

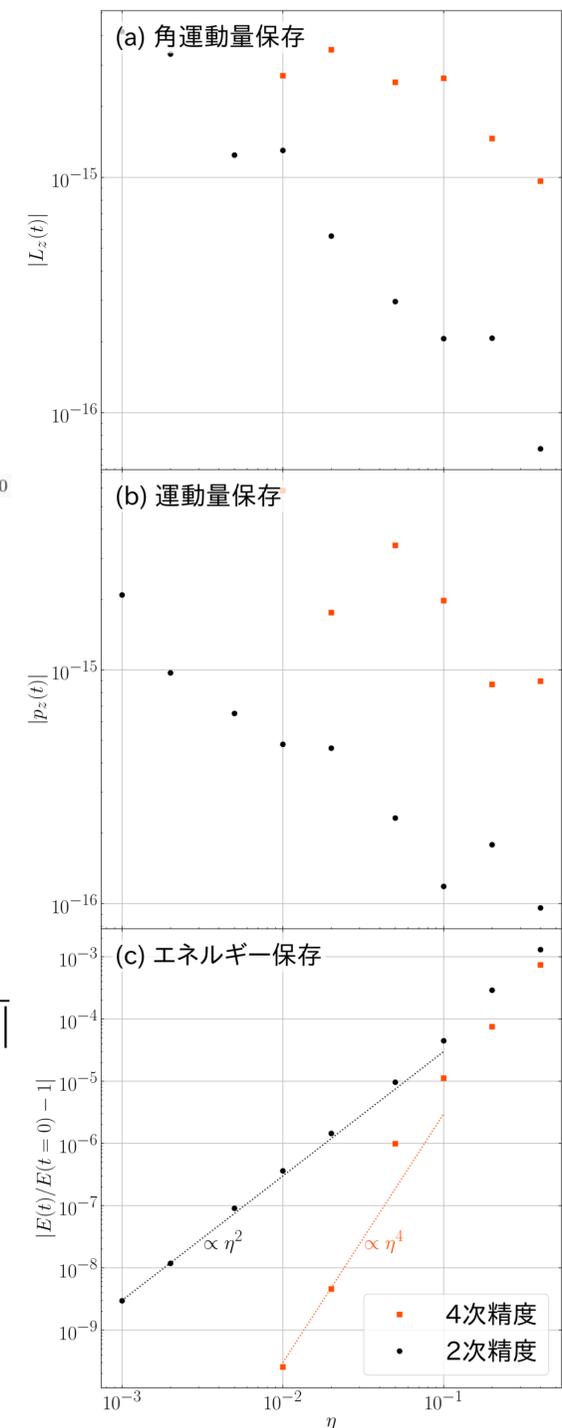
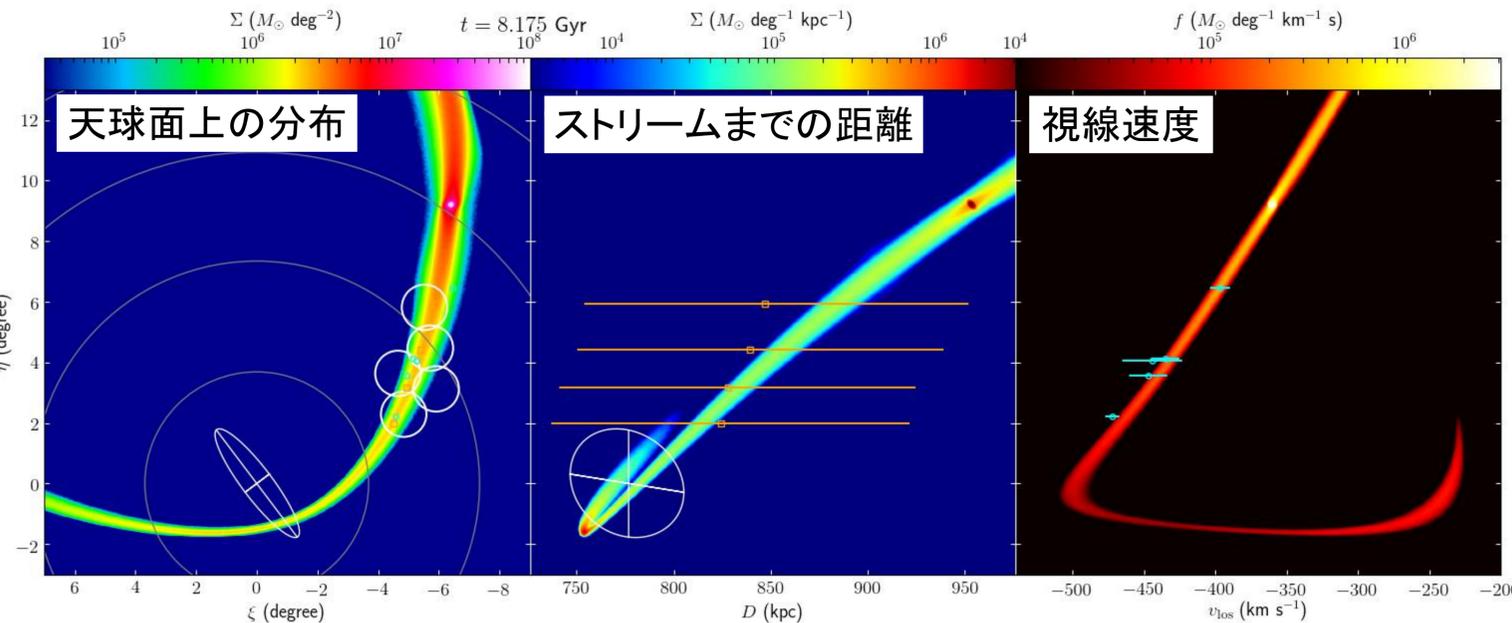
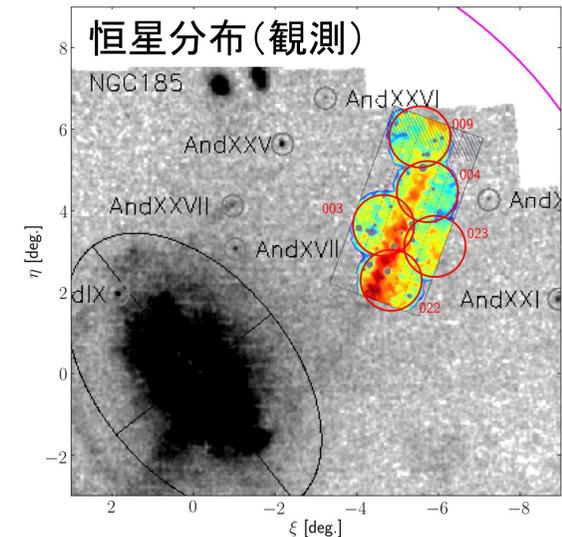


概要

近年の観測機器の高性能化に伴い、従来観測では検出できなかったような非常に暗い構造が多数発見され、今までよりも10倍以上質量分解能の高いシミュレーションを遂行する必要性が生じてきた。そこで本課題では、こうした高精度・高分解能シミュレーションを遂行可能なコードを開発し、宇宙物理学の研究に適用していく。今年度は、アンドロメダ銀河の北西領域で見つかったストリーム構造の母体となった矮小銀河の性質(質量, サイズ, ダークマターと恒星の質量比, 軌道要素)に制限をつける。

アンドロメダ銀河 North-Western ストリームの再現

アンドロメダ銀河の北西領域では、North-Western(NW)ストリームという構造が見つかっている(右図: Richardson et al. 2011, Komiyama et al. 2018)。先行研究(Kirihara et al. 2017, Komiyama et al. 2018)や昨年度課題における研究によって、観測されている構造を概ね再現できるパラメータが見つかり(下図)、収束性の検証もなされている。今年度は、まだ再現できていないNWストリームの面密度勾配などの詳細な構造の再現を目指し、ストリーム構造の母体となった矮小銀河の性質(ダークマター成分と恒星成分それぞれの質量, サイズおよび軌道要素)に制限をつける。



高精度N体計算コードの開発・評価

Block time stepはN体計算を高速化できる有用なスキームの一つであるが、保存量である運動量や角運動量が保存しなくなるという欠点も抱えている。こうした欠点を克服すべく、Pelupessy et al. (2012) によって、Hierarchical Hamiltonian Splitting (HHS) 法が提案されたが、時間2次精度のアルゴリズムであり、より高精度な軌道積分が必要とされる問題には適用できなかった。

$$H = H_F + H_S$$

$$H_F = \sum_{i=1}^{N_F} \frac{p_i^2}{2m_i} - \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{N_F} \sum_{j=1}^{N_F} \frac{Gm_i m_j}{|r_j - r_i|} \quad H_S = \sum_{i=N_F+1}^{N_F+N_S} \frac{p_i^2}{2m_i} - \frac{1}{2} \sum_{i=N_F+1}^{N_F+N_S} \sum_{j=N_F+1}^{N_F+N_S} \frac{Gm_i m_j}{|r_j - r_i|} - \sum_{i=1}^{N_F} \sum_{j=N_F+1}^{N_F+N_S} \frac{Gm_i m_j}{|r_j - r_i|}$$

$$\ln(e^X e^Y) = X + Y + \frac{1}{2}[X, Y] + \frac{1}{12}([X, [X, Y]] + [Y, [Y, X]]) + \frac{1}{24}[Y, [X, [Y, X]]] + \dots$$

本研究では、Yoshida (1990) による高精度leap-frog法の定式化を応用することで、HHS法を4次精度へと拡張した。数値実験の結果、高精度化したHHS法は4次精度を達成(右図c)しつつ、同時に角運動量(右図a)・運動量(右図b)が倍精度浮動小数点演算の数値誤差程度で保存できることが確かめられた。今後、6次・8次精度への拡張やFMMの採用による高速化などに取り組み、NWストリームとダークマターサブハローの相互作用の計算などに適用する予定である。