

二次元 X 線 Talbot 干渉計における撮像法と信号雑音比の相関

The Relation between Imaging Processes and Signal-to-Noise Ratio for Two-Dimensional X-ray Talbot System

キヤノン株式会社 [○]長井健太郎, 近藤剛史, 佐藤玄太, 半田宗一郎, 山口公明, 中村高士
Canon Inc., [○]Kentaro Nagai, Takeshi Kondoh, Genta Sato, Soichiro Handa, Kimiaki Yamaguchi,
Takashi Nakamura

E-mail: nagai.kentaro@canon.co.jp

我々のグループでは二次元の形状を持つ回折格子を用いた二次元 X 線 Talbot 装置の開発を行っている[1]。二次元 X 線 Talbot 装置は x 軸と y 軸両方の微分位相像が同時に取得可能であるため、被検体の方向・形状による視認性の変化の影響を受けにくい。また積分して位相像を求める際にも定量性の高い位相像を取得できる。一方で二次元 X 線 Talbot はその撮像プロセスが複雑になる傾向がある。特に位相ステップング法を採用した場合、9 回の撮像が必要となる。この撮像プロセスの複雑さを緩和するために我々は 2 回から 4 回の撮像で二次元の微分位相を回復させる手法を提案した[2]。これらの手法は理論的には一回の撮像で位相回復をする手法であるフーリエ変換法と位相ステップング法の間位置する手法のためハイブリッド法と呼んでいる。

これら異なる位相回復手法によって得られる位相回復像の比較検討は過去の報告においても一部なされているが、理論的な考察はまだ十分になされていない。そこで、今回我々はこれらの手法間において、取得されたモアレのノイズと回復された微分位相の信号雑音 (S/N) 比の関係についての理論的考察とシミュレーションによる比較検討を行った。ハイブリッド法としては参考文献[2]で紹介した複数撮像型のフーリエ変換法による位相回復プロセスを用いた。

フーリエ変換法による位相回復では取得したフリンジ像をフーリエ変換して、微分位相情報に相当するスペクトルの周りを窓関数で切り出し逆変換することで位相を取得する。今回はこのフーリエ変換法において、モアレ像のノイズが取得される微分位相に与える影響を理論的に考察することで撮像条件と回復した位相の S/N 比の関係を導出した。フーリエ変換法における窓関数は空間的ローパスフィルタの役割を果たし、空間分解能を制限する一方でノイズも低下させるため、S/N 比の観点から要求される空間分解能により最適の位相回復手法があることが期待される。位相回復した微分位相の S/N 比はフォトン検出器のノイズ (フォトンショットノイズやリードアウトノイズ) やモアレの振幅、そして窓関数の大きさに依存するが、今回求めた式とシミュレーションとの比較によってこれらの関係を理論的に理解し、高 S/N の微分位相像を得られる撮像条件を予測できることが分かった。

[1] G. Sato, *et. al.*, "Two-dimensional gratings-based phase-contrast imaging using a conventional x-ray tube," *Opt. Lett.*, **36**, no. 18, pp. 3551–3553, Sep. 2011.

[2] K. Nagai, "A phase demodulation method for two-dimensional grating-based X-ray interferometry," *Phil. Trans. R. Soc. A*, **372**, no. 2010, Mar. 2014.