

サル線条体における対象選択の神経表現

Neuronal representation of object choice in the striatum of the monkey.
Nonomura, S., & Samejima, K. (2019). *Frontiers in Neuroscience*, 13, 1283.

この論文は、「対象の選択」という一見聞き慣れない言葉の脳内表現を実験的に示した論文です。私たちは日常的に意思決定を行なっています。特に価値に基づく意思決定は、過去の経験に基づいて未来の選択の結果を報酬予測（価値）として予期し、その比較によって合理的に意思決定を行います。これまでの研究では、具体的な運動（左右の眼球運動や、手の動き）の中から1つを選んで行動し、その後得られる報酬の確率や量を実験的に操作することによって、その時の脳内の表現と行動選択との対応関係を研究するものでした。大脳基底核はこの様な実験から行動の価値情報を持つことが知られています。しかし一方で、私たちはより抽象的な対象を選択することもできます。昼食を中華にするのかイタリアンにするのか、具体的なお店や位置を把握し行動に移す前に決めることができます。運動を行う前に、より抽象的なカテゴリに対して意思決定を行い、その計画目標に従って状況に合わせて柔軟な行動を行えるのです。将来の目標を定め行動を計画する脳内機構は、これまで前頭前野を含む大脳皮質が重要な役割を果たすことが示されてきました。しかし、この前頭前野からの神経投射を受ける大脳基底核の神経回路がどのような役割を果たすのかは未知のままです。そこで、私たちは対象の選択と運動の選択が時間的に分離するような課題を開発し、それをサルが実行している際の大脳基底核、特に線条体と呼ばれる大脳皮質からの入力部位の単一神経活動を記録し、その表現がどのように変化するか、検討しました。

画面上に2種類の図形を提示し、その1つを選択させる、というシンプルな課題です。ただし、選択をする方法は一度選択肢が消えたあと、一つずつ提示された時に反応する、という方法を用いました（図1）。さらに、反応の後に得られる報酬量は図形の形、または、色のどちらか一方に関連づけられます（そしてそれらは一定期間で切り替えられます）。つまりサルは選択肢の図形で、どの形（または色）が一番お得か（報酬がたくさん得られるのか）を選択することになります。線条体から電気生理学的な方法で単一の神経細胞の発火活動を記録したところ、細胞ごとに特定の「選択した色」や「選択した形」に強く反応することがわかりました。これは具体的

な運動を選択する前に、抽象的な「選択した対象」の情報表現が大脳基底核にあることを示しています。線条体には運動の選択に関わる神経細胞も見つかりましたが、そのニューロンたちと「対象の選択」に関わるニューロンたちは別々に存在していることもわかりました。このことは、将来しなければならない行動を計画的に実行するための抽象的な選択に関わる部分と、具体的に今選択しなければならない運動の選択に関わる部分が、大脳基底核の中に独立に存在することを示しています。大脳皮質と同様に大脳基底核にもこのような階層性が存在し、それぞれが大脳皮質と連絡を取りながら我々の柔軟な意思決定が実現されているのではないかと考えています。

（脳科学研究所 鮫島和行）

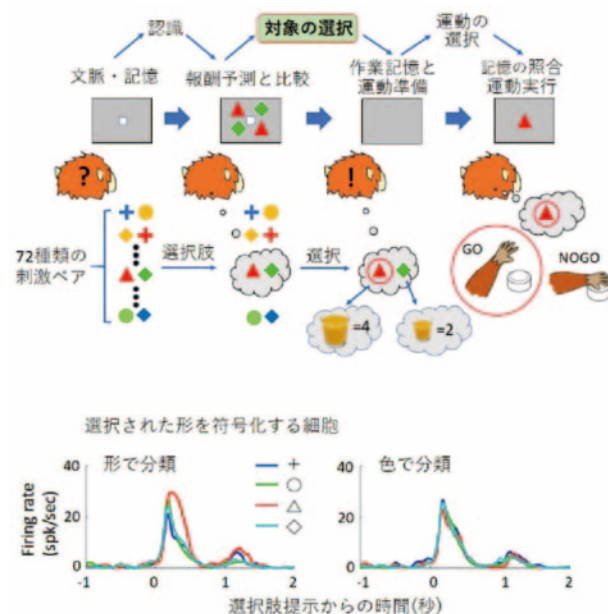


図1. 対象の選択と運動の選択を時間的に分離する課題。(上段) 72種類の刺激ペアの中から1つのペアが画面上に提示され、2つの刺激の報酬予測（この場合赤三角の報酬が緑ダイヤモンドの報酬より大きいので、その対象を選択する。その後赤三角が再び提示されたタイミングで運動を行なって、報酬を得る課題。(下段) 選択肢が提示された時のある神経細胞の活動。三角が選ばれる時のみ強い発火が見られる。色ごとに分類しても活動に違いはない。