

ハノイの塔を用いた問題解決におけるプロテウス効果に関する実験

的検討：課題解決パフォーマンスと動機づけとの関係

An Experimental Study of the Proteus Effect in the Tower of Hanoi:

Relationships Between Task Performance and Motivation

肖 楠[†],林 勇吾[‡]

Xiao Nan, Yugo Hayashi

[†]立命館大学大学院人間科学研究科, [‡]立命館大学総合心理学部

[†]Graduate School of Human Science, Ritsumeikan University

[‡]College of Comprehensive Psychology, Ritsumeikan University

[†]gr0630sv@ed.ritsumei.ac.jp [‡]yhayashi@fc.ritsumei.ac.jp

概要

Banakou ら (2018) の研究では, VR 空間における自分のアバターに対して持つ印象が内的動機付けや課題の成績に影響を与えることが示されている。これまで, プロテウス効果に関する研究では, アインシュタインなどの科学者のアバターが主に使用されているが, 高次の認知情報処理を有する課題のパフォーマンスにどのように影響を与えるのかというメカニズムは未だに解明されていない。そこで, 本研究では, アインシュタインのアバターによる, ハノイの塔課題に取り組む際の実験参加者の印象評価と内的動機付けへの影響を検討した。その結果, アバターに対して実験参加者の印象評価と関係なく, 成績が向上することが示された。

キーワード: バーチャルリアリティ, プロテウス効果, ハノイの塔

1. はじめに

近年, バーチャルリアリティ (Virtual Reality: VR) と人間とのインタラクションが心理学領域で研究されている。VR では, ヘッドマウントディスプレイ (HMD) を通じて第一人称視点で見た仮想体 (アバター) を, 実際の体の様に感じさせる。また, 実験参加者の体の動きはリアルタイムでアバターにマッピングされる。VR 内では, アバターを実際の身体と認識する身体所有感の錯覚が起きる (Slater et al., 2010)。身体所有感の錯覚とは, 個人が自分の身体または身体の一部ではないものを自分の身体の一部と認識する心理的な現象である。現在, 身体所有感はバーチャルリアリティ (VR) や拡張現実 (AR) の文脈で研究されている。過去の研究では, 身体所有感の錯覚が, 認知や行動に影響を与えることが報告されている。例えば, アバターの利用は使用者の内的動機付けを変えることがある (Birk et al., 2016)。また, Yee & Bailenson (2007) により, 実験参加者の行動はアバターの特徴に影響を受けることを報告している。これ

らの研究によれば, アバターにおける身体所有感の錯覚が単なる感覚的な現象にとどまらず, 人の態度や行動にも影響を及ぼす効果があることを示唆している。アバターが実験参加者の態度や行動に与える影響をプロテウス効果と呼ぶ (Yee & Bailenson, 2007)。

プロテウス効果とは, 仮想環境 (例: ビデオゲームや仮想現実) 内での実験参加者のアバターの特性が, 実験参加者の行動や態度にどのように影響を与えるかに関する概念である。この概念は, 実験参加者が自分のアバターの外見や属性を変更することで, そのアバターに合わせた行動や態度に変容することを示している。Lee & Bailenson (2014) の研究において, プロテウス効果の理論が拡張され, アバターに対するステレオタイプも実験参加者の行動や能力に影響を与えることが明らかになった。その上, プロテウス効果はアバターの特徴の一部をユーザに投影し, それによってユーザの課題におけるパフォーマンスに影響を与えることが指摘された。例えば Leung et al.

(2021) のプロテウス効果によれば, 実験参加者が実際の身長より高いアバターを利用する時, 「身長が高い人はより強い」のステレオタイプにより自尊心が一時的に上昇した。また, プロテウス効果によって, 空間高次の認知情報処理を有する課題 (Steed et al., 2016) と記憶課題 (Goldin-Meadow et al., 2001) のパフォーマンスが高くなることが分かった。

さらにアインシュタインのイメージをキャラクターとして用いたアバターの検討がある。アインシュタインは一般的に著名な科学者として認識されている。Banakou ら (2018) の研究では, アインシュタインに対するステレオタイプを利用して検討している。実験の結果, アインシュタインのアバターを用いることによって, ハノイの塔課題においてパフォーマンスが高くなることが示された。同時に Birk ら (2016) の研究によれば, 「私はこの人になりたい」, 「この人は私にとって理想的な人」などの質問が含まれている印象評価のアンケートが使用されて, 実験参加者は印象評価 (Wishful) が高いアバターを使用する際に, 内発的動機づけが高まり, 課題におけるパフォー

マンスが上昇することが示された。印象評価による内的動機付けの変化はプロテウス効果が課題のパフォーマンスに影響を及ぼす原因なのかがこれまでのプロテウス効果に関する研究でまだ検討されていない。

上記の背景を踏まえて、本研究では、仮想現実内のアバターの外見によるプロテウス効果が、問題解決課題にどのような影響を及ぼすのかを検討する。具体的には、ハノイの塔課題に取り込む間に、アバターの印象評価において実験参加者の内的動機付けがどう変化していくか、また、課題に向けてパフォーマンスが内的動機付けによりどう変わらるのかを検証する。

本研究の仮説として、アインシュタインアバターのプロテウス条件では自分のアバターを利用する非プロテウス条件と比較して、ハノイの塔課題の試行回数がより少ないと期待される(H1)。アバターのイメージについて、プロテウス効果条件では自分のアバターを利用する非プロテウス条件と比較して、印象得点(Wishful)の得点がより高いと期待される(H2)。モチベーション尺度について、プロテウス条件では非プロテウス条件と比較して、楽しさと努力の得点がより高いと期待される(H3)。独立変数は参加者間要因であるアインシュタインのアバターと自分のアバターの使用であり、従属変数は、ハノイの塔の試行回数、課題完成までの時間、内的動機付けとアバターの印象評価とした。

2 方法

2.1 実験参加者

実験参加者は平均年齢 19.8 歳 ($SD=1.84$) の立命館大学生 25 名（男性：7 名、女性：18 名）が実験に参加した。

2.2 装置

実験装置は、実験用 PC・ヘッドマウントディスプレイ (Meta Quest2) によって構成される。実験用 PC 内部では、ハノイの塔を含む VR のプログラムが動作していた。実験参加者の目標は、ディスクを別のポールに移動させることで、制約条件を逸脱しないように、すべてのディスクを別のポールに移動させる。なお、制約条件とは、(1) 一度に一つのディスクのみを移動できる、(2) 小さいディスクの上に大きいディスクを置くことはできない、(3) ディスクの上に何かある場合は、そのディスクは動かせない。実験参加者は、VR のコントローラーに反映された手でハノイの塔の課題を行う。

2.3 刺激

表示ソフトウェアは Unity を用いて開発した。実験参加者は理科教室で設定された仮想環境で、ハノイの塔に取り組んだ (Figure 1)。

実験参加者はアインシュタインのアバターと自分のアバターいずれかを使用し課題に取り組んだ。



Figure 1.ハノイの塔課題

2.4 手続き

実験参加者は自分のアバターかアインシュタインのアバターのどちらかを体験させた。プロテウス条件ではアインシュタインの外見特徴を持っていて、プロテウス効果が生じやすいアバターが設定された。これに対して、非プロテウス条件ではプロテウス効果が生じしにくい一般的なアジア人の外見特徴を持っているアバターが設定された。実験参加者は 5 分間歩行して VR 空間に慣れた。5 分後、実験参加者にアバターが自分の身体と認識されるように実験参加者は最大 10 分間で簡単なものを取る練習をした。練習が完了した後、プロテウス効果が引き起こされるのかを確かめるために、実験参加者は身体所有感のアンケートを受けた。身体所有感のアンケートは 7 段階で評価され、5 項目で構成されていた。その後、ハノイの塔の課題を行った。制限時間は 5 分間だった。課題が完了したあと、5 分間の休憩があり、休憩後に Intrinsic Motivation Inventory テスト (IMI) と Player Identification Scale テスト (PIS) を受けて、実験を終了した。

2.5 従属変数

本実験の結果は課題の難易度や課題の経験により、左右される。従って、今回の分析から、ハノイの塔課題を知っている実験参加者のデータを除外した。本研究は実験参加者の行動データ、ハノイの塔のパフォーマンス（試行回数と所用時間）を測定した。IMI は実験参加者のモチベーションを測定するため、7 段階のリッカート式の 12 項目で構成されている。PIS テストで実験参加者のアバターのイメージ (Wishful) を評価してもらった。PIS は 7 段階 5 項目で構成されていた。

アバターが内発的動機づけを通じて課題の成績にどのように影響するかに関する先行研究では、Intrinsic Motivation Inventory (IMI) と Player Identification Scale (PIS) が使用された。PIS は、アバターの印象に関する実験参加者が「どれくらいそのアバターの人物になりたいと思うか」を調査するための質問で構成されている。IMI は、enjoyment, effort, tension、

competence の 4 つの構成要素で定義されている。先行研究により, enjoyment, effort, tension の三つの要因がアバターの印象と関連していることがわかっている。enjoyment は課題中の楽しさを意味し、effort は課題に入る力を意味する。最後に、tension は負の要因として、課題中に感じたプレッシャーを表す。

2.6 分析

全てのデータは Shapiro-Wilk 検定により、正規分布を仮定できることで、t 検定を行った。プロテウス条件と非プロテウス条件、二つ条件でのハノイの塔の試行回数、IMI テストと PIS テストに対してそれぞれ対応のない t 検定を行った。

3. 結果

まず、課題のパフォーマンスについて、2 つの条件でのハノイの塔の試行回数を比較した (Figure 2)。プロテウス条件でのハノイの塔の試行回数の平均値と非プロテウス条件でのハノイの塔の試行回数の平均値との間には、5% 水準で有意な差が見られた ($t(23) = -2.26, p = .016, d = .942$)。また、2 つの条件でのハノイの塔の所要時間を比較した (Figure 3)。プロテウス条件でのハノイの塔の所要時間の平均値と非プロテウス条件でのハノイの塔の所要時間の平均値との間には、10% 水準未満で有意傾向が見られて、有意な差が見られなかった ($t(23) = -1.567, p = .069, d = -.809$)。

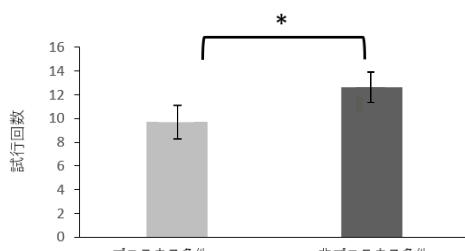


Figure 2. ハノイの塔におけるプロテウス条件・非プロテウス条件の試行回数,*は $p < .05$ を示す。

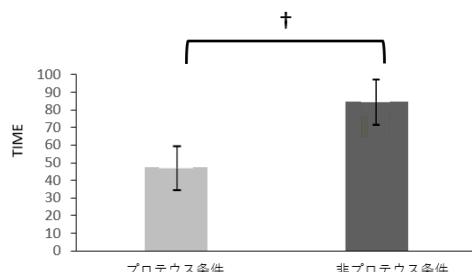


Figure 3. ハノイの塔におけるプロテウス条件・非プロテウス条件の所要時間 (秒), † は $p < .1$ を示す。

プロテウス条件と非プロテウス条件での内的動機づけを比較した。プロテウス条件と非プロテウス条件との間には Enjoyment 項目 (Figure 4) の差が見られなかった ($t(23) = -0.529, p = .300, d = -.225$)。プロテウ

ス条件と非プロテウス条件との間には Effort 項目 (Figure 4) の差が見られなかった ($t(23) = -0.259, p = .398, d = .113$)。プロテウス条件と非プロテウス条件との間には Tension 項目 (Figure 4) の差が見られなかった ($t(23) = -1.013, p = .161, d = -.422$)。

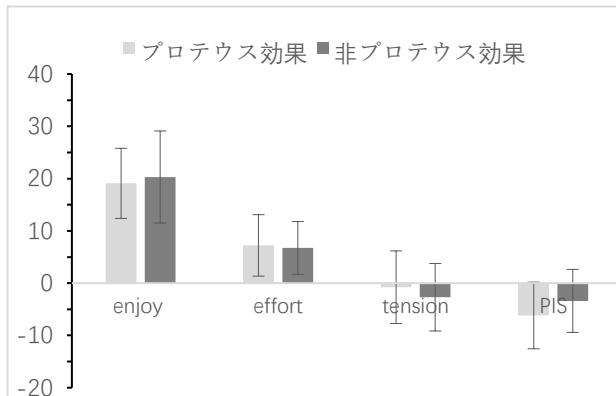


Figure 4. プロテウス条件と非プロテウス条件での実験参加者の内的動機づけ

実験参加者におけるインシュタインアバターと自分アバターの印象評価を比較した結果 (Figure 4)、プロテウス条件と非プロテウス条件との間には印象評価の得点の差が見られなかった ($t(23) = -1.023, p = .158, d = -.426$)。

4. 考察

本研究はアバターの外見が、使用者の内的動機づけと課題のパフォーマンスに与える影響に着目して検討した。H1 に関して、ハノイの塔のパフォーマンスは Banakou et al. (2018) と同様に、プロテウス条件の方が課題に対する試行回数が少なく、パフォーマンスが高いと示された。しかし、IMI と PIS テストの結果では、プロテウス条件で使用者の内発的動機は高まらず、プロテウス非条件とプロテウスアバター条件との間に印象評価の差が見られなかった (H2 と H3)。即ち、実験参加者のパフォーマンスとアバターの印象や内的動機づけとの関連性が低いことが示された。今回の実験結果によれば、アバターは確かに実験参加者の課題のパフォーマンスに影響を及ぼすが、アバターの印象評価と実験参加者の内的動機づけはプロテウス効果がパフォーマンスに影響する媒介変数ではないことが示された。ハノイの塔のパフォーマンスに関して今回の実験参加者は大学生によって、課題の難易度に関連している可能性がある。一部の実験参加者は、アルゴリズム的アプローチを用いて、サブゴールを設定し系統的にディスクを移動させる方法を採用しているが、他の参加者はランダムな動きや試行錯誤などのより探索的な方法で問題を解決することもある。本実験の予定人数に満たしていなかったと同時に、本実験は Birk ら (2016) の研究を参考にしてアンケート調査をハノイの塔課題を行った後に実施したため、IMI と PIS の結果はハノイの塔課題のパフォーマンスに影響された可能性がある。今後、異なるアバターが参加者の問題解決戦略のタイ

プにどのように影響するかを調査する.例えば,エインシュタインのようなアバターを使用する実験参加者は,認知的向上が認識されるため,アルゴリズム戦略をより多く用いる傾向があるかどうかを検討する.

5. まとめ

バーチャルリアリティーと人間とのインタラクションが研究されている.本研究の目的では,仮想現実におけるプロテウス効果が問題解決課題にどのような影響を及ぼすのかを検討した.先行研究では,使用者にとって印象評価が高いアバターを使用する場合,内発的動機付けが高まり,結果として成績が向上するとされていた.これはプロテウス効果が成績に影響を与える一つの経路である可能性があると考えられる.しかし,本研究の結果によると,使用者の印象評価と関係なく,アバターによって,使用者の成績は向上することが示された.今回の研究はプロテウス効果の仕組を解明できなかったが,課題の取り込みがアンケート調査の結果に影響を与える可能性がある.今後,プロテウス効果がどの認知プロセスで使用者のパフォーマンスを影響するのかを明らかにするために,実験の手続きを変えて,またアバターの印象や内発的動機付け以外の要因を検討する.

文 献

- Banakou, D., Kishore, S., & Slater, M. (2018). Virtually being Einstein results in an improvement in cognitive task performance and a decrease in age bias. *Frontiers in Psychology*, 9, 917.
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.00917>
- Birk, M. V., Atkins, C., Bowey, J. T., & Mandryk, R. L. (2016). Fostering intrinsic motivation through avatar identification in digital. In *Proceedings of the 2016 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 2982-2995).
<https://doi.org/10.1145/2858036.2858062>
- Goldin-Meadow, S., Nusbaum, H., Kelly, S.D., Wagner, S. (2001). Explaining math: Gesturing lightens the load. *Psychological science*, 12(6), 516-522.
<https://doi.org/10.1111/1467-9280.00395>
- Lin, J. H. T., Wu, D. Y., & Yang, J. W. (2021). Exercising with a six pack in virtual reality: Examining the proteus effect of avatar body shape and sex on self-efficacy for core-muscle exercise, self-concept of body shape, and actual physical activity. *Frontiers in Psychology*, 12, 693543.
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.693543>
- Lee, J. E. R., Nass, C. I., & Bailenson, J. N. (2014). Does the mask govern the mind?: Effects of arbitrary gender representation on quantitative task performance in avatar-represented virtual groups. *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking*, 17(4), 248-254.
<https://doi.org/10.1089/cyber.2013.0358>

Leung, G. Y., Ng, A. K., & Lau, H. Y. (2021). Effect of height perception on state self-esteem and cognitive performance in virtual reality. In *International Conference on Human-Computer Interaction* (pp. 172-184). Cham: Springer International Publishing.

https://doi.org/10.1007/978-3-030-77932-0_15

Slater, M., Spanlang, B., Sanchez-Vives, M. V., & Blanke, O. (2010). First person experience of body transfer in virtual reality. *PloS one*, 5(5), e10564.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0010564>

Steed, A., Pan, Y., Zisch, F., Steptoe, W. (2016). The impact of a self-avatar on cognitive load in immersive virtual reality. In *2016 IEEE virtual reality (VR)* (pp. 67-76). IEEE.
<https://doi.org/10.1109/VR.2016.7504689>

Yee, N., & Bailenson, J. (2007). The Proteus effect: The effect of transformed self-representation on behavior. *Human Communication Research*, 33(3), 271-290.
<https://doi.org/10.1111/j.1468-2958.2007.00299>.