

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年 5月 1日現在

機関番号：13601

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2010～2012

課題番号：22500503

研究課題名（和文） 重度障害者のための視線検出と事象関連脳電位を用いたインタフェースに関する基礎検討

研究課題名（英文） A study on brain-computer interface based on event-related potentials applying eye-gaze detection for the severely disabled.

研究代表者

橋本 昌巳 (HASHIMOTO MASAMI)

信州大学・工学部・准教授

研究者番号：20242670

研究成果の概要（和文）：

重度な障害者のためのコミュニケーションシステムとして、視覚刺激 BCI に視線情報を応用するシステムについて検討した。P300 成分に基づく視覚刺激 BCI において、標的と注視位置の関係性を調べ、視線情報を加味することで BCI として機能向上の可能性を見出した。また、視覚刺激のグループ化について提案した。本システムは視線入力インタフェースから BCI によるコミュニケーションへと利用者の状況の変化に対応できる可能性がある。

研究成果の概要（英文）：

We have improved brain-computer interface (BCI) based on the event-related potentials (ERPs) elicited by the visual stimuli which added eye gaze detection function for the severely disabled. In the P300-type BCI, we examined the relationship between gazing point and the change of waveform of ERPs. It showed that using eye gaze information would improve the BCI. Based on the results, we have proposed a method of grouping stimuli. The proposed system would reduce user's burden in the case of the transition to the BCI communication from the eye-gaze interface.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	2,000,000	600,000	2,600,000
2011年度	700,000	210,000	910,000
2012年度	300,000	90,000	390,000
年度			
年度			
総計	3,000,000	900,000	3,900,000

研究分野：生体情報工学

科研費の分科・細目：人間医工学・リハビリテーション科学・福祉工学

キーワード：ユーザインタフェース, 生活支援技術

1. 研究開始当初の背景

本研究は、ALS (Amyotrophic Lateral Sclerosis: 筋委縮性側索硬化症) 患者をはじめとする四肢を含めた多くの運動機能が阻害された人を対象としたコミュニ

ケーション支援システムの開発に関する研究である。ALS は運動ニューロンのみが侵される疾患で、四肢の運動機能障害から呼吸障害などへと進行し、気管切開を必要とした場合など、会話やしぐさに

よる家族や介助者とのコミュニケーションが困難となる。しかしながら、感覚機能は十分に残存し、さらに、眼球の運動障害は非常に遅い段階で迎えると言われており、患者の介護現場では会話やしぐさによるコミュニケーションが不都合になった後には、視線や目の動き等視覚機能を用いたコミュニケーションが行われている。さらに近年では、運動機能を必要としないコミュニケーション手法として脳波を応用した BCI (Brain Computer Interface: 脳コンピュータインタフェース) の研究が数多く報告されている。

ALS の重篤な面として、進行性であることが挙げられる。すなわち、様々な運動機能は徐々に衰え、これまでできたことができなくなっていく。したがって、コミュニケーション支援においても、進行に伴ってその手法や装置の変更をしなければならず、この様な段階においては新たな支援手法の訓練が必要となり患者にとって精神的、経済的な負担のひとつである。

我々は、本研究に先行してこのような患者の支援として、視覚機能を利用したコミュニケーション支援である視線入力システムと視覚刺激に基づく ERP (Event Related Potential: 事象関連脳電位) を用いた BCI システムの検討を進めてきた。両システムは共に、利用者が意図するメニューまたは文字を注視するという動作に基づくもので、前者から後者へのシステムの移行を考えた場合には利用者の負担は比較的少ないと考えられる。

2. 研究の目的

本研究では、我々が先行研究として行ってきた視覚機能に基づく 2 つのシステムを融合することで、負担の少ないスムーズな移行を可能とするシステムの構築と評価を行う。

本研究の要素システムとして先行した研究は以下のとおりである。

視線入力システムとして、障害者と介助者の間で行われている透明文字盤によるコミュニケーション手法を模した視線入力システムを開発した。透明文字盤のコミュニケーションとは、五十音などを透明な文字盤に描き、患者と介助者が文字盤を挟んで相向き合い、患者が見つめる文字を介助者が文字盤を動かしながら視線を追い、自分と患者の視線が一致した状態から文字を読み取る手法であり、開発システムは USB カメラ画像から利用者の視線を読み取り、ディスプレイ上の文字盤を移動しつつ、利用者の注目文字を探り当てて入力とするシステムである。

視覚刺激 BCI システムは、ディスプレイに呈示する視覚刺激に基づいて誘発される ERP の中で特に P300 成分に着目し、複数の視覚刺激として与えた選択肢の中から利用者が意図する選択肢を判別するものである。

これらを要素として両システムを改良しつつ、両要素を融合したシステムの構築を行う。

3. 研究の方法

本研究では、視線入力システムと視覚刺激 BCI の両要素システムのそれぞれを機能向上したうえで、融合システムとして構築と評価を行った。

(1) 視線入力システム

カメラより取得した利用者の顔画像において、画像処理による虹彩位置検出手法を検討し、視線方向精度を高め、単独システムとしても機能向上を進めた。なお、対象を重度な障害者と考え、システム使用時は、身体および頭部の大きな動きは生じないものとした。

また、視線を用いるシステムでスイッチ等に利用される瞬目において、利用者が意図して行う随意性瞬目と無意識に発生する不随意性瞬目の判別手法を検討した。

(2) ERP 応用視覚刺激 BCI システム

視覚刺激に基づく ERP 成分を利用した BCI システムにおいて、利用者が意図する標的に対する脳波の特徴抽出手法に関する検討を進めた。特徴抽出手法としては、種々先行研究を参考に P300 成分に基づく手法、周波数分析に基づく手法、サポートベクタマシンによる手法等を検討した。

従来の BCI においては、脳波の再現性などの問題から電極を多数用いる場合があるが、実用的と思われる計測として電極位置を国際 10-20 法の Fz、Cz、Pz を中心に解析した。

(3) 融合システム

次に、両要素システムを融合したシステムの構築、評価を行った。

融合システムは、視覚刺激 BCI システムに視線検出機能を組み込む形態とした。図 1 はシステム構成を示す。BCI システムの判別に視線情報を利用すると、脳波の特徴に基づき判別する選択肢候補をディスプレイ上の限定された範囲に絞ることができた。また、視線情報を踏まえた視覚刺激のグループ構成についても検討した。

なお、本研究で被験者に対して行う実験においては、本学ヒトを対象とした研究に関する倫理審査委員会の承認を得たうえ、事前に

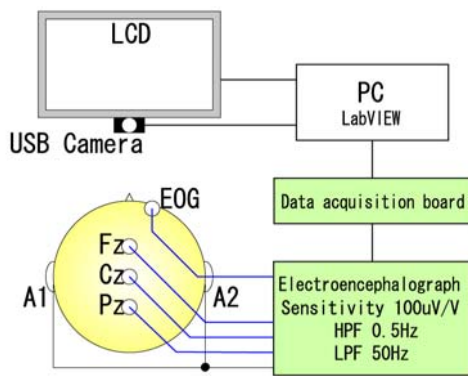


図 1 システム構成

被験者に十分な説明を行い、同意を得たうえで実施した。

4. 研究成果

本研究における検討内容と成果を個別システムと融合システムに分けて以下に述べる。

(1) 視線入力システム

視線検出に結び付く虹彩位置検出手法を検討し、視線方向の精度向上を図った。透明文字盤コミュニケーションを参考に、画面表示した 50 音から所望する文字を見つめている視線を推定して、文字盤全体を移動し、視線検出精度の高い位置での文字確定方式を採用して構築を進め、健常被験者において短文入力時で 1 文字当 6 秒での入力を確認した。

次に、利用者の瞬目を画像処理において抽出し、随意性瞬目と不随意性瞬目とを判別する手法を提案した。提案手法は虹彩上の縦 1 列分の画素列を時系列に並べることで、瞬目時にまぶたが虹彩上を上下に移動する様子を簡易的に解析するものである。ヒトが意識的に行う随意性瞬目ではまぶたの移動も大きく、時間経過も明確であり、不随意に発生する瞬目との判別の可能性を示した。視線利用のコミュニケーションにおいてスイッチ機能を果たすことができる。

(2) ERP 応用視覚刺激 BCI システム

視覚刺激により誘発される ERP 成分 P300 を応用した BCI の構築と脳波波形から利用者が意図する選択肢を判別する脳波の特徴抽出手法の検討を行った。まず、視覚刺激に基づく ERP を利用した BCI の構築準備として、オドボール課題による被験者の ERP の再現性、また、多肢選択課題による ERP の様子などを比較検討した。

BCI のための脳波の特徴抽出手法の検討として、主として P300 成分に基づく手法、周波数分析に基づく手法、サポートベクタマシンによる手法を検討した。

P300 振幅成分に基づく手法、周波数分析による出現帯域に基づく手法においては、十分な同期加算平均が必要で、1 選択課題における長時間化が問題となった。サポートベクタマシンによる判別では、個人ごとで同一課題において得られる学習データによるサポートベクタマシンの構成が判別時に最も成績が良く、学習データの生成方式の検討が必要であった。同時に複数手法を総合的に判断することも検討した。個人性が見受けられた結果においては、被験者の脳波特徴の分析を進めて、被験者間の比較検討の必要性が示された。

なお、後述の融合システムの検討および被験者内観から、実験中の被験者のモチベーション維持が課題となり、選択課題遂行中の判別状況を被験者に対して意図する標的へ注意を減らすことなくフィードバックする手法を検討し、構築を進めている。

(3) 融合システムの構築と評価

システム融合のための基礎的検討として、視覚刺激 BCI システムにおいて意図する標的と利用者の注視位置の関係性を調べた。これは、利用者の運動機能の低下などにより意図する標的を十分に注視し続けることが困難な場合や作業への集中度の低下などで注視があいまいになる状況を想定したものである。結果では健常者において、意図する標的と注視位置が異なっても標的刺激に対する P300 成分が観察されたが、標的と注視位置が離れるとその出現は低下する傾向を示した。

融合システムでは、視覚刺激 BCI システムの環境にディスプレイ下部に取り付けた USB カメラからの顔画像を被験者に呈示した視覚刺激や計測された脳波と同期して記録する機能と、顔画像から視線を連続的に検出する機能を付加した。システム上でオンライン処理の不具合が生じたため、オフラインによる解析を進めた。オフライン処理においては、これまでの視覚刺激 BCI システムに視線情報を加味することで選択肢判別率の向上の可能性が示された。今後、オンライン処理による検証を進める。

融合システムにおける視線情報を活用した視覚刺激の呈示方法として、ディスプレイ上にグループ化した刺激を配置する手法を提案した。視覚刺激を数個のグループとし、ディスプレイ上に領域を分けて呈示することで、グループ間には同期した刺激を含めても可能とするものである。オンライン処理にフィードバック機能を付加して今後の検討となる。

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)

[学会発表] (計6件)

- ① 小林勇輝, 橋本昌巳, 伊東一典, 香山瑞恵, 大谷真, 画像処理による随意/不随意瞬目の判別に関する基礎検討, 第11回日本生体医工学会甲信越支部長野地区シンポジウム, 長野市, 2013.3.8.
- ② 坂井優亮, 青木洋康, 田口拓弥, 橋本昌巳, 千島亮, 伊東一典他, P300型BCIのための注視位置と事象関連電位に関する一考察, 電子情報通信学会MEとバイオサイバネティクス研究会, 長野市, 2012.9.27.
- ③ Masami Hashimoto, Makoto Chishima, Makoto Otani, Kazunori Itoh, Mizue Kayama, Yoshiaki Arai, A basic study on P300 event-related potentials evoked by simultaneous presentation of visual and auditory stimuli for the communication interface. 12th International Multisensory Research Forum. Fukuoka Oct. 17, 2011.
- ④ 金田直樹, 岩松康太, 千島亮, 香山瑞恵, 大谷真, 橋本昌巳他, 音像定位する音刺激の弁別に基づくP300型BCIシステムの検討. 生体医工学シンポジウム2011, 長野市, 2011.9.16.
- ⑤ 橋本昌巳, 竹内瞬, 伊東一典他, 透明文字盤を模したソフトウェアキーボードの開発, 第50回日本生体工学大会, 東京都, 2011.4.29.
- ⑥ 竹内瞬, 橋本昌巳, 伊東一典, 香山瑞恵他, 瞳孔中心を用いた虹彩円検出による視線文字入力システムの開発. 日本生体医工学会甲信越支部大会, 長野市, 2010.9.25.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

橋本 昌巳 (HASHIMOTO MASAMI)

信州大学・工学部・准教授

研究者番号: 20242670