

革新的光科学技術を駆使した最先端科学の創出
2021 年度採択研究代表者

2022 年度
年次報告書

石井 祐太

東北大学 大学院理学研究科
助教

時分解軟 X 線トモグラフィーによる磁気ダイナミクスの 4 次元観測

研究成果の概要

本研究では、高空間・時間分解能を持つ、時分割軟 X 線トモグラフィー測定法の確立により、磁気ダイナミクスの 4 次元観測を目標としている。本年度は、以下の事柄を中心に進めた。

- (i) XFMR 測定 of 拡張
- (ii) トモグラフィー測定用の 4 極電磁石付軟 X 線装置の作製・立ち上げ
- (iii) 入力 X 線の波動場を含めたタイコグラフィー解析の確立

(i) 本研究の初年度では、時分割 X 線測定による磁化ダイナミクスの直接観測手法(XFMR 測定)を確立した。この手法では、放射光施設にて利用できるパルス X 線にマイクロ波を同期することで、磁化のダイナミクスを実時間で観測する。本年度では、更に時分割測定を行いながらエネルギースペクトルを測定することに成功した。これにより、磁気モーメントの歳差運動だけではなく、電子の電子状態のダイナミクスにまでアプローチすることが可能になった。

(ii) 時分割トモグラフィー測定用に用いる電磁石付軟 X 線装置の作製・立ち上げを行った。本装置は高真空チャンバーの下部に設置した 4 つの電磁石を通る磁極が、チャンバーに突き出しており、電磁石に流す電流を制御することで、面内の任意の方向に磁場を印加することが可能である。本装置を用いて、縦磁場配置(磁場は X 線と平行)での XMCD 測定と横磁場配置(磁場は X 線と垂直)での XFMR 測定が可能であることを確かめた。さらに、集光 X 線イメージングのテストを行い、空間分解能 500nm 程度のイメージングが可能であることを確かめた。

(iii) 更なる空間分解能向上のためには、タイコグラフィー測定が必要であり、その解析手法の確立を行った。実際の実験では、試料に入力する X 線波動場も、単純な平面波では無い。そこで、入力 X 線の波動場も含めたタイコグラフィー解析をシミュレーション上で行い、元の実像を再構成することに成功した。