

## タブレットのタッチ操作を阻害しない 指先装着型冷温覚提示デバイスの試作

### Prototyping of Finger-mounted Thermal Sensation Display for Tablet Users

図所 大輝<sup>\*1</sup>, 高星 賢二<sup>\*1</sup>, 山口武彦<sup>\*2</sup>, 原田 哲也<sup>\*2</sup>  
Daiki ZUSHO<sup>\*1</sup>, Kenji TAKABOSHI<sup>\*1</sup>, Takehiko YAMAGUCHI<sup>\*2</sup>, Tetsuya HARADA<sup>\*2</sup>

<sup>\*1</sup>東京理科大学大学院 基礎工学研究科

<sup>\*1</sup>Graduate School of Industrial Science and Technology, Tokyo University of Science

<sup>\*2</sup>東京理科大学 基礎工学部

<sup>\*2</sup>Faculty of Industrial Science and Technology, Tokyo University of Science

Email: 8116627@ed.tus.ac.jp

**あらまし**：本研究では、タブレットに表示されている対象物に触れたときの温度感覚を提示するため、タブレットの操作を阻害しない冷温覚提示デバイスを提案した。タブレット表面を操作する指の腹に冷温覚を提示するにあたり、側爪郭付近に冷温覚提示デバイスを装着することにした。提案手法の評価として、温度知覚位置のズレの測定および、実際に指先に冷温覚が生じているか否かの主観的評価を行った。

**キーワード**：バーチャルリアリティ、タブレットPC、ペルチェ素子

#### 1. はじめに

著者らはこれまで、熱力学を対象としたVR学習支援システムを開発してきた。このシステムではFALCON(NOVINT社)、LeapMotion、デスクトップPC、温度提示デバイスを使用しており、これらのデバイスが机上を占有してしまっていたため、ユーザビリティの低下がみられた<sup>(1)</sup>。これを解決するためにタブレットへの移植を考えている。そこで、タブレットへの冷温覚提示デバイスの付加に着目した。冷温覚付加には温度制御を自由に行え、小型化可能なペルチェ素子を使用する。ペルチェ素子を用いてタブレットに冷温覚を付加する場合、画面全体の温度を制御することが必要になり、そのための放熱器と放熱用のファンでデバイスが非常に大きいものとなる。そこで、タブレットの持ち運びやすさ、大きさに影響を与えない指先装着型タブレット用冷温覚提示デバイスを考える。タブレットに触れる指の腹に温度感覚を提示するため、装着位置をタブレット操作する指の腹とすると、操作の妨げになる。このことから、側爪郭付近に2個温度提示デバイスを装着し、指の腹に冷温覚の錯覚を生じさせることを提案する<sup>(2)</sup>。本論文では、指先装着型冷温覚提示デバイスを試作し、利き手人差し指にデバイスを1個装着し、温度提示位置を正しく回答できるかどうかを確認した。その上で、側爪郭付近に2個装着して、指の腹に冷温覚の錯覚が生ずるか否かの主観的評価を行った。

#### 2. 冷温覚提示デバイスの構成

提案した冷温覚提示デバイスを図1に示す。PICマイコン(PIC18F14K50)とモータードライバ(TA7291)を用い、ペルチェ素子に流す電流を制御する。装着部は、6.2×4.2mmのペルチェ素子の片面に10×

5mmのアルミ板と温度センサを付け、反対側に10×10mmのピン型ヒートシンクを付けた。



図1 冷温覚提示デバイス(左：全体、右：装着部)

#### 3. 実験1：冷温覚提示デバイス位置と温度知覚位置のズレの測定

冷温覚提示をするにあたり、作製した冷温覚提示デバイスで、温度提示した位置を正しく答えることができるかどうかを調べた。

##### 3.1 実験内容

被験者は20代の男子20人(右利き：19人、左利き：1人)とした。利き手と顔の間に壁を作り温度提示デバイスの装着位置が被験者に見えないようにし、図2に示す位置に冷温覚提示デバイス1個を装着した。装着箇所は利き手人差し指の腹<sup>(1)</sup>、人差し指第一関節と第二関節の midpoint<sup>(2)</sup>、人差し指第二関節と指根元の midpoint<sup>(3)</sup>、それぞれ3箇所である。



①指の腹 ②指第一関節と第二関節の midpoint ③指第二関節と指根元の midpoint

図2 温度提示位置

温覚を 38℃、冷覚を 25℃と設定した。デバイスを装着し、オシロスコープで温度センサから出力される電流を読み取り、設定温度到達を確認した約 10 秒後に温度提示をやめ、事前に撮影した被験者の人差し指の写真に、温度知覚した位置に丸印をつけてもらった。この操作を位置①、②、③の番号順に温刺激・冷刺激の 2 パターンの計 6 回行った。その後、デバイス装着位置と丸印の距離を測り、その差をズレとした。実験した室内気温は 22.8℃であった。

は実験 1 と同様、温覚 38℃、冷覚 25℃とした。



図 3 温度提示位置

### 3.2 実験結果

A4 の紙の上で撮影したものを A4 で印刷し、実物大にしたデバイス装着時の写真から、指先を原点とし、冷温覚提示デバイス装着位置を定規で測り平均値を求めた。また、温度知覚をした位置に丸印をつけてもらった写真から、指先を原点とし、丸印の中点を定規で測り装着位置との差(ズレ)を算出した。表 1 に冷温覚提示デバイス装着位置の平均値(mm)、ズレの平均値(mm)と標準誤差(mm)を示す。

表 1 冷温覚提示デバイス装着位置の平均値(mm)、ズレの平均値(mm)と標準誤差(mm)

位置(温・冷)	装着位置の平均値	ズレの平均値	ズレの標準誤差
①(温覚)	17.4	1.4	1.7
①(冷覚)	16.8	0.0	0.0
②(温覚)	39.5	-2.2	3.0
②(冷覚)	39.6	-4.1	2.3
③(温覚)	60.1	-0.6	2.4
③(冷覚)	59.7	0.1	0.1

結果、表 1 から冷温刺激ともに、第一関節と第二関節の中間(②)ではズレの平均値の絶対値が最大であった。指の腹、第二関節と根元の中間では、被験者は温刺激より冷刺激の提示位置を正確に回答していたとみられる。

## 4. 実験 2：人差し指の腹に対する熱錯覚の出現の検証

### 4.1 実験内容

実験 1 と同様の被験者に対し、温度提示する 2 点の間が指の腹になるよう被験者の利き手人差し指の側爪郭付近に冷温覚提示デバイスの温度提示部品を 1 個ずつ熱伝導両面シールで装着した。装着した様子を図 3 に示す。オシロスコープで設定温度到達を確認し、約 10 秒後に温度提示をやめ、被験者にアンケートを行った。アンケート内容は、「1：人差し指の第一関節より先全体に温度を感じましたか。2：人差し指の腹に温度を感じましたか。3：ある 2 点からのみ温度を感じましたか。」とし、それぞれ「はい」、「いいえ」で答えてもらった。ここで目標温度

### 4.2 実験結果

温刺激に対するアンケート結果を表 2、冷刺激に対するアンケート結果を表 3 に示す。

表 2 温刺激についてアンケート結果

番号	はい	いいえ
1	13	7
2	8	12
3	10	10

表 3 冷刺激についてアンケート結果

番号	はい	いいえ
1	5	15
2	3	17
3	8	12

アンケートより、番号 1、2 の質問に対し、少なくともどちらか一方に「はい」と答えた被験者は、温刺激では 75%(20 人中 15 人)、冷刺激では 30%(20 人中 6 人)であった。この結果から、冷刺激では人差し指の側爪郭に装着しても指第一関節先全体、あるいは指の腹に冷覚を感じる錯覚は生じにくく、温刺激では、指第一関節先全体、あるいは指の腹に温覚を感じる錯覚が生じやすいことがわかった。

## 5. まとめと今後の展望

本研究では、タブレットの操作を阻害しない冷温覚提示として、側爪郭付近に温度提示デバイスを装着することで、指の腹に温度変化を錯覚させることができるかを調べた。被験者の主観的評価により、温覚は被験者の 75%、冷覚は 30%が指先もしくは指の腹に錯覚を感じた。よって、デバイスの改良により、温覚については錯覚を正確に生じさせることができるのではないかと考える。今後の展望として、最適な冷温覚提示デバイス装着位置や、個数、大きさ等を検討する。

### 参考文献

- (1) 置塩正祐, 高星賢二, 平山理恵, 山口武彦, 原田哲也: “身体的インタラクションモデルを用いた体験型力学学習支援システムの開発と評価”, IIS-15-031
- (2) 大原淳, 加藤寛士, 橋本悠希, 梶本裕之: “温度によって生じるファントムセンセーション”, 第 14 回日本バーチャルリアリティ学会論文集(2009.9)