

相転移動力学研究室

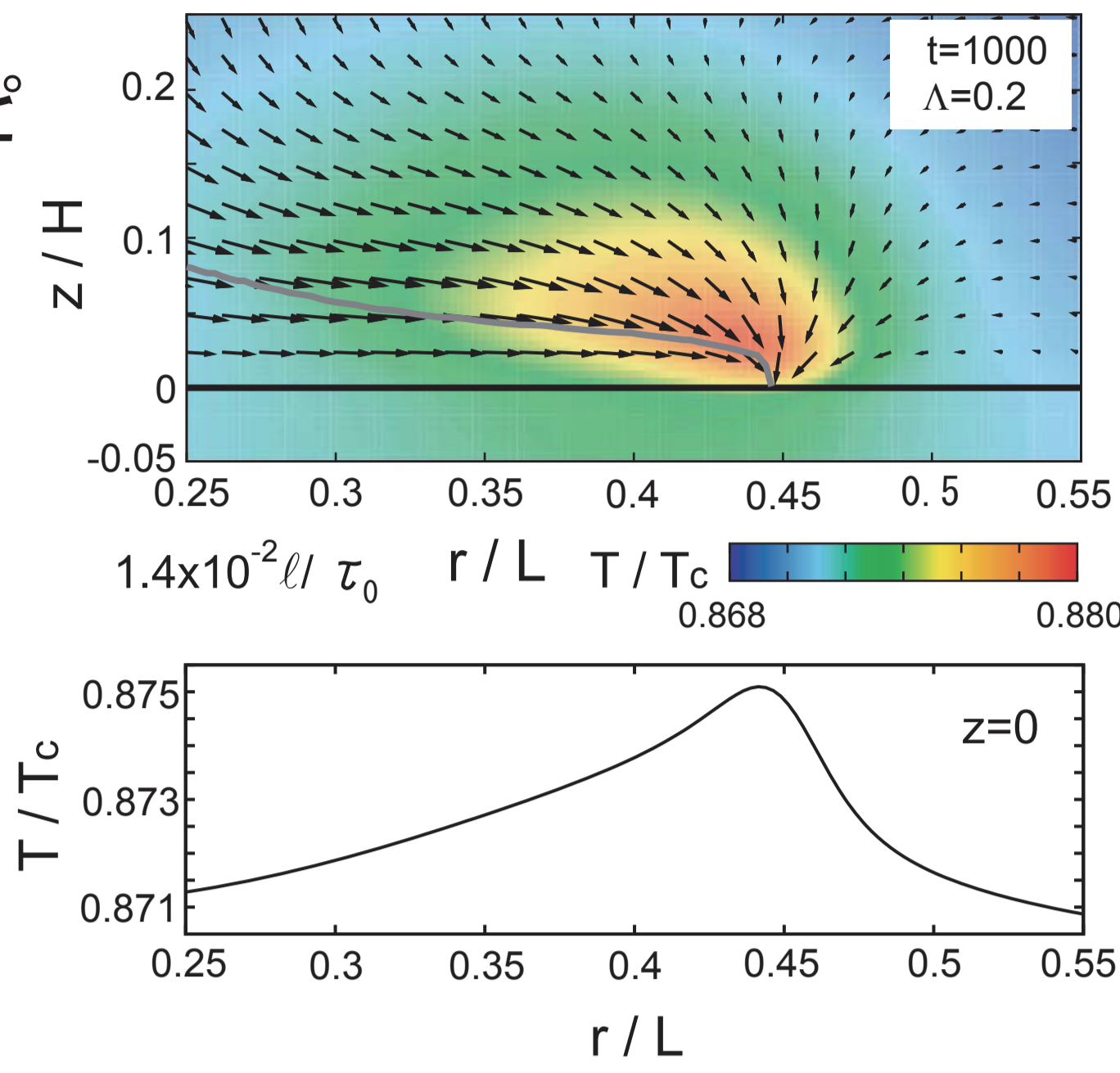
教授 小貫 明 准教授 荒木 武昭 助教 北村 光

非平衡非線形物理学と相転移理論を両輪としている。数多くの実験予言は国際的に検証されている。

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・内部エネルギーを導入
- ・ 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

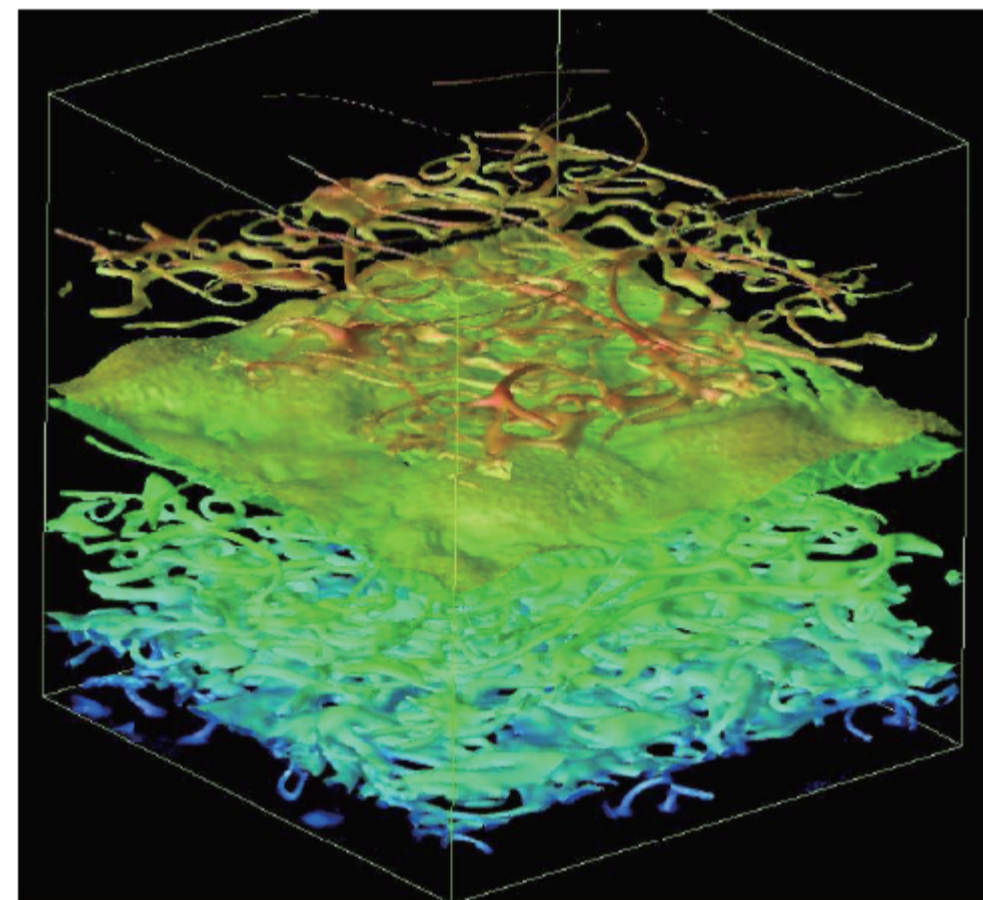


右図：冷えた床を広がる液滴周囲の蒸気が接触点付近に集まり、液化している。そこでは潜熱によって蒸気が熱せられている。

超流動He4における非平衡現象

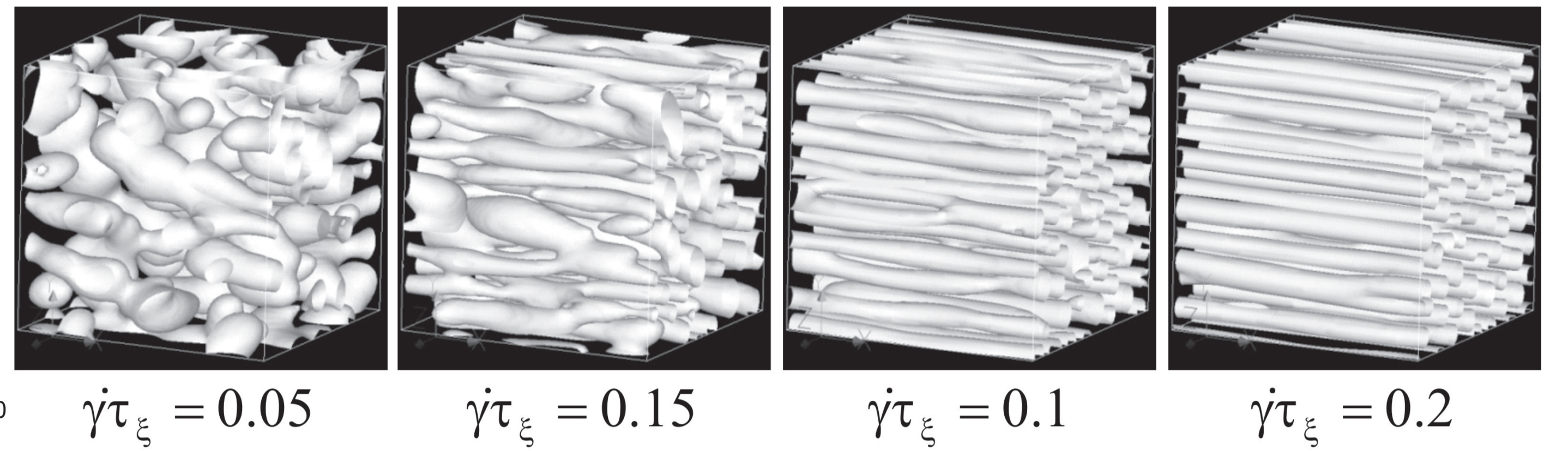
- ・ 転移温度以下の低温で常流動相から超流動相へ2次転移
- ・ 転移温度以下では線形熱伝導率は無限大、実際には転移温度近傍で熱流による非線形効果が重要
- ・ 地上では重力の影響が顕著に現れ、転移温度が高さに依存
- ・ 熱流を上から下に流すと、熱流と重力の拮抗により特異な非平衡状態が発生

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定常状態の3次元計算。冷却面より超流動領域が成長しているが、そこでは常流動フィルム(黒い筋)と渦(黒い点)が現れ熱抵抗を生み出し、特異な非平衡状態が出現。



外場下における非平衡相転移

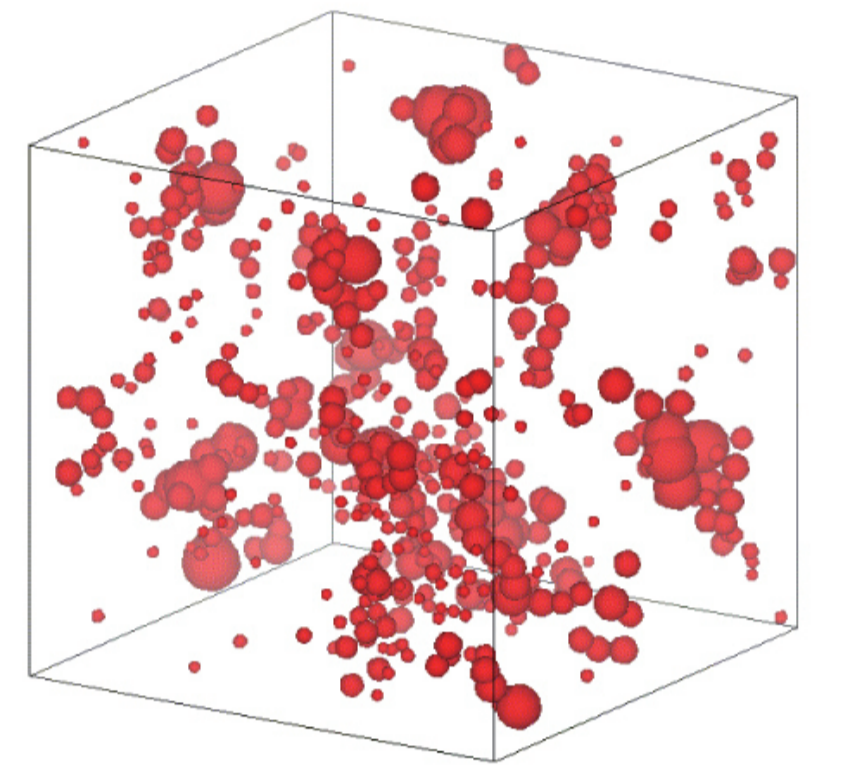
- ・ 温度勾配、せん断流動場と結合した相分離ダイナミクス
- ・ 非平衡条件下における新しい相安定状態



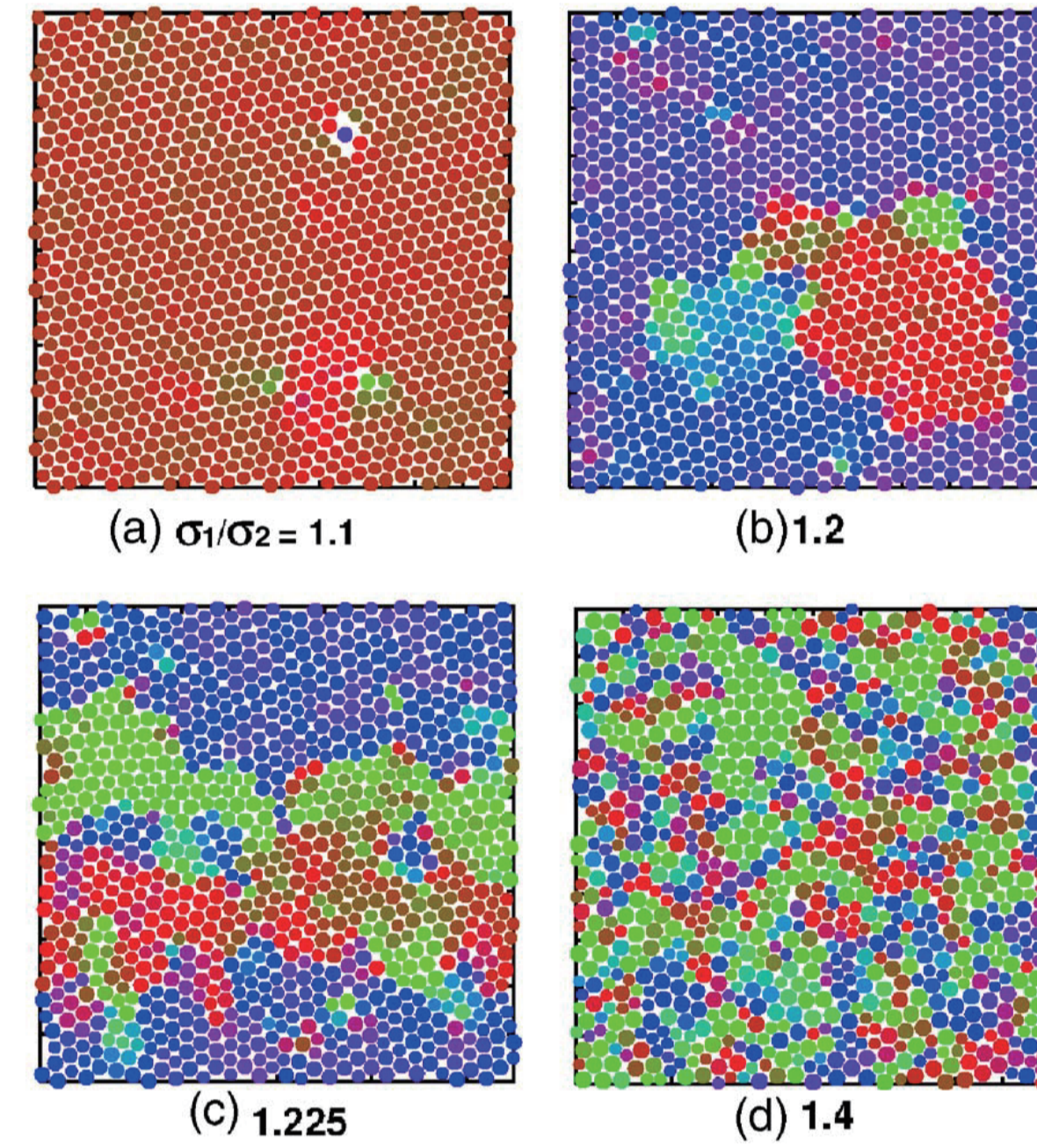
上図：シアー流れ下における相分離平衡から離れた状態でのパターン形成が見られる。

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。サイズの異なる粒子や複雑な構造をもつ分子からなる系では、更に温度を下げると粘性が激増し、アモルファス状に凍結しやすい。ガラス化と呼ばれる普遍的現象である。



上図：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く領域が存在し、空間的に不均一に分布している。(スローダイナミクスの起源!?)



左図：ガラスの結晶側からのアプローチサイズの異なる2種類の粒子を詰める。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移り変わる。

ソフトマターの理論

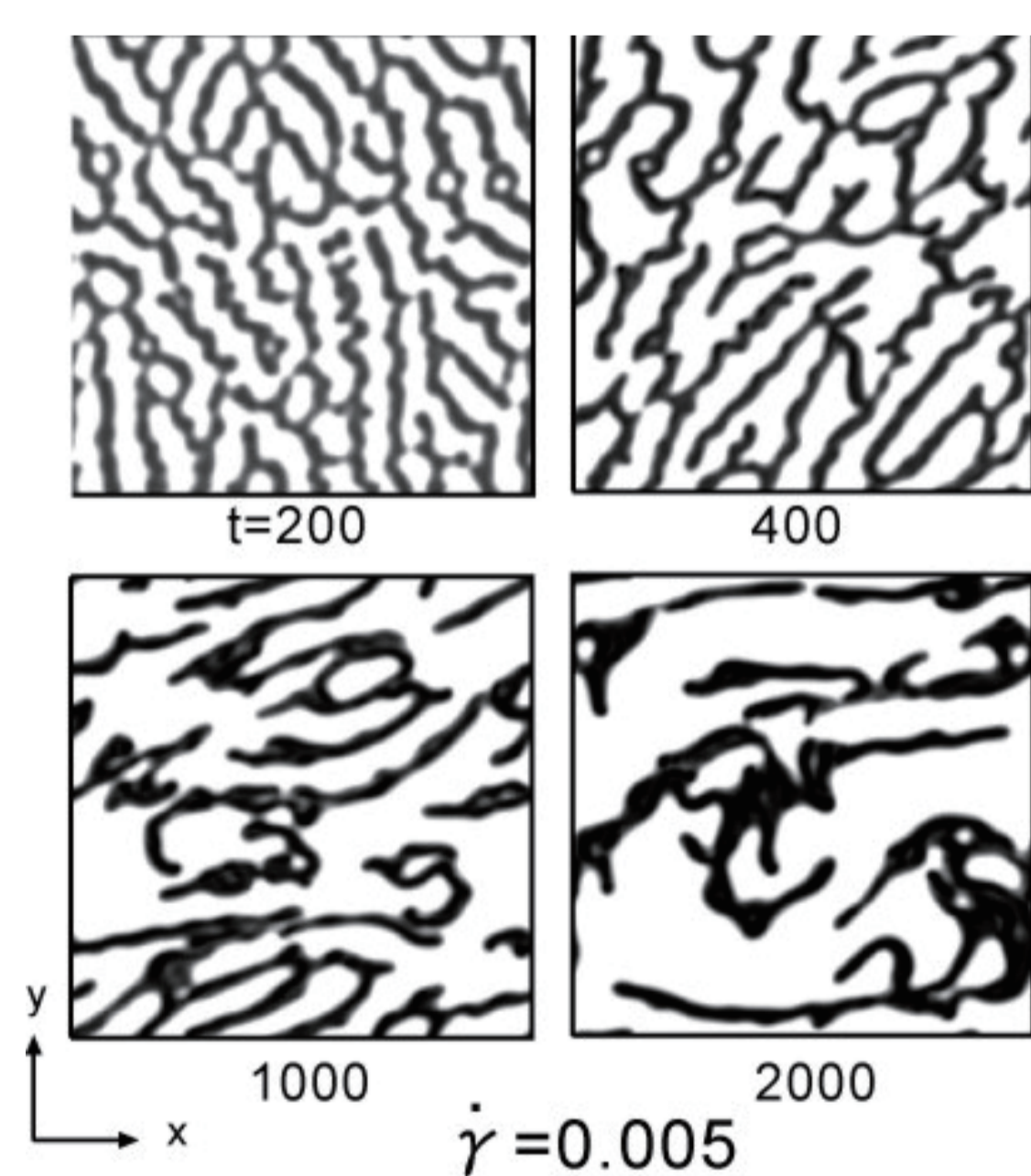
ソフトマターとは...

- ・ 高分子、液晶、両親媒性分子、コロイド、蛋白質などのソフトな力学的性質を持つ物質群の総称
- ・ ほとんどの場合、大きくてのろまな分子(高分子・コロイド・DNA・蛋白質など)とすばしっこい分子(水など)の動的に非対称な成分からなる混合系として捉えることができる
- ・ 弾性率が極めて小さいか零であるとともに、状態が力学的に不安定化しやすい状態である
- ・ 流動・弾性・塑性に対し敏感であり、大変形の結果、非平衡相転移が誘起されやすい

高分子の粘弾性相分離

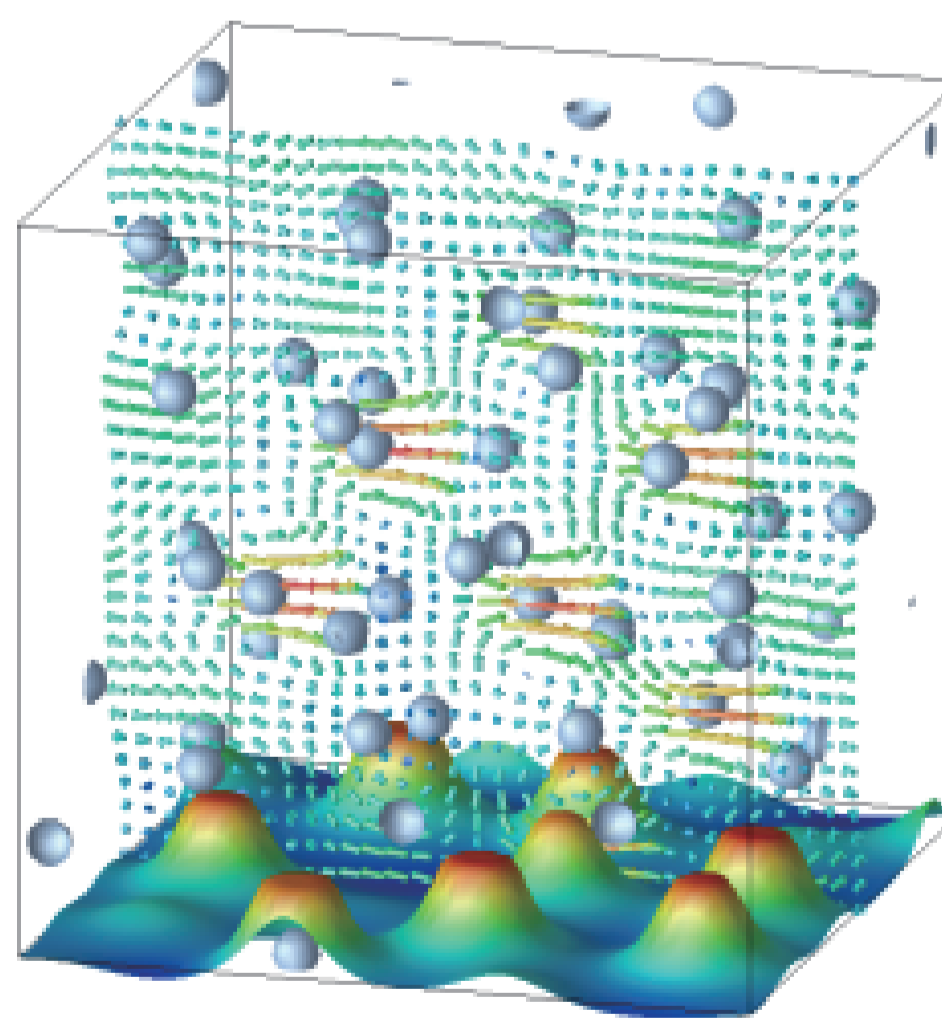
- ・ 高分子溶液など動的に非対称な系の相分離
- ・ 粘性と弾性が合わさって起きる現象

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てみた。粘っこい領域(黒)は連結したゲルのようにあり、流動によりちぎれていく。



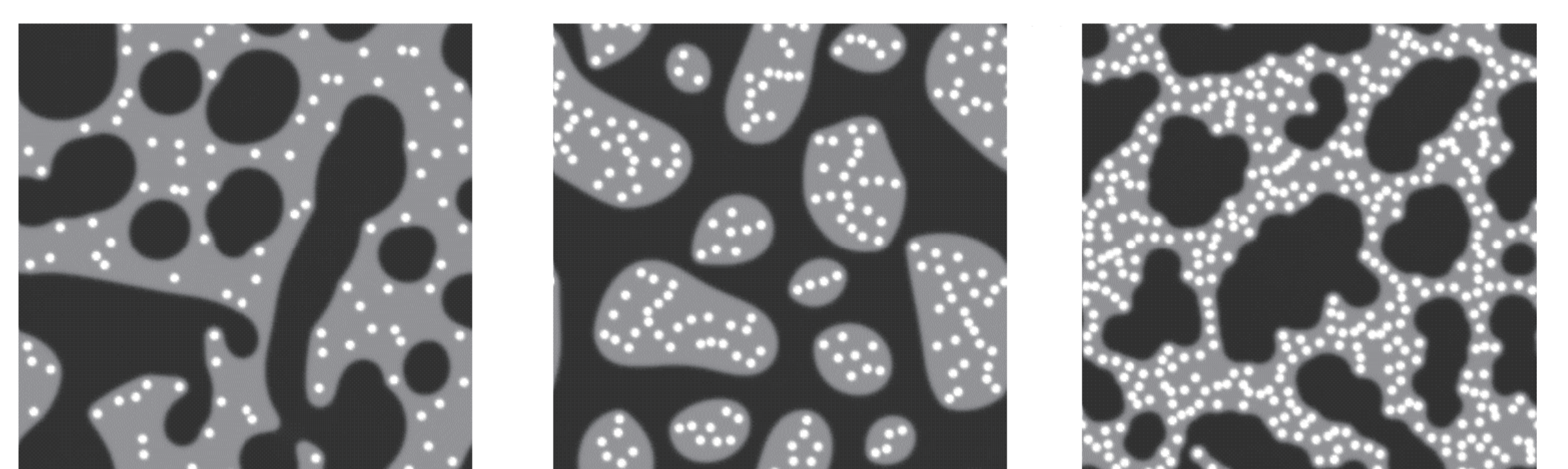
コロイド系のシミュレーション

- ・ 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)のモデリング
- ・ 流体力学相互作用(動的な多体効果!)により、複雑な振る舞いを示す



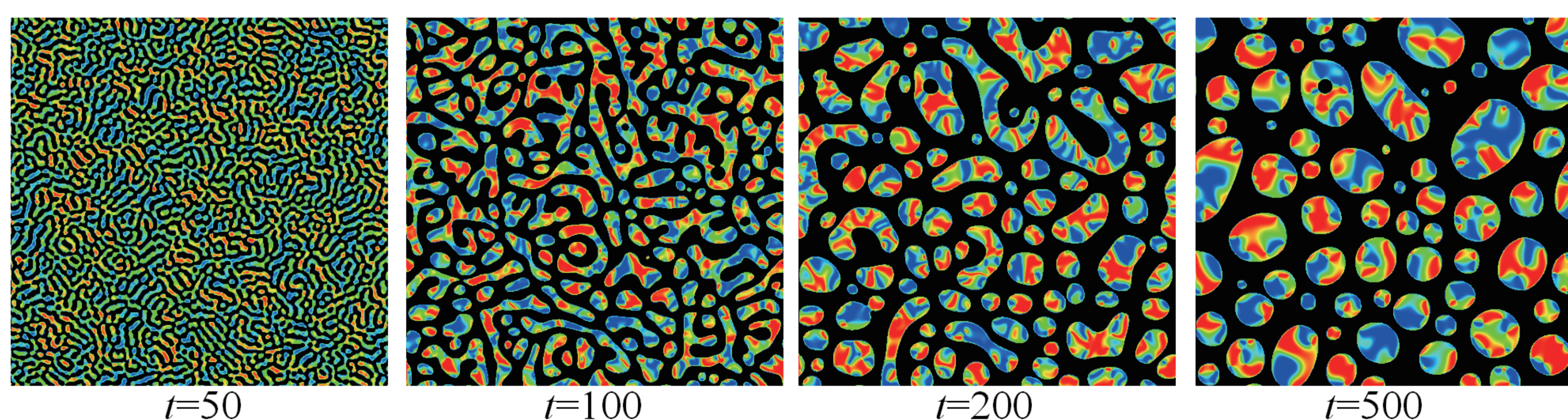
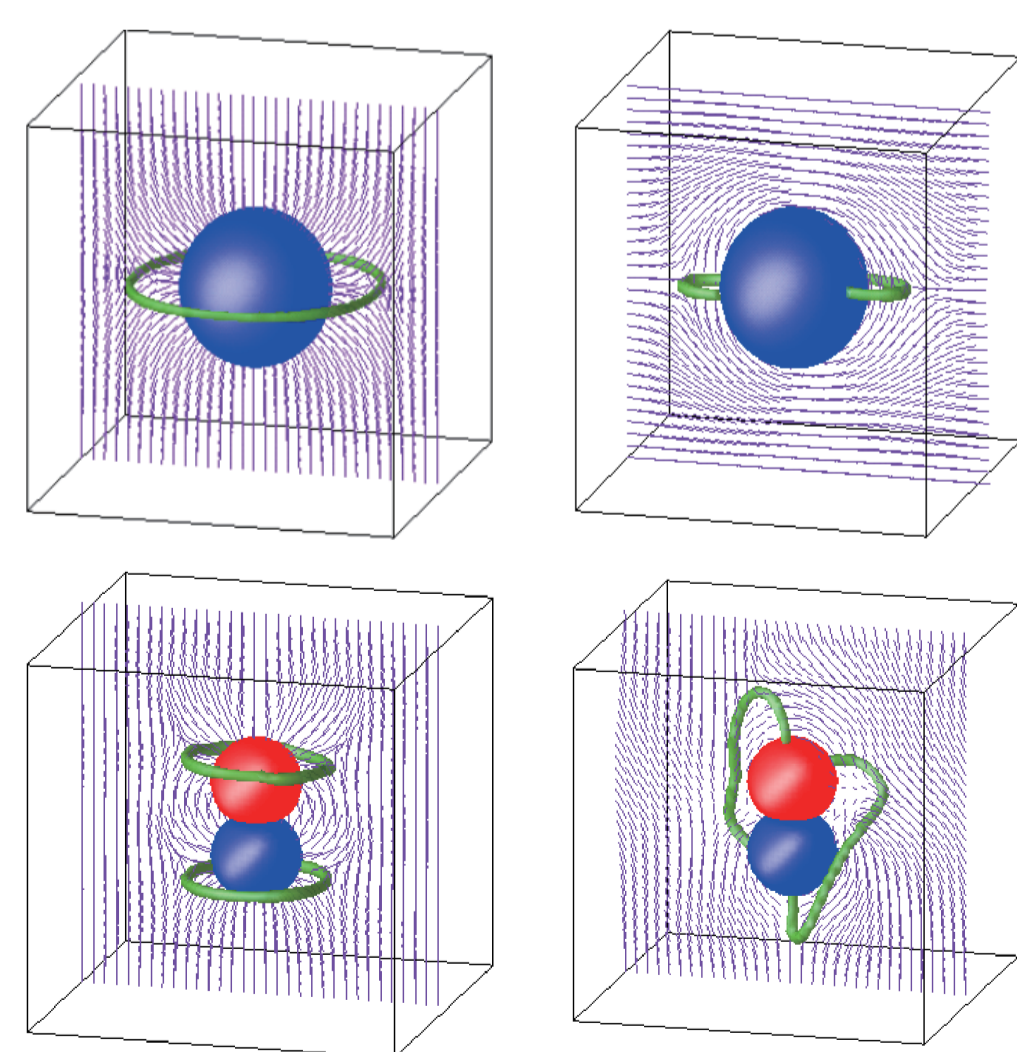
左図：荷電粒子の電気泳動の様子流体力学的相互作用により自発的に結晶構造は融解し、乱雑になる。

下図：可動粒子を含む2成分流体添加粒子数に応じて、粒子に対してぬれやすい相の構造が変化する。



液晶系のパターン

- ・ 分子が細長いために向きを持ち、配向場の自由度が存在する
- ・ 液晶相では重心の秩序はなく、配向に秩序がある(向きを揃えたがる)
- ・ 不純物により、容易に欠陥ができる
- ・ 配向場と流動場・濃度場が結合
- ・ 液晶配向欠陥と相分離構造のトポロジカルな結合



左上図：イオンを含むネマティック液晶のパターン僅かの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。

左図：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。