

# 力場環境下の到達運動学習におけるパフォーマンス低下時の脳活動

1250320 栗林 祐介 【身体情報サイエンス研究室】

## 1 はじめに

ヒトは、繰り返し練習することでより洗練された運動能力を獲得することができる。しかしどれだけ十分に学習を行ったとしても失敗することがある。先行研究 [1] では、力場環境下での到達運動課題中に脳波 (EEG) 計測を行い、横方向の誤差が一定に収束した後の脳活動に着目した。その結果、失敗試行の課題準備中に頭頂領域の脳波が、課題実行中に右前頭領域及び後頭頭頂葉の脳波が変化した。先行研究 [1] で使用した EEG 計測は、詳細な活動部位を特定するのが困難である。それに対して機能的磁気共鳴画像法 (fMRI) は、EEG 計測より脳の活動部位をより正確に特定することが可能である。

本研究では、fMRI 装置内で到達運動課題を実施し、力場環境下で一定期間の学習を行なった後のパフォーマンスの低下時の脳活動を解明していく。

## 2 実験方法

### 2.1 実験参加者

本実験は、右利きの健常者 29 名 (男性 16 名, 女性 13 名, 平均年齢  $20.7 \pm 1.63$  歳) に対して行い、データが不適切な 8 名除く 21 名のデータを利用した。

### 2.2 実験装置および手順

fMRI 装置内でロボットマニピュランダムを使用して到達運動課題を実施し、脳活動を測定した。計測前に 30 回程の練習試行を行った。

到達運動課題は、力場なしを 60 試行 (Null セット)、力場ありを 180 試行 (Learning セット)、力場なしを 180 試行 (WashOut セット)、力場ありを 180 試行 (ReLearning セット) の順に計 600 試行実施した。この時 Learning と ReLearning では運動方向に対して右方向の力場を発生させた。このことは参加者には伝えずに実験を実施した。

1 試行の流れとしては、まず参加者に画面に表示された開始位置にカーソルを合わせた。その状態で 2 から 5 秒程待機した後ターゲットを表示させ 2 秒間の待機させた (課題準備中)。待機後、課題開始の合図を表示し、その合図を基にカーソルを開始位置からターゲットまで移動させた (課題実行中)。

### 2.3 パフォーマンスが低下した試行の検出

各セットで一定期間学習を行なった後の脳活動を比較するため、到達運動課題全 600 試行の内 Learning セット, WashOut セット, ReLearning セットの 1 試行目から 60 試行目の計 60 試行を適応試行とし、61 試行目から 180 試行目の 120 試行からパフォーマンスが低下した試行 (外れ値) を検出した。

外れ値の検出法は、到達運動課題の行動データから各試行の最大速度時の横方向の位置を検出し、120 試行を 30 試行ごと 4 ブロックに分け、各ブロックで平均値  $\pm 2SD$  以上となる値を外れ値とした。

### 2.4 パフォーマンス低下時の脳活動の比較

2.3 で検出した Learning, WashOut, ReLearning の各セットで外れ値の試行 (Outlier) と正常な試行 (Normal) の課題準備中と課題実行中の脳活動を比較するために SPM12 を用いて解析を実施した。

## 3 結果

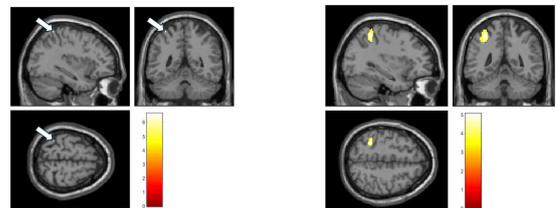


図 1 Learning セットの課題準備中の脳活動を Outlier>Normal で比較した結果

図 2 WashOut セットの課題準備中の脳活動を Outlier>Normal で比較した結果

Learning セットの課題準備中の脳活動を比較した結果、Outlier では Normal に比べて左上頭頂小葉 (左 SPL) で有意な活動が示された (peak-level, FWE-corrected,  $p < 0.05$ ) (図 3)。WashOut セットも課題準備中の脳活動において、Outlier が Normal よりも左 SPL で有意な活動を示した (cluster-level, FWE-corrected,  $p < 0.05$ ) (図 3)。Learning 及び WashOut セットの課題実行中と、ReLearning セットの課題準備中及び実行中の脳活動に有意な差は見られなかった。

## 4 考察

Learning と WashOut セットの課題準備中の脳活動を Outlier>Normal で比較すると、左 SPL で有意な活動が見られた。この結果は先行研究 [1] の結果とも概ね一致する。これより SPL の活動は、運動の準備段階に関与しており、特に失敗の試行で活動が増加することが示唆された。

## 参考文献

- [1] Toshiki Kobayashi, Mitsuaki Takemi, Daichi Nozaki, "Looking for a sign forecasting failure in actions: reaching errors triggered by a slow-down of movement and specific brain activity in preceding trials", biorxiv, 2022.08.23.505043, doi: <https://doi.org/10.1101/2022.08.23.505043>