



可視光 LED を用いた非接触型温覚提示装置の開発

界瑛宏¹⁾, 三武裕玄²⁾, 長谷川晶一³⁾

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)

概要: 本研究では、ヘッドマウントディスプレイで立体映像として提示された生き物などの温かいものに触れた際に、手に熱を提示する装置を開発する。熱源には、制御しやすく、非接触で温められるよう可視光 LED を使用し、手の周囲に LED を複数個並べることにより、対象と手が接した部位のみを温める。非接触で温めることにより、非提示時に熱が残りにくいため、よりインタラクティブな温覚提示ができることが期待される。

キーワード: LED、非接触、温覚

1. はじめに

HMD など映した立体映像を触った際に温かさを提示する際、よりインタラクティブに像と接するためには素早く熱の提示を ON・OFF させることが必要となってくる。

温覚提示をするためにはペルチェ素子が使われることが多いが、ペルチェ素子自体が熱を移動させる作用しなく、急速な温度変化を起こすのには向いてない

一方 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。

そこで、本研究では可視光 LED を用いた非接触な温覚提示装置の開発を行う。

2. 先行研究

非接触または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[1]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。

また、他にもハロゲンヒーターによる研究[2]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ので (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[3])、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、以下の図のような形状のものを 3D プリンタで作成した。

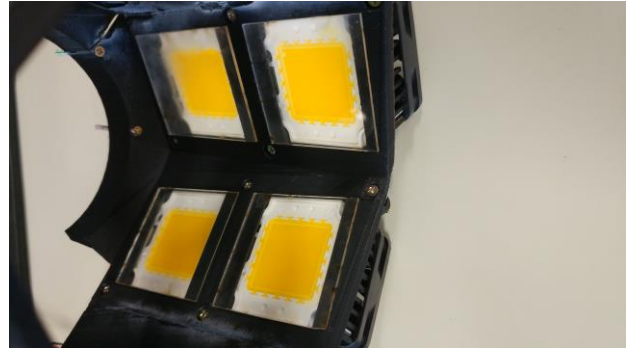


図4: 装置内側

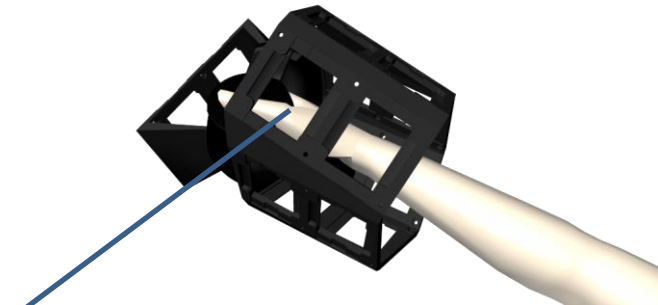


図1: 装置の骨組み

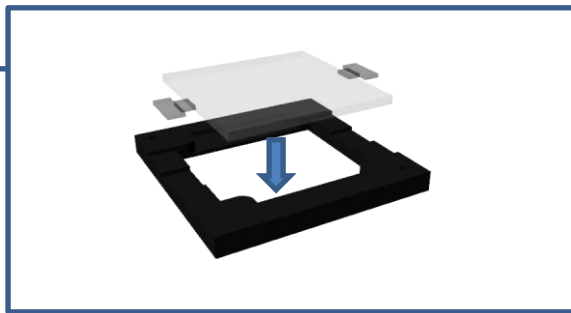


図2: LED の取り付け

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 の光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。

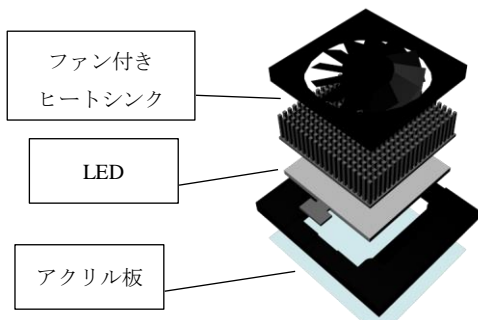


図3: LED 取り付け部位

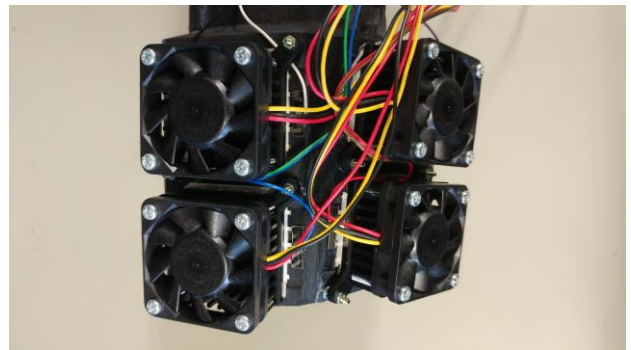


図5: 装置外側

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。

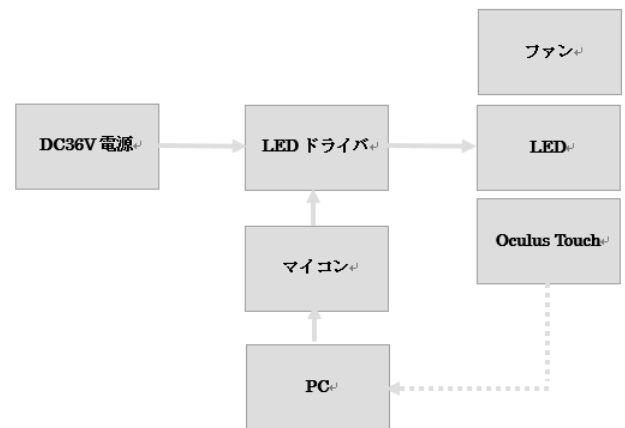


図6: システム概要

4. 実験

4.1 サーモレーサによる検証

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 2 cm で 3 秒間、距離 3 cm で 3 秒間と 6 秒間の三種類行った。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。

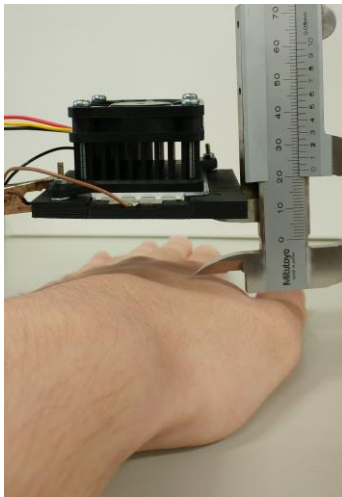


図7:実験の様子

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 2 cm とし、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 秒以上時間をとり、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。

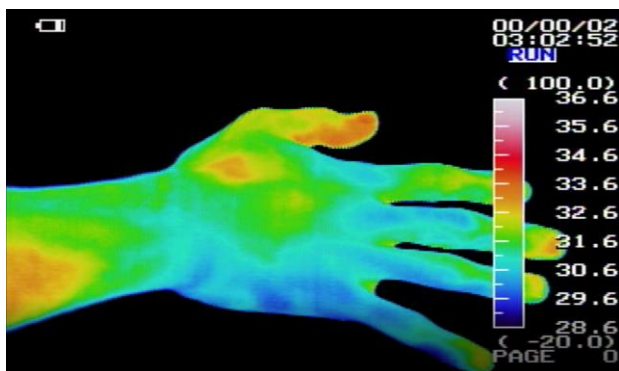


図8:照射前

サーモ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。

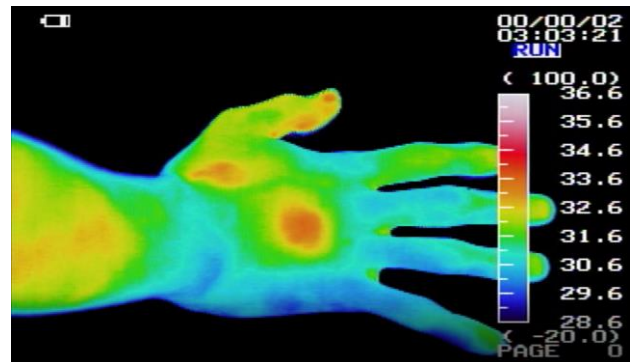


図9:照射後(2cm、3秒間)

その後、LED と手の距離を 2 cm に保ち、3 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。

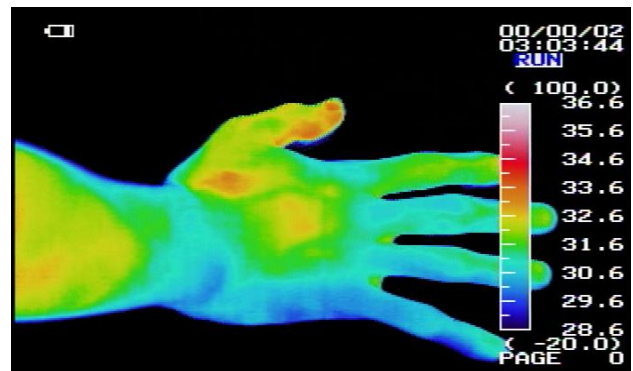


図10:照射後(3cm、3秒間)

次に LED と手の距離を 3 cm 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。

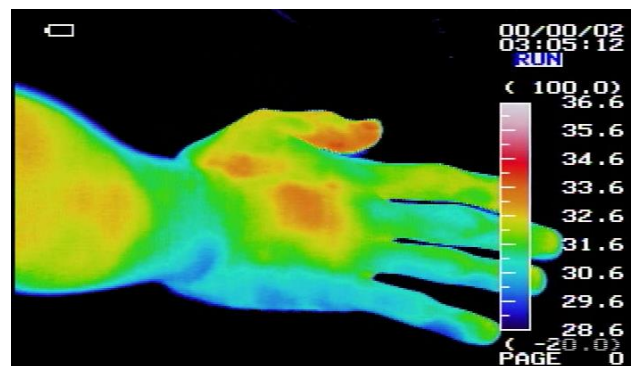


図11:照射後(3cm、6秒間)

最後に LED と手の距離を 3 cm 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[4]、熱提示としては有効であると考えられた。

次に 4.2 節で述べた手法により得られた結果を示す。

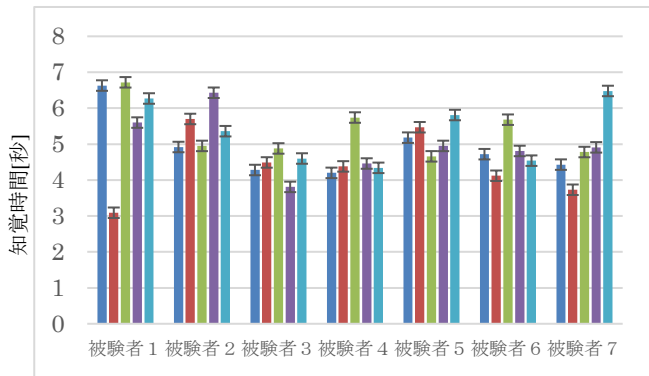


図12: LED 点灯から温かさを感ずるまでの時間

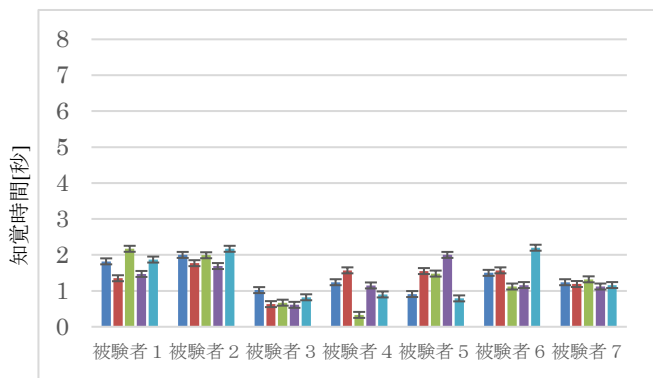


図13: LED 消灯から温かさを感ずなくなるまでの時間

左上のグラフが LED 点灯から温かさを感ずるまでの時間、左下のグラフが LED 消灯から温かさを感ず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ずるまでの時間はおおよそ 4~5 秒を示し、LED 消灯から温かさを感ずなくなるまでの時間はおおよそ 1~2 秒を示した。この結果より、LED 点灯時は温かさを感ずるまでの時間は速くないものの、LED 消灯時には急速に温感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、熱が残りにくいことによるものだと考えられる。

6. 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。

今後は動物や炎などをヘッドマウントディスプレイを用いて映し出し、その像に触った際に熱を提示することにより、よりリアリティが増すか検証していきたい。

参考文献

- [1] 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.
- [2] 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 インタラクション 2013, pp. 361-366, 2013.
- [3] 放射線の DNA への影響 (09-02-02-06), ATOMICA
- [4] 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