OUKA
The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	Internal spatial organization of receptive fields of complex cells in the early visual cortex
Author(s)	佐々木, 耕太
Citation	大阪大学, 2007, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/2834
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

氏　　名	佐々木　耕　太
博士の専攻分野の名称	博　士（学　術）
学 位 記 番 号	第　２１５２０　号
学位授与年月日	平成 19 年 7 月 23 日
学位授与の要件	学位規則第４条第１項該当 基礎工学研究科機能創成専攻
学 位 論 文 名	Internal spatial organization of receptive fields of complex cells in the early visual cortex （初期視覚野複雑型細胞の空間的内部構造）
論文審査委員	（主査） 教　授　大澤　五住 （副査） 教　授　藤田　一郎　　教　授　野村　泰伸

論 文 内 容 の 要 旨

初期視覚野にある複雑型細胞の受容野は、位相が 90 度異なる２つの線形フィルタの出力の２乗和を取ることで簡便にモデル化されている。しかし実際の複雑型細胞はたくさんの単純型細胞の出力を受け取ってできあがると考えられており、そうした最小モデルは実際の複雑型細胞の性質を十分に説明できないおそれがある。そこで最小モデルを検証するため、２次の相互作用を測定することで複雑型細胞の内部構造（サブユニット）を明らかにし、これをその受容野と比較した。

まず、複雑型細胞の受容野はサブユニットよりも丸かったものの、サブユニットよりもわずかに大きいだけであった。また、サブユニットの大きさは単純型細胞の受容野のそれとかわらなかった。したがって、これらの点において最小モデルは実際の複雑型細胞の性質をよく説明できることがわかった。

しかしながら最小モデルでは説明できない性質も見つかった。まず、単純型細胞の受容野に含まれるサブリージョンの数は複雑型細胞のサブユニットにふくまれるそれよりも少なかった。また、単純型細胞の受容野は一般に垂直方向よりも水平方向に伸びている傾向が見られたが、こうした偏りは複雑型細胞ではサブユニットにおいても受容野においても見られなかった。よって複雑型細胞の個々のサブユニットは単純型細胞の受容野と等価なものではなく、さらに、複雑型細胞のサブユニットは単純型細胞の受容野を異方的にプーリングすることでできあがると考えられる。そのうえ、複雑型細胞サブユニットの線形フィルタを明反応と暗反応にわけて評価すると、それらの強さが大きく異なっている細胞や、場所がずれている細胞が見つかった。

これらの結果は、最小モデルが提唱するよりもっと豊富な線形フィルタの組み合わせによって実際の複雑型細胞受容野がつくられていることを示唆する。

論文審査の結果の要旨

大脳皮質のうち、初期視覚野である一次および二次視覚野には単純型細胞および複雑型細胞と呼ばれる神経細胞があり、複雑型細胞は多くの単純型細胞の出力をシナプス結合により統合することにより新たな反応特性を獲得することが過去の研究によって知られている。しかし、複雑型細胞の内部構造の詳細、すなわち単純型細胞から複雑型細胞を作り出す統合規則については、未知の部分が多かった。

本論文は動的に変化する２次元ランダムドット刺激に対する複雑型細胞の反応について、２つの刺激間の二次の相互作用を解析することにより強い非線形性を内包する複雑型細胞のサブユニット内部構造を調べた結果を報告している。特に、サブユニットと最終的な複雑型細胞受容野の空間的広がりに着目して、両者の関係を定量的に計測した。もし、複雑型細胞がエネルギーモデルとしてよく知られる単純型細胞４個の入力に基づく最小構成をとっていたならば、両者の空間的広がりはほとんど同じであると予想されるが、最小構成ではなく大きな空間範囲からの入力がある可能性も高い。サブユニットと複雑型細胞受容野のアスペクト比、空間的広がり等について、これ迄の研究では扱われていない知見が得られた。この研究の結果、複雑型細胞受容野の大きさは平均でサブユニットの 1.2 倍の面積を持つことから、受容野の空間的広がりに関しては、最小構成モデルで説明できることが示された。

この論文は複雑型細胞の内部構造の知見を最新の計測法により詳細に記述しており、応用面でも視覚をもつ人工システムの設計に欠かせない基礎データを提供している。したがって学位論文として価値のあるものと認める。また、本論文は内容的にも手法的にも学際的な特徴を持っているため、通常の学位ではなく博士（学術）が適切であると判断した。