

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 範 志偉

ヒトは、視覚や聴覚などの感覚情報を短期間保持し、その後の情報処理に利用することができる。この短期間の記憶は作業記憶とよばれる。色やテクスチャなどの視覚情報の作業記憶に関しては、数多くの研究が行われてきた。一方で、特定の感覚器を持たない時間情報が、どのようにして作業記憶として銘記され保持されるのかについての研究はほとんどない。本博士論文では、視覚刺激として呈示された情報の時間の長さが、作業記憶に記銘され保持される性質を詳細に検証した。

本論文は5章から構成される。第1章ではまず作業記憶と時間情報処理に関する知見をまとめた。特に、視覚テクスチャの作業記憶のモデルとして、Noisy Exemplar Model (NeMO)を取り上げた。NeMOにおいてテクスチャ情報は、ノイズを持つ点として任意の作業記憶空間に銘記される。この表象のノイズが時間の経過とともに増加することで、記憶の減衰が説明される。また、テクスチャの作業記憶では、記憶するアイテム数が多いほど記憶の精度が下がるアイテム数の効果、アイテム間の類似度が高いと記憶の成績が下がる類似性効果、そして、複数のアイテムが継時的に呈示された場合、最後のアイテムの記憶成績が最も高くなるという親近性効果があることをまとめた。時間情報処理については、脳内の周期的神経活動が時間情報をコードすることで時間長の知覚を説明する線条体うなりモデルについて概論した。

第2章では、複数のテクスチャ刺激を継時的に呈示し、刺激の時間情報の再認課題成績と刺激のテクスチャ情報の再認課題成績を検証した。その結果、時間情報についても、テクスチャ情報と同様に、アイテム数の効果・類似性効果・親近性効果があることを見出した。この結果は、時間情報の作業記憶も、視覚テクスチャ情報の作業記憶と同じNeMOの枠組みで検証が可能であることを示している。

第3章では、作業記憶空間内に時間情報が記銘される際の同期的神経活動の役割について検証した。刺激そのものをさまざまな周波数で明滅させその時間長を再現させる条件と、経頭蓋電気刺激により視覚皮質近傍の神経細胞群を任意の周波数に引き込み知覚された時間長を再現させる条件を用いた。経頭蓋電気刺激では、後頭葉視覚皮質近傍と頭頂葉近傍の頭皮2箇所を経頭蓋電気刺激の電極を貼り、電極間にさまざまな周波数の交流電流を流した。視覚刺激をシータ帯域やアルファ帯域で明滅させた場合、再現された時間のばらつき（ノイズ）が減衰した。さらに、複数の周波数の組み合わせでシータ波やアルファ波の神経引き込みを生じさせる電気刺激を用いた場合

も再現時間のばらつきが減衰した。この結果に基づいて、NeMO空間上での時間情報の表象について考察した。NeMO空間上に時間情報が記録される場合、その情報は脳内の同期的神経活動に基づいて記録される。視覚刺激の明滅は、この同期的神経活動の引き込みを誘発するため、表象のノイズを減衰させると考えられる。そして、経頭蓋電気刺激によって誘発された神経引き込みも、視覚刺激の明滅と同様に作業記憶空間上の表象のノイズを減衰させる効果があったと考察した。

第4章では、第3章の再生課題とは異なる弁別課題や再認課題を用いて、刺激観察時の脳波を測定するとともに記憶表象のばらつき（ノイズ）についてさらに検証した。第3章で効果が確認された周波数の組み合わせで視覚皮質近傍へ経頭蓋電気刺激を行なったが、予測されたような記憶表象のばらつきの変化は観察されなかった。また、測定した脳波にも周波数引き込みは確認できなかった。これらの結果は、神経引き込みの効果が比較的弱いものである可能性や、電気刺激のアーチファクトにより測定された脳波成分中に含まれるノイズが大きかったことを示している。さらに、第3章で用いた時間再生課題と第4章で用いた時間弁別課題や時間再認課題は、関連する脳部位や周期的同期成分の効果が違っていった可能性も示唆された。

第5章では総合考察として、本研究において得られた知見の意義について、他の研究知見との関係性に基づいて議論した。時間長の記憶が視覚テクスチャの記憶と同様にNeMOの枠組みで検証が可能であることを示した本研究の成果により、時間長の作業記憶に関してさらに精密なモデル化が可能であることを提案した。さらに、視覚の明滅刺激や経頭蓋電気刺激によって、反応のばらつき（ノイズ）が減衰するという本研究で初めて見出された知見は、時間長の作業記憶のみならず、今後、さまざまな知覚現象の研究に応用可能であることを提案した。

本審査会においては、本論文で明らかにされた時間長の作業記憶の特性と周波数引き込みの効果が高く評価された。審査委員の試問に対してはすべて適切な返答がなされ、論文中のフォントや図解等警備な点以外の改稿要求点は指摘されず、審査委員全員一致で本論文が合格とされた。

したがって、本論文は博士（学術）の学位を授与するのに相応しいものと認定する。