

冷えていないのに冷たい温度感覚 VR を実現

気温の変化など、皮膚で感じる連続的な温度感覚は、実際には次第に慣れて、刺激を感じにくくなります。この現象は、仮想空間における場面の切り替えの際に、温度感覚のずれを生じます。本研究では、実質的に皮膚温度を変化させることなく、非接触で仮想的冷感を与える技術を開発しました。

私たちは皮膚を通して気温の変化や周囲の環境を認識しています。例えば、頬が赤くなるほど冷えることで、寒い屋外に自分がいることを認識したり、肌がじんわりと温まることで、春の陽気を感じます。しかし、人は同じ刺激を受け続けると慣れてしまい、新しい刺激を感じにくくなります。このような「温度慣れ」により、仮想空間において場面が切り替わった際に、適切な温度感覚が得られないことがあります。

本研究では、素早い温度変化を感じやすいという人間が温度を感じる仕組みを活用し、皮膚の温度変化をほぼゼロに保ちつつ、温度感覚を連続的に感じさせる非接触型冷覚提示技術を開発しました。この技術では、冷たい気流と光源を使用し、素早い冷刺激と緩やかな温刺激を瞬時に切り替えて、皮膚温度変化をほぼゼロに保ちながら冷覚を引き起こします。評価した結果、実質的な温度変化を伴わない仮想的な冷感を、非接触で提供できることが示されました。さらに、皮膚温度を継続的に低下させる場合と同程度の強さの冷感の実現に成功しました。

本技術は、身体の状態を変化させずに皮膚感覚を人工的に作り出す新たな考え方を提供するもので、メタバースをはじめとするVR（バーチャルリアリティ）世界において、突然の冷風などの瞬間的な温度感覚だけでなく、海外旅行などの長時間にわたる連続的な温度感覚を伴う体験が可能になると期待されます。

研究代表者

筑波大学システム情報系

黒田 嘉宏 教授

XU Jiayi（理工情報生命学術院 博士後期課程3年、研究当時）

研究の背景

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、バーチャルリアリティー（VR：Virtual Reality）の体験が容易になりました。一方、より現実に近い VR 体験を実現するために、HMD による視覚情報だけでなく、他の感覚情報の提示への要望が高まっています。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ます。私たちは、皮膚に生じる身体の状態の変化から、温度感覚を認識します。例えば、頬の皮膚が赤くなるほど冷えることで、自分が寒い屋外にいることを強く認識したり、皮膚がじんわりと温まることで、春の陽気を感じます。しかし、人は同じ刺激を受け続けると慣れてしまい、新しい刺激を感じにくくなります。そのため、仮想空間の場面を切り替えた際に、適切な温度感覚が得られないなどの支障が生じます。また、その対策として、皮膚に過度な加熱や冷却の刺激を与えることは、健康面でも望ましくありません。

本研究グループでは、これまでに、ボルテックス効果^{注1)}を応用した非接触冷覚提示技術を世界に先駆けて構築しています。今回、これらの知見に基づき、新たな非接触型冷覚提示技術の開発に取り組みました。

研究内容と成果

人間は素早い温度変化を感じやすいという特徴があります。本研究では、この仕組みを活用し、皮膚の温度変化をほぼゼロに保ちつつ、温度感覚を連続的に生じる非接触型冷覚提示技術を開発しました。この技術では、冷たい気流と温かい光源を使用し、素早い冷刺激と緩やかな温刺激の切り替えを繰り返すことで、皮膚の温度変化を生じずに冷覚を引き起こします（図1）。人を対象とした実験（対象者：20～30代の男性14名と女性1名）では、異なる強度の冷刺激と温刺激の組み合わせを提示し、実験参加者が感じた温度感覚を記録しました。その結果、実質的な皮膚の温度変化を伴わずに、非接触で連続的に冷感を生じさせることができることが示されました。また、生じる冷感の強さは、冷刺激の素早さを1.5倍（秒間0.24℃の速さの温度変化）にすることで、実質的に皮膚温度を変化させていないにも関わらず、皮膚温度を継続的に低下させる従来技術（秒間0.16℃の速さの温度変化）と同程度の冷感の強さを実現可能であることが示されました（図2）。

今後の展開

本技術は、身体の状態を変化させずに皮膚感覚を人工的に作り出す新たな考え方を提供し、メタバースをはじめとする VR 世界において、急激な燃焼や突然の冷風などの瞬間的な温度感覚だけでなく、長時間にわたる連続的な温度感覚の体験を可能とし、オーロラ観光のような、実際に行くことが難しい旅先の雰囲気味わうことなどへの応用が期待されます。

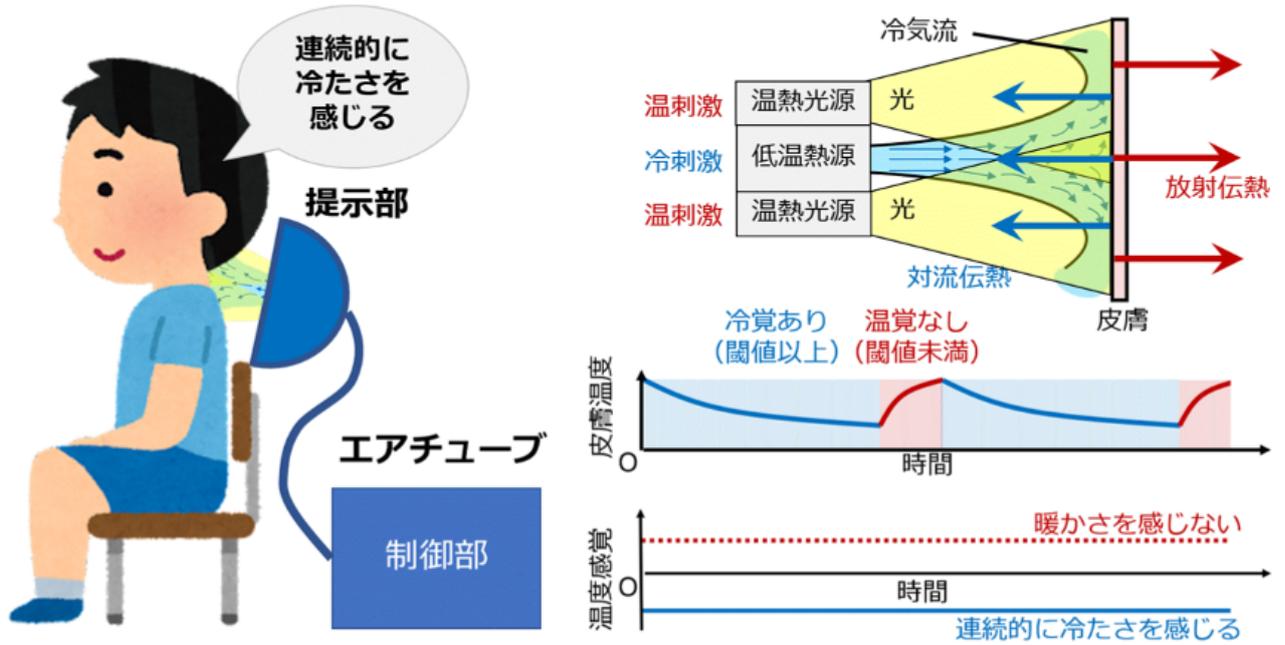


図1 本研究の概要

冷気源と光源を用いて、知覚可能な閾値以上の素早い冷刺激と、知覚されない閾値未満の緩やかな温刺激を瞬時に切り替えながら与えると、皮膚の温度変化をほぼゼロに保ちながら、冷覚が引き起こされる。

同程度の感覚強度を実現

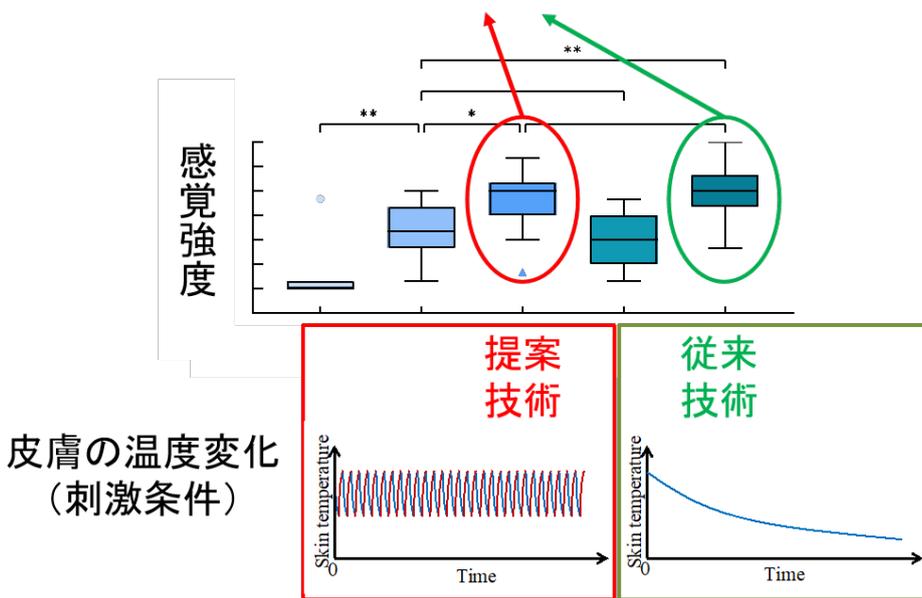


図2 本技術と従来技術との比較

今回提案した技術は、従来の皮膚温度を継続的に低下させる技術と同等の強さの冷覚を感じさせることが示された。

用語解説

注1) ボルテックス効果

圧縮空気がチューブに注入されると、高速に回転する空気流となり、最終的には冷たい空気と暖かい空気に分かれる現象。低温の冷気を瞬時に提供する冷却装置などに利用される。

研究資金

本研究は、科研費による研究プロジェクト（21H03474）の一環として実施されました。

掲載論文

【題名】 Integration of Independent Heat Transfer Mechanisms for Non-Contact Cold Sensation Presentation with Low Residual Heat.

（低い残熱を伴う非接触冷覚提示のための独立した伝熱メカニズムの統合）

【著者名】 J. Xu*, S. Hasegawa**, K. Kiyokawa***, N. Ienaga*, Y. Kuroda*

* University of Tsukuba

** Tokyo Institute of Technology

*** Nara Institute of Science and Technology

【掲載誌】 *IEEE Transactions on Haptics*

【掲載日】 2023年10月16日

【DOI】 10.1109/TOH.2023.3324754

問合わせ先

【研究に関すること】

黒田 嘉宏（くろだ よしひろ）

筑波大学 システム情報系／サイバニクス研究センター 教授

URL: <https://www.LELAB.jp>

【取材・報道に関すること】

筑波大学広報局

TEL: 029-853-2040

E-mail: kohositu@un.tsukuba.ac.jp