

審査の結果の要旨

氏名 本多 卓也

神経系の情報伝達には時間を要するため、身体運動実行中に脳が受け取っているのは常に過去の感覚情報である。本論文は、過去の感覚情報を参照しながらも正確な身体運動遂行を可能とする、運動制御系の時間遅れ対応能力を明らかにしようとしたものである。

第 1 章では、神経系における時間遅れの問題を扱った先行研究が概観され、例えば、時間差を持つ 2 つの感覚刺激が長時間与え続けられると、両者の生起を同時に知覚するようになるという知覚順応の性質が紹介されている。一方、こうした知覚レベルでの知見に比べて、運動制御・学習レベルにおける時間遅れへの順応現象は十分に研究されていないことを指摘している。その上で、運動制御・学習過程も同様に時間遅れ環境に順応する性質を有しているのかどうかを明らかにするという本論文の目的が述べられた。

第 2 章では、腕到達運動中に手の位置を示す視覚フィードバック情報に外乱を与えたとき、次の試行で生じる無意識的な動作修正の度合い（運動学習度）が、視覚情報に同時に加えられた時間遅れによってどのような影響を受けるか検討された。その結果、視覚フィードバックに時間遅れがある場合、先行研究どおり運動学習度が低下したものの、時間遅れに予め十分に順応した後では、その低下が抑えられるという新しい知見が見出された。第 3 章では、時間遅れ順応による運動学習度の回復には、手の推定位置変化に伴う予測誤差の増大、および予測誤差に対する動作修正量変化の感度増大の両機序の関与を示唆する実験結果が示されている。

第 4 章では、時間遅れ順応に伴う手の推定位置変化の影響をより直接的に検討するため、腕到達運動開始直後に標的位置を突然移動させたときに見られる手の追従動作を検討している。視覚フィードバックに加えられた時間遅れ環境に予め順応していたか否かによって、手の追従動作の軌道が特異的な影響を受けることが示された。数理モデルシミュレーションも用いながら、運動制御系が時間遅れ順応に伴って手の推定位置を変化させたことで、上記実験結果が合理的に説明できると結論づけられている。

第 5 章では、視覚フィードバックに時間遅れを加えると動作が重く感じられるが、時間遅れに順応するにつれて重いという感覚が次第に弱まる実験結果が示され、この結果に基づき、運動制御・学習レベルの順応効果と知覚レベルの順応効果の関連が議論されている。

最終章では、時間遅れ順応が手の推定位置の空間的变化によって生じていること、この変化が脳の感覚情報予測能力に依拠したものであること、さらに遠隔機器の操作など運動スキルへの応用などの実践的観点も含め包括的な議論が行われている。

本論文は、運動制御・学習系においても時間遅れへの順応が生じることを初めて示し、その機序や知覚レベルでの順応効果との関連を明らかにした点で大きな意義が認められる。よって、博士（教育学）の学位を授与するに相応しい水準にあるものと判断された。