

自己開始運動の発生に影響する要因および神経基盤の解明

研究代表者 酒多 穂波 ¹⁾
研究分担者 伊藤 浩介 ²⁾

1) 中京大学 心理学部 2) 新潟大学 脳研究所 統合脳機能研究センター

研究要旨

我々の行動は、きっかけとなる外部からの刺激入力がない状態で内因的に生じる場合がある。このような内因性の意図に基づく行動の神経基盤は未だに解明されていない。先行研究では、限局した脳領域に自由な行動の発生源があるとの考えに基づき、局所的な脳活動が短い時間窓において重点的に調べられてきた。しかし申請者のこれまでの研究からは、複数の脳領域における自発的な脳活動の増加が行動前の早い段階から始まり、行動の発生に関与していることがわかった。したがって、行動開始前の安静状態から行動実施の瞬間までを含めた長い時間スケールにおける全体的な脳活動を検討する必要がある。本研究では fMRI と脳波を用いて自由なタイミングでおこなう運動に先行する脳活動を計測し、様々な脳領域の活動が安静状態から運動実施に至るまでにどのように変化していくかを明らかにする。

A.研究目的

我々は自由に自分の意志を決定し行動を選択することができる。しかし、このとき感じている主観的な自由は、行動開始前からの無意識的な脳活動の影響を受けて形成された、いわば“見せかけの自由”である可能性も示唆されており、内因的な意図に基づく自由な行動に関する神経基盤には不明な点が多い。そこで本研究では、内因的な行動の神経基盤の一端を解明するため、行動開始前の脳活動に着目し、自由な運動のタイミングの決定にどのように関わっているかを明らかにする。

B.研究方法 (倫理面への配慮を含む)

本研究は新潟大学倫理委員会および中京大学研究倫理審査委員会の承認を受けて実施した。

「自由意志に基づく行動」の単純な例として「自由なタイミングでおこなう単純な運動 (= 自己開始運動)」を対象とし、運動のタイミングに関する意図に注目して検討した。まず、実験参加者が内因的な運動 (自己開始運動、free timing 条

件) と外因的な運動 (cued timing 条件) をそれぞれおこなう際の脳活動を fMRI によって計測し、条件間で比較した。運動の内容は利き手による掌握運動であった。2 条件で運動の回数やタイミングが一致するようにして、意図に関する脳活動を検討できるようにした。得られたデータは事象関連デザインで解析した。先行研究において自由な意思決定を要する実験課題に関与することが示唆されている脳領域を関心領域として、各領域における時系列データが運動に関連してどのような変化を示すかを調べた。

次に、何もしていない状態から内因的に行動を開始するまでの脳活動の時間的特性を詳細に検討するため、自己開始運動をおこなう際の実験参加者の脳波を記録して、自己開始運動に先行する指標として知られている運動準備電位を算出した。長時間窓での計測に適した DC 記録によって脳波を計測し、短い時間窓で検討されることが多い運動準備電位を長時間窓で検討した。

さらに、これまでに得られた結果をふまえ、自己開始運動をおこなう前の自発的な脳活動に実

験的操作を加えることによって運動の発生に影響があるかどうかを、2つの行動実験により調べた。実験1では、運動の意図に運動準備電位が先行することを示した Libet (1983) で用いられた実験パラダイムと同様の視覚刺激を使用し、同様の行動実験をおこなった。実験参加者は、時計の文字盤の中に点が回っている刺激が呈示される条件と文字盤のみ呈示される条件において自己開始運動をおこなった。実験2では、実験参加者は知覚できる強度の視覚刺激（閾上刺激）が呈示されている条件とそうでない2条件（注視点のみ呈示し視覚刺激を呈示しない条件、閾下刺激を呈示する条件）のもとで自己開始運動をおこなった。視覚刺激として、1秒間に10回反転する反転刺激を用いた。両実験ともに、条件間で比較した場合に、運動が発生するまでの時間に違いがあるかどうかを検討した。

C.研究結果

まず fMRI 実験に関して、複数の領域において、自由なタイミングで実施する運動の前から徐々に増加するような神経活動が見られることが分かった。その領域は、先行研究ですでに報告のある補足運動野に加え、視覚野、聴覚野、楔前部、右半球の下頭頂小葉、右半球の下前頭回、島皮質であった。またこのような神経活動は、血流動態の遅れも考慮すると約 10 秒前から始まっていた。今回特に新しい結果となったのは、free timing 条件においては感覚刺激がなかったにもかかわらず、視覚野と聴覚野において運動前から徐々に増加する活動が見られたことであった。

次に自己開始運動にともなう運動準備電位を検討した結果、運動をおこなうまでの時間が試行ごとに、あるいは個人ごとによりばらついていることにより、運動準備電位の開始時点を決めることは難しいことが分かった。また、運動をおこなうまでの時間が長い参加者と短い参加者では運動準備電位の傾きが異なる傾向が見られた。

最後に行動実験の結果について、実験1については、動く点が表示されている刺激を呈示する条件では呈示しない条件よりも運動が生じるまでの時間が短くなることが分かった。実験2については閾上刺激を呈示する条件では、視覚刺激を呈

示しない条件および閾下刺激を呈示する条件よりも運動が生じるまでの時間が短くなることが分かった。

D.考察

fMRI 実験の結果から、複数の脳領域において、自己開始運動に先行する自発的な神経活動の上昇が見られ、感覚野までもが自由な意思決定に関与することが示唆された。

また、自己開始運動が発生するまでの時間と運動準備電位の傾きには相関関係があることから、行動開始前からの脳活動の増加が実際の行動の違いに関与していることが示唆された。

さらに、感覚野への刺激入力が自発的な運動の発生に影響を与えている可能性があることも示唆された。これは刺激入力が心理的な時間に影響を与えた結果である可能性がある。今後は刺激呈示の条件などをさらに検討し、実験参加者数を増やして脳波計測および行動実験をおこない、背景にある神経メカニズムについてさらに詳細に検討する予定である。

E.結論

先行研究で報告のある補足運動野以外の領域にも徐々に上昇するような活動があったことから、内因的な意図に基づく行動は、以前考えられていたように補足運動野を中心とする特定の少数の脳領域だけが究極の起源となって生じているというよりは、感覚野までもを含む複数の脳領域にまたがるネットワークの活動の上昇の中から生じていることが示唆された。また、運動実施前に自発的に上昇する脳活動は、単なる相関ではなく運動の発生に対して因果関係がある可能性がある。

F.研究発表（上記課題名に関するもの）

1.論文発表

- なし

2.学会発表

- なし

G.知的財産権の出願・登録状況（予定を含む）

1.特許取得

- なし

2.実用新案登録

なし

3.その他

なし