

X線マイクロCTによる毛髪損傷構造の可視化
- 位相差CTを用いた毛髪コルテックス部の微細構造観察 -

課題番号:2007B1825

実験責任者:(株)カネボウ化粧品 製品開発研究所 竹原孝二

共同研究者:(株)カネボウ化粧品 基盤技術研究所 井上敬文、木澤謙司

(株)カネボウ化粧品 製品開発研究所 藤森健

(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

ヘアケア市場は、国内で年間約2,000億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、パーマ、ブリーチ、ヘアカラーなどの化学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充分であった。

そこで、本研究は、有効なダメージケア手法を開発することを意図し、ダメージケアを施した毛髪の構造情報獲得を目的とする。

2006Bでは、ゼルニケ型位相板を組み合わせた、屈折コントラスト法による、X線マイクロCTを用いることで、パーマやブリーチなどの化学処理により生じた毛髪損傷を、画像化することが可能となった。[1]

2007Aでは、さらなる毛髪構造の観察のために、タルボ干渉計を用いたX線位相CTの検討を行ったが、条件の最適化が不十分であったことや毛髪の個体差のため、解析に十分な画像を得ることができなかった。

そこで今回、毛髪の微細構造観察のために、位相差CTの更なる検証ならびに屈折コントラスト法による構造確認を行ったので報告する。

2. 試料と測定方法

今回の測定では、未処理毛、損傷毛、補修処理毛を測定試料とした。

未処理毛は、ヘアカラーやパーマなどの化学処理を施されていないアジア系女性の毛髪を洗浄したものをを用いた。また、前記未処理毛に対し、パーマ処理、その後ブリーチ処理を行い損傷毛とした。さらに、損傷毛を補修効果のある成分に浸漬し、補修処理毛髪とした。

測定は、SPring-8のBL47XUで開発された高分解能の結像型のマイクロCT[2]を用いて行った。また位相差X線CTでは前述の装置にタルボ干渉計を組み合わせ、撮影を行った。

測定条件は、以下に示した通りである。

表1 測定条件

項目	条件	条件
測定方法	位相差CT	屈折コントラスト法
エネルギー	10 keV	10 keV
実効ピクセルサイズ	123 nm	123 nm
露光時間	300 msec/frame	300 msec/frame
投影数	900	6000

3. 結果

今回の実験におけるタルボ干渉計を用いた位相差X線CTの画像データから再構成した毛髪の切断面像を図1に示す。また、比較画像として2007A(2007.3.22 - 26)に行った同手法を用いて取得した毛髪の切断面像を図2に示す。

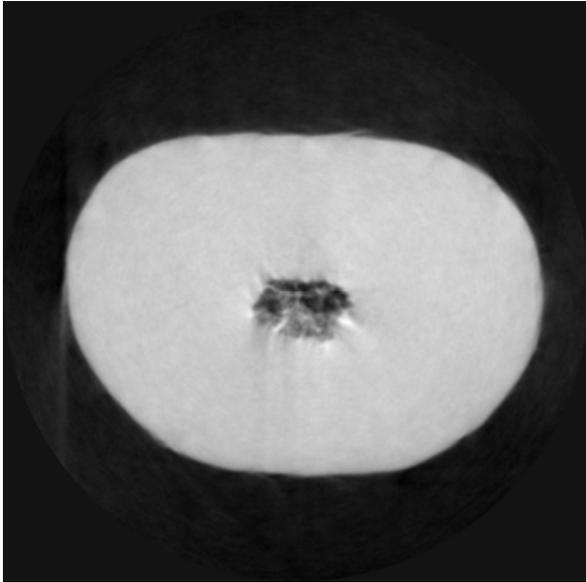


図1 . 毛髪の切断面像(2008B実施時)
(タルボ干渉計を用いた位相差X線CT)

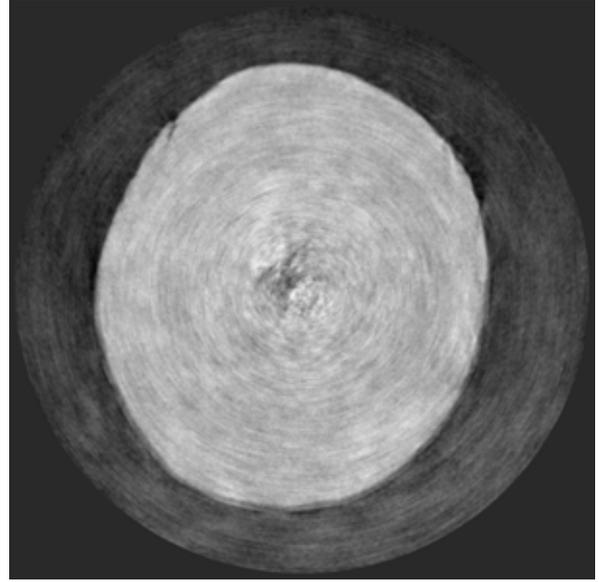


図2 . 毛髪の切断面像(2007A実施時)
(タルボ干渉計を用いた位相差X線CT)

今回のタルボ干渉計を用いた位相CTでは、投影数を増すなどの工夫を実施して画質の向上を試みたことで、前回背景に見られた円形状の筋がほとんど見られないなど、微細構造観察に適した画像を入手することが可能となることが示唆された。

しかしながら、損傷毛におけるコルテックス部の空洞様の構造については、図3に示すようにタルボ干渉計を用いた位相差CTでは確認することができず、屈折コントラスト法を用いたX線マイクロCTによる像(図4)のほうが優れていた。

したがって、コルテックス部の微細構造観察のために、予定していた位相差CTではなく、屈折コントラスト法を用いたX線マイクロCTを用いて、測定することにした。

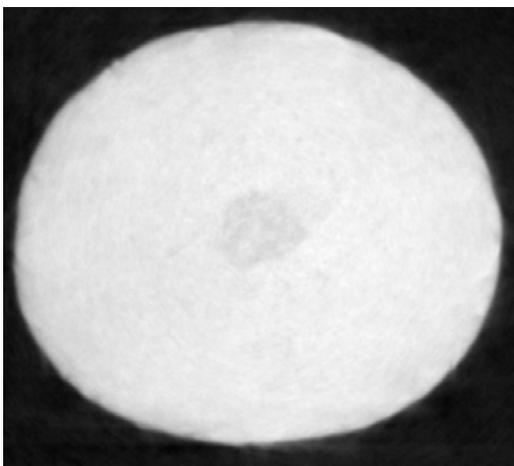


図3 . 損傷毛の切断面像
(タルボ干渉計を用いた位相差X線CT)

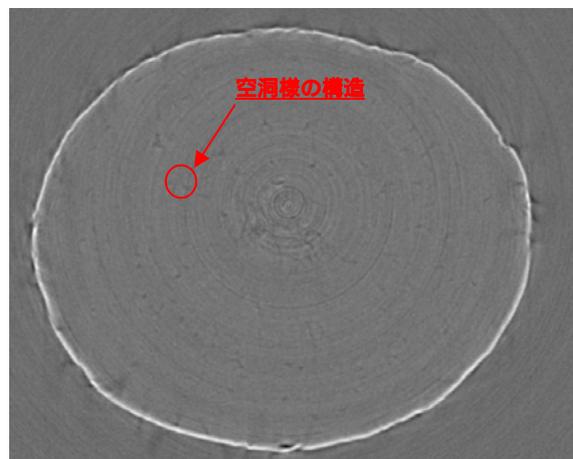


図4 . 図3と同一毛の切断面像
(屈折コントラスト法を用いた
結像型のX線マイクロCT)

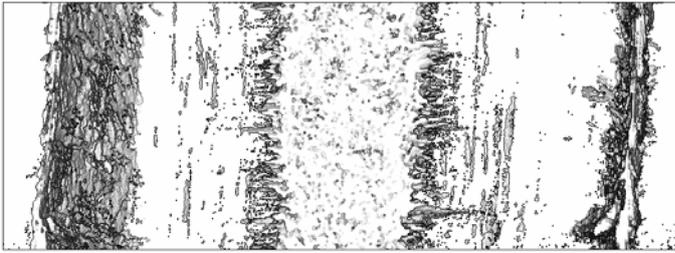


図5．損傷毛の立体像
(屈折コントラスト法を用いた結像型のX線マイクロCT)

図5に、屈折コントラスト法による損傷毛のCT画像を2値化し、重ね合わせた立体像を示す。図4に見られた空洞様の構造はコルテックスの組織方向に展開していることが示唆された。

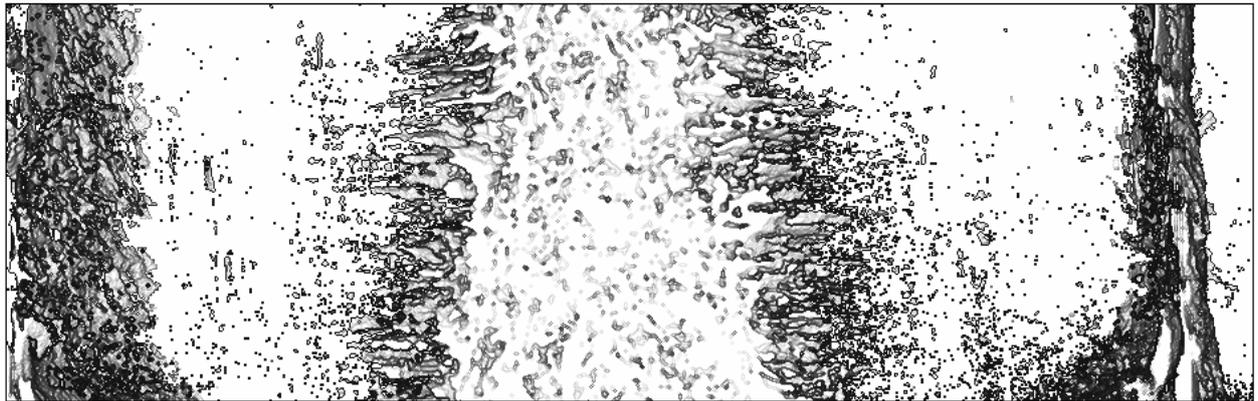


図6．修復処理毛の立体像
(屈折コントラスト法を用いた結像型のX線マイクロCT)

図6に補修処理毛の立体像を示す。図5と比較して分かるように、組織方向(縦方向)の構造体が減少していることが示された。この結果から、補修処理によりコルテックスの組織方向に展開していた空洞様の構造が解消し、健全毛(未処理毛)の毛髪状態に近づくことが示唆された。

4. 考察

本研究にて、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、コルテックス部の構造を画像で確認できることが判明した。また、毛髪の損傷による構造変化と、補修処理による構造回復も確認できることが示唆された。

ただ今回の目的であった、タルボ干渉計を用いた位相差X線CTでは、解析に十分な画像を得ることはできなかった。しかしながら、メデュラなどの大きな構造体は屈折コントラスト法よりも鮮明に画像化できている。また、コルテックス部の構造も大きなものであれば確認できる箇所もあったので、条件を精査し、S/N比を向上させることで、画像の精度を上げることができるのではないかと考える。

更なる毛髪の微細構造の解析のためには、屈折コントラスト法より高性能の測定法が必要であると考えられる。現在は画像確認において、毛髪損傷による空洞様の構造が確認されており、補修効果のある剤を浸漬することでその構造が減少することが確認できているが、空洞が補修剤で充填されたためなのか、あるいはコルテックスが膨潤されたため空洞様の構造が減少しているのかは確認できていない。そのため、微小角散乱や走査型微分位相コントラスト顕微鏡/CTなど新たな手法を用いてデータの補完を進めたいと考えている。

引用文献

- [1]竹原孝二,井上敬文,村田武司,藤森健,上杉健太郎,竹内晃久,鈴木芳生,「X線マイクロCTによる毛髪損傷構造の可視化 - 毛髪損傷の修復効果について -」,平成18年度 先端大型研究施設戦略活用報告書 SPring-8 戦略活用プログラム(2006B), pp14-15
- [2] A. Takeuchi, K. Uesugi, Y. Suzuki S. Tamura, and N. Kamijo, "High resolution X-ray imaging micro tomography with Fresnel zone plate optics at SPring-8", Proc. 8th Int. Conf. X-ray Microscopy, pp. 360-362, (2006).