



Title	形態視と運動視の両処理系の神経回路モデル
Author(s)	菊池, 眞之
Citation	大阪大学, 1999, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/41244
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、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

氏 名	菊 池 眞 之
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 1 4 3 0 0 号
学 位 授 与 年 月 日	平 成 11 年 2 月 25 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 4 条第 2 項該当
学 位 論 文 名	形態視と運動視の両処理系の神経回路モデル
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

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は哺乳類の脳の視覚系の神経回路モデルの研究についてまとめたものである。脳の視覚系は多数の領野から構成される大規模なネットワークであるが大きく分けて物体視（形、色）の処理系と、空間視（動き、位置）の処理系に大別されることが明らかにされている。本論文では前者の処理系の静止パターンの知覚機構にスポットを当てたモデル研究、後者の処理系の動的パターンの処理機構に着目して構築したモデル研究、そしてそれら両処理系の情報の相互作用・統合のメカニズムについてのモデル研究の3つの角度からのアプローチを述べている。

静止パターンの処理機構の研究では、物体の1部が他の物体により遮蔽された状況における、被遮蔽部分の輪郭の知覚及び相対的奥行き復元のモデルを構成した。Kanizsaの視覚心理学的知見によると脳の初期視覚にはパターン可視部の輪郭と被遮蔽部の輪郭との間に連続性が成り立つような形で補完が行われるメカニズムが存在すると考えられる。本論文ではパターン可視部の輪郭の曲率を検出し、これと同曲率によって被遮蔽部の輪郭を復元するモデルを提案した。このモデルでは、例えば円の一部分が遮蔽された場合は元の円弧を復元し、物体の角を含んだ部分が遮蔽された場合には補完のプロセスで遮蔽された角を復元できる。またモデルには各物体の相対的奥行き情報の復元のメカニズムも備わる。物体同士が重なり合っている場合、単眼視でもそれらの輪郭の交点である T-junction の与える手がかりによって各物体の相対的な奥行きを知ることができる。本モデルでは T-junction 部分で検出した相対奥行き情報をパターン全域に伝播されることでそれぞれの物体全体（補完された被遮蔽物体も含む）の相対奥行き情報を復元する。構築した神経回路モデルをコンピューターシミュレーションによって検証した。

動的パターンの処理機構の研究では、V1 野の運動検出細胞が受容野が局所的な 1 次元動的動きの検出器となっていることに由来する aperture problem と呼ばれる 2 次元運動復元の原理的問題に関して、生理学・心理物理学の知見を基に脳は特徴点の追跡による速度の検出を行っているとの立場に立ち、2 次元並進運動剛体の動き検出神経回路モデルを構成した。それを基にして、遮蔽状況が生じることで運動物体が限定された範囲の領域のみから観察される直線や grating である場合の、人間の動きの知覚を説明する神経回路モデルに関する研究も行った。構成したモデルが脳の知覚に似た挙動を示すことをシミュレーションによって確かめた。

パターン形状認識の処理と運動知覚の処理のように視覚属性ごとに処理領域が分化した視覚系神経ネットワークにおいて、各領域に表出される反応の間で同一物体に起因するもの同士がいかにして対応づけられる、という binding problem と呼ばれる問題がある。本論文ではそれに対して提案されてきた仮説を概説し、Zeki の解剖学的立場からの示唆を基に、注意の機構によりこの問題を解くモデルを提案する。モデルは同時に複数呈示される運動物体の動き情報と形情報を、注意のスポットライトを順次各物体に当ててゆくことで対応づけてゆく。シミュレーションでその機能を検証した。

論文審査の結果の要旨

脳における情報処理機構の解明には、生理学や心理学などの実験的手法と並んで、神経回路モデルを仲介とする合成的手法が有力な武器になる。またモデルによって得られた研究成果は、新しい情報処理システムの設計原理の開発にも直接利用することができる。本論文は、視覚神経系のメカニズムの解明を目指す神経回路モデルの研究をまとめたものである。

哺乳類の視覚神経系では、形や色などの物体視に関する情報と、動きや位置に関する空間視の情報は脳内の別の経路によって処理している。すなわち、後頭葉から側頭葉に至る経路では主としてパターンの形状の分析を行ない、後頭葉から頭頂葉に至る経路では主として動きの分析を行なっている。本論文では、脳における視覚情報処理の中でも特に、形態視系における静止パターンの知覚機構、運動視系における物体の動き方向の検出機構、および形態視系と運動視系との相互作用、という三つの問題に特に重点を置いてモデルを構成し、コンピュータシミュレーションによって構成したモデルの機能を検証している。

視野内に複数の物体があり、ある物体が別の物体の一部を覆い隠しているような場合でも、われわれ人間は、遮蔽された物体の形状を知覚し、物体の上下関係を判別できる場合が多い。申請者は、このような機構に関する視覚心理学的な知見をもとに、神経回路モデルを構成した。モデルはパターン可視部の輪郭の曲率を検出し、これと同曲率によって被遮蔽部の輪郭を復元する。被遮蔽輪郭が不連続な角を含む場合には、補完の過程でこの不連続性を検出し、隠された角を復元する。また輪郭線がT字状に交わっている箇所を手がかりにして二つの物体の上下関係を判定する。

運動視の処理系の初期段階である V1 野では、各細胞は小さな受容野で物体の各部の局所的動きを検出し、その情報を受けた上位の MT 野、MST 野で物体全体の運動を検出している。しかし V1 野の細胞の受容野が小さいために、その検出結果から物体の運動を解釈する上で曖昧さが生じ、本来の動きを必ずしも特定できないという原理的問題を含んでいる。このような問題は aperture problem と呼ばれ、これまでも様々な研究がなされてきている。申請者は、生理学・心理物理学の知見をもとに、脳は特徴点の追跡による速度の検出を行っているとの仮説を立て、運動視の処理系の神経回路モデルを構成した。シミュレーションによって様々な運動知覚現象を説明できることを示した。

視覚神経系では形の情報と動きの情報が別の領域で処理され分析されているので、視野内に複数の物体がある場合に、脳は、各領域での処理結果のうち同一物体に起因するものどうしをどのようなメカニズムで対応づけているのかということが疑問になる。この問題は binding problem と呼ばれ、これまでも種々の仮説が提唱されている。申請者は、視覚的注意のメカニズムがこの問題を解決しているとの考えにもとづいて神経回路モデルを構成した。モデルは、同時呈示された複数の運動物体に対して、注意のスポットライトを順番にあてていくことによって、それらの動き情報と形情報を抽出し対応づけていく。

以上のように本論文では、脳における視覚情報処理の本質的問題をいくつか取り上げ、それらの神経回路モデルを実現している。その成果は、脳における情報処理機構の解明と、その工学的応用に関する研究の発展に寄与するものであり、博士（工学）の学位論文として価値のあるものと認める。