

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 5 月 9 日現在

機関番号：15101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K00184

研究課題名(和文) 視聴覚閾下刺激による誘発脳波を用いた個人認証の研究

研究課題名(英文) Person Authentication Using Evoked Brain Waves by Unnoticeable Visual or Auditory Stimuli

研究代表者

中西 功 (Nakanishi, Isao)

鳥取大学・工学研究科・教授

研究者番号：80243377

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,500,000円

研究成果の概要(和文)：動画像中に高速に切り替わる画像を挿入することで、知覚できない視覚刺激を作成し、それを提示した際の誘発脳波を被験者20名から集めた。脳波の α 帯域のスペクトル変化を個人特徴として、ユークリッド距離により識別を試みた結果、識別率は60%程度という結果であった。また、人には知覚できない超音波(周波数20KHz以上の音)を用いて知覚できない聴覚刺激を作成し、それを10名の被験者に提示し、脳波を測定した。脳波スペクトルを対数変換したものを個人特徴とし、識別器にサポートベクターマシンを用いて識別性能を評価した結果、77%程の識別率が得られた。

研究成果の概要(英文)：Invisible visual stimuli were created by inserting a frame to a moving picture, which was switched at a fast frame rate and presented to 20 experimental subjects. Their brain waves were measured and their α -band spectra were used as individual features. The verification rate using Euclidian distance matching was approximately 60%. Inaudible auditory stimuli were created by extracting supersonic sounds from high-resolution sounds and they were presented to 10 experimental subjects. Their brain waves were measured and their logarithmic brain-spectra were used as individual features. The verification rate using Support Vector Machine was approximately 77%.

研究分野：デジタル信号処理

キーワード：バイオメトリクス 脳波 知覚できない刺激

1. 研究開始当初の背景

近年、本人確認の手段として生体（バイオメトリクス）認証が着目されている。代表的なものに指紋や虹彩、静脈、顔、耳、声、署名を用いるものがある。これらは忘れたり、無くしたりしないため、利便性が高い。しかし、これらは利用者認証には適さない。利用開始時に本人が認証を行い、制限を取り除いた後に他人が成りすましてそれを防ぐことはできない。そのため、利用者認証では、継続的に認証することが必要になる。顔や耳は意識せずとも生体情報が提示できるが、常に体表に現れているため、知らない間に他人にデータが取得されて偽造物を作成されたり、手術で容易に改変できたりする恐れがある。

研究者代表は脳波に着目してきた。脳波は自発的に発生するため、意識せずに情報の提示が可能である。また、体表に現れていないので、知らない間に盗み取られる心配もない。これまでの研究では、波や波といった自発脳波（背景脳波）を用いて認証性能の評価を行ってきた。脳波は、頭皮上で観測される電位であり、様々な脳領域で発生した電位の総和である。さらに、頭蓋骨は電流を通しにくいいため、頭蓋骨の厚さや形状の違いが脳波の個人性として現れる。しかし、そのような解剖学的な違いによる個人性だけでは高い精度で個人を識別することは容易ではなかった。

2. 研究の目的

本研究では、脳波に解剖学的な違いだけでなく、個人性の強い特徴を持たせ、かつ、無意識な生体情報の提示を可能にするため、閾下（サブリミナル）刺激による脳波の反応を用いて認証することを検討する。

最近、認知（Cognitive）バイオメトリクスという新しい範疇のものが着目されてきている。個人の精神や感情の状態を反映する生体信号（脳波や脈波、皮膚電気反応など）を用いて認証を行うものである。しかし、ほとんどが基礎的な研究段階であり、特に脳波認証では、実用（利用形態）を想定した研究はまったく行われていない。脳波の場合、認証の度に脳波計を装着しなければならないため、入退室管理のような一度きりの認証には不適であるが、そのような観点からの議論は全く行われていない。研究代表者は、脳波認証について、応用面も含めて検討を行ってきた。結果、脳波計を装着した状態の利用者から無意識に発せられる脳波を用いて認証を行う、継続的な認証が最適であるという結論に至っている。

さらに、本研究と同様、視聴覚刺激に対する反応を用いることも提案されているが、単なる視聴覚刺激を用いたのでは、認証の度に利用者は刺激を意識させられ、利便性が低下する。そのため、本研究では、刺激の提示を意識させない、閾下刺激を用いる。このよう

な発想は、脳波は無意識な生体情報の提示による継続的な認証に最適である、という応用面からの検討で得た知見に基づくものであり、研究代表者だけが到達しえた領域である。

3. 研究の方法

(1) 閾下刺激の選定で一番重要になるのは閾値である。閾下において刺激を提示するが、その閾値には、個人差がある。さらに、刺激の特徴や周囲環境、体調、気分、練習の効果などによって大きく変動する。しかしながら、個人毎に大きく異なる閾値を、逆に個人特徴として用いることも考えられる。ある者には閾下で知覚（潜在認知）されるものが、他人には知覚できないということは、識別処理において有効となる。どのような閾下刺激（閾値）が認証に適するのかについて、文献調査を元に検討を行う。

(2) 次に重要となるのは閾下刺激の提示方法である。事象関連電位（ERP）、特に P300 波形の振幅には個人性が大きく現れるとされている。加えて、個人毎に特有な（興味のある）刺激を与えることで、より個人性の大きい反応を得ることができると考える。一方、馴化（馴れること）による ERP の振幅減少は問題である。毎回同じ刺激ではなく、異なるものを使用するなどの工夫が必要になる。ただし、内容は異なっても、質を同じにすることが重要である。

(3) 検討した閾下刺激とその提示方法を用いて、実際に ERP やガンマ波（30Hz）帯の脳波の測定を試みる。なお、背景脳波に比べて事象関連電位は十分の一ぐらいであるため、一般的には数十回（P300 の場合は 20 回程）の試行を行い、加算平均（刺激開始時点を揃えて同じ時間毎に平均する）することが必要になる。

(4) 識別で重要となるのは個人特徴の抽出である。例えば、P300 波形の中で常に安定して抽出でき、かつ、個人間で差異の大きな特徴、すなわち、識別に有利な特徴は何であるかを、本人と他人の特徴分布の違いなどを用いて検討する。また、個人特徴として、ガンマ波帯のスペクトルを用いる場合は、刺激に対する反応時間による時間遅れが生じるため、信号の周期性（定常性）を仮定するフーリエ変換だけでなく、ウェーブレット変換のような時間 - 周波数解析を導入する必要がある。

(5) 識別実験を行うために脳波を測定し、データベースを作成する。被験者としては、大学生 40 名程度を用いる。

(6) データベースを用いて、識別性能の評価を行う。照合法としては、まずは単純なユークリッド距離による判別を試みる。しかしながら、識別性能が十分でない場合、特徴抽出方法を見直すと共に、パターン分類能力に優れるサポートベクトルマシン（SVM）などの導入も検討する。さらに、特徴抽出や識別段階で必要となるパラメータ設定による性

能への影響評価や、利便性(ユーザビリティ)評価なども行う。

4. 研究成果

(1) 文献を元に従来用いられてきた視聴覚閾下刺激の作成・選定方法を調査した。結果、閾下刺激の提示(制御)方法としては、大きく分けて2つ存在し、一つは時間制御での提示ともう一つは周波数領域での提示であることが分かった。そこで、視覚閾下刺激では時間領域での制御を採用した。短時間に画像を提示し、さらには画像のコントラストも下げることによって知覚できない画像刺激を作成、提示する。一方、聴覚閾下刺激では周波数領域での提示を採用した。人には知覚できない超音波(周波数 20KHz 以上の音)を用いる。なお、計画では、個人毎に特有な(興味のある)刺激を考えているが、まずは、共通な閾下刺激を用い、どのような誘発脳波が発生し、どのような特徴を持つのかを調べた。

(2) 検討を行った視覚閾下刺激とその提示方法を用いて、実際に事象関連電位(P300: 刺激提示後約 300ms で発生する脳波など)の検出を試みた。結果、事象関連電位は、閾下刺激が与えられるだけでなく、それに“課題”が伴う場合に発生することを確認した。“課題”を行うことは生体情報の無意識な検出に反する。そこで、事象関連電位でなく、脳波スペクトルを個人特徴とすることにした。これにより事象関連電位の検出で必要になる刺激提示との同期検出が不要になる。また、文献調査より、閾下刺激が与えられた場合には波スペクトルが増大するという知見が得られており、検証した結果、波スペクトルの増大を確認した。

一方、聴覚閾下刺激では、超音波を提示すると波が増大する、ハイパーソニックエフェクトというもの知られている。ただし、超音波だけでも生じるという知見と可聴音を伴う場合に発生するという異なる知見があったことから、その解明を行った。結果として、超音波だけを提示した場合にも提示後約 20 秒で波が増大することを確認した。

(3) 閾下刺激の場合、常に ERP が発生するとは限らないため、脳波スペクトルをデータベースとすることにした。視覚の場合、20 名からそれぞれ 10 回、合計 200 個のデータベースを作成した。聴覚の場合、10 名からそれぞれ 10 回、合計 100 個のデータベースを作成した。

(4) 視覚閾下刺激では P300 に代表される事象関連電位(ERP)を常に確認することはできず、個人特徴とすることはできなかった。一方、閾下刺激を与えた場合、波帯域のパワースペクトルが増大するといった知見があり、本研究でも同様な結果が得られた。そこで、パワースペクトルの変化を個人特徴とすることにした。そして、被験者 20 名による認証性能を評価してみたところ、どの電極部位においても識別性能は 60% (等誤り率:

EER が 40%) 程度であり、十分な識別性能が得られないことが分かった。現在は、ウェーブレット変換による時間-周波数解析の導入を試みている。現在用いている刺激は、動画中に 1 秒毎に挿入される高速表示(8ms)のフレームであるため、時間-周波数解析の導入が可能である。ただし、刺激提示と脳波測定は同期できないため、照合を行う際は、時間-周波数解析結果の時間軸を回転させて相関を取り、相関値が一番大きい場合に同期することとした。また、個人関連刺激の導入も未実現となっているため、これに関しても継続して研究を進める。

一方、聴覚閾下刺激においては、個人毎に思い出深い曲をあらかじめ選定し、そのハイレゾ音の超音波部分を抜き出し、10 名の被験者に閾下刺激として提示した際の誘発脳波のスペクトルを用いて識別性能を評価したところ、ユークリッド距離による識別では、視覚の場合と同様、識別性能は 60% (EER: 40%) 程度であり、十分な識別性能が得られないことが分かった。波帯域の脳波スペクトルは、それ以外の帯域に比べると圧倒的に大きく、その振る舞いが支配的となってしまうため、スペクトルを対数変換することを導入した。また、一つの電極だけの結果で照合するのではなく、複数の電極からの結果を融合することも導入した。これらにより EER を 29% に改善できることを見出した。さらに、多数決でなく、サポートベクターマシンを導入することで EER を 23% にまで改善することも見出した。被験者の数を増やしての評価が課題として残った。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計 10 件)

金城希望, 中西功, 服部雅史, 知覚できない視覚刺激により生じる誘発脳波を用いた個人認証, 第 19 回 IEEE 広島支部学生シンポジウム論文集, 査読無, 2017 年, pp. 278-280,

神戸健太, 原田秀喜, 圓岡岳泰, 中西功, 超音波による誘発脳波を用いた個人認証, 第 19 回 IEEE 広島支部学生シンポジウム論文集, 査読無, 2017 年, pp. 285-286

圓岡岳泰, 神戸健太, 原田秀喜, 中西功, 知覚できない聴覚刺激による誘発脳波を用いた生体認証の研究, 第 7 回バイオメトリクスと認識・認証シンポジウム講演予稿集, 査読無, 2017 年, pp. 84-85
T. Maruoka, K. Kambe, H. Harada, I. Nakanishi, A Study on Evoked Potential by Inaudible Auditory Stimulation Toward Continuous Biometric Authentication, Proc. of 2017 IEEE R10 Conference (TENCON2017), 査読有, 2017 年, pp. 1171-1174

I. Nakanishi, M. Hattori, Biometric Potential of Brain Waves Evoked by Invisible Visual Stimulation, Proc. of 2017 International Conference on Biometrics and Kansei Engineering (ICBAKE2017), 査読有, 2017年, pp. 94-99

中西功, 服部雅史, 知覚できない視覚刺激による誘発脳波を用いた個人認証の研究, 電子情報通信学会技術報告 BioX2017-15, 査読無, 2017年, pp. 31-36
圓岡岳泰, 神戸健太, 原田秀喜, 中西功, 知覚できない聴覚刺激による誘発脳波を用いた生体認証の研究, 電子情報通信学会技術報告 BioX2017-4, 査読無, 2017年, pp. 35-39

M. Hattori, Y. Izumi, I. Nakanishi, A Study on EEG evoked by Invisible Visual Stimulation Toward Continuous User Verification, Proc. of International Technical Conference on Circuits/Systems, Computers and Communications (ITC-CSCC2016), 査読有, 2016年, pp. 629-632

原田秀喜, 神戸健太, 圓岡岳泰, 中西功, 知覚できない聴覚刺激による誘発電位に関する検討, 電子情報通信学会技術報告 BioX2016-10, 査読無, 2016年, pp. 51-54

服部雅史, 泉佑樹, 中西功, 継続認証実現に向けた知覚できない視覚刺激による誘発脳波に関する一考察, 電子情報通信学会技術報告 BioX2016-5, 査読無, 2016年, pp.37-40

〔学会発表〕(計15件)

金城希望, 知覚できない視覚刺激により生じる誘発脳波を用いた個人認証, 第19回 IEEE 広島支部学生シンポジウム, 2017年

神戸健太, 超音波による誘発脳波を用いた個人認証, 第19回 IEEE 広島支部学生シンポジウム, 2017年

圓岡岳泰, 知覚できない聴覚刺激による誘発脳波を用いた生体認証の研究, 第7回バイオメトリクスと認識・認証シンポジウム, 2017年

T. Maruoka, A Study on Evoked Potential by Inaudible Auditory Stimulation Toward Continuous Biometric Authentication, 2017 IEEE R10 Conference (TENCON2017), 2017年

中西功, 知覚できない視覚刺激による誘発脳波を用いた個人認証, 電気・情報関連学会中国支部連合大会, 2017年

I. Nakanishi, Biometric Potential of Brain Waves Evoked by Invisible Visual Stimulation, 2017 International Conference on Biometrics and Kansei Engineering (ICBAKE2017), 2017年

中西功, 知覚できない視覚刺激による誘発脳波を用いた個人認証の研究, 電子情報通信学会バイオメトリクス研究会, 2017年

圓岡岳泰, 知覚できない聴覚刺激による誘発脳波を用いた生体認証の研究, 電子情報通信学会バイオメトリクス研究会, 2017年

神戸健太, 超音波による誘発脳波を用いた個人認証, 電子情報通信学会総合大会情報・システムソサイエティ特別企画学生ポスターセッション, 2017年

神戸健太, 聴覚閾下刺激による誘発脳波に関する検討, 電気・情報関連学会中国支部連合大会, 2016年

M. Hattori, A Study on EEG evoked by Invisible Visual Stimulation Toward Continuous User Verification, International Technical Conference on Circuits/Systems, Computers and Communications (ITC-CSCC2016), 2016年

原田秀喜, 知覚できない聴覚刺激による誘発電位に関する検討, 電子情報通信学会バイオメトリクス研究会, 2016年

服部雅史, 継続認証実現に向けた知覚できない視覚刺激による誘発脳波に関する一考察, 電子情報通信学会バイオメトリクス研究会, 2016年

原田秀喜, 聴覚閾下刺激を用いた個人認証のための誘発脳波に関する検討, 電子情報通信学会総合大会情報・システムソサイエティ特別企画学生ポスターセッション, 2016年

服部雅史, 視覚の閾下刺激による誘発脳波を用いた個人認証, 電子情報通信学会総合大会情報・システムソサイエティ特別企画学生ポスターセッション, 2016年

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

取得状況(計0件)

〔その他〕

ホームページ等 なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

中西 功 (NAKANISHI, Isao)

鳥取大学・工学部・教授

研究者番号: 80243377

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし

(4)研究協力者

服部雅史 (HATTORI, Masashi)

原田秀喜 (HARADA, Hideki)

神戸健太 (KANBE, Kenta)

圓岡岳泰 (MARUOKA, Takehiro)

金城希望 (KINJYO, Nozomu)

泉佑樹 (IZUMI, Yuuki)