

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	金田優香 (会員番号 8288)
連絡先住所	〒 113-0033 東京都文京区本郷 7-3-1 東京大学大学院理学系研究科天文学専攻
所属機関	東京大学
職あるいは学年	PD：学振
任期 (再任昇格条件)	3 年 (再任不可)
渡航目的	研究集会での口頭発表
講演・観測・研究題目	Hunting starless dark matter subhaloes and wandering intermediate-mass black holes through parallel stellar streams
渡航先 (期間)	カナダ (2026 年 7 月 19 日～7 月 27 日)

本渡航では、2026 年 7 月 20 日から 24 日にかけてカナダ・トロントの Fields 研究所で開催された国際研究集会 ”Near Field Cosmology in the Era of Big Data: Local Group and Beyond” に参加し、口頭発表を行った。本会議は Local Group を中心とする近傍宇宙の観測的宇宙論をテーマとし、Euclid、Rubin/LSST、DESI、SDSS-V といった今後本格化する大規模サーベイを見据えた研究動向について議論することを目的として開催されたもので、観測家・理論家・データサイエンティストが世界各地から集まり、対面参加者はおよそ 70 名であった。レビュー講演、口頭発表、ポスター発表に加え、Euclid・Rubin/LSST・DESI など各サーベイのデータ解析チュートリアルや、テーマ別の討論セッションがあった。私は 7 月 21 日、ステラーストリームをテーマとするセッションにて口頭発表の機会をいただいた。

ダークマターサブハローや中間質量ブラックホールは銀河形成過程を理解する上で重要な構成要素であるが、星やガスを伴わないため電磁波観測による直接検出が困難である。本研究では、これらの見えない重力源との遭遇がステラーストリームに残す力学的痕跡に着目し、単一のストリームがダークマターサブハローや中間質量ブラックホールとの相互作用によって 2 本の平行な構造 (parallel stellar streams) に分裂し得ることを、解析モデルと N 体シミュレーションの両方を用いて示した。この機構は、M31 のハロー中に観測されている互いに平行な Stream C と Stream D などの起源に対する仮説として提案したものである。本研究の特徴は、従来ストリームの伸びている方向の密度低下 (gap) として探索されてきたダークマターサブハローの痕跡に対し、ストリームの伸びている方向に垂直な方向の密度低下 (parallel stellar streams) という新たな痕跡を理論的に提示した点である。加えて、parallel stellar streams を作りうる衝突の頻度の推定や、観測による 6 次元位相空間データを用いてダークマターサブハロー衝突以外の原因で作られた parallel stellar streams と見分ける方法を提案した。本成果は arXiv:2606.10859 として公開済みであり、現在 PASJ へ投稿中である。

gap の研究の第一人者の一人である Denis Erkal 氏からは「ダークマターサブハローのインパクトパラメータをどの程度動かしてもストリームが平行な構造として見え続けるのか」というご質問をいただいた。衝突パラメータ依存性は parallel stellar streams が観測される頻度を見積もるのに重要な影響を与える。これに関しては帰国後シミュレーションを走らせ検証を行っており、parallel stellar streams を作れるインパクトパラメータを絞っている。

加えて、ステラーストリームのレビュー講演を行った Kathryn Johnston 氏からは parallel stellar streams を作りうる衝突の頻度の推定値が直感よりも高く感じられる理由についてのご質問も頂いた。coffee break 中に議論させていただき、衝突頻度の推定値を解析的に説明する簡単なモデル作成の着想を得た。解析モデルは帰国後完成し、並行なストリームを作りうる衝突の頻度の高さを説明することに成功している。

さらに、本研究の観測的なモチベーションの1つであるアンドロメダ銀河の Stream C および Stream D の観測を行なっている Sergey Koposov 氏と情報交換も行った。Koposov 氏からは観測による Stream C の軌道情報の共有をお約束いただき、今後より現実的な軌道を用いて構造を再現できるかを検証するための足掛かりを得た。また Stream C および Stream D 以外にも Milky Way 内で並行な2本の構造を持つストリームを観測的に調べている学生がおり、彼から観測データをいただいた。

本研究会では私と同様にステラーストリームを使ったダークマターサブハロー検出に関連する研究を行なっている研究者が7人もおり、ここに挙げた以外にも本研究において考慮すべき重要な知見をたくさん獲得することができ、刺激を受けた。例えば、ダークマターサブハロー以外にも矮小銀河や、Milky Way Potential 自体の時間変動もステラーストリームに摂動を与えることが示されていた。また、gap や parallel stellar streams を作るまで大きい摂動が与えられなくても、ステラーストリームを構成する星の速度分散の変化からダークマターサブハローの衝突を予測できることが示されていた。加えて、衝突痕跡からダークマターサブハローの内部構造を推定できる可能性についても指摘されていた。特に、討論セッションを主導された Denis Erkal 氏による業界の今後の方針に関するコメントは今後の研究の方針を練り直す良いきっかけとなった。

加えて、本研究会のテーマを私のこれまでの研究テーマとの親和性がとても高かったため、今回発表したテーマ以外に関しても興味深い議論を行うことができた。例えば、異なるダークマターモデルの場合、矮小銀河内の星形成史や、ステラーストリームの形に違いが出ることが明らかにされていた。

北米への渡航は初めてであったため、今回の渡航で北米の研究者と交流ができ、貴重な機会となった。特にトロント大学で DESI に携わっている Ting Li 氏のグループには研究に興味を持っていただき、研究滞在の約束を取り付けることができた。

最後に、本渡航を支援いただいた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。今回得られた知見を糧として、今後より研究を洗練させていく所存である。