

VR 空間に配置した仮想物体の把持行為に対する熱刺激提示

Presentation of Thermal Stimulus for Gripping an Object in VR Space

山本 聖也[†] 伊藤 淳子[‡] 吉野 孝[‡]

Seiya Yamamoto Junko Itou Takashi Yoshino

1. はじめに

VR 技術の発展とともに、HMD(Head Mounted Display)が普及しつつあり、VR は身近なものになってきている。これに伴い、VR はゲームや 360° 動画などのエンターテインメントの分野にとどまらず、医療や不動産などの分野まで広がっている。

一般的な HMD では、視覚情報と聴覚情報を提示して VR 体験を実現している。これに対し、視覚、聴覚以外の感覚を刺激して、VR の現実感や臨場感の向上を目指す試みが進められている。VAQSO VR は嗅覚に対する刺激を行っている [1]。全 15 種類のカートリッジから匂いを変え、VR 体験の現実感をさらに高めている。VR 体験の向上を目指す試みには、温度覚への刺激も含まれる。橋口らは足湯のシチュエーションを再現するため、ペルチェ素子を足裏に配置し、温度提示により、水の温度を変更させたかのように感じさせている [2]。また、我々の過去の研究では、空調服による風を利用して熱刺激を与え、VR 体験の臨場感の向上を実現した [3]。

VR の現実感や臨場感を増すためには、インタラクティブであることも求められている。VR は見るだけのものから、体験者が VR 空間に干渉でき、VR 空間からのフィードバックがある体験へと需要が広がりつつある。この干渉とフィードバックのために使われるのが、コントローラである。コントローラはボタンやスティックなどによる入力が容易であり、VR 空間への直感的な干渉が可能である。また、マーカーとしての機能もあり、自身の手の位置をトラッキングすることが可能である。手の位置は HMD の VR 空間で視覚的にフィードバックされるため、体験者は手の動きを把握できる。近年ではコントローラの振動によるフィードバックも一般的である。Oculus 社の Oculus Touch では、コントローラの振動が、VR 空間での動作や映像からのフィードバック、体験者への指示や方向提示の際などに使われる [4]。

VR 空間におけるインタラクションには手が重要である。手は現実世界においても、対象との双方向のやり取りが多い部位である。手で何かを触って確かめることや手を使って何かを動かすことは日常的に行われている。把持行為はそれらの一つである。把持行為は様々な形状に分類されており、ヒトは対象物の形、重さや用途に合わせて、把持形状を使い分けている [5]。現実世界では把持時にその把持したものの温度を感じることができる。現在の VR 体験では、把持に対する力覚提示か、手の一部に熱刺激を与えることは試みられているが、このように手で把持し、温度を確かめる行為が着目されることは少ない。

本研究では、コントローラを使用する VR において、把持行為に対する温度提示が VR 体験に与える影響を調査する。VR と温度提示についての知見は多くないため、これを通じ、VR と手とコントローラのインタラクションについての知見を深めることが狙いである。

2. 関連研究

手に対して温度刺激を与えて臨場感を向上させる手法はいくつか提案されている。馬場らは温冷呈示インタラクションをビデオゲームに応用している [6]。ゲームコントローラの両側面にペルチェ素子を配置し、両手の手のひら部分に対して温冷覚刺激を与えている。ペルチェ素子出力条件とユーザの反応時間を調べ、それに合った 2 種のゲームも製作した。

華らは VR 空間でファイヤーボールの発射体験をさせるため、温度刺激を利用している [7]。体験者は複数のペルチェ素子を配置した手袋をつけ、溜めという動作を行う。この時、体験者は手の温度変化を把握し、ファイヤーボールの発射タイミングを捉えられるようになっている。

界らは、VR 体験において、LED からの可視光の熱により、熱刺激を与えている [8]。コントローラの周りに、光が当たらない部位が少なくなるように LED を配置し、手全体に光を当てることができるように設計した。LED の使用により、触覚が刺激されない一方、素早く切り替えができ、かつ、非提示時に熱が残りにくい温覚提示を実現している。

以上の研究は手に対して温度刺激を与えているが、把持行為について着目していない。本研究では、VR 体験者の仮想物体への把持行為に対して、適切で効率の良い温度提示を考える。

3. 設計指針

3.1 把持と温度提示位置の検討

VR で現在使われているコントローラは、入力のためのボタンがついており、持ち手が棒状のコントローラが多い。これは、ボタンとスティックにより VR 空間内で容易に動作、移動、選択ができるためと推察される。また、手のトラッキングを利用するため、片手で保持しやすい形状であることも理由の一つと考えられる。

これらの VR 専用のコントローラに対しての適切で効率の良い温度提示装置の取り付け位置を考える。八高らは円筒物体を把握する場合の力の伝達機構について調べている [9]。円筒物体の把握時の手と物体の接触面積の調査の中で、23 歳の成人男子の被験者の手に対し、円筒物体の直径 D が 9~65mm の間の接触状態のデータを取得した。その結果、 $D=9\text{mm}$ の際、母指を除く 4 指の指先とその付け根部分が接触し、その後、母指球、小指球、母指を除く 4 指の指全体へと接触部位が広がることがわかった。 $D=35\text{mm}$ 前後で

[†] 和歌山大学大学院システム工学研究科, Graduate School of Systems Engineering, Wakayama University

[‡] 和歌山大学システム工学部, Faculty of Systems Engineering, Wakayama University

接触面積が最大になり、その後、母指を除く4指の指先とその付け根部分へと接触部位が減っていく。また、手のひらの中心部分は接触していないことも明らかとなった。この円筒物体に対する接触の安定性に関する知見から、棒状、すなわち、VR専用のコントローラでは母指を除く4指の指先とその付け根部分に対する温度刺激が最適であると考えられる。

3.2 提示温度と時間の検討

皮膚感覚は触覚、痛覚、温度覚に分けられる [5]。皮膚にはそれぞれの受容器があり、温度刺激を感じる点には温点と冷点が存在する。温受容器は 30℃～40℃、冷受容器は 10～35℃の範囲で活動する。30℃～35℃の間は無感温度である。温度覚は温度の変化を検出するため、同じ温度のものを触っても、事前に触っていたものの温度によって、感じる温度が変わる。また、温度覚は約3秒で順応する。

これらの知見をふまえ、本研究における温度提示装置は、やけどの危険性も考え、温度を上げる場合は 35℃～40℃、温度を下げる場合は 25℃～30℃で使用する。また、温度提示は順応時間をもとに約3秒とする。

3.3 システム構成

システム構成を図1に示す。Oculus社のHMDを使用し、コントローラはOculus Touchとする [4]。温度提示装置にはペルチェ素子を使用する。ペルチェ素子は電流の向きにより、加熱面と冷却面を入れ替えることができる。また、流す電流の制御によって出力する温度の制御が可能である。

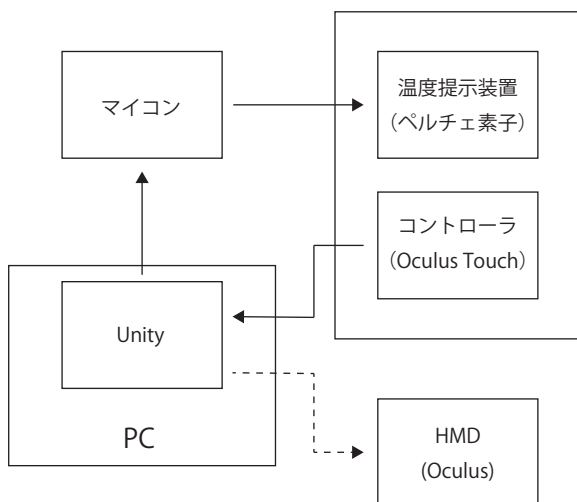


図1: システム構成

仮想物体の把持は、VR空間で仮想物体と接触する場合に、コントローラのボタンを押すことによって実現する。実際の手はボタンを押す際にコントローラを握りこむような形をとる。ボタン入力をシステム構築環境であるUnityにて検知し、接触している仮想物体に設定された温度をマイコンの制御によって、ペルチェ素子より出力する。ペルチェ素子は設計指針にそって、コントローラの母指を除く4指の指先とその付け根部分と対応する位置に配置する。

3.4 VR空間の試作

試作中のVR空間を図2に示す。このVR空間では、把持する仮想物体として、卵の形状を使用している。卵は温度を目で判断することが難しい。現実にもあり、温冷を触れて確かめる物体として採用した。体験者には、この空間内で物体を温度によって仕分ける作業を与える予定である。

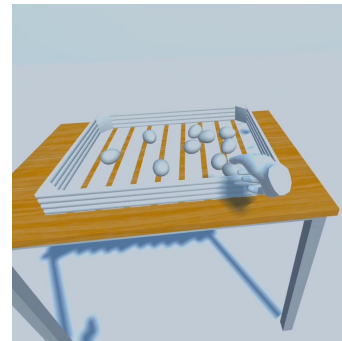


図2: 試作中のVR空間

4. おわりに

本稿では、VR体験中の把持行為に対しての熱刺激提示を与える方法について検討した。また、手とコントローラの関係から熱刺激を与えるために最適な場所を考察した。今後は、このコントローラを使い、VR体験への影響、熱刺激提示の有用性を検証する。

参考文献

- [1] VAQSO VR : <https://vaqso.com/> (2021.7.13 確認)。
- [2] 橋口哲志, 高尾篤史, 中村悠大, 三津川貴登, 南沙弥花: 温度錯覚を用いたVRコンテンツの検討, インタラクシオン2019 予稿集, pp.787-788(2019)。
- [3] 山本聖也, 伊藤淳子, 宗森純: VRにおける空調服を用いた「VRefウェア」の開発, 2020年度情報処理学会関西支部支部大会講演論文集, pp1884-197X(2020)。
- [4] Oculus : <https://www.oculus.com/> (2021.7.13 確認)。
- [5] バイオメカニズム学会編: 手の百科事典, 朝倉書店(2017)。
- [6] 馬場哲晃, 笠松慶子, 土井幸輝, 串山久美子: 温冷提示を利用したビデオゲームインタラクシオンにおける手法の検討と開発, 情報処理学会論文誌, 情報処理学会, Vol.53, No.3, pp.1082-1091(2012)。
- [7] 華俊杰, 鄭文韜, 沈靖程, 安藤英由樹: 柔軟性を持つ温度感覚提示デバイスを用いたファイアボール発射体験, エンタテインメントコンピューティングシンポジウム2019 論文集, pp.383-385(2019)。
- [8] 界瑛宏, 山口勉, 三武裕玄, 長谷川晶一: HMDVRのための可視光LEDによる手への非接触型温覚提示, TVRSJ Vol.24, No.1, pp.83-92(2019)。
- [9] 八高隆雄, 荒川進, 高田一: 手-円筒物体間の力の伝達, 日本機械学会論文集C編, Vol.60, No.573, pp.1721-1726(1994)。