

近赤外線分光的画像を用いた男女識別の基礎検討

A Basic Study on Gender Determining Method using Spectrum Image of Near Infrared Ray

西野 聰*・松田 淳*・内田 有香*
Satoshi Nishino*, Atsushi Matsuda*, Yuka Uchida*

Male and female distinction is necessary to make security stronger and when various statistics on the visitor are taken in commercial facilities and so on. The conventional method of man and woman distinction is currently determined by using the person's appearance, the person's dress and in such cases, the way of walking, the foot pressure, the hair type. But, these characteristics can be intentionally changed by human intervention or design. The proposed method gets a difference in the male's and female's characteristics by taking images of the fat distribution of the person's face by near infrared ray camera. This is a male and female distinction based on the new concept idea which this is used for. Consequently, this can be used to distinguish a male from a female even if a male turns himself into the female intentionally (and vice versa), because this method involves biometrics authentication.

キーワード：近赤外線画像、性差、男女識別、体脂肪率、ホルモン

Key words : near infrared ray image, gender, male and female distinction, fat rate, hormone,

1. まえがき

男女識別はデパートなどの大型商業施設や娯楽施設の男女の来客統計を自動的に取るために必要とされている。さらに最近ホテルなどに設定されている女性専用フロアや、女性更衣室、女性トイレのセキュリティなどへの適用が考えられる。また、照明条件が限定されない手法が確立すれば、女性専用車両乗車時の男性乗車への警告などへの応用も考えられる。

従来の男女識別方法に関する研究は服装、髪型、歩き方、足圧⁽¹⁾⁽²⁾、声⁽³⁾などを用いたものがある。また、写真画像(眼鏡未着用の条件)に対して年齢と性別を推定する手法が発表されている。前者は識別率約90%、後者は97%の高い識別率が得られている。しかしこれらの文献で用いられている特徴量は、人間の意思によって恣意的に変えられる。これらに対して我々は全く異なった観点の、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単純な特徴量を利用した男女識別方法を赤外線画像(発熱画像)を使用して研究してきた。その結果、男女約130人に対して約79%の識別率を得た⁽⁷⁾⁽⁸⁾。この結果を基にさらに種々検討を行った結果、同様な原理を利用して近赤外線画像でも男

女識別の可能性があることがわかった。発熱画像の場合は高価な赤外線カメラ(サーモグラフィ)が必要であるが、近赤外線画像の場合はカメラが低価格であるので、安価なシステムが構築可能である。また、発熱画像の場合は温度を受動的に利用するため、周囲温度の影響を受け、これを除去するための工夫が必要であった。一方、近赤外線画像の場合は近赤外線を照射してその反射をのみを通過させるフィルタを介してグレースケールに画像化する能動的な手法であるために、周囲温度の影響を受けない。

本手法では光源として、一般照明光とハロゲンランプを使用した。撮影の波長はフィルタIR76により760nmからカメラのCCDで制限される1100nmまでの波長により行う。このようなことから、本手法での画像を近赤外線分光的画像と呼ぶ。現在、近赤外線の手法のみでは文献(2)に比べて識別率が低いが、カラー画像と組み合わせることで、眼鏡着用者も対象として約90%の識別率が得られることが判明している。カラー画像は同一カメラで近赤外線フィルタを着脱することで容易に撮影できる。

近赤外線画像で個人認識を行う試みはすでに行われている⁽¹³⁾が、男女識別に関する研究例は見当たらない。したがって、生体的特徴に基づく(ただし、意図的ななりすましが無い場合)安価な男女識別手法の基礎となり得ると考えている。

* 小山工業高等専門学校
〒323-0806 栃木県小山市中久喜 771
Oyama National College of Technology
Nakakuki771, Oyamashi, Tochigi 323-0806

2. 男女識別のための基礎原理

〈2.1〉医学的根拠 第二性徴期を過ぎると女性は女性ホルモンの一種のエストロゲンが分泌されそのために図1⁽⁴⁾に示すように、全年齢にわたって男性よりも体脂肪率が高くなる。この男女の体脂肪率相違の反映として、女性の顔面の皮下脂肪は男性よりも約3倍厚くなるのが知られている⁽¹⁰⁾したがって、女性はサーモグラフィで撮影した発熱画像の頬部分は厚い皮下脂肪のために血流による体温が遮断され、頬表面温度が低くなり(低階調値:黒色)、逆に男性は高く(高階調値:白色)なる傾向があることを確認している⁽⁷⁾⁽⁸⁾⁽⁹⁾。図1は一般的な傾向であり、現実には個人差が存在し、識別ではこの個人差が識別率悪化の要因となる。しかし、個々人の頬の皮下脂肪を赤外線画像で調査した結果(後述4.3.1)、男性女性の傾向がはっきりと出現していることを確認している。

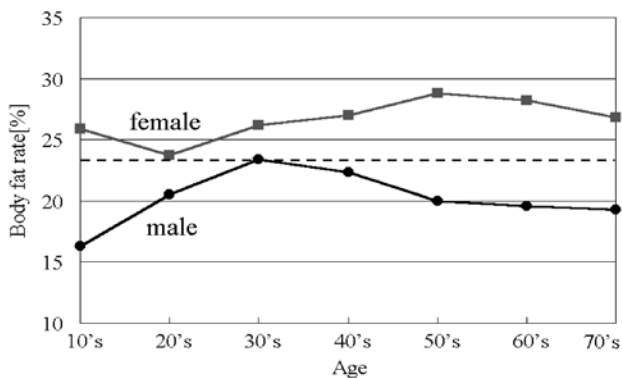


図1 男女の脂肪率の相違 [%]
Fig.1 Body fat rate [%]

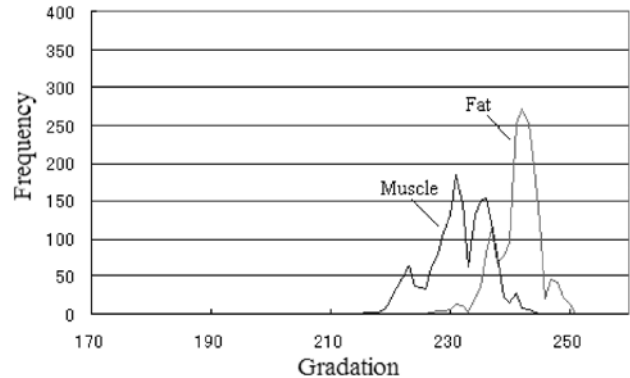
一方、近赤外線は水分に吸収される性質があり、水分を含む物質に照射すると、反射光が減少し低階調値画像(黒色)として画像化される。脂肪は筋肉に比較して水分が少ないことが知られている。例えばこのことを利用して電気伝導率により体脂肪率を測定することなどが行われている。近赤外線は前述した性質を持つために、脂肪に照射すると筋肉に照射した場合よりも吸収される割合が少なくて反射が大きく高階調値(白色)として画像化され、女性の頬にこの傾向が現れる。

さらに、もう一方の第二性徴期以後の特徴として、男性のヒゲの発現がある。この結果、男性の口元やあご部分はヒゲの黒色のために、この部分の近赤外線画像は低階調値となる。このことから、本手法では、あごヒゲ部分も頬と合わせて識

別に採用する。これらのことが本論文の医学的根拠となっている。本手法は、以上の2点の特徴を近赤外線画像で捉えることで男女識別を行う。

〈2.2〉脂肪および筋肉に対する近赤外線照射

男女識別に関連するのが脂肪であることから、近赤外線を筋肉部分と脂肪部分に照射した時の階調値の相違を調査する。このために近赤外線カメラで人間の組成に似ているといわれている豚肉を撮影した。人間の皮下脂肪は皮下約2mmにあるのでこれと等価な条件を作り出して測定した。実際の人工皮膚は高価であるのでその代わりに小麦粉で形成された皮状の食材(厚さ約2mm)を模擬皮膚として使用した。最初に皮膚に覆われていない状態を、次に模擬皮膚を豚肉の筋肉と脂肪の両者に被せて撮影した。この両者の階調値の相違を調べたヒストグラムを図2に示す。この図2から模擬模擬皮膚を被せた場合に一部はヒストグラムがオーバーラップして分解能が低下しているが、階調値は区別できることがわかる。また脂肪はヒスト



(b) Covered mimic skin

図2 皮膚の有無による階調値の相違
Fig.2 Gradation deference of skin effect

グラム形状が鋭角的(後述の尖度が大きい事に相当する)であることも見て取れる。以上の模擬実験から顔の頬部分の皮下脂肪は近赤外線の反射強度(=階調値→尖度に反映)で測定可能なことが確認できた。

前述の事実をさらに他方向から確認するために近赤外線分光分析計(鳥津製作所)を使用して後述する近赤外線カメラと同じ分光特性範囲(700~1100nm)で豚肉の脂肪と筋肉の測定を行った結果を図3に示す。この図から脂肪の方が筋肉よりも高階調値であることがわかる。

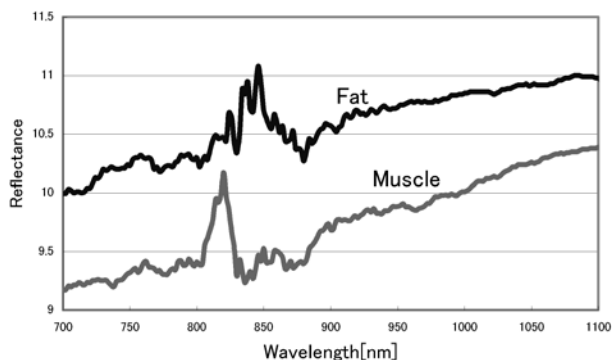


図3 近赤外線分光分析計による男女の頬部分の測定
Fig.3 Measurement result of man and woman using near infrared ray analyzer

〈2.3〉ヒゲ部分の近赤外線画像 体脂肪率(→頬部分の皮下脂肪)のみでは体型(肥満、痩身)などによる個人差が存在するので誤識別が発生することが考えられる。そのため第二次性徴前後の男性には鼻下の上唇上部とあご部分(これ以外に頬部分もあるがこの部分に関しては個人差が大きい)にヒゲが発現することを併用することにした。

あごの皮下脂肪は男女とも少なく、その上男女差がない。したがって、皮下脂肪の影響を除去してヒゲの有無のみによる階調値差を検出できることから、あごヒゲ部分を利用することにした。近赤外線で男性のヒゲ部分を撮影するとヒゲの黒色により低階調値で画像化される。一方、女性はヒゲが無いので男性よりも高階調値となる。

3. 男女識別のための照明方法の提案

近赤外線は可視光に隣接し、波長が可視光よりも長い領域の光である。そのため近赤外線画像は可視光画像ほど外乱光の影響を受けない。しかし、太陽光や一般の照明にも近赤外線が含まれているために、近赤外線画像はこれらの影響を受ける。また、システムを設置する場所で照明環境が異なる

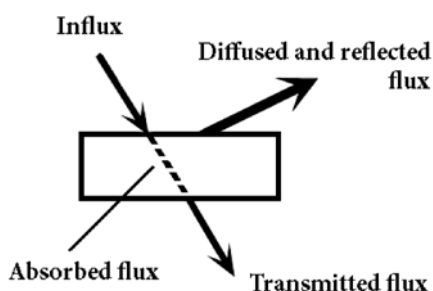


図4 拡散・反射光と吸収光、透過光
Fig.4 Diffused, reflected flux, and absorbed/transmitted flux

るので、この条件を補正する必要がある。

〈3.1〉透過光による減衰 固体に近赤外線光を照射した場合は、拡散・反射光以外に図4に示すように吸収光と透過光が存在する。近赤外線の透過光(→吸収光に影響される)に関しては(単波長光の場合)、Lambert-Beerの法則が成立し、吸収光が原因で下記のような透過光の減衰 α が生じる。

$$I_0 = I_i e^{-cde} \tag{1}$$

I_0 : 透過光

I_i : 入射光

$$\alpha = cd\varepsilon \tag{2}$$

c : 物質の濃度 d : 光波長 ε : 比例定数

$$\alpha = I_{o1} - I_{o2} = (I_1 - I_2)e^{-a} = Se^{-a} \tag{3}$$

α : 差分画像(オン画像-オフ画像)の透過光

I_{o1} : オン時(一般照明光と照射光が重なった時の透過光)の入射光

I_{o2} : オフ時(一般照明光の透過光)の入射光

差分画像の透過光の減衰 α の式(3)から、拡散・反射光は減少する、すなわち入射光の観点からは入射光が吸収光と透過光となり指数関数的に減少するのがわかる。そのために入射光が強くなれば(ここでは照射光がオン時)式(3)にしたがって物質中で吸収される割合が大きくなり、拡散・反射光は急激に減少する。一般に外乱光を除去する目的で近赤外線光(一般には近赤外線LED)をオン・オフして撮影し、オン画像からオフ画像を引いた差分画像(差分画像: 実際は差の絶対値を取るが以下このように記す)で外乱光の影響を除去することが行われる^{(1),(2),(3)}。しかしこのようにすると、前述したように照射対象の近赤外線の吸収光により拡散反射光が減少し、画像全体の階調値が低下する。この原因について検討を行う。図5に種々の照明条件で撮影した顔画像とそのヒストグラムを示す。図5(a)に一般照明光のみ(照射光オフ時)の場合を、(b)に照射光(この場合はハロゲンランプ)オン時の画像を示す。

以下で述べる一般照明とは、ブラインドを閉じて外光を遮断した状態での(ただし、外光の一部はブラインドの隙間から入り込む)、天井に設置されている蛍光灯からの照明を示す。

ここで固体が人物の顔とすると、近赤外線光は人体の水分に吸収され一部は透過し、その減衰 α は式(3)に示したように大きい。以上から、一般照明光に近赤外線光を加えて照射した状態から近赤外線光をオフにした状態の拡散・反射光は下記のようなになる。なお、ここでの吸収光とは透過光を含むものとする。

$$\frac{[(\text{一般照明光} + \text{照射光}) - (\text{一般照明光と照射光オン時の吸収光})]}{\text{照射光 ON 時}}$$

$$\frac{- (\text{一般照明光} - \text{一般照明光の吸収光})}{\text{照射光オフ時の一般照明光の差分相当分}}$$

$$= [(\text{照射光}) - (\text{一般照明光と照射光オン時の吸収光})] + (\text{一般照明光の吸収光})$$

照射光は近赤外線通過フィルタを発光部分全面に設置しているため近赤外線のみが顔に照射される。近赤外線は肌中の水分に吸収されて減少するので、一般照明光内の近赤外線光の吸収よりも減衰は大きいと考えられる。差分画像の減衰 α は式(3)に示したように減少するので、照射光オン時で近赤外線入射光が大きくなると、オフ時に比較して指数関数で減衰が大きくなる。したがって、

$$\text{一般照明光と照射光オン時の吸収光} > \text{照射光の吸収} > \text{一般照明光の吸収光}$$

が成立し、かつ下記大小関係が同時に成立すると推定される。

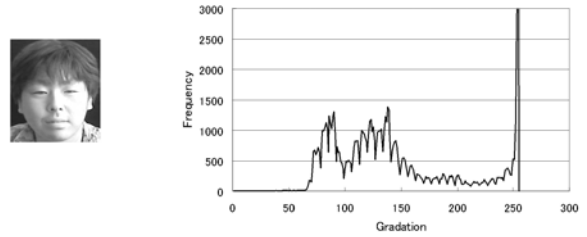
$$\frac{(\text{一般照明光と照射光がオン時の吸収光})}{(\text{一般照明光の吸収光})} > \text{照射光の吸収光}$$

以上のことから、近赤外線光のみで撮影した画像の階調値は

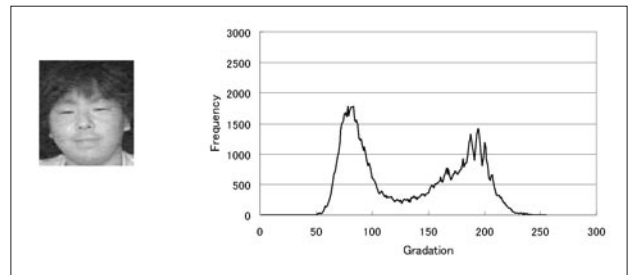
$$\text{照射光単独の階調値} > \text{差分画像の階調値}$$

(図5(d)) (図5(c))

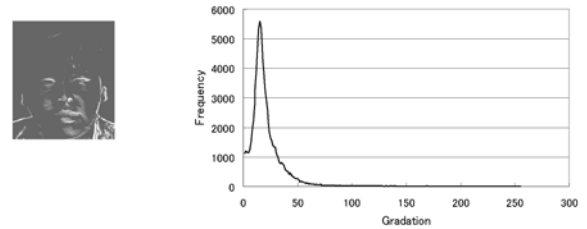
となり、差分画像の階調値が照射光単独時の画像(図5(d))よりも低下する。すなわち、一般照明と照射光(オン時)の減衰・透過光が大きく影響して差分画像の階調値を低化させてしまう。



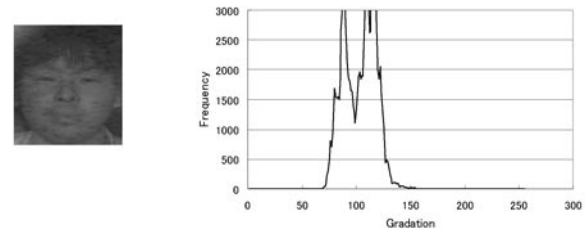
(a) 照射光 (ハロゲンランプ) オフ画像



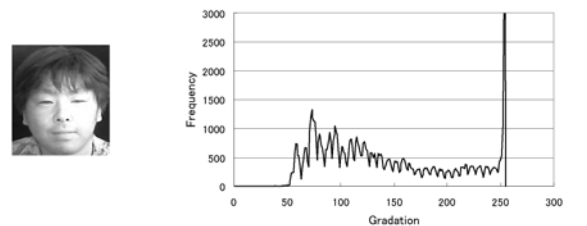
(b) 照射光 (ハロゲンランプ) オン画像



(c) 差分画像 オン画像 - オフ画像



(d) ハロゲン単独画像：暗室で撮影



(e) LED (850nm) 単独画像：暗室で撮影

図5 照明方法による画像の相違
Fig.5 Image competition by lighting method

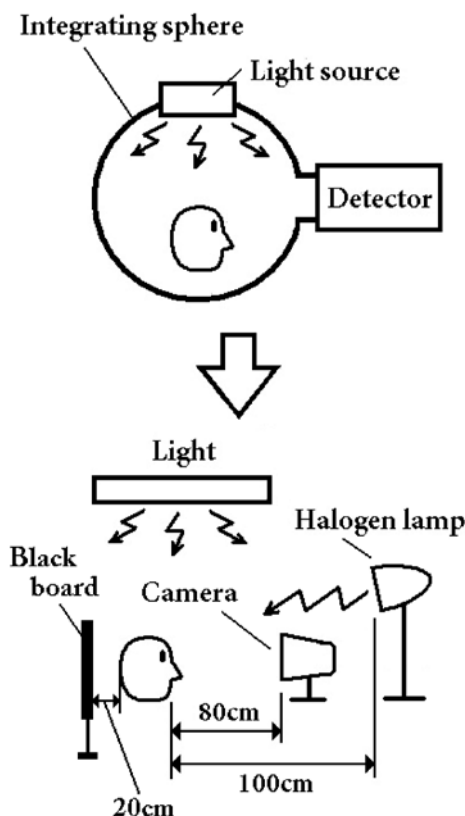


図6 積分球と照明方法
Fig.6 Integrating sphere and lathing method

また、LEDは単一波長（分光特性は多少の広がりがあるが）である。したがって、単一波長の場合はこの波長に対応した反射率（吸光度）の画像しか得られず、図5(e)に示ように良好な階調値分布（ヒストグラム）が得られない。

〈3.2〉良好な階調性の獲得 可視光画像光源のでは物体の色をどのくらい自然に近くできるかを演色性という言葉で表現している。これに対して、本論文では近赤外線画像のグレースケールの再現性を階調性という言葉で表現することにする。差分画像では前述した理由で良好な階調性が得られず、皮下脂肪の検出が困難である。

一般に不透明な固体のスペクトル測定の場合は拡散反射法が用いられる。本手法は被測定物体（この場合は顔）からの反射光を利用する近赤外拡散反射法である。階調値を精度良く検出するためには、測定対象（この場合は顔）に均等に光を照射する必要がある。このため、一般的な分光測定では光を多くの方向から照射して拡散させるために図6の上を示すような積分球が用いられる。しかし、顔を対象としているので積分球の使用は現実

的ではない。そこで、本論文では、積分球と同じ効果を出すため図6の下に示すように、近赤外線分光器で近赤外線の光源として使用されているハロゲンランプと、天井の蛍光灯（蛍光灯のエネルギー配分は下記のようにになっている）を光源とし

蛍光灯のエネルギー配分		
・赤外線放射	線光	30%
・可視放射	光	25%
熱伝導と対流損失		45%

て併用し、均一に顔に光を照射するようにした。上記のように蛍光灯は赤外線放射が30%存在する⁽¹⁷⁾。したがって、この天井に設置されている蛍光灯の赤外線放射を積分球と同じ効果を出すためにに利用する。ハロゲンランプには顔に照射するためにまぶしさを除去して近赤外線のみを照射するために、近赤外線フィルタIR76を前面に貼り付けた。また、同時にカメラ側にも同様なフィルタを貼り付けた。図7のカメラの周囲に取り付けられているに850nmのLEDを照射して暗室で撮影した（外光の影響を除去する目的で）画像を図5(e)に示した。この画像とそのヒストグラムからわかるように、単一波長光を照射した場合は良好な階調性を得ることができない。したがって、本手法では図7のカメラ周囲のLED光は図の右下に示したカバーで覆って遮断し、ハロゲンランプ光と一般照明光で撮影した画像が図5(b)であった。

この図5(b)の場合に顔に照射される光は、ハロゲンランプの光に加えて一般照明の広い近赤外線波長領域が含まれている。したがって、700～1100nmの波長領域の近赤外線（可視光領域はフィルタIR76により遮断されている）が含まれていて顔に照射されていると考えられる。その結果、図3と同じ効果をもつ分光的な階調値画像が得られていると推定できる。本論文ではこのようにして得られた画像を、分光器で得た分光特性に対応して分光画像⁽²⁰⁾と呼ぶ。

このように本手法で用いた蛍光灯とハロゲンランプを組み合わせる照明方法は、可視画像の絵画で色を明瞭に展示するような場合（モナリザ展示）でも行われている。

〈3.3〉拡散反射光の補正 本手法を適用する場所が異なれば照明条件もことなるのでこれを補正する手段が必要である。拡散反射光と吸収係数

との間系を定量的に表現したものとして下記式(4)の、Kubelka-Munkの式がある。

$$\frac{K}{S} = \cosh\left(\log \frac{1}{R}\right) - 1 \quad (4)$$

K: 吸収係数 S: 散乱係数

R: 相対拡散反射率(試料からの反射光の強度と標準物質からの反射光の強度の比)

式(4)から、波長範囲が広くなければ拡散反射光と吸収係数すなわち拡散反射光により得られた画像の階調値は線形とみなすことができる。本手法はこの条件を満たす。したがって、次のように階調値補正を行う。

補正は標準白色板を使用して行う。適用場所の照明環境(ハロゲンランプによる照明を含め)で白色標準版を撮影し、測定する。その後下記式(5)で階調値を補正する。このようにして異なった照明下での条件をそろえ、その階調値分布(ヒストグラム)を利用する。

$$X_i = \frac{P_i}{H} \times 255 \quad (5)$$

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

〈3.4〉測定方法とシステム構成 図7に示したカメラ、は一般に市販されている監視用カメラであり、夜間監視のための近赤外線発光ダイオード(前述のようにこれは使用せず)が配置されている。カメラの受光素子はCMOSイメージセンサー(光波長感度範囲は400 ~ 1100nm)である。カメラレンズの前に前述したように、フィルム状の近赤外線フィルタIR76(波長760nm以下の可視光は遮断)を貼り付けて、このカメラのビデオ出力をキャプチャーボードを介してUSB端子から画像サイズ640(横)×480(縦)画素、0~255階調のグレースケールで、パソコンに取り込み処理を行った。図6に示したようにカメラと顔の距離は80cmに固定してハロゲンランプの照射強度と顔の大きさが一定になるようにした。また、背景を除去し、顔のみを対象とするために、対象者の背後に黒色のボードを設置した。撮影はブラインドを下

ろした状態で、高さ2.6mの天井に二本の40W蛍光灯が一組となった照明が二式設置された部屋の蛍光灯の直下で行った。



図7 近赤外線カメラの概観
Fig.7 Near infrared ray camera

4. 近赤外線画像の男女の特徴量と識別実験

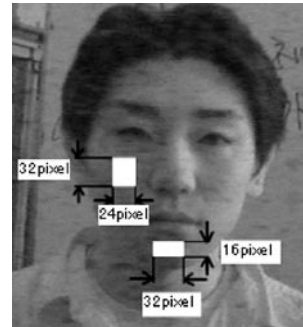
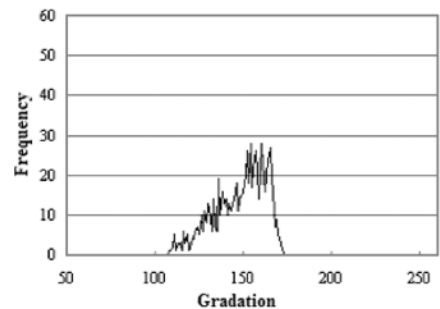
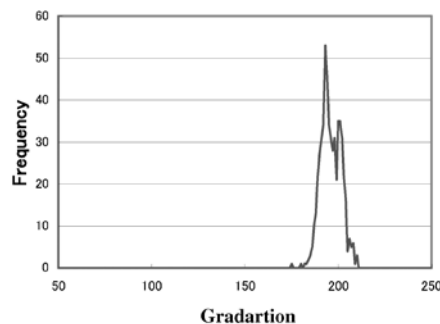


図8 頬とあごテンプレート
Fig.8 Template of cheek and jaw



(a) Male



(b) Female

図9 頬テンプレート内のヒストグラム
Fig.9 Histogram of cheek template

図8に階調値を抽出するための頬とあごのテンプレートを示す。頬テンプレートは目の下20画素、顔の輪郭から35画素左の位置に32×24画素の縦長で適用する。あごテンプレートは下唇から15画素下に鼻梁の延長線を中心に32×16画素の横長である。

〈4.1〉特徴量

〈4.1.1〉尖度 図8における頬テンプレート内の男女のヒストグラム分布状態を比較すると、女性は男性よりも階調値の高い部分に狭い範囲で分布し、その形状も鋭角的であることが見て取れる。これは前述した女性の頬部分の皮下脂肪は男性が約3倍厚いことから高階調値となり、これを一定面積のテンプレートで切り取るので、ヒストグラム形状が鋭角的になり、その結果、式(6)に示す尖度が大きくなる。このことから尖度を特徴量の一つとして提案する。

$$K = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{X_i - \bar{X}}{\sigma} \right)^4 \quad (6)$$

σ：標準偏差

n：温度抽出用テンプレート内の画素数

Xi：階調値補正後の各画素の階調値(0~255)

〈4.1.2〉[頬/あご] 頬テンプレート内平均階調値をあごテンプレート内平均階調値で割った特徴量を[頬/あご]と記す。この特徴量は男性はあご部分にヒゲがあるために、その階調値は低い、すなわち [頬/あご]の分母が小さくなるので



(a) 男性

(b) 女性

図10 男性と女性の頬とあご部分の近赤外線画像

表1 頬とあごの階調値

Table 1 Graduation of cheek and jaw

Disinction person	Male		Female	
	Cheek	Jaw	Cheek	Jaw
1	180.3	151.0	149.1	151.8
2	173.9	143.3	180.6	164.0
3	144.1	146.1	175.9	155.0

男性の値の方が女性よりも大きくなる傾向がある。図10に男女のあごと頬部分の近赤外線画像を示す。この図から男性のあごはヒゲがあり黒く(低階調値)映っているのが分かる。実際に採取した中から男女3人の頬とあごの階調値を表1に示す。この表から個人差はあるが、一般的には男性のあごの階調値が女性よりも低い傾向にあることがわかる。したがって、[頬/あご]を男女識別の特徴量として提案する。

〈4.1.3〉周囲温度の影響と平均値による検証

表2は頬をドライヤーで暖め非接触温度計で温度を計測してそのときの階調値と尖度を求めたものである。この表から階調値、尖度共にほとんど変化していないことがわかる。したがって、頬テンプレート内の階調値と尖度は周囲温度の影響を受けない特徴量である。

表2 頬の階調値

Table 2 Cheek gradation variation

Male			Female		
Cheek temperature	Mean gradation	Kurtosis	Cheek temperature	Mean gradation	Kurtosis
32.3℃	99.3	2.39	30.1℃	67.9	2.68
32.7℃	96.8	2.04	30.3℃	73.9	2.95
32.9℃	99.2	2.13	30.5℃	72.5	2.82

前述した二つの特徴量に関連する、頬とあごと各々の階調値の識別対象者全体(男性:30人、女性:28人)の平均を表3に示す。この表内の最大値と最小値は図8の頬テンプレート内での値である。この表から、尖度の特徴量に男女の傾向が明瞭に表れていることがわかる。

表3 認識対象男女の平均値

Table 3 Mean of distinction male and female

項目	頬平均	あご平均	頬/あご	頬/あご積	最大値	最小値	尖度
男性	161.8	147.9	1.124	58.1	179.3	138.6	2.79
女性	170.4	158.2	1.076	59.3	188.6	147.6	2.95

〈4.2〉男女識別実験 本論文では識別率を全データnから識別対象者のデータを1人抜き出して、残りのn-1人のデータで学習した後、抜き出した識別対象者に対して評価をn回行うLeave-one-out cross validation法により求めた。この結果を

表4に示す。

表4 識別率
Table 4 Distinction rate

Feature	Leave one out method
① [Cheek/jaw]	78.5%
② Kurtosis	

識別対象：男性30人、女性28人

前述した特徴量を男性30人、女性28人の認識対象者に適用して識別した結果を表3に示す。識別対象の年齢層は18歳から33歳までで、約8割は18～20歳であり、女性は約6割が化粧をしている。

〈4.3〉特徴量の評価と考察

〈4.3.1〉体脂肪率と尖度 本手法の特徴量の尖度は体脂肪率に関係していると思われる。そこで、体脂肪率のわかっている男女の頬部分の階調値と尖度を測定して、この関係を検証した。その結果の一部を表5に示す。なお表5の女性は全員

表4 男女の体脂肪率と尖度の関係の例
Table 4 Fat rate and kurtosis

男女	名前	体脂肪率	平均	最大値	最小値	尖度
Male	NI	27.2%	211.1	239	184	3.815
	TI	27.0%	238.9	254	208	2.599
	CH	20.2%	237.3	254	194	3.250
	TK	17.9%	241.3	254	222	2.552
	MI	15.4%	221.7	238	202	3.062
	TN	15.1%	247.2	254	216	3.745
	MA	14.6%	197.9	213	181	2.571
	IS	11.3%	209.4	230	183	3.222
Female	UC	34.3%	252.6	254	235	13.488
	NO	30.8%	244.4	254	224	3.877
	MK	29.3%	236.0	254	205	4.613
	KA	27.2%	231.0	248	201	4.138

化粧はしていない。この表での各値は図8に示した頬テンプレート内画素の階調値の平均と最大値、最小値および尖度を示す。

この表5から女性は男性よりも体脂肪率が高い傾向があり、また、体脂肪率が高いと尖度が大きくなる傾向を示すことがわかる。

以上のことから、男女識別に頬部分の階調値と尖度をもとに特徴量を抽出することは適正であるといえる。表4から次のことが分かる

- (1) 男性の尖度は体脂肪率にはほとんど関係なく小さい傾向を示す。
- (2) 階調値の最大値と平均値は体脂肪率と関係があり、体脂肪率の大きい女性は両者とも、男性よりも大きい傾向を示す。

以上のことから、女性の尖度は男性よりも大きい傾向を示すことがわかる。したがって、尖度を男女識別の特徴量として採用することは適切であることがわかる。

〈4.3.2〉体温変動の影響 体温変化の一つである運動の影響を調査した。運動前の頬部温度は31.2℃で後は33.6℃であり運動後は上昇していた。発熱画像の場合は血流を遮断する皮下脂肪の厚さと分布状態を皮膚温度で採取した男女識別を行っていた。したがって、血流が変化すると検出される特徴量も大きく変化し識別に影響していた。これに比較しての近赤外線画像の場合は運動前後で図11のヒストグラム形状、すなわち尖度は変化

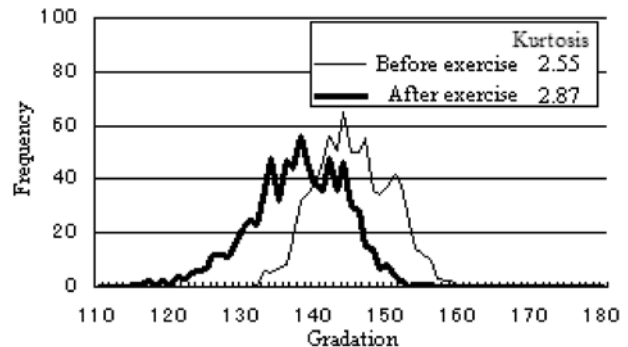


図11 尖度への運動の影響
Fig.11 Influence of exercise to kurtosis

していないことがわかる。これは近赤外線画像では血流による皮膚温度変化に無関係な皮下脂肪の反射を観測しているからである。

また、人間の体は一日約0.6℃変化するがこの場合も尖度[頬/あご]は変化しないことを確認した。このように近赤外線画像は、周囲温度や人間の状態(感情、疲労、運動、体温など)の影響を受けないことが確認できた。

〈4.3.4〉化粧と年齢の影響 成人女性の場合はほとんどの場合に化粧をしている。したがって、化粧がどの程度識別に影響するか検討した。図12に化粧前後の頬テンプレート内平均階調値を

示すが、これを見ると化粧後の方が階調値は低下する傾向にある。この理由として化粧品に含まれる水分で近赤外線が化粧前よりも吸収されることが推定される。しかし、化粧品や化粧方法によっても異なると考えられるので断定はできない。

同様に尖度の変化を観測するために図13に化

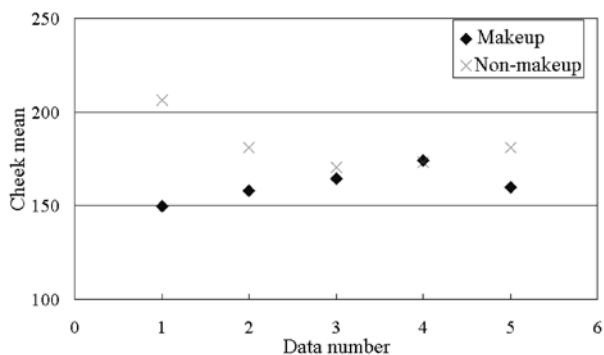


図12 化粧前後の頬平均値

Fig.12 Influence of makeup to cheek gradation

粧前と化粧後のヒストグラム例を示す。この図からヒストグラムの形状はほとんど変化せず、したがって尖度もほとんど変化しないことがわかる。[頬/あご]は化粧をする場合は化粧品を顔全体に塗布するために化粧により近赤外線の反射が変化してもその値は変わらない。したがって、本手法の特徴量の尖度と[頬/あご]は化粧前後でほとんど変化しないので化粧による識別への影響は無い。

熱画像による手法は第二次性徴期以前の14歳以

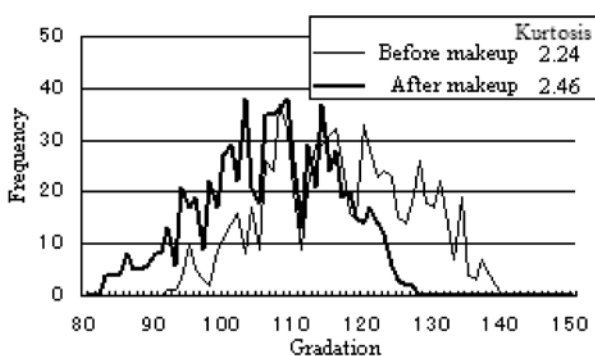


図13 化粧の影響

Fig.13 Influence of makeup

下の男女に対しては有効ではなかった。同様様なことが本手法でも予想された。サンプル数は少ないが5歳と7歳の男子に対して本手法の2つの特徴量を試行した結果、男性の特徴量は示さなかった。また、[頬/あご]ではあごにヒゲが生えるのは第二次性徴期以後の14歳前後より上の年齢の男性であるのは明らかである。50歳以上の男女についても

各々6名試行したがこちらの方は男女の特徴量が識別に適用できることが分かった。

5. カラー画像の併用による識別率向上の可能性

本手法では近赤外線画像撮影時の近赤外線フィルタを外すこと（実用化時は電磁的な作用などで高速にフィルタを着脱する機構を実現可能）でカラー画像を同一カメラで簡単に撮影することが可能である。

現在文献(15)ではカラー画像と組み合わせることで識別率85%を得ているので本手法も同様にカラー画像と組み合わせることで識別率向上が計れると思われる。

実際に近赤外線画像を撮影した中の男女15人のカラー画像を撮り、頬部分とあごヒゲ部分の色差(識別率56%)と相関を採る(識別率61%)2つの方式を追加して、近赤外線画像の強調分散値と[頬/あご]と3つの特徴量を組み合わせて識別を試行した。具体的には、3つの特徴量毎に男女識別を行い、その3つ中2つ以上の結果が一致している場合を最終結果として識別率を求めた。その結果、識別率は89.5%に向上した。この試行では識別対象者が十分とはいえないので結論付けることはできないが、カラー画像を併用する(カラー画像での識別率がそれほど高くなくても)ことで識別率が向上することが推測できる。

表6 識別率

Table 6 Distinction rate

Feature	Male	Female
① [Cheek/jaw]	76%	75%
② Kurtosis	71%	77%
③ Color	57%	52%
①②③ (2/3-3/3)	89%	87%
Total	89.5%	

6. むすび

本手法は近赤外線を人物の顔に照射して、頬部分の男女の皮下脂肪分布の相違と男性はあごひげが有る男女の生体的特徴を利用した男女識別方法である。そのために、従来手法と比較して確実性のある男女識別を構築できる可能性がある。しかし、付けヒゲやヒゲ部分を眉墨で塗ることでヒゲ部分の階調値が低下することを確認しているので完全とはいえない。現在識別率は約78.5%でまだ

十分な識別率ではない。しかしカメラのレンズ部分のフィルタを何らかの方法（例えば機械的な方法で高速に近赤外線撮影時はフィルタで覆い、カラー画像撮影時は除去する）ことで同一カメラでカラー画像を簡単に撮影できるので、このことで識別率向上が望める。

本手法以前に研究した熱画像を使用した手法に比較して以下の特徴を持つ。

1. システムを安価に実現できる。
2. 周囲温度の影響を受けない。
3. 感情や体調の影響を受けない。
4. 体温変動の影響を受けない。
5. 太陽光や照明の影響を受ける。

最後の5は欠点であるが室内で採取することや、太陽光を遮断する環境をつくりだすことで回避できる。しかし、室内においても照明条件の影響を一部受けることが分かっている。これは3. で述べたように、設置場所であらかじめ白色標準板を使用して測定し、これを基に光補正を行うことで対応可能である。

また、近赤外線顔全体を使用した簡易的識別手法を検討中であり、この手法を用いて個々人の識別ではなく統計的な男女データ収集に特化した用途も検討中である。この場合は、明らかに異常値を示すデータや、しきい値に一定の不識別領域を設定して紛らわしい被認識者のデータを識別から除外することで統計的な確率を向上させことを考えている。

文献

- (1) K. Sudo, J. Yamato, A. Tomono: "Determining Gender Using Morphological Pattern Spectrum", Trans. IEICE D-II, Vol.J80-D-II, No5, pp.1037-1045, (1997-5) (in Japanese)
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スペクトラムを特徴量に用いた男女識別法", 信学論 (D-II), vol.J80-D-II, no.5, pp.1037 -1045, May 1997.
- (2) K. Sudo, J. Yamato, A. Tomono, K. Ishii: "Fusing Multiple Sensor Information for a Gender Determining System", Trans. IEICE D- II, Vol. J83-D- II, No8, pp.882-890, (2000-8) (in Japanese)
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.
- (3) D.F Marston, "Gender Adapted Speech Coding", IEEE Proc. ICASSP, vol.1, pp.357-360, 1998.
- (4) http://www.tanita.co.jp/bw1/bm-q_a.html.
- (5) S. Nishino, A. Matuda: "Nan and women distinction using thermography-I", 2006.IEICE General Conference , D-12-15 (2004-3) (in Japanese)
西野聡・松田淳「赤外線画像による男女識別の試行-I」, 2004年電子情報通信学会総合大会, D-12-15, (2004-3)
- (6) S. Nishino, A. Matuda: "Man and women distinction using thermography-II", IEICE General Conference D-12-109 (2006-3) (in Japanese)
西野聡・松田淳「赤外線画像による男女識別の試行-II」, 2006年電子情報通信学会総合大会, D-12-109 (2006-3)
- (7) S. Nshino, A. Matuda, Y. Igarashi: "Gender Determining Method using Thermography", IEICE Technical Report, NLC2005-53, PRMU2005-80, pp.101-106 (2005-9) (in Japanese)
西野聡・松田淳・五十嵐幸代「赤外線画像を用いた男女識別の試行」, 信学技報, NLC2005-53,PRMU2005-80, pp.101-106 (2005-9)
- (8) 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.
- (9) S.Nishino, S.Igarashi, A.Matuda, "Gender Determining Method using Thermography, IEEE-ICIP2004, Singapore, October 2004.
- (10) 窪田金次郎, G.-H. シューマツハー, 「図説体表解剖学」, p56, 朝倉書店, 1992.
- (11) Y. Sakamoto, A. Otuka, Y. Itade, Y. Aoki: "Classification Method for Three Dimensional Image Using a Density-Gradient Histogram", Trans. IEICE D- II, Vol.J77-D- II, No4, pp.682-689, (1994-4) (in Japanese)
坂本雄児, 大塚晃央, 坂田吉勝, 青木由直, "濃度-こう配2次元ヒストグラムを用いた3次元画像の画素分類法", 信学論 (D- II),Vol.J77-D- II ,no.4,pp.682-689, April 1994.
- (12) K. Adachi, T. Hamada, T. Nakano, S. Yamamoto: "Blink Measurement to Detect a Driver's Drowsy State by Moving Image Processing", IEE Trans. Vol.124 No.3, 2004-3 (in Japanese)
足立和正・濱田尊裕・中野倫明・山本新「ドライバの意識低下検知のための動画像処理によるまばたき計測」 電学論 Vol.124 No.3, 2004-3 (in Japanese)
- (13) スマートワイアレス <http://www.smartwireless.jp/>
- (14) 新しい店頭購買プロセス行動調査システム, TANAX,2006.
- (15) S. Nishino, A. Matuda, K. Ohshima "Nan and women distinction using Thermography and Color Image", IEICE General Conference (2007.3) (in Japanese)
西野聡・松田淳・大嶋建次「赤外線画像とカラー画像による男女識別の試行」, 2006年電子情報通信学会総合大会, D-12-109, (2007-3)
- (16) 西野聡, 特許広報, 国際公開番号:WO 2005/070301 A1.
- (17) 照明ハンドブック, 照明学会, オーム社 (2003.11)
- (18) 尾崎幸洋・河田聡, 「近赤外分光法」, 学会出版センター (1996.5)
- (19) 篠田博之, 藤枝一郎: 「色彩工学入門」, 森北出版, (2007.5)
- (20) 三宅洋一, 「分光画像処理入門」, 東京大学出版会, (2006.2)