

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 27 日現在

機関番号：26402

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2016

課題番号：26750239

研究課題名(和文) 運動学習に関する脳の空間的情報表現

研究課題名(英文) Spatial representation in the brain related to motor learning

研究代表者

門田 宏 (KADOTA, HIROSHI)

高知工科大学・情報学群・准教授

研究者番号：00415366

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：我々ヒトの持つ運動学習能力はスポーツ場面やリハビリの場面に限らず、日々の生活を送る上でも欠かせない能力の一つである。本研究では、機能的磁気共鳴画像法(fMRI)を用いて運動学習に関わる脳活動を明らかにしていくことを目的とした。被験者はMRI対応のジョイスティックを操作することでモニター上に提示されるカーソルを動かし、視覚運動変換のある環境での到達運動課題を行った。そして、被験者が新奇な環境を学習した時の脳活動について検討を行った。その結果、学習によって脳活動が変化し、体の動きとしては類似の運動をしていても視覚的な情報に応じて脳活動パターンが異なることが示唆された。

研究成果の概要(英文)：Human motor learning ability is one of the most important skills not only in sport or rehabilitation but also in daily life. The aim of this study was to investigate brain activities related to motor learning, by using functional magnetic resonance imaging (fMRI). Subjects were required to manipulate MRI compatible joystick to move a visual cursor on the monitor, and performed reaching task with visuomotor rotation. I recorded and analyzed brain activities when they learned a novel environment. The results suggested that the regions in the brain were changed by motor learning, and brain activation patterns were different depending on the visual information although subjects' movements were similar.

研究分野：システム神経科学

キーワード：運動学習 fMRI

1. 研究開始当初の背景

我々ヒトの持つ運動学習能力はスポーツ場面やリハビリの場面に限らず、日々の生活を送る上でも欠かせない能力の一つである。

これまで申請者は運動学習に関する神経基盤について、経頭蓋磁気刺激 (TMS) を用いて、一次運動野を刺激することで誘発される筋活動 (MEP) を調べることによって、運動の準備状態から一次運動野の興奮性は動作方向に応じて変調すること、時計回りの外乱が加わる力場を学習すると MEP も時計回りに回転することを明らかにした (Kadota et al. 2014, J Neurosci)。

2. 研究の目的

運動学習能力に関する脳活動について、上記のように申請者は TMS を用いることで主に一次運動野における時間的側面を明らかにしてきた。

本研究では、全脳を同時に計測することができ、空間分解能に優れている機能的磁気共鳴画像法 (fMRI) を用いることで、運動学習に関わる脳活動のパターンを明らかにしていくことを目的としている。

3. 研究の方法

被験者はスクリーン上に投影される画面を見ながら MRI 対応のジョイスティックを操作した。被験者はジョイスティックを動かすことで画面上に呈示されるカーソルを操作し、カーソルをスタート位置からターゲット位置まで動かす到達運動課題を行った。

運動学習課題として、ジョイスティックの動きとカーソルの動きの間に徐々にずれを生じさせる視覚運動変換を加えた。そして、fMRI を用いて、被験者がこの視覚運動変換課題を学習している時の脳活動を計測した。

(1) 実験 1 では、被験者は 2 方向のターゲットに対して到達運動課題を行った。そして、視覚運動変換を加えない条件 (体の動きとカーソルの動きが一致) と変換を加えた条件 (体の動きとカーソルの動きが一致しない) を行っている時の脳活動について、全脳を対象とし単変量解析を用いて比較を行った。

(2) 実験 2 では、視覚運動変換条件 (条件 1) の他に、視覚運動変換による体の動きとカーソルの動きの不一致な状態を考慮し、条件 1 での体の動きと同じような動きとなる視覚運動変換を加えない条件 (条件 2) 条件 2 にターゲットの色を変えることを加えた条件 (条件 3) 条件 1 でのカーソルの動きと同じような動きとなる視覚運動変換を加えない条件 (条件 4) の 4 条件を設定した。体の動きとしては条件 1、2、3 が類似の動きとなり、カーソルの動きとしては条件 2 と 3 および条件 1 と 4 が類似の動きとなる。これらの条件間の脳活動について、運動野を関心領域とし多変量解析の一つである表象類似性解析を用いて比較を行った。

4. 研究成果

(1) 実験 1 および実験 2 においてターゲット方向に対する動きの誤差を解析した。その結果、実験 1 および実験 2 において、視覚運動変換を与えた直後からセッションを重ねるごとに減少していった。このことから被験者は視覚運動変換のある環境を徐々に学習していったと考えられる。

(2) 実験 1 において、全脳を対象として SPM を用いて脳画像解析を行ったところ、視覚運動変換を加えない条件に比べて、視覚運動変換を加えて学習を行った時に、運動前野や大脳基底核等の運動関連領域に脳活動が見られた。

(3) 実験 2 において、体の動きとしては類似の運動をしている条件 1、2、3 の間では、条件 1 は条件 2 および 3 と比べて脳活動パターンの類似性は低かった。一方、カーソルの動きが同じような運動となる条件 2 と 3 の間では活動パターンの類似性は高かった。同じくカーソルの動きが同じような運動となる条件 1 と 4 でも、体の動きは異なるものの、脳活動パターンの類似性は高かった。このことから類似の運動を行っていても視覚的な空間情報が違えば脳活動パターンは異なると考えられる。

これらの結果から、学習によって脳活動が変化し、類似の運動を行っていても視覚的な情報等に応じて脳活動のパターンは変化することが示唆された。この結果は多様な運動スキルを身につける神経メカニズムの解明に関与すると考えられる。

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 2 件)

Miyazaki, M., Kadota, H., Matsuzaki, K.S., Takeuchi, S., Sekiguchi, H., Aoyama T. and Kochiyama, T. Dissociating the neural correlates of tactile temporal order and simultaneity judgements. *Scientific Reports*, 6:23323, doi:10.1038/srep23323, 2016.

Kadota, H., Hirashima, M. and Nozaki, D. Functional modulation of corticospinal excitability with adaptation of wrist movements to novel dynamical environments. *The Journal of Neuroscience*, 34, 12415-12424, 2014.

[学会発表] (計 18 件)

Kadota, H. and Kokage, Y. Neural correlates of role switching: a functional MRI study. *Society for Neuroscience*, 11/12-16, 2016, San Diego (America).

Kimura, T., Kochiyama, T., Kuroda, T., Iwata M., Kadota, H. and Miyazaki, M. Neurofunctional coupling in tactile simultaneity judgment. Society for Neuroscience, 11/12~16, 2016, San Diego (America).

Ohata, R., Asai, T., Kadota, H., Shigemasu, H., Ogawa, K. and Imamizu, H. Decoding agency grounded within the sensorimotor system: self-other action representation in the sensorimotor and the parietal cortices. The 39th Annual Meeting of the Japan Neuroscience Society, 7/20~22, 2016, Pacifico Yokoyama (Yokohama, Kanagawa).

Yang, J., Yu, Y., Shigemasu, H., Kadota, H., Nakahara, K., Ejima, Y. and Wu, J. Neural substrates of cross-modal transfer of texture information between touch and vision. The 39th Annual Meeting of the Japan Neuroscience Society, 7/20~22, 2016, Pacifico Yokoyama (Yokohama, Kanagawa).

Yu, Y., Yang, J., Shigemasu, H., Kadota, H., Nakahara, K., Yamamoto, H., Ejima, Y. and Wu, J., A dynamic of fronto-parietal network underlying tactile working memory maintenance. The 39th Annual Meeting of the Japan Neuroscience Society, 7/20~22, 2016, Pacifico Yokoyama (Yokohama, Kanagawa).

Ohata, R., Asai, T., Kadota, H., Shigemasu, H., Ogawa, K. and Imamizu, H., Decoding agency grounded within the sensorimotor system: self-other action representation in the sensorimotor and the parietal cortices. The 1st International Symposium on Embodied-Brain Systems Science, 5/24, 2016, University of Tokyo (Bunkyo-ku, Tokyo).

于英花, 楊家, 田中嵩大, 高橋智, 繁樹博昭, 門田宏, 中原潔, 江島義道, 吳景龍. 遅延弁別課題を用いた触覚空間ワーキングメモリの脳内処理過程検討 第24回計測自動制御学会中国支部 学術講演会 2015年11月28日 岡山理科大学(岡山県岡山市).

楊家, 于英花, 江島義道, 吳景龍, 繁樹博昭, 門田宏, 中原潔 視触覚クロスモーダルな粗さマッチングに関する脳イメージング研究 質感の集い第1回公開フォーラム 2015年11月25日 東京大学(東京都文京区).

木村岳裕, 門田宏, 舟井友美, 黒田剛, 岩田誠, 河内山隆紀, 宮崎真. 体性感覚の同時性判断の神経相関: 機能的磁気共鳴画像による研究 第45回日本臨床神経生理学会学術大会 2015年11月5日~7日 大阪国際会議場(大阪府大阪市).

Kimura, T., Kadota, H., Funai, D. T., Kuroda, T., Iwata, M., Kochiyama, T. and Miyazaki, M., Neural correlates of tactile simultaneity judgment. Society for Neuroscience, 10/17~21, 2015, Chicago (America).

Yokota, R., Kadota, H. and Shigemasu, H. Effects of inhibition of eye movement toward the cue on cognitive processing. Asia-Pacific Conference on Vision, 7/10~12, 2015 Nanyang Technological University (Singapore).

Qi, G., Suzuki, T., Yang, J., Shigemasu, H., Nakahara, K., Kadota, H., and Wu, J. Visual and auditory cross modality priming during Japanese word processing. 2015 ICME International Conference on Complex Medical Engineering (CME2015), 6/21, 2015, Okayama Convention Center (Okayama, Okayama).

Kuzume, D., Qi, G., Lin, Z., Yang, J., Shigemasu, H., Kadota, H., Nakahara, K., and Wu, J. Recognition of Visual and Tactile Repetition in Japanese Word; An fMRI Study. 2015 ICME International Conference on Complex Medical Engineering (CME2015), 6/21, 2015, Okayama Convention Center (Okayama, Okayama).

Kawamura, T., Kadota, H. and Shigemasu, H. Effects of perceived depth and active motion of one's own hand on self-body position perception. Interaction Design and Human Factors, 11/25~26, 2014, Kochi University of Technology (Kami, Kochi).

Kadota, H., Yamada, Y., Dote, T., Iwata, M., Kochiyama, T. and Miyazaki, M. Neural correlates of pattern randomness judgment. Society for Neuroscience, 11/15~19, 2014, Washington, DC (America).

Matsuzaki, S.K., Kadota, H., Aoyama, T., Takeuchi, S., Sekiguchi, H., Kochiyama, T. and Miyazaki, M. Distinction between neural correlates of audiovisual temporal order and simultaneity judgement, The 17th World Congress of Psychophysiology, 9/23~27, 2014, International Conference Center Hiroshima (Hiroshima, Hiroshima).

Yamada, Y., Kadota, H., Dote, T., Iwata, M., Kochiyama, T. and Miyazaki, M. Pattern randomness judgment activates the lateral occipital complex, The 37th Annual Meeting of the Japan Neuroscience Society, 9/11~13, 2014, Pacifico Yokoyama (Yokohama, Kanagawa).

Shigemasu, H., Kawamura, T. and Kadota, H. Effects of depth position of virtual hand on perceived position of one's own hand. 37th European Conference on Visual Perception, 8/24~28, 2014, Belgrade (Serbia).

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

取得状況(計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等

http://www.kochi-tech.ac.jp/kut/about_KUT/faculty_members/prof/kadota-hiroshi.html

6. 研究組織

(1) 研究代表者

門田 宏 (KADOTA HIROSHI)

高知工科大学・情報学群・准教授

研究者番号：00415366