



# 鳥アバタへの身体所有感の転移による 高所に対する恐怖の抑制効果に関する評価

小柳陽光<sup>1)</sup>, 安藤英由樹<sup>2)</sup>, 大村廉<sup>1)</sup>

1) 豊橋技術科学大学大学院 工学系研究科 (〒441-8580 愛知県豊橋市天伯町雲雀ヶ丘 1-1)

2) 大阪大学大学院情報科学研究科 (〒565-0871 大阪府吹田市 1-5)

**概要:** 認知心理学では、ヒトとアバタに多感覚情報を同期提示することで、身体所有感がアバタに転移し、アバタの外見に応じた心理的效果が得られる現象が報告されている。本稿では、ドローンの操作の妨げとなる高所に対する恐怖の抑制手法として、鳥アバタへ身体所有感を転移した際の心理的效果を検討した。鳥アバタとアバタを提示しない各条件下で VR 空間内の高所(20m, 40m)へと上昇する実験を行い、その際の恐怖を主観評定と生理反応から評価した。実験の結果、主観評定から、鳥アバタはアバタを提示しない条件よりも高所から落下する不安を軽減することが示された。しかしながら、生理反応において2つの条件間に差は見られなかった。

**キーワード:** VR 心理学, 身体所有感, プロテウス効果, 人間拡張技術

## 1. はじめに

ドローンは配送、および、空撮、社会インフラの整備など、様々な分野に幅広く利用が検討されている。ドローンの操縦者には、障害物との衝突事故を防ぐためにドローンを安全に飛行させる操作技術が要求される。近年では、ドローンの取得した映像をヘッドマウントディスプレイ(HMD)に伝送するシステムが開発されている[1]。HMDのような没入型ディスプレイは作業成績や空間認識能力を向上させる効果が報告されており、今後はHMDを利用したシステムの活躍が期待できる。

ドローンは高所や狭所など、恐怖を誘引しやすい環境での運用が多い。既存研究では、バーチャルリアリティ(VR)を利用して高所を再現した環境下においてもヒトは恐怖を感じ、恐怖によって空間を認識する課題の成績が低下することを報告している[2, 3]。このことは操作者が従事する作業に影響を与えるほか、障害物との距離感を誤認識させて衝突事故を引き起こす危険性があるため、これらを防ぐために恐怖の抑制が必要となる。

恐怖の減少に有効な手法の一つとして、身体所有感に伴う心理的效果が挙げられる。身体所有感とは、ある身体が自分の身体である、という感覚であり、実験的に VR 空間上のキャラクタ(以降、アバタと呼称する)に転移できることが報告されている[4]。身体所有感は、ユーザとアバタに与多感覚情報(視覚と触覚、および、視覚と自己受容感覚など)を同期させることで、アバタに転移できる。既存研究で

は、ロボットアバタに身体所有感を転移させることで、被験者は自身の身体が頑強になったように感じ、高所の恐怖が抑制されたことが報告されている[5]。すなわち、アバタへの身体所有感によって、自身の身体に対するイメージが対象となるアバタへと変化し、それに伴って精神状態や態度が変化したと考えられる。

翼を持たないヒトにとって、ドローンを介した飛行体験は落下の脅威にさらされている状態であり、これが恐怖の要因になると考えられる。これを考慮するのであれば、飛行体験における落下の不安を取り除けるイメージを与えるアバタに対して身体所有感を転移することで、高所への恐怖を軽減できると期待できる。これまでの我々の研究では、身体所有感を鳥アバタに転移させることで、あたかも空を飛んでいる感覚が向上することを示した[6]。したがってこの空を飛ぶ感覚が、落下に対する不安を抑制するとともに、高所への恐怖を抑制すると考えられる。そこで本研究では、鳥アバタへの身体所有感の転移によって高所への恐怖が抑制される、と仮説を立て、その検証を行う。身体所有感を転移すると報告されている手続きを鳥アバタで行う条件とそうでない条件(統制条件)を比較する実験を行い、鳥アバタへの身体所有感の転移によって高所への恐怖を抑制するという仮説を検証する。

なお、高所の恐怖を抑制する手法として身体所有感を選択した理由は、アバタの外見が与える心理的效果だけではなく、ユーザのサイズ感にも影響を与えるためである。すなわち、身体所有感は高所に対する恐怖を抑制させるだけではなく、機体のサイズを操作者に理解させることで障害

Akimi Oyanagi, Hideyuki ANDOU, and Ren Ohmura

物を回避する手がかりを与えることができると考えられる。

## 2. 鳥アバタへ身体所有感を転移による高所への恐怖の抑制効果の調査実験

本研究では、鳥アバタへの身体所有感の転移によって高所に対する恐怖が抑制される、という仮説を検証する。本研究の仮説を検証するために、鳥アバタを操作することで身体所有感を鳥アバタに転移させる条件と統制条件としてアバタを表示しないことで身体所有感を生起しない条件を設定する。この2つの条件下で、VR空間上でアバタを指定の高度まで上昇させ、その時に被験者が感じる恐怖に対する反応を評価する実験を行う。そして、2つの条件下における恐怖の強さの比較を行う。既存研究では高所に対する恐怖の指標に、高所に対する態度、および、高所に対する主観的な恐怖の度合い、生理反応(ガルバニック皮膚反応の上昇など)を用いている[7]。したがって、本研究の仮説が正しければ、鳥アバタへ身体所有感を転移する条件における恐怖の指標が、統制条件と比較して統計的に低い値を示す。以降、本章では実験の具体的な内容について述べていく。

### 2.1 実験装置

実験装置はコンピュータ (Windows10 64bit, Intel CPU Core i7-7700K 4.2GHz 16.0GB, GPU: NVIDIA GeForce GTX1080), ヘッドマウントディスプレイ(HMD)(HTC Vive 視野角 110 度 解像度 1080x1200, リフレッシュレート 90Hz), モーショントラッキングシステム(Microsoft Kinect V2), 生体信号計測装置(biosignalsplux), ヘッドホンからなる。生体信号計測は、心電図、および、筋電図、皮膚電気活動を測定した。HMDには、ゲームエンジンUnity2018.1.6f1で作成したVR空間を提示した。ヘッドセットには、実験室の環境音を防ぐためにホワイトノイズを提示した。また、指定高度に達した際にベルの音を提示した。

### 2.2 VR空間

実験中、ヘッドマウントディスプレイ(HMD)上に図1に示すようなVR空間を提示した。被験者の視点位置は、アバタの頭部に設置したカメラ位置とした。地上では図1(a)に示すような場所でアバタを操作する。地上にはVR上の鏡が配置されており、被験者はこの鏡と主観視点から操作している自身とアバタとの動作の同期性を確認できる。VR空間上には高さを知る視覚的な手がかりとして木やビル群が設置されており、指定の高度では図1(b)のようにビルを見下ろす地点での視覚刺激を得る。主観視点では、図1(c)のような視覚刺激を得る。

### 2.3 実験条件

実験では、鳥アバタにおける心理的効果を検討するために、鳥アバタを操作して身体所有感を転移する条件(以降、身体化条件と呼称する)とアバタを表示しないことで身体所有感を転移しない条件(以降、非身体化条件と呼称する)の2条件を設定した。既存研究では、被験者にアバタと自

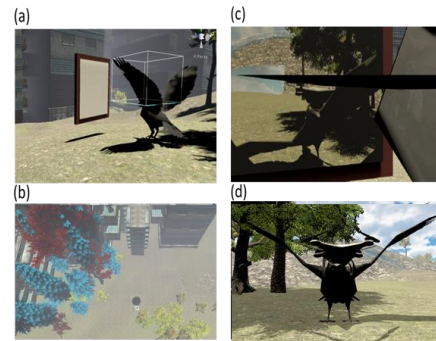


図1 (a)地上の空間 (b)上空からの視界 (c)主観視点からの映像 (d)鳥アバタ

身の運動の同期性を視認させることで身体所有感が転移することを報告している[4]。本研究でも同様に、身体化条件において、モーションキャプチャシステムを用いて鳥アバタと被験者の運動を同期させる。非身体化条件では、身体所有感を転移する対象となるアバタを表示しないため、身体所有感を転移しない条件とした。

これら各実験条件を同一の被験者に提示し、比較を行った(被験者内要因)。鳥アバタのサイズはドローン(DJI Phantom4: 全長 289.5x 全幅 289.5x 全高 196 mm)と同じサイズにした。また、本研究は将来的にドローンの取得映像にアバタを重畳するアプリケーションの開発を想定している。そのため、被験者の視界にはアバタだけではなくドローンの機体部分が映ると考えられる。したがって、本実験ではアバタの頭部にドローンを設置することで図1(d)に示すように、被験者の視界上にドローンが映るようにした。条件の提示順序について、半数の被験者は身体化条件、非身体化条件の順番で実験に参加し、残りはその逆の順序で実験に参加した。これにより提示順序による影響を除去した。

### 2.4 評価指標

本研究では、鳥アバタの身体所有感の転移とそれに伴う心理的効果ことにより、高所への恐怖の抑制を検証する。したがって以下の評価指標を設け、実験内で評価する。

#### (1) 身体所有感と鳥の印象の獲得に関する評価

身体所有感が鳥アバタへ転移したか評価するために、既存研究[4]に基づいて作成したアンケートを用いた。アンケートでは、0をどちらでもない、-3を最も低い同意(全く感じなかった)、3を最も大きい同意(非常に強く感じた)とした7段階のリッカートスケールで評価した。アンケートの評価の平均値と0(すなわち、身体所有感を転移していない数値)と比較して統計的に差があった場合を身体所有感が転移したものであるという前提とし、この前提のもとで以降の実験、および、考察を行う。また、恐怖の抑制効果があった場合、自身の身体に対するイメージが鳥へと変化したことが効果の要因であるかどうかを確認するために、空を飛んでいる感覚、および、高所からの落下の不安についても問うようにした。

Q1. 身体を見たときに見えたアバタが自分の体であるか

のように感じた

Q2. 鏡に映ったときに見えたアバタが自分の体であるかのように感じた

Q3. 上昇した後、あたかも空を飛んでいるように感じた

Q4. 上昇した後、高所から落下する不安はなかった

## (2) 高所に対する恐怖

本研究では、高所における恐怖について、生理的反応、および、実験前後における高所への態度に関するアンケート、主観的な恐怖の報告から評価した。

生理的反応について、既存研究では、不快な反応、および、恐怖への反応を評価する指標として、心拍数とガルバニック皮膚反応、筋電図が有効であると報告しており、本研究でも恐怖の評価指標としてこれらを使用する[7]。心拍数には RR 間隔を使用した。筋電図は、前頭筋、愁眉筋からの反応を測定した。このとき、高所の脅威がない地上にいる時の生理反応と高所における生理反応の差を高所に対する恐怖とする。生理反応を測定するタイミングについては、2.5 節 実験手順内で説明する。

高所を避けたい度合い、および、高所への印象について、既存研究を参考にしたアンケートから評価した[7]。高所への印象は、SD 法を用いて、良い - 悪い、恐ろしい - 楽しい、心地よい - 不快、安全な - 危険な、脅威でない - 脅威である、無害な - 有害な、という各項目を 0(各項目の左側の形容詞)から 10(各項目の右側の形容詞)で答えてもらった。高所を避けたい度合いについて、高所はどの程度避けたいものであるか、という質問を設定し、0(最も低い同意)から 10(最も大きい同意)で評価してもらった。既存研究と同様に、このアンケートを実験の前後に行い、高所に対する態度の変化を調査した。

主観的な恐怖の度合いについて、実験中、指定した高度に達した時に空中に被験者を停止させ、その高度に対する恐怖を 0(全く怖くない)から 10(非常に怖い)で評価してもらった。

## 2.5 実験手順

被験者は実験室に到着した後、高所への態度を問うアンケートに答えてもらい、実験課題の説明を受けてもらった。その後、被験者に実験装置を装着してもらった。被験者の準備が整い次第、被験者にモーショントラッキングシステムの前方に直立してもらい、実験を開始した。

実験は身体所有感をアバタに転移するフェイズ(身体所有感フェイズ)、VR 空間を上昇して恐怖を測定するフェイズ(恐怖測定フェイズ)で構成した。身体所有感フェイズでは、被験者に動作の同期性を主観視点、および、鏡を介して確認してもらうことで身体所有感が転移するようにした。このフェイズ中、被験者には指定の動作を行った後、3 分間自由に身体を動かしてもらった。指定動作は、両手両足を順番に上げて主観視点と鏡を介してそれを確認すること、および、前傾姿勢をとること、前後の歩行とした。アバタを表示しない条件においても、被験者は上記の指定動作と 3 分間の身体運動を行った。3 分間身体を動かした

後、身体所有感フェイズを終了し、恐怖測定フェイズへと遷移した。

本研究の仮説は鳥の飛行能力が起因して恐怖を抑制するというものであるため、恐怖測定フェイズの開始直後、被験者には両手を真横に広げさせ、鳥が空を飛ぶような姿勢をとらせた。恐怖測定フェイズの最中、被験者にはこの姿勢を維持するように指示した。この姿勢時における生理反応を恐怖が無い状態における生理反応とした。生理反応測定後、被験者を指定の高度へと上昇させた。上昇速度は、主要なドローンのモデルの一つである Phantom 4 の最大上昇速度と同じ秒速 6m であった。指定の高度は 0m と 20m、40m であり、各高度に達する都度、上昇を停止してその高度に留まらせた。このとき、ベルの音を提示し、被験者はベルの音を聞いた後、地上に配置してあるボールの方を向き、そのボールの色を答えた。これは、実験中の被験者間の実験中の視線方向を統制するためである。高所における生理反応には、指定の高度に達してから次の高度に上昇するまでの期間において最大値となる値を用いた。被験者には、ボールの色を答えた後、前方を向いてもらい、その高度に対する主観的な恐怖の度合いを答えてもらった。その後、次の指定高度へと上昇し、同様のことを行ってもらった。高度の遷移は、0m から開始し、20m、40m へと上昇していき、40m から 20m、0m へと下降した。その後、再び 0m から 20m、40m へと上昇していき、40m から 20m へ下降した後、再び 40m へと上昇した。すべての高度において課題を行ったあと、実験を終了した。

その条件における課題終了後、被験者に実験後の高所に対する態度、および、身体所有感を問うアンケートに再度答えてもらった。その後、実験課題への慣れを取り除くために同日異なる条件を連続して行わず、後日行った。実験手順は同じであった。

## 3. 実験結果

豊橋技術科学大学の学生 12 人が同意のもと、実験に参加した。シャピロウィルク検定の結果、実験で得られたデータに正規性が確認されなかったため、ウィルコクソンの順位和検定を行った。有意水準は 5% であった。また、生理反応について、心電図と筋電図はノイズが激しく解析が困難であったため、本稿ではガルバニック皮膚反応のみを評価に用いる。ガルバニック皮膚反応の分析には、序盤の高度における発汗が後の高度における恐怖の反応に影響を与得ると考えられたため、高度 20m、および、40m にはじめて達したときに測定されたものを使用した。なお、ページ数の都合から、本稿では、実験結果のグラフと統計量の記述について、身体所有感と鳥の印象の獲得に関するアンケートの回答結果、および、生理反応のみを記載する。

### 3.1 身体所有感と鳥の印象の獲得に関する評価

身体所有感と鳥の印象の獲得に関する評価結果を図 2 に示す。身体所有感を問う質問 Q1、および、Q2 について、いずれの質問も、0(どちらでもない)よりも有意に高いことが示された( $V=9.0, p=0.03418$ ;  $V=8.0, p=0.04833$ )。このこと

から、身体化条件下では鳥アバタに身体所有感が転移したものである、という前提のもと、以降の評価、および、考察を行っていく。

次に、空を飛んでいる感覚、および、高所から落下する不安を問う質問 Q3、および、Q4 について、Q3 と Q4 のいずれにおいても身体化条件の方が非身体化条件と比較して有意に高くなることが示された( $V=0.0$ ,  $p=0.02688$ ;  $V=2.5$ ,  $p=0.01953$ )。したがって、鳥アバタに身体所有感を転移させることで、空を飛んでいる感覚の向上効果、および、高所からの落下する不安を軽減する効果が得られる可能性が示された。しかしながら、あたかも空を飛んでいる感覚を問う質問である Q3 では、有意差が見られなかった。これは、既存研究が実施した実験では、被験者が能動的に上昇可能であったのに対して、本実験では受動的に上昇したからだと考えられる[6]。

### 3.2 高所に対する恐怖

ガルバニック皮膚反応の評価結果を図 3 に示す。分析の結果、ガルバニック皮膚反応の評定値について、身体化条件と非身体化条件の間には有意差が見られなかった( $V=35$ ,  $p=0.791$ ;  $V=18$ ,  $p=0.375$ )。また、実験前後の高所に対する印象・態度、および、実験中の主観的な恐怖の度合いについても、身体化条件と非身体化条件の間には有意差が見られなかった。これらの結果からは、鳥アバタへの身体所有感の転移によって高所に対する恐怖を軽減できるとはいえないことが示された。

## 4. 考察

本研究では、ドローンの操作技術の向上させるために、鳥アバタへの身体所有感の転移によって高所に対する恐怖を抑制することが可能であるかどうか検証した。鳥アバタへ身体所有感が転移する条件と統制条件の 2 条件において、アバタを VR 空間上空へと上昇させ、そのときの恐怖を測定する実験を行った。

実験の結果、アンケート、および、ガルバニック皮膚反応からは、鳥アバタへの身体所有感の転移が高所に対する恐怖を軽減するとは言えなかった。しかしながら、鳥アバタに身体所有感を転移させることで、高所から落下する不安を軽減する可能性が示された。また、ガルバニック皮膚反応の平均値は、身体化条件の方が非身体化条件よりも低かった。これらのことから、鳥アバタへの身体所有感の転移が高所に対する恐怖を軽減する効果がある可能性が示唆された。

本実験では、調査項目を身体所有感に限定するために、アバタを受動的に上昇させていた。実際にはドローンは操縦者が能動的に上昇するものである。また、身体所有感だけではなく、羽ばたくといった行為を通じて自身にイメージを持たせることも、鳥アバタを通じた心理的効果を獲得するために必要であるという可能性が考えられる。

そのため、今後の研究では被験者が能動的に羽ばたいて上昇した場合における高所に対する恐怖の抑制

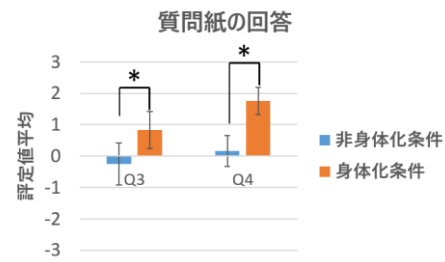


図 2 Q3 と Q4 の評価平均値

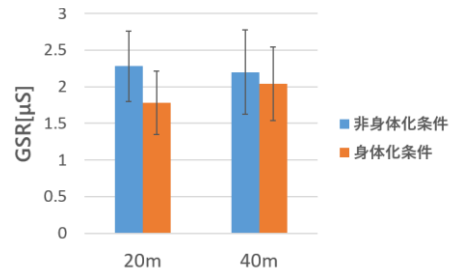


図 3 20m と 40m におけるガルバニック皮膚反応

効果の調査を進めていく。

### 参考文献

- [1] Hayakawa, H., Lasantha Fernando, C., Yamen Saraiji, M., Kouta, M., and Tachi, S., "Telexistence Drone: Design of a Flight Telexistence System for Immersive Aerial Sports Experience," in Augmented Human International Conference, 2015, pp. 171–172.
- [2] Hodges, L., Rothbaum, B. O., 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).
- [3] Stefanucci, J. K. & Proffitt, D. R., The roles of altitude and fear in the perception of height. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance* 35, 2009 pp.424–38.
- [4] Lugrin, J. L., Latt, J., & Latoschik, M. E. (2015, March). Avatar anthropomorphism and illusion of body ownership in VR. *IEEE Virtual Reality (VR)*, 2015, pp. 229–230
- [5] Lugrin, J. L., Polyshev, I., Roth, D., Latoschik, M. E., Avatar Anthropomorphism and Acrophobia VRST '16 Proceedings of the 22nd ACM Conference on Virtual Reality Software and Technology, 2017, pp. 315-316
- [6] 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「スポーツと人間拡張技術」, Vol.22, No.4. pp.513-522, 2017
- [7] Diemer, J., Lohkamp, N., Mühlberger, A., Zwanzger, J. Fear and physiological arousal during a virtual height challenge—effects in patients with acrophobia and healthy controls, *Elsevier Journal of Anxiety Disorders*, Vol.37. 2016, pp.30-39