

2025 年 夏休み 自由研究

髪の毛のキューティクル観察Ⅱ

～ストレートパーマの効果～

部門：A 実験を中心に追求したもの

碧南市立東中学校
2年1組 松井杏樹

目次

1. はじめに	3
1－1. 動機	
1－2. 目的	
1－3. 実験のした調べ	
2. 実験方法	5
2－1. 実験器具	
2－2. 髪の毛のキューティクルの観察方法	
2－3. 実験サンプルと予想	
2－4. 画像の解析方法	
2－5. 実験の手順	
3. 結果考察、予想との比較	11
4. 追求	14
5. まとめと感想	17
参考文献、資料	18

1. はじめに

1-1. 動機

昨年の自由研究では、顕微鏡を使い髪の毛のキューティクルの観察をしました。整った髪にするための髪の毛のケアの仕方について調べました。ストレートで艶のある髪にするための必要なことがわかり、興味がわいたし、楽しかったです。レポートを作るために文章にまとめたり、数を数えたりすることは大変だったけど髪の毛の表面はこうなっているんだという発見から、いろんな考えが浮かんできて、調べることが面白いと感じたので、今回も髪の毛について調べていきたいと思いました。

今回は、以前に母から「ストレートパーマをかけると髪が痛む」といわれたことを調べたいと思いました。ストレートパーマをかけると見た目はすごくきれいになるのになぜ髪が痛むといわれているのか。ほんとうに髪が痛んでいるのかを実際に自分の目で見て確かめてみたいと思ったことがこの自由研究をしようと思ったきっかけです。

1-2. 目的

パーマをかけることで、ストレートな髪にはなるけど、髪の毛の表面にあるキューティクルは整った状態(うろこ状のコーティングが均一に規則的に並んでいる、綺麗でとげとげしていない[1])になっているかを知りたいです。それをわかった上で、ストレートパーマをかけることは、髪にとって良いのか悪いのかを考えたいと思います。そのために以下の髪を観察し、キューティクルの状態を調べます。

(i) ストレートパーマをかける前と直後の髪、根本と毛先を比べる。

(ii) ストレートパーマをかけた2か月後の髪の毛の観察、パーマがかかっていないだろう根本、パーマがかかった根本と毛先を比べる。

昨年の自由研究でキューティクルの画像をたくさん撮り、観察したけど、キューティクルの厚さや数を調べたものは、2つの条件で1つのサンプルだけでした。サンプルはそれぞれ1つずつしか調べなかったもので、お父さんに本当にキューティクルは整った状態になっていたのか。たまたま数えたサンプルが均一だったのではないかとされました。なので今回は1つのサンプルに対して、100個以上のキューティクルを観察し、本当に整っているか、均一なのかを考えたいと思います。

ストレートパーマをかけた後の髪は、外見はとてもきれいだけど、中のキューティクルも本当に整っているのか。ストレートパーマをかける前とかけた後ではキューティクルはどのように違うのかを知りたいです。

1-3. 実験のした調べ

1-3-1 髪の毛の成分と構造(おさらい)

髪の毛の成分と構造をおさらいします。髪の毛の主成分はケラチンタンパク質。髪の毛の構造は円柱形で、外側がキューティクル(毛小皮)、その内側がコルテックス(皮質)、中心はメデュラ(髄質)、となっている三層でできています [1]。キューティクルは、髪の毛の外側を守り、光沢やささらなどの見た目、触り心地、枝毛などの髪の毛の痛み保護と保湿などの役割があります [2]。

1-3-2 ストレートパーマ(おさらい)

ストレートの髪の毛にするにはストレートパーマをかける方法[3]があります。これは①薬剤を使い、コルテックスの細胞のつながりを切って柔らかくする。②ヘアアイロンでコルテックスの細胞を伸ばし均一にさせる。③薬剤で切断したコルテックス内の細胞を再びくっつける。ことです。薬剤で無理やり細胞を切ったりくっつけたりしているため、「髪が痛む」と言われています。

1-3-3 画像の解析方法を考える

100 個以上のキューティクルを観察するために、画像についても調査をしました。パソコン上のデジタル画像とは画素という一つ一つの小さな四角いタイルのようなものに異なる色がついており、その画素をたくさん並べて集合させたものを画像というそうです。図 1 に、私がとった写真(画像)と、その中心部を拡大した画像があります。この拡大した画像の 1 つ 1 つの四角が画素です。

カラー画像は赤、緑、青(RGB)の 3 つの色が重なり合って一つの色の画素を作っています。白黒画像はグレースケールとも呼ばれ、異なる明るさの白と黒が重なり合って一つの色の画素を作っています。

今回は、キューティクルの数と厚さを調べたい、キューティクル層の境目がわかればいいので、カラー画像を白黒のグレースケール画像にして、数と厚さを数えることにしました。白黒画像は明るさを数字で表していて、一番暗い色(黒)を 0、一番明るい色(白)を 255 とし、0 から 255 までの数字で明るさの異なる白黒の色を表

しています[4]。今回は、顕微鏡で観察した画像を白黒にして、0 から 255 までの数字を読み取って、キューティクルの数と厚さを調べることにします。

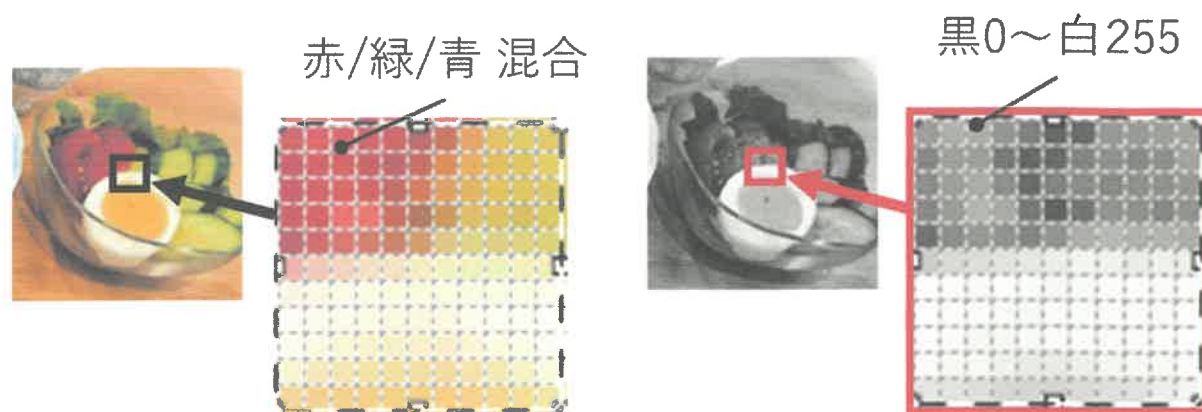


図1 カラー写真とグレースケール白黒写真、画像中心部の拡大画素

2. 実験方法

2-1. 実験器具

髪の毛は大体 0.08 mm (80 μ m : マイクロメートル) の太さ[5]であり、キューティクルは目では見えないため、顕微鏡を使います。実験器具を下記表に示します。

表1 実験器具

器具・道具名	器具・道具の説明、入手先、写真
実体顕微鏡	SWIFT SW200DL (40~1000 倍単眼) アマゾン
デジタルカメラ	SWIFT 1.3MP HDUSB2.0 カメラ アマゾン
プレパラート	SWIFT BS50 スライドガラス アマゾン
サカムケア 転写用のノリ	サカムケア、速乾液体絆創膏 小林製薬、スギ薬局碧南城山店
パソコン	DELL OptiPlex3060 アマゾン

2-2 髪の毛のキューティクルの観察方法

昨年の自由研究で、髪の毛は黒色で、太さがあるため下からの光、斜め上からの光で観察しても、髪の毛の表面のキューティクルが見えませんでした。よって、今回も昨年の自由研究で実施したスンプ法[6]という転写像の方法で観察をしました。スンプ法とは、図2に書いたイメージのように、プレパラートにノリを塗って髪の毛の型を取り、その型に髪の毛表面の形を転写することで、髪の毛の表面にあるキューティクルを観察できる、という方法です。この方法で髪の毛のサンプルを作成し、下からの光(透過光)による250倍の倍率(接眼レンズ25倍、対物レンズ10倍)での顕微鏡の観察を行いました。

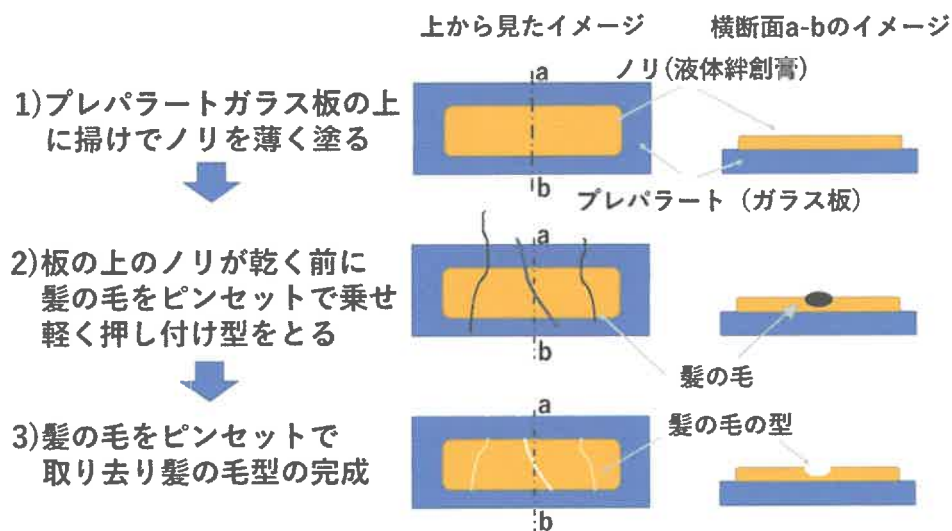


図2 スンプ法による転写サンプルの作成イメージ

2-3 実験サンプルと予想

目的に書いたように、(i)ストレートパーマをかける前と直後の髪、(ii)ストレートパーマをかけた二か月後の髪を、それぞれ複数本用意しました。髪の毛のサンプルはストレートパーマをかけている母に協力してもらい手に入れました。髪の毛は一か月で約1cm伸びるそうです[7]。ストレートパーマをかけた二か月後の髪は、約2cm伸びていると考えられます。よって根本から1cmの髪の毛を、ストレートパーマがかかっていない髪の毛のサンプルとして準備しました。同じサンプルの根本から5cm付近の髪はパーマをかけてから2か月後の元根本、同じサンプルの毛先の髪もそれぞれサンプル(1)、(2)、(3)として準備しました。

また、この実験の二か月前に、ストレートパーマをかける前とかけた後での髪を準備しました。この髪の根本、毛先も、それぞれサンプル(4)、(5)、(6)、(7)として準備しました。

表2にそれぞれ髪の実験サンプル名とサンプルの条件、状態の予想を書きます。今後サンプル名はこの表にかいた名前、またはカッコで書いた短縮名を使います。

表2 髪の実験サンプル名、実験条件と表面状態の予想

実験サンプル名	サンプルの実験条件と表面状態の予想
(1)根本パーマ無 2ヶ月後(根本パ無 2)	パーマをかけてから二か月後の新しく生えてきた髪の毛、きれいに整っていると思う
(2)根本パーマ有 2ヶ月後(根本パ有 2)	パーマをかけてから二か月後のパーマのかかっている根本の髪の毛、(1)のパーマ無の時よりきれいに整っていると思う
(3)毛先パーマ有 2ヶ月後(毛先パ有 2)	パーマをかけて二か月後の毛先、パーマをかけたことである程度きれいになっていると思う
(4)根本パーマ無(根本パ無)	パーマをかける前の根本の髪の毛、根本の髪だからきれいに整っていると思う
(5)毛先パーマ無(毛先パ無)	パーマをかける前の毛先の髪の毛、毛先は傷んでいると思うのでキューティクルはあまり整っていないと思う
(6)根本パーマ有直後(根本パ有)	パーマをかけた直後の根本の髪の毛、きれいに整っていると思う
(7)毛先パーマ有直後(毛先パ有)	パーマをかけた直後の毛先の髪の毛、パーマをかけたことでキューティクルがきれいになっていると思う

2-4. 画像データの解析方法

ここは今回たくさん考えた部分です。100個以上のキューティクルの数と厚さをかぞえるのはとても大変なので、生成AI(ChatGTP-5)に相談しながら、自動で数と厚さをかぞえる仕組みとプログラムを、お父さんと一緒に考えました。

自分で顕微鏡とパソコンの画像ソフトを使って行う操作、プログラムを使って自動でキューティクルの数と厚さをかぞえる操作を、それぞれ考え、これを組み合わせて画像の解析をしました。それぞれやり方を図3、図4にて説明します。

2-4-1 自分で顕微鏡とパソコンを使って行う操作

- ・それぞれの条件の髪の毛サンプルについて、5~7カ所を顕微鏡で観察し 1280×1024 画素の写真を画像データとして保存(前回自由研究と同じ)する。
- ・画像ソフト「フォト」を使い画像を回転させまっすぐにする。
- ・横 500×縦 100 画素の画像(横 100 μ m×縦 20 μ m)を自分で切り抜き保存する。
※7 サンプル条件にてそれぞれ 7 枚の画像、計 49 枚を切り抜きました。
- ・生成 AI が書いた、キューティクルの数、厚さをかぞえるプログラム(パイソン)と実行ソフト(python3.11)にサンプル画像を入れ、かぞえる操作をさせる。

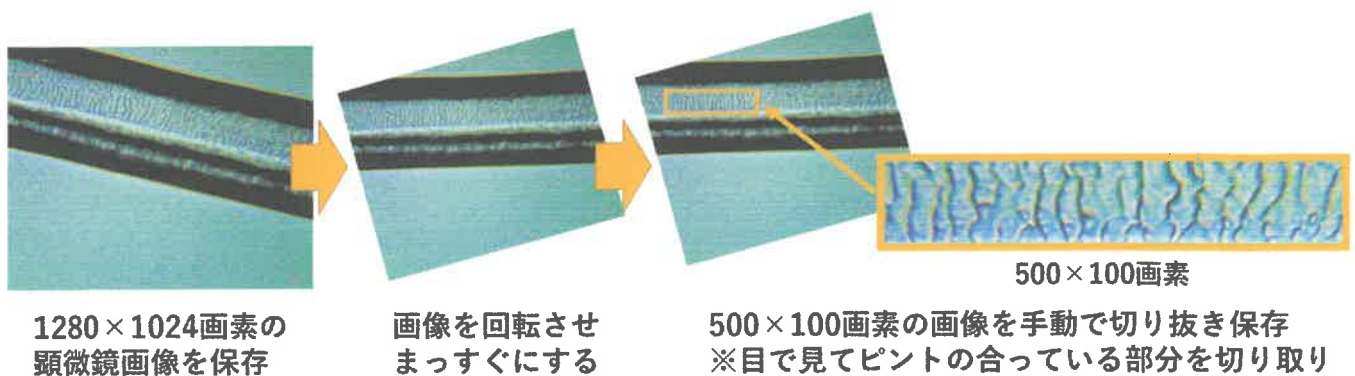


図3 パソコンを使って自分で行った操作

2-4-2 自動でキューティクルの数と厚さをかぞえるプログラム操作

- ・画像をカラーからグレースケール化する(図4、グレースケール画像)。
- ・中心線部分に「数値を読み取る線 a_赤太線」を引き、この横線部分の画素の明るさの数(0~255、白~黒)の数値を読みとる。
- ・読み取った画素の明るさの値を縦方向、画像の画素位置を横方向として、それぞれプロットしグラフにする(図4、画素の明るさのグラフ)。
- ・画素の明るさの数値が一定以下、しきい値以下だったら黒い点=キューティクルの境目だと判断して、この数をカウントしキューティクルの数としました。
- ・しきい値は以下のように決めました。読み取った明るさの平均値を計算し「平均の明るさ b_青点線」の横線をひく。「黒い点だと判断するしきい値 T_ピンク点線」は、平均の青点線から 40 だけ暗い、小さい数値をとしました。
- ・しきい値とは別に、黒い点が近すぎる(0.5 μ m より近い)ところは、汚れなどだと思い、黒い点としてカウントしないとしました。

- ・黒い点と判断した場所に、「キューティクルの境目線 c_赤点線」の縦線をいて、隣り合った赤線と赤線の距離の値をそれぞれ計算させる。これがキューティクルの厚さとなります。
- ・キューティクルの数と厚さ、厚さの分布をそれぞれ整理し、数値としてエクセルで出力します。

図4、(1)、(7)は髪の毛の根本、毛先のサンプル画像の解析例です。10枚以上のサンプル画像にて、このプログラムを使って自動でかぞえたキューティクル数と、自分の目で画像を見てかぞえた数を比べ、数値がほぼあっていることを確認しました。自動でかぞえるプログラムについて、しきい値をどうするかなどいろいろ考え、上で説明した方法がよいと気づきました。

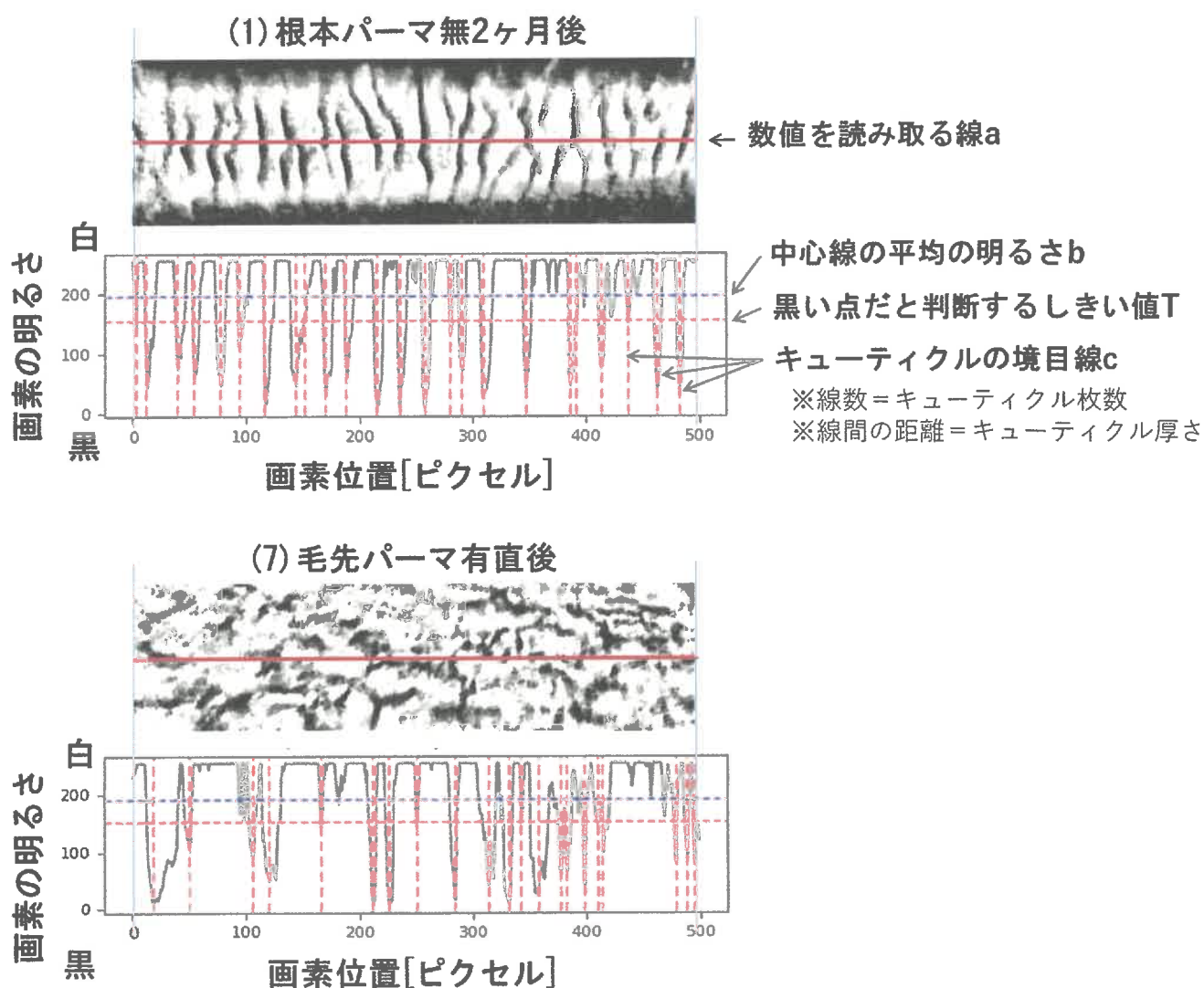


図4 プログラムによる数と厚さをかぞえる自動操作

2-5. 実験の手順

下記の手順で観察をやりました。右に考え、工夫した点を書いています。

表3 実験手順と工夫

実験手順	工夫
1) 髪の毛サンプルを採取	ストレートパーマをかける前とかけた後の、お母さんの髪をそれぞれもらう ストレートパーマをかけてから2か月後のお母さんの髪をもらう
2) プレパラート上にノリ(液体絆創膏)を塗る	プレパラートが汚れてないか確認。 ノリが多すぎず、少なすぎず、均等に塗るようにした
3) プレパラートに髪の毛を押し付ける 髪の毛の根本、中間、2箇所を見た	しっかり転写できるように、細かいところも押し付ける
4) 顕微鏡で観察(透過光、250倍※接眼25倍、対物10倍)	観察したい場所にピントを合わせる、見やすい光の加減にした
5) 画像データとしてパソコンへ保存	比べた時にわかりやすい画像を選ぶ、複数保存して後から一番いいものを選ぶ
6) 画像データの解析	2-4で詳細を説明

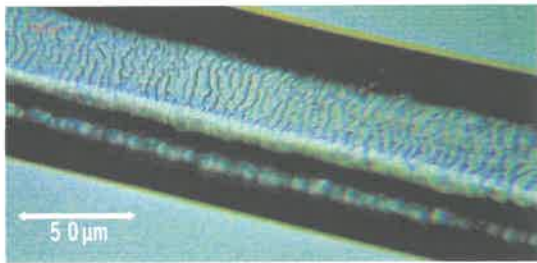
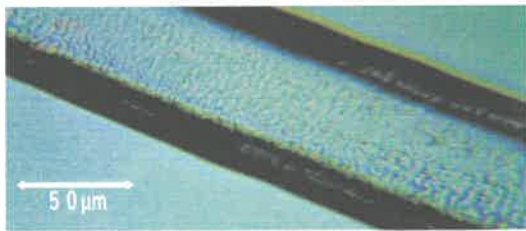
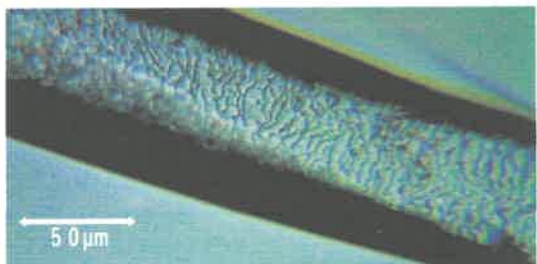
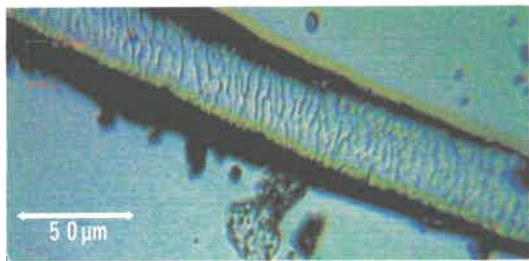


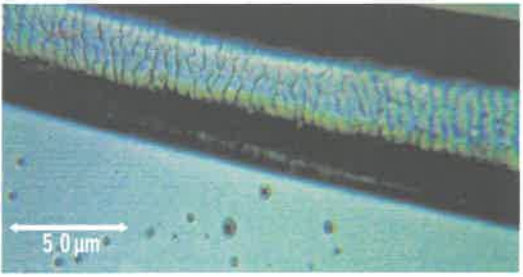
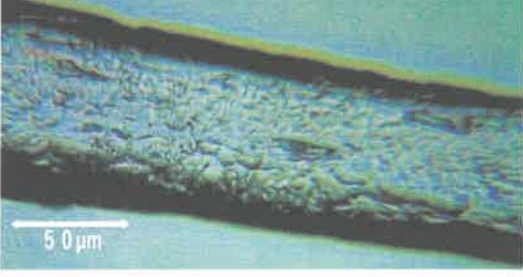
写真1 実験の様子

3. 結果と考察、予想との比較

ここでは観察したサンプルごとの画像と予想と結果の違いを書きます。

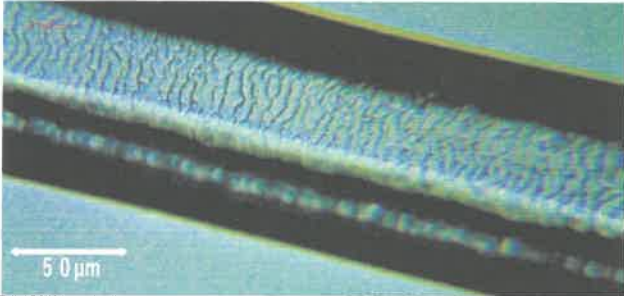
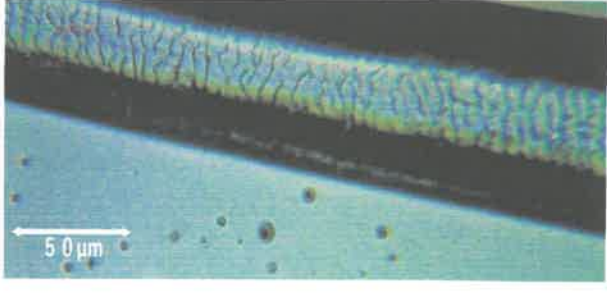
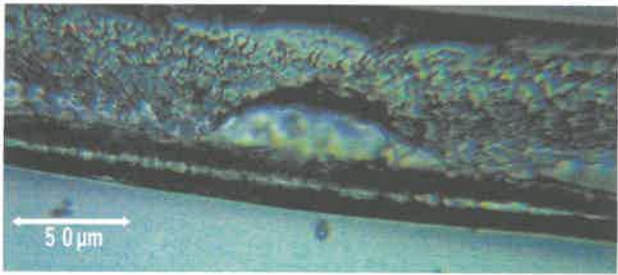
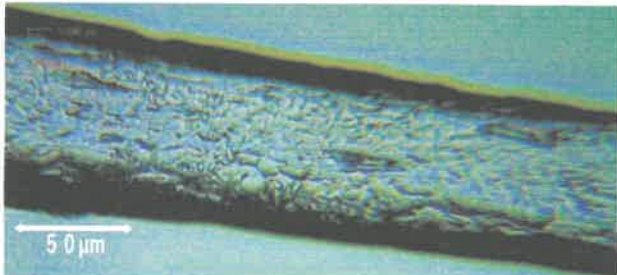
表 4 観察画像と状態の観察結果

実験サンプル名	観察した画像	予想と結果の違い
(1) 根本パーマ無 2 ヶ月後		キューティクルの数、厚さがそろっていて整っていると思う。いちばんきれいに見えた。
(2) 根本パーマ有 2 ヶ月後		予想は一番きれいと思ったけど、(1)の方が整っているように見えた。全体で見たらきれいに整っている。
(3) 毛先パーマ有 2 ヶ月後		パーマをしているからきれいだと思ったけど、キューティクルがとげとげしていた。毛先ということもあって少し汚い。
(4) 根本パーマ無		根本なので、ある程度きれいに整っている。
(5) 毛先パーマ無		キューティクルがぼさぼさで、かなり汚い。一番長い毛の先端なので整っていない。

(6) 根本パーマ有 直後		根本+パーマ直後で髪の見た目は一番きれいだけど、画像は(1)の方が整っているように見えた。
(7) 毛先パーマ有 直後		(5)と違い髪の毛につやはあるけど、中のキューティクルが見えなくなっており、一番汚い。整っているようには見えない。

ここでは特に観察したかったストレートパーマをかける前とかけた後の画像の比較とそれを見て思ったことを書きます。

表5 ストレートパーマ前後の画像と感じたこと

ストレートパーマ前	ストレートパーマ後
(1) 根本パ無 2 	(6) 根本パ有 
どちらもキューティクルがはっきりと見えて整っているように見える。ストレートパーマをした方が、髪の外見はすごくきれいなのに、顕微鏡で見た画像は、ストレートパーマ前と後ではどちらかというと、前の方が整っているように見える。先端の髪と比べ、両方ともとてもきれいに整っている。	
(5) 毛先パ無 	(7) 毛先パ有 
ストレートパーマの前の髪は、キューティクルがあるように見えるけど、大きさがばらばらで、整っていないように見える。ストレートパーマは、薬剤や熱で髪を切ったりくっつけたりしている。そのため、ストレートパーマ後の髪は一つにまとまっているように見え、ストパ前よりきれいに見えるけど、キューティクルはなくなってしまう。根本の髪と比べるとストレートパーマ前も後もどちらもすごく汚い。 ストレートパーマをした方の外見はすごくきれいだけど、画像で見ると汚くて整っていないんだなと思った。	

4. 追求

写真2は今回解析したすべての画像、表6は画像を解析して得られた数値、キューティクル厚さ分布と数です。それぞれの観察画像サンプルから500×100画素の画像を7枚切出し、キューティクルの数と厚さを数え、キューティクルの幅ごとに分類しました。またこの数値をつかって図5にそれぞれのサンプルのヒストグラムをつくりました。

表6より、どの画像サンプルの解析の結果でも、キューティクルの合計数は160を超える枚数があり、目標としていた100枚以上のキューティクルを数えることができました。なので、信憑性のあるデータになっていると思います。

健康な髪の毛は、キューティクルの厚さは2～6 μm といわれています。またこれらの厚さのものが70%以上あると非常に健康であるといわれています[8, 9]。また髪の毛は一か月で1cm伸びる[7]らしいので、今回のサンプル、40cmの髪の毛の長さだと、毛先は約三年前のものです。これらのことも考えて、結果を考察します。

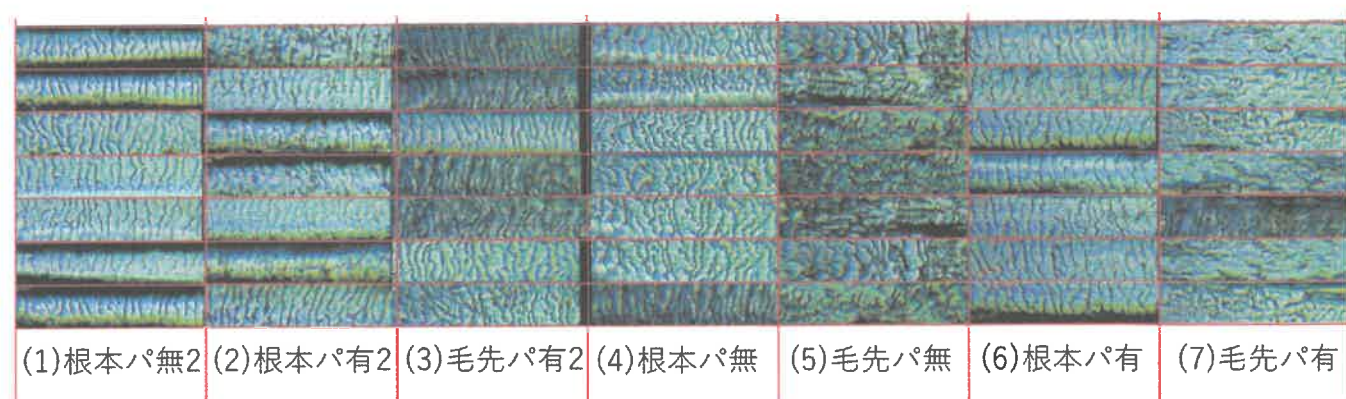


写真2 解析したサンプル画像

表6 解析で得られた数値、キューティクルの厚さ分布と合計数

	-1 μm	1-2 μm	2-3 μm	3-4 μm	4-5 μm	5-6 μm	6-7 μm	7-8 μm	8-9 μm	9-10 μm	10 μm -	合計
(1)根本パ無2	2	21	20	40	36	26	11	4	2	2	2	166
(2)根本パ有2	13	22	25	36	32	15	13	4	5	0	8	173
(3)毛先パ有2	12	37	40	47	26	15	10	5	5	0	2	199
(4)根本パ無	6	28	42	39	31	21	9	4	2	1	6	189
(5)毛先パ無	6	34	34	24	17	8	12	7	9	3	14	168
(6)根本パ有	10	42	40	27	29	27	14	5	1	2	0	197
(7)毛先パ有	14	27	32	25	24	6	8	6	5	4	20	171

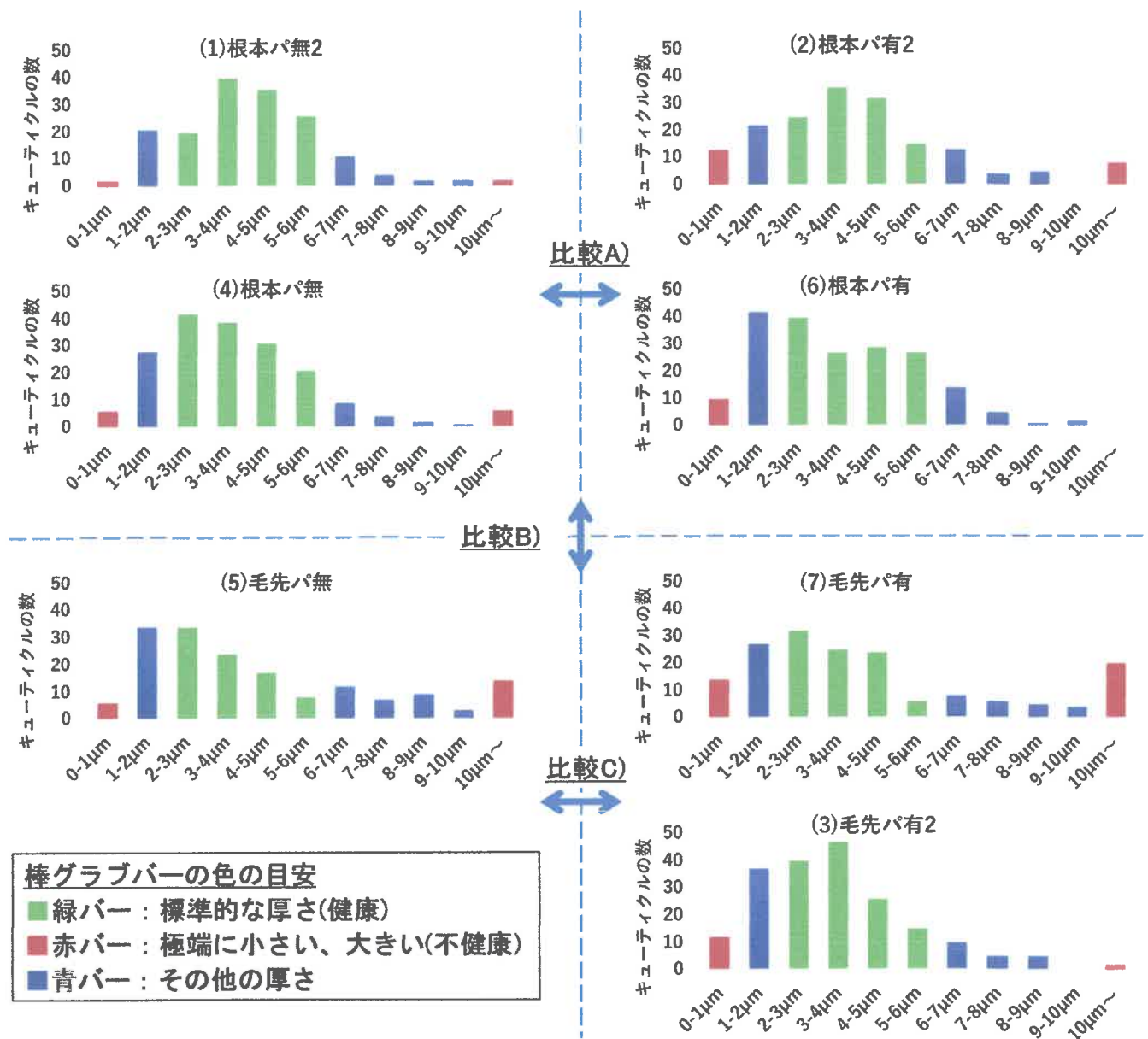


図5 キューティクル厚さのヒストグラム

ここでは、写真や表の値、ヒストグラムから、わかることや思ったことを箇条書きで書きます。比較A)根本の髪、比較B)根本と毛先の髪、比較C)毛先の髪、とそれぞれグループを分けて考えました。

比較A) 根本の髪、ストレートパーマ前後

・根本の髪サンプル(1)、(2)、(4) (6)はストレートパーマ前と後、どちらもキューティクルの厚さがそろっていて健康に見えます。特にストレートパーマをかけていない(1)、(4)は健康とされている2-6 μ mの占める割合、図5の緑バーが7割以上あり、特に健康な髪だと思いました。

・(2)根本パ有、はストレートパーマをかけてから二か月後なので、(1)根本パ無2に比べると極端に大きい、または小さいキューティクルが増えサイズに少しばらつきが出てきたと思いました。

比較 B) 根本と毛先の髪

・毛先のサンプルである(3)、(5)、(7)は全体的にばらつきが大きく、図5の赤バーのように、極端に大きい、または小さいキューティクルが増えています。根本のサンプルである(1)、(2)、(4)、(6)に比べ整っていないことがわかりました。毛先はダメージがたまりやすい場所であり不健康なのだと思います。今回のサンプル、40cmの長さだと、毛先は約三年前のものであり、ものすごく古いため、ダメージが溜まっているのだと思いました。

比較 C) 毛先の髪、ストレートパーマ前後

・毛先のストレートパーマ無し、有りであるサンプル(5)、(7)は、どちらも表5の画像からキューティクルが見えなくなってしまうので、整っていなく汚く見えました。図5の赤バーのように、極端に大きい、または小さいキューティクルが増えており、キューティクルがこわされていると思いました。

・毛先、ストレートパーマ無し、有りのサンプルである(5)と(7)を比べると、ストレートパーマ有のサンプル(7)は極端に大きい、または小さいキューティクルが2倍に増えています。ストレートパーマでさらにキューティクルがこわされているのだと思いました。だけど表5の画像でのパーマ有のサンプル(7)の方は、表面がきれいにコーティングされているように見えます。実際の髪も、つやのあるきれいな髪になっているので、パーマの効果はコーティングの効果なんじゃないかと思いました。ただ、キューティクルが整っているとはまったく言えず、健康ではないのだとわかりました。

・毛先のストレートパーマ有のサンプル(3)は、美容院でいったん毛先をカットした後にストレートパーマをかけているため、細かく言うと毛先ではないので、他の二つの(5)と(7)より 2-6 μ m のキューティクル厚さの割合が多く、まだ健康を保っている髪だと思いました。

5. まとめと感想

5-1. まとめ

- 1) ストレートパーマをかけることは、外見の見た目はきれいになるけど、髪の毛の表面にあるキューティクルは整わない(均一に規則的に並んでいない)ことがわかりました。
- 2) ストレートパーマのかかっていない根本の自然な髪は、キューティクルがきれいに整っており、健康な髪として一番良い状態ということがわかりました。
- 3) ストレートパーマをかけてもかけなくても、毛先の髪はとてもいたんでいることがわかりました。今回観察した髪の毛先のような古い髪は汚いんだなと思いました。

5-2. 感想

ストレートパーマをかける前と後で比べた時に、髪の毛のキューティクルがストレートパーマをかける前の方がきれいで、整っていることに驚きました。

ストレートパーマは、薬剤を使ったり熱を通したりするので、髪を痛めてしまうけど、見た目がきれいになるのでキューティクルも整っているはずだと考えていました。なので、この結果にはとても驚きました。ストレートパーマは見た目の髪がストレートできれいであるかのように見せているだけだと知ることができました。

今回行った実験のように、自分の考えていたこととは違う結果が出てくると、新しい考えが生まれてきて、楽しいなと感じました。もっと髪の毛のことについて知りたいと思いました。

参考文献、資料、（※2025 年 8 月 11 日の情報）

- [1]Lix Online Shop のHP、<https://lix-online.com/blogs/column/keratin>
- [2] RUNAN CO.のHP、<https://www.ruan.co.jp/column/mamechishiki/cuticle/>
- [3]TUYAKAMI のHP、<https://tuyakami.com/straightning-hair-variation/>
- [4]有限会社イグヌス <http://www.igunoss.co.jp/imageproc/imageproc1-2.html>
- [5]AGA スマクリのHP、<https://internet-clinic.jp/magazine/23188/>
- [6]顕微鏡ナビのHP、<https://bestidea4u.com/hair-cuticle/>
- [7]B-ex ジャーナル <https://www.b-ex.inc/bexjournal/hair-care/20346#>
- [8]キーエンス HP、
<https://www.keyence.com/products/microscope/fluorescence-microscope/applications/fluorescence-microscope-applications/hair-cross-section.jsp>
- [9]学術雑誌 HP、Applied Spectroscopy, Materials Science and Engineering ,
Biochimica et Biophysica Acta
<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7747034/>
<https://meyersgroup.ucsd.edu/papers/journals/Meyers%20434.pdf>
[https://doi.org/10.1016/S0167-4838\(01\)00195-9](https://doi.org/10.1016/S0167-4838(01)00195-9)