

革新的力学機能材料の創出に向けたナノスケール動的挙動と力学特性機構の解明

2020 年度採択研究代表者

2020 年度 年次報告書

山本潤

京都大学 大学院理学研究科
教授

階層的時空構造と動的不均一性から紡ぐナノ力学機構の理解と制御

§ 1. 研究成果の概要

山本チームは、物質内の動的不均一性を直接・リアルタイムに可視化する揺らぎ顕微鏡と、ナノスケールのダイナミクスを測定可能とするガンマ線準弾性散乱の2つの新規な測定原理を用い、微視的分子から巨視的スケールまでの広帯域な協同運動を、力学場印加下においてその場観察を可能とする。これにより、等方的なゲルやガラスの力学特性や、降伏・破壊といった非線形力学のメカニズムを明らかにし、人工的な動的不均一性の設計・埋め込みにより力学特性改良の基本原理を確立する。

初年度にあたるR2年度では、

山本グループは、揺らぎ顕微鏡の空間分解能を向上させるため、導入したレーザーによる入射光の出力増強し、さらに、スペックルパターンの影響を低減するため、ガルバノミラーによる変調を行う改良を加えた。また、光学系を2光路に分岐して、リアルタイム分散関係の同時測定を可能とする装置への改造を行っている。

荒木サブグループは、高分子メルト・ゴムにおける密度の動的揺らぎを、分子動力学シミュレーションを用いて調べた。ゴムでは架橋されているため、分子拡散は起こらないが、短波長の成分の熱的な動的揺らぎを内在し、この動的揺らぎの緩和時間は一軸延伸下で増大することを見出した。

齋藤グループは、核ブラッグモノクロメーターを用いたガンマ線準弾性散乱法の装置改良を行い、 $1\ \mu\text{eV}$ と 30neV の2つの異なるエネルギー分解能でダイナミクス測定が可能なることを初めて実証し、 $100\ \text{ピコ秒}$ から $10\ \text{ナノ秒}$ の原子・分子ダイナミクス測定が可能となることを示した。本改良は、今後の装置開発や応用研究に取って大きな前進であると言える。

中グループは、材料の力学特性の光制御を行うための基盤材料となる、アゾベンゼンが主鎖もしくは側鎖に導入されたアゾベンゼン高分子の合成を進めた。主鎖型アゾベンゼン高分子のモノマー前駆体を合成、側鎖型アゾベンゼン高分子フィルムを試作した。

§ 2. 研究実施体制

(1)「山本」グループ

① 研究代表者: 山本 潤 (京都大学理学研究科、教授)

② 研究項目

A-Ia) 揺らぎ顕微鏡空間分解能改良・力学その場観察

A-Id) ソフトマターにおける揺らぎの空間分布解析

A-Ie) リアルタイムマルチアングル動的散乱その場観察

A-IIc) 全原子分子動力学シミュレーションによる液体のスローダイナミクス

B-Ia) 線型粘弾性その場観察

(2)「齋藤」グループ

① 主たる共同研究者: 齋藤 真器名 (京都大学複合原子力科学研究所、助教)

② 研究項目

A-IIa) ガンマ線準弾性散乱法の時間分解能向上

(3)「中」グループ

① 主たる共同研究者: 中 裕美子 (東京理科大学理学部第二部、講師)

② 研究項目

B-Ie) 光で可逆的に伸縮するアゾベンゼン高分子の合成