

R31a 自己重力 N 体シミュレーションに発生する数値的不可逆性

小松 信義、木綿 隆弘、木村 繁男（金沢大）

球状星団などに代表される自己重力 N 体系は、長距離相互作用力のために熱・統計力学的に特異な性質（負の比熱，violent relaxation など）を有することが知られ，N 体シミュレーションによる研究も盛んに行われている。しかし，通常の N 体シミュレーションは，浮動小数点演算を使用するため，丸め誤差の影響を避けることはできない。このため，時間可逆な Newton の運動方程式を解いているにも関わらず，数値的な不可逆性がシミュレーション中に発生する。しかし，N 体シミュレーションの結果を吟味する時に，このような数値的不可逆性と物理現象の不可逆性の区別が不明瞭なのが実情である。

従って，本研究では，自己重力 N 体シミュレーションで発生する数値的不可逆性の特性を明らかにするため，球状星団を模擬した Antonov 問題（球状の断熱壁に囲まれた N 個の点粒子による自己重力 N 体系）を対象に，少粒子系の N 体計算を行い，系のエネルギーと数値的不可逆性の関係を検討する。

本解析では，時刻 $t = 0$ で非平衡な初期状態から系を時刻 $t = t_{\text{rev}}$ まで時間発展させ，時刻 $t = t_{\text{rev}}$ で全粒子の速度ベクトルの方向を一斉に反転させる（時間反転解析）。系が可逆ならば，時刻 $t = 2t_{\text{rev}}$ で系が厳密に初期状態に復帰するので，この復帰の度合いを評価パラメータとする。その結果，系のエネルギーが低くなるほど，初期状態へ復帰する度合いが急激に低下し，数値誤差による不可逆性の影響が増加することが明らかになった。この傾向は，従来の熱・統計力学の範疇にある短距離相互作用系の特性と対照的であり，自己重力系などの長距離相互作用系に特有な性質であると考えられる。さらに，新たに定義した伝播時間を用いると，系のエネルギーが数値的不可逆性に与える影響を統一的に記述できることが示された。