

投影的没入感向上のための 動きとストレス状態の随伴的表現による同調認知の誘発

Induction of entrainment cognition by accompanying representations of movement and stress state for projective immersion enhancement

中澤 悠[†], 大本 義正[‡]

Nakazawa Haruka, Omoto Yoshimasa

[†] 静岡大学

Shizuoka University

ohmoto-y@inf.shizuoka.ac.jp, nakazawa.haruka.17@shizuoka.ac.jp

概要

様々な体験の提供の場として仮想空間への注目が高まっている。本研究では、体験者と操作アバターの間で動きとストレス状態の随伴的表現とフィードバックの繰り返しによって生じる体験者の操作アバターに対する同調認知が体験理解の深化に寄与するのかを検討するため、ストーリー性をもったシミュレーション実験を行った。結果として、体験者の操作アバターに対する同調認知が体験理解に寄与していた可能性が示唆された。

キーワード：インタラクション, 仮想環境, バーチャルリアリティ

1. 背景

「経験は最良の教師だ。」という言葉があるが、人は実際に自分が得た経験でなくとも、読書などを通じて自分が享受したかのように体験することができる。このような当事者意識を伴うような体験の理解には、ただ起きた出来事を理解するような論理的な理解だけではなく、情動的な理解も必要である。近年ではコンテンツなどが持つストーリーに対する没入が個人の態度変化や対人スキルの獲得などに大きな役割を果たしていること [1][2] も指摘されており、疑似体験が体験者に与える影響に注目が集まっている。

また、近年のコンピュータの発達に従い、様々な疑似体験の提供の場として仮想空間への注目が高まっている。仮想空間での体験を深めようとする取り組みの多くは、現実世界の体験者と仮想世界の繋がりを深めようとするものであり、HMD(Head Mount Display) などを用いて 1 人称視点での体験を行えるようにするというもの [3] や高品質な映像によって高臨場感を体験者に与えることで仮想世界に対する没入感を向上させようとするものなどが挙げられるが、このような仮想世界と現実世界のギャップをなくすことで仮想世界で

の体験を深めようとする取り組みには、現実世界の体験者と、仮想世界の体験者（を表す存在）のコンテキストが一致していないような体験の向上への応用は難しいという問題点がある。しかし、従来の小説やゲームなど一般的なコンテンツには多くのフィクション設定が含まれているものがあることから分かるように、制作者が体験者に与えたい体験というのは、または体験者の経験を豊かにする体験というのは、現実世界の体験者とコンテキストが一致しているものだけではない。

そもそも漫画や映画、小説などほとんどの一般的な体験提供コンテンツにおいて現実の体験者と、コンテンツの中のコンテキストはかけ離れている。それなのにどうして受け手はこういったコンテンツから感動や悲しみ、喜びなどの感情を伴う豊かな体験を得ることができるのか。その理由の一つとして、“投射”の存在に注目が集まっている。小川らは、映画を見るという行為が、映像と音を媒介として世界作品や登場人物や事物の表象を随時構成し、その表彰をスクリーン上に映し出された作品世界や登場人物や事物に随時投射するという行為であると捉えている [4]。そして、この投射行為の難易度を上げてしまっているのが、仮想空間の持つ自由度と臨場感である可能性があるかと捉えた。

操作キャラクターと仮想世界およびそのオブジェクトなどの間にいわゆる世界観の保持やストーリー性を持たせるためにはコンテキストの一致が必要である。それが欠損すると体験者はかえって物語への疎外感を感じてしまうことに繋がるからだ。しかし、小説や映画などの体験者と主要キャラクターの間にコンテキストの一致をもたないコンテンツからでも人間は豊かな経験を得ることができる。このことから分かるように、操作キャラクターと体験者の間にはコンテキストの共有は必ずしも必要なわけではない。つまり、体験

者が自分自身を投影する対象として操作アバターは有力である。なぜなら、操作アバターが最も体験者が存在や行動に直接的に介入できる存在であるからだ。操作アバターは体験者と仮想空間を直接的に繋ぐ糸であるということである。よって、操作キャラクターと体験者の同調性が、自由度が高いという仮想空間の長所を生かしつつ、より汎用的な体験の質の向上へのポイントとなるだろう。ここで、本実験では操作アバターと体験者が相互に影響を及ぼし合うような状態を同調認知と呼ぶこととした。

このような前提から、本研究では、体験提供コンテンツが参加者のコンテキスト理解を深める必要となる要素の一つとして、人間の他者への自己投射のしくみがあると考えた。そしてこの仕組みを操作アバターへの同調認知として仮想空間内にも適用する。これは仮想空間内に人工的な現実を作り出すような形で没入感を向上させる取り組みとは違ったアプローチである。しかし、自由度の高い仮想空間というコンテンツにおいて、現実の体験者とコンテンツの持つコンテキストが離れている状況における体験の質の向上を可能にすることを目指した。その手段の端緒として操作アバターと体験者の動きとストレス状態の随伴的同期を提案した。そして、その有用性を検証するための実験を行った。

2. 関連研究

Zwaan(1999) は読者が読解過程において自身の体験に極めて近いほどに鮮明な表彰を構築することがあると指摘している [5]。このように受け手が他者体験を深く共有する仕組みについて Sanford(2008) は、読者は常にこのような詳細な表彰を構築しているわけではなく、そのような深い処理には身体化認知のメカニズムが働いていると指摘しており [6]、ここでいう身体化認知とは、知覚や運動などの内容を含む文章を理解するときに実際の知覚運動に関する処理系が関与しているとする理論である [7]。これは文章だけにとどまらず単語や文などの広範なレベルでの言語理解と密接に関連しているとされている [8]。このことから考えると知覚運動に関する処理系の関与が物語への理解や読解を促進していることが伺える。これは言い換えると、人の頭の中で行われる言語理解から生起された行動の投射が、疑似的な体験を体験者に与えているともいえる。

仮想空間内のアバターに対して体験者がその関係性を見出そうとするしくみを強化する方法として、すでに身体所有感、運動主体感の重要性が挙げられている

[9]。そして、こういった身体所有感や運動主体感の生起は、アバターに対するフルボディー身体反映によって生起できることが既に明らかになっており、自分の動きに同期していれば、身体の一部だけでなく身体全体を外界に投射することができるという可能性が示唆されている [10]。また、武田 [11] は、アバターにプレイヤーの内部状態を反映することでコンテキストに対する理解が深まることを示した。

また、人間の生理指標を活用する手法としてバイオフィードバックが知られている。バイオフィードバックは不随意筋や、自律神経系のような知覚しづらい身体の動きを知覚できるように変換して、生理指標という形で提示する手法である。バイオフィードバック本来の目的は、そういった知覚しづらい働きを客観的なデータとすることで、体内状態を意識的に調整しようとするものであるが、近年では多くの分野での応用が見られる。村井ら [12] は、授業評価の研究において SCR を集中状態の指標として用いており、笹井ら [13] は自動走行におけるストレス軽減を目的とし、研究のなかで LF/HF をストレス指標として用いた。本研究では、生理指標に基づいて参加者のストレス状態の推定を行い、アバターに反映するシステムを実験の際に使用した。また、実験の評価においても、これらの生理指標を計測し、分析することによって実験参加者の無意識化でのタスクへの集中度やストレス状態を調べている。

3. 本実験で扱う同調認知

本章では本実験で扱う同一視的認知と、それが深まったのちに至ると考えられる同調認知について説明する。まず、それらの概念に伴う仮説と目的を説明した後に、どのような形で仮想空間内の操作アバターに適応するのかについての説明を行う。

3.1 仮説と目的

多くの仮想空間での体験において操作者は操作アバターを操作することで、仮想空間に介入するため、操作アバターは仮想空間と操作者の橋渡しのような役目を持っている。この時、操作者からすると仮想空間内における自分自身である操作アバター自身が意志を持っていないように感じると、アバターから発する情報を受け入れることが困難になり、仮想空間への疎外感の発生に通じてしまうことで体験者が空間へのコンテキストを理解することをやめてしまう。結果として制作者が意図していた体験を体験者に与えることがで

きなくなる。したがって、操作者が操作アバターを見て、自分自身と同じであるという感覚を与える必要がある。これに対して、先行研究で得た知見によって、体験者の持つ自己イメージと仮想世界の体験者を意味するまたは体験者が操作できる存在が自分とは違ったとしても、同一視できるようになることによって、この二者間で互いに影響を与え合うようになるのではないかと考えた。それによって、体験者は仮想空間内の操作アバターの体験をより自分事として認知することができるのではないだろうかを期待する。

そこで、操作者の操作アバターへの同一視的認知を糸口として、操作者と操作アバターが双方向的に影響を与え合うようになるのではないかと予想して、この双方向的に影響を与え合うようになった状態を同調認知と呼ぶことにした。本実験では、同調認知を深めるための糸口としての同一視的認知の生起に対して、動きとストレス状態を操作アバターに反映するということが有効なのかについて検討した。そのために、「動きとストレス状態を同期・反映することによって、アバターと操作している人間のコンテキストが離れているシチュエーションでの体験を向上させることができるのか」という仮説を立て、検証実験を行った。よって本研究の目的は、動きとストレス状態の同期・反映によって、体験者が操作アバターを同一視するようになるのかを明らかにすることである。

体験者の操作アバターへの同一視的認知の生起によって、体験者は操作アバターを取り巻くコンテキストに即した行動をとるのではないだろうか。そして、操作アバターの行動が体験者と乖離した際のストレス値がそうでない場合と比べて低くなるのではないだろうかを予想する。そのため実験では、タスクの最後に操作アバターが操作者の動きとストレス状態に関わらず勝手な動きをするインタラクション部を作成し、その勝手な動きに対する操作者の生理指標の状態などを分析した。

3.2 操作アバターと体験者

本章で、操作アバターに体験者の動きとストレス状態をどのように反映するのかについて説明する。また、ストレス推定に使用した2つの生理指標のそれぞれの特性についても説明する。

3.2.1 動きの反映

先行研究で取り上げたように、同一視的認知の生起に関係があると思われる身体所有感や運動主体感の生起は、アバターに対するフルボディー身体反映によって生起できることが既に明らかになっており、自分の動きに同期していれば、身体の一部だけでなく身体全体を外界に投射することができるという可能性が示唆されている [10]。これを参考に、体験者の操作アバターへの同一視を生起するためには、常時リアルタイムに体験者の動きの反映を操作アバターに行うことで身体所有感を生起することが有効であると考えた。

3.2.2 生理指標の反映

武田 [11] は、アバターにプレイヤーの内部状態を反映することでコンテキストに対する理解が深まることを示しており、内部状態の反映も体験者が操作アバターを同一視するのに有効な要素であると考えた。内部状態として扱われていた生理指標は SCR と LF/HF の二つであり、LF/HF が高い時には状況に対応する準備ができていない状態である可能性が示唆されていた。

この生理指標の変化に応じた反応を体験者が知覚できるようにする。まず、エージェントとのインタラクションの直前数十秒間の間に SCR か LF/HF のどちらかが閾値を超えたかどうかによってストレス状態が反映されるかしないかが定まるようにする。そして、ストレス状態が反映される場合、操作アバターによって緊張状態に陥っているあるいは当惑しているような印象を与えるモーションやアイコンなどによってエージェントの内部状態を表現する。

3.2.3 SCR

SCR (Skin Conductance Response) は、手汗の発汗による皮膚の抵抗の減少(コンダクタンスの上昇)を検出することで精神的発汗を電氣的に計測する生理指標である。人の興奮や情動を生起したときに反応することが知られている。ストレス状態や集中度、タスク難易度や慣れ [14] などの内部状態を定量的に評価するためによく用いられる。

発汗には、手汗から発汗する精神的発汗とそれ以外の部位から発汗する温熱性発汗の2種類が存在する。しかし、温熱性発汗とは発汗部位が異なる。そのため、今回の実験タスクにおいてこれらが混合することは考慮しなくてもいいとする。

3.2.4 LF/HF

LF/HFは、心拍間隔を表すRRIを周波数解析することで得られる低周波成分LF(0.04~0.15Hz)と高周波成分HF(0.15~0.4Hz)の比率を表した生理指標である。LFは交感神経系と副交感神経系の活動を、HFは副交感神経系の活動を表しており、この比率によって自律神経系の働きを定量的に求めることができる。LF/HFはストレス指標として使われていることがあること[15]を参考に、本研究では操作アバターと参加者の内部状態の同期としてのストレス状態の推定と反映に使用した。

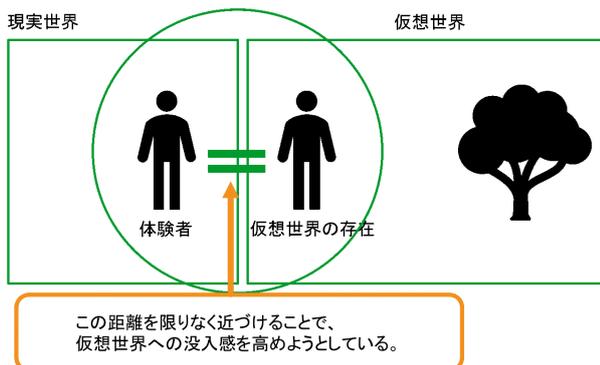


図1 従来の仮想世界での体験を深めようとする取り組みのイメージ

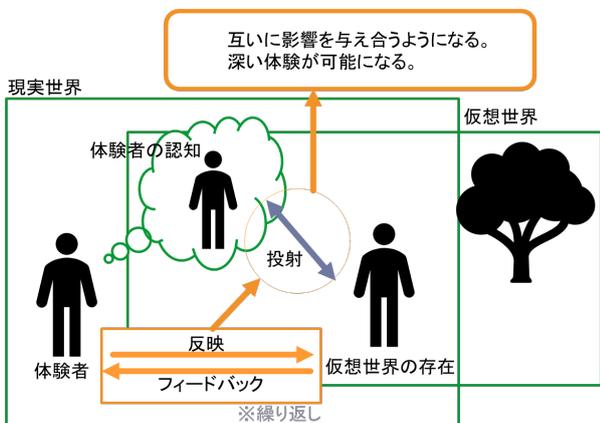


図2 同調認知によって仮想世界での体験を深めようとする取り組みのイメージ

4. 実験

ストーリー付きのシミュレーションゲームを作成して実験を行った。作成したシミュレーションゲームのコンテキストを加味し、実験で検討する具体的な仮説として「上司に指示された雑務をこなす一般的なアルバイトに参加するというコンテキストに沿った反応を

体験者が見せるのかどうか」「体験者が操作アバターと同一化したような反応を見せるのかどうか」という2つの仮説を設定し、これらについて検証した。

本実験では、操作アバターに対して参加者の動きとストレス状態が随伴的に反映される場合（以下：反映条件）とそれらが反映されない場合（以下：非反映条件）の2つの条件を用意し、測定した生理指標と行動指標、質問紙によるアンケートからタスクに対する参加者の同調認知への影響を測定することを試みた。

4.1 タスク

タスク内では基本的に上司エージェントによる指示によってストーリーが進行した。

タスク内において参加者が操作するキャラクターを操作アバター、参加者とその同僚に対して作業の段取りなどを教える存在を上司エージェント、参加者とともに上司エージェントからの指示を受けて働くエージェントを同僚エージェントとし、インタラクション部ではこの3人における会話が行われた。操作アバターは反映条件においては基本的に常に参加者の動きを反映し、さらに文脈に沿って体験者の内部状態を反映した。

タスクはどちらも結婚式場の披露宴会場を模した仮想環境で行われた。1回目のタスクにおける操作アバター（と同僚）は結婚式でのアルバイトに参加しているという設定のもと、椅子やテーブルの設置などを作業として行った。2回目のタスクにおける操作アバター（と同僚）は片付け業者のアルバイトに参加しているという設定のもと、椅子やテーブルの片づけなどを作業として行った。一つのストーリー（タスク）の長さは全体で15分程度であり、5つのインタラクション部と4つの作業部を繰り返して構成した。最後のインタラクション部では、エージェントから操作アバター（参加者）に対して仕事が楽しかったかどうかなどについての問いかけがあり、それに対する現実の参加者の返答・生理指標・身体の動きがどうであろうと操作アバターは決められたモーションを行った。これは、実験開始から十分に時間がたった状態で、操作アバターと参加者との間にズレが生じた際の生理指標や行動指標を取得するためである。全てのインタラクション場面のエージェントのセリフにおいて、名前を直接的に呼ぶなど参加者に対して強く返答を促す部分と、文脈的に参加者が返答をしてもしなくてもおかしくない部分を作成した。これは、参加者の自発的な発言を行った回数などの行動指標を取得するため

ある。

4.2 環境

ゲームタスクは、大型のディスプレイを参加者の前に配置した形で行った。タスク中参加者は、反映条件か非反映条件かによって立つか椅子に座るかのいずれかの状態で、反映条件ならば身体をコントローラーとしてアバターの操作を行い、非反映条件ならば基本的に右手に Joy-Stick コントローラーを持ちアバターの操作を行った。返答までの速度や返答の有無による誤作動を防ぐため、エージェントのセリフを切り替える部分は手動で行った。また、エージェントの動きや行動においても、毎実験ほぼ同じ動きとなるよう留意し、手動で行った。

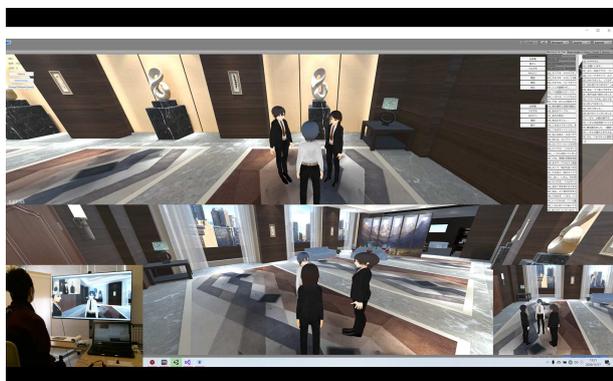


図3 インタクション部での実験者の操作画面(※画面左下は実験の様子と参加者の画面)(※画面右下は参加者の作業部の画面(実験者の操作画面では常に表示))

4.3 実験手順

実験内で参加者は、質問紙への回答とタスクへの取り組みを繰り返した。実験用タスクのためのストーリー付きシミュレーションゲームはゲームエンジン Unity を用いて作成した。このゲームは特徴として、仮想空間内のエージェントと会話などのインタクションを行う部分と、仮想空間内で作業を行う部分から構成されている。この2部構成によって、体験者に反映条件間の操作性の違いを感じてもらえることができると共に、表出した反応の違いが、操作性の影響だけによるものなのかそうでないのかについて検証することができる。

実験タスク内では、体験者の操作アバターに対する動きの反映を行った。Perception Neuron Pro のセン

サーからの身体部位ごとの位置情報などをリアルタイムで Unity で受信した。それを Unity 内のキャラクターに随時反映することで体験者の操作アバターに対する動きの反映を実現した。また、この Perception Neuron Pro による身体の反映には身体部位 17 か所にベルトとセンサーを付ける必要がある。これを全身に付けている場合と付けていない場合で実験参加者の精神状態などに与える影響を考慮して、Perception Neuron Pro による動きの反映を行わない反映条件下での実験を行う際にも、反映を行う条件下での実験を行う場合と同様に、実験参加者にはベルトとセンサーを装着してもらった。

また、生理指標の反映も行った。そのためにまず、タスク中、エージェントからの問いかけ(名前は何ですか?)などが行われた際の手前 20 秒間の中で SCR か LF/HF のどちらかが閾値を超えたかどうかによってストレス状態が反映されるかしないかが定まるようにした。そして、ストレス状態が反映される場合、操作アバターによって緊張状態に陥っているあるいは当惑しているような印象を与えるモーションと汗アイコンが表現された。また、SCR の計測では抵抗を計測しているため、SCR を計測するコードの揺れによってノイズが生じてしまう可能性が高い。したがって今回の実験では体験者の動きを反映するために装着してもらった Perception Neuron のベルトを利用し、コードを身体に固定して動かないようにしたうえで実験タスクを行った。

また、操作アバターによる体験者の動きの反映は常に行われていたが、生理指標を用いたストレス状態の反映は常に行われるのではなく、タスク中の文脈に沿った場面で行われるようにした。理由は、作業中等も常に反映されてしまう場合、操作性の邪魔になってしまうことで操作アバターに対する親和性が低下してしまうことと、文脈的に沿わない部分で反映された場合にストーリーに対する親和性が損なわれてしまうのを避けるためである。

4.4 参加者

実験は静岡大学に通う 10~20 代の学生 21 名を対象にした。そのうち男性は 15 名であり、女性は 6 名であった。(年齢平均: 21.18, 標準偏差: 1.56) 全ての参加者が反映条件と非反映条件のそれぞれで実験を行ったが、サンプルとして 5 名の参加者の反映条件をストレス状態は反映せず身体のみでの反映で行った(以下: 身体条件)。順序効果を考慮し、反映条件を先に行う参

加者と、非反映条件を先に行う参加者を男女のバランスを考慮しつつ7名と8名で割り当てた。身体条件は全て先に行われた。

4.5 評価指標

本章では、分析に用いた3つの評価指標について説明する。まず、客観指標として行動指標と生理指標を取得した。そして、主観指標として主観的作業負荷を取得した。

4.5.1 行動指標

ビデオ分析を行い、行動的な指標として、参加者が仮想空間内のエージェントに対して行ったお辞儀や頷きといった文脈的に操作アバターが行ってもおかしくない向社会的行動としてのインタラクション行動を自発的に行った回数と、名前を呼ばれた上で問いかけを行われるなどの明らかな問いかけでない部分への発言で、かつ文脈的に独り言ではないと判断した発言数を自発的発言とし、その回数を記録した。そして、この行動数と自発的発言数によって、エージェントに対するインタラクションへの積極性を測定した。このような行動指標を測定した理由は二つある。一つは参加者がタスクを通して仮想空間内の存在をよりリアリティを持った存在として認識するようになることで、インタラクション行動が増加するのではないかということを確認するため。そしてもう一つは、アルバイトをする(チームで行動をする)というタスク内の文脈の理解が深まることで、向社会的行動が増加するのではないかということを確認するためである。

4.5.2 生理指標

心拍反応(LF/HF)と皮膚コンダクタンス反応(SCR)の2つの生理指標を測定した。これは参加者のストレス状態や集中度が条件間でどのような違いを見せるかを確認するためである。また、もしも参加者が操作アバターに対する同一視的認知を生起されていた場合、操作アバターの見せるストレス反応によってフィードバック的にストレス反応を見せる可能性がある。そのため、実験では二つの生理指標を内部状態の反映の手がかりとすると共に、評価指標としても用いた。

4.5.3 主観的作業負荷(メンタルワークロード)

参加者がタスクの遂行によって感じた主観的な作業負荷(メンタルワークロード)を測定した。測定は芳賀らの提案した日本語版NASA-TLXを用いた[16]。これは参加者がタスクを通して操作アバターを同一視することで、今回のタスク内の文脈(働くという設定)に沿って、操作アバターが受けるだろう作業負荷をより強く感じるようになるのではないかということを確認するためである。

4.6 結果

4.6.1 行動指標の分析結果

図4に参加者から仮想空間内のエージェントに対する自発的な発言数の群ごとの平均推移を、図5にお辞儀などのインタラクション行動の群ごとの平均数の推移を示した。条件間に有意な差は見られなかったものの、1回目から2回目にかけての順序効果の存在が示唆され、特にお辞儀や頷きなどのインタラクション行動の各参加者の1回目の数から2回目の数を引いた差を群間で対応なしのt検定を行ったところ $p < 0.01$ の有意差が見られた($p = 0.00025$)。また、自発的な発言数についても同様の検定を行ったところ $p < 0.05$ の有意差が見られた($p = 0.037$)。

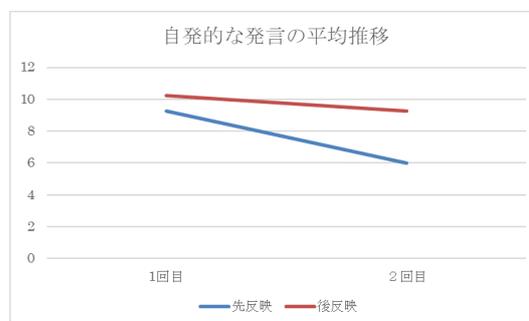


図4 自発的な発言数の群ごとの平均推移

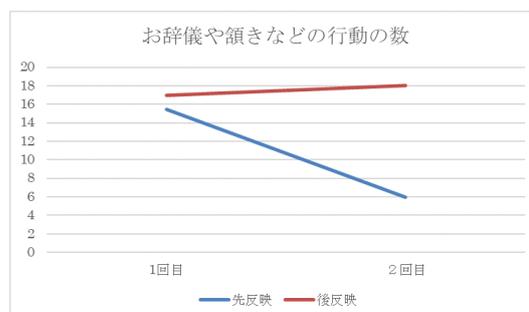


図5 インタラクション行動の群ごとの平均推移

4.6.2 生理指標の分析結果

各実験参加者のゲーム中の SCR, LF/HF に対して、分析を行った。分析にあたって、SCR は閾値 (15.75) を超えた秒数を、LF/HF は閾値 (6) を超えた回数を計算し使用した。SCR はゆっくりと値が変化するため、面積を計算するのが妥当であるが、ノイズの影響を抑えるためと、簡易的に計算するために秒数を用いた。LF/HF は SCR に比べて、スパイク的な反応を出すため、ピークの数を、閾値を超えた回数で近似した。

またその際、測定したデータが破損してしまっていたものがあつたため、この分析は先反映群・後反映群共にサンプル数は 5 で検定を行った。

表 1 に LF/HF の各群と各条件の平均値を示す。右下がりの斜めが反映条件に対応し、左下がりのななめが非反映条件に対応する。反映条件の方が非反映条件よりも高い値を示した。また、表 2 にタスクを前半・後半・最後 (のインタラクション部分) に分け、条件間で paired-t 検定を行った結果を示した。操作アバターが参加者と同期している前半と後半では、反映条件と非反映条件に $p < 0.01$ の有意差が見られたが、操作アバターが参加者の動き・ストレス状態に関わらないモーションを行う最後のインタラクション部では、条件間に有意差は見られなかった。また、操作方法の差によって有意差が見られた可能性を考慮し、タスクをエージェントとの会話が主なインタラクション部と操作アバターを操作し活動を行うことが主な作業部に分け、この 2 つに対して対応ありの検定を行ったところ有意差は見られなかった。 (p 値 = 0.24)

表 1 LF/HF の各群・各条件の平均値 (秒数)

	1 回目	2 回目
先反映	87.8	2.6
後反映	29.8	47.6

表 2 タスクを時間で分割した LF/HF (秒数) の paired-t 検定結果

	反映条件 平均 (標準偏差)	非反映条件 平均 (標準偏差)	秒数差	p 値
前半	14.7(5.158)	7.1(4.061)	7.6	<0.001 ***
後半	10.7(4.734)	4.5(2.729)	6.2	<0.001 ***
最後	1.9(1.136)	1.6(1.685)	0.3	0.54

4.6.3 主観的作業負荷の分析結果

主観的作業負荷の項目ごとの測定結果を図表 3 に示した。対応のある t 検定の結果、全ての項目で $p < 0.01$ の有意差が認められた。参加者は非反映条件よりも、反映条件でのタスクの遂行時において高い負荷を感じていたことが示された。

表 3 NASA-TLX の各条件間の平均得点と Paired-t 検定による検定結果

	反映条件	非反映条件	p 値
知的・知覚的 要求	5.55	3.81	<0.001 ***
身体的 要求	9.55	4.07	<0.001 ***
タイム プレッシャー	2.22	2.18	<0.001 ***
作業成績	5.79	4	0.0014 ***
努力	8.13	3.21	<0.001 ***
フラスト レーション	9.29	3.63	<0.001 ***
全体的な 負荷	7.62	3.55	<0.001 ***

5. 議論

体験者の自発的な発言や頷きなどのインタラクション行動指標を用いた分析によって、反映条件の影響によって仮想空間内のエージェントに対する体験者の自発的インタラクションが増加する可能性が示唆された。これを体験者がタスクを通して仮想空間内の存在をよりリアリティを持った存在として認識するようになった、あるいは、アルバイトをする (チームで行動をする) というタスク内の文脈への理解が深まったことによるものであるとすると、体験者が仮想空間での体験を非反映条件よりも反映条件においてより深く体験することができたといえるだろう。

生理指標を用いた分析によって体験者は反映条件の場合において非反映条件よりも、場面がインタラクション部であるかタスク部であるかに依存せず外界刺激に対して敏感であった、あるいは、状況に対応する準備ができていた状態である可能性が示唆されていた。これは反映条件下の体験者の方がより仮想空間内において向社会的な心理状態であったことを示唆し、アルバイトに参加しているという背景設定に対して親和性のある反応だったといえる。また、操作アバターと体験者の行動が乖離する最後のインタラクション部

においては反映条件・非反映条件の間で有意なストレス状態の差が見られなかったことから、同一視的認知状態の体験者は操作アバターが行う勝手な行動に対してのストレスをあまり感じない（仮想空間内への疎外感をあまり感じない）状態で、タスク内のコンテンツ理解を深められていた可能性が示唆された。これは体験者や体験提供者の意図しない、または文脈に沿わない形での表出が起こる可能性を孕む、操作アバターを自由に操作できる自由度の高い仮想空間という条件において、今回の反映条件要素を持つ操作アバターが体験者と仮想空間のコンテキストを繋ぐ糸口として有効であることを示唆した。

また、NASA-TLXによる質問紙を用いた主観的作業負荷の分析においても反映条件群の負荷が高かったことは、アバターの背景設定に対して沿う結果であったといえ、体験者の仮想空間内での体験をより深くすることに反映条件が寄与したと考えられる。

以上の考察により、仮説で示したように仮想空間内の操作アバターと体験者の動きとストレス状態の随伴的な同期・反映が、操作アバターと操作している人間のコンテキストが離れているシチュエーションでの体験の向上に寄与する可能性があるといえる。

今回の実験では、同一視的認知の生起とその確認を目的としたが、この同一視的認知の繰り返しによって、操作アバターと体験者が双方向的に影響を与え合うような同調認知が誘発されるのではないかと考える。同調認知に至るためには、アバター自身の自律的な行動や意思の表出を増やし、それを体験者が意識的であるかに関わらず知覚できるようにすることが必要だと考える。

6. まとめ

本研究では、体験提供の場として仮想空間への注目が高まっていることを背景に、体験者とコンテキストが一致しない体験理解の端緒をつかむことを目的として実験を行った。そのための方法として、一般的なコンテンツを理解する際に生起されている投射に着目した。この投射のような仕組みが深まることで、体験者と操作アバターの間で誘発される相互影響が生じる状態を同調認知と呼ぶこととした。そしてその糸口となるであろう操作アバターに対する同一視的認知を動きとストレス状態の随伴的表現とフィードバックの繰り返しによって生じさせられるかどうかを実験にて検討した。結果として、3つの評価指標により体験者は操作アバターと仮想空間のコンテンツに対して理解が深まっていた可能性が示唆された。そして、体験者の操

作アバターに対する同一視的認知が体験理解に寄与していた可能性が示唆された。

今回のタスクに用いたシチュエーションは身体を動かすことが必要とされるものだったため、それによって主観的負荷などの結果が文脈に沿う形になったという可能性も考えられる。そのため、今後の実験では、あまり身体を動かすことのないシチュエーションにおいても同様の結果が出るかについてなども追及していきたい。また、今回の実験では自然な文脈で表出しやすく測定・推定が行いやすかったことから、内部状態をストレス状態に限定して反映を行ったが、今後の実験などでは、ポジティブな感情表現などバリエーションのある内部状態の推定や反映を行うことで、体験者のコンテキスト理解や操作アバターへの同一視的認知に対する効果を高める可能性についても検討していきたい。

参考文献

- [1] Melanie C Green. Transportation into narrative worlds: The role of prior knowledge and perceived realism. *Discourse processes*, Vol. 38, No. 2, pp. 247–266, 2004.
- [2] Melanie C Green and Timothy C Brock. The role of transportation in the persuasiveness of public narratives. *Journal of personality and social psychology*, Vol. 79, No. 5, p. 701, 2000.
- [3] Chongsan Kwon. Verification of the possibility and effectiveness of experiential learning using hmd-based immersive vr technologies. *Virtual Reality*, Vol. 23, No. 1, pp. 101–118, 2019.
- [4] 小川有希子, 嶋田総太郎. 映画とプロジェクション. *認知科学*, Vol. 26, No. 1, pp. 121–139, 2019.
- [5] Rolf A Zwaan and Gabriel A Radvansky. Situation models in language comprehension and memory. *Psychological bulletin*, Vol. 123, No. 2, p. 162, 1998.
- [6] Manuel De Vega, Arthur Glenberg, and Arthur Graesser. *Symbols and embodiment: Debates on meaning and cognition*. Oxford University Press, 2012.
- [7] 小山内秀和, 楠見孝. 物語世界への没入体験—読解過程における位置づけとその機能—. *心理学評論*, Vol. 56, No. 4, pp. 457–473, 2013.
- [8] Martin H Fischer and Rolf A Zwaan. Embodied language: A review of the role of the motor system in language comprehension. *Quarterly journal of experimental psychology*, Vol. 61, No. 6, pp. 825–850, 2008.
- [9] Konstantina Kilteni, Raphaela Groten, and Mel Slater. The sense of embodiment in virtual reality. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, Vol. 21, No. 4, pp. 373–387, 2012.
- [10] 湯本淳史, 大竹英治, 嶋田総太郎. フルボディー錯覚における自己身体のプロジェクション. *人工知能学会全国大会論文集 第32回全国大会 (2018)*, pp. 3D10S7a01–3D10S7a01. 一般社団法人 人工知能学会, 2018.
- [11] 武田星児, 西田豊明, 大本義正. 複数の生理指標を用いた運動ゲームにおける集中度推定法. *人工知能学会全国大会論文集 第29回全国大会 (2015)*, pp. 3D34–3D34. 一般社団法人 人工知能学会, 2015.

- [12] 村井護晏. 皮膚抵抗反応による授業評価の可能性について. 日本教科教育学会誌, Vol. 14, No. 3, pp. 145-151, 1990.
- [13] 笹井翔太, 亀田能成, 大田友一, 神原誠之, 萩田紀博, 北原格. 自動走行車両搭乗者のストレス軽減を目的とした死角領域と車両制御情報の可視化. 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 22, No. 2, pp. 189-198, 2017.
- [14] 棟方渚, 志水雅俊, 松原仁ほか. 皮膚電気活動を用いた数独問題の難易度評価. 研究報告エンタテインメントコンピューティング (EC), Vol. 2012, No. 6, pp. 1-4, 2012.
- [15] Aurélien P Pichon, Claire de Bisschop, MANUEL Roulaud, André Denjean, and Yves Papelier. Spectral analysis of heart rate variability during exercise in trained subjects. *Medicine and science in sports and exercise*, Vol. 36, pp. 1702-1708, 2004.
- [16] 芳賀繁, 水上直樹. 日本語版 nasa-tlx によるメンタルワークロード測定各種室内実験課題の困難度に対するワークロード得点の感度. 人間工学, Vol. 32, No. 2, pp. 71-79, 1996.