

【目的】 神経回路の機能単位を理解することを目的とした現代の神経回路研究において、細胞種の離散的な集合を同定することは大きな目標となっている。この考え方は、網膜などの感覚領域では、刺激 X に対するある細胞型の応答が刺激 Y に対する応答を予測するという低次元の神経表現が前提となっている。しかし、近年、高次視覚野で高次元の神経表現が発見されたことから、細胞種の定義に関する論争が起きている。我々はマウスにおいて主要な視覚中枢である上丘の応答空間の次元性を調べ、この次元性が上丘細胞を機能的に分類する能力に影響を与えるかどうかを調べた。

【方法】 本研究では、覚醒マウス上丘表層部のカルシウムイメージングを行い、6,872 個の神経細胞から輝度変化刺激 (ON-OFF 刺激) および運動刺激に対する光応答を記録した。シリコンプラグを上丘の上部に挿入することで上丘に覆い被さった大脳皮質を脇に押しやって上丘を露出させて、大脳皮質を傷つけることなく上丘のイメージングを行った。機械学習である教師なしクラスタリングを行い、上丘細胞の機能的多様性を明らかにした。個々の細胞について輝度変化刺激および動き刺激に対する光応答の相互情報量を求めた。

【結果】 驚いたことに、相互情報量の解析から、輝度と動きに対する個々の神経細胞の応答が統計的に独立していることから、細胞の機能的多様性が最大化されていることとともに、上丘においては従来の 1 次元の細胞タイプ分類は不可能であることを明らかにした。一方、応答空間において近接する機能応答 (例えば、ON 応答と OFF 応答) は、依然として相互依存的であった。そこで、神経応答の大域的な高次元性と局所的な低次元性を捉えるために、局所的な低次元構造においてのみ機能分類が意味を持つ多次元応答型モデルを提案した。上丘が行う高次の認知課題は、高次元の応答空間構造を必要とすると考えられるため、本モデルは上丘の役割に適していると考えられた。1 次元の細胞タイプ分類が行われている網膜から多次元応答型モデルの上丘への情報変換を司ると考えられるシナプス接続モデルを立てた。

網膜から上丘の情報変換に関する仮説

