

## 近傍銀河の形成・進化の探求

### 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

我々の住む銀河はどのように誕生し進化してきたのだろうか？ 本研究では高精度観測データと大規模シミュレーションを組み合わせ、近傍銀河の形成・進化の詳細なモデルを構築し、数値銀河考古学を完成させることを目標にする。そして、銀河の形成・進化の研究を通して、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 (DM) 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。2023 年度も引き続き、天の川銀河やアンドロメダ銀河、近傍の銀河やそれに付随するダークマターハロー (DMH) が、銀河集団という環境の中でどのような歴史を歩んで現在に至り、またこれからどのような未来が待ち受けているのかを、N 体計算及び流体の大規模シミュレーションを駆使して調査した。具体的には、銀河衝突、銀河進化と銀河中心核の関係及び、現在の標準的な構造形成理論である Cold Dark matter (CDM) の銀河スケールにおける諸問題についてフォーカスして研究を行った。

#### 2. 研究成果の内容

近年の精密観測によりアンドロメダ銀河(M31) 周辺には、過去の衛星銀河との相互作用の痕跡が多数発見されてきており、特に、ハローの **Andromeda Giant Southern Stream (AGSS)** やディスクの 2 重リング構造といった銀河衝突の痕跡と見られる構造が観測と理論両面から詳細に調べられている。AGSS は M31 の中心から 100 kpc 以上にも渡って細長く分布する巨大構造で、過去の銀河衝突の痕跡であると考えられている。しかしながら、その形成については、大質量銀河同士の衝突だと考える **major merger** 説(Hammer 2018)と小質量銀河の衝突だと考える **minor merger** 説の二つの対立仮説が唱えられており、今だ決着がついていない。本研究では、銀河衝突に伴う力学的な加熱がディスクに与える影響を詳細に調べ、現在のディスクの厚さを再現するための条件を求めた。その結果、 $10^{10} M_{\odot}$  を大きく超えるような大質量の衛星銀河の衝突の可能性は低いことが示された。また、Block et al.(2006) は、M31 にガスとダストでできた 2 重リング構造を発見し、衛星銀河の M32 が 200 億年程度前に **head-on** 衝突してその構造ができたことを主張している。しかし、彼らは衝突した当時の M32 の質量は M31 の全質量の 10 分の 1 程度( $\sim 10^{11} M_{\odot}$ ) だと結論づけているが、このような大質量の銀河が衝突した場合、上で見たようにディスクの厚さが増

大し、現在の観測と矛盾する。そこで我々は小質量の衛星銀河の衝突により AGSS と 2 重リング構造の関連性について  $N$  体/SPH シミュレーションによって調べた。その結果、定説とされる  $10^{11} M_{\odot}$  よりも一桁小さな  $10^{10} M_{\odot}$  程度の衛星銀河が、M31 の中心付近を繰り返し衝突する事で観測を上手く再現できることを見出した。

### 3. 学際共同利用プログラムが果たした役割と意義

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る。このような膨大なパラメータ空間を扱う為に、高い演算性能を持つ Wisteria-O による大規模並列パラメータサーベイが、重要な役割を果たした。

### 4. 今後の展望

我々は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の構築を実行中である。そのために、学際共同利用でおこなっている 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を今後も継続しておこなっていく。

### 5. 成果発表

#### (1) 学術論文

K. Otaki & M. Mori, Study of Galaxy Collisions and Thermodynamic Evolution of Gas Using the Exact Integration Scheme, Lecture Notes in Computer Science, 373~387 (2022)

#### (2) 学会発表

M. Mori, A. Hotta, K. Otaki & T. Kirihara, Formation of the Andromeda Giant Southern Stream and the ring structures in the Andromeda Galaxy, Dynamical Masses of Local Group Galaxies (Potsdam, Germany), March 21-26, 2022

他 12 件

#### (3) その他

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	○	5,390	0
Wisteria/BDEC-01	○	161,500	0
※配分リソースについてはノード時間積をご記入ください。			