

X線マイクロトモグラフィーを用いたヒト毛髪の三次元観察

課題番号：2006A0109

実験責任者：(株) カネボウ化粧品 基盤技術研究所 井上敬文

共同研究者：カネボウホームプロダクツ(株) ビューティケア研究所 岩本佳倫

(株) カネボウ化粧品製品開発研究所 竹原孝二、村田武司

(財) 高輝度光科学研究センター 上杉健太郎、竹内晃久、鈴木芳生

使用ビームライン：BL47XU

1. はじめに

ヒト毛髪の3次元微細構造を、前処理やスライスを行わない毛髪そのままの状態で把握することを本研究の目的とする。ヘアケア市場は、国内で年間約5,000億円の売上のある大きい市場である。その中でダメージケアは、ヘアカラー、ブリーチ、パーマなどの毛髪美容処理を実施する消費者が増加したことから、大きなニーズが生まれている。毛髪損傷は、引っ張り強度や曲げ剛性など毛髪全体での変化や、アミノ酸など毛髪を構成する成分の変化として把握されているが、毛髪のどこがどのように変化したといった構造面での情報が不十分である。

本研究では、X線マイクロトモグラフィー(CT)を用いることで、ヒト毛髪構造を前処理することなく測定し、高精度な毛髪の構造情報を獲得できることを示した。

2. 材料と方法

ヘアカラーやパーマなどの化学処理を施されていない日本人女性の毛髪を試料とした。X線CTは、SPring-8のBL47XUで開発された高分解能の結像型のマイクロCT[1]を用い、毛髪試料に対して9.8 keVのX線を1スキャンあたり0.8秒間照射した。今回の実験では、硬X線の吸収が毛髪では少ないことから、焦点より多少ピントをずらして撮影する屈折コントラスト法を採用した。

3. 結果

図1には毛髪の顕微X線像を示した。毛髪を180度回転させながら、このような像を毛髪1試料あたり1,200枚取得した。

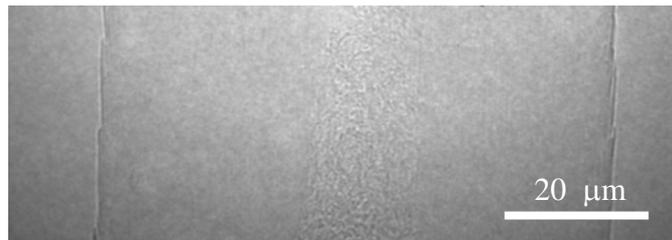


図1. 毛髪の顕微X線像

顕微 X 線画像データから再構成した毛髪の切断面を図 2 に示す。毛髪は外側より、キューティクル、コルテックス、メデュラの 3 つの部位で構成されているが、再構成した画像では、毛髪の中心部に存在するメデュラの構造および外側に存在するキューティクルの構造を明確に捉えることができた。

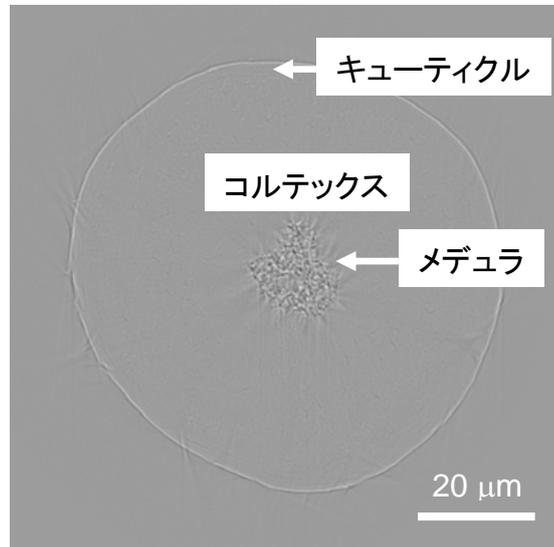


図 2. 再構成した毛髪の切断面

画像を 2 値化し、再構成した立体像を図 3 に示す。毛髪最外層のキューティクル、並びにメデュラの構造だけでなく、キューティクルとメデュラの間位置するコルテックス部位にも数ミクロンからサブミクロンサイズの構造体が観察された。興味深いことに、この構造体が毛髪の長さ方向に並んで存在していた。

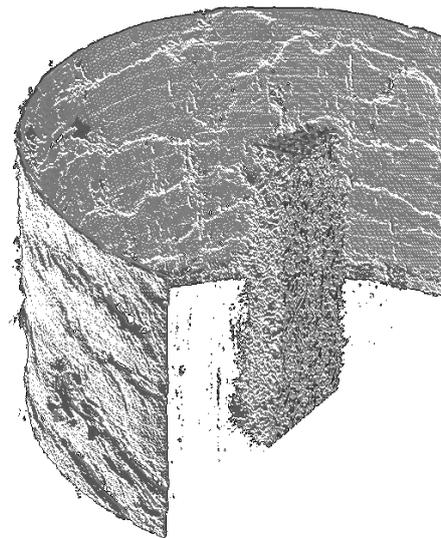


図 3. 再構成した毛髪の 3 次元構造

4. 考察

毛髪の微細構造を観察する従来の手法は、以下の点に不十分なところがあった。毛髪微細構造の観察で、現在最もよく用いられる透過型電子顕微鏡では、電子線の透過性が低いことから毛髪全体での観察は困難である。一般に毛髪組織を固定後、輪切りにし、金属染色を行う手順で行われている。原子間力顕微鏡は、前処理を必要としない毛髪微細構造を観察する有力な手法であるが、試料表面の情報を得るもので試料内部の構造情報は得られない。X線マイクロCTは、切断などの工程を必要とせず非破壊で構造体の内部構造を観察できる利点があり、得られた複数の2次元情報から試料の3次元構造を再構成できる特長を有する。しかしながら、これまでに開発されたX線マイクロCTは、空間分解能が低く毛髪微細構造の観察には不十分であった。

本研究では以上の問題を、SPring-8のBL47XUで開発された結像型のX線マイクロCTを用いることで解決できる可能性を示した。この測定を実施することで、試料を前処理することなくそのままの状態でも毛髪の微細構造を観察し、立体構造を再構成することができた。

一方、今回の測定では、コルテックス部位や最表面以外のキューティクル部位で、クオリティが不十分であった。これは、毛髪でのX線の吸収が低いことから屈折コントラスト法を用い、毛髪内部に存在する空隙あるいは毛髪表面の構造情報を主に採取したためと思われる。毛髪のようにX線の吸収が低い材料の内部構造をより精密に測定する方法として、位相CTを行う方法が考えられる。今後、現行のCT装置で得られる画像を活用するとともに、高い空間分解能を持つ位相CTが開発されることを期待する。

引用文献

- [1] A. Takeuchi, K. Uesugi, Y. Suzuki S. Tamura, and N. Kamijo, "High resolution X-ray imaging microtomography with Fresnel zone plate optics at SPring-8", Proc. 8th Int. Conf. X-ray Microscopy, pp. 360 – 362 (2006).