

## 自己身体と操作対象の身体図式の一致は

### より強い運動主体感・身体所有感を喚起する

#### **A sense of agency and a sense of ownership for a CG character are experienced only when a CG's body corresponds to the appropriate body schema**

渡邊 翔太, 川合 伸幸

Shota Watanabe, Nobuyuki Kawai

名古屋大学 大学院情報科学研究科

Graduate School of Information Science, Nagoya University

s.watanabe@cog.human.nagoya-u.ac.jp

#### **Abstract**

We often feel as if an object was an extended part of our body; in other words, we feel the movement of an object as our own body movement. Feelings as in the former are said to derive from a sense of ownership while the latter are said to derive from a sense of agency. Previous studies suggest that synchronizations between actual and virtual actions are crucial for a sense of ownership to be felt. Our previous study demonstrated that the qualitative correspondence between actual and virtual actions is crucial for increasing a sense of agency, which was the precursor of a sense of ownership. It is still unclear as to how the body schema of participants affects their senses of agency and ownership. In the present study, participants engaged in a “rock-paper-scissors” game task in the virtual reality world wherein the position of the participants’ arms was either matched or unmatched with the ordinal position during the training phase. Then, the participants watched their virtual arm being cut suddenly by a Japanese sword in either arm-matched or arm-non-matched condition in the test phase. Therefore, there were four groups of virtual actions based on the arm-position 1) matched-matched, 2) matched-non-matched, 3) non-matched-matched, and 4) non-matched-non-matched. Previously, the measurement of a sense of ownership had been measured only through electro dermal activity as a physiological response. However, our previous study showed activations of the cardiac functions were more sensitive indexes than electro dermal

activity even when a sense of ownership was weak. Therefore, we measure multiple autonomic nervous system reactions, including cardiovascular system indices, and thereby measure a feeling of physical possession in detail. The results show that a sense of agency and a sense of ownership in terms of the subjective reports increased as the body schema of participant’s body and CG character matched. Physiological activities after the test-phase revealed a greater systolic blood pressure and stroke volume. When a participant operates a CG character, a sense of agency and a sense of ownership are increased by matching the body schema of the participant’s body and CG character.

**Keywords —a sense of agency, a sense of ownership, autonomic nervous reactions, virtual reality, video game, head mounted display**

#### **背景と目的**

コンピュータ・ゲームでは、プレイヤーの操作するキャラクターが攻撃を受ける等のイベントが生じると、画面上の視覚刺激とコントローラーに内蔵されたバイブレータが振動を発したり、加速度計やジャイロ等の様々なセンサーを用い、プレ

プレイヤーの運動をキャラクターの運動に直接反映させるような仕組みが実装されている。これら環境の下でゲームプレイを続けていると、操作キャラクターをまるで自分自身であるように感じ、自らが仮想世界に入り込み、探索しているような感覚に陥る。

これは、視覚刺激とコントローラーに伝わる振動刺激が同時に発生することにより身体所有感が、各種モーションセンサーを用いたキャラクターへの直接的な反映により運動主体感が、それぞれ誘発されることにより、ゲームプレイ中のプレイヤーによるキャラクターへの同一視を強めることが意図されたものである。この身体所有感とは、その身体が自分の身体であるという感覚を指し、運動主体感とは、観察される運動が自身によって引き起こされたものだという感覚を指す[1]。これらは我々の自己認識を支える重要な要因であり、近年様々な研究が行われている。

**Rubber Hand Illusion (RHI)** は、身体所有感に関する研究の代表例である。義手と実験参加者の腕とを同時に触れる手続きを繰り返すと、義手にのみ触れられても、実験参加者は自身に触れていると錯覚するようになるが[2]、義手と実験参加者の腕に与えられる触覚刺激に 300 ms 以上の時間のずれが生じると錯覚が減衰するという報告もあり[3]、時間的に近接した視覚と触覚の情報が自己身体イメージの中に統合されることで身体保持感が引き起こされることを示唆している。一方、運動主体感の研究としては、**Intentional binding** と呼ばれる課題を用いたものが挙げられる。実験参加者が任意のタイミングでキーを押す群と、経頭蓋磁気刺激法により直接運動野を刺激し、実験参加者の意思とは無関係に指を動かしてキーを押させる群を設けたところ、参加者が任意のタイミングでキーを押した群の方が、キーを押してからブザーが鳴るまでの時間間

隔をより短く評価する[4]。自らが意図したキー押しとブザー音との間により強い結びつきを想定した(運動主体感が強く生じた)際に、自分の行為とその行為の結果のフィードバックまでの時間が短く感じられると考えられている。この他、妨害トラックボール課題を用いた研究[5]や、道具使用に伴って自己の身体像が変化するという研究[6]を始め、これまで運動主体感や身体所有感の形成には、体性感覚と視覚の両感覚から入力される運動情報の時間的な同期[4]、行動結果の予測と実際の結果のフィードバックとの一致[5]が特に重要であることが指摘されてきた。

一方、参加者の動作が反映される前腕 CG モデルを参加者が実際に操作していく過程で強い運動主体感が獲得されることが、より強い身体所有感の獲得に繋がるという知見がある[7]。すなわち、運動が一致していることが運動主体感や身体所有感を与えるのに重要であるといえるが、運動が遅延なく一致してさえいれば、運動主体感や身体所有感は得られるのだろうか？われわれは仮想現実空間 (VR) 内に自己の身体や運動している感覚を投影するのであれば、自己の身体図式も伴って投影しているはずである。**Rubber Hand Illusion** のような、直接、実験参加者の身体所有感を刺激する研究においては、対象が参加者の脳内に保持されている身体図式と一致することが錯覚の誘発に重要であることが指摘されているが[8]、コンピュータ・ゲームのように参加者が運動を伴って自分以外の対象を実際に操作するという場合において、操作対象と参加者の身体図式の一致が運動主体感に及ぼす影響は不明である。そこで本研究では、参加者の運動を伴う際に操作対象が実際の身体図式と矛盾することが獲得される運動主体感にどのような影響を及ぼすか、さらに獲得される運動主体感が身体所有感にどのような影響が及ぼすかという

ことを検討する。

身体所有感の測定には、質問紙を用いた手法や、注射器やナイフが刺さる[9][10]、操作モデルの指を強く反り返らせる[2][11]等の嫌悪刺激を呈示した際の皮膚電気活動を測定し、その反応量を身体所有感の指標として扱う手法が主に用いられる。ストレス事態経験時には、交感神経系そのものが活性化し、皮膚電気活動だけでなく、心臓血管系を含む自律神経系指標の反応増大が生じる[12]。同じ交感神経系支配であっても、皮膚電気活動と収縮期血圧等の心臓血管系指標とでは、神経節後繊維から神経節で放出される神経伝達物質が異なるため[13]、従来の研究で用いられている皮膚電気活動だけでなく、心臓血管系指標も同時に評価することにより、身体所有感を、より多角的に検出することが可能となると考えられる。

以上を踏まえ本研究では、1) 操作対象が実際の身体図式と矛盾することで獲得される運動主体感が異なるかどうか、2) 獲得される運動主体感が異なることで身体所有感にどのような影響が及ぶか、3) 身体所有感は心臓血管系指標を含む交感神経系支配の指標にどのように現れるか、を検討することを目的とした。

## 方法

### 実験参加者

大学生 47 名を対象とした。男性 13 名、女性 34 名で、平均年齢は 21.06 歳 ( $SD = 2.03$ ) であった。

### 装置

本研究では、参加者の動作が反映される前腕 CG モデルを使用した。参加者の動作は、曲げセンサー (Spectra Symbol 製 F9F316) と 3 軸磁気・加速度センサー (ST Micro 社製 LSM303DLH)、

および XBEE モジュールを搭載した Arduino FIO を組み合わせた自作モーションセンサーにより測定した (図 1)。モデルの作成には、Unity Technologies 社製ゲーム開発エンジン Unity Ver4.6.3 を使用した。視覚刺激は Oculus VR 社製ヘッドマウントディスプレイ Oculus Rift DK2 上に一人称視点で呈示した (図 2)。

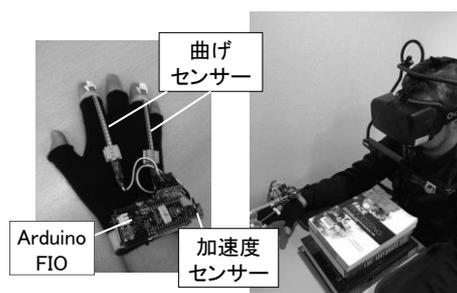


図 1 モーションセンサーの構成と装着の様子



図 2 Unity で作成した視覚刺激

### 測定指標

心理指標として、独自に作成した 7 項目の質問項目を用いて、運動主体感、身体所有感、操作対象との身体図式の一致について測定した。運動主体感、身体所有感については 1~7 の 7 段階評定で回答を求め、操作対象との身体図式の一致については、不一致の認識の有無を 2 択で回答を求めた。

生理指標として、汎用生体アンプ BIOPAC MP150 を用いて、皮膚コンダクタンス水準 (Skin Conductance Level : SCL)、筋電図 (Electromyography : EMG) の測定を、連続血行

動態測定装置 Finometer MIDI を用いて、収縮期血圧(Systolic Blood Pressure: SBP), 拡張期血圧(Diastolic Blood Pressure: DBP), 心拍数(Heart Rate: HR), 心拍出量(Cardiac Output: CO), 一回心拍出量(Stroke Volume: SV), 全末梢血管抵抗(Total Peripheral Resistance: TPR)を測定した。なお、生体に精神的な負荷が加わると血圧は上昇するが、その際、心臓機能の活動亢進を主体として血圧上昇が生じるパターン 1 と、血管収縮を主体として血圧上昇が生じるパターン 2 があることが知られている(田中, 2001)。心臓機能、血管機能の双方を組み合わせて測定することにより、身体所有感の成立がどのような血行力学的反応の変化をもたらすのかということ、より多角的に捉えることが可能になると考えられる。

### 手続き

実験に先立ち、機器の取り扱いに慣れるため数回の課題練習を行い、練習後に、運動主体感、身体所有感、操作対象との身体図式の一致について回答を求めた。

本研究では、まず機器を装着した状態でじゃんけん課題を 100 回行わせた。じゃんけん課題中は「じゃんけん、ぽん」という音声で一定間隔で呈示され、参加者はこの音声に合わせて課題を行った。具体的には、「じゃんけん」の音声呈示時に腕を振り上げ、「ぽん」の音声呈示時に腕を振り下ろした。参加者には必要最低限の腕の上下運動以外を行わないよう求めた。じゃんけん課題が 100 回終了した時点で、運動主体感、身体所有感、操作対象との身体図式の一致について回答を求め、回答終了後、再度じゃんけん課題を 100 回行った。

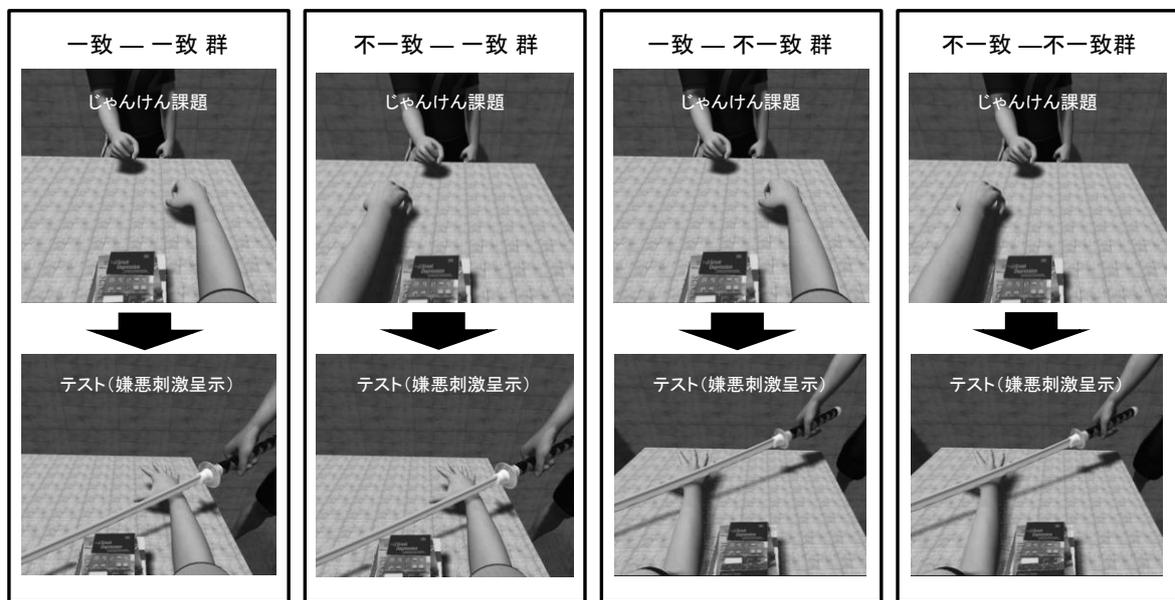
計 200 回のじゃんけん課題が終わると、続いてテストへと移った。テストでは、じゃんけん課題を 200 回行った 15 秒後に、前腕 CG モデルの直上

に日本刀が振り下ろされる嫌悪刺激を 15 秒間呈示し、それに伴って生じる生理反応の計測を行った。従来の研究では、ナイフや注射器が前腕 CG モデルに刺さる等の刺激を呈示しているが、通常これら事象が人体に生じた際には出血が伴う。本研究で用いたような仮想空間では出血表現も再現可能であるが、流血を観察した際の特異的な反応が生じた場合、身体所有感成立による反応との切り分けが困難となるため、本研究では直接前腕 CG モデルに刀は触れず、あくまで危機的な状況が迫るというものに留めることとした。嫌悪刺激呈示後、操作対象に身体所有感がどれだけ喚起されていたかを回答させた(図 3)。

本研究では、じゃんけん課題、テスト、それぞれにおいて、実験参加者と操作対象との身体図式が一致している / 一致していないという計 4 群の組み合わせを設定した(一致—一致群, 不一致—一致群, 一致—不一致群, 不一致—不一致群)。実験参加者と操作対象との身体図式が一致している場合には、前腕 CG モデルは本来の実験参加者の前腕と同じ位置に呈示されたが、実験参加者と操作対象との身体図式が一致していない場合には、前腕 CG モデルが本来実験参加者の前腕がある位置とは異なる位置(身体正中と左肩の中間部位)に呈示された(図 4)。

	練習 じゃんけん 5回 30 Sec.	課題 じゃんけん 100回 4 Min.	課題 じゃんけん 100回 4 Min.	安静 10 Sec.	嫌悪刺激 呈示 15 Sec.
運動 主体感	「CGの腕を自分が動かしていると感じた」	▲	▲		
	「CGの腕と自分の腕の動きは、一致していると感じた」	▲	▲		
身体 所有感	「CGの腕を、あたかも自分の腕のように感じた」	▲	▲		▲
	「CGの腕に刃物が振り下ろされた時、自分の腕に振り下ろされているように感じた」				▲
身体図式の 一致	「CGの腕と自分の腕は、同じ位置にあるように感じた」	▲	▲		
生理反応 測定					↔ ↔

図3 実験の流れおよび質問項目解答のタイミング



※じゃんけん課題, テストともに, 手前が実験参加者が操作する前腕CGモデル

図4 各群で呈示された視覚刺激

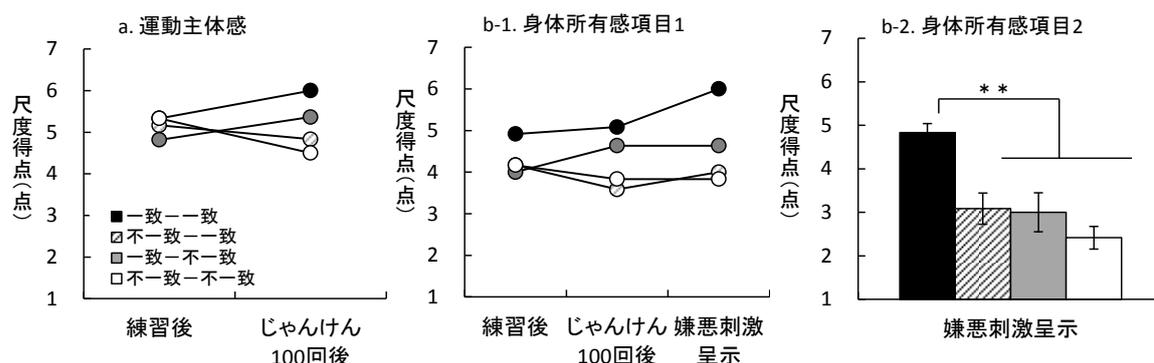


図 5. 各群の運動主体感および身体所有感

## 結果

### 心理指標

各群の運動主体感に関する項目 (CG の腕を自分が動かしていると感じた), および身体所有感に関する項目 1 (CG の腕を, あたかも自分の腕のように感じた), 身体所有感に関する項目 2 (CG の腕に刃物が振り下ろされた時, 自分の腕に振り下ろされているように感じた) の平均を図 5 に示した.

運動主体感の得点は, 一致—一致群および一致—不一致群のみじゃんけん課題 100 回後にかけて増加した. 運動主体感の得点に関して群 (一致—一致群, 不一致—一致群, 一致—不一致群, 不一致—不一致群) × 期間 (練習後, じゃんけん課題 100 回後) の 2 要因混合計画による分散分析を行ったところ, 群 × 期間の交互作用のみ認められた ( $F(3, 43) = 4.36, p < .01$ ). また, じゃんけん課題 100 回後において群の単純主効果が有意となり, 多重比較の結果, 一致—一致群と不一致—一致群の間, 一致—一致群と不一致—不一致群の間にそれぞれ有意な差が認められた (いずれも  $p < .05$ ).

身体所有感に関する項目 1 の得点は, 一致—一致群および一致—不一致群で, じゃんけん課題 100 回後, 嫌悪刺激呈示と増加した. じゃんけん課題 100 回後にかけて増加した. 身体所有感

に関する項目 1 の得点に関して群 × 期間 (練習後, じゃんけん課題 100 回後, 嫌悪刺激呈示) の 2 要因混合計画による分散分析を行ったところ, 群の主効果が有意 ( $F(3, 43) = 8.49, p < .01$ ), 群 × 期間の交互作用が有意傾向 ( $F(3, 43) = 2.05, p < .10$ ) であった. また, じゃんけん課題 100 回後, 嫌悪刺激呈示において群の単純主効果が有意となり, 多重比較の結果, じゃんけん課題 100 回後では一致—一致群と不一致—一致群の間, 一致—一致群と不一致—不一致群の間, 不一致—一致群と一致—不一致群の間に有意な差が (いずれも  $p < .05$ ), 嫌悪刺激呈示では一致—一致群とその他 3 群の間に有意な差が認められた (いずれも  $p < .05$ ). 身体所有感に関する項目 2 の得点は, 一致—一致群で最も高く, 不一致—不一致群で最も低かった. 身体所有感の得点に関して 1 要因参加者間計画による分散分析を行ったところ, 群の主効果が有意となり ( $F(3, 43) = 10.46, p < .01$ ), 多重比較の結果, 一致—一致群とその他 3 群の間にそれぞれ有意な差が認められた (いずれも  $p < .01$ ).

### 生理指標

前腕 CG モデルへの嫌悪刺激前 5 秒間, 呈示後 5 秒間の各生理指標の平均を参加者毎に算出し, 全実験参加者の平均を算出した. 一般的

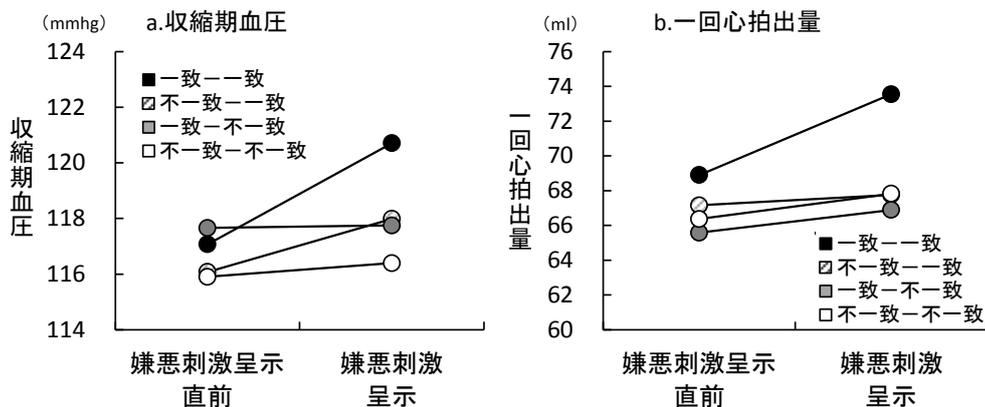


図 6. 各群の収縮期血圧および一回心拍出量の変化

表 1. 各群の嫌悪刺激呈示前後 5 秒間の生理指標変化

Measure	Units	一致・一致		不一致・一致		一致・不一致		不一致・不一致	
		嫌悪刺激呈示直前	嫌悪刺激呈示	嫌悪刺激呈示直前	嫌悪刺激呈示	嫌悪刺激呈示直前	嫌悪刺激呈示	嫌悪刺激呈示直前	嫌悪刺激呈示
SBP	(mmHg)	117.08 (0.57)	120.71 (0.93)	116.08 (0.19)	117.99 (0.19)	117.66 (0.54)	117.75 (0.21)	115.91 (0.23)	116.39 (0.87)
DBP	(mmHg)	67.17 (0.60)	69.86 (0.65)	66.41 (0.83)	67.26 (0.46)	66.26 (0.86)	67.00 (0.58)	66.66 (0.66)	67.43 (0.72)
HR	(bpm)	70.86 (0.85)	72.92 (0.68)	70.35 (0.99)	71.99 (0.60)	69.45 (1.49)	70.57 (0.53)	69.18 (2.07)	70.47 (0.39)
SV	(nl)	68.90 (0.73)	73.55 (1.61)	67.16 (0.65)	67.76 (0.79)	65.58 (0.71)	66.90 (0.57)	66.37 (0.34)	67.82 (0.73)
TPR	(MU)	1.53 (0.09)	1.52 (0.09)	1.32 (0.06)	1.36 (0.07)	1.60 (0.11)	1.48 (0.10)	1.55 (0.07)	1.43 (0.07)
SCL	(μS)	1.40 (0.08)	2.16 (0.17)	1.26 (0.06)	1.90 (0.17)	1.36 (0.10)	1.63 (0.18)	1.41 (0.09)	1.57 (0.13)
EMG	(mV)	0.04 (0.01)	0.04 (0.01)	0.02 (0.00)	0.02 (0.00)	0.03 (0.01)	0.03 (0.01)	0.03 (0.00)	0.03 (0.00)

( )内は標準誤差

に、ストレス事象経験時には交感神経系が活性化し、自律神経系指標の反応増大が生じる。そのため、本研究では、操作対象への身体所有感が強く生じていることとして扱う。収縮期血圧、一回心拍出量の結果をそれぞれ図 6 に示し、その他の生理指標の結果を表 1 に示した。

収縮期血圧 (SBP) は、一致—一致群および不一致—一致群において嫌悪刺激呈示前後で上昇が認められた。収縮期血圧について群×期間 2 要因混合計画による分散分析を行ったところ、群の主効果、期間の主効果、群×期間の交互作用すべてが有意となった (群の主効果:  $F(3, 43) = 7.81, p < .01$  期間の主効果:  $F(1, 43) = 17.07, p < .01$  交互作用:  $F(3, 43) = 4.67, p < .01$ )。また、嫌悪刺激呈示において群の単純主効果が有意となり、多重比較の結果、一致—

一致群とその他 3 群の間にそれぞれ有意な差が認められた (いずれも  $p < .01$ )。

拡張期血圧 (DBP) は、いずれの群も嫌悪刺激呈示前後で上昇が認められたが、一致—一致群において顕著であった。収縮期血圧について分散分析を行ったところ、群の主効果、期間の主効果が有意となった (群の主効果:  $F(3, 43) = 2.91, p < .05$  多重比較一致—一致群とその他 3 群の間でいずれも  $p < .05$  期間の主効果:  $F(1, 43) = 7.59, p < .01$ )。

心拍数 (HR) は、いずれの群も嫌悪刺激呈示前後で上昇が認められた。心拍数について分散分析を行ったところ、期間の主効果が有意傾向であった ( $F(1, 43) = 4.02, p < .10$ )。

一回心拍出量 (SV) は、いずれの群も嫌悪刺激呈示前後で上昇が認められたが、一致—

一致群において顕著であった。一回心拍出量について分散分析を行ったところ、群の主効果、期間の主効果が有意となり（群の主効果： $F(3, 43) = 13.24, p < .01$  期間の主効果： $F(1, 43) = 11.31, p < .01$ ）、群×期間の交互作用は有意傾向であった（ $F(3, 43) = 2.28, p < .10$ ）。また、嫌悪刺激呈示前、嫌悪刺激呈示の両期間において群の単純主効果が有意となり、多重比較の結果、嫌悪刺激呈示前では一致—一致群と一致—不一致群の間（ $p < .01$ ）、嫌悪刺激呈示では一致—一致群とその他 3 群の間（いずれも  $p < .01$ ）に有意な差が認められた。

全末梢血管抵抗（TPR）は、いずれの群も嫌悪刺激呈示前後で変化は見られず、いずれの主効果、交互作用も有意ではなかった。

皮膚コンタクト感度（SCL）は、いずれの群も嫌悪刺激呈示前後で上昇が認められた。皮膚コンタクト感度について分散分析を行ったところ、期間の主効果が有意  $F(1, 43) = 27.22, p < .01$ 、群×期間の交互作用が有意傾向であった  $F(3, 43) = 2.73, p < .10$ 。また、嫌悪刺激呈示において群の単純主効果が有意となり、多重比較の結果、一致—一致群と一致—不一致群の間、一致—一致群と不一致—不一致群の間にそれぞれ有意な差が認められた（いずれも  $p < .01$ ）。

筋電図（EMG）は、いずれの群も嫌悪刺激呈示前後で上昇が認められた。筋電図について分散分析を行ったところ、期間の主効果が有意傾向であった（ $F(1, 43) = 4.03, p < .10$ ）。

## 考察

本研究では、1) 操作対象が実際の身体図式と矛盾することで獲得される運動主体感が異なるかどうか、2) 獲得される運動主体感が異なることで身体所有感にどのような影響が及ぶか、3) 身

体所有感は心臓血管系指標を含む交感神経系支配の指標にどのように現れるか、を検討することを目的とした。

## 運動主体感

じゃんけん課題を行う前の練習後では、各群に差のなかった操作対象への運動主体感であるが、じゃんけん課題 100 回後では、対象が参加者の脳内に保持されている身体図式と一致しない不一致—一致群、不一致—不一致群に比べ、身体図式の一致している一致—一致群、一致—不一致群で強く誘発された。このことから、参加者が運動を伴って自分以外の対象を実際に操作するという場合において、操作対象と参加者の身体図式の一致は、より強い運動主体感を誘発することが示唆された。

## 身体所有感

一致—一致群、一致—不一致群は、じゃんけん課題を 100 回行った後、身体所有感に関する心理指標の得点が増加したが、嫌悪刺激呈示時には一致—一致群でのみ、強い身体所有感が示された。身体所有感を反映するとして測定した生理指標においても、同じく一致—一致群で、収縮期血圧、一回心拍出量という、ともに交感神経系支配で心臓機能を表す指標の強い反応が示された。

一致—一致群、一致—不一致群は、ともに運動主体感の得点が高く、またじゃんけん課題を 100 回行った時点の身体所有感も高かった。一方、運動主体感の低い不一致—一致群、不一致—不一致群はいずれも、じゃんけん課題を 100 回行った時点の身体所有感の得点も同様に低いことから、渡邊・川合（2015）の知見と同様に、本研究においても参加者が前腕 CG モデルを操作していく過程で強い運動主体感が獲得される

ことが、強い身体所有感の獲得に繋がるということが示唆された。

Rubber Hand Illusion のような触覚刺激は伴わないものの、対象が参加者の脳内に保持されている身体図式と一致することが身体所有感の誘発に重要であるという先行研究の知見を支持するのであれば、本研究における不一致—一致群においても、ある程度の生理反応として、身体所有感の誘発が確認されるはずである。しかし、不一致—一致群においては、心理・生理指標(収縮期血圧, 一回心拍出量)のどちらにも反応は見られなかった。また、不一致—一致群では、じゃんけん課題が 100 回終わった時点で運動主体感の得点も低かった。一方、最も高い運動主体感を示した一致—一致群では、同様に高い身体所有感を示したことから、たとえ対象が参加者の脳内に保持されている身体図式と一致していても、その対象に運動主体感が誘発されていないならば、身体所有感は誘発されないということが考えられる。しかし、じゃんけん課題が 100 回高い運動主体感を示した一致—不一致群では、嫌悪刺激呈示時の身体所有感が低くなり、対象に運動主体感が誘発されていても、参加者がそれまで自分で動かしていたと認識していた対象ではないものについては、運動主体感が無いため身体所有感は誘発されないということも示唆された。

嫌悪刺激呈示の前後で、皮膚コンダクタンスや、筋電図、心拍数は、身体所有感の高さに関わらず、すべての群で同様に増加した。一方、収縮期血圧、一回心拍出量は、運動主体感・身体所有感の双方が高い一致—一致群においてのみ増加が見られた、つまり、先行研究で主に測定されてきた皮膚コンダクタンスや、筋電図、心拍数は身体所有感の測定指標としては十分ではなく、操作している対象に運動主体感がどれほど

誘発されているかということは判別不可能である可能性が示唆された。このことから、参加者が自ら運動を伴って対象を操作するという場面においては、心臓機能面の測定を行ってはいじめて運動主体感や身体所有感の状態が明らかとなる可能性が示唆された。

## 結論

参加者が実際に前腕 CG モデルを操作していくなかで獲得される運動主体感は、操作中の参加者と操作対象の身体図式の一致によってより頑健なものとなる。また、高い運動主体感が誘発された場合においてのみ、高い身体所有感が誘発され、対象に嫌悪刺激が呈示された際には、皮膚電気活動の反応以上に、心臓機能の賦活という形で交感神経系指標の活性化が認められるということが示唆された。

## 参考文献

- [1] Gallagher, S. (2000). Philosophical conceptions of the self: Implications for cognitive science. *Trends in Cognitive Science*, **4**, 14–21.
- [2] Armel, K. C., & Ramachandran, V. S. (2003). Projecting sensations to external objects: Evidence from skin conductance response. *Proceedings of Royal Society of London B*, **270**, 1499–1506.
- [3] Shimada, S., Fukuda, K., & Hiraki, K. (2009). Rubber hand illusion under delayed visual feedback. *PLoS ONE*, **4**, e6185.
- [4] Haggard, P., Clark, S., Kalogeras, J. (2002). Voluntary action and conscious awareness. *Nature Neuroscience*, **5**, 382–385.
- [5] Kaneko, T., & Tomonaga, M. (2011). The perception of self-agency in chimpanzees

- (Pan troglodytes). *Proceedings of the Royal Society*, **278**, 3694-3702.
- [6] Iriki, A., Tanaka, M., & Iwamura, Y. (1996). Coding of modified body schema during tool use by macaque postcentral neurons. *Neuroreport*, **7**, 2325-2330.
- [7] 渡邊翔太・川合伸幸 (2015). 操作対象の随伴性が対象への自己感に及ぼす影響, 日本認知科学会第 32 回大会発表論文集, 798-801.
- [8] Tsakiris, M., and Haggard, P. (2005). The rubber hand illusion revisited: Visuotactile integration and self-attribution. *Journal of Experimental Psychology. Human Perception and Performance*, **31**, 80-91.
- [9] Alimardani, M., Nishio, S., & Ishiguro, H. (2013). Humanlike robot hands controlled by brain activity arouse illusion of ownership in operators. *Scientific Reports*, **3**, e2396.
- [10] Ehrsson, H. H., Rosén, B., Stockselius, A., Ragnö, C., Köhler, P., & Lundborg, G. (2008). Upper limb amputees can be induced to experience a rubber hand as their own. *Brain*, **131**, 3443-3452.
- [11] 渡辺哲也・西尾修一・小川浩平・石黒浩 (2011). 遠隔操作によるアンドロイドへの身体感覚の転移, 『電子情報通信学術論文誌』, **94**, 86-93.
- [12] 長野祐一郎 (2005). 評価的観察が精神課題遂行中の心臓血管反応に与える影響, 『心理学研究』, **76**, 252-259.
- [13] Hernes, K. G., Morkrid, L., Fremming, A., Odegarden, S., Martinsen, O. G., & Storm, H. (2002). Skin conductance changes during the first year of life in full-term infants. *Pediatric Research*, **52**, 837-843.
- [14] 田中豪一 (2001). ストレス評価のパラダイム: 心臓血管系指標, 反応型と疾病の前駆症状. 『生理心理学と精神生理学』, **19**, 53-60.