

令和 2 年 7 月 15 日現在

機関番号：32809

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2019

課題番号：16K10801

研究課題名(和文) 視覚応答を利用したコミュニケーション支援BMIの開発

研究課題名(英文) Communication support Brain Machine Interface using visual response

研究代表者

松尾 健 (Matsuo, Takeshi)

東京医療保健大学・医療保健学部・講師

研究者番号：10733941

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：Brain Machine Interface(BMI)は失われた身体機能を補完する手段として注目されている。本研究では言語・動作を用いずに直接的に意思を表出できるコミュニケーション支援BMIの開発可能性につき検討を行った。決められた数の物体や景色の中から一つを頭の中でイメージし、直後(0-750ms)の皮質脳波を解析・復号化を行い、それぞれに関連付けられた文字をモニター上に表示する方式とした。物体や景色をイメージしたときの脳活動は61.6% (chance level 20%)の確率で判別可能であり、データの増量、解析手法の改良により実用化を目指す手法と考えられる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究ではコミュニケーション支援BMIの開発可能性につき検討を行った。脳卒中後や筋萎縮性即索硬化症(ALS)、閉じ込め症候群(Locked-in syndrome)のように意識はあるにもかかわらず言語や動作による意思表示が困難な患者にとって他者との円滑なコミュニケーションは切なる願いのひとつである。本研究では頭のなかで物体や景色を思い浮かべた時の脳活動を解析し、コンピューターを介してモニター上に文字や単語を表示することによりコミュニケーションがとれるBMIの実現可能性を示すことができた。将来的には実患者への応用を視野に研究を継続する予定である。

研究成果の概要(英文)：Brain Machine Interface (BMI) is expected way to complement the physical disability. In this study, we examined the feasibility of communication support BMI which can express their own will directly without using language or body movement. Just after imagining one from certain number of objects and sceneries, electrocorticography between 0 to 750 ms was analyzed and decoded. Then the character related to each object or scenery was presented on the monitor. Brain activity during imagining was distinguishable with a correct answer rate of 61.6% (chance level 20%). The result suggested that our methodology could become practical use by increasing the amount of data and improvement of an analysis method.

研究分野：Neuroscience

キーワード：Brain Machine Interface communication assist Electrocoigraphy Human ALS Locked-in syndrome Visual response

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。

## 1. 研究開始当初の背景

失われた身体機能を補完する手段として期待されている Brain Machine Interface (BMI) は脳活動から意思や動作意向を読み解き、コンピュータを介して外部に出力するものである。運動支援型 BMI の開発は一部実用化も果たしているがコミュニケーション支援型 BMI については実験レベルに留まっている。ALS (筋萎縮性側索硬化症) や Locked-in syndrome (閉じ込め症候群) など、言語や動作による意思表示が困難な患者はリアルタイムに他者とコミュニケーションをとることを切望している。現在、意思伝達ツールとして用いられているものは眼球運動を感知してマウスカーソルを動かし、モニタ上のキーボードを操作するといった、操作に時間を要する煩雑なものである。思い浮かべるだけで文章が書け、意思を伝えることができるような想起型 BMI の開発は積極的に取り組むべき分野の一つと考えた。

顔や文字、模様といった視覚情報の認知には高次視覚野である側頭葉腹側面や下部側頭葉などが重要な役割を果たしていることが示されており、符号化の詳細もあきらかになってきていることから、視覚認知応答を BMI に利用できる可能性は十分あると考えられた。さらに、視覚認知時と想起時の両方で同様に活動する単一ニューロンの存在が示されている。これは視覚認知と視覚想起で同様の神経機構が働いていることを示唆するものであり、視覚想起時の脳活動を復号化する足がかりになると考えた。本研究では視覚想起時の脳活動を利用して、イメージした視覚情報 (物体や風景など) とその頭文字を関連付けることで、意思を具象化する BMI の開発を目指した。

## 2. 研究の目的

疾病により発声や動作での意思表示が困難な患者が言語による意思表示を可能にするために、物体イメージを文字と関連付けし、物体イメージの想起を繰り返すことにより文章を作成するというコミュニケーション支援型 BMI を開発することを目的とした。

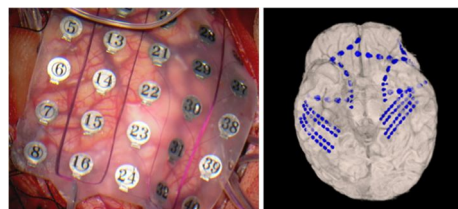
## 3. 研究の方法

### (1) 対象

NTT 東日本関東病院脳神経外科および都立神経病院脳神経外科において、薬剤抵抗性の難治性てんかんに対する外科治療を前提とし慢性頭蓋内電極による焦点診断を行う患者を対象とし、5名の患者で皮質脳波の計測を行った。

### (2) 頭蓋内電極の留置

頭皮脳波、MRI、核医学検査等の結果に基づき、臨床的必要性に応じて電極の留置部位を決定し、一患者あたり 132 - 254 チャンネルのグリッド電極または刺入型深部電極を留置した。本研究は脳の視覚応答および物体



の想起時の脳活動を利用するため、側頭葉底面の高次視覚野および海馬、前頭前野には、高い空間解像度で脳活動を計測できる高密度電極を使用した。

### (3) 視覚刺激

視覚刺激には馴染みがあり想起しやすい物体、風景を5種類選択し(右図)頭文字である「B」、「R」、「A」、「I」、「N」を表出できるようにした。想起時には、実際の視覚刺激と全く同じものを鮮明に想起できるとは限らないため、5個のexemplarを用意するとともに、モザイクとガウスノイズを加えた不鮮明画像をそれぞれ2種類作成し、合計125枚の画像を用意した。復号器に汎化性能を持たせた。



### (4) データ計測と解析

皮質脳波は臨床使用の脳波計を用いてサンプリング周波数2KHzで記録しオフラインで解析を行った。

#### 特徴量の抽出

前述した視覚刺激をPCモニタ上に呈示し、記録した皮質脳波(事象関連脳電位)は各チャンネルで単電位または加算電位として解析した。特徴量として50ms毎のTheta-high gamma帯域の各パワー、電極間coherenceを画像提示0msから750msまで算出した。Primary component analysis (PCA)を用いて特徴量の次元削減を行い計算時間を短縮した。

#### 復号器の作成

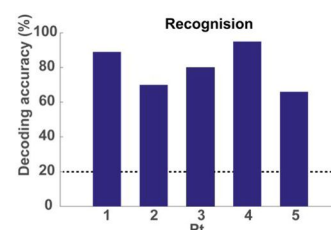
皮質脳波から抽出した特徴量をもとに復号器を作成した。SVM (Support Vector Machine) と SLR (Sparse Logistic Regression) 双方を比較したところ、SLRのほうが良好な成績が得られたためこちらを採用した。

#### 視覚認知時および想起時の脳活動の復号化

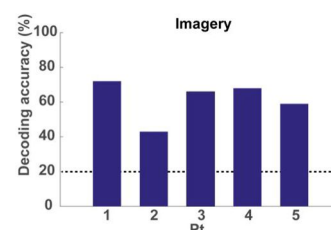
視覚認知時の脳活動から作成した復号器を用いて、視覚認知時および想起時の脳活動の復号化を行った。

## 4. 研究成果

(1) 実際に対象を見たとき、すなわち視覚認知時の脳活動からどれほどの確率で視覚対象を復号化できるかを計算したところ、66-95% (chance level 20%)、 $80.0 \pm 12.3\%$  (mean  $\pm$  SD) の正答率であった。



(2) 視覚認知時の脳活動から作成した復号器を用いて視覚想起時の脳活動が復号化し得るかどうかを計算したところ、43-72% (chance level 20%)、 $61.6 \pm 11.4\%$  (mean  $\pm$  SD) の正答率であった。



本研究では視覚認知ならびに視覚想起時の脳活動がコミュニケーション支援型 BMI に活用できないかを検討し、将来的には思い浮かべるだけで意思を表出できるシステムの構築を目指した。視覚認知時の復号化率 80.0%に対し、視覚想起時の復号化率は 61.6%とやや劣る結果ではあったが、復号器の作成に視覚認知時のデータのみを使ったにもかかわらず chance level を大きく超える 61.6%の確率で視覚想起時のデータが復号化できたことは、視覚認知と視覚想起で一部オーバーラップした神経活動が働いていることを裏付けるものと考えられる。

ところで、本研究で使用したパラダイムでは視覚想起時には短期記憶を担う海馬ならびに前頭前野の活動も上昇していると考えられる。復号器作成時に使用したデータは視覚認知時のものであり、短期記憶中枢の脳活動は復号化率には大きくは影響していないと想定される。復号器の作成時に視覚認知時データに加え、視覚想起時のデータを加えることで理論的には復号化率の上昇が見込まれるが、今回得られたデータで試行した際には有意な成績向上は認められなかった。被検者であるてんかん患者は側頭葉てんかんの患者が占める割合が大きく、高次視覚野はカバーされていても短期記憶中枢には電極が留置されていない患者もいたことが原因の一つと考えた。

BMI の実用化にあたっては 70-80%の復号化率が求められる。本研究の特性として被検者がてんかん患者であることから、計測に充てられる時間や繰り返し試行数が限られている、電極留置部位や電極数が任意に決められない、などの制限がある。しかし、言語は人のみに与えられた高次の能力であり、動物実験での検証は難しい。そのような制約のなかで復号化率をさらに高められる可能性として、Decoded Neurofeedback (DecNef)による脳の tuning、AI による復号器の精度向上などが考えられる。これらの手法により 80%を超える復号化率が確保されれば、本研究は障害者支援機器としての BMI 開発に直接的に応用できる可能性を有していると考えられる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 松尾 健
2. 発表標題 物体想起によるコミュニケーション支援BMIの開発
3. 学会等名 日本脳神経外科学会 第78回学術総会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 松尾 健
2. 発表標題 Expression of intention using brain activity during object recalling
3. 学会等名 第20回 脳と心のメカニズム 冬のワークショップ
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	川合 謙介  (Kawai Kensuke)  (70260924)	自治医科大学・医学部・教授    (32202)	