

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 27 年 5 月 29 日現在

機関番号：12608

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24500163

研究課題名(和文) 念じた文字を出力できるブレイン・コンピュータ・インタフェースの開発

研究課題名(英文) Development of brain-computer interface for input characters in mind

## 研究代表者

吉村 奈津江 (Yoshimura, Natsue)

東京工業大学・精密工学研究所・准教授

研究者番号：00581315

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,000,000円

研究成果の概要(和文)：非侵襲の脳活動計測法(脳波および機能的核磁気共鳴画像法(fMRI))を用いて、ヒトが任意の文字を思い浮かべるだけで文字の画面入力や音声出力ができるようにするための基礎研究を実施した。ヒトが日本語の母音をイメージした際の脳波およびfMRIデータを取得し、得られた信号から脳波の皮質信号源信号を推定することで、脳波そのものを用いるよりも高い精度で何の文字をイメージしたかを判別できる可能性を示した。

研究成果の概要(英文)：Brain-computer interface (BCI) has been attracted attentions as a communication tool for persons who cannot speak or move their hands to use a computer. To make BCIs more effective and useful, extracting of functional information from brain signals is key technology. In this study, we measured electroencephalography (EEG) signals and functional magnetic resonance imaging data during imagination of Japanese vowels, and performed vowel classification. As a result, the classification accuracy was higher when EEG cortical current signals were estimated from EEG and fMRI and used as the features than when EEG signals themselves were used.

研究分野：生体信号処理

キーワード：脳活動信号計測 デコーディング

### 1. 研究開始当初の背景

人間の脳活動を脳波、MRI、脳磁図などの非侵襲的手法を用いて計測し、見ている文字は何か、どの身体部位を動かそうとしているかなどを計測データから読み取る研究が近年盛んに行われている。これらの研究目的は主に脳機能の解明とBrain Computer Interface (BCI) の構築に分けられる。このうちBCIで利用される脳波は、誘発式(感覚刺激により誘発された脳波を利用するもの)と自発式(何らかの想起により変化した脳波を利用するもの)に分類することができるが、対話支援を目的としたBCIには誘発式が利用されており、自発式は難易度が高く精度が低いため対話支援用には実用化されていない。

### 2. 研究の目的

そこで本研究では、自発式の脳波を用いた対話支援用 BCI 実現のための基盤構築を目的とする(図1)。人間が頭に思い浮かべた任意の50音の文字を脳波から読み取り、コンピュータを介して活字あるいは音声として出力することができれば、例えば発話が困難な患者とその介護者との対話支援が実現するだけでなく、健常者に対しても発話が困難な環境下(水中、火災、放射線、宇宙環境などでの防護マスク着用時など)における対話支援ツールを提供できると考えられる。本研究のように脳波から皮質信号を推定して任意の文字を入力あるいは音声出力可能なBCIは未だ存在せず、これが実現すれば発話ができない患者のQuality of Life (QOL)が大幅に向上することが期待される。

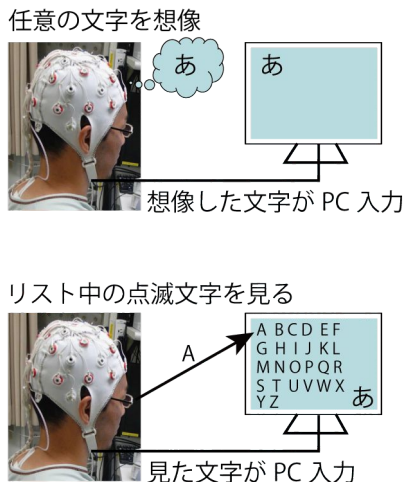


図1. 自発式(上)と誘発式(下)

### 3. 研究の方法

頭に思い浮かべた文字をテキストあるいは音声として出力できる自発式のBCIがまだ存在しない原因の一つとして、脳波の情報(空間)分解能の低さが挙げられる。脳波は頭皮上の電極で記録するため、皮質内の多数の電流源が発生している信号の合成波と考えられる。従って異なる脳活動を反映している多数の皮質信号が1つの脳波に含まれることになるため、脳波は情報分解能が低い性質を有することがわかる。

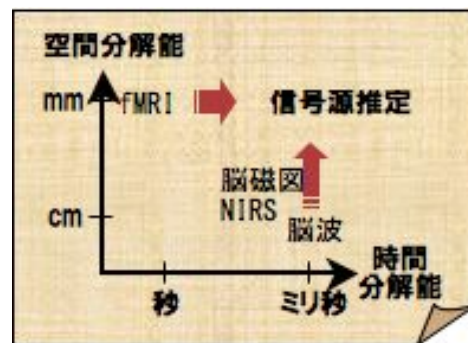


図2. 脳波の空間分解能と信号源推定

そこで本研究では脳波の低い情報分解能を補うために、空間分解能の高い機能的核磁気共鳴画像法(fMRI)を補足的に用いて脳波から皮質信号源の推定を試みる(図2)。具体的には階層的変分ベイズ推定法を用いるが、この手法はこれまでに、身体部位レベルに限らず筋肉レベルの情報も脳波から読み取れる可能性を示した実績のある手法である

(Yoshimura et al., Neuroimage, 2012)。この成果は、皮質信号の推定によってより詳細な脳活動情報を読み取れる可能性を示唆するものである。そこでこの技術を応用し、日本語の母音や子音を頭の中でイメージした時と何もイメージしない時の脳波から、何の音をイメージしているか、あるいは何もイメージしていないのかを判別できるかどうかの検討を行った。

本研究における研究計画は以下の4点といえる。

- (1) 母音判別率の比較を通して、最も効果的なイメージ法(音、口の動き、文字の形など)を明らかにする。
- (2) 皮質信号を用いることで脳波よりも母音や子音の判別精度が高くなるかを確認する。

(3) 推定した皮質信号全てを利用して判別を行うと非効率なため、判別に必要な領域の皮質信号に限定して判別が行える可能性を調べる。

(4) 母音と子音に特有の舌や唇の動きを利用して、子音も含めて判別が行える可能性を検討する。

#### 4. 研究成果

本研究で利用しようとする脳活動データは脳波と fMRI データから推定した脳皮質信号であるため、まず平成 24 年度では fMRI データを用いて母音の判別率が高くなるイメージ方法の検討(計画(1))を行った。

イメージの方法としては、自分や他人の音声を想像する、文字の形を想像するなどが挙げられるが、いずれのイメージ方法においても fMRI データ解析から得られた脳の活動部位に母音の違いが顕著に表れるという傾向は認められなかった。そこで、母音の違いそのものが fMRI データから高い確率で判別できるかどうかを確認するために、被験者に母音を聴かせた時の脳活動データを計測し、物理的な音声信号の違いを脳活動データから判別できるかどうかを検討した。

母音を聴かせた際に活動する脳の領域を調べたところ、母音をイメージしただけでは活動しなかった脳の聴覚野が顕著に活動していることが確認された。そこで、音を聴かせて被験者自身もイメージした際の脳活動情報を用いることで、イメージしただけの場合よりも判別の可能性が向上すると考えた。

実用化を想定した場合、音を聴かせることの必要性は、通常であれば実用的でない要素である。しかし、本研究で用いる手法では fMRI データを補足的に用いて脳波から推定した脳皮質信号を用いており、fMRI データは予め取得したデータを用いることから、イメージしている時の脳波データを用いることで母音判別の可能性があると考えられた。

これらの結果を踏まえて平成 25 年度では、脳波データから推定した脳皮質信号を用いて母音判別が行える可能性について検討した(計画(2))。前年度と同様に、母音を聴かせて被験者自身がイメージした際の脳波を計測し、同様の条件で撮像した fMRI データを補足的に用いて皮質信号を推定した。2 種の母音についてその判別率を調べた結果、脳

波そのものを用いて判別するよりも、皮質信号を用いた方が有意に高い判別率となることが確認された。この成果の一部は研究会にて発表を行った。

平成 26 年度では計画(3)に基づき、判別に係る条件の最適化検討を実施した。脳皮質信号の推定には主に 2 種類のパラメータが存在する。1 つめのパラメータは補足的に用いている fMRI データである。言語タスク中の脳の活動領域を統計解析により特定する際に、どの程度の閾値を設定するか、どのような比較により得られた領域を皮質信号推定に用いるかを調整することができる。2 つめのパラメータは、補足的に用いる fMRI データをどの程度重視して皮質信号推定を行うかを決定するものである。1 つめのパラメータについては、被験者ごとに最適な閾値は異なっていたが、高精度となる信号源の数には類似した傾向が確認された。さらに、本研究では将来的な汎用性を考慮した検討を行った。fMRI をできる限り使わなくても高い精度を得ることを目指し、1 つめのパラメータについては過去に得られた複数の被験者のデータから得られた活動領域を用いる手法をとり、2 つめのパラメータについては、fMRI データにあまり重みを置かない条件を選定した。その結果、被験者ごとに最適化したパラメータよりは若干精度は低くなったものの、依然として脳波そのものを用いるよりは高い精度となることが確認された。また、計画(4)については、母音と子音の判別可能性を検討すべく、fMRI データの取得を行った。

#### 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. N. Yoshimura, K. Jimura, C. S. DaSalla, D. Shin, H. Kambara, T. Hanakawa, Y. Koike, “Dissociable neural representation of wrist motor coordinate frames in human motor cortices,” *Neuroimage*, 査読有, 97, pp. 53-61, 2014.

〔学会発表〕(計 7 件)

1. N. Yoshimura, A. Nishimoto, A.N.

- Belkacem, H. Kambara, D. Shin, T. Hanakawa, Y. Koike, "Parameter tuning of EEG cortical currents for vowel imagery decoding," presented at Neuroscience 2014, 2014.
2. 奥下竜太郎, 吉村奈津江, 神原裕行, 辛徳, ベルカセム アブデルカデル ナサルディン, 小池康晴, "脳波を用いた手指の動作識別", 電子情報通信学会 MBE/NC 研究会, 信学技報, 114(326), 2014, pp.1-6.
  3. 古賀理, 吉村奈津江, Belkacem Abdelkader Nasreddine, 辛徳, 神原裕行, 小池康晴, "脳波を用いた感性の定量化と応用に関する基礎検討", 電子情報通信学会 MBE/NC 研究会, 信学技報, 114(326), 2014, pp.27-31.
  4. A. Nishimoto, N. Yoshimura, A. Belkacem, K. Jimura, D. Shin, H. Kambara, T. Hanakawa, Y. Koike, "Classifying speech imagery of Japanese vowels using EEG cortical currents," presented at SNR2014, 2014.
  5. 吉村奈津江, DaSalla CS, 地村弘二, 花川隆, 小池康晴, "fMRI を用いたヒトの手首随意運動における内部・外部座標系の脳内表象," Neuro2013, 2013.
  6. 西元淳, 吉村奈津江, 地村弘二, 神原裕行, 辛徳, 花川隆, 小池康晴, "脳活動信号を用いた音声識別," 電子情報通信学会ニューロコンピューティング(NC)研究会, 2013.
  7. N. Yoshimura, C. S. DaSalla, T. Kawase, H. Kambara, T. Hanakawa, M. A. Sato, and Y. Koike, "Controlling a robot using muscle activity signals reconstructed from electroencephalography cortical currents," presented at SfN2012, 2012.

〔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:  
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

## 6. 研究組織

### (1)研究代表者

吉村 奈津江 (YOSHIMURA NATSUE)  
東京工業大学・精密工学研究所・准教授  
研究者番号: 00581315

### (2)研究分担者

( )

研究者番号:

### (3)連携研究者

ダサーラ・チャールズ・サヨ  
(DASALLA CHARLES SAYO)  
東京工業大学・国際部国際事業課・教育研究支援員  
研究者番号: 20602684

赤間 啓之  
(AKAMA HIROYUKI)  
東京工業大学・社会理工学研究科・准教授  
研究者番号: 60242301