

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 9 月 19 日現在

機関番号：23201

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2012～2014

課題番号：24300038

研究課題名(和文) 集団同時脳情報に基づく注意惹起事象の実時間抽出

研究課題名(英文) Real time attention detection based on simultaneous EEG measurements of group

研究代表者

唐山 英明 (Touyama, Hideaki)

富山県立大学・工学部・准教授

研究者番号：00401323

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 14,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究課題では、集団ユーザの注意を惹起するような周辺事象を、集団脳情報を利用してリアルタイムで抽出する技術の開発を行うことを目的とする。従来の加算平均処理ではなく、新たに複数の被験者の脳波を統合解析することにより、事象関連電位の一回計測の状況において、集団の注意を惹起した刺激をリアルタイムで抽出できる技術を開発した。

研究成果の概要(英文)：In this research, we aimed to develop a system which can extract the attention of multiple users by using group brain activities in real time. The typical EEG averaging method was not adopted and a new approach to analyze the group EEG signals was evaluated. As the result, with single-trial EEG signals in the group, our system could extract the attention to stimulations in real time with rather high accuracy.

研究分野：生体情報工学

キーワード：ブレインマシンインタフェース 脳波 集団被験者

1. 研究開始当初の背景

近年、考えるだけでコンピュータや機械などを操作するブレインマシンインタフェース (BMI) の研究が活発に行われており、その基本的な駆動原理についてはすでに多数報告されている。例えば、非侵襲的手法では脳を傷つけることなくコンピュータのカーソル制御や車椅子の操縦などが実現している。しかしながら、従来の BMI は主に身体が不自由な方々の支援ツールとして研究されており、一般の人々に対してはゲームのような娯楽分野でのみその利用機会が想定されているに過ぎない。また上記のように、「なにかを動かす」という極めて単純なアプリケーションに留まっており、その潜在的な応用可能性にも関わらず、一般に普及していないのが現状である。

一方で、身体装着型コンピュータやユビキタス応用に関連する技術開発、さらにはスマートフォンをはじめとするモバイル機器の爆発的な普及により、ライフログといわれる概念が一般に浸透しつつある。G. Bell らによる MyLifeBits 計画では、人生のすべてを記録するという概念が提唱されており、近年では SNS (Social Network Service) が広まる中、個人が扱うテキストや画像、映像データ量も爆発的に増え、これらコンテンツを効率よく検索する、あるいはこれらに適切な索引を付与する技術が求められている。

近年、24 時間 365 日、絶えず脳内の情報を記録する慢性留置型皮質脳波の計測や、「ブレインライフログ」といった言葉を脳科学者が使い始めていることから分かるように、ライフログと BMI の親和性は高く、まさに新しいアプリケーションの創出が期待されている。ライフログと融合する BMI の概念については、筆者らは事象関連電位による写真ライフログの検索や、屋外での脳波計測を実施している。これらの研究結果に基づき、考えるだけで撮影が可能な「脳波カメラシステム」の開発も可能となっている。また、事象関連電位と思い出しや記憶には相関があることが知られており、この点においてもやはり BMI とライフログとの親和性は高いと言える。

2. 研究の目的

本研究課題である「集団同時脳情報に基づく注意惹起事象の実時間抽出」では、脳とコンピュータシステムを専用の脳情報読み取りセンサで直結する BMI 技術を活用する。ここでは、集団 (複数ユーザ) の注意を惹起するような映像コンテンツやその他の五感刺激などにおける特定のシーンや事象を、集団脳情報を利用してリアルタイムで抽出する技術の開発を行うことを目的とする。

これまでの BMI 研究は、個人の脳情報を採用した研究に留まっている。個人の脳情報のみを利用する BMI では、特に一回計測に基づいてリアルタイム性を追求した場合には、その性能に限界があることが分かっている。これは一回計測においては脳情報の加算平均処理ができず、ノイズ成分の寄与を低減できないことに起因している。本研究提案の基盤となるアイデアは、一回計測の個人の脳情報を、集団で統合処理することによりノイズ成分を低減し、確実に性能を向上させるというものである。

本研究では、集団の事象関連電位を同時に計測可能なシステムを開発することを目指す。ここで、従来の加算平均処理ではなく、新たに複数の被験者の脳波を統合解析することにより、一回計測の状況において集団の注意を惹起したシーンをリアルタイムで抽出できる技術を開発することを目標とする。このような技術が確立できれば、従来にない集団制御型 BMI の構築も可能となる。

3. 研究の方法

屋内集団同時脳波計測システムの開発

複数人の被験者の脳情報計測が同時に可能な計測システムの開発を行った (図 1)。この際、屋内設置型脳波計による理想的な環境でのシステム構築と、さらに小型可搬型の脳波計による屋外利用を想定したシステムの開発を行った。本システムは、脳波計と既存ワークステーションから成り、通信ネットワークで接続されるものとした。また、既存の五感刺激提示装置で視聴覚刺激をプログラムに従って提示可能であり、既存の信号処理装置には、得られる脳波を逐次解析する機能を設けた。

集団同時脳波計測の実施

静止画や音声などの単純な五感刺激を利用して、集団被験者にこれらの刺激を与えた際の事象関連電位を計測した。脳波は頭頂部付近の 2 か所程度 (国際 10/20 法の Cz や Pz 位置) から計測し、必要に応じて眼電位の計測を行い、眼球運動からのノイズをモニタしておいた。

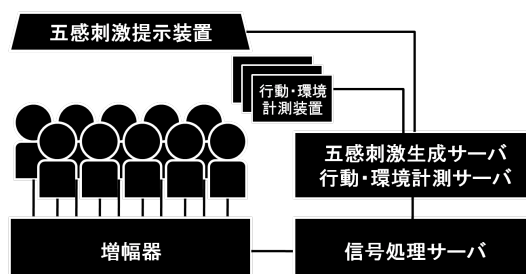


図 1 実験システムの概要図

屋内集団同時脳波計測データの解析

データ解析においては、まず、目標とする脳波形が観測されるか確認するために、脳波の加算平均波形を導出した。この際、事象関連電位を的確に抽出するため、デジタルフィルタを適用し、ノイズの低減を行った。

収集した事象関連電位にパターン認識技術を適用した。ここで、機械学習手法を用いて、注意惹起事象の抽出性能を算出した。パターン認識においては、生体信号から特徴を抜き出すための主成分分析（PCA：Principal Component Analysis）などの特徴抽出アルゴリズム、さらには、得られた特徴ベクトルを分離可能な線形判別分析（LDA：Linear Discriminant Analysis）などの識別器を採用した。

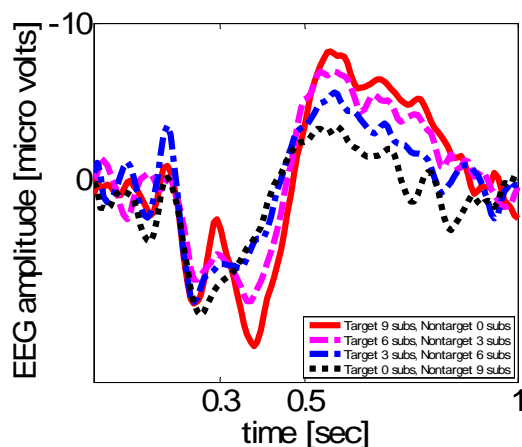
集団の脳波信号処理方法には複数の可能性が考えられ、本研究課題では、以下の3つの集団脳波統合手法を導入した（雑誌論文1を参照）。

集団脳波加算平均法
集団特徴ベクトル連結法
学習機械集団多数決法

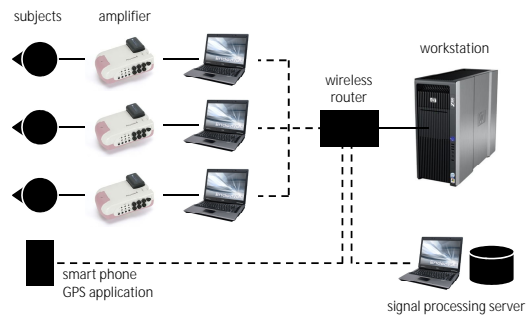
4. 研究成果

集団被験者を対象にした脳波計測を実施した。有線システムに加えて、屋外でも利用可能なシステムの実現に向けて、無線型脳波インタフェースシステムを構築し、実証実験を行った（学会発表1を参照）。

無線型脳波インタフェースシステムにおいては、同時に複数人の被験者の脳波を記録可能であった。以下の図に、有線システムで計測された集団被験者の事象関連電位を示す。ここで、0.3秒から0.4秒付近に生じている陽性（下図では下向き）の事象関連電位が、集団被験者内の注意惹起人数によって系統的に変化していることが観察された（図書1を参照）。



事象関連電位の注意惹起人数依存性



無線型実験システム



実験中の被験者の様子

また、この集団被験者の注意惹起の有無をリアルタイムで判別可能なパターン認識アルゴリズム、またその結果を表示・記録するシステムが実装された（無線対応型）。検証段階において、複数人の被験者が注意を惹起した聴覚刺激の事象を、約80%（オンライン実験時）の精度で検出することが可能であった。上図は、屋内における無線型実験システム（上）と実験中の被験者の様子（下）である。実験では、GPSによる位置検出機能も実装した。

さらに、被験者数を増やした上で動作可能となるオンラインシステムも構築した。本システムは有線型システムではあるが、実際に8名までの脳波を同時に計測可能なシステムとして構築され、引き続き、実験を重ねて本システムの有用性を明確にできると期待される。

また、コンピュータビジョン認識システムを導入して、集団被験者の周辺事象・環境情報の発生タイミングを特定することによる事象関連電位の分析も行った（学会発表2を参照）。このようなシステムでは、刺激を環境から抽出し、環境の中の事象に関する注意惹起の有無が特定できる可能性がある。しかしながら、コンピュータビジョン認識システムの性能不備により、事象認識において実時間性を十分に確保できないことが判明し、当初予定の一部が達成できず、この問題を克服することが課題として残された。

以上より、課題は残されたものの、本研究課題申請時に提案されていた基礎的な技術はほぼ実現され、当初計画はほぼ達成されたと考えられる。

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)

〔雑誌論文〕(計 2 件)

1. 吉竹一智、唐山英明、特定集団における P300 惹起人数の推定、電子情報通信学会論文誌・学生論文特集(和文論文誌 D), Vol. J97-D, No.3, pp.507-513, 2014.
2. 吉竹一智、増田侑也、唐山英明、集団同時脳波計測 - P300 の単試行検出精度の向上に向けて -、日本バーチャルリアリティ学会論文誌・特集号「VR 心理学 5 ~ 脳機能計測と VR ~」TVRSJ Vol.18, No.1, pp.13-19, 2013.

〔学会発表〕(計 4 件) 主なもの

1. Hideaki Touyama, A collaborative BCI system based on P300 signals as a new tool for life log indexing, The 2014 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (IEEE SMC 2014), October 5-8, in Paradise Point Resort and Spa, San Diego, CA, USA.
2. Junwei Fan, Hideaki Touyama, A preliminary study on EEG Hyperscanning using p300 speller and computer vision technology, 日本 VR 学会・VR 心理学研究委員会、口頭発表、2014 年 10 月 25 日、富山県立大学
3. 唐山英明、集団同時脳波計測の可能性、人と空間と情報技術・研究会、2015 年 3 月 13 日 - 14 日、東北大学 電気通信研究所
4. 唐山英明、集団における事象関連電位惹起人数の実時間推定、シンポジウム「ドライバ心理・生理・行動特性の評価技術と応用展開」、2014 年 3 月 14 日、工学院大学・アーバンテックホール・東京 【招待講演】

〔図書〕(計 1 件) 分担執筆

1. 唐山英明、脳波とライフログ研究の融合、ウェアラブル・エレクトロニクス - 通信・入力・電源・センサから材料開発、応用事例、セキュリティまで -、ISBN 978-4-86043-405-2、2014 年.

〔産業財産権〕
出願状況(計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

取得状況(計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等

<http://www.pu-toyama.ac.jp/IS/BCI/publication/index.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

唐山英明 (T O U Y A M A , Hideaki)

富山県立大学・工学部情報システム工学

科・准教授

研究者番号：00401323