

氏名(本籍)	羽鳥康裕(群馬県)		
学位の種類	博士(工学)		
学位記番号	博甲第6864号		
学位授与年月日	平成26年3月25日		
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当		
審査研究科	システム情報工学研究科		
学位論文題目	Construction of Shape Representation in Early- to Intermediate-level Visual Cortex --- Sparseness, Surface, and Synchronization (中低次視覚皮質における形状表現の生成 - 疎性・面・同期を用いた計算論モデルからのアプローチ -)		
主査	筑波大学・教授	Ph. D. (生体工学)	酒井 宏
副査	筑波大学・教授	博士(工学)	牧野昭二
副査	筑波大学・教授	博士(工学)	福井幸男
副査	筑波大学・准教授	博士(工学)	亀山啓輔
副査	筑波大学・助教	博士(工学)	日野英逸

論文の要旨

近年の生理学研究により、腹側経路の視覚皮質により形状情報が符号化され、皮質表現が生成されることが明らかになって来ている。しかし、各領野の細胞が符号化する特徴(選択性)は明らかにされつつあるが、これらの細胞の選択性を生成する符号化の原理・皮質表現形式・その神経メカニズムは明らかにされていない。本研究では、皮質における形状情報の処理を、疎性、面表現、発火同期の観点より明らかにすることを目的としている。

本論文では、皮質 V4 野における符号化原理が疎表現であるという仮説を提案している。この仮説を検討するために、疎性の異なる基底関数を求め、それらの応答特性と、実際の V4 細胞の応答特性を比較している。その結果、疎性が V4 細胞の曲率選択性を生成する上で重要な役割を果たすことが示された。さらに、本論文では V4 がもつ曲率選択性を生起する神経メカニズムを検討している。その結果、面表現に基づいた局所方位の統合により曲率選択性が生起されることが示された。

さらに、本論文では、局所的な輪郭情報を統合することにより得られる、物体形状の神経表現について研究を行っている。具体的には、中心軸(MA)表現を生成する神経メカニズムが検討されている。MA 表現が図方向情報を処理する Border-Ownership(BO)選択性細胞の onset 同期により生成されることを、計算論・心理物理学的方法を用いて検討している。Feedback 信号を介して伝わる BO 選択性細胞からの同期した信号が、MA 上に受容野を持つ V1 細胞の強い応答を引き起こすことが示され、提案モデルが生理実験の結果を再現することが示された。以上の研究から、視覚腹側経路における、初期・中期の形状表現の生成機序の理解が進み、疎性、面表現、発火同期が重要な役割を果たしていることが示された。

審 査 の 要 旨

【批評】

本論文は、視覚皮質腹側経路における、初期・中期の形状表現の機序を明らかにしようとするものである。特に、情報論的原理として疎性に着目し、疎性を制御することによって、生理学的に知られる神経細胞の選択性を生起することができることを示した。さらに、中期視覚野における曲率選択性が、面表現に基づいた局所方位の統合によることを示した。このことは、primitive な特徴の抽出と、その pooling が、次の特徴を生起するという原理を強く支持する結果となっている。また、形状表現として中心軸に着目して、これが初期・中期視覚によって計算されうることを、生理学・解剖学的に妥当な計算論モデルにより示している。以上のように、本論文には新規性・有用性が認められ、さらに提案する仮説を合理的な論理によって検証しているものと認められ、博士論文として十分な内容を擁していると判断できる。

【最終試験の結果】

平成26年1月29日、システム情報工学研究科において、学位論文審査委員の全員出席のもと、著者に論文について説明を求め、関連事項につき質疑応答を行った。その結果、学位論文審査委員全員によって、合格と判定された。

【結論】

上記の学位論文審査ならびに最終試験の結果に基づき、著者は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。