

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 鈴木 将

多くの物質の物性・相転移現象は、前世紀までに熱・統計力学の枠組みにのなかで、我々の理解の届くものとなった。しかしながら、重力系といった長距離系では安定な熱平衡状態が存在できない、あるいは熱力学的緩和さえ効かない場合があるなどの困難のため、そこでのダイナミクスや定常構造といった基本的な性質ですら系統的な理解に至っていないのが現状である。また熱力学的な枠内での分子系においても、電荷の分極に伴う双極子相互作用間、あるいは荷電状態で正負のチャージ間等でのフラストレーションに伴う、単純粒子系では予期し得ない多様な相の解明も課題として残っている。

本論文は、中・長距離相互作用系を計算機シミュレーションを軸として研究した結果をまとめたものである。

第一部は双極子相互作用粒子系の一例として、二成分 Ising 双極子粒子系における熱力学的性質を解析した結果をまとめる。シミュレーション結果からは気-液臨界点が凝固温度を下回るため液相が存在し得ないことを見出すとともに、解析的に流体相で既に存在する特徴的な局所構造の寄与を加味した改良型の virial 展開手法を提案し、その構造と固相秩序との関係性から臨界転移と凝固が競合することが理解されることを解明している。さらに二成分間のモーメント比や粒子半径比などに依存してそのような構造が制御され、より多様な相が存在しうることも示唆され、当初特定の凝集実験の結果の解明を意図して考案されたこの粒子系の、多様な複雑流体への応用可能性を示した。

第二部では重力系のダイナミクスの一例として、恒星銀河円盤状での構造形成が取り上げられている。多くの銀河に見られる渦状パターンは密度波伝搬に伴う構造であることが明らかとなっているが、解析的には線形領域およびその近傍に限られていた。一方、計算機シミュレーションでも、素朴な重力多体系のモデルでは微細な構造まで再現する粒子数での計算コストは莫大で未だ手が届かない。これに対し、本研究では特に注目するパターンが擬一次元的な広がりを持つことを考慮し、rod-particle と名付けたモデル粒子系を提案している。このモデルを使い非線形性によるソリトン波の形成を確認するなど、従来の粒子シミュレーションではなしえなかった解析を実現した。

本論文は、博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。