

視覚系における質感情報表現の階層的情報変換

研究代表者 大澤 五住 (大阪大学大学院生命機能研究科・教授)
 研究分担者 田村 弘 (大阪大学大学院生命機能研究科・准教授)
 佐々木 耕太 (大阪大学大学院生命機能研究科・助教)

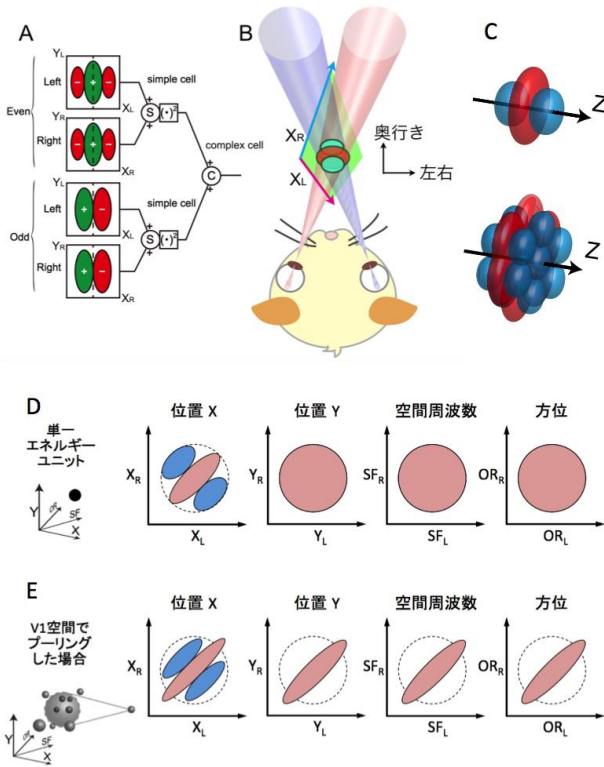


図1. 両眼立体視の高精度化のメカニズム. V1 細胞のプーリングにより左右刺激パラメータの整合性がより強く要求される.

○ 研究の背景

本研究はおもにデータ駆動型アプローチを用いて質感情報処理を単一細胞の神経活動と対応づけて理解することを目的とする。階層的に構成された視覚系において、質感にかかわる情報処理過程を、主として神経細胞レベルでの電気生理学および心理物理学的手法により解析する。中間段階の視覚領野における質感情報の担われ方には未知な点が非常に多いため、少数の可能性に特化した仮説やモデルを検証する従来手法は限定的にしか使えない。このため、データ駆動のマイニング的なアプローチが必要である。すなわち、自然画像による刺激だけでなく、特定の仮説やモデルに強く特化しない視覚刺激として、画像統計量を体系的に操作した刺激や、視覚情報の起点である一次視覚野 (V1) の細胞が担う情報の集合として生成したランダム人工刺激を使用する。V1 から高次の視覚野までのデータを、物体位置や運動情報を主として担う背側経路と、形状や物体認知を

担う腹側経路の領野から取得し解析する。さらに、両経路をまたいで共通に適用可能な刺激手法を開発し、両経路の相互作用と質感情報の統合についての解明を目指す。様々なアプローチで行っているが、中でも両眼立体視の高精度化を実現するメカニズムを最近発見したのでこの研究について以下に記す。

視覚系は階層的である。近年注目されるようになった人工のディープニューラルネットでは、フィルタリングとプーリングの階層的繰返し構造が注目されているが、実際の大脳の最初の視覚野である一次視覚野でのプーリングに着目し、それがもたらす細胞特性への影響に興味を持った。フィルタリングは、大脳以前の細胞には存在しない新たな方位などの視覚特徴への選択性を作り出すが、プーリングに関しては、その役割はよく研究されてはいなかった。

○ この研究の目指すもの

一次視覚野の複雑型細胞におけるプーリングの程度を、多くを仮定しないサイン波の縞模様 (グレーティング) を様々な組み合わせで左右眼に網羅的に提示することにより、マイニング的なアプローチで解析した。それにより、細胞の両眼立体視に関するニューロンの選択性を調べることができる。従来から調べられてきた、両眼視差 (両眼画像間の位置ずれ) に対する選択性だけでなく、両眼刺激の方位や空間周波数の一致度に対する選択性がプーリングによりどのような影響を受けるのかを調べた。

○ これまでに得られた成果

図 1 C は単位両眼視差検出器の (X,Y) 視野空間におけるプーリングを示すが、さらに空間周波数と方位パラメータを追加した V1 空間に拡張した。このプーリングにより、細胞のパラメータの両眼一致度に対する選択性が全パラメータについてよりシャープになることを発見した。プーリングという簡単なメカニズムが両眼立体視の高精度化に寄与している。

○ 関連する研究発表

1. Kato D, Baba M, Sasaki KS, Ohzawa I. Effects of generalized pooling on binocular disparity selectivity of neurons in the early visual cortex. *Phil. Trans. R. Soc. B.* 371: 20150266, 2016.
2. 大澤五住. 神経科学者からみた Deep Neural Network (DNN), 第 39 回日本神経科学大会 2016.07.22. パシフィコ横浜 (横浜)