

# 操作対象の随伴性が対象への自己感に及ぼす影響

## A full contingency between the actual and the virtual actions are crucial to the sense of ownership

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

Individuals experience a greater sense of unity with a CG characters in video games when the actions of players were manipulated by free-moving devices with gyroscopes. Such feelings seem to be achieved by experiencing the sense of ownership for CG characters. Previous studies suggest that the synchronicity between somatosensory input and visual information are crucial to attain the sense of ownership. Despite a number of researches investigated the temporal synchronizations between actual and virtual actions, no study has assessed how the contingencies between them affect the sense of ownership. Here we employed a “rock-paper-scissors” game task in a virtual reality world in which the players’ actions (i.e., rock, paper, or scissors) were projected the actions of a CG character with zero (0%), low (33%), moderate (66%), or full (100%) contingencies. The sense of ownership in terms of subjective reports increased as a function of contingencies. As a probe test after completion of 100 trial games of each contingency, the CG arm was suddenly almost cut by a Japanese sword. Only the blood pressure (SBP) after the 100% contingency-game increased higher than those of the other three contingency-games, suggesting that any subtle decrements of contingency lose the sense of ownership drastically in terms of a physiological measure. In other words, there was a discrepancy between the psychological and physiological sense of ownership at the moderate contingency (66%). A temporal de-synchronization can be acceptable, however, a decrement of contingency between actual and virtual actions will lose the sense of ownership.

**Keywords** —contingency, sense of ownership ,  
autonomic nervous reactions

### 背景と目的

ビデオゲーム等のエンターテインメントをより効果的に楽しむためには、ユーザーが仮想世界に対して深い没入感を得ることが重要である。近年普及しつつある、加速度計やジャイロ等を組み合わせた直感的な操作（たとえば、Wii）は、ユーザーとコンテンツの結びつきを効果的に強め、より深い没入感を得るひとつの手法である [1][2]。これは、操作対象への自己感が強まったためと考えられる。この自己感とは、具体的には、その身体は自分の身体であるという感覚である身体保持感（sense of ownership）を指す。身体保持感を参加者と操作対象の身体的な動作が同期することによって生じさせる場合には、体性感覚と視覚の両感覚から入力される運動情報が時間的に同期していることが重要であるといわれてきた[3][4]。しかし従来の研究では、たとえ時間遅延があったとしても、ユーザーの動作は対象に正確に反映されている場合が多く、行動の結果はユーザーと対象の間で常に一致していた。

しかし、このような随伴性の一致は対象への自己感に影響は及ぼさないのだろうか。たとえば、時間的に同期していて随伴性が低い場合も、先行研究と同様に、操作対象への身体保持感が生じるのであろうか。これまでに実際の運動とは異なる運動が仮想世界で繰り返されるといった状況で身体保持感がどのようになるかを検討されたことはない。そこで本研究では、時間遅延ではなく操作対象の随伴性の程度を操作す

ることで、操作対象への身体保持感に及ぼす影響の検討を行った。

## 方法

### 実験参加者

大学生 14 名を対象とした。男性 8 名、女性 6 名で、平均年齢は 25.43 歳 ( $SD = 4.69$ ) 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。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。参加者の動作は自作モーションセンサーにより測位し、前腕 CG モデルに反映した(図 1)。視覚刺激は Oculus VR 社製ヘッドマウントディスプレイ Oculus Rift 上に呈示した。



図 1 自作モーションセンサーを用いた CG モデルへの動作の反映

### 測定指標

独自に作成した質問項目を用いて操作対象への身体保持感を測定した。また生理指標として、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), 一回心拍出量 (Stroke Volume : SV), 全末梢血管抵抗 (Total Peripheral Resistance : TPR) を、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) を測定した。

### 手続き

本実験では、一定の学習期間を設けた後、テスト期間へと移った。学習期間では、機器を装着した状態でじゃんけん課題を 100 回行わせた。この際、操作対象の随伴性に、100%, 66%, 33%, 0% の 4 つのパタンを設定した (合計 400 回)。この随伴性が高いほど、参加者の出したじゃんけんの手が正しく前腕 CG モデルに反映されるというものであった。カウンターバランスがとられたそれぞれの条件で 100 回仮想世界でじゃんけんを行った 15 秒後に、前腕 CG モデルの直上に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 (テスト期間)。その後、操作対象への身体保持感をどれだけ感じていたか回答させた。この質問項目の得点と、生理反応の反応量を、対象への身体保持感を測定する指標として扱うこととした。本実験の手続きを以下の図 2 に示した。

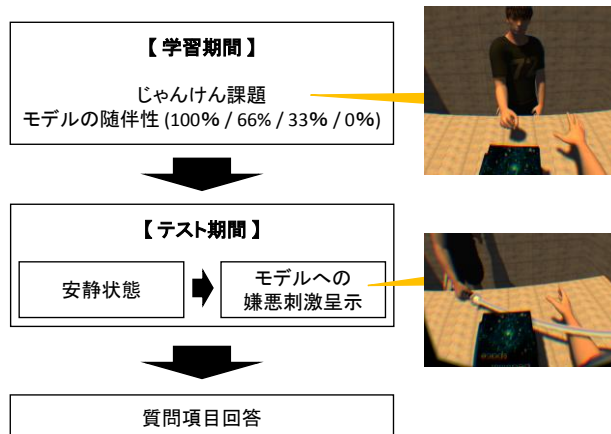


図 2 実験の流れ

### 仮説

モデルの随伴性が上昇するに伴い、対象への身体保持感、および生理反応は増加すると考えられるが、2 つのパタンが予測される。ひとつは、モデルの随伴性が上昇するに伴い、操作対象への自己感も線形に増加するというパタン (仮説 1) と、モデルの随伴性が上昇しても、操作対象への自己感には線形には増加せず、ある閾値を超えたときに強い身体保持感を経験するというカテゴリー的に知覚されるため、シグモイド曲線を描くというパタ

ン（仮説 2）である。現在も実験は進行中で、本研究を行うことで、ユーザーと操作対象との結びつきが一体どこから生まれるのかということについて、新たな知見を得ることができると考えられる。

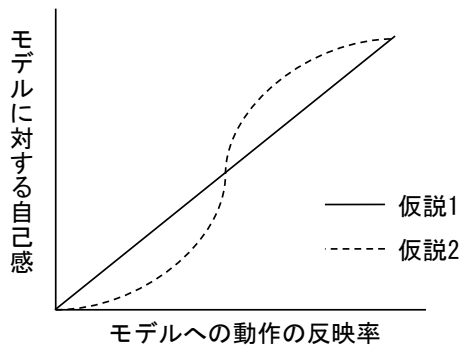


図 3 予測される結果

結果

心理指標

テスト期間後に回答を求めた質問紙の得点は、『CG の腕が、あたかも自分の腕のように感じた』項目において、操作対象の随伴性が上がるにつれ、得点が線形に高くなった ( $F(3, 39) = 13.18, p < .01$ ) (図 4)。また、『CG の腕は、どれくらい自分のいうことを聞いていたか』項目においても同様に、操作対象の随伴性が上がるにつれ、得点が線形に高くなった ( $F(3, 39) = 27.55, p < .01$ )。

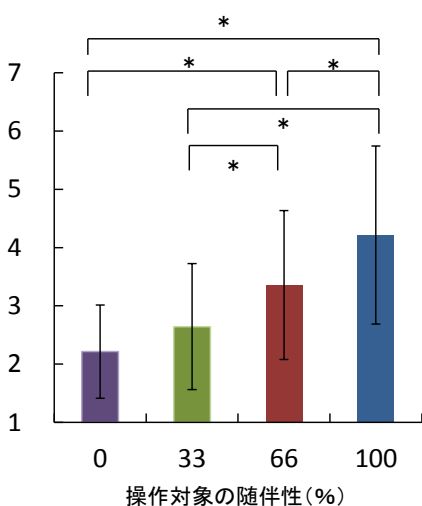


図 4. 条件ごとの 『CG の腕が、あたかも自分の腕のように感じた』 得点

生理指標

前腕 CG モデルへの嫌悪刺激前 5 秒間から、嫌悪刺激呈示後 5 秒間への変化量を参加者毎に算出し、全実験参加者の平均値を算出した。一般的に、ストレス事態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、操作対象への身体保持感が強く生じていることとして扱う。

その結果、嫌悪刺激呈示前から呈示後にかけて、操作対象の随伴性 0%、33%、66%では特に変化はみられなかったが、随伴性 100%では、SBP、SV の上昇、HR、TPR の減少がみられた (図 5~8)。特に SBP に関しては、直交比較の結果、随伴性 100%とそれ以外の 3 条件との間で有意傾向が認められた。DBP、SCL (図 9)、EMG においてはいずれも条件間の差はみられなかった。

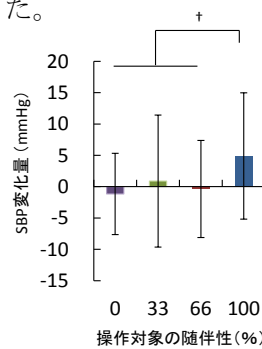


図 5. 条件ごとの SBP 変化量

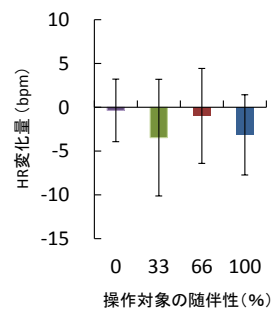


図 6. 条件ごとの HR 変化量

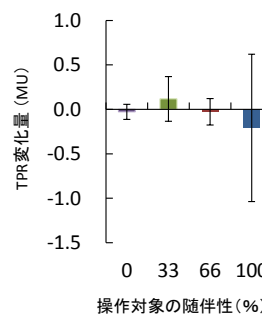


図 7. 条件ごとの TPR 変化量

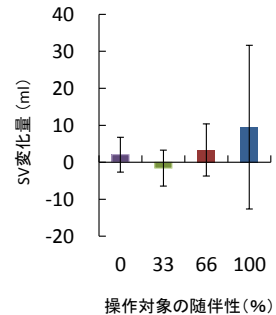


図 8. 条件ごとの SV 変化量

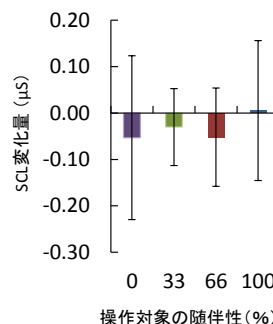


図 9. 条件ごとの SCL 変化量

## 考察

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、じゃんけん課題遂行中の操作対象の随伴性が、操作対象への身体保持感に及ぼす影響の検討を行った。その結果、心理指標では、随伴性の上昇に伴い、操作対象への身体保持感に関連する得点が線形に高くなった。一方、SBPにおいて随伴性100%とそれ以外(66, 33, 0%)の3条件との差が有意傾向となり、生理指標においては、随伴性が上昇しても、操作対象への身体保持感は線形には上昇せず、シグモイド曲線的に上昇した。

前腕CGモデルへの嫌悪刺激呈示に伴い、操作対象の随伴性100%ではHRやSVは上昇したが、同じ交感神経系支配の指標であるSCLに変化はみられなかった。自律神経系の神経線維は内臓などの直接効果器には結合せず、中枢神経系の外部にある神経節に結合している。中枢神経系から神経節をつなぐ遠心性の軸索を節前繊維、神経節とその効果器につなぐ軸索を節後繊維と呼ぶ。交感・副交感神経系のいずれも、神経節前繊維から神経節で放出される神経伝達物質はアセチルコリンである。交感神経節後繊維の大半はノルアドレナリンを放出するが、汗腺の興奮は、他の交感神経系の反応とは異なり、コリン作動性のエクリン汗腺の効果を受け、アセチルコリンを放出する【5】。つまり、HR・SVとSCL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、異なる反応を示したと考えられる。

本研究では、操作対象の随伴性の差異は、心理指標と生理指標とで異なる形で現れることがわかった。つまり、操作対象の随伴性が高い場合、主観的には操作対象を自分の体の一部であるように感じるものの、本人が知覚できないような身体的な面では、操作対象の随伴性が100%になってはじめて自分の体の一部であるように感じるということである。今後は、複数の生理指標を組み合わせて測定するということに加え、心理・生理反応の双方から測定し、これらすべての値を変数とした機械学習を行い、どの変数をもっとも、操作対象への身体保

持感を説明するかということの解明する必要がある。

しかし、SV変化量をはじめ、操作対象の随伴性100%条件において、他の3条件よりも多い傾向がみられたものの、統計的に有意ではなかった。これは個人差が大きいことに起因すると考えられ、さらに参加者の人数を増やすことで、偶然によるものか、統計的に差のある違いかが明確になると考えられる。発表当日までに、実験参加者は25人程度まで追加する予定である。

## 参考文献

- [1] 松田剛・開一夫 (2013) “モーショントローラは操作対象との一体感を増すのか? : 生理指標による検討”, 認知科学, 20, 578-580
- [2] Williams, K. D. (2013) “The Effects of Video Game Controls on Hostility, Identification, and Presence”, *Mass Communication and Society*, 16, 26-48
- [3] 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.
- [4] Hagni, K., Eng, K., Hepp-Reymond, M. C., Holper, L., Keisker, B., Siekierka, E., Kiper, D. C. (2008) “Observing Virtual Arms that You Imagine Are Yours Increases the Galvanic Skin Response to an Unexpected Threat”, *PloS ONE*, Vol. 3, No. 8.
- [5] 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.