

日本天文学会早川幸男基金による渡航報告書

Star Formation in Different Environments

氏 名：野崎信吾（九州大学大学院理学府 地球惑星科学専攻D2（渡航当時））

渡航先：ベトナム クイニョン

期 間：2025年8月10～17日

本渡航では、2025年8月11日から15日にかけてベトナム・クイニョンの国際学術拠点ICISEで開催された国際会議Star Formation in Different Environmentsに参加し、“Influence of Gas Inflow from the Surroundings of Star-Forming Cores on Protostellar Mass Growth”というタイトルで口頭発表を行った。本会議は2016年から継続して開催されており、今回で第4回を迎える。会期5日間のあいだに54件の口頭発表と35件のポスター発表が行われ、星形成分野の観測および理論の研究者が世界各地から集まる大規模な国際会議であった。私は、自身の研究成果を広く発信するとともに、星間分子雲（数パーセク）から原始星（数au）に至る多様なスケールでの星形成の理論・観測研究者と議論を深めることができた。さらに、今後の研究の方向性を再認識するうえでも非常に有意義で貴重な経験となった。

私は本会議において、星形成過程では分子雲コアそのものの自己重力収縮だけでなく、外部からの質量供給も重要な役割を果たす可能性があることを示唆する研究成果を発表した。星は、分子雲内の高密度領域（分子雲コア）で誕生する。そのため、これまでの多くの数値シミュレーションでは、孤立した分子雲コアを初期条件として、その後の星形成過程を追う研究が行われてきた。しかし、近年の観測では、コア外部からの質量流入が数多く報告されており、星形成を理解するには外部環境の影響を考慮する必要があることが明らかになりつつある。そこで、まず本発表の導入で

は、Nozaki et al. (2025) の成果に基づき、レーザー粒子を用いたシミュレーションによって、星のもととなるガスが3次元的にどこまで広がり、どのように星へ降着していくかを示した。この成果は、観測で指摘される分子雲コア外部からの質量供給を理論的に裏付ける点で重要であり、発表後には私のコア同定手法や乱流駆動の妥当性について質問をいただき、活発な議論につながった。

さらに本題として、異なる外部密度をもつ分子雲コアを初期条件とした3次元非理想磁気流体数値シミュレーションの結果を報告した。具体的には、比較的高密度な外部環境をもつ分子雲コアでは、星への質量降着率が高いまま維持され、その時間進化が自己相似解に基づく自己重力的な降着からBondi降着への移行として説明できる可能性があることを示した。また、分子雲コア単位で見た局所的な星形成効率が100%を超えることも明らかにした。これらの成果は、分子雲スケールではアウトフローのサブグリッドモデルの改良に、また円盤スケールでは星周円盤進化の理解に、大きな示唆を与えるものである。質疑応答や発表後の交流では、特にBondi降着の見積もり方法に関して多くの関心が寄せられ、研究をさらに発展させる貴重な機会となった。

口頭発表以外にも、会場でのセッション間の休憩時間（コーヒープレイク）やランチ、ディナーでは、多くの研究者と密に議論する機会があった。自身の口頭発表は最終日の午後であったが、それまでの時間を通して、多様な研究者と交流できたことは非常に有意義であり、研究上も大きな収穫となった。特に、オーストラリア国立大学のChristoph Federrath氏とは、初対面であったにもかかわらず、偶然にもフライトが重なったこと

から、最寄り空港から会場近くのホテルまでの移動を共にし、その後も会議期間中のブレイクタイムや食事の場で数多くの議論を重ねることができた。議論の内容は今回の発表テーマにとどまらず、私の研究 (Nozaki et al. 2025) で扱ったパーセクスケールの集団的星形成シミュレーションにおける初期条件の妥当性や乱流駆動の設定、さらに今後の研究方向性にまで及んだ。

また、同世代の博士課程の学生やポスドクの方々とも積極的に交流する機会を得た。MPIAの博士課程学生 Alexander Mayer 氏とは、同様のスケールの数値シミュレーションを行っていることもあり、計算の詳細設定について議論するとともに、今後の星形成シミュレーションでどのような理論研究を行うべきかについて意見交換することができた。

さらに、オーストラリア国立大学のポスドク Chong-Chong He 氏からは、GPU ベースの銀河スケールの超高解像度星形成シミュレーションコードの開発に関する知見を得ることで、現状の星形成シミュレーションの限界と今後の展望に関して理解を深めることができた。このように、本会議では国際的な研究者との議論を通じて、自らの研究を広く発信するとともに、今後の研究の方向性を国際的な視点から再確認する貴重な機会となった。



ICISEでの口頭発表の様子

以上のように、今回の渡航を通じて、星形成分野における国際的な最前線に直接触れることができ、自分の研究が世界の中でどのような位置づけにあるのかを改めて実感することができた。また、多くの研究者との議論を通じて、今後の研究課題や進むべき方向性を明確にする非常によい機会となった。得られた国際的なつながりや知見は、今後の研究活動を大きく発展させる原動力となるものであり、これらを生かして国際的な枠組みの中で研究をさらに推進していきたい。これらの貴重な経験は、ひとえに今回の渡航をご支援いただいた早川幸男基金ならびに関係者の皆様のお力添えによるものです。ご支援に対し、ここに深く感謝を申し上げます。

日本天文学会早川幸男基金による渡航報告書 *Massive Black Holes across Cosmic Time*

氏 名：星 篤志 (東北大学天文学教室/宇宙科学研究所 D3 (渡航当時))

渡航先：イギリス ケンブリッジ

期 間：2025年9月6～14日

今回の渡航では、イギリス・ケンブリッジ大学で開かれた国際研究会 Massive Black Holes across

Cosmic Time で、“Low-mass SMBHs at intermediate redshift from JADES survey” というタイトルでポスター発表を行った。私の研究テーマは、銀河の中心にある超巨大ブラックホール (SMHB) と銀河そのものが、宇宙の歴史の中でどのように一緒に成長してきたのかを明らかにすることである。今回の発表では、最新の赤外線宇

宇宙望遠鏡である JWST (ジェイムズ・ウェッブ宇宙望遠鏡) による国際共同プロジェクト「JADES (JWST Advanced Deep Extragalactic Survey)」から得られたデータを用い、SMBH が十分に成長する前段階の低質量ブラックホールにおける銀河との関係を調査した観測結果を紹介した。本研究は、JWST の分光データと撮像データの両方を用いることで、遠方宇宙における低質量のブラックホールと銀河のバルジ関係を調査し、銀河バルジ質量が、現在の宇宙で観測される早期型銀河よりも成長している系を発見し「銀河先行型の進化経路」を初めて示した最新の研究結果である。

今回参加した国際研究会は、世界各国から研究者が集まる大規模な会議であり、特に JWST によるブラックホール／銀河研究を牽引している Roberto Maiolino 氏の研究グループが LOC を務めていたことから、私の研究内容と非常に親和性が高く、有意義な議論を交わすことができた。本研究会には、AGN (活動銀河核) 観測を専門とする研究者だけでなく、銀河進化やブラックホール形成モデルを理論的に扱う研究者も多く参加していた。私はこれまで観測的手法を中心に研究を進めてきたが、議論を通じて理論研究やシミュレーションの成果を自身の研究にどのように取り入れられるかを学ぶことができた。特に、金属量の進化やフィードバック効果が銀河とブラックホールの関係に及ぼす影響について、多角的な視点を得られたことは大きな成果である。また、興味深かったのは、JWST による面分光観測を用いて従来とは異なる手法で SMBH 質量を推定する最新の報告である。まだ 1 天体だけの解析であったが、すでに数十天体規模で観測が進んでおり、今後統計的に検証されることで、新しい手法の妥当性が明らかになることが期待される。

今回の会議を通じて、最前線で活躍する研究者

との交流の機会を得られた。議論の中で、私の研究が「銀河先行型の進化経路」を実証する上で重要な観測的基盤を提供していることを再認識すると同時に、星形成、化学進化、フィードバックなど幅広いテーマと密接に関わる学際的な共同研究の必要性を強く感じた。これにより、自身の研究をより広い文脈の中で位置づけられるようになった。

さらに今回の渡航は、私にとって海外での初めてのポスター発表でもあった。英語で自身の研究をイントロダクションから結論まで説明し、質疑応答や対話を通じて議論を行えたことは、研究者としての大きな自信につながった。

また、研究会の開催場所であるケンブリッジ大学キャベンディッシュ研究所は、天文学だけでなく物理学や医学など幅広い分野の研究室が集まる環境であり、このような研究環境や生活環境を直接体験できたことは、今後のキャリア形成において大きな意味を持つ。今後は今回得られた国際的なネットワークを活かし、低質量ブラックホールの統計的研究をさらに発展させるとともに、理論やシミュレーションを取り入れた共同研究を推進し、銀河とブラックホールの成長メカニズムを包括的に理解する新しい枠組みの構築に貢献したいと考えている。今回の会議参加は、自身の専門性を深めるとともに、学際的視点や国際共同研究への足がかりを得る極めて重要な機会となった。世界の第一線で活躍する研究者との直接的な議論を通じて、自身の研究が国際的な文脈においてどのように位置づけられるかを実感し、今後の研究展開に向けた明確なビジョンを得ることができた。この経験を基盤として、国際的に通用する研究者として成長していきたいと強く考えている。

最後に、本研究会への参加に際して旅費をご支援いただいたことに、心より感謝申し上げます。

日本天文学会早川幸男基金による渡航報告書

One Hundred Years of Supernova Science & Binary Stars in a New Era

氏 名：千葉遼太郎（国立天文台／総合研究大学
院大学M2（渡航当時））

渡航先：スウェーデン スtockホルム／
中国 雲南省

期 間：2025年8月16～31日

本渡航では、スウェーデン・ストックホルムで8月18日から22日にかけて開催された研究会“*One Hundred Years of Supernova Science*”と、中国・麗江で8月25日から29日にかけて開催された研究会“*Binary Stars in a New Era*”にそれぞれ参加した。私は、超新星の観測結果を手掛かりに、超新星が発生した環境、ひいては超新星爆発を起こす直前の恒星の活動を調査する研究を行っている。研究会期間中にMNRAS誌に受理された論文（Chiba & Moriya 2025, arXiv:2504.06445）では、一部のIbc型の超新星の光度曲線が、爆発直前の恒星からの質量放出によって形成された高密度のガス（星周物質）の存在によって説明できることを、輻射流体力学シミュレーションによって示した。また、現在は、爆発直前のヘリウム星を含む連星間の相互作用に伴う「周連星円盤」の形成によって、前述したような高密度の星周物質の形成を説明できるかを、流体力学シミュレーションを用いて検証を行っている。両研究会では、これらの研究成果に基づいた口頭発表をそれぞれ行った。

“*One Hundred Years of Supernova Science*”はストックホルム市街からバスで1時間ほど離れた歴史あるホテルで開催され、世界中から100名を超える参加者が集まった。論文でよく名前を拝見していたが、実際に対面するのは初めて、という参加者も多く、5日間を通して幅広く議論を行うことができた。

私の発表後の質疑では、Philipp Podsiadlowski氏（オックスフォード大学）からの膨張したヘリウム星の表層での不安定性に関するコメント、Wynn Jacobson-Galán氏（カリフォルニア工科大学）からのX線観測の結果との整合性に関する質問をはじめ、多くの有益な指摘を頂くことができた。また、Chiba & Moriya (2025) のベースとなった観測論文（Das+24, ApJ, 972, 91）の筆頭著者であるKaustav Kashyap Das氏（カリフォルニア工科大学）、論文で扱ったような光度曲線によく適用される標準的な解析モデル（Piro+21, ApJ, 909, 209）をまとめたAnthony Piro氏（カーネギー観測所）、および論文中のサンプルに含まれる超新星2022oqmを解析した論文（Irani+24, ApJ, 962, 109）の主要著者の一人である陳平氏（浙江大学）と、それぞれ直接論文の内容について議論する機会を得た。

発表内容のほかには、特異な星周物質を持つIa型超新星2020aeuhに関する共同研究の結果を論文（Tsalapatas+25, arXiv:2507.08532）として発表したばかりの、実行委員会メンバーのKostas Tsalapatas氏、Jesper Sollerman氏（共にストックホルム大学）と、星周物質の形成過程と連星相互作用の関連について意見交換を行った。また、X線・電波・可視光による観測結果を総合して解析した結果から、連星に起因する非対称な星周物質の中で爆発したことが示唆されている超新星2022ywx（Baer-Way+25, ApJ, 983, 101）について、超新星の解析を行ったRaphael Baer-Way氏、Soham Mandal氏（共にヴァージニア大学）、前田啓一氏（京都大学）と、非対称な星周物質内の爆発を理論モデル化する方法について議論した。

“*Binary Stars in a New Era*”は、旧市街が世界遺産に指定されている雲南省麗江市の中心部にあるホ

テルで開催され、こちらも200名以上が参加する大規模な研究会であった。参加の主目的は、現在行っている連星間の相互作用による星周物質形成のシミュレーションについて、問題設定が妥当か連星研究の専門家から広くコメントを頂くことであった。聴衆は必ずしも超新星の専門家に限られないため、発表内容が適切に伝わるか懸念もあったが、発表後に多数の質問を頂き、活発な議論につながった。

連星合体の専門家であるNadejda Blagorodnova氏（バルセロナ大学）と質量移動の安定性に関する議論を行ったほか、陳卓氏（清華大学）と超新星の高次元シミュレーションについて、孫寧晨氏（国家天文台）と超新星2024aecxの光度曲線に私のモデルが適用できるかについて議論した。また、離心率の大きい軌道を持つ連星間の相互作用について研究しているAdam Parkosidis氏（アムステルダム大学）に、自分のモデルに離心率を考慮するとどのように描像が変化するかについて議論した。さらに、周連星円盤に関する教科書的なレ

ビュー論文（Lai & Muñoz 2023, ARA&A, 61, 517）を著した頼東氏（上海交通大学）に直接自分のモデルの詳細について紹介することができた。発表内容と離れたところでは、Ia型超新星2020eyjの電波による新たな観測結果について発表された柳正偉氏（雲南天文台）と、理論モデルの構築と解釈について議論することができた。

私が現在行っている研究は、超新星の星周物質に関する観測結果と、連星のシミュレーションの結果の両面から、爆発前後の恒星の活動について調べることを目的としている。

このような研究を成功させるためには、超新星の専門家だけではなく、連星の専門家とも議論することが不可欠であり、2つの研究会を通してそれを実現することができたのは、非常に貴重な機会であった。本渡航で得られた知見と人的ネットワークを、今後の研究に活かしていきたい。最後に、本渡航をご支援いただいた早川幸男基金、関係者の皆様に深く感謝を申し上げる。

日本天文学会早川幸男基金による渡航報告書 *Galaxy Memoirs Inferring Their Past from Their Present*

氏 名：津久井崇史（東北大学理学研究科 天文学専攻 研究員（渡航当時））

渡航先：ブラジル リオデジャネイロ

期 間：2025年8月8～18日

本渡航では、ブラジル（リオデジャネイロ）で行われた、Galaxy Memoirs inferring their past from their presentと題する国際研究会に参加し、“Disk Galaxy Formation and Evolution Across Cosmic Time with JWST and ALMA”というタイトルで口頭発表を行った。本研究会は天の川銀河・近傍・遠方銀河の観測的知見を統合し銀河形成・進化を包括的に理解することを目的としており、議論の約半数は近傍銀河、残り半数は遠方銀

河を対象としたものであった。私はその両者の中間に位置づけられる研究成果を発表し、幅広い研究者から有益なフィードバックを得るとともに、現在進行中の共同研究や、今後の研究に向けた具体的な議論を深めることができた。

天の川銀河を含む近傍銀河では、金属量の多い若い星からなる「薄い円盤」と、金属量の少ない年老いた星からなる「厚い円盤」という二層構造の存在が知られている。しかし、こうした二層構造が銀河内でいつ・どのように形成されたのかは未解明であり、現在もGaiaや大規模分光サーベイのデータによって活発な議論が行われている。ただし、現在観測される二層構造は複数の形成メカニズムが作用した結果であり、個々の痕跡やいつ起こったのかなどの情報

の大半は失われてしまう。そのため私は、遠方（＝過去）の銀河を直接観測することで宇宙の平均的な二層構造の形成過程を探る研究を進めている。

従来のハッブル宇宙望遠鏡（HST）では分解能や感度の限界から、遠方銀河において薄い円盤と厚い円盤を分離して調べることは困難であった。本研究では、ジェイムズ・ウェッブ宇宙望遠鏡（JWST）の観測データを用い、円盤を真横から観測できる円盤銀河（エッジオン銀河）に対して星の分布を詳細に解析し、13億年前から100億年前に相当する44の銀河において、薄い円盤と厚い円盤からなる二層構造を同定した。その結果、円盤銀河はまず厚い円盤を形成し、その後、その内側に薄い円盤が形成されるという進化の過程を明らかにした。また銀河質量が大きいほど薄い円盤の形成開始が早い傾向が見られ、天の川銀河と同程度の質量を持つ銀河では、その開始時期が天の川銀河の星年齢から推定される年代（80-90億年前）とおおよそ一致することがわかった。さらに、星の円盤構造とガスの力学を比較した結果、厚い円盤から薄い円盤の銀河質量に依存した形成の変遷は、ガス円盤が臨界不安定性を保ちながら星形成するモデルでよく説明できることを示した。

本研究会のテーマが *inferring their past from their present*（現在から過去を推測する）であるのに対し、私の研究は *inferring their present from the past*（過去から現在を理解する）という立場にある。発表した研究では過去の銀河を「タイムマシンの」に観測することで、薄い円盤の形成が始まる年代を明らかにした。その年代は、天の川銀河内の星年齢から「考古学的」に推定される薄い円盤形成年代とおおよそ一致し、遠方観測と銀河考古学という異なる手法の整合性を示す結果となった。これは、天の川銀河が厚い円盤・薄い円盤の形成の観点において宇宙の平均的な銀河の進化と大きく外れていないことを意味する。本発表で遠方銀河と近傍銀河の観測をつなぐ研究例としてアピールでき、よい話題提供ができた。さらに

会議中には、Nicholas Boardman氏と本研究の発展となる銀河内の金属量測定を含めた円盤二層構造形成モデルについて、Shiyin Shen氏、Daniela Barrientos Acevedo氏とダストが及ぼす構造や力学測定への影響について、Tutku Kolcu氏と現在進行中のガスの力学測定研究について議論を深めた。また、私の参加するMUSE large program GECKOチームのDimitri Gadotti氏とは、近傍エッジオン銀河における厚い円盤と薄い円盤の構造分離解析の手法について意見交換を行った。

本研究会は、University of Nottinghamで多くの研究者を育て上げたAlfonso AragonSalamanca氏とMichael Merrifield氏（『Galactic Astronomy』の教科書で広く知られる）のキャリアを祝う目的も兼ねて開催された。会場では多くの研究者が両氏の思い出や関連研究を紹介した。その中で、両氏が築いた研究グループは、所属を離れた後も共同研究を通じて戻ってくる研究者や学生が多いことが繰り返し語られていた。私自身も将来研究グループを立ち上げる際には、人が集まり、長く共同研究が続く場を築きたいと感じた。

最後に、世界情勢が不安定な中であっても、同じ熱意を持って銀河研究に取り組む仲間と集まり議論できたことの有り難さを感じました。この有意義な渡航をご支援くださり、可能にしてくださいました早川幸男基金、そして関係者の皆様深く感謝を申し上げます。



研究会での発表の様子