



# バーチャルアバターによるプロテウス効果が仮想の壁のすり抜けに及ぼす影響の研究

藤江隆希<sup>1)</sup>, 中泉文孝<sup>2)</sup>  
Ryuki Fujie, and Fumitaka Nakaizumi

1) 大阪工業大学大学院 ロボティクス&デザイン工学研究科  
(〒530-8568 大阪府大阪市北区茶屋町1番45号, m1m23r31@oit.ac.jp)

2) 大阪工業大学 ロボティクス&デザイン工学部  
(〒530-8568 大阪府大阪市北区茶屋町1番45号, fumitaka.nakaizumi@oit.ac.jp)

**概要:** バーチャル環境は自由度の高さから利用者に自由な行動を許す一方で、壁の透過といった没入感を下げる要因も作り出す。本研究は壁の侵入を引き起こす要因として視覚的なセマンティックを提唱する。バーチャル環境から受ける視覚的な情報の一貫性とその妥当性から透過の意思決定していると仮定する。一例であるプロテウス効果を利用し、バーチャル環境内における壁の透過とその妥当性を検証する。

**キーワード:** プロテウス効果, アバター, 視覚的セマンティック

## 1. はじめに

ルームスケールのバーチャル環境は自由度が高く、実際の歩行によるロコモーションが可能である。物理的な歩行とバーチャルの歩行が一致することは没入感を高めることに繋がり、より自然なバーチャル体験を提供できるとしてルームスケールのバーチャル環境は注目されている。一方で自由度の高さゆえに問題が生じる。その例に仮想の壁やオブジェクトをすり抜けることが可能であり、こういった行為は没入感を下げる要因になる。この問題を解決として、Ogawaらの研究[1]は身体所有感を高めることでプレゼンスが向上し、壁の透過を抑制することを示した。またCmentowskiらの研究[2]はタスクタイプを反復的な課題にすることでプレゼンスを削ぎ、障害物を無視する行動を助長させたことを発見した。先行研究からプレゼンスを高めることが壁の透過を抑制する大きな要因になりえると結論付けていた。しかしどちらの研究もIPQアンケート[3]において条件間の比較ではスコアの向上が示されたのみで、有意差を認められておらず、プレゼンスのみが壁の透過を抑制した要因になりえるとは言えない。

そこで本研究はプレゼンスと異なる壁の透過を決定する要因に視覚的なセマンティックの存在を主張する。自己アバターやバーチャル空間が壁の透過に関連するスキーマをもたらす見た目とき、プレゼンスに変化を与えることなく壁の透過の回数に変化があると考え。またプレゼンスによらない説明としてLatoschikら[4]の理論に従えば、視覚的なセマンティックの変更はプレゼンスと影響を与えないと考えられる。そのため壁の透過が増加した条件とそうでない条件を比較しても、プレゼンスの評価に大きな違いが見られないと主張する。

そのために自己アバター、バーチャル空間それぞれに壁の透過を連想スキーマに持つ条件とそうでない条件の、2×2条件でタスクを実施しその間の壁の透過回数およびプレゼンス、実験中の関連スキーマなどを計測し、主張の検証を行う。

## 2. 関連研究

壁の透過を直接的な問題として研究している論文は数

少なく、まだ分かっていないことが多い。そのためプレゼンスを高めることで現実的な行動を取りやすくなること[5]を利用し、既存のプレゼンス研究に照らし合わせた研究が行われている。

boldtらは手や頭が壁に衝突する際、聴覚、視覚および振動触覚フィードバックを提示することで、ゲーム体験を低下させず壁の通過を抑制させることを示した[6]。しかしこの方法は利用者のバーチャル体験内のフィードバックに干渉する恐れや、利用者に必要以上の機材を要する可能性があります。そのためバーチャル環境の設計のみで壁の突入を避ける方法が必要です。

Ogawaら[1]は自己アバターのリアリティを高めることで身体所有感を想起させ、高いプレゼンスを提示することで抑制させられることを発見した。しかし全身アバターグループ間において行動データでは有意差を示すも、SCRやIPQにおいて有意差は見られない、行動とプレゼンスにおいて矛盾した結果を示した。

Centowskiら[2]はタスクタイプの変更によるバーチャル環境への魅力度および壁の透過度とリアリティの変更による空間的なプレゼンスの変化による抑制に注目した。

魅力的で複雑なタスクの提示は壁の透過を抑制する効果が見られた。しかし壁のリアリスティックな操作はIPQにおいてプレゼンスに有意差を示すも、行動データは56.1%対45%と有意な差を示さなかった。

このことからプレゼンスのみで壁の透過を説明することは難しいといえる。

Ogawaら[1]はこれに対し視覚的なセマンティック、いわゆるプロテウス効果が原因とし、自己アバターの変更が暗黙のうちにユーザーを非現実的な行動を促させたとしている。

プロテウス効果とは自己アバターの外見から想起される知識や用語、ステレオタイプから態度が変容する現象である[7]。この効果は人種的な偏見を低減し、自信のある行動を促進するなどメンタルヘルスアプリケーションでの有効性を高めると考えられている。小柳ら[8]はドラゴンの見目のアバターを提示することで、高所への恐怖感を軽減させることに成功している。プロテウス効果は見かけ上の

妥当性がシナリオに合致していれば、生理的な感覚の打ち消しもしくは軽減を可能にさせられることが分かっている。

また Centowski ら[2]は参加者がバーチャル環境の壁の透過について決定する理由を突き止めるために、実験後に半構造化インタビューを実施し、参加者の動機について分析した。参加者は壁を透過しない理由として、壁は固いので通り抜けられないと解答した。プレゼンスが高いバーチャル環境は現実的な行動を取るため、妥当な回答と言える。一方で壁を透過した理由として、壁の透明度の高い条件下では壁として認識していない解答も見られた。参加者はガラス壁を意味のないグラフィックと捉えることや、シナリオにマッチしないため無視しても問題のないオブジェクトと判断した者もいた。これは Simeone らの研究と一致する。参加者は非物質的な壁の周りや、池を迂回する様子が有意に確認できている。どちらも見かけだけに過ぎないが、参加者は特に理由がなければ見かけ上のオブジェクトに対して相応しい現実順守的な行動は取ることが分かった[9]。

これらのことから本研究は壁の透過においてプレゼンスと異なる原因に、見かけ上の相応しさの存在を主張する。利用者が提示されたバーチャル環境内のオブジェクトやアバターなどの見た目から、壁の透過が妥当であると判断された時、その量を増加させると考える。

壁の透過に妥当性を覚えるために必要な要素はプロテウス効果のメカニズムに則る。プロテウス効果は自己アバターの見た目から連想される知識などに従う効果で、それを強めるには自己アバターに精神的な親和性を見出すこととされている[10]。Ratan ら[11]のメタ分析で、自己に関するスキーマと自己アバターから連想されるスキーマが関連付けられると結論付けられている。一方でプロテウス効果が見られない場合もあり、自己アバターから自己にとって望ましくない性質の観測や不気味の谷効果のようなアバターに親和性を感じられないと、プロテウス効果を検出できない事も分かっている。

これをバーチャル環境に拡張する。利用者はバーチャル環境内のオブジェクトや自己アバターなどから連想されるスキーマが自身にとって有効的・親和性のあるスキーマならばそのセマンティックに従うと考えられる。

そのため本研究は以下の仮説を立てる。

H1：壁の透過のセマンティックを持つ自己アバターを提示するとき、そうでない時と比較してより利用者は壁の透過を行う

H2：壁の透過のセマンティックを持つバーチャル空間を提示するとき、そうでない時と比較してより利用者は壁の透過を行う

H3：提示されたバーチャル環境に存在する視覚的なセマンティックは利用者の行動に影響を与える

また本研究はプレゼンスとは異なる要因としてセマンティックの主張をするにあたり、既存のプレゼンス理論に基づいた説明を避けるべきと考える。

そのため本研究は Latosik らの一致度と妥当性モデル(CaP モデル)に基づいてセマンティックを解釈する[4]。CaP モデルはバーチャル環境内の感覚情報を感覚、知覚、認知の三層それぞれにおける一致度によって妥当性が決定され、妥当性はバーチャル体験におけるクオリアを決定することを示した理論モデルである。この理論はバーチャル環境内の主観的な感覚はプレゼンスでは説明しきれないとし、またプレゼンスもこの理論によって説明できるクオリアの一つだと示している。そのためバーチャル環境においてセマンティックの立ち位置と影響をプレゼンスによらな

い議論できると考える

Latosik らは認知を「社会的認知プロセス」と「高次の手がかり」、知覚を「近接知覚経験」と「近接知覚手がかり」、感覚を「遺伝的または生涯にわたる習慣的知覚」と「習慣的な感覚手がかり」と定義している。この中で視覚的なセマンティックは過去の経験や知識からなるものであり、認知層のキューである。そのためセマンティクスの変更による利用者の行動の変化は認知層のみの変更と言え、これによって評価が変化するクオリアは認知層の影響を大きく受けるもしくは認知層のみで説明できるクオリアだと言える。このことからセマンティックな認知の操作はプレゼンスに影響を与えないと考えられる。これは Mal ら[12]の研究も示しており、自己アバターや環境のスタイルを操作してもプレゼンスに大きな違いは生じないことが分かっている。そのため視覚的なセマンティックの変更のみではプレゼンスは大きな違いが発生しない。

このことから本研究は以下の仮説を立てる。

H4：壁の透過を連想させる条件とそうでない条件を比較したとき、壁の透過の回数に差はあるがプレゼンスに差は生じない

### 3. 実験内容

仮説に則り、壁の透過の連想スキーマを持つ自己アバターおよびそうでない自己アバターと同性質のバーチャル空間およびそうでないバーチャル空間を提示し、それらによって壁の透過に影響を及ぼすか2×2の被験者間実験を実施する。

参加者はランダムに選ばれた自己アバターとバーチャル空間を提示された状態で、ルームスケールマッピングを用いた没入型バーチャル環境内を移動するように説明される。モーショントラッキングデータを用いて、参加者が壁を通り抜けるかどうかと、いつ透過するか二つの指標で参加者の行動を分析する。またプレゼンス測定のためにIPQ アンケートと、提示した自己アバターおよびバーチャル空間のセマンティックの妥当性を計測する主観評価と、参加者の壁の透過に対する主観的な妥当性を計測するアンケートの実施を行う。

#### 3.1. 視覚的なセマンティック

使用するアバター、バーチャル空間の見た目は、壁の透過の抑制ではなく、透過の増加に連想スキーマをもつものを採用する。Centowski らや Simeone らの研究からもわかる通り、人は壁を透過できるものと認識していないことが殆どである。そのため視覚的なアプローチでこれ以上の透過を抑制する手法は現れる影響が小さく、効果を観測しづらいと考えられる。このことから透過にインセンティブを持つ見た目を提示する。

壁の透過を誘発させるアバターとして幽霊の見た目をしたアバターを採用する。幽霊およびお化けは多数の映画作品やゲームなどで壁をすり抜けて登場人物を脅かす光景が見られる。そういったイメージを利用し、インセンティブを図る。バーチャル空間も幽霊アバターに倣い、お化け屋敷の見た目のバーチャル空間を提示する。

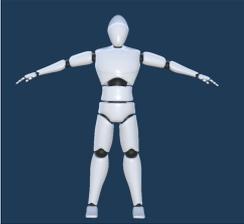
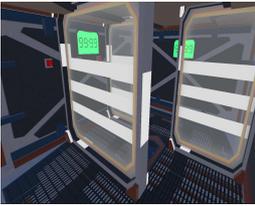
透過にインセンティブを持たない条件の採用に Cheymol ら[13]の全体的な特徴づけの理論に則る。バーチャルアバターは形や性質によらず利用できる。そのためインセンティブを持たずとも、参加者に想定と異なるセマンティックを与える可能性がある。そのため Cheymol の理論に則り、特定のセマンティックの提示を図る。Cheymol らはバーチャルアバターを分類三つの要素として人間味、現実味、類似性の三つを定義した。基本的に幽霊は人型かつフィクションの存在である。そのため人間味が高く、現実味が低い

アバターが望ましい.このことからロボットの見た目を用いることがインセンティブを持たない条件としてふさわしいと考えた.

環境は理論的な定義がなされていないため,アバターの設定に従う.幽霊に対しロボットを設定したことを踏まえ,お化け屋敷に対し SF 的観念がある空間として研究所を採用する.

以上より壁の透過を誘発させる幽霊アバターとそうでないロボットアバターの自己アバター条件と,壁の透過を誘発させるお化け屋敷とそうでない研究所の空間条件を提示する.

表 1. 実験で提示する自己アバターとバーチャル空間

	視覚的なセマンティック	
	あり	なし
自己アバター		
バーチャル空間		

しかしこれらのインセンティブ手法は参加者の文化や知識に依存している(プロテウス効果全般に言える問題である).そのため本手法が正しいセマンティックの提示であったかをアンケートを用いて計測する.実施するアンケートは全て自由記述もしくは7段階のリッカート尺度で計測する.

### 3.2. 実験タスク

実験方法は Ogawa ら[1]の実験セットアップに従う.一部本研究の趣旨に基づいて変更を行っている.

4つの実験用のバーチャルな部屋を用意し,参加者はそれぞれの部屋でタスクをこなしてもらう.全ての部屋で共通して,スタート地点から次の部屋に向かうためのテレポーターを起動するよう行動する.テレポーターは部屋に設置された複数個あるボタンを順に全て押すことで起動でき,起動している状態で上に乗ると次の部屋に移動できる.また壁は壁越しにボタンの位置を把握できるようにのぞき込むことで奥を確認できるデザインを採用した.制限時間は全ての部屋で 150 秒とし,参加者はいつでも 150 秒からカウントダウンする様子が確認できるように提示する.

各部屋の以下の狙いをもとにデザインされた.

部屋 1 は迂回可能な三つの壁を用意し,それぞれを挟むように連続した二つのボタンが三組置かれている.参加者に手の壁の貫通を誘う構造になっている.

部屋 2 では反復的なボタンの配置かつ大きく迂回が必要な壁の配置を行った.必然的に実験参加者は壁を透過することで容易くタスクが達成できる設計になっている.

部屋 3 では実験参加者が近づくとドアが閉まり,壁の透過を行わないと特定のボタンが押下できないようになっている.ただしボタンの数は少なく,制限時間を過ぎればドアは常に開放されるように設計し,現実世界の原則に従えば問題なくクリアできるようにする.

部屋 4 では二枚の迂回不可能な壁を設置し,タスクを完

了するには必ず壁を透過しなければならない設計にする.セマンティクスで有意に差が出るならば透過するまでの時間に変化が見られると考える.

なお各部屋において次の部屋へ移動するまでに要した時間とそれまでの行動軌跡,壁への侵入回数を全て計測した.壁の侵入は両手と頭の位置でそれぞれ計測する.また実験後にはセマンティックアンケート以外にも IPQ アンケートを実施し,実験中のプレゼンスを事後評価する.

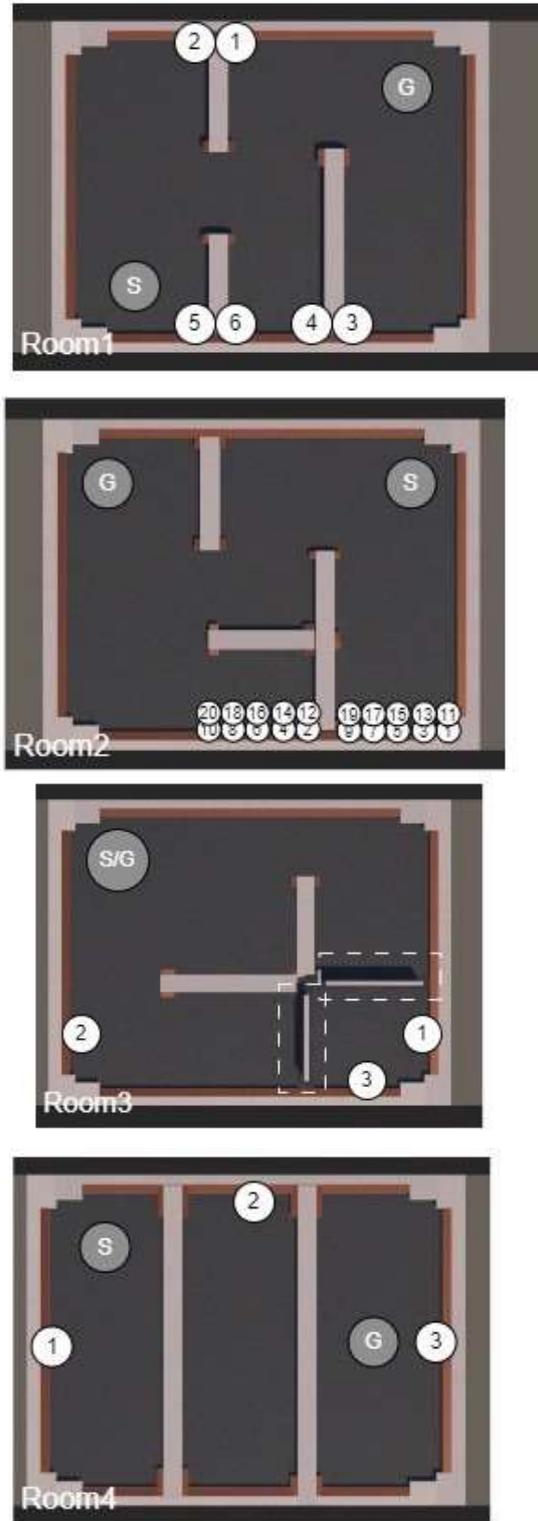


図 1. 実験で用いる各部屋の間取り.S はスタート,G はゴールを示す.番号はボタンを押す順番で,小さい値から順に押していく.また Room3 の白い点線で囲われた壁は参加者が近づくと自動的に閉じるドアの位置を示す.

#### 4. 結言

本研究は実験が未実施であり、未完成である。そのため本実験の仮説が成り立つとき示し、結言とする。

まず本実験の仮説が成り立つとき、二つのことが示すことが出来る。一つはバーチャルリアリティ内の壁抜けならば不当な行為に対し、バーチャル環境のセマンティクスを操作することで抑制できることだ。壁の透過を連想させるだけで人が有意にすり抜けるように、別の非現実的な要素も十分に促すことや抑制を可能にするかもしれない。これはバーチャル体験の妥当性をさらに増させ、より没入感のあるシナリオを提供できると考えられる。また一方で幽霊を登場させるシナリオの扱いは慎重になる必要もあり、設計者は自身が作るシナリオに応じたタブーを念頭に置いたバーチャル空間の提示が求められるようになって考えられる。

二つ目はプレゼンス指向の見直しだ。仮説ではプレゼンスと視覚的なセマンティクスは重ならない別の概念として提唱している。そのため視覚的なセマンティクスが認められるとバーチャルリアリティを利用する人は既存の研究からプレゼンス要因とセマンティクス要因を切り分けて新たに考える必要が生じる。これは既存のプレゼンスだけでは説明できなかったことを説明できる可能性を秘めている。一方でバーチャル体験における変数を増やすことにも繋がる。これは議論を必要以上に複雑にする可能性があり、慎重に扱う必要がある。そのため本研究が認められるなら、更なる検証を行い、視覚的なセマンティクスが持つ影響を具体的に明らかにしなければならない。

#### 参考文献

- [1] OGAWA, Nami, et al. Do you feel like passing through walls?: Effect of self-avatar appearance on facilitating realistic behavior in virtual environments. In: Proceedings of the 2020 CHI conference on human factors in computing systems. 2020. p. 1-14.
- [2] CMENTOWSKI, Sebastian; KRÜGER, Jens. Effects of task type and wall appearance on collision behavior in virtual environments. In: 2021 IEEE Conference on Games (CoG). IEEE, 2021. p. 1-8.
- [3] SCHUBERT, Thomas; FRIEDMANN, Frank; REGENBRECHT, Holger. The experience of presence: Factor analytic insights. Presence: Teleoperators & Virtual Environments, 2001, 10.3: 266-281.
- [4] LATOSCHIK, Marc Erich; WIENRICH, Carolin. Congruence and plausibility, not presence: Pivotal conditions for XR experiences and effects, a novel approach. *Frontiers in Virtual Reality*, 2022, 3: 694433.
- [5] SANCHEZ-VIVES, Maria V.; SLATER, Mel. From presence to consciousness through virtual reality. *Nature reviews neuroscience*, 2005, 6.4: 332-339.
- [6] BOLDT, Mette, et al. You shall not pass: Non-intrusive feedback for virtual walls in VR environments with room-scale mapping. In: 2018 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces (VR). IEEE, 2018. p. 143-150.
- [7] Yee N, Bailenson J. The Proteus effect: The effect of transformed self-representation on behavior. *Human communication research*. 2007 Jul 1;33(3):271-90.
- [8] 小柳陽光, et al. ドラゴンアバタを用いたプロテウス効果の生起による高所に対する恐怖の抑制. *日本バーチャルリアリティ学会論文誌*, 2020, 25.1: 2-11.
- [9] A. L. Simeone, I. Mavridou and W. Powell, "Altering User Movement Behaviour in Virtual Environments," in *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, vol. 23, no. 4, pp. 1312-1321, April 2017.
- [10] PRAETORIUS, Anna Samira; GÖRLICH, Daniel. How avatars influence user behavior: A review on the proteus effect in virtual environments and video games. In: *Proceedings of the 15th International Conference on the Foundations of Digital Games*. 2020. p. 1-9.
- [11] Ratan R, Beyea D, Li BJ, Graciano L. Avatar characteristics induce users' behavioral conformity with small-to-medium effect sizes: a meta-analysis of the proteus effect. *Media Psychology*. 2020 Sep 2;23(5):651-75.
- [12] MAL, David, et al. The impact of avatar and environment congruence on plausibility, embodiment, presence, and the proteus effect in virtual reality. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 2023, 29.5: 2358-2368.
- [13] CHEYMOL, Antonin, et al. Beyond my real body: Characterization, impacts, applications and perspectives of "dissimilar" avatars in virtual reality. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 2023.