



X線暗視野光学系を用いた位相コントラスト X線撮影

砂口尚輝¹, 島雄大介², 桜井郁也¹, 花田賢志³, 池野成裕³, 東博純³

1 名古屋大学, 2 北海道科学大学, 3 あいちシンクロトロン光センター

キーワード：X線暗視野法, 位相コントラスト, X線 CT, 乳腺

1. 背景と研究目的

位相コントラスト X線撮影法(PCI)は、従来の吸収コントラストに基づく撮影法(ACI)と比べて生体軟組織の高コントラストな撮影が可能であることから、乳癌診断への利用に向けた研究が進められている。我々のグループでは、PCIの中でも高感度・高空間分解能に生体軟組織を撮影できる X線暗視野法(XDFI)を開発し、乳房の非浸潤性乳管癌、非浸潤性小葉癌、リウマチ性骨関節病変、硬化した動脈などをマイクロレベルで詳細に描出できることを示してきた[1]。現在、次のステップとして、名古屋医療センターと協力し、あいち SR に世界初の病理診断用 XDFI-CT 撮像システムの構築を計画している。これまでに、非対称モノクロコリメータによる X線視野の拡大を試験し、実用的な X線強度と視野が得られるようになった。今回の実験では、XDFI 撮像システムを実際に BL8S2 に構築し、位相コントラストに基づく投影撮影を行う。また、画像から得られるコントラストや撮影時間をもとに、BL8S2 で XDFI-CT の撮影が十分可能であることを示す。

2. 実験内容

XDFI 撮像システムを BL8S2 ビームライン内に構築し、人から摘出された乳腺組織 2 点、乳頭組織 2 点を撮影する。これらの生体軟組織は、名古屋医療センターの倫理委員会を通過した物である。実験条件のうち、X線エネルギーは 19.8 keV、ビームサイズは $24 \times 40 \text{ mm}^2$ 、XDFI 光学系の中で使用されるアナライザーは厚さ $354 \text{ }\mu\text{m}$ の Laue 型 (透過型) Si(111)結晶薄板、画像検出器は浜ホト製 sCMOS カメラ (Pixel size: $6.5 \text{ }\mu\text{m}$, FOV: $13.3 \times 13.3 \text{ mm}^2$) である。1 枚当たりの投影像の撮影時間は 5 ~ 10 sec である。

3. 結果および考察

図 1 は今回の実験で撮影された乳頭組織の一例である。(a)は吸収コントラスト像、(b)は暗視野条件で撮影された位相コントラスト像、(c)は勾配のあるアナライザーで撮影された位相コントラスト像を表す。(b)の画像の明るさは単純に X線の屈折の大きさを表す。(c)の画像は屈折方向の情報も含み、明るい個所は下方向の屈折の大きさを表し、暗い個所は上方向の屈折の大きさを表す。生体軟組織における X線の吸収は小さいため、(a)の画像ではほとんどコントラストが得られていないが、(b)と(c)では非常に高いコントラストが得られている。特に(c)では内部の繊維状構造が細かく描出できている。我々はこれまで高エネルギー加速器研究機構の PF-BL14C を使用してきたが、今回得られた画像の画質や撮像時間は PF-BL14C とほぼ同等である。今回の実験では投影撮影のみであったが、サンプル回転撮影を行うことで 30min 程度で高画質な CT を撮像できると考えられる。

今回初めて、あいち SR で位相コントラスト像を撮影できることを示した。今後、あいち SR 用 XDFI-CT システムを開発し、名古屋医療センターから提供される様々な医学サンプルを測定し、3次元的な構造に基づく新しい診断法を開発したい。

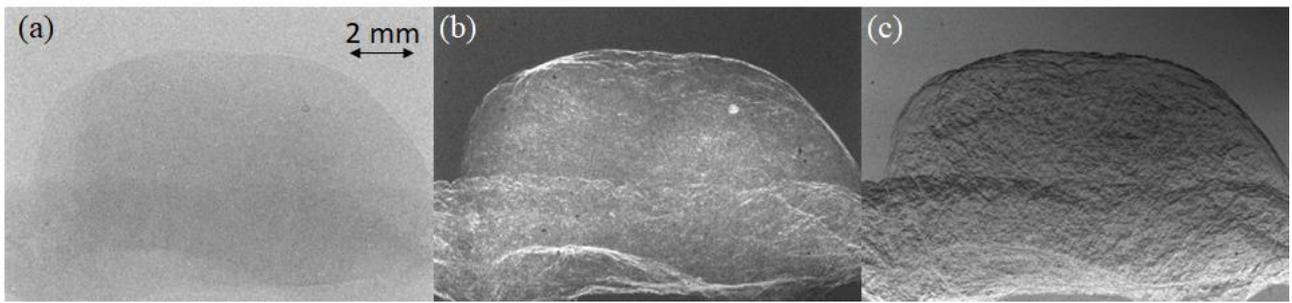


図1 乳頭のX線投影像。(a)吸収コントラスト、(b)位相コントラスト(暗視野像)、(c)位相コントラスト(勾配像)

4. 参考文献

1. M. Ando, N. Sunaguchi, D. Shimao et al, Dark-field imaging: Recent developments and potential clinical applications, *Phys. Med.*, Vol. 32, No. 12, pp. 1801-1812 (2016).