

## 審査の結果の要旨

氏名 川崎 真弘

「A study on feature integration and mental manipulation in visual working memory (視覚性ワーキングメモリにおける特徴統合と心的操作に関する研究)」と題する本論文は、行動実験、fMRI (functional magnetic resonance imaging) と脳波を用いた脳イメージング実験によって、視覚性ワーキングメモリ(VWM)の特性とそれに関与する脳活動に関する新たな知見を示している。特に、視覚シーンに含まれるオブジェクトの各特徴を、脳内でどのように統合し、どのように必要な情報のみを抽出して保持しているか、という脳研究でいまだ解明されていない謎に迫っている。本論文は全7章で構成されている。

第1章は序論であり、本論文が対象とする、VWMに関する心理学的知見、電気生理学的知見、脳イメージングを用いた知見について紹介している。脳は、外界にあるオブジェクトに含まれる各特徴を異なるメカニズムで処理しているにもかかわらず、意識の中では、1つのオブジェクトとして認識することが可能である。この、従来脳研究において多くの関心が寄せられている、バインディング問題についてこれまで提案されているモデル、知見についても説明している。最後に、本論文の目的を述べている。

第2章は本論文で用いられた脳イメージング手法を説明している。特にfMRIに関する原理・計測・データ処理・解析の簡単な説明に加えて、本論文でも用いられたパラメトリック解析について詳しく説明している。VWMの保持に関与する脳部位は、記憶している表象の数と関連した活動が計測されることが提案されている。

第3章は、本論文で行われた第1のテーマである、VWMにおける特徴統合に関する新たな知見を示している。色や形の形態情報は腹側経路で、動き情報は背側経路で分離して処理されることが知られており、これらの情報を集約する単一脳部位の存在は報告されていない。さらにVWMに関する従来研究は、形態特徴に関するものが主であり、動き情報に関することはほとんど知られていなかった。このような研究背景の中で、本論文では、頭頂連合野後部が、色と形、動き方向、の全ての特徴のVWMに関与することを示している。この結果を受けて、本論文では、VWM内ではこれらの情報が統合されている可能性と、頭頂連合野後部が保持すべき情報の内容を保持している可能性、を報告している。加えて、動き情報のVWM保持容量は形態特徴のものに比べ小さいこと、頭頂連合野前部が動き情報の保持にのみ関与することなど、両者のVWMの特性の違いについても述べている。

第4章は、本論文で行われた第2のテーマである、必要な情報を選択して記憶する際の脳活動に関する知見を示している。視覚シーンに含まれるオブジェクトそのものを記憶する場合には、頭

頂頂連合野のみが関与するのに対して、選択された特徴を記憶する場合には、頭頂連合野に加え前頭連合野も保持に関与すると提案している。この結果は、従来研究では分かっていなかった前頭連合野のVWMにおける役割の1つを明確に示している。

第5章は、第3章と第4章で提案した説をさらに検証した実験結果を示している。頭頂連合野後部は、記憶すべき特徴の数が増えると活動が上昇することを示している。この結果は、頭頂連合野後部が全視覚特徴を集めて保持しているとした、第3章の説をサポートするものである。また、前頭連合野は、選択すべき特徴が増えた場合にも活動が上昇することも示している。この結果は、前頭連合野が、選択された必要な情報のVWMに関わるとした、第4章の説をサポートするものである。

第5章では、両経路で処理された特徴を統合して保持している場合に、単一特徴の保持に比べて保持容量が減少することを示している。この結果は、異なる次元の特徴は、ほとんど競合することではなく並列に保持されるとする従来の共通見解とは異なる。本論文では、異なる経路で処理される特徴を統合した保持には、余分なコストがかかるとする新たな心理学的仮説を提案している。

第6章は、本論文で行われた第3のテーマである、VWMにおける心的操作に着目している。EEG 実験の結果より、前頭連合野が一度操作を加えた表象の保持に関与すること、頭頂連合野が一度操作を加えた表象の操作に関与することを示している。前者の結果は、前頭連合野が選択した特徴の保持に関与するとした第4章の結果と一致している。後者の結果より、従来研究で心的操作に関わるとされていた前頭連合野だけでなく、頭頂連合野も加えたネットワークが心的操作に関わると提案している。

第7章は、論文全体を考察し、脳科学における本論文の結果の意義、今後期待される研究について提案している。最後に、本論文が明白にした結果を結論付けている。

以上、本論文は、VWMにおけるバイディング問題に対して重要な知見を示すとともに、VWMにおける各脳部位の役割を明確にすることによって、脳科学全体に大きく貢献している。よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。