

# 最近の技術から

## 扁桃体・海馬体の物体・場所・空間認知ニューロン

小野 武年・田村 了以

富山医科大学医学部第二生理学 〒930-01 富山市杉谷 2630

### 1. まえがき

ヒトや動物が環境状況に適応して臨機応変に行動するためには、環境内の事物や事象的確な認知が必要である。ある物体を認知する場合には、物理的な形状の知覚と、過去の記憶に基づく、いつ、どこで見たか、手触りはどうであったか、報酬（有益）か罰（有害）かなど数多くの関連事項の想起がなされる。その結果、もし見た物体が有益と認知すれば接近（快情動行動）して手に入れようし、有害と認知すれば逃避や攻撃（不快情動行動）を行って身の安全を図る。また、自己の居場所や自己と事物や事象との場所や空間的な位置関係などの認知も重要である。このような事物や事象、場所や空間の認知に大脳辺縁系（とくに扁桃体と海馬体）が重要な役割を果たしていることが示唆されている。本稿では、最近の筆者らの“物体と場所、さらには空間の認知に関与する扁桃体と海馬体の神経機構”に関するニューロンレベルの研究結果の一端を紹介する。

### 2. 扁桃体および海馬体ニューロンの 物体への応答性

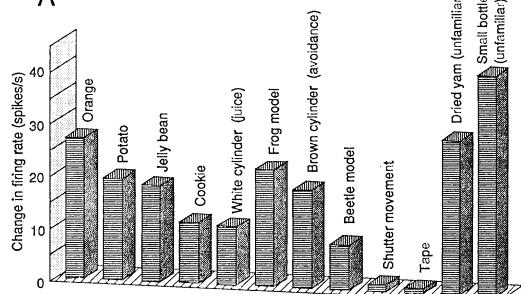
筆者らは、サルの扁桃体と海馬体からニューロン活動（インパルス放電）を記録し、報酬または嫌悪の意味をもつ種々の物体や音（感觉刺激）を呈示して認知期、レー押し期および報酬獲得（または嫌悪回避）期からなる認知行動の各期における応答様式を調べている。

扁桃体ニューロンの約半数が感觉刺激の呈示あるいは認知行動のいずれかの時期に応答した。その応答性から、i) 主に一種の感覺に応答する單一種感覺応答型、ii) 4種の感覺に応答する多種感覺応答型、およびiii) 特定の報酬または嫌悪の物体や音の一つだけに選択的に応答する選択応答型の3型に分類された。図1Aは、單一種視覚応答型ニューロンの典型的な応答例である。サルに報酬物体（オレンジ、ジャガイモ、ゼリービーン、クッキー、ジュースと連合した白色円柱など）を呈示すると、好きなものほど強く応答する（インパルス放電数

の増加が大きい）。同様に嫌悪物体（カエルのモデル、電気ショックと連合した茶色円柱、カブトムシのモデルなど）を呈示すると、恐怖反応の大きな物体ほど強く応答する。しかし、サルにとって見慣れた無意味な物体を呈示してもほとんど応答しない（テープ）。また、このニューロンは、見慣れない（未知）物体（干しイモや小豆）にも強く応答するが、その物体が食べられない、すなわち報酬や罰と関係のない、生物学的に意味がないことを学習すると、速やかに応答が減弱または消失する（慣れ、habituation）。これらのことから、このニューロンは新奇性も含めて物体の生物学的意味とその度合をコードする視覚専用型の価値評価ニューロンであると考えられる。

海馬体ニューロンは約 20% が物体呈示に応答し、そ

A



B

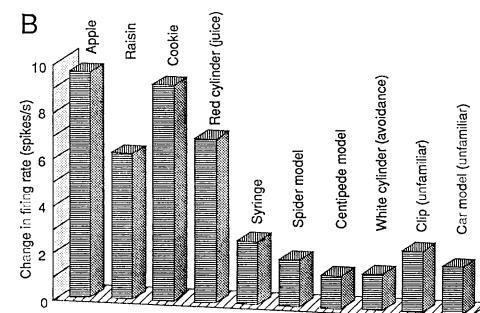


図 1 扁桃体單一種視覚応答型ニューロン(A)と海馬体報酬物体応答型ニューロン(B)の応答性  
A, B: 本文参照。ヒストグラム (A, B): 各刺激に対する平均インパルス放電数/秒から平均自発インパルス放電数/秒を差し引いたもの (平均応答強度)。

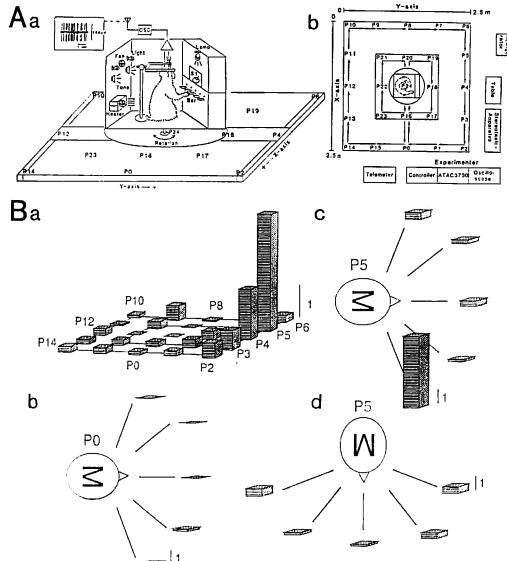


図 2 新しい実験法の模式図(A)と海馬体の方向選択性を示す場所ニューロンの応答性(B)

Aa: サル用の環境条件設定装置付き特殊自動車。特殊自動車により、サルは音や物体を手がかりとして前面パネルのレバーを押し、自動車を前後左右方向に運転して自己の居場所を変える。環境条件設定装置は、サルの居場所に合わせて自動車内外の条件を自動的に設定する。Ab: 実験室内でのサルによる自動車の運転経路の一例を示す模式図。サルの居場所は P 0-P 24 で区別。居場所は 1 行ごとにそれぞれ異なった番号で示してあり、居場所に到着することに報酬（リンゴなどの食物またはジュース）を獲得する。サルは通常、図中央に示すように +Y 方向を向いている。B: 本文参照。

の応答性から、i) 報酬物体に強く応答する報酬物体応答型、ii) 嫌悪物体に強く応答する嫌悪物体応答型、iii) 特定の物体または特定の範疇に属する物体に強く応答する選択応答型、および、iv) 未知物体に強く応答する未知物体応答型ニューロンの 4 型に分類された。図 1 B は報酬物体応答型ニューロンの応答例である。このニューロンは報酬物体（リンゴ、干しブドウ、クッキーおよびジュースと連合した赤色円柱）には強く応答しているが、嫌悪物体（注射器、クモのモデル、ムカデのモデルおよび電気ショックと連合した白色円柱）や未知物体（自動車のモデルやクリップ）には応答していない。また、扁桃体ニューロンとは異なり、報酬物体に対するこのニューロン応答の強さ（リンゴ ≥ クッキー > 干しブドウ）とサルの実際の嗜好性の度合（リンゴ > 干しブドウ > クッキー）とは相関がなく、物体の報酬または嫌悪の意味を逆転しても応答性は変わらない。したがって、この海馬体ニューロンは物体を意味内容により分類し記憶することに関与していると考えられる。

### 3. 海馬体ニューロンの場所や空間に対する応答性

筆者らは最近、図 2 A に示す実験法により、サルが特殊な自動車を自己運転して、居場所を変えているときに海馬体からニューロンの活動を記録し、応答性を解析している。その結果、サルの海馬体にはある特定の居場所に特異的に応答するニューロンや単なる居場所だけではなく、居場所と物体の呈示方向、あるいは居場所と物体の関係に関する情報をコードするニューロンなどが存在することが明らかになった。図 2 B は P 3-P 6 領域で強く応答したニューロンの例である。このニューロンは、P 3-P 6 領域で応答するだけでなく (Ba)，この領域 (P 5) にいるときだけサルの右前方の検者の動作に強い方向選択性の応答をしている (Bc)。同じ場所 (P 5) でサルを右に 90° 回転して同じテストをすると、前方に検者の動作を見ているにもかかわらず応答しない (Bd)。また、P 3-P 6 領域以外では、方向選択性の応答はない (Bb)。すなわち、このニューロンは単なる居場所だけでなく、特定の居場所での自己および外界中心的座標の両方による特定の空間の認知記憶に関与していると考えられる。

### 4. おわりに

サルのニューロンレベルの研究結果に基づいて、扁桃体と海馬体の物体認知に関与するニューロンと海馬体の場所や空間認知に関与するニューロンの応答性について述べた。最近、ニューラルネットワークへの関心が急速に高まってきて、海馬体に関しても記憶・学習に関するモデルが提唱されている。実際に脳内で起こっている現象の理解に役立つようなモデルの作製には、目的とする部位の実際のニューロン活動を詳細に知る必要がある。今後、各関連脳領域におけるニューロン活動のより系統的な研究が切に望まれる。

### 文 献

- H. Nishijo, T. Ono and H. Nishino: J. Neurosci., 8 (1988) 3556-3569.
- H. Nishijo, T. Ono and H. Nishino: J. Neurosci., 8 (1988) 3570-3583.
- T. Ono, K. Nakamura, M. Fukuda and R. Tamura: Neurosci. Lett., 121 (1991) 194-198.
- R. Tamura, T. Ono, M. Fukuda and H. Nishijo: Hippocampus, in press.
- 小野武年：扁桃体・海馬体の価値評価および記憶機構。脳と思考、伊藤正男編（紀伊國屋書店、東京、1991）pp. 284-313。

(1991年8月8日受理)