

# 身体像の投射を用いた「自己所有感」と「自己主体感」のゆらぎ

## Mutual Effects between Senses of Ownership and Agency Using Projection of Body Image

瀧見 彰太<sup>†</sup>, 坂本 大介<sup>†</sup>, 小野 哲雄<sup>†</sup>  
Shota Takimi, Daisuke Sakamoto, Tetsuo Ono

<sup>†</sup>北海道大学

Hokkaido University

s-takimi@complex.ist.hokudai.ac.jp, {sakamoto, tono}@ist.hokudai.ac.jp

### Abstract

We have an illusion that objects which are not connected by nerves are parts of bodies, for example, like blind man's canes, artificial arms, and Imitation hands at RHI. Sense of ownership and agency can explain whether this illusion is happening or not. However, despite many studies that take these subjective senses into account, there are few studies about these senses themselves, Especially about relationship between these senses.

In this study, we did three experiments using shadow media and biological motion. Experiment 1 and 2 researched whether these senses are lost or not, by video delay. Experiment 3 researched Impression evaluation for operation objects when objects' control is lost.

In result, we indicated that sense of agency is hardly affected by video delay than sense of ownership, and that there is a possibility that sense of ownership can exist even if sense of agency is lost. Also, from these result, we provided possibilities that these senses can contribute to researches in other fields.

**Keywords** — a sense of agency, a sense of ownership, interaction

### 1. はじめに

人は盲人の杖, 義手, そしてラバーハンドイリュージョン[1] (以下, RHI) における偽物の手のように, 自分の身体以外の物体を自分の身体の一部であると錯覚することが報告されている。これらの現象では, 身体と神経のつながりがない対象物への刺激であっても, 脳がその刺激を自分の身体への刺激であると知覚していることが知られている[2]。また, 特に盲人の杖や義手は, それを外界の対象物と相互作用 (インタラクション) するための基盤として扱うことができる。例えば CHI2017 では, 拡張現実空間で操作可能な仮想的な身体を生成し, 空間中のモジュールとインタラクションするアプリケーションが制作された[3]。

Gallagher 氏は, 私たちが認知している“自己”は, 過去の記憶から未来の展望まで含めたアイデンティティとしての自己である Narrative Self と, 経験から即時的に形成される身体的な自己である Minimal Self

の双方から構成される主張した[4]。前述した本来自分の身体ではない物体を自分の身体の一部だと錯覚する現象 (以下, 身体拡張と呼ぶ) はこの2つのうち Minimal Self に該当する自己の拡張である。Minimal Self は, 自己所有感 (Sense of Ownership) と自己主体感 (Sense of Agency) の2つに分類され, この2つの主観的感覚は, 対象物を身体の一部であると認識しているかどうか, つまり身体拡張が起きているかどうかを判断するための基準として用いることができるとされている。また, 操作しやすいユーザーインターフェースを作るために, 自己所有感や自己主体感を考慮に入れたインターフェース研究も存在する[3][5]。

しかし, 上記のように自己所有感と自己主体感が身体拡張に関連する研究に用いられている背景があるにも関わらず, これら2つの感覚そのものについて, 特にこの2つの感覚の関係性については不明瞭である。本研究では, 自己所有感と自己主体感の関係性を探ること, そして, そのような感覚が拡張された物体に対する人の認知について考察するための実験を行った。また結果から, これらの感覚の拡張について考慮することの工学的意味についても記載した。

本研究論文では, 2章で自己所有感と自己主体感についての先行研究について触れ, 3章で先行研究を踏まえた問題提起を行った上で, 4章で本研究の目的を明示した。実験設定については5章で述べ, 6章で仮説を立てた。7章では結果をまとめ, その結果を踏まえ8章で考察を行い, 9章で本研究の展望を述べ, 最後に10章で本研究全体のまとめを記述した。

### 2. 先行研究

#### 2.1 自己所有感 (Sense of Ownership)

自己所有感とは, 観察された物体を自分の身体に備わっているもの (所有物) であると認知する感覚である[4]。

自己所有感が拡張されているかを検証した実験とし

て、RHI 研究が挙げられる。RHI とは、ゴムでできた偽物の手と自分の手を並べて置き、衝立によって自分の手は隠され偽物の手だけが見える状態になっているとき、その 2 つの手を同期して刺激させられ続けることで、ラバーハンドへの刺激を自分の手への刺激のように感じる現象である[1]。

RHI が起こる条件については多くの研究がなされている。まず、視触覚の刺激が同期していなければ RHI は起こらないとされ、視覚情報と触覚情報のずれが 0.3s 以上になると RHI が起こりづらくなる[6]。また、RHI は手の形をした物体である必要がなく、机を刺激した場合でも RHI が起こることが報告されている[7]。一方で、偽物の手を置く向きを実際の手より 90° 傾けた、左右逆にした、木製スティックにした場合には RHI は起こらないことが報告された[8]。これは、自己の身体図式[9]との違いが机よりも明確に提示されることが原因と考えられる。

これらの先行研究から、RHI のような自分の身体位置がずれて認識される現象が起こるためには、①視触覚刺激が同期している、②自己の身体図式と矛盾しない、以上の 2 点が必要であることが示された。

RHI を自己所有感、自己主体感の基準でみたとき、身体とは異なる対象物への刺激を自分への刺激であると思いつくこと、偽物の手を自分で動かすことができないことから、RHI は自己所有感が別の対象物に拡張されるかを検証できる現象である一方、自己主体感については議論できない現象であるといえる。

## 2.2 自己主体感 (Sense of Agency)

自己主体感とは、観察された物体の運動が自身によって引き起こされていると認知する感覚である[4]。

自己主体感について議論するためには身体拡張を起こそうとしている対象物を自分で動かせる必要がある。Short 氏と Ward 氏は、HMD により出力した仮想現実環境を用意し、仮想空間上の手を自分で操作できるようにしたとき、被験者がその手を自分の手であるかのように認識したことを報告した[10]。また、この認識は手を前方の遠い位置、もしくは向かい合うように配置した場合や、手ではなく足、円錐の形をした物体の場合でも同様の結果が見られた。またこの実験において被験者は自己所有感と自己主体感を感じていたことが分かった。上記は、能動的に動かせる対象物に対しては、上記で示した条件は必ずしも必要ではなく、運動結果の予測と視覚フィードバックが一致し

ていれば (=自己主体感があれば) 身体拡張が起こることを先行研究は主張する。これは、自己所有感とは違い、自己主体感の拡張のためには、運動 (触覚刺激) と視覚刺激が時間的なずれなく起こる必要はないことを示す。

以上のことから、自己所有感を拡張させる条件と自己主体感を拡張させる条件は異なることがわかり、時間的なずれの有無、そして拡張先の対象物の形状いずれの点においても自己主体感の拡張の方が容易に起こることがわかる。自己所有感と自己主体感が拡張される条件を表 1 にまとめた。

表 1. 自己所有感と自己主体感が拡張されるために必要な条件

	視触覚刺激	操作対象の形状
自己所有感	同期している (誤差 0.3s 以内)	身体図式と矛盾しない形状
自己主体感	運動結果の予測と視覚フィードバックが一致している (同期している必要はない)	形状に制限なし

## 3. 問題提起

2 章で示した自己所有感と自己主体感が拡張される条件から、2 つのことが考えられる。

1 つは、自己所有感が自己主体感を強化した感覚なのではないかということである。なぜなら、それぞれの感覚が拡張される条件から考えて、自己主体感は拡張されず自己所有感のみが拡張されるという状態を作れるとは考えられないためである。一見、RHI は自己所有感のみを拡張した現象であるように考えられるが、RHI は手を能動的に動かすことができないため、自己主体感がないのではなく、あるかどうか判断できない実験系であると言え、上記の議論の反論としては適さない。また先行研究では、自己主体感を強く感じる物体に対して、自己所有感が誘発されることを示している[11]。これらの理由から、自己所有感とは強化された自己主体感のことであり、自己所有感と自己主体感は異なる感覚ではない、という仮説が立てられる。

しかし一方で、これらの理論はすべて 2 つの感覚が拡張される時の話であり、2 つの感覚が既に拡張された状態から自己主体感のみを喪失させたときに自己

所有感がなくなるかどうかは明らかではない。よって、先行研究の知見だけでは2つの感覚の関係性を明らかにすることはできない。

2つ目は、自己所有感はないが自己主体感はある物体、つまり、「自分の身体に備わっているものではないが自分の行動によって動く物体」を作り出すことが可能だということである。自分の身体の一部とは思っていない物体に対し身体拡張、つまり自分の身体の一部だと認知するという現象が起こるとするのは矛盾するため、自己所有感は拡張されていないが自己主体感は拡張されている物体は、自己所有感が拡張されている物体と分けて考える必要がある。

しかし、その2つの物体を人がどのように認知し、使用できるかについて明らかにしない限り、その2つの物体が認知的に異なるかどうかを明らかにできない。

以上より、上記の考えが正しいかどうかを判断するためには、自己所有感と自己主体感が両方もしくは片方のみ失われた状態を作り出せるかどうか、そして、そのような状態の対象物を人がどのように認知し使用しているのかについて明らかにする必要がある。

#### 4. 目的

本研究では、身体の一部として扱える人工物に対して拡張された自己所有感と自己主体感について、片方の感覚が喪失されたとき、もう片方の感覚が残存するかどうかを実験により検証した。本研究では、自己所有感と自己主体感が存在するかどうかを直接尋ねるのではなく、対象物に対する印象調査の結果と客観的な数値的データを用いて検証することで、それぞれの感覚の有無を直接尋ねた場合に比べ、より無意識的な身体拡張の議論を行うことを目的とした。

また、これらの結果から、2つの感覚と対象物に対する認知の関係について考察し、自己とそれ以外をより明確に区分する新たな仮説を提唱し、その仮説を受容することが工学的に有益であることを示した。

### 5. 実験

#### 5.1 実験環境

本研究では、影メディアを用いた体感型ゲームアプリケーションを製作し、それを用いて22人の被験者に3種類の実験を行ってもらった。被験者は22歳～26歳の大学生（男性17人、女性5人）であり、うち13人は情報学に関する専攻に所属していた。実験1、2の

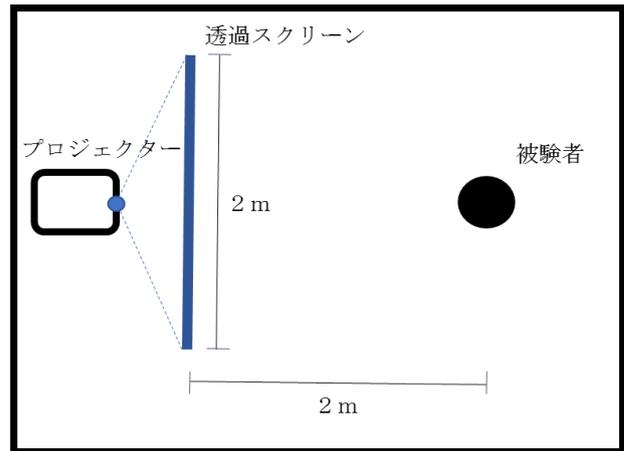


図1. 実験環境の模式図（上から見た図）

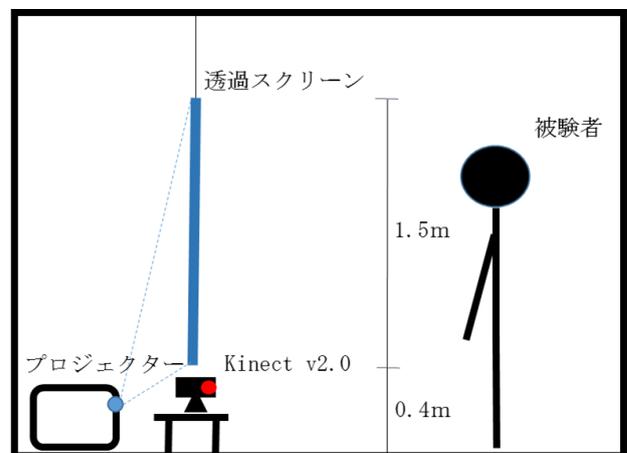


図2. 実験環境の模式図（横から見た図）

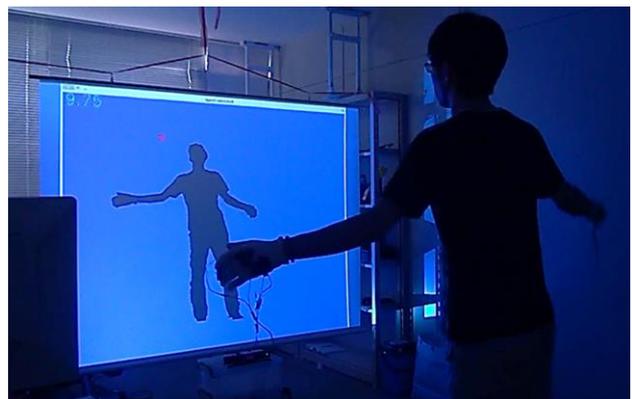


図3. 実験風景

どちらを先に行うかは被験者ごとにランダムで決定し、実験3は最後に行った。各実験の始めに、ゲームに慣れてもらうための練習時間を数分設けた。

実験で使用したゲームの概要は、スクリーンに映し出された影メディアを自分の身体を動かすことで操作し、同じく映像中に映し出された赤色の動点を実際の手を

握ることによって影メディアが掴むというゲームである。実験環境と実験風景については、それぞれ図 1～図 3 に示した。

影メディアは kinect v2.0 で取得した解像度 512×424pixel の身体映像 (Body Index Image) を青色の背景映像に黒色で出力することで実現した。また、手の状態 (手が開いているか、握られているか) を判断するために、被験者には曲げセンサを付けた手袋を装着してもらった。この手袋には、影メディアが動点に触れた際に振動する振動モータも付けた。

画面上の動点は画面中央を中心とした円運動を行い、半径が異なる 3 種類の円軌道を実装した。開かれている状態の手が握られてから 0.10 秒の間に、動点が対応する影メディアの手の半径 20pixel (投影されたスクリーン上では約 7cm) 以内に存在すれば、動点を掴むことができていると判定し、新たな動点を生成するように実装した。映像は 100 インチの透過スクリーンにユーザーから見て背面から投影した。

## 5.2 実験 1：自己主体感の拡張

実験 1 は、上記のゲームを用いて 2 分以内に動点を 3 つ掴むタスクを行ってもらった。この実験では、影メディアに様々な遅延 (+0.00s, +0.15s, +0.30s, …, +1.50s) を与えてランダムに各 1 回ずつ、計 11 回行ってもらい、タスク達成時のタイムを測定した。

## 5.3 実験 2：自己所有感の拡張

実験 2 は、実験 1 の条件に加え、被験者に認知的負荷をかけるために連続減算 (1000 から 1 を引き続ける) を行ってもらい、その計算結果を逐一声に出してもらいながら実験を行ってもらった。被験者にはあらかじめ、(息継ぎを除き) 間を開けずに計算結果を言い続けること、計算がミスした時点でタスク失敗とみなすこと、そのため計算を絶対にミスしないようにすることを条件として教示し、タスク達成時のタイムを測定した。

## 5.4 実験 3：自己所有感と自己主体感の関係

実験 3 は、プログラム実装および実験条件の都合上、影メディアをバイオロジカルモーション[12]に (描画する関節点は青色、背景は黒色)、動点を固定点に変えて実験を行った。この実験では、固定点を 5 個掴むタスクを 1 回行ってもらった。バイオロジカルモーションは被験者ごとに遅延なし、もしくは遅延あり (+

0.75s) の状態をランダムにどちらか一方の条件で実験を行った。

実験 1, 2 と異なり、実験者が被験者の隣に立った状態で実験を行い (実験者のバイオロジカルモーションは表示されない)、被験者が 5 個目の動点を掴む際に実験者が足元にあるボタンを押すことで、動点を掴もうとした方のバイオロジカルモーションの腕の動きが被験者ではなく実験者の腕の動きと同期するようにした。また、実験者がバイオロジカルモーションの片腕の操作権を奪ってから 5.00 秒後に、ネガティブ刺激として、その腕の肘に向かって画面上部から下部を横断する赤線が引かれ (図 4)、同時に切られたような音声を出力した。

実験前 (練習後) と実験後でアンケートに記入してもらった。アンケートでは、多面的感情状態尺度[13] (倦怠、驚愕、親和、敵意の 4 つの感情因子、1 因子につき 5 項目の質問) を用いた操作対象への印象調査と、ネガティブ刺激に対する不快度を測定した。アンケートの内容については本研究論文末尾の付録に掲載した。

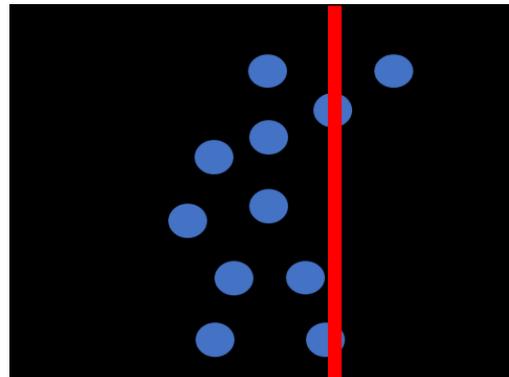


図 4. ネガティブ刺激を与えたときの映像 (模式図)

## 6. 仮説

本研究では、以下の仮説を立てた。

### 仮説① 自己主体感の拡張

自己主体感は運動結果の予測と視覚フィードバックが一致すれば、操作対象に拡張される。

よって、操作対象である影メディアの動きに遅延が発生しても、操作対象に自己主体感が拡張され、規則的な挙動をする動点を掴むことが可能である。

### 仮説② 自己所有感の拡張

自己所有感は操作対象と自分への視覚刺激が同期しているとき、操作対象に拡張される。自己所有感と

自己主体感がともに拡張された操作対象を自分の身体の一部であると認知しているのであれば、その操作対象を直観的に操作できる、つまり脳の処理能力に大きな影響を与えずに操作できるはずである。

よって、操作対象に自己所有感が拡張されている状態であれば、脳に認知的負荷をかけた状態でも問題なくゲームをクリアできる。逆に、自己所有感が拡張されないほど大きな遅延が発生している場合、ゲームをクリアできない、もしくは、実験1のクリア時間と比べて有意にクリア時間が長くなる。

### 仮説③ 自己主体感と自己所有感の関係

もし、自己所有感が自己主体感を強化した感覚であれば、操作対象に対する自己主体感が失われると同時に自己所有感が失われるはずである。また、自分の身体の一部であると感じている物体に対する不快刺激はそうでない物体に対する不快刺激よりも感情的な反応を示すはずである。

よって、自己所有感が拡張されている操作対象と拡張されていない操作対象の操作権を奪う（喪失させる）と、前者の方が対象物に対する印象（特に親和、敵意）が有意に変化する。

仮説①②では、ゲームをクリアできる遅延であったかどうかの判断を、その遅延で被験者の過半数（12人以上）がクリアできたかどうかで判断した。それに加えて、仮説②では、クリアできた被験者が認知的負荷の影響を受けていたかどうかを判定するために、ある遅延において実験①②ともにクリアできた被験者のクリア時間の差に対してpaired-t検定（片側検定）を行った。仮説③では実験前後で対象物（バイオロジカルモーション）への印象とネガティブ刺激に対する不快度が増変化したかどうかをウィルコクソンの符号付順位検定（片側検定）で判断した。

ウィルコクソンの符号付順位検定では10%、t検定では1%を基準となる有意水準として設定し、それぞれの検定では、検定の繰り返し回数に応じて、holm法[14]によって有意水準を補正した。

## 7. 結果

実験1, 2におけるそれぞれの遅延におけるゲームクリア人数とゲームをクリアした被験者の平均タイムを表2にまとめた。実験1ではすべての遅延で過半数以上の被験者がゲームをクリアした。実験2では、+0.30s

以下の遅延で過半数以上の被験者がゲームをクリアした。また、実験1, 2ともに過半数以上の被験者がゲームをクリアできた遅延（遅延なし、+0.15s, +0.30s）について、実験1, 2ともにクリアできた被験者（順に18人, 13人, 15人）のクリア時間の差に対してpaired-t検定（検定の繰り返し回数は3回）を行った。その結果、どの遅延においても有意差を検出できなかった（p値は順に0.021, 0.368, 0.033）。この結果をグラフで表したものを図5に示した。

実験3におけるアンケート結果を表3にまとめた。各遅延で、実験前後の印象4因子と不快度の変化に対してウィルコクソンの符号付順位検定（各遅延での検定の繰り返し回数はそれぞれ5回）を行った結果、遅延なしでは、驚愕と敵意の因子、そして不快度に有意傾向があり、遅延ありでは、不快度にのみ有意傾向があった。検定時に用いたp値は表3にまとめた。

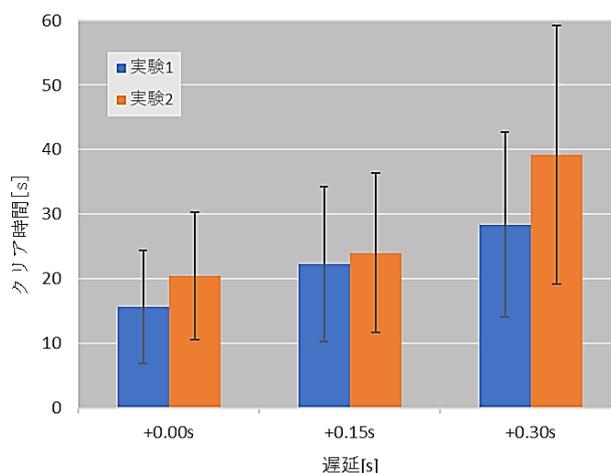


図5. 実験1, 2におけるクリア時間の差

それぞれの遅延において、実験1, 2ともにクリアできた被験者のデータのみを使用した。

## 8. 考察

### 8.1 自己主体感の拡張

実験1では、様々な遅延でゲームを行ってもらい遅延がある状態でクリアできるかどうかを測定した。このゲームアプリケーションは、遅延があるときでも自分の動きに対応して動き、動点は規則的な動きしかしない。そのため、被験者が遅延の長さを把握できれば、運動結果の予測と視覚フィードバックが一致させることができ（自己主体感を拡張させることができ）、ゲームをクリアできると予想した。

実際に各遅延におけるクリア人数は過半数を超えた。

表 2. 実験 1, 2 の結果

クリア人数が過半数 (12 人) を超えた遅延におけるクリア人数とクリア時間は橙色で表した。クリア時間はゲームをクリアできなかった人のデータを除外した上で、(平均±標準偏差) で表した。

遅延[s]		0.00	0.15	0.30	0.45	0.60	0.75	0.90	1.05	1.20	1.35	1.50
実験 1	クリア人数[人]	22	22	21	21	20	17	20	19	17	17	17
	クリア時間[s]	15.64 ± 8.83	22.03 ± 10.31	28.47 ± 12.93	40.53 ± 21.81	35.10 ± 21.02	55.80 ± 24.09	53.22 ± 26.07	59.04 ± 14.35	64.53 ± 23.31	63.52 ± 16.48	72.68 ± 26.54
実験 2	クリア人数[人]	18	13	16	9	9	7	6	9	6	5	3
	クリア時間[s]	20.43 ± 9.89	24.02 ± 12.40	40.38 ± 19.93	34.51 ± 20.76	43.28 ± 23.12	41.55 ± 26.18	65.18 ± 30.56	76.29 ± 27.71	72.88 ± 17.57	66.48 ± 30.81	79.46 ± 8.24

表 3. 実験 3 の結果

怠惰、驚愕、親和、敵意については、それぞれ該当する 5 項目の合計点数 (最大値 20, 最低値 5) の平均と標準偏差を示した。ウィルクソンの符号付順位検定によって有意傾向ありと判定された項目は橙色で表した。

		倦怠	驚愕	親和	敵意	不快度
遅延なし (+0.00s)	実験前	10.7±3.9	10.4±4.2	10.4±2.7	7.9±4.1	1.8±0.9
	実験後	9.5±4.3	12.7±4.5	9.3±3.7	11.2±3.4	4.2±2.0
	P 値	0.172	0.020	0.254	0.020	0.020
遅延あり (+0.75s)	実験前	11.7±3.5	9.9±2.0	9.5±2.3	8.5±5.5	1.9±1.2
	実験後	11.0±4.4	15.7±4.2	9.4±3.1	11.5±4.0	3.8±1.6
	P 値	0.055	0.033	0.500	0.171	0.001

これは、個人差はあるものの、最大 1.50s の遅延があっても操作対象に自己主体感を拡張させられることを示しており、仮説①が正しいという根拠になる。

この結果は、先行研究で示された自己主体感の拡張条件から逸脱していない。

## 8.2 自己所有感の拡張

実験 2 では、自己所有感が拡張されている時は認知的負荷を与えていてもクリアでき、自己所有感が拡張されていないときは、たとえ自己主体感が拡張されていてもクリアできないと予想した。

実際に、0.45s 以上の遅延を与えたときは、クリアできた人数が過半数を超えなかった。これは、一定以上の遅延ではゲームをクリアが困難になることを意味する。

また、遅延なし、および 0.15s, 0.30s の遅延を与えている時にクリアできた被験者について、同じ遅延における実験 1 でのクリアタイムと比較した結果、有意

差を検出できなかった。もし、有意差が検出できなかった理由が、もともと有意差が存在しないためとしたら、「少ない遅延では直感的操作が可能であることから認知的負荷の有無がゲームの難易度に影響を与えなかったため、タイムに有意な影響が出なかった」と主張できるだろう。そして、直観的操作ができるということは、その操作対象を自分の身体の一部のように認知している、つまり自己所有感が拡張されているとみなせるだろう。多少の遅延があっても自己所有感が拡張されるという結果は、視触覚刺激の同期が必要という自己所有感拡張の条件が、主観的な判断に基づく条件であることを示すだろう。

これらの結果は RHI の先行研究における知見と矛盾しない。

## 8.3 自己所有感と自己主体感の関係

実験 3 では、被験者が操作しているバイオリジカルモーションの片腕の操作権を奪う、つまり自己主体感

を喪失させる実験を行った。操作権を奪う前、遅延なしの場合は、自己所有感と自己主体感が操作対象に拡張されており、遅延ありの場合は自己主体感のみが拡張されている。もし、自己主体感を喪失させたときに自己所有感も喪失されていた場合、その後のネガティブ刺激を経験した後のバイオロジカルモーションへの印象変化が、遅延ありとなしの場合で同じになることが予想される。

結果より、バイオロジカルモーションに対する敵意が遅延なしの場合に限り有意に上昇した。これは、遅延なしの操作対象の自己主体感を喪失させても、自己所有感はまだ残存しているため、ネガティブ刺激後に切断された操作対象を見て、感情的な反応を示したのではないかと考えられる。不快刺激に対する不快度はともに有意に上昇していることから、ネガティブ刺激自体を不快であると感じてはいるものの、それによる操作対象への印象変化は遅延によって差があったということになる。この結果は、自己所有感が自己主体感とは独立して存在しうることへの示唆を与えるものであると考える。

## 9. 展望

### 9.1 HAI 研究への応用

実験 1, 2 の結果は、自己所有感が拡張されていない物体は自分の身体の一部としては認知されていないことが示唆される。これにより、自己主体感のみが拡張されている物体に対し身体拡張が起こっていると表現することは必ずしも適切ではないことを示した。自己所有感が拡張されておらず、自己主体感のみが拡張されている物体は、自己ではない、しかし他者と呼ぶには自己との関係が強い対象物といえるため、自己でも他者でもない別の名称が必要になるだろう。

このような、自己所有感と自己主体感の両方を考慮することの工学的意味について述べる。今回の実験結果から、自己所有感が拡張されていなくても自己主体感さえ拡張されていれば、脳への負荷は増えるがタスクを達成できること、自己所有感が拡張されていない操作対象は自己所有感が拡張されている操作対象より操作対象への評価が下がりづらいことが分かった。この結果は、ヒューマンエージェントインタラクション (HAI) の分野におけるエージェントの有用性を支持するだろう。

例えば、ユーザーからあるまとまったタスクを受け取り、自律的にそのタスクを処理するエージェントシ

ステムについて考える。ユーザーは、エージェントに対してタスクを与えれば、そのタスクの処理結果を受け取ることができることを知っている。行動の予測と結果が成り立つことでユーザーはエージェントに対して自己主体感が拡張されるだろう。しかし、エージェントシステムはタスクを一定の時間をかけて処理し結果を出力するため、自己所有感を拡張させることは困難である。もし、システムが何かしらの不具合によって正常に動作しない場合でも、自己所有感が拡張されていないため、システムに対する評価が有意には減少しないだろう。以上の理由から、単にタスクを迅速に処理できるユーザー操作のシステムよりも、エージェントシステムの方がユーザーの満足感を損なうことなく使用し続けてもらえると考えられる。

上記の例のように、自己所有感と自己主体感を両方考慮に入れることで、より深いシステムの評価ができると主張する。

### 9.2 操作対象に対する見方（視点）の変化

実験 3 の結果から、遅延なしの状態でネガティブ刺激を受けたとき、敵意が上昇するといった感情的な印象変化が有意に起こることが分かった。この結果は、その操作対象を主観的に認知しているのか、あるいは客観的に認知しているのかによる違いを反映している可能性がある。つまり、遅延がない操作対象は主観的に認知されているためネガティブ刺激を受けた操作対象に感情的になり、遅延がある対象物は客観的に認知されているため、ネガティブ刺激を受けた操作対象に感情的にならなかったのではないかとということである。

また、もし操作権が奪われた後も操作対象に対する自己所有感が残っていたという本研究の示唆が真であると仮定すれば、自己所有感の有無は操作対象を主観的に認知するか客観的に認知するかを決める要因であると推測できる。この仮説は、自己所有感の拡張を制御することで操作対象への認知を変えられることを意味する。主観的に認知している、客観的に認知しているということは、言い換えると 1 人称視点で見ているか 3 人称視点で見ているかと言い換えることもできるだろう。

以上のことから、自己所有感の拡張の有無が、操作対象を認知する視点に影響を及ぼしている可能性が考えられる。しかし、操作対象を 1 人称視点で見ているか 3 人称視点で見ているかどうかは本研究では証明できないため、さらなる調査が必要である

## 10. まとめ

本研究は自己所有感と自己主体感が拡張された操作対象から、自己所有感を喪失させたとき、操作対象を用いたタスクにどのような影響が出るのか調査した。その結果、遅延がある物体でも自己主体感は拡張されること、一定以上の遅延がある状態では自己主体感のみが拡張され自己所有感は拡張されないことを客観的データから明らかにした。

また、同様に自己主体感を失わせたときに操作対象に対する印象にどのような変化が起こるのかを調査することで、自己所有感が自己主体感と独立して存在し得るのかを検討した。その結果、自己所有感がもともと拡張されていた操作対象から自己主体感を喪失させても、自己所有感が残存する可能性を示唆することができた。しかし、あくまで主観的評価を基にした調査結果であるため、より詳しく調査するには自己所有感が存在しているかどうかを客観的な指標で測定する必要があるだろう。

本研究は上記の結果から、自己所有感と自己主体感の関係性を明らかにするための有用な知見を提供し、さらに本研究の結果から、他分野の研究に対する貢献の可能性を示すことができたと主張する。

## 参考文献

- [1] M. Botvinick and J. Cohen, "Rubber hands' feel'touch that eyes see," *Nature*, 1998.
- [2] A. Maravita, C. Spence, S. Kennett, and J. Driver, "Tool-use changes multimodal spatial interactions between vision and touch in normal humans," *Cognition*, vol. 83, no. 2, pp. B25–B34, Mar. 2002.
- [3] T. Feuchtner and J. Müller, "Extending the Body for Interaction with Reality," in *Proceedings of the 2017 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems - CHI '17*, 2017, pp. 5145–5157.
- [4] S. Gallagher, "Philosophical conceptions of the self: implications for cognitive science," *Trends Cogn. Sci.*, vol. 4, no. 1, pp. 14–21, Jan. 2000.
- [5] P. I. Cornelio Martinez, S. De Pirro, C. T. Vi, and S. Subramanian, "Agency in Mid-air Interfaces," *Proc. 2017 CHI Conf. Hum. Factors Comput. Syst.*, pp. 2426–2439, 2017.

- [6] S. Shimada, K. Fukuda, K. Hiraki, H. Dijkerman, and M. Bartels, "Rubber Hand Illusion under Delayed Visual Feedback," *PLoS One*, vol. 4, no. 7, p. e6185, Jul. 2009.
- [7] K. C. Armel and V. S. Ramachandran, "Projecting sensations to external objects: evidence from skin conductance response," *Proc. R. Soc. London B Biol. Sci.*, vol. 270, no. 1523, 2003.
- [8] M. Tsakiris and P. Haggard, "The Rubber Hand Illusion Revisited: Visuotactile Integration and Self-Attribution.," *J. Exp. Psychol. Hum. Percept. Perform.*, vol. 31, no. 1, pp. 80–91, 2005.
- [9] H. HEAD and G. HOLMES, "SENSORY DISTURBANCES FROM CEREBRAL LESIONS," *Brain*, vol. 34, no. 2–3, pp. 102–254, Nov. 1911.
- [10] F. Short and R. Ward, "Virtual limbs and body space: Critical features for the distinction between body space and near-body space.," *J. Exp. Psychol. Hum. Percept. Perform.*, vol. 35, no. 4, pp. 1092–1103, 2009.
- [11] S. Watanabe and N. Kawai, "A Full Contingency between The Actual and The Virtual Actions Are Crucial to The Sense of Ownership," *Interaction2016*, 2016.
- [12] G. Johansson, "Visual perception of biological motion and a model for its analysis," *Percept. Psychophys.*, vol. 14, no. 2, pp. 201–211, Jun. 1973.
- [13] M. Terasaki, Y. Kishimoto, and A. Koga, "Construction of a multiple mood scale.," *Japanese J. Psychol.*, vol. 62, no. 6, pp. 350–356, Feb. 1992.
- [14] S. Holm, "A Simple Sequentially Rejective Multiple Test Procedure," *Scand. J. Stat.*, vol. 6, pp. 65–70, 1979.

## 付録

実験 3 で用いたアンケートの質問項目を下記に示す。下記では、各項目がどの感情因子に対応しているか記載しているが、実際のアンケート用紙には記載していない

(練習終了後アンケート)

問 1 練習が終わった後にお答えください。下記に、人の感情や気持ちを表すことばが並んでいます。一

一つのことばについて今、現在それらの感情を映像中の“動点の集合”に対してどの程度感じているかチェックしてください。

#### 選択肢

1. 全く感じていない
2. あまり感じていない
3. 少し感じている
4. はっきり感じている

#### 項目

(怠) 退屈な	1-2-3-4
(親) いとおしい	1-2-3-4
(敵) 攻撃的な	1-2-3-4
(怠) だるい	1-2-3-4
(驚) 驚いた	1-2-3-4
(敵) 敵意のある	1-2-3-4
(驚) びっくりとした	1-2-3-4
(親) 恋しい	1-2-3-4
(怠) 疲れた	1-2-3-4
(驚) 動揺した	1-2-3-4
(敵) むっとした	1-2-3-4
(親) すてきな	1-2-3-4
(怠) つまらない	1-2-3-4
(敵) うらんだ	1-2-3-4
(親) 好きな	1-2-3-4
(驚) はっとした	1-2-3-4
(敵) 憎らしい	1-2-3-4
(驚) びっくりした	1-2-3-4
(親) 愛らしい	1-2-3-4
(怠) 無気力な	1-2-3-4

問 2 練習を終了した現在のあなたの気持ちのうち、「不快であったかどうか」について最も適当だと思う選択肢にチェックを入れてください。

#### 項目

(不快ではなかった) 1-2-3-4-5-6-7 (不快であった)

(実験終了後アンケート)

問 1 実験が終わった後にお答えください。 下記に、人の感情や気持ちを表すことばが並んでいます。一つ一つのことばについて、実験終了時それらの感情を映像中の“動点の集合”に対してどの程度感じて

いたかチェックしてください。

#### 選択肢・項目

練習終了後アンケートと同様

問 2 実験最後の映像（音響）演出を体験した時のあなたの気持ちのうち、「不快であったかどうか」について最も適当だと思う選択肢にチェックを入れてください。

#### 項目

練習終了後アンケートと同様