

## 課題B「ブレイン・マシン・インターフェース(BMI)の開発」

### 日本の特長を活かしたBMIの統合的研究開発

#### 1) 研究課題名

「連合野1ミリ領域の平均神経活動が表す物体カテゴリー関連情報」

#### 2) 研究代表機関名 / 研究代表者名

独立行政法人理化学研究所 認知機能表現研究チーム 田中 啓治

#### 3) 目的

下側頭葉皮質の0.5~1ミリ程度の局所領域を単位として表現できる情報の内容を決めるために、サル下側頭葉皮質の局所領域の平均神経活動により表現される物体カテゴリーに関する情報を決める。サル下側頭葉皮質の個々の神経細胞が中程度に複雑な図形特徴に反応することはかなり確立されたが、下側頭葉皮質のコラムが中程度に複雑な図形特徴の表現に留まっているかどうかはまだ確立されていない。サルの下側頭葉皮質の0.5~1ミリ程度の局所領域から慢性留置電極で多くの細胞の活動を記録し、局所領域の細胞集団の刺激選択性の類似性が図形特徴のレベルだけにあるのか、これを越えて物体カテゴリーのレベルでの類似性に及んでいるのかを決める。この研究の結果は、0.5~1ミリ程度の局所領域を単位として行われるヒトでの情報読み取りおよび電気刺激による知覚補綴の方法開発に指針を与える。

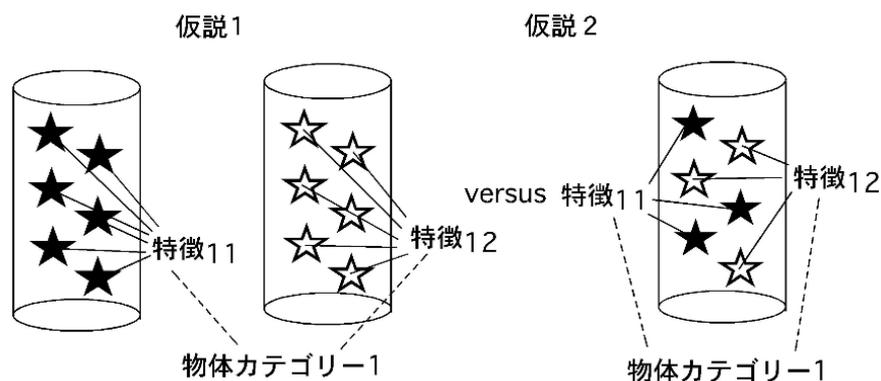
#### 4) 概要

ヒトおよびサルの下側頭葉皮質は視覚的物体識別および視覚的物体認識にとって必須の脳領域であり、この領域には物体視覚像の効率的表現がある。視覚障害者の物体認識補綴のためにはこの領域に構造化した刺激を与えることが有効と思われる。有効な刺激法を考えるためには先ずはこの領域における情報の表現法を知らなければならない。サルの下側頭葉皮質から微小電極で記録された多数の神経細胞の活動空間パターンから物体カテゴリーの情報が抽出(または解読)できることが示された。多くの物体カテゴリーでは、特定のカテゴリーに属する物体は共通の視覚的特徴を持つことが多い。ただし、ひとつの特徴の有無でカテゴリー境界が定義できるわけではなく、カテゴリーと統計的に結びついた多くの特徴の組み合わせが必要である。これらは我々の物体カテゴリー(特に生物のカテゴリー)の特徴で、カテゴリー一般に共通する特徴ではない。このような我々の物体カテゴリーが持つ特徴からすると、個々には物理的によく定義される中程度に複雑な図形特徴に反応する細胞が、たくさん集まることにより、物体カテゴリーの情報が表現されることは不思議ではない。さて、活動の空間パターンから情報が解読できることは良報であるが、有効な刺激法の開発に進むためには、情報解読を可能にしている原理を明らかにする必要がある。

補綴法開発へ向けての情報解読原理解明の鍵は、0.5~1ミリ程度の局所領域に表される情報の内容の解明にある。同一の神経細胞の活動を数週間を越えて記録し続けることは、慢性埋め込み電極を用いてもできない。多数の細胞のスパイク活動(いわゆるマルチユニット)または局所電場電位を記録するか、あるいは単一細胞活動の特徴の中で隣り合った神経細胞に共通する要素を抽出するしかない。また、電気刺激で安定に継続できる刺激の単位は細胞集団である。一方、動物

での実験結果は、似た性質の細胞が皮質表面に垂直な方向に伸びたコラム状の局所領域に固まって存在する機能構造が、大脳皮質に広く存在することを示してきた。コラムを単位としてかなりの情報が表現されている可能性がある。ひとつのコラムの皮質表面に添った広がりや0.5~1ミリである。本研究では、サルの下側頭葉皮質の0.5~1ミリ程度の大きさの局所領域が表している情報の内容を明らかにする。図形の物理的特徴から遠く、抽出が困難な高次の情報内容であるという意味で、物体カテゴリーに注目する。物体カテゴリーに関して得られた知見からは他の情報に関する表現法解明の良い手掛りが得られると期待する。

研究代表者（田中）は、サル下側頭葉皮質に中程度に複雑な図形特徴を表すコラム構造があることを、微小電極法（Fujitaら、1992）および光計測法（Wangら 1996; 1998）で示した。個々の下側頭葉皮質の神経細胞が中程度に複雑な図形特徴に反応することはかなり確立されたが（Kayaertら、2005）、下側頭葉皮質のコラムが中程度に複雑な図形特徴の表現に留まっているかどうかはまだ確立されていない。研究代表者の最近の研究（Kianiら、2007）では、多く（約700個）の下側頭葉皮質神経細胞の多く（約1000個）の物体像への反応のパターンから物体カテゴリーを再現できることを示した。この研究で得られた予備的データは、1ミリ以内に存在する神経細胞は図形特徴に関して似た選択性を持つ以上に、物体カテゴリーについても似た選択性を持つことを示唆している。例えば、細胞1はあるカテゴリーの物体像に現れやすい特徴1に反応し、近傍の細胞2は同じカテゴリーに関連する別の特徴2に反応する。この場合、ふたつの細胞の刺激選択性は特徴のレベルでは似ていないが、物体カテゴリーのレベルでは似ていることになる。サル下側頭葉皮質の局所領域は物体カテゴリーの表現に向かって組織されている可能性がある（仮説2）。しかし、この予備的データは限られた方法で得られたものであり、あくまで予備的なものである。0.5~1ミリ局所領域の活動が中程度に複雑な図形特徴の表現に留まる可能性も残っている。この場合は、物体カテゴリーは、異なる特徴を表す複数のコラムの活動の組み合わせで初めて、信頼性高く表現されることになる（仮説1）。



本研究では、慢性的に留置した微小電極を毎日少しずつ進めて局所領域内のなるべく多くの細胞の活動を記録し、これらの細胞の数百個の物体像からなる同一の刺激セットへの反応を記録して解析することにより、これらの細胞が物体カテゴリーのレベルで似た選択性を持つか、それとも中程度に複雑な図形特徴のレベルでの類似度に留まるかを定める。下側頭葉皮質は脳の腹側面にあり、複雑にカーブしているために、微小電極をコラムに添って進めることは難しい。そこで、初めは、コラム全体をカバーした細胞からの記録を集めることは狙わずに、2、3層内の細胞集団に限って記録を行う。この実験で肯定的な結果が得られたときは、コラムにそって微小電極を

進める技術を開発し、コラムに添って異なる層に広がった細胞集団の記録へ進む。

研究代表者の研究チームでは、1996年に4テスラのMRI装置を設置し、ヒトの後頭葉視覚野でのコラムレベルでの機能イメージングに取り組んできた。視覚野で培った高空間分解能イメージングの技術を使って、これからヒト下側頭葉皮質の0.5~1ミリ程度の局所領域の平均神経活動が持つ情報の決定を目指す予定である。サルでの本提案研究はこのヒトでの研究と相補的であり、両方でこれまでのサルとヒトでの研究結果の間にあった乖離を埋めることを目指す。

#### 5) 実施体制

理化学研究所脳科学総合研究センター・認知機能表現研究チーム

研究代表者 田中啓治：全体の総括、サルでの実験の総括

分担研究者 横尾征一郎：サルでの実験の実施