OUKA
The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	運動適応における自律神経系の調節機構
Author(s)	野上, 素子
Citation	大阪大学, 2026, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/105596
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

様式３

論　文　内　容　の　要　旨

氏　名　（　野上　素子　）	
論文題名	運動適応における自律神経系の調節機構 （Autonomic Modulation Mechanisms in Human Motor Adaptation）

論文内容の要旨

【背景】自律神経系は、生理的恒常性の維持にとどまらず、脳の情報処理と連動して外部環境に適応した行動を支える重要なシステムである。瞳孔径や心拍などの自律神経指標は、運動遂行に関わる精神状態を非侵襲的に反映し得るが、運動「学習」過程における自律神経系の役割を体系的に検討した研究は極めて少ない。そこで本研究は、運動誤差に対する自律神経応答の特性を明らかにするとともに、それらが運動学習プロセスに及ぼす影響を検討することを目的とした。

【方法】健常若年成人を対象に、腕の到達運動を用いた単一試行適応課題を実施し、予期せぬ運動誤差に対する自律神経応答と運動学習の関係を検討した。実験1では力場による固有感覚誤差、実験2では視覚運動回転による視覚誤差を誘発し、それぞれ9段階の誤差強度を提示した。課題中に瞳孔径、皮膚電気活動、心電図を同時に測定し、誤差に対する自律神経応答および学習率を評価した。さらに構造方程式モデリング（SEM）を用いて、自律神経活動と学習率の潜在的な関係を統合的に検討した。

【結果】両実験において、すべての自律神経指標は感覚モダリティの種類に依存せず、誤差の大きさに応じて変化するという共通した応答特性を示した。SEM解析の結果、実験１では誤差によって誘発された自律神経活動の亢進が、学習率の低下を部分的に媒介することが示された。一方、実験２では同様の効果は認められなかった。

【考察】本結果は、自律神経応答が運動誤差の大きさに応じて変動する内部状態（驚きや不確実性など）を反映する可能性を示唆している。さらに、自律神経活動が学習率を調節する可能性が示唆されたことから、運動学習プロセスは物理的な誤差情報のみならず、誤差に対する心理・認知状態を利用して内部モデルを更新している可能性が考えられる。本研究は、ヒトを対象とした行動実験において、内部状態を客観的に評価する手法として自律神経指標の測定が有効であることを示すとともに、従来の運動学習理論に内部状態という視点を加えた新たな概念的枠組みを提案するものである。

様式 7

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏　名	（　野上　素子　）

	(職)	氏　名
論文審査担当者		
主 査	招へい教授	春野　雅彦
副 査	教授	北澤　茂
副 査	教授	中野　珠実
副 査	教授	七五三木　聡

論文審査の結果の要旨

野上素子氏は、自律神経系が生理的恒常性の維持にとどまらず、脳の情報処理と連動して外部環境に適応した行動を支える重要なシステムであることに着目し、瞳孔径や心拍などの自律神経指標が運動遂行時の精神状態を非侵襲的に反映し得る一方で、運動「学習」過程における自律神経系の役割が体系的に検討されてこなかった点を重要な課題として捉えた。そこで、自律神経応答の運動誤差に対する特性を明らかにするとともに、それらが運動学習プロセスに及ぼす影響を検討することを目的として研究を実施した。具体的には、健常若年成人を対象に、腕の到達運動を用いた単一試行適応課題を実施し、予期せぬ運動誤差に対する自律神経応答と運動学習の関係を検討した。実験1では力場による固有感覚誤差、実験2では視覚運動回転による視覚誤差を誘発し、それぞれ9段階の誤差強度を提示したうえで、課題中の瞳孔径、皮膚電気活動、心電図を同時に測定し、誤差に対する自律神経応答および学習率を評価した。さらに、構造方程式モデリング（SEM）を用いて、自律神経活動と学習率の潜在的な関係を統合的に解析した。データ解析の結果、両実験において、すべての自律神経指標は感覚モダリティの違いに依存せず、誤差の大きさに応じて変化するという共通した応答特性を示した。加えて、SEM解析の結果、実験1では誤差によって誘発された自律神経活動の亢進が学習率の低下を部分的に媒介することが示された一方、実験2では同様の効果は認められなかった。野上氏は、これらの結果に基づき、自律神経応答が運動誤差の大きさに応じて変動する内部状態（驚きや不確実性など）を反映する可能性を示すとともに、自律神経活動が学習率を調節し得ることから、運動学習プロセスが物理的な誤差情報のみならず、誤差に対する心理・認知状態も利用して内部モデルを更新している可能性を論じた。本研究は、ヒトを対象とした行動実験において内部状態を客観的に評価する手法として自律神経指標の測定が有効であることを示すとともに、従来の運動学習理論に内部状態という視点を加えた新たな概念的枠組みを提案するものであり、学術的意義は高い。審査においては、運動学習研究における重要な未解明課題に正面から取り組んでいること、異なる感覚モダリティにまたがる2つの実験系を用いて結果の一般性を検討していること、複数の自律神経指標を同時計測しSEMによって統合的に解析していることなどが高く評価され、博士の学位に十分な業績であることが確認された。以上より、本研究は博士の学位を授与するに値するものと認める。なお、チェックツール“iThenticate 2.0”を使用し、剽窃、引用漏れ、二重投稿等のチェックを終えていることを申し添える。