

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、万々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)。

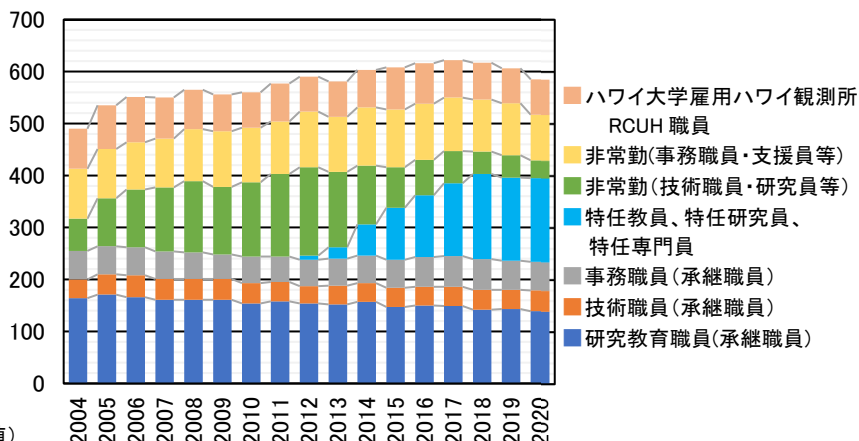


図1. 国立天文台職員・構成員
内訳の年度推移 (毎年4月1日時点の値)

	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)。

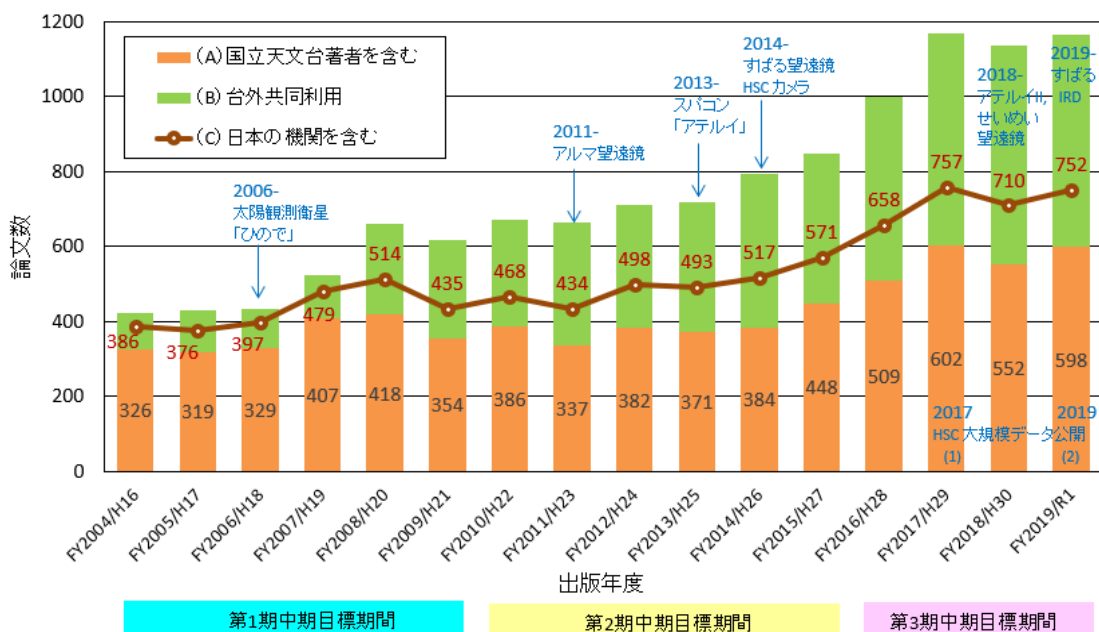


図 2. 国立天文台研究者による論文数、台外研究者による共同利用成果論文数

† 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)。

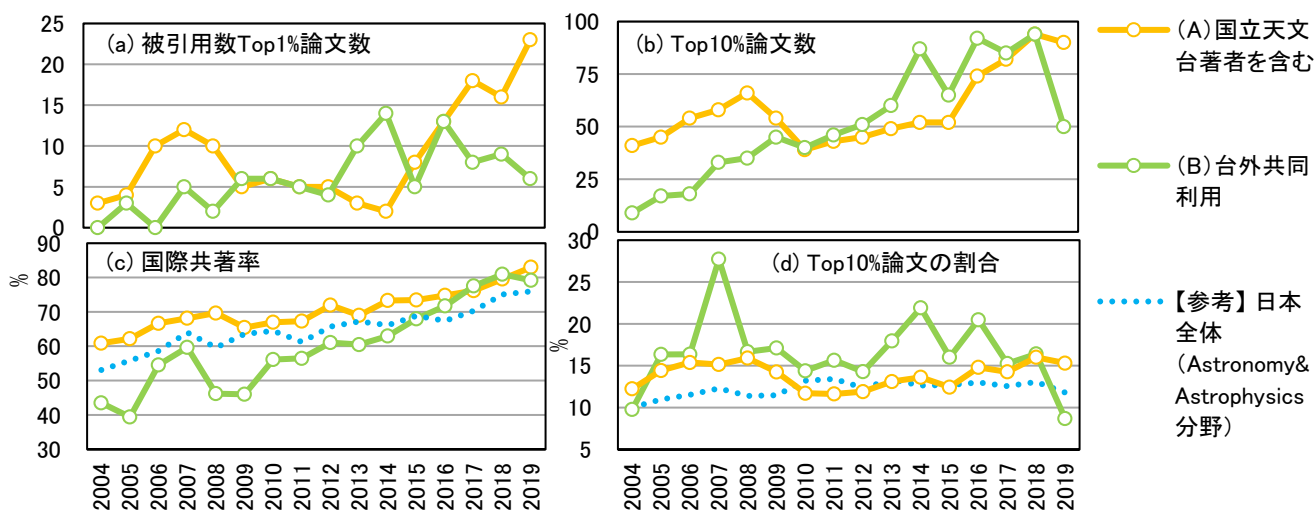


図 3. 国立天文台の高被引用論文 (Top1%, Top10%論文) と国際共著率

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 5,500 km 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)

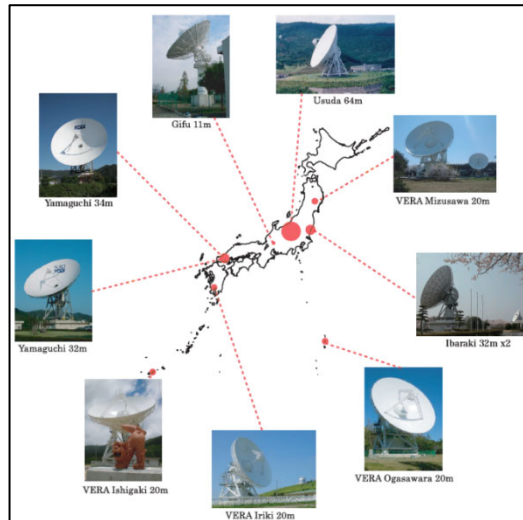


図 5: 大学連携事業 JVN
 国立天文台を含む、茨城大学、筑波大学、岐阜大学、大阪府立大学、山口大学、鹿児島大学の6大学が連携し、宇宙航空研究開発機構(JAXA)、情報通信研究機構(NICT)、国土地理院の協力のもと、計画・運用を行う。(クレジット: JVN)

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的観測プログラム(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

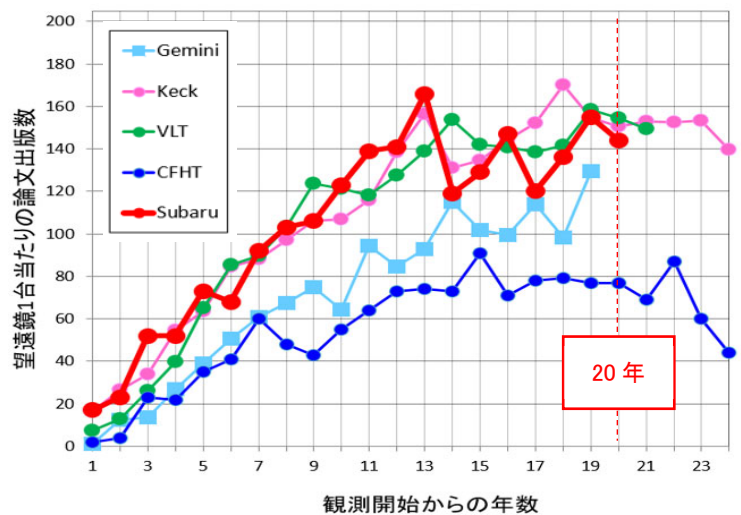


図 6: すばる望遠鏡(赤線)と世界の同クラスの可視光望遠鏡による、欧文査読付き論文数の年推移

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大防止のため、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)

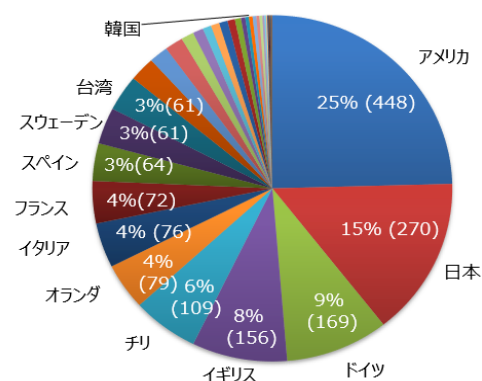
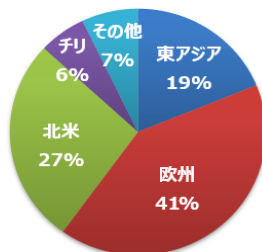


図 7: 筆頭著者所属先による、アルマ望遠鏡の地域別・国別論文数 (2011 年からの累積、2020 年 3 月末時点の調査による)

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)。

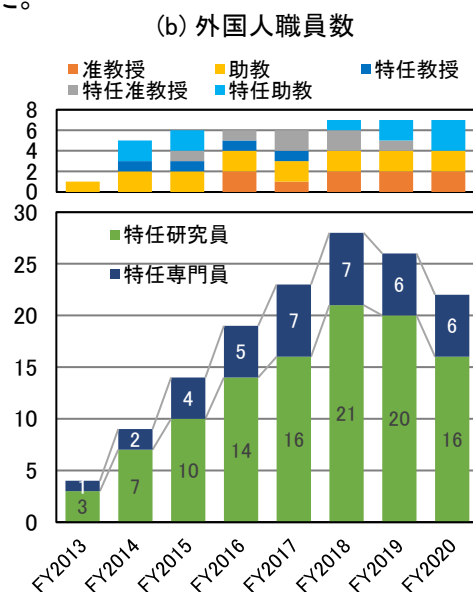
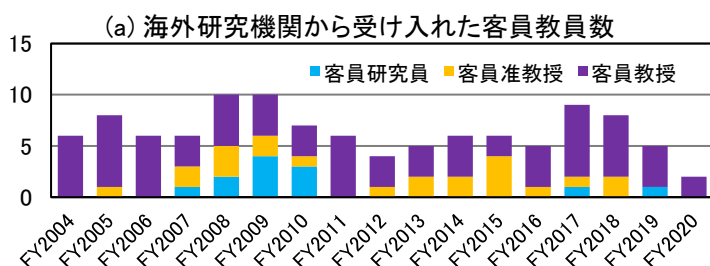
・③④ 国立天文台では、国際化を重視した研究体制の確保に努めている。天文学分野の研究動向を把握するため、週に1回程度、国内外の研究者を講師に談話会を開催している。また、研究交流委員会において、台内職員からの推薦に基づき、海外研究機関から優れた研究業績を持つ研究者を客員教員として毎年5名程度招へいし(図 8(a))、共同研究を行ってきた。外国人客員教員を招へいしやすくするため、雇用せずとも出張ベースで受入可能となるよう、制度を見直した(2018 年度)。一方、職員公募においては、国立天文台公式サイト、天文学関連コミュニティの会員向けメール等の他、米国天文学会(AAS)の求人欄を利用し、海外からの応募・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。

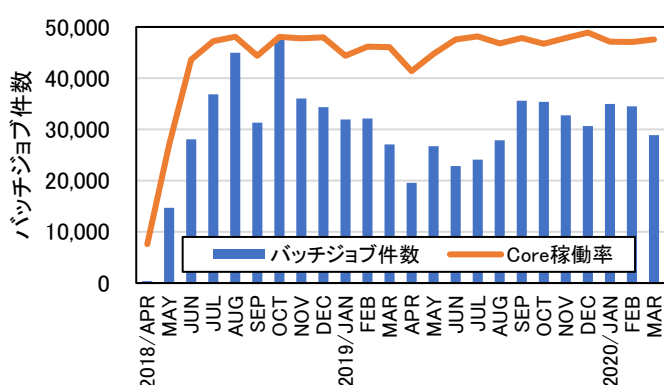


図 9. アテルイ II の稼働状況 (2018/4~2020/3)
* Core 稼働率=キュー別 Core 時間の合計/全 Core 時間

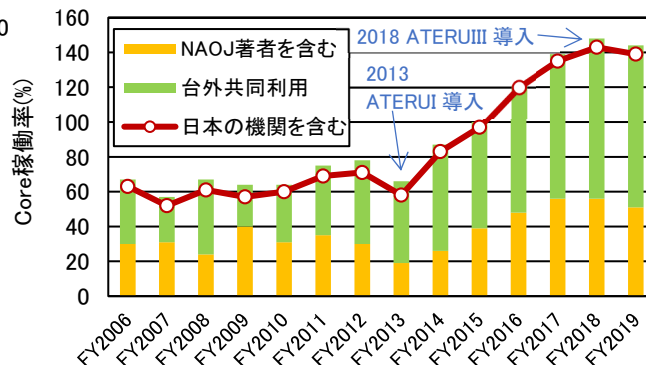


図 10. CfCA の共同利用計算機システムを用いた成果論文数の推移

† 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。

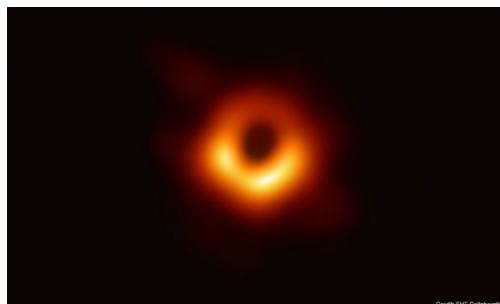


図 11. EHT が撮影した、銀河 M87 中心の巨大ブラックホールシャドウ。(クレジット: EHT Collaboration)

○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。

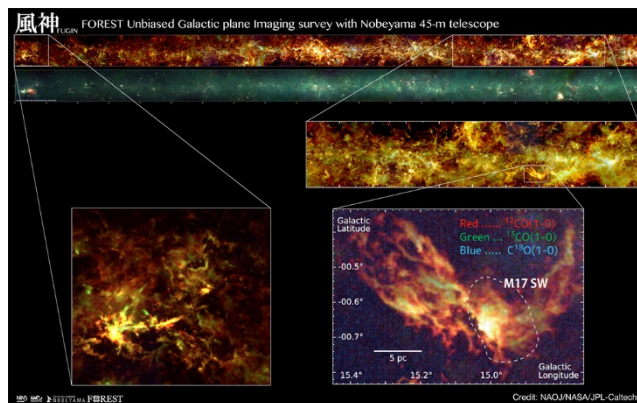


図 12. FUGIN による天の川電波強度マップ(クレジット: NAOJ/NASA/JPL-Caltech)

○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。

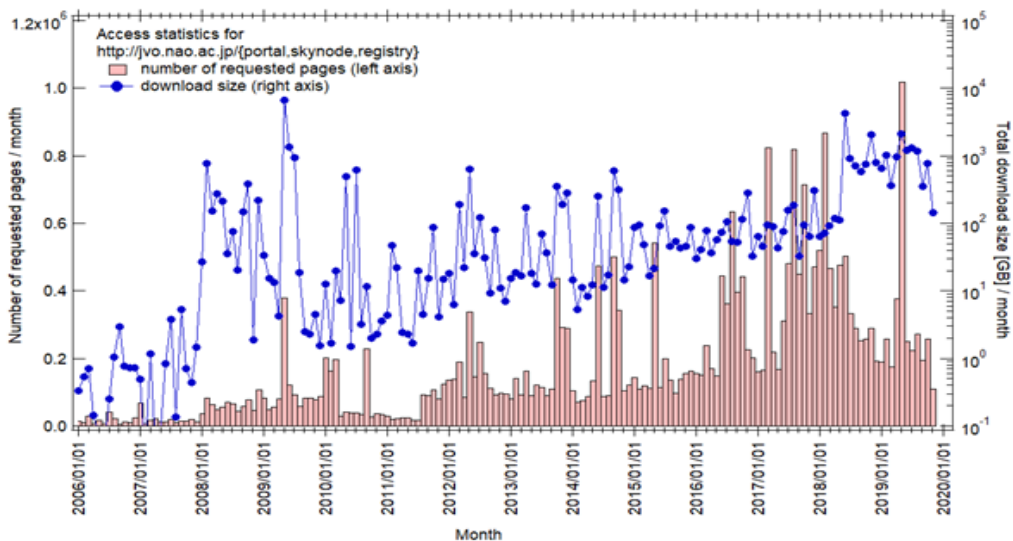


図13. JVOポータル全体の月別アクセス数・ダウンロード量(2006/1/1~2020/3/22)

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 (03) 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03観測が中断され、KAGRAの国際共同観測参加は04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

ッセ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](#))。

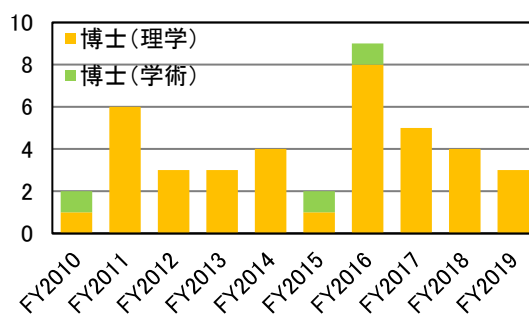


図16.総研大・天文科学専攻の学位取得者数

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。

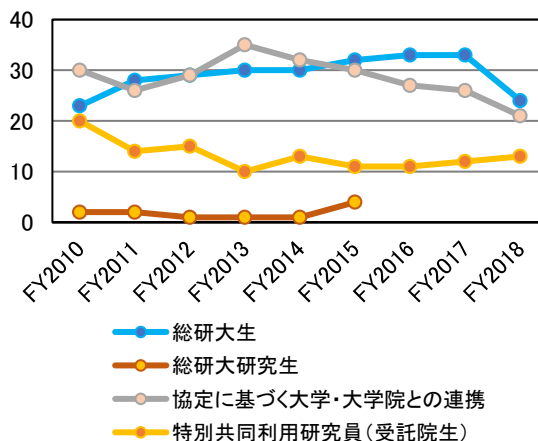


図 17. 国立天文台の大学院教育

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 年度にテニユアトラック助教 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。

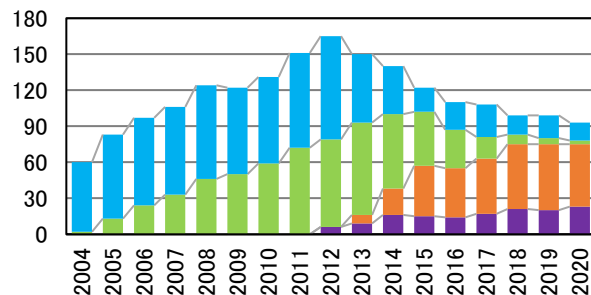


図 18. 有期雇用の若手研究者数の年度別推移（毎年 4 月 1 日時点の集計値）

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)。

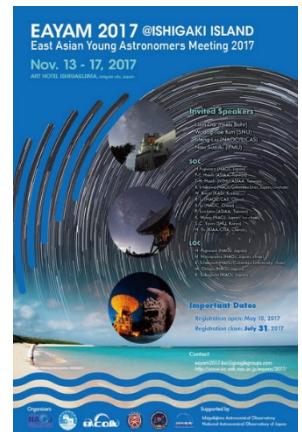


図 19. EAYAM2017 ポスター
国内、アジア、ハワイから 78 名参加

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。

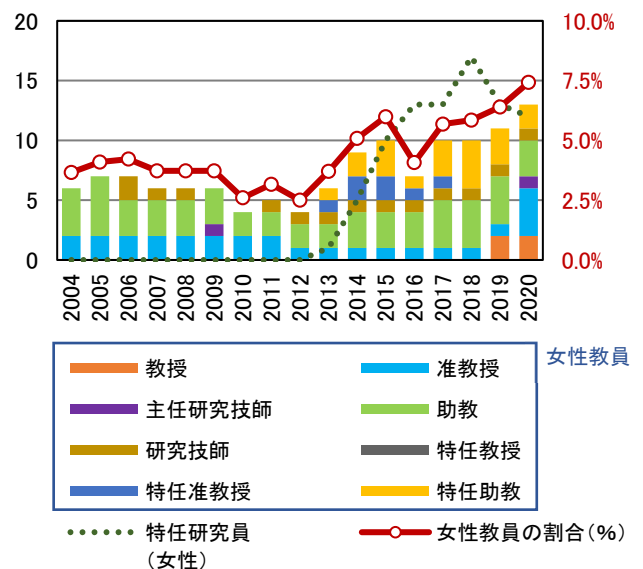


図 20. 女性教員数とその割合の年度別推移
(毎年4月1日時点の集計値)

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。

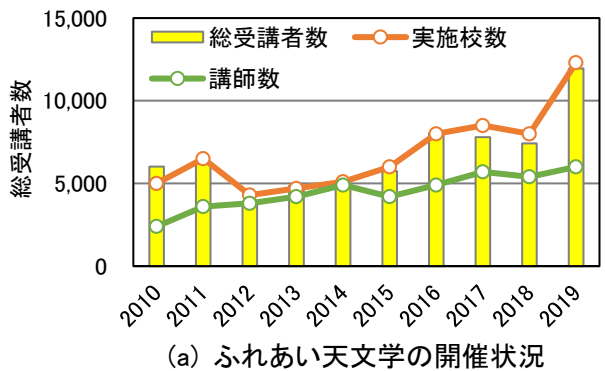
- ・③ 国立天文台では、研究成果を広く社会と共有し、社会との協働・共創を通じて新たな研究の展開に

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

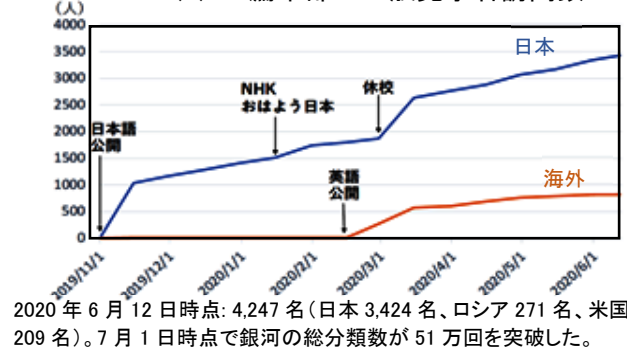
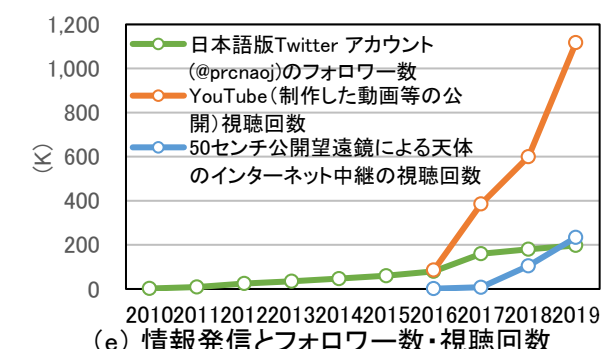
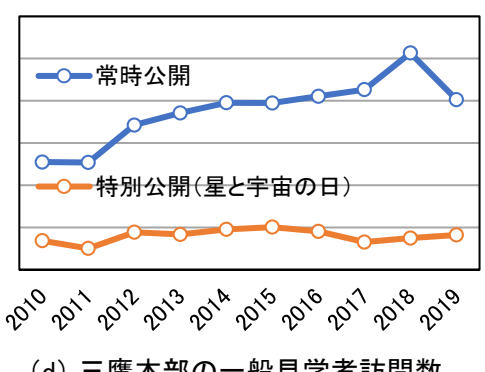
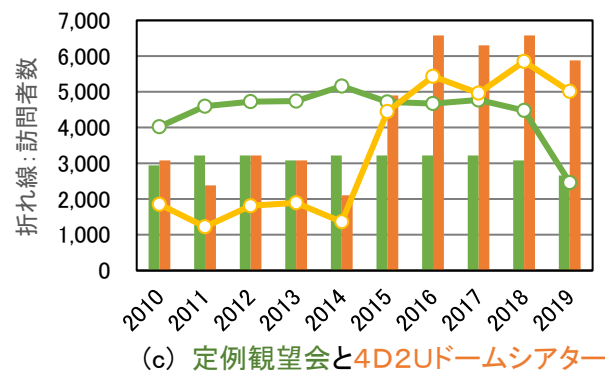


図 21. 国立天文台三鷹本部の広報普及活動

○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 年度頃打上げ予定)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。

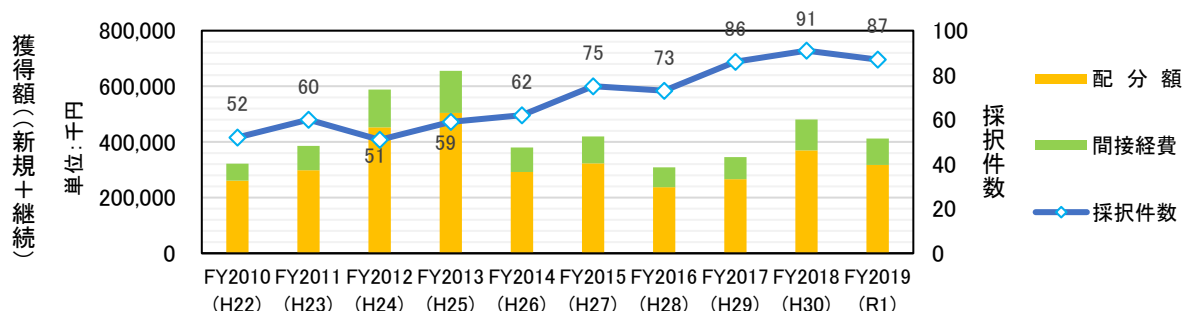


図 23. 国立天文台(研究代表者)が獲得した科研費

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)
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 (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												(チリ観測所)		C: アルマプロジェクト (チリ観測所)		
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																
	(光赤外研究部)		A: HOP超広視野カメラプロジェクト室														
			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		(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: JASMINE検討室												(2017年12月まで)		(NINS/ABCへ)		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		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				C: 太陽観測科学プロジェクト		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】										【科学研究部】						
	【電波研究部】																
	【太陽天体プラズマ研究部】																
	【理論研究部】																
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										研究推進課						
	財務課																
	施設課										経理課						
運営会議	運営会議										プロジェクト評価委員会						
専門委員会等	研究計画委員会																
	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										科学戦略委員会						
	広報普及委員会										理論専門委員会						
										天文情報専門委員会							
										天文データ専門委員会							
										先端技術専門委員会							

令和2年度 大学共同利用機関の検証

自己検証結果報告書 正誤表

大学共同利用機関法人自然科学研究機構

国立天文台

通し 番号	該当の頁・箇所	誤	正
1	1 頁・中段	Ⅱ. 中核拠点性 (略)公募し、研究環境を提供している。	Ⅱ. 中核拠点性 (略)公募し、研究環境を提供している(表 4)。
2	2 頁・下段	自由記述 (略)宇宙航空研究開発機構と協力して(略)	自由記述 (略)宇宙航空研究開発機構(JAXA)/宇宙科学研 究所(ISAS)と連携して(略)
3	4 頁・下段(枠内)	プロジェクト評価委員会: (略)全プロジェクト室等の自己点検評価を(略)	プロジェクト評価委員会: (略)全プロジェクト室等(付録参照)の自己点検評 価を(略)
4	10 頁・中段(枠内)	光赤外線天文学研究教育ネットワーク事業 (OISTER): (略)国内9大学が運用する口径 1m 級の光赤外望 遠鏡と(略)	光赤外線天文学研究教育ネットワーク事業 (OISTER): (略)国内9大学が運用する口径 1m 級の可視光・ 赤外線望遠鏡と(略)
5	18 頁・中段	(略)各種講習会を主催・共済し、(略)	(略)各種講習会を主催・共催し、(略)
6	19 頁・下段	(本文) ・①②③ ブラックホール連星合体からの重力波が	(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 <u>LIGO・Virgo</u> により 2015 年 2 月に直接検出されて以来、(略)見せている。2017 年 8 月には連星中性子星合体からの(略)	米国の重力波望遠鏡 <u>LIGO</u> により 2015 年 2 月に直接検出されて以来、(略)見せている。2017 年 8 月には連星中性子星合体からの(略)
7	19 頁・下段	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。	天文学は電磁波、重力波、 <u>宇宙線</u> 、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。
8	20 頁・上段	○重力波望遠鏡 KAGRA の始動 (略)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(略)	○重力波望遠鏡 KAGRA の始動 (略)2010 年度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(略)
9	20 頁・上段	(略) <u>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、(略)</u>	(略) <u>鏡の防振装置や補助光学システムの設計・製作・組立および主干渉系の設計を主導した。KAGRA は段階を追って建設を進め、(略)</u>
10	20 頁・中段	KAGRA 建設と並行して、 <u>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(周波数依存スキューミング)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。</u>	KAGRA建設と並行して、 <u>2025年頃に予定されている第5期国際共同観測(O5)へ向けたKAGRAのアップグレードのために、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を用いた、検出器の量子雑音を抑える新技術(周波数依存スキューミング)の開発をフランス・中国・台湾等の研究者と共同で推進し、実用周波数帯域(100Hz程度)での実証に世界で初めて成功した。この結果を報告した論文はPhysical Review Letters(2020年4月)に掲載され、同誌のFeatured in PhysicsおよびEditors' Suggestionに選ばれた。</u>

11	20 頁・下段	○日本の重力波追跡観測チーム J-GEM 2017 年 8 月 17 日に、 <u>連星中性子星合体</u> により(略)	○日本の重力波追跡観測チーム J-GEM 2017 年 8 月 17 日に、 <u>連星中性子星合体</u> により(略)
12	20 頁・下段	(略)日本の 16 の <u>光赤外電波望遠鏡</u> を(略)	(略)日本の 16 の <u>光赤外・電波望遠鏡</u> を(略)
13	20 頁・下段	(略)数値シミュレーション結果と比較することで、 <u>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。</u>	(略)数値シミュレーション結果と比較することで、 <u>中性子星連星の合体で放出された超高速物質中で高速の中性子捕獲反応が起こり、金やプラチナといった鉄より重い大量の重元素が合成された(「キロノバ」)証拠が得られた。</u>
14	20 頁・ 図 14 キャプション	2020 年 3 月末時点で、KAGRA の本格運転となる、 <u>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。</u> しかし、 <u>新型コロナウイルスの感染拡大防止のため 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。</u>	2020 年 3 月には LIGO・Virgo による第 3 期国際共同観測(O3)への参加に必要な感度をほぼ達成したが、 <u>新型コロナウイルスの感染拡大のため、O3 観測は中断された。</u> しかし、 <u>運転を継続したドイツの重力波検出装置 GEO600 との国際共同観測(O3GK)を 4 月に実施することができた。</u>
15	21 頁・上段	(略)より精度の高い追跡観測が実現して <u>重力波の謎</u> にさらに迫ることが期待される。	(略)より精度の高い追跡観測が実現して <u>宇宙の謎</u> にさらに迫ることが期待される。
16	21 頁・上段(注釈)	†2 : 世界中の研究機関と足並みを揃えて、 <u>中性子星連星の合体</u> による	†2 : 世界中の研究機関と足並みを揃えて、 <u>連星中性子星合体</u> による
17	23 頁・上段	入学定員は毎年、5 年一貫性博士課程第 1 学年を 2 名、(略)	入学定員は毎年、5 年一貫制博士課程第 1 学年を 2 名、(略)
18	24 頁・中段	また、 <u>太陽研究者コミュニティ</u> と共に、(略)	また、 <u>太陽研究者コミュニティ</u> と共に、(略)
19	29 頁・下段	(略)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。	(略)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)を参照されたい。
20	30 頁・上段	○宇宙からの天文学 国立天文台が <u>宇宙航空研究開発機構(JAXA)/宇</u>	○宇宙からの天文学 国立天文台が JAXA 宇宙科学研究所と <u>連携</u> して進

		宇宙科学研究所(ISAS)と協力して進める(略)	める(略)
21	30 頁・上段	・小型 JASMINE は ISAS がイプシロンロケットで打ち上げる(略)	・小型 JASMINE は宇宙科学研究所がイプシロンロケットで打ち上げる(略)
22	31 頁・中段	○研究の実施体制及び推進体制の見直し、強化(略)研究体制の新陳代謝と強化を図った(付録参照)。	○研究の実施体制及び推進体制の見直し、強化(略)研究体制の新陳代謝と強化を図った(付録参照)。
23	32 頁・表	(なし)	左列に「プロジェクト」を追記

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器プロジェクト		A: すばる広視野補償光学プロジェクト				
	(光赤外研究部) A: HOP超広視野カメラプロジェクト室																			
	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																				
B: 重力波プロジェクト推進室																				
太陽	C: 野辺山太陽電波観測所													C: 太陽観測科学プロジェクト						
	C: 太陽観測所																			
	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																			



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

核融合科学研究所

目 次

全体概要	1
I. 運営面	5
II. 中核拠点性	9
III. 国際性	13
IV. 研究資源	17
V. 新分野の創出	22
VI. 人材育成	25
VII. 社会との関わり	28
自由記述	32

全体概要

I. 運営面

- ・核融合科学研究所(以下、核融合研)の運営会議は、全委員 21 名中、所外委員が 10 名、所内委員が 11 名で組織しているが、現委員の任期が令和3年4月末までであることから、令和3年5月からの新委員の任命において、所内委員の占める割合を2分の1以下にする予定である。運営会議は、毎年度4～5回開催されている。運営会議の所外委員は、核融合科学研究所が理論と実験にまたがる理工学の幅広い分野を包括した学際的な研究であることから、様々な分野のコミュニティを代表するとともに、地域性を考慮し、私立大学や国立研究開発法人の研究者等も含めて任命している。また、毎年度、海外の著名な研究者を含む所外の有識者による外部評価を実施し、国内外の研究者コミュニティの意向を反映させている。
- ・核融合研では、研究活動における不正行為防止と公的研究費の不正使用を防止するため体制を整備しており、「核融合科学研究所研究者行動規範」を制定するとともに、研究倫理教育及びコンプライアンス教育をそれぞれ毎年度実施している。
- ・共同研究においては、国内外の研究者コミュニティへ広く周知することにより、課題等を広く国内外の関連研究者から募集している。共同研究は運営会議の下に設置された共同研究委員会が運営する。同委員会の委員は、全委員の2分の1以上が所外委員であり、研究者コミュニティの中から互選され、研究者コミュニティの意見を強く反映できる体制となっている。
- ・以上により、観点①は条件を今後満たす予定であり、そのほかの観点②③④については条件を満たしている。

II. 中核拠点性

- ・核融合科学に関する中核的研究拠点として、大型ヘリカル装置(以下、LHD)計画・数値実験炉研究・核融合工学研究の三つの研究プロジェクトを大学等との共同研究として核融合研が中心となって推進し、核融合科学及び関連理工学の学術的体系化と発展を図るとともに、大学の機能強化・研究力強化に大きく寄与している。核融合研の保有する卓越した研究設備の整備運用状況、核融合科学の研究を行う研究者数、支援する技術・事務系職員の在籍状況から、中核研究施設の役割を果たしている。学会活動でも当該分野の中核的役割を果たしている。これらの成果として、発表論文数は平成 28 年度から3年間に 301 件、329 件、436 件と着実に増加し、そのうち国際共著論文数は、106 件、125 件、208 件と大きく増加した。
- ・双方向型共同研究、LHD 計画共同研究、一般共同研究、原型炉研究開発共同研究の四つのカテゴリーの下で毎年度 500 件を超える共同研究を実施し、核融合科学に関する基礎から応用に至る広範囲の学術研究を推進することで、大学の研究力強化にとって不可欠な貢献をしている。特に、大学の五つの附置研究所・センター(共同利用・共同研究拠点を含む。以下、センター)と連携して重要課題に取り組む「双方向型共同研究」では、全国 71 機関が参加し、各センターで 10～30 件の共同研究を実施している。共同研究委員会の議論に基づき、中長期的な研究計画を踏まえて共同研究経費を効果的・戦略的に配分するなどにより、各センターの設備拡充等を支援している。
- ・国際熱核融合実験炉(ITER)や日欧共同プロジェクトである JT-60SA 計画への貢献など、研究開発への支援を含む国際協力研究を進めるとともに、政府間協定や海外の研究機関との学術交流協定等に基づいた共同研究の枠組みを利用し、各国・各装置に共通の重要課題に関して、長期的な視点に立った共同研究を大学等とともに推進している。

・第3期中期目標期間を通じた共同利用・共同研究の相手機関数は、平成 27 年度から着実に増加し、令和元年度実績は平成 27 年度比 28 機関増の 243 機関となった。特に外国機関は、平成 30 年度実績が平成 27 年度比約 2 倍・29 機関増の 57 機関と大幅に増加している。共同利用・共同研究者数も平成 27 年度から令和元年度にかけて 1,514 名から 1,592 名に増加し、そのうち海外の研究者数は 110 名から 204 名とほぼ倍増している。

・以上により、観点①②③④に関し、条件を満たしている。

Ⅲ. 国際性

・多岐にわたる国際共同研究が行われ、海外から年平均で延べ 130 名以上の研究者が来訪し、年間延べ 300 名程度の職員を海外へ派遣している。国際共同研究の成果である国際共著論文は、核融合研の職員が著者になっている発表論文の内の3分の1以上である。

・アメリカ、中国、韓国との間の政府間協定、国際エネルギー機関(OECD 傘下の機関。以下、IEA)の多国間協力である三つの実施協定の実施機関として、国内の大学等の活動を取りまとめ、国際的な活動を促進している。また、海外の 31 の研究機関と学術交流協定を締結している。

・核融合研究で最も重要な会議である「国際原子力機関(IAEA)核融合エネルギー会議(以下、IAEA-FEC)」を、平成 28 年に文部科学省と共催した。また、国際土岐コンファレンスを毎年開催している。毎回 200~300 名、海外から 30~50 名の参加があり、国際的に当該分野を主導している。

・毎年行う核融合研の外部評価の委員会委員の約4分の1、LHD 国際プログラム委員会委員の約2分の1を外国人研究者とし、国際的な研究動向に基づく評価・助言を得ている。

・海外の優秀な人材を獲得するため、人事公募を英語でも行い、共同研究の相手機関などを通して周知している。また、将来の人材獲得のため、外国人インターンシップを受け入れている。

・外国人を含む共同研究者のために LHD の実験データを公開するとともに、必要な情報を英語で提供している。また、様々な分析装置の主担当を英語に堪能な研究者が務めることで、外国人研究者が滞りなく分析を行うことができるようにしている。

・以上により、観点①②④⑤に関し、条件を満たしている。

Ⅳ. 研究資源

・世界最大級のヘリカル装置である LHD で生成される核融合炉級の高性能プラズマを、国内外の共同研究に供している。LHD では通常の水素(軽水素)ガスを用いてプラズマを生成してきたが、平成 29 年から2倍の質量を持つ重水素ガスを用いてプラズマを生成し、プラズマの飛躍的な高性能化が可能な「重水素実験」を開始した。これに伴い、特に海外との共同研究が活発化した。国内の大学とは、ネットワーク型の共同研究である「双方向型共同研究」により、LHD と大学の核融合実験施設を相互に活用する仕組みが整っている。さらに、LHD の高温プラズマを利用した原子・分子データベースは核融合以外の分野でも利用されている。

・核融合研のスーパーコンピュータ「プラズマシミュレータ」は、平成 27・28 年度及び令和2年度にプラズマ・核融合分野の専用計算機として世界1位の理論演算性能を達成した。また、プラズマシミュレータの共同利用率を 100%に維持して共同研究を推進しており、令和2年度のプラズマシミュレータの共同研究件数と利用者数は、平成 22 年度から件数が 63%・利用者数が 42%増加し、85 件と 221 名となった。プラズマ・核融合分野の主要学術雑誌に掲載された日本のシミュレーション論文においてプラズマシミュレータを利用した論文が占める割合は、平成 28 年の 34.6%から平成 30 年と

令和元年には 50%以上に上昇した。核融合研は国内外の大学や研究機関等と連携して多数のシミュレーションコード(コンピュータでシミュレーション研究を実行するための計算プログラム)を開発・整備しており、これらのコードを用いた学術雑誌論文は毎年平均 40 編以上出版されている。

・核融合工学研究を推進するため、新たな工学研究機器の整備を進め、平成 27 年度から共同研究・共同利用を開始した。特に、主要8装置に関しては、国際的に他に類のない優れた水準の性能を持っている。これらは、この分野の中核的な研究設備と位置付けられ、稼働率・共同利用件数・共同利用者数が年々増加している。国内の大学において特徴ある設備が整備され、国外の関連施設も含めたネットワークを構築することにより、核融合研の中核設備と相補的に運用されている。

・以上により、観点①②③に関し、条件を満たしている。

V. 新分野の創出

・核融合科学は広い関連分野の融合によって成り立っている研究分野であり、ほとんどの研究成果が学際的意義を持っている。理学・工学の多彩な分野で基礎から応用まで幅広い研究課題を扱う「一般共同研究」において、プラズマプロセス・プラズマバイオ・プラズマ推進・マイクロ波化学・マイクロ波 CT マンモグラフィ・マイクロ波加工・レーザーガラス加工・レーザー表面処理・イオン源開発・医療データ解析等の分野連携研究を進めている。

・平成 26 年度に開始した自然科学研究機構の「若手研究者による分野間連携研究プロジェクト」で核融合研の研究者が代表を務める課題は、核融合研が中心となり進めている研究であり、過去7年間で延べ 15 件が採択された。所外の研究者との協力の下、学際的・融合的研究が進められ、主著論文8編・共著論文 14 編が発表されている。同機構の「若手研究者による分野間連携研究プロジェクト」、平成 29 年度に開始した「分野融合型共同研究事業」で所外の研究者が代表となり核融合研が連携機関として協力する課題は、所外の関連研究者が主体となって行う研究であり、過去7年間でそれぞれ 12 件ずつ採択された。同事業の下で学際的・融合的研究が進められ、核融合研に属さない研究者の主導による実績として、彼らによる主著論文が合せて 19 編、核融合研の研究者による主著論文が合せて5編発表されている。

・研究力強化戦略室等において、新しい国内及び国際的な異分野融合の共同研究推進を支援するほか、自然科学研究機構が同機構内の研究者の出会い・交流の場として実施する「サイトビジット」の支援などを行っている。

・以上により、観点①②③に関し、条件を満たしている。

VI. 人材育成

・総合研究大学院大学(以下、総研大)核融合科学専攻、連携大学院、特別共同利用研究員に対する大学院教育を行っており、令和2年6月現在 54 名の大学院生の研究指導を行っている。総研大については、平成 27 年に専攻広報委員会を設置し、年に4~5回の大学院説明会の開催、高等専門学校への出張講義の強化、年2回の入学試験の実施など、優秀な人材確保に努めている。また、優秀な留学生の確保を目的として、タイで「アジア冬の学校」を開催するとともに、令和元年からはサンクトペテルブルグ工科大学と「ロシア夏の学校」を合同開催し、それぞれ 20~30 名の外国人学生に対して講義を行っている。

・連携大学院制度を強化するため、平成 29 年に名古屋大学大学院理学研究科及び東京大学大学院新領域創成科学研究科と協定を締結した。また、国内外から毎年 400 名以上の大学院生が共同

研究に参加しており、共同研究の枠組みを通じた大学院教育にも尽力している。

・博士研究員(COE 研究員)については、外国人を積極的に採用しており、直近5年間では中国・アメリカ・ドイツ・フランスなどから毎年6～10名のポスドクを採用し、研究指導を行っている。

・人材の多様化について、現在8名の女性研究者が在籍しており、特に女性研究者については能力が同じ場合には優先的に採用する旨公募文に明記するなど、女性研究者の増員に向けて尽力している。また、平成30年と令和2年に、基礎生物学・天文学分野の女性研究者を雇用し、新分野創成を視野に入れた取組を進めている。

・以上により、観点①②④⑤⑥に関し、条件を満たしている。

VII. 社会との関わり

・国内最大規模の産学マッチングイベント「イノベーション・ジャパン～大学見本市&ビジネスマッチング～」への出展、核融合研のホームページや自然科学研究機構の研究シーズ・特許パンフレット等を通じて、産業界等へ利用可能な研究設備や研究成果を紹介している。また、データベースの作成・公開を広く進め、特に原子・分子データベースは、約82万個のデータを有し、最近10年間で40,000回以上のアクセス数がある。最新の研究成果を国内プレスリリースで公開するとともに、平成26年度からアメリカ科学振興協会が運営するプレスリリース配信サービス「EurekAlert!」を活用し、英語で海外へのプレスリリースを積極的に行っている。

・核融合研究の必要性や核融合研の研究活動や成果に関する広報のため、オープンキャンパス、科学イベント「Fusion フェスタ in Tokyo」、シンポジウム・市民学術講演会の開催、SNS配信、地域向け刊行物の配布等を実施している。特に、「Fusion フェスタ in Tokyo」は毎年ゴールデンウィーク期間に日本科学未来館において開催し、1,800～2,650名の参加を得ている。

・地域社会に対しては、核融合研の実施する実験内容や安全管理状況等について説明するため、平成18年度から毎年度6～8月頃に地元の公民館等で市民説明会を実施しており、毎年200～300名が参加している。地域の小学校等で理科工作教室や科学実験教室を実施するとともに、高等学校等の校外学習を受け入れるなど、広報・アウトリーチ活動を実施している。

・以上により、観点①②③④に関し、条件を満たしている。

自由記述

・自己検証にあたって、主な観点に基づく検証に加えて、課題も含めて今後の目指すべき方向性について分析し、まとめた。要約は次のとおりである。核融合研の運営に国内外の研究者コミュニティの意向を更に反映させるため、運営会議委員の構成の変更を行う。また、コンプライアンス確保の施策を引き続き進める。さらに、中核拠点としての機能を更に強化するため、核融合研が保有する卓越した研究施設の更なる高度化、国内・国際共同研究の強化、新分野創出への積極的な展開、核融合分野で必要な人材育成、全国的なアウトリーチ活動の一層の推進などに重点的に取り組む。

・今後の体制強化の進め方としては、共同利用・共同研究拠点を含む大学等とのネットワークを更に強化することにより、大学の機能強化・研究力強化に一層貢献し、学術コミュニティの組織強化と更なる発展に資する。また、ITER計画や核融合原型炉開発プログラムへ学術コミュニティから組織的に貢献するとともに、必要な人材育成を進めることにより、全日本的な核融合科学研究体制の強化に努める。

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(結果)運営会議を設置し、条件を満たす。構成も条件を満たす予定である。

【設定した指標】

・運営会議委員の所内構成員の数・全委員に占める割合、開催実績、今後の改善計画

・核融合研の運営会議委員は、大学共同利用機関法人の設立以降も、全委員21名中、所外委員が10名、所内委員が11名で組織しており、概ね半数を所外委員とすることで、研究者コミュニティの意見を取り入れた運営体制となっている。現在、所内委員が全委員の2分の1を超えているが、令和2年6月に所外委員・所内委員の人数等に係る申合せを新たに定めた。現委員の任期が令和3年4月末までであることから、令和3年5月からの新委員の任命において、同申合せに基づき、所内委員の占める割合を2分の1以下にする予定である。運営会議は、毎年度4～5回開催されている。

運営会議委員の構成(令和2年度)

所外委員(10名) 及び専門分野と代表するコミュニティ

氏名	所属・職	専門分野	代表コミュニティ
安藤 晃	東北大学大学院工学研究科教授	核融合科学	東北地区
大野 哲靖	名古屋大学大学院工学研究科教授	核融合工学	中部地区
栗原 研一	量子科学技術研究開発機構核融合エネルギー部門長	核融合科学	国立研究開発法人
兒玉 了祐	大阪大学レーザー科学研究所長	レーザー核融合	近畿地区
坂本 瑞樹	筑波大学プラズマ研究センター長	核融合科学	関東地区
長崎 百伸	京都大学エネルギー理工学研究所教授	核融合科学	近畿地区
花田 和明	九州大学応用力学研究所教授	核融合科学	九州地区
吉田 善章	東京大学大学院新領域創成科学研究科教授	プラズマ物理	関東地区
渡邊 智彦	名古屋大学大学院理学研究科教授	プラズマ理論	中部地区
和田 元	同志社大学理工学部教授	核融合科学	私立大学

所内委員(11名)

氏名	所属・職名
室賀 健夫	副所長、ヘリカル研究部長、核融合工学研究研究総主幹
森崎 友宏	大型ヘリカル装置計画研究総主幹、高密度プラズマ物理研究系研究主幹
長壁 正樹	大型ヘリカル装置計画実験統括主幹
洲鎌 英雄	数値実験炉研究研究総主幹
柳 長門	核融合工学研究研究統括主幹
久保 伸	プラズマ加熱物理研究系研究主幹
三戸 利行	装置工学・応用物理研究系研究主幹
村上 泉	核融合システム研究系研究主幹
藤堂 泰	核融合理論シミュレーション研究系研究主幹
石黒 静児	基礎物理シミュレーション研究系研究主幹
西村 清彦	安全衛生推進部長

運営会議の開催頻度(過去5年間)

年度	開催回	開催日	年度	開催回	開催日	年度	開催回	開催日
平成27年度	第50回	2015.05.20	平成29年度	第58回	2017.05.23	令和元年度	第67回	2019.06.14
	第51回	2015.09.14		第59回	2017.08.31		第68回	2019.09.12
	第52回	2015.12.25		第60回	2017.12.25		第69回	2019.12.17
	第53回	2016.03.11		第61回	2018.03.12		第70回	2020.03.13
第54回	2016.05.20	第62回		2018.06.15	第71回		2020.06.23	
平成28年度	第55回	2016.09.09	平成30年度	第63回	2018.08.07	令和2年度	第72回	2020.08.04
	第56回	2016.12.09		第64回	2018.09.12		第73回	2020.09.04
	第57回	2017.03.15		第65回	2018.12.25		第74回(予定)	2020.12.15
				第66回	2019.03.14		第75回(予定)	2021.03.16

【検証する観点】 ②(結果)コミュニティの意向を反映する体制となっており、条件を満たす。

【設定した指標】

- ・運営会議所外委員の専門性、代表するコミュニティ
- ・運営への国内、国外研究者コミュニティの意見の反映状況

・核融合科学研究は、物理学・電気工学・超伝導工学・材料工学・シミュレーション科学など、理論と実験にまたがる理工学の幅広い分野を包括した学際的な研究であることから、研究者コミュニティも幅広い専門分野を包括している。このような研究者コミュニティの意見を踏まえて、共同研究の運営等を適切に行うため、核融合研の運営会議の所外委員は、核融合科学・核融合工学・レーザー核融合・プラズマ物理・プラズマ理論など様々な分野から研究者コミュニティを代表する有識者を任命している。また、核融合研の推進する四つのカテゴリーから成る共同研究により、国内では毎年度約 150 の大学・研究機関において核融合研との多岐にわたる共同研究が進められている。核融合研が保有する最先端の大型装置や貴重な学術データ等の研究資源を全国的な視野に立って共同利用・共同研究に供するため、運営会議の所外委員は、東北(東北大学等)・関東(東京大学、筑波大学等)・東海(名古屋大学等)・近畿(京都大学、大阪大学等)・九州(九州大学等)などの地域も勘案するとともに、私立大学の教員や国立研究開発法人の研究者等を含めて、研究者コミュニティを代表する有識者を任命している。これらにより、研究者コミュニティの意見を把握し、共同研究の運営等に適切に反映できる体制となっている。

・核融合研では、法人化以降、毎年度、海外の著名な研究者を含む所外の有識者による外部評価を実施している。外部評価は、核融合研の運営会議の下に外部評価委員会及び専門部会を設置して行っており、同委員会の委員は、運営会議所外委員及び欧州、アメリカ、アジアを代表する著名な研究者など評価項目に対応した専門家に委嘱し、国内外の研究者コミュニティの意向を反映させている。評価項目は、核融合研が推進する三つの研究プロジェクトを中心に毎年度異なり、運営会議で審議・決定している。外部評価委員会の評価結果は、核融合研のホームページ等で公開され、次年度以降の研究活動の改善等に活用している。

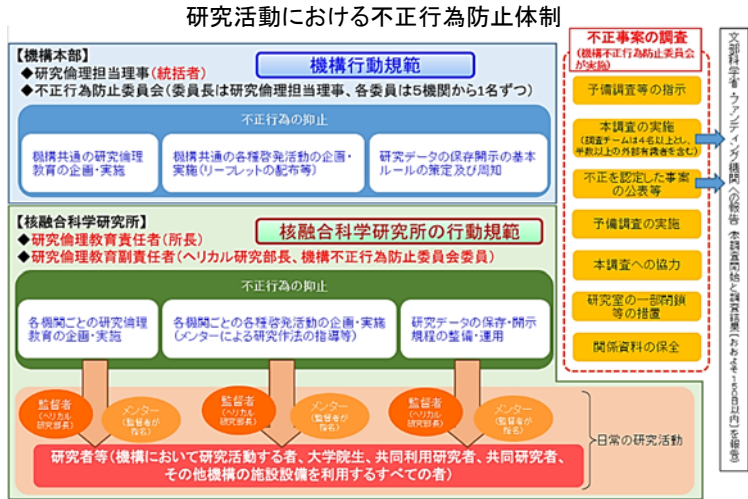
外部評価委員会の外国人委員、外国人専門部会委員(過去5年間)

氏名	所属・職名	委員/専門部会委員	年度
François Waelbroeck	Director, The Institute for Fusion Studies, The University of Texas at Austin, USA	委員	2015~2018
Jiangang Li	Professor, Institute of Plasma Physics Chinese Academy of Sciences, Republic of China	委員	2015~2018
Thomas Klinger	Directorate, Max-Planck-Institute for Plasma Physics, Germany	委員	2015~2018
Amitava Bhattacharjee	Professor of Astrophysical Sciences Head, Theory Department Princeton Plasma Physics Laboratory, Princeton University, USA	専門部会委員	2015, 2019
Piero Martin	Professor, Physics and Astronomy Department, University of Padova, Italian Republic	専門部会委員	2015
Hutch Neilson	Head, Advanced Projects Department / Head, ITER Fabrication Department, Princeton Plasma Physics Laboratory, USA	専門部会委員	2017
Hyeon Park	Professor, Physics Department, School of Natural Science, Ulsan National Institute of Science and Technology, Korea	専門部会委員	2018
A.J.H. (Tony) Donné	Programme Manager (CEO), Programme Management Unit, EUROfusion	委員	2019
Wan Baonian	Director-General, Institute of Plasma Physics, Chinese Academy of Sciences, China	委員	2019
Richard J Hawryluk	Associate Director for Fusion, Princeton Plasma Physics Laboratory, USA	委員	2019

【検証する観点】 ③(結果)コンプライアンス確保の体制が整備・実施され、条件を満たす。
 【設定した指標】

- ・研究者への倫理教育の実施状況、研究データの保存状況
- ・研究費不正防止の責任体制の構築状況、教育の実施状況、防止計画の策定・実施状況

・核融合研では、「研究活動における不正行為への対応等に関するガイドライン」(平成26年8月26日付け文部科学大臣決定)を踏まえ、研究活動における不正行為防止体制を整備しており、研究倫理教育や啓発活動の企画・実施など、不正行為を抑止する取組を継続的に実施している。また、「核融合科学研究所研究者行動規範」を制定するとともに、「核融合科学研究所研究倫理教育実施要領」を定め、研究倫理教育を毎年度1回実施している。



研究倫理教育は、自然科学研究機構不正防止委員会の決定に基づき、一般社団法人公正研究推進協会(APRIN)が提供するeラーニングプログラム(eAPRIN)を利用しており、eAPRINを受講しない場合は競争的資金への応募や共同研究への参加ができないなど、適切なコンプライアンスが確保されるための措置を講じている。さらに、平成27年に「核融合科学研究所データ保存・開示規則」を定め、核融合研における研究活動の成果として発表された論文等の投稿責任者が、論文等の作成に使用した資料を核融合研に提出することとし、令和2年7月現在435件の論文等のデータが提出・保存されている。

・競争的資金等の不正使用を防止するため、「核融合科学研究所における競争的資金等の不正防止計画」を定め、責任体制を明確化している。また、同計画に基づき、核融合科学研究所不正防止委員会の設置や、不正使用が発生するリスクに対して重点的にサンプルを抽出し、抜き打ちなどを含めたリスクアプローチ監査の実施等を行っている。さらに、職員等の意識向上のため、「核融合科学研究所における公的研究費の使用に関する行動規範」を定めるとともに、「核融合科学研究所コンプライアンス教育実施要領」に基づき、全ての構成員を対象としたコンプライアンス教育を毎年度実施しており、適切なコンプライアンスが確保されるための体制が整備されている。

研究倫理教育の実施状況、受講状況

年度	開催日	講習会名	対象者	受講者数	備考
平成28年度	2016.12.19	平成28年度研究倫理に関する講演会	a. 機関の長(研究倫理教育責任者) b. 不正行為防止委員会の委員 c. 研究倫理教育副責任者 d. 研究教育職員、特任教員 e. 事務部門の責任者及び担当者 f. その他(研究倫理教育責任者から推薦のあった者) (上記の中から10名程度)	10名	自然科学研究機構事務局主催(東京開催) 講師: 日本学術振興会から1名
平成29年度	2017.10.13	平成29年度研究倫理講習会	(1) 研究者(研究教育職員、その他研究所に所属して研究活動を行う者) (2) 学生(総合研究大学院大学生、連携大学院学生、特別共同利用研究員) (3) 共同研究者(所属機関において研究倫理教育を受けた者は除く) (4) 研究支援人材(高度な研究設備・施設の操作、競争的資金の獲得、知的財産の管理等を行う者) (5) 研究倫理教育責任者が指名する者	142名	核融合研主催(所内開催) 講師: 科学技術振興機構から2名
平成30年度	2018.6.26	平成30年度研究倫理講習会	(1) 研究者(研究教育職員、その他研究所に所属して研究活動を行う者) (2) 学生(総合研究大学院大学生、連携大学院学生、特別共同利用研究員) (3) 共同研究者(所属機関において研究倫理教育を受けた者は除く) (4) 研究支援人材(高度な研究設備・施設の操作、競争的資金の獲得、知的財産の管理等を行う者) (5) 研究倫理教育責任者が指名する者	142名	核融合研主催(所内開催) 講師: 浜松医科大学・教授1名
令和元年度	2019.6.11 ~ 2019.11.29	令和元年度研究倫理講習会	研究教育職員、総合研究大学院大学生	143名	・研究不正とiThenticateの利用について ・ビデオ受講のみ。
	随時 Web受講	APRIN eラーニングプログラム(eAPRIN)による研究倫理教育	新規採用者は採用後3ヶ月以内に受講する。 以後、受講の有効期間(5年)内にWeb受講する。	314名	・核融合科学研究所の「研究倫理教育としてのAPRIN受講要領」に基づき、APRIN(IGITI Japan)を利用した研究倫理教育を実施。 ・web受講のみ。

コンプライアンス教育の実施状況、受講状況

年度	開催日	講習会名	対象者	受講者数	備考
平成28年度	2017.1.11	平成28年度公的研究費の不正使用防止に関する講習会(第1回)	ヘリカル研究部職員、大学院生、その他関連する者	124名	平成28年度 合計276名
	2017.2.2	平成28年度公的研究費の不正使用防止に関する講習会(第2回)	管理部職員、技術部職員、研究系事務、秘書	111名	
	2017.3.9	平成28年度公的研究費の不正使用防止に関する講習会(第3回・英語版)	外国人職員・研究者、外国人大学院生等	41名	
平成29年度	2017.11.10	平成29年度公的研究費の不正使用防止に関する講習会	全ての構成員(研究部職員、管理部職員、技術部職員、総研大学院生、その他予算の配分を受けている者)	208名	
平成30年度	2019.2.26	平成30年度公的研究費の不正使用防止に関する講習会	全ての構成員(研究部職員、管理部職員、技術部職員、総研大学院生、その他予算の配分を受けている者)	222名	
令和元年度	2020.2.19	令和元年度公的研究費の不正使用防止に関する講習会	全ての構成員(研究部職員、管理部職員、技術部職員、総研大学院生、その他予算の配分を受けている者)	211名	

【検証する観点】 ④(結果)共同利用・共同研究を広く国内外から募集しており、共同研究委員会の委員の構成は、条件を満たす。

【設定した指標】

- ・共同研究の募集方法
- ・共同研究委員会の構成、外部構成員の数・全委員に占める割合

・核融合研の共同研究に関しては、メールや核融合研のホームページ等により国内外の研究者コミュニティへ広く周知することにより、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ている。平成29年度から、共同研究データベースシステム「自然科学共同利用・共同研究統括システム(NINS Open Use System:NOUS)」を利用し、海外からの応募を可能とするとともに、共同研究の申請や審査プロセスを改善するなど、更なる利便性の向上に取り組んでいる。また、LHD計画プロジェクトにおいて、実験に関する英語版ホームページを新設し、実験予定表や実験週間レポートの英文化や、実験の進展や予定等を確認・検討するLHD全体会議の使用言語の英語化などにより、外国人共同研究者の利便性を向上させた。さらに、平成28年度に7か国11名の海外委員と12名の国内委員で構成されるLHD国際プログラム委員会を新設し、海外の研究者の共同研究参加を推進した結果、平成29年度には、LHDの実験提案に占める国際共同研究の割合が、前年度の8%から14%に増加した。

・核融合研の共同研究は、運営会議の下に設置された共同研究委員会が、課題の審査・採択を含めて運営している。同委員会の委員は、全委員の数の2分の1以上が所外委員で、研究者コミュニティの中から互選で選ばれるため、観点④の条件を満たす構成であり、研究者コミュニティの意見が強く反映できる体制となっている。また、共同研究に申請する際は、核融合研の研究者から「所内世話人」を定め、予め実験の準備やスケジュール等について十分に相談を行うこととしており、共同研究者からの個々の要望等は、所内世話人を通じて核融合研に集約し、共同研究委員会等で対応を検討できる体制を整備している。

共同研究委員会外部構成員の数・全委員に占める割合

平成29～30年度

令和元～2年度

	全委員(名)	所外委員(名)	所外委員の割合		全委員(名)	所外委員(名)	所外委員の割合
共同研究委員会	50	30	60%	共同研究委員会	58	35	60%
双方向	16	10	63%	双方向	16	10	63%
LHD計画	16	10	63%	LHD計画	16	10	63%
一般	27	15	56%	一般	29	16	55%
				原型炉	14	7	50%

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(結果)核融合科学分野で中核的な研究施設であり、条件を満たす。

【設定した指標】

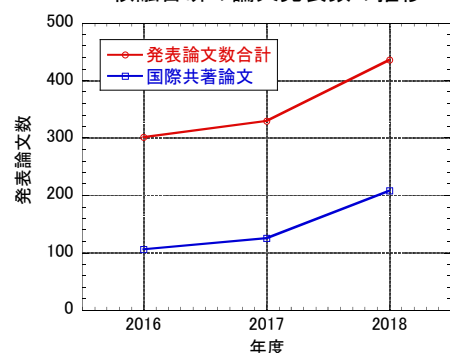
- ・当該機関の研究活動、施設整備状況、研究者・技術系・事務系職員の在籍状況、学会活動状況
- ・当該機関の研究成果の状況(論文数、国際共著論文の数、主要な学術誌、国際会議の論文発表割合)

・核融合研の目的は、核融合科学に関する総合研究であり、当該分野における中核的研究拠点として、LHD 計画・数値実験炉研究・核融合工学研究の三つの研究プロジェクトを大学等との共同研究として推進し、核融合科学及び関連理工学の学術的体系化と発展を図るとともに、大学の機能強化、研究力強化に大きく寄与している。さらに、中核施設として、LHD、プラズマシミュレータ、工学研究設備群を有し、共同利用に供している。これらの施設の仕様と中核装置としての卓越性はIV章に示す。核融合科学の研究を進める研究教育職員は常勤 125 名、非常勤 14 名である。また、技術系職員は常勤 48 名、非常勤 16 名、事務系職員は常勤 45 名、非常勤 54 名、さらに URA3名が、核融合研の研究・教育・共同研究等を支援している(人数は令和元年5月1日現在)。研究水準・研究施設・研究者及び支援職員の在籍状況の点から、核融合研は当該分野の中核的研究施設の役割を果たしている。

・当該分野の中心となる学会である一般社団法人プラズマ・核融合学会において、正会員数 1,201 名のうち、核融合研の職員の会員数は 137 名である。大学で最も会員数が多いのは、九州大学の 42 名、続いて大阪大学の 38 名である(令和2年7月現在)。さらに、現在、核融合研の職員が同学会の副会長と常務理事を務めている。以上より、核融合研は学会活動においても中核的な役割を果たしている。

・研究の活動の成果として、発表論文数は平成 28 年度から 3年間で 301 件・329 件・436 件と着実に増加し、そのうちの

核融合研の論文発表数の推移



国際共著論文数は、106 件・125 件・208 件と大きく増加した。また、核融合分野において最も権威のある学術誌 Nuclear Fusion における、平成 27 年から5年間の核融合研からの論文掲載数は 304 件であり、全体の 15%に該当し、1機関からの発表としては世界有数である。さらに、核融合分野において最も権威のある国際会議 IAEA-FEC において、国内選考と国際選考を経て採択された、日本からの研究発表数とその中で核融合研からの発表数は、核融合研が国内で開催した平成 28 年は 208 件中 130 件(全体で 810 件)、インドで開催された平成 30 年は 160 件中 115 件(全体で 758 件)であり、60~70%を占めている。このように成果の創出においても核融合研は中核的な役割を果たしている。

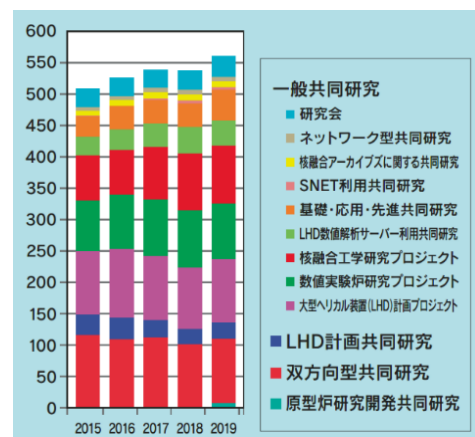
【検証する観点】 ②(結果)研究者コミュニティに必要不可欠で、学術コミュニティの総合的な発展に寄与し、条件を満たす。

【設定した指標】

・当該機関の国内及び国際的な研究活動の状況(共同利用・共同研究の種類、実施件数・機関数、会議の主催)

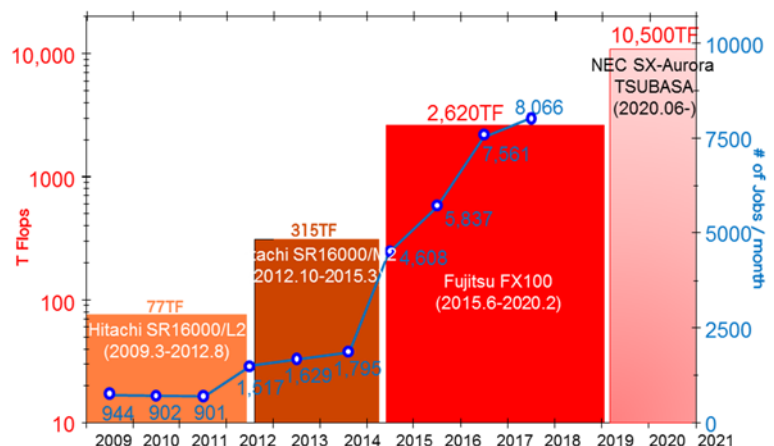
・核融合研では、双方向型共同研究、LHD 計画共同研究、一般共同研究の三つの共同研究を実施してきた。毎年度 200 を超える研究機関による 500 件を超える共同研究課題を採択し、その数は増加傾向にある。また、令和元年度から新たに原型炉研究開発共同研究を開始し、6 件の共同研究課題を実施している。これらにより、核融合科学に関する基礎から応用に至る広範囲の学術研究を大学と協力して推進することで、大学の研究力強化にとって不可欠な貢献をしている。

共同研究の採択課題数



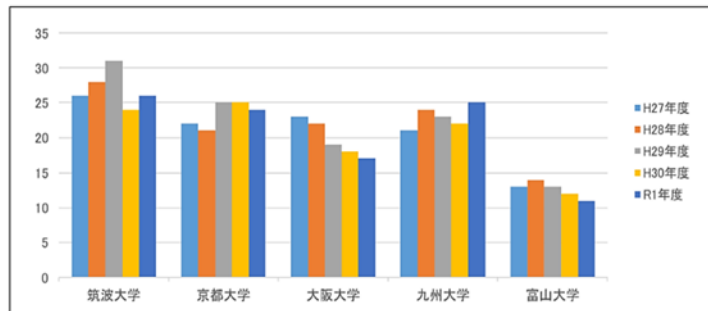
・核融合研が推進する三つの研究プロジェクトについて、LHD 計画では、平成 29 年に開始した重水素実験により、実験参加者数が大幅に増加した。数値実験炉研究では、プラズマシミュレータの能力を定期的に向上させ、年間総処理ジョブ数が、46,078 件(平成 27 年度)から 96,797 件(平成 30 年度)へと大幅に増加し、併せて、共同研究件数・利用者数も大幅に増加した。核融合工学研究では、主要8装置が平成 27 年度から共同利用を開始し、稼働率・共同利用件数・共同利用者数が年々増加している。これらのプロジェクト毎の共同利用件数、共同利用者数等はIV章において具体的に示す。

プラズマシミュレータの更新による性能向上(左軸:赤)と月平均処理ジョブ数(右軸:青)



・国内の主要な核融合研究拠点である5大学(筑波大学、京都大学、大阪大学、九州大学、富山大学)のセンターと「双方向型共同研究」を展開している。本共同研究は各センターが所有する実験装置・設備を、核融合研の共同利用設備と同等にみなし、全国の大学の共同研究者を核融合研の共同研究として

双方向型共同研究のセンター別採択課題数の推移

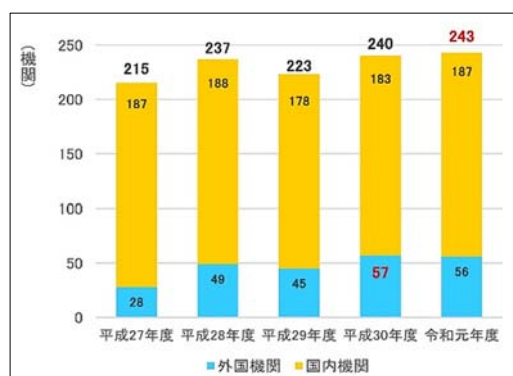


受け入れる制度で、各センターで10~30件の共同研究を受け入れ、5センターを通じて全国71機関(平成30年度)と共同研究を進めている。核融合研の共同研究委員会において、各センターの中長期的な研究計画を踏まえた共同研究経費の効果的・戦略的な配分の議論を進め、センターの施設拡充等を支援し、大学等の研究力強化に貢献している。令和元年度には筑波大学に重点配分することで、新装置 pilot GAMMA PDX-SC の本格的な建設開始を可能とした。このように、核融合研は、国内における大学との共同研究において中核的な役割を果たしている。

・政府間協定に基づく国際共同研究をはじめ、核融合科学に関する多岐にわたる国際協力研究を進め、多数の派遣・受入れを行っている。海外の研究機関との学術交流協定数も大幅に増加している。これらについてはⅢ章において具体的に示す。また、国際熱核融合実験炉(ITER)や日欧共同プロジェクトである JT-60SA 計画への貢献を視野に入れた物理研究、工学研究を大学とともに推進している。さらに、国際土岐コンファレンスを毎年主催するとともに、平成28年には、文部科学省との共催により、核融合分野において最も権威のある国際会議 IAEA-FEC を18年ぶりに日本で開催した。IAEA-FEC には40の国と地域から約1,400名が参加し、核融合分野の研究者間の連携強化に大きく貢献した。このように、国際協力・国際的な活動においても、核融合研は当該分野の中核的な研究拠点としての役割を果たしている。

・第3期中期目標期間を通じた本務教員当たりの共同利用・共同研究件数は4.4件となっており、平成27年度の4.0件から着実に増加している。また、第3期中期目標期間を通じた共同利用・共同研究機関数は、平成27年度から着実に増加し、令和元年度実績は平成27年度比28機関増の243機関となった。特に、外国機関は、平成30年度実績が平成27年度比約2倍・29機関増の57機関と大幅に増加している。

共同利用・共同研究の参画機関数の推移



【検証する観点】 ③(結果)大学等に所属する所外研究者が、共同利用・共同研究により当該分野で高い成果を上げており、条件を満たす。

【設定した指標】

・当該機関に属さない共同研究者の研究活動の状況(研究成果の論文発表数、主要国際会議における発表数・割合、国際共同研究の実施内容と派遣数)

・核融合研の発表論文数は、観点①に記載したとおり、平成28年度から3年間で301件・329件・436件と着実に増加している。この中で、核融合研以外の共同研究者が著者に加わっている論文

は、265件・287件・381件であり、例年85%以上を占めている。これは大学からの論文輩出に核融合研の共同研究が大きく貢献していることを示している。

・これらの共同研究の結果、核融合分野において最も権威のある国際会議IAEA-FECにおいて、国内選考と国際選考を経て採択された、核融合研に属さない共同研究者の発表件数は、核融合研が国内で開催した平成28年は196件(全体で810件)、インドで開催された平成30年は143件(全体で758件)と全体の1/4から1/5を占めており、高い水準を維持している。

・核融合研は、日米・日韓・日中の政府間協定に基づく核融合分野の国際協力事業において、国内実施機関として大学等の研究計画の取りまとめ等を行っており、核融合研の職員だけではなく、大学等に所属する所外研究者による共同研究(研究者の派遣・受入れ、ワークショップ開催、共同事業)を支援している。これらの国際協力事業による派遣実績は、平成28年度から3年間で、1,334人日・1,171人日・1,376人日に達し、そのうち所外の共同研究者の派遣実績は、それぞれ869人日(65%)・608人日(51%)・1,006人日(73%)であり、所外の共同研究者の国際共同研究への参画を強力に支援している(詳細はⅢ章に示す)。その結果、派遣実績のうち約65%を占める日米の国際協力事業の成果として、平成28年度から3年間で、所外の国内共同研究者による国際共著論文が、26件・30件・22件出版されており、大学の国際共同研究による成果創出に貢献している。また、Ⅵ章で示すとおり、多数の大学院生を派遣することにより、人材育成にも貢献している。

【検証する観点】 ④(結果)国内外から多数の共同利用・共同研究者が参加しており、条件を満たす。

【設定した指標】

・共同利用・共同研究の実施状況(受入共同研究者数等)

・平成27年度から令和元年度までの間に、共同利用・共同研究者数は1,514名から1,592名に増加し、本務教員当たりでは、11.8名から12.3名と、着実に増加している。特に、海外の共同研究者数は、令和元年度実績が平成27年度比約1.8倍・94名増の204名となり、国内に止まらず国際的な中核機関として多くの研究者との連携が進んでいる。



・第3期中期目標期間を通じた共同利用・共同研究者数の年度平均人数1,537名は、当該研究分野の総研究者数(一般社団法人プラズマ・核融合学会の個人会員総数)の約97%に当たり、分野の大多数の研究者と共同研究を行っている。このように当該分野の共同研究中核研究機関としての役割を果たしている。

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・共同研究の体制や環境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(結果) 当該分野の国際的な中核的研究施設と認められ、条件を満たす。

【設定した指標】

・国際的な調査・研究活動の状況(海外との研究者の派遣・受入れの状況、国際共著論文の数・割合、国際協定の締結状況、国際研究プロジェクトや学術の大型研究プロジェクトの実施状況、国際シンポジウム等の開催状況、国際的なリーダーシップの状況)

・核融合研は、核融合エネルギーの実用化に必要な、高温プラズマ物理研究・計算機シミュレーション研究・炉工学研究を、それぞれ LHD 計画・数値実験炉研究・核融合工学研究の三つの研究プロジェクトにより遂行している世界でも有数の研究施設である。そのため、多岐にわたる多数の国際共同研究が行われており、海外から共同研究のために来訪する研究者は平均年間延べ 130 名、核融合研の職員の海外派遣は平均年間延べ 300 名になる。

・核融合研の職員が著者になっている発表論文数は、Ⅱ章の観点①に記載したとおり、平成 28 年度からの3年間で 301 件・329 件・436 件と着実に増加している。その中で、国際共同研究の成果となる国際共著論文数は、106 件・125 件・208 件と大きく増加している。

・国際共同研究を行うための枠組みの一つとして、研究機関間の学術交流協定がある。核融合研は、平成 25 年度までに 18 の研究機関と学術交流協定を締結していたが、同年度に研究力強化戦略室を新設し、国際共同研究を更に推進した結果、平成 26 年度から現在までの間に新たに 13 の研究機関と学術交流協定を締結した。

・核融合研では、Ⅱ章の観点②に示したとおり、毎年度 500 件を超える共同研究を実施しており、これらの共同研究に参画する海外の研究機関は、平成 27 年度から平成 30 年度にかけて約2倍・29 機関増の 57 機関となるなど、大幅に増加している。これらの共同研究の下、平成 30 年度は国内外から 538 件の共同研究課題を採択し、1,539 名の共同研究者が参加しており、そのうち 65 件が国際共同研究課題、201 名が海外からの参加で、Ⅱ章の観点④に示したとおり、海外からの参画が増加傾向にある。

・アメリカ・中国・韓国との間の政府間協定に基づく国際共同研究では、国内実施機関として国内の大学等の研究計画の取りまとめ等を行っている。また、国際エネルギー機関(IEA)の多国間協力である三つの実施協定(Technology Collaboration Programme:TCP)、「ステラレータ・ヘリオトロン概念の開発実施協定(SH TCP)」、「プラズマ・壁相互作用実施協定(PWI TCP)」、「球状トラスに関する協力の

政府間協定に基づく国際共同研究による研究者派遣・受入の実績

		平成28年度		平成29年度		平成30年度	
		件数	人・日	件数	人・日	件数	人・日
日米	派遣	78	813	71	777	78	924
	受入	57	289	81	360	46	216
日中	派遣	45	232	38	237	31	183
	受入	22	185	7	61	25	227
日韓	派遣	63	289	34	157	68	269
	受入	8	24	45	163	43	180
合計	派遣	186	1,334	143	1,171	177	1,376
	受入	87	498	133	584	114	623

のための実施協定(ST TCP)」について、国内実施機関として日本国政府を代表して署名・締結しており、これらに関わる国内の大学等の活動を取りまとめ、国際的な活動を推進している。

・国際協力により建設中の国際熱核融合実験炉 ITER、及び ITER 計画を補完・支援するとともに、核融合原型炉に必要な技術基盤を確立するための先進的研究開発を欧州と日本の間で進める幅広いアプローチ(Broader Approach:BA)活動について、国内実施機関である量子科学技術研究開発機構(QST)と連携し、超伝導技術やプラズマ計測等に関して貢献するとともに、国際トカマク物理活動(ITPA)におけるボランティアベースの活動や、BA 共同研究を主導することで貢献している。

・核融合研の主導により、世界各国における多様な磁場概念に基づいたヘリカル型のプラズマ閉じ込め装置を用いた国際共同研究の策定を行う「ヘリカル系国際調整作業会合(CWGM)」を組織し、核融合研の職員が幹事となり主たる調整役を務めるなど、世界のヘリカル研究をリードし、国際ネットワークの強化や国際共同実験・解析等を推進している。

・核融合研は、核融合に関する国際共同プログラムのほか、自然科学研究機構の太陽・宇宙プラズマに関する日米独の国際共同研究プロジェクトも主導している。

・核融合分野の国際的研究拠点として、国際土岐コンファレンスを毎年度開催し、毎回約 200~300 名、そのうち海外から約 30~50 名の参加があり、国際的に当該分野を主導している。また、核融合分野において最も権威のある国際会議 IAEA-FEC では、核融合研の職員が国際プログラム委員を務めている。平成 28 年には、文部科学省との共催で同会議を 18 年ぶりに日本で開催し、40 の国と地域から約 1,400 名の参加を得て、核融合分野の研究者間の連携強化に大きく貢献した。

・IEA の実施協定「SH TCP」において、同協定に基づく活動を審議する執行委員会の副議長を核融合研の所長が努めるなど、国際協力事業の取りまとめ役を担う国際的な研究者が在籍している。

・以上のことから、核融合研は国際的な中核的研究施設であると認められる。

【検証する観点】 ②(結果)国際動向を把握し、運営に反映させる体制が整備され、条件を満たす。

【設定した指標】

- ・外部評価委員会委員、及び核融合研が進める LHD 計画プロジェクトの国際プログラム委員のうち、海外の研究機関に在籍する研究者の数・割合
- ・その他、国際的な研究動向調査体制の整備

・核融合研では、三つの研究プロジェクトや共同研究活動等を対象として、毎年度、所外の専門家による外部評価を実施している。外部評価は、運営会議の所外委員 10 名のほか、評価項目に応じて国内外の研究者数名を加えて構成された外部評価委員会で行っており、同委員会の委員の約4分の1を海外の研究者とすることで、国際的な研究動向を踏まえた評価と提言を受けている。

・LHD における国際共同研究を推進するとともに、国際的な研究動向を反映した研究計画を策定するため、平成 28 年度に LHD 国際プログラム委員会を新設した。毎年度1回委員会を開催し、LHD における研究の進展と研究計画を報告するとともに、委員会から研究への提言を得ている。同委員会は委員 23 名で構成され、その約2分の1(11 名)が海外の研究者である。

LHD 国際プログラム委員会外国人委員(令和2年7月現在)

氏名	所属	研究機関の所属する国
X. Duan	西南物理研究院	中国
P. Gohil	ジェネラルアトミックス社	アメリカ
C. Hidalgo	シーマツ研究所	スペイン
W. Heidbrink	カリフォルニア大学	アメリカ
L. Hu	中国科学院プラズマ物理研究所	中国
H.K. Park	国立核融合研究所	韓国
B. Pégourié	原子力・代替エネルギー庁	フランス
Maria-Ester Puiatti	RFXコンソーシアム	イタリア
U. Stroth	マックス-プランク・プラズマ物理研究所	ドイツ
R. Wolf	マックス-プランク・プラズマ物理研究所	ドイツ
M. Zarnstorff	プリンストンプラズマ物理研究所	アメリカ

・平成 25 年に研究力強化戦略室を設置し、共同研究力強化を担当する URA を置くことで、国際研究動向の把握、及び国際共同研究のシーズの探索と立ち上げを推進している。また、自然科学研究機構が海外拠点として設置した欧州ボンオフィス及び北米プリンストンオフィスの海外駐在 URA と連携し、国際的な研究動向を把握している。

・多くの視点から国際研究動向を把握するため、核融合研の職員が国際会議や国際ワークショップ等に参加した場合は、出張報告書の提出を義務付けており、同報告書は職員に公開している。これらの取組により、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。

【検証する観点】 ④(結果)人材の多様性や流動性の確保の取組が行われ、条件を満たす。

【設定した指標】

・人材の多様性・流動性の状況(外国人研究者獲得の取組、外国人客員教授等招聘、外国への情報発信)

・核融合研では、職員公募の際に、日本語に加えて英語の公募文も、核融合研のホームページ及び研究人材のためのキャリア支援ポータルサイト「JREC-IN Portal」に掲載している。また、学術交流協定等を締結している海外の研究機関へメールで公募を周知し、国内外を問わず優秀な人材の獲得に努めている。

・外国人学生のインターンシップを受け入れ、平成 28 年度から4年間の受入実績は、3名・7名・6名・13 名と着実に増加しており、将来多様で優秀な人材を獲得することに努めている。

・年間に平均6名程の外国人研究者を客員教授又は客員准教授(以下、客員教授等)として招聘し、人材の多様性の確保のための取組を行っている。外国人客員教授等は核融合研に数ヶ月間滞在し、研究活動を行っている。

・外国人研究者が核融合研に関する情報や共同研究に関する情報を取得し易くするため、英語版のホームページを公開している。また、博士研究員(COE 研究員)について、外国人を積極的に採用しており、同研究員のうち外国人の人数は、平成 27 年度から5年間で6名・6名・4名・7名・9名と増加傾向にあり、多様で優秀な人材の獲得に努めている。

【検証する観点】 ⑤(結果)外国人研究者に向けた環境整備が十分に行われ、条件を満たす。

【設定した指標】

・共同利用・共同研究に参加する外国人研究者に対し、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

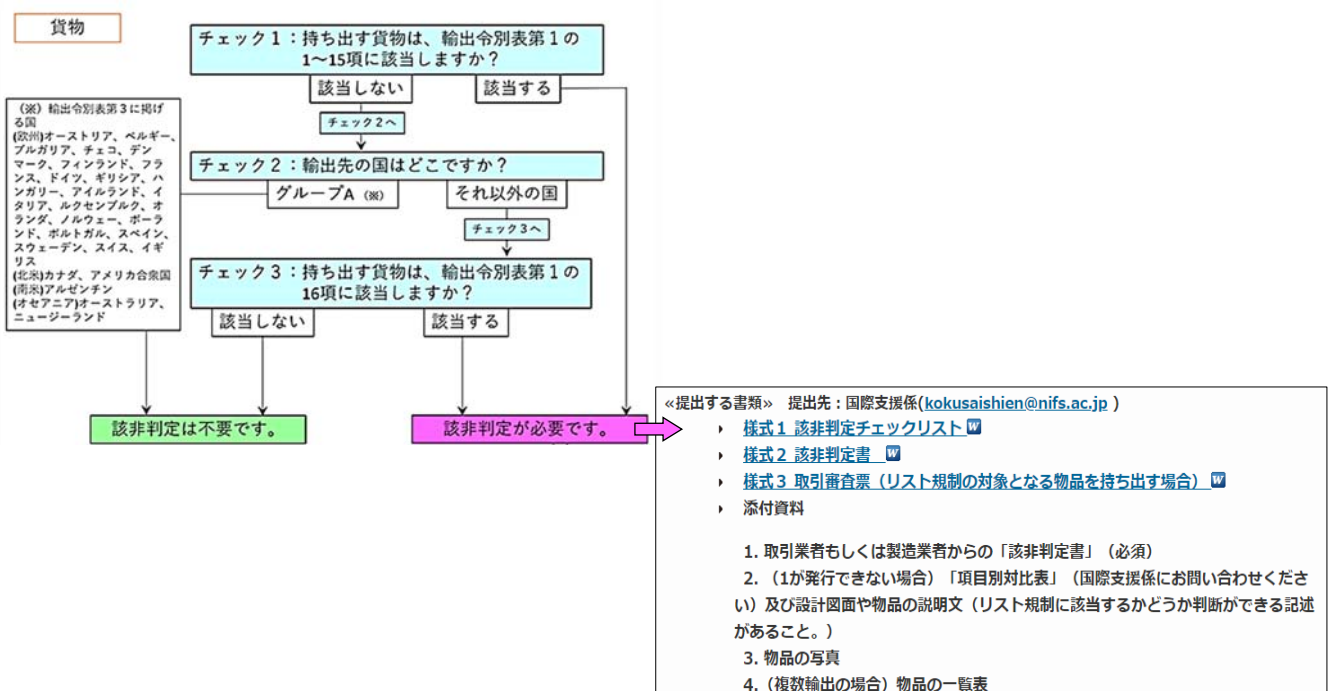
・観点①に記載のとおり、核融合研では、研究機関間の学術交流協定や政府間協定等に基づいて、外国人研究者が共同利用・共同研究を実施するための根拠となる国際共同研究の枠組みの構築や体制・環境の整備を行っている。

・LHD の実験予定表や実験週間レポート等の研究資料を英語で作成したり、実験の進展や予定等を確認・検討するLHD 全体会議等の研究打合せを英語で行うなど、外国人共同研究者へ研究参加に必要な情報を提供するとともに、実験室等の安全管理の表示を英語で表記するなど、施設の利便性を向上させている。また、LHD 実験への外国人研究者の参加について、欧州での核融合研究を統括するコンソーシアム「EUROfusion」や CWGM を通じて実験提案を募集するほか、英語のホームページを通じて実験情報も公開している。

・LHD 実験においては、プラズマ計測機器から得られたデータを共同研究者に公開しており、共同研究者はインターネットを通じてデータを取得・解析することができる。解析に係る情報を掲載したweb サイトは日本語版と英語版があり、パソコン上でデータの時間変化などを表示するプログラムも同サイトで配布しているため、国内外の共同研究者が実験参加後に自身のパソコンからデータを見ることができる研究環境が整備されている。

・外国人研究者との共同研究を開始する場合や、外国人研究者が核融合研を来訪する場合、核融合研から海外の研究機関に共同研究に必要な物品等を送付する場合などに必要となる、安全保障貿易管理に係る該非判定について、核融合研の職員向け web サイトに手順の流れを分かりやすく紹介するなど、速やかに実施できる体制を整えている。

貨物の輸出(外国への持ち出し)の該非判定手続



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 (結果)共同利用・共同研究の卓越した研究資源を有し、条件を満たす。

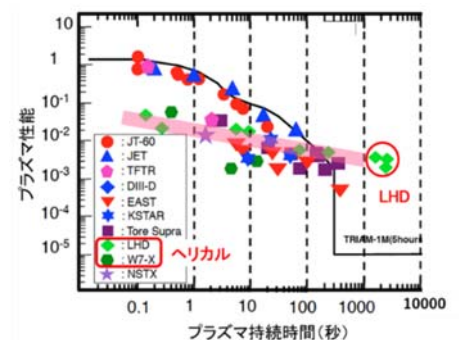
【設定した指標】

- ・LHD の仕様 (装置の大きさ(プラズマの体積)、稼働年数、稼働率)
- ・LHD のプラズマ性能 (プラズマのイオン温度、定常保持性能)
- ・プラズマシミュレータのプラズマ・核融合分野における理論演算性能順位
- ・主要工学試験設備の国際的な水準を示す仕様、国内外の他の類似装置との比較

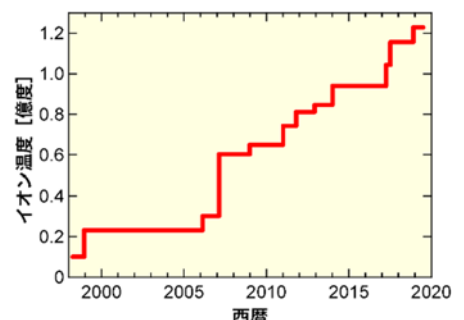
・LHD は、ヘリオトロン配位と呼ばれる我が国独自のアイデアに基づいて開発された、ヘリカル型の超伝導プラズマ閉じ込め装置である。プラズマの主半径は 3.9m、体積は 30m³ で、長年ヘリカル型では国際的に他を大きく引き離す仕様であった。現在では、平成 27 年に稼働したドイツの超伝導プラズマ閉じ込め装置 W7-X(主半径 5.5m、体積 30m³)とともに、世界最大級のヘリカル装置でありかつ、世界最大級の超伝導装置でもある。

・LHD は、平成 10 年の実験開始以来、プラズマ性能が着実に向上しており、平成 29 年には重水素実験で、核融合条件の一つであるイオン温度1億 2,000 万度をヘリカル装置として初めて達成し、世界最高水準の安定した無電流高性能プラズマを、新たな研究段階の実験プラットフォームとして、国内外の研究者に提供している。また、LHD は、2,000 万度を超えるイオン温度のプラズマを約 48 分間維持するなど、世界最高性能の定常プラズマ維持性能を示している。さらに、大型超伝導装置である LHD を、実験開始から 20 年間、大きな故障なく維持することを可能とした高い

プラズマ持続時間とプラズマ性能の関係



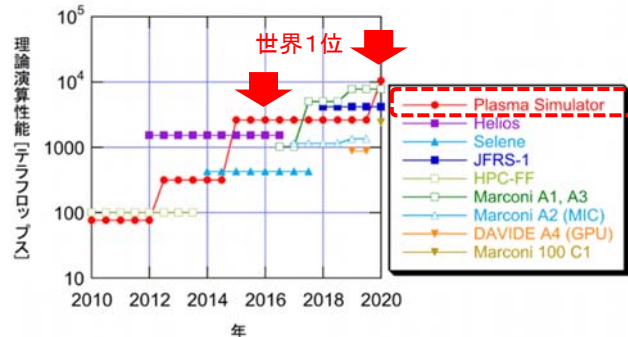
LHD で達成したイオン温度の変遷



診断・メンテナンス技術も特筆すべき点である。この結果として、LHD のここ数年間の稼働率は、常に90%を超えている。

・核融合研は、数値実験炉研究プロジェクトにおける様々な研究課題に関する共同研究を推進するため、プラズマシミュレータを導入し、運用している。プラズマシミュレータは、世界のプラズマ・核融合分野の専用計算機として、平成27年度及び平成28年度並びに令和2年度に世界1位の理論演算性能を達成するとともに、世界3位以内の性能を継続して保持している。

プラズマ・核融合分野専用計算機の理論演算性能
(日欧協力及びEUROfusionが運用している核融合専用計算機と比較)



・核融合工学研究を推進するため、新たな工学研究設備の整備を進め、多くの機器について平成27年度から共同研究・共同利用を開始した。特に、主要8装置に関しては、国際的にも他に類のない優れた水準の性能を持っており、この分野の中核的な研究設備と位置付けられる。

主要工学研究設備と他に類のない特徴

施設・設備名	施設・設備の概要	他に類の無い特徴
熱・物質流動ループ装置 (Oroshhi-2)	液体ブランケットシステムに関する統合的な技術開発研究・検証及び設計基礎データの取得を行う装置	同目的としては世界最強となる3テスラの超伝導電磁石を用いた直交磁場下の熱流動実験が可能
超高熱負荷試験装置 (ACT2)	ダイバータ用耐熱材料の開発研究を行うための装置	300kWの強力な電子ビームを50cmX50cmの走査範囲に定常で照射することが可能
接合材試作試験装置	2,000度・2,000気圧までの高温静水圧プレス	大気に曝すことなく、高純度雰囲気、機械的合金化、キャプセル封入、静水圧プレスまでを連続して行える
透過型電子顕微鏡 (TEM)	材料内部の格子欠陥のサイズや密度、析出物の構造と組成を原子レベルで観察できる装置	試料交換に要する時間が短く、共同研究での実験に適している。地磁気の影響を遮断し高分解能を可能としている
集束イオンビーム/電子ビーム加工観察装置 (FIB-SEM)	ガリウム (Ga) イオン銃と電解放出型電子銃を備え、TEM試料作成のためのナノレベル加工が可能	組成分析と透過電子ビームを利用した方位解析機能を併せて備え、深さ方向の連続高分解能構造解析が可能
イオンビーム解析装置	最大3MeVの高エネルギーヘリウムイオンビーム等を利用して、材料表面に捕捉された水素元素や表面に付着した不純物元素の非破壊での定量深さ分析が可能	LHDに曝露した試料の分析が可能
クリープ試験装置	核融合炉のブランケットに用いる候補金属材料に長時間に渡って力をかけた場合の機械的変形挙動について詳細に調べる装置	最高試験温度900度。オイルフリー真空系とジルコニウムゲッターにより、バナジウム合金など活性の強い金属に対しても、汚染の無い高真空環境下で試験が可能
超伝導コイル試験装置	核融合炉に必要な高磁場・大電流超伝導マグネットの要素技術開発を行うための装置	世界最大級の最大磁場13Tで直径70cmの大口径・高磁場試験装置を含む。75KAの大電流試験および温度可変低温設備の追加による高温超伝導作動温度での試験が可能

【検証する観点】 ② (結果) 研究資源が国内外の共同研究者に学術研究のため活発に利用されており、条件を満たす。

【設定した指標】

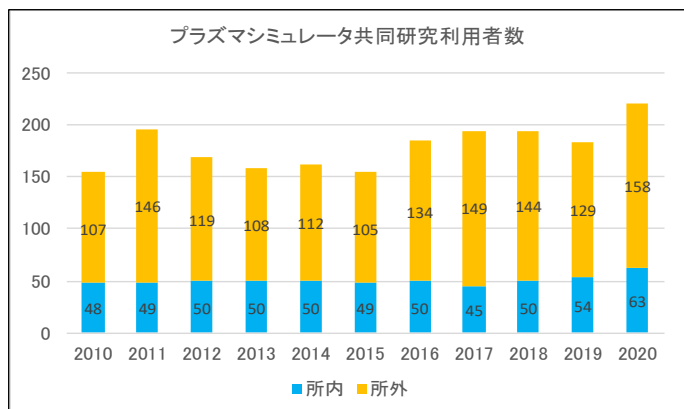
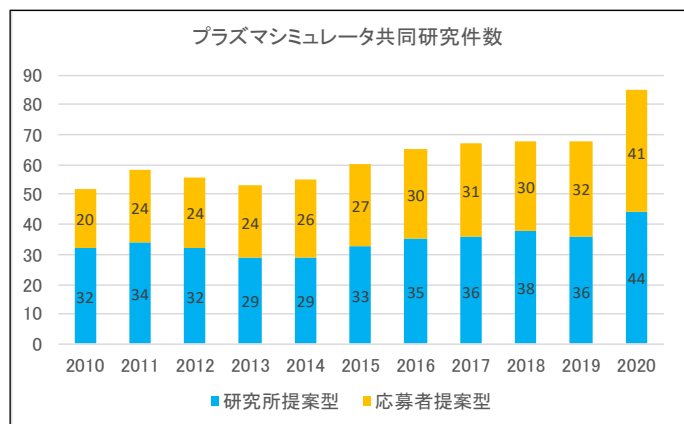
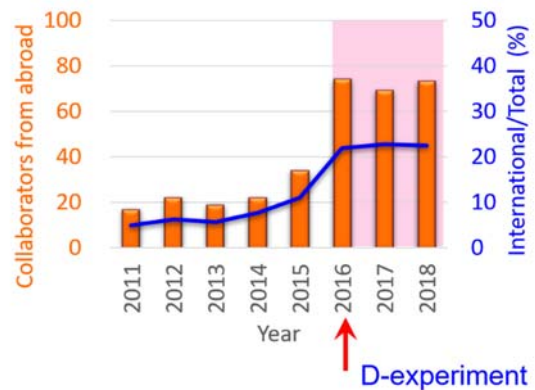
- ・共同研究者数、共同研究採択件数、LHD 実験提案数
- ・プラズマシミュレータ共同研究件数とプラズマシミュレータ利用者数
- ・プラズマ・核融合分野の主要学術雑誌に掲載された日本のシミュレーション論文においてプラズマシミュレータを利用した論文が占める割合
- ・主要工学研究設備の稼働状況、共同利用状況

・LHD は、全ての実験時間が国内外の共同研究に供されている。特に、平成 28 年度の重水素実験開始を契機に国際共同研究が活性化し、海外の共同研究者の実験参加者及び実験提案数が前年度に比べ2倍以上に増加している。これは、重水素実験開始により LHD の卓越性が高まったことと、合わせて新設した「LHD 国際プログラム委員会」が効果的に機能した結果である。

・LHD 実験によって日々拡充・高精度化されている原子・分子データベースは、検索・表示システムとともに公開されており、世界中の多くの研究者に利用されている。これについてはⅧ章で示す。

・プラズマシミュレータ共同研究の件数は、平成 22 年度の 52 件から着実に増加し、令和2年度には平成 22 年度の 63% 増となる 85 件を実施している。プラズマシミュレータ共同研究の利用者数も平成 22 年度の 155 名から着実に増加し、令和 2 年度には 42% 増となる 221 名に達している。プラズマ・核融合分野の主要学術雑誌である Nuclear Fusion、Plasma Physics and Controlled Fusion、Physics of Plasmas に掲載された日本のシミュレーション論文で、プラズマシミュレータを利用した論文が占める割合は、平成 28 年の 34.6%から平成 30 年と令和元年には 50%以上に上昇した。

LHD の実験に参加した海外共同研究者数の推移



プラズマ・核融合分野の主要学術雑誌に掲載された日本のシミュレーション論文において
プラズマシミュレータを利用した論文が占める割合

年	平成 28 年	平成 29 年	平成 30 年	令和元年
プラズマシミュレータを利用した論文が占める割合 (%)	34.6	44.9	51.7	50.0

・核融合工学研究に係る研究設備について、主要8装置は主に平成 27 年度から共同利用を開始しており、稼働率・共同利用件数・共同利用者数が年々増加している。

工学研究設備主要8装置の稼働率等

(稼働時間/稼働可能時間、共同利用件数、共同利用者数(延べ))

施設・設備名	平成27年度			平成28年度			平成29年度			平成30年度		
	稼働率(%)	共同利用件数	共同利用者数	稼働率(%)	共同利用件数	共同利用者数	稼働率(%)	共同利用件数	共同利用者数	稼働率(%)	共同利用件数	共同利用者数
熱・物質流動ループ装置 (Oroshni-2)	61.4	2	7	52.12	2	10	34.48	14	63	46.15	8	15
超高温負荷試験装置(ACT2)	46.67	2	7	39.71	3	10	29.33	20	29	30.67	23	26
接合材試作試験装置	83.33	2	40	83.33	4	40	87.5	7	55	86.67	8	58
透過型電子顕微鏡(TEM)	95.74	7	8	93.09	22	22	98.3	13	13	28.28	9	9
集束イオンビーム/電子ビーム加工観察装置(FIB-SEM)	95.74	9	12	93.09	18	18	99.15	16	16	81.38	11	11
イオンビーム解析装置	40	3	5	64	7	7	75	5	5	66.67	9	21
クリープ試験装置	0	0	0	96.14	2	2	67.77	2	2	66.39	4	4
超伝導コイル試験装置	100	3	96	100	3	40	100	4	112	100	7	193
合計		28	175		61	149		81	295		79	337

【検証する観点】 ③(結果)国内外の大学や研究機関等と、ネットワークを組んで研究資源の有効利用を進めており、条件を満たす。

【設定した指標】

- ・双方向型共同研究の採択課題数
- ・LHD 用の計測器の貸し出し数
- ・核融合研が中心となって国内外の大学や研究機関等と連携して開発・整備しているシミュレーションコードを用いた学術雑誌論文数

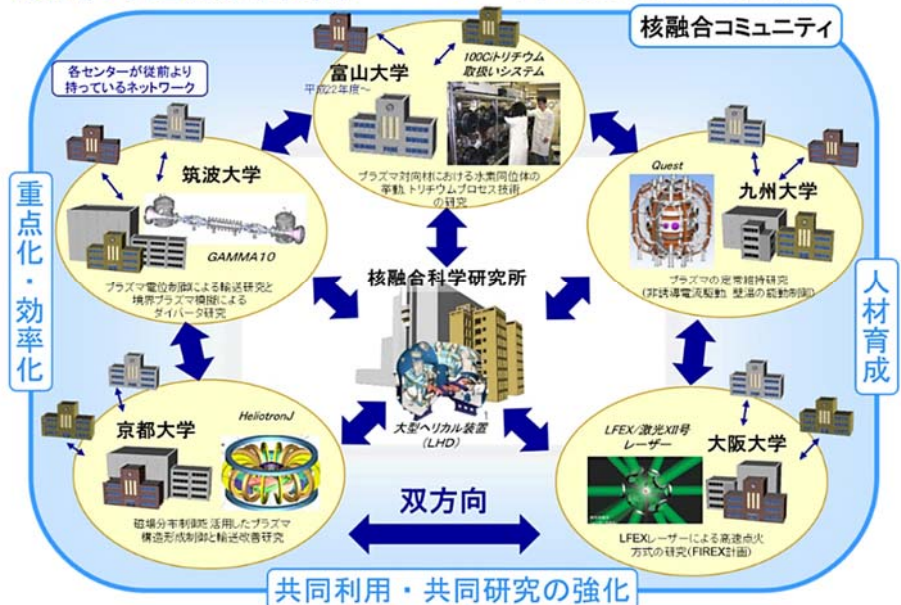
・核融合研は、国内の主要な核融合研究拠点である5大学センター(筑波大学、京都大学、大阪大学、九州大学、富山大学)と「双方向型共同研究」を展開している。本共同研究は、各センターが所有する実験装置・設備を、核融合研の共同利用設備と同等にみなし、全国の大学の共同研究者を核融合研の共同研究として受け入れる、核融合分野で始まったユニークなネットワーク型の共同研究である。平成27年度から

5年間の採択課題数は、115件・109件・111件・101件・103件と、毎年度100件を超え、全国の大学研究者に、各センターが有する特徴ある拠点設備を利用した最先端の研究環境を提供している。

・双方向型共同研究のネットワークを形成している各センターの実験装置で取得されるデータを、LHDのデータとともに核融合研のLABCOMシステムで一括

双方向型共同研究

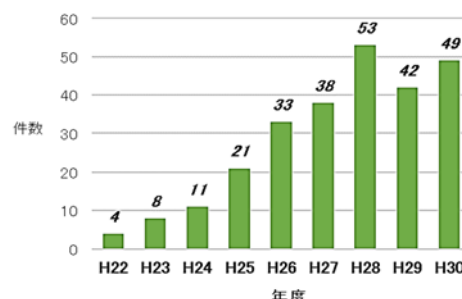
— コミュニティの総力を挙げた共同研究 —



収集・管理することで、データ収集・処理の効率化、計算機資源・マンパワー・運営経費の削減を図るとともに、研究資源の整備や共同運用に取り組んでおり、九州大学や筑波大学など全国の大学研究者の利便性向上に貢献している。研究の進展に伴って扱うデータ量が増加し、平成 30 年度には 1.5 ペタバイトに達した。

・大学の研究室単位では購入が難しい高額な計測機器・電源等を核融合研が購入・管理し、共同利用委員会の調整の下で大学に貸し出すことにより、大学の研究力強化に貢献している。本制度は研究者コミュニティに定着しており、管理する計測機器等の数・貸出し頻度とも増加傾向にある。

計測機器貸出数の推移



・核融合研は、国内外の大学や研究機関等と連携して、TASK3D・HINT・MEGA・MIPS・GKV・FORTEC-3D・EMC3-EIRENE・PASMO・p3bd など多数のシミュレーションコードを開発・整備して数値実験炉研究プロジェクトを推進している。これらのシミュレーションコードを用いた学術雑誌論文は、毎年、平均 40 編以上出版されている。

核融合研が中心となって国内外の大学や研究機関等と連携して

開発・整備しているシミュレーションコードを用いた学術雑誌論文数

年	平成 28 年	平成 29 年	平成 30 年	令和元年	平均
論文数	36	52	41	41	42.5

・国内の大学において、超伝導・液体ブランケット・低放射化材料・高熱負荷機器等に関する特徴ある工学研究設備が整備され、これらをネットワーク化することにより、核融合研の中核的設備と相補的に運用されている。また、日米の政府間協定に基づく国際協力事業などに基づき、海外の研究施設(アメリカ・カリフォルニア大学ロサンゼルス校(UCLA)、オークリッジ国立研究所、アイダホ国立研究所、マサチューセッツ工科大学(MIT)等)との協力、相補的運用も進めている。

核融合研の中核的設備と大学等の基盤設備による相補的な研究

核融合科学研究所の中核的設備	中核的設備を用いた研究	大学等の基盤設備を用いた相補的研究
熱・物質流動ループ装置(Oroshhi-2)	液体金属、溶融塩の強磁場下の熱流動試験、水素移行試験	溶融塩模擬体による熱流動試験(東北大、UCLA)、非流動化の腐食試験(東工大)、非流動化の水素移行試験(京大、九大)
超高熱負荷試験装置(ACT2)	大面積を含む連続高熱負荷試験	プラズマによるダイバータ模擬試験(名大、筑波大)、高東イオン照射試験(阪大)、中性子照射材の試験(オークリッジ国立研)
接合材試作試験装置	制御雰囲気下の高温静水圧プレス試作試験	高温一方向プレス試験(北大)
透過型電子顕微鏡(TEM)	高分解能組織組成分析	中性子照射材の組織組成分析(東北大、オークリッジ国立研)、イオン注入下連続組織分析(北大)
集束イオンビーム/電子ビーム加工観察装置(FIB-SEM)	TEM試料作成のためのナノレベル加工と同時に進行深さ方向の連続組成分析、結晶方位像分析	中性子照射材のナノレベル加工(東北大)
イオンビーム解析装置	LHDに曝露した試料の、捕捉水素元素、表面付着不純物元素の非破壊定量深さ分析	水素の脱離分析、表面組成分析(北大、静岡大)、トリチウムを用いた分析(富山大、アイダホ国立研)
クリープ試験装置	超高温、超高真空熱クリープ試験	超高温高真空引張強度試験(東北大)、照射下クリープ試験(京大、オークリッジ国立研)
超伝導コイル試験装置	強磁場大電流大容積通電特性試験	交流損失試験(鹿児島大)、歪効果試験(明治大/上智大)、接合特性試験(東北大)、新超伝導材料開発(物材機構、MIT)

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(結果)学際的・融合的領域で著しく高い成果を上げており、条件を満たす。

【設定した指標】

・学際的、融合的領域における当該機関の研究活動の状況

・核融合科学は広い関連分野の融合によって成り立っている研究分野であり、ほとんどの研究成果が学際的意義を持っている。所員の令和2年度の科学研究費助成事業においても、「核融合」以外にも「プラズマ科学」、「光工学及び光量子関連」、「航空宇宙工学」、「原子力工学」の小区分で採択されている。さらに、透光性セラミックスの研究開発や半導体微細加工のための分子シミュレーション技術の研究など、異分野との協力が民間等との共同研究により行われており、民間等との共同研究は58件(平成28年度)・49件(平成29年度)・46件(平成30年度)実施されている。

・自然科学研究機構の「若手研究者による分野間連携研究プロジェクト」において、核融合研の研究者が代表を務める課題が過去7年間で延べ15件採択された。所外の研究者との協力の下、学際的・融合的研究が進められ、核融合研の研究者による主著論文8編・共著論文14編が発表されている。

核融合研の研究者が代表を務める「若手研究者による分野間連携研究プロジェクト」の採択課題(過去5年間)

年度	代表者	所属	研究題目	参加研究機関
平成28年度	秋山 毅志	核融合科学研究所	高精度波面計測によるプラズマ揺動計測と分子生物学的揺らぎ研究への展開	核融合科学研究所、国立天文台、基礎生物学研究所、University of California-Santa Cruz、九州大学
平成29年度	大石 鉄太郎	核融合科学研究所	太陽大気に対する偏光スペクトル観測技術を応用した核融合プラズマ中粒子の非等方的速度分布の研究	核融合科学研究所、国立天文台、ロシア科学アカデミー
平成30年度	辻村 亨	核融合科学研究所	高エネルギー電子が放射する光渦のヘリカル波面計測	分子科学研究所、国立天文台、産業技術総合研究所、函館工業高等専門学校、東京大学
	仲田 資季	核融合科学研究所	加熱・輸送・乱流現象が繋ぐ地場閉じ込めプラズマ研究と天体プラズマ研究の連携	国立天文台、名古屋大学、愛知教育大学
令和元年度	辻村 亨	核融合科学研究所	高エネルギー電子が放射する光渦のヘリカル波面計測	核融合科学研究所、分子科学研究所、国立天文台、産業技術総合研究所、函館工業高等専門学校、東京大学
	仲田 資季	核融合科学研究所	高次相関解析とインフォマティクスが拓く実験室・天体プラズマにおける加熱・輸送・乱流ダイナミクスの研究	核融合科学研究所、国立天文台、東北大学、宇宙科学研究所、名古屋大学、東京大学、愛知教育大学、京都大学、九州大学
	小林 真	核融合科学研究所	DNA二重鎖切断直接観察によるホウ素中性子捕捉療法の治療効果の定量評価	核融合科学研究所、基礎生物学研究所、名古屋大学、徳島大学、藤田医科大学
	土屋 隼人	核融合科学研究所	複素振幅計測によるマイクロ波イメージング計測手法の開発	核融合科学研究所、大同大学、国立天文台、長崎大学、関西大学、兵庫県立大学
令和2年度	仲田 資季	核融合科学研究所	高次相関解析とインフォマティクスが拓く実験室・天体プラズマにおける加熱・輸送・乱流ダイナミクスの研究	核融合研、天文台、宇宙航空研究開発機構、名古屋大、愛知教育大、京都大、九州大、東北大、量子科学技術研究開発機構、Max-Planck (Solar System Research)、Instituto de Astrofisica de Andalucia
	小林 真	核融合科学研究所	DNA二重鎖切断直接観察によるホウ素中性子捕捉療法の治療効果の定量評価	核融合研、基生研、名古屋大、徳島大、藤田医科大

【検証する観点】 ②(結果)所外の研究者が核融合研を利用した共同研究で著しく高い成果を上げており、条件を満たす。

【設定した指標】

・学際的、融合的領域における当該機関に属さない関連研究者による研究実績

・理学・工学の多彩な分野で基礎から応用まで幅広い研究課題を扱う「一般共同研究」において、「基礎・応用・先進共同研究」のカテゴリーで、令和元年度に47件の研究課題を採択している。当該カテゴリーで、プラズマプロセス・プラズマバイオ・プラズマ推進・マイクロ波化学・マイクロ波CTマンモグラフィ・マイクロ波加工・レーザーによるガラス加工・レーザーによる表面処理・イオン源開発・医療データ解析等の分野間連携研究が、核融合研を利用して進められている。

・自然科学研究機構の「若手研究者による分野間連携研究プロジェクト」及び「分野融合型共同研究事業」において、所外の研究者が代表となり核融合研が連携機関として協力する課題が過去7年間でそれぞれ12件ずつ採択された。同事業の下、学際的・融合的研究が核融合研を利用して進められ、核融合研に属さない所外の研究者の主導による実績として、彼らによる主著論文が合わせて19編、核融合研の研究者による主著論文が合わせて5編発表されている。

核融合研の研究者が分担者を務める「若手研究者による分野間連携研究プロジェクト」の採択課題(過去5年間)

年度	代表者	所属	研究題目	参加研究機関
平成28年度	田中 雅臣	国立天文台	重力波天体の同定と重元素の起源の解明に向けた原子データの構築と輻射輸送シミュレーション	国立天文台、核融合研、電通大、首都大学東京、上智大、Vilnis Univ、東邦大
	森島 美絵子	生理学研究所	覚醒脳の時空間神経活動ダイナミクスと局所神経結合の関係性における法則の解明	生理学研究所、分子科学研究所、核融合科学研究所、北陸先端科学技術大学院大学、信州大学、Boston University
	小山 宏史	基礎生物学研究所	生物の形態形成の多様性の細胞レベルでの共通原理の解明とそのための統計数理的方法の開発	基礎生物学研究所、分子科学研究所、核融合科学研究所、生理学研究所、新分野創成センター、明治大学、東京大学、国立遺伝学研究所
平成29年度	田中 雅臣	国立天文台	重力波天体の同定と重元素の起源の解明に向けた原子データの構築と輻射輸送シミュレーション	国立天文台、核融合科学研究所、電気通信大学、首都大学東京、Vilnis University、上智大学、東邦大学
	小山 宏史	基礎生物学研究所	生体内での力の推定による形態形成の多様性の理解	基礎生物学研究所、分子科学研究所、核融合科学研究所、生理学研究所、新分野創成センター、明治大学、東京大学
平成30年度	小山 宏史	基礎生物学研究所	全胚発生シミュレーターの開発による生物組織の形態の多様性の理解	分子科学研究所、核融合科学研究所、生理学研究所、新分野創成センター、明治大学、東京大学
	鳥居 和史	国立天文台	データ科学を用いた天の川銀河円盤部の大規模分子雲データの解析手法	核融合科学研究所、名古屋大学、大阪大学
令和元年度	鳥居 和史	国立天文台	大規模分子雲データと機械学習による天の川銀河の3次元空間構造の復元と解明	国立天文台、核融合科学研究所、名古屋大学、大阪大学、大阪府立大学
令和2年度	宮本 祐介	国立天文台	大規模分子雲データと機械学習による天の川銀河の3次元空間構造の復元と解明/機械学習・深層学習に基づく天の川銀河の3次元空間構造の解明	天文台、核融合研、大阪府立大、名古屋大

核融合研の研究者が分担者(経理執行責任機関)を務める「分野融合型共同研究事業」の採択課題

年度	研究題目	代表者所属	氏名	経理執行責任機関	種別	連携先
平成29年度	光洞が拓く新しい自然科学	大阪府立大学 大学院理学系研究科	田中 智	核融合科学研究所	共同研究	大阪府立大、テキサス大、東京大、室蘭工業大、名古屋大、広島大、富山大、佐賀県立九州シンクロトロン光研究センター、量子科学技術研究機構、日本大、奈良先端大、核融合研、天文台、分子研
	プラズマの高時空間分解計測に基づくプラズマ活性溶液の真核細胞への影響の評価と細胞内分子機構の解析	名古屋大学 未来社会創造機構	堀 勝	核融合科学研究所	共同研究	名古屋大未来社会創造機構、名大病院先端医療臨床研究センター、核融合研、基生研
	トリチウムによるDNA損傷の評価技術の探索 - 電子顕微鏡を用いた二本鎖切断定量評価および ³ Heへの壊変によるDNA構造変化のシミュレーション -	富山大学 究推進機構水素同位体科学研究センター	波多野 雄治	核融合科学研究所	共同研究	富山大水素同位体科学研究センター、九州工業大情報工学研究院、同志社大情報工学研究院、同志社大生命医科学部、静岡大学院理学領域、京都工芸繊維大材料化学系、釧路高専、核融合研、分子研、基生研
	データセントリックプラズマ物理研究の開拓	京都大学 工学研究科	藤井 恵介	核融合科学研究所	ワークショップ	京大工学研究科、核融合研
平成30年度	プラズマの高時空間分解計測に基づくプラズマ活性溶液の真核細胞への影響の評価と細胞内分子機構の解析	名古屋大学 大学院工学研究科	堀勝	核融合科学研究所	共同研究	名古屋大工学研究科、名古屋大医学部付属病院、名古屋大未来社会創造機構、核融合研、基生研
	トリチウムによるDNA損傷の評価技術の探索 - 電子顕微鏡を用いた二本鎖切断定量評価および ³ Heへの壊変によるDNA構造変化のシミュレーション -	富山大学 研究推進機構水素同位体科学研究センター	波多野雄治	核融合科学研究所	共同研究	富山大水素同位体科学研究センター、九州工業大情報工学研究院、同志社大情報工学研究院、同志社大生命医科学部、静岡大学院理学領域、京都工芸繊維大材料化学系、釧路高専、名古屋大(学生)、核融合研、分子研、基生研

年度	研究題目	代表者所属	氏名	経理執行責任機関	種別	連携先
平成30年度	光渦が拓く新しい自然科学	大阪府立大学 大学院理学系研究科	田中智	核融合科学研究所	共同研究	大阪府立大、テキサス大、東京大、室蘭工業大、名古屋大、広島大、富山大、佐賀県立九州シンクロtron光研究センター、量子科学技術研究機構、日本大、奈良先端大、核融合研、天文台、分子研
	時系列高次元データからの潜在ダイナミクスの抽出と可視化	京都大学 大学院工学研究科	藤井恵介	核融合科学研究所	共同研究	京都大工学研究科、宇宙航空研究開発機構、大阪産業科学研、九州大応用力学研、名古屋大理学研究科、東京大理学研究科、東工大情報理工学院、核融合研
	人工知能技術およびシミュレーションを用いた基礎学理構築の探求	東京大学 先端科学技術研究センター	鹿野豊	核融合科学研究所	ワークショップ	東京大先端科学技術研究センター、核融合研
令和元年度	データ解析技術の高度化による非線形複雑システムの潜在構造抽出と可視化	京都大学	藤井 恵介	核融合科学研究所	共同研究	京都大工学研究科、大阪産業科学研、宇宙航空研究開発機構、東工大情報理工学院、量子科学技術研究開発機構、東京大新領域創成科学研究科、九州大応用力学研、核融合研
令和2年度	2次元スペクトロメータによるオーロラの波長超分解と色決定	京都大学	海老原 祐輔	核融合科学研究所	共同研究	京都大生存圏研、核融合研
	光の軌道角運動量の発生機構と物質相互作用の理解	千葉大学	尾松 孝茂	核融合科学研究所	ワークショップ	千葉大分子キラリティー研究センター、核融合研

【検証する観点】 ③(結果)異分野の融合や新分野の創出のため、他大学や研究機関等との連携の検討を定期的に行っており、条件を満たす。

【設定した指標】

・他の大学や研究機関等との連携についての検討体制、推進体制の整備状況

・京都大学・東北大学・大阪大学・QST 等から客員教授等を 20 名(平成 28 年度)・19 名(平成 29 年度)・15 名(平成 30 年度)受け入れた。また、北海道大学・九州大学・名古屋大学・富山大学・東京大学・静岡大学等へ、客員として 26 名(平成 28 年度)・29 名(平成 29 年度)・35 名(平成 30 年度)を派遣し、幅広い研究分野の共同研究や研究者の交流を促進した。

・自然科学研究機構国際連携研究センターの創設に協力し、平成 30 年8月に、アメリカのプリンストン大学とドイツのマックスプランク協会傘下の3研究所と「アストロフュージョンプラズマ物理研究部門」を立ち上げた。同部門において共同で研究員を雇用することとし、機関の枠や分野の枠を超えて連携し、核融合プラズマ物理と他分野との異分野融合研究を推進する体制を構築した。

・核融合研-名古屋大学-基礎生物学研究所間で、プラズマ生物に関する共同研究を企画し、異分野融合の共同研究を推進した。核融合研-国立天文台-分子科学研究所間で、光渦計測に関する若手異分野融合共同研究企画をサポートし、様々な異分野融合の共同研究提案が出るよう支援した。これらのプラズマ生物や光渦に関する研究は、自然科学研究機構の新分野創成センターにおける研究分野として、将来に向けて開拓を進める活動を行っている。

・富山大学・名古屋大学・同志社大学・静岡大学・京都工芸繊維大学等との間で、DNA 損傷に関する電子顕微鏡観察と計算機シミュレーションの比較相関に関する分野融合型共同研究の企画遂行をサポートするなど、新しい異分野融合の共同研究提案を支援した。

・自然科学研究機構において、同機構内の研究者が出会い・交流する場として「サイトビジット」を毎年度実施している。この運営に協力するとともに、核融合研から若手研究者を中心に毎回複数名が参加することで、異分野融合のための取組を推進している。

自然科学研究機構の「サイトビジット」への参加状況

開催年度	開催日	開催場所	核融合研からの参加者数
平成29年度	2017.7.27~28	国立天文台	9名
	2017.8.28~29	自然科学研究機構岡崎地区	10名
	2017.9.14~15	核融合科学研究所	14名
平成30年度	2019.3.5~6	自然科学研究機構岡崎地区	2名
令和元年度	2019.8.20~21	核融合科学研究所	7名

・令和元年 10 月に名古屋大学低温プラズマ科学研究センターとの連携・協力の推進に関する協定書を締結し、令和2年度から同協定書に基づいてクロスアポイントメント制度による研究者の相互人材交流を開始するなど、プラズマ科学を活用した新たな科学技術の創造に向けて、大学等との更なる連携を推進している。

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(結果)大学と協力し、研究環境を活用して当該分野の後継者の育成等に取り組んでおり、条件を満たす。

【設定した指標】

・総研大・核融合科学専攻の受験者数、合格者数、入学者数、学位授与数

・総研大物理科学研究科核融合科学専攻(5年一貫制)の受験者数は、平成 30 年度まで5~7名程度であったが、令和元年度から入学試験を8月と1月の2回にした結果、10 名を超える受験があり、入学者も同年度はこれまでの1~3名から5名に増加している。

・受験生については、平成 27 年度から専攻広報委員会を立ち上げ、大学・高専への出張講義や SNS を使った積極的な広報活動、大学院入試説明会の複数回の開催(東京、名古屋、大阪、核融合研)、核融合研での大学院生向け講演会(令和元年9月)の開催等、国内の優秀な学生の確保に努めている。また、優れた留学生の確保を目的として、毎年1月にタイで開催している「アジア冬の学校」に加え、令和元年度から Санкт-Петербург 工科大学と「ロシア夏の学校」を合同開催している。

・教育指導については、理工学者に必要となる演習の実施(9課題)、教員/学生比率が高い総研大のメリットを生かした複数指導体制、専攻全体における指導状況管理、年に1度以上の海外渡航(短期及び長期)を推奨しており、学生の国際力の強化にも尽力している。学位取得状況は、平成 28 年度3名・平成 29 年度6名・平成 30 年度4名・令和元年度4名となっており、標準年限(5年一貫制の場合は5年、3年次編入の場合は3年)内での学位取得ができるよう、計画的な教育指導を行い、優れた研究環境を活用して主体的に後継者の育成に取り組んでいる。

・総研大では、海外大学との国際共同学位プログラムとして、双方の教員が学生に対して共同で学位指導を行い、両大学がそれぞれ学位を授与するプログラムを構築している。これを活用し、核融合科学専攻では、令和2年に中国・西南交通大学と学術交流協定及び共同学位プログラムに関する協定を締結し、西南交通大学の大学院生に対して共同指導を開始した。

・今後の方向性として、優秀な人材を確保する観点から、高等専門学校や大学等への出張講義回数の増加、大学院入試説明会の強化、SNS 等を用いた広報の更なる強化に努める。在学生についても、教育体制の強化（専攻委員会に対する毎年の指導計画書提出の義務化）やメンタルヘルス対策にも努める。

核融合科学専攻における出願者数、受験者数及び合格者数

年度	一般入試								特別選抜								合計							
	5年一貫				3年次編入				5年一貫				3年次編入				5年一貫				3年次編入			
	出願者数	受験者数	合格者数	入学者数	出願者数	受験者数	合格者数	入学者数	出願者数	受験者数	合格者数	入学者数	出願者数	受験者数	合格者数	入学者数	出願者数	受験者数	合格者数	入学者数	出願者数	受験者数	合格者数	入学者数
2015	6	5	3	3	2(1)	2(1)	2(1)	2(1)	0	0	0	0	4(4)	4(4)	3(3)	3(3)	6	5	3	3	4(4)	4(4)	3(3)	3(3)
2016	4(1)	4(1)	3	2	1	1	1	1	1(1)	1(1)	1(1)	1(1)	0	0	0	0	5(2)	5(2)	4(1)	3(1)	1	1	1	1
2017	7	7	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2(2)	2(2)	2(2)	1(1)	7	7	4	1	2(2)	2(2)	2(2)	1(1)
2018	4(1)	3	2	1	2	2	2	2	1(1)	1(1)	1(1)	1(1)	0	0	0	0	5(2)	4(1)	3(1)	2(1)	2	2	2	2
2019	12(5)	11(5)	6(4)	5(4)	3(2)	3(2)	3(2)	3(2)	0	0	0	0	2(2)	2(2)	1(1)	0	12(5)	11(5)	6(4)	5(4)	5(4)	5(4)	4(3)	3(2)

(○)は留学生数

【検証する観点】 ②(結果)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、大学院教育に積極的に取り組んでおり、条件を満たす。

【設定した指標】

- ・連携大学院生、特別共同利用研究員の学生数の推移
- ・大学院生の共同研究への参加状況

・核融合研では、名古屋大学大学院工学研究科・理学研究科、九州大学総合理工学府、東京大学大学院新領域創成科学研究科、北海道大学、富山大学と連携大学院に係る協定を締結しており、平成 27 年度から5年間の連携大学院生数は、13 名・10 名・16 名・24 名・29 名と増加傾向にある。平成 30 年度からの増加は、東京大学大学院新領域創成科学研究科と協定を締結し、新たに連携大学院に加わったことが理由である。

・特別共同利用研究員について、平成 28 年度から4年間の人数は、14 名・14 名・14 名・15 名となっており、海外を含め 13 大学から学生を受け入れている。核融合研に常駐している学生には、研究指導に加え、総研大授業及び研究に必要となる知識や技術を教授する大学院特別講座を開講し、幅広い教育機会を設けている。

・核融合研が実施する共同研究のうち、双方向型共同研究・LHD 計画共同研究・一般共同研究に共同研究者として参画する大学院生数は、平成 28 年度から4年間で、432 名・483 名・453 名・498 名となっており、国内の国公立大学や海外の大学等から毎年度 400 名以上の大学院生が共同研究に参画するなど、共同研究の枠組みを通じて、積極的に大学院教育に関与している。

【検証する観点】 ④(結果)若手研究者(海外研究者を含む)の採用と育成に積極的に取り組んでおり、条件を満たす。

【設定した指標】

- ・若手研究者の採用状況、若手研究者の海外派遣実績、海外若手研究者の育成状況

・若手研究者数(35 歳以下の助教・准教授)について、平成 28 年度から4年間の人数及び全研究教育職員における割合は、19 名(15%)・20 名(16%)・21 名(16%)・17 名(14%)であり、研究プロジェクトの一員としての研究活動経費の援助を行うとともに、国内外における学会発表を積極的に奨励するなど、若手研究者の育成に積極的に取り組んでいる。また、研究力強化戦略室において若手研究者の長期海外派遣を強くサポートしており、平成 28～令和元年度に延べ 31 名を派遣し、若手研究者の国際力向上に努めている。

・博士研究員(COE 研究員)については、Ⅲ章の観点④に記載のとおり、外国人を積極的に雇用しており、同研究員のうち外国人の人数は、平成 27 年度から5年間で6名・6名・4名・7名・9名と増加傾向にあり、海外若手研究者の採用と育成に努めている。

【検証する観点】 ⑤(結果)女性研究者の採用、他分野からの採用に積極的に取り組んでおり、条件を満たす。

【設定した指標】

・女性研究者の採用状況、他分野からの採用状況

・女性研究者数は、平成 28 年から4年間で、5名・5名・7名・8名と増加している。公募に当たっては、公募文に「実力が同等であれば女性を採用する」ことを明記しており、女性研究者数の増加に尽力している。

・異分野からの研究者の雇用など、人材の多様化にも取り組んでおり、基礎生物学分野及び天文科学分野からそれぞれ女性研究者を採用し、新分野創成に向けた取組も進めている。さらに、平成 30 年には企業を定年退職した高度技術者を特任専門員として雇用し、知識・経験を活かした技術開発及び後進の育成に取り組んでいる。

【検証する観点】 ⑥(結果)先端的・国際的な共同研究等に大学院生を積極的に参加させており、条件を満たす。

【設定した指標】

・共同研究へ参画している大学院生数

・交流協定に基づく国際協力事業による大学院生の海外派遣

・核融合研が実施する三つのカテゴリーの共同研究(双方向型共同研究・LHD 計画共同研究・一般共同研究)は、LHD 計画プロジェクトをはじめ、広範で先端的な核融合関連分野をほぼ網羅している。これらの共同研究に参画する大学院生数は、観点②で示した通り、平成 28 年度から4年間で、432 名・483 名・453 名・498 名となっており、毎年度 400 名以上の大学院生に対して共同研究の枠組みの下で研究指導を行い、人材育成に取り組んでいる。

・政府間協定に基づく、日米・日中・日韓・日欧等の国際協力事業の下で実施している国際的な共同研究に、大学院生を積極的に参加させることを通じて、人材育成を行っている。

国際協力事業に基づく国際交流実績(学生派遣)

		平成27年度		平成28年度		平成29年度		平成30年度		令和元年度	
		派遣		派遣		派遣		派遣		派遣	
		件数	人・日	件数	人・日	件数	人・日	件数	人・日	件数	人・日
日米	事業全体	76	860	78	813	71	777	78	924	59	887
	(うち学生)	3	104	6	105	7	68	5	52	8	264
日中	事業全体	37	243	45	232	38	237	31	183	17	100
	(うち学生)	2	14	15	69	2	11	2	10	0	0
日韓	事業全体	33	172	63	289	34	157	68	269	27	100
	(うち学生)	1	4	21	81	2	6	5	16	5	17
日欧	事業全体	7	57	7	69	7	77	5	61	4	53
	(うち学生)	0	0	0	0	0	0	0	0	1	22
日中韓フォーサイト	事業全体	32	193	43	275	3	14	事業の実施期間は、平成29年7月まで			
	(うち学生)	2	13	5	53	1	5				

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(結果)産業界等に研究設備の提供や情報発信をしており、条件を満たす。

【設定した指標】

・産業界への研究設備や研究成果の公開などの情報発信・情報公開状況

・核融合研は様々な機会を利用して、産業界等へ利用可能な研究設備や、これまでの研究成果などについて分かりやすく紹介している。一例として、国内最大規模の産学マッチングイベントである「イノベーション・ジャパン～大学見本市&ビジネスマッチング～」に毎年度出展し、企業関係者との情報交換や共同研究についての意見交換等を行っている。その結果、レーザー光学デバイス用の透明セラミックスに関する研究など、民間等との新たな共同研究に繋がった。

・産業界等との共同研究を進めるためのシーズ集として、核融合研のホームページで共同研究等に利用できる研究設備・技術等を紹介している。自然科学研究機構で作成した、研究シーズ・特許パンフレットにおいても多数紹介されており、産業界等が利用可能な研究設備・研究成果等について、分かりやすい情報発信に努めている。

自然科学研究機構の研究シーズパンフレットの目次 (黄色ハイライトが核融合研関係)

機構長挨拶	1	AI視覚による 歩行者・運転者・遠隔操作等の視覚支援ツール 基礎生物学研究所・准教授 渡辺 英治	11	真空容器内超型クライオポンプ 技術開発技術課 村瀬 尊則	20	集束イオンビーム/ 電子ビーム加工観察装置(FIB-SEM) nanoDUE™ NB5000 核融合システム研究系 梶谷 政行	28
機構の概要	2	高分子固定化触媒の調製プロセスの確立 分子科学研究所・教授 魚住 泰広	12	超塑性金属を用いた異材接合における 熱応力緩和 核融合システム研究系 能登 裕之	21	透過型電子顕微鏡(TEM) JEM-2800 核融合システム研究系 梶谷 政行	29
研究シーズ		【一斉警報通知防災システム】構想の 実現に向けた社会実験 分子科学研究所・技術課長 繁政 英治	13	大量の水蒸を溜め込まない 再生不要のクライオポンプ 核融合システム研究系 宮澤 順一	22	高温静水圧焼結結合試験装置(HIP装置) 核融合システム研究系 室賀 健夫、菱沼 良光、 能登 裕之	30
中赤外短パルスレーザーによる 新規樹脂フィルム加工法 核融合システム研究系・准教授 上原 日和	5	特 許		液体の安定な自由表面流を生成する仕組み 核融合システム研究系 宮澤 順一	23	赤外線イメージングビデオポロメーター 高温プラズマ物理研究系 ピーターソン バイロン	31
鉄道車両・大型建機用の長寿命接点材料の研究 核融合システム研究系・技術課 村瀬 尊則	6	複合超電導体及び複合超電導体の製造方法 装置工学・応用物理研究所 三戸 利行、高畑 一也 核融合システム研究系 田村 仁	15	曲げやすく丈夫で冷やしやすい高温超伝導体 核融合システム研究系 宮澤 順一、田村 仁、 後藤 拓也	24	赤外線イメージングビデオポロメーター用 金属薄膜検出器 高温プラズマ物理研究系 ピーターソン バイロン	32
有限要素解析コードを用いた 熱、構造、電磁場等の解析 核融合システム研究系・技術課 村瀬 尊則	7	超型マイクロ液製鉄炉 装置工学・応用物理研究所 高山 定次	16	アルミナ分散強化銅のろう付接合方法 核融合システム研究系 梶谷 政行	25	マイクロ波・ミリ波帯の電氣的絶縁導波管 プラズマ加熱物理研究系 下妻 隆、久保 伸 加藤技術課 小林 策治	33
小型で高出力な中赤外Er:YAPレーザーの開発 核融合システム研究系・准教授 安原 亮 核融合システム研究系・助教 上原 日和	8	自動振動式ヒートパイプ冷却超伝導マグネット 装置工学・応用物理研究所 三戸 利行	17	超高温負荷試験装置(ACT2) 核融合システム研究系 梶谷 政行	26	大電力ミリ波発生装置 プラズマ加熱物理研究系 下妻 隆	34
マイクロプロセッサを用いた 多サンプル同時光合成測定装置 基礎生物学研究所・准教授 高橋 優一	9	蒸着装置における蒸発源及び蒸着装置 装置工学・応用物理研究所 高山 定次	18	超解像型走査電子顕微鏡(FE-SEM) JSM-7100F 核融合システム研究系 梶谷 政行	27		
RNA干渉法を用いた 新毒害虫防除法の研究開発 基礎生物学研究所・教授 新美 隆幸	10	有機化合物の合成方法 装置工学・応用物理研究所 高山 定次	19				
						名前検索	35
						キーワード検索	36

核融合研のホームページにおける産学連携シーズ紹介

共同研究で利用できる設備・技術等



【検証する観点】 ②(結果)地域社会等と連携協力するとともに、広く情報発信を行っており、条件を満たす。

【設定した指標】

- ・オープンキャンパス、科学イベント、学術講演会などの実施状況
- ・理科工作・科学実験教室の実施状況、高等学校等の受入れ状況

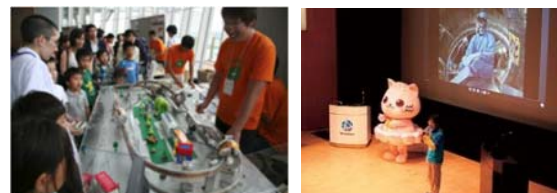
・環境負荷の少ない新たなエネルギー源を手に入れることは、世界全体に共通の最重要課題である。核融合エネルギーを実現することによって、これを解決し、加えて、資源の枯渇がなく、産業や都市機能を維持するような大規模発電を可能とする。核融合研は、核融合エネルギーの実用化に必要な研究を遂行するとともに、核融合研究の必要性や重要性、及び核融合研の研究活動や最新の研究成果等について、地域社会をはじめ広く社会に情報発信するため、オープンキャンパスや科学イベント「Fusion フェスタ in Tokyo」・シンポジウム・市民学術講演会の開催、SNS 配信、地域向け刊行物「ヘリカちゃんからのおたより」の配布等を実施している。特に、「Fusion フェスタ in Tokyo」は毎年ゴールデンウィークの期間に日本科学未来館において開催し、1,800～2,650 名の参加を得ている。

「Fusion フェスタ in Tokyo」平成 30 年度のポスター



「Fusion フェスタ in Tokyo」の実施状況

年度	実施日	会場	参加者数
平成28年度	4月30日(土)	日本科学未来館(東京都)	約1,800名
平成29年度	5月3日(水・祝)	日本科学未来館(東京都)	約2,150名
平成30年度	5月3日(木・祝)	日本科学未来館(東京都)	約2,650名
令和元年度	5月3日(金・祝)	日本科学未来館(東京都)	約1,800名



・地域社会に対しては、LHD における重水素実験など、核融合研の実施する研究プロジェクトの実験内容や安全管理状況等について説明するため、地元自治体である土岐市・多治見市・瑞浪市の公民館等において、平成 18 年度から毎年度6～8月頃に市民説明会を実施しており、毎年 200～300 名が参加している。また、土岐市プラズマ研究委員会との環境放射線測定等により、地域の理科教育に貢献している。さらに、地域の小学校等での理科工作教室や科学実験教室の実施、高等学校等の校外学習の受入れなど、様々な広報・アウトリーチ活動を実施し、科学の普及活動を行っている。

市民説明会の実施回数・参加者の実績と、令和元年度の説明会の様子

	平成27年度	平成28年度	平成29年度	平成30年度	令和元年度
実施回数	23会場	23会場	23会場	23会場	23会場
参加者数	333名	304名	303名	235名	259名



小学校等での理科工作教室・科学実験教室、高等学校等の校外学習受入れの参加者延べ人数と当日の様子

	平成27年度	平成28年度	平成29年度	平成30年度	令和元年度
参加者延べ人数	約2,000名	約2,700名	約2,500名	約2,500名	約2,200名
平成27年度との比較		約700増	約500増	約500増	約200増



・令和元年に、核融合研創立 30 周年記念事業として、土岐市との共催で小学生向けの科学イベントを実施した。これが契機となり、令和2年に土岐市と自然科学研究機構との間で連携協力協定を締結した。この協定を基に、プログラミング教育などの教育支援活動を拡充するとともに、土岐市が有する産業と核融合研の研究活動による共同研究の検討を行うなど、地域産業の振興に貢献している。

【検証する観点】 ③(結果)産学連携活動を通じて、研究成果を広く社会と共有し、新たな展開につなげるとともに、産業界等に貢献しており、条件を満たす。

【設定した指標】

- ・産学連携状況、産学連携を推進するための方策

・民間等との共同研究を毎年度 50 件前後実施することで、研究成果を広く社会と共有している。民間等との共同研究の中には、ITER の超伝導接続部試験など核融合に係る共同研究のほか、異なる分野への産業応用や素材開発のテーマが多く含まれており、民間等との協働・共創を通じて、新たな研究の展開につなげている。

・特許を 40～50 件保有しており、特許の出願件数は増加傾向にある。知的財産戦略委員会において、特許の利用状況等を確認し、適切な管理に努めている。

・自然科学研究機構の中で初めて、クロスアポイントメント制度を利用して、民間企業から研究者を雇用し、産学連携研究を推進した。

核融合以外のテーマに関する民間等との共同研究(平成 30 年度)

共同研究課題
中赤外セラミックディスクレーザの開発
透光性セラミックスの研究開発
マイクロ波加熱を用いた既存焼結材料の有効性の検討
分散強化銅におけるCIPおよび水素還元処理工程に関する研究
半導体微細加工のための分子シミュレーション技術の研究
低温サイフォン方式熱輸送システムの要素試験
接合面(しゅう動面)の基礎的メカニズム解明
タングステン-銅合金冶金接合の三次元形状への応用に関する研究
大型超伝導磁石冷却系の長期間信頼性向上に関する研究
高速データ転送の実証実験研究
大規模ストレージデータの統計学的解析手法の研究
レアアース系高温超伝導線材を用いた先進コイル応用検討
規制緩和、標準化、規格化、安全性評価に関する研究
分子動力学シミュレーションを用いたフェムト秒レーザーアブレーションに関する研究

特許出願と取得件数

機関名	出願件数		取得件数		保有件数		累積取得件数	
	国内	海外	国内	海外	国内	海外	国内	海外
平成28年度	2	0	3	0	45	15	48	15
平成29年度	3	5	2	1	47	10	49	11
平成30年度	7	0	1	0	45	9	46	9

【検証する観点】 ④(結果)研究成果を公開し、実験データ及び各種データベースの公開・保存を行い、社会での利活用を促進しており、条件を満たす。

【設定した指標】

- ・各種データベースの保存・蓄積状況、及び公開・利用状況
- ・プレスリリース等による研究成果の公開の状況

・核融合研が保有する特許について、概要をシーズ集にまとめるとともに、核融合研のホームページで公開するなど、研究成果を公開している。

核融合研のホームページにおける取得特許の紹介



・論文等の作成に使用した資料は、I章の観点③に示したとおり、平成27年から保存している。

・LHD実験データベース(共同研究者に公開)や、原子・分子データベース(一般公開)、核融合科学研究所リポジトリ(一般公開)、核融合アーカイブズ(一般公開)などのデータベースを作成・運用し、共同研究者のみならず一般にも公開するなど、研究成果の利活用に取り組んでいる。特に、原子・分子データベースは、約82万個のデータを有し、最近10年間で40,000回以上のアクセス数がある。同データベースは他の研究分野にも活用されており、中性子星合体により放出された物質からの電磁波放射(キロノヴァ)の観測結果の解析が、国立天文台等との共同研究により進められている。

原子・分子データベースの内容とデータ数、検索回数

データベース名	内容	登録データ件数 (2020年4月3日)	検索回数 (2010年度～2019年度)
AMDIS	電子衝突電離・励起・再結合断面積、速度係数	806,493	24,356
CHART	荷電交換断面積、原子衝突電離断面積	7,662	5,640
MOL	分子の衝突過程断面積	5,489	8,178
SPUTY	スパッタリングイールド	2,349	1,995
BACKS	後方散乱係数	485	693
合計		822,478	40,862

・最新の研究成果を国内プレスリリースにより公開するとともに、平成26年度から、アメリカ科学振興協会(AAAS)が運営するプレスリリース配信サービス「EurekAlert!」を活用し、英語で海外へのプレスリリースを積極的に行うなど、国内外への研究成果の公開を強化している。最近6年間で、研究成果のプレスリリース件数は全体として増加傾向にある。

研究成果の国内プレスリリース件数とEurekAlert!投稿数

年度	研究成果のプレスリリース	EurekAlert!投稿数
2014	2	1
2015	8	6
2016	11	9
2017	8	4
2018	5	3
2019	6	4

・核融合エネルギーの実現に向け、核融合研究について広く社会から更なる理解を得ることが重要であり、「核融合原型炉研究開発の推進に向けて」(平成29年12月18日科学技術・学術審議会研究計画・評価分科会核融合科学技術委員会)に基づき、核融合研究を行う全国の機関が協力し、戦略的なアウトリーチ活動を全国レベルで統合的・一体的に推進するため、平成31年2月に、「核融合エネルギーに関するアウトリーチヘッドクォーター」が発足した。核融合研は、文部科学省の協力の下、QSTと共同で同ヘッドクォーターの運営を行うとともに、文部科学省の核融合研究に関するホームページ開設に協力するなど、広く研究成果等の公開に積極的に取り組んだ。

自由記述

・自己検証にあたって、主な観点に基づく検証に加えて、課題も含めて今後の目指すべき方向性について分析した結果を以下に記載する。

I. 運営面については、令和3年5月から、運営会議の所内委員の占める割合を2分の1以下にし、研究者コミュニティの意向を核融合研の運営に更に反映できるようにする。毎年度の外部評価等を通じて、運営に国内外コミュニティの意見を引き続き反映させる。コンプライアンス確保の施策を引き続き行う。共同研究の募集等の周知のため、メディア利用を拡大する。

II. 中核拠点性については、卓越した研究施設の更なる高度化と共同研究の一層の拡充に取り組むとともに、国際協力の強化を通じて大学の研究力強化に資する。さらに、国際熱核融合実験炉 ITER における核融合燃焼実験や核融合原型炉開発等に向けて、研究者コミュニティに最先端の研究環境を継続して提供するとともに、国内外の研究機関との共同研究の拡大を図る。

III. 国際性については、国際的な中核的研究拠点として、国際共同研究のシーズの探索を継続し、新たな共同研究を立ち上げていく。共同利用・研究環境の更なる改善に努める。引き続き外国人の受入れや採用を進めるなどして、国際的な人材の多様性・流動性の更なる向上に努める。

IV. 研究資源については、LHD の実験データを国内外の研究者が利用しやすくするための設備整備、共同研究者が LHD の実験に参加しやすくするための「遠隔実験参加」の推進、プラズマシミュレータの更なる高性能化と国内外の研究機関と連携したシミュレーションコードの開発、工学研究設備の国際共同研究を更に進めるための情報発信などを推進する。

V. 新分野の創出については、既存の分野融合等の共同研究の成果を更に発展させ、新たな外部資金を獲得し、新分野創出に繋げる。また、自然科学研究機構の新分野創成センターに新たな分野を提案するなど、新分野の創出の可能性を探る。

VI. 人材育成については、核融合研究分野で必要な人材育成体制の強化に取り組む。従来の教育体制を強化するとともに、巨大で複雑な核融合炉開発プロジェクトを牽引するエキスパートを養成するため、令和2年度から新たに特別研究員制度を創設し、国際力・マネジメント力・俯瞰力等において卓越した理工学者を育成する。

VII. 社会との関わりについては、核融合エネルギーに関するアウトリーチヘッドクォーターの共同運営を引き続き行うとともに、大学及び研究機関とのネットワークを強化して、核融合に関する一般向け書籍の出版や科学館等での展示、オンラインでの動画配信など様々なチャンネルを利用した全国レベルのアウトリーチ活動を協力して進め、情報発信を拡充し、核融合の社会的認知度を高める。

・今後の体制強化の進め方としては、共同利用・共同研究拠点を含む大学とのネットワークを強化することにより、大学の機能強化・研究力強化に貢献し、学術コミュニティの組織強化と更なる発展に資する。さらに ITER 計画や核融合原型炉開発プログラムへ学術コミュニティから組織的に貢献するとともに、必要な人材育成を進めることにより、全日本的な核融合科学研究体制の強化に努める。