

【実施課題番号】	2007B1863
【実施課題名】	マイクロビーム X 線小角散乱を用いた日本人毛髪の解析
【実験責任者】	株式会社マングム 齋藤香織
【使用ビームライン】	BL40XU

目的

消費者の悩みに対応した頭髪化粧品を開発するためには、対象となる毛髪を理解することが重要である。そこで我々は日本人の毛髪に関する基礎研究を進めている。女性 90 名を対象とし、疫学調査を実施して毛髪や頭皮の基本的な状態について調べたところ、高齢者層では若齢者層と比較して、ツヤや滑らかさ、ボリューム感が低下するなど、年代によって毛髪が変化することが明らかになった¹⁾。また、現代日本人においてはヘアカラーやパーマなどが広く普及しており、これらの化学処理が実際の毛髪の状態に大きく影響を与えていると考えられる。そこで、未処理の毛髪を用いて加齢に伴う毛髪の変化を解析すると共に、化学処理による複合的な作用を解析することが、現代日本人の毛髪を理解する上で重要である。

毛髪の特性には内部構造が大きく関与すると考えられるが、十分な研究はなされていない。これまで内部構造の解析には、主として透過型電子顕微鏡(TEM)が用いられてきた。TEM はナノスケールの微小な構造を像として観察することができるが、試料を薄切して電子染色する必要があり、試料へのダメージやサンプル調製に伴う二次的な影響を無視することができない。それに対して、近年マイクロビーム X 線を用いた小角散乱法(SAXS)が試料を未処理で、またマイクロスケールで測定できる手法として注目されている。

本研究では、まず始めに毛髪の基礎的な特性を調べることを目的として、10 歳代および 50、60 歳代女性の新生部毛髪を用いてマイクロビーム SAXS 解析を行った。続いて、毛髪美容処理(パーマ)による影響の解析を行った。

実験方法

サンプル：化学処理を 1 ヶ月以上施していない健常な日本人女性の毛髪を、根元から 5 mm 以内で切断した。

パーマ処理：パーマ I 液(チオグリコール酸アンモニウム 7.0%、ジエチレントリアミン五酢酸ナトリウム 0.08%、モノエタノールアミン 2.0%を蒸留水に溶解)にて 15 分、パーマ II 液(ブロム酸ナトリウム 7.0%を蒸留水に溶解)にて 10 分間の施術を行った。

測定：X 線小角散乱は、毛髪繊維軸と垂直な方向から直径 5 μm に調整したマイクロビーム X 線を照射し、毛髪繊維軸と垂直な方向に 2 μm ずつスキャンした。得られたコルテックス部分の回折像から、毛軸に垂直な方向(赤道方向)に沿って $\pm 11^\circ$ の範囲で扇状に平均積算したプロファイルから、散乱強度(I)、散乱ベクトル(S)、および半値全幅(FWHM)を求めた。

結果

(I) 毛髪に加齢による微小構造変化

各年代間で、 I 、 S および FWHM の分布を調べたところ、 S に差異が認められた(Fig.1)。10 歳代女性群(10 名)の平均値が 0.108 nm^{-1} であったのに対し、50、60 歳代女性群(35 名)では 0.105 nm^{-1} であった。両群の有意差検定をおこなったところ、 P 値は 0.033 であった。また、同一毛髪内での散乱ベクトルのばらつきを計算し、 σ の平均値の比較を行った結果を Fig.2 に示す。10 歳代では $\sigma = 0.00059$ であるのに対して、50、60 歳代では 0.00089 であり、 σ が増加していることが分かった。有意差検定の結果、 P 値は 0.040 であった。 I 、FWHM には年代間の差異は認められなかった。 S は、毛髪繊維を構成する中間径フィラメント(IF)間距離を反映していると考えられる^{2,3}。 S の減少は、IF-IF 間距離の増加を示唆している。また、同一毛髪内の散乱ベクトルのばらつき σ が、50、60 歳代群では 10 歳代に比べて高かったことから、高齢者の毛髪は 1 本の毛髪内部の IF-IF 間距離が均一ではなく、ばらつきが大きいと考えられる。被験部位としては新生部(根元から約 1cm)を用いており、毛髪のダメージによる影響は少ないと考えられる。以上より、同じ黒髪であっても年代によって内部構造が異なることが示唆された。今回の結果については、さらに被験者数を増加させるなどによる追試験が必要である。また、IF-IF 間距離の増加や不均一化の原因についても今後明らかにしていく必要がある。

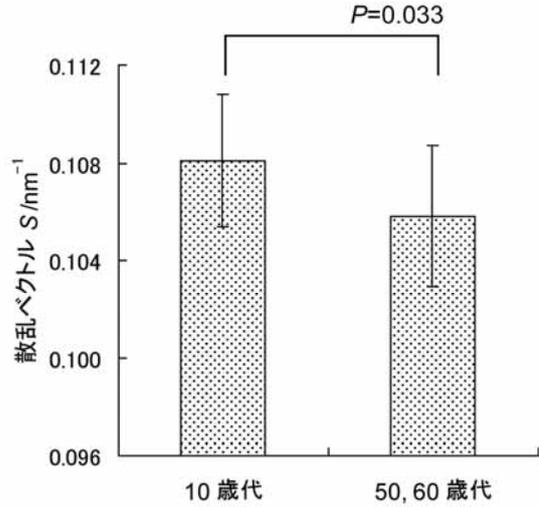
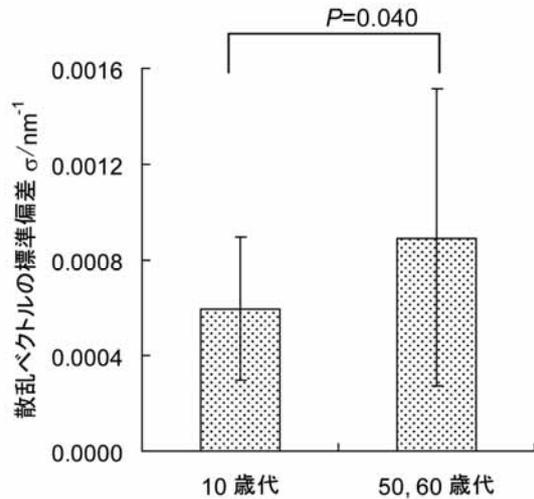


Fig.1 毛髪のコルテックス領域の散乱ベクトルの年代間比較.



毛髪のコルテックス領域の散乱ベクトルの標準偏差.

(II) 美容処理による毛髪の微小構造変化

パーマ処理回数と I の間には、相関が認められなかった(data not shown)。 I は毛径によっても変化するため、傾向を検出できなかった可能性がある。パーマ処理回数と S の関係を Fig. 3 に示す。毛髪の IF 由来の S はパーマ処理の回数が増加するほど減少した。また、IF-IF 間距離のばらつきの指標と考えられる FWHM はパーマ処理回数の増加に伴って増加した

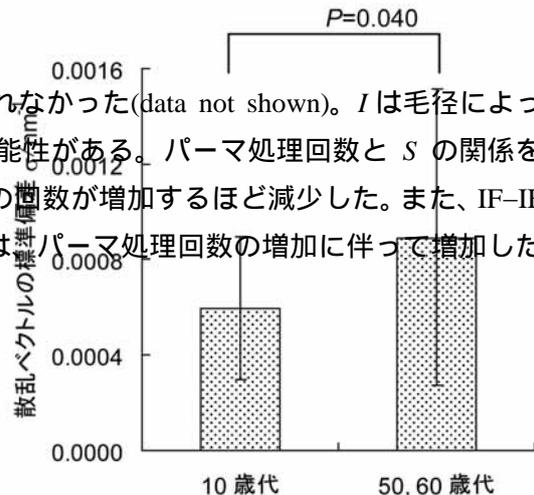


Fig. 2 毛髪のコルテックス領域の散乱ベクトルの標準偏差.

(Fig. 4)。以上のことから、パーマ処理によって毛髪の内構造は大きく変化していることが示された。Kajiura らによると、ブリーチとパーマを併用施術することにより、IF の直径は増加する一方で、IF-IF 間距離は減少し、KAP 断面積が減少すると報告している[4]。彼らは IF の配列をモデル化し、IF 半径 r 、電子密度 ρ 、格子間隔 $\langle d \rangle$ (IF-IF 間距離)をフィッティングパラメータとして求めている[2]。今回の試験では、パーマ処理によって S が増大し、IF-IF 間距離が増加することを示した。本結果は、Kajiura らの報告と差異があるが、今回の試験ではフィッティング解析を行っていないため、彼らの結果と単純に比較することはできない。今回の試験条件において S が増大することは明らかであり、パーマ液の組成や処理時間、ブリーチとの併用などによってミクロ構造への影響も異なる可能性が考えられる。消費者の毛髪では、化学処理の履歴は個人差が非常に大きく、このような化学処理による構造変化について幅広い知見を蓄積することが重要であると考えられる。

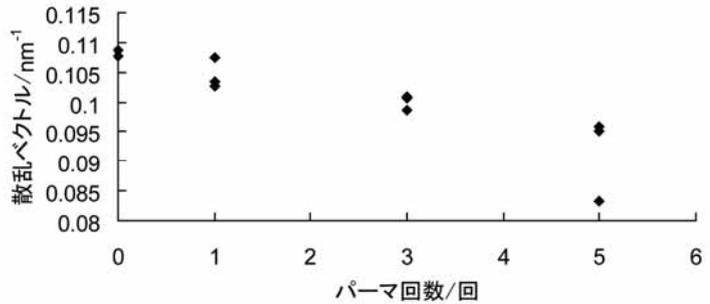


Fig.3 パーマ回数と IF 由来散乱ベクトルの関係。

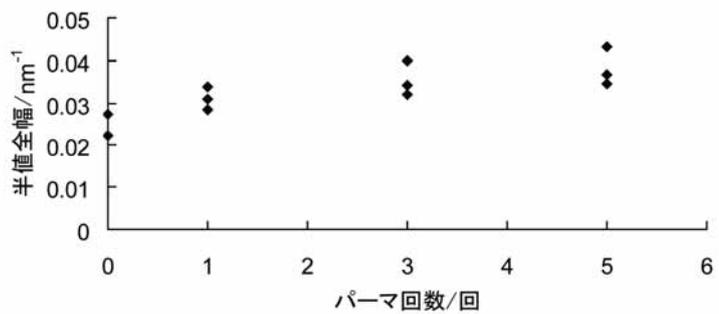


Fig.4 パーマ回数と IF 由来散乱ベクトルの半値全幅の関係。

参考文献

- [1] 田尻美喜, 久間夕佳, 椿原操, 大塚香織, 栗山健一, 辻野義雄, 藤原延規, 石原陽介, 基礎老化研究, **31**, 47 (2007).
- [2] 梶浦嘉夫, 伊藤隆司, 篠原裕也, 雨宮慶幸, 放射光 **19**, 371 (2006).
- [3] 太田昇, 八木直人, 八田一郎, 放射光 **19**, 364 (2006).
- [4] Y. Kajiura, T. Ito, N. Yagi, Y. Shinohara, Y. Amemiya, SPring-8 User Experiment Report 2006B0160.