

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	佐藤璃輝 (会員番号 9077)
連絡先住所	〒 113-0033 東京都文京区本郷 7-3-1 東京大学理学部 1 号館 西棟 613 号室
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	(1) 研究集会でのポスター発表 (2) 研究集会での口頭発表 (3) 共同研究
講演・観測・研究題目	(1) Probing the Geometry of Low-Ionization Ultra-Fast Outflows in PDS 456 through Soft X-ray Variability with XRISM and NuSTAR (2) Probing the Geometry of Lower-Ionized Ultra-Fast Outflows in the High-Eddington-Ratio Quasar PDS 456 with XRISM and NuSTAR (3) 活動銀河核における超高速アウトフロー
渡航先 (期間)	スペイン・イギリス・イタリア (2026 年 6 月 6 日～7 月 14 日)

このたび、日本天文学会早川幸男基金のご支援のもと、2026 年 6 月 6 日から 7 月 14 日まで、スペイン、イギリス、イタリアへ渡航する機会を得た。本渡航の目的は、2つの国際研究会での発表と、欧州の共同研究者との議論である。まず 6 月 8 日から 11 日にスペイン・エルチェで開催された国際研究会 “The X-ray Universe 2026” に参加し、活動銀河核 PDS 456 の低電離超高速アウトフローに関するポスター発表を行った。続いて 6 月 22 日から 26 日には、イタリア・カリアリで開催された “Breaking the Limits 2026” に参加し、同研究について口頭発表を行った。さらに、2つの研究会の間にイギリス・ダラム大学の Chris Done 氏を訪問し、研究会後には INAF OAS Bologna の Massimo Cappi 氏、トレント大学の Valentina Braito 氏を訪問して、超高速アウトフローに関する議論を行った。

今回発表した研究の主題は、活動銀河核における超高速アウトフロー (Ultra-fast Outflow; UFO) の幾何学的構造である。銀河中心の超巨大ブラックホール (SMBH) と母銀河は互いに影響しながら成長してきたと考えられており、SMBH 近傍から銀河スケールへエネルギーを運ぶ UFO は、その共進化を理解するうえで重要な現象である。特に、UFO の加速機構を理解することは、運動エネルギーや持続時間などの物理量を評価するうえでも重要であるが、いまだ十分には理解されていない。そこで私は、UFO が明瞭に観測されてきた近傍の高光度クエーサー PDS 456 に着目し、XRISM 衛星と NuSTAR 衛星による約 500 ks の同時観測データを用いて、軟 X 線帯域に見られる低電離 UFO の時間変動を解析した。その結果、低電離 UFO の被覆率が時間変動していることを発見し、これを UFO が X 線コロナの前を横切る運動として解釈することで、低電離 UFO がブラックホールから

およそ $4 \times 10^3 R_g$ 以上の距離に位置することを示した。これは、PDS 456 の UFO が速度をほぼ保ったまま、電離状態と距離の異なる層状構造を持つことを示唆する結果である。この幾何構造は UFO の加速機構にも制限を与え、従来提唱されてきた加速機構のうち、降着円盤全体にわたる磁場による磁気遠心力加速とは矛盾する一方、降着円盤内側からの放射圧による加速とは矛盾しないことが分かった。なお、本渡航中に、この成果をまとめた申請者主著の論文を PASJ へ投稿した。

“The X-ray Universe 2026” は、XRISM や XMM-Newton などの X 線観測を軸に幅広い話題が扱われる国際研究会であり、欧州を中心とする X 線天文学コミュニティに本研究を紹介する重要な機会となった。本会議には本研究の共同研究者も多く参加しており、Yerong Xu 氏、Ehud Behar 氏、Pierpaolo Condò 氏らと直接交流し、解析内容や今後の発展について議論を深めることができた。さらに、同じく UFO の時間変動に着目した研究を発表していた Omer Reich 氏とは、吸収スペクトルの時間変動とその物理的解釈について議論した。一方、“Breaking the Limits 2026” は、超エディントン降着や高降着率天体における円盤、風、ジェットの物理を、理論・観測の両面から議論する研究会である。同会議では前述の PDS 456 の結果を口頭発表し、XMM-Newton/RGS の観測データの扱いや、被覆率の時間変動に関する統計的な取り扱いについて助言を得た。また、同じく UFO を主題とする研究で参加していた Francesco Tombesi 氏や Pierpaolo Condò 氏と、XRISM による今後の UFO 観測の展望や輝線成分のシミュレーションについて意見交換したほか、理論研究者の Haojie Hu 氏とは UFO に関する流体シミュレーション、特にクランプ形成の物理的起源について議論した。

共同研究では、本研究の次の展開を具体的に検討した。ダラム大学では Chris Done 氏と、soft excess のモデリングについて議論した。また、UFO に付随する輝線成分の構造を詳細に解析し、今後の研究の指針となる結果を得ることができた。INAF OAS Bologna では Massimo Cappi 氏を訪問し、滞在中にセミナーを行った。XRISM/NuSTAR で得た PDS 456 の UFO ジオメトリを紹介し、PDS 456 に限らず、私が解析を進めている別の活動銀河核 MR 2251-178 の XRISM データについても初期解析の状況を報告し、今後の解析方針について意見をいただいた。トレント大学では Valentina Braito 氏と、PDS 456 の輝線成分の解釈を中心に議論した。特に、異なるスペクトルモデルを用いたフィットや、PG 1211+143 など他の UFO 天体との比較を通じて、PDS 456 の輝線成分をどのように理解すべきかを検討した。また、Swift 長期モニタリングデータを用いたコロナ成分の変動についても意見交換した。このように、今回の渡航では複数の研究会・訪問先で、UFO の輝線成分の解釈とモデリングが重要な論点となった。

本渡航を通じて、国際研究会で自らの研究成果を発信するとともに、PDS 456 の UFO 構造を多角的に理解するための共同研究を具体的に進めることができた。上に述べた研究上の成果に加えて、共同研究者や関連分野の研究者との人的交流を深められたことも、本渡航の大きな収穫であった。国際研究会では昼食や夕食の時間にも共同研究者と継続的に意見交換を行い、研究室訪問では研究室のメンバーとの議論に加えて、街を散策したり海辺を訪れたりする時間を共にする中で、研究以外の話題も交えながら相互理解を深めることができた。こうした交流は、今後の共同研究を進めるうえで重要な基盤になると考えている。最後になりましたが、このような貴重な渡航の機会を与えてくださいまし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ます。