

2024 年度日本天文学会研究奨励賞

氏 名： 札本佳伸（ふだもと よしのぶ）

現 職： 千葉大学先進科学センター 特任助教

受賞対象題目： 遠方銀河の多様な物理的性質の観測的解明

Revealing diverse physical properties of distant galaxies by observations

星の材料となるガスやダストは銀河の形成進化において重要な役割を果たす。複雑な銀河の物理的性質を理解するためには、主成分である星だけでなくガスやダストの成分を捉える、広い波長にわたる観測、およびその内部構造を分解する高空間分解能観測が必要となる。銀河形成の初期にあたる赤方偏移3を超える遠方宇宙の銀河におけるガスやダストについては観測機器の感度・分解能による制限から理解が進んでいなかった。アルマ望遠鏡やジェームズウェッブ宇宙望遠鏡による観測はこれらの遠方銀河の星、ダスト、ガスの情報を捉え、銀河形成に関する新たな描像につながっている。札本氏は独自の視点に基づいてそれらの望遠鏡を駆使した観測的研究を行い、これまでの常識を覆す遠方銀河の多様な物理的性質の発見を報告している。

札本氏はアルマ望遠鏡を用いた観測により遠方銀河におけるダストに隠された星形成活動の直接的な制限を得ることに成功した。これまでの研究では、遠方銀河の星形成活動を制限するために静止系紫外光が用いられ、紫外光に強く影響するダスト吸収を補正するために、近傍銀河から得た経験則がすべての赤方偏移に適用できると仮定されていた。札本氏は、アルマ望遠鏡のアーカイブデータとラージプログラム ALPINE のデータを組み合わせて遠方銀河からの遠赤外線放射の解析を行い、赤方偏移 3 から 6 における銀河の、ダストに隠された星形成活動やダスト減光則の直接的な制限を得た (Fudamoto et al. 2017, MNRAS, 472, 483; Fudamoto et al. 2020, A&A, 643, A4)。それまでになかったサンプル数の統計で幅広い赤方偏移の銀河についての研究を行うことで、遠方宇宙の星形成銀河では、ダスト減光則が現在の宇宙の銀河とは異なることを初めて確認した。この結果は、銀河内のダストサイズ分布やダスト組成が、赤方偏移に依存し統計的に進化していることを示唆している。またダストに隠された星形成活動が赤方偏移6に向かう遠方宇宙では急速に下がっていく様子を初めて確認した。

さらに札本氏はアルマ望遠鏡のラージプログラム REBELS のデータを解析することで、ダストにより隠されながらもその星形成率や星質量は一般的な星形成銀河と似通っており、爆発的星形成の兆候もないいたって「普通」の性質の銀河の発見にも成功した (Fudamoto et al. 2021, Nature, 597, 489)。それまではダストによって紫外線が強い吸収を受けサブミリ波でのみ観測が可能なダストに埋もれた銀河は、サブミリ波銀河などに代表されるスターバースト銀河といった特異な銀河に限定され、星形成の主系列銀河と呼ばれる一般的な星形成銀河はダストによる吸収を強く受けていないとされてきた。これにより静止系紫外線による探査を行うことで宇宙全体の星形成に大きく寄与する銀河の多くは検出できると想定されてきた。札本氏が発見した銀河種族は、静止系紫外線で発見される一般的な星形成銀河とサブミリ波銀河など特異な銀河をつなぐ第3の銀河種族を宇宙再電離期で発見したことになる。これらのダストに隠され、静止系紫外線での検出が困難な銀河がきわめて狭い探査体積で発見されたこと、銀河の性質が一般的な星形成銀河と変わらないことから、これらの銀河は遠方宇宙の星形成活動の重要な段階を捉えたものと考えられる。

これらの札本氏のアルマ望遠鏡データを用いた遠方宇宙の銀河のダストの性質やダストにより隠された

星形成に関する研究は独自性の高い成果として世界的にも注目され、2024 年 12 月現在でそれぞれ 100 件を超える引用がなされている。

また、札本氏は重力レンズ現象の拡大増光効果を活用した遠方銀河の内部構造の研究でも多数の成果をあげている。特に銀河団背後の重力レンズ効果を受けた遠方銀河についてアルマ望遠鏡やジェームズウェッブ宇宙望遠鏡の観測データに基づいた研究を精力的に行っている。例えば重力レンズ銀河団 SMACS J0723.3–7327 のジェームズウェッブ宇宙望遠鏡初期観測データを用いた研究でこれまでのハッブル望遠鏡などの観測では捉えられていなかった、赤方偏移 2 から 3 に存在する、きわめて赤い色を持った渦巻銀河を新たに発見した (Fudamoto et al. 2022, ApJ, 938, L24)。また、銀河団領域の強い重力レンズによって 20 倍程度に大きく増光された赤方偏移 6.2 の銀河 MACS0308-zD1 のアルマ望遠鏡での観測により [C II]158 μm 輝線の検出に成功し、その輝線の空間分布が銀河の領域よりも広がっていることから銀河からのガスの噴出流、銀河風の存在を突き止めた (Fudamoto et al. 2023, ApJ, 961, 71)。

さらに札本氏は重力レンズ現象を用いることで、中間赤方偏移にある銀河を構成する個々の星を 40 個以上検出することにも成功している (Fudamoto et al. 2024, Nature Astronomy, 2025 Jan. 6 issue, arXiv:2404.08045)。2022 年と 2023 年に撮影された銀河団アーベル 370 のジェームズウェッブ宇宙望遠鏡の画像の差分を取ることで、銀河団の背後の赤方偏移 0.725 の銀河内に存在する、重力マイクロレンズにより時間変動した個々の星を捉えた。これらの個々の星の色の解析から、観測された星の大半は温度が 3500K 程度の赤色超巨星であることが分かった。重力レンズ効果を用いた遠方の銀河の中の個々の星の観測は 2018 年に初めて観測例が報告されて以降、ハッブル宇宙望遠鏡やジェームズウェッブ宇宙望遠鏡による検出が報告されていたが、それぞれの銀河で 1、2 個の発見に留まっていた。札本氏の解析により、一つの遠方銀河からこれまでより 1 桁以上多い数の個々の星が発見されたことで、遠方銀河を構成する星の統計的議論を行う手法が初めて開かれたことになる。この発見を報告した論文はプレプリントが公表されてから 8 か月の 2024 年 12 月現在ですでに 12 回引用され、新しい研究の潮流を生み出しつつあり、今後のさらなる研究の発展と展開が大いに期待される。

以上の理由により、札本佳伸氏に 2024 年度日本天文学会研究奨励賞を授与する。