

フレネルゾーンプレートを用いたX線顕微イメージング技術の開発

Developments of X-Ray Microscopy using Fresnel Zone Plates (FZP)

○竹内 晃久¹、鈴木 芳生¹、上杉 健太朗¹、小田 政利²

(1. JASRI、2. NTT アドバンステクノロジー)

°Akihisa Takeuchi¹, Yoshio Suzuki¹, Kentaro Uesugi¹, Masatoshi Oda¹

(1.JASRI, 2.NTT Advanced Technology.)

E-mail: take@spring8.or.jp

X線の波長領域では全ての物質に対してその屈折率が殆ど1に近く、真空中の屈折率との差が僅かなため、可視光と同じような屈折レンズ、或いは反射鏡を用いることができない。代わりにX線の高分解能集光・結像用に広く用いられている素子の一つに、フレネルゾーンプレート(Fresnel zone plate, FZP)がある。これは図1に示すように透明不透明のリングを同心円状に並べた形状を持ち、外側になるに従い徐々に間隔が狭くなるパターンをもつ素子で、このパターンによる回折の効果でX線を集光/結像させる。分解能は再外輪帯の線幅程度であり、現在では電子線描画による微細加工技術の進歩により、数十nmの空間分解能が得られる良質な素子が購入可能である。

SPring-8では、FZPによる集光ビームをプローブとして利用する走査型X線顕微鏡、或いはFZPを対物素子として用いた結像X線顕微鏡が開発され、現在ではユーザー利用もなされている。また、それぞれトモグラフィ的測定手法と組み合わせた高分解能CTも可能である。空間分解能は、顕微鏡用途では約50nm、CTでは100-200nm程度が達成されている。用途は鉱物、隕石、金属材料、生物試料、電池、産業利用など多岐にわたり、近年では小惑星探査機はやぶさが持ち帰った試料の初期分析にも役立てられた(図2)。通常の吸収コントラストに比べ、軽元素系試料に対して最大3桁の感度向上が見込まれる位相コントラスト法も開発されており、こちらは主に生物試料や有機系材料、ヘアケアなどの分野で利用されている(図3)。

本稿では、FZPに関する紹介をしたのち、これを利用した上記各種顕微手法を、応用例と共に紹介していきたい。また、最近開発が進められている、走査光学系と結像光学系の互いの長所を取り入れた走査結像光学系、或いはCTとX線回折(X-ray diffraction, XRD)の測定手法を組み合わせたXRD-CT等も時間があれば紹介していきたい。

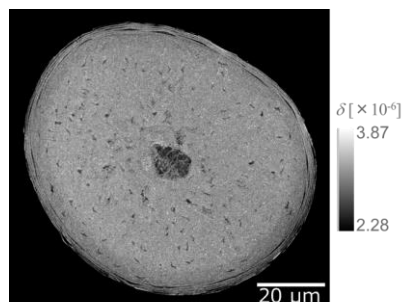
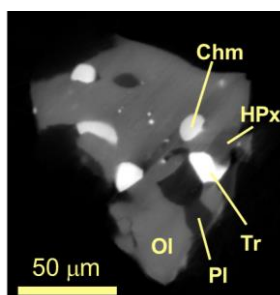
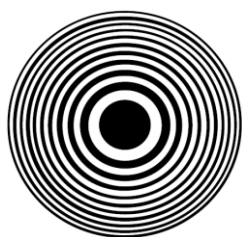


図1. FZPの構造。 図2. はやぶさ試料のCT像(8keV) 図3. ヒト毛髪の位相CT像(8keV)