



空気流による高速応答非接触温度提示

A Non-contact Thermal Display with Quick Response by Use of Air-flow

久米祐一郎¹⁾, 田中智貴¹⁾

Yuichiro KUME and Tomoki TANAKA

1) 東京工芸大学 工学部 (〒243-0297 神奈川県厚木市飯山 1583, kume@mega.t-kougei.ac.jp)

概要: バーチャル環境下に高い臨場感を生起するためには体性感覚情報提示が必要であり, 力触覚に加えて温度情報提示も望まれている. 本研究では非接触で皮膚へ温度情報提示を行うために空気流を用いた. 温冷の高速切り替えを行うために, 2つのダクト内を定常的に流れる温風と冷風をダンパーで切り替えて出力する装置を試作した. 単一ダクト内を流れる空気流のヒーター入切による温冷切り替えと比較して, 物理的温度変化と心理物理実験による温度変化知覚について検討した結果, 良好な応答を示し, 高速応答温度変化提示の可能性が示された.

キーワード: 温度情報提示, 空気流, ダクト, ダンパー

1. はじめに

より高度なバーチャル環境を構築するために体性感覚情報提示の研究開発が盛んに行われている. より高い臨場感を実現するために力触覚に加えて, 温度情報提示の研究も行われている[1].

温度や温度変化を人に提示するための熱の伝え方として, 伝導, 輻射, 対流がある. 伝導は人体と提示デバイスの接触により熱を伝えるため, 温度制御が比較的容易なペルチェ素子を用いた研究例は多い.

非接触で温度情報を提示できれば, 装置と人との自由度が高まり, 応用も広がると考えられる. 輻射による方法も試みられているが[2][3], 赤外線光源を用いた温覚刺激は実現が容易である一方, 冷覚刺激については人体と熱源の絶対温度の差が小さいため, 皮膚を冷却する効果的な温度情報提示が難しい.

対流を用いる方法として, 空調の温度制御が考えられるが, 提示する空間が大きく, 温度変化の反応速度も遅く, バーチャル環境構築のための特性として十分とはいえない. また空気噴流を用いて局所的に温度提示を行う試みも行われている[4].

これらの背景から, 本研究においては非接触の温度情報提示を, 狭い空間から広い空間まで行え, かつ高速で温度変化を実現できる方法を確立することを目標とした. この目標実現のために, ダクトを定常的に流れる温冷の空気流を高速で切り替えることを考えた.

本報告では, ダクトとダンパーにより温冷空気流を切り替えることにより皮膚を刺激する, 高速応答非接触温度提示装置を検討試作し, その特性について検討した結果を述べる.

2. 試作システム

図 1 に試作した温冷空気流のダンパー切替えによる温度情報提示装置の構造概念を示す. $80 \times 80 \text{mm}$ のダクトを 2つ並行に配置し, 図に示すようにダクトの端にヘアドライヤーのヒーターと送風ファンを設け, それぞれに温冷の空気流を流した. ファンとヒーターへの印加電圧を可変することにより, 風速と発熱を制御した. ダンパーをロータリーソレノイドで高速で回転させ, 出力ダクトへ温風と冷風を切り替える構造とした. 2連ダクトの長さはヒーターからダンパーまで 180mm , 出力ダクトは同様に $80 \times 80 \text{mm}$ の断面, 長さ 80mm とした.

出力端から 40mm , ダクトの中央部に熱容量が小さい, プローブ径 0.3mm の小型 K 型熱電対 (クラス 1, タートル工業 TCK-02) を設けて出力する空気流の温度を測定した.

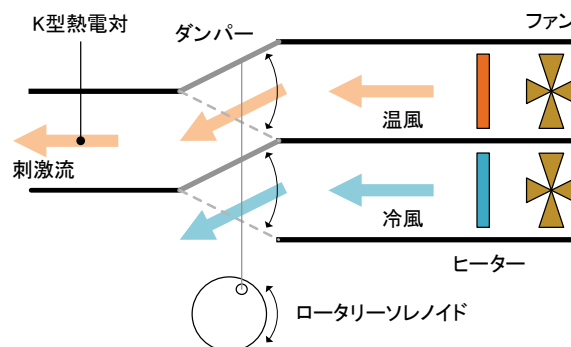


図 1 温風・冷風切替による高速応答温度提示装置

3. 試作システムの特徴

3.1 温度変化

ダンパーによる温冷空気流の切替えによる温度変化特性を測定した。ダンパーの切替時間は約 0.2s, 温風, 冷風とも流速を 1.0m/s 一定とした。室温は 24°C とし, 冷風は 29°C, 温風は人体に安全な 41°C に保つようにした。

測定は冷風を 20 秒間流し, ダンパーで温風に切替えた後 20 秒, 計 40 秒間の温度変化を流路に取り付けた熱電対で測定した。比較のため 1 つのダクトに一定の速さで空気を流し, ヒーターを入にした際の温度変化も同様の方法で測定した。この場合も温, 冷風の定常状態の温度は, それぞれ 29, 41°C とした。また温から冷風に切替えた場合の空気流の温度変化についても同様に測定した。

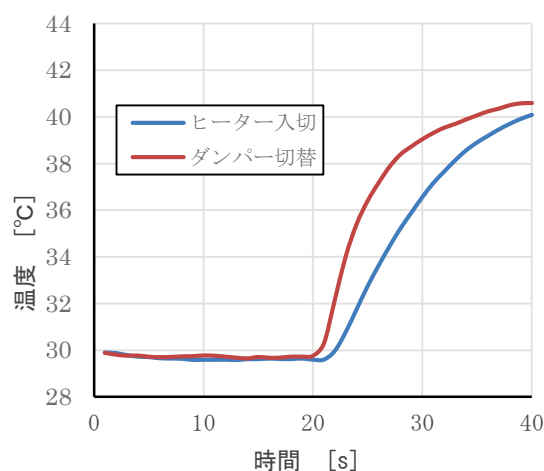


図2 冷から温風へ切替時の温度変化

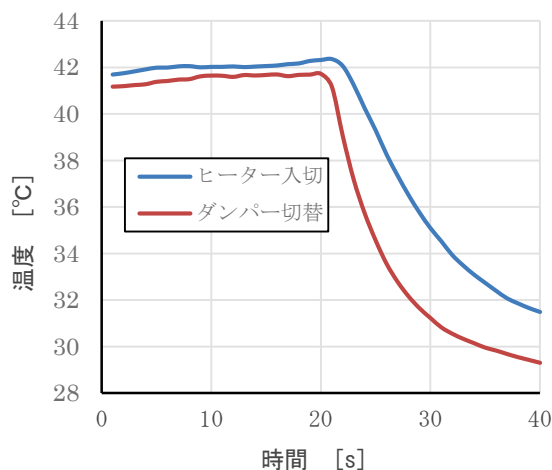


図3 温から冷風へ切替時の温度変化

図2に冷から温風に切替えたとき, 図3に温から冷風に切替えたときの温度変化を, 測定5回の平均値として示す。ヒーターの入切はヒーター自体の熱容量があるため温風, 冷風いずれの切替え時においても, 出力流の温度変化に時間を要している。特にヒーターを切った場合の温度低下がより時間を要した。

一方, ダンパーで温冷の定常流を切替えた場合は, ヒーター入切と比較して温度変化は速かった。

小型とはいえ熱電対自体にも熱容量があるため, 実際の温度変化はヒーター入切も, ダンパー切替えの場合も, 測定結果より高速と思われる。

3.2 温度変化の知覚

この方法による温度変化の知覚特性として, 切替えから温度変化を知覚するまでの時間を測定した。装置と温度情報提示条件は前述の装置の特性測定と同一とした。手掌をダクトの出力端から 50mm 離れた位置に置き, 20 秒一定の空気流を当て, その後温冷の切替えをして温度変化を感じたときにストップウッチのボタンを押して反応時間を測定した。被験者は5名(20代4名, 60代1名, いずれも男), 各条件5回測定した。

結果を表1に示す。いずれもダンパー切替時の反応時間が短くなっており, 特に温から冷風への切替時にその効果は大きかった。温度の時間変化が速い場合に, 温度変化を知覚し易い特性があるため[5], 本システムが目指す高速応答提示は温度変化提示に効果があると思われる。

今回は皮膚を刺激する気流の温度を熱電対で測定したものであるが, 今後詳細な温度感覚特性を検討するためには皮膚や温度感覚受容器の温度測定も合わせて検討する必要がある。

表1 温度変化を知覚する時間と変化した温度

温度変化	提示方法	知覚時間 (標準偏差)	変化温度
冷→暖	ヒーター入切	2.6 s (0.8 s)	+ 0.8 °C
	ダンパー切替	1.6 s (0.4 s)	+ 1.4 °C
暖→冷	ヒーター入切	4.2 s (0.9 s)	- 2.1 °C
	ダンパー切替	1.1 s (0.3 s)	- 0.6 °C

4. むすび

ダンパーによる温冷風切替による高速応答温度情報提示装置を試作してその効果を測定し, ヒーターの入切より高速で温度変化提示が可能であることを明らかにした。しかし未だ初歩的な段階であり, 今後も研究を推進したい。

参考文献

- [1] L. A. Jones: Perspectives on the Evolution of Tactile, Haptic and Thermal Displays, Presence, vol. 25, No. 3, pp.247-252, 2016.
- [2] 齊藤芳英他: 非接触型温度情報提示装置の検討, 映像学技報, Vol. 39, No. 11, pp. 1-4, 2015.
- [3] 久米祐一郎他: 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.
- [4] 小笠原健太郎他: 空気噴流を用いたウェアラブル温度提示デバイス開発に関する基礎研究, 第23回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集, 34A-6, 2018.
- [5] 多屋淑子: 温度感覚, 人間計測ハンドブック, 朝倉書店, pp.201-206, 2003.