

ストロボスコピック中性子回折を用いた圧電材料研究

P45

Study of piezoelectric material using stroboscopic neutron diffraction

川崎 卓郎 takuro.kawasaki@j-parc.jp

日本原子力研究開発機構 J-PARC センター

中性子は物質に対する高い透過能を活かしてバルク材料の評価に利用されており、特に最近では変形や熱処理など様々な工学プロセスの過程で連続的に変化する材料の構造を捉えた研究が盛んに行われている。しかしながら、通常中性子回折では線源から供給される中性子の輝度によって、鉄鋼などの回折強度が高く時分割測定に有利な対象においても実用的な時間分解能は1~数秒程度に限られていた。そこで本研究では、多数の同等とみなせる状態の観測情報を足し合わせることで短い時間幅の試料の状態を高い統計精度で捉える方法、いわゆるストロボスコピック測定法中性子回折への導入によって、周期的試験を対象により短時間で進行するプロセスにおける材料の構造変化の観測を試みた。[1]

本研究におけるストロボスコピック中性子回折法は、J-PARC 物質・生命科学実験施設(MLF)の中性子装置群において標準採用されているイベントデータ記録法と呼ばれる手法に基づいて開発されたものである。イベントデータ記録法とは計測された中性子の信号一つ一つを個別に記録する手法であり、実験装置によっていくつかのバリエーションはあるが、中性子が計測された検出器上での位置情報と時刻情報が記録されている。したがって、蓄積された中性子信号の中から任意の条件に合致するもののみを抽出して回折パターン等の形に再構築することが可能である。その際、対象とするプロセスが周期的であり各周期における試料の状態を同等とみなすことができれば、同位相の部分を多周期分に渡って足し合わせることで、短い時間幅の回折強度データを高い統計精度で得ることができる。本研究においては、種々の電圧信号を時刻情報付きイベントデータとして記録できる計測モジュール(TrigNET モジュール)を中性子計測システムに組み込むことで、試料に与えられた外場に応じて中性子信号を分別し個別の回折パターンへの変換を可能とするシステムを J-PARC MLF の BL19 で稼働中の工学材料回折装置「匠」に構築した。

システムの性能実証のための実験として取得した周期的電場で駆動する PZT セラミクスで構成された圧電アクチュエータからの電場一周期分のストロボスコピック中性子回折強度を図に示す。電場印加された正方晶 PZT に期待される回折ピークのシフトと強度変化が現れており、システムが正しく動作していることが示されている。また、この回折強度データから Pawley 法等のパターンフィッティングによって格子ひずみや 90° ドメイン回転の度合いを示す積分強度の変化も抽出できている。最大の時間分解能は TrigNET モジュールのサンプリングレート(最大 1 kHz)によ

て規定されているが、現状では 30 Hz の周期試験の 10 分割測定(時間分解能:約 3.3 ミリ秒)までの動作を確認している。

本システムの特徴は、既存中性子回折装置の計測システムにわずかな変更で組み込むことが可能な点であり、外場情報を電圧信号として出力する機構と TrigNET モジュールの追加のみで MLF の他の多くのビームラインにおいても利用可能である。蓄積されたイベントデータの分割・統合処理にも MLF で標準的に利用されている空蟬[2]と呼ばれるデータ処理ソフトウェアパッケージを利用しているため、ソフトウェアの変更も最小限に抑えられている。

当日の発表ではシステムの概要と圧電アクチュエータへの適用結果の詳細やその他の適用事例について報告し、さらに本手法の適用が可能であると考えられる試験について提案する。

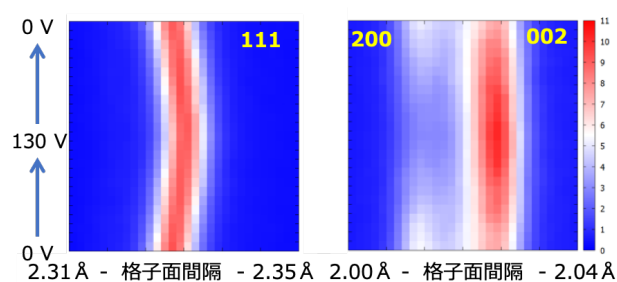


図 PZT 圧電アクチュエータからの電場変化一周期の間の回折強度変化(0~130V, 0.5 Hz)

【共著者(所属)】

ステファヌス ハルコ・相澤 一也(原子力機構 J-PARC センター)

【参考文献】(最大3本)

- [1] T. Kawasaki et al, *J. Appl. Cryst.* (2018), **51**, 630–634.
 [2] Y. Inamura et al, *Phys. Soc. Jpn.* (2013), **82**, SA031.