

宇宙論的 N 体シミュレーションと拡張 HAM 法による 大質量銀河とダークハローの関係の解明

正木彰伍（鈴鹿工業高等専門学校）

利用カテゴリ XC-B

暗黒物質や暗黒エネルギーといった宇宙論における長年にわたる問題を解決するためには、すばる望遠鏡 Hyper Suprime-Cam (HSC) サーベイといった大規模銀河サーベイの観測データの正確な解析による、宇宙論的情報の抽出が必須となる。

当初この目的のために本研究は、Sloan Digital Sky Survey (SDSS)-III の一部である Baryon Oscillation Spectroscopic Survey (BOSS) によって構築された CMASS と呼ばれる大質量銀河サンプルと暗黒物質ハローとの関係を明らかにしようと計画していた。先行研究から、標準的な方法 (HAM) で予言される CMASS 銀河とハローの関係性は、観測結果と無矛盾な結果を与えないことが示されていた。本研究においても、HAM を多角的に拡張することを試みた。いくつかのモデルは、二点相関関数といった観測結果をよく再現することができたが、物理的もしくは観測的に明確な根拠があるモデルとは言い難かった。他方で、宇宙論的 N 体シミュレーションのボックス長を大きく超えたサイズの密度揺らぎ（超長波長密度揺らぎ）による潮汐場が、構造形成に与える影響が注目されている。この効果は、ハローの個数には影響しないが、ハローの形状や内部構造に影響を与えると期待される。これは銀河形成にも影響を与えうするため、銀河とハローの関係が変化することも考えられる。そこで本研究では、銀河とハローの関係性を明らかにするうえで未知の要素の1つとなりうる、超長波長密度揺らぎを考慮に入れた宇宙論的 N 体シミュレーションコードを開発した。

本研究では、公開コード GADGET-2 (Springel 2005) を改変することで、超長波長密度揺らぎに起因する潮汐場による影響を取り入れた。具体的には、潮汐場が引き起こす局所的な非等方膨張を考慮した座標系における TreePM 法を実装した。Schmidt et al. (2018) は同様のコードを PM 法で開発していたが、ハローを詳細に調べるためには、距離解像度をより高くできる TreePM 法が必要不可欠である。

潮汐場への感度を示す潮汐応答関数 G_K を計測して、コードのテストを行った。図1は、 G_K を波数 k の関数として示している。3つの線はそれぞれ、高解像度 PM 法、低解像度 PM 法、TreePM 法で行ったシミュレーションから得られた G_K である。PM 法は実装が比較的平易であるため、グリッド数を通常より多くした高解像度な PM 法で得られた G_K を「答え」として利用した。TreePM 法の結果（赤点線）が、高解像度な PM 法による結果（黒実線）とよく一致していることが見て取れる。図2は、TreePM 法によって得られた G_K の時間進化を表している。大スケールでは線形理論の予言値 $8/7$ （黒実線）によく一致していることが確認できる。また、小スケールでは時間が経つにつれて値が低くなっている。これは、ハローの形成により物質が潮汐場から切り離されることによって潮汐場への感度が低下するという期待に沿う自然な結果である。以上のようなテストを詳細に行い、非等方膨張宇宙における TreePM 法を用いた宇宙論的 N 体シミュレーションが正しく実装できていることを確認した。

本研究の成果は、既に MNRAS 誌および arXiv に投稿済みである (Masaki, Nishimichi, Takada, arXiv:2003.10052)。MNRAS のレフリーからは好意的なコメントを受け取って

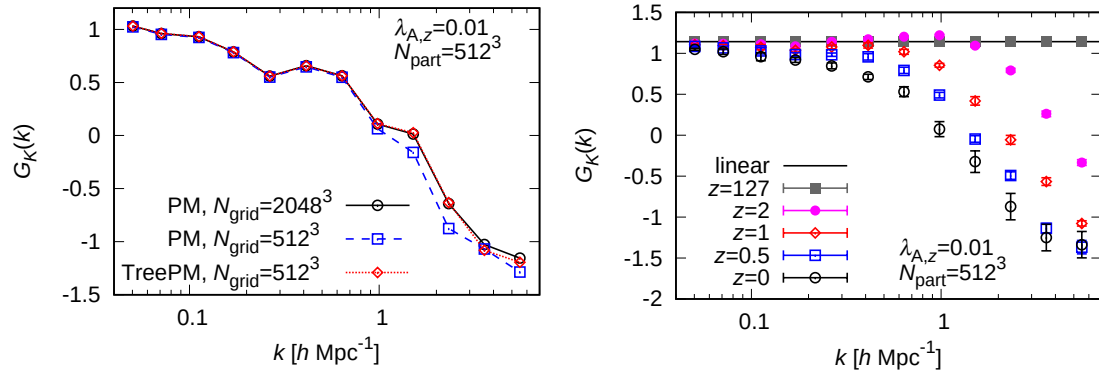


図 1: 高解像度 PM 法、低解像度 PM 法、図 2: TreePM 法によって得られた G_K の時
TreePM 法による潮汐応答関数 G_K の比較。間進化。

おり、短時間で採録されるものと考えている。2020 年度も、銀河-ハロー関係の解明を念頭に置いて、超長波長密度揺らぎによる潮汐場が構造形成に与える影響を調べていく。

CfCA のみなさんをはじめ、XC50 の運用に日々尽力いただいている方々に深く感謝します。2019 年度も XC50 を使用させていただきありがとうございました。