

## 論文の内容の要旨

論文題目 指静脈認証技術の研究  
Biometric authentication with finger vein patterns

氏 名 三浦 直人

近年の情報化社会の発展や防犯意識の向上に伴い、データアクセスや区域管理を厳密に実施するための個人認証の必要性が高まっている。現在でも、鍵やICカードなどの所有物や、暗証番号やパスワードなどの知識による個人認証が広く用いられているが、所有物の盗難や知識の漏えいなどにより、他人の成りすましが問題となっている。さらに所有物は常に携帯しなければならない、また知識は常に記憶していなければならないため、本人の利便性が低下するものでもあった。

そこで近年では、ひとの身体的あるいは行動的特徴を利用した生体認証が注目されている。生体認証は盗難や漏えいが生じにくいことから信頼性の高い認証が可能であり、さらには所有物のように置き忘れることもなく、パスワードのような煩わしい入力操作も不要となることから利便性の高い個人認証が実現できる。これまでに、指紋、顔、虹彩、静脈などに基づく生体認証が提案され、より高い認証精度とより優れた利便性とを実現するために様々な研究開発が行われてきた。

その中でも、指の皮下に分布する静脈パターンに基づく生体認証技術は、パターンが複雑でありながらも秘匿性に優れた指静脈を用いているため認証精度や耐偽造性が高く、さらには指を用いていることから簡便な操作性や装置の可搬性が高められる方式であると考えられていた。そのため、2000年頃より次世代の生体認証技術として着目され、認証方式の基本原理の確立と実用化に対する期待が高まっていた。

そこで本研究では、次世代の生体認証である指静脈認証技術の基本原理の確立と実用化を目的とし、実用化に必須となる技術課題を明らかにすると共に、これらの課題を解決するための認識技術と計測技術とを提案することで高精度な指静脈認証

技術の確立を目指す。

初めに、不鮮明でノイズの多い指静脈画像の中から指静脈パターンの特徴のみを抽出する手法を提案する。指静脈画像は、指の手の甲側から赤外線を照射し、手のひら側に到達した透過光を撮影することにより得ることができる。この画像には、ヘモグロビンによる光の吸収により暗い影として観測された指静脈パターンが含まれるが、指の厚みや関節の有無などの不均一性により指静脈パターン以外の輝度変化も含まれている。これに対し、指静脈画像上に分布する指静脈パターンの分布特性を考慮した暗線の反復追跡処理を検討し、指静脈パターンとそれ以外のノイズ情報とを統計的に分離する手法を提案した。

次に、抽出された指静脈パターンの変形や途切れなどの僅かな変動に対してロバストに照合する手法を提案する。指を提示する際、指の位置ずれや曲げなどが生じるため、指静脈パターンは登録時のパターンに対して僅かに変形する。このとき、高速処理可能なテンプレートマッチングに基づく線パターン同士の照合を行うとその変形が照合結果に大きな影響を与える。これに対し、指静脈パターンの抽出結果を指静脈らしさのスコアとして捉え、静脈領域、背景領域、そしてそれらの中間的なスコアとなる曖昧領域の3領域にラベル付けした3値静脈パターンを生成し、照合の際は曖昧領域に重なった誤差を無視することで変形やかすれの影響を低減し、これらの影響にロバストな照合手法を提案した。

続いて、血流量の変化に伴う血管幅の変動にロバストな認証処理手法を提案する。指に流れる血流量はそのときの体調や気温、身体の体勢などによって変動する。このとき、指静脈パターンの見かけ上の血管幅が変化する場合がある。そのため、血管幅の変化に応じて特徴抽出の結果が変動する特徴抽出処理を適用すると、その変化によって認証精度が劣化する。これに対し、指静脈画像の断面輝度プロファイルの曲線に対して曲率を計算し、血管幅の内側で最も曲率の大きい部分を血管中心とみなし、この点をあらゆる位置と方向の血管に対して求め、それらを線パターンとして接続することにより、血管幅が正規化された指静脈パターンを獲得する手法を提案した。

さらに、皮膚のしわの影響や光の拡散によるぼけの影響を含む指静脈画像から真の血管像を獲得する手法を提案する。指静脈画像には、指静脈パターンだけではなく、皮膚の肌荒れや付着物の影響によって皮膚のしわのパターンが重畳される場合があり、さらには生体内部の光の拡散により血管像がぼける。そのため、登録時の皮膚の状態が変化すると認証結果が劣化する課題があった。これに対し、血液中のヘモグロビンの光吸収特性や皮膚での光拡散特性が波長によって異なることを活用し、3つの異なる波長の光源を用いて3枚の指静脈画像を撮影し、真の血管像を獲得する技術を提案した。この手法では、ある1枚の画像が残りの2枚の画像に対して血液吸収率が低いことを活用し、残りの2枚の画像中の皮膚のしわパターンのみを除去すると共に、しわ除去された2枚の画像のぼけの相違を活用して観測されている血管像のぼけを除去し、真の血管像を獲得する。

最後に、指静脈パターンの更なる構造情報の獲得として血管の深さ情報を推定する手法を提案する。認証装置の小型化や高精度化においては認証に活用できる更な

る情報を獲得することが望まれるが、これまで2次元平面的に獲得していた指静脈パターンに対し、3次元的な指静脈パターンを獲得することが有用であると考えられる。そこで、生体内の光の拡散と血管の深さとの関係性をモデル化した点広がり関数（PSF; point spread function）を利用して、当PSFの逆畳み込み演算と映像の鮮鋭度の評価とに基づいて血管の深さを推定する技術を提案した。

以上の通り、本研究により得られた成果によって、指静脈認証を実現するための様々な技術課題が明らかになると共に、これらの課題を解決するための認識技術と計測技術とを提案することで、指静脈認証技術の基本原理の確立と実用化を達成することができた。さらには、将来的な技術トレンドとして重要と考えられる認証システムの大規模化と認証装置の小型化に向けて、血管の深さ推定に基づく血管構造の精緻獲得に向けた基礎検討を実施することもできた。従って本研究は、安全で安心な社会の実現に向けた情報・物理インフラの安全性や機密性を高めるセキュリティ技術の革新に大きく貢献するものである。そして提案した生体計測・認識技術は、指静脈認証に限らず今後の生体認証技術の更なる発展に寄与するものとする。