

Quantitative Evaluation System of Hair Growth



山下 裕之
Hiroyuki Yamashita
川鉄情報システム(株)
基盤システム事業部
メディアシステム部
主任



脇本 良則
Yoshinori Wakimoto
システム部 システム
研究室



石野 章博
Akihiro Ishino
養資生堂 薬剤開発研
究所

要旨

毛髪の成長度を測定する場合、写真から手作業で測定する従来の方法では、非常に手間がかかり、十分な量の情報を得るのは困難だった。今回、川崎製鉄と資生堂で共同開発したシステムは、画像処理技術を応用し、自動でかつ正確に成長度を測定することが可能である。本システムの実現にあたり二つの画像処理技術を開発した。一つは、ビデオマイクロスコープで撮影した画像から毛髪を識別・分離する技術である。もう一つは、時間間隔をおいて撮影した複数の画像から同じ毛髪を対応づけて測定・比較する技術である。これらの技術により成長度だけでなく、毛髪の各種の形状特徴量とその変化を精度よく測定することが可能となった。本システムで測定された毛髪の成長率は、従来の方法で得られた値と差がないという結果が得られた。

Synopsis:

The conventional measurement of hair growth by visual examination of photographs was a hard labor, so that it was not easy to obtain sufficient data for quantitative evaluation. A new system, developed jointly by Kawasaki Steel Corp. and Shiseido Co., Ltd. makes it possible to measure a hair growth automatically and correctly, using new image-processing technologies. The image-processing system consists of two techniques. One is to separate hairs from the skin in a image obtained by a video-microscope. The other is to identify a hair in an image with a hair in another image taken at a time interval. These new image processing techniques have made it possible to measure various features of hairs and their changes as well as hair growth with accuracy. Data of hair growth measurement obtained by this system has matched well with that obtained by the conventional method.

1 緒 言

鉄鋼業においては、画像から対象物の形状や各種の特徴量を抽出し定量化する画像処理技術に早くから注目し、製造ラインや研究開発への応用を試みてきた。この技術は、形状測定や材料組織の分析などに広く使用されるようになってきている。

川崎製鉄グループにおいては、これらの鉄鋼分野で養ってきた画像処理技術を他の分野でも幅広く応用することを目指している。そのために、画像処理システムを商品化し、販売している。

一方、化粧品業界では、加齢等に伴う皮膚・毛髪の変化を測定してきた。しかし、その方法の多くは古くから行われてきた人の肉眼による主観判定によっていた。近年これらの測定を機器による客観的な判定へと代替する努力が続けられている。この中で画像処理技術は最も有効な手段としてその応用が進められてきている。

(株)資生堂では、養毛剤や育毛剤など長年にわたり製造・販売している。これらの製品開発には、毛髪の成長の定量的な評価が不可欠である。従来の手作業に頼る方法では、手間がかかる割に十分に有用な情報が得られないという欠点があった。この問題を解決するための手段として画像処理技術に関心を持っていた。

今回、画像処理システムを中心として、資生堂の皮膚科学の経験と川崎製鉄グループの画像処理技術を融合し、「毛髪成長度測定システム」を共同で開発した。現在このシステムは、資生堂薬剤開発研究所にて育毛剤の評価システムとして稼働中である。

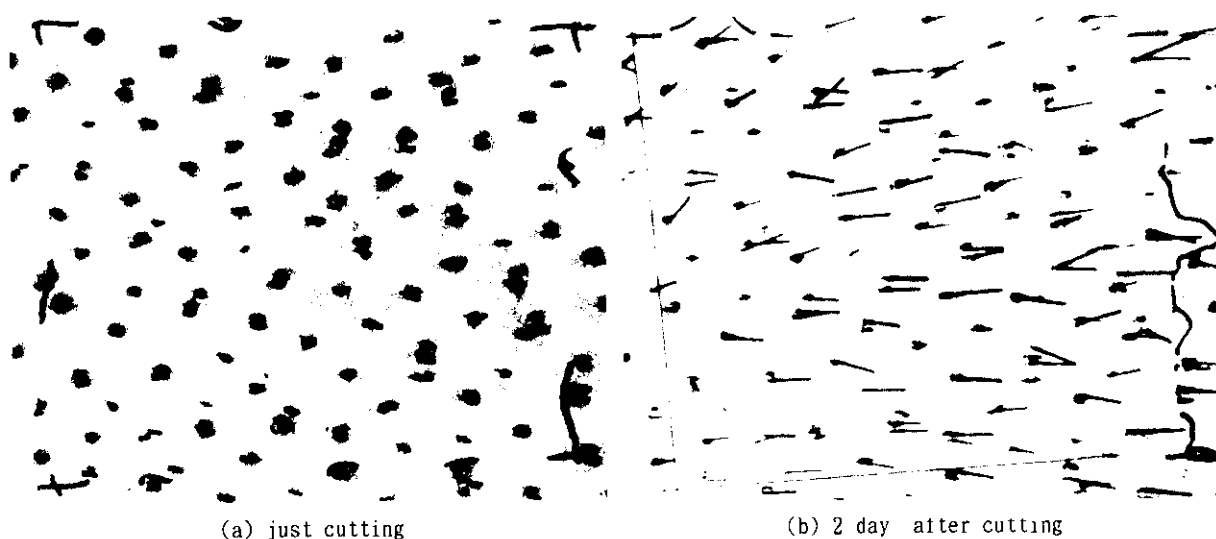
2 システム概要

毛髪の成長を評価する指標として、成長毛率が重要であると考えられている。しかし、これらを正確に測定するには、従来では多大な労力が必要であった。本システムは画像処理技術を応用し、この測定を自動化することを目的に開発した。

膨大な本数の毛髪は、全部が同じ成長速度で伸びているわけではない。毛髪1本1本は、成長期(伸びる時期)と休止期(伸びがとまる時期)のサイクルを繰り返している。成長毛率とは、たくさんの毛髪の中で成長期にある毛髪の割合のことをいう。この成長毛率は、男性型脱毛(いわゆる男性ハゲ)が進行するのに伴い低下することが知られている。この変化を測定することにより、男性型脱毛の程度、あるいは育毛剤の効果を評価することができるのである。

成長毛率の測定が難しいのは、次のような理由による。成長毛率を測定するには、毛髪1本1本の長さの変化(伸び)を追跡して測定する必要がある。従来は、Photo 1 に示すように、時間をおいて2枚の写真を撮り、それら写真を見比べて、同じ毛髪を手作業で対

* 平成6年5月11日原稿受付



(a) just cutting

(b) 2 day after cutting

Photo 1 Hair growth images of the same site

応づけていた。この作業は、非常に熟練度を要し、大変な手間がかかっていた。また、画像処理を応用する場合、2枚の写真上でどれが同一の毛髪であるかを対応させることが困難であった。このため「ある時点の長さ」は測定できても「伸び（つまり長さの差）」は、満足に測定できなかった。

本システムでは、これらの問題を解決し、成長毛率の測定を可能とした。実際の測定手順は以下のとおりである。頭髪の一部を刈り、その部位をビデオマイクロスコープで撮影しておく。数日後、同一部位を再度撮影するだけで、撮影視野内の毛髪1本ごとの長さや大きさ（径）、およびそれらの変化の測定が行われる。これから、成長毛率などの指標を計算する。毛髪1本ごとのデータが蓄積されているため、将来、別の有用な指標が考案された場合でも計算することが可能であると思われる。

3 本システムで開発した技術

毛髪の成長度の測定を、自動化するために、本システムでは次の技術を開発した。

(1) 同一部位撮影手法

画像中の毛髪1本1本の成長度を測定するためには、毛刈から数日後に撮影された各毛髪の像に対し、毛刈り直後に撮影された各毛髪の像を対応づける必要がある。また、有効な情報を得るためには、同一毛髪をできるだけ同じ視野に入れて測定対象数を増やす必要がある。従来は、毛髪の同一部位を正確に同じ距離、角度、倍率で写真撮影することは困難であった。

そこで解決手段とし、測定部位をビデオマイクロスコープ（日本光電製）による直接入力とし、汎用画像処理装置「画像博士」のオーバーレイ表示入力を利用して、過去の画像と重ね合わせて確認しながら撮影できるようにした。このことにより、長期にわたり当初設定した測定対象の毛髪をすべて撮像することが可能となった。

(2) 画像処理向け撮像手法

画像処理は、通常2次元平面において行っている。今回、画像処理する対象物は、3次元の毛髪である。したがって、3次元の毛髪を2次元に投影させて処理しなければならない。測定

期間において、毛髪の長さが短いために毛髪が立ってしまうので、透明な部材で押さえて撮影することとした。

頭皮にガラス板を押し当て、通常のカメラで撮影すると、頭皮表面およびガラス面で照明光が反射し、良好な条件で撮像することが困難である。そこで、頭皮に押し当てるガラス部材と光学系、CCD撮像素子、および照明系を一体とする対物アダプタにより、表面反射を低減することとした。この対物アダプタは、日本光電株式会社に特注で作成して頂いた。この対物アダプタにより、画像処理に最適な画像を得ることが可能となった。

(3) 毛髪の検出手法

頭皮と毛髪の色は個人差があり、測定部位においても局所的な照明むら等の差などがある。したがって、ある輝度レベルで単純に2値化を行うと毛髪と頭皮がうまく分離できない場合がある。そこで、検出する毛髪付近の周囲の輝度の変化に応じて、しきい値を動的に変化させ2値化し、毛髪と頭皮を分離するという処理を施すことにより、毛髪の検出を実現した。本システムの2値化により、入力時の毛髪の倍率に変化や照明むらのある画像でも毛髪の検出対応可能である。

(4) 毛髪の形状特徴量測定

今回採用した毛髪形状測定手法は、毛髪の幅などの形状情報を失わずに2値画像を自動的に処理し、検出精度を高めることが可能である。測定項目としては、毛髪の長さ、位置、成長方向、太さなどである。なお、この測定により、従来の相対的な長さの比較に比べ、毛髪の特徴量から得られる複数の定量的なデータが得られた。これらのデータは、毛髪研究のための新たな指標となり得る。

(5) 画像間の毛髪の対応付け

前述のような対応づけ作業は、困難であるが、本システムでは、2枚の画像中の毛髪個々の形状特徴と、毛髪自体の特性を用い、2枚の画像間の補正量を算出し、同一の毛髪の画像間での対応づけを自動で行った。この対応の結果と(4)の個々の毛髪の測定結果のデータから、1本ごとの毛髪の長さの差（伸び）等の形状変化の定量的な情報が得られる。

4 機器構成

ハードウェア構成を Fig. 1 に示す。本システムは、大きく二つの処理部に分けられる。一つは、皮膚密着型レンズと CCD カメラ内蔵のビデオマイクロスコープで、被験者の頭部を直接撮像する画像入力部である。もう一つは、画像処理部である。それは、撮像された画像と測定結果を記録蓄積する光磁気ディスクや、測定結果を出力するプリンタ類や、光磁気ディスクに蓄積された画像データを画像処理する画像処理装置や、その操作を行うワークステーションから構成される。

本章ではシステム各部について概略を述べる。

4.1 画像入力部

画像処理においてさまざまな測定を行う場合、前処理における画像入力の画質が、後処理における画像処理の容易性に対し重要な要因となる場合が多い。そこで本システムの入力部は以下のような方策を施した。

今回用いた皮膚密着型レンズは、円柱状の特殊レンズが押圧ガラスの機能も兼ねている。このレンズは、ハロゲンランプ照明による頭皮表面の反射光を吸収し 6 ミリ平方の領域にわたり、鮮明な画像を得ることを実現している。これにより、撮像される視野すべてを画像処理対象領域とすることが可能となり、撮影のための照明もレンズ内部からのハロゲン光のみによる安定したものになった。そのため、測定者によらず常時良好な画質が得られるようになった。

また、レンズ系はガラスで製作されており、長期にわたる耐薬品性も十分である。したがって、医用分野において有用な密着型入力装置として威力を発揮すると思われる。

4.2 画像処理部

後処理における画像処理に関して本システムは以下のような方策を施した。

4.2.1 操作の容易化

画像処理部は、画像の高速処理による毛髪成長度の測定が重要である。また、測定者にとっては、マン・マシンインターフェースの操作性および周辺機器との接続性が重要となってくる。このため汎用画像処理装置「画像博士」を用いた。画像博士は、毛髪成長度測定の実アルゴリズム開発に必要な画像処理ライブラリを豊富に有している。また、画像博士は、UNIX ワークステーションから動作可能な環境を備えているため GUI 機能も利用できる。これらの特長的な機能を用いて作成した操作メニューの一例を Photo 2 に示す。このメニュー方式は、マウスやテンキーで簡単に操作できるようにワークステーションのウィンドウシステムを使用している。操作手順は、左上から右下へとしており、測定者が一定の手順で操作できるようになっている。測定作業サポート機能として、誤操作防止やオンラインマニュアルをヘルプボタンに搭載している。それゆえ、測定に熟練度を必要としない。

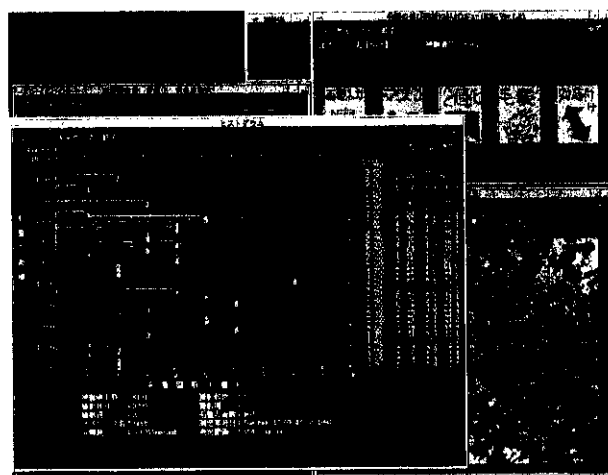


Photo 2 Sample of operation menu

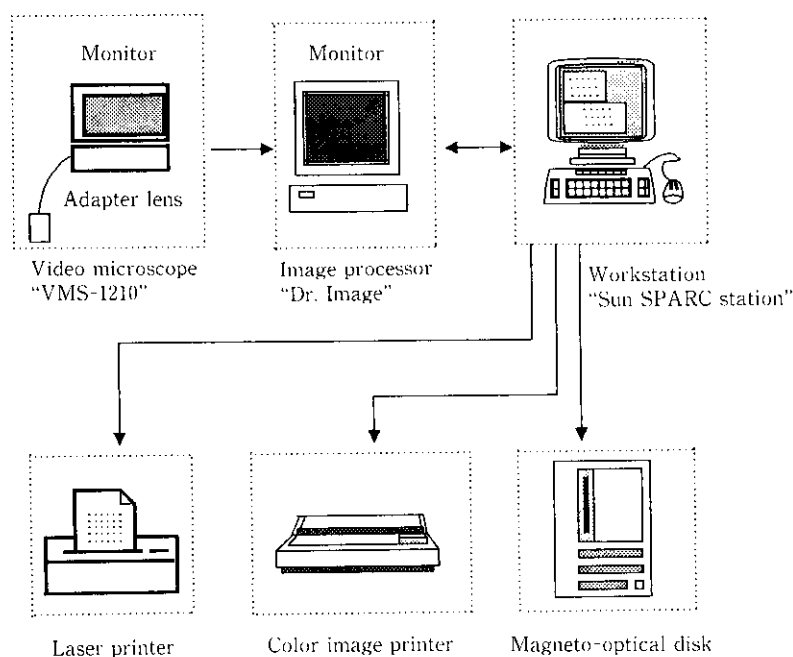


Fig. 1 Configuration of hardware

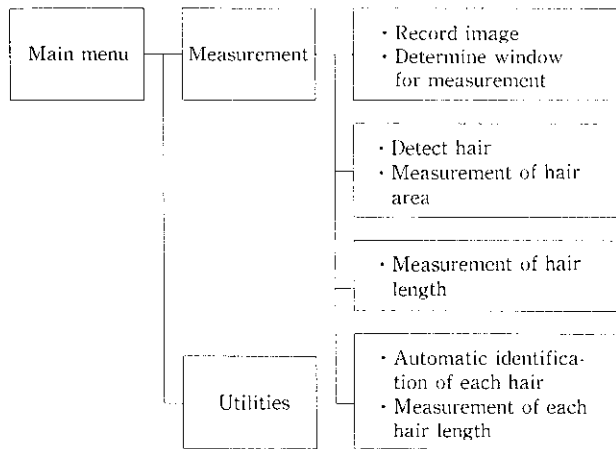


Fig. 2 Configuration of operation menu

また、操作メニューは、Fig. 2のように大きく五つの階層に分かれている。各々の階層のメニューは、測定するための処理に対応している。

4.2.2 処理プロセス

成長毛の測定のために画像処理を応用する試みが報告¹⁻³⁾されているが、入力から毛髪の検出までの処理に関してもさまざまな問題点があるのが現状だった。そこで、これらの問題を解決するために、本システムによる毛髪成長度測定処理のフローチャートをFig. 3に示す。

①対物アダプタ付ビデオマイクロスコープによる同一部位撮影手法によりカラー画像を入力する。画像入力後、②測定対象となる範囲を決定する。この測定範囲は、測定期間中全く同一である。次に、③カラー画像を毛髪検出手法により、毛髪を白、頭皮を黒の2

値画像に変換する。従来は、この処理が不十分なために以降の測定、および時間の短縮が不十分であった。ここで得られた2値画像から、④人が見た場合の毛髪部分の領域（面積）を測定する。また、必要に応じ毛髪の形状特徴量測定のための前処理として2値画像の修正が行える。この処理によりこれ以降の測定時間の短縮が図れた。このような手順を得た後、⑤毛髪の形状特徴量測定により、毛髪の形状特徴量のデータを得る。毛髪の成長度を計測するためには、画像中の複数対象物の対応づけを行って形状変化を測定するという独自の手法を今回のシステムに適用した。その結果、⑥画像博士のハードウェアの機能を利用することにより、画像間の毛髪の対応づけの自動化と高速化を実現した。⑦この対応づけの結果と個々の毛髪の測定結果のデータから1本ごとの毛髪の形状変化の一つである長さの差（伸び）等の手作業では困難なきめ細かい情報を得ることが容易にできた。

4.2.3 データの蓄積

育毛剤等の評価研究には数年にわたる測定が必要であり、測定頻度・測定期間を考慮し、膨大な画像データをデータベース化し、容易に管理できるようにした。データベース化するために光磁気ディスクを利用し、測定の対象となるカラー毛髪の画像と測定データ等の管理機能を充実させた。

このことにより、長期的なデータの比較や確認などの再利用や、将来的な新しい毛髪成長度の指標に応じたデータ解析が可能となった。また、光磁気ディスクの管理は、プリントした写真の管理に比べ、必要に応じて後からプリントすればよいので、現像・プリントのコストおよび保管スペースの点でも効果がある。

4.2.4 測定データの出力

正確さを要求される測定のため、確認作業は、必須である。そこで、測定により得られた数値データは、画像やグラフとしてディスプレイやモニターあるいは、プリンタに出力させ、容易に確認できるようにした。

5 結果および考察

本システムを資生堂薬剤開発研究所で用い、男性の頭頂部の毛髪成長度を計測した結果の一例をFig. 4に示す。得られたヒストグラムから解析した、毛髪成長度に対する各指標をTable 1に示す。

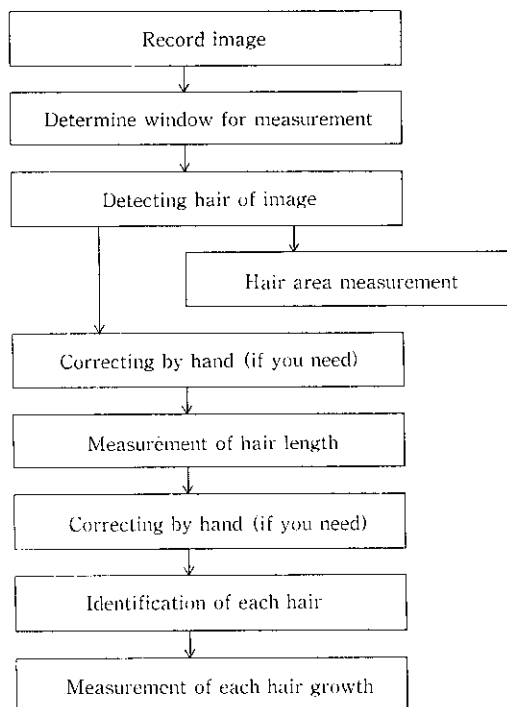


Fig. 3 Flow chart for measuring each hair growth by computer-assisted image processing

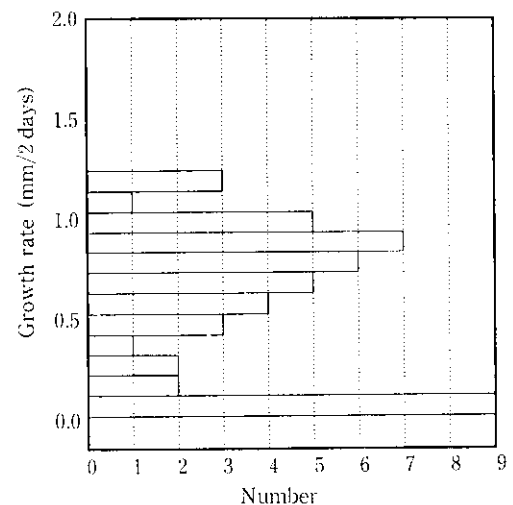


Fig. 4 Distribution of hair growth rate obtained by this system

Table 1 Results of hair growth analysis

Mean of growth rate	0.32 mm/day
Ratio of active growing hair	70.8%
Growth rate of active growing hair	0.42 mm/day

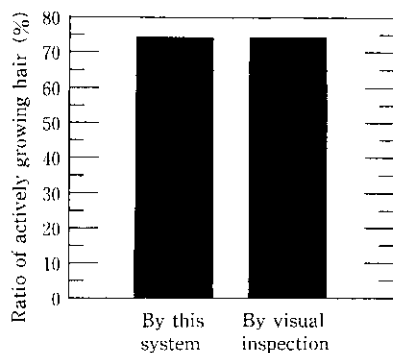


Fig. 5 Comparison of accuracy in measurement between this system and conventional method

また、本システムを用い得られた成長毛率と資生堂で従来より行ってきた熟練測定者による判定との比較を Fig. 5 に示す。本システムと従来法との差は、認められなかった。さらに、このような処理により従来は、熟練した測定者が一人あたり数枚しか処理できなかったものを数十枚処理することが可能となった。

以上のことより本システムが有効であることがわかった。

6 結 言

従来では多大な労力が必要であり、正確に測定することは困難であった毛髪成長度の測定を画像処理技術により自動で行う測定システムを開発した。得られた結果をまとめると以下のとおりである。

- (1) ビデオマイクロスコープと画像処理装置のオーバーレイ表示入力により、長期にわたり当初設定した測定対象の毛髪をすべて撮像することを可能とした。
- (2) 頭皮の表面反射を防ぐ対物アダプタにより、画像処理に適した良好な画像を得ることが可能となった。
- (3) しきい値を動的に変化させ2値化し、毛髪と頭皮を分離させることにより、毛髪の自動検出を実現した。
- (4) 毛髪形状測定手法により、従来は得ることが困難であった複数の定量的なデータが得られた。
- (5) 2枚の画像中の毛髪個々の形状特徴と、毛髪自体の特性を用い、同一毛髪の画像間での対応づけを自動化を実現した。
- (6) (4)、(5)により1本ごとの毛髪の長さの差(伸び)等の形状変化の定量的な情報が得られるようになった。
- (7) 測定で得られた毛髪成長率のデータは、従来の熟練測定者による判定によるものと差が認められなかった。

(株)資生堂は、本システムで得られたデータをもとに育毛剤の評価をするとともに、新規薬剤の開発に活用している。

このように川崎製鉄グループは、鉄鋼分野以外の専門家をパートナーとしてお互いの技術を融合させることにより、従来にない新しいものを創り出した。このように鉄鋼分野以外に应用しているシステムは、他にもあり、これはその一例である。

おわりに、本システムの入力部の対物アダプタを試作開発して頂きました日本光電株式会社の方々に深厚なる謝意を表します。

参 考 文 献

- 1) C. Pelfini, A. Calligaro: "Some notes on the evaluation of the hair growth by means of morphometric computerized analysis," *J. Appl. Cosmetol.*, No.4 (1986), 67-76
- 2) D. Van Neste, M. Dumortier, and W. de Coster: "Trends in human hair growth and alopecia research," (1986), 155-165, [Kluwer Academic Publishers]
- 3) S. Hayashi, I. Miyamoto, and K. Takeda: "Measurement of human hair growth by optical microscopy," *British Journal of Dermatology*, No. 125 (1991), 123-129