

生体的特徴を用いた成人・未成年識別

西野 聡*

Recognition of adult and minor using biometrics

Satoshi NISHINO

Automatic recognition of adults and minor are demand for vending machines for tobacco and alcohol. The proposed method was discussed to try the basis trial for automatic recognition of adult and minor to be using the water content in skin decreases with age. In the method, near-infrared spectral characteristics of the cheek using it tends to be absorbed into water (1100 ~ 2200nm wavelength) was measured by a spectrometer. As a result, the rate of increase in absorbance in a wavelength of about 1900nm (slopes) revealed that there is a big difference between a minor and adult. This method was used to identify adult men and women using this difference. In that case, in order to strengthen of the method, the "adult" and "minors" in addition to two categories of "unidentifiable", "non person" by adding the two categories, identified as four categories got for the recognition obtain a recognition rate of 81.8%.

Keywords : recognition of adult and minor, near-infrared ray, collagen, biometrics

1. まえがき

自動的な成人識別（成人：20 歳以上，未成年：20 歳未満を識別）は，大型商業施設や娯楽施設などにおける年齢別来客統計の自動採集や，たばこや酒類などを成人のみに販売する自動販売機に需要があるといえる⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾。従来の年齢または成人識別は可視光顔画像によりしわ，しみ，たるみなどを評価することや，歩容を用いた手法について研究が行われている^{(5)~(8)}。一方，本研究の識別手法は識別対象者が近赤外線分光器に頬を接触させることで生体的特徴を採取して識別を行う，従来とは全く立場を異にした手法である。自動的な年齢識別（以下成人識別と記す）をセキュリティシステムに適用する場合はなりすましに対する耐性が重要である。そのため非人物や化粧などによるなりすましを検出に関しても検討を行った。

本研究は識別対象者が意図的に識別を行う部分に頬を接触することで識別を行う自動販売機への適用を考慮した研究である。

2. 既存手法との比較

従来の成人識別に関する研究は輪郭や鼻，口のまわりのたるみ，しわや歩容などの外見を定量化し識別する手法によるものであった。しかし，これらは識別対象者が化粧することや，意図的に顔をしかめることでしわを作ることによって変わる特徴量であるために同一人物でも大きく変動する。その上個人差，測定環境による誤差も大きい。一方，本研究は顔の頬部分の皮下約 2mm の生体的特徴を用いるため，顔の外見を用いる手法と比較して，なりすましに対する耐性が強いと考えられる。以下に従来手法との比較を述べる。

●従来手法

【利点】

- ・非接触でデータ採取可能
- ・種々の特徴量を組み合わせ可能
- ・使用する特徴量によっては，安価にシステム構築可能
- ・顔画像を用いる場合，被測定者が意識せず識別を行うことが可能
- ・顔画像などを用いる場合，防犯カメラなど他の用途にもデータを応用可能

【欠点】

- ・プライバシー侵害の恐れがある
- ・眼鏡など，顔の付属物の影響を受ける場合がある
- ・顔に傷などがある場合同一人物でも特徴量が変わる可能性がある
- ・特徴量によってはなりすましが可能
- ・可視画像を使用の場合は外光の影響を受ける
- ・撮影角度などを考慮する必要がある

本研究はこれらの顔の外見を非接触で可視光画像として採取して成人識別を行う研究とは全く立場を異にしている。具体的には頬を識別部に接触させて生体的特徴を検出して識別を行う成人識別手法であり，下記特徴がある。

●提案手法

【利点】

- ・頬のみを利用するのでプライバシー侵害の恐れが無い
- ・眼鏡など顔の付属物の影響を受けない
- ・近赤外線を用いるため，頬の表面の状態（化粧等）の影響を受けない
- ・種々のなりすまし（化粧，手の平や甲，人工物，豚肉などによる）に対して耐性が強い
- ・頬を検出器に密着させるために外光の影響を受けない

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

- ・高速かつ安価に識別できる可能性がある
- 【欠点】
- ・意図的に接触動作を行う必要がある
 - ・頬の当て方により誤識別の可能性がある
 - ・成人/未成年の2区分しか識別できない

3. 基本原理

【3・1】 成人と未成年の頬の分光特性 本論文では、図1に示す近赤外線分光器（以下分光器と記す）の右端の穴部分に頬を接触させて分光特性を測定する。表1に使用した分光器の仕様を示す。この際、測定は光源から頬までの距離は5cmに固定し、測定（測定時間は1秒で、この間に自動的に7回測定してその平均値を測定データとする）を行った。また、測定は分光器の電源投入後、前述した穴部分にセラミック製白色標準板をのせて校正を行った後に開始する。

人間は年齢の上昇に伴い体内のコラーゲンは減少する^{(9)~(11)}。これは年齢が若い時にはコラーゲンの分解と新陳代謝による体内のコラーゲン精製能力が平衡状態にあるために、体内のコラーゲン量が一定に保たれているが、年齢が上昇するに従いコラーゲン精製能力が衰退し、分解量が精製量を超えることに起因する。コラーゲン量の減少に伴いヒアルロン酸（≒Sugar）も減少する⁽¹²⁾⁽¹³⁾。ヒアルロン酸は親水性が高く、温度や湿度に影響されず一定の保水性を保つ⁽¹⁴⁾。年齢が若い場合はヒアルロン酸量が多いために皮膚の水分含有量は高くなると考えられる。また、経口摂取によるヒアルロン酸の吸収は行われないため、年齢の上昇に伴う減少を抑えることが困難である。これらの概念をまとめたものを図2に示す。

ヒアルロン酸は皮膚の真皮層に多く分布しているので、ヒアルロン酸の減少による皮膚の水分量減少は頬水分量の減少に大きく関係していると考えられる⁽¹⁵⁾⁽¹⁶⁾。

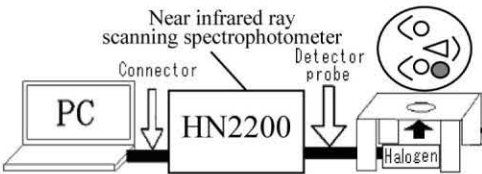


図1 近赤外線分光器と測定方法
Fig.1 Measurement system

表1 分光器の仕様
Table 1 NIR scanning spectrophotometer specification

Light source		Tungsten halogen lamp : 35W
Wavelength region		1100nm~2200 nm
Detector	Material	InGaAs
	Pixel	256pixel
Sampling rate		1 nm

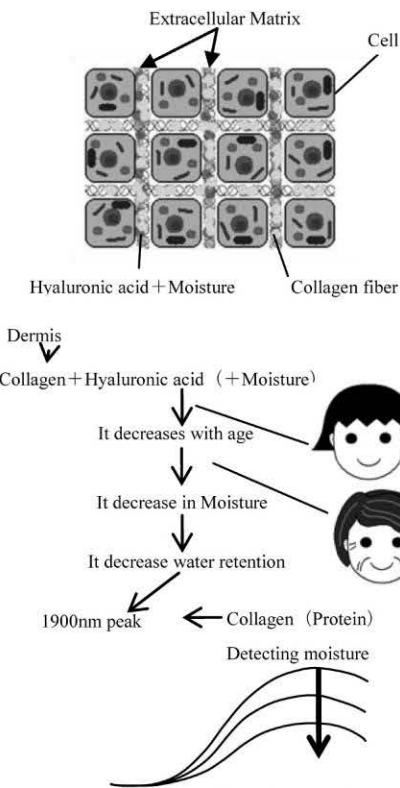


図2 年齢による頬の水分量の変化
Fig. 2 Cheek's water increasing age

表2 近赤外吸収波長⁽²³⁾
Table 2 Near-infrared absorption wavelength

(nm)	Electron Transition or Bond Vibration	Chemical(s)
1780	C-H stretch, 1st overtone/O-H stretch/H-O-H deformation	Cellulose, sugar, starch
1940	O-H stretch/O-H deformation	Water, lignin, protein, nitrogen, starch, cellulose

図3(a)は分光器を用いて成人・未成年各30人ずつを測定した分光特性を平均したものである。この図3(a)から未成年の分光特性は成人よりも全体の吸光度が大きいことも分かる。また、波長約1900nmのピークの上昇の度合い（傾き）が未成年の方が大きいことが分かる。吸光度の変化は波長約1200nm, 1400nm, 1900nmに大きく見られるが、1200nmのピークは皮下脂肪が大きく関わっているということが分かっている。したがって水分が大きく関わる吸収は1400nm, 1900nmの2波長であると考えられる。近赤外線光は物質の構造によって個々の吸収特性を持つが、表2に示すように水のO-H基は波長1900nm付近で極めて強い吸収を持ち（水の1450nm付近の吸収は1930nm付近の約1/3しかない）、波長1900nm付近のコラーゲン（≒Cellulose）やヒアルロン酸を含むタンパク質等と結合した多くのピークが含まれている⁽²³⁾。

したがって本研究は 1900nm のピークを用いて成人識別を行った。

〈3・2〉 2 次微分最下値と水分量の相関 分光特性を利用する場合は特性全体に加わるオフセットが問題となる。具体的には、測定する日時や気温、湿度が異なると吸光度特性は同じでもオフセットが加わり識別に影響を及ぼす。したがって 2 次微分を行いオフセットによる影響を排除することで特徴量を確実に取得することが必要となる。

図 3(a)を 2 次微分したものが図 3(b)であり、さらに波長 1900nm 部分を拡大した図 3(c)を示す。図 3(c)は変化率を表しているため、変化が大きい(1900nm の勾配が急である)ほど 2 次微分結果の (Slope の) 最下値 (以下単に最下値と記す) は下部に来る。成人に比べ未成年は肌 (頬) の水分量が多いため、1900nm のピークが大きくなり、その結果勾配は成人に比べて未成年のほうが大きくなり図 3(c)の特性が表れる。図 4 は実測した 1900nm の 2 次微分の最下値と水分量の変化を年齢との関係で示したものである。水分量と最下値の相関係数は 0.968 であり強い相関があることが分かる。

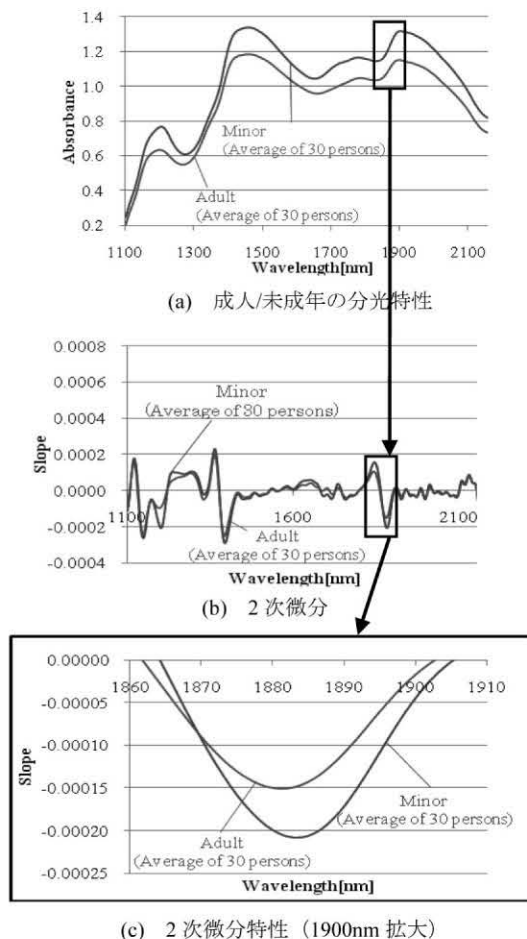


図 3 成人/未成年の 1900nm における相違
Fig.3 Difference of near infrared ray spectral characteristic to minor and adult

図 5 に頬 (皮膚) ⁽²⁰⁾⁽²¹⁾ の構造を示す。本手法は近赤外線が皮下 2mm にあるコラーゲン [Collagen] 及び水分 [Water] まで透過した反射光を検出して識別を行う。

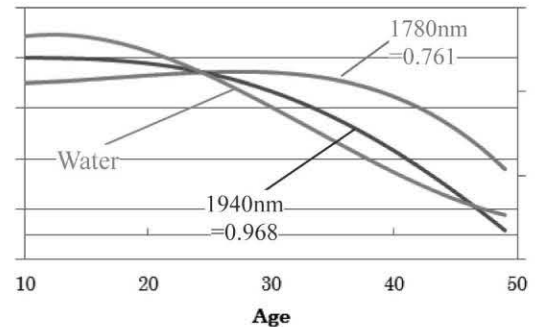


図 4 年齢-最下値の近似曲線と水分量の変化
Fig.4 Correlation between lean and water

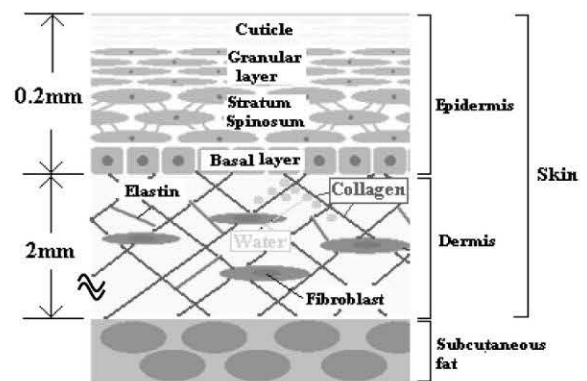


図 5 頬の構造
Fig.5 Structure of the cheek

〈3・3〉 分光特性シミュレーションによる基本原理の検証 頬を 2 重層としてモデル化し、頬の構成要素の分光特性を用いて式(1)から頬の透過率 T_a 算出をする。この時、ランベルト・ベールの法則⁽¹⁷⁾⁽¹⁸⁾を適用することで「重み」と定義した係数を使用し構成要素の厚みや濃度を変化させる。その後 T_a を吸光度に変換し、水の吸光度との和によってシミュレーションを行う^{(19) (20)}。シミュレーションの波長範囲は 1100nm~2200nm を対象とする。

$$T_a = \frac{T_i T_f T_b}{T_f + T_b - T_i T_b} \cdot \dots \cdot (1)$$

T_f : 皮膚透過率 T_b : 皮下脂肪透過率
 T_i : 空気と表皮間透過率 T_a : 頬の透過率 (水分無)

式(1)により水分を含まない頬の分光特性をシミュレーションした後、水の分光特性を相加平均 (計算は吸光度で行われるため、ランベルト・ベールの法則に従い加算が適用される) によって行う。以上の手順で頬の水分量を変化させた

シミュレーション結果（1900nm 付近）が図 6(a)である。この図から水分量が多いほど吸光度のピークは大きくなっていくことが確認できる。図 6(b)に(a)の 2 次微分結果である最下値を示す。この図 6(a),(b)より水分量が多くなると最下値が下がる（図上で下に）ことがわかる。これは図 3 の未成の最下値は（図上で）成人よりも下に来ていること、すなわち水分量が多くなると（若い場合は保水性がある）最下値が下がることに対応している。したがって水分量（成人と未成年に対応する）と 1900nm の最下値の関係をシミュレーションによって確認することができた。

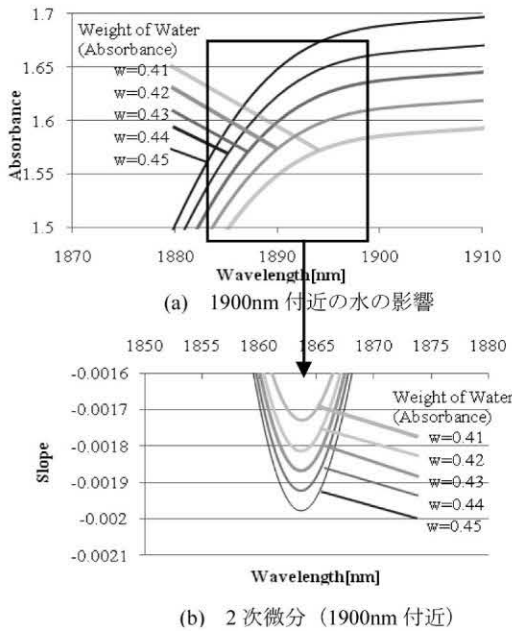


図 6 1900nmh 付近の水分量変化のシミュレーション結果
Fig.6 Simulation result (build up water) W.L.1900nm

4. 最下値による識別

〈4・1〉 3 つの手法による識別 以上の検討から、本研究では分光特性の波長 1900nm の 2 次微分の SLOPE の最下値を特徴量として成人・未成年の識別を行う。表 2 に 30 人×2（男/女）のモデルのための人物を含む年齢構成を、同時にこの表をグラフ化したものを図 7 に示す。識別手法として SIMCA（Soft Independent Modeling of Class Analogy）、マハラノビス距離及び SVM（Support Vector Machine）の 3 つの手法による識別⁽²²⁾を行い、その結果を表 4 に示す。SIMCA と SVM による識別モデルデータは未成年・成人共に 30 名（年齢は未成年が 5～19 歳，成人が 20～65 歳）である。また、266 名の識別対象者全員に対してマハラノビス曲線（最下値とその波長の散布図に対して）を描画した結果の識別率も求めた。

表 3 識別対象の年齢分布（30 人×2 のモデルを含む）
Table 3 Age distribution for the identification

Age	Male	Female	Total
Under9	8	9	17
10～14	46	23	69
15～19	28	24	52
20～24	17	6	23
25～29	2	0	2
30～39	7	14	21
40～49	22	39	61
50～59	9	7	16
Over60	3	2	5
Total	142	124	266

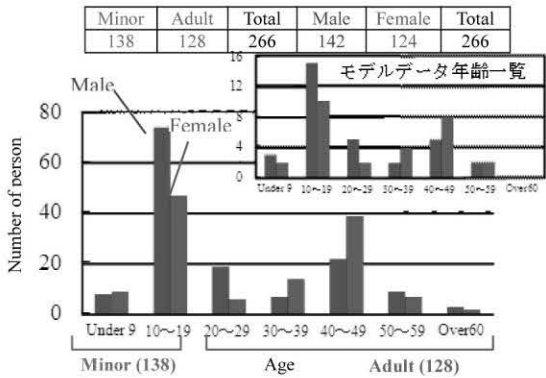


図 7 未成年の成人へのなりすまし
Fig. 7 Minor masquerade as the adult

表 4 3 つの手法による識別結果
Table 4 Recognition rate by three techniques

Method	Under 19	Over 20	Total
SIMCA	83.3% (90/108)	54.1% (53/98)	69.4% (145/206)
SVM	71.3% (77/108)	87.8% (86/98)	79.1% (163/206)
Mahalanobis	78.3% (108/138)	81.3% (104/128)	79.7% (212/266)

〈4・2〉 最下値の分布を考慮した識別 成人（または未成年の）最下値 x は正規分布すると仮定し、平均値を μ 、標準偏差を σ とすると式(2)で成人（未成年）の最下値分布は表せる。

$$y(x)=\frac{1}{\sqrt{2\pi}\times\sigma}\exp\left\{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right\}\cdot\cdot\cdot\cdot(2)$$

x : ピーク波長
 μ : 平均値
 σ : 標準偏差

図 8 に 266 名全員の最下値の分布を示す。ここで、モデルの成人 30 人、未成年 30 人の最下値の平均を μ_{SA} , μ_{SM} とし、成人の標準偏差を σ_{SA} , 未成年の標準偏差を σ_{SM} とする。これらから図 9 に示すように成人、識別不能、未成年領域 3 区分領域を定義して識別した結果を表 5 に示す。

具体的には、表 5 の最上行の成人領域← μ_{SA} →識別不能領域← μ_{SM} →未成年領域（成人，未成年各 30 人の平均をしきい値に使用）に 3 領域を設定した場合が識別率 85.5%（106/124），識別不能率 39.8%（82/206）となり一番良好である。しかし，各々のモデルの平均値（ μ_{SA}, μ_{SM} ）をしきい値にしたこの場合は識別不能率が大きすぎて実用的ではない。しきい値を表 5 の最下行の緑の部分（しきい値を $\mu_{SA(M)} \pm 0.8\sigma_{SA(M)}$ と設定，図 9 の右側に示す）のように設定した場合は識別率が 82.1%，識別不能率が 16.0%となり，識別不能率が減少して実用的であると考えられる。

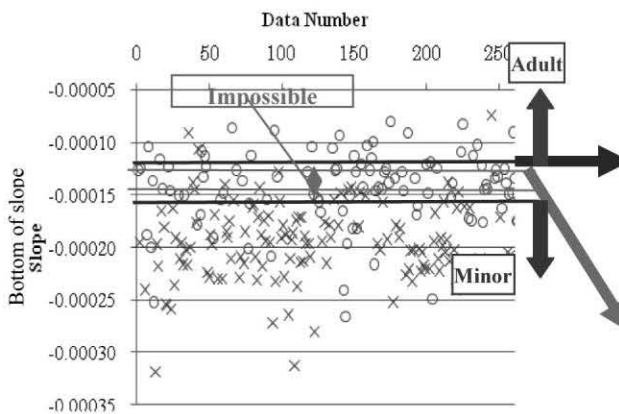


図 8 最下値の分布
Fig.8 Distribution of the slope

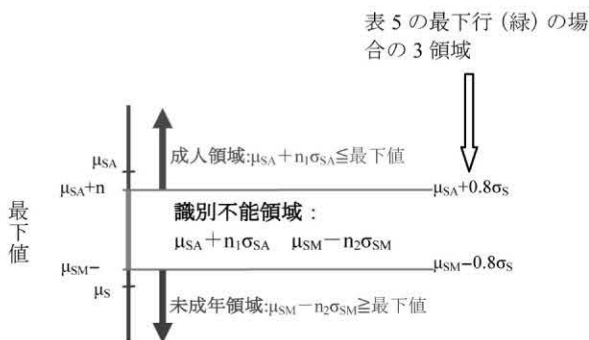


図 5-9 最下値による 3 区分
Fig.5-9 Tripartited discrimination fields

5. 傾きによる識別

〈5・1〉 傾きの採用 図 10 の□内に示すように波長 1900nm 付近の勾配 (1860nm~1880nm) を以下の式(3)で傾き (L)として定義する。

$$L = \frac{b}{a} \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \quad (3)$$

5.3.で年齢が若いほど 1900nm のピークは高くなり、その結果傾きが大きくなることを確認した。したがって、この傾きを最下値の代わりに特徴量として用いて識別を行う。この傾きを用いることで2次微分が不要となり単純な処理で識別することが可能となる。具体的には頬に 1860nm と 1880nm の波長の近赤外線を照射して、各々の反射強度を計測してその差(図 10 の a)を求めることで識別が可能である。

表5 最下値による識別結果
Table 5 Recognition rate (Bottom of slope)

$\mu \pm n\sigma$	Minor		Adult		Total	
	Impossible	Recognition rate	Impossible	Recognition rate	Impossible	Recognition rate
μ	55.6% (60/108)	75.0% (36/68)	22.4% (22/98)	92.1% (70/76)	39.8% (82/206)	85.5% (106/124)
$\mu \pm 0.6\sigma$	25.0% (27/108)	80.2% (65/81)	15.3% (15/98)	86.7% (72/83)	20.4% (42/206)	83.5% (137/164)
$\mu \pm 0.7\sigma$	23.1% (25/108)	80.7% (67/183)	13.3% (13/98)	84.7% (72/85)	18.4% (38/206)	82.7% (139/168)
$\mu \pm 0.8\sigma$	20.4% (22/108)	81.4% (70/186)	11.2% (11/98)	82.8% (72/87)	16.0% (33/206)	82.1% (142/173)

- 成人領域 $\geq \mu_{SA} + n_1 \sigma_{SA}$ • 未成年領域 $\leq \mu_{SM} - n \sigma_{SM}$
- $\mu_{SM} - n \sigma_{SM} < \text{識別不能領域} < \mu_{SA} + n \sigma_{SA}$

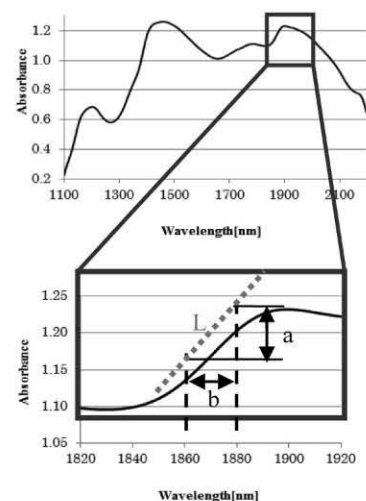


図 10 傾きの定義
Fig.10 Definition of the lean

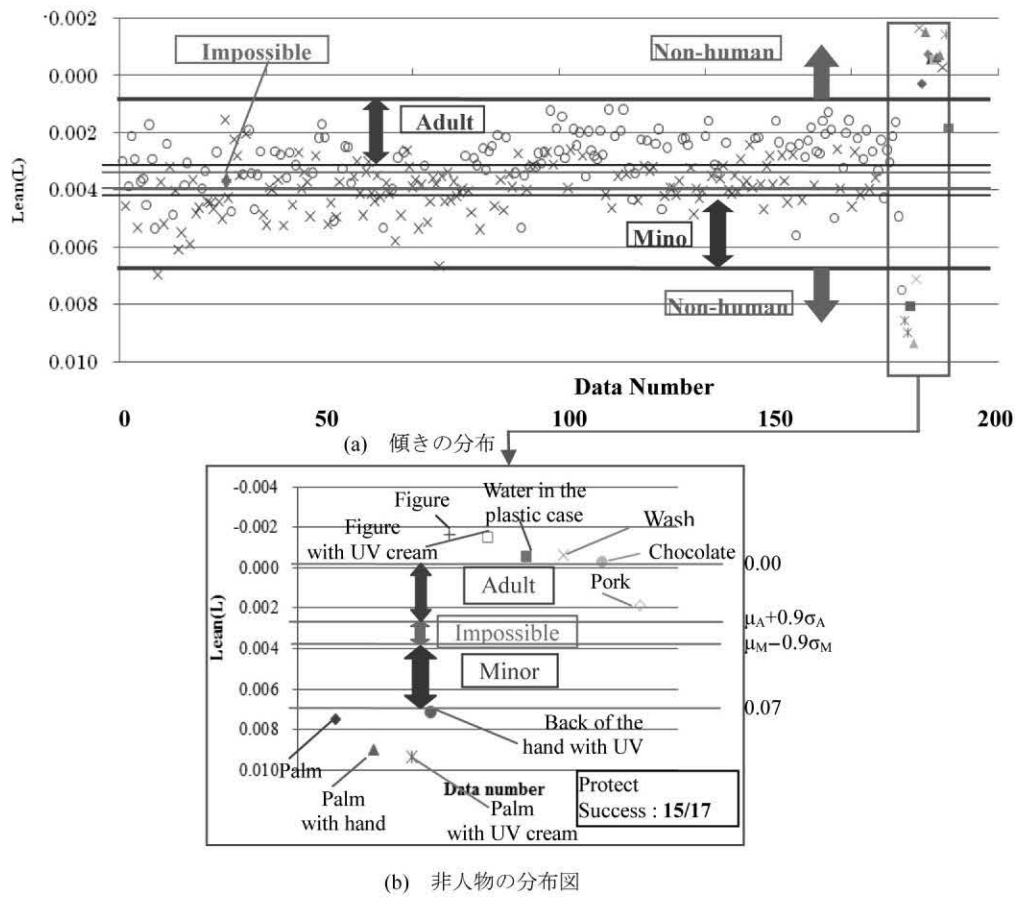


図 11 傾きによる 4 区分領域
Fig.11 Quartered discrimination fields

表 6 傾きによる識別結果
Table 6 Recognition rate (Lean)

$\mu \pm n\sigma$	Minor		Adult		Total	
	Impossible	Recognition rate	Impossible	Recognition rate	Impossible	Recognition rate
μ	53.7% (58/108)	66.0% (33/50)	21.4% (21/98)	87.0% (67/77)	38.3% (79/206)	78.7% (100/127)
$\mu \pm 0.8\sigma$	17.6% (19/108)	79.8% (71/89)	13.3% (13/98)	82.4% (70/85)	15.5% (32/206)	81.0% (141/174)
$\mu \pm 0.9\sigma$	11.1% (12/108)	81.3% (78/96)	13.3% (13/98)	82.4% (70/85)	12.1% (25/206)	81.8% (148/181)
$\mu \pm 1.0\sigma$	9.3% (10/108)	81.6% (80/98)	9.2% (9/98)	78.7% (70/89)	9.2% (19/206)	80.2% (150/197)

〈5・2〉 傾きに 4 区分を適用した識別

傾きを用いた

識別は図 11 に示す「未成年」(Minor), 「成人」(Adult), 「識別不能」(Impossible)及び「非人物」(Non-human)の 4 領域を定義して行う。未成年領域と成人領域のしきい値は各々の集団の平均値または、 $\mu_{A(M)} \pm n\sigma_{A(M)}$ を用いて行う。表 6 に識別不能数と識別結果をまとめたものを示す。

全体の識別率は最下値による識別と同じように識別のためのしきい値を移動することで向上させることが可能であるが、一方、識別率が向上しても識別不能率が上昇してしまう問題がある。これは全年齢の平均値付近にデータが集まっていることが原因であると推測される。傾きを利用した場合の識別率は表 6 の 3 行目の 81.8%が識別不能率も小さく良好であると考えられる。

6. なりすましへの耐性

本節では身近に存在し容易に手に入れられるものでなりすましに用いられると考えられるものを対象になりすましに対する耐性を検討する。

〈6・1〉 非人物への耐性

人物には 1900nm 付近に必ず

水分のピークが存在することから、傾きは負の値をとらないと考えられるので、傾きが 0 以下の場合には非人物と識別できる。また、人物の頬の水分含有量には限界があるので、傾きの大きさにも限界があると考えられるため、傾きの上限を設定する。以上のことから下記の 2 つを決定する。識別対象が下記の 2 つの場合は非人物と識別する。

(1) 傾きが 0 以下

(2) 傾きが 0.07 より大きい値をとる

図 11(a)の傾きの分布の図上に、成人、未成年、識別不能領域、非人物領域を示す。表 7 に示す物体や頬以外を用いた 17 パターンを対象に、傾きを求めた結果が図 11(a)の右端の赤口部分の(b)である。非人物として上記 2 つの傾きを適用することで 17 パターン中 15 パターンを非人物として識別し、なりすましを排除することが可能である。

〈6・2〉 未成年の成人へのなりすましへの耐性

成人

識別で排除する必要があるのは、タバコや酒の自動販売機で未成年が成人と誤識別されることである。具体的には未成年が成人になりすます場合である。

このなりすましの耐性を検証する目的で表 8 に示す 19 歳の男性の肌(頬)に手を加えた 8 パターンについて、成人と誤識別されるかについて検討した。

図 12 は頬に表 8 の加工を加えた場合の傾きを求めた結果である。この図から、8 パターンすべてが未成年領域か非人物領域に入り、本手法に対しては未成年の頬に加工を施しても未成年が成人になりすますことができないことがわかる。これは近赤外線が皮膚表面ではなく、皮下約 2mm 下に透過しコラーゲンや水分などの生体的特徴を検出しているためであると考えられる。以上の検討から本手法は未成年が成人へなりすますことに対する耐性もあると考えられる。

表 7 人物(頬以外)と非人物を用いた場合のなりすまし耐性結果

Table 7 Masqueraded object Recognition (Non-human)

非人物	人形	1	通常測定	○
		2	ハンドクリームを塗る	○
		3	日焼け止めを塗る	○
	プラスチック容器	4	通常測定	○
		5	容器に水を入れる	○
	洗剤	原液のまま測定		○
		水と洗剤を 1 : 1 で割る		○
	醤油	通常測定		○
	チョコ板	通常測定		○
	牛脂	10	通常測定	○
	豚肉	11	通常測定	×
	手の平 (19 歳男性)	通常測定		×
		ハンドクリームを塗る		○
		日焼け止めを塗る		○
	手の甲 (19 才男性)	通常測定		○
		ハンドクリームを塗る		○
		17	日焼け止めを塗る	○

○：なりすましに耐性あり

×：なりすましに耐性なし

図 5-13 (後出) の測定部の採用で耐性を付加可能

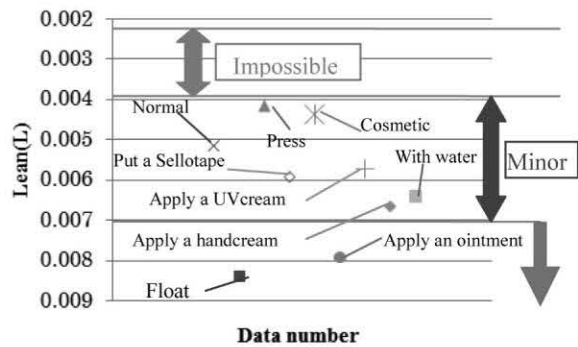


図 12 未成年の頬への加工による特性変化
Fig.12 Minor masquerade as the adult

表 8 未成年が成人になりすます場合の耐性結果
Table 8 Masqueraded object Recognition(Minor)

頬 (19 歳男性)	通常測定	○
	浮かす	○
	押し付ける	○
	セロファンテープを張る	○
	化粧パウダーを付ける	○
	ニキビ治療薬を付ける	○
	ハンドクリームを塗る	○
	日焼け止めを塗る	○
	水を付ける	○

7. 今後の課題

今後の課題として以下の 2 つのことが挙げられる。

●なりすましへの耐性強化

本研究では成人識別と、これに伴うなりすまし耐性についても検討を行った。その結果、未成年が成人になりすます場合については強固な耐性を確認することができたが、非人物を用いた成人へのなりすましについては豚肉などに脆弱であるということが分かったため、非人物への耐性をさらに強固にする必要がある。また、測定時の頬の位置や頬をつける際の力加減によって個人でも特徴量に変化することが問題であった。

この解決策として図 13 に示すように測定部を改良することが考えられる。このことで頬の測定位置を固定し、さらに圧力センサで頬の押し付ける力を規定することが可能となる。これにより、頬をつける力が適正でない場合に「警告」を出すことが可能である。さらに圧力センサをマトリックス状に配置することで、接触しているものの外形を取得でき、明らかに人物の顔と形状が違う豚肉などの非人物は排除が可能であると考えられる。

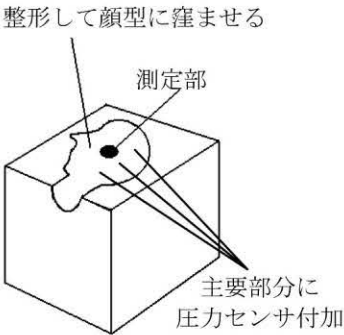


図 13 測定部の改良案
Fig.13 Improvement idea of measurement part

●ハードウェア化

提案手法では 2 次微分を行う必要性から分光器によりある波長域間の連続的なスペクトルを測定することが必要であった。したがって、このままでは分光器を用いるためシステムがと高価となる問題があった。しかし、5 より 2 波長の反射が求められれば成人識別を行えることが判明した。したがって、2 波長に対応した狭帯域 LED と 2 つの狭発光波長域に感度を持つ受光素子を用いることでハードウェア化を行うことができると考えられる。これによって安価で実用的な成人識別システムが実現可能と思われる。

8. むすび

本研究では近赤外線分光特性を利用した成人識別手法を提案し、この手法の改善方法について検討した。また、非人物による誤識別および未成年者の頬の状態変化による誤識別についての耐性 (なりすましも含む) についても評価した。その結果、傾きを用いた識別で 81.8% の識別率 (識別不能数 = 206 名中 25 名) を得た。さらに身近に手に入る人工物を使用したなりすましに対して 88.2% (17 個中 15 個) の排除率を得た。

文 献

(1) 自動販売機の現状と課題, ホーキング, 2007
(2) 大橋勝英, “タバコ自動販売機の諸問題,” 日本禁煙学会雑誌, Vol.1 ,No.2, pp.11-12,Dec.2006
(3) 崎田健二, Chandrasiri N. P, 原島 博, 苗村 健, “顔画像における性別と年齢の統合的分析,” 日本顔学会誌, 2 巻, 1 号, pp.83-95, 2002
(4) 林潤一郎, 安本 護, 伊藤秀昭, 丹羽義典, 興水大和, “年齢・性別推定のための感情抽出の基礎的検討,” 日本顔学会誌, 2 巻, 1 号, pp.131-140, 2002
(5) 佐藤政次, よくわかるバイオメトリックスの基礎, 社団法人日本自動認識システム協会, オーム社, Sep.2005
(6) 瀬戸洋一, サイバーセキュリティにおける生体認証技術, 共立出版株式会社, May.2002
(7) H. Takimoto, Y. Mitsukura, M. Fukumi and N. Akamatu”A Robust Gender and Age Estimation under Varyin Facial Pose,” IEEJ Trans. EIS, Vol.127, No.7, July.2007.

- (8) 万波秀年, 槇原靖, 八木康史, “歩容における性別・年齢の分類と特徴解析,” 電子情報通信学会論文誌. D, 情報・システム J92-D(8), pp.1373-1382, Aug.2009
- (9) 津志田藤二郎, 食品機能性の科学, 西川研次郎, 産業技術サービスセンター, 2008.4
- (10) 大崎茂芳, コラーゲンの話, 中央公論新社, Oct.2007
- (11) 川島誠一郎, 老化とホルモン, 東京大学出版会, Jun.1995
- (12) 中村 和志, よくわかる筋肉・関節の動きとしくみ—人体の「動き」のメカニズムを図解で学ぶ! 身体運動の不思議, 秀和システム, 2010.3
- (13) 島田邦男, 化粧品開発とナノテクノロジー, シーエムシー出版, p275, Oct.2007
- (14) 保志宏, ヒトの成長と老化 [第 3 版], てらべいあ, p.233 Apr.2002
- (15) 中村榮太郎, 老化の測定とその制御, 金原出版株式会社, Feb.2004
- (16) Wiechers.J.W , Snieder.M , Dekker.N.A.G and Hansen.W.G , “Factors Influencing Skin Moisturization Signal Using Near-Infrared Spectroscopy,” IFSCC Mag, vol.6, no.1 , pp.19-26, Jun.2006
- (17) 岩元睦夫, 河野澄夫, 魚住純, 近赤外分光法入門, 幸書房, Sep.1994
- (18) 尾崎幸洋, 河田聡, 近赤外分光法, 学会出版センター, pp47-49, May.1996
- (19) 西野聰, 保田瞬, “頬の分光特性シミュレーションの試み - 男女識別のための基礎検討 - , ” 情報処理学会創立 50 周年記念 (第 72 回) 全国大会講演論文集, 1D-2, Mar.2010
- (20) 西野聰, 保田瞬, “頬の近赤外線分光特性シミュレーションによる男女の頬部皮下脂肪厚の相違検証” , 電気学会論文誌 C, VOL.131, No.4, pp.890-899, 2011.4.
- (21) 岡田昌義, 臨床に役立つ解剖学・生理学概要, 医学図書出版, July.2004
- (22) 長谷川健, スペクトル定量分析, 講談社, pp17-20, Oct.2005
- (23) Glen L. Ritchie, “Use of ground-based canopy reflectance to determine radiation capture nitrogen and water status, and final yield in wheat” , Master of science thesis of Utah state university, 2003,

【受理年月日 2011年 9月30日】

