



# 不可能関節身体への身体性獲得

Acquisition of physicality to the impossible joint body

石本浩気<sup>1)</sup>, 杉本麻樹<sup>2)</sup>, 稲見昌彦<sup>3)</sup>, 北崎充晃<sup>1)</sup>

Hiroki ISHIMOTO, Maki SUGIMOTO, Masahiko INAMI, and Michiteru KITAZAKI

1) 豊橋技術科学大学 (〒441-8580 愛知県豊橋市天伯町雲雀ヶ丘 1-1, hiroki.ishimoto.tc@tut.jp, mich@cs.tut.ac.jp)

2) 慶応義塾大学理工学部 (〒223-8522 神奈川県横浜市港北区日吉 3-14-1, sugimoto@ics.keio.ac.jp)

3) 東京大学 (〒113-0033 東京都文京区本郷 7 丁目 3-1, drinami@star.rcast.u-tokyo.ac.jp)

**概要:** 不可能な関節運動を行うアバタ身体を構築し, 自己運動と連動することで, 身体性が獲得されるかを調べた. 被験者をモーションキャプチャで計測し, リアルタイムに連動 (同期, 非同期) するアバタと関節が逆に曲がるアバタを 5 分間体験させた. その結果, 不可能身体アバタであっても, 同期して動く場合には非同期よりも高い身体所有感と行為主体感が得られ, 不可能身体が獲得可能であることが示唆された.

**キーワード:** 身体認知, 自在化身体, 拡張人間

## 1. はじめに

人は自分のものではない身体やバーチャル空間のアバタに対しても身体所有感の錯覚 (Illusory Body Ownership) を感じる [1]. 人が実行可能な動作に対して不可能な動作の知覚は困難であり, 自分が動作を行えるかどうか他者の身体認知に影響することが知られているが [2-3], 自己身体としての認知への効果は調べられていない. 本研究では, バーチャルリアリティ空間内で不可能な関節運動を行うアバタ身体を構築し, 身体所有感および行為主体感が生起するかを調べることを目的とした.

## 2. 方法

実験の目的を知らない 24 人の被験者がインフォームドコンセントに同意し, 署名した後実験に参加した. 被験者はヘッドマウントディスプレイ (HMD, HTC Vive Pro Eye, 1440x1600pixel (単眼)x2, 視野角対角 110deg, 90Hz) を通して視覚刺激を両眼で観測した. 被験者の身体の動きはモーションキャプチャシステム (OptiTrack FLEX 3, 100Hz) によりリアルタイム計測し, HMD 内の映像に反映した.

被験者はアバタの身体を操作し, バーチャル空間上に現れる目標物体に手で触れるタスクを 5 分間行った. 目標物体に触れると, 触れた方の手の平へ取り付けられた振動モータ (217Hz) が振動した. 5 分後に, アバタの左右ランダムな前腕へ向けてナイフが飛んでくる脅威刺激を提示した. 脅威刺激の提示前後で, 被験者の皮膚電気活動 (SCR) を計測した (驚愕反応計測). その後, 被験者は視

覚情報を遮断された状態で, 右上腕と前腕のなす角が 60, 120 度となるように腕を曲げるよう教示された (固有受容感覚計測).

不可能なアバタの動きは, 被験者の動きに対し左右腕の肘の回転角を反転させることによって生成した (図 1). 条件間の影響を無くすため, 実験は腕の関節方向 2 水準 (可能, 不可能) で 2 日に分けて行い, それぞれ同期の有無 2 水準 (同期, 1s 遅延非同期) 2 試行を 2 セッション行った.



図 1: 被験者 (左), 可能アバタ (中央), 不可能アバタ (右)

各試行後に被験者は HMD を外し, 身体所有感と行為主体感に関するアンケートに「非常にあてはまらない」を -3, 「非常に当てはまる」を 3 として 7 段階で回答した. アンケートは全 10 項目あり, 試行ごとに無作為な順で提示した (表 1).

表 1. 身体所有感と行為主体感に関する質問項目

Q1	バーチャル身体が自分の身体のように感じた
Q2	バーチャル身体が他の誰かであるように感じた
Q3	鏡で見たバーチャル身体が自分の身体であるように感じた
Q4	鏡で見たバーチャル身体が他の誰かであるように感じた
Q5	まるで自分の身体であるかのようにバーチャル身体を制御できると感じた
Q6	バーチャル身体が勝手に動いているように感じた
Q7	バーチャル身体が触れた場所に触覚を感じた
Q8	自分の手がボールに触れているようだった
Q9	自分の腕に痛みがあるように感じた
Q10	自分がナイフによって傷つけられるかもしれないと感じた

### 3. 結果

主観評価結果から、身体所有感と行為主体感のスコアを算出し、全被験者の平均を求めた(表 2)。身体所有感、腕の関節運動の可能・不可能によらず、同期条件の方が非同期条件よりも有意に高くなった( $p < .001$ , 図 2)。また、同期条件においてのみ関節運動が可能の方が不可能よりも有意に高かった( $p = .0018$ )。行為主体感についても同様に、同期条件の方が有意に高く( $p < .001$ )、可能条件の方が有意に高かった( $p < .05$ , 図 3)。

また、被験者の行動変容を調べるため、タスクでの目標物体の出現からそれに触れるまでの平均時間を条件ごとに算出し、全被験者の平均を求めた(図 4)。不可能条件での反応時間は可能条件よりも有意に長く( $p < .001$ )、非同期条件の場合の反応時間は同期条件よりも有意に長かった( $p < .05$ )。

驚愕反応および固有受容感覚の計測結果には、条件間での有意差が見られなかった。

表 2. アンケートスコアの算出式

身体所有感のスコア	$Q1 - Q2 + Q3 - Q4$
行為主体感のスコア	$Q5 - Q6$

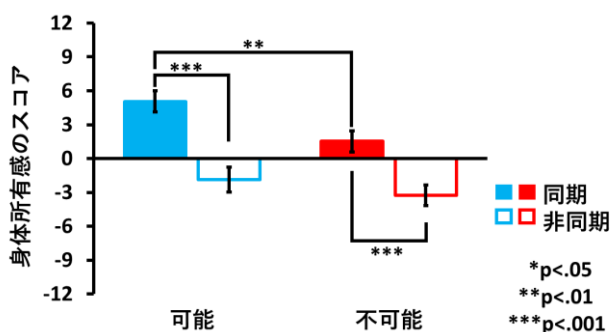


図 2. 身体所有感の結果 (誤差線は標準誤差)

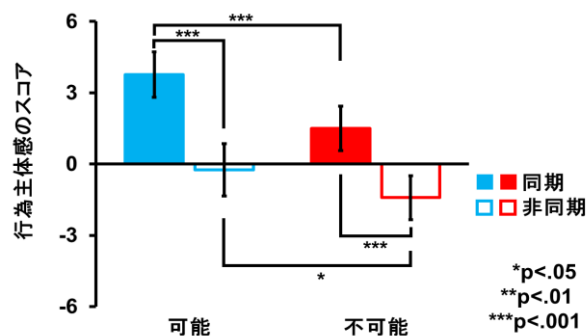


図 3. 行為主体感の結果 (誤差線は標準誤差)

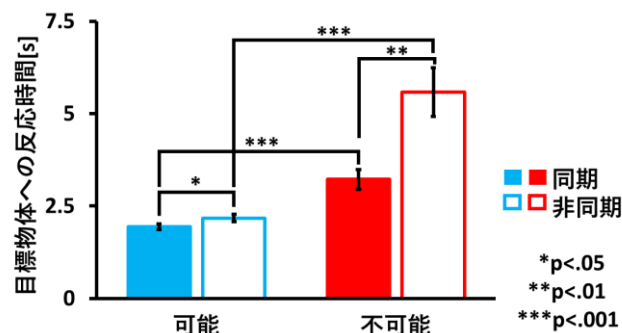


図 4. 目標物体への反応時間 (誤差線は標準誤差)

### 4. 考察

不可能な関節運動をする身体に対しても、自身が身体を動かしたことによる視覚的フィードバックが同期していることで身体所有感および行為主体感が生起することが示唆された。一方、同期条件においては、不可能条件よりも可能条件の方が身体所有感・行為主体感が高く、自然な身体動作に対する優位性が示唆された。また、不可能条件の方が可能条件よりも反応時間が長かった。不可能身体に対しては学習効果があると考えられることから、今後は、不可能身体への学習が所有感やパフォーマンスに影響するのかについて検討する。

謝辞 本研究は、JST ERATO Grant Number JPMJER1701 (稲見自在化身体プロジェクト)および JSPS 科研費 (JP 20H04489) の補助を受けて行われた。

### 参考文献

- [1] Gonzalez-Franco, M., Perez-Marcos, D., Spanlang, B., & Slater, M. (2010). The contribution of real-time mirror reflections of motor actions on virtual body ownership in an immersive virtual environment. *Proceedings of IEEE Virtual Reality 2010*, 111-114.
- [2] Reed, C.L., Stone, V.E., Bozova, S., & Tanaka, J. (2003). Body-inversion effect. *Psychological Science*, 14, 302-308.
- [3] 井上康之・北崎充晃. (2010). 生体力学的制約が身体ポーズ認識における視点依存性と倒立効果に及ぼす効果. *心理学研究*, 81(2), 105-111