

## X線位相イメージングによるストロボ撮影 Stroboscopic X-ray phase imaging

百生敦<sup>1\*</sup>, Margie P. Olbinado<sup>2</sup>, Patrik Vagovic<sup>1</sup>, 矢代航<sup>1</sup>

<sup>1</sup>東北大学多元研 〒980-8577 仙台市青葉区片平 2-1-1

<sup>2</sup>東京大学新領域 〒277-8561 千葉県柏市柏の葉 5-1-5

### 1 はじめに

弱吸収物体を可視化するX線位相イメージングにより様々な応用研究が行われるようになってきているが、多くの実験が静的な試料に対して行われている。しかし、動的撮影が可能となれば、真に撮影対象の理解、特にその機能に関する情報にアクセスできる。

透過格子を用いるX線 Talbot 干渉計は比較的新しい位相イメージングに使われるが、広いバンド幅のX線で機能するという特徴を利用し、白色シンクロトロン光を用いた位相イメージング/位相トモグラフィが実現している[1]。これにより時間分解能 1ms の撮影が可能となっており、位相トモグラフィでも 0.5s の時間分解能（すなわち 4 D位相トモグラフィ）が達成されている。

本研究では、X線 Talbot 干渉計による位相イメージングと白色シンクロトロン光を組み合わせた系を、繰り返し現象に対するストロボ撮影に適用し、より高い時間分解能の実証を目的とした。

### 2 実験

BL-14Cにおいて得られる白色放射光に対して、28.8keVのX線に最適となる配置でX線Talbot干渉計を構築した。これは、 $\pi/2$ 位相格子 (G1) と振幅格子 (G2) から成り、共に5.3 $\mu\text{m}$ の周期を持つL&S金パターンを持つ。テスト試料として、5rpsで回転するモーター駆動円盤の端に接着した直径3.2mmのPMMA球を使用した。球の速さとしては1.4m/sになる。

画像検出器には、CMOSカメラ(pco.dimax, PCO AG)と20 $\mu\text{m}$ 厚のP46蛍光スクリーンをレンズカップルしたものを使用した。画素サイズ11.2 $\mu\text{m}$ を持つ。試料の回転をフォトセンサで検出し、そのタイミング信号をCMOSカメラへのトリガ信号としてストロボ撮影を実現した。トリガ信号は遅延回路を通して、周期運動の特定の位相を撮影できるようにしている。なお、シンクロトロン放射光のパルス特性は本実験段階では使用していない。

X線位相イメージングでは、試料によるX線屈折の定量計測を実施し、それに基づいて位相トモグラフィも可能となっている。位相計測には、フーリエ変換法がこれまで使われた。これは一枚のモアレ画像から位相画像が生成でき、これが高速撮影に適していたためである。反面、空間分解能の劣化に問題がある。一方、格子を並進させて複数の画像を取得

する縞走査法が静的撮影では使われてきた。空間分解能の劣化は無いが、単純な高速化には向いていない。ストロボ撮影では特定タイミングの画像を数十サイクル蓄積するので、縞走査法を適用することにした。このため、トータル撮影時間には数秒を要するが、後で示すように、数 $\mu\text{s}$ の時間分解能が実現できる。

### 3 結果および考察

図1にテスト試料の微分位相像を示す。画像視野を試料が上下に横切っている瞬間である。図1(a)の0.3msの露光で単純に取得した比較用微分位相像に対し、図1(b)に本手法による結果を示した。カメラへのトリガ信号を基準に、8 $\mu\text{s}$ の露光を繰り返し、総露光時間が0.3msになるように蓄積した結果となる。このように、試料の動きによる像の流れが避けられ、微細な構造が判別できる微分位相像の取得に成功した。今後は、この技術を周期的外場（音波など）に晒された物質に適用したい。また、より高時間分解能に向けて、シンクロトロン放射光のパルス性の利用も検討する。

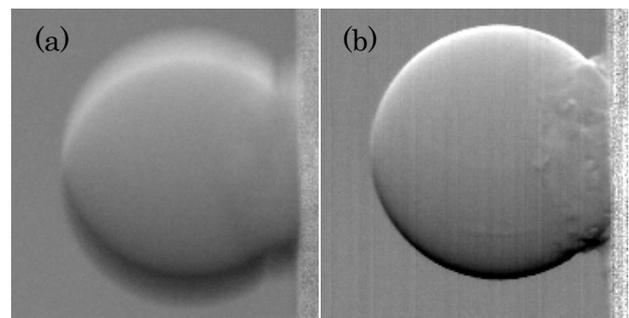


図1：1.4msで視野を上下に横切る直径3.2mmのPMMA球の撮影結果（微分位相像）。(a)露光時間0.3msでの従来撮影、(b)本手法によるストロボ撮影。

### 謝辞

本研究は、科学研究費補助金基盤研究B(24360035)のサポートにより推進した。

### 参考文献

[1] A. Momose *et al.*, Opt. Express **19** (2011) 8423.

\* momose@tagen.tohoku.ac.jp