

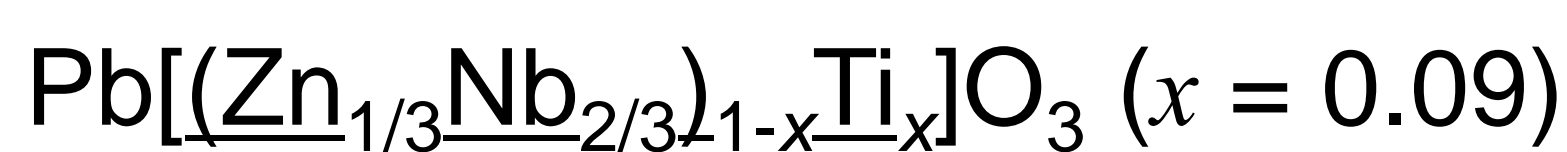
Coherent X-ray Materials Science

大和田 謙二

研究概要

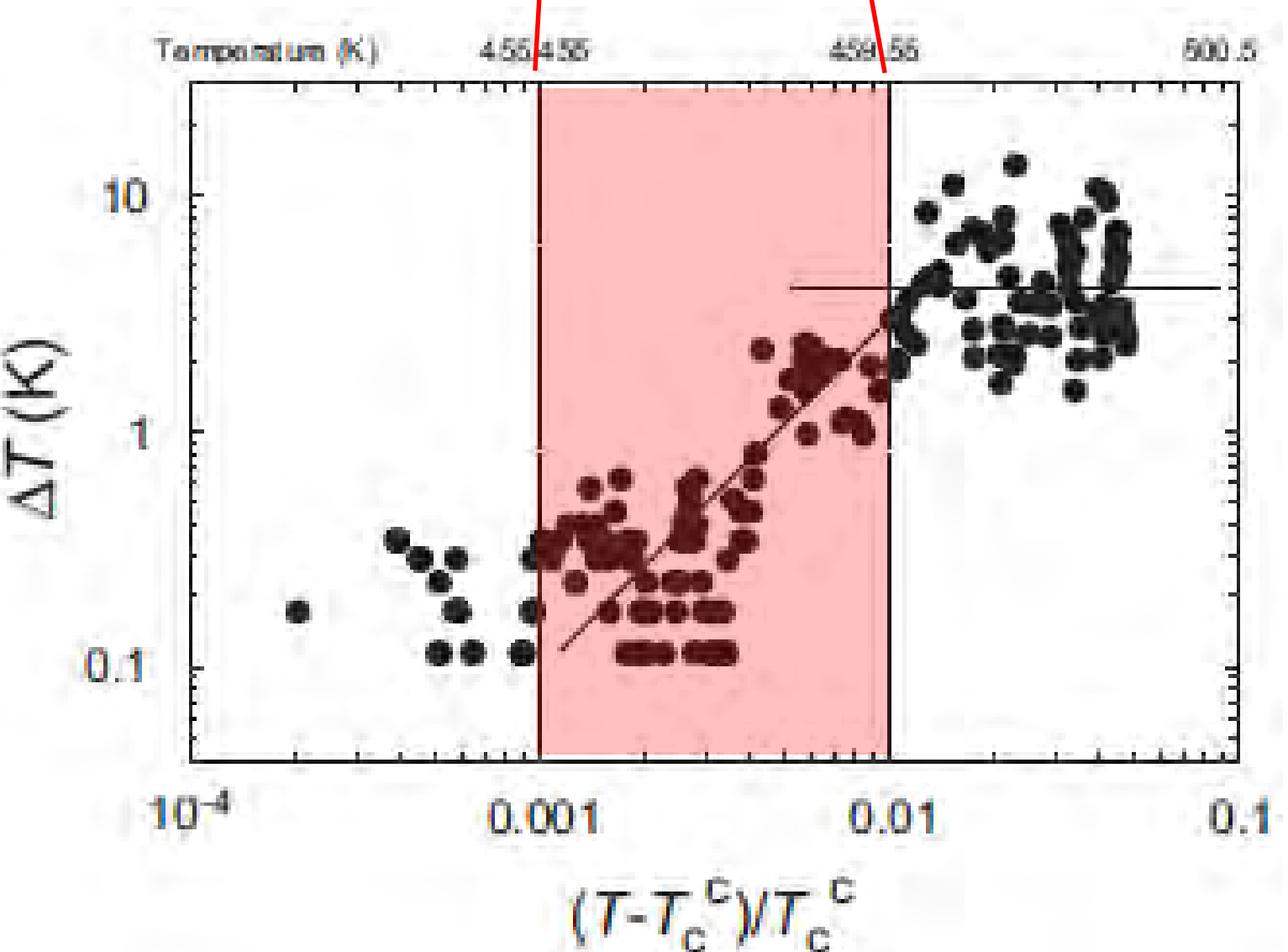
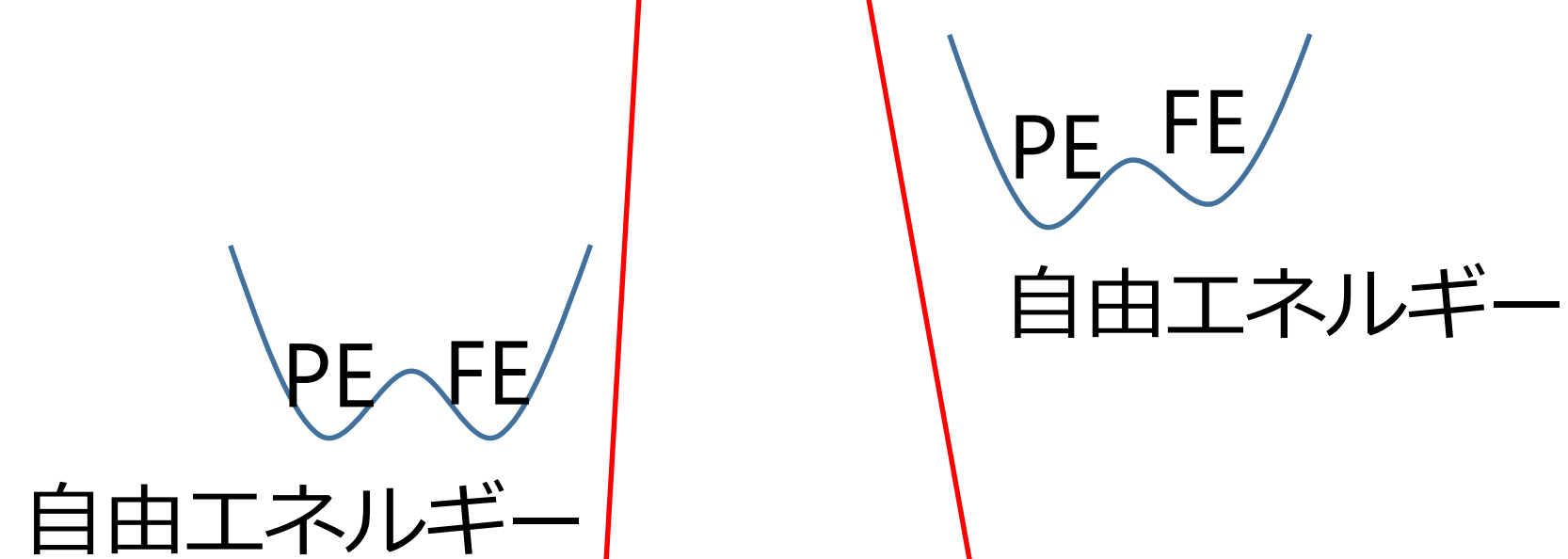
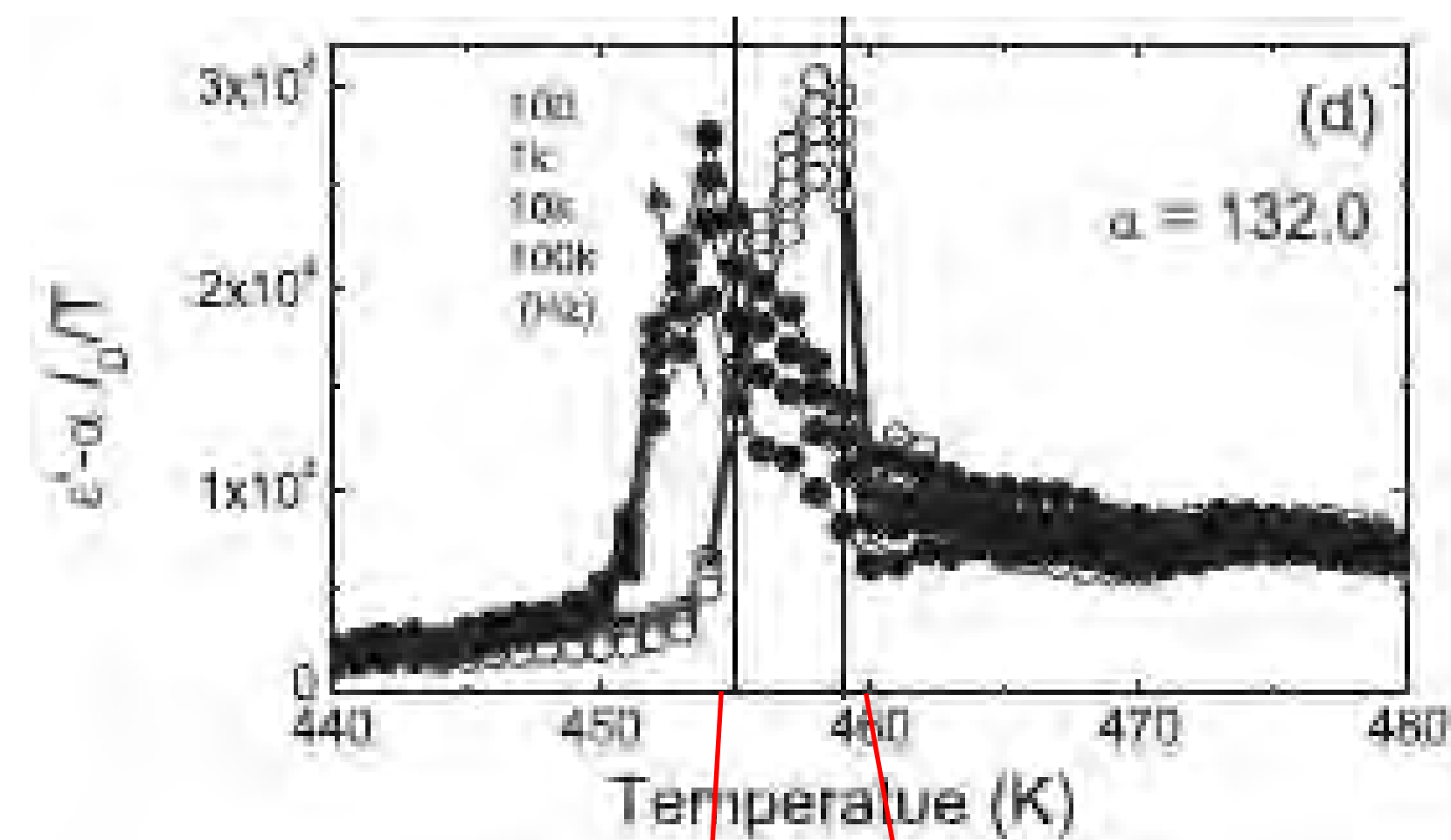
SPring-8に代表される第3世代放射光源の建設以降、空間的に波面が綺麗に揃ったX線——コヒーレントX線が現実的に利用可能となり、光学技術・測定技術・解析手法等の開発が各地で行われてきている。X線は原子レベルの波長をもつため、コヒーレントX線を利用しようとする場合光学素子などに相応の精密さが求められる。しかし一旦この壁を乗り越えてしまえば光学顕微鏡では届かない構造情報の検出感度を持つプローブとなる可能性を持っている。我々は特に、不均質であるがゆえに高機能性を獲得している結晶材料に興味を持っている。これらの機能性向上の鍵としてメソスコピック (nm- μ m) レベルの微細構造 (「ドメイン」や「ヘテロ相」と呼ばれる) の重要性が指摘されている。我々は ABO_3 型結晶構造を持つリラクサー強誘電体 $(1-x)Pb(Zn_{1/3}Nb_{2/3})O_3-xPbTiO_3$ (PZN-xPT) や $(1-x)Pb(Mg_{1/3}Nb_{2/3})O_3-xPbTiO_3$ (PMN-xPT) においてコヒーレントX線回折を適用し、ヘテロ相やナノサイズドメインといった機能性向上に結びつくと考えられる微細構造のゆらぎや緩和過程を捉えることに成功した。

研究成果



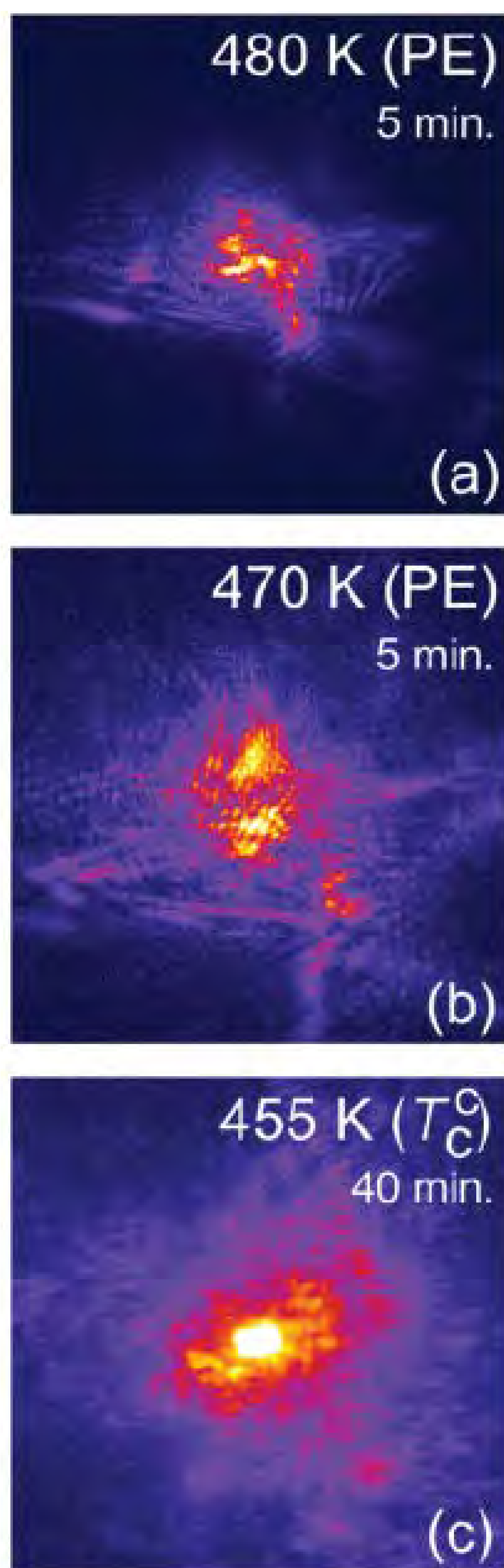
ヘテロ相ゆらぎ

T_c 近傍における誘電率の増大
フォノン(散漫散乱)の効果を差引済み



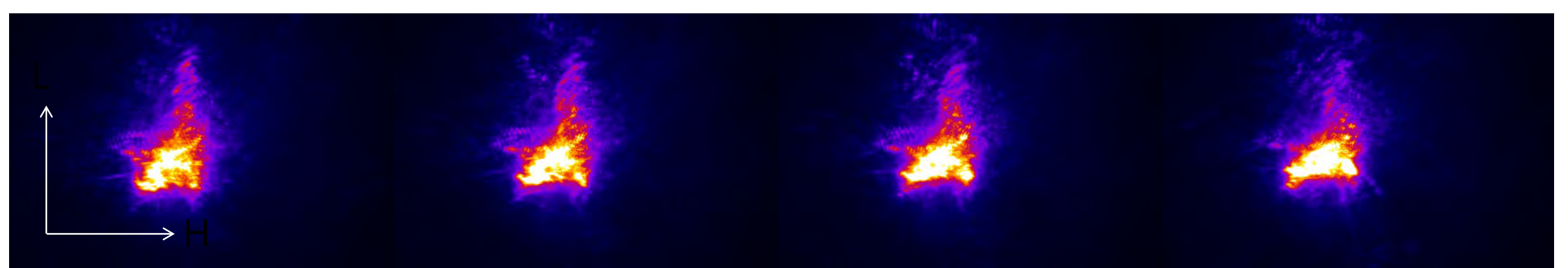
常誘電 (PE) 相、強誘電 (FE) 相の自由エネルギーが広い温度領域で拮抗した結果大きなゆらぎが生じる。

100nmサイズのヘテロ相を反映したスペックル像

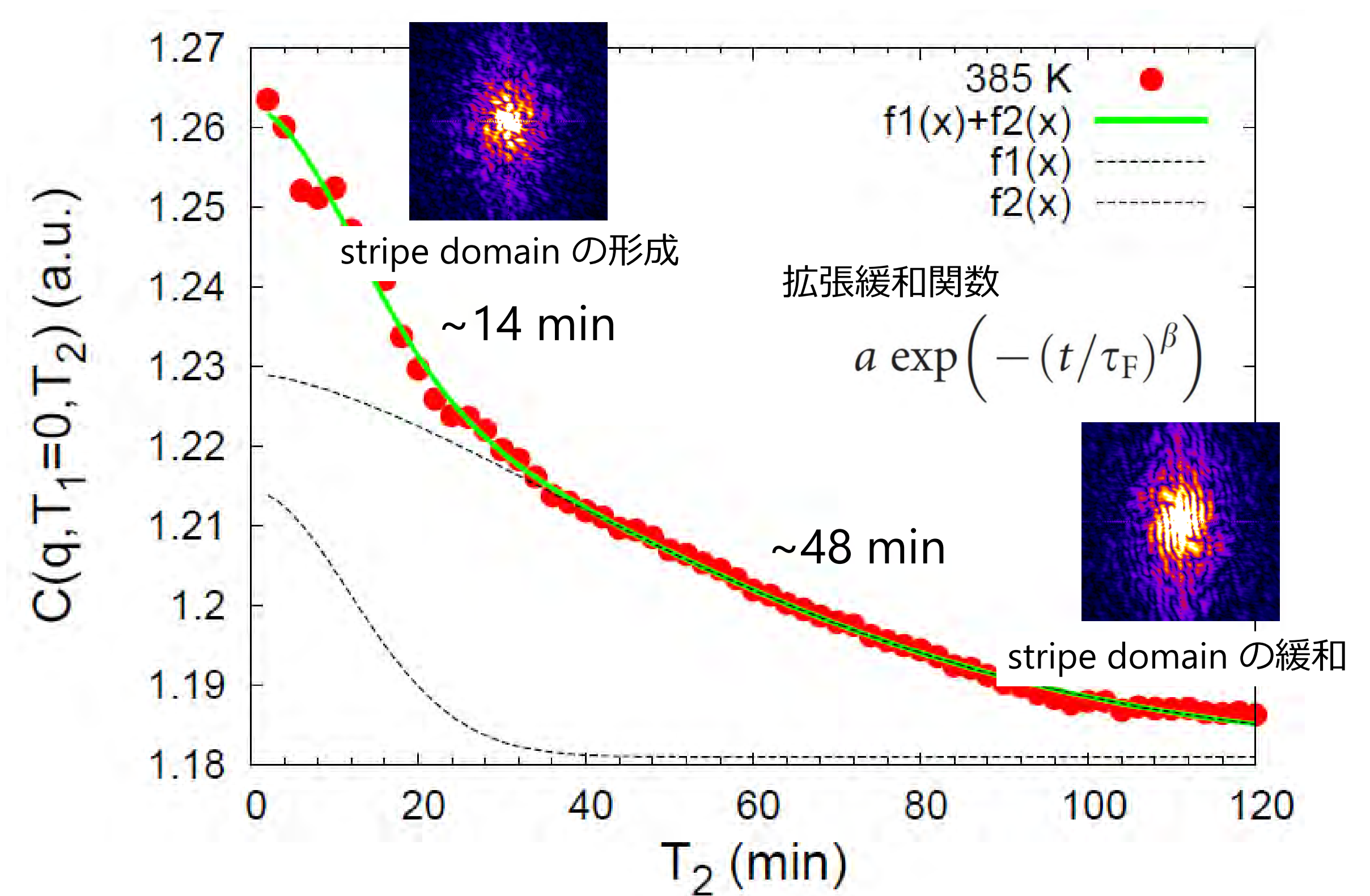
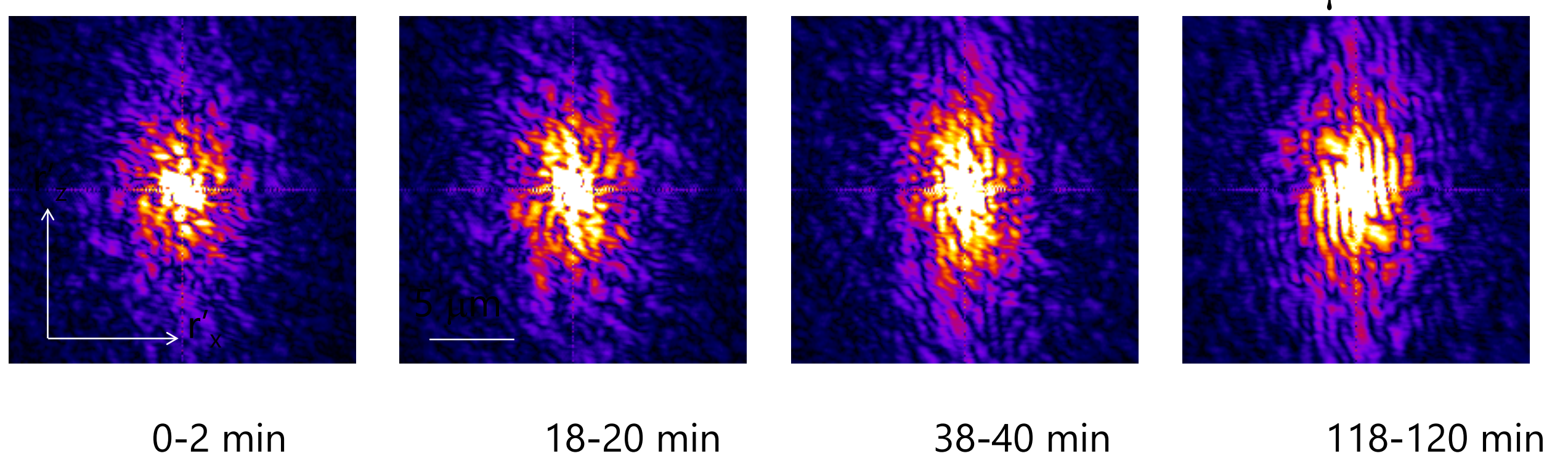


ナノサイズドメイン

スペックル散乱



自己相関関数



強誘電 (FE) 相におけるナノストライプドメイン形成にかかわる緩和過程を検出。

K. Ohwada *et al.*, Phys. Rev. B **92**, 174121 (2015), Phys. Rev. B **90**, 104109 (2014), Phys. Rev. B **83**, 224115 (2011), Trans. Mat. Res. Soc., **32**, 7-10 (2007).

K. Ohwada *et al.*, to be published in Ferroelectrics

まとめ

- コヒーレントX線利用研究を推進
- ABO_3 型結晶構造を持つリラクサー強誘電体PZN-xPTにおいてコヒーレントX線回折を適用し、ヘテロ相やナノサイズドメインといった機能性向上に結びつくと考えられる微細構造のゆらぎや緩和過程を捉えることに成功

今後の課題

- 機能発現の起点となるヘテロ相境界面、ドメイン境界面等固体界面の応答の理解、不均質構造由来の局所DOS、緩和分布、界面集団励起等の探索、熱力学的エントロピーの評価等
- マルチスケールでの理解：階層の連結(情報の伝達)
- マルチプローブの相補利用