

頭上からの撮影画像による男女識別

西野 聡*

Gender Recognition using Photography from overhead

Satoshi NISHINO

In recent years, it became an information society and information became important in social economy. There is sex as one element of the customer analysis, and automatic male-and-female discernment is necessary. This laboratory discovered the male-and-female difference to be at the hair in the near-infrared ray area. This research combines the hair with the male-and-female difference with overhead-photography that the load of the customer is a little at the time of photography, investigation of male-and-female discernment using the near-infrared image from overhead, and the automation from image processing to male-and-female discernment is investigated.

キーワード：男女識別，近赤外線，画像処理，第二性徴

Keywords: near-infrared ray, image processing, secondary sex characteristic

1. まえがき

近年の商業活動では、顧客情報が大きく売り上げや在庫管理を左右する要素となっている。このために情報を集め有効利用する手法として、マーケティングリサーチがある。例えば、大型商業施設や、アミューズメントパークなどでは基本情報として来客者の男女の割合の情報は、品揃えや設置施設を選定するための基本情報として重要である。また最近盛んに設置されているアンテナショップは、商品に対して男女が興味を示した割合を調査することも目的のひとつとしている。これらの目的のため、自動的な男女識別は必要である。

従来の男女識別では、服装、歩き方、足圧⁽¹⁾⁽²⁾、声⁽³⁾、顔の印象、あるいは身長と歩幅及び歩く速度を組み合わせた行動⁽⁴⁾など人物の外見の特徴を用いていた。しかし、これらの特徴は人間が意図的に変えることができるので、同一人物でも時と場合により異なる。その上、各人多種多様であり、これらの特徴から男女識別のための特徴量を決定することは多くの処理が必要となる。

著者は近赤外線特有の光学特性を用いて男女の特徴を抽出する研究を行ってきた⁽⁵⁾。その過程で近赤外線領域において髪の色（カラーリングをしていない状態）に男女差があることを見出した⁽⁶⁾⁽⁷⁾⁽⁸⁾。本論文ではこの男女によって異なる髪の色（以下、階調値と記す）の情報を利用して男女識別を行うことを検討する。具体的には頭上から撮影した近赤外線画像から髪部分を抽出してこの部分の階調値を検出して、これをもとに男女識別を行う。単純に髪部分を抽出する方法として髪の階調値範囲を指定して抽出する方法が考えられる。しかし、実際には男女で髪の階調値範囲が異なることや、女性に多い髪のカラーリング、髪と同じ階調値の着衣、および白

髪交じりの髪などの影響により、単に固定的な階調値範囲を抽出する方法では正確に髪部分を抽出できない。そこで、本論文では最初に大きな範囲で髪部分を推定し、その後に髪部分を階調値の分布状態（髪は同一階調値が集中して一番多いことを利用）から髪部分を抽出することを行い、この部分の階調値を得る方法を採用した。また、男女識別だけではなく、頭上から撮影した身体輪郭画像の画素数を利用することで身長が推定可能で、これを利用して青年以後と以前（14～15歳を境界とする）の識別も行った。

前述したように顔や全身の服装画像による男女識別の研究が行われてきているが、これらは顔や全身を撮影して識別するためにプライバシー侵害などの問題を含んでいる。一方、本手法のように頭上から撮影する場合は、顔や服装の詳細は映らず、そのためプライバシーの問題は回避できる。その上、顔画像を用いた場合に眼鏡使用者が識別の障害となるが、本手法はこの影響を受けない利点がある。このように本手法はプライバシーの問題や眼鏡着用の問題を回避できると同時に、他の手法に比較して単純な処理で識別可能である利点がある。また、頭上から撮影した場合は複数人でも頭や人体が重なったりすることがないので、多人数に対しても容易に対応可能である。

本研究では、このように頭上から撮影した近赤外線画像に対して自動的に髪部分を抽出してこの部分の階調値を検出して男女識別を行う手法を検討した。

以下に本論文の基本原理とその根拠を、次にこれらを基にした自動髪抽出プログラムとこのプログラムを実際に適用した男女識別について述べる。

* 電子制御工学科(Dept. of Electronic Control), E-mail:nishino@oyama-ct.ac.jp

2. 従来手法との比較

男女識別の従来手法には下記のものがある。これらの手法はいずれも外見によって男女識別を行う手法である。

- ・歩行に関するもの
- ・顔に関するもの
- ・服装に関するもの
- ・男女の行動形態に関するもの
- ・声
- ・上記のいくつかの特徴量を組み合わせる

外見を利用した場合の特徴量は同一人物でも時と場合により異なり、その上、各人多種多様である。したがって、これらの特徴から男女識別を行うためには多くの処理が必要となることが多い。以下に従来手法の主な特徴を示す。

●従来手法

[利点]

- ・既存の各種処理が適用可能な場合がある
- ・複数の特徴量の組み合わせで 識別率の向上を図ることができる

[欠点]

- ・特別なセンサシステムが必要な場合がある
- ・特徴量が多数の場合に抽出に時間がかかる
- ・顔を使用する場合はプライバシーの侵害おそれがある
- ・可視光画像の場合は外光の影響を受ける

これに対して本手法は基本的には生体的特徴に関する特徴量を抽出して男女識別を行う手法である。具体的には、近赤外線領域で男女の髪の階調値（色）が異なること（カラーリングを行っていない状態）を利用する。ただし、生体的特徴を変えることもある。具体的には近年、髪をカラーリングすることが多いので、後天的に変化することがある。しかし、このようなことがあっても、女性の方がカラーリングの割合が多いので、このことにより女性の特徴が加速され（カラーリングなしでも女性の方が高階調値であるのが、カラーリングによりさらに高階調値となる）、障害とはならない。

本手法は頭上に設置したカメラ直下の撮影画像を利用するために、顔は撮影されず、プライバシーに関する問題は生じない。また、頭上からの撮影画像の利点として、間接的に身長が計測できる点があり、このデータは男女識別と、同時に年齢識別に利用できる。また、顔や人物の全体像を利用する場合と異なり、本手法は複数人でも頭や人体が重なったりすることがないので、多人数に対しても容易に対応可能である。以下に提案手法の特徴を示す

●提案手法

[利点]

- ・プライバシーの侵害がない
- ・24 時間適用可能
- ・安価にシステムが実現可能
- ・眼鏡の影響なし
- ・大人と成人の識別可能

表 1 使用機器

Table1. Equipment of system

Camera	WIRELESS TSUKAMOTO CO.,LTD SM-CSW24A (CCD device: Width×Height=542×492)
Infrared filter	FUJIFILM IR-76
Halogen lamp	DOSHISHA CORPORATION TL-016SH (Halogen lamp : 10W (12V))
Video capture	Alpha Data Corporation AD-DOUS2

- ・女性の髪のカラーリングは識別率向上に寄与
- ・多人数に対しても容易に対応可能
- ・顔画が重なっていても頭上からの画像では頭は重ならない→多人数に対して適用可

頭上カメラを複数設置して各々の担当エリアを分担させることで容易に対応できる可能性がある。

[欠点]

- ・カツラの影響を受ける
- ・外光の影響を受ける
- ・西洋人には不適
- ・ハイヒールの影響を受ける
- ・帽子の影響を受ける
- ・男性の髪のカラーリングの影響を受ける

カツラ、帽子、西洋人に対しては、髪の抽出に失敗は、想定外の髪階調値外の場合は人体画素数のみを利用することで、男女識別も可能である。

3. 撮影条件

識別実験に使用した機器を表 1、その配置を図 1 に示す。図 1 のハロゲンランプ以外の撮影時の照明環境は、天井に 40W×2 本の蛍光灯が 2m ごとに設置され、進行方向右側 4m に天井から床側に 1.6m のガラス窓(床から 0.9m)がある状態である。したがって、人物の右側から外光が入り込んでいる。

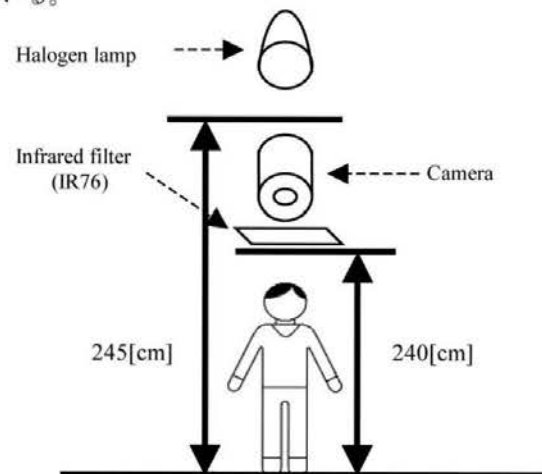
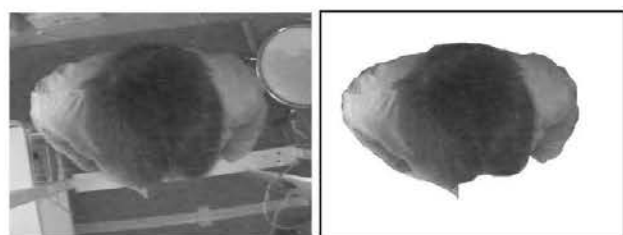


図 1 撮影方法

Fig.1 Photography method

以下に図1に対応して主な点を述べる。

- (1) ハロゲンランプには赤外線透過フィルタ(IR-76)を取付け、760[nm]以上の近赤外線の波長のみを透過させて人物の頭上に照射する。
- (2) 被写体とカメラとの距離は 240[cm]、同じくハロゲンランプとの距離は 245[cm]である。
- (3) カメラには赤外線透過フィルタ(IR-76)を取り付けて近赤外線画像を撮影する。
- (4) 床にフットスイッチを埋め込んで設置して、歩行者がこれを踏むと撮影される(本論文では手動で行った)。
- (5) 撮影した画像はビデオキャプチャーを介してパソコンに取り込み髪抽出処理を行う。画像はビットマップ形式で、256 階調:0~255, サイズ横×縦=640×480[pixel]である。
- (6) 床と人物のテクスチャが異なることを用いて人物のみを抽出する。これにより頭上から撮影した画像は図2に示すように身体全体の輪郭が抽出できる。



(a) Original image (b) Background removal image

図2 人物の抽出

Fig.2 Extraction of person

近赤外線画像の階調値は撮影前に標準白色板の階調値(H)を基に、次式(1)で階調値補正を行なう。以下ではこの補正後の値を階調値と呼ぶ。

$$X_i = \frac{P_i}{H} \times 255 \dots\dots\dots(1)$$

P_i : 補正前の階調値
 H : 標準白色板の階調値
 X_i : 補正後の階調値

4. 髪による男女識別の基本原理の確認

〈4.1〉 基本原理 人物の髪の構造を図3⁽⁹⁾に示す。人物の髪の色は色素細胞で生成されたメラニン(ユーメラニンとフェオメラニン)の分泌量によって決定される。色素細胞によって生成されたメラニンは、髪を伸ばすための毛母細胞に送られ、メラニンにより髪の毛の色付けがされる。このメラニンには、黒色を発現させるユーメラニンと、赤系統の色を発現させるフェオメラニンがある。女性ホルモンのプロゲステロンはフェオメラニンを増やす働きを持つ⁽¹⁰⁾⁽¹¹⁾。したがって、第二次性徴期以後の女性は下記の経過をたどって茶系統の髪色(高階調値)の傾向となると予測される。

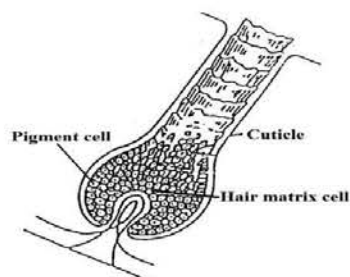


図3 髪の構造

Fig.3. Structure of a person's hair⁽⁹⁾

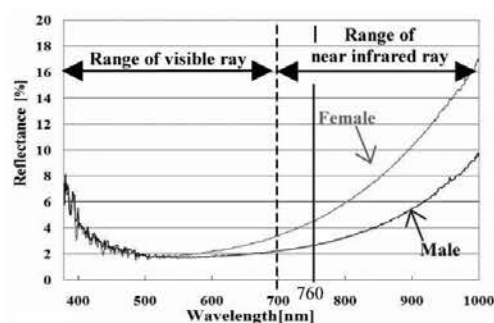
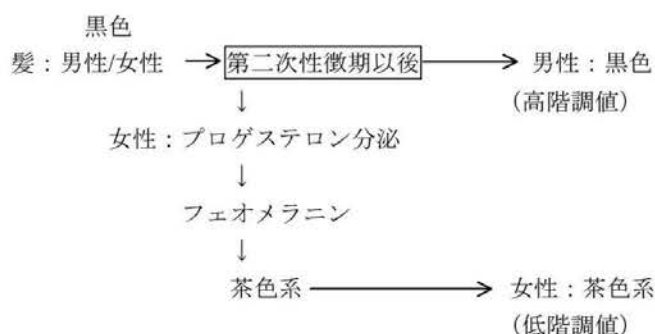


図4 髪の分光特性

Fig.4 Reflectance characteristics of hair

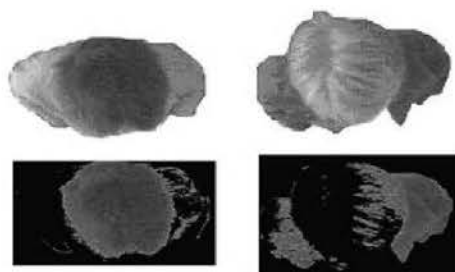
これにより、男性と女性では髪色に差が表れ、女性の髪は男性よりも茶色(カラーリングなしの状態)に寄り、階調値では高階調値になる(肉眼では識別できない)と考えられる。このような男性と女性の髪色の差を実証するために、カラーリングを行っていない黒髪の男性12名、女性12名の髪の分光特性を測定し各々を平均した結果を図4に示す。図4から可視光領域(波長: 400~700[nm])での男女の反射率の差は小さく、近赤外線領域(波長: 700~1000[nm])で女性の方が高反射率(茶色系統: 高階調値)となって近赤外線領域で男女差が大きく表れていることがわかる。さらに本論文では、図1に示したように近赤外線フィルタ(IR76)を使用しているので、図4中に実線で示した波長760nm以降の男女差が明確な反射率(階調値)の差を使用する。

人間は第二次性徴期以後性ホルモンによって女性は皮下脂肪が増加し、男性は筋肉が増加して各々の性の特徴が外見的にも発現する。髪に関しては、今まで実証データが無く第二次性徴以後の相違が発表されていない。本研究で髪の色(階調値)を可視光と近赤外線領域にわたって(波長: 400~1000nm)測定した結果、図に示したように近赤外線領域で明

確に男女差が存在することが確認された。

〈4・2〉 髪の分光特性と髪との距離の影響と近赤外線の利用
図4は男女共に検出器から5cmと同じ距離で測定した男女の髪の分光特性である。しかし、図1に示すようにカメラを頭上に固定した場合は、身長が男性と比較して一般的に低い女性は男性よりもカメラと髪の距離が長くなる。その結果、近赤外線の減衰を考慮すると、女性の階調値の方が低くなると思われる。表2のReflectance（左側）に図4の波長1000nmの女性の反射率を男性の反射率で割った値1.65を示す。右側には図1の構成で測定した男女の平均の階調値を同様な方法で求めた値が1.22を示す。この場合はカメラと髪との距離は5cmよりも長い距離(身長により異なる)となるので分光器で測定した場合よりも比率が小さくなっている。しかし、カメラで近赤外線画像として撮影した場合も(カメラと髪との距離は女性の方が大きいものにも関わらず)女性の方が男性よりも高階調値となり、明確に女性の階調値が男性よりも高い男女差を示すといえる。

また、髪は可視画像よりも近赤外線画像の方が外光の影響を受けにくく、安定して髪の階調値を得ることができる利点がある。一方、可視画像は外光の影響を大きく受けて髪の部位により階調値差が大きくなり、そのために階調値の標準偏差も大きい。表2に30人(男性15人、女性15人)を近赤



(a) Male (b) Female

図5 単純な髪抽出例

Fig.5 Example of simple hair extraction

表2 髪の近赤外線画像の階調値と分光器の反射の比較

Table 2 Hair of gradation and reflectance

Average of Gradation		Reflectance	
Male	Female	Male	Female
76.6	93.8	10.0	16.5
Female/Male		Female/Male	
1.22		1.65	

表3 髪の頭上反射の男女比較

Table 3 Comparison with hair between male and female

Item	Male		Female	
	Average gradation	Standard deviation	Average gradation	Standard deviation
Value	76.6	13.5	93.8	22.0

外線画像と可視光画像で髪を撮影した場合の髪部分の平均階調値と標準偏差を示す。以上の結果から、頭上に固定したカメラから近赤外線画像で撮影することで髪の男女差を安定して検出可能であることがわかる。したがって、本研究では近赤外線画像で男女の髪色の相違(階調値の相違)を検出して男女識別を行う。

5. 髪抽出プログラム

〈5・1〉 髪抽出の問題点 単純には髪の階調値範囲を決めて階調値範囲を抽出することで髪が抽出されると思われるが、前述したように実際は男女の髪の階調値範囲は(一部オーバーラップする部分もあるが)異なる。その上、最近髪をカラーリングしている場合(女性が特に多い)⁽¹²⁾、この場合はしていない場合よりも階調値が高くなる。また、髪の色に近い着衣の場合もある。さらに、可視光ほどではないが近赤外線画像でも外光の影響も受ける。以上のことから、単純に髪の階調値範囲を指定して抽出するだけでは、髪部分のみを抽出することはできない。図5(a)に男性(カラーリング無し)、(b)にカラーリングした女性を同一階調値で抽出した例を示す。この例では、男性はほぼ髪部分を抽出できているが、この場合は階調値範囲が低い部分に設定されているために女性は黒に近い着衣とカラーリングが取れかかっている髪の一部が抽出されている。これからわかるように単に階調値範囲を一定に設定するのみでは髪部分の抽出は適正に行なわれない。

〈5・2〉 髪抽出の基本的な考え方 前述した問題点を解決するために、本研究では下記の考え方で髪抽出を行う。

- (1) 人体の中心部に(頭上画像上の)髪がある。
- (2) 画像の中心部で最も多い同範囲の階調値がある部分を髪と推定し、髪の階調値範囲を決定する。
- (3) 決定した髪の階調値範囲をラベリングして、最大のラベリング範囲を髪部分と決定する。

また、床を白にした理由は、白に近い高階調値色は髪の階調値(200以下)の範囲外の高階調値であるためである。

〈5・3〉 髪検出プログラムの流れ

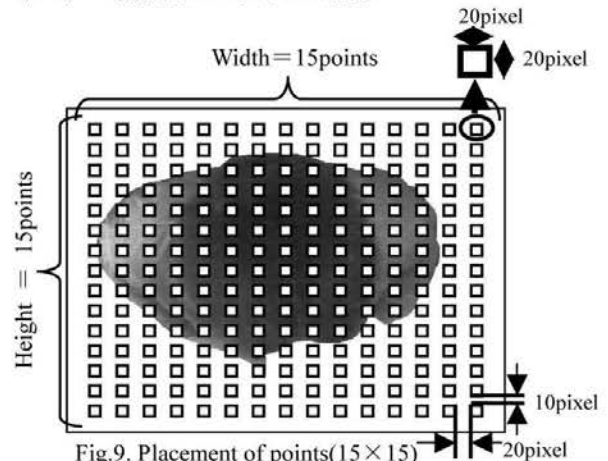


Fig.9. Placement of points(15×15)

図6 髪抽出テンプレート

Fig.6 Template to extract hair

本研究の髪検出プログラム^{[4], [5]}では、頭上から撮影した画像の全域に渡って、図 6 のように 1 点が $20 \times 20[\text{pixel}]$ のテンプレートを 15×15 個配置する。その後、 15×15 個配置した各点の平均階調値を算出し、各点の平均階調値を基に、髪とそれ以外(主として着衣)区別して髪部分を抽出する。その後、 15×15 個配置した点中で髪として抽出された点の階調値の平均値を識別対象画像の髪の階調値とする。

以下のプログラムの開発・実行は下記に示す環境で C 言語 (Microsoft Visual studio 2005) により行なった。

- ・ CPU: Sempron, クロック周波数: 1.79GHz
- ・ OS: Windows XP
- ・ 実行時間: 1sec

図 7 に髪検出プログラムの流れを示し、以下にこの図に対応して処理内容を示す。

- ① 図 6 に示すように 1 点が $20 \times 20[\text{pixel}]$ のテンプレートを背景除去画像の全域に渡って 15×15 個配置し、これらの点に髪と予想される部分がかかった各点の平均階調値を算出する。
- ② 各点(15×15 個)において階調値 200 未満ならば髪として検出し、階調値 200 以上ならば背景として除去し、髪と背景に分ける。最初の段階ではこのようにして髪(候補)部分と、それ以外の部分を推定する。

※髪の階調値領域は測定では 0~120 の範囲である。しかし、カラーリングや白髪交じりの髪、外光の影響を考慮すると、髪抽出を適切に行うためには、最初から髪部分のみの抽出をめざすと髪の一部が欠ける場合が多く生じる事が試行結果からわかった。これを防止するために、最初は人体(服)をある程度含んで髪部分を推定し、その後ラベリングで髪部分を抽出する方法が良いことがわかった。したがって、髪推定部分を広く取るために階調値範囲を 200 とした。

- ③ 各点において髪の階調値(0~199)を 20 階調値毎の表 6 に示す 10 段階の階調値に分ける。各点の階調値を 10 段階の階調値に変換した理由は、点毎の階調値の取り扱いを簡易化するためである。
- ④ ②で髪として検出した点を一つの集合体(以下、人体部分と記す)とみなし、人体部分の範囲から中心範囲を特定する。

※図 8 では人体部分の範囲の始点(x_s, y_s)と終点(x_t, y_t)から図 7(b)の式(2)のを用いて、人物部分の中心範囲の始点(cx_s, cy_s)と終点(cx_t, cy_t)を算出している。その後、始点(cx_s, cy_s)と終点(cx_t, cy_t)から人体の中心範囲を特定する。

- ⑤ ④の中心範囲の中の点の中で③で分けた 10 段階中の最も多い階調値をその画像の髪部分の基準階調値とする。
- ⑥ 基準階調値-1~基準階調値+2 の範囲の点を髪として検出し、それ以外の点を背景として除去する。

※図 9 の人物では④の中心範囲内で X (80~99)が最も多い階調値となるため、 X を基準階調値とする。このとき、 X に対して表 6 に示した 1 段階暗い階調値である H と 1 段階明るい階調値である V 、2 段階明るい階調値である Δ を含めた範

囲をしきい値範囲とし、この人物では H , X , V , Δ (60~139)をしきい値範囲として検出する。また、図 7(c)の(3)で点の中の $\blacksquare$ があるもの(例 $\blacksquare$ $\blacklozenge$)はこの処理で削除された(背景となった)点である。

- ⑦ 髪として検出された点をラベリング⁽¹³⁾⁽¹⁴⁾し、最大数のラベルのみを残し、これを最終的な髪の検出された点とする。

※図 10 では髪部分を特定するためにラベリングを行っている。この人物では⑥で決めたしきい値範囲である H , X , V , Δ に対してラベリングを行い、図 7(d)の(1)のように Label-1, Label-2, Label-3 の 3 つのラベルが検出される。最大の画素数のラベルを髪と判断し検出を行っているため、最大のラベルである Label-1 が髪として検出され、それ以外の Label-2, Label-3 が背景と判断される。また、図 7(d)の(3)では Label-2, Label-3 は Δ と ∇ の中に $\square$ があり、この処理で削除された(背景となった)点である。

- ⑧ 図 7(10)の(3)の枠の付いた髪として検出された点の階調値に式(1)を適用して髪の平均階調値を求める。

- ⑨ 髪として検出された範囲の点の画素数を求めて、これを髪の画素数とする。

本プログラムの実行時間は 1 秒である。

6. 髪検出プログラムの評価

〈6-1〉 髪検出の成功と失敗例 髪検出率の高い画像を図 11 に、検出率の低い画像例を図 12 に示す。図 8 は表 6 に示した隣り合った階調値範囲が正しく検出されているのがわかる。しかし、抽出した部分に髪以外の部分が含まれていたり、髪部分の面積よりも大きく抽出された場合は、髪の階調値が正しく求められない。これらの例を図 12 に示す。なお、この図中に示した枠は本来抽出されるべき髪部分を示す。図 9 の例では以下に述べるようにこの枠内外に髪以外(人体:服)として誤って識別されている部分があり、最終的な髪抽出正しく行われていない。

図 12(a)は髪検出プログラムで髪のしきい値範囲が H , X , H , X と決まった(実際の髪の階調値に H は存在しない)が、図 12(a)の枠外の右側部分の服の一部に髪部分として決定した H , X が含まれているため、髪検出プログラムの⑥の実行時にこの部分の服も髪として誤って検出される。またこの場合、検出された髪とこの服部分は連結しているため、⑦のラベリングでもこの服部分が髪として検出されてしまう。また、図 12(b)では髪検出プログラムにおいて髪のしきい値範囲が H , X , H , X と決まったが、この人物の実際の髪の階調値範囲は H , X , H , X , V , Δ と広範囲に渡っているため、しきい値範囲内の V , Δ が髪として検出されずに V , Δ に $\blacksquare$ が入って、背景として識別され、削除されてしまう(枠内の左側の部分)。これにより、同一の髪の中で部分的に階調値が大きい部分は一部が検出されないことがある。

これは階調値範囲が大きい女性に多く見られる。4.2 節で述べたように女性の方が太陽光を反射しやすいことから、太陽光のあたる部分の階調値が高くなり起こりやすいと考えられる。

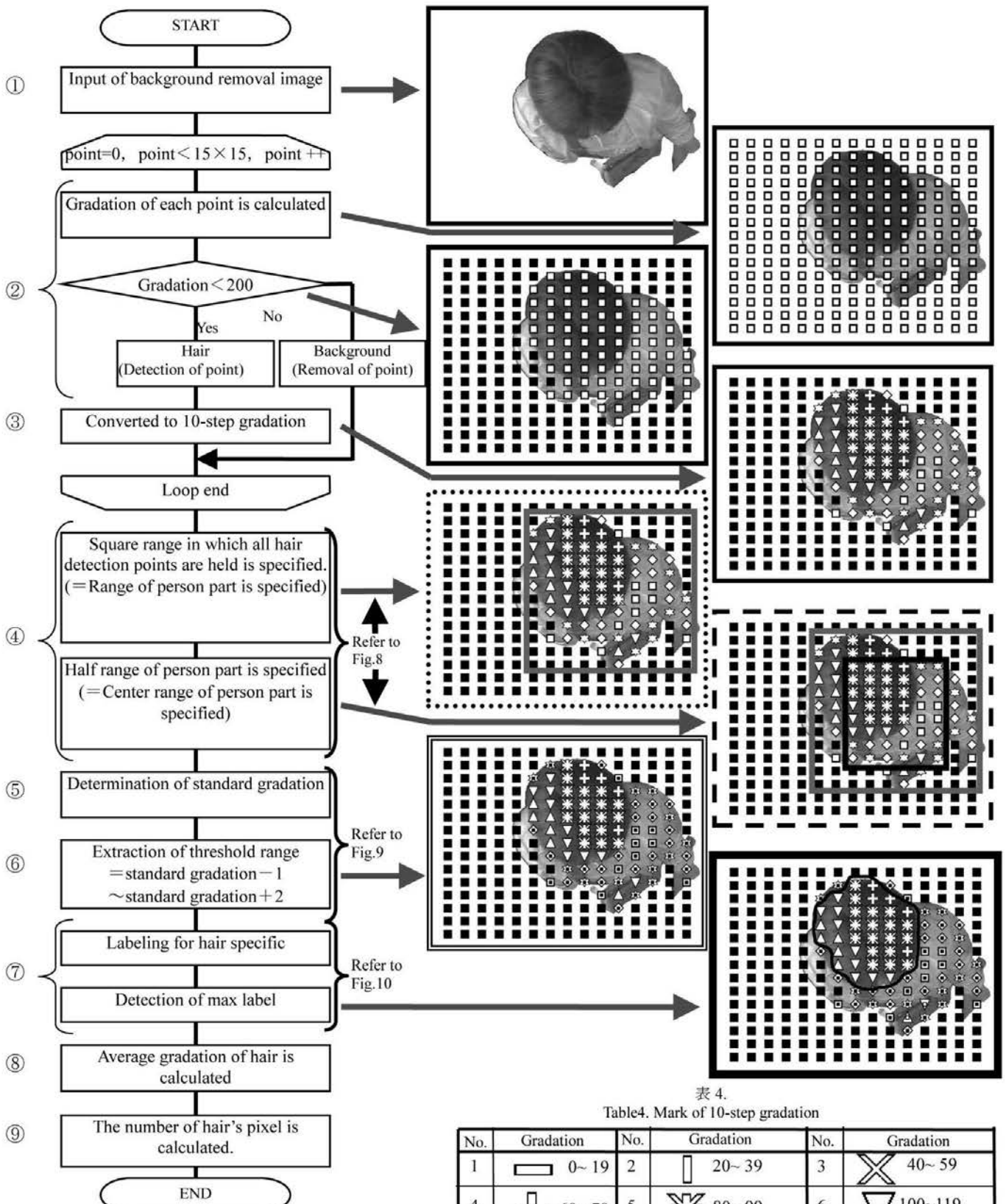


図 7 髪抽出の流れ

Fig.7 Flowchart of hair detection program

表 4.

Table4. Mark of 10-step gradation

No.	Gradation	No.	Gradation	No.	Gradation
1	0~19	2	20~39	3	40~59
4	60~79	5	80~99	6	100~119
7	120~139	8	140~159	9	160~179
10	180~199		200~(except for hair)		

■ Point deleted as background by ⑥ of hair detection program outside threshold range (Example: ■).

□ Point deleted as background excluding hair as a result of labeling by ⑦ of hair detection program (Example: △).

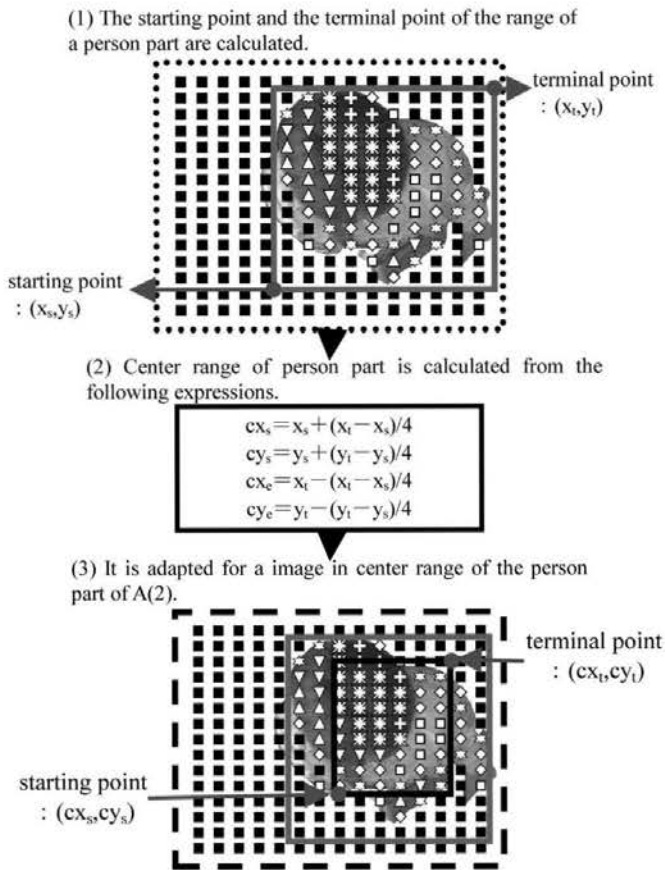
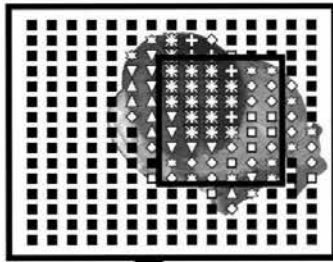


図 8

Fig.8 Center range of person part is calculated

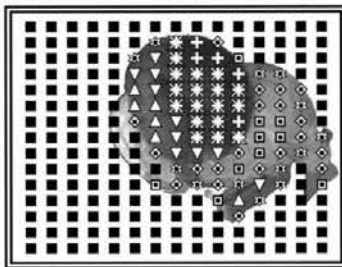
(1) Gradation of most(=standard gradation) is calculated from the range of center range of the person part



(2) Decision of threshold range(standard gradation - 1 ~ standard gradation + 2)

Since there is the most $\times$ (80~99),
 $\times$ is determined as standard gradation.
 $+ \times \nabla \Delta$ (60~139) is determined as threshold range.

(3) The point within threshold range is detected.

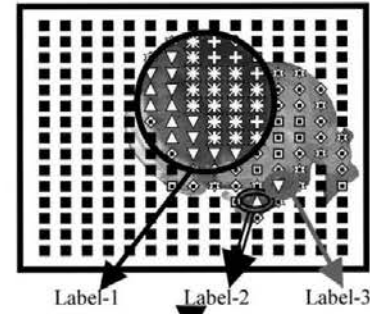


※Threshold range differs according to the image, and takes the above-mentioned threshold range for this image.

図 9 髪抽出のためのしきい値範囲の決定

Fig.9 Decision of threshold range for hair extraction

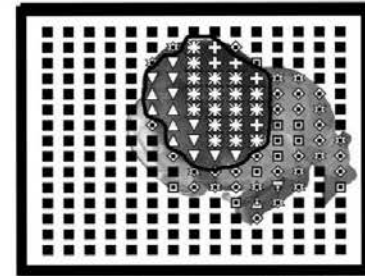
(1) The labeling is done in the point detected now mutually as a hair.



(2) The maximum label(=hair) is decided.

Since a label of $\bigcirc$ is the maximum
 $\bigcirc$ is decided.

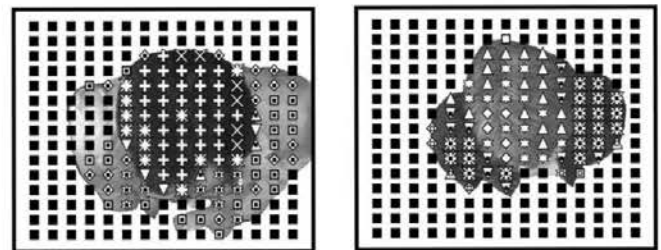
(3) Decision of included hair part.



□ is the point judged except hair by labeling.

図 10

Fig.10 Labeling for hair specific

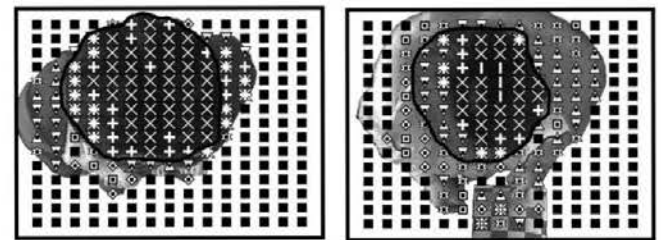


(a) Male

(b) Female

図 11 高階調値の場合の髪抽出

Fig.11 Extraction of high gradation hair

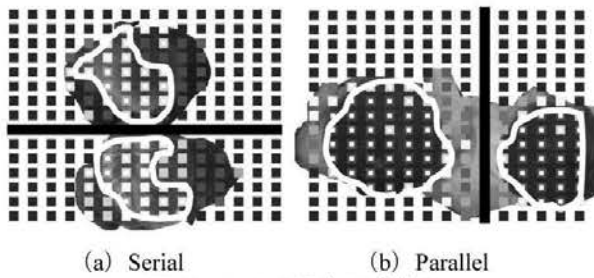


(a) Male

(b) Female

図 12 低階調値の場合の髪抽出

Fig.12 Extraction of low gradation hair



(a) Serial (b) Parallel
図 13 2 人の場合の髪抽出
Fig.13 Hair detection of 2 persons by program

〈6・2〉 多人数に対する対応 図 1 の高さ設置した本研究の撮影方法では 1 台のカメラでは図 1 に示すように 2 人が撮影人数の限界 (図 6 に示した髪抽出テンプレート数から) である。この場合は最初に撮影画像上にいる人数を特定後、画像を人数分に分割後本研究のアルゴリズムを適用して行うことで 2 人まで (男女混合) 抽出可能であることを確認している。実際の例を図 13 に示す。この図 13 の横の太線は 2 人に画像を分割したことを示す。また、白抜き正方形が被覆されている箇所が正しく髪の階調値を抽出した部分 (白線で囲んだ部分) である。本論文では髪部分全てを正しく抽出することが目的ではなく、髪の階調値を正しく検出することが目的であるので、図 13 の結果で十分である。2 人を越える場合は、カメラを複数設置して、カメラごとに撮影エリアを決めて撮影することで対応可能である。

人物を正面から撮影すると人物の重なりなどがあった場合は顔や人体が重なり識別が正しくできない恐れがある。これに対して、本研究のように天井にカメラを設置した場合は障害物や人物同士の重なりがあっても頭は重なることは無いので、確実に男女識別することが可能である。

〈6・3〉 髪抽出面積の評価 髪抽出プログラムの髪部分の検出精度を評価する指標として識別対象人物の画像に対して以下の式(2)を定義する。

$$\text{髪面積抽出率} = \frac{\text{本来の髪の点} - \text{検出失敗の点}}{\text{本来の髪の点}} \times 100[\%] \quad \cdots \cdots (2)$$

ここで、男女本来の髪の点は手作業で求めた値を用いる。式(2)から男女各 40 名の平均検出率を求めると、男性 92.3%、女性 90.4%であった。髪抽出率は男性よりも女性の方が低い。本アルゴリズムで適正に髪検出が行なわれていると思われる。本研究は髪部分の面積ではなく、階調値を求めることが目的であるので、抽出された髪の一部が欠けていても支障はない。前述の結果、男女共に約 90%抽出されているので、髪の階調値を求める目的に対しては十分である。

〈6・4〉 髪部分の平均階調値とその抽出率 研究の目的は髪領域を正確に抽出することではなく、髪部分の階調値を精度良くも求めて、この値を基に男女識別を行うことである。髪抽出プログラムにより抽出した髪部分に、式(3)により髪部分の平均階調値を求めた。プログラムで求めた個々の平均

表 5 髪の平均階調値と人体画素数による識別率
Table5 Male-and-female discernment rate of image by hair

Recognition rate	Male	Female	Total
①Hair	90.4% (36/40)	85.1% (34/40)	87.8% (70/80)
②Body	87.5% (35/40)	92.5% (37/40)	89.9% (72/80)
Total (①,②)	88.3% (35/40)	91.7% (37/40)	90.0% (72/80)

階調値とあらかじめ手動で求めておいた髪の平均階調値を比較した結果、98~100%の範囲で一致した。

以上の結果から髪の平均階調値 (以下、髪の階調値と記す) は適切に検出されていることがわかる。

$$\text{髪平均階調値} = \frac{\sum_{i=1}^{255} i \cdot p_i}{n} \quad \cdots \cdots (3)$$

i : 階調値
 p_i : 階調値 i の画素数
 n : 部位内 総画素数

ここで、プログラムで自動的に求めた髪の平均階調値と手動で求めた髪の平均階調値との比を式 (4) のように定義し、これを髪階調値検出率と呼ぶ。本研究では、男女 2 人に対する髪階調値検出率の平均は 98.3%であり、男女識別を行うには支障ない検出率である。

7. 男女識別と青年を境界とした年齢識別

〈7・1〉 髪の階調値による男女識別 3 章で述べた撮影条件で成人の男性 35 人、女性 27 人に対して図 1 のシステムの下に静止して立ってもらい手動で撮影した画像に対して識別実験を行った。髪に関しては、男性は全員カラーリングを行なっていない、一方女性は 5 人カラーリングを行なっている。また、男女ともに全員ハイヒールは着用していない。特徴量の髪の階調値と人体画素数は図 7 に示したプログラムにより自動的に求めた。その後この値に対して LOO 法 (Leave One Out Method) を適用して識別率を求めた結果を表 5 に示す。表 5 の結果から男性よりも女性の識別率の方が低いことがわかる。この理由として、女性の髪平均階調値の標準偏差が男性よりも大きい (前出の表 3) が考えられる。女性の標準偏差が大きい要因として以下のことが考えられる。

- (1) 測定した結果によると女性の髪は (カラーリングしていない状態で) 男性よりも階調値範囲が広い。この要因として、髪色に影響を及ぼす女性ホルモンの分泌も個人差があり、その結果、フェオメラニンの量も異なってくるためと考えられる。
- (2) 女性が髪をカラーリングしている割合が男性より大きく (2007 年で女性 73%、男性 13%)⁽¹²⁾、その上カラーリングの度合いに個人差があることに起因していると思われる。

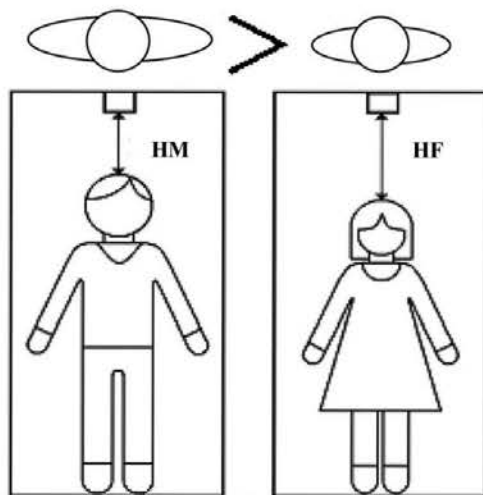


図 14 男女の身長差による画素数の違い
Fig.14 Difference in frequency by difference in

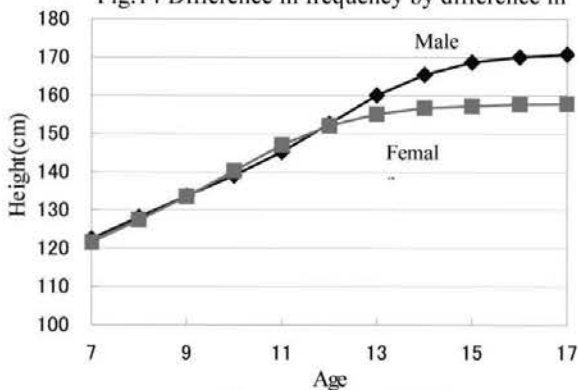


図 15 男女の身長差

Fig.15 Difference in height between male and female

(3) 髪をカラーリングしていると階調値が明るために、外光を反射しやすくこの影響を受けやすいと考えられる。

〈7・2〉 髪階調値と人体画素数を併用した男女識別 本論文のようにカメラを一定の高さに固定して撮影した画像は、カメラから人物までの距離は図 14 に示したように、女性の方が大きく、HM>HF となる。その結果、人物画像の輪郭(身体全体)は身長に比例した画素数(実際には、服装の影響を受けるが)が得られる。したがって、この人体画素数(≒身長)は一般に図 14 の上部に示したように、男性の方が女性よりも大きくなる。

図 15 に年齢と男女の身長(日本人)⁽¹⁵⁾の関係を示す。これを見ると、12 歳ごろから男女の身長差が表れ、15 歳以上で男性の方が高い傾向が固定して一定の差になり身長の伸びもほぼ終了することがわかる。これは 15 歳頃に第二次性徴が完了して大人の体になるからである。この図は 17 歳までの表示であるが、この年齢以降はほぼ平行に推移して、60 歳前後から老化により男女共にわずかに下降していく傾向を示す。この傾向を持つ身長(≒人体輪郭画素数(男性画素数>女性画素数))と髪の平均階調値との 2 つを特徴量として組み合わせて L00 法により識別した結果を表 6 に示す。この場合は髪の平均階調値を単独で用いた場合よりも識別率が向上し、90.0%となった。しかし、人体輪郭画素数を併用すると、女

表 6 他の識別手法による識別率

Table 6 Recognition of non-linear distinction method

Recognition method	Male	Female	Total
Mahalanobis' generalized distance	92.5% (37/40)	92.5% (37/40)	92.5% (74/80)
SVM (多項式 P=2)	92.0% (37/40)	88.0% (35/40)	90.0% (72/80)

表 7 人体画素数の年齢識別結果

15 歳以上: 男女各 10 名計 20 名, 15 歳未満: 男 17 名女 3 名計 20 名

Fig.7 Result of age recognition

Over15: Male and female each 10 total20, Under15: Male 17 female 3 total 20

Amount of feature	Over 15	Under 15
Frequency of outline image	107899.5	63143.7
Recognition rate	95.0% (29/30)	85.0% (27/32)
Total recognition rate	90.0% (56/62)	

性のハイヒール着用が識別を乱す要因となる。これに関しては後述する。

〈7・3〉 手法別の識別率 ここでは L00 法以外の、(L00 法と同様に特徴量として髪の階調値と人体画素数を用いた) マハラノビス距離と SVM (Support Vector Machine) による識別を行う。識別は L00 法での識別対象者男女各々 40 人中の 15 人をマハラノビス距離の場合は境界決定に、SVM では学習データに用い識別対象者は残りの男女 25 人である。表 6 に示すように、マハラノビス距離による識別率は 92.5%、SVM による識別は 86.0%である。

これらの識別では L00 法の場合と識別対象者人数は異なる(人数がことなるのみで対象者は L00 法時の人物と同じ)が、L00 法とこの結果を基にすると、本論文の男女識別率は 86.0 ~92.5%と考えられる

〈7・4〉 青年を境界とした年齢識別 身長と年齢の関係は図 14 に示した関係があることから、人体画素数を特徴量とすることで、大人と子供の識別が可能となると考えられる。

身長差が固定的になるのは 15 歳前後であることから、本論文では 15 歳未満を青年未満、15 歳以上を青年呼び、この年齢を境界として識別する。識別対象者は一部に男女識別対象者が含まれているが、ほとんどは異なった人物であり、15 歳以上が 35 名、未満が 33 名である。人体画素数に対して L00 法で 15 未満と、15 歳以上を識別した結果、識別率は 90.0%となった。これらを表 7 に示す。

8. 識別に対する考察

〈8・1〉 髪の整髪料の影響 男女は実際には髪にヘヤーワックスやヘヤースプレーなどの整髪料をつけることが多い(2007 年でヘヤーワックス男性 72%, 女性 58%の使用率。スプレーはこれらより少し少ない)⁽¹⁶⁾ のでこの影響を検討した。男女各々 6 人をヘヤーワックスとヘヤースプレーをつける 2 グループに分けて、つける前後を測定した。そ

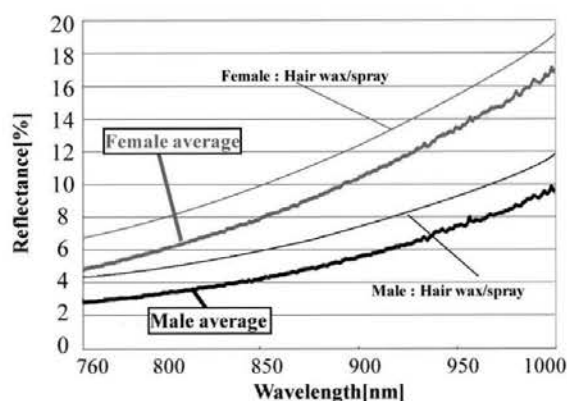


図 16 ヘアケア品の髪の反射率への影響

Fig.16 Hair Influence of hair cosmetics

の結果、男女共にヘアーワックス、ヘアースプレーをつけた後の方が反射率は上昇し、その割合は最大で反射率 2%であった。この様子を図 16 に示す。この図 16 から、どちらの場合も（特に男性の場合が問題になる可能性がある）反射率の上昇によって男女の平均反射率を超えることはないことがわかる。しかし、男性が髪にカラーリングを行っている場合はヘアーワックスやヘアースプレーの反射率上昇よりも大きいことが考えられるので、その場合は識別率に影響が及ぶと考えられる。女性のカラーリングの場合も同じ傾向であるが、この場合は、より女性の傾向を加速することになるので識別に悪影響はないと考えられる。

〈8・2〉 身長に伴う男女識別に対する考察 本研究で得られた人体画素数 F をもとに、身長 h (測定前にあらかじめ測定した) と画素数をプロットすると図 17 のようになり、この図から近似式を求めると式 (4) のようになる。

$$F = 0.28h^{2.34} \dots\dots\dots(4)$$

式 (4) が直線となっていないのは、髪型や人物の着衣の影響によるものと考えられる。図 17 の男女分布を見ると、身長約 160cm を境に男女に分かれており、前出の図 15 と分布はほぼ一致している。このことから、身長 (人体画素数) を男女識別に使用することが妥当であることがわかる。

身長を男女識別に使用した場合に問題となるのが女性のハイヒールを履いている場合である。調査会社の定点調査によると、都市部で女性がハイヒールを履いている割合は 13.7% である⁽¹⁷⁾。このデータを基に、画素数から求めた 40 人の女性の身長データから無作為に 5 人 ($40 \times 0.137 = 5.48$) 抽出してハイヒール分の身長 7cm を上乗せし、このデータを式 (4) で人体画素数に変換した。その後この画素数と残りの 75 人の人体画素数に対して L00 法で識別した結果、識別率は 85.0% となった。したがって、明らかにハイヒールの着用は本研究の識別率を悪化させることがわかった。

9. むすび

本研究は髪の階調値の男女差を用いた男女識別を提案した。具体的には、人に意識されず撮影できる頭上からの撮

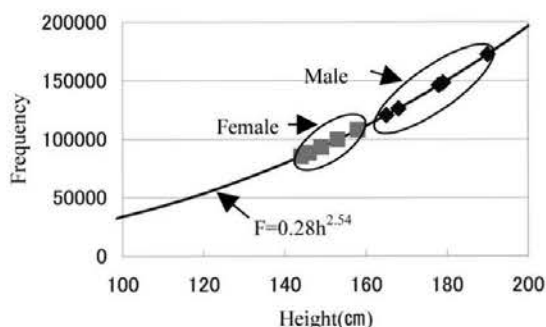


図 17 本研究での画素数と身長の関係

Fig.17 Relation between frequency and height

影画像を用いた自動男女識別のアルゴリズムを提案しパソコンに実装して実行した。その結果、男女識別率は 88.7% であった。これに身長情報である人体画素数を併用すると 90.0% が得られた。上記の識別率は窓から外光が差し込む室内の環境で採取したデータ (近赤外線画像の髪の階調値は外光の影響を受ける) から求めた値であるために、外光が完全に遮断された環境に設置した場合はさらに識別率が向上すると考えられる。

現在は実行速度が約 1 秒であり、間断なく来場者が訪れる状況に対しては速度不足である。今後プログラムの実行時間の短縮を検討する予定である。また、他の方法として 来客統計のためにデータ採取はリアルタイム処理の必要性が無い場合もあるので、撮影画像のみを蓄積しておき、後に髪抽出を含む識別処理を行うことで対応することも可能である。

今後は、人体画素数に比較して髪型や服装の影響を受けにくい肩幅を組み合わせることで、識別率の向上を検討することを考えている。

文 献

- (1) 西野聡・長宏樹：「頭上からの撮影画像による男女識別の可能性検討」平成 20 年度電気学会全国大会講演論文集 Vol. 3, pp86-87 (2008-3)
- (2) 数藤恭子・大和淳司・伴野明・石井健一郎：「入店客計数のためのシルエット・足音・足圧による男女識別法」, 信学論 (D-II), vol. J83-D-I, no. 8, pp. 882-890, August (2000-8)
- (3) 田島拓也・木村晴彦・阿部武彦・阿部孝司・中本義徳：「赤外線エリアスキャナによる性別識別システム」, 電学論 C, 128. 9, pp. 1470-1479 (2008-9)
- (4) 西野聡・大嶋建次：「近赤外線分光器による男女識別の可能性検討」, 電学論 C, 128. 7, pp. 1204-1211 (2008-7)
- (5) 西野聡・長宏樹：「頭上からの撮影画像による男女識別の可能性検討」平成 20 年度電気学会全国大会講演論文集 Vol. 3, pp86-87 (2008-3)
- (6) 西野聡・平野泰久・津恵竜太：「近赤外線により髪の生体的特徴を検出した男女識別の可能性検討」, 2008 年電子情報通信学会通信ソサエティ大会, B-18-2 (2008-9)
- (7) 中川秀己：「メラニン」, 病態生理, Vol. 5 No. 5, pp410-415 (1986-5)
- (8) 大門一夫, 「毛髪大百科」, JBC アカデミー (1978)
- (9) 荒尾竜喜 編, 「毛の医学」, 毛色とメラニン色素, pp. 149-172 (1987)
- (10) 文部科学省 学校保健統計調査速報 <http://www.mext.go.jp>
- (11) 浅水仁・長谷山美紀：「SVM を用いた足跡からの男女識別の実現」, 電子情報通信学会 D, Vol. J93-D No. 5, pp. 642-646 (2010-5)