



【イメージング科学研究の概要】 EUV-FEL による散乱イメージング

田中義人 理化学研究所・播磨研究所 放射光科学総合研究センター
〒679-5148 兵庫県佐用郡佐用町光都 1-1-1

コヒーレントイメージングは、高い空間コヒーレンスをもつ短波長光源を用いた顕微法としてたいへん注目されている。レンズ系を必要としない顕微法であるため、適切なレンズが入手困難な波長域で特に威力を発揮する。回折顕微法、ホログラフィーなどがその代表格である。原理的には、非結晶試料でも、その波長程度の空間分解能でその構造を知ることができる。これには、光の完全な空間コヒーレンスを前提に解析がおこなわれており、これまでの放射光でもピンホールを使うなどして、コヒーレントな部分のみを取り出して実行されてきた。特に、コヒーレント X 線イメージング (Coherent X-ray Imaging (CXI)) は、原子スケールの空間分解能に迫れるうえ、CT 法と組み合わせることで 3 次元の断層写真を得ることができる等、その応用が期待されている。CXI は生物試料に対しても期待が高いが、高い空間分解能を得るためには高い照射線量が必要とされ、放射線損傷の影響が問題となる。そこで、SASE (Self-Amplified Spontaneous Emission)-XFEL (X-ray Free Electron Laser) の大強度超短パルスのコヒーレント X 線によって、試料が壊れる前にシングルショットで高品質データを撮る方法が提案された。シングルショット測定は、放射線損傷の問題を解決するだけでなく、高効率のデータ収集が行えるため、不可逆な物質反応をも対象とした超高速ダイナミクス研究にも展開できるものとして、XFEL 利用研究の重要項目の一つとして設定されてきた。開発が先行している米国スタンフォードの LCLS (Linac Coherent Light Source) でも CXI を目的とした装置の整備が進められている¹⁾。放射光を用いた従来の測定では、多重露光により検出系の広いダイナミックレンジを確保してきたが、XFEL でのシングルショット測定では、高い空間分解能と広いダイナミックレンジをもった検出器の開発が求められている。

X 線自由電子レーザーの開発前段階で進められてきた試験的な加速器では、電子の加速エネルギーが、ドイツ・ハンブルグの FLASH では 1 GeV、日本の SCSS 試験加速器の EUV-FEL では 250 MeV と低いため、波長はそれぞれ数 nm、数十 nm と長いものの、SASE 光としての光の性質は同じである。そのため、EUV 領域でのコヒーレントイメージングの実証実験・予備実験は、XFEL での CXI 研究を見据える為たいへん重要である。実際、FLASH では、シングルショット撮影を含むコヒーレントイメージングのデモ実験や単粒子・単分子イメージングのための技術開発要素についての報告がなされてきた。

日本の EUV-FEL 施設でのコヒーレントイメージングに関する実験については、主に材料科学分野において、(1) 高い空間コヒーレンスをもつ高強度の EUV 光によるコヒーレントイメージング (回折顕微法) と、(2) 超短パルス性能と完全な空間コヒーレンスの両方を利用した、超高速コヒーレントイメージング (ホログラフィー)、すなわち、4 次元コヒーレントイメージングを行うための技術開発と実験的研究が進められている。本章は、これら 2 つの研究の進捗状況について、(1) J. Park 氏 (理化学研究所・播磨研究所) ら、(2) 西野吉則氏 (北海道大学) らからのそれぞれの報告である。後者は文部科学省 XFEL 利用推進研究課題として進められている。日本の EUV-FEL における大強度シングルショット計測によるコヒーレントイメージングの進捗状況報告を通じ、XFEL/SPring-8 本機完成時の CXI 実験をイメージしていただけたら幸いである。

参考文献

- 1) S. Boutet and G. Williams: *New Journal of Physics* **12**, 035024 (2010).