

生体変動を吸収する差動型生体認証の提案：予備実験

A Proposal of Differential Biometric Authentication to Absorb Biometric Fluctuations: Preliminary Experiment

村松 弘明†1 庭山 雅嗣†1 西垣 正勝†1
†1 静岡大学

Hiroaki MURAMATSU†1 Masatsugu NIWAYAMA†1 Masakatsu NISHIGAKI†1
†1 Shizuoka University

アブストラクト 動的生体認証の精度を向上させるためには、生体情報そのものの変動を吸収できることが望ましい。本稿では、差動増幅回路の仕組みを生体認証に応用することでこの要求の実現を試みる。すなわち、ある1つの動的生体情報に対し、生体情報のセンシングを2点（2箇所あるいは2状態）で行い、2点間の生体情報の差（または比）を求めることによって、生体情報に含まれる生体情報自体の変動を吸収する。その第一歩として、同時刻における2箇所の血流量の比を用いた認証方式の実装・評価を行った。具体的には、血流量単体を用いるのではなく、人差し指と中指の2点間での血流量を測定しそれらの比を用いて個人識別を試みた。被験者3名による実験を行った結果、血流量単体では3名の個人識別ができない一方で、血流量の比をとることで3名の個人識別が可能となることを確認した。なお、本発表はBioX2016年8月研究会で発表した内容である[1]。

1. はじめに

生体認証には人間の身体的な特徴を用いた静的生体認証と人間の行動的特徴を用いた動的生体認証がある。一般的に生体情報は曖昧であり、同一人物であっても入力の度に誤差が含まれるため、本人拒否率を抑えようとする、ある程度の他人受入れを許容する必要がある。特に動的生体認証においては、（生体情報の読み取りの際に混入する誤差の影響だけに留まらず）生体情報自体が大きく変動し得るため、認証精度の低さが顕著となる[2]。例えば、心拍速度（より正確には心電のR-R間隔）には本人認証に適用可能な個人性があることが知られている[3]が、心拍速度はユーザの肉体的・精神的状況によって大きく変動するため、その認証精度は極度に低い。動的生体認証の精度を向上させるためには、読み取り時の誤差と生体情報そのものの変動の両者を吸収する必要がある。

そこで本稿では、差動増幅回路の仕組みを生体認証に応用し、動的生体認証における生体情報そのものの変動を吸収する差動型生体認証を提案する。すなわち、ある1つの動的生体情報に対し、生体情報のセンシングを2点（2箇所あるいは2状態）で行い、2点

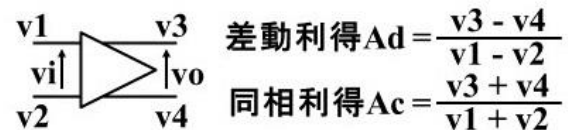


図1 理想的な差動増幅回路図

間の生体情報の差（または比）を求めることによって、生体情報に含まれる読み取り誤差や生体情報自体の変動を吸収する。今回はその第一歩として、生体情報の変動の相殺に焦点を当て、血流量の比を用いた認証方式の実装・評価を行う。具体的には、血流量単体を用いるのではなく、人差し指の血流量と中指の血流量の2箇所での血流量を測定しそれらの比を用いて個人識別を試みる。

2. 差動増幅回路

理想的な差動増幅回路は図1の特性を有する。ここで、同相入力電圧 v_c と差動入力電圧 v_d をそれぞれ $v_c = (v_1 + v_2)/2$, $v_d = (v_1 - v_2)/2$ と定義すると、任意の入力 v_1, v_2 は同相入力成分と差動入力成分の一次結合 $v_1 = v_c + v_d, v_2 = v_c - v_d$ で表すことができる。したがって、その出力は $v_3 = A_c \cdot v_c + A_d \cdot v_d, v_4 = A_c \cdot v_c - A_d \cdot v_d$ となるため、 $v_3 - v_4$ を回路の出力とすれば、同相成分 v_c は出力に現れず、差動成分 v_d だけが A_d 倍されて出力に現れる。

ここで、環境ノイズ（例えば温度変化）は、差動増幅回路内の「 v_1 の増幅に関与する部分回路 α 」と「 v_2 の増幅に関与する部分回路 β 」の両者に等しく影響する。 α も β も当該回路内の部分回路なのでどちらも同じ温度であり、両者のノイズ量は等しいため、等価的に $v_1 = v_2$ の状態のオフセット入力に換算できる。すなわち、環境ノイズとは同相入力成分（同相ノイズ）であり、 v_0 を出力とした差動増幅回路によって相殺することが可能である。

3. 提案方式

差動型生体認証の第一歩として、同一部位から分岐した2箇所の部位の血流量の比をとる方式を提案する。例えば、「ある時刻の右手人差し指の血流量 p_1 」と「同時刻の右手中指の血流量 p_2 」を考えよう。人差し指と中指の血管の形状が異なるため、平静時であっても個人ごとに p_1 と p_2 の値は異なり得る。よって、 p_1 と p_2 の比を「個人を表す特徴量」として使用することがで

きる。その後、運動によって右手の血流量が $d\%$ 増加した場合、その変動は $p1$ にも $p2$ にも同じように及ぶため、 $p1$ と $p2$ の比は変化せず同じ値が維持されることが考えられる。

4. 実験

提案方式の有用性を確認するために、右手人差し指の血流量あるいは右手中指の血流量を単独で利用する場合の個人識別の精度と、右手人差し指の血流量と右手中指の血流量の比を利用する場合の個人識別の精度を、実験を通じて比較調査する。

被験者は情報系学科に在席している学生3名(A~C)である。各被験者には、実験開始時に人差し指と中指の血流量を1回ずつ測定してもらった(テンプレート登録に相当)後、実験開始時から1時間後と2時間後に人差し指と中指の血流量を1回ずつ測定してもらった(認証試行に相当)。

1章で述べたように、生体情報自体が大きく変動し得るモダリティを用いた生体認証の認証精度を向上させることが、差動型生体認証の大きな目的である。そこで、今回の実験では、血流量の変動が引き起こされるような状態変化を恣意的にユーザに課すようにした。具体的には、腕を水平に保った状態を30秒間維持してもらった後に、腕を挙手した状態で30秒間維持してもらい、計1分間の血流量の計測をもって1回の測定とした。

図2に被験者3名の実験開始時、1時間後、2時間後に測定した各1分間の人差し指の血流量の時間変化を示す。同様に、図3に被験者3名の実験開始時、1時間後、2時間後に測定した各1分間の中指の血流量の時間変化を示す。そして、図4に被験者3名の実験開始時、1時間後、2時間後に測定した各1分間の人差し指の血流量と中指の血流量の「各時刻の比」を計算した結果を示す。

図2および図3より、人差し指の血流量あるいは中指の血流量は、被験者間での重なりが大きいため、これらの血流量を単独で用いた場合には3名の被験者を識別することは不可能であることが分かる。これらに対し、図4より、人差し指の血流量と中指の血流量の比は、被験者間での重なりが小さく、3名の被験者を識別し得る特徴量となっていることが分かる。

図2と図3から、腕を水平にした状態から挙手の状態に移行する際に、人差し指の血流量と中指の血流量が相関を持って変化していることが見て取れる。これが、人差し指と中指の血流量の比をとることによって血流量の変動が相殺される理由であり、差動型生体認証の動作原理となっている。

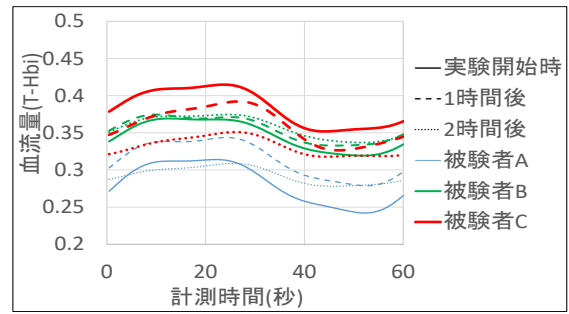


図2 各被験者の人差し指の血流量

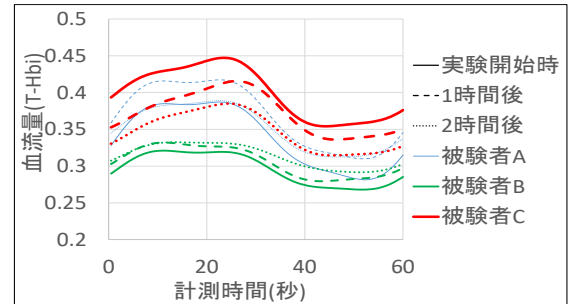


図3 各被験者の中指の血流量

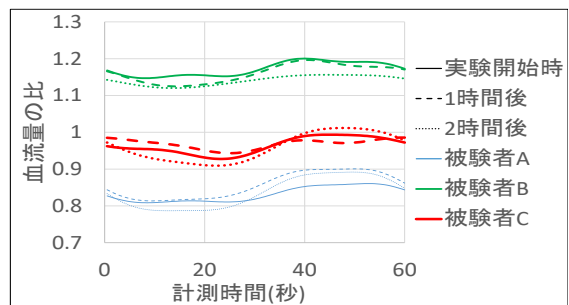


図4 各被験者の人差し指と中指の血流量の比

5. まとめと今後の課題

本稿では、差動増幅回路の仕組みを応用し、生体情報の変動を相殺し、動的生体認証の精度を向上させる方法を提案した。今回は、人差し指と中指の血流量比を利用した個人識別について試行した。被験者3名による実験を行った結果、人差し指あるいは中指の血流量を単独で用いた場合には、3名を識別することができない一方で、人差し指と中指の血流量の比をとることで3名の識別が可能となることを確認した。今後は、他の部位または他の状態による差動型生体認証について更なる検討を行う予定である。

参考文献

- [1] 村松弘明他, "生体変動を吸収する差動型生体認証の提案: 予備実験" 信学技報, vol.116, no.182, BioX2016-8, pp.7-11, 2016.
- [2] バイオメトリクスセキュリティコンソーシアム: バイオメトリックセキュリティ・ハンドブック, オーム社, 東京, 2006.
- [3] Y.N.Singh, S.K.Singh: Evaluation of Electrocardiogram for Biometric Authentication, Journal of Information Security, vol.3, no.1, pp.39-48, 2012.