

機関番号：23901

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2009～2010

課題番号：21800044

研究課題名（和文） 脳波信号中の眼電位除去による衝動性眼球運動関連脳波の
特定に関する研究

研究課題名（英文） The saccadic EEG detection based on EOG rejection

研究代表者

板井 陽俊 (ITAI AKITOSHI)

愛知県立大学・情報科学部・その他

研究者番号：10551971

研究成果の概要（和文）：本研究は、眼球運動を行う意思を表す脳波を特定し、それを捉えることで意思疎通を行うブレイン・コンピュータ・インタフェースの構築を目指した研究の一部である。眼球運動時に計測された脳波には眼球運動関連脳波の他、自発脳波や眼球運動に伴う眼電位に由来する雑音が背景雑音として計測され、眼球運動関連脳波の特定を困難としている。本研究では、特に眼電位の除去を実現する新たな信号処理手法を提案した。さらに、自発脳波と眼電位をそれぞれ分離するよう拡張し、リアルタイム処理を考慮した高速処理法を提案した。

研究成果の概要（英文）：This research is a part of a development for a novel brain computer interface based on the EEG caused by a saccadic eye movement. The EEG during a saccadic eye movement includes EEG due to saccade, a spontaneous EEG and an EOG component. The noise reduction is important factor to extract the saccadic EEG accurately. This research proposed the EOG reduction based on tensor product expansion. Moreover, we improved this method for reducing a spontaneous EEG and EOG, respectively. In order to achieve the real time noise reduction, the fast algorithm to estimate the dominant noises in EEG was reported. We showed that the proposed technique is effective for EOG reduction problem in EEG analysis by using an artificial signal and an EEG data.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	950,000	285,000	1,235,000
2010年度	860,000	258,000	1,118,000
年度			
年度			
年			
度			
総計	1,810,000	543,000	2,353,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：人間医工学・医用生体工学

キーワード：脳波、衝動性眼球運動、眼電位、雑音除去

1. 研究開始当初の背景

脳機能の解析は長きに渡り多くの研究者

が遂行している研究テーマである。近年では、眼球運動を行う意思を表す脳波を特定し、ブレインコンピュータインタフェースに応用する研究が進められている。船瀬らは、衝動性眼球運動に伴いその直前に後頭葉よりスパイク状の電位変動がみられることを明らかとした。独立成分分析を用いて、単一試行脳波からこのスパイク状電位の検出を試みる研究が行われているが、70%程度の検知率となっている。

2. 研究の目的

本研究では、先のスパイク状電位以外にも衝動性眼球運動に起因する電位変化が存在すると考え、単一試行脳波に含まれる不要信号である眼電位、自発脳波成分を除去する信号処理手法の提案を目的とする。さらに、ブレインコンピュータインタフェースへの応用を考慮し、処理の高速化を行う。

3. 研究の方法

- (1) 視覚刺激(LED)を用いて衝動性眼球運動を誘発するタスクを被験者に課し、脳波データ(19チャンネル, 1000Hzサンプリング)を計測した(図1, 図2)。また、眼球運動発生時刻を正確に特定するため、右眼球の上下, 左右に電極を貼付し眼電位を計測した。タスクは左右方向への眼球運動を各50回とし、被験者は1名であった。
- (2) 単一試行脳波の不要信号のうち、眼電位と自発脳波を分離する手法として、参照信号を用いたL1ノルムを最小とする外積展開(TPE-AE)を提案し、その有効性を評価した。
- (3) (2)ではL1ノルムの最小化に乱数探索を用いているため、計算時間が問題となる。高速に解く手法として、メジアンを用いた解法を提案し、その除去精度、および処理速度について評価を行った。

4. 研究成果

- (1) 実験タスク時の全チャンネルにおける加算平均波形(図3)と1試行時の波形(図4)を求め、従来研究と同様の傾向が表れることを確認した。すなわち、図1より眼球運動の500ms前から運動準備電位、眼球運動直前にスパイク状電位、眼球運動直後に眼電位の影響がみられる。さらに、

図2より、スパイク状電位、眼電位の他、自発脳波が全ての電極に共通していることがわかる。

図1：衝動性眼球運動誘発実験

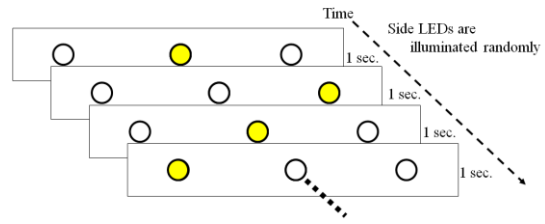


図2：衝動性眼球運動誘発実験刺激提示

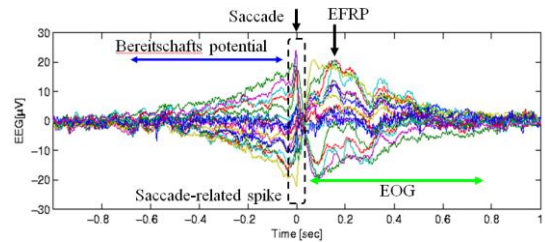


図3：衝動性眼球運動時の脳波
(加算平均, 19チャンネル)

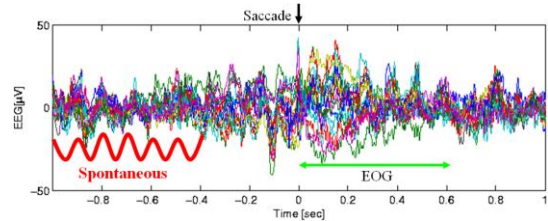
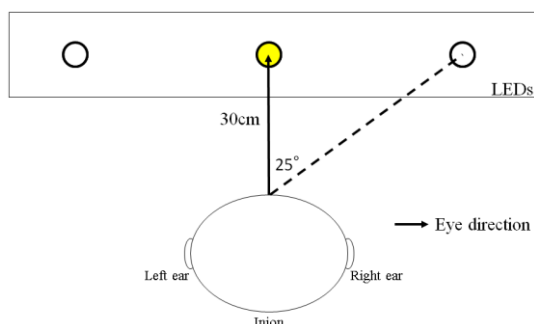


図4：衝動性眼球運動時の脳波
(単一試行, 19チャンネル)

- (2) 不要信号除去結果として、眼電位(0-4Hz)と自発脳波(8-13Hz)周波数帯の減衰量を求めた(表1)。第二項まで外積を計算することにより、自発脳波が第一項、眼電位が第二項に現れることを示した。これらの傾向は不要信号除去結果の加算平均波形からも確認された(図5, 図6)。
- 表1: 参照信号つきTPE-AEによる各周波数帯の低減量([dB])。参照信号を用いない従来手法(No reference)では各項の減衰量に差はないが、提案法(Reference)では眼電位と自発脳波が減衰する項が特定できる



評価帯域	評価対象	No reference		Reference	
		右	左	右	左
EOG帯域	EEG-第1項	2.8	3.1	2.2	2.4
	EEG-第2項	3.1	3.1	4.2	3.0
α波帯	EEG-第1項	1.8	1.6	2.5	2.4
	EEG-第2項	1.7	1.7	0.9	1.0

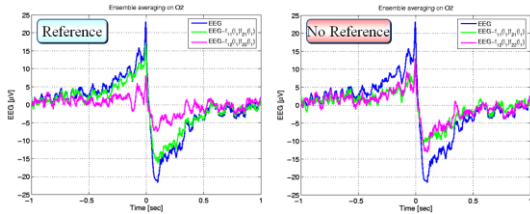


図5:右方向眼球運動時における不要信号除去後の脳波波形(加算平均)。参照信号なし(右図)では第一項(緑)と第二項(紫)の差分結果が近似。提案法(左図)では第一項が元波形(青)に近似、第二項では眼電位の影響が減衰している

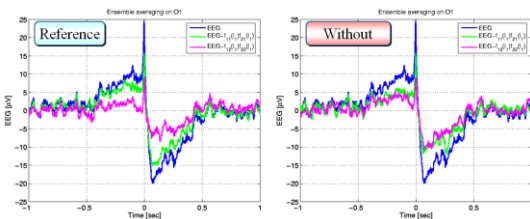


図6:左方向眼球運動時における不要信号除去後の脳波波形(加算平均)。図5と同様の傾向を有する

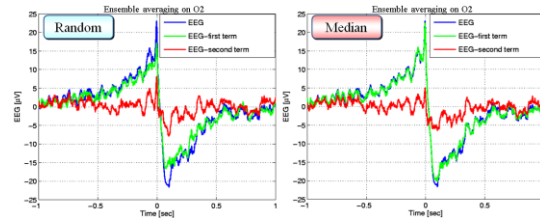
(3) (2)の評価と同様、各周波数帯の減衰量を求めた結果(表2)、(2)の手法と同等の眼電位、自発脳波の減衰が可能であることを示した。この傾向は、不要信号除去後の信号を加算平均した波形からも見ることができる(図7)。さらに50個の単一試行脳波の処理にかかる合計計算時間を計測した結果、メジアンを用いることにより10倍近く計算時間を短縮できることを示した(表3)。

今後、これら雑音除去法を用い、新たな眼球運動関連脳波の発見、ブレインコンピュータインタフェースのプロトタイプの実作を行う予定である。

表2:メジアン、乱数探査を用いた解法による各周波数帯の低減量([dB])。両手法ともに減衰量が同程度である

評価帯域	評価対象	Median		Random	
		右	左	右	左
EOG帯域 (0-4Hz)	EEG-第1項	1.7	2.4	2.2	2.4
	EEG-第2項	4.1	2.6	4.2	3.0
α波帯 (8-13Hz)	EEG-第1項	2.7	2.8	2.5	2.4
	EEG-第2項	0.9	0.4	0.9	1.0

図7:右方向眼球運動時における不要信号除去後の脳波波形(加算平均)。メジアン法(右図)、乱数探査(左図)ともに、第一項(緑)が元波形(青)に近似、第二項(赤)では



眼電位の影響が減衰している

表2:メジアン、乱数探査を用いた解法による50回単一試行脳波処理に対する計算時間(秒)。メジアン法が高速に処理可能である

	Random	Median
Time [seconds]	220	27

- Xeon 3GHz, 2core
- Matlab + MEX (Random search)

5. 主な発表論文等

[学会発表] (計6件)

- ① A. Itai, A. Funase, A. Cichocki and H. Yasukawa, A Saccade-Related Noise Reduction in EEG Signals Using Outer Product Expansion with Reference Signal, Proc. of 2011 European Signal Processing Conference, 査読有、pp.1559-1563, 2011年9月1日、バルセロナ(スペイン)。
- ② 板井陽俊, 船瀬新王, Andrzej Cichocki, 安川博, 教師信号つき外積展開を用いた脳波信号の眼電位除去とその高速解法、第25回生体・生理工学シンポジウム論文集, pp.27-30, 2010年09月23日、岡山大学(岡山県)。
- ③ A. Itai, A. Funase, A. Cichocki and H. Yasukawa, EOG-Related Noise Rejection In EEG Signal With Eye Movement Task by Tensor Product Expansion with Absolute Error, Proceedings of 2010 European Signal Processing Conference, pp.706-710, 査読有、2010年8月25日オールボー(デンマーク)。
- ④ 板井陽俊, 船瀬新王, Andrzej Cichocki,

安川博、メジアンを用いた教師信号つき外積展開の解法と脳波解析への応用、電子情報通信学会技術研究報告、Vol.110、No.74、SIS2010-2、pp.7-12、2010年6月10日、網走市民会館中会議室（北海道）。

- ⑤ A. Itai, H. Yasukawa, T. Ichi and M. Hata、Background Noise Estimation Using Outer Product Expansion for ELF Electromagnetic Wave、2009 International Symposium on Intelligent Signal Processing and Communication System、pp.131-134、査読有、2009年12月7日、Kanazawa Excel Hotel Tokyu (Kanazawa Japan).
- ⑥ 板井陽俊、船瀬新王, Andrzej Cichocki, 安川博、外積展開による衝動性眼球運動時の脳波信号における不要信号除去、電子情報学会技術科学研究報告、Vol.109、No.280、NC2009-51、pp.7-12、2009年11月7日、東北大学（宮城県）。

6. 研究組織

(1) 研究代表者

板井 陽俊 (ITAI AKITOSHI)

愛知県立大学・情報科学部・その他

研究者番号：10551971