



皮膚温度変化をゼロに保ちつつ感覚を生じさせる非接触冷覚提示

許佳諱¹⁾, 長谷川晶一²⁾, 清川清³⁾, 家永直人⁴⁾, 黒田嘉宏⁴⁾

1) 筑波大学 理工情報生命学術院 (〒 305-8573 茨城県つくば市天王台 1-1-1, xujiayi@lelab.jp)

2) 東京工業大学 未来産業技術研究所 (〒 226-8503 神奈川県横浜市緑区長津田町 4259)

3) 奈良先端科学技術大学院大学 先端科学技術研究科 (〒 630-01 奈良県生駒市高山町 8916-5)

4) 筑波大学 システム情報系 (〒 305-8573 茨城県つくば市天王台 1-1-1)

概要: 近年、メタバースやバーチャルリアリティの発展により、視覚や聴覚以外の体性感覚の提示が期待される。本研究では、材質認識や環境再現に関連づけられる温度感覚に着目し、皮膚温度変化を実質的にゼロに保持しつつ、冷感を非接触で持続的に生じさせる手法を提案する。具体的には、非接触冷温刺激を用いて人が感じられる温度低下と人が感じられない温度上昇を交互に実現する。本発表では、提案手法のデモ展示を行う。

キーワード: 非接触、冷覚、温度

1. はじめに

近年、ヘッドマウントディスプレイ (HMD: Head Mounted Display) の普及に伴い、メタバースやバーチャルリアリティ (VR: Virtual Reality) の体験が容易となった。さらに、HMD による視覚情報の提示が可能となるため、他の感覚提示への要望が高まっている。その中で、温度感覚は、周囲の環境を認識するための重要な要素として注目されている。

人は環境にいる場合、物体に触れることなく、空気の温度を感じ、連続的に暖かさあるいは冷たさを感じる。そのため、VR においても温度情報を非接触で連続的に感じさせることが望ましい。非接触型温冷覚提示については、放射熱やミストや超低温の冷気流などを用いた方法がある [1, 2, 3, 4, 5]。これらの方法は、短時間で皮膚の温度を大幅に変化させることにより、温冷覚を提示する。しかし、長時間で連続的に温度感覚を提示する場合、皮膚温度を変えることによって温度感覚の閾値が変化するため、安定した温度感覚を与えることが難しい。また、過加熱または過冷却する可能性があり、安全上の問題が生じる。そのため、従来の方法では安定かつ連続的な温度感覚を安全に提示することが難しい。

本研究では、特に冷覚に着目し、安定かつ連続的な温度感覚を安全に提示するため、皮膚温度変化を実質的にゼロに保ちながら感覚を生じさせる新たな非接触型冷覚提示技術を提案する [6][7]。具体的には、冷気源と光源を用いて知覚可能な閾値以上の急峻な冷刺激を与えながら知覚されない閾値未満の緩慢な温刺激を周期的に提示することによって皮膚温度変化の時間平均をゼロに保ったまま冷覚を与える。

本発表では、図 1 に示すように、開発した非接触冷覚提示システムを用いて提案手法のデモ展示を行う。

2. 非接触冷覚提示システム

図 2 に非接触冷覚提示システムの構成を示す。HMD (Meta



図 1: 提案手法のデモ展示

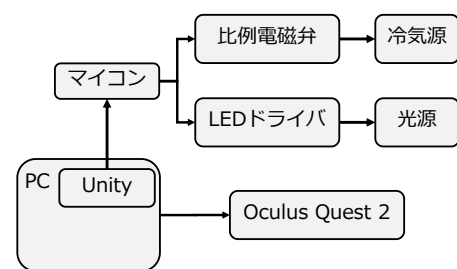


図 2: システムの構成

製 Quest2) を用いて視覚情報を提示する。PC 内で Unity を用いてコンテンツを作成し、マイコン (Arduino 製 Uno R3) とシリアル通信を行って光源である LED (CREE 製 XPGWHT-L1-STAR-G53 5 W) と冷気源であるポルテック スチューブ (Tohin 製 AC-50) の出力を PWM 制御する。光源の PWM 制御を行うために LED ドライバ (STCS2SPR) を使用した。適切な放熱をするためにファン (Nidec 製 D02X-05TS1 02 5V DC) を使用した。冷気源の PWM 制御を行うために比例電磁弁 (Asco 製 Positive-flow-202) を使用し

た。ボルトレスチューブに必要な圧縮空気を供給するためにエアコンプレッサ (EARTH MAN 製 ACP-39SLA) を使用した。

3. デモンストレーション

図 3 にデモンストレーションを体験している様子を示す。体験者が HMD を装着し、手を非接触冷覚提示システムの提示部に向けて置いてデモンストレーションを体験する。図 4 に示すように、氷の玉が飛んでくる一時的な冷



図 3: 体験している様子

覚提示 (図 4 (a))、炎の玉が飛んでくる一時的な温覚提示 (図 4 (b))、従来手法による雪山にいるような連続的な冷覚提示 (図 4 (c))、提案手法による雪山にいるような連続的な冷覚提示 (図 4 (d)) の 4 種類を用意した。体験者が (a)~(d) の順番でデモンストレーションを体験し、提案手法と従来手法の違いを感じることを可能とした。

4. 結論

本稿では、安定かつ連続的な冷覚を安全に提示するため、皮膚温度変化を実質的にゼロに保ちつつ感覚を生じさせる非接触冷覚提示を提案した。また、HMD と連携させる非接触冷覚提示システムを開発した。体験者に提案手法と従来手法との違いを感じさせるため、4 種類の刺激パターンを有するデモンストレーションを用意した。今後は、システムを小型化し、HMD に取り付けられるデバイスを開発する予定である。

謝辞 本研究の一部は科研費 (21H03474, 21K19778)、JST 次世代研究者挑戦的研究プログラム (JPMJSP2124) の助成を受けたものである。

参考文献

- [1] 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, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 24, No. 1, pp. 83-92, 2019.
- [2] M. Nakajima, Y. Makino, and H. Shinoda: Remote cooling sensation presentation controlling mist in midair, in Proceedings of 2020 IEEE/SICE International Symposium on System Integration (SII), pp. 1238-1241, 2020.

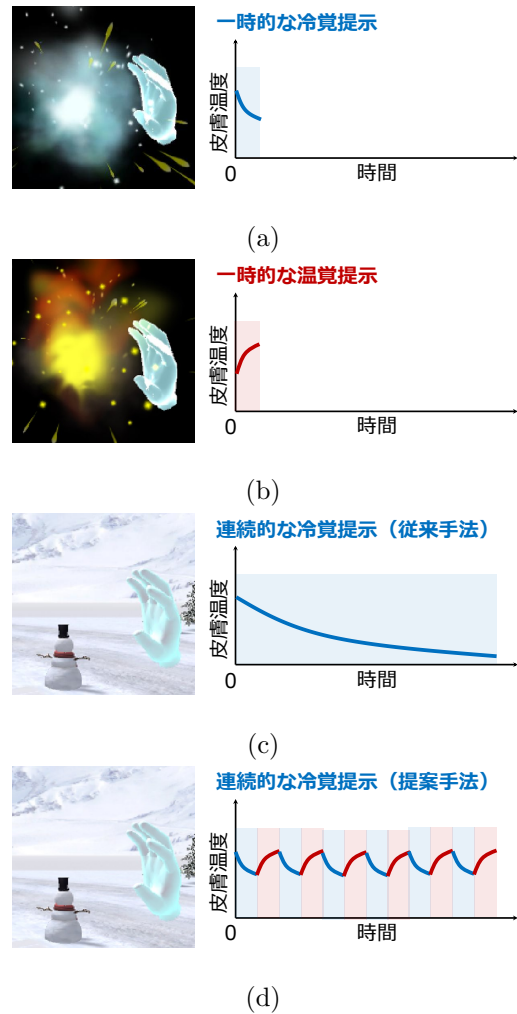


図 4: デモンストレーション: (a) 一時的な冷覚提示、(b) 一時的な温覚提示、(c) 連続的な冷覚提示 (従来手法)、(d) 連続的な冷覚提示 (提案手法)

- [3] M. Nakajima, K. Hasegawa, Y. Makino and H. Shinoda: Spatiotemporal Pinpoint Cooling Sensation Produced by Ultrasound-Driven Mist Vaporization on Skin, IEEE Transactions on Haptics, Vol. 14, No. 4, pp. 874-884, 2021.
- [4] J. Xu, Y. Kuroda, S. Yoshimoto and O. Oshiro: Non-contact Cold Thermal Display by Controlling Low-temperature Air Flow Generated with Vortex Tube, 2019 IEEE World Haptics Conference (WHC), pp. 133-138, 2019.
- [5] J. Xu, S. Yoshimoto, N. Ienaga and Y. Kuroda: Intensity-Adjustable Non-contact Cold Sensation Presentation Based on the Vortex Effect, IEEE Transactions on Haptics, 2022.
- [6] 許佳諱, 長谷川晶一, 黒田嘉宏: 非接触温冷刺激の時分割提示手法の開発, ヒューマンインタフェースサイバークロキウム 2020, pp. 314-317, 2020.
- [7] 許佳諱, 長谷川晶一, 黒田嘉宏: 不連続的な温度変化による非接触冷覚の連続性に関する評価, 第 26 回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集, 1E3-6 (3 pages), 2021.