

自己検証結果報告書

令和2年8月

大学共同利用機関法人 自然科学研究機構

国立天文台

目次

全体概要	1
Ⅰ. 運営面	3
Ⅱ. 中核拠点性	7
Ⅲ. 国際性	11
Ⅳ. 研究資源	15
Ⅴ. 新分野の創出	19
Ⅵ. 人材育成	22
Ⅶ. 社会との関わり	26
自由記述	30
付録	32

全体概要

宇宙の謎に挑む国立天文台は、知の地平線を拓げるため大型天文研究施設を開発・建設し共同利用に供する、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、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、という3つのミッションを掲げ、未知の宇宙の解明と新しい宇宙像の確立、研究成果の社会への普及・還元と未来世代への夢の伝承、世界を舞台に活躍する次世代研究者、という3つの成果を提供すべく活動を行っている(「国立天文台研究者行動規範」より)。

I. 運営面

【概要】

天文学及びその関連分野のコミュニティの意向を反映できるよう、台外委員を半数以上含む運営会議、プロジェクト評価委員会、研究交流委員会、科学戦略委員会、科学諮問委員会において、国立天文台の共同利用・共同研究の実施に関する重要事項を審議している(表1)。不正対策、コンプライアンス確保については、外国人職員も対象に毎年、自己申告書の提出や研修会・講演会を実施している。施設・設備等の共同利用の公募では、年1~2回程度、台外委員を過半数含む審査体制のもと、採否を決定している。

II. 中核拠点性

【概要】

国内外の大学・研究機関の協力を得て装置開発や施設建設を進め、国内外の研究者コミュニティに向けて運用中の施設・装置の研究課題等を公募し、研究環境を提供している。また、天文観測における国内の大学間連携を支援し、各大学が所有する電波、可視赤外域の望遠鏡を機能的に結合させて観測網を構築し、最大限の科学成果と教育効果を引き出す、ハブの役割も果たしている。欧文査読付き論文数では、台内著者を含む論文、国立天文台の施設・装置を用いた台外共同利用成果論文、ともに堅調に推移した(図2)。

III. 国際性

【概要】

天文学分野における国際的な中核研究機関として、大型国際プロジェクトである、すばる、アルマ望遠鏡を安定して運用しつつ、次世代観測装置の開発、国際分担で取り組む TMT(30m 光学赤外線望遠鏡)計画など、様々な国際共同研究を推進している。海外より有識者を迎えて国際外部評価を実施し、天文学分野の国際的視点を運営に反映してきた。国際化を重視した研究体制の確保に努め、外国人客員教員を招へいし、職員の国際公募を実施した。外国人プロジェクト長をはじめ職員の国際化に対応するため、台内会議での同時通訳、教授会議の英語化、日本語教室、外国人向けサポートデスクなど各種支援体制を維持・強化させた。

IV. 研究資源

【概要】

天文学の発展に寄与するため、多様な大型施設・設備・データベース等の研究資源を保有し、学術研究基盤として共同利用・共同研究に供している。また、国内外の大学・研究機関と連携してネットワークを形成し、これらの研究資源の整備や共同運用に取り組んでいる。共同利用観測では、観測者にアシスタントやオペレータを配置したり、観測所の専任職員が観測を肩代わりするなどの支援を行っている。また、各プロジェクトに

ヘルプデスクを設け、ユーザーからの質問やトラブル等に対応している。2016 年度には事務部を組織改編して「研究推進課」を新設し、共同利用・共同研究の支援体制の整備、強化を行った。

V. 新分野の創出

【概要】

・2015 年にブラックホール連星合体からの重力波が初めて直接検出された。2017 年にはすばる望遠鏡等を用いた重力波源の電磁波対応天体が観測され、天文学はマルチメッセンジャー天文学の時代へ突入した。大型低温重力波望遠鏡 KAGRA とともに、重力波天文学の開拓と研究者コミュニティの拡大を目指す。

・2017 年度に太陽系外惑星探査プロジェクト室を解消し、2015 年度に設立した自然科学研究機構アストロバイオロジーセンターへの移行を完了した。宇宙・天文学と基礎生物学の新たな融合分野「アストロバイオロジー」の展開をめざし、系外惑星探査用の装置開発、国際協力体制の構築など、研究拠点形成を進めている。

VI. 人材育成

【概要】

総合研究大学院大学(総研大) 物理科学研究科・天文科学専攻の基盤機関として、国内外の優秀な大学院生の確保と、大学共同利用機関としての研究環境を活用して優れた若手研究者の養成に取り組んでいる。さらに連携大学院の院生および特別共同利用研究員(受託院生)を受け入れ、大学院教育に参与している。大学院生・ポスドクを対象に民間企業就職セミナーやキャリアパス支援セミナーを開催し、海外研究機関への派遣や研究費助成により台内若手研究者を支援し、東アジア中核天文台連合の一員として海外から若手研究者を受入れている。男女共同参画を推進し、女性教員の採用を進めるとともに、保育ルームを強化した。

VII. 社会との関わり

【概要】

これまで培ってきた先端技術を産業界等へ発信して社会に寄与するため、2020 年度に「産業連携室」を設置した。三鷹本部をはじめ各ブランチにおいて、「長野県は宇宙県」など地域社会の活性化や電波周波数保護など課題解決に向けた様々な取組を行うとともに、4次元デジタル宇宙(4D2U)シアターや出前授業「ふれあい天文学」、市民天文学「GALAXY CRUISE」、YouTube での動画公開など、研究成果を広く社会と共有し、天文学の普及活動を担ってきた。観測データは原則公開し、年次報告や論文など台内資産も公開している。

自由記述

【概要】

ここでは、項目 I～VII で検証できなかった国立天文台のこれまでの業績について報告する。

「宇宙からの天文学」として、宇宙航空研究開発機構と協力して、天文観測衛星計画の推進、科学衛星および探査機の運用を行っている。望遠鏡の機能向上のため、次世代観測装置の技術開発も精力的に進めている。台外研究者と協力して外部資金に積極的に応募し、科学研究費助成事業(科研費)の採択件数は増加傾向にある。第3期中期目標期間は、「科学研究部」の設立や既存プロジェクト室等の「Scientific Goals and Missions」の制定など、研究の実施体制および推進体制の見直しと強化を図った。

I. 運営面

開かれた運営体制の下、各研究分野における国内外の研究者コミュニティの意見を踏まえて運営されていること

【主な観点】

- ◎① 共同利用・共同研究の実施に関する重要事項であって、機関の長が必要と認めるものについて、当該機関の長の諮問に応じる会議体として、①当該機関の職員、②①以外の関連研究者及び①②以外でその他機関の長が必要と認める者の委員で組織する運営委員会等を置き、①の委員の数が全委員の2分の1以下であること
- ◎② 上記の体制が、国内外の研究者コミュニティの意向を把握し、適切に反映できる人数・構成となっていること
- ◎③ 研究活動における不正行為及び研究費の不正使用への対応に関する体制が整備される等、適切なコンプライアンスが確保されるための体制が実施されていること
- ◎④ 共同利用・共同研究の課題等を広く国内外の関連研究者から募集し、関連研究者その他の当該機関の職員以外の者の委員の数が全委員の数の2分の1以上である組織の議を経て採択が行われていること

【自己検証結果】

【検証する観点】

- ① 共同利用・共同研究の方針や取組に関する重要事項を審議する会議体制は適切か。各会議に国立天文台職員以外の委員(台外委員)が半数以上含まれるか。
- ② 共同利用・共同研究の推進において、天文学コミュニティの意向を反映できているか。
- ③ 研究不正等への対応に関する体制整備、適切なコンプライアンスの確保はできているか。
- ④ 共同利用・共同研究の課題等の公募及び審査体制は適切か。

【設定した指標】

- ・ 国立天文台長の諮問に応じる会議体とその役割。委員長・副委員長・委員の選出方法と任期、台内・台外委員の人数、会議の開催実績。
- ・ 天文学コミュニティの要請を実現する台内組織の体制・整備状況
- ・ 研究活動に関する不正行為等への対応等、コンプライアンス確保に向けた体制の整備状況
- ・ 観測提案・施設利用等の公募・審査体制と実施状況、台内・台外審査委員の内訳

(本文)

- ・①② 国立天文台の共同利用・共同研究の実施に関する重要事項について、国立天文台長(以下、台長)の諮問に応じ、国立天文台職員で構成する“台内委員”が、大学の教員もしくはその他の者(天文

学およびその関連分野のコミュニティに所属)で構成する“台外委員”と共に審議する会議体としては、自然科学研究機構運営会議規定に基づく「運営会議」の他に、国立天文台が独自に設置する「プロジェクト評価委員会」、「研究交流委員会」、「科学戦略委員会」、「科学諮問委員会」がある。いずれも委員の任期を2年(再任可)とし、台外委員を半数以上(2020年度)とすることで、コミュニティの意向を反映できる体制を整えている(表1)。2020年度現在、議長・委員長を台内委員が、副議長・副委員長を台外委員が務めており(科学諮問委員会は委員長・副委員長とも台外委員)、必要に応じて会合を開き、議事概要を国立天文台ホームページや台内プロジェクト会議等で報告、共有している。さらに、台外委員を半数以上含む委員会として、科学諮問委員会の下に4つの小委員会と、電波天文観測環境を維持するための委員会があり、いずれも台外委員を委員長に、特定の事項について調査審議等を行っている^{†1}。

	運営会議 (2004年度～)	委員会			科学諮問委員会
		プロジェクト評価委員会(2014年度～)	研究交流委員会 (2004年度～)	科学戦略委員会 (2018年度～)	すばる、TMT、ALMA、VLBI、CfCA (2018年度～)
台外・台内委員数 (2020年度)	11名・10名	7名・4名	7名・6名	7名・7名	50名・6名 (5つの合計)
議長・委員長	台内委員 (会議で選出)	副台長(総務担当)	研究連携主幹	台長が指名	対応プロジェクト 室長の推薦を受け、 台長が指名
副議長・副委員長	台外委員 (会議で選出)	委員のうちから委員長が指名			
委員	自然科学研究 機構長が任命	台内委員：台長が指名 台外委員：天文学関連分野のコミュニティからの推薦を受けて、台長が委託 ^{†2}			
会議開催数 (年度平均)	5.25回	1.5回 (レビューは4回)	3回	2回	3.9回 (5つの平均)

表1. 台外委員を含む国立天文台の会議体の種類

†1: 4つの小委員会:すばる望遠鏡プログラム小委員会、せいめい小委員会、VLBIプログラム小委員会、ミリ波サブミリ波天文プログラム小委員会。独立した委員会:電波天文周波数委員会。

†2: 科学諮問委員会のみ、台外委員については、対応プロジェクト室長の推薦を受けて台長が委託。

運営会議: 国立天文台の人事・予算・共同利用・将来計画等、全体運営に関わる審議を行う。

プロジェクト評価委員会: 2004年度の法人化に伴う「プロジェクト制」の導入以降、プロジェクト評価委員会^{†1}による全プロジェクト室等の自己点検評価を、2005年度から毎年^{†2}三日程度かけて一斉に実施してきた。プロジェクトの規模を考慮し、個々の目標に即した評価を行うため、台外委員を主査とする評価者がプロジェクトごとに現地視察とヒアリングを行う「三年一巡重点評価」を2016年度より開始した。一巡後の2019年度はこれを国際外部評価に拡張し、台外委員2名と外国人識者2名のみを評価者とするプロジェクト評価1件を実施した。今後も評価者に海外から専門家を迎え、国際的視点を取り入れたプロジェクト評価を実施する予定である。主査(台外委員)によりまとめられたプロジェクト評価報告書は、当該プロジェクトの次年度以降の運営・研究活動のほか、台内の人員・予

算配分の見直し、プロジェクトの新設・改廃等、マネジメントの判断材料として活用している。

†1: 2013 年度以前は研究計画委員会。†2: 国際外部評価実施年度(6年間隔で実施)をのぞく。

研究交流委員会: 国内及び国際的研究交流に関する事項等を審議し、諸大学等との共同研究を推進するため、2004 年度に設置した。客員研究員など種々の事業の公募・審査・資金配分を行う。コミュニティからの要望を考慮しつつ、限られた予算の中で効果的に運用できるよう、共同開発研究事業の大型計画枠を新設するなど、随時制度の見直しを行っている。

科学戦略委員会: プロジェクト間の連携も含め、柔軟な組織運営を推進するため、個別に議論が行われてきた7つの分野ごとの専門委員会を 2018 年度に廃止し、「科学戦略委員会」を設置した。国立天文台の中長期計画、研究基本計画、大型装置の共同利用を中心とした運用方針(科学諮問委員会の所掌分は除く)、国立天文台の科学戦略について、分野を横断して集約して審議する。

科学諮問委員会: 国立天文台の大型共同利用装置の運用に関して必要なことを議論するため、2018 年度より大型装置及び観測手段ごとに「科学諮問委員会」を5つ(すばる、TMT、ALMA、VLBI、CfCA)設置した。それぞれ対応するプロジェクト室の下に設置されるが、当該プロジェクトの構成員は含まない。台外委員を中心に構成することで、コミュニティの意見、共同研究の種類・分野の特性を踏まえた柔軟な共同利用を推進する。

さらに、天文学コミュニティの意見を踏まえた共同利用・共同研究を実施するため、2019 年度に新たな取組を行った。毎年年末に開催してきたプロジェクト単位の成果報告会を「国立天文台の成果と将来シンポジウム」に改め、天文学及び周辺分野のコミュニティや主要研究グループより代表者(6 名)を招待して、天文学の分野・波長を横断して国立天文台の現状や方向性について活発に議論した(参加者約 100 名)。また、日本天文学会 2019 年春季年会の特別セッション「国立天文台—現状と今後—」をはじめ、天文学コミュニティの連絡会やユーズミーティング等に台長・執行部が参加し、国立天文台の運営状況や今後の計画等を報告、意見交換する機会を設けた。2020 年度も継続する予定である。

- ③ 不正防止対策及びコンプライアンスの確保として、「国立天文台研究者行動規範」(2015 年 3 月制定)により、科学の健全な発達・発展や社会に対する説明責任を果たすために研究者がどうあるべきかを定めている。外国人職員も対象に、毎年以下の取組を和英両言語にて実施している。なお、事前防止だけでなく、万が一に備えた連絡網の整備など事後対策もあわせて行っている。

利益相反の管理: 「自然科学研究機構利益相反マネジメントポリシー」に基づき、「国立天文台利益相反マネジメントガイドライン」を定め、年に一回全職員を対象に、個人の利益相反に関する自己申告書の提出を求めている。自己申告書は国立天文台利益相反委員会において閲覧・審査を行い、利益相反上問題となりそうな案件は別途、「利益相反自己申告書」の提出を求め、同委員会が審査を行う。重大な利益相反に該当すると判断された場合は、利益相反の回避を勧告する。

研究不正防止及び研究費不正使用防止: 文部科学省策定「研究機関における公的研究費の管

理・監査のガイドライン」等に従い、年に一回、全職員を対象に研究費の不正使用及び研究不正の防止に関する研修(コンプライアンス研修)を日英同時通訳で実施している。参加できなかった職員には後日録画映像を視聴してアンケート提出を求め、職員への周知徹底を図っている。また、研究倫理教育としてeAPRIN(旧 CITI Japan)eラーニングプログラムの受講案内を行っている。

ハラスメント防止：国立天文台ハラスメント防止委員会を2010年4月に設置し、各種ハラスメント防止のための内部・外部の相談窓口の設置、研修会・講演会の実施、リーフレットの作成・配布等による啓発活動を実施してきた[†]。さらに、隔年でハラスメントに関するアンケート調査を行い、防止対策の改善に努めている。†: 2019年度は9月6日に講演「大学におけるハラスメント防止」と討議を開催。

- ・④ 公募事業と審査体制：国立天文台は現在、国外の2つの地上大型望遠鏡(すばる望遠鏡、アルマ望遠鏡)、国内電波望遠鏡、天文学専用スーパーコンピュータ等の装置・施設を中心とする、公募型の共同利用・共同研究事業を行っている(Ⅱ. 中核拠点性 表4を参照)。それぞれ年1~2回程度、国内外の研究者コミュニティに向けて観測提案・研究課題等を公募し、台外委員を過半数含む審査体制のもと、採否を決定する。2019年度の公募型事業の新規採択件数は計878件であった(2018年度は937件)。

例1) **すばる望遠鏡**では、可視光・赤外線波長域の観測課題を毎年半期ごとに国際公募している(表2)。国立天文台三鷹にて申請を受け付け、すばる望遠鏡プログラム小委員会(台外委員10名、台内委員1名)が国内外のレフェリー評価を参考にして公募課題を審査し採否を決定する。また、米国ハワイ・マウナケア山頂の三大望遠鏡(すばる、米国 Gemini、Keck 望遠鏡)が交わした観測時間の交換枠により、Gemini、Keck 望遠鏡を用いた観測課題も受け付ける。2019年度は、Keckと15.5夜の観測時間の相互交換を行ったほか、すばるから Geminiへ9.5夜、Geminiからすばるへ13.8夜の望遠鏡時間利用があった。

	応募課題数	応募者数*	採択課題数	採択者数*	共同利用観測者数*
2019年度 (S19A+ S19B)	275件	国内 2,338 海外 883	80件(うち9件は 外国人PIの課題)	国内 812 海外 209	229(うち外国人 30、三鷹 からリモート観測 137)

表2. すばる望遠鏡の共同利用状況 (*は延べ人数)

例2) **研究交流委員会**の公募事業では、共同開発研究及び研究集会の申請・審査、2019年度末からは京都大学せいめい望遠鏡の観測提案の申請・審査に、自然科学研究機構の共同利用・共同研究統括システム(NOUS)を利用している。同委員会(表1)が審査を行い、必要に応じてヒアリングも行う。2019年度の応募件数は39件、採択件数は26件であった。

第3期中期目標期間の前半4年間は、共同利用の応募件数、競争率ともに高い水準を維持した。採択率(=採択件数/応募件数)は公募事業ごとに大きく異なるが、4年間の年度平均は39%となった(2015年度(第2期最終年度)は44%)。特に、2019年度より共同利用を開始した、すばる望遠鏡搭載の系外惑星探査用高精度赤外線ドップラー装置(IRD)の競争率は10倍に達した。

Ⅱ. 中核拠点性

各研究分野に関わる大学や研究者コミュニティを先導し、長期的かつ多様な視点から、基盤となる学術研究や最先端の学術研究等を行う中核的な学術研究拠点であること

【主な観点】

- ◎① 当該機関の研究実績、研究水準、研究環境、研究者の在籍状況等に照らし、法令で規定する機関の目的である研究分野において中核的な研究施設であること
- ◎② 対象となる当該研究分野において先導的な学術研究の基盤として、国内外の研究者コミュニティに必要不可欠であり、学術コミュニティ全体への総合的な発展に寄与していること
- ◎③ 当該機関に属さない関連研究者が当該機関を利用して行った共同利用・共同研究等による研究実績やその水準について、研究分野の特性に応じ、当該研究分野において高い成果を挙げていること
- ◎④ 研究者コミュニティの規模や施設の規模等に対応して、共同利用・共同研究に国内外から多数の関連研究者が参加していること

【自己検証結果】

【検証する観点】

- ① 国立天文台は天文学分野における中核的な研究施設といえるか。
- ② 天文学分野における先導的な学術研究の基盤として、国内外の研究者コミュニティに必要不可欠であり、学術コミュニティ全体への総合的な発展に寄与しているか。
- ③ 台外研究者が国立天文台を利用して行った共同利用・共同研究等の研究実績やその水準について、天文学分野において高い成果を挙げているか。
- ④ 天文学分野のコミュニティの規模や国立天文台が運用する施設の規模等に対応して、共同利用・共同研究に国内外から多数の関連研究者が参加しているか。

【設定した指標】

- ・ 国立天文台の職員数、研究活動の状況（論文数、Top1%・10%論文数・割合、国際共著率）
- ・ 台外研究者が国立天文台の施設・設備等を利用して行った研究活動の状況（同上）
- ・ 国立天文台の共同利用・共同研究の実施状況（採択件数、利用者数、参加機関・国数）

（本文）

国立天文台は、日本の天文学の中核を担う研究機関であると同時に、大学共同利用機関として世界に伍する大規模な天文観測・研究施設を全国の研究者へ提供し、天文学研究と天文観測機器の開発を広く推進してきた。さらに世界の先端研究機関として、国際協力のもと、天文学の発展に寄与するため活動している（Ⅲ. 国際性 参照）。

2020年5月1日現在の国立天文台の研究教育職員数は計186名(うち外国人8名、女性14名)である(表3)。承継職員数は年々減少しており、これを有期雇用の特任・非常勤職員で補い、事業を運営している(図1)。

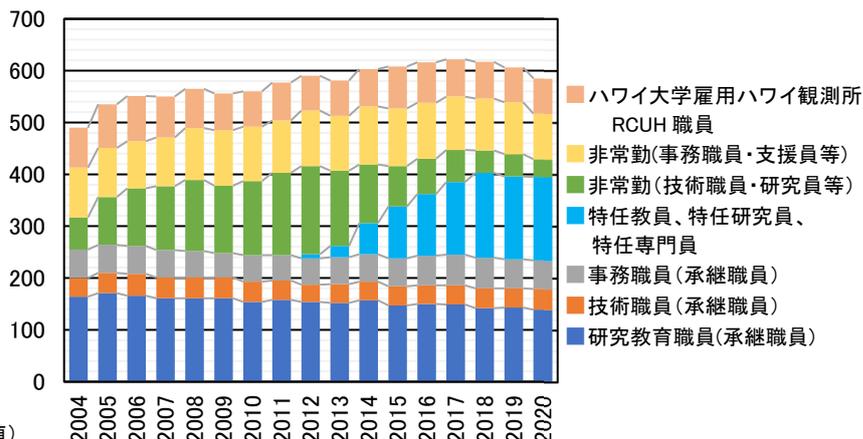


図1. 国立天文台職員・構成員
内訳の年度推移 (毎年4月1日時点の値)

	教授	准教授	主任研究技師	助教	研究技師	特任教授	特任准教授	特任助教	合計
	25	39	10	59	12	8	7	26	186
うち外国人	0	2	0	2	0	0	0	4	8
うち女性	2	4	1	4	1	0	0	2	14

表3. 国立天文台の研究教育職員数(特任教員を含む)(2020年5月1日)

①②④ 国立天文台は、国内外の大学・研究機関の協力を得て装置開発や施設建設を進め、国内外の研究者コミュニティに向けて運用中の施設・装置の研究課題等を公募し、研究環境を提供している(表4)。第3期中期目標期間(2016～2019年度)における本務教員あたりの公募型共同利用・共同研究の実施件数は、年度平均で5.5件(2015年度(第2期最終年度)は5.8件)と高い水準を維持した。第3期は新たに、ハワイ観測所岡山分室(旧岡山天体物理観測所:2018年3月閉所)に隣接して設置されたアジア最大級の京都大学3.8m望遠鏡(せいめい望遠鏡)について、京都大学の協力の下、岡山分室が主体となって、2018年度末より共同利用を開始した[†]。

†注:「三年一巡重点評価」の評価結果及び運営会議における議論に基づき、岡山天体物理観測所をハワイ観測所岡山分室へ改組した。

		採択件数	延人数	参加機関・国数 ^{※2,3}
施設の共同利用	すばる望遠鏡(ハワイ)	85	279	50 機関・9 か国
	アルマ望遠鏡(チリ)	420	4,454	351 機関・40 か国
	アステ望遠鏡(チリ)	11	70	16 機関・3 か国
	水沢 VERA 超長基線電波干渉計	25	183	37 機関・17 か国
	野辺山 45m 電波望遠鏡	31	299	81 機関・15 か国
	岡山 188 cm 望遠鏡 *2017 年度で終了	33	233	16 機関・4 か国
	京都大学せいめい望遠鏡 *2018 年度末より開始	28	89	8 機関・2 か国
	太陽観測衛星「ひので」 ^{※1}	93	93	35 機関・11 か国
	天文学専用計算機「アテルイ」他	267	267	60 機関・10 か国
研究支援 ^{※2}	先端技術センター/施設利用・共同開発研究	36	148	22 機関・1 か国
	研究交流委員会/共同開発研究	8		7 機関
	研究交流委員会/研究集会・NAOJ シンポジウム	20		10 機関

表4. 国立天文台の共同利用・共同研究(4年間(2016年度～2019年度)の年度あたり平均)

※1 「ひので」は国立天文台におけるデータ利用登録者。他は公募型の共同利用・共同研究。
 ※2 国数は日本を除く。研究支援は日本国内向けであるため、国数を省略した。
 ※3 参加機関・国数は、小数点以下第1位で四捨五入した数値を記載。

・①②③ すばる望遠鏡とその主力観測装置「超広視野主焦点カメラ (HSC)」やアルマ望遠鏡、世界最速の天文学専用スーパーコンピュータ「アテルイ II」などを安定して運用し、これらの共同利用が軌道に乗ったこと、国内外で様々な共同研究が進展したこと、等を反映し、国立天文台の著者を含む欧文査読付き論文数 (A)、国立天文台の施設・装置を用いた台外共同利用成果の欧文査読付き論文数 (B) は堅調に推移した[†] (図 2)。(A) (B) について、国際共著率、被引用数 Top1%・Top10% 論文数はいずれも上昇傾向にある (図 3)。

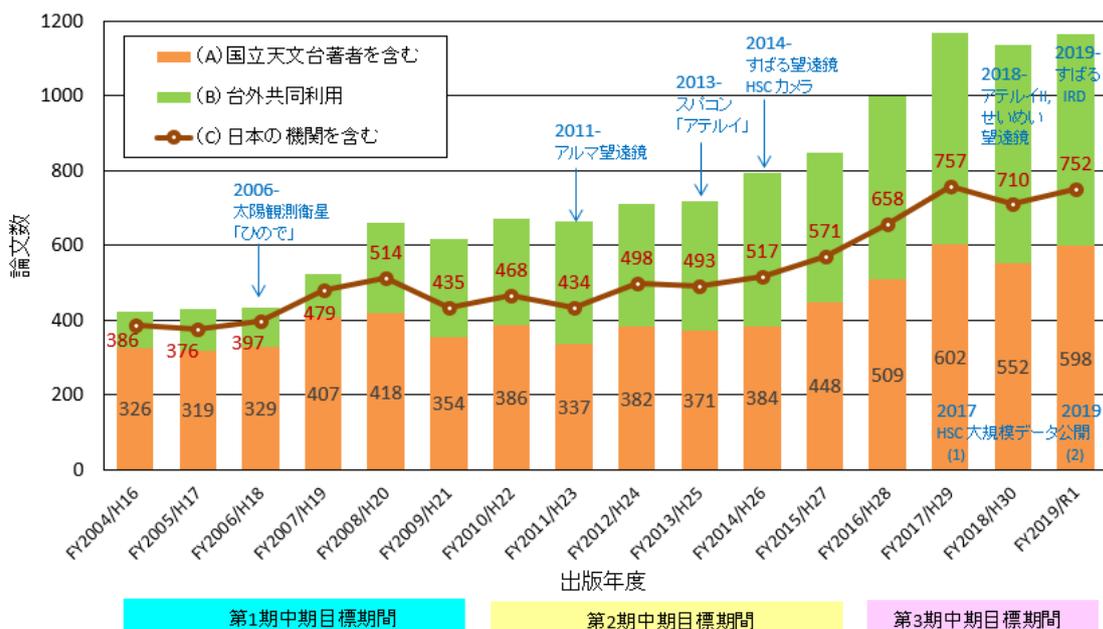


図 2. 国立天文台研究者による論文数、台外研究者による共同利用成果論文数

† 注: 第 1 期 6 年間 (A:2,153、B:799)、第 2 期 6 年間 (A:2,308、B:2,010)、第 3 期 4 年間 (A:2,261、B:2,194)。A+B-C は、海外機関のみによる論文。うち、アルマ 39.1%、ひので 31.5%、すばる 16.4%(重複あり)。

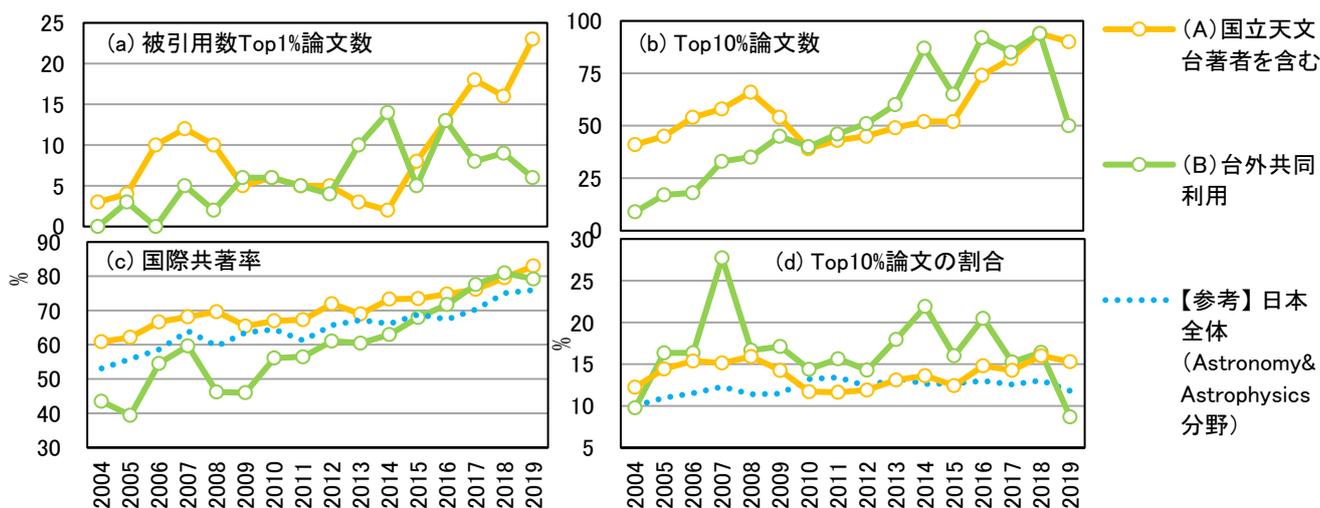


図 3. 国立天文台の高被引用論文 (Top1%, Top10%論文) と国際共著率

注: 横軸は出版年 (西暦)。国際共著率は、著者住所に複数の国が含まれる論文の割合。天文学分野は他分野よりも国際共著率が高く、日本全体のレベルも高い。
(出典: InCites, 2020/8/14 ©Clarivate Analytics (Article, Review のみ集計))

- ①② 国立天文台は、天文観測における国内の大学間連携を支援し、各大学が所有する電波、可視赤外域の望遠鏡を機能的に結合させて観測網を構築し、最大限の科学成果と教育効果を引き出す、ハブの役割を果たしてきた。2017年度より自然科学研究機構 NICA(自然科学大学間連携推進機構)の枠組みで整備した2つの大学間連携事業(5か年計画)について、さらに確実に連携を進められるよう、2019年度に新たな2つの連携事業(3か年計画)として体制を整備した。

また、天文学研究を全国の大学等へ広げていくため、新グループの形成、観測施設や新設大学等における天文学の新たな構築を支援する大学支援経費を用意し、毎年10件程度採択している。

光赤外線天文学研究教育ネットワーク事業(OISTER): 国内7大学と自然科学研究機構(国立天文台)による、光・赤外線大学間連携事業(2011年度～2016年度)から始まった。現在は、国内9大学が運用する口径1m級の光赤外望遠鏡と、京都大学せいめい望遠鏡、国立天文台ハワイ観測所のすばる望遠鏡を用いて、「マルチメッセンジャー天文学」観測(**V. 新分野の創出**参照)や「時間軸」天文学観測を実施している(図4)。2018年度には、広島大学を中心に史上初となる高エネルギー宇宙ニュートリノの起源天体の特定、京都大学を中心にスーパーフレアの検出に成功した。

国内 VLBI ネットワーク事業(JVN): 大学 VLBI 連携観測事業(2005～2010年)により構築された、東アジアを代表するVLBI(超長基線電波干渉計)ネットワーク。JVNでは現在、国内6大学が運用する大口径電波望遠鏡と国立天文台水沢 VLBI 観測所[†]の電波干渉計 VERA(直径20mの電波望遠鏡4台で構成)を組み合わせて、単独の望遠鏡では不可能な、銀河系の活動中心核や銀河系内のメーザーの高分解能サーベイ観測や時間領域観測などを実施し、大学での研究と教育を推進している(図5)。国立天文台は、山口大学と共同で山口32m電波望遠鏡、茨城大学と共同で日立・高萩32m電波望遠鏡を維持し、各大学における研究に貢献している。

† 注: 水沢 VLBI 観測所は、旧緯度観測所としての設立以来、2019年度で120周年を迎えた。VERA望遠鏡とJVNを含む、日韓中3か国にある電波望遠鏡約20台を組み合わせて、最大直径5,500kmの巨大電波望遠鏡と等価な解像度を発揮するための国際共同研究「東アジア VLBI ネットワーク(EAVN)」を2018年度より開始した。2020年8月にはPASJ特集号(和訳「アストロメトリカタログとVERAの最近の成果」)にVERA論文10編が掲載された。星の誕生現場やブラックホール周辺構造の解明を目指すとともに、ネットワークの更なる拡張を進めている。



図4: 大学連携事業 OISTER
 北海道大学、東京大学、東京工業大学、名古屋大学、京都大学、広島大学、鹿児島大学、埼玉大学、兵庫県立大学の9大学と国立天文台が連携。(クレジット: OISTER)

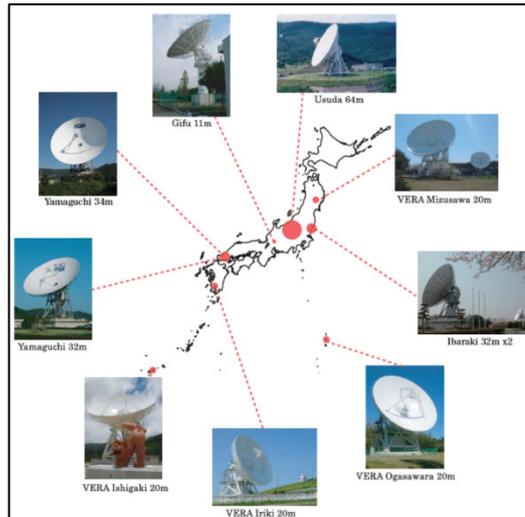


図5: 大学連携事業 JVN
 国立天文台を含む、茨城大学、筑波大学、岐阜大学、大阪府立大学、山口大学、鹿児島大学の6大学が連携し、宇宙航空研究開発機構(JAXA)、情報通信研究機構(NICT)、国土地理院の協力のもと、計画・運用を行う。(クレジット: JVN)

Ⅲ. 国際性

国際共同研究を先導するなど、各研究分野における国際的な学術研究拠点としての機能を果たしていること

【主な観点】

- ◎① 国際的な調査・研究活動について、当該研究分野における国際的な中核的研究施設であると認められること
- ◎② 海外の研究機関に在籍する研究者をアドバイザーや外部評価委員、運営委員会等の委員に任命するなど、当該研究分野の国際的な動向を把握し、運営に反映するために必要な体制が整備されていること
- ③ 研究者の在籍状況や外国人の共同研究者数・割合等について、当該研究分野において、国際的に中核的な研究施設であると認められること
- ④ 国際的な学術研究拠点として多様で優秀な人材を獲得するため、外国人研究者など人材の多様性や流動性の確保のための支援・取組が行われていること
- ⑤ 外国人研究者に向けた共同利用・共同研究体制の整備が十分に行われていること

【自己検証結果】

【検証する観点】

- ① 国際的な研究活動について、天文学分野の国際的な中核的研究施設と認められるか。
- ② 海外研究機関の研究者を台内の評価・運営委員に任命するなど、天文学分野の国際動向を把握して運営に反映する体制が整備されているか。
- ③ 研究者の在籍状況や外国人の共同研究者数・割合等について、天文学分野において、国際的に中核的な研究施設と認められるか。
- ④ 国際的な学術研究拠点として多様で優秀な人材を確保するため、外国人研究者など人材の多様性や流動性の確保のための支援・取組が行われているか。
- ⑤ 外国人研究者に向けた共同利用・共同研究体制の整備が十分に行われているか。

【設定した指標】

- ・ 国際的な研究活動の状況（学術研究の大型プロジェクトの実施状況、論文数ベンチマーク、国際協定の締結・国際シンポジウムの開催状況、海外活動拠点の整備・維持状況）
- ・ 共同利用・共同研究に参加する外国人研究者に対し、申請施設の利用に関する技術的支援、必要な情報の提供、その他の支援を行うために必要な体制の整備状況
- ・ 国際的な動向の把握に必要な体制の整備状況、当該体制の構成
- ・ 海外研究機関の研究者を台内の評価委員に任命している数・割合
- ・ 人材の多様性・流動性の状況（外国人研究者数、クロスアポイントメント制度や年俸制の活用による外国人研究者・専門員の数）
- ・ 外国人研究者のため、英語による職務遂行が可能な職員の配置状況及び支援体制

(本文)

①⑤ 国立天文台は天文学分野における国際的な中核研究機関として、大型国際プロジェクトであるすばる、アルマ望遠鏡を安定して運用しつつ[†]、日本学術会議「大型研究計画に関するマスタープラン2020」の重点計画に採択された「すばる2」、「アルマ2」計画へつながる次世代観測装置の開発、国際分担で取り組む TMT (30m 光学赤外線望遠鏡) 計画の推進など、様々な国際共同研究を推進している。国立天文台の施設・設備を用いた共同利用・共同研究の国際展開については、実施件数(表 2) および論文指標(図 2、図 3)で触れた。このうち、文部科学省「大規模学術フロンティア促進事業」より支援を受けている、上記の三大プロジェクト(すばる、アルマ、TMT)について取り上げる。

[†]注: すばる望遠鏡、アルマ望遠鏡、TMT、重力波望遠鏡 KAGRA は「学術研究の大型プロジェクト」大規模学術フロンティア促進事業に認定され、予算措置されており、国に示した年次計画(原則 10 年間)に沿って事業が進められているかについて進捗評価を受けている。

1) **ハワイ観測所のすばる望遠鏡**は、共同利用率 90% 以上の目標達成とともに高い論文生産性を維持している(図 6)。共同利用観測の一環として、日本・台湾・米国の研究者が共同で、超広視野主焦点カメラ(HSC)を用いて遠方宇宙を探索する戦略枠観測プログラム(HSC-SSP:2014 年3月開始)を継続した。「宇宙の国勢調査」とも言える HSC-SSP データを 2017 年度・2019 年度に公開(画像全体で約 475TB、天体数は約 4 億 5 千万天体)し、45 か国以上の研究機関に在籍する 1,200 名以上の登録者から利用されている。HSC の初期成果論文 40 編は、日本天文学会欧文報告誌(PASJ)特集号(和訳「すばる HSC サーベイ」、2018 年1月)に掲載された[†]。

[†]注: うち 10 編が Space Science 分野の被引用数 Top1%論文になるなど、HSC 論文は PASJ 誌のインパクトファクターの上昇に貢献した。(IF2018=2.750 → IF2019=5.024、天文関連の 68 誌中 15 位。(出典: Journal Citation Report ©Clarivate Analytics))

また、すばる望遠鏡の次世代観測装置として、超広視野主焦点分光器(PFS)及び系外惑星探査用高精度赤外線ドップラー装置(IRD)をそれぞれ東京大学国際高等研究所カブリ数物連携宇宙研究機構、自然科学研究機構アストロバイオロジーセンターが中心となって国際共同開発した。IRD は 2019 年度に共同利用観測を開始し、「第二の地球」と呼ばれる太陽系外惑星系 TRAPPIST-1 の惑星の公転軌道面が傾いていないことを初めて確認するなど、初期成果を挙げた。PFS は、2022 年からの共同利用運用を目指してカメラの搭載試験を行い、視野全体で均質となる良質な像を得た。また、2017 年度に PFS を設置するクリーンルームを建設するなど、望遠鏡等の改修を進めた。一方、すばる望遠鏡を取り巻く厳しい財政状況と競争力維持のため、「すばる望遠鏡の国際共同運用」の実現が重要性の高い課題となっている。パートナー候補の1つとして、オーストラリアの天文台と研究協力協定を 2017 年5月に締結し、450,000 USD の資金提供を受けた。2019 年度は「すばる望遠鏡生誕 20 周

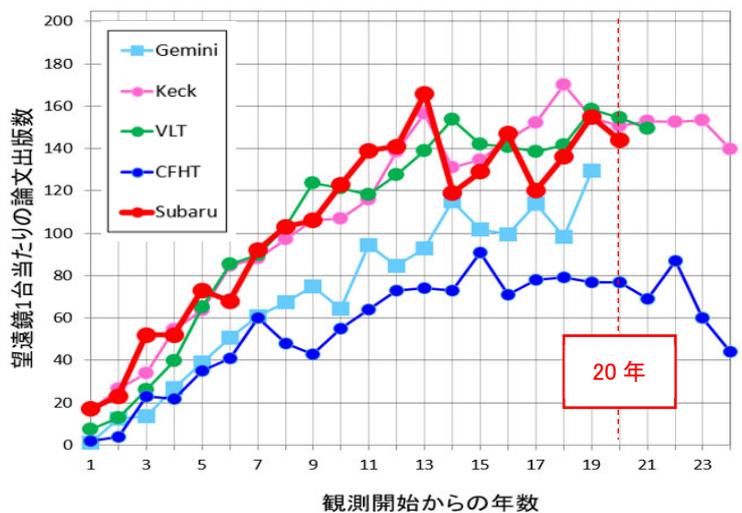


図 6: すばる望遠鏡(赤線)と世界の同クラスの可視光望遠鏡による、欧文査読付き論文数の年推移

年記念・第7回すばる国際シンポジウム」をハワイで開催し、14 か国より 244 名が参加した。なお、新型コロナウイルスの感染拡散防止のため、ハワイ時間 2020 年3月 25 日より中止していたすばる望遠鏡の共同利用観測を5月 18 日から再開した。ハワイ観測所が定めた「新型コロナウイルス感染症 (COVID-19)に対する対策ガイドライン」に従い、当面の観測所業務を行う。

2) アジア・北米・欧州の国際共同科学事業である**チリのアルマ望遠鏡**について、運用・保守の国際的責務を果たして共同利用観測を継続し、運営への参加を強化した。日本の国際貢献分に応じて観測時間を確保し、東アジアの中核拠点として三鷹本部に設置された**東アジア・アルマ地域センター**において、アルマ望遠鏡の国際共同利用・共同研究の各種支援(ワークショップ、セミナー、データ解析講習会開催を含む)を継続して進めた。アルマ望遠鏡の運営を担う、チリの合同アルマ観測所において、国立天文台職員 10 名を国際職員として派遣するとともにチリ現地での職員雇用を進め、安定運用に貢献した。国立天文台職員のうち日本人1名(教授)は、技術部門長として 100 名以上の外国人職員を率いて、マネジメントの中核として重要な決定に携わった。また、アルマ望遠鏡の国際プロポーザル審査会委員長を国立天文台の教授が二年間(2018・2019 年)務めた。さらに、アルマ望遠鏡の機能・性能を拡充強化するため、台湾と協力して最も低周波数帯となるバンド1受信機(35~50GHz)の開発を、韓国と協力して次世代分光器の開発を進めた。2019 年度には、アルマ望遠鏡の国際外部評価がチリ現地及び関係各国(日米独)で実施された。なお、チリにおける新型コロナウイルス感染症拡大の状況を考慮し、チリ時間 2020 年3月 19 日までに望遠鏡の科学運用を一時的に停止した。

アルマ望遠鏡の査読付き欧文論文数は 2011 年9月の科学運用開始以降、毎年増加し、2020 年3月末時点で1,822 編に達した。論文数内訳では、日本が主導する東アジアは 343 編(19%)、日本は 270 編(15%)と米国に次ぐ第2位の生産量を維持した(図 7)。

各地域の論文数分布

東アジアの成果 (望遠鏡時間割合は21.4%)	
Nature、Science	23% (17本)
全論文	19% (343本)

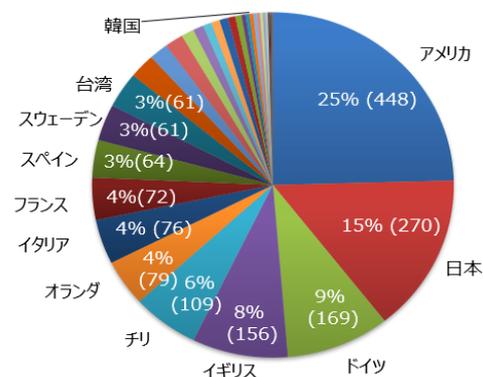
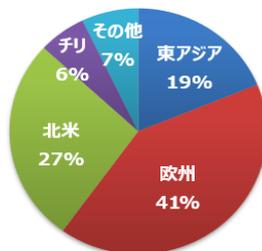


図 7: 筆頭著者所属先による、アルマ望遠鏡の地域別・国別論文数 (2011 年からの累積、2020 年 3 月末時点の調査による)

3) 日米中印加の国際共同事業である **30m 光学赤外線望遠鏡(TMT)**について、締結された合意書に基づき TMT 国際天文台(TIO)の共通経費を分担し、日本が担当する望遠鏡本体構造と制御系の詳細設計をほぼ完了して国際審査に合格するなど、ハワイ・マウナケアにおける TMT 建設中断後も、完成度の向上とリスク低減[†]を図りつつ、設計・試作・製作を進めた。並行して、日本の役割の1つである主鏡分割鏡材を総数 574 枚中 341 枚製作し、研磨加工に向けて 205 枚を米国・インドに供給した。国内実施分の主鏡分割鏡の研磨加工を進めるとともに、外形加工と(インドが製作する)支持機構への搭載について量産に向けた試作を行った。また、第一期観測装置、近赤外撮像分光装置(IRIS)の設計、広視野可視分光器(WFOS)の概念設計を進めた(2016 年度~2019 年度)。国際パ

ートナーとより緊密な連携を図るため、2019年度にTIO本部(米国カリフォルニア州パサデナ)に「国立天文台カリフォルニア事務所」を設置し、TMTプロジェクト長を含む職員6名を赴任させた(うち4名は開発・科学運用担当)。TMT建設再開に向けた取組みと並行して、代替建設候補地のスペイン・ラパルマ島について建設に必要な行政手続きを完了し、観測条件の詳細な検討を進めた。

†注：製造において技術的に難しい課題をあらかじめ詳細に解析し、試作などによりつぶしておくこと。

・② 国立天文台では、2014年度と2019年度に実施した国際外部評価において、海外研究機関より有識者(それぞれ計7名(54%)、計2名(50%))を外部評価委員および委員長・主査に任命することで、天文学分野における国際的な視点を運営に反映してきた(**I. 運営面**参照)。

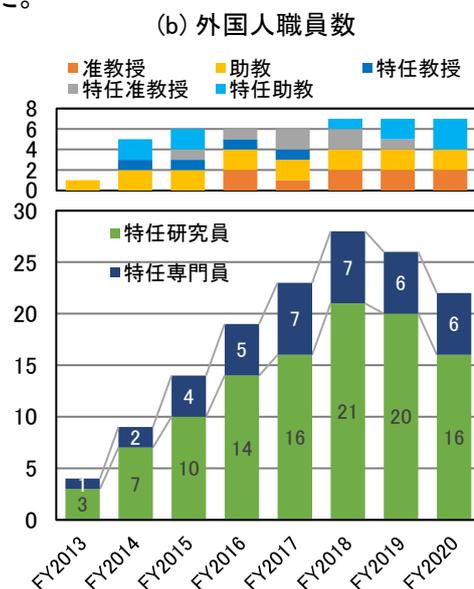
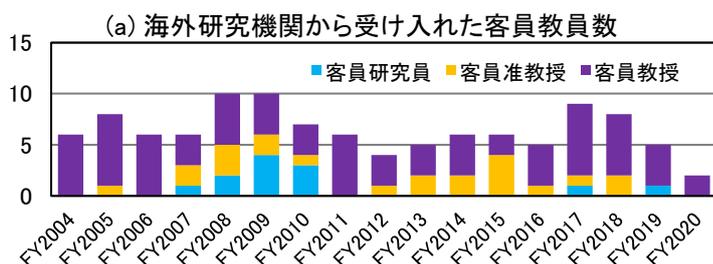
・③④ 国立天文台では、国際化を重視した研究体制の確保に努めている。天文学分野の研究動向を把握するため、週に1回程度、国内外の研究者を講師に談話会を開催している。また、研究交流委員会において、台内職員からの推薦に基づき、海外研究機関から優れた研究業績を持つ研究者を客員教員として毎年5名程度招へいし(図8(a))、共同研究を行ってきた。外国人客員教員を招へいしやすくするため、雇用せずとも出張ベースで受入可能となるよう、制度を見直した(2018年度)。一方、職員公募においては、国立天文台公式サイト、天文学関連コミュニティの会員向けメール等の他、米国天文学会(AAS)の求人欄を利用し、海外からの応募・採用数も増えている(図8(b))。2014年度に外国人教員(特任教授)を国立天文台初となるプロジェクト長[†]に任命し、2017年度からは海外研究機関とのクロスアポイントメント制度を利用した雇用に切り替え、同年度末までプロジェクト長を務めていただいた。 †注：2018年度に二人目の外国人プロジェクト長(准教授)が誕生し、現在も続投している。

職員の国際化に対応するため、台内会議における同時通訳の導入を拡大し(プロジェクト会議、年始の行事等)、一部の委員会の議事録の英文化を進めた。教授会議は同時通訳から英語による開催に切り替え、2018・2019年度は外国人准教授2名を含む3名が交代で議長を務めた。また、国際連携室の体制整備を進め、日本語教室の開催など各種支援体制を維持・強化した。借り上げ宿舍の活用や外国人向けサポートデスク(研究支援員2名が週3日ずつ勤務)に関しては、運用ルールの明確化を進め、サービスの質を向上させた。2018年度には、台内保育ルーム「星の子」では初となる、外国籍職員3名の乳幼児の定常利用(月極)の実績があった。

図8. (a) 海外研究機関から受け入れた客員教員数(年度ごとの総数)。※受入期間は1か月~当該年度内。

(b) 外国人職員数: 上段は研究教育職員、下段はその他(各年度5月1日時点の人数)。

※ (a) 客員教員の一部(雇用型)は特任教員に含まれるが、滞在期間を考慮して、(b)上段の特任教員内訳には含めていない。



IV. 研究資源

最先端の大型装置や貴重な学術資料・データ等、個々の大学では整備・運用が困難な卓越した学術研究基盤を保有・拡充し、これらを国内外の研究者コミュニティの視点から、持続的かつ発展的に共同利用・共同研究に供していること

【主な観点】

- ◎① 共同利用及び共同研究のために保有している施設、設備、学術資料、データベース等の研究資源が、仕様、稼働状況、利用状況等に鑑み、当該研究分野における国際的な水準に照らして、卓越したものと認められること
- ◎② 施設、設備、学術資料、データベース等の研究資源を保有し、学術研究基盤として外国人研究者を含め、共同利用・共同研究に活発に利用されていること
- ③ 国内外の大学（共同利用・共同研究拠点を含む。）や研究機関等と連携してネットワークを形成し、施設、設備、学術資料、データベース等の研究資源の整備や共同運用に取り組んでいること
- ④ 共同利用・共同研究に参加する関連研究者に対する支援業務に従事する専任職員（教員、技術職員、事務職員等）が十分に配置されていること

【自己検証結果】

【検証する観点】

- ① 共同利用・共同研究のための施設、設備、データベース等の研究資源が、仕様、稼働状況、利用状況等に鑑み、天文学分野の国際水準に照らして、卓越したものと認められるか。
- ② 施設、設備、データベース等の研究資源を保有し、学術研究基盤として外国人研究者を含め、共同利用・共同研究に活発に利用されているか。
- ③ 国内外の大学や研究機関等と連携してネットワークを形成し、施設、設備、データベース等の研究資源の整備や共同運用に取り組んでいるか。
- ④ 共同利用・共同研究の参加者支援業務に従事する専任職員は、十分に配置されているか。

【設定した指標】

- ・ 保有施設、設備、学術資料、データベース等の研究資源による共同利用・共同研究の状況（台外の関連研究者による利用回数、成果論文数、受賞等）
- ・ 大学等との連携による施設、設備、データベース等の研究資源の整備や共同運用の状況
- ・ 共同利用・共同研究の支援体制の整備状況（教員・技術職員・事務職員等の配置、等）

（本文）

- ・①②③ 国立天文台は天文学の発展に寄与するため、多様な大型施設・設備・データベース等の研究資源を保有し、学術研究基盤として共同利用・共同研究に供している。また、国内外の大学・研究

機関と連携してネットワークを形成し、これらの研究資源の整備や共同運用にも取り組んでいる[†]。以下、主な研究資源とその役割について紹介する。

† 注：2017 年度には、野辺山 45m 電波望遠鏡、電波干渉計 VERA、アルマ望遠鏡を含む「高感度電波望遠鏡技術」及び重力多体問題専用計算機 GRAPE が、社会や生活、産業、科学技術の発展に大きな影響を与えた研究開発の偉業を称える「電子情報通信学会マイルストーン」に選ばれた。

○数値シミュレーション天文学の推進

国立天文台天文シミュレーションプロジェクト(CfCA)では、望遠鏡では観ることができない宇宙を物理法則に則った計算により描き出す「数値シミュレーション天文学」を推進している。2018 年度に理論演算性能を従来の3倍(3 ペタフロップス)に増強するリプレースを実施した、**世界最速の天文学専用スーパーコンピュータ「アテルイ II」**(Cray XC50、国立天文台水沢に設置)を中心とする共同利用計算機システムを安定に運用し(図 9)、日本全国の研究者の共同利用に供した[†]。アテルイ II を含む天文シミュレーションシステムの共同利用率を 100%に維持し、共同利用の成果として 2018・2019 年度は年間 140 編に達する査読付き欧文論文が出版された(図 10)。また、計算機を使った基礎科学の研究を精力的に進める国内8機関の連携組織「計算基礎科学連携拠点(JICFuS)」や、一般社団法人 HPCI (High-Performance Computing Infrastructure)コンソーシアムの一員として、スーパーコンピュータを軸に様々な分野を横断した議論・活動を行っており、その中で日本の数値シミュレーション天文学コミュニティの意見集約窓口としての役目も果たしている。

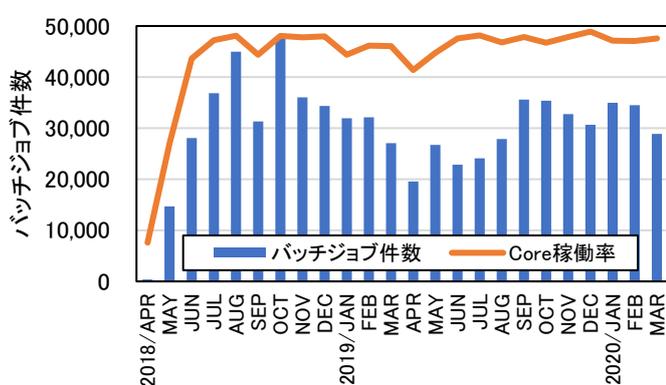


図 9. アテルイ II の稼働状況 (2018/4~2020/3)
* Core 稼働率=キュー別 Core 時間の合計/全 Core 時間

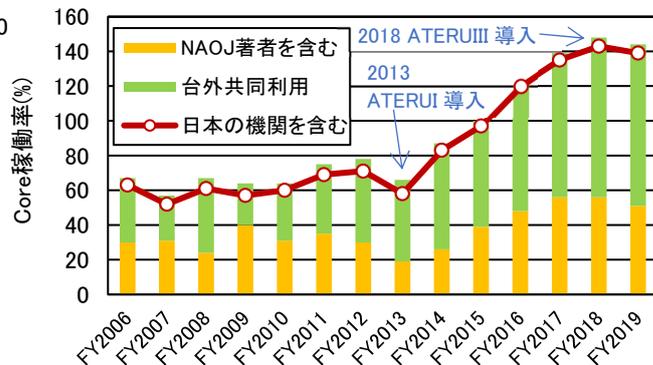


図 10. CfCA の共同利用計算機システムを用いた成果論文数の推移

† 注：経済産業省の安全保障輸出管理規制により、CfCA の計算機利用者は国内居住者に限られる(一部例外あり)。このため、図 10 では、約 95%の論文の著者所属先に日本の機関が含まれている。

○ VLBI(超長基線電波干渉計)を用いたブラックホールの研究

日米欧など世界 13 機関を中心に 200 人以上の研究者が参加する、**地球規模の国際共同研究プロジェクト「イベント・ホライズン・テレスコープ(Event Horizon Telescope: EHT)」**に、国立天文台水沢 VLBI 観測所およびチリ観測所を中心とする日本人研究者が参加し、**活動銀河の中心にある巨大なブラックホールの輪郭の初撮影に成功した**。EHT は**アルマ望遠鏡を含む地上8つの電波望遠鏡を結合させたミリ波 VLBI 観測を行い、アルマ望遠鏡は EHT 全体の感度の向上に大きく貢献した**。国立天文台は、アルマ望遠鏡を EHT の一員とするために、山頂のアンテナ群(標高 5,000m)から山麓施設(同 2,900m)にデータを伝送・記録する装置を開発した。日本がアジアのパートナー国と共に設立した

「東アジア天文台」(VI. 人材育成 参照)がハワイ大学との合意に基づき運用する、ハワイのジェームズ・クラーク・マクスウェル望遠鏡(JCMT)も EHT を構成しており、国立天文台は JCMT による観測にも参加した。また、統計数理研究所の主導により、『スペース・モデリング』と呼ばれる統計手法をデータ処理に取り入れ、アテルイ II を用いて、限られたデータから信頼性の高い画像を得ることに成功した。最終的には、4 つの独立した内部チームが 3 つの手法でデータを画像化し、いずれもドーナツ状のブラックホールシャドウ(影)が現れることを確認した[†]([図 11](#))。本成果は 6 編の論文にまとめられ、いずれも Space Science 分野の Top1%論文になるなど注目されている。

† 注: このニュースは世界中で同時配信され、世界的ブームを巻き起した。国内では、新聞記事 445 件、TV ニュース 15 件、NHK の TV 特集番組等で取り上げられた他、日本の EHT メンバーを中心に TV・ラジオ出演、講演、雑誌取材対応などを行った。本功績に対し、EHT チームは基礎物理学で優れた研究業績へ贈られる国際賞である 2020 Breakthrough Prize in Fundamental Physics、米国科学財団(NSF)の Diamond Achievement Award(2019)を共同受賞したほか、国立天文台研究者を含むアルマ観測所チームがチリ議会上院から銀メダルを授与された。

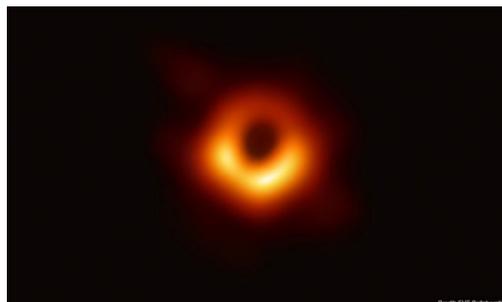


図 11. EHT が撮影した、銀河 M87 中心の巨大ブラックホールシャドウ。(クレジット: EHT Collaboration)

○野辺山 45m 電波望遠鏡

・大阪府立大学等と共同開発した周波数分離フィルタにより、**野辺山 45m 電波望遠鏡**の二周波(22/43GHz)完全同時観測が可能となり、2018 年度より共同利用に供した。また、FOREST 受信機を用いて 2014 年~2017 年に展開した3つの**レガシー・プロジェクト**の1つ、「FUGIN」(銀画面サーベイ)プロジェクトは、国立天文台野辺山宇宙電波観測所を中心に筑波大学・名古屋大学・上越教育大学・鹿児島大学などの研究者で構成され、史上最も広大かつ詳細な“天の川の電波地図”を作成した([図 12](#))。レガシー・プロジェクトのデータを 2018 年度より公開し、初期成果論文 21 編が日本天文学会欧文報告誌(PASJ)特集号として 2019 年 12 月に出版された。45m 電波望遠鏡の観測により、2019 年度は 43 編の査読論文が出版された。

野辺山宇宙電波観測所では観測体制の見直しと運営経費削減を進めており、2019 年度に本館を閉鎖して観測棟での運用を開始するとともに、開発提案の新規募集を停止した。45m 電波望遠鏡は 2021 年度末までは遠隔運用形式での共同利用観測を継続する予定である[†]。

† 注: 2019 年度は三鷹、VERA 入来局、鹿児島大学、京都大学、名古屋大学、慶應義塾大学、北海道大学、ASIAA(台湾)から、45m 鏡のリモート観測を実施した。

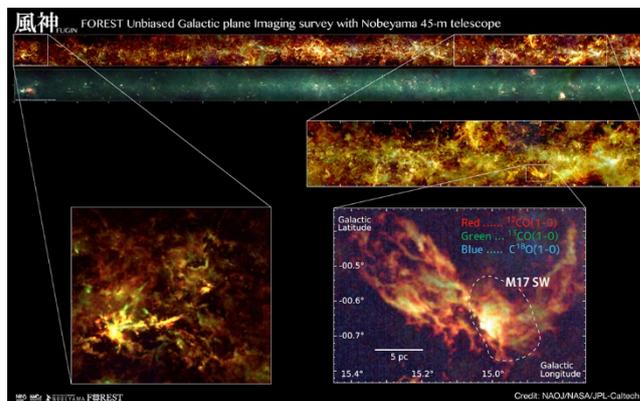


図 12. FUGIN による天の川電波強度マップ(クレジット: NAOJ/NASA/JPL-Caltech)

○データベース天文学の推進

・国立天文台では、台内をはじめ国内外の様々な望遠鏡で取得されたあらゆる波長の観測データを収集している。天文データセンターでは、それら大量の観測データを安全に恒久的に保管し、一定期間後に全世界に向けて公開するとともに(大規模データアーカイブ・公開サブシステム)、データ

公開ポータルである**仮想天文台(JVO: Japanese Virtual Observatory)**に可視化ツールを開発・整備することでデータの二次利用を促進し(図 13)、大量の天文データに基づく天文現象の多面的な理解を目指す「データベース天文学」の研究基盤を提供している。望遠鏡や観測装置の大型高精度化に伴って観測データの量は年々増大しており、研究者個人が構築する解析環境ではデータ処理が困難になっているため、大学共同利用機関の責務として、天文データ解析のための計算機基盤を国内外のユーザーに提供している(多波長データ解析システム)。天文データの発信にあたっては、提供方針の統一と世界的標準化や品質保証を図り、良質で使いやすいデータの提供に努めている。

また、台内の各プロジェクトと連携し、天文データに関する計算機資源の総合化と共有化を進めている。さらに、共同利用の一環として、天文ソフトウェア・システムについての各種講習会を主催・共済し、データ解析実習のための計算機環境の提供なども行っている。

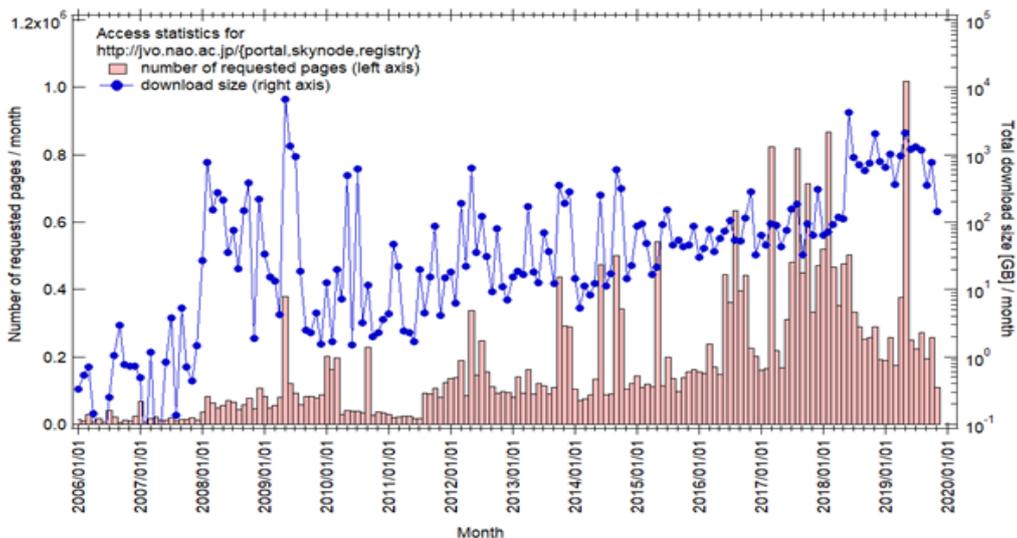


図13. JVOポータル全体の月別アクセス数・ダウンロード量(2006/1/1~2020/3/22)

JVOでは2016年度より欧州宇宙機関ESAの大型位置天文観測衛星「Gaia」、2018年度より野辺山レガシープロジェクト等のデータ公開を開始し、特に海外からのダウンロード量が増えている。ユーザーが求める観測データを提供することで研究のみならず教育にも活用でき、国内外で利用されている。

- ・④ 国立天文台の共同利用・共同研究(表4)は、各担当プロジェクト・センターがそれぞれの運用計画に基づいて実施しており、参加者・ユーザーに対する支援業務も当該プロジェクト・センターの構成員(教員、技術・事務職員、研究・事務支援員等)が従事している。例として、観測者にアシスタント(野辺山45m電波望遠鏡)やオペレータ(すばる望遠鏡)を配置して観測を支援し、アルマ望遠鏡では観測所の専任職員が観測を肩代わりしている。また、各プロジェクトはヘルプデスクを設け、ユーザーからの質問やトラブル等に対応している。プロジェクト・センターごとに支援体制が異なるため、プロジェクト評価の際に点検・評価を行い、不十分な場合はアクション・アイテムとして必要な対策を求めている。天文台全体では、2016年度に事務部に「研究推進課」を新設し[†]、直接もしくは各プロジェクト・センターを通して間接的に、共同利用・共同研究を支援する体制を整備した。研究推進課では利用者へアンケートを取るなどして、支援体制の強化・改善に努めている。

† 注: 総務課(研究支援係、専門職員(大学院担当))、財務課(専門職員(競争的資金担当))、国際連携室事務室(国際学術係)より、共同利用・共同研究等、研究推進に関わる事務を担当する部署を集めた組織改編による。

V. 新分野の創出

社会の変化や学術研究の動向に対応して、新たな学問分野の創出や展開に戦略的に取り組んでいること

【主な観点】

- ◎① 学際的・融合的領域における当該機関の研究実績やその水準について、研究分野の特性に応じ、著しく高い成果を挙げていると認められること
- ◎② 学際的・融合的領域において当該機関に属さない関連研究者が当該機関を利用して行った共同利用・共同研究による研究実績やその水準について、研究分野の特性に応じ、著しく高い成果を挙げていると認められること
- ◎③ 研究の進展に応じた異分野の融合と新分野の創出のため、他の大学（共同利用・共同研究拠点を含む。）や研究機関等との連携について、研究組織の再編等の必要性を含め定期的に検討を行っていること

【自己検証結果】

【検証する観点】

- ① 学際的・融合的領域における国立天文台の研究実績やその水準について、天文学分野の特性に応じ、著しく高い成果を挙げていると認められるか。
- ② 学際的・融合的領域において、台外関連研究者が国立天文台を利用して行った共同利用・共同研究による研究実績や水準について、著しく高い成果を挙げていると認められるか。
- ③ 研究の進展に応じた異分野の融合と新分野の創出のため、大学・研究機関等との連携について、研究組織の再編等の必要性を含め定期的に検討を行っているか。

【設定した指標】

- ・ 学際的・融合的領域における、国立天文台の研究活動の状況（国際研究プロジェクトの実施状況、関連分野間のネットワークの構築状況、論文数、共著論文数、国際共同研究の内容）
- ・ 学際的・融合的領域における、台外の関連研究者による研究業績
- ・ 大学・研究機関等との連携についての検討体制の整備状況

（本文）

- ・①②③ ブラックホール連星合体からの重力波が欧米の重力波望遠鏡 LIGO・Virgo により 2015 年 2 月に直接検出されて以来、重力波天文学の研究は加速度的な広がりを見せている。2017 年 8 月には連星中性子性合体からの重力波が検出され、すばる望遠鏡等を用いたフォローアップ観測により電磁波対応天体も観測された。2020 年 2 月には日本の大型低温重力波望遠鏡 KAGRA が観測運転を開始し、国際共同観測へ参加する準備が整った。天文学は電磁波、重力波、ニュートリノ観測を基軸とした新しいマルチメッセンジャー天文学の時代へと突入した。国立天文台は国際重力波観測に

貢献し、重力波天文学の開拓とより広範な研究者コミュニティの拡大を目指す。

○重力波望遠鏡 KAGRA の始動

文部科学省「大規模学術フロンティア促進事業」の支援を受け、東京大学宇宙線研究所(ICRR)を中心に、国立天文台と高エネルギー加速器研究機構(KEK)が副推進機関として、2011 年より岐阜県飛騨市神岡鉱山の地下において建設を開始した、基線長 3 kmの**大型低温重力波望遠鏡 KAGRA(かぐら)**が2019 年 10 月に完成し、2020 年2月より重力波観測のための連続運転を開始した(図 14)。国立天文台は2018 年度より神岡分室を設置し、干渉計ミラーの防振装置や補助光学システム、主干渉計の設計・製作・組立・性能評価・現地での設置を主導し、スケジュールにほぼ遅延することなく完了させた。KAGRA は段階を追って干渉計をアップグレードし、2016 年度に実施した常温下での初期運転(iKAGRA)、2018 年度に開始した低温下における試験運転(bKAGRA)に、国立天文台は国内外の大学等と協働して貢献した。2019 年度の建設期終了に伴い、ICRR、KEK との研究覚書を見直し、観測期に即した新しい覚書(重力波天文学の推進)を締結した。



図14. 大型低温重力波望遠鏡KAGRA (かぐら)のアームトンネル

2020 年3月末時点で、KAGRA の本格運転となる、国際重力波観測ネットワークによる第三期観測 (O3) への参加に必要な感度の90%程度を達成した。しかし、新型コロナウイルスの感染拡散防止のためO3観測が中断され、KAGRAの国際共同観測参加はO4へ持ち越しとなった。

KAGRA 建設と並行して、2021 年度に予定されている第4期国際共同観測(O4)に向けて、国立天文台三鷹本部地下にある基線長 300m の**干渉計型重力波アンテナ TAMA300**の施設を用いて、KAGRA のアップグレードのための技術開発をフランス・中国・台湾等の研究者と協力して進めた。次世代重力波望遠鏡で採用が予定されている、検出器の量子雑音を抑える新技術(周波数依存スクイーミング)の実用周波数帯域(100Hz 未満)における実証に、世界に先駆けて成功した。この結果を報告した論文は Physical Review Letters(2020 年 3 月)に掲載された。

○日本の重力波追跡観測チーム J-GEM

2017 年 8 月 17 日に、連星中性子星合体により発生したと考えられる重力波が初めて検出され、世界中で 70 を超える天体望遠鏡が一斉に追跡観測を行った。ハワイの**すばる望遠鏡**、名古屋大学と鹿児島大学が運用する南アフリカの口径 1.4m IRSF 望遠鏡をはじめとする日本の 16 の光赤外電波望遠鏡を結集した**重力波追跡観測チーム(J-GEM: Japanese collaboration of Gravitational wave Electro-Magnetic follow-up)**^{†1}は、この重力波源に対応する天体を可視光及び近赤外線で特定し、15 日間にわたり継続観測を行うことで、減光の様子を捉えることに初めて成功した^{†2}。追跡観測において決定打となる活躍をしたのが**すばる望遠鏡 HSC**であるが、世界の他のチームとも協力しながら進められた。J-GEM が観測した光度変化を国立天文台のスーパーコンピュータ「**アテルイ**」による数値シミュレーション結果と比較することで、この現象が**中性子星連星の合体**であり、**金やプラチナ**といった鉄より重い**重元素が生まれる時に起こる光の放射「キロノバ」**であることが証明された。これは人類が初めて重力波と電磁波を用いて天体現象を観測した画期的なイベントであり、ここにマルチメ

ツェンジャー天文学の新たな地平が切り拓かれた。J-GEM によりこれまでに 20 編の欧文査読付き論文が出版されている^{t3}。今後は KAGRA が国際重力波観測網に加わり、より精度の高い追跡観測が実現して重力波の謎にさらに迫ることが期待される。

t1 : 新学術領域研究(研究領域提案型)「天体重力波の光学赤外線対応現象の探索」(2012-2016 年度)、「重力波源の光赤外線対応天体観測で迫る中性子星合体の元素合成」(2017-2021 年度)

t2 : 世界中の研究機関と足並みを揃えて、中性子星連星の合体による重力波源の電磁波対応天体特定と追跡観測について大々的な記者会見を開催し、この結果、本研究成果に関する国内新聞記事は通常の研究成果発表の 10 倍以上となる 131 件、海外メディアを含むオンラインニュース記事は通常の研究成果発表の3倍以上となる 318 件と、どちらも過去最多の実績となり、国内外において大きく取り上げられた。

t3 : 19 編が国立天文台著者を含み、18 編が国際共著、4 編が Top1%論文(Space Science 分野 3、Physics 分野 1)。

- ②③ **自然科学研究機構アストロバイオロジーセンター**(以下、ABC)は、国立天文台三鷹本部に居室・会議室等を置き研究を行う、機構本部直轄の研究センターである。太陽系外の惑星(系外惑星)探査の著しい進展を背景に、宇宙を舞台に生命の起源・進化を議論する、宇宙・天文学と基礎生物学の新たな融合分野「アストロバイオロジー」(宇宙生物学)の展開をめざし、2015 年 4 月に設立した。

○組織整備

2017 年度に、前身の国立天文台・太陽系外惑星探査プロジェクト室を発展的に解消し、ABC への移行を完了した。また機構内部での承継職員の振り替え、機構外職員の雇用、特任教員・特任専門員・事務支援員採用等の人員配置を行い、センター長・併任職員を含め総計 22 名(研究系 17 名、事務系 5 名)の体制を整備した。系外惑星探査、装置開発(2015 年度～)、宇宙生命探査(2016 年度～)の3つのプロジェクトを推進するため、センター長(東京大学教授)及び外国人特命教授2名(米国アリゾナ大学、ワシントン大学・NASA)をクロスアポイントメント制度で継続雇用している。

○装置開発と国際協力

ABC が国立天文台、東京大学などの研究者と開発し、2018 年度に**すばる望遠鏡**に搭載した**高精度近赤外線ドップラー観測装置(IRD)**による系外惑星探査を 2019 年度より開始した(Ⅲ. 国際性 1)参照)。また、系外惑星の発見・確認に特化した新装置「**MuSCAT2**」を開発し、世界最高レベルの測光精度を4色同時に達成できることを実証した。国立天文台岡山 188cm 望遠鏡及びスペインの 1.5m 望遠鏡に搭載した MuSCAT1 及び MuSCAT2 により、系外惑星探査の国際的な協力体制を構築した。さらに、米国の望遠鏡に設置予定の MuSCAT3 の開発を推進した。

○国内外における共同利用・共同研究の実施

日本におけるアストロバイオロジーの多様な分野をサポートするため、大学共同利用機関の特長を活かし、ABC とは異なる研究テーマの副拠点形成を目指す「サテライト研究」(最大3年間)を、自然科学研究機構 NOUS システムにより公募し、7つの連携拠点(天文系3件、生物系4件)を国内6大学に設置した。国外では、NASA、ワシントン大学、アリゾナ大学、マックスプランク研究所、カリフォルニア工科大学と連携して**国際的研究拠点形成を進めた**。また、ABC の若手研究者を海外の研究所、観測所、国際研究会等へ積極的に派遣しており、2019 年度は 35 件実施した。



図 15. 国際会議「In the Spirit of Lyot 2019」主催。国内外から200名の参加者が、系外惑星の直接撮像に関する活発な議論を行った。

VI. 人材育成

優れた研究環境を活かした若手研究者の育成やその活躍機会の創出に貢献していること

【主な観点】

- ① 総合研究大学院大学の基盤機関として、大学と協力し、大学共同利用機関の優れた研究環境を活用して主体的に当該分野の後継者の育成等に取り組んでいること
- ② 連携大学院制度等を活用し、国内外の大学院生を受け入れ、共同利用・共同研究に参加させるなど大学院教育に積極的に関与していること
- ③ ポストドクター等の時限付き職員の任期終了後のキャリア支援に取り組むなど、若手研究者の自立支援や登用を進め、研究に取り組みやすい環境を整備していること
- ◎④ 若手研究者（海外研究者を含む。）の採用や育成に積極的に取り組んでいること
- ◎⑤ 女性研究者を含めた人材の多様化に取り組んでいること
- ◎⑥ 先端的・国際的な共同研究等への大学院生の参画を通じた人材育成に取り組んでいること

【自己検証結果】

【検証する観点】

- ① 総合研究大学院大学（総研大）の基盤機関として、大学と協力し、大学共同利用機関の優れた研究環境を活用して主体的に天文学分野の後継者の育成等に取り組んでいるか。
- ② 連携大学院制度を活用し、国内外の大学院生を受け入れ、共同利用・共同研究に参加させるなど大学院教育に積極的に関与しているか。
- ③ ポストドクター等の時限付き職員の任期終了後のキャリア支援に取り組むなど、若手研究者の自立支援や登用を進め、研究に取り組みやすい環境を整備しているか。
- ④ 若手研究者（海外研究者を含む。）の採用や育成に積極的に取り組んでいるか。
- ⑤ 女性研究者を含めた人材の多様化に取り組んでいるか。
- ⑥ 先端的・国際的な共同研究等への大学院生の参画を通じた人材育成に取り組んでいるか。

【設定した指標】

- ・ 総研大の基盤機関として、連携大学院としての取組状況（学生数、学位授与数等）
- ・ 「特別共同利用研究員」の受入状況（受入学生数）、若手研究者、女性研究者の人数・割合
- ・ ポストドクターを含む若手研究者の採用・支援の取組状況

（本文）

- ・①⑥ 大学院生の教育・研究者育成（総研大）

国立天文台は総合研究大学院大学（総研大）物理科学研究科・天文科学専攻の基盤機関として、

大学及び天文学関連コミュニティと協力し、国内外の優秀な大学院生の確保と、大学共同利用機関としての研究環境を活用して優れた若手研究者の養成に取り組んでいる。自然科学研究機構アストロバイオロジーセンターにおいても、総研大と協定を締結し、アストロバイオロジーに関する教育を実施している。入学定員は毎年、5年一貫性博士課程第1学年を2名、博士後期課程第1学年を3名としている。2016年度～2019年度の4年間に、計21名の総研大生が国立天文台の研究施設等を利用して博士の学位を取得された([図16](#))。

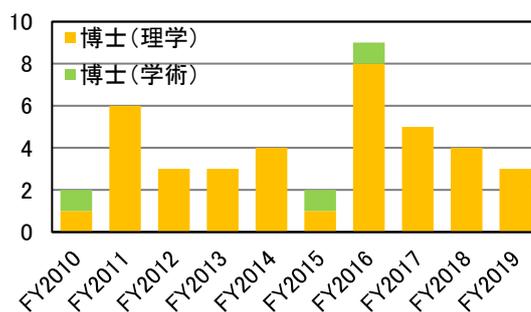


図16.総研大・天文科学専攻の学位取得者数

総研大事業として、全国の大学の学部学生を対象に、将来、天文学研究を志向する人材を育成することを目的とした「サマースチューデントプログラム(夏の体験研究)」^{†1}、「スプリングスクール(春の体験入学)」^{†2}、海外の学生対象の「アジア冬の学校」^{†3}をほぼ毎年実施している。また、学習環境の充実の一環として、総研大・天文科学専攻の大学院生を対象に、ハワイのすばる望遠鏡や、電波望遠鏡VERA(水沢局)を利用した天文観測実習を実施している。

†1: 2020年度はオンライン開催。†2: 2019年度は中止。†3: 2015年度はタイ、2016年度は台湾、2018・2019年度は三鷹で開催。

総研大・天文科学専攻では、国際会議での英語による研究発表や、外国の望遠鏡を用いた観測などを奨励するための経費として「海外渡航支援費」の公募を年3回行い、毎年計6～12名を採用している。また、2018年度より、科学技術英語の習得のための科学英語演習と、JAXA 宇宙科学研究所と共に英語によるプレゼンテーション研修を行う集中講義(主担当は1年ごとに交代)を開講し、いずれも毎年、延べ8名程度が受講している。外国人留学生等に対しては、外国人サポートデスクの活用と日本語教室の受講を促した([Ⅲ. 国際性](#)参照)。また、自らの独創的なアイデアを基に研究・実験等を計画・実施し、装置開発や物品購入等に使用する経費として「奨励研究費」の公募を行うなど、総研大入学後の学習・研究環境の充実を図ってきた。同時に、適用率90%以上の「リサーチアシスタント(研究補助員)制度」、国立天文台の研究プロジェクトの遂行に参画することにより研究支援費を支給する「准研究員制度」に加え、特に優れた研究能力を有する者を対象に奨学金を支給する「国立天文台ジュニア・フェロー制度」を2020年度から導入し、経済的支援の充実を図ってきた。

総研大の学生を対象に、月に一度メンタルヘルス相談を実施するほか、インターンシップ事業(国内外の大学・研究機関・企業等において、将来のキャリア構築につながる共同研究活動や調査活動等に参加する場合、必要な経費を支援する)の活用を進めている。今後は、総研大の機能強化構想に基づき、研究科や専攻の枠を越えた分野横断教育プログラムを強化し、インターンによる研究指導などを活用して、個々の学生の個性を活かした特長のある大学院教育を行う予定である。また、eラーニングの整備を含む、基礎教育の充実や複数の専攻の協力によるラボ・ローテーションなど共通講義の整備を引き続き進めていく。

・ ②④ 大学院生の教育・研究者育成(総研大以外)

総研大以外にも、協定に基づく連携大学院の院生（主として東京大学大学院理学系研究科、留学生を含む）および特別共同利用研究員（受託院生）[†]を受け入れ、共同利用・共同研究に参加させるなど大学院教育に積極的に関与している（図 17）。また、国際学術係において、2016 年度に国際インターンシップの申請・受入れ審査の制度を確立し、2016～2019 年度の4年間でスペイン・フランス・オランダ・イタリア・中国より計 17 名の大学院生及び1名の大学学部生を受け入れ、2～6 か月間、教育・研究指導を行った。[†]注：2019 年度に、初めてチリ観測所現地において特別共同利用研究員（修士 1 名）を受け入れた。

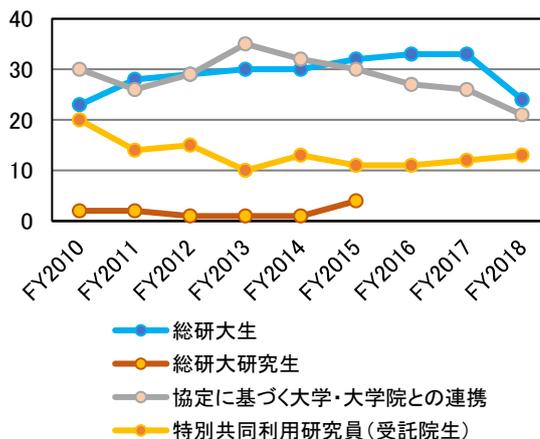


図 17. 国立天文台の大学院教育

台内プロジェクト単位の取組としては、天文シミュレーションプロジェクトにおいて大学院生や学部学生などを対象とした「N 体シミュレーションの学校」、「流体学校」を三鷹地区で、野辺山宇宙電波観測所において学部学生と大学研究室を対象に「電波天文観測実習」を野辺山地区で、ハワイ観測所においてハワイ大学ヒロ校の学生も含む「すばる観測実習」、「すばる体験企画」をハワイ地区で実施してきた。また、太陽研究者コミュニティと共に、国内の主要な太陽研究機関（名古屋大学・京都大学・JAXA 宇宙科学研究所、国立天文台三鷹）を 5 日間で一度に訪問する、理系大学生のための「太陽研究最前線体験ツアー」を毎年開催してきた（2020 年は中止）。

・③④ ポスドク等のキャリアパス支援

国立天文台大学院教育委員会及び総研大天文科学専攻では、総研大生をはじめとする大学院生・ポスドクのキャリア支援の一環として、民間企業就職セミナーや、キャリアパス支援セミナーを開催してきた。特に、外国でキャリアを積むことに焦点を当てた「日本人海外研究者によるキャリア支援講演会」シリーズ（2015・2017 年度）は参加者から好評を得た。

また、望遠鏡や観測装置の大型高精度化に伴う観測データのビッグデータ化により喫緊の課題となっている、「天文統計学」や「天文情報学」などの融合分野研究を発展させるため、2019 年度にテニュアトラック助教 2 名を公募した（2020 年度採用予定）。最初の 5 年間は統計数理研究所に滞在して研究を行い、5 年目終了前の審査により、うち 1 名を任期なしの准教授として国立天文台に迎え入れることとし、当該分野の研究を志す国立天文台内外の若手研究者に魅力的なポストを用意した。

・④（国内外からの）若手研究者の採用・育成

国立天文台の有期雇用の若手研究者数推移を図 18 に示す。自然科学研究機構全体の方針として 2012 年度に特任制ポストを導入後、時間給制・日給制の非常勤職から年俸制の常勤職へ、より良い待遇の雇用形態へ切り替えを進めてきた。

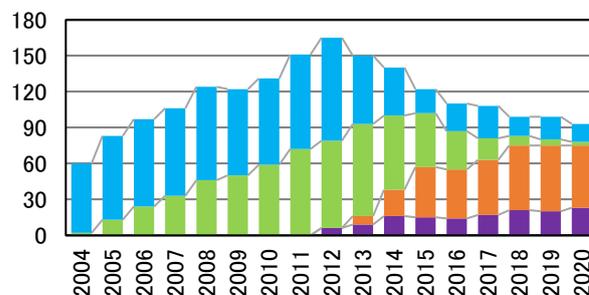


図 18. 有期雇用の若手研究者数の年度別推移
（毎年 4 月 1 日時点の集計値）

- 研究員・研究支援員（非常勤）
- 専門研究職員（非常勤）
- 特任研究員（年俸制）
- 特任助教（年俸制）

注：専門研究職員は技能職員を含み、必ずしも研究者ではない。

国立天文台では、世界トップレベルの海外研究機関への台内若手研究者の派遣や、研究費助成を通じた若手研究者支援による人材育成に取り組んでいる。「若手研究者海外派遣」事業では、学位取得後 15 年以内の若手研究者に対して、海外の研究者と共同研究を実施するための渡航費・滞在費を支弁する(1か月～3か月、100 万円/件まで)。台内公募により毎年2～3名を採択し、例年、若手職員(特任研究員や助教等)が多いが、総研大生を採択した年もある。また、NAOJ フェロー(特任助教)については、個人の裁量で研究に自由に使用できる一定額の研究費を毎年配分し、自由な発想に基づく研究の推進を支援している。期待通りの成果を上げ、その研究活動や科学成果は台内外から高い評価を得た。

国立天文台は、**東アジア中核天文台連合(EACOA)**に加盟する日中韓台4機関と協力して、米国ハワイ島にある**「東アジア天文台(EAO)」**を2014年度より運用している。2012年度に開始した優秀な若手研究者の育成を目的としたEACOAフェローシップ(100%研究が義務)に加え、2018年度より50%の時間をEAOの運用支援に使うEAOフェローシップを開始し、EACOA加盟4機関もしくはEAOに滞在して研究を行う若手(ポスドク)研究者を支援してきた。国際公募により毎年EACOAフェロー2名(任期3年～5年)、EAOフェロー1名(任期3年)を採用し、2016年度から2019年度までの4年間に計16名を受け入れた。フェロー達の存在は周囲の日本人若手研究者の良い刺激となり、共著論文を通して国立天文台をアジア圏にPRするなど、重要な役割を果たしている。2017年には東アジアの若手研究者による国際研究集会「The East Asian Young Astronomers Meeting (EAYAM)」を石垣島天文台で開催し、地元の新聞で連日取り上げられた(図19)。



図 19. EAYAM2017 ポスター
国内、アジア、ハワイから 78 名参加

⑤人材の多様化

国立天文台では男女共同参画を推進し、2016年度以降に助教1名、教授2名の女性研究者を採用、さらに2020年度より女性准教授3名を採用した(表3)。特に、2018・2019年度には国立天文台史上初となる女性教授を1名ずつ採用した。この結果、2020年4月1日における台内研究者(研究教育職員及び特任教員)の女性比率は7.4%と過去最大になった(図20)。一方、特任研究員(年俸制)に占める女性の割合は25%前後で推移している(図18も参照)。

今後の女性職員の増加を見据え、保育ルームを強化しており、2017年度に拡張工事を行い、必要に応じて保育士を増員した。この結果、外国籍職員を含む幅広い職種で利用実績があり、月極利用者が従来の5名から拡張後は最大7名となるなど、利用者増加につながった。

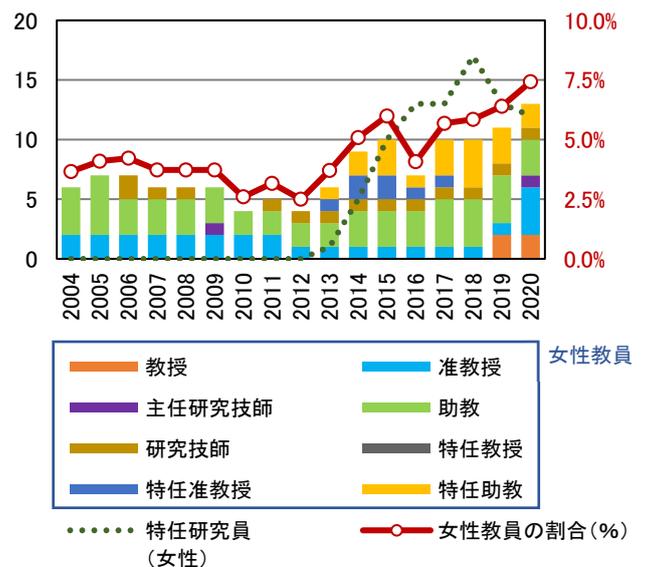


図 20. 女性教員数とその割合の年度別推移
(毎年4月1日時点の集計値)

Ⅶ. 社会との関わり

広く成果等を発信して、社会と協働し、社会の多様な課題解決に向けて取り組んでいること

【主な観点】

- ① 産業界等にも開かれた研究機関として、利用可能な研究設備、研究成果、研究環境等の大学共同利用機関が持つ機能を社会へ提供し、また、分かりやすく発信していること
- ② 地域社会や国全体の課題の解決に向けて貢献できる分野や内容について、それらの課題解決に取り組み、情報発信していること
- ◎③ 研究成果を広く社会と共有し、社会との協働・共創を通じて、新たな研究の展開につなげるとともに、社会の諸活動の振興に寄与していること
- ④ 研究成果を公開し、研究者のみならず広く社会における利活用に積極的に取り組むとともに、論文及び論文のエビデンスとしての研究データ等を公開・保存していること

【自己検証結果】

【検証する観点】

- ① 産業界等にも開かれた研究機関として、利用可能な研究設備、研究成果、研究環境等の大学共同利用機関が持つ機能を社会へ提供し、また、分かりやすく発信しているか。
- ② 地域社会や国全体の課題の解決に向けて貢献できる分野や内容について、それらの課題解決に取り組み、情報発信しているか。
- ③ 研究成果を広く社会と共有し、社会との協働・共創を通じて、新たな研究の展開につなげるとともに、社会の諸活動の振興に寄与しているか。
- ④ 研究成果を公開し、研究者のみならず広く社会における利活用に積極的に取り組むとともに、論文及び論文のエビデンスとしての研究データ等を公開・保存しているか。

【設定した指標】

- ・ 情報発信・情報公開状況（HP へのアクセス数、シンポジウム、講演会・セミナー、研究会・ワークショップ、一般公開・展示の実施状況、データベースの構築・利活用状況、等）
- ・ 国や地域社会との連携状況（協定の締結、イベント共催、受賞等）
- ・ オープンサイエンス・オープンデータに向けた整備状況

（本文）

- ・ ① 2017 年度に東京商工会議所主催見学会「先端研究機関からの招待状」において企業関係者 32 名を受け入れ、宇宙生命に関する最先端の研究現場を紹介した。2018 年度に一般社団法人「科学技術と経済の会」・分科会「TM研究会」が来台され、先端技術センターの見学会と講演

会を開催した。2019 年度には「天文学のための技術を、暮らしを支える技術に」を合言葉に「産業連携準備室」を発足させた。国立天文台が培ってきた先端技術を産業界及び社会に発信して社会への寄与を拡大する仕組みの検討を開始し、2020 年度に「産業連携室」へ発展的に改組した。

- ・② 国立天文台では、三鷹本部をはじめ各ブランチにおいて地域社会の活性化や課題解決に向けて、以下に代表される様々な取組を行っている。

○三鷹本部：東京都三鷹市と連携協働し、「天文台のあるまち三鷹」の様々な取組(みたか太陽系ウォーク、三鷹ネットワーク大学、「三鷹市星と森と絵本の家」(三鷹本部構内)、等)を推進してきた。みたか太陽系ウォーク実行委員会は、国土交通省令和元年度地域づくり表彰(第 36 回)の「地域づくり表彰審査会特別賞」を受賞した(2019 年度)。

○野辺山宇宙電波観測所：ボトムアップ活動「長野県は宇宙県」(2016 年度～)の母体として、2019 年度は長野県と連携して星空ガイドの養成講座を開講するなど、天文・宇宙を取り入れた地域の観光振興や教育活動に貢献した。地元・南牧村と、国立天文台の研究成果の普及・活用の促進及び南牧村の観光・教育活動の促進のため両者が相互に協力・連携する協定を結び、国立天文台元職員による構内の有償見学案内を 2019 年度より開始した。2018 年度には環境省主催の星空観測イベントに協力した。野辺山 45m 電波望遠鏡は、地域社会や産業の発展に大きく貢献した歴史的業績を表彰する、米国電気電子学会の「IEEE マイルストーン」に認定された(2017 年度)。

○石垣島天文台：国立天文台、石垣市、石垣市教育委員会、NPO 法人八重山星の会、沖縄県立石垣青少年の家、琉球大学の 6 者の連携により運営される。全国の高校生を対象に、口径 105cm むりかぶし望遠鏡、20m 電波望遠鏡(VERA 石垣島局)を用いた天文教育企画「美ら星(ちゅらぼし)研究体験隊」(美ら研)⁺を毎年夏に実施し、2016 年度に小惑星を発見して世界に発表する成果を上げた。2019 年度には美ら研をモチーフの 1 つにした TV アニメ「恋する小惑星」が放送されるなど、石垣島の美しい星空を全国に PR し、観光産業に貢献した。(注:2020 年は 9 月にオンラインで開催。)

○ハワイ観測所岡山分室：1960 年に完成し、老朽化により 2017 年 12 月末に共同利用観測を終了した 188 cm 反射望遠鏡について、2018 年度に地元の岡山県浅口市と協定を結び、「天文台のまち、あさくち」を標榜する同市が観光事業として一般の貸切利用や観望会利用を行い、望遠鏡運用費の一部を負担している。2018～2019 年度には、岡山県認定の地域振興策「天文王国おかやま」の観光資源として利用された。

○周波数資源保護室：様々な人工電波源から電波天文観測を守るために、2019 年 4 月に新設した。国内外の関連機関と協議することで、電波周波数の保護活動を行っている。国際電気通信連合(ITU)に参加し、民間事業者による大量の超小型衛星を軌道に周回させるメガコンステレーション計画による光害・混信(干渉)への対応を検討するなど、国際的な枠組みの中で活動を進めている。

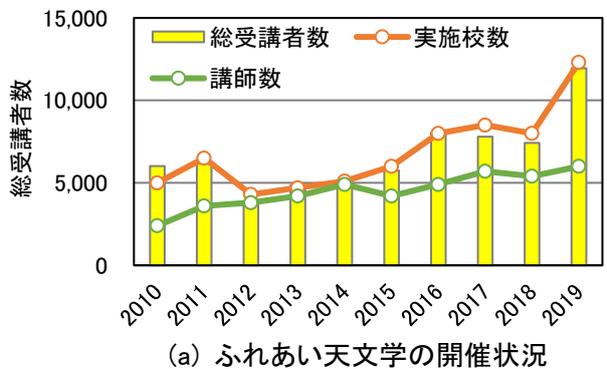
- ・③ 国立天文台では、研究成果を広く社会と共有し、社会との協働・共創を通じて新たな研究の展開に

つなげるとともに、以下に代表される天文学の普及活動を担ってきた。

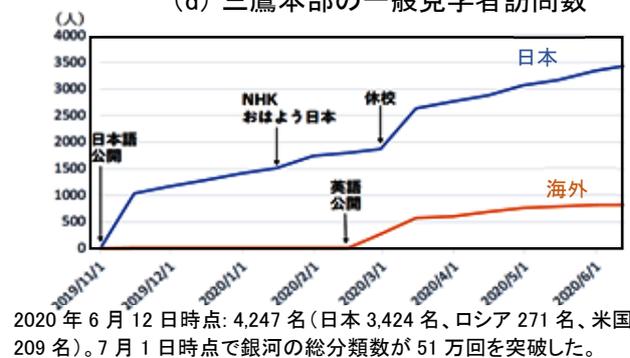
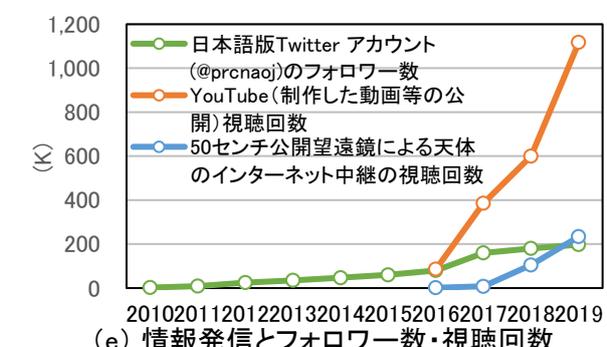
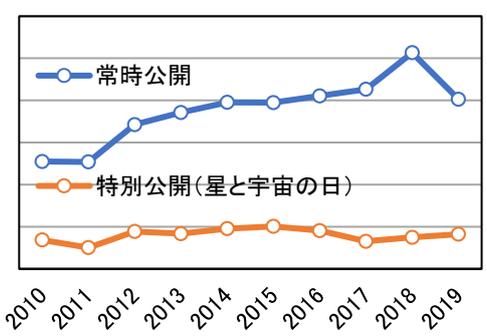
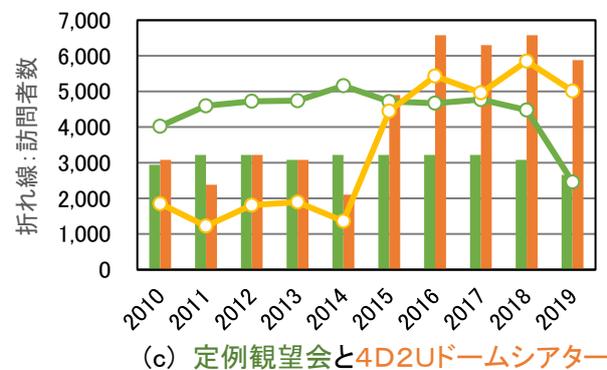
○**4次元デジタル宇宙(4D2U)**: 4D2U プロジェクトは最新の数値シミュレーションや観測結果から描き出される宇宙の姿を立体視コンテンツとして制作し、ウェブ上で無料公開している[†]。4次元デジタル宇宙ビューワー「**Mitaka**」も、ダウンロード数累計 100 万件を突破した人気コンテンツである。今後も新たなコンテンツを開発して研究成果を社会に還元していく。

† 注: 4D2U は先進映像協会日本支部よりルミエール・ジャパン・アワード 2017 の VR 部門グランプリを、同協会米国本部よりルミエール・アワード 2018 の最優秀 VR 科学体験賞を受賞した。

○**ふれあい天文学**: 天文学者が全国の小中学校を訪問して星や宇宙の出前授業を行う。国立天文台天文学振興募金事業の一環として行われるため、学校側に負担は発生しない。2019 年度は訪問校数、受講者数ともに過去最多(計 123 校、計 11,951 名)となった(図 21(a),(b))。



(b) 2018 年度「ふれあい天文学」授業風景



2020年6月12日時点: 4,247名(日本3,424名、ロシア271名、米国209名)。7月1日時点で銀河の総分類数が51万回を突破した。

図 21. 国立天文台三鷹本部の広報普及活動

○施設・動画の公開：各観測所で施設を常時公開している。三鷹本部の見学者数は2018年度に過去最多となり(25,648人/年)、4D2Uドームシアターの来訪者数は2016年度より毎年5,000人前後に達した(図21(c),(d))[†]。2016年度より国立天文台が製作した動画等をYouTubeで公開し、視聴回数は年々増加して2019年度にはフォロワー数が111万件に達した(図21(e))。

†注：新型コロナウイルス感染防止のため、2020年2月末以降は施設公開事業をすべて休止した。定例観望会は8月よりMitakaも用いてオンラインにて開催し、録画をYouTubeで公開している。また、学習の機会が減った小中高生向けのオンライン授業を実施した。

○GALAXY CRUISE：2019年度より、市民科学の天文学版「市民天文学」として、すばる望遠鏡HSCで撮影した約1万個の衝突銀河を分類する研究に一般市民がゲーム感覚で参加する「GALAXY CRUISE」(webサイト)を開始した。2019年11月に日本語版、2020年2月に英語版を公開し、3月15日時点で52カ国3,207名(国内2,640名)が登録する人気コンテンツとなった(図21(f))。

○IAU国際普及室：世界82の加盟国と107か国の天文学者で構成される国際組織、国際天文学連合(IAU)と2012年2月に協定書を交わし、共同事業として天文学の国際普及室(OAO)を国立天文台三鷹本部に設置した。2018年度よりIAUの副会長に国立天文台の研究者が就任した。OAOはIAU加盟国を対象に国際的な天文普及活動を担う。IAU創立100周年となる2019年は、国立天文台望遠鏡キットの開発・製造支援や太陽系外惑星命名キャンペーン等、様々なイベントを実施した。

・世界天文コミュニケーション会議「CAP2018 in 福岡大会」(2018年3月)：福岡市及びIAU C2分科会との共催によりアジアで2回目、日本初の開催。53か国・地域から446名(うち外国人197名)が参加した、CAP史上最大の大会となった[†]。

†注：国立天文台の実行委員会は、資金運営面の優れた工夫や開催都市と一体となった取組みにより、「平成30年度日本政府観光局国際会議誘致・開催貢献賞(開催の部)」を受賞した。

・IAUシンポジウム「Astronomy for Equity, Diversity and Inclusion」(2019年11月)：天文学における男女共同参画、マイノリティー・障害者の参画(ダイバーシティとインクルージョン)を世界に向けて発信する、IAU初となるシンポジウムを開催した(図22)。



図22. Astronomy for Equity, Diversity and Inclusion 集合写真

国立天文台三鷹で開催し、31か国より124名が参加した。

- ・④ 国立天文台のオープンサイエンス・オープンデータに向けた取り組みとして、研究データの公開についてはIV. 研究資源(データベース天文学)を参照。また、国立情報学研究所とオープンアクセスリポジトリ推進協会が共同運営するJAIRO Cloudシステムを利用して、国立天文台機関リポジトリ(仮称「天文書庫」)を構築している。国立天文台webサイトで公開中の国立天文台年次報告など紀要を中心に、論文(主に目録)、執筆記事、報告書等を一か所に集約して検索しやすくし、過去の台内資産の保護にも活用する予定である。

自由記述

ここでは、項目Ⅰ～Ⅶで検証できなかった国立天文台のこれまでの業績について報告する。

○宇宙からの天文学

国立天文台が宇宙航空研究開発機構(JAXA)/宇宙科学研究所(ISAS)と協力して進める「宇宙からの天文学」として、**太陽観測衛星「ひので」**の共同利用・共同観測を継続したほか、**赤外線位置天文観測衛星(小型 JASMINE)**計画、**次期太陽観測衛星(Solar-C(EUVST))**計画を推進し、**小惑星探査機「はやぶさ2」**の運用と小惑星調査・サンプル採取に貢献した。

- ・**小型 JASMINE** は ISAS がイプシロンロケットで打ち上げる**公募型小型計画3号機(2023 年度頃打上げ予定)**に、**Solar-C(EUVST)**は同4号機(2025 年度頃打上げ予定)に選定され、宇宙基本計画行程表(2020 年 6 月 29 日)に掲載された。JAXA で実施される次段階の審査の準備を行うとともに、日本が主体となって国内外の関係機関と開発を進める。
- ・「**はやぶさ2**」は 2018 年6月に小惑星 Ryugu に到着し、2回のサンプル採取を経て、2019 年 11 月に Ryugu を出発した(2020 年 12 月に地球帰還予定)。国立天文台はレーザ高度計(LIDAR)を用いた測距による Ryugu の立体形状モデル作成と、その後の小惑星サンプル採取に貢献し、初期成果論文5編(共著)、3編(主著)を執筆した。今後は**火星衛星探査計画「MMX」**(2024 年度打上げ予定)に向けて測地学的手法を用いた火星衛星内部構造探査の検討、欧州宇宙機関 ESA の**木星氷衛星探査機「JUICE」**に搭載する**レーザ高度計(GALA)**の開発・試験を進める。
- ・「**ひので**」データを用いた査読付き欧文論文数は 2019 年度で累計 1,493 編に達した。日米欧5か国 12 機関が 2015 年 9 月に実施した**太陽観測ロケット実験「CLASP」**のデータ解析を進め、世界初となる太陽遷移層磁場によるハンレ効果を確認し、**後継ロケット実験「CLASP-2」**(2019 年4月打上げ)が世界初となる彩層上部の高精度偏光データの取得に成功した。また、米国および名古屋大学、東京大学等の研究者と共に、**太陽観測ロケット実験「FOXSI-3」**を 2018 年 9 月に米国で打上げ、世界初となる太陽コロナの軟 X 線・撮像分光同時観測に成功した。[†]

† 注: 太陽フレアを観測ターゲットにした**後継ロケット実験「FOXSI-4」**(2024 年頃打上げ予定)が 2020 年 7 月に NASA に採択された。

○技術開発

- ・**アルマ望遠鏡**の機能向上のため、**ミリ波サブミリ波帯域受信機**の開発を精力的に進めた。現在の 2 バンド分(バンド 7+8)の超広帯域かつ超高感度の性能をもつ次世代受信機の開発・実証と、現状 4-8 GHz に限られる同時取得帯域を約 5 倍に拡大する技術の開発に世界に先駆けて成功し、**国内外におけるアルマ将来開発(アルマ 2 計画)**の方向性に先鞭をつけた[†]。

† 注: この成果により、国立天文台研究者が米国電気電子学会 IEEE RADIO 2017 Young Scientist Award 及び 2018 IEEE Microwave Theory and Techniques Society Japan Young Engineer Award を受賞した。

○科研費の獲得状況

- ・台外研究者と協力して科学研究費助成事業(科研費)等の**外部資金に積極的に応募し**、宇宙の未知の領域を開拓する様々な研究・開発を推進した。国立天文台の研究者が代表として獲得した**科研費の採択件数は増加傾向**にあり(図 23)、代表者の年齢は 40 歳未満が 4 割以上と

なっている。分野別の科研費新規採択累計数では、毎年、天文学分野の第1位となった。

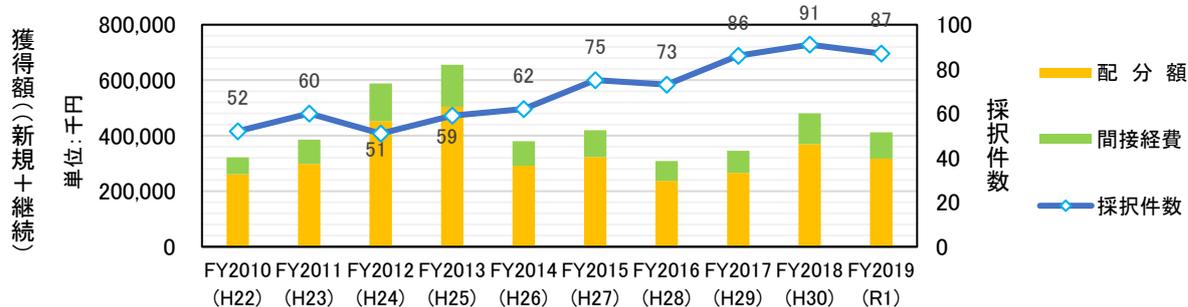


図 23. 国立天文台(研究代表者)が獲得した科研費

出典：文部科学省サイト 科学研究費補助金配分結果 https://www.mext.go.jp/a_menu/shinkou/hojyo/1296236.htm

○研究の実施体制及び推進体制の見直し、強化

第3期中期目標期間は、次世代の天文学を担う萌芽的プロジェクトの設立を促し、2019年度に小規模（装置開発）プロジェクト2件^{†1}、将来計画の検討グループ2件^{†2}、大学連携事業2件（OISTER、JVN）を設置して組織体制を強化した。同時に、プロジェクトの統合・廃止・連携を進め、研究体制の新陳代謝と強化を図った（付録参照）。

†1：すばる超広視野多天体分光器プロジェクト、すばる広視野補償光学プロジェクト。†2：SKA1 検討グループ、ngVLA 検討グループ。

- ・大型研究プロジェクトに関して、第3期中期計画の達成に向け、外部委員を含む**科学戦略委員会**（2018年度設置）による議論を継続し、プロジェクト間の連携も含め、柔軟な組織運営を推進した。大型共同利用装置の運用について議論する**5つの科学諮問委員会**（2018年度設置）を定期的に開催し、そこでの議論を反映させながら共同利用事業を推進した（表2）。
- ・2004年度に設置した4つの研究部（光赤外、電波、太陽天体プラズマ、理論）を2019年度に統合して「**科学研究部**」を新設した。事務作業の集約化とともに、理論研究と観測研究の融合、多波長天文学、マルチメッセンジャー天文学などの天文学分野の新たなキーワードのもとで研究者が自由な発想に基づく研究を行い、観測波長や研究手段で分断されがちな天文学の現状を改善する。天文学に関する幅広い展望をもとに、国立天文台の将来計画の策定に寄与し、大学院教育を含む若手研究者を育成する。2019年度は理論と観測の垣根を超えた成果が多数産出された。
- ・将来の**すばる望遠鏡と30m光学赤外線望遠鏡（TMT）との一体的な運用**に向けて、**ハワイ観測所とTMTプロジェクトの間で事務・広報・人事における一体運用体制の構築**に着手した。開所から半世紀以上を経て老朽化が進む**岡山天体物理観測所**を2017年度末に閉所し、2018年度に**ハワイ観測所岡山分室**を設置してハワイ観測所の体制を強化した。**野辺山太陽電波観測所**の閉所に伴い2015年度より名古屋大学に運営を移管した**電波ヘリオグラフ**について、2019年度末に28年間にわたる運用を終了した。
- ・2019年度より、既存プロジェクト・センター・科学研究部の「**Scientific Goals and Missions**」制定作業を企画会議において開始した。ミッション及び科学達成目標が定義されていなかったプロジェクトは新たに制定し、既に定義されていたプロジェクトはその経緯を丁寧にまとめる作業を行った。[†]

†注：国際共同で運営されるプロジェクト室の管理運営方針は、別に定める協定書等又は「Governance Policy」による。

付録 国立天文台の組織構成変遷

大学共同利用機関法人自然科学研究機構 国立天文台

	第1期中期目標期間						第2期中期目標期間						第3期中期目標期間											
	2004 (H16)	2005 (H17)	2006 (H18)	2007 (H19)	2008 (H20)	2009 (H21)	2010 (H22)	2011 (H23)	2012 (H24)	2013 (H25)	2014 (H26)	2015 (H27)	2016 (H28)	2017 (H29)	2018 (H30)	2019 (H31-R1)	2020 (R2)	2021 (R3)						
台長	海部宣男(2000.4～)		観山正見				林正彦						常田佐久											
電波	C: 水沢観測所		C: 水沢VERA観測所			C: 水沢VLBI観測所																		
	C: VERA観測所																							
	A: スペースVLBI推進室		B: VSOP-2推進室																					
	(水沢観測所) B: RISE推進室		C: RISE月探査プロジェクト			A: RISE月惑星探査検討室						A: RISE月惑星探査プロジェクト												
C: 野辺山宇宙電波観測所																								
B: ALMA推進室												C: チリ観測所												
(チリ観測所) C: アルマプロジェクト																								
(チリ観測所) A: ASTEプロジェクト																								
光赤外	A: MIRA推進室																							
	C: 岡山天体物理観測所																							
	C: ハワイ観測所																							
	(ハワイ観測所) A: すばる超広視野多天体分光観測プロジェクト																							
	A: すばる広視野補償光学プロジェクト																							
	A: HOP超広視野カメラプロジェクト室																							
(光赤外研究部) A: ELTプロジェクト室		A: TMTプロジェクト室			B: TMT推進室						B: TMTプロジェクト													
A: 太陽系外惑星探査プロジェクト室															(2017年12月まで) (NINS/ABCへ)									
A: JASMINE検討室																								
A: JASMINEプロジェクト																								
B: 重力波プロジェクト推進室																								
B: 重力波プロジェクト																								
太陽	C: 野辺山太陽電波観測所																							
	C: 太陽観測所												C: 太陽観測科学プロジェクト											
	B: Solar-B推進室			C: ひので科学プロジェクト			(ひので科学プロジェクト) A: SOLAR-C準備室						A: SOLAR-Cプロジェクト											
理論	(天文学データ解析計算センター) C: 天文シミュレーションプロジェクト																							
	(理論研究部) A: 4次元デジタル宇宙プロジェクト室																							
センター	天文学データ解析計算センター			天文データセンター																				
	天文機器開発実験センター		先端技術センター																					
天文情報公開センター		天文情報センター																						
研究部	【光赤外研究部】																							
	【電波研究部】																							
	【太陽天体プラズマ研究部】																							
	【理論研究部】																							
【科学研究部】																								
大学間連携	大学VLBI連携観測事業												大学間連携VLBI観測事業						(NICA) 国内VLBIネットワーク事業					
	大学間連携による光・赤外線天文学研究教育拠点のネットワーク (NICA) 光赤外線天文学研究教育ネットワーク																							
研究支援	国際連携室																							
	世界天文年2009推進室																							
	研究力強化戦略室 研究評価支援室																							
	研究力強化戦略室 研究評価支援室 産業連携室																							
	人事企画室																							
	安全衛生推進室																							
技術推進室																								
情報セキュリティ室																								
事務部	総務課																							
	財務課												研究推進課											
	施設課																							
運営会議	運営会議																							
	研究計画委員会												プロジェクト評価委員会											
専門委員会等	研究交流委員会																							
	光赤外専門委員会																							
	電波専門委員会																							
	太陽天体プラズマ専門委員会																							
	理論・計算機専門委員会																							
	広報普及委員会												理論専門委員会											
	天文データ専門委員会												天文情報専門委員会											
	先端技術専門委員会												科学戦略委員会											