

## 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

小柳 陽光<sup>\*1</sup> 鳴海 拓志<sup>\*2</sup> Jean-Luc.Lugrin<sup>\*3</sup>

安藤 英由樹<sup>\*4</sup> 大村 廉<sup>\*1</sup>

### Reducing the Fear of Height by inducing the Proteus Effect of a Dragon Avatar

Akimi Oyanagi<sup>\*1</sup>, Takuji Narumi<sup>\*2</sup>, Jean-Luc.Lugrin<sup>\*3</sup>, Hideyuki Ando<sup>\*4</sup>, Ren Ohmura<sup>\*1</sup>

**Abstract** --- Existing studies have reported that the Full Body Ownership Illusion let users perceive a virtual body as our own body. It has also revealed the Proteus Effect that avatars' appearance could affect user's behavior, attitude and mental condition by inducing the Full Body Ownership Illusion. While many studies have focused on a humanoid avatar and its psychological effects, a previous study has reported that the Full Body Ownership Transfer can be induced even in the case of an animal avatar. In case of inducing the Full Body Ownership Transfer on an animal avatar, it can be expected to induce the psychological effect different from the one by a human avatar. Hence, this study examines a dragon avatar, which has impression of strong body and flight ability, can reduce the fear of height as the Proteus Effect by the Full Body Ownership Transfer. We carried out an experiment with some scenarios where a subject transformed into a dragon and flied into a height, comparing with operating a human avatar. The results showed that transforming into the dragon avatar can improve subjective score and physiological reaction for the fear of height.

**Keywords:** Sense of Body Ownership, Proteus Effect, Immersive Virtual Reality, Avatar

### 1 はじめに

バーチャルリアリティ(VR)機器の高性能化・低廉化に伴い、一般消費者でもメタバース(インターネット上に構築された多人数参加型のバーチャル空間)においてアバタを身に纏い、VR空間で他者とコミュニケーションを取る文化が形成されつつある。VR心理学では、ユーザの運動をアバタに反映させ動作させた時、あたかもアバタを自身の身体のように知覚する感覚の転移現象が報告されている[1]。さらに、操縦対象となるアバタの外見に応じて、ユーザの態度や振る舞いに影響が現れることが報告されている。例えば、褐色肌のデジタルなアバタへ身体所有感を転移させると、サラリーマン風のアバタと比較して、打楽器をよりリズムカルに叩くことが報告されている[2]。すなわち、アバタを身に纏うことは、知覚・認知的にアバタが自身の物理的な身体であるという表象を与えるだけではなく、自身がどのような存在であるか、という自身の身体イメージを変え、心理

的側面にも影響を及ぼすと考えられる。このような、アバタがヒトの心理的状態・態度・振る舞いに影響を与える効果をプロテウス効果と呼ぶ[3]。アバタによって自由に身体を変え、それに応じた心理的効果を得られるようになった現在のソーシャルVRコンテンツによって、人類史初の身体を自由に換えられる時代が到来したといえる。こうした状況において、身体所有感を転移可能なアバタの範囲やそれに伴う副次的効果を明らかにすることは、社会におけるアバタの活用や応用範囲を広げ、アバタ社会の実現に貢献すること繋がると考えられる。

これまで、身体所有感やプロテウス効果の調査対象となってきたのは、主にヒト型アバタであった。既存研究では、年齢・サイズ・性別・種族・姿勢・人間的な見た目を問わず、様々な外見のアバタに対して身体所有感が生起しうることが報告されてきた[4-8]。そのため、ヒト型アバタの身長や体格、見かけ上の特性を変えた際に、ヒトの心理的状態や振る舞いがどのように変化するかが調べられてきた。他方、近年では動物アバタを対象とした場合にも身体所有感が生起可能であることもわかってきた[9,10]。鳥における飛行能力など、動物はヒトにはない身体能力を持つ。動物アバタを使用する場合に、こうした身体能力や身体特性の違いが強い印象をユーザに与えると、その印象に応じた心理的効果が発現する

\*1 豊橋技術科学大学大学院 情報・知能工学専攻

\*2 東京大学大学院 情報理工学系研究科 / JST さきがけ

\*3 ヴェルツブルク大学 ヒューマンコンピュータインタラクション

\*4 大阪大学 大学院情報科学研究科

\*1 Toyohashi University of Technology

\*2 University of Tokyo / JST PRESTO

\*3 Würzburg University Human Computer Interaction

\*4 Graduate School of Information Science and Technology, Osaka University

可能性がある。これまでほとんど取り組まれていない動物アバタによって生じるプロテウス効果が明らかになれば、今後調査すべきプロテウス効果の誘発対象がヒト型に留まらず動物アバタへまで広がり、ヒトの形態や能力という制約に縛られたヒト型アバタでは解決できない問題を解決する糸口となることが期待できる。

非ヒト型アバタへの没入に関する既存研究では、サンゴ礁アバタ、および、子牛アバタに対して身体所有感を転移することが被験者の環境の持続可能性に対する意識を高めることが報告されている[11]。また、筆者のこれまでの研究では、鳥アバタへの身体所有感の生起によって、飛行体験中の没入感が向上したことを報告している[10]。しかしながら、飛行能力といったヒトにはない能力の影響を活用して、被験者の心理状態や態度、振舞いに影響を与える研究はまだ報告されていない。

そこで本研究では、ドラゴンアバタを対象に非ヒト型のアバタに対するプロテウス効果の調査を進める。具体的には、ドラゴンの持つ強靱な身体、飛行能力という印象から、高所への恐怖を改善できると仮説を立て、研究を進める。既存研究では、ヘッドマウントディスプレイ(HMD)のような没入型機器を利用して人工的に高所を再現した場合においても、ヒトは高所への恐怖を感じる事が報告されている[12]。このことから、人間にとって高所への恐怖は潜在的な生理現象であることがわかる。さらに、このような恐怖を誘発する環境下では、物体との距離感把握や特定の作業パフォーマンスが低下することが報告されている[13]。近年では、飛行するドローンのカメラ映像を地上に居る操縦者のHMDに転送することで、あたかもドローンを自己の身体として操作する技術が確立されつつある[14]。飛行能力と強靱な身体を持つドラゴンの印象が、高所への恐怖を抑制するプロテウス効果となって発現される、という本研究の仮説が支持されれば、一人称でドローンを操作し、高所へと移動した際に生じる恐怖を克服出来る手法への応用が考えられる。また、空中だけではなく、ヒトが恐怖を誘発しやすい環境であろう深海や宇宙を探索するドローンも登場している。本研究においてドラゴンアバタ利用時のプロテウス効果が明らかになれば、これに続いて様々な環境に適用する心理的效果を得るための、動物型アバタの調査へと研究領野が広がると考えられる。

以上をまとめると、本研究の貢献は、プロテウス効果の応用可能性を広げること、ヒトにとって高所への恐怖という潜在的な生理現象を抑制する効果を明らかにすることである。

以下、2章では、身体所有感、および、プロテウス効果に関する関連研究を述べ、本研究の位置を定める。3章では、ドラゴンアバタのプロテウス効果を検証する実験を説明する。4章では3章の実験の結果を述べる。5

章では得られた結果を考察し、6章にて本研究の成果をまとめる。

## 2 関連研究

ある身体が自分の身体である、という感覚を身体所有感と呼ぶ。通常、自分の身体以外を自身として認知することはない。しかしながら、VR心理学では、アバタとユーザとの間で多感覚情報を同期提示することで実験的に身体所有感をアバタへと転移可能であることが報告されている(視覚-体性感覚[1]、視覚-自己受容感覚の同期など[4])。特に、ユーザの運動をアバタに反映させて操作する視覚-自己受容感覚の同期は、アバタと被験者との間の外見的特徴に違いがあった場合にも身体所有感を生起させることを報告している。例えば、子供アバタ、異性のアバタ、ロボットアバタなど、明らかに現実の身体とは異なる場合においても身体所有感が生起可能である[4-8]。

アバタを操作する際、そのアバタの外見に応じてユーザの心理的状态・態度・振舞いなどに影響が現れる。この心理効果をプロテウス効果と呼ぶ[3]。プロテウス効果の最初の研究では、アバタの魅力が高いほど、交渉に関するゲームへの積極性が向上することが報告されている。プロテウス効果はユーザの振舞いだけではなく、アバタの外見が与える印象を自身に反映させ、認知機能や知覚能力にも影響を及ぼすことが報告されている。カジュアルな服を着た褐色肌のアバタでは、打楽器を叩く課題を行った時にサラリーマン風のアバタと比較してよりリズムカルに打楽器を叩くことが報告されている[2]。また、子供サイズアバタに対する身体所有感の生起は、同サイズの大人アバタを使用する場合と比較して、周囲の空間のサイズをより大きく見積もることが報告されている[4]。さらに、自己肯定感が低い被験者がアインシュタインアバタに対して身体所有感を生起することで、認知機能テストの成績が向上することがわかっている[18]。また、他者への共感にも影響を及ぼすことが報告されている。異なる人種のアバタへ身体所有感を生起させる体験は、その人種に対する潜在的な偏見を減少させることが報告されている[7]。これらのことから、ユーザが自身の身体に対して抱いているイメージがアバタへの身体所有感の生起によって、そのアバタの外見から想起されるイメージへと近づいていることがわかる。また、身体所有感だけではなく、VR体験下で実施するシナリオがユーザの態度に影響を及ぼすことが報告されている。アバタに対する身体所有感という文脈ではないが、空を飛び子供に菓子を届ける課題が、条件によって向社会的な行動を促進することが報告されている[19]。スーパーヒーローとなって空を飛ぶ条件では、ヘリコプタのパイロットとして空を飛ぶ条件と比較して、実験後に実験者が

ペン立てをわざと落とした後、積極的にペンを拾う手助けをすることが報告されている。このことから、身体所有感を生起するだけではなく、自身がどのような存在であり、どのような能力を持っているのかを強く印象づけることが、認知や行動の変容にとって重要である可能性がある。しかしながら、プロテウス効果では、ヒト型のアバタが主な対象とされてきた。

他方、アバタが人間の身体構造と異なる場合、すなわち非ヒト型アバタに対しても身体所有感を生起可能なことが報告されている。例えばしっぽのあるアバタ[15]、実際よりも2・3倍長い手[16]、呼吸によって動的に大きさが変形するアバタ[17]に対しても身体所有感が生起することが報告されている。このことから、ユーザの動作に対してアバタの動作がフィードバックされるような機構を作ることが、身体所有感の生起に重要であることがわかる。このような非ヒト型アバタへの身体所有感に関する既存研究に基づき、近年では、虎や蝙蝠、蜘蛛といった動物アバタに対しても身体所有感を生起可能であることが報告されている[9,10]。さらに、筆者の研究では、鳥アバタに対しても身体所有感を生起可能であることを報告している。アバタにヒトの四肢に相当する身体部位があれば、自身の人間としての身体と同様の操作でアバタを動かすことができ、ヒト型アバタと同程度、あるいはそれ以上の身体所有感が生起可能である。

このように、非ヒト型のアバタに対しても身体所有感が生起可能であることがわかっている一方で、非ヒト型アバタのプロテウス効果はまだ十分に多くはない。非ヒト型アバタにおいても共感に関する効果が報告されている。例えば、サンゴ礁アバタへ身体所有感を生起させる実験では、実験参加後に被験者の環境保全・維持に対する意識が向上したことが報告されている[11]。この研究では、サンゴ礁アバタとなって酸化していく海中のVR空間に身を置き、最終的に自身のアバタであるサンゴ礁が酸化によって割れる経験をする。ここではサンゴ礁としての一人称体験が環境意識を変化させることが示されているが、非ヒト型アバタを能動的に操った際の能力が知覚や認知にどのような影響を与えるかについては議論されていない。

ヒトアバタ以外の利用に関しては、行動様式の変化やVR体験への感じ方への変化が報告されている。例えば、怪獣アバタを操作した場合、ヒト型アバタと比較して、歩調に変化があることが報告されている[20]。また、筆者のこれまでの研究では、アバタに対して身体所有感を生起した後に飛行するVR体験をしたとき、ヒト型アバタで飛行した場合と比較して、鳥アバタで飛行した場合にはより飛行体験に対する没入感が向上したことが報告されている。さらに、ロボットアバタへ身体所有感を生起することで、身体が頑強になったような表象を与え、高所への恐怖を抑制することが報告されている[21]。こ

のように、ヒト以外の容姿を持つアバタに対しても自身の認知機能の変容するような印象を与えることが可能であることが報告されている。

しかしながら、筆者の知る限り、動物アバタの持つヒトが持ちえない特徴によって態度や心理的状态に影響を与えるプロテウス効果は、これまで報告されてはいない。動物には、鳥における飛行能力など、ヒトにはない身体能力を持ち合わせている場合も多く、この能力へのイメージがアバタに対する印象となり、特定のプロテウス効果を生むと考えられる。そこで、本研究ではドラゴンアバタを対象に研究を進め、ヒトにはない印象によって得られるプロテウス効果の獲得を目指す。具体的には、ドラゴンが持つ、強靱な身体、および、飛行能力を持つ、という特徴から、高所に対して抱く恐怖や落下してしまう不安感などの否定的な印象を改善することを目指す。なお、すでにロボットアバタへのプロテウス効果によって高所への恐怖を改善することが報告されているが、この研究では生理的反応に有意差があったことが示されていない[21]。本研究では、落下の不安感や高所に対して抱いている印象など、主観的評価な恐怖を多様な面から評価するとともに、生理的反応による客観的評価も行う。

### 3 アバタの見た目が高所への印象に及ぼす影響の調査実験

本研究では、ドラゴンが持つ、強靱な身体、および、飛行能力というヒトにはない特徴を、アバタを通して自己に属するものとして感じさせることによって、高所への恐怖の改善を図り、ヒトの生得的反応に基づく限界の解決を目指す。そのために、本実験では、被験者が高所に臨むVRに晒されたとき、ドラゴンアバタとヒトアバタとの間で高所への反応にどのような違いが現れるのかを調査する。

#### 3.1 実験環境

実験プログラムは、Unity 2018.3 で作製された。プログラムを実行したPCは、OSにWindows 10 Home Edition、CPUにIntel(R) Core(TM) i7-7700K (4.20GHz, 4.20GHz)、GPUにGeForce GTX1080、実装メモリ16.0GBを搭載したものであった。ヘッドマウントディスプレイ(HMD)としてはVive Pro (HTC社製、解像度2880x1600、リフレッシュレート90Hz、視野角110度)を使用し、被験者に視覚情報を提示した。被験者の身体部位の取得にはモーションキャプチャスーツであるXSens (MVN社製、レイテンシ20ms、両手・両足・両手首・両足首・両肘・両膝・両肩・腰・頭部の計16点をトラッキングし、アバタに反映する)を使用した。

### 3.2 実験条件

既存研究では、プロテウス効果が発現する手順として、単純に身体所有感を特定のアバタに転移するだけではなく、VR体験においてそのアバタに則したシナリオを進行している[11,19]. そこで本研究では、ドラゴンアバタ(図1左)を操作してドラゴンになりきるドラゴンシナリオ条件と、ヒトアバタ(図1右)を操作するヒトシナリオ条件を設定した. 実験は被験者内計画で行った. なお、視点の違いの影響を無くすため、ドラゴンアバタの身長はヒトアバタの身長に合わせた. ヒトアバタは性別に応じたアバタを提示した.

各条件は基本的に共通する実験シナリオに基づいて進行される. まず、実験の開始直後、被験者はアバタを動かす、自身の実際の体とアバタとの運動の同期性を確認する. さらに、実験者が被験者の身体に触覚情報を提示するとともに、アバタの身体部位に視覚的に触られているように見える情報を表示する. これらの手続きは既存研究に基づいており、運動の同期と多感覚情報の同期提示によってアバタに対して身体所有感を強く生起することを狙っている[4-8]. その後、被験者は実験者の指示にしたがって VR 空間上を移動し、その時に操作しているアバタと同じ外見をしたキャラクター(ドラゴンもしくはヒト)とコミュニケーションを取りながら VR 空間を巡回していく. この時、実際の歩行移動だけでは物理的な移動距離が足りなくなるため、実験中は 3.4 節に記載する飛行移動方法を利用可能とした. これは、ドラゴンに飛行能力があることを印象付ける要因としても機能する. なお、飛行移動はヒトアバタでも可能であった. これは、アバタの見た目の効果によらず、単に飛行体験



図1 ドラゴンアバタとヒトアバタ

Fig.1 A dragon avatar and a human avatar

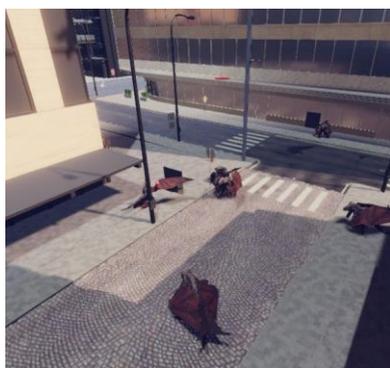


図2 実験で使用する VR 空間

(画像はドラゴンシナリオ条件のもの)

Fig.2 Virtual environment for an experiment  
(This picture is under the dragon scenario condition)

を繰り返すことが飛行に対する恐怖を低減する効果が生じることも考えられるため、条件間で飛行経験の違いが生じることを防ぐためである. VR 体験の最後には、VR 空間内のリフトに乗るように指示した. このリフトが高所まで上昇して停止した際に、どの程度主観的な恐怖を感じたかを評価させた. 高所に対する恐怖を誘発させる本課題は、既存研究に基づいて設計された[21].

ドラゴンシナリオ条件では、ドラゴンアバタを操作させ、周りにはドラゴンのキャラクターを配置した. ドラゴンシナリオでのキャラクターとのコミュニケーションは、翼や頭を使って 5 秒程度相手を毛繕いするように撫でる事であった. そしてすべてのドラゴンのキャラクターにスキンシップを行った後、叫び声を音声認識し、炎を吐く機能を動作させた. これをドラゴンへと変身するシナリオとした.

ヒトシナリオ条件では、ヒトアバタを操作させ、周りにはヒトのキャラクターを配置した. ヒトシナリオ条件でのコミュニケーションは、キャラクターの前に行き、手をあげて挨拶をおこなうことであった. このとき「はい」という音声で挨拶として認識させ、キャラクターにはその挨拶に答えるように反応させた. ヒトシナリオ条件の場合には被験者は炎を吐くことはできなかった.

### 3.3 実験手続き

被験者が実験室に到着次第、インフォームド Consent の上、同意書に自署させた. 被験者にモーションキャプチャスーツ XSens を装着させ、スーツのキャリブレーションを行った. XSens のキャリブレーション完了後、Vive Pro を装着させ、実験で用いる VR 空間を表示し、実験説明を行った. この時、HMD の装着具合の調整およびアバタの各部身体部位の位置と被験者が知覚している自己身体位置との調整を行った. 調整後、周囲のキャラクターの元へ行き、コミュニケーションを行うことが本実験の課題であることを説明した. また、飛行移動の方法について説明し、実際に飛行移動の練習として VR 空間上を 5m 程度移動させた. 機材とアバタの調整、実験説明を終えた後、被験者の準備が整い次第、実験の本番を開始した. 実験条件はカウンターバランスをとって提示した.

実験開始直後、被験者には図2に示す VR 空間が視覚的に提示される. 初期位置の前方には鏡があり、被験者は主観視点と鏡を介して、自身とアバタとの運動の同期性を確認することができた. 実験者は被験者に以下のような手順でアバタを操作するように指示した.

1. 片手を挙げて手を振り、その様子を主観視点と鏡で確認すること. 終わり次第、手を下ろし、他

方の手で同様の運動をすること。

2. 胴体を見下ろし、片足ずつ前に出してその様子を主観視点と鏡で確認すること。終わり次第、他方の足で同様の運動をすること。
3. 前傾姿勢をとり、その姿勢を鏡で確認すること。
4. その場でしゃがみ、その様子を鏡で確認すること。
5. 左右前後を一步だけ歩くこと。
6. 右に身体を向けたあと、左に身体を向け、最後に鏡がある前方に身体を向けること。
7. 20 秒間、身体を自由に動かして運動の同期性を確認すること。

実験では図 3(上)のように、被験者の身体運動に伴ってアバタを操作することができた。上記の指示で運動の同期性を確認させた後、被験者に両手を広げるように指示した。そして、広げられた被験者の両手に対し、実験者が Vive 用のコントローラで触れ、同時に赤い球体がアバタに触れている視覚情報を提示した。この時、赤い球体はコントローラのトリガの入力に応じてあらかじめ設定した位置を移動するようにした(図 3(下)参照)。

運動の同期性・視触覚の同期性の両方を確認した後、被験者に飛行移動して VR 空間上のキャラクターのもとまで移動し、スキンシップをとるように指示した。VR 空間上に配置された 5 体のキャラクターにスキンシップを取ったのち、図 4(左)に示すリフトに乗る一步手前まで移動するように指示した。指示した位置まで移動した後、リフトに乗るように指示した。このとき、リフトにあたる現実の位置に、リフトと同じサイズの台を置いた。

その後、被験者は自身が乗っているリフトが 5m 刻みで段階的に高所へと上昇していく様子を見る(図 4(右))。リフトが停止すると、被験者には周囲を見渡させ、その際に感じた主観的な恐怖を評価するように指示した。既存研究では、ヒトが高所に対して感じる恐怖は 40m で飽和するとされている[22]。この知見に基づき、リフトは地上(0m)から、最終的に高度 40m まで上昇させた。40m 時点での恐怖を評価した後、その試行を終了し、3.5 節に示すアンケートに答えるように指示した。その後、異なる条件で同様の実験を行った。

### 視覚-自己受容感覚同期



### 視覚-体性感覚同期



図3 視覚-自己受容感覚同期と視覚-体性感覚同期

Fig.3 Visuo-proprioceptive stimulus synchronization and visuo-tactile stimulus synchronization



図4 リフトによる高所への移動

Fig.4 Locomote to upward using a lift

### 3.4 飛行方法

本研究で用いる VR 環境では、実際の移動に加え、飛行することで VR 空間を移動することができる。ここでは、その飛行方法を説明する。

最初に、被験者は羽ばたきジェスチャを行うことで、空中へと上昇する。羽ばたきジェスチャとは、肩よりも手を上に挙げた状態で 1 秒以内に振り下ろすものである。さらに、被験者は前傾姿勢を取ることで、視線方向へと前進することができた。なおこの飛行方法は、ドラゴンが空を飛ぶような方法を意図して製作した。また、飛行によって移動できる高度には制限があり、地上から上昇できる高さは最大 3m までとした。これは、飛行移動によって被験者が意図的に上空へと移動することで、高さの刺激に慣れてしまうことを防ぐためである。

### 3.5 評価方法

#### 3.5.1 主観的評価

被験者には、表 1 に示す事前アンケートに回答するように指示し、実験前の高所に対する印象を評価した。高所に対する印象は、高所に対する態度を評価するために用いられる Attitude Toward Heights Questionnaire (ATHQ) を使用した [23]。ATHQ は Semantic Differential 法に基づく高所への態度の 6 項目の質問で構成される。各質問に対して、0(肯定的な態度)~10(否定的な態度)の範囲で回答を求めた。1 試行終了後に同様のアンケートに答えてもらい、異なるアバタの使用でどのように高所に対する印象が変化するかを調べた。分析には 1 試行での評価と事前アンケート時の評価の差分を用いた。

実験の最中、高所へと段階的に上昇する際に、被験者には Subjective unit of disturbance(SUD)に回答させた[24]。SUD は主観的な不安を測定する尺度である。本研究では、上昇後、段階的に停止し、高所を見渡した直後に 0(全く恐くない)~ 10(非常に恐い)の範囲で主観的な高所状況に感じた恐怖感を回答させた。なお、高所に耐えられず、途中リタイアした被験者の評価は、リタイア後の各 SUD すべてを 10(非常に恐い)として評価した。

1 試行終了直後、HMD を外し、身体所有感、変身感(あたかもアバタに変身していたような感覚)、飛行感(あたかも空を飛んでいたような感覚)、頑強感(リフトから落ちても平気であると感じた感覚)、高所への恐怖、高所への不安を評価するように構成された表 2 に示すアンケートに答えるように指示した。いずれの質問項目も 7 段階のリッカートスケールとなっており、「1」が全く感じない、「7」をとても強く感じたとして評価させた。

#### 3.5.2 客観的評価

ヒトは脅威に晒されたときに発汗量が増加することから、既存研究では脅威に晒された時の刺激としてガルバニック皮膚反応が用いられる。高所の恐怖を測定する課題においてもガルバニック皮膚反応が恐怖への反応の指標として用いられる[21]。本研究でも既存研究に基づき、ガルバニック皮膚反応を客観的指標として用いて分析を行った。なお、ガルバニック皮膚反応の評価値は、特定の高度に達した時から次の高度に移るまでの間に取得された反応値の最大値から、地上にいるときの安静時の平均を引いたものを利用した。

表1 ATHQ の質問項目

Table.1 Questionnaires in ATHQ

0	良い - 悪い	10
0	心地良い - 不快な	10
0	楽しい - 恐ろしい	10
0	安全な - 危険な	10
0	脅威的でない - 脅威的な	10
0	無害な - 有害な	10

表2 事後アンケート

Table.2 Questionnaires in post-questionnaire

Q1	身体所有感 (主観)	主観視点に映ったアバタをどの程度あたかも自分の体であるように感じたか
Q2	身体所有感 (鏡)	鏡に映ったアバタをどの程度あたかも自分の体であるように感じたか
Q3	変身感	自分がどの程度あたかも(ドラゴン/ヒトアバタ)に変身しているように感じたか
Q4	落下への不安	高所を見たとき、落下する不安をどの程度抱いていたか
Q5	高所への恐怖	体験の最中、高所の恐怖をどの程度強く感じていたか
Q6	飛行感	空飛んだ時、あたかも空を飛んでいるようにどの程度感じたか
Q7	頑強感	リフトからたとえ落ちても平気であるように感じた

## 4 実験結果

31 名の被験者がインフォームドコンセントを受けて同意書に自署した上で実験に参加した。内 1 名、VR 酔いを報告し、実験を中断した。また、高所の恐怖耐えられずにリタイアした参加者が 2 名いたが、本人が実験の続行の意志を示したため、その時点でその試行を中断し、次の試行へと移行した。高所が原因となってリタイアした参加者の評価値の SUD は、リタイアした時点での高度以降は 3.5 節に記載している通り、すべて 10(非常に恐い)とした。またリタイアした参加者の生理反応は比較ができなくなるため、分析には用いなかった。

### 4.1 主観的評価

図 5 に 1 試行終了ごとの ATHQ(表 1)の変化の結果を示す。図 6 に事後アンケート(表 2)の結果を示す。図 7 に SUD の結果を示す。いずれも対応のある t 検定(有意水準 5%)を用いて分析した。

ATHQ に関して、「良い-悪い」以外のすべての評価項

目に関して、ドラゴンアバタで有意に低い評定値が得られた(「心地よいー不快な」: $t = -3.462, p = 0.0020$ , 「楽しいー恐ろしい」: $t = -3.2262, p = 0.0036$ , 「安全なー危険な」: $t = -5.9167, p = 0.0000$ , 「脅威的でないー脅威的な」: $t = -3.8189, p = 0.0008$ , 「無害なー有害な」: $t = -5.4944, p = 0.0000$ ). このことから、ドラゴンアバタを操作することで高所に対する態度が改善され、肯定的な評価へと変化したことが示された。

事後アンケートに関して、落下への不安、高所への恐怖、頑強感に関して、アバタ条件間で有意差が見られた(落下への不安: $t = 3.7911, p = 0.0007$ , 高所への恐怖: $t = -5.5482, p = 0.0000$ , 頑強感: $t = 5.2976, p = 0.0000$ ). このことから、ドラゴンアバタを操作する事で、ヒトアバタを操作する場合よりも、高所に対して抱く否定的な印象が軽減されることが示された。

SUDに関して、高度10m以外のすべての高度において、アバタ条件間で有意差が見られた(5m:  $t = -3.2625, p = 0.0033$ , 15m:  $t = -3.7039, p = 0.0011$ , 20m:  $t = -3.4641, p = 0.0020$ , 25m:  $t = -4.3296, p = 0.0000$ , 30m:  $t = -4.8614, p = 0.0000$ , 35m:  $t = -5.5, p = 0.0000$ , 40m:  $t = -5.547, p = 0.000$ ). このことから、ドラゴンアバタを操作することで、高所に対する主観的な恐怖が抑制されることが示された。

また、高所の恐怖に耐えられずリタイアした参加者が2名いた。内1名はヒトシナリオ条件において、20mの段階でリタイアしたのに対して、ドラゴンアバタでは最後まで実験を続けることができた。もう1名は、ヒトシナリオでは15mでリタイアし、ドラゴンシナリオでは30m時点でリタイアした。

以上をまとめると、高所に関する印象の主観的な評定値のすべてにおいて、ドラゴンアバタを用いることがヒトアバタを用いる場合よりも評定を改善させる(高所への恐怖を軽減させる)ことが明らかとなった。

#### 4.2 客観的評価

データの破損、および、リタイアによるデータの欠損を引いた、23名のデータを分析に用いた。分析の結果、5m, 10m, 25m, 30mの時のガルバニック皮膚反応について、アバタ条件間で有意な差が見られた(5m:  $V = 61.5, p = 0.03356$ , 10m:  $V = 59.5, p = 0.02815$ , 25m:  $V = 60, p = 0.03012$ , 30m:  $V = 55, p = 0.03426$ ).

このことから、主観的な反応だけではなく、生理的な反応の面、すなわち潜在的な面においても、ドラゴンアバタの使用によって特定の高度で感じられる恐怖を抑制可能なことが示された。

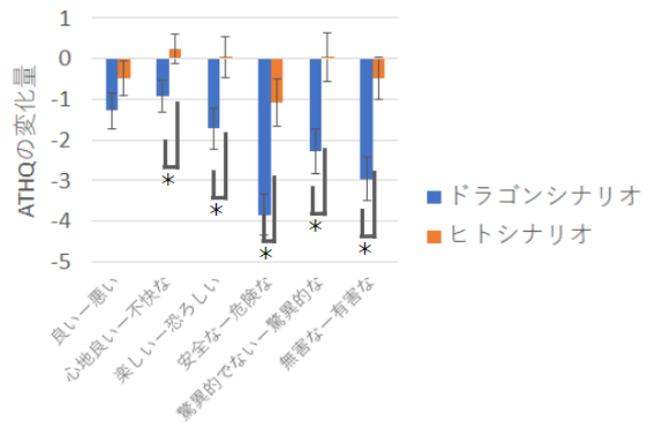


図5 ATHQの結果(エラーバーは標準誤差を示す)  
Fig.5 Results of ATHQ (Error bar shows standard error)

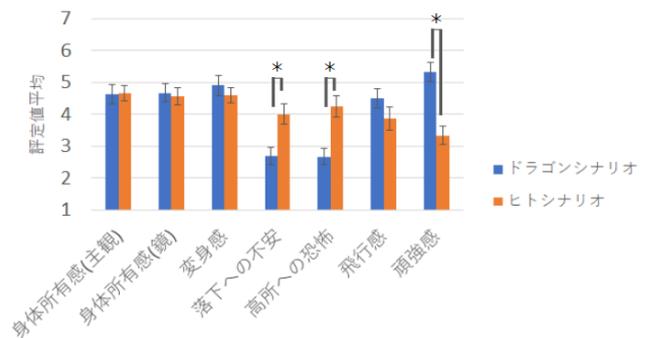


図6 事後アンケートの結果  
(エラーバーは標準誤差を示す)

Fig.6 Results of post-questionnaire  
(Error bar shows standard error)

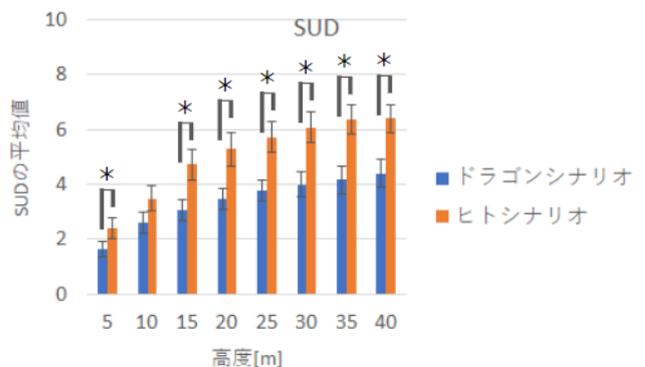


図7 SUDの結果(エラーバーは標準誤差を示す)  
Fig.7 Results of SUD (Error bar shows standard error)

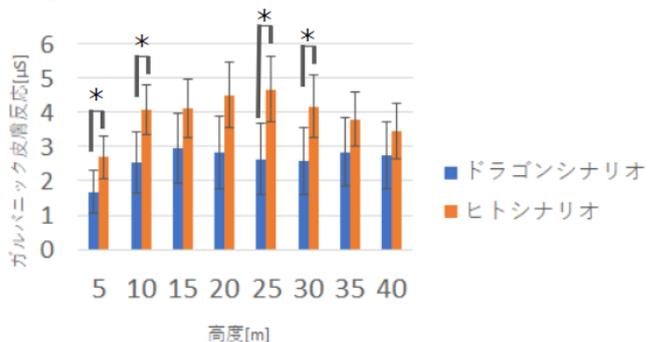


図8 ガルバニック皮膚反応の結果  
(エラーバーは標準誤差を示す)

Fig.8 Results of Galvanic Skin-conductance Reaction  
(Error bar shows standard error)

#### 4.3 コメント

実験参加者からは、以下のようなコメントが得られた

- ・ 飛行移動を経た後でも、ヒトアバタだと高所に移動した際に飛行能力があるから大丈夫であるとは思えなかった…11件
- ・ 翼があるため、空を飛んでしまえばいいと思ったため、落下への不安等には平気であった…17件
- ・ ドラゴンアバタのほうが、体験がよりリアルに感じられた…6件
- ・ 体験のリアルさは同程度であった…6件
- ・ ヒトアバタのほうがリアルな体験であった…3件
- ・ ヒトアバタだと最後のほうで足がすくんで身体が震えた
- ・ ヒトアバタはだんだん高さが怖くなってきた
- ・ ヒトアバタで台に乗った時とドラゴンアバタで最も高い場所に上昇した時の恐さの度 1 合いは一緒であった
- ・ ヒトアバタだと周りを見渡せなかった
- ・ ドラゴンアバタでは、ヒトアバタと比較して主観的に半分程度に恐怖が減少したように感じた
- ・ ヒトアバタだと落ちたら無事ではすまないと感じた…2件
- ・ ヒトアバタだと周りがより小さくなって見えた…2件
- ・ ドラゴンアバタでは体積が大きい分、強くなった感覚がある…2件

#### 5 考察

主観的評価からは、ATHQ の「良い-悪い」という印象以外、すべての質問項目でドラゴンアバタでは改善が見られた。また、SUD に関しても高度 10m を除いて恐怖の抑制効果が見られた。事後アンケートでは、落下に対する不安、高所への恐怖、頑強感に関して改善が見られた。

コメントからは、高所に臨んだ際には、ドラゴンアバタに対する肯定的な意見が多く、ヒトアバタに対しては否定的な意見が多く見られることが示唆された。興味深いことに、いずれの条件も低空ながら空を飛んで移動したにもかかわらず、高所に臨んだ際にヒトアバタで空を飛べるイメージを持った被験者はいなかった。一方で、ドラゴンアバタでは翼があることから空を飛べるイメージがついたことをコメントした被験者が多く見られた。これは、高所に臨んだ際に、例え VR 世界で人の身体能力を超える超能力を持っている経験をしたとしても、それが一般的なヒトアバタである場合には、ヒトの持ちうる能力や身体というメンタルモデルに引きずられてしまうとい

う可能性を示している。一方でドラゴンアバタでは、いままでの生涯において自身がヒトの身体で生活しており、短時間のアバタの操作であるにも関わらず、メンタルモデルがヒトのものではなくなっていた可能性が考えられる。コメントをまとめると、自身の身体イメージがドラゴンの与える印象で補正され、高所に対する態度に強く影響を及ぼしたことがわかる。

客観的指標では、特定の高度(5m, 10m, 25m, 30m)において、アバタとの間にガルバニック皮膚反応が有意な差を示していた。このことから、意識に立ち昇らない潜在的な側面においてもドラゴンアバタは恐怖を抑制したことがわかる。

以上をまとめると、ドラゴンアバタはヒトアバタと比較して、有意に高所に対する恐怖を抑制することが示された。またコメントから、この恐怖の抑制となった要因が、ドラゴンが翼を有し、飛行能力のイメージを結びつけやすいからである可能性が示された。

#### 6 まとめ

本研究では、動物の持つヒトにはない能力がアバタを操作するときの印象に現れ、動物アバタならではのプロテウス効果を獲得できるのかを調査した。具体的には、ドラゴンの持つ、飛行能力と強靱な身体の影響によって、高所への恐怖が抑制されると仮説を立て、高所に臨む VR 実験を実施した。実験では、ドラゴンアバタかヒトアバタのいずれかを操作し、実験者の指示に従って飛行移動しながら VR 空間上のキャラクタとコミュニケーションを取る課題を行った。指定の課題の終了後、被験者に VR 空間上のリフトへと乗るように指示した。リフトは 5m 刻みで段階的に上昇し、最終的に 40m まで上昇した。被験者はリフトが段階的に停止した後、主観的な恐怖を評価した。

実験の結果、ドラゴンアバタには、ヒトアバタと比較して、高所に対する態度および高所への恐怖、落下に対する不安、自身の頑強さに関して、抑制・改善する効果があることが示された。また、特定の高度において、ドラゴンアバタはヒトアバタよりも有意に低い生理的反応の評定値を示し、潜在的な側面においてもドラゴンアバタの効果が働いたことを示した。

今回の結果から、ドラゴンアバタが高所に臨む際に有効であることが明らかとなった。今回得られた知見から、ヒトアバタは、潜在的にヒトは空を飛べない生き物であるというメンタルモデルを働かせる可能性がある。一方、現実世界には、スーパーヒーローなど、ヒトでありながら空を飛ぶモチーフが存在している。このような存在に対するプロテウス効果においても高所への恐怖の改善効果が見られるのかをドラゴンアバタと比較する実験を行うことで、動物アバタの役割をより明らかなものにしていくと考えられる。将来的にはこのような実験を行い、今回

得られた知見が動物アバタならではの効果なのか調査を進めていく。

## 謝辞

本研究の一部は、博士課程教育リーディングプログラム豊橋技術科学大学「超大規模脳情報を高度に技術するブレイン情報ブレイン情報アーキテクトの育成」の援助により行われた。

## 参考文献

- [1] Slater, M., Pérez Marcos, D., Ehrsson, H. and Sanchez-Vives, MV., Inducing illusory ownership of a virtual body. *Front. Neurosci.* 3,2: pp.214- 220, 2009
- [2] Kilteni, K., Bergstrom, I. and Slater, M.: Drumming in immersive virtual reality: the body shapes the way we play, In *Proc. of Virtual Reality (VR)*, pp.597-605, 2013.
- [3] Yee, N., and Bailenson, J., The proteus effect: The effect of transformed self-representation on behavior. *Human Communication Research*,33, pp.271–290, 2007
- [4] Banakou, D., Groten, R and Slater, M., Illusory ownership of a virtual child body causes overestimation of object sizes and implicit attitude changes. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 110, pp.12846–12851, 2013
- [5] Slater, M., Spanlang, B., Sanchez-Vives, M. V. and Blanke, O. First person experience of body transfer in virtual reality. *PLoS ONE*5, e10564, 2010
- [6] de la Peña, N., Weil, P., Llobera, J., Giannopoulos, E., B.Pomès, A., Span-lang.Friedman, D., Sánchez-Vives, MV and Slater, M, Immersive journalism: Immersive virtual reality for the first person experience of news. *Special Issue on Presence, PRESENCE: Teleoperators and Virtual Environments*, 19(4):291–301, 2010.
- [7] Peck, t., Seinfeld, S., Aglioti, M and Slater, M., Putting yourself in the skin of a black avatar reduces implicit racial bias. *Consciousness and Cognition* Vol.22, Issue.3, , pp 779-787, 2013.
- [8] Lugrin, J.-L., Latt, J and Latoschik, M.E., Anthropomorphism and illusion of virtual body ownership. In *Proceedings of the 25th International Conference on Artificial Reality and Telexistence and 20th Eurographics Symposium on Virtual Environments*, pp. 1–8, 2015
- [9] Krekhov, A., Cmentowski, S and Krüger, J., “Vr animals: Surreal body ownership in virtual reality games,” in *Proceeding of the 2018 Annual Symposium on Computer-Human Interaction in Play Companion Extended Abstracts*, ser. CHI PLAY '18 Extended Abstracts. New York, NY, USA: ACM, 2018, pp. 503–511.
- [10] 小柳陽光., 大村 廉, 飛行体験における没入感向上のための鳥アバタへの身体所有感の生起可能性の検討, 日本バーチャルリアリティ学会特集号, 22 巻, 4 号, pp.513-522,2017
- [11] Ahn, S. J. G., Bostick, J., Ogle, E., Nowak, K. L., McGillicuddy, K. T., and Bailenson, J. N., Experiencing Nature: Embodying Animals in Immersive Virtual Environments Increases Inclusion of Nature in Self and Involvement With Nature. *Journal of Computer-Mediated Communication*, 21(6), pp.399–419, 2016.
- [12] Hodges, L., Rothbaum, BO., Kooper, R., Opdyke, D., Meyer, T., de Graaf, J.J., and Williford, J.S., Presence as the defining factor in a VR application. *Technical Report GIT-GVU-94-5*, Georgia Institute of Technology,1994.
- [13] Stefanucci, J. K. and Proffitt, D. R., The roles of altitude and fear in the perception of height. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance* 35, pp.424–438, 2009.
- [14] 早川裕彦., サライジムハマドヤメン., フェルナンドチャリス., 南澤孝太., 舘暲., テレイルグジスタンスの研究(第 87 報)—空中における身体拡張感のための飛行型テレイルグジスタンスシステムの提案—,第21回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集,14E-04, 2016
- [15] Steptoe, W., Steed, A., and Slater, M., Human tails: ownership and control of extended humanoid avatars. *IEEE Trans. Vis. Comput. Graph* 19, pp.583–590, 2013
- [16] Kilteni, K., Normand, J.-M., Sanchez-Vives, M. V., and Slater, M, Extending body space in immersive virtual reality: a very long arm illusion.*PLoS ONE* 7:e40867. 2012
- [17] 櫻井翔, 鳴海拓志, 勝村富貴, 谷川智洋, 廣瀬通孝: Interactonia Balloon: 風船を用いた能動的呼吸の誘発による緊張感の喚起・増幅, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.18 No.3, pp.361-370, 2013.
- [18] Banakou, D., Kishore, S., and Slater, M. (2018). Virtually being einstein results in an improvement in cognitive task performance and a decrease in age bias.*Front. Psychol.*11:917. doi: 10.3389/fpsyg.2018.00917
- [19] Rosenberg, R. S., Baughman, S. L., & Bailenson, J. N. (2013). Virtual superheroes: Using superpowers in virtual reality to encourage prosocial behavior. *PLoS One*, 8(1), e55003.
- [20] Charbonneau, P., Dallaire-Côté, M., Saint-Pierre.Côté, S., Labbe, D.R., Mezghani, N., Shahnewaz, S., Arafat, I., Irfan, T., Samaraweera G and Quarles, J., Gaitzilla: Exploring the effect of embodying a giant monster on lower limb kinematics and time perception, *International Conference on Virtual Rehabilitation*, 2017.
- [21] Lugrin, J.L., Polyshev, I., Daniel Roth, and Latoschik, M.E., Avatar Anthropomorphism and Acrophobia. In *Proceedings of the 22Nd ACMConference on Virtual Reality Software and Technology (VRST '16)*. ACM, NewYork, NY, USA, pp.315–316. 2016
- [22] Wuehr, M., Breitkopf, K., Decker, J., Ibarra, G. and Brandt, T., Fear of heights in virtual reality saturates 20 to 40 m above ground,*Journal of Neurology*, pp.1-8,2019.
- [23] Abelson, J. L., and Curtis, G. C.: Cardiac and neuroendocrine responses to exposure therapy in height phobics., *Desynchrony within the “physiological response system.* *Behav Res Ther*, 27(5): 561-567, 1989.
- [24] Wolpe, J., *The practice of behavior therapy.* Pergamon Press, New York, 1969.

(2019年9月2日)

[著者紹介]

小柳 陽光 (学生会員)



2017 年 豊橋技術科学大学大学院 情報・知能工学専攻修了. 同年 豊橋技術科学大学大学院 情報・知能工学専攻 博士後期課程へ進学, 現在に至る. アバタおよび身体所有感に関する研究に従事.

鳴海 拓志 (正会員)



2006 年東京大学工学部システム創成学科卒業. 2008 年同大学大学院学際情報学府修了. 2011 年同大学大学院工学系研究科博士課程修了. 同大学情報理工学系研究科知能機械情報学専攻助教, 講師を経て, 2019 年より准教授, 現在に至る. クロスモーダルインタフェース, ゴーストエンジニアリングに関する研究に従事. 博士(工学)

Jean-Luc. Lugin (非会員)



Prof. Dr. Jean-Luc Lugin studied Computer Science at the University of Lyon (France) and at Teesside University (England). After seven years as full-time principal lecturer in interactive real-time systems at Teesside University, he completed his PhD in 2010 in the area of intelligent virtual environments. In November 2012, he became assistant professor at the institute of human-computer interaction (HCI) at Würzburg University (Germany), where he is now the head of the digital media processing group.

安藤 英由樹 (正会員)



2004 年 NTT コミュニケーション科学基礎研究所 RA, 2007 年同研究所 RS, 2008 年 大阪大学大学院情報科学研究科准教授, 現在に至る. 博士(情報理工学)

大村 廉 (非会員)



1999 年, 慶応義塾大学工学研究科卒業. 2001 年同大学大学院研究科博士前期課程修了. 2004 年同研究科博士課程後期修了. 豊橋技術科学大情報知能工学科講師に至る. ウェアラブルコンピューティング, ユビキタスコンピューティング, IoT, コンテキストウェアネスシステム, ヒューマンロボットインタラクションに関する研究に従事.