

モバイル端末における署名認証のための 入力環境情報を用いた改良型 DTW

西郷里 拓† 川本 淳平† 櫻井 幸一†

†九州大学大学院システム情報科学府
819-0395 福岡県福岡市西区元岡 744 番地
nishigori@itslab.inf.kyushu-u.ac.jp kawamoto@inf.kyushu-u.ac.jp
sakurai@csce.kyushu-u.ac.jp

あらまし 近年注目されている生体認証の一つである署名認証の照合に用いる DTW を改良し、スマートフォンにおける署名認証の精度を向上させた。スマートフォンで利用可能な生体認証の一つに署名認証がある。しかし署名認証には不安定な入力環境から受けるノイズが認証精度を下げる原因の一つとなっている。我々はそのノイズの影響を署名入力時の環境情報を用いて削減する手法を提案してきた。従来の手法では、一度の署名入力に対して一度のノイズしか補正出来なかったが、本論文では、署名検証に用いられている DTW アルゴリズムを改良し署名入力中ノイズを補正する方法を提案する。また、実データを用いて実験を行い最適なノイズ補正方法を検証する。

Improved model DTW using the input environmental information for the signature certification in the mobile terminal

Taku Nishigori† Junpei Kawamoto† Kouichi Sakurai†

†Graduate School of Information Science and Electrical Engineering, Kyushu University
744 Motooka, Nishi-ku, Fukuoka, 819-0395, JAPAN
nishigori@itslab.inf.kyushu-u.ac.jp kawamoto@inf.kyushu-u.ac.jp
sakurai@csce.kyushu-u.ac.jp

Abstract We modify Dynamic Time Warping (DTW) algorithm which is used for signature certification so that the DTW algorithm considers environmental noise. Signature certification is one kind of biometric authentication and has attracted attention in mobile devices. However, environmental noise such as noises from unstable inputs is one of the problems in signature certification and they cut down on authentication precision. We introduced a method to reduce such noises using environmental information at the time of the signature input. By the conventional method, we achieved to cut down one pulse noise for one signature input. In this article, we improve previous work and introduce a modified DTW algorithm to correct noises during the signature input. We also evaluate proposal and inspect it with real data.

1 はじめに

スマートフォンやタブレットなどのモバイル端末の普及率は増加しており日常生活において

欠かせないものとなってきている。スマートフォンやタブレットはかつての携帯電話に比べて、より大量のデータを保存することができ、仕事のデータや個人情報といった重要なデータを持ち運ぶことが容易になっている。そのため、モバイル端末の紛失や盗難による重要なデータの漏洩を防ぐ仕組みが必要である。しかし、これらのモバイル端末を起動する際のロックとしては4桁の数字による認証や9つの点をつなぐパターンロックによる認証といった比較的簡単なものが主流である。そのような簡単な認証は一度後ろから入力の様子を見られると容易に覚えることが可能である。これを覗き見攻撃と呼ぶ[1]。そういった覗き見攻撃に対して耐性のある認証手法も提案されているが、それらの多くは認証に使う秘密情報の量を多くしたり、認証の方法を複雑にしたりするなどユーザの記憶に負担が大きいものが多い。それに対して近年注目され始めてきている認証手法が生体認証である。

生体認証は大きく二種類に分けることができる。ひとつは指紋や顔といった身体的特徴を使って認証をするもの。もうひとつは歩き方や筆跡といった行動的特徴を使うものである。身体的特徴を使う場合、指紋や顔を読み取り装置に読み取らせるだけで認証が可能なのでユーザの記憶に頼ることなく認証が可能である。身体的特徴を使った生体認証の問題点として、登録情報が流出した時に指紋や顔などは容易に変更できないという問題がある。それに対して行動的特徴を使った生体認証の署名認証は文字の書き方の癖を使って個人を識別する認証手法であるので、登録情報が流出した時にはその登録署名を変更するだけで対処できるという利点がある。何を署名したのかという情報の記憶が必要となるがこれは自分の名前などの簡単なものでも良く記憶への負担も少ないといえる。よって我々は記憶への負担が少なく、覗き見耐性があり、登録情報の流出にも柔軟に対応できる署名認証に着目して研究を行ってきた。署名認証の問題点として、不安定な入力環境で署名入力を行うと署名データにノイズが乗りデータが乱れてしまうことで認証に影響を与えるという問題がある。既存研究で、我々はスマートフォンに一般

に搭載されている加速度センサで端末の動きを検知することでノイズの影響を低減する手法を提案した[5]。

本研究では、署名認証で一般的に使われており、我々が提案した従来の手法で署名認証の際に用いていた Dynamic Time Warping (DTW) というアルゴリズムを改良し、入力データを署名の座標データだけでなく、端末の加速度センサから取得したデータを入力データに加えて計算に取り込むようにした。本研究ではさらに認証の精度を上げるため認証に使う座標データの使い方を従来と変えた実験を2つ追加して行った。実験の結果、認証の精度を測る目安である ROC カーブの AUC が最も良い場合で 0.8209 となり、従来の手法での 0.8014 に比べて精度が上昇した。

2 署名認証

近年注目され始めている生体認証の一つに署名認証がある。署名認証は、行動的特徴を用いた生体認証の一つである。署名認証の認証手法は、まず登録者が署名を書くことでデータを登録する。このデータをテンプレートといい、個人の癖がある程度分かるように一定以上のデータ量が必要である。認証の際には署名入力データとテンプレートを比較して類似度を計算し、あらかじめ決めておいた閾値を超えるかどうかで本人か他人かを判定する。閾値は低すぎると他人受入率が高くなり、逆に高すぎると本人拒否率が増えてしまうというトレードオフの関係にあり、閾値の設定法も課題の一つとして存在している。

署名の比較の際に使うアルゴリズムとして Dynamic Time Warping(DTW) というものがある。これは二つの時系列データを比較しデータ間の距離(DTW 距離)を算出するアルゴリズムである。DTW 距離は二つのデータがどれくらい似ていないかを示す指標となっており、小さいほど二つのデータは似ていると言える。このアルゴリズムは比較するデータの一方のパターンを時系列方向に非線形に伸縮して最も整合した時点をマッチング結果とする。よって、こ

のDTWはデータ長の異なるデータ間の距離を算出することが可能という利点があり署名認証のように入力ごとにデータ長の異なる認証に用いられている。

署名認証にはいくつかの問題がある。その一つが署名入力中の乗り物の揺れや人との接触といった環境の影響を受けた際に認証が成功しにくくなるという問題である。本研究ではこういった入力環境から受けるノイズ（環境ノイズ）の影響を補正する。

3 署名認証の既存手法

3.1 Kinwrite

KinectとはMicrosoft社から発売されたモーションキャプチャを行うことができるデバイスである。KinwriteとはKinectを用いて指先の動きを認識して取得した三次元の署名データを使った筆跡認証である。三次元署名データを比較する際のアルゴリズムとしてDynamic Time Warpingを使っている[2]。また、我々の研究ではKinwriteで用いられたテンプレートの選択方法を参考にしている。

Kinwriteでは、本人の入力に対する攻撃データとして前情報無しで入力するものから入力文字と筆順を知った上での攻撃までの様々な攻撃手法を試しているがそれらを全て含めた場合の結果としては、他人受入率を0%と閾値を設定した場合、本人拒否率が23%になった。しかし、前情報なしで攻撃をさせた場合に他人受入率を0%になるように閾値を設定しても本人拒否率はほぼ0%にすることができた。

3.2 画数、タッチ時間、筆跡角度による認証

SCIS2015で田中らはサインを認証に使う上で、筆記者によって筆記時間や筆跡が異なることに着目した新しい署名認証手法を提案した[4]。提案手法では認証の際に文字の総画数、タッチ時間、筆跡角度の3つを認証の要素としている。その中でも筆跡角度とは、文字の一面をさらに

分割しセグメントごとの角度の推移を特徴量としている。

偽の署名も含めた実験の結果、従来の手法に比べて本人の平均認証率は3.8ポイント改善され80.5%に、偽筆の平均受入率も8.4ポイント改善され14.9%になった。

今後の課題として、個人の癖がみられる特徴量を増やすことや、今回は日本語の漢字サインを対象としていたがローマ字や簡単な記号も視野に入れて照合できるシステムの構築がある。

4 Dynamic Time Warping

Dynamic Time Warping (DTW) は二つの時系列データの距離を算出するアルゴリズムである[3]。DTWはDynamic Programming (DP) マッチングとも呼ばれ、1970年代に開発されたものである。理論的明快さ、アルゴリズム実装の容易さ、非常に少ない計算量が特徴で時系列パターン認識において基本的なアルゴリズムとして知られている。

ここではその計算過程を説明する。DTWでは、2つの時系列データ（シーケンス）

$$\mathbf{S} = [\mathbf{s}_1, \mathbf{s}_2, \dots, \mathbf{s}_i, \dots, \mathbf{s}_I] \text{ と}$$

$\mathbf{T} = [\mathbf{t}_1, \mathbf{t}_2, \dots, \mathbf{t}_j, \dots, \mathbf{t}_J]$ との間の弾性マッチングを考える。ここで \mathbf{s}_i と \mathbf{t}_j は特徴ベクトルである。弾性マッチングとは、シーケンス \mathbf{S} の i 番目の特徴ベクトル \mathbf{s}_i と、シーケンス \mathbf{T} の u_i 番目の特徴ベクトル \mathbf{t}_{u_i} との対応付けを最適化することである。以降では、 \mathbf{s}_i に \mathbf{t}_{u_i} を対応付けることを $u_i = j (i \in [1, I])$ と書く。

この対応付け $u_i = j$ のコスト（局所距離）を

$$d_i(u_i) = \|\mathbf{s}_i - \mathbf{t}_{u_i}\|_2$$

とすると、対応付けの最適化問題は次のように定式化できる。

$$\begin{aligned} \text{minimize} \quad & F = \sum_{i=1}^I d_i(u_i) \quad (1) \\ \text{w.r.t} \quad & u_1, \dots, u_I \\ \text{subject to} \quad & 0 \leq u_i - u_{i-1} \leq 1, u_1 = 1, u_I = J \end{aligned}$$

局所距離は任意の距離を用いることができるが、署名認証においては、扱うデータが署名デー

タの X 座標, Y 座標, 圧力の 3次元のベクトルからなる時系列データであり, ユークリッド距離が妥当であると考えられるために, 2 ノルムを用いることが普通である.

最適化の結果得られるものは, 二つのシーケンス間距離 (DTW 距離) $\min F$ と対応関係 u_1, \dots, u_I はどちらも等しく J である. この加速度情報 \mathbf{a}_j は X, Y, Z の 3つの要素を持ち, それぞれ

端末の右方向, 上部, 正面から受ける加速度を取得したものである. 端末の性能により, ノイズの影響がないと考えられるときにも加速度センサはわずかに反応して微小な値を取る. その影響を受けないように微小な加速度センサの影響は受けないように設定する必要がある. 我々が提案する, 式 (1) に加速度情報を考慮するように変更を加えた DTW の最適化問題は次のようになる.

5 提案手法

署名認証の問題である入力時の環境ノイズの影響を補正するために多くのスマートフォンに搭載されている加速度センサを用いることにした. 端末の加速度センサから署名を入力する際の端末の揺れを時系列データとして取り出すことができる. このデータを DTW 距離の計算時に利用して環境ノイズの影響を考慮した改良型 DTW を作る.

環境ノイズの影響を受けると考えられる場所で得られた加速度データは環境ノイズの大きさに比例して大きくなると思われる. 環境ノイズの影響を受けているデータは DTW 計算において局所距離が大きくなりがちである. よって局所距離の計算時に加速度データの大きさに応じて局所距離を低減をすることでノイズの影響を減らすことができる.

今回, 署名認証で扱う予め登録してあるテンプレートをシーケンス \mathbf{S} , 利用者の入力データシーケンスを \mathbf{T} とする. また, 署名入力時に取

集した加速度情報シーケンスを

$$\mathbf{A} = [\mathbf{a}_1, \mathbf{a}_2, \dots, \mathbf{a}_j, \dots, \mathbf{a}_J]$$

とする. 署名入力データシーケンスと加速度情報シーケンスは同時に収集しているため, 長さ \mathbf{a}_j は X, Y, Z の 3つの要素を持ち, それぞれ端末の右方向, 上部, 正面から受ける加速度を取得したものである.

端末の性能により, ノイズの影響がないと考えられるときにも加速度センサはわずかに反応して微小な値を取る. その影響を受けないように微小な加速度センサの影響は受けないように設定する必要がある. 我々が提案する, 式 (1) に加速度情報を考慮するように変更を加えた DTW の最適化問題は次のようになる.

$$\begin{aligned} \text{minimize } F &= \sum_{i=1}^I d'_i(u_i) & (2) \\ d'_i(u_i) &= \begin{cases} d_i(u_i) \times e^{-\phi \|\mathbf{a}_{u_i}\|_2} & (\|\mathbf{a}_{u_i}\|_2 > \sigma) \\ d_i(u_i) & (\text{otherwise}) \end{cases} \\ \text{w.r.t } & u_1, \dots, u_I \\ \text{subject to } & 0 < u_i - u_{i-1} < 1, u_1 = 1, u_I = J \end{aligned}$$

パラメータ ϕ は加速度情報をどの程度作用させるかを定めるためのパラメータである. パラメータ σ は微小な加速度情報をカットするために設定する閾値である. この二つのパラメータは外部から与えられる.

6 実験準備

まず第一著者が揺れない状態で書いたデータの中から 1つのテンプレートを選んだ. また, 実験時使うデータとして本人がスマートフォンを手に持った状態で書いたもの, 本人が書いているところを見た後に本人以外の方が書いたもの, またそれぞれを書くときにスマートフォンを一度故意に揺らしてデータを取ったものの 4種類のデータを用意した.

この実験で用いる署名データ \mathbf{S}, \mathbf{T} はそれぞれ X 座標, Y 座標, 圧力の 3つの要素を持っているので

$$\mathbf{S} = [(s_{x_1}, s_{y_1}, s_{p_1})^T, \dots, (s_{x_i}, s_{y_i}, s_{p_i})^T, \dots, (s_{x_I}, s_{y_I}, s_{p_I})^T]$$

$$\mathbf{T} = [(t_{x_1}, t_{y_1}, t_{p_1})^T, \dots, (t_{x_j}, t_{y_j}, t_{p_j})^T, \dots, (t_{x_J}, t_{y_J}, t_{p_J})^T]$$

と表すことができる。ここでの添字 T は転置を表す。これらは $0 \sim 1$ の間の値で正規化されている。X 座標と Y 座標の正規化に関しては入力機器であるスマートフォンのタッチパネル縦横比が違うので、比に合わせて正規化している。

また、加速度情報 \mathbf{A} も 3 つの要素を持つので、 $\mathbf{A} = [(a_{x_1}, a_{y_1}, a_{z_1})^T, \dots, (a_{x_J}, a_{y_J}, a_{z_J})^T]$ と表すことができる。

今回の実験は大きく分けて 3 つ。

- (1) 座標データの 3 つの要素 (x 方向, y 方向, 圧力) を 1 つのベクトルとして考えて DTW 距離を計算する
- (2) 座標データの要素ごとに DTW 距離を計算し、3 つの結果の 2 ノルムを結果とする
- (3) 座標データごとに計算するが、 x , y , z のいずれかの対応関係に固定する

それぞれの詳しい説明は後ほど行う。

6.1 実験 (1)

正規化を行った後のデータを見ると σ を 0.02 とすると良いと考え今回の実験においては $\sigma = 0.02$ と設定した。

この実験では、局所距離 $d_i(u_i)$ を計算する際、要素が 3 つある座標データを 1 つのベクトルとして局所距離を計算する。つまり

$$d_i(u_i) = \|(s_{x_i}, s_{y_i}, s_{p_i})^T - (t_{x_j}, t_{y_j}, t_{p_j})^T\|_2$$

と計算する。そして式 (2) の通りに対応する加速度情報を適用して DTW 距離を算出する。

まず、 ϕ の値を $0 \sim 200$ で変化させてどの値が適切か実験して調べた。

図 1 から、本人揺れ有と他人揺れ無しの DTW 距離の差が最も大きかった $\phi = 40$ をパラメータに設定して閾値を変化させて ROC カーブを描く。ROC カーブは分類機の性能を測るときに用いるもので、横軸は他人受入率、縦軸は本人受入

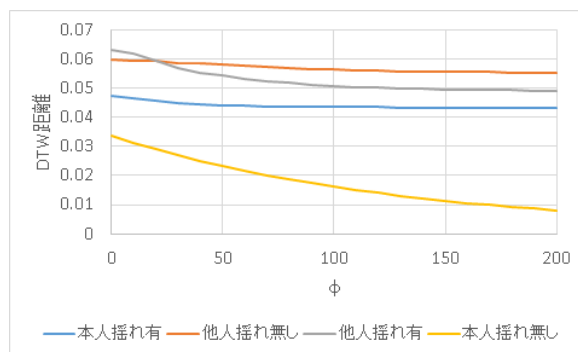


図 1: ϕ を $0 \sim 200$ で変化させる

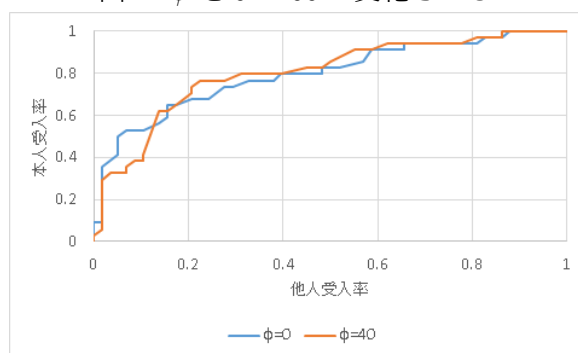


図 2: $\phi = 0, \phi = 40$ での ROC カーブ

率となっており、線の下側の面積 (AUC) が大きいほど性能が良く、最良のもので 1.0 となる。ここで扱う閾値とは署名認証の成功、失敗を決めるもので今回は補正の結果得られた DTW 距離が閾値よりも小さければ認証成功としている。図 2 には青色の線で $\phi=40$ 、オレンジ色の線で $\phi=0$ のときの ROC カーブを表しており、AUC は $\phi=0$ のとき 0.7956 であり、最も大きい時では $\phi=40$ のとき 0.8015 であった。

6.2 実験 (2)

この実験では $\sigma = 0.02$ と設定するとうまくいかなかったため、 $\sigma = 0$ として実験を行っている。

実験に用いるデータと DTW 自体は実験 (1) と同様のものを使い、DTW へのデータの入力の仕方を変えて実験を行った。どのようにデータを使ったかというと座標データ \mathbf{S} と \mathbf{T} をそれぞれ x 座標データ, y 座標データ, 圧力データの 3 つの時系列データに分け 6 つのシーケンスを作った。また、加速度データ \mathbf{A} から x, y, z

の方向のデータに分け3つのシーケンスを作り、以下のデータが得られた。

$$\begin{aligned}\mathbf{S}_x &= [s_{x_1}, \dots, s_{x_i}, \dots, s_{x_I}] \\ \mathbf{S}_y &= [s_{y_1}, \dots, s_{y_i}, \dots, s_{y_I}] \\ \mathbf{S}_p &= [s_{p_1}, \dots, s_{p_i}, \dots, s_{p_I}] \\ \mathbf{T}_x &= [t_{x_1}, \dots, t_{x_j}, \dots, t_{x_J}] \\ \mathbf{T}_y &= [t_{y_1}, \dots, t_{y_j}, \dots, t_{y_J}] \\ \mathbf{T}_p &= [t_{p_1}, \dots, t_{p_j}, \dots, t_{p_J}] \\ \mathbf{A}_x &= [a_{x_1}, \dots, a_{x_j}, \dots, a_{x_J}] \\ \mathbf{A}_y &= [a_{y_1}, \dots, a_{y_j}, \dots, a_{y_J}] \\ \mathbf{A}_z &= [a_{z_1}, \dots, a_{z_j}, \dots, a_{z_J}]\end{aligned}$$

これらを用いて実験を行った。

例として、 \mathbf{S}_x , \mathbf{T}_x , \mathbf{A}_x を入力としたときの計算式は次のようになる。

局所距離の計算は、

$$d_{x_i}(u_{x_i}) = \|s_{x_i} - t_{x_{u_{x_i}}}\|_2$$

となり、DTW 距離の計算は

$$\min F_x = \sum_{i=1}^I \begin{cases} d_{x_i}(u_{x_i}) \times e^{-\phi \|a_{x_{u_{x_i}}}\|_2} & (\|a_{x_{u_{x_i}}}\|_2 > \sigma) \\ d_{x_i}(u_{x_i}) & (\text{otherwise}) \end{cases}$$

$$w.r.t \quad u_{x_1}, \dots, u_{x_i}, \dots, u_{x_I}$$

$$\text{subject to} \quad 0 \leq u_{x_i} - u_{x_{i-1}} \leq 1, u_{x_1} = 1, u_{x_I} = J$$

実験の方法は、 \mathbf{S}_x と \mathbf{T}_x の比較には \mathbf{A}_x を使い、同様にy座標データにはy方向の加速度データを用いてDTW距離の計算を行った。そして得られた3つのデータの2ノルムを実験結果とした。

図3を見るとDTW距離は実験(1)の時に比べて小さくなっているが ϕ が大きくなると他人を大きく補正してしまっていることが分かる。 $\phi = 0 \sim 50$ でのROCカーブを描きAUCを計算すると、 $\phi = 0$ のときは0.7868であり、もっとも大きいところでは $\phi = 30$ のときで、0.8209となった。

6.3 実験(3)

この実験でも $\sigma = 0.02$ と設定するとうまくいかなかったため、 $\sigma = 0$ として実験を行っている。

実験に用いるデータは実験(2)で作成した座標方向ごとに分けたデータを使う。実験(2)ではx座標、y座標、圧力の3方向のデータそれぞれ別にDTW距離を計算したのでそれぞれの対応関係 u_1, \dots, u_I は異なっていた。実験(3)では、データの比較は実験(2)と同様にx座標データの比較にはx方向の加速度データを、y座標データにはy方向の加速度データを、圧力データにはz方向の加速度データを使うが、対応関係についてはx, y, 圧力の3つの対応関係をそれぞれ用いて3つの結果を計算する。x方向の対応関係とは、x座標データをx方向の加速度データを使ってDTW距離を計算した時に得られる対応関係のことである。

座標データと対応関係を使った場合のDTW距離の計算方法は式(2)とは異なり、入力を座標データ \mathbf{S} , \mathbf{T} , 対応関係 \mathbf{U} , 加速度データ \mathbf{A} とする。ここで \mathbf{U} は1次元のベクトルであり、x方向の対応関係については \mathbf{U}_x とし、

$$\mathbf{U}_x = [u_{x_1}, \dots, u_{x_i}, \dots, u_{x_I}]$$

と表せる。同様にy方向、z方向の対応関係は \mathbf{U}_y , \mathbf{U}_z とする。

例として、y座標データをx方向の対応関係でDTW距離を計算する時、つまり入力データが \mathbf{S}_x , \mathbf{T}_x , \mathbf{U}_y , \mathbf{A}_x の時の計算式は次のように書ける。

$$F_x = \sum_{i=1}^I \|s_{x_i} - t_{x_{u_{y_i}}}\|_2 \times e^{-\phi \|a_{x_{u_{y_i}}}\|_2}$$

この実験の結果としてx, y, 圧力座標データをそれぞれx, y, z方向の対応関係でDTW距離を計算した9種類のデータが得られる。これらからx座標データにx方向の対応関係を使ったもの、y座標データにx方向の対応関係を使ったもの、圧力データにx方向の対応関係を使ったもの、これら3つのデータの2ノルムを結果として、y, z方向の対応関係も同様にして3種類の結果を得た。

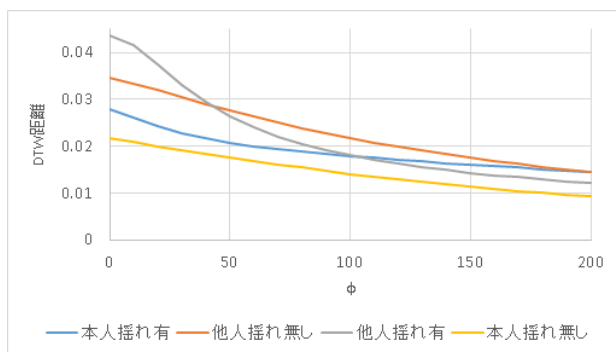


図 3: ϕ を 0~200 で変化させる

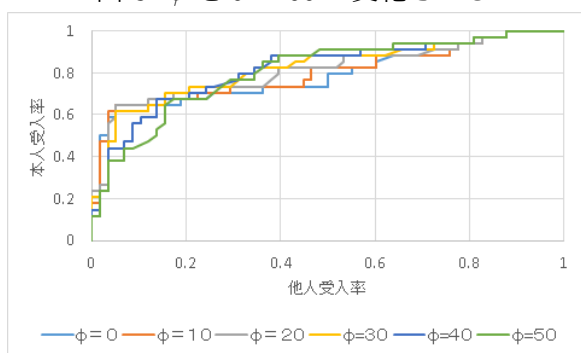


図 4: $\phi = 0 \sim 50$ での ROC カーブ

これらを ϕ を変化させて得られたデータから最も良いと考えられる z 方向の対応関係を使った結果が図 5 である。本人の DTW 距離と他人の DTW 距離から ϕ を 0~100 まで 20 ずつ変化させて ROC カーブを描くと図 6 のようになる。 $\phi = 0$ のときは 0.5591 であり、もっとも大きいところでは $\phi = 80$ のときで、0.6775 となった。

7 考察

実験 (1) では x 座標, y 座標, 圧力の 3 つのデータを一つのベクトルとして DTW 距離の計算を行ったが一番良い結果の時でも AUC は 0.7956 から 0.8015 に 0.0059 の変化があった。また、これは $\sigma = 0.02$ と設定したときの結果であり、 σ を加速度データに応じて設定しなければいけないという工程も必要となっているので労力がかかる。

実験 (2) では座標データの種類ごとに加速度データを適用して DTW 距離の計算を行った。結果としては DTW 距離が実験 (1) と比べて全体的に小さく、揺れに応じて補正もされているが、

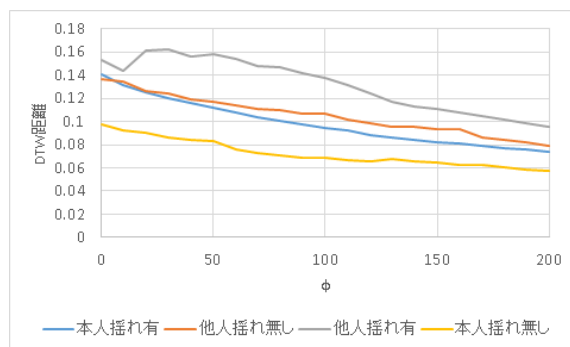


図 5: ϕ を 0~200 で変化させる

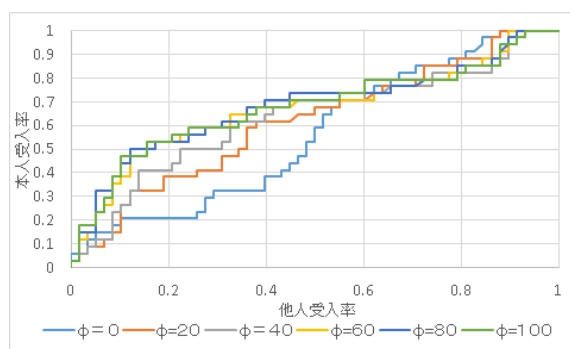


図 6: $\phi = 0 \sim 100$ での ROC カーブ

揺れが有る状態で入力すると他人でも大きく補正してしまうことから、他人をできるだけ補正しないようにする工夫が必要である。最もいい結果では AUC が 0.7868 から 0.8209 に 0.0341 の変化があり実験 (1) の手法よりも認証精度が向上していると考えられる。

実験 (3) は実験 (2) にさらに対応関係を考慮した実験である。図をのせていないが x 方向, y 方向の対応関係を使うと実験 (1) や実験 (2) と似たようなグラフが得られた。しかし z 方向の対応関係を使うと AUC が最も良いところでは 0.5591 から 0.6775 に 0.1184 変化している。変化量では 3 つの実験の中で一番大きい、元々の精度がほかに比べて良くないため、この手法が一番本人と他人を区別できていると言い切れないかもしれない。

8 まとめ

覗き見耐性のある生体認証の一つである署名認証の問題点として入力環境から受けるノイズ

がある。署名認証でのデータ比較時に使う DTW アルゴリズムを改良し、座標データと同時に取得した端末の加速度データを利用することで署名認証の精度を上げることができた。

認証の精度を測る目安として、ROC カーブの曲線の下の部分の面積 (AUC) の大きさがある。AUC が大きいほど精度の良い分類機であると分かる。今回の実験では最も良い場合で AUC は 0.8209 という数値が得られた。また補正前に比べての AUC の上り幅では別の実験での 0.5591 から 0.6775 に 0.1184 変化しているという結果がある。

今後の課題としては、加速度センサの値をそのまま DTW にかけている現在の手法では他人も大きく補正してしまっているという問題がある。よって DTW の計算途中に局所距離の変化の大きさなどから本人と他人の変化の幅の違いを読み取ってそこも補正に使えるように DTW を改良していくことを考えている。

参考文献

- [1] Ku, Wei-Chi, et al. "An enhanced capture attacks resistant text-based graphical password scheme." Communications in China (ICCC), 2014 IEEE/CIC International Conference on. IEEE, 2014.
- [2] Tian, J., Qu, C., Xu, W., & Wang, S. (2013, February). "KinWrite: Handwriting-Based Authentication Using Kinect." In NDSS
- [3] 内田誠一. "DP マッチング概説: 基本と様々な拡張 (テーマセッション (2), パターン認識・メディア理解のための学習理論とその応用)." 電子情報通信学会技術研究報告. PRMU, パターン認識・メディア理解 106.428 (2006): pp.31-36.
- [4] 田中優輝, 吉田孝博, 半谷精一郎. "スマートフォン上で得られるタッチ情報を利用した手書きサイン認証システムに関する研究" Symposium on Cryptography and Information Security January 2015, 20-23

- [5] 西郷里拓, 川本淳平, 櫻井幸一. "加速度センサを用いたスマートフォンの筆跡認証の性能向上" 火の国情報シンポジウム 2015