

可視光 LED を用いた非接触型温覚提示装置の提案

Suggestion of a contactless thermesthesia display device using visible light LED

界瑛宏¹⁾, 三武裕玄²⁾, 長谷川晶一³⁾

Akihiro Sakai, Hironori Mitake and Syoichi Hasegawa

1) 東京工業大学 工学院 情報通信系 情報通信コース

(〒226-8503 神奈川県横浜市緑区長津田町 4259 R2-626, sakai.a.ac@m.titech.ac.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 R2-624, mitake@haselab.net)

3) 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 R2-624, hase@haselab.net)

Abstract: In this study, we propose and evaluate a device showing heat to a hand when we touched warm things such as animals shown as a three-dimensional vision with Head Mount Display. As the heat source, we use visible light LED because it is easy to control temperature. By setting several LEDs around the hand, it warms only partial areas of the hand overlapping with virtual objects. As this device warms hands without contact, heat is hard to be left at the time of the non-presentation, so interactive thermesthesia presentations are realized.

Key Words: LED, contactless, thermesthesia

1. はじめに

現在、HMDVR の普及により視覚以外の感覚提示への期待が高まっている。

温覚提示の場合では、多くの装置が接触した状態で温めているため、毛が生えた動物など、固くない対象に無理に触覚提示することによる違和感があったり、炎など手と接触していなくても熱の提示が必要な場合への対処が困難である。そのため、非接触な温覚提示の必要性がある。

また、本来温覚提示の際は温かい対象物に触れた部位のみ温かさを感じるはずだが、現在の VR 機器では手の詳細な位置をとることはまだ可能ではない。非接触であると細かい距離感が必要なため、非接触温覚提示は今の VR 環境に合っている。

以前の研究[1]で可視光 LED を用いた非接触な温覚提示装置の開発を行った。LED の光を皮膚に当てた場合、光エネルギーを手が吸収して熱エネルギーに変換され、非接触で温められるため、加熱部が直接皮膚に接触して熱が伝達されることがなく、スイッチを切った瞬間熱の提示がされなくなる。また、LED は電源を入れた後比較的瞬時に光を発し始めるので、容易に熱提示の切り替えが可能であり、PWM で熱量の調整も容易である。

本稿では開発した温覚提示装置の評価とデモンストレーションについて報告する。

2. 先行研究

HMDVR 用の温覚提示装置としては、ペルチェ素子を用いた研究[2]があり、HMD の周囲にペルチェ素子を複数個配置することにより、自分が向いた方向に応じて温覚及び冷覚の提示が可能となっている。

また、非拘束で温覚を提示する手法として、超音波を用いた研究[3]があり、提示対象部位に設置したスリットに収束超音波を照射することにより熱を与えている。これは、音波が狭い流路を伝搬する際に熱交換が行われるという、熱音響現象によって加熱されると考えられている。

他にもハロゲンヒーターによる研究[4][5]も行われていて、ハロゲンヒーターで提示対象部位を温めることにより、温覚を提示している。

3. 提案手法

3.1 使用する波長帯

より効率的に温めるには、体積辺りの光エネルギー吸収量が多いほうが良く、皮膚の表皮付近のみに光エネルギーが吸収されるようにする必要があるため、より吸収率が高い波長帯の光を与えなければならない。

吸収率が高いのは遠赤外線や紫外線だが、遠赤外線 LED で出力が十分なものはなく、紫外線は DNA 破壊の可能性があるため (DNA を構成するピリミジン塩基が紫外線の波長帯の光を吸収しやすく、破壊されやすい[6])、本研究では使用しない。また、手を温めるだけに必要な光エネルギーは目に悪影響を及ぼす可能性があるため、目で見て確認できるほうが好都合であるため、可視光 LED を用いる。

可視光波長帯は水による光吸収率は低いが、ヘモグロビンやメラニンによる光吸収率は高いため、十分に温められることが予想される。

3.2 装置概要

手の位置及び回転を取るため、OculusTouch を使用し、その周囲に LED (AIMENGTE 製 ハイパワー集積チップランプビーズ 50W、色温度: 3000~3200、光束: 90~120LM/w) を 14 個配置し、ヘッドマウントディスプレイで立体映像として映し出された生き物などの温かいものに触れた際に LED を点灯することにより、熱をフィードバックする。OculusTouch の周囲に LED を取り付けるため、以下の図 (灰色部位) のような形状のものを 3D プリンタで作成した。

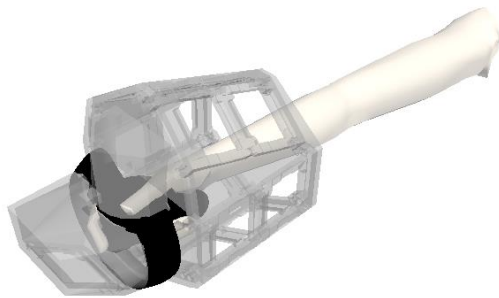


図 1 装置の骨組み

図の穴の開いている部位に LED をはめ込み、LED の放熱を行うため、ファン付きヒートシンクをその上部に取り付けた。また、高温状態の LED に直接手が触れてしまわないようアクリル板を LED の照射部の前に設置した。アクリル板自体は可視光を透過するためほとんど熱くならない。

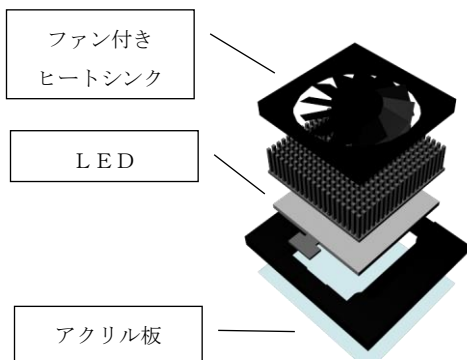


図 2 LED 取り付け部位

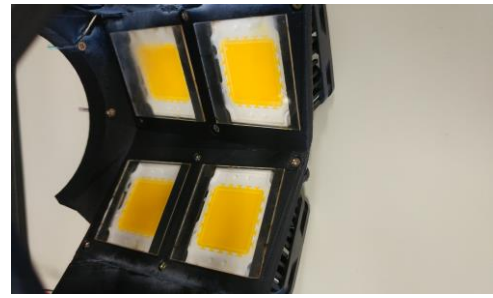


図 3 装置内側

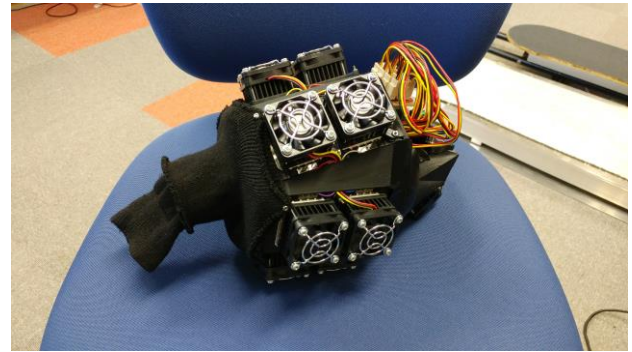


図 4 装置全様

システム概要は下図のようになる。OculusTouch で手の位置、回転を検出し、そのデータを元に当たり判定を行い、マイコンとシリアル通信を行なって LED を PWM 制御し、光らせた。LED は 36V で駆動するため、ACDC コンバータ PFE36HSX-U1 (イーター電機製) を使用した。

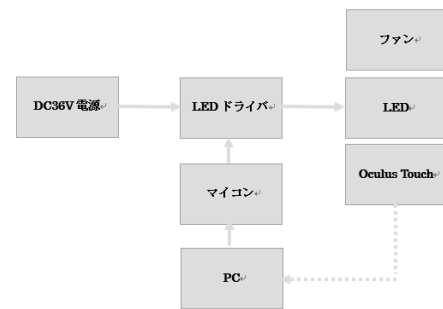


図 5 システム概要

4. 実験

4.1 サーモトレーサによる検証

LED によって短時間でどれくらいの温度まで上がるか調べた。手に LED の光を照射し、サーモトレーサ TH9100MV (日本アビオニクス株式会社製、温度分解能 0.15°C) を用いて照射 0.5 秒後の様子を撮影した。照射は LED と手の距離 3 cm で 3 秒間と 6 秒間の 2 種類行った。また、熱を冷ますため、それぞれの実験の間は 20 秒ほど時間をとった。

また、LED と手の距離 3 cm で 30 秒間照射し続け、手の温度が何度まで上昇するかの撮影も行った。

4.2 人の感覚による検証

実際に手にLEDの光を当てた際にどれほどの速度で温かいと感じるか検証を行った。LEDと手の間隔は2cmとり、ランダムな時間(2~6秒間)LEDを光らせ、温かいと感じた間ボタンを押し続けてもらうことでLEDを点灯してから温かいと感じるまでの時間と、LEDを消灯してから温かさがなくなったと感じるまでの時間を計測した。光らせる間隔はボタンを押した後5秒以上時間を取り、一人当たり5回提示実験を行った。また、光が目に入らないよう提示部位は黒い布で覆った。

5. 評価

4.1節で述べた手法により得られた結果を以下に示す。

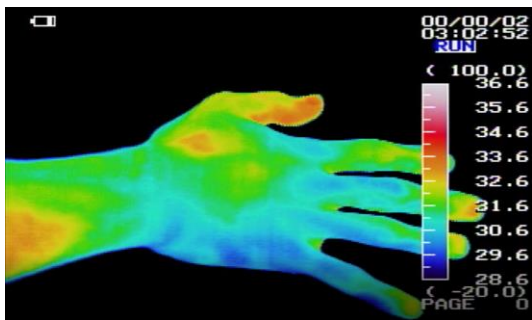


図 6 照射前

サーモトレーサで光照射前の様子を撮影したところ31°C~33°C辺りを示していた。

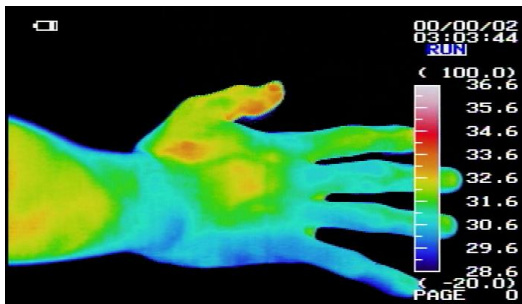


図 7 照射後(3cm、3秒間)

LEDと手の距離を3cmに保ち、3秒間LEDの光を照射させたところ32°C程まで温度が上昇し、照射前と比較して1°C程上昇した。

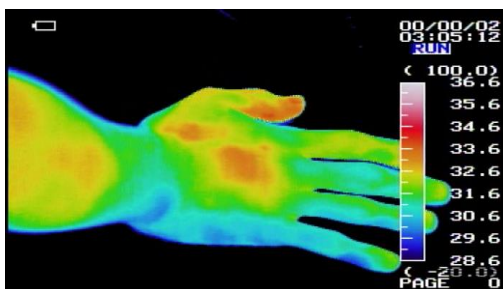


図 8 照射後(3cm、6秒間)

次にLEDと手の距離を3cmに保ち、6秒間LEDの光を照射させたところ33°C程まで温度が上昇し、照射前と比較して2°C程上昇した

以上の実験結果と、基準温20~35°Cにおいて温度差の弁別閾は1~2°Cであることから[7]、熱提示としては有効であると考えられた。

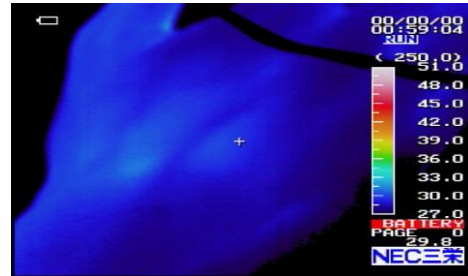


図 9 照射前

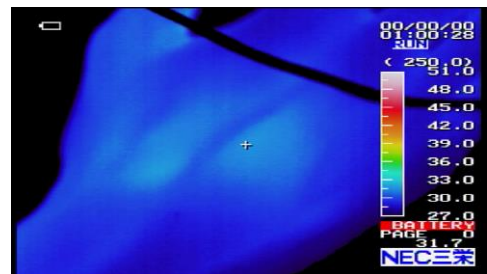


図 10 30秒照射後

最後にLEDと手の距離3cmで30秒間照射し続けたところ、2°Cあがったところで、手の温度の上昇が止まった。これは血流などにより熱が運ばれることによるものと考えられる。

次に4.2節で述べた手法により得られた結果を示す。

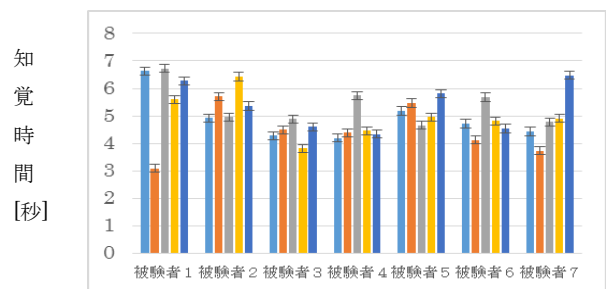


図 11 LED点灯から温かさを感ずるまでの時間

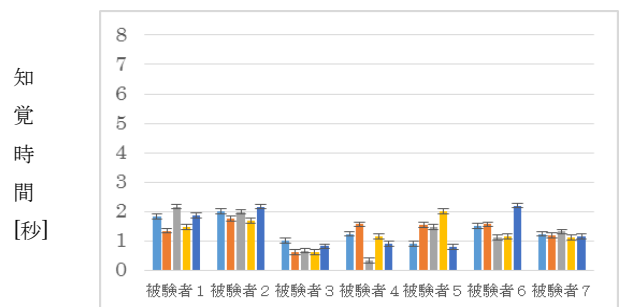


図 12 LED消灯から温かさを感ずなくなるまでの時間

図 13 のグラフが LED 点灯から温かさを感じるまでの時間、図 14 のグラフが LED 消灯から温かさを感じなくなるまでの時間の結果であり、エラーバーは標準偏差を表す。それぞれの被験者の 5 本のグラフが一番左が 1 回目の記録、一番右が 5 回目の記録となる。

LED 点灯から温かさを感じるまでの時間はおよそ 4~5 秒を示し、LED 消灯から温かさを感じなくなるまでの時間はおよそ 1~2 秒を示した。この結果より、LED 点灯時は温かさを感じるまでの時間は速くないものの、LED 消灯時には急速に温覚がなくなることが分かった。

これは、提案装置が非接触で温めるため、熱が残りづらいことによるものだと考えられる。

6. デモンストレーション

2017 年度バーチャルリアリティ学会大会において開発した温覚提示装置[1]のデモンストレーションを行った。

デモンストレーションは炎、温泉、もふもふした動物の三種類を用意し、体験していただいた。

ソフトウェアは Unity で作成し、温覚提示の制御は、次のように行った。まず、手の周囲に下図のようにコライダーを 12 個配置し、オブジェクトと接触した際、または距離が近くなった際に LED を光らせた。

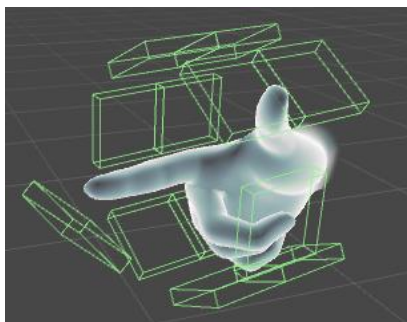


図 13 コライダーの配置図

LED の出力は炎のデモでは Duty 比 1 を最高とし、距離 40 cm でデューティ比が 0 となるように線形補間した。温泉のデモではコライダーが水面下に入った際に Duty 比が 0.5 になるよう、動物のデモでは体表に接した際に Duty 比が 0.3 になるよう制御を行った。



図 14 炎のデモンストレーションの映像



図 15 温泉のデモンストレーションの映像

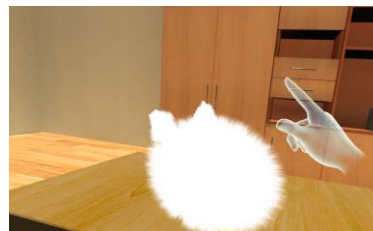


図 16 動物のデモンストレーションの映像

炎と温泉のデモは実際に手を近づけたときに近い感覚を得ることができたという意見が多かったが、動物に関しては熱すぎるといった意見や、温かさよりももふもふとした触感の方が欲しいという意見が多くあった。

7. まとめ・展望

実験結果から、可視光 LED を用いて手を温めることが可能であり、非提示時には熱が残りにくいことが分かった。

また、デモの結果から開発した装置は不定形で温かい又は熱いものの提示に向いていることが分かった。今後はこの装置が有用な場面をさらに探していきたい。

参考文献

- [1]界瑛宏、三武裕玄、長谷川晶一：可視光 LED を用いた非接触型温覚提示装置の開発、日本バーチャルリアリティ学会大会論文集、1D2-06, 2017
- [2]Roshan Lalintha Peiris¹, Wei Peng¹, Zikun Chen¹, Liwei Chan², Kouta Minamizawa¹: Exploring Integrated Thermal Haptic Feedback with Head Mounted Displays.
- [3]星貴之：超音波加熱にもとづく非拘束な温覚提示の提案、ロボティクス・メカトロニクス講演会講演概要集、IP2-X06, 2014.
- [4]嵯峨智：熱放射を利用した力覚ディスプレイ、日本バーチャルリアリティ学会大会論文集、19th ROMBUNNO. 33A-5, 2014
- [5]松野祐典、栗原一貴、宮下芳明：「その場」に熱い視線が届く生放送、情報処理学会インタラクティブ 2013, pp. 361- 366, 2013.
- [6]放射線の DNA への影響 (09-02-02-06), ATOMICA
- [7]今井順子、米田守宏、丹波雅子：接触冷温感の評価のための官能試験、繊維製品消費科学会, Vol. 28, No. 10, pp. 414- 422, 198