

令和 6 年 6 月 20 日現在

機関番号：32610

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2023

課題番号：20K11423

研究課題名（和文）内受容感覚の気づきと感覚運動制御に着目した身体所有感の包括的理解

研究課題名（英文）Exploring the relationship between body ownership, interoceptive awareness and sensorimotor control

研究代表者

渋谷 賢（Shibuya, Satoshi）

杏林大学・医学部・准教授

研究者番号：30406996

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：ヒトは自らの身体を“私のからだである”と知覚している。これは身体所有感と呼ばれ、その発生機序は学際的な研究対象となっている。本研究の目的は、身体所有感と内受容感覚への気づき、感覚運動制御の関連性を明らかにすることであった。本研究プロジェクトでは主に3つの研究成果が得られた。すなわち、身体錯覚の一つであるラバーハンド錯覚は身体所有感を変化させるが、脳波・心電図の同時計測から得られる心拍誘発電位に影響を及ぼさない、ラバーハンド錯覚により影響を受けた手の触覚処理は、影響を受けなかった手よりも遅延する、身体化した人工手の示指の運動観察が観察者の運動産出（示指の拳上運動）を促進する、である。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の成果の学術的意義は、身体所有感と脳内機序の関連性を明らかにしたことである。心拍誘発電位の先行研究は、全身版の身体錯覚と心拍誘発電位の関連性が報告されていたが、本研究におけるラバーハンド錯覚ではその関連性が示されなかった。それゆえ、本研究の結果は一つの知見を与えていると考える。また、ラバーハンド錯覚中の触覚時間順序判断を調べた先行研究は、片手のみの錯覚を扱っており、両手の錯覚で行ったのは本研究が初めてであった。この研究では、身体錯覚が時間順序判断に及ぼす効果量が先行研究に比べて小さいことも示された。

研究成果の概要（英文）：We perceive our own bodies as "our body". This is known as body ownership and its generating mechanism has become the subject of interdisciplinary research. The purpose of this study was to clarify the relationship between body ownership and interoceptive awareness and sensorimotor control. This research project achieved three main results: 1) the rubber hand illusion changes the sense of body ownership but does not affect the heart-beat evoked potential obtained from simultaneous EEG-ECG measurements, 2) tactile processing of the hand affected by the rubber hand illusion is slower than that of the unaffected hand, and 3) observing the movement of the index finger of an embodied artificial hand promotes the observer's motor production.

研究分野：認知神経科学

キーワード：身体所有感 身体錯覚 内受容感覚

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

ヒトは自らの身体を“私のからだである”と知覚している。これは身体所有感と呼ばれ、その発生機序は学際的な研究対象となっている。これまで研究代表者は、身体所有感を実験的に操作可能な手法である身体錯覚(ラバーハンド錯覚)と脳波計測を用いて、身体所有感と感覚運動処理の関連性的一端を明らかにしてきた(Shibuya et al., 2018; Neuropsychologia)。その一方、身体所有感と内受容感覚への気づきおよび感覚運動制御の関連性を調べた研究は少なかった。

2. 研究の目的

本研究の目的は、身体所有感と内受容感覚への気づきおよび感覚運動制御の関連性を明らかにすることであった。ここでは、本研究プロジェクトで得られた主要な3つの研究成果を報告する。すなわち、1)身体所有感が心拍誘発電位に及ぼす影響 - 内受容感覚への気づきと身体所有感の関連性(実験1)、2)身体所有感が体性感覚処理に及ぼす影響 - 触覚時間順序判断からの検討 - (実験2)、3)身体化した人工手の運動観察が観察者の運動生成に及ぼす影響 - 身体所有感と運動制御の関連性(実験3)である。

3. 研究の方法

1) 身体所有感が心拍誘発電位に及ぼす影響 - 内受容感覚への気づきと身体所有感の関連性

健常被験者19名を対象に32チャンネル脳波と心電図の同時計測を行い、ラバーハンド錯覚時の心拍誘発電位を計測した。ラテックスグローブを装着した被験者の左手は、ボックス内に置かれ、視覚的に遮断された。ボックス上には等身大の人工手(ラテックスグローブ装着)が設置された。実験条件は、同期条件と非同期条件であった。同期条件では、被験者の手と人工手がペイントブラシで同時に撫でられたのに対し、非同期条件では交互に撫でられた。このブラシによる(視触覚)刺激の持続時間は各条件5分30秒であった。この間、脳波 - 心電図の同時記録が1024Hzで持続的に行われた。記録された脳波データは、心電図のR波(棘波)のピーク前後でエポッキングを行い、予め決められたパイプラインにより前処理を行った。また、質問紙と固有感覚ドリフト(錯覚の行動指標)を各条件で記録した。

2) 身体所有感が体性感覚処理に及ぼす影響 - 触覚時間順序判断からの検討 -

健常被験者18名を対象は、ラバーハンド錯覚中に触覚時間順序判断を実施した。ラバーハンド錯覚は、右手と左手の両方でそれぞれ誘発され、コントロール条件ではラバーハンドの向きを被験者の手の向きに対して180°回転させた(空間的不一致)(4条件:誘発される手[右手・左手] × 手の向き[一致・不一致])。触覚時間順序判断とは短い間隔で左右の手に1回ずつ加えられた触覚刺激の時間判断(本実験では後に刺激された手)を行うことであった。この判断にはフットスイッチを用いた。左右の手に加わる触覚刺激の時間間隔(SOA)は-200, -100, -50, -25, 25, 50, 100, 200ms: 正值は右手が先に刺激を受ける)であった。各条件で1SOA10試行、計80試行が行われた。被験者の判断確率を累積正規分布関数でフィッティングし、そこから主観的同時点(PSS)を産出した。

3) 身体化した人工手の運動観察が運動生成に及ぼす影響 - 身体所有感と運動制御の関連性

健常被験者20名を対象に、ラバーハンド錯覚により身体化した人工手の示指の運動観察が観察者(被験者)の示指の運動産出に与える影響を調べた。ペイントブラシにより20秒間被験者の手とラバーハンドを撫でた後(同期もしくは非同期)、人工手の示指が挙上した。被験者は人工手の示指が挙上したら素早く自らの示指を挙上することが求められた。人工手と被験者の手の示指には、それぞれ3次元位置計測装置が取り付けられ、指の位置が100Hzで記録された。記録された位置データのうち、上下方向のデータのみが使用された。これらの位置データから、人工手の指の挙上から被験者の指が挙上されるまでの反応時間、被験者の指の挙上運動のピーク速度、ピーク加速度が求められた。

4. 研究成果

1) 実験1

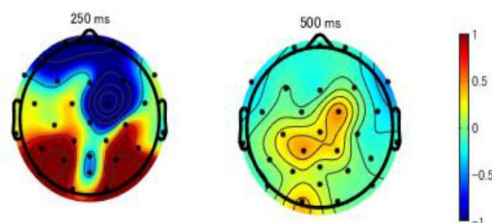


Fig. 1 心拍誘発電位(被験者 No. 11)

心拍誘発電位は、P波誘発後 200-300ms で前頭中心付近に観察された (Fig.1). 19 名のデータを条件毎に比較したところ、条件間に心拍誘発電位の有意差は認められなかった。他方、質問紙および行動データ (固有感覚ドリフト) では、被験者がラバーハンド錯覚を生じていたことが確認された。これらの結果は、先行研究 (Park et al., 2020) では全身錯覚を利用していたのに対し、本研究ではラバーハンド錯覚を用いたことが影響しているかもしれない。今後、より詳しい脳波解析を必要とするが、手の所有感の変化のみでは、心拍誘発電位に大きな影響を及ぼさないのかもしれない。身体錯覚の全身版 (full-body illusion) とラバーハンド錯覚でどのような脳内機序の違いがあるかを考慮して、さらに研究を進める必要が示された。

2) 実験 2

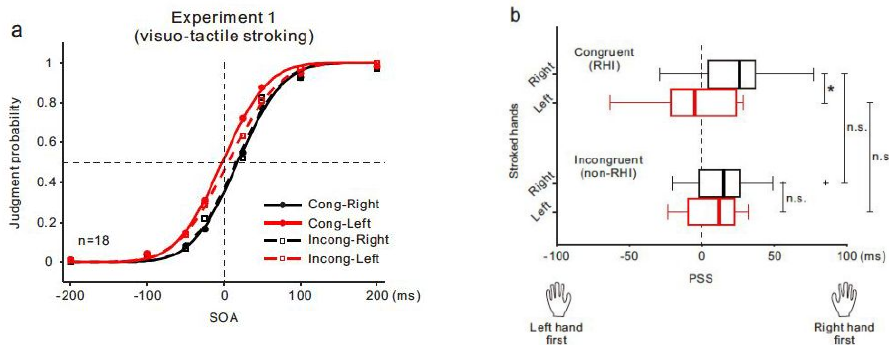


Fig. 2 TOJ の心理物理曲線 (a) と主観的同時点 (b)

Fig.2a が 18 名の触覚時間順序判断 (TOJ) の判断確率をフィッティングしたものである。Fig.2b は各被験者のフィッティングデータから抽出した主観的同時点 (PSS) のデータを示している。非一致条件では、右手と左手の PSS に有意な差は認められなかった。これに対し、一致条件では左右の PSS は互いに反対方向にシフトし、結果として有意な差が生じた。この結果は錯覚が誘発された手からの触覚刺激の処理が非誘発手よりも遅延していることを示唆している。

3) 実験 3

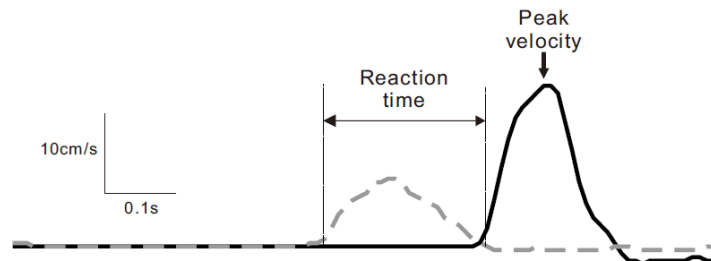


Fig.3 人工手 (破線) と被験者 (実線) の示指の速度プロフィール

Fig.3 は人工手と被験者の示指の速度プロフィール (上下方向) を示している。本研究では人工手の示指の挙上運動の開始から被験者の示指の挙上の開始点を反応時間とした。同期条件および非同期条件の反応時間に有意な差が認められた (Fig.4)。すなわち、同期条件の方が非同期条件よりも有意に反応時間が早かった。また、被験者の反応時間は、質問紙および固有感覚ドリフトの量と有意な相関を示した。他方、運動のキネマティクス (ピーク速度・ピーク加速度) には有意な条件差は認められなかった。この結果は、身体化した人工手の示指の運動観察が観察者の運動産出を促進することを示唆する。

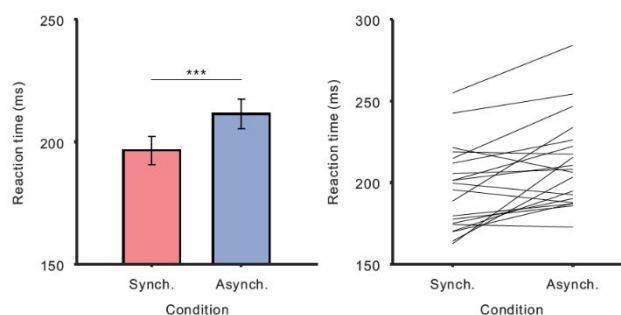


Fig.4 反応時間の平均 (左) と個人データ (右)

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 4件）

| | |
|--|-------------------------------|
| 1. 著者名 Shibuya Satoshi, Ohki Yukari | 4. 巻 13 |
| 2. 論文標題 Mu Rhythm Desynchronization while Observing Rubber Hand Movement in the Mirror: The Interaction of Body Representation with Visuo-Tactile Stimulation | 5. 発行年 2023年 |
| 3. 雑誌名 Brain Sciences | 6. 最初と最後の頁 969 ~ 969 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/brainsci13060969 | 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 Shibuya Satoshi, Oosone Hiroki, Ohki Yukari | 4. 巻 105 |
| 2. 論文標題 Tactile temporal order judgment during rubber hand illusion: Distinct modulation of the point of subjective simultaneity and temporal resolution | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 Consciousness and Cognition | 6. 最初と最後の頁 103402 ~ 103402 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.concog.2022.103402 | 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 Shibuya Satoshi, Unenaka Satoshi, Shimada Sotaro, Ohki Yukari | 4. 巻 159 |
| 2. 論文標題 Distinct modulation of mu and beta rhythm desynchronization during observation of embodied fake hand rotation | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Neuropsychologia | 6. 最初と最後の頁 107952 ~ 107952 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.neuropsychologia.2021.107952 | 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 Shibuya Satoshi, Unenaka Satoshi, Ohki Yukari | 4. 巻 12 |
| 2. 論文標題 Predictability of Delayed Visual Feedback Under Rubber Hand Illusion Modulates Localization but Not Ownership of the Hand | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Frontiers in Psychology | 6. 最初と最後の頁 771284 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fpsyg.2021.771284 | 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 Shibuya Satoshi | 4. 巻 2 |
| 2. 論文標題 Effects of orientation and appearance of a synchronously moving object on hand movements | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 Psychology International (Psych) | 6. 最初と最後の頁 287-295 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/psych2040022 | 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 渋谷 寛美、江藤 千里、鈴木 真由美、今井 亮、山下 明美、川鍋 紗織、横田 素美、渋谷 賢 | 4. 巻 8 |
| 2. 論文標題 熟練看護師の看護技術を疑似体験するバーチャルリアリティ教材の開発 | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 日本シミュレーション医療教育学会雑誌 | 6. 最初と最後の頁 21~27 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.50950/jasehp.2020-08-04 | 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6件(うち招待講演 0件/うち国際学会 0件)

| |
|---------------------------|
| 1. 発表者名 渋谷賢 |
| 2. 発表標題 自己身体認知と運動 |
| 3. 学会等名 第50回日本スポーツ心理学会 |
| 4. 発表年 2023年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 渋谷賢, 大曾根裕樹, 大木紫 |
| 2. 発表標題 ラバーハンド錯覚中の触覚時間順序判断: 主観的同時点と時間分解能の異なる変調 |
| 3. 学会等名 日本認知科学会第39回大会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 渡邊裕宣, 渋谷賢, 杉泰佑, 片岡由布子, 加藤一聖, 永島計 |
| 2. 発表標題 ヒトの温冷感の形成に関連する脳領域の解明 |
| 3. 学会等名 第61回日本生気象学会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|------------------------------------|
| 1. 発表者名 渋谷賢, 大首根裕樹, 大木紫 |
| 2. 発表標題 身体所有感の変容が触覚時間順序判断に及ぼす影響 |
| 3. 学会等名 日本基礎心理学会第41回大会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Watanabe H, Shibuya S, Sugi T, Kato I, Kataoka Y, Saito K, Nagashima K |
| 2. 発表標題 Brain regions related with thermal sensation. |
| 3. 学会等名 第100回日本生理学会大会 |
| 4. 発表年 2023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 Sensorimotor and posterior brain activations during the observation of illusory embodied fake hand movement |
| 3. 学会等名 第43回日本神経科学学会 |
| 4. 発表年 2020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 |
|-----------|--|--|----|
| 研究 分担者 | 中本 浩揮 (Nakamoto Hiroki) (10423732) | 鹿屋体育大学・スポーツ人文・応用社会科学系・准教授 (17702) | |
| 研究 分担者 | 畝中 智志 (Unenaka Satoshi) (50822946) | 北翔大学・生涯スポーツ学部・准教授 (30117) | |

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

| 共同研究相手国 | 相手方研究機関 |
|---------|---------|
|---------|---------|