



触覚による鼓動の知覚がバーチャルアバターの印象に与える影響の調査

Investigating the Influence of Perceiving Heartbeat by Touch on the Impression of a Virtual Avatar

桑島理子¹⁾, 渡邊淳司²⁾, Hsin-Ni HO³⁾
Riko KUWAJIMA, Junji Watanabe, and Hsin-Ni HO

- 1) 九州大学 芸術工学府 (〒815-8540 福岡県福岡市南区塩原 4-9-1, kuwajima.riko.870@s.kyushu-u.ac.jp)
2) NTT コミュニケーション科学基礎研究所 (〒243-0198 神奈川県厚木市森の里若宮 3-1, junji.watanabe@ntt.com)
3) 九州大学 大学院芸術工学研究院 (〒815-8540 福岡県福岡市南区塩原 4-9-1, hohsinni@design.kyushu-u.ac.jp)

概要: 本研究では、バーチャルアバターの心拍振動を再現する触覚デバイスに参加者が触れる実験を行った。参加者はVTuberのビデオを見ながらデバイスに触れ、主観評価を行った。その結果、アバターとの社会的距離に有意な影響を与え、アバターのアニメシー、好感度、リアリティ、参加者のエンゲージメントが向上することがわかった。

キーワード: 触覚, アバタ

1. 背景

近年、アバターを利用したコミュニケーションやコンテンツがますます発展している。例えば、VRChat といった、ソーシャル VR サービスが普及している[1]。また、VTuber もアバターを利用したコンテンツの主要な例の一つである。VTuber とは「バーチャルユーチューバー」を意味し、アニメーションの付与されたアバターを用いて動画共有プラットフォームにて動画投稿やライブ配信を行う人を意味する。このようなアバターを通じたコミュニケーションでは、アバターはユーザーやプレイヤーの分身となり、言語あるいは非言語的情報の伝達を可能にする。

触覚情報はコミュニケーションにおいて重要な役割を持っている。例えば、先行研究によると、直接腕に触れることで、一部の感情が確実に伝わることを確認されている[2]。また、人同士のタッチは幸福感の向上に寄与する[3]。触覚フィードバックは遠隔やバーチャル環境でのコミュニケーションでも効果を持ち、VR において他者に対して知覚する実在感を向上させる[4]。

しかし、現在、伝達される情報は視聴覚情報に依存しており、触覚情報の伝達は限られている。これによってバーチャルアバターが生きているという感覚や親近感、体験への没入感が現実と比較して減少している可能性がある。アニメシー、すなわちアバターが生きているように知覚されることはアバターの重要な印象の一つである。Gao ら[5]は、バーチャルストリーマーのアニメシーが、アバターの実在感と社会的役割に影響することを示している。

触覚情報を遠隔で伝える方法の一つとして、心臓の鼓動に触れることが考えられる。心拍の知覚は人の感情に影響を及ぼすことが知られており、例えば、アバターの心拍音を聞くことで相手に対する親近感が増加する[6]。「心臓ピクニック」というワークショップでは、参加者はデバイスを通して自分や他者の鼓動の振動に触れることで、生きているという感覚や親近感が高まったと報告されている[7]。また、同じ触覚デバイスを用いて、ビデオ通話をしている相手の心拍に触れることで、主観的な社会的距離が縮まることも報告されている[8]。これらの先行事例より、触覚によって鼓動を知覚することでバーチャルアバターをより生きているように感じ、より親近感を得る可能性がある。

本研究の目的は、バーチャルアバターの鼓動を再現した振動に触れることが、アニメシーや親近感を含めたアバターの印象にどのように影響するか調べ、アバターを通じたコミュニケーションやVRでの体験をより効果的にする新しい方法の開発に役立てることである。

2. 実験手法

本実験では、参加者は事前に録画された、VTuber がパズルゲームをプレイする動画を視聴した。実験条件では、VTuber の心拍振動を再現する触覚デバイスに触れながら動画を視聴し、対照条件では何も触れずに視聴した。参加者はその後アンケートによる主観評価を行った。

2.1 参加者

本実験には16人(男性6人, 女性10人)が参加した。参加者の年齢は20歳から25歳(M=22.1, SD=0.95)であった。全員が今までにVTuberの動画や配信を視聴した経験があり, うち5人がよく見る, またはよく見ていたことがあると回答した。全員手指の触覚に異常はなかった。本実験は九州大学芸術工学研究員倫理審査委員会の承認を得た上で行われた。

2.2 実験環境

実験デザインを図1に示す。各参加者は心拍あり条件と心拍なし条件の両方に参加した。心拍に触れる順番による影響を排除するために, 参加者を8人ずつの2つのグループ(男性3人, 女性5人)に分け, グループ1は1回目のプレイ視聴時に心拍に触れ, グループ2は2回目のプレイ視聴時に心拍に触れた。

本実験では心拍振動を提示するために図2に示した触覚デバイスを用いた。このデバイスはワークショップ「心臓ピクニック」[7]にて開発・使用されたものであった。手乗りサイズの白い箱(以下, 心臓ボックス)に心拍音が入力されると, この箱自体が振動し, 鼓動に触れることができる。心臓ボックス(BlackBox Micro社, アンプ内蔵型振動スピーカ Gear4 PG317)に, マイコン回路(NXP Semiconductor社 mbed NXP LPC1768, 自作アナログ回路)によって処理された音が入力された。

アバターのモデルはVRoidで作成し, Kalidoface 3Dによってトラッキングを行った。キャプチャにはコンピュータ(Apple, 13インチMacBook Pro 2019)の内蔵カメラを使用した。実験者がアバターを操作したが, 実験者がアバターの声を出していることに参加者が気づかないようにするため, 音声はAdobe Premier Proの音声編集ツールで加工された。アバターの胸部にはハート型のマークが付けられていた(図3)。参加者は, 「アバターの心拍はこのハート型の機械によって取得され, 心臓ボックスに送られる」と説明を受けた。

動画内で, VTuberはパズルゲームTetris®[9]を2回プレイした。本実験では心拍刺激として音声素材の心拍音を用いた。心拍がアバターに帰属していることが参加者にわかるように, ゲームの状況に沿って心拍の脈拍が変化するように編集した(図4)。1回目と2回目のゲームプレイの長さは5分30秒±5秒間であり, 両グループに対して, 同じ心拍刺激が提示された。

2.3 実験手順

実験参加者は最初に2分間の導入パートを視聴しアンケートに答えた。その後参加者はゲームプレイパートの視聴に進む前に, 心臓ボックスを短時間体験した。このとき参加者は聴診器を用いて, 自身の心拍の振動に触れた。また, 実験者が心拍あり条件で用いる心拍刺激を再生し, 心臓ボックスで振動をはっきりと感じられることを確認し





	グループ1	グループ2
	導入パート	
	アンケート	
実験①	ゲームプレイ① 	ゲームプレイ① 
	アンケート	アンケート
	休憩(5分間)	
実験②	ゲームプレイ② 	ゲームプレイ② 
	アンケート	アンケート

図1: 実験デザイン

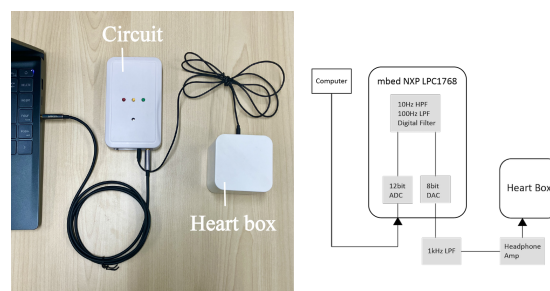


図2: 心臓ボックス

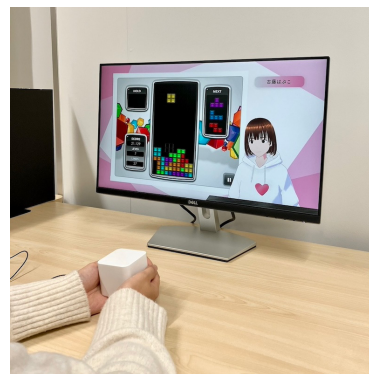


図3: 心拍あり条件での実験中の様子

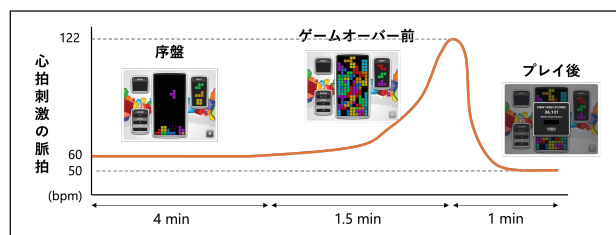


図4: 心拍刺激の脈拍の変化の流れ

た。参加者は, 心拍あり条件では, ゲームプレイパートを視聴する前に心臓ボックスを図3のように持つよう実験者に指示された。心拍なし条件では何も持たないよう指示された。各パートを視聴後にアンケートに回答した。

2.4 評価

アンケートは, 主に6種類の評価項目: 社会的距離, VTuberのアニメシー, VTuberのその他の印象, 参加者の

エンゲージメント、心拍の感じ方、参加者の性格特性で構成されていた(表 1).

参加者と VTuber の主観的な社会的距離を測定するために図 5 に示す Inclusion of Other in the Self (IOS)[10]を用いた. IOS は、相手との心理的距離を 2 つの円の距離によって表している. 参加者は、導入パート、1 回目のゲームプレイ、2 回目のゲームプレイ視聴後にこれに回答した. アニマシーの 4 項目 (Alive, Lively, Organic, Lifelike) は Bartneck らの研究より日本語版を採用した[11]. VTuber のその他の印象は VTuber の感情表現度, リアリティ, 好感度の 3 項目であった. 参加者のエンゲージメントは楽しさ, 没入感, 緊張感, 視聴意欲の 4 項目であった. 参加者はこれらの質問に 1 回目, 2 回目のゲームプレイパート視聴後に回答した. また, 心拍あり条件でのみ心拍の感じ方に関する 4 項目に回答した. 性格特性の測定には日本語版 TIPI[12]を用いた. 質問は全て 7 リッカート尺度によって測定され, 1 が「全くそう思わない」(アニマシーでは対応する形容詞), 4 が「どちらでもない」, 7 が「強くそう思う」(アニマシーでは対応する形容詞)であった.

表 1: アンケートの質問項目

【アニマシー】	
Alive	VTuberが生きていると感じましたか 1. 死んでいる — 7. 生きている
Lively	VTuberが生き生きしていると感じましたか 1. 活気のない — 7. 生き生きとした
Organic	VTuberが有機的だと感じましたか 1. 機械的な — 7. 有機的な
Lifelike	VTuberが生物的だと感じましたか 1. 人工的な — 7. 生物的な
【VTuberのその他の印象】	
感情表現度	VTuberの感情の変化をはっきりと感じましたか
リアリティ	VTuberを自然だと感じましたか
好感度	VTuberに好感を持ちましたか
【参加者のエンゲージメント】	
楽しさ	動画を視聴していて楽しかったですか
没入感	動画に没入して視聴しましたか
緊張感	VTuberの操作が間に合わないときにドキドキしましたか
視聴意欲	VTuber 古藤はぶこの配信をまた観たいと思いますか
【心拍の感じ方】	
	鼓動をVTuberからの本物の鼓動であると感じましたか
	鼓動をはっきりと感じ取れましたか
	鼓動の変化を自然だと感じましたか
	鼓動を心地よく感じましたか

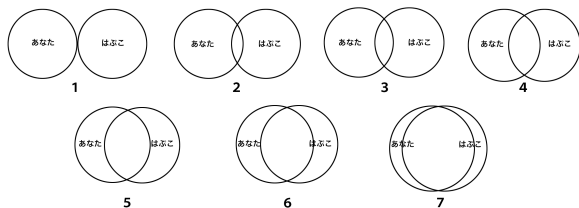


図 5: 回答に用いた IOS

3. 結果

グループ 1 とグループ 2 の実験参加者における心拍の感じ方と性格特性について (図 1), 両側検定を用いた Mann-Whitney 検定を行った結果, グループ間で有意差はなかった.

心拍に触れたことによる影響を調べるため, 社会的距離, VTuber のアニマシー, VTuber のその他の印象, 参加者のエンゲージメントの各項目について, 条件を被験者内要因, グループを被験者間要因として, 有意水準 5% で反復測定分散分析による検定を行った. 結果を図 6 に示す.

3.1 アニマシー

全 4 項目: Alive ($F(1,14) = 13.052, p = 0.003$), Lively ($F(1,14) = 9.906, p = 0.007$), Organic ($F(1,14) = 33.060, p < 0.001$), Lifelike ($F(1,14) = 41.195, p < 0.001$)において, 条件が有意な効果を持っていた(図 6A). また, グループが Organic においてのみ有意な効果を持っていた($F(1,14) = 6.072, p = 0.027$).

3.2 社会的距離

IOS は対峙している時間が長いほど高く評価されるため, 検定には回答値ではなく, 導入パート視聴後の IOS と 1 回目のゲームプレイ視聴後の IOS の差, また, 1 回目のゲームプレイ視聴後の IOS と 2 回目のゲームプレイ視聴後の IOS の差を用いた. その結果, 条件が有意な効果を持っていた($F(1, 14) = 7.118, p = 0.018$) (図 6B). また, グループ ($F(1,14) = 7.412, p = 0.017$)と, 条件とグループの交互作用 ($F(1,14) = 4.765, p = 0.047$)も有意な効果を持っていた.

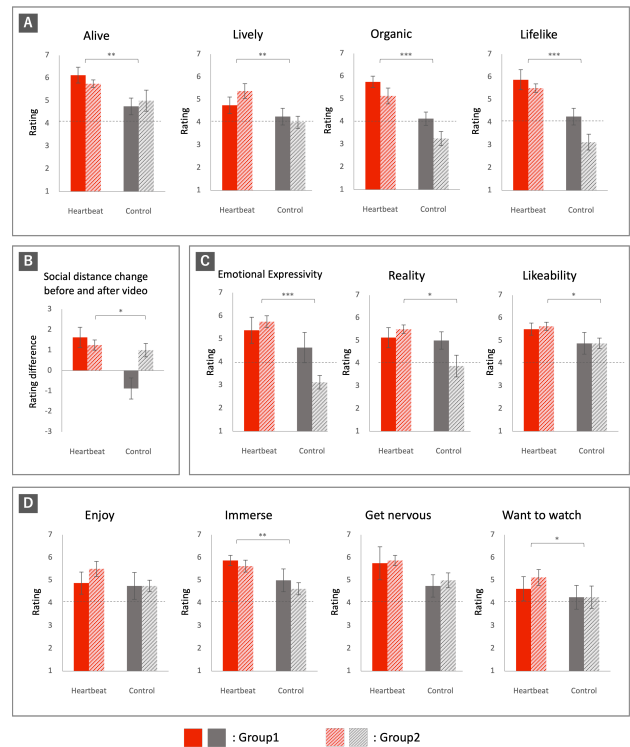


図 6: 心拍あり条件, 心拍なし条件におけるグループごとの回答の平均値. エラーバーは標準誤差を表す. 点線は 4 「どちらでもない」. * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

3.3 VTuberのその他の印象

全3項目：感情表現度($F(1,14) = 23.301, p < 0.001$)、リアリティ($F(1,14) = 7.538, p = 0.016$)、好感度($F(1,14) = 7.916, p = 0.014$)において、条件が有意な効果を持っていた(図6C)。また、条件とグループの交互作用が感情表現度($F(1,14) = 7.192, p = 0.018$)、リアリティ($F(1,14) = 5.538, p = 0.034$)においてのみ有意な効果を持っていた。

3.4 参加者のエンゲージメント

全4項目のうち、没入感($F(1,14) = 10.430, p = 0.006$)と視聴意欲($F(1,14) = 5.932, p = 0.029$)において、条件が有意な効果を持っていた(図6D)。

4. 考察

IOSに関して、心拍の有無が結果に有意な効果を持っていたことから、アバターの心拍に触れることによって、参加者とアバターの間の社会的距離が縮まったと考えられる。グループと、条件とグループの交互作用も有意な効果を持っていたが、これはグループによって心拍あり条件の順番が異なっていたためと考えられる。最初のIOSが最も低く評価されるため、グループ1の心拍あり条件のIOS差が、グループ2より大きくなり(図1参照)、条件以外も有意な効果を持つ結果になった。また、注目すべきことに、順番による効果があるにも関わらず、グループ1のゲームプレイ②のIOSはゲームプレイ①よりも低く評価された。これは、心拍に触れることの効果が大きいことを示している。

アバターのアニメーションに関して、心拍の有無が全4項目の結果に有意な効果を持っていたことから、心拍に触れることによって、アバターはより生きているように知覚されると考えられる。また、その他の印象に関して、同様に、心拍に触れることでアバターの感情の変化がより伝わるようになり、リアリティと好感度が高まった。

心拍あり条件の方が没入感や視聴意欲が高かったことから、心拍に触れることによって、アバターの印象だけでなく、ユーザーの体験へのエンゲージメントも高めることができると考えられる。楽しさと緊張感には有意な効果が見られなかったが、「より緊張感が伝わってきた」とコメントした参加者もいた。また、複数の参加者が「ホラーゲームや運動ゲームの方が面白くなると思う」とコメントしたように、脈拍の変化が激しいコンテンツに応用すれば、より高い効果が得られる可能性がある。

本研究の課題として、主観評価のみを行ったため、客観的・行動的な指標にもよって心拍知覚の効果を検証する必要がある。

5. 結論

本研究では、鼓動の触覚的知覚がバーチャルアバターの印象にどのように影響を与えるのか調べるため、心拍振動を再現するデバイスを用いてVTuberの鼓動に触れる実験を行った。その結果、心拍に触れることで、主観的な社会的距離が短くなり、アバターのアニメーション、感情表現度、

リアリティ、好感度、ユーザーのエンゲージメントが向上することがわかった。これらの結果から、アバターの鼓動に触れる方法は、アバターを通じたコミュニケーションやコンテンツの効果やユーザー体験を向上させるために有用であると考えられる。

参考文献

- [1] バーチャル美少女ねむ, メタバース進化論, 技術評論社, 2022.
- [2] M. J. Hertenstein, D. Keltner, B. App, B. A. Bulleit, and A. R. Jaskolka: "Touch communicates distinct emotions," *Emotion*, vol. 6, no. 3, pp. 528–533, 2006.
- [3] Holt-Lunstad J, Birmingham WA, Light KC. "Influence of a "warm touch" support enhancement intervention among married couples on ambulatory blood pressure, oxytocin, alpha amylase, and cortisol." *Psychosomatic Medicine*, Vol. 70, No. 9, pp. 976-985. 2008
- [4] Sallnäs, Eva-Lotta. "Haptic Feedback Increases Perceived Social Presence." *Haptics: Generating and Perceiving Tangible Sensations*, pp. 178-185, 2010.
- [5] W. Gao, N.Jiang, and Q. Guo. "How Do Virtual Streamers Affect Purchase Intention in the Live Streaming Context? A Presence Perspective." *Journal of Retailing and Consumer Services* 73, 103356, 2023.
- [6] Janssen, Jeremy N. Bailenson, Wijnand A. IJsselstein, and Joyce H.D.M. Westerink. "Intimate Heartbeats: Opportunities for Affective Communication Technology." *IEEE Transactions on Affective Computing* 1, no. 2, pp. 72–80, 2010.
- [7] 渡邊淳司, 川口ゆい, 坂倉杏介, 安藤英由樹. "心臓ピクニック: 鼓動に触れるワークショップ", 日本バーチャルリアリティ学会, Vol. 16, No. 3, 2011.
- [8] N. Kameyama, A. Murata, J. Watanabe, and H. N. Ho. "Influence of Touching Heartbeat on Emotional State and Interpersonal Closeness," 日本バーチャルリアリティ学会 Vol. 28, No. 4, pp. 321-324, 2023.
- [9] "Tetris," <https://tetris.com>, (accessed Jul. 2024)
- [10] A. Aron, Elaine N. Aron, and D. Smollan. "Inclusion of Other in the Self Scale and the Structure of Interpersonal Closeness." *Journal of Personality and Social Psychology* 63, no. 4, pp. 596–612, 1992.
- [11] Bartneck, Christoph, Dana Kulić, Elizabeth Croft, and Susana Zoghbi. "Measurement Instruments for the Anthropomorphism, Animacy, Likeability, Perceived Intelligence, and Perceived Safety of Robots." *International Journal of Social Robotics* 1, no. 1, pp. 71–81, 2009.
- [12] 小塩真司, 阿部晋吾, カトローニ ピノ, "日本語版 Ten Item Personality Inventory (TIPI-J) 作成の試み," パーソナリティ研究, Vol. 21, No. 1, pp. 40-5, 2012