

External Review 2023 (ER2023)
Final Report

国際外部評価報告書

2023年度実施

大学共同利用機関法人
自然科学研究機構 国立天文台

Inter-University Research Institute Corporation
National Institutes of Natural Sciences
National Astronomical Observatory of Japan

国際外部評価報告書

2023 年度実施

National Astronomical Observatory of Japan

External Review 2023 (ER2023) Final Report

大学共同利用機関法人 自然科学研究機構

国 立 天 文 台

Inter-University Research Institute Corporation

National Institutes of Natural Sciences

National Astronomical Observatory of Japan



目 次

Table of Contents

国立天文台国際外部評価報告書（2023 年度実施）の刊行について……………	i
Publication of the NAOJ External Review (ER2023) Final Report……………	ii
2023 年度国立天文台外部評価委員会委員……………	iii
ER2023 Panel Members……………	vi
国立天文台組織図……………	x
NAOJ Organization Chart……………	xi
2023 年度国立天文台国際外部評価 当日のスケジュール……………	xii
ER2023 Session Schedule……………	xiii

国際外部評価委員会（ER2023）最終報告書（和訳）

External Review 2023 (ER2023) Final Report

国立天文台 国際外部評価報告書（2023 年度実施）の刊行について

大学共同利用機関法人自然科学研究機構 国立天文台は、2023 年 10 月 5 日及び 6 日の 2 日間にわたり、海外からの有識者 5 名を含む 9 名の台外有識者で構成される「国際外部評価委員会（ERP）」による国際外部評価（ER2023）を三鷹本部で実施しました。このほど ER2023 の結果が取りまとめられましたので、ご報告いたします。

ER2023 では、過去 5 年間、すなわち平成 30 年（2018 年）4 月から令和 5 年（2023 年）3 月までを対象に、1)国立天文台の運営、2)国立天文台の研究活動、3)前回国際外部評価（2015 年 2 月に実施）における指摘事項への対応、の 3 つを「評価の観点」に設定しました。ERP による答申（最終報告書）では、それぞれの観点に対する ERP の見解および提言（アクションアイテム）がまとめられており、最終章にその他の一般的な見解が述べられています。

本冊子は、ER2023 最終報告書（2024 年 1 月 31 日版：英語）とその和訳を中心に構成されます。国立天文台は ERP よりいただいた貴重なご指摘を真摯に受け止め、過去 5 年間の活動を総括するとともに、今後の運営および研究開発の参考とし、引き続き天文学の発展と、大学およびコミュニティ、社会への貢献に努めて参ります。

2024 年 2 月
国立天文台長
常田 佐久

Publication of the NAOJ External Review (ER2023) Final Report

The National Astronomical Observatory of Japan (NAOJ), an Inter-University Research Institute Corporation operating under the National Institutes of Natural Sciences (NINS), commissioned an External Review (ER2023) to the External Review Panel (ERP) consisting of nine external experts, including five overseas experts, at its Mitaka Campus (Headquarters) in Tokyo on October 5 and 6, 2023. We are pleased to report that the results of the ER2023 have now been compiled.

The ER2023 has identified three key aspects as parameters for evaluating its activities over the past five years, from April 2018 to March 2023: 1) Management of NAOJ, 2) Research activities at NAOJ, and 3) Response to the issues raised in the previous review (conducted in February 2015). The final report presents the ERP's observations and recommendations (suggested action items) for each aspect, with additional observations in the final section.

This booklet consists mainly of the ER2023 Final Report (original English version dated January 31, 2024) and its Japanese translation. NAOJ deeply values the insightful comments provided by the ERP and will utilize them to summarize its activities over the past five years and to guide its operations and research and development, as NAOJ remains committed to advancing astronomy and contributing to the university as well as community and society.

February 2024

Saku Tsuneta

Director General

National Astronomical Observatory of Japan

2023 年度国立天文台外部評価委員会委員

Ewine van Dishoeck (エヴィン・ファン・ディショック) (共同議長)



ライデン大学教授。2018 年から 2021 年まで国際天文学連合 (IAU) 会長を務めるなど、天文学の世界的リーダーの一人である。専門は星間物質の物理化学、および星・惑星形成。ハーバード大学、プリンストン高等研究所、プリンストン大学、カリフォルニア工科大学を経て、1995 年より現職。2007 年以降オランダ天文学研究組織 NOVA の科学ディレクターも務める他、数々の国際協力プロジェクトに参加。

David R. Silva (デイビッド・シルバ) (共同議長)



テキサス大学サンアントニオ校理学部長・卓越教授。米国国立光学天文台 (NOAO) (現米国国立科学財団 (NSF) 国立光赤外線天文学研究所 (NOIRLab)) 所長を 10 年以上にわたり務め、米国の科学・学術機関の行政に精通している。専門は銀河の形成と進化。NOAO、ヨーロッパ南天天文台 (ESO)、TMT 国際天文台 (TIO) などを経て、2019 年 3 月より現職。

荒井朋子



千葉工業大学惑星探査研究センター所長。専門は月惑星科学。宇宙開発事業団 (現・宇宙航空研究開発機構) 開発部員を務めた後、国立極地研究所、東京大学総合研究博物館を経て、2009 年に千葉工業大学惑星探査研究センター上席研究員に着任。同主席研究員を経て、2023 年 4 月より現職。深宇宙探査技術実証機「DESTINY+ (デステニー・プラス)」の理学ミッション責任者を務める。2022 年 4 月より国立天文台運営会議委員を務めている。

You-Hua Chu (ヨウファ・チュウ)



中央研究院天文及天文物理研究所 (ASIAA) 特別研究フェロー・イリノイ大学アーバナ・シャンペーン校名誉教授。2014 年からは 2020 年まで台湾 ASIAA 所長。専門は星間物質・星周物質の物理学。長年、米国イリノイ大学アーバナ・シャンペーン校天文学科で教授を務め、その間に同天文学科長 (2005~2011 年) を務めた。数多くの米国や国際的な望遠鏡プロジェクトなどに参加。

土居守



東京大学大学院理学系研究科附属天文学教育研究センター長。専門は光赤外線天文学、時間軸天文学、観測的宇宙論。東京大学大学院助手、プリンストン大学客員研究員 (併任)、東京大学大学院准教授・教授を経て、2016 年 4 月より現職。同センターが推進している東京大学アタカマ天文台 (TAO) 計画において、センター長として主導的立場を務めている。

草野完也



名古屋大学宇宙地球環境研究所・大学院理学研究科教授。名古屋大学宇宙地球環境研究所 (ISEE) 前所長 (2017 年 4 月~2023 年 3 月)。専門は太陽プラズマ物理学。広島大学理学部助手・助教授、同大学院先端物質科学研究科助教授、海洋研究開発機構プログラム・ディレクターなどを経て、2009 年に名古屋大学教授に就任。2017 年 4 月より現職。

大向一行



東北大学大学院理学研究科天文学教室教授。専門は宇宙物理学、天体形成論、特に宇宙初代星を中心とした初期宇宙天体の形成過程の理論的研究。国立天文台理論天文学研究系助手、同理論研究部助教、京都大学大学院理学研究科准教授を経て、2013年から現職。2022年4月より国立天文台運営会議委員を務めている。

Adrian Russell (エイドリアン・ラッセル)



ヨーロッパ南天天文台 (ESO) 企画主幹 (Director of Programmes)。専門は電波天文学と大規模天文学プロジェクトの開発。ハワイのジェームス・クラーク・マクスウェル望遠鏡 (JCMT) 研究員、ジェミニ望遠鏡プロジェクトの英国プロジェクトマネージャー、英国天文技術センター (UK ATC) の初代センター長、国際的な ALMA 望遠鏡プロジェクトで北米を代表する北米 ALMA プロジェクトディレクターを歴任し、2010年7月より現職。

Edwin L. Turner (エドウィン・ターナー)



プリンストン大学天体物理学部名誉教授。専門は宇宙物理学全般で、宇宙論から系外惑星まで広範囲にわたる。1978年以降、プリンストン大学で研究・教育に従事しながら、全米天文学大学連合 (AURA) 理事を含む数多くの天文学関連組織の委員や議長その他、アパッチポイント天文台 3.5m 望遠鏡所長などを歴任。東京大学国際高等研究所カブリ数物連携宇宙研究機構 (Kavli IPMU) の連携研究員も務めている。

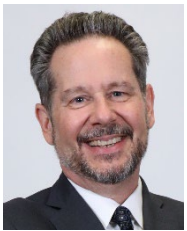
ER2023 Panel Members

Ewine van Dishoeck (Co-chair)



Professor at Leiden University. Prof. van Dishoeck is one of the global leaders in the field of astronomy, having served as the President of the International Astronomical Union (IAU) from 2018 to 2021. Her expertise lies in the physics and chemistry of the interstellar medium and formation of stars and planets. Having held positions at Harvard University, the Institute for Advanced Studies at Princeton, Princeton University, and the California Institute of Technology, she has been Professor at Leiden University since 1995. Prof. van Dishoeck served as the Scientific Director of the Netherlands Research School for Astronomy (NOVA) from 2007 to 2021 and has been involved in numerous international collaborative projects in her career.

David R. Silva (Co-chair)



Dean and Distinguished Professor at the College of Sciences, University of Texas at San Antonio. For over a decade, Prof. Silva served as the Director of the National Optical Astronomy Observatory (NOAO), currently the NSF's National Optical-Infrared Astronomy Research Laboratory (NOIRLab). He has a deep understanding of scientific and academic institution administration in the United States. His scientific expertise lies in the formation and evolution of galaxies. Having worked in organizations such as NOAO, the European Southern Observatory (ESO), and the Thirty Meter Telescope International Observatory (TIO), Prof. Silva has held his current position since March 2019.

Tomoko Arai



Director of the Planetary Exploration Research Center (PERC) at Chiba Institute of Technology. Dr. Arai's expertise lies in lunar and planetary science. She was an engineer at Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA), formerly National Space Development Agency of Japan (NASDA), and a research fellow at the National Institute of Polar Research and at the University Museum, the University of Tokyo. She joined PERC as Senior Staff Scientist in 2009 and became Principal Staff Scientist in 2017. Dr. Arai is the Principal Investigator of JAXA's DESTINY+ mission to fly by the Geminids parent asteroid (3200) Phaethon. She has also served as a member of NAOJ's Advisory Committee for Research and Management since April 2022.

You-Hua Chu



Distinguished Research Fellow at the Academia Sinica Institute of Astronomy and Astrophysics (ASIAA) and Emeritus Professor at the University of Illinois at Urbana-Champaign. From 2014 to 2020, Prof. Chu served as the Director of ASIAA in Taiwan. Her expertise lies in the physics of interstellar and circumstellar matter. Over the years, she has held the position of professor in the Department of Astronomy at the University of Illinois Urbana-Champaign, including serving as the department chair from 2005 to 2011. Prof. Chu has actively participated in numerous telescope projects both in the United States and internationally.

Mamoru Doi



Director at the Institute of Astronomy, the Graduate School of Science, the University of Tokyo. Prof. Doi's expertise lies in optical and infrared astronomy, time-domain astronomy, and observational cosmology. He began his career as Assistant Professor at the Graduate School of Science, the University of Tokyo, while concurrently serving as a visiting researcher at Princeton University. Subsequently, he progressed to serve as Associate Professor and later Professor at the Graduate School of Science, the University of Tokyo. After assuming his current position as Director in April 2016, Prof. Doi has played a pivotal role in the University of Tokyo Atacama Observatory (TAO) project promoted by the institute.

Kanya Kusano



Professor at the Institute for Space-Earth Environmental Research (ISEE) and the Graduate School of Science at Nagoya University. From April 2017 to March 2023, Prof. Kusano served as the Director of the ISEE. His scientific expertise lies in solar plasma physics. Having held positions as Research Assistant and Assistant Professor at the Faculty of Science, Hiroshima University, Associate Professor at the Graduate School of Advanced Sciences of Matter, Hiroshima University, and Program Director at the Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC), Prof. Kusano was appointed as Professor at Nagoya University in 2009 and has held his current position since April 2017.

Kazuyuki Omukai



Professor at the Astronomical Institute, Graduate School of Science, Tohoku University. Prof. Omukai specializes in astrophysics and astrophysical cosmology, with a focus on theoretical studies of structure formation in the early universe, including the formation of the first stars. Prior to his current position, he served as Assistant Professor at the Division of Theoretical Astronomy of NAOJ and Associate Professor at the Graduate School of Science, Kyoto University. Prof. Omukai has held his current role since 2013 and has also served as a member of NAOJ's Advisory Committee for Research and Management since April 2022.

Adrian Russell



Director of Programmes at the European Southern Observatory (ESO). Dr. Russell's specialization is in radio astronomy. Previously, he has held various significant roles, including being a researcher at the James Clerk Maxwell Telescope (JCMT) in Hawaii, the UK Project Manager for the Gemini Telescope Project, the first Director of the UK Astronomy Technology Centre (UK ATC), and the North American (NA) ALMA Project Director. Dr. Russell has been in his current position since July 2010.

Edwin L. Turner



Emeritus Professor of Astrophysical Sciences at Princeton University. Prof. Turner's expertise spans a wide range of astrophysics, covering topics from cosmology to exoplanets. Since 1978, he has been actively involved in research and education at Princeton University. Additionally, he has served in various capacities, including as a member of Board of Directors of the Association of Universities for Research in Astronomy (AURA) and holding positions such as the Director of the Apache Point Observatory (APO) 3.5m Telescope. Prof. Turner has also been an affiliate researcher at the Kavli Institute for the Physics and Mathematics of the Universe (Kavli IPMU) at the University of Tokyo.



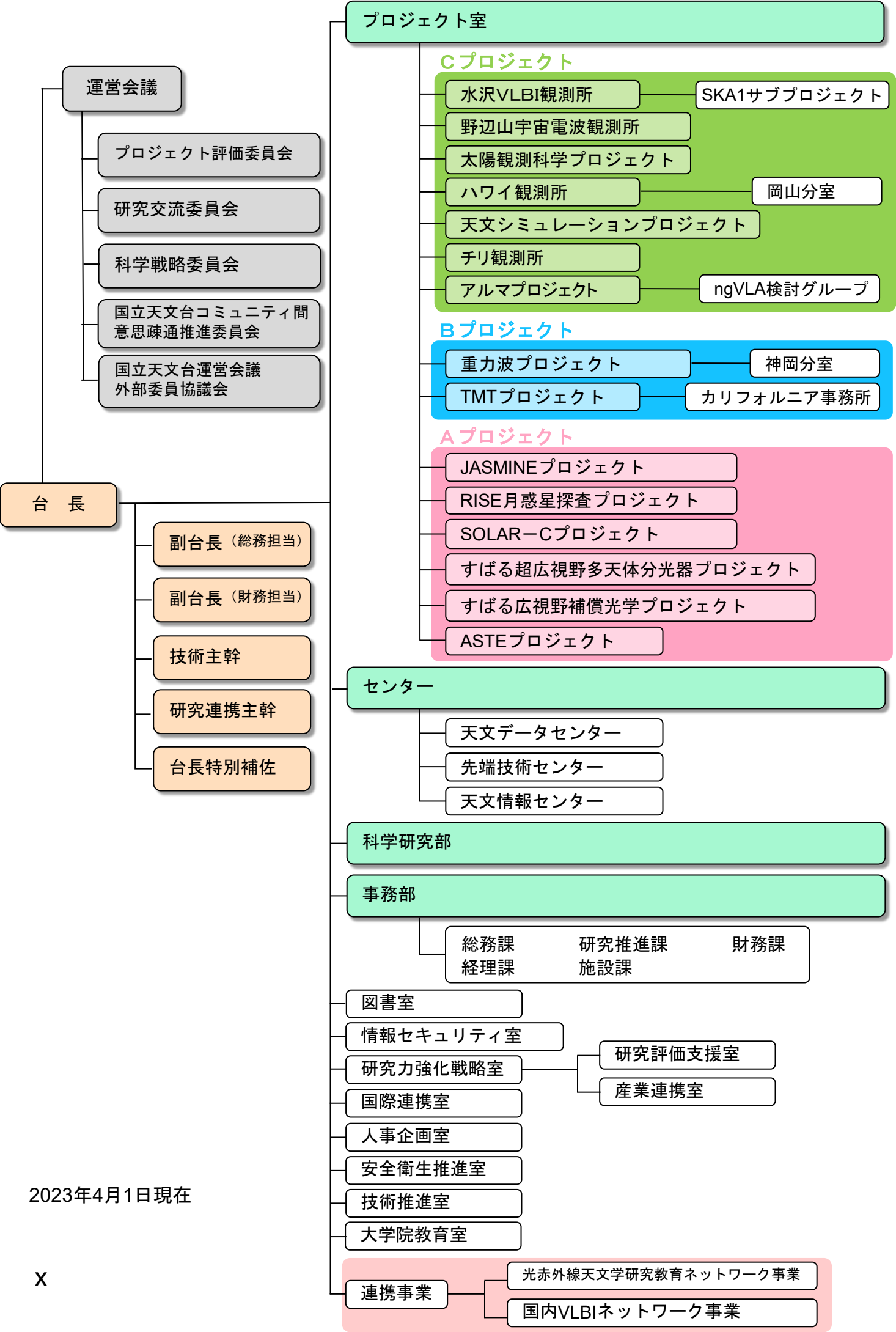
外部評価の様子（大会議室）

（左：評価委員会、右：国立天文台長と執行部）

Inside the Meeting Room (Large Conference Room)

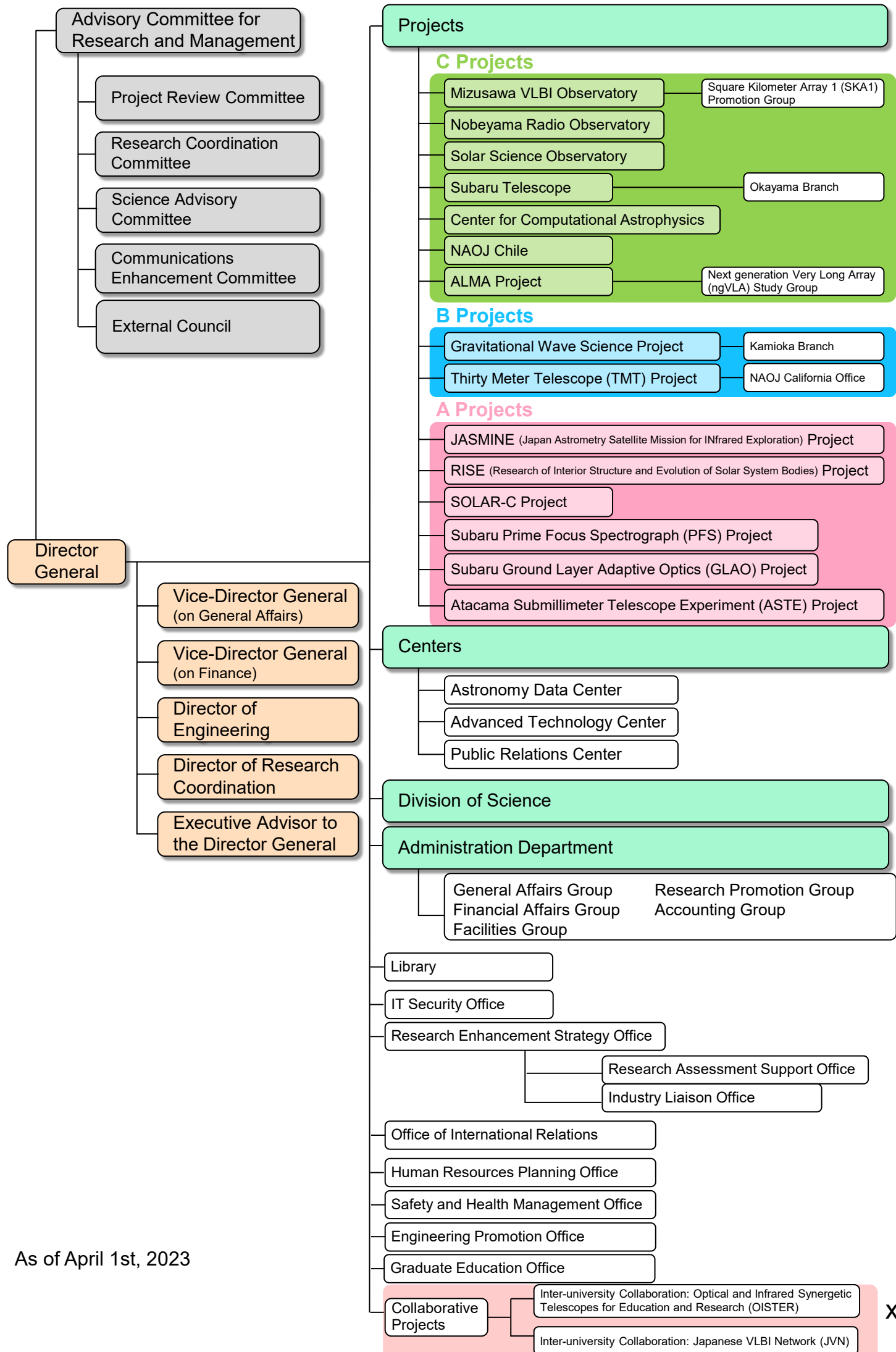
(Facing left: External Review Panel Members, Facing right: NAOJ Director General and Directorates)

国立天文台 組織図



2023年4月1日現在

NAOJ Organization Chart



As of April 1st, 2023

2023 年度国立天文台国際外部評価 当日のスケジュール

1 日目：2023 年 10 月 5 日(木)

No.	開始	終了	内容
1	9:00	10:00	台長報告（国立天文台の現状と課題）
2	10:00	11:00	発表＋質疑応答（フロンティアプロジェクト：TMT/ALMA/すばる）
	11:00	11:30	（コーヒー・ティータイム：評価委員＋シニアスタッフ(講師以上)）
3	11:30	12:30	発表＋質疑応答（科学研究部、研究員・大学院制度）
	12:30	13:30	（昼食）
4	13:30	14:30	発表＋質疑応答（運営体制、プロジェクト評価委員会、科学戦略委員会）
5a*	14:30	15:15	グループインタビュー（大学院教育室/プロジェクト/センター/科学研究部：9 名）
5b*			発表＋質疑応答（幹事会議、企画会議）
	15:15	15:45	（コーヒー・ティータイム：評価委員＋ジュニアスタッフ/ポスドク/大学院生）
6a*	15:45	16:15	グループインタビュー（大学院生/ポスドク：8 名）
6b*			発表＋質疑応答（財務委員会）
7a*	16:15	17:00	発表＋質疑応答（男女共同参画・DEI）
7b*			発表＋質疑応答（事務部）
	17:00	18:00	（非公開セッション）

* パラレルセッション

2 日目：2023 年 10 月 6 日(金)

No.	開始	終了	内容
8	9:00	9:50	発表＋質疑応答（意思決定プロセス）
9	9:50	10:45	発表＋質疑応答（プロジェクト選考・評価(フロンティアプロジェクト以外)）
	10:45	11:15	（コーヒー・ティータイム：評価委員＋技術系職員/事務職員）
10a*	11:15	12:00	発表＋質疑応答（天文シミュレーションプロジェクト）
10b*			発表＋質疑応答（先端技術センター）
11a*	12:00	12:30	発表＋質疑応答（天文情報センター）
11b*			発表＋質疑応答（天文データセンター）
	12:30	13:30	（昼食）
12a*	13:30	14:00	発表＋質疑応答（大学間連携：研究交流委員会）
12b*			発表＋質疑応答（安全管理：安全衛生推進室）
13a*	14:00	14:45	発表＋質疑応答（科学諮問委員会(SAC)：すばる/TMT/ALMA/VLBI/CfCA）
13b*			発表＋質疑応答（産業連携：産業連携室）
	14:45	17:15	（非公開セッション）
	17:15	17:45	評価委員会による総括

* パラレルセッション

ER2023 Session Schedule

Day1: Thursday, October 5, 2023

No.	Start	End	Session
1	9:00	10:00	Director's report
2	10:00	11:00	Frontier projects (TMT, ALMA, Subaru)
	11:00	11:30	Coffee/tea with senior staff
3	11:30	12:30	Division of Science, Fellowships and Graduate Programs
	12:30	13:30	Lunch
4	13:30	14:30	Management, Project Review Committee, Science Advisory Committee
5a*	14:30	15:15	Group interview (Faculty/Graduate Education Office)
5b*			Executive Committee, Planning Committee
	15:15	15:45	Coffe/tea with junior staff, postdocs, students
6a*	15:45	16:15	Group interview (Students+Postdocs)
6b*			Finance Committee
7a*	16:15	17:00	Gender Equality/DEI
7b*			Administration Department
	17:00	18:00	Closed session

*Parallel session

Day2: Friday, October 6, 2023

No.	Start	End	Session
8	9:00	9:50	Decision making processes
9	9:50	10:45	Non-frontier projects
	10:45	11:15	Coffee/tea with eng/tech/admin staff
10a*	11:15	12:00	Computational Astrophysics
10b*			Advanced Technology Center
11a*	12:00	12:30	Public Relations Center
11b*			Astronomy Data Center
	12:30	13:30	Lunch
12a*	13:30	14:00	Interuniversity collaborations
12b*			Safety Management
13a*	14:00	14:45	Science Advisory Committee of Open-use Facilities
13b*			Collaboration with industry
	14:45	17:15	Closed session
	17:15	17:45	Initial feedback

*Parallel session

本文書は、2023 年度実施の国立天文台国際外部評価の最終報告書「NAOJ External Review 2023 (ER2023) Final Report (Version 31 January 2024 (R2))」(英語版)本文の和訳であり、英語版原文の参考資料として作成された。和訳文作成にあたっては、極力原文の表現や趣旨に忠実であるよう努めたが、原文と本和訳との間に相違または矛盾が生じた場合は、原文を優先するものとする。



国際外部評価委員会 (ER2023) 最終報告書

国際外部評価委員会 (ERP) 提出
荒井朋子、ヨウファ・チュウ、土居守、草野完也、
大向一行、エイドリアン・ラッセル、
デイビッド・シルバ (共同議長)、エドウィン・ターナー、
エヴィン・ファン・ディショック (共同議長)

2024年1月31日版

目次

概要.....	3
国立天文台の運営	7
[1-A] 意思決定のプロセスは、透明性があり、公正で十分な情報に基づいたものか? ...	7
[1-B] 執行部は、効果的な優先順位の設定と資源配分（予算および人材）のためのベストプラクティスを実践しているか?	8
[1-C] 国内外の組織とのパートナーシップは適切なものか?	10
[1-D] 執行部は、多様性、公平性およびインクルージョンの促進に向けて、適切な監督を行っているか?	13
国立天文台の研究活動	15
[2-A] 国立天文台は目覚ましい研究成果を上げているか?	15
[2-B] 国立天文台において、共同利用という概念は適切に遂行されているか?	19
[2-C] 国立天文台には、大規模国際プロジェクト（宇宙望遠鏡によるものと地上望遠鏡によるもの）を遂行するだけの人材、組織、主要技術が揃っているか?	20
[2-D] 国立天文台は、時間軸天文学やデータサイエンスなどの天文学の今後の発展のために、人材の投資や若手世代の育成に十分な努力を行っているか?	22
[2-E] 国立天文台は、産業界との連携を進めるために適切な方法を講じているか?	24
[2-F] 研究の成果は、納税者である国民にその情報が十分に伝えられ、未来をリードする若い世代に引き継がれているか?	25
前回の評価結果への対応.....	28
[3-A] 前回の国際外部評価に、国立天文台は適切に対応したか?	28
その他の見解.....	30

概要

本2023年度国際外部評価報告書（以下「本報告書」という）は、「国際外部評価委員会（ERP）」が、令和5年度（2023年度）に国立天文台において実施した国際外部評価（ER2023）の結果をまとめたものである。

国立天文台のミッションは、(1)大型天文研究施設を開発・建設して共同利用に供し知の地平線を拓くこと、(2)多様な大型施設を活用し世界の先端研究機関として天文学の発展に寄与すること、及び(3)天文に関する成果・情報提供を通じて市民生活を支え社会に資することである。

ER2023は、過去5年間、すなわち平成30年（2018年）4月から令和5年（2023年）3月までの国立天文台の活動を対象としている。評価項目は、「2023年国立天文台国際外部評価委員会への諮問事項」（NAOJ-REV2023-0002-A）の第2.2章に定義されている。ER2023の実施にあたり、国立天文台の詳細情報は、事前送付資料のほか、本委員会の2日間にわたる国立天文台三鷹キャンパス訪問期間中のプレゼンテーションやディスカッション等を通じて提供された。本報告書では、それぞれの評価項目について本委員会の見解（コメント、意見、提案）および提言（提案されたアクションアイテム）を示す。また、最終章では、本委員会からのいくつかの付加的な見解を述べている。本委員会の検討プロセスは、本報告書の付属文書に時系列にまとめて記載した。

本委員会による総合的な評価は以下の通りである：

1. 国立天文台は、過去 5 年間にわたり目覚ましい成果を上げ、天文学の分野において世界トップレベルの生産性を誇る研究機関のひとつであり続けている。国際協力プロジェクトにおける信頼できるパートナーとして世界的に認められている。
2. 国立天文台は、短期的（5～10 年）および長期的（10～30 年）に、国内外でリーダーシップを維持・拡大する能力と機会を持ち合わせている。

このような機会を活かすためには、国立天文台は、自然科学研究機構（NINS）や日本の天文学コミュニティと緊密に協力し、いくつかの重要な課題、特に予算の確保に取り組まなければならない。フロンティア予算（すばる2.0、ALMA 2.0）が確保された一方で、運営費交付金は大幅に削減された。特に、運営費交付金の削減と不利な為替レートが相まって、高い価値・インパクトをもつ国立天文台の海外研究施設における日本の（もしくは国際的な）義務や科学目標を満たすための活動を制約してしまうという、好ましくない状況を招いている。

国立天文台単独ではこの問題を解決することは難しい。**減少する運営費交付金を回復させ、将来計画の策定を可能とするためには、NINSやその上位組織からの支援が必要である。**

従って、国立天文台の当面の最も重要な課題は、日本の科学技術リーダーシップに対するエキサイティングなビジョンを、社会へのインパクトと共に明瞭に示すような戦略的計画を策定することである。このようなビジョンは、今後5年間のみならず、2040年以降においても、コミュニティや政府の支援を構築するために必要である。巨大国際プロジェクトとそのため協力体制を構築するには長い準備期間が必要であることを考えると、こういった長期的視野は極めて重要である。科学戦略委員会によってこれまで行われてきた戦略的ビジョン策定に向けての取り組みは歓迎すべきものであり、日本の天文学コミュニティとの緊密な協力のもとで加速されるべきである。こうした戦略的計画の立案にあたっては、不必要な重複や資源の分散を避け、国立天文台におけるサイエンスと観測装置開発がうまく統合されるよう、太陽系外惑星研究における国立天文台とアストロバイオロジーセンター(ABC)のミッションの見かけ上の競合に留意すべきである。

30m望遠鏡プロジェクト(TMT)の命運は、今後2~3年で決まるだろう。建設再開の可否は米国国立科学財団(NSF)によるところが大きい。国際協力の枠組みやハワイ現地における国立天文台のリーダーシップは不可欠である。**次期台長は、現台長と日本のTMTチームが築いた礎の上にさらなる発展を目指し、積極的に関与し続けていく必要がある。**

ALMAは国際協力により運用される真に革新的な観測施設であるが、その成功において国立天文台は重要な役割を担ってきた。ALMA 2.0は、ALMAによる天文学の進展への寄与が2030年代以降も続くことを保証するものである。今後5年間のうちに、国立天文台と日本の天文学コミュニティは、米国が主導する次世代超大型アレイ(ngVLA)プロジェクト、あるいは国際的なSKA計画のフェーズ1(SKAI1)プロジェクトとの協力関係を深めるかどうかという重要な決断を下すことになる。ただし、いずれも日本政府からの新たな大規模な資金提供なしには不可能であるため、もしこれら大規模プロジェクトへの関与が、ALMAからの(2040年代までの長期的なオプションを含む)資金やリソースの流用を意味するのであれば、国立天文台は、そこに潜む思わぬ落とし穴にはまらないようにすべきである。

すばる望遠鏡は、ハワイという好立地およびその広視野観測装置により、世界の同クラスの光学望遠鏡の中でもユニークな地位を確立している。**すばる2.0を通して、すばる望遠鏡は2030年代半ばに向けて、国内外に大きな影響力を持つリーダー的存在としてあり続けるだろう。**ALMA2.0およびすばる2.0、またそれらプロジェクトに関連する事業(観測施設運営のための直接経費、ユーザーサポートやデータ解析のための間接経費)の予算確保は、今後5年から10年の間、引き続き高い優先度を維持しながら進めなければならない。

国立天文台の発展に伴って、先端技術センター(ATC)の力量の向上も求められる。国立天文台が大規模プロジェクトで成功を取るためには、**優秀なプロジェクトマネージャーやリード・システムエンジニア等の人材確保に注力しなければならない**。マトリックス型組織への改編を実現したことから、ATCは、天文学の分野を超えた企業や社会的利益を支援するための技術移転等、新たな分野展開に対応できるようになった。マトリックス体制をより有効に運用するためには、ATCでの日々の活動のより良い記録管理を求めるべきである。そうすることで、新規プロジェクトの立ち上げを検討する際に、ATC内のリソース状況や優先順位の深い把握の上に決断を下すことが可能となる。また、想定外の小規模プロジェクトへの柔軟な対応を可能とするために、余裕を持ったスケジュールを組むことを積極的に意識すべきである。

新設された科学研究部(DoS)は、質が高くインパクトの強い研究成果を出しており、以前にも増して多くの若手研究者を惹きつけ、育成している。その成熟に伴い、**国立天文台の他部門とのより緊密な連携や生産的な相互のやりとりを促進すべきである**。そのためには、オフィススペースと会議室を含む建物を新たに設けることが喫緊の課題である。DoSは、国立天文台と日本の天文学コミュニティの戦略的立案においても重要な役割を果たすことが期待される。日本における天文学の理論的研究は、国立天文台の計算機システム等の資源とその運用を担う国立天文台天文シミュレーションプロジェクト(CfCA)によって大きく支えられている。定期的なアップグレード等により、その大型計算機システムが常に最先端であり続けることが重要である。

国立天文台とそのパートナー機関(特にプリンストン大学とKavli-IPMU)は、大規模な天文学データセットの作成と利用において国際的なリーダーシップを発揮している。これまでの活動は、将来的に国立天文台がLarge Survey of Space and Time(LSST)等のデータセットのホストをする上で重要な布石となっている。**天文データセンター(ADC)の機能を、従来のデータ収集・発信から、21世紀型のデータ解析・データサイエンスを支援する組織として強化していくための取り組みは適切であり、継続すべきである**。ADCのサービスや技能の開発は、既存のオープンソース資源を活用し、民間企業や公的機関の専門家グループと連携して行うことが望ましい。特に、後者との協力関係の構築は、差し迫るデータアーカイブ危機に対処するためには、極めて重要である。

国立天文台は、国内外の研究機関と研究や運営上の幅広い連携を構築し、強化している。そのほとんどは、有益なものとして有効に機能しているが、中にはそうでないものもある。東アジア天文台(EAO)とのパートナーシップは残念ながら、有益でないものの一例である。当初の高い志は結実せず、現在の国立天文台執行部による時間的投資を考えると、EAOが国立天文台にもたらす恩恵はごくわずかだと思われる。**国立天文台や国内関係者はEAOのこれまでの成果の詳細なレビューを実施し、将来的な見通しについて検討すべきである**。

執行部の活動に目を向けると、現在の各種委員会と会議によるマネジメント体制は、コミュニケーションや参加を促すという意味でプラスの面はあるものの、その代償として、膨大な時間が会議に割かれることになり、一部の会議では内容が重複している。まず委員会間、次に会議間で重複する審議事項を整理し会議に要する時間を短縮することは、台内外の利害関係者に対する透明性とコミュニケーションを低下させることなく進められると考える。

優秀な人材は、卓越した組織の基盤である。国立天文台も例外ではない。国立天文台はその多様性、特に女性職員の割合を、国内外の天文学分野における他機関に見合ったレベルまで高めるべく、全力で推進する必要がある。また、特にIT、ソフトウェアエンジニアリング、データサイエンスを含む技術分野において優秀な人材を採用するためには、高い採用力が必要となるため、政府機関等の関係者と協力して、革新的な報酬戦略を設計し、実施する必要がある。国立天文台には、国民の生活を豊かにする組織として天文情報センターがあるが、ここでも職員の雇用と定着に問題を抱えている。

現在の厳しい財政状況を踏まえると、優先順位の高い活動や新たな研究を創出する余力を生み出すためには、下火となった研究活動の縮小や終了は、経済的に賢明かつ必要なことである。これには、産業界との連携事業をお互いに有益なものとし、国立天文台の使命を希薄化しないようにすることを含む。縮小や終了の決断は容易ではなく、しばしば台内外の利害関係者の抵抗に直面するが、国立天文台は過去数年に渡り、優先順位の決定プロセスを強化しその透明性を向上してきた。

謝辞

本報告書の作成にあたり、有益で明確かつ包括的なインタビュー、資料提供、プレゼンテーション、フォローアップ質問への回答等、さまざまな形でご協力いただいた国立天文台の皆様深く感謝する。本委員会は、令和3年度(2021年度)のすばる望遠鏡に対する評価報告書、および令和5年度(2023年度)の科学研究部に対する評価報告書をはじめとする、各プロジェクトを対象とした各種外部評価報告書を大いに活用した。また、本評価にあたっては、国立天文台は全ての事柄に対して内的整合性を示し、高い透明性で応じた。

ロジスティクスの面では、チャップマン純子、磯崎優香、堀久仁子、本原顕太郎の各氏、そして特にAlvaro Gonzalez氏に、多大なるご尽力をいただいた。

最後に、本委員会はER2023にあたり常田佐久台長と執行部の姿勢を高く評価したい。多くの時間と透明性をもって臨んでいただいたことに心より感謝する。特に2024年度への引継ぎ事項をまとめた文書は、大変有益であり参考となった。

国立天文台の運営

[1-A] 意思決定のプロセスは、透明性があり、公正で十分な情報に基づいたものか？

重要資料

1. 国立天文台の概要、NAOJ-REV2023-0003-A
2. 国立天文台の運営、NAOJ-REV2023-0005-A
3. 国立天文台長および執行部による 2024 年度への引継ぎ事項をまとめた文書、NAOJ-REV2023-0008-A
4. プレゼンテーション：ACRM の運営、ACRM-プロジェクト評価委員会、ACRM-SAC、企画会議および財務委員会

見解

国立天文台の運営を行う委員会組織は、所属する研究教育職員が、職員の秘密事項を除くすべての主要な意思決定に関わることができるよう構成されている。また国立天文台には、プロジェクト会議、教授会議といった、明らかにコミュニケーションの促進を目的とした委員会がある。したがって、意思決定プロセスは透明性があり、十分な情報に基づいたものである。

予算が削減され、すべてのプロジェクトを遂行できるだけの十分な資金がない状況にあっては、一部のプロジェクトに影響が及ぶことは避けられない。かつて、執行部とプロジェクト長・研究者コミュニティとのコミュニケーション不足から問題が生じたことが何度かあった。それ以降、国立天文台長（DG）は、国立天文台職員や国立天文台以外のコミュニティに対して難しい状況を説明するために有効な措置を講じている。TMT の建設に反対するネイティブ・ハワイアンとの直接対話の実現にも同様の率直なアプローチが用いられ、結果として、それが TMT プロジェクトの進展に対する多大な貢献となった。

本国際外部評価（ER2023）では、国立天文台コミュニティ間意思疎通推進委員会の報告書を確認していないが、本国際外部評価委員会（本委員会（ERP））の日本人委員の指摘によれば、同報告書の提言の対応に国立天文台が積極的に取り組んだ結果、状況は大幅に改善された。本委員会は、国立天文台運営会議委員（ACRM）小委員会および共同利用施設の科学諮問委員会（SACs）に、外部の研究者が多数参加している点に注目する。

しかし、国立天文台の組織運営構造は、かなり広範で複雑な委員会で構成されており、一部で重複が見られる。その 1 つの結果として、リーダーシップを執る職員は、会議に膨大な時間をとられているため、重要な運営を行う彼らの能力に悪影響を及ぼしていると思われる。同じく、彼らほどの激務を担っているわけではないものの、管理職以外の他の上位等級の職員の多くにも、委員会委員としての負担が重くのしかかっている可能性がある。

ほとんどの組織で委員会が増え、しかも半永久的に存続する傾向にあることは、残念な現実である。したがって、効率性の向上と簡素化の観点から、既存の委員会の必要性を適宜見直すことは優れた取り組みである。一部の組織では、委員会を新たに設置するときは期限付きとし、期限が到来した時点でその委員会を自動的に廃止している。

提言

1. 引き続き透明性のあるコミュニケーションを重視し、意思決定プロセスにどのような変更が生じようとも、それによって透明性のあるコミュニケーションが不当に損なわれることのないようにする。
2. 企画会議と幹事会議を統合した上で、職員の秘密に関わる事項については非公開審議にする（人事担当以外の研究教育職員を参加させない）など、各種会議や委員会の簡素化に努めること。開催を月1回のみにしたたり、議題を厳密に管理したりして、各種会議や委員会の回数を減らす努力をする。
3. 各種委員会や会議の開催回数、長さ、委員数の削減を目指し、組織全体で、会議に要する時間の監査を行う。

[1-B] 執行部は、効果的な優先順位の設定と資源配分（予算および人材）のためのベストプラクティスを実践しているか？

重要資料

1. 国立天文台の概要、NAOJ-REV2023-0003-A
2. 国立天文台の運営、NAOJ-REV2023-0005-A
3. 国立天文台長および執行部による 2024 年度への引継ぎ事項をまとめた文書、NAOJ-REV2023-0008-A
4. プレゼンテーション：ACRM の運営、ACRM プロジェクト評価委員会、ACRM-SAC、企画会議、財務委員会および意思決定
5. プレゼンテーション：ATC

見解

国立天文台執行部は、委員会構造が資源配分と優先順位決定にどのように機能したのかについて説明した。問題の解決や、プロジェクト間の資源配分をめぐる対立解消のプロセスで、担当執行部が果たす役割の重要性が強調された。このプロセスは順調に機能していると思われる、その目的にふさわしいものである。大規模フロンティアプロジェクトを最優先とすることで意見が一致し、その予算が確保されているため、資源配分のプロセスは簡素化されている。

ALMA 2.0 とすばる超広視野多天体分光器 (PFS) の予算が確保できたことは大きな収穫であった。状況がますます複雑になっているのは、10 年以上にわたって徐々に運営費交付金が削減されており、その結果、その部分の NAOJ 予算が 2013 年から 20%以上減少したからである。これに不利な為替レートが重なり、予算状況はますます逼迫している。きわめて厳しい予算状況により制限を余儀なくされてはいるものの、財務委員会による予備費の拠出と管理は問題なく行われている。

予算配分について、日本国内の研究者コミュニティで大きな議論を呼んだ難しい状況が複数発生した。国立天文台コミュニティ間意思疎通推進委員会がシニアレベルで設置され、国立天文台への提言を行った。これら提言の大部分はすでに対応されたか、現在対応中のいずれかである（例えば、科学研究部の科学諮問委員会）。対応に向けた直近の重要な提言としては、主要な委員会—主に、ACRM に置かれたプロジェクト評価委員会 (PRC) と SAC—の間で、情報に関して、透明性のある一貫した議論の流れを作るということがある。

先端技術センター (ATC) については、年に 1 度、正式な予算要求と配分が行われる。フロンティアプロジェクトが最優先課題とされることについては妥当と思われる。ただし、国立天文台では、外部から資金提供を受けたさまざまなプロジェクトや共同研究が増えているため、外部組織との協定等に明記されたプロジェクトの完了期限と、台内プロジェクトの完了期限のどちらを優先させるのかという問題が生じる恐れがある。これ以外にも予想されるリスクとしては、例えば、国立天文台の台内グループが外部の大学を拠点とするグループと協力して政府機関にプロジェクトの提案をした時に、そのプロジェクトに対して、既存のプロジェクトと競合するようなスケジュールで国立天文台の資源を支出しなければならないといった場合がある。こうしたリスクはまだ実際に生じていないとはいえ、国立天文台としては、問題解決のための方針とプロセスをあらかじめ策定しておく必要がある。不測の事態に対応し、より小規模で優先順位の低いプロジェクトを適時遂行できるように、ATC にある程度の空間的余裕をもたせておくことが有効だろう。国立天文台の別組織から ATC に人材を移し、プロジェクトの遂行に ATC をもっと活用することで、ATC の役割がさらに強化される機会が生まれるだろう。

他のマトリックス型組織で経験されていることだが、ATC のマトリックス型管理システムの活用が今後さらに拡張されていく中で、さまざまなプロジェクトに使われる時間を把握することが、より正式なプロセスを確立していく上で有益となるだろう。プロジェクトの使用時間に関する情報は、支出の流れの把握のみならず、取り組みの細分化の分析や、より迅速に配分するための継続的な改善プロセスの獲得にとっても有用である。

現在の予算状況では、すばる、ALMA および TMT 以外の新規大規模プロジェクトへの着手はほぼ不可能と思われる。初期の概念開発すら難しいだろう。なぜならすでに現時点で、現行のプロジェクトおよび日々の業務に対応するために、人員に過大な労働負荷がかかっているためである。

提言

1. 台内の予算で行われるプロジェクトと外部からの資金で行われるプロジェクトとの間の資源配分やスケジュールの不整合を調整し解決するための、明確な方針と手順が策定されるべきである。このことは、ATC にとって特に重要であると同時に、国立天文台全体についてもいえることである。
2. ATC は、その各メンバーが、規模の大きさにかかわらずすべての個別プロジェクトに費やす時間を把握するための正式なプロセスを確立すべきである。
3. 主要な委員会—主に、ACRM に置かれた PRC と SAC—の間で、情報に関して、透明性のある一貫した議論の流れを作るなど、国立天文台コミュニティ間意思疎通推進委員会からの提言の対応を完了しなければならない。

[1-C] 国内外の組織とのパートナーシップは適切なものか？

重要資料

1. 国立天文台大規模国際プロジェクトの組織および開発計画、NAOJ-REV2023-0007-A
2. 国立天文台長および執行部による 2024 年度への引継ぎ事項をまとめた文書、NAOJ-REV2023-0008-A
3. すばる、ALMA および TMT に関するプレゼンテーション

見解

国立天文台は、国内外の組織とさまざまな種類のパートナーシップを築いている。例えば、科学的なパートナーシップ、技術的なパートナーシップ、教育上のパートナーシップなどである。そしてその多くは、NAOJ が関わるプロジェクトで、現在、優先順位の高いもの（例：ALMA、TMT、JAXA、総合研究大学院大学（総研大））やパートナー機関（例：ASIAA、AUI/NRAO、AURA、ESO、KASI、Kavli-KPMU、プリンストン大学）とうまく連携している。それ以外のパートナーシップについては、国立天文台が財政的負担をほとんど負わないか、あるいは全く負う必要はなく、先方のパートナー機関にとって有益な内容であるように思われる（例：日本およびアジアの大学との双務協定）。しかし、中には活動的でない、つまり、書面で協定は締結されてはいるものの、最近は全く活動が行われていないものが見受けられる。先に挙げたパートナーシップはいずれも有益であり、国立天文台の現行のミッションと関連があると思われる。しかし、いくつかのものは、あまり適切でなく、おそらく国立天文台のコアミッションからも外れていると思われる。その最も顕著な例が、以下で論じる東アジア天文台（EAO）とのパートナーシップである。

特筆すべきは、ハワイ島（通称、「ビッグアイランド」）のマウナケア山にある既存の観測施設（すばるなど）へのアクセス確保と、マウナケア山での TMT 建設再開を目指して、国立天文台がネイティブ・ハワイアンとの関係の大幅な改善を進めたことである。国立天文台がリーダーシップを発揮しなければ、文化と政治が絡んだこの難問の解決は、今以上に難しくなっていただろう。

これとは対照的に、EAO パートナースHIPは、望ましい成果を挙げていないように思われる。このパートナーシップは、開始当初から、財政面およびガバナンス面で深刻な問題に直面してきた。ガバナンスに関しては、過去 5 年の間、国立天文台が、パートナーシップに関する規則や付託条項の強化ならびに財務状況の安定化のために不可欠なリーダーシップを発揮してきた。現在 EAO には、すべてのパートナー機関が承諾して資金を提供している戦略的ビジョンや実施計画がない。このプロジェクトのリーダーとして中心的役割を果たす国立天文台と、国立天文台に資金を提供している上位機関が、日本の研究者コミュニティにとって何が最善かを判断し、その実現に努めるべきである。本委員会は、具体的な将来像についての議論や提言は行っていないが、パートナーシップの継続やコミットメントの強化だけでなく、パートナーシップの解消についても検討すべきだと指摘する。

日本国内で国立天文台は、日本のコミュニティ全体のための新たな技術開発や最先端領域の発展を目指して、さまざまな機関との共同研究を積極的に推進している。主な例としては、以下のものがある。

- 国立天文台は、JAXA と共同で、JAXA のフロントローディング予算を用いて、JASMINE プロジェクトや将来のミッションの実現に必要な基本技術を開発した。国立天文台はさらに、アルテミス計画における科学的ミッションとして月面天文台のフィージビリティスタディを行い、システム要件の明確化について協議した。
- 国立天文台は、情報通信研究機構（NICT）と共同で、ALMA および ALMA 2.0 で用いる超伝導デバイス製作技術の開発およびアップグレードに成功し、超伝導量子コンピュータ用集積回路技術の研究開発に着手した。
- 国立天文台は、天文統計学や天文情報科学などの新しい分野の開拓を目指して、統計数理研究所（ISM）との間で共同テニユアトラック制度を策定し、2 名の若手研究者を採用して、ISM との共同研究を開始した。
- 国立天文台は、VLBI 観測に関して鹿児島大学と、そして高周波電波受信技術の開発に関して大阪公立大学と、それぞれ研究協力協定を結び、JAXA、東京大学、産業技術総合研究所（AIST）との間では、クロスアポイントメント協定を締結した。

さらに国立天文台は、大規模プロジェクトー特に ALMA、TMT および VLBIーで、海外機関との国際共同研究にも積極的に取り組んでいる。

- ALMA プロジェクトでは、東アジア (EA)、欧州 (EU)、北米 (NA) と連携している。ALMA-EA で国立天文台は最大のシェアを占め、台湾と韓国のパートナー機関による装置の現物貢献を支援している。このプロジェクトは順調に進んでおり、高度な科学的知見を生み出している。現在 ALMA プロジェクトは、感度と帯域幅の向上を目指す ALMA 2.0 のフェーズに入っている。
- TMT の建設は、ネイティブ・ハワイアンへの反対運動に遭い数年間中断していた。この状況を打開するために、国立天文台は次のような取り組みを行った。すなわち、TMT 本部のパサデナからヒロへの移転、建設反対派との直接対話、地元コミュニティでの教育活動、またハワイ州・マウナケア管理組織 (MKSOA) ・ハワイ大学・米国国立科学財団 (NSF) との緊密な協力を進めたのである。こうした努力は、ネイティブ・ハワイアンからの信頼と支持を勝ち取るために効果的であった。
- VLBI プロジェクトは、当初 VERA として、日本国内の 4 基の電波望遠鏡を組み合わせた観測を行っていたが、その後、韓国国内の 3 基の電波望遠鏡が加わり、KaVA が形成された。そして現在、さらに中国国内に設置されたアンテナが観測に加わり、東アジア VLBI 観測網が構築されている。この VLBI 観測網は、東アジアにおける連携を促進する上での、優れた成功例である。

提言

1. 国立天文台やパートナー機関にとって引き続き価値を持つかどうかという観点から、現行のすべてのパートナーシップ協定の評価を行う。こうした評価を踏まえて、これら協定の改正、修正、範囲の拡大、もしくは脱退を行う。
2. 新たに締結されるか、または改正されたパートナーシップ協定は、国立天文台の優先順位に沿ったものであるべきで、また期限が設定されるべきである。
3. 国立天文台は、EAO に関してコミュニティベースのビジョンを策定するために、資金を提供している上位機関や日本の研究者コミュニティ全体と協力すべきである。こうした協力を実現させたうえで、国立天文台は、EAO のパートナー機関と協力し、日本の研究者コミュニティが望み、かつ利用可能資源の現実的な評価にふさわしい方向に進むべきである。
4. 国立天文台長および執行部は、ハワイ地元住民等との関わりに引き続き参加しなければならない。これには時間がかかるだろうが、すばるや TMT を通じて今後、日本が天文学の分野で国際的なリーダーシップを発揮していくためには不可欠である。

[1-D] 執行部は、多様性、公平性およびインクルージョンの促進に向けて、適切な監督を行っているか？

重要資料

1. 国立天文台の運営、NAOJ-REV2023-0005-A
2. プレゼンテーション：ジェンダー・エクイティ（GenderEquity）-DEI

見解

多様性、公平性およびインクルージョン（DEI）に対する国立天文台執行部の関心は、過去10年間、とりわけ過去5年間で大きくなってきている。統計データからわかるように、外国人、若年世代および女性が職員に占める割合は、2012年以降増加傾向にある。特に女性職員の割合を増やすことは喫緊の課題であり、研究系職員のみならず、技術系職員でも女性を増やす措置を講じている点で、国立天文台は賞賛に値する。男女共同参画推進委員会は、育児支援、家族の介護支援（日本の高齢化社会においては、介護が重要な問題であるとの認識に基づく）、保育ルームの設置、時間外労働の制限、在宅勤務など、国立天文台における適切なジェンダー・バランスとワーク・ライフ・バランスの確保に懸命に取り組んでいる。優秀な女性研究者を国立天文台に惹きつけて状況を改善するうえで、女性限定の雇用が特に奏効している。男女共同参画推進委員会は、国立天文台における行動計画の実行に際し、自然科学研究機構の男女共同参画推進委員会と直接関係を有している。2019年に、国立天文台が、「天文学における公平性・多様性・インクルージョンを目指して—IAU100周年のフレームワークにおける行動ロードマップ（Astronomy for Equity, Diversity and Inclusion — a roadmap to action within the framework of the IAU centennial anniversary）」というテーマで、国際天文学連合（IAU）初のシンポジウムを開催したことは、日本国内のみならず、世界的にこれらの問題への注目度を高めることに役立った。

国立天文台のさまざまな取り組みは、過去5年間に女性職員の割合が4%未満から10.2%に増加したことに大きな役割を果たしている。これによって状況が改善されたことは事実だが、それでもなお、23%という、IAUにおける女性の割合に比べると、依然として残念な数字である。日本天文学会における女性会員の割合は12.3%である。国立天文台は、自然科学研究機構の行動計画に従い、2027年までに女性の研究系職員の割合を17%に引き上げることを目指している。しかし、そのためには、今後3年間で、新たに女性職員を26人採用しなければならないが、この数は、無期雇用職員の採用可能ポストの数を大きく上回っている。したがって、女性限定採用のための追加予算を獲得するなど、劇的な、あるいは抜本的な別の方法が講じられない限り、この目標の達成は難しいと思われる。

多様性とは、ジェンダーの多様性だけを意味するものではない。そこで、外国人職員を増やすためのさまざまな取り組みも行われている。外国人職員を増やすための方策として、英語

の使用が浸透しつつある。全職員への通知は、日本語と英語で行われている。また、重要なウェブページやウェブフォームには英訳が付されている。外国人職員の募集や雇用は英語で行われ、日本のビザや在留資格の取得、さらには住まい探しの支援も行っていることは、外国人職員に非常に好評である。教授会議やプロジェクト会議用の文書も英語に翻訳されている。

提言

1. 国立天文台は、女性職員の新規採用に全力で取り組むために、国内外の女性研究者を惹きつけるためのさまざまな方法を検討すべきである。新規採用に関する委員会は、優秀な人材を積極的に発掘し、女性の採用希望者の出願を促すべきである。女性の若手研究者を対象とした討論会や短期滞在型招聘プログラムの開催も、職場としての国立天文台のすばらしさや魅力を伝えるうえで効果的である。これ以外にも、いくつかの方法が考えられる。
 - a. 通常、雇用・募集のプロセスには、女性の採用希望者に対する無意識のバイアスが存在することを認識し、これを取り除く。面接での質問は、ジェンダーに関わらないものにすべきである。
 - b. 女性研究者とそのパートナーを同時に採用する「デュアル・キャリア・カップルの雇用」を検討する。この戦略は、米国や欧州の組織における女性の研究教育職員の採用と定着において大きな効果を発揮している。
 - c. 委員会でのジェンダーバランスの維持という目的のためだけに、女性職員に過度の委員会業務を負担させない。一方で、執行部などの上層部に女性を起用することは、重要なメッセージを送ることになるだろう。
 - d. 大学やそれ以外の教育機関でのアウトリーチ活動を通じて、若い女子学生の科学研究に対する興味を高め、優秀な若手女性研究者の数を増やす。
 - e. 研究を続けるよう女性のポスドクを励まし、彼女たちのキャリアパスに横たわるジェンダー起因の障害を取り除く。
2. 国立天文台は、国籍、民族およびその他の少数者の多様性を高めるために、同様の取り組みを行うべきである。
3. 外国人職員が新しい職場環境にうまく適応できるように、能力別の日本語講座を提供すべきである。または、外国人職員に適した外部の日本語学校を紹介することも有効である。
4. 国内で開催される会議においては、研究者の間では主に英語を使用することを検討する。

国立天文台の研究活動

[2-A] 国立天文台は目覚ましい研究成果を上げているか？

重要資料

1. 国立天文台の研究活動、NAOJ-REV2023-0004-A
2. すばる、ALMA、TMT プレゼンテーション、科学研究部、国立天文台天文シミュレーションプロジェクト

見解

この問いに対する答えは、もちろん、イエスである。国立天文台の研究者も、国立天文台の施設を利用する国内の天文学者も、過去5年間に、科学に関する目覚ましい成果を数多く上げている。事実、日本と東アジアの天文学コミュニティ全体が、今やすさまじい勢いで上昇軌道に乗っており、世界の第一線に立っている。このことは、彼らの論文数やそれらの被引用数の多さ、天文学に関する重要な会議での招待講演の多さ、大規模プロジェクトでのリーダーシップ、日本で開催される主要な会議の企画、そして研究心旺盛で積極的な若手コミュニティが存在することからも明らかである。

こうした状況は、すばるやALMAに代表される、世界最大級の地上望遠鏡への投資とその運用に因るところが大きい。国立天文台と日本のコミュニティは、科学上の大きな謎を解明するために設計された大規模プログラムに長い歳月を費やし、そのプログラムにコミュニティの多くのメンバーを参加させ、すべての天文学者から得られるデータを提供するという賢明な決断を、すでに10年以上も前に行っていた。その好例が、すばる望遠鏡戦略枠プログラムとして、超広視野主焦点カメラ(HSC)を用いた広視野撮像サーベイと、分光フォローアップである。ALMAのおかげで、国際的な大規模プログラムに日本が積極的に関与する機会が増えており、最近では、日本が主導する大規模プログラムも増えている。また、国立天文台のスーパーコンピュータの計算能力を限界まで使う大規模シミュレーションも、もう1つの例である。これらすべての大規模プログラムが、世界における日本の天文学の認知度を著しく向上させた。さらに、これらのプログラムがきっかけとなり、日本人天文学者は、Euclid(ユークリッド)、Rubin(ルービン)、Roman(ローマン)といった世界的な大規模プロジェクトに参加するチャンスを手に入れている。

国立天文台の研究者が筆頭著者か共著者になった査読付き論文のうち、2,500本以上が今回の報告期間中に発表され、それらが引用された回数は9万回を超えている。以下に、科学的ハイライトの一部を紹介する。科学ニュースを紹介する国立天文台の質の高いウェブサイトでは、インパクトの大きな多数の成果について、優れた概要説明を行っている。

科学的ハイライトの例：

- すばると HSC の組み合わせにより、これまでで最も深く広い天域におけるダークマターの 3 次元分布図を作成。および宇宙のエネルギー密度の大部分を占める「ダークエネルギー」の性質に制限を与えた。
- ALMA 望遠鏡を用いて、地球から 133 億光年という、観測史上最遠方の銀河に酸素があることを突き止めた。このことは、この銀河における星形成が、ビッグバンからわずか 2 億 5000 万年後という、驚くほど初期の段階に始まったことを示している。その後、ALMA 望遠鏡による観測でこうした銀河がさらに発見されており、現在、宇宙において酸素がいつ頃つくられたかについては、ジェイムズ・ウェッブ宇宙望遠鏡 (JWST) で得られた新しいデータを用いて解明が続けられている。このことは、さまざまな観測装置に相乗効果があることを示している。
- すばる望遠鏡を使って、クエーサーの進化におけるミッシングリンクになるかもしれない、初期宇宙の超大質量ブラックホールを発見。天体 GNz7q は、クエーサーになる過程で、母銀河よりも明るくなりかけているブラックホールだと思われる。ALMA による観測では、超大質量ブラックホールによって生じた巨大な銀河風が、131 億光年離れた銀河で発見された。これは、宇宙のきわめて初期の段階から、銀河の成長に巨大ブラックホールが大きな影響を与えていたことを示す明らかな証拠である。
- ALMA 望遠鏡が重要な役割を果たしている、注目度の高いイベント・ホライズン・テレスコーププロジェクトへの寄与。このプロジェクトでは、M87 と天の川銀河の中心にある超大質量ブラックホールの影（ブラックホールシャドウ）が初めて確認され、被引用数が高い複数の論文として報告されている。
- 新たなコンピュータ・シミュレーションで、超大質量ブラックホールが、星間ガスだけでなく、小型の恒星をも飲み込むことで生まれることが示唆されている。人工知能 (AI) を用いることで、宇宙のボイドやフィラメントがどのように形成されるかの宇宙論的シミュレーションが、非常に短時間で可能になる。
- ニュートリノと重力波の放出を予測し、マルチメッセンジャー天文学の重要性を強調する、 $27M_{\odot}$ （太陽質量）の星の重力崩壊型超新星に関する三次元流体力学的シミュレーション。
- すばると ESO-VLT による観測で、初期宇宙の大規模な原始銀河団において、銀河を繋ぐガスフィラメントを検出。コンピュータ・シミュレーション通り、フィラメントは広い範囲に及び、激しい星形成活動や、原始銀河団内での超大質量ブラックホールの成長に必要なガスを供給する。

- ALMA と野辺山宇宙電波観測所の観測で得られたデータから、銀河系内の大質量星クラスターの形成と成長にガスフィラメントが果たす役割の重要性を明らかにした。また、ALMA と KaVA でも、複雑なアウトフロー構造が明らかになった。JCMT-BISTRO によるユニークな偏光観測から、ガス雲の収縮を妨げるうえで磁場が果たす役割が明らかになった。
- 銀河系最外縁部における小質量星および大質量星の星形成領域について、ALMA 望遠鏡で行ったアストロケミストリー・サーベイ。この調査から、複雑な有機分子と炭素鎖の量には化学的な類似点と相違点があることがわかった。
- ALMA とすばるによって、前主系列星を取り巻く原始惑星系円盤のダストとガスの変容の様子の画像撮影に成功した。この画像からは、この段階で惑星が形成されていることが示唆される。一方、原始惑星系円盤の構造は、ダストに埋もれた星形成の初期段階ではほとんど見られない。このことは、東アジアの主導で行われている最近の大規模プログラムでも明らかであり、惑星系形成の始まりの特定に役立っている。
- 原始惑星系円盤内の内部構造について、新たなスーパーコンピュータによるシミュレーションからは、こうしたリング状構造が形成されると、惑星はリング状構造から離れて移動していくことなどが明らかになった。原始惑星系円盤におけるダストの成長に関する、理論および偏光観測研究により、ほとんどのダストが、これまで考えられていたよりも小さいことがわかり、賞が与えられた。
- 原始惑星系円盤のガス量を、直接かつ確実に測定できる方法の開発。この方法を用いることで、異なる種類のガスの相対量を仮定する必要がなくなる。
- 冷たい分子雲から惑星形成円盤や彗星へかけての、分子の物理学および化学的進化史を解明するために、ALMA の観測データで得られた同位体分子 (D、 ^{13}C 、 ^{15}N 、 ^{18}O) 量を活用した。
- すばるに搭載した超高コントラスト補償光学システムを利用した観測で、太陽類似星を周回する 2 つの褐色矮星を発見し、これまで直接撮像で数えるほどしか発見されていなかった、太陽系のサイズスケールで周回する亜恒星天体に新たな例を追加した。これらは、巨大惑星や褐色矮星の進化とそれらの大気の研究にとってのベンチマークになるものと考えられる。

系外惑星科学

系外惑星科学は、天文学の分野の中で最も急速に発展している分野の 1 つである。そのため、他分野とは別の議論が必要である。世界の科学コミュニティの多くが、系外惑星科学は宇宙論と並んで天文学で最も根本的な知的重要性を持つ分野だと考えている。そのため、

TMT など（その他の例：すばる、ALMA、ESO VLT、ESA Ariel、NASA・ESA HST、JWST）、現在、日本のコミュニティが連携している主要観測施設のすべてで科学研究と技術プロジェクトの原動力となっている。したがって国立天文台は、系外惑星科学とそのための観測装置技術に関する専門知識を持つべきである。

しかしながら、自然科学研究機構のもとに別途、系外惑星を専門とする多数の研究者を擁するアストロバイオロジーセンター（ABC）が設立されたため、どちらの組織にどちらの分野を主導するよう命じれば良いのか、またそのための資金をどちらの組織に提供すれば良いのかをめぐって混乱が生じているように思われる。特に注目すべきは、現在、系外惑星の観測装置開発に関する取り組みの大半を ABC が主導している点である。本委員会として指摘したいのは、ABC の研究対象は多岐にわたることである。太陽系における生命探査、地球上および地球外における生命の起源の研究、地球生物学、大気科学、極限環境微生物、進化生物学、分子生物学などがその主な分野である。その一方で、地上望遠鏡で行われている現在の系外惑星観測では、系外惑星やその主星の共形成や共進化を調べるために、それらの性質の解明に重点が置かれている。つまり、系外惑星科学は宇宙生物学の枠を遙かに超えており、宇宙生物学は系外惑星科学の枠を遙かに超えているということになる。

専門知識や資源をめぐる対立を解決し、日本が国際的なコミュニティにおけるリーダーシップ、とりわけ TMT プロジェクトでリーダーシップを維持するためには、このように密接に関連した分野における国立天文台と ABC のミッションについて、明確な戦略的ビジョンが必要になる。

提言

1. 研究者コミュニティの大多数のメンバーに恩恵がもたらされるような、主要観測施設での、インパクトの強い大規模な（主要な、戦略的な）プログラムを実行するという戦略を維持する。
2. 宇宙生物学と系外惑星研究に関する取り組みについて、日本のコミュニティを中心とする戦略的ビジョンを速やかに策定するために、自然科学研究機構が、上位レベルのパネルを設置すべきである。このパネルでは、国際的な環境における日本の戦略的ビジョン、ならびに、そのビジョンを実現するために、国立天文台、ABC、日本国内の大学それぞれが、具体的にどの活動を担うべきかについてのロードマップを定めるべきである。国立天文台は、台内での系外惑星研究の一体化を強化し、TMT の観測装置開発のための道筋を模索すべきである。

[2-B] 国立天文台において、共同利用という概念は適切に遂行されているか？

重要資料

1. 国立天文台の概要、NAOJ-REV2023-0003-A
2. 国立天文台の研究活動、NAOJ-REV2023-0004-A
3. さまざまなプレゼンテーションと SAC 委員長のインタビュー

見解

国立天文台が行っている施設の共同利用は、日本の研究者コミュニティ（およびそれ以外のコミュニティ）に広く浸透している。このことは、大型望遠鏡（すばる、ALMA）や、CfCA のスーパーコンピュータの共同利用の公募で、最高 6 倍の倍率を記録したことからも明らかである。例えば、2021 年に ALMA の共同利用の公募を行ったところ、2,000 件のプロポーザルが提出され、そのうちの 389 件が東アジアのコミュニティからのもので、しかもその多くが若い世代（修士課程の学生も含む）からのものであった。それに比べると倍率が低かった VLBI の場合でも、約 1.5 倍の倍率だった。約 300 名の CfCA 利用者のうち 36% を学生が占めている。

共同利用に関して自然科学研究機構が掲げる目標を、国立天文台はすべて明確に達成している。つまり、大学の垣根を越えた研究を実現し、大学に直接貢献するネットワークタイプの共同研究を可能にし、さらには大学の研究力を向上させる国際的なオープンリサーチを提供しているのである。このことは、異なる機関や大学に所属する日本の研究者の間や、日本の研究者と海外の研究者の間での、共同研究や共著論文が多いことから明らかである。

その好例が、すばる望遠鏡による観測である。過去 10 年間にわたり、すばる望遠鏡による観測時間のほとんどが、HSC によるサーベイに割り当てられ、このサーベイは大きな成果を上げている。この割り当てにより、小規模プログラムによる共同利用の倍率が上がったものの、このサーベイで得られたデータのおかげで、国内外の天文学者は研究の機会に恵まれることになった。サーベイデータのこうした共同利用によって、年間の論文発表率は上昇し、すばるが研究に与えるインパクトはさらに大きくなっている。ここ数年間はすばる望遠鏡の共同利用の倍率は徐々に低くなっているが、直近の共同利用の倍率は最高で 2 倍と、依然として高い。

共同利用プログラムについて、日本国内の規模の大きい研究者コミュニティとのコミュニケーションは円滑に行われているようである。そして、さまざまな科学諮問委員会（SAC）は、国立天文台や海外の主要な研究施設の理事会に対して、その利用と戦略計画に関する諸問題について（直接的および間接的な）助言を行うという、諮問委員会にふさわしい役割を果たしている。さらに各種 SAC は、若手世代や、物理学や地球物理学などの境界領域においても、さまざまな国内施設の利用を促進するうえで積極的な役割を果たしている。

提言

1. 国立天文台は、各 SAC の活動を通じて、研究者コミュニティとの適切なコミュニケーションを維持するための努力を今後も続けるべきである。例えば TMT の場合、これからも日本のコミュニティが1つにまとまることが重要である。
2. すばるの共同利用における最近の倍率の低下について分析し、時間配分モデルを変えるために、あるいは利用者の要望の変化に応じて装置のポートフォリオを変えるために何らかの措置を講じるべきかどうかを分析する。

[2-C] 国立天文台には、大規模国際プロジェクト（宇宙望遠鏡によるものと地上望遠鏡によるもの）を遂行するだけの人材、組織、主要技術が揃っているか？

重要資料

1. 国立天文台の概要、NAOJ-REV2023-0003-A
2. 国立天文台大規模国際プロジェクトの組織および開発計画、NAOJ-REV2023-0007-A
3. 国立天文台長および執行部による 2024 年度への引継ぎ事項をまとめた文書、NAOJ-REV2023-0008-A
4. プレゼンテーション：多数

見解

国立天文台は信頼に値する優れた国際的パートナーである。この点については、ALMA において、国立天文台（および結果として東アジア）が、北米や欧州の対等なパートナーとして認められていることで十分証明されている。またこのことは、科学研究、技術および運営上の関係のすべての面で真実である。

国立天文台は、ALMA のケースよりもはるかに費用のかかる TMT で、中心的役割を果たしている。国立天文台は、TMT の望遠鏡構造体（三菱電機との契約に基づく）や、分割主鏡の大部分（オハラおよびキャノンとの契約に基づく）を提供しているだけでなく、ハワイで TMT プロジェクトが直面したさまざまな問題の解決に、台長自らが大きな役割を果たした。

これまで国際プロジェクトは、為替レートの変動によって大きな影響を受けてきたが、その状況は今も変わらない。この結果、国立天文台の実質的な購買力は著しく低下し、国立天文台が大規模国際パートナーシッププロジェクトを遂行する能力は脅かされている。きわめて

規模の大きいプロジェクトの場合、為替レートのおよかな変動ですら、国立天文台の国内プログラムに深刻な打撃を与える可能性がある。

本委員会の聞き取りによれば、ソフトウェアエンジニアの場合、民間との給与額競争が激しいために、人材の確保や定着が難しいという。このような状況は、例えば、国立天文台の、ALMA への責任を果たす能力に影響を与える可能性がある。理論上、任期付き職員への特別手当の支給は検討可能だが、これまでのところ実現に至っていない。

これまでの ALMA と TMT のアンテナ・望遠鏡に関する産業界との大型契約は、仕様を明記し性能要件を満たす技術的な解決策を見つけることを企業の専門知識に頼る契約を介して管理されている。このことは、野辺山宇宙電波観測所(NRO) 45m アンテナやすばる望遠鏡についても同様だった。こうしたプロセスのおかげで、性能要件のみならず、国際パートナーシップの要求をも満たす製品が納入されているのは明らかである。その反面、長期メンテナンスに関しては、供給元企業への強い依存状態を招いている。すばる望遠鏡の運用をより自足的にするには、かなりの努力が必要だった。こうした望遠鏡に関する大型(およびそれに類似の)契約の内容を、技術デザインや解析レベルでもっと深く把握できるだけの専門知識が ATC にあれば、有益だろう。TMT プロジェクトでは、設計過程へのインプットとして、実現可能なコンセプトを策定するために米国において「ポイント設計」が行われた。国立天文台は、こうした活動が台内でもできるように専門知識を確保すべきである。そうすることで、国立天文台は賢い顧客として企業と交流することが可能になり、設計を検証し、産業界に革新を促し、大規模国際プロジェクトにさらに大きな付加価値をもたらす。それだけでなく、長期メンテナンスの必要性を理解するうえで、契約企業に今ほど依存する必要性がなくなるということでもある。

提言

1. 国立天文台は、大規模国際プロジェクトで自らの役割を果たし、さらにそれを拡大するために、プロジェクトマネージャーやリードシステムエンジニアレベルの職務を担える職員の数を増やす必要がある。そして、それらの職員を ATC に配属し、マトリックス型組織を通じてプロジェクトに尽力させることが合理的だろう。
2. 新しい大規模施設(TMT など)の概念設計を実施するとともに、賢い顧客として契約期間中に、企業と密にやりとりをし、設計計算書をチェックし、上位のエラーバジェットを管理・維持するうえで必要な専門知識を備えるために、ATC の技術系職員の増員およびさらなる権限の付与について検討すべきである。
3. 国立天文台は、数年ごとに給与比較調査を行い、特にどの科学技術分野で、給与面で民間と競争するのが難しいのかを知るべきである。ソフトウェアエンジニアリングなどの分野については、有期雇用契約における残留手当の活用を検討すべきである。

4. 三鷹キャンパスでの新規大規模プロジェクトのために、オフィススペースと技術者用スペースを（既存のスペースのリノベーションを含めて）増やす必要がある。
5. 国立天文台は、為替レートの変動に伴うリスクの軽減方法を検討するために、自然科学研究機構・文部科学省・財務省と協力すべきである。

[2-D] 国立天文台は、時間軸天文学やデータサイエンスなどの天文学の今後の発展のために、人材の投資や若手世代の育成に十分な努力を行っているか？

重要資料

1. 国立天文台の研究活動、NAOJ-REV2023-0004-A
2. プレゼンテーション：科学的トレーニング、科学研究部、CfCA

見解

国立天文台は、天文データセンター（ADC）やATCをはじめとするさまざまな部署で、研究員、ポスドクおよび総合研究大学院大学（総研大）の大学院生といった多岐にわたる人材を受け入れている。最大限の研究成果を実現し、若手世代を育成し、天文学の今後の発展に投資するためにさまざまな取り組みが行われている。国立天文台の若手研究者の総数は多い（ポスドク 50 名、学生 70 名）が、職員（研究教育職員）数を超えるものではない（職員と学生・ポスドクはほぼ同数）。客員の共同研究員や学者を受け入れる機会が多いことは、国立天文台職員の間で非常に好評である。また、国立天文台は、新しい研究イニシアチブの始動や新しいグループの形成を支援するために、大学の若手研究者に助成金を提供している。

しかし、分野の異なる研究者が直接会って交流できる機会が十分ではないため、部署間および部署内で研究に関する情報交換が不足しているという大きな問題がある。特に科学研究部（DoS）は、理論だけでなく、多波長観測やマルチメッセンジャー天文学を含め、あらゆる分野の研究者同士の積極的な交流を促す目的で新設された。

増えた職員を収容できるだけのスペースが不足していることや、コロナ禍で2年間対面の会議が開催されなかったことで、研究者同士の自然な交流が行われなくなっている。特に、大学院生や若手研究者のオフィスが複数の建物に分散しているのは残念なことである。

国立天文台フェローや、東アジア中核天文台連合（EACOA）フェローなどの研究員制度は、若手研究者に、恵まれた条件で（プロジェクトの研究業務に対する貢献義務は限定的であるか、またはゼロである）周りからさまざまな刺激を受けながら質の高い研究を独自に行うことができる貴重な機会を提供している。その反面、彼らには、契約期間が終了すると自分の力でキャリアを積み、終身雇用の大学教員など任期制限のないより恵まれた職を確保することが求められる。実際には、キャリアの次のステップに進める研究員もわずかながらいるも

の、任期付きの研究者のポストに留まったり、場合によっては、研究者としての道を諦め別の業界（データサイエンスなど）で待遇の良い職に就いたりする者もいる。プロジェクトの研究業務に対して貢献義務のあるポストにはかなりの義務が課せられるため（50%以上）、特に望遠鏡の新しい装置を担当することになったポストは、その期間中、自分の研究のために十分な時間を確保することができない場合も多い。

最近、国立天文台には、総研大博士課程の学生のための大学院教育室が設置され、国立天文台のさまざまな取り組みを運営し、調整している。国立天文台の多くの職員が、総研大や東京大学とのつながりを持ち、定期的に講義を行っている。総研大大学院生の修了率は約70%、東京大学の大学院生の場合は約80%とされている。

現在、国内の理論研究者の多くが、CfCAの計算機を使った研究を行っており、まさしく、CfCAが天文学専用の計算機システムによって日本の理論研究を支えているといえよう。こうした大型計算機は、数年ごとに更新されることによって国際競争力を維持している。これらの計算機システムについては、プロポーザル評価を経たうえで、国内の研究者による共同利用が可能になっている。申請の過程では、ランク上位のカテゴリーで採択されなかったプロポーザルが、ランク下位のカテゴリーでは採択されるというケースも多く、このことから、プロポーザル評価が柔軟に行なわれていることがわかる。特にこれは、大学院生などの若手研究者によるスーパーコンピュータの利用を促すことを意図したものであり、彼らはそれにより大きな恩恵を受けているのである（諮問事項2-Bを参照）。さらに、数値計算の講習会を開催することで、CfCAは、国立天文台以外の組織に属する若手研究者の成長にも大いに貢献している。

次世代のミリ波天文学者および電波天文学者を育てるために、東アジア・アルマ地域支援センター（国立天文台/East Asia ALMA Support Center）は、東アジアのパートナー機関と連携して、データの整約やプロポーザルの作成に関するワークショップ、ならびに干涉計に関する講習会を定期的に開催している。ATCも、受託院生を多く受け入れている。

すばるHSCサーベイや、OISTERという主に日本国内の大学が運用する小型望遠鏡のネットワークは、学生のトレーニングと、時間軸天文学やデータサイエンスの発展のための実り多いプラットフォームである。専門的なワークショップや教育プログラムを通して、時間軸天文学やデータサイエンスの理解と応用を促進するためのさまざまな取り組みが行なわれていることは注目に値する。OISTERの望遠鏡ネットワークも、アマチュアのア天文愛好家のために役立っている。

提言

1. オフィススペースや会議室を増やすために、建物の新築や増築を優先的に行う。

2. 三鷹キャンパスで研究している研究者に、国立天文台全体の会議に可能な限り対面で参加するよう促す。研究者同士の会話など、部署の垣根を超えた積極的な交流を奨励する。DoS が一体となって、他の部署と有意義な交流を図れるようにする。
3. 新しく国立天文台に参加した若手研究者が、任期終了後も順調にキャリアを積むことができるよう、キャリアパスに関する助言など、適切な指導を行う。プロジェクトの研究業務に対して貢献義務があるポスドクや若手職員が十分な研究時間を確保できるようにする。
4. 新設された大学院教育室の活動をさらに活発にする。具体的には、ドロップアウト率を分析し、必要な場合は指導を強化する。
5. 持続的な共同利用やトレーニングなど、CfCA の活動を維持する。特に重要なのは、データ集約科学の時代において、最先端設備へのアクセスを提供するために、数年ごとに大型計算機を更新することである。

[2-E] 国立天文台は、産業界との連携を進めるために適切な方法を講じているか？

重要資料

1. 国立天文台の研究活動、NAOJ-REV2023-0004-A
2. 国立天文台長および執行部による 2024 年度への引継ぎ事項をまとめた文書、NAOJ-REV2023-0008-A
3. プレゼンテーション：産業連携

見解

以前から、産業界との連携は、三菱電機（NRO、ALMA、すばる）、オハラとキャノン（TMT セグメント）や富士通（相関器）などとの大型契約に基づいて行われている。

本委員会の聞き取りによれば、国立天文台は、2020 年に産業連携室（ILO）を設置し、ILO は産業界との連携やメディア対応の支援に力を発揮している。国立天文台の技術を産業界で新たに応用してもらうために、ILO はウェブサイトを開設し、パンフレットを作成するとともに、展示会への装置の出展やメディアへの情報提供を目的としたプロジェクトを遂行している。その結果、通信業界での補償光学技術の応用や、ALMA 望遠鏡に採用されている超伝導技術の量子コンピューティングへの応用など、産業界との複数の連携が新たに実現した。その一方で一部の職員からは、本来の研究以外の取り組みに頻繁にかり出されることへの懸念の声が上がっている。

産業界との契約には知的財産についての条項も含まれている。しかし、本委員会の聞き取りによれば、国立天文台の知的財産の価値は規定によって制限されており、真の「商業的価値」にはならないという。

本委員会は、国立天文台が、産業界との連携を促進し、自らの技術を産業界で新たに応用できる方法を見いだすために優れた対策を講じているとの結論に達した。

プロジェクトマネジメントとシステムエンジニアリングに関する台内での専門知識の構築については、上記の諮問事項 2-C における関連の議論も参照していただきたい。

提言

1. 産業界との連携や研究開発によって国立天文台のミッションに継続して付加価値がもたらされ、ミッションが希薄化しないようにするためには、産業界との連携や研究開発を慎重に選定しなければならない。国立天文台は、産業界と国立天文台双方にとって有益で、しかも国立天文台にとって適切な連携を選定するための、透明性のあるガイドラインを策定すべきである。
2. 国立天文台は引き続き、台内の知的財産を適切に管理すべきである。
3. 国立天文台は、天文学と新しい産業界の相互発展を促すために、継続的に、自らの技術を広く着実に社会へ発信すべきである。

[2-F] 研究の成果は、納税者である国民にその情報が十分に伝えられ、未来をリードする若い世代に引き継がれているか？

重要資料

1. 国立天文台の研究活動、NAOJ-REV2023-0004-A
2. 国立天文台長および執行部による 2024 年度への引継ぎ事項をまとめた文書、NAOJ-REV2023-0008-A
3. プレゼンテーション：PRC、TMT、すばる

見解

国立天文台には、17 名の常勤職員と 22 名の非常勤職員で構成される大所帯の天文情報センター（PRC）があり、活発に活動している。PRC のミッションは、天文学に関する最新の調査結果を一般の人たちと共有すること、社会や研究に関連した天文学の情報を発信すること、そして天文学をより身近に感じてもらい人々の生活を豊かにすることである。PRC では、広報室と普及室の活動に加え、中央標準時の現示や暦計算（法律に基づく業務）、周波数資源保護、出版、（歴史的）文書を集めた図書館業務などの公的サービスを行っている。PRC は、こうしたすべての分野で卓越した実績を上げ、国際的な分野でリーダーとしての

役割を担っている。この点については、新聞やテレビ、ストリーミングやソーシャルメディアでの登場・視聴回数からも明らかである。

中でも特筆すべきは、ギャラクシークルーズという、市民と一緒に科学活動である。この活動は、研修や実習を受けた約1万人の市民やアマチュアの天文愛好家が、すばる望遠鏡の調査データからさまざまな種類の銀河を見つけるというもので、市民による分類に基づく最初の研究論文が発表されたばかりである。昨年、第2シーズン「ディープクエスト」が始まった。このプロジェクトは、2016年から長期の準備期間を経て開始された。また、ゲームの要素を取り入れるゲーミフィケーションなど、市民天文学のための新たな基準を生み、多くの国際会議でも紹介されている。国立天文台は、三鷹キャンパスで画期的な4D2U(4次元デジタル宇宙)ドームシアター(プラネタリウム)の開発に多額の投資を行った。一般公開やショーの予約はすぐにいっぱいになる。これ以外にも注目すべきは「ふれあい天文学」である。これは天文学者が、離島地域を含め日本各地の小中学校を訪れて授業を行うもので、これまでに60~70名の現役研究者が、年間100回以上の授業を行っている。最も人気があるイベントはやはり天体観測で、2022年11月8日の皆既月食のライブ配信の視聴回数は約200万回に達している。

国立天文台ニュースのウェブサイトでは、日本の天文学者による研究ハイライトが、彼ら自身の話やインタビューを交えながら多数紹介されている。画像も高画質で、子どもたちに関連した内容もある。さらに国立天文台は、視覚障害者が触れることのできる天体模型など、インクルーシブ天文学の資料の作成にも投資を行っている。

国立天文台は、台内にIAU国際普及室(OAO)を開設し、世界的認知度の向上に努めている。主にOAOは、国際的な連携を通じて、アウトリーチ活動家、教育者、天文コミュニケーター、アマチュアの天文愛好家、市民から成る国際的な天文学コミュニティとの橋渡し役を担っている。そのためにOAOでは、100カ国以上の天文学普及コーディネーターから成るネットワークを作り、世界天文コミュニケーション会議(CAP)ジャーナルを発行しているほか、世界各国の積極的なアウトリーチ活動家数百名が一堂に会してベストプラクティスに関する情報交換を行うことで大成功を収めているCAP会議を、2年ごとに共同開催している。

ハワイでも、TMTやすばるのプロジェクトの一環として、重要なアウトリーチ活動が行われている。中でも特にTMTのアウトリーチチームは、ネイティブ・ハワイアンコミュニティと積極的に交流をはかることで、彼らとの関係を改善し、長く続く信頼感を築くと同時に、地元の労働力を強化し、さまざまな教育手段を提供している(諮問事項1-Cも参照)。

PRCの活動と責務が多いことを考えると、PRCのスタッフが、あらゆる要求を満たさなければならないというプレッシャーに常に晒されているのは当然である。PRCのスタッフが

感じるこうしたストレスは、スタッフの定着や雇用が難しいことに加え、任期付き職員と無期雇用職員のための著しい給与格差によって、ますます大きくなっている。

提言

1. 優れた広報活動やアウトリーチ活動を継続する。ただし、厳しい予算状況が続く場合には、優先順位を付けざるを得ないことを認識すべきである。TMT とすばるの間の連携を含め、さまざまなアウトリーチチーム間の連携を強化する。
2. 任期付き職員と無期雇用職員のための給与格差を緩和するための、独創的な方法を模索する。
3. 例えば修士課程や博士課程の学生の協力を得て、三鷹キャンパスでの 4D2U ドームシアターの公開回数を増やすことを検討する。

前回の評価結果への対応

[3-A] 前回の国際外部評価に、国立天文台は適切に対応したか？

重要資料

1. 2015 年国際外部評価への国立天文台の対応、NAOJ-REV2023-0006

見解

2015 年国際外部評価 (ER2015) への国立天文台の対応については、その際にも委員を務めた土居委員、大向委員、Silva 委員が評価を行った。個々の対応は適切であり、十分な検討を踏まえて行われており、多くの対応が優れたものであった。一部の特定の状況は大幅に変わっていた。以下に、重要な成果を挙げる。

ALMA プロジェクトの活動を増やし、このプロジェクトへの貢献を増やすため国立天文台は優れた取り組みを行った。国立天文台の努力によって、日本政府からの予算の確保が実現し、また国立天文台は、ALMA の受信機とデータ伝送システムのアップグレードに貢献している。東アジア・アルマ地域支援センターが日本からの科学的アウトプットを促し、ALMA 共同科学研究事業は日本の大学を支援している。国立天文台チリ観測所の安全性とセキュリティは改善されている。

国立天文台は、TMT に対しても卓越した貢献と努力を行っている。国立天文台長は、2021 年から、TIO (TMT 国際天文台) 評議員会の運営を、副議長として監督している。そして、TIO の再編とハワイ地元住民等との関係改善を主導した。

国立天文台は、すばる望遠鏡に関する提言についても十分な対応を行っている。4 つの装置が退役し、PI 装置の受け入れは慎重に行われた。安全性およびリスクのための資源は増加している。

水沢 VLBI 観測所の拡張計画である、国内の VLBI 電波望遠鏡群から成る VERA は、EAVN (東アジア VLBI 観測網) への拡張を遂げた。野辺山宇宙電波観測所の 5 台の受信機が退役し、特定の科学的ターゲットに焦点を絞った 2 台の受信機が新たに設置された。運用予算は使用者と折半される予定である。

CfCA は、以前の Cray XC30 から Cray XC50 へのスーパーコンピュータの更新を 2018 年に無事完了した。新たに導入された Cray XC50 は、国内研究者コミュニティに順調に共同利用されている。

これ以外にも、重要で好ましい変化として、以下のようなことが挙げられる。

- より暗い天体が観測できるよう JASMINE (旧称、小型 JASMINE) の予算が増額された。
- データ処理を担当するスタッフが増員された。
- 岡山天体物理観測所 (OAO) は共同利用を終了し、その 188cm 望遠鏡は、東京工業大学に譲渡された。
- 国立天文台と京都大学が共同で運用する 3.8m せいめい望遠鏡の共同利用が、国立天文台を窓口として行われている。
- 「かぐや」と「はやぶさ 2」で得られたデータが、さらなる論文発表のために活用された。
- ATC のスタッフが増員された。
- ADC は、HSC のデータアーカイブの実現に取り組んでいる。このアーカイブの実現は、ベラ・ルービン天文台によるデータにとって良い準備作業になるはずである。
- PRC が、一般市民との双方向交流を開始した。
- 2017 年に太陽観測科学プロジェクト (SOL) が立ち上げられた。
- 理論と、電磁波・非電磁波による天体現象の観測を統合した研究を進める目的で、理論研究部 (DTA) が DoS に統合された。DTA と比較して、DoS には理論研究と観測の両方を行う研究者が所属している。COVID-19 (新型コロナウイルス) が流行するまでは、DTA は国際的な人的交流プログラムや、ワークショップ、シンポジウムを積極的に行った。

国立天文台の懸命な努力にもかかわらず、数件の提言については、完全には対応されていない。特に重要な例を 3 件挙げる。

- 東アジアコミュニティを拡大すべきとの提言を受けて、さまざまな取り組みが行われたものの、いずれも成果を上げていない。
- 口頭合意による助教・准教授の任期設定や一定期間後の予算削減など、大学との人材交流を活発にするための方法を検討するよう、DTA は求められていた (提言 9.1.1)。前回の評価後、DTA・DoS と外部機関との間で、数件の人材交流が行われたが、これは自発的な取り組みとして行われたか、あるいは DTA・DoS の研究教育職員の退職がきっかけで実現したものである。人材交流を促進するための具体的な方法はまだ採用されていないが、その一因としては、DTA の DoS への統合がある。
- KAGRA プロジェクトでは、検出感度を向上させるための努力が続けられているものの、いまだ重力波の「初観測」は実現していない。これに対し LIGO は、最近になって検出感度が向上し、依然として卓越した国際的リーダーとしての地位にある。

その他の見解

この最終章では、上記にまとめられていない一般的見解について述べる。

見解

1. 国立天文台長および執行部による 2024 年度への引継ぎ事項をまとめた文書は、現状の要約としても、また、まだ着手されていない活動項目の包括的リストを含む、今後 3~5 年間の機会ロードマップを示したという点でも優れた文書である。本委員会は、次期台長が、国立天文台の継続的発展の出発点として、この文書を慎重に検討するよう希望する。そして、国立天文台に対し、台長が交代する度に、ならびに今後の国際外部評価の度に、今回のような文書を本委員会に提供するよう奨励する。
2. 現在の戦略計画立案プロセスはきわめて重要であり、大いに推奨される。地上および宇宙望遠鏡による観測に対する要望を結びつけて、日本のコミュニティ全体を巻き込んで協調した戦略的な議論を行うことで強化されるだろう。そのための第一歩として、科学戦略委員会が進めている現行のロードマップ策定の活動は優れたものである。検討すべき他のモデルとしては、欧州の Astronet や Voyage 2050 の戦略計画がある。
3. 上記の第 2 項目に関連して、日本の研究者コミュニティ内で将来のロードマップに対するコンセンサスを確立し、そのビジョンの実現に必要な資金を日本国内の機関から獲得するための十分な時間が取れるよう、2040 年以降の戦略の立案に早急に着手すべきである。
4. 例え TMT プロジェクトにどのようなことが起ころうと、今から 2040 年（さらにそれ以降）までの間も、すばると ALMA は観測施設として大きなインパクトを持ち続けるだろう。したがって、国立天文台と国立天文台に資金を提供する機関において、すばると ALMA は今後も引き続き高い優先順位を維持すべきである。上記の第 3 項目に関連して、ALMA の長期的将来に関する観測パートナーによる計画立案「ALMA3.0」を今すぐ開始すべきである。
5. TMT が成功すれば、それは、TIO のガバナンスとハワイの地元住民等との関係を改善した、過去 5 年間における国立天文台のリーダーシップに因るところが大きい。
6. ATC と ADC については、コア機能として持続させ、かつ拡大させるべきである。



External Review 2023 (ER2023)

Final Report

Submitted by the External Review Panel (ERP)
Arai, T., Chu, Y.-H., Doi, M., Kusano, K., Omukai, K., Russell, A.,
Silva, D.R. (co-chair), Turner, E., van Dishoeck, E. (co-chair)

Version 31 January 2024 (R2)

TABLE OF CONTENTS

EXECUTIVE SUMMARY	3
1 MANAGEMENT OF NAOJ.....	6
[1-A] Is the decision-making process transparent, fair, and well-informed?	6
[1-B] Does the directorate implement best practices for effective priority setting and resource allocation (both for budget and human resources)?.....	7
[1-C] Are partnerships with domestic and international institutions appropriate?.....	8
[1-D] Does the directorate exercise adequate oversight to promote diversity, equity, and inclusion? 10	
2 RESEARCH ACTIVITIES AT NAOJ.....	12
[2-A] Is NAOJ producing outstanding science outcomes?	12
[2-B] Is the open-use concept at NAOJ properly promoted?	15
[2-C] Is NAOJ capable of carrying out large international projects (both in space and ground-based) in terms of human resources, organization, and key technologies?.....	16
[2-D] Is NAOJ yielding enough effort in the investment of human resources and training of the younger generation for the future development of astronomy, such as time-domain science, data science, and so on?.....	17
[2-E] Is NAOJ taking appropriate measures to promote collaborations with the industry?	19
[2-F] Are scientific findings properly informed to taxpayers and delivered to the younger generation, who will lead the future?.....	20
3 RESPONSE TO RESULTS OF THE PREVIOUS REVIEW.....	22
[3-A] Has NAOJ responded appropriately to the previous external review?	22
4 OTHER OBSERVATIONS	24

EXECUTIVE SUMMARY

This is the final report of the 2023 External Review (ER2023) of the National Astronomical Observatory of Japan (NAOJ), submitted by the External Review Panel (ERP). NAOJ's mission is to develop and construct large-scale cutting-edge astronomical research facilities and promote their open access aiming to expand our intellectual horizons; to contribute to the development of astronomy as a world leading research institute by making the best use of a wide variety of large-scale facilities; and to bring benefits to society through astronomy public outreach.

The evaluation covers NAOJ's activities over the past five years, i.e., from April 2018 to March 2023. Topics for evaluation were defined in Section 2.2 of "Charges to NAOJ External Review 2023" (NAOJ-REV2023-0002-A). Detailed information was provided to the ERP through documentation as well as presentations and discussions during a two-day on-site visit to the NAOJ complex in Mitaka, Japan. For each topic, this report provides observations (comments, thoughts, suggestions), and recommendations (suggested action items). The ERP provides some additional observations in the final section. In an appendix, the review process as it occurred is summarized.

Overall, ERP concludes that:

- 1. NAOJ remains one of the world's most productive astronomical research organizations with an excellent record of accomplishment over the last five years. NAOJ is unequivocally recognized as a reliable partner in international partnership projects.**
- 2. NAOJ has the capability and opportunity to sustain and extend domestic and international leadership in the near-term (5 – 10 years) and long-term (10 – 30 years).**

To exploit those opportunities, NAOJ must work closely with the National Institutes for Natural Sciences (NINS) and the Japanese community to face and resolve several key challenges, most notably on NAOJ's budget. While funding allocations of its Frontier projects (Subaru 2.0, ALMA 2.0) have been accomplished, the NAOJ operations budget has been significantly eroded. More specifically, the combination of operational budget reductions and unfavorable foreign currency exchange rates is leading to an untenable situation where activities are being constrained to meet (inter)national obligations and scientific aspirations at off-site and off-shore high-impact / high-value facilities. NAOJ cannot solve this problem on its own, **it needs help from NINS and above to reverse the declining operations budget and enable it to plan for the future.**

The most important task in the immediate future is therefore to **develop a strategic plan that articulates an exciting vision for Japanese scientific and technical leadership as well as societal impact.** Such a vision is required to build community and governmental support not just for the next 5 years but for 2040 and beyond. That latter long-term horizon is critical, given the long gestation period for major international projects and their collaborations. Recent strategic visioning efforts by the NAOJ Science Advisory Committee are welcome and **should be accelerated in close cooperation with the Japanese astronomical community.** As part of such strategic planning exercises, **attention must be given to the apparently competing mission of NAOJ and the AstroBiology Center (ABC) in exoplanet research** to avoid unnecessary effort duplication and resource contention and ensure that science and instrumentation at NAOJ are well integrated.

The fate of the Thirty-Meter Telescope (TMT) project will be determined in the next 2 – 3 years. While much of the construction restart depends on the U.S. National Science Foundation, NAOJ leadership is indispensable within the international collaboration and on-the-ground in Hawai'i. **The next NAOJ Director General must stay actively engaged and build on the success of his predecessor and the entire Japanese TMT team.**

ALMA is a truly transformational international observatory and again NAOJ has been a key leader in its success. The ALMA 2.0 project assures continued ALMA impact into the 2030s and beyond. A critical decision in the next five years for NAOJ and Japan is to decide whether to deepen engagement with the U.S.-led Next Generation Very Large Array (ngVLA) project or Phase 1 of the international Square Kilometer Array (SKA1) project. However, neither is possible without major new funding from the Japanese government and **NAOJ should avoid the trap of engaging in these major projects if such engagement means diverting funding and resources from ALMA**, including options for its longer-term future into the 2040s.

Thanks to its location in Hawai'i and its wide-field instrumentation, Subaru is unique relative to other optical telescopes in its class around the world. **The Subaru 2.0 projects will extend high-impact domestic and international leadership into the mid-2030s.** Project funding for ALMA 2.0 and Subaru 2.0 as well as analogous operations funding (direct for site operations as well as indirect for scientific user support and data analysis), should remain a high priority for the next 5 – 10 years.

As NAOJ continues to grow in influence, so should the Advanced Technology Center (ATC). To fulfill its ambitions in large projects, **NAOJ should attract additional high quality project managers and lead system engineers.** The transition to a matrix organization was wise and has allowed the ATC to explore new areas more readily, such as technology transfer to support non-astronomical enterprises and societal benefits. To better manage the matrix, the ATC should insist on better record keeping of day-to-day activity so that decisions to start new projects can be based on a deep knowledge of current and projected availability of resources and their assigned priorities. The ATC should also more actively build slack into its schedule to allow for small, unscheduled, quick-turnaround projects.

The new department of science (DoS) is producing high quality and impactful research and is attracting and mentoring an increasing number of young researchers. As it matures, **the ERP recommends better integration and interacting more productively with other elements of NAOJ. To enable this, new and/or additional building(s) for office space and meeting rooms are urgently needed.** DoS could also play a significant role in strategic planning of NAOJ and the Japanese astronomical community. Theoretical research in Japan is greatly supported by NAOJ's dedicated computing resources and training through its Center for Computational Astrophysics (CfCA). **It is important that its large-scale computers remain state-of-the-art through regular upgrades.**

NAOJ and its partners (especially Princeton University and Kavli-IPMU) are international leaders in producing and exploiting large astronomical datasets. This well prepares NAOJ to host future large datasets, from such surveys as the Large Survey of Space and Time (LSST). Recent effort by the Astronomy Data Center (ADC) to **transition from a predominately data storage / data distribution facility to a 21st century data analysis / data science support group is the right direction** and should continue. Development of ADC services and capabilities should exploit existing open-source capabilities and/or be developed in partnership with expert groups in the private and public sectors. The latter will be particularly important to resolve the rapid approach data volume crisis.

NAOJ is engaged in broad array of scientific and operational partnerships with Japanese and international institutions. Most seem active, productive and/or beneficial. However, some are not, and the East Asian Observatory (EAO) partnership falls into that group. Initial lofty aspirations have not come to fruition and the current benefit to NAOJ appears minimal, especially in terms of time investment by the NAOJ Directorate. **NAOJ and its governmental enablers should undertake a detailed review of EAO accomplishments to date and prospects for the future.**

Looking towards the NAOJ directorate, the current management process with its many committees and committee meetings maximizes communication and participation but it comes at the cost of too much redundancy and too many meetings. It appears straightforward to reduce the redundancy between committees, which in turn would reduce redundancy in meetings, without reducing transparency and communication to the large array of internal and external stakeholders.

Great people are the foundation of great organizations. NAOJ is no exception. **It should move full speed ahead to increase its diversity, most notably its fraction of female staff, to levels commensurate with those nationally and internationally in astronomy.** Working with the appropriate government agencies, NAOJ also needs to investigate and **implement innovative compensation strategies to be highly competitive when seeking to recruit the best people**, especially in technical areas and in IT, software engineering, and data science. NAOJ has a vibrant Public Relations Center that enriches people's lives, but it too has difficulties in retention and hiring of staff.

Fiscal realities being what they currently are, the curtailing or ending of lower-impact activities to sustain high priority activities and create capacity for new activities is financially prudent and necessary. This includes ensuring that industrial collaborations are mutually beneficial and do not dilute NAOJ's mission. Such decisions are never easy and often face resistance from internal and external stakeholders. **NAOJ has strengthened the prioritization process and made it more transparent in the last few years.**

Acknowledgements

The ERP thanks the entire NAOJ team for helpful, clear, and comprehensive interviews, documentation, presentations, and answers to follow up questions. The ERP made good use of more in-depth external reviews on individual subsections of NAOJ, such as the 2021 Subaru Telescope review and the 2023 Division of Science review. As far as the ERP could assess, the NAOJ team was transparent and internally self-consistent in all matters.

The ERP notes that logistical support was outstanding. Many thanks to Ms. Junko Chapman, Ms. Yuka Isozaki, Dr. Hori Kuniko, Dr. Kentaro Motohara, and especially Dr. Alvaro Gonzalez.

The ERP appreciates the time and transparency during the review of the entire NAOJ Directorate team, especially the Director General, Dr. Saku Tsuneta. The Handover Report for FY2024 was particularly clear, informative, and helpful.

Release Version 1 (R1) was delivered to NAOJ on 20 December 2023. This version (R2) contains a minor wording change on page 18 to clarify who operates the OISTER network on small telescopes.

MANAGEMENT OF NAOJ

[1-A] Is the decision-making process transparent, fair, and well-informed?

Key documents

1. Overview of NAOJ, NAOJ-REV2023-0003-A
2. Management of NAOJ, NAOJ-REV2023-0005-A
3. Handover Report for FY2024 from Director General and Directorate, NAOJ-REV2023-0008-A
4. Presentations: ACRM-Management, ACRM-ProjectReviewCommittee, ACRM-SAC, PlanningCommittee, and FinanceCommittee

Observations

The NAOJ management committee structure has been set up to ensure that its faculty are involved in all key decision making aside from confidential staffing matters. There are also committees such as the Project Director's Meeting and the Faculty Meeting that are explicitly designed to promote communication. As a result, the decision-making process is both transparent and well informed.

In a situation where there are budget cuts and insufficient funds to carry out all projects, it is inevitable that some projects will suffer. There were a few difficult cases due to miscommunication between the directorate and project leaders/community. Since that time, the Director General (DG) has taken effective steps to explain the difficult situation to both the NAOJ staff and the wider community. The same open approach has been used to establish direct communications with the native Hawai'ians protesting TMT with very positive results, thus making a major contribution to the viability of that project.

The Communications Enhancement Committee report was not reviewed by ER2023, but the Japanese members of the committee note that NAOJ has been proactive in implementing the recommendations from the report, and the situation has significantly improved. We note the involvement of many external scientists in ACRM subcommittees and open-use Science Advisory Committees (SACs).

However, the NAOJ management structure has led to a rather extensive and complex committee structure with some duplication. As one result, key members of leadership are spending significant and burdensome time in meetings with probable negative effects on their ability to perform their primary management functions. Similar, albeit less intense, committee duty overloads may well affect many members of the senior staff beyond those in management positions.

It is an unfortunate reality that in most organizations, committees tend to proliferate and remain in perpetuity. It is therefore good practice to review the need for the existing committee structure from time to time with the goals of improved efficiency and simplicity. Some organizations create new committees with a specified termination date, at which point by default they cease to exist.

Recommendations

1. Continue the emphasis on transparent communications and ensure that any changes in the decision-making process do not unduly reduce it.
2. Seek to simplify the committee structure by, for example, combining the Planning and Executive Committees, employing closed sessions (without faculty members but with HR) to deal with

confidential staffing items. Also strive to reduce the cadence of committee meetings, for example, by meeting only once per month and implementing strict agenda control.

3. Conduct an audit of time spent in committee meetings across the entire organization with the goal of reducing their number, duration, and membership.

[1-B] Does the directorate implement best practices for effective priority setting and resource allocation (both for budget and human resources)?

Key documents

1. Overview of NAOJ, NAOJ-REV2023-0003-A
2. Management of NAOJ, NAOJ-REV2023-0005-A
3. Handover Report for FY2024 from Director General and Directorate, NAOJ-REV2023-0008-A
4. Presentations: ACRM-Management, ACRM-ProjectReviewCommittee, ACRM-SAC, Planning Committee, FinanceCommittee, and DecisionMaking
5. Presentation: ATC

Observations

The NAOJ team described how the committee structure worked in terms of allocating resources and setting priorities. The role of the Project Points of Contacts in the Directorates was emphasized in the process of resolving problems and clashes for resources between projects. This process seems to work well and is fit for its purpose. The allocation process is made simpler since the big Frontier projects are agreed to be the highest priority and have protected budgets.

The allocation of funding for ALMA 2.0 and Subaru PFS is a significant success. The situation is more complex for the operational budget which has been steadily decreasing for more than a decade, eroding that part of NAOJ's budget by more than 20% compared with 2013. Additional stress has been added by an unfavorable exchange rate. Release and management of contingency by the Finance Committee is working well, although limited in scope due to the very tight budget situation.

There were a few difficult allocation decision situations that caused significant discussion within the Japanese community. A Communications Enhancement Committee was organized at a senior level and made recommendations for NAOJ. Most of those recommendations have already been implemented or in the process of implementation (for example, an advisory committee for the Division of Science). The last major recommendation for implementation is to create transparent and consistent information discussion flows between key committees, mainly the Project Review Committee (PRC) and the Science Advisory Committee (SAC) within the Advisory Committee for Research and Management (ACRM).

Turning to the Advanced Technology Center (ATC), formal resource requests and allocation happen on an annual basis. Frontier projects have the highest priority, which seems appropriate. However, as NAOJ engages with more externally funded projects and collaborations, conflicts may emerge between delivery deadlines specified in external contracts vs. similar deadlines set for internal projects. Another potential risk could arise if an internal NAOJ group collaborates with an external university-based group to propose a project to government agencies and then that project requires NAOJ resources on a schedule that conflicts with an existing project. While such risks of conflict have not yet been realized, it is important for NAOJ to establish policy and process to resolve such conflicts before they occur. Some degree of spare capacity at the ATC would be beneficial to deal with unforeseen events and allow the

smaller, lower priority projects to get effort in a timely way. There may still be opportunities to further consolidate the role of ATC by transferring people from other parts of NAOJ to the ATC and making even more use of ATC for delivering projects.

As the use of the ATC matrix management system expands in the future, consistent with experience in other matrix organizations, it would be helpful to establish more formal processes to capture the time spent on the various projects. This information would not only be valuable to track spending, but also analyze fragmentation of effort and have a continuous improvement process to become more agile in allocating effort.

Starting a new, major project beyond Subaru, ALMA, and TMT seems virtually impossible in the current budgetary environment. Even work on early concept developments will be challenging because the current personnel contingent is already stretched to handle current projects as well as day-to-day operations.

Recommendations

1. A clear policy and procedures for adjudicating and resolving resource allocation and scheduling conflicts between internally and externally funded projects should be established. This is particularly important for the ATC but applies to the entire organization.
2. The ATC should establish a formal process to capture time spent by each ATC member on all individual projects, no matter how big or small they are.
3. Complete the implementation of the Communications Enhancement Committee recommendations, including transparent and consistent information discussion flows between key committees, mainly the Project Review Committee (PRC) and the Science Advisory Committee (SAC) within the Advisory Committee for Research and Management (ACRM).

[1-C] Are partnerships with domestic and international institutions appropriate?

Key documents

1. Organizations and Development Plans of the NAOJ Large International Projects, NAOJ-REV2023-0007-A
2. Handover Report for FY2024 from Director General and Directorate, NAOJ-REV2023-0008-A
3. Presentations on Subaru, ALMA, and TMT

Observations

NAOJ has developed several different kinds of domestic and foreign partnerships. These partnerships can be scientific, technical, educational, etc. Many are well-aligned with current high priority NAOJ projects (examples: ALMA, TMT, JAXA, SOKENDAI) or partners (examples: ASIAA, AUI/NRAO, AURA, ESO, KASI, Kavli-KPMU, Princeton). Others appear to be useful for the other partner at little or no cost to NAOJ (examples: various bilateral agreements with universities throughout Japan and Asia). Still others appear inactive; that is, an agreement exists on paper but there has been no recent activity. All the above seem positive and relevant to the current NAOJ mission. A few, however, seem less relevant and perhaps distracting from the core mission, with the most notable being the East Asian Observatory (EAO), which is discussed below.

Of special note, NAOJ has made great improvement in the relationship with Hawaiʻian people aiming to preserve access to Maunakea on the “Big Island” of Hawaiʻi for astronomical facilities (including Subaru) and to resume the construction of TMT on Maunakea. Without NAOJ leadership, this challenging problem of culture and politics would be much further from resolution than it is today.

In contrast, the East Asian Observatory (EAO) collaboration does not appear to be making positive progress. It has experienced significant financial and governance challenges since its creation. Regarding governance, NAOJ has played an essential leadership role over the last five years to strengthen the collaboration bylaws and terms of reference as well as stabilize the financial situation. Currently, EAO lacks a strategic vision and implementation plan that has been accepted and funded by all partners. As the key leader in this project, it behooves NAOJ and its sponsoring governing bodies to decide what is best for the Japanese community, and then push for that future. The committee did not discuss, nor does it recommend a specific future but notes that withdrawal should be considered as well as continuation and deepening the commitment.

Within Japan, NAOJ is actively promoting joint research with various institutes with the aim of developing new technology and frontiers for the entire Japanese community. Key examples include:

- In collaboration with JAXA, NAOJ developed essential technologies necessary to realize JASMINE and future missions using JAXA's front-loading budget. NAOJ also conducted a feasibility study for a lunar observatory as a science mission in the Artemis Program and discussed the clarification of system requirements.
- In cooperation with NICT, NAOJ succeeded in developing and upgrading superconducting device fabrication technology for ALMA and ALMA 2.0 and began R&D on integrated circuit technology for a superconducting quantum computer.
- To develop new fields such as astronomical statistics and astronomical informatics, NAOJ established the Joint Tenure Track System with the Institute of Statistical Mathematics (ISM) and started the joint study with ISM by hiring two young researchers.
- NAOJ concluded the research collaboration agreements with Kagoshima University for VLBI observation research and Osaka Metropolitan University for high-frequency radio receiver technology development and signed the cross-appointment agreements with JAXA, the University of Tokyo, and the National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST).

NAOJ is also actively promoting joint research with international institutions in large projects, most notably ALMA, TMT, and VLBI:

- ALMA has three partners, East Asia (EA), Europe (EU), and North America (NA). NAOJ has the largest share in the ALMA-EA and has assisted Taiwan and Korea partners in their instrumental in-kind contribution. ALMA is operating smoothly and producing highly ranked science. ALMA is entering the ALMA 2.0 phase aiming to increase the bandwidth and sensitivity.
- TMT construction has been suspended for several years due to the protest of the native Hawaiʻian people. To improve the situation, NAOJ has made the following efforts: relocation of

the TMT Headquarter from Pasadena to Hilo, direct dialogue with the protestors, educational activities in the local community, and close cooperation with the State of Hawai'i, MKSOA, University of Hawai'i, and NSF. These efforts have been effective in gaining trust and support of the Hawai'ians.

- The VLBI project started with VERA (4 telescopes in Japan), was later joined by three Korean telescopes to form KaVA and is establishing the East Asia VLBI Network by adding antennas in China. This VLBI network is an excellent and successful example of promoting collaborations in East Asia.

Recommendations

1. Review all current partnership agreements for continued value to NAOJ and/or the partner(s). Based on those reviews, revise, amend, extend, or exit from the agreements.
2. New or revised partnerships agreements should be well-aligned with NAOJ priorities and have expiration dates.
3. NAOJ should work with its sponsoring governing bodies and the Japanese community at large to develop a community-based vision for the EAO. Once that exercise is completed, NAOJ should work with its EAO partners to move in a direction desired by the Japanese community and commensurate with a pragmatic assessment of available resources.
4. NAOJ leadership must stay involved in Hawai'ian community engagement. Although time-consuming, this activity is critical to future Japanese international leadership in astronomy via Subaru and TMT.

[1-D] Does the directorate exercise adequate oversight to promote diversity, equity, and inclusion?

Key documents

1. Management of NAOJ, NAOJ-REV2023-0005-A
2. Presentation: GenderEquity-DEI

Observations

Diversity, equity, and inclusion (DEI) have been receiving increasing attention by the directorate at NAOJ over the last decade, and especially over the past 5 years. As the statistics show, there have been increases in the fractions of non-Japanese, younger generation, and female staff members since 2012. The latter category is the most critical in need of improvement, and NAOJ is to be commended for its measures to improve the female fraction, not only among the research staff but also among engineering staff. The Gender Equity Committee has worked hard to ensure an appropriate gender and work-life balance at NAOJ, including childcare support, family care support (realizing that nursing care is an important issue in the ageing Japanese society), childcare room, restrictions on overtime work, and working from home. The female-only hires have been particularly effective to attract high-quality female researchers and improve the situation. The NAOJ committee also interfaces directly with the NINS Gender Equality Promotion Committee in implementing its action plan within NAOJ. Hosting the first ever IAU Symposium on "Equity, Diversity and Inclusion – a Roadmap to Action" at NAOJ in 2019 also helped to raise attention to these issues both locally and worldwide.

The NAOJ actions have been important to raise the fraction of female staff from <4% to 10.2% over the past 5 years. This is an improvement, but the fraction is still disappointingly low compared with the worldwide IAU fraction of 23%. The percentage of female members of the Astronomical Society of Japan is 12.3%. NAOJ aims to raise the fraction of female research staff to 17% by 2027, in line with the NINS action plan, but this would require 26 new female hires over the next 3 years which is significantly more than the available positions for permanent staff. This goal therefore seems hard to achieve, unless other drastic or fundamental measures are taken such as obtaining additional funding for female-only hires.

Diversity is more than just gender diversity, and there have also been actions to increase the number of foreign employees. To help non-Japanese employees, the use of English is increasingly widespread. Notifications for all employees are sent in both English and Japanese, important web pages and forms are provided with English translations. The recruiting and hiring of non-Japanese employees are conducted in English, and assistance for their visa and status of residence in Japan, as well as search for housing, is provided and much appreciated by foreign staff. Meeting documents are translated to English for faculty meetings and project meetings.

Recommendations

1. NAOJ should move full speed ahead with new female hires by exploring multiple ways to attract female researchers from Japan and abroad. Search committees should carry out proactive scouting and encourage female candidates to apply. Inviting early career female researchers for colloquia and short visits is another effective way to promote NAOJ as an excellent and attractive workplace. Other measures that could be taken include:
 - a. In the general hiring/recruiting process, recognize and avoid the unconscious bias against female applicants. Interview questions should be gender-free.
 - b. Consider "dual career couple hire" (positions are offered to a female researcher and their partner simultaneously). This strategy has been very effective in recruiting and retaining female faculty members in American and European institutions.
 - c. Avoid loading female staff with excessive committee work solely for the purpose of fulfilling the gender balance in the committees. On the other hand, having female staff in high leadership positions, including the Directorate Board, would send an important signal.
 - d. Enlarge the pool of highly qualified young female researchers through outreach work at universities and schools, encouraging young female students to study science.
 - e. Encourage female postdocs to stay in academia and remove gender-induced obstacles in their career path.
2. NAOJ should use similar measures to enhance its diversity in nationality, ethnicity, and other minorities.
3. To help the non-Japanese employees adapt to the new working environment, Japanese lessons at different proficiency levels should be offered or such employees can be directed to suitable external language schools.
4. At national meetings, consider using primarily English among the scientists.

RESEARCH ACTIVITIES AT NAOJ

[2-A] Is NAOJ producing outstanding science outcomes?

Key documents

1. Research Activities of NAOJ, NAOJ-REV2023-0004-A
2. Presentations on Subaru, ALMA, TMT, Division of Science, Center for Computational Astrophysics

Observations

The answer to this question is a resounding: yes! Japanese astronomers using NAOJ facilities as well as NAOJ scientists have produced many outstanding science results over the past five years. In fact, the entire Japanese and East-Asian astronomical community is on a steep upward trajectory, and is now at the forefront worldwide, as evidenced by their publication and citation records, their invitations to speak at major astronomical meetings, their leadership in large projects, their organization of major conferences in Japan, and their vibrant and active young community.

This success is largely the result of the investments in, and operation of, the biggest ground-based telescopes, most notably Subaru and ALMA. NAOJ and the Japanese community made the wise decision more than a decade ago to put a significant amount of time into Large Programs that are designed to address major science questions, involve a significant fraction of the community, and deliver data products that can be harvested by all astronomers. An excellent example is the Hyper Suprime Cam (HSC) Subaru Strategic Program wide field imaging survey and the spectroscopic follow ups. ALMA is enabling an increasing number of large international programs with active Japanese involvement, and, more recently, also Japanese-led large programs. Large simulations pushing the NAOJ supercomputers to their limits are another example. All these large programs have significantly raised the visibility of Japanese astronomy across the globe. Moreover, they provide Japanese astronomers with an entry point for involvement in other major worldwide projects such as Euclid, Rubin and Roman.

More than 2500 refereed papers with a NAOJ lead- or co-author have been published in the reporting period with a total of more than 90,000 citations. A few science highlights are listed below. The high-quality NAOJ Science news website provides an excellent overview of many more high-impact results.

Science highlights include:

- The deepest wide-field map of the three-dimensional distribution of matter in the Universe made by the Subaru HSC collaboration, also constraining the properties of the “dark energy” that dominates the energy density of the Universe.
- The detection using ALMA of the most distant oxygen ever, in a galaxy located 13.3 billion light-years away. This implies that star formation in this galaxy started at an unexpectedly early stage, only 250 million years after the Big Bang. More such galaxies have been detected with ALMA since, and the rise of oxygen in the Universe is now also being pursued using brand-new JWST data, illustrating the scientific synergy of different instruments.
- Discovery of a supermassive black hole in the early Universe that could provide the missing link in the evolution of quasars using Subaru. The object GNz7q appears to be a black hole just

starting to overpower its host galaxy in the process of becoming a quasar. Using ALMA, a gigantic galactic wind driven by a supermassive black hole was found in a distant galaxy at 13.1 billion lightyears, a telltale sign that huge black holes have a profound effect on the growth of galaxies from the very early history of the Universe.

- Contributions to high-profile Event Horizon Telescope observations, of which ALMA is a crucial component, describing the first detection of the shadow of the supermassive black hole at the heart of Messier 87 and of the Milky Way in a series of highly cited papers.
- New computer simulations that suggest that massive black holes are not only created by swallowing interstellar gas but smaller stars as well. Using artificial intelligence, cosmological simulations on the origin of how the Universe created its voids and filaments can now be studied within seconds.
- 3D hydrodynamic simulations for a core-collapse supernova of a $27 M_{\odot}$ star, including predictions for neutrino and gravitational wave emission, stressing the importance of multi-messenger astronomy.
- Detection of filaments of gas connecting galaxies in a large proto-cluster in the early Universe using Subaru and ESO-VLT. In accordance with computer simulations, the filaments are extensive and provide the fuel for intense star formation and the growth of super massive black holes within the proto cluster.
- Importance of filaments in feeding and building high-mass star clusters within our own Galaxy using data from ALMA and Nobeyama, with ALMA and KaVA also showing complex outflow structures. Unique polarimetric observations with JCMT-BISTRO reveal the role of magnetic fields in supporting clouds against collapse.
- Astrochemical surveys with ALMA of low- and high-mass star-forming regions, out to the edge of the Galaxy, that reveal chemical similarities and differences in abundances of complex organic molecules and carbon chains.
- Transformational images of dust and gas structures in protoplanetary disks around pre-main sequence stars using ALMA and Subaru suggesting that planet formation is well underway at this stage. In contrast, such disk substructures are much less prevalent in the earlier embedded stage of star formation, as demonstrated in a recent East-Asian led large program, helping to pinpoint the onset of planet formation.
- New supercomputer simulations for interpreting these substructures, showing for example that a planet can move away after creating a ring and leave it behind. Award-winning theoretical and polarimetric observational studies of dust growth in protoplanetary disks, proving that most dust grains are smaller than previously thought.
- Development of a new direct and robust way to directly measure the amount of gas in protoplanetary disks without needing to make assumptions about the relative amounts of different types of gas.

- Use of isotopologue abundances of molecules (D, ^{13}C , ^{15}N , ^{18}O) observed with ALMA to elucidate the physical and chemical history of molecules from cold clouds to planet-forming disks and comets.
- Discovery of two brown dwarfs orbiting Sun-like stars using Subaru's Extreme Adaptive Optics System, joining the few known directly imaged substellar sources orbiting on solar-system scales. These objects are expected to be benchmarks for the study of the evolution of giant planets and brown dwarfs and their atmospheres.

Exoplanet science

Exoplanet science represents one of the fastest growing areas of astronomy and therefore warrants a separate discussion. Many in the global scientific community consider exoplanet science, together with cosmology, to be of the highest fundamental intellectual importance in astronomy. It is therefore driving major scientific and technical projects at all current major facilities with which the Japanese community collaborates including TMT (other examples: Subaru, ALMA, ESO VLT, ESA Ariel, NASA/ESA HST and JWST). NAOJ should therefore have strong interconnected exoplanet science and instrumentation expertise.

However, the advent of the NINS-sponsored Astrobiology Center (ABC), which contains a significant cluster of exoplanet scientists, appears to have created confusion regarding which group is being directed and funded to lead in which area. Most notably, the bulk of the exoplanet instrumentation effort is currently led by the ABC. The ERP notes that astrobiology is a very broad topic, in which Solar System searches for life, studies on the origin of life on Earth and elsewhere in the Universe, geobiology, atmospheric science, extremophile, evolutionary biology, and molecular biology are dominant components. Meanwhile, current ground-based observational studies of exoplanet systems are focused on characterization of exoplanets and their host stars as probes of their joint formation and evolution. In short, exoplanet science is much more than astrobiology, and astrobiology is much more than exoplanet science.

A clear strategic vision for the NAOJ and ABC missions in these connected areas is needed to resolve expertise and resource contention and ensure Japanese leadership within the international community, most notably for TMT.

Recommendations

1. Maintain the strategy of having high-impact large (key, strategic) programs at the major observatories that benefit a large fraction of the community.
2. A high-level panel should be formed by NINS to facilitate the development of a Japanese community-based strategic vision for the related endeavors of astrobiology and exoplanet research. This panel should define a strategic vision for Japan in the international context as well as a roadmap for how specific activities should be assigned to NAOJ, ABC, and the Japanese university community to satisfy that vision. NAOJ should seek pathways to better integration within NAOJ of exoplanet research and TMT instrumentation development.

[2-B] Is the open-use concept at NAOJ properly promoted?**Key documents**

1. Overview of NAOJ, NAOJ-REV2023-0003-A
2. Research Activities of NAOJ, NAOJ-REV2023-0004-A
3. Various presentations and interviews with SAC chairs

Observations

The open use of the facilities enabled by NAOJ is very well promoted among the Japanese scientific community (and beyond), as evidenced by the high oversubscription factors both on the major telescopes (Subaru, ALMA) and on the supercomputers of the Center for Computational Astrophysics (CfCA), by factors of a few up to six. As an example, a record of 2000 proposals were submitted to ALMA in 2021, of which 389 were led by the East Asian community, many of them by the young generation (including even MSc students). Even the VLBI, although at a relatively lower rate, is oversubscribed by a factor of ~ 1.5 . Students make up 36% of the ~ 300 CfCA users.

The NINS goals of open-use have all clearly been achieved by NAOJ: the research transcends university boundaries; it enables network-type joint research that contributes directly to universities; and it provides international open research that strengthens the research capabilities of universities. This is demonstrated by the high fraction of collaborations and joint publications between Japanese researchers from different institutes and universities, as well as between Japanese and international researchers.

An excellent example is the Subaru telescope. A large amount of Subaru telescope time was allocated over the past decade for the highly successful Hyper Suprime-Cam (HSC) survey. While this allocation has driven up the oversubscription rate for the small programs, the data from the HSC survey provided abundant research opportunities for astronomers in Japan as well as the rest of the world. This open use of survey data has increased the annual publication rates and further raised the scientific impact of Subaru. In recent years, the oversubscription factors of the Subaru telescope are getting smaller, however, even though the latest factor of ~ 2 is still significant.

Communications with the larger domestic Japanese communities for the open-use programs seem to be working well, and the different scientific advisory committees (SACs) play adequate roles in advising both NAOJ and the Boards of major international facilities (directly or indirectly) on a variety of issues regarding their use and strategic plans. These SACs also have an active role in promoting the use of the different facilities nationally, including among the younger generation and in boundary fields like physics and geophysics.

Recommendations

1. NAOJ should continue its current efforts that maintain proper communications with the community through their SACs. For the specific case of TMT, it is important that the Japanese community continues to speak with one voice.
2. Perform an analysis of the decreasing oversubscription on Subaru in recent years, whether actions should be taken to change the time allocation model or adapt the instrumentation portfolio to changing users' demands.

[2-C] Is NAOJ capable of carrying out large international projects (both in space and ground-based) in terms of human resources, organization, and key technologies?

Key documents

1. Overview of NAOJ, NAOJ-REV2023-0003-A
2. Organizations and Development Plans of the NAOJ Large International Projects, NAOJ-REV2023-0007-A
3. Handover Report for FY2024 from Director General and Directorate, NAOJ-REV2023-0008-A
4. Presentations: various

Observations

NAOJ is an excellent and reliable international partner. This has been demonstrated admirably on ALMA where NAOJ (and as a result, East Asia) is recognized unequivocally as an equal partner with North America and Europe. This is true in all aspects of the relationship, scientific, technical, and managerial.

NAOJ is a major part of the TMT that is an even more expensive undertaking than ALMA was. Not only is NAOJ providing the TMT telescope (through a contract with Mitsubishi Electric) and a significant fraction of the primary mirror segments (through a contract with Ohara and Canon), but the DG has also personally played a pivotal role in helping to try and resolve the difficulties of the TMT project in Hawai'i.

International projects have been and are severely impacted by exchange rate changes. This has massively reduced NAOJ's spending power in real terms and threatens the ability to carry out large international partnership projects. For a very large project, even a small change in the exchange rate can have a debilitating effect on the domestic program of NAOJ.

The committee heard that recruitment and retention of software engineers is difficult due to the strong salary competition from industry. This could severely impact NAOJ's ability to deliver on its commitments to ALMA for example. Although in theory for fixed term staff a special allowance could be considered, this has not happened so far.

The way the big industrial contracts for ALMA and TMT for the antennas/telescope have been managed to date has been via contracts that provide a specification and then rely on the engineering expertise of the company to find a technical solution that meets the performance requirements. This was no doubt true also for the original NRO telescope and for Subaru as well. Such a process has clearly delivered products that not only meet the requirements, but which have also met the demands of international partnerships. However, it also resulted in a high reliance of the original vendor for long term maintenance. It has taken quite some effort to move the Subaru telescope organization to being more self-sufficient. It would be beneficial if the ATC had the expertise to be able to follow these large telescope (and similar) contracts much more deeply at an engineering design and analysis level. On the TMT project a "point design" was done in the US to develop a viable concept as input to the design process. NAOJ should have the internal expertise to be able to carry out such activities in-house. This would not only allow NAOJ to interact with industry as an intelligent customer, verifying the designs, challenging industry to innovate and adding even more value to large international projects, it would also mean more independence from the contractor in terms of understanding the long-term maintenance needs.

Recommendations

1. To be able to carry on and expand its role in large international projects, NAOJ needs to expand its number of staff capable of working at project manager and lead systems engineer level. It would be logical to locate such staff in the ATC and provide their effort to the projects via matrix allocations.
2. Consideration should be given to increasing the size and remit of the ATC engineering staff to include the expertise needed to both carry out conceptual designs of major new facilities (e.g., the TMT telescope) and be able to interact closely during the execution of the contract, acting as an intelligent customer, checking design calculations, maintaining the top-level error budgets, etc.
3. NAOJ should conduct a salary comparison survey every few years to understand which areas of science and engineering are most difficult to compete with industry on salaries. Consideration should be given to the use of retention allowances for fixed term contracts in areas such as software engineering.
4. More office and technical space required (as well as renovation of existing space) for new major projects on Mitaka campus.
5. NAOJ should work with NINS / MEXT / MOF to explore mechanisms to mitigate exchange rate risks.

[2-D] Is NAOJ yielding enough effort in the investment of human resources and training of the younger generation for the future development of astronomy, such as time-domain science, data science, and so on?

Key documents

1. Research Activities of NAOJ, NAOJ-REV2023-0004-A
2. Presentations: Science training, Division of Science, CfCA

Observations

NAOJ accommodates multiple types of research fellows, postdocs, and graduate students from the Graduate University for Advanced Studies (SOKENDAI) in different divisions, including in the ADC and ATC. Various efforts are in place to maximize the scientific outcomes, to train younger generation and invest in the future development of astronomy. The total number of young scientists at NAOJ is large (50 postdocs and 70 students), although not compared with number of staff (the ratio of staff to student or postdoc is roughly 1:1). The opportunities for hosting visiting joint researchers and scholars are much appreciated by the staff. NAOJ is also supporting young staff at universities with research grants for piloting new research initiatives and formation of new groups.

A major problem, however, is that there are not enough opportunities for researchers from different fields to gather in person, resulting in a lack of inter-departmental and intra-departmental research exchanges. In particular, the Division of Science (DoS) was established with the aim of promoting active exchanges among researchers not only in theory but also across multiple wavelengths and messengers.

Insufficient space to accommodate the increased number of members, following two pandemic years without any meetings, is hindering natural mutual interactions. It is particularly unfortunate that the graduate students and younger researchers' offices are scattered across various buildings.

The NAOJ Postdoctoral Fellowships, including NAOJ Fellows and EACOA Fellowships, present valuable opportunities for young scientists to engage in high-quality independent research under favorable conditions (limited or no project duties) and in a stimulating environment. On the other hand, after their term ends, it is expected that individuals will progress in their careers and secure better positions such as tenured faculty without term limits. While a fraction of the fellows indeed makes this next step in their career, there are also instances where individuals either continue as fixed-term researchers or, in some cases, leave academia to take up fruitful positions elsewhere in society (e.g., in data science). Project postdocs have significant duties (at least 50%), and often find it difficult to have enough time for their own research, especially during commissioning of a new instrument at a telescope.

A graduate education office for SOKENDAI PhD students was recently established at NAOJ to manage and coordinate NAOJ's efforts. Many NAOJ staff are associated either with SOKENDAI or with the University of Tokyo and provide lectures on a regular basis. Completion rates of SOKENDAI graduate students appear to be around 70% and for University of Tokyo around 80%.

Currently, a significant portion of domestic theoretical researchers conduct their studies using the CfCA's computers, and it can be said that CfCA literally supports theoretical research in Japan through its dedicated astronomical computing resources. These large-scale computers are replaced every several years, thus maintaining international competitiveness. Following proposal evaluations, these computers are made available for open use by domestic researchers. During the application process, even if a proposal is not accepted in a higher-ranking category, it is often accepted in a lower-ranking category, demonstrating a flexible proposal review process. This is particularly intended to facilitate the use of supercomputers by young researchers such as graduate students, who greatly benefit from this arrangement (see also charge 2-B). Additionally, by organizing schools on numerical computations, the CfCA significantly contributes to the development of young researchers affiliated with other institutions.

To train the next generation of millimeter and radio astronomers, the NAOJ ALMA Support Center, in collaboration with its East Asian Partners, is regularly conducting data reduction and proposal preparation workshops as well as interferometry schools. The ATC also hosts many visiting students.

The Subaru HSC surveys as well as the OISTER network of smaller telescopes operated mainly by Japanese universities serve as fertile platforms for training students and advancing time-domain and data science. Noteworthy efforts have been made through dedicated workshops and educational programs, aimed at furthering the understanding and application of time-domain and data sciences. The OISTER network also benefits amateur astronomers.

Recommendations

1. Enable new and/or additional building(s) for office space and meeting rooms with high priority.
2. Encourage researchers based at the Mitaka campus to participate in observatory-wide meetings in person as much as possible. Encourage more crossover between Divisions, including attending each other's talks. Ensure that DoS is well integrated and interacts productively with other elements of NAOJ.

3. Provide appropriate mentoring, including advice on career paths, to incoming young researchers so they can pursue career advancements after their term ends. Ensure that project postdocs and young staff have enough time for research.
4. Develop further the activities of the new graduate education office; analyze drop-out rates and provide enhanced mentoring where needed.
5. Maintain CfCA's activities, including sustained open use and training. It is particularly important to replace large-scale computers every several years to provide access to state-of-the-art facilities in the era of data intensive science.

[2-E] Is NAOJ taking appropriate measures to promote collaborations with the industry?

Key documents

1. Research Activities of NAOJ, NAOJ-REV2023-0004-A
2. Handover Report for FY2024 from Director General and Directorate, NAOJ-REV2023-0008-A
3. Presentation(s): IndustryLiaison

Observations

Collaboration with industry has traditionally been via major contracts such as with Mitsubishi Electric (NRO, ALMA, Subaru), Ohara & Canon (TMT segments) and Fujitsu (correlator).

The committee heard that NAOJ established the Industry Liaison Office (ILO) in 2020, and the ILO works well to support collaboration with industry and media relations. To promote new industrial applications of NAOJ's technology, the ILO created websites and pamphlets, as well as implemented several projects for exhibiting at exhibitions and disseminating information to journalists. As a result, several new industrial collaborations have been realized, such as the application of AO technologies to the communications industry and ALMA superconducting technologies to quantum computing. On the other hand, several staff members expressed concerns that they were pulled in too many directions by these extra efforts.

Industrial agreements include clauses on intellectual property. However, the committee heard that the value of NAOJ's IP is limited by the regulations and does not represent a real "commercial value".

The committee concludes that NAOJ is indeed taking good measures to promote collaborations with industry and to find new industrial applications for its technologies.

Please also see the related discussion in Section 2-C above about building internal expertise in project management and system engineering.

Recommendations

1. It is important to be careful when selecting industrial collaborations and R&D to ensure that they continue to add value to NAOJ's mission, and not dilute it. NAOJ should establish a set of transparent guidelines for selecting industrial collaborations which are mutually beneficial and appropriate for NAOJ.
2. NAOJ should continue to ensure that its Intellectual Property is appropriately managed.

3. NAOJ should continue to disseminate its technology widely and steadily to society to promote the mutual development of astronomy and new industries.

[2-F] Are scientific findings properly informed to taxpayers and delivered to the younger generation, who will lead the future?

Key documents

1. Research Activities of NAOJ, NAOJ-REV2023-0004-A
2. Handover Report for FY2024 from Director General and Directorate, NAOJ-REV2023-0008-A
3. Presentation(s): PRC, TMT, Subaru

Observations

NAOJ has a large and vibrant Public Relations Center (PRC) consisting of 17 full time and 22 part-time employees. Its mission is to share the latest astronomy findings with the public, to offer people astronomy information relevant to society and research, and to enrich the lives of people through a more familiar relationship with astronomy. In addition to its public relations and outreach + education offices, the PRC also provides public services on time keeping and ephemerides (mandated by law), spectral management, publications, and maintaining a (historical) library. The PRC is doing an excellent job in all these aspects and has a leading role in the international arena, as also evidenced by its large number of newspapers, tv, streaming and social media views.

One of the highlights has been the Galaxy Cruise Citizen Science activity with nearly 10,000 citizens and amateur astronomers hunting for galaxies of different types in Subaru survey data following training and practice sessions; a first scientific paper based on their classifications has just been published. Season 2, “Deep Quest”, was started last year. This project is the culmination of many years of preparation, starting in 2016. The project sets a new standard for Citizen Science, including gamification, and has been presented at many international conferences. NAOJ has also invested significantly in its innovative 4D2U planetarium on the Mitaka campus, with public visits and shows readily fully booked out. Another highlight has been the FUREAI “friendly” visits by astronomers to elementary and junior high schools across Japan and its more distant islands, with more than 100 lectures per year involving 60-70 active scientists. The most popular events remain the stargazing nights, with the total lunar eclipse on November 8, 2022, drawing nearly 2 million live views.

The NAOJ News website contains an excellent set of science highlights by Japanese astronomers, interweaved with personal stories and interviews. The graphics are of high quality. There are links for children as well. NAOJ has also invested in the production of materials for inclusive astronomy, such as tactile astronomical objects for the visually impaired.

NAOJ hosts the IAU Office of Astronomy Outreach (OAO), which has enhanced its worldwide visibility. The work of the OAO centers on building bridges with the global astronomy community of outreach practitioners, educators, communicators, amateur astronomers, and the public through international collaboration. To do so, the OAO coordinates the network of National Outreach Coordinators in more than 100 countries, publishes the Communicating Astronomy with the Public (CAP) journal, and co-organizes every two years the highly successful CAP conference bringing together hundreds of people active in outreach from across the world and exchanging information on best practices.

There is also significant outreach taking place in Hawai'i, as part of the TMT and Subaru projects. Most notably the TMT outreach team is actively interacting with the native Hawai'ian community to improve relations and build long-term trust, as well as strengthen the local workforce and provide educational tools (see also charge 1-C).

Given the large number of activities and duties, it is no surprise that the PRC staff is constantly under pressure to meet all the demands. This stress on the PRC staff is exacerbated by the difficulties in retention and hiring of PRC staff, resulting also from the large differences in salaries for permanent compared with fixed term staff.

Recommendations

1. Keep up the excellent public relations and outreach efforts but realizing that prioritization will be needed if budgetary pressures continue. Strengthen collaborations between different outreach teams, including between TMT and Subaru.
2. Explore creative ways to mitigate the salary gap for fixed-term staff.
3. Consider increasing the number of 4D2U shows at the Mitaka campus, e.g., with help from MSc or PhD students.

RESPONSE TO RESULTS OF THE PREVIOUS REVIEW

[3-A] Has NAOJ responded appropriately to the previous external review?

Key document

1. Response to NAOJ External Review 2015 NAOJ-REV2023-0006

Observations

The NAOJ ER2015 response was reviewed by ER2015 participants (Doi, Omukai, Silva). Individual responses were appropriate, well-constructed, and in many cases excellent. Some specific situations have changed significantly. Below we highlight significant accomplishments.

NAOJ made excellent efforts to increase activities and contributions for ALMA. Fund raising by NAOJ from Japanese government is successful, and NAOJ is contributing upgrades of ALMA receivers and data transmission system. The NAOJ ALMA Support Center promotes scientific output from Japan, while the ALMA Joint Scientific Research Program is supporting Japanese universities. Safety/security of NAOJ Chile is improved.

Contributions and efforts by NAOJ for TMT are also excellent. The NAOJ DG has overseen the operation of the TIO Board since 2021 as the vice chair. He led the re-organization of TIO as well as improvement of relations with Hawai'i community.

NAOJ has also responded well to recommendations for the Subaru telescope. Four instruments were decommissioned, and PI instruments were hosted with care. Resources for safety/risk are increased.

As an extension plan for Mizusawa Observatory, VERA, the domestic VLBI array, has been extended to EAVN (East Asian VLBI Network) successfully. Five receivers of Nobeyama Radio Observatory were decommissioned, and two new receivers focusing on specific science targets are installed. Operation budget is going to be shared with users.

CfCA successfully completed the replacement of the supercomputer from the previous Cray XC30 to the Cray XC50 in 2018. Since then, it has been smoothly providing it to the domestic community for open use.

Other significant and positive changes include:

- Increased funding for JASMINE (former small-JASMINE) to study fainter targets.
- Increased number of staff for data processing.
- Okayama Astrophysical Observatory (OAO) open use mode has been ended, and the 74- inch telescope transferred to the Tokyo Institute of Technology.
- NAOJ and Kyoto University are jointly operating 3.8-m Seimei telescope, open-time is available to the community through NAOJ
- KAGYA and Hayabusa-2 data were used for further publications.
- Human resources of Advanced Technology Center (ATC) were increased.
- The Astronomical Data Center (ADC) has worked well for the HSC archive, which should be good preparation for data by Vera Rubin Observatory.
- The Public Relation Center (PRC) has started two-way public interactions.
- The Solar Science Observatory (SOL) project was organized in 2017.

- The Division of Theoretical Astrophysics (DTA) was reorganized into the Division for Science (DoS) to promote research that integrates theory and observation across multiple electromagnetic (EM) and non-EM windows into astrophysical phenomena. As compared to the former DTA, the DoS includes researchers engaged in both theoretical and observational studies. Before the COVID-19 pandemic, DTA actively hosted activities such as international visitor programs, workshops, and symposia.

A few recommendations have not been fully implemented, often despite significant effort from NAOJ. Three key examples:

- Recommended efforts to enlarge the East Asian community were made, but not yet successful.
- The DTA was requested to consider some scheme to encourage more strongly personnel exchange with universities (recommendation 9.1.1), such as soft term limits for assistant/associate professors by verbal agreement and budget reductions after a fixed time limit. Although there were several personnel exchanges between DTA/DoS and outside after the previous review, this was just a voluntary effort basis or due to the retirement of DTA/DoS faculty staff members. No concrete measure to promote personnel exchange has been introduced yet, partly due to the reorganization of DTA to DoS.
- KAGRA has not yet achieved “first detection” of gravitational waves, despite continuous efforts to improve sensitivity. Meanwhile, LIGO continues to excel as the international leader, with recently improved sensitivity.

OTHER OBSERVATIONS

In this final section, the ERP provides general observations not already summarized above.

Observations

1. The NAOJ Handover Report for FY24 delivered by the Director General and his directorate colleagues is excellent, both as a summary of current situation and for providing an opportunity roadmap for the next 3 – 5 years, including a comprehensive list of open action items. The ERP hopes the next DG will consider it carefully as a starting point for continued NAOJ advancement. The ERP also encourages NAOJ to provide a similar document at every DG transition as well as to every future ERPs.
2. The current strategic planning process is very important and is strongly encouraged. It could be strengthened by connecting the ground-based and space-based research aspirations into a coordinated strategic discussion involving the entire Japanese community. The current roadmap exercise under development by the SAC is an excellent step forward. Other models to consider are the European Astronet and Voyage 2050 strategic planning exercises.
3. Related to Item 2 above, strategic development for 2040 and beyond should be started soon, to ensure there is enough time to build consensus within the Japanese community of a future roadmap and then build support within the Japanese funding agencies to implement that vision.
4. Between now and 2040 (and likely beyond), Subaru and ALMA will remain high-impact science facilities, no matter what happens with TMT. Hence, Subaru and ALMA should remain high priority within NAOJ and its funding agencies. Related to point 3, planning for the longer-term future of ALMA by its partners, “ALMA 3.0”, should start now.
5. If TMT is successful, it will be in large part to the leadership by NAOJ in the last five years to achieve improved TIO governance and relationships with the local Hawai’ian community.
6. ATC and ADC should be sustained and expanded as core capabilities.

表紙：

激しい衝突・合体の現場にある銀河（撮影：国立天文台ハワイ観測所すばる望遠鏡
超広視野主焦点カメラ HSC）

画像提供 市民天文学プロジェクト「GALAXY CRUISE（ギャラクシークルーズ）」
（クレジット 国立天文台）

裏表紙：

国立天文台三鷹（本部）本館
（クレジット 国立天文台）

Cover:

Galaxies at the scene of violent collisions and mergers (Photo by Hyper Suprime-Cam (HSC)
Subaru Telescope, NAOJ)

Image courtesy of the citizen science project "GALAXY CRUISE"
(Credit NAOJ)

Back cover:

The main building of NAOJ Mitaka Campus
(Credit NAOJ)

