

受付 ID	16a59
分野	宇宙

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

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。特に、天の川銀河やアンドロメダ銀河 (M31)、矮小銀河の近傍の銀河が、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体と流体を組み合わせた大規模シミュレーションを駆使して明らかにしていく計画である。

本年度は昨年度に引き続き、N体計算及びN体と流体を結合したハイブリッドシミュレーションを実行する。ここでは、主に並列粒子法を利用するが、GPUのような演算加速器を搭載した大規模な並列計算機上で、効率がよくスケーラブルな並列粒子法コードを実現することは容易ではない。各ノードがマルチコアCPUとマルチGPUの組みあわせからなる計算機上では、GPUでの細密粒度の並列化だけでなく、GPUどうしの直接通信を利用した並列化、OpenMP/MPIを用いたハイブリッド並列化と、複数階層の並列化をおこなう必要がある。本研究では、HA-PACSに最適化された並列粒子法シミュレーションコードを利用し、それを銀河進化シミュレーションに適用する。

2. 研究成果の内容

これまでに学際共同利用研究で行った銀河衝突の大規模並列パラメータサーベイ研究では、コールドダークマター理論の検証作業を行い、現在のダークマターハロー形成の標準理論と観測の矛盾について詳細な議論を行った。これらの研究成果は複数の学術論文誌で発表した。我々のコードは粒子数が少ない場合においても高い演算性能を発揮できるため、multi-GPU環境を活かした大規模並列化やツリー法、独立時間刻み法などと組み合わせた実装に成功し、さらにGPUを用いた並列ツリー法の高速化も完成し高い性能を達成した。これらのコードを駆使して、アンドロメダ銀河での銀河衝突を詳細に再現し、衝突母銀河の性質やアンドロメダ銀河に付随するダークマターハローの内部構造について新たな知見を得ることができた。

3. 学際共同利用として実施した意義

本研究では衝突銀河の軌道要素をできる限り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は、高い演算性能を持つGPUを大量に搭載したHA-PACSを駆使した大規模並列パラメータサーベイが最も強力な手段である。このようなことから、すでに発表済みの銀河に付随するダークマターハローの内部構造に関する研究成果や、発表準備中のアンドロメダ・ノースウェスト・ストリーム形成シミュレーションの研究に於いて、本学際共同研究が重要な役割を果たした。

4. 今後の展望

今後は、これまでの計算を発展させ、流体力学効果および輻射によるエネルギー輸送の効果を含めた銀河の形成・進化過程を調べていく必要がある。これは、高い演算性能と膨大なノード数を持つHA-PACSやCOMAを用いることによって初めて可能となる。さらに並列ツリーコードを駆使して、10億体以上の大粒子数を用いた大規模シミュレーションを行い、銀河形成・進化の謎に挑戦したい。

5. 成果発表

(1) 学術論文

- “Formation of the Andromeda Giant Stream: Asymmetric Structure and Disc Progenitor”, Kirihara, T., Miki, Y., Mori, M., Kawaguchi, T., Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 464, 3509 (2017)
- “COLLISION TOMOGRAPHY: PHYSICAL PROPERTIES OF POSSIBLE PROGENITORS OF THE ANDROMEDA STELLAR STREAM”, Miki, Y., Mori, M., and Rich, M. R., The Astrophysical Journal, 827, 82 (2016)

(2) 学会発表

- “M31 North-Western ストリームの母矮小銀河の軌道探査”, 桐原崇亘, 三木洋平, 森正夫, 日本天文学会 2016 秋季年会, 2016 年 9 月 14-16 日, 愛媛大学
- 他 4 件

使用計算機	使用計算機に○	配分リソース*
HA-PACS	○	19800
HA-PACS/TCA	○	200
COMA	○	75
※配分リソースについては 32node 換算時間をご記入ください。		