

Grad-CAMによる可視化を用いた注目領域の抽出と運動学習成績の関連性の検討

岡野 佑香 【身体情報サイエンス研究室】

1 はじめに

先行研究では、技能獲得前に撮像した脳画像から運動課題の成績を予測する研究が行われ、2次元スライス画像を扱う2D-CNNにおいて高い予測精度が得られた[1]。本研究では、先行研究を発展させ、勾配重み付きクラス活性化マップ(Grad-CAM)を用いて、モデルがクラスを識別する際に注目した脳領域を可視化した。そして、Grad-CAMにより抽出された注目領域が、運動学習成績と関連するかを検討することを目的とした。

2 方法

2.1 使用データ

右利きかつジャグリング未経験者51名を対象とし、運動学習課題としてジャグリング課題を実施した。各試行の成功回数の合計を学習度とし、上位26人(Good群)と下位25人(Bad群)の2クラスに分類した。運動学習前に撮像した脳画像には、T1強調画像から灰白質画像(GM)、安静時の機能画像からmfALFF画像、拡散強調画像から白質画像(WM)を作成し、2次元スライス画像として入力データに用いた。2次元スライスは被験者1名あたり121枚で構成された。

2.2 深層学習

分類モデルには、先行研究で用いられたResNet50のファインチューニング設定を用いた。学習を20回繰り返して、その正解率の平均をモデル性能の評価とした。

2.3 Grad-CAM

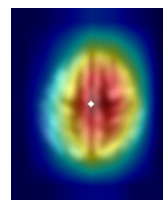
本研究では、学習後のResNet50にGrad-CAMを適用し、GoodクラスおよびBadクラスと識別する際に注目した脳領域をヒートマップとして可視化した。また、各スライスについて10回分のGrad-CAMを平均化し、各クラスにおける最大活性点を抽出して脳部位との対応関係を検討した。

2.4 注目領域の群間比較

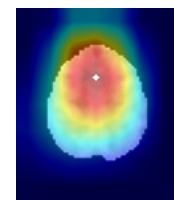
Grad-CAMにより算出された、モデルがGoodクラスと識別する際に注目した脳領域のヒートマップの上位5%を高注目領域として定義した。本解析ではGMおよびmfALFFを対象とし、WMについては脳領域数が少ないため、解析対象から除外した。抽出された高注目領域の分布を評価するため、AAL atlasに含まれる全116の各脳領域を解析対象とし、運動学習成績に基づいたGood群とBad群の間で比較を行った。121

枚のスライス画像のうち、脳領域が明確に含まれる下方90枚を対象とし、高注目領域と各脳領域が同一スライス内で1画素以上重なった場合をヒットと判定した。深層学習を10回独立に実行し、Good群とBad群でt検定を行った。有意水準は $\alpha = 0.05$ とした。

3 結果



(a) GM 画像



(b) mfALFF 画像

図1 slice 85 枚目 Grad-CAM 結果 (補足運動野を注視)

モデルが Good クラスと識別する際に注目した脳領域の平均ヒートマップを Grad-CAM で可視化した結果(図1)、最大活性点は GM では補足運動野や右中心前回など、mfALFF では補足運動野や左中心前回などに見られた。WM では、中心脳脚や右上縦束などに見られたが、GM や mfALFF と比較してその数は少なかった。

高注目領域の分布を群間比較した結果、Good 群は Bad 群と比較して、GM では左中心前回や右小脳など、mfALFF では右中前頭回や中帯状回などに有意な領域が見られた($p < 0.05$)。一方、Bad 群は Good 群と比較して、GM では左中後頭回や鳥距溝など、mfALFF では左小脳や小脳虫部などに有意な領域が見られた($p < 0.05$)。

4 考察

モデルが Good クラスと識別する際に注目した脳領域を可視化した結果、運動関連脳部位に位置する傾向が見られた。WM は線維構造の特性を主に反映するため、特徴が捉えられにくかったと考えられる。また、高注目領域の分布を Good 群と Bad 群で比較した結果、特に GM において Good 群で左中心前回や右小脳など、運動関連脳部位に高注目領域が見られた。以上のことから、Grad-CAM により可視化された注目領域は、運動学習成績と関連する脳部位を反映している可能性があり、運動学習能力の予測に利用できる可能性が示唆された。

参考文献

- [1] 山口竜矢, “深層学習による技能獲得前の脳画像を用いた運動学習能力の推定”, 高知工科大学, 学士學位論文, 2023.