

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	倉島啓斗 (会員番号 8652)
連絡先住所	〒 181-0015 東京都三鷹市大沢 2-21-1 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
所属機関	東京大学
職あるいは学年	D1：学振
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	Characterization and on-sky evaluation of a large-format SPAD image sensor for astronomy
渡航先 (期間)	デンマーク (2026 年 7 月 3 日～7 月 12 日)

2026 年 7 月 3 日から 7 月 12 日にデンマーク・コペンハーゲンで開催された、天文観測装置・検出器分野の国際会議 SPIE Astronomical Telescopes + Instrumentation 2026 に参加した。これまで私が取り組んできた次世代検出器の評価結果を、筆頭著者として口頭発表 “Characterization and on-sky evaluation of a large-format SPAD image sensor for astronomy” を行った。また、私が第二著者となっているポスター発表 “Development of Laguna: an optical instrument complex for the TAO 6.5-m telescope” も行った。

現代の可視光天文学において、検出器の性能は観測の限界を決定付ける重要な要素である。現在主流の量子型検出器である CCD や CMOS イメージセンサは、信号を読み出す際に、有限の「読み出しノイズ」を伴う。高速撮像観測や高速低分散観測、高分散分光観測のように単一露光で得られる信号が極めて少ない観測において、読み出しノイズは検出感度の支配的な制限要因となってきた。この読み出しノイズによる検出限界を打破する次世代技術として、私は Single Photon Avalanche Diode (SPAD) イメージセンサに着目した。SPAD イメージセンサは、降伏電圧を超える高い逆バイアス電圧による光電子の加速で大量の二次電子を生成する、なだれ効果型の光子計数センサを 2 次元に並べた次世代アレイセンサである。読み出しノイズがゼロという特長を持つことから、読み出しノイズが支配的な観測において単光子検出レベルへの劇的な感度の向上が期待できる。

そこで本研究では、天文学への SPAD イメージセンサの導入のために、キヤノン社製の 2k×1k 大フォーマット SPAD イメージセンサ試作品に対する、実験室での性能評価と世界初となる大口径望遠鏡での試験観測を実施した。実験室評価においては、デジタルカウンタの飽和に至るまで良好な線形性と、ポアソン統計に従う振る舞いを確認した。また、読み出しノイズが実験の測定限界 $0.1 e^-$ 以下であることを確認した。さらに、ダークカウントレートが冷却により指数関数的に減少し、 $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ において 0.1 count/pix/sec 以下に抑制可能であることを明らかにした。試験観測は、京都大学岡山天文台 3.8 m せいめい望遠鏡にて本センサを設置して実施した。試験観測においても良好な線形性と、理想的なポアソン統計に従う光子計数特性を確認した。さらに、0.1 秒後におけるヒステリシ

スが確認されず、その上限値が 0.02%以下であった。これらの結果は、SPAD イメージセンサが従来の検出器と同等の有用性を持ち、ゼロ読み出しノイズによって感度向上が期待されることを示している。

以上の結果を口頭発表 “Characterization and on-sky evaluation of a large-format SPAD image sensor for astronomy” にて報告した。20 分間の講演時間の中で、SPAD イメージセンサの光子検出および光子計数の仕組みや、私が実施した実験室および試験観測での性能評価の結果を報告し、天文観測装置への導入により期待される新たな観測パラメータ領域を提案した。前日までの同セッションでの講演の聴講やそこでの質疑応答の内容を踏まえ、自身の発表内容の中で誤解が懸念される点を事前に洗い出し、スライドでの強調や口頭での丁寧な説明を工夫したことにより、聴衆には分かりやすく研究内容を伝えることができたと感じている。当日は講演会場で立ち見が出るほど多くの聴衆が集まり、単光子検出器としての SPAD イメージセンサに対する注目度の高さがうかがえた。分野内ではまだ広く知られている検出器ではないようであったが、それだけに多くの関心を集めたものと考えられる。発表後の質疑応答時間はもちろん、セッション終了後の休憩時間や他のセッションにおいても、検出器を専門とする ESO の技術者や、MIT の装置開発研究者をはじめとする多くの方から本発表に対する質問やコメントをいただき、活発な議論を行うことができた。また、興味を持った講演者へ休憩時間に自ら質問しに行った際には、質問内容について深く議論できただけでなく、相手が私自身の講演内容を覚えていてくれたということが複数回あり、自分の研究を国際的に広く発信できていることを実感した。さらに、本学会では自身の研究対象とは異なる波長帯や検出原理を用いた多種多様な検出器の研究発表に触れる機会があり、自身が扱う検出器に対する理解を一層深めるとともに、現在の国際的な研究動向を把握することができた。

ポスターセッションは会期中複数日にわたって開催され、一日あたり数百のポスターが日替わりで掲示された。本ポスターセッションにおいて、私が第二著者となっているポスター発表 “Development of Laguna: an optical instrument complex for the TAO 6.5-m telescope” を行った。本発表では我々が開発中の、東京大学アタカマ天文台 (TAO) 6.5 m 望遠鏡に搭載する可視光観測装置コンプレックス Laguna の開発状況について報告した。Laguna は複数の観測ユニットから構成される装置であり、そのうちの一つのユニットには検出器として SPAD イメージセンサの採用を予定している。私は当該ユニットを含む装置全体の開発を担当している。本ポスターを掲出した際は、内容に関心を持って足を止めてくださった方々に対して装置の詳細を説明し、Laguna が目指す装置コンセプトや、それによって実現を目指す科学目標について活発に議論することができた。こうした議論を通じて、自身が開発を進める装置に対して他の研究者がどのような点に関心を持つのかを直接知ることができ、現在の装置開発の方針を再確認する有意義な機会となった。自身の発表以外にも、限られた時間の中で掲示されたポスターを見て回り、事前に注目していたポスターについて著者と議論を行ったほか、当日新たに関心を持ったポスターについても著者へ直接質問し、議論を深めることができた。

今回の渡航は、初めての国際学会での発表であり、自身の研究を広く発信し多くの方と濃い議論ができた大変貴重な経験となった。最後に、海外渡航に援助いただいた日本天文学会、早川幸男基金および関係者の皆様に深く感謝申し上げる。