

2021 年度日本天文学会林忠四郎賞

氏名：千葉 柁司（ちば まさし）

現職：東北大学 教授

授賞対象となる研究：銀河考古学および銀河スケールのダークマター分布の研究

Studies of Galactic archaeology and galactic-scale dark matter distribution

千葉柁司氏は、均一恒星カタログの観測量（空間分布、固有運動、金属量）を用い、天の川銀河ハローの化学的、動力的構造を精緻に調べ、複雑な恒星系ハローの形成過程の痕跡を明らかにし、ハローの 2 重構造を発見した。また、系外銀河においても、重力レンズの観測を用い、光では直接検出できないダークマター・サブハローの存在量を観測的に検証する手法を世界に先駆けて提案し、すばる望遠鏡で実際に観測を行った。これらの観測から、従来検証が十分に行われていなかった、小規模スケールにおける CDM（冷たいダークマター）に基づく構造形成理論の検証を、高い精度で行った。さらに、光赤外線天文学コミュニティの発展および後進研究者の育成に多大な貢献をしてきている。

千葉氏は、天の川銀河の研究、すなわち銀河考古学の研究に早くから着手し、目覚ましい業績を挙げている。個々の星の観測量（年周視差、固有運動、視線速度、金属量）を網羅的に組み合わせ、これを理論モデルと比較し、天の川銀河モデルを定量的に検証してきた（Chiba & Yoshii 1998, ApJ, 115, 168; Bekki & Chiba, 2001, ApJ, 558, 666）。この時、銀河中心に対する個々の星の軌道の角運動量、軌道エネルギーなど運動学的断熱不変量に着目し、これらの観測量を個々の星の金属量の関数として調べることにより、銀河系ハローに明らかな二重構造があることを発見した（Chiba & Beers 2000, AJ, 119, 2843; Carollo, Beers, Lee, Chiba et al. 2007, Nature, 450, 1020）。これは、銀河系ハローが単一のメカニズムで形成してきたのではなく、矮小銀河などの恒星系の合体、降着等の複雑なメカニズムの結果として形成してきたことを強く示唆し、CDM 構造形成シナリオが予言する形成過程の描像と合致することを明らかにした。また、千葉氏らが発見したハローの構造は、近年 Gaia データでその存在が確定的になった矮小銀河の痕跡（Gaia-Encheladus・Sausage）の発見にもつながったと言える。このように、千葉氏らの研究成果は CDM モデルの観測的検証を与え、銀河考古学の学問的地平を広げた。

さらに、千葉氏らは重力レンズ効果を用いた CDM モデルの検証の研究も行っている。観測者、銀河、背景のクェーサーがほぼ視線方向の一直線上に並ぶ場合、同一の背景クェーサーが多重像で観測されることがあり、これは強い重力レンズ現象と呼ばれる。クェーサーの多重像の位置と相対的フラックスの強度は、原理的には手前にあるレンズを引き起こす銀河の質量分布で決まる。実際観測してみると、いくつかのクェーサー重力レンズシステムにおいて、標準的な銀河のスムーズな質量分布（恒星系およびダークマター）のモデルで多重像の位置は精度よく再現できるものの、同モデルではフラックス強度比が説明できないことが知られていた。千葉氏は、これが銀河レンズ内のダークマター・サブハローを付け加えることで説明できることを、他グループとは独立に世界で初めて示した（Chiba, 2002, ApJ, 565, 17）。この研究は、フラックス異常が、レンズ銀河内に存在するであろう球状星団、矮小銀河の存在量では説明が難しく、CDM モデルが予言するダークマター・サブハローの個数密度で説明できることを初めて示した重要な結果である。さらにそのあと、千葉氏らは、すばる望遠鏡でデータを取得し、この手法を適用して、実際にレンズ天体の質量分布に重要な制限をつけた（Chiba et al. 2005, ApJ, 627, 53; Minezaki, Chiba et al. 2009, ApJ, 697, 610）。これらは多重像のサンプルが、ダークマター・サブハローの存在量、より広義には

小規模スケールの CDM モデルを検証する強力な手段になり得ることを示し、その後の研究の発展につながった。

千葉氏はまた、すばるの現主要観測装置である Hyper Suprime-Cam (HSC) 国際プロジェクトにおいても、検討・開発の段階から積極的に参加し、自ら重要な貢献をしてきている。例えば、HSC-SSP サーベイデータを用い、天の川銀河ハローにおける、こまでにないほど暗く、小さい矮小銀河を発見した (Honma & Chiba, 2016, ApJ, 832, 21; Honma, Chiba et al. 2018, PASJ, 70, 18)。また、HSC データから、水平分岐星 (blue horizontal branch stars: BHB) を同定し、天の川銀河ハローの外縁境界部に迫る 300 kpc の領域に渡り BHB が存在することを発見した (Fukushima, Chiba et al. 2018, PASJ, 70, 69)。これらの研究成果は、上述した成果同様、銀河ハロースケールの CDM モデルの予言の観測的検証を与える重要な結果である。

このように、千葉氏は銀河スケールに分布するダークマター研究を通じた銀河考古学の分野において国際的に評価される多数の研究成果を挙げ、わが国の天文学の発展に大きく貢献してきている。以上の理由から、千葉氏に対して、2021 年度林忠四郎賞を授与することとした。