

ゾーンプレート X 線顕微鏡を用いた定量的位相結像

Quantitative phase imaging by using x-ray microscope with a zone plate

○渡辺 紀生¹、青木 貞雄^{1,2} (1. 筑波大数物、2. 総合科学研究機構)°Norio Watanabe¹, Sadao Aoki² (1. Univ. Tsukuba, 2. CROSS)

E-mail: watanabe@bk.tsukuba.ac.jp

ゾーンプレート X 線顕微鏡において、比較的定量的な位相像が得られる方法として、露光中に対物レンズ後焦点付近でエッジを走査する方法がある[1]。我々は放射光施設 Photon Factory BL3C において、本手法を用いた微分位相コントラスト顕微鏡を構築し、位相計測の定量化と生物試料等への応用を目指した開発を行ってきた。今回は、deep depletion タイプの CCD 用いること等による位相定量化への試みを報告する。

図 1 に光学系を示す。2 結晶分光器からの 5.36 keV X 線を試料に入射し、倍率 48 倍で CCD 面上にゾーンプレートで結像した。ゾーンプレート後焦点面に金ワイヤーのエッジを置き、露光中に互いに逆方向に後焦点付近を定速度で走査した 2 枚の画像 I_+ , I_- を用いて、 $(I_+ - I_-)/(I_+ + I_-)$ から微分位相像を計算した。図 2 (a) に直径 10 μm の微分位相像を示す。この像を微分方向 (横) に積分して位相像を得るが、縦方向にも空間周波数領域で僅かに平滑化する手法[2]により、図 2 (c) のように像質を大幅に改善することができた。図 3 にポリスチレンビーズの位相トモグラフィ再構成結果を示す。ポリスチレン部分の屈折率実部の再構成値が 5.37×10^{-6} となり若干 Henke のテーブルの値 (8.28×10^{-6}) よりも小さくなったが、値のばらつきは標準偏差で 3.3 % に抑えることができた。

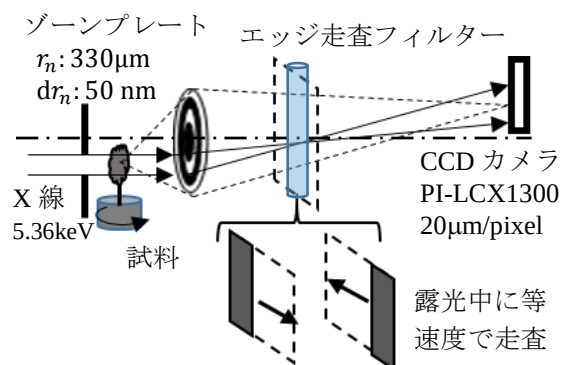


図 1 微分位相コントラスト顕微鏡

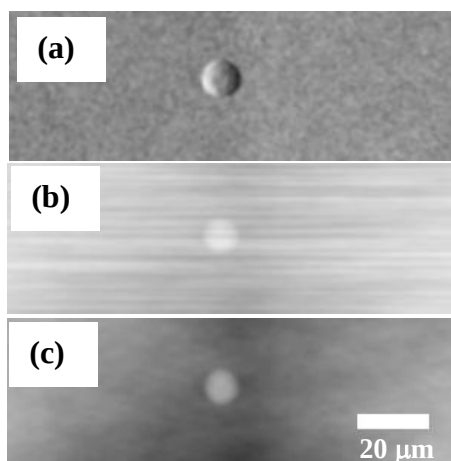


図 2 ポリスチレンビーズ、(a) 微分位相像、(b) 横方向積分のみ用いた位相像、(c) 縦方向も用いた位相像。

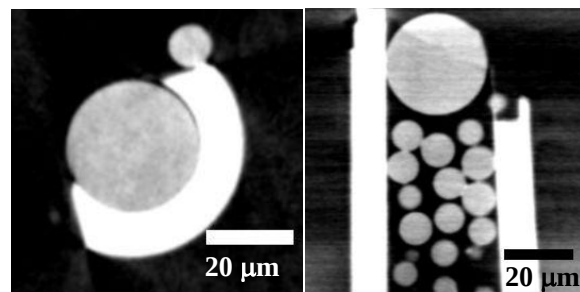


図 3 ガラスキャピラリーに入れたポリスチレンビーズの位相 CT 再構成像。(a) 水平断面像。(b) 垂直断面像

[1] 渡辺紀生、X 線結像光学ニュースレター No.39, 1, (2014).

[2] J. Matias Di Martino et al., Opt. Lett., 38, 4813 (2013).