

Title	第一次視覚野の神経回路モデルに関する研究
Author(s)	佐川, 泰広
Citation	大阪大学, 1999, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/41479
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について 〈/a〉 をご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

氏名	佐川泰広
博士の専攻分野の名称	博士(理学)
学位記番号	第14762号
学位授与年月日	平成11年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 基礎工学研究科物理系専攻
学位論文名	第一次視覚野の神経回路モデルに関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 福島 邦彦 (副査) 教授 佐藤 俊輔 教授 藤田 一郎 講師 倉田 耕治

論文内容の要旨

本論文は、第一次視覚野の神経細胞の情報処理や機能の多様性と、集団での協調関係に関する研究をまとめたものである。

いくつかの神経回路モデルを提案し、その反応を計算機シミュレーションによって確認し、神経細胞の情報処理や機能を明らかにした。

興奮性と抑制性に影響を与える周辺領域をもつ単純型細胞の神経回路モデルを提案した。最近になって第一次視覚野の神経細胞が、単に特定の最適方位の刺激に対して反応するのではなく、周辺領域に提示された刺激による最適方位の変化を示したり、刺激のコントラストに依存した周辺領域の刺激の影響を受けることが観察され、比較的複雑な情報処理をしていることが明らかになりつつある。このモデルは、単純な神経回路が、このような比較的複雑な情報処理を行うことができることを示している。

HubelとWieselが提案した階層仮説をはじめとする多くのモデルでは考慮されていなかった外側膝状体からの単シナプス性の興奮性結合を考慮した複雑型細胞の神経回路モデルを提案した。このモデルは、複雑型細胞の反応特性を形成する神経回路には、単純型細胞からの単シナプス性の興奮性結合を中心とする回路とは大きく異なる回路が存在する可能性を示唆している。

さらに、第一次視覚野の多様性を示す神経細胞の協調関係を検討するために、第一次視覚野の皮質地図の形成を説明する神経回路モデルを解析した。このモデルは入力頻度に依存した皮質地図の形成過程を再現することができるが、さらに入力の“重み”を考慮できるようにモデルを改良した。このモデルの挙動を定量的、理論的に評価することによって、この神経回路モデルの多数の細胞が協調して、入力空間を効果的に分割することを明らかにした。

以上のように本論文の内容は、第一次視覚野の神経細胞の情報処理や機能の多様性と、集団での協調関係に関する理解に寄与するものである。

論文審査の結果の要旨

本論文は、大脳皮質の第1次視覚野の新しい神経回路モデルを提唱している。また、モデルの考え方を、応用数学

における関数近似に適用する手法についても論じている。

視覚野の複雑型細胞の方位選択性の形勢機構については、これまで、大きく分けて2種のモデルが考えられている。一つは、外側膝状体から単純型細胞を経て複雑型細胞に至る信号の流れがあるという階層仮説である。もう一つは、外側膝状体から複雑型細胞に単シナプス性の興奮性結合があるという生理学や解剖学の実験的知見に基づくモデルであるが、これまでのところ、生理学的実験データを十分に説明するには至っていない。本論文は、後者の立場に立った新しいモデルを提唱している。つまり、外側膝状体から複雑型細胞への直接の興奮性結合が複雑型細胞の最適方位を決定し、同じ最適方位を持つ複雑型細胞の間の長距離水平結合によって、刺激の位置によらない反応が形成されているとの考えに基づいた神経回路モデルである。このモデルはまだ完全に完成したものではないが、従来のモデルよりも実験結果を忠実に再現することができ、視覚野の神経回路の解明に示唆を与えるものである。

視覚野の単純型細胞は、その性質を詳しく調べると、何種類かの異なったグループに分類することができる。本論文では、そのうちの2種類の単純型細胞の神経回路モデルを提唱している。その一つは、抑制性の周辺領域をもつ単純型細胞のモデルである。このモデルでは、4層から2/3層、5層、6層を経て4層に戻ってくるフィードバック回路を考慮している。その中で5層から6層への長距離水平結合が、周辺領域に提示された刺激の影響を伝えるのに重要な役割を果たしている。

もう一つは、興奮性と抑制性の影響を与える周辺領域をもつ単純型細胞のモデルである。最近の生理学の知見によると、第1次視覚野の一部の単純型細胞は、単に特定の最適方位の刺激に対して反応するだけでなく、周辺領域に提示された刺激によって最適方位が変化したり、刺激のコントラストに依存して周辺領域の反応特性が変化したりする。このモデルでは、このような反応特性が、4層から2/3層を経て4層に戻ってくるフィードバック回路と、2/3層に存在する細胞間の長距離水平結合とによって形成されていると考えている。

ところで、第1次視覚野の細胞の方位選択性は、細胞相互間の協調と競合関係によって形成されるという説が有力で、皮質地図の形成をそのような考えに基づいて説明しようとするモデルがこれまでも数多く報告されている。このようなモデルの考え方は、皮質地図の形成を説明するのみならず、応用数学の分野にも貢献することができる。すなわち、入力頻度に依存して皮質地図が拡大する性質を利用すると、平均誤差の意味で精度よく関数近似ができることが知られている。本論文では、入力頻度だけでなく、近似すべき関数の微分にも応じて、中間層の神経場の拡大縮小を行わせるようにすることによって、関数近似の精度をさらに上げられることを示した。

以上のように本論文は、第1次視覚野の神経回路の解明と、その考え方に基づく新しい応用数学の実現に寄与するものであり、博士（理学）の学位論文として価値あるものと認める。