

東京大学アタカマ天文台 (TAO) 計画

① 計画の概要

東京大学アタカマ天文台 (The University of Tokyo Atacama Observatory, TAO) 計画は、南米チリ北部にある標高 5640m のチャナントール山頂に口径 6.5m の大型光学赤外線望遠鏡を設置し、宇宙論から銀河形成進化、星惑星形成まで幅広い天文学・天体物理学・惑星科学の研究成果を創出するとともに、大学望遠鏡として次世代の研究者を育てようとするものである。

チャナントール山頂のサイトは極めて小さい水蒸気量 (PWV メディアン値で 0.85mm)、優れたシーイング (FWHM 0.7 秒角)、良い晴天率 (82%) など、世界トップクラスの観測環境を誇る。天文台として世界最高標高のサイトで広く開いた大気の窓を活用して、赤外線観測に最適化した大口径望遠鏡を設置することにより、これまで観測されたことのない波長域や空間分解能で天文学の重要課題に迫ることが可能である。

1998 年からサイト調査を開始し、気象衛星による調査から候補をチャナントール山に絞り、2006 年に気象モニター・雲モニター装置などを設置、2009 年には 1m の miniTAO 望遠鏡も建設、近赤外線・中間赤外線の観測装置で天体観測を実施して赤外線波長域の大気透過率が期待通り世界トップクラスであることを示した。2009 年の補正予算により観測装置を、また 2012 年の補正予算によって 6.5m 望遠鏡の建設を開始、現在 2020 年後半の試験観測を目指して様々な建設作業を行っている。

完成後は国内の研究者・学生に対して 40% 弱の観測時間を共同利用的に提供するとともに、国際協力も行い、世界最先端の研究成果を創出する。特に大学望遠鏡という特長を活かし、萌芽的研究を重視、博士課程向けの観測時間の優遇や観測装置の共同開発を含め、次世代人材育成にも貢献していく。

② 学術的な意義

TAO 望遠鏡 (図 1) は地上大型赤外線望遠鏡として唯一 30 ミクロン帯や水素パッシェン α 線など、新しい大気の窓を通した観測が可能となる。赤外線はとりわけ遠方の宇宙および比較的低温の天体現象の研究に不可欠であり、銀河形成や宇宙論から、星の生成と進化、また惑星の形成と進化などの大変広い天文学・天体物理学の分野の進展に貢献できる。

SWIMS による広い視野を活かしたサーベイ観測能力は世界第一級で、将来の 30m 級超大型望遠鏡や衛星望遠鏡などへ赤外線サーベイ観測に基づく重要な観測提案を行うことができる。例えば巨大ブラックホールへの降着物質が輝くクエーサーについて、最遠、すなわち宇宙初期まで探査が可能である。クエーサーの明るさの変動を調べると、距離測定も可能であり、最も遠方まで宇宙膨張の変化を調べることも可能となる。近赤外線での超新星の観測によっても、高精度の宇宙膨張測定が可能となり、これらの手法をあわせて、現代物理学最大の謎の一つ、ダークエネルギーの謎に迫ることが可能である。また中間赤外線においても、MIMIZIKU を用いて微惑星と呼ばれる形成途中の惑星の一部が衝突して輝く様子を統計的に調べたり、水分を含む岩石が表面に分布する小惑星の割合を調べたりして、惑星形成の謎に迫ることができる。また最近検出されはじめた重力波信号を追観測することにより中性子星の合体現象によって金やプラチナなどが元素合成される様子を詳しく調べ、原子核物理学へ貢献することもできる。

望遠鏡に向けて開発される最先端・最高感度の検出器などの技術は、生物学・医学・化学などの分野における光赤外線測定においても、精度、時間分解能、探査能力などを高め、これらの分野におけるブレークスルーをもたらせることが期待できる。さらに、望遠鏡や観測装置の制御、天体情報の処理においては大量データの高速度処理などにおいて、情報科学の発展にも貢献する。

③ 国内外の動向と当該研究計画の位置づけ

世界に口径 6.5m 以上の光学赤外線望遠鏡は 16 台が稼働中であるが、日本はすばる望遠鏡が北半球に 1 台あるのみである。南半球には ALMA 電波干渉計があり、またマゼラン星雲など重要な天体も存在する。X線衛星望遠鏡や赤外線衛星望遠鏡などは基本的には全天を観測すること等を考えるとき、日本が南半球に 6.5m 光学赤外線望遠鏡を有する意義は大変大きい。また、30m 級望遠鏡が世界に 3 台建設され始めたが、これらの望遠鏡では観測装置すら構想から製作まで 10 年を要する規模となっており、若手をいかに育成していくかがより重要になってきている。図 2 に光学赤外線天文連絡会による「2020 年代の光赤外天文学 - 将来計画検討書」に記された図を再掲する。TAO 望遠鏡は TMT30m 望遠鏡などのフラグシップミッションと、絶えず入ってくる学生の間で、数年間で実施できる最先端の科学研究の成果をあげながら、同時に人材育成を誇る重要な位置づけを負うことがコミュニティで確認されている。

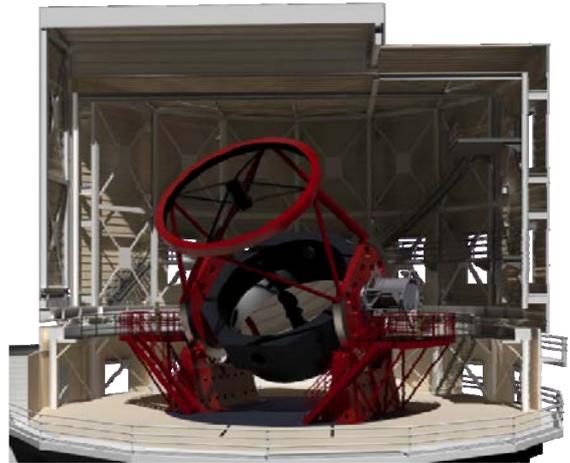


図 1 TAO 望遠鏡

④ 実施機関と実施体制

本計画は東京大学が主体となって実施する。望遠鏡等の建設費や運用費は概算要求として東京大学から政府に提出され、認められてきている全学のプロジェクトである。中心となるのは東京大学大学院理学系研究科附属天文学教育研究センターであり、1974年から木曾観測所シュミット望遠鏡の全国共同利用を40年以上実施した実績を有する。

連携機関としては、自然科学研究機構国立天文台とは望遠鏡完成後の協力可能性の覚書をかわし、赤外線衛星望遠鏡を運用するJAXA宇宙科学研究所とは、衛星計画を含めた連携協力の覚書をかわしている。日本の光赤外線天文学コミュニティである、光学赤外線天文連絡会からは、TAO計画推進支援の運営委員会声明等がだされ、運営体制について運営委員会での議論も行われてきており、将来的に観測プログラムを決定する委員会の設置に協力をうける方針で議論が進んでいる。

また国際協力・国際共同に記したようにCCAT計画とはインフラ（道路・電力・ネットワーク）について共有・協力していくことが基本合意されている。

⑤ 所要経費

建設費は2019年までに約90億円をかけてきており、最終的には約106億円が見込まれている。内訳としては望遠鏡（輸送を含む）に約56億円、ドーム・山頂/山麓施設（蒸着設備を含む）に約42億円、第一期観測装置等に約9億円である。

運用にあたっては、年間予算として電力・道路整備等1.5億円、人件費1.0億円、サイト維持費0.4億円等約3.4億円（このうち約8000万円は既存予算のやりくりと国際協力等で賄う）の見込みである。第二期以降の観測装置は科学研究費・国際協力等により開発していく予定である。

運用期間は観測装置を更新しながら長期にわたるのが地上望遠鏡の通例であり、建設中の現段階で見極めるのは困難であるが、本マスタープランが約10年を見通した計画であるということで、本格運用を開始する2021年～2030年を積算すると、34億円、建設費を含めた総額は140億円となる。

⑥ 年次計画

2018年度末の時点で、望遠鏡の3枚の鏡は完成している。主鏡は能動支持機構のついたセルに搭載され調整中である。望遠鏡架台は2018年3月に一度完成したが、台風21号の高潮被害を受け、再製作を行っており、2019年後半に完成予定である。ドーム上部は2019年初めに日本で完成、ドーム下部は2019年に工事をを行い、ドーム全体として2020年前半に完成予定である。2020年半ばから望遠鏡全体を組み上げファーストライトを行い、2021年度から本格科学観測を開始する予定である。2台の第一期観測装置（SWIMS, MIMIZUKU）はいずれも完成し、2018年から2019年にかけて、すばる望遠鏡による試験観測に成功している。第二期装置2台は開発ないし、計画中で、2022年度以降に追加していく。

2021年度からの本格科学運用は基本的には約50km離れたサンペドロデアタカマにある山麓基地から遠隔ないしは自動観測で行い、夜間は緊急時以外無人となる予定である。昼間にデイクルー3名（安全資格保持者含む）が山頂でメンテナンス作業を行う。観測装置のメンテナンスは、研究員3名が交代でデイクルーを指揮して行う。将来的には遠隔観測や自動観測は日本からネットワークを通じて日本の昼間に行えるようにすることを目標としている。これら観測と開発を通じて次世代の人材育成を継続的に進めていく。

世界的にベストな観測サイトに立地した大型望遠鏡であるため、2030年以降も、競争的資金を中心として開発する新規の観測装置によって継続して計画が提案され、人材育成も続くと期待される。

⑦ 社会的価値

われわれの住む宇宙がどのようなになっているのか、宇宙にはどのような物質やエネルギーがあるのか、惑星はどのようにして生まれてきたのか、など、国民の素朴な疑問に答えることは天文学にとって重要である。特にTAO望遠鏡は世界最高標高の天文台に設置され、他にできない観測ができ、知的価値は極めて高い。サイトの特長を活かした最先端の観測装置の継続的開発は、新たな産業の起点となる技術を生み出すことにつながる。東京大学のみならず全国の大学の学生が萌芽的研究にチャレンジできる環境を整え、最先端の科学的知識をもった若手人材を持続的に育成していくことに貢献できる。

⑧ 本計画に関する連絡先

土居 守（東京大学・大学院理学系研究科附属天文学教育研究センター）

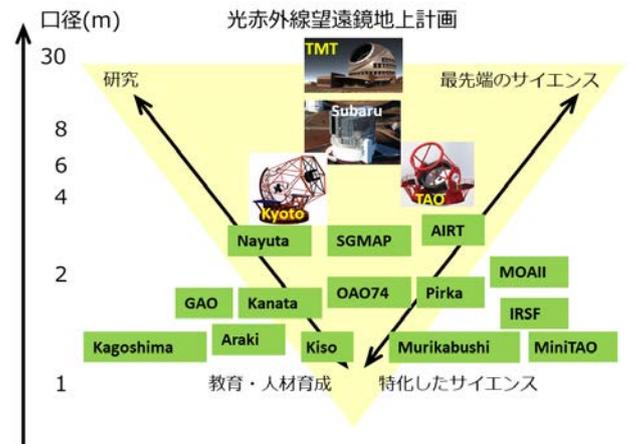


図2 光赤外地上計画（光学赤外線天文連絡会による「2020年代の光赤外天文学—将来計画検討書」図1.7を転載）