



風を用いた温冷覚刺激による人体への影響

Influence on Human Body by Thermal Sensation Stimulation Using Wind

小笠原健太郎¹⁾, 坂口正道¹⁾

Kentaro OGASAHARA, Masamichi SAKAGUCHI

1) 名古屋工業大学 大学院工学研究科 電気・機械工学専攻

(〒 466-8555 愛知県名古屋市昭和区御器所町, 30413035@stn.nitech.ac.jp, saka@nitech.ac.jp)

概要: ヒトの温冷覚を刺激するデバイスは数多く存在するが、人体に接触することなく刺激できるものは少ない。しかし、非接触で温冷覚を刺激することには、被験者に与える拘束の少なさ、提示部位の自由度の高さなど、多くの利点があり、様々な場面での活用が見込まれる。そこで我々は、非接触でヒトの温冷覚を刺激する方法として、風を用いる。本稿では、常温の風と冷風を頸部へ提示した際の人体への影響の違いについて調査を行った。

キーワード: 風, 温冷覚刺激, 非接触

1. はじめに

ヒトの冷覚を刺激するには様々な方法があり、多くは温度差のある物体を接触させることにより生じる熱伝導を利用している [1][2]。しかし、この方法ではデバイスと直接触れていることが必要になるため、純粋な冷覚提示に不要な接触感覚も同時に提示してしまう。そこで、我々は冷覚のみを提示する非接触の提示装置を目標とし、開発を進めている。

久米らは、非接触式の冷覚提示方法として、ヒトが知覚しない程度の微弱な冷風を提案しており、冷風を作るためにペルチェ素子を利用している [3]。また許らは冷気の生成手段としてボルテックスチューブを用いた研究を行っている [4]。

本研究室では、冷風を作る手段として保冷剤を用いた。本稿では、その基礎検討として、常温である風と冷風との効果の違いについて述べる。

2. 実験装置

本研究で製作した冷却ユニットを図 1 に示す。アクリル板により制作した冷却ユニット内(幅 120mm, 奥行き 250mm, 高さ 120mm)に保冷剤(幅 30mm, 奥行き 190mm, 高さ 120mm)を入れ、ユニット内の空気を冷やす。ユニット後方に設置した直径 80mm, 厚さ 38mm の DC ファン(山洋電気株式会社製, San Ace 80)を回転させることでユニット内の空気を前方へ送り出し、冷風として提示する。

後方に設置した DC ファンは PWM 制御をすることで風速を変えることが可能である。図 2 に、PWM の duty 比と対応する風速のグラフを示す。風速の測定はプロペラ式デジタル風速計(ESCO 製, EA739AR-1)を使用した。duty 比は 0.1 から 1.0 まで 0.1 刻みで測定を行ったが、0.1 では電圧不足によりファンが回転しなかったため、除外した。な



図 1: 冷却ユニット

お、風速は冷却ユニットの吐出口から 200mm の地点のものとする。

このグラフより、近似式は

$$y = 4.10x + 0.54 \quad (1)$$

$$R^2 = 0.97 \quad (2)$$

となり、線形に近似できることがわかった。

3. 実験 1 (冷却能力の測定)

製作した冷却ユニットを用いて風を提示した際の、常温の風と冷風の冷却能力の違いの測定を行った。図 3 にこの実験の様子を模式化したものを示す。電気あなか(National 製, 30W)は 37℃ に保ち、300 秒間の提示での温度変化を測定した。なお、実験スタート時の保冷材の温度は -20℃ であった。温度測定には赤外線サーモグラフィカメラ(FLIR 製, FLIR C2)を使用した。また、環境温度は 27℃ とし、湿度は 50% から 60% で実験を行った。

図 4 に duty 比 0.8 の条件での提示前後のサーモカメラでの画像を、そして、表 1 および表 2 に、各条件における duty 比ごとの風速、提示前と提示中の温度、温度差を示す。なお、提示中の温度は提示のはじめと終わりの 60 秒を除く

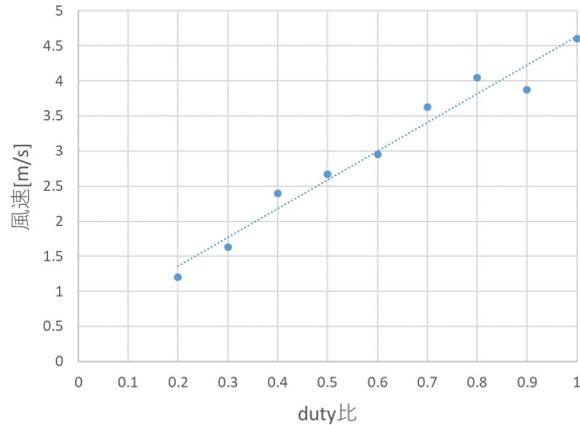


図 2: duty 比-風速グラフ

た 180 秒間の平均とした。常温風では duty 比が 0.2 の条件を除き、平均して 7.4℃程度温度変化があった。また、duty 比 0.2 の条件においては温度差が 5.8℃と、他条件に比べ温度変化が小さいという結果が得られた。これに対し、冷風を提示した際には全条件において 9℃以上の温度変化が見られた。

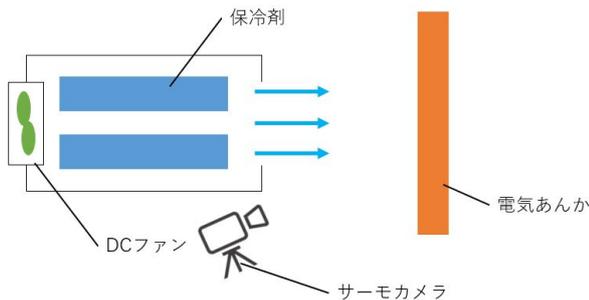


図 3: 実験 1 の様子

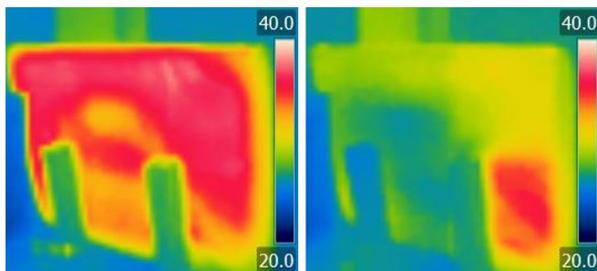


図 4: 提示前後のサーモ画像

4. 実験 2 (冷却能力及び風圧強度の主観値評価)

次に、常温風と冷風の違いをヒトの主観値によって評価を行った。その様子を図 5 に示す。吐出口から頸部までの距離は実験 1 と同様に 200mm とした。アイマスク、ホワイトノイズで視覚、聴覚の統制をした被験者の頸部に 60 秒間の提示を行い、提示終了前 5 秒間の冷たさについて、0 (全く冷たくない) から 7 (とても冷たい) の 8 段階で評価をさせた。また、知覚した風圧の強度についても、0 (全く感じ

表 1: 常温風の冷却能力

duty 比	風速 [m/s]	提示前 [°C]	提示中 [°C]	温度差
0.2	1.2	37.1	31.3	5.8
0.4	2.4	37.1	29.8	7.3
0.6	3.0	36.9	29.6	7.3
0.8	4.1	37.3	29.6	7.6
1.0	4.6	36.6	29.3	7.2

表 2: 冷風の冷却能力

duty 比	風速 [m/s]	提示前 [°C]	提示中 [°C]	温度差
0.2	1.2	36.9	27.5	9.4
0.4	2.4	36.6	27.1	9.4
0.6	3.0	36.9	27.5	9.4
0.8	4.1	37.3	27.2	10.0
1.0	4.6	36.6	27.2	9.4

ない) から 7 (とても強い) の 8 段階で評価させた。図 6 に duty 比 0.8 の条件での提示前後のサーモグラフィカメラでの画像を示す。また、図??に冷たさの主観値評価を、図??に風圧の強度の主観値評価の結果を示す。

実験 1 と同様、duty 比 0.2 において冷たさは大きく上昇するという結果が得られた。また、冷風のほとんどの条件において高い値が得られ、常温風との冷却能力の違いを確



図 5: 実験 2 の様子

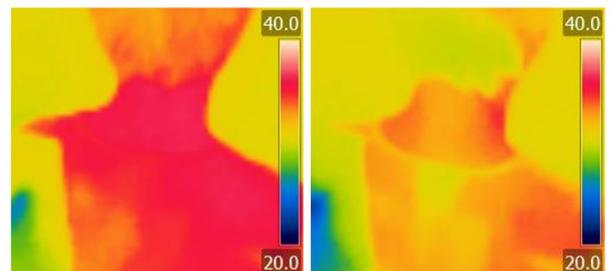


図 6: ヒトへの提示前後の様子

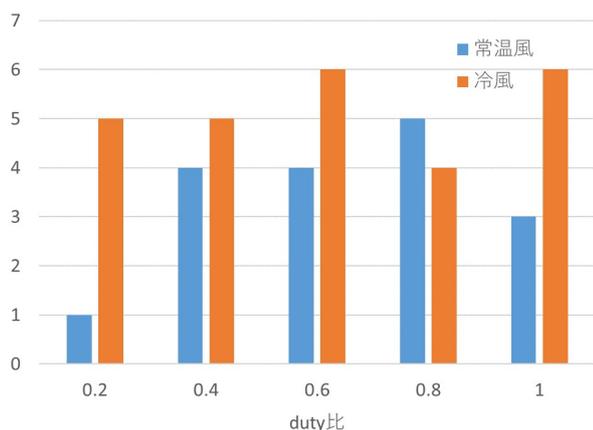


図 7: 冷たさの主観値評価

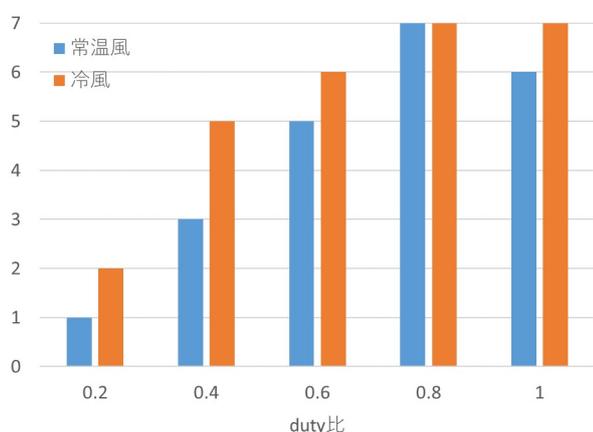


図 8: 風圧の主観値評価

認することができた。風圧の強度に関して、全ての条件で常温風よりも冷風のほうが風圧の強度が同等かそれ以上になるという結果が得られた。

5. 考察

実験 1 の結果から、提示中の表面温度は空気の温度により決定されると言える。本研究において製作した冷却ユニットの条件では、常温の風と比較して 2℃程度低い温度まで提示可能であるという結果が得られた。また、常温風、duty 比 0.2 の条件において温度差が小さくなったことに関して、対流による熱伝達が十分に行われなかったことが原因であると考えられる。冷風、duty 比 0.2 の条件では他の duty 比と同等の結果が得られていることから、本装置を用いて、微風条件で対流の効果が小さくなることを補足することが可能であり、風を知覚させずに温度を変化させたいときに有用であることが示唆された。実験 2 においても、duty 比 0.2 の条件では同様の結果が得られており、主観評価でも同じように知覚できることが確認できた。

風圧の強度に関して、冷風のほうが強く感じる傾向が見られたことに関して、回答者が冷たさと風圧を分離して考えられていなかったことが原因として考えられる。また、今回使用した DC ファンでは duty 比を限界まで小さくしても

風圧の知覚を完全になくすことは不可能であったため、さらに風速を小さくできるファンの検討が課題として挙げられる。どちらの主観値評価も、本稿では実験参加者一人の結果であるため、試行数、実験参加者数を増やして調査する必要がある。

6. むすび

本研究ではファンを用いて冷覚を提示する装置を提案する。本稿においては冷気を生成する手段として保冷剤を使用し、使用しなかった場合との比較を行った。実験 1 より、常温の風では duty 比 0.2 の条件において温度変化が小さくなったのに対し、冷風では微風でもしっかりと温度が低下することが確認できた。また、実験 2 の主観値評価においても、同様の結果を得ることができた。本稿では実験参加者ひとりの結果であるため、今後試行数、実験参加者数を増やす必要がある。さらに、今回使用した保冷剤では温度の制御が不可能であること、長時間の使用ができないことなど課題も露見したため、今後は新たな冷気の生成方法の開発も必要である。

参考文献

- [1] 木村鷹, 伊藤淳子, 宗森淳: ペルチェ素子を用いたゲーム向け温度知覚インタフェース, マルチメディア, 分散, 協調とモバイルシンポジウム 2013 論文集, pp. 1248–1254, 2013.
- [2] 坂口正道, 今井和紀, 清水俊介: 水の流れを用いた温度提示システムの開発, 第 17 回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集, 31D-6, pp. 456–462, 2012.
- [3] 久米祐一郎, 齊藤芳英: 非接触式温・冷情報提示の検討, 第 20 回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集, 12C-1, pp. 100–101, 2015.
- [4] Jiayi XU, 黒田嘉宏, 吉元俊輔, 大城理: 非接触冷覚提示のためのボルテックスチューブを用いた冷気生成システム, 第 19 回システムインテグレーション部門講演会, pp. 546–548, 2018.