

2010.4.27 第9回SPring-8ヘルスケア研究会



放射光を利用した毛髪の構造評価と特性

花王株式会社 梶浦 嘉夫

・放射光を利用したくせ毛の構造解析と 商品開発への応用事例

- 1 - 1 くせ毛の構造解析研究
- 1 - 2 毛髪のエージング研究

・放射光を利用したくせ毛の構造解析と 商品開発への応用事例

- 1 - 1 くせ毛の構造解析研究
- 1 - 2 毛髪のエージング研究

くせ毛の構造解析研究



African

High Curly

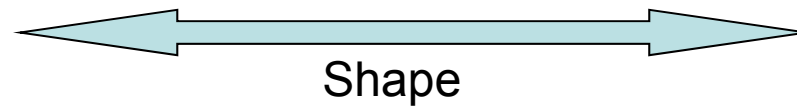


Caucasian



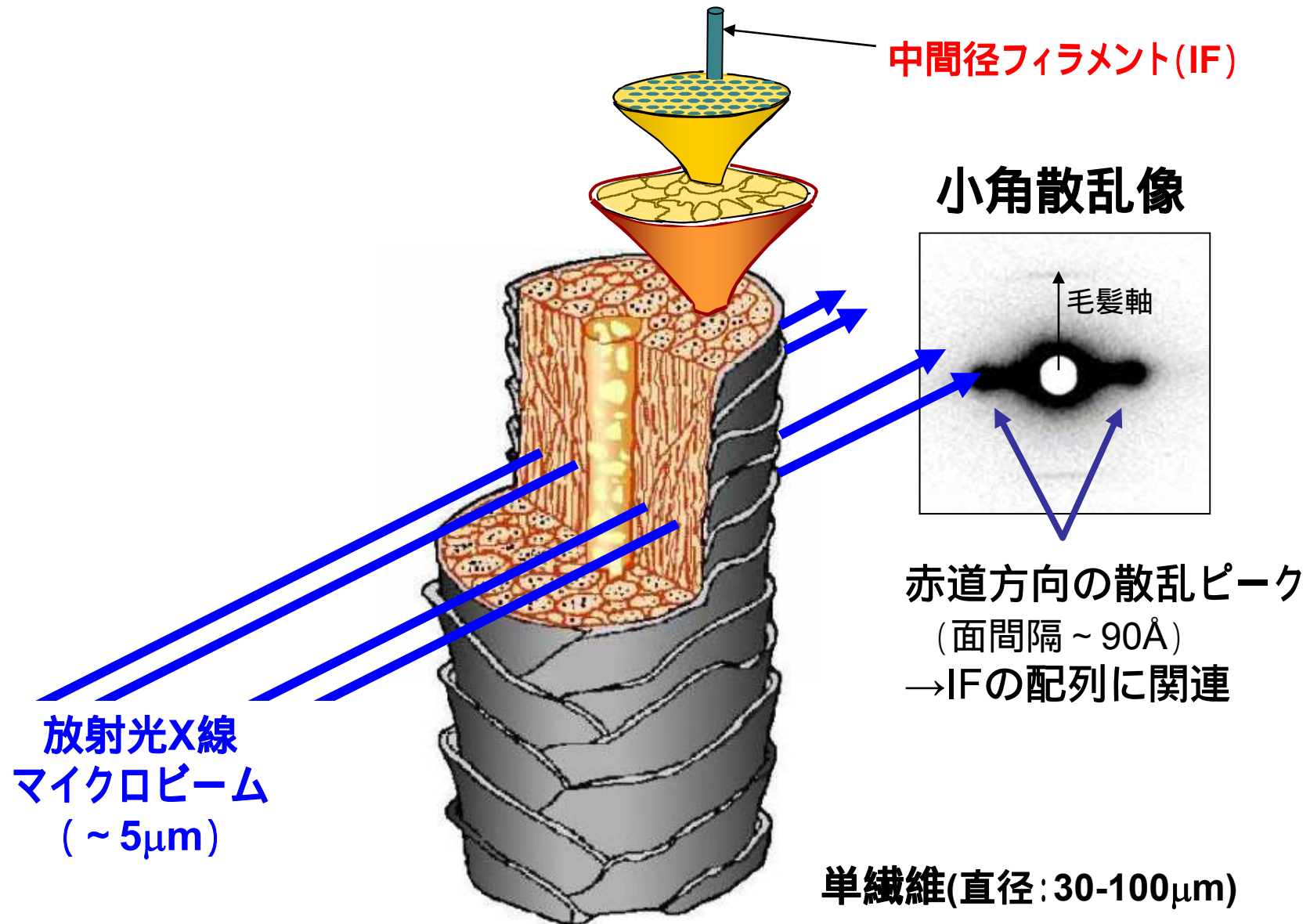
Asian

Straight

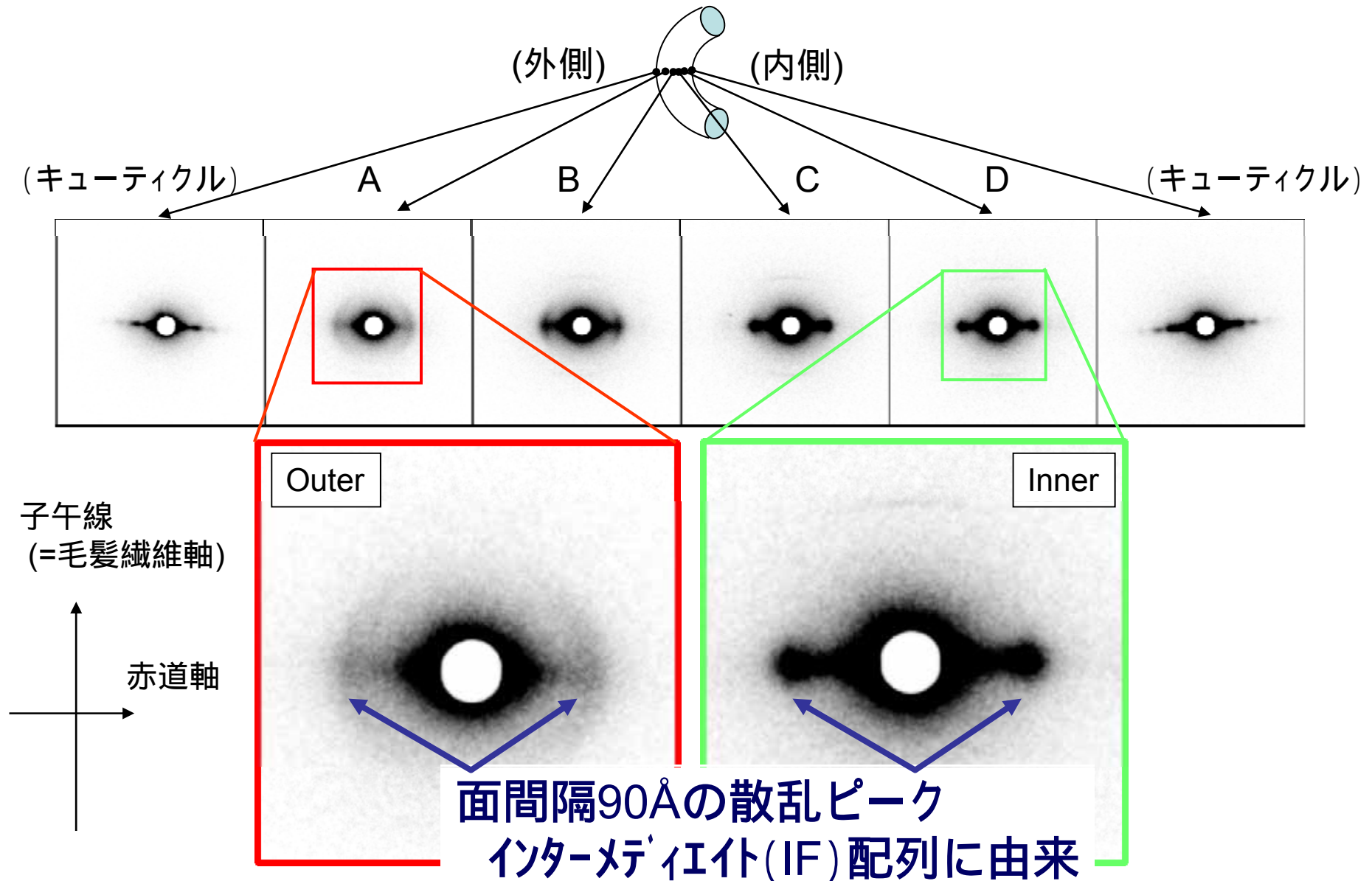


目的: 人種間にみられるマクロスコピックな毛髪形状の違いを毛髪内部のナノ構造の視点から理解する

毛髪繊維のナノ構造解析



アフリカン-アメリカンの毛髪の小角散乱像



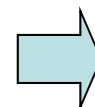
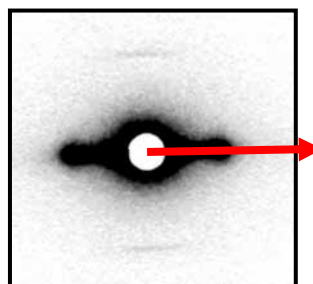
コルテックス小角散乱像の解析



散乱強度プロファイルの抽出

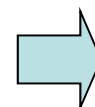
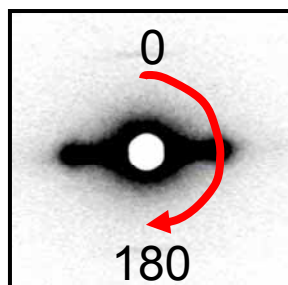
得られる情報

1. 赤道方向



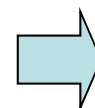
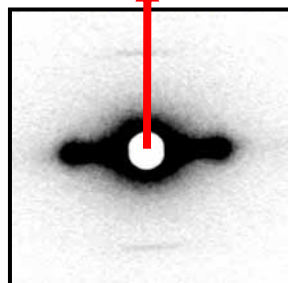
IF直径と平均IF間
距離

2. 方位角方向



毛髪繊維軸に対する
平均のIF傾き角

3. 子午線方向

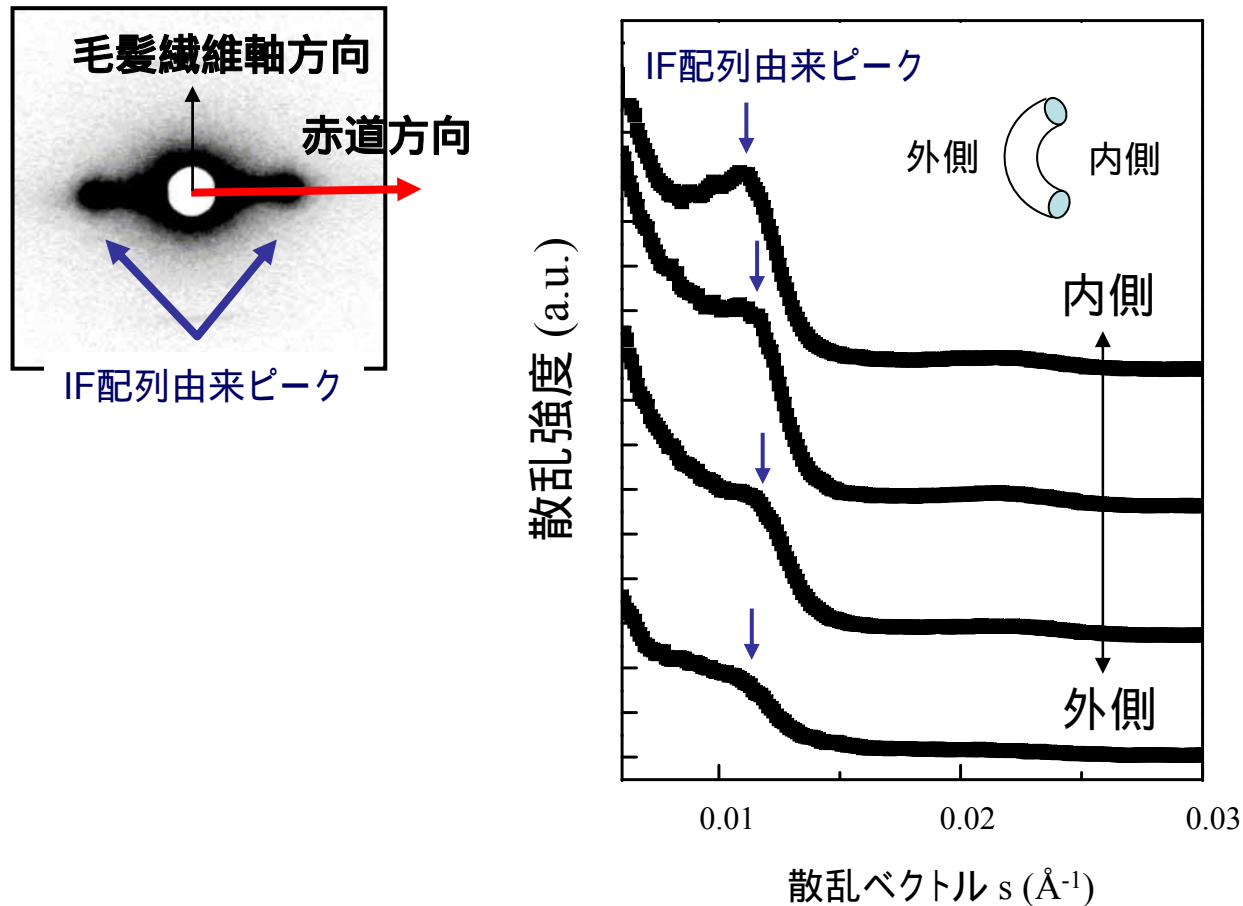


IF内部構造の
繰り返し単位長さ

アフリカン-アメリカンのくせ毛における赤道方向の散乱強度プロファイルの変化



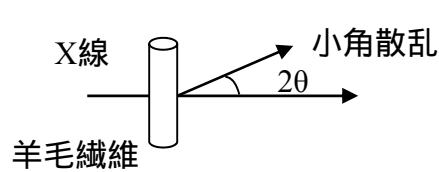
赤道方向の散乱強度プロファイル



測定位置によりIF由来ピークの位置、強度が変化

IFの配列構造モデル

Fatma Briki et al., Biochim. Biophys. Acta, 1429(1998)
 Bertrand Busson and Jean Doucet, Acta Cryst., A56(2000)



散乱強度

$$I(S) = [F(S)]^2 Z(S) \quad (S = 2\sin\theta/\lambda : \text{散乱ベクトル})$$

<形状因子 F(S)>

直径 D
 r
 IF

IFの形状を直径 $D (= 2*r)$ の均一な円柱と仮定

$$F(S) = 2\pi\rho r^2 J_1(2\pi r S) / 2\pi r S$$

ρ : 電子密度
 r : 半径
 $J_1(x)$: 1次のベッセル関数

<コルテックス細胞の断面>

IF
 0.01 μm
 ほぼ六方細密充填

P. Kassenbeck, In 'Hair Research', Springer-Verlag, p62(1981) (一部改変)

<干渉関数 Z(S)>

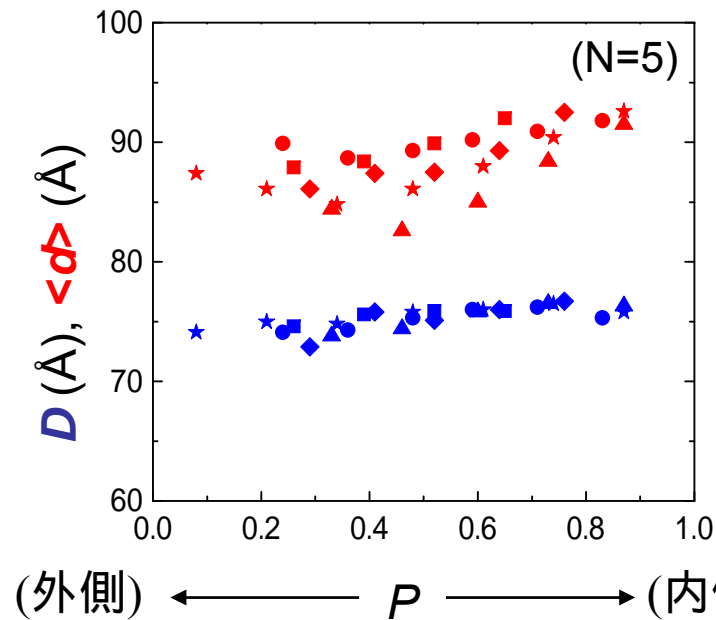
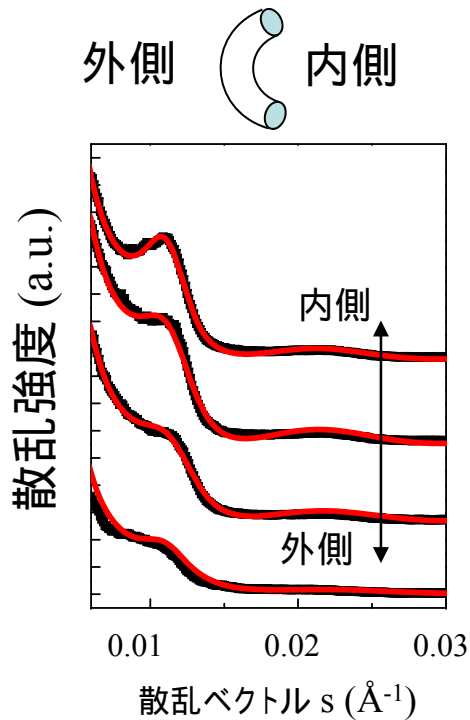
IF
 ガウス関数 $G_{\langle d \rangle, \sigma}(x)$
 $\langle d \rangle$
 IF間隔
 六方格子

隣接するIFは六方細密格子の格子点上に存在し、
 ガウス分布に従う存在確率の揺らぎを持つと仮定
 (パラ結晶近似)

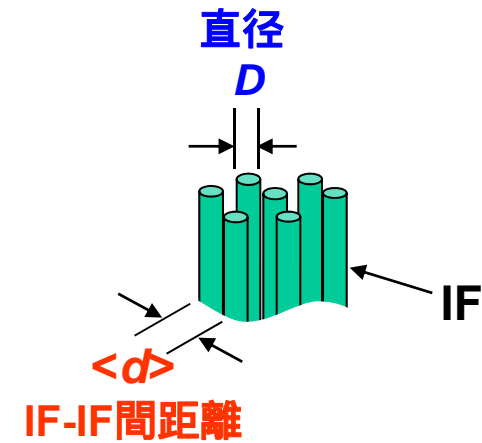
分布関数 $z(x)$
 $z(x) = \delta(0) + \sum_{n=1}^{\infty} \{G_{\langle d \rangle, \sigma}(x)\}^{*n} + \sum_{n=1}^{\infty} G_{\langle d \rangle, \sigma}(-x)^{*n}$
 (*ⁿ : n回畳み込み)

干渉関数 $Z(S)$ ($z(x)$ のフーリエ変換)
 $Z(S) = \int z(x) e^{-2\pi i S \cdot x} dx$

アフリカン-アメリカンのくせ毛の カール内側～外側でのIF配列の変化

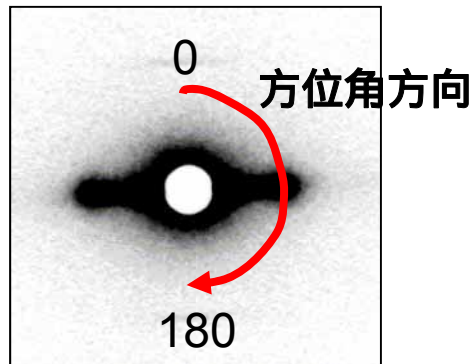


P : 毛髪直径で規格化した相対位置

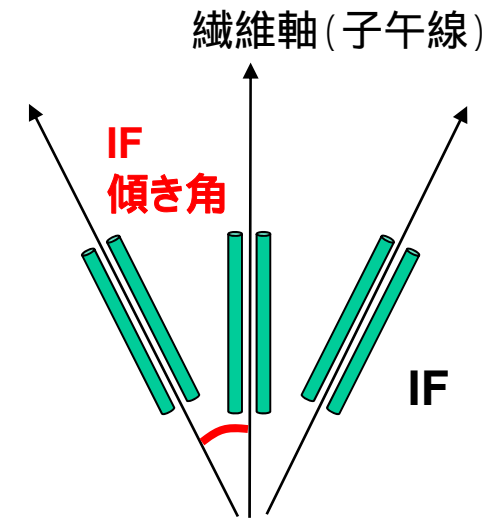
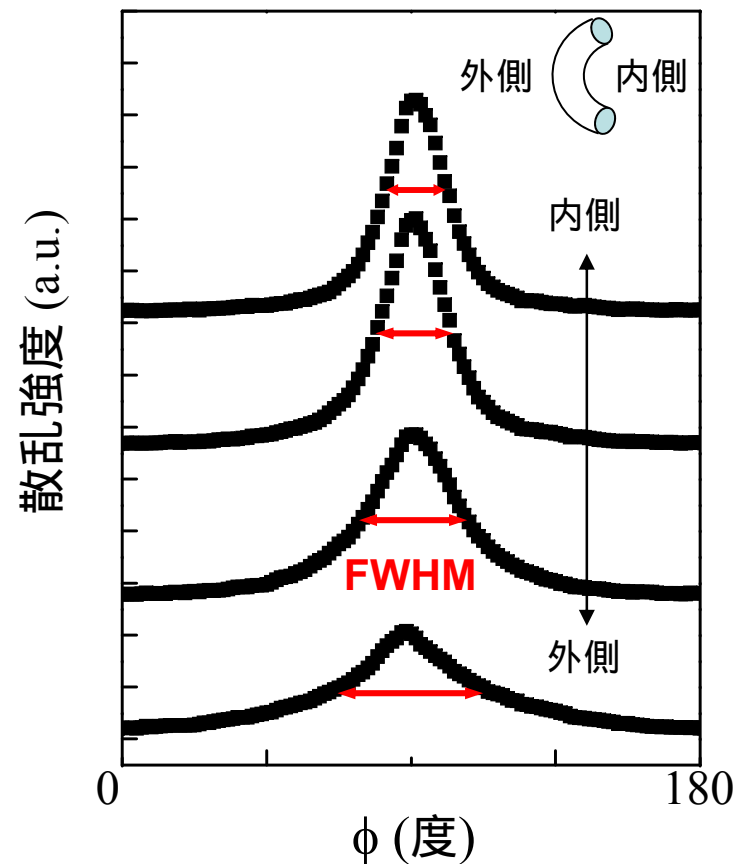


IF間のマトリックスタンパクの厚みは
カール外側よりも内側の方が厚い。

アフリカン-アメリカンのくせ毛における 方位角方向の散乱強度プロファイルの変化



方位角方向の散乱強度プロファイル

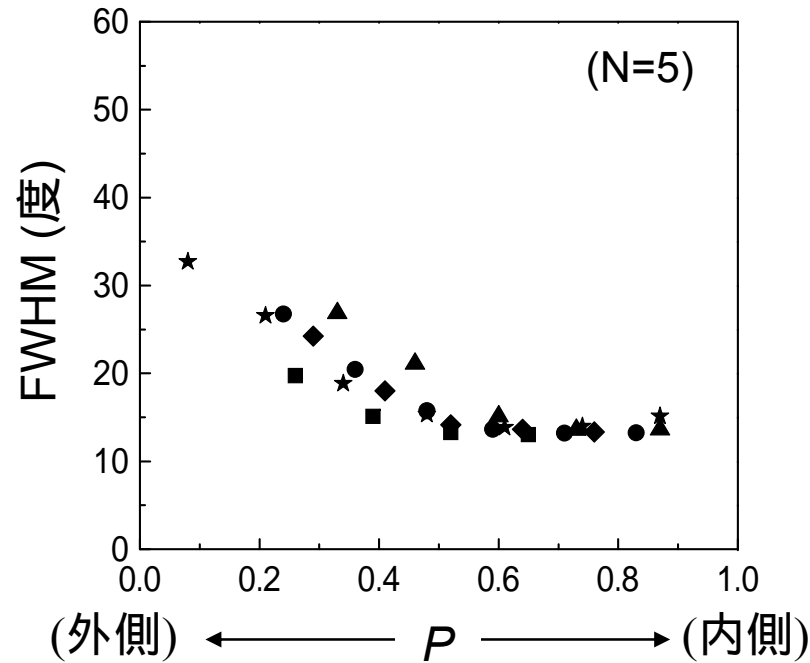
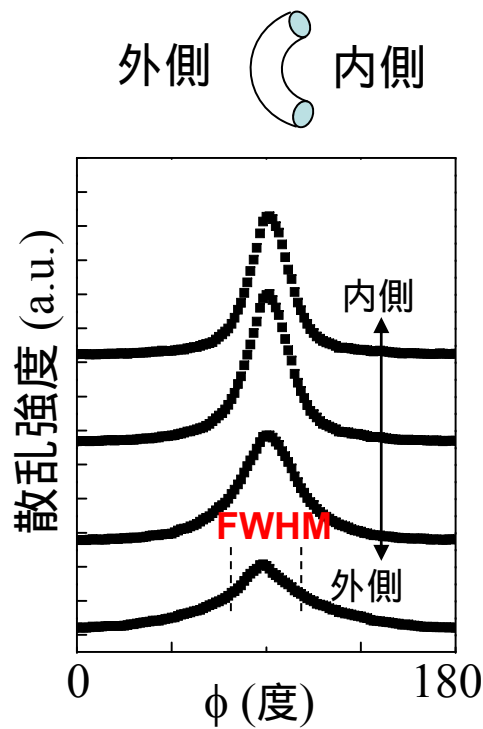


FWHM は毛髪繊維軸に対する平均のIF傾き角を反映

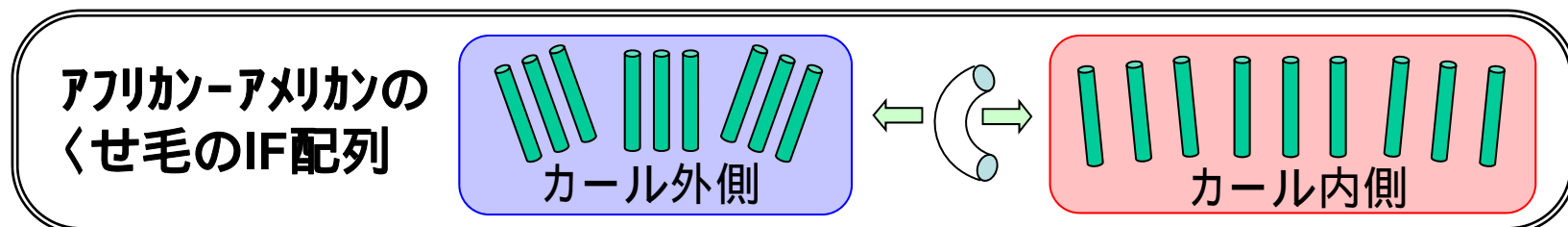
Y. Kajiura *et al.*, J. Appl. Cryst. 38, 420-425 (2005).

測定位置によりIF由来ピークの強度、半値幅(FWHM)が変化

アフリカン-アメリカンのくせ毛の カール内側 ~ 外側でのIF傾き角の変化



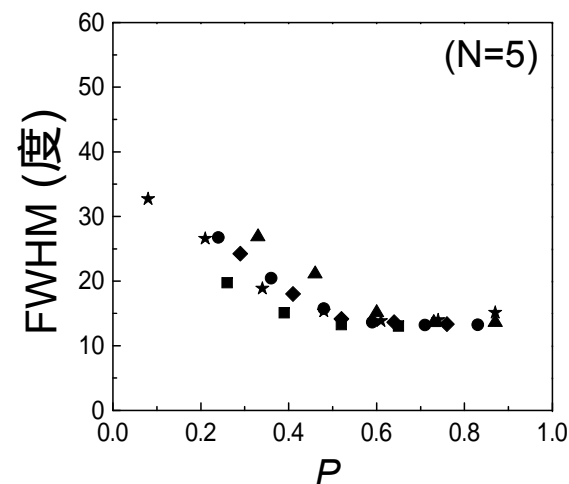
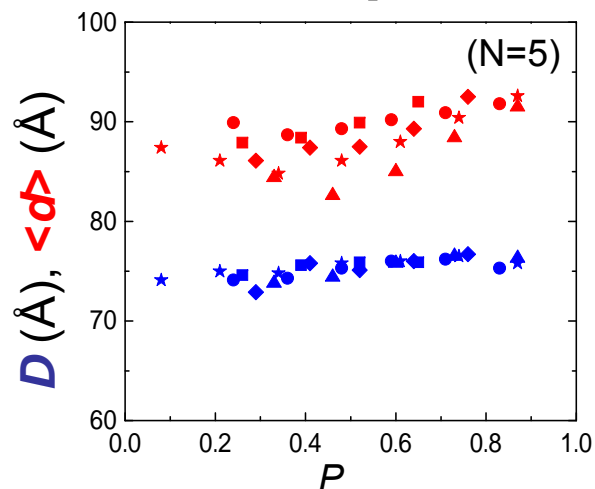
カール内側のIFは平行に配列しているのに対し、カール外側のIFは傾いている。



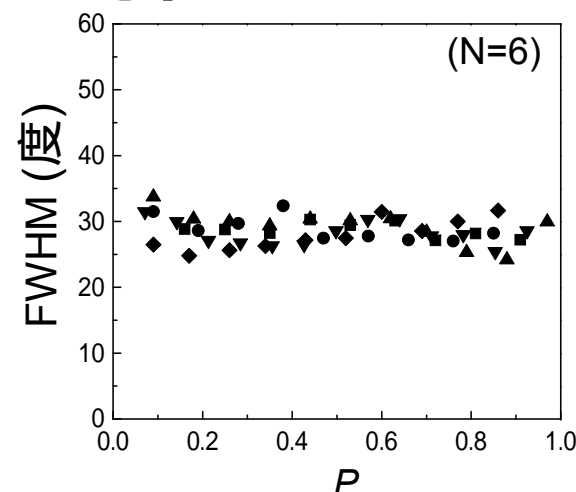
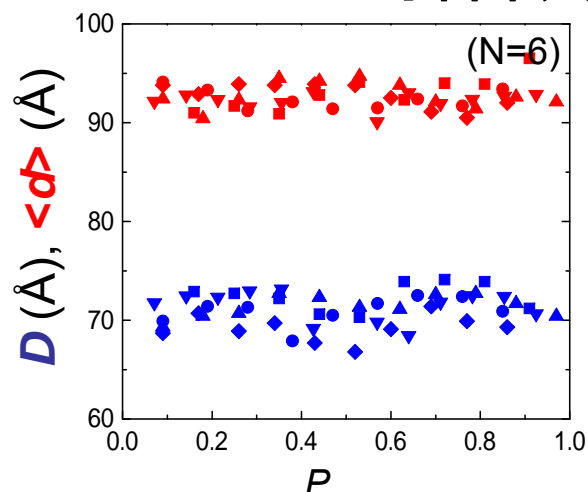
アフリカン-アメリカンのくせ毛と日本人のほぼ直毛の比較



【アフリカン-アメリカンのくせ毛】



【日本人のほぼ直毛】



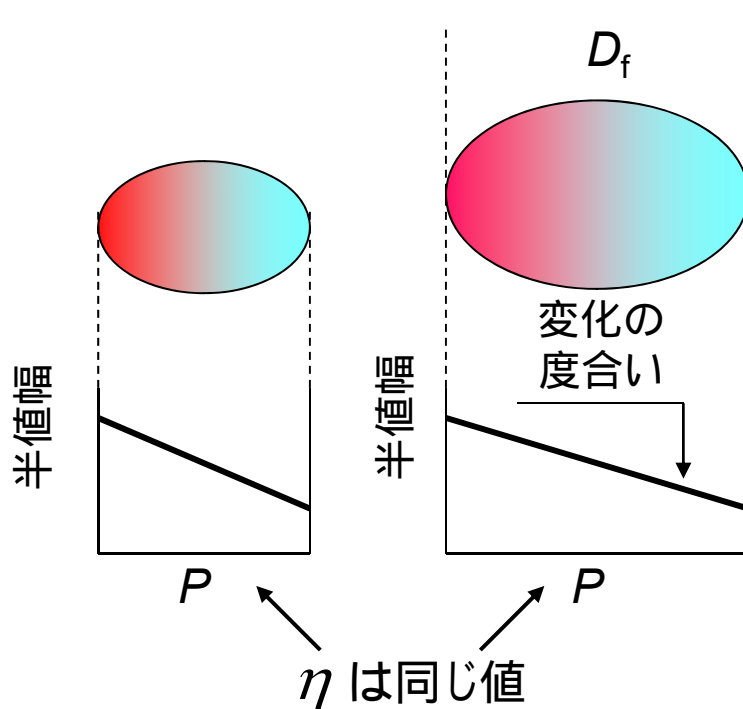
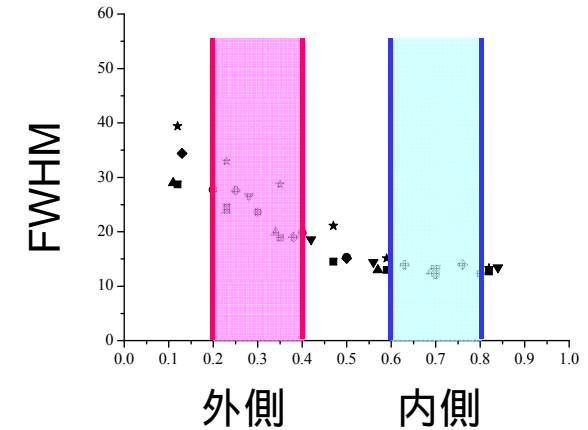
アフリカン-アメリカンのくせ毛 : カール内・外で不均一なIF配列構造
日本人のほぼ直毛 : カール内・外で不均一性は見られない

IF傾き角の変化率の定量化



カール内側に対する外側のIF傾き角の比

$$\eta = \frac{\text{カール外側の平均FWHM (0.2 < P < 0.4)}}{\text{カール内側の平均FWHM (0.6 < P < 0.8)}}$$

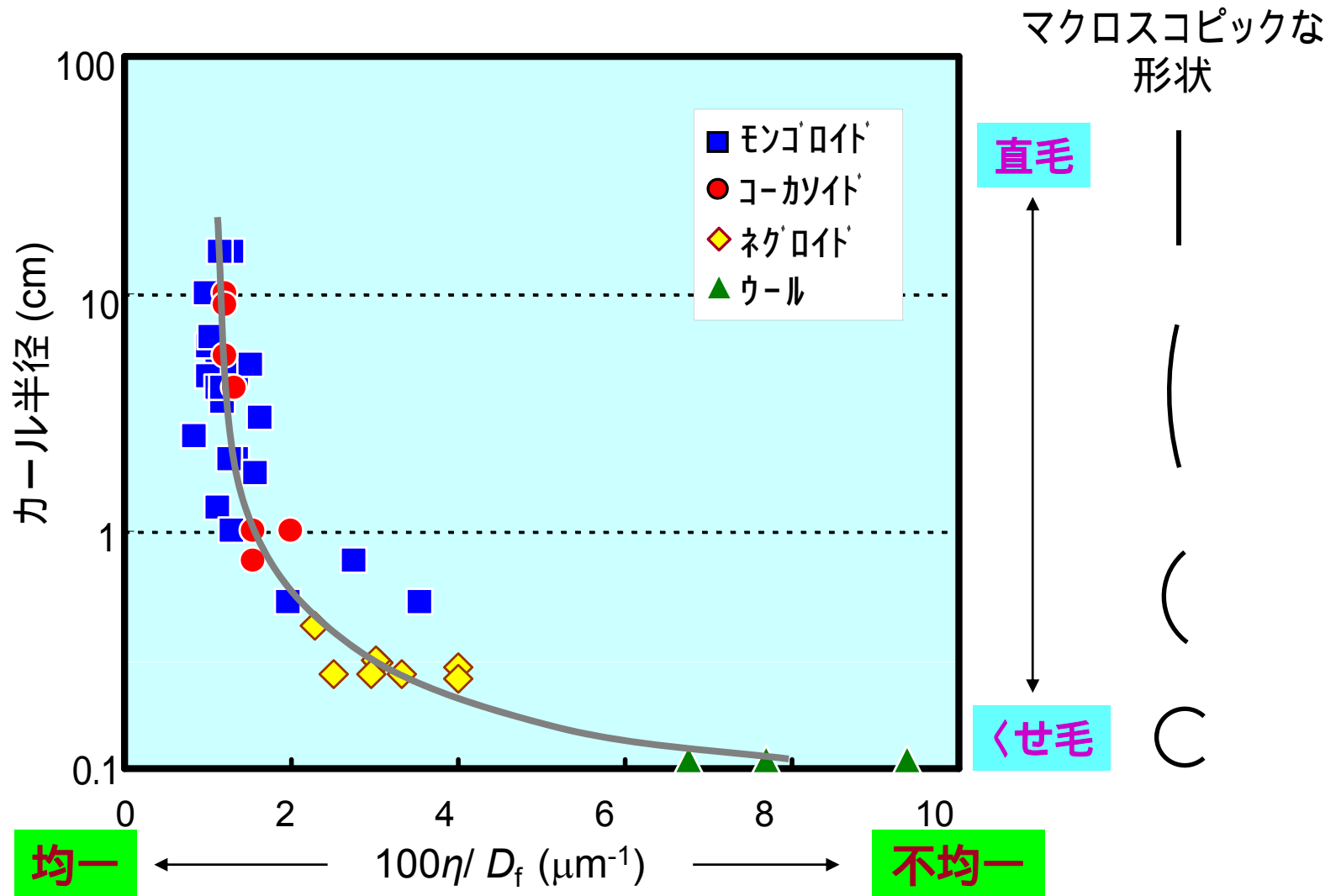


毛髪繊維の直径で規格化

$$\eta / D_f$$

毛髪横方向のIF傾き角の変化率

IF傾き角の変化率と マクロスコピックなくせとの関係



くせ毛の構造解析研究 まとめ

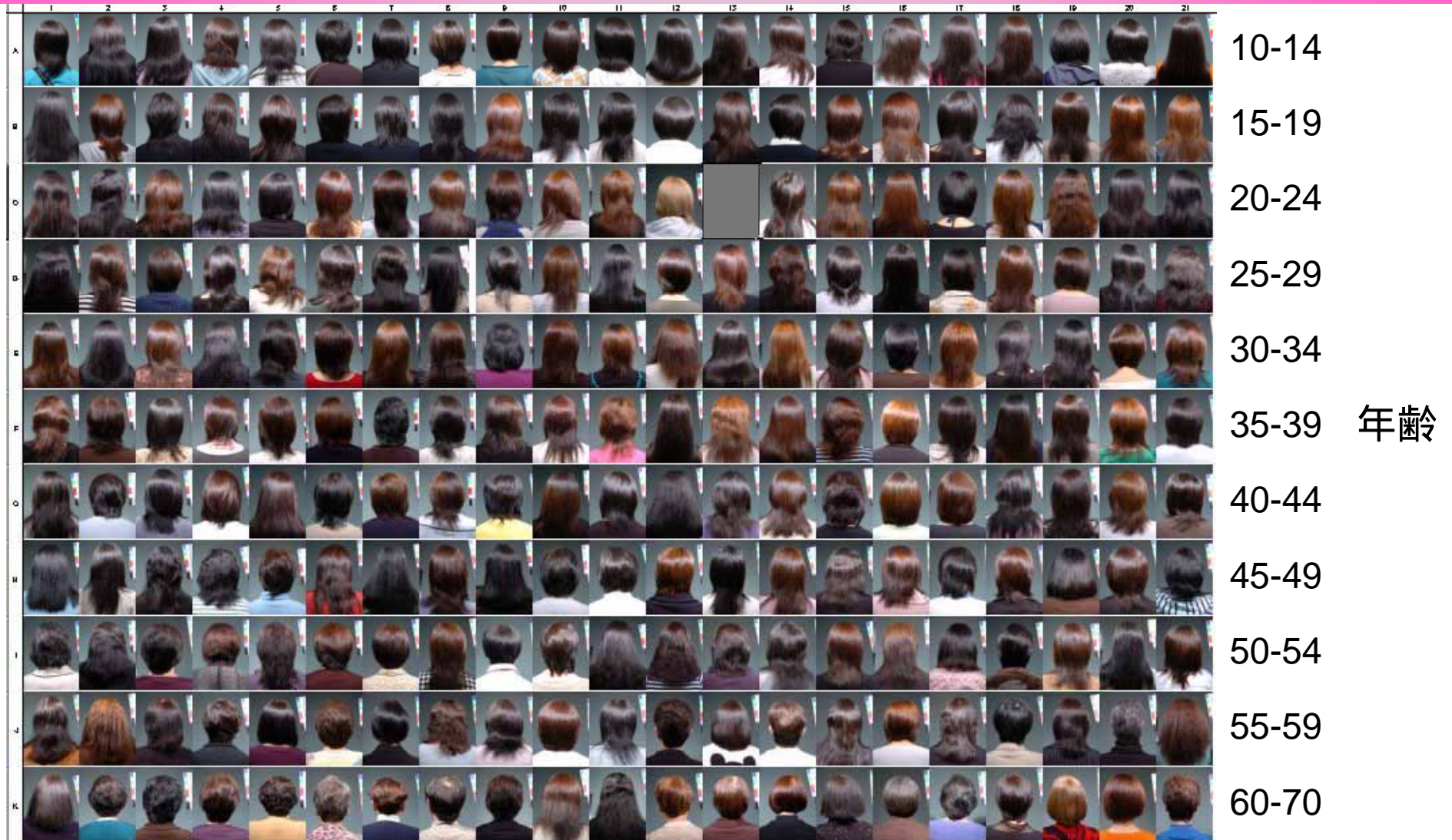


- マイクロビームX線小角散乱法により、毛髪ナノ構造のミクロンスケールでの空間分布を定量評価可能
- くせ毛において、カール内側から外側にかけて**不均一なIF配列構造**が見出された
- マクロスコピックなくせの強さは、人種によらず、毛髪横方向のミクロスコピックな不均一性の度合いによって説明できる

・放射光を利用したくせ毛の構造解析と 商品開発への応用事例

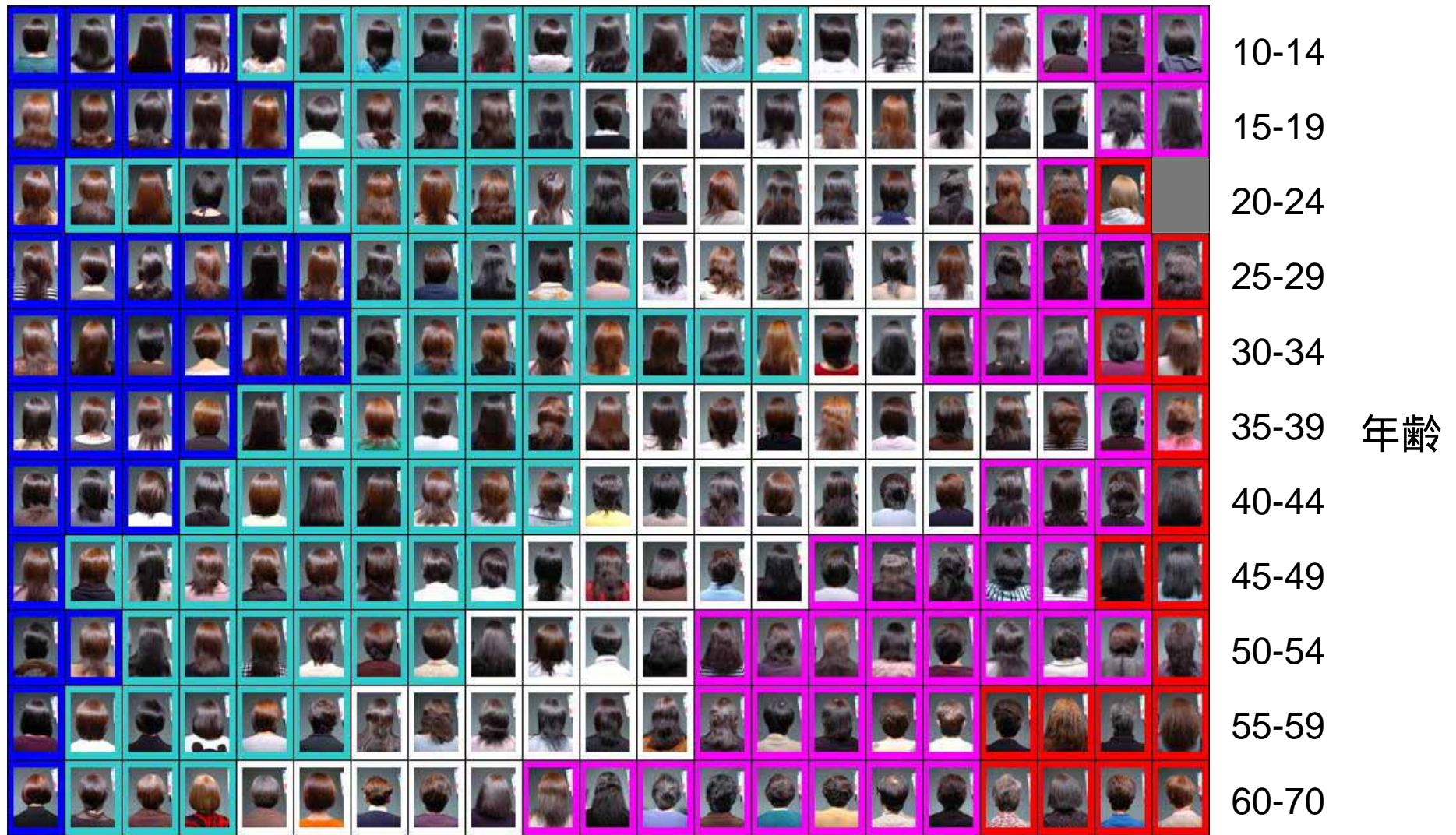
- 1 - 1 くせ毛の構造解析研究
- 1 - 2 毛髪のエージング研究

美容科学的な髪質の加齢変化の実態調査



年齢10～70才の日本人女性230名(6ヶ月以内にパーマ処理者は除く)
髪質評価、形状・物性測定、ミクロ構造解析 (白髪・薄毛以外)

毛髪の見え方(艶)の加齢変化



艶あり

毛髪研究者と美容師(N=3)による艶の官能評価

艶なし

N=230

艶のある人は年齢と共に減少

一定条件で洗髪・乾燥後に評価

加齢にともなう髪の見え方の変化



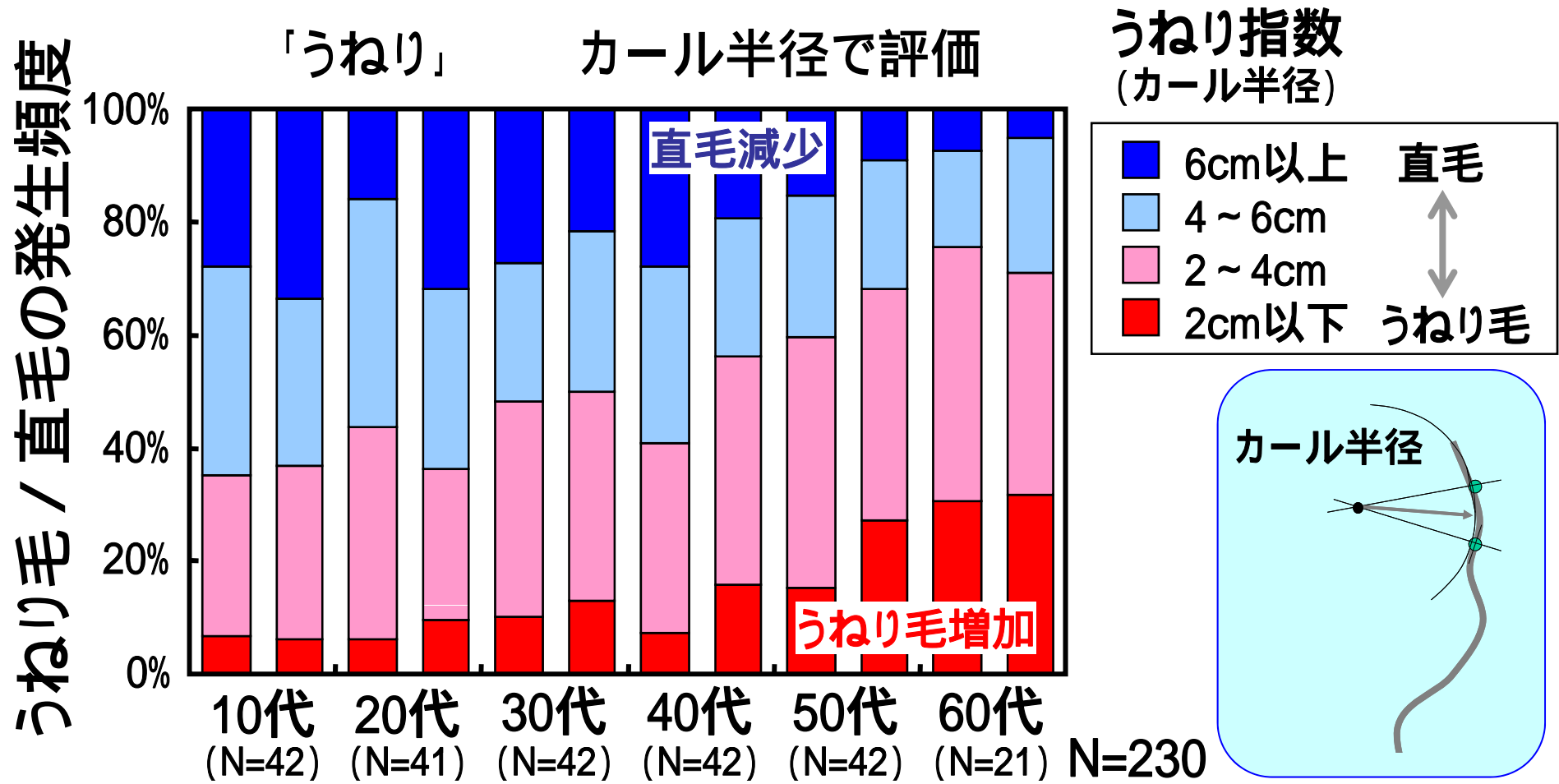
年代によりツヤ感に変化、くっきりしたツヤから乱れたツヤへ

一本一本の毛髪の形状比較(代表例)



加齢によるツヤ低下は、うねり毛の発生が一因

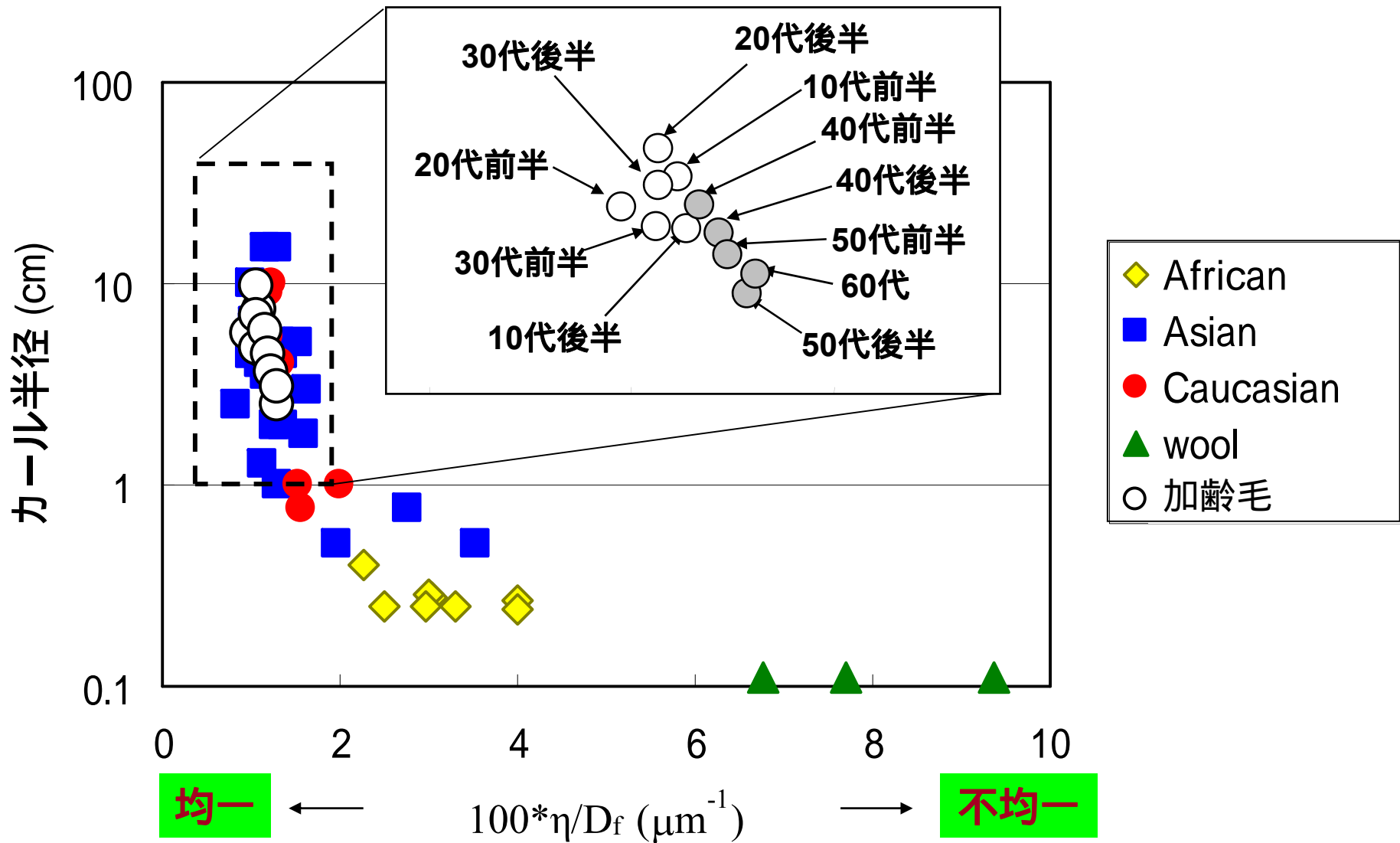
加齢による毛髪形状の変化



加齢と共にうねりった毛髪が増加 / 直毛が減少

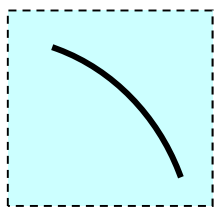
➡ SAXSにより、うねり毛の内部構造解析 (IFの傾き)

加齢とともに増えるうねり毛の内部構造

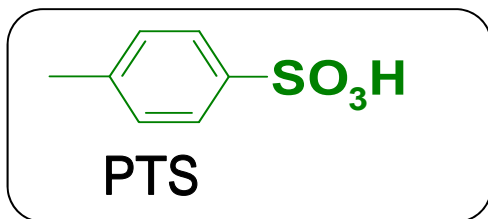
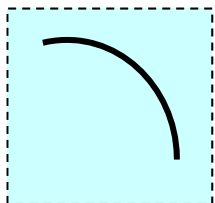


加齢により、内部構造不均一性が増大→うねりの原因

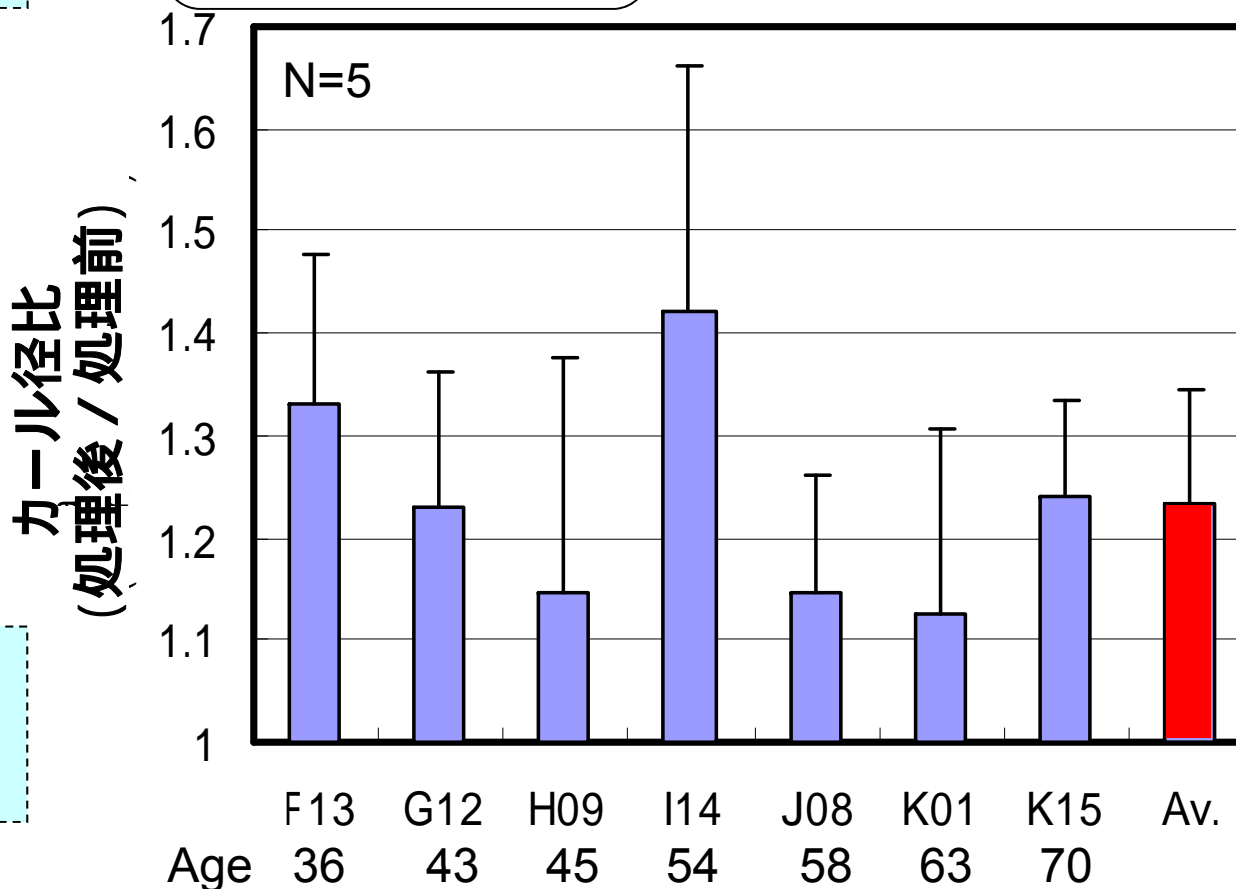
うねり緩和剤の探索



うねりが取れる

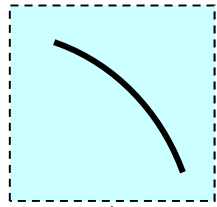


処理液: PTS 5%, BA2.5%, リンゴ酸5%, イタノール15% (pH=3.7)
処理条件: 40℃, 1h浸漬



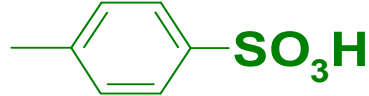
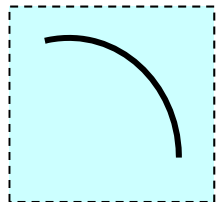
PTSにうねり緩和効果あり(特にダメージした毛先)

PTSのうねり緩和効果



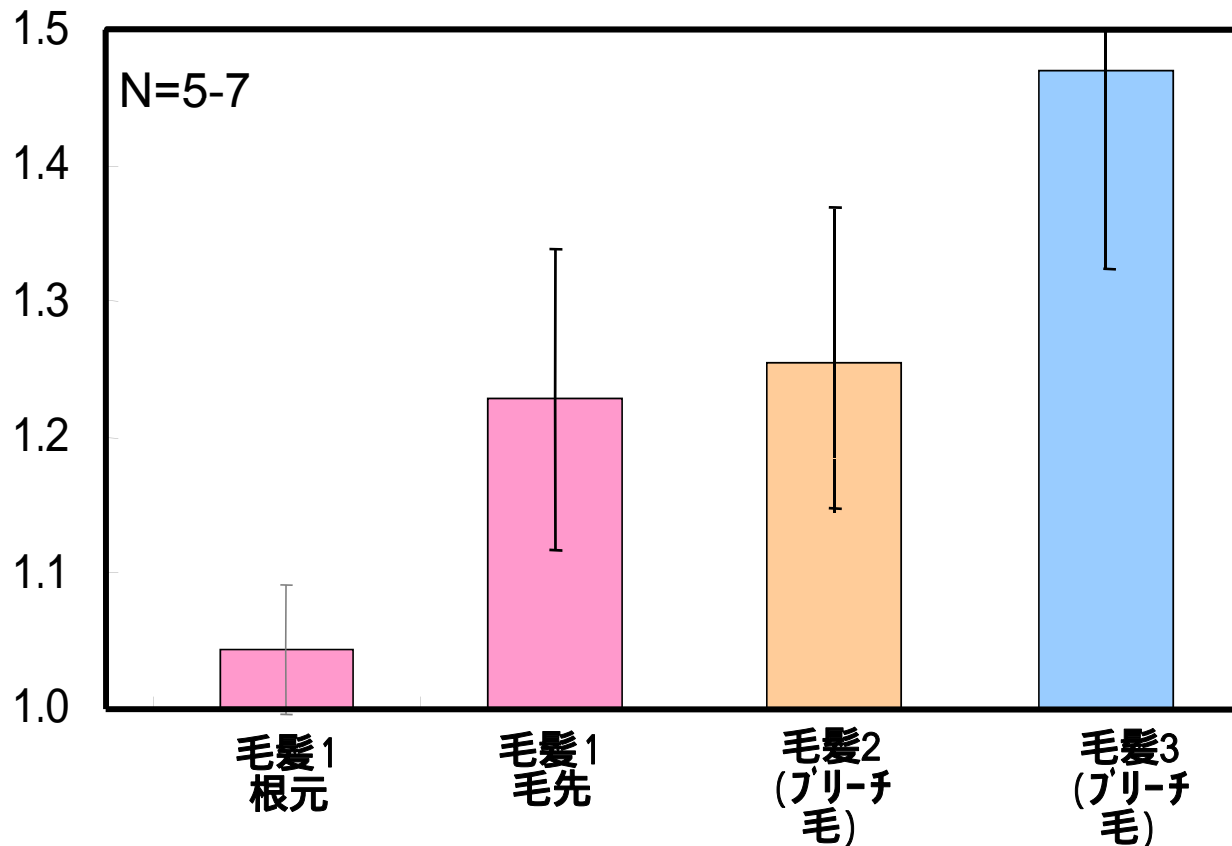
うねりが取れる

カール径比
(処理後 / 処理前)



PTS

処理液: PTS 5%, BA2.5%, リンゴ酸5%, イタノール15% (pH=3.7)
処理条件: 40℃, 1h浸漬



特にダメージした毛先でうねり緩和効果大

PTS配合シャンプー・コンディショナーの効果

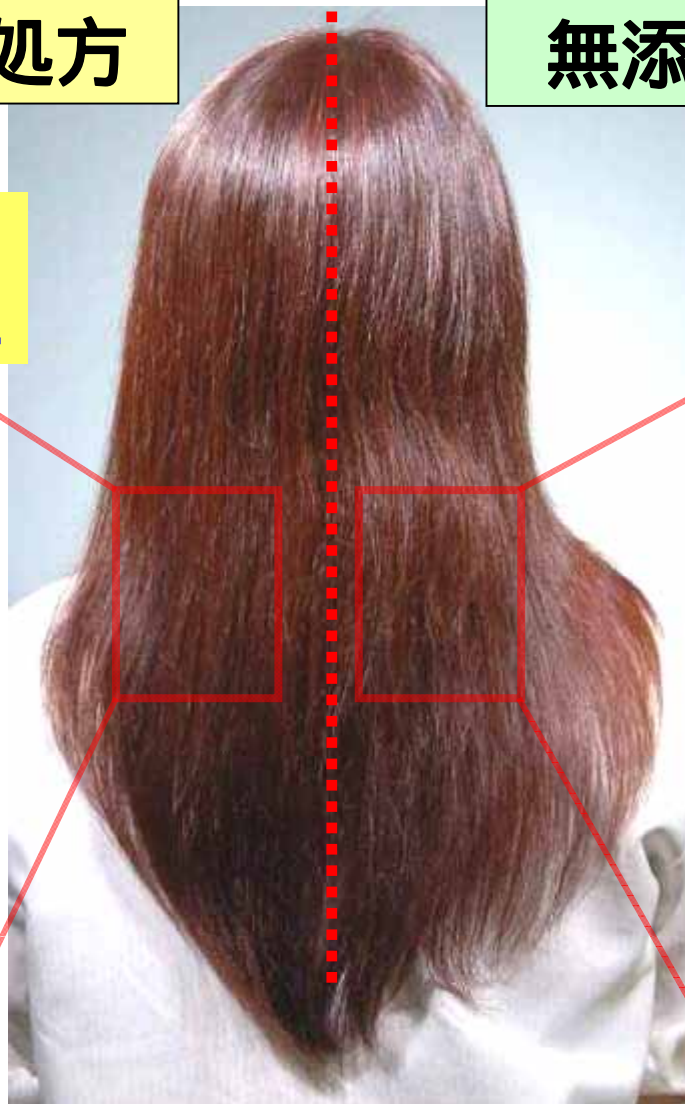
2週間連用相当ハーフヘッド加速試験
38才女性

PTS 配合処方

無添加処方

毛髪のうねりを緩和
ツヤ / まとまりの向上

うねりが残っている



Segreta

2007年4月27日 発売

スタンダードアイテム



スペシャルケアアイテム



セグレタは、年齢による髪の変化に着目したヘアケアシリーズです。

毛髪のエージング研究 まとめ



- 年齢とともにうねった毛が増加し、髪の艶が低下
- うねりの原因は内部構造不均一性の増大 (SPring-8の成果)
- PST配合シャンプー・コンディショナーで髪のうねりが緩和し、ツヤ / まとまりが向上
- 2007年4月 **Segreta (セグレタ)** 発売