

# 赤外線画像とカラー画像を用いた男女識別の基礎検討

A Basic Study on Gender Determining Method using Thermography and Color Image

西野 聡\*・松田 淳\*

Satoshi NISHINO, Atsushi MATSUDA

本論文は人間の意思で変えることのできない生体的特徴を利用した男女識別の可能性を検討した。我々は以前、赤外線画像(発熱画像)を用いてバイオメトリックスな男女識別方法を男女各々約100人に適用して約73%の識別率を得た。この結果から、男女の特徴量の一部は男女識別のための境界値を越えた近傍に分布し、この分布を補正できればさらに識別率が向上することが推定できた。このことから、本論文では赤外線画像の特徴量をしきい値近傍で6段階に別けて段階ごとに重み付けを行いこの重みの和がゼロかそれ未満かにより男女を識別することを導入した結果、識別率は約4.5%向上した。その後本論文ではこの手法にカラー画像を併用することでさらに識別率の向上を図った。以前の採取データは赤外線画像のみしか撮影していないために、新たに男女約30名に対して赤外線画像とカラー画像を同時に撮影して検討を行った結果、赤外線画像とカラー画像を併用することで約85%の識別率を得た。

The identification of men and women can be applied to taking visitor statistics and to strengthening the security. In the current method they are identified in terms of their dress, hairstyle, way of walking, foot pressure and so on. However, these are the features we can change intentionally. This research aims at presenting a new identification method based on the biometrics feature using thermography. As a result, the identification rate of about 78[%] was obtained by combining the three identification methods putting weight. In addition, we succeeded in the improvement of the identification rate by using the identification method based on the visible color image together, consequently the proposed method obtained the identification rate 85[%].

## 1. まえがき

男女識別はデパート、テーマパークなどの娯楽施設の来客統計を取ることや女子トイレ、女子更衣室、女性専用フロアの監視などセキュリティ強化への応用が考えられる。従来の識別方法は服装、髪型、歩き方、足圧<sup>1)2)</sup>、声<sup>3)</sup>などの外見的な特徴を用いた手法である。これに対して本論文は全く異なった観点からのアプローチであり、人間の意思で変えることのできない生体的特徴に基づく男女識別法である<sup>9)~13)</sup>。本論文は第二次性徴以後に発現する男女の体脂肪率の相違<sup>4)</sup>が頬部分に皮下脂肪の差として顕著に反映する<sup>8)</sup>ことを根拠にしている。具体的には女性の頬の皮下脂肪は男性よりも厚いため、血流による発熱が皮下脂肪により遮断されて頬の表面温度が低くなることを利用している。実際の赤外線画像で見ると、図1に示すように女性の頬部分は男性よりも黒く(低温)写っていることが分かる。本論文ではさらに男女の識別率を向上させるために、この手法とカラー画像による手法を併用した。従来カラー画像を用いた手法では女性の化粧(口紅、頬紅、アイシャドウ)などを検出していた。しかしこれらの特徴量は人間の意思で多様に変化し個人差も

大きい。

そこで、本論文では男性の生体的特徴である口ヒゲの有無を検出して利用することにした。したがって、本手法は赤外線画像と可視画像共に人間の第二次性徴で発現する男女の性的特徴を利用する手法である。そのため、第二次性徴が発現していない14歳前後以下の男女には適用できない。

発熱画像を利用した個人認証の研究は少数存在する<sup>5)</sup>が、男女識別に関する研究例は見当たらない。我々は既に赤外線画像(発熱画像)を用いたバイオメトリックスな男女識別を男女約100人に適用して70強%の識別率を得た<sup>9)、10)、12)、13)</sup>。これらの結果から男女の特徴量の一部は男女識別のための境界値(以下しきい値と記す)を越えた近傍に分布する傾向があることが判明した。具体的には男性(女性)であるにもかかわらず女性(男性)の範囲内でしきい値近辺の値をとることである。この分布を補正できればさらに識別率が向上することが推定できた。これを実現する目的で、本論文では赤外線画像の特徴量をしきい値近傍で6段階に別けて段階ごとに重み付けを行い、この重みの和がゼロかそれ未満かにより最終的な赤外線画像での男女識別を行った。

本論文ではさらに赤外線画像の手法にカラー画像を併用して識別率の向上を図った。カラー画像では生

\*小山工業高等専門学校電子制御工学科, 小山市  
Oyama National College of Technology, 771 Nakakuki,  
oyama-shi, 323-0806 Japan  
E-mail: nishino@oyama-ct.ac.jp

体的特徴の一つである口ヒゲの有無を判別することを行った。この場合は、以前の採取データは赤外線画像のみしか撮影していないために、新たに赤外線画像とカラー画像を同時に撮影して検討を行った。



図1 男女の赤外線画像

Fig.1 Thermography of male and female.

本論文では前半で赤外線画像による特徴量に対して重み付けをすることで識別率向上を試行した結果を、後半で赤外線画像とカラー画像を併用した結果について述べる。

## 2. 測定方法

### 2.1 赤外線画像の撮影

実験に使用した赤外線システムは、赤外線カメラ：日本アビオニクス社705MK2、プロセッサ：日本アビオニクス社TVS - 2200である。本論文は男女識別の可能性の基礎検討を行うことが目的であるので、すべてのデータ採取は手作業で行った。赤外線画像撮影は室内で次の条件で行った。被写体とカメラとの距離は1 [m] に固定して撮影する。この際、背景は黒く写るような位置で行った。またカメラと被写体とが斜めに向き合っていると熱放射が正しく測定されず、見かけ上温度が低くなるので被写体がカメラに対して正面を向いている状態で撮影した。使用した赤外線カメラの検知波長帯は3~5.4 $\mu$ m、画像は8ビット（階調値0~255）のグレースケール、画像サイズは縦×横=240×320 [pixel] である。測定温度範囲は人間の標準体温36.0℃を含む20.4~42.4 [℃] とした。この設定では多少標準体温より低い方に偏っているが、これはカメラの温度設定範囲により制限されたためである。グレースケール画像の黒い部分の温度は低く階調値は小さい、また白に近い部分は温度高く階調値が大きいことを示す。撮影した画像は赤外線カメラのプロセッサによりバイナリデータとしてフロッピディスクに保存される。このフロッピディスクのデータをパーソナルコンピュータに取り込んで自作のプログラムにより画像を生成する。また男女識別を行う場合はこの撮影画像から男女差が明確となる特徴部位を抜き出すこと

を行う。この画像から特徴部位を抽出するための部分をテンプレートと呼ぶことにする。撮影は一定の距離(1m)で行っているが顔の大きさには個人差があり、顔の大きさに合わせたテンプレートで抽出しなければ整合性が保てず他者と比較することはできない。そこで図2に示すように基準の顔の縦幅を目元からあごまでの $F_h=120$  [pixel]、横幅を目元の横幅 $F_w=160$  [pixel] とし、認識対象者の顔の縦幅を $F_{h0}$ 、横幅を $F_{w0}$ とした。また基準となるテンプレートの縦幅を $T_h$ 、横幅を $T_w$ 、識別対象者のものをそれぞれ $T_{h0}$   $T_{w0}$ とし、認識対象者の顔画像ごとに正規化したテンプレートの大きさを式(1)によって求める。この式は基準の顔の大きさ $F_h$ 、 $F_w$ と識別者の顔画像の大きさ $F_{h0}$ 、 $F_{w0}$ の比の分だけテンプレートの大きさを変化させることを行っている。また頬にかけるテンプレートの位置は図3に示すように目元から25 [pixel] 下の部分に耳から鼻の脇間の中心に設定する。あごの場合は下唇の下端からあご下までの中心に設定する。類型基準テンプレートは $T_h=31$ [pixel]、 $T_w=24$ [pixel]で、あご型基準テンプレートは $T_h=16$ pixel]、 $T_w=32$ [pixel]である。なおテンプレートの位置決めは手作業で行った。処理は例えば前述の類型テンプレート内の平均値を算出する場合はテンプレート内の $31 \times 24 (=744)$ 画素の各階調値(=温度値)の平均をとるようにして行う。

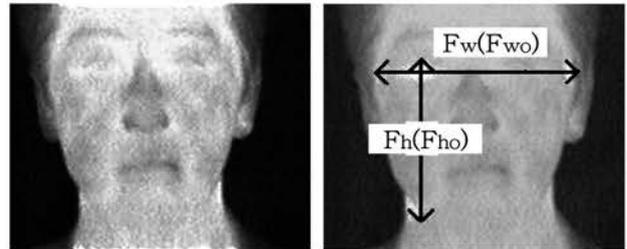


図2 赤外線顔画像の正規化

Fig.2 Normalization of thermography face.

$$T_{ho} = \frac{F_{ho}}{F_h} \times T_h \quad T_{wo} = \frac{F_{wo}}{F_w} \times T_w \quad (1)$$

$F_h$ :顔の基準縦幅

$F_w$ :顔の基準横幅

$T_{ho}$ :被識別画像のテンプレート縦幅  $F_{ho}$ :被写体の顔の縦幅

$T_{wo}$ :被識別画像のテンプレート横幅  $F_{wo}$ :被写体の顔の横幅

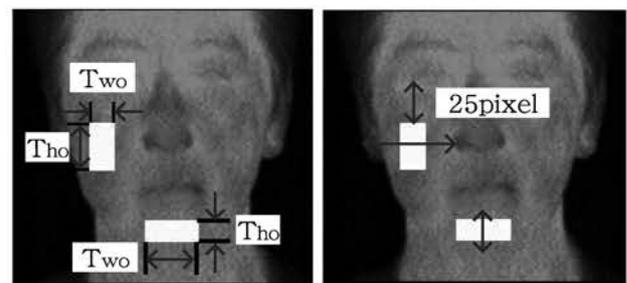


図3 類型とあご型テンプレート

Fig.3 Cheek and jaw template.

2.2 カラー画像の撮影

カラー画像の場合は照明条件が撮影画像に、最終的には識別に大きな影響を及ぼす。本論文の手法は一般的な室内での適用を考えているので特殊な照明は行わずに室内の高さ2.6mの天井に設置されている蛍光灯(40W ×2本が2m間隔で3セット設置)の中央セットの直下で撮影した。

図4に示すように、可視カメラのカラー画像480×508画素の映像出力はキャプチャーボードを介してパーソナルコンピュータに入力し、画像は1画素24ビットのビットマップで扱った。赤外線カメラ(Infrared Camera)と可視カメラ(Visible Camera)は図5に示すようにして配置して撮影したので、両カメラの画像間の補正を次に行なった。

図5のカメラ間距離を $b(=0.3m)$ ：一定)とすると

$$b = l \tan^{-1} \theta \dots\dots\dots (2)$$

の関係が求まる。ここで $\theta$ を求めることなく、カメラ-人物間距離(m)と画像上との関係で水平補正距離 $y$ (画素)を決定する。カメラ人物間距離が異なる15枚の画像に対して実験的に適正な補正を行って求めた $y$ とをプロットした値に対して回帰直線を求めた結果が式(3)である。

$$y = 0.115l - 83 \dots\dots\dots (3)$$

式(3)は図5のように人物と赤外線カメラ間が $m$ で、赤外線カメラから0.3m離して設置した可視カメラで撮影した画像は中心から左側へ $y$ (画素)移動して赤外線画像へ当てはめる必要があることを示す。このように補正した可視画像に対して口ヒゲ用テンプレート(後述)を手作業で適用して色抽出を行った。

3. 赤外線画像の特徴量<sup>9),10),12),13)</sup>

3.1 頬型・あご型テンプレートによる特徴量

顔の温度は撮影時の周囲温度によって影響を受ける。そのため周囲温度の影響を受けない識別方法を検討する必要がある。その方法として図3に示す頬型とあご型のテンプレート内の階調値を使用して、頬の平均階調値とあごの平均階調値との比(以下「頬/あご」)を取ることにした。これは周囲温度が変化することで頬の温度が変化しても同じ温度にさらされているあごもそれに合わせて変化するので「頬/あご」の値は一定で変化しないことを利用するためである。さらにあご部分は皮下脂肪が少ないために皮膚温度に男女差がない利点がある。男女各3名を対象に周囲温度を変化させて「頬/あご」のデータを採取したところ、周囲温度

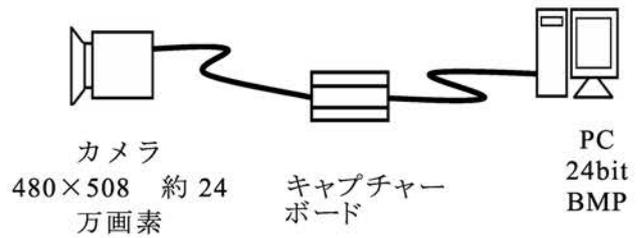


図4 カラー画像の撮影  
Fig.4 Color image system

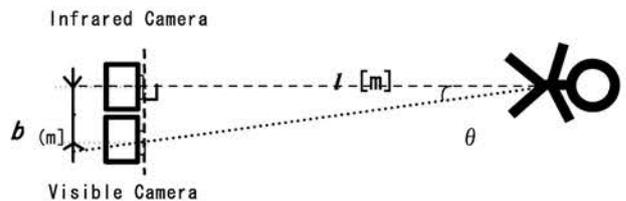


図5 人物とカメラの位置関係図  
Fig.5 Arrangement of person and camera

に影響されず一定の値を取ること、男性は大きい値を、女性は小さい値を取ることが分かった。これは前述したようにあごの温度は男女差がなく、頬温度は男性が高く、女性は皮下脂肪のために低い傾向を有するためである。したがって「頬/あご」は周囲温度の影響を受けない男女識別に有効な特徴量である。

3.2 頬の温度分布による特徴量の提案

さらに男女の相違を検討したところ頬から目元に掛けて男性はほぼ一定の温度(分散が小さい)であるのに対して、女性は目元付近で温度が低下している(分散が大きい)ことが分かった。これは男女の体脂肪率の相違が頬部分に反映した結果である。この特徴を得るためのテンプレートを図6に示す。この場合もテンプレートの正規化に式(1)を用いる。このテンプレート内の温度分布状態を強調して表すために分散の2乗部分を式(4)の様に4乗として平均からの差を強調する指標を定義し、これを強調分散値と呼ぶことにする。式(4)に似通った指標に尖度があるが、この尖度を試行した結果、良好な結果は得られなかった。尖度は式(4)のかっこ内を標準偏差で割るので求まる値が小さくなり分布範囲の反映度合いが劣化するためである。この強調分散値は温度分布の狭い男性は小さい値を、温度分布の広い女性は大きい値をとり男女間で相違が生まれる。男女各3名を対象にカイロと冷却材を用いて、

頬とあごに温度変化を与えてデータを採取した結果、強調分散値は温度に影響されずほぼ一定の値(男性は小さく、女性は大きい)を示した<sup>13)</sup>。したがって、強調分散値は周囲温度の影響を受けない特徴量である。

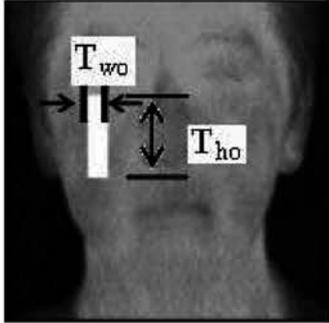


図6 頬テンプレート  
Fig.6 Cheek Template.

$$E = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4 \quad (4)$$

$E$ :強調分散値  $\bar{X}$ :平均  
 $n$ :テンプレート内の画素数  
 $X_i$ :各画素の階調値

### 3.3 顔全体を用いた特徴量

これまでは男女差が明確となる顔の一部分を抽出し識別を行ってきたが、新たに図7に示すテンプレートで目から下の鼻を除いた顔全体を用いて男女差を検討した。識別方法は階調値200以上の画素数と顔全体の画素数(背景の黒い部分(階調値1~15)を除くため階調値16~255とした)との比をとり、さらに周囲温度の干渉を避けるためにあご型テンプレートの平均階調値で割ったものを用いた。ここであご型テンプレートの平均階調値JMとの比を取るの3.1で述べたように周囲温度の影響を除去して正規化するためである。また、階調値200以上の画素数としたのは予備実験を行った結果、この場合が一番識別率が高かったためである。これを正規画素数[200]と呼びNP[200]と記すことにし、式(5)に示す。この式(5)で10000を乗じたのはそのままでは値が小さくなり分解能が劣るためである。



図7 顔テンプレート  
Fig.7 Face template.

$$NP[200] = \frac{\sum_{i=16}^{255} P_i}{\sum_{i=16}^{255} P_i} \times \frac{10,000}{JM} \quad (5)$$

$P_i$ :階調値  $i$  の画素数  
 $JM$ :あご型テンプレート内階調値の平均値

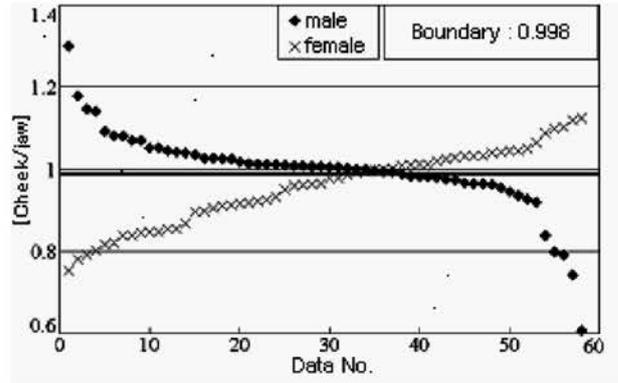


図8 しきい値の決定  
Fig.8 Decision of threshold.

### 4.しきい値の決定方法

男女識別のためのしきい値は測定したデータより無作為にしきい値を決めるためのデータを選定し、このデータを下記のように処理することで決定した。しきい値は図8の例では特徴量を男性降順、女性を昇順に並べ、男性と女性が交わる値をしきい値とする。このしきい値を境に男性のデータが多い方を男性の領域、もう一方を女性の領域とする。図8で男性はしきい値より大きい領域に多数のデータがあるので太線上方を男性とする。このようにして決定したしきい値を認識対象に当てはめて識別率を求めた。本論文でしきい値に利用した人数と、識別対象者の人数を下記に示す。

[重み付けをした赤外線画像による識別]

しきい値: 男女50人

識別対象者: 男性144人、女性66人

[カラー画像による識別]

しきい値: 男女10人

識別対象者: 男性28人、女性21人

両方の識別対象者の年齢は男女とも16~22歳が8割、残りが23~40歳である。女性は約6割が化粧をしている。

### 5. 赤外線画像の特徴量に重み付けした場合の識別結果

赤外線画像の各特徴量は測定結果からしきい値付近の値は本来男性(女性)であるにもかかわらずわずかに女性(男性)の範囲に入る場合がかなりあり、これが識別率悪化の一因となっている。したがって、このよう

表1 特徴量の重み付け  
Table 1 Weight of feature.

[頬/あご]	1.2 以上	~1.1	~0.984	~0.9	~0.8	0.8 未満
強調分散値	10,000 以下	~20,000	~26,790	~300,000	~400,000	400,000~
正規画素数	40 以上	~30	~26.6	~20	~10	10 未満
点数	+3	+2	+1	-1	-2	-3

な特徴量を補正して識別率の向上を図るために、①[頬/あご]、②強調分散値、③正規画素数の3つの特徴量に対してしきい値と特徴量との差に重みを付加して識別することを行った。

得られた特徴量がしきい値に近い場合は前述したように識別を誤っている場合が多いことから、これを訂正して正しい識別結果を導き出す目的で小さい重み付けをし、逆にしきい値から離れた明らかに男女の特徴量を持つ場合は大きな重みを付加して男女の特徴を強調した。このような考え方にに基づき±1、2、3の重みを付加した[頬/あご]の例を図9に、表1には±1、2、3の重みに対応する3つの特徴量の範囲を示す。識別は表1で与えられた重みの合計がゼロ以上ならば男性、未満ならば女性として識別する。例えば[頬/あご]が1.12(+2)、強調分散値が307800(-1)および正規画素数[200]が35(+2)の場合は合計が+3であるので男性と識別する。このようにして行った識別結果は男性79[%] (114人/144人)、女性74[%] (49人/66人)で両者を総合すると表2に示すように77.6 (約78) %となった。この結果は以前の男女総合の結果73.1[%]よりも4.5[%]向上している。これは特徴量に重みを付加して識別に幅を持たせた効果であると考えられる。

表2に赤外線画像による各識別結果を示す。この表の①②③(重み付け無しの単独)を見ると男性の識別率の方が良い。これは男性の場合は3つの特徴量の分散が女性と比較して小さい傾向にあるためである。特に男性の強調分散値はすべてが20000以下の範囲にあるために重み付けは+3~+2の範囲となり男性側の特徴が大きく出ている。これに反して女性の強調分散値は40000を超える大きい値をとる識別対象者は少なく、女性の範囲内ではあるが-1の範囲をとることが多い。したがって、識別対象者が女性で、本来女性であるべき他の特徴量が男性の範囲内にある場合は女性側に修正されない。以上のような要因で重み付けしない各特徴量単独では女性の識別率が劣る結果となっている。しかし、3つの特徴量を重み付けして組み合わせた識別結果には男女差はほとんどない。

初期の目的は識別率を約10%向上させることであ

表2 赤外線画像での識別率  
Table 2 Distinction rate by thermogrphy.

識別方法		男性	女性
73.1[%]	①[頬/あご]	71[%]	69[%]
	②強調分散値	70[%]	64[%]
	③正規画素数[200]	74[%]	65[%]
重みを付加して組み合わせ後		75[%]	76[%]
総合		77.6[%]	

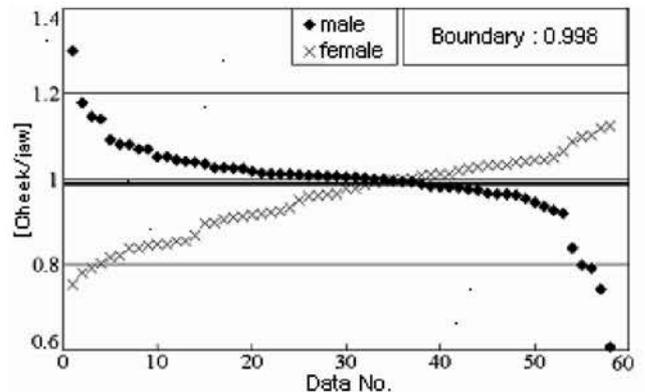


図9 重み付けの例  
Fig.9 Example of weight.

ったが、向上したのは半分の約5%であったので、カラー画像と併用することでさらに識別率の向上を図ることとした。

## 6. カラー画像の特徴量

前章までは赤外線画像を用いた男女識別について検討してきたが、識別率向上のためにカラー画像を用いた識別方法を併用することを検討した。カラー画像による識別では既に提案されている女性の化粧(口紅など)による識別方法ではなく新しい識別方法を検討その結果、前述の赤外線画像の場合と同じく第二次性徴で発現する男性のヒゲの発現を利用することとした。なお、カラー画像の場合は特徴量に重み付けは行わな

い。特徴量の対象としたのは口ヒゲである。口ヒゲを対象とした理由は下記の2点である。

1. 他のヒゲに比較して個人差が少なく、男性ならば必ずある。
2. ヒゲがある部分が他のヒゲ部分に比較して平面的であり、かつ正面から捉えやすい。

### 6.1 ヒストグラムの差による特徴量

最初にヒゲの黒色抽出による識別方法を予備実験を行い検討したが、この方法では撮影時の照明条件に大きく影響を受けることが分かった。そのためヒゲ検出方法として被写体自身の頬の肌色とヒゲのある口ヒゲ部分の色を比較する方法を検討した。具体的にはヒゲが無ければ頬部分と口ヒゲ部分の色差は小さく、ヒゲがあれば色差は大きくなることを利用する。色差は頬部分と口ヒゲ部分を抽出してこの中のRGB各々のヒストグラムの画素数を利用する。この際にヒストグラムの縦軸の最小値(min)を0、最大値(max)を100として正規化を行い差を取る。このヒストグラム正規化の様子を図10に、正規化後の画素数を式(6)に示す。

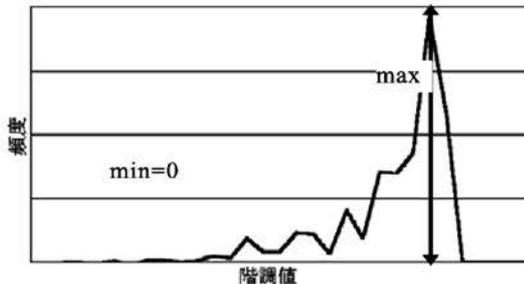


図10 ヒストグラムの正規化  
Fig.10 Normalization of histogram.

$$\hat{X}_c[i] = \sum_i \frac{X_c[i] - \min}{\max - \min} \quad (6)$$

$i$ : 階調値  $C$ : R, G, B  
 $\max$ : RGB のヒストグラムの最大値  
 $\min$ : RGB のヒストグラムの最小値  
 $X_c[i]$ : RGB のヒストグラムの画素数

色差は図11(a)に示した頬と口ヒゲ部のテンプレート内画素数差の絶対値を式(7)に示すようにR、G、Bの各々三色に対して求める。

$$Sub_c = \sum_{i=0}^{255} |cheek_c[i] - mouth_c[i]| \quad (7)$$

$i$ : 階調値  $C$ : R, G, B  
 $cheek$ : 図 11(a) の頬部テンプレート内の階調値  $i$  の画素数  
 $mouth$ : 図 11(a) の口元部テンプレート内の階調値  $i$  の画素数

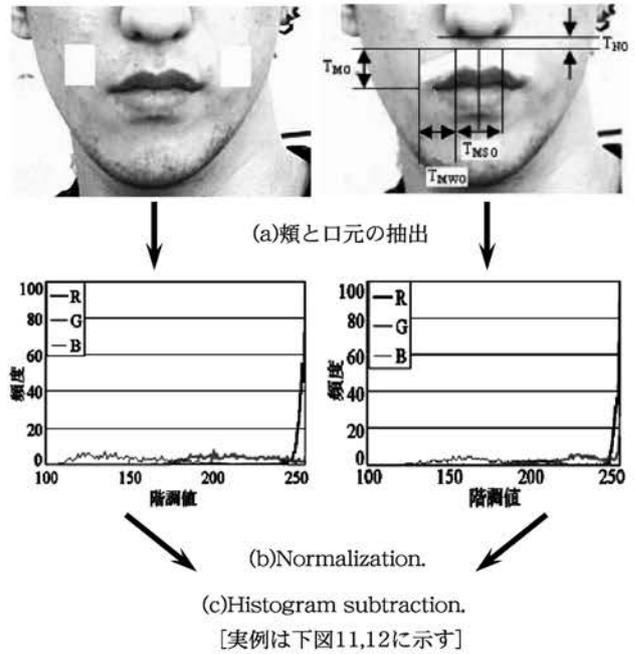


図11 ヒストグラムの差による識別  
Fig.11 Distinction by histogram.

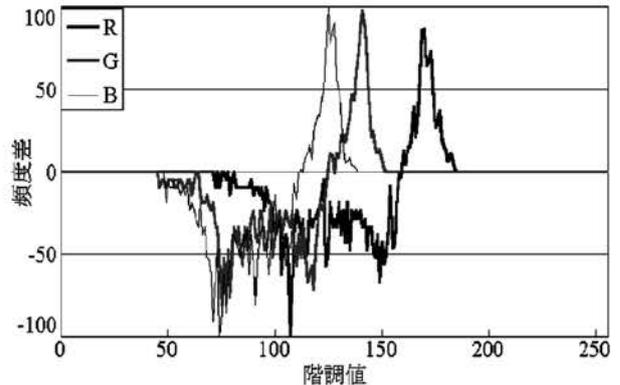


図12 男性のヒストグラム差の例  
Fig.12 Example of male histogram subtraction.

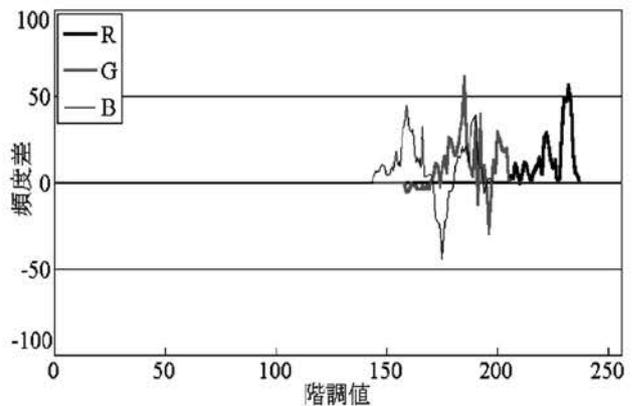


図13 女性のヒストグラム差の例  
Fig.13 Example of female histogram subtraction.

ここで図11(a)の左に示す白く塗つぶした頬部分のテンプレートは前出の図3の赤外線画像と同じものを唇の端を水平に伸ばした位置にテンプレートの底辺が合うように移動して(大きさも同じ正規化を行い)配置

する。同じく図11(a)右の口ヒゲ部の基準テンプレートは鼻筋を基準に左右対称に鼻の下TNO(10画素)の位置に、垂直方向TMO(15画素)の範囲で、横幅は鼻筋を基準に水平に左右TMSO(16画素)でここから上下の唇が重なる部分を水平に延ばした点と交わるTMWO(12画素)の範囲の大きさで配置する。大きさは式(1)に従い可変し、この部分の色(=ヒゲの黒)を抽出する。

このようにすると男性は頬の肌色とヒゲの黒との色差があるので両者のヒストグラムの画素数差が大きく、反対に女性は小さくなることを男女識別に利用する。ヒストグラムの差を取った例を図11と12に示す。識別は式(7)から算出されるR、G、B各々のヒストグラムの差(=画素数の差)の絶対値各々に前述した4.の方法でしきい値を定めて、R、G、B3つの内2つ以上がしきい値以上の場合は男性、その他の場合を女性として識別を行う。

6.2 ヒストグラムの相関による特徴量

6.1では頬部分と口元部分の色差を用いることでヒゲ検出を試みたが良好な識別率は得られなかった。これは色分解能が24bitと高分解能であるため照明条件や認識対象者自身の鼻などによる影が影響してわずかな色差でもヒストグラムに反映し(実際はそれほど差がないにもかかわらず)大きな差となって検出されてしまうためである。この現象を避けるために識別対象毎に頬部分と口元のヒゲ部分の相関をとり相関が大きければヒゲが無いと推定できるので女性、逆の場合は男性と判定する。この考え方を採用することで照明や影などによる色差の影響を受けずに適正にヒゲの有無が判定できると考えた。ヒストグラムの相互相関関数を式(8)にまた、識別に用いた特徴量(相関値: Correlation value)の算出式を式(9)に示す。

$$\phi_{cmC}[\tau] = \sum_{i=0}^{255} cheek_C[i]mouth_C[i-\tau] \quad (8)$$

$\phi_{cm}$ :頬と口元の相互相関  $i$ :階調値

C: R, G, B  $\tau$ :階調値の推移

cheek:図 6(a)の頬部テンプレート内の階調値  $i$  の画素数

mouth:図 6(a)の口ヒゲ部テンプレート内の階調値  $i$  の画素数

$$Correlation\ value_C = \frac{\max(\phi_{cmC}[\tau])}{\phi_{ccC}[0]} \quad (9)$$

$\phi_{cc}$ :頬部自己相関

$\phi_{cm}$ :頬と口ヒゲ部の相互相関

式(9)では最初に前出の式(6)で頬部と口ヒゲ部のヒストグラムを正規化し階調値の推移である  $\tau$  を0とし

た場合の頬部自己相関  $\phi_{cc}$  を求める。次にヒストグラムの階調値の範囲が100程度であったことから  $\tau$  を階調値範囲の1割の  $\pm 10$  として頬部と口ヒゲ部の相互相関  $\phi_{cm}$  を算出し、その最大値と頬部自己相関との比を取り相関値を求める。この頬部と口ヒゲ部の相関値は男性はヒゲがあるため低く、女性は高くなる。予備実験として男性38名、女性31名の集団にこの方法を適用した結果を表3に示す。男女の識別率を見ると

表3 ヒストグラム相関の結果  
Table3 Result of histogram correlation

相関値	男性	女性
0.70~1.30	37[%]	45[%]
0.75~1.25	61[%]	39[%]
0.80~1.20	76[%]	29[%]

※ 男性は相関値外、女性は相関値未満内として識別

相関値が男性は1.20以上、女性は多少の変化はあるが0.80~1.20未満範囲の場合が最適となったので、相関値が各々この値の範囲に入った場合に対応して男性または女性と識別することにした。

7. 識別実験結果と考察

7.1 赤外線画像の特徴量の取り扱い

カラー画像と赤外線画像を併用した手法の識別率を評価するために4.の後半で述べたように新たに男性38人、女性31人に対してデータ採取を行った。この中のそれぞれ男女10人を任意に選定(両方の手法に共通に)してこのデータからカラー画像のしきい値を決定し(赤外線画像に対するしきい値は前出の表1を適用した。この場合選定した10人はカラー画像の場合と人数をそろえる意味合いしか持たない)、残りの男性28人、女性21人に対して識別実験を行った。最初は表1に示した重み付けにしたがって赤外線画像を識別し、この結果とカラー画像の2つの特徴量との計3つの識別結果を組み合わせた多数決(2/3~3/3)により識別した結果、82%を得た。この識別率は予期したよりも低い値であった。そこでその理由を検討した結果、この場合は赤外線画像の3つの特徴量を含めた5つの特徴量で識別結果を決定する方法と比較すると、赤外線画像の3つの特徴量が一つの結果に集約されてしまい、赤外線画像の特徴量が正しい識別を示していても最終識別結果に反映されない場合が生じることがわかった。

例えば下記

[重み付け赤外線画像] (男 男) 男	[カラー画像] 女 女	[最終識別] 女
[赤外線画像] 男 男 男	[カラー画像] 女 女	[最終識別] 男

のように重み付け赤外線画像の結果が男性と出て(かっこの内2つは表には出ない)、カラー画像の二つが女性であれば3つの多数決では女性となる。しかし、重み付けを行わない赤外線画像の3つの特徴量による識別が上述のようにすべて男性となっていた場合は、5つの中で赤外線画像3つが男性であるので最終識別結果は男性となる。どちらが正しい結果を導くかを予備実験で調査した結果、赤外線画像の3つの特徴量をそのまま使用して5つの多数決を採った方が優れていることが判明した。したがって、次に重み付けを行わない赤外線画像による手法の3つの特徴量とカラー画像2つの特徴量との計5つで識別を行った。

### 7.2 各特徴量の識別率に対する考察

表4に赤外線画像2つとカラー画像2つの計5つの特徴量を組み合わせた場合の識別率を示す。この表4の上段①～③までの赤外線画像による特徴量では男性の識別率が女性よりも低くなっている。これは新たに採取した識別対象者中に肥満型の男性が7人存在し、この中の3人が①の特徴量で女性と識別され、他の2人が②と③の特徴量で女性と識別された(この5人以外にも誤識別された対象者はいるが)ことが影響していると思われる。しかしカラー画像の特徴量⑪と⑫ではこれらの女性と誤って識別された5人中4人が正しく男性と識別され、表4の特徴量①②③⑪⑫の多数決を採った最終識別結果ではこの4人は男性と正しく識別された。これは肥満型の体脂肪率が高い男性が赤外線画像のみの識別の場合は誤って女性と誤識別されてしまう可能性があったが、カラー画像のヒゲ検出で訂正されて正しく男性と識別されたということである。このようなことからカラー画像を併用することが有効であることがわかった。女性は全員が平均的な体型であった。女性の場合は髪の長さや髪型の個人差が大きいのでこの影響が考えられる。具体的には髪形によって顔面皮膚上の放熱特性(髪が顔面の放熱器の役割を行うことで)が影響を受けて本来の皮下脂肪分布状態が赤外線画像に正當に反映されない場合が生じると考えられる。

本手法はカラー画像を併用しているため認識対象者の髪型の状態を判別可能であるので、この情報を赤外線画像の特徴量に反映させて識別率の向上を図る予定

である。さらに赤外線画像による特徴量に影響を及ぼす、すなわち体脂肪に影響を与える因子として前述した体型がある。肥満型の場合は体脂肪率が高く、やせている場合は低い傾向がある。これを検出するために顔輪郭の抽出を行い、その円形度(丸顔の場合は肥満型の傾向がある)と特徴量との間係を調べその影響を考慮して特徴量を修正することも考えている。

### 7.3 総合識別率に対するカラー画像の貢献

表4に赤外線画像とカラー画像の計5つの特徴量を組み合わせて多数決により識別した結果を示す。この表の最下段に示すように、総合では85%の識別率となった。前述したように赤外線画像の特徴量での識別率は3種とも男性の識別率が女性よりも劣っている。一方カラー画像では男性の識別率が良い。この理由として、カラー画像で採用した手法では口元のヒゲの有無を検出しているため、鼻でできる口元の影が識別に影響していると考えられる。男性の方の識別率が高くなっているのは鼻による影があってもこれが口ひげに相当することになり識別を良好にする方向に働くためである。逆に女性はヒゲがないので悪化する原因となる。

赤外線画像とカラー画像を併用した本手法の場合にどの程度カラー画像による手法が寄与しているかを調べた結果を表5に示す。この表からカラー画像による手法は、男性は約50%(14/28人)、女性は19%(4/21)が識別に寄与し、女性は男性の1/3となっていることがわかる。この原因として前述した鼻の影が口ヒゲとして誤認識される影響がある。この問題の根本的な要因は照明である。

表4 識別結果

Table 4 Distinction rate.

識別方法	男性	女性
①[頬/あご]	71[%]	80[%]
②強調分散	61[%]	82[%]
③正規画素数[200]	72[%]	75[%]
⑪カラー差	75[%]	38[%]
⑫カラー相関	71[%]	24[%]
組み合わせ	<b>79[%]</b>	<b>90[%]</b>
総合	<b>85[%]</b>	

表5 カラー画像の貢献  
Table 5 Contribution of color image.

内訳	男性	女性
・5 種中カラー差と赤外 2 つで識別できた	3 人	3 人
・5 種中カラー相関と赤外 2 つで識別できた	2 人	0 人
・5 種中カラー差とカラー 相関, 赤外 1 つ又は 2 つで 識別できた	9 人	1 人
<b>カラー画像貢献 合計</b>	14/28 人 50[%]	4/21 人 19[%]

このようにカラー画像による手法は照明状態が大きく影響するため、これを改良できれば識別率が向上し、その結果、赤外線画像との組み合わせでの識別率も向上すると考えられる。また、表4の5つの特徴量の有効なものから順番に重みを大きく付加してその合計で識別することも考えている。このような処理を加えることでさらに高い識別率を得ることを目標としている。

#### 7.4 年齢と化粧の影響

本手法は14歳前後に発現する第二次性徴を利用する手法であるために、この年齢未満の男女に対しては適用できない。赤外線画像に関してはこの事実を確認済みである。また、高年齢に関しては約60歳までは適用できることを確認している<sup>10),13)</sup>。60歳以上に関してはデータ採取できていないので言及はできない。また、カラー画像の場合は約14歳以下の年齢ではヒゲの発現がないので適用不可能なことは明らかである。

赤外線画像による手法では化粧の影響は受けなことを確認している<sup>10)</sup>。カラー画像による手法は女性3名で予備実験を行った結果、特徴量は化粧の影響を受けないことを確認した。これは女性は男性の口ヒゲ部分を化粧品で肌色に塗ることからより女性の特徴量を加速するように機能することから容易に理解できる。

## 8. むすび

赤外線画像による識別では熱画像に現れる男女の特徴をととして、[頬/あご]、強調分散値、正規画素数の3つの特徴量を導入、し識別率を向上させるためにこれらの特徴量に重み付けをして組み合わせることで約78%の識別率を得た。その後カラー画像で男性の特徴であるヒゲに着目し、認識対象者自身の頬部分と口ヒゲ部分の色差を用いることで照明の影響を低減する識別方法を適用した。その結果は良好ではなかったが、それにもかかわらず赤外線画像の3特徴量と可視画像2特徴量の計5つの特徴量を組み合わせることで、両

者の特徴量の欠点を互いに補い合う効果があるため識別率が向上し85 [%]を得た。このように本論文では生体的特徴を利用して男女識別が可能であることを示した。

今後は照明の問題を解決することでカラー画像の識別率を向上させ、これにより組み合わせでの識別率を向上させる予定である。また、顔輪郭の抽出を行い、その円形度(≒肥満型か痩身型)を考慮して特徴量を修正することや、5つの特徴量の有効なものから順番に重みを大きく付加してその合計で識別することを検討する予定である。

実用的な男女識別を行うために残された課題として、種々のテンプレートを自動的に適用する手法の検討がある。現在予定しているのはエッジ検出で顔全体を切り取り、このエッジに長方形の枠を適用し大きさをそろえて正規化し、その後長方形内のテンプレート位置の座標を各々指定してテンプレートを形成し、その中の階調値や色を抽出することを予定している。

#### 参考文献

- 1) 数藤恭子, 大和淳司, 伴野明:モルフォロジーによるパターンズベクトラムを特徴量に用いた男女識別法, 電子情報通信学論文誌 Vol.J80-D-II, No.5, pp.1037 -1045 (1997).
- 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, 電子情報通信学論文誌, Vol.J83-D-I, No.8, pp.882-890 (2000).
- 3) D.F Marston: Gender Adapted Speech Coding, IEEE Proc. ICASSP, Vol.1, pp.357-360 (1998).
- 4) [http://www.tanita.co.jp/bwl/bm-q\\_a.html](http://www.tanita.co.jp/bwl/bm-q_a.html).
- 5) Anil Jain, Ruud Bolle and Sharath Pankanti :Biometrics Person Identification in Networked Society, Kluwer Academic Publishers, (1999).
- 6) 窪田金次郎: G.-H.シューマッハー, 図説体表解剖学, p56, 朝倉書店,(1992).
- 7) S.Nishino, S.Igarashi, A.Matuda: MAN AND WOMAN DISTINCTION USING THERMOGRAPHY, ICINCO 2004,First International Conference on Informatics in Control Automation and Robotics -Proceedings,Vol.2,pp.455-463 ,Setubal,Portugal,August (2004).
- 8)S.Nishino, S.Igarashi, A.Matuda, "Gender Determining Method using Thermography," IEEE-ICIP2004, Singapore, October (2004).
- 9) 西野聰,特許広報,国際公開番号:WO 2005/070301 A1.
- 10) 西野聰, 五十嵐幸代, 松田淳 :赤外線画像を用いた男女識別の試行, 2004年電子情報通信学会総合大会講演論文集,情報・システム2,D-12-15,pp.181,2004.3 (2004).
- 11) 西野聰, 松田淳, 五十嵐幸代 :赤外線画像を用いた男女識別の試行,電子情報通信学会技術報告書,NLC2005-53,PRMU2005-80,pp.101-106,September (2005).

