

平成 28 年 6 月 17 日現在

機関番号：12201

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2013～2015

課題番号：25560279

研究課題名(和文)簡易脳波計を利用したスキャン型文章入力インタフェース

研究課題名(英文)Scanning interface using low-cost electroencephalograms

研究代表者

森 大毅 (Mori, Hiroki)

宇都宮大学・工学(系)研究科(研究院)・准教授

研究者番号：10302184

交付決定額(研究期間全体):(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文): 体を全く動かすことができない患者が自らの言葉を伝える手段を実現することを目的に、簡易脳波計を利用したスキャン型文章入力の実現に挑戦した。波などの自発脳波や体の動作を想像することで生じる脳波の利用可能性を検証するため、脳波計、タスク、分析方法などのあらゆる角度から多くのデータを収集した。多チャンネル信号の利用などにより精度を向上させることができたが、文字入力を可能とするほどの性能は得られなかった。

研究成果の概要(英文): This study is a challenge to realize a scanning communication aid operated by electroencephalogram (EEG), for the sake of providing a medium for locked-in patients to express their own words. To seek the possibility of taking advantages of spontaneous EEGs such as alpha wave or motor imagery-related EEGs, a number of EEG data were collected for a tremendous combinations of EEG sensors, tasks, and methods of analysis. Although a certain level of improvement was obtained, it was not enough to enable realistic scanning communication.

研究分野：音声言語情報処理

キーワード：脳機能インタフェース 脳波 独立成分分析

### 1. 研究開始当初の背景

ALS (筋萎縮性側索硬化症) は、全身の運動神経が次第に侵され筋力が低下する神経難病であり、病状が進むと自らの意志による可動部位がほとんど失われる。ALS が進行すると、体を全く動かすことができず、自らの言葉を伝える手段を完全に失う場合がある。重度肢体不自由者の支援のため、これまで EEG (脳波)、NIRS (近赤外光脳計測)、fMRI などの脳機能情報を、車椅子や義手の動作指令として利用する BMI (脳インタフェース) が研究されてきた。しかし、医療用の脳機能計測装置は極めて高額であり、難病患者の使用は事実上不可能であった。一方、数十万円程度で市販されている装置には、脳波スイッチ「MCTOS」(テクノスジャパン)、光トポグラフィ応用 Yes/No 意志判定装置「心語り」(日立) などがあるが、制限が多く、広く利用されるには至っていない。個人で購入可能な簡易な脳機能計測装置により自由に文章を入力する手段は、今に至るまで存在していない。

### 2. 研究の目的

本研究は、難病患者の経済的負担および身体的負担を最小限にとどめ、しかも家族や介護者の手による装着が容易な装置により、体を全く動かすことができない患者が自らの言葉を伝える手段を実現することを目的としている。

本研究では、簡易脳波計を利用したスキャン型文章入力という、ユニークな BMI の実現に挑戦した。3 年間の研究期間内に、簡易脳波計を利用したスキャン型文章入力装置を試作するとともに、体を一切動かすことなく実際に文章を入力できることを公開デモンストラレーションにより示すことを目標に掲げた。

### 3. 研究の方法

(1) スキャン文字盤使用時の EEG データの収集を行った。脳波センサとして、Thket 社製 B3 Band (乾式電極、前額部 1 チャンネル) および Emotiv 社製 EPOC (湿式電極、14 チャンネル) を用いた。注目する脳波信号は、精神活動に関連した自発脳波である  $\alpha$  波および  $\beta$  波、および運動想起に関連した  $\beta$  波の事象関連脱同期 (ERD) である。

研究期間全体にわたり、種々のタスクおよびセンサで EEG データの収集を実施した。以下でそれらを説明する。

① (25 年度) 3 名の被験者に、図 1 に示すスキャン文字盤により、「あかさたなはまやらわ」の 11 文字を入力させるタスクをそれぞれ 10 回行わせた。被験者には、文字盤上のカーソルが目的文字上にある期間 (ターゲット期間) で閉眼させ、それ以外の期間では開眼させた。B3 Band で EEG 信号を記録した。

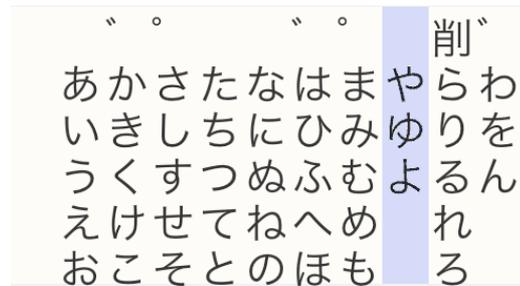


図 1 スキャン文字盤

② (25 年度) 3 名の被験者に、脳活動の促進 (5 秒間) と抑制 (10 秒間) を交互に 20 回繰り返させた。脳活動を促進するためのタスクとしては、運動想起 (頭の中で足を動かす) と暗算 (100 から 3 の倍数を引き続ける) の 2 種類を実施させた。B3 Band で EEG 信号を記録した。

③ (26 年度) 2 名の被験者に、スキャン文字盤上の「あ」「た」「ま」「わ」の位置で精神活動を変化させることを 6 回行わせた。ターゲット期間-非ターゲット期間で行わせたタスクはそれぞれ、1) 加算-頭をぼうっとさせる、2) 減算-頭をぼうっとさせる、3) 頭をぼうっとさせる-暗算、4) 利き足を前に出す動作を想起-頭をぼうっとさせる、5) 左手を握る動作を想起-頭をぼうっとさせる、6) 手で目的文字を書く動作を想起-頭をぼうっとさせる、7) 数を早く数える-数をゆっくり数える、の 7 種類である。EPOC で EEG 信号を記録した。

④ (26 年度) ①と同様のタスクを 10 回、ターゲット期間での暗算により行わせた。被験者は②と同じである。B3 Band で EEG 信号を記録した。

⑤ (26 年度) ①と同様のタスクを 9 回、ターゲット期間での「手で目的文字を書く動作を想起」により行わせた。被験者は③と同じである。

⑥ (26 年度) 4 名の被験者に、①と同様の方法で「やわらかなあたまはたから」の 12 文字を入力させるタスクをそれぞれ 3 回行わせた。EPOC で EEG 信号を記録した。

⑦ (27 年度) 4 名の被験者に、何もしない (5 秒間) と運動想起 (5 秒間) を繰り返させた。測定前に、運動想起による ERD 発現のトレーニングを行った。トレーニング 1 セットを 6 分とし、最初の 2 分間は実際に肘の屈伸で右腕を上下させ、その後の 4 分間は同様の運動を頭で想起させた。このトレーニングを 1 日あたり 7 セット繰り返し 10 日間の測定前全てで行った。何もしない (5 秒間) と運動想起 (5 秒間) を交互に 55 回繰り返させた。EPOC で EEG 信号を測定した。

(2) EEG 信号の分析方法、および文字入力のために有効なタスクの組み合わせについて検討した。

① スペクトル分析の条件出しを実施した。

- (1)①のデータに対し、分析窓長 (5s, 2s, 1s, 0.5s) および分析周期 (100%, 50%, 25%) の各組み合わせに対し文字正解精度を求めた。
- ② (1)②のデータに対し、 $\alpha$  波,  $\beta$  波,  $\theta$  波,  $\mu$  波,  $\gamma$  波のピーク振幅と帯域エネルギーの分布を求め、それぞれの特徴量に対してターゲット期間と非ターゲット期間の分離度を算出することで有効な特徴量を選定した。
- ③ (1)③のデータに対し、各タスクにおける分離度を算出することで有効なタスクを選定した。
- ④ (1)④のデータに対し、 $\alpha$  波,  $\beta$  波,  $\theta$  波,  $\mu$  波,  $\gamma$  波の各帯域エネルギーからなる計 5 種類の特徴の最適な組み合わせを、文字正解精度を検証することにより求めた。
- ⑤ (1)⑤のデータに対し、 $\alpha$  波,  $\beta$  波,  $\theta$  波,  $\mu$  波,  $\gamma$  波の各帯域エネルギーを特徴量とした場合の文字正解精度を比較した。
- ⑥ (1)⑥の 14 チャンネル EEG 信号に対し、独立成分分析の有効性を検証した。
- ⑦ (1)⑦のデータに対し、運動想起期間と通常状態との  $\beta$  波帯域エネルギーを比較することで、ERD の検出率を求めた。

#### 4. 研究成果

(1) 分析窓長および分析周期の組み合わせに対する文字正解精度 (図 2) の分析結果より、分析窓長 2 秒、分析周期 0.5 秒が最適な分析条件であることがわかった。

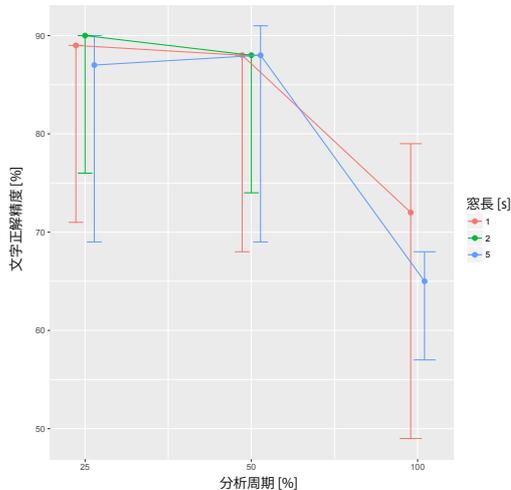


図 2: 分析条件の検討 (縦軸: 文字正解精度,  $\cdot$  は中央値、エラーバーは最小値および最大値)

(2) 開閉眼の場合に比べ、精神活動の利用は困難であることがわかった。研究方法 (3)②による実験の結果、B3 Band を利用した場合の文字正解精度は 15%~19%程度であった。図 3 に特徴の分布を示す。図からわかるように、精神活動を利用した場合には特徴の分離が不十分であった。研究方法 (3)③による実験の結果、EPOC を利用し手で目的文字を書く動作を想起させた場合の文字正解精度は 34%であった。

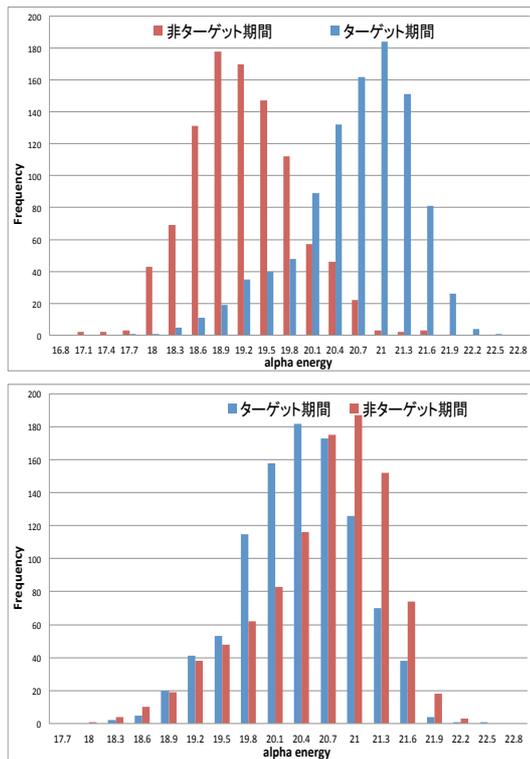


図 3 開閉眼を利用した場合の特徴の分布

(上: 開閉眼を利用した場合、下: 精神活動を利用した場合)

(3) 研究方法 (2)⑥による実験の結果、独立成分分析によって得られた最良の信号源を選択した場合、文字正解精度を 95%から 98%に向上させることができた。しかし、実際には、どの信号源を選択すれば最良の精度が得られるかを事前を知ることが難しい。そこで、文字正解精度と分布間距離の関係をモデル化し、分布間距離を最大にする信号源を選ぶ方法を考案した。表 1 にその結果を示す。最良の信号源を選んだ場合 (oracle) に比べれば精度は低下するものの、ユークリッド距離を用いた場合には、KL ダイバージェンスを用いた場合よりも高い文字正解精度が得られた。このことより、独立成分分析によって脳波による文字入力の精度を改善できることがわかった。

表 1: 独立成分分析の効果

	#1	#2	#3	#4
KL	100%	81%	91%	94%
ユークリッド距離	100%	89%	97%	94%
(oracle)	100%	94%	100%	97%

(4) 研究方法 (2)⑦による ERD 検出実験の結果、4 名の被験者のうち 2 名ではわずかに検出率が向上し、トレーニングの効果を確認す

ることができたが、残り2名は変化がなかった。最も良い成績を挙げた被験者では、最大で約82%の検出率を得ることができた(図4)。しかし、スキャン文字盤による文章入力に直接応用可能なほどの安定した精度を得ることはできなかった。

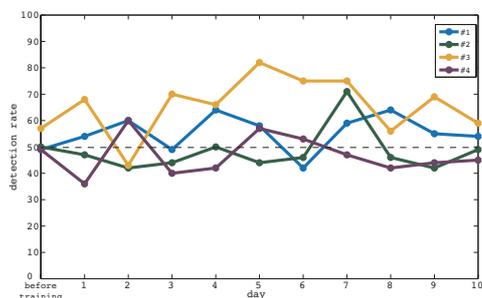


図 4: ERD 検出率におけるトレーニングの効果

(5) 3年間の研究期間を通じ、脳波計、タスク、分析方法などのあらゆる角度から多くのデータを収集することができた。それらの結果から総合的に結論すると、簡易脳波計を利用して、体を一切動かすことなく文字入力を行うことは、現時点では困難であると言わざるを得ない。すなわち、本研究の当初の目標は達成できなかった。

しかしながら、本研究を通じて生み出された要素技術は、脳波にとどまらない、あらゆる種類の生体信号の計測に基づくヒューマン・コンピュータ・インタフェースに应用可能である。特に、独立成分分析を用いてよりクリーンな生体信号を得る場合に、分布間距離を利用して信号源を選択する手法の開発は重要な成果であり、今後は他の生体信号においても有効性が明らかになることが期待される。

## 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1件)

① Hiroki Mori, An accelerated scanning communication system with adaptive automatic error correction mechanism, ASSETS '14 Proceedings of the 16<sup>th</sup> International ACM SIGACCESS conference on Computers & accessibility, 査読有, 2014, 233-234. DOI: 10.1145/2661334.2661393

[学会発表] (計3件)

①寺島 匠, 脳波インタフェースのための独立成分分析に基づく信号強調, 平成26年度電気学会東京支部学生研究発表会, 2014年9月1日, 工学院大学新宿キャンパス.

②畑 諒輔, 森 大毅, 簡易脳波計を利用し

た文字走査入力の検討, 第13回情報科学技術フォーラム, 2014年9月4日, 筑波大学筑波キャンパス.

③寺島 匠, 森 大毅, 脳波を利用した文字走査入力システムにおける独立成分分析の効果, HCG シンポジウム 2014, 2014年12月19日, 海峡メッセ下関.

[図書] (計0件)

[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:

取得年月日:

国内外の別:

[その他]

ホームページ等

<https://www.facebook.com/657471991058165/>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

森 大毅 (MORI, Hiroki)

宇都宮大学・大学院工学研究科・准教授

研究者番号: 10302184

### (2) 研究分担者

( )

研究者番号:

### (3) 連携研究者

( )

研究者番号: