

## MRI 内でハプティクスデバイスを用いた力場運動学習環境の構築と検証

1200339 豊田 稜 【身体情報サイエンス研究室】

## 1 はじめに

ヒトの持つ運動学習の1つに運動適応がある。運動適応は通常的环境下でできる運動を新規环境下で行えるようになることである。中でもさらにキネマティック運動適応とダイナミック運動適応があり、キネマティック運動適応時の脳活動に関する先行研究は既になされている [1]。しかしダイナミック運動適応時の脳活動計測に関して MRI を用いた研究は未だなされていない。MRI 内でダイナミック運動適応を行う場合ハプティクスデバイスを用いた力場運動学習が挙げられる。

本研究では、ハプティクスデバイスを MRI 装置内で操作できる環境を構築し、その環境下で到達運動課題を行い運動学習が行われるかを検証した。また、その環境での脳画像の撮像を検証した。

## 2 方法

本研究では、脳活動を測定するために MRI 装置を使用した。また、MRI 内で力場運動学習課題を行うためハプティクスデバイスを使用した。被験者は、脳構造画像の計測は学生男性 2 名 (平均年齢 21 歳) に対し行われ、到達運動課題は学生男性 3 名 (平均年齢 21 歳) に対して行われた。

## 2.1 実験手続き

被験者は右手にハプティクスデバイスの接続されたスティックを保持した状態での脳構造画像の計測が行われた。その後力場運動学習課題が行われた。課題では開始地点から目標地点へ直線にカーソルを動かす到達運動を 5 試行 1 セットとして力場無しのベースライン 10 セット、力場有り 50 セット、力場無しのウォッシュアウト 10 セットの合計 70 セット 350 試行が行われた。後日、ハプティクスデバイスのない状態での脳構造画像の計測を行った。

## 3 解析

VBM を用いて MRI 内でハプティクスデバイス使用した場合とそうでない場合での脳構造画像の信号値を比較した。また、MATLAB を用いて到達運動課題での開始地点と目標地点を結ぶ直線と軌跡とのずれをエラー値としたパフォーマンスの解析を行った。さらに SPM12 を用いて MRI から得た脳画像の前処理を行い到達運動課題中で運動時に非運動時と比較し有意に活動する脳部位と、学習に関連する部位を調べた。

## 4 結果

ハプティクスデバイス使用時と非使用時での各被験者の白質画像と灰白質画像の信号値平均の比を被験者間

で平均すると表 1 のようになった。

表 1: 信号値の平均

ハプティクスデバイスの条件	白質画像と灰白質画像の信号値平均の比
使用時	1.34
非使用時	1.37

また、到達運動課題のエラー値を 5 試行ごとに平均したものをグラフに出力した (図 1)。力場有りの最初のセットと最後の 1 セットで  $t$  検定をおこなった結果、エラー値には有意な差が見られ ( $p=0.033$ ) 小さくなっていた。また、学習に関連のある部位を調べた結果、下頭頂小葉 (Brodmann area 40) の賦活が見られた (図 2)。

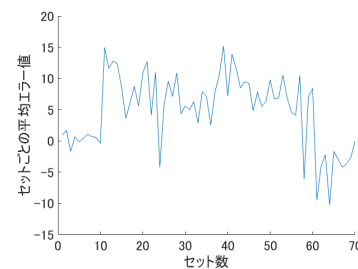


図 1: エラー値のグラフ (代表例)

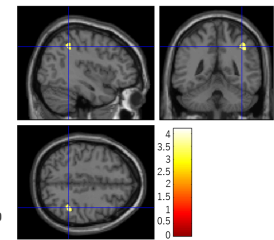


図 2: 学習に関連のある脳部位

## 5 考察

表 1 より MRI 内でハプティクスデバイスを使用した場合にも非使用時と同程度の白質と灰白質の平均信号値が得られたことから、力場運動学習環境下における脳画像の撮像が可能であったと考えられる。また、力場の最初の 1 セットと最後の 1 セットでエラー値について有意に小さくなっていることから運動学習がされていると考えられる。学習に関連のある脳部位を調べると下頭頂小葉の賦活が見られたことより下頭頂小葉が力場運動学習に関わっていると考えられる。

## 6 まとめ

本研究では、MRI 内で力場運動学習を行える環境を構築し脳画像の計測を検証した。また、その環境で力場運動学習が行われるかの検証を行った。結果、MRI 内での力場運動学習環境での脳画像の撮像が可能であり、運動学習が行われることが確認できた。結果より、力場運動学習と下頭頂小葉の相関が見られたため力場学習には下頭頂小葉が関連していると考えられる。

## 参考文献

- [1] 今水 寛, 2017, “感覚-運動記憶のメカニズム:脳機能画像からのアプローチ”, 計測と制御, 第 56 巻, 第 3 号, pp187-192.