

# 「コヒーレント X線回折が拓く新しい構造物性研究」

中尾裕則

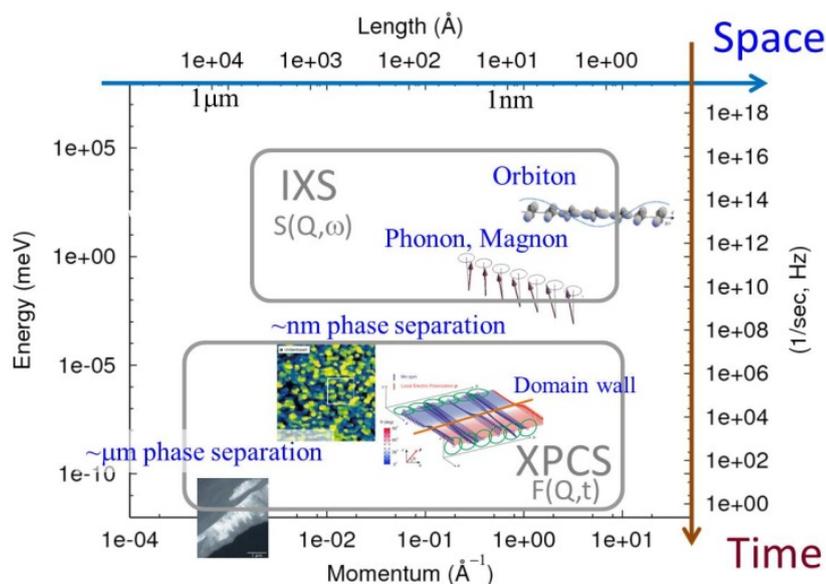
KEK, IMSS, 放射光科学研究施設・構造物性研究センター

## ・背景

強相関電子系は、高温超伝導・巨大磁気抵抗効果・巨大電気磁気効果など、基礎科学としての興味だけでなく、応用面においても、注目を集める物性が数多く発見されている物質群で、精力的に研究が行われている。特に、近年の放射光による観測技術の発展により、強相関電子系の多彩でかつ新奇な物性は、電子の持つ自由度である電荷・スピン・軌道の結晶格子上での多様な振る舞いから発現すること、さらに、電荷・スピン・軌道秩序状態が競合するような状況下で巨大応答が発現することも明らかとなってきた。特に、複数相の競合により出現する相分離・2相共存というドメイン状態が、常に巨大応答の背後に存在することが指摘されてきた。

## ・現在の問題点

しかしながら、巨大応答現象の背後に存在する相分離・2相共存というドメイン状態は、静的なドメインの観測や、誘電率などのマクロな測定から揺らぎの時間スケールが調べられているものの、ドメイン自体の揺らぎの観測は現在難しい。このドメインの揺らぎの観測手法として注目されているのが、コヒーレント X線を利用した、スペックル散乱の観測や、その揺らぎを観測する X線光子相関分光 (XPCS) 法である。図にあるように、X線非弾



性散乱や中性子非弾性散乱では、広いQ空間、早い時間スケールでの測定は可能である。一方、XCPS法は、スペックル散乱の時間分解測定であり、前者の測定法と比較してかなりスローな時間揺らぎを検出することが得意な手法である。特に、前者の測定手法で観測できていない  $10^0 \sim 10^9$  Hz 程度のドメイン揺らぎの観測が期待されている。我々は、これまで SPring-8 で利用できるコヒーレント X線を、ドメイン状態を反映するスペックル散乱の観測や、ドメイン揺らぎの XPCS 法による観測を目指してきた。[1] しかしながら、SPring-8 といえどもコヒーレントフラックスは 0.1%程度であり、強相関電子系の物性変化に伴って出現する超格子反射をスペックル散乱として観測することはできていない。

#### ・将来光源で期待される成果

将来光源での利用が期待される「フルコヒーレントな X線」が利用できるようになると、図にある XPCS 法の観測可能エリアがほぼ達成される。結果、巨大応答時の、相分離・2 相共存状態と呼ばれるドメインの応答が観測可能となる。また共鳴 X線散乱にコヒーレント回折を組み合わせた手法により、電荷・軌道・スピン秩序を区別したドメイン構造の解明ができ、複数の電子相の外場応答の実態が解明できる。結果、巨大応答の微視的な理解が進むとともに、その後のデバイス応用、さらにその性能向上に対する重要な指針が示せる。また、同時に、中性子非弾性散乱や次期光源で期待される共鳴軟 X線非弾性散乱などの実験を通じた、スピン・軌道・電荷・格子のダイナミクス測定による電子自由度間の非対角な応答、その相互作用の研究から、巨大応答現象の図にあるような広い空間・時間スケールでのダイナミクスが解明できる。結果、物性発現機構の微視的な理解が飛躍的に進み、基礎科学の発展だけでなく、近未来の強相関電子物質を用いた新規電子デバイスが、次々と生み出されることが期待できる。ちなみに、アメリカの NSLS-II では、軟 X線領域でのフルコヒーレントな X線利用が始まったところで、共鳴軟 X線スペックル散乱の強相関電子系への適用が積極的に行われつつある。

[1] K. Ohwada et al., PRB **83** (2011) 224115; K. Ohwada et al., Jpn. Appl. Phys. **49** (2010) 020216; H. Nakao et al., AIP Conf. Proc. **1234** (2010) 935.