

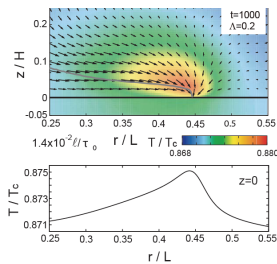
相転移・相分離の動力学、パターン形成の動力学などを中心的なテーマに研究しています。また、高分子・液晶・コロイドといったソフトマターの物性研究も行っています。これらは、流動など外場に対して大きな応答を示すため、非平衡非線形物理の重要な研究対象です。動的モデルの構築とともに対象としては特に境界領域にあるもの未開拓なものに重点を置いていきます。また、実験グループとの共同研究も積極的に進めていきたいと考えています。

相転移ダイナミクス

動的van der Waals理論

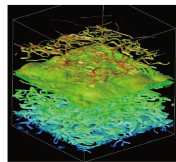
- ・ 蒸発・液化を伴う非平衡現象
- ・ 密度の勾配に起因するエントロピー、内部エントロピーを導入
- ・ 気象やエアコンの作動原理まで、さまざまな現象に関連
- ・ 今日の流体物理学の未開拓分野

右図: 冷えた床を広く広がる液滴周囲の蒸気が接点付近に集まり、液化している。そこでは潜熱によって蒸気が熱せられている。



超流動He4における非平衡現象

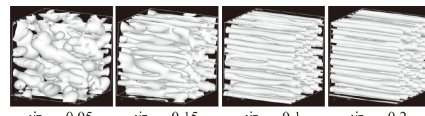
転移温度以下では線形熱伝導率が無限大になり、相転移温度近傍では熱流による非線形効果が重要になる。熱流と重力の拮抗により特異な非平衡状態が発生する。



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。

外場下における非平衡相転移

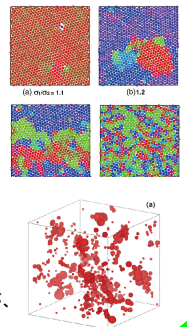
- ・ 温度勾配、せん断流動場と結合した相分離ダイナミクス
- ・ 非平衡現象下における新しい相安定状態



上図: 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。

ガラスの動力学

液体を融点以下に急冷すると結晶化できず過冷却状態になる。さらに温度を下げると粘性が激増し、アモルファス状のまま凍結する。ガラス転移と呼ばれる普遍現象であるが、現在の非平衡統計物理学の重要な未解決問題である。



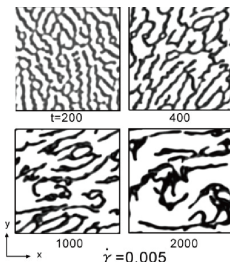
上図: ガラスの結晶側からのアプローチ。粒径の異なる粒子を詰めて、サイズ比を大きくしていくと、単結晶から多結晶を経てアモルファスへと変化する。下図: ガラスの動的不均一性。分子がまとまって速く動く領域と遅く動き領域が、時空間に不均一に分布している。

ソフトマターの理論

高分子系の粘弾性相分離・レオロジー

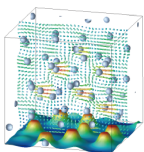
高分子溶液など動的に非対称な系の相分離。相分離とソフトマターの持つ粘性、弾性が合わさって起きる現象。流動場下では相分離と粘弾性の結合により複雑なレオロジーを示す。

右図: 粘っこい高分子が相分離している状態をわずかに流動させた。高分子相(黒)は連結したゲルのようにあり、流動によって干切れていく。

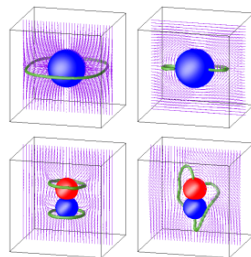


コロイドのスローダイナミクス

- ・ 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 (動的な多階層系)
- ・ 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。

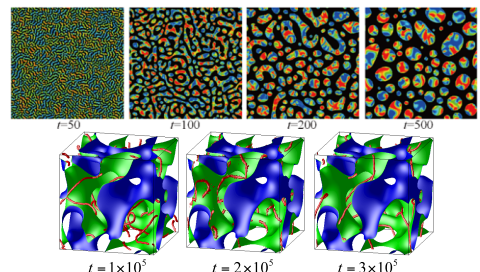


左図: 荷電粒子の電気泳動の様子。流体力学的相互作用により、自発的に結晶構造は融解し、乱雑になる。新しい非平衡相転移。
右図: イオンを含むネマティック液晶のパターン。わずかなイオン添加により液晶分子の配向が長距離で乱れている。



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。