

先端技術センターおよびスペースイノベーションセンターにおける 光学システム開発－2025 年度の開発トピック－

○都築俊宏、小原直樹（国立天文台 先端技術センター）

概要

2021 年度の組織改編で先端技術センター（ATC）内に新設された光学設計チームは、光学システム開発を専門に担う組織として、地上・宇宙を問わず多様な観測装置の光学システム開発に貢献し、設計・解析・計測を含む一貫した光学システム開発機能を段階的に強化してきた。本発表では、光学設計チームによる光学システム開発機能の概要、2025 年度の主要開発トピック、そして 2025 年に新設されたスペースイノベーションセンター（SIC）で導入が検討されている最新光学装置について紹介する。

1. 光学設計チームの紹介

光学設計チームは、国立天文台先端技術センターシステム設計グループに属するチームとして、2021 年度の組織改編により発足した。先端技術センターはマトリクス型組織形態を採用しており、縦軸に位置付けられる各グループ／チームが、横軸であるプロジェクト／大学共同利用／企業との共同研究に貢献する体制をとっている¹。光学設計チームは現在 3 名体制であり、台内プロジェクト、大学および研究機関の依頼に応じる形で、2025 年度には台内・台外合わせて 12 件の天文観測装置プロジェクトに参画した。担当業務は、光学設計／解析、光学計測、光学性能評価、光学系の組立／調整、ならびに光学素子の要素技術開発研究など、光学システム開発全般にわたる。これまでの主な開発実績として、太陽観測ロケット実験（CLASP1/2）、太陽観測気球望遠鏡用赤外線偏光分光観測装置（SUNRISE-III/SCIP）、太陽観測衛星搭載用極端紫外線分光光学系（SOLAR-C/EUVST）、重力波望遠鏡用補助光学系（KAGRA）、せいめい望遠鏡用 3 チャンネル面分光光学系（Seimei/TriCCS/IFU）、30m 望遠鏡用観測装置の光学系概念設計（TMT/IRIS、TMT/WFOS）、ならびに電波望遠鏡用観測装置の光学系（南極望遠鏡搭載カメラ用光学系、および、グリーンランド望遠鏡搭載カメラ用光学系）などが挙げられる。

2. 2025 年度の主要開発トピック

2025 年度の主要な開発トピックは以下のとおりである。

(a) 粒子コンタミネーション散乱による迷光の影響解析手法の確立：

SOLAR-C 主鏡表面に付着する粒子コンタミネーションが可視光および紫外光の迷光に与える影響について、照明解析ソフトウェアである LightTools を用いた解析手法を確立した。本手法による評価の結果、SOLAR-C における清浄度要求は、迷光の観点からは許容可能であることを示した。

¹ https://atc.mtk.nao.ac.jp/wp-content/uploads/2025/03/Organization_20250401.png

(b) 偏光透過波面計測手法、偏光分光計測手法の確立：

KAGRA 用サファイア鏡を対象とした偏光透過波面測定手法（図 1）および、KAGRA 用サファイア基板の偏光透過スペクトル測定手法（図 2）を確立した。

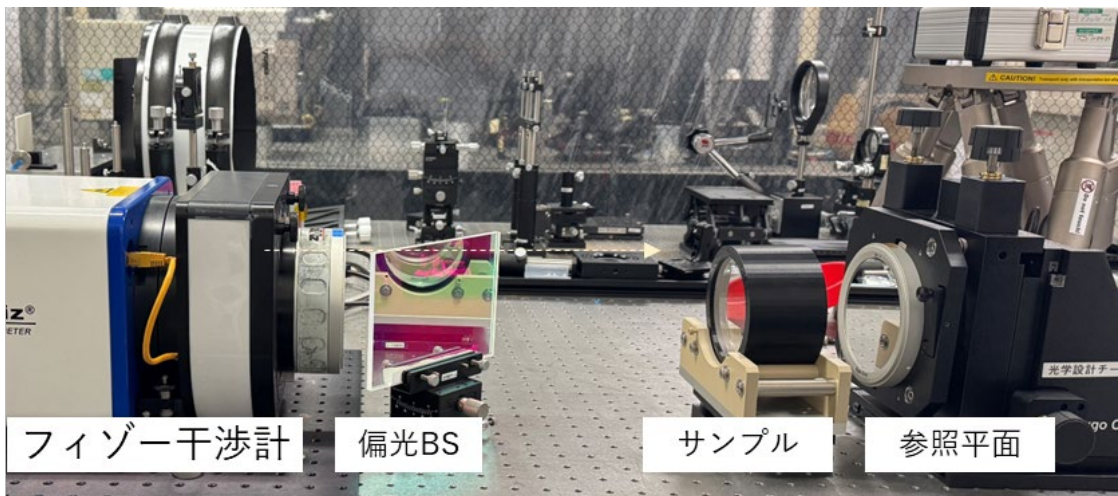


図 1 KAGRA 用サファイア鏡の偏光透過波面測定セットアップ

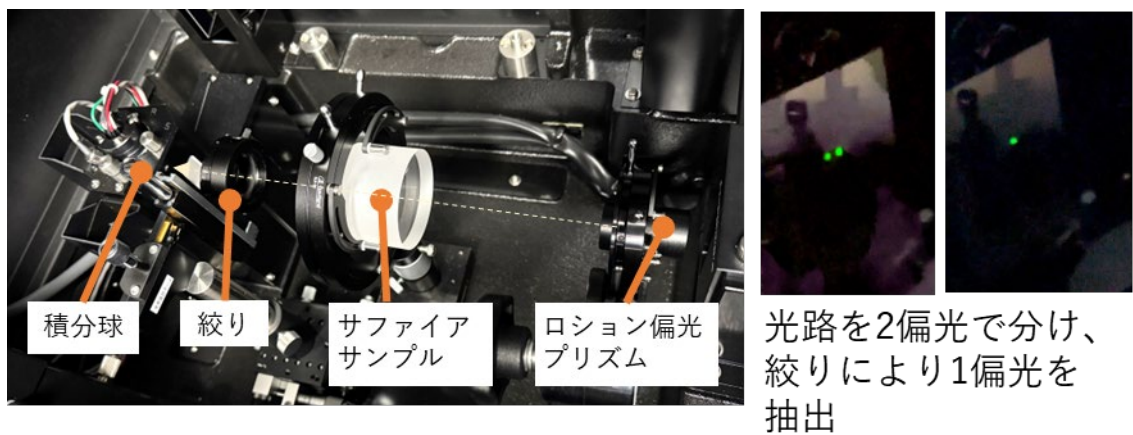


図 2 KAGRA 用サファイア基板の偏光透過スペクトル測定セットアップ

(c) 光学設計指導：

大学からの ATC 共同研究開発申請に基づき、TAO 望遠鏡用観測装置 SWIMS/IFU、ニュージーランド B&C 望遠鏡用観測装置 ATEA、SaCRA 望遠鏡用観測装置 MuSaShi2 の各光学系開発に関与した。これらを通じて、若手研究者および学生に対する光学設計指導を実施した（図 3）。




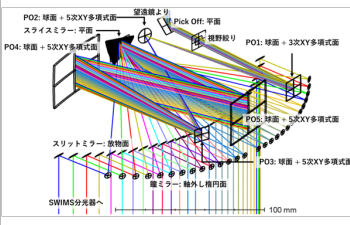
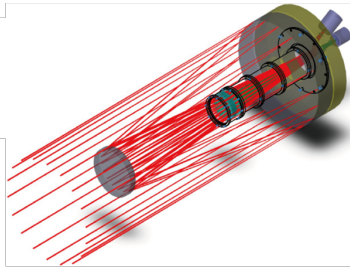
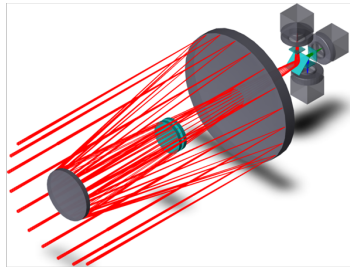
	▶ TAO望遠鏡 SWIMS/IFU	▶ ニュージールランド B&C望遠鏡 ATEA	▶ SaCRA望遠鏡 MuSaSHI2
対象	 若手助教 (ATC) 設計指導/相談対応	 修士2年生 (大阪大学) 設計/解析指導、開発支援	 若手PD (埼玉大学) 設計指導、開発支援
光学系			
指導成果	<ul style="list-style-type: none"> 自由曲面を使用した全反射面分光装置の光学設計解に到達 公差解析を実施中 	<ul style="list-style-type: none"> 光学設計/解析全般を実施 (公差解析、バッフル設計、エラーバジェット策定、仕様書作成 etc.) 2026年3月 第1次インストール予定 修士学位論文 (見込) 	<ul style="list-style-type: none"> 光学設計を実施 光学素子の配置FIX 2026年度インストール予定
発表	<ul style="list-style-type: none"> 天文学会2026年会 (予定) SPiE2026 (予定) 	<ul style="list-style-type: none"> 可視赤外線観測装置技術WS 天文学会2025年会 	第16回光赤外線天文学大学間連携 (OISTER) ワークショップ

図3 2025年度に実施した光学設計指導の概要

3. 保有光学装置と今後導入予定装置

先端技術センターはこれまで、すばる望遠鏡搭載観測装置、補償光学装置、気球・観測ロケット搭載装置、ならびに太陽観測衛星「ひので」に搭載された望遠鏡の開発に貢献してきた。これらの開発に対応するため、先端技術センターは多様な光学計測装置を保有している。現在、先端技術センターの光学実験室に設置されている主な装置を以下に示す。これらの装置は、「ATC 共同開発研究/施設利用」および「SIC」の枠組みにおいて利用可能である (ただし、AccuFiz およびヘキサポッドは光学設計チーム管理のため、使用については要相談)。

- UV-VIS-NIR 分光光度計 (島津製作所、UV-3600i Plus,)
- UV-VIS-NIR 分光光度計 (島津製作所、SolidSpec-3700)
- 非接触式三次元測定機 (三鷹光器、NH3-SP)
- 測定顕微鏡 (ニコン、MM-40)
- ワンショット 3D 形状測定機 (キーエンス、VR-3200)
- フィゾー干渉計 (Zygo、GPI-XP)
- フィゾー干渉計 (4D technology、AccuFiz E100S)
- ヘキサポッド (PI、H850.H2)

この他、光学設計チームが保有し条件付きで使用可能な装置として以下が挙げられる。

- Fizeau 干渉計 (AccuFiz) 用平行平板測定用オプション光源
- Fizeau 干渉計用高精度平面原器 (Zygo、 $\lambda/50$ PVr)
- Fizeau 干渉計用高精度球面原器 (Zygo、F/7.1、 $\lambda/20$ PVr)
- 高速高精度オートコリメータ (トライオプティクス、TriAngle UltraSpec 300-57)
- オープンクリーンベンチ (興研、KOACH C900-F)

さらに、2025年度から2026年度にかけて、SICの枠組みにおいて以下の装置を導入予定である。これらの装置の利用は、原則として宇宙ビジネスを実施している、あるいは今後実施予定の企業を対象としている。

- 高精度散乱測定機（Keysight、REFLET 180S）
- 全光束散乱測定機（Keysight、TIS Pro）
- 高分解能レーザー干渉計（機種選定中）

4. まとめ

光学設計チームは天文光学装置の光学システム開発を担うエンジニアチームであり、依頼に応じる形で、2025年度には台内・台外合わせて12件の天文観測機器プロジェクトに参画した。2025年度の主な取り組みとして、(1) 粒子コンタミネーションによる迷光評価手法の確立、(2) 偏光透過波面計測手法の確立、(3) 偏光分光測定手法の確立、(4) 学生・若手研究者に対する光学設計指導を実施した。ATCは多様な光学計測装置を保有しており、今後はSICにおいても最新の光学装置が導入される予定である。これらの開発機能および計測装置は、ATC共同研究開発やSICの枠組みを通じて利用可能（一部要相談）であるため、積極的な活用を期待する。