

論文の内容の要旨

論文題名 赤外線光学特性を用いた 対象物識別に関する研究

氏名 西野 聰

1. 緒言

本研究は近赤外線の持つ特性である物質の組成を間接的に検出できる利点を利用して生体的特徴を抽出することで男女識別と成人識別（成人：20歳以上と、未成年：20歳未満を識別）を行った。また、男女識別は近赤外線以外に人物から放射される遠赤外線をサーモグラフィにより熱画像（以下、撮影された画像を熱画像と呼ぶ）を得てこの画像から生体的特徴を抽出することでも行った。

この他に、本研究はボード上の搭載 IC の多ピン化と増加の傾向に対処するために、IC ボードの故障検出（ボード上のどの IC が故障かは特定せずにボードが故障か否かを検出すること）と故障診断（ボード上のどの IC が故障か特定すること）をボード上に搭載されている IC の発熱をサーモグラフィで撮影して行った。このように本論文は赤外線の持つ特性を利用して対象物を識別する研究を行った結果について記述したものである。

2. 研究の背景と目的

■IC ボードの故障検出と故障診断

ボードの故障診断に関する実際技術はインサーキットテストが適用されてきた。しかし、IC の高集積化が進展^②しパッケージのピン数を増やす必要から BGA（Ball Grid Array）やその他の多数のピンを備えた IC パッケージの出現により、従来ボードの故障診断に用いられていたインサーキットテストが適用不能になってきた。これに対処するために、バウンダリースキャンを採用した IC を搭載してボードの故障診断を可能にする手法が開発された。しかし、この手法もスキャン機能を実現するためにチップ面積が増大するトレードオフの問題や、スキャン機能自体が故障の場合は診断不能となる問題点がある。本研究では、これらの問題点に対処する目的でボードに搭載されている IC の発熱画像をサーモグラフィで撮影してこの画像情報（発熱温度）を利用することでボードの故障検出と診断を行う研究を行った。

■男女識別

男女識別は大型商業施設やアミューズメント施設の隆盛により、これらの施設や商品の品揃えへの対応の必要性から 1995 年頃から種々の研究が盛んに試みられてきている。具体的には男女識別は大型商業施設やアミューズメントパークの入り口にカメラを設置し男女の来場者数を自動的に採取して、このデータを経営の参考とするため必要である。2008 年にはこの目的で可視光顔画像を用いたシステムが発表され、その後 2010 年には人通りの多い駅構内などに大型ディスプレイを設置してこの画面を見ている人物の男女を識別して、その結果に合わせた内容の広告を表示するシステムも試行されている。また、アンテナショップなどの商品棚に置かれた商品を男女がどの程度の割合で手に取ったりして興味を示すかなどの調査への適用も考えられている。このように男女の自動識別は商業・サービス産業の効率化や拡大のための基礎データ収集に必要とされている。

図 1 に男女識別に関する本論文の手法と従来手法との対応を示す。従来手法と本研究の根本的な相違は、従来

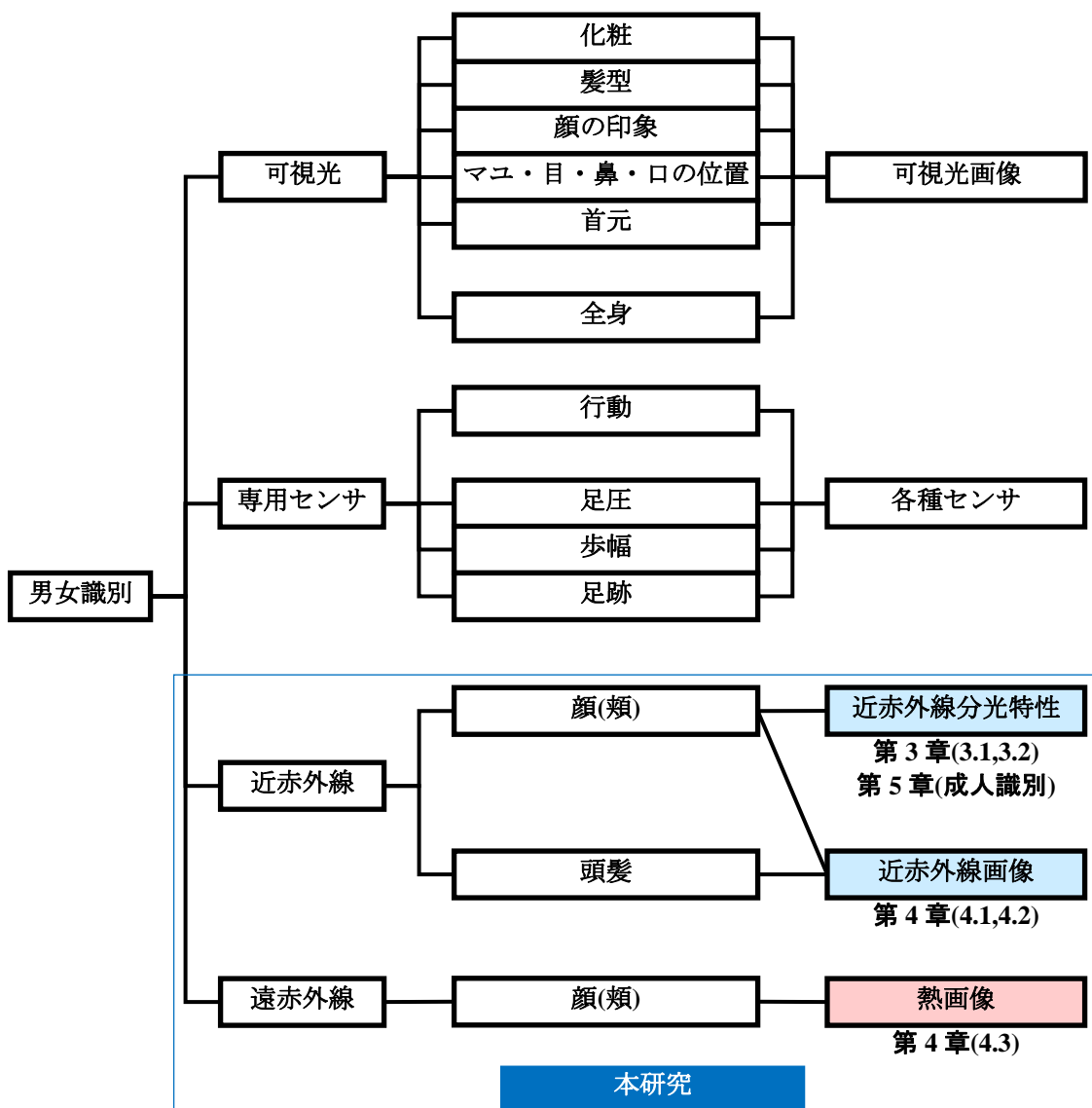


図 1 男女識別の研究分野と本論文の章・節の対応

手法は可視光画像で人物を撮影してその外見（顔、服装など）を利用しているのに対して、本研究は人物の第二次性徴以降の現われる生体的特徴を利用する点である。

近年では女性専用施設（女性更衣室、ホテルの女性専用フロアー、女性専用マンションなど）が増え、その防犯が課題となっている。現在は防犯のための決定的な自動的な手法（なりすましを排除することが重要）が出現していない状況である。このような現状から本研究では頬を入り口の検出器に接触させることで男女を生体的に識別して高識別率を得て、防犯システムへの適用を目指した研究を行った。

■成人識別

タバコや酒の自動販売機は未成年者に対しては販売を行わないことが望まれている。2009年にはタバコの自動販売機の成人識別部に顔をかざすことで成人・未成年を自動的に識別して未成年者には販売しない自動販売機が開発されて市場に投入された。しかし、このシステムは顔の外見を可視光で撮影する方式であり、種々のなりすましに対して耐性が弱く、現在は市場から撤退している。このような背景から、本研究では近赤外線を用いて成人・未成年の生体的相違を検出してなりすましに対する高い耐性を有する識別システムの研究を行った。

3. 結論

● 男女識別

本研究では、熱画像による顔抽出研究時に見出した、女性の頬温度が男性よりも低い現象を基に男女識別の研究を行った結果、熱画像と近赤外線画像で約90～93%の識別率を得ることができた。また、近赤外線分光器により、前記現象の医学的根拠である頬皮下脂肪厚の男女差を明確に確認することができた。さらに、近赤外線分光器により得た1200nm付近の狭波長領域分光特性の2次微分で分光特性のオフセットを除去でき、その上1100～1750nmの全波長域を使用して男女識別を行うよりも高識別率が得られることが判明した

熱画像では約91%の識別率を得たが、サーモグラフィが高価なために経済性で劣る欠点を持つ。したがって、この点を改善する目的で近赤外線画像を利用した研究を行った。この場合の医学的根拠も熱画像と同じ頬の皮下脂肪厚差であることがわかった。

以下に、来場者の男女数の統計的データ収集のための男女識別に関してまとめた見解を示す。

- (1) 男女識別では熱画像を使用した手法が外光の影響は全く受けけないなどの利点があり、一番優れている。しかし、サーモグラフィは高価であるので経済性の観点からは他の手法に劣る。しかし、サーモグラフィの価格は低下しつつあり将来的にはさらに低下するので、実用化は可能であると思われる。
- (2) 一般の防犯カメラの前面に近赤外線透過フィルタを被覆または外すことで可視光画像（従来手法）と近赤外線画像（本研究手法）を撮影可能であるので、両画像を併用することで高精度で低価格の男女識別システムを実現することが可能であると思われる
- (3) 防犯システムへの適用の場合は、従来手法ではなりすましに対する耐性が弱いので大きな問題である。したがって、本研究の手法を採用する方が効果的である。しかし、現在の識別率は100%を達成していないので識別不能領域を設定し、疑わしい場合は警報を発するなどの管理者の労力削減用の補助的な役割であれば荷えると思われる。

● 成人識別

本研究では近赤外線分光器で行った男女識別を発展させて成人識別に試みることを行い、約82%の識別率を得た。従来の可視光画像では顔のしわやしみなどの外見を用いるのに比較して、提案手法は頬の皮下2mmのコラ

ーゲンとその反映である水分を検出して行う方法であるのでなりすましに対する耐性が従来手法より高いと考えられる。本手法は頬の接触位置を精度良く行えるように工夫すること、例えば水を顔に付けるなどのなりすましを防ぐために、識別前に熱風を頬に当てて水分を蒸発させるなどの工夫を行うことでさらに識別率を高めることが考えられる。

●男女識別研究結果の使用環境に対する耐性

表1に男女識別の従来研究と本研究の主な特徴を対応して示す。この表から、顔に関しては可視光を使用した手法と赤外線を使用した本研究の手法の大きな相違は、**可視光による従来手法では男女の多くの顔の外見のデータベースをもとに特徴量を決定している**ので、**人種が（あるいは国が）異なれば男女の顔の特徴を抽出した膨大なデータベースを再構築して特徴量を再度決定する必要が生じる**と考えられる。一方、**本手法は全人種の男女に共通する生体的特徴を利用しているためデータベースを再構築することなく異人種に対しても対応可能なこと**である。一方また、人物の外見を使用しているためなりすまし（女装，男装）に対する耐性が弱い。しかし、統計的に男女の来場者数を収集する場合は問題とされないと考えられる（例：女(男)装の男性は女(男)性製品を求めるので）。

表1 使用環境に対する男女識別の耐性

研究	使用画像	使用部位	異人種への対応	データベースの構築	外光の影響	なりすましに対する耐性
従来研究	可視光	顔/全身	弱	膨大に必要	大きく受ける	弱
本研究	熱画像	顔	強	無し	無し	強
	近赤外線	顔	強	無し	中程度に受ける	強
		頭髪	弱	無し	中程度に受ける	弱

4. 今後の課題

●男女識別

今後の課題としては、近赤外線顔画像の頬と髪部分に特徴抽出のためのテンプレートを自動的に被覆することがある。現在、目を検出してこの目の位置を基準としてテンプレート被覆を行なうことを検討中である。今後はこれらの手法を完成させて、完全な自動男女識別システムの構築を目指す予定である。なお、熱画像では自動的な特徴抽出手法の開発を終了している。

近赤外線分光器を用いた男女識別は分光器が高価であるために、経済的には不利である。したがって、基本原理を基にハードウェア化することが検討課題である。

●成人識別

成人識別に関しては本研究で基本概念の確認はできているので、近赤外線分光器を使用せずに安価なハードウェアを実現することが残された課題である。

今後の男女識別システムは、従来の可視光画像の利点と本研究の近赤外線または発熱画像の利点（生体的特徴を利用）を活かすように両者を併用することで外光の影響の少ない高識別率な男女識別が可能になると考えられる。また、成人識別に関しても同様な考え方でシステム構築することでなりすましを許さない識別が実現できると考えられる。