

平成 22 年 1 月 14 日現在

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2008～2009

課題番号：20700479

研究課題名（和文） 両手鏡像運動における運動野同側制御系の役割の解明

研究課題名（英文） Role of ipsilateral motor control system during bimanual mirror movements

研究代表者 荒牧 勇 (ARAMAKI YU) 独立行政法人情報通信研究機構 未来 ICT 研究センター バイオ ICT グループ 専攻研究員

研究者番号：40414023

研究成果の概要（和文）：両手運動における左右運動システムの相互作用を機能的磁気共鳴法を用いて調べた。非鏡像運動と鏡像運動の二つの運動モードの運動開始に関わる神経基盤、運動継続に関わる神経基盤について、左右それぞれの片手運動の脳活動の和と比較した。その結果、非鏡像運動で鏡像運動よりも高い脳活動を示すいくつかの脳部位について、従来考えられていたように非鏡像運動で神経コストが増加する脳部位だけでなく、鏡像運動で神経コストが減少する脳部位があることが明らかとなった。

研究成果の概要（英文）：Using fMRI, this study demonstrated that, depending on coordination patterns, the neural substrates of bimanual movements either exhibit greater effort to keep non-dominant hand movements stable, or save neural cost by sharing information commonly to both hands.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008 年度	2,300,000	690,000	2,990,000
2009 年度	1,100,000	330,000	1,430,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：身体教育学

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：両手運動 fMRI

1. 研究開始当初の背景

ヒトの身体運動制御は基本的には反対側支配である。すなわち左半球は右半身を、右半球は左半身を支配している。ただし、左右半球をつなぐ脳梁や、同側性の皮質脊髄路などの解剖学的な構造もあるため、左右の運動制御システムは相互作用（神経クロストーク）が生じ、この結果、基本的に左右半身の

同名筋は共収縮しやすい。よってこの左右運動システムの神経クロストークは、両手で別々の運動（両手非鏡像運動）をする時に障害となり、共収縮を防ぐための余計なコストがかかることが予想される。近年、両手運動の神経基盤を調べる研究は盛んに行われているが、その多くが、両手非鏡像運動＞両手鏡像運動の活動差のある脳部位を同定し、そ

の脳部位の活動は非鏡像運動を実現するための神経クロストークを抑制するためと解釈するものがほとんどである。

2. 研究の目的

一方で、両手を鏡像で動かす時には、同側性皮質脊髄路や脳梁による神経クロストークを有効活用することで左右の手で運動指令情報を共有し、運動生成のコストが低減している可能性がある。この場合も、両手非鏡像運動 > 両手鏡像運動鏡像運動の脳活動差がみられるはずである。しかしながら、現在まで鏡像運動におけるコスト低減の可能性から両手非鏡像運動 > 両手鏡像運動を解釈した研究はほとんどない。そこで本研究は左右それぞれの片手運動を行う際の脳活動の和と両手運動の脳活動を比較することで、両手運動の協調パターンによって運動制御情報の生成コストがどのように変調されるかを調べることを目的とした。また、従来の研究が運動継続中の脳活動にしか注目していなかったことに対し、本研究では、運動中の脳活動を運動開始成分と運動継続成分に分け、それぞれの成分において、両手の協調モードによってどのような神経コストの変調が生じるかを調べる。

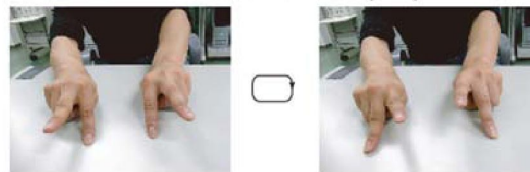
3. 研究の方法

3Hzのガイド音にあわせ、人差し指と中指の交互タッピング課題を(1)両手非鏡像運動(Bimanual Parallel(P))、(2)両手鏡像運動(Bimanual Mirror(M))、(3)右片手運動、(4)左片手運動の4条件で行った。

Bimanual Parallel (P)



Bimanual Mirror (M)



30秒間の安静と30秒間の課題を交互に4回繰り返すセッションを各条件ごとに2セッションおこない、磁気共鳴画像法により脳活動を計測した。計測した脳活動に対して、以下の3つの解析を行った。

(1) 運動開始の脳活動と運動継続の脳活動の分離

(2) 両手非鏡像モードと両手鏡像モードの比較

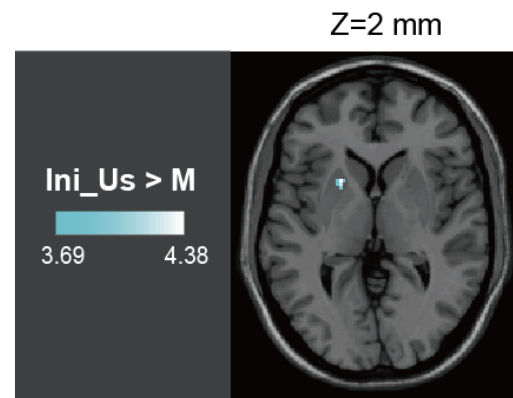
(3) 左右片手運動時の脳活動の和と両手運動時の脳活動の比較

4. 研究成果

(1) 研究の結果と解釈

両手鏡像モードと両手非鏡像モードの二つの運動パターンの運動開始および運動継続の脳活動について、左右片手運動の脳活動の和よりも活動が低減する脳部位と増加する脳部位を分け、その部位の脳機能との関連性を議論した。

運動開始成分に関しては大脳基底核比較の活動が、非鏡像モード > 鏡像モードの脳部位として同定された。さらにこの部位の運動開始成分の活動を両手運動と左右それぞれの片手運動の脳活動の和と比較すると、鏡像運動時(M)の活動が左右片手運動の和(Us)よりも少ない活動であった(下図)。



基底核の被殻は運動プログラムに関わるとされている脳部位であるから、これは鏡像モードにおける運動プログラム作成について、片手あたりの運動開始に関わる神経コストは片手ずつ運動をおこなうときのコストと比較して低いことを示している。鏡像モードでは、左右の手それぞれに対して運動を開始する指を割り当てる必要はなく、人差し指か中指かのどちらかを指定するだけで両手分の割り当てが済むからかもしれない。

運動継続成分に関しては、非鏡像モード > 鏡像モードの脳部位として、補足運動野、運動前野背側、小脳などが観察され、従来の報告と一致した。

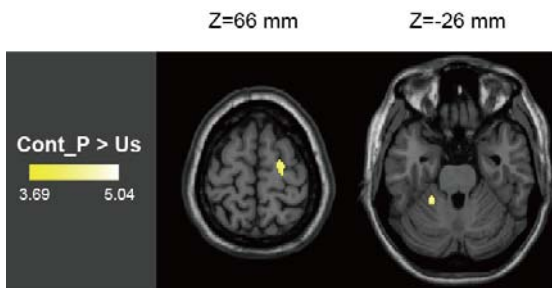
これらの脳部位の活動について、左右片手運動時の脳活動の和と両手運動のそれぞれの協調モードを比較したところ、補足運動野、両側小脳片葉 VI 野は、両手鏡像運動モード(M)において左右片手運動の脳活動の和(Us)

よりも少ない活動量であった（下図）。



補足運動野、両側小脳片葉 VI 野は運動リズムやタイミングに関わる脳領域であり、リズムやタイミングを左右手間で共有できる時は情報を共有して脳活動を節約していることを示唆している。

一方で右運動前野、左小脳片葉 V 野は両手非鏡像運動(P)において左右片手運動の和(Us)よりも大きな活動量であった（下図）。



これらの領域は、片手運動制御においては、右片手運動では活動がみられず、左手運動でのみ活動する領域であった。よってこの領域は左手を制御する領域と考えられ、両手非鏡像モードにおいて、左手の運動が右手の運動に影響を受けて鏡像運動に遷移することを防ぐための活動増加だと考えられる。

(2) 本研究成果の独創的な点と今後の発展性

両手運動の神経基盤を探るために現在広く取られているアプローチは、非鏡像運動と鏡像運動の脳活動の比較である。従来の研究はこの比較により非鏡像モード>鏡像モードとなる脳活動部位を「非鏡像運動での神経クロストークの抑制のための付加的な活動」と解釈してきた。本研究では、両手運動の各モードと左右片手運動の脳活動の和を比較することで、従来の研究で報告されてきた、非鏡像モード>鏡像モードの活動差を示すいくつかの脳部位の中には、非鏡像運動の実現のための活動増加というよりも、むしろ鏡像運動での脳活動の効率の良さに起因すると解釈した方が良い脳部位があることを示した。この結果は、脳活動のコストパフォーマンスに注目した効率の良い脳の使い方を研究するための基礎的な知見となりうる。

また本研究では運動の継続に伴う持続的な脳活動だけでなく、運動開始に伴う一過性の脳活動にも注目した。この運動開始に伴う一過性の脳活動は、特に大脳基底核被殻吻側において、非鏡像運動>鏡像運動の活動差を示し、さらにその活動差には個人差がみられた。今後はこの大脳基底核の一過性の活動から、個人の運動パフォーマンスを予測する研究に発展させていく予定である。

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 4 件)

- ① Aramaki Y, Osu R, Sadato N. Resource-demanding versus cost-effective bimanual interaction in the brain. *Experimental Brain Research*. 203 : 407-418, 2010. 査読あり
- ② 荒牧勇 両手運動の脳内表現 畿央大学健康科学研究所レター vol.3 p18-21, 2009 査読なし
- ③ Hagura N, Oouchida Y, Aramaki Y, Okada T, Matsumura M, Sadato N, Naito E. Visuokinesthetic Perception of Hand Movement Is Mediated by Cerebro-Cerebellar Interaction between the Left Cerebellum and Right Parietal Cortex. *Cereb Cortex*. 19(1):176-86, 2009. 査読あり
- ④ Hayashi MJ, Saito DN, Aramaki Y, Asai T, Fujibayashi Y, Sadato N. Hemispheric Asymmetry of Frequency-Dependent Suppression in the Ipsilateral Primary Motor Cortex During Finger Movement: A Functional Magnetic Resonance Imaging Study. *Cereb Cortex*. 18(12):2932-40, 2008.

査読あり

[学会発表] (計 5 件)

- ① Aramaki Y., Haruno M., Osu R., Sadato N. Initiation-related activity of the ventral putamen predicts future motor performance in bimanual coordination. The 32nd Annual Meeting of the Japan Neuroscience Society (Neuroscience 2009) (Nagoya Congress Center, Nagoya, Japan) 2009 年 9 月 18 日
- ② 荒牧勇 両手運動の協調パターンと脳活動 第 3 回 生理学研究所 Motor Control 研究会シンポジウム「脳はどのように両手の協調運動制御を実現するのか?」(生理学研究所、岡崎、日本) 2009 年 5 月 30 日
- ③ 荒牧勇 両手運動の脳内表現 畿央大学健康科学研究所平成 20 年度シンポジウム(畿央大学、奈良、日本) 2008 年 10 月 18 日
- ④ 荒牧勇 両側同時手指動作の脳制御 第 16 回日本運動生理学会大会 シンポジウム「ヒトの多関節熟練動作の脳制御」(帝塚山大学、奈良、日本) 2008 年 8 月 3 日
- ⑤ Aramaki Y., Sadato N. Bimanual mirror movements require less activity in putamen than the sum of two unimanual movements. The 31st Annual Meeting of the Japan Neuroscience Society (Neuroscience 2008) (TOKYO INTERNATIONAL FORUM, Tokyo, Japan) 2008 年 7 月 11 日

6. 研究組織

(1) 研究代表者

荒牧 勇 (ARAMAKI YU)

独立行政法人情報通信研究機構・未来 ICT 研

究センターバイオ ICT グループ・専攻研究員
研究者番号：40414023

(2) 研究分担者

該当なし

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

該当なし

()

研究者番号：