

相転移・相分離の動力学、パターン形成の動力学などを中心的なテーマに研究しています。また、高分子・液晶・コロイドといったソフトマターの物性研究も行っています。これらは、流動など外場に対して大きな応答を示すため、非平衡非線形物理の重要な研究対象です。動的モデルの構築とともに対象としては特に境界領域にあるもの未開拓なものに重点を置いています。また、実験グループとの共同研究も積極的に進めていきたいと考えています。

相転移ダイナミクス

固体の構造相転移におけるガラス的挙動

液体の結晶化、固体の構造相転移、強誘電相転移などに対して、不純物を混入していく。すると秩序がメソ領域で凍結し、相転移が阻害される。ガラス転移と呼ばれる重要な未解決問題。

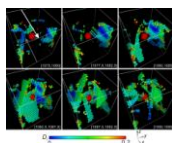
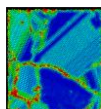
右図：楕円体からなる結晶に、不純物として球を混ぜる。すると配向秩序がガラス化し、構造相転移を起こさない。Orientation-strain glassと名付けた。不純物が大きいと、結晶秩序もガラス化する(下図)。



固体の塑性変形

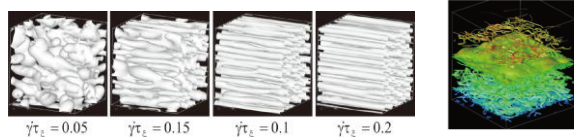
分子動力学シミュレーションで実現される結晶・多結晶・アモルファスなどの固体を大きく変形（塑性変形）させた際の非線形レオロジー。

上図：多結晶体の断面図。球面調和関数から特徴付けられる秩序変数を表す。粒子の色は、(青)面立方格子結晶、(水色)積層欠陥、(緑-赤色) 粒界を表す。粒界や積層欠陥といった結晶中の乱れが詳細に見て取れる。下図：不純物を有する多結晶体に剪断流をかけた際、塑性変形（大規模に運動）した粒子を抜き出したもの。粒子の色は上記の秩序変数を表す。積層欠陥部分（緑色の粒子）が主に滑っていることが見て取れる。



外場下における非平衡相転移

- 温度勾配、せん断流動場と結合した相分離ダイナミクス
- 非平衡現象下における新しい相安定状態



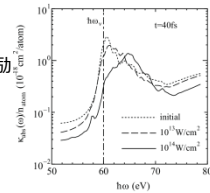
左図：シアー流れ下における相分離。平衡から離れた状態でのパターン形成が見られる。

右図：常流動状態のヘリウムを下から転移点以下に冷やした時の非平衡状態。常流動相のフィルム状と渦状の欠陥が現れ、熱抵抗を生み出している

XFELと固体の相互作用

X線自由電子レーザー（XFEL）照射下の固体における電子ダイナミクスや非線形光学現象を、量子統計力学で解明する。

右図：リチウムのK殻電子励起にともなう吸収スペクトルの変化。

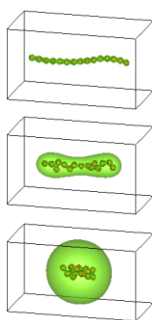


ソフトマターのモデリング

電解質高分子に対する溶媒和の効果

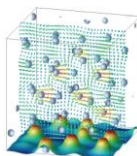
DNAなどの電解質高分子の水溶液にアルコールなどを添加すると高分子が沈殿することが知られている。通常、溶媒の混合比は均一であると考えられているが、ぬれ・静電相互作用により、それは自明ではない。メソスコピックな描像に基づき、電解質高分子の混合溶媒中での振る舞いを研究している。

右図：混合溶媒中での電解質高分子の様子。温度を変えることにより、高分子の形状が変化している。（上図から温度が高い。）

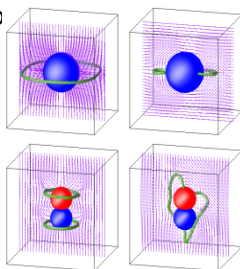


コロイドのスローダイナミクス

- 液晶、コロイドなど異なる対称性を持つソフトマター混合系のダイナミクス
- ソフトマター複合系（動的多階層系）
- 流体力学的相互作用（動的な多体効果）により、複雑な振る舞いを示す。

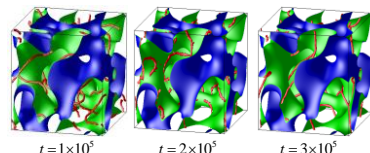
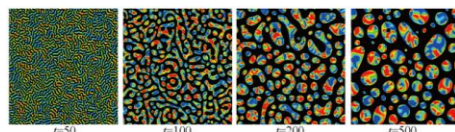


左図：荷電粒子の電気泳動の様子。流体力学的相互作用により、自発的に結晶構造は融解し、乱雑になる。新しい非平衡相転移。右図：イオンを含むネマティック液晶のパターン。わずかなイオン添加により液晶分子の配向が長距離で乱れている。



液晶欠陥のトポロジーとパターン形成

- 相転移過程において配向場と流動場、濃度場が結合し、複雑な相分離パターンを形成する。
- 荷電粒子など不純物を添加することにより、容易に欠陥ができる。
- 異なるトポロジー構造への液晶欠陥の組み替えは高いエネルギー障壁によって著しく抑制され、系は非平衡状態となり、ガラス的な遅いダイナミクスを示す。



上図：液晶・等方液体混合系の相分離の様子。流れ場と配向場の動的結合により、液滴状になる。色は液晶の配向を表す。下図：多孔質中に閉じ込めたネマティック液晶。赤い線は欠陥を表す。欠陥のトポロジーと多孔質のトポロジーが結合し、ガラス的な振る舞いを示す。