



VR アバタの見た目の頑丈さが痛み知覚の変化要因 に及ぼす影響の基礎調査

山口留依¹⁾, 櫻井翔¹⁾, 野嶋琢也²⁾, 廣田光一¹⁾

Rui YAMAGUCHI, Sho SAKURAI, Takuya NOJIMA and Koichi HIROTA

- 1) 電気通信大学大学院情報理工学研究科 (〒182-8585 東京都調布市調布ヶ丘 1-5-1, {rui.yamaguchi, sho, hiroya}@vogue.is.ucc.ac.jp)
- 2) 電気通信大学大学院情報理工学研究科 (〒182-8585 東京都調布市調布ヶ丘 1-5-1, tnojima@nojilab.org)

概要: アバタの見た目の筋肉量からユーザの痛みの知覚が変化すると知見がある。一方、痛みの知覚は痛みへの不安や嫌悪感等の心理的影響も受ける。本研究では、アバタの見た目の頑丈さによって、痛みの知覚だけでなく、痛みへの不安や嫌悪感に関わると考えられる痛みへの耐性や我慢強さも変化するかを検証した。実験を通じ、アバタの見た目の頑丈さによる痛みの知覚に変化はなかったが、痛みへの耐性や我慢強さが変化することを示した。

キーワード: 身体性認知, 痛覚, アバタ, virtual embodiment

1. はじめに

痛みは身体の異常を知らせるサインであり、自分の身体を守る生命活動に欠かせない役割を担っている。しかし、原因不明の痛みや長期的に続く痛みは、それ自体が健康を損なう要因にもなりえるため、治療を要する。

痛みの種類には怪我などからくる刺激によって身体に危険を伝える痛み(侵害受容性疼痛)や、神経の障害によって起こる痛み(神経障害性疼痛)などがある[1]。国際疼痛学会によると、痛みを「実際の組織損傷もしくは組織損傷が起こりうる状態に付随する、あるいはそれに似た、感覚かつ情動の不快な体験」と定義されている[2]。これは、痛みは実際に痛いと感じる感覚的な体験と、不安や恐怖といった情動的な体験という、二つの側面を有しているといえる。実際、物理的な痛みが治ったり、緩和しても、痛みに対する心理の影響によって新たな痛みが発生することがある(心因性疼痛[3])。日常生活には、怪我や病気によって物理的な痛みを負うきっかけは沢山あり、過去あるいは現在の痛みの経験に起因して、心因性疼痛が引き起こされる恐れがある。これに対し、痛みへの不快感情を取り除くことができれば、心因性疼痛の予防につながると考えられる。また痛みへの不快な感情を抑制できれば様々なアクティビティにも挑戦しやすくなり生活を豊かにさせることにもつながる。

痛みへ不快感情に関して、医療行為に伴う痛みや不安感を軽減するためのバーチャルリアリティ(VR)を用いたアプローチが提案されている。例えば、妊婦に対して VR

上で映像を見せることにより陣痛中の痛みや不安を軽減できたとの報告がある[4]。また VR で映像を見せることによりワクチン接種中の子供の注射の恐怖感や痛みを軽減できたという報告もある[5]。このように VR はその没入感の高さや、自由に環境を変化させることができることから、疼痛管理や精神保健の治療に有効であるとわかる。

一方、物理的な痛みに関して、VR 空間でユーザの代替となるアバタの見た目の影響が報告されている。見た目が筋肉質なアバタを用いる時、非筋肉質なアバタを用いるときよりも、痛みの評価が低下することが示されている[4]。[6]では、筋肉質な身体は痛みに対して強いイメージを持ち、このイメージから知覚される痛みが低下したと考察されている。これは、プロテウス効果(アバタの外見がユーザの行動特性や心理的状态に影響する現象)[7]に起因していると考えられる。プロテウス効果の他の例として、ドラゴンアバタを用いることにより高所に対する恐怖を抑制できた報告[8]もある。これらの報告から、アバタの外見は、痛みの知覚だけでなく、痛みに対する不快感情にも作用する可能性は十分にある。そこで本研究では、アバタの外見の自由度の高さも利用し、痛みに対する不安や嫌悪感を持ちにくくする外見のアバタをつかって痛みへの不快感情を軽減する手法を提案する。

痛みに対する不快感情を持ちにくいアバタは痛みに対して、耐性があり、我慢強いイメージの外見をもつアバタを採用する必要があると考えた。上記のようなイメージを持つ外見的な特性として、見た目の頑丈さを本研究では採用

した。本研究の目的はこのアバタの見た目の頑丈さによって、痛み知覚に加えて痛みに対する感じ方が変わるかどうかを調べることである。本研究を通じて、アバタの外見操作から痛みの変化要因である痛みへの不快感情を軽減する手法の実現可能性を考察する。

2. 実験

ユーザが用いるアバタの見た目の頑丈さを変化させることで、痛み知覚および痛みの耐性および我慢強さの感じ方に変化が生じるかを調査するための実験を実施した。

2.1 実験設計

本実験ではまず、見た目の頑丈さが異なるアバタとアバタの視点から見た VR 空間を提示しつつ、アバタの視点で VR 空間を見ているユーザに痛み刺激を提示可能な実験システム環境を構築した。本システムは、Oculus Quest2(以下、HMD)、PC、低周波治療器から構成される。VR 環境は、Unity を用いて構築した。

見た目の頑丈さが異なるアバタとして、子供アバタ、一般の男性をイメージしたノーマルアバタ、筋肉量が多い筋肉質アバタ、ゴーレムアバタの 4 種類を使用した(図 1)。子供は弱い存在と認識されやすく、明らかに頑丈でないイメージを与えられると考え、採用した。次に、筋肉量が多いほど頑丈であると判断されたと考え、頑丈な見た目のアバタとして筋肉質アバタを使用した。最後に、人を越えた頑丈さを持つ身体の例として、石でできた身体を持つゴーレムアバタを採用した。この見た目の頑丈さの違いを「アバタ条件」とする。

また、アバタへの身体所有感を高めるタスク(詳細は後述)を実施するため、HMD と Meta コントローラ、FinalIK を用いて、実空間で着座している被験者の上半身の動きをアバタにリアルタイムで同期させた。

痛み刺激を提示するデバイスとして、低周波治療器(オムロンヘルスケア株式会社 HV-F080)を用いて提示した。刺激提示部位は右ひじに設定し、電極パッドを貼って低周波刺激を提示した(図 2)。なお、本実験実施前に、4 人を対象



図 1. 実験に使用したアバタ



図 2. 被験者の様子

に、本デバイスを用いて刺激強度を変えながら痛み刺激を提示した。そして、アンケート評価を通じ、本実験で提示する刺激の強度と提示時間を決定した。刺激の強度及び提示時間は上記デバイスの PainCare1 モードの強度 13 で 5 秒間に設定した。

2.2 実験手順

実験では、まず、実験環境に招いた被験者に、着座状態で HMD およびコントローラを装着してもらい、電極パッドを右肘に貼った。次に、アバタへの身体所有感を高めるブロックタスク(図 3)を行ってもらった。本タスクでは、VR 空間内の鏡を通じて自身が操作するアバタが見える状態で、目の前に出てくるブロックを触って消すよう指示した。ブロックに触れた感覚を強化するため、ブロックに触れた手に持ったコントローラから振動刺激をフィードバックした。本タスクの制限時間は 60 秒とした。

ブロックタスク終了後、痛み刺激を提示した。刺激提示中も、目の前にある鏡を通じて、ユーザが用いているアバタの姿を見てもらった。刺激提示終了後、VR 空間上に提示した評価アンケートに回答してもらった。本アンケートの評価項目は次節にて後述する。

上記のブロックタスクからアンケートまでを一試行として、2.1 で述べた全てのアバタ条件下で同試行を繰り返し、計 4 試行を実施した。その後、休憩(2 分間)を挟み、休憩前と同様に、全アバタ条件下の計 4 試行を実施した。全試行終了後には実験に関して自由記述形式のアンケートに回答させた。

用いるアバタの順番は、順序効果を考慮し、ランダムに設定した。本実験は、10 名の 20 代男性被験者を対象に、被験者内計画で実施した。

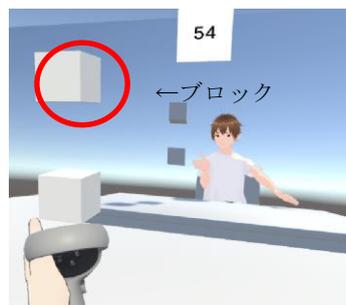


図 3. ブロックタスク

2.3 評価項目

各タスク後は、アンケートを用いてタスク中の痛みの知覚(表 1)と身体感覚(身体所有感、運動主体感(自分がアバタの行動を引き起こしている感覚)、身体図式(身体と感覚のマッピング))を評価させた。Q1 の評価は VAS 法を用いた。Q2~Q4 と身体感覚の評価は 7 段階リッカート尺度を用いた。なお、身体感覚の評価には[10]で作成された評価項目を利用した。また身体感覚の評価の仕方は身体所有感、運動主体感、身体図式の評価内容についてそれぞれの感覚ごとに平均のスコアを求めることによってその値をもとに評価を行った。

表 1 : 痛みの知覚に関するアンケート

No.	評価内容	質問項目
Q1	知覚強度	痛みの強さ
Q2	我慢強さ	痛みに対して我慢できるか
Q3	耐性	痛みに対して耐性があると感じるか
Q4	頑丈さ	使用したアバタはどのくらい頑丈だと感じるか
Q5	身体所有感	アバタが自分の体のように感じた
Q6	身体所有感	アバタの一部が自分の身体の一部であるように感じた
Q7	身体所有感	アバタが人間の身体のように感じた
Q8	身体所有感	アバタが自分のもののように感じた
Q9	運動主体感	アバタの動きが自分の動きのように感じた
Q10	運動主体感	アバタの動きを自分がコントロールしているように感じた
Q11	運動主体感	自分がアバタの動きを起こしているように感じた
Q12	運動主体感	アバタの動きと自分の動きがシンクロしていた
Q13	身体知覚	自分の体の見た目や形が変わったかのように感じた
Q14	身体知覚	自分の体の重さが変わったかのように感じた
Q15	身体知覚	自分の体のサイズ(高さ)が変わったかのように感じた
Q16	身体知覚	自分の体の幅が変わったかのように感じた

3. 結果

各アバタ条件の評価値について、Friedman 検定を行ったところ、Q1 は有意差が認められなかった。Q2 は子供-筋肉質間で有意差が認められた。Q3 は子供-ノーマル、筋肉質、ゴーレム間とノーマル-ゴーレム間に有意差が認められた。Q4 は、子供<ノーマル<筋肉質<ゴーレムの順で頑丈であると評価されていた。身体所有感では有意にノーマル>ゴーレム、筋肉質>ゴーレムとなった。運動主体感では有意差が認められなかった。身体図式では有意にノーマル<子供、筋肉質<子供、ノーマル<ゴーレム、筋肉質<ゴーレムとなった。Q1, Q2, Q3, Q4 についての評価結果を図 4 に示す。また身体所有感、運動主体感、身体図式についての評価結果を図 5 に示す。

4. 考察

結果より、アバタ条件の違いによる痛みの知覚強度(Q1)の有意差が認められなかった。これは、先行研究[6]とは異なる結果となったといえる。一方、痛みに対する我慢強さ(Q2)および耐性(Q3)にの評価は、アバタ条件による違いが認められた。

アバタの見た目の頑丈さ(Q4)は、見た目が頑丈な程頑丈であると評価されたものの、アバタ条件による知覚強度(Q1)の評価に有意差がなかったということは、見た目の

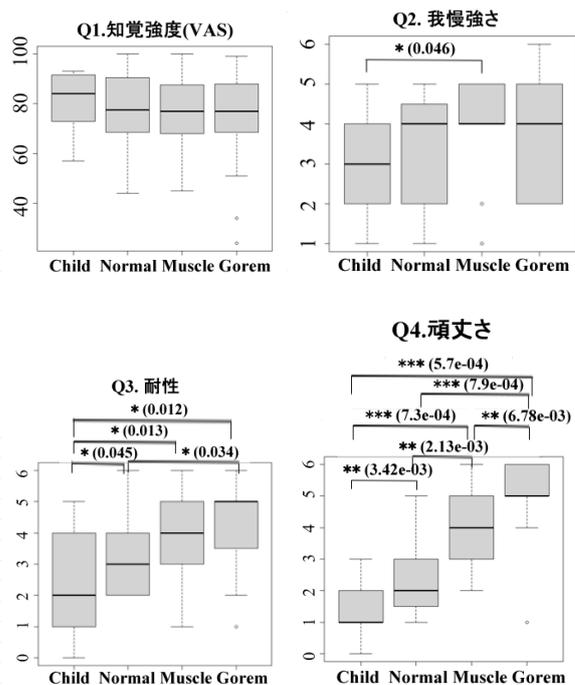


図 4. 知覚強度, 我慢強さ, 耐性, 頑丈さの回答値 (*p<.05, **p<.01, ***p<.001, ()中の数字は p 値)

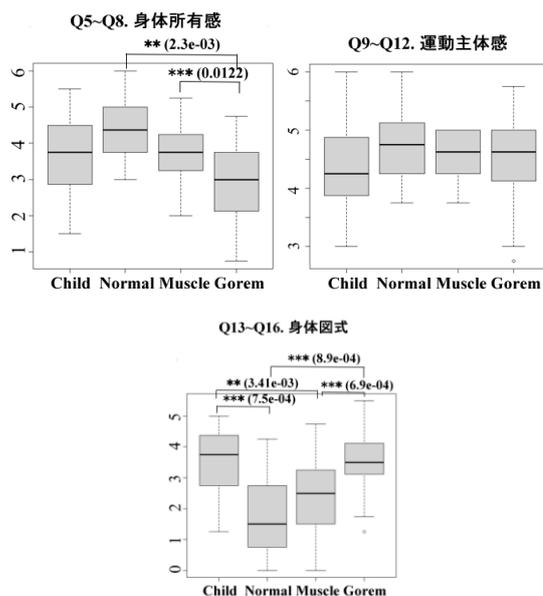


図 5. 身体所有感, 運動主体感, 身体図式の回答値の平均値 (*p<.05, **p<.01, ***p<.001, ()中の数字は p 値)

頑丈さは痛み知覚に作用しなかったことを示す。身体所有感はノーマル - ゴーレム間および筋肉質 - ゴーレム間で有意差が認められ、身体図式は子供-ノーマル間で有意差が生じる等の違いが認められた。この点は、痛み知覚の評価は、身体所有感と身体図式の違いに影響を受けない可能性を示している。また、運動主体感が痛み知覚に作用するが、アバタ条件による運動主体感の評価に差がなかったため、痛み知覚が変化しなかった可能性も考えられる。た

だし、身体所有感、運動主体感、身体図式が痛み知覚に及ぼす相互影響を読み取ることはできないため、明確な原因は判断できない。この点については、それぞれの評価の相関等を調査する等の追加検証が必要である。

痛み知覚に関する被験者からのフィードバックとして、実験で提示した刺激の強度について、実験後のアンケートでは痛みの刺激が強く、意識がアバタに向かなかったという意見があった。加えて、本実験では痛みの刺激を目標まで急激に上げ、目標刺激を5秒間と短い時間提示した。先行研究[6]での痛み刺激は温熱刺激であり、提示時間時間は40秒間としている。したがって先行研究[6]とは異なり、本研究での痛みの種類は急性痛の中でも、さらに集中的で強い刺激といえる。痛みの情動的側面は特に慢性痛に対して影響を及ぼしやすい[10]とされている。本研究で提示した痛み刺激の種類は、痛みの知覚に対して感情の入る余地が少なく、痛みの評価にアバタの見た目による変化が影響しづらかったと考えられる。この点については、痛みの種類による痛み知覚の違いの検証や、痛み刺激の再検討が必要であろう。

一方で、痛みに対する我慢強さ(Q2)と耐性(Q3)については、アバタ条件による違いが認められた。この項目では一部アバタ間で見た目の頑丈さの評価通りに有意差が認められており、アバタの見た目の頑丈さは痛みに対する我慢強さおよび耐性に影響を及ぼしうるといえる。アバタの見た目が影響を及ぼした要因の一つとして、アバタでは身体所有感と身体図式が原因になっていると考えた。身体所有感が同等の子供と筋肉質では、身体図式で筋肉質<子供であったため被験者が子供の頑丈でないという特性を得ることができたために、我慢強さ(Q2)に有意差が認められたのだと考えられる。また耐性(Q3)について差が生まれなかったノーマル-筋肉質、筋肉質-ゴーレムは同様の考察ができ、身体所有感に差があったり、得られたアバタの特性に差異がなかったりしたために、有意差が認められなかったのだと考えられる。このように我慢強さや耐性に差が生まれるには身体所有感に差がなく、身体図式に差がありアバタの頑丈さに関する特性を被験者が得る必要があるのだと考える。

アバタの見た目の頑丈さは痛みの知覚には影響を及ぼさなかったが、痛みの耐性や我慢強さといった痛みの感じ方に影響を及ぼすことがわかった。したがって痛みに対する不快感情まで変化するかはまだ断言できないが、アバタの外見によって痛みの情動的な側面に関しても影響をあたえられる可能性がある。このことから先行研究の結果と合わせれば使用するアバタの外見によって痛みの感覚的側面、情動的側面の両方を制御することができるだろう。痛みの知覚に関しては設定強度や痛みの種類によって変化する可能性があるため感覚的な側面を変える要素についても更なる検証が必要であると考えられる。

5. おわりに

本研究ではアバタの見た目の頑丈さが被験者の痛覚知覚

とその変化要因に及ぼす影響について調査を行った。調査の結果アバタの見た目の頑丈さによって痛みの知覚は変化しなかったものの、痛みに対する耐性や我慢強さは変化することが示された。痛みに対する耐性や我慢強さといった痛みの感じ方が変化したことから、痛みに伴う不快感情も変化する可能性があり、アバタの見た目を変化させることで痛みの情動的な側面が変化する可能性がある。

今後は痛みに対する不安感をより誘発する実験タスクを考案して、痛みに対する不快感情が変化するかを検証する。また強度設定や提示に使用するデバイス、実験システムの改善を行うことで更なる効果が生じるのかも検証を行う予定である。

参考文献

- [1] VIATRIS” “痛みの情報サイト - 疼痛 (とうつう) .jp | ヴィアトリス” <https://www.toutsu.jp/>, (参照 2024-7-22)
- [2] Srinivasa N Raja et al. The revised International Association for the Study of Pain definition of pain: concepts, challenges, and compromises. *Pain*. 2020 Sep 1;161(9):1976-1982.
- [3] "Psychogenic Pain: What It Is, Symptoms & Treatment". *Cleveland Clinic*. Retrieved 2023-03-04.
- [4] Althumairi A et al. Virtual Reality: Is It Helping Children Cope with Fear and Pain During Vaccination? *J Multidiscip Healthc*. 2021 Sep 21;14:2625-2632.
- [5] N. Xu, S. Chen, Y. Liu, Y. Jing, P. Gu The effects of virtual reality in maternal delivery: Systematic review and meta-analysis *JMIR Serious Games*, 10 (4) (2022), p. e36695
- [6] Yim, Y., Xia, Z. Kubota, Y. et al. The proteus effect on human pain perception through avatar muscularity and gender factors. *Sci Rep* 14, 11332 (2024).
- [7] N. Yee, J. Bailenson, The Proteus Effect: The Effect of Transformed Self-Representation on Behavior, *Hum Commun Res*, vol.33, Issue 3, 1, 271–290, 2007.
- [8] 小柳ら, 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, *TVRSJ Vol.25 No.1 pp.2-11*, 2020
- [9] D. Roth and M. E. Latoschik, "Construction of Embodiment Questionnaire (VEQ), " in *IEEE Trans Vis and Comput Graph*, vol. 26, no. 12, 3546-3556, Dec. 2020
- [10] Apkarian VA et al. Pain and the brain: specificity and plasticity of the brain in clinical chronic pain. *Pain*. 2011 Mar;152(3 Suppl):S49-S64.