

その他の生体特徴による個人認証

京 相 雅 樹*

Other Biometric Techniques for Individual Authentication

Masaki KYOSO*

1. はじめに

近年様々なバイオメトリクスによる個人認証技術に関する研究開発が進められており[1-14], ここまでの解説にもあるような分野では研究, 実用化および標準化の動きが特に進んでいる[1-4, 7, 9-13, 15-34]. バイオメトリクスは身体的特徴によるものと行動的特徴によるものに大別できるが, この特集では身体的特徴によるものを対象としているので, ここではこれまでの解説で詳しくは取り上げなかった身体的特徴に関するバイオメトリクスの主なものについて, 対象とする生体情報の性質, 提案されている手法とその特性および実用化の動向について述べ, 最後に行動的特徴によるものを簡単に紹介することにする.

2. 身体的特徴による認証技術

2.1 掌形による認証

掌形 (hand geometry) を用いた認証とは, 掌の2次元または3次元的な形状から特徴を抽出し, それをもとに個人を識別する技術である[1-4, 11, 35, 36]. 身体的特徴を利用した個人認証において重要なのは, その特徴が終生不変かつ万人不同であるかどうかという点であるが, 掌形は指紋などと異なり, 終生不変な生体特徴ではなく, また完全に万人不同ではないという欠点がある. しかし, 指紋の場合のような心理的な抵抗感が少なく, またカメラが向けられているのが掌のみであり, 監視されているような圧迫感も感じないため, ユーザに受け入れられやすいという特徴があることから, 入退室管理, 出入国管理などの場で従来のセキュリティに追加して利用するケースが多い. 実際に1996年のアトランタオリンピックの選手村や役員室の入室管理や米国に商用で頻繁に入国する利用者を対象としたINSPASS (Immigration and Naturalization Service Pas-

senger Accelerated Service System) 登録者に対する認証に利用されるなどの実績がある. 掌形認証において計測される生体特徴としては指の幅や長さ, 関節の幅や厚み, 掌の幅や厚みあるいはそれらの比率である.

この技術の開発は1970年代ころに始められ, 関連する特許が米国において取得されている[37, 38]. 製品としては1976年にIdentimat社で開発されたIdentimatが登場した. この装置は親指以外の指4本の長さを光学的に読み取り, あらかじめカードに記録しておいた長さとは照合することにより認証を行うものであったが, 非常に大型の装置であり, 手軽に利用できるものではなかった. その後1986年にRecognition Systems社(現在Ingersoll-Rand社傘下)[39]から4本の指と掌の一部をCCDカメラにより撮影し, 照合するシステムHand Readerが登場した. 現在のモデルではガイドピンに沿って置かれた掌とその側面の画像を赤外線カメラでとらえ, その画像から90項目以上の特徴量を抽出し, これをもとに9バイトの識別データを生成して照合を行う[1]. 登録時には3回の計測を行い, その平均値をテンプレートとして登録する. 掌形認証システムにはこの他にもBiomet Partners社の製品がある[40]. このシステムは2本の指のみで認証を行うシステムであり, 登録時に指画像から20バイトの登録情報を抽出し, これを用いて認証を行う. これらのシステムの認証速度は1件当たり数秒, 認証精度はFRR (false rejection rate; 本人拒否率), FAR (false acceptance rate; 他人受入率) とともに0.1%のオーダーである[1, 2, 29].

掌形に関連する個人認証としてこの他に指関節の位置や形状を用いるものも報告されている[41, 42]. 形状の計測方法は画像ではなく, 指紋の計測などに用いられる電極アレイを用いた接触式センサを用いている. このシステムの認証精度はFRRが9.8%, FARが1.0%である.

2.2 網膜による認証

すでに解説した虹彩による認証システムについては様々な研究開発が行われている[1-4, 12, 17, 19, 25, 31]が, 眼か

* 武蔵工業大学工学部
Faculty of Engineering, Musashi Institute of Technology

ら得られる生体特徴には他に網膜パターンがあり、非常に高い認証精度が得られることが知られている[2, 12, 29, 43, 44]. 網膜の表面に存在する血管は乳児においては未発達であり, 2歳ごろまでに眼球の径とともに成長し, 完成する[45]. それ以降は網膜に影響を与える疾病に侵されない限り終生不変であり, また指紋と同様, 万人不同の特性を持つ. また特徴が眼球の奥に隠されており, 外界の環境変化に影響されにくいという利点も持ち合わせている. この生体特徴が認証に利用可能であることが報告されたのは1935年であり[46], 1955年には双子でさえそのパターンが異なるという報告もあったが[47], 認証に必要な計測あるいは処理の技術が成熟しておらず, バイオメトリクスの技術として発展するには至らなかった. 1970年代になり, 眼底画像の処理技術に関する研究が行われるようになり[48-50], このような背景のもとでEyeDentify社が1976年に設立され, 網膜によるバイオメトリクス技術が研究されるようになった[1]. 同社は開発途上で取得した特許[51-54]の技術を用いて最初の網膜認証システムの製品EyeDentification System 7.5を1985年に登場させた. このシステムの原理は眼底の2次元画像を計測するのではなく, 近赤外線を用いて眼底を環状にスキャンし, その際得られた反射波の波形とその周波数成分をもとに特徴量を決定する手法を用いている[1, 2, 12, 44]. 光源に近赤外線を用いることにより, 血管部分が近赤外線を吸収するため, コントラストの良い血管パターンが得られ, さらに視認できない波長を用いているために違和感なく計測できるという特徴がある. 計測時には利用者が同一部分に焦点を合わせた状態で行わなければならないが, 注視点を用意して一定の方向を注視させることにより, 常に中心窩周辺の同一領域が計測されるように工夫されている. 光学センサにより取り出された電気信号は, 血管情報を反映した交流成分のみが増幅された後, 約220 Hzのローパスフィルタを通してからAD変換され, マイクロプロセッサで処理が行われる. 生体特徴としてはこの波形を正規化したものと, 波形のFFT結果を用いており, 登録時には数回の計測値の平均が登録される. 認証時には保存されていたデータと計測されたデータとの相関係数が計算され, その値が閾値を超えていれば本人と認証される. その際, スキャン時に生ずる頭部の傾きによる回転方向のずれの影響を排除するため, 計測された波形の位相を変化させて同様の認証処理を行い, 相関係数が最大となるものを閾値処理して結果を得るようになっている. EyeDentify社はその後システムに改良を加えたEyeDentify ICAM2001を発表した. このシステムは表1に示すような仕様となっており, FARが非常に低いのが特徴となっている. しかしながら網膜を用いた個人認証システムは複雑な光学系を持つため高価であること, 装置をのぞき込むことにより認証を行うため, ユーザに若干の抵抗感があることから, 高いセキュリティが必要な場面での

表1 EyeDentify社製EyeDentify ICAM2001の仕様

最大登録者数	3,000名
登録時間	1分未満
認証時間	1.5秒
FRR	約0.1%
FAR	約0.0001%
登録データ量	96バイト/件

み用いられることが多い.

2.3 DNAによる認証

DNAによる個人の識別技術としては, 犯罪捜査あるいは身元不明者の捜索において, 残された細胞から取り出されたDNAと本人または近親者のDNAの比較による細胞の持主の特定が知られているが, この技術を応用して高い識別精度で個人認証を実現する手法が注目を集めている[1, 2, 55, 57]. DNA (deoxyribo nucleic acid; デオキシリボ核酸) は4種類の塩基, アデニン (adenine; A), シトシン (cytosine; C), グアニン (guanine; G), チミン (thymine; T) の配列により構成されており, これらがたとえば図1の模式図に示すように並んでいる. AとT, CとGがそれぞれ結合することができ, DNAの構成単位であるヌクレオチド (nucleotide) と呼ばれる塩基, 糖およびリン酸の結合の3組分が一つのアミノ酸に対応している. ヒトではこのヌクレオチドが30億個あると言われており, そのうちの約1.5%が生体を構成するタンパク質の設計図となっている[57]. 図1に示したDNAが二重らせん構造であり, これに遺伝情報が含まれることは1953年に明らかとなり[58, 59], その後この塩基配列のうちの0.1%から0.5%の部分に含まれる個人差により個人の特特定を行うことが可能であることが明らかにされ[60], さらに特定のDNA配列を効率よく複製する技術が開発された[61]ことにより, DNAを用いた個人識別が現実的となった. この方法は高い精度が得られるという利点がある[29, 62-64]が, 処理に労力と時間を要し, またコストもかかるため, 多くの場合犯罪捜査あるいは身元不明者の捜索などの場面での利用に限られている. 一方で, DNAによる個人認証を最終的な手段として簡易的な認証手段と組み合わせ, 容易に利用できるような工夫した方式も開発されている. DNA Technology社[65]により1994年に特許出願された方式[66]は, 複製したDNAを混入した特殊インクを用いる. このインクには特定波長の光に対してのみ蛍光発する物質が含まれており, 通常は透明であることから, 特殊な光学スキャナで読み取らない限りマークの存在にすら気づかないというものである. 通常はこのスキャナによりインクの有無を確認することにより塗布した対象の真贋を確認するが, 確実な識別を要する場合にはインクに含まれるDNAを抽出してもとのDNAと比較すれば, リアルタイムではないが高

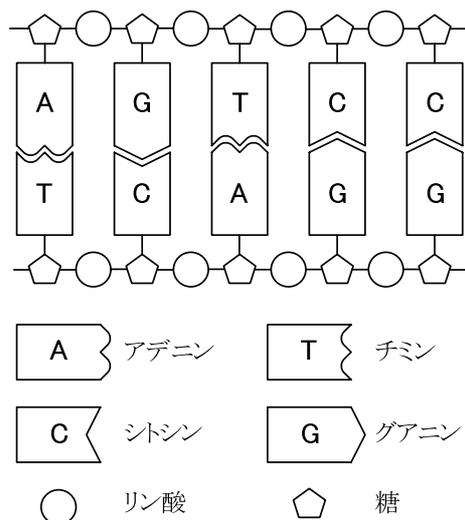


図1 DNAの構造

精度な確認を行うことができる。この技術は他に、視認できるインクにDNAを混入したペンを用いて著名人のサインの真贋を確認する用途に応用されている。国内ではアイディテクニカ社[67]がこの技術に応用した製品を手がけている。

2.4 耳介による認証

耳の形状は一卵性双生児では類似しているものの、万人不同性があり、その特徴は個人認証に利用することができる[2, 68-71]。耳介は生後2年までは急激に成長するが、10歳前後で耳幅が、13から17歳で耳長の成長が止まり、その後はわずかずつ成長を続ける[69, 72, 73]ため、終生不変ではないが、成人においてはほぼ不変と見なすことが可能である。耳介の外側部分はこのを支える耳介軟骨が作り出す複雑な凹凸を示しており、それぞれの要素は図2に示すような名称で呼ばれている。耳介による個人の識別の端緒はIannarelliによるものと言われており、法医学的な見地からの研究がもとであった[68]。Iannarelliの手法は45度で交わる4本の直線を引いた定規を耳の写真に当て、図3に示すような12か所の長さを測定することにより個人の特徴量を抽出するものであった。この手法は数値の比較により個人識別を行うという特徴があるが、画像の正規化あるいは定規を置く位置により誤差が生じるという欠点があった。その後耳介による個人認証の研究はコンピュータによる画像処理手法の発達とともに様々な研究が行われてきているが、耳介画像による認証は顔による個人認証に必要な技術と共通点が多く、したがって顔画像を用いた画像処理、特徴抽出そして一致判定の手法が応用可能である。現時点で提案されている手法の主なもの、各部の輪郭が描く曲線同士の一貫性を評価する方法[74]、輪郭上の特徴点を検出し、その距離や位置関係に関する特徴量を用いる方法[1, 75]、そして輪郭上の特徴点など何らかの基準を設けて画像の正規化や位置合わせを行った後に画像同士の一貫



図2 耳介各部の名称

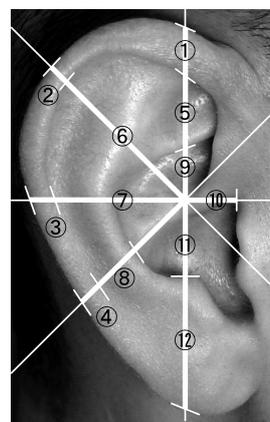


図3 Iannarelliの手法

度を評価する方法[71, 74, 76]の3つに分類される。この手法を用いたシステムはいまだ商品化されていないため、認証システムとして構築した場合の総合的な性能は不明であるが、限られた数の対象における認証精度は90%以上の報告がある[71, 74]。画像を用いた認証方式であることから、その認証精度は画像の品質に大きく依存し、カメラや照明の位置関係に起因する陰影や形状のゆがみの補正、あるいは耳に髪がかかっていた場合の処理などを前処理として行う必要がある。

2.5 心電図による認証

心電図は心臓の電気的活動を体表面で計測したものであり、心臓各部の活動状況に対応した特徴的な波形が観測できる。その波高、出現間隔および波形には個人差があるが、成長過程において変化する[77]ため、終生不変な生体特徴ではなく、また疾病や薬剤などにより心機能が影響を受けると変化するが、健康成人においては有効な認証手段として利用できる。

コンピュータを利用し、心電図の解析、診断を行う研究は古くから行われており、現在では多くの自動診断システムが普及している。したがって心電図からの特徴抽出、解析あるいは診断の手法についてはかなり研究が進んでいる

が、心電図の個人差を利用した個人識別に関する研究は 1990 年代中盤以降に始まった比較的新しい分野といえる [78-82]。その手法は、ウェーブレット変換や波形上の特徴点検出などにより、波形の特徴を抽出し、これをニューラルネットワークや多変量解析の手法により識別するというものである。当然ながらその識別精度は心電図の計測条件や被験者の状態により変化するが、数十名の被験者による評価で 90%以上が得られている。

2・6 その他の身体的特徴による認証

ここまで解説した以外にも、身体的特徴を利用した個人方式はいくつかみられる。ここでは個人識別に利用可能ではあるが、現在のところ個人認証システムとして応用可能な段階ではないものについて紹介する。

掌紋は手の平の部分に存在する文様であり、指紋と同様、万人不同、終生不変の特徴を持つため、個人識別に利用することができる [11, 83]。その識別に用いられる手法は指紋と同様であるため、技術的には実現可能であるが、データの取得のために広い面積の入力装置が必要であること、手の平に数多く存在する皺を適切に処理する必要がある [83] ことなどから、実用的な認証システムへの応用には至っておらず、主に犯罪捜査などの用途に用いられる [11, 83]。

指紋、掌紋の他に、手の平から得られる特徴には汗腺位置によるものもある。この特徴もやはり指紋に比べると実用システムとしての優位性はあるが、犯罪捜査などにおいて利用される [3]。

警察犬は特定の個人の持ち物が発する臭いを利用してその個人の足取りをたどることができる。この考え方に基づく個人認証の考え方は以前からあった [1] が、臭いを構成する様々な物質を感度よく、解析する方法としてガスクロマトグラフィ法などの高価、かつ分析に時間を要するものしか無かった [84] ため、個人認証に応用できるレベルのものには存在しなかった。1960 年代に入り、電子的な臭い物質の検出に関する研究が開始され [85]、進められてきた結果、様々な臭い物質を検出することが可能となり、技術的には臭いによる個人認証の可能性は開けてきたといえる。しかしながら、センサ部分がまだ高価である上、香水などの他の臭い、あるいは食事内容の変化や薬剤の使用などによる影響が大きいため、実用化という面からは遠いと言わざるを得ないのが現状である [1]。

3. 行動的特徴による認証技術

「無くて七癖」と言われるように、無意識に個人の特徴が現れる動作は多数あり、この動作から個人的な特徴を何らかの形で抽出することにより認証を行うことが可能である。行動的特徴には同一者内の変動や他人による模倣の可能性があるので、その影響をいかに排除するかという点が重要である。現在行動的特徴によるバイオメトリクスの方

野では、筆跡 [1-3, 14, 86-90] および音声 [1-4, 14, 91-95] による個人認証技術の開発および実用化が最も進んでいる。

筆跡による個人の特定は、認証に应用される以前から、犯罪捜査、著作の真贋判定などの目的で利用され、その有用性はそれらの分野で実証済であった。また、サインにより決済を行うような、筆跡で個人を認証する習慣が欧米などで一般的であることから、カメラを用いた顔画像による方法、あるいは指紋と比較して受け入れられやすいという利点もある。筆跡を認証に应用するための技術は様々な方式が提案されているが、識別に利用する文字やその入力方法などにより大きく 2 通りの分類ができる [86-88]。まず、紙などに記入された文字を静止画像として処理し、そこから特徴を抽出して認証を行う静的認証またはオフライン認証と、ペンタブレットなどを用い、記入時のペンの動きや筆圧などの時間的推移も含めて認証情報として用いる動的認証またはオンライン認証という分類である。前者は筆跡鑑定の延長としての技術であり、文字という画像の特徴をいかに抽出するかが認証精度を決定する。後者の場合には筆圧やペンの動きを時間の関数として処理できるため、前者に比べ情報量が多いという利点はあるが、変動要因が多く、不要な情報をいかに排除するかが重要となる。また、後者の場合には入力デバイスにコストがかかるという欠点もある。もう一つの分類は、登録時に使用した文字列と同一の文字列を使用して認証を行うテキスト依存型認証と、任意の文字列で認証が可能なテキスト独立型認証である。前者の最も単純な例は自分の氏名を入力し、これを画像のパターンあるいは筆遣いのパターンとして照合するものである。後者を実現するには、何らかの方法で筆者の文字に共通している特徴を抽出し、その特徴の一致を調べて認証を行う必要がある。以上のような分類のうち、最も高い認識精度が得られるのがテキスト依存型のオンライン認証方式であり、製品としては日本サイバーサイン社 [89] の CyberSIGN、クールデザイン社 [90] の CoolSign などがある。製品化されているもののほとんどは、自分の署名を登録しておき、これと入力した署名を照合することにより認証を行う方式を採っている。署名認証における認証精度は現在のところ 0.1% のオーダー [2, 21] であるが、他の手法と組み合わせることにより十分なセキュリティを実現できる。

音声認識・識別技術は、発話内容を識別、理解するための音声認識技術と、発話している個人を識別する話者特定技術があり、これらは相互に関連しながら進歩してきた。話者認証の基本的な流れはまず、FFT (fast Fourier transform) 解析、ケプストラム (cepstrum) 解析などの手法を用いて音声の時間-周波数特性を求め、ここから話者の特徴を抽出し、照合することにより行われる [91]。筆跡による個人の識別手法と同様に音声認証技術もテキスト独立型認証とテキスト依存型認証に分けられる。テキスト独立型認証においては、発話内容の自由度が高いという利点はあ

るものの、十分な精度の話者特徴を抽出するために数十秒程度の比較的長い発話データが必要であることから、認証のための音声データを取得するのではなく、インタラクティブな会話のやりとりの中から音声データを収集して認証を行うような手法が採られる。一方、テキスト依存型認証では、登録した単語を指定して発話させるが、この場合にはまず不特定話者に適用可能な発話内容識別処理を行い、発話内容が登録されている単語と同一であるかどうかを検査し、次に音声の特徴が登録されているものと同一であるかどうかを調べる。このような手順を踏むことにより、音声の特徴のみを用いる場合と比較し、短時間の発話データで高い認証精度を得ることができる。しかしながらテキスト依存型認証は、認証時の発話を盗聴その他の方法で記録した音声を拒絶できないという欠点がある。この対策として、テキスト指定型認証という方法が提案されている[92, 93]。これは、認証側が発話すべき内容を指定し、これを毎回変化させるというものである。認証に利用する音声を数字に限定しておき、すべての数字の発話データを登録しておけば、テキスト依存型認証と同様の認証精度が得られる。録音音声に対する対策としてはこの他にも、入力された音声が過去に入力した音声データとほぼ一致した場合には録音された音声の疑いが高いとして排除する方法も提案されている[93]。テキスト依存型認証における認証精度は0.1%のオーダー、テキスト独立型認証における認証精度は1%のオーダーである[2, 21, 91]。

行動的特徴を利用した個人認証に関する研究はこの他にも数多くあり、たとえばキーストロークの癖を特徴として取り出し、これを利用して個人認証するもの[1, 96, 97]、マウス操作の癖を利用して認証するもの[98]、歩行動作時の姿勢とその時間的変化(歩容)の特徴で個人認証するもの[1, 99]、ジャンケンの動作をする際の手指の形と動きから特徴を抽出して認証するもの[2, 100]、立位における重心の動揺を利用したもの[101]などがある。

4. おわりに

これまでに様々な個人的特徴を用いた認証について述べてきた。近年のバイオメトリクス技術に対する注目度を考えると、認証に利用可能な特徴はすでに研究し尽くされたように思われる。しかしながら、今後も生体計測技術や信号処理技術はさらに進歩を遂げるであろうし、またセキュリティの必要性も様々な分野に拡大してゆくことが予想されるから、今後も様々な身体的あるいは行動的特徴を用いた個人認証の手法が新たに登場してくるであろう。また現状では実用化にはほど遠い技術も多く、研究者、技術者の手により洗練され、高い認証率が低コストで実現できるようになるであろう。簡易かつ安全に使用でき、低コストでしかも100%に近い認証精度を持つバイオメトリクス認証技術が実用化される日もそう遠くないのではなかろうか。

文 献

- Jain AK, Bolle R, Pankanti S: Biometrics, Personal Identification in Networked Society, 1st ed. Kluwer Academic Publishers, Boston, 1999.
- 日本自動認識システム協会: これでわかったバイオメトリクス. オーム社, 東京, 2001.
- 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, 東京, 2002.
- Miller B: Vital signs of identity. IEEE Spectrum. **31**(2): 22-30, 1994.
- 菅 知之: ここまできたバイオメトリクスによる本人認証システム 1. 本人認証の全体像とバイオメトリクスの位置付け. 情報処理. **40**(11): 1073-1077, 1999.
- 坂野 鋭: バイオメトリック個人認証技術の動向と課題. 電子情報通信学会技術報告. **PRMU-99**(118, 119): 75-82, 1999.
- 小松尚久: バイオメトリクス個人認証技術と標準化動向. Computer Today. No. 106: 65-71, 2001.
- 篠原克幸: バイオメトリクス本人認証技術とその課題. 画像電子学会誌. **32**(1): 95-104, 2003.
- Jain AK, Ross A, Prabhakar S: An introduction to biometric recognition. IEEE Trans Circuits Syst Video Technol. **14**(1): 4-20, 2004.
- 瀬戸洋一: ミニ特集 バイオメトリクスの新展開 バイオメトリック認証技術の動向. 計測と制御. **43**(3): 533-538, 2004.
- 内田 薫: ミニ特集 バイオメトリクスの新展開 手のバイオメトリクス. 計測と制御. **43**(3): 544-549, 2004.
- 和田誓一: ミニ特集 バイオメトリクスの新展開 目のバイオメトリクス. 計測と制御. **43**(3): 550-553, 2004.
- 鷲見和彦: ミニ特集 バイオメトリクスの新展開 顔のバイオメトリクス. 計測と制御. **43**(3): 554-557, 2004.
- 半谷精一郎: ミニ特集 バイオメトリクスの新展開 動作のバイオメトリクス. 計測と制御. **43**(3): 558-561, 2004.
- 高藤義章, 小林祐二, 小林孝次, 山方仁之: 個人認証・識別はどこまで可能か? 指紋照合を用いた識別システム. エレクトロニクス. **43**(2): 18-29, 1998.
- 千原國宏: 個人認証・識別はどこまで可能か? 「顔」の識別でセキュリティを守る. エレクトロニクス. **43**(2): 4-47, 1998.
- 齋藤政利, 松下満次: 個人認証・識別はどこまで可能か? 「虹彩」の識別でセキュリティを守る. エレクトロニクス. **43**(2): 48-51, 1998.
- 内田 薫: ここまできたバイオメトリクスによる本人認証システム 2. 指紋照合による本人認証. 情報処理. **40**(11): 1078-1083, 1999.
- 塚田光芳: ここまできたバイオメトリクスによる本人認証システム 3. 虹彩による本人認証. 情報処理. **40**(11): 1084-1087, 1999.
- 山田貢己: バイオメトリクス探検隊 欧米で何が起きているか!. エレクトロニクス. **45**(3): 2-4, 2000.
- 瀬戸洋一: バイオメトリクス探検隊 製品の市場動向をさぐる. エレクトロニクス. **45**(3): 5-8, 2000.
- 佐藤 伸: バイオメトリクス探検隊 手の甲の静脈パターンで本人認証. エレクトロニクス. **45**(3): 9-11, 2000.
- 井出雅人: バイオメトリクス探検隊 顔でセキュリティを守る—①オムロンのアプローチ, 事例. エレクトロニクス. **45**(3): 16-18, 2000.
- 福井和広: バイオメトリクス探検隊 顔でセキュリティを守る—②東芝のアプローチ, 事例. エレクトロニクス. **45**(3): 19-21, 2000.
- 大野真義: バイオメトリクス探検隊 アイリス認識の可能性. エレクトロニクス. **45**(3): 21-23, 2000.

26. 栗原章通, 金子浩美, 大河内頼行, 前田卓志, 樋口輝幸, 廣瀬隆夫, 小林孝次, 太刀川浩: バイオメトリクス探検隊 各社のアプローチ, 事例. エレクトロニクス, **45** (3): 43-63, 2000.
27. 瀬戸洋一: バイオメトリクス探検隊 精度評価標準化の動向. エレクトロニクス, **45** (3): 68-70, 2000.
28. 中山恵介: バイオメトリクス探検隊 FAPI(本人認証統一規格)の目指すもの. エレクトロニクス, **45** (3): 43-45, 2000.
29. 半谷精一郎: 小特集 バイオメトリクス 1. バイオメトリクス認証技術の動向とセキュリティシステムへの応用. 映像情報メディア学会誌, **58** (6): 750-752, 2004.
30. 赤松 茂: 小特集 バイオメトリクス 2. 顔認証システム. 映像情報メディア学会誌, **58** (6): 753-755, 2004.
31. 中村敏男: 小特集 バイオメトリクス 3. アイリス認証システム. 映像情報メディア学会誌, **58** (6): 756-758, 2004.
32. 鷺見和彦: 小特集 バイオメトリクス 4. 指紋認証システム. 映像情報メディア学会誌, **58** (6): 759-762, 2004.
33. 瀬戸洋一: 小特集 バイオメトリクス 5. バイオメトリック認証技術の市場および標準化動向. 映像情報メディア学会誌, **58** (6): 763-766, 2004.
34. 宮本義弘 他: 小特集 バイオメトリクスセキュリティ. 電子情報通信学会誌, **89** (1): 26-55, 2006.
35. 高木 皓: 個人認証・識別はどこまで可能か? 「掌形」の識別でセキュリティを守る. エレクトロニクス, **43** (2): 32-34, 1998.
36. 志田真一: 日本自動認識システム協会, 掌形認証とは. <<http://www.jaisa.or.jp/action/group/bio/Technologies/Hand/Had-f02.htm>> [accessed Dec. 26, 2005].
37. Ernst RH: Hand ID system. US Patent No. 3576537, 1971.
38. Miller RP: Finger dimension comparison identification system. US Patent No. 3576538, 1971.
39. Recognition Systems, Inc: Top page. <<http://www.handreader.com/>> [accessed Dec. 26, 2005].
40. Biomet Partners Inc: Top page. <<http://www.biomet.ch/>> [accessed Dec. 26, 2005].
41. 逸見和弘: 個人認証・識別はどこまで可能か? 「指関節」の識別でセキュリティを守る. エレクトロニクス, **43** (2): 30-31, 1998.
42. 岡崎彰夫, 逸見和弘, 福井和広: 情報セキュリティ個人識別技術への取り組み. 東芝レビュー, **52** (2): 8-13, 1997.
43. 川崎雅也: 個人認証・識別はどこまで可能か? 「網膜」の識別でセキュリティを守る. エレクトロニクス, **43** (2): 52-54, 1998.
44. 川崎雅也: バイオメトリクス探検隊 網膜識別はどこまで可能か. エレクトロニクス, **45** (3): 24-26, 2000.
45. 馬場一雄, 小林 登, 植村恭夫, 古賀慶次郎: 小児科 MOOK No. 45 小児の目・耳・鼻・のど. 金原出版, 東京, 1986, pp. 1-10.
46. Simon C, Goldstein I: A new scientific method of identification. N Y State J Med. **35** (18): 901-906, 1935.
47. Tower P: The Fundus Oculi in Monozygotic Twins: Report of six pairs of identical twins. Arch Ophthalmol. **54**: 225-239, 1955.
48. Yamamoto S, Yokouchi H, Suzuki T: Image processing and automatic diagnosis of color fundus photographs. Proc of 2nd Int Joint Conf on Pattern Recognit. 1974, pp. 268-269.
49. 横内久猛, 山本真司, 鈴木孝治, 松井みず夫, 加藤 謙: 眼底写真の自動認識 (その1) 血管境界線抽出による眼底写真中の交差現象の自動認識. 医用電子と生体工学, **12** (3): 123-130, 1974.
50. 横内久猛, 山本真司, 鈴木孝治, 松井みず夫: 眼底写真の自動認識 (その2) 色彩情報による眼底写真中の交差現象の自動認識. 医用電子と生体工学, **13** (5): 274-281, 1975.
51. Hill RB: Apparatus and method for identifying individuals through their retinal vasculature patterns. US patent. No. 4109237, 1978.
52. Hill RB: Rotating beam ocular identification apparatus and method. US patent. No. 4393366, 1983.
53. Hill RB: Fovea-centered eye fundus scanner. US patent. No. 4620318, 1986.
54. Johnson JC, Hill RB: Eye fundus optical scanner system and method. US patent. No. 5532771, 1990.
55. 高木吉徳: 個人認証・識別はどこまで可能か? 「DNA」の識別でセキュリティを守る. エレクトロニクス, **43** (2): 55-57, 1998.
56. 井藤久男: バイオメトリクス探検隊 DNA は究極のセキュリティ?. エレクトロニクス, **45** (3): 12-13, 2000.
57. 定家義人, 松本幸次, 原 弘志, 浅井 計: ゲノムサイエンスと微生物分子遺伝学. 培風館, 東京, 2004, pp. 62-67.
58. Watson JD, Crick FHC: Molecular structure of nucleic acids. Nature. **171**: 737-738, 1953.
59. Watson JD, Crick FHC: Genetic Implications of the Structure of Deoxyribonucleic acid. Nature. **171**: 964-967, 1953.
60. Jeffreys AJ, Wilson V, Thein SL: Individual-specific 'fingerprints' of human DNA. Nature. **316** (6023): 76-79, 1985.
61. Mullis K, Faloona F, Scharf S, Saiki R, Horn G, Erlich H: Specific enzymatic amplification of DNA in vitro: The polymerase chain reaction. Cold Spring Harb Symp Quant Biol. **51**: 263-273, 1986.
62. 板倉征男, 長嶋登志夫, 辻井重男: 電子社会に向けたコンピュータセキュリティ技術 DNA バイオメトリクス本人認証方式の提案. 情報処理学会論文誌, **43** (8): 2394-2404, 2002.
63. 長嶋登志夫, 板倉征男, 橋谷田真樹, 辻井重男: SNP を利用した DNA 個人 ID による本人認証方式の提案. 電子情報通信学会技術報告, **ISEC-102** (437): 23-28, 2002.
64. 長嶋登志夫, 武藤英司, 板倉征男, 橋谷田真樹, 辻井重男: DNA 個人 ID による本人認証システムの FRR 及び FAR について. 電子情報通信学会技術報告, **ISEC-102** (437): 15-21, 2002.
65. DNA Technologies, Inc: Top Page. <<http://www.dnatechnologies.com/>> [accessed Dec. 28, 2005].
66. Butland CL: Technique for labeling an object for its identification and/or verification. US patent No. 5360628, 1994.
67. アイ・ディ・テクニカ: Top Page. <<http://www.idtechnica.co.jp/>> [accessed Dec. 28, 2005].
68. Iannarelli AV: Ear Identification. Forensic Identification Series. Paramount Publishing Company, Fremont, California, 1989.
69. 篠原克幸: 耳介による個人識別 (耳介の個人性の調査). 映像情報メディア技術報告, **21** (42): 67-72, 1997.
70. 篠原克幸: 耳介による個人認証 (耳介の個人性の解析). 映像情報メディア技術報告, **25** (22): 25-30, 2001.
71. 篠原克幸: バイオメトリクス探検隊 耳介による個人認証. エレクトロニクス, **45** (3): 14-15, 2000.
72. 加我君孝, 市村恵一, 新美成二: 新臨床耳鼻咽喉科学 1巻—基礎編. 中外医学社, 東京, 2001, pp. 26-31.
73. 篠原克幸: 個人認証・識別はどこまで可能か? 「耳」の識別でセキュリティを守る. エレクトロニクス, **43** (2): 41-43, 1998.
74. 田代訓章, 篠原克幸, 阿部雅也, 岡村 勉: 耳介の構成要素の輪郭および重ね合わせによる個人認証. 映像情報メディア学会技術報告, **25** (22): 7-13, 2001.
75. 田代訓章, 阿部雅也, 岡村 勉, 篠原克幸: 耳介の構成要素長による個人認証の検討 主成分分析の利用. 映像情報メディア学会技術報告, **24** (41): 43-48, 2000.

76. Hurley DJ, Nixon MS, Carter JN: Force field feature extraction for ear biometrics. *Comput Vis Image Underst.* **98** (3): 491-512, 2005.
77. 上田英雄, 春見建一, 真島三郎: ベクトル心電図学. 南江堂, 京都, 1964, pp. 31-110.
78. 小川充洋, 木村裕一, 田村俊世, 戸川達男: 浴槽内心電図を用いた個人識別. *医用電子と生体工学.* **35**(1): 82-89, 1997.
79. Biel L, Pettersson O, Philipson L, Wide P: ECG analysis: A new approach in human identification. *IEEE Trans Instrum Meas.* **50** (3): 808-812, 2001.
80. Israel SA, Irvine JM, Cheng A, Wiederhold MD, Wiederhold BK: ECG to identify individuals. *Pattern Recognit.* **38** (1): 133-142, 2005.
81. Kyoso M, Uchiyama A: Development of an ECG identification system. *Proc of 23rd Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society.* 2001, pp. 755.
82. Kyoso M: A technique for avoiding false acceptance in ECG identification. *Proc of IEEE EMBS Asian-Pacific Conference on Biomedical Engineering.* 2003, pp. 4.9.2.
83. 船田純一, 太田直哉, 溝口正典, 天満 勉, 中川聡固, 大野英雄: 皺の除去を考慮した掌紋特徴抽出処理. *電子情報通信学会技術報告.* **PRMU-96**(141): 23-30, 1996.
84. Sommerville BA, McCormick JP, Boom DM: Analysis of human sweat volatiles: An Example of pattern recognition in the analysis and interpretation of gas chromatograms. *Pestic Sci.* **41** (4): 365-368, 1994.
85. Wilkens WF, Hartman JD: An electronic analogue for the olfactory processes. *Ann N Y Acad Sci.* **116**: 608-612, 1964.
86. 吉村ミツ, 吉村 功: 筆者認識研究の現段階と今後の動向. *電子情報通信学会技術報告.* **PRMU-96**(141): 81-90, 1996.
87. 小松尚久: 個人認証・識別はどこまで可能か? 「筆跡」を識別してセキュリティを守る. *エレクトロニクス.* **43** (2): 35-37, 1998.
88. 田吹隆明: ここまできたバイオメトリクスによる本人認証システム 5. 導入の進む動的署名照合システム. *情報処理.* **40**(11): 1088-1094, 1999.
89. 日本サイバーサイン社: Top Page. <<http://www.cybersign.co.jp>> [accessed January 10, 2006].
90. クールデザイン社: Top Page. <<http://www.cooldesign.co.jp>> [accessed January 10, 2006].
91. Campbell JP: Speaker recognition: A tutorial. *Proc. of IEEE.* **85** (9): 1437-1462, 1997.
92. 古井貞: 個人認証・識別はどこまで可能か? 「音声」の識別でセキュリティを守る. *エレクトロニクス.* **43** (2): 38-40, 1998.
93. 古井貞, 鈴木 晃: ここまできたバイオメトリクスによる本人認証システム 4. 音声による本人認証. *情報処理.* **40** (11): 1088-1094, 1999.
94. 井上美明: バイオメトリクス探検隊 音声による話者認識技術. *エレクトロニクス.* **45** (3): 27-29, 2000.
95. 平山裕司, 中嶋 宏: バイオメトリクス探検隊 電話の声で本人認証. *エレクトロニクス.* **45** (3): 30-32, 2000.
96. 倉橋勇気, 横山和也, 小松尚久: キーストロークダイナミクスの特徴と個人照合アルゴリズムの提案. *電子情報通信学会技術報告.* **OIS-105** (40): 7-12, 2005.
97. 小谷賢太郎, 堀井 健, 法岡泰樹: テンキーパネルを用いた打鍵認証システムの構築と評価. *ヒューマンインタフェース学会論文誌.* **7** (1): 149-156, 2005.
98. 建田千穂, 小谷賢太郎, 堀井 健: マウス操作軌跡を用いた個人認証システムの評価. *電子情報通信学会技術報告.* **HCS-105** (74): 17-20, 2005.
99. Yean Yam C, Nixon MS, Carter JN: Automated Person Recognition by Walking and Running via Model-based Approaches. *Pattern Recognit.* **37** (5): 1057-1072, 2004.
100. 長田礼子, 青木輝勝, 安田 浩: バイオメトリクス探検隊 掌形(じゃんけん認証)認証の事例. *エレクトロニクス.* **45** (3): 36-37, 2000.
101. 加藤真明, 矢内浩文: 重心動揺パターンに基づく個人識別の可能性. *電子情報通信学会技術報告.* **HIP-103** (743): 35-39, 2004.

京相 雅樹 (キョウソウ マサキ)

平成元年早稲田大学理工学部電子通信学科卒業。平成5年同大学理工学研究科修士課程卒業。平成8年同大学理工学研究科博士後期課程退学。早稲田大学理工学部助手、神奈川工科大学工学部助手、武蔵工業大学工学部助手を経て現在武蔵工業大学工学部講師。博士(工学)。生体信号計測、生体信号解析、生体テレメトリなどの研究に従事。



日本生体医工学会, 電子情報通信学会, 電気学会, ライフサポート学会, IEEE 他の会員。