

科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成 25 年 6 月 14 日現在

機関番号：63905

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2011～2012

課題番号：23700689

研究課題名（和文） 運動のコントロール感に関わる神経基盤の解明

研究課題名（英文） Neural mechanism of feeling of agency during movement execution

研究代表者

和坂 俊昭（WASAKA TOSHIAKI）

生理学研究所・統合生理研究系・特任助教

研究者番号：60390697

研究成果の概要（和文）：

我々が運動を行うとき、体性感覚や視覚の感覚情報は、身体部位の運動状態をフィードバックし、運動遂行に伴い出力される遠心性コピー（efference copy）と統合され、自己が主体となって運動を行っているという感覚（sense of agency）の形成に関与している。本研究は、運動する身体部位の感覚情報と運動指令が統合される神経機構の解明を目的として、脳磁図を用いて実際の運動の状態とは異なる感覚情報がフィードバックされたときにみられる脳活動を計測した。二次体性感覚野、頭頂葉皮質は運動の多種感覚統合に関与し、島皮質は運動主体感に関与することを明らかにした。

研究成果の概要（英文）：

A mechanism that monitors the congruence between sensory inputs and motor outputs is necessary to control voluntary movement. The purpose of the present study was to elucidate the neural mechanisms in detecting incongruence if visual feedback did not match with the predicted one based on somatosensory feedback and motor command. The results showed activity in the primary somatosensory area to be inhibited and activity in the secondary somatosensory area (SII) to be enhanced with voluntary movement, and neural responses in the SII and parietal cortex were strongly affected by the unexpected visual feedback. The integration among the visual, somatosensory information and motor command plays a crucial role in the feeling of agency. These results provide evidence that a mechanism that monitors sensory inputs and motor outputs congruent with current intension is necessary to control voluntary movement.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：健康・スポーツ科学 身体教育学

キーワード：運動制御、運動主体感、脳磁図、体性感覚、視覚

1. 研究開始当初の背景

我々が運動を遂行している時には、運動の指令によって生み出される身体部位の動きを体性感覚情報や視覚情報のフィードバックによってモニタしている。このとき、我々はほとんど意識することはないが、「自己の身体の保有感と自己が運動をコントロール

している感覚」が生じている。自己を認識することはヒトの基本的な能力であり、自分の身体を見てそれが自己（のもの）と認識することは重要である。自己認識の要素の一つとして、運動主体感（Sense of Agency）がある（Gallagher, 2000）。運動主体感は「ある行為を自分自身で行っている」という感覚で

あり、「実際の運動の結果」が「運動の結果の予想」に合致するときに、行為の主体が自己であると判断されて生起されると考えられている (Blakemore and Sirigu, 2003)。このような「自分自身が運動をコントロールしている」という運動主体感が生起されるためには、脳のどの領域の活動が関与しているのでしょうか。

本研究の知見は、ヒトが身体運動を認識とコントロールに関わる神経機構を明らかにするものであり、運動がうまく行えない高齢者に見られる動きの変容や競技者のスポーツパフォーマンスの向上の神経機序の解明に対しても役立つものであり、社会への応用が期待される。

2. 研究の目的

我々は「運動」を媒体として外界に働きかけを行っている。この運動をうまくコントロールするためには、運動情報と感覚情報の統合が重要である。そこで本研究では、脳科学的手法を用いて、運動の制御における感覚運動統合過程に関わる神経機構を解明することを目的として、自己が主体となって「運動」を行っている時の身体部位の自己認識（コントロール感）に関連する神経基盤を明らかにするものである。

視覚情報と体性感覚情報が統合されると予想される体性感覚領域や頭頂葉皮質において、視覚情報と運動情報が不一致時における脳活動を明らかにする。

3. 研究の方法

身体部位の運動に関する視覚情報のフィードバックを操作し、実際の運動情報と視覚情報に整合性がない条件時（自分自身の運動に関する視覚情報が正しくフィードバックされない状態）における脳活動を計測した。

被験者に両手を Mirror Box に挿入させ (Mirror 条件)、中央にある鏡で左手が隠されたところに右手の鏡像に映して、それを左手であるかのように錯覚させた状態で課題を行わせた。運動課題は左手の自発的な屈曲伸張動作であった (図 1)。

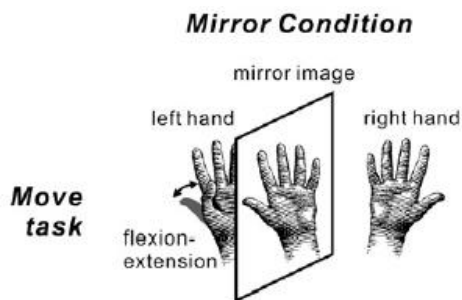


図 1 課題 (右手: 安静、左手: 屈曲伸張)

このとき右手は安静状態であるため、左手は運動を行っていないような視覚情報が提示されている。刺激間隔 3 秒の電気刺激を提示し、脳磁図を用いて体性感覚領域の活動を記録し、Mirror のない正常条件 (Normal 条件) と比較した。

4. 研究成果

刺激反対側の中心部に M20 と M35、両側に M85 と M90、M150、中心部やや後方に M95 が同定された。それぞれの発生源を推定すると刺激反対側の一次体性感覚野、両側の二次体性感覚野、一次体性感覚野よりもやや後方の頭頂葉皮質であった (図 2)。

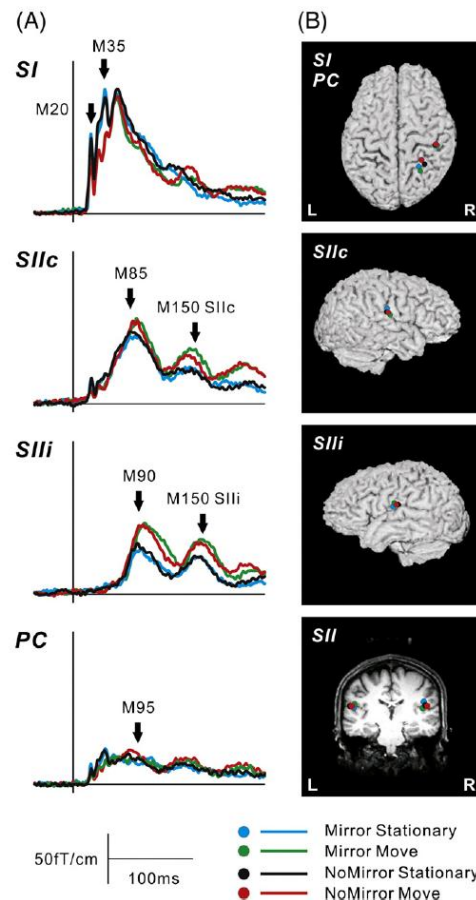


図 2 誘発された各成分と推定された発生源

視覚のフィードバックが正常時と予想していたもとの異なる時の運動による変化 (運動/安静) を比較すると、刺激反対側の M85 と M150 と頭頂葉皮質 M95 で差がみられた。M85 と M150 は Mirror 条件、つまり視覚フィードバックが異常なときには増大していたが、M95 は逆に減少していた (図 3)。

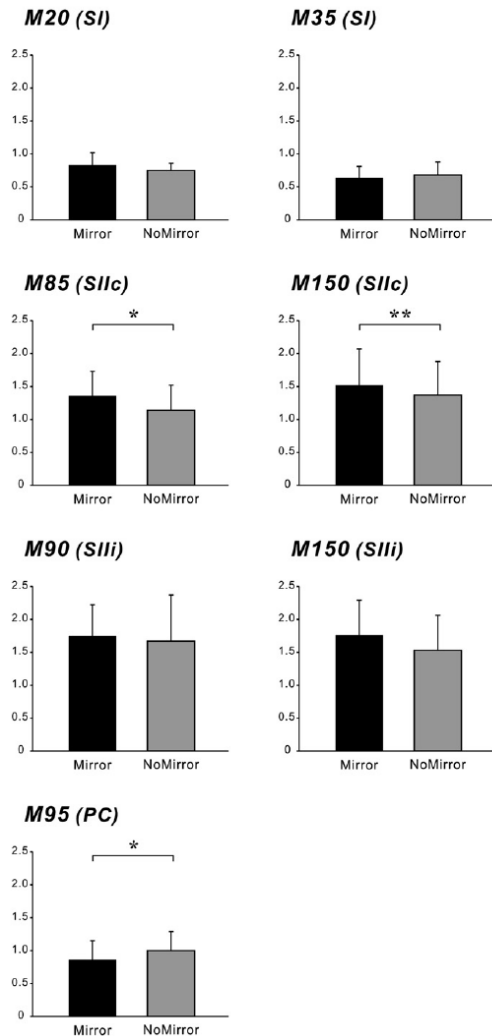


図3 各条件における体性感覚領域の活動

頭頂葉皮質は視覚と体性感覚を統合する領域であるため、本研究において観察された活動の変化は、視覚情報と体性感覚情報の統合に関与する活動であると考えられる。また、M150の発生源は正確に推定できなかったが恐らく島皮質であると考えられ、自己の運動の認識に関わる活動であると考えられる。実験終了後に内省を求めると、ほぼすべての被験者が「自分で運動を制御していない奇妙な感覚があった」という報告を行っている。島皮質は運動主体感に関与するという先行研究の報告から、M150の変動は運動主体感の変調に関連する変化であると示唆される。

我々はこれまでに、二次体性感覚野は運動の制御に関与することを報告してきた (Wasaka et al., 2005, 2007)。二次体性感覚野における体性感覚運動統合が視覚情報の影響を受けることが本研究の新たな知見である。この結果は、二次体性感覚野が視覚や体性感覚をもとにした運動の処理に関わ

ることを示しており、複雑な運動の制御や学習に対する機能的役割をクローズアップするものである。今後さらなる研究により、二次体性感覚野の運動に対する機能が明らかになると思われる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計3件)

(1) Wasaka T, Kakigi R: The effect of unpredicted visual feedback on activation in the secondary somatosensory cortex during movement execution. BMC Neurosci, 査読有, 2012; 13(1): 138. doi: 10.1186/1471-2202-13-138.

(2) Wasaka T, Kida T, Kakigi R: Modulation of somatosensory evoked potentials during force generation and relaxation. Exp Brain Res, 査読有, 2012; 219(2): 227-233. doi: 10.1007/s00221-012-3082-z.

(3) Wasaka T, Kakigi R: Conflict caused by visual feedback modulates activation in somatosensory areas during movement execution. NeuroImage, 査読有, 2012; 59(2): 1501-1507. doi: 10.1016/j.neuroimage.2011.08.024.

[学会発表] (計7件)

(1) 和坂俊昭, 柿木隆介, The unpredicted visual feedback modulates activation in somatosensory areas during movement execution, 第2回新潟脳研・生理学研究合同シンポジウム(新潟), 2013/2/18-19

(2) 和坂俊昭, 柿木隆介, 二次体性感覚野における体性感覚-視覚-運動統合, 第59回中部日本生理学会(岡崎), 2012/11/16-17

(3) 和坂俊昭, 柿木隆介, 二次体性感覚野における感覚情報と運動情報の統合, 第42回日本臨床神経生理学会大会(東京), 2012/11/8-10

(4) 和坂俊昭, 木田哲夫, 筋張力発揮と弛緩時における感覚運動統合, 第20回日本運動生理学会大会(つくば), 2012/7/28-29

(5) 和坂俊昭, 柿木隆介, 身体部位の視覚情報が体性感覚-運動統合に与える影響, 第41回日本臨床神経生理学会大会(静岡), 2011/11/10-12

(6) 和坂俊昭、柿木隆介、運動制御における視覚-体性感覚-運動統合の解明、第2回名古屋大学医学研究科と生理学研究所の合同シンポジウム（名古屋）、2011/8/20

(7) 和坂俊昭、柿木隆介、運動の視覚情報が体性感覚-運動統合に与える影響、第5回Motor Control研究会（岡崎）、2011/6/16-18

6. 研究組織

(1) 研究代表者

和坂 俊昭 (WASAKA TOSHIAKI)
生理学研究所・統合生理研究系・特任助教
研究者番号：60390697

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：