

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

相転移現象を用いた微粒子の駆動

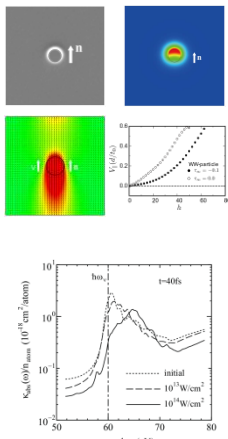
動物や微生物などは外力が働かなくても、自発的に動き回ることができる。非平衡下における相転移現象を利用した新しい微粒子の駆動機構の開発を行っている。

図：二成分流体中のヤヌス粒子の様子。局所的に加熱することで、相分離を起こし、マランゴニ効果によって粒子を駆動する。粒子周りの濃度場（左上）、温度場（右上）、流体場（左下）、駆動速度と加熱力との関係（右下）。

量子ダイナミクス

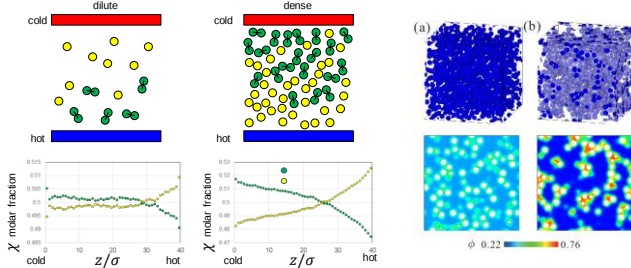
X線自由電子レーザー照射下の固体における電子ダイナミクスや非線形光学現象を、量子統計力学で解明する。

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。



外場下における非平衡現象

温度勾配、重力場などの非平衡下における複雑流体の相挙動を調べている。温度勾配下における混合溶液のSoret効果、コロイド分散系のレオロジーなど。



左図：温度勾配下におけるダイマー・モノマー混合系の振る舞い。分子の内部自由度（ダイマーの結合力）、密度などを変えることで、Soret係数が大きく変化することを見出した。右図：水・油混合溶媒中に、親水性コロイドを添加し、せん断流動を与えたときの凝集構造。

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

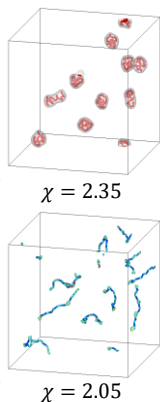
DNAなどの電解質高分子の水溶液にアルコールなどを添加すると高分子が沈殿することが知られている。通常、溶媒の混合比は均一であると考えられているが、ぬれ・静電相互作用により、それは自明ではない。メソスコピックな描像に基づき、電解質高分子の混合溶媒中での振る舞いを研究している。

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、高分子鎖の形状が変化している。
(上図：相分離点から遠い場合、下図：相分離点に近い場合。)

高分子溶液の粘弾性相分離現象

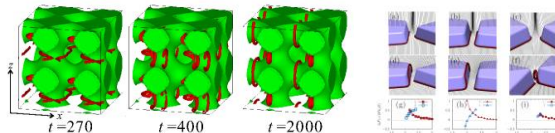
高分子溶液は、通常とは異なる相分離様式（粘弾性相分離）を示すことが知られている。高分子鎖の絡み合い、高分子と溶媒の相互作用などを考慮した分子動力学シミュレーションにより、その物理的な機構の解明に努めている。

図：高分子溶液の粘弾性相分離における相分離パターンの時間発展の様子。高分子鎖の長さを変えてシミュレーションを行った。



液晶系に見られる非線形・非平衡流動

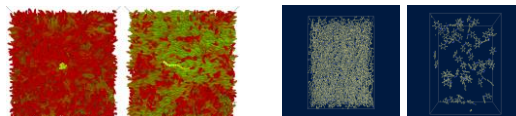
ネマチック液晶は流動場下において、液晶特有の流動特性を示す。バルク中の振る舞いはよく調べられてきたが、狭い空間に閉じ込められた場合はよく分かっていない。多孔質中で安定化されたトポロジカル欠陥、有限のアンカリング強度を持つ壁、という点に着目し研究を行っている。



左図：多孔質（緑）に閉じ込められた液晶のトポロジカル欠陥（赤）の構造。液晶を流すと欠陥の組み換えが起こるが、その活性化エネルギーの高さにより、系は複雑な非線形・非平衡流動を示す。右図：異方的な形状を持つ粒子の周りのトポロジカル欠陥の様子。欠陥構造は複数の（準）安定構造を持つことがあるが、その間の遷移により、複雑な非平衡状態が実現される。

ソフトマター混合系

異なる対称性を持つソフトマターを混合すると新奇な状態が発現することがある。そのような系を数値計算、理論解析により探索を行っている。



左図：液晶・高分子混合系。転移点近傍で温度を変えると液晶秩序の出現に伴い高分子の形状が変化する。右図：all atom分子動力学シミュレーションによる不純物を含む液晶相のスナップショット（右は不純物のみを抽出）。