

プロテウス効果による姿勢改善システムの研究

北浦駿平^{†1} 酒田信親^{†1}

概要：本研究の目的は、プロテウス効果を用いて被験者の姿勢改善を促すことである。仮説として、VR 環境中のアバタの姿勢を猫背へと変化させ、プロテウス効果によってアバタ操作者がアバタの猫背があたかも自分にも反映されているように思うことで、猫背への嫌悪感が生じて猫背を改善しようという意識が生まれるのではないかと考えた。この仮説を検証するために、被験者に頭部装着型ディスプレイ（HMD: Head Mounted Display）を装着させ、アバタへの身体所有感を高める没入タスクを行った後に、鏡に映った自身のアバタの姿勢が猫背へ遷移する過程を一定時間観察させ、被験者の姿勢や猫背に対する意識の変化をアンケートによる定性評価を通じて明らかにした。その結果、アバタの姿勢が変化するのは、アバタの姿勢が変化しない条件に比べて自身の姿勢を直そうする意識に変化することが統計的有意差をもって明らかとなった。

1. はじめに

現在、ラップトップコンピュータやスマートフォンなどの人類史において比較的新しい機器を長時間使用し、同じ姿勢を維持したことで、筋肉が膨張し姿勢が悪くなり猫背の人が増える傾向にある。また、画面を見るために首や肩を前に突き出すことによって、背中が丸まり猫背になっていくといったことも猫背の人が増えていく原因であると考えられる。

猫背は身体に対して悪影響を与える可能性がある。例えば首や背中中の筋肉が長時間緊張状態になり、筋肉の緊張による痛みや疲労感が生じる肩こりや首の痛み、胸郭が圧迫され呼吸がしにくくなる呼吸障害、内臓が圧迫され消化不良や便秘の原因となる消化不良になることがあげられる。猫背を改善する方法として背筋を伸ばすストレッチ、背筋を強化することを目的とした筋肉トレーニング、正しい姿勢を意識することによる猫背の改善が考えられる。ストレッチや筋肉トレーニングといった肉体的な解決方法は、動画や記事などを参考にすれば実行できる。しかし、意識的な部分は本人に依るところが大きい。他人の猫背を見て自身の姿勢を改善しようという意識を持つ人もいれば、自身の姿勢を全く意識しない人もいる。さらに自分が猫背である自覚を持っていても直そうとしない人もいる。これらの人物に対して、有効な猫背に対する意識改善の手法が必要であると考えた。

この意識改善の手法としてバーチャルリアリティ（VR）を用いた方法を利用できないかと考えた。VR 環境ではプロテウス効果と呼ばれる、アバタの見た目によって現実の行動や心の動きが別人のように変わるといった心理効果が存在する[1]。例えば、アインシュタインのアバタを使用すると、一般的な成人男性をモチーフにしたアバタと比べて認知能力が高くなり、お年寄りに対して優しくなることが明らかとなっている[2]。また、筋肉質なアバタと細身なアバ

タでそれぞれスクワットを行った場合、筋肉質なアバタの方が細身なアバタと比較して疲労度が少ないという調査結果がある[3]。またドラゴンのアバタを用いればヒトのアバタよりも高所に対して恐怖や落下に対する不安が抑制・改善されることが分かっている[4]。これらの先行研究より、アバタの見た目が現実の身体から大きく変化した場合でもプロテウス効果は生起されることが考えられる。

そこで本研究では、仮説としてアバタ操作者がアバタに十分没入している状態で、アバタの姿勢を猫背へと変化させる。この時に、既に没入したアバタを通して生起しているプロテウス効果によって、操作者がアバタの猫背があたかも自分にも反映されているように思うことで、猫背への嫌悪感が生じて猫背を改善しようという意識が生まれるのではないかと考えた。

2. 関連研究

自分の身体が自分のものであると認識する感覚を身体所有感と呼ぶ。通常、この感覚は自分の身体に対してのみ働くが、一定の条件下において自分の身体ではない対象に対しても身体所有感が生起することが明らかとなっており[5]、これを身体所有感の錯覚と呼ぶ。身体所有感の錯覚は身体の特性が変化したときに生じる感覚であり、これは自分の身体を所有している感覚である Ownership, 自分の身体を制御している感覚である Agency, 自分の身体の中にいるという空間的な経験である Self-location の三種からなっている[6]。また身体所有感の錯覚は VR 空間内で自身が操作するアバタに対しても生起することが明らかとなっている[7,8]。

前述のように、自分の分身となる仮想空間上のアバタの見た目がユーザの心理的状態・態度・振る舞いに影響を与えるという心理効果があり、これをプロテウス効果と呼ぶ[1]。Yee らが行った初めての実験では、魅力的なアバタを

用いる際、魅力的でないアバタと比較して積極的に会話を行う傾向があることが明らかとなった。また、同実験にて低身長のアバタと高身長のアバタによる交渉への影響を調査したところ、低身長のアバタは自分に不利な要求をのみやすい傾向があるのに対して、高身長なアバタは自分に有利な要求を行う傾向があると報告された。Tabihaらは白人が黒人のアバタを体験することによって、黒人に対する偏見や思想が変化するか調査を行った[9]。その結果、黒人に対する人種差別的偏見が減少することが明らかとなった。またプロテウス効果は認知能力や行動にも影響を及ぼすことが分かっている。Kilteniらはプロテウス効果によって大胆な動作が誘発されるかを、ドラムを叩くタスクによる実験にて調査した[10]。カジュアルな服を着た黒人とスーツを着た白人のアバタを2グループに対して、VR環境内でドラムを叩く際の動作の大きさを比較した。その結果、カジュアルな服を着た黒人アバタの条件が、他の条件よりもドラムを叩く際の動作が大きくなるという結果となった。

Banakaらは超知性を意味する仮想身体としてアインシュタインのアバタを体験するグループと、被験者と同年齢の仮想身体として若い男性のアバタを体験するグループの2グループに対して認知能力テストを行った[2]。結果、アインシュタインのアバタを体験したグループの方が認知能力のパフォーマンスが高くなることが明らかとなった。またアインシュタインを体験したグループはお年寄りに対して優しくなることもわかった。小柳らは人間が持たない動物特有の能力がユーザに強い印象を与えると、その印象に応じた心理的効果が表れ、動物アバタならではのプロテウス効果を獲得できるか調査を行った[4]。飛行能力と強靱な身体を持つ印象があるドラゴンアバタを操作するドラゴンシナリオ条件とヒトアバタを操作するヒトシナリオ条件による実験を行ったところ、ドラゴンアバタの方が高所に対する態度及び高所への恐怖、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唆された。石川らは男性が筋肉質のアバタでスクワットを行う場合、細身のアバタでスクワットを行う場合と比べて疲労度が少なくなることを明らかにした[3]。

これらのプロテウス効果と身体所有感に関する過去の研究から、VR空間のアバタに対して身体所有感を有し、さらにそのアバタの姿勢を変えることで、VR空間を体験しているユーザの意識を改善する本研究のアプローチは実現可能であると判断した。

3. プロテウス効果による姿勢改善システムの提案

本研究では、アバタの特徴的な姿勢を、VR空間での体験を通して自己に属するものとして意識させ、現実空間の身体の中が丸くなることで姿勢が悪くなることや、もしくは

猫背に対して嫌悪感を抱かせることで自身の姿勢を改善する意識をもたせることを目指す。

3.1 実験環境

本実験の仮想環境を作成するにあたり、Unity (2019.4.40f1)を使用した。HMDはVIVE Pro2 (解像度:片眼 2448×2448pixel, リフレッシュレート:90/120 Hz)を使用した。また、アバタの操作に十分な自由度を確保するため腰に1つ、手首にそれぞれ1つずつ専用のベルトとリストバンドを用いてVIVE Trackerを装着した。そして先端にVIVE Trackerを取り付けた靴を履き、合計6点でのトラッキングを行う(図1)。タスクを十分に行える広さとして縦2メートル、横2.5メートルの空間を確保し、その空間の四隅にBase Stationを置くことで精度よくHMDおよびVIVE Trackerをトラッキング可能となっている。また今回操作するアバタはmakehuman[11]という3DCGソフトウェアによって、20代前半を想定した男性を作成し使用している(図2)。

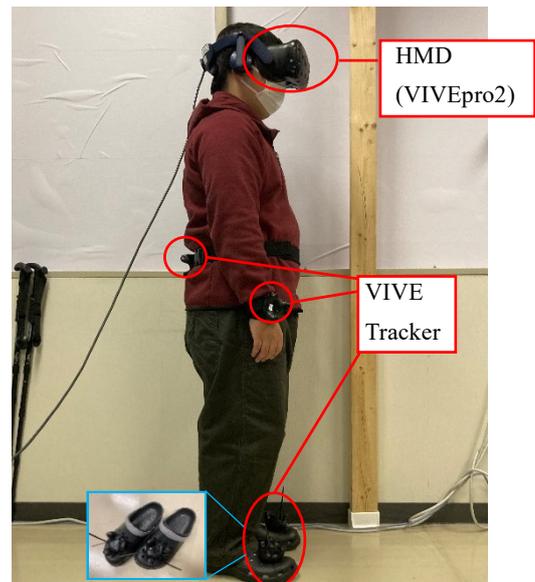


図1 6点トラッキングの様子



図2 使用した男性アバタ

3.2 提示するアバタの姿勢

本実験を行うにあたり、予備実験としてアバタの猫背を提示する方法について調査を行った。調査は VR 空間で行い、①あらかじめ猫背になっているアバタ (図 3) と、②平時は背筋を伸ばしており時間経過によって背中が曲がり猫背となるアニメーションを適用したアバタ (図 4) の二種類を提示し、どちらがより自然に見えるかアンケートを取った。アンケートより、①のアバタはすべての被験者が猫背には見えず、身体の形がおかしいアバタに見えるという回答があった。一方で②のアバタに対しては、背筋が伸びている状態から曲がっていくため、猫背になっていく様子がわかりやすかったという回答が多くあった。以上より、本実験ではアバタの姿勢がアニメーションにより徐々に遷移するのをアバタ操作者に観察させる手法を採用した。



図 3 あらかじめ猫背になっているアバタ

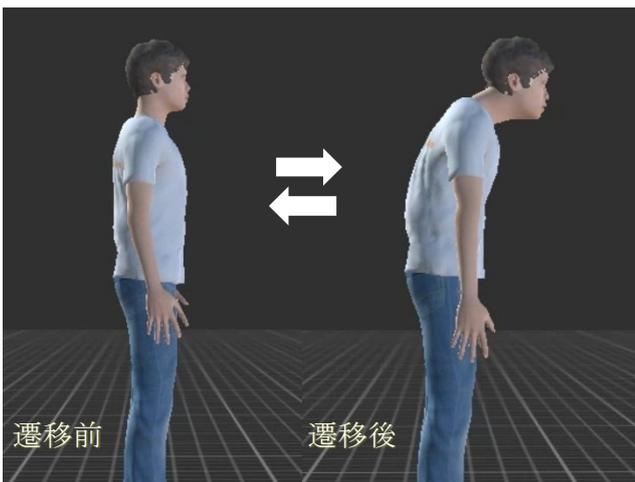


図 4 猫背アニメーション A を適用したアバタ

次に、2 種の猫背になるアニメーションを提示し、より猫背に見えるアニメーションの調査を行った。提示した猫背アニメーションの特徴は以下のとおりである。

A.腰から肩甲骨まではまっすぐになっており、肩から首にかけて湾曲している。また首は大きく前に出ており、姿勢の悪さが強調されている(図 4)。

B.腰から肩甲骨にかけて突き出るように湾曲している。また首が少し前に出ている(図 5)。

調査の結果、猫背アニメーション A は背中が真っ直ぐなのに対して首だけ前に出ている状態が不自然であるといった意見が多く上がった。反対に猫背アニメーション B は背中が曲がっており一目で猫背とわかる。姿勢が自然で気持ち悪くないという肯定的な意見があった。そのため本研究では図 5 の猫背アニメーション B を提示することとした。

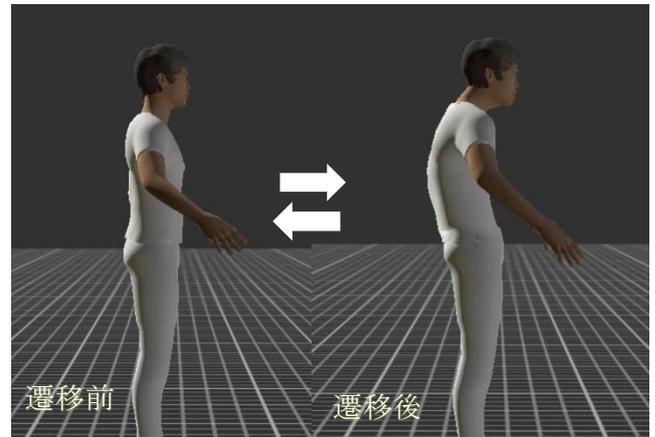


図 5 猫背アニメーション B を適用したアバタ

3.3 実験の流れと評価

本実験では、被験者情報などの事前アンケートに回答してもらおう。事前アンケートの内容は以下の通りである。

- 1.名前
- 2.性別、年齢
- 3.HMD を用いた VR 体験の有無
- 4.VR 体験の頻度
- 5.普段から猫背の自覚があるか
- 6.普段から姿勢を直す意識を持っているか

第 4 項目の VR 体験の頻度に関しては週 1 回以下、週 3 回ほど、週 5 回ほど、毎日の四段階で回答させた。第 5、6 項目は 5 段階のリッカート尺度で評価を行い、どちらも 1 を強い肯定、5 を強い否定とした。次に HMD を装着してもらい実験の説明を行う。この時、実験の説明を受けることで被験者が姿勢を直す必要があるという認知バイアスにかかる可能性をできる限り排除するため、被験者にアバタへ没入してもらってプロテウス効果を最大限引き出すための没入タスクと、鏡越しにアバタの姿勢を一定時間観察し

てもらう鏡タスクの2つのタスクがあることだけを説明し、実験の目的は説明していない。また、この説明の際には、「姿勢が悪いアバタを観察してください」といった説明ではなく、「アバタを観察してください」という説明方法を採用している。また、鏡タスクには2条件あり、図5の猫背アニメーションが適用されている姿勢変化有り条件と猫背アニメーションが適用されていない姿勢変化無し条件である。説明後にHMDとVIVE Trackerがすべてトラッキング可能であることを確認し、アバタサイズの調整を行う。これは、今回身長170センチメートルほどのアバタのみを使用しているため、被験者によって視点の高さや腕の長さが乖離することがあるからである。アバタの違いにより実験結果に差が生じることを危惧したため同一のアバタを調整する手法を用いた。また、本実験で使用するシーンは、VR空間に設置する仮想オブジェクトの影響をできる限りなくすため、白い壁とアバタの姿をみるための鏡が存在するだけの空間を使用した(図6)。



図6 実験空間

本実験は没入タスクと鏡タスクの二つのタスクからなる。没入タスクでは、被験者には、手で触れると消滅し別の場所に出現する赤色のキューブを三分間触り続けるように指示した(図7)。この時に赤色のキューブが出現する範囲は、垂直方向は頭から腰の高さまで、水平方向は被験者正面に存在している鏡(図6)の幅、奥行き方向に関しては腕を最大まで伸ばしさらに一歩進まない届かないところになっている。過去の研究[2,12]を参考に正面、左側面、右側面が映し出されている三面鏡の前で身体を動かすタスクを行うと、常に様々な角度で動く自身の姿が視界に入り没入感が高まると想定し、このような没入タスクを設定した。

その後、三面鏡と赤色のキューブが消失し被験者の左手側に鏡が出現する鏡タスク(図8)を課す。被験者は身体を正面に向けたまま顔だけを鏡の方向へ向け、2分間鏡に映る自身のアバタを確認する。この時アバタは以下に示す2条件のどちらかに設定している。

姿勢変化有り条件;

背筋が伸びている状態から猫背へ遷移し、再び背筋が伸びるという変化を繰り返す。

姿勢変化無し条件;

アバタの姿勢に変化は起こらない。



図7 没入感向上タスク実施中のアバタの外観と一人称視点(HMD内の映像)

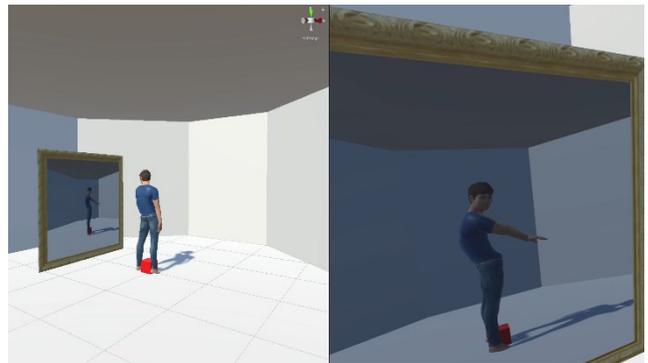


図8 鏡タスク実施中のアバタの外観と一人称視点(HMD内の映像)

順序効果を緩和する目的で、姿勢変化有り条件の後に姿勢変化無し条件を体験するグループAと、姿勢変化無し条件の後に姿勢変化有り条件を体験するグループBの半分にかけて実験を実施した。また条件を1つ終えるごとに被験者にアンケートに回答させた。ここで実施したアンケートは事後アンケートと呼び、その内容はアバタの姿勢変化・アバタへの没入感・自身の姿勢に対する意識の変化や身体の着目部位に関するアンケートとVR体験の没入感に関する Igroup Presence Questionnaire (以下 IPQ) [13]の2つである。事後アンケートの具体的な内容は以下のとおりである。

- 1.アバタに対して没入感を感じたか
- 2.アバタの姿勢が変化していることに気が付いたか
- 3.鏡タスクを実施する前の姿勢に対する意識と比べて姿勢をどれほど意識したか
- 4.鏡タスク中に注目した体の部位
- 5.自由記述

1-3項目は1~5の5段階のリッカート尺度で評価を行った。第1項目は1をアバタに対して没入感を強く感じるとし、5をアバタに対してまったく没入感を感じていないとした。第2項目は1をアバタの姿勢変化に気が付いたとし、5をアバタの姿勢変化に気が付かなかったとした。第3項目は実験以前の姿勢に対する意識を1とし、普段の意識と比べてどれほど意識したかを回答させた。また第4項目と第5項目は自由に回答を行わせた。

4. 実験結果と考察

被験者は21~29歳の合計17名(男性:13名, 女性:4名)で行った。被験者のうち15名がHMDを用いたVRの体験があり、2名は本実験が初めてのVR体験であった。

事後アンケートの「3.鏡タスクを実施する前の姿勢に対する意識と比べて姿勢をどれほど意識したか」に関して、全被験者、男性被験者、女性被験者に分類したアンケートの回答結果を図9に示す。全被験者の回答結果に対してウィルコクソンの符号順位検定を行ったところ、有意差が確認できた($p=0.002194$)。また男性被験者のみの回答結果に対して同様にウィルコクソンの符号順位検定を行ったところ、有意差が確認できた($p=0.0121$)。1を強い否定、5を強い同意としたIPQの回答結果を図10に示す。IPQには14の質問項目があり、それらをGeneral Presence(グラフ内表記:G), Space Presence(グラフ内表記:SP), Involvement(グラフ内表記:Inv), Experienced Realism(グラフ内表記:Real)に分類できる。

次に、姿勢変化有り条件における、事前アンケートをもとに普段から姿勢を直す意識を持っているグループ(アンケートで1, 2, 3のいずれかと回答)と普段から姿勢を直す意識を持っていないグループ(アンケートで4もしくは5と回答)に分けて「3.鏡タスクを実施する前の姿勢に対する意識と比べて姿勢をどれほど意識したか」を比較した結果を図11に示す。

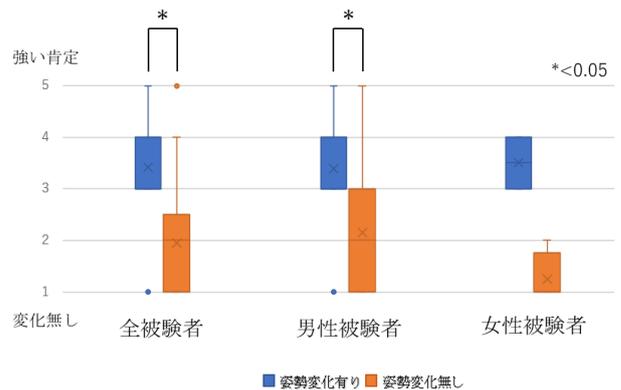


図9 鏡タスクを実施する前の姿勢に対する意識と比べて姿勢をどれほど意識したか

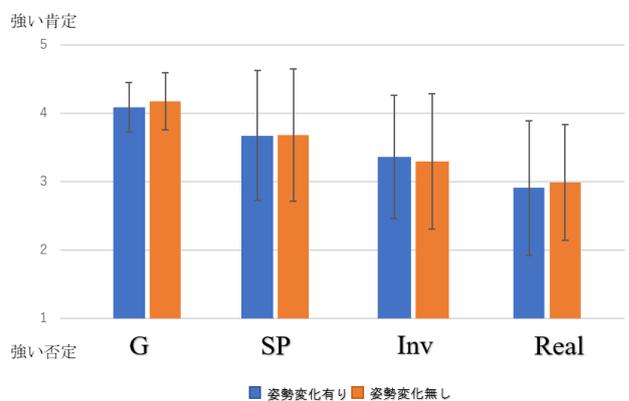


図10 姿勢変化あり条件と姿勢変化なし条件におけるIPQ

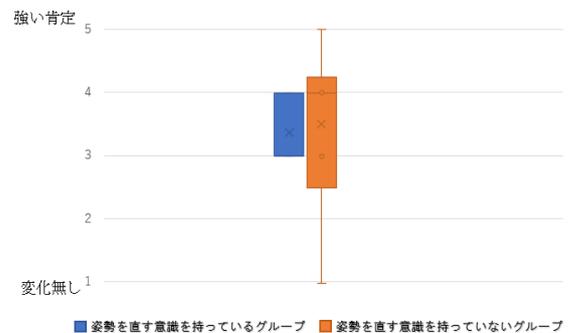


図11 「実験前の姿勢に対する意識と比べてどれほど意識したか」の比較図

4.1 考察

以前の姿勢に対する意識と比べて姿勢をどれほど意識したかについてのアンケートへの回答において、全被験者のアンケート(図9)にて有意差が確認できたことから被験者が操作しているアバタの姿勢を徐々に猫背へ遷移させていくことで、被験者の姿勢に対する意識を変化させられることが明らかとなった。また男性のみでのアンケート結果(図9)においても有意差が確認できた。一方で、女性のみでのアンケート結果(図9)では被験者数が4人と少な

かったためウィルコクソンの符号順位検定による有意差こそでなかったものの、グラフをみると全被験者と男性のみ(図9)と同様の傾向があると考えられる。このことから、本実験において性別による差が影響を与える可能性は少ないと考えている。IPQの結果(図10)より、4分類のすべてにおいて、姿勢変化有りの条件と姿勢変化無しの場合の間でVR空間における体験の質に差は生じていないことが分かる。このことより、アバタ操作者の実際の姿勢とは乖離した姿勢変化有り条件の姿勢を見せた場合でも、没入感は下がらずプロテウス効果を引き出せていたのではないと思われる。

図11より、普段から姿勢を直す意識がある人物と、普段から姿勢を直す意識がない人物の、実験前と比較した実験後の姿勢に対する意識についての平均値はどちらも同程度の値であることが分かる。このことから、普段の姿勢に対する意識に関わらず提案手法は効果的だと考えられる。一方で、姿勢を直す意識があるグループの回答は3と4のみに集中していることに対して、姿勢を直す意識がないグループの回答は1や5も含んでいる(図11)。これより、姿勢を直す意識があるグループには安定した効果が期待できるのに対して、姿勢を直す意識がないグループは少し効果にばらつきがあることが分かる。これは姿勢を直す意識があるグループの多くは、事前アンケートにて普段から猫背の自覚があると回答していたため、猫背のアバタを見て普段と同様に姿勢を直す意識をもったのだと考えられる。反対に姿勢を直す意識がないグループは普段から猫背の自覚がないと回答した人物と普段から猫背の自覚がある(ただし、その猫背の「姿勢を直す意識はない」ので、姿勢を直す意識はないグループに属している)と回答した人物の2種類によって構成されているため、数字がばらついたと考えられる。

実験後の自由記述において「姿勢が変化する条件での鏡タスク中は背中にむずむずとした感覚があったが、変化しない条件では背中にむずむずを感じなかった」という意見が複数あった。これは自身が操作しているアバタが猫背になっているが、実際の姿勢は変化していないことによる差ではないかと考えられる。これは被験者たちにプロテウス効果が生起されていたので生じたコメントではないかと思われる。

5. おわりに

本実験では、アバタの姿勢がアバタを操作している人物に対して影響を与え、自身の姿勢に対する意識が変化するかを調査した。具体的にはアバタの姿勢を猫背へ徐々に遷移する様を見せることで、プロテウス効果が生起し姿勢を改善するのではないかと仮説を立て、実験を行った。

実験結果より、アバタの姿勢が変化する条件は、アバタ

の姿勢が変化しない条件に比べて自身の姿勢を直そうと意識することが、事後アンケート結果より統計的有意差をもって明らかとなった。また、実験前に行った事前アンケートより普段の姿勢が猫背であるかどうか、普段から姿勢を直そうと意識して生活しているかといった要素に関わらず、実験後は姿勢を直そうと意識することが明らかとなった。

今後の課題として、現在は被験者の主観に基づいた定性評価のみを行っているため、実験を通して実際に姿勢がどのように変化しているかを定量評価する必要があると考える。また、姿勢を直す意識の継続性に関しては確かめていないため、実験後も定期的に意識の確認を行い、もし長期間の影響が確認できない場合は、持続的な意識改善できる手法を検討したい。また、今回は20代前半の男性をイメージしたアバタを使用していたため、年齢や外見が大きく異なるアバタごとにデータをとることで、外見的要素による影響も明らかにしたいと考えている。

参考文献

- [1] Yee N, Bajilenson J, The proteus effect: The effect of transformed self-representation on behavior, *Human Communication Research*, Vol.33, pp.271-290, 2007
- [2] Domana Banakoku, Sameer Kishore, Mel Slater, Virtually Being Einstein Results in an Improvement in Cognitive Task Performance and a Decrease in Age Bias, *Frontiers in Psychology*, Vol.9, pp917-917,2018
- [3] 石川 貴一, 粕野 悠聖, 高野 保真, 佐久田 博司, VRをもちいた筋力トレーニングにおけるプロテウス効果, 情報処理学会研究報告 HCI, Vol.182, No.2, 2019
- [4] 小柳 陽光, 鳴海 拓志, Jean-Luc Lugrin, 安藤 英由樹, 大村 簾, 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論文誌*, Vol.25, No.1, pp2-11,2020
- [5] Matthew Botvinick and Vilavanur Cohen, Rubber hands feel touch that eyes see, *Nature*, Vol.391, pp.756-756,1998
- [6] Konstantina Kilteni, Raphaela Groten and Mel Slater, The sense of embodiment in virtual reality, *Teleoperators and Virtual Environmental*, Vol.121, Issue4, pp.373-387,2012
- [7] Bigna Lenggenhager, Tej Tadi, Thomas Metzinger, and Olaf Blanke, Video ergo sum: Manipulating bodily self-consciousness, *Science(New York,N,Y)*Vol.317, pp1096-1099, 2007
- [8] Mel Slater, Daniel Perez – Marcos, H.Henril Ehrsson, Maria V. Sanchez-Vives, Inducing, illusory ownership of a virtual body, *Front.Neurosci*, 3.2, pp.214-220, 2009
- [9] Tabitha C.Peck, Sofia Seinfeld, Salvatore M. Aglioti, Mel Slater, Putting yourself in the skin of a black avatar reduces implicit racial bias, *Consciousness and Cognition*, Vol.22, pp779-787.2013
- [10] Konstantina Kilteni, Ilias Bergstrom, Mel Slater, Drumming in immersive virtual reality: The body shapes the way we play, *IEEE transactions on visualization and computer graphics*, Vol.19, pp.597-605,2013
- [11] makehuman: <http://www.makehumancommunity.org/>
- [12] Mar Gonzalez-Franco, Daniel Perez-Marcos, Bernhard Spanlang, Mel Slater, The contribution of real-time mirror reflections of motor actions on virtual body ownership in an immersive virtual environment, *IEEE Annual International Symposium Virtual Reality*, 2010
- [13] Igroup presence questionnaire(IPQ), igroup,2019-10-20