

審査の結果の要旨

氏名 林 拓志

標的に手を伸ばす、目を向けるといった到達運動を実行するとき、脳は、標的の視覚的な位置情報に基づき運動指令を予測的に生成する。しかし、神経系に内在するノイズ、環境の不確定な要因などによって運動は常に擾乱を受けており、生成された運動信号が必ずしも正確な運動を導くとは限らない。本論文の第1章では、これまでの行動科学的、神経生理学的、計算論的研究の流れを外観しながら、このような状況で正確かつ安定した到達運動を行うためには、予測的な運動指令生成（フィードフォワード制御）だけでなく、運動誤差に対する運動中の修正（フィードバック制御）および次試行での運動指令修正（運動学習）の2つの運動修正機構が重要であると指摘されている。さらに、これらの運動修正が意識下で行われうることが説明され、そうであれば、例えば右側にずれた動作が必ず左側に修正されるといったように、必ず運動誤差を減じる方向に運動修正が行われるのはなぜだろうかという問題が提起された。

第2章では、この適切な運動修正能力は、随意的にあらゆる方向に到達運動を実行する能力、すなわち正確な「視覚運動変換写像」を持っていることに依拠しているという仮説が提示されている。独自の方法を用いることにより視覚運動変換写像を人為的に変形させたところ、その形状変化に応じて運動修正度合いが増減するという、この仮説を支持する実験結果が見出された。特に、次試行で生じる運動指令の修正は、結果的に視覚運動変換写像を変形させることから、写像がどう変化しうるかは、その写像自体の形状に依存するという自己言及的な性質を有していることが指摘されている。

「運動プリミティブ」と呼ばれる多数の素子が標的の方向に応じて活動し、それらの活動の重み付けが変化することで運動学習が達成されるという状態空間モデルは、学習速度、学習効果の汎化など運動学習の様々な性質をよく再現することが知られている。第3章では、運動プリミティブの活動が最大となる標的の至適方向が運動誤差方向に回転するという神経生理学的知見を組み入れた新しいモデルを構築することによって、従来モデルでは説明できなかった運動学習系の自己言及的な性質を再現することに成功した。運動プリミティブを運動学習の基底と見なす従来の考え方とは異なり、その至適方向の回転という基底そのものに生じる再構成が、視覚運動変換写像の変化、すなわち運動学習に関わっている可能性があると考えられている。

第4章の総合論議では、フィードフォワード制御、フィードバック制御、運動学習の3つの要素が視覚運動変換写像を介して密接に関連しあっていることが本論文によって初めて明らかにされたことが強調されている。また、スキーマ理論などの過去のスポーツ心理学の考え方を参照しながら、正確な視覚運動変換写像を構築することが、視覚運動スキルの獲得において重要であるという実践的な観点からの議論も行われている。本論文は、以上のように、到達運動の制御・学習系の間に潜んでいた性質を明らかにした点で、博士（教育学）の学位を授与するに相応しいものと判断された。