

氏名	ささ おか たか ふみ 笹 岡 貴 史
学位(専攻分野)	博士 (情報学)
学位記番号	情博第78号
学位授与の日付	平成15年3月24日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
研究科・専攻	情報学研究科知能情報学専攻
学位論文題目	三次元物体の脳内表現および景観の比較照合過程

論文調査委員 (主査) 教授 乾 敏郎 教授 松山隆司 教授 美濃導彦

論文内容の要旨

物体の景観は物体を観察する視点に依存してほぼ無限に変化する。それにもかかわらず、我々は視点に不変な物体の認識を行っている。この、視点不変な認識を達成するために、物体がどのようにして脳内で表現されているが、そして入力された物体の画像と脳内表現がどのように比較照合されているかを明らかにすることは重要である。本研究では物体の認識という認知過程を、「物体の脳内表現の獲得」と「脳内表現と入力画像の比較照合過程」という二つの側面からとらえ、視点不変な認識を達成するための脳内メカニズムについて認知科学的アプローチによって検討を行った。

まず第1章では、これまでの物体認識研究を概観するとともに、物体認識研究における問題点を指摘し、本研究の意義を示した。

第2章から第4章では三次元物体の脳内表現について、心理実験結果を基に検討した。第2章では、三次元コンピュータグラフィックスによってランダムに生成した新奇な物体(ペーパークリップオブジェクト)を用いた記憶再認実験を行った。その結果、訓練時に水平回転している物体を呈示し、水平方向の全景観を被験者に学習させたのにもかかわらず、再認の成績は回転角度に依存して変動した。この結果は、視点依存的な物体表現を支持するものである。また、物体において被験者の再認正答率が一貫して高くなるような景観は、被験者が最も典型的であるとして選択した景観(典型的景観)ともよく一致することがわかった。

また第3章では、ペーパークリップオブジェクトの景観間の類似度評定実験を行い、多次元尺度構成法(MDS: Multi Dimensional Scaling)を用いて景観の類似性空間を求めた。その結果、景観の類似性空間では互いに類似度の高い景観からなるクラスタの中心の近傍に典型的景観が位置することがわかった。このことは、典型的景観が回転に対して形状の変化の小さい景観に対応することを示している。よって、典型的景観を物体の脳内表現として獲得することで、少ない記憶量で物体の広い範囲の景観を認識可能になると考えられる。

第4章では第2章、第3章で示唆された典型的景観の特性について検証を行うため、訓練時に物体の単一の景観を呈示し、テスト時にどれだけ回転を加えた景観まで同一の物体と認識できるか(般化可能範囲)を調べた。その結果、訓練時に典型的景観を呈示したときに被験者の般化可能範囲が最も大きくなった。このことから、典型的景観を物体の脳内表現として獲得することで、少ない記憶量で多くの景観を般化できることが示された。

第5章では、獲得された物体の脳内表現と入力画像との比較照合過程について心理実験を行って検討した。心理実験で得られた被験者の反応時間分布、速さ-正確さ曲線の分析から、物体認識が「記憶表現との鋳型照合的な画像ベースの過程」と「三次元構造情報を利用して記憶表現に変換を加えて比較照合を行う構造ベースの過程」の二つの過程から成り立っていることを示唆する結果を得た。この結果は近年の心理学・生理学的知見ともよく合致している。

最後に、第6章では総合考察として、典型的景観に基づく物体の脳内表現を獲得し、画像・構造ベースの二つの過程によって脳内表現と入力画像の比較照合を行う物体認識モデルについて考察を行った。また、今後の物体認知研究において明ら

かにしていくべき問題について展望を示した。

論文審査の結果の要旨

本論文は、三次元物体認識の脳内メカニズムの解明を狙いとして、心理実験や、数理モデルといった認知科学的手法による研究成果をまとめたものである。そして、それらをもとにして物体の脳内表現と入力画像との比較照合過程についてのモデルを提案している。得られた主要な研究成果は次の通りである。

- (1) 新奇物体の再認課題によって、認識が促進される景観（典型的景観）が見られることを示した。また、そのような景観は回転に対して形状の変化が小さいという物理的特徴を有していることを示した。
- (2) 三次元物体の景観において、互いに鏡像対称な形状をした景観が極めて高い心理的類似度を示すことを示した。また、このような鏡像対称な形状の景観間の関係は、景観の物理的特徴に基づく主成分空間には見られないことから、互いに鏡像対称な形状の心理的類似度が三次元物体の認識過程において重要な役割を担っていることを示した。
- (3) 単一景観からの般化実験により、典型的景観を記憶表現とすることで多くの景観を般化可能であることを示した。
- (4) 三次元物体の認識過程において、二種類の景観比較照合プロセスの存在を示した。

本論文は、物体の認知過程について、「脳内表現の獲得」と「景観と脳内表現の比較照合過程」という二つの側面から認知科学的アプローチにより深く考察している。まず、脳内表現に関しては、心理実験や統計的手法を駆使することにより、典型的景観と脳内表現との関係を明らかにした。また、典型的景観を脳内表現とすることが記憶量の点で有利であることを示し、記憶量の削減という観点から典型的景観を脳内表現とする意義を実証的に示した点で評価できる。さらに、近年の脳科学からも示唆されている二種類の比較照合過程に基づく物体認識過程の存在を、綿密な反応時間分析と数理的モデルによって明らかにした。これらの成果は、未だにそのメカニズムが明らかになっていない物体認識の脳内機構についての一つの新たな理論的モデルを示したものであり、脳科学から工学的応用まで寄与するところが少なくない。

よって、本論文は博士（情報学）の学位論文として価値あるものと認める。

また、平成15年2月20日に実施した論文内容とそれに関連した試問の結果合格と認めた。