



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Mental chronometry ability and neural representation of motor imagery [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	楊, 惠翔
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(文学)
Dissertation Number	甲第14723号
Issue Date	2021-09-24
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/82988
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Huixiang_Yang_review.pdf, 審査の要旨



学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称：博士（文学）

氏名： 楊 恵翔

主査 准教授 小川 健二
審査委員 副査 教授 安達 真由美
副査 准教授 瀧本 彩加

学位論文題名

Mental chronometry ability and neural representation of motor imagery
(運動イメージの心的時間測定能力と神経基盤)

・当該研究領域における本論文の研究成果

本研究は、ヒトの運動イメージ能力についての行動特性と神経基盤を検討したものである。運動イメージとは、実際に運動を実行することなく、頭の中で運動を想起する認知機能のことであり、実験心理学のみならず、スポーツ科学やリハビリテーション等の分野でも重要な研究対象である。本論文の一連の実験では健常成人を対象とし、運動イメージに関する行動特性の検討、および運動イメージを支える神経基盤の解明と制御を試みた。

本論文ではまず、運動イメージ能力の測定方法を検討した。従来の運動イメージ能力の測定では、主に質問紙調査に基づく主観的な方法と、心的時間測定法を用いた客観的な方法の2つが用いられてきた。心的時間測定法では、実際に運動を遂行した時間と、同じ運動をイメージした際に被験者が報告した時間との差を計測し、その差が小さいほど運動イメージ能力が高いと定義される。しかし、この方法の懸念として、運動イメージに限らない一般的な時間保持能力に影響を受ける可能性が考えられる。そこで申請者は、個人の時間保持能力と心的時間測定法との関係性を実験的に検討し、それらが独立した認知能力である点を示した。さらに、運動イメージに関する複数の質問紙調査法との関係も検討し、心的時間測定法との関連性を明らかにした。

次に、運動イメージ能力の神経基盤について検討がなされた。実験では、質問紙で用いられた4種類の異なる運動イメージを使用し、被験者がそれぞれの運動を想起している際の脳活動を非侵襲の脳機能イメージング法である機能的核磁気共鳴画像法（fMRI）で計測した。分析では、近年用いられている機械学習の方法を採用し、被験者の脳活動パターンから、行っている運動イメージ内容を解読するという最先端の手法が用いられた。結果から、運動関連野の脳活動パターンを用いて、被験者が想起している運動イメージをチャンスレベルよりも統計的に有意に高い精度で解読することができた。このことは、運動イメージが実際の運動遂行に関わっている脳部位の活動によって支えられているということを示している。さらに、視覚的に想起することが得意な被験者群と、運動感覚的に想起することが得意な被験者群とでは違いが見られ、後者で運動関連野の識別精度が高いという結果が得られた。これらの発見は、神経基盤に基づく運動イメージ能力の個人差の解明に新たな知見を与えるものである。

さらに本論文では、運動イメージの神経基盤を外的に操作することを試みた。実験では、fMRIで測定した脳活動をリアルタイム処理し、被験者自身にフィードバックするという方法（ニューロフィードバック法）を用い、対象とする脳部位での効果の違いを検討した。具体的に被験者は、MRI装置の中で、画面上にグラフとして提示される自身の脳活動の大きさを、運動イメージを用いて高めるように教示された。結果から、対象とする脳部位によってニューロフィードバックの効果に違いが見られ、運動前野を用いた場合は、一次運動野を用いた場合より有意に大きなニューロフィードバックによる学習効果が観察された。このことは、運動前野の活動をニューロフィードバック法で外的に制御することが可能である点を示すものである。本研究は、脳活動計測に基づく運動イメージの効果的な促進方法の基礎研究となるものであり、従来は行動のみが用いられてきたスポーツ分野におけるメンタルトレーニングや、リハビリテーションの訓練等にも応用可能性を有する点で意義深いものと言える。

審査の過程で、本論文に対していくつかの問題点も指摘された。具体的には、運動イメージ研究の文脈の中で、本研究の位置づけが明確ではないという懸念が示された。また本研究に含まれる実験はいずれも運動イメージ能力を扱ったものではあるが、博士論文ではそれらの関係性についてさらに明確化するように指摘を受けた。申請者はそれらの点を踏まえて本論文に修正を加え、運動イメージ研究における本論文の意義をより明確化することができた。

本論文の成果の一部は、既に著名な認知神経科学分野の国際誌に筆頭原著論文として掲載されており、残りの成果についても現在、筆頭原著論文として査読または投稿準備中である。また、国内外の数々の関連学会でも筆頭著者として発表を行っている。以上の点は、楊惠翔氏が研究者として求められるのに十分な水準の研究遂行能力を有することを示すものである。

- ・学位授与に関する委員会の所見

本審査委員会は、以上の審査結果に基づき、全員一致で、楊惠翔氏に博士（文学）の学位を授与することが妥当であるとの結論に達した。