

近傍銀河の形成・進化の探究

Formation and evolution of local galaxies

森正夫

筑波大学計算科学研究センター

1. 研究目的

近傍銀河の形成・進化の詳細な研究を通して、宇宙物理学における最大の謎とされているダークマターの性質及びその諸問題について詳細に調査することを目的とする。特に、ミッシングサテライト問題に代表されるダークマターにおける理論と観測に関する矛盾にフォーカスして研究を行う。

2. 研究成果の内容

(1) M31 恒星ストリームと暗黒物質サブハローの相互作用

本研究では、M31 のハロー領域に存在する恒星ストリームである North-Western (NW) ストリームに注目し、NW ストリームと DM サブハローの近接遭遇時の痕跡を理論・観測両側から調べることで、DM サブハロー数の評価を目指している。2019年度は NW ストリームと DM サブハローの衝突実験を N 体計算を用いて遂行し、DM サブハローの質量が $10^9 M_{\odot}$ 程度以上の近接遭遇時においては位相空間上に明確な痕跡が残ることが分かった。また近接遭遇後の長時間進化計算により、衝突時に形成されたギャップが大きく成長し、潮汐相互作用によって形成された DM ストリームと NW ストリームの相互作用の痕跡が残ることも分かった。

(2) 銀河衝突によるダークマター欠乏銀河の形成

最近 Dragonfly Telophoto Array によって、楕円銀河 NGC1052 に付随する二つの衛星銀河 NGC1052-DF2 と NGC1052-DF4 のダークマター質量は、理論的に予測される量よりも極端に少ないことが示唆された。これらの銀河は **ultra diffuse galaxies (UDGs)** に分類され、天の川銀河程度の **effective radius** の大きさに対して、表面輝度が矮小銀河程度である特徴を持つ。本研究では、ダークマター欠乏銀河がダークマターハロー同士の衝突によって形成される可能性を考え、SPH 法と N 体計算を用いて、ガスの冷却や星形成等を考慮した数値シミュレーションのモデルを構築した。ダークマター欠乏銀河の形成過程について、銀河衝突パラメータとダークマターバリオン比、形成される銀河の質量などの物理量をもとに調べ、その形成条件を見出すことに成功した。

3. 学際共同利用が果たした役割と意義

これまで学際共同利用として、HA-PACS, COMA, OFP, Cygnus 等の並列計算機を活用した、大規模並列 N 体シミュレーション及び流体シミュレーションを多数実施し実績をのこしてきた。特に、本研究ではステラーストリームや矮小銀河と衝突する Dark Satellite の軌道要素を正確に決めることが求められ、相互作用する銀河の初期軌道要素についての合計 6 次元のパラメータ空間を十分な分解能で調べる必要があった。このような膨大なパラメータ空間を扱う為には、高い演算性能を持つ OFP 及び Cygnus による大規模並列パラメータサーベイが、最も強力な手段であって、本研究ではその性能を最大限に発揮することができた。

4. 今後の展望

今後は、重力多体系の力学過程を調査するとともに、より複雑な流体力学的効果をできるだけ正確に取り入れた銀河進化モデルを構築する計画である。そのために、OFP では SPH 法による流体と N 体のハイブリッド計算による大規模計算の準備を整えていく。

5. 成果発表

(1) 学術論文

- Discrimination of heavy elements originating from Pop III stars in $z = 3$ intergalactic medium
Kirihara, Takanobu; Hasegawa, Kenji; Umemura, Masayuki; Mori, Masao; Ishiyama, Tomoaki
Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Volume 491, Issue 3, p.4387-4395

(2) 学会発表 (国内学会発表 12 件)

- Galaxy collisions and the missing satellite problem in the cold dark matter model, Mori, Masao; Miyagawa, Ginjiro, Dark Matter Searches in 2020s, November 11-13, 2019, University of Tokyo
- Dynamics of the cusp-to-core transformation in the cold dark matter halos, Kato, Kazuki; Mori, Masao, Dark Matter Searches in 2020s, November 11-13, 2019, University of Tokyo

使用計算機	使用計算機に○	配分リソース※	
		当初配分	追加配分
Cygnus	○	11100	
Oakforest-PACS	○	52500	