

時間分解軟 X 線回折・分光と SPring-8 BL07LSU での取り組み

和達大樹
東大物性研

共鳴軟 X 線回折は、電荷秩序・軌道秩序・磁気秩序などの電子に起因する秩序状態を、X 線のエネルギーを特定元素の吸収端に共鳴させることで元素選択的に明らかにすることができる有力な実験手法である。近年では静的な秩序の観測のみならず、光源となる放射光 X 線 (SR) や X 線自由電子レーザー (XFEL) の時間構造を利用したポンププローブ法による時間分解共鳴 X 線回折測定によって、秩序の動的な振る舞いを明らかにする研究が行われ始めている。

SR のパルスは数十 ps の時間幅を持っている。XFEL は非常に強い fs のパルスであり、SR よりもはるかに高い時間分解能で物質のダイナミクスの研究を行うことができる。最近我々は、ドイツの SR である BESSY II を用いて、ポンププローブのセットアップで時間分解 X 線回折・散乱測定を行った。ポンプ光はチタンサファイアレーザー (波長: 800 nm) であり、プローブ光として SR を用いている。BESSY II ではレーザーライミング法により、SR ではあるが XFEL と同様に 1 ps 以下の X 線のパルスを作ることができる。

図 1(a) は電荷スピン整列を示す $\text{La}_{1/3}\text{Sr}_{2/3}\text{FeO}_3$ 薄膜の磁気秩序 $(1/6 \ 1/6 \ 1/6)$ ピークの時間変化である。レーザーライミングにより 1 ps 以下の時間分解能が得られており、秩序も 1 ps 以下の非常に速い速度で消えている。これは、電荷とスピンが強く結びついた秩序であることを示す。図 1(b) は強磁性絶縁体 BaFeO_3 薄膜の X 線反射率の磁気円二色性 (MCD) の時間変化 [1] である。レーザー強度の上昇とともに、150 ps のスケールのかかなり遅い消磁から、絶縁体金属転移によって早い消磁への転移がみられる。両測定では $\text{Fe } 2p_{3/2}$ 端の軟 X 線を用いている。

このようにこれまでの研究では軟 X 線を用いての (a) 反強磁性体と (b) 強磁性体のスピンドイナミクスが得られている。本講演ではこれらの結果について詳細に議論するとともに、東大物性研ビームライン SPring-8 BL07LSU での取り組みについても報告する。

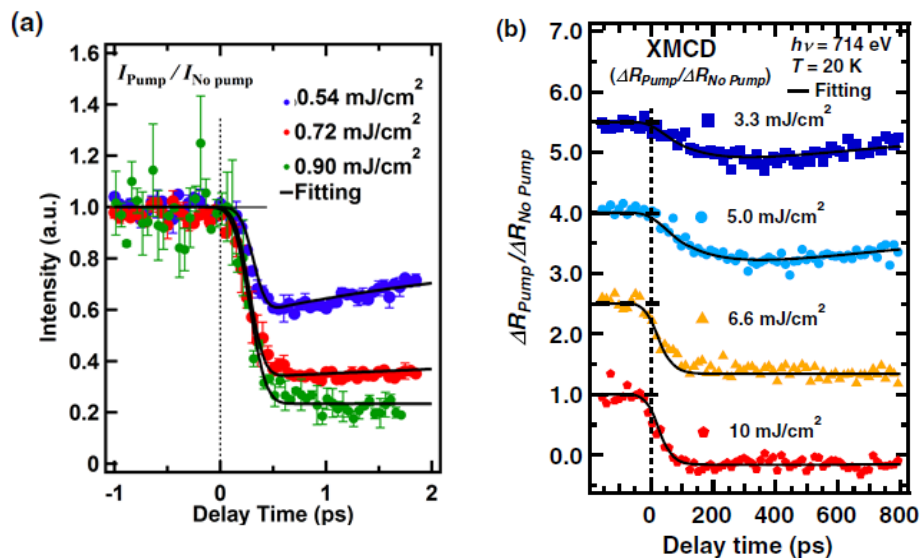


図 1 : (a) $\text{La}_{1/3}\text{Sr}_{2/3}\text{FeO}_3$ 薄膜の磁気秩序 $(1/6 \ 1/6 \ 1/6)$ ピークの時間変化。 (b) BaFeO_3 薄膜の MCD の時間変化 [1]。ともに $\text{Fe } 2p_{3/2}$ 端の軟 X 線で測定している。

本研究は、文部科学省 X 線自由電子レーザー重点戦略研究課題「固体と液体及び界面の電子状態、スピン状態のダイナミクスの研究」により助成を受けている。

[1] T. Tsuyama, H. Wadati *et al.*, Phys. Rev. Lett. **116**, 256402 (2016).