

平成21年6月1日現在

研究種目：基盤研究（C）
 研究期間：2007～2008
 課題番号：19560403
 研究課題名（和文） 拡張隣接グラフとニューラルネットを応用した
 バイオメトリック情報からの特徴抽出
 研究課題名（英文） Feature extraction for biometric image using extended relational
 graph and neural network approach
 研究代表者
 大塚 友彦（OHTSUKA TOMOHIKO）
 東京工業高等専門学校・電子工学科・教授
 研究者番号：80262278

研究成果の概要：従来の生体情報特徴量抽出手法では、生体情報画像の局所的な特徴のみ注目していた。本研究では、特徴抽出の精度向上のためには大局的生体情報が必要と考えた。そこで、生体情報画像のテクスチャを拡張関係グラフとして抽象化しグラフから大局的な生体情報を抽出する手法を提案した。次に局所的／大局的生体情報を組み合わせ、指紋特徴抽出、虹彩領域抽出の2分野に対して本手法を組み込んだ手法を試行した。実際に実験結果から本手法の有効性を確認した。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
19年度	900,000	270,000	1,170,000
20年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
年度			
総計	1,700,000	510,000	2,210,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：電気電子工学・通信・ネットワーク工学

キーワード：信号処理

1. 研究開始当初の背景

近年のコンピュータ技術の発展により、ドア開錠システムやパソコンのユーザ管理などの分野で指紋、顔、手のひらの静脈パターン、網膜パターンなどのバイオメトリック情報を用いた個人識別システムが採用されている。個人識別分野では、目的に応じたセキュリティレベルを達成するため、個人識別に使用するバイオメトリック情報の選定、個人識別精度の検討、処理時間とコストの最適化が図られている。

バイオメトリック情報による個人識別システムの処理は、大別して、システムにバイ

オメトリック情報を登録する作業と、登録データとの照合を行う作業の2つに分けられる。バイオメトリック情報の登録作業では、入力されたバイオメトリック情報(画像)の画質を評価・改善する処理が行われ、登録された情報の漏洩防止のため暗号化も行われる。また、照合作業では、指紋や顔などのバイオメトリック情報を撮影した画像(画像)の画質改善、入力画像からの個人識別に必要な特徴抽出、抽出特徴と登録データとの照合処理が行われる。現在のバイオメトリック情報による個人識別システムを実現するため、これまでに様々な研究がなされてきた。

近年、コスト削減のため、バイOMETリック情報を撮影するセンサーの小型化と低解像度化が求められるようになった。従って、これまで以上に高度な画質改善技術確立が急務となっている。

さらに、システムの大規模化により、登録個人データ数が増大による照合比較回数も多くなるため更に処理時間短縮が望まれるようになった。照合処理時間短縮のため、バイOMETリック情報の分類手法などの照合処理を効率化する手法の確立も課題となっている。

一方、近年の組込みマイコンの発展により、組込システムによる照合処理実現のニーズも高まっており、より高精度で高速な個人識別処理の確立も課題の一つとなっている。さらに、高いセキュリティ確保のため、複数のバイOMETリック情報を組み合わせて個人識別を行う方法も研究課題とされている。

2. 研究の目的

そこで、本研究では、こうした課題を解決する手段として、①低コスト(低解像度)センサーで撮影されたバイOMETリック情報(入力画像)の画質改善手法の確立、②バイOMETリック情報から正確かつ高速な特徴抽出手法の確立、③提案手法のハードウェア化について検討する。

3. 研究の方法

(1) 高速・高信頼な指紋特徴量抽出

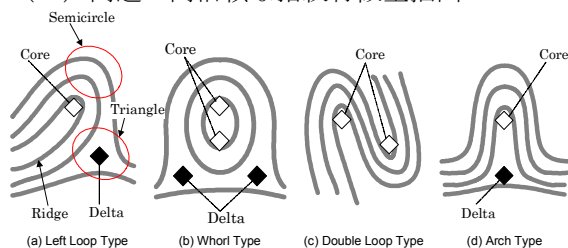


図1. 指紋隆線と特異点

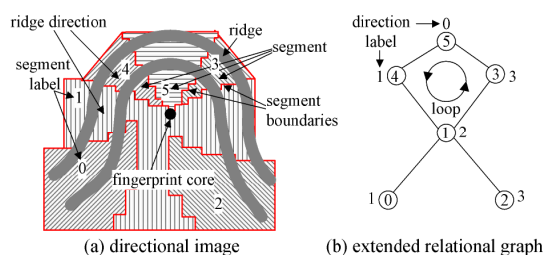


図2. コアと拡張隣接グラフ

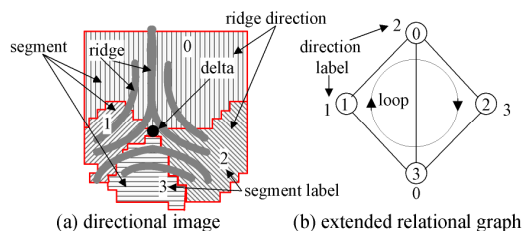


図3. デルタと拡張隣接グラフ

指紋画像に現れる隆線(ridge)、コア(core)、デルタ(delta)を図1に例示する。提案手法では、隆線方向を4方向量子化した方向画像を生成し、連続する同一隆線方向を持つ領域(セグメント)の隣接関係を拡張隣接グラフ(extended relational graph)で表現し、グラフ解析からコアやデルタの位置を算出する。拡張隣接グラフとは、研究代表者が提案するグラフで、主に指紋特徴解析に用いるグラフのことである。図2(a)、図3(a)のような指紋の方向画像のセグメントを節点、隣接関係を枝で表現したグラフで、各節点是对応するセグメントの量子化された隆線方向のラベルを持つことになる。拡張隣接グラフの例を図2(b)、図3(b)に示す。

現時点までに指紋のコアとデルタの検出精度を劣化させる原因として、指紋隆線の局所的なひずみが位置検出、並びに、コアとデルタの誤判別に大きく影響することも明らかになっている。この原因は、コアやデルタの位置を検出する際、各セグメントの重心座標を用いて算出していたためであった。特に、指紋の隆線が大きく歪んでいる場合やセグメントの形状がゆがんでいる場合、コアやデルタの位置検出精度が低下するという問題があった。

そこで、本研究では、指紋画像特徴点であるコア(円弧状の指紋隆線パターンを中心点)とデルタ(三角上の指紋隆線パターンの重心点)の抽出手法を改善し、検出精度を100%に近づけることを目標(現時点では95%)とする。本研究では、局所的に指紋隆線が不規則なパターンを示した場合の処理として、コア・デルタの候補点を拡張隣接グラフと隆線方向分布解析の結果から抽出し、候補点密度の高い領域をさらに直線掃引探索する手法について検討を進める。抽出手法改善により、検出精度をさらに改善できる。

(2) 障害物に影響されない虹彩領域検出

虹彩を撮影する際に睫毛、瞼、目尻などにより虹彩が一部隠れてしまう。この場合、虹彩認証を可能とするため、障害物のない部分の虹彩領域を自動抽出することは重要となる。ここでは、目の構造に着目し、障害物の影響を受けない虹彩領域抽出手法を検討する。グラフ理論を用いた領域分割技術を応用

することで障害物を取り除いた虹彩領域抽出が可能となる。

提案手法は、これまで研究代表者が行ってきたLSI設計CAD研究の取り組みから、グラフ理論などを用いた素子配置設計問題や配線設計問題の解法を指紋の特徴抽出に応用する発想は他に例のない独創的な視点と言える。これまでの成果を踏まえ、グラフ理論やニューラルネットワークを応用して指紋、虹彩など様々なバイOMETリック情報に同様に適用できる画質改善手法と特徴抽出手法を提案する。

4. 研究成果

表1 検出精度の比較.

Database Name	Poincaré Index Method	Extended Relational Graph Method	Singular Candidate Method
FVC2000 DB1	74.8%	70.8%	84.0%
FVC2000 DB2	86.3%	79.6%	89.0%
FVC2000 DB3	71.1%	55.8%	80.8%
FVC2000 DB4	96.8%	87.1%	97.8%
FVC2002 DB1	87.0%	78.6%	91.7%
FVC2002 DB2	79.6%	74.9%	92.6%
FVC2002 DB3	90.0%	85.6%	94.0%
FVC2002 DB4	93.4%	83.9%	94.1%

表2 処理時間の比較

Database Name	Poincaré Index Method	Extended Relational Graph Method	Singular Candidate Method
FVC2000 DB1	0.033 s	0.035 s	0.044 s
FVC2000 DB2	0.038 s	0.046 s	0.049 s
FVC2000 DB3	0.077 s	0.071 s	0.095 s
FVC2000 DB4	0.031 s	0.032 s	0.040 s
FVC2002 DB1	0.057 s	0.053 s	0.069 s
FVC2002 DB2	0.057 s	0.059 s	0.073 s
FVC2002 DB3	0.034 s	0.034 s	0.044 s
FVC2002 DB4	0.046 s	0.040 s	0.053 s

指紋画像上の隆線の渦の中心(コア)や三角州状パターン(デルタ)は指紋の特異点となる。従来法の指紋のコアとデルタの検出精度を劣化させる原因として、指紋隆線の局所的なひずみ、画像のかすれやにじみ等が位置検出、並びに、コアとデルタの誤判別に大きく影響することも明らかになっている。今年度は、指紋画像の特徴点であるコアとデルタの抽出手法を改善し、検出精度を100%に近づけることを目標とした。そこで、本研究では、大局的な隆線情報を解析するために用いた拡張隣接グラフと共に、局所的な隆線方向を解析して諮問特異点となる確立の高い点(候補点)を抽出し、指紋隆線の対極的情報と局所的情報を共に用いて指紋特異点抽出を行う手法を提案する。劣化を含む実際の指紋画像6,400枚(FVC2000, FVC2002)について指紋特異点抽出実験を行ったところ、平均91%の検出率となり、従来法のポアンカレ法や隣接グラフ法よりも高い検出率となることが確認された。表1、表2に検出精度と処理時間の比較、図4に処理結果例を示す。

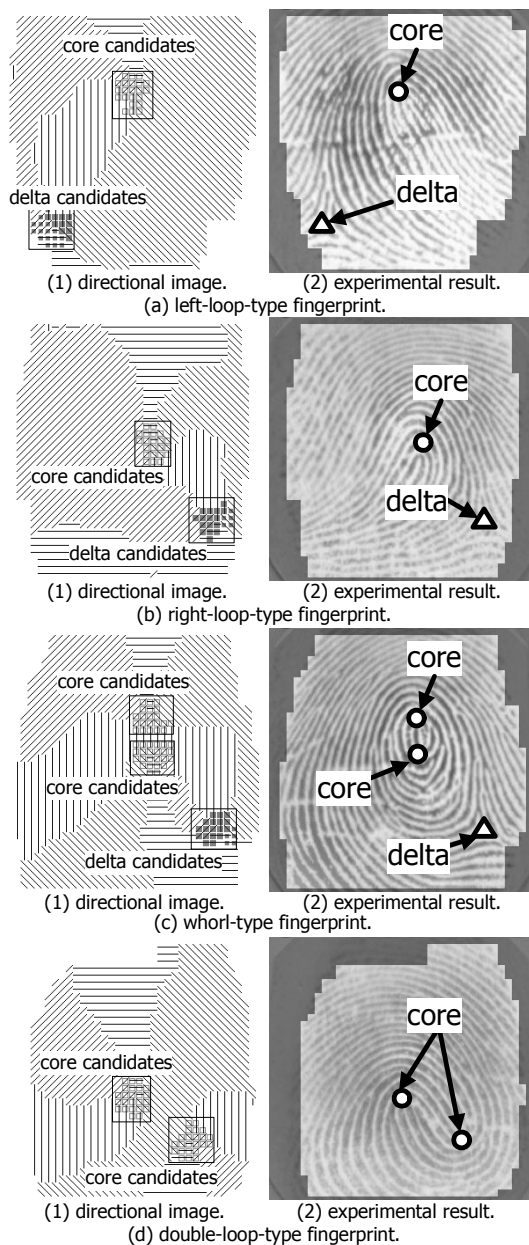


図4 処理結果の一例

(2) 障害物に影響されない虹彩領域検出

近年、個人認証システムの1つとして虹彩認証が普及してきた。虹彩認証では虹彩模様を用いて認証を行う個人認証である。虹彩模様は生後、幼児期までの間に形成され、万人不同、生涯不変という特徴があるため、セキュリティ・システム等で利用されるようになった。また、虹彩認証は、FAR（他人受入率：False Acceptance Rate）が120万分の1という精度での個人識別が可能とされている。しかし、虹彩認証の前処理段階において、まつ毛や照明反射等の障害物によって虹彩領域の抽出精度が低い場合、虹彩を再度撮影しなければならなくなる。撮り直し回数が増え、FRR（本人拒否率：False Rejection Rate）を高めてしまうため、認証処理時間が

大きくなり、利用者の利便性を損なうことになる。虹彩認証において、認証に用いる虹彩領域を正確に抽出することがシステムの性能向上には必須の条件と言える。

従来の虹彩領域抽出では、瞳孔と虹彩の輪郭は同心円であると仮定し、虹彩領域抽出を行っているため、瞳孔検出に失敗すると正確な虹彩領域抽出は困難となる。虹彩検出に失敗する典型的な例は、瞳孔と重なったまつ毛が障害となって、瞳孔の輪郭を円で近似出来なくなる場合や、検出された瞳孔中心と虹彩中心が大きすぎてしまう場合等が知られている。また、従来手法では、撮影時の照明反射により虹彩模様が潰れてしまった場合、その領域を虹彩領域から障害物として除外する必要もあった。

そこで本研究では、瞳孔中心と虹彩中心が一致しない場合や、虹彩模様、障害物に影響されない虹彩領域抽出手法について検討する。虹彩模様は個人差が大きいため、筋状模様というだけの条件で領域検出することは困難である。本手法では、虹彩以外の領域に着目し、虹彩に比べ平坦で検出容易な領域を除去していくことで、最終的に残った領域を虹彩領域として検出しようと考えた。本手法の手順は以下の通りである。まず、瞳孔やまつ毛のように虹彩より暗い領域を除去している。次に、白目やまぶたのように虹彩より明るい領域を除去している。続いて、残った領域の輪郭を検出し、その輪郭と最も重なる円を検出している。最後に、円に含まれる暗部領域、明部領域を除外し、虹彩領域として抽出する手順から成り立っている。

本研究では、提案手法の検出率を評価するため、プログラム言語C++を用いて、提案手法に基づくプログラムを作成した。CASIA虹彩画像データベースの虹彩画像(Lamp)1,500枚の虹彩画像に本提案手法を施した結果、1,432枚で虹彩領域抽出に成功し、検出率は96%となることが明らかになった。従来手法による虹彩領域抽出は85%であったため、本手法の有効性が確認された。処理結果の一例を図5に示す。

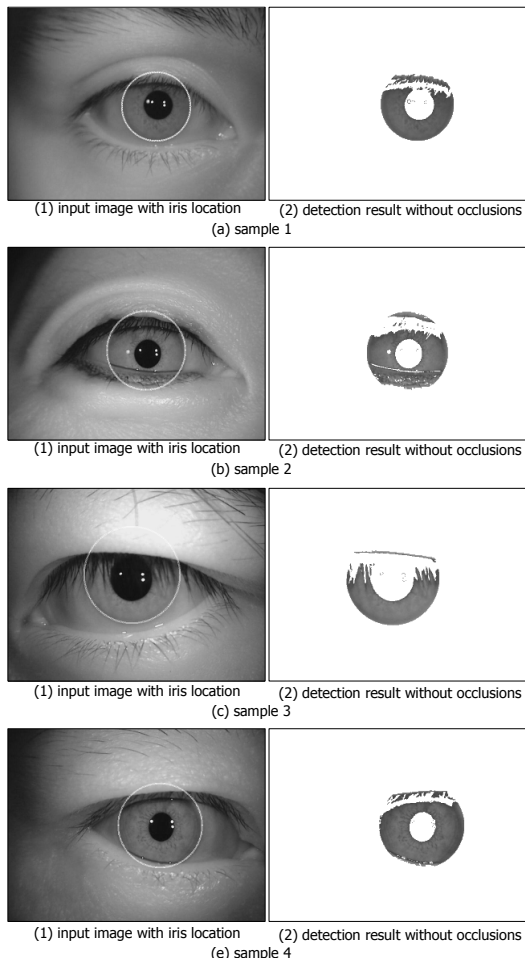


図5 処理結果の一例

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 3 件)

- ① D. Tomizawa, Y. Hasegawa, **T. Ohtsuka**, H. Aoki, “New System Implementation on SIMD Processor for Reliable Finger-print Singularity Detection by Singular Candidate Method”, Proceedings of IAPR Conference on Machine Vision Applications (MVA2009), held in Kanagawa, May, 2009, pp. 358-361
- ② **T. Ohtsuka**, D. Watanabe, D. Tomizawa, Y. Hasegawa, **H. Aoki**, ” Reliable Detection of Core and Delta in Fingerprints by using Singular Candidate Method”, Proceedings of IEEE Computer Vision and Pattern Recognition Workshop on Biometrics, (CVPR Workshop on Biometrics), pp. 1-6, June, 2008
- ③ **T. Ohtsuka**, D. Watanabe, **H. Aoki**, ” Fingerprint Core and Delta Detection by Candidate Analysis”, Proceedings of IAPR Conference on

Machine Vision Applications (MVA2007), pp. 130-134, May, 2007

〔学会発表〕(計 2 件)

- ① 富沢大介, 長谷川裕太, **大塚友彦**, “画像処理専用並列プロセッサを用いた指紋画像処理実装に関する研究”, 八王子市産学連携機構第8回研究成果発表講演会要旨集, pp. 330-331, December, 2008
- ② 渡辺大輔, **大塚友彦**, “候補点解析による劣化指紋画像からの高精度特異点抽出手法”, 八王子市産学連携機構第7回研究成果発表講演会要旨集, pp. 258-259, December, 2007

6. 研究組織

(1) 研究代表者

大塚 友彦 (OHTSUKA TOMOHIKO)
東京工業高等専門学校・電子工学科・教授
研究者番号：80262278

(2) 連携研究者

青木 宏之 (AOKI HIROYUKI)
東京工業高等専門学校・電子工学科・教授
研究者番号：20249759