

U09b Lagrange 的摂動論に基づく N 体シミュレーションの初期値問題

立川崇之 (お茶大理、工学院大情報、早大理工研)、水野俊太郎 (東大 RESCEU)

近年、観測における宇宙論パラメーターの決定精度が高まりつつあり、それに応じた理論的予測にも高い精度が要求されてきている。宇宙の大規模構造の非線形進化を取り扱う宇宙論的 N 体シミュレーションにおいて、複雑な重力多体系をいかに正確に効率良く解くかという点については、ここ数年における進展が著しいものの、どのようにして妥当な初期条件を設定するか、という点については今まであまり注意が払われていなかった。

従来、 N 体シミュレーションの初期条件は、線形摂動論ではあるものの Lagrange 的描像であるために密度ゆらぎの準非線形領域を記述できる Zel'dovich 近似 (ZA) によって与えられてきた。しかし、摂動論で初期条件を与えた場合、より高次の非物理的な減衰項を初期条件で落とすことが出来ない。そのため、たとえその後の発展が数値的に正確に解けたとしても、その減衰項の影響が消えるまでは高次の物理量の正しい値が得られない。Crocco, Pueblas, Scoccimarro (2006) により、Lagrange 的摂動論の 2 次の近似を用いて N 体シミュレーションの初期条件を設定した場合には、非線形成長に依って生じる密度揺らぎの非ガウス性に減衰項の影響が現れる事が示された。

それでは、 N 体シミュレーションの初期条件として Lagrange 的摂動論の 2 次の近似で十分であるだろうか。我々は 3 次までの Lagrange 的摂動論を用いた初期条件から N 体シミュレーションを行い、密度揺らぎのスペクトル、非ガウス性に対する非物理的な減衰項の影響を系統的に調べた。その結果、初期時刻を $z > 30$ とすれば、2 次の摂動論に基づく初期条件からの非物理的な減衰項の影響がなくなるのに対し、ZA に基づく初期条件からのものは初期時刻を $z > 80$ としてもなくなる事がわかった。すなわち、今回の我々の結果は N 体シミュレーションにおける 2 次の Lagrange 的摂動論に基づいた初期条件の有用性を強く支持するものとなった。