

2023 年度日本天文学会研究奨励賞

氏名：播金 優一（はりかね ゆういち）

現職：東京大学 助教

受賞対象題目：高赤方偏移観測限界における先駆的な銀河形成研究

Pioneering studies of galaxy formation at the observational redshift limit

現在の宇宙に存在する無数の銀河が、ビッグバンで誕生した宇宙において、いつどのように形作られ、進化してきたかを明らかにすることは、現代天文学における最重要課題の一つである。宇宙初期の銀河の探査では、すばる望遠鏡などに基づく 8 m 級地上望遠鏡の可視光・近赤外線観測により赤方偏移 6–10 程度の初期銀河の候補天体を検出するところまで到達した。一方で、個別の天体の詳細な物理的性質を調べることや、宇宙初期の構造形成と銀河形成の関係を調べることは困難であった。また、さらに高赤方偏移にある銀河の研究はほぼ手つかずであった。このような背景のもと、播金氏は、大型観測施設で得られたデータを駆使して、高赤方偏移にある銀河を波長によらず系統的に探査し、理論モデルとの比較を通じて、宇宙初期の構造形成にともなって進む銀河形成の描像を観測と理論の両方から明らかにすることに大きく貢献している。

播金氏はすばる望遠鏡 Hyper Suprime-Cam による大規模探査観測で得られたデータを用いて、赤方偏移 4 から 6 の銀河の 50 万個を超える大規模なサンプルを構築し、そのクラスタリング解析から暗黒物質ハローの集積にともなって成長する宇宙初期の銀河形成の描像を明らかにした (Harikane et al. 2018, PASJ, 70, S11)。高い統計精度の議論によって世界的にも評価される論文となり 2022 年度日本天文学会欧文研究報告論文賞にも選ばれている。これを発展させた赤方偏移 2 から 7 の銀河 400 万個に基づくクラスタリング解析の結果も発表し (Harikane et al. 2022, ApJS, 259, 20)、こちらも高い評価を得ている。

播金氏は、宇宙初期にある個々の天体の物理的性質を調べるため、自身がすばる望遠鏡で見つけた赤方偏移 6 を超える銀河に対して ALMA 望遠鏡を用いて $[\text{O III}]88\mu\text{m}$ と $[\text{C II}]158\mu\text{m}$ 輝線の観測を実施し、論文で公表されていたデータも合わせて、赤方偏移 6 から 9 にある 9 個の銀河を調べ、いずれも $[\text{O III}]88\mu\text{m}$ が卓越し、 $L_{[\text{O III}]88\mu\text{m}}/L_{[\text{C II}]158\mu\text{m}}$ が現在の銀河より 10 倍程度大きいことを示した。光電離モデルと星種族合成モデルを合わせた計算を行い、宇宙初期の銀河では星間物質の電離パラメータが高く、中性の光電離領域 (PDR) が大きくかけていることで、相対的に $[\text{O III}]88\mu\text{m}$ が卓越し、 $[\text{C II}]158\mu\text{m}$ が弱まることを示した (Harikane et al. 2020, ApJ, 896, 93)。この結果は、宇宙初期の銀河に対して、電離領域だけでなく、PDR の性質も含めて包括的な理解を進めた画期的な研究として評価されている。

赤方偏移 10 を超える初期銀河の探査においても播金氏は世界に先駆けた研究を推進してきた。すばる望遠鏡と VISTA、UKIRT 望遠鏡、スピッツァー宇宙望遠鏡の広領域撮像探査のアーカイブデータを用いて、可視光から近赤外線の天体の測光カタログを構築し、赤方偏移 12 から 16 の銀河候補を検出した (Harikane et al. 2022, ApJ, 929, 1)。この成果はジェームズ・ウェッブ宇宙望遠鏡 (JWST) が打ちあがる以前の高赤方偏移の観測限界を大きく押し上げるものとなった。この研究は国際共同研究として、理論モデルとの比較、ALMA での追観測、さらに JWST 第一期の観測時間の獲得 (播金氏 PI) へと発展している。

2022 年 7 月に JWST の観測データが公開され始めると、播金氏はさまざまな初期プログラムの観測で得られた近赤外線撮像データをもとに、赤方偏移 9 から 16 の銀河候補 23 個のサンプルを構築し、紫外線光度関数を導き、紫外線で明るい銀河の個数密度が高く、現在の銀河形成の理論モデルでの説明が難しい

ことを報告した。さらに、星形成率密度 (SFRD) の進化は赤方偏移 10 を超える宇宙では、それより低赤方偏移の宇宙とは異なり、標準的な構造形成モデルに星形成効率一定を仮定した場合の SFRD の進化よりも超過していることを示し、赤方偏移10を超える宇宙では、高効率な星形成が行われていたか、金属量の低い始原ガスでの星形成に伴うと予想される高光度の紫外線が観測された可能性を指摘した (Harikane et al. 2023, ApJS, 265, 5)。赤方偏移10以上の銀河候補を報告する論文は同時期に多数出版されたが、これらの論文で報告されたサンプルとの比較を注意深く行い、信頼性の高いサンプルを構築したことで、高赤方偏移の銀河の統計的議論の決定打となる論文と世界的に認知され、発表以来多数の引用がなされている。その引用数は JWST のデータを用いて 2023 年 12 月現在までに発表されている全論文の中でも最上位にあたる数字となっている。播金氏はこの論文の他にも JWST のデータを用いて、高赤方偏移銀河の分光追観測の結果や高赤方偏移の星形成銀河の多くに活動銀河中心核が付随している結果を報告するなど、JWST を用いた高赤方偏移銀河の研究を牽引しており、2023 年だけでも国際研究会において 8 件もの招待講演を行っている。

さらに、播金氏は次世代赤外線衛星計画である Roman 衛星や GREX-PLUS 衛星の計画検討においても高赤方偏移銀河探査の観点から研究計画の検討において主導的な役割を果たしている。さらに高エネルギー分野を中心とする HiZ-GUNDAM 計画においても、高赤方偏移ガンマ線バーストの光学追観測のリーダーとなっている。高赤方偏移宇宙の探査の観点から様々な分野の将来計画を主導する立場となっており、幅広いコミュニティへの貢献も高く評価される。

以上の理由により、播金優一氏に 2023 年度日本天文学会研究奨励賞を授与する。