

科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成 25 年 3 月 31 日現在

| | |
|---------------------|--|
| 機関番号： | 57501 |
| 研究種目： | 挑戦的萌芽研究 |
| 研究期間： | 2011～2012 |
| 課題番号： | 23650034 |
| 研究課題名（和文） | 脳賦活領域マッピングおよび位相同期解析によるアクティブ型個人認証技術の確立 |
| 研究課題名（英文） | Development of EEG-based personal authentication by brain active region and phase synchronization analysis |
| 研究代表者 | |
| 霧 浩二（TSURU KOJI） | |
| 大分工業高等専門学校・情報工学科・教授 | |
| 研究者番号： | 70390549 |

研究成果の概要（和文）：

指紋や顔認証など現在使われている生体個人認証（バイオメトリックス）の問題点は、成りすましなど詐称が増えてきていることにある。脳波は、個々人によって異なり、生体認証として大きな可能性がある。そこで、運動想起の時に現れる脳波を用いて、ケプストラム法や離散ウェーブレット変換で特徴量を抽出し、個人の判別分析を行った。その結果、バイオメトリックスシステムの性能を評価する等価エラー率 0.17 を得た。そして、個人認証率は、0.7 から 0.8 の値を得た。

研究成果の概要（英文）：

A problem of biometric personal authentication is a recent increase in fraud based on falsified biometric data concerning biological information. Brainwave features of each individual are unique and have the potential of biometric authentication. Therefore we investigated motor imagery for brainwave biometrics. We applied the cepstral analysis method and wavelet method to feature extraction for brainwave biometrics. As a result, testing the performance of our biometric system, we estimated the equal error rate (EER) values of 0.17. And identification rates were ranging from 0.7 to 0.8.

交付決定額

(金額単位：円)

| | 直接経費 | 間接経費 | 合計 |
|-------|-----------|---------|-----------|
| 交付決定額 | 1,900,000 | 570,000 | 2,470,000 |

研究分野：情報学

科研費の分科・細目：計算機システム・ネットワーク

キーワード：脳波，認証，バイオメトリックス，BCI (Brain Computer Interface)，判別分析，運動想起，事象関連電位

1. 研究開始当初の背景

セキュリティ技術に対する社会的要請により、指紋、顔認証などの生体個人認証するシステムが、多くの施設などに導入されるようになってきた。しかし、現在の生体個人認証システムは、登録時に保存した登録データ（画像）をもとに、検査時に取得した認証データと比較検証するため、人工指や顔写真などの提示で、“成りすまし”などの詐称を完全

に防ぐことは困難である。また、検査対象が生体か人工物か判別する生体検知も難しいという報告がなされている。これらのことから、生体個人認証の利用が拡大すればするほど、指紋の数など限られた特徴量の登録データだけによる個人認証では、脆弱性への懸念も拡大するという問題を抱えている。一方、生体内部からの情報である脳波を用いた研究では、脳波から手や足の動きを読み取り、

身体障害者用義肢のコンピュータ制御(BCI : Brain Computer Interface)が行われている。体を動かすイメージ(運動想起)や、視覚や聴覚などの感覚器からの入力、筋肉を動かすなどの運動器官の制御により、脳の特定部分から特徴的な脳波信号が出力される。そして、これら脳波信号において周波数帯域、位相同期・非同期、賦活領域などは、有意な個人差があることが分かっている。しかし、これらの脳波特性を用いた個人識別の可能性については、まだ十分に解明されていない。そこで、本研究では、脳波による個人認証の可能性について検討した。

2. 研究の目的

運動想起、視覚や運動刺激により観測される脳波において個々人の違いが現れる脳波や賦活領域などを用いて、脳波による個人生活認証の実現可能性を探ることを目的とする。さらに多様な外部刺激による脳波特性の違いによる個人認証により、セキュリティ分野における脳波活用スキームの端緒を開くことが本研究の目的である。

3. 研究の方法

(1) 運動想起による個人認証の検討

健常被験者が右手、左手、両足、舌のイメージを行う運動想起の脳波を多チャンネルで計測し、計測された脳波を電極毎にFFTによる周波数分析を行い詳細に調べた。脳波データは、共同研究者のグラーツ工業大学より提供していただいた脳波データを用いた。このデータは、9人の脳波データからなり、測定日の違いにより2つのデータセットに分かれる。これらのデータは、動かす部分(右手、左手、両足、舌)を被験者に教示し、その後各運動部分を動かす想起した時の脳波である。データには、教示期間2秒と教示後の動作想起4秒の6秒間の脳波が含まれている。サンプリング周波数は250Hzである。脳波測定用の電極は、国際10-20法で測定されている。本実験では、前後左右の脳波の違いが分かるFz、C3、C4とPzの4つの電極を用いた。また、各データセットにそれぞれ想起する各運動部位あたり288個の脳波データがあり、瞬き等のアーチファクトを含むデータを除去して使用した。第1日目のデータセットを教師データとして学習し、第2日目のデータセットを試験データとして評価した。

次に、特徴抽出では、従来から行われている周波数帯域法と、脳波と音声の伝搬特性の類似性に着目し、音声分析におけるケプストラム法を適用した。この方法では、40Hzまでの周波数範囲で対数振幅スペクトラムを求め、さらに各電極から記録された脳波の対数振幅スペクトラム信号に、離散コサイン変

換(DCT)して、特徴量を求めた。特徴量は、4つの電極から得られた値を、低次元から取って特徴量として用いた。判別は、線形判別(LDA)とマハラノビス距離(MD)によって、個人の判別を行った。

また、生体個人認証(バイオメトリックス)システムでの性能を評価する指標として用いられている等価エラー率(ERR)を求めため、マハラノビス距離を閾値として用いて、全被験者の平均認証率から他人受入率(FAR)と本人拒否率(FRR)を求めた。そして、FARとFRR曲線の交点よりERRを求めた。

(2) 脳波のウェーブレット解析を用いた個人認証

低周波数帯域では高い周波数分解能を、高周波数帯域では高い時間分解能を有する離散ウェーブレット解析を用いて、特徴抽出を行い、個人の認証率を求めた。運動想起時の脳波を測定した全部で22個の電極から3個を1組として選び、全ての電極の組合せで個人認証を行った。前処理として、移動平均法でアーチファクトの除去を行い、その後で離散ウェーブレット解析を行った。離散ウェーブレット解析により脳波を周波数帯域で分割した波形に変換した。特徴抽出は、電極の選出方法は全電極の中から3つの電極を選択する全ての組合せを順次実行し、絶対値の総和、時間ごとの周波数成分の強度として特徴量とした。また、周波数帯域ごとに分割された波形を時間ごとに1から4分割した実験も行った。また、クラス判別は、全データから判別したいデータを除いたものを教師データとしてクラス判別を行った。判別分析は、線形判別(LDA)とマハラノビス距離(MD)を用いて行った。

(3) 無線による脳波測定法の検討

有線電極と導電性ジェルでの脳波測定は、準備に時間と手間がかかるという問題点がある。そこで、脳波での個人認証の利便性を高めるため、脳電位を無線で送信し、導電性ジェルも用いない無線測定装置による脳波測定法の検討も行った。

測定は、無線脳波測定装置と通常用いている有線脳波測定装置を用いて、 α 波(8-12Hz)と β 波(12-30Hz)に着目して測定を行い、測定後FFTにより、周波数特性を求め、装置の違いによる脳波測定を比較した。

(4) 投射型スクリーンを持つシールドルームの構築

脳波測定において交流電源など測定環境が原因となるアーチファクトの影響を低減させることを目的としてシールドルームを製作した。また、事象関連電位の中でも、測

定が比較的容易な視覚刺激による脳波を測定するための表示装置を製作した。視覚刺激を与える装置をノイズ源とならないように、シールドルーム外に設置し、導電性と光の透過性を併せ持った材料を用いて被験者の前にスクリーンを設置し、外部から投射用プロジェクタによってパターンリバーサルなどの視覚刺激を提示することができる。



図1 背面投射型スクリーンを持つシールドルームの内部

製作したシールドルームの雑音性能を確認するために、従来の室内および検証するシールドルーム内のそれぞれで脳波測定を行った。

(5) 視覚刺激による脳波

光刺激を利用して、脳波中の周波数成分を抽出する定常状態視覚誘発電位 (Steady-State Visual Evoked Potential : SSVEP) は、事前訓練が必要ないということで、個人認証に適している。そこで、周期的点滅によるフラッシュ視覚刺激と、市松模様のパターンリバーサル刺激による、被験者の SSVEP を測定し、その特性を調べた。

4. 研究成果

(1) 運動想起時の脳波を用いた個人認証

特徴抽出は、周波数帯域法とケプストラム法で行い、それぞれを LDA と MD で判別した。判別器による違いは大きくなかったが、LDA を用いた結果がわずかに良い結果を示した。周波数帯域法による特徴抽出は、少ない特徴量では、低い認証率を示したが、ケプストラム法による特徴抽出を行った場合は、少ない特徴量でも、約 0.6-0.7 という比較的良い認証率を示した。但し、9 人の被験者の中では、認証率が 0.4 程度と低い被験者も 1 人いたが、0.9 を超える被験者も複数いて、個々人の認証率のばらつきは比較的大きかった。

次にマハラノビス距離を閾値として用い

た時の EER を周波数帯域法とケプストラム法で比較した結果を示す。ケプストラム法は、少ない特徴量で低い EER を示した。特徴数が増えると、2つの方法の ERR 値は、0.17 に近づいた。サンプル数が少ないので信頼性には欠けるが、本報告の EER は、現状のバイオメトリックスシステムの EER よりも 1 桁以上高かった。

実験結果から、ケプストラム法を用いた個人認証が、従来の周波数帯域法よりも、少ない特徴量で有効に識別できた。これは、ケプストラム法で用いられる DCT が有効に脳波の特徴情報を圧縮していることが分かる。

脳波による認証率において、個々人の間に大きな差があったことは、今後の研究において、重要な問題となる可能性がある。個人認証においては、どの人も使える普遍性がシステムとして重要である。脳波を用いた機器制御の研究においても、判別が困難な被験者が、ある一定割合で存在することが報告されている。脳波個人認証を実現する上で、ほとんどの人で識別可能な脳波活動を用いた方法の探求が必要である。また、本報告では、被験者数が限られていたため、EER の信頼性も低いと考えられる。今度は、試験対象を増やしてデータの信頼性を増すことも重要である。さらに、同一人物において、脳波の特徴が永続的に観測されるかということも、今後の検討課題である。

(2) 脳波のウェーブレット解析を用いた個人認証

各動作による個人認証率を測定した結果時間分割なしの場合の認証率は、左手が 0.71、右手が 0.72、両足が 0.76、舌が 0.76 であった。時間分割が 1 から 4 回の場合、認証率平均は、両足の動作想起時の脳波を使用した時が 0.67 と最も認証率が高く、次に舌が 0.64、右手が 0.62、最後に左手が 0.59 という順番だった。また、時間分割数を増やすたびに、全ての動作想起において認証率が下がった。

電極の組み合わせでは、運動野が視覚野を含む電極の組み合わせで、認証率が比較的高かった。一次視覚野が含まれているのは、運動想起時の運動器官のイメージによるためだと考えている。

従来型の生体認証技術より、認証率が低い。その原因を調査するなかで、運動想起や視覚刺激において、脳波を測定する電極位置において、大きな電位差として観測される賦活位置が、個々人によって違いがあることが分かった。そのため、特定の電極に絞って個人識別を行うと、大きく認証率が低下した被験者がいた。また、時間分割 4 では、時間分割なしと比較して約 20% 認証率が下がった。これは、個人認証の特徴量として適さない周波数-時間成分を特徴としたためと考えられる。

しかし、わずかしら認証率が下がらなかつた被験者も存在した。周波数-時間成分を特徴とできるのか、今後さらに検討を行う必要がある。

(3) 無線による脳波測定の見査

健康な男女の被験者6人の脳波測定を行い、周波数帯域による脳波分析、アーチファクトの影響、脳波の検出部分などの分析をおこなった。その結果、有線の見定の場合よりも、顔面の筋肉を動かすアーチファクトの影響が大きいことが分かった。これは、無線脳波測定装置が電極をプラスチックの弾性力で押し当てていることが理由の1つと考えられる。しかし、それ以外の脳波の特性は、従来の有線脳波測定装置での測定結果と同等の結果を得た。このアーチファクトの影響を抑えれば、無線脳波測定機を用いた個人認証も可能である。

(4) 投射型スクリーンを持つシールドルームの構築

シールドルーム内のスクリーンに、外からプロジェクタで投影されたパターンリバーサル刺激を被験者に対して、明瞭に与えられることを確認した。また、SSVEPによる周波数ピークも明瞭に観察できた。スクリーン部のシールド材料として電磁波シールドフィルムとステンレス製の金網を併用した場合のノイズ性能は、従来のシールドルームを使わない測定環境と比較して60Hzの交流成分をおよそ1万分の1程度にまで低減できた。

(5) 視覚刺激による脳波

LEDによるフラッシュ刺激より、パターンリバーサル刺激のほうが、SSVEPにおける周波数ピークは、基本波と第1高調波ともに明瞭に観測することができた。また、パターンリバーサル刺激の個々のパターンの視野角の違いによつても、SSVEPの特性に違いがあることが分かった。SSVEPを用いた個人認証は、今後の課題である。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計1件)

- (1) Koji Tsuru, Gert Pfurtscheller, "Brainwave Biometrics : A New Feature Extraction Approach with the Cepstral Analysis Method", 生体医工学, Vol. 50-1, 査読有, 2012, 162-167, <http://dx.doi.org/10.11239/jsmbe.50.162>

[学会発表] (計13件)

- ① 平岡 基, 轟 浩二, 脳波のウェーブレット解析を用いた個人認証の研究, 第11回電子情報系高専フォーラム, A-12, 2012.11.10, 熊本高専(合志市)

- ② 板井亮佑, 轟 浩二, リバーサチェッカーパターンによるSSVEP, 第20回電子情報通信学会九州支部 学生会講演会, D-18, 2012.9.26, 長崎大学(長崎市)
- ③ 平井悠規, 轟 浩二, SSVEPと無線インターフェイスによる機器制御の見査, 第20回電子情報通信学会九州支部 学生会講演会, D-54, 2012.9.26, 長崎大学(長崎市).
- ④ 松井大輔, 轟 浩二, 光刺激の違いによるSSVEP特性, 第20回電子情報通信学会九州支部 学生会講演会, D-55, 2012.9.26, 長崎大学(長崎市)
- ⑤ Koji Tsuru, Hajime Hiraoka, Brainwave Biometrics based on Feature Extraction using Cepstral and Wavelet Analysis, BCI Workshop 2012 on Advances in Neurotechnology, 35, 査読有, 2012. 9.18, Humboldt Univ., Berlin, Germany
- ⑥ 轟 浩二, 定常状態視覚誘発電位を用いた無線通信による機器制御の見査, Forum on Information Technology (FIT) 2012, G-011, 2012.9.4, 法政大学(小金井市)
- ⑦ 安部貴大, 轟 浩二, 脳波インターフェイスを用いた機器制御の見査, 第19回電子情報通信学会九州支部 学生会講演会, D-9, 2011.9.28, 佐賀大学(佐賀市)
- ⑧ 川井奈都美, 轟 浩二, 脳波インターフェイス測定環境の開発, 第19回電子情報通信学会九州支部 学生会講演会, D-10, 2011.9.28, 佐賀大学(佐賀市)
- ⑨ 平岡 基, 轟 浩二, 脳波を用いた個人認証の研究, 第19回電子情報通信学会九州支部 学生会講演会, D-12, 2011.9.28, 佐賀大学(佐賀市)
- ⑩ 川崎政吾, 轟 浩二, SSVEPによる脳波インターフェイスの研究, 第19回電子情報通信学会九州支部 学生会講演会, D-13, 2011.9.28, 佐賀大学(佐賀市).
- ⑪ 是永侑紀, 轟 浩二, 脳波制御アプリケーションの開発, 第19回電子情報通信学会九州支部 学生会講演会, D-14, 2011.9.28, 佐賀大学(佐賀市)
- ⑫ 轟 浩二, Gert Pfurtscheller, Brainwave Biometrics : A New Feature Extraction Approach with the Cepstral Analysis Method, 生体医工学シンポジウム2011, 1-5-3, 2011.9.16, ビッグハット(長野市)
- ⑬ 轟 浩二, ケプストラム解析を用いた脳波個人認証の見査, Forum on Information Technology (FIT) 2011, L-028, 2011.9.9, 函館大学(函館市)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

轟 浩二 (TSURU KOJI)

大分工業高等専門学校・情報工学科・教授

研究者番号： 70390549
(2) 研究分担者 なし
(3) 連携研究者 なし