



# 高低温輻射源を用いた非接触温度ディスプレイの 心理物理評価

Psychophysical Evaluation of a Non-contact Thermal Display Using High and Low Temperature Radiation Sources

久米祐一郎<sup>1)2)</sup>, 水野統太<sup>1)</sup>, 松倉 悠<sup>1)</sup>

Yuichiro KUME, Tota MIZUNO, and Haruka MATSUKURA

- 1) 電気通信大学 (〒182-8585 東京都調布市調布ヶ丘 1-5-1, {ykume1583, mizuno, matsukura}@uec.ac.jp)  
2) 平由商店研究部 (〒176-0001 東京都練馬区練馬 1-20-8 日建練馬ビル 2F, hirayoshishoten@x.email.ne.jp)

**概要**: 体表温度より高温および低温の輻射源からの遠赤外線を制御することにより非接触の温度情報提示が可能である。また遠赤外線をシャッターで制御することにより、高速で輻射の変化が可能である。本研究では高温および低温輻射源にセラミックヒータと保冷材を各々用いて顔面に温冷感を生起させる非接触温度ディスプレイを試作し、遠赤外線をギロチンシャッターにより高速制御したときの温度感覚を心理物理的に測定し評価した。結果としてこのシステムにより温覚、冷覚を十分に生起できること、輻射の高速変化時に温覚、冷覚の変位等が明らかになった。

**キーワード**: 温度ディスプレイ, 輻射, 非接触, 心理評価

## 1. はじめに

バーチャルリアリティ(VR)環境下に視聴覚や力触覚に加えて他の感覚情報を提示し、システムの臨場感や操作性を向上させる試みは数多く行われている。温覚と冷覚を生起できる温度ディスプレイをVRシステムに実装できれば、より高い臨場感を提示することができる。これまで提案されている温度ディスプレイは皮膚への接触や強制対流による皮膚刺激が多く、温度情報提示とともに触覚も同時に刺激していたが、独立して温覚と冷覚を刺激することも必要である。

我々は体表温度より高温と低温の輻射源を用いて、非接触で触覚を刺激することなく温感と冷感を生起できる温度ディスプレイの開発を行っており、高温および低温の輻射を制御することにより基本原理を確認している[1]-[4]。さらに先行研究から得られた知見を基にして顔面を刺激するデモシステムを試作し、物理特性を測定した[4]。

VRシステムとして実際に使用する場合は、この装置によって生起する温度感覚(温覚と冷覚)特性を明らかにする必要がある。本報告では試作したデモシステムを用いてシャッターにより遠赤外線の輻射を変化させた場合の、温度感覚の変化を心理物理的に測定した結果について述べる。

## 2. 試作した温度ディスプレイ

### 2.1 装置の構成

本装置の基本原理は Stefan-Boltzmann の法則に基づいて、温度情報を提示するヒトの周囲に、体表温度より高温及び低温の輻射源を設けて、体表における輻射エネルギーの収支によって加温・冷却を行うものである[3]-[4]。試作した装置は、通常露出しており温度変化に対して感度が高い顔面への提示を行うこととした[5]。この装置の特長は非接触温度提示に加えて温度情報提示の高速切替が可能なことである[4]。

図1に装置構成の概略と外観写真を示す。高温輻射源として遠赤セラミックヒータ(坂口電熱 S-2(II) 100V400W)を、低温輻射源として-20℃以下に冷却した保冷材(Logos CT-16℃)を左右2個ずつ使用した。

輻射源の全面にはギロチンシャッターを設けて、触覚を刺激する気流を起こすことなく、高速で輻射の切替を可能とした。

輻射源と刺激する顔面の間には、内面アルミ箔貼りのフードを設けて多重反射によって顔面と輻射源から発散する遠赤外線をそれぞれに導くようにした[4]。

### 2.2 物理特性

試作したシステムの加温・冷却の物理特性を調べるために、顔面を置くフードの開口部にカーボンブラックで塗装した0.2t鉛薄板を置き、シャッターにより輻射条件が変化

したときの鉛薄板の温度変化を、遠赤外線サーモバイロセンサー(SSC SST-NCM1835)で測定した。室温は 25℃とした。結果を図 2 に示す。全てのシャッターを閉じた状態(閉)から、低温輻射源のみを開き(冷)。低温と高温輻射源の両方を開き(温+冷)、高温輻射源のみを開き(温)、そして全てのシャッターを閉じたとき(閉)の、鉛薄板の温度変化を示す。輻射源の開閉による、温度変化を見てとれる。

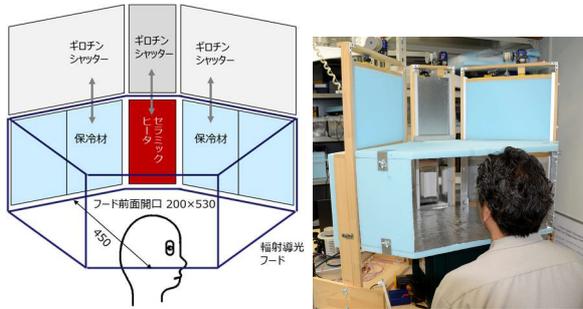


図 1: 試作した温度ディスプレイ。左; 装置構成, 右; 外観写真

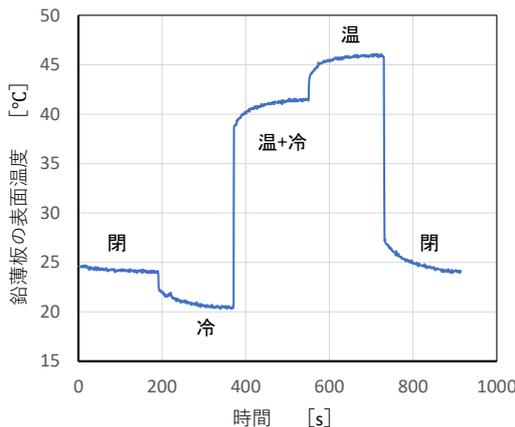


図 2: 輻射の変化に対する鉛薄の温度変化

### 3. 心理物理評価

#### 3.1 実験方法

システムとして、輻射条件を物理的に変化させたときに、ヒトに適切な温覚・冷覚を生起させ、その特性を調べることが必要である。そのため以下の手順で心理物理実験を行った。

前述したように本システムの特長として急速な輻射変化を提示できること、輻射は 4 条件(温, 温+冷, 閉, 冷)のため、輻射条件の変化時の温かさと冷たさを評価した。

輻射は 4 条件であり、変化の種類は 12 通りである。12 通りの変化を 1 回として各輻射刺激を 30s, 変化をランダムとして提示した。ただし最初と最後の刺激は全てのシャッターを閉じた(閉)とした。

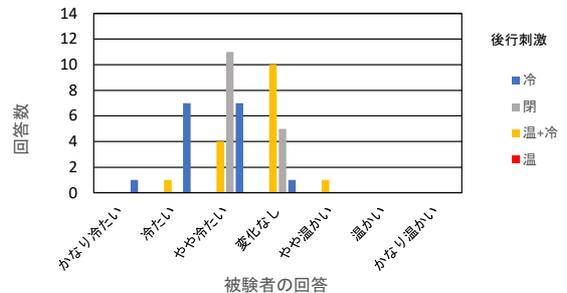
被験者は輻射変化の直後とその 15s 後に(かなり温かい, 温かい, やや温かい, 室温と変化なし, やや冷たい, 冷た

い, かなり冷たい)の選択肢から強制選択した。なお実験開始前に 1 回一連の刺激を体験させて、その後実験して回答は評語を用いて判断させた。被験者は 8 名, 各 2 回行った。

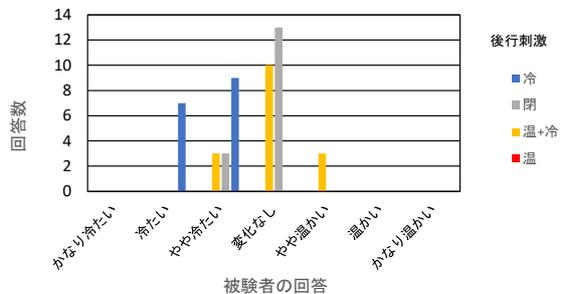
#### 3.2 結果

図 3 に結果を示す。(a)は先行刺激が(温)のときの刺激変化直後の感じ方, (b)は同様の刺激変化のときの変化 15s 後の感じ方, (c)は先行刺激が(閉)のときの変化直後の開示方を示す。ヒストグラムの極大値に注目すると後行刺激の輻射エネルギー収支の順と温冷の感じ方の順は、いずれの場合も一致している。

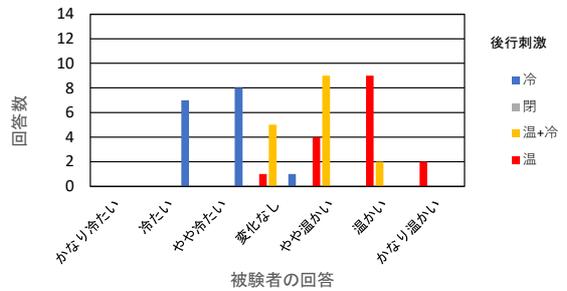
先行刺激が(温)の場合(a)では(閉)と(温+冷)の極大が、それぞれ「やや冷たい」と「変化なし」に変位している。15s 後の(b)では後行刺激(閉)の極大値は「変化なし」のである一方、(温+冷)については「変化なし」で極大となり感じ方の変位の変化は見られなかった。この感覚の変位現象は先行刺激が(冷)の場合でも見られた。しかし先行刺激が(閉)や(温+冷)の場合には見られなかった。



(a) 先行刺激: 温 (変化直後)



(b) 先行刺激: 温 (変化15秒後)



(c) 先行刺激: 閉 (変化直後)

図 3: 輻射刺激が変化した場合の後行刺激の感じ方

#### 4. むすび

体表温度より高温および低温の輻射源を用いた非接触温度ディスプレイを試作し、心理物理実験により輻射条件に対応して顔面に温かさと冷たさを生起できることを明らかにした。

急激な輻射変化の場合、温冷感覚の変位現象が観察されたが、実験試行回数も十分ではない現段階では要因を推定することは難しい。しかし温冷感覚の変位現象を定量化できれば、温冷感覚を提示できる VR システムへ積極的な応用も期待できる。そのため今後も実験を継続して信頼性や有効性を確保して、システムの設計指針へつなげていきたい。

**謝辞** 被験者として協力頂いた電気通信大学学生諸氏に感謝する。

#### 参考文献

- [1] 齊藤芳英, 久米祐一郎: 非接触型温度情報提示装置の検討, 映像情報メディア学会技術報告, 39 巻, 11 号, pp.1-4, 2015.
- [2] 久米祐一郎, 石渡哲次: 放射冷却を用いた温度ディスプレイの検討, 第 22 回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集, 1D3-05, 2017.
- [3] 久米祐一郎, 水野統太: 高温・低温赤外線輻射源による非接触温度情報提示, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, 28 巻, 3 号, pp.263-269, 2023.
- [4] 久米祐一郎, 水野統太: 輻射による非接触温度ディスプレイのデモシステム製作, 第 28 回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集, 1A2-01, 2023.
- [5] 多屋淑子: 温度感覚, 産業技術総合研究所人間福祉医学研究部門編, 人間計測ハンドブック, 朝倉書店, pp.201-206, 2003.