

## 論文の内容の要旨

論文題目

Effect of Self-Avatar Anthropomorphism on Perception and Behavior  
in Virtual Environments

(バーチャル空間の自己アバタの抽象度が知覚・行動に与える影響)

氏名 小川 奈美

人間は、感覚情報を入力とし、運動情報を出力としながら、これらの情報の入出力に応じた世界像を作り上げることで世界を認識している。この世界像は、認識の主体である自己と切り離して捉えることが本来不可能である。しかしながら、ユーザにとって現実と等価なリアリティを工学的に設計し、提示する技術であるバーチャルリアリティ（VR）研究において、ユーザがVRの世界をいかに認識し、体験するかについて、自己身体像が果たす役割は従来ほとんど検討されてこなかった。本論文では、バーチャル空間で自己身体を表象するアバタ（自己アバタ）の見た目が、空間内でのユーザの知覚や行動に与える影響を実験的に検討した。具体的には、1. 実際の身体からの情報の知覚という観点から視覚-固有感覚統合、2. 環境からの情報の知覚という観点から空間知覚、3. 知覚されたバーチャル空間に対する振る舞いという観点から行動、という異なるレベルで人間の情報処理プロセスについて、バーチャル空間での自己アバタの見た目が与える影響をそれぞれ検討した。結果、「人間らしい見た目のアバタであるほど身体表象（脳内での自己身体表現）が変容しやすく、バーチャルな身体に基づく身体表象がより知覚や行動に用いられやすくなる」という仮説に基づく一貫した結果が得られ、自己アバタの抽象化がバーチャル空間でのユーザの知覚や行動に広範に影響することが示された。これらの結果は、1. 固有感覚に対する視覚優位性の利用に対する空間的限界、2. VR空間での空間知覚の歪み、3. VR空間でユーザが予期せぬ行動を取る問題といった、従来独立した問題だと考えられてきたVR分野の複数の課題に共通する横串と

してアバタの果たす重要性を示すものである。これにより、VR 空間での自己アバタの見た目によって VR 空間でのユーザの知覚や行動を制御できるという新しいアプローチを提案し、従来確立されていなかった、アバタを含めた VR のユーザ体験の設計指針を与えた。

第 1 章では本研究の社会的・学術的背景について述べた後で、目的と意義について述べている。VR 技術はバーチャルな環境に自分があたかも存在しているかのような感覚の提示を可能とするが、技術の進展に伴い、バーチャルな身体（アバタ）をあたかも自分自身の身体であるかのように感じさせることも可能となってきた。この感覚および現象は特に心理学・神経科学分野でそれぞれ身体所有感（**sense of body ownership**）・身体所有感錯覚（**body ownership illusion**）と呼ばれ、VR 分野内外での研究により、偽の身体の見え目がどれだけ人間の身体に近い（**anthropomorphism**）が身体所有感錯覚を引き起こす重要な要因であることが知られている。ここで、「人間の主観的な体験は必ずしも物理世界を忠実に再現しているわけではなく、主体である自己の身体表象に基づいて情報を再構成することで主観的なリアリティが構成されている」という心理学・神経科学分野における知見を考慮すると、アバタの見え目の抽象度は、身体所有感錯覚による身体表象の変容を通じ、バーチャル空間内でのユーザの知覚や行動に影響することが予想される。しかしながら、バーチャル空間でのユーザ体験における自己アバタの役割はこれまで VR 研究でほとんど着目されておらず、ユーザ体験への影響を考慮したアバタの設計指針が存在していない。そこで、本論文の目的を、バーチャル空間での自己アバタの見え目（抽象度）が、空間内でのユーザの知覚や行動に与える影響を検討することと位置づけている。また、用語の定義を行うことにより、本論文で扱う対象を明確化し、最後に本論文の構成を述べている。

第 2 章では、はじめに 2.1 節にて、VR でのアバタを含む、コンピュータ・グラフィクスにより生成されるデジタルヒューマンに関する文献を整理し、人工的に生成された人間の“本物らしさ”（**realism**）の一要素として **anthropomorphism** を位置づけている。2.2 節では、身体所有感錯覚の研究を紹介し、ボトムアップとトップダウンの 2 つの要因に分け、それぞれレビューしている。ボトムアップ要因については多感覚運動刺激の時空間的な同期が重要であること、トップダウン要因については **anthropomorphism** が重要であることが述べられている。2.3 節では、身体所有感と関連の深い感覚である **Sense of Embodiment**, **Sense of Agency**, **Sense of Presence** について紹介している。2.4 節では、身体所有感錯覚を通じた身体表象の変容が知覚や行動に与える影響に関して、生理反応、多感覚統合、空間知覚、認知・運動・行動という情報処理のプロセスに応じて文献が整理されている。最後に、関連研究と本論文の位置づけをまとめ、身体所有感錯覚や自己アバタの提示が実空間やバーチャル空間での人間の知覚や行動に影響するもの

の、自己アバタの **anthropomorphism** がバーチャル空間でのユーザの知覚や行動に与える影響についてはほとんど検討されていないということを指摘している。

第3章では、自己アバタの **anthropomorphism** が視覚固有感覚間の統合知覚に与える影響を検討した。実験の結果、ユーザの実際の手の動きと、バーチャル空間で表示されるアバタ（バーチャルハンド）の動きとの間に乖離がある場合に、人型のアバタを用いると、抽象的なアバタに比べ、ユーザは運動間の乖離により気づきにくく（より検出閾が高くなり）、固有感覚による位置知覚が視覚情報の影響をより受けやすくなることが示された。ただし、これらの結果には左右の運動方向（補正方向）で非対称性が見られ、実際の手の位置が身体から遠くなるような運動方向に限り、人型アバタによる多感覚統合の促進効果が得られた。

固有感覚に対する視覚優位性を利用することにより、ユーザの実際の身体運動を補正してバーチャルな身体を表示する様々な VR でのテクニックに応用可能である。

第4章では、自己アバタの **anthropomorphism** がバーチャル環境での空間知覚、特に物体のサイズ知覚に与える影響を検討した。身体に基づく空間認知 (**Body-based Scaling**) 理論によれば、バーチャル空間でアバタの表示スケールを操作することで物体のスケール知覚が変化して感じられる。実験の結果、アバタ（バーチャルハンド）の見た目が人型である場合にこの効果が確認されたが、抽象化されたアバタではほとんど除去されることが示された。この結果は、アバタの見た目に関して、身体所有感の生起しやすさと、アバタのスケールに応じた空間知覚の影響の受けやすさの間でのトレードオフが存在することを示唆するものである。

第5章では、自己アバタの **anthropomorphism** がバーチャル環境でのユーザの行動に与える影響を検討した。バーチャル空間でのユーザの **Sense of Presence** や身体所有感が高いほど、バーチャルな刺激等があたかも現実であるかのようにユーザが生理的に反応し、行動しやすいということが知られている。そこで、バーチャルな壁をユーザが突き抜けるなどの、バーチャル空間内での非現実的なユーザの行動を制限するために、自己アバタの見た目を操作する手法が有効であると仮説を立て、実験を行った。結果、見た目が本物の人間に近いアバタであるほど、実験参加者が現実空間での行動に近い行動を取る（バーチャルな壁を通り抜けることを避ける）傾向が示された。

第6章では、本論文で得られた研究成果を振り返ることで、知覚や行動などのユーザ体験への影響を考慮したアバタの設計論が俯瞰的に整理され、自己アバタの見た目によって VR 空間でのユーザの知覚や行動を制御するという新たなアプローチが提唱されている。また、課題と展望に関する議論が行なわれ、アバタの見た目に関する多次的な操

作と, 社会的インタラクションを考慮したユーザの知覚や行動への影響の検討等が展望として挙げられている.

第 7 章では, 本論文を統括して研究成果をまとめ, 論文全体の結論としている.

## 論文の内容の要旨

論文題目

()



(※論文目録の記載と同じにしてください。)

(※論文題目が外国語の場合には、和訳を括弧書きで付けてください。)

(\* The title typed here must be identical to that shown in the Thesis Table of Contents.)

(\* Add a Japanese translation in parentheses if the thesis title is written in a non-Japanese language.)

氏 名 ○○ ○○



(※学位記に記載される氏名と同じにしてください。)

(※漢字圏以外の外国人は、カタカナ表記となります。)

(\* Type your name in the same manner as you want to have shown on your degree certificate.)

(\* Type your name in katakana if you are a non-Japanese without a kanji name.)

用紙の下半分から印字。Printed from just middle of the paper.

A large grid of empty squares, 12 rows high and 20 columns wide, designed for handwriting practice. Each square is a simple black outline.

1. 「論文の内容の要旨」は、紙媒体を3部提出してください。  
また、「PDF ファイル」及び「文書ファイル（Word 等で作成したもの）（省略可。）」の電子データも併せて提出してください。
1. **Three copies of your thesis summary must be submitted in paper form.**  
**Electronic data of the thesis summary must also be submitted: a PDF file is mandatory, while submission of the original document file (MS Word or other) is**

**optional.**

2. 論文博士は日本語で記入してください。（課程博士は英文でもよい。）  
横書き、片面刷りとしてください。
2. **If you are obtaining your Doctorate degree by submitting a thesis (as a Ronpaku), your thesis summary must be written in Japanese.** (If you are obtaining your degree by completing the course requirements of a Doctorate program, a thesis summary in English is acceptable.)  
The thesis summary is formatted with **horizontal writing and single-sided print.**
3. 大きさはA 4 判とし4 ページ以内、1 0 ポイント程度の活字で印刷したものとしてください。  
(日本語の場合は4,000 字以内（英語の場合は2,000 語以内）とする。)
3. The thesis summary is to be printed on **A4-size paper** and digested into **four pages or less** using **approximately a 10 point type.**  
(The restriction is **4,000 characters** for a Japanese summary and **2,000 words** for an English summary.)
4. 第1 ページ上部に、タイトルを「論文の内容の要旨」とした上で、論文題目及び氏名を記入し、その下から内容の要旨を記載してください。
4. **In the upper part of the first page, the text “Thesis Summary” is typed and the title of the thesis and the name of the applicant are typed on subsequent lines. The main text of the thesis summary begins below the above heading section on the same page.**