

加速度センサを用いた歩行動作による本人認証法に関する検討

今野 慎介[†] 高橋 修[‡]

函館工業高等専門学校[†]

公立はこだて未来大学[‡]

1. はじめに

近年、携帯電話やスマートフォンには様々な機能が搭載され、その使用方法は通話機能だけでなく、電子決済など多岐に渡るものとなっている。それに伴い、端末の不正使用を防止するために、指紋認証などの本人認証方法が実装されてきた。しかし、これらの認証方法は、認証のために特別な操作を行う必要があり、場面によっては非常に煩わしいものとなる。端末の本人認証は、自動で行われていることが望ましい。

この問題の解決方法として、3軸加速度センサを用いた歩行動作による認証方法が研究されてきた。従来は、加速度センサの装着位置が腰や足首といった稀有な状況での検討が主であった。また、得られる3軸の信号を合成した大きさを使用したり、鉛直方向の信号のみを認証に使用したりするなど、限定したデータのみで検討が行われ、各々の方向の加速度信号の認証特性については議論されて来なかった[1][2]。

本稿では、より一般的な状況であるズボンのポケットに端末を保持した状態での検討も行う。まず、前後・側方・鉛直の各方向の加速度信号の認証精度について検討する。

次に、同時刻における3軸のデータの相互関係をもとに、認証を行う手法として、リファレンス信号と入力信号の誤差角を利用した方法による個人認証の検討を行った。

2. 計測と前処理

2.1 加速度信号の計測

「腰に端末がある場合」と「ズボンのポケットに端末がある場合」の2つの状況を想定し、計測を行った。

被験者8人に対し、左腰と左脚付け根付近に加速度センサを固定した。ポケットの形状によるセンサへの影響を排除するため、センサは小

型のケースに入れて固定している。センサの3軸は被験者が直立状態で前後、側方、鉛直方向となる向きに装着した。歩行を行う場所は、平坦なほぼ直線状の廊下であり、被験者へは通常の方法で歩くように指示をして計測を実施した。

2.2 準周期信号への分離

加速度信号は左右2歩分の信号を繰り返し発生する準周期信号となっている。以下の(1)~(6)の手順で各軸の加速度信号を個々の準周期信号へ分離した。概略を図1に示す。

- (1) 鉛直加速度が最大値となる時刻 t_n を求める。
- (2) t_n から t_{len} 時間後を中心とした t_s 時間内にある極大値の時間を全て求める。
- (3) 最大値を中心とした t_w 時間内の信号部分と、各極大値を中心とした t_w 時間内の信号部分の相関係数を求め、最大となる時間を新たな準周期信号の始点 t_{n+1} とする。
- (4) 次の始点 t_{n+1} から(2)~(3)の処理を行い、 t_n 以降の全ての始点を順に求める。
- (5) t_n 以前の始点についても、 t_{len} を始点から引き、(3)を適用して順に求める。
- (6) 取得した始点の時間で、残る2軸の信号も分離し、各軸の準周期信号を得る。

各被験者について、3つの方向ごとに30周期分の準周期信号を取得した。

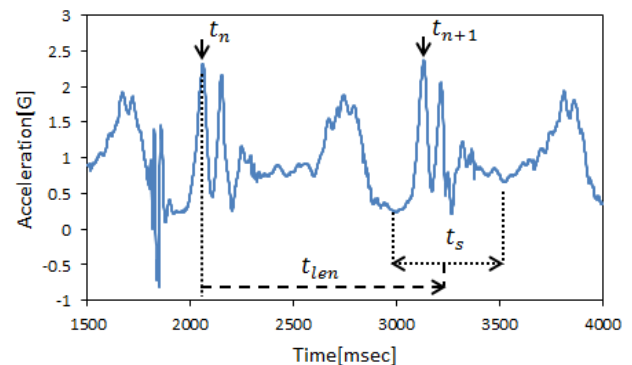


図1：準周期信号の分離

3. 本人認証方法

取得した各準周期信号をマッチングさせ、そ

の相違度により認証精度の検討を行う。同一人物においても各信号の長さが異なり、マッチングさせる位置がずれると、相違度が大きくなる恐れがある。そこで時間ずれを許容する DTW (Dynamic Time Warping) により相違度を算出した。リファレンス信号を $\mathbf{X} = \{x_i | i = 1, 2, \dots, m\}$, 入力信号を $\mathbf{Y} = \{y_j | j = 1, 2, \dots, n\}$ とすると、以下の式を用いて相違度 $D(m, n)$ を求められる。

$$D(i, j) = \min \begin{cases} D(i-1, j-1) + d(x_i, y_j) \\ D(i, j-1) + d(x_i, y_j) + GP \\ D(i-1, j) + d(x_i, y_j) + GP \end{cases}$$

なお GP は非線形伸縮をした際のギャップペナルティである。最終的な相違度は、リファレンス信号と入力信号の合計長さで $D(m, n)$ を割ったものとした。相違度が閾値以下であるならば本人とし、閾値より大きければ他人であるとした。

4. 実験と結果

腰に加速度センサを固定した場合の ROC 曲線を図 2 に、脚の場合の ROC 曲線を図 3 に示す。FRR は本人を他人であると誤認識した率を示し、FAR は他人を本人と誤認識した率を示している。

4.1 加速度信号による認証

鉛直・前後・側方加速度信号そのものの値で認証精度を検討した。どの方向の加速度であっても認証精度に大きな差はなかった。また、従来の研究で使用されることが多い 3 軸の合成値は、認証精度が低くなる結果となった。

4.2 加速度信号同士のなす角度による認証

加速度信号値による認証は、同一人物であっても同一の信号にならず、誤差が発生する。これを解決する手法として、同一時刻の加速度信号値を 3 次元ベクトルと捉え、リファレンス信号 $\mathbf{a}_{ref}(i)$ と入力信号 $\mathbf{a}_{in}(j)$ の誤差角をもとに相違度を算出する方法を適用する [3]。これにより各々の加速度のなす方向のみを評価し、大きさを考慮する必要がなくなる。これを導入した信号値の距離を算出する項は以下の式となる。

$$d(\mathbf{a}_{ref}(i), \mathbf{a}_{in}(j)) = \arccos \frac{\langle \mathbf{a}_{ref}(i), \mathbf{a}_{in}(j) \rangle}{\|\mathbf{a}_{ref}(i)\| \|\mathbf{a}_{in}(j)\|}$$

結果は脚、腰の場合ともに Equal Error Rate は 1.5% であった。また、脚部の場合、認証精度の改善が認められた。

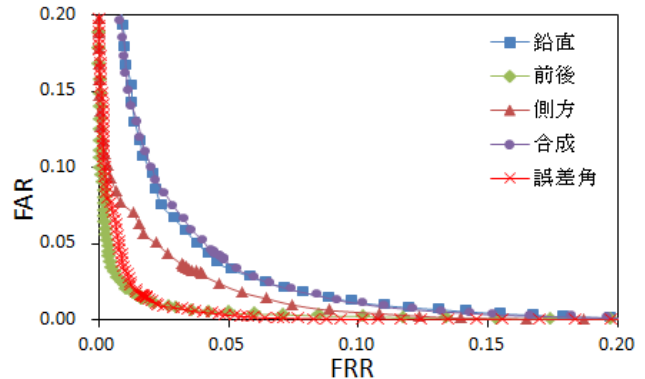


図 2 : 腰部の ROC 曲線

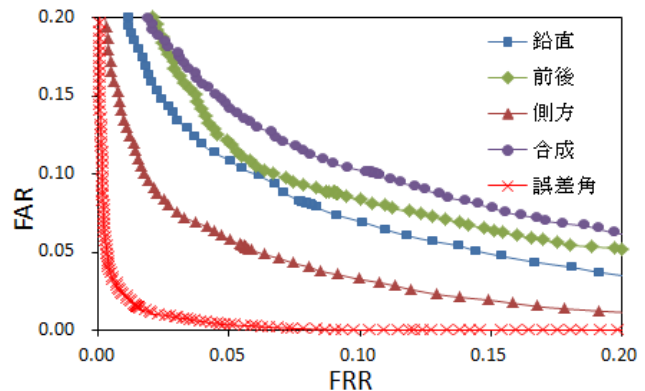


図 3 : 脚部の ROC 曲線

5. おわりに

本稿では、歩行時の加速度信号による本人認証について報告した。認証に利用するデータとして、側方や前後方向の信号も他の信号と同水準の認証精度が得られることが示された。また、誤差角を導入することにより、ポケットでの保持を想定した状態でも、腰の場合と同程度の精度で本人認証が可能であることが示唆された。

参考文献

- [1] G. Tribino et al., Application of the computational theory of perceptions to human gait pattern recognition, *Pattern Recognition* 43 (2010), pp. 2572-2581
- [2] M.O. Derawi et al., Improved Cycle Detection for Accelerometer Based Gait Authentication, *Intelligent Information Hiding and Multimedia Signal Processing (IIH-MSP)*, 2010 Sixth International Conference on, pp.15-17
- [3] Fuminori Okumura et al., A Study on Biometric Authentication based on Arm Sweep Action with Acceleration Sensor, *Proc. ISPACS* (2006), pp.219-222