

結晶 X 線干渉法と位相イメージングへの応用  
-世界最高の密度分解能のレシピ-

九州シンクロトロン光研究センター  
米山 明男

結晶 X 線干渉法は、単結晶の X 線回折を利用して X 線の分波、反射、及び重ね合わせにより、X 線の位相シフトを検出する方法である。波の重ね合わせ（干渉）により位相シフトを直接的に検出しているために、他の位相イメージング法に比べて感度が 1 桁程度高く、CT と組み合わせた 3 次元計測における密度分解能は、世界最高の  $0.3\text{mg}/\text{cm}^3$  に達する [1]。一方で安定したイメージングを実現するためには、X 線干渉計の光学素子、すなわち単結晶ブロック間の回転を長時間にわたり X 線の波長オーダー（ $\mu\text{rad}$ ）で安定化する必要があり、その実現には数多くの難題を解決する必要があった。

本講演では、位相イメージングと X 線干渉計の原理、本干渉計を用いたイメージングシステムの概要と  $\mu\text{rad}$  位置決め機構の詳細、及びバイオメディカルから産業利用に至る幅広い応用例について紹介する。さらに、本法の高感度な特性を利用した 3 次元 X 線サーモグラフィー [2] と熱伝搬可視化への応用や、吸収と組み合わせた新しい元素イメージング ( $Z_{\text{eff}}$  imaging) [3] について紹介し、最後に本法を含めた位相イメージングの今後の展望について議論する。

[1] Yoneyama, A., et al. (2013). "Phase-contrast X-ray imaging system with sub-mg/cm<sup>3</sup> density resolution." *Journal of Physics: Conference Series* 425(19): 192007.

[2] Yoneyama, A., et al. (2018). "Three-dimensional X-ray thermography using phase-contrast imaging." *Sci Rep* 8(1): 12674.

[3] Yoneyama, A., et al. (2013). "Feasibility test of  $Z_{\text{eff}}$  imaging using x-ray interferometry." *Applied Physics Letters* 103, 204108.