

## モバイル端末の署名認証に向けた加速度情報を考慮した改良DTWの提案

西郷里, 拓  
九州大学大学院システム情報科学府情報学専攻

川本, 淳平  
九州大学大学院システム情報科学府

櫻井, 幸一  
九州大学大学院システム情報科学研究院 : 教授

<https://hdl.handle.net/2324/1662069>

---

出版情報 : 電気・情報関係学会九州支部連合大会. 平成27年度(第68回), pp.11-2P-07-, 2015-09-26  
バージョン :  
権利関係 :

# モバイル端末の署名認証に向けた加速度情報を考慮した改良 DTW の提案

西郷里拓 \* 川本淳平 \* 櫻井幸一 \*

(\* 九州大学院システム情報科学府情報学専攻)

## 1 はじめに

近年のモバイル端末の普及率の増加は目覚ましく、スマートフォンやタブレットといった端末を普段から持ち歩く人が多くなってきている。そういったモバイル端末には大量の情報が保存できるため、その中には詳細な個人情報や仕事で扱う重要な情報が含まれていることは容易に考えられる。しかし、これらのモバイル端末のロック解除として現在主流な方法である数字4桁のロックやパターンロックは一度覗き見ただけで簡単に覚えてしまえるものである。覗き見の問題に対処するために、スマートフォンに向けた覗き見耐性のある認証手法がいくつか提案されている [3]。また、スマートフォンにも指紋認証や虹彩認証などの生体認証が採用されてきている。

覗き見耐性のある生体認証には、指紋や虹彩、顔の特徴といった身体的特徴を認証に使うものと、歩き方や筆跡といった行動的特徴を使うものがある。身体的特徴を使う認証の場合、もし登録情報が流出してしまった場合に指紋や顔などは容易に変更できないという問題点がある。一方で行動的特徴の中でも署名認証においては、登録情報が流出しても登録した署名を変更することで対応することができるという利点があり、我々は署名認証に注目し研究を行ってきた。署名認証の問題点として、乗り物の揺れや人との接触による手ブレといった入力環境からくるノイズが署名入力に影響を与えるという問題がある。既存研究において、我々はスマートフォンに一般的に搭載されている加速度センサを利用することで、そういったノイズの影響を低減する手法を提案した。

しかし、我々が提案した従来の手法の制限として一度の署名入力に対して一度のノイズしか補正出来ないという制限があった [4]。この問題に対して本研究では、入力データと署名データの照合の際に用いる DTW というアルゴリズムの計算時に端末の加速度情報を考慮することで一度の入力中の複数のノイズを補正することが可能となった。

## 2 署名認証

署名認証とは、あらかじめ登録しておいた署名データ（テンプレート）と署名入力データを比較しその類似度を用いて本人か否かを判定する認証手法である。

認証時にテンプレートデータとユーザが入力したデータを比較する際に使用するアルゴリズムとして多く使われているものに Dynamic Time Warping (DTW) がある [2]。これは2つの時系列データ間の距離、つまり非類似度を測るアルゴリズムで、一方のパターンを非線形に伸縮させ、最も整合した時点をマッチング結果（DTW 距離）とするというものである。このアルゴリズムの利点としてデータ長の異なるデータの非類似度を算出できるという点がある。署名認証以外にも Kinect を使った生体認証などにも用いられている [1]。

署名認証にはいくつかの問題点があり、その一つに署名入力時に乗り物の揺れや人との接触が起きると認証が成功しにくいという問題がある。本研究ではこうし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 Dynamic Time Warping

2つのパターン  $\mathbf{S} = [s_1, s_2, \dots, s_i, \dots, s_I]$  と  $\mathbf{T} = [t_1, t_2, \dots, t_j, \dots, t_J]$  間の弾性マッチングを考える。ここで  $s_i$  と  $t_j$  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  $s_i$  と、シーケンス  $\mathbf{T}$  の  $j$  番目の特徴ベクトル  $t_j$  との対応付け  $j=u_i (i = 1, \dots, I)$  を最適化する問題である。

この対応付け  $j=u_i$  のコスト（局所距離）を

$$d_i(u_i) = \|s_i - y_{t_j}\|_2$$

とすると、最適化問題は次のように定式化することができる。

$$\text{minimize } F = \sum_{i=1}^I d_i(u_i) \quad (1)$$

$$\text{w.r.t } u_1, \dots, u_I$$

$$\text{subject to } 0 \leq u_i - u_{i-1} \leq 1, u_1 = 1, u_I = J$$

局所距離に2ノルムを用いているのは、署名認証で扱うデータが署名データの X 座標、Y 座標、圧力の3次元のベクトルの時系列データであり、ユークリッド距離を表す2ノルムが妥当であると考えたからである。

DTW の結果得られるのは、パターン間距離（DTW 距離） $\min F$  と対応関係  $u_1, \dots, u_I$  の2つである。

## 4 提案手法

署名時の環境ノイズを補正するために、現在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使うことにした。加速度センサによって署名入力する際の本体の揺れを時系列データ化することができ、このデータを DTW 距離を計算する際に考慮することで環境ノイズの影響を考慮した DTW を作る事が出来ると考えた。この改良型 DTW を用いることにより、既存手法では解決できなかった一度の署名入力に対する複数のノイズに対応できるようになった。

### 4.1 ノイズを考慮した DTW

ノイズの影響を受ける場所で署名した際に得られた加速度データはノイズの大きさに比例して大きくなると考えられる。ノイズの影響を受けている部分は局所コストが大きくなりがちであり、計算時にノイズを考慮して局所コストを変化することでノイズの影響を減らすことができる。

今回、署名認証で扱うテンプレートを上の  $\mathbf{S}$ 、比較対象のデータを  $\mathbf{T}$  とする。ここで  $\mathbf{T}$  に対応する加速度情報パターン  $\mathbf{A} = [a_1, a_2, \dots, a_j, \dots, a_J]$  を導入する。また、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。式 (1) に加速度情報を考慮するように変更を加えて以下の式のように設定した。

$$\text{minimize } F = \sum_{i=1}^I \begin{cases} d_i(u_i) \times e^{-\phi \|a_{u_i}\|_2} & (\|a_{u_i}\|_2 > \sigma) \\ d_i(u_i) & (\text{otherwise}) \end{cases} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} & w.r.t \quad u_1, \dots, u_I \\ & \text{subject to} \quad 0 \leq u_i - u_{i-1} \leq 1, u_1 = 1, u_I = J \end{aligned}$$

パラメータ  $\phi$  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り、パラメータ  $\sigma$  は微細な加速度情報をカットするために設定するものである。この二つのパラメータは外部から与えられるものである。

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。

## 5 実験

実験データとして、第一著者の書いたものをテンプレートとして本人がスマートフォンを手持し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人が書いたもの、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

$$\begin{aligned} \mathbf{S} &= [(s_{x_1}, s_{y_1}, s_{p_1})^{tr}, \dots, (s_{x_i}, s_{y_i}, s_{p_i})^{tr}, \\ & \quad \dots, (s_{x_I}, s_{y_I}, s_{p_I})^{tr}] \\ \mathbf{T} &= [(t_{x_1}, t_{y_1}, t_{p_1})^{tr}, \dots, (t_{x_j}, t_{y_j}, t_{p_j})^{tr}, \\ & \quad \dots, (t_{x_J}, t_{y_J}, t_{p_J})^{tr}] \end{aligned}$$

と表すことができる。ここでの添字  $tr$  は転置を表す。これらは 0~1 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、

$\mathbf{A} = [(a_{x_1}, a_{y_1}, a_{z_1})^{tr}, \dots, (a_{x_J}, a_{y_J}, a_{z_J})^{tr}]$  と表すことができる。これらの値もそれぞれをそのデータの和で割ることで正規化している。正規化を行った後のデータを見ると  $\sigma$  を 0.02 にと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。

今回は、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

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

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、 $\phi$  の値を 0~200 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  $\phi=40$  のとき 0.8015 であり、 $\phi=0$  のとき 0.7956 であった。

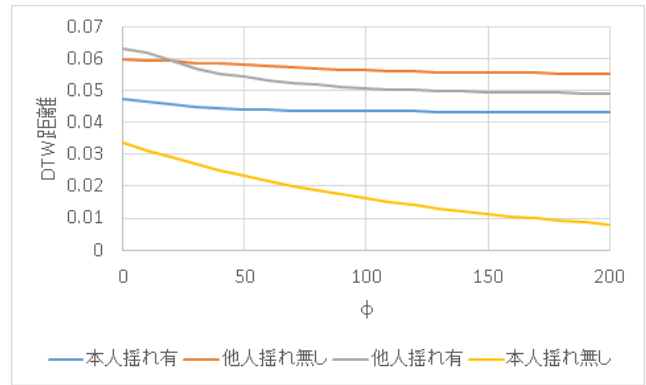


図 1:  $\phi$  を 0~200 で変化させる

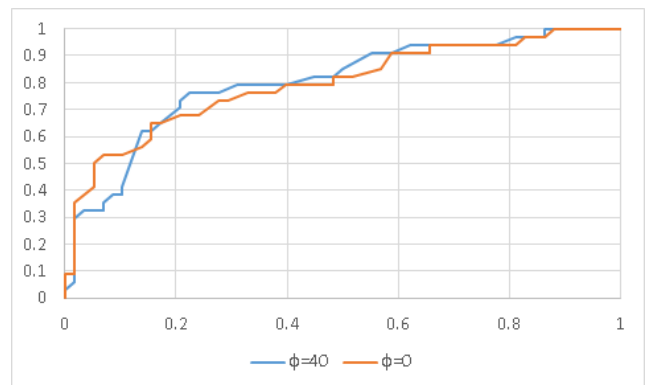


図 2:  $\phi = 0, \phi = 40$  での ROC カーブ

## 6 まとめ

既存の DTW アルゴリズムの DTW 距離の計算時に座標データと同時に取得した加速度情報を加えることで署名認証の精度を上げることができた。今回の実験ではパラメータ  $\phi=40$  としたときに補正をしなかったときに比べて AUC が 0.7956 から 0.8015 に増加した。

今後の課題として、今回は X, Y, Z の 3 方向ある加速度センサの値のノルムを補正に使用したが、これらの値が座標データの X, Y 成分, タッチ圧力成分のどれに対して最も補正が効くのかを調べる実験を追加していこうと考えている。

## 参考文献

- [1] Tian, J., Qu, C., Xu, W., & Wang, S. (2013, February). "KinWrite: Handwriting-Based Authentication Using Kinect." In NDSS.
- [2] 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.
- [3] 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
- [4] 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