

携帯端末の動きによる個人認証 ～コヒーレンスに基づく評価～

行方 エリキ[†] 石原 進^{††} 水野 忠 則^{†††}

筆者らがこれまで提案してきた携帯端末の動きによる個人認証において、加速度を周波数領域にて解析し、コヒーレンスによる認証手法を提案する。携帯端末の動きによる個人認証では、動きを端末内蔵の 3 軸加速度センサにより検出し、携帯端末を空中で振るだけで手軽に認証ができる。筆者らはこれまで、加速度の時系列データの DP マッチングを元にした評価を行ってきた。本論文では、コヒーレンスによる認証判定の有効性を検証するとともに、DP マッチングとコヒーレンスによる認証手法を組み合わせたハイブリッド認証手法を提案する。実験の結果、提案方式にハイブリッド認証手法を適用させた場合、提案方式に DP マッチング単独を適用させたときと比べて、本人拒否率を 15% に保ったまま、他人許容率を 18% から 8% に向上することができた。

Individual Authentications for Portable Devices using Motion Features ～ Evaluations based on Coherence ~

ERIC NAMIKATA,[†] SUSUMU ISHIHARA^{††} and TADANORI MIZUNO^{†††}

We propose to apply to use the coherence of acceleration for individual authentication using the movement of portable device that has been proposed by the authors. This individual authentication method measures the motion of the user's hand with a device using a 3-axis accelerometer and is possible to certify easily only by moving the device in the air. So far, we have evaluated the authentication method with the time series acceleration data using DP matching. We propose the hybrid authentication method that combines DP matching and coherence at this thesis. According to the result of the evaluation experiment, in case we apply the hybrid authentication method, the false acceptance rate improved from 15% to 8% keeping false rejection rate in 15% comparing with the case which we applied only DP matching.

1. はじめに

筆者らのグループでは、これまで携帯端末の動きによる個人認証方式を提案し、評価を行ってきた [1-3]。携帯端末における個人認証は、端末上の個人情報保護や端末を用いた m-コマースの普及により非常に重要になってきており、手軽かつ堅牢な認証手法が求められている。提案手法では、携帯端末に内蔵された 3 次元加速度センサにより動きを検出し、端末を空中で動かすだけの簡便な操作で個人認証を可能としている。筆者らは、これまで加速度の時系列データの DP

マッチングにより認証判定を行ってきた。1 ヶ月間の本人動作追跡実験とその動作から成りすましを行う実験によって、適切な動作を認証動作に登録した場合、他人許容率 1% 未満、本人拒否率を 1.5% 未満とすることが確認できている。しかし、この判定手法では、端末の持ち方の違いなどで得られる加速度に誤差が生じると、本人であるにもかかわらず、正しく認証できない可能性がある。本論文では、加速度を周波数領域にて解析することによって、このような加速度の大きさに強く依存しない、コヒーレンスによる認証手法について検討する。さらに、認証精度向上のため、これまで用いた DP マッチングの認証判定の結果とコヒーレンスの認証判定の結果を組み合わせたハイブリッド認証手法を提案し、評価を行う。

以下、2 章で提案方式の特徴、加速度を周波数領域にて解析するに至った過程について述べる。3 章でコヒーレンスの概要と認証手法について説明し、その評

[†] 静岡大学大学院情報学研究所
Graduate School of Information, Shizuoka University
^{††} 静岡大学工学部
Faculty of Engineering, Shizuoka University
^{†††} 静岡大学情報学部
Faculty of Information, Shizuoka University

価について述べる。4章で、ハイブリッド認証手法を提案し、評価を行う。最後に、5章でまとめとする。

2. 携帯端末の動きによる個人認証

2.1 特徴

筆者らの提案している携帯端末の動きによる個人認証では、ユーザが自分のサインや絵、記号など適当な動作パターンに基づいて携帯端末を空中で動かし、その動きを利用して個人認証を行う。この認証手法では、携帯端末自体の動きを個人認証に利用しているため、パスワードのように、携帯端末の小さなボタンを押す細かい操作が必要ない。また、パスワードはその記号列が本人以外のユーザに知られてしまった場合、容易に成りすましができるが、携帯端末の動きによる個人認証では、携帯端末の動きパターンを正確に覚えるのが難しく、またそれを正確に再現することがパスワードに比べ困難であるため、なりすましが困難である。パスワードの代わりに指紋認証が搭載されている携帯端末 [4] もあるが、指紋は容易に採取でき、成りすましも可能であることが報告されている [5]。そのため、指紋データの登録に心理的抵抗を持つユーザがいるという欠点を持つ。一方、本手法で必要となる動きの登録に関しては、ユーザの持つ抵抗感は少ないと考えられる。

2.2 加速度データの周波数領域での解析

筆者らは、これまで加速度の大きさを認証指標とし、加速度時系列の DP マッチングで認証判定を行ってきた [1-3]。加速度の大きさを認証指標に用いた場合、携帯端末の微妙な持ち方の違いや、ユーザの状況（歩行中、乗車中など）や姿勢などの違いにより測定される加速度の大きさに誤差が生じ、その誤差が認証精度に悪影響を与えてしまう可能性がある。本論文では、測定される加速度の大きさに依存しない解析方法として、認証動作時の携帯端末の加速度を周波数領域で解析し、認証処理に用いることにする。人体の一部の加速度周波数解析は、主に、病気などで人の手足におきる震えの特徴検出に使われてきた。このような震えにおける加速度の時系列波形は、測定する体の部位などに関係なく、ほぼ同一になってしまい、周波数領域にて解析する必要があった。例えば、Ben-Pazy らは、加速度データを周波数領域にて解析することによって、パーキンソン病患者に生じる安静時震せんの原因となる神経振動子を分析している。彼らは、パーキンソン病

患者の手足など、震えが起きる体の部位に加速度センサを装着し、震えの加速度を計測し、周波数領域で解析している [6]。また、加速度の周波数解析は、人間の手足の震えだけでなく、人間の歩行の解析にも使われている。Jonathan Lester らは、人間の歩行によって生じる腰の位置での加速度を測定し、そのデータが同一人物なのか、または異なる二人の人物によるもののどちらであるのかを判定している [7]。これら、震えのデータ同士、歩行データ同士の加速度時系列の波形はほぼ一致する。しかしながら、周波数領域で解析を行うことによって、ほぼ同一の加速度時系列の波形から、これまで時系列データの解析では得られなかった差異を得ることができる。具体的な方法には、信号の周波数領域から信号間のコヒーレンスを算出し、二つの信号の相関性を調べている。

携帯端末の動きによる個人認証方式でも、悪意のあるユーザが正規のユーザの成りすましを行って、正規のユーザと類似した加速度波形を得ることが考えられる。そこで、このようなデータを排除するために、携帯端末の動きによる個人認証方式でも、加速度データの周波数領域での解析を試みる。ただし、論文 [6,7] によれば、加速度を周波数領域にて解析する場合、データ系列が長い方が、同定処理において、良好な結果が得られると示されている。携帯端末の動きによる認証では、動作が短く、得られる加速度データも短いため、本人同定が困難になる可能性がある。

3. コヒーレンス認証手法

加速度を周波数領域にて解析すると、それぞれの周波数帯におけるパワースペクトルを得ることができる。しかし、パワースペクトルのみの解析では、各周波数帯における波の位相情報を失うことになる。周波数領域にて、パワースペクトルとその位相情報を含めた解析を行う手段としてコヒーレンスがある。コヒーレンスは、各種信号における雑音検出や、レーザー光や電波の遅延時間の推定などに幅広く使われている [8]。本論文では、各周波数帯のパワースペクトルと位相情報の相関性を測定できるというコヒーレンスの性質に着目し、システムに登録した認証動作データと認証時の認証動作データのコヒーレンスを算出し、コヒーレンスを用いて認証判定を行う。

3.1 コヒーレンスの求め方

コヒーレンスは、二つの時系列信号 $m(t)$ 、 $s(t)$ のクロススペクトルの二乗と、それぞれのパワースペクトルの商によって算出される (式 1)。

神経振動子 (CPG: Central Pattern Generator) とは、生体における周期運動のリズムを生成する神経回路網のことである。

$$C_{ms}(f) = |\gamma_{ms}(f)|^2 = \frac{|P_{ms}(f)|^2}{P_{mm}(f)P_{ss}(f)} \quad (1)$$

$$0 \leq C_{ms}(f) \leq 1 \quad (2)$$

$C_{ms}(f)$ は、周波数 f における、二つの時系列信号のコヒーレンス、 P_{mm} 、 P_{ss} は $m(t)$ 、 $s(t)$ それぞれのパワースペクトル、 P_{ms} は $m(t)$ 、 $s(t)$ のクロススペクトルを表している。クロススペクトルとは、2信号に含まれる共通のパワー成分数である。二つの入力信号が同一のものであれば、全ての周波数帯においてコヒーレンスは1になる。逆に、二つの入力信号に全く相関がなく、信号が独立したものであれば、すべての周波数帯においてコヒーレンスは0になる(式2)。また、相関のない二つの信号で、周波数成分が類似していたとしても、コヒーレンスの位相情報を含めた解析によって、二つの信号の相関性が低いことを示すことができる。特に、人間の動作の周波数成分は0-10 Hzと狭いことがわかっており[9]、各周波数帯におけるパワースペクトルが類似する可能性がある。このため、位相情報を含めた解析が可能なコヒーレンスは本認証方式に有効であると考えられる。

コヒーレンス計算に必要なパワースペクトル、クロススペクトルの算出には、WOSA(Weighted Overlapped Segment Averaging) [10]を用いた。以下にその手順を示す。

- (1) ウィンドウ関数の種類(Wtype)、ウィンドウのデータ数(W)、ウィンドウ生成時における重複データ数(N)を決定する。
- (2) 入力信号をW個のデータごとに分割し、セグメントを生成する。このとき、N個のデータが重複するようにセグメントを生成する。
- (3) 指定した種類のウィンドウ(Wtype)を生成し、全セグメントにウィンドウをかける。
- (4) 各セグメントのパワースペクトルとクロススペクトルを算出する。クロススペクトルの場合、二つの入力信号のセグメントの積として計算する。
- (5) 全セグメントからパワースペクトル、クロススペクトルの平均を算出する。

3.2 認証処理

各周波数帯におけるコヒーレンス値は、高ければ高いほど二つの信号の相関性が高いことを示す。この性質を利用すると、コヒーレンス波形の周波数に対する定積分を求めることによって、認証判定を行うことができる。つまり、定積分の値が高ければ、二つの信号

の相関性が高いことを示し、逆に、低ければ相関性が低いことを示す(図1)。認証判定を行う場合、コヒーレンスの定積分値があらかじめ設定した閾値以上であれば、認証成功とし、以下であれば、認証失敗とする。なお、人間の動作は0-10Hzと限られており、それ以外の周波数成分はノイズである可能性が高い。このため、定積分を行う範囲は0-10Hzのみとする(式3)。

$$D = \int_0^{10} C_{ms}(f) df \quad (3)$$

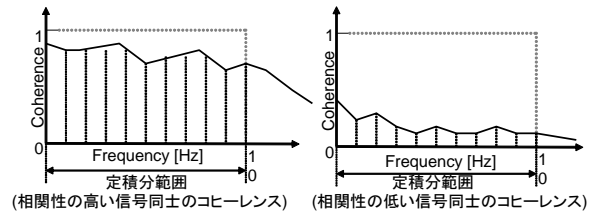


図1 コヒーレンス波形の定積分

加速度センサが複数軸の加速度を測定可能な場合、それぞれの軸に関して考慮する必要がある。3軸の加速度が測定可能な場合、 x 、 y 、 z 軸の定積分の値をそれぞれ D_x 、 D_y 、 D_z とすると、 D_x 、 D_y 、 D_z 全てが閾値以上であれば認証成功とする場合と、 D_x 、 D_y 、 D_z のいずれかが T_h 以上であれば認証成功とする場合の両方が考えられるが、それぞれについて、3.6節で検討した。

3.3 評価

3軸加速度センサが内蔵された実験端末を用いて、本人の動作追跡実験と成りすまし実験を行い、コヒーレンス認証手法の認証性能について調べた。

以降、システムに登録する認証動作のデータはマスターデータ、認証時に測定する認証動作のデータは認証対象データと呼ぶ。

3.4 実験環境

携帯端末を模したプラスチックケースに、加速度センサを搭載した実験端末をシリアルケーブルでデータ収集・解析用のPCに接続したものをを用い、各被験者による認証動作時の加速度データを収集した。データ収集および解析用PCの仕様を表2に示す。また、実験端末の概観、仕様をそれぞれ図2、表3に示す。

データ測定は無風の室内で行い、各被験者に立って、静止した状態で認証動作を行ってもらった。また、ノイズの影響を抑えるため、認証動作を行う際は、実験端末と解析PCをつなげるシリアルケーブルが他のものと当たらないよう各被験者に注意するよう伝えた。

表 1 コヒーレンス算出時における定数

定数	設定値
$Wtype$	Hanning Window
W	100
N	50

表 2 解析専用 PC の仕様

CPU	Pentium 4 2.00GHz
RAM	504MB
OS	Windows XP Pro

なお、コヒーレンス算出に必要なパワースペクトルを求める際に必要な定数は表 1 に示す。



図 2 実験端末

表 3 実験端末仕様

サイズ	13 x 4 x 2.5cm
重量	68.5 g
加速度検出軸数	3 軸
加速度検出範囲	-4 ~ 4G (重力測定不可)
サンプリングレート	200 Hz

3.5 実験方法

3.5.1 本人の認証動作の追跡実験

本人の認証動作を追跡するための実験を行った。被験者 11 人にシステムに認証動作を登録してもらい、1 日に 3 回、週 5 日の頻度で 1 ヶ月間その動作を行ってもらった。認証動作は、被験者が提案手法に早く馴染むことができるように、筆記で書き慣れた自分の名前を空中で描く動作のみにした。具体的には、自分の苗字もしくは下の名前を、漢字もしくは平仮名で空中で描くパターンを登録してもらった。動作の初期登録時、DP マッチング認証手法に従って [1-3]、初期マスターデータを決定した。そのため、被験者に十分に（各被験者 10 回以上）動作の練習を行ってもらってから、データ初期登録のために 10 回動作を行ってもらった。マスターデータはこの 10 回の動作のうち、すべての動作の間の DP マッチング距離を調べ、他の動作との DP マッチングの合計がもっとも小さくなるものを選んでいく。なお、初期登録時を含め、動作のデータ測定時は認証判定の成否などのフィードバックを被験者に与えず、動作の長さに関しても特に制限を設けなかった。被験者は全員右利きである。

3.5.2 成りすまし実験

成りすましに対する耐性を調べるための実験を行った。27 人の被験者に前述の 11 人の本人動作登録者の

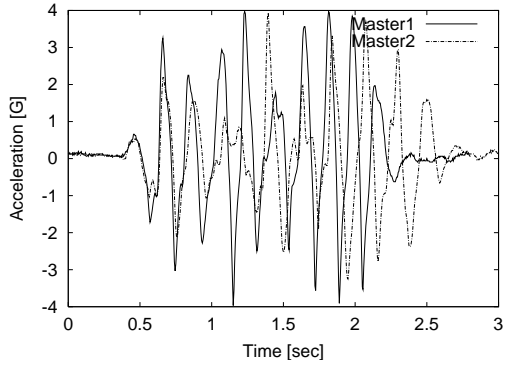
認証動作を真似してもらった。成りすましを行う被験者には、それぞれの動作の形状を紙面で提示し、さらに成りすまし対象の動作が正面から映っているビデオを数回、被験者が納得するまで見せた。被験者がビデオを見て、ある程度自分で成りすましが可能と判断した直後に、成りすましの動作を各動作に対して 4 回ずつ行ってもらった。

3.6 実験結果

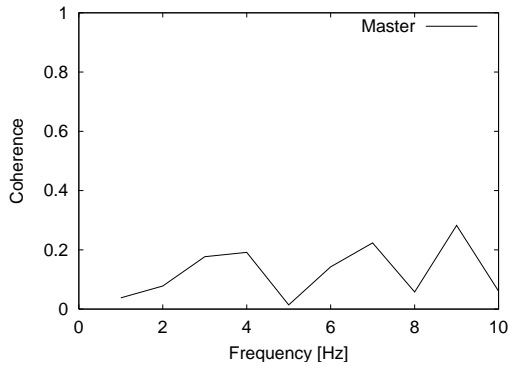
図 3 (a) は、11 人の本人動作を行った被験者中 1 人のマスターデータ登録者本人について、 x 軸の加速度の時系列データ 2 サンプルである。図 3 (b) は、マスターデータと本人動作の加速度データから得られたコヒーレンスである。また、図 4 (a) は、図 3 のマスターデータと、成りすまし被験者 27 人中、マスターデータとの DP マッチング距離が比較的小さい成りすまし被験者による x 軸の加速度の時系列データの一つである。図 4 (b) は、マスターデータと成りすまし被験者の加速度データから得られるコヒーレンスである。このときの DP マッチング距離は、マスターデータと成りすまし被験者のデータ同士および、マスターデータと本人データ同士では 0.124 でほぼ同じであり、その差は DP マッチング距離の 1.6 % だった。このように、成りすまし被験者のサンプルに、本人のサンプルと DP マッチング距離がほぼ同じデータを抽出したにもかかわらず、本人データ同士のコヒーレンスと本人データと成りすましデータとのコヒーレンスを比較した場合、本人データ同士のコヒーレンスの方が高い場合がある。具体的には、本人データ同士の 0-10Hz 帯におけるコヒーレンス定積分値は 1.265 であったのに対し、本人と成りすましのデータ同士では、0.338 と低く、本人と成りすましデータの類似性が小さいことがわかる。

図 5 は、本人動作を行った被験者 1 人と、その成りすましを行った被験者全員の z 軸における DP マッチング距離とコヒーレンス定積分値を示す。図 5 中の、縦点線は本人が認証動作を登録する時に決定した DP マッチング距離に対する閾値を表しており、横点線は、コヒーレンス定積分値が 1 となる境界線を表している。図 5 のように、コヒーレンス定積分値に対する閾値を 1 とすることで、成りすましデータのみを排除することができ、本人拒否率 (FRR) を大きくすることなく、他人受け入れ率 (FAR) を小さくすることができる。このように、成りすましデータを排除できる加速度の軸は、被験者ごとで異なった。

図 6 に、動作を登録した本人と成りすまし被験者

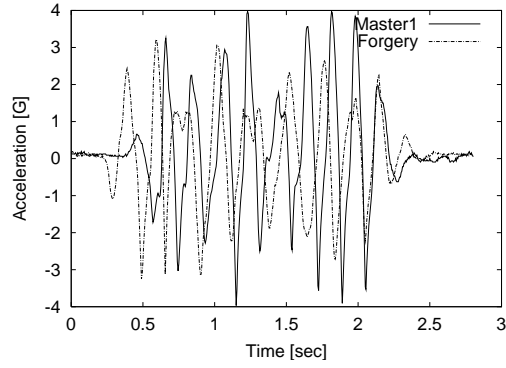


(a) 加速度

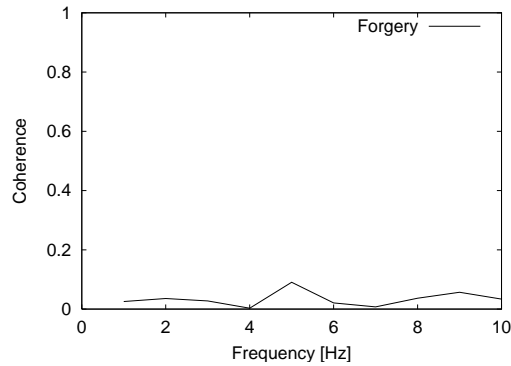


(b) コヒーレンス

図 3 マスターデータと登録者本人の加速度とコヒーレンス



(a) 加速度



(b) コヒーレンス

図 4 マスターデータと成りすまし被験者の加速度とコヒーレンス

それぞれの x 軸における、コヒーレンス定積分値の分布を示す。図 6 では、本人と成りすまし被験者の分布は類似しているが、本人の動作間のコヒーレンスの分布は成りすましに対するものより若干小さいのがわかる。 y 軸, z 軸に関して、図 6 と同様の結果であった。

図 7, 8 にシステムに認証動作を登録した全被験者に対する FRR, FAR の各平均値の相関をまとめた。図 7 では, x, y, z の全ての軸が T_h 以上であれば認証成功とした場合(以降, 積判定と呼ぶ)を示し, 図 8 では, x, y, z のいずれかの軸が T_h 以上であれば認証成功とした場合(以降, 和判定と呼ぶ)を示す。図 7, 8 いずれも, 閾値を大きく設定すると, FRR はほぼ 1 になり, FAR はほぼ 0 になる。一方, 閾値を小さくすると, FAR は大きくなり, FRR は小さくなる。閾値を 1 に設定した場合, 図 7 では, FRR, FAR とともに 0.4 前後に抑えられるが, 図 8 では, FAR は 1 に近くなり, FRR は 0 に近くなる。ただし, T_h の値を適切に選ぶことにより, 両者はほぼ同様の FRR, FAR が得られると推測される。

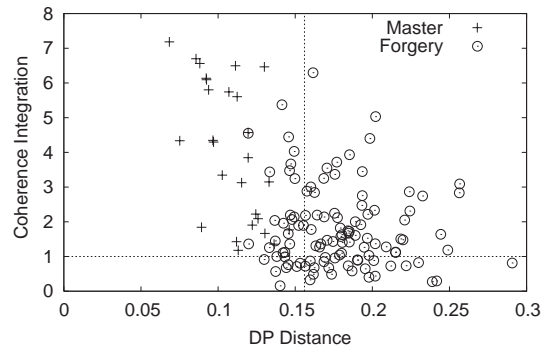


図 5 z 軸における本人と成りすまし被験者の DP マッチング距離とコヒーレンス定積分値

3.7 考 察

図 3, 4 のように, 本人と成りすまし被験者の DP マッチング距離が, 本人データ同士の DP マッチング距離とほぼ同じであっても, コヒーレンスを用いた認証では, コヒーレンス定積分値が小さく, 低い相関性を表す場合があった。また, 図 5 でも, 成りすまし被験者の DP マッチング距離が小さいデータにおいて, コヒーレンスが小さく, マスターデータと成りす

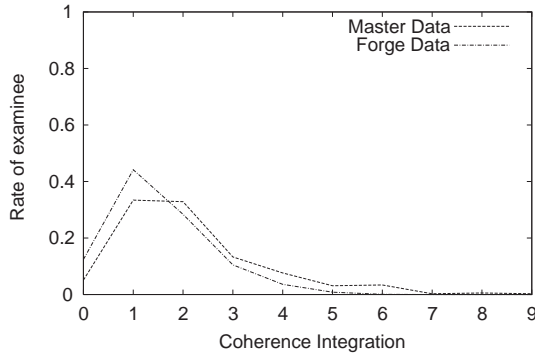


図 6 本人と成りすまし被験者のコヒーレンス定積分値の分布

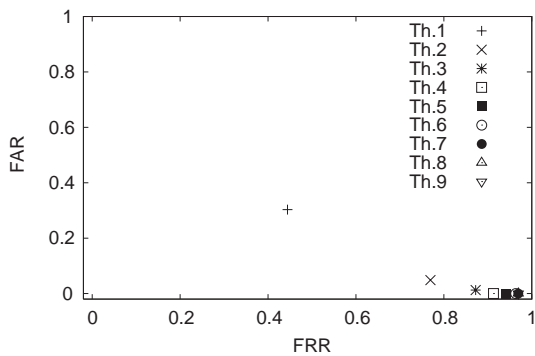


図 7 コヒーレンス定積分値 (and) に対する閾値と認証精度

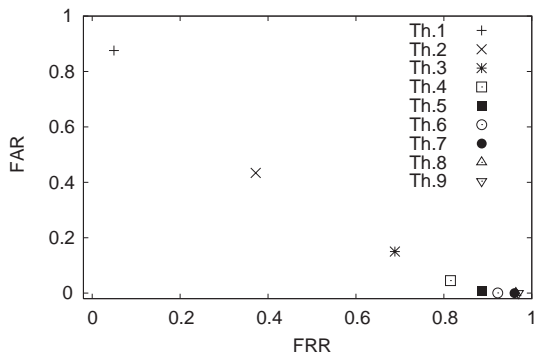


図 8 コヒーレンス定積分値 (or) に対する閾値と認証精度

まし被験者のデータの相関性が低いデータもあった。このように、コヒーレンスを用いた認証を行うことによって、DP マッチングだけでは、成りすましを許してしまっていたデータを排除できる可能性がある。しかし、図 6 からわかるように、本人と成りすまし被験者間ではコヒーレンス定積分値の分布の違いはわずかであり、一部の被験者しか、成りすましデータを排除

できない。

一般的に、認証判定のためのパラメータを変動することによって FAR を下げると、FRR は上がってしまう。今回の測定では、図 7, 8 からわかるように、設定するコヒーレンス定積分値の閾値を大きくして、FAR を下げようとした場合、FRR が上がってしまう。たとえば、図 8 でコヒーレンス認証手法を用いて、FAR を 0.05 以下にしようとするとき、FRR が 0.8 以上になってしまい、実用的でなくなる。図 7, 8 から類推すると、FRR, FAR いずれも小さくしようとすると、しきい値をうまく選択しても、FRR, FAR がいずれも 0.4 程度までにしかすることができず、実用的とはいえない。このため、コヒーレンス認証手法は、単独では、携帯端末の動きによる個人認証方式に適用困難である。

本人と成りすましを正しく識別できなかった理由に、認証動作の長さが短いことが原因である可能性がある。文献 [7] では、歩行者のベルトに備え付けた加速度センサで測定した加速度のコヒーレンスを調べて本人と他人の識別を試みているが、これによれば、データの測定時間が長いほど良好な識別結果が得られることが確かめられている。たとえば、測定時間が 8 秒の場合、同一人物の同定成功率が 95% であるのに対し、測定時間を 2 秒に縮めると 75% まで低下してしまう。今回の実験では認証動作時間の平均が 3.21 秒、標準偏差が 0.82 秒であった。

なお、論文 [1] より、DP マッチング認証手法では、閾値を適切に設定することで、単独でも、ある程度 FAR を低く抑えつつ、FRR も低く抑えることができている。具体的には、マスターデータと閾値を認証時ごとに更新させていくことによって、FAR=0.08, FRR=0.05 とすることができている。

4. ハイブリッド認証手法

4.1 概要

コヒーレンス認証手法では、それ単独で成りすましの判定を行うことは困難であるが、一部の被験者については、本人のデータと DP マッチング距離が小さい成りすましデータを識別できる場合があった。そこで、DP マッチングによる認証判定とコヒーレンスによる認証判定の両方で認証成功と見なされた動作を認証成功と見なす、ハイブリッド認証手法を提案する。

以降、DP マッチング認証手法の認証判定結果を R_d 、コヒーレンス認証手法の認証判定結果を R_c 、ハイブリッド認証手法での認証判定結果を R とする。

以下に、認証手順の概略を示す。

- (1) 準備
 - (a) 認証システムに認証動作を H_{max} 回入力し，認証動作を登録する．
 - (b) マスタデータを決定する．
 - (c) DP マッチングの閾値を決定する．
- (2) DP マッチングの認証判定を行う．
 - (a) 認証動作区間を検出する．
 - (b) 加速度の大きさを正規化する．
 - (c) データ長を正規化する．
 - (d) 認証判定を行う (R_d を決定する)．
- (3) コヒーレンスの認証判定を行う．
 - (a) マスタデータと認証対象データの coherence を算出する．
 - (b) コヒーレンス波形の定積分値を算出する．
 - (c) 認証判定を行う (R_c を決定する)．
- (4) ハイブリッド認証判定を行う．
 - (a) R_d, R_c をもとに認証判定を行う (R を決定する)．

4.2 評価

3.3 章の評価実験で得た加速度データを用いて，ハイブリッド認証手法の有効性を調べた．実験環境，実験方法は 3.4, 3.5 章の通りである．

なお，DP マッチング認証手法で用いる認証動作区間検出における定数，マスタデータ，閾値の自動設定時に用いる定数は論文 [1] と同じである．また，コヒーレンス算出に必要なパワースペクトルを求める際に必要な定数は 3.4 章と同じである．

4.3 実験結果

全被験者のコヒーレンス定積分値に対する閾値ごとのハイブリッド認証手法の認証精度の相関を図 9, 10 のグラフにまとめた．なお，同図には，ハイブリッド認証手法における異なる T_h での評価結果に加えて，DP マッチング単体による認証，および DP マッチング単体で 1ヶ月間継続利用によっての本人のマスタデータおよび認証判定用のしきい値を更新した場合（文献 [1] 参照）の結果も示している．ハイブリッド認証手法でコヒーレンス定積分値の閾値を 1 に設定し，認証判定の基準を和判定とすることで， $FRR=0.15$ ， $FAR=0.08$ とすることができた．一方，コヒーレンス認証手法の閾値を 1 に設定し，認証判定の基準を積判定としたときには， FRR を 0.12， FAR を 0.09 とすることができた．

4.4 考察

DP マッチングとコヒーレンスを併用したハイブリッド認証手法を携帯端末の動きによる個人認証方式に適用することによって，認証精度を向上することができ

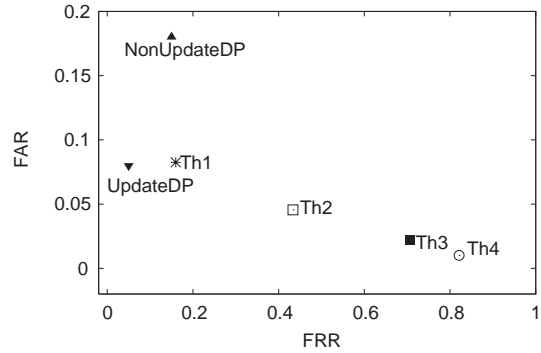


図 9 DP マッチング単独認証とハイブリッド認証手法の認証精度 (コヒーレンス和判定)

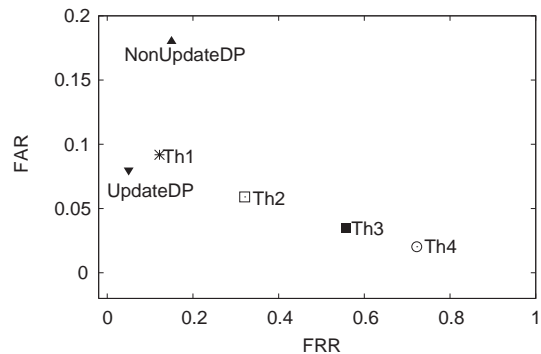


図 10 DP マッチング単独認証とハイブリッド認証手法の認証精度 (コヒーレンス積判定)

た．具体的には，ハイブリッド認証判定結果を求めるときに，DP マッチング認証手法でマスタデータ，閾値をユーザの動作の経年変化に合わせて，更新させなかったにもかかわらず， FAR を 0.18 から 0.08 に下げることができ，経年変化に対応したマスタデータと閾値の更新を行う場合の DP マッチングと同等の精度を得ることができた（図 9）． FRR に関しては，単独 DP マッチング認証手法でマスタデータ，閾値を更新させなかった場合の精度と変化はなかった．今回のハイブリッド認証手法の評価では，コヒーレンス定積分値に対する閾値のみを変動させた．これに対し，DP マッチングでは，文献 [1] で用いた閾値決定パラメータを変更せずに使い続けた．文献 [1] における閾値決定パラメータは，DP マッチング認証手法を単独で用いた場合の最適な値に設定しているため，ハイブリッド認証手法で DP マッチング手法を用いる場合は，新たにパラメータを設定する必要がある．このため，今後，DP マッチング認証手法とコヒーレンス認証手法

それぞれの閾値を変動させて、適切な閾値を設定すべきである。

5. ま と め

筆者らがこれまで提案してきた携帯端末の動きによる認証方式に、加速度データを周波数領域にて解析するコヒーレンス認証手法と DP マッチング・コヒーレンスの認証判定結果を併用させたハイブリッド認証手法を適用させて、実験によりその有効性を確認した。

コヒーレンス認証手法では、本人データと類似した (DP マッチング距離が小さい) 成りすましデータを排除できる場合があった。しかし、認証判定の基準となるコヒーレンス定積分値の分布が、本人と成りすまし被験者としてほぼ同一になってしまうため、コヒーレンス認証手法を単独で提案方式に適用させるのは困難であるとわかった。

ハイブリッド認証手法の効果を調べた結果、DP マッチング 単独で認証判定を行ったときと比べて、FRR の値を保ったまま、FAR が 0.18 から 0.08 へわずかながら増加した。

今回の実装および評価の範囲内では、コヒーレンス認証手法の効果はきわめて小さいものであった。主な理由は本人の動作間でコヒーレンスが小さい場合が多いことにある。今後の応用として、本人のマスターデータ登録処理においてコヒーレンスがあらかじめ決めた閾値を下回るような動作は受け付けないようにするなどの処理を行えば、コヒーレンスによる判定が有効になる可能性がある。今後、このようなコヒーレンスの活用の工夫および、他の評価指標を導入して認証精度の向上を検討していく予定である。

参 考 文 献

- 1) 行方, 石原, 水野: “携帯端末の動きによる個人認証手法の評価,” 情報処理学会 CSS 2004 論文集, Vol.2004, No 11, pp.223-228 (2004-11).
- 2) 太田, 行方, 石原, 水野: “携帯端末の動きを用いた個人認証 —認証判定パラメータの自動設定—,” 情報処理学会 CSS 2003 論文集, Vol.2003, No 15, pp.79-84 (2003-10).
- 3) M. Ohta, E. Namikata, S. Ishihara, T. Mizuno: “Individual Authentication for Portable Devices using Motion Features”, in proc. of ICMU2004, pp.100-105 (2004-1).
- 4) FMWORLD 携帯電話:
<http://www.fmworld.net/product/phone/>
- 5) 遠藤, 平林, 松本: “指紋照合装置は人工指を受け入れるか (その 5)”, 情処学会研究報告 . DPS, Vol.101, No.125, pp.9-16 (2001).

- 6) Ben-Pazy, H.Bergman, J.A.Goldberg, N.Giladi, D.Hansel, A.Reches, E.S.Simon: “Synchrony of rest tremor in multiple limbs in Parkinson’s disease: evidence for multiple oscillators”, Journal of Neural Transmission . Vol.108, pp.287-296 (2001).
- 7) J.Lester, B.Hannaford, G.Borriello: “Are You with Me?-Using Accelerometers to Determine If Two Devices Are Carried by the Same Person,” LNCS 3001, PERVASIVE2004 . pp.33-50 (2004).
- 8) 加野泰: “コヒーレンス理論とその応用”, 岩波書店. (1991).
- 9) Winter D.: “Biomechanics and Motor Control of Human Movement”, New York:Wiley. (1990).
- 10) Shou-Yan Wang, MengXing Tang: “Exact Confidence Interval for Magnitude-Squared Coherence Estimates”, IEEE SIGNAL PROCESSING LETTERS. Vol.11, no.3. (2004).