

称号及び氏名 博士（保健学） 上 田 将 也

学位授与の日付 令和5年3月31日

論 文 名 脳波を用いた手の自己認識に特有な脳活動に関する研究

論文審査委員 主 査 内藤 泰男
副 査 石井 良平
副 査 宮井 和政

学位論文の要旨

自己認識のメカニズムは、心理学や神経科学における基本的な問題の1つであった。近年では、自閉症患者、統合失調症患者、脳損傷患者を対象に自己参照処理の病態生理が研究されてきている。これらの脳障害者に生じる身体失認や身体麻痺は身体自己認識の障害と捉えられ、そのメカニズムの解明やリハビリテーション法の開発は依然議論が続いている。過去数年で人体に対する視覚的情報処理の神経基盤に対する研究は著しく増加し、身体の自己認識に関する神経ネットワークは、頭部正中線、後部頭頂葉、腹側頭頂葉、前部島皮質の幅広い脳領域を含んでいることが一般に認められている。しかし、手の自己認識に関して、特に視覚的特徴が自己認識にどの程度影響を与えるか、脳律動活動にどのように反映されるかは、先行研究ではほとんど明らかになっていない。したがって本研究では、これまで明らかにされてきた手に対する自己参照効果が視覚的特徴により影響されない確固たるものかを検証し、手の自己認識に特異的な脳活動とはどのような性質を持つかを明らかにすることを目的とした。

第1章では、手の視覚的特徴が自己参照効果に与える影響の検証を目的とした。本研究での自己参照効果の定義は、自己の手に対する事象関連電位 (ERP) 陽性成分の増加とした。実験では、手の自他鑑別 oddball 課題を類似度別に2種類使用し、被験者に自他鑑別を指示し、誘発された P300 および行動測度の結果を分析した。自己参照効果に対する手の類似性の影響を明らかにすることを目的とした。健常な20代の男女25名に対し、手の自他鑑別を行わせる視覚 oddball 課題を類似度別に2課題実施し、ERP P300の振幅、潜時と遂行状況を検討した。加えて、事後アンケートで鑑別の戦略を確認した。P300は各課題で明確に誘発され、自己の手に対する潜時の総平均値は、類似課題で $368.08 \pm 40.46 \text{ms}$ 、非類似課題で $321.04 \pm 40.36 \text{ms}$ であり、類似課題で有意に遅延を認めた ($p < 0.01$)。振幅の総平均値は、類似課題で $-11.06 \pm 3.44 \mu\text{V}$ 、非類似課題で $-12.19 \pm 3.63 \mu\text{V}$ であり、類似課題で有意に減少を認めた ($p < 0.01$)。自己の手に対する自己参照効果は、対照刺激となる手の画像の類似性によって影響を受けることが明らかになった。先行研究で手の自他鑑別課題における自己参照効果とされた反応は、図形の鑑別課題に類似した脳活動であり、自己の手の認識時の P300 振幅の増加は単に自己の手に対する注意量を反映している可能性が示唆された。

よって、第2章では第1章で新たに示された課題を解決するために、鑑別を強制しない課題を用いて自己と他者の手を観察させ、その反応を ERP 振幅、潜時に加えて事象関連同期(ERS)/非同期(ERD)活動を指標として分析し、自己の手に特異的な脳活動を検証した。ERD/ERSは事象に対して時間的に固定された成分であるが、平均化などの単純な線形手法では抽出できない誘導性律動反応を反映できるとされ、自己参照処理には α 、 γ 帯域の脳律動活動が関連するとされている。研究では3刺激視覚 oddball 課題を健常な20代男女10名

が遂行した。得られた ERP 波形と脳律動活動を単純加算平均と時間周波数分析で解析した。解析の結果、ERP 振幅や潜時では、自己と他者の手に対する反応に差は見られなかった。しかし時間周波数解析では、自己の手が他者の手と比較して、Cz 電極の 650-900ms の間に High- γ ERS を誘発することが示された。この Cz 電極における High- γ 帯域の活動は、手の動きに関与するミラーニューロン系の活動に類似しており、本研究の結果は手の運動イメージを誘発するための基礎的な情報を提供する可能性がある。

第 1 章にて、これまでの先行研究で一般的に用いられていた自他鑑別課題の問題点を明らかにしたうえで、第 2 章でそれを解決した新たな課題と解析方法を用いたことは、本研究の特徴的かつ新規的な取り組みであった。その結果、手の自己認識に特異的であると考えられる脳活動を発見することができた。また、自己の手に特異的な脳活動として、手の運動と密接な関係のある頭頂部の High- γ 活性化が発見されたことは、臨床的な示唆に富むものであった。この結果は、運動イメージを促進するためのイメージの選択に有益な情報をもたらすと思われる。本研究による知見は、運動麻痺を呈した患者に対する療法として運動イメージを効率よく誘発する機器の開発や、身体認識に対する身体認識の促進方法など、リハビリテーション方法の発展に寄与する可能性がある。

論文審査結果の要旨

本研究は、手に対する自己参照効果が視覚的特徴により影響されない確固たるものかを検証し、手の自己認識に特異的な脳活動とはどのような性質を持つかを明らかにすることを目的に、手の視覚的特徴が自己参照効果に与える影響と、自己の手に特異的な脳活動を検証することであった。このような検討は、国内外では関連した報告がないことから、重要な研究課題である。

第1研究では対象が、20代の健常成人25名であった。手の自他鑑別を行わせる視覚oddball課題を類似度別に2課題実施し、ERP P300の振幅、潜時と遂行状況を検討した。P300は各課題で明確に誘発され、自己の手に対する潜時の総平均値は、非類似課題より類似課題で有意に遅延を認めた ($p < 0.01$)。振幅の総平均値は、類似課題で有意に減少を認めた ($p < 0.01$)。自己の手に対する自己参照効果は、対照刺激となる手の類似性によって影響を受けることが明らかになった。

第2研究では、自己の手の認識時のP300振幅の増加は単にそれに対する注意量を反映している可能性があることから、鑑別を強制しない課題を用いて自己と他者の手を観察させ、その反応をERP振幅、潜時に加えて事象関連同期(ERS)／非同期(ERD)活動を指標として分析し、自己の手に特異的な脳活動を検証した。方法は3刺激視覚oddball課題を健常な20代男女10名が遂行した。結果、ERP振幅や潜時では、自己と他者の手に対する反応に差は見られなかった。しかし時間周波数解析では、自己の手が他者の手と比較して、Cz電極の650-900msでHigh- γ ERSを誘発することが示された。このCz電極におけるHigh- γ 帯域の活動は、手の動きに関与するミラーニューロン系の活動に類似しており、自己の手に特異的な脳活動として臨床的な示唆に富むものであった。

本検討での限界、今後検討すべきこととして、対象者数の少なさや他の年代での検討がなされておらず検討の余地があるものの、運動イメージを促進するための表象の選択に有益な情報をもたらした。その意義はリハビリテーション研究分野の発展に貢献するものである。よって本論文の審査の結果から修士の学位を授与することを適当と認める。