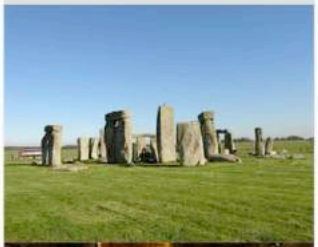
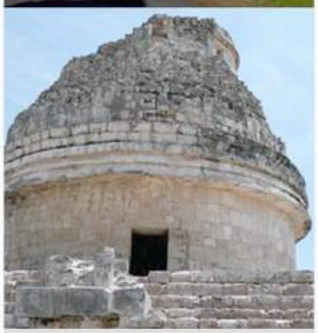
ICOMOS
international council on monuments and sites

IAU
International Astronomical Union





世界遺産と天文学・古天文学遺産

－ 世界の文化遺産及び自然遺産の保護に関する条約に照らして －

テーマ別研究

2010 年 6 月

以下の原著を 2022 年に日本語に翻訳
(A translation into Japanese (2022))

“Heritage Sites of Astronomy and Archaeoastronomy in the context of the UNESCO World Heritage Convention”

A Thematic Study
June 2010

世界遺産と天文学・古天文学遺産

－ 世界の文化遺産及び自然遺産の保護に関する条約に照らして －

テーマ別研究

原著“Heritage Sites of Astronomy and Archaeoastronomy in the context of the UNESCO World Heritage Convention”

A Thematic Study

クライブ・ラグルス、ミシェル・コット

寄稿者

マーガレット・オースティン、ファン・ベルモンテ、アマンダ・チャドバーン、フォン・デル・チェンバレン、デイビッド・デボルキン、エヴアルド・フェイオス=ソラ、ダニエル・フォーク、イバン・ゲッジ、イアン・グラス、フゥ―・ヌ、ジョン・ハーンショウ、トフィグ・ハイデルザディ、レベッカ・ヒギット、ジャリタ・ホルブルック、マニュエラ・インチェルチ、スタニスワフ・イワニスジュースキー、サブハッシュ・カック、ステファン・ル・ガール、シュテファン・C.・マックラスキー、ジュリオ・マグリ、チプリアノ・マリン、ミカエル・マロフ、リカルド・モヤノ、カシアナ・ミュノス＝チュノン、ウィリアム　ブリーン・マレー、エフティミオス・ミコライディス、レイ・ノリス、ジョンウン・パク、ファン　カルロス・ペレス　アレンシビア、ミカエル・ラッペングリュック、アンジェル・ロドリゲス、シ・ユン＝リ、マルコム・スミス、ジョン・スチール、リチャード・ワインコート、リチャード・ビーレビンスキー、トム・ウイルソン、グヅルン・ボルフシュミット、ギュンター・ヴクテル、ミカエル・ライト、シュ・フェンシアン

Clive Ruggles and Michel Cotte

with contributions by

Margaret Austin, Juan Belmonte, Amanda Chadburn, Von Del Chamberlain, David DeVorkin, Eduardo Fayos-Solá, Danielle Fauque, Ivan Ghezzi, Ian Glass, He Nu, John Hearnshaw, Tofigh Heidarzadeh, Rebekah Higgitt, Jarita Holbrook, Manuela Incerti, Stanisław Iwaniszewski, Subhash Kak, Stéphane Le Gars, Stephen McCluskey, Giulio Magli, Cipriano Marín, Mikhail Marov, Ricardo Moyano, Casiana Muñoz-Tuñón, William Breen Murray, Efthymios Nicolaidis, Ray Norris, Park Jeong Eun, Juan Pérez Arencibia, Michael Rappenglück, Angel Rodriguez, Shi Yun-li, Malcolm Smith, John Steele, Richard Wainscoat, Richard Wielebinski, Tom Wilson, Gudrun Wolfschmidt, Günther Wuchterl, Michael Wright and Xu Fengxian

日本語訳　北井礼三郎、渡邉皓子、廣瀬公実

Translated into Japanese by Reizaburo Kitai, Hiroko Watanabe, Kumi Hirose

This Japanese version is an independent translation of the original in English and should not be considered an official ICOMOS or IAU translation. Its quality and coherence with the original English are the sole responsibility of the translators.

Published by the International Council on Monuments and Sites (ICOMOS) –
ISBN 978-2-918086-78-9 (PDF, December 2022)

原著について　About the Original Publication

出版　国際記念物遺跡会議(ICOMOS)

Office: International Secretariat of ICOMOS,
11 rue du Séminaire de Conflans,
F-94220 Charenton-le-Pont, France

および国際天文学連合(IAU)

International Astronomical Union
IAU–UAI Secretariat,
98-bis Blvd Arago, F–75014 Paris, France

ISBN 978-2-918086-01-7 (e-book)
© The individual authors, 2010
All rights reserved

表紙写真:
ストーンヘンジ，英国　© UNESCO / Francesco Bandarin
ウルグ・ベク天文台，ウズベキスタン© Our Place, the World Heritage Collection
ケープ天文台のマッククリーンビル，南アフリカ© Ian Glass
チチェン・イッツアのカラコル天文台，メキシコ© Emmanuel Pivard

協賛　カナリア諸島天体物理研究所（IAC）とスターライトイニシアチブ
Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC) and Starlight Initiative
C/ Vía Láctea, s/n, E–38205 La Laguna , Spain

目次

はじめに vi
謝辞, 参考情報 vii
著者一覧 viii

序論　*ミッシェル・コット クライブ・ラグルス* **1**
ICOMOS-IAUテーマ研究の背景 1
短期目標、中期目標とその手法 2
天文学と古天文学遺産の特質についての下準備 4
管理：一般的考察 13
第1章 先史時代前期　*（ミカエル・ラッペングリュック）* **15**
1.1 タイスボーン、フランス 18
1.2 ギーセンクラスターレの象牙プレート、ドイツ 22
1.3 イシャンゴの骨、コンゴ民主共和国 25
1.4 ラスコー洞窟の天文壁画、フランス 29
第2章 先史時代後期　*（クライブ・ラグルス, アマンダ・チャドバーン, スタニスワフ・イワニシェフスキー）* **33**
2.1 ストーンヘンジ世界遺産、英国 42
2.2 セブンストーン・アンタ群、ポルトガルとスペイン 47
2.3 オドリーの環状石、ポーランド 50
第3章 先コロンブス期のアメリカ *（スタニスワフ・イワニシェフスキー, ウィリアム・ブリーン・マレー, エンジェル・ロドリゲス, イワン・ゲッツィ、リカルド・モヤノ）* **54**
3.1 ボカ・デ・ポトレリーヨス、メキシコ 64
3.2 カグアナ遺跡、プエルトリコ 67
3.3 チャンキーヨ、ペルー 69
3.4 ビニャ・デル・セロの冶金センター、チリ 73
第4章 先住民による天文学の利用 *（ジャリータ・ホルブルック, ステファン・マッククラスキー, クライブ・ラグルス, フォン・デル・チェンバレン）* **76**
4.1 ナバホの天井岩絵の星図, 米国 84
4.2 アティチュイティ・ルガ、フランス領ポリネシア,マンガレヴァ島 87
第5章 古代および中世の極東（*シ・ユン＝リ, クライブ・ラグルス, シュ・フェンシアン, フゥ―・ヌ, パク・ジョンウン）* **91**
5.1 陶寺天文台、中国 98
5.2 登封天文台、中国 102
5.3 北京古観象台、中国 106
5.4 瞻星台(チョムソンデ)天文台、大韓民国 108
第6章　*インド（サブハッシュ・カック, ミシェル・コット）* **112**
6.1 ジャンタル・マンタル、インド 123
第7章　*メソポタミアと中東（ジョン・スチール）* **128**
第8章　古代エジプト *（フアン・ベルモンテ）* **132**

8.1 西テーベのセンムトの墓、エジプト 143
8.2 カルナックのアメン神殿、エジプト 145
8.3 デンデラのハトホル神殿、エジプト 148
8.4 ギザのピラミッドと関連建造物、エジプト 151
8.5ナパタ、スーダン（ゲベル・バルカルの神殿やヌリの墓所遺跡を含む） 154
第9章　古典時代 ***（エフティミオス・ニコライディス、ジュリオ・マグリ、クライブ・ラグルス，マイケル・ライト）*** **157**
9.1 プニュクス、ギリシャ,アテネ 165
9.2 アラトリのアクロポリス、イタリア 167
9.3 パンテオン、イタリア,ローマ 171
第10章　イスラム天文学 ***（トフィグ・ハイデルザディ）*** **174**
10.1 マラーゲ天文台、イラン 184
10.2 ウルグ・ベグの天文台、ウズベキスタン 187
第11章　ヨーロッパ中世天文学 ***（ステファン・マクラスキー，マヌエラ・インセルティ）*** **190**
11.1 モンクウェアマス-ジャロウ、英国 199
11.2 パルマの洗礼堂、イタリア 203
11.3 ストラスブール大聖堂、フランスと天文学的時間 205
第12章　ルネサンスから20世紀半ばまでの天文学 ***（ミシェル・コット、ダニエル・フォーク、クライヴ・ラグルス，レベッカ・ヒギット，イアン・グラス，ステファン・ル・ガール，グドルン・ウォルフシュミット）*** **210**
12.1 グリニッジ旧王立天文台、英国,グリニッジ 218
12.2 王立天文台、南アフリカ共和国, 喜望峰 222
12.3 ムードン天文台、フランス 228
12.4 ウィルソン山天文台、アメリカ 231
12.5 アインシュタイン塔、ドイツ, ポツダム 234
第13章　電波天文学の発展 ***（リチャード・ビーレビンスキー，トム・ウィルソン）*** **238**
13.1 ストッケルト電波望遠鏡、ドイツ 248
第14章　現代の応用天文学 ***（ミッシェル・コット）*** **252**
14.1 シュトルーベ測地弧, ベラルーシ、エストニア、フィンランド、ラトビア、リトアニア、モルドバ共和国、ノルウェー、ロシア連邦、スウェーデン、ウクライナ 253
第15章　宇宙遺産 ***（デイビッド・デボルキン、ミカエル・マロフ）*** **257**
第16章　「宇宙への窓」――漆黒の空に星が煌めく場所および天文台 ***（チプリアーノ・マリン、リチャード・ワインスコート，エヴアルド・ファイオス＝ソラ，マーガレット・オースチン、ジョン・ハーンショウ，ギュンター・ヴフテル，マルコム・スミス，リチャード・ウェインスコート，カシアナ・ムニョス＝ツニョン、ファン・カルロス・ペレス・アレンシビア）*** **268**
16.1 テカポ湖–アオラキ–クック山 星空保護区, ニュージーランド 277
16.2 東アルプス星空保護区とグロースムグル星空オアシス、オーストリア 281
16.3 AURA天文台、チリ 284

16.4 マウナケア天文台、ハワイ、米国 287
16.5 カナリー諸島天文台群、スペイン 289
最終章　ユネスコ世界遺産条約から見た天文学的遺産：専門的かつ合理的なアプローチ方法の開発　（*ミシェル・コット、クライブ・ラグルス*） 293

はじめに

このテーマ研究は、ユネスコの文化遺産に関する諮問機関である国際記念物遺跡会議（ICOMOS）と、天文学の世界有数の専門機関である国際天文学連合（IAU）との共同プロジェクトの成果である。 天文学と世界遺産というワーキンググループによって実施され、ICOMOSとIAUが共同で発行している。

このプロジェクトの主な目的は、さまざまな天文遺産の特徴と構成についての理解を深め、世界遺産条約の文脈でこの種の遺産を定義するための最適な方法と潜在的な問題を特定することである。 異なる分野間で共同作業を行うため、両分野で補完的となるようにそれぞれの科学専門コミュニティから論文を取りまとめる国際的な寄稿者が選ばれた。 方法論を組み合わせて共通のアプローチを開発する必要性があり、さまざまな課題に遭遇した。しかし本書に寄稿してくれた多くの著者の協力のおかげで、編集者である私たちはその課題を乗り越えることができた。 ケーススタディに著者が明示されていない場合、それを含む章の著者によって提供されている。

これらの寄稿者は、私たちが提供した共通の仕様に従って記事の最初の原稿を提供した。 その後、これらの原稿を詳細に評価し、アプローチとスタイルおよび分析の深さ（および長さ）の適切な一貫性を保つために、場合によっては大幅に再編成および修正をほどこした。

個々の著者の記事とケーススタディに大幅な削減が加えられた場合、天文学と世界遺産イニシアチブのウェブサイトhttp://www.astronomicalheritage.net/で、本書に比べて、より完全な版を公開している。 このサイトには、更新記事、追加レポートやケーススタディ等が投稿されることになっており、このサイトは今後も継続して開発されてゆく予定である。

すべてのICOMOSテーマ研究と同様に、提示された事例研究は、いかなる意味でも世界遺産の「暫定リスト」に入る資格があるというものではない。 本書の事例には、世界遺産リストにすでに記載されているものもあれば、単に各国の暫定リストに含まれているサイトも含んでいる。 特に後者の場合で、「リスト」への推薦を提案された場合でも、本書のケーススタディとして採用されたからと言って、その結果に関して何の影響もないことを明確にお断りしておきたい。

クライブ・ラグルス　ミシェル・コット　2010年6月

謝辞（原著編集者より）

執筆主担当者は、国際ICOMOS およびIAUのスタッフが、このプロジェクトにたいして寄与してくれた種々の協力に感謝する。 ICOMOS世界遺産ワーキンググループとIAU天文学と世界遺産に関するIAUワーキンググループのメンバーおよびこのプロジェクトが時宜を守って完成するために協力いただいたすべての執筆者に特段の謝意を表したい。

資金スポンサー

この出版は、以下の資金支援により可能となった。

・カナリア諸島天体物理研究所（IAC）、スペイン

・スターライトイニシアチブ

ニュージーランド各部門からの資金援助をまとめて頂いたマーガレット・オースティン氏には深く感謝する。

画像資料

著作権所有者を特定し、本書に使用する許可を得るためにあらゆる努力をしているが、もし誤りや脱落があればお詫びする。そのような場合は、原著出版社（ICOMOS IAU）に連絡いただきたい。また、訳者の補足部分に関しては、訳者へ連絡いただきたい。

参考情報サイト

天文学と古天文学、さらには世界遺産に関係する情報は以下のサイトで得られる。

UNESCO World Heritage Centre	whc.unesco.org
International Council on Monuments and Sites (ICOMOS)	www.icomos.org
International Astronomical Union (IAU)	www.iau.org
UNESCO Astronomy and World Heritage Initiative	www.astronomicalheritage.net
IAU Working Group on Astronomy and World Heritage	www3.astronomicalheritage.org
Inter-Union Commission on the History of Astronomy	www.historyofastronomy.org
International Union for the Conservation of Nature(IUCN)	www.iucn.org
International Society for Archaeoastronomy and Astronomy in Culture (ISAAC)	www.archaeoastronomy.org

著者一覧

ミッシェル・コット
COTTE, Michel, Emeritus Professor of the History of Technology, Centre François Viète for the History of Science and Technology, University of Nantes, France; Advisor to ICOMOS international for the World Heritage List.
クライブ・ラグルス
RUGGLES, Clive, Emeritus Professor of Archaeoastronomy, School of Archaeology and Ancient History, University of Leicester, United Kingdom; Chair, International Astronomical Union Working Group on Astronomy and World Heritage.

マーガレット・オースティン
AUSTIN, Margaret, Vice-President Royal Society of New Zealand, Christchurch; Honorary Chancellor at Lincoln University; Starlight Reserve Working Group – New Zealand.
ファン・ベルモンテ
BELMONTE, Juan, Instituto de Astrofísica de Canarias, 38200 La Laguna, Tenerife, Spain.
アマンダ・チャドバーン
CHADBURN, Amanda, Archaeologist and Anthropologist; Inspector at English Heritage, United Kingdom.
フォン・デル・チェンバレン
CHAMBERLAIN, Von Del, formerly Director of the Hansen Planetarium, Salt Lake City, USA.
デイビッド・デボルキン
DEVORKIN, David, Senior Curator, Astronomy and the Space Sciences Division of Space History, National Air and Space Museum, Washington DC, USA.
エヅアルド・フェイオス=ソラ
FAYOS-SOLÁ, Eduardo, Regional Representative for Europe and Executive Secretary of the Education and Science Council, United Nations World Tourism Organization (UNWTO).
ダニエル・フォーク
FAUQUE, Danielle, GHDSO Laboratory for the History of Sciences, University of Orsay –Paris Sud; Chair of the 'Club d'Histoire de la Chimie', France.
イアン・グラス
GLASS, Ian, Senior Astronomer, South African Astronomical Observatory, Cape Town, South Africa; Adjunct Professor, James Cook University, Queensland, Australia.
イバン・ゲッジ
GHEZZI, Iván, Proyecto Chankillo, Instituto de Investigaciones Arqueológicas, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Peru.

フゥー・ヌ（何努）
HE Nu, Professor, Archaeology Institute, Chinese Academy of Social Sciences, Beijing, China .
ジョン・ハーンショウ
HEARNSHAW, John, Professor of Astronomy, University of Canterbury, Christchurch, New Zealand.
トフィグ・ハイデルザディ
HEIDARZADEH, Tofigh, Lecturer of History of Sciences, Department of History, University of California, Riverside; History of Science Educator, The Huntington Library, San Marino, California, USA.
レベッカ・ヒギット
HIGGITT, Rebekah, Curator of History of Science and Technology, National Maritime Museum, London, United Kingdom.
ジャリタ・ホルブルック
HOLBROOK, Jarita, Assistant Research Scientist, College of Science, University of Arizona, Tucson, Arizona, USA.
マニュエラ・インチェルチ
INCERTI Manuela, Department of Architecture, Università degli Studi di Ferrara, Ferrara, Italy.
スタニスワフ・イワニスジュースキー
IWANISZEWSKI, Stanisław, Professor-Researcher, Division of Postgraduate Studies in Archaeology, National School of Anthropology and History, Mexico City; State Archaeological Museum, Warsaw, Poland.
サブハッシュ・カック
KAK, Subhash, Emeritus Professor of Electrical Engineering and Professor in the Asian Studies and Cognitive Science Programs, Louisiana State University, Baton Rouge, Louisiana, USA.
ステファン・ル・ガール
LE GARS, Stéphane, Centre François Viète for the History of Science and Technology, University of Nantes, France.
シュテファン・C.・マックラスキー
MCCLUSKEY, Stephen C., Emeritus Professor of History, West Virginia University, Morgantown, West Virginia, USA.
ジュリオ・マグリ
MAGLI, Giulio, Faculty of Civil Architecture, Politecnico di Milano, Milano, Italy.
チプリアノ・マリン
MARÍN, Cipriano, Co-ordinator Starlight Initiative – Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC)/ Starlight Foundation; Secretary-General of the UNESCO Centre, Canary Islands, Spain.
ミカエル・マロフ
MAROV, Mikhail, Member of the Russian Academy of Sciences; Head of the Vernadsky Institute for Geochemistry; Scientific Director of Keldysh Institute of Applied Mathematics, Russia.

リカルド・モヤノ
MOYANO, Ricardo, Archaeologist, Chile; Graduate Student, Escuela Nacional de Antropología e Historia, Mexico City, Mexico.
カシアナ・ミュノス＝チュノン
MUÑOZ-TUÑÓN, Casiana, Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC), Spain.
ウィリアム　ブリーン・マレー
MURRAY, William Breen, Professor Emeritus, Dept. of Social Sciences, University of Monterrey, San Pedro Garza, Garza, Nuevo León, Mexico.
エフティミオス・ミコライディス
NICOLAIDIS, Efthymios, Secretary General of the International Union of the History and Philosophy of Science, Division of History of Science and Technology; member of the Board of the International Academy of History of Science; National Research Foundation, Athens, Greece.
レイ・ノリス[1]
NORRIS, Ray, Head of the CSIRO Australia Telescope National Facility; Adjunct Professor in the Department of Indigenous Studies at Macquarie University, Australia.
ジョンウン・パク
PARK Jeong Eun, Cultural Heritage Administration, Seoul, Republic of Korea.
ファン　カルロス・ペレス　アレンシビア
PÉREZ ARENCIBIA, Juan Carlos, Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC), Spain.
ミカエル・ラッペングリュック
RAPPENGLÜCK, Michael, Secretary of the Société Européenne pour l'Astronomie dans la Culture (SEAC), Germany.
アンジェル・ロドリゲス
RODRIGUEZ, Angel, Archaeologist and Historian, Centro de Estudios Históricos, Puerto Rico.
シ・ユン＝リ（石云里）
SHI Yun-li, Institute of Natural Science History, University of Science and Technology of China, Hefei, China.
マルコム・スミス
SMITH, Malcolm, Cerro Tololo Interamerican Observatory (CTIO), Chile.
ジョン・スチール
STEELE, John, Associate Professor of Egyptology and Ancient Western Asian Studies Brown University, Providence, Rhode Island, USA.
リチャード・ワインコート
WAINSCOAT, Richard, Institute for Astronomy, University of Hawaii, USA; Chair, International Astronomical Union Working Group on Controlling Light Pollution.

---

[1] 【訳注】レイ・ノリス氏著の章（原著第４章ケーススタディ 4.3）については、日本語翻訳の際に、原著編集者からの要望により削除した。

リチャード・ビーレビンスキー

WIELEBINSKI, Richard, Emeritus Director, Max-Planck-Institut für Radioastronomie, Bonn, Germany.

トム・ウイルソン

WILSON, Tom, Head of Radio, Infra-Red and Optical Sensor Branch at the US Naval Research Laboratory, Washington DC, USA.

グヅルン・ボルフシュミット

WOLFSCHMIDT, Gudrun, Head of the Institute for History of Science and Technology, Faculty of Mathematics, Informatics and Natural Sciences (MIN), Hamburg University, Germany.

ギュンター・ヴクテル

WUCHTERL, Günther, Thüringer Landessternwarte, Tautenburg, Germany; Director of the Observatory of the Kuffner-Sternwarte, Vienna, Austria.

ミカエル・ライト

WRIGHT, Michael, Mechanician and Historian of Mechanics Honorary Research Associate, Centre for the History of Science, Technology and Medicine, Imperial College, London,United Kingdom.

シュ・フェンシアン（徐鳳先）

XU Fengxian, Institute for the History of Natural Science, Chinese Academy of Sciences, Beijing, China.

序論

ミッシェル・コット　　クライブ・ラグルス
（*Michel Cotte and Clive Ruggles*）

ICOMOS-IAU テーマ研究の背景

世界遺産の中には天文学と関係するものが多数ある。ユネスコ世界遺産センター（WHC）と国際天文連合（IAU）の二つの組織が主となって、このことを集中的に調査した。それに基づき、2008 年に個々の世界遺産についてより深く調べる「ICOMOS-IAU テーマ研究」が起案された。

このテーマ研究の目的は、全世界の天文遺産を網羅的に調査して「顕著な普遍的価値（OUV、Outstanding Universal Value）」をもつ天文遺産・古天文遺産であるかということを評価して公表し、天文世界遺産を明確にしてゆくことにある。この「顕著な普遍的価値」という文言は、世界遺産リストに記載する際に証明すべき要となる点である。

第 28 期世界遺産委員会（28COM9）での決定に従って、ユネスコの天文学・世界遺産イニチアチブが 2004 年に立ち上げられた。その切っ掛けは、世界遺産リストにも、また条約加盟国からの暫定リストにも、天文遺産が少ししか載せられていないと危惧されたことにある。このイニチアチブの発足は、ユネスコ・ヨーロッパ科学事務局（ROSTE）が加盟国の支援を受けて、2004 年 3 月 17 日－19 日にベニスで開催した「世界遺産と天文記念物」というタイトルの専門者会議の議論の結果にも従うものである。

第 29 期世界遺産委員会でも、このテーマ研究に引き続き関与してゆくことが確認された。特に「自然科学における成果の素晴らしさを世界に知らしめるための遺産登録推薦を促す」ことに力点が置かれた（2005 年 7 月）。

まず始めにこのイニチアチブで、天文遺産に備わると思われる文化資産を四つ提案した。

- 天体や天体現象にとって有意義な概念や環境についての資産
- 天空、天体、天象についての表現、表記
- 観測と装置
- 天文学の歴史にかかわる重要な資産

イニチアチブは、当初天文学関連の資産についてのデータベース作成を行ったが、その際資金的には王立天文協会（英国）の支援を受け、世界遺産センターのウェブサイトで管理運営してきた。

2008 年 1 月、天文学の歴史についての共同委員会（ICHA）――これは IAU と「科学の歴史と哲学の国際連合（IUHPS）」の科学技術の歴史部門との共同委員会である――　が、天文学についての古代および歴史的な文化資産について重要なものの暫定リストを作成した。

2008 年 10 月、ユネスコと IAU は共同で天文学・世界遺産イニチアチブを具体化して推進する正式な覚書に調印した。このことは、さらなる進捗を強力にかつ確実にする枠組みをもたらした。直ちに IAU は覚書に従って天文学と世界遺産についての作業部会を新設した。

2009 年を国際天文年と宣言したユネスコと IAU 両者の決定は、このイニチアチブを広く世界に伝えることに大きな寄与をした。

会議　この期間、様々な会議が開催されて、イニチアチブの具体化、推進、広報がなされてきた。これを挙げると

- 2005 年 5 月－6 月ロシア科学アカデミー天文学研究所主催の天文学と世界遺産イニチアチブについての円卓会議
- 2005 年 6 月－7 月イタリア、サルディニア島での古文明天文学ヨーロッパ協会（European Society for Astronomy in Culture）主催の「天文学と遺産」国際会議
- 2008 年 10 月ハンブルグでの ICOMOS ドイツ国内委員会主催の「文化遺産：1900 年頃の古典的天文学から近代天体物理学にかかわる天文台」国際シンポジウム
- 2009 年 8 月ロシア連邦カザンでのユネスコロシア国内委員会主催の「天文学と世界遺産：時と大陸を超えて」国際会議
- 2010 年 2 月エジプト、カイロでのユネスコエジプト国内委員会主催の「天文学と世界遺産：時代と大陸を超えて」国際セミナー

より広い観点から見た意義　ユネスコ世界遺産委員会（UNESCO WHC）のウェブサイトでは、広い観点からの問題提起と危惧される事柄が述べられている。

「世界遺産リストには科学に関する資産が少なく、天文学が果たしてきた文化資産が必ずしも正しく認められていないため、世界遺産センターは条約締結国およびICOMOSとの緊密な協力のもと天文学・世界遺産イニチアチブを推進してきた。これは、世界遺産の概念が拡大の一途をたどっている中で、代表的で信頼に足る世界遺産をバランスよく選ぶという世界的戦略に応えるものである。」　http://whc.unesco.org/en/astronomy

普遍的価値を持つ天文遺産を見出し、最も顕著な天文遺産を世界遺産リストに登録することに力を貸すには、そのような遺産を科学的に調査研究することが大事である。IAU および ICOMOS の代表者たちにとっては、両者が共に会合を開いて議論することが自然なこととなり、実際 2008 年 10 月にそのための会合が開かれた。その会合の場でテーマ研究を共同で行うこと、できるだけ広範囲で制限のない観点から行うことが決定された。本出版物はこの協力作業からもたらされた成果である。

短期目標、中期目標とその手法

本テーマ研究は広く世界を見渡して天文遺産を調査することから始まる。天文学に直接関与していると思えるもの、天文学の知識が利用されていることを示すもの、さらには天文学の知識を象徴しているものが調査対象となる。この研究は、それぞれの天文遺産が持つ有意性について、定義、同定、評価、そして潜在的には「顕著な価値（OUV）」を定める手法を示唆している。このような遺産について、同定、保全、保守、管理および広報の例を示してもいる。天文遺産は、文化遺産の中の科学的遺産を象徴するものであるので、このテーマ研究は天文学世界遺産イニチアチブの核心的な目的を具体化して推進するものである。

すべての ICOMOS テーマ研究（ https://www.icomos.org/en/about-the-centre/publicationsdoc/monographic-series-3/198-thematic-studies-for-the-world-heritage-convention ）と同様に、このテーマ研究は、該当分野の入手できる文書をまとめることで世界遺産リスト[1]に推薦できるよう支援するために構想されたものである。世界遺産リストに寄与しうるすべての地域の潜在的な可能性に光を当てることを目標にしている。特に、「バランスが取れ、象徴的で信頼できるリスト」作成を念頭に置いてのことである。このテーマ研究では個々の遺産の「顕著な普遍的価値」を見極めることは目的とはしていない。このことはこのテーマ研究に続く次の作業との兼ね合いがあるためである。

我々が提案するリスト（後述）は、天文遺産として認められる証拠がある事例について、短くかつ明瞭な概観を提供することを目標としている。このリストは広範囲な事物を取り上げたもので、これにより様々な天文学・古天文学的な事物が広く世界中で認識される切っ掛けを与える枠組みを提供するものである。もちろん、この中には「顕著な普遍的価値」を持つものも含まれている。このリストは、世界のコミュニティで現在よく知られている主だった事物を定義しているので、世界遺産条約締結国がそれぞれに天文・自然科学遺産の暫定リストを準備する際に役立つと思われる。

個々のケーススタディは、天文学的あるいは古天文学的な遺産資産を見極める手法を示す簡略化した例を提供することが目標である。その意図は、条約締結国がそれぞれの国に潜在している事物を見出し、他と比較するのを助けることである。またその事物の価値をどのように表現して如何に世界遺産基準に合致しているかを示すことが望まれている。世界遺産リストに登録されるのは、顕著な普遍的価値を持つものだけである。地域あるいは国家レベルでの重要性だけでは不十分なのである。評価の段階では、顕著な普遍的価値（OUV）がある特徴が認められるかどうかが基準となっている。

世界遺産に推薦されるための大事な点は、既存のものとの比較検討である。一般的に述べれば、この比較検討は、ある資産の持つ価値が国際的そして文化の違いを超える観点からみて重要であるかどうか決定する際に役立つのである。もっと限定して言うと、この比較研究の目的は、世界遺産リストには同種の候補地がないことを示すことにある。この作業には、遺産の価値評価や管理に詳しい専門家が必要となる。本書 ICOMOS-IAU テーマ研究は、上記の流れに沿って構成された好例を提供することを意図している。ここでは、IAU によって指名された広範囲の専門家の助言の助けを受けている。その専門家の中には、ICHA のメンバーや「天文学と世界遺産作業部会」（Working Group on Astronomy and World Heritage）のメンバーも含まれている。更には、天文学の歴史と古天文学と世界遺産／‘文明と天文学’（History of Astronomy and Archaeoastronomy/’Cultural astronomy’）の著名な専門家、大学研究者、そして「古天文学と文明のなかの天文学国際協会（International Society for Archaeoastronomy and Astronomy in culture、

[1] 【原注】世界の文化遺産と自然遺産の保護に関する条約 *Convention Concerning the Protection of the World Cultural and Natural Heritage*（UNESCO, 1972）と世界遺産条約履行のための作業ガイドライン *Operational Guidelines for the Implementation of the World Heritage Convention*（UNESCO, 2008）を参照。特に文化遺産の定義は段落 45、ユネスコ世界遺産リストへの資産の登録基準については段落 77－78 を参照。

ISAAC）のメンバーの助言も多くあった。ICOMOS の有識者の助言も、多種の例についての評価の際に必要であった。

天文学と古天文学遺産の特質についての下準備

ここでは、天文遺産とするための証拠を整える第一段階の手続きを提案する。目標は以下の作業の手引きを提供することである。

- ある場所での天文遺産の目録を準備すること
- 潜在的な天文学の世界遺産に内在する問題を理解すること
- 予備的な研究を行う際の適切な手法を開拓し、そして有望そうならば推薦の関連文書を準備すること

作業の出発点において、天文遺産の有形のものと無形のものの両方を対象として考えることが重要である。有形と無形のものが織りなす働きは、天文遺産に内在するものであり、かつ基本的なことである。このことは、自然科学の遺産全般についてもいえることであるし、世界遺産リストにあるすべての資産にもある程度成り立つことである。

世界的に通用する手法　ある場所の「天文学システム」には、その価値を高める三種の側面がある。

- 固定的あるいは可動的な資産で天文学が関係する場所であることを示す物質的な証拠。
- （広い意味での）科学的活動の成果。これには天文観測が含まれるがそのほかにもある。
- その場所でのある時期あるいは長い期間にわたって天文学が社会・文化活動に利用されていたこと。

この三つの側面は、有形の証拠および無形の遺産という概念に導く。世界遺産条約によると、有形の証拠は二つのものに分けられる。可動な遺産と不動な遺産である。不動な遺産は条約の主たる対象であるが、可動な遺産は（厳密には）条約の対象とはなっていない。[2]

したがって、次表の様に分類されている。

	有形の不動な遺産	**有形の可動な遺産**	**無形遺産**
資産／もの	建造物、恒久的建築あるいは構造物、固定された装置	地図、可動図面、可動装置	実務／技術的ノウハウ、使用法と管理法、その場所の構造的・建築的歴史
科学的活動の成果（広義）	彫刻、壁画、図解、古文書、象徴表現	観測の計算／記録、印刷されたあるいはデジタルなデータ、星野図、科学的出版物	知識と理解、計算と理論

[2] 【原注】「不動」という言葉は、法律上の意味で用いている。大地に根差して移動されていないものを意味する。言い換えると、建築物あるいは地盤と永久的につながっているものを意味する。この意味で、「当初の位置に固定されている」あるいは「（未だ）移動されていない」ものを指す。一方、「可動」は常識的な意味で用いている。

社会・文化面での応用と利用	天文学的に位置調整された建造物、太陽光による照明効果や造形効果（光と影による強調・象徴効果、ヒエロファニー）、天文学を使った都市計画と景観造形	アーカイブ、描画、天文学を使った地図、図面、道具と器具[3]	暦、イデオロギー、未来予想（現代の観点からみて、理知的なものも、非理知的なものもある）

この表は、完全なものでなく課題も含んではいる。例えば、あるタイプの証拠がどの範疇に入るかどうか不正確な場合がある。しかし、この表は、世界遺産条約の対象となる有形の証拠とその裏付けとなる無形の遺産、両者の間の関係を明示するものとなっている。有形の証拠の中でも、不動のものと可動のものの区別は留意する必要がある。世界遺産条約の対象となるのは、不動の有形遺産だけである。

このテーマ研究において、我々はある天文遺産の独自性そしてそれが顕著な普遍的価値を生み出していることを理解しようと努めている。このため、価値を示す証拠がどの範疇のものであるかを明確にすることが重要である。一方、この分類評価は、その境界基準を天文学的な意図や物質的証拠等いろいろな観点から調査研究してオープンな議論のもとで検討し、より多くの場合について適用できるようにすることが必要である。この事情は自然科学遺産全体（すべての遺産についてもある程度）について言えることである。我々は、この天文遺産の研究が世界遺産評価時のパラダイムを提供して、広く議論を喚起することをもくろんでいる。

テーマ　次章以下では、広く渉猟して一群の天文遺産を拾い上げた。とはいうものの、ケーススタディー研究のための共通した枠組みも提供している。

主となるテーマは、長きにわたる人類の文明・文化の歴史にかかわるテーマであり、また、過去から現代にいたる様々な天文学上の発見、天文学の知識と利用にかかわるものである。

それぞれのテーマがどのような範囲を含んでいるか明瞭でないこともありうるとは思っている。

テーマを列挙すると、

- 先史時代前期
- 先史時代後期のヨーロッパ
- 前コロンブス期のアメリカ
- 天文学の原住民による利用
- 古代および中世の極東
- インド
- メソポタミアと中東
- 古代エジプト

[3] 【原注】例えば航海のための六分儀や携帯日時計などである。

- 古典世界
- イスラム天文学
- ヨーロッパ中世天文学
- ルネッサンスから 20 世紀半ばまでの天文学
- 電波天文学の発展
- 現代の応用天文学
- 宇宙遺産
- 「宇宙への窓」――漆黒の空に星が煌めく場所および天文台

それぞれの章には、テーマの全体的な概観が述べられている。経験豊かな専門家がその記述を担当している。各章には、連携して協力執筆する著者の記事が追加されている。それぞれのテーマを充実するためである。章担当者がそれにあたることもあれば、別の著者が担当することもある。

有形遺産としての天文遺産：リストと評価　次のものが有形天文遺産としての主たるタイプと認められている。

- 「科学的記念物」としての天文台。多くの観点からみて、常識的な慣例で評価できる。しかし、真正に天文台であったかどうかを評価するところで重要な問題が起きうる（後述）。建築的観点のみから科学的サイトを評価するのはその一面を見るだけであることに留意した方がよい。
- 固定、可動を問わずに装置類。有形の天文遺産という定義は、固定した資産と可動な人工物との間の境界が問題になるときがある。可動な人工物としては、携帯できる装置、回転ドームや可動床などがある。これは簡単な問題ではない。遺産と認められるものに固定されているものは、個人用の携帯装置や決まった位置に置かれた「半可動」装置と目的は同じなのである。この問題は、天文学に限ることではなく、広く自然科学、技術遺産についても起こることである。可動装置については、ユネスコの「可動遺産と博物館」イニチアチブの方が、関連が深いと思われる。
- 天文観測結果のものによる表現と認知的理解：
  - 観測、天文事象および予測の有形表現（暦、時間測定、食予測、黄道十二宮一覧表、天体の表現など）
  - 宇宙観表現物と象徴的表現物（図解書、古文書）
- 天文学を応用した物質的製作物：構造物、建築と天文学を応用したあるいは天文情報を内在した計画都市
- 資産の設計が、あるいは周辺風景との配置が、何らかの天体あるいは天文事象を指示しているもの
- 天文学の歴史に関係する文化的風景あるいは天文学に関係する社会的慣習
- 漆黒の夜空を持つ地域：星々を裸眼で観ることができ、人と宇宙のつながりを永い歴史の中で育んできた地域

不動産と可動物とを区別することは、法律的および遺産評価の観点からは重要な点である。しかし、天文学者にとっては、その区別は意味が無い。重要であるのは、装置の科学的な機能であり、その技術的な効率である。固定装置と可動装置の違いは、サイズ、技術と材料、観測精度、安定性、観測用に移動する必要性などの点だけである。単に、科学プロジェクトの実用上技術上の結果として違いがでているだけである。もっと念頭に置くべきことは、天文観測専門家グループで利用される装置であるのか、それとも個人的に使う装置であるのかという点である。この個人使用装置とは、科学研究に用いられるのではなく例えば航海やレジャーに使用される装置などである。あるいは天文観測のためではなく装飾品や蒐集を目的としたものである。このような個人使用装置は、広い意味では天文学の応用ととらえられるが、観測技術の改善をもたらすものでもなく理論的な進展を引き起こすものでもなく、普遍的な特別な価値を示すことはめったに無いと判断できる。

ある天文台で正規に使われていた貴重で独特な可動装置は、その天文台の遺産としての価値を高めるものである。価値評価の際には、装置の機能、製作法と使用法を詳細に調べる必要がある。これは技術記念物や産業遺産の「機械道具」の可動部分を評価することにつながるからである。科学者にとっては、天文台の物的価値を見るときの中核的なものであり、壁や建物よりも大事である。もっとも、天文学の歴史の中でこのような装置が豊富にあるわけではない。

我々が実際観測する天体の物質性についてここで一言述べておく。一体、星や惑星は自然遺産といっていいのだろうか。ある意味ではイエスである。しかし、夜空というものは人間にとって共通のもので、文化を生み出す泉のようなものであることを認識することが重要である。したがって、天文学というものは、目に見える世界すなわち宇宙を理解するという人類の希求の一部をなしているのである。宇宙の中に我々は住んでおり、その中での人類の立ち位置を把握したいという希求である。宇宙を理解したいという探求には、様々なレベルがある。関連性を見つけること、そのパターンや繰返し周期を把握すること、予想をすること、内在する法則を数式で表すことなどである。これらは何らかの秩序を宇宙の中に見出したいということであり、それはまさしく「科学」なのである。したがって、天文学は天体および天文事象の観測とそれの解釈を人類が太古の時代から現代まで連綿と続けてきた行為の結果として特徴づけられる。この学問は、もちろん同時代の科学の歴史を含むもののそのなかに限られるものではない。遺産という概念からみると、人類が科学的に夜空を理解すること、そしてそれが社会で実践される文化的習慣につながることには、常に人間による意味付けが存在するため、それが「無形の遺産」になるのである。

物質的な天文遺産という側面から評価するとき、天体や天文事象を対象にすることは実際的ではない。認識論的な問題を引き起こす危惧はあるかもしれない。天文サイトとそこから観測した天体を切り離すことはできないという事情もある。この両者の繋がりを認識すること、そしてできれば目に見える形で保存する努力をすることが大事となってくる。また、顕著な普遍的価値が社会遺産および自然遺産の複合で形成されている場合もある。漆黒の夜空という自然遺産が天文学の社会遺産と結びついて天文遺産となっているのが例である。[4]

---

[4] 【原注】「空の登録」そのものは意味のないことである。「空」は地球上のある地点から見て認識できるものである。そこから見える物理的宇宙や物体とは違うものであり、本書での議論対象外である。

アーカイブと文書：有形と無形の科学遺産を結び付けるもの　天文遺産の核心部を表す科学的コーパスは、広い意味では、天文学の歴史を示す物質的なものを含んでいる。即ちアーカイブと文書がその役割を果たしている。このタイプのものとしては、記念物の上に書かれた絵や碑文などの有形のものがある。これらは、往々にして、手書きの文書、地図、あるいは印刷物など「可動遺産」である。情報の記録と伝搬は天文学の歴史全期間にわたって決定的な課題であったのは確かであろう。このような情報は、洞窟絵画、パピルス、楔形文字粘土板、観測野帳、紙のアーカイブ、書籍と天体暦、可視光および目に見えない波長の光での写真、スペクトル、そしてデジタルデータベースといった姿をとっている。

天文学上のアイデアが展開した証拠は、アーカイブ、コレクションあるいは文献集に含まれる可動文書で確かめることができる。このような文書は、観測結果の記録、予測、計算、理論、天文学の応用面等々で物質的な助けを提供するのである。

このような文書は、その文化文明の中での科学的な仕事によって作られたものである。科学的知識の核となるものは無形であることが多い。それは、人類の頭脳が作り上げた英知の枠組みである。特別な表現（書き言葉、数学など）及び描像（図、写真、スペクトルなどの物理情報等々）で表現されている。

古天文学および天文学的な文書は以下のものに関係するものである。

- 観測および天文事象の記録、観測表
- 物理的描像と情報（写真、スペクトル、電波マップなど）
- 理解と理論（宇宙の物理的法則)、宇宙像（天空と宇宙の包括的理論とその理解）
- 計算と予想（天体暦、暦、天文学的解釈と予想）
- 天文学の社会的利用、現代の科学的な観点からみて合理的なものも非合理的なものも含む（暦、航海法、月の満ち欠けに頼る農業上の習慣、占星術）
- 象徴主義、信仰そして天文学の宗教での利用
- アートと装飾

実のところ、アーカイブを作り維持することはある研究所あるいは天文台の科学的生産性の中核をなすことなのである。天空の観測、予想、理論的解釈からくる様々なデータ集積の基盤となっている。かくして、広い意味でのアーカイブの「無形の資産」は、「天文資産」の科学的営みおよびその評判と直接結びついている。

建造物・装置・アーカイブの間の関連は、その遺跡の資料として重要であるばかりでなく、顕著な普遍的価値を公に提示する際に決定的な役割を果たす。たとえば、建物や装置がある遺跡にあったとしても、その価値はアーカイブのデータがどれほど影響力を持ったかで計られるものである。科学的に顕著な普遍的価値は、確かにこの方法で実証できる。世界的視野で考えるとき、天文台あるいは研究所がある地域の（最近では世界的）ネットワークの中で安定した結節点としての役割を果たしてきたかが大事な点である。アーカイブの保管およびそのデータ・情報の流布は、科学者の世界的な営みにとって常に決定的な役割を果たしてきた。これは地域・時代を超えて言えることである。NASA がアポロ計画で月面着陸を目指した時を例として考えよう。その計画時、ヨーロッパの主だった天文台のアーカイブを隈なく調べ、17 世紀から 1950 年代までの著名な天文学者の論文や原稿に記されていた古いデータや計算をすべて収集したのである。目標は、

NASA の軌道計算の確証を得ることであった。天文学では、他にもアーカイブが活用されている例が多々ある。

以上のことから、アーカイブには過去と未来を繋ぐもの、言い換えると、過去のデータ蓄積と現代のプロジェクト間の特別な繋がりをもたらす。遺産という観点から天文アーカイブは重要であるし、且つまた、天文台の学者によってさらに活用されていくという潜在的能力もある。アーカイブとは、ある対象物の物質としての価値に匹敵するほどのものであり、対象物に記録がないとその価値が半減する。更に言を進めると、記録保管所の中にあるものは、ある歴史的段階での世界の科学的達成として天文学の地域・国家を超えた知のネットワークを示すものである。装置や機器についても、遺物の特殊性や天文学の分野毎の相違を頭においておけば、同じことがいえる。ある遺産が、「無形」の「可動」な証拠で世界的ネットワークに寄与していたという側面は、その遺産を評価するときに考慮しなければいけないことである。

遺産を分析する際、天文学サイトには様々なタイプの遺産物があることがよくある。この時、地域や文化・文明によって順序だてて推薦することに留意しないといけない。次に掲げる順で、統一的な取り扱いが必要である。

- 天体／観測の主題
- 場所／天文台記念物／景観
- 装置／科学技術システム
- アーカイブ／知的象徴的人為生産物
- サイトのネットワーク／装置／アーカイブセンター

等である。

天文遺産と他の文化遺産との関係　天文学上の慣習や利用を示す物質的な証拠は、時として現代科学の範疇外の有形遺産や社会的価値を伴っていることがある。天文遺産は単独に在るものではなく、広く文化遺産の一部となっているのである。有形の天文遺産は、もっと幅広い物質的遺産という範疇の中にあるものとして理解を進めることが必要である。特殊な天文装置、天文台や天文学にかかわる場所というものは、歴史的な都市あるいは文化的景観の中に位置しているのである。

このことから、一つの基本的な問題が浮かび上がってくる。現在世界遺産リストに登録されているサイト群の再評価という問題である。記念物群、都市あるいは文化的景観という資産、あるいはこれらの資産の中に存在する個々の要素が、天文学的に重要な価値を持っているにもかかわらず、推薦時にその顕著な普遍的価値のなかに反映されていない可能性があるのである。例えばサマルカンドのウルグ・ベク天文台を考えよう。この天文台は、一般住居、軍事そして宗教施設群が点在する歴史的な都市内に位置する施設である。このようなサイトは、天文学の歴史上の遺産としてばかりではなく、市民生活に溶け込んだ天文学的慣習が顕著な普遍的価値をもつものとして、再評価・再推薦がふさわしいと思われる。

しばしば起こることであるが、人間の信念や習慣といったものが天文遺産の基盤となっていることがある。今日の科学的な観点から見て「理性的振る舞い」とは見えない場合でも、である。（我々の判断によって）理性的であるかどうかは、二次的なことである。なぜなら、どの時代ど

の文化においても、天文学はその時代・文化の中で行われていたものであり、そこでの文化的およびイデオロギーの枠組みの影響下で理性的かどうかが定義されてきたからである。過去のものである無形文化遺産（文化的習慣および人々の振る舞い）を定めるときには、現代の（理性的な）天文法則や事実とかけ離れていることは十分ありうることである。幾多の文明を通じて伝わってきた天文観測や予報に対して、人間がとってきた反応あるいは立場を考慮に入れることが必要である。占星術を例にとろう。複雑であるけれども予報可能な運動をする黄道面上の太陽や惑星の動きは、何世紀にもわたって色々な文化・文明を通じて関心を持たれたテーマであった。占星術は西側社会での「科学革命」からもたらされた今日の理性的天文学とはかけ離れたものであるものの、人類の歴史の中で文化的な側面を担っていたのである。天文学と文化の関係は、白黒をはっきりできるものではないが、それでも遺産群は人類学的な歴史の中での一部として天文学的慣習があったということを理解しておく必要がある。それは、サイトの評価に結び付けられるべきことである。

天文サイトと人間文化とをつなぐものは、次のようにまとめられる。

- 宇宙観、宇宙、太陽、地球、月、惑星、星々などについての理論と信念
- （近代／現代）科学的パラダイム、天体の運行をつかさどる「理性的」（上述の意味での）法則
- 虚偽/「非理性的」（上述の意味での）天文学的決定、予言あるいは占星術のためのもの
- 日常生活あるいは人々の気持ちに対する天体の影響
- 文化的歴史的な観点からみた天文学の「魔法」や宗教的側面

ある一つの資産の中で行われる天文学の知的営みは、より広い社会的な環境の中で行われるものであり、さらには世界的な文化の影響下でなされるのである。近代の科学的論理と合致しているかどうかは問われない。歴史的人類学の観点から見て、天文学上の営みとは以下にあげる物事であろう。

- 天体観測そのもの、およびそこから得られる結果への進展
- 生の結果から導かれる概念把握、理解そして解釈への進展
- 解釈結果を取りまとめた宇宙体系の総括と、人間の思考、知識の統合
- 知識の蓄積と流布
- その知識の結果としての応用、実用および物質的成果
- 社会慣習あるいは精神的信念への影響
- 社会的、政治的そして科学的環境形成と観測事業の方針と組織の決定（この後はまたこのリストの先頭に戻る）

天文学は、有形と無形の間の相互作用、そしてある人間社会における事実と文化との間の絶え間ない相互作用という学問として特徴づけられる。この相互作用ネットワークの分析が、サイトの価値評価の欠くべからざる基礎を提供するのである。それが、判断基準を正当化し「顕著な普遍的価値」を明示する助けになるのである。

科学遺産の観点から見た「完全性と真正性」の問題　一般的に言って、世界遺産リストに登録推薦される文化的資産の「顕著な普遍的価値」に信頼性を与えるためには、完全性と真正性という

二つの性質を示すことが必須である。この節では、天文遺産の評価をする場合のこの二つの性質の問題を検討してみよう。これは、引いては科学遺産の評価にもつながる問題である。

まず最初に、技術サイトと科学サイトの間にある密接なつながりを見てみよう。革新と改造は科学においては伝統的なものであり必要なことである。技術の進歩においても同じことがいえる。技術的な目標、工業的生産プロセスあるいは科学的道具は、科学と技術の発展、変革、革新、改善のために計画され作成される。変革と発展化の余地がどれほどあるのかということが、科学と技術の物質的装置の価値の一部となっている。この特徴が、完全性と真正性の分析を行うとき、他の種類の遺産とは異なる点であり、このことを念頭にして特別な方法をとることが肝要である。

完全性とは、あるサイトの価値（引いては潜在的に顕著な普遍的価値）に寄与する属性が完全であることを意味する。天文遺産に絞ってみると、物理的な完全性は機械的、光学的あるいは電子工学的な機器などについては、それぞれ異なった複雑な形で表される。これらの複雑さは、近代・現在と時代を下るにつれ急速に高まる。これに加えて、属性には単に物質的なものばかりではなく、その使用法、革新、維持管理の様式も含まれる。完全性の分析の際は、天文学の連続的で継続的な観測の目的に応じてどれだけの期間使用されたのか、そしてそのため装置の維持管理および更新がどのような考えでなされたのかということを考慮に入れる必要がある。ある天文学のサイト、あるいはより広く自然科学のサイトの完全性を示そうとするときは、そのサイトを一つの大きな科学装置とみなすと有益なことがある。そのサイトと構成装置（全「装置」の構成部品）の時間発展を他の類型と比較して、完全性を示すことが可能となるのである。更には、世界遺産条約とその「運用ガイドライン」によると、資産の物質的な属性が「顕著な普遍的価値」を支える元として確定していることが要求されている。完全性は、物質的な属性がすべてそのサイト内に実在していること、そしてそれが無くなる危険性がないということを求めているのである。

サイトの建築物あるいは景観の地平線などは、資産の全般的な完全性の一部をなすに過ぎない。もちろん、これらの属性は分かりやすい目印を示すものとして大事な要素ではある。ヨーロッパの「ドーム天文台」がその例である。確かに、建築や景観という属性は研究所や天文台の価値を評価するときには大事な要素ではあるが、一番大事なものではない。一方、古天文学の場合は、建築物や景観という属性は完全性を示す決定的な要素としての働きをもつ。現代天文学においても、記念物や国境の管理面で使われた場合、これらの属性は同様な働きを持つ。

真正性という概念も、研究所や天文台の建築物ばかりではなく機械、装置に至るまでが関係するという意味で完全性と同じ取り扱いが必要である。真正性とは、「顕著な普遍的価値」を示す属性が正しいことを示しうるということである。科学サイトにおいては、装置群及びそれを包み込む建築物が、「顕著な普遍的価値」を示すキーとなる属性になりうる。この場合、真正性とは、それらの装置・建物が如何に正しく稼働され使用されるかを示すことに懸かっている。研究所や天文台そのもののデザインの真正性が問われる場合もある。世界に冠たる工夫の面から見て、進化し変革を遂げてきたかということが問われるのである。

稼働中の機械・装置は、その機能を発揮するためには、一定期間厳格な条件で維持管理されることが必要である。壊れやすい箇所あるいは動きが大きい部品などは、注意深く検査され定期的な調整あるいは新品のスペアと交換されなければいけない。この維持管理がなければ、装置の利用はできず、「稼働状態」にあるとは言えなくなってしまうであろう。

さらに議論を進める。高性能な天文学の装置を使うとき、次々とより強力精密な技術開発がなされることに応じて、変革と改造を行ってゆかねばならない。ときには、天文学の諸問題に対して、根源的に新しい技術法が開発されるかもしれないのである。材料と装置の更新、場合によって再建築、あるいは機械・装置の全部取り換えということも、科学技術の分野で一般的なことであり、とりわけ装置天文学の分野では著しい現象である。ある資産の価値が、もともとの構成物とその中にある装置が働き続けるという二面間で如何にバランスをとっているのかということが重要な問題になる。

ところが、現代の科学天文学およびその前身以外のものについては、天空や特別な天体や現象に結びついていると思われる聖蹟や宗教的サイトについては、その結びつきを定期的に確認してゆくということは必ずしも必要ではない。構造物に変更を加えて上記の結びつきが直接は確認できなくなったからと言って、その価値が減じるものでもない。実際、サイトの価値をなす事物（生贄など）を直接確認することなどは、もってのほかである場合もある。

上記のように、サイトの変化ということは、注意深く取り扱って真正性を評価することが必要である。近代の科学装置については、科学遺産全般について真正性の問題と共通している。特に可動装置については全く共通な問題となっている。しかし、伝統的な建築物については、また別の点が問題となる。純粋な科学遺産という観点に立つと、建物というのは単に環境を整えるだけのものであって、その資産の中心的な属性ではないとみなされることもあるであろう。ここで、「大きな装置の一部である建物」という考えが浮かび上がる。中心となる営みを保護するものと見なす考えである。建物が時とともに変遷してきたのは、天文学者たちが科学的ミッションを果たせるようにと考えて、その資産の責任者が行ってきた結果なのである。建造物に様々な名前（天文台、大望遠鏡ドーム、分光室、ヘリオメーター室など）を付したのは重要で、その資産の意味を示すものとして正当なことである。建物群はそれぞれ独特の科学的な働きを持っているが、その歴史的な役割と価値は、サイトの科学的目的に直接関係している。これらの建物の評価は、その建築にどのような材料を用いられたか、どの装置を容れるためなのか、そしてどのように使用されてきたのかという点が重要なのであり、単に付属しているということでは評価されない。また、建物の形がその目的を表しているという点も評価の対象となる。

資産の歴史を取りまとめる際には、科学的な目的と建築的な選択という点に十分に注意を払う必要がある。天文資産の建物を分析するとき、建物や都市計画の歴史、大きさ、様式の調和性、景観だけをもって行うのは不十分である。逆に、歴代どのように使用されてきたのか、そのサイトがどう進展してきたのかを分析するのが前提条件となっている。従って、いかに巨大な記念碑的なものであっても、（歴史的あるいは現代的なもので）文書記録の無いもの、機能が限られているもの、二次的な成果しか上げられなかったもの（科学的な戦略の誤りなどによるものもあるが、その理由を問わず）は、顕著な普遍的価値を持つとは言い難い。古天文学の場合には、そのサイトが天文学的に優位なことを示す考古学的・古天文学的な物質的な証拠が必要である。

以上述べたように、天文遺産サイトと認められるには、完全性と真正性ということを物質的および無形のものを用いて正しく評価する専門家を必要とするのである。装置の使用の真正性いうことは、天文学者達がその装置を使った科学的結果のレベル・品質の評価によって主に定まるであろう。また、その装置がどのような地域で用いられたか、国内だけか国際的か、歴史上どれほ

どの期間使用されていたのかが評価点である。念頭に置いておくべきことは、「科学的な観点と実利用の観点からみた真正性」である。

管理：一般的考察

世界遺産リストに推薦されるものは、その推薦文書に、資産の保護、保存、管理の方法を記述することが必要である。これらの方法は、包括的な管理システムとして提示されねばならない。これは、資産の「管理計画」という形で提出され、関係者と契約をすることおよび条約締結元である政府の承認を受けることが必要である。政府はその計画を尊重し、実施することになる。条約の実施のための「運用ガイドライン」[5]には、この項目に対するアドバイスが記されている（条項 96 から 98、108 から 119、そして 132-5；条項 99-102[資産]と条項 103-7[緩衝地帯]も参照）。「保護」には、国、地域、自治体の法律および計画規制が含まれる。関係する効果的な法律的システムが提示されて、資産の顕著な普遍的価値に寄与する属性に脅威となるものから保護することが求められる。これは、資産そのものばかりでなく、その設定条件や科学的な機能を脅かす特定環境をも保護対象として含む。中心となる考え方は、資産の完全性と真正性を現在から未来にわたって維持すること、即ちその顕著な普遍的価値を持続させることにある。

包括的な管理は、幅広い分野の専門家の力を借りるべきである。建築、建造、都市計画、考古学、歴史学など、資産に関係する分野の専門家の協力が必要である。

保護と保存に関する様々な問題は、資産管理の他の面とも考慮に入れて考えなければならない。これには、観光団体と設備、教育・啓発・アウトリーチも関係するし、近隣との関係も問題になりうる。管理が実効的であるためには、これらすべての事柄を支援する潤沢で確実な資金が必要である。

次のことは強調しておきたい。天文遺産たるべき資産のための推薦文書類は、他の資産と全く同じように整えないといけないということである。資産およびその設定の法律による保護、そして管理システムの様々な面を述べる際に、専門的な正確さで様式化しないといけない。天文遺産管理の特殊性は、管理システムの中で別の項目として含まれねばならない。一般的な問題と連携する形で、天文学の装置群を注意深く使用して維持管理する条件、天文学者から推薦を受けられること、科学的な啓発の必要性、そして資産の独特な特徴に関する科学教育プログラムについて記述する必要がある。

[5] 【訳注】https://whc.unesco.org/en/guidelines/ にある 2008 年 1 月版のもの

補遺 世界遺産の登録基準

原著本文中に参照されている世界遺産の登録基準を以下に示す。
(https://www.bunka.go.jp/seisaku/bunkazai/shokai/sekai_isan/pdf/93716501_01.pdf)

(i) 人間の創造的才能を表す傑作である。
(ii) 建築、科学技術、記念碑、都市計画、景観設計の発展に重要な影響を与えた、ある期間にわたる価値観の交流又はある文化圏内での価値観の交流を示すものである。
(iii) 現存するか消滅しているかにかかわらず、ある文化的伝統又は文明の存在を伝承する物証として無二の存在(少なくとも希有な存在)である。
(iv) 歴史上の重要な段階を物語る建築物、その集合体、科学技術の集合体、あるいは景観を代表する顕著な見本である。
(v) あるひとつの文化(または複数の文化)を特徴づけるような伝統的居住形態若しくは陸上・海上の土地利用形態を代表する顕著な見本である。又は、人類と環境とのふれあいを代表する顕著な見本である(特に不可逆的な変化によりその存続が危ぶまれているもの)
(vi) 顕著な普遍的価値を有する出来事(行事)、生きた伝統、思想、信仰、芸術的作品、あるいは文学的作品と直接または実質的関連がある(この基準は他の基準とあわせて用いられることが望ましい)。
(vii) 最上級の自然現象、又は、類まれな自然美・美的価値を有する地域を包含する。
(viii) 生命進化の記録や、地形形成における重要な進行中の地質学的過程、あるいは重要な地形学的又は自然地理学的特徴といった、地球の歴史の主要な段階を代表する顕著な見本である。
(ix) 陸上・淡水域・沿岸・海洋の生態系や動植物群集の進化、発展において、重要な進行中の生態学的過程又は生物学的過程を代表する顕著な見本である。
(x) 学術上又は保全上顕著な普遍的価値を有する絶滅のおそれのある種の生息地など、生物多様性の生息域内保全にとって最も重要な自然の生息地を包含する。

※なお、世界遺産の登録基準は、2005 年 2 月 1 日まで文化遺産と自然遺産についてそれぞれ定められていましたが、同年 2 月 2 日から上記のとおり文化遺産と自然遺産が統合された新しい登録基準に変更されました。文化遺産、自然遺産、複合遺産の区分については、上記基準(i)～(vi)で登録された物件は文化遺産、(vii)～(x)で登録された物件は自然遺産、文化遺産と自然遺産の両方の基準で登録されたものは複合遺産とします。

第 1 章　前期先史時代

ミカエル・ラッペングリュック（*Michael Rappenglück*）

20 世紀初頭以降、特に過去数十年間に行われた学際的な研究によると、人間は前期先史時代前期（紀元前 3 万 5 千年–9 千年）にはすでになんらかの天体現象を観察し、自分たちが住んでいる世界の時空間構造について思いを巡らせていた、ということが明らかになってきた。ごく初期における計時システムや宇宙観の痕跡のようなものが、洞窟内外や他の自然/人工の場所において、[1]可搬アートまたは不可搬アートという形で表現されている。このような歴史的証拠の解釈はしばしば意見の分かれるところであるが、広義に考えると、人類の初期の認知発達において天文学が重要かつ必要不可欠な役割を果たしたことには疑いの余地はない。

前期先史時代前期には、単純な自然暦や、より複雑な「原始暦(palaeo-almanacs)」、およびいくつかの星群の知識などを含む、天文学の古(いにしえ)の形態が存在したことを示唆する様々な証拠がある。天空を眺める動機には、実用的なものと哲学的のものの両方があったと思われる。適切な「宇宙観」は、人生に意味を与えるのに役立つ。原始的な天文学の知識を、正確な計時システムおよび宇宙空間モデルに変換するには、圧倒的な想像力と物事を抽象化する能力、さらにある程度の独創的技巧も必要としただろう。

表 1.0.1.は前期旧石器時代から終末期旧石器時代にかけての時代分類に関する簡単な年表である。利用可能な考古学的証拠やこれまで議論されてきた古天文学的証拠から、対象の地理的領域はアフリカ、オーストラリア、ユーラシアに限定されている。

表 1.0.1. 先史時代前期の時代分類に関する簡易年表。左から、それぞれの時代に栄えた文化/文明の名称、時期、主な地理的場所[2]

旧石器時代		
前期旧石器時代（約 260 万～10 万年前）		
オルドワン(Oldowan)	260 万-180 万年前	アフリカ
アシュール(Acheulean)	170 万-10 万年前	アフリカ
クラクトン(Clactonian)	30 万-20 万年前	イギリス
中期旧石器時代(30 万～3 万年前)		
ムスティエ(Mousterian)	30 万-3 万年前	ヨーロッパ
アテリア(Aterian)	8 万 2 千年前頃	北アフリカ
後期旧石器時代(5 万～1 万年前)		
バラドスティア(Baradostian)	3 万 6 千年前	イラン・イラク

[1] 【訳注】可搬アートとは、石や骨など小さめのサイズで持ち運べる遺物で、人が模様などを刻んだものを言い、不可搬アートとは、壁画など場所が固定されているものを言う。

[2] 【訳注】各文化的時代の主な地理的場所に関しては、訳者による追記。

シャテルペロン(Châtelperronian)	3 万 5 千–2 万 9 千年前	西ヨーロッパ
オーリニャック(Aurignacian)	3 万 2 千–2 万 6 千年前	フランス
グラヴェット(Gravettian)	2 万 8 千–2 万 2 千年前	ヨーロッパ
ソリュートレ(Solutrean)	2 万 1 千–1 万 7 千年前	フランス・スペイン・ポルトガル
マドレーヌ(Magdalenian)	1 万 8 千–1 万年前	西ヨーロッパ
ハンブルク(Hamburgian)	1 万 4 千年前頃	ドイツ
アーレンスベルク(Ahrensbergian)	1 万 3 千年前頃	北ヨーロッパ
終末期旧石器時代		
スウィデリアン(Swiderian)	1 万年前	ポーランド
アジリアン(Azilian)	1 万年前	スペイン・フランス

一般に、先史時代前期の考古学的遺産は、場所が固定されているものと、持ち運べるものとに分けることができる。絵画、彫像、彫刻などのロックアートは、深い洞窟内だけでなく、峡谷や岩窟といった野外の場所にも存在する。目的別の「地図」が骨に刻印されていたり、または洞窟内の壁に描かれていたりしており、当時の人々が地形の特徴を捉えていたことを示している。洞窟や岩窟、及びその他の特徴的地形には、実用的かつ象徴的な意味があったと考えられる。住居を建設することや、野営場・道具・可搬アート(骨や石などを使った芸術品)を考案することは、人間の認知レベルを高度化させる。不可搬アート（壁画など）や可搬アートに見られる図像には、抽象的なシンボル表現と自然の模写の両方が存在する。

少なくともオーリニャック期から、狩猟採集文化の人々は、動植物の周期的な年間イベント（固定／移動対象物の両方）を絵に描いていた。狩猟者として、彼らは動物の生物学的リズムを確実に知っていたはずである。例えば、昼行性であるか夜行性であるか、交尾の季節、妊娠の期間、出産／孵化、毛皮の変化、ツノの形成と落下、鳥の渡りや産卵時期などである。そして、採集者として、植物の成長の周期的なリズムに自然と精通していった。食事等で消費した動植物の残骸が見つかる場所が転々としていることから、夏と冬で宿営地を変えていたことは明らかである。一部の地方にある洞窟聖域もまた、一年のうちある決まった時期にだけ訪問されていたようである。なぜなら、絵画の創作や更新が、ある「特別な」期間のみに行われていたという証拠があるからである。さらに、1 年のうちのある特定の日、日光によって洞窟や岩窟の奥が明るく照らされるという出来事が、当時の人々にとって重要な意味を持っていたのではないかと思われる。例えば、スペインのガンディアの近くにある洞窟聖域、エル・パルパロでは、その最も奥にあるスペースが、冬至の日にだけ完全に照らされるという現象が起こる。

古天文学的研究により、画像や記号を用いてある特定の時期を示す天文暦や自然暦が存在していたという証拠が、可搬アートと不可搬アートの両方で見つかっている。月の観測は特に重要であったように思われ、その満ち欠けサイクルと出没位置の変化の両方が、数年にわたって記録されていた。月の記録の目的は、時間を知るためだけにとどまらなかった。月と太陽の周回運動を結びつけていたと明らかに思われる表記や、太陽太陰サイクルを認識していた表記すら存在する。後者の例が、精巧なタイスボーンである（ケーススタディ 1.1 で後述）。オーリニ

ャック期からアジリアン期までの時代における可搬アートの作品の中には、さまざまな方法で時間計算をしていたことを示す、いくつかの集計用の棒や小石が見つかっている。

先史時代の可搬/不可搬アートには、動物（哺乳類、鳥、爬虫類、さらには昆虫）を表現したものや、ときには植物の描写が含まれている。これらの表現の中には、特定の動物および/または人間の女性の生物学的リズム（月経、妊娠）と、天文学的周期を結びつけて考えているように思われるものが多数ある。おそらくは「暦(almanac)」という言葉を使うのが適切であろう。一つの例は、ドイツのギーセンクラスターレ洞窟で見つかった象牙プレートだ。その象牙プレートは紀元前３万５千年～３万２千年頃のもので、人間を描いた最も古い表現の一つであることで知られている。象牙プレートへ刻まれた表現は、オリオン座や太陰暦、妊娠カレンダーと関連があると思われている（ケーススタディ 1.2 で後述）。より複雑な例、特に長期間にわたる情報を刻んだアート作品では、天文学的に重要な時間単位を示すために、分かりやすく構造化された計測システム（いわゆる「算術」表記）が使われている（ケーススタディ 1.3 で後述）。

後期旧石器時代には、いくつかの明るい星団（かんむり座、プレアデス星団、ヒアデス星団など）の存在はすでに認識されており、さらにそれらは時間計算に重要な役割を果たし、方角を決めるためにも使われていた。プレアデス星団とヒアデス星団を表現したと思われる遺物として、おそらく最も数多く研究／出版された例は、フランスのラスコー洞窟の『牡牛の広間』に描かれた No.18 オーロックスである。このラスコー洞窟には、後期旧石器時代の芸術の最高傑作といえる壁画がおびただしく描かれているが、その真の重要性は、その壁画の中に天文学的な関連性をもつ作品も含まれているという、その幅広さや複雑さにある（後述ケーススタディ 1.4）。

先史時代の天文学的な遺産は多様で断片的であり、その特定・立証・評価には、信頼するに足るものかどうかという問題が常にある。科学的厳密さというのは、人文科学・自然科学・実験考古学の手法を統合することによってのみ達成できるが、加えて現象論的方法論も必要となる。図像の解釈には、統語論的・意味論的・実用的側面が一致することが必要で、さらに多面的な検討が必要である。

これまで見つかっている旧石器時代の天文学的遺産は、一貫した方法で広報・保護されているわけではない。一部の博物館では、コレクション内の可搬アート作品の天文学的な重要性を具体的に記載しているが、ロックアートなどの不可搬アートについては、その天文学的意味についてその現地で表示しているという例は、一つたりともない。ここ数年は、旧石器時代の原始天文学（および原始数学、その他の原始科学）を人々に伝えるために、メディアの様々な形態（印刷物、視聴覚資料、電子メディア、プラネタリウムプログラムなど）が利用されている。旧石器時代の天文学遺産は、それ単体では明示的には保護されていないが、関連する歴史的建造物・遺物を保存するための大枠の措置に、暗黙的に含まれていることがよくある。

文献

Couraud, C. (1985). *L'Art Azilien: Origine–Survivance*. Paris: CNRS.

Esteban, C. and Aura Tortosa, J.E. (2001). "The winter sun in a Palaeolithic cave: la Cova del Parpalló", in *Astronomy, Cosmology and Landscape*, edited by C. Ruggles, F. Prendergast, and T. Ray, pp. 8–14. Bognor Regis: Ocarina Books.

Frolov, B.A. (1977–79). "Numbers in Palaeolithic graphic art and the initial stages in the development of mathematics", *Soviet Anthropology and Archaeology* 16/4 (1977), 142–166; 17/1 (1978), 73–93; 17/3 (1978), 41–74; 17/4 (1979), 61–113.

Larichev, V.E. (1999). *Zarya Astrologii: Zodiak Trogloditov, Luna, Solntse i "Bluzhdayushchie Zvezdy"*. Novosibirsk: Izdatel'stvo Instituta Arheologii i Etnografii SO RAN.

Marshack, A. (1991). *The Roots of Civilization: the Cognitive Beginnings of Man's First Art, Symbol and Notation*. New York: Moyer Bell.

Rappenglück, M. (1999). *Eine Himmelskarte aus der Eiszeit?* Frankfurt am Main: Peter Lang.

Rappenglück, M. (2008). "'Astronomische Ikonografie' im Jüngeren Paläolithikum (35.000–9.000 BP)", *Acta Praehistorica et Archaeologica* 40, 179–203.

ケーススタディ 1.1：タイスボーン（Thaïs Bone）、フランス

遺物の特徴と分析、およびその発見場所

地理的位置：フランス、ドローム県、サン・ナゼール・アン・ロワイヤン村にある、タイス洞窟（フランス語で Grotte de Thaïs。" Thaï/Taïs/Taï "と書かれることもある）。

場所：北緯 45° 3' 53"、東経 5° 16' 24" 、標高 220m

概略：タイス洞窟は、ヴェルコール石灰岩山塊のふもと、ブルヌ川とイゼール川の合流点近くに位置している。 入り口付近は 2 つの乾燥した空間になっており、奥に進むと広くて深い水で満たされた空間がある。

遺物の目録：骨片 No.450（以下「タイスボーン」）は、1968～69 年に洞窟から発掘された。考古学的には、初期のアジリアン期である紀元前 1 万 2 千年前後のものであると思われている。87 mm×27 mm の牛の肋骨の一部であり、その両面に図柄が刻まれている。その「表面」には、長い辺にほぼ平行に走る 7 本の長い切り込み線が刻まれている。7 本の線は短辺側で縦につながっていることから、これらが実際は右から左、左から右へと一筆書きで描かれていたことを示す。この主線(7 本の平行線)に垂直に、上下に多数の短い線(マーク)が刻まれ、それらは間隔 1～2 cm 毎に明確にグルーピングされている。顕微鏡分析によると、これらの短い線(マーク)は異なる時期に異なる道具を用いて刻まれたようである。一連の作業を特徴づけるのは、マ

ークのグルーピング、変化、周期性である。「裏面」には、全体を横切る短めの線が一本と、短いマーク線が控えめに刻まれている。また、垂直方向に 6 本の太めの線がある。

歴史：洞窟学者が残した走り書きによると、限定的な洞窟探査が 1878 年に行われたようである。最初のサイフォン水路が 1957 年に発見され、水で満たされた深奥空間へのアクセスが可能になった。発掘は 1968〜69 年に、ジャック・エリー・ブローチャーとジャック・レオポルド・ブローチャーによって行われた。 1970 年代になって、洞窟は観光客のために整備された。

文化的/表象的側面：タイスボーンの彫刻は装飾的なものではなく、非常に複雑な表記システムである。大量のマークとその算術的な配置、その他の特徴から、表面の模様は三年半に及ぶ月と太陽の毎日の記録であることが強く示唆している。マークは、月の変化する外観、特に三日月と新月の時期を記録しているように見える。また、その全体的なパターンは、太陽の夏至点/冬至点を観測することにより、季節に合わせて周期性を維持している。このことから、アジリアン期の人々は、月の変化する外観だけでなく、太陽の位置の変動にも気づいており、両者を同期できていたことが分かる。

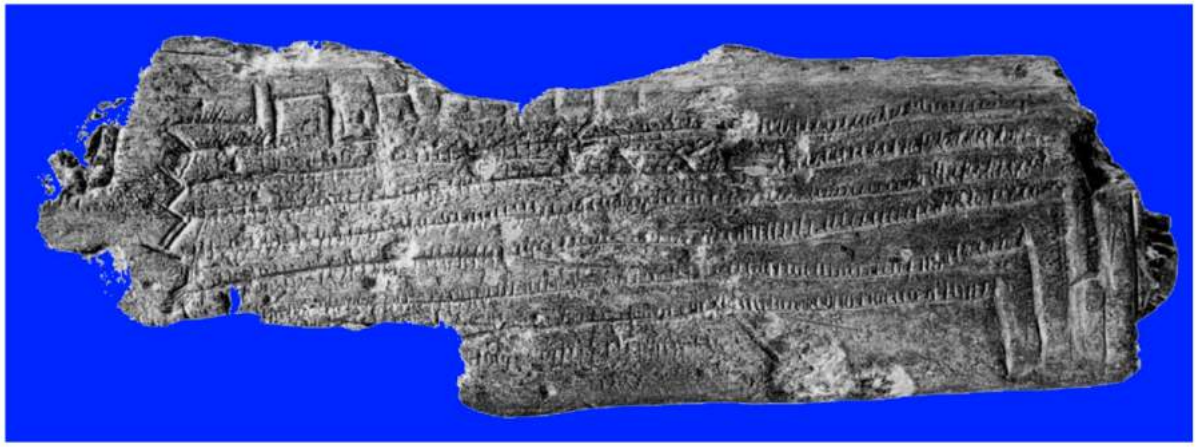


図 1.1.1. タイスボーンの「表面」　（出典 Marshack 1991, fig.1）

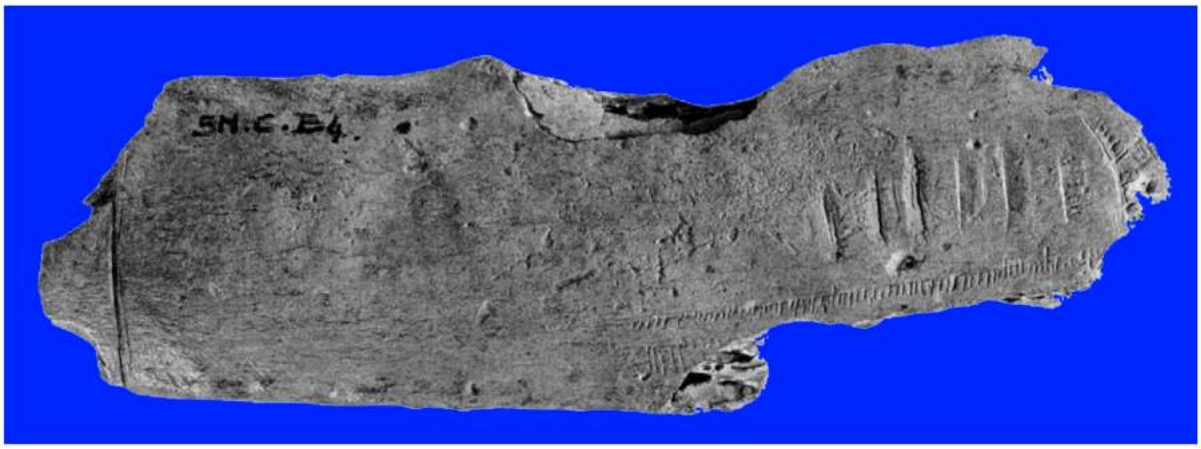


図 1.1.2. タイスボーンの「裏面」　（出典 Marshack 1991, fig.1）

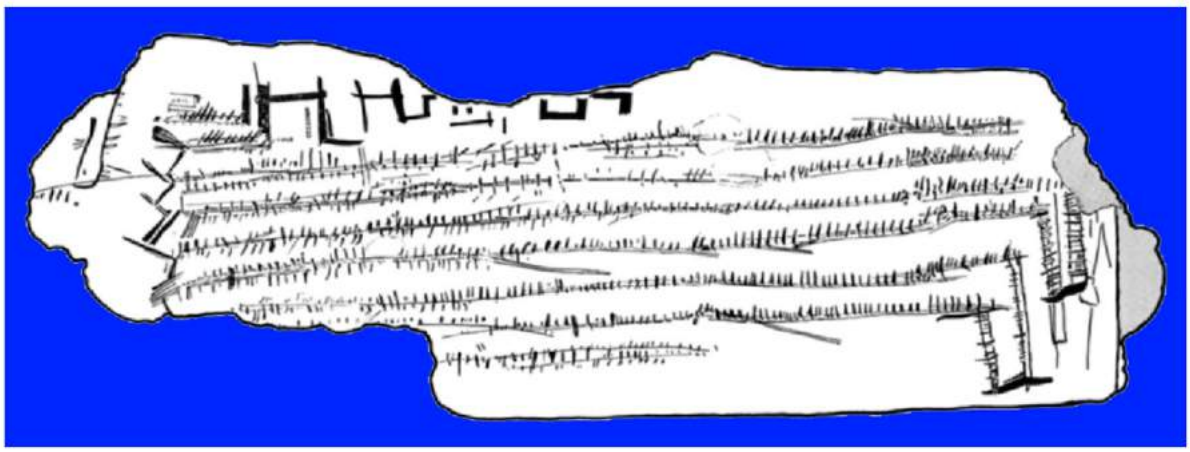


図 1.1.3. タイスボーンの表面の線画。平行な 7 本の主線が一筆書きで繋がっていることや、短いマークがグルーピングされていることがわかる。　（出典 Marshack 1991, fig.5）

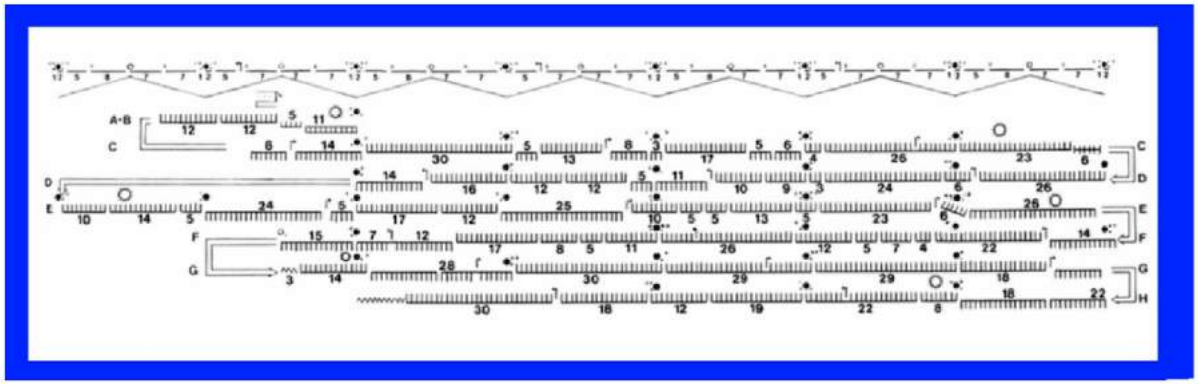


図 1.1.4. 太陰太陽サイクルに基づく時間計算モデル　（出典　Marshack 1991, fig.7）

比較分析：タイスボーンに刻まれた模様は、旧石器時代の可搬アートの中でも、最も複雑で精巧な時系列情報群である。この遺物のおかげで、約 1 万 2 千年前の後期旧石器時代（アジリアン期）において、計時システムが存在していたこと、またその計時は、月の満ち欠けの周期の観測と、太陽の夏至点/冬至点の観測によって得られる季節に基づいていたということがわかる。

真正性と完全性：タイスボーンは 1968〜69 年に全く損傷がない状態で発見された。その模様のひとつたりとも自然現象で起こり得ないもので、この肋骨片がアジリアン期の人々によって人為的に彫られたことは明らかである。

現在の遺物の管理

現在の利用法：タイスボーンはフランスのドローム県バランス美術館 にコレクションされている（目録番号 792-33）。美術館の改修工事のため、2006 年から 2012 年までは一般公開が休止されていた。

時代的/地理的/地域的背景：タイス洞窟はカンパルー岩窟の近くに位置している。この地域には後期マグダレニアン期(紀元前 12,800±300 年)から終末期旧石器時代のアジリアン期までの、考古学的に恵まれた地層があり、タイスボーンもこの地層から見つかっている。

考古学的/歴史的/遺産研究：タイスボーンの最初の研究は、1968〜69 年の発掘調査で発見されてすぐ、ジャック・エリー・ブローチャーとジャック・レオポルド・ブローチャーによって 1970 年代初期に行われた。実質的な分析と解釈は 1970 年代から 1980 年代にかけて、アレクサンダー・マーシャックによって、詳細な顕微鏡検査によって行われた。

損傷、破壊等の脅威 ：遺物の保存に関する潜在的な脅威は、不可抗力に起因する場合を除き、通常の状況下では存在しない。

管理：この遺物の管理に関する特別の取り決めはない。

追加文献

Brochier, J.-É. and Brochier, J.-L. (1973). “L’art mobilier de deux nouveaux gisements magdaléniens à St Nazaire en Royans”, *Études Préhistoriques* 4, 1–12.

Brochier, J.-L. and Soleil, P. (1991). *Préhistoire. (Parcours/Collections).* Valence: Musée de Valence.

A. Marshack (1991). “The Taï plaque and calendrical notation in the Upper Palaeolithic”, *Cambridge Archaeological Journal* 1(1), 25–61.

ケーススタディ 1.2：ギーセンクラスターレの象牙プレート、ドイツ (The Decorated Plate of the Geißenklösterle)

遺物の特徴と分析、およびその発見場所

地理的位置：ギーセンクラスターレの洞窟遺跡は、ドイツ、バーデンヴュルテンベルク州、アルプ=ドナウ郡、ブラウ渓谷のブラウボイレン町、アッハ渓谷のヴァイラー村の近くにある。

場所：北緯 48° 23’ 53”、東経 9° 46’ 17”、 標高 580m

概略：ギーセンクラスターレの洞窟遺跡は、アッハ渓谷の底から約 60m 上にあるブルックフェルス岩に位置している。このアッハ渓谷は、ダヌブ川の源流にあたる広大な水域の一部であり、顕著なカルスト地形である。ギーセンクラスターレは、かつて中期旧石器時代（ムスティエ期）の時代には現在よりはるかに広大な洞窟密集地であった。しかし、最初の人間が占領したときにはすでに大部分は崩壊していたと思われ、現在はその名残が残っているのみである。現在でも存在しているものには、アーチ型の構造を含む大きな岩穴遺跡がある。この遺跡における後期旧石器時代の地層から、いくつかの図像的な作品が見つかった。マンモスの牙でできた、バイソン・類人猿・マンモス・熊の浮き彫り細工（レリーフ）、動物を彫刻したとみられる 2 つの断片、着色された石灰岩の断片などである。

遺物の目録： わずか 38 mm×14.1 mm×4.5 mm のマンモスの象牙でできた小さな長方形のプレートが、1979 年に発掘された。考古学的には、おそらく紀元前 3 万 5 千～ 3 万 2 千年前のオーリニャック期の遺物であると考えられる。製作者は片面(A)をやすりでなめらかに彫刻し、さらに反対側(B)と側面に細かく模様を刻んだ。A 面には人間または人間と猫のハーフと思われるような“人間に似た”像の半身が彫られている。このレリーフは崇拝するときのように両手が上に挙げられているため、“崇拝者”と呼ばれている。B 面と上下左右の側面には、明確に意図的なパターンで並んでいる一連の刻み込み（ノッチ）がある。側面には 6 個、13 個、7 個、13 個ずつの集合になった合計 39 のノッチがある。B 面にはさらに、 4 本の縦線上に並んだそれぞれ 13 個、10 個、12 個、13 個（合計 49 個）のノッチがある。

歴史： ギーセンクラスターレの発掘調査は、1973 年から 1991 年の間に行われ、2001 年から再開された。地層の考古学的時代は中後期～後期旧石器時代(マグダレニアン・グラヴェット・オーリニャック期)にあたり、保存状態の良い遺物が見つかっている。ただし、同地層にある中期旧石器時代の遺物は、土壌の液状化によって損傷を受けている。象牙プレートは 1979 年に発掘された。

図 1.2.1. ギーセンクラスターレの象牙プレートの表面(A 面、左)と裏面(B 面、右)。ドイツ、シュトゥットガルトのヴュルテンベルク歴史博物館所有。

文化的/表象的側面： プレート上のノッチのグループ化は、時間に関係する配列ではないかと考えられている。ノッチの総数（88）は、月の満ち欠け周期 3 周分（29.5 日 x 3 回= 88.5）と一致するだけでなく、恒星のベテルギウス（オリオン座α星）が一年のうちで見えなくなる日数（当時紀元前 3 万 3 千年で計算すると、春分の約 14 日前から夏至の約 19 日前まで）とも一致している。1 年 12 ヶ月からその約 3 ヶ月を差し引いた期間、つまり約 9 か月間という期間は、人間の妊娠期間とほぼ一致しているし、さらに初夏にオリオン座が夜空に見え始めるタイミングは、ある“経験則”を生み出すことを容易にしただろう。その経験則とは、オリオン座が夜空に見えはじめる時期に合わせて懐妊すれば、出産時期は厳しい冬が終わった後であり、次の冬が始まる前に赤ちゃんのための十分な栄養を確保する時間があるという法則である。その証拠として、A 面に彫られた人型は、オリオン座の配置と類似性がある。

これらの証拠のそれぞれ一部だけを取って考えれば、仮に構造的・数値的一致があっても、偶然に起こった可能性が高いため、納得がいく説明とは言えないだろう。しかし、全部の証拠をまとめて考えると、人型レリーフはオリオン座の星の配置を表しており、象牙プレート全体が月と人間の妊娠期間に基づく計時システムに関連していることを示唆している。もしそうであれば、民族誌的比較によれば、ギーセンクラスターレ文化が宇宙の力や豊かさが周期的に変化していることを認知しており、「擬人化した星座」でそれを表現したと思われる。

比較分析：ギーセンクラスターレの象牙プレートは、初期の後期旧石器時代の文化において、高度に発達した認知能力・美的能力があったことを示す特別な遺物である。この遺物は、これまでのところ、星群を視覚的に表現した最も古い遺物であり、さらに、月や人間の妊娠期間に

応じた時間の計算の概念と組み合わさっている。また、これらのアイデアや実践の基礎にある神話的概念について知る手がかりも提供してくれる。

真正性と完全性：象牙プレートは 1979 年、厚さ 5cm の骨灰層の下にある住居層の中に、道具やその他の美術品が集中している場所、おそらくは暖炉の近くで、火による損傷のない状態で発見された。この地層は天井が崩壊したことで、密閉状態にあった。 遺物は土壌の動きによって、元の位置から少し（数 cm）移動していた。彫刻が完全であるという事実と、すべての側面にノッチが存在するという事実は、この象牙プレートが一枚で完成品であり、より大きな作品の一部ではないという証明になる。B 面にはマンガンと黄土の小さな斑点があるが、これらは意図的に貼付されたことは間違いない。B 面の削り落ちたごく一部の小さな修復を除き、プレートに修復作業は行われていない。

現在の遺物の管理

現在の利用法：オリジナルの遺物は科学的調査の目的のみで手にすることができる。展示や個人所有のためのレプリカは入手可能である。

保護：象牙プレートは、歴史的・考古学的遺産の保護のための施設であるバーデンヴュルテンベルク州テュービンゲンの記念碑保存局（Landesamt für Denkmalpflege;LDA）で保管されている(受入番号 G 58.264)。

保存状態：遺物の保存状態は概ね良好である。A 面の彫像の表面は元の状態から少し風化しただけである。発掘時、左上の隅から非常に小さな欠片(1mm 程度)が欠け落ちた。同面の一番上の薄い象牙のラミネート加工(薄膜加工)も、発掘中にわずかに損傷を受けた。B 面のごく一部も削り落ちたが、既に修復された。

時代的/地理的/地域的背景：遺物の風化状態から、このプレートは袋に入れて持ち運ばれていたのだろうと考えられている。黄土は旧石器時代には儀式でよく使用されていたとされ、この黄土が点在している層に遺物が埋め込まれていたことは、所有者がこのレリーフを重要視していたことを示す。

考古学的/歴史的/遺産研究：プレートは発見以来、数回に渡って詳細に調べられ、記述されている。

損傷、破壊等の脅威 ：遺物は安全に保護されている。

管理：プレートのオリジナル品は、めったに公開されない。レプリカは世界中のいくつかの博物館で展示されている。

追加文献

Hahn, J. (1988). *Die Geißenklösterle-Höhle im Achtal bei Blaubeuren*. Stuttgart: Karl Theiss Verlag.

Holdermann, C.–S., Müller-Beck, H. and Simon, U. (2001). *Eiszeitkunst im süddeutsch-schweizerischen Jura: Anfänge der Kunst.* Stuttgart: Karl Theiss Verlag.

ケーススタディ 1.3：イシャンゴの骨（Ishango Bone）、コンゴ民主共和国

遺物の特徴と分析、およびその発見場所

地理的位置：この遺物は、コンゴ民主共和国の都市ゴマの近く、ヴィルンガ国立公園内の屋外の場所で発見された。

場所：南緯 0° 7’ 37”、東経 29° 36’ 2” 、標高 912m

概略：イシャンゴ（Ishango または Isango-Isoro / Isanga-Isoro）と名付けられた河岸段丘は、セムリキ川の流出部に近いルタンジゲ湖（エドワード湖とも呼ばれる）の北西の岸にある。漁師と採集者が旧石器時代後期にここに定住していた。発掘調査により、小さな象牙の釣り針、トゲのある骨の釣り針、魚の骨、さまざまな種の哺乳類の骨、珪岩の道具、ヒヒの骨で作られた装飾柄、および人間の遺骨が見つかった 。

遺物の目録：“イシャンゴの骨”とは、1950 年にこの河岸段丘で発見された、長さ 10cm でこげ茶色の、わずかに湾曲したヒヒの腓骨[3]である。小さい水晶の破片が骨の片方の端に埋め込まれ、ほんの 2 mm だけ突き出しており、これが刃として機能する。この骨製の道具には、長さ方向に沿って 3 列に並んだ刻み目(ノッチ)が刻まれている。最初の列（G 列）には、それぞれ 11 個、13 個、17 個、19 個の 4 つのグループに分かれた全部で 60 個のノッチが彫られている。 2 列目（M 列）のノッチは、それぞれ 3 個、6 個、4 個、8 個、10 個（9 + 1）、5 個（1 + 4）、5 個、7 個の 8 つのグループに分かれた構成になっている。3 列目（D 列）は、それぞれ 11 個、21 個、19 個、9 個の 4 つのグループに分かれた、全部で 60 個のノッチで構成されている。

場所と遺物の歴史： 1930 年代にセムリキ川流域で地質調査を行った結果、中期および後期旧石器時代の遺跡が偶然発見され、基本的な上部セムリキ層序(地層の順序)が確立された。イシャンゴの骨が初めて原始的な数学の例として解釈されたのは、1962 年のことである。その後、年代

[3] 【訳注】四肢動物の後肢を構成する骨

の再評価が行われ、骨は紀元前 2 万 5 千年～ 1 万 6 千年の間のものであると見積もられている。

文化的/表象的側面： イシャンゴの骨はノッチを入れるための道具として設計されているが、その取っ手自身にもノッチが入れられている。その取っ手に刻まれたノッチの配置と各グループの数字は、明らかに偶然にできたものではない。左右の列（G 列、D 列）の各グループには、奇数のノッチ（9、11、13、17、19、21）が含まれおり、さらに G 列に含まれる数値は正確に 10 から 20 の間の 4 つの素数である。M 列のノッチの隣り合うグループを合計すると、10 または 12 となる所が多い（図 1.3.1 参照）。このような事実から、グループ化は数字を、デザイン全体は桁(位取り)を示す計算システム（位取り記数法）であろうと解釈された。各列のノッチの合計数（60、48、60）は、基数として 10 と 12 を混合して使っていたことを示している。また別の解釈もある。月の満ち欠け周期の 2 回分が 59-60 日である事実に基づき、月相周期の 5.5 ヶ月分にわたる観測期間の計時として使われていたとする説である。

図 1.3.1. 左：イシャンゴの骨。ベルギー王立自然史博物館より提供。**右：**ノッチの配置。出典　D. Huylebrouck, “Afrika, die Wiege der Mathematik”, *Ethnomathematik, Spektrum der Wissenschaft 2* (2006), 10–15.

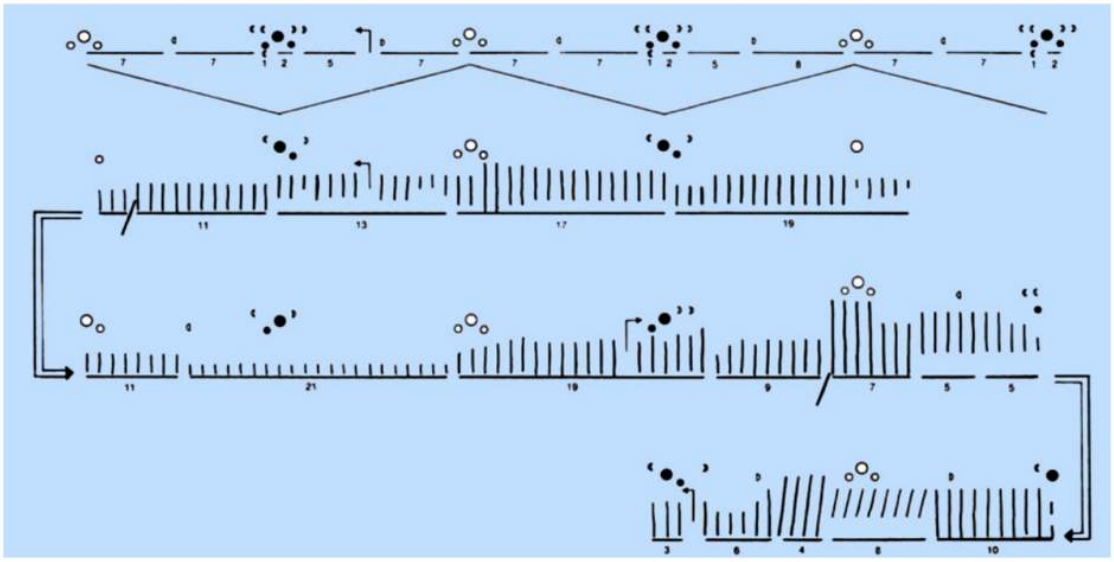


図 1.3.2. 月相周期の観点から解釈されたノッチの配列。出典　A. Marshack, The Roots of Civilization (New York, 1991), fig. 3

比較分析：イシャンゴの骨は、先史時代の人々が、単純な数え上げを超えた、かなり発達した原始的数学的知識を持っていた可能性があるという証拠になった。その数学的知識には、基数（10 進数、12 進数）や特殊な数（奇数、偶数、素数）、および 2 による乗算と除算の法則が含まれる。イシャンゴの骨のような遺物は、おそらく時間計算や特別なゲーム、または別の目的に使用されていたのだろう。

骨でできた装飾付きの取っ手がもう一つ、1957 年に同様の地層から発見されていたが、この遺物に関する情報は 1998 年になってようやく公開された。この遺物にも、6 つのグループに分類できるノッチが刻まれている。6 つのグループのうち 2 つのグループは、さらに一連の長い溝と短い溝のサブグループに細分化される。ノッチ数の数列（20 [長 14, 短 6]、6 [長]、18 [長]、6 [長]、20 [長]、8 [長 6、短 2]）は、基数として 6 と 10 を混合して使用する数え方の一種であると解釈されている。

真正性と完全性：イシャンゴの骨は信頼性の高い考古学的地層から出土しており、保存状態もよい。遺物は化石化しており、水や周囲の土壌による化学的影響による表面の変化は非常に少ない。

現在の遺跡管理・遺物管理

現在の利用法：イシャンゴの骨は、ベルギーのブリュッセルにあるベルギー王立自然史博物館(Institut Royal Belge des Sciences Naturelles)に常設展示されている。この遺物は、他に類を見ない遺物であり、その解釈だけに専念する国際科学会議が 2007 年に開催されたほど重要視されている。

保護：ヴィルンガ国立公園は 1979 年に世界遺産リストに登録され（第 63 号）、1994 年には「危機遺産一覧表」に登録された。イシャンゴの骨は、近代的な博物館での標準的な文化財保護と展示の基準に従って保護されている。

保存状態：この遺物については、国際基準に従った、標準的な保存の手続きが適用されている。

時代的/地理的/地域的背景：ヴィルンガ国立公園（広さ約 300 km×150 km）には、キブ湖とエドワード湖、ヴィルンガ火山地、スタンレー山の山頂（5109 m）を含むルウェンゾリ山脈、グレートリフトバレーなどといった特徴的な地形が多く存在する。世界に残っているマウンテンゴリラの 3 分の 1 が、この地の特殊な生態系の中に生息している。

セムリキ川のほとりとルタンツィーゲ湖の北岸に沿って、イシャンゴの方角に見晴らしの良い場所がいくつかある（カバレ、カタンダ、カサカなど）。この地からは前期・中期・後期旧石器時代だけでなく、新石器時代(紀元前 8000~13,000 年)の遺物も見つかっている。

考古学的/歴史的/遺産研究：イシャンゴの考古学的背景は、1950 年代にジャン・ド・ハインツェリン率いるチームによって最初に調査され、文書化された。アリソン・ブルックスとその同僚は、1980 年代と 1990 年代にイシャンゴの地の再評価を行い、最新の地質時代分析を行った。イシャンゴの骨の民族数学的な解釈は、1962 年にド・ハインツェリンによって最初に提示され、その後、ダーク・ハイルブルック他によってさらに発展された。古天文学的解釈は、1972 年にアレクサンダー・マーシャックによって提示され、その後クラウディア・ザスラフスキーによってさらに詳細に解釈された。

損傷、破壊等の脅威 ：不可抗力による損傷を除き、遺物に対する潜在的な脅威はない。

追加文献

Brooks, A.S. *et al.* (1995). “Dating and context of three Middle Stone Age sites with bone points in the Upper Semliki Valley, Zaire”, *Science* NS 268, 548–553.

de Heinzelin, J. (1957). *Les Fouilles d’Ishango* (2 vols.). Bruxelles: Institut des Parcs Nationaux du Congo Belge.

de Heinzelin, J. (1962). “Ishango”, *Scientific American* 206, 105–116.

Huylebrouck, J. (2008). *Afrique et Mathematiques. Ethnomathématique en Afrique Noire, depuis le Temps de la Colonie jusqu’à la plus Ancienne Découverte Mathématique.* Brussels: ASP.

Zaslavsky, C. (1999). *Africa Counts: Number and Pattern in African Culture* (3rd edn.). Chicago: Lawrence Hill Books.

ケーススタディ 1.4：ラスコー洞窟の天文壁画、フランス（The Astronomical Rock Panels in the Lascaux Cave）

遺物の特徴と分析、およびその発見場所

地理的位置：ラスコー洞窟（Grotte de Lascaux）は、フランス、ドルドーニュ県モンティニャック村の南東 1200 m のヴェゼール渓谷にある。

場所：南緯 45° 3’ 17”、東経 1° 10’ 44” 、標高 185m

概略：ラスコー洞窟はサントンの石灰岩塊をくりぬいて作られており、その入り口はラスコー丘の頂上直下、ヴェゼールの谷底から 90m 上にある。アルファベットの「K」の形をした 3 本の長くて狭い地下ギャラリーで構成され、全長はほぼ 250m である。洞窟内の各場所には、軸状ギャラリー(Axial Gallery)、 牡牛の広場(Hall of the Bulls)、 猫の間(Chamber of Felines)、身廊(Nave)、 後陣(Apse), 井戸状の空間(Shaft)などという名前がつけられている。洞窟のほとんどの壁は、おびただしい数の白黒および彩色の壁画と刻線画によって埋め尽くされている。出版されている図録には、動物（馬、オーロックス、バイソン、牛、雄鹿、アイベックス、ネコ科動物、ケブカサイ、鳥、クマ）、人間、キメラ、植物と思われる抽象表現、および記号（幾何学図形、 点々の並びや集合など）を含め、1963 もの図版が収められている。（塗装時にわずかに含まれる木炭に含まれる）炭素 14 を用いた年代測定、花粉分析、画の様式評価によると、岩絵の大部分は初期のマグダレニアン期(紀元前 1 万 7 千～ 1 万 5 千年)に起源をもつことを示している。ただ、いくつかの絵はもっと後の時代、中石器時代(紀元前 5 千年まで)に描かれた可能性がある。

遺物の目録： ラスコー壁画の中には、天文学的に重要と思われるものが多く存在する。そのような作品とその天文学的意味合いを列挙すると

- 軸状ギャラリーの”中国の馬”と”向かい合うアイベックス” （自然カレンダー）
- 猫の間の”背中合わせのバイソン” （自然カレンダー）
- 軸状ギャラリーの“呻き声をあげている雄鹿と妊娠している馬”と点群 （天体暦）
- 身廊の” 泳ぐ雄鹿” （天体暦）
- 牡牛の間のオーロックス(No.18)と点群 （星群の表現）
- 井戸状の空間の 2 枚の絵文字パネル （世界観）

その他に関しては下記の「文化的/表象的側面」も参照してほしい。

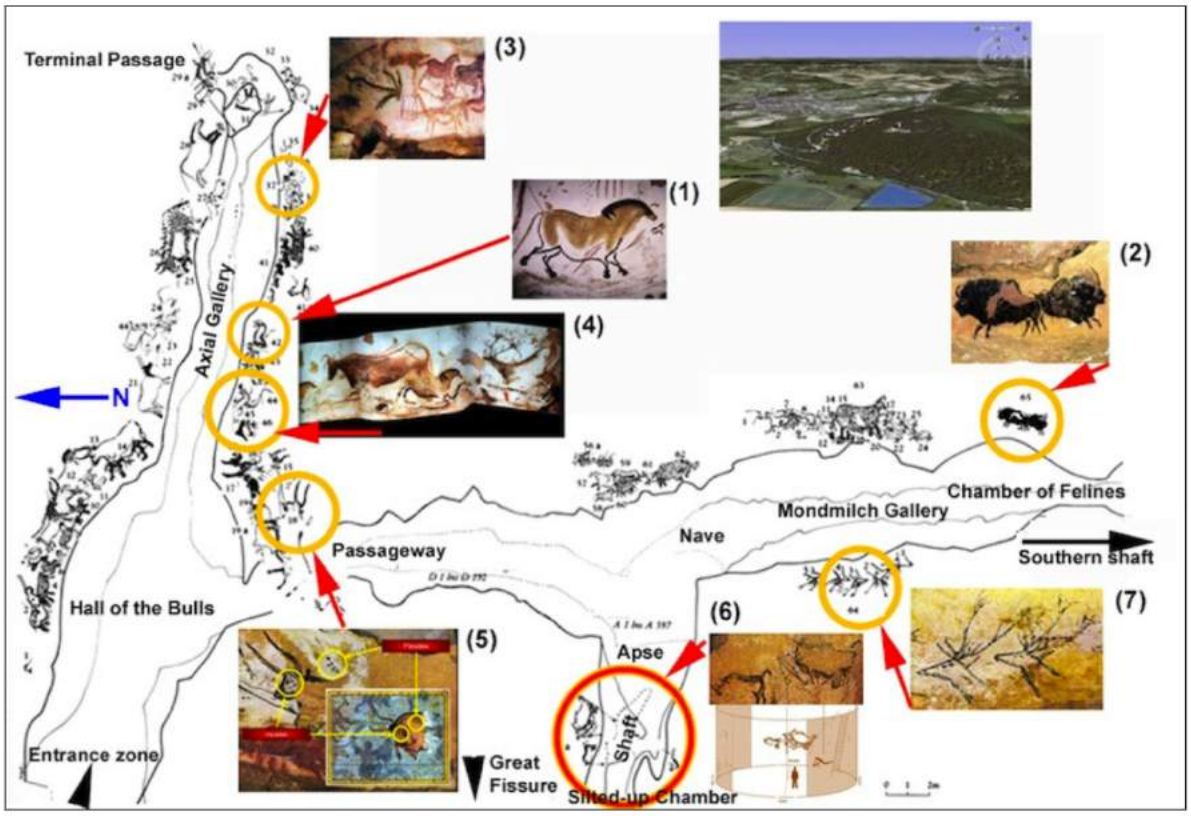


図 1.4.1.　ラスコー洞窟内で天文学と関連があると思われる壁画。(1) “‘中国の馬” ,(2) “背中合わせのバイソン”, (3) “向かい合うアイベックス” ,(4) “呻き声をあげている雄鹿と妊娠している馬” ,(5) オーロックス(No. 18) と関連する点群 ,(6) 2 枚の絵文字パネル (7) “5 頭の泳ぐ雄鹿”。図の提供は マイケル・ラッペンリュック。

歴史： 洞窟は 1940 年 9 月 12 日に発見され、急速に多数の観光客を惹き付けた。洞窟は 1948 年に一般公開されたが、生物学的汚染による深刻な劣化により、1963 年に再び閉鎖された。洞窟の中でも最も重要な岩絵の集中している軸状ギャラリーと牡牛の間、この 2 つの場所の詳細な 3 次元レプリカが、わずか 200m 離れた場所に建設され、1983 年から一般公開されている。一方、オリジナルの洞窟の継続的な劣化を止める努力は現在まで続いている。

文化的/表象的側面： 壁画が示す天文学的意味合いは、4 つのカテゴリに大別される。

＜自然カレンダー＞ラスコーに描かれている動物の大部分は、季節的な特徴を有している。鹿は発情期である初秋を表し、馬は交配期である晩秋もしくは出産期の初春を、同性のアイベックスが群れ集うのは晩夏から初秋を表す、などである。こういった季節の指標は、季節を象徴する植物が加わることでさらに強化される。例えば、軸状ギャラリーに描かれている”中国の馬”は、夏毛並みであって妊娠しており夏草に囲まれている。これは全体として夏至付近の出産の時期を表現している。

＜天体暦＞‘季節の’動物に関連付けられているいくつかの抽象的なデザインは、天体暦に関連している可能性がある。例えば、軸状ギャラリーに描かれている“呻き声をあげている雄鹿と妊娠している馬”（それぞれ雄鹿が秋、馬が春を示す）の下にある 13 個と 26 個の点群は、一つの点が 7 日間を意味していて、夏至から秋分までの間の 13 週間の期間、さらに秋分から春分までの間の 26 週間の期間を示しているという説が唱えられている。

＜星団の表現、特にプレアデス星団とヒアデス星団＞牡牛の間にあるオーロックス(No.18)の背中側にある点々の集合は、プレアデス星団の形に似ている。オーロックスの目はアルデバラン(学名 α Tauri)を、その周りの点々はヒアデス星団に形が似ており、このオーロックスはおうし座の原形であると推測される。

＜古代の世界観＞身廊にある 2 枚の絵文字像は、紀元前 1 万 6500 年ごろの夏至の時期に、マグダレニアン期の人々が真夜中にラスコー丘の頂上から観測したのであろう夜空の全景（パノラマ）を表していると解釈されている。

比較分析：上記の一連の解釈が正しいとすると、ラスコー洞窟は後期旧石器時代アートの並外れた宝庫であるだけでなく、先史時代の天文学的認識を精巧に表現している遺跡である。さらに、後期旧石器時代の狩猟採集民族がもっていた古代のトーテム崇拝・シャーマン崇拝の世界観のもとで、当時知覚されていた宇宙を表現した遺跡として、唯一無二のものである。

真正性と完全性：1940 年の発見時、洞窟は地質的にも気候的にも完璧に保全されていた。しかし、一般公開が始まってから 1963 年に打ち切られるまでの間に、観光客にとって安全な環境を作るため、洞窟には大幅な改修が行われた。洞窟の入り口は大きく広げられ、床は低く、電灯とエアコンが設置され、さらに溜水を排出するための水門が建設された。

資料とアーカイブ：ラスコー洞窟壁画は隅々まで研究され、カタログ化されている。論文としては Aujoulat 2005 など、ウェブは http://www.lascaux.culture.fr/ などを参照されたい。

現在の遺跡の管理

現在の利用法：現在洞窟は、よほど緊要な場合を除き、すべての訪問者に対して閉鎖されている。

保護：1943 年 12 月 27 日、ラスコー洞窟はフランスの歴史的建造物に認定、また 1979 年には世界文化遺産『ヴェゼール渓谷の先史的景観と装飾洞窟群』として登録された(No. 85)。この土地はフランス文化・通信省の管理下にある。

保存状態：1940 年代後半以降、大規模な観光業とそれを支えるために実施された措置により、洞窟の脆弱な生態バランスは崩壊した。1963 年に一般公開を中止したにもかかわらず、土壌や岩壁の生物学的汚染は後戻りできないほどの変化を引き起こし、さらに 2001 年以降は真菌・カビによる攻撃が新たに加わり、状態は急速に悪化している。フランス文化省は、状況を把握し

適切な保全策をとるために科学会議を開催し、主要なプログラム事業に関しては経済的に支援した。

時代的/地理的/地域的背景：ラスコー洞窟が位置しているのは、洞窟や岩窟、住居が集まる重要な先史時代前期の遺跡で、地理的にはビューヌ川・ヴェゼール川・ドルドーニュ川の渓谷の近く、周囲が丘陵に囲まれた場所にある。これらの土地から得られる出土品は全て後期旧石器時代のもので、可搬アートと不可搬アートの両方が含まれる。

考古学的/歴史的/遺産研究：洞窟そのものとその芸術作品に関する考古学的・歴史的遺産研究は、権威のあるものも含め多数存在する。対照的に、天文学的な解釈の多くは非科学的で非常に推測的なものであり、より深い研究は進んでいない。

損傷、破壊等の脅威 ：微生物（菌類、苔類、藻類）の成長は、洞窟の芸術が無傷で生き残る可能性を深刻に脅かしている。2009 年 2 月に行われた、フランス政府の声明および世界遺産センターと ICOMOS(関連諮問機関)内のモニター結果によると、生物学的汚染は除去はされていないものの、悪化は止まったと発表された。

管理：オリジナルのラスコー洞窟（「ラスコーI」）は閉鎖されているが、レプリカ（「ラスコーII」）は毎年 25 万人以上の観光客を惹きつけている。身廊などにある壁画で、ラスコーII では複製されていないものの詳細なコピー品が、トート美術館（フランス、ドルドーニュ県トナック）およびアキテーヌ美術館（フランス、ボルドー）に展示されている。2009 年以降、ラスコー洞窟の仮想展示がインターネット上の http://www.lascaux.culture.fr/で利用可能になった。

追加文献

Aujoulat, Norbert (2005). *Lascaux: Movement, Space, and Time*. New York: Abrams.
Aujoulat, Norbert. *Lascaux cave official website*. http://www.lascaux.culture.fr/
Leroi-Gourhan, Arlette, and J. Allain, Jacques (1979). *Lascaux Inconnu*. Paris: CNRS.

第２章　先史時代後期

クライブ・ラグルス（*Clive Ruggles*）

先史時代後期のヨーロッパ、特に大西洋に面した地域では、巨大な建造物が至る所に数多く建設された。その建造物は土や木材、石を単体もしくは組み合わせて造られており、個人所有ではなく、地域社会に共用のものであった。現代でも、この時代に起源を持つとみられる土木工事の痕跡や石の建造物が見られ、それらは独特な雰囲気を放っている。人々は長い間、天と強いつながりを持ってきた。この時代の遺跡は、ある特定の天体が昇ってくる方向と沈んでいく方向を結ぶ直線に沿うように建てられているものがほとんどである。ある特定の天体とは太陽であることが多く、夏至や冬至の時の日の出・入り方向を結ぶ線が基準として選ばれていた。このような遺跡建造物の方向付けについての研究は、プロの古天文学者のみならず、熱心なアマチュアにも注目されている。

遺跡の配置方向を考えるにあたり、次の三点に気をつけることが重要である。一点目は、整列している建造物は、その意図があろうとなかろうと、どこかを指し示していることである。指し示す方向が、天体が示す方向に沿っていることもあれば、そうでないこともあるのである。二点目は、整列建造物の方向は色々な要因によって選ばれており、必ずしも天体の方向だけで決められていない可能性があることである。三点目は、たくさんの天体が方向づけに使われる対象となりえること、そしていくつかの天体が示す方向は、考古学的に明らかにされている長い年代の間に大きく変化している可能性があることである。例えば、地球自転軸の方向は、長い年月の間に歳差運動で変わるのである。つまり、天体が示す方向は無数にあり、ある整列建造物の方向をそのうちのどれかに結び付けることは、簡単なのである。さらにある特定の日付に、この整列建造物方向が天体の示す方向に「最も一致する」という主張を加えるとすると、関連付けできる天体はさらに簡単に見つけることができるであろう。天体が示す方向はいくらでも候補があり、その中から建造物方向に近いものを選ぶということになるからである。そして、その主張は必ずしも正しいとは限らないのである。

方向づけの意図を明らかにし、天文学的関連性を裏付けるには、複数の建物に共通する傾向を見つけるという方法がある。幸いにも、ヨーロッパの後期先史時代の遺跡の中には、地理的にも年代的にもよく分っている建築的に類似した建造物の集合体がいくつか存在しているため、体系的な分析が可能であり、実際いくつかの分析が実施されている。前提条件として、問題としている遺跡には、明らかな「主軸」方向や、その他の主要な構造的方向性を持っており、その重要性が説得力を持って論じられることが必要である。

遺跡の歴史的意義を解釈するには、より幅広い考古学的な背景を考える必要がある。たとえ遺跡と天文学とのつながりが、遺跡群の中で何度も繰り返される特徴から確実に証明されていたとしても、である。すなわち、その建造物は、なぜ建設されたのか、また、どのような役割を果たしたのか、どのような目的をもって作られたのか、ということを考えなければならない。例えば墓は、天文学的意味合いを持っていたとしても、天文観測をするところではない、ということは明らかである。そうではなく、墓にこめられた意味合いは、先祖や先祖の精神と天体とのつなが

りを、形あるものとして表現したものと考えるべきである。そう考えることで、遺跡と天文とのつながりを大いに解明しやすくなる。同様に、遺跡の囲いや独立した神殿のような、タイプの違う他の遺跡群が示す天文学的な整列は、たとえ定期的に観察によって確認されたとしても、それらの構造物の象徴性の二次的な（しかし重要な）側面として捉えられるべきであり、その解釈は必然的にイデオロギーや宇宙論のような問題の考察につながるものである。

先史時代後期のヨーロッパの天文学の痕跡に関しては、主に地平線上の天体の出入り方向に対する整列に集中して議論されているが、注目すべき点はそれだけではない。遺跡の物質的な痕跡が地理的にどう分布しているかを調査することから、人類の活動範囲の変化や移動によって遺跡の置かれた情勢がどう変わったかを考察ことも、近年ますます重要さを増してきている。

地理的、時代的な背景

ヨーロッパで、「先史時代後期」というと、おおよそ、農耕民族（すなわち、耕作や牧畜をしていた人々）が最初に出現してから、古典文明やローマ帝国の出現までの期間を指す。この時代は、慣例的に、新石器時代・銅器時代・鉄器時代に相当する。年代は地域ごとに異なる。古くはヨーロッパの南東の地域で、紀元前七千年前までさかのぼることができる。その証拠に、たくさんの「テル」が存在している。テルとは長年にわたって続いた移民が定住し、その人々の遺骨が埋められた盛土である。また、アイルランドやヨーロッパ北部のようなローマ帝国の征服を受けなかった地域では、紀元後数世紀まで、この時代が続いた。

現在に残っている、先史時代後期を顕著に特徴づける遺跡には次のようなものがある。

- 埋葬のための構造物。石で囲われた空洞や羨道で、墳丘で覆われていることもあれば、墳丘の盛土がなくなってしまった場合もある。
- 丸く囲むような建造物。例えば、「ヘンジ」や環状の土塁、環状列石など。
- 直線状の建造物。例えば、イングランド南部に集中している長大な「カーサス遺跡」（環濠遺跡）やフランスのブルターニュ地方のカルナックにある巨大な石が並んだ遺跡。

このような遺跡は西ヨーロッパの大西洋沿岸周辺に集中しているが、中央ヨーロッパやカフガス、ロシアの大草原地帯にも見られる。空洞のある墓のような遺跡の中には、明らかに死者のための場所でありながら、生者のための様々な機能を果たしていた可能性がある。土でできた囲いや直線状の土塁、石を円形や直線状に並べたような遺跡は何のために作られたのかについては多角的に議論されてはいるが、基本的には儀式に関連づけられている場合が多い。[1]

遺跡の発掘調査によって、多くの遺跡は時代とともに作り替えられたり、建て替えられたりしていることがわかっている。有名な例としてはストーンヘンジが挙げられる。他の例としては、スコットランドの環状列石群は時代とともに少しずつ閉鎖され、のちに埋葬地として再利用された。別のケースでは、建造物を壊して、その建造物に使われていた材料を、他の建造物に再利用されることもあった。わかりやすい例としては、ブルターニュ地方にかつて建っていた二つの近

[1] 【原注】このような遺跡を言い表す表現は各地にさまざまある。例えば、大きな冠石を持つ空洞が一つある巨石の墓はドルメン、クウォイト、環状列石、アンタス、支石墓などと呼ばれている。他にも、土でできた盛土は古墳、塚、クルガンと呼ばれ、自立している石は巨石、メンヒル、オーソスタットと呼ばれる。

接するメンヒルの破片は、4km ほど離れた２つの大きな墓（マルシャンのテーブル石とガブリニのケルン）の冠石として再利用された。

図 2.0.1. 上：英国アバディーンシャー州ダヴィオットのローンヘッド。巨石が一つ横たえて置かれているストーンサークルで、スコットランドには同種の物が 97 ヶ所ある。　**中央左：**グレインスにある短い石の列。アイルランド南西部には 92 ヶ所ある。　**中央右：**スペイン、グラナダのリオ・ゴルにある約 200 基の墳墓は向きがそろっている。その墳墓の一つ。　**下：**タラティ・デ・ダルト。タウラと呼ばれる T 字型の巨石がある聖域遺跡で、スペインのメノルカ島には 25 ヶ所ある。©クライブ・ラグルス

遺跡の地域性

幸いなことに、比較的簡素な造りの遺跡群がある地域に集中している場合がある。これらの遺跡は互いに建造技術やデザインが似通っている。この遺跡群は、比較的短時間で建設するために、簡素で似通った造りになったようである。こういった遺跡は周囲の景観に関する状況も互いに似通っている。遺跡には様々な型のものがあるが、共通しているのは方向性を持っていることであ

る。方向性とは、例えば、（墓など閉鎖された構造の場合、）入り口の向いている方向、また、（巨石遺跡の場合）スコットランドやアイルランドの特定のストーンサークルで見つかっている「横臥」の石（縦向きではなく横向きに置かれた石）のような特徴的な構造を通る対称軸の方向といったものである。主となる方向は通常 120°（つまり円周の 3 分の 1）以下に収まっていて、建造物を造った人々にとって、その方向は非常に重要な意味をもっていたことは明らかである。重要視された方向および遺跡のデザインは、地域・遺跡群ごとに異なる。

それぞれの地域の地形的な制約など多くの異なる要因が、遺跡構造の方向に影響を与える可能性はある。例えばイングランド南部のドーセット州クランボーン・チェイスの長い墳丘墓は、長い軸が自然の尾根に沿って配向されているようである。他にも、景観の顕著な特徴、更には風の方向など、地上にある「目標」に配向されている場合もある（アイルランドの新石器時代の墓は、その羨道が別の墓の方向を向いているものが多い）。しかし、地形の変化が大きい地域に互いに遠く離れて点在しているにも関わらず、多くの遺跡の方向性が一貫しているという事実は、これらが天の日周運動によって定義された南北線を参照していることを意味する。大まかな視点で見ると、これは、ヨーロッパ先史時代の遺跡が天文学とつながりを持つことを示すもっとも基本的な証拠ということができる。

このことは、フランスから地中海までの西ヨーロッパの 3000 以上の墓と「寺院」の体系的な調査によって、はじめて精緻化された。まず、太陽，月，惑星などの天体を目視できない北側の範囲に面している遺跡はほとんど存在しない。残りの方向は 4 つの円弧の範囲に分けられる。地平線の一部に当たり、東の「太陽が昇ってくる（SR：solar rising）」弧は、太陽が昇る方向に対応する。「太陽が上昇する（SC：solar climbing）」弧は南東に対応する。そして、「太陽が下降する（SD：solar descending）」弧は南西に、「太陽が沈む（SS：solar setting）」弧は西に対応する。局所的な遺跡群の方向付けは、一般的にこれらのうちの 2 つの弧、すなわち SR/SC、SC/SD、SD/SS のいずれかに対応している。このことは、主に太陽との関連性があったという結論を示唆している。しかし、この結論は、調査サンプルの中で例外的な方向を示すものは別の要因があったとする留保条件付きである。月との関連性を主張する人もいるが、月の運動はより複雑であるため、証明するのは困難である。ポルトガル中央部とスペイン中西部のセブンストーン・アンタスは、その方向がもっぱら SR の範囲であるという点で、特に重要である（ケーススタディ 2.2 参照）。

多くのイギリスとアイルランドの遺跡群は、より緻密に研究されてきた。これらの遺跡群の多くは、先述したような大まかに類似した方位の特徴を持っているが、より微妙な違いを明らかにしている。特に、スコットランド東部のグランピアン地方の「横臥したストーンサークル」のような、北方にある遺跡群は、月との明確な関連性を持っている。これは、北の緯度では、月が時折、南の空を横切って低く通過するという事実に関連していると考えられている。遺跡の方位（特に、石の位置）は、明らかに真夏の満月、特にその沈む位置の観測に関係していたようである。他のケースとしては、アイルランド南西部のコーク県やケリー県の「軸石があるストーンサークル（axial stone circle）」のように、方向付けに傾向があるのは明らかであるが、特定の天体との関連性はみられない例もある。

明確な方向を持つ遺跡の最も重要なグループのいくつかを表 2.0.1.に示す。

タイプ	時期（紀元前○千年）	場所	国	サイト数	方位	方位角（°）	関連天体	文献
短い列石	2-3？	コーク県、ケリー県	アイルランド	92	南南西/北北東～西南西/東北東	200/20～250/70	月？	R
短い列石	2-3？	西スコットランド	英国	44	南東/北西～南西/北東	120/300～230/50	月	R
クラヴァのケルン	2前期	インバーネスシャー	英国	28	南～南西	170～230	月	R
横臥巨石ストーンサークル	3後期	グランピアン地方	英国	97	南南東～南西	150～235	月	BとR
土の長い墳丘墓	4	ソールズベリー平原	英国	65	北東～南	約5～180	太陽SR/SC	R
ドルメン	4-3前期	ドレンテ、フローニンゲン	オランダ	76	北東～南*	50～170*	太陽SR/SC	G
バ＝ローヌ型ドルメン	3	プロヴァンス、西ラングドック	フランス	110	南～北西	170～300	太陽SD/SS	H
ラングドック型ドルメン	3	東ラングドック	フランス	103	南南東～北西	160～300	太陽SD/SS	H
すべての墓	4-3	イベリア＋西・中央フランス	ポルトガル、スペイン、フランス	1576	北東～南	40～190	太陽SR/SC	H
すべての墓	4-3	イベリア＋ピレネー	ポルトガル、スペイン、フランス	935	北東～南	60～190	太陽SR/SC	H
すべての墓	4-3	西イベリア	ポルトガル、スペイン	324	東北東～東南東	60～140	太陽SR	H
セブンストーン・アンタス	4-3後期	アレンテージョ、エクストレマドゥーラ	ポルトガル、スペイン	177	東北東～東南東	60～130	太陽SR	H
タウラの聖域	2後期-1前期	メノルカ島	スペイン	25	東南東～南南西	110～210	南十字星とケンタウルス座	H
巨人の墓	3	北サルデーニャ	イタリア	158	北東～南	50～190	太陽SR/SC	H

表 2.0.1. 主要な方位が天文学的な関連性を示す遺跡のグループ例。方向と経度の列では、全体の２％未満のデータは外れ値として除外している。参考文献は R＝ラグルス（1999）；B＝バール（2000）；H＝ホスキン（2001）；G＝ゴンザレス・ガルシア・セサルとルルド・コスタ‐フェレール（2003）“オランダのフネベッデンのオリエンテーション”（『天文学の歴史のためのジャーナル』34 巻 pp.219－226）。ただし*が付された方向と経度は、羨道とは異なる空間のものである。

石を整列させた背景

ヨーロッパ各地の先史時代の遺跡について、数えきれないほどの天文学的解釈が行われてきたが、ここでは、その概要は説明しない。統計的な裏付けがない場合は、考古学的な背景から、特定の石の整列やその他の天文学的な関連付けが意図的に行われた、という議論を支持する証拠を

示さなければならない。この「考古学的背景に基づく」アプローチは、純粋に統計的なアプローチよりも、理論的なアプローチや考古学全体の中で開発された解釈ツールを利用して、関連付けを行った往時の人々が、関連付けた意味やその重要性の問題にも取り組むことができるという利点がある。

例えば、ストーンヘンジの石の配置は太陽の至点を意識していると考えられているが（ケーススタディ 2.1 を参照)、これはまず、周辺の同年代の遺跡の間で共通しているという事実によって支持される。さらに、祭日の時期や季節ごとの儀式に関する考古学的証拠や、近くのダリントンウォールでも至点を意識した整列が見られることから、その妥当性が証明されている。さらに興味深いことに、ストーンヘンジの通路が自然の地質学的な地層の上に建設されているようだという最新の発見がある。これは、新石器時代の人々にとって、この偶然の一致がこの場所の特殊性を宇宙的視点からもさらに高めることとなり、最終的にストーンヘンジがここに建設された理由となった可能性を示唆している。

一方、ボイン渓谷における整列の背景にある意味合いは、それほど明確ではない。有名な真冬の日没方向に整列しているニューグレンジの羨道墳があるが、近くにある大きな羨道墳であるナウズとダウズではそうはなっていない。これらの古墳（それぞれ 2 基ずつ）はすべて、太陽の昇ってくる方向と沈んでいく方向の範囲内に位置している。ナウズを囲む「サテライト」の古墳は、中心にある大きな古墳に向けられている。向きを決めるという点では、天文学は多くの要素の中の一つの可能性に過ぎないということである。

スコットランドのインバネス周辺にある青銅時代の小さな遺跡群の一つであるクラヴァのケルンの場合、この二つのアプローチから導かれる結論が一致せず、対立している。遺跡群全体の方向の「統計的」な研究では、真夏の満月の位置に関連していることが示唆されている。これに対し、クラヴァにおける最大の遺跡であるバルヌアランの発掘調査では、二つの墓が真冬の太陽（月の範囲の真ん中にある）の位置に非常に密接に関連した配置となっている。つまり、建築物の構造が正確な太陽の位置合わせを組み込むために妥協された、ということを意味する。言い換えれば、バルヌアランだけにおいて太陽の位置合わせが意図的に行われているが、それが他のサイトでは繰り返されてはいない、ということが言える。このパラドックスは、より一般的な地域社会での（月を重視する）伝統の中で、この「特別な」サイト特有の（太陽を重視する）習慣ができた、と推測することによってのみ解決することができる。

ブルターニュ地方のクルクノにある長方形の立石などのケースでは、広範な裏付けがないにもかかわらず、整列の証拠が特に注目されている。長方形の立石それ自体が非常に珍しいもので、側面は東西南北方向に並んでいるが、対角線は至点に向かって並んでいる。他にも、より幅広い議論が行われているケースもある。例えば、ルーマニアのサルミケゲトゥサ・レジア（西暦 1 世紀）のダギア要塞には「大きな聖域」と呼ばれる場所があり、それは至点に合わせて整列されている。この整列は、至点時に東の山並みから昇る太陽の方向ではなく、山並みがなかったとしたときの地平線上の太陽の昇る方向を向いている。実用的というよりは、むしろ「理論的」なものである。しかし、タギア要塞には他にも、日時計のようなものの存在、縁石の数と配置による暦（こよみ）を利用した可能性、ヘレニズム時代のギリシャとの接触可能性があることなどから、中心にある聖域は幾何学的、また、天文学的な意味合いを持っていたとも考えられている。

＊＊＊

これまでに議論された天文学的な整列はすべて、太陽や月に関連していると考えられている。仮に惑星の昇る位置と沈む位置に基づいた整列が存在していたとしても、考古学的な証拠だけでは区別がつかないだろう。なぜなら、惑星の昇る、もしくは沈む「一番端の」位置は複雑であり、もっともらしい「ターゲット」は多数存在するからである。いずれにせよ、惑星の動きは黄道面に近い領域に限定されており、太陽と月の位置に近いため、それらと簡単に区別はできない。

太陽でも月でも惑星でもなく、恒星と整列している場合、それを考古学的な証拠だけで証明することは難しい。これは、星の数が多いこと、そして、星の昇沈位置が春分点・秋分点の歳差運動によって、何世紀もの時間スケールの間に大きく変化するという事実に起因している。つまり、他の考古学的証拠で示唆されている年代範囲内の日付を仮定して、仮説的な星の整列と関連させることは、あまり意味をなさないことになる。さらに、大気による屈折や減光のようにしばしば予測不可能で複雑可変的な影響もある。

それにも関わらず、星との関連について、もっともらしい理由をつけて、議論がなされているケースもある。その一つが、スペインのマヨルカ島にあるソンマスと呼ばれるタライ時代以前の聖域である。この聖域では南十字星と「ポインター」と呼ばれる明るい星（ケンタウロス座のαとβ星）が、南側の突出した谷間に短時間ではあるが壮観な姿を見せていた、と考えられている。そのような壮観な星の姿が観測できたのは紀元前 1700 年ごろまでで、ちょうどこの遺跡が放棄された頃までである。つまり、遺跡の放棄は重要な星が消えたためであると解釈されており、他に考古学的な理由が見当たらない。同様の例が、考古学的に重要な巡礼の中心地であったと思われるイギリスのヨークシャーにあるソーンボローヘンジ（紀元前 3 千年紀）である。特定の星（オリオン座の帯の星）が秋の祭りにふさわしい時期に見え始めるので、人々が遠く離れた場所から出発する「きっかけ」になったという考えを裏付けている。

＊＊＊

もっとも重要なこととして、統計的な裏付けや考古学的な背景を無視した天文学的な「整列ハンティング」と呼ばれる、裏付けのない解釈に注意する必要がある。ストーンヘンジ自体は古代天文学の象徴として世界中で認知されているが、このような問題の典型でもある。ストーンヘンジは「古代の天文台」と一般には受けとめられているが、これは 1960 年代に行われた太陽と月との位置合わせに関する多くの議論に基づいている。しかし、これらの議論の中には、考古学的証拠に反しているものや、統計的に支持されていないものが多く存在した。現代の政治・国家主義の悪習として、古代の自民族の「成果」を強調したがる傾向がある。ストーンヘンジにおける整列は（皮肉にも我が地域の「ストーンヘンジ」として、地元で宣伝されることもある）、現代的な用語と測定によって成果が強調されたため、誤った方向に進んでしまった。もっとも有名な例は、1930 年代にナチスがプロパガンダのために、ポーランド北部のオドリ遺跡を利用したことである（ケーススタディ 2.3 参照）。

地平線上の天体の昇沈位置との整列関係は、何十年にもわたって後のヨーロッパ先史時代の天文学についての議論を支配してきた。これは証拠の性質上、ある程度は避けられないことであるが、この時代の不動の物質的な遺産の中にあるかもしれない他の天体との関連性に目をつむるべきではない。それにもかかわらず、すべての分野で解釈する際は注意が必要である。例えば、ロックアートの天文学的解釈は、常に物議を醸し確たる結果に至ることは少ない状況である。

不動の遺跡だけが、後期先史時代のヨーロッパでの空への関心を示す唯一の証拠ではない。例えば、大陸全土の新石器時代と青銅時代の様々な工芸品の中には、太陽のシンボルが描かれているものが発見されており、月のシンボルはフランスとドイツから鉄器時代の擬人化された短剣から発見されている。ネブラ円盤は直径 32cm の銅でできた円盤で、太陽、月、たくさんの星のデザインが金で埋め込まれている。2002 年以来、これが星図なのか、または測量装置なのかという主張で、激しい論争が交わされている。しかし、少なくともこの円盤は、宇宙の象徴的な表現によってその威信が高められた王侯貴族向けの作品であったことは間違いないだろう。

天文学との関連の意味

先史時代の遺跡と空との間の具体的な関連、特に地平線上での天体の昇沈位置との関連の意味や意義は、ニューグレンジの羨道墳の例によく示されている。ニューグレンジは、どのような意味でも、明らかに天文台ではない。巨大で印象的な羨道墳を作り、誰かがその暗闇の中、死者の骨の中に座りつつ、一年で最も短い日が来たのを知ったという訳ではない。ニューグレンジから分かることは、5000 年以上前の人々の心の中には、（一方では）太陽と季節、（他方では）死と祖先との間に関連性を認めていたということである。彼らがどのようにしてこの関連性を概念化したのか正確に知ることはできないが、それが再生と季節の更新の概念に関連していたと推測するのは十分合理的な考え方である。はっきりしているのは、この偉大な墓の天文学的な整列、つまり空への形あるつながりは、私たちの祖先の心の中にすでに存在していたつながりを反映しているということである。これは、新石器時代の人々が自分たちの住んでいる世界（宇宙）に対する認識・把握の仕方について教えてくれる情報の塊なのである。

19 世紀から 20 世紀初頭にかけ、好古家や初期の天文考古学者たちが立石群の中に大量の天文学的な整列を見出して以来、人々はこのような石が並んだ遺跡をある種の「天文台」や「太陽のモニュメント」としてみようとする誘惑に駆られてきた。ストーンヘンジを例にとると、季節の応じてかわる太陽昇沈方向を指し示すものは、ニューグレンジのように象徴的な意味でとらえるべきである。最近の発掘調査では、季節と季節ごとの祝祭、つまり祖先に豊穣と一年の収穫がうまくいくようにお祈りした季節ごとの一連の活動と関連があるという説が支持されている。

宇宙を念頭に置くことは、日常生活の儀式に反映される場合とされない場合があり、反映される場合は、直接的な「観測」を含んだ儀式が継続して行われる。スコットランドの横臥したストーンサークルでは、横臥石の上に現れる月が、サークル内の適切な儀式の重要な瞬間を形成していたようである。しかし、最近の発掘調査では、これらの遺跡の多くが、複雑な変化の流れを経て、当初意図されていた整列が見えなくなっている可能性があることを示している。この地域の関連する遺跡は、開いた壁としてではなく、石塚としての目的をもって構築されているように見えるが、それでも横臥のストーンサークルの伝統を引き継ぎ、同じパターンの方向性を保持して

いる。

スコットランドのオークニー諸島にあるバーンハウスという新石器時代の村での発掘調査では、一般的に家々の向きが夏至・冬至時の日の出入りのいずれかに向いていたことが明らかになっている。このことは、墓が死者のための「家」として考えられていたことを示唆する他の証拠を補強するものであり（墓は耐久性のある材料で作られていた)、多くの地域の墓に見られる天文学的方位に沿うという慣行が、より「日常的な」活動での共通の慣行を反映していた可能性があることを示唆している。そういった日常的な活動の物質的な記録はほとんど、あるいは全く残っていない状態ではあるが。

このことから導かれる明白な疑問は、地域的な背景の中での天文学の慣行は、主に「実用的」なものであったのか、それとも象徴的なものであったのかということである。例えば、イギリスの鉄器時代のランドハウスのいくつかのグループが、主に南東向きであったのは、真冬の太陽に関連する儀式的な象徴の観点から説明するのか、それとも冬に家に入る早朝の太陽の温かさという実用的な便宜の観点から説明するのか、という議論があった。真実は、その両方を兼ね備えていたかもしれない。儀式的なものと実用的なものの間に見られる二分法は、後期先史時代の人々の頭の中には存在していなかったのである。

文献

Belmonte, Juan and Michael Hoskin (2002). *Reflejo del Cosmos: Atlas de Arqueastronomía del Mediterráneo Antiguo.* Madrid: Equipo Sirius.

Bradley, Richard (1998). *The Significance of Monuments*. London: Routledge.

Bradley, Richard (2000). *The Good Stones: a New Investigation of the Clava Cairns*. Edinburgh: Society of Antiquaries of Scotland.

Burl, Aubrey (2000). *The Stone Circles of Britain, Ireland and Brittany*. New Haven and London: Yale University Press.

Green, Miranda (1991). *The Sun-Gods of Ancient Europe*. London: Batsford.

Hoskin, Michael (2001). *Tombs, Temples and their Orientations.* Bognor Regis: Ocarina Books.

Jones, Andrew (2008). *Prehistoric Europe: Theory and Practice*. London: Wiley.

Ruggles, Clive (1999). *Astronomy in Prehistoric Britain and Ireland*. New Haven and London: Yale University Press.

Ruggles, Clive (2005). *Ancient Astronomy: an Encyclopedia of Cosmologies and Myth*. Santa Barbara: ABC-CLIO.

ケーススタディ 2.1：ストーンヘンジ（Stonehenge)、イギリス

アマンダ・チャドバーン(*Amanda Chadburn*)

遺跡の特徴と分析

地理的位置：イギリス、イングランド、ウィルトシャー州

場所（ストーンヘンジ)：北緯 51°10’ 44”,　西経 1°49’34”。標高 103m。

概略：ストーンヘンジは、1986 年に世界遺産に「ストーンヘンジ、エーヴベリーと関連する遺跡群」（第 373 号）の一部分として登録された。世界遺産の領域(2,665ha)の中心にはストーンヘンジの石が存在する。ストーンヘンジは、世界で最も建築的に洗練された先史時代のストーンサークルであり、更にその周辺には、何百もの先史時代の世界遺産が存在する。これらの遺跡とその関連する景色から、私たちは新石器時代と青銅時代のイングランド、更には北西ヨーロッパでの儀式や葬儀の慣行を理解することができる。これらは紀元前約 3700 年から紀元前 1600 年の間のおよそ 2000 年、継続的に建てられ、使用された。

ストーンヘンジの最も重要な特徴の一つは、真冬の日没と真夏の日の出を結んだ方向（南西―北東）に沿って配置されていることである。我々は現在では、ストーンヘンジにある他の先史時代の遺跡の多くも天文学的な意味を持っていることを解明しており、そのうちの多くはストーンヘンジと同じ方向（南西―北東）に沿った配置がみられる。一部の遺跡では逆に、真冬の日の出と真夏の日没を結んだ方向（北西―南東）に配置されている。

遺物の目録：ストーンヘンジ世界遺産には 350 以上の古墳を含む 700 以上の考古学的遺物がある。その中には細長い環濠遺跡であるカーサス（紀元前 3600～3400 年)、ウッドヘンジ（紀元前 2300 年)、ダリントン・ウォールズ（紀元前 2500 年)、古代道路と思われるストーンヘンジ・アヴェニュー（紀元前 2500～1700 年）など重要な遺跡が含まれる。最近、ストーンヘンジ・アヴェニューの端にあるウェスト・エイムズベリー（紀元前 2400 年）で新しいヘンジが発見された。

これらの遺跡の多くは、真冬の日没と真夏の日の出を結んだ至点軸に沿って意図的に配置されているようである。例えば、ストーンヘンジのストーンサークル、ストーンヘンジ・アヴェニューの「最後のアプローチ」、コニーベリーのヘンジ、ウッドヘンジがそれにあたる。対照的に、他の遺跡の多くは、ダリントン・ウォールズ 68 として知られている木柱サークルやダリントン・ウォールズの北木柱サークルなどがそうであるように、真夏の日没から真冬の日の出の至点軸に沿って配置されているようである。最近発見された２つの著しく傾斜した坂道の遺跡は方向性が明確であり、その特定が容易である。1 つ目はダリントン・ウォールズ通りで、真夏の日の入りに沿って配置されており、2 つ目はダリントン・ウォールズの南サークル（別の木柱サークル）で、真冬の日の出に沿って配置されている。

歴史：ストーンヘンジの最初の「モニュメント」は、3 つの中石器時代の穴（紀元前 8000 年頃）の配列であり、その穴には巨大な木柱が埋め込まれていただろうと考えられている。しかし、この地域は初期と中期の新石器時代以降（紀元前 4000～3000 年）には、長いバロー（共同墳墓）やクルスと呼ばれる 2 つの長い環濠土塁など、葬儀や儀式用のモニュメントが建設された。ストーンヘンジの長い歴史は、紀元前 3000 年頃にオーブリーホールとして知られる 56 の竪穴を含む溝と土手を円形に配置した構造物の建設から始まった。 その後、最大 240 km 離れた場所から引きずってきた「ブルーストーン」と、最大 40 トンにもなる「サーセン石」が追加され、紀元前 2500 年ごろにはストーンサークルの建設最盛期に入った。ストーンサークルが建設された後、ストーンヘンジを見下ろす稜線の頂上に、円形の古代墓として知られる多くの古墳が建設された。

ストーンヘンジをはじめとする多くの遺跡は、建設後も何世紀，何千年にもわたって、景観の中で目立ち続けていたので、この間、気づかれなかったり、無視されたりすることはほとんどなかった。しかし、18 世紀に入ってから、古代研究家のウィリアム・スタッケリーが、夏至の日の出時に、ストーンヘンジの軸方向の配列を発見した。その後、ストーンヘンジは、驚異的で称賛に値する場所として注目され現在も続いている。

文化的/表象的側面：ストーンヘンジは世界で最も有名な先史時代の遺跡の一つであり、今日でも崇められ、驚嘆されている。それは、先史時代の過去の象徴であり、古代の人々の技術の証でもある。12 世紀以降、ヘンリー・オブ・ハンティグドンやジェフリー・オブ・モンマスなどの歴史愛好家がストーンヘンジを世界の驚異の一つと紹介した時から、ストーンヘンジは人々の好奇心とさまざまな憶測をかき立ててきた。古美術家、考古学者、芸術家、作家、建築家、歴史家など何世代にもわたる人々に影響を与え、今日では古代天文学の象徴となっている。

世界遺産とその中にある多くの遺跡の用途を正確に把握することは難しい。長い塚や丸い塚は埋葬の場所であり、ストーンヘンジ自体は火葬墓地として使用され、死者の遺灰はオーブリーホールに納められていた。しかし、クルス、木柱サークル、ヘンジなど他のモニュメントの主な機能は、儀式の中心や集会場所だった可能性が高いのである。このような用途を考慮に入れると、天文学的な整列は、実用性よりも宇宙とつながるという象徴的な意味を持っていた可能性がある。

真正性と完全性：天文学的に重要な遺跡の多くは、現在、その大部分（またはすべて）が土の中に埋もれている（例：ウッドヘンジ）。その天文学的意義は地上に出ている部分だけでは明らかではないが、地下にあることで遺跡は保存されており、その真正性が維持されている。天文学的な意味を持つ考古学的遺跡（ストーンヘンジサークル、ストーンヘンジ・アヴェニューなど）の重要な要素はすべて、長い年月が経ったにも関わらず、よく保存されており、その完全性は良好である。近代的な構造物が遺跡のある地域に建てられることはあるが、その天文学的整列を損なうことはほとんどない。ただし、二つの例外がある。比較的近代に作られた A344 号線はストーンヘンジ通りをストーンヘンジから切り離してしまったし、1960 年代に築かれた A345 号線はダリントン・ウォールズを完全に横切っている。

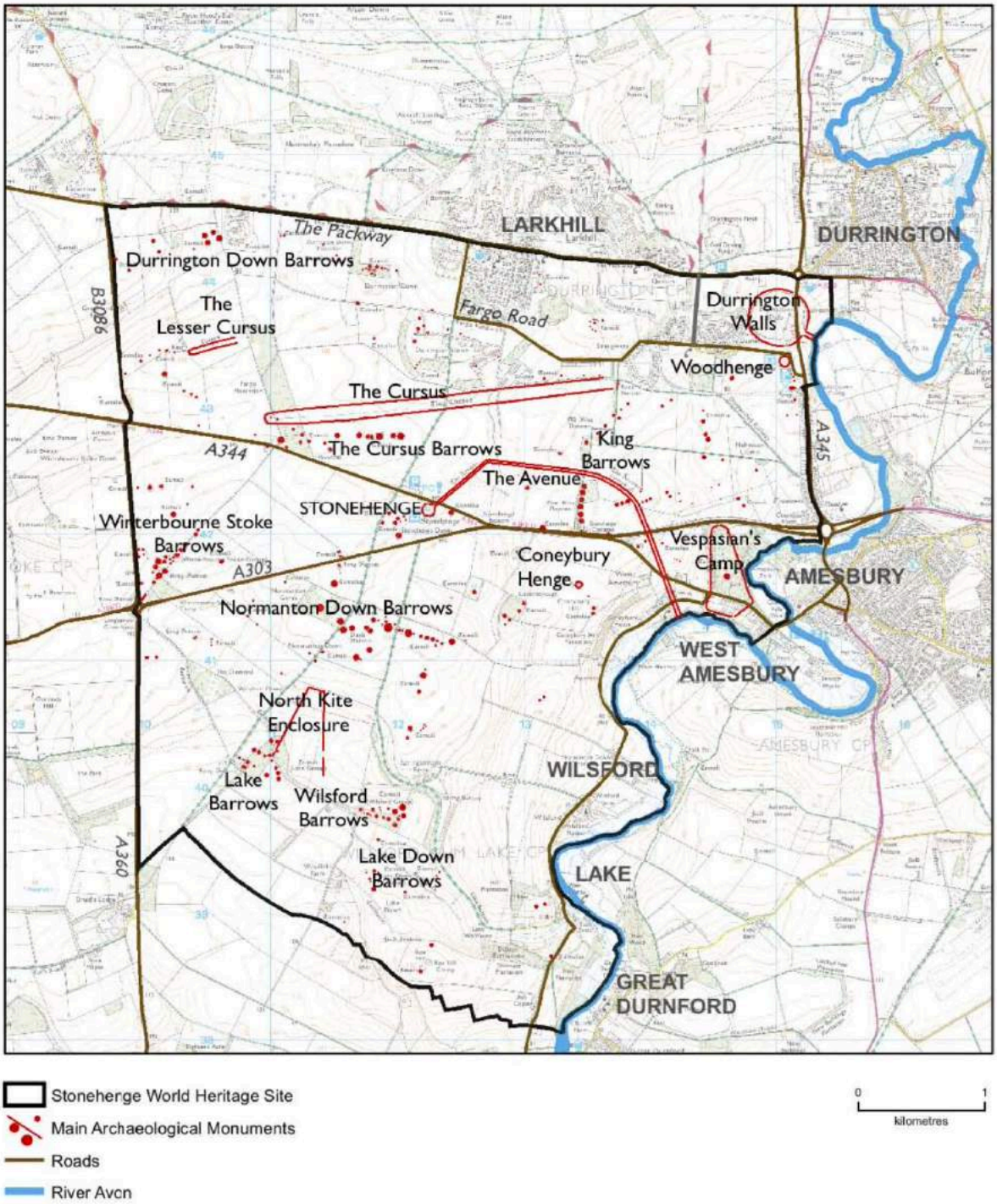


図 2.1.1. ストーンヘンジ世界遺産の地図。英国陸地測量部のマッピングデータにイングリッシュヘリテッジの地理情報システムを付加したもの。©English Heritage

図 2.1.2. ストーンヘンジ・アヴェニューから撮影したストーンヘンジの真冬の夕日。遺跡の中心軸が冬至の日没と一致していることを示す。 写真撮影：James O Davies　©English Heritage（Photo Library N030018）

資料とアーカイブ：ストーンヘンジ世界遺産に関連したコレクションを収容した博物館は数多く存在する。特に、ソールズベリー南ウィルトシャー博物館やデヴィーズのウィルトシャー遺産博物館には、遺跡からの重要な発掘品が保管されている。また、ウィルトシャーおよびスウィンドン歴史センター（ウィルトシャー遺跡モニュメントレコードを含む）、イングリッシュヘリテージのナショナル・モニュメント・レコード、ナショナル・アーカイブスには、非常に重要な資料がコレクションされている。

現在の遺跡管理

現在の利用法：ストーンヘンジ世界遺産には、複数の所有権者がいる。世界遺産に登録されている土地の多くは私有地であり、そのほとんどは農地である。国家保護団体であるナショナルトラ

ストは、827 ヘクタールを所有している。また、別の部分はラルクヒル軍事駐屯地の一部となっており、国防省が所有している。世界遺産地域内のエイムズベリー、ダリントン、ウッドフォード・バレーには民家も多くある。

ストーンヘンジ自体は、イギリスの歴史的環境に関する英国政府の法的機関であるイングリッシュヘリテージが運営している。夏至に無料で訪れる人を除いて、年間 90 万人以上の観光客が訪れている。

保護：ストーンヘンジ世界遺産は、イギリスの計画法では「重要な配慮事項」として、保護されており、その中の多くの個々の要素も保護されている。例えば、180 の登録されたモニュメントの中には、さらに 415 以上の遺物が含まれており、また、領域内の指定建造物や公園や庭園、保全地域などもリスト化されている。

保存状態、損傷・破壊等の脅威 ：ストーンヘンジ世界遺産の状態は安定しており、むしろ改善している。ここ 10 年程の間、政府の助成金の助けを借りて、520 ヘクタールの耕地（全体の 20%）が耕地から牧草地に変更された。これにより、105 の考古学的遺跡が直接的な恩恵を受け、耕地から移動された。世界遺産の道路や交通の便が悪いことは依然として重要な問題である。多数の訪問者を管理するための準備として、2012 年までにストーンヘンジの横を走る A344 号線を閉鎖し、既存のビジター施設を建て替えることを目的とした「ストーンヘンジ環境改善プロジェクト」が進行している。

時代的/地理的/地域的背景：ストーンヘンジ世界遺産は、北は陸軍訓練場サルスベリー平原（ATESP)、西と南は開けた田園地帯、東はエイムズベリーの町とボスコムダウン飛行場に囲まれている。ATESP は特別科学権と特別保護地域に指定されており、南と西の開けた田園地帯を保護する強力な計画法がある。エイムズベリーの町は近年急速に発展しているが、計画政策によって、世界遺産やその環境が損なわれるのを防いでいる。ストーンヘンジ世界遺産には緩衝地帯がないが、今後数年かけて見直される予定である。

考古学的/歴史的/遺産研究：過去 10 年間に、ストーンヘンジでは多くの考古学的研究が行われてきた。ストーンヘンジ世界遺産管理計画 2009 では、持続可能な考古学的研究が奨励されており、その成果として優れた研究が次々と出てきている。近年では、ストーンヘンジ・リバーサイド・プロジェクト（シェフィールド大学が主導）によって、最初の新石器時代の住居が発見され、同じチームによって、ウェスト・エイムズベリーとダリントン・ウォールズで主要な新遺跡が発見された。また、SPACES プロジェクト（ボーンマス大学が主導）では、ストーンヘンジに新たなローマ時代の主要な遺跡を発見し、ストーンヘンジのブルーストーンの背景を研究している。その他の重要な研究プロジェクトも進行中である。

管理、解釈、アウトリーチ：ストーンヘンジ世界遺産はそれぞれの土地所有者によって管理されており、全体の包括的な責任を負う機関はない。ストーンヘンジ世界遺産管理計画 2009 は、遺

跡を管理するための、主要な全体目標を定めており、ストーンヘンジ世界遺産委員会（主要な利害関係者で構成）が、この管理の枠組みを統括している。現在のところ、他言語通訳は非常に限られているが、イングリッシュヘリテージは 2012 年までに遺跡の隅に新しいビジターセンターを建設し、そこに新しい通訳施設と教育施設を建設する計画を立てている。

追加文献

Darvill, Timothy, ed. (2005). *Stonehenge World Heritage Site: an Archaeological Research Framework*. London and Bournemouth: English Heritage and Bournemouth University.

Parker Pearson, Michael. *Stonehenge Riverside Project website*. http://www.shef.ac.uk/archaeology/research/stonehenge.

Ruggles, Clive (1997). “Astronomy and Stonehenge”, in *Science and Stonehenge*, edited by Barry Cunliffe and Colin Renfrew, pp. 203–229. Oxford: Oxford University Press (*Proceedings of the British Academy*, 92).

Ruggles, Clive (2007). “Interpreting solstitial alignments in Late Neolithic Wessex”, *Archaeoastronomy* 20, 1–27.

Stonehenge World Heritage Site Management Plan 2009. Downloadable from http://www.stonehengeandaveburywhs.org/assets/Stonehenge-WHS-Man-Plan-2009-low-res.pdf

---

ケーススタディ2.2：セブンストーン・アンタ群（Seven-Stone Antas）、ポルトガルとスペイン

遺跡の特徴と分析

地理的位置：合計 117 の地点が、ポルトガルのアレンテージョ州中央部とスペインのエクストレマドゥーラ州バダホス県／カセレス県に分散している。

場所：北緯 37.8° ～39.6° 、西経 8.2° ～7.0° 。標高 200～580m。

概略：セブンストーン・アンタは巨石墓の中でも特徴的な形態を持つものである。主軸方向を確実に決定できる 177 の例は、すべて例外なく日の出の弧（1 年間に太陽が昇る地平線の部分）の範囲内に向いている。

遺物の目録：セブンストーン・アンタ群はリスボン郊外の海岸からスペインの国境の州まで約 50km、オウリケからホテ川までの南から北へ 200km 強の東西約 100km の範囲に分布している。主にエヴォラとエルヴァス（ポルトガル）、バレンシア・デ・アルカンタラ（スペイン）に集中し

ている。

セブンストーン・アンタ（支石墓）は、ほとんどが高さ 3m 以上の花崗岩の巨大なブロックを使って建てられている。片岩の小さなブロックを使用している地域もある。セブンストーン・アンタは、通路の存在と独特の建設方法によって、同じ地域から発見された巨石墓とは区別されている。その建設方法とは、まず後ろ側の石を建立してから、両側に三つの直立石を傾けて配置することで、通常は直径約 4m から 5m の部屋を形成する。そこには入り口があり、オーソスタット（直立した石）を並べてできた短い通路へとつながっている。

歴史：これらの墓は紀元前 4000 年頃から建設されたと考えられている。長い通路が付けられるようになったのは、紀元前 3200 年頃である。

文化的／表象的側面：177 の遺跡の方向の範囲は、ほぼ正確に太陽の昇る可能性のある位置の範囲に包含されている。言い換えれば、例外なくグループ内の全ての墓は、地平線の約 6 分の 1 にあたる日の出の円弧内に方向が向いている。ほとんどの場合、方位角は 61°（真東から北に 29°回転）と 122°（真東から南へ 32°回転）の間にあるが、2 つだけ例外がある。この 2 つの例外では方位角がもっと南へ寄っている（方位角 128-129°）が、これらの遺跡は高い深い谷の中にあって東側の地平線が高いため、結局これらのケースも日の出方向に面していると言える。このような統計的証拠から、これらの遺跡の太陽との密接な関連性が強く示唆されている。

もし、建設が始まった日の日の出方向に墓の方向を向けるようにしていたと仮定すると、方位角の分布から、建設時期は主に春や秋であったようだが、方位角が一年の日の出範囲全体をカバーしていることから、真夏や真冬にも建設が行われていたことが分かる。墓の方位と日の出の円弧の間の「適合の正確さ」は、墓が約 1-2 度（太陽直径の 2-4 倍）の精度で配置されていたことを示唆している。

真正性と完全性：バレンシア・デ・アルカンタラ付近の多くの遺跡（例：カジロン I、ザフラ I、II）が復元されている。復元作業の間に、その方向性についての真正性に問題が生じたケースも存在する。

現在の遺跡管理

現在の利用法：ほとんどの敷地は私有地にあり、土地の所有者に許可をとらないと一般人はアクセスできない。

保護：ポルトガルでは、遺跡は遺産法第 107/2001 号に基づき、文化省によって保護されている。スペインではスペインの歴史遺産に関する法律 16/1985 の第 14 条から第 25 条の下で保護されている。

保存状態：サイトには修復中のものが多くある。カジロン I のようなスペインの例では、1990 年代にその向きが決定されて以来、再構築されているものもある。

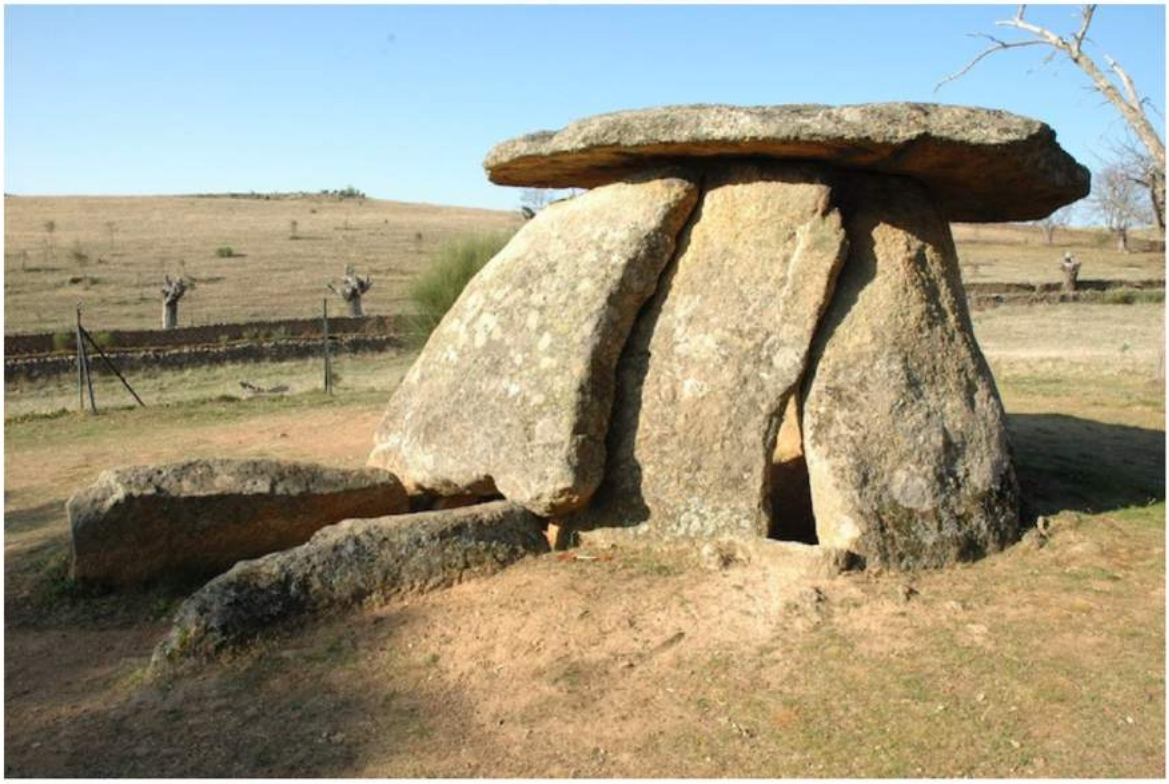


図 2.2.1. スペインのバレンシア・デ・アルカンタラ近くのメリゾにあるセブンストーン・アンタ。写真©クライヴ・ラグルス

損傷、破壊等の脅威：本遺跡は小規模でそれぞれ孤立した場所にあり、その土地利用の状況もそれぞれ異なるため、様々な潜在的な脅威に直面している。しかし、一般に多数の訪問者によって引き起こされる損害の心配は少ない。これらのサイトの天文学的な重要性に特有の危険性は、上述したように、復元による真正性の損傷である。復元によって方向性が乱されると、これらの遺跡の個別的・集団的意義についての誤解を招く危険性がある。

考古学的/歴史的/遺産研究：遺跡の墓の一部は発掘されている。セブンストーン・アンタスの向きは、西地中海の何百もの墓や寺院の向きを測定することを目的とした 12 年間のフィールドワークキャンペーンの一環として、1994 年から 1998 年にマイケル・ホスキンによって初めて体系的に測定された。

管理、解釈、アウトリーチ：ほとんどの墓は私有地にある。エヴォラ、カステロ・デ・ビデ、バレンシア・デ・アルカンタラ、セディージョなどの地方自治体では、観光客向けの小冊子やパンフレットを作成し、その地域の遺跡の自然や位置についての情報を提供している。

追加文献

Bueno Ramírez, P. (1988). *Los Dólmenes de Valencia de Alcántara*. Madrid: Subdirección General de Bellas Artes y Arqueología.

Hoskin, Michael (2001). *Tombs, Temples and their Orientations.* Bognor Regis: Ocarina Books. See Chapter 6.

ケーススタディ 2.3：オドリーの環状石（The Stone Circles at Odry)、ポーランド

スタニスワフ・イワニシェフスキー（*Stanisław Iwaniszewski*)

遺跡の特徴と分析

地理的位置：ポーランドのポモルスキー県（ポメラニア）南部のオドリ遺跡（kashebe Òdrë、ドイツ語で Odri)、ツェーツクのコミューン（gmina)、チョーニツェの郡（powiat）のカシェベ村から約 2.5km。

場所：北緯 53º53’54”、東経 17º59’35”。標高 140m。

概略：「オドリーの環状石」がある考古学・自然保護区は、ヴダ川の右岸に位置し、16 ヘクタールの面積に広がっている。ここにはポーランドで最大の環状石群が多数含まれており、20 世紀初頭に先駆的な古天文調査が集中的に行われた。後に、第二次世界大戦の前にドイツとポーランドのナショナリストの主張を正当化するために、古天文学的解釈が利用されるようになったことは、とても悪名高い出来事であった。

遺物の目録：この保護区には 12 のストーンサークルがあり、そのうち 10 は保存状態が完璧であり、残り 2 つは部分的に損傷している。大きさは直径 15m から 33m までの範囲にある。それぞれが 16 個から 29 個の直立した岩石で構成されており、その高さは地上 20cm から 70cm 程度である。ほとんどのサークルは、1 つまたは 2 つの大きな一枚岩を含んでおり、一般的にその一枚岩はほぼ中央に配置されている。円の内部に小石が埋め尽くされているものもある。

ストーンサークルは巨大な墓地の一部を形成している。サークルの中や間（あいだ)、いくつかの石の下、そして近くの盛り土（塚）の中などで、考古学者は少なくとも 602 の埋葬物を発見した。ほとんどの墓の中には、１～３人が埋葬されている。

歴史：この遺跡は 19 世紀後半に二人のアマチュア考古学者、ウィルヘルム・ストライキコウスキーとアブラハム・リスザウアーによって調査された。彼らはいくつかの埋葬物を発掘し、いくつかの石を取り除き、遺跡は新石器時代のものと結論付けた。ポズナンの測地学者であるポール・ステファンは、1915 年にこの遺跡を調査し、天文学的な方位に沿っていることを提案した最初の

人物である。1926 年には、ジョゼフ・コストシェフスキ（ポズナン大学）が遺跡を発掘し、ストーンサークルの年代を紀元 1 世紀と 2 世紀であると初めて正確に決定した。

ステファンは、4 つのストーンサークルの中央の石碑を結ぶ線が太陽の至点を指していることを発見した。また、建設年代が紀元前 18 世紀であるという（誤った）仮説のもとに、様々な恒星の位置関係を特定した。そこで彼は、オドリーのストーンサークルは、部族の祭礼に必要な正確な暦を確立するために、慎重に設計されたものであると提案したのである。1930 年代には、ステファンのオドリー遺跡に関する解釈は、ナチスの考古学者によって、ゲルマン民族の知的優位性を示すために利用され、1940 年、ナチスがポーランド西部を占領した後、この遺跡は「ゲルマンの聖域」と宣言された。この影響で、研究は長年にわたって抑制されることになった。1963 年、天文学史を専門とするジェルジ・ドブルジッキは、コストシェフスキの年代学的研究をもとにして、ステファンの結論が誤っていることを証明した。

オドリー遺跡は 1960 年代に、ウッチ大学のジェジィ・クメチンスク氏を中心とした考古学チームによって、体系的に調査された。その後、この遺跡は再び古天文学の研究で注目を浴び、1970 年代から 1980 年代にかけて、ミロスワフ・ドヴォラク、ルドヴィク・ジャドラー、マリウシュ・ツィオフルコウスキー、カロル・ピアセツキ、ロベルト・サドウスキーらが、遺跡の天文学的な位置関係について、様々な仮説を提案した。しかし、残念ながら、最終的に明確な結論を出すことはできなかった。1990 年代から 2000 年代にかけて、新世代の古天文学者たちが、地表面の天文学的な配置は偶然のものであるかもしれないと提案している。

文化的/表象的側面：オドリ遺跡はヴィェルバルク文化（ドイツ語では Willenberg-Wielbark Kultur）を作り上げた人々の文化的な活動と関わっている。この古代文化は、ゴート人と南スカンジナビアからのゲピド人の移動に起因し、紀元後 1 世紀の初期に東ポメラニアと下部ヴィストゥラに移動した。彼らはまた、ウェシオリィ、グリズィニツァ、レスノ（Węsiory, Grzybnica, Leśno）を含む、いくつかの他のストーンサークルの遺跡を作った。3 世紀前半には、ヴィェルバルク文化の人々は東ポメラニアの定住地を放棄し、東や南に居住地を拡大した。

現在の遺跡管理

現在の利用法：一年を通して、月曜日を除き、毎日一般公開されている。たくさん印をつけられたルートのおかげで、観光客が森を傷つけることなく、サークルに近づくことができる。保護区へは、徒歩もしくは自転車（トゥチョラの森を横切る緑の観光ルートを利用して）、またはウーダ川に沿ってカヤックで行くことができる。

保護：1958 年の州令では、300 以上の石や岩石から発見されたコケや地衣類の少なくとも 86 種を保護するために、この場所を自然保護区と宣言した。今日では、考古学・自然保護区となっており、考古学・天然記念物に関するポーランドの法律に基づいて保護されており、17 ヘクタールの面積をカバーしている。遺跡はフェンスで囲まれている。

損傷、破壊等の脅威：サイトはよく保護されているが、様々な「ニューエイジ」グループによる

利用は、潜在的な脅威をもたらす。夏至の集会や儀式のために集まる人々、ダウジング（占い棒で地中の水脈・鉱脈を探査）を行う人々、「バイオエネルギーセラピスト」や遺跡が宇宙のエネルギー源と信じている人々等によって、この地は利用されている。

時代的/地理的/地域的背景：ストーンサークルは、ヴィストラ川の支流であるウォーダ川の近くのまばらな松林の中にある。この森はポーランド中北部のブルダ川とウォーダ川の間にある 4789 ヘクタール（47.9km^2）に及ぶ大規模なトゥチョラの森（Bory Tucholskie）の一部を形成している。森には最後の（ヴュルム）氷河期の後に形成された砂丘や、小さな丘、後氷期の狭い湖などが含まれる。1996 年には、現在この地域を覆っているトウヒと松の森の最も風光明媚な核心部がトゥチョラの森国立公園に指定された。イノシシ、キツネ、フォロー、シカ、アカシア、ポレキャット、アナグマ、ウッドライチョウ、（よりアクセスしにくい雑木林で）サギ、黒と白のコウノトリ、ワシフクロウ、ワシ、ツルなどが生息している。

管理、解釈、アウトリーチ：観光案内やサービスは、遺跡入り口脇のキオスクに設置されている。事前に電話でリクエストすれば、ガイドサービスを利用することもできる。

追加文献

Dobrzycki, Jerzy (1963). “Astronomiczna interpretacja prehistorycznych zabytków na terenie Polski”, *Kwartalnik Historii Nauiki i Techniki* 8, 1: 23–27.

Kotlarczyk, Janusz (1993). “Kalendarzowe aspekty organizacji przestrzeni kultowej stanowiska w Odrach”, in *Wierzenia przedchrześcijańskie na ziemiach polskich,* edited by M. Kwapiński and H. Paner, pp. 128–136. , Gdańsk: Muzeum Archeologiczne.

Müller, Rolf (1934). “Zur Frage der astronomischen Bedeutung der Steinsetzung von Odern”, *Mannus* 26, 289–309.

Müller, Rolf (1970). *Der Himmel über dem Menschen der Steinzeit*. Berlin: Springer-Verlag.

Sadowski, Robert M., Mariusz Ziółkowski, and Karol Piasecki (1982). “Stone rings of northern Poland”, in *Archaeoastronomy in the Old World*, edited by Douglas C. Heggie, pp. 215–224. Cambridge: Cambridge University Press.

Sadowski, Robert M. (1992). “Odry Revisited”, in *Readings in Archaeoastronomy,* edited by Stanisław Iwaniszewski, pp. 53–56. Warszawa: Państwowe Muzeum Archeologiczne.

Stephan, Paul (1915). “V orgeschichtliche Sternkunde und Zeitenteilung”, *Mannus* 7, 213–248.

図 2.3.1. 遺跡の概観
写真©クライヴ・ラグルス

第３章　先コロンブス期のアメリカ

スタニスワフ・イワニシェフスキー（*Stanisław Iwaniszewski*）

アメリカ大陸先住民の天文学的知識を理解するためには、大まかに分けて以下のような方法がある。

- スペイン人の史官による記録
- 過去 150 年の間、土着の人々の集団に入って働いていた民族学者や人類学者による各種報告
- よく調査されている考古学的および歴史的な遺跡
- 多数の岩アート
- 土着の人々の中にいる“生き字引”と呼ばれる人

北アメリカと南アメリカ

世界の他の地域と同様に、何度も繰り返し起きる空の現象を観察することは、すべてのネイティブアメリカンの集団にとって、時間計算に役立った。ネイティブアメリカンが使用していた時間計算は、多くの場合、様々な長さの時間を連続して配置するなど、期間を大まかに指定するものであった。彼らが使用した暦は、ある特定の日付からの経過日数や月数、年数を記録しようとはされておらず、 ただ、年内における時間の経過に目印をつけようという意図で役立てられていた。

古代、アメリカ大陸に住んでいたほとんどの部族は、太陰暦を使用していた。先住民たちが、時間の決定にさまざまな自然現象や星の観測情報を利用していたことには疑いの余地はない。月の満ち欠けを観察することで、それまで用いていた不規則な時間の指標から、次第に継続的な時間計算にシフトしていったと考えられる。一般に、月を利用して行う時間計算には、２通りの型がある。叙述型と天文学型である。1 つ目の叙述型とは、月面の一連の変化に名前をつけて、それを特別なイベントや活動と同期させるという方法である。人々は月面の見た目を区別できるよう名前をつけ、何度も起きる月面変化を絶えず観察していたが、一回の変化にかかる日数や、１年間に何度起きるかといった数字は数えなかった。しかしそれでも、いくつかのケースにおいて、月面のカウントがその年のある決まった時点と結び付けられ、年間周期の開始点の目印となった。ネイティブアメリカンの中には、夏至と冬至の日に地平線から太陽が昇る場所／沈む場所（至点）の目印となるような特徴的な風景を利用していたケースもある。そのようなイベントに引き続いて、一連の月面変化が起こり、それが 12 回か 13 回繰り返した後、また同じ至点から太陽が昇るのである。

至点の方向の目印とするために、さまざまな自然または人工の特徴物によってできる影、またはそれによって生成される光と影の現象（ヒエロファニー）が用いられるケースもあった。多くの場所で、木, 茎, 皮などの腐敗しやすい素材で作られた家屋は原始的な太陽暦として機能していた。柱や穴の配置により、夏至/冬至、天頂通過の日付、またそこに住むものにとって重要な日付を正確に決定することができた。そのような構造物は現在の地上にはほぼ全く残って

いないので、それらが太陽とどのように位置合わせをしていたかは、考古学的発掘を慎重に行うことによって手かがりを得るしかない。ネイティブアメリカンの中で昼夜平分点(春分点, 秋分点)の重要性を正確に認識していた人はほとんどおらず、その知識が時間計算システムに使われることはなかった。

時間を計算するもう一つの型、天文学型では、星や惑星の観測が利用された。特定の星座または星団（一般的にはプレアデス星団やオリオン座の星々）が地平線から夜空に昇って観測され始める時期は、1年の始まりの指標とするのに役立った。

秩序を作り上げることはすべてのネイティブアメリカンの社会に共通する特徴である。彼らが残したさまざまな遺物には、その秩序が物理的に表現されている。特徴として共通しているものには、住居を集落の中心に据えることや、住居に順序付けを行うこと、埋葬場所が整列していることが挙げられる。このように特徴が共通しているのは、起源（「起源神話」）についての知識、またさまざまな天文学的および宇宙論的原理を含む世界観が、ネイティブアメリカンの間で共有されているために生じると考えられる。住居、神社、寺院、宮殿、または埋葬場所が、太陽の1年間の動きに呼応するように設計・建設されていることから、多くのネイティブアメリカンの集団が、天体に関する知識を持っていたことは明らかである。

アメリカインディアンの社会には日、月、さらには年という概念があったが、これらは通常、明確に長さの決まった単位ではなく、時間計算は、定性的に異なるタイプのイベントが再発するまでの期間を利用して行われることが多かった。彼らにとっての時間が、均一で抽象的、連続的な流れとして捉えられていたという証拠は実際には存在せず、ネイティブアメリカンの時間概念には、常に定性的な面が存在する。言い換えれば、時間の概念は、イベントの連発、または連発するイベントと現在との関連性に関係している。いくつかのプロセスを調整するための手段として、抽象的な時間のアイデアが生み出された可能性があるが、証拠はない。

多くのアメリカインディアンの社会では、空間は4等分されているという認識を持っていた。この空間の分割は、夏至と冬至に太陽の昇る場所と沈む場所に基づいており、不動のものである。周囲の世界を4つの空間に分割することは、すべてのネイティブアメリカングループに共通する、現在まで続く特徴である（第4章を参照）。方角の目印としていたポイントは、抽象的なものではなく、その地からみえる山や谷など物理的なものを用いており、真に天文学的なものであったと思われる。ネイティブアメリカンの集団の生活空間には、天文暦サイクルさえ組み込まれていたと見られる。というのも、太陽（および星）をモデルにして考えられた対称的な四方位（もしくは八方位）に整列された空間が表現されることが多いためである。

北アメリカ

北アメリカ大陸北西の狩猟採集民族、ミシシッピ川渓谷内の農耕狩猟民族、南西部の農業民族、および北メキシコの遊牧民の間では、（広い意味での）太陰暦が使用されており、さらに夏至や冬至の知識による修正が加えられていた。上記の各エリアには、夏至/冬至を観測するための様々な観測所が見つかっている。

北アメリカの民族の中には、月の18.61年（節）サイクルを認識していたものさえいた、という主張もある。

北アメリカの人々は、惑星や一等星（シリウス、アルデバラン、アンタレス、アルテア、フォマルハウトなど）はもちろん、おおぐま座、北極星、オリオンのベルト、プレアデス星団、ヒアデス星団なども認識していた。それにもかかわらず、ほとんどの北アメリカの民族は、夜空の星にはあまり関心がなかったようであり、名前を知っている星もごく少数であった。

北アメリカのすべての民族は空についてある程度の知識を持っていたが、場合によっては、専門のタイムキーパー（星が昇る正確な時間を測る）や星観測者が必要なときもあった。太陽を観るための専門家が存在する場合もあった。ほとんどの場合、空の観察を担当していたのは、その集団の英知を代表するような年配の男性達であった。ある民族では、祭司がタイムキーパーを担当し、太陽や月を自分で観察して、農業活動や宗教儀式の適切な時間を決定した。多くの場合、これらの宗教関係者は、事前に儀式の日付を予測するために、先行観察を行っていた。

専門家の書いた文献には、いくつかの観測所があったことが記録・記述されている。観測所の中からは、土着の民族が当時認識していた夜空を岩に描いたアート作品が見つかることがあった。こういった岩芸術にみられる表現は、その土地固有の星座、星群、明るい星や惑星を知ることができる、とても貴重な遺物である。

ひと月の日数を数えるための開始点は、日没直後の西の空に三日月が初めて現れたときと決められていた。ひと月は一般に半分ずつの 2 グループに分割されていたが、一部の北アメリカの民族では、ひと月を 10 日間ずつの 3 グループに分割していた。太陰暦の日数を数える数え棒や岩芸術の経過日カウントマークといった遺物が見つかることは非常に稀だが、そのような遺物は我々に当時の観測専門家がどのように月周期を長期間追跡していたかについての手がかりを与えてくれる（ケーススタディ 3.1 を参照）。

南アメリカ

南アメリカの民族は、北アメリカの民族と同様に、月を使って時間計算をしていた。アマゾンの熱帯林とパタゴニアに住むアメリカインディアンの社会では、形の類似した月面を連続的に観察した記録が見つかっている。しかしながら、月相の観測とその名付けについてはまだまだ体系化されていなかった。一般に、朔望月（月の満ち欠けの 1 周期）は 3 つの区分（上弦の月を含む段々明るくなる時期、満月、下弦の月を含む段々暗くなる時期）に分けられ、多くの活動がそれらに結び付けられていた。そして、月が暗い（新月）期間においては活動を避けていた。

北アメリカの民族とは異なり、アマゾンとパタゴニアの集落は、星座や星群から得られる情報を積極的に利用して、季節ごとの重要な活動の時期や自給自足活動の開始時期を決めていた。プレアデス星団が夜空に見え始める時期は、雨季の始まりと、植え付けのために畑を切り開く時期を教えた。オリオンの星々が見える時期は、キャッサバの時期を教えた。アマゾン流域で知られている他の星には、シリウス、アルデバラン、カペラ、カストル、ポルックス、ぎょしゃ座、サザンクロス、さそり座、ケンタウルス座などがある。さそり座と射手座の近くにある暗い裂け目を特徴とする天の川は、マゼラン雲と同じくらい重要な存在であった。つま

り、星を利用した時間の決定は、北アメリカよりも南アメリカの方がはるかに一般的だったようである。

さらに、アマゾンの社会では、建物内部の明暗効果や投影された影の形を利用して、時刻を決定することがよくあった。 アマゾンの建物は、太陽光線が壁や床を横切って移動するのを観察できるように設計されていた。 室内を太陽光線が通るコースも、空を横切る太陽の軌跡の季節変化に対応して、日ごとに徐々に変化した。

人類学的研究によると、空の知識が重要であった理由は、人間社会と天体の間に密接に関係があると認識されていたためであることを示している。アマゾンインディアンは、宇宙というものを、人間・動物・植物・天体が絶えず相互にコミュニケーションをとりながら存在している全体として一つのコミュニティであると捉えており、自分たちをそのような宇宙の一部であると認識していた。天体は、個人と対象物との間を仲介するものとして利用された。星空観察や時間管理などの活動は、集団生活の一部と見なされ、個人および集団のアイデンティティを確立するためによく利用された。暦および天文学の知識は、さまざまな宗教的儀式、農業儀式、政治的言説、世界観の信念などに組み込まれた。それ以外にも、神話の語り、儀式用のダンス、家庭内の組織化、その他の社会活動にも天文学の知識が利用された。社会的組織化の原則の中には物質的な環境に由来しているものもあり、さまざまなアメリカの民族の住居や埋葬に現れていると思われる。

メソアメリカ（中米メキシコ高原・ユカタン半島一帯で共通的な文化を持つ領域）

スペイン征服以前のメソアメリカにおける絵文書や記録は、古代アメリカの人々がどのような暦天文学的な推測や計算をしていたかを知ることができる最良の資料である。メソアメリカの暦システムは、多くの異なる周期の順列の組み合わせの形で表示されており、通常、これらは将来起こることの予報に関連している。しかし、そういった暦システムが記録された絵文書は、時間周期を追跡するという目的以外にも、周囲の世界に形と構造を与えた時間的および超自然的な力の説明も担っていたと思われる。ある意味で、絵文書の内容は当時知覚されていた世界を支配する普遍的な法則を表現していた。 絵文書の内容には、惑星や日食の観測、回帰年（太陽年）の計算、および土着の宇宙起源論などが含まれる。 マヤ文明またはアステカ文明による天文学は、天体の動きを体系的に観測し、理論的にモデリングするレベルにまで達していた。 それらは西洋起源ではない別の知識体系の例とみなされるべきである。

メソアメリカの時間計算システムは一風変わっている。260 日周期と 365 日の年周期を組み合わせて形成される「カレンダー・ラウンド」（1 周期がおよそ 52 年）は、人類の歴史の中でもユニークな時間の経過を表す方法である。 また、神話上の始まりからの日数の連続カウントである長期暦(Long Count)というのもあり、こちらは 20 進法を用いた時間計算のシステムである（この長期暦が 2012 年に世界が終わるという有名な予言をしたのである）。

スペイン征服前のメソアメリカの人々による天文学に関する私たちの知識は、本章の冒頭で言及した情報ソース（スペイン人の史官による記録、数多くの保存状態の良い考古学的遺跡、土着の人々の中の“生き字引”）とあわせて、スペイン征服前に書かれた記録からも得ることができる。 重要な天文学的情報を持つメソアメリカの多くの遺跡は、すでに世界遺産リストに登録

されている。以下に、メソアメリカの遺物で、世界遺産リストに含まれているものを列挙する。

- *世界遺産 No.483 メキシコ南部ユカタン半島にある、スペイン征服前のチチェン・イッツァ古代都市。1988 年登録。登録基準(i), (ii), (iii)*[1]。紀元後 6 世紀末まで、土着の儀式を中心とする市民政治が行われていた。古典期後期から後古典期とよばれるおよそ 10 世紀と 11 世紀の間に発展した。1221 年以降、内戦のため衰退。春分の日には、かなりの数の訪問者が訪れる。
    - 考古天文学的要素：**エル・カスティージョ（ククルカンの神殿）**では春分の日に特別な現象が見られる。**エル・カラコル**では、夏至の日没方向、天頂通過の日の日没方向、金星が沈む最北位置方向、4 月 29 日と 8 月 13 日の日没方向などへと向けられた複数の入り口が設けられている。**グレートボールコート（ジャガーの寺院）**は、4 月 29 日と 8 月 13 日の日没の方向に建物が向けられている。**ラス・モンハス**にはマヤ文明の干支の絵図がある。**ヴィーナスの寺院**には、金星の公転周期の 5 倍で地球公転周期の 8 倍(すなわち会合周期の 5 倍)である 8 年間にわたる絵画的表現がある。
- *世界遺産 No.129 ホンジュラス西部のコパンのマヤ遺跡。1980 年登録。登録基準(iv), (vi)。*
- *世界遺産 No.631 メキシコ, ベラクルス州にある古代都市エル・タヒン。1992 年登録。登録基準(ii), (iv)。*紀元後 1 世紀ごろから発展し、紀元後 600 年から 900 年の間で最盛期を迎えたトトナック族の儀式を主とする市民政治。
    - 考古天文学的要素：**ニッチのピラミッド**には 365 個の壁龕（像を置くために作られる壁のくぼみ）があり、”世界”を建築的に表現したものである。
- *世界遺産 No. 415 メキシコのオアハカ歴史地区とモンテ・アルバンの古代遺跡。1987 年登録。登録基準(i), (ii), (iii), (iv)。*盆地の底面から比高差 400m にある山の頂上を平らにして築かれた祭祀センターである。この都市は紀元前 500 年ごろに建設され、後にテオティワカンなどの他の地域の州と交流するザポテックの首都になった。紀元後 900~1000 年ごろにはほぼ放棄された。
    - 考古天文学的要素：特別に方向づけられた**建造物 J**（天体観測所と思われる）は、片側は南十字星とケンタウルス座を向き、逆側はカペラが東の地平線から昇る位置を向いている。**建物 P** には太陽の天頂通過の観測用に、垂直シャフト（天頂照準管）がある。石碑の中には天文学的な方向づけがなされているものがある。**石碑 12 号と 13 号**に刻まれている碑文には、太陽年に関する最古の記述があり、その方向づけにより、260 日暦がそれぞれ 65 日ずつの 4 つのマイナーサイクル（コシジョ cocijo）に分割されていることを示している。”ダンザンテスの石”には、ザポテックの象形文字の例が刻まれている。

[1] 【訳注】世界遺産の登録基準に関しては、本書の序論 p.14 を参照。

図 3.0.1. チチェン・イッツァ のエル・カラコル　© クライブ・ラグルス

- *世界遺産 No. 411 メキシコ, チアパス州にある、古代都市パレンケと国立公園。1987 年登録。登録基準(i), (ii), (iii), (iv)。*最も重要なマヤ文明の遺跡の一つで、紀元後 500~750 年に最盛期を迎えた。
    - 考古天文学的要素：紀元後 690 年の 7 月に書かれた碑文には、惑星（木星、土星、火星、月）の合(ごう)についての記述や、3 人の祖先神 I, II, II, および最初の母(First Mother)の誕生に関する記述がある。**碑文の神殿**（ハナーブ・パカル王の墓でもある）や**宮殿**、**十字架の図柄**などに、天文観測が行われていた形跡が残されている。
- *世界遺産 No.149 グアテマラのキリグア遺跡公園。1981 年登録。登録基準(i), (ii), (iv)。*
- *世界遺産 No.414 メキシコの古代都市テオティワカン。1987 年登録。登録基準(i), (ii), (iii), (iv), (vi)。*紀元前 150 年より前に形成され、紀元後 550 年以降に崩壊した。
    - 考古天文学的要素：**太陽のピラミッド**は、現代の神話的起源である紀元前 3114 年 8 月 11-13 日に関連づけられていて、8 月 11-13 日と 4 月 29-30 日の太陽の天頂通過の方角に向いている（メソアメリカ南部のイザパ、エズナ、コパンにも同様の建物がある）。もしくは、この方向づけは 2 月 11 日と 10 月 29 日という農業年を定義する日を示しているのでは、という議論もある。この方向づけに関する決まりは、のちにメソアメリカの広い地域に伝えられていった。他の天文学的な建造物としては、**死者の大通り**、**月のピラミッド**、**シウダデラ** Ciudadela（シタデル Citadel、カレンダーの象徴）、および漆喰の床に突き刺さった**太陽十字のシンボル**がある。
- *世界遺産 No.64 グアテマラのティカル国立公園。1979 年登録。登録基準(i), (iii), (iv), (ix), (x)。*

- *世界遺産 No.791 メキシコ, ユカタン半島の古代都市ウシュマル。1996 年登録。登録基準 (i), (ii), (iii)。*マヤ文明の重要中心都市で、紀元後 700 年～1100 年の間に多くの建造物が建設された。
    - 考古天文学的要素：**総督の館**は金星の東方最大離角と西方最大離角に沿った方向に向けられており、金星周期に関するマヤ独自の干支の図像表現がみられる。**尼僧院**には天文学的な図像がある。**魔法使いのピラミッド**は、頂上から見ると、他の重要な構造との視覚的な関連性がみられる。
- *世界遺産 No.939 メキシコ, モレロス州のソチカルコの考古遺跡地帯。1999 年登録。登録基準(iii), (iv)。*紀元前 200 年ごろに成長し、紀元後 700~1000 年の間に栄えた。
    - 考古天文学的要素：**羽毛の蛇の神殿**には、紀元後 7 世紀に行った暦の修正を示していると思われる図像があり、また建物は暦上重要な位置合わせが行われている。天頂の太陽または月の観測を容易にする**垂直シャフト**（緯度 18° 43′‘）。**遊技場**のうち一つは、分点の観測に使われていた。暦を描写した碑文もある。

図 3.0.2. テオティワカン の太陽のピラミッド　© クライブ・ラグルス

世界遺産リストには載っていないが、言及に値するサイトとして、グアテマラのワシャクトゥンがある。そこにある**グループ E** は、1924 年に考古天文学的観点から分析された、アメリカ大陸で最も古い建築群である。

また、ここは現在‘グループ E 構造’として知られている構造群の「標準遺跡」である点でも重要である。この‘グループ E 構造’は、マヤ文明の中心地であるペテン県でよく見られるマヤ独特

の構造であり、西側にピラミッドが一つと、東側に位置する南北線上に2つまたは3つのピラミッドがある、という配置をしている。ワシャクトゥンの遺跡そのものもそうであるが、この構造は至点と分点における日の出の観測を目的としていたと思われる。もしそうであれば、この構造グループは、いくつかの建造物は明らかに機能的であるが、他の建造物は（特に目的が分らない）非機能的なものである、もしくは非機能的になってしまったという事実を示しているために逆に重要であると言える。なぜなら実際の観測がどのように純粋に象徴的な天文学に変換されたかの過程を教えてくれる可能性があるからである。[2]

アンデス地域

南アメリカのアンデスの人々は、メソアメリカほど進歩はしていないとはいえ、空について十分な知識を持っていた。すべてのアンデスの人々は、十進法で時間を計算することができ、金星や星が太陽によって隠される食現象や、天体が日の出直前に東の空に昇る現象など、さまざまな天文学的な現象を記述することができ、寺院などの建物を空の現象と位置を合わせて建設することができた。

インカの時代には、インカの首都クスコにあるコリカンチャと呼ばれるインカの太陽の神殿、そこから放射状に伸びる41本の線「セケ線」で、世界を分割していた（セケシステム）。セケシステムは328の聖地（ワカ huacas）を定義しており、月星座暦の使用と関連があるのではと議論されている。

正確な太陽の観測のために観測装置が建設されることもあった。セケ線上に置かれた一対の垂直柱を、クスコのコリカンチャから観察していた。この垂直柱は、地平線に沿った太陽の通り道の目印となっていた。このような垂直柱で構成されるシステムは、インカ帝国よりも約1500年前の時代に関する文献（チャンキーヨ遺跡を含む）でも、その存在が報告されている（ケーススタディ 3.3 を参照）。

インカ帝国周辺では、ウシュヌ ushnu と呼ばれる演壇が存在し、さまざまな方法でインカの権威を象徴する役割を果たしていたようだ。ウシュヌは、有名な山の頂上など周囲の風景の神聖な要素を取り入れ、特に太陽と暦に関連する儀式を行う場所として使われていた（例については、ケーススタディ 3.4 を参照）。

アンデス地域の古代民族の人々が実践していた天文学について、私たちが得ることができる知識は、スペイン征服以前の「written records (記録書)」（キープ khipu という名で知られる結び目付きの紐など）および章の冒頭で言及したその他の情報源に由来する。

中央アメリカとカリブ海

残念ながら、遠い昔にこの地域で空の観測や暦作成を行っていた先住民族は、すべて姿を消した。スペイン人、フランス人、オランダ人、イギリス人の史官によって書き残された情報はほとんど現存せず、考古学的研究は建造物の天文学的方向への整合には注意が向けられていない。今日カリブ海地域には、アフリカの伝統と文化的な関連をもつアフリカ系アメリカ人民族

[2] 【原注】この章はクライブ・ラグルスによって付け加えられた

が多数住んでいる。彼らの天文学的な伝承は、アメリカ先住民の知識ではなく、アフリカ大陸の伝統的知識に由来している可能性が高い。唯一南カリブ海地域だけが南アメリカの伝統とのつながりを持っており、そのため民族天文学者はこの南カリブ海地域だけを注目している。

古代カリブ海の伝統的な空の伝承によると、季節的な気象現象や農業活動に、大きな天体イベントを関連させていたようだ。プレアデス星団、シリウス星、オリオン座や大熊座は、サイクロンの季節の始まりと、釣り・狩猟・採集に適した時期を知るのに重要な存在であったと思われる。航行を目的として恒星を観測していた可能性もあるが、残念ながら完全には研究されていない。

中央アメリカの人々の暦に関する伝承や天文学活動は、学者から十分に注目を受けておらず、わずかな例外を除いて、体系的な方法での研究はなされていない。

一般的考慮事項

16 世紀以降のヨーロッパ社会には特徴的な「知識獲得方法」があり、西洋の科学的知識はその方法を用いて得られている。非西洋の知識の各タイプを西洋的知識に縮小還元してしまうと、その非西洋的な認知要素や非西洋的伝統、非西洋的思考の枠組みといった要素を失うことになる。西洋的な観点から見ると、非西洋の空伝承や天文学の知識は固有の文化的枠組みに囚われており、地域・文化・民族・国家の境界を超えて通用するような体系にはなっていない。アメリカの天文学的な知識も非西洋であるため、多くの文化的価値と強固に結びついており、抽象的で普遍的なシステムとしてではなく、民族志向のものと考えられる。対照的に、西洋によって開発された科学的方法は普遍的なものである。残念ながら、一般的な科学の歴史家、特に天文学の歴史家の間では、実証主義志向の影響が依然として残っている。すなわち、すべての非西洋科学は、西洋科学のモデルを基準として判断される。この西洋の科学モデルは、非西洋科学を適切に理解するための適切な枠組みの開発を妨げ続けている。科学の歴史において、ポスト実証主義志向（実証主義の後に出てきた、実証主義の形態を変えたもの）のみが、ユネスコの天文学遺産プロジェクトにとって適切な認識論的枠組みを提供することができる。

このような流れの中でも、ネイティブアメリカンが以下のような天体に関わる実践を行ったことは強調すべきである。

- 空に関する伝承のさまざまなシステムを開発したこと
- 古くから存在する観測所から空の様々な物体や現象を認識していたこと
- 建築物と天体の配列を結び付けたこと
- 経済的および儀式的な活動を予測および調整するために、太陽と月の周期を研究したこ

ネイティブアメリカンの社会の中には、空を見ることに専門家を必要とする社会もあった。そこでは天体の知識と暦作成の技術が、権力や社会的不平等を作り出し維持するために利用されていた。ネイティブアメリカンの天文学的な知識は、常に文化に縛られてきた。

アメリカ大陸の天文的特性として、遺跡の岩アートに多くの天体が描かれているという特徴がある。それらのほとんどは、三日月、太陽円盤、または星のような物体をモチーフとしている。岩アートのモチーフは、しばしば神話の物語を通して解釈される。特に、起源神話を含む世界の概念を表した物語と暗示的につながっている。これらの神話上の物語は、特別な機会に

行われるダンスや儀礼など、多様な儀式的な活動に取り込まれている。儀式は、太陽、月、星の誕生についてのさまざまに語られる起源神話（メキシコ北部の有名な鹿ダンスなど）を人々に示すために行われることが多い。例えば、新月のあとに最初に目に見える三日月や、明るい星が太陽とともに東から昇る現象などを語る歌などである。天文学に関連するこの無形の遺産は、中央アメリカ、カリブ海地域、アマゾン・パタゴニア地方の熱帯雨林地域など、物質的な遺産がほとんど残っていない地域で特に豊富に存在する（例外についてはケーススタディ 3.2 を参照）。

文献[3]

Aveni, Anthony F. (1982). *Archaeoastronomy in the New World*. Cambridge: Cambridge University Press.

Aveni, Anthony F. (2001). *Skywatchers*. Austin: University of Texas Press.

Aveni, Anthony F., ed. (2008). *Foundations of New World Cultural Astronomy*. Boulder: University Press of Colorado.

Bauer, B. and Dearborn, D. (1995). *Astronomy and Empire in the Ancient Andes*. Austin: University of Texas Press.

Broda, J., Iwaniszewski, S. and Maupomé, L., eds. (1991). *Arqueoastronomía y Etno- astronomía en Mesoamérica*. Mexico City: Uniersidad Nacional Autónoma de México.

Carrasco, D., ed. (2000). *The Oxford Encyclopedia of Mesoamerican Cultures: The Civilizations of Mexico and Central America* (3 vols.). New York: Oxford University Press, 2000.

Ruggles, C. and Urton, G., eds. (2007). *Skywatching in the Ancient World: New Perspectives in Cultural Astronomy*. Boulder: University Press of Colorado.

Šprajc, I. (1996). *La Estrella de Quetzalcóatl: El Planeta Venus en Mesoamérica*. Mexico City: Editorial Diana.

Šprajc, I. (2001). *Orientaciones Astronómicas en la Arquitectura Prehispánica del Centro de México*. Mexico City: Instituto Nacional de Antropología e Historia (Colección Científica 427).

Williamson, Ray A., ed. (1981). *Archaeoastronomy in the Americas*. Los Altos: Ballena Press and Center for Archaeoastronomy.

Ziółkowski, M. and Sadowski, R., eds. (1989). *Time and Calendars in the Inca Empire*. Oxford: British Archaeological Reports (International Series 479).

Zuidema, R.T. (1964). *The Ceque System of Cuzco: The Social Organization of the Capital of the Inca*. Leiden: Brill.

[3] クライブ・ラグルスによる提供

ケーススタディ 3.1：ボカ・デ・ポトレリーヨス（Boca de Potrerillos）、メキシコ

スタニスワフ・イワニシェフスキー（*Stanisław Iwaniszewski*）、
ウィリアム・ブリーン・マレー（*William Breen Murray*）
注釈はモワ・バラデス・モレノ（Moisés Valadez Moreno；メキシコ, ヌエボ・レオン州モンテレイ市国立人類学歴史研究所地域センター）

遺跡の特徴と分析

地理的位置：メキシコ、ヌエボ・レオン州ミナ市

場所：北緯 26° 2’ 40”、西経 100° 38’ 40” 、 標高 700m

概略：ボカ・デ・ポトレリーヨス遺跡は、メキシコで最も重要なペトログリフ遺跡の一つである。多数のペトログリフを含む 4000 以上の岩石と岩盤で構成されており、メキシコ北東部の典型的で魅力的な風景である砂漠のなかの山の斜面に位置している。

遺物の目録： 敷地面積約 435 ヘクタールというこの広大な考古学的遺跡は、 3 種類の特徴的地形に分布している。

a. 遺跡東部の広大な扇状地。フォゴンと呼ばれる数百のスペイン征服前の炉の残骸や、数千個の彫刻石や研磨された遺物が、広い範囲に散在している。
b. 遺跡西部の扇状地。東部の扇状地と同じような遺物が散在しているが、サイズは小さいものが多い。
c. エルアントリスコ山とラゾラ山の東側面。数千もの硬い岩やもろい岩があり、その全てが一つ以上のペトログリフで覆われている。

歴史： 1963 年に国立歴史学研究所（INAH）の考古学者であるマリア・アントニエタ・エスペホが、この遺跡について最初に報告した。1980 年代には、数人の岩アート専門家、特にジョン・オルソン、 マ・グアダルーペ・デウィット、ウィリアム・ブリーン・マレーによって研究された。1991 年に INAH とテキサス大学オースティン校が共同で「ボカ・デ・ポトレリーヨスプロジェクト」を開始（代表者：モイゼス・バラデス・モレノ、 ソルベイグ A.タービン, ハーバート H.エリング）し、考古学的調査活動が開始された。考古学的調査はその後バラデスによって継続された。この遺跡は 1995 年の 11 月に正式に公開された。

文化的/表象的側面： この遺跡には様々な天文学的モチーフが岩面に表現されている。例えば、太陰暦に基づくカウントや、両地平線上の至点と分点の位置に対する建物の整列を示す表現などである。特記すべき遺物として、月のカウントと鹿の繁殖サイクルを結びつけていると思わ

れる作品も存在する。この遺跡を調べることは、昔の狩猟採集民がどのように暦や天文学を使用していたのかを研究するために非常に有益である。

資料とアーカイブ：これまでに様々な科学的な議論が行われ、その結果が多様な出版物を通じて広められている。書籍、国内外の学術雑誌に掲載された多数の科学論文、3 本の学位論文、遺跡のミニガイドブック、ビデオ、映画、国内外の会議で発表された多数の論文と議事などがある。

現在の管理

現在の利用法：この遺跡は毎日午前 8 時から午後 5 時まで一般公開されている。

保護：この遺跡は、『記念碑および遺跡地帯』に公的登録されている。その地理的範囲は法的に定義されており、石を積み重ねた 10 の境界マーカーによって地面にマーキングがされている。メッシュのフェンスで囲まれており、入り口は反対側に 2 つある。INAH は、遺跡の保護官および監視員として働く仕事を、隣接する農村の住人のために創出した。

考古学的遺産を保護する法的措置について良く知るための会議が、ポトレリーヨスの地元住民と間で開催された。現在、総敷地面積は 6 km^2 であり、そのうち 600m×400 m（24 ヘクタール）の面積のみが訪問者に開放されており、他のほとんどは緩衝地帯で構成されている。緩衝地帯を作る目的は二つあり、損傷と劣化から遺跡を保護することと、将来の考古学的調査を容易にすることである。

時代的/地理的/地域的背景：遺跡はエルアントリスコ山とラゾラカ山という 2 つの山の間にあり、「ポトレリーヨス谷」の「口」（つまり入り口）の形をしている。メキシコ北東部の最も美しい砂漠の風景の 1 つである。ここには約 8000 年間にわたってさまざまな遊牧民グループが住んでいたことを示す自然環境の遺跡が含まれる。

保存状態：遺跡の環境は、過去 40 年間、モンテレイ市の給水需要を満たすために地下の帯水層資源が過剰に利用されたため、ひどく悪化している。 加えて、自然に起こる砂漠化によっても環境は悪化している。

考古学的/歴史的/遺産研究：考古学的研究により、地元の先住民族の社会経済的発展を証明する重要な物質的証拠が明らかになった。フォゴンと呼ばれる数百の古代の炉の出土したことや、膨大な数の石器や岩石彫刻に描かれた数千の図像、これらは長期にわたってコミュニティが社会経済的・文化的・儀式的に発展してきた証拠である。先住民はヨーロッパ人によって征服されるまでの間、地域の自然資源を開発し、生態バランスを維持してきた。

管理：遺跡は INAH によって管理されている。 小さな展示室を含むパビリオンが建設され、そこには電動ポンプ付きの発電機やトイレもある。

図 3.1.1. 左上:「祭壇」**右上:** 遺跡の全体　**左下:** 観測所と思われる「椅子」　**右下:**一枚岩（Boca monolith）　写真提供 スタニスワフ・イワニシェフスキー

追加文献

Murray, William Breen (1982). “Calendrical petroglyphs of northern Mexico”, in *Archaeoastronomy in the New World*, edited by Anthony Aveni, pp. 195–203. Cambridge: Cambridge University Press.

Murray, William Breen (1986). “Numerical representations in North American rock art”, in *Native American Mathematics*, edited by Michael Closs, pp. 45–70. Austin: University of Texas Press.

Murray, William Breen (1987). *Arte Rupestre en Nuevo León: Numeración Prehistórica*. Monterrey: Archivo del Edo. de Nuevo León (Cuadernos, No. 13).

Murray, William Breen (1993). “Counting and skywatching at Boca de Potrerillos, N.L., México”, in *Archaeoastronomy in the 1990s*, edited by Clive Ruggles, pp. 264–269. Loughborough: Group D Publications.

ケーススタディ 3.2：カグアナ遺跡(Caguana)、プエルトリコ

エンジェル・ロドリゲス(*Angel Rodriguez*)

遺跡の特徴と分析

地理的位置：プエルトリコ、ウトゥアードのカグアナ地区

場所：北緯 18° 17’ 41”、西経 66° 46’ 52” 、 標高 310m

概略：カグアナの 儀式的球技場遺跡は、西インド諸島で最も重要な考古学遺跡の 1 つである。

遺物の目録（図 3.2.1）：約 13 の球技場（bateyes）が確認されている。岩や石の間には、先住民タイノ族が彫った一枚岩やペトログリフが見られる。一枚岩の中には 1 トン以上の重さのものがあり、遺跡に隣接するタナマ川から運ばれたと考えられる。

歴史： 調査によると、遺跡は現在より 700 年以上は昔の、紀元後 1270 年頃にタイノ族によって建設された。

文化的/象徴的側面： 遺跡の平面図を見ると、広場は特定の天体現象に合わせて計画的に配置されていたと考えられる。この場所は明らかに、天体現象を観測または予知する場所として機能していた。岩板に刻まれた岩の彫刻には、天体の象徴的な表現がある。遺跡を取り囲む文化的な景観（特に山や川の地形）は、建設者の宇宙観を表している。

真正性と完全性：遺跡は、すべての広場が原位置で発見され、元の配置を保っている。さらに、復元に役立つように、遺跡の平面図が作成された。

資料とアーカイブ：この遺跡の考古天文学的文書は、主に次のことに関連している。（i）天文学の社会的利用（天体現象の間に執り行われる祭りや儀式など）（ii）岩の彫刻に描かれた芸術品や装飾品

現在の管理

現在の利用法：この遺跡は、体験型公園として訪問者に公開されている。

保護：国立公園局は、カグアナ遺跡を歴史的建造物登録簿に登録し、国の歴史的建造物に指定している。 これは、遺跡が法律で保護されていることを意味する。

保存状態：球技場の多くは原状に復元されている。

時代的/地理的/地域的背景：遺跡はタイノ族が神の故郷であると信じていたセミー山（Montaña Cemí）の近くに位置している。 これが彼らがこの地域に球技場を作った理由である。

考古学的/歴史的/遺産研究：この場所での天文学に関連する現在の研究は、次のことに焦点を当てている。（i）天体観測への利用 （ii）岩アートにあらわれる象徴的表現

管理：プエルトリコ文化研究所は、カグアナ先住民儀式公園（Centro Ceremonial Indígenade Caguana）として、遺跡を管理・維持している。この公園には、タイノ族の工芸品や考古学的展示品を展示している博物館や、タイノ族が食糧として栽培していたサツマイモ・キャッサバ・トウモロコシ・ココヤムなどを集めた植物園がある。公園内のいたるところで、マホガニーやセイバなど、タイノ族が家を建てるために使用した多くの木を見ることができる。

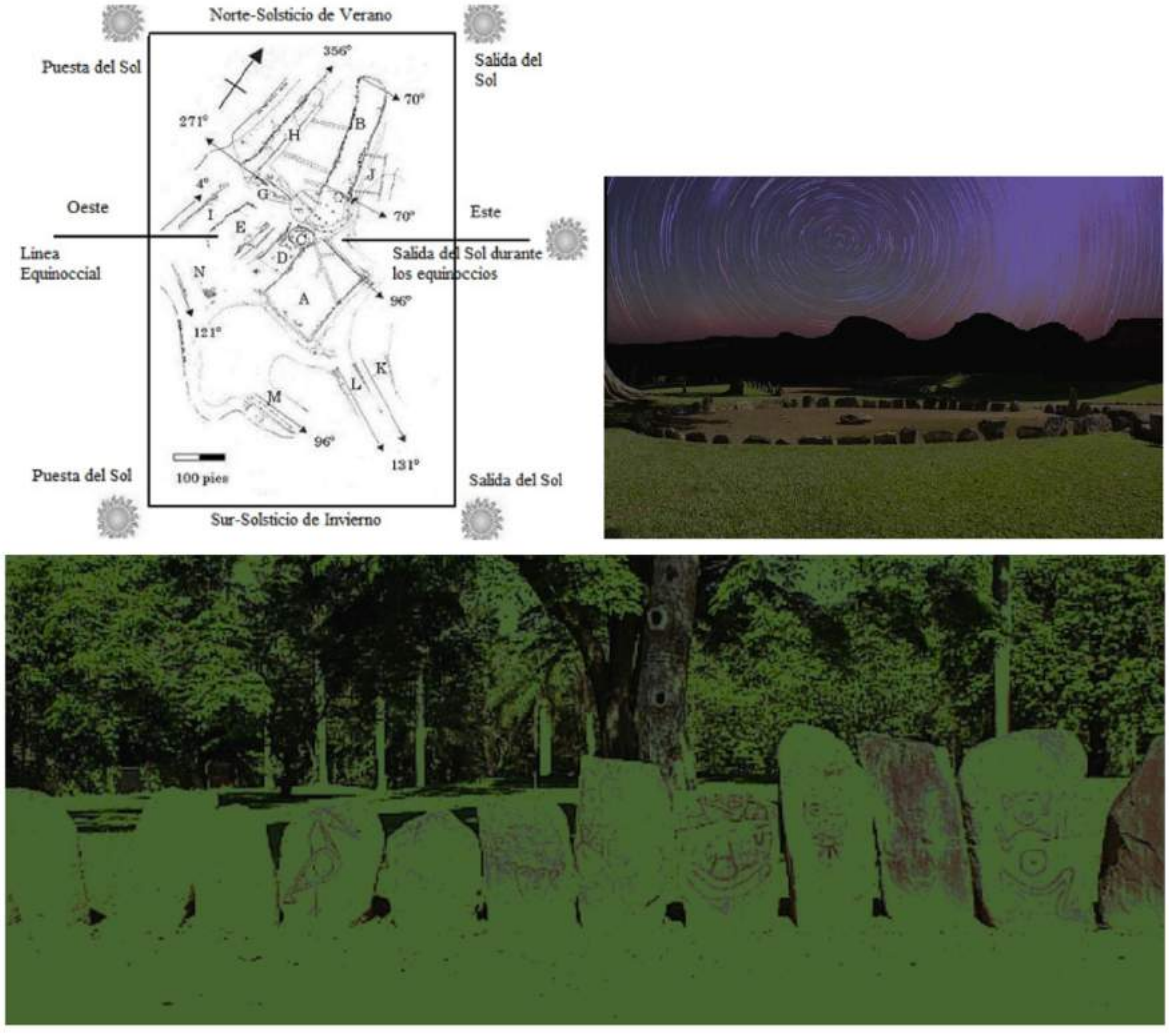


図 3.2.1. 左上: カグアナの全体図　**右上:** 広場 C から北極星に向かっての眺め　**下:** 太陽の分点(春分/秋分の日の出方向)に沿って一列に並べられた石には人間の姿が彫り込まれている。　図や写真はエンジェル・ロドリゲス氏提供

ケーススタディ 3.3：チャンキーヨ (Chankillo)、ペルー

イワン・ゲッチ (*Ivan Ghezzi*)

遺跡の特徴と分析

地理的位置：ペルー、アンカシュ県カスマ郡カスマ地区サンラファエル

場所：南緯 9° 33’ 18”、西経 78° 14’ 13” 、 標高 300m

概略：チャンキーヨは、儀式・行政・防衛の機能を持つ中心地で、カスマ・セチン川流域の氾濫原（河川の氾濫時に浸水する範囲）のすぐ外側の海岸砂漠に位置している。

遺物の目録： チャンキーヨには、丘の頂上の要塞、太陽観測所（南北方向に並んだ 13 の塔と、それを観測するための観測所が東西に 2 つ）、行政区域の集合した広場、複数の地上絵などといった、特徴的な建築物がある。工芸品の中で有名なのは、陶器でできた戦士の置物である。

歴史： 放射性炭素年代の結果では、遺跡の時代は紀元前 350 年から紀元前 100 年の間（メソアメリカの古典期の時代区分の呼び方で、『前期ホライズン』と呼ばれる時期）にあたる。この遺跡は、宗教的な祭りなどの季節的なイベントを統制することと、太陽崇拝、またおそらく太陽観測を通じた季節暦の保守といった目的を遂行していたと考えられる。発掘調査から、主な寺院や宗教的シンボルは破壊され、埋められ、放棄されていることが分かり、交戦によって突然に破壊されたのだろうと推測される。前期中間期または中間ホライズンの間に埋葬された遺物が略奪されたことと、後期ホライズンに塔の土台の上にインカ族が供物を置いたことを除いては、重要な再占領はなかった。

文化的/表象的側面： 世界中の多くの古代遺跡に見られるような、単一の天文学的目標に向けて建築物が配置されているケースとは異なり、チャンキーヨの 13 の塔は、東西にある 2 つの観測所から見た年間を通じた日の出と日の入りの全体をカバーするように広がっている。夏至と冬至の太陽の日の出と日没を直接的に指し示すだけでなく、間に挟まれた塔を背景に日の出と日没を観測することで、1 年のうちの他の日を識別することができる。この意味で、チャンキーヨは世界でも類を見ない太陽観測所であり、原風景の中での計時機能を持つ特異な例である。

真正性と完全性：考古学的な調査により、チャンキーヨの建築物の真正性が確認され、儀式センターとしての完全性が強調された。過去または現在に変形（復元）された形跡はない。要塞内の神聖な建物である柱の神殿は、紀元前 100 年頃の紛争後に部分的に破壊され、土に埋まった。その全容を確認するためには、特に東側の調査が必要である。

資料とアーカイブ：1970 年の地震でカスマは公式記録とともに破壊された。1968～69 年に研究プロジェクトを主導したのは、ローザ・フォンと ビクター・ピメンテルである（彼らの記録の状態は不明）。チャンキーヨ考古学プロジェクトは 2001 年から調査を行っており、その資料はリマのペルーカトリック大学に保管されている。

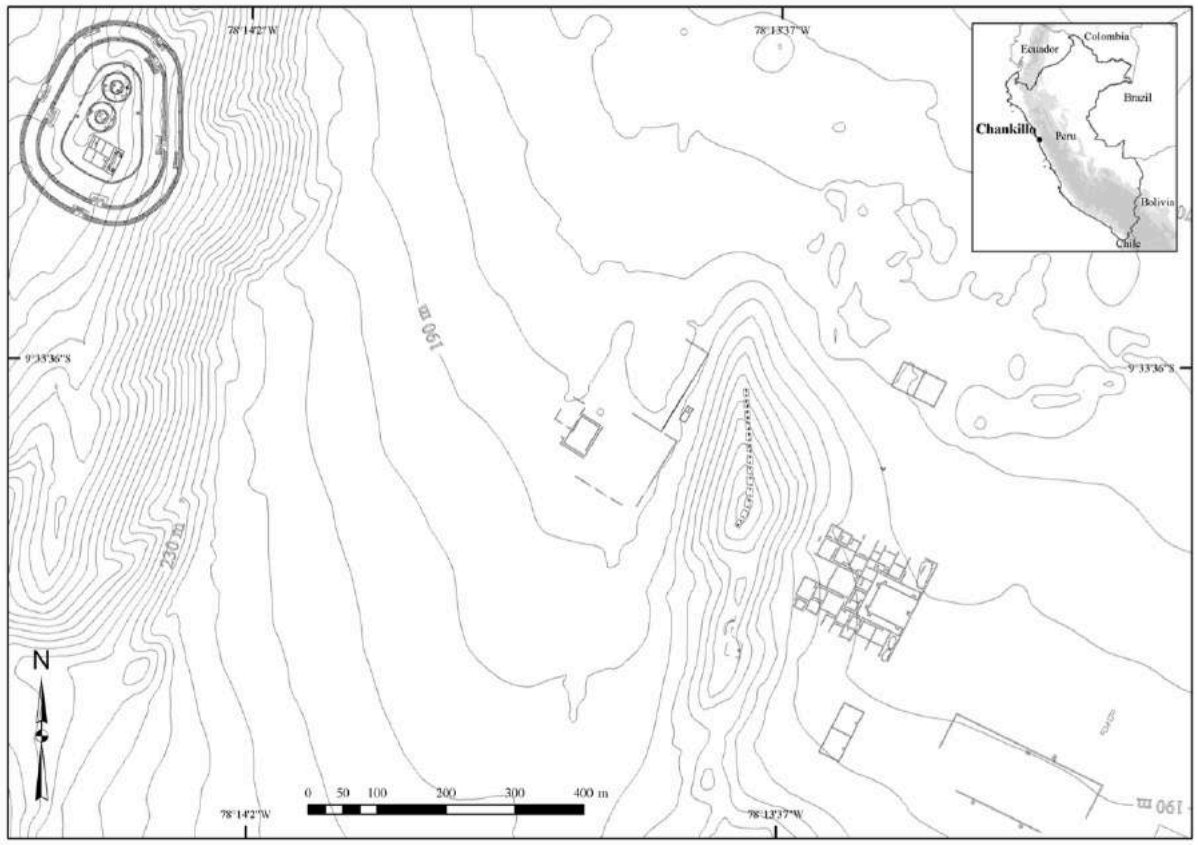


図 3.3.1. チャンキーヨの平面図 ©イワン・ゲッツィ

現在の管理

現在の利用法：チャンキーヨはカスマ郡の文化資源であり、2001 年から現在も考古学研究が続けられている。遺跡には地元の学校や国内外の観光客の団体が多数訪れる。 その訪問者数は、2007 年に国内外のメディアがチャンキーヨを「アメリカで最古の観測所」と強調して以来、著しく増加している。しかし、訪問者を管理するための施設は存在しない。近隣の町や村は、遺跡を自分達の文化遺産の一部と見なし、その境界を保護し、観光客に目を光らせている。

保護：チャンキーヨ遺跡は、国の文化遺産として正式に認められており、その地理的範囲は厳密に定義されている。遺跡は、ペルー国立文化研究所（INC）と地元の事務所（カスマのセチン博物館）が管理している。ただ、管理の責任は INC にあるが、専任の施設もスタッフも存在しない。遺跡の緩衝地帯は、INC によって承認された目的にのみ使用できる。

保存状態：保存状態に関して言うと、チャンキーヨは 3 つのエリアに分割される。①要塞エリア（25%の劣化、石膏とモルタルの損失）② 13 の塔エリア（60%の劣化、石膏とモルタルの侵食、深刻な亀裂、完全崩壊のリスク）③ 広場エリア（砂をかぶったことによる 15%の劣化）の 3 つである。保存に関することは文書化されておらず、目に見える形でもない。 チャンキーヨ考古学研究プロジェクトによって回収された遺品は予防保全を受け、カスマのセチン博物館に保管されている。

時代的/地理的/地域的背景：チャンキーヨは、リマから北に 400 km、太平洋岸から 15 km の、世界で最も乾燥した砂漠地帯の 1 つであるペルーの海岸に位置している。アンデス山脈の西にあるため、この地域の丘陵・谷・平野の風景は、何千年も地質的に安定している。遺跡そのものは、カスマ・セチン川流域の南の支流、灌漑された肥沃な土地の隣で、アンデス山脈の西側斜面の険しい丘陵近く、岩の露頭と砂の斜面の裏手に存在している。他の多くの沿岸の谷と同様に、カスマ・セチン川流域は長らく、周りの砂漠には住むことができない中で、住居スペースとしての「オアシス」であり続けた。

考古学的/歴史的/遺産研究：チャンキーヨ遺跡は、19 世紀後半に探検家エフライム・スクイアと アントニオ・ミデンドルフ、そして自然主義者のアントニオ・ライモンディによって初めて報告された。20 世紀初頭、ルーズベルト、テロ、クローバー、コリアー、トンプソンが、その機能と年代について議論した。ファングとピメンテルの 1968 年から 69 年にかけての発掘調査をまとめたものが、今日までの遺跡の最も包括的な調査報告書となっている。後に、ポゾルスキ、トピック、およびウィルソンが調査報告を出している。2001 年以降チャンキーヨ考古学研究プロジェクトを主導したのはゲッツィである。最も重要な建造物である要塞と 13 の塔については、その時代と機能について、どの研究でも一致した結果が得られている。

損傷、破壊等の脅威 ：チャンキーヨは、建築材料として使用するための石の強奪、建設瓦礫や都市ごみの投棄、規制されていない観光客の訪問など、現代社会由来の脅威にさらされることが多くなっている。また、風による損傷、日々の熱変動、季節の湿度および地震の影響も受けている。風の侵食によりモルタルが失われ、石積みが弱くなり、亀裂が生じて石が落下し、壁が徐々に崩壊している。このような物理的・機械的な欠陥による構造的な不安定さが、ペルーではよくある土砂災害による倒壊の危険性をさらに高めている。遺跡が概ね監視下になく放置されていると、上記の要因にさらされることになり、管理の行き届いていない観光客による被害と同様に、劣化の速度が著しく上昇する。

管理：保全の基本計画、通訳センター、アウトリーチプログラムを含む管理計画の実施は、チャンキーヨ考古学研究プロジェクトの長期目標の 1 つである。

図 3.3.2. 要塞の空撮写真 © Servicio Aerofotografico Nacional, Lima

図 3.3.3. 要塞から見た 13 の塔 © イワン・ゲッツィ

追加文献

Ghezzi, I. (2006). “Religious warfare at Chankillo”, in *Andean Archaeology III*, edited by W. Isbell and H. Silverman, pp. 67–84. Berlin: Springer.

Ghezzi, I. (2007). “La naturaleza de la guerra prehispánica temprana: la perspectiva desde Chankillo”, *Revista Andina* 44, 199–225.

Ghezzi, I. and Ruggles, C. (2007). “Chankillo: a 2300-year-old solar observatory in coastal Peru”, *Science* 315, 1239–1243.

ケーススタディ 3.4：ビニャ・デル・セロの冶金センター、(Metallurgical Centre of Viña del Cerro)、チリ

リカルド・モヤノ（*Ricardo Moyano*）

遺跡の特徴と分析

地理的位置：チリ北部 第 III 州アタカマ地区 ティエラ・アマリージャ

場所：南緯 27° 54’ 9”、西経 70° 1’ 51” 、 標高 1090m

概略：ビニャ・デル・セロは、紀元後 1400 年頃のディアギタ-インカの冶金センターである。この場所は、コピアポー川の谷間にあるカマスキル（Camasquil）に位置し、カルキス山の麓にある岩の丘の上にある。

遺物の目録： この遺跡は、明確に定義された 4 つの建築物ユニットで構成されている。鋳造窯、制御ユニット、給水設備、およびカンチャ（kancha;大きな広場）の 4 つである（図 3.4.2 を参照）。岩が多い丘の上の、平らな広い部分にあるカンチャ（ユニット A とも呼ばれる）は、泥、石、および瓦で構成された 58.5×52 m の領域である。それはさらに、キャンプ場とウシュヌ（ushnu; 演壇）という 2 つの建築物ユニットに分割される。ウシュヌは、カンチャの東側にあり、形は台形で、その塀は高さ 6m、泥と石でできている。ウシュヌの南の塀の東側には、幅 1.4 m の階段が 7 段ある。

住宅集合地やカンチャの入り口は、2 つの有名な山（南東のポトロ山と北東のカルキス山）の頂上がある方向に向けられている（図 3.4.3）。ウシュヌの塀と対角線の方向は、これらの山頂方向、また夏至と冬至の日の出が観測できる方向（図 3.4.4 の線分 4–1 と 4–2）に沿って配置されている。こういった建物群の配置から、ウシュヌやカンチャや他の建築物の入り口方向は、太陽と地平線の位置関係でつくる暦の作成や調整に役立っていたのではと示唆される。さらに、基準地として特定の山や地元の風景を利用していたのであろう。

歴史： 1958 年、ホルヘ・インリバレンは、この地を「インディアン建築」と名付け、ハンス・ニーマイヤーの協力を得て、この地の最初の 地形調査を行った。1979 年から 1980 年にかけて、ニーマイヤーは別の考古学者と一緒にヴィニャ・デル・セロの新しい地形調査を実施した。2004 年から 2006 年にかけて、考古学の観点から調査が行われた。

文化的/表象的側面： ウシュヌの利用法には様々な解釈がある。列挙すると、

- 軍事パレードの演壇
- 軍事指導者がインカ帝国への服従を誓った場所
- カパックフーチャ(capac hucha)と呼ばれる式典が行われた場所

- サパ・インカ（インカの君主）またはその代弁者が政治や正義について語る場所
- 地元の有力者が責任をもって行事を執り行う演壇
- 豊作を願う儀式の演壇
- 天体観測の場所
- インカ帝国の主要な地方都市の建築計画の中心　　など。

ビニャ・デル・セロの復元された建築物の向きを分析すると、この場所は、政治的・行政的な機能に加えて、会計や銅・銀の生産に関連した機能があり、太陽と山の崇拝に関連した活動を行う場所として機能していたことがよくわかる。ビニャ・デル・セロに複雑な ウシュヌが建設されたのは、遺跡の既存の価値をさらに強める必要があったためだと考えられる。これには、夏至と冬至の日の出線を示す風景マーカーとしての機能や、聖地（huacas）とされていたカルキス山とポトロ山の可視化などが含まれる。

ビニャ・デル・セロは、ラ・プエルタとイグレシア・コロラダの間のコピアポ川渓谷を横切る区間で、「インカトレイル」の主要な道ともつながっている。

ビニャ・デル・セロとそのウシュヌは、インカの権威を象徴する場所であり、同時にアンデス文明を補完し互恵関係にあったことを表している。この遺跡は、地元の地形に潜在的に存在する神聖な要素をすべて組み込むことにより、地元民族に対してイデオロギーを強制し、太陽神とインカ帝国へ従属させる役割を果たしていた。

真正性と完全性：1982 年、チリのアントファガスタ大学の考古学調査と記念碑修復研究所が、ハンス・ニーマイヤーの統括の下、建築物の修復を行った。

現在の遺跡管理

現在の利用法：ビニャ・デル・セロは、ユネスコとチリ大学の世界文化遺産プロジェクト「カパック・ニャン」（アンデスの道）の一部である。

損傷、破壊等の脅威 ：人間による被害と自然の要因（風、太陽、水）が考えられる。

管理：この遺跡は、ペルーの歴史的・考古学的地域である。 アタカマ地域博物館によって普及活動が行われている。

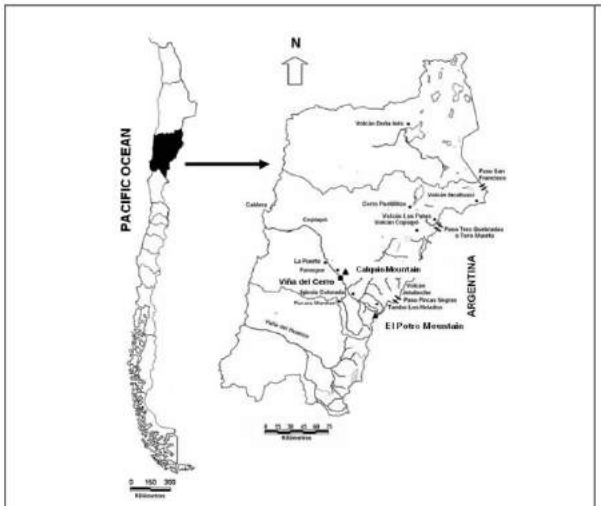


Fig. 3.4.1

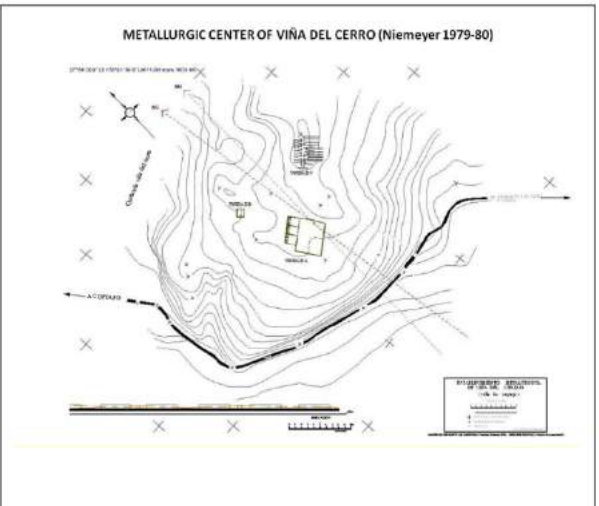


Fig. 3.4.2

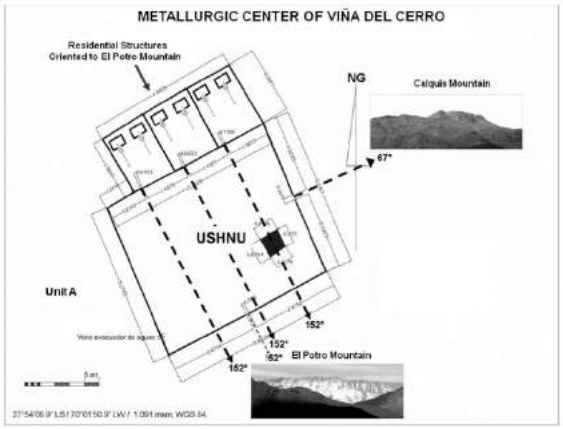


Fig. 3.4.3

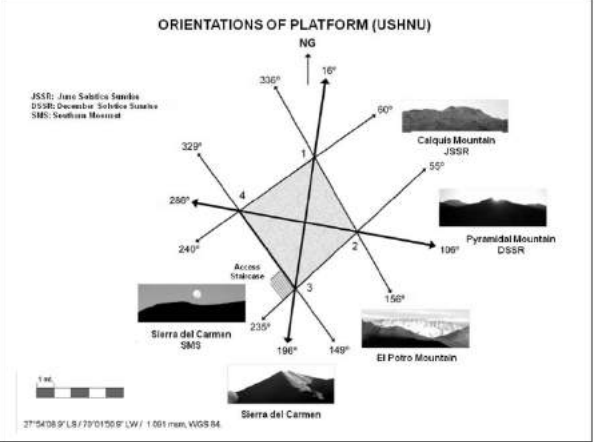


Fig. 3.4.4

図 3.4.1 .ビニャ・デル・セロの地図

図 3.4.2.-3.4.4. 文中に説明されている。図はリカルド・モヤノによる作成。

追加文献

Niemeyer, H. (1986). “La ocupación incaica de la cuenca alta del río Copiapó (III región de Atacama, Chile)”, *Comechingonia*, Número Especial: 165–294.

Niemeyer, H. and Cervellino, M., eds. (1997). *Culturas Prehistóricas de Copiapó*. Copiapó: Museo Regional de Atacama.

Moyano, R. (2009). “El adoratorio prehispánico del cerro El Potro: arqueología de alta montaña en la cordillera de Copiapó, norte de Chile”, *Estudios Atacameños* 39

Zuidema, R.T. (2009). *El Calendario Inca: Tiempo y Espacio en la Organización Ritual del Cusco; La Idea del Pasado*. Lima: Fondo Editorial del Congreso del Perú y Pontificia Universidad Católica del Perú.

第 4 章　先住民による天文学の利用

ジャリータ・ホルブルック、ステファン・マッククラスキー、クライブ・ラグルス
(*Jarita Holbrook, Stephen McCluskey and Clive Ruggles*)

過去であろうと現在であろうと、天文学の文化的な用途はすべて、先住民由来のものであると言える。 ただし、「先住民」という用語は一般的に、現代科学のグローバルな性質を考えると、「西洋の」思考の枠組み以外の人々を指すときに使用される。 これにより、天文学の歴史を研究する道筋が二つに分かれる。ひとつは、天文学の歴史家の道であって、場所、発見、現代天文学の発展に寄与した重要な人々に焦点を当てようとする。もう一つは、考古天文学者の道であって、より人類学的視点をもって人類が勝ち得た成果を認識しようと努める、その結果文化の多様性を強調する道である。

先住民コミュニティ内では、現在または近過去の慣行と、より遠い過去のものとの間には厳格な境界線はない。 境界線があるとすれば、「生きた情報保持者」による民族誌学的証拠の有無であろう。 ただし、民族誌データも最新のものではなく、時が移ろうと歴史上のものに変わる。 ヨーロッパの年代記作者がヨーロッパ人による征服直後に書き著した先住アメリカ人の伝統の名残が、「民族史的」証拠として、南北アメリカの前コロンブス期の多くの遺跡を解読するための鍵となっている。(第 3 章を参照)。

民族誌学的データがあるからといって、文化的サイトの解釈にそれだけで用が足りるわけではない。信頼できる情報提供者によって遺跡の意味とその使われ方について直接情報が提供されるということは、きわめて理想的な状況で実際上は稀である。さまざまな理由でその状況は達成できないのが実情である。その理由は、民族誌学者がどのような質問をするかということによってバイアスがかかること、情報提供者の世界観を共有していないためその答えを理解できないこと、あるいは聞き手が神聖な情報を与えられる特権を持っていないこと等である。 民族誌が民族史に変性するにつれて、歴史的解釈が追加されるという問題が絡まって、事情はより複雑になる。最後に、あるサイトの過去のある時期の文化的意義と意味についてしらべようとしても、「現在の伝統」と（おそらくかなり）古い時代にその場所が選ばれた慣習とどれほどつながりがあるかも疑わしい場合があるのである。

この章では、(2 世紀以上は古くはない)「現代」民族誌学の成果がサイトの解釈に利用できる場所に焦点を当てる。 とはいえそのような場所でも、考古天文学的証拠を解釈するときに内在する方法論的な問題は存在しうる。何物かが整然と並んでいて圧倒的な印象を与えるものも偶然の産物の可能性があるし、ヒエロファニーもそうである。このことは前の章でもみたとおりである。長い期間にわたって信頼される解釈をうちたてようとすると、民族誌的、歴史的、考古学的および統計的といった異なるタイプの証拠を適切なバランスで含まねばならない。

このような学際的な調査分野では、使用される用語は重要な問題である。使用される用語は、不幸にも意図しない別の意味を伴う場合がある。 たとえば、「天文台」が天体観測のみを主な目的として建築された場所を意味すると解釈される場合、ほとんどすべての先住民族の場合には不適切な用語であろう。 しかし「天文台」という用語は一般的に、（どんな目的でも）天文学的観

察が実際に行われた場所であると解釈される。 この章では、後者の意味を採用することにする。同様に、「天文学」という用語は、先住民に関して考えると、現代の意味で「天文学者」（つまり専門家）とはみなされない人々によって実行された天空に関連する活動、アートワーク、測定を意味すると広義に捉える方がより適切な意味を持つ。この場合、「先住民による天文学利用」という言葉より「先住民の天文学」または「先住民達の諸々の天文学」という用語が好んで用いられる。以下では、この意味で「先住民の天文学」と言い表すことにする。

先住民の天文学の例は、どの大陸でも見つけることができる。天文学・世界遺産イニシアチブ立ち上げ時に決められた天文遺産に関連した文化財の４つのカテゴリ（序論を参照）を念頭において考えると、(i) 先住民の天文学に結びついた物理的なサイト、(ii) 先住民の天文学に結びついた慣習（ナビゲーションなどの活動)、(iii) 先住民が持っていた口頭もしくは別の無形の形で示される天文学的概念（起源の物語、歌、踊り、儀式、カレンダーなど)、この３種類を区別して考えるのが役立つ。 最初のものだけが場所の決まった有形遺産を表し、他の 2 つのカテゴリは無形のものである。

先住民の天文学に関連する物理的なサイト

科学天文学に使用される天文台とは対照的に、先住民族が夜空を定期的に観察した場所は、その結果を日常生活・文化面に応用したことを反映している。例えば、計時、ローカルカレンダーの設定、あるいは宗教上の必要性などに応用されていた。

たとえば、ナイジェリアのアンガス族（Ngas）の人々は、月の定期的な観測に基づいて作られたカレンダーを用いる。月は彼らにとって重要であり、月例の活動と農業活動はこの陰暦に基づいている。彼らは、西の地平線に新たに現れる細く光る月を見つけて月の始めとしている。彼らの最大の祭は新年の最初に細く光る月の出現をもとに執り行なわれる。 この 1 週間にもわたる祭では、家と村を儀式として清掃をしたり、贈り物を交換したり、「月のビール」を飲んだりする。「月の息子」――顔に満月が飾られた少年たち――との儀式は、空に矢を放ち、新しい月が生まれるために古い月を殺すという目的を持っている。彼らが月を撃つタイミングは正確である。新年の最初の細い月は、月を射った翌日の夜に出現しなければならない。タイミングが間違っていると、村人は病気になるとされている。カレンダーを決定する司祭は、月の観測を行うために立つ決まった場所がある。すなわち、月という天体の監視に関連する物理的なサイトがあるということである。

従来から行われてきた慣行というものは、大幅に変更され、忘れ去られ、そして失われるのが常であり、現行の慣行から天文学的な証拠を見つけることは困難である。むしろ歴史的または考古学的な証拠のみから結論を導き出さなければならない。例を挙げると、ペトログリフまたはロックアートと物理的な障害物が組み合わさり、1 年の特定の日に日光と影によって特別な景色が作り上げられている（ように見える）北アメリカ先住民のサイト群がある。 具体的なものとしては、米国ニューメキシコ州ファハダ・ビュートの「太陽の短剣」である。ここでは、2 つの岩の板の隙間から差し込む日光が短剣状の形になり、夏至の正午に大きならせん状の彫刻を二分する現象が見られる。これらのサイトについて多くの研究が行われてきたが、これらの光と影のイベントが各サイトを構築した人々によって意図的に設計されたのか、単に偶然の産物なのかについ

ては、残念ながら、まだ議論されているところであり、結論を見ていない。

この種の方法論的な問題は、前の章ですでに見られたとおりである。天文学に関連する先住民の慣行がよく研究されているサイトについても同じようなことがいえる。天体の出没位置が建物と構造物の並び方を規定しているような場合である。たとえば、前コロンブス期のアメリカの大都市のいくつかは、宗教的慣行と政治的統制の両方に役立つように天文学的な方角を考慮して計画されていたことが一般に認められている。 多くの場合、天の出来事が都市計画に沿って起きることを大衆に見せることで、王の神としての支配力を顕示してその権威を強化する目的で都市計画がなされたのである。

中央アメリカでは、天文学の伝統を文書化したものが豊富にあり有名である。それとは異なり、北米の先住民の天文学の伝統は、書面による歴史的記録は皆無であり、物理的記録も比較的に乏しく、わずかに「天文学的な」記念碑を残したのみである。であるので、考古学的記録を基盤として、初期時代の民族誌的な記述・口伝と組み合わせて、先住民の天文学の証拠として提示することになる。口伝では、先住民は土地を神聖なものとみなしており、神聖な景観とされているものが、地球と天空を結び付けるものとして現前していると語られている。 地球と空を結ぶ聖地は、天体の位置に関係している場合がある。それが、農業と儀式のカレンダーの日時に対応している。 太陽を観望する施設は多数ある。この施設が太陽神殿であることは、歴史的に証明されているが、現在の住民達が儀式に使用しているため軽々には調査ができず最終結論を難しくしている。 ただし、ナバホ族(Navajo)によって作成された星の天井絵図（ケーススタディ 4.1 を参照）のサイト群は、現在では儀式の対象とはなっておらず、ナバホ族の天文学への関心の高さを示すものと受け止められる。

先住民の天文学に関連する慣習と活動

航海は、先住民の天文学と強いつながりがある人間活動の最も明白な例である。 海の真っただ中で星を頼りに航海するには、夜空とその日変化および季節変化について十分な知識を必要とする。 ミクロネシア、メラネシア、ポリネシアなど太平洋の諸民族の航海知識と技術は、20 世紀半ばから後半に記録としてまとめられている。 航海中の判断は、航海用の社（やしろ）や航海石などが方向を決めるマーカーとして利用されており、航海法はこれらの物理的なサイトに結びついている。 また、キャロライン諸島の「スターコンパス」などの先住民族が持っていた無形の認識法にも結び付いている。「スターコンパス」とは、ナビゲーターが約 15 個の星の相対的な出没位置を頭に記憶しており、地平線近くに実際に見える少数の星の観察から残りを「想像」して、位置、時刻を把握する方法である。

他にも、現地の暦を通じて天文学に関連を持つ先住民の慣行や活動は、数多くある。 天体の観察は、植栽、灌漑、収穫、その他の農業活動のタイミングを決めることに役立つ一方で、宗教的または儀式的なカレンダーの決定にも役立つ。

図 4.0.1. 航海のための社（やしろ、*heiau*）。ハワイ諸島、ハワイ島、ホロ・モアナ。クライブ・ラグルス撮影。

先住民の天文学の無形のもの

カレンダーは、先住民の天文学に関連する無形のものである。なかには、独特の特徴があって、注目に値するものがある。例を 1 つ挙げると、エチオピア南西部のオモ渓谷下流地域の季節移動牧畜民と耕作民から成るコミュニティであるムルシ族のカレンダーである。ムルシは、月の周期（および太陽と星の観測も含む）を利用して時の経過を計算した。西洋の感覚からは無計画に見えるが、彼らの目的に完璧に合うように「自己調整」されたカレンダーが作られている。先住民の天文学の多様性を探求したいという観点から見ると、ムルシカレンダーは重要な位置を占める。すべての人類は「進歩の道」をいずれは歩むはずで、カレンダー作成も世界共通のものに近づいてゆくという考え方をもつ人類学者がいる。ムルシカレンダーは、その考え方を根本的に覆しているという意味で重要である。別の例としては、エチオピア南部とケニア北部のボラナ族の異常な「月・恒星」カレンダーがある。これは、かすかにしか見えない三角座を広く利用している。

この種の遺産が脆弱であることは、外部カレンダーと接触する前の 1960 年代後半から 1970 年代初頭にムルシカレンダーが記録されてから発生した変化をみるとよくわかる。

先住民の天文学については、特定の物理的なサイトと無関係な、天空についての種々の認識、信念、理解というものも含まれる。 天気予報や、太陽、月、星の男女神などの天の神々という概念もそうである。 「太陽の王」というのは、天体との直接的なつながりから、支配権の正当性を

示している例である。 宇宙の成り立ちの認識が、都市や墓の計画などの物理的な構造物として具現化される場合も見られる。

ナイジェリアのアンガス族の例に戻ると、月に注目してカレンダーを作ることに加えて、彼らは毎月最初の細い月の傾きから雨季の雨の強さを判断している。 物理学的には説明がつかないが（つまり、「私たちの」西洋の合理性にとっては意味がない)、それは前述のカレンダーの観察と同じくらい「彼らの」合理性に一致しているのである。 アンガスにとって月が重要であることは、そこかしこで見られる月の形や絵をみるとよくわかる。 新年の式典で若い男の子の顔に毎年月の絵が描かれるのもその例である。これは、一つの無形遺産である。

先住民天文学の「価値」

先住民天文学は、天文学と世界遺産イニシアチブにとっては挑戦的な課題である。なぜなら、多くの場合、物質的な遺物や有形の遺産が存在しないし、また有形の遺産がある場合でも、その遺産サイトでどのように空を観察したのかということが不明であることが多いのである。この事情があるので、遺産がある場所が、天文学がどうつながっているのかを深く理解しようと試みることが重要となる。

IAU の「天文学および世界遺産ワーキンググループ」のメンバーは、「世界遺産リスト」を調査し天文学に関連するサイトを調査検討した。これには、先住民天文学に関連するサイトも含まれていた。 結果のリストを表 4.0.1.[1]に示す。最も顕著な特徴は、リスト中のサイトの大部分が現代科学の天文学やその歴史と関係がないということである。 言い換えれば、ほとんどは、その最も広い（すなわち、遠い過去にまでさかのぼる）意味での「先住民天文学」に関係しているのである。

表 4.0.1.　IAU の「天文学および世界遺産のワーキンググループ」によって、天文学または先住民の天文学とのつながりがあると認定された世界遺産リスト内のサイト。

国名		**天文学とのつながりが認定された世界遺産**
	番号	名称
アルゼンチン	936	ラス・マノス洞窟、ピンツゥーラス川 Cueva de las Manos, Río Pinturas
オーストラリア	447	ウルル=カタ・ジュッタ国立公園 Uluru-Kata Tjuta National Park
ボリビア	567	ティワナク:ティワナク文化の宗教的・政治的中心地 Tiwanaku: Spiritual and Political Centre of the Tiwanaku Culture
ボリビア	883	エル・フエルテ遺跡またはサマイパタの砦 Fuerte de Samaipata
ボツワナ	1021	ツォディロ Tsodilo
カンボジア	668	アンコール Angkor
チリ	715	ラパ・ヌイ国立公園またはイースター島

[1] 【原注】このリストはすべてを尽くしてはいない。追加されるかもしれないものとしては、ストラスブールのグラン・イールがある（ケーススタディ 11.3 参照)。

		Rapa Nui National Park
中国	881	天壇: 天壇:北京の皇帝の廟壇 Temple of Heaven: An Imperial Sacrificial Altar in Beijing
中国	441	秦始皇帝陵 Mausoleum of the First Qin Emperor
中国	1003	龍門石窟 Longmen Grottoes
中国	439二改	北京と瀋陽の明・清王朝皇宮 Imperial Palaces of the Ming and Qing Dynasties in Beijing and Shenyang
中国	707三改	ラサのポタラ宮の歴史的遺跡群 Historic Ensemble of the Potala Palace, Lhasa
コロンビア	744	サン・アグスティン考古公園 San Agustín Archeological Park
コロンビア	743	ティエラデントロ国立考古公園 National Archeological Park of Tierradentro
エジプト	88	アブ・シンベルからフィラエまでのヌビア遺跡群 Nubian Monuments from Abu Simbel to Philae
エジプト	86	メンフィスとその墓地遺跡 - ギーザからダハシュールまでのピラミッド地帯 Memphis and its Necropolis - The Pyramid Fields from Giza to Dahshur
エジプト	87	古代都市テーベとその墓地遺跡 Ancient Thebes with its Necropolis
エチオピア	12	ティヤまたはティヤの石碑群 Tiya
エチオピア	15	アクスム Aksum
フランス	83二改	ベルサイユの宮殿と公園 Palace and Park of Versailles
フランス	85	ヴェゼール渓谷の先史的景観と装飾洞窟群 Prehistoric Sites and Decorated Caves of the Vézère Valley
ギリシャ	392	バッサイのアポロ・エピクリオス神殿 Temple of Apollo Epicurius at Bassae
ギリシャ	595	サモス島のピタゴリオとヘーラー神殿 Pythagoreion and Heraion of Samos
ギリシャ	530	デロス島 Delos
ギリシャ	941	ミケーネとティリンスの古代遺跡群 Archaeological Sites of Mycenae and Tiryns
ギリシャ	517	オリンピアの考古遺跡 Archaeological Site of Olympia
ギリシャ	491	アスクレピオスの聖地エピダウロス Sanctuary of Asklepios at Epidaurus
ギリシャ	393	デルフィの考古遺跡 Archaeological Site of Delphi
ギリシャ	404	アテネのアクロポリス Acropolis, Athens
グアテマラ	64	ティカル国立公園 Tikal National Park
グアテマラ	149	キリグア遺跡公園 Archaeological Park and Ruins of Quirigua
ホンジュラス	129	コパンのマヤ遺跡 Maya Site of Copan
インド	246	コナーラクのスーリヤ寺院またはコナーラクの太陽神寺院

		Sun Temple, Konârak
インド	243	エローラ石窟群 Ellora Caves
インド	244	エレファンタ石窟群 Elephanta Caves
インドネシア	592	ボロブドゥール寺院遺跡群 Borobudur Temple Compounds
アイルランド	659	ブルー・ナ・ボーニャ - ボイン渓谷の遺跡群 Archaeological Ensemble of the Bend of the Boyne
イラン	114	ペルセポリス Persepolis
イタリア	787	アルベロベッロのトゥルッリ The *Trulli* of Alberobello
イタリア	94	ヴァルカモニカの岩絵群 Rock Drawings in Valcamonica
イタリア	829	ポンペイ、エルコラーノ、トッレ・アヌンツィアータの遺跡地域 Archaeological Areas of Pompei, Herculaneum and Torre Annunziata
イタリア	831	アグリジェントの考古学地域 Archaeological Area of Agrigento
ケニア	801 二改	トゥルカナ湖国立公園群 Lake Turkana National Parks
大韓民国	977	高敞、和順、江華の支石墓群 Gochang, Hwasun and Ganghwa Dolmen Sites
レバノン	294	バールベック Baalbek
マリ	119	ティンブクトゥまたはトンブクトゥ Timbuktu
マリ	516	バンディアガラの断崖（ドゴン人の地） Cliff of Bandiagara (Land of the Dogons)
マルタ	132二改	マルタの巨石神殿群 Megalithic Temples of Malta
メキシコ	714	シエラ・デ・サン・フランシスコの岩絵群 Rock Paintings of the Sierra de San Francisco
メキシコ	415	オアハカ歴史地区とモンテ・アルバンの考古遺跡 Historic Centre of Oaxaca and Archaeological Site of Monte Albán
メキシコ	791	古代都市ウシュマル Pre-Hispanic Town of Uxmal
メキシコ	414	古代都市テオティワカン Pre-Hispanic City of Teotihuacan
メキシコ	483	古代都市チチェン・イッツァ Pre-Hispanic City of Chichen-Itza
メキシコ	411	古代都市パレンケと国立公園 Pre-Hispanic City and National Park of Palenque
メキシコ	412	メキシコシティ歴史地区とソチミルコ Historic Centre of Mexico City and Xochimilco
メキシコ	631	古代都市エル・タヒン El Tajin, Pre-Hispanic City
メキシコ	939	ショチカルコの考古遺跡地帯 Archaeological Monuments Zone of Xochicalco
メキシコ	1061	カンペチェ州カラクムルの古代マヤ都市 Ancient Maya City of Calakmul, Campeche
ノルウェー	352	アルタの岩絵 Rock Art of Alta

ペルー	548	リオ・アビセオ国立公園 Río Abiseo National Park
ペルー	700	ナスカとフマナ平原の地上絵 Lines and Geoglyphs of Nasca and Pampas de Jumana
ペルー	274	マチュ・ピチュの歴史保護区 Historic Sanctuary of Machu Picchu
ペルー	273	クスコ市街 City of Cuzco
ペルー	330	チャビンの考古遺跡 Chavin (Archaeological Site)
南アフリカ	985	ウクハランバ・ドラケンスバーグ公園 uKhahlamba / Drakensberg Park
スーダン	1073	ゲベル・バルカルとナパタ地方の遺跡群 Gebel Barkal and the Sites of the Napatan Region
スェーデン	557	ターヌムの岩絵群 Rock Carvings in Tanum
シリア	23	パルミラ遺跡 Site of Palmyra
トーゴ	1140	バタマリバ人の土地クタマク Koutammakou, the Land of the Batammariba
トルコ	448	ネムルト・ダウ Nemrut Dag
イギリス	373二改	ストーンヘンジ、エーヴベリーと関連する遺跡群 Stonehenge, Avebury and Associated Sites
イギリス	795	マリタイム・グリニッジまたは海事都市グリニッジ Maritime Greenwich
イギリス	514	オークニー諸島の新石器時代遺跡中心地 Heart of Neolithic Orkney
アメリカ合衆国	27	メサ・ヴェルデ国立公園 Mesa Verde National Park
アメリカ合衆国	353	チャコ文化 Chaco Culture
アメリカ合衆国	198	カホキア墳丘群州立史跡 Cahokia Mounds State Historic Site
ウズベキスタン	603	サマルカンド - 文化交差路 Samarkand – Crossroads of Cultures
ジンバブエ	306	マトボの丘群 Matobo Hills
ジンバブエ	364	グレート・ジンバブエ遺跡 Great Zimbabwe National Monument

文献

Bostwick, T. and Bates, B. (2006). *Viewing the Sky through Past and Present Cultures*. Phoenix: Pueblo Grande Museum.

Chamberlain, Von Del, Carlson, J.B. and Young M.J., eds (2005). *Songs from the Sky: Indigenous Astronomical and Cosmological Traditions of the World*. Bognor Regis: Ocarina Books.

Galaal, M. (1968). *The Terminology and Practice of Samali Weather Lore, Astronomy, and Astrology*. Magadishu: Muusa Galaal.

Gladwin, T. (1970). *East is Big Bird: Navigation and Logic on Puluwat Atoll*. Cambridge MA: Harvard University Press.

Holbrook, J., Medupe, R.T., and Urama, J., eds. (2008). *African Cultural Astronomy*. Berlin:Springer.

King, D.A. (1993). *Astronomy in the Service of Islam*. Hampshire: Variorum.

Selin, H., ed. (2000). *Astronomy across Cultures*. Dordrecht: Kluwer.

Vaiškunas, J., ed. (2008). *Astronomy and Cosmology in Folk Traditions and Cultural Heritage*. Klaip_da: Klaip_da University Press (Archaeologia Baltica 10).

Zedda, M. and Belmonte, J.A., eds. (2007). *Light and Shadows in Cultural Astronomy*. Isili, Sardinia: Associazione Archeofila Sarda.

ケーススタディ4.1：ナバホ族による天井岩絵の星図（*Navajo Star Ceilings*）、米国

スティーブン・マクラスキー、フォン・デル・チェンバレン
（*Stephen McCluskey and Von Del Chamberlain*）

遺跡の特徴と分析

地理的位置：アメリカ合衆国、ニューメキシコ州、アリゾナ州、コロラド州、ユタ州の「4州境（フォー・コーナーズ）」地域。

場所：北緯35º5´～37º17´、西経109º36´～105º56´。標高約1500m～2500m。

概略：天井岩絵の星図はナバホ地方全体に点在している。 それらは、自然の岩場の張り出しの天井に手描きあるいは刻印された星の集まりでできている。 パターン内の各星は、黒、赤、または白、そして時にはオレンジ、黄色、または緑色の十字として描かれている。 天井星図のこれらの特徴は、他の垂直な岩の表面上に描かれた星、岩に刻まれたかまたは穿たれた星の像とは大きく異なっていてユニークである。天井岩絵の星図を詳しく見ると、単一の星の場合もあれば、洞窟の天井一杯に数百の星で満たされたものまで様々である。

遺物の目録：これまでに80のサイトが特定されている：これらの約66%がキャニオンデシェイ国定公園に集中し、15%がディネタ中心部に集中し、残りはフォー・コーナーズ地域に広く散らばっている。

歴史：ナバホ（またはディネ）はもともと南部アタパスカン（またはアパッチ）の人々であり、ニューメキシコ州、アリゾナ州、ユタ州、コロラド州が交わるフォー・コーナーズ地域に

移住してきた。彼らがこの地域に到着した正確な日付は不確かであるものの、学術的な推定では西暦1000年から1525年の範囲とされている。この定住するまでの期間中、ナバホ族は周辺のプエブロ族の人々と交流し、互いの伝統を多数交換しあった。 16世紀までには社会も変容し、彼らは今のニューメキシコ州北部のサンファン川の南のディネタ地域で狩りをし、トウモロコシやその他の作物を育てている定住性の人々であると、スペインの探検家たちに記述されていた。トウモロコシを基本とする農業に加えて、彼らはプエブロ族から宇宙に関する知識を得た。プエブロ族の宇宙論では、4つの方角に、色とそれぞれの方角にある聖なる山々とを関連させていた。一方、ナバホ族は十字形の星画法をプエブロ族の隣人に伝えたと言われている。

文化的/表象的側面：天井星図は、ナバホ族の星への強い関心を示している。ナバホの天文学は近隣のプエブロの天文学とは大きく異なっていた。地平線に対して日の出と日没の位置が変化する観測を中心に天文学を展開したプエブロの人々とは異なり、ナバホの天文学は主に恒星の見え方が季節の変化で異なることに注目していた。結果、ナバホ族は広範な星座の知識を持つことになり、それを神話、儀式、工芸品などにこれらの星のパターンを取り込んだのである。

これらの天井星図に現在の我々が知っている星の並びを特定しようと当初試みられたが、その後の調査では、実際の星の配置が天井星図に描かれているという説得力のある証拠は見つからなかった。言い換えれば、天井星図の星のパターンは、ナバホ族独自の星座を描写しているのではなく、星空一般を表しているのである。

現在の遺跡の管理

現在の利用法：これらのサイトは、基本的に見学者を受け入れてはいない。

保護：部族および連邦の土地であるこれらの場所は、1906年の古文化財法（合衆国法典第16編、§431–433）、考古学的および歴史的保存法（合衆国法典第16編、§469-469c）および連邦考古学資源の保護に関する規制によって保護されている（連邦規則43巻7条）。ナバホ族の土地は、さらにナバホ族文化資源保護法（第19回ナバホ族評議会 NNC 1001以降）によって保護されている。国立公園と記念物内のサイトは、公園サービスの文化資源管理ガイドライン（国立公園局設置法第28編）によってさらに保護されている。また、私有地は、1966年の国家歴史保存法（合衆国法典第16編、§470以降）によって保護されている。

保存状態：ほとんどのサイトは無傷でよく保存されている。これはサイトの場所が孤立していること、余り広くは知られていないこと、物理的に国立公園や記念物内にあることによる。

損傷、破壊等の脅威：文字デザインが素朴なため、より芸術的で魅力的なロックアートほどにはコレクターによって脅かされてはいない。 それにもかかわらず、サイトの一部は落書きによって破壊されており、保存するには努力が必要である。

管理：天井岩絵の星図はさまざまに重複する司法管轄下の土地にある。それらの大部分はナバ

ホ族の土地にあり、 多くは国立公園と記念物内にある。 他は連邦の土地にあり（主に土地管理局の管理下）、いくつかは私有地にある。

追加文献

Chamberlain Von Del and Polly Schaafsma (2005). “Origin and meaning of Navajo star ceilings”, in Von Del Chamberlain, John B. Carlson, and M. Jane Young (eds), *Songs from the Sky: Indigenous Astronomical and Cosmological Traditions of the World*, pp. 80–98. Bognor Regis: Ocarina Books.

Haile, Berard (1947). *Starlore among the Navajo*. Santa Fe: Museum of Navajo Ceremonial Art.

Williamson, Ray A. (1984). *Living the Sky: The Cosmos of the American Indian*. Boston: Houghton Mifflin Co.

Young, M. Jane. (2005). “Astronomy in Pueblo and Navajo world views”, in Von Del Chamberlain, John B. Carlson, and M. Jane Young (eds), *Songs from the Sky: Indigenous Astronomical and Cosmological Traditions of the World*, pp. 49–64. Bognor Regis: Ocarina Books.

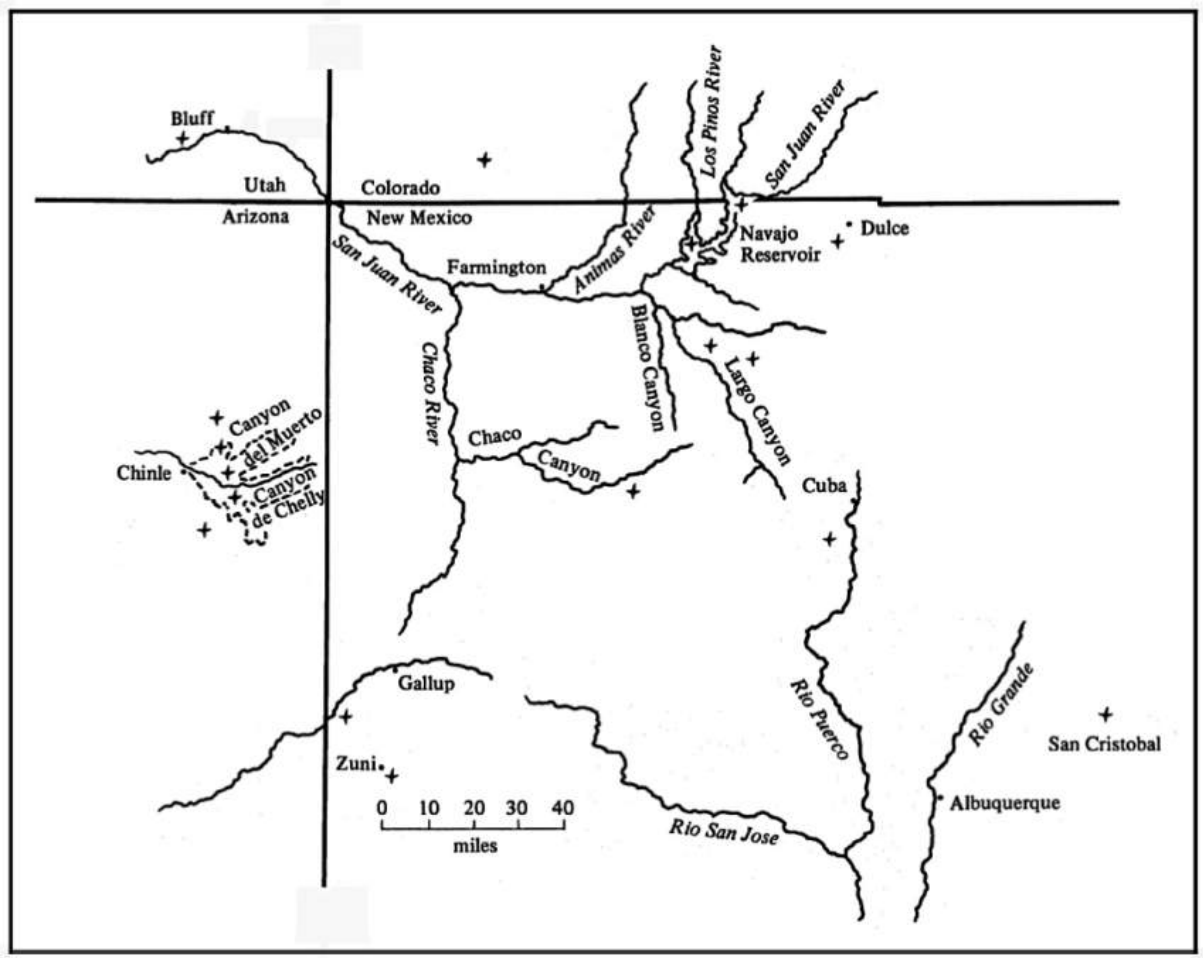


図4.1.1. 天井岩絵星図の地理的分布

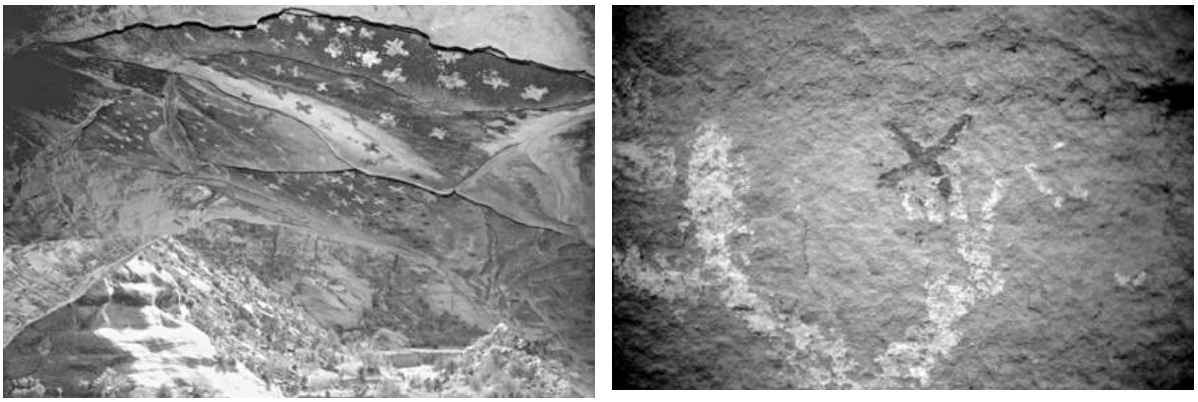


図4.1.2. 左: 多数の星が描かれたミドル・トレイル峡谷。 **右:** 赤色単独星が天井に描かれたスリム峡谷。写真 © フォン・デル・チェンバレン。

ケーススタディ4.2：アティチュイティ・ルガ（*Atituiti Ruga*）、フランス領ポリネシア,マンガレヴァ島

クライブ・ラグルズ（*Clive Ruggles*）

遺跡の特徴と分析

地理的位置：フランス領ポリネシア、ガンビエ諸島、マンガレヴァ島、リキテア地区、アティチュイティ分区。

場所：南緯23º7´58″、西経134º58´14″。標高90m。

概略：アティチュイティ・ルガの高原は、マンガレヴァ島の最南端を占めていて、南の海岸平野（アティチュイティ・ラロ）と北の切り立った崖の後ろのオーオロティニ山（別名ダフ山、Mount Duff、標高441m）の間に位置している。 高原には「テ・ルア・ラ（Te Rua Ra、”太陽の穴”）」と地元で呼ばれている大きな平坦地を含む広大な居住地がある。19世紀半ばまでさかのぼる民族史的説話によって裏付けられた古天文学的データによると、この平坦地から太陽を観測して夏至・冬至を定め、太陰暦を調整し、一年の2つの主要な季節の間の移り変わりを決定するなど、重要な場所であったことを示している。 これに基づいて、来年のパンノキの収穫予測が行われたとされる。

遺物の目録：アティチュイティ・ルガ高原には、段丘、壁、平坦地、直立した石など多数の構造物がある。 最大の大きさをもつ190-06-ATU-1Aは、石で囲われて盛り土をされた平坦地で、一辺が約23mのほぼ長方形の形をしており 、各辺は東西南北方向に沿っている。 東、南、西方向は、マンガレヴァ島のラグーンを見渡すことができ、北には高さ200mの断崖があって、ダフ山の頂上を望むことができる。

歴史：放射性炭素同位元素年代測定法の結果によると、平坦地は西暦1450年頃に建設されたことを示している。19世紀半ばにカトリックの宣教師が記録した文書には、その平坦地で行われていた太陽観測の伝統が初めて記されている。従って、そのような観測はヨーロッパの知識が導入されるまで続いてきた可能性がある。平坦地から見ると、ラグーンの向こう側に見えるアガカウイタイ島の北端にあるアナ・テテアの崖は、12月（夏）至点の日没の位置に合致している。また、同じ日の日の出の位置を目印にしたかもしれないサンゴ礁もはっきりと確認できる。平坦地の中央にある平らな岩は、正確な観測スポットを示している可能性がある。北方のダフ山の頂上の影は、6月（冬）至の頃の正午頃に平坦地を横切ってゆく。情報提供者の話によると、一番影が長くなる夏至日の正午の影の位置に石を一つ置いて目印としたということである。

民族史的証拠によると、マンガレヴァ島民は別の観測サイトも持っていたとされる。ここからは、東の外礁の小島の位置と比べて日の出の方角が季節によってどれほど変わるのかを見定めていた。また別途、太陽の日周運動が一年内で変わる範囲を示すものとして、山の尾根に一対の石（夏至と冬至時の）が二組設置されていた。

高原は使われなくなると、樹木が深く生い茂りすべてを隠してしまった。 この平坦地は、国際考古学調査と発掘チームによって2001年に再発見され、その時初めて文書に記録されたのである。

図4.2.1. ガンビア諸島のマンガレヴァ島。ラグーンからの眺めと高原を表示。写真中央にダフ山と崖があり、右奥にはモコト山が見える。 写真©FRED at fr.wikipedia、クリエイティブコモンズライセンス

文化的/表象的側面：民族史的および言語学的調査によると、ポリネシアのカレンダーはすべて、月の満ち欠けを基本としており、それに、プレアデス星団が日の出直前に現れる時期と日の入り直後に見えだす時期の二つの時期を夏冬の季節を分ける目安としてした。月とは対照的

に、太陽の昇るまたは沈む位置を観測してポリネシア人が季節を決めていたという記録はほとんどなく、実際にそのような太陽観測が行われた場所を確実に特定できたサイトは事実上存在しない。 アティチュイティ・ルガの平坦地のみが、体系的な太陽観測に使用されたことがはっきりしている唯一の例である。ヨーロッパ文化との接触前にこの場所で太陽観測がなされていたことは民族史的および考古学的/考古学的証拠から明らかである。

資料とアーカイブ：夏至・冬至の観測がなされていたことは、ベルギーの宣教師オノレ・ラヴァルが実際その目で見ており、1856年に執筆が開始された彼の未完成の原稿に記録されている。 その原稿がベルギーのブレーン＝ル＝コントにあるメゾン・デ・ペール・デ・サクレー＝クール（Maison des Pères des Sacrés-Coeurs）のアーカイブ中に見つけ出され、最終的に1938年にハワイのホノルルにある司教博物館（Bishop Museum）で出版された。この記述には、太陽観察が行われた最も重要な場所の1つであるアティチュイティ地区のテ・ルア・ラについて幾つかの解説があり、先見の明に富む詳細な説明も与えられていた。 1934年、民族学者のテ・ランギ・ヒロア（ピーター・バック卿）は、現地の情報提供者や書面から、観察が平らな岩から行われたことを含め多くの情報を取得した。 2001年、地元の高齢の情報提供者は、平坦地の近くがテ・ルア・ラという地名で呼ばれる場所であると明言した。

真正性と完全性：平坦地から見たアナ・テテアの崖は12月至の日没位置に対応しているし、ダフ山頂の影は6月至の正午に平坦地に落ちる。この事実は、190-06-ATU-1Aがラヴァルとヒロアによって記述された夏至冬至観察サイトであることは疑いようがない。 テ・ランギ・ヒロアの説明と、テ・ルア・ラの地名が人々の記憶に残っていたこと、および平坦地の中央に平らな岩が存在することは辻褄が合っており、確たる証拠になっているの。

現在の遺跡の管理

現在の利用法：いくつかの神殿（マラエ）を含むマンガレヴァの多数の記念碑的な石造りの構造は、19世紀にフランスの宣教師によって解体または破壊され、他の建物で再利用されたことが知られている。 おそらく、この地は比較的孤立していたため、アティチュイティ・ルガ高原の多くの遺構が生き残ったのであろう。 高原は今日、ムラサキフトモモ（Java plum）や他の非在来種の木などが密集した森となっているが、テ・ルア・ラ平坦地の東側面は、道路の建設のため過去10年間でかなり損傷を受けている。

保護：ダフ山まで続く切り立った崖と、海岸平野にまで続く急峻な壁が、それぞれ北と南の自然の障壁となっている。

保存状態：このサイトは、伝統的な観測が放棄されたため、全てではないにしても、ほとんど打ち捨てられている。 12月至の日の出の方向の地平線は、現在は、高い植生によって隠されてしまっている。

考古学/歴史/遺産の研究：この島は1934年にポリネシアの考古学者K.P.エモリーによって研究された。しかし、アティチュイティ・ルガ高原の構造は記録されずに終わった。2001年から2003年の間に国際チームによって、テスト発掘を含む地域の考古学的調査が実施された。

追加文献

Hiroa, Te Rangi (P.H. Buck) (1938). *Ethnology of Mangareva*. Honolulu: Bishop Museum Press (Bernice P. Bishop Museum Bulletin 157).

Kirch, Patrick V. (2004). “Solstice observation in Mangareva, French Polynesia: new perspectives from archaeology”, *Archaeoastronomy: The Journal of Astronomy in Culture*, 18, 1–19.

Laval, Honoré (1938). *Mangareva: l’histoire ancienne d’un people polynésien*. Paris: Libraire Orientaliste Paul Geuthner.

【訳注】ケーススタディ4.3は本語翻訳の際に、原著編集者からの要望により削除した。

第５章　古代および中世の極東

古代および中世の中国　シ・ユン＝リ（石云里、*Shi Yun-li*）著

地理的にみると、中国は東アジア地域の中で大きな面積を持ち中心的な位置を占めている。ここは農業文明が生まれた世界で最初の場所の1つであり、1912年の帝国時代の終わりまで農業に支配された文化をもち続けてきた。したがって、中国の人々は極めて古い時代から天で起こる現象をよく観察してきたし、それを敬いもしてきたのである。彼らにとって、これらの空の高みでおきる現象は、天からの命令であり、農業経済だけでなくすべての社会活動にとっても重要な天からの統制と忠告を伝えるものであった。中国人は、天体の定期的な運動と周期現象を「暦象」と呼び、天文学的あるいは気象学的なもの、および天空でおこるあらゆる出来事を天の模様「天文」と呼んだ。 暦象については、太陽、月、および5つの主要な惑星の動きを記述および予測する方法として「暦法」のシステムを開発し、改善し続けた。これは、天のリズムに即して経済、政治、日常生活が成り立つようにさせるためであった。同時に、支配者にとって意味のある吉凶の前兆をすみやかに発見するために、天での出来事（天文）に注意深い目が向けられていた。これは、現代の用語でいうところの暦天文学と占星術という二つの流れが、中国での伝統的な天空の研究方法としてすでに生まれていたということを示している。

天空研究のこれら2つの流れは、伝統的な中国哲学の2つの中心概念、天と人との統一を意味する「天人合一」と、天と人との共感を意味する「天人感応」を生み出すのに役立った。人と天はともに、エーテルまたは空気の一種である「気」でできており、相互に影響を及ぼしあっているという考えである。古代中国人は、これらの概念に基づいて洗練された儀式のシステムを創り、それが彼らの政治と行政のイデオロギーの礎石となったのである。このシステムは、暦天文学、天体観測、占星術、天体崇拝を目的として、さまざまな公的機関が実施する一連の活動と儀式で構成されていた。中国文明の起源から何千年も途切れることなく続き、多くの遺産を含む豊かな文化遺産を残した。これらは、文化としての天文学が、他の地域には無い伝統をもって、長期間途切れることなく進化を遂げてきたことを示すものである。

この儀式システムとその制度的な基盤があったことは、紀元前23世紀から17世紀までの最初の中国王朝「夏」についての文書である「書経」に記されている。この文書は紀元前550年から200年の間に作られたと考えられている儒教の古典ではあるが、もっと古い時代の事柄も書かれている。最初の篇「堯典」には、夏王朝の先祖である堯が兄弟である羲（Xi）と和（He）に対して、「謹んで威厳ある天に従い、太陽、月、星、星宿の動きをとらえ描き出し、人のために暦を出すように」との命を下したことの長い説明が記されている。羲と和は、4つの方向に進み、4つの星座（星宿）を分点と至点を見つける指標として使用した。現在、儒教の古典として保存されている夏の小暦「夏小正」は、夏の暦であると考えられている。この暦は、天体および生物気象現象が起こるのは一年の中のどの月であるのかを示すだけでなく、毎月行われるべき農業および日常活動についての説明も与えているのである。

考古学的調査により、中国文明の歴史の初期において、天文学が特別な役割を果たしていたことが発見されている。 1988年、紀元前4000年頃に作られた墓が河南省濮陽（プーヤン）で発掘された。 その埋葬者は、ハマグリの貝を敷いて描かれた動物や道具に囲まれていた。東は

龍、西は虎、北はひしゃくであった。 考古学者は、この配置が紀元前770年から紀元前221年の間に発達した中国の空の表現であると考えている。ひしゃくは、おおぐま座を表す。 龍は東の象徴である青龍で、虎は西の象徴である白虎である。

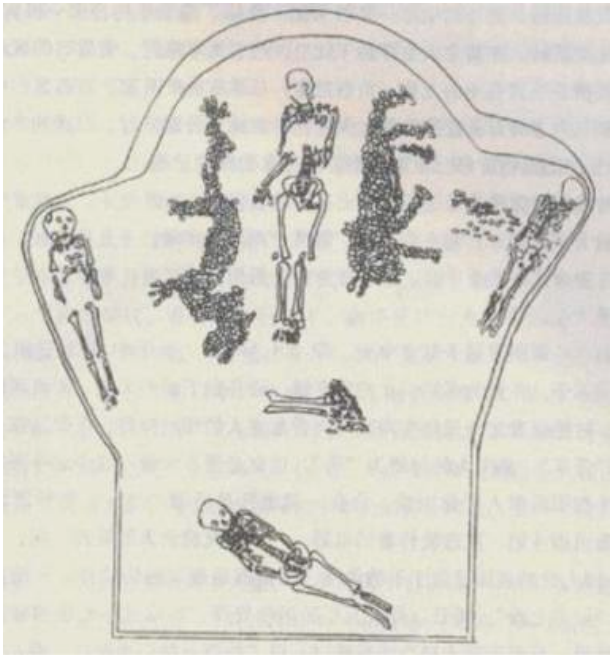


図 5.0.1. 濮陽（プーヤン）にある虎と龍の墓© 非営利でのみ使用可。

1970年代、山東省の新石器時代後期の莒県（ジゥイシェン、Juxian）遺跡を発掘した考古学者が、特別なシンボルで装飾された陶器を発掘した。この遺跡は年代が紀元前4040年から2240年までにわたるもので、大汶口文化（だいぶんこうぶんか）に属している。その発掘以来、同じシンボルの陶器は、近くの同時代の遺跡や、安徽省北部の尉遲寺（ユチシ、Yuchisi）遺跡でも発見されている。 考古学者によってシンボルの意味については意見が異なるものの、そのシンボルが天体現象（太陽）を示しているであろうことは誰しも認めている。

図 5.0.2. 莒県遺跡から発掘された陶器に描かれた文様 © 非営利でのみ使用可。

2003年、考古学者は、山西省の中央南部に位置する陶寺（タオシ、Taosi）の儀式跡一帯（ケーススタディ5.1を参照）を発掘した。紀元前2300年と1900年との間の時代に、面積3.0㎢をもつ大きな都市であった場所である。その儀式跡の主要な部分は、土を突固めて作られた3段の同心半円形のテラスでできており、これは祭壇であったようである。内側の2段のテラスの縁には、13の土ブロック（1つは長方形、12は正方形）がある。考古学者は、これらの土ブロックは13本の柱の基礎であったと考えている。祭壇の中心に近い観測点から見ると、柱の間の12の隙間は、遠くの山々の頂を見通すこと

ができる配置であった。計算と実地観測で確認したところ、太陽は4000年前には夏至には最北端の隙間から、また冬至には最南端の一つ手前の隙間から昇っていたことが分かっている。これは、祭壇が太陽を見る天文台としても機能した可能性があることを意味している。

紀元前18世紀から12世紀にかけて栄えた中国王朝2番目の殷（あるいは商）の時代には、天文学の儀式はより洗練されたものになった。 19世紀の終わり以降に、中国ではこの古い時代の占卜の結果を記録した甲骨文が発見されるようになった。これには、暦表であるとか、日食や星の名前などの天体現象の記録など貴重な情報が含まれていた。 暦は、夏王朝の場合のような直接観察による方法と異なり、数学的な法則に基づいて作られていた。 ノーモン（日時計）や水時計などの機器が、観測や計時に広く使用されていたと考えられている。

少なくとも周王朝の時代（紀元前11世紀半ばから紀元前256年）以降、天文の儀式は中央政府によって完全に管理されるようになった。皇帝は自分自身を天の息子、すなわち天子と名付け、儀式は権威の象徴となった。これは、天皇の儀式を担当する機関、特に天との交信のための祭壇、または天空を見るための展望台である霊台を維持する権利が皇帝のみにあることを意味していた。当時の政治地理学上の考えでは、皇帝の領土は天の下の全世界、すなわち天下であり、天との交信を行う霊台を含むように、世界の中心に天子の首都を建設しなければいけなかった。その結果、政治に深く関与する天文学の最初の任務は、世界の中心がどこにあるかを判断することとなった。河南省の登封(Denfeng)郡にあるのは、周公測影台と呼ばれる遺跡で、日射によってできる影の長さを測ったところと言われている。歴史記録では、ここが周王朝の創立者である周公によるノーモンの観測から決定された世界の中心であったと記されている。このため、この場所は神聖な場所になり、後の中国天文学の歴史を通して長い間敬われてきた。記念の石碑が、唐（西暦618～970年）時代の天文学者によって西暦723年に建てられた（ケーススタディ5.2を参照）。

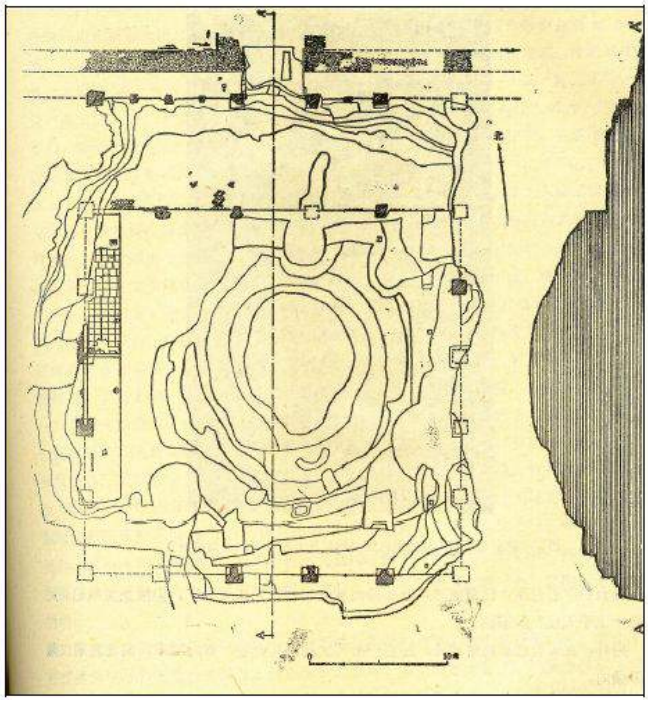


図 5.0.3. 洛陽天文台遺跡© 非営利でのみ使用可。

天文儀式を制度として実施することは、周王朝の間に確立されたが、これが後のすべての中国王朝の規範になった。それぞれの王朝で、公式天文台を中心にして同様のシステムを維持していたが、これは「世界の中心」と見なされる場所に常にあるとは限らなかった。そのうちの1つは、東漢（西暦25～220年）時代の首都である河南省洛陽にある。この天文台は西暦56年に建てられ、250年以上にわたって使用されていた。1974～75年に発掘されたこの遺跡は、中央付近に突き固め土の正方形のテラスがあり、それを囲むような形で約44,000 m^2の面積を占めている。テラスの基盤部で現存している部分の大きさは、南北に約41m、東西に31mの長さを持ち、高さは8m

である。テラスは2層構造で、上層に建物があった。建物には東、西、南、北の部屋があり、残存している壁を見てみると、それぞれ青、白、赤、黒に塗られており、古代中国の宇宙論の4つの方向に割り当てられた色に対応していた。

洛陽天文台は、古代中国で最も偉大な天文学者の1人であった張衡（西暦 78年–139年）がいたことで有名である。彼は西暦 115年－120年と西暦 126年－133年の2期間の間、太史令であり主任天文学者であった。これらの期間に、彼は世界初の地震計を発明し、水力で駆動・制御される新しいタイプの渾天儀を作り上げた。これは中国で最初の天文時計といえるものである。

少なくとも春秋時代（紀元前722年–481年）以降、暦天文学のシステムに正確を期すことは、国の平和と繁栄を確保する重要な要素と考えられるようになっていた。正確な暦を維持することは、君主の力、能力、正当性を保証するものと考えられた。この動機から暦天文学はすべての王朝の主たる科学となり、拡大と改良を続け、最終的には元王朝（西暦1271年－1368年）の時に頂点に達した。 1276年、元王朝は暦改革の大規模なプロジェクトを開始し、郭守敬（Guo Shoujin、西暦1231年–1316年）を含む天文学者と数学者のグループにそれを委託した。郭守敬は、観測担当でその責任を負い、有名な簡儀(渾天儀）、高表（高精度ノーモン）、圭符（精密影位置測定器）など、多くの独創的な天文機器を発明し、中国暦の基本的な天文定数を最も正確に測定した天文学者である。そればかりではなく、郭守敬が実施した最も重要な観測作業は、種々異なる緯度で実施した全国的な観測プログラムであった。このために、彼は首都大都（現在の北京）にある壮大な天文台に加えて、全国に26の観測所を建設した。登封にある古い周公測影台の上にも、大きな天文台を建てた。これは、破壊されることなく現存しており、伝統的な中国の天文学の恒久的な記念碑となっている（ケーススタディ5.2を参照）。

1368年の元王朝の崩壊に伴い、北京の郭守敬の天文機器の一部は、新しい明王朝の首都である揚子江岸の南京に運ばれた。 南京では、紫金山に新天文台が建設された。 明政府は、新天文台に2つの渾天儀を新しく装備した。 これらの機器はすべて1598年にはまだその場所にあったが、1644年に明王朝が崩壊すると、不思議なことに姿が見えなくなった。

1406年に明政府は首都を北京に移し、1442年に古い元時代の天文台の近くに新しい天文台を建設した。現在の北京古観象台が誕生したということである。 1438年には、紫金山の頂上にある機器のデザインに従って、簡儀、渾天儀、および高表が建設された。1669年にフランドルのイエズス会士フェルディナンド・ヴェルビエスト（1623–1688）が天文台にティコ・ブラーエのデザインに基づいた6つの新しい機器を装備するまで、それらの機器はほぼ130年間使用されていた。 明時代の古い機器は北京の天文台から移され、1933年に最終的に紫金山に運ばれた。これらの機器は現在でも紫金山で見ることができる。

1583年以降、ヨーロッパの天文学と機器が、ヴェルビエストのようなイエズス会の宣教師によって順次体系立って中国に導入された。しかし、伝統的な中国の技術は廃止されたものの、中国天文学の儀式システム全体は変わらなかった。この歴史的背景を考えると、北京の旧天文台自体が中国とヨーロッパの天文学・文化の混成物であり（ケーススタディ5.3を参照）、中国の最後の帝国王朝である清王朝（1644–1912）において、そのイデオロギー強化のためにヨーロッパの技術がどのように援用されたのかを示す一例である。

中華人民共和国の設立以来、中央政府は、天文遺産を含む文化遺産や遺産の保存に多大な注意を払ってきた。 登封と北京の旧天文台は両方とも博物館へと発展した。1986年、濮陽市に新しい博物館が建てられ、濮陽龍虎墓遺跡史料を保存、管理、展示している。近年、中国経済は活況を呈しており、政府は物質的遺産と無形遺産の両方の保存と効果的な展示のための一連のプロジェクトを開始した。これらのプロジェクトの1つが「中国文化の発明と創造の価値の探求と展示のための指針計画」であり、2008年に国立文化財局を通じて開始された。その目的は、科学、技術、工学の最も重要な文化遺産を整え、博物館での展示に備えることである。同時に、地方政府も、地域における文化関連施設や遺産関連施設の開発を促進するための投資を増やし始めている。 この動きの中でも、天文遺産の保存が新たに注目を浴びている。

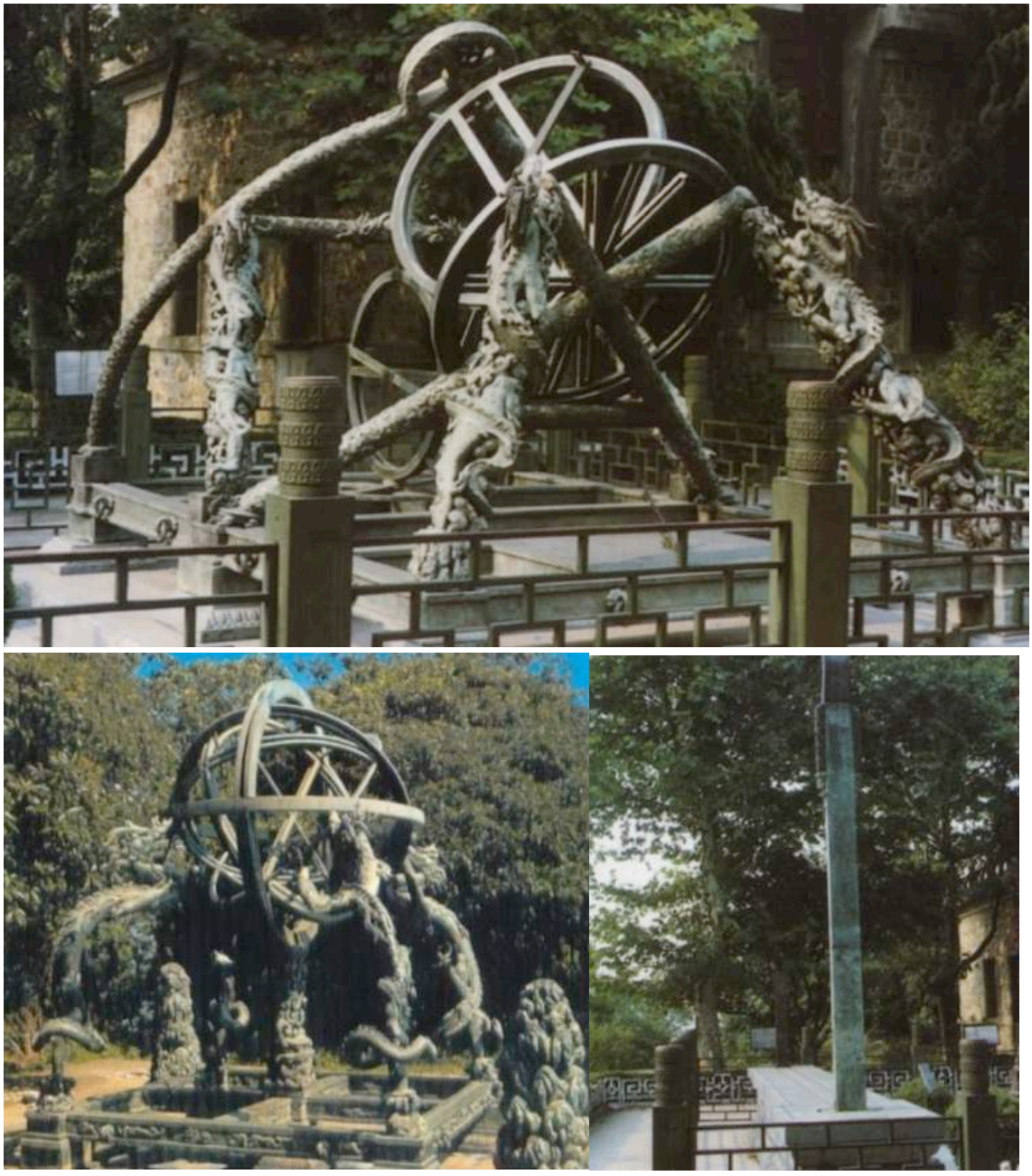


図 5.0.4. 紫金山天文台内の古い天文機器　© 非営利でのみ使用可。

日本と韓国　クライブ・ラグルズ著

1500年以上にわたり、日本の文化は大陸からの影響を絶えず吸収してきた。日本語でさえ、西暦500年ごろ中国から輸入された漢字を使用して文字を書いていたのである。しかしそれでも、日本の文化は明確な独自性を保持してきた。

4世紀から第二次世界大戦の終わりまで、日本では神道が影響して、太陽を尊ぶ考えが広まっていた。太陽は、宇宙観とさらには政治構造にまで強固に結び付けられていた。歴代の天皇は祖先が太陽の女神につながるものとし、国旗に日章旗として太陽が描かれていることからも太陽が重要視されていたことが分かる。太陽が国家・国民を意識させるものとして、その概念が強化されてきたのである。6世紀以降、中国から伝えられた仏教の強い影響を受けたものの、神道はこの島国でそれと共存してきた。この共存は、相互に妥協をすることによって維持されたのである。たとえば寺院や宮殿の建造時の場所とその向きを見ればそのことが分かる。神道の伝統では、場所としては山や川など自然風土の中で精神的な力の顕現する所が重視される。一方中国の伝統では、天の北極が精神的および帝国の力の源と見なして、建物がその向きに倣うという原則がある。皇帝は北に位置し、南から来る臣下を謁見する向きに建物を作るのである。この両者の考えの妥協点として、794年に建てられた日本の古代の京都の宮殿は、力の源である天皇のいる場所は神道に従って選ぶが、宮殿の向きは南北方向で臣下が南から入るような形にしたのである。この建物の向きは中国の北京とまったく同じように作られたのである。

専門的な天文学とは別に、日本での星にまつわる民話と民俗暦は、無数の世代の普通の人々によって伝承され、グレゴリオ暦の導入にもかかわらず現在でも農村部で存続しているものもある。たとえば、プレアデス（スバル）、ヒアデス、オリオンのベルトなどが空に見える位置が季節によって変化する様子から、稲作農家は経験的に季節の移り変わりを知ることができた。稲の苗の束に形が似ているスバルが春夕方に沈むのが見え始めると、田植えをする季節が近づいたことを知ったというのが一つの例である。

考古天文学は、日本ではまだ初期段階にある。 大阪の東にある飛鳥地域には、7世紀から8世紀初頭に建てられた天皇や高位の大臣などの墓（古墳）がいくつかある。互いにわずか1 kmしか離れていない二つの古墳（1972年に発掘された高松塚古墳と1998年にミニチュアカメラで調査されたキトラ古墳）には、天文に強く関係する絵画が発見されている。天井には月が宿るとされる二十八宿やその他の星座が描かれ、壁には東西南北各方向に関連付けられた動物の神々が描かれている。2つの墓のこれらの絵画は、中国と韓国それぞれから異なる影響を受けていたことを明瞭に示している。 また、この地域には、人物の形に彫られた花崗岩の巨石が多数ある。これらの起源、時代、目的は不明であって、一部は古天文学的な関心を集めているものもあるが、まだまだ推測の域を出ていない。

韓国の天文学の発展も中国の影響を強く受けた。2000年の間、天文学的な（そして気象学的な）出来事は強い政治的意味を持つ前兆と見なされていた。

韓国の歴史は大きく分けると3つの王朝時代に分けられる。三国時代（紀元前56–紀元916年）、高麗王朝（10世紀初頭–14世紀後半）、および朝鮮王朝（1392年–1910年）である。 天体観測の歴史的記録は、三国時代初期に遡って存在する。この最初の期間から9世紀にわたって、顕著なことに67の日食の記録が存在する。彗星の記録、月による惑星の掩蔽、その他の天

変も記録されている。12世紀の三国史記（Samguk sagi）は、何百もの観察を記録している。

三国時代の最も有名な天文建造物は慶州の瞻星台（せんせいだい、Cheomseongdae）天文台である（ケーススタディ5.4を参照）。瞻星台という言葉は文字通り「星を観る塔」を意味し、韓国の歴史記録では少なくとも3つの瞻星台が言及されている。3つの内の1つは北朝鮮にあり、開城郊外で良好な状態で残存している。

最初の韓国暦は、おそらく三国時代の早い時期に中国から導入されたものである。その後今度は韓国が6世紀から7世紀にかけて日本に伝えて影響を与え始めた。このことは、日本の史料で明らかである。

三国時代以降も多数の観測記録が存在し、中国との継続的な交流がその後の韓国の天文学の発展に多大なプラスの影響を与えたことは明らかである。特に観測方法、星図の作成、暦システムの改善、より良い観測機器の作成という点で進展が見られた。

文献

Chen Meidong 陈美东（2001）. Zhongguo kexue jishu shi tianwenjuan 中国科学技术史天文卷 *[History of Science and Technology in China, Astronomy Volume]*. Beijing: Science Press.

Cullen, Christopher (1996). *Astronomy and Mathematics in Ancient China: the Zhou bi suanjing*. Cambridge: Cambridge University Press.

Feng Shi 冯时（2007）. *Zhongguo kaogu tianwenxue* 中国考古天文学 *[Chinese Archaeoastronomy]*. Beijing: Social Science Press.

Jeon Sang-woon (1998). *A History of Science in Korea*. Seoul: Jimoondang.

Needham, Joseph (1959). *Science and Civilisation in China*, Volume III: Mathematics and the Sciences of the Heavens and Earth. Cambridge: Cambridge: University Press.

Needham, Joseph (1971). *Science and Civilisation in China*, Volume IV: Physics and Physical Technology, Part 3: Civil Engineering and Nautics. Cambridge: Cambridge: University Press.

Nha Il-Seong (2001). “Silla’s Cheomseongdae”, *Korea Journal* 41(4), 269–281.

Park Seong-Rae (2000). “History of astronomy in Korea”, in *Astronomy across Cultures*, edited by Helaine Selin, 409–421. Dordrecht: Kluwer.

Renshaw, Steven and Saori Ihara (1999). “Archaeoastronomy and astronomy in culture in Japan: paving the way to interdisciplinary study”, *Archaeoastronomy* 14(1), 59–88.

Renshaw, Steven and Saori Ihara (2000). “A cultural history of astronomy in Japan”, in *Astronomy across Cultures*, edited by Helaine Selin, 385–407. Dordrecht: Kluwer.

Sivin, Nathan (2009). *Granting the Seasons: the Chinese Astronomical Reform of 1280, with a Study of its Many Dimensions and a Translation of its Records: Shou shih li cong kao*. New York: Springer.

Sun Xiaochun and Jacob Kistemaker (1997). *The Chinese Sky during the Han: Constellating Stars and Society*. New York: E.J. Brill.

Xu Zhentao, David Pankenier, and Jiang Yaotiao (2000). *East Asian Archaeoastronomy:*

Historical Records of Astronomical Observations of China, Japan and Korea. Amsterdam: Gordon and Breach.

ケーススタディ 5.1：陶寺（Taosi）天文台、中国

シュ・フェンシアン（徐鳳先、*Xu Fengxian*）、フゥー・ヌ（何弩、*He Nu*）

遺跡の特徴と分析

地理的位置：中国山西省襄汾県

場所：北緯35º52´55.9″、東経111º29´54.9″。海抜573m。

概略：陶寺の古代天文台は、陶寺遺跡の一部であり、中国北部の80以上の龍山文化（紀元前3000～2000年）の中で最も有名な遺跡の1つである。陶寺遺跡には、元々は陶寺初期（紀元前23世紀から22世紀）の小さな城壁の町があり、その上に中期（紀元前21世紀）の2つの城壁都市が作られた。 中期の城壁都市の大きい方は2.8 km^2の面積を持ち、先史時代中国の中では最大の城壁の町である。 天文台は、中期の城壁都市の小さい方の中にあり、大きな城壁都市部の南東内壁のすぐ近くにある。

遺物の目録：東西40m、南北約29mの大きさで、面積が約1,000㎡の半円形の祭壇は、3つの同心円状の段丘となっている。最も内側の壇は半径約21mの大きさで、突き固めた土でできた擁壁で囲われている。擁壁は長さ22.5m、幅1.1m、高さ2.7mであり、擁壁には11個の突き固めた土でできた柱が配置されている。これらは、擁壁の上部をU字型またはV字型に切り込みを入れて作られている。切り込みでできたスロットは、擁壁基盤の底から約4～17 cmの深さまで及んでおり、柔らかい土で満たされている。スロットのほとんどは幅15～20 cmで、最南端の2つは少し広い。2番目の壇にも、同様の方法でスロットが付けられ、さらに2つの柱が備えられている。

祭壇の幾何学的な中心からやや西に位置する場所にある、円形の基礎穴と突き固められた土でできた3つの同心円が、考古学者によって発見されている。この地点から見ると、最上段に10スロットを成す11の柱と中間段に1スロットを成す2つの柱の並びが、13の柱と12のスロットでできた単一の列を形成するように見える（ 中間段の南端の柱と最上段の最北の柱の間に追加のスロットが形成されている）。このスロットの並びから見通すと、この地から東に約7～10 km離れた位置にある塔儿山（Taer Hill 標高1493m）近くの峰々を見ることができる。

実地観測を基にして計算してみると、4000年前の時代、太陽は夏至には最北端のスロットから、そして冬至には最南端の隣のスロットから昇っていたことがわかった。（南から北に数えたときの）スロット番号 7は、そこから日の出が見えたら春分と秋分の日であると見定めるために使用されたと思われる。今日では、4000年前からは少しずれて、3月18日と9月25日にこのスロットから太陽が昇ってきている。 最南端のスロットは、日の出の観測に使用できないが、

月の出の最南端位置（「主要な停止、major standstill 」）を示していたと考えられている。

12のスロットの中心線が一点に収束し、その位置に考古学的に構造物が発見されたという事実は、12スロットと観測ポイントが慎重に設計されたことを示しており、全体として一つの観測システムを形成していることを意味している。

歴史：天文台は、陶寺中期（紀元前21世紀）に建設されて使用されたが、陶寺後期（紀元前20世紀）に意図的に取り壊された。

文化的/表象的側面：中国の古典籍によると、「季節を知るために現象を観察する」という伝統は古代に遡る。 季節を判断する方法の中で最も早く使われた方法は、正午の太陽の影の長さを測定する方法であると歴史記録にも記載されている。季節を知るために日の出の方向を観察するというもう一つの方法についてはほとんど記録されていないが、陶寺天文台は、そのような観測を行う伝統が非常に長い期間にわたって確立されていたことを示している。

陶寺遺跡全体は、中国史上最初の王朝である夏の時代以前に中国を統治した堯王の首都であると考えられている。古典的な中国の文書である堯典の約3分の1は、堯王の天文学に対する方針と成果を記述するのに費やされている。特に、天文学者に「太陽、月、星、星座の規則性を描写し、人々に季節を教える暦を作成する」ように命じた。彼は4人の天文学者を4方に派遣し、春分・秋分の2つの分点日と夏至・冬至という2つの至点日を定めさせた。 陶寺天文台はこれら4つの特別な日を特定するために使用されたと考えられる。このことは、古代中国人が4000年前もの古い時代から天文観測を注意深く行っていたことを示している。

真正性と完全性：柱の基礎は、2003年から2004年の発掘によって再発見されるまで4000年の間、地表下に保存されてきた。 発掘当時、突き固められた土でできた構造の頂上は地表から約1m下にあった。

資料とアーカイブ：歴史的記録と地元の伝説では、陶寺地域が堯王と夏王朝の領土の後背地であることを示している。これを考えると、尭典や夏の小暦などの古代の本に記録されている天文学の儀式は、この遺跡で行われた可能性がある。

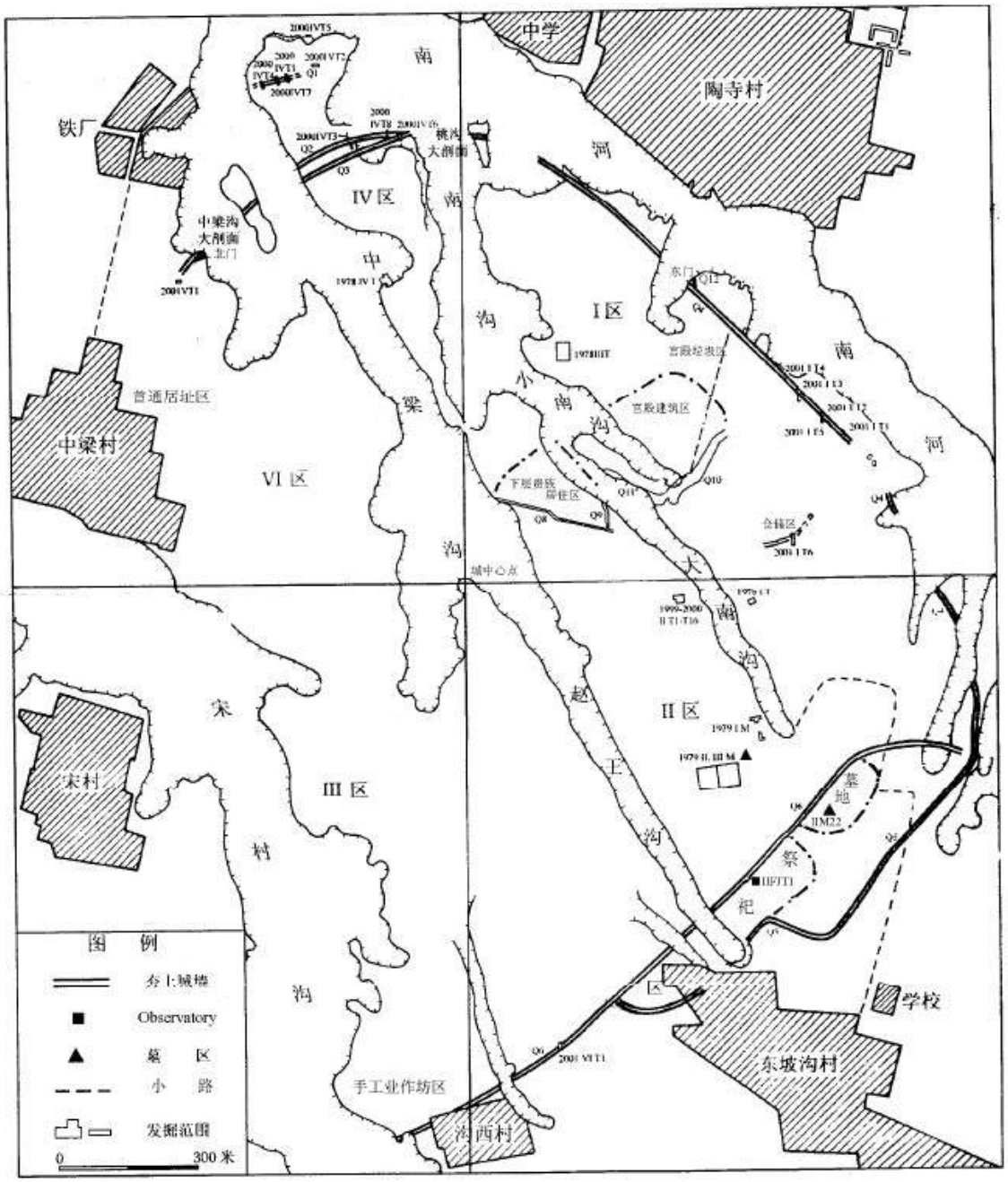


図 5.1.1. 陶寺遺跡全体平面図。天文台位置は■で示されている。出典：He Nu and Shanxi Xiangfen (2009), *Studies in the history of natural sciences*, 28(3), 261–276

現在の遺跡の管理

現在の利用法：陶寺観測所のあった場所は、地元の村人によって麦畑として使用されている。考古学者と天文学史の専門家は、古代の柱とスロットを模したレンガ造りの一時的な建造物をその地に再建した。 目的は、観測をシミュレートすることでさらなる研究を進めるためである。

図 5.1.2. 上図：天文台全景（航空写真）北は右側。**下図左：**柱とスロットの基礎部。
下図右：観望地点。写真 © He Nu.

保護：発掘と調査が完了した後、天文台遺跡は地表から2〜3 mほど下に埋め戻された。

保存状態：上記を参照。

地理的環境：陶寺遺跡は、その名前の由来となった陶寺村を含む5つの近代的な村の間にあり、黄土高原の南東部に位置している。

考古学的/歴史的/遺産研究：陶寺遺跡は1950年台に初めて発見された。考古学者は1970年代後

半から1980年代前半にかけ、9 つの主要な墓を発掘し、立派な副葬品や膨大な埋葬品、井戸の土台なども同時に発見した。1999年には、陶寺初期から中期時代における城壁に囲まれた町も初めて発見された。

天文台の痕跡は2003年に最初に発見され、2004年には全体が発掘された。2005年には、考古天文学的な調査が行われた。この研究結果は、さまざまな中国の雑誌で出版された。

中国の考古天文学者と考古学者は現在、陶寺天文台に関する共同研究を、中国自然科学委員会と中国科学院の共同後援の元で実施している。研究のため、天文台遺跡の主要な土地について、２年間の占有権を取得した。本共同研究は2011年に終了する予定である。

損傷、破壊等の脅威：天文台遺跡が脅威にさらされる最も重大な要因は、現地の村民たちの埋葬行為である。埋葬場所は無作為に選ばれる。

塔儿山の山肌によって形成されるスカイラインは、ここから日の出を観測できるため、遺跡の視覚的な景観の重要な部分を構成している。ただし山の採掘により、丘の頂上の一部が崩壊し、重要なスカイラインが失われる可能性がある。山西省政府は現在、採掘作業の一部を中止しようとしているが、採掘の禁止を長期的に、効果的に取り締まることができるかどうかは不明である。

管理、研究、およびアウトリーチ：山西省政府は迅速に保全プロジェクトを実施するために、地元の農家から土地を購入しようとしている。緩衝地帯は山西省の文化財局が管理してはいるが、土地の使用を管理する権限は有していない。天文台を含む陶寺遺跡全体の法的保存プロジェクトは2003年に準備が整ったが、まだ実施されていない。このプロジェクトでは、陶寺遺跡全体を考古学公園に指定し、天文台は元の遺跡の保存が確保されるような方法で、公共および科学的使用のために恒久的に再建される計画である。

ケーススタディ 5.2：登封（Dengfeng）天文台、中国

シュ・フェンシアン（徐鳳先、Xu Fengxian）

遺跡の特徴と分析

地理的位置：天文台は、中国河南省登封市から南東に12 km離れた告成鎮（Gaocheng)の北部にある。

場所：北緯34º23 ´ 52″、東経113º8 ´ 44″。海抜253mの標高。

時代的/地理的/地域的背景：登封天文台は、2008年以来、中国の世界遺産暫定リストに「嵩山の歴史的記念物」[1]という総称名で登録されているものの中に含まれている。このリストには、

[1] 【訳注】2010 年に「天地の中央」にある登封の史跡群として世界遺産リストに登録されている。

嵩山の古代建築物群と夏王朝の首都の遺跡が含まれている。その遺跡群は中国の河南省の嵩山とその周辺に散在しており、次の13の古代の建造物と遺跡から成っている。太室闕、少室闕、啟母闕、（Taishi、Shaoshi、Qimu）という門塔、嵩岳寺塔（Songyue）と浄蔵禅師塔（Master Jingzang）、天文台、初祖庵（Chuzu Temple）、少林寺の仏塔の森、會善寺（Huishan Temple）と嵩陽書院（Songyang Academy）、中岳庙（Zhongyue Temple）、少林寺修道院そして王城岡（Wangchenggang）にある夏王朝首都遺跡。このように文化的価値の異なる様々のものが、嵩山遺跡に集まっている。

概略：敷地は、東西幅37m、南北長さ150mで、面積5550m^{2}である。この場所には2つの天文学的な記念物が残っている。元朝（1279–1368）の天文台と唐王朝（618–960）の石碑である。元朝天文台ものの主な機能は、正午の太陽の影の長さを測定し、その変動を年間を通して追跡するための装置である。水平に置かれた棒の影を北に伸びる大きな水平目盛り盤に落とすことで影の長さを測定していた。この革新的なデザインは、中国の歴史を通じて同じ目的で使用されていた標準的なノーモン（日時計）の5倍の高さのものを創り上げたものである。

一方唐時代の碑文は、この場所が8世紀の測地調査の重要な拠点であることを示しており、その調査結果から子午線上の1°の長さを確立するという大きな成果をあげたことを記念したものになっている。

遺物の目録：天文台は、角錐台の形をしたレンガ造りの主建物と、北に伸びる細長い水平目盛り盤でできている。

角錐台建物の高さは9.45m、側面の長さは基礎部で16m以上、上部で8m以上の大きさである。角錐台の上部北側には、開口部を挟むように2つの部屋が備えられている。2つの部屋のそれぞれに窓が二つあり、1つの窓は他の部屋に面しており、2つ目の窓が北に面している。2つの部屋と開口部は、地上12.62mの位置にある細長い屋根で覆われている。水平の棒が2つの部屋の向かい合った窓を繋ぐような形で配置されている。そのすぐ下の垂直の北壁面上には角錐台の中心線を示す垂直な溝が刻まれている。2つの階段が北側の下部から角錐台上部に通じており、1つは東側を、もう1つは西側にある。階段と角錐台は、高さ1.05 mの低い壁に囲われている。

「圭」と呼ばれる目盛り盤は、36個の石ブロックを使用して作られている。長さは31.19mで、真正南北に延び、南端は角錐台の北側の溝に接続されている。2本の平行な樋溝が「圭」の表面に彫られており、それらは両端でつながっている。水を溜めて水平面を確認していたのである。歴史的な記録によると、「圭」の長さは128尺である。なお、尺は基本的な中国の長さの単位である。「表」と呼ばれた角錐台に備えられた棒は高さ9.75mに位置しており、これは正確に40尺に対応している。

「圭」の北端の両側には、郭守敬によって発明された2つの天文機器の復元物が置いてある。東側には「正方案」と呼ばれ、日の出と日の入りの方角から南北方向を定める装置がある。西側には球面を使用した日時計の一種である「仰儀」が置かれている。

唐王朝時代の石碑は、元王朝の天文台の南に位置している。それは、切り石の基部上に取り付けられた石のノーモンであって、両者ともにそれぞれ唐時代の8尺の高さ即ち1.98mの高さで

ある。基部の底面の断面はほぼ長方形（東西に1.8〜1.9 m、南北に1.70 m）で、上部はほぼ正方形（幅0.88〜0.89 m）である。ノーモンは、高さ1.64 mの立石とその上の高さ0.34 mの帽子部でできている。石碑は、夏至の正午の太陽の影がちょうど台座のふちに来るように配置されている。

元王朝の天文台と唐王朝の石碑の間には、後の明王朝時代に建てられた周公廟がある。

歴史：告成鎮（Gaocheng)は、中国天文学の歴史の中だけではなく、中国の歴史の中で特別な場所を占めている（天文学については以下を参照)。唐王朝以前の名称は陽城（Yangcheng）であり、中国の古典籍によると、中国史上最初の王朝である夏王朝の創始者である禹（Yu）帝は、紀元前21世紀に陽城を首都にした。

唐時代の石碑は、西暦723年に、一行（Yixing）の測地調査の一環として河南の4つの遺跡の調査を担当した唐時代の天文学者南宮説（Nangong Yue）によって建てられた（下記参照)。

元朝の天文台は、1279年に郭守敬（1231-1316）によって建てられ、明朝（1368–1644）の1542年に修復された。 周公廟もまた明朝の時代に建てられた。これは、陽城で太陽の影の長さ測定を最も早い時期に行ったと考えられている周公を記念して建てられたものである。

図 5.2.1. 元朝時代の天文台。写真© Xu Fengxian。

文化的/表象的側面：古代から、中国の人々は世界には中心があると信じていた。古代の書「周礼（Zhou li)」によると、周王朝の創設者は、紀元前11世紀半ばに、その首都の場所を決定するためにノーモンを使用したということである。太陽の影の長さの観測は緯度決定に使用され、領土の境界を定めるために利用された。そして、夏至の正午に8尺長のノーモンが1.5尺長の影を落とす場所こそ世界の中心とされた。少なくとも紀元前1世紀までに、天文学者たちはこの条件に適う場所は、陽城つまり今日の告成鎮と特定していた。それ以来、天文学者は陽城を天体観

測、特に太陽の影の長さを測定するのに最適な場所だと考えた。このようにして夏至と冬至、ひいては回帰年（太陽年）の長さが決定されたため、伝統的な中国暦は太陽の影に特別な注意を払うようになった。何世代にもわたって天文学者は、陽城で太陽の影を測定し、陽城の結果を使用して暦を作成してきたのである。

5世紀頃よりも前に、中国の天文学者は、太陽の正午の影の長さは、世界の中心である陽城から北へ進むとその距離に比例して増加し、南へ進むとその距離に比例して減少すると信じていた。地球の表面は球形であるので、これは実際には真実ではない。5世紀から6世紀にかけて多くの測定がなされ、この従来の考えが否定されるようになった。西暦721年から725年にかけて、唐王朝時代、名を一行という僧侶は、北緯52度から南緯17.4度までの13の測点で測地測量を実施した。基準と見なされていた陽城も含んでいた。この事業は、おそらく、中世初期という時代に行われた組織的野外調査の中では最も注目すべきものであろう。一行は、天の北極の高度と、2つの至点と分点の正午の太陽の影の長さの完全なデータセットを手にすることができ、子午線に沿った距離に比例して北極の高度が変化すると結論付けた。 それにより子午線の1°の長さを決定することができたのである。

太陽の正午の影を測定することは、季節を決定し、回帰年の長さを求めるために中国で使用された主たる方法であった。伝統的に、ノーモンは8尺長、つまり、人の身長程度であった。元王朝の初めに、天文学者の郭守敬は新しい暦を作るように依頼された。彼は多くの新しい天文機器を設計し、大規模な調査を組織した。郭守敬は、ノーモンが高ければ高いほど測定の結果がより正確になることを見つけ、40尺長のノーモンを作って測定に重要な革新を起こした。登封の装置は郭守敬によって建設された2つのうちの1つで、もう1つは大都（今日の北京）にあった。郭守敬の授時暦は元王朝の終わりまで使用されただけではなく、その後の明朝でも、わずかな調整のみで引き続き使用された。

現在の遺跡の管理

現在の利用法：この遺跡は、登封市文化遺跡局に属し、歴史的記念碑として一般公開されている。

保護：1961年、登封天文台は、国務院による保護が必要な国家主要遺跡の第一グループに含まれた。

保存状態：遺跡の保存と管理の状態は全体的に良好である。建物に使用されているレンガのほとんどは良好な状態にある。

地理的環境：嵩山は北にあり、智丘(Ji hill)が南にあり、潁河が鎮の南側を北西から南東に流れている。

管理、研究、およびアウトリーチ：これらは「嵩山の歴史的建造物」の将来の管理計画内で開発される予定である。

図 5.2.2. 唐時代建立の周公測影台。写真 © Xu Fengxian.

ケーススタディ 5.3：北京古観象台（Beijing Ancient Observatory）、中国

シ・ユン＝リ（石云里、Shi Yun-li）

遺跡の特徴と分析

地理的位置：北京古観象台は、金（1115-1234年）、元（1271-1368年）、明（1368 - 1644年）および清（1644-1912年）王朝の首都であった北京にある。市の名前は、金王朝のときは燕京（Yanjing）と呼ばれ、元王朝のときは大都（Dadu）であった。

場所：北緯39º54 ´ 43 ″、東経116º25 ´ 22 ″。海抜49mの標高。

概略：観象台の敷地は10,000㎡の面積である。観象台のレンガ製の建物の高さは14mで、屋上は南北20.4m、東西23.9mの大きさである。かつては北京を囲む城壁の一部であった。

遺物の目録：建物屋上には、清王朝時に建設された8つの青銅製の天文器具がある。その内6つは、1669年にフランドルイエズス会のフェルディナンド・ヴェルビエスト（1623–88）によって製作された。

（1）赤道経緯儀（Chidao jingwei yi、equatorial armillary sphere）
（2）黄道経緯儀（Huangao jingwei yi、ecliptic armillary sphere）
（3）天体儀（Tianti yi、star globe）

（4）地平経儀（Diping jingyi、azimuthal ring）
（5）四分儀（Xiangxian yi、quadrant）
（6）六分儀（Hushi yi、弧矢儀、sextant）
他の2つの機器は次のとおりである。
（7）地平経緯儀（Diuping jingwei yi、azimuth quadrant）
（8）璣衡撫辰儀（Jiheng fucheng yi）赤道経緯儀と同じ働きをする器具。
(7)は1713年から1715年の間にポルトガルイエズス会のキリアン・スタンプ（1655–1720）によってつくられたが、(8)の製作者は不明である。2人のイエズス会士によって作られた(1)－(7)の機器は、ティコ・ブラーエのデザインに基づいているものの、中国的な装飾が施されている。もっとも、目盛りの刻みと眼視観測装置はヨーロッパ式である。全体として、この観象台は、ティコ時代の機器を備えた世界で唯一の例となっている。

歴史：北京で最初の観象台は金王朝によって建てられたが、その位置は不明である。1279年、クビライカーンの命により、王恂（Wang Xun）と郭守敬は、現在の観象台のすぐ北に新しい観象台を建設した。1406年に明都が南京から北京に移動した後、市城壁に仮の観象台が設置された。現在のレンガの観象台建物は、1442年に市城壁の上に建設された。「新しい北京」の建設が始まった1949年以降、市城壁全体が撤去されたが、観象台と重要な楼門は、小規模な改修を除き、今日までそのまま保存されている。観象台は、明代後半と清王朝全体を通して使用され続けた。1911年に中華民国が設立された後、1927年に中央天文台が南京の紫金山に移るまで、国民党政府の中央天文台の本拠地となった。

真正性と完全性：現在の観象台の屋上は、1713年以降に2つの機器が追加されている以外、ヴェルビエストが1669年に最初に設計したものとほぼ同じである。

資料とアーカイブ：観象台の歴史は、その屋上にある8つの機器の構造と使用法を含め、明、清、および中華民国時代の文献で十分に文書化されている。清王朝の帝王に対する観察報告はほとんど、原文の形で、現在、北京の第一国立公文書館に保存されている。

現在の遺跡の管理

現在の利用法：1982年、観象台は国の主要文化財のリストに追加された。1983年以来、一般公開されており、北京の観光地となっている。2008年以来、無料で観光客に開放されている。 現在、観象台は北京プラネタリウムという施設の一部になっている。

保護：政府は、観象台の保存、研究、保守のために定期的に資金を提供している。

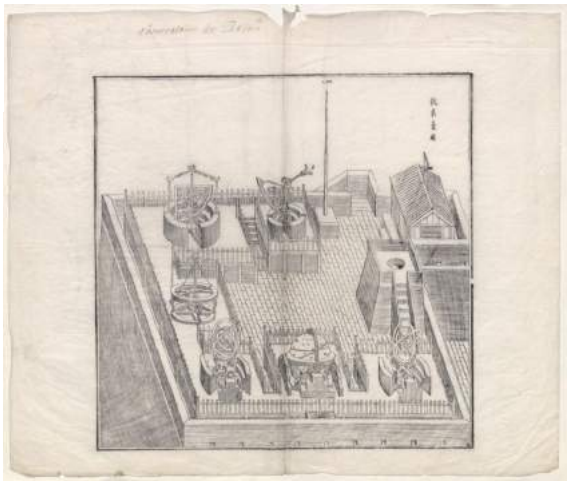


図 5.3.1. 上左: 平面図。© 非営利のみ使用可。
上右:レンガ造の建物。© 非営利のみ使用可。
下右: ヴェルビエストによる観象台スケッチ（17世紀のヨーロッパ文献）。クリエイティブコモンズライセンス。

ケーススタディ 5.4：瞻星台(チョムソンデ、Cheomseongdae)天文台、大韓民国

パク・ジョンウン（Park Jeong Eun）

遺跡の特徴と分析

地理的位置：慶尚北道慶州市仁旺洞839-1、大韓民国。

場所：北緯35º50 ´ 7 ″、東経129º13 ´ 9 ″。海抜44mの標高。

概略：瞻星台は高さ9.17mの石塔で、極東で最も古い天文台として長い間知られてきた。建造年代は新羅時代（紀元前57年～西暦935年）にさかのぼり、3つの部分で構成されている。基壇、瓶に似た円筒体、そして上から見たときの形状が漢字「井」の形である上部の3つである。 新羅のネムル王（奈勿尼師今、Naemul）の墳墓の近くにある。

遺物の目録：円筒体は、扇の形をした石を27層積み上げてできている。中央の3つの層（13から

15）にある正方形の穴は、わずかに東へずれているが南面している。 外観は綺麗に揃えられているが、それとは対照的に内壁は整えられておらず、石の内壁側はデコボコしている。穴の下は内部が完全に瓦礫で埋められ、上部は空である。上部の4つの角のそれぞれから、2組の噛み合った石組の端が突き出ている。 また、19層から20層および25層から26層に突出端があり、建物の内外に梯子を設置して屋上での観測場所に上がることができる。

歴史：瞻星台は善徳女王(Queen Seondeok)の治世（西暦632–647年）に建設された。

文化的/表象的側面：塔の本体は365個の石で構成されており、この数は1年の日数をあらわしている。27層という数は、おそらく、善徳女王が新羅王国の27番目の君主であることを意味するのであろう。基壇を含めた数28は東アジアで使われている28の星座に対応している。2層の上部も追加すると、数は30になる。これは一か月の日数である。中央の穴の上下の各セクションはそれぞれ12層でできており、12か月と24節気を示唆するのであろう。

農業を行う上では季節の変化を知ることが非常に重要であることを考えると、天文学は瞻星台が建設されたときには極めて重要であった。また、当時は占星術が重要視されていたので、天体観測は確かに政治とも密接に関連していた。したがって、新羅では天文観測への大きな関心がもたれたという背景があって瞻星台が建設されたのである。

真正性と完全性：瞻星台は、7世紀に設立されてから約1300年間、元の外観を保っている。北東にわずかに傾いているが、元の形状はほとんど昔のままである。ただし、観測機器および観測記録は引き継がれていないため、現在、観測の正確な方法は不明である。

図 5.4.1. 瞻星台を東北から見た外観© 国立文化遺産研究所、韓国

資料とアーカイブ：古い文書によると、「この建造物は、人が中心から入ることによって登ることができるように作られている」。 これは、はしごを使って建物に出入りして空を観察するという意味である。

現在の遺跡の管理

現在の利用法：遺跡は一般に公開されている。

保護：瞻星台は国宝31号に指定されており、韓国の文化遺産保護法により政府の保護下にある。半径500mの範囲内の史跡に影響を与える可能性のあるあらゆる種類の建設活動は、文化遺産委員会と協議して文化遺産管理局長の承認を得ることが必要とされている。

保存状態：遺跡はよく保存され、管理されている。 韓国の文化遺産を司る文化遺産国立研究所は、1981年以来、年に1回の頻度でさまざまな安全検査を実施している。瞻星台を保存するための研究所の戦略は、構造変位・亀裂・基礎石の垂直変位および超音波圧縮強度を調査することである。2007年には1時間ごとに測定を行うシステムが導入され、2009年には3次元スキャナーを使用して全体的な調査が行われた。さらに、瞻星台の外面は定期的に洗浄され、苔が取り除かれている。

地理的環境：瞻星台は、歴史地区の中にあり、パノォルソン（半月城、Banwolseong）、チョンマチョン（天馬塚、Cheonmachong）およびアナプジ（雁鴨池、Anapji）などの史跡とともに新羅の千年の都の風光明媚な美しさを支えている。

考古学的/歴史的/遺産研究：瞻星台という石塔は、20世紀初頭に日本の気象学者である和田雄治によって天文台としてはじめて認識された。 1910年の朝鮮天文台学術報告書に掲載された「慶州の瞻星台の理論」という題名の報告書で、彼は、渾天儀のような機器を建物の木製の部分に設置したかもしれないという論を提示した。

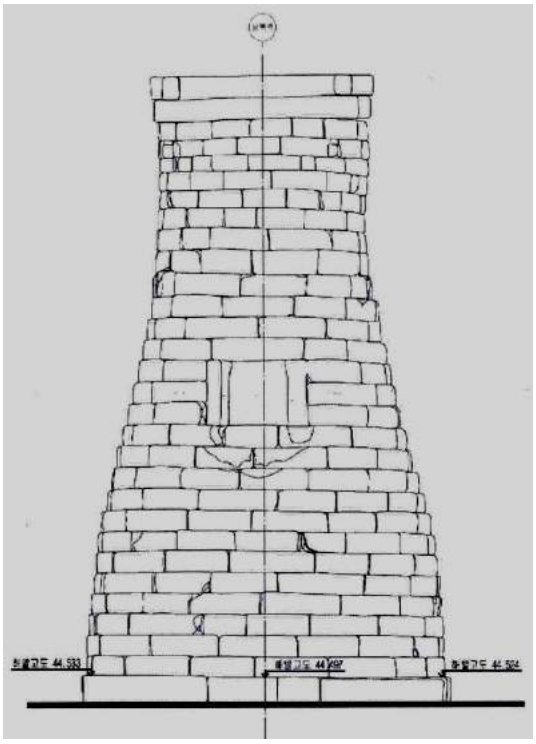
韓国の学者、ホン・アイ・セソブ（全相運、Hong i-seup）は、彼の著書 『朝鮮の科学史』で、新羅王国は天文観測を独自に行なっていたたこと、その証拠が瞻星台であるとして、東洋に現存する最古の観測所であると主張した。科学的手法を用いて石造りの建物を最初に調査および研究したホン・サジュン（Hong Sajun）は、人々が建物内で仰臥して天文現象を観察したと主張した。

最初、瞻星台は天文台であると固く信じられていた。しかし、1960年代には反対意見がいくつか出てきた。イ・ヨンバム（易永寶、Yi Yong-beom）は、それは単に仏教で非常に重要な須弥山をモデルにした祭壇であると主張した。パク・ソンレ（Park Seong-rae）は、瞻星台が広義の展望台であることを認めながら、実際には、神聖な農業神を崇拝するために建てられた祭壇であると主張した。

損傷、破壊等の脅威：慶州のいくつかの主要な史跡の近くにあるため、瞻星台は都市開発プロ

ジェクトによって景観が損なわれるという心配はない。しかし、展望台は、石で造られた他の文化財と同様に、経年劣化と風化の影響を受ける。損傷の主な原因には、大気汚染、岩と水との化学的相互作用による風化、地盤沈下による構造上の不均衡などの環境変化がある。

管理、研究、およびアウトリーチ：瞻星台の建物は現在韓国政府が所有しており、慶州市政府がその管理を主に担当している。瞻星台に対する訪問者の理解を深めることを目的として、看板やリーフレットに加えて、年間を通してツアーガイドサービスを無料で提供している。



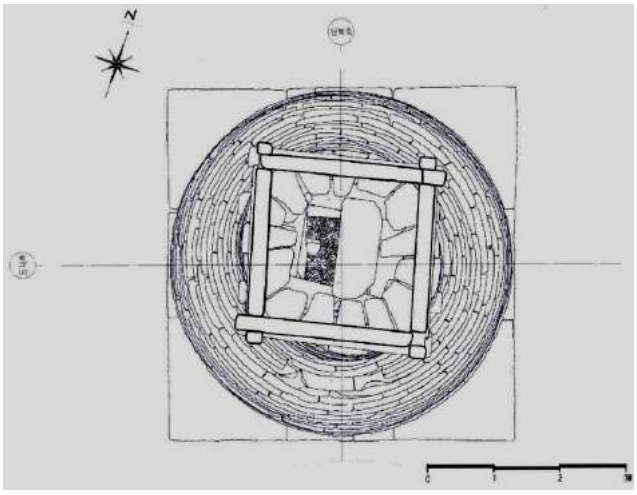


図 5.4.2. 瞻星台図面 **左:** 南正面図。**右:**上からの平面図 © 国立文化遺産研究所、韓国

第６章　インド

サブハッシュ・カック（*Subhash Kak*）

インドの古天文学的な遺跡について、数千年前までさかのぼる豊富な考古学的記録や文字はもちろん、「生きた伝統」と呼ばれる過去と結びついた伝統的儀式に基づいて、我々は理解している。逆に、インドには多くの文化的多様性があり、近隣地域との交流の歴史が複雑に絡み合っている。文字情報から、古代の天文学的なサイトの背後には、宇宙論的な概念が存在することが明らかになっている。そして、紀元前３千年のハラッパ時代までさかのぼっても同様の宇宙論的な概念が流布していたと一般に受け入れられている。

古代、天体観測所は国王が神に奉納をおこなう寺院の一部であった。このような奉納行為は、国王こそが、時間と宇宙の体現者とされている唯一神の第一の信者であると確認するためのものであった。たとえば、インド中央部のビディシャから数キロ離れたウダヤギリは、グプタ王朝の古典時代（紀元後 320～500 年）のものと思われる天文学的な遺跡である。 この場所は、少なくとも紀元前２世紀にさかのぼる古代の天文台であり、丘の上という地形的な特徴を生かして観測を行なっていた。皇帝グプタスはこの場所を拡張し、王の権威を表す神聖な場所に整備し直した。

インドの天文学の特徴は、時間の中に再帰的な構造を見るという点がある。ある期間は短い期間に分割され、それがまた更に短い期間に分割されていくという考えであり、ある期間に現れる構造は一段短い構造に再帰的に現れると見做している。例えば、黄道を 27 に分割し、それぞれに恒星をあてはめたナクシャトラと呼ばれるインド占星術がある。ナクシャトラは月周期と結ばれている。 この分割はさらに、それぞれ 27 の小部分（ウパ・ナクシャトラ; 約１日）に分割され、その約１日にあたるウパ・ナクシャトラが、さらに 30 のより小さな単位に分割される。再帰という概念は、時間ばかりではなく空間、物ごとの大きさにもあることとしてインド社会では一般的な概念である。再帰の概念は、神聖な世界のとらえ方の根底にあり、それはインドの芸術にも具現化されている。神聖で記念碑的な建築物を古天文学的にどのように解釈したらよいかを考える場合、この再帰性という概念はその手がかりを提供してくれる。

年代順の概要

インド北西部の考古学的記録によると、メヘルガルに伝わる伝統は紀元前 7500 年頃にまで遡って連続していること、また、この地域の豊富な岩アートの一部は旧石器時代後期のものであることが示されている。

インダス文明（“シンドゥ・サラスヴァティ”とも呼ばれる）の考古学的な時代は、４つの時代区分に分けられる。初期食料生産期（紀元前 6500-5000 年）、地域形成期（紀元前 5000-2600 年）、統合期（紀元前 2600 -1900 年）、そして地方化期（紀元前 1900–1300 年）である。初期食料生産期には、まだ精巧な陶器を作る技術はなかったが、地域形成期には、陶磁器・宝石細工・釉薬を使った陶製のビーズ・印章が作られた。そしてそれら作品の特徴は、地域によって様々に異なっていた。統合期には、広い地理的領域にわたって均質化された物質文化があり、インダス文字が使われていた。インダス文字は現在でも未解読である。地方化期には、統合期の様式と地域ご

との陶器様式とが融合したような特徴が見られ、この時期には権力が分散し、地域間のネットワークが再構築されたことを意味する。

紀元前 3 千年紀には、様々な民族集団や文化が社会の内部で共存する“文化的モザイク”の状態になっていた。特徴的であったのは、統合されたハラッパ文明（インド北西部）、銅・青銅時代の文化（インド中部および北部）、および新石器時代の文化（インド南部および東部）である。統合期における 5 つの大都市といえば、モヘンジョ・ダロ、ハラッパ、ガンウェリワラ、ラキガリ、およびドーラビーラである。他にも、カーリバンガン、ラフマーン・デーリ・ナウシャロ、コト・ディジ、ロータルがこの時代の重要遺跡である。

ハラッパーが栄えた時代の町と集落の大部分は、サラスヴァティー川渓谷に集中していた。しかし、水文学的な変化や干ばつ期間の延長、および紀元前 1900 年に起こった地震後にサラスヴァティー川が枯渇したことにより、この地域の大部分が放棄され、ハラッパーは紀元前 2 千年紀の間にさまざまな段階を経て衰退していった。2 番目の都市化は、紀元前 900 年頃にガンガ渓谷とヤムナ渓谷で始まった。この文化に関して現存する最古の記録は、ブラーフミー文字で書かれている。この 2 つの都市の文化的発展は連続してつながっていたことが、特徴的な陶器の組み合わせによってたどることができる。また、ハラッパーとその後の歴史的時代との間で、重さと長さを測るシステムにも連続性がある。

インドの最も古い文学作品であるリグ・ヴェーダの賛歌、そこに描かれている主な場面は、シンド川とガンガ川に囲まれた北インドの地域であるサプタサインダヴァの地域である。リグ・ヴェーダにはサラスヴァティ川について、山から海へと流れる最も大きな河川であると記述されており、この川が紀元前 1900 年までには枯渇していたという考古学的記録に照らして考えると、リグ・ヴェーダがこの時代より前のものであることを示している。リグ・ヴェーダや他の初期のヴェーダ文学には、紀元前 4 千年紀や 3 千年紀の時代を示す天文学的言及があり、これは水文学的証拠とも整合性がある。

ヴェーダ宇宙論の基礎にあるのは、バンドゥ（外側と内側の相同または結合）の概念である。例えば、ヴェーダの考え方を取り入れた医療システムであるアーユルヴェーダでは、1 年のうち 360 日が、成長中の胎児の 360 個の骨とリンクしていた。

ヴェーダに書かれている天文に関する情報から、いくつかのイベントについての暫定的な年代付けが可能になるものがある。ヴェーダの様々な箇所には 27 のナクシャトラのリストが記載されているが、それらの神々が直接、またはその下に記載されており、それらの名前は変わっていないと結論づけることができる。12 の「太陽月(一年の 12 分の一)」も記載されていることから、ヴェーダの天文学では太陰太陽暦を使用していて、太陽暦の一年と歩調を合わせるために、閏月を取り入れていたことが示唆される。ナクシャトラと「太陽月」の相関関係を考えることにより、年代が推定できる。ヴェーダ期後期(紀元前 1100-500 年頃)のナクシャトラのリストはクリッティカー（黄道上のプレアデス星団に対応）から始まるが、西暦 200 年以降の同様のリストはアシュヴィニー（黄道上のおひつじ座アルファ星とベータ星に対応）から始まるため、2 つのナクシャトラの遷移の間には、約 2000 年の期間があったことを示す。例えば、『ヴェーダンガ・ジョーティシャ』では、冬至はダニシュタ(ナクシャトラ 23 番目)の始点であり、夏至はアーシュレーシャ(ナクシャトラ 9 番目)の中間点であると言及している。これにより、この文献が紀元前 1300 年

に遡るということが分かる。

ヴェーダとそれに続く時代のテキストは、インド全体の歴史的な時代の天文学の理解にとって重要である。この理解はさらに、考古天文学的証拠によって補完され、強化されている。

伝統的なヒンドゥー教の建築設計システムであるヴァーストゥ・シャーストラによると、建物の構造は、測定という行為を通じて、原初的な混沌から宇宙の秩序が出現した流れを反映している。宇宙は、バーストゥ・マンダラと呼ばれる、四方位を強調する正方形型のマップに象徴的に配置される。 この正方形の基本的な形は、家と都市の基本的な平面図として使用される。この平面図は、さらに精巧化され、中には長方形のものもある。

中世の時代を特徴的づけるのは、宇宙の概念を反映した神聖な空間を作り出す巡礼センターであった。 長い間、神聖な寺院建築は宗教的および政治的な目的の両方を兼ねていた。

インド天文学で使用された計器（ヤントラ）には、水時計（ガティ・ヤントラ）、日時計（カパーラ・ヤントラ）、ノーモンという日時計用の指示器（シャンク）、高度角計測器（ヤスティ・ヤントラ）、天球儀（ゴラ・ヤントラ）、太陽高度からの時間を決定するための板（ファラカ・ヤントラ）、およびアストロラーベなどがある。 インドの計測器作りの伝統が極致に達したのは1724 年から 1734 年にかけてで、この時期にはジャイプルの支配者であるマハラジャ・サワイ・ジャイ・シング 2 世が、5 つのジャンタルマンタルと呼ばれる石造天文台（ジャイプル、デリー、ウジャイン、ベナレス、マトゥラー）を建設した。それぞれの天文台には優れた計測器が備えられており、マトゥラー天文台にあるものを除き、すべての機器はかなり良い保存状態で残っている。 機器の例を挙げると、ラム・ヤントラ（太陽の方位・高度を測定するために使われるもので、屋根のない円筒壁と中心の柱でできている。図 6.1.1.や図 6.1.2. を参照）、ラシバラヤ・ヤントラ（天体の緯度と経度を決定する 12 の機器群）、ジャイ・プラカシュ（ 凹面半球）、ラグ・サムラート・ヤントラ（小さな日時計）、サムラート・ヤントラ（巨大な子午線観測儀）、チャクラ・ヤントラ（直立した金属の円で惑星の赤経と赤緯を測る）、ディガンシャ・ ヤントラ（2 つの円形の壁に囲まれた柱）、カパリ・ヤントラ（惑星と黄道帯に対する太陽の位置を決定するための 2 つのくぼんだ半球）、ナリバラヤ・ヤントラ（円筒形の文字盤）などである。 ジャイプル天文台については、ケーススタディ 6.1 を参照せよ。

ジャイ・シング 2 世の天文台デザインが重要視されるのは、長く続いてきたイスラムとペルシャの伝統の融合を象徴しているからである。この伝統の融合は少なくとも 13 世紀半ばのマラガ天文台から始まり、15 世紀半ばのサマルカンド天文台で最盛期を迎えた(第 10 章を参照)。これには地域的な伝統や個人的な革新も含まれていた。 ジャイ・シング 2 世は、イエズス会の学者たちとの交友を通じて、1727 年に当時のヨーロッパの天文学の知識に触れることになった。イエズス会の学者は、ジャイ・シング 2 世の宮廷に、ポルトガルの天文学者とラ・イールの天文表を持ち込んだ。しかしやはりジャイ・シング 2 世の天文台の最終設計は、記念碑的な機器と肉眼観察というイスラム・ペルシャの伝統にとどまった。ジャンタルマンタル天文台は、観測サイトの優れたネットワークの一員となり、古典天文学の最後の包括的な天文表の 1 つである『ムハンマド・シャーの天文表』を作る際に協力した[1]。

[1] 【原注】本段落はトフィー・ハイダルザデ（Tofigh Heidarzadeh）によって追記された。

先史時代とハラッパー文明期

モヘンジョ・ダロの都市（紀元前 2500 年）はかつて、文化と行政の中心地であり、そこには、広さ 400 メートル × 200 メートル、高さ 12 メートルの基壇があり、公共施設が設けられていた。 下層都市には、東西・南北方向に伸びた道路があり、都市全体に排水路が張り巡らされていた。 家には風呂場もあった。井戸は非常に丈夫なレンガ造りだったため、5000 年経っても崩壊することはなかった。 宮殿や寺院などの記念碑的な建物がないという点がハラッパー文明の都市の特徴で、メソポタミアやエジプトの都市とは著しく異なる。ハラッパー州の政治は非中央集権的で、政治的・商業的・宗教的官僚らの間で権力バランスを取っていた。

モヘンジョ・ダロなどの遺跡では、南北軸方向から時計回りに 1 度から 2 度のわずかなずれが見られる。これは、紀元前 3000 年から 2000 年の間、春分の日に東の空に昇ったアルデバラン（サンスクリット語でロヒニ）とプレアデス星団（サンスクリット語でクルチカ）の向きに起因するものと考えられる。 「ロヒニ」という言葉そのものが、上昇を意味する。 モヘンジョ・ダロの天文学では、月と太陽の両方の動きを利用しており、これを証明しているのが「カレンダー石」である。 リングの形をした石で、太陽年の始まりと終わりを知るのに役立つ。

紀元前 3 千年紀の遺跡である**ラフマーン・デーリ**から出土した象牙の魔除け（ペンダント）には、片面に 2 匹のサソリ、もう片面に 2 匹の鹿が彫られており、ヴェーダの知識に基づいていると思われる。オリオン座はナクシャトラ 5 番目のムリガシラス（鹿の頭の象徴）で、さそり座はその正反対の場所にあたるナクシャトラである。鹿の頭の近くに彫られている矢は、オリオンの断頭を表している可能性がある。宇宙万物の創造神群プラジャパティが暴風神ルドラに殺されたという神話は、一年の始まりをオリオン座から離れたことを表すと考えられており、紀元前 4 千年紀の大きな暦上の出来事であったと一般に考えられている。

新石器時代と巨石文化期の遺跡

カシミール州ブルザホム遺跡

この新石器時代の遺跡は、カシミール州スリナガルの北東約 10 km に位置し、後期更新世から完新世の堆積物の段丘にある。 紀元前 3000 年から 1500 年頃に造られたこの深い竪穴住居からは、石斧、骨器、灰色の粗製土器が出土している。紀元前 2125 年より前の年代層から得られた 48 cm × 27 cm の板石の表面には、狩猟の様子とともに 2 つの明るい物体が描かれている。この明るい物体は、連星系の描写であると推測されている。

カルナータカ州ハナムサガー遺跡

ここは、方位を指し示すように石が配列された、巨石文明の遺跡である。 クリシュナ川の北、約 6 kmのところ、丘の間の平坦な土地に位置し、緯度16° 19′ 18″、経度76° 27′ 10″にある。石は滑らかな花崗岩でできていて、一辺約 600 mの正方形の土地に、12 m 毎の間隔をおいて一辺に50個ずつ50列、合計2500個が置かれている。石の高さは1〜2.5 mで、最大直径は2〜3 mである。石が並べられている列の方向は、南北/東西方向に沿って配置されている。 中央には、チャクリ・カッティと呼ばれる正方形型の構造がある。

外側の正方形と内側の正方形の方向を組み合わせることで、夏至と冬至の方向を知ることが出来たのでは、という議論がある。この遺跡はまた、例えば影を利用して現在何時であるかを知る目的や、月/季節/一年の経過を予測するなど、他にもいくつかの種類の天体観測に使用されていた可能性がある。

寺院の建築計画

インドの寺院は、ヴェーダ儀式の聖地がもとになっている。 ヴェーダ儀式は、太陽と月の周回と結びつけられていた。祭壇は東西の軸に沿っており、これは司祭が至点日と分点日を知りやすくするためであった。この至点・分点といった特定の日には、それぞれ異なる固有の式典を行っていた。

家庭内での信仰では、円形（地球）、半月型（大気）、正方形（空）の 3 つの祭壇を使用した。この 3 つの祭壇はそれぞれ、宇宙の根源である原人（プルシャ）の頭・心臓・体を模している。ヤユル・ヴェーダの物語（祭式において唱えられる「祭詞」を収録した物語）の大部分を占めるヴェーダ時代の大儀式であるアグニチャーヤナでは、大気と空の祭壇が東に向かって新たに建てられた。この儀式は、ヴェーダにおける宇宙の 3 分割に基づいている。宇宙の 3 分割とは、地球・大気・空のことで、それぞれに 21・78・261 という番号が割り当てられている。この数字のマッピングは、地球の祭壇の周りにある 21 個の小石、6 つの中間の祭壇の周りにある各 13 個の小石（13×6＝78 個）、ハヤブサの鳥形をしたウッタラ・ヴェディと呼ばれる大空の祭壇の周りの 261 個の小石に対応している。これらの数字を足すと 360 になり、1 年を象徴している。

カジュラーホー寺院群

カジュラーホーの町は、マディヤ・プラデーシュ州のチャタルプール地区、東経 79° 54′ 30″ から 79° 56′ 30″、北緯 24° 50′ 20″ から 24° 51′ 40 の間に広がっている。 カジュラーホーの寺院群は、チャンデラ朝の王たちによって、9〜12 世紀に建てられた。 もともとは 84 もの寺院があったが、そのうち現存しているのは 23 箇所である。現存する寺院のうち、6 つはシヴァ神、8 つはヴィシュヌ神、5 つは女神を祀っている。

寺院群の東端にはダントラの丘がある。ダントラの丘の標高390 mの山頂にはシヴァ神を祀った神殿があり、寺院群の入り口への目印となっている。 チャトルブジャ寺院以外のすべての寺院は東向きに建てられている。 南東の端には、東向きに流れるクダル川によってダントラの丘から分離された、ラヴァニャの丘がある。ラヴァニャの丘の麓、標高244mのところには、女神ドゥルガーを祀ったマヒシャスールマルディーニ神殿がある。

ダントラとラヴァニャの丘にあるシヴァ神とドゥルガ神を祀った寺院は、霊（プルシャ）と物質（プラクリティ）の両極端を象徴しており、これらが丘の間を流れる川によって橋渡しされている。カジュラーホーの寺院群に特に人が集まるのは、2回の春祭りの時期である。ファルガナの新月（2月/ 3月）に当たるシヴァラートリー祭と、チャイトラの満月（3月/ 4月）に当たるホーリー祭である。寺院群の中でも最も古いものの一つ

であるラクシュマナ寺院は、この地の世界軸(“axis mundi”)であると考えられている。これは、チャンデーラ朝がプラティーハーラ朝と戦って勝利した象徴として、またチャンデーラ朝の権力の優位性の記録として、ヤショヴァルマン王 (925-950年) によって建立された。この神殿はホーリー祭の日の出方向に向けられている。

ラクシュマナ寺院（ヴィシュヌ神）、ジャヴェリ寺院（シヴァ神）、およびドゥラデヴァ寺院 (シヴァ神) という3つの寺院群は、3つの重なり合うマンダラを形成する。 真の方位からのずれは、奉献された日の日の出の方向に起因すると考えられている。 寺院は、宇宙とその秩序を表すものとして、アシュラ（悪魔）とデーヴァ（神）とのバランスを取り、さらに他の正反対の存在をも含んでいる。 聖地の概念はマンダラに似ている。

惑星の神であるグラハは、寺院を取り囲んでいる。 寺院は、宇宙軸であるメール山のように想定されており、惑星はその周りを回る形である。

ウダヤギリ天文台

ウダヤギリ（「日の出の丘」）は、インドの主要な古代天文台の 1 つである。 マディヤ・プラデーシュ州の北回帰線の北緯 23° 31′ に位置し、ボパールから約 50 km、ヴィディシャ市、ベスナガル地区、サーンチー村の近くにある。少なくとも紀元前 2 世紀に遡るこの古代遺跡は、グプタ朝の王であるチャンドラグプタ 2 世ヴィクラマーディティヤ (在位 375–414 年) の治世において大幅に拡大された。この遺跡には 20 の洞窟寺院と関連を持っており、その洞窟から切り出された岩が配置されている。これらの寺院のうち 19 は、チャンドラグプタの治世の時代のものである。

ウダヤギリの古代名はヴィシュヌパダギリ（「ヴィシュヌの足跡の丘」）であり、ウダヤギリという名前は、パラマラの支配者ウダヤディティヤ (治世 1070-1093 年) にちなんでいると考えられている。 丘は確かに足のような形をしている。 北と南に 2 つある丘は、サドルとよばれる鞍部でつながっている。北の丘とサドルの交わる場所には通路がある (図 6.0.1)。 ウダヤギリ遺跡においてグプタ時代に付加・装飾されたものは、この通路の周りに集中していた。また、 ほとんどの洞窟寺院もこの通路周辺にある。

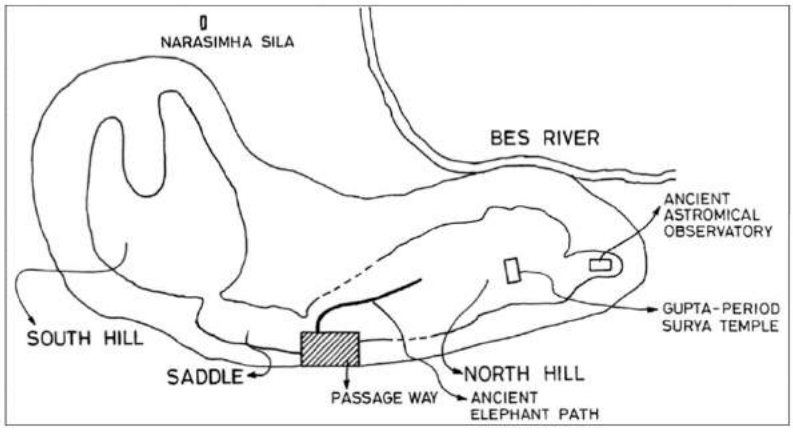


図 6.0.1. ウダヤギリ遺跡の見取り図。出典論文 R. Balasubramaniam, Current Science 95 (2008), 766–770.

夏至の日の太陽の動きは、通路と一致するように調整されていた。 6 番洞窟におけるチャンドラグプタ2世のヴィクラマディティア時代の碑文に記載されている日付は、西暦402年の夏至に非常に近いと見積もられている。この日は、もともと通路の入り口にあったデリーの鉄の柱の影が、横になったヴィシュヌ神が描かれたパネルの方向に落ちてくるような設計となって

いた。

北側の丘の上には、雄大な空を見渡せる平らな基壇がある。この基壇ではいくつかの天文学的な印が確認されており、ここが古代の天文台であったことを示している。

中世の巡礼センター

中世の巡礼センターは、貿易やビジネスなど多くの機能を果たしていた。また、巡礼者に対してホロスコープを作成したり、読んだりするジョティシ(jyotishi)と呼ばれる占星術師にとっても重要であった。 優れた占星術師は天文学にも精通しており、この人たちの知識は寺院や宮殿の設計・配置に不可欠であった。

重要な巡礼センターはインドの各地にあり、地域的なものもあれば、全インドで共通（汎インド）なものもある。 最も有名な汎インド巡礼センターは、シヴァ寺院（ヴァーラナーシー市）、クリシュナ寺院（マトゥラー市、ドワルカ市）、ラマ寺院（アヨーディヤー）、ヴィシュヌ寺院（ティルパティ市）である。また、クンブ・メーラと呼ばれる 3 年ごとに 4 か所の地域（ウジャイン、ハリドワール、イラーハーバード、ナシク）で持ち回る 12 年周期で行われる大規模巡礼も、汎インド思想の一つである。 主要な祭りにおいて、寺院の方向をどうやって方角や太陽の方向に合わせるかという問題は、チトラクート、ガヤ、マドゥライ、ヴァーラナーシー、ビンディチャカル、カジュラホなどの巡礼地の学者によって研究されている。

ヴァーラーナシーの太陽寺院

ヴァーラーナシー(Vanarasi または Banaras)は、紀元前 1 千年紀の初めにさかのぼる古代都市で、そのヴェーダ名はカーシー（サンスクリット語の「輝き」）である。ヴァーラーナシーにある多くの寺院の中で最も重要なのは、都市の主神であるシヴァ神を祀ったカシ・ヴィシュヴァーナート寺院、またの名を「黄金寺院」である。スルタンによる破壊、さらに後のアウランゼーブによる幾たびかの破壊のため、現在の再建されたヴィシュヴァナート寺院は比較的近代的な建物である。 1777 年にインドールのマハラニア・アヒリヤバイによって再建され、1839 年にシハラ（尖塔）と天井の金メッキが加えられた。これらはマハラジャ・ランジット・シンが寄贈したものである。

シヴァ神は、宇宙の軸であると同時に、人間の内なる存在の軸でもある。 ヴァーラーナシーで開催される大きな祭りの 1 つはシヴァラートリー祭といい、これはファルグン月（2 月から 3 月）のうち、満月から段々月が欠けていく”虧月（きげつ）”の 13 日目に祝われる。その日、太陽は東から昇り、そのすぐ上に新月があり、それは頭の上に月を載せたシヴァ神（シヴァ神は太陽）を表しているという。

ヴァーラーナシーには、市内を周遊するための巡礼路がいくつかある。 パンチャクロシ巡回路には 108 の神殿があり、4 つの内側の巡回路には 324 の神殿がある。 ヴァーラーナシーの街は、また、アーディティヤ神殿の周回路でも知られている。 アーディティヤ（神群）とは 7〜8 柱の神々の集団を指すが、後世では 12 神の集合とされるようになった。インドのプラーナ文献では、アーディティヤは 12 ある太陽月それぞれの神と考えられる。 アーディティヤの寺院もまた、何世紀にもわたるイスラム教徒の支配の間に破壊されたが、同じ

場所に再建され、現在は活気ある宗教的な風景の一部となっている。

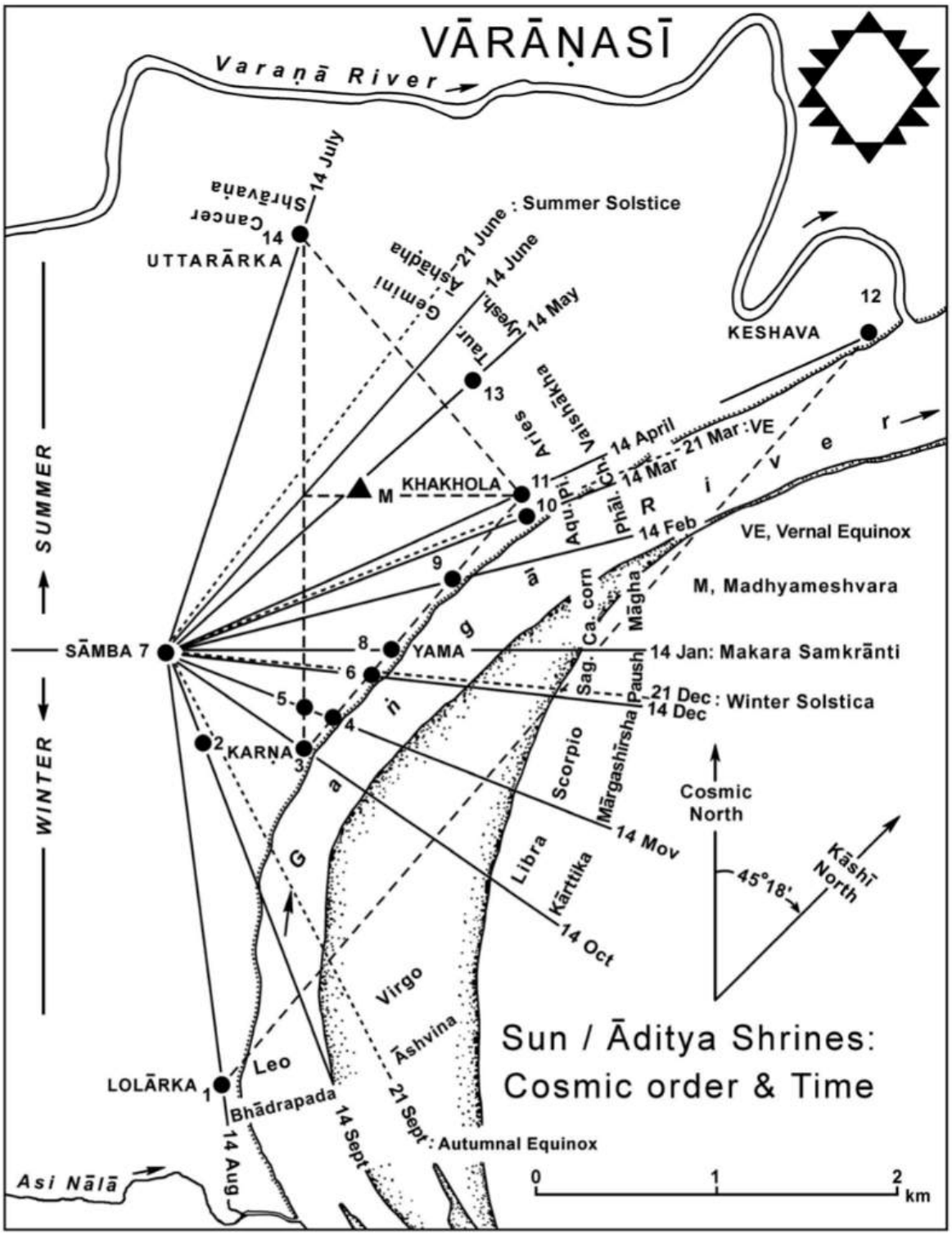


図 6.0.2. ヴァーナーラシーの太陽神社：宇宙の秩序とその時間的周期性を象徴している。 出典：Rana P.B.Singh "Banaras, Making of India's Heritage City" Newcastle （2009 年 Cambridge Scholars Publishing 出版）

いくつかのアーディティヤの神社は、”カシカンダ（Kashi Khanda）”（プラーナ文献の一つ『スカンダ・プラーナ』に含まれる聖典）や巡礼ガイドに記載されている情報を参考にして発見された（Singh and Malville、1995; Singh、2009a and 2009b）。 アーディティヤ神社のうちの６ヶ所は、底辺 2.5km の二等辺三角形の片側に並んで建っている。 三角形は、カーシーの元々の中心地であったマディヤメシャバラの旧寺院を取り囲んでいる。 三角形に沿って歩く巡礼者は、象徴的な宇宙を周回していることになる。

神聖な都市

インド亜大陸には多くの神聖な都市があるが、一部は原型となるマスタープランに基づいて建てられており、残りは特定の天の神とのつながりによって有機的に成長したものである。 重要な神聖な都市には、ヴァーナラーシー、ヴィジャヤナガラ、アヨーディヤー、マトゥラー、バクタプル、ティルパティ、カーンチープラム、ドワルカ、ウジャインなどがある。

ロバート・レヴィは、インドの神聖な都市を、個人がもつ小宇宙と、文化的にとらえられた大宇宙、その間に位置する構造化された「メソ宇宙」と見なした。 このような都市は、空間的につながったマンダラで構成され、それぞれのマンダラはそれぞれの文化と儀式によって支えられている。祭礼の年の巡礼参拝や人生の節目節目での聖地参拝により、人々はそこに住む人間としてのアイデンティティを確認するのである。

神に捧げられたライフサイクルでの節句や祭礼は、家族間の道徳的な指針やアイデンティティ・関係性を確認する機会となる。 しかし、一般的にいえば、女神に代表されるような他の神々も存在し、神々は道徳的秩序を超えた自然の力を教示する。これらの神々は、タントラ的な呼び掛け（おまじない）や不道徳的な供養をおこなうことによって、より大きな秩序をもたらす。女神を供養する儀式は、主に王と商人によって行われる。

ヴィジャヤナガルの神聖性と王権

ヴィジャヤナガル（現在ではハンピとして知られる）の街は 14 世紀に設立され、1565 年に侵略された。ヴィジャヤナガル王国の王のなかでも有名なのは、ハリハラ 1 世と 2 世、ブッカ・ラーヤ 1 世(即位 1336-1404 年)、クリシュナ・デーヴァ・ラーヤ、腹違いの兄弟であるアチュタ・デーヴァ・ラーヤ（1509-1542 年）である。14 世紀半ばから 1565 年まで、この都市はヴィジャヤナガル王国の首都であった。ペルシャ大使のアブドゥル・ラザークが 1442 年に記した記述によると：“ヴィジャヤナガラの街は、目の瞳孔にとってはそのような場所を見たことがなく、知性の耳にとっては世界に匹敵する街があるとは聞いたことがないような、そのような素晴らしい場所である。”

ハンピは、川の女神パンパとその配偶者であるヴィルパクシャ、またはパンパパティとの神話的な結びつきにより、何世紀にもわたって重要な巡礼都市であり続けた。1163 年付けの碑文には、マハーダーナの儀式（カラチュリ朝の王ビジャラによって、ハンピのヴィルパクシャ神に捧げた宗教的な供物）について記録されている。この地域は、カンピリ王国の一部であった。1326 年にムハンマド・ビン・トゥグルクの軍隊がカンピリ王を打ち負かし、王の重臣サンガマの 2 人の息子であるフッカとブッカを投獄した。数年後、スルターン朝は

フッカとブッカの 2 人を州の知事として送った。1336 年、彼らはトゥグルクへの忠誠から自由になり、ヴィジャヤナガルに首都を持つサンガマ朝を建立した。

1565 年のヴィジャヤナガルの破壊は完全かつ残酷であった。数日の間に、壮大で繁栄した都市は廃墟となり、人々は殺された。

ハンピは『ラーマーヤナ』と強い関係があり、この地域の多くの場所の名前は、叙事詩にちなんで名付けられている。 例えば、リシムカ、マルヤバンタの丘、そしてスグリーヴァがシータの宝石を隠していると言われている洞窟があるマタンガの丘など。アネガンディの場所は、猿王ヴァーリンの息子アンガダの王国に関連づけられている。 アネグンディの西にある丘アンジャネヤ・パルヴァタは、ハヌマーンの生誕の地として有名である。

毎年、チャイトラ（3 月〜4 月）の月には、ヴィルパクシャ寺院の僧侶たちが、ファラプジャ（婚約）からカリャノサバ（結婚）までのあらゆる儀式を寺院内で熱心に行い、ハンピとヴィルパクシャ神（またはシヴァ神）の結婚が再現される。

神聖な都市の中心部は、トゥンガバドラ川の南にあり、ヴィルパクシャ，クリシュナ，ティルヴェンガラナタ（アキウタラヤ），ヴィッタラの 4 箇所の大きな複合寺院によって支配されている。主要な寺院は、軸が東西南北方向に 10 分角以内に沿っているか、もしくは主だった神聖な景観の方向に向けられているか、どちらかである。

聖域のさらに南には、公開エリアとプライベートエリアに分けられた宮殿がある。東側の王の 100 柱の謁見殿と、西側の王妃の大宮殿は、ほぼ正確に南北線に沿って分割されている。ラマチャンドラ寺院はこの分割軸を貫通しており、公開エリアとプライベートエリアを結んでいる。王と神の相同性において、ラーマの王権と神性は不可分なのである。

ヴィラブハドラ寺院は、ヴァーストゥ・マンダラの中心にあるマタンガの丘の頂上にあり、そこから放射状の線に沿って広がる守護の象徴的な源である。謁見殿と王妃宮殿の中間地点から見ると、ヴィラブハドラのシハラ（尖塔）は真北からわずか 4 分角のところにある。ラーマチャンドラ寺院の西の回廊にある儀式の入り口からマタンガの丘の頂上方向を見ると、真北からわずか 0.6 分角の位置にある。

都心の小さな寺院や神社，宮殿の向きは、これらとは著しく対照的である。小さい構造は主方位軸から 17° もずれており、天頂を横切る朝の日の出の位置の影響を受けていることを示唆している。

将来の展望

寺院や古代モニュメントと密接につながる古天文学や芸術への関心は、インドの経済的繁栄が増すにつれ、どんどん高まっている。この新たな関心は、過去数十年に行われた主要な考古学的発見と、寺院観光の重要性にも大きく依存している。 天文遺産へのインド当局の関心は、2009 年のジャイプルのジャンタル・マンタルの世界遺産リストへの推薦（ケーススタディ 6.1 を参照）によって明確に示されている。ジャンタル・マンタルは、世界遺産登録委員会から登録を認められる合理的な理由を有しており、実際ジャイプルのものは登録された。インド北部にジャンタル・マンタルは他に 4 箇所あり、当初は連続して推薦されるよう、意図されていた。

重要な遺跡を管理する当局は、インド考古学調査局（ASI）と、州レベルで考古学や博物館の部

門を担う ASI の姉妹機関である。 1976 年にインド政府は、ユネスコの世界遺産である 3 つの中世の大都市を発掘するプロジェクトを開始した。ウッタル・プラデーシュ州のファテープル・シークリー、グジャラート州のチャーンパーネール、およびカルナータカ州のヴィジャヤナガルの 3 箇所である。これらの都市における豊富な発見は、国内の他のサイトを発掘し、保存する動きを強化している。 発掘、保存、および研究作業は今後も増加することが予想される。 特に、記念碑の古天文学的側面により大きな注目が置かれている。

文献

Bhat, M.R. (1995). *Varāhamihira's Brihat Samhitā*. Delhi: Motilal Banarsidass.

Bisht, R.S. (1999). "Harappans and the *Rigveda*: points of convergence", in *The Dawn of Indian Civilization*, edited by G.C. Pande, pp. 393–442. Delhi: Centre for Studies in Civilizations.

Kak, S. (2000a). *The Astronomical Code of the Rigveda.* New Delhi: Aditya Prakashan.

Kak, S. (2000b). "Birth and early development of Indian astronomy", in *Astronomy Across Cultures: The History of Non-Western Astronomy*, edited by Helaine Selin, pp. 303–340. Dordrecht: Kluwer.

Kameswara Rao, N. (2005). "Aspects of prehistoric astronomy in India", *Bulletin of the Astornomical Society of India* 33: 499–511.

Kenoyer, J. M. (1998). *Ancient Cities of the Indus Valley Civilization.* Oxford: Oxford University Press.

Lal, B.B. (1997). *The Earliest Civilization of South Asia.* New Delhi: Aryan Books International.

Lal, B.B. (2002). *The Saraswati Flows on: the Continuity of Indian Culture.* New Delhi: Aryan Books International.

Levy, R. (1991). *Mesocosm: Hinduism and the Organization of a Traditional Newar City in Nepal.* Berkeley: University of California Press.

Malville, J. McKim and Gujral, L.M., eds. (1999). *Ancient Cities, Sacred Skies: Cosmic Geometries and City Planning in Ancient India*. New Delhi: Aryan Books International for Indira Gandhi National Centre for the Arts.

Pandey, S. (1993). *Indian Rock Art.* New Delhi: Aryan Books International.

Sewell, Robert (2004 [1900]). *A Forgotten Empire: Vijayanagara.* Whitefish: Kessinger.

Singh, Rana P.B. (2009a). *Banaras, Making of India's Heritage City*. Newcastle upon Tyne: Cambridge Scholars Publishing (Planet Earth & Cultural Understanding Series, No. 3).

Singh, Rana P.B. (2009b). *Cosmic Order and Cultural Astronomy: Sacred Cities of India*. Newcastle upon Tyne: Cambridge Scholars Publishing (Planet Earth & Cultural Understanding Series, No. 4).

ケーススタディ 6.1：ジャイプルのジャンタル・マンタル（Jantar Mantar)、インド

ミシェル・コット（*Michel Cotte*）

遺跡の特徴と分析

地理的位置：インドのラジャスタン州ジャイプル

場所：北緯26º55´27″、東経75º49´19″。標高440m。

概略：ジャイプルのジャンタル・マンタルは、18世紀前半に建てられた天文台である。現在、19の主要な天文観測機器または機器群が残っている。ほとんどはレンガと石膏で作られているが、青銅で作られたものも少数ある。それらは肉眼での天体観察のために作られたもので、そのサイズの大きさによって精度を達成していた。一般的に、それらは以前の機器のデザインを再現したものだが、この遺跡では重要な建築上および装置上の革新が行われており、世界最大級のサイズを誇る装置もある。遺跡には、３種類の主要な古典的座標系のそれぞれを利用する計器がある。３種類の座標系とは、地平座標（方位角と高度）、赤道座標、および黄道座標である。 カパラ・ヤントラは2つの座標系で動作し、片方の座標系からもう一つの座標系に直接変換できる。これは、世界でも最も完成度の高い、稼働状態にある望遠鏡以前のレンガ組み機器のコレクションの一つである。

遺物の目録：コレクションの中で重要性の高い装置（ヤントラ）は以下である。

- ブリハット・サムラット：おそらく史上最大のノーモン日時計。 高さ22.6mのノーモン柱と、半径15.15mの2つの四分儀を利用して、現地時間を2秒の精度で測定する。
- サスサムサ：高いところに作られた2つの黒部屋の中に、4つの大きな子午線ダイヤルがある。
- ジャイ・プラカシュ：2つの半球形のボウルで作られた非常に革新的な日時計。空の倒置像を生成し、観測者が内部を自由に動き回って測定値を取得できるようになっている。
- グレート・ラム：天体の方位角を記録するための二重円筒型の装置。他に類を見ない、希少な装置である。
- ラジ：おそらく世界最大、直径2.43mの青銅製のアストロラーベ。
- カパラ：地平座標と赤道座標の両方で天体の座標を記録することができ、天球上の任意の点の座標を双方向に直接変換することができる。
- ラシバラヤ：天体の黄道座標を測定する、ユニークな12のノーモンダイアルのグループ。12の黄道星座のうちの1つが子午線を通過するとき、それに対応する一つのノーモンダイアルが機能する。

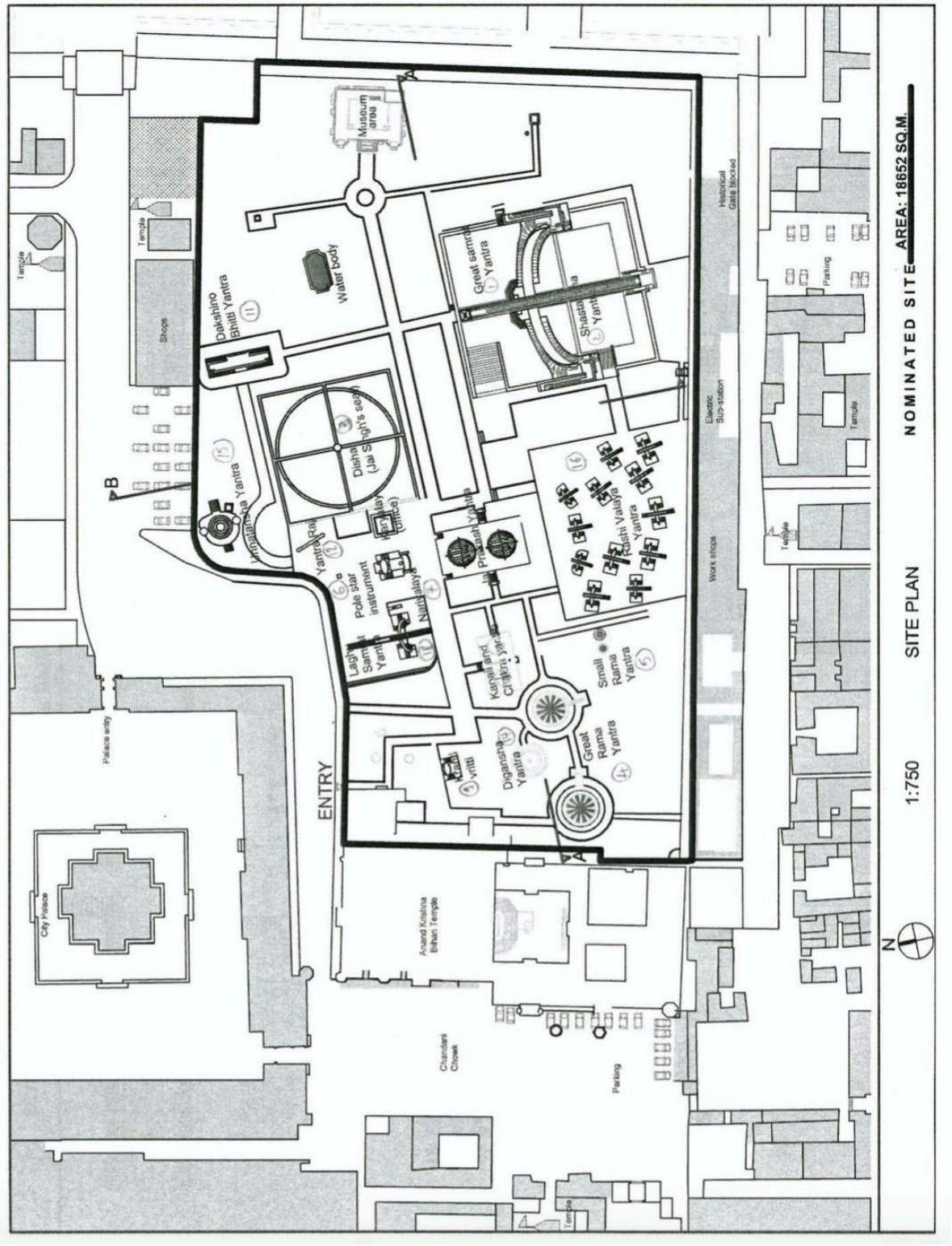


図6.1.1. ジャイプルの見取り図　©ラジャスタン州政府 芸術・文学・文化局

歴史：ジャンタル・マンタル天文台は、マハラジャ・サワイ・ジャイ・シン2世によって、彼の新首都ジャイプルの中心地として建設された。ジャイ・シン2世は、ムガル帝国の影響が弱体化した時期に、権力を持った数人の強力な王子の一人であった。彼はラジャスタン州の独立した

支配者になろうと試み、科学的能力・都市計画・社会的統制を強調するための、新しい首都の建設を開始した。天文台の建設は1720年代に始まり、1738年に完了した。

ジャンタル・マンタルは、伝統的な天動説に基づいて建てられた。ここは、最も完全で最も保存状態の良い素晴らしい天文台である。天動説は、古代から中世まで流布しており、イスラム時代からはペルシャ、中国まで渡って発展した。ジャンタル・マンタルは、中央アジア、ペルシャ、中国の初期の偉大な天文台からの影響を大きく受けている。

ジャイ・シン2世が生存中の天文台は非常に活気があり、約20人もの天文学者が常任で働いていた。1743年のシン2世の死後、首都ラジャスタンの中心地であるこの重要なランドマークは、1800年頃までほぼ継続して使用されていた。この期間中に少なくとも2回修理が行われたという事実があることからもそれが分かる。それにもかかわらず、19世紀になると、この場所は天文台としては永久に機能しなくなった。時々開けられたことがあるようだが、活動は少しだけで、完全に放棄されたと言える。いくつかの重要な修復作業が、19世紀の終わりに行われた。主要な修復作業は、1902年にイギリスの統率下で行われたものである。これにより、天文台はラジャスタンの記念碑として、新たな命を吹き込まれた。その他の修復キャンペーンは20世紀に行われ、最新の修復は2006〜07年に行われた。

文化的/表象的側面：ジャイ・シン2世の科学プログラムの主な目的は、古代イスラムのズィージュ（天文学書）を改良し、ジャイプルにおける正確な時間を継続的に測定、さらに暦を正確に定義することであった。もう1つの目的は、天文学的な事実に基づくプトレマイオスの宇宙観を、占星術の予測に適用することであった。占星術で予測されていたものには、社会的なもの（例.モンスーンや作物の収穫量の予測）と個人的なもの（例. 頒布用暦の印刷）の両方がある。この時期は、イスラム文明やペルシャ文明からもたらされた天文データが、古代ヒンドゥー教の伝統に広く受け入れられるようになった重要な時期であった。科学、宇宙論、宗教、社会的統制の織り成すものは、18世紀以降、ラジャスタン文化において非常に重要な意味を持ち、現在に至るまで続いている。

真正性と完全性：ここで問題となるのは、幾度修復されたか、また何世紀もの時間がかかる完全な修復がいつ行われたのかということである。

科学的問題や象徴としての重要性に関連するところで言うと、現在の遺物の完全性は、オリジナルに比べても見劣りするものではない。修復をしやすくするために敢えて破壊が行われた場合でも、機器の機能に関する能力は、常に保たれている。

観測機器の信頼性は、より複雑な問題である。スケールの目盛りの大部分は、元々水硬性の石灰石膏の表面に刻まれた溝でできており、刻まれたままか、もしくは鉛を埋め込んでいた。大理石に刻んで作ったスケール目盛りはごくわずかであった。しかし、20世紀の修復で石膏の代わりに大理石が使われるようになり、この比率は変化した。 修復の際には、階段の増設や改造が行われたり、新しい材料を使って再建されたり、壁の塗装が一新されたりした。場合によっては、元の機器の正確な外観や詳細な構造を知ることが困難なものもある。また、20世紀初頭には、目盛り付きスケールに関して、西洋流の再解釈が行われたようである。

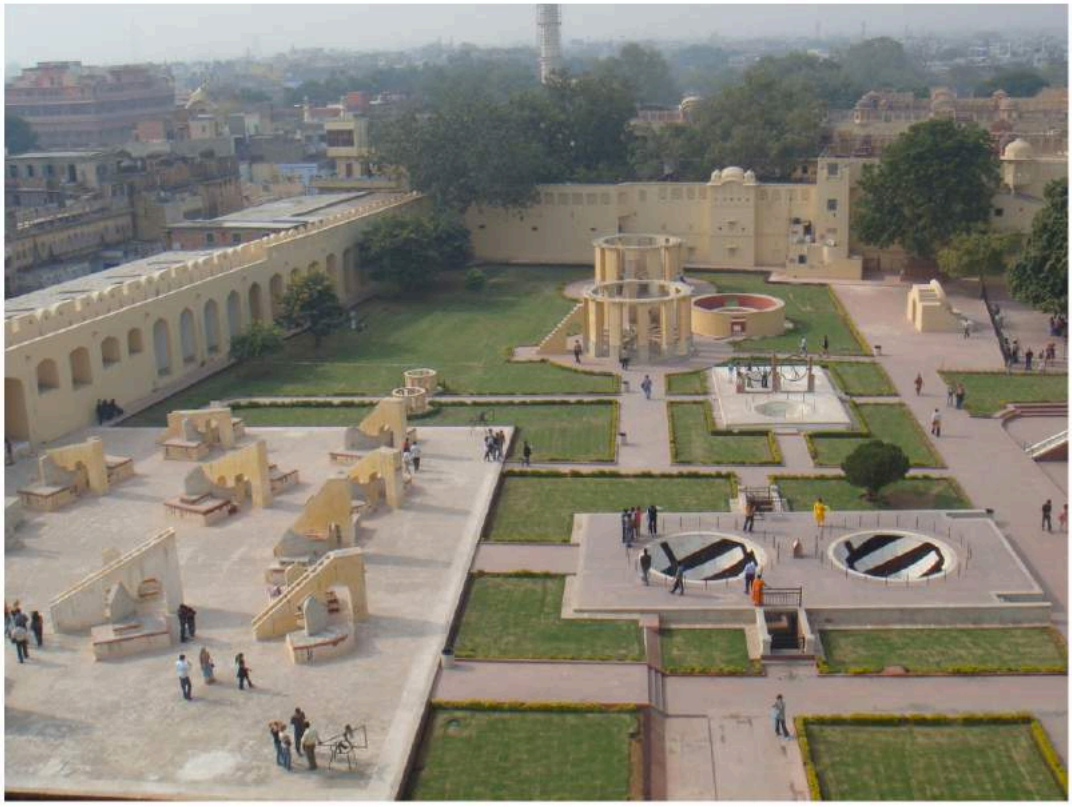


図6.1.2. ジャイプルの航空写真 ©ラジャスタン州政府 芸術・文学・文化局

図6.1.3. ジャイプルのブリハット・ヤントラ　©ラジャスタン州政府 芸術・文学・文化局

資料とアーカイブ：ラジャスタン州政府やジャイプル図書館といった公的機関が、アーカイブや文書の重要なコレクションを所有している。考古学部当局とラジャスタン博物館は、1968年以降すべての作業を記録している。

現在の遺跡の管理

現在の利用法：このサイトは観光業が盛んであり、2006年から2008年の間には年間70万人以上の観光客が訪れている。 さらに、ここにある観測機器は使用可能な状態にあり、スタッフまたは権限のある人は天体観測を行うことができる。

このサイトは、考古学部当局とラジャスタン博物館によって管理されている。公的な現地スタッフは約12人いる。メンテナンスと調査の仕事は民間企業に下請けされ、現場には約30人が常に働いている。

保護：ジャンタル・マンタルは公有財産であり、ラジャスタン州の遺跡および記念碑法(1961年)によって管理されている。また、ラジャスタンの国定史跡(1968年)として保護されている。

保存状態：2006年から2007年にかけて、建築物のメンテナンスと修復をおこなう大きな事業が行われた。その後のジャンタル・マンタルの一般的な保存状態は良好と思われる。それでもやはり、金属製の器具には何らかの更新や修復が必要である。

地理的環境：当遺跡は、旧王宮に近く、ジャイプルの歴史的な街の一部に位置づけられている。 今日でもハワ・マハール宮殿とシティ・パレスが近くにある。この緩衝地帯には、密集した都市景観と、重要性の高い歴史的環境の両方が混在している。

当局は、サイト周辺の景観を再構成し、道路交通・駐車場・観光客の歩行者のアクセスなどを、都市の制約と開発と調和させながら、使い勝手を向上させようとしている。

考古学的/歴史的/遺産研究： 遺跡の保護と評価のため、スタッフは決まった方角・条件での定点写真を記録している。主要な科学的目標は、現在の使用者のために既存の能力を向上させることと、使用を通じて機器を維持することである。 遺跡の世界的な真正性と完全性をより高めるために、当記念碑の歴史的景観と自然環境だけを目的とした研究と修復のプログラムがある。

損傷、破壊等の脅威 ：このサイトへ脅威をもたらす主な要因は、観光客の急激な増加、雨や乾季の散水による建物の基礎内部への浸水、都市汚染などである。

世界遺産への申請状況：ジャイプルのジャンタル・マンタルは、2010年の世界遺産登録キャンペーンに申請している[2]。

[2] 【訳注】2010 年世界文化遺産《第 1338 号》に登録された。

第７章　メソポタミアと中東

ジョン・スチール（*John Steele*）

天文学に関する事柄を文字の形で記したもののなかで一番古いものは、粘土板に楔形文字で記されている文書である。これらは、現在のイラクとその近隣に存在していた古代アッシリアとバビロニアで見つかっており、アッカド語で書かれている。粘土は、オーブンや日光で焼かれる（または意図せずに火事に遭）と壊れにくい材料となるため、メソポタミアの考古学的遺跡から数十万個の楔形文字粘土板が回収されている。 まだ地中に埋められたままのものも多数あると思われる。楔形文字粘土板のごく一部（おそらく 1%程度）が天文学に関係したものであるが、これらは総数約 5000 枚にもなる。その内容は天文観測、予測、理論、占星術などである。これらの5000 枚のうち、おそらく半分から 3 分の 2 がすでに研究され、出版・公開されている。 残りのものも、時間のかかる手順を踏んでではあるが、公開に向けて作業が進められている。

解読テキストによると、メソポタミアでは太陽、月、惑星、いくつかの恒星や星座が紀元前 3 千年紀にすでに命名されていた。また、この時までに、そしておそらくもっと早い時期から、太陰太陽暦が使用されていた。これは、満ち欠けする月が見え始めたときから暦の月（太陰月）が始まり 12 か月で一年となる。但し、3 年ごとに閏月が挿入されるというものである。旧バビロニア時代（紀元前 2 千年紀の前半）までに、天体現象（昼と夜の長さ）の変化をモデル化するための最古の数学的手法が開発されていた。また、この頃、日食時の月の動き方が、地上で起こるものごとの前兆であると考えられたという記述もみられる。

紀元前 1 千年紀の時代に、アッシリアとバビロニアで広範囲にわたる天文学的な活動がなされていたという証拠がいろいろ見つかっている。天文学的活動とは、例えば次の様なものである。1）定期的にかつ体系的に観測がなされたこと。2）月、太陽、惑星の動きには周期性があることを見つけていたこと。 3）未来に起こる天文現象を予測する経験的方法を開発したこと（これには、惑星が次はどの星座に向かって移動するか、月食・日食の起こる日時、惑星を目にすることができる最初と最後の日時、惑星の移動の停留日時などが含まれる）。4）月と惑星の現象を計算する数学的方法の開発。 5）天体現象の占星術的解釈。 6）未来の年月の暦作成などである。メソポタミア天文学の多くの成果は、ギリシャ、インド、その他の文明に伝えられた。黄道帯という概念、60 進法という数字記法、プトレマイオスの天文学理論の基礎となる多くの天文数値定数、数学的天文学のシステム全体などである。そして、「天文学的な出来事は数値的に分析して予測できる」という、まさにその考え方が伝えられたのである。

メソポタミアの天文遺産を大きく分けると 2 つの形態になる。(i) 有形の可動遺産、すなわち天文学的な内容が記されている楔形文字粘土板と (ii) 無形遺産、すなわち他の文明の天文学に残存しているメソポタミア天文学の功績の 2 つである。有形で不動の遺産の存在、たとえば、天文台あるいは観測場所として特定された建物は、見つかっていない。都市計画に東西南北の方位を念頭に置くという天文学的考え方が使用された証拠はほとんどない。これらの事実を考えると、メソポタミアの古代遺跡のいずれをとっても天文遺産・遺跡であると考えることは難しい。

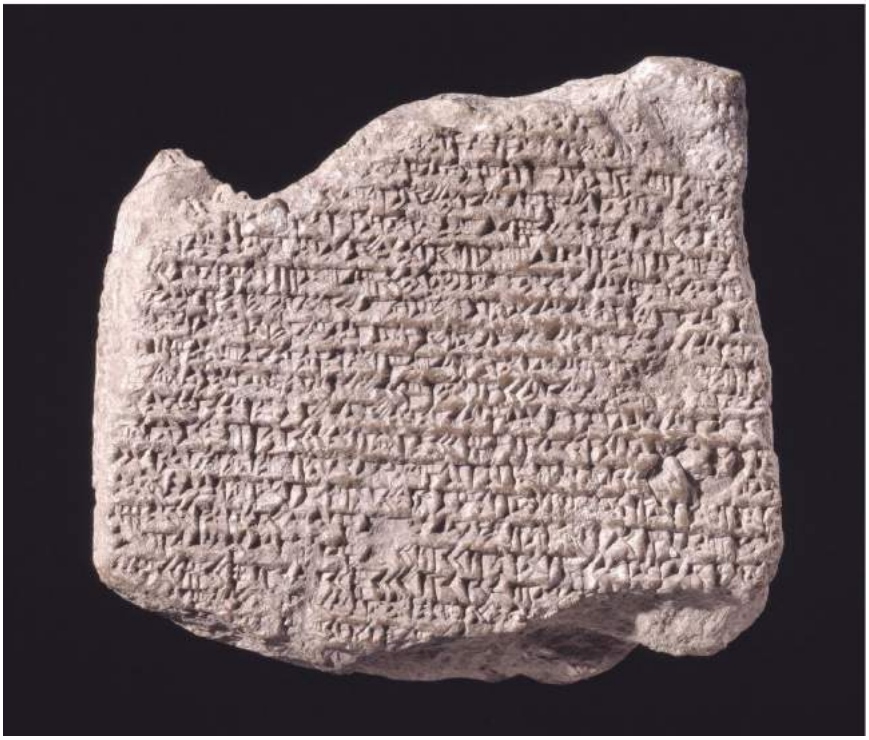


図 7.0.1. セレウコス時代（紀元前 137〜136 年）の 175 年の最後の数か月の天文記録を含むバビロンの天文日記。 報告されている観測記録の中には、紀元前 136 年 4 月 15 日の皆既日食の詳細な説明が含まれている。 BM45745。©大英博物館評議会

アッシリアとバビロニアの天文楔形文字粘土板

メソポタミアの多くの場所から天文楔形文字粘土板が見つかっている。粘土板のほとんどは、ネオアッシリア（紀元前 750〜600 年）およびバビロニア後期（紀元前 750〜紀元後 75 年）の時代のものであるが、その内の一部はそれより以前の時代の粘土板の複製品であることが明らかになっている。アッシリア地域では、ニネベから数百の天文粘土板が見つかり、アシュールとニムルドからは少数ではあるが粘土板が発見された。 バビロニア地域では、バビロンから 4 千個以上、ウルクから数百個の粘土板が見つかり、シパル、ニッパー、ウルからは、それぞれごく少数の粘土板が発見されている。 メソポタミア地域以外の場所では、少数の天文学的な楔形文字粘土板が、スルタンテペの新アッシリア都市跡で発見されている。

他の粘土板と同様に、天文学的粘土板は 3 つの異なる手段で収集されている。

(i) 博物館による古物商からの購入（19 世紀および 20 世紀初頭）。ほとんどの場合、購入した粘土板の出所情報はない。出所がどこそことなっていても、疑わしいことが多い。通常、出所は、テキスト自体の記載内容と、同じロットで購入した他の粘土板との比較検討によってのみ判断ができるだけである。

(ii) 非科学的発掘（19 世紀および 20 世紀初頭）。初期の発掘で回収された粘土板は、購入したコレクションの資料と同様で出所情報を持たないことがよくある。

(iii) 科学的発掘（20 世紀初頭以降）。ドイツによって行われたアシュール、バビロン、ウルクの発掘調査から始まったものである。詳細な発掘記録には、個々の（または時にはグループの）粘土板の正確な発見箇所が示してある。

違法な発掘によって見つけられた粘土板で非合法古物取引によって個人コレクションに収集された粘土板はあるが、その中には天文学に関係するものは無いと考えられている。

楔形文字粘土板が様々な手段で入手されたということと、発掘物品の管理法律がよく変更されたという事情があって、粘土板は現在、ヨーロッパ、中東、米国の少なくとも 17 の博物館に散在している。次の表は、2009 年 7 月の時点で著者が認識している天文関係の楔形文字粘土板を所蔵している博物館の一覧である。

博物館名	天文粘土板数	出土場所
アンカラ考古学博物館	11	スルタンテペ
考古学博物館、イスタンブール	約 150	ウルク
アシュモレアン博物館、オックスフォード	1	バビロン
バーミンガム博物館と美術館	4	バビロン
ロンドン大英博物館	＞4000	バビロン、ニネベ、シパル、ウル
コロンビア大学図書館、ニューヨーク	4	バビロン
ドロップジーカレッジ、フィラデルフィア	1	バビロン
ハーバード・セム博物館、マサチューセッツ州ケンブリッジ	2	バビロン
ハイデルベルグ	約 10	ウルク
イラク博物館、バグダッド	20	バビロン、ウルク、シパル
ケルシー考古学博物館、アナーバー	1	バビロン
ルーヴル美術館、パリ	約 15	ウルク、その他の購入粘土板
メトロポリタン美術館、ニューヨーク	11	バビロン
ルーアン美術館	1	バビロン
オリエンタルインスティテュート、シカゴ	27	ウルク
大学博物館、フィラデルフィア	18	バビロン、ニップル
VAM、ベルリン	約 100	バビロン、ウルク、アシュール
イェール・バビロニアコレクション、ニューヘブン	10	ウルク

天文学的内容の楔形文字粘土板がさまざまな博物館に分散して所蔵されていることは、メソポタミアの天文学的な遺産を評価するときに問題となることがある。これの最も極端な例は、一つの粘土板の断片が異なる博物館に所蔵され、テキストの両方の部分を一緒に研究すること、または粘土板を合わせて復元することを不可能にしている場合である。異なる博物館は、コレクションへのアクセスに関して異なる方針で運用している。たとえば、大英博物館では、誰でも粘土板を研究して成果を出版・公開できるオープンアクセスポリシーで運用している。しかし、ベルリンのVAM博物館は、一緒に発掘されたすべての資料が一緒に公刊されるように、コレクションの公刊を調整する方針をとっている。どちらの方針にも長所と短所がある。大英博物館のオープンアクセスポリシーは、誰でもいつでも天文粘土板を調査できることを意味するが、「いいとこ取り」につながる可能性がある。これは、解読しがたい粘土板、保存状態

のよくない粘土板、あるいは興味を惹かれない粘土板などが打ち捨てられて日の目を見ないことになってしまうことがある、という意味である。一方、ベルリンのポリシーでは、最終的にはすべてが公刊されるが、粘土板が見つかった考古学的なコンテキストも保持する方法で公刊される。従って、この調査研究の時間が長引く場合、その資料を他の研究者が見ることができないことがおこる。政治的な事情から、一部の博物館のコレクションへのアクセスが困難または不可能であることも起きている。

図 7.0.2. 「システム B」を使用して計算されたバビロンの月の暦。 この粘土板は、セレウコス時代の 208～210 年目（紀元前 104/103 年～102/101 年）を対象としている。この写真が撮影されたのちのことであるが、本章著者は大英博物館の所蔵品の中から粘土板の 4 つの小さな断片を発見し、この大きな断片の隙間を埋めるものであることを見出した。粘土板を特定して断片をつなぎ合わせる作業は、天文楔形文字粘土板研究の重要な部分となっている。BM 34580 + 42690。©大英博物館評議会

より広い範囲で見た中東の天文遺産：クムラン

クムランの洞窟で発見された死海文書には、天文学と暦を扱った多くのテキストが含まれている。 特に、エノク書のいわゆる「天文学の章」の断片、その解説、および関連する暦および天文学の理論に関するテキストが目を引く資料である。この資料の中のいくつかの内容は、初期のメソポタミア天文学と後期のエチオピア天文学と明確に繋がっている。死海文書のすべてのテキストの出版は、「ユダヤ砂漠での発見（*Discoveries in the Judaean Desert*、Oxford University Press）」シリーズで進行中である。

文献

Ben-Dov, J. (2008). *Head of All Years: Astronomy and Calendars at Qumran in their Ancient Context*. Leiden: Brill.

Hunger, H. and Pingree, D. (1999). *Astral Sciences in Mesopotamia*. Leiden: Brill.

Rochberg, F. (2004). *The Heavenly Writing: Divination, Horoscopy, and Astronomy in Mesopotamian Culture*. Cambridge: Cambridge University Press.

Steele, J.M. (2008). *A Brief Introduction to Astronomy in the Middle East*. London: Saqi.

第 8 章　古代エジプト

フアン・ベルモンテ（*Juan Belmonte*）

この章では、古代エジプトでは追跡が難しい自然科学としての数学的または理論的天文学の歴史を扱うのではなく、その分野の文化的側面を扱う。考古天文学は文化的側面を主に対象とし、人類学的および歴史的な諸問題は学際的に研究する。その際、球面天文学と位置天文学が、大きな役割を果たす。時間・時刻をどのように測っていたか。 神聖なものであれ世俗のものであれ暦をどのように作成していたか。 宗教的な要請に応じてどのように神殿などを方向づけたか。 そして、空をみてどのような終末論的世界観を持っていたのか、あるいは、日常生活上の必要性から何らかの目印を探してそれを見ていたのであろうか。これらの疑問に答えるのが、本章の主題である。

ここで列挙した疑問点はすべて、時代を問わずあらゆる文化について、それぞれの文化の本質に深く関連している。古代エジプトも例外ではなく、その遺産の中に疑問を解く鍵がある。古代エジプトの数学的天文学の発展に関する解説はあるが、それらは時代遅れの解説であり、今は無視することにする。過去 10 年半の研究で、空を観測することと観測する人がファラオの文明のさまざまな側面で非常に重要な役割を果たしてきたことが明らかになってきた。 ごくごく初期の原始王朝時代にナイル政権によって太陰暦が作られたという証拠があるし、古代王朝の最終期にはエジプト天文学の傑作の 1 つであるデンデラの黄道帯（ケース・スタディー8.3 参照）が作成された。したがって、3000 年以上もの長い期間、エジプトの観測者は、上記の疑問に対する正確な答えを見つけるために天空を精査してきたと言えるのである。

天文学的／古天文学的側面

古代エジプト人は、考古学、伝説、歴史が示すように、熱心な空の観察者であった。彼らは、人類がこれまでに発明した暦の中で最も洗練されたものの 1 つを生み出すことができたほどの、驚くべき計時システムを開発していた。彼らは一連の分かりやすい星座、星群、星々を使って天空を完全にマッピングすることができていた。彼らの動機は二つある。一つは夜空の星の見え方から時刻を知るという日常生活上からくる動機である。もう一つは、きわめて形而上的なもので、永遠の命を象徴する星々を観測して終末・再生観を展開するというものである。彼らは宇宙秩序と完全に一致するように神殿を並べた。場所、時代、神々の特性に応じて異なる天文学的な方向を選択して神殿を建設していた。そのため、彼らは「紐の引き伸ばし」という儀式を神殿建設時に行っていた。そして最後に、神殿の場所として自分たちの領地の中の特定の場所を選び出して、地上と天の両側面を反映した風景の中に宇宙秩序が現れるようにしたのである。

上で述べたことは、ナイル渓谷に沿ってあるいはオアシスに散在している物的証拠で確認することができる。これらの証拠は、献身的なエジプト学者達の辛抱強い努力によって砂の中から発見されたものである。これらの遺産は大まかには次のように分類できる。

1. **パピルス文書**。天文テキストあるいは天文情報を抽出できる宗教文書を含む。グレコローマン時代の占星術のパピルスもここに含めることができる。
2. **デカン時計対角表**。古王国時代後期以降の宗教的な物品（主として棺）に納められている。「棺のテキスト」にも関連情報が含まれている場合がある。 これらの物品は、ほとんど元々あった場所から遠く離れた美術館に所蔵されている。
3. **ピラミッド文書**。旧王国の複雑な終末論の中に、星々についての記述がある。 これが、星について述べた最初のものであろう。中王国の棺のテキストと新王国と後期のさまざまな宗教書（アム・ドゥアット、昼と夜の書、洞窟の書、門の書など）にも、同様の記述がある。
4. **祭宴暦**。古王国時代以降の墓や神殿などの宗教的遺跡で発見されるパピルス文書あるいは記念碑文の中に記されている。シリウスが夜明け前に初めて現れる日付を明記しているものは重要度が高く、古代エジプトの年代を確立する上で鍵となる史料である。個々の日付が明記されている他の文書もこのカテゴリに含まれ得る。
5. **天井天体図**。 新王国以降の建造物の天井に描かれた天体図であって、洗練された表現のものもある。デカンのリスト、星座と惑星の名前と絵画的表現、暦、星座時計が描かれている。
6. **神殿の方位整列**。時代と地域によって異なるが、神殿や神聖な建造物が、天体の方位に沿うように建造されている。エジプトでは種々の天体を方位の目印としていたことが最近明らかになってきた。 目印としては、大熊座（Meskhetyu)、 エジプトの空で最も明るいシリウス（Sopdet または Sothis)、太陽の日の出の方角（冬至と春分、またはエジプトの大晦日（Wepet Renpet)）が選ばれた。
7. **宇宙的景観**。エジプト人は（古代エジプト期以前から）宇宙秩序を地球上で再現することを念頭に置いてきた。このために、天文学的な天空の配置と地形が整合した場所を探してそこを重視してきた。

歴史的および文化的側面

古代エジプトの歴史は、2000 年以上にわたる年月を、「大時代」または「大王朝」という形に大きく分割して考えられてきた。この習慣は、現代のエジプト学の研究の中でも一般的にみられる。しかし、古代エジプト人自身はそのような基準に従って彼らの支配者をグループ化しなかった。その代り、彼らは彼らの歴史を通して王朝という概念を開発したようである。それぞれの期間の正確な長さと始まり・終わりの時期はまだ学会でも合意には至っていない。典型的な年代表を表 8.0.1 に示す。

新王国以前の年代はおおよそのものであり、注意してとり扱う必要がある。天文学的な「記念碑」は、初期の王朝以降のすべての時代で建立された（パレルモ碑文によると、「紐の引き伸ばし」儀式は第 1 王朝まで遡る)。ただし、遺跡の大部分は、3 つの「王朝」、古王朝と新王朝、およびプトレマイオス朝時代のものである。これらの時代に圧倒的な威容をもつピラミッドが構築され、ピラミッドのテキストと最良の天文天井図が作成され、天文学的に整列した巨大な神殿が建てられた。例外としては、第 1 中間期と中王国の棺に納められたデカン時計表があげられる。

エジプトの天文学の伝統は、西エジプト砂漠の真ん中にある謎めいた場所であるナブタプラヤにある長く枯渇した湖のほとりで、有史の数千年前に始まったことが示唆されている。現在、こ

の場所は、人里離れた不毛で人間の居住地から遠く離れたところである。ここで太古の時代、牛飼いのグループがいくつかの小さな石造物を建てた。いくつかは長い整列状態にあり、別の石列は小さなストーンサークルあるいはドルメンの形になっている。天文学的に整合しているように考える人もいるが、これが意図的であったかどうか、および遺跡をどのように解釈すべきかについては議論の的であり、決着がついていない。

先王朝時代後期	紀元前約 3000 年
初期王朝時代（第 1〜3 王朝）	紀元前 2920–2575 年
第 1 王朝	紀元前 2929–2800 年
第 2 王朝	紀元前 2800–2650 年
第 3 王朝	紀元前 3650–2575 年
旧王国（第 4〜8 王朝）	紀元前 2575-2134 年
第 4 王朝	紀元前 2575–2465 年
第 5 王朝	紀元前 2465–2323 年
第 6 王朝	紀元前 2323–2150 年
第 7/8 王朝	紀元前 2150–2134 年
最初の中間期（9〜11 王朝）	紀元前 2134-2040 年
第 9/10 王朝	紀元前 2134–2040 年
第 11 王朝	紀元前 2134–2040 年
中王国（11〜14 王朝）	紀元前 2040–1640 年
第 11 王朝	紀元前 2040–1991 年
第 12 王朝	紀元前 1991–1783 年
第 13/14 王朝	紀元前 1783–1640 年
第 2 中間期（15/17 王朝）	紀元前 1640–1532 年
新王国	紀元前 1532–1070 年
第 18 王朝	紀元前 1550–1319 年
第 19 王朝	紀元前 1319–1196 年
第 20 王朝	紀元前 1196–1070 年
第 3 中間期	紀元前 1070–770 年
第 21 王朝	紀元前 1070–945 年
第 22 王朝	紀元前 945–712 年
第 23 王朝	紀元前約 828–712 年
第 24 王朝（サイス）	紀元前 724–712 年
第 25 王朝（ヌビアとテーベ地域）	紀元前 770–712 年
後期（第 25 王朝–第 2 ペルシャ時代）	紀元前 712–332 年
プトレマイオス期	紀元前 332–30 年
ローマ期	紀元前 30–西暦 384 年

表 8.0.1. 古代エジプトの典型的な年代表。

古代エジプトの「天文学」は、その文化の社会的、経済的、政治的、宗教的側面に密接に関連していた。 天文天井図は、洗練された天体図であり、死後の世界への地図または案内図であるように見えるが、生きている者の日常生活にも役立っていた。祝宴カレンダー、および日常生活暦自体は、国の宗教的および経済的、ひいては政治的側面で利用されていた。星座時計は、おそらく夜の計時のために開発され、寺院の行政と祭祀の実施の際に使用されていたが、死んだ王たちに天の「冥界」への案内としても提供されていたのであろう。神聖な建物が天文学的な方向に沿うように建造されたことは、恐らく実利的な理由もあったであろうが、権力を誇示する祭祀の際に圧倒的な印象を与える光と影の饗宴を生み出すという目的もあったであろう。

エジプトの天文学の遺産のどれだけが現在まで伝わっているかを断定するのは簡単ではない。市民暦は確かに、コプトの人々ばかりではなく、グレゴリオ暦へも明らかな影響を残している。しかし、他の中東文化、古典世界、初期キリスト教天文学にエジプトの影響の有無を追跡することは難しく、まだまだ議論されているところである。

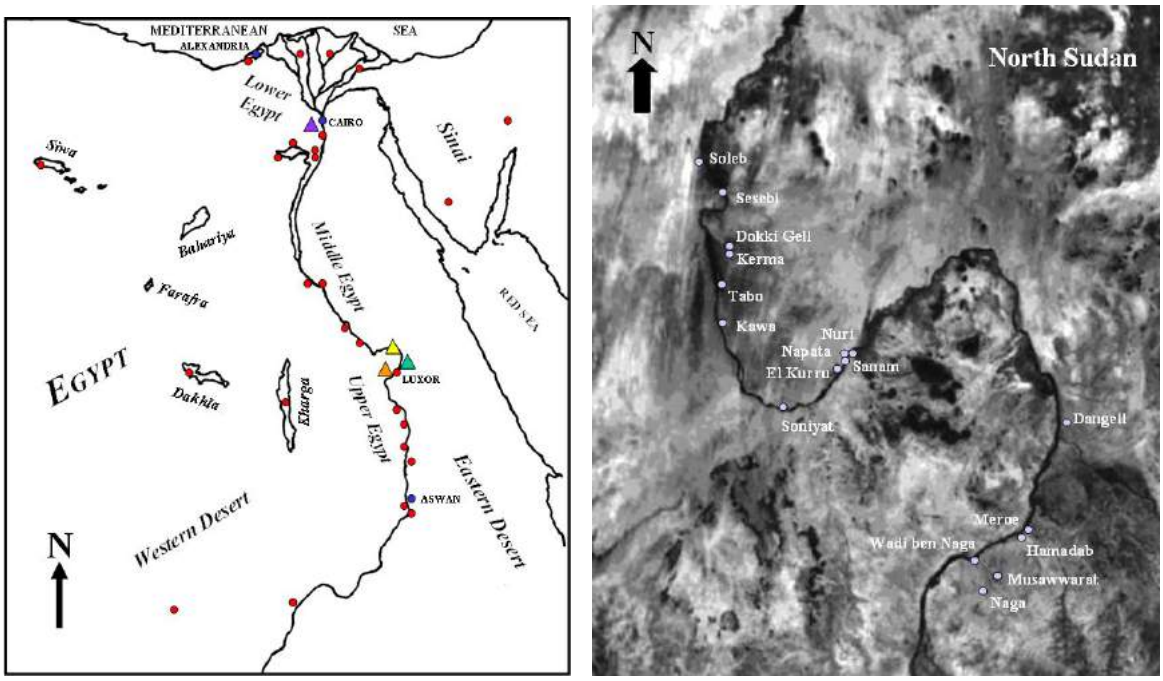


図 8.0.1 古代エジプトの地図（左）とクシュの地図（右）。ケース・スタディの対象となっている地点が示されている。古代エジプトの西部テーベ（オレンジ色の三角形）、カルナック（緑色の三角形）、デンデラ（黄色の三角形）、ギザ（紫色の三角形）。古代スーダンのナパタ付近。 ©フアン・ベルモンテ

地理的範囲

図 8.0.1 は、本章で対象としている地域の地理的範囲を示している。 エジプトアラブ共和国がその中心である。ナイル川の峡谷とデルタ地帯、セラビットエルカディムの印象的な神殿が存在するシナイ半島、西砂漠のオアシス（シワ、バハリヤ、 ファラフラ、ダクラ、ハルガ）、遺跡が

点在する東部および西部の砂漠、および地中海沿岸などが含まれる。

古代エジプト地域は、現スーダンとの国境を越えてさらに南に延び、古代クシュ王国が占めていた地域まで広がっている。もっとも、このヌビアとよばれる地域は現在ではアスワンダムによる人造のナセル湖（スーダンのヌビア湖）の水で覆われている。この地域には、純粋にエジプト起源の遺跡と、10 世紀以上前（紀元前 7 世紀[エジプト第 25 王朝]から 4 世紀にかけて）にクシュの王によって建てられたものが含まれている。クシュ王国は、初期はナパタで後期はメロエに首都を置いていた。この地域の本格的な考古天文学的調査は未だなされていない。予備的な調査によると、クシュ王国では、古代エジプト文化が再現されたようであるが、いくつかの固有の特性もあったことを示唆している。

エジプトの国境外に散在しているエジプト文明の遺跡もいくつかある。その良い例は、イスラエルのネゲブ砂漠にあるティムナ渓谷のハトホル神殿である。

主なサイトと天文学との関連性

エジプトとスーダンの多くの遺跡が世界遺産リストに登録されている。 これらの中いくつかは、古代エジプト文明に関連している。北から南への順に挙げると、

(i) メンフィスとその墓所遺跡－ギザからダハシュールまでのピラミッド地帯
(ii) 古代都市テーベとその墓所遺跡
(iii) アブ・シンベルからフィラエまでのヌビア遺跡群
(iv) ゲベル・バルカルとナパタ地方の遺跡群

以上の 4 つである。

これらの遺跡の最初の 2 つには、多数の異なった種類の遺産が含まれている。グループ (i) には、旧王国のピラミッドの大部分に加えて、中王国時代のピラミッドもいくつか含まれる。有名なギザグループ、サッカラのゾセルのピラミッド、第 6 王朝と後期第 5 王朝の文書を内蔵するピラミッド群である。また、祭祀のリストを内蔵している旧王国の美しく装飾された長方形型墳墓（マスタバ）や古代メンフィスの散在する遺跡も含まれる。グループ (ii) は、ルクソールとカルナックの有名な神殿、王家と女王の谷、新王国のファラオの百万年の神殿、および貴族達の墓を含む大きくて非常に印象的な地域に対応する。 ここは、考古学的遺跡が世界でもまれにみる規模で集中している場所であり、天文学との関連性はどこにおいても見ることができる。グループ (iii) は、アブシンベルにあるラムセス 2 世の素晴らしい神殿で年にたった 2 日間だけ日光が奥まで通るということで有名なものと、フィラエ島のイシス神殿、さらにナセル湖沿い神殿で構成されている。 これらの寺院はすべて、元の場所から移動されている。 グループ (iv) には、古代ナパタの地域に建てられたすべての遺跡が含まれる。エジプトのファラオとその地域の後継者であるクシュ王によって建造されたものである。ナパタはその王国の最初の首都であり、ゲベル・バルカル山のふもとにあるアメン神の重要な崇拝と巡礼の中心地であった。世界遺産サイトには、エルクル、バルカル、ヌリの有名なピラミッド地帯も含まれている。

表 8.0.2 は、重要な天文学遺産を含むサイトの暫定的なリストである。リストは地理的基準に従って作成され、各項目は上述（天文学的／古天文学的側面）で定義された 7 つのカテゴリに従って分類されている。上記の 4 つのグループのいずれかに該当するサイト、つまり既存の世界遺

産リストに含まれるサイトは、斜体で表示されている。リストは暫定的なものであり、 決して網羅的でも完全でもない。新しい遺跡または物品が将来発見されて、それも新しいカテゴリとして提案されて認定される可能性がある。たとえば、古代のアレクサンドリアの図書館のわずかな遺物とセラペウム寺院は、これまでに提案されたカテゴリには含まれてはいないが、このリストに含まれるべきであろうと判断される。

保存と保全

エジプトアラブ共和国古代遺産最高評議会（以下、SCA）およびスーダンイスラム共和国考古学局（以下、ASS）は、遺産を可能な限り最高の保存状態に保ち、貴重な遺産を守るためにあらゆる努力を行っている。 しかし、広大な領域にわたる大量の遺跡を保存する必要があることを考えると、必ずしも簡単な作業では無い。 多くの場合、これらの遺跡は完全に人里離れた地域にあるか、急速に拡大している都市の内部に位置している。 どちらの場合も、保護は簡単な業務ではない。

たとえば、非公式の報告によると、ナブタプラヤのサイトは、過去数年間破壊行為の被害を受けている。その結果、エジプト当局は最近、いわゆる暦円環列石（太陽の方位を示すと考えられている円環状立石）をアスワンのヌビア博物館の庭園に移動することを決定した。これは石そのものの保護にはなるが、遺跡の状態を変えるものであり、おそらくその価値の属性を変更し、真正性、完全性、保全管理が問題となってくる。

しかし、古代エジプトの遺跡は、一般的には、SCA の献身的なメンバーと検査官によって保存され、保護されている。表 8.0.2 にリストされているサイトのうち、重大な危険にさらされているサイトはごくわずかである。王家の谷の墓は危険にさらされている一例である。毎日何百人もの訪問者によって引き起こされる温度と湿度の変動が印象的な装飾に損傷を与え始めているからである。このため、セティ 1 世のような素晴らしい天体図のいくつかは、一般見学者が見ることができなくなった。 地下水位が、いくつかのケースで潜在的な問題になっている。1 つはアビドスのオシリオンで、天井に「ヌトの宇宙」が描かれた部屋が時々浸水している。

場所	遺産	カテゴリ	時代	簡単な説明
ナイル川峡谷（エジプト）				
アレキサンドリア	ビブリオテカ	図書館	プトレマイオス朝	遺跡僅少。講堂を含む。
アレクサンドリア	セラペウム	聖域	プトレマイオス朝	基礎構造と地下室
ブト	ウアドジェット神殿	4、6	新王国	トトメス3世の現地での祭祀リスト
ベーベイト・エル＝ハガー	イシス神殿	6	プトレマイオス朝	巨大な建造物遺跡
サン・エル＝ハガー	古代都市タニス	6、7	後期	アメン神殿の境内
ギザ	*ピラミッド*	*6、7*	*第4王朝*	*ケーススタディ 8.4 を参照*
アブ・ゴラブ	*太陽神殿*	*6*	*第5王朝*	*太陽に捧げられた最古の神殿*
サッカラ	*ジェセル王地区*	*6*	*第3王朝*	*ピラミッド、聖域、彫像安置室*
サッカラ	*ピラミッド*	*3、6、7*	*第5、第6王朝*	*埋葬室のピラミッド文書*

サッカラ	*貴族の墓*	*4*	*古王国*	*祭祀のリスト。暦の日付。*
ダハシュールとメイドゥム	ピラミッド	6	第4王朝	スネフェル王建造で最古の正四角錐ピラミッド
アル・ファイユム	セイラのピラミッド	6	第4王朝	南北整列の最古の建物
アル・ファイユム	さまざまなサイト	6	プトレマイオス朝/ローマ時代	大晦日の日の出方向に沿わせた神殿
アル・ファイユム	クサル・カルム神殿	6	プトレマイオス朝	セベク神殿太陽光陰影効果
ヘルモポリス地区	様々なサイト	6、7	様々な時代	月神都市。 月の方角？
テル・エル・アマルナ	アテン神殿	6、7	第18王朝	宇宙景観を持つ太陽神殿
アスリビス	古代遺跡	5（6？）	プトレマイオス朝	黄道帯。「紐の引き伸ばし」儀式画
アビドス	ウム・エル・カブ	6	初期王朝	最も初期の天文学的に整列した建造物
アビドス	神殿	4、5、6	新王国	ヌトの宇宙論。 王のリスト
デンデラ	ハトホル神殿	4、5、6、7	プトレマイオス朝/ローマ	ケース・スタディ8.3を参照
ルクソール（テーベ）	*カルナック神殿*	*4、6、7*	*複数時代*	*ケース・スタディ8.2を参照*
西テーベ	*王家の谷*	*3、5*	*新王国*	*天体図と星座時計*
西テーベ	*デル・エル・バハリ*	*6、7*	*第11、18王朝*	*メンチュホテプ2世神殿とハトシェプスト神殿*
西テーベ	*デル・エル・バハリ*	*3、5*	*第18王朝*	*センムトの墓。 ケーススタディ8.1を参照*
西テーベ	*アル・アサシフ*	*3、5*	*後期*	*メントゥエムハットとパダメノペの墓*
西テーベ	*ラメセウム*	*4、5、6*	*第19王朝*	*印象的な天体図*
西テーベ	*メディネット・ハブ*	*4、6*	*第20王朝*	*祭祀暦。 よく保存された神殿。*
エスナ	クヌム神殿	5	ローマ時代	大列柱室の天井天文図
コム・エル＝アマール	古代都市ヒエラコンポリス	6	初期王朝	前期の遺跡
エドフ	ホルス神殿	4、6	プトレマイオス朝	最も保存状態の良い神殿
アスワン	エレファンティネ島	6	複数時代	洪水起源伝説。ナイル川水位計
フィラエ島	*イシス神殿*	*6、7*	*プトレマイオス朝*	*神殿の印象的なグループ化*
アブシンベル	*主神殿*	*6*	*第19王朝*	*太陽光照明現象*
（スーダン）				
ケルマ	古代遺跡	6	複数時代	スーダンで最も早期の天文学的遺跡
カワ	アメン神殿	6&7	第25王朝	カルナック神殿と酷似。 **高御座。**
ナパタ域	*バルカルとヌリ*	*5、6、7*	*クシュ王国*	*ケーススタディ8.5を参照*
メロエ島	古代遺跡	4、6、7	クシュ王国	神殿とピラミッド。 「天文台」
ブタナ地方	ムサワラット神殿群	6（7？）	クシュ王国	巨大な神聖域。 調査中
オアシスと砂漠				
ティムナ	ハトホル神殿	6	新王国	遠隔地へのエジプトの伝統の伝播
シナイ	サラービート	4、6、7	中王国および新王国	ハトホル神殿、石碑群

シワ・オアシス	神託神殿	6	後期	アメン神殿
ダクラ・オアシス	デル・エル＝ハガー神殿	5	ローマ	最後期の天体図
ハルガ・オアシス	ハイビス神殿	6	後期	独特の「紐の引き伸ばし」儀式図
ナブタ・プラヤ	古代遺跡	6	初期新石器時代	太陽と星の方角を示す石配列

表 8.0.2. 重要な天文学遺産が存在する古代エジプトのサイトの暫定リスト。既存の世界遺産に含まれているものは斜体で示されている。 カテゴリーは本文の「天文学/古天文学的側面」節にリストされている番号。

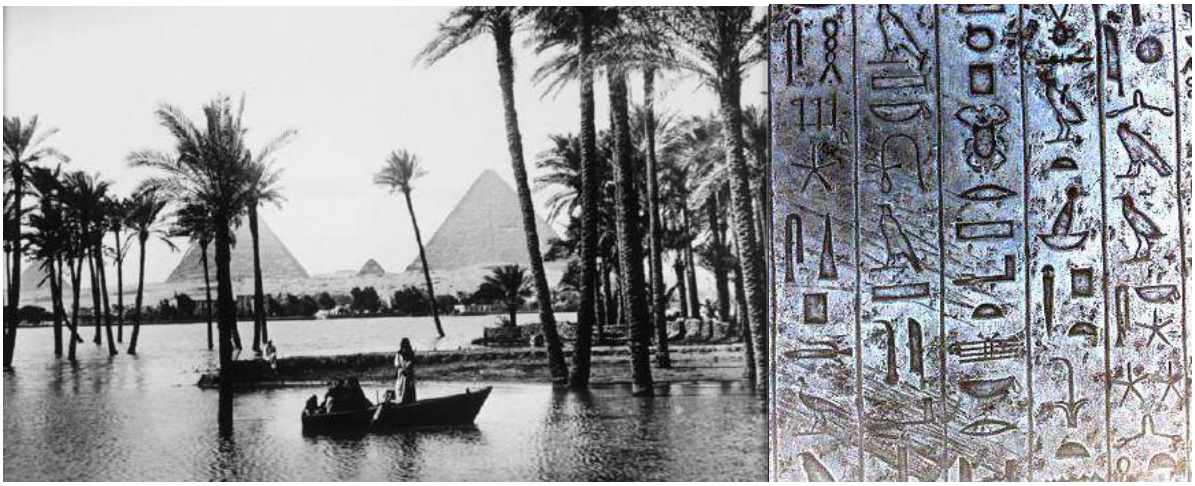


図 8.0.2. 大洪水時のギザのピラミッドとテティ王の埋葬室のピラミッド・テキスト。天文学と地形環境が、時間管理と終末論のそれぞれの面で重要な役を担っていた。 1920 年代にルドルフ・レーナートとエルンスト・ランドロックが撮影した写真。

一方、大きな神殿とピラミッドは、建造以来の年月を考慮すると、比較的良好な保存状態にある。遺産はフェンスで囲まれ、入場が制御され、シナイ半島のサラービート・エル＝カディムのような小さな辺鄙な場所でさえ、夜間でも遺産の管理をしている地元の警備員がいる（ここでは、石碑の盗難が過去に頻繁にあった）。ほとんどの地域で発掘と保存作業がまだ行われており、興味深い発見がメディアにしばしば報告されている。最近の保全作業の例は、過去数年間にセンムトの墓でスペインのチームによって実施された清掃と観覧性向上のプロジェクトである。これまで、この墓の壮大な天文天井図（ケーススタディ 8.1 を参照）は、厳しい規制の下で少数の専門家にのみ開かれていた。チームはより多くの人々に観覧してもらえるように、墓のレプリカを作成することによってデル・エル＝バハリに毎日到着する何百人もの観光客が訪れることができることを目指している。

古代エジプトの遺跡の天文学的な遺産の重要な特徴は、シリウスが日の出直前に現れる時点や、一年の間での特定の時点での日の出と日没などの方位の観察である。現代の大気条件が、これらの現象を実際に観測する可能性を妨げている場合、それらはその遺産の評価にとっては有害である。たとえば、カイロの巨大な大都市圏によって発生するスモッグのために、日の出などを近隣のピラミッドから観測することができなくなっている（ケーススタディ 8.4 を参照）。もっとも、幸いなことに、西方の日の入り等は、はっきりと観測することができる。

スーダンの遺跡については、カワやメロエの「天文台」などは砂で覆われているが、大部分は ASS が国際チームと協力して発掘と保存作業を継続している十分に保護された地域にある。 現在のところ、スーダンの考古学的なサイトの観光客は、エジプトの場合よりもはるかに少ない。このことは、ある意味で保護には役立っている。直ちに保全が損なわれるという脅威はわずかである。 しかし、この状況は、国内の政治的および社会的状況に応じて、今後数年間で変化する可能性がある。

遺産の認知された価値

観光業は、エジプト経済にとって最も重要な収入源の 1 つである。数千人のエジプト人が直接または間接的に観光業に従事している。明らかに、ファラオの文化文明は国の主要な魅力の 1 つであり、古代遺跡の保存と保全、および適切な開発は、エジプト当局にとって必要であり、ほとんどのエジプト人にとって挑戦すべき課題である。他の多くのイスラム社会とは異なり（トルコとチュニジアは例外であるが)、エジプト人は概して輝かしい古代のイスラム以前の歴史を誇りに思っているが、この感情は必ずしも経済的動機とは相関していない。この自尊感情は、自分自身を古代エジプト人の真の子孫であると考えるコプト派の少数民族の中でさらに強くなっている。

ナイル川の水位が低いローシーズンに、ギザ台地を訪れるのは楽しい。それにもまして、観光シーズン以外や学校の学期中は、エジプトの若い学生達が溢れていて、先祖に対する賞賛と誇りをはっきりと感じているのをみることは喜ばしいことである。これらの巨大な遺跡が、基本的な方位である南北東西にほぼ完全に整列しており、これは天空を見ることによってのみ達成できたと説明されると、その念を強く感じているようである。2 月下旬と 10 月下旬のアブシンベル神殿では、太陽光が神殿の深い聖域に差し込み、王と太陽神アメン神およびラーホルアクティ神の計 3 体の姿を照らす陽光によって、驚くべき雰囲気が醸し出される。 暗黒の中に、冥界の神プタハの像は隠されたままである。外国大使、政府高官、エジプトのテレビ局クルーのみが至近距離でこの現象を見ることができるだけである。

エジプトの人々と当局は、古代遺産の中で、よく知られている現象や証拠だてられている天文学的側面を完全に認識している。ただし、表 8.0.2 にリストされている他のサイトの多くは、大多数の人々、および実際には SCA のメンバーの過半数を含む地方自治体によって無視されたままである（肯定的にとらえると、カルナック神殿の向きに沿った冬至の日の出を、ほぼ独り占めで観測できる)。スーダンでは、関心のある少数の学者グループを除いて、イスラム以前の天文学遺産はまだほとんど知られていない。天文学に関係する場所、および関連する天文現象が、(両国ともに）地域社会の間で広く知られるようになると、この状況は大きく変化する可能性がある。

他国との繋がり

歴史的に、川が地中海にそそぐナイルの谷は、世界で最も保護された地域の 1 つといってもいい。 広大な砂漠に完全に囲まれており、孤立していて近づくことが困難な地であった。しかし、古代エジプトは何度も侵略された。砂漠を越えての侵略もあれば、隣接する地中海の海岸からの侵攻もあった。ヒクソス人、海洋民族、リビア人、クシュの人々、アッシリア人、ペルシャ人、

ギリシャ人、ローマ人などが侵略者であった。一方、古代エジプトも帝国主義国家であり、軍隊を国境から遠く離れた古代シリアやスーダン（特に中王国と新王国)、リビア、そして海を越えて古代アナトリア、キプロス、エーゲ海まで（プトレマイオス朝の時代）派遣していた（そしてその文化的および宗教的伝統を広めていた)。

図 8.0.3.　日の出時の陽光照射。２月下旬と１０月下旬のアブシンベル神殿（左)。冬至のクサル・カルム神殿の聖域（右)。 写真©フアン・ベルモンテ

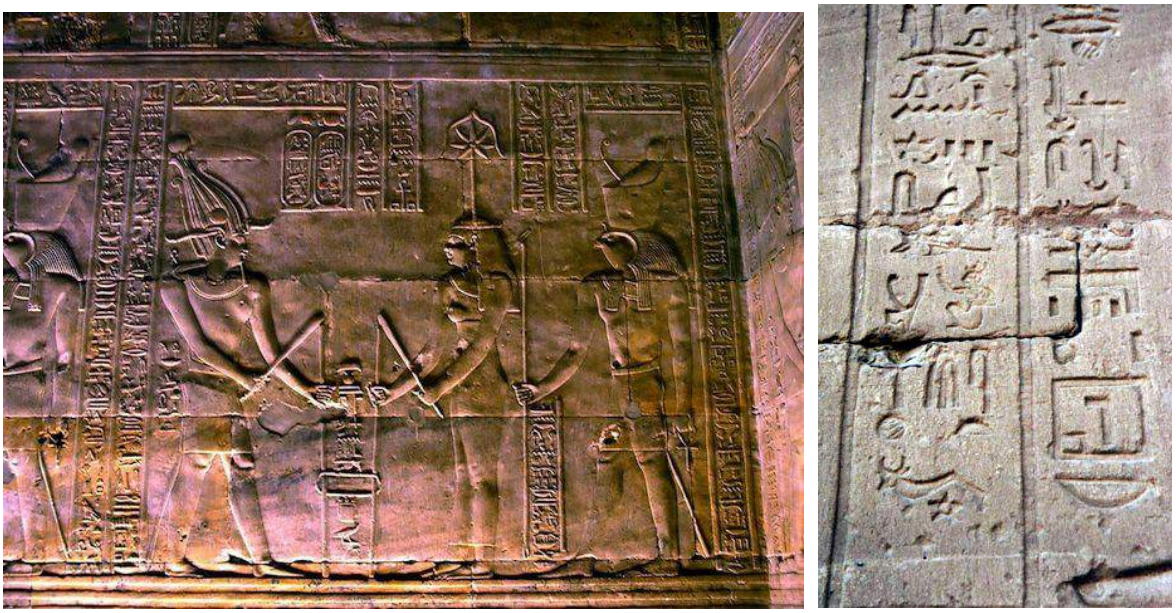


図 8.0.4. エドフのホルス神殿の壁に美しく描かれた「紐の引き伸ばし儀式」と関連するデンデラ神殿の文書。聖なる建物は、星座メスケチュの方向（大熊座）に沿うように建てられていると記されている。 写真©フアン・ベルモンテ

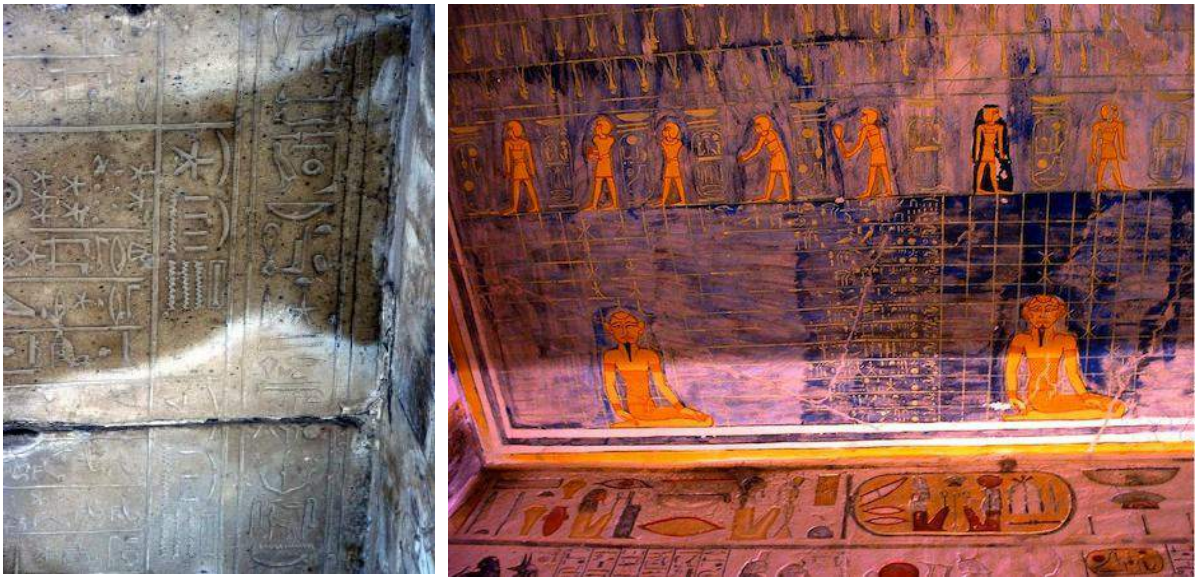


図 8.0.5.　古代エジプトの宇宙観のテキストと星座・恒星時計を示す天文図。西部テーベのラムセス 2 世の百万年神殿の天井(左）とラムセス 9 世の王墓の谷での天井天文図(右)。 写真©フアン・ベルモンテ

この交流状況をみると、天文学に関連する伝統と慣習が、これらすべての近隣地域と何らかの繋がりがあるであろうと考えてもよいと思われる。ただし、この繋がり、特に天文学的に関連する繋がりはほとんど未解明であって、古代世界がエジプトの伝統をどれほど受けているのかは、いまだに論争の的となっている。 現在われわれが慣れ親しんでいる「1 年が 365 日」と「1 日は 24 時間」ということは、エジプトから始まったことは明らかであるが、その他の天文観測の結果や知識がナイル川の渓谷からどれだけ離れた国々へ伝わったのかは、依然として議論されており結論が得られていない。

とはいえ、古代ギリシャ、アナトリア、レバント＜地中海東沿岸地区＞、地中海アフリカ、さらにはメソポタミアやローマに見られる天文学的遺産の中には、エジプトの影響の跡をほぼ確実に認めることができる。 逆に、「アレキサンドリア図書館」、そしてデンデラ神殿の 黄道帯図（ケーススタディ 8.3 を参照）などは、エジプト世界に対する他の文明の影響を考慮せずに理解することはできないのである。

文献

Belmonte, J.A. and Shaltout, M. (2009). *In Search of Cosmic Order: Selected Essays on Egyptian Archaeoastronomy*. Cairo: American University in Cairo Press.

von Bomhard, A.S. (2008). *The Naos of the Decades*. Oxford: David Brown Book Co.

Clagett, M. (1995). *Ancient Egyptian Science: a Source Book. Volume II: Calendars, Clocks and Astronomy.* Philadelphia: American Philosophical Society.

Hornung, E., R. Krauss, R. and Warburton, D.A., eds. (2006). *Ancient Egyptian Chronology*. Leiden: Brill.

Krauss, R. (1997). *Astronomische Konzepte und Jenseitsvorstellungen in den Pyramidentexten*

(Ägyptologische Abhandlung Band 59). Wiesbaben: Harrassowitz.
Lull, L. (2004). *La Astronomía en el Antiguo Egipto*. Valencia: Universidad de Valencia.
Neugebauer, O. and Parker, R.A. (1960–1969). *Egyptian Astronomical Texts* (3 vols). Providence: Brown University Press.
Wallin, P. (2002). *Celestial Cycles: Astronomical Concepts of Regeneration in the Ancient Egyptian Coffin Texts*. Uppsala: Mid Sweden University, Department of Archaeology and Ancient History (Doctoral thesis monograph).

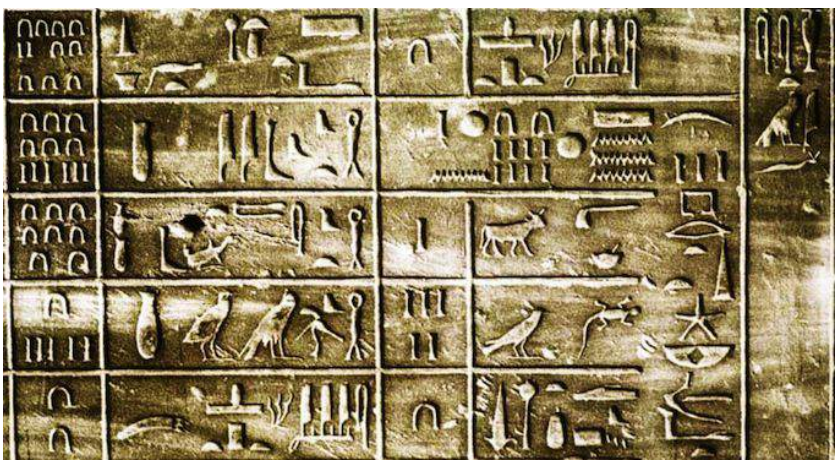


図 8.0.6. エレファンティネ（左）とエドフ（右）の精細な古代エジプトの祭祀暦の例であり、多くの天文学的情報が含まれている。エレファンティンカレンダーは、シリウス暦の日付を示している希少なものであり、中東の古代年代を定める上で非常に有用であることが証明された価値あるものである。 写真©フアン・ベルモンテ

ケーススタディ 8.1：西テーベのセンムトの墓、エジプト (The Tomb of Senenmut at Western Thebes)

遺跡の特徴と分析

地理的位置：エジプト、ケナ州、ルクソール（西岸）の自治体、デル・エル・バハリとして知られる場所。ここは、テーベの墓所群内のサイト TT353 である。

場所：北緯 25º44´10˝、東経 32º36´45˝。標高 105m。

概略：墓自体は未完成であったが、連続する 2 つの部屋およびそれらに通じる長い下り廊下でできている。 最初の部屋 A は絵画や深いレリーフ（浮き彫り細工）が広い範囲に装飾されている。

遺物の目録：4 つの壁は、ピラミッド・テキストの古いバージョンを含む宗教的な文書で装飾されている。その中で「不滅の星」や古代エジプトの星のグループ分けが言及されている。しかし、

部屋に描かれている最も重要なものは、これまでに発見された中で最も古いエジプトの天体天井図である。この図は、北部と南部の 2 つの部分に分かれている。 前者は、1 年を 12 か月とするエジプト暦を述べたものの中で最古のものであり、メスケチュ(大熊座）を含む北方の星座が描かれている。後者には、星座時間のためのデカンのリストと、エジプトで裸眼で見える惑星のリストが含まれている。驚くべきことにこのリストには火星は入っていない。 この図は、水時計の建設のために準備されたパピルス文書を天井に記述したものではないかと主張されたこともあった。

図 8.1.1. 「不滅の星」に言及している葬礼文書。写真©フアン・ベルモンテ

歴史：ハトシェプスト女王（紀元前 1470 年頃）の建築家兼側近であるセンムトは、当時の有力な人物であった。 彼は、主人である女王ファラオの百万年神殿のすぐ近くに自分の墓を建設することを許可された。これは非王族の人にとっては稀に見る特権であった。 女王の死後、彼は忘れられ、TT353 は未完成に終わってしまったのである。この状況が、皮肉にも、絵画や碑文を良好な保存状態に保つことに役立ったのかもしれない。

文化的/表象的側面：このサイトの主たる重要な点は、最も古い時代の天体図が存在することである。この図には、2 つの異なる天文学の知識・伝統が混合されており、それらは後々の天文天井図に伝わっていたことが確認することができる。

真正性と完全性：このサイトは最近、観光客を受け入れるように準備されているが、内部の装飾は手付かずである。

一般性：センムトの天文天井図（および室内のテキストのいくつか）を解釈する試みがいくつかなされたが、その当否はさまざまである。同様の「文書」は、王家の谷のセティ 1 世の墓の天井やラミセウム（ラムセス 2 世記念神殿）の天井にあることが確認されている。

現在の遺跡の管理

現在の利用法：墓は現在一般には公開されていない。エジプトアラブ共和国古代美術評議会 (SCA) から特別な許可を得た数名の専門家のみがアクセスできるだけである。

保護：サイトは SCA に属し、遺跡と遺物に関するエジプトの厳格な法律と規制によって保護されている。さらに、テーベはすでに世界遺産リストに登録されているため、特別に保護された地区に位置している。 墓はフェンスで囲まれている。

保存状態：天文天井図と他の装飾面はほぼ完璧な状態である。湿度による損傷の痕跡はいくつか

あるものの、王家の谷の（ほぼ同時代の）墓ほど深刻ではない。過去数年間、スペインのチームが、墓をより広く公開できるようにするため、清掃作業を行ってきた。

地理的環境：墓は、ハトシェプスト女王神殿の正面玄関近くの乾燥したほこりっぽい環境で、デル・エル・バハリの崖の下部にある。

考古学的/歴史的/遺産研究：センムトの天文天井については、いくつかの解釈がなされたが、現在のところ、この図の最終的で明確な解釈はない。

損傷、破壊等の脅威：サイトは非常に乾燥しており、装飾が塗装あるいは刻印されている場合、岩は良質の石灰岩なので、大きな脅威をもたらしはしない。見学者の呼気が、新しい強力な照明と同様に、将来潜在的な脅威となりうる。

管理：スペインチームは、任務の一環として、最終的には部屋 A のレプリカを構築することを構想している。これは墓の入り口近くに建造される予定であるが、完成の暁には多数の見学者がアクセスできるようになる。レプリカ建物には研究所も併設されるであろうと期待されている。

図 8.1.2. センムトの墓の天文天井図。左図には、デカン星のリストがあり、右図には惑星の記述がある。尤も、不思議なことに火星は含まれていない。写真©フアン・ベルモンテ

ケーススタディ 8.2：カルナックのアメン神殿、エジプト (The Temple of Amun at Karnak)

遺跡の特徴と分析

地理的位置：カルナック神殿は、エジプトのケナ州、ルクソール市の北部にある。

場所：北緯25º43´5″、東経32º36´45″。標高80m。

概略：敷地は10以上の神殿からなる巨大な複合施設で、巨大な周壁に囲まれている。神殿の中で最大かつ最も目立つのはアメン＝ラーのものであり、この神は第12王朝からプトレマイオス

朝、さらにはそれ以降の古代エジプト人にとって最も重要な神である。

遺物の目録：天文学に関連する最も重要な寺院は、アメン大神殿、ラー＝ホラクティ神殿、祈りを聞き届けるアメン神殿、太陽をみる高み部屋とコンスとプタの神殿である。 これらの神殿は、列柱(パイロン）、オベリスク、宮廷、広間、内室を備えている。このサイトには、再建されたセヌセレトの白い祠堂とハトシェプスト女王の祠堂（元のサイトにはない）を含む屋外博物館と、神殿の最古の時代にさかのぼる祭祀リストのいくつかのバラバラの断片がある。 神殿や祠堂の壁の装飾には、「紐の引き伸ばし」儀式が多く用いられている。

歴史：カルナックの最初の遺跡は、第11王朝（紀元前2050年頃、インテフ2世の治世）にさかのぼる。最初の神殿は数十年後にセヌセレト1世によって建てられ、聖域は新王国以降の数人の王たちによって次々と拡大された。この場所はタハルカの治世中にアッシリア人によって略奪されたが、後期およびプトレマイオス朝時代にはさらに増設が行われた。

文化的/表象的側面：セヌセレト1世が最初に建設して以来、以前はそうでなかったとしても、神殿は冬至の日の出方向に合わせられていた。当初は、大晦日の日の出方向に合わせて意図的に調整されていた可能性があり、これは中王国の初めの時期の冬至点方向と一致していた。 冬至方向が川の流れに対して垂直である唯一の場所に神殿の囲いが建造されたという事実は、その場所が意図的に選択されたこと、そして宇宙全体の象徴が風景に溶け込むように建造されたことを示唆している。新しい神殿や祠堂が追加されたとき、従来と同じ軸に沿わせられ、さまざまな壁の文書や装飾と同様に、この象徴性を強化する視覚効果を生み出した。冬至の日太陽が、全ての建物の向きに合わせて昇るという光景を演出したのである。

真正性と完全性：多くのエジプトの遺跡と同様に、カルナックは広範囲にわたる再建と復元を経てきた。 ただし、再建・復元があったとしても、元の神殿の方向と場所およびその後の追加分も、宇宙の象徴性を維持してきた。尤も、赤と白の祠堂は、元の場所から移動させられたので、これらを除いての話である。

一般性：カルナック神殿に関する文書は多数にのぼる。 その宇宙の象徴性について多くが書かれている。

現在の遺跡の管理

現在の利用法：カルナックはエジプトで最も重要な観光スポットの1つであり、1979年に基準(i)、(iii)および(iv)のもとで登録された世界遺産リスト「古代都市テーベとその墓所遺跡」の一部を成している。何百人もの人々が毎日このサイトを訪れ、毎晩サイトで提供される光と音のスペクタクルに参加している。複合施設のほとんどはアクセス可能である。 SCA当局は、若者の小さなグループが、プタの寺院など、この複合体の中の小規模で孤立した神殿で式典を開催することを許可している。

図 8.2.1.　左：カルナックの冬至の日の出。紀元前約2000年頃の冬至の太陽は、太陽直径の約1倍分だけ右に寄った位置で見えたはずである。当時かなり精度良く方角を求めていたことが分かる 。右：カルナック神殿で発見された祭祀暦。これも古代エジプト天文学の内容を伝える重要な資料である。写真©フアン・ベルモンテ

保護：SCAは、エジプト政府の名の下に遺産を所有および管理している。カルナックの全周はフェンスで囲われ、さまざまなエジプトの治安機関によって保護されている。周囲には大きな緩衝地帯があり、神殿とナイル川の間には巨大な広場が設けられている。

保存状態：カルナックの保存状態は良好である。 SCAは、巨大な囲いの中のさまざまな部分で発掘と修復作業を継続的に行っている。

歴史的/地理的環境：カルナック神殿は、幾世代にも亘って古代都市テーベの街の中心であった。テーベが国の首都だったとき、カルナックはその核ともいえる地位を占めていた。神殿はナイル川の氾濫原にあるものの、その巨大な周壁が水位上昇から内部を守る役割を果たした。現在の環境はほとんど変わっていない（ただし、新都市ルクソールの中心部は、現在では更に南に移動している）。聖域からの景観は、川を隔てて西のテーベの丘まで見渡すことができる壮大なものである。

考古学的/歴史的/遺産研究：エジプトとヨーロッパの学術調査隊はカルナックでの発掘と修復作業を続けており、今のところ作業が終了する見込みがない状態である。遺跡での調査は、世界

遺産「古代都市テーベとその墓所遺跡」の一部分を成すものとして必須である。一方、遺跡の建造物の天文学的整列はわずかな専門家グループによって認識されているのみであり、この意味で状況はアブシンベルなどの他のエジプトのサイトとは大きく異なっている。

損傷、破壊等の脅威：地下水位は、他のいくつかのエジプトのサイトと同様に、カルナックでも脅威となっている。大列柱室など、神殿の一部の基礎部分は、コンクリートを注入して補強する必要があり、また、壁の石に塩分がたまると、装飾や刻印文に悪影響を及ぼす可能性がある。エジプト当局はこの問題をよく認識しており、潜在的な脅威に対抗するために取り組んでいる最中である。

管理：カルナックは、世界遺産「古代都市テーベとその墓所遺跡」の一部であるので、世界遺産の一般的な管理計画に従って管理されている。追加の広報や宣伝をしなくとも、すでに多人数の観光客を呼び込んでいる。会議やセミナーがルクソールで定期的に開催され、カルナックについて世界中の専門家が最新の発見を発表している。

ケーススタディ 8.3：デンデラのハトホル神殿、エジプト (The Temple of Hathor at Dandara)

遺跡の特徴と分析

地理的位置：デンデラ神殿の囲いは、エジプトのケナ州のケナ市（州都）の近くに位置しており、市の中心から川を渡った西岸にある。

場所：北緯26º9 ´ 55″、東経32º39 ´ 23″。標高75m。

概略：デンデラ神殿複合体は、エジプトで最も保存状態の良い神殿域である。 その巨大な周壁には二か所の門があり、内部にはハトホル女神に捧げられた本神殿、小さなイシス神殿、2つの誕生殿、廃墟となったコプト教会がある。

遺物の目録：デンデラの2つの建物は天文学との関係で重要である。イシスを象徴する天体の1つであるソプデット（シリウス）が昇ってくる方角に基づいて（おそらく意図的に）方向付けられたイシスの神殿、およびハトホルの神殿の二つである。後者が天文学的に方向付けられているという事実は、その壁に刻まれたさまざまな「紐の引き伸ばし」儀式図とそれに関連する文書によって確立されている。天文に関係する装飾には、さまざまな祭祀カレンダー、小さな礼拝堂の天井にある有名な円形の黄道帯図（これはレプリカであって、オリジナルは現在パリのルーブル美術館にある）、列柱室の天井にある2番目の黄道帯図がある。

歴史：デンデラの神殿には、旧王国、中王国、新王国のファラオによる建造物が残されてい

る。たとえば、イシス神殿は、方向が少し異なる初期の基礎構造が見つかっている。しかし、今日見られるもののほとんどはプトレマイオス朝の支配者と最初のローマ皇帝の建造物である。円形の黄道帯図は恐らくはプトレマイオス12世、または娘のクレオパトラ7世（紀元前50年）の治世にまでさかのぼるが、列柱室の天井の天文装飾は、ティベリウスの治世中またはそれ以降に作られたようである。

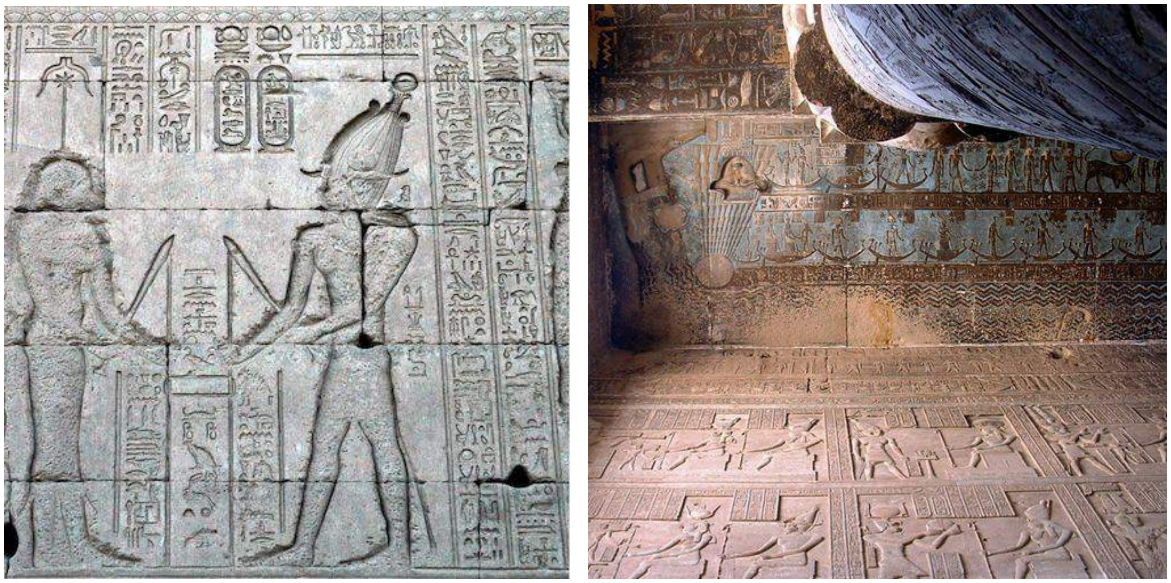


図 8.3.1.　左：デンデラのハトホル神殿の囲いが、主要な星および星群に向きを合わせたことを示す「紐の引き伸ばし」儀式の図。神殿の壁にはその旨の文書が刻まれている。 右：列柱室の天井天文図。 写真©フアン・ベルモンテ

文化的/表象的側面：黄道帯の彫刻は、デンデラ神殿の重要な天文学的特徴を示している。最近の研究では、それらがプトレマイオス朝のエジプトでのさまざまな天文学の伝統を表す星、星群、星座を示す天の地図であったことを示唆している。ハトホル神殿は、北東のメシュケチュ（おおぐま座）の昇る方角に沿っているが、神殿の軸はナイル川の流路に垂直になっている。これは、カルナック（ケーススタディ8.2を参照）と同様に、デンデラの場所が慎重に選択されたことを意味しており、地形と宇宙が一体となっている景観を生み出しているのである。プトレマイオス朝の時代には、デンデラとエドフの神殿の間に密接なつながりがあり、神聖な巡礼行が2つの聖地の間で行われた。

真正性と完全性：ハトホル神殿は、デンデラの一般的な建物と同様に美しく保存されている。神殿内のほとんどすべてが本来のもので元の位置にある。例外は、19世紀にフランスに移された円形の黄道帯図である。 代替品として良質のレプリカが設置されている。

一般性：神殿の碑文の大部分、およびさまざまな構造の詳細な地図は、フランス東方考古学研究所（ Institut français d’archéologie orientale; IFAO）の出版物として入手できる。驚くべき量の非常に推論的な解釈が存在する（インターネットで公開されている）が、神殿の天文学的な

側面を扱った学術研究はほんの一握りであるのが現状である。

現在の遺跡の管理

現在の利用法：デンデラ寺院は主要な観光ルートにはないものの、ルクソールからアビドスとデンデラへの訪問を組み合わせた日帰り旅行がある。

保護：SCAはサイトを所有および管理している。 デンデラ神殿域全体がフェンスで囲まれて保護されている。 公園の形の緩衝地帯に囲まれているが、ケナの都市拡張は寺院のすぐ外に達する可能性がある。

保存状態：エドフのホルス神殿とともにデンデラ神殿は、古代エジプト神殿の中では最もよく保存されているものである。天文や暦などの壁面装飾は十分に保存されており、円形の黄道帯図（パリで非常によく保存されている）や、キリスト教徒や初期のイスラム教徒によって略奪されたいくつかの神の像を除いて、すべて元の場所で保存されている。 第二の黄道帯図を含む列柱室の天井にある天体図は、元の鮮やかな色を再現するために最近修復された。

歴史的/地理的環境：デンデラ神殿複合体は、ナイル川の近くに位置しており、西部の氾濫原の中にある。古代に神聖な囲いの周囲に存在していたであろう他の神殿や村の遺跡はほとんど残っていない。

考古学的/歴史的/遺産研究：フランス東方考古学研究所（IFAO）は、デンデラで数十年の間、発掘、復元、文書化作業を行ってきた。デンデラでの天文学的な側面は、他のエジプトの神殿に比べれば、研究・理解が進んでいる。

損傷、破壊等の脅威 ：サイトの神殿は十分に保護されており、建物の構造は頑丈である。 したがって、サイトへの直接的な脅威はない。しかし、神殿と周辺の公園は現在農地内にありますが、拡大するケナ市とその道路ネットワークは、神殿域にゆっくりと近づいている。地域の風景は今後数年で劇的に変化する可能性があり、この点には特別な注意が必要である。

管理：復旧チームがいる場合を除いて、現場ではほとんど活動がない。これまでのところ特別な管理計画はなかったようである。

ケーススタディ 8.4：ギザのピラミッドと関連建造物、エジプト（The pyramids of Giza and related buildings）

遺跡の特徴と分析

地理的位置：ギザのピラミッドは、エジプトのギザ県のナイル川の三角州の頂点部分に位置しており、灌漑地の端の石灰岩台地にある。

場所：北緯29º58 ´ 40 ″、東経31º8 ´ 5 ″。標高60m。

概略：ギザ高原にあるのは、第4王朝の王と女王およびその家族の墓がある墓所遺跡である。また、そこは聖地や聖域と見なされ、特にスフィンクス地域やピラミッドの聖母であるイシス神殿で数十世代にわたって祭祀・儀式が行われた。

遺物の目録：登録されている世界遺産には、次のものが含まれる。第4王朝の3人の王の大きなピラミッド、関連する谷の神殿、上部の神殿、敷石舗装路、スフィンクスとその神殿、そして格子状に配置された王室と貴族たちの墓地群である。これらの墓には、祭祀リストが記載されたテキストが納められている。

歴史：ギザの台地は、第4王朝の2番目のファラオであるクフ王（あるいはケオプス）（紀元前2550年頃）によって、彼の死後の休息場所として選ばれた。彼の埋葬地には、大きなピラミッド、家族のための大墓地域、そしておそらくスフィンクスが含まれていた。墓所遺跡は、いくつかの建造物を追加して2番目のピラミッドを完成させた息子のカフラーによって完成された。カフラーの息子であるメンカウレは、後日、第3ピラミッドとそれに関連する建造物を作り上げた。これらの建設には全体で約80年間という時間を必要とした。ギザ台地で忘れてはいけないものは、第5王朝の王の先祖であるケントカウス女王の階段ピラミッドである。

文化的/表象的側面：ギザのピラミッドの中で3つの主たるものは、並外れた精度で東西南北方向に整列している。 そのような巨大な建造物の場合、天体観測に基づいて達成されたに違いない。おそらく北極を中心に回転するメシュケチュ（おおぐま座）などの「不滅の星」の観測が基礎となっていたと思われる。クフ王のピラミッドのデザインには、ピラミッドの内部にある2つの部屋から伸びている換気用導管の配置も象徴的な意味合いを持っている。この墓所遺跡が南北に沿って格子状に配置されている結果として、地平線にあるホルス神を擬人化したスフィンクス（少なくとも新王国以降）は、春分／秋分に昇る太陽方向に面している。墓所遺跡の配置構成は、古代エジプトの世界観を反映した宇宙観を模する地形的および天文学的配置も作り出しているのである。

真正性と完全性：19世紀と20世紀に発掘された遺跡は、全てが再建されているとはいえず、4500年前のものであることを考えると、驚くほど自然のままである。ただし、現場での保全作業は不可欠であり、この作業によって、クフの随伴ピラミッドが最近発見されたことなど、時々驚くべきことが見つかっている。

一般性：ギザのピラミッドに関する学術文献は非常に多い。ところが、膨大な「推測にすぎない」文献もあり、非専門家はそれらの当否を簡単に判断できるとは限らない状況にある。

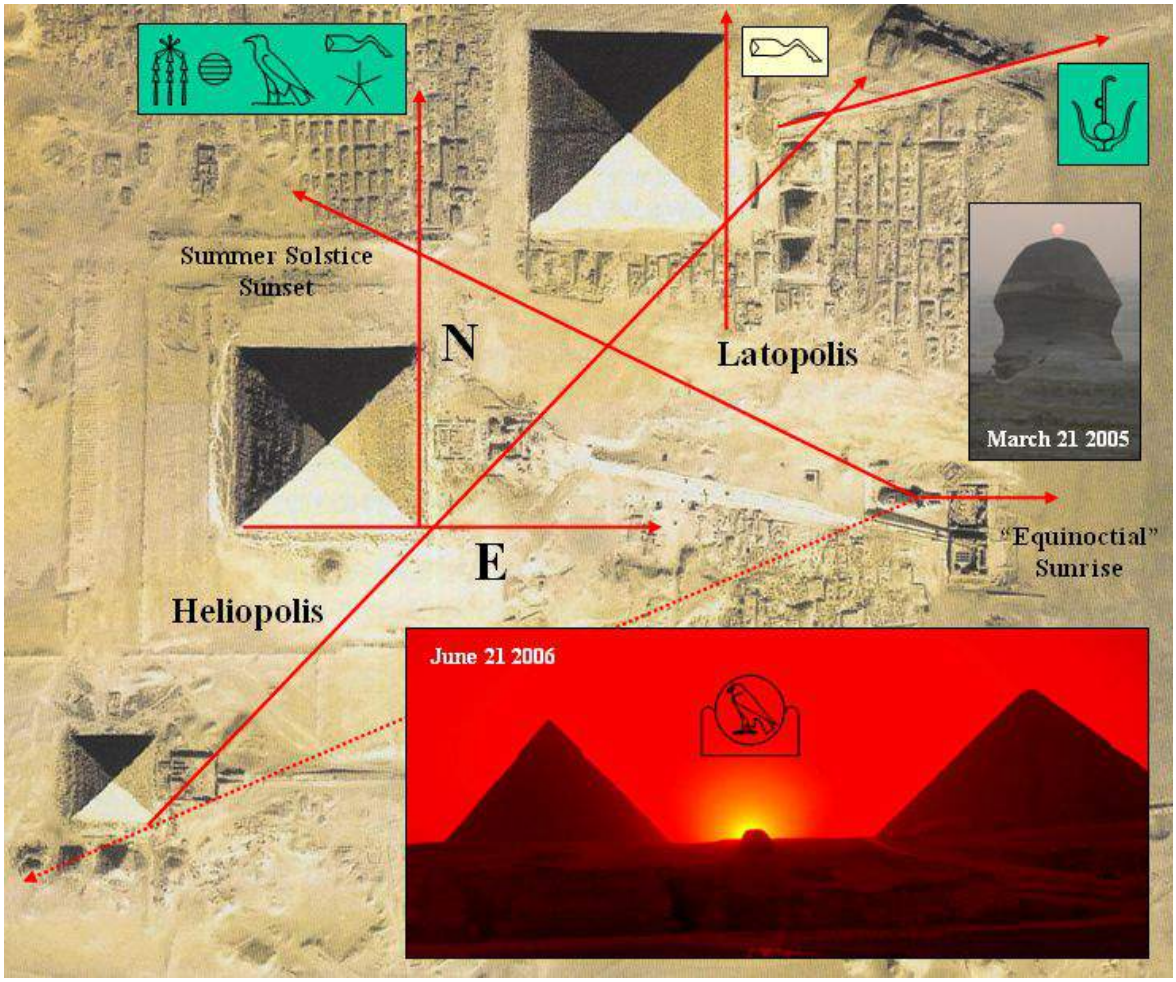


図 8.4.1. ギザ台地に建てられたさまざまな建造物。特にスフィンクスとピラミッド、および天文および地形の関係を示す概略図。 作図©フアン・ベルモンテ

現在の遺跡の管理

現在の利用法：ギザのピラミッドは、世界で最も重要な観光名所の1つである。 古代の七不思議の唯一現存する例として、毎年何百万人もの人々がこのサイトを訪れている。 1979年以来、基準（i）、（iii）、および（vi）のもと、「メンフィスとその墓所遺跡-ギザからダハシュールまでのピラミッド地帯」の一部として、世界遺産リストに登録されている（世界遺産サイトNo. 86 ）。 このような膨大な数の訪問者とさまざまな観光客の存在が、以前の信頼性の認識を変え、絶え間ない管理の問題を引き起こしている。 SCAおよびエジプト当局は、遺跡をより自然

な雰囲気に復元するための努力をしているところである。

保護：SCAは、エジプト政府の名の下にサイトを所有および管理している。観光警察は、保安上の理由から厳しく監視にあたっている。ギザが世界遺産に登録された結果、エジプト政府はギザに最高の保護レベルを付与している。 緩衝地帯は砂漠そのものであり、地区全体がフェンスで囲まれている。これは高台の麓に東側と北側から迫っているカイロ市街地の急速な拡大からサイトを保護している。

保存状態：ギザの遺跡の年代を考慮すると、保存状態は良好である。SCAは、世界遺産の管理計画の一部として、保存状態を継続的に監視している。 スフィンクスでの長い修復作業が完了し、素晴らしい結果が得られたところである。 現在では労働者の村とその墓地の周辺で発掘調査が行われている。

歴史的/地理的環境：ギザの墓所遺跡は、旧王国時代のエジプトの首都メンフィスの巨大な墓所遺跡の一部である。この地帯は、クフの長男であるジェドエフラー王のピラミッドがあるアブロワッシュから、クフの父スネフルがピラミッドの1つを建てたメイドゥムまで広がっている。ナイル渓谷の西岸の耕作地を見下ろす砂漠の台地に、数十のピラミッドとそれに関連する建造物が建てられた。第3王朝と第4王朝のピラミッドはあまり有名ではない。しかし、第6王朝と第5王朝の後期の建築的にそれほど印象的ではないピラミッドには、埋葬室の装飾の中に、天文学に関連のあるピラミッドテキストが含まれている。

考古学的/歴史的/遺産研究：このサイトは、考古学の研究にとって、多くの素晴らしい結果を生み出してきている。新しい発見は一般に公開され、専門的な学術雑誌で公開されている。 しかし、遺跡の正確な日付の問題など未だ決着のついていない問題もある。天文学に関連する問題は、その多くがいまだ熱心な議論が続いている最中である。 ギザの建造物と墓所遺跡は現存する世界遺産の一部であるため、現地での遺産調査は必須である。

損傷、破壊等の脅威：サイトへの主要で差し迫った脅威は、毎年来訪する数百万の観光客である。いくつかの保護対策が講じられている。たとえば、王の埋葬室は、過剰な湿度の影響を回避するために、定期的に閉じられている。 サイトへの最大の潜在的脅威はカイロの大都市圏の拡大であり、現在は東、北、西側からギザ台地を囲んでいる状況である。

管理：ギザのピラミッドは、SCAによって世界遺産サイトNo. 86管理プランによって管理されている。ただし、サイトの研究が進んで、保護プランは改善される可能性がある。

ケーススタディ 8.5：ナパタ、スーダン
ケベル・バルカル(Djebel Barkal)の神殿やヌリの墓所遺跡(Nuri necropolis)を含む

遺跡の特徴と分析

地理的位置：ナパタの地は、ドンゴラに首都を置くスーダン北部州のメロウ市の近くにある。（なお、ここはブタナ地域の歴史都市メローとは異なる。）

場所：北緯18º32 ´ 5 ″、東経31º50 ´ 4 ″。標高260m。

概略：この地域は、ナイル川の西岸にある古代人が「純粋なる山」と呼んだゲベル・バルカルの山が支配的な位置を占めている。 この周りを神殿とピラミッド域が取り囲んでいる。 一方、ヌリの墓所遺跡は東岸にある。

遺物の目録：「純粋なる山」の麓にあるナイル河畔に、7つ以上の神殿といくつかの宮殿が建造された。近くには2つの小さなピラミッド地帯がある。エルクルの古い墓所遺跡は、数キロ下流にある。サナムにあるアメン神殿は、ゲベル・バルカルの向かいの東岸にある。 ヌリの墓地には20以上の王室のピラミッドがある。

歴史：ナパタで最も古い神殿は、第18王朝に建てられた。第25王朝（紀元前700年頃）のヌビア人の王は、そこを首都として選択し、エルクル（ヌリの埋葬地を発足させたタハルカを除く）に葬られた。ナパタはその後数世代にわたってクッシュ王国の首都であり続けた。 首都がアスペルタによってメロエに移された後も（すなわち、紀元前300年頃まで）、王宮の墓地はヌリに数世紀留まり、ナパタのアメン神殿は6世紀後の王国の終わりまで王室の聖なる巡礼地のままであり続けた 。

文化的/表象的側面：ナパタには、カルナックのアメン神の実体と目される「純粋なる山」がある。ナパタは、この山の主ともいうべきアメン神の祭祀の中心地の役割を担っていた。神殿は山のふもとに、ナイル川にほぼ直交するように建てられた。 対岸のサナムに、タハルカはアメン神のために別の神殿を建設した。その向きはウェペットレンペット（正月）の日没方向に設置された。タハルカ自身がヌリに墓地を開発した。その場所は、「純粋なる山」と天文学的方位が関係している可能性のある特別な場所が選定された。 ヌリのピラミッド群は、ベースの対角線が南北方向に整列するように配向された。 バルカル地帯の後期ピラミッドの1つには、エジプトの典型的な天体図が内蔵されている。

真正性と完全性：ゲベル・バルカルのほとんどの神殿の基礎は保存されている。 アメン神殿は過去10年間に部分的に発掘され、部分的に復元されている。 ヌリのピラミッド群は19世紀に発掘されたが、それ以来、保存、修復、発掘作業はほとんど行われていない。

一般性：最近まで、米国考古学調査隊がゲベル・バルカルで作業を行っており、地域の正確な地図と神殿の囲いの3次元復元図を作成している。 ただし、ヌリの墓所遺跡の最新の地図や、初期の発掘調査以外の文書はない。

現在の遺跡の管理

現在の利用法：ナパタの遺跡は、スーダン当局が文化観光振興の目玉の1つとして利用しようとしている。この地域は急速に開発されている。

図 8.5.1. ナパタの「純粋なる山」にあるアメン神殿。地形と天文の配置が統合された大きな神聖な地域の中心地である。 写真© フアン・ベルモンテ

保護：ナパタの遺跡は、スーダン文化省考古学部門の管理下にある。 この部門は、厳しく規制されている遺跡へのアクセスと、遺跡の発掘現場を管理している。 何十年もの間、これらの遺跡は、スーダンの未開発で人口密度の低い地域に手を触れずにおいておかれたということが、その保護に役立ってきた。ナパタ地域は現在、基準（i）、（ii）、（iii）および（iv）に基づいて「ゲベル・バルカルとナパタ地方の遺跡群」（世界遺産サイトNo.1073, No. 2003）として世界遺産リストに記載されている。従って、スーダン政府はそれを最高レベルで保護している。

図 8.5.2. ナイル川両岸にあるヌリのピラミッド墓地とゲベル・バルカルの神聖な山の位置を示すナパタ地域の写真。 この図には、タハルカのピラミッドの底面から見たゲベル・バルカル（左上）とヌリのピラミッド地帯の拡大衛星画像（右下）も示している。 グラフィック© フアン・ベルモンテ

保存状態：遺跡は比較的よく保存されている。 フェンスで囲まれており、地元の人々は祖先を非常に誇りに思っており、遺産を大事にしている。ただし、ほとんどの可動物（彫像と石碑）はハルツームの国立博物館に移動されている。

歴史的/地理的環境：ナパタ地域は、数世紀にわたってクシュ王国の最も神聖な地域であった。首都でもあり、国の神の主たる聖域として、また王と女王の墓所遺跡として、この地域は非常に特別な地位を持つものとして取り扱われてきた。 この地域を北東から南西に流れるナイル川の峡谷は、あらゆる方向を砂漠に完全に囲まれており、そしてまたこの地域に生命を与える動脈であった。

考古学的/歴史的/遺産研究：ナパタの建造物と墓所遺跡を既存の世界遺産に含める一環として、遺跡での遺産の調査は必須である。

損傷、破壊等の脅威：人里離れた場所にあったことで、何世紀にもわたって自然にその保護がなされてきた。 しかし、2005年にスーダン政府はメロエの北数キロの場所に、ヌリの近くに非常に大きなダムを建設し始めた。2010年このダムは完成した。結果として生じる貯水池は、ヌリの上流にある数百ヘクタールのナイル渓谷を浸水させる。浸水エリアには、数十の小さな遺跡が含まれるが、この地域に新しい富をもたらし、プラスの結果をもたらすかもしれない。

管理：この遺跡は、世界遺産サイトNo. 1073プランで管理されている。スーダンの文化当局が認めているように、観光開発とアウトリーチ発展の潜在能力を秘めている。このすべてが事実上ゼロからの開始ということであり、他の文化遺産での経験を踏まえてベストな方策をとるべきであろう。

第９章　古典時代（古代ギリシア・ローマ時代）

エフティミオス・ニコライディス、ジュリオ・マグリ、クライブ・ラグルス
（*Efthymios Nicolaidis, Giulio Magli and Clive Ruggles*）

この章で「古典時代」と呼んでいるものは、地理的というよりも文化的に定義されている。年代的には、鉄器時代（紀元前8世紀から4世紀）のギリシャおよびイタリアの社会から始まり、ヘレニズム文化およびローマ文明に続き、ローマ帝国の終焉とともに終わる。 地理的には、今日のギリシャとイタリア、およびほぼすべての地中海諸国に点在するギリシャの植民地やローマの入植地で構成されている。

この地域における天文学と天文学的思想の起源は、確実に青銅器時代にまで遡ることができる。これは、たとえば、ホメロスとヘーシオドスの著作にみられる天文学的な言及や、少なくとも紀元前6世紀半ばには成立していた古代ローマ暦（いわゆるヌマ暦）の分析から明らかである。中近東やエジプトからの影響はおそらく非常に古い時代からあったと思われるが、本当の意味での文化の融合は最終的にヘレニズム時代に起こった。

古代ギリシャの天文学：概要

古代ギリシャにおいて数学的天文学が驚くべき発展を遂げたのは、ヘレニズム時代（紀元前323年アレキサンダー大王の征服後の時代）に天体の運動の規則性を実証しようとした古代哲学者たちの努力の賜物である。この流れはもともと、バビロニア人が天体の動きを正確に予測しようと真剣に努力していたことが礎にある。古典ギリシアの哲学者は、天文学を「科学的な」真実の追求と捉えており、例えば農夫や役人が暦を維持するような天文学の「一般的な」使用とは絶対的に区別されていた。

古代ギリシャの数学的天文学　エフティミオス・ニコライディス著

古代ギリシャの数学的天文学は、周転円の天文学と言っていい。天体の動きを記述する周転円というシステムは、紀元前3世紀に発明され、17世紀まで生き残ることとなった。惑星の動きを説明するこのシステムにたどり着いた当時のギリシャの天文学者は、すでに3世紀にわたる観測と数学的理論の恩恵を受けていた。

ソクラテス以前の時代の数学的天文学については、分かっていることはほとんどない。ミレトスのタレス（紀元前7～6世紀）が、ギリシャの最初の天文学者である考えられている。彼は日食の周期性を研究し、将来の日食の予測をしたが、そこには重大なエラーがあった。アナクシマンドロス（紀元前6世紀）は、現在黄道の傾斜として知られている知識を発見した。ピタゴラス（紀元前6～5世紀）は、地球を中心とした系における惑星の順序（地球、月、水星、金星、太陽、火星、木星、土星）を確立した（のちにアリストテレスは、太陽を月と水星の間に置いた）。 ソクラテスと同時代に生きたメトンは、紀元前432年頃にプニュクスの丘から観察することで、19年のメトン周期を特定したことで知られる。

観測データの中でも、特に惑星の逆行運動と、太陽と月のアノマリーは古代天文学者を悩ま

せた。プラトンは「真理を保ったまま事実を説明せよ *'saving the phenomana'*」という問題を提示し、等速円運動という原理原則を用いて、観測された天体の運動を解釈しようと試みた。シンプリキオス（紀元後6世紀）によると、これを何とか解釈したのはエウドクソス（紀元前4世紀）で、彼は同心球で構成されるシステムを作った。 一定速度で回転する2つの球体の組み合わせにより、逆行する惑星運動をよく説明することができる。 太陽の運動の説明のために、エウドクソスは3つの球体（1つは今では間違いであることが知られている観測を説明するためのもの）を使用し、月には別の3つの球体を使用した。

しかし実際には、エウドクソスのシステムは観測された事実のすべては説明できなかった。特に、天体の距離の変動（太陽の見かけの直径や、惑星の明るさの変動）は考慮に入れていなかった。この問題は、紀元前3世紀に再認識された。サモスのアリスタルコス（紀元前4〜3世紀）によって提案された太陽中心系は、このような問題に対する適切な対応ではあったのだが、哲学的な理由からか、ギリシャの主要な天文学者は太陽中心説を追求しなかった。後の情報源であるスミルナのテオン（紀元後2世紀）によると、19世紀後にティコ・ブラーエが構想したものと同様のシステムが、紀元前3世紀にはすでに提案されていた。紀元前3世紀に提案されたシステムでは、2つの内惑星である水星と金星は、太陽の周りを回っていた。ティコ・ブラーエのシステムでは、宇宙の中心には地球があり、水星と金星も地球の周りを回っていた。この太陽の周りを回るシステムは、水星と金星の運動をエウドクソスの説よりもはるかによく説明し、それが周転円の天文学の起源である可能性が非常に高いと思われる。実際、太陽の軌道が水星と金星の従円サイクルに置き換えられた場合、ペルゲのアポロニウス（紀元前244年頃）が唱えた解決策と同じレベルに到達する。

太陽のアノマリーを説明するために、3世紀のギリシャの天文学者は、等速円運動の原理を尊重しつつ、「偏心」という解決策を提案した。つまり、太陽は偏心円（中心が地球ではなく、別の仮想的な点） の上を進むというものである。しかし、このシステムには2つの欠点があったため受け入れられなかった。軌道が対称的ではなくアリストテレスの原理と矛盾していることと、天体が（地球ではなく）仮想点の周りを運動するということである。アポロニウスは後に、偏心円は同心円（従円）の周りを移動する周転円と同じであることを証明することにより、対称性の問題を解決した。この周転円と従円を用いた解決策は、ケプラーが最初の惑星法則である楕円軌道を案出した17世紀初頭まで、すべての天体システムを特徴づけることとなった。

こういった流れの中で、アポロニウスとヒッパルコス（紀元前128年頃にロードス島で観測を行なっていた）は、完全な周転円と従円の天文学理論を作り上げた。半径と運動方向（時計回りまたは反時計回り）を適切に組み合わせることにより、惑星の逆行運動を再現でき（ただし、この運動によって生成される「ループ」が非対称であるという事実だけは再現できない）、 かつ、太陽と月の運動をかなり良い精度で説明することができた。

天文学の「方法論的」アプローチを（理論から観測主体に）反転させることにより、ヒッパルコスはギリシャの天文学の発展に決定的な役割を果たした。主にプトレマイオスが残した情報によると、ヒッパルコスは天体の運動を支配する経験則を求めるために、観測データを蓄積することを重要視した最初の学者であった。そのようにして、彼は天体運動を等速円運動の観

点からモデル化し、それに応じて従円や惑星周転円の半径を決定した。

ヒッパルコスはまた、太陽の運動についての理論を完成させ、その離心率を決定し、季節の長さの不均等という主要なアノマリーを解決した。 さらに彼の最も重要な発見である春分点歳差（歳差運動）の理論を見つけたのも、太陽の理論に取り組んでいたときであると思われる。歴史的観測と比較することで、ヒッパルコスは、太陽が年周運動において、天の赤道に到達する時間よりも、同じ黄道点に到達する時間の方が少し長いことに気が付いた。つまり、恒星年（太陽がある恒星の上に戻ってくるまでにかかる時間の長さ）と太陽年（太陽が春分点に戻ってくるまでにかかる時間の長さ）とが異なるということである。この現象は、実際には地球の軸のゆっくりした回転によるもので、ヒッパルコスによって、西から東へ、1世紀あたり約1度という天球の非常に遅い移動として解釈された（真の値は1° 23′ 30″）。

ギリシャの天文学の頂点は、クラウディウス・プトレマイオスによる権威のある仕事である。 彼は天文学を数学的に解釈し、『アルマゲスト』という本にまとめた。この仕事は紀元142年から146年の間に完成し、当時知られているすべての天文現象を含んでいた。この本が科学史にもたらした進展は他に類を見ない。その後ほぼ1500年に渡り、ティコ・ブラーエとケプラーが現れるまで、すべての天文学者にとっての主要な参考文献でありつづけた。実際、ケプラーの時代までのすべてのギリシャ、イスラム、ローマの惑星天文学はプトレマイオス的な特徴を持つ。

プトレマイオスはさらに、ヒッパルコスの仕事を完成させるという業績も残した。彼の方法はヒッパルコスと同様であり、次のような特徴を持つ。

- できるだけ多くの観測データを集積しする
- 惑星運動のアノマリーを重要視する
- アノマリー現象を支配する経験則を見つける
- 「真理を保ったまま事実を説明する」ために、さまざまな等速円運動を組み合わせる
- 円運動の半径と位置、角速度を決めることで得られる多くの解の中から、最適なものを選ぶ
- 惑星表を計算する

そして、その後の観測結果が計算された予測と一致した場合、これは理論を裏付けるものとなるわけである。

プトレマイオスによると、主な天体の運動は、（a）東から西への空の日周運動（b）主に西から東へ、黄道近くで起こる他のすべての運動、の２種類に分けられる。プトレマイオスは、いくつかの解決策の候補から選択する場合はいつでも、最も単純なものを好んだ。そのため、彼は太陽にヒッパルコスのモデルを採用したが、周転円と従円を組み合わせるシステムよりも、偏心円のアイデアを好んだ。他のすべての天体について、彼は独自の解決策を提示した。金星・火星・木星・土星の場合、有名な「エカント(equant)」（天体の運動を説明するためにプトレマイオスによって2世紀に作られた数学上の概念であり、中世になってからエカントという名が割り当てられた）を考案した。彼のアイデアは、周転円の中心が等速で動くのではなく、円運動の中心が別の点（エカント）に「移動」するというものであった。 このアイデアでは、確かに円運動の真理は保たれていた（惑星は近地点で速く移動し、遠地点でより遅く移動す

る；角速度一定）。しかし、アリストテレスの物理学や、プトレマイオス自身によって提示された等速円運動の原理からの、重大な逸脱を意味している。さらに、周転円、従円に加えてさらにエカントという3つ目の要素を用いるので、非常に複雑であった。

プトレマイオスは、彼の本『惑星仮説』で、自分の宇宙論的推測（天体のすべての動きを支配するメカニズム）について述べた。 この著書は、天球のメカニズムに関するイスラムの天文学理論の先駆けであった（第10章を参照）。 プトレマイオスの天文学に関する仕事はもう一つあり、『アルマゲスト』の改訂版である『簡易表(Handy Tables)』の作成である。この表は中世になってもずっと使用された。

プトレマイオスに関するギリシャの主な解説者は、アレクサンドリアのテオン（4世紀）であった。テオンは、『アルマゲスト』や『簡易表』の注釈書を作った。これは古代ギリシャの天文学にとって最後となる重要な作品であった。 6世紀になると、ジョン・フィロポノスがアストロラーベに関して知られている中では最初の論文（520〜550年頃）を書いた（ただし情報源は不明）。最初の有名な東ローマ帝国の天文学者は、アレクサンドリアのステファヌスと考えられている。彼は、テオンが書いた『簡易表』の注釈書に触発され、より詳細な解説書を記した(610〜620年頃)。ステファヌスの解説書は、乗数や除算を行うことができない学生のために作られていた。

ギリシャの数学的天文学に関する遺産　クライブ・ラグルス著

ギリシャの数学的天文学の発展は、現代の科学的天文学の歴史の重要な部分を形成しているが、それに直接関連するような建築物としての遺跡はほとんど存在しない。古代天文学者によって行われた観測を直接的に示す証拠は何一つ残っていない。プトレマイオスでさえ、彼の「観測所」については何も知られていない。一方、メトンが観測を行なったプニュクスの丘など、観測した場所については分かっているものもある（ケーススタディ9.1を参照）。

ただし、ギリシャの数学的天文学の遺産に関連するものとして例外的に、可搬のアイテムが一つ存在する。それは、1901年にローマの難破船で発見されたアンティキティラの機械である。これは青銅製の装置で、30個の歯車を含み、おそらく手動で様々な天文の周期を計算して表示するものである。計算できる天文周期には、月の位相、黄道帯を横切る太陽や月の軌道、19年(235朔望月)のメトン周期、223朔望月のサロス周期、さらにおそらく、多数の惑星に関する周期も含まれていたと思われる。月の位置を決定する歯車には、驚くべきことにピンと溝を組み合わせた装置が組み込まれており、これはヒッパルコスの理論に基づき、地球の周りを回る月の軌道の、楕円率による不規則性をモデル化したものである。なんとオリンピックが開催される4年周期をモデル化したダイアルまであった。 アンティキティラの機械は、紀元前2世紀後半に制作されたと考えられている。もともとは木枠のケースに収められていたもので、その2つの蓋には使用に関する説明書きが刻まれていた。つまりはおそらく、天文の専門家でない旅行者が個人的に使用することを意図された機械であると思われる。この装置が一つしか存在しなかったという可能性は低く、複数存在するのではないかと推測されている。

図 9.0.1. アンティキティラの機械の一番大きい残存断片の前面。ここには 27 個の歯車が含まれる。前面に 4 本のスポーク（輻）を備えた大きな歯車は、Mean Sun Wheel と呼ばれる。写真©アンティキティラの機械研究プロジェクト（http://www.antikythera-mechanism.gr）

古代ギリシャの天文学のその他の形態　クライブ・ラグルス著

季節の指標として星を利用することは、ヘシオドスの著書からも明らかなように、少なくとも紀元前8世紀からギリシャの農夫に知られていた。農夫であり詩人であるヘシオドスの作品『仕事と日々』（3世紀後になって記録された）には、さまざまな星の夜明け前の出現（ヘリアカル・ライジング）や、それをきっかけとした活動など、一連の天文学的な兆候が記されている。これは民間知識の蓄積であるとともに、農夫にとっての一種の暦でもある。紀元前5世紀までには、パラペグマタとして知られているペグホール星暦が開発された。それまでは都市ごとにそれぞれ独立して様々な市民レベルの太陰暦が利用されていたが、ペグホール星暦が出来て以降は、様々な市民の太陰暦を調整し、統一化されていった。

天文学は、ギリシャの宗教や崇拝の実践においても重要な役割を果たした。 ギリシャでは、神からの介入の兆候が空に現れるという考えが一般的であった。例としては、紀元前4世紀の慣習で、アテネからデルフィへ向かって、ピュティオス（Pythios）と呼ばれる一団を神聖な行進のために派遣したことが挙げられる。ピュティオスの一団は、所定の日の昼間と夜に、正しい兆候が空に見えた時（この場合は稲妻の光）だけ前に進む。多くのギリシャの宗教的な祭りは、野外で夜に行われた。さまざまな歴史的資料は、崇拝儀礼の不可欠な部分としての空の重要性、およびさまざまな儀式の正しいタイミング（日付と時刻の両方）を決定する際の空の重要性を証明している。

巨石でできた神殿の建設は、紀元前7世紀にさかのぼる。古代ギリシア建築は明らかに、古代エジプトから動機と技術的専門知識の両方を引き継いでいる（第8章を参照）。したがって、明らかに意図的に東西南北の方向や至点に向けて建設されていることは、驚くべきことではない。ギリシャの神殿は主に東に向かっていることから、日の出の方向だけと関連があるのではという主張もあったが、これは完全に否定された。ギリシャの宗教的実践は非常にローカル化されており、多くの異なる神や崇拝がある。神殿が建てられる前は、宗教的実践は野外で行われていたが、特定の神殿の配置やデザイン（向きを含む）は、それと関連付けられた崇拝実践に強く影響を受けている。

図 9.0.2. アテネのエレクテイオン。写真提供© D.S. Levine

神殿にはそれぞれ祀っている神がおり、神殿の方向性はその神と天体との関連性が意図的に反映されていると思われる証拠がいくつも見つかってきた。そうすることで、神と天体の結びつきが、崇拝儀式を行うたびに強化されるのだ。例えば、デルフィのアポロの神託（いるか座に関連）、スパルタのアルテミスの聖域（プレアデス星団に関連）、アテネのアクロポリスの北側にあるエレクテイオン（りゅう座に関連）などである。3つのケースすべてで、特定の儀式のタイミングが、関連する神殿が向けられた方向で地平線の上に見える星のイベントと合致するように考えられていたようである。いずれの場合も、神と関係する星または星座との関係は、いくつかの一連の証拠によって確認されている。つまり、神話（特に関係する儀式に関する起源神話）、 祭りのタイミングに関する歴史的説明、神殿の向きに関する古天文学的証拠、および関連する考古学的な遺物などである。

古代イタリアとローマ帝国の天文学　ジュリオ・マグリ著

鉄器時代のイタリア地域は、文化と交易の活発なネットワークをもつ地中海地域のさまざまな民族と文化で構成されていた。 ローマ人は最初、単にこれらのイタリック人の一人であった。 ローマ人の拡大と征服は、紀元前4世紀初頭に始まった。

この頃にはすでに宗教が発達しており、その中には、空と密接に関連した部分がいくつかあった。考古学的記録や、入手可能な数少ない文献（イグウィウムの青銅板など）に基づくと、文化の違いにもかかわらず、このような宗教の主な特徴はすべてのイタリック人に共通していたと結論付けることは妥当である。ただしローマの歴史家が直接言及しているのは、エトルリア人に関してのみである。この宗教では、人間と神の間の基本的なつながりは、いわゆるディシプリーナ(*Disciplina*)を学んだ祭司であるアルスペックス(*aruspexes*)によって提供された。祭司アルスペックスの主な仕事は、新しく町を創設するときなどに、鳥の飛行方向（鳥卜）や生贄の子羊の肝臓（臓卜）を使って、神の意思を読み取ることであった。これらの司祭の神聖な仕事場はアウグラキュラムと呼ばれ、景観や町の目立つ位置に配置された壁のない正方形（または長方形）の構造物であった。ディシプリーナの内容は、キケロなどのローマの作家の著作を通して私たちに知られている。アウグラキュラムの伝統は非常に古く、紀元前6世紀にはすでに文書化されている。アルスペックスの基本的な義務は、宇宙の秩序を再確認することであり、地上に天上を模した場所であるテンプラム（*templum*、神殿）を構成することであった。テンプラムには、神々が真北から8(もしくは16)の半径方向に、それぞれ順序づけられ、各方角を

向いて配置されている。その結果、こういった建物は東西南北あるいはそれらの中間方位に沿って建てられている傾向がある。

空に関してイタリック人が抱いていた宗教的信念の他の痕跡は、いくつかの町にある壮観なアクロポリスに見ることができる。特に重要なアクロポリスは、ラティウム・ヴェトゥス（本質的には現在のラツィオ州のことで、ローマ帝国の首都）を中心とした地域にあり、その範囲は中央イタリアの西側全てに渡っており、ウンブリアからカンパニアまで含まれる。このアクロポリスには、印象的な多角形の石細工を施した立派な建物が建てられた（例：アラトリ[ケーススタディ9.2を参照]やフェレンティーノ）。これらの建物は、四方位もしくは八方位、および/または夏至の日の出または日没の方向へ向けられている（例：アラトリやノルバ）。明るい星（特に双子座）が地平線から昇る時/沈む時に寄せられた関心からも証明されている。

エトルリア人のほぼすべての町はローマ人によって再開発されたが、ローマ人の到着前にケルト人によって破壊されたミサ（現在のマルザボット）や、セルヴェテリのような壮大な「葬礼の町」（ネクロポレイス）では、その痕跡を今でも見ることができ、墓のほとんどが北西に向けられている。

イタリック人の“ローマ化”は緩やかなプロセスであった。そしてむしろ、ローマの町の方が、既存の伝統からの信念や慣習を受け継いだと思われる。しかし、ローマ帝国の記念碑や神殿において天文学が果たしていた役割は、まだ全く明らかになっていない。主な例は、カンプス・マルティウス・プロジェクトにおける天文学の役割の問題である。カンプス・マルティウスとは、テヴェレ川の曲がり角近くの広大な平地で、アグリッパ（古代ローマの軍人）がアウグストゥス皇帝の栄光をたたえる「聖なる場所」として定義し、整備した。カンプス・マルティウスの北部にはアウグストゥス廟がある。アウグストゥス廟では、エジプトのオベリスクを使用した日時計（現在はモンテシトーリオ広場に移設）が「中心」の目印となっており、東側にアラ・パキスが、南側にパンテオンがある。こういった構造はすべて、このような広場における基本的な要素であった。このような複合施設は、ヒエロファニー（光の効果で神の顕現を示唆する作用）を意図的に具現化したものである。例えば春分/秋分の日には、アラ・パキスの入り口方向にオベリスクの影が落ちるように計算されている。しかし、これがアウグストゥスの誕生日を強調するために特別に計画されたのか（つまり、巨大な日時計が新しい「宇宙秩序」において、アウグストゥスが中心的地位にあることを示す役割を果たしているのか）、もっと単純に季節的な関係を反映しただけであるか、もしくは実際は意図的でもなんでもないかどうかは、多くの議論があり、未解決のままである。一方、カンプス・マルティウス広場において最も代表的な建物は間違いなくパンテオンである。現在のパンテオンは西暦120年頃にハドリアヌスによって再建されたものであるが、太陽の年周期および日周期と密接に関連している（ケーススタディ9.3を参照）。

イタリアにおける天文学的遺産

イタリアにおける天文学遺産について、関心の寄せられている場所、または十分に研究されている場所は、中央イタリアに集中している。 アルファベット順に挙げると、イタリック/初期ローマの主要な遺跡地は、アラトリ、チルチェイ、フェレンティーノ、ノルバ、サンテラズ

モ・ディ・チェチである。エトルリアの主要地は、バンディタッチャ・ネクロポリス（現在のチェルヴェーテリ）とミサである。ローマ帝国の天文学に関する研究は主に、（アウグストゥス廟のあるカンプス・マルティウス全域と合わせて）パンテオンとドムス・アウレアに集中している。これらのサイトはすべてよく保護されており、保護地域または生活地域に囲まれ、一般に公開されている。

天文学的に興味深い可搬の遺産も存在する。良い例がファルネーゼ・アトラスと呼ばれる銅像である。その銅像は現在はナポリの国立博物館にあり、天球を運ぶアトラス神を表す初期帝国時代の傑作である。アトラス神が持つ球体には、ローマ時代に由来する星座が描かれており、現在知られている中で星座に関する最も完全な表現である。この天空地図のオリジナルのデータを、ヒッパルコスの「失われた地図」にまで遡って再構築しようとする試みも行われている。

文献

古代ギリシャ

Boutsikas, E. (2008). “Placing Greek temples: an archaeoastronomical study of the orientation of ancient Greek religious structures”, *Archaeoastronomy* 21, 4–19.

Boutsikas, E. and Ruggles, C. (2011). “Temples, stars, and ritual landscapes: the potential for archaeoastronomy in ancient Greece”, *American Journal of Archaeology*,115, 55-68.

Freeth, T., Bitsakis, Y., Moussas, X., Seiradakis, J.H., Tselikas, A., Mangou, H., Zafeiropoulou, M., Hadland, R., Bate, D., Ramsey, A., Allen, M., Crawley, A., Hockley, P., Malzbender, T., Gelb. D., Ambrisco, W., and Edmunds, M.G. (2006). “Decoding the ancient Greek astronomical calculator known as the Antikythera mechanism”, *Nature* 444, 587–591.

Freeth, T., Jones, A.R., Steele, J.M. and Bitsakis, Y. (2008). “Calendars with Olympiad display and eclipse prediction on the Antikythera mechanism”, *Nature* 454, 614–617.

Neugebauer, O. (1975). *A History of Ancient Mathematical Astronomy* (3 volumes). Berlin: Springer Verlag.

Thurston, H. (1994). *Early Astronomy*. New York: Springer Verlag.

Toomer, G.J. (1984). *Ptolemy’s Almagest*. London: Duckworth.

Toomer, G.J. (1996). “Ptolemy and his Greek predecessors”, in *Astronomy before the Telescope*, edited by Christopher Walker, pp. 68–91. London: British Museum Press.

Tuplin, C.J and Rihill, T.E., eds. (2002). *Science and Mathematics in Ancient Greek Culture*. Oxford: Oxford University Press.

イタリックとローマ帝国時代

Adam, J. P. (1994). *Roman Building : Materials and Technique.* London: Batsford.

Aveni, A. and Romano, G. (1994). “Orientation and Etruscan ritual”, *Antiquity* 68, 545–563.

Briquel, D. (2008). “L’espace consacré chez les Étrusques : réflexions sur le rituel étrusco- romain de fondation des cites”, in *Saturnia tellus*, edited by X. Raventós, S. Ribichini and S. Verger, pp. 27–48. Rome: Consiglio Nazionale delle Ricerche.

Buchner E. (1982). *Die Sonnenuhr des Augustus*. Mainz am Rhein: von Zabern.

Castagnoli, F. (1971). *Orthogonal Town Planning in Antiquity*. Cambridge, MA: MIT Press. Hannah, R. (2009). *Time in Antiquity*. New York: Routledge.

Magli, G. (2008). “On the orientation of Roman towns in Italy”, *Oxford Journal of Archaeology* 27, 63–71.

Magli, G. (2009). *Mysteries and Discoveries of Archaeoastronomy*. New York: Springer- V erlag.

Rehak, P and Younger, J.C. (2006). *Imperium and Cosmos: Augustus and the Northern Campus Martius*. Madison: University of Wisconsin Press.

Schaefer, B.E. (2005). “The epoch of the constellations on the Farnese atlas and their origin in Hipparchus’s lost catalogue”, *Journal for the History of Astronomy* 36, 167–196.

Ruta Serafini, A. (2002). *Este Preromana : una Citta e i suoi Santuari*. Treviso : Canova.

ケーススタディ 9.1: プニュクス（Pnyx)、ギリシャ,アテネ

マイケル・ライト(*Michael Wright*)

遺跡の特徴と分析

地理的位置：ギリシャ、アテネのアクロポリスの丘から約300m西

場所：北緯37º58´18″、東経23º43´10″。標高97m。

概略：プニュクスの丘は、古典期のアテネに存在していた。 古典期の後期まで、ここは政治集会のために使われていたため、その存在意義は民主主義の発展との関連性にあると考えられる。さらにここは、天文学者メトンがヘリオトロピオンと名付けた観測装置を建設した場所でもあり、天文学の歴史にとっても重要性が高い土地である。 観測の方法には、近くのリカベット山の地平線上の見晴らしの良さを利用したのだろうと思われる。観測の結果を用いて、メトンは有名な暦周期であるメトン・サイクルを発見した。メトン・サイクルとは、19太陽年が235朔望月に非常に近い（差異は約2時間以下）という事実に基づいて作られたサイクルである。

遺物の目録： メトンが観察した場所はほぼ平坦にならされていて、これは明らかに観測のために人間が手を入れて作られている。

そこに建設されていたであろうヘリオトロピオンの痕跡は全くなく、どのような形をしていたかを知ることができない。しかし、太陽の赤緯は至点近くで非常にゆっくりと変化するた

め、自己完結型の装置一つだけを使用して至日を特定することは、非常に困難だったと思われる。したがって、そのような観測では、距離が遠いところにある目印を利用することで、「装置」のスケールを効果的に拡張したと想像される。実際、プニュクスから見える景色には、リカベット山と似た形の自然の目印である丘(標高300m)が、約3 km離れた場所に存在する。この丘の北側の山肌の傾きは、真夏に日が昇る地点でちょうど地平線に割り込む角度となっている。この山肌の側面の傾きの一部は、昇る太陽の進路よりも急峻であり、夏至の日だけ、太陽が昇ってくる間に太陽像がその近くで一瞬「フラッシュ（点滅）」する特別なスポットである可能性を高めている。現在プニュクスと見なされている地域内にそのようなスポットが存在するかどうかを確認するために、継続的な調査が進行中である。もしこの仮説が正しかった場合、ヘリオトロピオンは夏至の日の出を確認する観測点を指しているのかもしれない。

歴史： 歴史的資料によると、メトンは紀元前432年に夏至の観測を行ったとされる。 この場所はのちに天文観測のために再度利用されることとなった。アテネ国立天文台の40cmゴーティエ屈折望遠鏡用のドームが、1890年この地に移設されたのである。

文化的/表象的側面：アテネの市民暦は、夏至に続く最初の新月に始まるため、夏至の観測は地元の市民にとって重要であった。

真正性と完全性：メトンが使用していた観測器具や、当時の建物や構造の痕跡は何も残っていない。しかし、リカベット山によって形成される自然の地平線は当時と変わりなく、メトンの観測にも不可欠だっただろうと思われる。

資料とアーカイブ：メトンがヘリオトロピオンをプニュクスに置いたという事実は、アリストファネス（古代アテネで活躍した喜劇作者）が書いた喜劇"*The Birds*"における解説で言及されている。 劇ではメトンは笑い者にされており、紀元前414年に書かれた時にはすでに有名な人物であったに違いない。ミレトスや、プトレマイオス（著書『アルマゲスト』の3.1章）、およびシケリアのディオドロス（著書『歴史叢書』12.36.1–2）などが残した文献ではすべて、メトンの夏至の観測を紀元前432年と記している。 シケリアのディオドロスは、メトンが有名なメトンサイクル（19年が235朔望月に対応する）を作り上げたのは、その夏至の観測からであると記している。

現在の遺跡の管理

現在の利用法： このサイトは一般公開されている。 日中は係員が監視をしており、訪問者は通常、建設された通り道に沿って進み、門を通る。料金は無料で、夜間でも門は開け放されているようである。考古学的エリアは、周辺地域と隔てるためのフェンスによって分離されているが、その端は開いており、誰でも歩いて通ることができる。周辺地域の住民は、気晴らしのためにこの地域全体を自由に歩いている。

歴史的/地理的背景：プニュクスの土地は、草や小さな低木以外が生えている程度で、ほぼ何もない場所である。 以前の使用目的（観測）が、何もない開けた場所であるという事実に依存していたため、現在の一般的な外観は、おそらく古代に持っていた外観を保っているのだろうと思われる。

考古学的/歴史的/遺産研究：いくつかの歴史的資料が、メトンがこの場所を至点の観測に使用していたことを証明している。また、メトンが観測のためにこの場所を人為的に加工したという考古学的証拠もある。

管理： 他のすべてのギリシャの重要な考古学的サイトと同様、プニュクスは州の所有物である。 メトンが観測していた平坦な領域はそのまま野外にあり覆われておらず、小さな看板が建てられ、訪問者に公開されている。

ケーススタディ 9.2: アラトリのアクロポリス（Alatri)、イタリア

ジュリオ・マグリ（*Giulio Magli*)

遺跡の特徴と分析

地理的位置：イタリア、ラツィオ州フロジノーネ県アラトリの町

場所：北緯41º43´35˝、東経13º20´32˝。標高490m。

概略：アラトリは、古代ラティウム・ヴェトゥスにあったいくつかの町の1つである。ラティウム・ヴェトゥスとは、ローマとテッラチーナの間にあり、海岸とアペニン山脈に囲まれたイタリア中部の広い地域を指す。ここでは壁や建物は「多角形」技術を使用して建設されており、膨大な石のブロックは不規則な形状に切り出され、モルタルなしで完全に組み上げられている。小さな丘の頂上にはアクロポリス（城塞）があり、アラトリの町はその周りに建設されている。アクロポリスは巨大な「幾何学的な城」であり、中心から町全体を支配していた。

遺物の目録： アクロポリスには2つの入り口がある。大きさ5m×2m×1.5m、重さ24トン、冠木つきの正門（Porta Maggiore）と、その反対側にある裏門（Porta Minore）である。 碑文は何も刻まれていないが、建築者が唯一残したマークは、3つの男根像をT字形（または十字形）に配置したものであり、裏門の冠木に見ることができる。 建物の反対側の地面近くには、3体の大きな壁龕（高さ2m、幅1m）がある。この壁龕には構造的な機能はなく、何かの彫像を納めていたようである。

アラトリ大聖堂は、アクロポリスの中にある。 その壁の下部にある石積みは、以前の建物（おそらく神殿）のもので、多角形組み合わせの技術を使用して作られている。 北側の壁に

は、2.5×2×1mの巨大なブロックがあり、この巨大ブロックは9つの角で切断された後、他の8つのブロックと組み合わされている。 この石のすぐ後ろには、自然の亀裂が入った岩がある。この岩の割れ目は天然のクレバスで、町の創設時に儀式で使われた可能性がある（つまり、供え物や野菜をそこに埋めて納めた）。 この地点は、図9.2.1で「O」とマークされている。

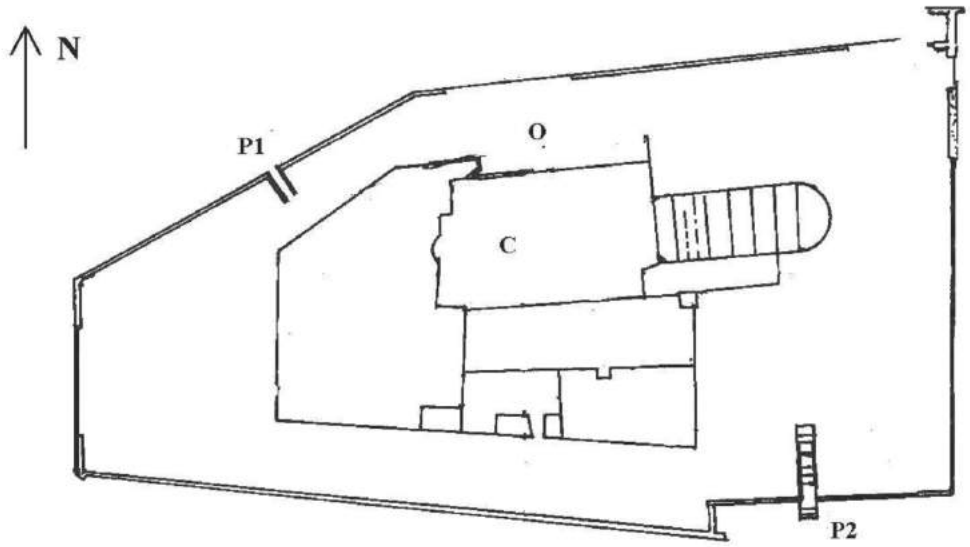


図9.2.1. アラトリのアクロポリスの概略図。 P1–裏門、 P2–正門、 C–大聖堂、O–町の創設時の祭礼の時に供物を納めた可能性のある岩石で、人工的でない自然な亀裂が入っている。出典はMagli（2006）図2。

歴史： イタリアでは、すべての多角形組み合わせの壁はローマ人に起因するものであり、一般的にはローマ共和国時代（紀元前5〜3世紀）のものと考えられている。しかし、これらの構造のほとんどには信頼できる層序がなく、もっと時代が古い（数世紀まで）可能性もある。3つの壁龕の壁を支える土塁の内部には、おそらく神殿であると思われる古代の建物（紀元前6〜5世紀）の下部構造があることが、発掘によって明らかになった。つまり、別の神殿が昔この地には建っていて、この神殿

図 9.2.2. アラトリのアクロポリスの北西側の塀と裏門
写真©ジュリオ・マグリ

の痕跡として残っていた下部構造の上に、アラトリ大聖堂が建てられたと思われる。

文化的/表象的側面：初期ローマ時代の都市の中では、アラトリは幾何学と天文学の融合によって生まれた最も壮観な建築物といえる。O点(岩石の亀裂)は、建築計画に組み込まれた多くの幾何学的関係の基点をなす。たとえば、アクロポリスの反対壁面に位置する正門と裏門は、O点から等距離にある。また、天文学的な配列として、O点からアクロポリスの北東の角に向かう方向は、夏至の日の出方向と一致する。天文学の象徴的表現は、建物の方向と特徴的な形状にも組み込まれているようである。建物の東と西の壁は南北方向に配置されているが、他の壁の配置は南十字星とケンタウルスという明るい南の星に向けられているのではないかと議論されている。アクロポリスは、礎となっている丘の形に制約されずに、独特の形状をもっている。この形は、ふたご座の形状を反映しているようである。

図 9.2.3. アラトリのアクロポリスの南側の塀と正門（階段は 19 世紀に追加されたもの）写真©ジュリオ・マグリ

比較解析：アラトリだけでなく、中央イタリアの他の多くの町(チルチェイ、フェレンティーノ、ノーバ、セグニなど)でも、ブロック石の大きさと多角形の石積みの創意工夫は同様のレベルに達しており、権力や威厳といった印象を与えている。特徴的なものとしては、紀元前13世紀頃に建設された世界的に有名なティリンスとミケーネの町や、紀元前6世紀後半に起源をもつデルフィのアポロ神殿のテラスといった初期古典ギリシャ建築の傑作などが挙げられる。

真正性と完全性：城壁はほぼ無傷で、その高さは15mに達する。 天文学の解釈に不可欠な建物の形と向きも当時のままである。 ただし、もし３つの壁龕がもともとは彫像を納めていたのだとしたら、それらはずいぶん昔に失われたことになる。

現在の遺跡の管理

現在の利用法： サイトは歴史的建造物と公園として使用されており、無料で公開されている。

保存状態：城壁の保存状態は最高といっていい。ブロックの石積みの接合は完璧で、2つの石の間に1枚の紙を挿入することすらできない。 建築者を示す記号は、古代に損傷を受けた（おそらく異教のシンボルとみなされた）が、今でもまだはっきりと見えている。

地理的環境：街は（比較的手つかずの）リリ渓谷の中心部にある丘の上にあり、地平線の周りには他の丘がある。

考古学的/歴史的/遺産研究：中央イタリアの印象的な多角形の石積み壁は、フェルディナンド・グレゴロビウスなどの19世紀の「ロマン派の」考古学者によって最初に調査され、後にテオドール・モムセン、そしてその後ジュゼッペ・ルグリによって調査された。アラトリの設計が、幾何学的および天文学的な整列に基づいて計画されたという考えは、1982年に地元の歴史家ジュゼッペ・カポーネによって最初に提唱された。彼の論はその後の調査で確認され、拡張された。

損傷、破壊等の脅威 ：乾燥した多角形の石積みにおいて必ず起こる問題は、壁の近くに立つ木の根が地面の中で成長することである。 より多くの資金が必要とはいえ、今日では市当局はこの問題を適切にコントロールしているようである。1970年代に修復の試みが行われたが、残念なことに、この時に一部区域にセメントが注入された。セメントが注入されることで、石積みは振動を吸収することができなくなり、地震が多いこの地域において、一連の問題を引き起こすことになった。ただし、復元前の状況に戻すことは不可能と思われるため、建造物は（数千年間で初めて）地震による倒壊の危機にさらされている。

管理：サイトはアラトリ市管理局によって管理されている。

追加文献

Aveni A. and Capone, G. (1985). “Possible astronomical reference in the urbanistic design of ancient Alatri, Lazio, Italy”, *Archaeoastronomy* 8, 12–15.

Capone, G. (1982). *La Progenie Hetea*. Alatri: Tofani.

Magli, G. (2006). “The Acropolis of Alatri: architecture and astronomy”, *Architecture and Mathematics* 8, 5–16.

ケーススタディ 9.3: パンテオン（Panthenon)、イタリア,ローマ

ジュリオ・マグリ（*Giulio Magli*)

遺跡の特徴と分析

地理的位置：イタリア、ローマのロトンダ広場

場所：北緯41º53´55″、東経12º28´37″。海抜15m。

概略：パンテオンは、ローマ時代の最も保存状態の良い建物の1つであり、コロシアムとともに最高傑作の称号を得ている。

遺物の目録： 現在保存されているパンテオンは、円形の建物の前に長方形のプロナオス（柱廊）があり、このプロナオスには、３本の直線上に花崗岩でできた柱が並んでいる。 円形の建物は、直径43.3mの巨大な半球ドームでできていて、同じ直径の円柱の上に建っていて、円柱の高さは半径と同じ長さである。 円蓋の上部には幅8.3mの円形の開口部がある。 内部の壁は16個の規則的な間隔の区域に分割されている。最北端には入り口のドアがあり、残りの部分には交互に壁龕と円柱状のくぼみが配置されている。

北向きの入り口からは直射日光は差し込むことができないので、天井の開口部は建物に唯一の自然光光源を提供している。結果として、建物の内装は、普段は訪問者に寒さや暗さといったミステリアスな印象を与え、晴れた日にだけは、開口部から大きな太陽光線が入るというコントラストを見せる。

歴史： パンテオンは紀元前27年頃に、アウグストゥス帝の支配下のもと、その側近であるアグリッパによって建てられたが、現在の形態は、紀元後128年頃にハドリアヌス帝によって再建されたものである。

文化的/表象的側面：パンテオンは、ルネサンス以降、建築に多大な影響を与えてきた。それにも関わらず、パンテオンがなぜ建てられたのか、どのように使われていたかを知る文献は何もない（ただし、プリニウスとカッシウス・ディオは、ハドリアヌスの死後70年経ってから、パンテオンは全ての神の神殿であるという不明確な記述を残している）。 しかし、この建造物は、年間を通して太陽の周期と強く結びついていることは間違いなく、その主な機能の少なくとも1つ（主な目的でないとしても）は、太陽とローマの権力を結びつけ、皇帝の神のような支配権を強化することであった。

パンテオンは、内部が暗い巨大な日時計のように機能する。これはローマではよく知られているタイプの日時計である。 冬の間、太陽光線はアーチ型のドームのみを照らす。 そして、秋分と春分の正午には、太陽光線はちょうどドームの土台に触れる。春分後は光線のあたる位置が下

降し始め、4月21日頃（および、対称にあたる8月下旬）には、正午に太陽光線が入り口を完全に照らす。この光景は壮観で、神の顕現（ヒエロファニー）を思わせる。夏至に近づくと、太陽光線は日中、床面を通過する。ただし、建物の床面の中心まで達することは一度もない。

図 9.3.1. パンテオンの開口部を通って差し込む日光。 写真©ジュリオ・マグリ。

図 9.3.2. 神の顕現（ヒエロファニー）と呼ばれる、4 月 21 日のパンテオン。太陽光線が正午に入り口を完全に照らしている。© ジュリオ・マグリ

4月21日がローマ建国の日であると伝統的に伝えられていることは、例えばローマの詩人であるオウィディウスが述べている。この日に「太陽とともに」祝賀の場に入ることで、「ローマを神々の間にあらしめる」ことを具現化して、皇帝の神格化を図った。こういった方法や他の色々な方法で、パンテオンはローマの宗教と権力の関係についてのハドリアヌスの考えを要約していた可能性がある。

真正性と完全性：パンテオンで太陽光によるヒエロファニーを引き起こしている建築上の配置は、ハドリアヌス帝による再建でも変わっていない。黄道の傾斜角の変化による太陽の位置の変化は、無視できる程度である。

現在の遺跡の管理

現在の利用法： サイトは一般に無料で公開されている。

保護： パンテオンは、「ローマの歴史地区」の一部として世界遺産に登録されている（世界遺産登録番号 No. 91）。

保存状態： 非常に良い。

考古学的/歴史的/遺産研究：パンテオンに関する文献は大量にある。天文学に関する研究については、この章に挙げた参考文献を参照せよ。

損傷、破壊等の脅威：脅威となるものは何もない。

管理：パンテオンはイタリア国家の所有物であり、管理は保守を担当するローマ行政当局の「建築および景観遺産管理局」に委託されている。

追加文献

Hannah, R. and Magli, G. (2009). “The role of the sun in the Pantheon’s design and meaning”, http://arxiv.org/abs/0910.0128.

Oudet, J.F. (1992). “Le Panthéon de Rome à la lumière de l’equinoxe”, in *Readings in Archaeo-astronomy*, edited by S. Iwaniszewski, pp. 25–52. Warsaw: State Archaeological Museum.

第 10 章　イスラム天文学

トフィグ・ハイデルザディ（*Tofigh Heidarzadeh*）

プトレマイオス（紀元後 2 世紀）からコペルニクス（16 世紀）までの間の観測・理論天文学は、北アフリカから中央アジア地域で発展した。古代後期、イスラム以前、そして最終的にイスラム社会と変遷する時代である。最も大きな天文学的進歩がなされた時代は、9 世紀から 15 世紀半ばにかけてである。この期間中、イスラムの学者は過去の多くの知識に触れ、精通することができた。例えば、インド-ペルシアの天文学の伝統、洗練されたプトレマイオスの惑星モデル、改良された計算技術と観測技術、確立された大規模観測所、正確な観測機器などである。そして最終的には、イスラムの学者は観測された惑星の動きをアリストテレス宇宙論により良く適合させるために、いくつかの非プトレマイオス的惑星モデルを考案した。

ヘレニズム天文学の導入

イスラム以前のアラビア半島において、人々が天文学にどの程度親しんでいたかを知る術は限られている。 しかし、少なくとも次のようなことが知られている。黄道十二宮を通る太陽の経路に精通していたこと、太陰暦を採用していたこと、特定の恒星や星群の場所を参照した月宿を定義したこと、また特定の星が地平線から昇る/沈む時期を利用して季節現象や気象現象を予測していたことなどである。

7 世紀半ば以降のイスラム領土の急速な拡大により、イスラム教徒は、天文学において長い伝統を持っていたペルシャ人やビザンチン人と接触を持つに至った。しかし、イスラム教徒が天文学を含む「外国の」科学を本格的に知ることになったのは 8 世紀後半になってからである。というのは、8 世紀後半にギリシャ語、シリア語、ペルシャ語の作品が初めてアラビア語へ翻訳され、アッバース朝のカリフ（イスラーム国家の指導者、最高権威者の称号）であるアル＝マンスールの宮廷でそれらの文献を手にできるようになったからである。アル=マンスールの宮廷は、新しくバグダッドに立てられた首都の中にあった。9 世紀初頭、バグダッドに研究と翻訳の研究所である”知恵の家”が設立されたことで、ギリシャ・ヘレニズム・ペルシャ・インドの伝統的知識が詰まった科学的・哲学的な本を翻訳するという、すばらしいプロジェクトが開始された。

やがて、『*Zīj-iShahriyār*』（原著はペルシア語、アラビア語に *Zījal-Shāh* として翻訳された）、『*Sindhind*』（原著はサンスクリット語、インドの天文表）、『*Mathematikē Sýntaxis*』（原著はラテン語、一般にアルマゲストと呼ばれるプトレマイオスによる数学論文でアラビア語のタイトルは *Kitab al-Majistī*）などの作品の翻訳、およびのギリシャとヘレニズムの他の数学的知識のおかげで、イスラム教徒は惑星モデルや数学的天文学に精通することとなった。この頃、インド・ペルシャの伝統に基づいてズィージュ（*zīj*、天文便覧）は継続的に作成されていたが、最終的にイスラム教徒の天文学者の間に広く普及したのはプトレマイオス天文学であった。8 世紀と 9 世紀の間に、プトレマイオスの『アルマゲスト』は少なくとも 5 回アラビア語に翻訳され、彼の他の作品（『惑星の仮説』ほか）も含め、イスラム地域で活躍する天文学者に良く知られるようになった。主となる翻訳本が入手可能になると、それらの解説本や、重要な改訂、および要約版も登場した。

これらの中には、原著にみられる難解な点や矛盾を議論したものがあり、学生の理解を助けた。

イスラム教が最初に計算天文学に触れたのは、ズィージュを通してであった。 ズィージュとは、惑星、太陽、月、および特定の恒星の動きと位置に関する観測データ、および天球上の主要な円の交点の座標からなる表を組み合わせたものである。天文学者や占星術者は、天文学的な計算や予測をするためにズィージュを利用した。 この用語は、中期ペルシア語の zīk または zīg、つまり暗号や紐(code)という言葉に由来している。

イスラム時代に作成された最初のズィージュは、インド-ペルシャの伝統に基づいたものであった。『*Zīj al-Arkand*』は、インドの天文便覧に基づいて、735 年にアラビア語で書かれた。 『*Zīj-i Shahriyār*』は、8 世紀の最後の年にパフラヴィー語から翻訳された（イスラム教徒の天文学者は翻訳する前から、パフラヴィー語でその内容を知っていた)。『*Zīj al-Sindhind*』は 770 年代に、アッバース朝のカリフであるアル＝マンスールの宮廷学者二人（アル・ファザーリとヤークブ・イブン・タリク）によって、サンスクリット語から翻訳された。しかし、イスラムの天文便覧が初めて完成したのは 9 世紀前半である。当時バグダッドに住んでいたペルシアの数学者で天文学者であるアル＝フワーリズミーが、現存する最古のイスラム天文便覧であるズィージュを編纂した。この便覧には過去に翻訳された知識も含まれているが、さらにプトレマイオスの要素も導入されている。ズィージュはカリフであるアル=マアムーン(在位 813〜833 年)の後援の下で執筆された。アル=マアムーンの在位中に、プトレマイオスの『アルマゲスト』は 2 度アラビア語に翻訳された。

インド-イラン由来の知識とプトレマイオス由来の知識を混在させてしまうと、実用天文学と予測天文学の両方において矛盾が生じる。このような矛盾は、アル＝フワーリズミーの便覧を含む当時のすべての便覧において見受けられる。 加えて、プトレマイオスの時代から 6 世紀以上が経過しており、その時間の経過による位置変化も起こっていたため、初期のイスラム観測天文学者は、観測の不一致と戦わざるを得なかった。観測天文学の取り組みとして最初に行われたのは、プトレマイオスや他の情報源からの情報に基づいて観測機器を構築することであった。そして、位置天文学のいくつかの基本的なパラメータである黄道の傾斜・太陽年の長さ・緯度 1 度あたりの距離・月の運動に関するパラメーターなどを測定した。 イスラム教徒の天文学者はまた、祈りの際に向く方向であるキブラ（qibla; 神聖なメッカのある方向）を決定するために、ローカル座標を修正する観測も行った。 これらの観測プログラムを通じて、天文学者は古代の観測結果の誤りを修正し、天文パラメーターを更新していった。 このように自分たちで観測値を得ることで、異なる情報源から矛盾するパラメーターを複数使用することはなくなっていった。

アル=マアムーンの治世下で、バグダッドとダマスカスでは他の観測プログラムも始まった。つまり、太陽・月・惑星の運動について、黄道の傾斜角や天体の位置を決定するための観測である。天文学者はまた、緯度 1 度あたりの距離を測定して地球の大きさを決定する"測地線測定”を実行した（新しい世界地図を作成するため)。他にも、バグダッドとメッカから月食を同時に観測することによってローカル座標を決定し、バグダッドにおけるキブラ（祈りの方向）を定めた。これらの多様な観測の結果は、(直接または間接的に）新しいズィージュに影響を及ぼした。新しいズィージュの中でも特に影響を受けたものは、『*al-Zīj al-Mumtahan*』と、ハバシュ・アル=ハシブのズィージュである。 これらの便覧では、天文パラメーターとして新しい値が使用されただ

けではなく、新しい計算手法が採用された。例えば、ハバシュ・アル=ハシブのズィージュでは、新しい球面三角法が使用されている。さらに、これらの観測結果をヘレニズム時代の観測結果と比較することにより、既存の運動学モデルに重要な修正が加えられることになった。 例えば、プトレマイオスとヒッパルコスとは対照的に、春分点に対する太陽の遠地点の位置は固定されていなかった。

このような観測重視の伝統は、アル=マアムーンの治世後も続いた。 9 世紀後半の天文学者の中には、博学者であり、『アルマゲスト』のアラビア語翻訳の編集者であるサービト・イブン・クッラ（836〜901 年）がいた。 サービトはハラン（現在の南部トルコ）出身の占星術師であった。サービトは、天体を崇拝する古代の宗教的秩序を信仰していた。彼は太陽と月の動きを注意深く観察し、恒星年の長さを測定し、太陽の遠地点と離心率を決定した。そして彼は、太陽年に関する本、新月の可視性についての本、およびプトレマイオスの月理論に基づく月の見かけの運動に関する本を執筆した。サービトはまた、分点の歳差運動は線形ではなく、周期的に振動していると結論付けた。 彼は研究論文『第八球の運動について』において、この分点に関する「トレピダチオ説」を説明した。 サービトの説では、8 番目の球の極（回転軸と表面と交わるところ）が小さい円の上を動いていて、この小さい円の中心は、9 番目の球の極によって固定されていると考えていた。

サービトと同時代の天文学者であるアル=バッターニー（850-929 年頃、ラテン語表記ではアルバテグニウス）は、ユーフラテス島の北岸にある都市で観測を行い、黄道の傾斜角の更新値を計算した（プトレマイオスの 23° 51 ′ 20″ から更新し、23° 35 ′とした）。彼は他にも、太陽の離心率の正確な値（プトレマイオスの 0.0175 から更新し、0.017326）を求めたり、惑星運動の観察をしたり、月の平均運動の経度表記での観測値を改訂したりした。バッターニーのズィージュ（『*al-zīj al-Sābi'*』）では、ほとんどの惑星パラメーターの値が改訂されただけでなく、新しい球面三角法の式を採用した。 さらに彼は、新しい日時計や天球儀、角度測定装置など、全く新しいタイプのあるいは改良した観測機器を導入した。 バッターニーは、天文学の歴史の中で初めて、月と太陽の見かけの大きさの変化から推測し、金環日食が起こる可能性があることに言及した。

11 世紀の初めまで、数学的天文学の新しい手法が発展するのと連動しつつ、より正確な観測を行う試みは、イスラム天文学の重要な特徴となった。関係する天文学者には、アブドゥル・ラフマーン・アル=スーフィー（903 -986 年）、アブル・ワファー・ブーズジャーニー（没年 997 年頃）、イブン・ユーヌス（没年 1009 年）、アブー・ライハーン・アル＝ビールーニー（973-1048 年）などがいた。 ペルシャ人のアル=スーフィーは、プトレマイオスの恒星表の位置データと光度の修正を含む正確な恒星カタログを作成し、『星座の書』（964 年）として出版した。この『星座の書』は、プトレマイオス以来の最初の完全な夜空の調査であった。彼はまた、現在銀河や星団として分類されているいくつかの曖昧な天体についても記述した。 もう一人のペルシャ人の天文学者であり数学者でもあるアブル・ワファーは、主に数学的天文学に取り組み、球面天文学で重要な発展を成し遂げた。アブル・ワファーは非直角の球面三角法を含む新しい手法を用いることで、メネラウスの定理に基づいたプトレマイオスの方法よりもさらにシンプルに、正確な値を計算した。カイロで観測を行ったイブン・ユーヌスは、前任者の観測知識を踏襲し、さらに観測誤差と計算精度についての考察を加えることで、他の現存するズィージュとは異なる優れたズ

ィージュ『*Hakīmī Zīj*』を作成した。ユーヌスの計時用の表は、カイロで 19 世紀までずっと使用されていた。学際的な学者であるアル=ビールーニーは、高度な球面三角法を導入して天文学および測地学の問題を解決し、さらに、いくつかの天文学パラメーターとローカル座標の再測定を試みた。

このように綿密に観測をすることが、この後数世紀間を通じてずっと、イスラム世界の天文学の特徴であり続けた。しかし、イスラム天文学の貢献にはもっと重要なものがある。それは、理論および数学的天文学における大きな進展である。これらの進展には、イスラム教の儀式において天文学および測地学を使わなければならない実用的な必要性によって引き起こされたものもあれば、純粋に理論的・哲学的なものもあった。どちらの側面においても、イスラムの天文学者が天文学の進歩の歴史において果たした役割は大きい。

図 10.0.1.　アル=スーフィーの恒星カタログの 1 ページ：天球上見られる射手座の記述。
出典 ©アブドゥル・ラフマーン・アル=スーフィー『星座の書』

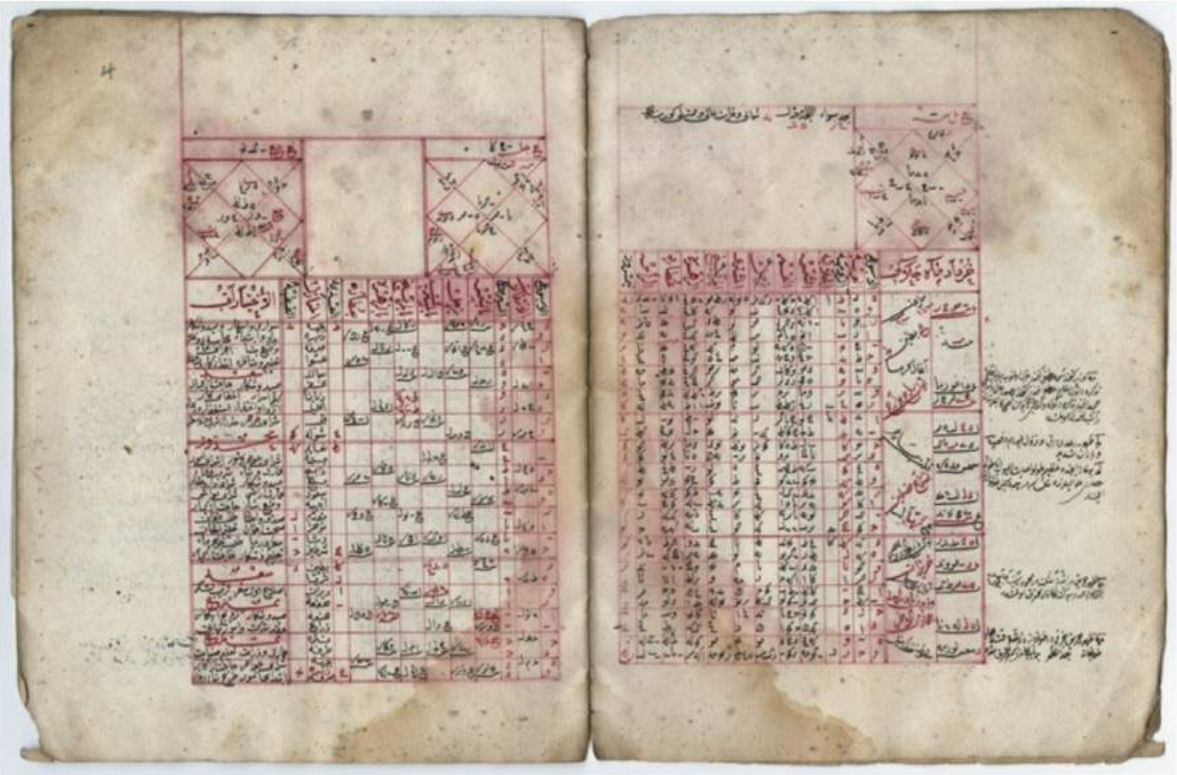


図 10.0.2. ズィージュ・グルガニ『Zīj-i Jurjānī』　出典　バイネッケ・レア・ブック & マニュスクリプト図書館　所蔵番号 1193 H/1779（パブリック・ドメイン ）

実践的天文学

イスラム儀式に関連する天文学および測地学の問題は、次の 3 つのカテゴリーに分けられる。一つ目は計時、二つ目は聖なる方向（キブラ）の決定、3 つ目は太陰暦の調整である。 毎日 5 回捧げる祈りの正確な時間は、空における太陽の位置に基づいている。日中の祈りの時間は影の長さによって決定され、太陽が水平線より上にないときの祈りの時間は、夕暮れ時の現象に基づいて決定される。朝の祈りは明け方に始まり、日の出前に終わる。 正午の祈りが始まる”正午”の時間は、太陽がその場所の子午線を越えるとき、つまり垂直に立った物体の影が最小になる時と定められている。 次の祈りは午後に始まるが、その時間の決め方は、物体の影の長さが、正午の最小の影の長さと物体そのものの長さの合計に等しくなる時である。 その次の祈りは午後の祈りの後に始まり、日没前に終わる。 そして最後の祈りは、太陽の残光が消えたときに始まり、真夜中に終わる。 これらの祈りの時間を経験的に推定することは難しくはないが、正確に決定するには、ローカル座標系と太陽の見かけの位置の日々の変化について、十分な知識を得る必要がある。

イスラム台頭の最初の 13 年間、イスラム教徒はエルサレムに向かって祈りを捧げていた。 しかし、ヒジュラ（預言者ムハンマドがメッカからメディナに移住した聖遷）から 17 ヶ月後、祈りの方向（キブラ）はメッカのカーバ神殿の方向へと変化した。 メッカはメディナの南に位置しているため、メディナに住んでいればキブラを見つけることは難しくなかった。 しかし、イスラムの領土が拡大すると、適切なキブラを見つけることは、球面幾何学において困難な問題となった。つまり、地球上の 2 点を通る大円の方向を見つけるという問題である。 何世紀にもわたって、イ

スラム教徒の天文学者や数学者は、球面三角法に基づいてこの問題を解決する方法を開発し、さまざまな場所からメッカへの向きを見つけるため、高度に精巧な便覧や機器を作り上げた。

太陰暦の調整は、イスラム教の天文学者にとって最も重要であり、同時に最も困難な問題であった。 イスラム聖法では、太陰月は新しい三日月を最初に見た時に開始するとされる。 新月からの経過時間にもよるが、この最初の三日月は、地平線上にとどまる時間が短く、日没後の西の空の明るさと比べるとその輝きが僅かなため、観察するのが非常に難しい。したがって、最初の三日月を見つけるためには、いつどこを見ればよいかを正確に知る必要がある。伝統的に、観測者は地平線が見える開けた場所に行き、月の見え方について報告した。もし観測者が月を見ることができなかったならば、翌日も観察は繰り返される。地平線が曇っている場合には、観測できないまま数日経過してしまうこともあった。これらの不確実性は、特にラマダンの聖なる月には、大きな問題となった。初期のイスラム教徒の天文学者は、インド天文学の情報に基づき、太陽と月の相対距離を計算し、それらが地平線に沈む時間の差を計算することにより、新しい三日月が見える時間を定義する手順を開発した。その数世紀後には、太陽と月の角度分離と月の見かけの速度も考慮に入れた、より複雑な手順が開発され、複雑な表によって三日月の可視性が決定されるようになった。

天文台

正確な天体データを取得することは、天文学と占星術の両方にとって必要であり、そのためには継続的な観測プログラムが必須であった。 一部のデータは、サイズの小さい持ち運び可能な機器を使用して比較的短時間で取得できるが、位置天文学で必要なデータのほとんどは、長期間の観測を必要とする。その結果、天文台を設置することはイスラム天文学において必須の事項となった。入手可能な情報源によると、イスラムで最初の観測所は、9 世紀初頭にアッバス朝のカリフであるアル＝マムーンの後援を受け、バグダッドとダマスカスに設立されたものである。この天文台は現存していないが、それが設立された目的は、天文学と測地線のパラメータの値を更新して新しいズィージュを編纂することにあった。他にも、計時と暦の調整のための正確な表を準備することや、新しい星図を作成することも目的とされていた。

アル＝マムーンの天文台とは別に、独自で観測所を作って観測を行った学者もいる。たとえば、アル＝バッタニーは長年ラッカ（シリア北部）で観測を行い、バヌー ・ ムーサー兄弟は約 30 年間にわたりバグダッドとその近くのサマラの町にある自分たちが所有する装置で観測を行った。他にも、バヌー・アマジュール一家（父、2 人の息子、解放された奴隷）は、長期間にわたって観測を行い、独自のズィージュを作成した。 シャーフ・アル・ダウラはバグダッドにある自分の宮殿の庭に天文台を建設した。

10 世紀半ばから 13 世紀半ばにかけて、さまざまな観測装置を備えた天文台または観測所が、イスラム領土中のあちこちに建設され、様々な天文学プログラムが実施された。 950 年代にアル＝スーフィーはレイ（テヘランの近く）とシラーズで観測を行った。 10 世紀後半に、アブル・ワファー・ブーズジャーニーはバグダッドから月食を観測した。この月食は同時にアル＝ビールーニーによってクワラズム（現在のトルクメニスタン）から観測された。 994 年にアル＝ホジャンディーは、半径約 20m の六分儀を使用して、レイにおける黄道の傾斜を測定した。970 年代に

イブン・ユーヌスは、カイロで拡張観測プログラムを開始し、得られた結果を自分のズィージュで説明した。アル＝ビールーニーは 10 世紀後半から 30 年以上にわたって、ホラーサン（イラン東部）で観測を行った。11 世紀後半、ウマル・アル＝ハイヤームはイランのイスファハンにある天文台を約 18 年間使用し、ズィージュを作成、さらに、セルジュクの支配者であるマリク・シャーの暦改革プロジェクトの指揮を担当した。最後に、サイード・アル＝アンダルシーとイブン・アル＝ザルカールが 11 世紀にスペインで長期観測プログラムを実施した。

数多ある天文台の中でも、イスラム時代に建てられた 2 つの天文台は、天文学の歴史の中で特別な場所を占めている。一つは 1259 年にイラン北部にフラグ（モンゴルの征服者ジンギスカンの孫）の後援の下に建てられたマラーゲ天文台で、もう一つは、1424 年にウルグ・ベグ（ティムールの孫）によって設立されたサマルカンド天文台である。観測機器の規模、観測プログラムの重要性、施設の環境、関連する天文学者と数学者の数、こういった様々な要素を比較すると、これら 2 つの天文台が中世の歴史において比類のない施設であることは明らかである （ケーススタディ 10.1 および 10.2 を参照)。

マラーゲ天文台で得られたアイデアに基づいて建てられたサマルカンド天文台は、次は 1575 年にイスタンブールにタキ・アルジンによって建設された天文台のモデルとなり、さらに 1720 年代に北インドに建てられた天文台群にも影響を与えた（ケーススタディ 6.1 を参照)。 1450 年代にウルグ・ベグの王朝が陥落した後、ウルグ・ベグが主宰する団体に所属していた多くの学者たちは、新しく生まれたオスマン帝国に移住し、科学の発展に大きな影響を与えた。皇帝ムラト 3 世（治世 1574-95 年）の宮廷天文学者であるタキ・アルジンがイスタンブールに建てた天文台は、トルコの皇帝が 1453 年にコンスタンティノープルを征服して以来、ずっと夢見ていたものであった。この天文台では約 15 人の天文学者が、新しいズィージュを作成することを目的とした装置を構築し観測を行った。2 年後、「1577 年の大彗星」が出現した際には、タキ・アルジンは、このイベントをトルコ軍がペルシャに対して勝利を収める兆候と解釈した。確かにトルコはペルシャ軍に勝利したが、同時にトルコ軍も大きな損失を被った。同じ年に、数人の要人が短い期間に相次いで亡くなり、さらに、疫病が流行した。 当時のスルタン（オスマン帝国の皇帝）は、彗星が契機となってこれらの予期せぬ悪い出来事が起こり、さらに彗星は天文台を設立したから現れたと信じた。その原因（天文台）が取り除かれれば、これらの悪い出来事は消えると考えた。その結果、タキ・アルジンがズィージュを完成させる前に、天文台は取り壊されることとなってしまった。

1724 年から 1734 年の間にインド北部にジャイ・シンによって建設されたジャンタルマンタル天文台（第 6 章を参照）は、記念碑的な天文台のイスラム-ペルシアの伝統を継承し、サマルカンド天文台に大きく影響を受けていた。時代的にはすでに望遠鏡が発明された後であるが、望遠鏡が備え付けられていないのはこのためである。

理論天文学

観測天文学および計算天文学に加えて、イスラム教徒の天文学者は、物理学的正確性をもって宇宙を描写することに特別な関心を持っていた。 当時一般に受け入れられていたのは、地球は宇宙の中心にあり、すべての天体がその周りを一定の速度で移動しているという概念であった。 ア

リストテレスは、天の領域は地球を中心とする一連の同心球（“オーブ”）で構成されている主張した。 たとえば、各惑星はこれらのオーブの 1 つを中心に一定の速度で移動するとした。しかし、観測データはこの描像とは合わなかった。太陽、月、惑星、星に至るすべての天体は、それぞれ異なる短期的または長期的な不均一な動きを示していた。 これらの動きを説明するために、紀元前 3 世紀と 2 世紀には非同心の惑星運動モデルが開発され、最終的にプトレマイオスの惑星運動モデルに到達した。 これにより、同心球のオーブというアイデアは保持されたが、各オーブに埋め込まれた他の偏心オーブと周転円が付け加えられた。 プトレマイオスによれば、惑星またはエピサイクルの中心の均一な動きは、地球と一致しないエカントと呼ばれる点を中心として考えると、惑星や周転円の中心は等速運動をしていることになる。この革新的なアイデアにより、惑星運動の観測と数学モデルはうまく適合するようになった。しかし、宇宙の物理的構造は不鮮明になった。偏心円、周転円、エカントは、惑星の運動を計算するための数学的工夫にすぎなかったとすると、天球を真に構成する物理的要素とは何であるかという単純な疑問である。プトレマイオスでさえ、宇宙の明確な物理的説明までは至らなかった。『アルマゲスト』では彼は単に数学的に運動とモデルを説明しており、『惑星仮説』では彼は自分の数学モデルの根底にある、矛盾を含む前提に言及することなく、球の構成について語っている。

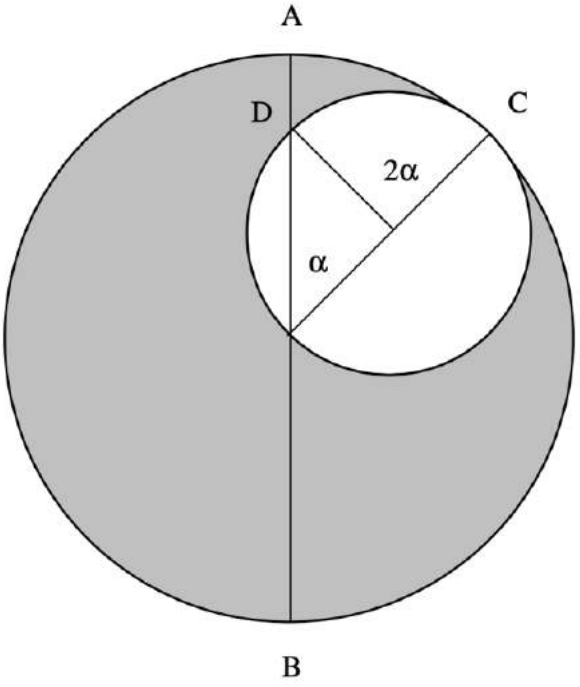


図 10.0.3.　トゥースィーのカップル。図のように、1 つの点（C）で内接する 2 つの円を考える。小円の直径は大円の半分に等しい。 小円が大円の 2 倍の速さ（2 α）で反対方向に移動すると、共有点 D は線分 AB に沿って前後に移動する。言い換えれば、2 つの円の均一な円運動は、直線運動を作成する。2 つの回転する円の大きさや速さを適切に選んでトゥースィーのカップルを作り、それをさらに別の円に接続することにより、地球を中心として円運動する惑星の観測された不均一な動きを生成できる。 したがって、観測原理と物理原理の両方が保持される。 ©トフィグ・ハイデルザディ

イスラム教徒の天文学者がプトレマイオスのシステムに慣れ親しむと、すぐにプトレマイオスの批評家が現れ始めた。 イスラムの多くの人が、プトレマイオスの観測データや宇宙に関する彼の説明に関して、疑問を抱くようになった。 主な課題としては、観測と物理の両方の原則を満たす宇宙の構造（イスラムでは hay’a と呼ぶ）を作成することであった。 言い換えれば、宇宙の中心である地球、その周りの均一な運動を含み、かつ観測をうまく説明できるようなモデルを構築することである。

この問題を解決することに夢中になったイスラム教徒の天文学者には、イブン・アル＝ハイサムとイブン・スィーナーの学生であるアブー・ウベード・ジュジャーニー、

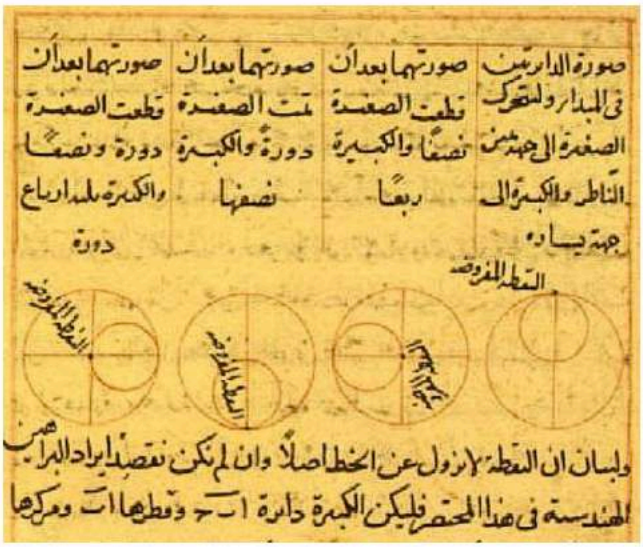


図 10.0.4. トゥースィーが図示した二つの円のカップル。大円の直径に沿った特定の点の振動を示している。© Vat. Arabic ms 319, wikimedia.org. クリエイティブコモンズライセンス

イブン・ルシュド、イブン・バージャなどがいる。 しかし、エカントを排除する革新的な解決法を開発したのは、ナスィール・アル＝ディーン・アル＝トゥースィーであった。 トゥースィーは、2 つの円の均一な円運動が、中心点から離れた点（たとえば、周転円の中心）を直線的に変位させる運動を生成するような配置を導入した。この配置（トゥースィーのカップル“Tūsī’s couple”と呼ばれる。図 10.0.3）は、同心円の均一運動を使って非均一運動を生成することができ、非プトレマイオスモデルの開発における重要な概念であった。 トゥースィーと同時代のムアイヤド・アル＝ディーン・アル＝ウルディーとクトゥブ・アル＝ディーン・シーラーズィーも、革新的な非プトレマイオスモデルを開発し、その伝統は彼らに続くアリ・アル・クシュズィー（サマルカンド天文台）とイブン・アル＝シャーティル（1304-75 年）によって開発されたモデルにも反映された。イブン・アル＝シャーティルは、ダマスカスにあるウマイヤ・モスクにて計時係を担当していた。

コペルニクスは、トゥースィーと彼の門人や同僚によって開発された概念を繰り返し使用した。コペルニクスの著書『天球の回転について（De revolutionibus)』では、黄道の傾斜に変化を生じさせ、惑星の軌道面に振動を生み出すために、トゥースィーのカップルを採用した。 著書『コメンタリオラス(Commentariolus)』では、アル＝ウルディーやアル＝シャーティルのモデルを使用し、独自の惑星経度に関する理論を構築した。コペルニクスの月の動きに関するモデルは、イブン・アル＝シャーティルによって提案されたモデルとほとんど同じである。 コペルニクスはおそらく、イタリアで勉強していたときに、イスラムの非プトレマイオスのモデル、特にトゥースィーと彼の門人によって開発されたモデルを知ることとなった。イタリアでは、アラビア語の文献を手に入れることが容易であった。

文献

Dallal, Ahmad (1999). “Science, medicine, and technology: the making of a scientific culture”, in *The Oxford History of Islam*, edited by John L. Eposito, pp. 155–213. Oxford: Oxford University Press.

Heidarzadeh, Tofigh (2005). “Patronage, networks and migration: Turco-Persian scholarly exchanges in the 15th, 16th and 17th centuries”, *Archives Internationales d’Histoire des Sciences*, 55, 419–434.

Heidarzadeh, Tofigh (2008). *A History of Physical Theories of Comets, from Aristotle to Whipple*. Dordrecht: Springer Science and Business Media.

Kennedy, E.S. (1956). "A survey of Islamic astronomical tables", *Transactions of the American Philosophical Society* 42:2, 121–177.

King, David A (1990). "Science in the service of religion: the case of Islam", *Impact of Science on Society* 159, 245–262.

King, David A (1999). *World-Maps for Finding the Direction and Distance to Mecca.* Leiden: Brill.

King, David A., J. Samsó and B. R. Goldstein (2001). "Astronomical handbooks and tables from the Islamic world (750–1900), *Suhayl*, 2, 12–105.

Lindberg, David C. (1992). *The Beginnings of Western Science, The European Scientific Tradition in Philosophical, Religious, and Institutional Context, 600 B.C. to A.D. 1450*. Chicago: University of Chicago Press.

North, John D. (2008). *Cosmos*: *An Illustrated History of Astronomy and Cosmology*. Chicago: University of Chicago Press.

Pederson, Olaf (1993). *Early Physics and Astronomy*. Cambridge: Cambridge University Press.

Saliba, George (1995). *A History of Arabic Astronomy: Planetary Theories during the Golden Age of Islam*. New York: New York University Press.

Saliba, George (2007). *Islamic Science and the Making of the European Renaissance.* Cambridge, MA: MIT Press.

Sayili, Aydin (1988). *The Observatory in Islam*. Ankara: Turk Tarih Kurumu Basimevi.

Swerdlow, Noel (1973). "The derivation and first draft of Copernicus's planetary theory. A translation of the Commentariolus with commentary", *Proceedings of the American Philosophical Society* 117, 423–512.

Wellesz, Emmy (1965). *An Islamic Book of Constellations* (Bodleian Picture Book, no. 13). Oxford: Bodleian Library.

ケーススタディ 10.1：マラーゲ天文台（The Maragheh Observatory)、イラン

遺跡の特徴と分析

地理的位置：イラン北西部のマラーゲ

場所：北緯37º23 ´ 46″、東経46º12 ´ 33″。標高1560m。

概略：マラーゲ天文台は、中世の天文学の歴史において非常にユニークな存在である。 マラーゲ天文台は、13 世紀半ばのイスラム世界における科学的発展の新しい波の象徴であり、惑星運動を説明するための洗練された非プトレマイオスシステムの開発に重要な役割を果たし、さらに 17 世紀までに建てられたペルシャ、トランスオクシアナ、小アジアの複数の観測所のモデルとなった。 マラーゲ天文台は天文学のためだけの施設ではなく、科学がイスラムで下火になっていたと通常考えられている期間に、影響力のある施設として、高度な科学研究を復活させるための中心的な役割を果たした。 マラーゲスクールから生まれたアイデアは、イスラムの領土をはるかに超え、16 世紀の天文学革命に影響を与えた。

遺物の目録：天文台のメインの建物と考えられているのは、中央にある円形の構造物である。直径は 22m で、それを囲む壁の基底部の厚さは 80 cm もある。 幅 1.5 m の入り口は、経線と平行に伸びる幅 3.1 m の廊下に通じており、廊下には四分環の残骸（5.5m）が残っている。中央の廊下の両側には 6 つの部屋があり、両端にある部屋は他の部屋よりも小さい。 メインの建造物の外側・南・南東・北東には、5 つの円形の建物がある。ここにはかつて小規模の観測機器が取り付けられていた。 他にも、天文台附属の図書館だと思われる 330m^2 の別館もある。 さらに、鋳造された金属部品で、組み立てると観測機器になると思われる一式の金具が考古学者によって発見された。

歴史：マラーゲ天文台の建設は、1259 年にジンギスカンの孫であるフラグの後援のもとに始まった。 台長はナスィール・アル＝ディーン・トゥースィー（1201-1274 年）であった。彼は有名なペルシャの数学者であり、天文学者でも哲学者でもあった。 その評判は中国にまで広っており、フラグが自分のアドバイザーの一人に任命した人物であった。天文台は実質科学研究所であり、観測機器が取り付けられたメインの建物と、いくつかの補助的な建物、宿泊施設があった。天文台には、約 40 万冊といわれる所蔵量を誇る図書館があった。イスラム世界の各地から集まってきた天文学者たちは、それぞれが天文機器の設計や構築、観測の実施や計算を担当していた。

天文台の主幹天文学者であり機器設計者の一人であるムアイヤド・アル＝ディーン・アル＝ウルディー（1266 年没）が遺した文によると、天文台が所有する機器には、半径約 40m の四分環、至点を知るためのアーミラ環、方位環、視差定規（トリケトラム）、半径約 160cm の渾天儀などがあった。

図 10.1.1. マラーゲ天文台の空撮。出典　Parviz Vardjavand　“Kavosh-e Rasadkhaneh-e Maragha”（出版社 Amirkabir Publications、出版年 1987 年）

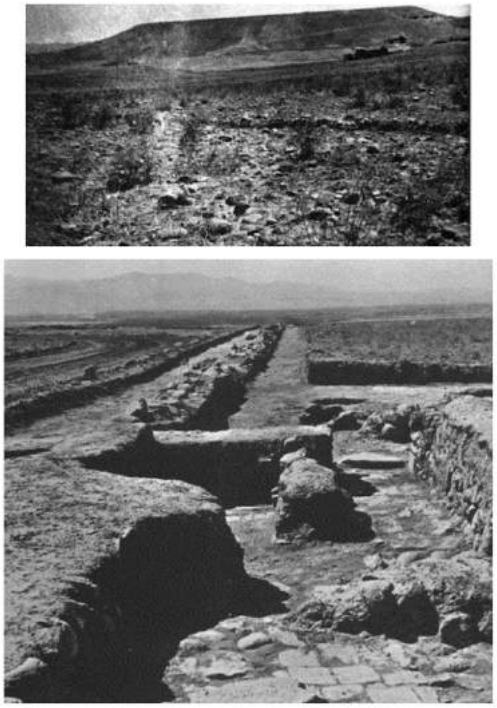


図 10.1.2. 天文台がある場所の発掘前（上）と、発掘の第 1 ステージ後（下）の写真。出典　Parviz Vardjavand　“Kavosh-e Rasadkhaneh-e Maragha”（出版社 Amirkabir Publications、出版年 1987 年）

1274 年にナスィール・アル＝ディーン・トゥースィーが亡くなった後、マラーゲ天文台は彼の息子が引き継ぎ、13 世紀の終わりまで活動を続けた。 しかし、1265 年にフラグが亡くなり、1282 年にフラグの息子であるアバカが亡くなると、強力な後援者を失い、14 世紀の初めには活動が停止してしまった。それにもかかわらず、イルハン朝の第 7 君主であるガザン・ハン （治世 1295〜1304 年）が、マラーゲ天文台を数回訪れたとの報告がある。おそらく、マラーゲ天文台をモデルとして、タブリーズに彼自身の天文台（現存していない）を建設しようとしていたと思われる。

文化的/表象的側面：トゥースィーは多くの有名な天文学者・数学者・装置製作者の協力を得て、イスラムで最も重要な天文便覧の 1 つであるイルハン天文表（*Īlkhānī Zīj*） をこのマラーゲ天文台で編纂した（1272 年に完成）。マラーゲの天文学者は他にも観測天文学や計算天文学の複雑なプログラムを実行し、プトレマイオスのパラメータを更新しようと試みた。

さらに、マラーゲ天文台は、アリストテレスの宇宙論的原理に適合したプトレマイオスの惑星モデルに代わるものを開発する転換点を象徴している。 マラーゲ天文台で考案された精巧なモデルは、サマルカンド天文台や後にダマスカスで発展したさらなる革新とともに、ヨーロッパ天文学への踏み台となり、コペルニクスが宇宙の太陽中心モデルを作り出すことにつながる、数学的ツールの重要な部分を作り上げていた。

真正性と完全性：天文台の場所は、古代建造物の残骸や荒廃の様子をみることができる考古学的な場所である。

現在の遺跡の管理

現在の利用法：いくつかのアマチュア天文学者の集まりや、学者が不定期に訪問することを除いて、この場所での活動はほとんどない。

保護：イラン・イスラム革命（1978 年）以降は、近くのタブリーズ大学がマラーゲ遺跡の管理と保護を担当してきた。

保存状態：近年、ドーム型のシェルターが残存する遺物の上に建設され、これ以上の損傷がないよう保護している。

地理的環境：天文台はマラーゲ西部の丘の頂上にある。

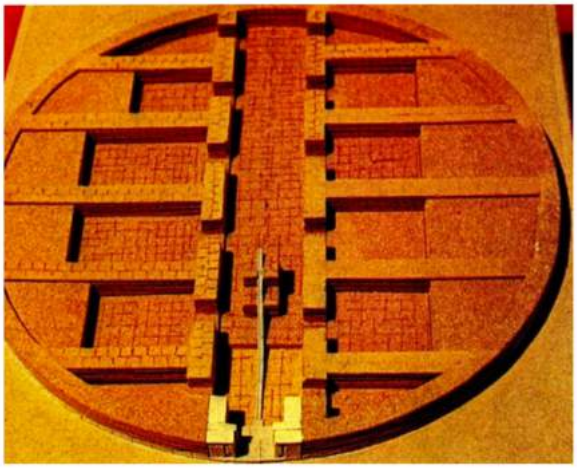


図 10.1.3. 天文台の模型レプリカ。出典 Parviz Vardjavand　“Kavosh-e Rasadkhaneh-e Maragha”（出版社 Amirkabir Publications、出版年 1987 年）

考古学的/歴史的/遺産研究：天文台のあった場所は、P. ヴァルジャヴァンドが率いるイランの考古学チームによって 1970 年代に発掘された。彼らはオリジナルの建設物群の残骸と思われる遺物を 16 点発見した。中心的な建物の一部もしくは、補助的な構造物の一部であると思われる。この時以来、さらなる調査は行われていない。

管理、解釈、アウトリーチなど：遺跡の将来計画のようなものは存在しない。

図 10.1.4. 上：天文台の主要な機器である四分環の残骸。**下：**メインの建物の近くにある補助的な建物の跡地。出典　Parviz Vardjavand “Kavosh-e Rasadkhaneh-e Maragha”（出版社 Amirkabir Publications、出版年 1987 年）

追加文献

Saliba, George (1987). “The role of Maragha Observatory in the development of Islamic astronomy: a scientific revolution before the Renaissance”, *Revue de Synthèse*, 108, 361–73.

Vardjavand,Parviz (1987). *Kavosh-eRasadkhaneh-eMaragha.* Tehran: AmirkabirPublications.

ケーススタディ 10.2：ウルグ・ベグの天文台（Ulugh Beg's Observatory）、ウズベキスタン

遺跡の特徴と分析

地理的位置：ウズベキスタンのサマルカンド市。

場所：北緯39º40 ´ 29″、東経67º0 ´ 20″。標高705m。

概略：この場所にあるのは、もともとは 15 世紀のウルグ・ベグ天文台の一部であった子午線弧の残骸である。 この巨大な子午線弧は、アラビア語の記号や数字が刻まれた白い大理石の平板でできている。下半分は現地の岩をくり抜いて支えられており、上半分は高さ 40m のレンガの構造物で支えていた。

歴史：1409 年から 1449 年までトランスオクシアナの統治者であったウルグ・ベグは、幼少期から天文学に興味をもち、幼い頃にマラーゲ天文台の遺跡を訪れた。 1420 年に彼は、自分が統治する首都サマルカンドに学校を設立し、そこで数学的科学を学び、さらに 4 年後、近代以前の時代では最大級となる自身の天文台を建設した。

天文台は 3 階建ての大きな丸い建物で、釉薬瓦、マジョリカ陶器、モザイク画などで装飾されていた。 そのメインの観測機器は半径 40m の巨大な六分儀で、子午線に沿った方向に丘をくり抜いた、幅約 2 メートルの溝に埋め込まれていた。 このような建設方法により、装置が完全に安定し、移動可能な観測ツールによく見られる小さな変位から生じる誤差が減少した。 同時に、六分儀の巨大なサイズのおかげで、目盛りを正確に読めるようになった。 弧の長さのうち、70.2 cm に対応する中心角は 1 度となり、11.7 mm 毎に刻まれた目印は 1 分角（約 0.017 度）に相当し、1 mm 毎の目印は 5 秒角（約 0.0014 度）を表した。

ウルグ・ベグの死後、天文台は廃墟になった。その名残である六分儀は 1908 年に発見された。

図 10.2.1. ウズベキスタン、サマルカンド市にあるウルグ・ベグの天文台　写真 © OUR PLACE The World Heritage https://whc.unesco.org/en/documents/111581

文化的/表象的側面：天文台の主な目的はズィージュを作成することであり、スルターニー・ズィージュ（*Sultānī Zīj*，または *Zīj-i Ulugh Beg* とも呼ばれる）は 1438〜39 年に正式に編纂された。これは最も普及したズィージュの 1 つとなった。100 回以上重版され、アラビア語とトルコ語に翻訳され、さらに一部はラテン語にも翻訳され、17 世紀半ばにオックスフォードとロンドンで出版された。

スルターニー・ズィージュの重要な側面は、天文パラメーターの値を更新したことと、新しい計算手法を用いたことである。サマルカンドの天文学者は、三角関数表をゼロから計算しようとし、重要なパラメーターの新しい値を導き出した。 スルターニー・ズィージュの三角関数表の基礎となっているのは、1° の正弦の非常に正確な計算値である。天文台の上級学者であるジャムシード・ギヤースッディーン・アル＝カーシーが、1° の正弦を小数点 16 桁まで求める新しい手順を用いて計算した。彼の著書『計算法の鍵』は、中世の算術について書かれた最高の本の一冊である。

ウルグ・ベグの後援を受け、サマルカンドは高度なレベルの科学を学ぶのに理想的な場所となり、遠くは西洋地域を含むイスラム領土全体から多くの学生が集まった。こういった学術的交流の結果として、マラーゲ・スクールの伝統が継承したサマルカンド天文台の影響力は、トランスオクシアナからオスマン帝国に至る広大な地域に広がった。ウルグ・ベグ亡き後、1500 年代初頭にペルシャにサファヴィー朝が設立されるまで、社会的および政治的に混乱した時代が続いた。その結果、イスラム領土の東部からオスマン帝国への、学者の大規模な移住を引き起こした。その中には、サマルカンド天文台で働いていたまたはサマルカンドの学者たちから学んでいた天文学者や数学者もいた。 オスマン帝国の科学の発展に対する彼らの影響はおおきなものであった。

真正性と完全性：オリジナルの 3 階建ての建物は破壊されて残っていない。現存しているのは巨大な六分儀の一部だけである。

資料とアーカイブ：アル＝カーシーは、天文機器に関する彼の著作で、サマルカンド天文台で使用されていたいくつかの機器について記述している。 天文台が廃墟となったほぼ 1 世紀後にアブドゥルマミム・アルアミによって書かれた著作からも、観測機器に関する貴重な情報を得ることができる。

現在の遺跡の管理

保全と保護：ウルグベグの天文台は、登録基準(i),(ii),(iv)に基づき、2001 年に世界遺産「サマルカンド—文化交差路」（第 603 号）の一部として登録された。 この地区の歴史遺産の主要な遺物の 1 つとして、ウズベキスタンでは最高レベルの文化的保護のもとに置かれている。 詳細については、ICOMOS（2001）を参照してほしい。

地理的環境：天文台はサマルカンド市北東の郊外、チュパナタ山の麓にある。

考古学的/歴史的/遺産研究：六分儀以外の天文機器は、1960 年代の発掘作業中に大量に発見され

た。

損傷、破壊等の脅威：参考文献 ICOMOS (2001)を参照してほしい。

管理、解釈、アウトリーチなど：天文台の管理は、世界遺産第 603 号の管理計画の一部として取りまとめられている。天文台のあった場所には博物館が建てられ、チムリド時代に関連する天文機器やその情報を展示している。

図 10.2.2. ウルグ・ベグの肖像画と天文台が描かれた 1987 年のソビエトの郵便切手。出典 North 2008, fig. 88

追加文献

Bagheri, Mohammad. (1996). *Az Samarqand be Kashan, Nameh haye Giath al-Din Jamshid Kashani be Pedarash [From Samarqand to Kāshān, Giāth al-Dīn Jamshīd Kāshānī's Letters to His Father].* Tehran: Elmi Farhangi Publications.

ICOMOS (2001). *File Nomination (2001): Reactive Monitoring Mission to Samarkand—Crossroads of Cultures World Heritage Site (Uzbekistan).* http://whc.unesco.org/en/list/603/documents/Advisory body report (ICOMOS).

第 11 章　ヨーロッパの中世天文学

スティーブン・マクラスキー（*Stephen McCluskey*）

中世ヨーロッパの天文学という本章の対象は、下記にあげる 3 つの天文学との地理的、年代的、文化的な違いを見ることではっきりとさせることができる。

- 古典世界（古代ギリシャ、ヘレニズム時代、ローマ）（第 9 章を参照）
- アラビアおよびイスラムの天文学（第 10 章を参照）
- ルネサンスから 20 世紀半ばまでの天文学（第 12 章を参照）

の 3 つである。

もちろん、これらの違いはすべて截然とわかれるものではなく、やや曖昧なところがある。中世の天文学は、古典世界とイスラム世界の両方の遺産から影響を受けているし、ルネサンスの天文学にも大きく貢献している。さらに、イスラムの天文学の重要な伝統のいくつかは、中世ヨーロッパの一部、特にアンダルシア（イスラム統治下のスペインとポルトガル）で発展した。

中世ヨーロッパの天文学そのものは、5 世紀後半の西ローマ帝国の崩壊からルネサンス期までのヨーロッパで起こった天文学として定義できる。ルネサンスは、美術史の観点から見ると 13 世紀にイタリアで始まったが、科学の歴史の観点から見るともう少し遅く始まった。中世の天文学研究は、14 世紀から 15 世紀にかけて栄え、コペルニクスの『天球の回転について』（1543 年）の出版で終わりを迎えたのである。文化的および言語学的な面では、この章での議論はヨーロッパのラテン[1]世界の天文学と、さまざまな先住民族の言語で表現されたものに限定する。

年代的には、中世は中世初期と中世後期に分けられる。この区別の指標となる主要なものは、12 世紀の都市社会の出現であり、これには中世の天文学を変容させるいくつかの変化が伴った。まず起こった変化は、修道院や大聖堂といった宗教施設から新興してきた大学へと天文学研究の中心が移動したことである。 大学の台頭に伴い、天文学と幾何学の両方が古代のテキストの研究を基にして、新たに量的側面が重視されるようになり、天文学研究の内容が変革されたのである。また、都市生活の台頭により、学問を修めて技術を身につけないといけない職業が発達した。例えば、建築家は自分たちの仕事のために天文学を習得して応用する必要がでてきたのである。

過去 20 年間の調査研究で、中世ヨーロッパの天文学は抜本的な形で理解が進んだ。最近までは、古代ギリシアとローマの天文学から、アラビアの仲介によって 12 世紀に古代の成果が回復されるまでの間は、スキップするのが天文学の歴史をたどる通例であった。一般的な天文学史では、中世初期はローマの崩壊とルネサンスの間の暗黒の千年として捨て去られていた。最近の研究では、初期の中世天文学の研究範囲とその多様性が明らかになってきている。その主な点は、天体現象の観察よりも、伝承された文書の解釈とその精緻化であった。 中世後期になってプトレマイオスの文書が理解されて、幾何学モデルおよび三角法を用いて計算された天体運行表が作られるほどであった。これを使用して定量的観測と定量的予測を統合するように天文学が革新されたのである。

---

[1] 【原注】中世ギリシャの天文遺産については、別に取り扱う必要がある。

ヨーロッパ中世の天文学では、6 つの異なる事柄が関心を持たれていた。この 6 つは、まったく独立なものではなく、下表のように相互に影響を及ぼし合っていた。

- ユリウス暦のもとで、イースター(復活祭)の日付を決定する算術的なこと。
- 星と太陽を観察することによって祈りの時間を決定する修道院での実用的なこと。
- 学芸教養として必要とされる自由七科の 1 つとしての古代ローマの天文学教育。
- プトレマイオス由来の数学的予測を行う古代ギリシャ天文学。
- 教会の方位を含むさまざまな目的のための地平線に沿った太陽の年間の動きに関する実際的な関心。
- 占星術的予言のためのさまざまな手法。

以上の 6 つの事柄である。

中世の天文学

	計算天文	**計時**	**リベラルアーツ（教養）**	**プトレマイオス天文学**	**太陽方位天文学**	**占星術**
隆盛時期	中世全期	中世全期	西暦 1200 年頃以前	西暦 1100 年頃以降	中世全期	西暦 900 年頃以降
手法	予報	観測	記述	予報	観測	予報
天文道具	無（？）	日時計、ノクターナル、アストロラーベ、四分儀	無（？）	アストロラーベ、四分儀等	南北に沿って建てられた教会	アストロラーベ、四分儀等
天文学的記念物	黄道帯図	日時計、時計	黄道帯図		南北に沿って建てられた教会、太陽光照射効果	黄道帯図
対象天体	月と太陽	太陽と恒星	7 惑星と恒星	7 惑星と恒星	太陽	7 惑星と恒星
天象の型	離散的	連続的	連続的	連続的	離散的	諸々
特徴	定量的、時間的	空間的、時間的	定性的、空間的	定量的、空間的	空間的、時間的	諸々

計算天文は実用的な天文学であり、太陽と月の周期の違いを調整すること、つまり「番号付けと時分割の科学」[2]に関係している。具体的にいうと、計算天文は、復活祭の日付(春分の日の後の

[2] 【原注】Grosseteste, Robert (1926). *Compotus ... factus ad correctionem communis kalendarii nostri*. In Robert Steele, ed., *Opera Hactenus inedita Rogeri Baconi*, fasc. VI. Oxford: Clarendon Press. p. 213.

最初の満月の次の日曜日)と、キリスト教暦の他の移動祝祭日を計算することを目的としていた。そして、そのための信頼できる統一的方法を確立するという実際的な問題に取り組んだのである。彼らは、19 年の月-太陽周期（メトン周期）や 365 と 1 /4 日のユリウス（太陽）年などの天文学的周期を、書物に書かれている値をもとにして計算していた。 11 世紀後半まで、観測によって計算結果を確かめることはなされなかった。但し、当時の計算家達が黄道帯十二宮を渡ってゆく太陽の整然とした動きを示す黄道帯図を使っていたという議論の記録がある。黄道帯の様子は、宗教暦で示され、絵画や建物を飾る彫刻を含むさまざまな芸術作品の図像として使われた。

計時は、天文観測を行うことを中世期の最も早い時期から利用した分野である。カシオドロスがブルゴーニュの王グンドバッドに日時計を送ったとき、彼は「時間についての正しい知識というものは、人類と獣を分けるもの」として説明したことがある。また、6 世紀の終わり近くに、ツールのグレゴリー司教は彼の著書『星の運行速度について（De cursu stellarum)』で、「天の秩序ある運動が夜の修道院の祈りの時刻を調整するためにどのように使用できるか」を説明したこともあった。13 世紀には、さまざまな書物が、地平線あるいは建物を基準として特定の星を見つける手法を書きしるすようになった。

9 世紀になると、夜間の祈りの時刻を知るために種々の携帯器具が使用されるようになった。最古の時計は、9 世紀初頭にヴェローナのパシフィカスによって説明された星時計で、当時の極星であった暗い星の周りを回転するこぐま座 α 星（現在の北極星）を観測することで時間を測定した。 西暦 1000 年頃には、アストロラーベが祈りの時間を知る道具として推奨されていた。

日の光があるときは、祈りの時刻は、日時計により定められた。 7 世紀のエスクームの日時計の文字盤は、三時課（Terce)、六時課（Sext)、および九時課（Nones）の修道士の祈りの時刻を示している。7 世紀のビューキャッスル・クロスの更に精巧な文字盤は、日の出から日没までの 12 時間を示している。最古の機械式時計は修道院で使われるようになって、日時計に取って代わるようになった。中世後期とルネサンスには、時計に天文学的および暦の詳細情報が取り入れられるようになった。

図 11.0.1 ビューキャスル・クロスの日時計（7 世紀後半)。 トム・ミドルマスの写真　©アングロサクソン石の彫刻ダーラム大学集成、第 2 巻、画像 99。

図 11.0.2　垂直日時計、聖グレゴリー教会、カークデール、ヨーク（西暦 1055-1065 年）。トム・ミドルマスによる写真。©アングロサクソン石の彫刻ダーラム大学集成、第 4 巻、画像 568。碑文に書かれているのは次のとおりである。

ガマルの息子であるオームは、　　新規に建造した。
セントグレゴリーの聖堂が　　キリストと聖グレゴリーのためである。
廃墟となって崩壊したとき、　　エドワード王および
それを手に入れて　　トスティ伯爵の時代のことである。
これは、昼間の毎時を示す日時計である。
ハワード作成、司祭はブランド。

リベラル・アーツは、自由七科の中の 4 つの数学的科目：天文学、幾何学、音楽と算術を扱った古代のテキストの研究を通して、一般的な宇宙の描像を与える役割を担っていた。この種の天文学は、天体の構造と動きを定性的に理解するために、幾何学的な図を使用していた。太陽と月の動きは黄道帯に関連付けて一般的に説明されていたが、この範疇の天文学では、観測や計算は取り扱われてはいなかった。

プトレマイオス天文学は、アラブ圏で改良を受けた後 11 世紀と 12 世紀の西ヨーロッパの天文学に伝えられると、定量的な観測と計算の重要性が認識されるに至った。天文学の専門家が、観測と計算の両面にわたって道具を設計し、利用することが始まった。この新しい天文学は、13 世紀の新興の大学を拠点として、そこで教えられ、研究された。

太陽方位天文学は、セビリアのイシドールス（西暦 7 世紀初頭）によって表明された古代の認識を反映しており、太陽は「明日は別の場所に沈み、昨日は別の場所にあった... それは南へ進み、その後、西に移動し海に沈む」[3]と理解されていた。イシドールスはまた、古代人が寺院を建てるときは、「助言や祈りをする人は誰もが彼岸の東方向に目を向けるだろう」[4]と主張した。祈るた

[3] 【原注】Isidore of Seville (2006). *The Etymologies of Isidore of Seville*, trans. Stephen A. Barney, W. J. Lewis, J. A.Beach and Oliver Berghof. Cambridge: Cambridge University Press. p. 102.

[4] 【原注】Isidore of Seville (1962 [1911]). *Etymologiarum sive originum*, ed. W. M. Lindsay. Oxford: Clarendon Press. xv.4.7; cf. Isidore of Seville (2006) [see above], p. 309.

めに東を向くこの伝統は、キリスト教作家によって頻繁に詳述され、天文学の原理は、多くの中世の教会建設に組み込まれたのである。

20 世紀には、中世の教会の調査が多数行われたが、詳細に発表されたものはほとんどない。考古学の調査では日常的に統計が重んじられるが、その方法で教会建築について大規模な分析がなされたことは無い。これらの調査は、矛盾する結果を報告している。 教会の守護聖人の祭祀で日の出方向への志向を見つけたと主張する者もいれば、そのような守護の志向を否定する者もいる。一般的には、儀式的または暦的に重要な日に昇る太陽方向に直面するように教会を建てる傾向を示してはいる。厳選された中世の英国の村の教会の最近の体系的な調査によると、中世の暦と計算天文学の原則によって定義されている正午の方向が、これらの教会の方向付けに重要な役割を果たしていたことを示している。

占星術は、指定された日付または時刻における恒星と 7 つの古典的な惑星の位置を知ることから始まる。それには、天文学からの支援が必要となる。ごく最近まで、学会では、11 世紀と 12 世紀にプトレマイオス天文学が受け入れられる前は、占星術を支えるために必要な天文学的および数学的手法が不足していたと考えられていた。しかし、過去に無視された文書の最近の調査によると、実は天文学が占星術に必要な技術を提供していたことが明らかになった。指定された日時に地平線上で上昇する黄道帯星座を計算する方法や、天体の現実とは関係なく、占星術予報に十分なデータを提供する惑星の「位置」を計算するいくつかの方法もあったのである。

中世ヨーロッパにおける天文学の状況

これらの種々のタイプの天文学が行われた時期は様々であった。計算天文学は教会暦に天文学的基礎を与えることに関係しており、中世を通じて受け継がれた。実際、復活祭の日付決めの問題は、1582 年のグレゴリオ暦への改革を下支えしていたのである。星の位置を見て時刻を知るという実践的な修道院の伝統は、5 世紀の最も初期の西洋の修道院の規則で言及されており、13 世紀まで続いていた。しかし、その頃には、器具や機械式時計（どちらも宇宙の幾何学的な描像が組み込まれている）を用いることで計時するという習慣が浸透してきた。リベラル・アーツ天文学の伝統的古典的テキストは、4 世紀から 7 世紀まで書き継がれ、9 世紀から 13 世紀までは磨きが掛けられ注釈が付け加えられた。しかし、12 世紀に入ると、彼らはプトレマイオス朝伝統の数学的天文学を反映する教科書に取って代わられ始めた。宗教建築の天文学的な方向付けは、早くもウィトルウィウス（Vitruvius、紀元前 1 世紀ころの共和制ローマ時代の建築家）とセビリアのイシドールス（Isidore、紀元前 7 世紀初頭の神学者）がその重要性を指摘していた。この関心は、ウイリアム・ドゥランド（William Durandus、メンド司教、典礼作家）とサン・クルのウイリアム（William of St. Cloud、フランス天文学者）（どちらも 13 世紀後半）まで続いた。しかし、教会の建設においてこれらの天文学の原則が実際に守られていた時期を決定するには、明確に定義された教会群の建築の向きの体系的な測定が必要である。占星術は、すでに述べたように、10 世紀にはすでに実践されていた。

こういった天文学的伝統を実践していたのは、天文学の専門家とは呼べない人々であった。ただし、13 世紀からルネサンスまで大学で天文学を教えていたマスターを含めればこの限りではな

い。これらの中世天文学の実践者たちは天文学の知識は、より広範な知的行為の一部として開発、保存、および伝達され、自然哲学の理論的研究、宗教暦の維持に関連する実践的研究、および宗教的および日常生活上の日時の管理という実践的活動と重複しているものであった。

中世ヨーロッパ人が 11 世紀以前に天体現象を定量的に測定したという証拠はほとんど無い。文書として残っているほとんどの中世初期の天文観測は、月の満ち欠け、日食または月食の発生、または惑星の周期的な出現など、基本的な天文現象を定性的に説明する単純な肉眼観測であった。西洋ラテン世界では、11 世紀になって初めて定量的な測定ということが始まり、主に太陽と星の高度の測定を、アストロラーベやいろいろな種類の角度測定器具を用いて行うようになったのである。 これらの器具の使用は、中世の天文学に定量的で幾何学的な概念が反映されてきたことを意味しているのである。

専門の天文学者がいなかったということと、観測がそもそもなされなかったということにより、ヨーロッパ中世における天文学の物質的な遺産を見つけることは難しい。中世の天文学は職業として制度化されていなかったため、観測器具を収容するため、およびそれらの観測の記録を保存するために設計された場所という意味での天文台はほとんどなかった。この期間に使用された器具は、科学研究所の資産ではなかった。知る限りでは、これらの器具は、教会などの時刻掛が使用したか、天文学に特別な関心を持っていた個人が所有していたのみである。

中世の天文学の文書記録を研究する際には、中世の科学に関するほとんどの歴史的研究がテキストとその作者に焦点を合わせてきたことを認識しておくことが重要である。 中世の天文学が行われた場所よりも、人物についてよく調べられたのである。場合によっては、文書の著者が特定の天文学のトピックについて話し合ったとき、その著者がどこにいたのかさえ明確でないことがある。これは、いくつかの天文学的に重要なサイトであると指定するときに問題を引き起こす。同様に、天文観測、教育、理論の記録は、特に専門の天文機関に配置されているのではなく、図書館や文書館にある他の文書と混在している状況である。ある建物で天文文書が発見され、その場所で実際天文観測が行われたという場合もあるにはあるが、極めて稀である。

教会の天文学　教会はヨーロッパ全土で中世の遺跡としては最も数多いものである。 すべての村に必ず 1 つはあり、その多くは現在まで存続している。 たとえば、最近の調査によると、イギリスには 18,000 を超える教会があり、13 世紀までに 12,000 の教会が設立された。 11 世紀までに、標準的な村の教会の建設は、「1 部屋あるいは 2 部屋からなる教会ならば、石工のグループは「既製品として」提供できるレベルに到達していた」[5]。教会は、単純な村の教会から精巧な修道院や大聖堂の教会まで多岐の様式があった。それらの多くは天文学の原理をさまざまな方法で具現化したものであった。 ある教会では、入射する陽光を計時または照射効果で象徴を顕示するために使用した。 日時計から時計に至る多くの計時装置が教会建造物として組み込まれた教会も多々ある。 また、天文学的な図像やシンボルで飾られた教会もある。

大聖堂から簡単な造りの村の教会まで、ヨーロッパの多くの中世の教会は、ほとんどが西暦

---

[5] 【原注】Blair, John (2005). *The Church in Anglo-Saxon Society*. Oxford: Oxford University Press. p. 414.

1000 年以降に建てられたものであり、その方向が天文学的な向きに沿っているかどうかが、精度の差はあれ測定されてきた。 個々の教会、特に芸術的または歴史的な理由で注目に値する主要な教会の方向に関する多くの調査があったが、考古学の観点からさらに重要なのは、同一地域における同時代の教会のグループの体系的な調査である[6]。

教会と天文学の関連について次に挙げるべきは、ある特定の日時に差し込む太陽光が教会内部の特定の部分を照らすという効果を使ったということである。 13 世紀のパリの天文学者、セント・クルーのウィリアムは、南の窓から教会に差し込む太陽光線を使用して、正午やその他の時刻を知る方法について説明を与えていた。おんどり（僧侶に祈りを依頼する伝統的な標）の像が、教会一般に配置されているのは、建設業者が意図的に設置して、それに陽光があたると祈りの時間を知らせたのであるとの説明がウィリアムによって与えられている。まるで、風向を示すために風見鶏を使うようなものである。最近の多くのイタリアの研究では、聖人の祝祭日に聖人の絵や像が太陽光線に照らされるというケースが明らかになった（その例は、ケーススタディ 11.2 を参照）。光と教会建築構造に関連するものとしては、イタリアのルネサンス期に作られた、より世俗的な建築にも見られる。教会の暦、祈りの時間、およびその他の天文学的事柄を探求した聖職者は、教会の南壁に小さな開口部を作り、（ピンホール効果でできる）太陽像を、床模様として入れ込んだ子午線に投影した。これらを使用して、春／秋分点の正確な日、正午の時刻を決定し、さらには変化する太陽の直径を測定することさえできたのである。

最後に述べた例の場合、これらの子午線を設置した司祭が持っていた天文学的な目的は、証拠となる書類が実在する。より一般的には、そのような文書がないため、教会建物構造の天文学的な特性が意図的であるかどうかを判断することは難しい。このような場合、考古学的には二つの点が検討されてきた。一つは、教会建物の軸が南北に沿っているかという点であり、今一つは入射太陽光が何らかの働きをしているかという観点である。考古天文学の観点から、より適切な調査手段は、地理的に、年代順に、そして建築様式的に明確に定義された教会のグループを検討し、グループとして特定の天文学的特徴を共有する傾向があるかどうかを判断することである。しかし、この方法も限界がある。統計的研究によって特定された天文学的特徴は、偶然そのようになったというよりは信頼性があるものの、グループの個々のメンバーはその特性を完全に欠いている場合がある。逆に、特徴を示す教会だけをグループから選択すると、その特徴は実際よりもはるかに広まっていたという誤った結果になることもある。断定することが難しいのである。

前述の 2 番目の調査方法は、個々の教会を研究してその正確な天文学的方向や太陽光線と他の建築要素との相互作用を決定することにより、教会の天文学的特性を特定することである。多くの場合、これらの調査は、それそのものとして重要な遺産の広範な調査の一環として行われる。この場合、幅広い遺産調査のひとつとして行うことができる。ただし、多くの場合、教会の天文学的特性は、文書による証拠を作成することによるか、あるいは同じ特性を共有する同じ時代の

---

[6] 【原注】このような調査は数多くあり、ここでは言及を控える。これに関する簡単な議論と書誌目録は次の文献を参照されたい。McCluskey, Stephen C. (2004), “Astronomy, time, and churches in the Early Middle Ages”, in Marie-Therese Zenner, ed., *Villard's Legacy: Studies in Medieval Technology, Science and Art in Memory of Jean Gimpel* (Aldershot: Ashgate), 197–210, pp. 208–210.

建物の同じ地域グループを考慮して判断することが必要である。

さまざまな種類の計時装置　中世期で共通していることは、時間の計算に天文学を使用することであった。最初は宗教的な時刻を見るためで、後には市民生活上の必要のためであった。日時計から華やかな天文時計に至る計時装置は、教会やその他の宗教的または民間の建物に半永久的なものとして備え付けられた。たとえば、シャルトル大聖堂には 2 つの天文時計と華やかな彫刻が施された日時計が設置されている。計時装置の中で手の込んだ例は、ストラスブール大聖堂にある。これには、多数の日時計と、13、16、19 世紀に建てられた一連の精妙な天文時計が備わっている（ケーススタディ 11.3 を参照)。3 つの天文時計はすべて、中世の天文学の伝統を取り入れ、太陽と月の動きを表示したり、そして、後期の時計では惑星の動きを表示するものもあり、さらには、固定および可動の宗教的祭祀日を決めるために必要な暦および計算のためのパラメーターも表示されている。これらの大聖堂はどちらも世界遺産リストに含まれているが、いま述べた天文学的な概念は推薦書には記載されていない。このような天文学的な要素は、現在リストに載っている遺産の重要性の一部として含めるべきであるし、そして将来推薦される他の遺産についても同じことがいえる。

図 11.0.3. シャルトルの日時計
写真© C.H. McCluskey

天文図象による象徴の具現化　文書を掲示したり建築を装飾したりする中世の芸術的描写の共通のテーマは、黄道帯を通る太陽の動きと人間の活動との関係である。コラム・フリハン（Colum Hourihane、参考文献を参照）は、教会を飾る天文文書、宗教暦、およびステンドグラス、絵画、装飾などについて広範な目録をまとめている。たとえば、シャルトル大聖堂の西側の正面にあるアーチの 12 世紀の彫刻の装飾は、黄道帯星座とその月におこなうべき労働を合わせて示している。同じパターンが、13 世紀後半のストラスブール大聖堂の西側の正面とパルマ大聖堂の洗礼堂の壁龕（へきがん）の基部にある彫刻にも見られる（ケーススタディ 11.2 および 11.3 を参照)。中世の教会の装飾が文盲のための一種の教科書として備えられたということを考えると、これらの彫刻は宇宙と人間の活動との関係を周知させようと試みたものと考えられる。

天文学教育と後援者　明白とはいえないまでも、おそらく歴史的に最も中世天文学が盛んであったのは、天文学が開発され、研究され、教えられたさまざまな教育機関を収容した施設である。これには、中世初期の学校があった修道院、大聖堂が含まれ、そしてその後継である中世の大学では、新しいギリシャ・アラビア天文学が同化され更に進化を遂げた。 天文学はこれらの正式な教育機関の関心事だけではなかった。 王や帝王たちの統治者が、プラトン（またはソロモン）哲

学の王者の役割も演じたため、天文学は多くの宮廷での議論の話題でもあった。例えば、ラヴェンナの東ローマ帝王のテオドリック（Theodoric the Ostrogoth）、トレドの西ゴート王のシセビュート（Visigothic King Sisebut）、およびアーヘンの皇帝シャルルマーニュとその後継者たちの宮廷などである。

教育機関の例で重要なものは、尊者ベーダ（Bede）の時のウェアマス-ジャローの修道院（ケーススタディ 11.1 を参照）、9 世紀にはカロリング朝の宮廷を中心とした学術的ネットワーク、そして 13 世紀と 14 世紀のパリ大学である。モンクウェアマス-ジャロー修道院遺跡は英国の世界遺産暫定リストに含まれている。アーヘン（ドイツ）のカロリング朝大聖堂は、1978 年に基準（i）、（ii）、（iv）、（vi）に基づいて世界遺産リストに登録された。

文献

Dölger, Franz Joseph (1920). *Sol Salutis: Gebet und Gesang in christlichen Altertum: Mit besonderer Rücksicht auf die Östung in Gebet und Liturgie*. Münster: Aschendorffsche Verlagsbuchhandlung.

Duhem, Pierre (1914–58). *Le Système du Monde: Histoire des Doctrines Cosmologiques de Platon a Copernic* (10 vols). Paris: Hermann.

Eastwood, Bruce S. (2007). *Ordering the Heavens: Roman Astronomy and Cosmology in the Carolingian Renaissance*. Leiden/Boston: Brill.

Heilbron, John (1999). *The Sun in the Church: Cathedrals as Solar Observatories*. Cambridge MA: Harvard University Press.

Hourihane, Colum (2007). *Time in the Medieval World: Occupations of the Months and Signs of the Zodiac in the Index of Christian Art*. Princeton, NJ: Princeton University, Dept. of Art and Archaeology, Index of Christian Art, in association with Pennsylvania State University Press.

Incerti, Manuela (2001). "Solar geometry in Italian Cistercian architecture", *Archaeoastronomy* 16: 3–23.

Juste, David (2004). "Neither observations nor astronomical tables: an alternative way of computing the planetary longitudes in the Early Western Middle Ages", in Charles Burnett, Jan P. Hogendijk, Kim Plofker, and Michio Yano, eds., *Studies in the History of the Exact Sciences in Honour of David Pingree*, pp. 181–222. Leiden: Brill.

McCluskey, Stephen C. (1990). "Gregory of Tours, monastic timekeeping, and Early Christian attitudes to astronomy", *Isis* 81: 8–22.

McCluskey, Stephen C. (1998). *Astronomies and Cultures in Early Medieval Europe*. Cambridge: Cambridge University Press.

McCluskey., Stephen C. (2006). "The medieval liturgical calendar, sacred space, and the orientation of churches", in Arkadiusz Soltysiak, ed., *Time and Astronomy in Past Cultures*, pp. 139–148. Torun and Warsaw: Institute of Archaeology, University of Warsaw.

Morris, Richard (1997). *Churches in the Landscape*. London: Phoenix.

North, John D. (1975). “Monasticism and the first mechanical clocks”, in Julius T. Fraser and N. Lawrence, eds., *The Study of Time, II*, pp. 381–398. New York: Springer Verlag.

Oestmann, Günther (1993). *Die astronomische Uhr des Straßburger Münsters: Funktion und Bedeutung eines Kosmos-Modells des 16. Jahrhunderts*. Stuttgart: Verlag für Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik.

Pedersen, Olaf (1975). “The corpus astronomicum and the traditions of Medieval Latin astronomy: a tentative interpretation”, in [Owen Gingerich and Jerzy Dobrzycki, eds.], *Colloquia Copernica III*, pp. 57–96. Wrocław: Ossolineum.

Pedersen, Olaf (1993). *Early Physics and Astronomy: a Historical Introduction* (revised edn). Cambridge: Cambridge University Press.

Schaldach, Karlheinz (1996). “Vertical dials of the 5–15th centuries”, *Bulletin of the British Sundial Society* 96(3): 32–38.

Schechner, Sara (2001). “The material culture of astronomy in daily life: sundials, science, and social change", *Journal for the History of Astronomy* 32: 189–222.

ケーススタディ 11.1：モンクウェアマス-ジャロウ、イギリス (Monkwearmouth-Jarrow)

遺跡の特徴と分析

地理的位置：イギリス、イングランド、ノースタインアンドウェア、サンダーランド市（モンクウェアマス）およびサウスタインサイド・メトロポリタン自治区（ジャロウ）。

場所：モンクウェアマス：北緯54º54´48˝、東経1º22´29˝、標高50m。 ジャロウ：北緯54º58´49˝、西経1º28´20˝、標高75m。

概略：聖ペテロ（モンクウェアマス）と聖パウロ（ジャロウ）の２人の像が双立する修道院は、ウェア川とタイン川の河口近くにある。

遺物の目録：関連するのは、モンクウェアマスにあるアングロサクソン修道院と国指定中世修道院記念物、聖ペテロ教会、ジャロウにある聖パウロ教会と教会庭、聖パウロ修道院と村指定記念物である。

歴史：２人の像が双立する修道院は7世紀にベネディクト・ビスコップによって設立され、8世紀初頭には当時最も重要な図書館と筆写室を備えた国際的に有名な学問の中心地であった。

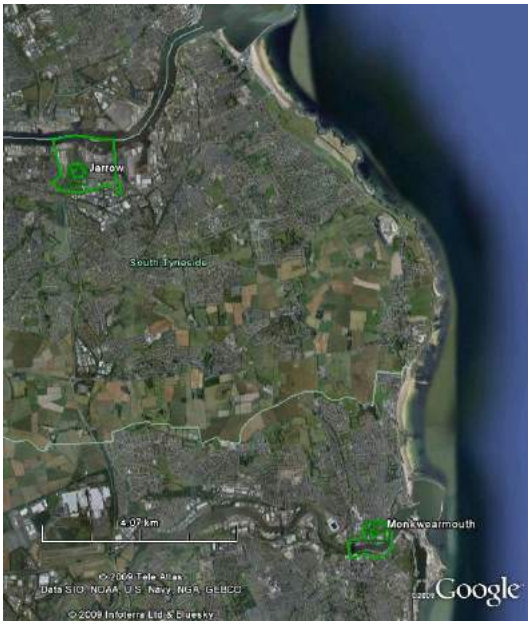


図 11.1.1. 提案された世界遺産：モンクウェアマス-ジャロウ：全景（上)、モンクウェアマス（中央）とジャロウ（下)。 ©2010 年のウェアマス-ジャロウ世界遺産候補書類、Google に基づく。

文化的/表象的側面：天文学の発展におけるこのサイトの重要性は、ジャロウの修道士ベーダ（Bede of Jarrow、西暦673年–735年）の学術活動からきている。 彼は7歳で修道院に入り、一生をここで暮らした。 遺産登録の推薦原稿内の価値陳述によると、「ベーダの並外れた能力は...この環境で開花した。彼の数々の成果は...神学、天文学、科学、音楽、言語など、さまざまな分野にまたがり... 13世紀以上に渡って、活発な国際的学術活動を惹起している」ということである。

ベーダは、西暦703年から731年までの間、天文学計算に関する研究結果を著している。彼の著作では、正確な宗教暦を計算するために、天文学と典礼の時間の概念を、数値を介して統合することに重点を置いていた。これらの著作はヨーロッパ全体に急速に伝わり、カロリング朝ルネサンス時代には、重要な基礎知識となっていた。 彼の著作『時間の計算』は初期の中世の天文学研究の主要な教科書になり、8世紀から15世紀にかけて教えられ、複写され続けたのである。

真正性と完全性：サイトは、元の7世紀の修道院の構造がそのまま保たれており、サイト内の配置も、元の7世紀のままである。天文学的観点からみると、ベーダ・ヴェネラビリスの天文計算および科学的研究が重要なものである。

現在の遺跡の管理

現在の利用法：聖ペテロ（モンクウェアマス）と聖パウロ（ジャロウ）の教会は現役で活動しており、現在それぞれの現職の牧師が信託を受けて所有し、それぞれの教区評議会が管理している。

図 11.1.2.　**上：**聖ペテロ教会（モンクウェアマス）。 写真© R.J. マクノートン；クリエイティブコモンズライセンス。 **下：**聖パウロ修道院（ジャロウ）。 写真　© ケン・クロスビー; クリエイティブコモンズライセンス

保護：ジャロウの聖パウロ修道院はジャロウ村によって指定記念物とされており、またモンクウェアマスのアングロサクソン修道院および中世小修道院は、指定記念物とされている。 モンクウェアマスの聖ペテロ教会、ジャロウの聖パウロ教会、ジャロウの中世修道院跡の遺跡は、国によってグレードIに指定された遺跡である。 サイトのその他の要素には、法的保護がさらに強化されている。 聖ペテロ教会と聖パウロ教会の保護は英国国教会によってなされており、教会の布製品、装飾品、または家具のすべての変更に対して「faculty」と呼ばれる許可を必要とする独自の内部統制がおこなわれている。

保存状態：両教会の保護の状態はイギリス国教会で監視監督されている。聖パウロ修道院は法人団体「英国遺産」によって管理されている。どちらも状態は概ね良好である。

歴史的/地理的環境：2つの修道院のサイトは、都市拡大が制限された地域内にある。 それらの歴史的重要性が、都市開発の計画には考慮されている。

損傷、破壊等の脅威：都市開発からの圧力、および近隣の産業活動から及ぼされ得る害が危惧される。

管理：聖ペテロ教会と聖パウロ教会は両方とも、考古学的および歴史的な発見に基づいたアウトリーチ活動と研究プログラムを継続している。 法人団体「英国遺産」は現在ジャロウの聖パウロ修道院で研究プログラムを実施している。 モンクウェアマスの聖ペテロ修道院での研究プログラムも準備中である。

文献

Cisne, John L., et al. (2005). “How science survived: medieval manuscripts’ ‘demography’ and classic texts’ extinction”, *Science* 307, 1305–7.

Stevens, Wesley (1985). *Bede’s Scientific Achievement (The Jarrow Lecture, 1985)*. Jarrow: St Paul’s Church.

Wallis, Faith (2006). “*Si naturam quaeras*: reframing Bede’s ‘science’”, in *Innovation and Tradition in the Writings of the Venerable Bede*, edited by Scott DeGregorio. Morgantown: West Virginia University Press.

Wallis, Faith, trans. (2004). *Bede: The Reckoning of Time*, translated with introduction, notes and commentary (Translated Texts for Historians, corrected edition). Liverpool: University of Liverpool Press.

Wearmouth-Jarrow Candidate World Heritage Site: Nomination Document For World Heritage Site Status 2010. Public Consultation Version, April 2009.

ケーススタディ 11.2：パルマの洗礼堂（The Baptistery of Parma）、イタリア

マヌエラ・インセルティ（*Manuela Incerti*）

遺跡の特徴と分析

地理的位置：イタリア、エミリア・ロマーニャ州、パルマ

場所：北緯44º48´10˝、東経10º19´50˝。標高62m。

概略：パルマの洗礼堂はパルマにある宗教建物で、大聖堂に隣接している。 ヨーロッパで最も重要な中世の記念建造物の1つである。

遺物の目録：建物主軸（洗礼盤から祭壇を結ぶ方向）は、聖母マリアの浄化の祭典（2月2日）の日の出方向を指している。 洗礼堂の守護聖人は聖母マリアと洗礼者聖ヨハネであり、洗礼のエピソードも内部の壁龕上部に表示されている。 その他の建物配置は、春分・秋分と夏至・冬至の日の出と日の入り方向を示している。

図 11.2.1. パルマの洗礼堂。写真 © Philip Schäfer ; Creative Commons Licence

夏至の日の出の方向（洗礼者聖ヨハネの祭祀に非常に近い、6月24日）は、16等分された建物内部の15番目のセクターで見つかった多数の要素によって示されている。洗礼者聖ヨハネの浅い浮彫り、月の周期の始まり、預言者のために予約されたセクターでの伝道者聖ヨハネの予期せぬ出現、そして星空に浮かぶ葉つきの独特な十字架などである。

各月を象徴する画像の配置と彫刻家アンテラーミ作の黄道帯図は天文学的考察の影響を受けていると思われる。一年のサイクルは夏至の日の出から始まるとされている。 春の象徴画像は、月々の像の間には、適切には配置されていないが、春分の軸に揃えられている。したがって、春の画像が異常な位置（ふたご座とかに座の間、6月末頃）にあるの

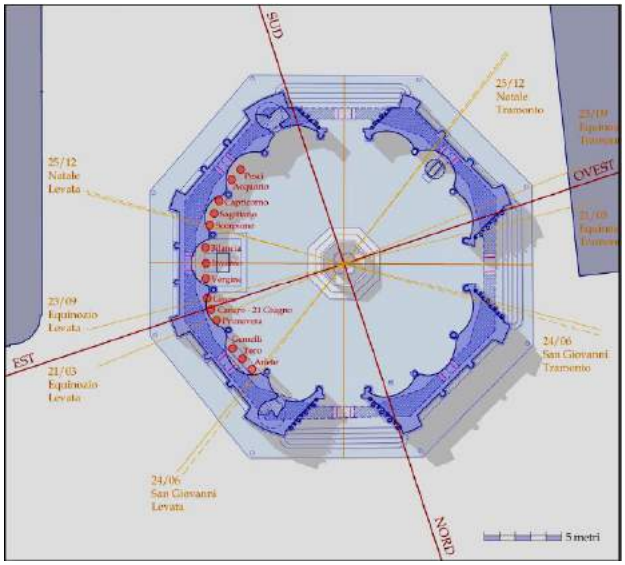


図 11.2.2. パルマの洗礼堂の平面図。夏至・冬至と春分・秋分の日の出と日没の位置、および黄道帯と季節の象徴画の描写位置に留意。Incerti （2001）による。

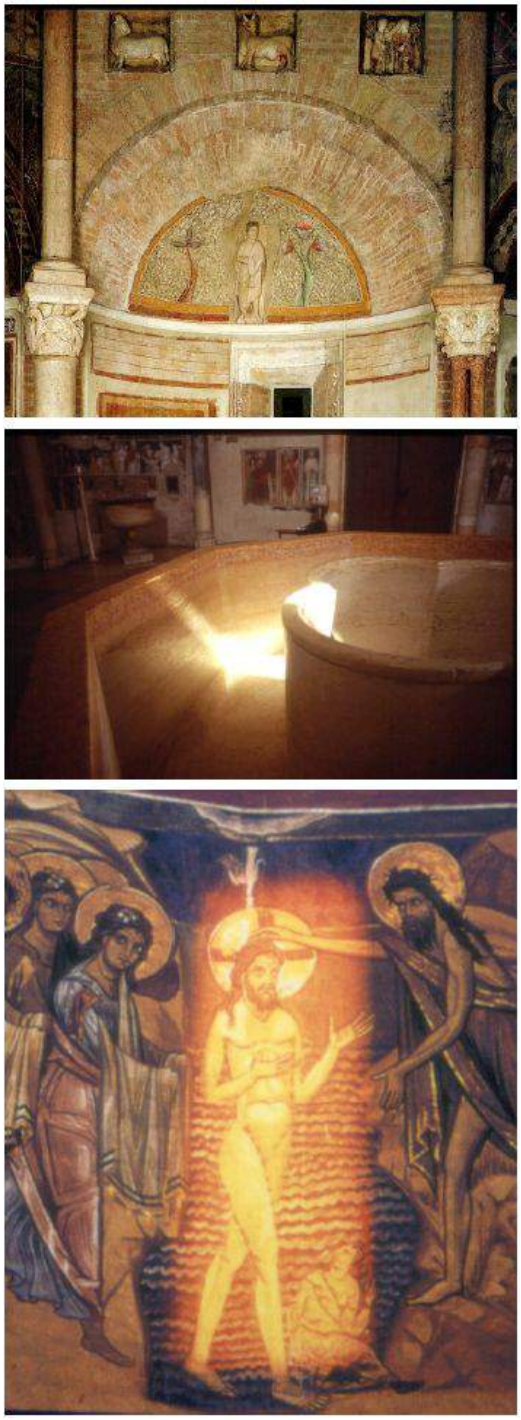


図 11.2.3.　上：黄道帯の一部：おひつじ座、おうし座、ふたご座。中：洗礼者聖ヨハネの祭祀の際に、大きな洗礼盤に降り注ぐ日光。下：春分に近い時期にキリストの洗礼図を照らし出す日光。写真©Manuela Incerti

は、古天文学の考え方で説明できるのである。

洗礼者聖ヨハネの祭祀日（6月24日）には、日光の照射効果（ヒエロファニー）が発生する。 大きな主洗礼盤に太陽光が当たるのである。他の祭祀日では、小さな洗礼盤や祭壇に光が当たる。

ドームの5階では、復活祭期間中にヨルダン川でのイエスの洗礼の絵に光線があたる。これは、3月25日から4月10日まで続く。これは、限られた日のみ洗礼を祝うという初期の教会の習慣に対応している。限られた日には、復活祭と聖霊降臨（日時不定の祭祀）、夏至近くの聖ヨハネの洗礼者の祭祀日、公現祭、クリスマスが含まれる。

歴史：大聖堂は1046年に建設され、1117年の地震後に再建された。 洗礼堂は1196年にベネデット・アンテラーミの指揮の下に建設が始まり、1270年に完成した。

文化的/表象的側面：中世の建築と人類の歴史に影響を与えてきた天国という概念は、3つの異なる様式・形で表されてきた。 1つ目は、天文暦または典礼の特定の日に地平線上のある地点に向かって建物を配置することである。具体的には、太陽、月、惑星、または星の出没点方向に建物の方向を合わせる。2つ目は、1年の特定の日に壮大で印象的な光の照射効果（ヒエロファニー）を生みだす平面配置と建物の高さを設計する形である。3つ目は、壁の絵、フレスコ画、彫像などの装飾的な要素で、本体建設時より後に追加される場合があり、特定の日に光線が入るように注意深く配置設計がなされている。パルマの洗礼堂はこれら3つの要素すべてを具現化している。

真正性と完全性：洗礼堂は、中世の建築構造と設計概念、彫刻、建築材料のすべてに関して、真正性の基準を満たしている。

現在の遺跡の管理

現在の利用法：洗礼堂は教会の建物で、パルマ主教区の所有物である。

保護：サイトは、文化遺産に関する国および地方自治体の法律の保護対象である。 国の法律は42/2004（Codice per i beni niculti ed il paesaggio）であり、自治体のものは町の計画–都市運営計画である。これにより、歴史的および芸術的遺産の保護が保証されている。

保存状態：建物の保存状態は良好である。 最新の修復作業は、1988年から92年にかけて、（内部の絵画と外部の大理石について）文化遺産省（MIBAC）の指示のもとで行われた。

歴史的/地理的環境：洗礼堂は、観光の中心地でもあるパルマ市の歴史的中心部にある。

管理、研究、アウトリーチ：建物は毎日観光客に開放されている。

文献

Incerti M. (2001). “Architettura sacra medioevale ed archeoastronomia”, in *L’Uomo Antico e il Cosmo*, edited by F. Bertola, G. Romano and E. Proverbio, pp. 346–384. Rome: Accademia Nazionale dei Lincei (Atti dei Convegni Lincei, 171).

Incerti M. (2001). “Antiche geometrie solari nel Battistero di Parma”, *Arte Cristiana* 805, 293–306.

ケーススタディ 11.3：ストラスブール大聖堂(Strasbourg Cathedral)、フランスと天文学的時間

遺跡の特徴と分析

地理的位置：フランス、アルザス地方、バスラン県、ストラスブール市。

場所：北緯48º34 ´ 55 ″、東経7º45 ´ 5 ″。標高150m。

概略：11世紀から14世紀にかけて建設されたノートルダム大聖堂が、この遺産の中核である。大聖堂にあった元々の計時装置がいくつか取り外され、ストラスブールの装飾美術館とノートルダム美術館に保存されている。大聖堂は、1988年に基準（i）、（ii）、（iv）に基づいた世界遺産リストに「ストラスブール-グラン・デイル（ストラスブールの旧市街）」として登録されたものの一部となっている。

天文学に関連する遺物の目録（表）：

場所	説明
日時計	
南翼廊の控え壁にある壁龕、現在はルーブル・ノートルダム美術館にある	日時計を持つ若者の像(西暦1225-1235年)
南翼廊の切妻面	3つの垂直日時計、コンラッド・ダシポディウス（1572年作）
宝物殿の外壁	垂直日時計（1488年？）
宝物殿の外部控え壁	垂直日時計（15世紀）
時計の上の南側翼廊。 現在はルーブル・ノートルダム美術館にある	日時計を持つ占星家の浮彫（1490年頃）
南側翼廊の扉の内側	子午線（西暦1838–42製）
塔のベースレベルの4つの側面	4つの縦型時計盤（16世紀）
塔のベースレベル南側	三角形の針と垂直正午線を備えた子午線表示（16世紀）
塔	同心円が描かれた日時計のような盾を持った男の像（15世紀後半）
時計	
南翼廊入り口の上	外部の時計は、時刻と曜日（および対応する惑星）を表示
南翼廊の現在の時計の反対側。装飾美術館のオンドリ時計	最初の天文時計（西暦1352–4年）
以前は、南翼廊の現在の時計があった場所にあった。時計の機械部は現在装飾美術館にある	2番目の天文時計（西暦1571～4）、コンラッド・ダシポディウス作
南翼廊	3番目の天文時計（1838–42）、ジャン＝バティスト・シュウィルゲ作
黄道帯図	
西正面、右正門、彫像の基盤部の壁龕部	各月に対応する黄道帯星座と労働内容（13世紀後半から14世紀初め）

歴史：西正面の建設により、大聖堂は天文学的な時間の表示をできるようになった。これは、一番初期にできたものであり、他の多くの大きな教会とよく似ている。天文学的時間の表示は右側の玄関口を取り巻く12の彫像の土台にあり、各月の黄道帯星座とその月の労働内容（播種、収穫など）を描いた浮彫の形となっている。（図11.3.1）。

大聖堂の天文展示物の中で最も広く知られているのは、精巧な天文時計である。 14世紀の時計には、暦、星の動きを機械駆動式で立体的に表示し、太陽と月の位置を示すポインターが備わっていた。 時計の上には、正午に鳴き、羽ばたく雄鶏の自動装置が設置されていた。

16世紀の時計は、これらの要素に様々なものが追加された。プトレマイオスの星カタログにあるすべての1020の星と48星座の図を描いた回転天球、100年間の教会暦を示す円盤、および32年の間に起こるすべての日食の様子が描かれたものなどである。星、太陽、月の立体投影はさらに強化され、目に見えるすべての惑星の位置を示すポインターが追加され、さらには、月の

ノード（月軌道の黄道面との交点）を指し示す「ドラゴン」模様付きの針が追加され、日食を説明する仕組みが整っていた（図 11.3.2a）。 時計を収納している枠組みと周りの装飾品は現在の時計に引き継がれている。 時計は天文学の天動説を反映しているが、(皮肉にも)その装飾にはニコラス・コペルニクスの肖像画が含まれていた。

19世紀の時計は、コペルニクスの天文学の概念を取り入れたものである。 太陽、月、および惑星の地球中心の立体表示は、太陽中心に回る可視惑星および地球を回る月という太陽中心モデルに置き換えられた（図11.3.2b）。 この時計は均一に進む日常生活上の時間と太陽の毎日の動きによって示される見かけの時間の両方を表示するようになった。 恒星表示は5000を超える星（かすかな6等星まで）を描写するようになった。さらに、この時計には、28年の「太陽」周期、19年の太陰周期、復活祭の日付、および教会計算で伝統的に用いられる暦パラメータを組み込んだ永年暦が備えられている。

時間への関心は、大聖堂の時計にも見られる 。13世紀から18世紀にかけて14個もの日時計が設置されたのである。 1225年から1235年に間に作られた最も古い日時計は、夜明けから始まり日没まで続く、1日7回の祈りの時刻を示すようになっている。 15世紀にはさらに3つの日時計が追加され、日の出から日没までの一日が12時間に分けて表示された（図11.3.2c）。 16世紀には、5つの日時計が建物屋上にある塔の 1 階に設置され、2番目の時計の製作者によって設計された3つの数学計算を駆使した日時計が南翼廊の切妻に設置された（図11.3.2d）。19世紀の時計の製作者であるジャン＝バティスト・シュウィルゲは、南翼廊の入り口の内側に垂直の子午線を設置し（図11.3.3）、時計を調整するために現地の正午時間を確認するものも取り付けた。

図 11.3.1.　毎月の労働と黄道帯星座、西正面、右の門。5月ふたご座、6月かに座、7月しし座、8月おとめ座。 写真©Ad Meskens、クリエイティブ・コモンズライセンス

文化的/表象的側面：天文学的な時間の表示は、中世ヨーロッパにおける天文学の文化的利用の主たるものであった。 世界遺産ストラスブール・グランディルの「登録の主要要素」であったストラスブール大聖堂は、これらの天文学の概念を3つの方法で具現化している。 1つ目は象徴を用いて、大聖堂の彫刻は毎月の黄道星座をその月の労働内容に結びつけていることである。2つ目はより直接的な実用的なレベルで、多くの日時計で天文時間を表示していることである。最後におそらく最も有名なのは、3つの素晴らしい天文時計が段階を経て歴史的な発展をしてき

たことである。

それにもかかわらず、資産の価値の記述－条約締約国からの「価値の正当化」とICOMOSの評価の両方－は、古典的な遺産の評価アプローチしか採っていない。 芸術の歴史の観点からこの稀に見るゴシック様式の教会を解明し、構造設計の歴史、都市建設の歴史、および中世のキリスト教の歴史が価値あるものとして評価されたが、その遺産の天文的な特徴については詳しく説明していないのが現状である。

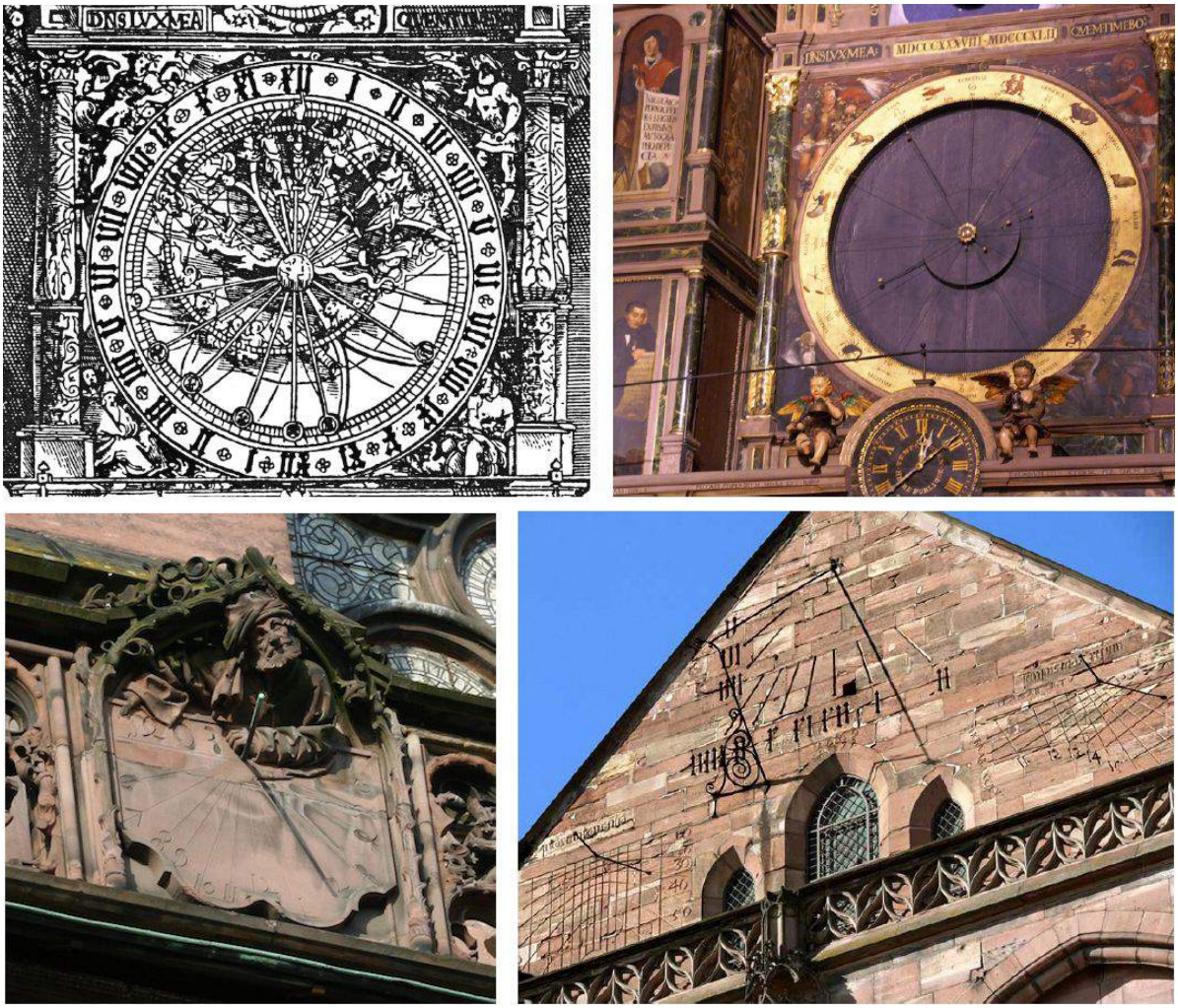


図 11.3.2.　**左上**（a）：2番目の天文時計のアストロラーベの惑星盤。 トビアス・スティマー（Tobias Stimmer、1574年）による木版画の詳細。**右上**（b）：3番目の天文時計の太陽中心の惑星盤。 写真©Didier B（Sam67fr）、クリエイティブ・コモンズライセンス。**左下**（c）：日時計を持つ占星術師。南玄関。写真©Coyau、クリエイティブ・コモンズライセンス。**右下**（d）：南切妻の3つの日時計：高度/方位盤（左）、垂直日時計（中央）、および日の出と日没からの時刻読み取り盤（右）。 写真©Jean-Marie Poncelet、クリエイティブ・コモンズライセンス。

真正性と完全性：大聖堂の時計は何世紀にもわたって幾度となく形を変えてきた。 現在の19世紀の時計は、もともと14世紀の原型の伝統を発展させたものである。 2つの日時計を含む大聖堂の彫像の多くはレプリカ品に置き換えられている。 元のものは、ルーヴル・ノートルダム美術館に保存されている。

図 11.3.3. シュウィリゲの子午線（詳細）、入口の内側、南翼廊
写真©Jean-Marie Poncelet、クリエイティブコモンズライセンス

現在の遺跡の管理

現在の利用法：大聖堂は祈りの場所であり、観光の中心地でもある。

保護：大聖堂は1862年に歴史的建造物に指定され、1988年以来は世界遺産の一部である。

保存状況：大聖堂の天文学的要素は、建物の一般的な保全管理計画に含まれている。これらの要素の保全の現状は良好である。

歴史的/地理的環境：大聖堂は歴史的な都市内という環境にある。

損傷、破壊等の脅威：開発と観光の圧力。

管理、研究、アウトリーチ：大聖堂では、天文時計や塔のベースレベルなどの重要な場所をめぐるツアーを提供している。二か所の博物館では、コレクションの研究プログラムが活発に行われている。

追加文献

Oestmann, Günther (1993). *Die astronomische Uhr des Straßburger Münsters: Funktion und Bedeutung eines Kosmos-Modells des 16. Jahrhunderts*. Stuttgart: Verlag für Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik.

Poulle, Emmanuel (1983). “L’horloge planétaire de la Cathédrale de Strasbourg”, *Journal for the History of Astronomy* 14, 33–46.

Schwiligué, Charles (1844). *Description abrégée de l’Horloge astronomique de la Cathédrale de Strasbourg*. Strasbourg: Imprimerie Dannbach.

第 12 章　ルネサンスから 20 世紀半ばまでの天文学

ミシェル・コット、ダニエル・フォーク、クライヴ・ラグルス
（*Michel Cotte, Danielle Fauque, Clive Ruggles*）

ヨーロッパのルネサンス期から 20 世紀半ばにかけての時代は、天文学の歴史にとって非常に実りの多い時期であった。コペルニクスの地動説（16 世紀半ば）に続くガリレオの屈折望遠鏡（1609）という技術科学革命により、天文学は一気に再興した。天体の観測や理論は進歩し、新しい観測所が建築され、全く新しい観測機器が次々と発明された。19 世紀後半は、光は波の性質を持つことや、発光スペクトルが発見され、これにより天文観測の手法は大きな変容を遂げた。

この章でとりあげる 400 年間に作られた天文学的遺産は枚挙にいとまがない。初期には主にヨーロッパの国々で興り、後期には世界の他の地域にも広がった。この天文学的遺産には、持ち運び可能な機器や、固定の機器、天文台、およびオリジナルの観測データの記録など様々に分類される遺物が含まれている。

この章で扱う内容はとても広いので、テーマ研究の一貫性に問題が生じる。つまり、非常に広範囲のテーマに優劣をつけず、全体のバランスを取ろうとしなければならないということである。 この問題を解決することは、以下の本が出版されるまでは、ほぼ不可能であったと言える。その本とは、古代の天文観測に特化した分冊である、「*天文観測所：古典的な天文学から現代の天体物理学まで*」（グドルン・ウルフシュミット編、2009 年出版、ICOMOS モニュメント・サイトシリーズ第 18 巻）。この本は、2008 年 10 月にハンブルク大学と ICOMOS ドイツ支部が主催して開催した「文化遺産：天文観測（1900 年頃）」に関する国際シンポジウムの議事録を集めたものであり、古典的な天文台とその遺産に関する 40 の記事がまとめられている（ハンブルクブックと呼ぶ）。ルネサンスから 20 世紀半ばまでの天文学のテーマの完全な概要を提示するという努力は、すでに上記の本で実践されているため、本書ではそのことを繰り返す代わりに、章の全体の長さが他の章と同じくらいになるように、簡略な年次調査を挙げるにとどめたいと思う。

同様に、本章の 5 つのケーススタディは、ハンブルクブックで得られる情報を再度与えるのではなく、可能な限り補完するために選択されている。ケーススタディで取り上げた 5 つのテーマとは、

- イギリス、グリニッジの英国王立天文台
- 南アフリカ、ケープタウンの王立天文台
- フランス、パリのムードン天文台
- アメリカ、カリフォルニア州のウィルソン山天文台
- ドイツ、ポツダムのアインシュタイン塔

である。グリニッジとケープタウンはハンブルクブックでも取り上げられているが、全体のバランスのために本書でも示すことにした。グリニッジは世界遺産の一部であり、いくつかの重要な事例を示すためである。ケープタウン天文台は、南半球とアフリカの両方にとって特別な

重要性を持っているため選んだ。

近・現代の天文学遺産の調査は、観測機器に強く焦点を当てたものが多い。歴史的に、天文台を建設する本質的な理由が観測機器にあることもしばしばである。そのため、中心的な観測機器は、天文台がもつ価値全ての核と見なされる。 特定の時期に、科学的要件と技術的能力の両方がそろうことで、高性能の機器を製作することができる。高性能の機器を製作することは、科学的/技術的に言えば、建築上の問題とは別に、本当に天才のなす業と言える。我々は序論と章末でこの観測機器の価値について述べ、世界遺産条約に厳密に従うことの難しさについて議論する。世界遺産条約に従うには、遺跡のある場所全体を考える必要がある。 言い換えれば、観測機器は存在する周囲の環境から、または全体と見なされるその物質的環境から切り離して考えることはできない。 歴史的遺産の候補になることを目的とする場合、観測機器とそれがある場所（固定有形遺産）の間や、観測機器とその科学的使用および結果（無形遺産）の間に、有機的なつながりがあることが重要である。

＊＊＊

ニコラウス・コペルニクス（1473〜1543）によって 1530 年頃に研究・執筆された参考書である『天球の回転について』は、彼の没年に出版された。 宇宙観やヨーロッパ思想の歴史において、この本は大きなパラダイムシフトをもたらした。 プトレマイオスが描いた地球を中心に回る世界（紀元 2 世紀）は、これによって置き換えられ、円軌道と均一な運動が保存されるという太陽中心のシステムへと変化した。

16 世紀の後半、天体の位置を決定していたのは肉眼観測であり、観測にはヨーロッパ中世とアラビア・イスラムの両方の伝統を引き継いだ古典的な機器が使用されていた（第 10 章と第 11 章を参照）。 当時、ヨーロッパでの最も重要な天文学プロジェクトは、ウラニボリ天体観測所の建設であった。 ウラニボリ天体観測所は、デンマーク国王が資金を提供し、1576 年から 1580 年の間に天文学者ティコブラーエ（1546-1601 年）によって小さな島に建設された。巨大なサイズの最新の機器を備えた天体観測所であり、ここでティコと天文学者たちは、 1000 個を超える恒星の新しい天文表を作成した。 これらの表は後に、ヨハン・ケプラーによって出版された（1627 年）。 ティコはまた、測定の精度を角度でいうと 1 分角未満にまで向上させることに貢献し、天体イベントの正確な予測が可能になった。

この時期における重要な社会的イベントの中で天文学や宇宙論と関連するものは、ローマ教皇グレゴリウス 13 世の統治下であった 1582 年、カトリック教会によって暦の改革が行われたことである。 ルネッサンス後期に宇宙論のそれまでの考え方を変えることは難しかった。そのことは、ティコ・ブラーエが、「惑星は太陽中心で周回し、太陽は地球中心で周回している」というモデルを提示して、なんとか地球を宇宙の中心に維持しようとする曖昧な態度を取ったことにも表れている。 ジョルダーノ・ブルーノ（1548-1600 年）が示した無限宇宙の概念は、ヒューマニスト時代における科学と宇宙論におけるアイデアの開花と、当時の人々の社会的および文化的認識を変えることの困難さを示している。

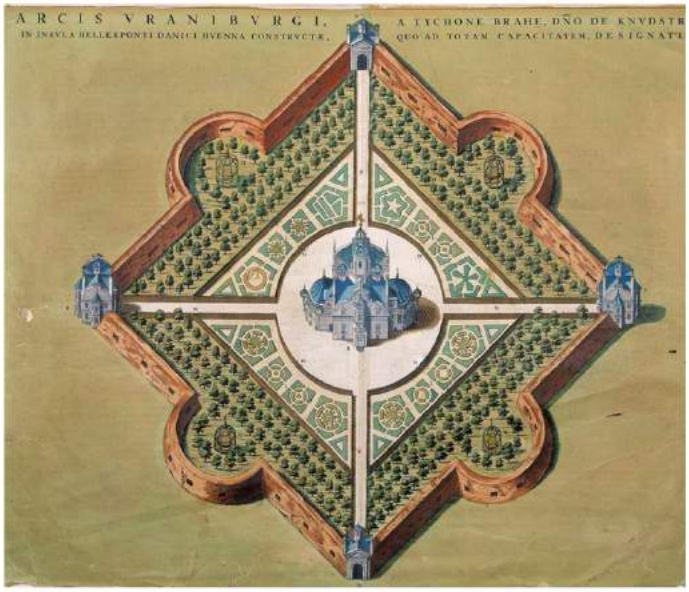


図 12.0.1. ティコ・ブラーエの建てたウラニボリ天体観測所。出典は『*Astronomiae instauratae mechanica*』(1598 年出版)。この観測所は 17 世紀に破壊された。Wikimedia Commons （パブリックドメイン）

ヨハネス・ケプラー（1571-1630 年）は、ティコ・ブラーエの観測結果を引き継ぎ、有名なケプラーの 3 つの法則を生みだした。この 3 法則はコペルニクスの案（太陽中心説）を支持して作られており、それで天体の動きが説明できることを、観測結果を用いて証明した。ケプラーの 3 法則とは、惑星の軌道は楕円形であること、太陽と惑星を結んだ線が単位時間に掃く面積は一定であること、そして、軌道の(長)半径と公転周期が簡単な公式が結びつけられることの 3 つである。 ケプラーは、普遍的な結果をもたらす非常に単純な数学的法則を定式化することにより、「現代的科学革命」の狼煙(のろし)をあげた。しかし、ケプラー自身は保守的であり、人々に受け入れやすい暦を出版したり、仕えていた皇帝のために占星術を行なったりした。

コペルニクスの太陽中心説が、全く新しい宇宙の表現として一般に広く認識されるまでには時間を要した。有名なガリレオ・ガリレイ（1564-1642 年）のカトリック教会との論争は、1610 年代から彼の死までずっと続いた。コペルニクスの説を支持し、彼自身それが正しいことを確信するまでの過程において、ガリレオは屈折望遠鏡（鏡筒に視野を拡大するために 2 つの凸レンズを取り付けたもの）を使用した。屈折望遠鏡により、天体観測の能力は劇的に進化した。1609 年以降、天体の知識は突如変化し、望遠鏡により人間がこれまでに見たことのない多くの天体が次々と発見された。 ガリレオの初期の発見のうち、最も重要なものの 1 つは、木星がもつ 4 つの衛星の存在であった。この発見により、衛星をもつ惑星は地球だけではないことが明らかになり、コペルニクス説を支持することとなった。もう 1 つの重要な発見は、月にある山の発見である。このことにより、月が物質的に地球と類似していることを示したのである。

17 世紀半ば、信頼性が高く効率の良い観測が可能な屈折望遠鏡が開発されると、天文観測は新しい時代に入った。 科学者や技術者は、ノウハウを蓄積してより優れた機器を作った。例えば、望遠鏡に角度測定システムを追加するなどである。 新しい装置は、数多くの新しい発見につながった。たとえば、1650 年代に、クリスティアン・ホイヘンス（1629-1695 年）は土星の環と衛星タイタンを発見し、オリオン星雲の知られている限り最古のスケッチを作成した。さらに、天体観測を利用して海上で位置を特定するための航海ナビゲーションシステムも改善された。 この期間の特徴を挙げると、一つは観測プログラムであり、もう一つはヨーロッパの科

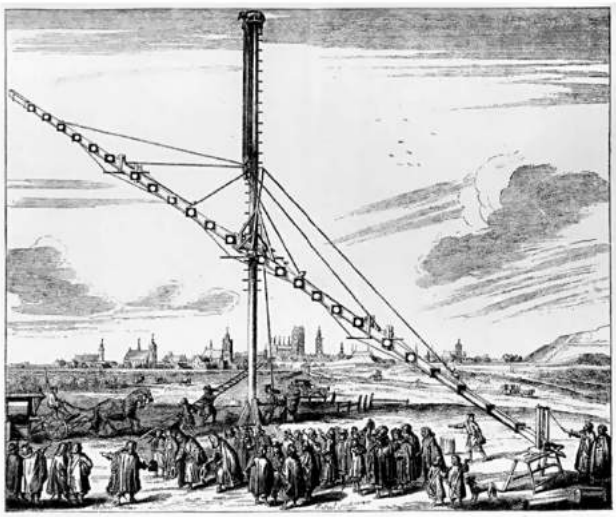


図12.0.2. ヨハネス・ヘヴェリウスの140フィート望遠鏡。出典『*Machina coelestis*』(1673年) © wikimedia Commons (パブリックドメイン)

学者ネットワークを介した情報交換であった。当時の強固な帝国制度のもとで、最新の技術、最新の機器を詰め込んだ大型の天文台の建設がはじまり、ヨーロッパ中から集められた専門的な天文学者に資金が提供された。1641 年、ヨハネス・ヘヴェリウス（1611-1687 年）は、大望遠鏡を備えた天文台をダンジグ（グダニスク）に建設した。1667 年にルイ 14 世によって設立されたパリ天文台では、最初はジャン・ピカール（1620-1682 年）を中心に活動を行い、次に初代台長となったジャン-ドミニク・カッシーニ（1625-1212 年）のまわりに多くの学者が集まった。 グリニッジの王立天文台（ケーススタディ 12.1 を参照）は、1675 年にイギリス国王チャールズ 2 世の命を受けて設立され、初代台長は「王室天文官」ジョン・フラムスティード（1646–1719 年）であり、次にエドマンド・ハレー（1656–1742 年）が引き継いだ。

このように多くの新しい機器が利用可能になったことと、天文学者の数が増えたことで、多くの重要な発見があり、宇宙についてまったく新しい見方と理解が生まれた。 ハレー彗星の出現（1680〜84年）などの特別なイベントは、幅広く一般の人々を魅了し、サロンに集まる教養ある貴族達の間で、恰好の話題になった。 天文学者は、恒星のカタログ改訂版や更新された天体暦を作成し、公開した。

アイザック・ニュートン（1643-1727年）は、著書『*プリンシピア*』（1687年）の中で、17世紀で最大といえる理論的成果を生みだし、天体科学と地上の物理学を統合した。 普遍的な重力の概念と3つの運動の法則は、完璧に論理的で一貫した数学モデルの基礎を築いた。これらの法則は「古典力学」と呼ばれている。

ルネサンス以降 20 世紀半ばまでの間には、オーレ・クリステンセン・レーマー（1644-1710 年）がパリ天文台で 1676 年に初めて光速の定量的測定をするなど、天文に関係する多くの実験的新発見が行われた。 17 世紀の終わりに観測された星の位置が、それ以前の観測値から明らかに変化したことで、星の年周視差が決定できるというアイデアが生まれた。さらに、それを利用

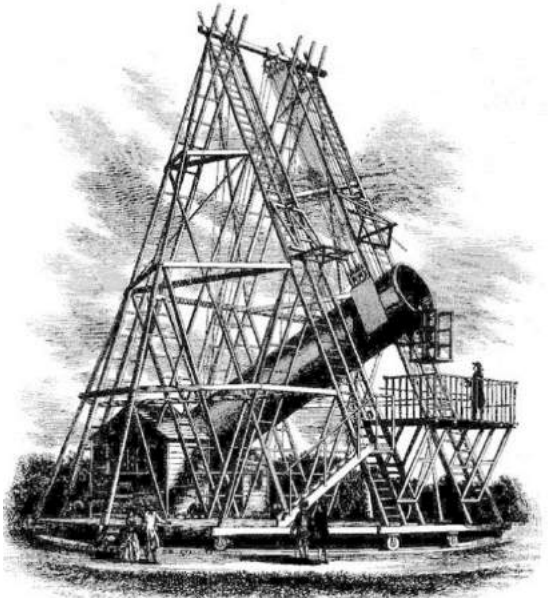


図12.0.3. ウィリアム・ハーシェルの40フィートの反射望遠鏡。1789年に完成。(パブリックドメイン)

して星までの距離がわかるのではないかという希望が見えてきた。 しかし、年周視差は発見されず、代わりにジェームズ・ブラッドリー（1693-1762 年）は光行差を発見し（1727 年）、レーマーの理論（光速が有限であること）を確認した。 ブラッドリーは他にも、1738 年に地球の軸の章動を発見した。

機器と理論の改善により、18 世紀の天文科学はさらに発展した。 測微器（マイクロメーター）を備えたレーマーの子午線望遠鏡（1704 年）やピエール・ブーゲのヘリオメーター（1748 年）など、新しい精密な機器が発明された。 放物面の青銅製の鏡を製造する技術が改善され、反射望遠鏡の作成も可能になった。さらに 1758 年には、ジョン・ドロンド（1706-1761 年）が屈折望遠鏡のレンズの色収差を大幅に改善する方法を発見した。 こういった改良された機器のおかげで、20 世紀の終わりまでには、多くの重要なカタログや天体暦が作成された。 以下に例を挙げる。

- 1764 年、ジェローム・ラランド（1732-1807 年）は、啓蒙主義に基づく合理的で教育学的な方法で、当時の天文学に関する知識を要約した著書を出版した。
- 1771 年、チャールズ・メシエ（1730-1817 年）は太陽系外の天体カタログを発表した。
- 1776 年、ベルリン天文暦の初版が発表された。この後 1960 年まで、この天体暦と天文雑誌は毎年刊行されることとなった。
- 1801 年、ジェローム・ラランドは、47,000 を超える恒星のカタログ『*Histoire Céleste Française*』を出版した。

1781 年に天王星を発見したウィリアム・ハーシェル（1738-1822 年）は、家族ぐるみで天文学に勤しんだ。彼の高精度の観測機器は、優れた反射望遠鏡の新世代が始まったことを象徴している。

18 世紀は、地球の大きさと実際の形状を決定するための科学的探査がたくさん組織された時代である。 ジャン・ピカールによって開始されたプロジェクトでは、フランスの端から端までのパリを通る子午線を測定した。このプロジェクトはジャン＝ドミニク・カッシーニとその息子ジャックによって引き継がれた。 1730 年代中頃にパリの科学アカデミーの主導により行われたペルーとラップランドへの遠征とそこに同行した多数の天文学者や科学者によって、地球は極地で少し平らになっていることが証明された。 1761 年と 1769 年の金星の日面通過は、世界のさまざまな地域での国際協力と、観測の調整を含む科学的探査の組織化につながった。このような組織化の主な目的は、地球と太陽の間の距離、つまり、太陽系の大きさをより正確に測定することであった。

新しい天文学の可能性の広がりに応じて、別の重要な疑問が 18 世紀の初めに現れた。それは、「経度は、海での天文観測や、正確で持続的な海洋時計による時間測定によって決定できるか？」という疑問である。 この疑問への解決策は、主にイギリスとフランスで発展していった。 航海術に使用できる八分儀は、1730 年代初頭に製造が始まり、1750 年代には持ち運び可能な六分儀が続き、さらに改良された反射円儀（本質的には完全な円に拡張された八分儀）が 1787 年にジャン＝シャルル・ド・ボルダによって発明された。 海で経度を測定するための最後の鍵である月の運動の表は、1752 年にドイツの天文学者トビアス・マイヤー（1723-1762 年）によって作成された。

＊＊＊

新しい観測所を建てるブームは 19 世紀にさらに加速し、ヨーロッパにおける広大な国際ネットワークだけでなく、歴史上初めて、世界中に近代的な観測所が分布するようになった。 1830 年から 1840 年の間に、古典的なドーム付き天文台の建築法が生まれ、分かりやすく目立つ人気のランドマークとなった。ドームは天文学や天文学者を象徴する図像として現在でも残っている。この時期に建てられた多くの観測所のうち、ロシアのサンクトペテルブルクにあるプルコヴォ天文台は、最も典型的で完全である。プルコヴォ天文台は、皇帝ニコライ 1 世の命令によって建設され、フリードリッヒ・ゲオルク・ヴィルヘルム・シュトルーベの指揮の下に 1839 年に開所された（ケーススタディ 14.1 を参照）。　1839 年に設立されたアメリカのハーバード大学天文台と、南アフリカ喜望峰の王立天文台（ケーススタディ 12.2 を参照）は、ヨーロッパ以外の地に建設された常設天文台の良い例である。

同時に、観測機器の測定効率は向上し続けた。その理由は、金属の品質、造り手の能力、レンズ製造者の技量、鏡面研磨の精度など様々な品質が向上したことにある。例えば、アクロマティック均質ガラスを利用できるようになったことで、より大きな対物レンズを製造できるようになり、大型の屈折望遠鏡を史上初めて製造できるようになった。他にも、赤道儀支持と機械駆動により、望遠鏡は一つの恒星を追尾観測することができるようになった。そのおかげで、単一の視野を最高の観測精度（回折や乱気流などの外部要因によってのみ制限される精度）で広範囲に調査をすることが可能になった。こういった改善の効果の1つに、天文台の主流が屈折望遠鏡に移ったことがある。 もう1つは、より小さな対象が観察できるようになり、例えば「二重星」（連星）のような観測対象を分解できるようになったことである。この期間の

図 12.0.4. プルコヴォ天文台 © Vladimir Ivanov　クリエイティブコモンズライセンス

天文学者の理論的な能力が高かったことは、カール・フリードリヒ・ガウス（1777-1855年）に象徴される。ガウスは1801年に小惑星セレス（現在は準惑星）の位置を計算によって予測している。 また、ガウスは天王星の軌道に摂動も入れて予測位置を計算し、それを利用して1846年にはユルバン・ルヴェリエ（1811-1877年）が海王星を発見した。

19世紀の中頃は、大規模で体系的な天体のサーベイ調査で特徴づけられる。 国際的なプロジェクトでは、大規模なカタログやマップを作成し、次々発見される天体を、その位置・明るさ・その他の詳細とともに一覧形式で表示した。 1880年に作成されたニュージェネラルカタログ（NGC）は、7840個の「非恒星天体」（星団と星雲）をリストにした。それらの多くは現在、太陽系外の銀河であることがわかっている。 これらは、宇宙に対するより深い理解の始まりであった。

＊＊＊

19世紀後半、分光法と写真術の利用により、それまで天体の位置情報に重きを置いていた天文学の主流は、天体で起きている物理的プロセスの理解にシフトしていった。 天体分光法の起源は、1810年代半ばにまで遡り、ジョセフ・フラウンホーファー（1787-1826年）が太陽スペクトルの中に暗いスペクトル線（暗線）を発見したことに発する。しかし、暗線の天文学的解釈はすぐには行われず、1860年代にはいってようやく研究が開始された。1868年にはピエール・ジャンサン（1824-1907年）とノーマン・ロッキャー（1836-1920年）は、新しい元素であるヘリウムの存在を太陽スペクトルから発見した。 スペクトルを用いた分析技術により、太陽だけでなく他の恒星の化学構造の理解が急速に加速した。

ジャンサンは天体写真術の先駆者であり、太陽像を写真に撮り始め、また大量の写真を連続して撮ることを可能にする技術革新をもたらした。 1870年代以降、新しい写真乳剤の開発と、電動赤道儀の精度の向上により、素晴らしい写真が撮れるようになった。このような発展の中で、1885年には、星のマッピングのための世界規模の国際プログラムであるカルト・ドゥ・シエル（*Carte du Ciel*）が開始された。

1860年代から1870年代、天体物理学には、天文学と物理学および天文学と化学を結びつけた新しい融合的な分野が登場した。イタリアで組織されたように、分光学会という特定の専門家コミュニティが創設されるようになった。分光測定は、2つの補完的な改善が行われたことによって、天文学研究の標準的な手法になった。その改善とは、ガラスのプリズムから回折格子に変わったことと、スペクトルを記録するための高精細写真の使用である。1870年代に、グリニッジやポツダム（ケーススタディ12.5も参照）、ムードン（ケーススタディ12.3を参照）といった、当時の進んだ科学都市の近くに、天体分光に特化した施設が設置された。 そして、恒星スペクトルをカタログ化し、恒星構造の理解を深めるためのプログラムが開始された。

19世紀の終わりまでに、信じられないほど多くの数の恒星が集まって銀河となり、さまざまなタイプの銀河が散在しているのが宇宙であると理解されるようになった。天体力学の法則と天体からくる光によって、その天体の化学構造や温度を知ることができた。体系的な天文学の研究のためには欠かせないものとして、天文台の世界的なネットワークと天文学者の国際的コ

ミュニティが、この時期に発展していった。

しかし20世紀になろうかという時期では、望遠鏡のサイズや乱気流や回折などといった物理的な限界によって、装置の性能は制限されたままであった。 さらに、人工照明や都会の霧は、直接観察と分光測定の両方に有害であった。これに加え、天体物理学者たちは、可視光の波長を超えた放射線を観測することで得られる新しい情報の重要性を認識し始めた。問題は、そのような放射線が、特に短波長域で、地球の大気によって吸収されてしまうことであった。 解決策として、いくつかの観測所を街から離れた新しい場所に移転したり、高品質で安定した大気条件を得るために山岳地帯に新しい観測所を建設したりした。

こういった二重の制限（反射鏡の大きさと大気揺らぎ）を克服した新しい観測所が２つ、ジョージ・ヘール（1868-1938年）の構想の下、20世紀の前半にアメリカで建てられた。 一つ目は1904年に建設が始まったマウントウィルソン天文台で、標高1740mのカリフォルニアに建設された。1908年には高品質の1.5m反射鏡が装備され、1917年には2.5m反射鏡が装備された（ケーススタディ12.4も参照）。 1930年にベルンハルト・シュミット（1879-1935年）によってもたらされた技術革新により、大きな望遠鏡の視野を制限する軸外収差の問題が改善され、空の広い領域をカバーする調査が容易になった。1936年にカリフォルニアのパロマー山にオープンしたヘール天文台には、46cmのシュミット望遠鏡があった。 1948年に設置されたヘール望遠鏡として知られる200インチ（5.08 m）の反射鏡は、1976年まで世界最大の口径を誇る光学望遠鏡であった。

文献と資料

Bennett, Jim (1987). *The Divided Circle: a History of Instruments for Astronomy, Navigation and Surveying*. Oxford: Phaidon-Christie's.

Hearnshaw, John B. (1986). *The Analysis of Starlight: One Hundred and Fifty Years of Astronomical Spectroscopy*. Cambridge: Cambridge University Press.

Hoskin, Michael, ed. (1997). *The Cambridge Illustrated History of Astronomy*. Cambridge: Cambridge University Press.

Hoskin, Michael, ed. (1999). *The Cambridge Concise History of Astronomy*. Cambridge: Cambridge University Press.

Marcorini, Edgardo, ed. (1988). *The History of Science and Technology: a Narrative Chronology* (2 vols). New York: Facts On File.

Taton, René, ed. (1981–83). *Histoire Générale des Sciences: la Science Contemporaine* (2 vols). Paris: Presse Universitaire de France.

Wolfschmidt, Gudrun, ed. (2009). *Astronomical Observatories: from Classical Astronomy to Modern Astrophysics*. Berlin: ICOMOS (Monuments and Sites XVIII).

ケーススタディ 12.1：グリニッジ旧王立天文台（The Royal Observatory）、英国 グリニッジ

レベッカ・ヒギット（*Rebekah Higgitt*）

遺跡の特徴と分析

地理的位置：イギリス、イングランド、グリニッジのロンドン特別区。

場所：北緯51º28 ´ 38″、東経0º0 ´ 0″。標高46m。

概略：グリニッジ旧王立天文台（ROG；Royal Observatory, Greenwich）は1675〜76年に建設され、1950年代まで稼働し続けた天文台である。 天文台は国立海事博物館（NMM）の一部として明け渡され、一般に公開された。 現在天文台では、海の経度や時刻を決定してきたROGの歴史に関する展示や、現代の天文学のギャラリー、プラネタリウムなどが行われている。展示物には、世界の本初子午線を定義するエアリーの子午環など、ROGで使用されていた18世紀, 19世紀の機器が含まれている。

天文台は、1997年に登録された（基準(i),(ii),(iv),(vi)）世界遺産「海事都市グリニッジ」の一部となっている。

簡単な目録：

建物：フラムスティード・ハウス（1675年に建設、18〜20世紀に拡張された）
メリディアン・ビルディング（1740年に建設、19世紀に拡張された）
大赤道館（1857年）
アルタジマス・パビリオン（1899年）
南館（1891〜99年）

固定機器：
壁面：ハレーの四分儀（1725年）
ブラッドリーの四分儀（1750年）
6フィートの壁面四分儀（1810年）
トランシット：ハレーの5フィート（1721年）
ブラッドリーの8フィート（1750年）
トラウトンの10フィート（1816年）
エアリーの子午環（1850年）
天頂角検出：ブラッドリーの12.5フィート（1727年）
ポンドの9.5フィート（1812年）
赤道儀：28インチの屈折望遠鏡（1893年）

ニュービギンの屈折望遠鏡（1888年ごろ）
ダルメイヤーの太陽写真儀（1873年ごろ）
可搬機器：
制御器：トンピオン（1675年）
グラハム（1750年ごろ）
アーンショウ（1790年ごろ）
ハーディ（1825年ごろ）
シェパード（1852年）
他にも国立海事博物館のコレクションから、ROG、またはその後継である王立グリニッジ天文台（RGO；Royal Greenwich Observatory）に関連する品物が所蔵されている。

歴史：ROGは航海術に役立つ天文データを取得することを目的として、1675年にチャールズII世によって設立された。 歴代の王室天文官は、子午線観測のプログラムを実施し、1767年以降は毎年、航海年鑑を発行できるまでになった。19世紀には、地磁気および気象の観測、撮像術、分光観測、時間信号を含む研究へと、次々と進展していった。 20世紀には、天文研究はグリニッジから遠ざかることとなった。地磁気に関する研究は、第二次世界大戦後、最初はサリー州のアビンガーに、次に天文台全体がサセックス州のハーストモンソーに移転した。 天文台はさらに1990年にケンブリッジに移転したあと、1998年に閉鎖された。

文化的/表象的側面：ROGは天文学の歴史にとって、替えの効かない重要な存在である。その研究成果と正確さについての評判は世界中に知れ渡っている。 政府が資金を提供して建てられた最も初期の科学機関の1つであり、3世紀以上にわたって存続した。 グリニッジ子午線を本初子午線として選択したことは、このような歴史的な名声と19世紀における英国の国際的な地位を反映している。 グリニッジはイギリスの伝統において、「世界の中心」または「時間の故郷」として広く認識されている。 それはまた、「17世紀と18世紀の英国の芸術的・科学的努力の象徴」として、海事都市グリニッジ全体の唯一無二の価値を、これ以上無いほど高めている。

真正性と完全性：建物は長い歴史の中でしばしば改修され、1950年以降、多くの観測機器や建物の一部が撤去された。 博物館としての利用も始まり、訪問者およびスタッフ用の施設として、いくつかの建物は以前の形態に「復元」された。その結果、逆に19,20世紀の遺産が失われた面もある。 観測機器のなかには、改変されて使用されたものや、遺物として保管されていたが部品が欠けているものなどがある。

資料とアーカイブ：RGOアーカイブはケンブリッジ大学図書館に所蔵されている。 国立海事博物館やその他の場所にも、天文台の写真やその他資料が保管されている。

図12.1.1. グリニッジ天文台の航空写真（2007年）写真©国立海事博物館

現在の遺跡の管理

現在の利用法：天文台のある場所は現在国立海事博物館の一部であり、年間100万人以上の観光者が訪れる。観光客は地元や国内だけでなく国外からも幅広く集まってきており、学校の団体客も多く受け入れている。

保護：天文台は国立海事博物館の一部であり、保護区内にある。 フラムスティード・ハウスはイギリス指定建造物１級、南館はイギリス指定建造物２級に指定されている。 これらの分類に置かれている遺産には特別の法令が制定されており、イギリスにおける世界遺産の保護としては最高レベルのものである。

保存状態：建物はきちんと修理されており、構造物としての信頼性は保証されている。 世界遺産の一般管理計画に従い、定期的にメンテナンスが行われている。

地理的環境：ROGは、王立公園の中、さらに海事都市グリニッジという世界遺産の敷地に建っており、環境的にも建築学的にも学術的にも、最適な環境にあるといえる。

考古学的/歴史的/遺産研究：床や壁の建設作業の記録は博物館に文書化されており、コレクションはMLA（米国現代語学文学協会）の基準に基づきカタログ化されている。 観測機器や、遺産としての建築物、および研究機関としての歴史は、長年学術研究の対象とされてきた。

上：1960年代の再建前の、1930年代のメリディアン・ビルディング
中：メリディアン・ビルディングと大赤道館（2009年）
下：南館（2009年）
写真 ©国立海事博物館

図12.1.3. フラムスティード・ハウス（2009年撮影）写真© 国立海事博物館

損傷、破壊等の脅威：数多くの訪問者によってもたらされる被害や、地下水の浸透による損傷の可能性がある。 2012年のオリンピックでは、グリニッジ王立公園が馬術などの競技場として使用された。

管理、解釈、アウトリーチ：敷地は事実上、二分割されている。フラムスティード・ハウスとメリディアン・ビルディングは歴史的な展示と子午線の展示用であり、南館とプラネタリウムは現代の天文学への貢献に焦点を当てている。時代的に後になって建てられた建物には解釈がほとんどなされておらず、また、子午線の天文学と計時以外の分野における研究の解釈も、ほとんどない。 世界遺産の建物群の管理計画では、資産となる建物群の固有の遺産的価値をさらに高めるような、伝統を重んじた特別な利用方法を取るべきとされている。

追加文献

Howse, Derek (1997). *Greenwich Time and the Longitude.* London: Philip Wilson.

Littlewood, Kevin and Beverley Butler: (1998). *Of Ships and Stars: Maritime Heritage and the Founding of the National Maritime Museum Greenwich.* London: Athlone Press and the National Maritime Museum.

ケーススタディ 12.2：王立天文台（The Royal Observatory）、南アフリカ共和国 喜望峰

イアン・グラス（*Ian Glass*）

遺跡の特徴と分析

地理的位置：南アフリカ共和国、西ケープ州、ケープタウンの天文台地区。

場所(エアリーの子午環)：南緯33º56´03.5″、東経18º28´39.0″。標高15m。

概略：喜望峰王立天文台とは、現在では南アフリカ天文台（South African Astronomical Observatory; SAAO）と呼ばれている天文台の以前の呼び名である。その敷地は9ヘクタールもあり、ケープタウン中心部から5kmほど東に行ったところの、トゥー・リバース・アーバン・パ

ークの中にある小さな丘全体を占めている。1820年に設立されたこの場所は、現在でも天文学の最前線で利用されている。南アフリカ国立遺産機構への申請が承認され2018年12月に国立遺産として認定された。南アフリカの文化財としては、その科学的研究の歴史が初めて評価された遺産となる。

簡単な目録： 王立天文台にある建物は以下である。

- 1828年に完成した天文台の**本館**。海軍建築家ジョン・レニー（1761-1821年）が設計した新古典主義の建造物。自然石を積んで漆喰を塗った壁、チーク材の床、ドア、窓枠、よろい戸などが使用されている。印象的なドリス式の柱は、レンガを組み上げて作られており、周囲が木製の被覆材で覆われている。
- 1848年に完成した**太陽写真儀館**。特徴的なプレハブの木製ドームは、砲丸でできたベアリング上を回転する。
- 1896年に完成した**マクリーン館**。有名な建築家ハーバート・ベイカーによって設計されたこの建物は、オランダとイギリスの植民地時代の建築の要素が組み合わされている。 特徴的なのは、油圧式の上昇床である。 この油圧モーターは、以前はドームの回転にも使用されていた。

敷地内の他の建物の多くは、19世紀に建てられたものである。

マクリーン館の中には、1897年にダブリンのハワード・グラブが製造したマクリーン望遠鏡（ビクトリア望遠鏡とも呼ばれる）が現在も設置されている。他の19世紀製造の望遠鏡も、ほとんどが設置当初と同じ場所にある。例えば、デ・ラ・ルーが設計したものと似た太陽写真儀（1878年）、グラッブの6インチ望遠鏡（1882年）、カルト・ドゥ・シエル プロジェクトでも使用された13インチのグラッブ天体写真望遠鏡（1889年）などである。ギルの子午環（1905年）もオリジナルの場所に現在も残っている。1955年にコックス、ハーグリーブス、トンプソンによって製造された18インチ望遠鏡も同様である。

現在も残っている持ち運び可能な装置の中には、本館が完成する前に初期の天文学者が使用していた測量機器も含まれている。

- ウィリアム・ハーシェルが使用していた金属鏡（1811年）
- 時報ピストル（1833年）
- 9つの高精度の“レギュレーター”（調整機能付きの時計）振り子時計
- 19世紀のさまざまな製造業者による6つの経度測定器
- サー・デイビッド・ギルが1882年の大彗星の画期的な写真を撮る際に使用されたロスレンズ
- 『ケープ写真掃天星表』（最初の写真による全天調査）に使用された大きなダルメイヤー製ポートレートレンズ
- エアリーの子午環の接眼部とレンズ（1854年に設置されたもの）
- ビクトリア朝の標準用の分銅や定規の入った箱（中身はケープタウンのイジコ南アフリカ博物館の所蔵庫にあると言われている）

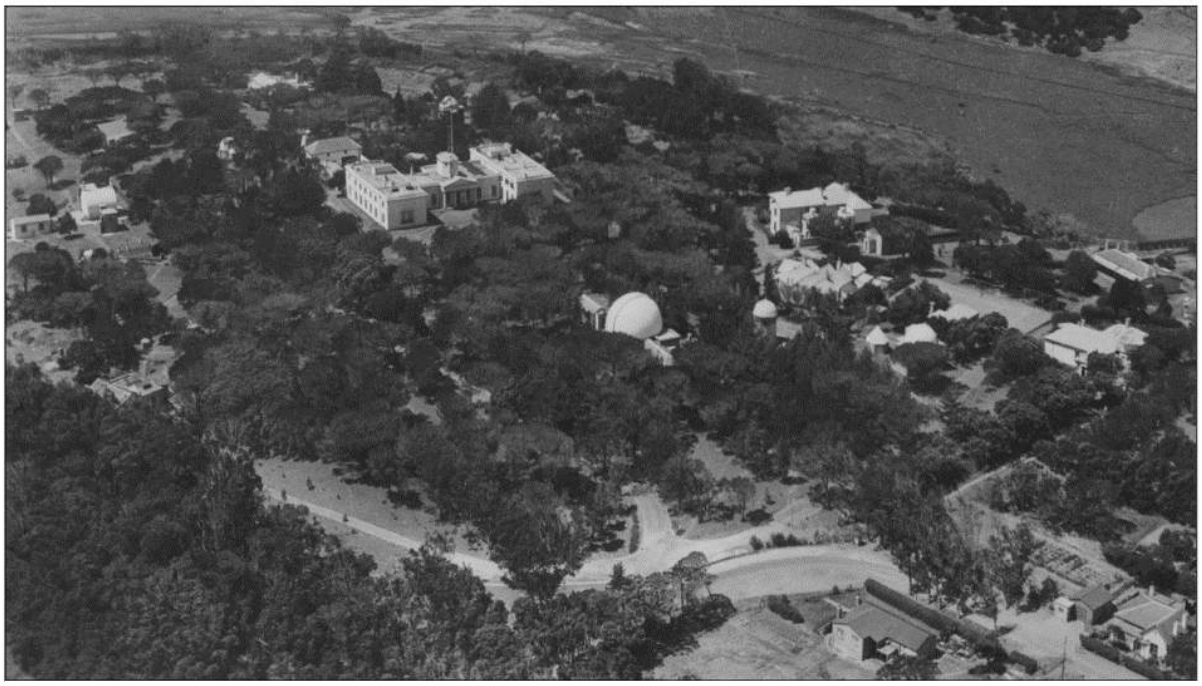


図 12.2.1. 20 世紀初頭の王立天文台　写真©SAAO

歴史：王立天文台は、ケープタウンがイギリスの植民地になった数年後に建設された。目的は、正確な星の位置を観測すること、また、海上航行の助けとなる信頼性の高い時報を提供することである。 選ばれた建設地は、市の港にほど近いテーブル湾であり、寄港する船から時報の光が見えるような場所であった。

本館は1825年に竣工され、1828年に完成した。当初は壁面に取り付けられた子午環と、星の位置を正確に観測するための小型望遠鏡が収容されていた。 1855年までには、これらは取り外され、代わりにエアリーによって設計された子午環が取り付けられた。 19世紀には、複数の建物の複合施設である地磁気観測所（1841年）など、本館以外の建物や観測機器が建設されたが、現在はどれも残っていない。

1879年から1907年の間、当時天文台台長を務めていたサー・デイビッド・ギルが『女王陛下の天文学者(Her Majesty's Astronomer)』に任命されたころ、天文台の活動は最盛期に入った。この時期に、アストログラフィックドーム（1888年）、ヘリオメータードーム（1888年）、マクリーン館のドーム（1896年）、ギルの子午環（1905年）が建設された。

本館内に取り付けられた最後の観測機器であるエアリーの子午環は、1950年に取り外された。1972年には、都市の光が明るくなりすぎたため、性能の良い望遠鏡は全てサザーランドに移された。 ただし、新しい機器の製作は引き続き、ケープの現代的なテクニカルセンターにて行われている。テクニカルセンターには、数値制御された機械系や、真空コーティング、計測機器、電気めっきなど、特別な目的のために使える部屋や実験室などの設備が充実している。

文化的/表象的側面：王立天文台は、アフリカ大陸に建立された最初の重要な科学機関であった。 さらに、南半球に建設された最初の常設天文台でもある。 19世紀の大半の間、天文台は植民地時代のケープにおけるヒエラルキー（階層）において高い地位を占め、『英国陛下の天

文学者』として、文化機関や教育機関の理事会に出席してアドバイスを求められることが多かった。

長年にわたり、天文台は標準時間を定めてきたが、それだけでなく標準質量や標準長さも管理していた。 天文台が発砲で時刻を知らせる『正午の大砲(noonday canon)』は、現在でも続いている。 本館にあったエアリーの子午環の中心は、南アフリカのすべての地理的位置の基準点となった。

天文台はいくつもの科学的進歩をもたらした。主要なものを挙げると、

- 星までの距離の計測に初めて成功（1832〜33年にトーマス・ヘンダーソンがアルファケンタウリまでの距離を測定）
- 体系的な夜空の調査を行うため、初めて写真を使用（1885〜90年のデイビッド・ギルによる調査）
- 地球と太陽の間の距離の決定（1913年、デイビッド・ギルによる）

特に最後の地球と太陽の間の距離は、太陽系を扱う天文学における基本単位となっており、その後45年間においてこの計測値は最も精度が良いものであり続けた。

図12.2.2. マクリーン館（ドームと研究室）　写真©Ian Glass

真正性と完全性：天文台の現在の外観は、1907年にサー・デイビッド・ギルによって残された状態を非常に良く維持している。建物の多くはオリジナルの構造であり、現存する建物には天文台の歴史において使用されてきた多くの機器が今でも残っている。 本館は少し改修はされているが、元のチーク材の床、ドア、窓枠、シャッターは現存している。19世紀の望遠鏡のほと

んどは今でも設置されており、その多くは程度に差はあるものの正常に機能している。 マクリーン館ドームの油圧式上昇床機構は現在も稼働しており、オリジナルの3気筒油圧ポンプを利用している。 マクリーン館の研究室には、元の食器棚、ベンチ、付属品が備わったままである。ギルの子午環と1955年の18インチ望遠鏡も、完全な状態で残っている。

王立天文台は、稼働している機関として、設立以来常に進化し続けてきた。 変化する科学の要件に対応するため、また日々進歩する技術を取り入れるため、多くの建物・部品・機器を入手しては処分し、または改造を施したりしてきた。 古い観測機器のうちのいくつかは、最近になって復元された。

資料とアーカイブ：王立天文台は、その設置から現在までにわたって、すべての時代の資料が詳細に文書化されている。大量の資料がアーカイブ化され、以下の施設に保管されている。
・イギリス海軍の水路部庁舎
・王立グリニッジ天文台の書庫（現在はケンブリッジ大学図書館にある）
・南アフリカ政府の書庫
・SAAO書庫（王立天文台のウェブサイトに保管）
また、1821年3月1日付けのレニーのオリジナルの王立天文台設計図は、今日、イギリス国立公文書館にある。

現在の遺跡の管理

現在の利用法：天文台の建物群は現在、SAAOや他の多くの科学機関を傘下に抱える南アフリカ国立研究財団（National Research Foundation; NRF）によって管理されている。また、王立天文台は現在、南アフリカ天文台と南アフリカ大型望遠鏡財団の本部となっている。その利用は、天文学の目的のみに限定されている。

現在、本館の中央部には、世界で最も豊富な所蔵量を誇る天文図書館の1つである国立天文図書館がある。 もともと住居として使用されていた建物のウィング部にある部屋は現在、主に天文学者の研究室として使われている。

保護：建物群は、ケープタウンによって設立された保護区であるトゥー・リバース・アーバン・パークの中央部に位置している。 その東と北には湿地帯があり、外部の侵入から守られている。

保存状態：ほとんどの建物は定期的にメンテナンスされているが、現在天文学プロジェクトで使用されていない一部の建物には修復が必要である。 特に、鉄鋼でできたギルの子午環の建物は、状態が悪い。 紙の資料や使用済

図12.2.3. 本館の図書館の中央の部屋。写真 © Ian Glass

みの機器については、環境的な損傷から十分に保護されている。

地理的環境：天文台の建っている場所は、以前のような暗い田舎ではなくなった。トゥー・リバーズ・アーバン・パークの境界線を越えると、高速道路や主要道路、オフィスビルに囲まれている。 それでもまだ、この場所は昔の生態系を維持している貴重な場所の1つである。トゥー・リバーズ・アーバン・パークは、さまざまな鳥や動物の生活と、多様な花が咲く球根植物を抱える湿地帯である。 天文台の場所には絶滅危惧種である西部ヒョウヒキガエル（Bufo Pantherinus）の生息地の北限であり、また、希少なアヤメ属の植物であるモレア・アリスタタの唯一の生息地でもある。 「天文台ベースライン情報調査」は、この地の自然環境と都市環境を今後も保存することを念頭に置いてその環境を分析し、唯一無二な特徴を記述するため、委託されて行なっているものである。

考古学的/歴史的/遺産研究：王立天文台の歴史については、サー・デイビッド・ギルとブライアン・ワーナーの著書に特に詳しい。また、他の書籍や雑誌にも多くの記事がある。 現在も、様々な利害関係者による歴史的研究が進行している。 独立した「天文台の友」というグループが最近設立され、古い観測機器とドームを正常に機能する状態に戻すことを目的として活動している。

損傷、破壊等の脅威 ：王立天文台の地に対する主な脅威は、開かれた都会の土地に対する不動産開発業者からの絶えず増大しつづけるプレッシャーである。 ただ、王立天文台は保護区の湿地のすぐそばの限られた土地であることから、開発には適しておらず、ある程度は守られていると言える。

管理、解釈、アウトリーチ：マクリーン望遠鏡は、パブリックビューイングの日に使用される他、非常に稀ではあるが特別な日食などのイベントにおいて使用されている。隣接する天文研究室は、博物館として保存されている。 そこには使用されなくなった小さなアンティーク機器も所蔵されている。

何十年にもわたって、天文台では公的なアウトリーチプログラムが行われていた。 オープンナイトは少なくとも月に1回開催され、一般のメンバーには天文台のツアー、天文学の話題に関する講義、望遠鏡で夜空を見る機会が無料で提供される。 さらに、多くの学校や団体が昼間、施設の見学に訪れている。

図12.2.4. マクリーン館のドームの上昇床に動力を供給する3気筒油圧ポンプ（1896年）。 写真©Ian Glass

追加文献

Forbes, G. (1916). *David Gill, Man and Astronomer*. London: John Murray.

Gill, David (1913). *History and Description of the Royal Observatory, Cape of Good Hope*. London: HMSO.

Glass, I.S. (2008). *Proxima, the Nearest Star (Other than the Sun)*. Cape Town: Mons Mensa.

Laing, J.D. (1970). *The Royal Observatory at the Cape of Good Hope 1820–1970: A Sesquicentennial Offering*. Cape Town: Royal Observatory.

Moore, P. and Collins, P. (1977). *The Astronomy of Southern Africa.* London: Robert Hale.

Warner, Brian (1979). *Astronomers at the Royal Observatory, Cape of Good Hope*. Cape Town and Rotterdam: Balkema.

Warner, Brian (1983). *Charles Piazzi Smyth, Astronomer-Artist. His Cape Years 1835–1845*. Cape Town and Rotterdam: Balkema.

ケーススタディ 12.3：ムードン天文台(Meudon Observatory)、フランス

ステファン・ル・ガール（*Stéphane Le Gars*）

遺跡の特徴と分析

地理的位置：フランス、75014 パリ、天文台通り61。

場所：北緯48º48 ´ 18″、東経2º13 ´ 52″。標高160m。

概略：ムードン天文台は、1870年代にヨーロッパに数多く建設された天文台の1つである。天体分光を実施し、天体物理学の黎明分野である恒星の物理的構造や化学組成に取り組むために作られた望遠鏡と実験施設の統合施設である。

簡単な目録：この地にある建物のうち、主要なものを挙げる。

- 直径18.5mのグランデ・クーポール（大ドーム）は、1895年に完成した。ドーム内には、眼視観察用の83cmレンズと写真用の62cmレンズを備えた複屈折の望遠鏡である、グランデ・ルネット（大望遠鏡）が備え付けられている。この観測装置は現在でも、アメリカのヤーキス天文台（1897年建造、直径1.02m）、ラ・パルマ島のスウェーデン太陽望遠鏡（2002年建造、直径1m）、リック天文台（1888年建造、直径91cm）に次ぐ、世界で3番目に大きい屈折望遠鏡である。
- 2つの7.5m直径のドーム。1つには3mの焦点距離を持つ口径1mの反射鏡が設置されており、惑星、月、彗星などの研究に適している。ドームの建設も1895年に完了した。
- 別館にある研究所。ここにはアンリ・デランドル（ジャンサンの次の天文台長）が1897年と1906年に設置した2つのスペクトロヘリオグラフが収められている。 これら

は常に改良され、現在も使用されている。

天文台には他にも重要な以下の観測機器がある。

- 1908年に建てられた（稼働したのは1910年から）大型のシデロスタット
- 1909年にジョルジュ・プリンによって建設されたシーロスタット
- 赤道儀（1931年から稼働、現在は教育用に60cmの反射望遠鏡とともに使用されている）
- リヨ(Lyot)の単色ヘリオグラフ（1953年）
- 太陽観測塔（1969年）
- 高解像度10m真空紫外（VUV）分光器（1972年）

歴史：「パリ国立天文台（L'observatoire d'astronomie physique de Paris）」は、1875年9月6日にフランス共和国大統領が署名した詔書によって、正式に創設された。同詔書により、物理学者であり天文学者であるジュール・ジャンサンが天文台長に任命された。 ジャンサンは1860年以来、星の研究にスペクトル分析を適用し、新しい学問分野である物理的天文学（今日では天体物理学と呼ばれる）の創出に貢献した学者である。物理的天文学の誕生は、天文学の伝統的な慣習からの脱却を表している。パリ天文台では、従来の天体力学と位置天文学が優勢であり続けたが、ムードン天文台では、ジャンサンが中心となり物理と化学を組み合わせた手法（分光・撮像・測光）を推進した。こういった仕事が、ムードン天文台の核となっていった。

ジャンサンが天文台の建設地にパリを選んだ理由は、科学的なものだけでなく政治的なものも含まれていた。まず、パリの近くであり、それでいて「首都パリの地面の振動や夜間の照明から逃れるため」[1]にある程度離れていること。さらに、例えば牧場に囲まれた台地といった十分に開けた場所（特に南側と東側に）である必要があった。 選ばれた場所は、ムードンの廃城である、シャトーヌフであった。 ジャンサンは、この地を整地して天文台を建設するための多額の予算を獲得した。1879年に成立した法律により、正式にムードンに新しい天文台を創設することが決まり、その後 3 年間に渡って、城の改造や観測機器の購入プロセスが開始された。

1926年以降、ムードン天文台はパリ天文台の付属施設となった。

文化的/表象的側面：ムードンは、フランスで最初の新しいタイプの天文台であった。新しいタイプとは、天文学に物理学が取り入れられており、研究所が附設されているということである。 周辺の施設で行われた分光分析の結果と、ジャンサンの装置で得られた写真を組み合わせることで、ムードンの天文学者は、太陽の物理的構造と化学的性質について重要な結論を導き出すことができた。このような太陽についての研究が、ムードン天文台での主な研究テーマであった。太陽だけでなく、惑星についても重要な研究がムードンで行われている。たとえば、火星に運河があるかどうかという論争が1909年にようやく終わったのは、グランデ・ルネットを使った観測の成果である。

[1] 【原注】出典 Janssen Jules, « Rapport au Ministre », 05/1874, AN F17 3745.

図12.3.1. 2001年（改修以前）時のムードン天文台。写真提供© Stéphane Le Gars

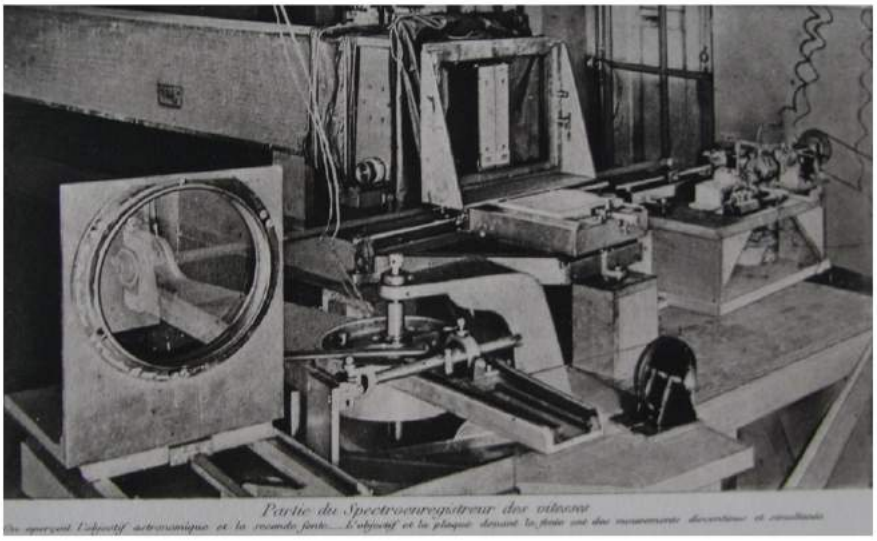


図12.3.2. 1910年頃のムードン分光光度計。出典『Annales de l'Observatoire d'Astronomie Physique de Paris』第 4 巻（1910年）

現在の遺跡の管理

現在の利用法：ムードンはパリ天文台を構成する3つのサイトの1つである。ムードン以外の残り2つとは、パリ市内にある歴史的な（17世紀の）天文台と、1953年に設立されたナンセ（シェール）電波観測所である。

保護：シャトーヌフは1972年4月12日に成立した法律により、歴史遺産として保護されている。

保存状態：ムードン天文台は、その科学的志向やオリジナルの建築や装飾を尊重するという方針のもと、2001年に建物群が全面的に改修された。これはフランスの歴史遺産の保護に関する法律に従ったものである。

時代的/地理的/地域的背景：シャトーヌフは、それ自体がフランスの遺産である。 フランソワ1世は、お気に入りであったエタンプ公爵夫人に、1527年にムードン城を贈った。16世紀には敷地内に新しく建物が建てられ、17世紀の終わりには建築家ル・ノートルによって設計された庭園が完成した。 1695年に、ルイ14世は息子のグランド・ドーファンの住居用に城を買い取った。この時期に、新しい別館（現在は天文学者の研究室になっている）と、現在グランド・クーポールが納められているシャトーヌフが建設された。 シャトーヌフは一時期ルイ15世とルイ16世の治世下で衰退していったが、ナポレオンによって復旧作業が行われた。その後、戦争中の1870年に火事が起こり、部分的に焼失したが、完全に焼失しなかったことは天文学にとっての幸いであった。

管理、解釈、アウトリーチ：パリ天文台の一部として、ムードンは国民教育・青少年省の管理下にある。 科学的事項の運営は、パリ天文台の台長、理事会、科学評議会によって行われる。建物の管理は、パリ天文台の台長と不動産・物流部門によって行われている。

ケーススタディ 12.4：ウィルソン山天文台(Mount Wilson Observatory)、アメリカ

グドルン・ウォルフシュミット、クライブ・ラグルス
（*Gudrun Wolfschmidt and Clive Ruggles*）

遺跡の特徴と分析

地理的位置：アメリカ、カリフォルニア州、ロサンゼルス郡、ウィルソン山。

場所（150フィート太陽塔）：北緯34º13´28˝、西経118º3´31˝。標高1740m。

概略：山の頂にある天文台は、天文観測のためのシーイングが優れている。1904年に設立されたウィルソン山天文台も、20世紀初頭に数多く建てられた山頂天文台の1つである。 ジョージ・ヘール（1868-1938年）は、太陽と星の天体物理学を進歩させるための最良の装置を開発した卓越した人物として知られている。ウィルソン山天文台は、ヘールが考案した3つの偉大な天文台の1つである。

簡単な目録：ウィルソン山望遠鏡にある主な観測装置は以下である。

- 1903年にジョージ・ウィリス・リッチー（1864-1945年）によって建設された水平型のスノー望遠鏡が、1904年にウィルソン山に移設された。
- 60フィートの太陽塔望遠鏡（1904年完成、ただしドームが出来たのは1914年）
- 150フィートの太陽塔望遠鏡（1910年完成）
- ジョージ・ウィリス・リッチーが製造した、60インチ（1.5m）の銀メッキされた鏡を備えた反射望遠鏡（1908年）

- 100インチ（2.5 m）のフッカー望遠鏡（1917年）。これも同じくリッチー製である。

図12.4.1. ウィルソン山天文台の航空写真。左下に150フィートと60フィートの太陽塔望遠鏡。 中央には水平型のスノー太陽望遠鏡。 後方には60インチと100インチのフッカー望遠鏡のドーム。 写真提供©Norm Vargas（https://www.mtwilson.edu）

歴史：1895年から1905年までウィスコンシン州ウィリアムズ・ベイにあるヤーキス天文台の台長であったヘールは、ワシントンのカーネギー研究所から新たにウィルソン山天文台を設立するための助成金を与えられた。 選ばれた山岳地帯は、当時世界最大であった60インチの反射望遠鏡を設置するために最も理想に近い条件を備えていた。この60インチ反射望遠鏡は、1908年12月に稼働しはじめた。さらに大きい100インチの反射望遠鏡は、1917年に稼働しはじめた。

一方、1904年には、太陽観測用のスノー望遠鏡がウィルソン山天文台に移設された。 しかし、水平型の太陽望遠鏡は、太陽によって熱せられた土壌からの気流の影響を受けやすいため、成果は芳しくなかった。 このため、ヘールは垂直タワー型の望遠鏡を構築することを考案し、60フィートの太陽塔望遠鏡が建設されることとなった。 1908年に、さらに大きな150フィートの塔望遠鏡が、カーネギー財団の支援を受けて建設された。

その後の数十年の間、天文に関わる多くの技術が進歩していった。例えば光電子増倍管や、最新のマグネトグラフ（光ファイバーを使用）の開発などが行われ、太陽観測の質が改善された。

1984年、カーネギー研究所はウィルソン山天文台の閉鎖を検討していた。しかし1985年に、カリフォルニア大学ロサンゼルス校（UCLA）の天文学・天体物理学部門からの要望を受け、マウントウィルソン天文台協会（MWOA）の支援のもと、塔望遠鏡は太陽振動学の研究に使用されることとなった。

図 12.4.2. エドウィン・ハッブルが宇宙の膨張を発見するために使用したフッカー望遠鏡（2.5m）写真提供© Andrew Dunn , Wikimedia Commons (クリエイティブコモンズライセンス)

文化的/表象的側面：反射鏡の精度の向上は、そのまま天体物理学の台頭に直結している。 新しい技術でガラスに銀メッキが施された反射鏡は色収差を解消したため、分光法にも撮像にも不可欠なものとなった。 ウィルソン山にある2つのガラス反射鏡（60インチの反射望遠鏡とフッカー望遠鏡）は、20世紀初頭においてすでに高い品質を持っていたため、優れた成果を出した。フッカー望遠鏡は、1949年まで世界最大の望遠鏡であった。

ウィルソン山での観測によって得られた大きな発見を３つ挙げる。一つ目は、ハーロー・シャプレー（1885-1972年）による発見で、私たちの太陽系は、私たちの銀河（天の川銀河）の中心付近に存在するのではなく、端の方に存在するという発見である。これはおそらく、「コペルニクス的転回」に相当する程の20世紀の大発見である。2つ目はエドウィン・ハッブル（1889-1953年）によって、渦巻星雲が天の川銀河ではない他の銀河であると明らかになったことである。 3つ目はまたもハッブルの発見で、宇宙が膨張している証拠となる距離と赤方偏移の線形関係が得られたことである。

ウィルソン山天文台は、太陽天文学の発展においても重要な役割を果たした。 特殊な新しい建造物である太陽塔望遠鏡と、太陽の大気を研究するためのさまざまな新しい機器が、ここで発明された。 60フィートの塔望遠鏡を使用して、1908年にヘールは太陽黒点に強い磁場があり、その磁場は地球の数千倍強いことを発見した。

現在の遺跡の管理

現在の利用法：天文台は現在も活動している科学機関であり、２つの塔望遠鏡は現在も太陽の研究に使用されている。

管理、解釈、アウトリーチ：1986年以降、ウィルソン山天文台は、ウィルソン山研究所とカー

ネギー研究所の合意のもと、科学研究・歴史的保存・天文教育・公共のアウトリーチに重点を置く非営利団体として運営されている。

マウント山天文台友の会（FOMWO）は、天文台の一般公開を運営している。訪問者は、60インチの望遠鏡で夜空を見ることができる。60インチの望遠鏡は、一般に公開されている中では世界最大の望遠鏡である。

ケーススタディ 12.5：アインシュタイン塔(The Einstein Tower)、ドイツ ポツダム

グドルン・ウォルフシュミット、ミシェル・コット
（*Gudrun Wolfschmidt and Michel Cotte*）

遺跡の特徴と分析

地理的位置：ドイツ、ポツダム 14473、テレグラーフェンベルク 1

場所：北緯52º22 ´ 44″、東経13º3 ´ 50″。標高87m。

概略：アインシュタイン塔は、ベルリンの建築家エーリッヒ・メンデルゾーン（1857-1953年）によって設計され、1920年代初頭に建設された。天体物理観測所であり、同時にドイツの近代建築の歴史上の傑作でもある。

簡単な目録：

- 塔自体の高さは20mである。1920年から1922年の間に建設されたが、当時は第一次世界大戦後で建設資材が不足していたため、鉄筋コンクリートではなくレンガが用いられた。 風や熱からの保護のため、タワーの内側には木で作った構造物が追加され、これで対物レンズを支えている。
- 機器群は1924年に設置された。ドームの直径は4.5mで、85cmのシーロスタットミラーが2つ収納されていた。口径60cmで焦点距離14.50mのレンズと組み合わせて使うと、直径14cmの太陽像が出来た。イエナのツァイス社がこれらの機器群を提供・管理した。
- 地下室には温度が一定に保たれたスペースがあった。 ここには2つの高解像度分光器があり、赤から紫までの長さ12 mの太陽スペクトルを生成した。 1925年に、物理分光研究室が整備された。 物理分光研究室では、比較光源としての分光管、アーク放電のための装置、光電レジストレーション光度計、電磁石、および輝線の超微細構造を調べるための装置などが備えられていた。 機器群のレベルは、当時の他のどこの天文台よりも高い技術的水準に達していた。

歴史：20世紀初頭までに、アメリカは天文学の発展におけるリーダー的地位を確立していた。

一方それに比較してドイツでは、現代の天体物理学や太陽物理学ではなく、古典的な天文学に過剰と言えるほどの重点を置いていた。ほとんどの天文台において天体観測装置は最新のものではなかった。 気候条件やシーイングは、カリフォルニアのレベルには達しなかった。 さらに、アメリカと同等の巨額民間資金が得られる可能性は全くなかった。 しかしそれでも、第一次世界大戦後、科学を推進するという強い政治的意志があり、「政治的権力の代替としての科学」というスローガンが導入された。1920年代には「ドイツ学術扶助会（“Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft”; NDW)」が設立され、政治的および経済的条件には疲弊していたにもかかわらず、科学は隆盛した。

1919年10月に、イギリスの日食遠征が華々しい成果を出した（アインシュタインの一般相対性理論を確認した）ことを受け、ドイツでも太陽観測所に資金を提供する流れが急速に生じた。 日食遠征と同じことを行う試みは失敗したが、新しいアイデアとして、新しいタイプの太陽望遠鏡で太陽の重力場におけるスペクトル線の赤方偏移を測定することが検討された。 しかし実際は、この試みも失敗に終わった。なぜなら、相対性理論による赤方偏移への影響は、太陽に存在する他のより強い影響によって隠されてしまうためである。 それでも、こういった様々な研究を深めた結果、アインシュタイン塔は1920年代において世界で最も重要な太陽観測所となった。

ナチス時代に政治が発展していく中、1933年に天文台は改名し、太陽物理研究所となった。しかし、1930年代後半に他の国で新しい太陽観測所が建設され始めたため、その重要性は徐々に低下していった。 1950年、ハラルド・フォン・クルーバー（1901-1978年）は、アインシュタイン塔で撮像法を利用して太陽の磁場を測定することに成功した。

文化的/表象的側面：天文学者であり建築家でもあるエルヴィン・フィンレイ＝フロイントリヒ（1885-1964年）は、観測装置についての助言をしたが、塔の設計作業を実際に担当したのは、フロイントリヒの個人的な友人であったメンデルゾーンであった。メンデルゾーンは、アインシュタインの思想の世界に魅了され、それをきっかけに独創的な建築アイデアを生み出した。彼は鋼や鉄筋コンクリートなどの現代的な素材で実現できる新しい建築表現を探していて、事務所の家具や備品までデザインした。 完成した建物は、緩やかに膨らんだ形をしており、ダイナミクスと機能性が完璧に統合されている。このような建築様式は、1920年代の中央ヨーロッパにおける構成主義および表現主義建築の探究における最高傑作の1つとして広く称賛されている。

フロイントリヒ自身が述べたように、「望遠鏡を塔として設計したことにより、アインシュタイン塔には特別な意味が与えられた。そして、物理学の発展において相対性理論が革新的に重要であるという事実が、建物に記念碑的な特徴まで与えることとなった。」[2]

建物のデザインは動的で、曲線と窓の開口部を利用して太陽の観測器具の垂直性にあそびを持たせつつ、水平に長い別館は周囲の地面と滑らかにつながっている。 これは、機械の上に記念碑的なコーティング（彫刻的/建築的な表装）を添えたという印象を与える。塔の内部は、科

[2] 【原注】エルヴィン・フィンレイ＝フロイントリヒ『アインシュタイン塔はいかにして建てられたか』Physikalische Blätter 25 (1969), 538–541, p. 541.

学機器を「ステージの上に」置いた印象を与え、ここでは近代建築と最先端の科学が、互いに深く共鳴しあっている。 アインシュタインタ塔は、構造設計と天体物理学という2つの非常に異なる研究分野が互いに調和し合っている顕著な例である。 社会の文化的価値観と調和した科学の進歩を望む人間の意欲を、エレガントに表現している。

図12.5.1. アインシュタイン塔（1924年）は天体物理学の天文台であり、エーリヒ・メンデルゾーン（1857-1953年）設計によるドイツ建築の歴史的な傑作でもある。写真提供©R. Arlt

比較解析：1920年代には他にもいくつかの太陽塔が建設されたが、ほとんどが30cmの口径のもので、アインシュタイン塔を超えるものはなかった。下表は、20世紀前半に建てられた太陽観測望遠鏡のリストである。

観測所	建設年	口径	焦点距離	太陽像直径
ウィルソン山 18m	1907年	30cm	18m	5-17 cm
ウィルソン山 50m	1912年	30cm	46m	5-43 cm
ユトレヒト	1922年	25cm	13m	7-17 cm
ポツダム	1922－24年	60cm	15m	14-25 cm
アルチェトリ	1926年	30cm	18m	17cm
パサデナ	1926年	30cm	5.5m	5-24 cm
東京	1928年	45cm	15m	14-25 cm
キャンベラ(豪)	1924－50年	30cm	13m	12 cm

建築面から見ると、19世紀から現代にかけて、新古典主義の歴史的遺産である天文台が建設さてきた。これらの天文台の多くは、宮殿のような形をしていて、装飾的な模様が施されていた。 天文台の唯一の特徴は、望遠鏡の付属装置である「ドーム」であった。 設計上、ドームは半球またはそれに近いデザインであることが多く、別館の垂直な壁とは全く異なっていた。アインシュタイン塔では、ドームは全体の構造と完全に一体化しており、その曲線形状は建物全体に繰り返し使用されている。

アインシュタイン塔は、おそらく非常に珍しい、もしかすると唯一無二の、天文台の設計を当時の有名な建築家が真に創造的に行った実例である。そのデザインは、当時の最先端のスタイルと直結しており、創造性と革新性のさまざまな要素を見事にまとめあげている。

現在の遺跡の管理

現在の利用法：アインシュタイン塔は現在でも太陽天文台として活動している。

保護：建物は遺跡として保護されている。

保存状態：塔は過去数十年の間に何度も復元されている。 特に、1997年から1999年の間に非常に慎重な修復（300万ユーロの費用を投じた）が行われ、その資金は民間の助成金とポツダム宇宙物理研究所が共同で出資した。

地理的環境：塔はアルベルト・アインシュタイン・サイエンスパークの中に位置している。

管理：アインシュタイン塔はポツダム宇宙物理研究所に所属している。

追加文献

Achenbach, Sigrid (1937). *Erich Mendelsohn – 1887–1953. Ideen Bauten Projekte.* Berlin: Ausstellungskatalog Kunstbibliothek.

Huse, Norbert, ed. (2000). *Mendelsohn. Der Einsteinturm. Die Geschichte einer Instandsetzung.* Stuttgart: Karl Krämer Verlag (Baudenkmale der Moderne).

Pehnt, Wolfgang (1981). *Die Architektur des Expressionismus* (2nd edn). Stuttgart: Hatje.

第 13 章　電波天文学の発展

リチャード・ビーレビンスキー、トム・ウィルソン
(*Richard Wielebinski and Tom Wilson*)

電波天文学は装置開発（電波望遠鏡）が主となる科学の典型的なものである。 電波天文学の数々の素晴らしい発見は、新しい電波望遠鏡が稼働した直後に起こることが多い。これらの発見の多くは偶然であったが、現代天文学の急速な進歩に貢献してきた。 したがって、歴史的にみて観測装置にどのような変革が起こったかということは、本書のテーマに大きく関連するトピックスである。 この論考では、電波天文学での発見の歴史を概観し、これらの発見に関与していた観測装置を調査することにする。これらの観測装置（電波望遠鏡）は、遺産としての価値がある。

宇宙からやってくる電波の検出は、1932 年に米国のベル電話研究所で働いていた物理学者のカール・ジャンスキーによって行われたのが最初である。検出は、商用無線通信が行われる約 20 MHz（波長 15 m）の周波数範囲で行われた。ジャンスキーは当初、無線電話通信に混在するノイズの原因を研究していた。観測は、ノイズの方向を正確に特定できるように、回転式「ブルース・アレイ（ブルース式アンテナ配列)」で行われた。ジャンスキーは、自然界でおきる雷雨などの電波ノイズに加えて、ヒスと呼ばれた別の種類の電波ノイズがあり、その方向が恒星時（24 時間よりも約 4 分短い 23 時間 56 分）で周期的に変化していることを発見した。そして、この電波ノイズが天の川からの電波放射によるものであると断定したのである。電波放射の次の段階の天文学的観測は、1944 年にグロート・リーバーによって行われ（図 13.0.1 を参照)、放物鏡反射面アンテナを使用して約 160 MHz で全天が走査された。この調査で作成された最初の電波銀河の地図は､最も強い電波放射が銀河中心位置から 30 度離れた方向からのものであることを示した。これは目をみはる電波天文学分野の発見であった。

電波天文学は、先達のジャンスキーとリーバー二人の方法を踏襲するような形で発展した。当初は､複数の双極子アンテナ(1880 年代にハインリッヒ･ヘルツによって知られ使用されていた）を並べたものが一般的に使用されていた。これらは、メーター波長での観測に適していた。グロート・リーバーが最初に使用した放物面反射鏡電波望遠鏡は、以後電波天文学の主力装置となった。反射型は汎用の機器であり、センチメートルからミリメートルといった広い波長範囲で観測に使用することができた。ジャンスキーとリーバーの歴史的電波望遠鏡はどちらも、現在は元の場所には存在していない。ジャンスキーの元のアンテナは、ベル電話研究所のホルムデル・ニュージャージー・フィールドステーションに所蔵されている。このアンテナのレプリカ品が、米国ウェストバージニア州グリーンバンクにある国立電波天文台の入り口に置かれている。その近くには、イリノイ州ウィートンの私有地でグロート・リーバーが使用したアンテナが立っている。このアンテナはグリーンバンクに移されたが、古くなっていたため、その木製の部分はかなりの改修が必要であった。

第二次世界大戦中の技術開発により、電波の受信方法が大幅に改善された。 もともとは電波天文学用ではなかったものの、新しいアンテナと高感度受信機が開発された。 太陽電波の検出についての報告書が 1946 年に J.S. ヘイによって出版された。ヘイと彼の同僚はまた、宇宙電波の変

動を観測し、それらが個別の電波源によるものであることを見つけた。 ジャンスキーとリーバーがすでに観測していた天の川からの広がった放射に加えて、個別の電波源があるという新しい発見は、電波天文学の基礎を築くことになった。 第二次世界大戦後、戦時のレーダー技術に熟達した専門家達の働きによって、瞬く間に観測機器が宇宙電波放射の研究に使えるように調整された。個別の電波源の発見により、今までにない高い角度分解能を持つ、そしてより感度の高い電波望遠鏡が必要とされるようになった。 J.G.ボルトン達が、1948 年電波源を光学的に観測して対応関係を調べたところ、電波源は複雑な構造を持つ非常に珍しい天体の一部であることが判明した。 次のステップは、これらの天体の構造を詳しく分解して明らかにすることであった。

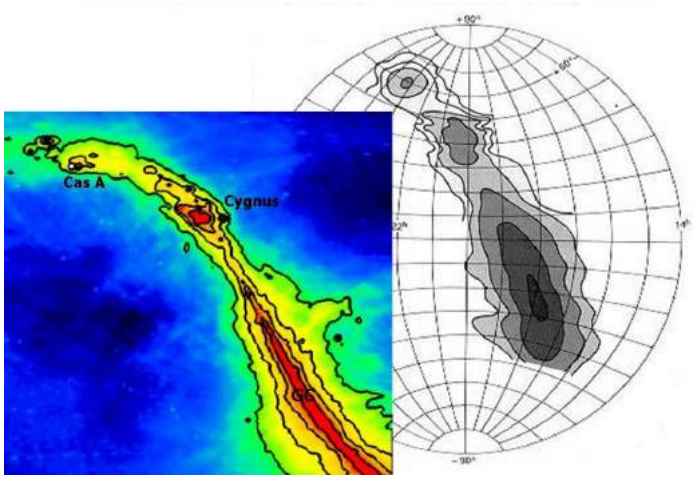


図 13.0.1.　**右**：世界で初めて作成された周波数 160 MHz での天の川の電波強度分布図。 G・リーバー（ApJ 100（1944）、p279 による）。**左**：近年の観測によって作成された W.ライヒによる同じ領域の周波数 1400 MHz での強度分布図。©Max Planck Institut für Radioastronomie

電波波長での輝線放出の存在は 1944 年にヘンク・ファン・デ・フルスト（Henk van de Hulst）によってすでに予想されており、21 cm 波長での天の川からの中性水素 HI の超微細輝線が実際 1951 年の H.I.イーウェン（H.I. Ewen）と E.M. パーセル（E.M. Purcell）によって発見された。彼らはハーバード大学のライマン研究所の建物に設置された(角笛型の）ホーンアンテナを使用した。 この独創的なホーンアンテナは、グリーンバンクにも展示されている。HI 輝線が最初に発見された直後に、ライデン天文台とシドニーの CSIRO（オーストラリア連邦科学産業研究機構）放射物理学部門で確認観測が行われた。 その後の数年間で、これらのグループは銀河全体をこのスペクトル線で走査し、天の川のらせん構造を詳細に明らかにした。 電波輝線放射についてさらなる検討議論の結果、最終的に電波分光法の急速な発展をもたらす強力な電波分光計が建造されることになった。

1945 年に、軍事的に廃棄された機器が平和的な目的で利用可能になった。 ヨーロッパでの電波天文学を迅速に開始させた最も重要な廃棄品の 1 つは、ドイツのレーダーシステムで使用されていた直径 7.5m の「ヴュルツブルグ・リーゼ（ビュルツブルグの巨人、Würzburg Riese)」と呼ばれた多数のパラボラアンテナであった。 数多くのヴュルツブルク・リーゼのアンテナがイギリス、オランダ、フランス、スウェーデン、チェコスロバキアなどさまざまなヨーロッパの天文台に移され、初期の電波天文学の発見に使用された。 これらのパラボラアンテナのいくつかは現在、それぞれの国の博物館に納められている。 ほとんどのヴュルツブルクのアンテナは、金属部分に腐食があったため、博物館に移す前にかなりの修理作業が必要であった。 それらは、ミュンヘンのドイツ博物館、フランスのドゥーブル・ラ・デリバーン、オランダのワールドルプ、およ

び英国のダックスフォードの帝国戦争博物館で目にすることができる。ヴュルツブルクのパラボラアンテナが最後まで活発に使用されたのはチェコ共和国のオンドレジョフで、太陽電波観測が目的であった。

米国では、多くの軍事研究所が電波天文学の研究に関与するようになった。首都ワシントンの海軍研究所では、電波天文学研究を長い期間続けていた。建物の上部にある 50 フィートのパラボラアンテナが、高い電波周波数（最大 10 GHz、最初の cm 波長観測）での初期観測に使用された。惑星の熱放射、天の川の水素イオンから出る自由－自由放射、およびカニ星雲の放射の偏光はすべて、この 50 フィートアンテナを使用するグループによって 1950 年代に発見された。この電波望遠鏡はまだ存在しており、ワシントンのロナルド・レーガン空港に着陸するときに飛行機の窓から見ることができる。 1963 年に最初の分子発光（OH 線）の発見に使用されたもう 1 つの重要な初期の機器は、リンカーン研究所のマイル・ストーン・ヒル天文台の 84 フィートのパラボラアンテナであった。この装置もまだ使われている。今でも元の場所に立っている最も珍しい形の単一の電波望遠鏡の 1 つは、20 フィート開口をもつ角笛型のホーン反射鏡アンテナである。このアンテナは、1964 年にアルノ・ペンジアスとロバート・ウィルソンによって使用され、2.7° K の宇宙マイクロ波背景放射（CMB）の発見に力を発揮した。彼らはこの業績で、1978 年にノーベル賞を受賞した。この望遠鏡は、ニュージャージー州ホルムデルにある旧ベル電話研究所の敷地内に現存している。現在の所有者はベル研究所を傘下に含むアルカテル・ルーセント社である。

単一の放物面アンテナは、天の川の滑らかで広がった放射源の天球面上の分布を観測するのには役立ったが、詳しい位置を特定し、個別の電波源の構造を決定するには角度分解能が足りなかった。個別の電波源を研究するために、より高い角度分解能が必要となり、電波干渉法が導入されることになった。ケンブリッジのマーティン・ライルのグループは、1946 年から干渉計を使用しはじめた。長波長干渉計に加えて、2 つのヴュルツブルクのパラボラアンテナを干渉計として使用して、電波源の正確な位置決定を行い、その後の光学的識別を可能にした。ケンブリッジでの電波天文学の初期に使用された別のアンテナ構成は、東西の線上に配置された円筒放物面とコーナー反射板であった。これらのアンテナは構造的に非常にシンプルであった。残念ながら、現在はその姿は残ってはいない。オーストラリアでは、1946 年に J.L. ポージー（Pawsey）と同僚が太陽の研究に崖干渉計というシステムを初めて使用した。また、干渉計の測定結果と像合成を関連付けた。 2 年後、J.G.ボルトン（Bolton)とその同僚は、電波源と光学的にみられるものとの対応関係を初めて発表した。更に角度分解能を向上させるため、1953 年に、太陽研究用の 32 個の小さなパラボラアンテナを備えた格子干渉計が作られた。このタイプの電波望遠鏡は、日本、カナダ、ソビエト連邦、インドにも建設された。また、1953 年には、オーストラリアの B.Y. ミルズ（Mills） と A. リトル（Little）は、ミルズクロスと呼ばれるアンテナ配置システムを発明した。この装置は、赤経と赤緯の両方で鉛筆型の細いビームを作ることができたため、角度分解能が飛躍的に高まり、正確な位置を決定し、広がった電波源も細かく強度分布を測定できるようになった。オーストラリアの初期のアンテナは、元の場所には存在していない。ミルズクロス型のアンテナはイタリア、ソビエト連邦、そして最近ではオーストラリアのモロングロで建設された。これらのアンテナはすべて現在使用されている。シドニー市内の敷地は、建物の建設のために転用されたか、あるいは公共保護区に戻された。 クリスクロスとミルズクロスという干渉計が

あったフルール・フィールド・ステーションは、オーストラリア連邦科学産業研究機構（CSIRO）からシドニー大学に移管された。ただし、この場所では電波天文学は放棄され、一部の機器はエッピングにあるオーストラリア望遠鏡国立施設本部に移された。初期のアンテナの多く（その多くは低周波数電波用に設計され、建築材料として木材を使用していた）は残ってはいない。初期の放物面アンテナは非常に軽い構造ではあったが、維持されていない。一部のアンテナは最終的に他の場所に移動された。

「ビッグサイエンス」としての電波天文学が認められるようになり、新しい天文台の設立と新しい電波望遠鏡建設のための資金が注ぎ込まれるようになった。直径 25m 以下のクラスの放物面電波望遠鏡は、オランダのドウィンゲルー（Dwingeloo、1955 年）、ドイツのストッケルト（Stockert、1956 年）、ソビエト連邦のプシノ（Pushino、1959 年）などの多数の観測所で建造された。アメリカに設立された国立電波天文台（NRAO）は、1958 年にタテル（Tatel）の 85 フィート（26 m）電波望遠鏡の運用を開始した。同時に、140 フィート精密望遠鏡の建設がグリーンバンクで始まった（1965 年に完成）。この望遠鏡は、NRAO 組織の一部である元の場所に現存している。 140 フィートパラボラ望遠鏡の建設には遅れを生じたが、その一方で 300 フィートのトランジット型のパラボラアンテナが 1962 年にグリーンバンクに建てられた。このアンテナは 1988 年に金属疲労故障のために崩壊してしまった。ストッケルトおよびドウィンゲルー望遠鏡は元の場所にまだ立っており、歴史的記念物を支援する財団によって保護されている （ストッケルトアンテナは、ケーススタディ 13.1 でさらに詳しく述べられている。）当時世界最大の反射鏡であった 250 フィート（74 m）の電波望遠鏡の建設は、1957 年に英国のジョドレルバンクで完成した。「ラヴェル望遠鏡」と改名された後もずっと、活発に研究に使用されている。単一パラボラアンテナは、1960 年代に直線偏波と電波波長域でのゼーマン効果を測定するために使用され、宇宙磁場の研究を推進する切っ掛けとなった。

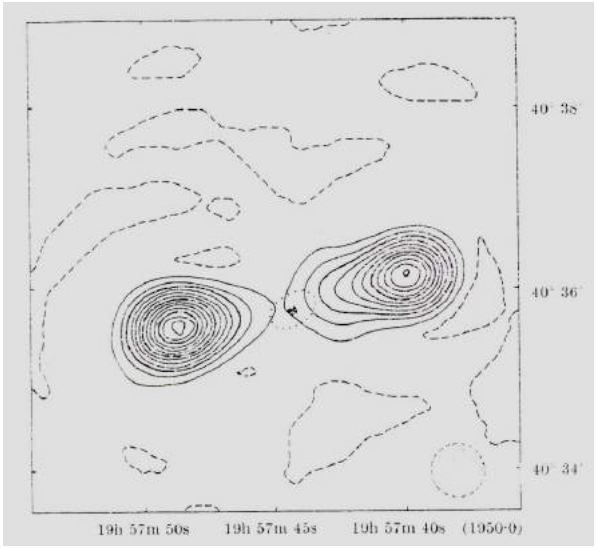
1956 年にソ連で完成したジャイアント・プルコヴォ電波望遠鏡(130m×25m の開口に対応するパラボラアンテナの一部)が完成した。この望遠鏡は今でも太陽研究に使われている。新しいタイプのアンテナを試し、J.D.クラウスは大型の反射鏡と指向方向選択機構を組み合わせたシステムを設計した。後に地球外文明(SETI)からの信号の探索に使用される「ビッグイヤー」と名付けられたこの望遠鏡の最初のものは、オハイオ州立大学のために建設された。このタイプの電波望遠鏡は、低コストと広い電波収集面積を兼ね備えており、他のいくつかの観測所でも同様のものが作られた。クラウス望遠鏡は 1960 年に運用を開始したが、1998 年に不動産開発とゴルフコースのためにその場所を譲ってしまった。1965 年に完成したフランスのナンセー天文台にある反射鏡型の大型デカメートル電波望遠鏡は、現在も稼働している。64m パークス（Parkes）電波望遠鏡は 1962 年に稼働しはじめた。南半球に位置していたこともあり、天の川に関する多くの研究に大きな貢献をした。パークス電波望遠鏡は、まだ完全に機能している。球形で最大の反射面をもつ直径 1000 フィートのものは、1963 年にプエルトリコのアレシボに建設された。この装置は、当初は電離層の研究と惑星レーダーに使用されていたが、その後、研究は電波天文学に移行した。この機器の大きな電波収集面積は、単一のアンテナの感度を一段階上まで向上させた。アレシボの施設は現在も稼働しているが、財政上の問題により閉鎖の脅威にさらされている。

1960 年から 1970 年までの 10 年間は、**開口合成法**の開発によって特徴付けられる。 この方法

の前提条件は、アンプ、局部発振器、ケーブルの高い時間的安定性であった。 画像を生成するためにデータをフーリエ変換する必要があるため、計算能力も必要であった。 最初の実用的な開口合成システムは、1962 年にケンブリッジのマーチン・ライル（Martin Ryle）と A.C. ネービル（Neville）によって使用された。この実験では、178 MHz の円筒放物面の一部を使用した。その電波望遠鏡はまだロードブリッジ天文台に立っている。 この開発により、最終的には宇宙で最も遠い電波源である**クエーサー**（準恒星状天体）が発見され、**電波銀河**の性質をより高い角度分解能で研究できるようになった。 開口合成の開発への貢献により、マーティン・ライルとアンソニー・ヒューイッシュは、1974 年にノーベル賞を受賞した。

開口合成望遠鏡は、オランダ、アメリカ、イギリス、インド、オーストラリア、カナダで次々と建設された。 詳細を表 13.0.1 に示す。 それらの望遠鏡は現代の電波天文学の原動力となっている。 電波波長での連続スペクトル成分に加えて、スペクトル線観測が可能になった。 最初は中性水素線の観測のみが可能であったが、その後多くの分子線の空間分布が観測された。 銀河の回転に関する中性水素データを光学的な線スペクトル観測結果と組み合わせると、1980 年代に銀河にはかなりの**暗黒物質**が含まれていることがわかった。

低い周波数の電波でのシンチレーション法（揺らぎ測定法）は、天体プラズマを研究する興味深い方法を編み出した。 この目的のために、いくつかの専用機器が作成された。 85 MHz の低い周波数で行われた素晴らしい発見の 1 つは、1967 年に**パルサー**を検出したことである。パルサーを検出した元のアンテナは、1962 年にケンブリッジに建設された木製の杭の上に置かれた双極子アンテナの配列であるが、今は存在していない。 1974 年のアレシボでの**バイナリパルサー（連星パルサー）**の発見は重力物理学に革命をもたらし、1993 年に発見者のジョゼフ・テイラーとラッセル・ハルスがノーベル賞を受賞した。パルサー研究の分野でのもう 1 つの大きな発見は、1982 年の最初の**ミリ秒パルサー**の検出であった。パルサーからくるパルスのタイミングが正確に観測されるようになって、1992 年に最初の**太陽系外惑星系**の検出につながった。



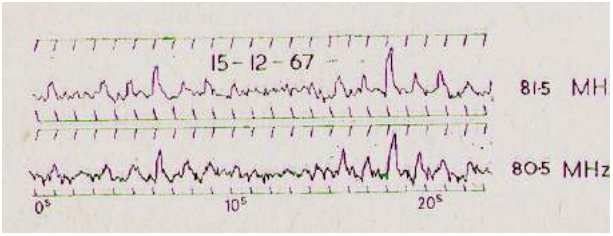


図 13.0.2.　**左**：初期の開口合成法による電波銀河シグナス A の電波強度分布。Ryle et al., Nature 205（1965）,1259 による。比較のため図 13.0.4.を参照。**上**：パルサー発見記録。 A. Hewish et al., Nature 217（1968）, 709 による。

表 13.0.1.　2009年時点で稼働中の電波干渉計

望遠鏡名	国	アンテナ素子	基線長・配置	観測周波数
VLA, Soccoro	米国	27 × 25m	36.4 km Y-型	74 MHz – 86 GHz
WSRT, Westerbork	オランダ	14 × 25m	2.8 km 東西	237 MHz – 6 GHz
Cambridge	イギリス	8 × 13m	4.6 km 東西	2.7 GHz – 15 GHz
ATCA, Narrabri	オーストラリア	7 × 22m	6 km	1.4 GHz – 86 GHz
DRAO, Penticton	カナダ	7 × 8.5m	604 m 東西	408 MHz – 1.4 GHz
Pune	インド	30 × 45m	25 km 不規則型	50 MHz – 1.4 GHz
Merlin	イギリス	25m, 32m, 76m	233 km 不規則型	150 MHz – 23 GHz
Plateau de Bure	フランス	6 × 15m	東西南北:最長760m	90 GHz – 345 GHz
Nobeyama	日本	6 × 10m	560-m T-型	24 GHz – 90 GHz
Carma	米国	6×10.4m, 9×6.1m	最長2.0 km	90 GHz – 230 GHz
SMA, Mauna Kea	米国	8 × 6m	500 m	230 GHz – 600 GHz

表 13.0.2.　2009年時点で稼働中の単独巨大パラボラアンテナ望遠鏡

望遠鏡名	国	大きさ	最大周波数
Arecibo	プエルトリコ	305m	8 GHz
GBT, Green Bank	米国	110m×100m	86 GHz
Effelsberg	ドイツ	100m	86 GHz
Lovell Telescope, Jodrell Bank	イギリス	76m	8 GHz
Goldstone	米国	70m	24 GHz
Robledo	スペイン	70m	24 GHz
Tidbinbilla	オーストラリア	70m	24 GHz
Yevpatoria	ウクライナ	70m	6 GHz
Parkes	オーストラリア	64m	43 GHz
Kalyazin	ロシア	64m	6 GHz
Ussurijsk	ロシア	70m	6 GHz
Bear Lakes	ロシア	64m	6 GHz
Miyun	中国	50m	8 GHz

150 種以上の分子が検出された結果、電波分光法は電波天文学を推進する重要な役割を果たすようになった。分子電波分光法の始まりは 1963 年の OH 分子の検出であり、その後 1968 年にアンモニアが検出され、1969 年に水とホルムアルデヒドが検出された。ミリ波帯に分光学的発見の大きな可能性があることが明らかになってきたが、地球の大気中の水蒸気（および窒素分子と酸素分子も）が天文学的な信号を吸収してしまうということがあり、また初期のミリ波受信機の感度が低かったため、最初はミリ波電波源を観測することは困難であった。 1960 年代初頭の典型的なアンテナのサイズは 5m で、標高も高くない低地に配置されていた。その観測結果からは、センチメートルの波長で行われた測定結果には新しいものがほとんどないということで終わっていた。装置に関する 2 つの要因が改善され状況が大きく変わった。その改善された要因の 1 つ目は、1965 年にアリゾナ州のキットピークで開始された、標高 2500 m の 36 フィート（後に 12 m のサイズに再建された）パラボラアンテナの建設である。空気中の水蒸気が分布しているのは 2000m 程度までなので、この高地という条件、より大きな収集面積により、感度が大幅に向上し

た。 2 番目の要因は、より感度の高い受信機システムの導入であった。装置の性能が改善されて直ちに行われた発見は、115 GHz における一酸化炭素（CO）の発見であった。この発見は、後に大きな波及効果を持つことになった。CO スペクトル線は宇宙の広範な場所で観測され、電波強度も高く、21cm の水素原子 HI で行われた宇宙内での電波強度分布と同様な空間分布研究が可能となった。さらに、分子状水素の存在量と CO の間にはかなり単純な関係があることが後で示され、CO の観測から分子雲の質量を決定できるようになった。キットピークの口径 12m のミリメートル望遠鏡は、アリゾナ大学のスチュワード天文台の後援により現在も運用されている。 波長 3mm の 1.2m 口径望遠鏡を使用した調査により、北半球と南半球の両方で収集されたデータから、銀河系内の CO の分布を決定することができた。 1.2m 望遠鏡は、現在も天体物理学センターとチリ大学によって運営されている。水素分子の分布は、電離水素 HII 領域の分布と強く相関しているため、高質量星と高い相関関係にある。さらに、我々の近傍の分子雲の CO 測定では、星がこれらの領域の中にあること、すなわち星が分子雲内に形成されていることが判った。したがって、星の形成を理解するには分子雲を研究する必要があることになる。より高い準位の線遷移とさまざまな同位体種の観測を活用することにより、分子雲の温度と密度を決定することができるようになった。

電波望遠鏡の開発の次のステップとして、1970 年にウエスターボーク（Westerbork）の像合成電波望遠鏡（WSRT）が設立された。このアンテナ配列は、当初、東西線に沿って 12（現在は 14）の 25m パラボラアンテナで構成されていた。ウーティ（Ooty)電波望遠鏡は長さ 530m の放物面円柱鏡で、1970 年にインドで建設された。この望遠鏡は、もともとは電波源の月による掩蔽を観測するために設計されたものであるが、後年にはより汎用的な望遠鏡として使用されるようになった。現在もまだ活発に使用されている。 1971 年に、エフェルスベルク（ドイツ）で口径 100 m の高精度電波望遠鏡が作られた。この望遠鏡には、「ホモロジー」という新しい建設方法が採用された。ホモロジーとは、望遠鏡構造が変形したとしても、放物面形状が正しく維持されることを保証するものである。これにより、この望遠鏡を使えば、これまで不可能であった 86 GHz までの高周波観測が可能となった。これらの新しい電波望遠鏡により、私たちの知識はかなり進歩した。特に重要な発見としては、WSRT による巨大な電波銀河の発見、エフェルスベルグによる近くの銀河の磁場の分布の解明が挙げられる。1982 年には、イオン化されたヘリウム 3 からの弱い原子超微細線が観測された。2007 年には重水素を検出するための特別な施設の建設が開始された。ソビエト連邦では、ラタン（Ratan)600 電波望遠鏡がコーカサス地域に建設された。これは、多周波数モードで使用できる 600m の円周に沿って反射板が配置された電波望遠鏡である。27 km の Y 字型線路上に直径 25 m の 27 個のアンテナを配置させた超大型アンテナアレイ（VLA）は、ニューメキシコ州ソッコロの近くに建設され、1980 年に本格運用を開始した。 インドでは、プネ（Pune)に巨大なメーター波電波望遠鏡か建設され、1999 年から稼働している。さらに、ケーブルではなく無線接続法を備えた干渉計が稼働し（Merlin、英国)、角度分解能が向上し、1979 年の重力レンズの発見につながった。

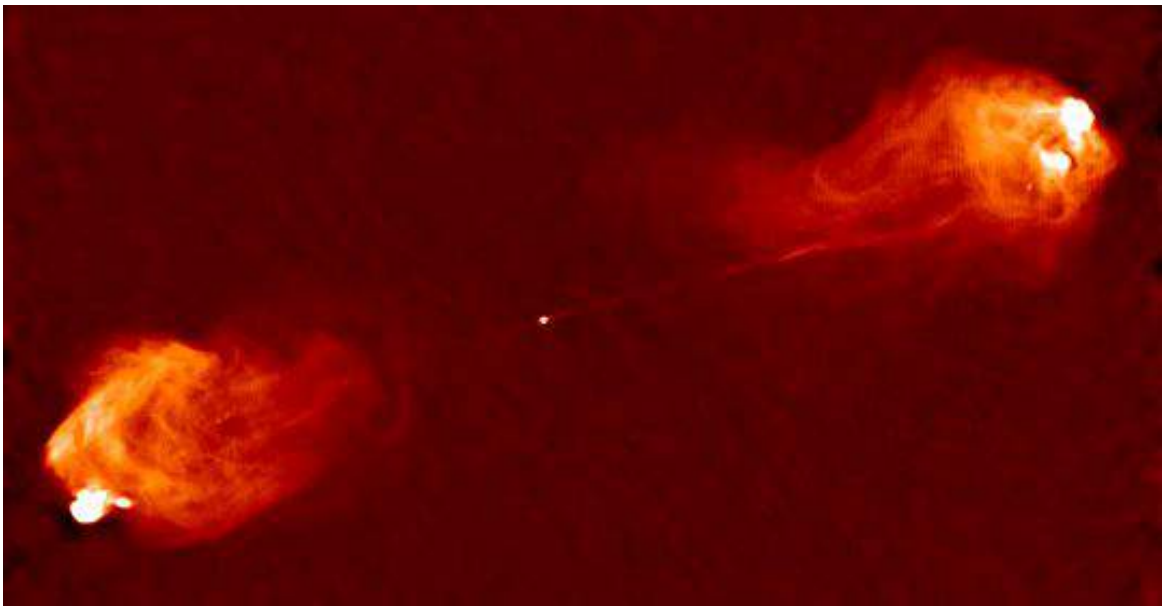


図 13.0.3. 電波源 Cygnus A の VLA 画像. © National Radio Astronomy Observatory

開口合成法では、従来すべてのアンテナをケーブルまたは無線リンクで接続する必要があった。非常に安定した時計と磁気テープレコーダーの開発により、「独立したオシレーター・テープレコーダー干渉法」が発明された。この方法では、アンテナを世界中に広く分散させることができるため、最終的にこのテクノロジーは「非常に長いベースライン干渉法」（VLBI）として知られるようになった。 VLBI はソビエト連邦で最初に提案され、1967 年にカナダとアメリカで実装された。この分野での進歩は、より優れた原子時計と広帯域のテープレコーダーの開発に依存していた。また、国際協力と基準の設定も必要であった。 VLBI ネットワークは、データ相関がとられ、中央研究所で処理される形となった。ヨーロッパの VLBI ネットワークには中国の望遠鏡も組み込まれた。米国の専用ネットワークである超長ベースラインアレイ（VLBA）は、やがて特別契約がなされ世界中の望遠鏡と協力するようになった。 VLBA はヨーロッパの電波望遠鏡、特に 100m エフェルスベルグ電波望遠鏡と一緒に動作することがよくある。日本とオーストラリアは、それぞれ別のネットワークを形成した。日本の宇宙機関によって電波望遠鏡が宇宙空間軌道に配置されたことにより、VLBI ネットワークは最後の拡張を見せた。これは HALCA プロジェクトとして知られている。25m から 64m のクラスの多数の反射鏡が、VLBI ネットワークの拠点となる目的として構築された。 VLBI の壮大な発見の 1 つは、1970 年の（みかけの）超光速運動の発見であった。OH と水蒸気のメーザースペクトル線を用いて、VLBI はその放射源のサイズと位置を特定することに成功した。水蒸気メーザーは、NGC 4258 の中心の質量の推定とハッブル定数の推定に使用されている。この観測は、当初は野辺山 45m 電波望遠鏡を用いて行われたが、その後は VLBI で実施されている。 1.3 ミリメートルへの VLBI の観測波長範囲の拡張は、必然的に、銀河の中心である電波源いて座 A *（SgrA*）の「事象の地平面」の撮像につながる。いて座 A *からのセンチメートル放射は、光学的に厚いシンクロトロン放射である可能性が高く、短波長では光学的に薄くなる。したがって、シュヴァルツシルト半径の端までの画像を撮影するには、ミリ波 VLBI が必要となる。 いて座 A *は超大質量ブラックホールであると考えられてい

るため、ミリ波 VLBI を使用すると、強重力場での一般相対論物理学を詳細に研究する道を開くのである。

宇宙電波天文学は、1967 年にアリエル III 宇宙電波観測衛星が打ち上げられたことから始まった。この最初の観測は簡単なもので、宇宙から来る電波雑音が 2 MHz から 4 MHz の周波数範囲で測定された。この周波数帯の電波は地球の電離層に邪魔をされるため、地上からの観測ではこれまでできなかったのである。その後の電波観測衛星は、より高い周波数での測定に注力するようになった。 1980 年代半ばで最も有名な衛星は、1 分角の空間解像度で全空を調査する ESA-NASA 赤外線天文衛星（IRAS）であった。ソビエト連邦は、37 GHz での CMB 放射を研究するために、1983 年に衛星 Relikt-1 を打ち上げた。この放射は約 1 mm の波長で最大強度になるため、地上からの正確な測定は困難であったのである。 IRAS の後には、個別の電波源を研究するために使用された赤外線宇宙天文台（ISO）が続いた。 NASA 宇宙背景探査衛星（Cosmic Background Explorer、COBE）を使用して、CMB のスペクトルが実際に黒体放射であることを示した。これにより、2.73 K の背景放射がビッグバンの名残である可能性が最も高いことを確立し、その他の理論は棄却された。この業績で COBE の 2 人の主任研究者である G.スムートと J.マザーは、2006 年のノーベル賞を受賞した。 COBE の続きは、23 GHz から 94 GHz の高周波帯域で優れた結果をもたらした NASA プロジェクトであるウィルキンソン・マイクロ波異方性プローブ（WMAP）衛星であった。欧州宇宙機関（ESA）のプランク衛星は、現在ラグランジュ点 2 にあり、この分野の研究を牽引している。 2009 年 5 月にプランク衛星と共に打ち上げられたハーシェル衛星天文台は、これまでに打ち上げられた中で最も野心的な電波赤外線衛星プロジェクトである。ハーシェル天文台には、3 つの検出器システムを備えた直径 3.5m の望遠鏡が装備されている。 プランク衛星は、30 GHz から 857 GHz までの 9 つのバンドで全天を走査する。ほとんどのバンドは偏光データも観測している。衛星は冷却検出器システムを使用しているため、寿命が限られている。通常、冷媒が無くなると耐用年数に達し、スペースデブリ(宇宙ゴミ)になってしまうからである。したがって、私たちは宇宙に耐久性のある本物の遺産と見なせる衛星を持つことは無い。一部の試作モデルまたは複製品のみが、博物館で目にできるのみである。

1970 年代のミリ波天文学は、最初レーダードームに納める形の直径 14m から 20m の望遠鏡を建設によって進展したが、その後、乾燥した高地にミリメートルおよびサブミリメートルの天文台を建設することでさらに発展した。グルノーブルに本拠地を置く仏・独・西の連合組織であるミリ波電波天文研究所（IRAM）は、スペインの標高 2850 m のピコベレータにある 30 m の望遠鏡と、フランスの標高 2552 m のビュール高原にあるミリメートル干渉計を運用している。カルテック・サブミリ波天文台（Caltech Sub-millimeter Observatory、CSO）が 10m の放物面アンテナを建設し、英・独・カナダのコンソーシアムがハワイの標高 4200m のマウナ・ケアに 15m のジェームズ・クラーク・マクスウェル望遠鏡（James Clerk Maxwell Telescope、JCMT）を建設した。 15m のスウェーデン・ESO のサブミリ望遠鏡（SEST）は、チリの ESO のラ・シヤに設置された。日本の国立天文台は野辺山に 45m 望遠鏡とミリ波干渉計を建設した。アリゾナ州のマウント・グラハムの標高 3200m にある 10m のハインリッヒ・ヘルツ望遠鏡（Heinrich-Hertz-Telescope）は、1998 年に運用を開始した。1988 年に 300 フィートのトランジット型望遠鏡が崩壊した結果、ロバート C.バード・グリーンバンク望遠鏡（Robert C. Byrd Green Bank Telescope、

GBT）と名付けられた代替品が建設された。 GBT は 100m×110m のオフセット放物面反射鏡を備え、2000 年に運用可能になった。さらに良い観測場所を求めて、APEX サブミリ波望遠鏡用の 12m 放物面アンテナがチリの標高 5105m のチャイナントール台地に建設された。さらに、日本の 10m 望遠鏡プロジェクト ASTE がチリの高地で稼働した。サブミリメーター干渉計（SMA）がマウナケアで運用された。完成間近にあるのは、メキシコの高さ 4600m のサイトに設置された大型ミリ波望遠鏡（LMT）である。標高が最高の場所では、地上でも最大 1.3THz の周波数、波長が約 300μ までの観測を行うことができている。地球上で最も標高の高い場所では、観測をさらに高い周波数に拡張することが可能かもしれない。現在広範囲にテストされている候補地の 1 つは南極のドーム C である。地上の観測所と人工衛星の中間に位置するものとしては、航空機による空中観測所 SOFIA（Stratospheric Observatory for Infra-Red Astronomy、赤外線天文学用成層圏観測所）がある。 SOFIA は、747 型航空機を使用する米国とドイツの共同プロジェクトであり、光学波長品質の 2.5m 望遠鏡を使用する。 2010 年に科学観測が開始されることになっている[1]。

最近まで、地上の電波天文学は、国策または少数の個々の国の協力に依存していた。小規模な協力の例には、IRAM（フランス・ドイツ・スペイン）と JCMT（英国・オランダ・カナダ）がある。ヨーロッパ、北米、東アジアを統合した最初のグローバルプロジェクトは、チリのチャンヤントールにある ALMA ミリメートルプロジェクトである。ALMA 望遠鏡には、直径 12m または直径 7m のアンテナが少なくとも 66 個あり、地球上で最大の施設である。低い電波周波数での次の目標は、平方キロメートルアレイ（Square Kilometre Array、SKA）を構築することである。SKA の前には、ヨーロッパの低周波数アレイ（Low-Frequency-Array、LOFAR）、米国のアレン望遠鏡アレイ（Allen Telescope Array） 、オーストラリアのオーストラリア SKA 先駆望遠鏡（Australia-SKA-Precursor、ASKAP）、および南アフリカでのカルー・アレイ望遠鏡（Karoo Array Telescope、KAT）などのより小さな先行プロジェクトが予定されている。中国では、電波天文学者が貴州省のカルスト地域で 500m の球状電波望遠鏡の建設に着手した。これは、1000 フィート（305 m）アレシボ望遠鏡型の拡大版と考えることができる。

電波天文学の歴史は驚くべき発見によって特徴付けられてきた。最初の観測結果からして、電波が描く宇宙の描像と光学天文学の描像とは非常に異なったものであった。まず当初からシンクロトロン放射、次にクエーサー、パルサー、分子と分子雲、CMB、および重力レンズなどが発見された。これらの発見は、その意味するところを深く読み取れば、まだまだ我々の視野を広げる可能性を孕んでいる。 CMB 観測から、宇宙が約 137 億年前に爆発的なプロセスで始まったことは明らかである。最新の WMAP の結果から、バリオンは宇宙の物質の 4%しか占めておらず、残りはダークマターとダークエネルギーであると考えられている。物理学の基本的な側面に関する研究に加えて、私たちは星形成の研究から私たちの太陽系がどのように形成されたか、そしておそらく地球上の生命がどのように始まったかを明らかにしたいと考えている。これらの発見を可能にした初期の電波望遠鏡は現在、「遺産機器」として取り扱われるようになってきた。さらに驚くべきことに、これらの古い望遠鏡のうちいくつかは、まだ完全に動作している。古い電波望遠鏡を維持運営する資金を確保するのは、かなりの決断を要する現状となっている。

[1] 【訳注】SOFIA は 2010 年に観測を開始し、木星の赤外線観測に成功した。

文献

Wielebinski, R., Kellermann, K.I., and Orchiston, W., eds. (2007). “The Early History of European Radio Astronomy”, *Astronomische Nachrichten* 328(5), 375–446.

ケーススタディ 13.1：ストッケルト電波望遠鏡、ドイツ（The Stockert Radio Telescope）

リチャード・ビーレビンスキー（*Richard Wielebinski*）

遺跡の特徴と分析

地理的位置：ドイツ、ノルトライン=ヴェストファーレン州、バート・ミュンスターアイフェル、ストッケルト山、D-53902

場所：北緯50º34´10˝、東経6º43´19˝。標高435m。

概略：33,000m²の土地に、25m径電波望遠鏡、10m径のミリ波電波望遠鏡、実験室/工作室等の建物、観測者の住居とサイト管理者の家がある。

遺物の目録：25mの電波望遠鏡はピラミッド型の基礎の上に立っており、技術室は複数の階に設けられている。 すべての電気供給室はピラミッドの地下にある。 上階には制御室、受信機制御装置、コンピューターなどがある。

望遠鏡が1956年に設立されたとき、望遠鏡には双極子反射給電部（図13.1.1の1）を支える柱があった。双極子給電部保持の方法は、1968年に4脚のサポートシステムに置き換えられた。低雑音受信機（Low Noise Receiver、LNR）は通常、高度駆動部（5）の後ろのキャビンに配置されていた。 方位駆動部（6）は、歯車を介して全方向に向けられるようになっていた。 このため、LNRとバックエンド電子機器の間に複雑なブラシ接点システム（10）が設置された。

歴史：25mストッケルト電波望遠鏡は、1956年の創設から1995年の閉鎖まで天文研究に使用された。1956年から1966年の間は、ボン大学天文学部によって運営された。1966年にマックスプランク電波天文研究所がボンに設立され、業務を引き継いた。しかし、1978年に100mのエフェルスバーグ電波望遠鏡が完成した後、ストッケルトの運用はボン大学に戻された。

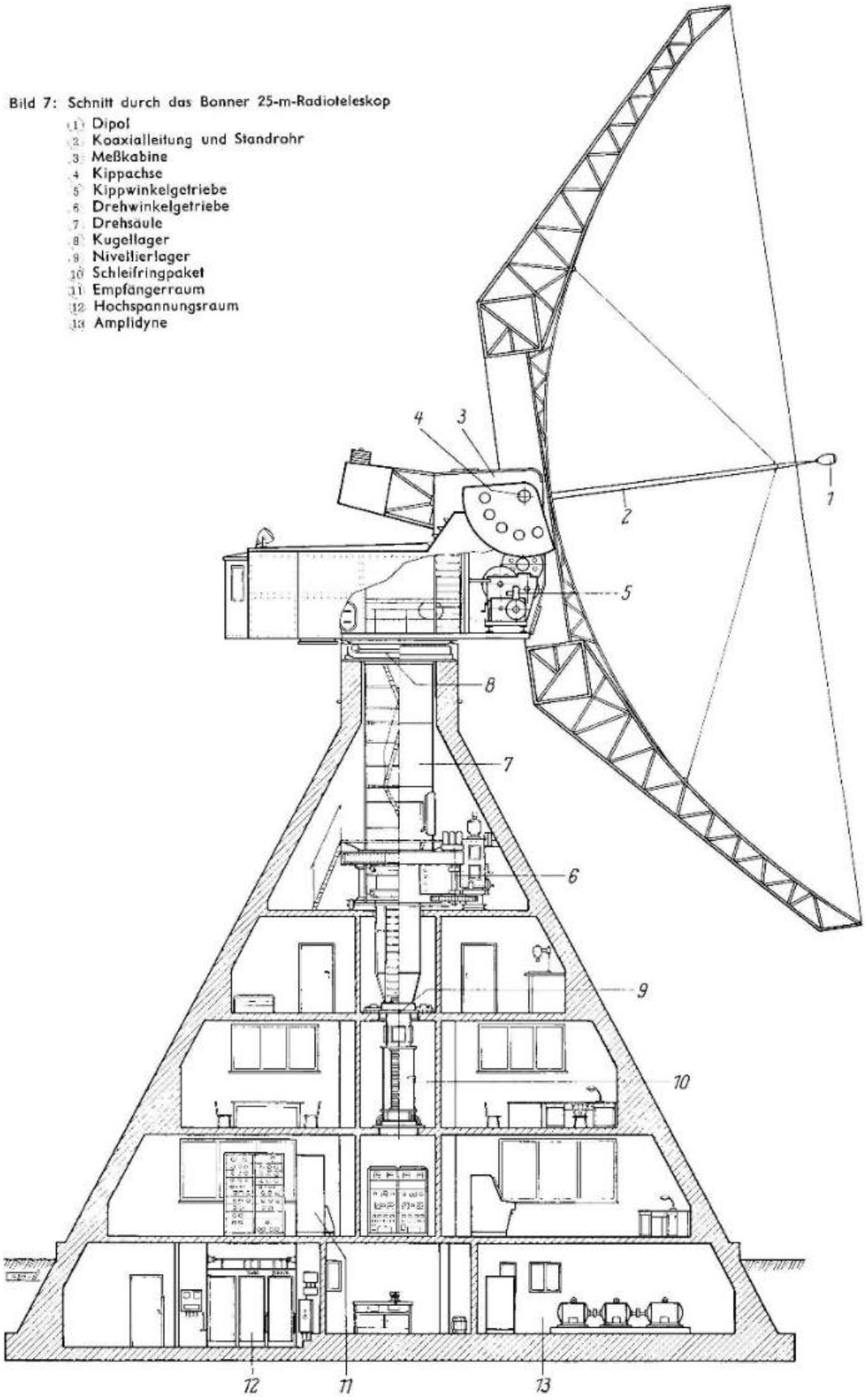


図. 13.1.1. 25m ストッケルト望遠鏡の当初の技術的図面。Mezger (1958)による。

ボン大学は1995年、ある投資家にストッケルトのサイトを売却し、その同じ年に25m電波望遠鏡の復旧を目的として「社団法人ストッケルト天文支援会（FördervereinAstropeiler Stockert e.v.）」と呼ばれる財団が設立された。 この活発な支持者のグループは、電波望遠鏡の「歴史的記念物」としてのステータスを強く要求し、そして1999年にそれが達成された。2005年には、ノルトライン＝ヴェストファーレン財団（Nordrhein-Westfalen-Stiftung（http://www.nrw-stiftung.de/ ））が、以前の投資家から再びサイトを購入し、望遠鏡の大規模な改修のために資金を割り当てたので、将来的にも安泰となった。

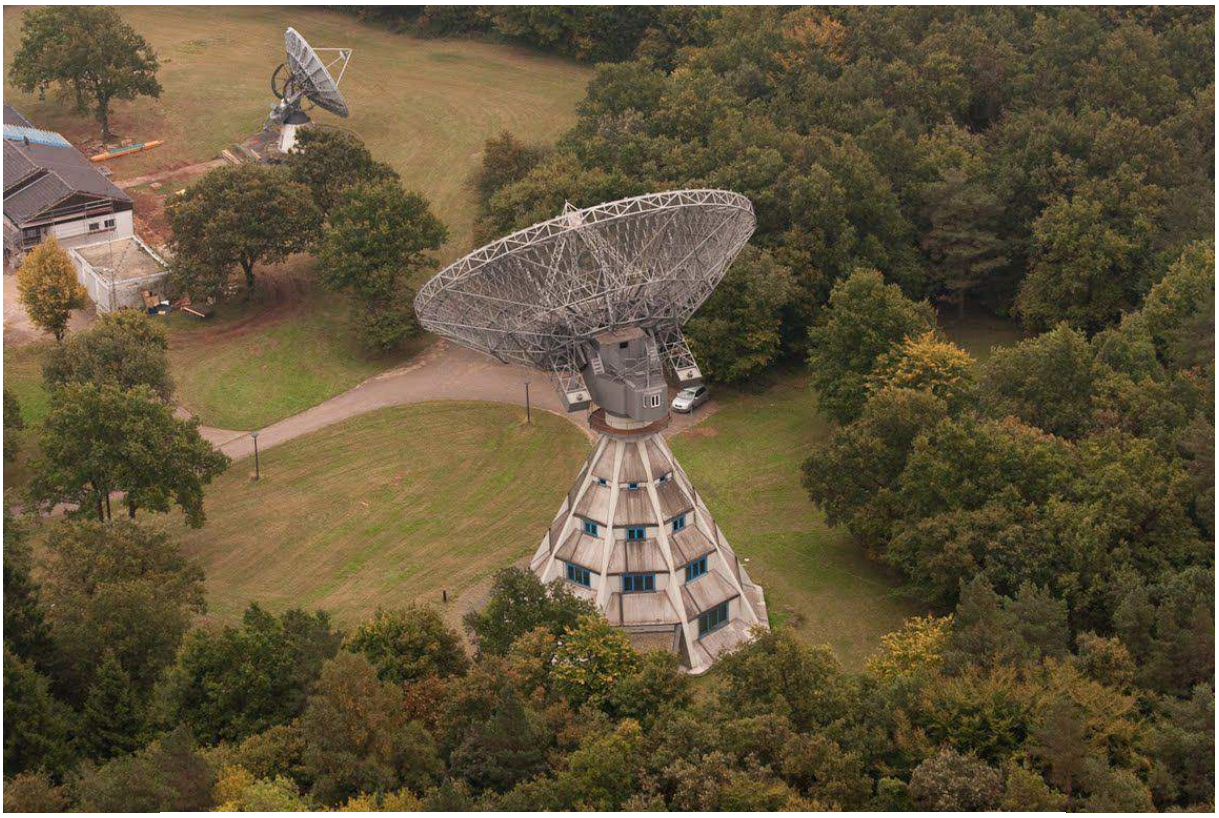


図 13.1.2. ストッケルトの最近の航空写真。© Robert Spieß, Essen.

文化的/表象的側面：ストッケルト電波望遠鏡による観測は、21 cmおよび11 cmの波長で行われた。 電波波長連続スペクトルと中性水素HI輝線の両方について、いくつかの拡張的な調査も行われた。 パルサー観測もまた、ストッケルト望遠鏡で行われた。

真正性と完全性：望遠鏡の構造を維持するために、錆びた部分が交換され、装置全体が塗装された。 望遠鏡のほぼすべてのシステムに新しい電子機器が必要であった。駆動システム、天文制御システム、および受信機が更新された。 古い電子機器収納棚の多くはまだ残っている。これらは歴史的な記念物として保存されている。

現在の遺跡の管理

現在の利用法：現在、サイトは閉鎖されている。

保護：1999年以来、ストッケルト電波望遠鏡は「歴史的記念物」とされている。

管理、研究、アウトリーチ：ストッケルト望遠鏡のこれからの使用は、支援法人に委託されている。 その目的は、観測手段を近代化し、装置をアマチュアが利用できるようにし、さらには技術教育の面で学校教育を支援するとともに、後世のために歴史的な装置を保持することである。

文献

Mezger, P.G. (1958). “Technische und astronomische Messungen mit dem Bonner 25m Radioteleskop”, *Telefunkenzeitung* 122, 213–223.

Wielebinski, R. (2007). “Fifty years of the Stockert Radio Telescope and what came afterwards”, *Astronomische Nachrichten* 328(5), 388–394.

第 14 章　近代の応用天文学

ミッシェル・コット（*Michel Cotte*）

現代における天文学の知識は、テクノロジーと強くつながることによって、さまざまな分野での新しい応用（GPS 位置測位、スペース探査など）が実現した。一方、天文学の日常生活への利用は、基本的に古代以来あまり変わっていない。カレンダーを用意すること、砂漠・広い平原や海を渡る人間に方角指針を示して移動を助けること、そして時間測定である。

星の位置を正確に知ることは、様々な社会生活上のナビゲーターとして働いている。 近世では、アストロラーベや四分儀などの星の位置を測定するための機器が、天体運行表と共に使用されて、簡便に緯度を決定し、海上ルートを決定するために使用されていた。 ヨーロッパでは、精度が向上した特別な四分儀の開発により、海洋ナビゲーションに重要な進展が計られ、その後太陽、月、星の高度の正確な測定を可能にする六分儀の発明に至った。

天文学と結びついた時間測定の問題は、ノーモン（日時計）の使用段階から中世の天体時計へと進み、さらに近代の一連の発展につながっている。 たとえば、18 世紀の大西洋遠征中に経度を決定する問題解決は、航海用の天文機器と信頼性の高い機械式時計の両方の改善があって初めて達成されたのである。19 世紀には、正確な時間を提供する天文台は、時計メーカーや鉄道時刻表の管理を行う鉄道駅のスタッフなど常時「天文時間」を必要とする組織と直接実務的につながるようになった。 応用天文学は、正確な時刻を永続的に提供し、遠く離れた時計の同期を保証することができるのである。

地球の形状測定と長さの単位であるメートルの定義は重要性が高く、天文学を使用して対処された。子午線を測定するための三角測量法は、17 世紀後半に修道院長のジャン・ピカール（Jean Picard、1620–1682）によって考案・実行された。 それはその後も継続的に使用され、精度も向上して、地球の正確な大きさと形状を決定した。 19 世紀半ばにフリードリッヒ・ゲオルク・ウィルヘルム・シュトルーベによって行われたそのような決定の 1 つは、その他の同種の測定とは異なり、今日まで現存する独特の有形遺産（「シュトルーベ測地弧」）を残した点で重要である（ケーススタディ 14.1 を参照）。 この遺産のみが現在まで残存しており、他の同種の測定について

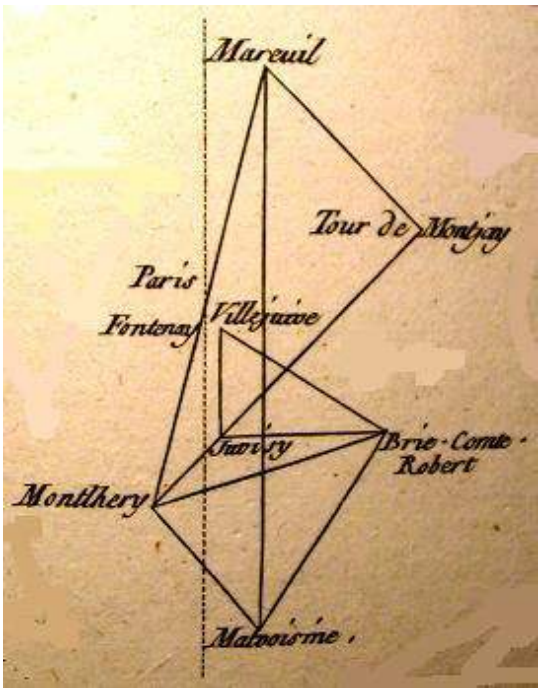


図 14.0.1.　三角測量法は、1670 年代の「パリでの子午線」の 1 度角を測定するためにジャン・ピカール（Jean Picard）によって実装され、実際に使用された。18 世紀から 19 世紀にかけて、世界中のさまざまな場所の子午線を決定し、地球の正確な形状とサイズを決定するために使用された。 ジャン・ピカールの論文「水準法（Le Traité du Nivellement）、パリ 1684 年による。Wikimedia Commons（パブリックドメイン）。

は歴史的な説明が残されているのみである。

現代までの間に、一連の主要な科学的発見と相まって、技術もまた発展を遂げた。これらに基づいて、20 世紀後半の「宇宙征服」事業に対して、天文学は基本的ではあるが極めて大きなサポートを提供するようになったのである （第 15 章を参照）。

文献

Boistel G. (2001). *L'Astronomie Nautique au XVIIIe Siècle en France: Tables de la Lune et Longitudes en Mer*. Lille: ANRT.

Cotter, Charles H. (1983). *A History of the Navigator's Sextant*. Glasgow: Brown, Son, and Ferguson.

Lacombe, H. and Costabel, P., eds (1988). *La Figure de la Terre du XVIIIe Siècle à l'Ère Spatiale*. Paris: Académie des Sciences et Gauthier-Villars.

Landes, David S. (1983). *Revolution in Time*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

ケーススタディ 14.1：シュトルーベ測地弧（The Struve Geodetic Arc）
ベラルーシ、エストニア、フィンランド、ラトビア、リトアニア、モルドバ共和国、ノルウェー、ロシア連邦、スウェーデン、ウクライナ

遺跡の特徴と分析

地理的位置：被推薦各国に点在する34ヶ所の地点。

場所：北緯45º19´54˝から70º40´12˝まで、東経22º44´45˝から28º55´41˝までの範囲。標高は高くても海抜250m。 34ヶ所の完全なリストは、推薦ファイルに記載されている（参考文献を参照）。

概略：この世界遺産は、基準（ii）、（iii）および（vi）に基づいて2005年に登録されたもので、1816年から1851年の間に設置された265地点の三角測量ネットワークのうちの、34の残存拠点で構成されている。 地球の正確なサイズと形を決定するため、天文学者フリードリヒ・ゲオルク・ウィルヘルム・シュトルーベ（1793～1864）と彼の同僚によって設置されたものである。 ノルウェーの北海岸から黒海まで、現代の版図では10か国にわたって展開されている。

遺物の目録：リストされた34の観測地のうち、4つはノルウェー、4つはスウェーデン、6つはフィンランド、1つはロシア、3つはエストニア、2つはラトビア、3つはリトアニア、5つはベラルーシ、1つはモルドバ、4つはウクライナにある。 それぞれの詳細な説明は、推薦文書に記載されている。 各観測地にある遺物にはさまざまな方法でマークが付けられていおり、それらは大まかには次のように分類できる。

- 岩の表面に小さな穴が開けられ、時には鉛が埋め込まれたもの。
- 岩の表面にある十字の刻印。
- 標が記された硬い石またはレンガ。
- 中央に石またはレンガがあり、ドリルで開けられた穴が付いている石の塚（ケルン）。
- 単一のレンガ。
- その場所と測地弧事業を記念して特別に作成された「記念碑」。

歴史：1815年にヨーロッパでの国境を確立する決定が合意されて、正確な地図が必要となった。 ナポレオンが敗北したあと、新しいヨーロッパの支配者は平和が長続きするとは到底思えなかったため、正確な地図を作ることは優先順位の高い問題であった。 ロシアの皇帝アレクサンドル1世がシュトルーベに新規の長い測地弧を確立するために資金を提供したのは、このような背景があったのである。 シュトルーベは当時、ドルパット（タルトゥ）大学（現在のエストニアにある）で働いていたため、大学の天文台を通過する経度（子午線）の線に沿って三角測量弧を設置することにした。 最初に設置された弧は短いものだったが、数十年後には、それらを接続して延長することにより、2800kmの長さの弧がようやく確立された。 その距離は、極北のハンメルフェスト近くのフグレネーから黒海沿岸のイスマイル近くのスタロネクラソフカまで到達する。

文化的/表象的側面：古代ギリシャ時代から、地球のサイズと形状を決定することは、自然哲学者にとって重要な問題であった。 紀元前3世紀に開発されたエラトステネスの方法は、長さの測定と星の観測によって決定された角度を使用していたものの、非常に不正確であった。 17世紀になって初めて、新しく開発された三角測量の手法を使用して、正確な測定が可能になった。 この方法では、短い直線の長さについては極めて正確に測定する必要があるが、長い距離は、接続された三角形の網目（「三角測量網目」）を使用して決定された。

18世紀、フランス、ペルー、ラップランド、イタリア、南アフリカ、オーストリアで先行的な測地弧が作られたが、すべてに欠点があった。 シュトルーベの弧は、そのような弧の中でも最長の弧であり、1世紀以上も最長であり続けた（その長さは、1954年に完成した弧によって最終的には超えられた）。 また、これは最も正確な測定であって、距離1 kmに対して4 mm以内の誤差範囲に収まる精度であった。 これは、新しいより正確な測定機器の開発をもたらし、標準的なメートル法の普及を間接的に支援したのである。 また、いくつかの国の境界を越える最初の子午線測定装置であり、通過した国だけでなく、中央東ヨーロッパ全体の地図作成の基礎となったのである。

シュトルーベの弧は、現代における天文学の広範な応用例であるだけではない。 それはまた、地球科学の発展と最先端技術の利用という面において重要なステップを記したのである。

真正性と完全性：34ヶ所の観測地点と遺物はすべてオリジナルの場所にある。

図 14.1.1.　ノルウェーのフグレナエスにあるシュトルーベ測地弧の最北端にある記念碑。F. Bandarin による写真。 ©ユネスコ世界遺産センター。

現在の遺跡の管理

保護：34ヶ所の観測点と遺物すべてが法律によって保護され、ほとんどの場合、2つの法によって保護されている。1つは測地地点を保護し、もう1つは文化遺産を保護するという形である。

保存状態：一部の拠点の文化的歴史的重要性はかなり前から認知されており、それらの多くは関連国の文化遺産法の保護下に置かれている。 認定記念碑として、保全に関連する取り決めを含む関連法が適用されている。

世界遺産リストにある34の拠点の保護の現状はおおむね良い。それらの多くは現在でも国の測地網の一部を形成しており、永続的に維持されている。 ほとんどの地点には、まだ元の銘板が失われずに現存している。一部は更新されたが、正確に元の位置に置かれている。

損傷、破壊等の脅威：唯一の潜在的なリスクは、世界遺産登録によって増加した見学者によるものである。このリスクの管理は、10か国によって作成された調整機関の検討事項の1つとなっている。

管理、研究、アウトリーチ：被推薦国には、それぞれに遺産を管理するための独自の体制がある。 同時に、10か国は、指名されたサイトの管理を調整するために、調整委員会の形で合同の「管理機構」を設置した。

推薦された「サイト」の多くは、岩に彫られたマークまたはその他の形状のものであり、周囲には面積的な余裕はない。 それらのほとんどは、今も関連する国の測地系の一部を形成しているため、実際に使用される可能性がある。つまり、実用的な重要性を保持しているのである。したがって、それらは国の測地サービスによって管理され、国の文化遺産機関によって管理されているのである。

実の所、シュトルーベ・アークを構成している測地点は、登録された34ヶ所以外にも存在しているが、管理や保護が法的に整備されているという点を満たすものとして、34ヶ所が選ばれたのであった。

文献

ICOMOS (2005). *Struve Geodetic Arc* [Evaluation document].
http://whc.unesco.org/en/list/1187/documents/advisory_body_evaluation.pdf.

Smith, J.R. (2005). *The Struve Geodetic Arc*.
http://www.fig.net/hsm/struve/struve_arc_smith_2005.pdf.

States parties (2005), *Struve geodesic Arc, Nomination file*,
http://whc.unesco.org/en/list/1187/documents/nomination_file.pdf.

第 15 章　スペース遺産

「スペース遺産」という用語にはいくつかの意味合いがあるが、最も一般的に認識されているものを要約すると次のようになる。

（1）宇宙で科学的な実験や調査を実施するプロセスに関連する遺産

（2）有人宇宙飛行、または宇宙探査に関連する遺産

（3）「地球」の表面から離れた場所にある人間の文化遺産

(1)と(2)は、一般的な認識においては大差がないように思えるが、実際は大きく異なっている。(1）は広い意味での宇宙科学の発展に直接関連する遺産を示し、(2）は宇宙探査（有人宇宙飛行を含む）を可能にするために開発された技術の遺産を表す。

(3)の意味での宇宙遺産は、宇宙で人間が活動するときに常に副産物として発生しうるものである。例えば、地球外における物質的な痕跡（例えば、月や火星に残された科学的痕跡や装置の痕跡、月の最初の足跡など）または宇宙に残された物質（軌道衛星や深宇宙探査機など）などである。

この章は以下、大きく 2 つに分かれている。 前半は、主にアメリカにおける実例とともに、特に宇宙天文学, 宇宙科学に関連する場所や施設の暫定的な分類である。(1)の定義を使い、宇宙遺産に関する歴史的な意味や価値を持つ場所、例えば打ち上げ施設や、設計およびテスト施設、追跡サイトなどに焦点を当てている。 後半は、宇宙機器や宇宙船自体を含む、宇宙探査の技術遺産に関する幅広い議論である。

宇宙科学と宇宙天文学の遺産　デイビッド・デボルキン著（*David DeVorkin*）

この項では、特に宇宙天文学、もしくはより一般的に宇宙科学に関連する場所および施設の暫定的な分類法を提案する。 分類法の主要な項目はケーススタディ内で提示されているが、それらが適切であるか（例えば保存または復元の目的のために最適であるか）、また、他にも追加の項目が存在するかどうかを検証する努力は行っていない。ここで提示した分類の項目はむしろ、過去のプロジェクトやイベント、実績に対して、それらの相互関係を理解するために例示したものである。 言い換えると、今回の分類項目は、ここからさらなる純粋な議論と調査が行われる叩き台となるように意図された「まっさらな」リストである。 リストは完全でもなければ集団的意見の総評でもなく、さらに世界遺産リストとの関連が実証されたものでもない。 挙げられている例はアメリカとカナダに限られているが、他の国にも拡張可能である。

「宇宙科学遺産」と呼ばれる場所は、過去に宇宙関連の機器が考案/建設/試験/打ち上げ/制御/分析された場所である、または、その場所で何らかの方法により宇宙や宇宙の物質に関する新しい知識が生まれたなどの歴史をもつ地理的なランドマークである。 その他、宇宙飛行の能力が考案/構築/試験された場所も含まれる。そういった場所の内部もしくは外部に、何らかの施設が現存する場合もある。 施設とは、機器やシステムの作成・試験などが行われている構造物または環境である。または、目的とする機器やミッション、イベントのための特別の現場装置を備えた（備えていない場合もある）部屋またはチャンバーである場合もある。機器を理解するには、それを

製作または使用した環境の文脈をよく知る必要がある。 ただし、我々の目的は機器が製作されるまでの記録を集約することや、機器を最良状態で保存する方法を探ることにはない。

我々の分類法は、宇宙飛行のための装置群が設計/建設/使用された場所や施設に重点を置いている。 研究所や発射場、および目的がより汎用的な商業的工業用地に関しては、長年にわたって幅広い活動をサポートしていたか、何らかの方法で重要性の高いイベント/ミッション/発見に寄与していない限りは、考慮に入れていない。

この章で検討されているサイトは、過去 50 年以内の比較的新しいものであるため、ハリー・ブトフスキーが執筆した 1989 年のアメリカ合衆国国立公園局のレポートと実質的に重複はない。ハリー・ブトフスキーのレポートの目的は、「アメリカの天文学と天体物理学の科学の歴史における重要なサイト・構造物・建築・物体を特定する」[1]ことを目的としていた。それでも、この国立公園局が定めた基準は、国家レベルでその候補地が歴史的/文化的/建築的に重要であることを実証するために有用である。基準として述べられている内容を引用すると、

(A) 人類の歴史の多様性を生み出すことに大きな貢献をした出来事に関連している
(B) 過去の重要な人物の人生に関連している
(C) タイプ・時代・建設方法などの特有な特徴を具現化しているか、または巨匠の代表作であるか、または高い芸術的価値を持っているか、または部品一つ一つは判別できなくても全体として重要で他との違いが区別できる物体である
(D) 歴史または先史時代における重要な情報を有する、または有する可能性が高い[2]

国立公園局は、歴史的出来事や、重要人物の人生、建築物や製作品を、記念し、検証し、啓蒙することに注力している。 また、土地の利用や国民の自尊感情にも気を使っている。 内務省の一部門として、保護を中心に考えつつも、公共の娯楽や教育のためのプログラムを推進している。

本書で提案する分類法は上記の基準を基に作られている。「多様性への重要な貢献」には、国家間の宇宙競争を象徴する発射台や、最初の天体観測用 X 線衛星が構想されて建設された場所などが含まれる。過去の重要人物を記念する基準(B)には、ジェームズ・ヴァン・アレンなどの人物も当然含まれる。ジェームズ・ヴァン・アレンは、地球の最も外側の大気圏と磁気圏の間にある全く新しい部分（ヴァン・アレン帯）の存在を最初に発見したアメリカの衛星を作ったチームリーダーである。基準(C)は、宇宙ミッションの成功につながるような特別な実験が行われた研究室や、それが存在する特別な建物などを特定して保存することが含まれている。これには、真空チャンバーやファラデーケージ、無重力をシミュレートする深い水タンクまで様々なものが含まれる。基準(D)は、過去 50 年間には文書以外にも情報を入手できる形態が様々にあることから、他の基準に比べて明白でなかったり、関連性が低かったりする場合がある。

宇宙天文学の歴史における重要なサイトとして、地球外の場所を探す努力はなされていない。

---

[1] 【原注】Butowsky, H.A. (1989). *Astronomy and Astrophysics: National Historic Landmark Theme Study* (Washington DC: Department of the Interior, National Park Service). 引用部分は p. 11

[2] 【原注】National Register Bulletin, *How to Apply the National Register Criteria for Evaluation*. http://www.cr.nps.gov/nr/publications/bulletins/nrb15/nrb15_2.htm.

ただし、一つの場所が特に頭に浮かぶ。それは、1972 年に宇宙飛行士が地球以外の天体に初めて天文台（ジョージ・カールーザーの月カメラ）を設置したアポロ 16 号の着陸地点である。

分類

宇宙科学ミッションに関わる打ち上げ施設

例：

ホロマン空軍基地	気球およびロケットの発射施設、追跡施設
フォートチャーチル（マニトバ州）	気球およびロケットの発射施設、追跡施設 （参考　http://www.mhs.mb.ca/docs/mb_history/44/exploringnorthernskies.shtml）
ウォロップス島	NACA/NASA の施設
ストラトボウル	1930 年代以降、研究用気球の打ち上げ
パレスチナ	1950 年代以降、気球の打ち上げ。特にスカイフック気球シリーズと、ストラトスコープ気球シリーズ。

参照すべきケーススタディ：

ホワイトサンズ・ミサイル実験場（かつては性能試験場であった）、ホワイトサンズ、ニューメキシコ州	1945 年から 1951 年にかけて、エアロビーと呼ばれる小型の弾道飛行観測ロケットを用い、初めて太陽の紫外線スペクトルが取得されたし、初めて宇宙線のプラトー領域が検出されるといった科学的成果があげられた。歴史上最初のエアロビー探査ロケットが打ち上げられたのがホワイトサンズ・ミサイル実験場である。エアロビーは、史上最も成功した科学観測ロケットである。

全般的な情報源：

ロジャー・D.ラウニウスとアンドリュー・K. ジョンストンによる著作、『Smithsonian Atlas of Space Exploration（宇宙探査のスミソニアン・アトラス）』（2009 年　ハーパーコリンズ出版）に詳しく掲載されている。第 3 章の「宇宙へのゲートウェイ」では、管制塔や発射施設（アメリカのケープカナベラル、ヴァンデンバーグ、ワロップスなど）、ロシアの主な施設（ベイコナー）、欧州宇宙機関の施設（クールー）、その他イスラエルや日本、中国についても掲載されている。その世界的なリストは現在も活動しているサイトだけでなく、今後建設されるものや、すでに活動を停止している場所も含んでいる。

初期の設計、建設、試験サイト

例：

応用物理研究所	設立当初のキャンパスはメリーランド州シルバースプリングにあり、当時の 1960 年代に建てられた施設が現在も存在する。現在のキャンパスはメリーランド州コロンビアに移設された。
ゴダード宇宙飛行センター	ハイ・ベイ試験場、制御室、真空設備、クリーンルーム

ジェット推進研究所　　装置開発研究室、試験場、アロヨセコにある静的試験場
エイムズ研究センター　　風洞施設、長光路の分光施設
ジョンソン宇宙センター　　月試料研究所、宇宙飛行士の訓練場
応用科学・工学スクール（マサチューセッツ州ケンブリッジ）
アメリカ海軍調査研究所（ワシントン DC）

大学構内で設計や組立、分析が行われている場所

例：

アイオワ大学　　ヴァン・アレン帯の発見
コロラド大学　　ポインティング制御
ミシガン大学　　初期の宇宙科学センター
ウィスコンシン大学　　初期の宇宙天文学センター
プリンストン大学　　気球実験、人工衛星、ハッブル宇宙望遠鏡

追跡サイト

測距およびその他の測地的目的のための衛星追跡サイト
ベーカー=ナン衛星追跡ネットワークのためのサイト（アメリカではフロリダとアリゾナ）
遠隔測定された科学データを受信するための地上局

資料：

Shirley Thomas (1963), *Satellite Tracking Facilities: Their History and Operation* (New York: Holt, Rinehart and Winston).

主要な研究所/実験所

例：

アイオワ大学内のジェームズ・ヴァン・アレンの研究室と実験室	*http://www.lib.uiowa.edu/scua/bai/halas.htm*
ハーバート・フリードマンの研究室、またはそこにあった物資等	特に興味深いのは、ジョージ・カールーザーズの研究所が保存されていることである。その研究所には、フリードマンのチームがハロゲンを添加した比例計数管を作るのに使用した、「ハロゲン供給ステーション」がまだ残っている。 *http://siarchives.si.edu/research/videohistory_catalog9539.html*
アメリカ海軍調査研究所にあるリチャード・トゥージーの研究室と実験施設	彼が初期に携わっていた V-2 やエアロビーのシステムが少しでも現存していたとしたら、もっと重要度は高かったであろう。トゥージーや彼と一緒に働いていた研究員から直接話を聞き、その記録を取るオーラル・ヒストリーの研究が盛んに行われている。

真空試験室	1950 年代と 1960 年代に使用されていた真空研究室は、アメリカ海軍調査研究所によって開発および保守されていた。その中には、ヴァンガード 1（TV-3）が組み立てられ、試験された場所も含まれる。 *http://siarchives.si.edu/research/videohistory_catalog9539.html*
アメリカ海軍調査研究所にある特殊なファラデーケージ測定器一式と試験室	1950 年代のもの
ウィスコンシン大学のキャンパスの研究所	人工衛星 OAO2 号の積荷が設計・建設・試験された場所
ゴダード宇宙飛行センターにある IUE(国際紫外線天文衛星)のコントロール室	21 番の建物（オリジナルのコントロールシステムは撤廃されているが、部屋はまだ残っているかもしれない。 *http://siarchives.si.edu/research/videohistory_catalog9543.html*
広視野惑星カメラの最初の 2 世代の設計と開発に不可欠であった研究室（カリフォルニア工科大学ジェット推進研究所、プリンストン）	
ゴダード宇宙飛行センターにあるハッブル宇宙望遠鏡コントロール施設	
ハイ・ベイ試験場（NASA)。特にハッブル宇宙望遠鏡の修理ミッションのために宇宙飛行士が訓練を行う場所として利用された施設。	
アラバマにあるハンツビルのジョンソン宇宙センターの月試料研究所 *http://www.lpi.usra.edu/lunar/documents/lunarReceivingLabCr2004_208938.pdf*	
サニーベールにあるロッキードのハッブル宇宙望遠鏡垂直テストチャンバー	
ボール・ブラザー(Ball Brother)研究法人	安定化衛星、探査ロケット、気球実験パッケージの開発と改良を行っている。 第一、第二、第三世代の科学衛星の多くはこの会社の製品である。
メリーランド州ボルチモアにあるジョンズ・ホプキンスキャンパスの宇宙望遠鏡科学研究所	
ケープカナベラルにあるロケット発射場と発射管制棟「第 18A 発射施設」は、1957 年 12 月 6 日にヴァンガード 1 号の打ち上げに失敗したことで知られる。	
ケープカナベラルにあるロケット発射場と発射管制棟「第 26 発射施設」は 1958 年 1 月 31 日にエクスプローラー1 号の打ち上げに成功した。 *http://www.patrick.af.mil/news/story.asp?id=123083696*	

追加資料のうち一部の文献リスト

Baals, Donald D. and William R. Corliss (1981). *Wind Tunnels of NASA*. Washington DC: NASA (SP-440), 1981. [Illustrated guide to sites.]

Ball Aerospace Systems Division (1982). *25 Years of Achievement.* Boulder: Ball Aerospace and Technologies Corporation, 1982. [Pictorial.]

Butrica, Andrew (1997). *Beyond the Ionosphere: Fifty Years of Satellite Communication*. Washington DC: NASA (Historical Series).

DeVorkin, David (1992). *Science with a Vengeance: The Military Origins of the Space Sciences in the V-2 Era*. New York: Springer.

Doel, Ronald Edmund (1996). *Solar System Astronomy in America: Communities, Patronage, and Interdisciplinary Science, 1920–1960*. Cambridge: Cambridge University Press.

Foerstner, Abigail (2007). James Van Allen: *The First Eight Billion Miles*. Iowa City: University of Iowa Press. [JvA office and laboratory spaces.]

Hirsh, Richard (1983). *Glimpsing an Invisible Universe: the Emergence of X-Ray Astronomy*. Cambridge: Cambridge University Press.

Hufbauer, Karl (1991). *Exploring the Sun: Solar Science since Galileo*. Baltimore: Johns Hopkins University Press.

Klingaman, William K. (1993). *APL—Fifty Years of Service to the Nation*. Baltimore: Johns Hopkins University Press. [Page 9 identifies the location and appearance of the Wolfe Building, the automobile dealership in Silver Spring, MD that was the first site of APL in May 1942. The resource for specific scientific programs at APL is W. L. Ebert and R. W. McEntire, eds (1999), *Space Department: 40th Anniversary Issue* (Johns Hopkins APL Technical Digest Volume 20 #44). An excellent visual resource compiled by an anniversary picture committee is: *The First Forty Years: A Pictorial Account* (Johns Hopkins, 1983).

Koppes, Clayton R. (1982). *JPL and the American Space Program: a History of the Jet Propulsion Laboratory (The Planetary Exploration Series)*. New Haven: Yale University Press.

Smith, Robert W. with contributions by Paul A. Hanle, Robert H. Kargon and Joseph N. Tatarewicz (1989). The Space Telescope: a Study of NASA, Science, Technology, and Politics. Cambridge: Cambridge University Press.

Wallace, Lane E. (1999). *Dreams, Hopes, Realities: The Goddard Space Flight Center: The First Forty Years*. Washington DC: NASA (SP-4312). [Includes many images of test facilities, especially the high-bay clean rooms where satellite payloads were integrated and tested. Excellent visual source for exploring the nature of the physical spaces that might be worthy of preservation.]

世界遺産としての宇宙探査の成果　ミカエル・マロフ著（*Mikhail Marov*）

20 世紀半ばに宇宙探査が始まり、ここから天文学は飛躍的に進歩した。 人間の文明の発展におけるこの歴史的な出来事は、天文学だけでなく科学全体を大幅に発展させ、その進歩に拍車をかけた。ガンマ線から遠赤外線やマイクロ波まで、すべての波長を観測に効果的に利用できるようになったことにより、宇宙スペースの奥深くまで侵入して観測データが得られるようになった。その結果、大量のエネルギー放出に伴う物質変化のために発生する現象、さらには通常は起こり得ない自然現象を観察できるようになった。 観測衛星は他の惑星やその衛星に接近し、それらの表面に着陸することまで成し遂げた。 その結果、我々は身近な太陽系において新しい世界を切り開き、その性質・形成・進化に関する物理学と化学の多様なプロセスを発見した。 惑星探査の成

果はさらに、地球科学のさまざまな分野を進展させた。

現代の天文学は、観測された宇宙の大規模構造と、暗黒物質と暗黒エネルギーを含むその全体的なエネルギー構成の原因を理解しようとしているが、それだけではない。宇宙における人間の位置や役割に関する多くの哲学的問題にまで到達している。特に、我々がこの世界に存在している理由、そして我々の未来の運命についての考察である。現代物理学と宇宙論の最前線で基本的に取り扱われている問題は、多次元の並列宇宙（「多元宇宙」）の存在可能性である。すなはち、異なる場所・異なる時間において、真空中の量子振動の結果として一種の「時空間"泡"」が継続的に形成されては崩壊する。さらに並行宇宙同士は衝突する可能性があり、我々の宇宙の起源は、そのような衝突の結果かもしれない。 これらのような幅広く挑戦的なアイデアとビジョンは、宇宙探査と堅固な宇宙技術の結果としてのみ生まれてくる。

つまり、宇宙天文学は、我々の身近な空間だけでなく、宇宙全体に関する知識に大きな影響を与えてきた。宇宙天文学の遺産、つまり宇宙科学と技術における歴史的な成果に関連する遺産が、世界天文学遺産の重要な一端をなしていることは明らかである。

宇宙遺産が普遍的な価値を持つものであるとしたら、それは宇宙と人類との関係における真の国際的意義を持たなければならない。 歴史的背景はとしては、最初は肉眼で観測していた夜空であったが、遥かに強力で有効な機器が発明され、最終的には現代の天文施設やネットワークまでつながる流れである。 これを考慮して、まず、地球以外の天体の近接写真を撮ることができる宇宙船や、宇宙で生まれた機器、および惑星の宇宙ミッションについて検討する。

宇宙飛翔体やスペースにおける科学的機器

スペースにおける科学的機器

宇宙飛翔体に搭載されている機器の中には、天文学にとって証明する必要がないほどに重要なものがある。 その一つが、深宇宙を詳細に観測したハッブル宇宙望遠鏡である。他にも、高エネルギー天体物理学に大きく貢献したチャンドラ衛星（X 線天文台）、 ウィルキンソン・マイクロ波異方性探査機（WMAP）、スピッツァー赤外線宇宙望遠鏡、ヨーロッパ宇宙機関が打ち上げた人工衛星プランク、太陽系外に地球に似た惑星を発見することを目的としたケプラー宇宙望遠鏡などである。

こういった宇宙飛翔体には、さまざまな波長で観測を行うために、極めて性能の高い望遠鏡と検出器が装備されている。それを用いて、さまざまな宇宙における物体や、そこで起こっている物理プロセスに関して、とても貴重な情報を得ることができる。たとえば、1990 年以降、ハッブル宇宙望遠鏡は、進化のさまざまな段階にある銀河・星雲・恒星の数十万もの画像を我々に提供し、宇宙の奥深くまで実際に「見る」ことが可能になった。上記の機器が行った観測や、その他の宇宙での観測、およびそれらから得られた結果によって、恒星・銀河・銀河団・その他天体の構造に関する一貫した理論が発展し、高度な天体物理学が構築されていった。 それはまた、宇宙そのものの起源や進化という最も困難な問題のいくつかに対処することを可能にし、宇宙起源論と宇宙進化論の両方の進歩につながった。 このように、宇宙からの観測は天文学の新しい時代を開き、この分野で非常に大きな進歩をもたらした。

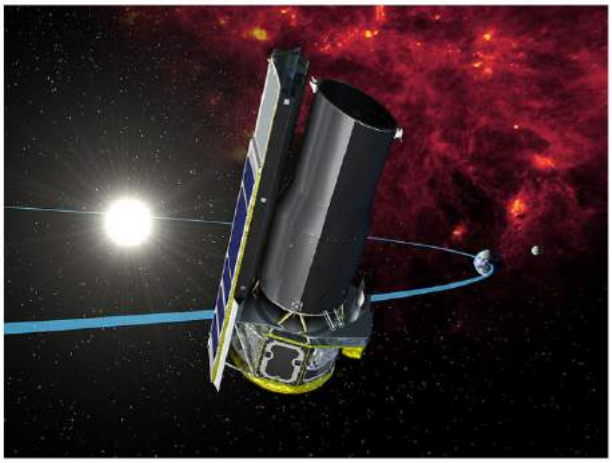


図 15.0.1. 左：ハッブル宇宙望遠鏡　　**右：**スピッツァー赤外線宇宙望遠鏡 (画像提供 NASA) (パブリックドメイン)

月探査や惑星探査のための飛翔体

宇宙遺産のもう 1 つの重要な側面は、太陽系内の探査を行う探査機である。1960 年代初頭以来、多くの惑星ミッションが行われており、我々は宇宙における隣人のことをよりよく知ることができた。 こういったミッションの目的は、太陽系全体に人類が勢力を拡大していく最初のステップであると考えられる。 月はこの流れの礎石となる場所であり、宇宙科学と宇宙技術の両方の能力を実証するために利用されている。アポロ計画とルナ計画では、月の土壌サンプル、つまり地球外に起源を持つユニークなサンプルを持ち帰った。こういった地球外サンプルは、太陽系進化のごく初期の段階に関する情報、特に、地球の歴史の最初の 50 億年に関する重要な情報を提供した。なぜなら地球上ではそのような情報は、活発な地質学的プロセスによって喪失してしまっているからである。

宇宙飛翔体はまた、地球以外の惑星やその衛星とリング、そして小さな天体である小惑星や彗星といった様々なものを、至近距離で見る機会を与えてくれた。 得られた情報は、さまざまな天体で起きている多様な自然メカニズムに関する我々の知識を劇的に高めた。さらに、比較分析を通じて、私たち自身の惑星(地球)の理解にも大きく貢献した。 特に、金星と火星は、地球の進化がどのように進んだかについて 2 つの異なる極端なモデルを提供するため、最も重要な「他の世界」と言える。

月面および惑星表面の探査に使われた車両の中には優秀なものが多くある。それらは地球上に持ち帰って保存することは不可能であるが、それでもやはり、我々の宇宙遺産の重要な一部分として記念すべきでものある。それらは通常は「移動可能な遺産」として扱われる。こういった月面探査や惑星探査の例を挙げると、

- ルナ 3 号…初めて月を通過し、地球から見えない月の裏側の写真を送信した
- ルナ 9 号…初めて月面にソフトランディングした自動宇宙船
- イーグル月着陸船…一連のアポロ計画の一つ。宇宙飛行士のニール・アームストロングとエドウィン・バズ・アルドリンを乗せて、初めての人類月面着陸に成功した。
- ルナ 16 号…月に着陸し、その土壌サンプルを地球に持ち帰るためにつくられた最初の自動

運転探査機

- ルノホート計画…最初の月面探査機
- バイキング 1 号,バイキング 2 号…火星に初めて着陸し、探査ミッションに成功した。
- ベネラ 4 号…金星の大気圏にパラシュートで降下し、惑星の温度・圧力・組成を初めて直接観測した探査機
- ボイジャー 1 号,ボイジャー 2 号…太陽系の外惑星とその衛星やリングについて、初めて近距離まで近づいて調査を行った探査機
- ベガとジオット…ハレー彗星に最接近した
- ガリレオ…木星の大気圏に初めて突入した
- ホイヘンス…カッシーニ／ホイヘンスミッションの一環として、初めて土星の衛星タイタンに着陸した

上記リストは大幅に拡張される可能性もあり、そういったものも含めて全てが、宇宙全体、特に太陽系の他の天体に関する貴重な情報を提供してくれた。

スペース遺産に関するその他の側面

宇宙飛翔体は、我々の天文学や宇宙環境に関する知識を高度に発展させたが、宇宙探査から得られたものには天文学の範疇を超えて重要なものがある。 それには数多くの技術革新や、宇宙インフラの要素に関連する遺産も含まれている。例えば、最初の衛星スプートニク、ユーリ・ガガーリンの最初の軌道飛行カプセルであるボストーク、ユーリ・ガガーリンとニール・アームストロングの宇宙服、歴史的なアポロ計画の多くの構成要素、および最初の宇宙ステーション（サリューと、スカイラブ、ミール）などである。 宇宙ステーションはその後、国際宇宙ステーション（ISS）へと発展していく。

特に注目すべきなのが、ロケット発射場とディープスペースネットワーク（深宇宙通信情報網）である。これらは、宇宙船の打ち上げの成功を保証し、追跡と運用制御の基地となる宇宙インフラ全体の重要な部分であり、歴史的に重要な宇宙探査のすべてがこれらの恩恵を受けている。顕著な例としては、ベイコナー宇宙センター、ケープカナベラル宇宙センター、クールー発射場が挙げられる。発射台は、建築、インフラ、設備、革新的な技術、応用科学のすべてを結集してできており、宇宙飛行を制御し成功に導くために存在している。ただし遺産としてのそれらの価値は、属性が複雑であるため理解が難しい。発射場は科学的活動の証拠でもあるが、技術の面でも土木工学の面でも価値がある。不動産としてのレガシーと可動物としてのレガシーの両方を残す。有形の遺産と無形の遺産の両方を生み出す。発射場はおそらく、ある時点では「宇宙に存在するシステム」の一部と理解すべきかもしれない。つまり、発射場と宇宙船や衛星およびそれらの科学機器の残骸をすべて包含したものとして捉える、という考え方である。

宇宙での人間の功績について、今までとは違う視点であり、かつ間違いなく重要な側面であるのは、偉大な先駆者に関連するものである。偉大な先駆者とは例えば、コンスタンティン・ツィオルコフスキー、ヘルマン・オーバース、ロバート・ゴダード、ユーリ・コンドラチュク、セルジュ・コロレフ、そしてバーナー・フォン・ブラウンなどである。ロシアの宇宙飛行の先駆者であり、科学者であり、先見の明を持ったコンスタンティン・ツィオルコフスキー（1857-1935

年）の場合を考えてみよう。彼は、宇宙探査やエンジニアリング施設の開発における多くの技術的問題を解決するため、数多くの技術的・科学的成果を産み出した。彼は 1883 年に記した先進的な論文『自由な宇宙（Free Space)』の中で、重力が存在しない宇宙空間の状況や、反作用の原理、宇宙空間での身体の制御や安定性の可能性などについて、自分の考えを初めて発表した。ツィオルコフスキーは、宇宙への進出は達成可能な目標であり、かつそれほど遠くない将来に達成できると信じ、有人飛行に必要な生命維持条件を詳細に研究し、無重力条件における人体の生理機能の変化を調査し、さらに高加速度が生物に及ぼす影響を調べるための遠心施設の設置を提案した。ツィオルコフスキーは、宇宙科学と宇宙探査への道を切り開いた科学者として広く知られている。彼の業績に関して無形のものは、人類が宇宙に進出する可能性についての先見の明であり、有形のものは、宇宙探査の基盤となる研究所や機器や出版された歴史的な論文である。

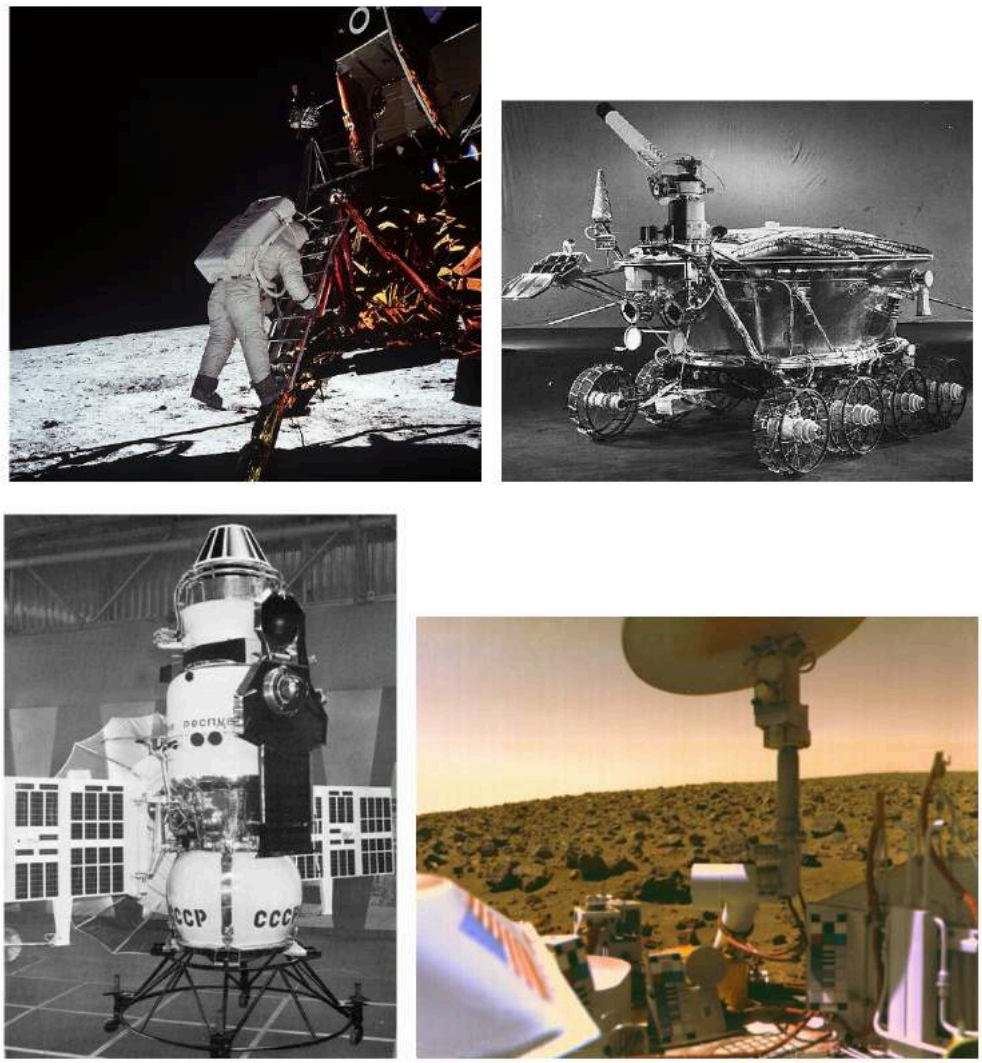


図 15.0.2. 左上：イーグルからエドウィン・アルドリンが降りてきて、もうすぐ月面を歩いた 2 番目の人間になろうとしている瞬間。 ニール・アームストロングによる写真。 **右上：**ルノホート 1 号、最初の月面探査機。 **左下：**ベネラ 4 号、金星に降下した機体。 **右下：**火星着陸船バイキング 2 号が撮影した「自画像」。NASA 提供

アポロ計画とルナ計画によって地球に届けられた月面土壌の最初のサンプルは、現在そのほとんどがヒューストンのジョンソン宇宙飛行センター（アメリカ）と、モスクワのバーナツキー研究所（ロシア）に保存されている。 少量ずつは、世界中のさまざまな科学研究所や大学に配布されている。 これらの土壌サンプルは、宇宙科学における直接的な人類の成果物であり、重要な宇宙探査の遺産である。 同様の見解は、将来宇宙ミッションによって地球に持ち込まれるであろう地球外起源の土壌サンプルにも言える。

おわりに

現在までの半世紀、宇宙天文学と月や惑星のミッションにより、太陽系や宇宙全体に関する知識は大きく進歩し、人類の地平線は途方もなく広がった。これをもたらした宇宙船搭載の機器群や車両、地上のインフラおよび施設が、我々の天文遺産の重要な一部分を形成していることは間違いない。科学または技術遺産の文脈において、現存しているそれらの物理的な状況（地球に戻ってきているか、太陽系の別の天体に存在するか、永久に宇宙を漂っているか）は、その価値とは無関係であると思われる。一方で、宇宙探査に関連する（世界遺産条約における意味での）有形不動の遺産は、一般に、宇宙で実施される科学的実験というよりはむしろ、それをサポートする技術インフラに直接的に関連していることが多い（例えば開発場所、発射場、追跡場など）。

宇宙における人間の活動は多種多様であるため、そういった偉業に関して一貫したアプローチ方法を見つけることは、とても難しい課題である。この章で紹介した 2 つの異なるアプローチは、この課題の深さと複雑さ、および異なるアプローチや焦点の当て方の可能性を示すことは出来ているであろう。宇宙における人間の遺産という、現在発展中の分野に関して、我々はもっと深く考えなければならないことは明らかである。これは、遺産を専門とする研究者にとってはもちろん、天文学、科学、工学の歴史家にとっても重要な分野である。 これは新しい質問を提起し、その質問の中には、地上の「天文学の世界遺産」（最終章を参照）からは少し奇妙に見えるものもあるかもしれない。 我々はおそらく、そのような遺産の複雑さに対する体系的なアプローチを開発する必要があり、そのアプローチ法には多くの異なる問題と価値の多様な属性を考慮に入れる必要がある。 一方、世界遺産条約を特異なタイプの文化的・自然的遺産に適用しようとすることで得られた経験は、宇宙での人間の活動に関連する遺産への認識と保存における協力体制を構築するのに確かに役立つであろう。

第 16 章　「宇宙への窓」－－漆黒の空に星が煌めく場所および天文台

チプリアーノ・マリン、リチャード・ワインスコート、
エヅアルド・ファイオス＝ソラ
（*Cipriano Marín, Richard Wainscoat and Eduardo Fayos-Solá*）

我々人類が共有する普遍的な財産である天空は、人類を取り巻く環境の不可欠な部分である[1]。この一般的な考えから出発して、2007 年に採択された“夜空と星明かりの防衛宣言(スターライト宣言)”は、次のように述べている。「大空を楽しみ、沈思黙考できる汚染されていない夜空は、その他すべての環境的、社会的、文化的権利と同様に、誰にも奪うことができない権利である」[2]。

この資源は、これまでの人類の歴史を通じてあまり変化してこなかったが、多くのさまざまな要因、特に近代の光害の継続的な増加により、極めて希少なものになってきている。 私たちの文明と文化の重要な要素が急速に失われつつあり、この損失は地球上のほとんどの国において起きているのである（図 16.0.1 を参照）。 これらの状況下では、科学的文化的または環境的価値が夜空に関連をもっており、かつ夜空がまだ暗く美しい星空が保たれている特別な場所は、危険にさらされている他の類似の遺産が参考にすべきものとして、認識されそして保存されるべきである。

にじみ出す夜景

自然のままの暗い夜空を保つ場所を保存することは、天文観測だけでなく、さまざまな意味で非常に重要である。 星やその他の天体の光は、常に地球の自然と人間の生息地の景観を豊かにし、人々が伝統的に自然と文化遺産の不可欠な部分として認識していた原風景を作り出して来たのである。 星空は古くから景観をつくる最も強力な原動力の 1 つであるが、最近では世界中でその力が失われてきている。 夜間の星空がもたらす景観（「スカイスケープ」または「スタースケープ」）は、その多様性と壮大さにもかかわらず、現在では文化的景観と自然景観としては認められないようになってきている。

夜間の景観といわれるものは非常に多様である。 農村、都会のオアシス、「ジオパーク」を彩る星空の風景、および有形無形の天文遺産につながる自然またはサイトなどが含まれる。 歴史を通してどのような文化も、大空の観察のための最適で特別な場所を選んできた。 これらの場所のそれぞれに、世代を超えて受け継がれる独自の星明かりの眺望がある。 これらのサイトと環境は、その意味が失われないように保存する必要がある。

星空の風景を調べると、人類共通の遺産の大切な部分を保存するために、暗い空を保護することが不可欠であるという認識にすぐにつながる。 実際、自然の夜空を保護する理由は以下の様にいくつもある。

---

[1] 【原注】2009 年国際天文年宣言についての説明文書（ユネスコ総会第 33 部会)。

[2] 【原注】この宣言は、2007 年にラパルマで開催された星空会議の際に採択された。この宣言は、（とりわけ）ユネスコ、IAU、国連世界観光機関（UNWTO)、およびカナリー諸島天体物理研究所によって推進された。 世界遺産条約（WHC)、生物多様性条約（CBD)、ラムサール条約および渡り鳥種に関する条約（CMS)、MaB プログラム、ヨーロッパ景観条約などのいくつかの国際プログラムおよび条約の支援も得たものである。

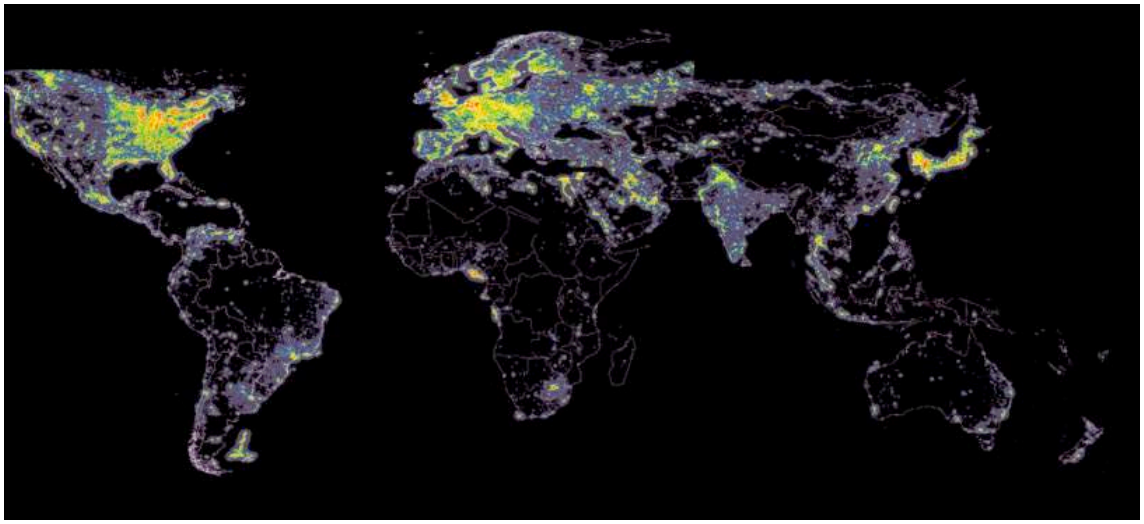


図 16.0.1. 宇宙から見た夜の地球（合成図）。P. チンザーノ、 F. ファルチ(パドヴァ大学）と C. D. エルヴィッジ（NOAA 国立地球物理データデンター、ボールダー、米国) © Royal Astronomical Society. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society [328 (2001), 689–707] から再掲。Blackwell Science社提供。

地形に関連する星空の保存　地形景観のいくつかのものは、夜空との組み合わせで最も印象的なものとなる。 アタカマ（チリ）のセロ・ベンタローネス、アーチーズ国立公園とアラバマ・ヒルズ（アメリカ）の自然の橋、乗鞍山（日本)、アーカルーラ原野保護区（オーストラリア)、ピック・デュ・ミディ（フランス）などのサイトは、地形景観が夜間に星明りと混在し素晴らしい自然の空間を作り出す佳き例となっている。

記念となるべきものの完全性、あるいは史跡、記念碑、文化的儀式に力を貸す天空の力の真正性　夜空の暗さがどの程度であるかということは、天文学の有形の文化遺産の完全性に影響を与えることがよくある。 煌めく星空は、天空の眺めに見出される文化的景観の認識に固有のものであり、ラ・パヌイ（チリ）やモンタナ・デ・ティンダヤ（スペイン）などの場所で夜空が明るくなってきていることは、保護された遺産の価値を損なうという結果を招いている。 同様のことが、ゾラツカレル（アルメニア）やストーンヘンジ（イギリス、ケーススタディ 2.1 を参照）など、天空を観望することに深くかかわった先史時代の記念碑にもいえることである。すでに起こっているこの完全性の喪失は、チョムソンデ（韓国、ケーススタディ 5.4 を参照）やジャンタル・マンタル（インド、ケーススタディ 6.1 を参照）などの歴史的天文台や、アーマグ（英国）とマウント・ウィルソン（米国、ケーススタディー12.4 を参照）などの近代の観測所でも明らかである。

現代および古代の先住民族の夜空に関連する文化的伝統の保存　光害の容赦ない増加は、物理的にだけでなく文化的にも星空の消失を引き起こす。 これにより、世界中の伝説、民話、童話、古い巡礼道、伝統的なお祭りなどといった無形の遺産が取り返しのつかない形で失われる可能性があるのである。 この状況は、特に無形文化遺産の保護に関する条約と大いに関係があ

り、その条約への参加・遵守の際に、夜空の保全という要素も考慮されるべきということがありうるのである。

自然環境の生態学的完全性　トーランス・バレンズ（カナダ）、ギャロウェー森林公園（イギリス）、ホルトバージ国立公園（ハンガリー）などの保護されたダークスカイ域、およびドニャーナ（スペイン）や東アルプス星空保護区（オーストリア）などの自然保護の象徴的な場所そしてマッケンジー盆地（ニュージーランド）などの例外的な景観地域等々、これらの場所で蓄積された経験は、自然を保護するための夜空の品質の重要性と、それぞれの場所が暗夜に示す驚くべき価値を、我々が真剣に熟慮すべきことを教えてくれる。夜間の暗闇と自然光は、さまざまな種や生態系が健康に生きるために不可欠である。私たちは、生命が 1 日 24 時間続くこと、そして生態系が数百万年の進化の過程で月と星の自然なリズムに順応してきたことを忘れがちである。地球というこの惑星に住む生物の半分以上は夜行性なので、昼夜を問わず天空が明るいままであると、それらの行動や生物圏の平衡に重大な影響を及ぼすのである。

自然の保護に関連するということと、空が暗いということの他の利点を認識して、国際自然保護連合（IUCN）の「都市および保護区作業部会」の「ダークスカイ助言グループ」は、世界遺産として登録することを考慮する際、夜空の保護とその評価を含めるべきこと、それも遺産サイトの卓越した普遍的価値の 1 つ、または保護すべき新しいクラスとして取り扱うよう提案している[3,4]。この状況で、この問題へのさまざまなアプローチも考慮して、スターライト宣言（2007）の内容を思い出すことは意味のあることである。

> 「生物多様性連絡グループの 5 つの条約の審議の結果を検討し、必要に応じて、条約の管理団体が、これらの条約は夜空の保護を強化するのに役立つという共通見解を持つことを我々の会議は要求する。この行動は景観保全と生物多様性の賢明な利用にプラスの影響を与えるということを理解されたい。」

都市と農村の景観の完全性、個性、美しさの享受　今日、ヴィンセント・ファン・ゴッホのような心を持つ人が「星月夜（スターリーナイト）」などの芸術作品を創ることは考えられない。光害の悪影響は数百キロにも及ぶため、暗い空が失われることは都市に影響を与えるだけではない。 欧州景観条約や、イングランド農村保護キャンペーン（CPRE）[5]などのイニシアチブ活動が、この問題に対処し始めている。

手付かずの暗い空を保護するということを考えるとき、その対象は夜も明るい都市から遠く離れた場所や、夜間見られる自然の風景、人間の文化の一つである天文活動に関連する独特な環境だけに限定されているわけではない。都市や町、村の近くに、自然遺産や文化遺産があることも

---

[3] 【原注】「星空保護区と世界遺産（Starlight Reserves and World Heritage）」専門家会議報告（2009年3月）、IUCNダークスカイ助言グループ（DSAG）による序文（Welch, D., Trzyna, T. and Lopoukhine, N.著）

[4] 【原注】この提案は、ICOMOSとの共有認識とはなっていない。

[5] 【原注】英国天文協会ダーク・スカイキャンペーン(CfDS)の支援を受けている。

ある。このような場所では、夜の暗さは劣るし、専門的な天文観測に適しているとは言えないが、それでもなお、天文学を学ぶということと（比較的）暗い空を楽しむ可能性を持っている。 グロースムグルの星空オアシス（Großmugl Starlight Oasis、オーストリア）（ケーススタディ 16.2 を参照）、モンフラーグ国立公園（Monfrague National Park、スペイン）、チリのコキンボ（Coquimbo）地域のさまざまな公共観測所（ケーススタディ 16.3 を参照）などの地域では、暗い夜空が重要な要素となっており、比較的アクセスしやすい場所での自然屋外体験ができるようになっている。このような場所では、人々は今まさに危機にさらされている遺産である「星空（星あかり）」に簡単にアクセスできるのである。

いくつかのサイトでは、同じ場所でありながら、異なる特質と特別な価値を示していることもあり、これらはいわば宇宙への多機能な窓を持つといってもよい。例えば、テカポ湖-アオラキ-マウントクックの場合である（ケーススタディ 16.1 を参照）。この地域は、星空によって強化された、並外れた風光明媚で傑出した自然景観を持っている。夜空の質と透明度の両方が非常に高く、それが天文台の設立と重要な天体観測観光につながっている。また、何世紀にもわたって食べ物を集めるためにこの地域を訪れてきたマオリにとって、定期的な「夜の訪問者」である星座を観察するための重要な場所でもある。もう 1 つの例は、チュニジア南部のオンクジャメル（ラクダの首）である。ここには、長い歴史にわたってキャラバンが横切った星空の下の素晴らしい砂丘の風景がある。このような、自然と文化の複数の価値観が集まる場所は、暗い夜空の保存を考えるときに特別な注意を払う必要がある。

世界遺産条約は第 1 条と第 2 条で科学に言及している。それを具体的にみると、第 2 条では、次のものを自然遺産と見なすことを定めている。「科学の観点あるいは保全または自然の美しさという観点から見て、卓越した普遍的価値のある自然サイトまたは正確に描写された自然地域」である。 それにもかかわらず、他の条約と同様に、最も象徴的な暗い空という特質と関連する科学的、文化的、または自然遺産は、それらがどれほど例外的であるか否かに関わらず、不可分な全体を構成するものとして考慮されていないのが実情である。 これまでの遺産決定プロセスでは、日中に見えるものは不変であると見なされ、夜間に見えるものは短命（価値なきもの）であると見なされてきたのである。

地球と宇宙が出会う場所

星空がもつ科学的な側面は、天空の遺産の本質的な部分である。 私たちが住んでいる地球外からのデータを検出し、解釈するための天文学的サイトや天文台は地球の各所にある。これらの場所は、知識の進歩にとって並外れた価値ある資源と見なされるべきである。 暗い空というものは、私たちが大宇宙について知るための大事な窓であることは言を俟たない。

歴史的に、地上天文台は宇宙に関する人類の知識の大部分を提供してきた。ただし、現在の技術的および科学的要件により、天文学特に光学および赤外線天文学の開発に適切な条件が提供される地域は特定の場所に限られている。人工光の影響がほとんどなく、よく保護された場所である。地球上に、このような自然環境が整っている場所は、実はほんのわずかしかないのである。

天体観測の質は、地球の大気によってさまざまな影響を受ける。 これらの影響は望遠鏡を宇宙空間に打ち上げることで解消できるが、宇宙天文学は非常に高価であり、サイズの大きな望遠鏡

を宇宙に打ち上げることはできず、また宇宙空間での望遠鏡の保守は困難或いは不可能である。

宇宙を観測するための地球上の窓となる場所を選定する際、いくつかの制限要因を考慮することが必要になる（表 16.0.1）。 それらのほとんどは、画像の鮮明さに影響を与える。これは、天文観測で最も重要なことである。 ぼやけた画像からは明快な結論を引き出しにくくし、二つの近接している星達を区別できないということも起こる。 暗くかすかな星の観測で画像がぼやけている場合には、長い観測時間をかける必要もある。

地球の中緯度帯地域では、上層大気の風向は西から東である(偏西風)。 これは、地球の自転とコリオリ力から生じている。その結果、大陸または孤立した島の西海岸に吹く風は一定方向の安定した層流となって流れる。 冷たい空気と暖かい空気が混ざり合い、恒星の画像がぼやける原因となる乱流がないため、最高の画像品質が得られる場所なのである[6]。

表16.0.1. 天体観測に与える地球大気の影響

空気の乱流	像の拡がりをもたらす――温冷の空気が混在すると、空中に多数のレンズがあるような状態となり、像が拡がる。
天気	雲や雨があると観測ができない。
水蒸気と二酸化炭素	赤外線を吸収して、この波長での観測を妨げる。
空気分子とエアロゾル	人工光を散乱させて、夜空が明るくなる。
上空にある分子・原子	昼間に太陽光を吸収して、それが夜間放出されるので、夜空がぼんやりと明るくなる。

天文台は天気の良い場所に設置する必要がある。 熱帯雨林や温帯雨林は、天文台としては適さない場所である。 一般的に、樹木があるところは天文台の立地条件として適していない。赤道地域は地表近くで（気象的な空気の）収束があり、それゆえ多くの降雨がある。 60 度に近い緯度も収束領域であり、天文台には適さない場所である。 ただし、緯度が 30 度（北または南）に近い場合は、空気降下（乾燥空気）の領域であり、天文台には最適な場所となる。

風も重要な要件である。 高度が高いと風が強く、高度が低くなると風が穏やかになる。 但し標高が低いと大気汚染が多くなり、沿岸部では海からくる湿った空気層が低く垂れこめる。 高度が低いほど、宇宙まで見通す空気量が増えるため、大気の乱気流の影響を大きく受けることになる。 気温の逆転層ができると、低高度での湿気と大気汚染を閉じ込めてしまうことがよくあり、これが観測条件に効いてくることがある。

以上の事から、西から東への風が支配的な、大陸の西海岸の山、または適度に高い山のある孤立した島が、天文台にとって理想的な場所であることを意味する。 山があると、乱れた下層大気

---

[6] 優れた検出器の信号対雑音比は次の式で表すことができる。

信号対雑音比 = N* / sqrt (N* + npix(Ns))

（N*は星からの光子数、npix は星と空（背景）を含むピクセル数全体、Ns は空（背景）からの 1 ピクセルあたり光子の数）

鮮明な画像は npix を減らすため、観測時間が短くて済む。人工光によって背景の空の光が明るくなると、天体観測が困難で低速になる。

の上に天文台を設置することができる。 さらに、低高度の雲は人工光源を覆い、光害を減らすことができるのである。

天文台のサイトにはアクセス可能でないといけない。 標高が高いと作業が非常に難しくなるため、あまり標高が高すぎるのも問題である。 南極は天文学にとって最適な場所であるが、簡単にはアクセスできず、そこから北の空を見ることができないという弱点を持つ。天文台サイトは、地質的に安定している必要がある。したがって、地震帯、活火山、氷河は避けなければならない。

太平洋プレートとアメリカプレートの衝突により、南北アメリカの西海岸に沿って山脈ができている。 中緯度では、これらの山々はカリフォルニア、バハ・カリフォルニア、およびチリ北部にある。 カリフォルニアの山は都市光に近すぎて、現在ではあまり良い天文台ではなくなっている。 代わりに、チリ北部とカリフォルニア州バハ・カリフォルニア（メキシコ）は優れた要件を備えており、天文台に適した場所がいくつか存在している。オーストラリアなどの他の大陸については、西海岸には天文台に適した山が存在していない。

地質学上の火山ホットスポットは、ハワイとカナリア諸島を生み出した。 これらの孤立した島にはそれぞれ素晴らしい天文台がある。特にハワイのマウナケア天文台、カナリア諸島のテイデとロケ・デ・ロス・ムチャチョス天文台がある。 ニュージーランドの南島には、西海岸に沿って適切な高い山があるが、「荒れる４０度線」ゾーンのさらに南にあるため、この海岸沿いの気象条件は最適ではない。 但し、山の東側にあるマッケンジー盆地では保護高地があり、光学天文学の比較的良好なサイトになっている。 南アフリカの天文台のサイト（SAAO サイト）、アリゾナ、テキサスも良い場所ではあるが、海岸から遠く離れているため、チリ、ハワイ、カナリア島のサイトほど良くはないサイトとなっている。

上記のサイトは、大気状態が非常に優れた品質を持っており、宇宙への素晴らしい窓となっている。 これらは：

- 有用な時間（晴天日）。
- 上空の背景（暗闇）。
- 大気減光（透明性）。（「減光（Extinction）」という用語は、宇宙からやってくる光の大気中での損失を意味する。吸収と散乱という２つの異なるメカニズムが減光の原因となっている。）
- シーイング（鮮明な画像）。 （天文学用語の「シーイング（seeing）」とは、地球の大気の乱気流によって引き起こされる天体の像ぼやけや明るさの変動（煌めき）を指す。）

地球全体の天文観測に最適な場所を定めたら、次はそれらを保護することが重要になる。 北のサイトは南の空を見ることができず、南のサイトは北の空を見ることができないため、両半球にサイトを設けることが不可欠である。 さらに、天文台のサイトには自然および人為的な脅威があり、各半球でそれらに対して保護することが不可欠である。 これらの脅威には、火山噴火、大地震、鉱業、大気汚染、光害などが含まれる。 これらの理由により、最も優れた観測所だけに対策を集中するのではなく、宇宙に開かれた窓の集合体というビジョンをもって、複数の天文台を維持・管理・保護するという考え方が必要である。

これらの極めて優れたサイトは、その自然環境を含めると、「科学と知識が織りなす景観」と見なすことができる。 現代、世界最大の天文台が以下に挙げる場所にあるのは自然な成り行きであ

る。ハワイにはケック I と II (Keck I and II)、スバル (Subaru)、ジェミニノース (Gemini North) がある。 ラパルマには、グラン・テレスコピオ・カナリア（Gran Telescopio Canarias）が設置されている。 チリでは、超大型望遠鏡 1、2、3、4（Very Large Telescope 1,2,3 and 4)、マゼラン 1、2（Magellan 1 and 2)、ジェミニサウス（Gemini South）が稼働している。 米国アリゾナ州には巨大双眼鏡望遠鏡 (Giant Binocular Telescope) と多鏡望遠鏡 (Multiple Mirror Telescope) がある。 南アフリカには、南アフリカ大望遠鏡（South African Large Telescope）があり、米国テキサス州にはホビー・エバリー望遠鏡（Hobby Eberly Telescope）がある。

これらは真に科学の記念碑的なものであり、世界遺産条約の第 1 条では、文化遺産を「[…]科学的観点から見ると卓越した普遍的価値がある」記念碑と建物群と定義していることが思い起こされる。 同時に、これらの天文台の場所はすべて、多かれ少なかれ、先住民の文化とその天文学の歴史の文脈からも重要な場所である。 ケーススタディ 16.3〜16.5（チリ北部、ハワイ、カナリア諸島）で、より詳細にこれらの著名な例について述べることにする。

図. 16.0.2. 観測最適エリア。 リチャード・ウエインコート著「最適観測地の選択プロセス」による。米国中央情報局 CIA の「Physical Map of the World, 2004」をもとにしている。

暗い空をもつサイトの管理

暗いエリアを効果的に保護するには、特に光害を軽減または排除するための適切な管理基準を確立する必要がある。どのような対象を目的とするかというレベルに応じて、「漆黒」ゾーンおよびその周辺の「半暗」ゾーンを識別して確立することが重要である。 言い換えれば、天文観測を目的とした澄んだ空の維持か、天文学に関連する文化的サイトの風光明媚な景観の保持か、野生生物保護のためか、自然のエリアや夜景としての価値を重んじるか、またはこれらの組み合わせであるかなど、目的に応じて異なるアプローチが必要になってくる。 各サイトの機能に応じて、要求レベルが高くなったり低くなったりする。 夜空の品質という観点で、これまでに提案されたゾーン分けシステムは、生物圏やその他の保護区などの例で確立されているものと似ている。

「天文学と世界遺産」テーマ別イニシアチブと協力して開発された星空保護区の考え方では、中核ゾーン、緩衝ゾーン、および外部ゾーンで構成されるゾーン分けスキームを確立している。人工照明の完全な除外あるいは人工照明を（空を照らさないように）工夫して使用することなどの一連の要件と一般的な推奨事項がゾーンごとに指定されており、これらはガイドブックの形にまとめられている[7]。このガイドブックは、特に天文学に関連して世界遺産の一般的な参照ドキュメントとして提案および開発されたものである。 同様の事項は、国際ダークスカイ協会（International Dark Sky Association、IDA、http://www.darksky.org/）によって国際ダークスカイ公園・保護区（International Dark Sky Parks and Reserves）への応募基準にも含まれている。

夜空が暗いという要素も、既存の世界遺産の追加基準として考慮されるべきである。 これには、天文学関連の価値があるものだけでなく、自然光の変化に敏感な文化的景観や自然地域にとっても重要である。 さらに、天文学に関連する文化的サイトでの光害の削減は、少なくとも、サイトの完全性を保護するのに役立つ措置と考えることができる。

法的問題に関して述べる。天文観測の最も重要な場所のいくつかは、天空の品質を適切に保護するための規制や法律の開発をするという観点からも重要であったことに注意したい。 光害を規制する最初の試みは米国（たとえば、アリゾナ州）で行われたが、天体観測のために空を明示的に保護する最初の国内法は、1988 年の「レイ・デル・シエロ」（「空の法律」）であって、これはカナリア諸島の天文台を保護する目的のものであった 。その後、 チリでは「ノルマ・ルミニカ」という法を作成したし、ハワイではマウナケア天文台のための条例として開発された。 テカポ湖も条例によって統治されている。この施行は 1981 年にさかのぼり、これら条例の先駆的なものであった。 これらの問題は、ケーススタディ内でより詳細に扱われている。

これらの先駆的な取り組みは、過去 10 年間で徐々に同様なことが実施され、他のエリアに、そして保護されたサイトから都市に広がってきた。 過去 10 年間で 200 を超える取り組みが開始され、ロンバルディア州（イタリア）で承認された光害に対する最新の法律など、インテリジェント照明に関する高度な法律や規制へと繋がったのである。 これらの法的手段のいくつかは、夜空の品質を保護し、省エネインテリジェント照明システムを支援するという、気候変動との闘いと星空の回復という二重の課題に同時に挑戦するように計画されている。

ほのかではあるものの煌めく星の光というものは、地域社会の持続可能な開発の原動力になる可能性を秘めている。 「星空ツーリズム」は、観光地に新たな可能性を切り開き、星空、オーロラ、日食観望などの多様なアクティビティを提供する。 天文台への訪問や星による航海を特徴とするセーリングホリデー、さらには巡礼ルートをたどる旅および夜間の自然発見、星空の下で砂漠体験等々。 これらはすべて、実行可能で持続可能な収入と雇用の源になる可能性があり、世界中の多くの地域ですでに活動が始まっている。

---

[7] 【原注】このガイドブックは、2009 年 3 月にフェルテベントゥラ島で開催された「スターライト保護と世界遺産：科学的、文化的、環境的価値」に関する国際ワークショップと専門家会議で確定されたものである。スターライト保護ガイドラインは、100 人以上の国際専門家の参加を得て作成され、開発されたものである。世界遺産センターおよび国際天文同盟（IAU）、IAC（Instituto de Astrofísicade Canarias）、国連世界観光機関、国際照明委員会（CIE）、人間と生物圏（Man and Biosphere、MaB）プログラムなどの組織と協力してつくられたものであり、 IDA（International Dark Sky Association）の代表から素案が提供されたものである。

図 16.0.3. ケーススタディー対象地域。2004 年の CIA 世界の物理地図を改変。

星空ツーリズムは、科学と観光を結び合わせることを可能にする一歩である。 星空観光の目的地は、星空を熟考・瞑想・享受することができる場所で、訪問可能な場所と考えられる。これにより、この資源に基づく観光教育活動の発展が促進されうる。 星空ツーリズムは、科学を観光商品として見るだけでなく、科学に基づいた基準と手順を通じて、観光における新しい動きを開発するのである。 これは、国連－世界貿易機構（UN-WTO）と協力したスターライト認証事業としてすでに行われている。 この新規開発は、科学と観光の適切な組み合わせが「グリーン経済」と「地球規模の持続可能な村」という世界的な流れに貢献できることも示しているのである。

星空観光の目的地は、天文台・天文学の文化遺産に関連する風景、卓越した美しさの自然のままの暗い空の領域など多様である。 アルプス星空保護区の事例は、夜のハイキングや夜行性の動物種の観察など、国立公園のプログラムにすでに夜空がうまく組み込まれている好例である。 このようなプログラムの多くは、天文観測と追加の夜間観光資源を統合しており、夜間環境の自然そのものに依存している。 このタイプの観光の発展は、現代の天文学と先住民の懸念との間の緊張を減らす上でも重要である。天文学は地域社会の発展の原動力となるのである。 イタリアのアマルフィ海岸の場合、この新しい時代の観光の最初の利用者は、地域社会の人々であった。そこでは、特別な隔離されたリゾートを作るのではなく、代わりに共通の遺産を楽しみながら共有するというスタイルがとられているのである。

科学の遺産は十分に認識されていないままであり、ロンドンで開催されたユネスコの科学技術に関する国際専門家会議（2008 年）でもその点は強調されていた。 この認識は、少なくとも天文学の分野では、観光事業という新しい概念を取り込むことから促進されうる。 さらに、星空というものは、有形遺産と無形遺産の強いつながりを際立たせる貴重なものなのである。

ケーススタディ 16.1： テカポ湖–アオラキ–クック山 星空保護区 (Lake Tekapo - Aoraki - Mount Cook Starlight Reserve)，ニュージーランド

マーガレット・オースチン、ジョン・ハーンショウ
(Margaret Austin and John Hearnshaw)

遺跡の特徴と分析

地理的位置：ニュージーランド南島の中央にあって、西にある南アルプスと東のツーサム山脈に囲まれた地域である。マッケンジー盆地の大部分とカンタベリー州のマウントクック国立公園を含んでいる。 テカポ、マウントクック、トワイゼルの村々が含まれる。

場所：南緯44°00.5′、東経170°28.7′（テカポ村）。 平均海抜は710m（テカポ湖）から3750m（クック山）の範囲。

概略：中心エリアはテカポ湖の南西岸にあるジョン山大学天文台（標高1032m）である。 テカポ村（人口約400人）は、ジョン山の頂上から直線距離で3 km離れている。 トワイゼル村とマウントクック村は、それぞれ頂上から40 kmと50 km離れている。どちらもジョン山からは見通せない。

遺物の目録：ジョン山大学天文台は4つの研究用の望遠鏡(開口径 1.8m、1.0m、0.6m、0.6m)を所有している。

歴史： ジョン山のサイトは、ペンシルベニア大学の米国科学財団（NSF）の資金を利用して1960年代初頭に調査された。 この天文台は、1965年にカンタベリー大学とペンシルバニア大学の共同天文学研究施設として設立され、協力関係は10年間続いた。

文化的/表象的側面：ジョン山のサイトはニュージーランドの主要な天文台であり、（南極の望遠鏡以外でいうと）世界最南端の天文台である。 マゼラン雲と天の川銀河の中心を観測するのに最適な場所である。

テカポとアオラキ/クック山地域には、山、氷河、湖、川など、並外れた風光明媚な素晴らしい景観がある。 動植物も他では見られないものがあるものの、その数は少なく保護されているかまたは絶滅の危機に瀕している。

光害は非常に少なく、大気の透明性は優れている。 1000年もの間、マオリ人達は、食べ物を集めるため、あるいは天空に定期的に現れる「夜の訪問者（星座）」を観察するためにこの地域を訪れたと言われている。

資料とアーカイブ： ジョン山についての情報は次のウェブサイトから得られる。

https://www.canterbury.ac.nz/science/facilities/field-and-research-stations/mount-john-observatory/

現在の遺跡の管理

現在の利用法：ジョン山天文台で行われている主な天文学的研究活動は、高解像度分光法と、変光星、マイクロレンズ、地球近くの小惑星の研究である。 このサイトは、地球物理学および大気の研究にも使用されている。 ジョン山にある45cm望遠鏡とテカポ近くのコーワン丘（Cowan's Hill）にある40cm望遠鏡は、公共アウトリーチ活動のために使用されている。

ジョン山やこの地域のその他の星空サイトへ観光客が訪問することは、レクリエーションと「アストロツーリズム」の両方で優れており、奨励されている。 この地域には、年間約3万人の観光客が日中に訪れ、さらに10,000人が夜間のスカイウォッチングのために集まってきている。

保護：光害は、ジョン山周辺の最大50 kmの広い範囲をカバーする照明条例によって制御されている（マッケンジー地区計画のセクション11-本節「管理」で後述のリンクを参照）。 この照明条例には住民がいる村が含まれているが、アオラキ/マウントクック国立公園は含まれていない。国立公園はニュージーランド国立公園法1980（本節「管理」で後述のリンクを参照）が唯一の保護策となっている。 国立公園を含む照明条例によって保護されているゾーンの拡張が現在計られている。

保存状態：ジョン山の科学的建造物は、カンタベリー大学によって、世界クラスの科学的施設に見合った最高水準で維持管理されている。 3人の大学職員が敷地内または近くのテカポ村に常駐している。 さらに保守管理担当者が定期的にジョン山を訪問し、建物のメンテナンスと状態確認、安全性の問題に対処している。

2005年以降、主要な観光スポットとなっているジョン山にある「アストロカフェ」と45cm望遠鏡は、観光地として適した基準で良好な状態に維持する必要がある。

地理的環境：マッケンジー盆地の環境は、主に高地の草むらが散在する土地（政府貸与の土地、crown lease land）で、残りは羊飼やレクリエーションに使用されている。 アオラキ/クック山国立公園は盆地に隣接しており、険しい峡谷、高い峰、氷河、いくつかの原生林がある。最終氷河期に形成されたテカポ、プカキ、オハウという3つの大きな湖がこの地域の地形を特徴付けている。

ジョン山のサイト自体は、ニュージーランドで最も乾燥していて日当たりの良い場所の1つであり、年間2200時間以上の日照があり、年間575mmの降雨しかない。

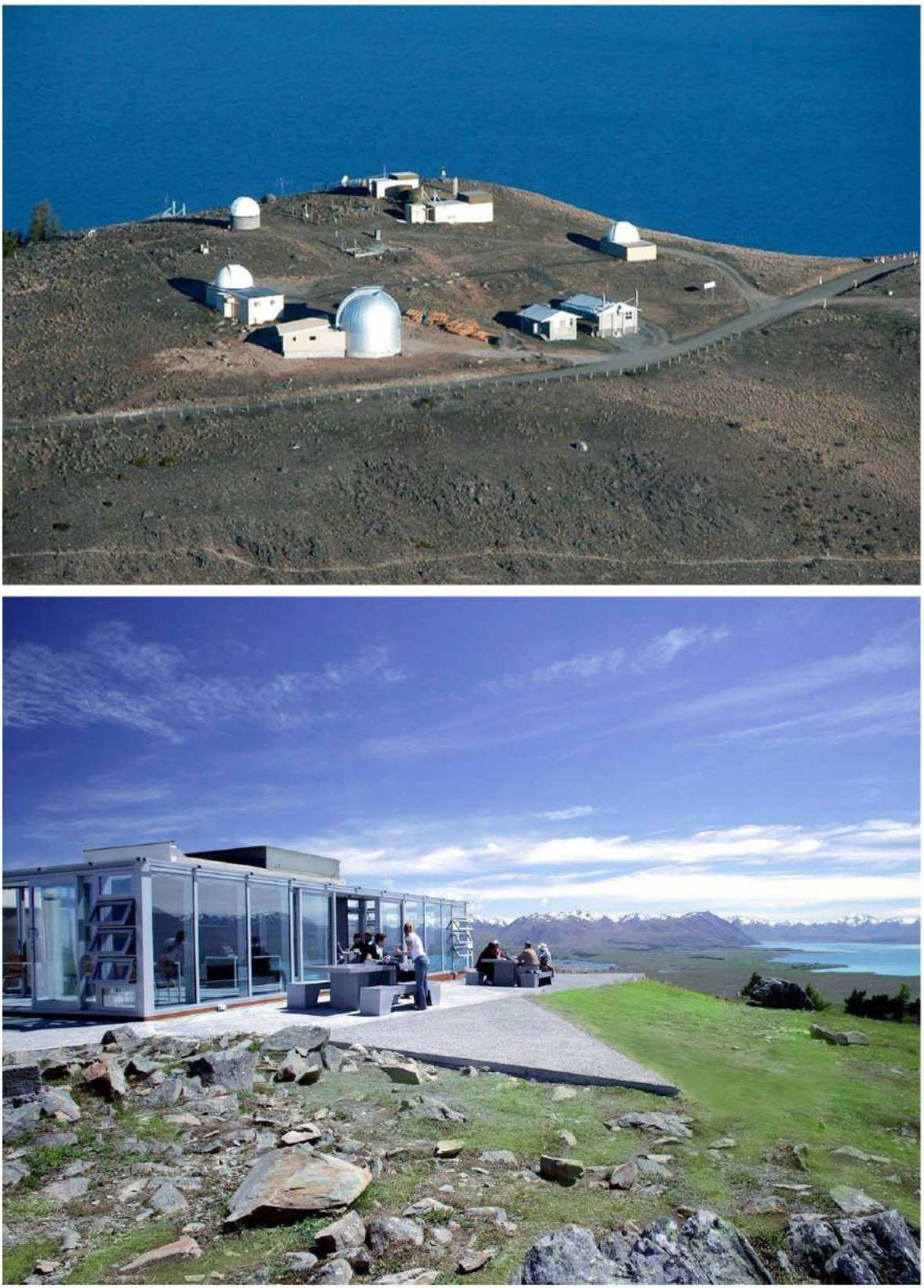


図16.1.1. 上: ジョン山大学天文台（空撮）。**下:** 「アストロカフェ」
写真© Fraser Gunn, Mt John Earth and Sky Telescope, New Zealandによる。

図16.1.2. ジョン山のMOA望遠鏡（Microlensing Observations in Astrophysics 、日・ニュージーランド共同プロジェクト）と銀河。写真 © Fraser Gunn, Mount John Earth and Sky Telescope, New Zealandによる。

損傷、破壊等の脅威： 照明条例の施行は警戒心をもって維持する必要がある。 年間100万人以上の観光客が他の目的地に向かう途中でテカポを通過し、そしてその多くは一晩滞在する。 観光が発展するにつれて、村の環境を注意深く保護することが不可欠となる。 幸いにも、マッケンジー地区評議会は、夜空を含む環境を保護する持続可能な開発に取り組んでいる。

ジョン山のサイトは、科学研究、教育観光、レクリエーションが混在するサイトである。 これまでのところ、これらの事業は成功しているが、慎重に制御されつつ監視する必要がある。

管理：マッケンジー盆地は主に政府貸与の土地であるが、残りは個人所有である。

マッケンジー地区評議会とは、マッケンジー盆地とアオラキ/クック山を管轄する地方政府の支部である。 理事会の地区計画は1991年の資源管理法の一部であり、1981年に初めて制定された照明条例が含まれている。

アオラキ/クック山国立公園は、ニュージーランド自然保護省によって管理および管理されている。これは ニュージーランド国立公園法1980に基づいている（以下のURL参照 http://www.legislation.govt.nz/act/public/1980/0066/latest/ DLM36963.html）。

カンタベリー大学は、 ジョン山の頂上3ヘクタールをニュージーランド政府から貸与されている。 株式会社Earth and Sky Ltdは、カンタベリー大学とジョン山で教育的なアストロツーリズムを運営することで合意している。 この活動は、ジョン山貸与の必須条件となっている。

ケーススタディ 16.2：東アルプス星空保護区とグロースムーグル星空オアシス (Eastern Alpine Starlight Reserve and Großmugl Starlight Oasis)、オーストリア

ギュンター・ヴフテル（*Günther Wuchterl*）

遺跡の特徴と分析

地理的位置：東アルプス星空保護区：オーストリア国内の各州（ニーダーエスターライヒ州、オーバーエスターライヒ州、シュタイアーマルク州、ケルンテン州）内にある。
グロースムーグル星空オアシス：ニーダーエスターライヒ州、グロースムーグルの自治体。

場所：東アルプス星空保護区：北緯46°52′～47°58′ 、東経13°35′～14°55′ 。標高は海抜約1000メートルから1500メートル。
グロースムーグル星空オアシス（中心領域）：北緯48°29′20″、東経16°13′20″。平均標高250m。

概略：首都ウィーンの西南西にある東アルプスには、サイズが約200×100 kmの楕円形の領域があり、そこでは周囲の高い山々が光害に対して十分な遮蔽となっており、夜空の暗さはほぼ完璧な自然状態である。 ウィーンの北にある非常に狭い別のエリアは、何百万人もの都市の住人が簡単にアクセスできる夜空の暗い「オアシス」を提供している。

図16.2.1. 東アルプス星空保護区のゲサウゼ国立公園で観測したオリオン座。手付かずの空に無数の星が散りばめられ、煌めいている。Photograph © M. Reithofer.

遺物の目録：東アルプス星空保護区は、約20,000 km²の面積で、アルプスの高さは3000mに達しており、ウィーンの西約150kmに位置している。 この地域の中心にある暗い夜空は、並外れた品質を持っている。 これは、山岳地形が中央ヨーロッパの光害と都市光の「ドーム」に対して幅80kmのシールドとなっていることと、周辺自治体が照明を低く抑えていることが効いている。標高が高いため、光の散乱や星明かりの減光も少なくなっている。

グロースムーグル・オアシスは、ウィーンの北約30km、アルプスの最東端の低い丘にある1.3km²の小さな領域である。 ここの空は手付かずの状態ではないが、天の川と数千の個々の星をはっきりと見ることができるほど十分に暗い空である（可視限界等級6）。 これは、丘が近くのウィーンからの光を遮っているからである。 オアシス内には、中央ヨーロッパで最大の青銅器時代の古墳の近くにある展望スポットがあり、海抜250mで360°遮るもののない地平線を目にすることができる。 自然保護区のライセル丘陵（Leiser Berge）と合わせると、星空オアシス は300 km²の広さとなる。

文化的/表象的側面：非常に明るく照らされている大陸であるヨーロッパの中心部に、自然に近い暗い夜空のある地域が存在することは稀有なことである。 さらに、東アルプス星空保護区は、ウィーン、サルツブルグ、リンツ、グラーツなどの人口密集地、および大陸を横断する主要な南北ルートに近接しているため、何百万人もの人々がこの地域に簡単にアクセスでき、手つかずの暗い夜空を見ることができる。 この点は非常にユニークな天然資源である。

グロースムーグル星空オアシスは、ウィーン市にさらに近いところにあり、面積的には狭いけれども素晴らしく暗い夜空を見ることができる。これは、市内中心部の聖シュテファン大聖堂からわずか33 kmしか離れておらず、オーストリアの人口の70%の人が簡単にアクセスできる所である。

図16.2.2. 真夜中に、東アルプス星空保護区内のゲサウゼ国立公園の南西端を、北東方向に眺めた光景。 沈みゆく月明かりが、2196mのアドモンテル・カルブリング（Admonter Kalbling）山を照らしている。 写真©Thomas Posch。

現在の遺跡の管理

現在の利用法：東アルプス星空保護区の夜空は、夜のハイキングや夜行性の動物の観察など、国立公園内での活動プログラムにすでに組み込まれている。その多くは、固有の自然夜間環境を活用した活動である。 この地域には、アドモントにある世界最大の修道院図書館やアイゼネルツの「鉄鉱山道（Iron Road)」の世界遺産イニシアチブもある。

グロースムーグル星空オアシスは、地元の学校や大学の天文学の授業で使用されているほか、レクリエーションやアマチュアの天文学にも使用されている。 オアシスは、暗い夜空を見るのに最適な条件を満たしている。適度な温度と十分な酸素（十分に低い標高）があるため、視覚が損なわれるということはない。

保護：グロースムーグルにある青銅器時代の古墳は、歴史的記念碑として連邦法によって保護されている。 それは自治体によって規制が掛けられている半径0.65kmの円形の非建築ゾーンに囲まれている。その記念碑に対して 10 kmの緩衝地帯が提案された。このゾーンには、既存の自然保護地域であるライセル丘陵（Leiser Berge）が含まれている。

星空オアシスは、グロースムグルの300世帯から成る自治体によって完全にサポートされている。 そこでは街路灯は100基未満に保たれている。夜空を保護する条例は、星空保護区を参考にして、市議会によって可決されたものである。

地理的環境：東アルプス星空保護区での裸眼で観察した時の空の質の良さは、世界で最高の場所で見るときとあまり差はない。 高度800mから1800mで測定すると、空の輝度は21.6（天の川の場合）から21.8 等 / 平方秒角（銀河の極の場合）になる。 1ミリルクスに近い光のレベルは、世界最高の天文サイトと区別がつかないほどである。 山がほとんどの自然大気光を遮っているので、谷での光レベルは100マイクロルクスを下回り、純粋な星明かりを浮かび上がらせる。 大気に逆転層が形成される場合には、大陸西部の砂漠や貿易風が安定して吹く火山島で得られるものと同様に、雲に覆われた谷の上部では極めて良い観測条件となる。

管理：東アルプス星空保護区の地域には、カルカルペン国立公園とゲサウセ国立公園（両方とも国際自然保護連合（IUCN）カテゴリーII)、デュレンシュタイン自然保護区（IUCN Ib）など10以上の自然保護区がある。 自然保護区と国立公園は、それぞれの行政機関によって管理されている。

青銅器時代の古墳地域は、歴史的建造物（Bundesdenkmalamt）として連邦政府機関によって保護されており、グロースムーグルの町と関連団体によって管理されている。

ケーススタディ 16.3：AURA 天文台（AURA Observatory)、チリ

マルコム・スミス（*Malcolm Smith*)

遺跡の特徴と分析

地理的位置：チリのコキンボ地域、ラ・セレナの東約80 km。

場所：セロ・トロロ：南緯30°10.2′、西経70°48.4′。標高2240m。
セロ・パチョン：南緯30°14.4′、西経70°44.1′。標高2700m。

概略：チリのAURA（天文学研究大学連合、Association of Universities for Research in Astronomy）天文台は、セロ・トロロとセロ・パチョンという二つの山頂にある二つの望遠鏡群で構成されている。 セロ・トロロは、現在チリで運用されているさまざまな国際天文台の中で最初のサイトである。 ここを切っ掛けとして、手付かずの夜空に魅了された世界の天文学者が、チリ北部を南半球の主要な天文学研究天文台のセンターにした。4m口径の広視野ブランコ望遠鏡は、1975年から1997年の期間の間、南半球で最大の光学望遠鏡であった。 ブランコ望遠鏡上の澄んだ暗い空は、宇宙膨張の加速を最初に発見した2つのグループの研究に不可欠なものであった。

遺物の目録：主要望遠鏡としては、4mのブランコ望遠鏡、口径8mのジェミニ南望遠鏡、4.2m SOAR（Southern Astrophysical Research）望遠鏡と、開発中の8.2mの大口径シノプティック・サーベイ望遠鏡（Large Synoptic Survey Telescope、LSST）がある。 他に、より小さな望遠鏡もある。 このサイトは、国際的な比較調査の結果、最近LSSTの建造地として選ばれた。 この望遠鏡は、3〜4夜ごとに全天を観測し宇宙の深部画像を撮影することになっている。

歴史：天文台はこのサイトで約50年間運営されている。

文化的/表象的側面：チリのAURA天文台は南半球に位置し、宇宙を観測するための特別な条件を持つサイトである。 これらのサイトは、自然や文化の要素を含め、並外れて優れた「科学と知識の窓」となっている。

現在の遺跡の管理

現在の利用法：天文台は上記の望遠鏡が備えられているサイトである。

研究とアウトリーチについては、天文台はラ・セレナの自治体および地元の大学と協力して200以上の学校のネットワークを作り、支援組織を形成した。 コキンボ州には、大規模な天文観光開発の機運が満ちている。 学校のネットワークや観光客からの需要に応えて、7つの公共および民間の天文台がこの地域に開設されている。

保護：サイト周辺のゾーンは、チリ政府によって「科学的関心のある」場所であると宣言されており、鉱業権益による侵入から保護されている。 探鉱作業を含むこの地域内の鉱業活動には、チリ共和国大統領の書面による許可が必要である。 緩衝地帯も整えられており、鉱業活動の要求を常に監視する正式なプログラムを通じて、鉱業活動から保護されている。

コキンボ州は、人工照明が最高令686/98（「ノルマ・ルミニカ」、チリ共和国の大統領によって署名された）の要件によって管理されているチリ北部にある3つの地域の1つである。 これによって光害から保護されている。

資産的なものについて、AURAは自主的にチリ政府のすべての環境保護要件に準拠し、それを超えている。

保存状態：建物と望遠鏡はよく整備されており、主要な研究施設の基準を満たしている。

チリ北部の空の質を保護するための国家事務所（OPCC）が設立されており、公教育を実施し、この自然遺産の保護において政府を支援する使命を担っている。 監督官庁である電力および燃料局（SEC）と地方自治体の監督下で、チリ北部の3つの主要な「天文学的」地域のすべての街路灯の約2/3が、「ノルマ・ルミニカ」の要件に準拠するために変更または交換された。
広帯域の人工的な空の明るさは地平線から高度10〜15度以内にあり、観測所の運用に干渉していない状態である。

地理的環境：ヨーロッパ、日本、アメリカ等の汚染された空に比べて、アンデス、太平洋、チリ北部の砂漠の夜空が肉眼で見て圧倒的に優れているため、「アストロツーリズム」が企画・実施された。 この自然と文化の遺産を認め、チリのコキンボ地域のモットーは、いまでは「コキンボー星・スターが煌めく地域」になった。

考古学的/歴史的/遺産研究：周辺の地域に存在していたディアギタ（Diaguita）文化とモーレ（Molle）文化はすでに絶滅している。 セロ・パチョンには、ロックアートの例が2つある（天文学とは必ずしも関係はない）。 モーレのサイトの統計的研究は、天文学的に関連することを明らかにするかもしれない。

損傷、破壊等の脅威：主たる脅威は光害である。ここはチリの主要な観測所サイトの中で最も脅威にさらされているところである。 他の重大な脅威は鉱業である。

管理：34,491ha（344.9km^2）の敷地全体は、天文学研究大学連合であるAURAが所有している。 AURAは、チリ政府から、さまざまな外交特権を持つ認定国際機関として認められている。 利害関係者は、AURA Inc.の40の国際会員機関である。

図16.3.1. セロ・トロロ　© David Walker, Creative Commons Licence

図16.3.2. セロ・トロロの夜景。 写真 © Arturo Gómez and José Velásquez / CTIO

ケーススタディ 16.4：マウナケア天文台（Mauna Kea Observatory)、米国 ハワイ

リチャード・ウェインスコート（*Richard Wainscoat*)

遺跡の特徴と分析

地理的位置：米国、ハワイ諸島、ハワイ島のマウナケア山頂。 オアフ島にあるホノルルから約300km離れたところにある。

場所：北緯19°49′ 、西経155°28′。標高4100m。

概略：マウナケア（「ホワイトマウンテン」）は、ハワイ諸島で最大かつ最南端のハワイ島にある休火山である。 太平洋盆地の最高点であり、世界で最も高い島の山であるマウナケアは、海抜4205 mの標高まで海底から測ると9750 mの高さがあり、その頂上は地球の大気が40%になる高さを超えている。 山頂での広大な火山の景観は、溶岩台地の上の噴石丘で構成されている。

マウナケアは天文観測サイトとして他に類を見ない場所である。 山の上の大気は非常に乾燥しており、これは天体からの赤外線および1ミリ以下の放射を測定する上で重要である。また、雲がなく、晴天の割合は世界で最も高い。 孤立した山の滑らかな形状は、その標高が高いため、地球上のあらゆる場所の中で最高品質の天文画像を得ることができる。 山頂の気圧は約600 mbである。

遺物の目録：望遠鏡としては、Keck IおよびII、Subaru、Gemini North、IRTF、UKIRT、CFHT、JCMT、CSO、SMA、UH 2.2mおよび0.9m、VLBAが設置されている。

歴史：マウナケアで最初に設置された口径2.2m大型望遠鏡が、天文台の上では非常に安定して乾燥した大気が存在していることを実証し、一連の大型望遠鏡の開発につながった。その多くは諸国連合または協力機関によって所有および運用されている。 マウナケアは最近、30メートル望遠鏡の建設予定地に選ばれた。

文化的/表象的側面：マウナケア天文台は、宇宙を観察するための例外的に優れた条件を備えたサイトである。 このサイトは、自然や文化の要素を含め、並外れた「科学と知識の窓」と考えられる。

現在の遺跡の管理

現在の利用法：天文台は上記の望遠鏡群を収めているところである。

マウナケアビジターセンターは年中無休で、週末と夕方の星空観察の山頂ツアーを提供している。 年間訪問者数は25万人を超える。 マウナケア天文台の天文学者やスタッフも、ハワイ島全体やハワイ諸島の他の場所で広範囲なアウトリーチ活動に従事している。

図16.4.1. マウナケア天文台。左から Subaru, Keck I と II, そしてIRTFの望遠鏡群がみえる。写真 © Sasquatch at Wikimedia Commons クリエイティブコモンズライセンス。

保護：天文台周辺のゾーンは「マウナケア科学保護区」と呼ばれ、使用が厳しく管理されている。 この保護区の一部が天文学での使用に指定されている。天文台周辺の土地のパイ型の部分は、「マウナケア氷河期保護区」として保存されている。ハワイ島の照明条例は、人工光とその観測所への有害な影響を抑制するために制定されたものである。

科学保護区の周りの広い領域は、ハワイ州が所有する保存地域である。 山頂から25 km以内に住んでいる人はほとんどいない。

保存状態：天文台は40年間運営されている。 建物と望遠鏡はよく整備されており、主要な研究施設の運営基準に達している。

照明条例は20年間実施されており、夜空を適切に保護している。ただし、島には、その前に設置されたか、あるいは違反して設置されて条例に準拠していない照明が多数ある。今後、善処されることが期待される。 現在のレベルの光害は研究に影響を与えてはいない。

近くのキラウエア火山の継続的な噴火は、大量の火山ガスと煙霧を生み出している。これらのガスは、ほとんどの場合、気温の逆転層によって低高度で捕捉され、天文観測に影響を与えていない。

地理的環境：頂上地域は、ハワイ先住民にとって神聖な場所である。 このエリアは、複数の噴石丘、標高の高い湖、氷河のモレーン地帯で構成されている壮大な自然景観となっている。

考古学的/歴史的/遺産研究：古代の釿(ちょうな)採石場は頂上の南にあり、最後の氷河期に溶岩が氷河で冷やされて非常に固い岩が形成されたところである。 ここの硬い岩は、ヨーロッパ人が来る前のハワイ人によって道具として使用された。 頂上地域の周辺には、数多くの考古学的遺跡がある。

損傷、破壊等の脅威：主な脅威は、近隣の都市部からの光害である。 人口増加は主に島の西側（乾燥/透明）側で発生しており、人工光の増加につながっている。

管理：マウナケア科学保護区と氷河期保護区はハワイ州が所有している。 これらの保護区周辺の広い地域もハワイ州が所有している。

頂上エリアは、ハワイ大学のマウナケア管理局によって管理されている。 警備隊は、保護の目的で、また訪問者に問題が起きたときそれを支援するために、頂上エリアをパトロールしている。 頂上を取り囲むより広い保護地域は、ハワイ州の国土天然資源省によって管理されている。

それぞれの望遠鏡のサイトはハワイ大学から転貸されている。 ハワイ大学は、ハワイ州からマウナケア科学保護区をリース借用している。 リースは2031年に期限切れになる予定である。

ケーススタディ 16.5：カナリア諸島天文台群（Canarian Observatories）、スペイン

カシアナ・ムニョス＝ツニョン、ファン・カルロス・ペレス・アレンシビア
（*Casiana Muñoz-Tuñón and Juan Carlos Pérez Arencibia*）

遺跡の特徴と分析

地理的位置：ロケ・デ・ロス・ムチャチョス天文台（ORM）はスペイン、カナリア諸島、ラパルマ島のカルデラ・デ・タブリエンテ国立公園の端にある。 テイデ天文台（OT）はスペイン、カナリア諸島、テネリフェ島のテイデ国立公園の近くにある。

場所：ORM：北緯28º46´，西経17º53´，標高2396m。
OT：北緯28º18´，西経16º30´，標高2390m。

概略：カナリア諸島天体物理研究所（IAC、Instituto de　Astrofísica de Canarias）の2つの天文台—ラパルマ島のロケ・デ・ロス・ムチャチョス天文台（ORM）とテネリフェ島のテイデ天文台（OT）—この両者は天文保護区を構成しており、国際社会が利用できるように整備されている。 天体観測のためのカナリア諸島の空の質の良さは、世界中から認められてきた。 島々は赤道の近くに位置しているが、熱帯低気圧が届かないところにある。 北天半球全体と南天半球の一部を観測できる。 天文台は海抜2400mにあり、貿易風によって生成される気温逆転層のさらに上にある。 これにより、望遠鏡設備は常にいわゆる「雲の海」の上にあり、海によって安定化された大気はきれいで乱流のない状態になる。

遺物の目録：現在、2つの天文台には、19か国の60の科学機関に属する望遠鏡やその他の機器が、IACのラ・ラグーナ（テネリフェ島）の天体物理研究所とブレニャバハ（ラパルマ）のラパルマ天体物理センター（CALP、Centro de Astrofísica en La Palma）の科学的および技術的リソ

ースとともに設置されている。 主な望遠鏡は次のとおりである。

ORMにある望遠鏡：

10.4mグラン・テレスコピオ・カナリアス（GTC)、4.2mウィリアム・ハーシェル望遠鏡（WHT)、3.5mテレスコピオ・ナツィオナーレ・ガリレオ、2.56mノルディック光学望遠鏡（NOT)、2.5mアイザック・ニュートン望遠鏡（INT)、2mリバプール望遠鏡、1.2m MERCATOR、0.45mダッチ・オープン・テレスコープ（DOT)、1m太陽望遠鏡（SST)、MAGIC IおよびII（超高エネルギーガンマ線検出)、SuperWASP-North（ロボット天文台)。

OTにある望遠鏡：

1.55m CARLOS SÁNCHEZ、1m OGS、0.8m IAC-80、0.5m MONS、0.4m OTA、1.5m GREGOR（太陽望遠鏡)、0.9m THEMIS（太陽望遠鏡)、0.7m VTT（太陽望遠鏡)、0.3mブラッドフォード・ロボット望遠鏡、 1.2mロボット望遠鏡STELLA。

歴史：スコットランドの王室天文学者チャールズ・ピアッツィ・スミスは、1856年からテネリフェ島の山頂で天文学的実験を行った。

文化的/表象的側面：カナリア諸島の天文台は、総体として天文学において重要な役割を果たしてきた。たとえば、ガンマ線バーストの光学的対応物が最初に観測された場所であり、我々の銀河の中にある恒星サイズのブラックホールの明確な証拠（数十年にわたって求められていたもの）が得られ、最初の褐色矮星が発見されるのに寄与した場所である。 現在、世界最大の光学および赤外線望遠鏡であるGTCは、私たちの宇宙で最も遠く、最も暗い物体を「見る」ことができ、我々の宇宙がどのように創生されたかについての多くの疑問への答を得るのに役立つであろうと期待されている。

図16.5.1. グラン・テレスコピオ・カナリアス。(GTC). 写真 © Pablo Bonet

カナリア諸島の天文台は、宇宙を観測するための例外的に素晴らしい条件を備えた、世界的なサイトである。 これらのサイトは、自然や文化の要素を含め、並外れて優れた「科学と知識の窓」である。

テイデ山は、特に地質学と大気の研究の分野での現代科学への貢献が世界的に有名である。 テイデ国立公園は、自然基準（vii）および（viii）に基づいて、2007年に世界遺産リストに登録された。 その自然科学との関連性は明らかで、「この地域は、特にフォン・フンボルト、フォン・ブッシュ、ライエルの研究を通じて、地質学や地形学に長く影響を与えて

きた国際研究の主要な中心地であり、火山学の歴史上重要な場所である」と述べられている。この地域では、先駆的な大気観測も行われた。 この文脈で考えると、この土地が持つ天文学的な価値と重要性に照らして、世界文化遺産に申請することは理にかなっていると思われる。

現在の遺跡の管理

現在の利用法：天文台には上記の望遠鏡が設置されている。ORMとOTは双方ともに何十年もの間、天文学の普及と解釈において集中的な活動を行ってきた。 毎年3万人以上の観光客が夜間テイデ国立公園を訪れ、星を観望している。 ORMは年間約5000人の訪問者を受け入れている。 ラパルマは現在、星空観光の目的地として確立されている。

保護：両天文台が配置されている地域全体が高いレベルの保護を受けている。 両天文台はヨーロッパの保全特別地域内にあり、国立公園の端に位置している（下記も参照)。カナリア諸島の天文台の天文学的品質は、1988年に承認された国の特定「星空法」(「レイ・デル・シエロ」— 1988年法律31）の下で保証されている。

この規制の発展のお蔭で、ORMの周囲9 kmにわたって高いレベルの規制がかかる「コアエリア」が確立されている。 ラパルマ島の残りの部分（天文台の周囲25 km）は、高度に保護された緩衝地帯と見なされている。一方、外部ゾーンは、ラパルマ島の天文台の周囲100〜160 kmのエリアで、テネリフェ島も含んでいる。 規制は、ラジオ電波や大気汚染（標高1500m以上の放出源の禁止)、および航空交通も対象としている。

保存状態：星空（保護）法が22年間施行されており、特にラパルマ島では夜空を適切に保護している。 IACはORMとOTの保護を促進することの重要性を長い間認識しており、1980年代後半に星空品質維持グループ（Sky Quality Group）を設立し、1992年に星空保存の技術事務所（OTPC）を設立して星空保護法の適用に関するアドバイスを提供した。 保護のレベルは近年強化されており、地元住民の初期の抵抗感を克服している。 今後、さらなる強化が望まれる。現在のレベルの光害は研究を危険にさらすことはなく、空の品質は高水準を維持している。

地理的環境：どちらの天文台も、環境の観点から最良のエリア内にあり、例外的に素晴らしい自然の風景を持つ。 ORMは、ラパルマ生物圏保護区のコアゾーン内とカルデラ・デ・タブリエンテ国立公園の緩衝地帯内にある。 OTはテイデ国立公園の近くの火山噴石に覆われた山の上にあり、テイデ山の壮大な景色を目にすることができる。

考古学的/歴史的/遺産研究：ロケ・デ・ロス・ムチャチョスの近くには、ラパルマ島の古代住民であるアワラの天文学的な遺産の一部である「ラノ・デ・ラス・ラジタス」の先史時代の祭祀エリアがある。

損傷、破壊等の脅威：主な脅威は、他の天文台サイトと同じく、光害である。

管理：どちらの天文台の土地も地方自治体が所有し、IACによって管理されている。 IACは行政上1982年に制定法によって作成された公共コンソーシアムとして構成されており、スペイン政府、カナリア諸島政府、ラ・ラグナ大学、スペイン科学研究評議会が参画している。

図16.5.2. テイデ天文台。テネリフェ、カナリー諸島 © Instituto de Astrofísica de Canarias

最終章
ユネスコ世界遺産条約から見た天文学的遺産：専門的かつ合理的なアプローチ方法の開発

ミシェル・コット、クライブ・ラグルス（*Michel Cotte and Clive Ruggles*）

総論

ユネスコに『天文学と世界遺産イニシアチブ』が設立された際の目的の 1 つは、世界遺産リストに天文学関連の遺産が推薦されることを促進することであった。世界遺産リストに掲載されることは、科学の成果が広く世に認められ、賞賛されることを意味する。人間はこれまで様々な分野で科学的挑戦を行ってきた。挑戦を通じて、問題を調査し、方法論を開発し、科学的遺産一般に適用できるような原則と枠組みを特定しようとしてきた。 しかし、すべての人間の文化に天空が認識され、その結果「天文学」があるという意味で、天文学的遺産は人類に普遍的なものであるという利点がある。天文学は、古代から現代に至るまで、地理的な位置を問わず、あらゆる文化的文脈に存在してきたのである。

世界的なバランスを重視している世界遺産リストに、優れた天文学的遺産を加えるための最良の方法とは何であろうか？ その前提条件として、世界で最も価値のある天文遺産が特定され、保護され、振興されていること、そのための専門的かつ合理的なアプローチ方法が開発され確立されていることが必要である。その一方で、開発するべきアプローチ方法は、現在適用されている世界遺産条約の内容と合致していなければならない。したがって、図 17.1.に要約されているようなフレームワークに従う必要がある。

以下の議論では、「天文遺跡」とは、天文学との関係から生じる文化的価値または自然的価値の一部（必ずしもすべてではない）を持つ文化財であると見なしている。 図 17.1.から明らかなように、遺跡の価値の属性がすべて天文学に帰するような場合であっても、”顕著な普遍的価値（Outstanding Universal Value; OUV）” に該当すると提案する際には、より幅広い文脈、つまり、文化的（または自然的）事項を考慮する必要がある。

議論は大きく 3 つの部分に分けられる。

（1）テーマ別研究から生じる一般的な傾向と問題

（2）天文遺産の評価

（3）信頼できる資料の作成

の 3 つである。この本における各章やケーススタディは、世界的に有名な場所から、（今のところ）ほとんど知られていない場所まで、意図的に幅広く選んだ。それを利用して、主なポイントを説明していこう。

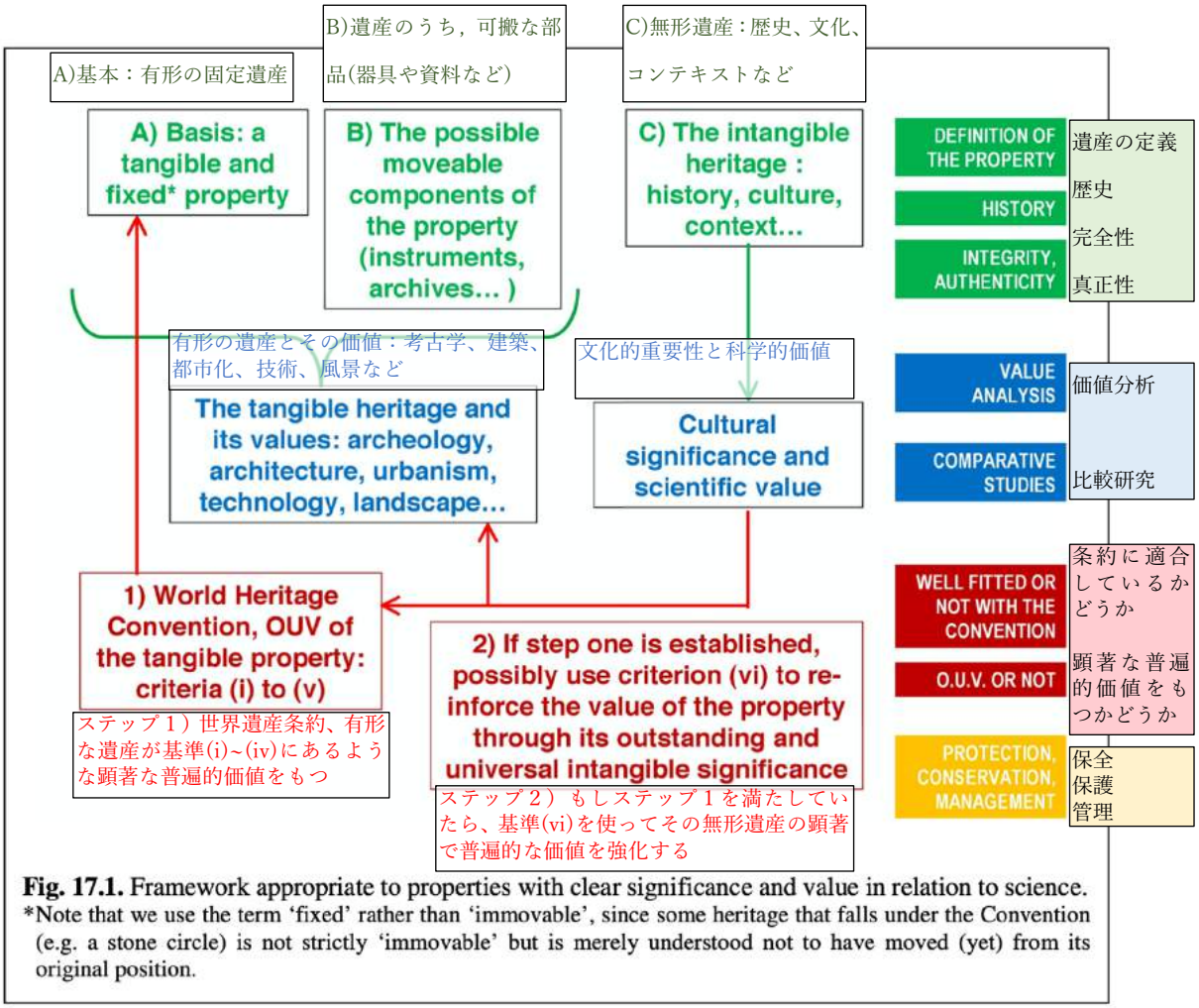


Fig. 17.1. Framework appropriate to properties with clear significance and value in relation to science. *Note that we use the term 'fixed' rather than 'immovable', since some heritage that falls under the Convention (e.g. a stone circle) is not strictly 'immovable' but is merely understood not to have moved (yet) from its original position.

図 17.1. 科学的に明らかに重要で価値を持つ遺産に適用するフレームワーク。 *「不動/不可搬(immovable)」ではなく「固定(fixed)」という用語を使用していることに注意。条約に該当する一部の遺産（ストーンサークルなど）は厳密に「不動/不可搬」ではなく、元々あった場所から（今のところまだ）移動されていないだけであると理解されているためである。

一般的な傾向と問題点[1]

天体や天文イベントに対するある程度の関心があったことは、ほぼすべての人類社会の特徴であることに疑いの余地はない。昔の人々にとって、空は目に見える世界のうちで、際立っておりかつ不変の部分であった。繰り返されるサイクルは、周囲の環境の変化に応じて人間の活動をコントロールことに役立ち、かつ、宇宙と調和して生きることに役立った。場合によっては、これは単に季節的な生存サイクルを維持するためであったが、支配的なイデオロギーや複雑な社会階層を形作る一端を担うこともあった。最初のスカイウォッチャーから現代の天文学者や宇宙学者に至るまで、空に対する積極的な関心を持つ人々を最も明確に結びつけるのは、知識と理解への探求、つまり最も広い意味での「科学」である。 天文学は、人類が根本的にもつ属性であり、す

[1] 【原注】他に参照すべき資料として、2009 年 UNESCO 発行の『世界遺産 第 54 巻』の中の、「天文学と世界遺産」（クライブ・ラグルス）pp.6-15, 「天文学と考古学の遺産：理解を深めるための共有テーマ研究」（ミシェル・コット）pp.81-83 を挙げておく。

べての年代、土地、人間社会に共通する人間文化の重要な側面である。

一方で、空を観察する方法は人それぞれであり、人間の文化での天文学の表出も様々である。そのため、天文学関連の遺産を比較・評価することにはかなりの困難を伴う。主な困難の一つは、様々なテーマのエッセイやケーススタディが明確に示しているように、異なるタイプの遺産（「序論」で定義されている）が頻繁に重なり合っていることにある。 これに加えて、利用可能な証拠の種類が違えば、元々の慣習についての洞察の種類やレベルも異なる。例えば、先史時代の社会の遺産では、純粋に考古学的な証拠品しか見つからないし、後の時期の遺産では、利用できる歴史的で直接的な記録が豊かに存在する。 どちらの場合でも、その解釈は人類学的であろうと歴史学的であろうと、健全な理論的原理と確固とした方法論に基づいている必要がある。 しかし、考古学的遺物から得られる多くの洞察には、多くの仮説を含み、議論の予知が残っている。これらの考古学的遺物は、歴史的な事例と比較すると、しばしば貧弱に思えるかもしれない。しかし、そのような洞察のなかには、比類のないものである可能性があることを心に留めておかなければならない。

本書における天文学の意味

現代の科学では、天文学的実践は「合理的」なものが多いが、昔の（おそらく実は現代でも）天文学的実践は、より広範な文化活動全体と切っても切り離せない関係にあった。 その結果、より広い属性をもつ人工物や建築物といった物質的な遺産の中に、天文遺産が奥深く組み込まれていることが多い。 たとえば、チリのビニャ・デル・セロの遺跡（ケーススタディ 3.4）は、資源採掘、聖地、暦、風景といった、様々な属性をもつ天文遺産の優れた例である。 この例が我々におしえてくれるのは、（ほとんどの場合、）「天文学的遺産」はそれ自体だけに焦点を当てるべきではなく、それが属するサイト全体を考慮すべきということである。つまり「天文学は、サイト全体の一部分にすぎない」ことを意味するのである。[2]

このような混在型の遺産は、すでにいくつか世界遺産リストに掲載されている。ストーンヘンジ（ケーススタディ 2.1）、ギザのピラミッド（ケーススタディ 8.4）、サマルカンドのウルグ・ベグ天文台（ケーススタディ 10.2）、グリニッジ王立天文台（ケーススタディ 12.1）などである。こういった場合、その天文学的な価値を完全に切り離して認識することは難しい。 天文学がある遺跡の「顕著な普遍的価値」の一部分として認識されなかった場合、天文学的な価値を認める再推薦を目指して努力すべきである。同時に、その価値は少なくとも国家レベルで認められ、管理システムで保護されている必要がある。

ウルグ・ベグの天文台は、その時代の中央アジアにおいて、都市、社会・政治史、建築・装飾史、芸術の文化的実践など、異なる文化分野からの価値が相互に強化された例である。 ジャイプールのジャンタル・マンタルに隣接する都市環境（ケーススタディ 6.1）は、複数の価値が 1 つの遺産に集められている同様の例である。 登封市天文台（ケーススタディ 5.2）は、13 の寺院、塔、修道院、庭園などの広大な遺跡の一部を形成している。

天文学の表出の形は様々であるが、決して単体で存在することはない。したがって、天文学に

---

[2] 【原注】この文脈での優れた例は、ポツダムのアインシュタイン・タワー（ケーススタディ 12.5）であり、卓越した科学的性質と建築物としての美しさを兼ね備えている。

関連する遺産の価値を検討する場合は、その歴史的時代、その特定の社会における、天文学と他の人間文化の構成要素との間の相互の関わりを十分に考慮して検討する必要がある。これは、天文学に関連する遺産を世界遺産に登録したい人にとっては明らかに重要なことである。しかし実は、すでに記載されている遺産においても、社会における天文学の役割の分析は比較的貧弱であり、時には完全に欠けていることもある。条約の規則に従って登録された多くの遺産を「再読」し、場合によっては「再評価」することが、真の課題となっている。

天文学の遺産は、複雑な表記システムを用いて記述されている場合が多い。 例えば、天文学の観察は、未来を予知したいというニーズ（繰り返し起きる現象の予知であるとか、現代では「合理的」な環境下で起きる仮説の「テスト」など様々な理由による）に結び付けられることがしばしばあった。そして、予知した未来を記述するための様々な形態の記号や表記法が開発され、使用されていた。その結果、天文遺産を解釈するには、人間と天空の間に存在する多様な関係を、人工物に施される表現を通して調べることとなった。 これには、表記法や絵画はもちろん、空を「象徴」しているとみられる様々な建築物も含まれる。そのような建築物は、天と人間の関係性、つまり、宇宙に対する人間の認識を地球上で物質的に表現したものであると考えられる。 また、検討の手順や観察方法が適切であることに加えて、多様な信念と行動様式（魔法、科学、占星術、現代の合理的な天文学、宗教的信仰、物理法則など）も考慮しなければならない。

このように考えていくと、「科学」という言葉の意味を、単純な用語としても、また、より複雑な認識論的問題としても、再検討する必要があるのではという思いが巡る。冒頭では、現代の「合理的」な探求方法（科学の狭い定義）と、ある種の認知構造を世界に当てはめることでその性質を理解しようとする試み（広い定義）との間の、単純な二分法を提示した。ただし、より微妙な論点として、天文学において「純粋な科学」と呼べるものが何なのかについては、完全に未解決のままであり、文脈に依存している。 天文学が未来予測に関連していることは確かであり、人類学的な意味での宇宙論や宗教やイデオロギーとも関連している。「純粋な」科学または「純粋な」天文学とは何かという問は、おそらく学問とは関係のないものである。ただし、天文学の信念や実践が、社会的・文化的背景とどのように繋がっていたのかを調べることは、遺跡の天文学的価値を理解することに役立つ効果的な方法である。

天文遺産の重要な側面として、天文学で培った技術と工学を他の科学に応用することがある。シュトルーベ・アーク（ケーススタディ 14.1）は、天文学が地球科学に応用された例である。 宇宙科学は、宇宙で行われる科学という意味で、天文学を含む可能性があるが、宇宙科学の固定遺産は純粋に工学的なものである（第 15 章および以下を参照）。

文化遺産の分類

各章で取り上げたトピックでは、序論で定義された天文遺産の 3 つの分類（「有形不動遺産」、「有形可動遺産」、「無形遺産」）が、異なる時代や環境下でどのように相互に関連しているかを説明している。世界遺産条約は、（無形の証拠を通じて評価される）有形不動遺産に焦点を当てているが、我々は世界中の遺跡を研究するにあたり、不動だけでなく可動、有形だけでなく無形の遺物も取り上げる義務がある。なぜなら、初期の天文学的証拠は、例外なくほぼすべてがこういった無形可動の形態をとっているからである。 たとえば、古代メソポタミアの天文学に関す

る知識は、可動の楔形文字板からもたらされており、他の文化における天文学にも無形の遺産が多く存在する（第 7 章）。

他のケースでは、遺産のとる形態のそれぞれが、天文学の異なる側面を反映していると考えられるものがある。そのような典型的な例が、古代ギリシャ（第 9 章）である。古代ギリシャでは、歴史的文書は主に学者達エリートが記したものであり数学的天文学の発展に関連している一方、重要な物質的な天文学遺産（古代寺院群など）の多くは、一般の人々が行っている宗教的活動における天文学と関連している。 こういった古代の形態は、現代の科学天文学の歴史の重要な部分を形成しているにもかかわらず、考古天文学的証拠は天文学の歴史家によってほとんど無視されている。 しかし、それは文化天文学（人類学）の観点からも明らかに重要なものである。固定遺産に焦点を当てた古典的な遺産へのアプローチは、そのバランスを是正する方が良いと思われる。

イスラム天文学（第 10 章）は、有形固定遺産の保存状態や利用可能性と、天文学の発展に関連する他の形態の遺産の間で、他には見られない独自のバランスを保っている。歴史的資料に基づくと、12 世紀から 16 世紀にかけてのイスラム世界における天文学の発展のいくつかの側面を非常に正確に説明できる。また、イスラム世界の天文学は、古代ギリシャの天文学や、その後のヨーロッパの再興期やインドのムガル帝国での科学的天文学の発展につながっており、重要な礎となっていることを我々は知っている。その時代の数学的および観測的天文学の発展において、イスラム天文台の存在は非常に重要であったことは間違いないが、一つも現在まで完全な状態で残っているものはない。 すなわち、イスラム天文学の証拠そのものであり、発展を根本的に支えていた固定遺産は、そのほとんどが失われてしまったのである。 こういった状況において、イスラム天文学の発展における主要で重要な観測所であるマラガ天文台とサマルカンド天文台が、部分的にでも現存していることは、幸運であると言える。 このことは、マラガ天文台とサマルカンド天文台の天文遺産としての価値をさらに高めており、真正性や完全性について疑問を呈せられても、その重要性は失われない。

遺産のさまざまなカテゴリ間のバランスは、有形不動遺産の価値を考える上での重要な検討事項であり、同時にさまざまな問題を提起する。 たとえば、持ち運び可能な遺物である旧石器時代の可搬アートの場合、人間が天空についてどのように知覚し、利用していたかについての洞察の資料を提供してくれる（ケーススタディ 1.1〜1.3）：

- たとえすでに博物館のコレクションから取り除かれてしまっているとしても、その存在は発見の場所の価値を高めるものであるか？
- 天文遺産の観点から重要なのは物体そのものである場合、発見場所に焦点を当てる必要がそもそもあるのか？
- 遺物の真正性とは、その物自体が「真正」（損傷/復元の欠如など）であるかどうかよりも、考古学的環境の信頼性と関係があるのか？

タイムスケールの端から端へとジャンプして現代に目を移し、宇宙遺産（第 15 章を参照）の「不動」と「可動」の遺産の問題に焦点を当てよう。 ニール・アームストロングの着陸地点や最初の足跡などのように、月の上の「不動」の場所は、地球から見ると相対的に移動している場所である。 一方、地球上のある地点から見ると静止している静止衛星は、「不動」の物とはみなさ

れない。 明らかに、運動の相対性は、これらの場合の遺産評価の基準としては不十分であるように思われる（現代物理学が生み出した優れた成果ではあるのだが）。どうにか合理的な結論を出すとすれば、「不動」と「可動」の二分法は、特に天文学遺産、または一般に科学または技術遺産の分類基準としてはほとんど意味がないということである。

天文学に関連する有形または無形の遺産

広義でも狭義でも、「科学」としての天文学の核となる遺産とは、アイデアや知識や理解といったものであり無形のものである。 電波天文学の歴史的発展に関する第 13 章は、有形と無形が現代の文脈で密接に絡み合っている優れた例であり、本書の各章でこの問題にある程度取り組まれている。

遺産が有形か無形かという問題は、先住民が天文学を利用している場合（第 4 章）にも当てはまる。第 4 章に記載されているエチオピアの先住民の暦の例は、少し視点が異なる。それは、それまで人々が暦の発展のために「絶対に必要」であると思っていた多くの方法を覆しており、人類学の観点でも非常に重要なものである。 しかし、それはまた、世界遺産条約にとっても重要な問題を提起する。 マリのバンディアガラの断崖（ドゴン族の土地）など、現存する暦の慣習を伝える有形の世界遺産は、「文化的景観」の一部として保存可能ではあるかもしれない。しかし、暦のように無形の性質をもつ天文遺産を維持し、保護するために、これが適切な方法であるのかどうかは不明である。[3]

無形遺産は科学と芸術の発展において重要であることは確かだが、世界遺産条約の目的は個人の業績を讃えることではない。 したがって、モンクウィアマス（ケーススタディ 11.1）のように、その場所が優れた人物や人物による発見に結びついている場合は、それ自体では価値を為さないことになる。

スペース遺産

スペース遺産（第 15 章）は、実際には天文学の遺産ではなく、科学一般および技術の遺産であると言える。 それにもかかわらず、遺産へのアプローチに関する新しい問題を提起するという点で、この研究では重要である。

「スペース遺産」という用語は、宇宙旅行の遺産と広く誤解されているが、実際には宇宙科学、またはもっと直接的に宇宙の「技術工学」、つまり宇宙で実行された様々な科学的活動をサポートする一連の技術利用を指しており、天文学（研究）はそのほんの一部分でしかない。 宇宙科学の活動は、定義により他の天体（例：月や火星）または宇宙空間のいずれかで行われるため、世界遺産条約の締約国の領土に有形の遺産を残すことはない。 これにより発生する問題の例は次のとおりである。

- 所有権について。 衛星が軌道に乗って運用状態に入ると、それは国際的な所有物になるのか？ （これは宇宙に関する国際法への問題提起である。海事法にも類似点がある。）
- 保存について。 スペース遺産に関する文書一式については、「保存しない」方針や「観察す

[3] 【原注】伝統的な「ムルシ国」の一部は、古生物学的および先史時代の遺跡で有名なエチオピアの世界遺産「オモ川下流域」の一部として記載されている。

るだけ」に努めるという管理システムは受け入れられるのか？ 実際のところ、他に実行可能な方法はほとんどない。

- 遺産の期間について。 はっきりと定義されない場合も多いが、軌道上を周回するオブジェクトが最終的には地球に落下する場合のように、明らかに期間が一時的である場合もある。

天文学に関連する文化遺産と自然遺産

プニュクス（ケーススタディ 9.1）は天文学の歴史にとって重要な場所である。歴史的な記録によれば、ギリシャの天文学者メトンが紀元前 5 世紀に至点を観測し、暦のサイクル「メトンサイクル」を発見した場所と言われている。メトンが実際に観測を行ったことを証明する具体的な遺産は、不動のものも可動のものも、全く存在しない。しかし、メトンの観測はきっと、地平線（3 km 先の丘によって形成された）を利用していたと思われる。 この意味で、自然の風景は「観測装置」の一部となっており、その場所の天文学的な重要性を直接的に担っている（ただし、これを世界遺産として認識することは難しいと思われる）。

多くの先史時代の歴史的建造物は、太陽の昇交点や降交点と重なるように配置されていたり（ケーススタディ 2.1 や 2.2 など）、遠くの丘の斜面や山頂など特徴的な自然の景色を見渡せるような場所に配置されていたりする（たとえばケーススタディ 4.2 など）。こういった自然の形を「観測道具」と見ることは誤解を招くだろう。自然そのものの主要な機能は観測ではないからである。しかし、その配置は人工の建造物を周囲の風景を結びつけており、天文学との関連性に大きく寄与している（場合によっては、その重要性全体を担うこともある）。構造物が地平線への遠望とぴったり重なった時の風景は非常に印象的である。したがって、自然の景観（場合によっては景観内の特定の場所）は、非常に現実的な意味で遺産の価値に貢献していると見なさなければならない。そして、自然の景観を損なわないように保護し、見通しの良さを保つような管理システムが必要である。同時に、天文学的目的のために利用されている自然のサイト（現在と過去の両方で、主張を裏付ける明確な証拠がある場合）は、「文化的景観」のサブカテゴリに分類すべきという考え方もある。

他に関連する問題として、遺産の除去が挙げられる。アブ・シンベルやナブタ・プラヤ（第 8 章を参照）のように、遺産そのものの保護を目的として除去される場合もある。もし、遺産が周囲の風景と結びついている（配置など）場合、それが除去されるということは、不動の遺産として世界遺産に登録されている資格がなくなるというだけに留まらない。なぜなら、天文遺産としての価値は、その自然の風景との結びつきにあり、それがなくなるということは、遺産の完全性が根底から破壊されるからである。

天文学的な配置を組み込んだ人工の建造物も、もちろん、特定の天体と認知的な意味での「結びつき」がある。この結びつきは、太陽や星などが昇るときや沈むときに、周期的に「明示」される（視覚的に再確認さる）。 同様のケースが光と影の「ヒエロファニー」（ケーススタディ 9.3 や 11.2 など）で、人工の建造物と天体の間の直接的な接続が定期的に「物理的に」作られる。 より一般的な意味で言うと、すべての天文遺産は天空と結びついている。

空の視界の良さ

多くの古代遺跡において、肉眼によって天文現象の観察がされていたことを考えると、現在でも実際にその現象を観察できるかどうかは、その遺産の評価や保存に関連する検討事項に加えるべきことであろう。 たとえば、ギザのピラミッド（ケーススタディ 8.4）で起こる様々な昇交現象は、カイロのスモッグが原因となり、現在では見ることができない（第 8 章を参照）。 多くの遺跡は夜間の観測に関連しているため、夜空の視界の良さは重要な検討事項である。

条約の適用という点で言うと、有形文化遺産を評価するための基準を、「スターライト保護」や「ダークスカイ公園」（ケーススタディ 16.1 および 16.2）に見られるように、ある意味、遺産におけるネガティブな定義（人工的な光の少なさ）にまで拡張することは難しい。 代わりに、自然の価値という観点からこの問題は検討されるべきである。

とはいえ、天文学の歴史に関連する科学的価値（および一般的な文化的価値）の観点からは、夜空を満足に観測するための前提条件として、人工光が多いか少ないかを知っておくことは非常に有効である。

天文観測においては明らかに、夜空の暗さは、大気の乱気流や天候などに比べても最も重要で唯一の条件といえる（表 16.0.1.を参照）。 こういった地表から来る悪条件に対する「古典的な」解決策は、観測所をそれらから可能な限り遠ざけるために、最初にドームを追加し（光だけでなく雨からも保護できる）、次に観測所を都市から離れた場所に置き、山の上や、最終的には宇宙へと（第 15 章を参照）移動させてきた。 特にその観測所が科学の歴史において重要な役割を果たす場合、例外的に優れた観測地としての一連の制約/条件そのものが（第 16 章を参照）、その場所の文化的価値の重要な部分を形成する。

夜空の暗さという文化的価値は、歴史的天文学や現代的科学天文学の領域をはるかに超え、すべての人間社会、すべての時代に渡って重要性を持っている。なぜなら夜空の暗さは、社会史や神話、夜空の象徴的な表現などを通じて、文化に色濃く現れるからである。さらに、夜空の暗さを特定の具体的な文化的遺産との関連で考える場合、その価値は、その遺産全体の価値を形成する他の主要な特徴（おそらく「顕著な普遍的価値」）とともに考えなければならない。

夜空の暗さは、必ずしも天文文化遺産の固有の（文化的）価値の一部であるとは限らない。しかし、現在でも夜空の暗さが維持されている場合は、確実にその場所固有の自然的価値を高めている。 暗い空を維持または改善することは、多くの場合、関連する保護/管理の問題である。 より一般的には、今日の繊細で壊れやすい生態系の問題である。

天文遺産の評価

序論では、遺産の構成要素を確立するための一般的な方法論と、天文学との関連におけるそれらの重要性を紹介した。

この方法論を実装するには、天文遺産を「科学の記念碑」として、つまり総合システムとして認識することが不可欠である。 つまり、以下のように遺産には様々な種類があるが、その間には必ず繋がりがあるという理解である。

（A）固定遺産（記念碑、遺跡、固定器具、古文書など）

（B）移動可能な遺産（携帯用遺物、道具、公文書、衛星など）

（C）無形遺産（知識、理論、社会的および文化的信念など）

結果として、一般的な方法論を使って遺品の目録を作成する場合、遺産の物質的な証拠（A）だけでなく、知識・機能・社会での利用法など（B および C）も考慮する必要がある。

世界遺産条約の適用範囲内において、固定遺産（A）の価値は、移動可能な遺産（B）とともに、無形遺産の知識（C）に大きく依存している。 物質的な証拠それ自体に強い印象はないが（関連付けられているアイデアを示すには十分ではあるが）、人々が空や天体の出来事に対してどんな理解をしていたかを文脈的に理解した結果、並外れた価値を持つ場合がある。 言い換えると、（A）は（C）に照らしてその意味を導くべきであり、本質的に（C）と繋がっている。

人類にとって最も優れた天文遺産を特定するためには、「有形」と「無形」のカテゴリ間を何度も行ったり来たりして、認識を共有することが大切である。これは、科学的思考プロセス全般の基本的なパラダイムである。

また、科学の歴史と遺産は、技術の歴史と遺産と密接に関連していることを認識する必要がある。 つまり、科学の遺産を技術の遺産から離して別々に分類および評価しようとすることは、明らかに非生産的であり、最悪の場合は逆効果であることを意味する。 科学も技術も、確かに天文遺産の中に存在し、科学遺産としても技術遺産としても典型的な例を提供する。 宇宙科学に関連する唯一の不動の遺産は、発射場と、宇宙科学関連の実験室という技術的遺産である（第 15 章）。

完全性　完全性とは、科学の記念碑として完全であるかどうかである。ある遺産の完全性や、その価値を確立する特徴を示す物質的な証拠は何であるかを決める場合、問題は、遺産とその歴史的機能を包括的に知るのに十分な物質的情報と無形の情報があるかどうかである。

真正性　序論で見たように、真正性の問題は科学遺産の文脈の中で特に問題である。変化・改善・革新は、一般に科学技術の肯定的な特性であり、関連する遺産の価値を減らすのではなく、増やす可能性がある。 真正性に関する 1994 年の奈良会議（運用ガイドライン付録 4 を参照）では、包括的アプローチの必要性が強調されており、第一にその財産を世界的な文化的文脈の中で考慮し、第二にその属性の詳細な記述を行うべきであるとされた。そのためには、遺跡の価値を構成する各要素について、その用途や関連性、またその形態について慎重に検討する必要がある。

「事実」の真正性はまた、「事実」の信頼性やその解釈にも関連している。 つまり、歴史や考古学または考古天文学といった関連分野の現行の基準に従って、どれくらいその事実が証明されているか、ということである。

シリアルノミネーションの可能性　場合によっては、連続したアプローチが適切な場合がある。ただしそれは義務ではない。 各締約国は、その天文学および古天文学の遺産に対し、それぞれ独自のアプローチを自由に選択できる。 連続したアプローチでは、遺産群内のさまざまなサイトの間に存在する相違点（遺産の重要性を証明するような特異な性質）だけではなく、類似性や相補性にも焦点を当てる必要がある。 一方で、単一の優れた遺跡は、世界遺産リストに特定の遺産を記載するために条約を適用するという意味で、その価値（場合によっては優れた普遍的価値；OUV）

を説明する良い例になる。

信頼性　書類の信頼性は、将来、世界遺産条約の枠組みの中に「天文学と世界遺産イニシアチブ」を実装するにあたり、重要なことである。 また、それは世界遺産委員会だけでなく、科学界全体にとっても重要である。 このため、次の章では天文遺産の信頼できる書類を作成する方法について述べることにする。

信頼性のある書類の作成

世界遺産リストへの登録を推薦されたすべての遺産が提出すべき書類一式では、多くの問題をカバーする必要がある。書類に含めなければならないものは、以下の通りである。

1. 遺産の定義、目録、緩衝地帯の定義
2. その歴史と、グローバルな文脈における位置
3. その真正性と完全性
4. 地域の同様の場所との比較、他国との比較、他の時代との比較研究など
5. 価値分析
6. 保護、保全、および管理
7. 緩衝地帯における法的保護

この節では、天文遺産の書類を準備する際に発生するいくつかの特定の問題について、簡潔に説明する。 関係書類の準備に関する一般的な問題については、条約の公式文書、特に世界遺産条約の実施に関する運用ガイドライン（http://whc.unesco.org/en/guidelines/、特に付録 8）を参照してほしい。よくある質問に対処するための資料については、世界遺産の Web サイトや ICOMOS の Web サイトにある（例： OUV とは？ 文化的世界遺産の優れた普遍的価値の定義 http://www.international.icomos.org/publications/monuments_and_sites/16）。

以下の内容は、「適切な文書一式」の案ではなく、方法論・比較研究・その時代の全世界的調査などについての問題点を示す最初のアプローチ方法にすぎない。 優れた普遍的価値（OUV）の証明は、文書によって示すべき重要な目的である。遺産の価値は、世界的な文化的および歴史的文脈との関係において初めて実証できる。[4]

「不適切な文書一式」を作ってしまうと、誤解を招き、OUV の証明は完全に失敗するだろう。既存の文書がもつ典型的な欠点からは、次のような失敗例が考えられる。

- 遺産の定義における弱点。天文学的重要性の証明における弱点。天文学的価値を証明する物質的証拠を示すことにおける弱点。
- 比較研究の弱点（他の候補地との不十分な比較）。
- 遺産の性質の地域的重要性を過大に評価すること、および/または遺産の特定の機能を過度に強調すること。
- 文化的・歴史的背景の理解が不十分であること、および/または過度に表面的な歴史研究についての不十分な理解。
- 遺跡や遺品などについて過度に論争の的となる解釈。

[4] 【原注】世界的な比較は必ずしも必要ではなく、文化地理学的領域内の比較で済む場合もある。

天文遺産の定義、目録、緩衝帯の定義

序論に示されているように、厳密に言えば、「可動」の遺産は条約の対象外である。それでもやはり、可動の遺産は「科学の記念碑」としての重要な部分を形成していると思われる。例えば、現代的望遠鏡における可動の器具を含む天文台が挙げられる。王立天文台のマクリーン館やケープ喜望峰の王立天文台（ケーススタディ 12.2）は、天文台自体の壁は固定されているが、ドームや上昇床などに可動のものが含まれる。他には、電波天文学干渉計（第 13 章）のように、固定式と可動式の両方の機器が設計に不可欠な場合もある（干渉計は板の上に固定されているが、レールに沿って一方向もしくは複数方向に動くことができる）。これは、世界遺産リストにすでに登録されている技術遺産に関する既知の状況と似ている。例として、オーストラリアのゼンメリング鉄道や、3 本のインド山岳鉄道、スイスのアルブラ線・ベルニナ線が挙げられる。 これらのすべての場合において、駅自体と合わせて路線（線路とインフラ）も顕著な普遍的価値（OUV）として認識されているが、鉄道車両は可動であるため、リストには含まれていない。 一方で、世界遺産であるビスカヤの運搬橋（スペイン）、ミディ運河（フランス）、リドー運河の水門（カナダ）、中央運河の油圧リフト（ベルギー）といった例において、その「機械」の可動部分は、完全に遺産の一部である。 ここで、「可動」と「不動」の意味は、古典的な法的解釈で理解されるべきである。

したがって、科学遺産/技術遺産の観点からすると、こういった可動部分は「科学の記念碑」の重要な部分を形成しているため、条項を拡張すべきことは明らかである。 また、可動の部品にはメンテナンスが必要であり、時々交換する必要があることを再度強調しておく方がよいと思われる。 このようなアプローチが有益であることは、技術遺産においてはすでに証明されている。

スペース遺産の例は、科学遺産をリストに登録することが不可能な天文学的努力の種類が存在することを明確に示している。多くの場合、科学の遺産と技術は切り離せないものであり、条約の適用において両方を一括して取り扱うように考えるのは、当然のことである。

保存されている建築物において、特徴的な自然の風景との地理的な整列が、その建築物の重要な部分を形成している場合、最も有効なアプローチ法は、2 つの異なる概念を考慮することであると思われる。1 つ目は、文化的景観としての遺産、2 つ目は、景観保護の視点である。 自然との特定の整列が存在している、つまり特定の方向に見ることができる景観が存在する場合、それを維持することの望ましさは、緩衝地帯の定義に影響を与える可能性が確実にある。遺産の境界線の定義は、夜空の暗さにおいても非常に重要である。少なくとも遺産の核となるエリアでは、夜空の暗さを維持する必要があるからである（第 16 章を参照）。

シリアルノミネーション。シリアルノミネーションとは、卓越した普遍的価値を示す個々のサイトを、一連の資産群として一括して世界遺産に推薦することである。 天文遺産の中では、このシリアルノミネーションが 3 通りの方法で行われている。

- 遺産群が単一の、統合された概念に関連している場合。
- 遺産群がテーマ別にリンクされている場合。
- 遺産群全体を考慮することによって初めて普遍的価値が確立する場合。

シュトルーヴェの測地弧の 34 カ所の測量点（ケーススタディ 14.1）は、明らかに最初のタイプの遺産群である。 測地弧自体が、単一の統合された概念となっている。 イベリアの 7 つの石でできたアンタス（ケーススタディ 2.2）は、3 番目のタイプの遺産群である。 遺産群の一つ一つのアンタス（壁端柱）は、厳格なプロトコルに従って構築されたことは明らかである。しかし、その天文学的な方向付けや天文学的実践の存在を認識し、その重要性を認め、その価値を示すためには、アンタス全体が必要である。この場合、遺産の定義は完全性の概念も同時に含まれる。

テーマ別に関連している遺産群とは、たとえば、建築の類型学や、観測装置の種類、科学の種類、または発見の本質になどというテーマに関連している。 テーマ別リンクはおそらく、最も適用範囲が広いと思われるが、単に一覧表を作れば良いのではなく、一貫性がありつつ普遍的価値のある遺産群を形成するという点に最大限挑戦しなければならないということである。一例を挙げれば、ストラスブール大聖堂（ケーススタディ 11.3）は、既存の世界遺産の中にある天文学的遺産について考察するためのもう一つの出発点を提供する可能性がある。中世の天文時計という、一連の遺産の基礎を形成する幅広いテーマを導入することで、重要で新しいタイプの価値を引き出すというアプローチである。 ただし、これを成功させるには、遺産群に含まれる一つ一つの遺品（天文時計）が、顕著な普遍的価値を十分に持っている必要がある。

遺産の顕著な普遍的価値を示す場合に、単一の推薦でも複数一括推薦でもどちらでも可能という場合は、慎重に検討を行う必要がある。シリアルノミネーションは、より幅広くその発展を表現することができるだろうが、遺産群の各サイトはそれ自体で顕著な普遍的価値のかなりの部分を担っているため、それを「弱く結びつける」ことが、逆に価値を下げてしまう可能性がある。一方、単一の推薦は、それが単一で世界遺産に承認されているという事実が、注目している発展や概念の中心的な「顕著な普遍的価値」をすでに十分に表現できていることを示すため、後に他の遺産を登録しようとしたときに、「暗影を落とす」可能性がある。

折衷案を取ることも可能であると思われる。 異なる遺跡間につながりを持たせる方法は、シリアルノミネーション以外にも存在するからである。例えば、非公式の合意に基づいて、すでに世界遺産に掲載されている遺跡間を提携したりネットワークを形成したりすることである。 こういったアプローチの成功した例が、ユネスコの人間と生物圏計画を通じてリンクを持たせた生物圏保護区である。

真正性としての信頼性

さまざまなテーマ別論文やケーススタディは、真正性と完全性に関連するさまざまな問題を提起し、関連する問題がいかに複雑であるかを示している。一例として、エジプトのダンダラにあるハトホル神殿の中で最も重要な天文学的人工物である円形の黄道帯図（ケーススタディ 8.3 を参照）が挙げられる。この遺物は、パリのルーブル美術館に移管されているが、保存状態がよく、オリジナルを再現した良質のレプリカも存在する。 このケースにおける真正性の問題には、遺物が持つ科学的情報、重要性、および地位などすべての要素が関わってくる。

すでに述べたように、「事実」の真正性は、関連する学問分野の基準によって判断される「信頼性」に関連している。 信頼性が問題になるのは特に、主な証拠品が考古天文学に由来している場合である。というのは、考古天文学は比較的新しい、それ自体が強く学際的な分野であり、そ

の理論や方法論は依然として激しく議論されている途中にあるからである。特に先史時代の遺跡において見られる天文学的配置に関しては、その視覚的なヒエロファニーがいかに感動的であろうとも、その意図的かつ推定的な意味を受け入れる前に、より広範な文化的コンテキストを検討することが不可欠である。　第2章と第3章、およびそれらに含まれるテーマ別論文は、この点をさまざまな角度から説明している。

遺産の価値を示すことが最も困難なものは、第1章で示した最も古い遺産である。時代の古い遺産は、その証拠も複雑である。それは本質的に主観的でもある。天空に多くの星を描いた絵には、とかく天文学的な解釈を課したがる。このような種の証拠には、文化的文脈に十分な注意を払いながら、慎重に検討する必要がある。

考古天文学的信頼性に関する次に挙げる4つのカテゴリのうち、どれに対応するかを特定することは有益である。4つのカテゴリそれぞれの例は、既存の世界遺産の中に存在する。

(1) ***一般に広く認められているケース***　例としては、アイルランド，ニューグレンジの新石器時代の羨道墳(真冬の日の出方向)や、イギリスのストーンヘンジ(夏至と冬至の日の出方向)が挙げられる（ケーススタディ 2.1）。 こういった例に関して、その方向付けに意図があることには議論の余地はなくても、それらの目的と意味の解釈には様々な議論が交わされている。

(2) ***専門家の間で議論されているケース***　例えばメキシコのチチェン・イツァにある円形のカラコル。専門家の間では、カラコルは太陽や惑星、恒星の昇沈を観察する天文台であると解釈されているが、考古天文学者はこの解釈について議論を続けている。 その不確実性にもかかわらず、建物は広く「天文台」と呼ばれている。

(3) ***証明されていないケース***　例えばチチェン・イツァ，ククルカンのピラミッドにおける、春分/秋分の日のヒエロファニー現象。この現象は毎年何千人もの訪問者を魅了しているが、それが本当に意図的に作られたという推測を裏付ける確かな歴史的/文脈的証拠は存在しない。にもかかわらず、ヒエロファニー現象はこの遺跡における重要な天文学的結びつきと考えられ、広く引用されている。

(4) ***解釈の間違いが証明されたケース***　例えば、アメリカのチャコキャニオンで4つの岩絵のシンボルが、1054 超新星を描いたものと解釈されたケースである。その岩絵シンボルは文化的証拠から、先住民の司祭が使用する太陽観測所を示したことを強く示唆している。 それでも、この遺跡の看板には「超新星」と記載されたままである。

ギザのピラミッド（ケーススタディ 8.4）が 良い例であるように、真剣に学術的に考察された考古天文学的解釈が数少ないことに対して、単なる推論にすぎないような解釈（人気のある出版物やインターネットの両方において）の数が膨大であることは、珍しいことではない。この事実は、一般の人の認識に大きな影響を与えるが、実はそれだけではなく、「公式の」認識にも影響を与える可能性がある。たとえばチチェン・イッツァでは、管理計画が見直され、ククルカンでの分点時に見られるヒエロファニーを考慮に入れるように改訂されたと言われている。

他にも、一般/公式の認識を揺さぶる要因がある。それは、ある古代遺跡が、祖先である人類が知的に優れていたことの実証であり、現代の自然科学者までその流れがつながっていると認識している場合である。この悪名高い例が、1930 年代にナチスの宣伝に利用された、ポーランドのオ

ドリ遺跡（ケーススタディ 2.3）である。 オドリ遺跡は、国の誇りや政治的便宜のために、その地域内で「最も古い天文台」であると主張されるなどした。皮肉なことに、このような態度は、近代科学への「進歩の道筋」が一つであるという誤った信念の上に成り立っており、実際には他の文化的な視点や慣習に否定的な価値を置いているのである。

条約の締約国が、自国内でどの考古学的遺産（特に先史時代のもの）が世界遺産リストへの推薦に適しているかを考える手助けになるような、考古天文学的証拠に基づくグローバルなプログラムを開発することが望ましいであろう。

今後の方向性

本書で提起された問題の多くは、もちろん、より深く掘り下げて研究する必要がある。実際には、この作業の一部は、世界遺産を登録させようと望む関係者が、遺産の識別および調査を記載した推薦書類を作成する際に、必然的に取り組むことになるものであろう。 この最終章を締めくくるために、いくつか追加となるポイントを強調しておきたい。

ある遺産を評価しようとするとき、一つの鍵となる問題は、その遺産が（世界遺産条約の文脈において）地域的か、国家的か、世界的かのうちのいずれに当てはまるかということである。すでに議論したように、天文学は遺産の価値を定義する多くの属性のうちのほんの 1 つの要素に過ぎない。建築物としての天文学遺産の場合に限れば、天文学的価値のみを考慮すれば十分であることもある。ただし、そのようなケースは稀で、前述の説明のように、多くの場合では、遺産には互いに複雑な相互関係を持つ広範な属性があり、その一部分である多様な天文学的表現を、包括的かつ一貫した方法で検討する必要がある。

2003 年にユネスコによって採択された新しい無形文化遺産条約[5]もまた、一つの今後目指す方向を提示している。無形文化遺産条約は、口承の伝統と表現、芸能、社会的慣習、儀式と祭祀行事、自然と宇宙に関する知識と慣習、伝統的な職人技など、無形の遺産を保護することを目的としている。現在までにこの条約は、主に巡礼などの伝統や、伝統的な料理や工芸品など土着の技能を用いた集団的実践に対して適用されてきた。自然と宇宙に関する知識や実践をこれに含めるということは、条約が科学的行動と方法論に拡張可能であり、拡張されるべきであることを意味する。

これは、一般に科学遺産、特に天文学遺産は、両方の条約に同時に推薦するように促進されるべきではないか、という可能性を示唆している。

現在すでに世界遺産に登録されているもので、今後さらに天文学的な価値を持つと認められるかもしれないサイトにおいて、その管理システムが更新される可能性については既に述べた。たとえば、ストーンヘンジとエーヴベリーの新しい管理計画では、ストーンヘンジの天文学的関連要素がこの遺跡全体の重要性の大きな一部分を形成していると認識している。しかし、実はこの天文学的関連は、遺産が世界遺産に登録された理由には含まれていない。天文学的関連の重要性はさらに、夜空をできるだけ暗く保つことと、遺跡の観光の時間を夜間にするよう奨励することにもつながる。このような検討は、多くの場合適切である。

---

[5] 【原注】UNESCO(2003), Convention for the Safeguarding of the Intangible Cultural Heritage. http://unesdoc.unesco.org/images/0013/001325/132540e.pdf.

結論

天文学は、文化遺産と自然遺産における、豊かで重要な側面を担っている。それを認識すれば、世界遺産条約に照らして天文学的な価値を特定し、明確にすることができる。その結果、新しい遺産が世界遺産リストに加わり、すでにリストにある遺産を再評価する[6]ことになるであろう。

しかし、それはまた、新しくて深遠な視点を提供する。つまり、新しくて価値のある遺産の概念を生み出し、文化遺産の様々な分類を、これまで認識もされていなければ探求もされていない方法で組み合わせ、文化遺産と自然遺産の間にあるこれまで認識されていなかったタイプのつながりに焦点を当てることになる。 これは、条約をより効果的に実効させ、締約国が信頼できる推薦書類を作成するために、重要な意味を含んでいる。

我々は、本書で扱ったテーマ別論文が提示する主な視点は、広く一般的な科学遺産、さらには技術遺産にも適用できると信じている（多くの場合、これらは天文学遺産の理解を深めるのに役立った）。 天文遺産の文脈でさまざまな問題や挑戦に注意を向ける際には、より広い意味合いも徹底的に追求されることが望ましい。もしそうなれば、これは科学技術遺産全体の永続的な利益になるはずであろう。

文献のうち最近出版されたもの

Cotte, M., “Assessment of technical heritage and scientific heritage in connection with the World Heritage Convention and the Operational Guidelines”, in *World Heritage: Science and Technology, an Expert Workshop*, UK National Commission for UNESCO, London, 21–23 January 2008. e-ed.: http://www.unesco.org.uk/Workshop_Papers.

Jokilehto, J., ed. (2008). *The World Heritage List: What is OUV?* Berlin: ICOMOS (Monuments and Sites XVI).

Ruggles, C. and others (2009). Various articles on the theme ‘World heritage and astronomy’, *World Heritage* no. 54. Paris: UNESCO.

Ruggles, D.F. and Silverman, H., eds. (2009). *Intangible Heritage Embodied*. Berlin: Springer.

Wolfschmidt, G., ed. (2009). *Astronomical Observatories: From Classical Astronomy to Modern Astrophysics*. Berlin: ICOMOS (Monuments and Sites XVIII).

[6] 【原注】すでにリストに記載されている遺産に、天文学という新しい「顕著な普遍的価値」の認識を加えるには、「再推薦」という方法しかないと思われる。

日本語翻訳者　略歴　translator biography

北井　礼三郎　Reizaburo Kitai

理学博士。1984 年～2013 年京都大学大学院理学研究科附属天文台で助教・准教授として太陽物理学の教育・研究に当たる。2013 年定年退職。研究対象は太陽表面の活動現象、微細構造の観測的研究。研究論文は、総数 139 編。現勤務先:立命館大学・非常勤講師。出版物:日本天文学会編『現代の天文学 10　太陽』（日本評論社、2009 年、共著）、『太陽活動 1992-2003／Solar Activity in 1992-2003』（京都大学学術出版会、2011 年、共著）、『太陽活動と気候変動』(恒星社厚生閣、2019 年、エリザベート ネム=リブ (著), ジェラール チュイリエ (著), 北井 礼三郎 (訳)) ,『女性と天文学』（恒星社厚生閣、2021 年、ヤエル・ナゼ（著）、北井礼三郎、頼順子（共訳））。平成 25 年度文部科学大臣表彰科学技術賞理解増進部門受賞。

渡邉　皓子　　Hiroko Watanabe

理学博士。2012 年 4 月～京都大学宇宙総合学研究ユニット（日本学術振興会特別研究員 PD）、2014 年 4 月～京都大学学術研究支援室（リサーチ・アドミニストレーター）、2017 年 4 月～岡山県私立山陽学園中学校・高等学校（非常勤講師）、2021 年 4 月～私立岡山中学校・高等学校（非常勤講師：現職）。専門は太陽物理学（太陽黒点の観測）。2010 年に京都大学優秀女性研究者賞（学生部門）、2012 年に京都大学理学研究科竹腰賞を受賞。出版物に岩波書店編集部編『アカデミアを離れてみれば』（岩波書店、2021 年、共著）。

廣瀬　公美　　Kumi Hirose

理学修士。京都大学大学院理学研究科・博士後期課程在学中。太陽の観測的研究を行う。2020 年 2 月～カガクテラス・代表として起業。ビジコン奈良 2020　南都銀行賞受賞。LED 関西 2020　ファイナリスト（関西経済連合会・京都銀行・京都信用金庫・阪急電鉄など 12 社よりサポーター賞受賞）。第 10 回京都女性起業家賞　京都リサーチパーク賞受賞。

【校閲協力者】山内奈美子（ICOMOS Japan）