

微分位相 X 線マイクロ CT を用いた加齢に伴う毛髪内空隙形成促進のメカニズム解明

Clarification of Void Promotion Mechanism in Hair Fibres with Aging using Differential Phase Contrast X-ray Micro CT Method

鈴木 和之, 武田 基希, 安富 諒, 小林 翔, 渡邊 紘介, 伊藤 廉
Kazuyuki Suzuta, Motoki Takeda, Ryo Adomi, Syo Kobayashi, Kosuke Watanabe, Len Ito

株式会社ミルボン
Milbon Co. Ltd.,

本研究では、20–60 代の日本人女性毛髪を対象として、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行い、毛髪内部構造の加齢変化を捉えることを目指した。その結果、毛髪内空隙数が加齢とともに増加する傾向が示唆された。また、20–30 代においては空隙は見られないものの、毛髪内に密度の低いスポットの存在を確認することができた。今後さらに解析を進め、空隙形成部位や低密度部位の詳細を組織学的に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：

近年の少子高齢化に伴ってアンチエイジング化粧品市場の成長が続いており、2017 年度は前年度比 10.7% 増の 3,620 億円に達している。頭髪化粧品の消費傾向も同様であり、アンチエイジングを謳うヘアケア/育毛商品市場が拡がりを見せている。加齢による頭髪変化に対する基礎科学的アプローチとして、従来は白髪化や薄毛化といった頭髪現象を対象として、毛根部の発毛・育毛機構に関する発生学に基づいた研究が主であった。一方で近年では、加齢に伴う髪のうねりの増加や艶の低下といった毛幹部の形態変化に対する消費者の改善ニーズが高まっている。

我々は、形態学的な検討として、毛髪内密度の高精度な測定手法を新たに確立し、加齢に伴う新生部毛髪の密度低下を確認した[1, 2]。また、このような密度低下した毛髪内部の形態学的観察のために、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 に取り組んだ。これまで我々は、BL24XU の結像型顕微 X 線 CT を用いた観察により、毛髪の新生物に比べダメージの蓄積した毛先部分において毛髪内密度が低下するとともに毛髪内空隙が多くなることを見出してきている[3]。

そこで本研究課題では、BL47XU の X 線 CT を用いて、加齢毛髪における空隙形成部位や空隙量を非破壊かつ形態学的に観察し、毛髪内部における加齢変化を形態学的に捉えることを目指した。この研究に先立ち、2018A1572 の課題研究において、20 代と 50 代女性の毛髪における内部構造の比較を行っており、50 代女性毛髪の方が毛髪内空隙数が多い傾向が示唆された[4]。本研究では、20–60 代女性毛髪を用いて毛髪内部 3 次元構造の可視化に取り組み、加齢に伴う空隙状態の変化をより詳細に捉えることを目指した。

実験：

測定に際しては、20–60 代の各年代毎に毛髪を選定し BL47XU における高分解能の結像型マイクロ CT [5]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/cm³ 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、各年代の毛髪に対して X 線 CT 測定より得られた断層イメージを示す。測定は各年代毎に

2人の毛髪に対して行われたが、図1には各年代について典型的な断層図を選定し示した。毛髪内の断層像は均一でなく、低密度であることを示すスポットが毛髪内に点々と分布している様子が見える。図1の毛髪内の断層図の一部を拡大して示した図を図2に示す。この図から、20-30代毛髪に比べて40代以上の毛髪の方が、低密度のスポットがより強い白黒コントラストで点在しているように見える。このことは、40代以上の毛髪の内において空洞が捉えられていることを示していると思われる。また、20-30代毛髪においても、内部に淡いコントラストのやや黒いスポットが観察された。このようなスポットは毛髪内の空洞を示すものではないものの、低密度の充填物が詰まったスポットであることが示唆される。スポットの形状から毛髪内の細胞膜複合体やマクロフィブリル間物質のような非ケラチン性成分のように思われる。現在、このような空洞や低密度領域についてさらなる解析を進めているところである。

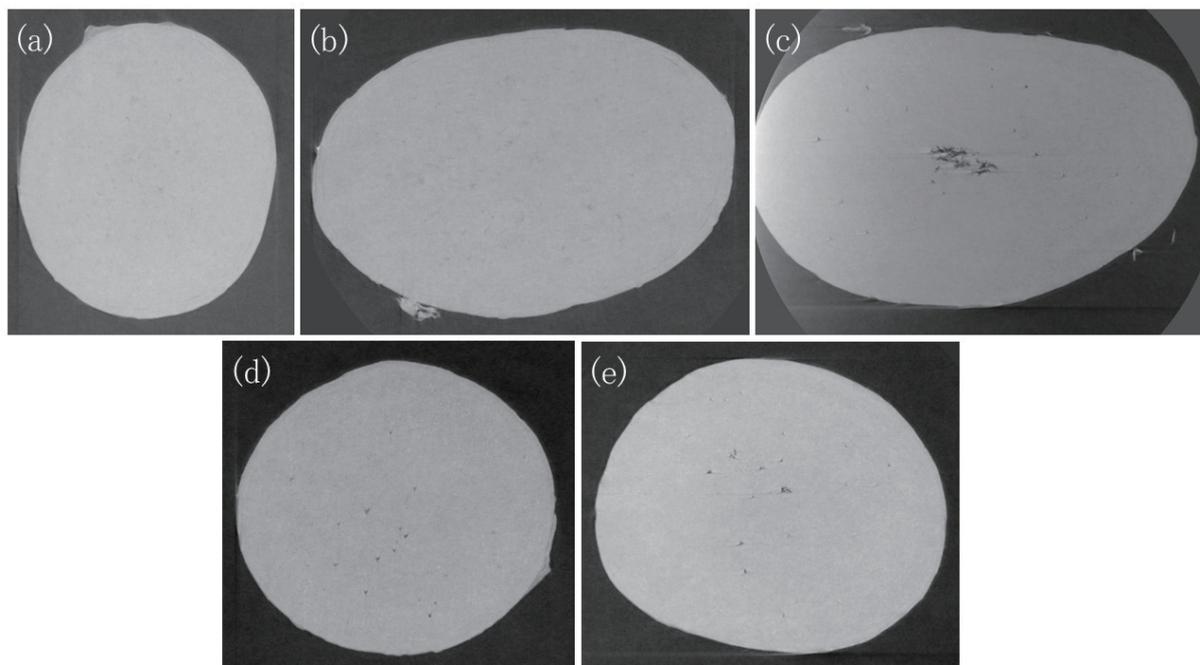


Fig. 1 各年代のX線CTによる毛髪断層像。(a) 20代、(b) 30代、(c) 40代、(d) 50代、(e) 60代。

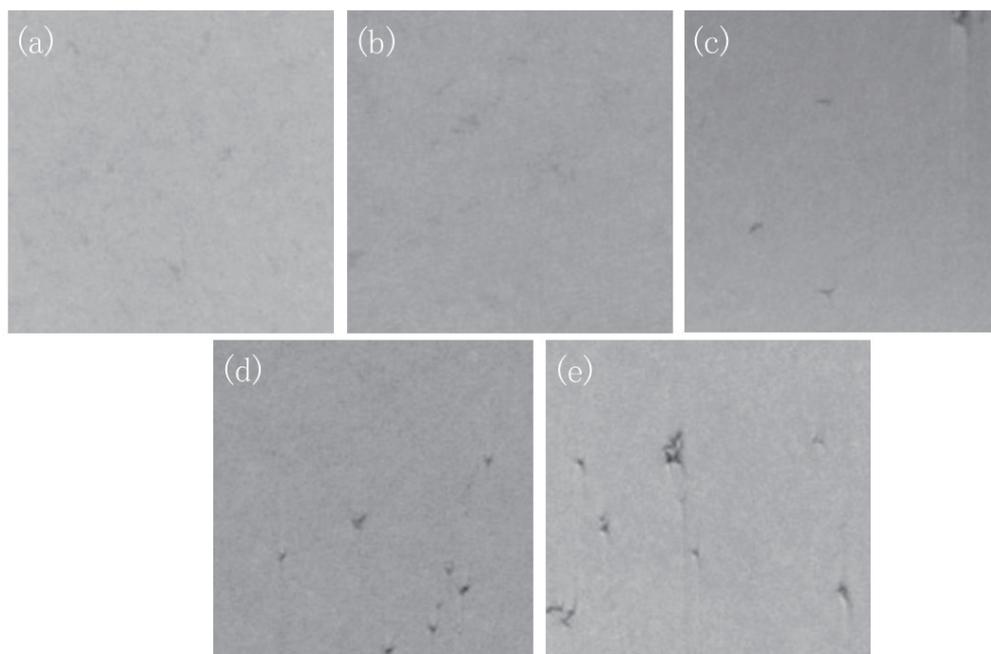


Fig. 2 毛髪内部の拡大図。(a) 20代、(b) 30代、(c) 40代、(d) 50代、(e) 60代。

今後の課題：

本測定によって、加齢に伴う毛髪内空隙の増加傾向を確認することができた。また、20–30代においては空隙は見られないものの、毛髪内に密度の低いスポットの存在を確認することができた。このような空隙部位や低密度スポットの毛髪内部位について、今後さらに組織学的に解析を進めて明らかにしていきたい。また最近では、加齢に伴う毛髪変化について、タンパク質分子構造や物性面からのいくつかの報告がされている。今後、それら知見と毛髪内空隙の関連について詳細に検証していきたいと考えている。

参考文献：

- [1] Ito L., et al., *J. Hair Sci.*, **115**, 3 (2015)
- [2] Ito L., et al., *Fragrance J.*, **41(11)**, 18 (2013)
- [3] L. Ito et al., *Status Report of Hyogo-Beamlines with Research Results*, **5(6)**, 20 (2017)
- [4] 鈴田 和之 他, 平成 30 年度 SPring-8 放射光施設横断産業利用課題・一般課題(産業分野)実施報告書 (2018A), 2018A1572.
- [5] Takeuchi A., et al., *J. Phys. Conf. Series*, 463, 012034 (2013).