

日本天文学会早川幸男基金渡航報告書

2026 年 6 月 10 日採択

申請者氏名	米田隼 (会員番号 9209)
連絡先住所	〒 181-0015 東京都三鷹市大沢 2-21-1
所属機関	東京大学大学院理学系研究科附属天文学教育センター
職あるいは学年	M2
任期 (再任昇格条件)	
渡航目的	研究集会での口頭発表
講演・観測・研究題目	Development of a Rayleigh laser guide star system using a SPAD-based wavefront sensor with built-in range-gating
渡航先 (期間)	デンマーク (2025 年 7 月 3 日～7 月 12 日)

本渡航では、2026 年 7 月 5 日から 7 月 10 日にかけてデンマーク・コペンハーゲンで開催された国際会議 SPIE Astronomical Telescopes + Instrumentation 2026 に参加した。本会議は、ガンマ線から電波、地上望遠鏡から宇宙望遠鏡に至るまで、天文学における観測装置および技術を幅広く網羅する世界最大の国際会議である。申請者は中小望遠鏡の補償光学 (AO) 装置に必要な低コストのレーザーガイド星であるレーリレーザーガイド星システムを発展させる研究を行っている。本研究は、レンジゲート機能を持つ最先端の SPAD イメージセンサーを波面センサーに利用することで、従来必要だったポッケルスセル等の外部シャッター機構が不要な単純で小型の装置を実現するものである。これにより、複数のレーリレーザーガイド星を使用する装置を中小望遠鏡に搭載し、より広視野で回折限界に近い角度分解能を実現できる。本会議では、この独自手法に関する口頭発表 "Development of a Rayleigh laser guide star system using a SPAD-based wavefront sensor with built-in range-gating" を行った。発表は 7 月 8 日午後に無事に完了し、会場からは高い関心が寄せられ、講演後も多くの参加者と活発な意見交換を行うことができた。

会場では、本研究の重要な先行研究であるハワイ大学 2.2m 望遠鏡の AO 装置 Robo-AO の PI である Christoph Baranec 氏と密な意見交換を行った。昨年 7 月にハワイ大学 2.2m 望遠鏡を見学した際に申請者が提示したアイデアを契機に、同氏が検討したオンチップゲーティング機能を持つセンサーの性能とコストや、Robo-AO でのポッケルスセルの消光比など、実践的な知見を共有いただいた。

また、カナダ国立研究機構の AO プロジェクト REVOLT の Maaïke van Kooten 氏との議論では、同チームも申請者と同様のコンセプトを検討中であることがわかった。すでに焦点面に導入されている小型 SPAD イメージセンサーの実装状況や観測成果、今後のプロジェクト方針について具体的な情報交換を行った。特に、我々の課題である紫外域での感度の低さについて共有したところ、同チームには SPAD イメージセンサーの設計を担当するメンバーが在籍していることから、紫外線レーザーを用いたレーリレーザーガイド星に特化した紫外線感度の高い SPAD イメージセンサー開発の可能性についても議論が及び、今後の協力関係に向けた基盤を構築できた。

加えて、他機関の研究者との交流も積極的に行った。Reed Riddle 氏とはカメラ制御や紫外線感度に関する技術的質疑に対応し、座長を務めた Sam Ragland 氏とは SPAD イメージセンサーの AO 応用に関する将来性を議論した。また、ESO からの参加者とは、多数の中小望遠鏡から光ファイバーで可視光分光器へ導くシステムについて議論した。分光に使用する可視波長帯を避けてレーザー波長を選択できるレーリレーレーザーガイド星がこのシステムには適しており、従来の外部シャッター装置に比べて扱いが容易な申請者の手法が多数の望遠鏡を使用するシステムに有効であるとして強い関心が寄せられ、活発な意見交換を行うことができた。

会期中は連日にわたり AO セッションが開催され、最新の研究動向を包括的に調査した。大望遠鏡における装置開発の進捗や可変副鏡をはじめとする次世代 AO 技術、系外惑星観測に向けた極限 AO の動向に加え、レーザーガイド星の主流な方式であるナトリウムレーザーガイド星の進展について、100W 級の高出力レーザーや uplink tip/tilt 推定のためのポリクロマティックレーザーについての動向を把握した。Robo-AO の次世代型である Robo-AO-2 の報告からは、波面再構成の計算遅延や観測オーバーヘッドの削減といった実運用上の課題が示され、申請者の今後の開発に向けた重要な示唆を得た。また、AO への機械学習の応用研究も盛んであり、変調を加えた非線形なピラミッド波面センサーの波面再構成や、観測時間を効率的に計画する目的のシーイング予報などの研究が精力的に進められていた。

ポスターセッションにおいても申請者の研究計画や関連研究に直結する有益な情報を収集した。中小望遠鏡への MCAO 装置導入計画は申請者の研究コンセプトと類似点が多く、有用な知見が得られた。衛星通信用 AO における uplink jitter に関しては、レーザーガイド星の propagation delay を利用して推定された uplink tip/tilt と衛星からの downlink tip/tilt 情報を、ハイパス・ローパスフィルターを挟んで合成して推定する手法が申請者の関連研究にとって興味深い研究であった。

AO セッション以外にも多数の興味深い研究があった。SPAD イメージセンサーの応用として強度干渉計の研究があり、波面センサー以外の側面からも本デバイスの利用可能性と技術課題を確認できた。また、紫外領域で高い光子検出確率を実現する独自開発 SPAD イメージセンサーの報告もあり、今後のデバイス選定やシステム検討に有益な情報を得た。

今回の渡航では研究成果を国際的な場で発表して評価を得られたのみならず、今後の研究発展に直結する重要な知見と人的ネットワークを得ることができた。今後は新方式レーリレーレーザーガイド星のオンスカイ実験を進め、観測での実運用や MCAO による広視野化にむけて研究を進めていく。

最後に、ご支援をいただきました早川幸男基金の関係者の皆様をはじめ、指導教員の峰崎岳夫特任教授、東京大学天文学教育研究センター事務室など、渡航をサポートして下さった皆様に感謝申し上げます。