

平成 29 年 8 月 15 日現在

機関番号：82611

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2016

課題番号：26730081

研究課題名(和文) 物体認識を操作する書込み型ブレインマシンインターフェースの確立

研究課題名(英文) An initial attempt toward brain-machine interface development for manipulatable object recognition

研究代表者

大橋 一徳 (O'Hashi, Kazunori)

国立研究開発法人国立精神・神経医療研究センター・神経研究所 疾病研究第三部・流動研究員

研究者番号：90617458

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円

研究成果の概要(和文)： 高次脳領野に任意の情報を送り込む書込み型ブレインマシンインターフェース技術を確立するため、本研究では下側頭葉における基本情報単位であるコラム構造を強制的に活動させ、動物の物体認識を人為的に発生させることを試みた。動物の物体認識を確認する手段として遅延応答課題を動物に課し、コラム構造を強制活動させる手段として電気刺激を用いた。その結果、視覚刺激を提示する代わりにその刺激に選択性をもつコラム構造を電気刺激することによって遅延応答課題を遂行させることに成功した。

研究成果の概要(英文)： To develop a brain-machine interface system, which enables to send artificial information to higher brain areas, in this study we attempted to manipulate columnar neural activities of monkey inferior temporal cortex encoding visual object information. As a tool to manipulate neural activities, electrical microstimulation was adopted to activate specific object columns forcibly. As a result, we succeeded to make the animal percept electrically-created-visual objects that were virtually non-existent during delayed matching to sample test.

研究分野：システム神経科学

キーワード：ブレインマシンインターフェース 物体認識

1. 研究開始当初の背景

病気の後遺症、事故あるいは加齢により体に障害を抱えている人は数百万人以上いるといわれている。障害により失われた機能を代償する方法として、ブレインマシンインターフェース(BMI)とよばれる技術がここ数年注目を浴びている。BMIは視覚、聴覚、触覚を代表とする感覚器に対する外界からの入力や、注意、記憶などの精神活動によって引き起こされる脳内の神経活動に伴う信号を捉えてヒトの意図など意味ある「情報を読み出す」側面と、直接脳を刺激することによってヒトに「任意の情報を書込む」という2つの側面を持った技術である。近年では、ヒトが見た映像の一部を神経活動から推測、あるいは部分的な視力回復に成功している。しかしながら、現在のBMIは情報の読み出しに関して目覚ましい進歩を遂げているが、書込みは技術面で十分確立されておらず、特に、認識、注意、記憶といった高次脳機能の代償に際して現行のBMIを直接利用できるかについては議論の余地がある。

2. 研究の目的

高次脳機能に関わる脳領域における情報表現は未だ未解明な点が多く、多くの領域では情報の基本単位にアクセスすることすら困難である。しかしながら、下側頭葉は高次領域でありながら、物体情報を神経細胞集団単位(コラム)の活動の組合せとして表現しているという希有な性質を持っている(図2左)。本研究では下側頭葉における基本情報単位であるコラム構造を直接電気刺激することによって強制的に活動させ、動物の物体認識を人為的に発生させることを試みる。この過程を通じて高次脳領域に任意の情報を直接送り込む書込み型ブレインマシンインターフェース技術を確立することを目的としている。

3. 研究の方法

物体認識を確認する手段として遅延応答課題を利用するため、記憶課題の正答率が80%

を越えるまで動物を訓練した。この訓練過程で注視、注意課題も正答率80%以上で実行出来る様になった。訓練完了後、研究に使用する一部の視覚刺激セットに対する下側頭葉コラム構造を内因性光学計測法によって麻酔下の動物から可視化、同定した。次に覚醒下において、このコラム構造の刺激選択性を視覚刺激に対する皮質浅層から深層に渡る神経活動を利用して決定した。電気刺激条件における遅延応答課題は、課題のテスト(post)、ターゲット(pre)、両方(Estim)時に視覚刺激を呈示する代わりに、その刺激に対して選択性をもつコラム構造を電気刺激することによって実行した。3種の電気刺激条件は通常遅延応答課題(Object)遂行中ランダムに現れる様に設定した(図1)。

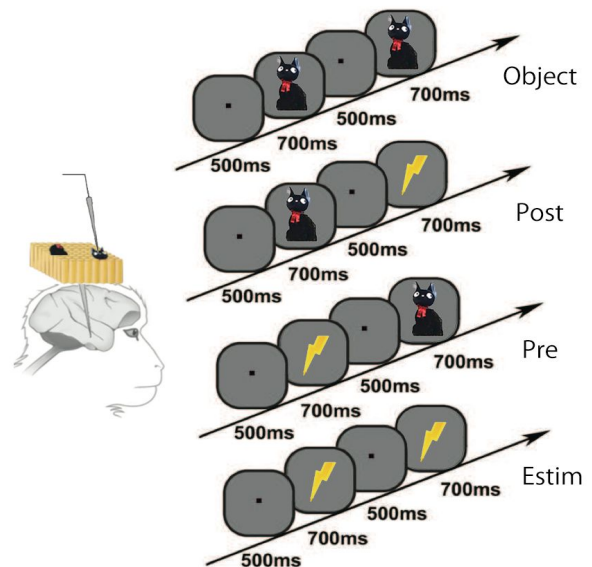


図1: 遅延応答課題における電気刺激条件

Object: ターゲットとテスト共に視覚刺激
 Post: ターゲットが視覚刺激、テストが電気刺激
 Pre: ターゲットが電気刺激、テストが視覚刺激
 Estim: ターゲットとテスト共に電気刺激
 電気刺激は視覚刺激をコードするコラムに対して行われる。Object時は複数種類の視覚刺激が呈示され、かつ単なる注視課題も含んでいる。

4. 研究成果

下側頭葉物体コラム構造の視覚刺激に対する皮質浅層から深層に渡る神経応答の詳細は各層で異なっているが、全層に共通した反応特性が存在しており、覚醒時においてもコラムという単位で見れば反応性が類似していることが

分かった。一方、各神経細胞は全く同じ刺激が与えられたとしても、特定の物体に注意を向けるといった、その時の脳状態によって活動を変化させることも明らかとなった。細胞のこの性質がコラム構造に反映された場合、コラム刺激選択性が脳状態に依存して変化することとなり、電気刺激方法も状態依存的に調整する必要がある。そこで、脳状態として、注視状態、注意状態、記憶状態の3状態におけるコラム神経活動を主成分分析によって解析したところ、コラムの神経活動には状態依存性および非依存性の二成分が混在していることが明らかとなった。しかし、コラム反応の主要成分は状態非依存性成分であることから、コラム構造の刺激選択性の大部分は脳状態に大きく依存せず、共通のコラム構造が維持されていることが示唆された。

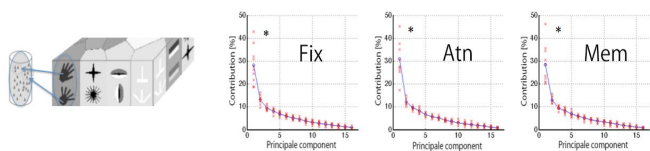


図2：物体コラム構造の模式図と各脳状態におけるコラム構造反応

下側頭葉において物体情報はコラム構造として表現されている(左)。コラム構造刺激選択性の主要成分は他成分より有意に大きく、かつ脳状態に依存しない(右)。

この結果を踏まえ、次に物体コラム構造を視覚刺激によってではなく、電気刺激を用いて強制的に活動させ、任意の物体情報を動物に認識させることを試みた。電気刺激は物体注視および遅延応答課題(Object)を混在させた行動タスクの遅延応答課題時にのみランダムに行った。刺激は最適物体刺激の同定されたコラム構造に対して印加され、ターゲット呈示期間(Post)、テスト呈示期間(Pre)、両期間(Estim)の3種の刺激条件に対する動物の応答が計測された。刺激に対する動物の応答は刺激コラムによっては無反応の場合も存在したが、半数以上のコラムで動物の反応が得られた。動物の反応は刺激コラムに依

存したが、テスト呈示期間(Pre)あるいは両期間(Estim)にのみ反応するコラムは存在しなかった(図3右)。正答率に関しては通常の遅延応答課題(Object)と全ての電気刺激条件(Post, Pre, Estim)の間で有意な差がみられたが、電気刺激条件間の正答率に有意な差は無かった(図3左)。一方、電気刺激を最適物体刺激以外の視覚刺激と組み合わせると動物は全く反応しなくなった。

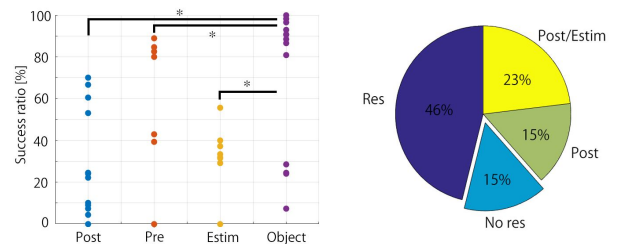


図3：物体コラム電気刺激に対する応答

各電気刺激条件と通常遅延応答課題の正答率の分布(左)。*: $p < 0.05$ (Wilcoxon rank-sum test with Bonferroni correction) コラム構造電気刺激に対する反応の内訳(右)。

以上の結果は、電気刺激を用いて人為的に物体コラム構造を活動させることによって、動物に物体情報を送り込むという本研究の目的に適うものであるが、3種の刺激条件で動物の応答が異なっている場合が存在する、など、現状の電気刺激法では動物の応答が刺激コラムに依存するという問題点も同時に指摘するものとなった。また、電気刺激を遅延応答課題に混在させると通常正答率80%以上から大幅な低下を示す場合もあり、動物に何らかの混乱が生じることも判明した。

下側頭葉において物体像情報は複数のコラム活動の組み合わせによって表現されていると考えられているが、本研究で活性化したコラム構造は一箇所であった。それゆえ、動物に認識された物体像はこちらが意図したものの一部を反映する別の物体像であった可能性が考えられ、その結果、動物の応答が安定しないという問題が発生したと思われる。

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)

O'Hashi K, Fekete T, Deneux T, Hildeschim R, Leeuwen C, Grinvald A:
“ Interhemispheric synchrony of spontaneous cortical states at the cortical column level ” Cerebral Cortex 1-14 (2017) (査読あり)

〔学会発表〕(計 1 件)

大橋一徳, 内田 豪, 小原 慶太郎, 谷藤学: “ 高次視覚空間における物体像の状態依存的ふるまい ” スパースモデリングの深化と高次データ駆動科学の創成公開シンポジウム, 神戸, 3月7日(2016)

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

取得状況(計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1)研究代表者

大橋 一徳 (O'Hashi Kazunori)

国立研究開発法人国立精神・神経医療研究センター・神経研究所・疾病研究第三部・流動研究員

研究者番号：90617458