

VR を用いた筋力トレーニングにおけるプロテウス効果

石川 貴一^{1,a)} 粕野 悠聖^{1,b)} 高野 保真^{1,c)} 佐久田 博司^{1,d)}

概要：近年、フィットネスクラブやジムの利用者の増加にともなう、筋力トレーニングに注目が集まっている。さらに、IT 分野の急速な発展により、筋力トレーニングに IT 技術を取り入れるための様々な試みがなされている。そのような背景のもと、本研究は、マーカー型モーションキャプチャによって取得したユーザの動作を、VR ゴーグル内にアバタとして再現し、VR ゴーグルを装着した状態で筋力トレーニングした際のプロテウス効果について調査した。プロテウス効果は、仮想空間内のアバタの外観が、ユーザの心理的・身体的に影響するという現象である。今回は、男女 16 名の被験者を対象に筋肉量の異なる外観の二種類のアバタを用いて、筋力トレーニング時の疲労度に与える影響を調査した。主観的な疲労度をアンケートにより集計した結果、被験者を男性に限定すると、筋肉質のアバタを映した場合には疲労度が軽減されるということが分かった。

キーワード：VR, プロテウス効果, 筋力トレーニング

Proteus Effect on Strength Training

KIICHI ISHIKAWA^{1,a)} YUSEI KASENO^{1,b)} YASUNAO TAKANO^{1,c)} HIROSHI SAKUTA^{1,d)}

1. はじめに

近年のスポーツ科学や栄養学の発展により、健康づくりにおける筋力トレーニング（以下、本稿では「筋トレ」と記述する）の効果が注目されている。それにともなう、フィットネスクラブやジムの利用者が増加し、筋トレが一般的に受け入れられ始めている。その一方で、トレーニングの効率性やモチベーション維持における問題により、筋トレを始めたものの、短期間で止めてしまうケースが少なくなく、社会的な健康増進を考えると、筋トレの継続性が今後重要になってくる。そこで、IT 分野の技術を取り入れた様々な試みがなされている。

その試みの一つとして、本研究では、筋トレにおける「プ

ロテウス効果 [2]」を調べることを目的とする。プロテウス効果とは、仮想空間内でユーザに同期した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を言う。本研究では、マーカー型モーションキャプチャを用いてユーザの骨格情報を得て、ヘッドマウントディスプレイ型の VR ゴーグルにユーザのアバタを投影した状態で筋トレを行うことができる装置を設計した。その装置を用いて、全身運動であるスクワットによる被験者実験を行い、主観的な疲労度をアンケートにより評価した。その結果、被験者を男性に限定すると、筋肉質のアバタを映した場合には疲労度が軽減されるということが分かった。

2. プロテウス効果

1 節で述べたように、プロテウス効果とは、仮想空間内でユーザに同期した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であり、VR 機器の発達により没入感の高い装置を利用することができるようになってきている。

Nick らは仮想空間でのアバタの顔の魅力で、ユーザ

¹ 青山学院大学理工学部情報テクノロジー学科
Department of Integrated Information Technology, College of Science and Engineering, Aoyama Gakuin University, Sagamihara, Kanagawa 252-5258

a) a5814006@aoyama.jp

b) a5815024@aoyama.jp

c) takano@it.aoyama.ac.jp

d) sakuta@it.aoyama.ac.jp

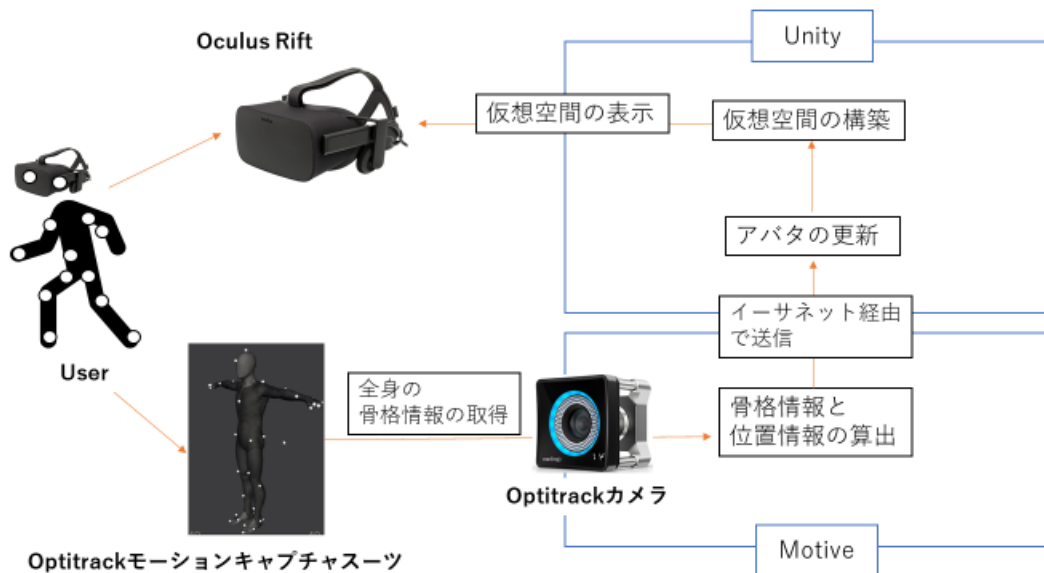


図 1 システムの概要図

の行動が変化することを明らかにした [2]。その研究では、魅力度の高い顔と低い顔を被験者にランダムで与え、仮想空間内の対話によって、相手アバタと自分との対人距離と、被験者の出した情報の量による自己開示性を調べた。その結果、魅力度の低いアバタを使用した被験者に比べて魅力度の高いアバタを使用した被験者の方が相手アバタより対人距離が近く、自己開示性も高くなる傾向があるとしている。

また、Domna らはアインシュタインに模したアバタが、認知能力に与える影響を調べた [1]。まず、計画性や問題解決を測る課題や、老人に対する無意識の偏見を測る課題などを行った後、半数は一般男性のアバタ、残りの半数にはアインシュタインのアバタを振り分けた。その結果、アインシュタインのアバタを体験したグループでは、認知課題の成績が向上し、また、無意識の老人への偏見が減少傾向にあったと述べている。

小柳らは仮想空間において、人間ではない鳥アバタを使用し高所への恐怖の抑制について研究を行った [5]。鳥のアバタであっても身体所有を感じ、高所による恐怖心には有意な差がなかったものの、主観評価からは高所から落下する不安を軽減できたと結論づけている。その結果は、人間以外のアバタを利用しても、プロテウス効果が影響する可能性を示している。

以上の関連研究のように、様々なコンテキストで心理的・身体的に影響を与えるプロテウス効果が確認されているが、筋トレにおける主観的な疲労感を調査した研究はない。

3. 実験環境

本研究では、マーカー型モーションキャプチャと VR ゴーグルを利用した実験システムを設計した。ユーザは、

モーションキャプチャスーツを着た状態で、VR ゴーグルを装着し、モーションキャプチャ室においてトレーニングを行なう。VR ゴーグルには一人称視点でのアバタ映像を投影する。

3.1 システム概要

図 1 にシステムの概要を示す。被験者の動きを捉えるために、OptiTrack 社が提供するソフトウェアである Motive、OptiTrack カメラ、OptiTrack モーションキャプチャマーカーを使用した。OptiTrack カメラにより、OptiTrack モーションキャプチャマーカーを特定の場所につけた専用のスーツで人の骨格情報や物体の情報を取得する。

VR ゴーグルには、Oculus 社が製造、販売している VR ヘッドマウントディスプレイ Oculus Rift を用いる。Oculus Rift にもモーションキャプチャマーカーをつけ、Oculus Rift が Motive 内で剛体と判断されるようにする。このことで、Unity 内でこの剛体にカメラを設置することにより一人称視点でアバタを操作することができる。

処理の流れは、以下のとおりである。

- (1) ユーザの骨格情報と VR ゴーグルの位置情報をモーションキャプチャによって取得し、Unity にイーサネット経由で送信する
- (2) Unity に送信された情報をもとに、アバタの形と位置を更新する
- (3) Unity で構築された仮想空間をもとに VR シーンファイルを作成する
- (4) VR シーンを Oculus Rift に送信して描画する

3.2 利用するアバタ

アバタを操作するため、骨格情報を加えた 3D モデルを

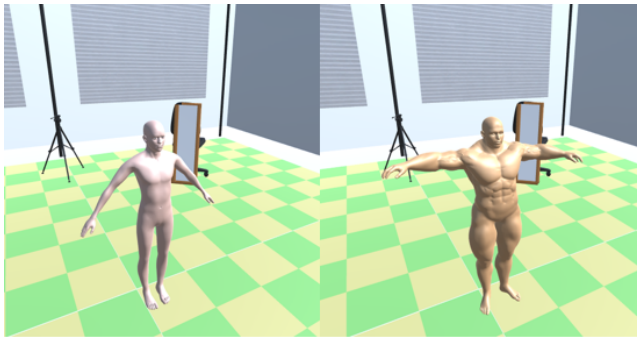


図 2 細身のアバタ (左) / 筋肉質のアバタ (右)

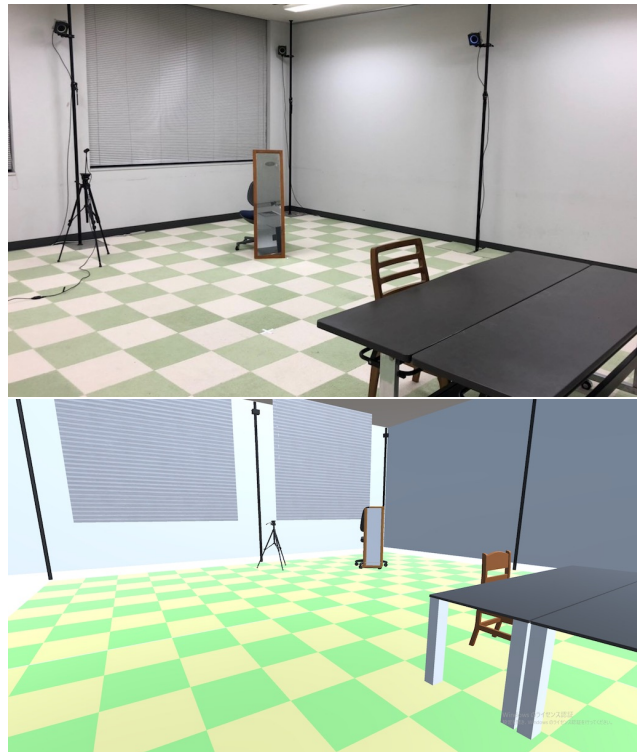


図 3 実際の実験室 (上) / 仮想空間内の環境 (下)

用いる。これにより、モーションキャプチャで得たユーザの骨格情報を Unity で投影されるアバタの骨格情報に同期することができる。図 2 に示す二種類のアバタを用意し、比較する。いずれの場合も、筋肉の様子が見えるようにするため、着衣していない状況にしている。また、男性を想定したモデルとなっている。

3.3 実験室の 3D モデル

没入感を高めるため、仮想空間内の環境を実際の実験室と近いものになるように 3D モデルを作成した。図 3 に実際の実験室と仮想空間内の比較画像を示す。モーションキャプチャのカメラポールなどに加えて、机や椅子などの家具やカーペットをあえて置くことで、3D モデルでの再現性が感じられるようにしている。特に、一人称視点においては、スクワットにおいて自分の運動中の動作が必ずしも見えるわけではないため、実験室に鏡を置くこととした。

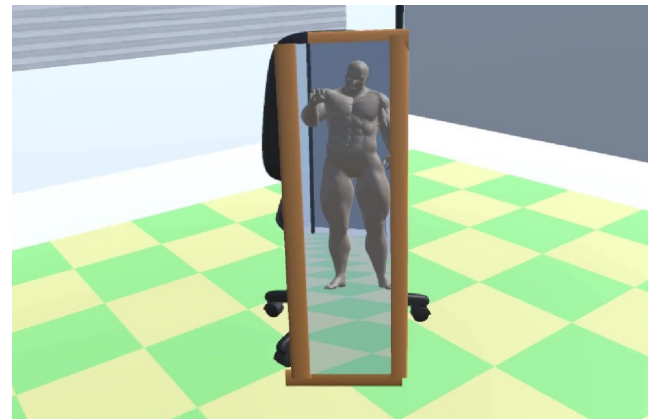


図 4 VR ゴーグル内の仮想空間映像

VR ゴーグルから見たアバタ映像を図 4 に示す。壁一面を鏡として、一人称視点であっても自分の姿全体を確認できるようにする方法も考えられたが、本研究では、鏡を置いて部分的に姿を確認できるようにした。これは、2 節で述べた Domna らの研究 [1] においても鏡を用いて没入感を高めることができていたためであり、鏡を置いたほうがアバタとの同期感が得られると判断したためである。

4. 実験

3 節の装置を用いて、スクワット運動における疲労度の主観的評価の変化を調べるため実験を行った。本実験では、通常の状態でのスクワットを基準として、細身のアバタ、筋肉質であるアバタを VR ゴーグルに投影した場合の主観的疲労度をアンケートにより調べる。

4.1 仮説

本実験における仮説を以下に示す。

プロテウス効果による身体表象の変化が筋トレにおける疲労度に影響を及ぼす。

4.2 実験手順

- (1) モーションキャプチャスーツを着て、全部で 3 セットのスクワットを行うため、疲れすぎないように注意したうえで、少しでも疲れを感じたタイミングかつ 5 回、10 回、15 回、20 回のどれかでスクワットをやめて、それを基準の回数とし、10 分間の休憩を取る。
- (2) VR ゴーグルを装着し、現実の体とアバタの同期作業を行うため、仮想空間上の鏡を見ながら、所定の準備体操をする。
- (3) 基準の回数のスクワットを行う。
- (4) VR ゴーグルを外し、スクワットの疲労度を 7 段階で評価する。
- (5) 10 分間の休憩を取る。
- (6) アバタを変え、再度 (2) ~ (5) の作業を行う。
- (7) VR ゴーグルなし、筋肉質、細身の 3 セットについて

表 1 疲労の 7 段階評価

軽く感じた	同じ			重く感じた		
-3	-2	-1	0	1	2	3

表 2 全被験者に対する結果

	筋肉質	細身
平均	-0.33	0.13
分散	1.38	1.70

比較し、疲労度の順位のアンケートを取る。
疲労度の 7 段階は、表 1 の通りとする。

4.3 同期作業

VR ゴーグル内のアバタとの同期度合でプロテウス効果に与える影響が大きいと考えられるため、スクワットをする前に、仮想空間上での鏡を見ながら軽い準備体操をする同期作業を行った。準備体操の内容は、以下の 6 種類を各数秒行った。

- 膝の屈伸
- 浅い伸脚
- 体側
- 背伸びの運動
- 軽い跳躍
- 深呼吸

4.4 実験条件

大学生男女 16 名を被験者とした。実験順による公平性を保つために、実験手順を以下の 2 つのパターンに分け、どちらのパターンが被験者に伝えずに無作為に振り分けた。
パターン A ゴーグルなし → 細身 → 筋肉質
パターン B ゴーグルなし → 筋肉質 → 細身

5. 実験結果

5.1 全被験者を対象とした t 検定の結果

アバタの容姿による疲労度の評価に与えた影響を検証する。疲労度のスコア (-3~3) の平均と標準偏差を表 2 に示す。筋肉質のアバタを操作した際の疲労度の評価の平均は、-0.33 であり、細身のアバタを操作した際の疲労度の評価は 0.13 であった。t 検定の結果、 $t = -1.16, p < 0.05$ となり、アバタの容姿の変化による疲労度の主観評価の変化に有意な差が認められなかった。

5.2 男性被験者を対象とした t 検定の結果

男性被験者を対象にして、全被験者の場合と同様に検証する。パターン A の男性被験者は 5 人、パターン B の男性被験者は 7 人であった。疲労度のスコア (-3~3) の平均と標準偏差を表 3 に示す。筋肉質のアバタを操作した際の疲労度の評価の平均は、-0.42 であり、細身のアバタを操

表 3 男性被験者に対する結果

	筋肉質	細身
平均	-0.42	0.42
分散	0.99	1.54

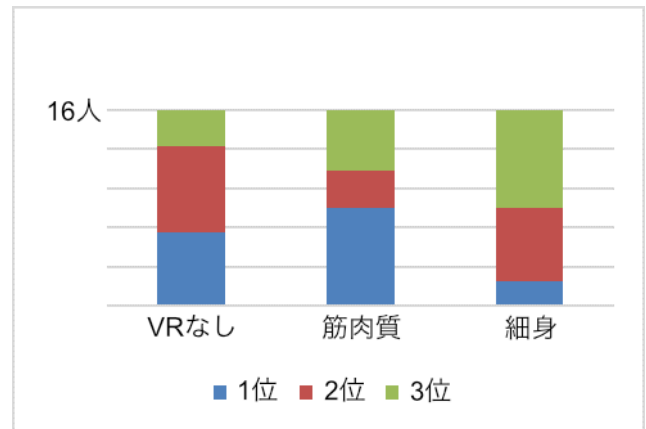


図 5 順位付けアンケート結果

表 4 アバタの容姿における順位の平均と標準偏差

	VRなし	筋肉質	細身
平均	1.81	1.81	2.38
標準偏差	0.75	0.91	0.72

作した際の疲労度の評価は 0.42 であった。t 検定の結果、 $t = -2.28, p < 0.05$ となり、アバタの容姿の変化による疲労度の主観評価の変化に有意な差が認められた。

5.3 順位付けアンケートの結果

被験者全員に対して、疲労度が最も低かったものを 1 位として順位付けアンケートを取った。各順位の度数をグラフにした結果を図 5 に示す。1 位に筋肉質と VR ゴーグルなしの場合を選択した被験者が多かったのに対して、細身が疲労度が低いとした被験者は少なかった。

また、各アバタの容姿における順位の平均と標準偏差を表 4 に示す。平均から見ても細身のアバタはほかの選択肢に比べて一番疲労を感じる事が分かった。

6. 考察

すべての被験者を対象にした結果では、平均を見ると筋肉質のアバタを操作したほうが細身のアバタを操作したときより疲労を感じないように見えるが、t 検定における有意性が認められず、仮説は正しいとは言えなかった。一方、被験者を男性だけに絞ってみると、t 検定における筋肉質のアバタを操作した際の疲労度は有意に低かったという結果であった。

すべての被験者を対象とした結果の有意性が認められなかった理由は、男性のアバタを使用したからであると考えられる。筋肉質のアバタと細身のアバタを作成する際に、全身の筋肉の部位をはっきり見せることで、アバタの容姿

の違いを分かりやすくするため、裸のアバタを使用した。関連研究 [5] においては、鳥アバタであってもプロテウス効果が確認されていたため、女性であっても没入感が得られると予想していたが、女性の没入感が得られなかったことが考えられる。また、志渡らの報告 [4] によると日本人男性の体型を変えたいと思う人の多くが「強くたくましくなりたい」と回答している一方で、女性はそのように回答する人は少ない。さらに厚生労働省によると痩せている日本人女性が増え、「やせ型」志向が増えていることを報告している [3]。このことから被験者女性は「太りたい」または「たくましくなりたい」と思っている人が少なく、今回の実験で使用したような強くたくましいアバタに潜在的に否定的であったため、男性ほどアバタに没入することがなかったと考えられる。

また、順位付けのアンケートの結果、VR ゴーグルをつけてない状態と筋肉質のアバタにおいて有意な結果は出なかったが細身のアバタは 3 つの状態の中で一番疲労を感じたと答えた被験者が多かった。これより、性差を問わず細身のアバタは相対的に疲労を感じやすい容姿であると考えられる。

7. おわりに

本稿ではアバタの外見が筋トレにおける疲労度の影響の調査を目的として、細身のアバタと筋肉質のアバタを操作した際の疲労度を比較した。実験の結果、被験者を男性に限定すると筋肉質のアバタを操作した被験者は、細身のアバタを操作した被験者より疲労度が少なく感じる事が明らかになった。また、細身のアバタは性別に関係なく、相対的な疲労度にマイナスの影響を与える可能性がある。

今後の課題としては、女性が没入しプロテウス効果を感じられるような女性アバタを作成することが挙げられる。また、本研究は自重トレーニングであるスクワットを対象としたが、外部の重りを動かす力が影響するウエイトトレーニングにおけるプロテウス効果についても調査を行いたい。最終的には、プロテウス効果のある筋トレを継続することで、疲労度と筋力の上昇率や筋トレの継続性について明らかにすることが必要であると考えている。

参考文献

- [1] Banakou, D., Kishore, S. and Slater, M.: Virtually Being Einstein Results in an Improvement in Cognitive Task Performance and a Decrease in Age Bias, *Frontiers in Psychology*, Vol. 9, p. 917 (2018).
- [2] Yee, N. and Bailenson, J.: The Proteus effect: the effect of transformed self-representation on behavior. *Hum. Commun. Res.*33(3), pp. 271-290 (2007).
- [3] 厚生労働省：平成 29 年国民健康・栄養調査結果の概要 (2018).
- [4] 志渡晃一，森田 勲，竹内夕紀子，佐藤陽香，山田耕平：本学学生における体型意識の性差に関する研究，北海道医

- 療大学看護福祉学部紀要 11, pp. 79-85 (2004).
- [5] 小柳陽光，安藤英由樹，大村 廉：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，第 23 回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集 (2018).