

相転移動力学研究室

教授 小貫 明 424号室 (内線3743)
准教授 荒木 武昭 426号室 (内線3825)
助教 北村 光 431号室 (内線3750)

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。

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であり、物理学・化学・生物学・材料科学の分野にまたがる学際的な性格をもつ重要な物質群として、最近大きな注目を集めている。ソフトマターのソフトさの起源は、大きくてのろまな構成要素にある。実際、ソフトマター、生体などは、ほとんどの場合、このような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。柔らかいというのは、文字どおり弾性率が極めて小さいか零であるということとともに、選択された状態が本質的に不安定化しやすい相転移点近傍の状態であることにも由来する。このような柔らかい系は流動・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。このためソフトマターは非線形非平衡状態研究の宝庫といえる。

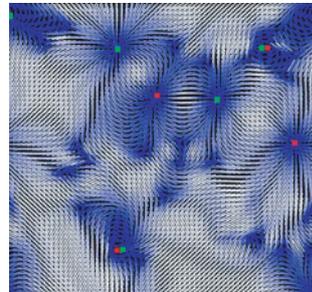


図1. イオンを含むネマティック液晶のパターン。僅かのイオン添加により液晶分子の配向が長距離領域で乱れている。

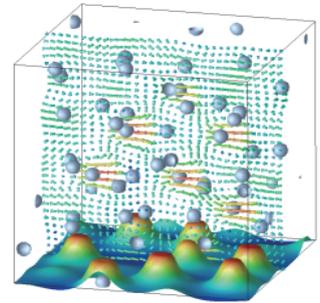


図2. 荷電粒子の電気泳動の様子。流体力学的相互作用により自発的に結晶構造は融解し、乱雑になる。

新しい流体力学・非線形物理学の創出

流体力学の分野では、沸騰や濡れ現象などの相転移が関与する流動現象は未知の側面が大きく、液晶や超流動における渦や欠陥の関与する非線形流動現象は将来の魅力的分野である。潜熱が関与する流体现象は冷却装置や気象現象などに遍在するが、物理学としての研究は驚くほど少なく、潜熱を取り入れるためには、液体・気体界面における一次転移を理解しないと行けない。ここに相転移物理学と流体力学の融合された将来の課題がある。van der Waals理論は統計熱物理学における金字塔であるが、気液界面の記述は不可能な理論とされている。だがvan der Waalsこそ界面を記述するため密度の勾配に起因する自由エネルギーを考えた最初の人である。それでも熱が流れ蒸発・液化が起こる非平衡状態の記述はだれも出来てない。温度不均一の場合の相転移とは？ 温度の非平衡状態の定義？ これら普遍的疑問にも答えるべく、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して動的van der Waals理論を構築した。

ガラス動力学・非線形変形の理論

ガラス転移と呼ばれるこの液体⇔(amorphous)固体変化に関してはこれまでに膨大な研究がなされているが、未だその本質的な機構は解明されていない。ガラス転移現象の最も重要な特徴は、転移点近傍で動的な性質（構造緩和時間・粘性率など）が12桁以上もの劇的な変化を示すのに対し、静的な性質（圧力・体積・液体構造など）は僅かしか変化しないという点にある。このような動的性質の変化をもたらす原因を明らかにすることが、ガラス転移の本質を理解するに重要である。我々は「動的不均一性」という新しい概念を導入することにより過冷却・ガラス状物質の動的性質や非線形応答を理解しようと試みた。これは粒子の協同運動を反映した量である。図3では過冷却液体で長い時間間隔において見えてくる顕著に動いた粒子を取り出している。球の半径は動いた距離を表すようにした。低温であればあるほど活性化した領域と非活性化した領域の不均一性が増大していく。あたかも温度を下げると臨界点に接近するが如き際立った効果である。また固体での非線形弾性論を構築している。この理論に基づく格子欠陥を大量に含む塑性状態が記述できる(図4)。ガラス状態も格子欠陥が密に存在する状態と考えられる。

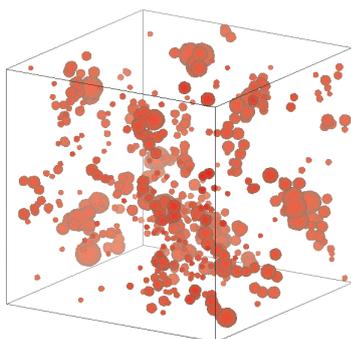


図3. ガラスの動的不均一性。低温では可動領域と不可動領域が不均一に混在。

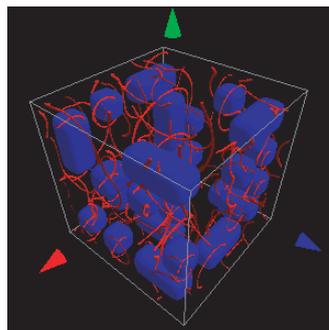


図4. 二相状態の合金を変形すると界面から柔らかい領域にひも状の欠陥ができる。

オープンラボ (研究紹介)
理学部5号館426号室
11:50~, 14:20~
(各30分程度)