



タブレット用ペン型冷温覚提示デバイスの開発

Development of pen-type thermal sensation presentation device for tablet-device

久保泰奈¹⁾, 邊田智美²⁾, 佐藤誠³⁾, 原田哲也²⁾

Yasuna KUBO, Tomomi HETA, Makoto SATO, and Tetsuya HARADA

- 1) 東京理科大学大学院基礎工学研究科電子応用工学専攻 (〒125-8585 東京都葛飾区新宿 6-3-1, 8118520@ed.tus.ac.jp)
- 2) 東京理科大学基礎工学部電子応用工学科 (〒125-8585 東京都葛飾区新宿 6-3-1, harada@te.noda.tus.ac.jp)
- 3) 東京工業大学 (〒226-8503 神奈川県横浜市緑区長津田町 4259, mkt.sato@gmail.com)

概要：本研究は力覚と冷温覚を通して熱力学現象の理解を深めることを目的とした，タブレット型熱力学学習支援システムの開発を行っている．力覚と冷温覚の提示部はペン型とした．ペン型にすることで，タブレットの操作性を損なうことなく力覚と冷温覚の提示が可能になる．本デバイスはペルチェ素子，ヒートシンク，ファンを用いた．今後は SPIDAR-tablet との連携を行う予定である．

キーワード：バーチャルリアリティ，タブレットデバイス，冷温覚

1. はじめに

本研究は，力覚と冷温覚を通して熱力学現象の理解を深めることを目的とし，タブレット型熱力学学習支援システムの開発を行っている．先行研究では，iPad 上の VR 空間にピストンを表示し，力覚提示デバイスである SPIDAR-tablet を用いて圧力変化を力覚として提示した[1]．一方，冷温覚について，指先装着リング型を試作した[2]．しかし，タッチ操作を阻害しない必要があるため，放熱器が小さいものに限定されてしまうという問題があり，放熱性能が悪く，温度制御が十分にできなかった．そこで，指ではなくタッチペンでの操作を想定したペン型を検討した．ペン型デバイスの利点としては，使用できるヒートシンクの幅が広がることやファンを用いることができるなどがあげられる．ここでペルチェ素子を用いた温度制御の仕組みから，ヒートシンクを限定したとき，ペルチェ素子の個数が多いと温度提示部は大きくなるが，放熱性能は下がる．さらに，指との接触部分である銅板を大きくすると，指全体に温度が伝わるが温度変化は遅くなると予想した．よって本研究では，ペルチェ素子の個数および提示部分である銅板の面積を変えて実験を行い，最適な構造を決定した．

2. ペン型冷温覚提示デバイスの構成

2.1 ハードウェア構成

提案したペン型冷温覚提示デバイスの温度提示部を図 1 に示す．指との接触部分は厚さ 0.1mm の銅板を用い，その内部は 6.2×4.2mm のペルチェ素子(TES1-1102LT125)とヒートシンクで構成されている．また，15×15×5mm のファ

ンをヒートシンクの冷却に用いた．また，ペルチェ素子の温度制御には PLC-24V10A Controller (KURAG ELECTRONICS)を用いた．

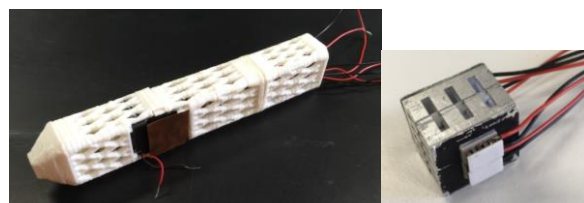


図 1 冷温覚提示デバイス(左：外観，右：内部構造)

3. 実験 1：ペルチェ素子の個数の違いによる感じ方の測定

ペルチェ素子の個数を変えた 2 つのデバイスを左右の手に持ち，温度変化を感じる早さと強さの比較を行う．固定する銅板は 15mm 角およびペルチェ素子と同面積(以下「同面積銅板」という)の 2 種類，ペルチェ素子は 2 個と 4 個で比較した．ここで，15mm 角というのは，日本人の爪の大きさの平均値を参考にし，指先全体に温度が伝わる大きさとした．[3]

3.1 実験内容

実験の様子を図 3 に示す．ペルチェ素子 2 個のデバイスとペルチェ素子 4 個のデバイスを左右それぞれの手に持ってもらい，温度制御を開始した．まず 33℃で 30 秒間，17℃で 60 秒間，33℃で 60 秒間，40℃で 60 秒間，33℃で

15 秒間温度制御をした。この時、17°Cに変化させた際と40°Cに変化させた際に、右手と左手でどちらが早くおよび強く温度を感じたかを口頭で質問をし、答えてもらった。左右の入れ替えも含め、計4回の測定を実験協力者8名に行った。

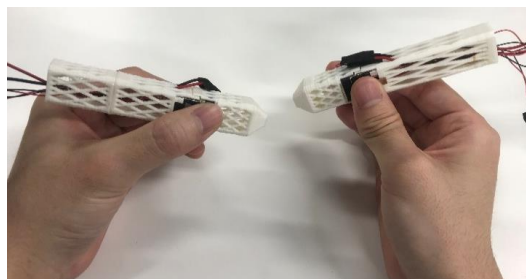


図3 実験1の様子

3.2 実験結果

以上の回答を集計し、15mm 角銅板と同面積銅板に対して、ペルチェ素子が2個のときと4個のときでどちらが早くおよび強く感じたかの回答率を表1に示す。

表1 ペルチェ素子の個数に対する回答率[%]

設問	15mm 角銅板		同面積銅板		
	2 個	4 個	2 個	4 個	
早さ	冷覚	50.0	50.0	56.3	43.8
	温覚	13.3	86.7	25.0	75.0
強さ	冷覚	37.5	62.5	37.5	62.5
	温覚	31.3	68.8	25.0	75.0
合計	33.3	66.7	35.9	64.1	

表1より、ペルチェ素子2個よりも4個の方が早くかつ強く温度変化を感じたという結果が得られた。

4. 実験2：提示面積の違いによる感じ方の測定

ペルチェ素子4個における15mm 角銅板と同面積銅板の2種類のデバイスにおいて温度変化の速度を測定する。

4.1 実験内容

実験の様子を図4に示す。実験協力者20名(右利き:19人, 左利き:1人)に対して実験を行った。冷温覚デバイスを利き手で持ってもらい、温度制御を開始した。まず33°Cで30秒間、17°Cで20秒間、再び33°Cで45秒間、40°Cで20秒間、33°Cで15秒間提示した。この時実験協力者には、温かく感じ始めたらタブレット上の「温かい」ボタンを、冷たく感じ始めたら「冷たい」ボタンを、何も感じなくなり始めたら「何も感じない」ボタンを、利き手と逆の手でタッチしてもらった。以上を、15mm 角銅板と同面積銅板において測定した。ここで、実験協力者が操作するタブレット画面はUnityで作成し、ボタンをタッチしたときの時間を取得できるようにした。

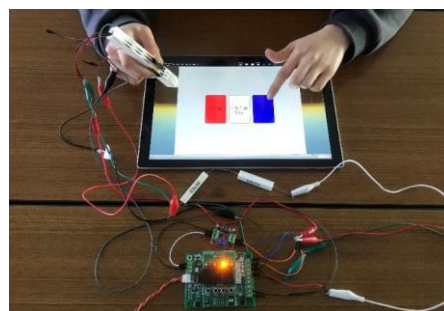


図4 実験2の様子

4.2 実験結果

温度変化をさせてから、温度識別率が50%になるまでの早さを表2に示す。また、温度変化を感じてボタンを押したときの温度の平均値を表3に示す。

表2 温度識別率50%に達するまでの時間

銅板の大きさ	冷覚[s]	温覚[s]
15mm 角	4.5	3.6
同面積	5.0	4.4

表3 温度変化を感じてボタンを押したときの温度

銅板の大きさ	冷覚[°C]	温覚[°C]
15mm 角	28.9	34.5
同面積	26.0	37.2

表2より、冷覚・温覚共に15mm 角銅板のほうが温度を識別するまでの時間が短いということがわかる。また、表3より、15mm 角銅板のほうが高い温度で冷覚を、低い温度で温覚を感じているという結果になった。

5. まとめと今後の展望

本研究では、熱力学学習支援を目的としたタブレット用ペン型冷温覚提示デバイスの開発を行い、ペルチェ素子の個数および銅板の大きさを検討した。実験よりペルチェ素子は4個、銅板は15mm 角が適していることがわかった。よって、指先全体に温度を提示したほうが早く温度変化を感じやすくなる。今後は、SPIDAR-tabletとの連携に向けてタブレットと本デバイスの通信、制御を実装する。

参考文献

- [1] 久保泰奈, 佐藤誠, 原田哲也: BLEを用いたiOS用一体型SPIDAR-tabletの開発と熱力学学習支援システムの搭載, 第23回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集, 2018.
- [2] 図所大輝, 高星賢二, 山口武彦, 原田哲也: 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, 第41回教育システム情報学会, 2016.
- [3] 国立研究開発法人 産業技術総合研究所: AIST 日本人の手の寸法データ, <https://www.airc.aist.go.jp/dhrt/hand/data/list.html>, 2019.7.6