

## 携帯端末の加速度センサを用いた個人認証方式に関する研究 A Study on Personal Authentication Method Using Acceleration Sensor of Mobile Terminal

武井 勇樹<sup>†</sup> 長谷川 まどか<sup>†</sup> 篠田 一馬<sup>†</sup> 加藤 茂夫<sup>†</sup>  
Yuki TAKEI<sup>†</sup> Madoka HASEGAWA<sup>†</sup> Kazuma SHINODA<sup>†</sup> Shigeo KATO<sup>†</sup>

### 1. はじめに

スマートフォンの普及に伴い、携帯端末で多種多様なデータを扱う機会は増加傾向にある。一方で、携帯端末を紛失した場合、個人情報等の重要な情報の流出する可能性がある。そのため、携帯端末では暗証番号やパスワードによるデータの保護が広く利用されている。

しかしながら、頻繁に携帯端末を使用する場合、その都度パスワード等を入力することは手間がかかる。また、入力を覗き見られた場合、パスワード等を第三者に知られてしまう恐れがある。そこで、従来のパスワード認証に代わる携帯端末を対象とした個人認証方式として、腕振り動作による手法が提案されている[1]~[3]。腕振り動作による認証は加速度センサが搭載された端末を手を持ち動作を行うことで認証動作を加速度の時系列データとして取得し、あらかじめ登録されたデータと比較することで認証を行う手法である。従来の方式[3]では加速度データを比較するための特徴量として加速度ベクトルのユークリッド距離を使用していた。本稿ではそれに加えて加速度ベクトルの誤差角を特徴量に加えることで認証精度の改善を図ったので報告する。

### 2. 腕振りによる動作認証

#### 2.1 本方式の概要

本方式は、ユーザが加速度センサを内蔵した端末を手を持ち、ユーザが事前に登録した何らかの動作を再現することで認証を行う方式である。動作を行ったときのユーザの腕の振り方、手首のひねり等の個人の動作特徴を加速度データとして取得し、事前に登録した加速度データとのマッチングを行い、その相違度をもとに認証を行う。

##### 2.1.1 相違度の算出

本方式において、加速度データ間の相違度を算出するために、DP マッチングを用いる。DP マッチングは毎回の動作の微小な揺らぎを吸収したマッチングが可能な手法である。マッチングを行う2つの加速度データをそれぞれ  $A$ ,  $B$  とし、両者の相違度を算出する手順を以下に示す。まず、 $A$ ,  $B$  それぞれの絶対値の最大値を1として正規化する。本方式において、加速度ベクトル間の距離尺度にユークリッド距離と誤差角の2種類を用いる。まず、距離尺度に加速度ベクトル間のユークリッド距離を用いて DP マッチングを行う場合[3]について述べる。ここで加速度データ  $U$  の  $i$  番目 ( $i=1 \sim J$ ) の加速度ベクトル  $U_i=(U_{ix}, U_{iy}, U_{iz})$  と加速度データ  $V$  における  $j$  番目 ( $j=1 \sim I$ ) の加速度ベクトル  $V_j=(V_{jx}, V_{jy}, V_{jz})$  間のユークリッド距離  $d(i, j)$  を式(1)で求める。

$$d(i, j) = \sqrt{(U_{ix} - V_{jx})^2 + (U_{iy} - V_{jy})^2 + (U_{iz} - V_{jz})^2} \quad (1)$$

このとき  $U_{ix}, U_{iy}, U_{iz}$  および  $V_{jx}, V_{jy}, V_{jz}$  は  $U_i, V_j$  それぞれの  $x, y, z$  軸方向の加速度を表しており  $I, J$  は  $U, V$  それぞれのデータの系列長である。

そして、式(2)を漸化式の初期値として式(3)を順次計算し、式(4)の DP マッチング距離  $D(U, V)$  を算出する。これにより算出された  $D(U, V)$  がユークリッド距離を用いた場合の加速度データ間の相違度となる。

$$g(1, 1) = 2d(1, 1) \quad (2)$$

$$g(i, j) = \min \begin{bmatrix} g(i-1, j) + d(i, j) \\ g(i-1, j-1) + 2d(i, j) \\ g(i, j-1) + d(i, j) \end{bmatrix} \quad (3)$$

$$D(U, V) = \frac{g(I, J)}{I + J} \quad (4)$$

本方式で用いる誤差角は式(5)で求める。式(2), (3)において、 $d(i, j)$  の代わりに、式(5)でもとめる  $d'(i, j)$  を用いて加速度データ間の相違度を求める。

$$d'(i, j) = \arccos \frac{U_{ix}V_{jx} + U_{iy}V_{jy} + U_{iz}V_{jz}}{\sqrt{U_{ix}^2 + U_{iy}^2 + U_{iz}^2} \times \sqrt{V_{jx}^2 + V_{jy}^2 + V_{jz}^2}} \quad (5)$$

##### 2.1.2 マスタデータの決定

まずユーザが任意の動作を  $N$  回を行い、各回の動作の加速度データを登録する。登録されたこれらのデータをマスタデータと呼ぶ。登録されたマスタデータ  $M_i (i=1, 2, \dots, N)$  内で  $k$  番目のデータに着目し、 $M_k$  とほかのデータ  $M_l$  との相違度の二乗和  $S_k$  を式(6)により算出する。

$$S_k = \sum_{l=1}^N D^2(M_k, M_l) \quad (k \neq l) \quad (6)$$

式(6)の計算を行った結果  $S_k$  が最小となるときの  $M_k$  をマスタデータとする。なお、このマスタデータは距離尺度にユークリッド距離を用いた場合と誤差角を用いた場合の2つを求める。

##### 2.1.3 閾値の算出

前節で求めた  $M_k$  を基点として、 $M_k$  とほかのマスタデータ  $M_l (l \neq k)$  との間の相違度  $D(M_k, M_l)$  の平均  $\mu$  と分散  $\sigma^2$  を求める。この  $\mu$  と  $\sigma^2$  を用いてしきい値  $T$  を式(7)によって求める。

$$T = \mu + b\sigma^2 \quad (7)$$

このとき  $b$  はしきい値制御のパラメータである。認証時にはマスタデータと認証動作の加速度データの相違度を算出し、相違度がしきい値  $T$  よりも小さい場合に認証成功とする。こちらもマスタデータと同様にユークリッド距離を用いる場合と誤差角を用いる場合の2種類を求める。

##### 2.1.4 ペナルティ

染谷らの方式[3]ではユーザ本人と他人との加速度データ間の系列長に差が生じやすい方式のため、系列長の差に応じて相違度が大きくなるようなペナルティを採用し

<sup>††</sup> 宇都宮大学大学院工学研究科  
Graduate School of Engineering, Utsunomiya University

ている。ユーザ本人以外が認証動作を行った場合、動作時間に差が生じると考えるため、本方式でもこのペナルティを導入し、他人受け入れ率(False Acceptance Rate, FAR)の低下を図る。式(4)で得られた相違度にペナルティを付加した式を式(8)、式(9)、式(10)に示す。

$$D_{p1}(U, V) = D(U, V) \times (p|l_d| + 1) \quad (8)$$

$$D_{p2}(U, V) = D(U, V) \times (pl_d^2 + 1) \quad (9)$$

$$l_d = \frac{I - J}{f} \quad (10)$$

ここで式中の  $p$  はペナルティのパラメータ、 $f$  は加速度センサのサンプリングレート[Hz]であり、 $l_d$  は 2 つの加速度データの系列長の差  $I - J$  を  $f$  で除算したものである。

### 3. 実験

本人認証実験と成りすまし実験を行い、提案方式における他人受け入れ率、本人拒否率(False Reject Rate, FRR), および、等誤り率(Equal Error Rate, EER)を測定した。

#### 3.1 実験環境

本実験では加速度センサを内蔵した携帯端末として、Google 社の Nexus 5 を使用した。加速度センサのレンジは  $\pm 2G$ 、サンプリングレートは 100Hz である。被験者は 20 代の男女 6 名で、全員右利きである。全員が肩から腕を振りアルファベットの  $a$  を描く動作を行った。まず 10 回を登録用の動作として取得し、その後 20 回を判定用の動作として取得した。しきい値制御パラメータ  $b$  は 0 から 300 の範囲で変化させ、FAR, FRR を計測し、EER を求めた。ペナルティ制御パラメータ  $p$  は 0.0 から 1.9 までの範囲で変化させた。

#### 3.2 実験結果

取得した動作に対して、加速度ベクトル間の距離尺度にユークリッド距離を用いた場合と誤差角を用いた場合の 2 種類について相違度を求め、1 回の動作に対してユークリッド距離のみで行う場合(A)、誤差角のみで判定を行う場合(B)と、2 つとも成功した場合(A かつ B)、2 つのうちどちらか一方でも成功した場合(A または B)の 4 種類に対して FAR, FRR の測定を行い、6 人分の平均を求めた。各方式で、 $p$  の値を変えながら EER を測定し、最も EER が小さくなったものを図 1 と図 2 にプロットした。図 1 はペナルティを 1 次式で求めた場合、図 2 はペナルティを 2 次式で求めた場合の結果である。また、表 1 に図 1 と図 2 の EER をまとめた結果を示す。染谷らの手法(A)と比較した EER の改善率は、A かつ B の場合で、ペナルティに 1 次式を使用した場合で 0.6%、2 次式を使用した場合で 0.7%であった。

表 1 各方式における EER[%]

	ペナルティ	
	1 次式	2 次式
A	6.4	6.5
B	7.9	8.5
A かつ B	5.8	5.8
A または B	7.5	7.5

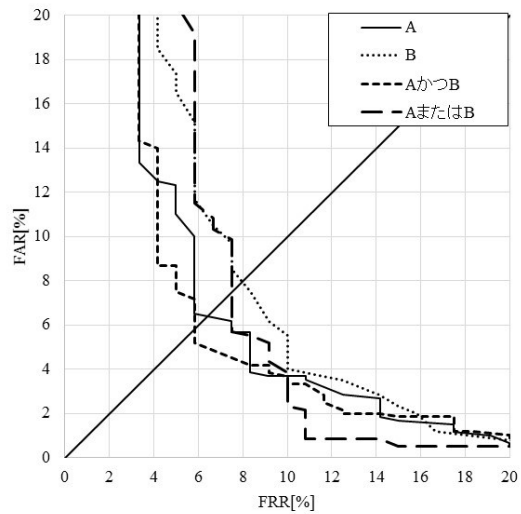


図 1 ペナルティ 1 次の場合の ROC 曲線

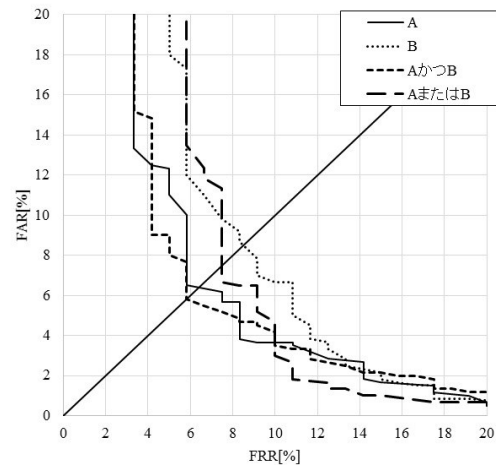


図 2 ペナルティ 2 次の場合の ROC 曲線

### 4. おわりに

本稿では加速度センサを搭載した携帯端末における認証について検討を行った。距離尺度に加速度と誤差角の 2 種類を用いた DP マッチングを用いることにより従来方式よりも最大で 0.7% の EER の改善が見られた。今後の課題として、動作を変更した場合の認証精度の検証と本実験において手動で変化させているしきい値制御パラメータ、ペナルティ制御パラメータを適応的に決定する手法の検討が挙げられる。

#### 参考文献

- [1]石原進, 太田雅敏, 行方エリキ, 水野忠則, “端末自体の動きを用いた携帯端末向け個人認証,” 情報処理学会論文誌, Vol.46, No.12, pp.2997-3007, Dec. 2005.
- [2]松尾賢治, 奥村文教, 橋本真幸, 小池淳, 久保田彰, 羽鳥好律, “腕の振りに基づく生体認証とテンプレート更新による経時変化の抑制,” 電子情報通信学会論文誌, Vol.J91-B, No.6, pp.695-705, June 2008.
- [3]染谷大介, 田中雄一, 長谷川まどか, 加藤茂夫, “加速度センサとボタン操作によるマルチモーダル個人認証に関する検討,” 画像電子学会第 39 回年次大会予稿集, P1-2, June 2011.