

## 仮想空間におけるプレタッチ反応距離の調査

木本 充彦<sup>1,2</sup> 齊藤 青葉<sup>3</sup> 飯尾 尊優<sup>2,4</sup> 下原 勝憲<sup>3</sup> 塩見 昌裕<sup>2</sup>  
慶應義塾大学<sup>1</sup> ATR<sup>2</sup> 同志社大学<sup>3</sup> 筑波大学<sup>4</sup>

## 1 はじめに

仮想空間（VR 空間）において、触覚を用いるインタラクション研究が進んでいる。触覚刺激提示のためのデバイス開発[1]や人間の触覚に対する認知特性を利用した触覚刺激提示アルゴリズムの開発[2]が進み、VR 空間内においてエージェントとの物理的刺激を伴うインタラクションが可能になりつつある。

人はこうした接触を生じうる行動に対して接触前に反応を示す。例えば、人は他者の手が自身に触れようとした場合に、一定の距離で視線移動、身体移動などの反応を示す。物理空間におけるエージェントであるロボットの場合、触れられる前に人と同様の距離で反応を示すことが、自然で人らしい印象を伝えるために重要であることが報告されている[3]。

一方、VR 空間においては、エージェントに物体が触れた際の動作制御などの研究は進むものの、触れられる前のインタラクションに着目した研究は行われていない。VR 空間においても実空間と同様に、バーチャルエージェントが人から触れられる前に適切な距離で反応を示すことで、人らしい自然な印象を与えうることが期待される。そこで本研究では、このような人が他者から触れられる前に反応を示す距離であるプレタッチ反応距離に着目し、その VR 空間における特性を調査する。

## 2 データ収集実験

## 2.1 概要

データ収集実験では、VR 空間で人がバーチャルエージェントから接触行動につながる接近行動を受けた際に、どの程度まで接近行動を許容できるか（プレタッチ反応距離）を計測した。具体的には、VR 空間上で、エージェントが人の

アバターの顔へ向けて手を近づけた際に、どの程度の距離まで手が近づいた場合に人が違和感を覚えるか、を測定した。ここで、違和感とは、これ以上バーチャルエージェントに手を近づけられたくない、と感じた距離とした。

## 2.2 システム

プレタッチ反応距離測定のために、VR 空間上で椅子に座った状態の実験参加者のアバターの顔に対して、手を近づけるバーチャルエージェントを実装した。バーチャルエージェントが手を近づける接近角度は、実験参加者の顔正面方向に対して縦方向-45度から45度までを5度刻みで19通り、横方向-30度から30度までを5度刻みの13通りで、合計247通りの角度とした。これらの順番はランダムな順番とした。

違和感を感じた距離でバーチャルエージェントの手を停止させる操作、手の接近角度の切り替え操作の入力には、ゲームパッド（Microsoft社・Xbox コントローラ）を利用した。

バーチャルエージェントには、Unity Asset Store で購入可能な男女計二種類のエージェントを利用した。

## 2.3 手順

実験参加者は、実験内容に関する説明を受け、同意書の記入を行った。その後、椅子に座った状態でヘッドマウントディスプレイを装着した。実験は、実験参加者が椅子に座った状態でヘッドマウントディスプレイを装着し、ゲームパッドを手に握った状態で行われた。

実験参加者のゲームパッドのボタン入力により、バーチャルエージェントが手の移動を開始し、実験が開始された。実験参加者は、顔に向かって接近する手に対して、これ以上近づけられたくない、という違和感を覚え始めた時点で、ゲームパッドのボタン入力により、バーチャルエージェントの手の接近を停止させた。システムは、その時点での VR 空間におけるバーチャルエージェントの手と実験参加者のアバターの顔との距離を計測、保存した。全ての角度での計測の後、バーチャルエージェントのモデルの性別を切り替えて再度同様の計測を行った。

実験には20名（男女各10名）が参加した。

Investigation of Pre-Touch Reaction Distance in a Virtual Reality Environment

Mitsuhiko Kimoto<sup>1,2</sup>, Aoba Saito<sup>3</sup>, Takamsa Iio<sup>4</sup>, Katsunori Shimohara<sup>3</sup>, Masahiro Shiomi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Keio University

<sup>2</sup>ATR

<sup>3</sup>Doshisha University

<sup>4</sup>University of Tsukuba

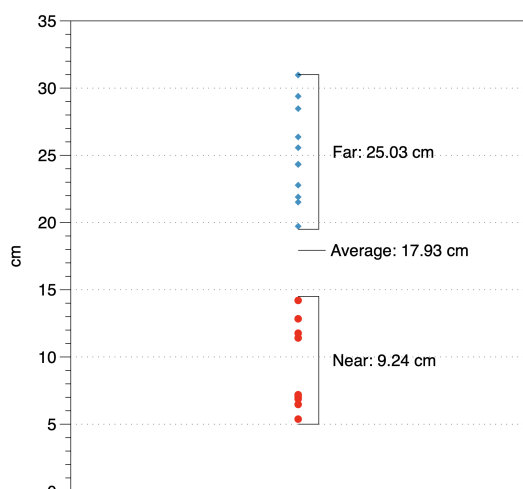


図1 平均プレタッチ距離反応

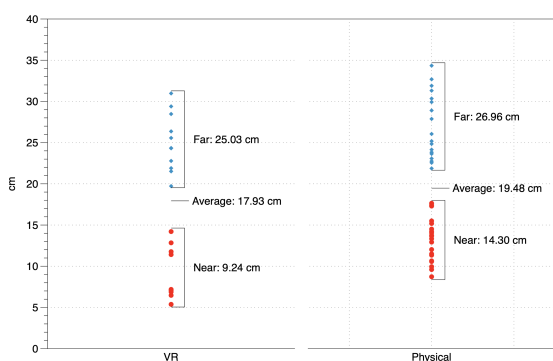


図2 VR空間と実空間におけるプレタッチ距離反応

## 2.4 結果

実験参加者 20 名の平均プレタッチ反応距離は、17.93cm ( $SE = 1.98\text{cm}$ ) であった。また、男性参加者の男性エージェントに対する平均プレタッチ反応距離は、18.83cm ( $SE = 3.22\text{cm}$ )。男性参加者の女性エージェントに対する平均プレタッチ反応距離は、19.55cm ( $SE = 3.46\text{cm}$ )。女性参加者の男性エージェントに対する平均プレタッチ反応距離は、17.34cm ( $SE = 6.57\text{cm}$ )。女性参加者の女性エージェントに対する平均プレタッチ反応距離は、15.98cm ( $SE = 2.43\text{cm}$ ) であった。

各参加者の平均プレタッチ距離反応の分布 (図 1) より、全参加者の平均プレタッチ距離反応 17.93cm を境界として二つのグループの存在が示唆されたため、k-means 方による 2 クラスタへのクラスタリングを行った。結果、平均未満・以上のクラスタに属する実験参加者の平均プレタッチ距離反応はそれぞれ、9.24cm、25.03cm となった。また、平均未満のクラスタに属した男性・女性の参加者はそれぞれ、30%、25%、平均以上のクラスタに属した男性・女性の参加者は

それぞれ、20%、25%であり、クラスタ間で男女の大きな偏りは観測されなかった。以上の結果は、人が触れられる前に違和感を感じる距離、プレタッチ反応距離への男女差によらない、個人による傾向差の存在を示唆している。

次に、実空間におけるプレタッチ距離反応との比較のため、上記のクラスタリングを実空間でのプレタッチ反応距離を計測した関連研究[3]における計測データに対して行った。図2にその結果を示す。実空間における計測データも二つのクラスタに分けられることが分かった。また、実空間におけるプレタッチ距離反応は VR 空間でのプレタッチ距離反応と比較して、プレタッチ反応距離が大きいこと分かった。特に平均値未満のクラスタでは、約5cmの差が存在した。この結果は、VR 空間と実空間では、同様のクラスタ分けが可能など、共通した傾向を示す同時に、プレタッチ距離反応の平均距離に差があるなど、異なる傾向の存在を示唆している。これらの結果より、実空間でのプレタッチ距離反応をもとに VR 空間でのエージェントの接触前動作を設計することは適切でなく、それぞれ異なる設計が必要になると考えられる。

## 3 おわりに

本研究では、このような人が他者から触れられる前に反応を示す距離であるプレタッチ反応距離の VR 空間における特性を調査した。データ収集、分析の結果、プレタッチ反応距離はより近接距離まで許容可能なグループとそうでないグループに分けられること、また、実空間でのプレタッチ反応距離とは異なる傾向を示すことが明らかになった。

## 謝辞

本研究の一部は、公益財団法人立石科学技術振興財団、JST、CREST、JPMJCR18A1、JSPS 科研費 JP19J01290、JP20K19897 の助成を受けたものです。

## 参考文献

- [1] G. Huisman, "Social Touch Technology: A Survey of Haptic Technology for Social Touch," *IEEE Transactions on Haptics*, vol. 10, no. 3, pp. 391-408, 2017.
- [2] J. B. F. van Erp, and A. Toet, "Social Touch in Human-Computer Interaction," *Frontiers in Digital Humanities*, vol. 2, no. 2, pp. 2, 2015.
- [3] M. Shiomi, K. Shatani, T. Minato, and H. Ishiguro, "How should a Robot React before People's Touch?: Modeling a Pre-Touch Reaction Distance for a Robot's Face," *IEEE Robotics and Automation Letters*, vol. 3, no. 4, pp. 3773-3780, 2018.