

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 吉岡直樹

統計物理学の目的は、物質の性質・挙動を構成分子に基づいて理解することである。マクスウェルやボルツマン・ギブスらによる黎明期から百余年を経て、熱平衡状態とそのまわりの線形非平衡状態については分子運動に基づいて扱うことが可能となった。現在、非線形非平衡状態に研究の軸足が移りつつある。

非線形非平衡状態の統計物理学的研究には、大別して2つ方向がある。1つはポリマーや蛋白質などの複雑な分子内部の運動が巨視的な流れと非線形に結合して生じる現象を解明しようとするものであり、もう1つは単純な分子からなる物質が極限的な状態で見せる非線形なふるまいを解明しようとするものである。

本論文は、後者の立場での非線形非平衡現象の研究であり、あまたある対象現象のなかから、凝集現象と破壊現象とを研究した。

凝集に関しては、2次元イジング型双極子相互作用粒子系、すなわち運動面に垂直な上向きあるいは下向きのどちらかの向きを向いた3次元双極子をもつ弾性円盤からなる系の低温極限での凝集過程を扱った。双極子粒子系の物性は、その多様性の魅力と応用上の必要とから精力的な研究がおこなわれているが、本研究の系は面白さを損ねないように単純化した系として注目される。研究の結果、低密度でのクラスタ凝集過程および高密度での結晶化がどのように進むのかをランジュバンノイズ下と粘性抵抗とを受ける運動方程式を計算機シミュレーションにより解析し、対応する実験を再現し、説明することに成功した。

破壊に関しては、1軸負荷下での熱励起破壊をファイバーバンドルモデルにより計算機シミュレーションにより解析した。破壊応力以下の負荷でも、一定の時間の後に材料が破壊する現象は工学上基本的であるが、その機構の解明は、より良い材料の開発や劣化の診断・破壊の予防につながると期待される。本研究の結果は、熱励起破壊の寿命が材料の大きさに対して冪乗則を示す可能性が明らかとなるなど、熱励起破壊の機構の解明を大きく進めたものと評価できる。

本論文の研究は、凝集と破壊のモデル解析を通して、個々の現象の解明と応用の進展のみならず非線形非平衡現象の研究、特に計算統計物理学に新たなる局面を提示するものとして高く評価できる。博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。