



ハプティックデバイスによる擬似痛覚認知に及ぼす 視覚情報の影響

Effect of Information on Perception of Pseudo Given by Haptic Devices

金子慶輝¹⁾, 酒井康徳¹⁾

Yoshiki KANEKO, and Yasunori SAKAI

1) 芝浦工業大学 (〒337-8570 埼玉県さいたま市見沼区深作 307, {bq19033, sakaiv} @shibaura-it.ac.jp)

概要 : 温度差によって引き起こされるサーマルグリル錯覚 (TGI) は, 灼熱感や痛覚を錯覚する現象 (擬似痛覚) として, 触覚提示手法への応用が期待される. 知覚への影響が大きい視覚情報によって, TGI 生起率も制御できる可能性がある. そこで本研究では, ペルチェ素子を用いて手の平へ温度刺激を与えると同時に, 映像を提示することで, 視覚情報と温度刺激によるマルチモーダル知覚が, TGI 生起率に及ぼす影響を明らかとした. その結果, 映像の有無, 種類によって TGI 生起率, 参加者の反応に大きく違いが出たため, 映像による影響が明らかになった.

キーワード : クロス・マルチモーダル知覚, サーマルグリル錯覚, 痛覚, 視覚

1. はじめに

Virtual Reality(VR)空間への没入感を高めるためには, 視覚情報に連動してリアルな触覚情報を提示することが重要である. 現状では, 物体の把持や質感などは再現できているものの, 痛覚は再現できていない.

痛覚を安全に再現する方法として, 図 1 に示すように, 皮膚上の近接位置で温刺激と冷刺激を同時に与えると, 灼熱感や痛覚を錯覚するサーマルグリル錯覚 (Thermal Grill Illusion) がある^[1]. TGI は, 安全な痛覚提示手法として期待されている.

しかし, TGI の生起率は, 提示する温冷刺激の温度差や, 個人差によって大きく変わる. そのため, TGI のみでは, 誰でも安定的に痛覚を提示することが難しい.

そこで我々は, ヒトの知覚に多大な影響を及ぼす視覚刺激を TGI と併用することで, より高い確率で痛覚提示できるのではないかと着想した. 本研究では, 映像による視覚刺激が, TGI 生起率やマルチモーダルな痛覚知覚に及ぼす影響を実験的に解明とする.



図 1 : サーマルグリル錯覚(TGI)のイメージ

2. 据え置き型擬似痛覚提示装置

本研究では, TGI による擬似痛覚の提示装置を開発した. 図 2(a)に試作した TGI による擬似痛覚提示装置を示す. ABS 樹脂製プレートに 4 つのペルチェ素子を埋め込んである. ペルチェ素子は, 発熱側と吸熱側を交互に配置してある. ペルチェ素子はトランジスタ回路を介して直流安定化電源に接続されており, マイコンボードからトランジスタ回路へ入力されるアナログ電圧によって温度が制御できる. 制御応答性を高めるため, 図 2(b)のようにペルチェ素子の裏側に小型ヒートシンクを設置する. さらにプレート裏側から送風ファンでペルチェ素子を冷却できる.

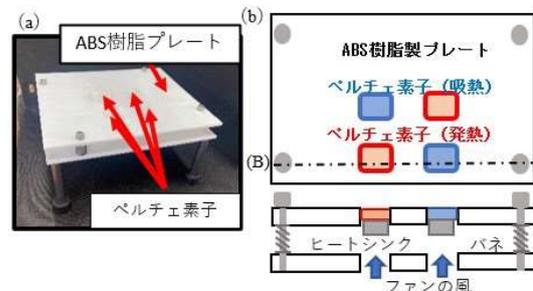


図 2 : 擬似痛覚提示装置 (a) 本体写真, (b) 内部構造図

3. 実験

3.1 実験参加者

実験参加者は 13 人 (男性 7 人, 女性 6 人, 18 歳~21 歳) とした. 実験参加者の中で, 本研究に関わる人はいない.

実験参加者には、あらかじめ書面によるインフォームドコンセントに同意している。

3.2 実験方法

実験は、2章で述べた装置とヘッドマウントディスプレイ (HMD) を PC に接続して、実験参加者が見ている映像に同期したタイミングで装置による温度提示をした。温冷刺激は温度差を 23~33℃ (冷刺激：11~15℃, 温刺激：33~44℃) とした。

HMD を身につけない状態で右手の平を装置に置いてもらい、温冷刺激を提示した。実験直後に、認知できた感覚を、選択肢から選ぶアンケートに回答してもらった。次に、HMD から 2 種類の映像をそれぞれ再生しながら温冷刺激を提示した。実験直後にアンケートで認知できた感覚を回答してもらった。これらの実験結果に基づき、式(1)で定義した TGI 生起率を用いて、映像の有無が TGI 生起に及ぼす影響を評価した、知覚の評価をする。

$$TGI \text{ の生起率 } \varphi = \frac{\text{痛覚 or 灼熱感を感じた人} N}{\text{総参加者} S} \quad (1)$$

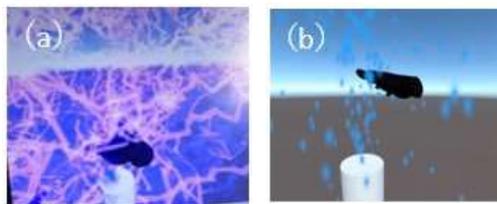


図3:実験に使用した映像 (a) 映像1 雷が手に触れる映像, (b) 映像2 噴水が手に触れる映像

3.3 実験結果

図4に、映像の有無が TGI 生起率に及ぼす影響を示す。図示したように、雷が手に触れる映像を同時に提示することで、映像を提示しない場合に比べて TGI 生起率が高くなった。一方、噴水が手に触れる映像を提示した場合、TGI 生起率に大きな差は生じなかった。そこで、映像の有無、種類による比較を見るため、図5を示す。

図5から、雷が手に触れる映像では、生起しなかった実験参加者にも TGI 生起が見られているが、噴水が手に触れる映像では、生起がなくなる人、その逆の現象も半々であり、大きく反応が別れた。

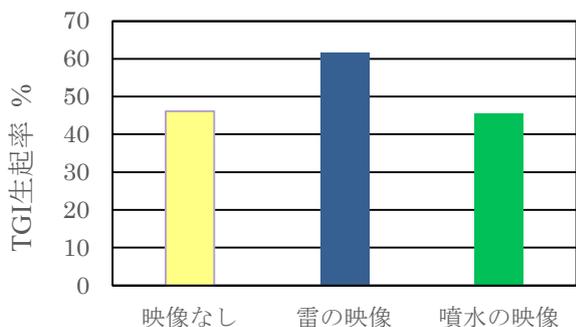


図4：映像の有無による TGI 生起率

映像なしに比べ雷の映像 [人] 映像なしに比べ噴水の映像 [人]

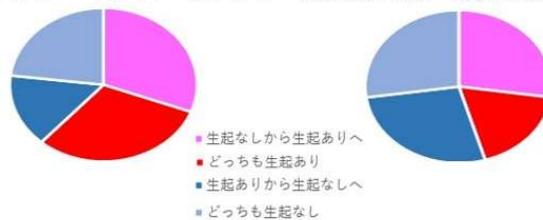


図5：映像の有無での TGI 生起の比較

4. 考察

ヒトの認知は、視覚情報による影響を大きく受けることが知られている。図4, 図5に示した結果より、錯覚現象である TGI による感覚認知でも、視覚情報が錯覚生起率に影響を及ぼしているものと考えられる。

提示する映像の種類によっても、TGI 生起率に及ぼす影響が異なっていた。雷が手に触れる映像は、痛覚をイメージさせるものであるため、TGI によって認知される痛覚 (灼熱感や火傷のような痛み) を、より顕著に認知させる効果があった。

一方で噴水が手に触れる映像は、水で冷却する状態を思い起こすため、例刺激に敏感に反応し、温冷刺激の区別を明確に認知したものと予想できる。さらに噴水は、安心感やリラックスした状態を思い起こさせる。VR 映像が痛みの緩和につながる^[2]ことが知られており、噴水映像によってリラックスした状態が思い起こされ、TGI 生起による痛覚認知を抑制したものと考えられる。

映像提示によって TGI 生起率に大きな変化がない場合もあった。これには、個人差や、映像提示と温度提示のタイミングのずれによる違和感が要因と考えられる。

5. むすび

映像による視覚刺激が、TGI 生起率やマルチモーダルな痛覚知覚に及ぼす影響を実験的に解明した。その結果、TGI による痛覚提示を強めるイメージを有する映像を提示すると、TGI 生起率は高くなった。一方で、リラックス状態や冷却状態を思い起こす映像を提示すると、TGI 生起率はあまり変化しなかった。これらのことから、どのような視覚情報を提示するかによって TGI による痛覚認知率を制御できることを示した。

参考文献

[1] 岸大貴, ピトヨハルトノ, 疑似痛覚を用いた身体機能拡張に関する研究, FIT2020 (第19回情報科学技術フォーラム) 講演論文集, pp.269-271.

[2] Anya Griffin et.al, Virtual Reality in Pain Rehabilitation for Youth With Chronic Pain: Pilot Feasibility Study, JMIR Rehabil Assist Technol 2020, vol.7, pp1-14.