

2018A1572

BL47XU

微分位相 X 線マイクロ CT を用いた各国女性の毛髪内ダメージ部位の可視化 Visualization of Internal Damage Sites in Woman Hair Fibres of Different Nationalities using Differential Phase Contrast X-ray Micro CT Method

鈴木 和之, 小林 翔, 山中 良介, 古田 桃子, 渡邊 紘介, 前田 貴章, 伊藤 廉
Kazuyuki Suzuta, Sho Kobayashi, Ryosuke Yamanaka, Momoko Furuta, Kosuke Watanabe,
Takaaki Maeda, Len Ito

(株)ミルボン
Milbon Co., Ltd.

我々は、これまでに 20 か国を超える各国女性の毛髪について BL24XU にて X 線 CT 測定を行い、毛髪内における空隙形成に対するダメージや年齢の影響を明らかにしてきた。本研究では、日本人女性毛髪を用いて、BL47XU の微分位相 X 線マイクロ CT を用いた高精度な毛髪内部 3 次元構造の可視化を検討した。その結果、BL24XU での結果と同様に毛髪内空隙数が毛髪ダメージや加齢に伴って増加する傾向が示唆された。今後さらに解析を進め、空隙形成部位の詳細を明らかにしていきたい。

キーワード： 毛髪、微分位相 X 線マイクロ CT、空隙

背景と研究目的：

毛髪にハリコシ、うるおい、ツヤを与えることは、頭髪化粧品に対して消費者が要望する機能の一つである。したがって、科学的パラメータを用いてそのような風合いを評価するための様々な研究が行われてきた。各化粧品メーカーでは、グローバル化を想定した様々な基礎科学的アプローチから毛髪研究が進められてきた。その代表的な例として、各国間における毛髪径や楕円率の違い[1]、メデュラの違い[2]や髪の表面を覆うキューティクルの枚数の違い[3]などがある。このような中、我々は様々な実験視点から各国女性毛髪の解析を行ってきた。

毛髪内の密度については、1970 年代に行われたパーマントウェーブやブリーチ処理による密度変化に関する研究[4,5]から、これらの美容処理では毛髪内密度がほとんど変化しないと考えられていた。しかし、髪の密度をより正確に測定するために著者らが見出した方法[6,7]によって、毛髪内の密度変化に着目した新しい製品開発に向けた研究が進められてきた[8]。

毛髪内部を観察する手法として、一般的には、透過型電子顕微鏡を用いた毛髪断面観察が行われる。しかし、この手法には毛髪内部を非破壊的に見ることが出来ない欠点がある。つまり、カットリングなどの影響によるアーティファクトを提示する可能性を考慮しなければならない。そこで我々は、毛髪内部を大気中で非破壊かつ高分解能で形態観察する技術である X 線 CT 測定に取り組んだ。これまで我々は、20 か国を超える各国女性の毛髪について BL24XU にて X 線 CT 測定した結果、毛髪の新生部に比べ毛先部分において空隙が多くなることを見出してきた[9]。しかし、BL24XU ではソフトマテリアルである毛髪の位相感度を得るためにデフォーカスによって空間分解能をある程度犠牲にしている。実質的空間分解能としては $1\ \mu\text{m}$ 弱であり、測定の結果想定される断面方向の空隙サイズである約 $0.5\ \mu\text{m}$ を考慮すると、空隙部位の特定のための分解能としては十分ではないと考えられる。一方、BL47XU では、約 $0.1 \times 0.3\ \mu\text{m}^2$ と期待される空間分解能をもって、毛髪の X 線マイクロ CT 測定を実現している[10]。本研究では、これまで BL24XU の測定から確立した自社内での実験系から選択された各国女性毛髪を用いて、高精度な毛髪内部 3 次元構造の可視化を検討することとした。本課題では、毛髪内空隙の詳細観察が十分に可能かどうかを判断するために、まずは日本人女性毛髪に絞り検討を行った。

実験：

測定には、20 代と 50 代の日本人女性各 3 名の抜去毛を使用し、毛髪の根元部分と毛先部分(根元から 30 cm 付近)の 2 点について、BL47XU における高分解能の結像型マイクロ CT [10]を用い

て測定を行った。試料はすべて常温・大気圧下で測定した。本試料を大気圧下で測定するためには、従来の吸収コントラスト X 線 CT 法では十分なコントラストが得られず可視化が困難であるため、位相コントラスト法を用いた。これにより、毛髪内部の精密な 3 次元密度分布 (0.1 g/cm^3 以下) を測定した。X 線エネルギーは 8 keV であった。

結果および考察：

図 1 に 20 代と 50 代女性毛髪の根元と毛先の X 線 CT 断層像の一例を示す。20 代毛先、50 代根元、50 代毛先毛髪の断面には、空隙と思われる黒い斑状の部位が毛髪の所々に見られたのに対して、20 代根元では斑状部位が少ないように見える。そこで、空隙形成の違いをより明確に判別するために、同一閾値にて二値化処理を行った。閾値の決定については、画像解析ソフトウェア ImageJ を用いて行った。まず、比較的明瞭に空隙が確認された 20 代毛先毛髪の画像に対して、空隙部位が正確に抽出される閾値を目視にて決定し、二値化画像を得た。また、他の毛髪断面画像の閾値は、20 代毛先毛髪にて決定した閾値と同一に設定した。各毛髪の二値化画像を図 2 に示す。この結果から、20 代毛髪では根元にはほとんど空隙が見られないのに対して、毛先では形成が認められた。また、50 代では根元から空隙形成が認められた。このことは、毛髪内空隙は毛髪ダメージや加齢に伴って形成されることが示唆され、これは BL24XU での観察結果に一致する[11]。今後、さらに解析を進め、空隙形成部位の詳細を明らかにしていきたい。

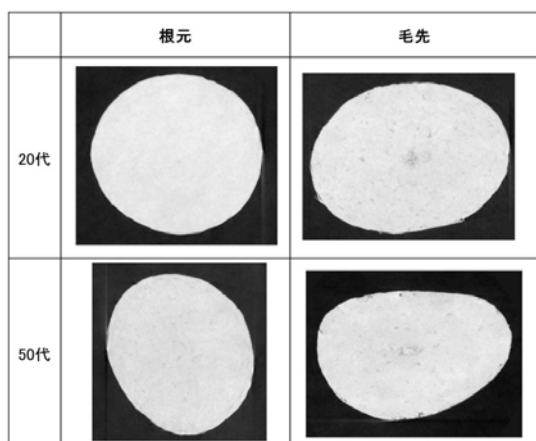


図 1. X 線マイクロ CT によって得られた各毛髪の断層図

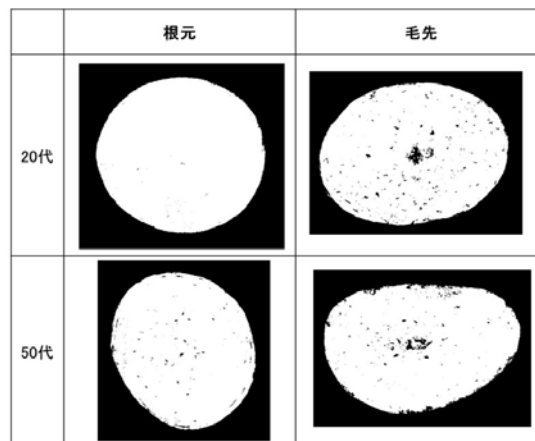


図 2. 二値化処理された毛髪断層図

今後の課題：

本測定によって、BL47XU における毛髪内空隙観察が可能であり、空隙形成の傾向は我々が BL24XU にて観察してきた傾向におおよそ一致していることが分かった。今後、空隙部位のさらなる解析を進めていきたい。また本研究では、20 代と 50 代女性各 3 名ずつの毛髪を用いて測定を行ったが、一部の測定においては測定中に毛髪が動いてしまい、再構成像が十分に得られなかった。毛髪内構造の精密解析に向けて、今後、測定中の毛髪の変形を抑制するような毛髪固定法を検討することが必要である。さらに、測定対象を外国人毛髪へと拡張していき、人種や生活習慣の違いによる毛髪ダメージ機構の違いを X 線 CT 観察の面から研究を進めていきたい。

参考文献：

- [1] Otsuka H. and Nemoto T., *Koshokaishi*, **12**,192 (1988).
- [2] Das B.M., *Morph. Anthropol.*, **63**, 102 (1971).
- [3] Hayashi S., et al., *Biology and disease of the Hair*, 555 (1976).
- [4] Yin N., et. al., *J. Soc. Cosmet. Chem.*, **28**, 132 (1977)
- [5] Robbins C.R., “*Chemical and Physical Behavior of Human Hair*”, p.482 (2006)

- [6] Ito L., et. al., *J. Hair Sci.*, **115**, 3 (2015)
- [7] Ito L., et. al., *Fragrance J.*, **41 (11)**, 18 (2013)
- [8] Ito L., et. al., *Reaserch Frontier 2014*, 94 (2015)
- [9] L. Ito et al., *Status Report of Hyogo-Beamlines with Research Results*, **5 (6)**, 20 (2017)
- [10] A. Takeuchi et. al., *J. Phys. Conf. Series*, **463**, 012034 (2013)
- [11] 渡邊紘介ら, *放射光学会誌*, **28 (5)**, 210 (2015)