

## 合体シミュレーションによる小スケールハローの内部構造の進化

佐々木拓洋(千葉大学)

利用カテゴリ XC-B

ダークマターハロー(以下ハローと省略する)は他のハローとの合体によって成長し、サイズを大きくしていく。その過程でハローの中に星、ブラックホール、銀河が生まれ、やがて銀河団のような大きな構造を形成する。ハローの密度構造は銀河の形成、進化そのものに影響を与えることに加え、地球近傍を通過するダークマターのフラックスは局所密度に比例するためダークマター検出の手掛かりとなり得る。そのため、ハローの構造の解明は重要な課題である。

これまでハローはその質量スケールに関わらず中心部の密度構造は半径の $-1$ 乗に比例すると思われていた。しかし、解像度が向上した宇宙論的シミュレーションによると、物理的な最小スケール付近のハローの中心部の密度構造は大規模ハローより鋭い半径の $-1.5$ から $-1.3$ 程度に比例するカスプを持ち、合体によって緩やかになっていくことが分かってきた。Ogiya et al. (2016) とAngulo et al. (2016) はどちらも理想化されたハローを用いて合体シミュレーションを行い、このことを確かめた。

本研究ではIshiyama (2014) による宇宙論的シミュレーションから得た非理想状況のハローを用いて合体シミュレーションを行う。初期密度ゆらぎのパワースペクトラムにカットオフを導入したシミュレーションから得たハロー(ハローA)とカットオフをどう売入していないシミュレーションから得たハロー(ハローB)をそれぞれ9つ選ぶ。同じハローを初期中心間距離 $D = 1.0r_{\text{vir}}$ 、 $D = 2.0r_{\text{vir}}$ 離して並べ、合体させるシミュレーションを行う。ハローAは小規模で中心部に鋭いカスプを持つが、BのハローはAのハローと同程度の質量スケールでありながらハローAよりもカスプが緩やかである。ハローAの構造進化を調べることが目的だが、比較のためにハローBも同様にシミュレーションを行う。その結果、

- ・ハローAの中心部の冪構造を見ると初期状態が $-1.3$ 程度に対し合体後は $-1.1$ 程度になる
- ・中心部の密度増大率は $0.5$ 程度に留まり、 $2$ 倍になっていない
- ・密度増大率が中心から外側に向けて徐々に大きくなる
- ・初期中心間距離が大きいと冪構造の変化は小さく、密度増大率も小さい
- ・ハローBの冪を見ると合体後は緩やかになっているが、ハローAよりは変化が小さい

という結果が得られた。

鋭いカスプを持つハローが合体によって緩やかになるという結果はこれまでの研究と一致している。このような変化が起きる原因に関して、violent relaxationが影響すると考えられているが、詳しいことについてはまだ分かっていない。初期中心間距離が小さいほうが冪の変化が大きく、密度増大率が高いことから、初期のポテンシャルエネルギーや衝突する速度が変化に影響を与えることが分かる。以上のことを踏まえて構造進化の要因の解明のためにさらに研究を行う。

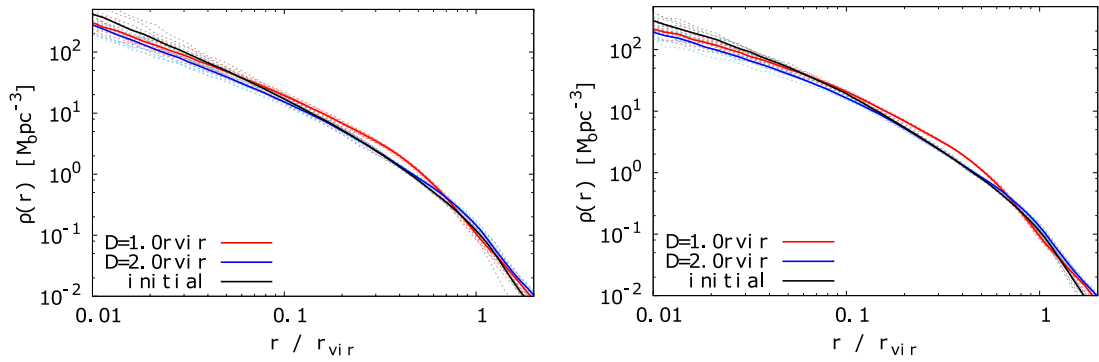


図1 密度プロファイル $\rho(r)$ 。左がハローA、右がハローB。黒線は初期状態、赤と青はそれぞれ初期中心間距離 $D = 1.0r_{\text{vir}}$ 、 $D = 2.0r_{\text{vir}}$ 離して合体させた結果。初期状態の密度は2倍にしてある。点線は各ハロー個別の結果で、実線はその平均値。

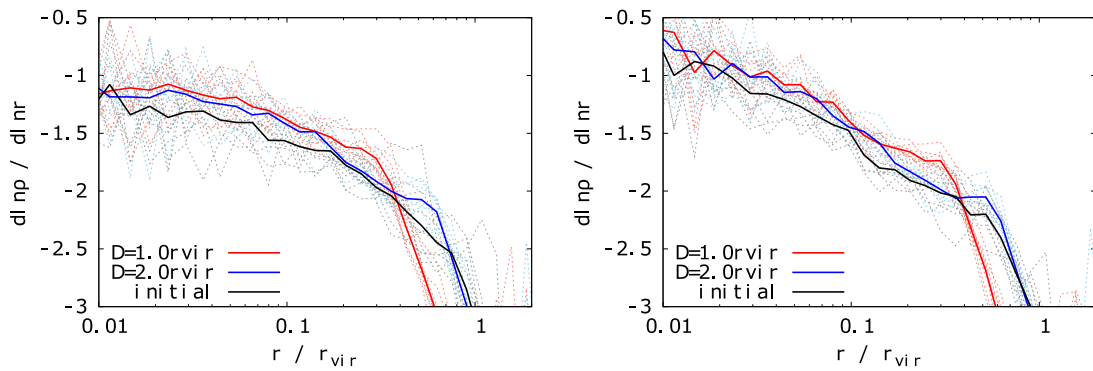


図2 密度プロファイルの冪 $d \ln \rho(r) / d \ln r$ 。凡例は図1と同じ。

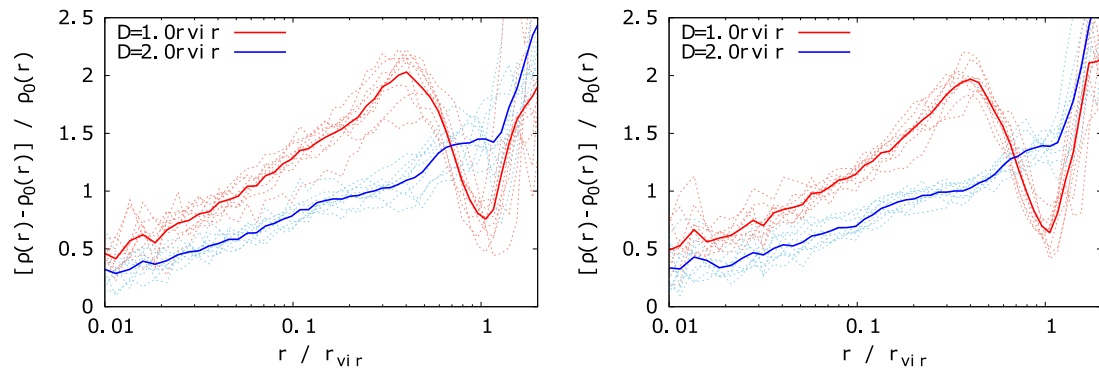


図3 密度増大率 $[\rho(r) - \rho_0(r)] / \rho_0(r)$ 。凡例は図1と同じ。