

受付 ID	16a21
分野	宇宙

Vlasov方程式による無衝突自己重力系の数値シミュレーション

Vlasov Simulations of Self-Gravitating Systems

吉川耕司

筑波大学計算科学研究センター

1. 研究目的

本プロジェクトでは、無衝突自己重力系の数値シミュレーションを座標空間3次元・運動量空間3次元の6次元位相空間上での無衝突ボルツマン方程式 (Vlasov 方程式) を直接数値シミュレーションすることでN体シミュレーションの問題点を解消した自己重力系の数値シミュレーションを行う。N体シミュレーションの短所が問題となる系としては、宇宙大規模構造形成におけるニュートリノの運動論的な振舞いがある。ニュートリノは質量が小さいため大部分の質量を担う Cold Dark Matter (CDM) と比べて非常に大きな速度分散を持ち小さいスケールの密度揺らぎの重力成長を無衝突減衰によって抑制する働きがあるが、N体計算では無衝突減衰を正確に取り扱うことが困難であるという問題点がある。そこで、本プロジェクトでは、宇宙大規模構造形成におけるニュートリノのダイナミクスを Vlasov 方程式の直接数値積分による数値シミュレーション (Vlasov シミュレーション) で解明することを目的とする。

2. 研究成果の内容

Vlasov 方程式を数値シミュレーションする際には1次元の移流方程式に帰着させて数値積分するが、1次元の移流方程式の数値解法としてこれまで採用していた空間3次精度の PFC スキームよりも高精度な新たなスキームを開発した。新しいスキームは空間7次精度で移流方程式の解の数学的な条件である単調性・正値性を満たすことができている。この高精度なスキームを用いて6次元位相空間での Vlasov シミュレーションを実行することでこれまでよりも精度の良い数値シミュレーションが可能になったことを確認した。

3. 今後の展望

2017年度の学際共同利用では、新たに開発した数値計算スキームを宇宙論的な構造形成の数値シミュレーションへ適用し、ニュートリノの大規模構造形成に対する力学的影響を調査する予定である。

4. 成果発表

(1) 学術論文

Tanaka, S., Yoshikawa, K., Minoshima, T., Yoshida, N., “Multi-Dimensional Vlasov-Poisson Simulations with High-Order Monotonicity and Positivity Preserving Schemes” submitted to the Astrophysical Journal

(2) 学会発表

(3) その他

使用計算機	使用計算機に○	配分リソース※
HA-PACS	○	
HA-PACS/TCA		
COMA	○	
※配分リソースについては 32node 換算時間をご記入ください。		