

氏 名	藤井 佑実子
学 位 の 種 類	博 士 (学術)
学 位 記 番 号	博 甲 第 9 2 3 9 号
学位授与年月日	平成31年4月30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	図書館情報メディア研究科
学位論文題目	刺激－反応連合における視覚特徴の統合に関する心理学的研究
主 査	筑波大学 教授 工学修士 西岡 貞一
副 査	筑波大学 准教授 博士 (心理学) 森田 ひろみ
副 査	筑波大学 教授 理学修士 平賀 譲
副 査	筑波大学 教授 博士 (工学) 井上 智雄
副 査	筑波大学 教授 博士 (心理学) 綾部 早穂

論 文 の 要 旨 (2,000 字程度)

本論文は、視覚的特徴の統合メカニズムを、視覚入力に対する適切な行動の学習と想起という文脈の中で理解することを目的として書かれている。そのために、視覚の基本的特徴の組み合わせからなる刺激と反応のマッピング学習課題を行う心理実験を実施し、学習途中、学習直後、およびその後の保持期間内における刺激反応連合の記憶表現の特性を調べている。結果として、全ての学習段階において、刺激反応連合における特徴統合表現に関して「対属性仮説」を支持したが、対象の相対的位置特徴を含む場合の連合に関しては修正が必要であることを明らかにした。論文では最終的に、位置を含む刺激反応連合表現のモデルを提案している。

本論文は5章から構成されている。

第1章では、我々の日常行動の基盤をなす視覚運動マッピングに関して研究することの重要性を述べるとともに、視覚情報処理における特徴と物体の認知に関する心理学的知見、解剖学的知見を整理し、視覚情報処理の初期段階で独立かつ並列的に抽出された基本特徴がどのようにして統合されるかという問題へと議論を進めている。ここで、この問題を視覚運動マッピングの文脈において議論することにより、物体認知における注意による一時的な統合の問題から、長期的な記憶における脳内表現の問題として捉え直し、既存の二つの主要な仮説を紹介している。一つは、あらゆる属性の特徴が一つに統合された表現を仮定する「全属性仮説」であり、もう一つは、2種類の属性の特徴が結合された属性対をネットワークにより連合した表現を仮定する「対属性仮説」である。これらの二つの仮説のうち対属性仮説が一般的に成立することを検証することを本研究の目的としており、特に心理学的、解剖学的に異なる視覚情報処理経路の一方で扱われる特徴（物体識別特徴）について提案された対属性仮説が、もう一方の経路で扱われる特徴（時空間特徴）を含めて成立するかを第2章以降で実験的に検討するとしている。

第2章では、物体識別特徴（色と形）と時空間特徴（位置）の組み合わせからなる8種類の刺激を

2 個ずつ 4 グループに分け、4 通りの反応に結びつける刺激反応マッピング学習を行い、学習の困難さを調べている（実験 1A）。実験では、グループ分けの工夫により、3 属性全ての特徴組み合わせにより反応が決まる 3 属性アイテムと、2 属性の特徴組み合わせにより反応が決まり、残る 1 属性は反応決定に関与しない 2 属性アイテムをランダムに混合し提示する実験を行っている。結果は、3 属性アイテムの刺激反応連合学習が 2 属性アイテムの連合学習より困難であったことから、全ての属性が一括して結合されるとする「全属性仮説」では説明できず、2 属性の結合対を単位とするネットワークを介して結合が記憶される「対属性仮説」が妥当であることを示すとしている。さらに、2 属性アイテムのうち、位置を含む特徴組み合わせの場合は位置を含まない場合に比べて学習が困難であったことから、物体識別特徴と位置特徴の組み合わせと反応の連合学習は、物体識別特徴同士の組み合わせと反応の連合学習と性質が異なる可能性を示唆するとしている。実験 1B では、物体識別特徴（色）と時空間特徴（位置と運動）を用いて同様の実験を行い、色と組み合わせで刺激反応連合を学習する難易度において、位置特徴と運動特徴に差が無いとする結果を得ている。

第 3 章では、物体識別特徴と位置特徴の組み合わせからなる刺激と反応の連合の学習困難さを追究するため、学習により獲得された連合表現を調べる実験を行っている。実験 2A では、色、形、位置の組み合わせからなる刺激と反応のマッピング学習を十分行った後、学習した刺激の持つ特徴を 2 刺激に分けて同時提示し、学習の転移を調べることにより、空間的に切り離すと連合を活性化できなくなる特徴ペアを調べている。その結果、色と形を空間的に分けると、その色、形、位置の組み合わせに対して学習された反応がなされる割合が低下したのに対し、色と形を一つの刺激にまとめ、位置を別に提示した場合は、その組み合わせに対して学習された反応の割合は変わらなかった。この結果は、学習により獲得された記憶表現が、色と形は結合して対を作り、位置はそれらと結合せず単独で反応と連合している可能性を示唆するとしている。実験 2B では、刺激反応マッピング学習後、色、形、または位置の特徴値を入れ替えてマッピングの再学習を行い、色あるいは形の特徴値を交換したことによる影響に比べ、位置の特徴値を交換した影響は小さいという結果を得ている。この結果は、色、形、位置を組み合わせた刺激と反応の連合表現において、位置特徴の関与は柔軟に変更可能であることを示唆するとしている。

第 4 章では、物体識別特徴と位置特徴の組み合わせからなる刺激と反応の連合学習により獲得された記憶が、マッピング学習後も一定期間変化せずに保持されるかを調べている。実験 3 では、色、形、位置の組み合わせからなる刺激と反応のマッピング学習を行い、その 1 週間後にテストを行っている。結果は、学習直後と同様に、3 属性アイテムよりも 2 属性アイテムに対する反応の方が正確であり、2 属性アイテムのうち位置を含むアイテムに対する反応の正確さや素早さが劣っていたことから、色、形、位置からなる刺激と反応のマッピング学習の記憶が、学習後の一定期間、変わらずに保持されることが示されたとしている。

第 5 章では、刺激反応マッピング学習において、特徴どうしが属性対を単位として結合表現されるとする「対属性仮説」が、物体識別特徴どうしの場合には妥当であることが示されたが、位置特徴はこれらとは別に単独で柔軟に連合に加わることが示唆された、として実験結果をまとめ、それを説明するために「位置シングルトンモデル」を提案している。「位置シングルトンモデル」とは、物体識別特徴同士の属性対を単位とするネットワークがマッピング表現の根幹をなし、位置がこれらのネットワークに対して促進性あるいは抑制性の結合を持つことにより、結合を表現するというものである。

最後に、日常生活の中での視覚運動連合学習の文脈において、このような表現の意味を解釈し、論文の結語としている。

審 査 の 要 旨 (2,000 字以上)

【批評】

本論文は、ヒトの視覚情報処理メカニズムを理解する上で根本的であるにも関わらず未解明な問題の一つである結合問題をテーマとしている。従来、この問題は物体認知のための一時的な特徴統合表現の問題として扱われることが多かったが、本論文はこれを、行動と連合させて長期的に保持するための特徴統合表現の問題として、物体認知における結合問題とは異なる視点でアプローチしている。結合問題に対するこのようなアプローチの研究はこれまであまりなされておらず、本論文を含めて今後新たな研究成果が期待される。

本論文は、先行研究により提案された「対属性仮説」を、刺激反応連合における特徴結合表現に関して検証することを目的としている。この仮説は、結合問題が解決されない理由を、全ての特徴を結合した表現の存在を仮定する点にあるとして、部分的な特徴結合からなる柔軟なネットワークによる結合表現によりこの問題を解決しようとするものである。先行研究は、色、形、およびテクスチャ特徴を用いてこの仮説の妥当性を検証している。しかしここで、本論文は、これらの特徴が全て物体識別特徴であることに注目し、仮説が一般的に成立するためには、物体認知に関わる特徴に限らず、物体の時空間情報の知覚に関わる特徴も含めて成立する必要があると考え、物体識別特徴と位置特徴の両方を用いて仮説検証を行っている。この点が、本論文の新奇な点である。これまで、位置特徴が研究対象として用いられなかった理由の一つは、先に述べたように、結合問題が主に物体認知に関わる視覚情報処理の中で研究されてきたことにある。物体が何であることを認知するために、物体の位置に注意を向けることによりその位置に由来する特徴を一時的に結合するとされていることから、位置を一つの視覚特徴とみなして結合メカニズムを検討した研究はごく少ない。しかし、現実問題として、物体識別の手がかりとしてはあまり役に立たない位置情報が、行動においては重要であることは少なくない。例えば、リンゴはテーブルの上にあっても足元に転がっていても色や形からリンゴと認知されるが、リンゴに対する行動は、その位置により異なるだろう。本論文は、刺激反応マッピング学習において、色、形、そして位置がどのような形式で結合されて反応に結びつけられているかという新奇な問題を定義し、実験心理学的手法を用いて検討することにより、下に記すように位置特徴が物体識別特徴とは異なる形式で刺激反応連合に関与していることを新たな知見として得ている。

実験結果は一貫して、特徴全てがひとまとまりに結合した表現が存在するのではないことを示し、物体識別特徴は結合対を形成し、位置特徴（や運動特徴）は物体識別特徴とは対を形成せず単独で、ネットワークを介して反応と連合することを示唆した。この結果は、①刺激反応連合における物体識別特徴と時空間特徴の関与の仕方の違いを明らかにした点で新たな知見と言え、②「対属性仮説」を妥当として支持しつつも修正の必要があることを示した点で意義がある。そして、③実際に「対属性仮説」を拡張し、位置特徴を含めて成立する「位置シングルトンモデル」を提案したことは、ヒトが複雑な刺激から適切な行動を選択する際に働くメカニズムの理解に対する貢献として高く評価される。

全体として論文の構成や体裁は整っており、また文章や図表は細部まで丁寧に仕上げられ完成度が高い。論文の第 1 章において、適切な文献を挙げつつ研究背景が丁寧にまとめられている。第 2 章から第 4 章においては、実験方法、結果、考察が詳細に述べられている。第 2 章で行われた、色、形、位置の統合刺激と反応のマッピング学習の難易度を調べる実験を基本とし、第 3 章では、学習直

後に特徴を 2 つの刺激に分けて学習の転移を調べる実験、および学習直後に一部の特徴値を入れ替えることにより部分的に変更したマッピングを再学習する実験へと発展させ、第 4 章では学習後 1 週間の遅延期間をおいてテストする実験へと拡張している。このように基本となる学習実験で得られた結果を探究するために、学習実験の基本的な手法を複数用いて知見を積み重ねていく研究の進め方は非常に緻密で徹底しており、得られた結果の信頼性を高めている。その一方で、一つ一つの学習曲線をより詳細に検討することにより更なる知見が得られた可能性もある。しかし全体として実験結果の考察に基づき仮説を立て、それを次の実験で検証するという仮説検証型の研究を高い論理性をもって進めて確実な結論を得ている点を評価する。また、実験対象期間を学習途中、学習直後、学習後の保持期間と順次進行していくまとめ方は論文の一貫性を高めている。第 5 章では、実験結果を基に具体的なネットワークモデルを提案している。このモデルが結果を説明することのできる唯一のモデルとは言えないことなどから、その妥当性に疑問の余地があるが、モデルの提案により仮説が明確になった点を評価し、シミュレーション実験を行うなどモデルの検証は今後の課題として取り組むことを期待する。

以上の点から、本論文は、学位論文として十分な水準に達していると判断された。

【最終試験結果】

平成 31 年 3 月 28 日、図書館情報メディア学位論文審査委員会において、審査委員全員出席のもと、本論文について著者に説明を求めた後、関連事項について質疑応答を行った。引き続き、「図書館情報メディア研究科博士後期課程（課程博士）の学位論文審査に関する内規」第 23 項第 3 号に基づく最終試験を行い、審議の結果、審査委員全員一致で合格と判断された。

【結論】

よって、著者は博士（学術）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。