



THE VIRTUAL REALITY SOCIETY OF JAPAN

# 鏡アバタの自律行動と容貌が運動タスクの作業速度に与える影響

田崎大也<sup>1)</sup>, 小川奈美<sup>2,1)</sup>, 鳴海拓志<sup>1)</sup>, 廣瀬通孝<sup>1)</sup>

Daiya TASAKI, Nami OGAWA, Takuji NARUMI, and Michitaka HIROSE

1) 東京大学 大学院情報理工学系研究科 (〒 113-8656 東京都文京区本郷 7-3-1, {tasaki, narumi, hirose}@cyber.t.u-tokyo.ac.jp)

2) DMM VR lab (〒 106-6224 東京都港区六本木 3-2-1, ogawa-nami@dmm.com)

**概要:** 他者行動の観察は観察者の行動を変容させる。本研究はバーチャル環境で単純な運動タスクを行うユーザを対象に、目の前の鏡に映る自己(鏡アバタ)が鏡像の動きから自律し、速度を変えて作業を行う際のユーザの作業速度変化を調べた。実験の結果、鏡アバタの作業速度が速い/遅いほどユーザの作業速度も速く/遅くなった。また、鏡アバタの顔として自身/他者の顔を使用すると、他者の顔を使用した方が作業速度の変化が大きかった。

**キーワード:** アバタ, 行動変容, ゴーストエンジニアリング

## 1. はじめに

他者の行動を観察することで、人は自身の行動を変容させる。同調効果やカメレオン効果として知られるように [1], 他者といふことは、他者と同調した行動を取りやすくさせ、それにより安心感を生む効果をもたらす。ヒューマンコンピュータインタラクション (Human Computer Interaction; HCI) の分野の研究においては、こうした効果を応用し、ユーザの行動変容を促す研究が広く行われてきた [2, 3]。

他者行動の観察による行動変容の要因を考察した理論の一つに、社会的学習理論がある [4]。社会的学習理論では、他者をモデルとして観察することで人は学習を行い、次の行動につなげるとされている。さらに、観察モデルとする他者が観察者自身に類似しているほど学習定着率が上がり、行動が変化しやすいと述べられている。この性質を応用すれば効果的な行動変容が期待できる。

しかし、従来の HCI 分野において、観察モデルとする他者と観察者自身の類似性に焦点を当てた行動変容研究は少ない。そこで本研究は、VR 技術を用いて、観察者が自身に類似した存在を他者のように観察するための手法を検討する。特に、観察者がそれを自分自身だと思えるアバタをバーチャル環境に用意し、そのアバタの観察を通じてユーザの行動変容を促す手法を提案し、その影響を調査する。

## 2. アバタを用いた行動変容の研究

### 2.1 アバタの行動がユーザに与える影響

バーチャル環境におけるアバタは、ユーザの行動を変化させるための一つの鍵である [2]。VR 技術を用いることで、ユーザにとって自身に限りなく類似した存在を他者のように観察する体験が可能となる。Bailenson と Segovia は、見かけは自己にそっくりであるにもかかわらず、自己の動きとは独立に自律的に動くアバタをバーチャルドッペルゲンガー

と呼び、その存在が人に及ぼす心理的な効果に関する研究を行ってきた [5]。例えば、バーチャルドッペルゲンガーを利用することでスピーチへの緊張を解消できるかを試した研究がある [3]。この実験の参加者は、単に自分がスピーチで成功するところを想像するか、もしくはうまくスピーチをおこなうバーチャルドッペルゲンガーを観察するかのどちらかに割り当てられた。実験の結果、男性の場合には想像に委ねるよりも、具体的にバーチャルドッペルゲンガーが成功している様子を観察することでスピーチへの緊張が緩和され、スピーチがしやすくなったことが示されている。

Banakou と Mel は、アバタに対し自身であると感じることが行動変容に繋がると考察している [6]。行動発生段階では、人は自身の過去の動きを参照して行動として発生させるものを選択し、運動計画を形成する。Banakou と Mel は、自分自身であると感じたアバタの動きを自身の動きと錯覚し、脳の運動計画が参照すべき過去の自身の動きとしてアバタの動きを参照するために、行動変容が生じるのではないかと推測している。このことから、バーチャルドッペルゲンガーだけでなく、自分自身であると強く感じるアバタの提示によっても、その行動をユーザに観察させることでユーザの行動変容が可能だと考えられる。

### 2.2 アバタの容姿がユーザに与える影響

ユーザがアバタを自分自身のように感じる一つの要素は、アバタの容姿がユーザに似ていることである。バーチャルドッペルゲンガーの例では、他人の顔をしたアバタに比べ、自身の顔をしたバーチャルドッペルゲンガーの行動を観察した方が行動変容効果が高いという結果が得られている [7]。

他方、ユーザにアバタを自分自身であると感じさせるためには、必ずしもアバタが自身の顔をしている必要はない。人は見た目が自身そっくりでないアバタに対してもそれを自身のように感じられる性質を持っている [8]。



図 1: バーチャル環境で参加者が行ったタスク。

ここから、アバタによる行動変容効果を調べるにあたり、アバタの容姿が持つ影響を考慮する必要があると言える。特に、アバタを自分自身であると思うことが重要であり、そのために容姿が必要不可欠な要素でないならば、アバタの容姿に依らない行動変容手法方法も可能であると考えられる。

### 3. 本研究の提案

本研究は、鏡の中に映る自己（鏡アバタ）の自律行動をユーザに観察させることでユーザの行動変容を促す、新しい行動変容手法を提案する。同時に、鏡アバタの容姿、特に顔（容貌）を変更することで、その行動変容効果にどのような影響があるか調査する。以下、3つの仮説を検証する。

- H1** ユーザは鏡アバタを自分の鏡像であると感じるため、
- H1-1** 鏡アバタの自律行動によって、ユーザ行動が鏡アバタの行動と同期するよう変容する。
  - H1-2** 鏡アバタの容貌に依らず、アバタの自律行動によって行動変容が生じる。
- H2** 鏡アバタの容貌がユーザ自身に似ている方が行動変容効果が大きい。

## 4. 実験

### 4.1 実験参加者

実験参加者は男性 12 名（年齢 18-35 歳、平均年齢 23.4 歳）であった。参加者の視力または矯正視力は正常値であった。全ての参加者は実験に関する事前知識を持たなかった。各参加者には実験協力金として学内の規定に基づき、1 人あたり 1000 円の謝金を支払った。

### 4.2 実験タスク

バーチャル環境で参加者が行ったタスクを図 1 に示す。このタスクはシンプルな運動タスクとなっている。このタスクでは、バーチャル環境の空中左方に手と同程度の大きさの球が出現する。参加者は球に向かって手を近づけ、コントローラのグリップを握ることで球を掴むことができる。この状態で、空中右方に存在する半透明な立方体の領域へ球を運ぶと、球が消失して再び次の球が出現する。参加者にこの一連の動作 20 回を、できるだけ速く行うよう指示した。

### 4.3 システム構成

実験の様子を図 2 の A に、バーチャル環境の実験風景の様子を図 2 の B に示す。実験は大学の一室で行った。参加者に提示する視覚情報のレンダリングには 3.4-GHz Intel Core



図 2: (A) 実験中の参加者の様子。(B) バーチャル環境内の参加者と鏡アバタの様子。



図 3: 容貌条件におけるアバタの顔の違い。

i7 プロセッサ、16-GB のメインメモリ、NVIDIA GeForce GTX1080 グラフィックカードを搭載した intel PC を用いた。参加者はヘッドマウントディスプレイ (Head-Mounted Display; HMD)、およびそのコントローラを装着し、HMD には Oculus Rift CV1 を使用した。

バーチャル環境には、参加者が自身の身体のように扱えるアバタ（自己アバタ）を用意した。その目の前にはタスクと鏡があり、鏡の中には鏡アバタが映るようにした。鏡アバタは通常、自己アバタの鏡像のように動き、目の前の鏡は参加者にとって本物の鏡であるように見えるよう調整した。

現実空間の参加者の動きを自己アバタと鏡アバタに反映させるため、Final IK を使用した。これにより、両手と頭の 3 点のトラッキング情報から、参加者の現実の身体姿勢と動きを推定し、アバタの身体姿勢と動きに同期させた。

### 4.4 実験計画

実験は被験者内計画で、以下の 3×2 条件に対して各 1 回の試行を行った。実験はラテン方格法で行い、カウンターバランスに配慮した。

#### 4.4.1 自律行動条件

鏡アバタの自律行動によって参加者の作業速度に変化があるか調査するため、鏡アバタが自律してタスクを行う機能を用意した。本実験では、鏡アバタの作業速度について以下の 3 条件を用意することとした。

**Auto-Quick 条件** 鏡アバタは、基本は自己アバタの動きと同期するが、参加者がタスクを行う際に自己アバタの動きと同期せず、自律的に素早くタスクを行う。鏡アバタは 1 秒に 1 個の球を運ぶ。

**Auto-Slow 条件** 鏡アバタは、基本は自己アバタの動きと同期するが、参加者がタスクを行う際に自己アバタ

の動きと同期せず、自律的にゆっくりタスクを行う。  
鏡アバタは 3 秒に 1 個の球を運ぶ。

**Mirror 条件** 鏡アバタは、自己アバタの動きと同期して、一般的な鏡のように動く。

鏡アバタの自律行動に際しては、鏡アバタの手先の姿勢推定に予測しておいた姿勢情報を、それ以外の身体の位置と姿勢にはリアルタイムな参加者の姿勢情報を用いることで、鏡アバタの手だけが自律して動く機能を実現した。

#### 4.4.2 容貌条件 (図 3)

鏡アバタの容貌によって参加者の作業速度に変化があるか調査するため、鏡アバタの顔として現実の人の顔を 3D スキャンしたモデルを用いることができる機能を用意した。本実験では、鏡アバタの容貌について以下の 2 条件を用意することとした。

**他者顔条件** 鏡アバタの顔が他者 (本実験では実験者) のもの。

**自己顔条件** 鏡アバタの顔が現実世界の参加者と同じもの。

3D スキャンのために用いたのは Bellus 3D という iPhone X 専用のアプリケーションである。Bellus 3D では、カメラ及び深度センサを用いて約 1 分のスキャンを行うと、顔の造形の 3D データとそれに対応するテクスチャデータが得られる。スキャンした顔のデータを実験 PC に送り、使用するシステム内のアバタの頭部をスキャンしたものに入れ替えることで、現実と同じ顔をしたアバタを用いることを可能とした。なお、参加者の頭の動きはバーチャル空間のアバタの動きに反映されているが、表情の変化や口の動きといった表情の変化は反映されていない。

#### 4.5 実験手順

説明、実験試行、休憩を含めた参加者 1 人あたりの実験時間は 1 時間で、参加者は約 30 分間 HMD を着用した。参加者は実験室に入室後、実験者よりタスクの説明を受け、HMD とコントローラを装着した状態でタスクの練習を行った。

実験では、まず鏡の無い状態で 3 分間タスクを行った。この作業は、練習とは別にタスクに慣れてもらうことが目的であった。その後参加者は、次の 3 つのフェーズに分けて鏡の前でタスクを行うよう指示された。

**Phase1** 実験者の指示のもと、鏡の前で身体を動かす。

**Phase2** タスクを行わず鏡を見る (30 秒間)。

**Phase3** タスクを行う。

この一連のフェーズはすべてバーチャル環境の鏡の前で行った。Phase1 の目的は、参加者に鏡アバタを自身の鏡像と認知させることである。Phase1 終了後、実験者の指示のもと Phase2 に移行した。Phase2 から、自律行動条件の Auto-Quick と Auto-Slow 条件において、鏡アバタが自律的に動き出してタスクを行う様子が呈示された。この際、どの条件でも参加者は身体を自由に動かしてよいものとし、Mirror 条件では、鏡アバタは自己アバタの動きと同期して、一般的な鏡のように動いた。以降は Phase3 においても、Auto-Quick 条件と Auto-Slow 条件で鏡アバタは自律してタスクを行っ

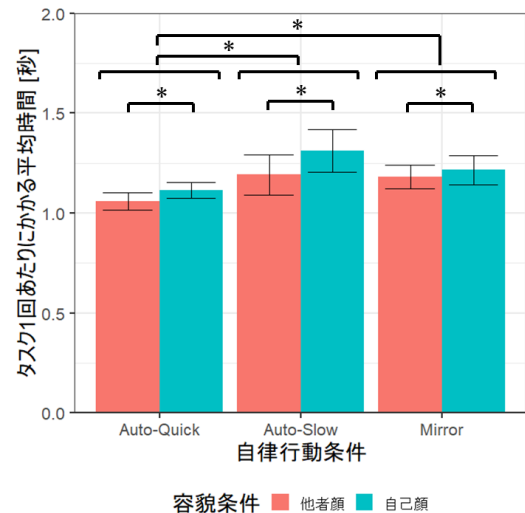


図 4: タスク 1 回あたりにかかる平均時間。横軸は自律行動条件。凡例は容貌条件。エラーバーは標準誤差。\*:  $p < .05$ 。

た。Phase2 の目的は、全ての参加者にアバタの自律行動を確認させることである。身体を動かす部分からタスク終了までを 1 試行とし、参加者はこれを 6 回繰り返した。各試行の間には 1 分間の休憩を設けた。容貌条件による違いは鏡アバタの顔のみであり、一連の流れは共通である。

#### 4.6 評価方法

行動変容の指標として、タスク 1 回あたりにかかる時間を計測した。球が立方体の領域に入ってから次に球が立方体の領域に入ってくるまでの時間を 1 回にかかる時間とし、20 回の試行で得られる 19 個の値の平均値をタスクにかかった時間として算出した。

また主観指標にも影響があるか調べるため、主観的意欲をアンケートにて評価した。質問は「これからのタスクに対してモチベーションはありますか?」であり、「1. 全くそう感じない - 7. とてもそう感じる」の 7 段階のリッカート尺度で回答してもらった。アンケートのタイミングは Phase2 と Phase3 の間であり、参加者は HMD を装着したままアンケートに回答した。

### 5. 結果

図 4, 図 5 は自律行動条件と容貌条件に対して、タスク 1 回あたりにかかる時間、タスクへの主観的意欲を棒グラフ、箱ひげ図として記載したものである。横軸は自律行動条件で、縦軸は各評価指標、凡例が容貌条件である。各指標の値には  $3 \times 2$  の 6 条件各試行の参加者間平均を用い、エラーバーは標準誤差を用いた。

#### 5.1 タスクにかかる時間

分散分析の結果、交互作用について有意差は認められなかった ( $F(2, 22) = .844, p = .443$ )。そのため続けて、検定の多重性に考慮したうえで Holm 法を用いた単純主効果の検定を行った。その結果、自律行動条件に主効果と中程度の効果量が認められた ( $F(2, 22) = 3.63, p < .05, \eta^2 = .070$ )。この検定では、AutoSlow 条件に対し AutoQuick 条件で有意に時

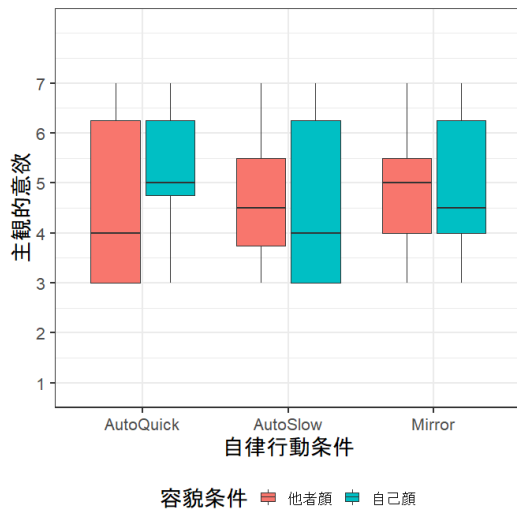


図5: タスクへの主観的意欲。横軸は自律行動条件。凡例は容貌条件。エラーバーは標準誤差。\*:  $p < .05$

間が短くなり ( $p < .05$ ), Mirror 条件に対して AutoQuick 条件が有意に時間が短くなるという結果が得られた ( $p < .05$ ). AutoSlow 条件と Mirror 条件の間に有意差は認められなかった ( $p = .492$ ). 容貌条件にも主効果は認められたが, 効果量は小さかった ( $F(1, 11) = 8.47, p < .05, \eta^2 = .018$ ).

### 5.2 タスクへの主観的意欲

分散分析の結果, 交互作用について有意差は認められなかった ( $F(2, 22) = 2.05, p = .153$ ). そのため続けて, 検定の多重性に考慮したうえで Holm 法を用いた単純主効果の検定を行った。その結果, 自律行動条件に主効果は認められなかった ( $F(2, 22) = 1.85, p = .181$ ). 容貌条件についても主効果は認められなかった ( $F(1, 11) = 1.32, p = .275$ ).

### 5.3 考察

鏡アバタの自律行動による行動速度への影響について, 結果は H1 の仮説通りの結果であったと言える。すなわち, 容貌に依らず, アバタが素早くタスクを行うときはユーザも素早くタスクを行い, アバタがゆっくりタスクを行うときはユーザもゆっくりタスクを行う, という結果が得られた。

また, 主観的意欲には自律行動の提示による影響があるとは言えない結果であった。ここから, 提案手法によって無意識的に行動が変化した可能性があると捉えることができる。無意識にのみ影響した原因は, 運動計画の変化のプロセスがすべて無意識下で行われるためであると考えられる。この結果は Banakou と Mel の理論と矛盾しない [6]。

一方容貌条件については, 鏡アバタが自己顔アバタであるときより他者顔アバタであるときの方が行動速度の変化が大きという結果であった。これは, 自身に近い存在である方が行動変容効果が大きいとする H2 の仮説と反する結果であった。この原因は, 社会的促進と呼ばれる心理効果によって説明される可能性がある [9]。社会的促進とは, 他者の存在によって作業等のパフォーマンスが向上するという効果である。社会的促進は, 平易な作業を行う際に生じやすいと言われている。本実験では平易な課題を設定して

いたため, この社会的促進の効果が狙った効果に加えて得られたのではないかと考えられる。

## 6. 結論

本研究はバーチャル環境で単純な運動タスクを行うユーザを対象に, 鏡アバタが鏡像の動きから自律し, 速度を変えて作業を行う際のユーザの作業速度変化を調べた。実験の結果, 鏡アバタの作業速度が速い/遅いほどユーザの作業速度も速く/遅くなり, 仮説が支持された。また, 鏡アバタの容貌として自身/他者の顔を使用すると, 他者の顔を使用した方が作業速度の変化が大きかった。これは仮説に反する結果となり, 他者のアバタを使用することで社会的促進効果が生じた可能性がある。

謝辞 本研究の一部は JST さきがけ JPM JPR17J6(17939529) の支援を受けておこなわれた。

### 参考文献

- [1] Tanya L. Chartrand and John A. Bargh. The chameleon effect: The perception-behavior link and social interaction. *Journal of Personality and Social Psychology*, Vol. 76, No. 6, pp. 893–910, 1999.
- [2] 鳴海拓志. ゴーストエンジニアリング: 身体変容による認知拡張の活用に向けて. *認知科学*, Vol. 26, No. 1, pp. 14–29, 2019.
- [3] Laura Aymerich-Franch and Jeremy Bailenson. The use of doppelgangers in virtual reality to treat public speaking anxiety: a gender comparison. In *Proceedings of the International Society for Presence Research*, pp. 173–186, 2014.
- [4] Albert Bandura. Social Learning Theory of Aggression. *Journal of Communication*, Vol. 28, No. 3, pp. 12–29, 1978.
- [5] Jeremy N. Bailenson and Kathryn Y. Segovia. Virtual Doppelgangers: Psychological Effects of Avatars Who Ignore Their Owners. pp. 175–186. Springer, London, 2010.
- [6] Domna Banakou and Mel Slater. Embodiment in a virtual body that speaks produces agency over the speaking but does not necessarily influence subsequent real speaking. *Scientific Reports*, Vol. 7, No. 1, 2017.
- [7] Jesse Fox and Jeremy N. Bailenson. Virtual Self-Modeling: The Effects of Vicarious Reinforcement and Identification on Exercise Behaviors. *Media Psychology*, Vol. 12, No. 1, pp. 1–25, 2009.
- [8] Konstantina Kilteni, Antonella Maselli, Konrad P. Kording, and Mel Slater. Over my fake body: body ownership illusions for studying the multisensory basis of own-body perception. *Frontiers in Human Neuroscience*, Vol. 9, p. 141, 2015.
- [9] Robert B. Zajonc. Social facilitation. *Science*, Vol. 149, No. 3681, pp. 269–274, 1965.