

## X線干渉計を用いた位相コントラスト ラミノグラフィーの開発

### Development of phase-contrast X-ray laminography using X-ray interferometer

米山 明男<sup>1</sup>、上田 和浩<sup>1</sup>、竹谷 敏<sup>2</sup>、一田 昌宏<sup>3</sup>、武田 徹<sup>4</sup>、兵藤 一行<sup>5</sup>  
1 日立製作所中央研究所、2 産業技術研究所計測フロンティア、  
3 京都大学理学部、4 北里大学医療衛生学部、5 KEK PF

位相コントラスト X 線イメージング法は、サンプルを透過する際に生じた位相の変化(シフト)を画像化する撮像法で、強度の変化を画像化する従来の撮像法に比べて感度が 1000 倍以上高いという特徴がある。このため、生体の軟部組織や有機材料など主に軽元素で構成されたサンプルでも高精細に観察することができる。今回、膜及び板状の有機材料の高感度な 3 次元密度構造解析を目的として、膜状サンプルの非破壊 3 次元観察法として注目されているラミノグラフィーを本イメージング法に適用した。

観察には分離型 X 線干渉計を採用した大視野イメージングシステム[1]を用いた。CT の回転軸と光軸のなす角(ラミノグラフィー角)は、従来のCT測定用サンプルステージを水平面内で回転させることで調整し、設定可能な角度範囲は0度(CT)から45度である。各測定におけるラミノグラフィー角は、サンプル毎に5度程度の刻みで位相マップを測定し、位相アンラップが可能な最も浅い角度に設定した。三次元像の再構成処理には、三次元的な投影と逆投影を繰り返し計算して像を一度に再構成する代数学的方法を採用した。また、繰り返し計算の過程において非負や最大値など既知の制約条件も付加し、高精度化を図った。なお、繰り返し計算による計算時間の増加は、高速な並列計算に適した GPGPU(General Purpose Graphic Processing Unit)を利用することで抑制した。

エネルギー35 keV、プロジェクション数 400/180 度、ラミノグラフィー角45度の条件で、切り出した燃料電池用カーボン膜、及び厚さ 3 mm の板状化石の観察を行った。この結果、カーボン膜の観察では構成する繊維を可視化でき、その構造や各繊維の長さなどが解析可能なことがわかった。また、化石の観察では内部に含まれるフズリナ等を可視化することに成功した。

今後は、測定条件の最適化による雑音とアーチファクトの抑制を図ると同時に、生体試料への適用も試みる予定である。

[1] A. Yoneyama, et al., Nucl. Inst. and Meth. in Phys. Research A 523, 217 (2004).