

ナノ構造を含む生体軟組織の観察のための微小角 X 線散乱イメージング Small-Angle X-ray Scattering Image by using DFI and BFI for the Observation of Soft Tissue with Nanostructure

鈴木 芳文^{1,*}, 金 歌¹, 岡村 賢一¹, 中尾悠基², 近浦 吉則³, 安藤 正海⁴

¹九州工業大学工学研究院, 〒804-8550 北九州市戸畑区仙水町 1-1

²東京理科大学, 〒278-8510 千葉県野田市山崎 2641

³九州大学シンクロトロン光利用研究センター, 〒816-8580 福岡県春日市春日公園 6-1

⁴東京理科大学総合研究機構, 〒278-8510 千葉県野田市山崎 2641

Yoshifumi Suzuki^{1,*} and Jin Ge¹, Okamura Keniti¹,
Nakao Yuki², Yoshinori Chikaura³, Ando Masami⁴

¹ Kyushu Institute of Technology, 1-1 Sensui, Tobata-ku, Kitakyushu-shi 804-8550, Japan

² Tokyo Univ. of Science, 2641 Yamazaki, Noda-shi, Chiba 278-8510, Japan

³ Research Center for Synchrotron Light Applications, Kyushu University, 6-1 Kasugakoen, Kasuga-shi, Fukuoka 816-8580, Japan

⁴ RIST, Tokyo Univ. of Science, 2641 Yamazaki, Noda-shi, Chiba 278-8510, Japan

1 はじめに

種々の材料評価に対して、多くの実用材料（生体材料を含む）への応用を意図し、研究が進められて来た。X線を用いて、材料の内部構造の可視化することをトポグラフィもしくはイメージングと呼ばれているが、PC等ICT技術を取り入れ、方位分布トポグラフィ、再構成方位分布トポグラフィと発展させてきた。1990年代にPFにて実験し、X線散乱トポグラフィ像を得てきた。竹（セルロース結晶）である5 μm 内の空間分解能に達した。最近、最先端のX線医学イメージングでは位相や屈折を利用されている。位相コントラスト法、DEI（反射回折コントラスト法）、DFI（透過回折コントラスト法）等が提唱され、今まで見えなかったものの可視化が達成されている。

X線暗視野法を用いた乳癌とリウマチの早期診断システム開発に関して、安藤等 [1] による先行する大きな研究の進展がある。それらの像は屈折像であり、位相像である。また、数10ミクロンの高い空間分解能に達成し、さらに数ミクロン以下に迫ろうとしている。結晶を用いての軟組織描画に関してはなお課題を抱えている。今回提案する小角散乱を用いた描画法^{2, 3)}は、ナノスケール構造の変化についてナノ～メゾレベルの微細組織から発生する極小角～小角（数秒～数 $^\circ$ ）散乱に着目した描画法を開発する。そのイメージの分解能は10数ミクロンを達成することは、上記の研究実験を基礎とすれば十分な根拠と可能性を持っている。小角を描画に利用する前兆は既に [2, 3] に示唆されていた。

生体軟組織には多種類のナノ構造を含む。軟組織イメージング法の開発において、その中に含まれる

ナノ物質の空間的分布の抽出を可能とする。生体軟組織とナノ物質の空間的分布が、病理とどのような相関を有しているのかに迫ることにより、病理現象に大きな知見を与えうる。また、ナノ構造の環境的变化による構造的情報を得ることにより、因果関係にまで迫る。既に安藤等が開発した装置を用いることにより、その技術を大いに利用でき、さらなる展開を図る。

2 試料

1. コラーゲン（鳥の足）1 mm \times 7 mm 653 \AA の周期長（乾燥状態）
2. ベヘン酸銀（粉末）58.53 \AA の周期長（小角散乱を起こす2つの試料を用いて、データ取得を図った。この2種の試料は小角散乱の標準になる試料で、 Q 値の校正にも用いられている。）

3 光学系の設置および実験原理

高強度かつ非常に平行度持ちX線を求めるためKEKのPF(BL14C)で実験を行った。発散角度僅か0.05" (2.43×10^{-7} rad) 2) X線入射してから試料を透過し、LAAを回転することにより入射したX線は散乱を発生した成分で進行方向からずれた散乱光とそのまま利用回折面で回折した成分の回折波とわずかにずれた透過波に分かれる。BFIとDFIを背景にして弱い強度の小角散乱の成分のみ取り出せるため最適な状態を探る。

コラーゲンの場合：周期長 = 660 \AA , 17.5 keVで、 $\theta = 0.031^\circ = 112$ arcsec

ベヘン酸銀の場合：周期長 = 58.53 \AA 17.5 keVでは、 $\theta = 0.3468^\circ = 1248$ arcsec

4 結果

図1は、その観察結果の像の1部である（鳥の足に含まれるコラーゲン（小角の標準試料として用いられる）のファイバー状のイメージング結果を示す）。右端の図が小角散乱からのイメージ像である。

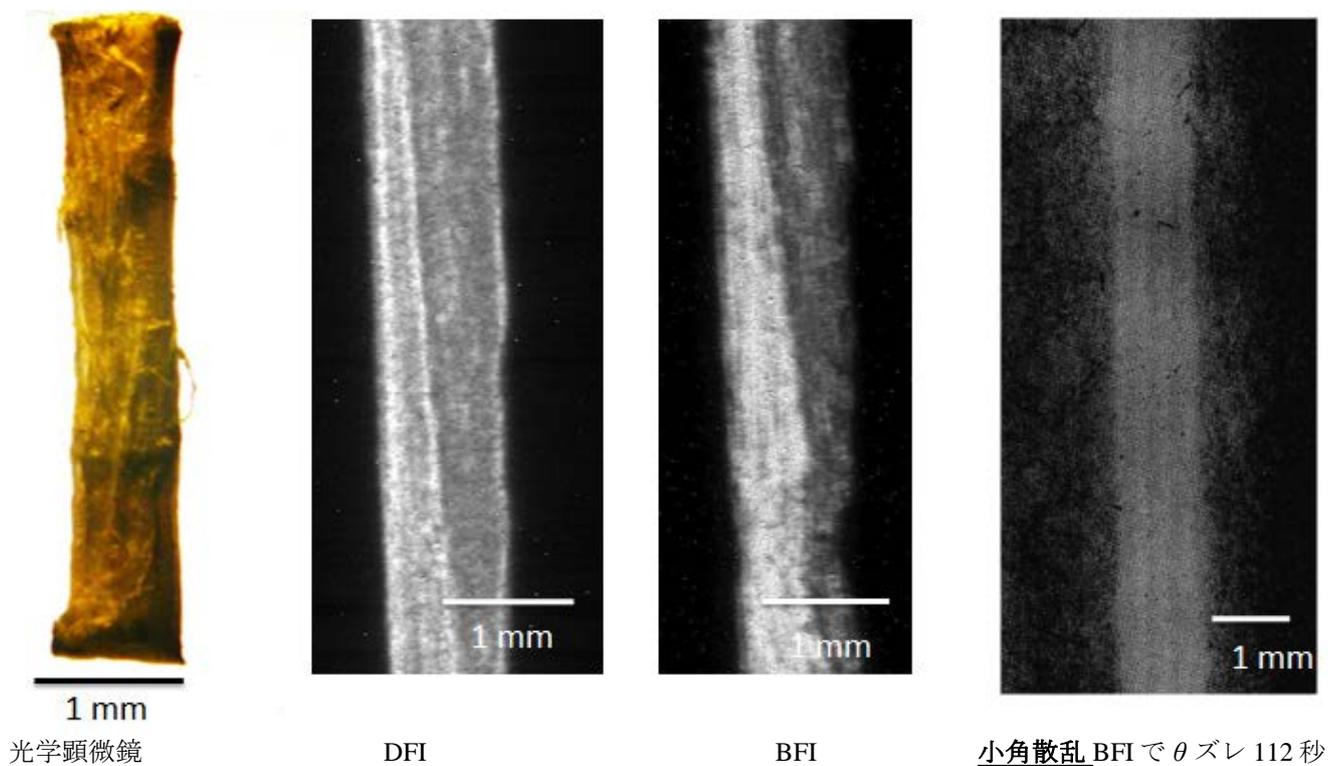


図1. コラーゲン観察像

参考文献

- [1] 安藤正海, 杉山弘: X線暗視野法(DFI)の開発と臨床応用への道, 応用物理, **74** 巻446-452(2005).
- [2] Y.Chikaura and Y.Yoneda, J.Appl.Cryst., **15**, 48-54 (1982).
- [3] Y. Yoneda, Y. Chikaura, Jpn. J. Appl. Phys. **21** L31(1982).

成果 (オプション)

- 1 2013年応物秋においてビーム応用(X線技術)の分科にて、発表番号 18p-A13-4 で発表した。

*ysuzuki@e-lab.kyutech.ac.jp