

令和 2 年 9 月 11 日現在

機関番号：32610

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K01682

研究課題名(和文) 自己身体認識における運動システムの寄与の解明：ラバーハンド錯覚によるアプローチ

研究課題名(英文) Sensorimotor activation during observing movements of an embodied fake hand

研究代表者

渋谷 賢 (Shibuya, Satoshi)

杏林大学・医学部・講師

研究者番号：30406996

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：身体が「自分のものである」という意識は、<身体所有感>と呼ばれており、ラバーハンド錯覚と呼ばれる身体錯覚を用いて操作することができます。この錯覚では、参加者は偽の手(ラバーハンド)をまるで自分の手のように知覚します。本研究は、錯覚中に「自分の手」と感じた偽の手(他者の手)が動く様子を参加者が観察したとき、観察者の脳内で何が起こるのかを脳波計測を用いて調べました。その結果、偽の手を「他人の手」と感じるときに比べて「自分の手」と感じているときの方が、運動観察中により強く脳内の感覚運動システムが活性化することを発見しました。

研究成果の学術的意義や社会的意義

脳卒中患者さんのリハビリとして、他者の行為を観察する行為観察療法があります。患者さんが他者の行為を観察することで、脳内の感覚運動システムが活性化すると考えます。しかしながら、これまで観察対象である身体に対する所有感が感覚運動システムの活性化にどのように影響をするかは十分に明らかにされていませんでした。本研究の成果は、身体所有感の操作が運動観察療法のリハビリ効果をより高める可能性を示唆しました。

研究成果の概要(英文)：In the rubber hand illusion (RHI), individuals perceive a fake hand as their own when the hidden real hand and visible fake hand are synchronously stroked. Several RHI studies have reported that visual manipulation of the embodied fake hand inversely affects the perceptual processing of the observer's own hand. This study examined whether motor manipulation of the fake hand affects the observer's sensorimotor system. This study employed a novel RHI paradigm wherein stroking was interrupted by unexpected movement of the fake hand while measuring electroencephalography (EEG). EEG analyses revealed enhanced neural activation (mu rhythm desynchronization) of the sensorimotor system during observation of the fake hand movement. Moreover, motor activation was greater in the synchronous than in the asynchronous condition. These findings suggest that the movement of an illusory embodied body part is inversely transferred to the sensorimotor system of the observer.

研究分野：実験心理，神経科学，スポーツ科学

キーワード：身体意識 身体所有感 脳波 ラバーハンド錯覚 運動観察

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

“身体は自分のものである(自己に帰属している)”と感じる意識は身体所有感と呼ばれ、自己感の基盤である。この身体所有感を実験的に操作する手法として、ラバーハンド錯覚(Rubber hand illusion, 以下RHI)と呼ばれる手法が頻りに用いられてきた(Botvinick & Cohen, 1998)。この錯覚は、実験者が参加者の眼前に置いた偽の手(人工手:ラバーハンド)と視覚遮断した参加者の手を同時にブラシで撫でると(同期条件)、参加者は偽の手をまるで自分の手のように感じるものである。すなわち、偽の手の身体化が起こる。これに対して、偽の手と実際の手を非同期的に撫でると(非同期条件)、この錯覚は殆ど生起しない。これまでの先行研究において、身体化した偽の手の動きを観察したとき、観察者の感覚運動システムがどのように変調するかについては議論が分かれていた。例えば、Slater et al. (2008)は、バーチャルリアリティ環境を用いて、身体化した仮想手の動きの観察は、観察者の筋活動を誘発することを報告しているのに対し、Schultz-Bosbach et al. (2006)は経頭蓋磁気刺激装置を用いて観察者の運動システムがRHI誘発時に低下することを報告していた。

2. 研究の目的

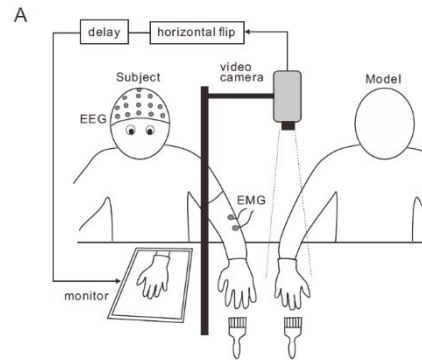
本研究の目的は、多チャンネル脳波計測を用いて、身体化した偽の手の動きの観察が観察者の感覚運動システムに及ぼす影響を詳細に検討することであった。ここでは、本研究期間における主要な2つの実験結果を報告する。

(1) 同期 - 非同期条件において、身体化した他者(モデル)の手の動き(指の開閉運動)を観察中の観察者の脳活動および身体意識を明らかにする実験(実験1)

(2) 視覚と触覚の時間差(同期性)を系統的に変化させるとともに、独立成分分析(ICA)クラスタリングを用いて、脳内のクラスタ(信号源)から調べる実験(実験2)

3. 研究の方法

(1) 実験1: 健常被験者18名が参加した。脳波キャップ(32チャンネル)を被った実験者は、視覚遮断された被験者の手とモデル(他者)の手をブラシで同時に0.5Hzの周期で撫でた。モデルの手のカメラ映像(左右反転)が被験者の眼前のタブレット型モニターに呈示された(同期条件)。非同期条件では、映像遅延の挿入(約1秒)により、触覚刺激と視覚刺激は交互に呈示された。20~60秒の錯覚誘発期(同期・非同期条件)の後、実験者はブラッシングを止め、その直後にモデルは手を大きく開いた(運動観察)。錯覚誘発期と運動観察期のペアが20試行繰り返された(1セッション)。各条件は2セットずつ(計40試行)実施された。各セッション前後に、固有感覚に基づく実際の左手の位置判断が行われ、固有感覚ドリフトが計測された。その後、リッカート尺度の質問紙を用いてモデルの手に対する身体所有感が計測された。

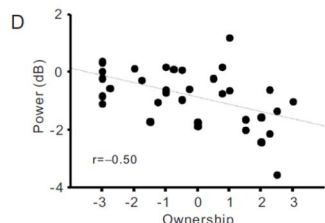
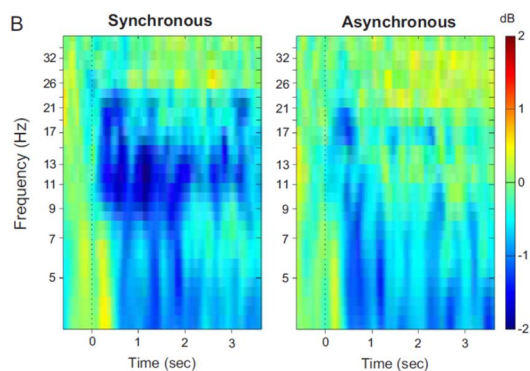


(2) 実験2: 健常被験者33名が実験に参加した。実験1と同様のセットアップを用いた。映像遅延装置により、映像に80, 280, 480msの遅延が挿入された(各80ms条件, 280ms条件, 480ms条件)。16~40秒間の誘発期の後、実験者はブラシで撫でるのを止め、その直後にモデルは手を大きく開いた(運動観察)。錯覚誘発期と運動観察期のペアが20試行繰り返された(1ブロック)。各条件は2ブロックずつ(計40試行)実施された。各セッション前後に、固有感覚に基づく実際の左手の位置判断が行われ、固有感覚ドリフトが計測された。その後、リッカート尺度の質問紙を用いてモデルの手に対する身体所有感が計測された。

(3) 脳波計測: 実験1: 国際10-20法に基づいて、脳波データは512Hzで全頭から記録された。EEGLABにより、前処理(ダウンサンプリング, band-pass filter [1-40Hz], エポックメイキングなど)を行った。時間周波数解析として、事象関連スペクトラム摂動(ERSP)を用いた。実験2: 被験者の脳活動は、32chの脳波計により計測された(Eego Sports, ANT-Neuro)。EEGLABにより、前処理した脳波データに独立成分分析(ICA)が適用され、各被験者30個の独立成分が得られた(計990個)。次に、各独立成分の等価電流双極子(ダイポール)の位置が推定され、その残差分散から最終的に523個の独立成分がICAクラスタリングに適用された。生成されたクラスタのうち、全被験者の75%以上(n>25)がそのクラスタに寄与し、かつスペクトラムで10Hz前後にピークを有するクラスタを標的とした。各標的クラスタのERSPが条件間で比較検討された。

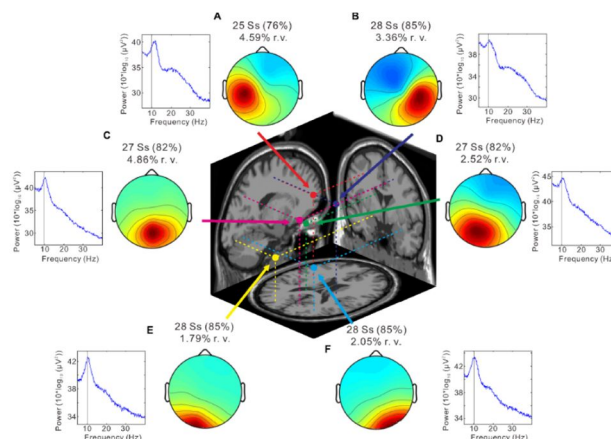
4. 研究成果

(1) 右図は、右感覚運動野付近 (C4 電極) で記録されたモデルの手の運動観察時の脳波事象関連スペクトラム摂動 (ERSP) の結果である (左 - 同期条件, 右 - 非同期条件). 青色で示した部分は周波数パワーの強い低下を示している. 運動観察時, 8 - 13Hz の μ 波の脱同期 (パワーの低下) が同期条件の方が非同期条件よりも強く起っていることが観察された. 左図は全 18 名の同期・非同期条件の個人データに関して、横軸

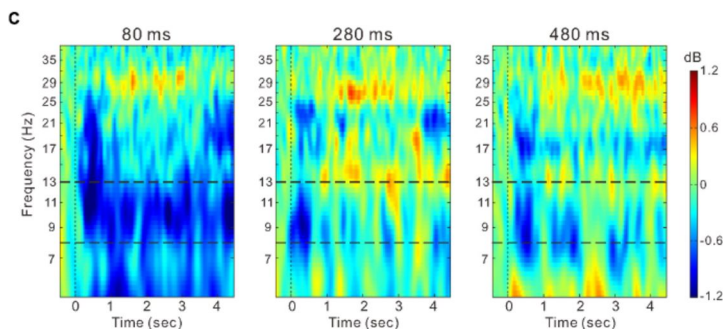


をモデルの手に対する身体所有感 ("モデルの手が自分の手のように感じられたか"), 縦軸を周波数パワーの低下を示した散布図である. 興味深いことに, モデルの手に対して身体所有感を強く有した被験者ほど (質問紙スコア), 運動観察時の μ 波の脱同期が強く生じるという相関関係が認められた.

(2) ICA クラスタリングにより, 6つのクラスタが同定された (右図). ダイポールの推定位置から, 左感覚運動クラスタ (A), 右感覚運動クラスタ (B), 頭頂クラスタ (C), 後帯状クラスタ (D), 左後頭クラスタ (E) および右後頭クラスタ (F) と命名した. 右感覚運動クラスタの ERSP は, 80ms 条件で強く, 持続的な μ 波抑制を示した (右下図). しかし, このような μ 波抑制は, 280ms, 480ms 条件で有意に小さくなった. 左感覚運動クラスタ, 後帯状クラスタ, 左右後頭クラスタの ERSP では, μ 波抑制に条件差を認めなかった.



以上, 本研究では, 実験 1, 2 のいずれもモデルの手の動きを観察中に, 観察者の感覚運動領域において, μ 波抑制 (事象関連脱同期) が観察された. また, この現象は非同期条件 (280, 480ms 条件を含む) よりも同期条件 (80ms 条件を含む) でより強く観察された. 実験 1 では電極レベルで解析を行っていたため, μ 波抑制の結果は同一周波帯域である後頭葉由来の μ 波 (8-13Hz) の影響 (μ 波は注意などの要因により変調) を受けていた可能性を否定できない. しかしながら, 実験 2 では, そのような可能性を ICA クラスタリングにより除外した.



本研究の結果は, RHI 錯覚により身体化した手の動きの運動観察が観察者の感覚運動システムをより活性化する可能性を示唆した. 本研究成果は, リハビリテーション分野で行われている観察療法などに応用可能であると考える.

< 引用文献 >

- Botvinick, M., & Cohen, J. (1998). Rubber hands 'feel' touch that eyes see. *Nature*, 391(6669), 756.
- Slater, M., Perez-Marcos, D., Ehrsson, H. H., & Sanchez-Vives, M. V. (2008). Towards a digital body: the virtual arm illusion. *Front Hum Neurosci*, 2, 6.
- Schutz-Bosbach, S., Mancini, B., Aglioti, S. M., & Haggard, P. (2006). Self and other in the human motor system. *Curr Biol*, 16(18), 1830-1834.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 6件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 S. Shibuya, S. Unenaka, Y. Ohki	4. 巻 9
2. 論文標題 The Relationship Between the Virtual Hand Illusion and Motor Performance.	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Frontiers in Psychology	6. 最初と最後の頁 2242
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3389/fpsyg.2018.02242	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 M. Omori, S. Shibuya, T. Nakajima, T. Endoh, S. Suzuki, S. Irie, R. Ariyasu, S. Unenaka, H. Sano, K. Igarashi, S. Ichimura, Y. Ohki	4. 巻 2018
2. 論文標題 Hand dexterity impairment in patients with cervical myelopathy: A new quantitative assessment using a natural prehension movement.	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Behavioural Neurology	6. 最初と最後の頁 5138234
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1155/2018/5138234	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 H. Shibuya, C. Eto, M. Suzuki, R. Imai, A. Yamashita, R. Nakano, S. Kawanabe, M. Yokota, S. Shibuya	4. 巻 9
2. 論文標題 Exploring the possibility of virtual reality in nursing skills education: A preliminary study using a first-person video.	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Open Journal of Nursing	6. 最初と最後の頁 163-172
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.4236/ojn.2019.92015	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 S. Hamasaki, Q. An, W. Wen, Y. Tamura, H. Yamakawa, S. Unenaka, S. Shibuya, Y. Ohki, A. Yamashita, H. Asama	4. 巻 2
2. 論文標題 Changes in the body representation of human upper limb as a function of the movement and visual hand position.	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics	6. 最初と最後の頁 196-208
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.20965/jaciii.2019.p0196	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 S. Shibuya, S. Unenaka, T. Zama, S. Shimada and Y. Ohki	4. 巻 111
2. 論文標題 Spontaneous imitative movements induced by an illusory embodied fake hand	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Neuropsychologia	6. 最初と最後の頁 77-84
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.neuropsychologia.2018.01.023.	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 S. Shibuya, S. Unenaka, T. Zama, S. Shimada and Y. Ohki	4. 巻 13
2. 論文標題 Sensorimotor and Posterior Brain Activations During the Observation of Illusory Embodied Fake Hand Movement	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Frontiers in Human Neuroscience	6. 最初と最後の頁 367
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fnhum.2019.00367	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

[学会発表] 計8件(うち招待講演 0件/うち国際学会 1件)

1. 発表者名 渋谷賢
2. 発表標題 ラバーハンド錯覚が身体的注意に及ぼす影響 触覚時間順序判断による検討
3. 学会等名 日本スポーツ心理学会第46回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 渋谷寛美, 江藤千里, 鈴木真由美, 山下明美, 横田素美, 渋谷賢
2. 発表標題 看護技術の修得を促進するバーチャル・リアリティ教材の開発
3. 学会等名 第7回日本シミュレーション医療教育学会学術大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 洪谷賢, 畝中智志, 座間拓郎, 嶋田総太郎, 大木紫
2. 発表標題 身体化した偽の手の運動観察に伴う脳活動の変化: 遅延視覚フィードバックの影響
3. 学会等名 日本認知科学会第36回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 洪谷賢, 畝中智志, 座間拓郎, 嶋田総太郎, 大木紫
2. 発表標題 身体化した偽の手の運動観察に伴う神経振動の変化: 遅延視覚フィードバックの影響
3. 学会等名 第37回日本基礎心理学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 洪谷賢, 畝中智志, 嶋田総太郎, 大木紫
2. 発表標題 身体所有感が人工手の運動観察時の神経振動に及ぼす影響
3. 学会等名 第7回身体性システム領域全体会議
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 S. Unenaka, S. Shibuya, T. Zama, S. Shimada and Y. Ohki
2. 発表標題 Movement back projection during observation of an illusory embodied hand: Evidence by EEG mu-rhythm
3. 学会等名 Society for Neuroscience 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 渋谷賢，畝中智志，座間拓郎，嶋田総太郎，大木紫
2. 発表標題 身体化した偽の手の行為観察は運動システムを活性化する
3. 学会等名 第40回日本神経科学学会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 渋谷賢，畝中智志，座間拓郎，嶋田総太郎，大木紫
2. 発表標題 身体化した他者の手の行為観察は運動システムを活性化する
3. 学会等名 第36回日本基礎心理学会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----