

リラクサー強誘電体におけるナノドメイン、ヘテロ相ゆらぎ

大和田謙二
量子科学技術研究開発機構

$\text{Pb}(\text{Mg}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3$ に代表されるリラクサー強誘電体（不均質系）、は通常強誘電体（均質系）と異なり、その“相転移”過程でナノ～マイクロメートルサイズ（メゾスコピック領域）の分極ドメインを形成し、その結果として、電場に対する応答（誘電応答、圧電応答）が飛躍的に向上していると考えられている。我々はこのようなメゾスコピック構造由来の非線形な巨大応答（超感受率[1]）の可能性と背後にあるゆらぎの構造に興味を持っている。リラクサー強誘電体における分極ドメインの形成過程とそれらのゆらぎ、また、ゆらぎと相転移や応答との関係がさしあたっての研究対象である。

リラクサーの特徴としてブラッグ点周りに現れる強大な散漫散乱が挙げられる。散漫散乱は平均構造からのずれに対応する散乱であり構造の静的・動的ゆらぎ、ひいては感受率に直接関係する。散漫散乱の温度変化と誘電率の温度変化は極めて良い一致を示し[2]、散漫散乱を与えるゆらぎが誘電率（分極ゆらぎ）を与えていると考えられる。中性子非弾性散乱により散漫散乱のエネルギー分布を知る事ができ、それによれば散漫散乱の主たる成分は $E \sim 0$ 近傍の（準）弾性散乱と横波音響モードであり、分極モードたる横波光学モードはほとんど寄与していない（ソフト化していない）[3]。つまり（準）弾性散乱の中身を知ることが分極構造とそのゆらぎの起源を知ることになるのだが、散漫散乱の起源については現在も議論が続いている。

最近、運動量移行 ~ 0 (Γ 点) 近傍では $\text{Pb}(\text{Mg}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3$ や $\text{Pb}(\text{In}_{1/2}\text{Nb}_{1/2})\text{O}_3$ などで光散乱による詳細な実験が行われ、分解能を変化させても準弾性散乱スペクトルの構造が相似であることが示された[4,5]。これは試料内部にフラクタル的構造が存在することを示唆している。散漫散乱の傾きを詳細に計測すると ($\text{small-}q$)² では変化しない冪的な傾きが観測され光散乱の結果を支持している[5]。ここでは非常に広いエネルギー領域にわたって緩和モードの分布があると考えられ、中性子散乱では準弾性散乱から緩和モードの幅の分布を導く試みも行われようとしている[6,7]。以上は nm 程度の長さスケールで meV-neV 程度のエネルギースケールの話であったが、もう少し大きな sub- μm 、>Hz 程度の領域における（常誘電領域と強誘電領域の）ヘテロ相ゆらぎの議論もコヒーレント X 線の利用によって可能となってきた[2]。

不均質系の代表格リラクサー強誘電体においては——階層的といえるかどうかは不明だが、ナノ～マイクロメートルサイズ（メゾスコピック領域）の分極構造（ナノドメインやヘテロ相）とそれに伴うゆらぎの理解が鍵となっている。散漫散乱（（準）弾性散乱）にはこれらの構造とゆらぎの情報がすべて含まれており、これらの情報をどのように引き出すか、不均質系の研究に共通の問題がある。

[1] 山田安定, 日本物理学会講演概要集 **55**(2-4), 851, 2000-09-10.

[2] K. Ohwada *et al.*, Phys. Rev. B **90**, 104109 (2014).

[3] C. Stock *et al.*, Phys. Rev. B **86**, 104108 (2012).

[4] A. Koreeda *et al.*, Phys. Rev. Lett. **109**, 197601 (2012).

[5] S. Tsukada, K. Ohwada *et al.* in preparation.

[6] T. Kikuchi *et al.* Phys. Rev. E **87**, 062314 (2013).

[7] M Matsuura, private communication.