

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 6 日現在

機関番号：57501

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25330163

研究課題名(和文) 脳における外因性事象関連電位と血行動態の賦活領域側性指数による個人認証

研究課題名(英文) Personal authentication by activating area index of exogenous event-related potentials and hemodynamics in the brain

研究代表者

鶴 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

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：脳波電位の賦活領域特性の個人差を明らかにし、人による脳の賦活領域の位置的偏り(側性)に注目して、個人認証や、ブレイン・コンピュータ・インタフェース(BCI)による機器制御の認証精度向上の可能性を探ることを目的として研究を行った。その結果、脳波による個人認証では、無線脳波測定装置を用いて、閉眼安静時の脳波から、強度が最も強い測定電極に注目した側性による特徴抽出法で求めたデータから個人認証を実施した、その結果、24人の平均認証率として0.48を得た。また、身体障害者が利用できるBCIとして、定常状態視覚誘発電位に注目し、生活で利用できるスマートグラスBCIシステムを構築し、正答率0.85を得た。

研究成果の概要(英文)：To clarify the individual differences in the activation area of the EEG potential for EEG personal authentication, we investigated the method of feature extraction of brain signals using a wireless EEG measurement device. We have to improve accuracy rates of personal authentication and brain-computer interface (BCI) by this study.

The EEG personal authentication using the wireless EEG measurement device was focused on the electrode selection method for the feature extraction. It was obtained 0.48 as mean authentication rate of 24 subjects during eyes closed rest. Further, we experimented with a BCI prototype by using the steady-state visual evoked potential due to visual stimuli on the smart glass for persons with a physical disability. The correct answer rate of this prototype was 0.85.

研究分野：情報セキュリティ

キーワード：脳波 個人認証 バイオメトリックス 特徴抽出 判別分析 側性 光トポグラフィ

1. 研究開始当初の背景

指紋や掌の静脈、顔認証などの生体情報を用いた生体個人認証(バイOMETRICS)システムが、数多くの機器やシステム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、顔写真や人工物などの提示で、“成りすまし”などの詐称を防ぐことは困難である。そこで、人間の生体内信号であるため詐取が困難であり、多様性を持つ生体情報として脳波に注目し、脳波を用いた個人認証の研究を2011年より開始した。その結果、有線電極による脳波の個人認証では、90%以上の認証率を示す人も存在し、被験者9人の平均で約70%の確率で個人を特定できることを明らかにした。また、頭皮に貼り付ける測定用の電極数も最低4つ程度で個人認証が出来ることが分かった。しかし、従来型の生体認証技術より、認証率が低く装着に時間が掛かるという問題点も明らかになった。認証率が低い原因を検証する過程で、測定装置や測定技術などの問題もあるが、運動想起や視覚刺激において、国際的に認められた10-20法によ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、想定していた領域を超えて、左右脳半球をまたいで、対側優位や特定脳半球優位など、個々人によって大きく異なることが分かった。そのため、特定の電極に絞って判別分析を行うと、個人によっては、大きく認証率が低下する。

そこで本研究では、人によって脳の賦活する領域が異なるという側性を用い、高精度の個人認証を達成するためにことを目的に研究を実行した。

2. 研究の目的

本研究は、体性感覚、視覚や聴覚によって発生する脳波電位や血流動態変化の賦活領域特性の個人差を明らかにし、人による脳の賦活領域の位置的偏り(側性)に注目して、個人認証や、ブレイン・コンピュータ・インタフェース(BCI)による機器制御の認証精度向上の可能性を探ることを目的とし、以下の3つの研究を遂行した。

- (1) 閉眼安静時や、認知活動などによる脳波電位において左右脳半球に発生する脳波電位の賦活分布により、脳の機能側性を数値化し、個人認証の特徴として抽出し、判別分析することにより脳波個人認証の可能性を検討する。また、できるだけ装脱着が容易で被験者に負担を掛けないバイOMETRICSシステムを目指し、さらに、周波数分解能と時間分解能が周波数毎に変化するウェーブレット解析による特徴抽出で、認証率向上の可能性を検討する。
- (2) 身体障害者を対象とした、脳波による機器制御技術の認証精度向上、および生活シーンにおける利便性を考慮した脳波測定システム開発を行う。また、リハビリテーション機器や人工義肢の制御を目指して、

パーソナルパラメータを明らかにし、再現性と認識率の改善を実現する

- (3) 近赤外線測定により前頭葉部において、体性感覚、視覚、聴覚発生する脳の血流変化量が多い領域を求め、脳波による賦活領域との関連性を調べ、個人認証の特徴量としての利用や、認知・心理面の可視化技術としての可能性を検討する。

3. 研究の方法

脳波賦活領域の側性などの特徴量を用いた個人認証や、BCIにおいて、前記の目的を実現するために、次のような方法で実験を行った。

(1) 取り扱いが容易な無線脳波測定装置(Emotiv)を用いて、個人認証の実験を行った。この装置は、従来の導電性ジェルを用いた有線測定よりも、装着時間を大幅に減少させることができる。この測定装置を用いて、閉眼安静時や、計算、読書、パズルなど様々な脳活動状態時の脳波を測定して、個人認証の実験を行った。得られた脳波データは、ウェーブレット変換や周波数帯域など複数の方法で特徴量を抽出し、その後、機械学習を用いた統計的判別手法により、個人認証用のデータを求めた。さらに、交差検定法により認証時における認証率を求め、被験者が複数の場合には、平均の認証率を求めた。

(2) 脳波における定常状態視覚誘発電位(SSVEP)に注目して、前述の無線脳波測定装置を用いて、2-4種類の周波数の違うパターンリバーサル視覚刺激(市松模様)をディスプレイ上に提示した。その時の被験者の脳波データを周波数分析することによって、視覚刺激と同じ周波数を検出できた場合、被験者がその周波数の刺激に注意を向けているとして、YES、NOなどのクラス判別を行った。次に、被験者の利便性を向上させるために、可搬性に優れた半透明上のディスプレイを持つスマートグラスを視覚刺激装置として用いた。さらに、日常生活で使う物品にターゲットと呼ばれるマーカーを貼付し、そのマーカーを見たときにだけ、拡張現実(AR)により、スマートグラス上に視覚刺激が表示されるシステムを構築して、それぞれにおいて正答率を求めて比較した。

(3) 前額部の血流動態測定ができるウェアブル光トポグラフィ装置を測定する。測定は、主に被験者のWEB学習時の集中力の度合いを調べることを目標にし、参考にする指標として、心拍数データや有線脳波測定装置を用いた脳波データを用いて比較し、被験者の個人の特徴も抽出できるか検討した。

4. 研究成果

本研究の目的は、体性感覚、視覚や聴覚によって発生する脳波電位や血流動態変化の賦活領域特性の個人差を明らかにし、人による脳の活性化領域の位置的偏り(側性)から個人認証を行う技術を開発し、認証精度向上

の可能性を探ることを目的とし、さらに脳の側性測定・解析の知見により、リハビリテーション機器や人工義肢の制御において発生するパーソナルパラメータを明らかにし、再現性と認識率の改善に貢献することである。それぞれの目的に対する研究成果を以下に示す。

(1) 脳波による個人認証の検討

将来の利便性を考慮して、導電性ジェル電極を用いた脳波の測定から、装脱着が容易な無線脳波測定装置を用いた脳波個人認証を中心に実験を行った。当初は、閉眼安静以外にも指定した字を書くことやパズルを解くなどいくつかの認知課題時の脳波の特徴を調べて、認証を行った。その結果、身体活動を伴うものは、筋電などの影響によって、認証率は低く、安定しなかった。一方、閉眼安静時が最も安定した認証率が得られ、5人の被験者において0.76という比較的高い認証率を得られ、導電性ジェルを用いた有線電極の測定の個人認証と同程度の結果を得た。そのため、以降の実験は、無線脳波測定装置を用いた閉眼安静時の脳波に絞って、個人認証の実験を行った。

次に、被験者の人数を徐々に増やして最大24人による閉眼安静時の脳波を測定して、個人認証の実験を行った。実験では、特徴抽出法として、脳波ウェーブレット、脳波ケプストラム、周波数帯域ごとのパワースペクトル平均、脳波の側性のそれぞれの方法で行った。判別分析はk-近傍法やSVM、線形判別法(LDA)などで、個人認証を試みた。その結果、脳波信号の強度が最も強い測定電極に注目した側性による特徴抽出法で求めたデータを、5-最近傍法による判別分析で個人認証を実施した結果、24人の平均認証率として0.48を得た。他のバイオメトリクス技術に比べて、認証率は良くなかったが、チャンスレベル(4%)に比べて高い認証率を得ている。これは、脳波の個人特徴をさらに効果的に抽出する方法が必要であることを示していると考えている。現在、脳波測定した電極全体での特徴を出しているため、個人の特徴が出やすい電極に注目した脳波の側性をさらに顕在化することができれば、認証率も改善できると考えている。

また、無線脳波測定装置を用い、認証ソフトウェアを改良することによって、従来行っていた有線脳波計を用いて個人認証を実装する場合、機器装着から認証までの時間を約6分30秒から約73秒まで短縮して、認証結果をオンラインで確認することができるようになった。

(2) SSVEPを用いた機器制御

身体障害者用のインターフェイスとして、SSVEPに注目し、実生活で脳波によって、動作の識別ができるシステムを構築して実験を行った。

液晶ディスプレイ上に4つの異なる周波数の光刺激を提示して、被験者がどこに注目しているかをSSVEPの出力から推定する実験を行い、様々な判別方法を比較して、0.8以上の識別率を得ることがわかった。また、人の眼の受容野の大きさに注目して、視角(パターンの大きさ)の異なる視覚刺激を用いた実験では、個々人によって、視角1.7度と視角1度以下に最大SSVEP出力を出す人に分かれることがわかった。

次に、視覚刺激装置として、スマートグラスを用いて、安静時や、歩行時、会話時でのBCIの実用性を検討した。パターン提示領域が最大の時の判別率は0.93、最小の時は0.68となり、提示領域の影響は大きいことがわかった。5人の被験者による実験の平均判別率はそれぞれ安静時0.84、会話時0.73、歩行時0.56であった。

常時、スマートグラス上に視覚刺激が現れるのではなく、ターゲットの図形を見たときだけ、視覚刺激がグラス上に表示されるように、スマートグラスの物体認識機能と、ソフトウェアによる拡張現実(AR)機能によって、視覚刺激を表示するBCIの研究を行った。その結果、視覚刺激の透過率が0.25とあまり輝度が高くない場合の方が、正答率が0.85と高くなることがわかった。このことから、簡易脳波計とスマートグラスだけで、身体障害者が脳波で意思を伝える装置を実現可能であることを示した。

(3) 脳血流動態計測による集中度の計測

脳波の個人的特徴をより理解するために、集中力など脳活動時の血流動態に注目し、前額部の測定を行う光トポグラフィ装置を用いた実験を行った。これは、光トポグラフィ装置によって、認知が行われているといわれる脳前頭部での血流動態によって、認知活動を可視化できるかを検討した。比較のため、心拍数や短期記憶を積極的に使う精神作業をしているとき海馬から出るシータ波と比較して実験を行った。ストループカラーワードテストや暗算などの目的の異なる認知課題を被験者に取り組みさせて測定した結果、集中を必要とするタスクの時に、シータ波の増加と酸素化ヘモグロビン濃度上昇には相関があり、集中の度合いを光トポグラフィ装置によって、可視化ができることがわかった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計1件)

平岡 基、靄 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"、大分工業高等専門学校紀要、Vol. 50、8-13、2013、査読なし、www.oita-ct.ac.jp/library/public/kiyo-50_pdf/No50_kiyo_3.pdf .

〔学会発表〕(計16件)

清松天樹、田中 徹、靄 浩二、スマート

グラス AR を用いたブレインコンピュータインタフェースの検討、火の国情報シンポジウム 2016、宮崎大学(宮崎県・宮崎市)、2016.3.2-3 .

山本 碧、松原祐樹、霧 浩二、光トポグラフィを用いた集中度の計測、火の国情報シンポジウム 2016、宮崎大学(宮崎県・宮崎市)、2016.3.2-3 .

田中 徹、清松天樹、霧 浩二、無線脳波計を用いたオンラインモバイル脳波認証法の検討、火の国情報シンポジウム 2016、宮崎大学(宮崎県・宮崎市)、2016.3.2-3 .

K. Tsuru、A New Stimulation for Steady-State Visually Evoked Potentials Based Brain-Computer Interface Using Semi-Transmissive Patterns with Smartglasses、Proc. of 2015 International Conference on Cyberworlds(Gotland, Sweden)、査読有、pp.165-168 2015.10.7-9.

清松天樹、田中 徹、霧 浩二、スマートグラス SSVEP を用いたブレインコンピュータインタフェース、第 23 回 電子情報通信学会 九州支部学生会講演会、福岡大学(福岡県・福岡市) 2015.9.4 .

田中 徹、清松天樹、霧 浩二、無線脳波計によるオンラインモバイル脳波認証、第 23 回 電子情報通信学会 九州支部学生会講演会、福岡大学(福岡県・福岡市) 2015.9.4 .

三浦晴成、松井大輔、霧 浩二、スマートグラスを用いた視覚刺激による定常状態視覚誘発電位、電子情報通信学会 2015 年総合大会、立命館大(滋賀県・草津市) 2015.3.10-13 .

堀 将道、霧 浩二、光トポグラフィを用いた Web 学習時における集中度の計測、火の国情報シンポジウム、佐賀大学(佐賀県・佐賀市)、2015.3.2-3

松井大輔、霧 浩二、リバーサッチェッカーパターンによる定常状態視覚誘発電位の特性と評価、第 22 回電子情報通信学会九州支部学生会講演会、佐賀大学(佐賀県・佐賀市) 2014.9.20 .

長生まゆみ、霧 浩二、無線脳波測定器を用いた脳波個人認証、第 22 回電子情報通信学会大会、佐賀大学(佐賀県・佐賀市) 2014.9.20 .

K. Tsuru、K. Fujiwara、D. Matsui、Classification Characteristics of a

Four-Class SSVEP with a Single Rectangular Visual Stimulus by Rear Projection、Proc. of ITC-CSCC 2014. 29-7、(Phuket, Thailand)、査読有、pp.346-349、2014.6.1-4.

K. Tsuru、M. Nagaki、Proposal on Brain Wave Personal Authentication with Wireless Neuroheadset、Proc. of 6th International Brain-Computer Interface Conference(Graz, Austria)、査読有、pp.344-347、2014.2.17-19.

松井大輔、霧 浩二、パターンリバーサル刺激による定常状態視覚誘発電位の視角依存性、第 19 回高専シンポジウム in 久留米、久留米高専(福岡県・久留米市) 講演論文集、B-5、2014.1.25 .

霧 浩二、周波数帯域とウェーブレットを用いた特徴抽出による脳波個人認証、第 3 回バイオメトリクスと認識・認証シンポジウム、日本科学未来館(東京都・江東区) A4-2、2013.11.26-27 .

松井大輔、霧 浩二、リバーサルパターン刺激による定常状態視覚誘発電位の形状依存性、第 21 回電子情報通信学会九州支部学生会講演会、熊本大(熊本県・熊本市) D-25 2013.9.23 .

板井亮佑、松井大輔、霧 浩二、投射型スクリーンを持つシールドルームの雑音特性評価、FIT2013(鳥取県・鳥取市)、Proceedings 第 4 分冊、pp.665-668、2013.9.4 .

〔図書〕(計 1 件)

霧 浩二 共著、エヌティーエス出版、高精度化する個人認証技術 身体的、行動的認証からシステム開発、事例、国際標準化まで、脳波による個人認証の研究事例、pp.265-270、2014.11、ISBN:4860434137 .

〔その他〕

ホームページ等

大分高専における HP

http://www.oita-ct.ac.jp/seigyo/tsuru_hp/

Research Map

http://researchmap.jp/koji_tsuru_resmap_HP

6 . 研究組織

(1)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