

視点変換が運動に及ぼす影響

1215086 澤田 悟 【身体情報サイエンス研究室】

The effect of viewpoint conversion on motor control

1215086 SAWADA Satoru 【Brain muscle coordination Lab.】

1 はじめに

現在、今まで経験したことのない環境を作り出すことが可能になってきており、普段見ている視点とは異なった状況下での動作が可能である。先行研究では異なる視点環境で運動学習を行った結果、視点ごとに別々の運動記憶が形成され、視点間で共有した運動記憶の存在も示唆された [1]。しかし、視点による脳活動や長期保持への影響、運動学習の個人差については報告されていない。

そこで本研究では、3つの実験を行った。実験1ではMRIを用いて、異なる視点環境でリーチング課題を行った時の脳活動を調査した。実験2では先行研究の実験に参加した被験者に再度同じ実験を行い、視点と運動の長期保持の関係を調査した。実験3では先行研究で行ったリーチング課題の実験データを用いて、運動学習の個人差とイメージ能力の関係を調査した。

2 実験1：方法

被験者は心身ともに健全であり、正常な視力(矯正含む)を有する本学学生12名であった。実験装置は、運動学習中の脳活動を測定するために、MRIを使用した。またMRI内でリーチング課題を行ってもらうために、ジョイスティックを使用した。正面視点と右視点という異なる視点環境を作成するために、課題画面を正面から映す場所と右側から映す場所にWebカメラを設置した。

2.1 手続き

被験者には課題が表示されるPC画面を正面から映す視点と右から映す視点で、目標までカーソルを一直線に動かすリーチング課題を行ってもらった。課題が始まると同時にMRIの測定を開始し、最初に何も画面に表示されないrestを20秒提示後、正面視点20秒、右視点20秒のように交互に視点を切り替えた課題を4回行った。最後は再びrestで1セッションが終了し、MRIの測定も同時に停止する。実験課題は合計10セッション行った。

2.2 解析方法

MRIで出力される脳活動データはSPM12を用いて前処理を行い、単変量解析と多変量パターン解析、相関解析を行った。

単変量解析では正面視点課題での脳活動が右視点課題での脳活動より有意に賦活した脳部位、右視点課題での脳活動が正面視点課題での脳活動より有意に賦活した脳部位を調べた。

多変量パターン解析では、BDTBを用いた。left brodmann area 4 (L BA4), left brodmann area 6 (L BA6), right and left brodmann area 7 (RL BA 7), right and left brodmann area 17 (RL BA 17)をROIとして評価を行った。

リーチング課題の座標データを用いて、スタートポジションからターゲットまでを一直線に結び、その線の垂直方向と軌跡との距離をエラー値とした。このエラー値と脳活動の相関を調べた。

2.3 実験1：結果と考察

2.3.1 単変量解析

正面視点課題での脳活動と右視点課題での脳活動の比較を行った結果、右視点課題での脳活動が正面視点課題での脳活動より上頭頂小葉が有意に賦活していた($p < 0.001$, 図1)。この領域は運動性の位置知覚に参与しているといわれ [2]、異なる視点環境での動作に重要な働きをしていることが示唆される。

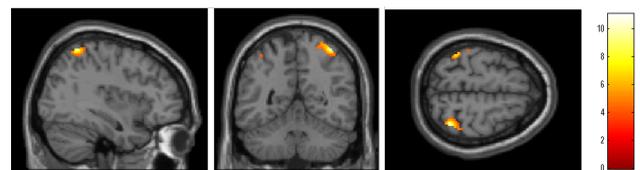


図1 上頭頂小葉

2.3.2 多変量パターン解析

各被験者のROI4種類それぞれで解析を行い、その平均識別率を求めた結果、LR BA 17とLR BA 7がチャンスレベルを有意に超える結果となった。識別率が高くなった要因として、LR BA 17は物体の見え方で活動パターンが異なるためだと示唆される。またLR BA 7は単変量解析で頭頂葉が正面視点課題での脳活動より右視点課題での脳活動が有意に賦活していたためだと示唆される。

2.3.3 リーチング課題と脳活動の関係

各被験者のリーチング課題のエラー値をもとに、右視点課題での平均エラー値から正面視点課題での平均エラー値を引いた値を求めた。その値と右視点課題の脳活動の間に相関があるか調べた結果、中側頭回・上前頭回で負の相関がみられた。中側頭回は運動の空間情報を解析や統合を行う領域であり、上前頭回は遂行機能に参与しているため、エラー値が少なくリーチング課題を行えることが示唆される。

3 実験 2 : 方法

被験者は先行研究の実験に参加してもらった 13 名であり、1 年後から 2 年後に実験を行った。実験装置は運動学習を行うために、ロボットマニピュラタムを使用した。また異なる視点で課題を行うために、HMD と Web カメラを使用した。Web カメラは、課題が提示されるスクリーンを正面から映す場所と、右側から映す場所に設置した。

3.1 手続き

被験者は正面視点か右視点の状態で、リーチング課題を行ってもらった。2 つの視点に慣れてもらった後、各視点のベースライン課題、運動学習課題、各視点のウォッシュアウト課題を行った。また、2 つのグループに分け、正面視点から課題を行う条件をパターン 1 (被験者 5 名)、右視点から課題を行う条件をパターン 2 (被験者 8 名) とし、交互に視点を切り替えて課題を行った。運動学習課題では被験者の動作を妨害する力場を速度依存の進行方向右向きに発生させた。

3.2 実験 2 : 結果と考察

図 2 に先行研究で行った実験と今回行った実験 (以下再実験) のリーチング課題のエラー値を 4 方向 1 セットで平均したグラフを示す (平均± SD)。結果としてパターン 1 では正面視点での運動学習課題 3 セット目から再実験のエラー値が有意に減少していることが分かった。パターン 2 では先行研究と再実験の結果に違いがみられなかった。これにより普段見ている視点での運動学習が異なる視点での運動学習より長期にわたって記憶を保持できることが示唆される。

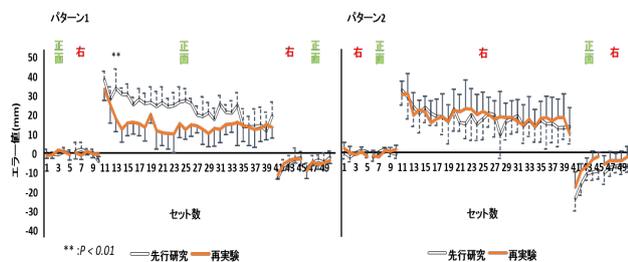


図 2 先行研究と再実験のエラー値比較

4 実験 3:方法

被験者は先行研究の実験に参加してもらった 21 名であった。イメージ能力の測定には VISQ を用いた。この質問紙には 2 種類のイメージ能力があり、色鮮やかで鮮明度が高いイメージを意味する物体イメージと、物体間の空間的な関係を略率的に書いたり思い浮かべたイメージを変形・想起することを意味する空間イメージの使用傾向を測定する。質問紙の得点と先行研究の実験データに相関があるか調べた。

4.1 手続き

被験者は物体イメージと空間イメージに関する各 12 問の質問に 5 段階評価してもらった。

4.2 実験 3 : 結果と考察

アンケートの結果、物体イメージは平均 36.6 点、空間イメージは平均 31.3 点であった。この得点と先行研究で行ったリーチング課題のエラー値に相関があるか調べた。物体イメージと右視点での運動学習課題最後のエラー値との間に強い正の相関がみられた ($r = 0.83$, 図 3 左)。これより物体イメージ能力が高いほど、異なる視点での操作が正確にできなくなることが示唆される。空間イメージと右視点での学習量との間に負の相関がみられた ($r = -0.61$ 図 3 右)。これより空間イメージ能力が高いほど、異なる視点での学習量が少ない傾向があることが示唆される。

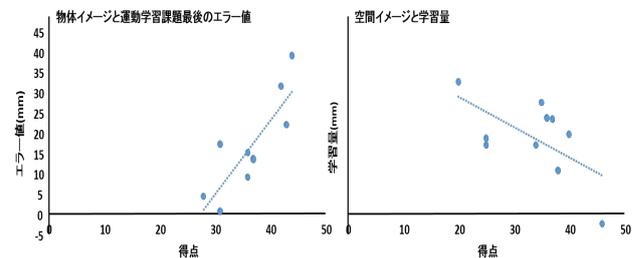


図 3 VISQ とエラー値との相関

5 まとめ

本実験では異なる視点環境が運動に与える影響を脳活動・長期保持・イメージ能力の観点から調査した。異なる視点での運動では上頭頂小葉が、運動課題の正確性は中側頭回・上前頭回が重要であり、長期保持は難しいことが示唆される。イメージ能力では物体イメージ能力が高いほど正確性が落ちる、空間イメージ能力が高いほど運動学習量が下がることが示唆される。

参考文献

- [1] 澤田 悟, 門田 宏, “視点変換が運動記憶に及ぼす影響,” HEC Workshop, 2017
- [2] V.B. Mountcastle, J.C. Lynch, A. Georgopoulos, H. Sakata, and C. Acuna, “Posterior parietal association cortex of the monkey: command functions for operations within extrapersonal space,” J. Neurophysiol., 1975, 38, pp.871-908