

平成30年6月19日現在

機関番号：13801

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2015～2017

課題番号：15K12036

研究課題名（和文）差動増幅型生体認証：バイオメトリクスと回路工学の融合

研究課題名（英文）Differential biometric Authentication: biometrics enhanced by circuit technology

研究代表者

西垣 正勝（NISHIGAKI, Masakatsu）

静岡大学・創造科学技術大学院・教授

研究者番号：20283335

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,800,000円

研究成果の概要（和文）：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。本研究では、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。

研究成果の概要（英文）：To improve the accuracy of the dynamic biometric authentication, it is desirable to be able to absorb the fluctuation of biometric information itself. To achieve this, I propose to apply a structure of the differential amplifier to the biometric authentication. More specifically, I aim to absorb the fluctuation of biometric information by taking a difference or a ratio of two biometric information measured at different places/states. As a first attempt, I develop an authentication method using a ratio of blood flows in two places of blood vessels.

研究分野：情報セキュリティ

キーワード：生体認証 差動増幅回路 読取り誤差の訂正 ノイズ補償回路

1. 研究開始当初の背景

生体認証は記憶の負荷や携帯の煩わしさがなく、認証情報の忘却や紛失の恐れもないため、非常に魅力的な本人認証技術であると言える。近年においては、生体情報の漏洩問題やプライバシー保護に対する研究開発（遺留（例：残留指紋）の心配がない静脈情報の利用や、キャンセル生体認証技術（生体情報と乱数の結合）を用いた生体情報の追跡不能性の確保、等）も成熟し始めており、PKI（公開鍵基盤）に匹敵するインフラが生体情報によって構築される機運さえ高まっている（公開生体認証基盤[1]）。しかし、生体認証の活用には、今なお、その認証精度の低さが大きな壁として立ち塞がっている。

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際に誤差が含まれるため、本人拒否率を抑えようとすると、ある程度の他人受入れを許容する必要がある。この生体認証特有の根本的な課題の解決には、「生体情報の曖昧性そのものを消失させる」という一見不可能な問題を克服するためのブレイクスルーが必須となる。

2. 研究の目的

本研究では、生体認証の精度を阻害する主要因となっている生体情報の曖昧性を、生体情報センシングの際に混入する「同相ノイズ」としてモデル化する。そして、アナログ電子回路における差動増幅回路の仕組みを生体情報センシングに融合することによって、生体情報の曖昧性を生体情報自身によって相殺する仕組みを実現する。2点間の生体情報の差分を求めることによって、同相ノイズに相当する環境ノイズを消失させ、差動成分に相当する生体情報のみを精度良く抽出することが本研究の目的である。

3. 研究の方法

ある生体部位（例えば指先の血管）の血流量は心臓の脈動や血管の伸縮などの状態に影響して変化する。そのため、運動などの身体状態の変動、緊張などの精神状態の変動、温度変化などによる血管の弾性の変動が起こると血流量も変動してしまう。しかし、この血流量の変化は、血管のある特定部位でのみ生じるものではなく、同一血管内であればどの箇所においてもその血流量は同様に变化していると考えられる。このことから、ある時刻における同一の血管の2箇所での血流量を計測し、その差（あるいは比）をとることによって、血流量の変動の相殺が可能であると期待できる。

ただし、任意の時刻において同一の血管の近傍部位の血流量はほぼ等しいため、近傍部位2箇所の血流量の差をとる場合には、誰でもあろうと常にその値はゼロとなってしまう、本人認証になり得ない。一方で、遠方過ぎる部位の血流量は相関が低く、遠方部位2箇所の血流量の差をとる場合には、本人であって

もその値は安定しないと考えられる。

このため、本研究では、同一部位から分岐した2箇所の部位の血流量の差（あるいは比）をとる方式を考える。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 p_1 にも p_2 にも同じように及ぶため、 p_1 と p_2 の比は変化せず同じ値が維持されると考えられる。

また、同一部位の2状態の血流量の差（あるいは比）をとる方法も考えることもできる。例えば、「拳手した状態における右手人差し指の血流量 q_1 」と「その直後に腕を降ろした状態における右手人差し指の血流量 q_2 」を考えよう。重力の影響で拳手状態の血流は滞るため、平静時であっても q_1 と q_2 の値は異なる。よって、 q_1 と q_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 $e\%$ 増加した場合、その変動は q_1 にも q_2 にも同じように及ぶため、 q_1 と q_2 の比は変化せず同じ値が維持されると考えられる。

本研究では、2点間（2箇所あるいは2状態）の生体情報の差（または比）を用いた認証を「差動型生体認証」と呼ぶ。そして、同一時刻における2箇所の生体情報の差（または比）を用いた認証を「空間的差動型生体認証」、同一生体部位における2状態の生体情報の差（または比）を用いた認証を「時間的差動型生体認証」と呼び分ける。

4. 研究成果

本研究期間においては、空間的差動型生体認証の第一歩として、同一時刻の人差し指の指先の血流量と中指の指先の血流量の比を用いた個人識別を試みた。

(1) 実験目的

空間的差動型生体認証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。

(2) 測定装置

血流量の測定は図1のパルスオキシメータ（トッカーレ（KN-15）：株式会社アステム製）を用いた。パルスオキシメータの仕様を表1に示す。図1の赤枠で示した箇所にプローブ（センサ）が設置されており、プローブを測定部位（今回は人差し指と中指）に接触させた状態で血流量の測定が行われる。今回のパルスオキシメータの測定値としては、小数点第6位までの数値が得られる。本来であればパルスオキシメータの測定精度（有効数字）を考慮すべきであるが、基礎実験の現段階

階では小数点第6位までの測定値をそのまま利用することとした。

今回のパルスオキシメータは、プローブが接触する部位や密着度が異なると、血流量の測定値が変化してしまう。そこで、プラスチック粘土を用いて図2のように被験者の指の型αとプローブの型βを作成し、型αと型βによって指とプローブを包み込んでテープで固定するようにした。これによって、プローブが指の同じ場所に同じ密着度で接触する状態を確保する。

今回の空間的差動型生体認証では、同一時刻の人差し指の指先の血流量と中指の指先の血流量の比を測定するために、人差し指と中指の血流量を同時に測定する必要がある。このため、同機種のパルスオキシメータを2台使用する。型αと型βも、ユーザごとに人差し指用の型と中指用の型を製作する。



図1 血流量計

表1 測定装置仕様

製品名	トッカーレ(KN-15)
測定項目	酸素飽和度 rSO2(%)
	総ヘモグロビン指数 T-Hbi
測定範囲	rSO2(%) 0 ~ 99%
	T-Hbi 0 ~ 1.0
サンプリング間隔	0.5秒
光源	LED(770nm, 830nm:公称値)
光出力	1mW以下
測定方法	SRS-NIRS(空間分解分光法)

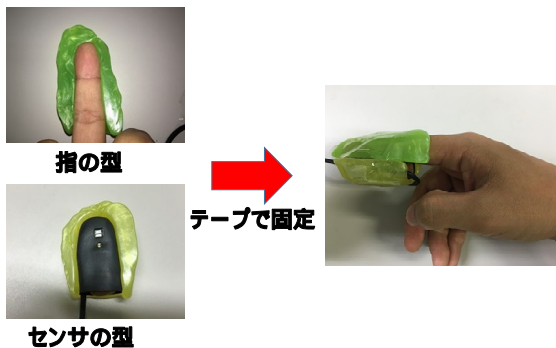


図2 センサの固定

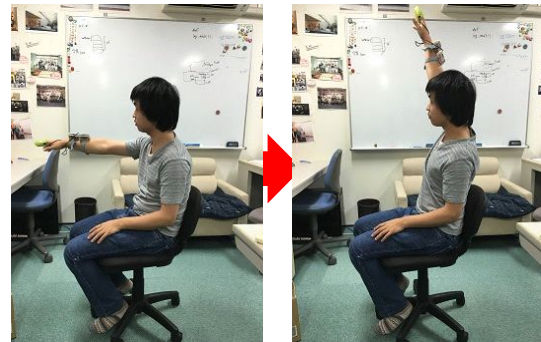
(3) 実験方法

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、実験開始時に血流量を1回測定してもらった(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時間後に血流量を1回ずつ測定してもらった(認証試行に相当)。

毎回の血流量の測定において、各被験者は、各自の人差し指用の型と中指用の型を使って2つのプローブを人差し指と中指にセットする。測定時に手の5本の指を開いた状態にした場合と閉じた状態にした場合では血流量が異なることが判明したため、今回はすべての指を開いた状態にするよう指示した。

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、図3のように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。



水平に向けた状態(30秒間) 挙手した状態(30秒間)

図3 血流量を変動させるための状態変化

(4) 前処理

パルスオキシメータによって測定された血流量に含まれるノイズを除去するために、1分間の測定によって得られたデータ列にローパスフィルタをかけ平滑化処理を行う。具体的には、取得した血流量データに対してフーリエ変換を行い、0.05Hz以上の周波数を取り除いた上で逆フーリエ変換を行う。

(5) 実験結果

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の時間変化を示す。同様に、図5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6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4および図5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人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6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人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。

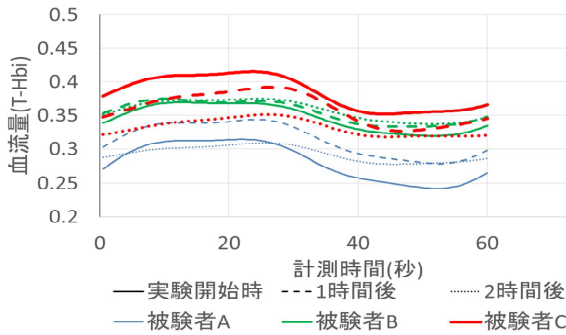


図 4 各被験者の人差し指の血流量

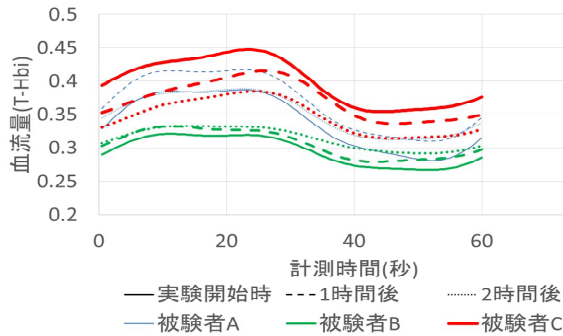


図 5 各被験者の中指の血流量

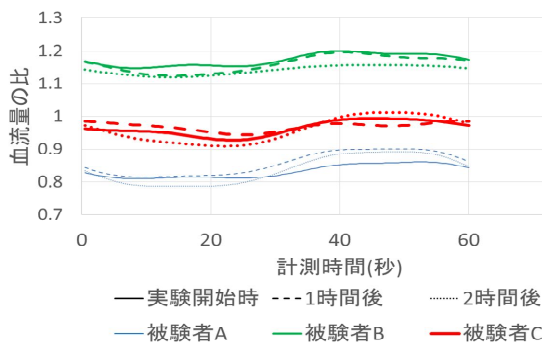


図 6 各被験者の2指の血流量の比

図 4 と図 5 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が確認された結果が得られた。

また、複素数で表される 2 点の生体情報の比をとることで生体情報に現れる変動を吸収できる仕組みについて考察した結果、差動増幅生体認証のメカニズムが、2 点の生体情報の局所高次モーメントスペクルの関係演算（内積演算を簡略化した演算）を用いた生体認証方式の動作原理を強化したものであることを明らかにした。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔学会発表〕(計 4 件)

村松弘明, 庭山雅嗣, 西垣正勝: 生体変動を吸収する差動型生体認証の提案: 基礎検討, 電子情報通信学会, 2017.

村松弘明, 庭山雅嗣, 西垣正勝: 生体変動を吸収する差動型生体認証の提案: 予備実験, バイオメトリクスと認識・認証シンポジウム 2016, 2016.

村松弘明, 庭山雅嗣, 西垣正勝: 生体変動を吸収する差動型生体認証の提案: 予備実験, 電子情報通信学会, 2016.

村松弘明, 庭山雅嗣, 西垣正勝: 生体変動を吸収する差動型生体認証の提案: コンセプト, 電子情報通信学会 2016 年総合大会, 2016.

〔その他〕

ホームページ

<https://www.shizuoka.ac.jp/nishigaki/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

西垣 正勝 (NISHIGAKI, Masakatsu)
静岡大学・創造科学技術大学院・教授
研究者番号: 20283335

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし

(4) 研究協力者

なし