



# 仮想現実環境におけるアバタの違いが 筋持久力に及ぼす影響

Effects of Avatar Variation on Muscular Endurance in Virtual Reality Environments

小田島華子<sup>1)</sup>, 迫田和之<sup>2)</sup>, 和田智仁<sup>2)</sup>

Hanako ODAJIMA, Kazuyuki SAKODA, Tomohito WADA

1) 鹿屋体育大学大学院体育学研究科 (〒891-2311 鹿児島県鹿屋市白水町 1, m226004@sky.nifs-k.ac.jp)

2) 鹿屋体育大学体育学部 (〒891-2311 鹿児島県鹿屋市白水町 1, {sakoda,wada}@nifs-k.ac.jp)

**概要:** 仮想現実環境下において、アバタの外見によってユーザが心理的・身体的に影響を受ける現象はプロテウス効果と呼ばれている。本研究では、仮想現実環境下において着用するアバタの外見が筋持久力に及ぼす影響を明らかにすることを目的とし、筋肉質体型・痩せ体型の2条件のアバタ着用時においてアバタの外見の違いが上腕及び前腕の筋持久力に及ぼす影響を調査した。実験の結果、アバタの差異は持久的な力発揮に対して心理的に影響を及ぼす一方、筋疲労には影響を及ぼさない可能性が示唆された。

**キーワード:** プロテウス効果, 筋持久力, 疲労, 筋電図

## 1. はじめに

近年、スポーツのトレーニングにおいて練習効率向上やパフォーマンス向上を目的としたVR(Virtual Reality: 仮想現実)技術の導入が見られる。一例として、NTTグループは2017年より楽天野球団に向けてVRを用いたバッティングトレーニングシステムの提供を行っている[1]。このシステムでは実戦での体験と同じような臨場感のあるトレーニングを行うことが出来、統制された刺激呈示が可能であるとされている[2]。

VR空間内では、使用するアバタを変更することで、ユーザが任意の外見でトレーニングすることが出来る。VR空間内でユーザが着用しているアバタの外見によって、ユーザが心理的・身体的に影響を受ける現象のことはプロテウス効果と呼ばれている。屈強なイメージであるドラゴンの外見を持つアバタを着用することで、高所への恐怖感や落下に対する不安感が減少し、自らが現実世界よりも頑強になったと感じたという報告がある[3]。また、筋肉質なアバタを着用して運動した際に、アバタの筋肉量が重さ知覚へ影響するといった報告がなされている[4]ほか、心拍数の減少[5]も確認されている。

筋持久力とは、一定の力でモノを保持する能力や筋肉が繰り返し収縮し続ける能力を指す。筋持久力の向上は荷重トレーニングメニューの反復回数を増やすことができるなどトレーニング全体の負荷の増加につながり、またスポ

ーツパフォーマンスの向上にも貢献すると考えられる。しかし、アバタの外見が筋持久力に及ぼす影響は未だ明らかになっていない。そこで本研究では、VR環境下において自身が着用するアバタの外見の違いが筋持久力に及ぼす影響を調査した。さらに、筋電計を用いてアバタの違いによる生理的反応を調査した。

## 2. 筋肉質アバタと痩せ型アバタを用いた疲労評価実験

実験では筋肉質な外見のアバタ(以下、筋肉質アバタ)と痩せ型な外見のアバタ(以下、痩せ型アバタ)の2種類を用いて実験協力者に錘を保持させ、その際の上腕及び前腕の疲労状態を錘保持時間と筋電から比較した。使用する2種類のアバタは、実験協力者に屈強さや虚弱さを想起させるため、筋肉質・痩せ型を強調する体型とした。

### 2.1 実験協力者

実験協力者は、日常的に競技スポーツを実施しており運動機能に異常がない男性7名と女性5名、年齢は20.8±1.4歳であった。身体特性は身長166.2±7.2cm、体重63.8±7.6kgであった。

### 2.2 実験環境

VR空間は、3DCG制作ソフトBlender(Blender Foundation社製)及びゲームエンジンUnity(Unity Technologies社製)で作成し、プレイヤーは空間をコントローラのスティック操

作によって自由に移動できるようにした。VR空間は実験を実施する研究室の内装に類似したものを作成した。アバターは3DCG制作ソフトDAZ3D及びBlenderを用いて筋肉質アバターと痩せ型アバターの2種類を作成した。VR機器はMeta Quest2(Meta Platforms社製)のヘッドマウントディスプレイ(HMD)とコントローラを用いた。実験中の自身の動きを頭部、両手先の計3点でトラッキングし、アバターと自身の動きを同期させた。

### 2.3 実験手順

実験の1週間前に、実験協力者のMVC(maximum voluntary contraction:最大随意筋力)測定を行った。MVCは実験協力者に肘関節屈曲90度で錘を最大努力で5秒間牽引させる試技を3回行わせ、3回の試技の最大値とした。

実験では筋持久力に影響が出ないように、実験当日の実験開始2時間前までに食事を終え、それ以降はカフェインの摂取を行わないように指示した。実験では実験協力者にHMDを装着させ、肘関節屈曲90度で30%MVCの負荷の錘を保持させた(図1)。肘関節角度を90度に保つことが出来なくなった時点を疲労困憊とし、保持時間の終点とした。この試技を外見の異なる2種類のアバター(筋肉質アバター・痩せ型アバター)をランダムに呈示させながら1回ずつ行わせた(図2)。試技間には十分な休息をとらせ、疲労の影響を排除した。筋電計(DELSYS社製DELSYS Trigno)は前腕、上腕二頭筋、上腕三頭筋に装着し、経時的な筋電位の変化をデータ解析ソフト(ADInstruments社製LabChart)により測定した。

実験協力者にはアンケートを実施した。アンケートではアバターやVR環境のリアルさ、アバターに対して身体所有感を感じる事ができたか、どちらのアバター着用時に長時間錘を持つことが出来たと感じ、力発揮できたか等を紙面に記入してもらった。

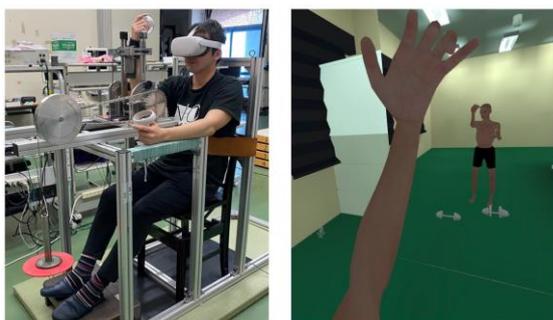


図1:実験の様子

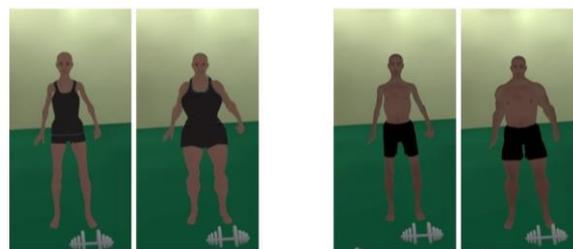


図2:男女それぞれにおける  
痩せ型アバター(左), 筋肉質アバター(右)

## 3. 結果と考察

### 3.1 保持時間の変化

筋肉質アバター使用時の保持時間は $131.2 \pm 51.8$ 秒、痩せ型アバター使用時は $109.3 \pm 30.2$ 秒であった。図3に全データにおける保持秒数の範囲と平均値、中央値を示す。各アバターにおける錘の保持時間に対して、対応のあるt検定を行ったところ、筋肉質アバター使用時は痩せ型アバター使用時よりも長時間錘の保持が出来ていた( $p = 0.014$ )。

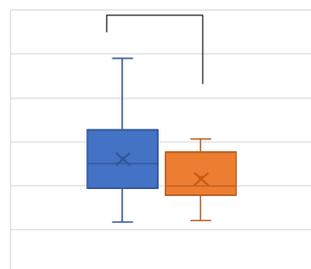


図3:アバター毎の保持時間

### 3.2 アンケートにおける主観的評価の分析

アンケートの「どちらのアバター着用時に、長い時間錘を持てたと感じたか」の問いにおいて、全ての実験参加者が筋肉質アバターであったと回答した。また、「どちらのアバター着用時に、より力発揮出来たか」の問いにおいても全員が筋肉質アバターと回答した。自由記述欄には、筋肉質アバター着用時に「自分の腕が太く感じ、筋力も少し強くなったと感じた」「筋肉質だったので力を入れやすかった」、痩せ型アバター着用時に「いつもよりも腕が細く支えられるか不安になった」「きつくなり始める時間が早かった」といった回答が見られた。

これらのことから、実験参加者はアバターが自分自身の身体であるという身体所有感を保持できていることや、アバターの違いが心理的に何らかの影響を及ぼしている事が確認できた。

### 3.3 筋電位測定結果の分析

2種類のアバターにおける筋疲労の差異を分析するため、筋電位データは先に疲労困憊までに達した時間までの部分を抽出し比較を行った。この分析範囲を6等分し、経時

的な疲労を分析した。筋電位は協力者ごとにその大きさが異なるため、各協力者の筋電位データの平均(averaged electromyography : AEMG)を求め、その値でデータを除して正規化を行い、これを%AEMGとした。

筋疲労は筋電の振幅の変化によって評価でき、最大下筋力では疲労に伴って筋電の振幅が増大することが分かっている[6]。両アバタにおいて測定した筋電位データの振幅を見ると、疲労する試技後半部分の筋電位の振幅に大きな差異は見られず、両アバタで同等の筋疲労が起こっていた。

この結果からアバタの違いは上腕及び前腕の筋持久力に対して生理的な差異を及ぼさない可能性が示唆された。図4に上腕二頭筋の比較を示す。

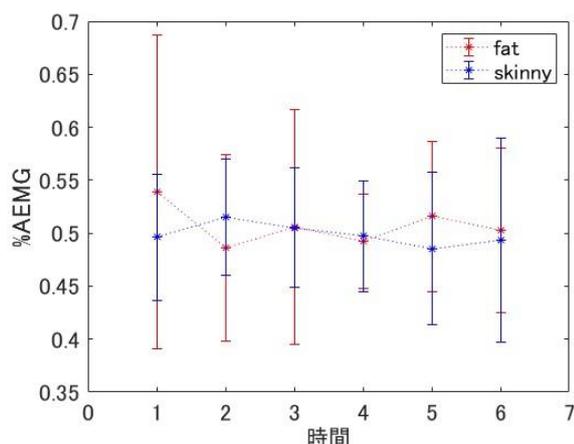


図4：上腕二頭筋における筋電位の経時的変化

#### 4. まとめ

実験参加者に筋肉質アバタ及び痩せ型アバタを着用させた上で錘の保持をさせた結果、錘の保持時間は筋肉質アバタ着用時に有意に長かった。実験参加者からは、筋肉質アバタを用いた際は力が入れやすく、痩せ型アバタを用いた際は力が入れづらいといった主観的評価を得た。一方、筋電計によって得られた筋電位の経時的変化を比較するとアバタ間で差は見られなかった。これらの結果から、アバタの差異は持久的な力発揮に対して心理的に影響する一方、筋疲労には影響を及ぼさないことから生理的には影響しない事が示唆された。

人の能力の上限には個人に固有の生理的限界と個人において変動する心理的限界があるとされている[7]。実験の結果から、筋肉質なアバタは心理的限界の上限の引き上げに影響したと考えられる。

ヒトの発揮する筋力は筋の断面積に比例することが分かっており[8]、心理的限界が低下した状態では、同じ断面積を持つ筋であっても低い筋力しか示すことが出来ない[7]。心理的限界の上限を引き上げることにより、自身の筋が発揮し得る生理的限界に近い筋力発揮ができる。スポー

ツ選手にとって心理的限界の上限を引き上げる事は、トレーニング効果の向上やパフォーマンス向上に重要であると言える。

また、アバタの外見の違いとして本実験では体型の差異を取り上げたが、その他にはアバタが着用する衣服や表情を変えることが考えられる。アバタの衣服や表情の違いが動きやすさへのイメージや主観的疲労度に影響を与え、心理的限界に影響する可能性も考えられるため、今後検証を進めたい。

#### 参考文献

- [1] ニュースリリース：世界初、プロ野球球団が監修したVR [バーチャルリアリティ] 技術による選手のトレーニングシステムを提供開始—商用サービスとしてグローバル展開を予定。NTTデータ社。2016。  
<https://www.nttdata.com/global/ja/news/release/2016/090500/> (参照：2023-07-20)
- [2] 木村 聡貴, 三上 弾：打者は打席で何をしているのか？打撃パフォーマンス分析にむけたバーチャルリアリティの活用, 日本神経回路学会誌, Vol. 24, No.3, pp. 109-115, 2017.
- [3] 小柳 陽光, 鳴海 拓志, Jean-Luc. Lugin, 安藤 英由樹, 大村 廉：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誌, Vol. 25, No. 1, pp. 2-11, 2020.
- [4] Martin Kocur, Melanie Kloss, Valentin Schwind, Christian Wolff, Niels Henze: Flexing Muscles in Virtual Reality: Effects of Avatars' Muscular Appearance on Physical Performance, Proceedings of the Annual Symposium on Computer-Human Interaction in Play, Vol. 29, pp. 1-12, 2020.
- [5] Martin Kocur, Florian Habler, Valentin Schwind, Paweł W. Woźniak, Christian Wolff, Niels Henze: Physiological and Perceptual Responses to Athletic Avatars while Cycling in Virtual Reality, Proceedings of the 2021 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, No.519, pp. 1-18, 2021.
- [6] 大畑 光司, 市橋 則明：大腿四頭筋の筋疲労による筋活動比の変化について, 京都大学医学部保健学科紀要：健康科学, Vol. 2, pp. 15-19, 2006.
- [7] 猪飼 道夫, 石井 喜八：筋力の生理的限界と心理的限界の筋電図学的研究, 体育学研究, Vol. 5, No.4, pp. 154-165, 1961.
- [8] 福永 哲夫：超音波測定法による筋の単位面積当たりの筋力の算出, 体育学研究, Vol.14, No.1, pp.28-32, 1969.