

## 超伝導ウィグラーからの白色放射光と回折格子干渉計による

### X線位相コントラストイメージング・トモグラフィ

矢代航<sup>1,2</sup>、梁曉宇<sup>2</sup>、Wolfgang Voegeli<sup>3</sup>、白澤徹郎<sup>4</sup>、米山明男<sup>5</sup>

<sup>1</sup>東北大 SRIS、<sup>2</sup>東北大多元研、<sup>3</sup>東京学芸大教育、<sup>4</sup>産総研 NMIJ、<sup>5</sup>SAGA-LS

X線回折格子干渉法は、白色放射光でも高感度なX線の位相を利用したイメージング（X線位相コントラストイメージング）が実現でき、高速イメージングが可能であるという特長を有している。繰り返し不可能な非可逆・非平衡系のダイナミクスのその場観察に適しており、材料の破壊制御や、動的バイオミメティクスなどの基礎・応用研究において新たなフロンティアを開拓している。本研究では、SAGA-LSのBL07の超伝導ウィグラーからの白色放射光に対して、2枚のX線回折格子からなるX線回折格子干渉計を構成し、高いフレームレートで撮影が可能なCMOSカメラによる間接撮像型のX線画像検出器を用いることにより、軽元素から構成される試料に対しても、ミリ秒オーダーで位相コントラストイメージングが、また秒オーダーでX線位相トモグラフィが実現できることを実証した。試料にダメージを与えない適度な強度の白色放射光で、単色X線を用いる場合よりもはるかに高速な撮影が可能であることが示されたことで、農作物、食品やソフトマテリアルへの応用など、SAGA-LSの光源の特性を活かした新たな産業応用展開の可能性が広がった。

# 超伝導ウィグラーからの白色放射光と回折格子干渉計による X線位相コントラストイメージング・トモグラフィ

矢代航<sup>1,2</sup>、梁暁宇<sup>2</sup>、Wolfgang Voegeli<sup>3</sup>、白澤徹郎<sup>4</sup>、米山明男<sup>5</sup>

<sup>1</sup>東北大SRIS、<sup>2</sup>東北大多元研、<sup>3</sup>東京学芸大教育、<sup>4</sup>産総研NMIJ、<sup>5</sup>SAGA-LS

## ■背景

X線回折格子干渉法は、白色放射光でも高感度なX線の位相を利用したイメージング（X線位相コントラストイメージング）が実現でき、高速イメージングが可能であるという特長を有している。繰り返し不可能な非可逆・非平衡系のダイナミクスのその場観察に適しており、材料の破壊制御や、動的バイオミメクスなどの基礎・応用研究において新たなフロンティアを開拓している。

## ■目的

本研究では、SAGA-LSのBL07の超伝導ウィグラーからの白色放射光に対して、2枚のX線回折格子からなるX線回折格子干渉計を構成し、高いフレームレートで撮影が可能なCMOSカメラによる間接撮像型のX線画像検出器を用いることにより、軽元素から構成される試料に対しても、ミリ秒オーダーで位相コントラストイメージングが、また秒オーダーでX線位相トモグラフィが実現できることを実証することを目指した。

## ■実験方法

SAGA-LSのBL07の実験ステーションにおいて、図1のような二枚の回折格子（G1およびG2、周期4.8 μm）からなるX線回折格子干渉計を構成した。G1-G2間距離は183 mmとした。回折格子はラインが水平になるように配置し、試料を水平軸のまわりに回転して、X線トモグラフィを行った。3ステップの縞走査法により位相コントラスト像を取得した。すなわち、試料を3回転する間に、回折格子を2周期分移動し、各投影方向に対して3枚の画像から微分位相像を取得した。10 μm厚GAGGシンチレータを用いた有効画素サイズ20 μmの間接撮像型X線画像検出器を用いた。シンチレーション光を検出するための可視光用のカメラとして、高フレームレートのCMOSカメラ（Photron社製FASTCAM Mini AX100）を用いた。各投影像は毎秒2,000フレームで撮影した。また、試料は0.5秒で1回転（500フレームで半回転）するように回転した。すなわち、投影像は0.5 ms×3の撮影時間で、トモグラムは2.5回転（露光時間0.75秒）で取得された。

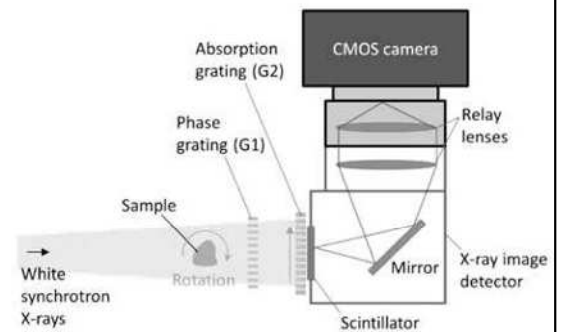


図1: X線回折格子干渉計による高速X線イメージング・トモグラフィの実験配置。



図2: X線回折格子干渉計（縞走査法）により1.5 msで得られた三枚の画像（左から吸収像、微分位相像、ビジビリティコントラスト像）。

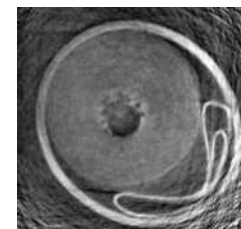


図3: 微分位相像から得られた直径3.2 mmのPP球の位相トモグラム。

## ■実験結果

図2に縞走査法で取得された直径3.2 mmのポリプロピレン（PP）球の投影像（吸収像、微分位相像、ビジビリティコントラスト像）を示す。図3に再構成されたトモグラムの例を示す。

## ■まとめ及び考察

本実験により、SAGA-LSのBL07の超伝導ウィグラーからの白色放射光とX線回折格子干渉計により、1.5ミリ秒の撮影時間でX線位相コントラストイメージングが、また1.25秒でX線位相トモグラフィが実現できることが示された。試料にダメージを与えない適度な強度の白色放射光で、単色X線を用いる場合よりもはるかに高速な撮影が可能であることが示されたことで、農作物、食品やソフトマテリアルへの応用など、SAGA-LSの光源の特性を活かした新たな産業応用展開の可能性が広がった。