

研究概要

千葉大学統合情報センター 石山智明准教授

「京」などを用いた世界最大規模の宇宙の構造形成シミュレーションを行い、宇宙初期から現在にいたる約138億年のダークマターの構造形成、進化過程を従来よりも格段に良い精度で明らかにした (Ishiyama et al., 2015, PASJ, 67, 61)。

研究背景

宇宙では、重力でのみ相互作用するダークマターと呼ばれる物質が、構造形成、進化の主要な役割を果たしている。ダークマターは自己重力で集まり、ハローとよばれる構造をつくる。その中で星や銀河などの天体が形成していったと考えられている。

ハローの空間分布をシミュレーションから明らかにすることで、銀河や銀河団の空間分布も推定することができる。しかし、これまで世界中で行われてきたシミュレーションでは、用いる粒子数が不足していて、1つのシミュレーション粒子の質量が銀河に匹敵するほど大きくなってしまい、ハローの構造を理解するには不十分であった。

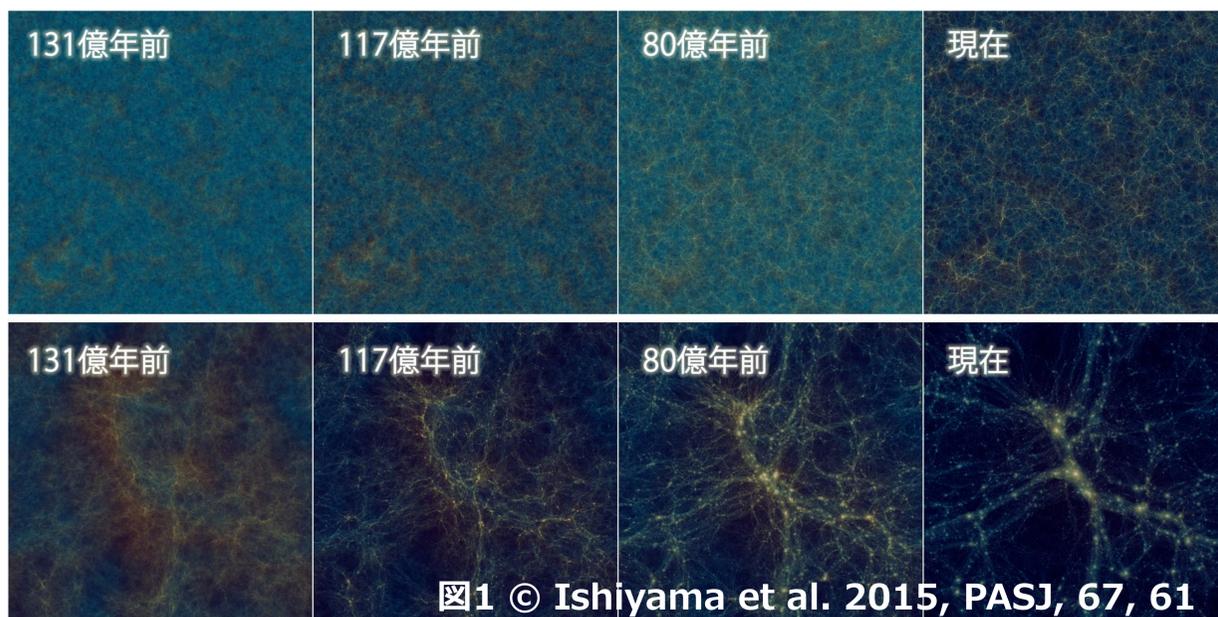


図1 © Ishiyama et al. 2015, PASJ, 67, 61

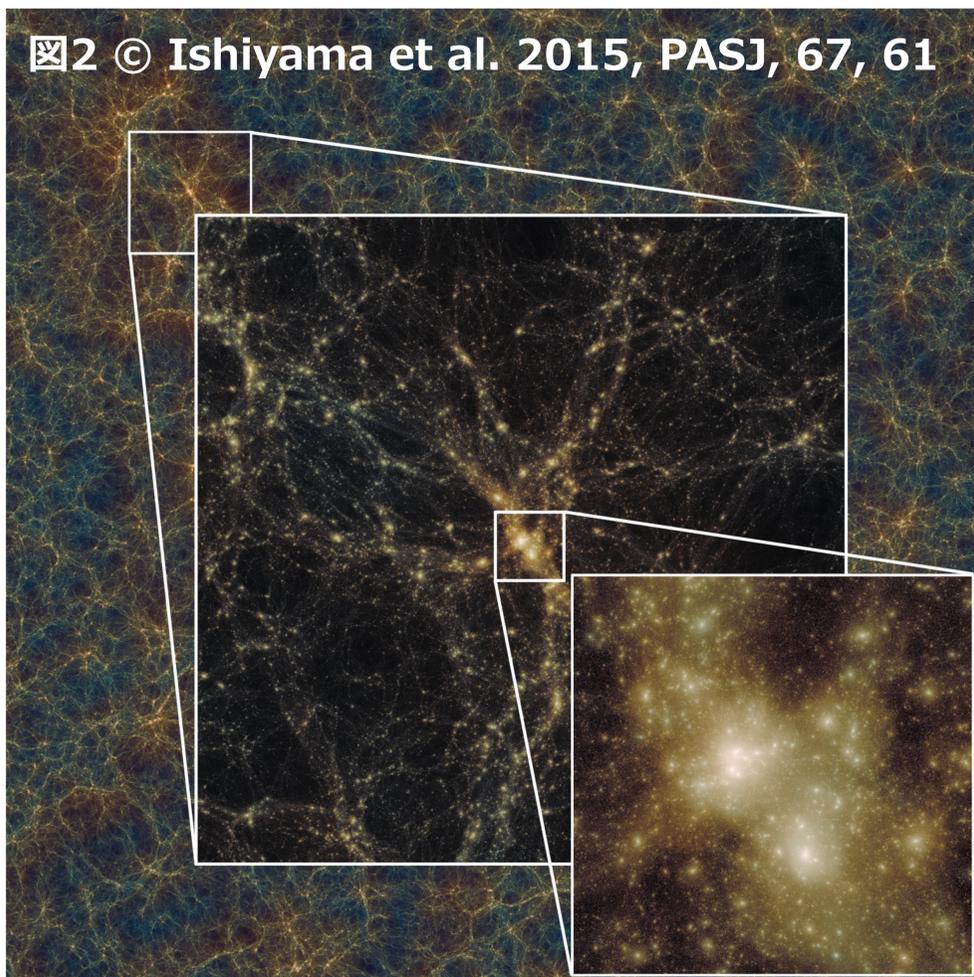
「京」で得られた成果

宇宙初期から現在にいたる約5500億個ものダークマター粒子の重力進化を計算した(「京」以前は100億程度が限界)。計算した空間サイズは、最大で一辺がおよそ54億光年にもおよぶ広大なものである(図1上)。これほど大きな空間でのシミュレーションとしては世界最高の分解能であり、銀河スケールのハローの階層的形成を追うシミュレーションとしては世界最大。質量スケールに換算しておよそ8桁にもおよぶ範囲でのハローの構造形成史をモデル化することが可能となった(図2)。初期宇宙から現在にわたって、矮小銀河から銀河団におよぶ多種多様な天体の形成、進化過程、そして空間分布を探ることができるようになった。

「京」の活用

我々が開発した重力多体シミュレーションコード、GreeMは、計算時間に基づく動的領域分割、階層的全対通信などの新しい並列化手法を実装することで、「京」の全系を用いても50%以上の実効効率を達成した。そして、ハイ・パフォーマンス・コンピューティングに関する国際会議SC12(2012年、米国・ソルトレイクシティ開催)で、ゴードン・ベル賞を受賞した(Ishiyama et al. 2012, SC12)。

図2 © Ishiyama et al. 2015, PASJ, 67, 61



将来の展望

シミュレーションではダークマター分布の重力的な進化のみ解き、ハローの階層的構造形成史をモデル化した。現在、シミュレーションから得られたハローの進化史の上で、準解析的銀河形成モデルという手法を用いてバリオンの進化を解いている(Makiya et al., 2016, PASJ; Shirakata et al., 2015, MNRAS; Oogi et al., 2016, MNRAS)。そして我々が目にする銀河や活動銀河核などの大規模天体サーベイ観測と直接比較可能な、様々な天体の疑似カタログを整備し、公開していく。