

社会課題解決を志向した革新的計測・解析システムの創出
2022 年度採択研究代表者

2022 年度
年次報告書

高山 裕貴

東北大学 国際放射光イノベーション・スマート研究センター
准教授

次世代放射光X線ナノCT 計測の確立と展開

主たる共同研究者:

矢田部 浩平 (東京農工大学 大学院工学研究院 准教授)

研究成果の概要

本研究では、実使用に近い環境での、デバイス・材料等におけるナノスケール現象の可視化と特性との相関理解を目指して、次世代放射光を活用した「X線タイコグラフィ」を基盤とする『次世代放射光 X線ナノCT技術』の開発を進める。初年度は以下の主要研究項目 1 及び 2 に主に取り組んだ。

1. スパースモデリング・深層学習を援用した計測限界突破

(A)マルチスライスアプローチによる試料厚み上限と空間分解能のトレードオフの克服と、(B)放射線損傷限界突破のための画像再構成法の開発に、計測とアルゴリズムの両輪で取り組んだ。初年度は、マルチスライスアプローチの深さ分解能を高める新規照明光学系の設計を進めた。また、汎用アルゴリズム ePIE は正則化項をヒューリスティックにしか導入できないという課題があるのに対し、ePIE を最適化理論に基づいて一般化・拡張し、低線量データの取り扱いや深さ分解能向上のための、ノイズモデルの選択やスパースモデリング・深層学習による正則化を統一的に扱えるアルゴリズムを開発した。さらに、試料環境制御下で問題となる試料の振動を推定し、除去可能な画像再構成アルゴリズムを開発した。以上を踏まえ、高度な画像再構成を実現するための高精度計測装置の設計を進めた。

2. 機械学習による機能発現過程の理解

不均一な階層構造を有する対象の構造-機能相関を理解するために、不均一構造を適切に符号化・定量化し、ナノCT データを用いた物理シミュレーションにより体系的に現象を理解するための機械学習解析スキームの構築に取り組んだ。初年度は、計算機上で生成した多孔質材料に対して本研究グループが培ってきたデータ空間可視化法を適用することで、多孔質構造の系統的な分類を行える見通しを得た。

また、原理実証研究およびユースケース開拓として、固体高分子形燃料電池や高分子複合材料について技術検証のためのデータ取得を行った。