



VR ツイスターにおけるユーザ間の外見認識の 相互不一致性が対人認知に及ぼす影響

後藤 拓海¹⁾, 櫻井翔¹⁾, 野嶋琢也²⁾, 広田 光一¹⁾
Takumi GOTO, Sho SAKURAI, Takuya NOJIMA, and Koichi HIROTA

電気通信大学 大学院情報理工学研究所 (〒182-8585 東京都調布市調布ヶ丘 1-5-1)

1){goto.takumi, sho, hirota}@vogue.is.ucc.ac.jp 2)tnojima@nojilab.org

概要: 実世界でも VR 世界でも, 知覚上の自他の身体に基づき互いの心理的・物理的關係性が変化する (身体化インタラクション). 本稿では身体化インタラクションを拡張する方法論の探求を目的に, 2 人のユーザによるアバタを用いた VR ツイスターにおいて, 各ユーザのアバタの外見的性差に対する認識が必ずしも一致しない状況を生成した. また, この性差に対する認識がゲームプレイや対人認知, ユーザ間の關係性に及ぼす影響を調査した.

キーワード: アバタコミュニケーション, 身体化認知, VR ツイスター

1. はじめに

HMD による没入型 VR 環境は, アバタという身体性を伴いながら VR 環境の他の存在, ユーザとのインタラクションを可能にした. 身体に根差した認知をもとにしたインタラクションでは, 自己の身体であるアバタの知覚に基づき認知が生じる. さらに, 他の存在の動きや外見の特徴は, ユーザにその性質を無意識的に解釈, 推測させ, ユーザとエンティティの關係性に变革を起こす可能性を持つ. 例えば, 外見が魅力的であるとそれ以外の行動や性格も魅力的に映るといわれている [1]. 一方, アバタの外見がユーザ自身の行動や心理的態度, 能力に作用する現象 (プロテウス効果) [2] が報告されている. 例として, 魅力的なアバタは好意的な行動を取りやすくさせ, 背の高いアバタを用いることで自信を持った振る舞いとなる等の報告がある. つまり本来と異なる身体の獲得が可能なアバタを介したインタラクションでは, 自他のアバタの外見が対人認知・行動の基盤となることを意味する. アバタがもたらす効果は能力パフォーマンスにも作用し, アインシュタインのアバタを用いることで認知タスクの処理効率が向上し, 自尊心も向上させられること報告している [3]. またこの効果には他者からどのように見られるかも作用しており, ユーザと観測者に異なるアバタ情報を提示した場合, 他者からもアインシュタインのアバタの外見に見えた場合に, この効果がより高まった [4] という報告がある.

アバタの外見の違いは心理的距離 (パーソナルスペース) にも影響を及ぼす可能性が報告されている. Nassiri らに

よれば, 非没入 VR 環境においてパーソナルスペースに侵入したアバタと侵入されたアバタの性別の組み合わせが侵略に対する不安度合いに作用し, 男性が男性のパーソナルスペースに侵入した際に最も高くなったという [5].

本稿では, VR 環境で知覚されるアバタの身体的情報とその身体が内包する動作を基盤とし, 物理空間の全身運動動作を反映させたアバタを利用してユーザやエージェント間に発生するインタラクションを身体化インタラクションと呼称する. 著者らは身体化インタラクションにおけるアバタの設定手法により, 關係性の誘導および遷移が可能であると考えている. ここでは, 自己だけでなく他者が用いるアバタも知覚対象となり, インタラクションの性質とはユーザやエージェント間で相互に発生する認知・行動および關係性 (物理的, 認知的, 心理的) を指す. 本研究では, 先行研究が示すようなアバタの身体に与える影響による自他が用いるアバタの外見に基づく身体化インタラクションの設計の実現可能性を検証するための実験を実施した.

2. VR ツイスターシステムを用いた実験

2.1 実験目的

VR ツイスターは VR 空間上でアバタを用いたツイスターゲームの対戦を可能にするシステムである [6]. 著者らはこれまで, VR 空間で独立した身体を持つ個々のユーザ間の身体化インタラクションを設計する上で, ツイスターゲームを特に外見的特徴を重視した設計にする際に適しているインタラクションとして考え, VR ツイスターを構築・利用して対戦相手のアバタの外見もしくはユーザ自身が用いるアバタの外見を変化させた場合のそれぞれにお

いて、ユーザの対人認知に生じる影響を調査する実験を実施してきた。これらの実験ではいずれの条件を変化させた場合でも対人認知が変化することが認められた。

本実験の目的は、自他双方のアバタの外見を同時に変化させ、ユーザ間の関係性をより多様に操作する手法の実現可能性の検証である。具体的には、自他から見たアバタの外見が同じ場合と異なる場合の双方において、インタラクションに生じる影響を比較検証する。これは、[4]の報告を踏まえると、自身が知覚する自己の見た目だけではなく、他者からどのように見られるかも互いの対人認知に影響する可能性が高いためである。ここでは、VR ツイスターを利用し、自他のアバタの外見および見え方が互いの対人認知に及ぼす影響に関する次の4つの仮説を検証する。

- A) 自身のアバタの外見に基づき、自身の行動や対人認知が変化する。
- B) 相手のアバタの外見に基づき、自身の行動や対人認知が変化する。
- C) 双方のアバタの外見の組が相互作用し、自身の行動や対人認知が変化する。
- D) 相手から見られる見た目も自身の対人認知に作用する。

2.2 実験環境

VR ツイスターは、2組の同一構成のシステムからなり、それぞれ10台のOptiTrack Prime13)を用いたモーションキャプチャシステム(OptiTrack Motive 3.0)、アバタを含むVR環境を出力するHMD (HTC Vive pro)、システム動作用PC (Windows 10 pro, AMD Ryzen Thread Ripper 3960X / RAM: DDR4 PC4-25600 128GB/ GeForce RTX3090 24GB) 上でUnity(2019.4.25.1f, 90Hz で実行)から構成された。

UnityのRPC通信システム、並びにモーションキャプチャに備えられているMultiCast機能を活用して別室にある2つの環境を接続すること2部屋の間でインタラクションを成立させた。VR ツイスターシステムは自動でユーザへの音声指示とその判定を行い、マットの判定とユーザへの指示、およびゲームの進行状態はユーザにわかるように視覚的に提示された(図1)。

4.3.2. 実験設計

本実験は、2人の被験者を2人1組として実験を行った。まず片方の被験者は実験者からツイスターゲームのルールや実験手順についての説明を受け、HMDとトラッキングスーツを装着し、モーショントラッキングのための準備を行った。その後実験者は被験者に一度HMDを外させ30分後にゲームが始まることを伝え別室に移動した。続けて実験者は開始時間を30分ずらして伝えて別室に待機させていた他方の被験者に対して同様にツイスターゲームのルールや手順を説明した。

双方の被験者の準備が整った後、実験者の指示に従って被験者はHMDを装着しそれぞれ自身のアバタの外見を確認した。この時相手のアバタは表示されなかった。そして一人でのツイスターゲームを約1分間行い、動作の確認を

行った。双方の確認が取れた後、相手アバタを表示し、相手とのツイスターゲームを約3分間行った。ツイスターゲーム終了後は、被験者はHMDを外し、Webフォームを用いたアンケートに回答した。

アンケートは表1の20項目についてそれぞれ7段階リッカート尺度を用いて評価させた。アンケート回答後、5分間の休憩を挟み、タスクを4試行繰り返した。4試行終了後15分の休憩を指示した休憩後、一方または双方の自身に表示されるアバタの条件を変更し4試行を繰り返した。これを4試行×4セットの計16試行分繰り返した。

順序効果を防ぐため使用するアバタの順序は被験者ごとに異なるよう設定したが、双方の被験者に同条件で同時に実験を行うため、4試行連続で自身からみた自身のアバタは同一であり、相手アバタは2つの条件を4試行のうち2試行ずつ適用した。実験に使用したアバタは図2の2種類(Male(M), Female(F))であるが、自身と相手に違う外見を提示する条件を含めたためアバタの条件は2*2の4条件あり、相手と自分でそれぞれ独立に適用するため本実験の条件は4*4の全16条件であった。本実験では全ての被験者が本実験の用意する全ての条件の実験に参加した。最後にVRSNSやHMDを用いたVRの経験の質問を行い、加えてゲームの感想などについての自由記述で回答させた。

表1 7段階リッカート尺度による質問項目

1	身体所有感	自分アバタは自分の身体であると感じましたか
2	行為主体感	自分アバタは自分の思うように動かせたと感じましたか
3	自プレゼンス	自分のアバタは体験環境に存在していると感じましたか
4	相手プレゼンス	自分のアバタは体験環境に存在していると感じましたか
5	接近欲	相手に接近したいと思いましたか
6	接近の嬉しさ	相手と接近することに嬉しさを感じましたか
7	接近の嫌悪感	相手と接近することに嫌悪感を感じましたか
8	接近の恐怖感	相手と接近することに恐怖感を感じましたか
9	妨害意欲	対戦相手の動きを妨害したいと思いましたか
10	被妨害感	対戦相手から妨害されていると感じましたか
11	相手への配慮	対戦相手の動きに配慮したいと思いましたか
12	相手からの配慮	対戦相手はあなたの動きに配慮しているように感じましたか
13	相手の心配	対戦相手が体を痛めることを心配することはありましたか
14	接触への抵抗	相手と身体が接触することに抵抗はありましたか
15	相手の好感度	相手の印象は好意的に感じましたか
16	被好感度	相手から好意的に思われていると感じましたか
17	ゲームの難しさ	ツイスターゲームは難しかったと感じましたか
18	ゲームの楽しさ	ツイスターゲームは楽しかったと感じましたか
19	酔いと不快感	体験による酔いや不快感を感じましたか
20	振舞と外見の一致度	相手の動きや振る舞いは見た目の印象と一致しているように感じましたか。

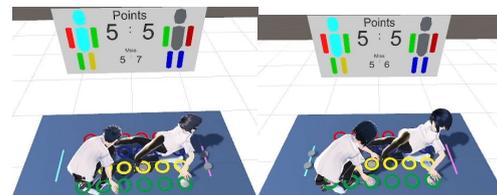


図1 対戦の様子(左 MF-MF 条件, 右 FM-FM 条件)

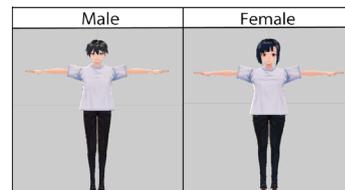


図2 実験に使用したアバタ

3. 実験結果

タスクごとに実施したアンケート結果は、自身からの自身の外見と相手に見える自身の外見の組をアバタの条件 (MM, MF, FM, FF の 4 条件) としたうえで、自身が使用するアバタと相手が使用するアバタの 2 要因について、整列ランク変換 (ART) を適用した被験者内計画 2 元配置分散分析を実施した。また交互作用が有意であった項目の単純主効果検定と主効果が有意であった項目の下位検定には ART-C [8] を適用した多重比較を行った。5%水準で有意な主効果が見られたものは表 2 の通りであった。要因ごとの評価値は図 3 と図 4 にまとめた

表 2 アンケートの ART-ANOVA の結果

設問	自分アバタ	相手アバタ	交互作用
1 身体所有感		MM < MF	
2 行為主体感		MM < MF MM < FF	
3 自プレゼンス		FM < FF	
4 相手プレゼンス			
5 接近欲		MM < FM MM < FF MF < FM MF < FF	
6 接近の嬉しさ		MM < FM MM < FF MF < FM MF < FF	
7 接近の嫌悪感		MM > FF	
8 接近の恐怖感			
9 妨害意欲		MF > FM	
10 被妨害感			
11 相手への配慮		MM < FM	
12 相手からの配慮			
13 相手の心配	MF > FM MF > FF	MM < FM	
14 接触への抵抗			
15 相手の好感度		MM < FM MM < FF MF < FM MF < FF	
16 被好感度	MM < FM MM < FF MF < FM MF < FF		
17 ゲームの難しさ			MF, FM > MF, MF
18 ゲームの楽しさ		MM < MF MM < FF	
19 酔いと不快感	MM > FM MF > FM FM < FF	MM > FF MF > FF FM > FF	
20 振舞と外見の一致度		MM > FM	

p < .05 の項目を記載

4. 考察

仮説 A の予想に反し、自身のアバタの外見の主効果が表れたのは 3 項目に留まった。相手からの好感度は女性アバタのほうが男性アバタよりも高く知覚し、女性アバタに対するユーザ自身の印象などが相手に与える印象の解釈を変化させたと考えられる。また前実験 [7] では外見上の性別の影響が認められなかった相手への心配については、男性利用時のほうが女性アバタ利用時よりも高かった。アバタの性質が相手への行動を変化させるプロテウス効果の影響を本実験でも示唆する結果となった。

本実験では、直接自身の身体認知に関わる身体所有感や行為主体感、接近に関する項目に対しては性別の条件による差は認められなかった。身体感覚は両性別において高い値を示している点や、前実験 [6][7] と異なり、性別以外がほぼ同じ共通レダ表現のアバタであった点を考慮すると、ツイスターゲームというインタラクションにおける相手との接触時には、自身のアバタの外見による効果は少ないといえる。よって仮説 A はほとんど支持されなかった。

その一方で今回の実験では多くの項目で相手の外見に関する効果が生じた。相手の外見が直接作用すると考えられる接近や接触に関する指標のほか、相手に直接作用しない自身の身体感覚やプレゼンスにも作用していることが示された。相手の外見によって、相手への対人認知が変化することは先行研究 [6] の結果を支持することになった。相手によって自身の身体感覚が異なった理由としては、VR 環境においては自身の現実の動きと比較するのではなく、相手の身体や動作と比較することで、自身の身体への評価判断がなされたことが考えられる。

相手の振る舞いと外見の印象の一致度についてはアバタによる有意差が見られ、相手が男性アバタを用いている際に女性に見えると一致度が低下してみえることが示された。今回の被験者は男性に統一したため、女性アバタ使用時の外見差異の影響は男性アバタほど測れないものの、アバタの効果によって振る舞いが変化することや、また相手の外見によって振る舞い方をある程度推定していることが示唆された。以上を総括すると、仮説 B を支持する結果が得られたことになる。

仮説 C について、双方のアバタの組み合わせの相互作用は、今回の実験では難しさのみであった。難しさの項目

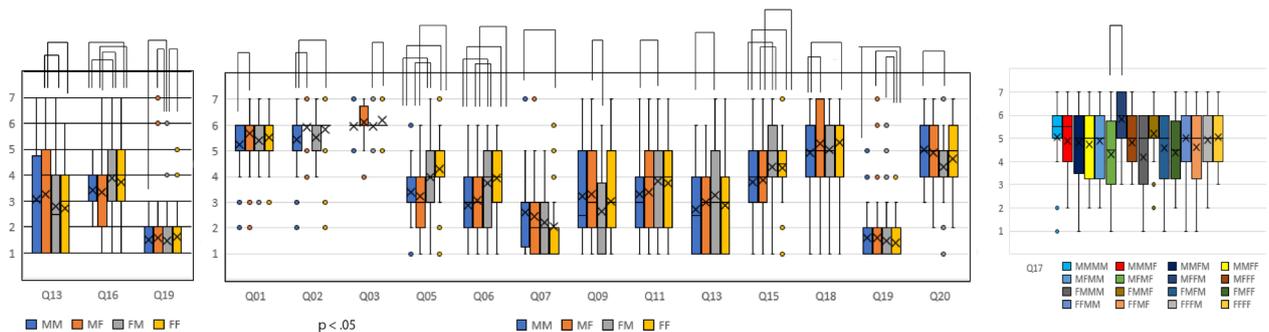


図 3 難しさの条件ごとの評価値

図 4 自分アバタの条件の評価値 (左) と相手アバタの条件ごとの評価値 (右)

について今回の実験では、ツイスターシステムが行う指示については、試行ごとに完全ランダムとしたため、実際のゲームの難しさが条件や被験者ごとに異なった可能性がある。この項目に関してはアバタのみが影響していると特定することができないが、MF 条件アバタの使用時に相手が MF 条件よりも FM 条件の場合に有意に難しく知覚される可能性は示唆された。しかし今回の実験では、全体的に相手アバタの条件に強い効果が見られたため、双方のアバタの組み合わせが相互作用して対人認知が変化することは示されず、仮説 C は支持されなかった。

仮説 D について、自身と相手からの見た目が異なる MM 条件と MF 条件間、または FF 条件と FM 条件間では対人認知に関わる影響はあまり検出できなかった。しかし、相手の外見が変わることによって自身の対人認知が変わる以上、相手に与える印象の変化を通して間接的に自身に影響を与える手法の実現可能性は否定できない。よって仮説 D の相手に見られる外見による影響については支持も否定もされず、追加の検証を要する。

また酔いについては、有意差は検出されているが全体的な評価は低くとどめた。相手の手足と自身の頭部が接触した場合、HMD の視界が遮られてしまい不快感につながる恐れがあるほか、腕や脚の長さの比率の違いなども原因となりうるため、本項目に働く作用についてはさらに検証する必要がある。

今回の実験は、被験者間計画や混合計画とせず、同一の被験者組に対してすべての条件を適用する被験者内計画にて同日に 16 回の試行を繰り返して実施した。条件間の順序効果は相殺したものの、反復試行による慣れによって、ユーザ同士の認知や関係性が変化してしまった可能性は否定できない。初回の試行ではほとんどの被験者の組において最初のツイスターゲームの指示がなされるまで行動することは少なかった。しかし終盤の試行になるにつれ、ゲーム開始前の相手アバタが現れたタイミングで、手を振ったり挨拶のようなモーションを取ったりする被験者の組も見られた。今回の実験では実験参加の案内の際に、実験参加の言及を避けるよう指示し、実験中の接触を遮断したため、実験相手を判断することはできず、相手との交流はツイスターゲームの試行時に限られた。インタラクションの相手が互いに既知である場合にも外見変化による認知変化を生じさせることが可能であるかについては、さらなる調査を要する。

5. おわりに

実験では性別を双方変化させインタラクションした際の対人認知の変化を検証し、自身の外見の効果も見られるものの、相手の外見がより大きな効果を持っていることが明らかになった。そしてその効果は相手が認識している相手自身の外見に関わらず、ユーザからの見た目の影響が大きく、今回のようなアバタの認識に相互不一致性がある状態における効果が示された。

実験では、本システムが触覚フィードバックを有さない

点、ゲームの指示により相手が視界に含まれなくなる点から、相手の存在をあまり意識することはなかったという意見も何件か得られていた。これに反して相手の存在によって、自身の感覚にも作用することが示されており、ツイスターゲームのような身体化インタラクションにおいて、双方の外見は自身や相手への対人認知、ひいては互いの関係性を変えうることが明らかになった。

他方、今回の実験で用いたアバタはいずれも人型であり、筋肉や脂肪、幼老などの属性は可能な限り付与しなかった。身体と運動を密接に関連させた身体化インタラクションの設計によって認知作用を操作するためには、人型に限らない身体を提供とこれにより更新される身体図式の作用が不可欠である。アバタと身体の特徴が与える全身運動への効果もそれぞれ調査を進めていく必要がある。

謝辞 本研究は JSPS 科研費 JP19H04230 および JP19H05661 の助成を受けて実施されたものである。実験実施に当たっては電気通信大学 人を対象とする研究に関する倫理審査委員会の承認(承認番号: 20061(3))を得た。

参考文献

- [1] K. Dion, E. Berscheid, and E. Walster, "What is beautiful is good," *J. of Personality and Social Psychology*, Vol.24, pp. 285-290, 1972.
- [2] N. Yee and J. Bailenson, "The Proteus Effect: The Effect of Transformed Self Representation on Behavior.," *Human Communication Research*, vol. 33, pp. 271-290, 2007.
- [3] D. Banakou, K. Sammer and M. Slater, "Virtual Being Einstein Results in an Improvement in Cognitive Task Performance and a Decrease in Age Bias.," vol. *Frontiers in Psychology*, no. 9, pp917, 2018.
- [4] M. Kocur, P. Schauhuber, V. Schwind, C. Wolff, N. Henze, "The Effects of Self- and External Perception of Avatars on Cognitive Task Performance in Virtual Reality.," *In Proceedings of the 26th ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology (VRST '20)*. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, Article 27, 1-II., 2020.
- [5] N. Nassiri, N. Powell, D. Moore, "Human interactions and personal space in collaborative virtual environments.," *Virtual Reality* 14, 229-240, 2010.
- [6] S. Sakurai, T. Goto, T. Nojima, K. Hitora, "Effect of the Opponent's Appearance on Interpersonal Cognition that Affects User-to-User Relationship in Virtual Whole-Body Interaction," *J. Robot. Mechatron.*, Vol.33, No.5, pp. 1029-1042., 2021.
- [7] 後藤拓海, 櫻井翔, 野嶋琢也, 広田光一, "VR ツイスターにおける自身のアバタの外見が相手とのインタラクションに及ぼす影響," 第26回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集, pp. 3D1-6, 9 2021.
- [8] L. A. Elkin, M. Kay, J. J. Higgins, J. O. Wobbrock, "An Aligned Rank Transform Procedure for Multifactor Contrast Tests," *The 34th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology (UIST '21)*. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 754-768., 2021.