

装着型温度刺激の組み合わせが 接触物体の温度知覚に与える影響の分析

橋口 哲志^{†1}

概要：温度感覚は近傍の刺激に影響を受けやすく、Thermal Grill Illusion や Thermal Referral といった顕著な錯覚現象が発見されている。これらの錯覚現象では温度刺激の近傍に別の刺激がある場合、温度やその知覚位置が従来とは異なる知覚になる。特に手指では近傍に別の刺激がある場合が多く、指先で触れて物体の情報を得る場合でも近傍に異なる刺激が提示される場面もある。そこで、本稿では指先で物体に接触した際、複数の装着型温度提示装置による近傍への温度刺激が接触物体の温度知覚に与える影響を分析した。実験では接触箇所の近傍2か所に温・冷覚刺激を組み合わせ提示した場合、接触物体の温度知覚を錯覚する条件があった。

1. はじめに

温度感覚は近傍の刺激に影響を受けやすい特徴がある。その顕著な例である Thermal Referral では、温度刺激の近傍に振動覚刺激や圧覚刺激を同時に提示した場合、温度が温度刺激の位置ではなく近傍の刺激付近に知覚される[1]。また、Thermal Grill Illusion では温覚刺激と冷覚刺激を皮膚上の近傍へ同時に提示した場合には刺激した温度とは異なる灼熱感となる[2]。このように温度刺激の近傍に別の刺激がある場合、温度やその知覚位置を錯覚させられる。

特に手指では提示面積が狭く、温度提示する際には近傍に刺激が存在する場合が多い。指先で触れて物体の情報を得る場合でも近傍に異なる刺激が提示される場合もあり、従来とは異なる知覚になる可能性もある。また、刺激が複数箇所ある場合は煩雑な処理となるため、より錯覚されやすくなる[3]。そこで、我々は指先で物体に接触した際、複数の装着型温度提示装置で近傍に温度刺激を提示して温度知覚への影響を分析することにした。

2. 実験装置

実験では指先に接触する物体の温度を一定に保つため、40mm 四方のペルチェ素子 (TEC1-12706, 海渡電子) に冷却ユニットした設置型温度提示装置を用いた (図1)。

装着型温度提示装置は、指先以外の人差し指2点に装着する。装着型装置は手指用に設計するため、安定して制御可能な最小限の大きさ23mmのペルチェ素子 (TEC1-07106, 海渡電子) にした。提示面には幅10mmのリング状にした銅板でペルチェ素子からの熱を伝導させた。指の腹側のみ温冷覚提示を行うため、背側には伝熱しないように断熱材をいれた。提示面の反対側には放熱させるため、放熱板とファンをつけた。この装置の指腹側に温度センサ (103JT-025, SEMITEC) を取り付け、ペルチェ温度コントローラ (PLC-24V10A, グラック電子) によって温度を制御した。制御プログラムはUnityを用いて作成し、PCとペルチェコントローラはRS232Cにて通信して制御した。温度の制御では、

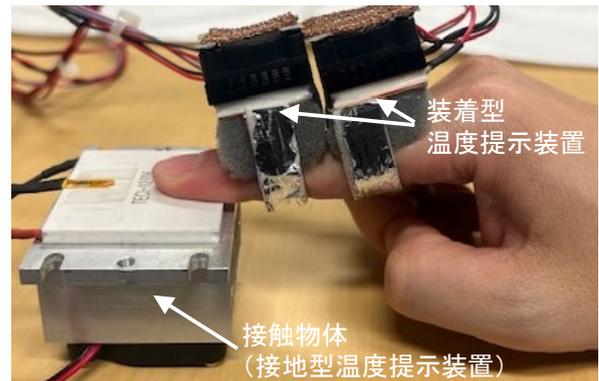


図1 実験で対象となる部位

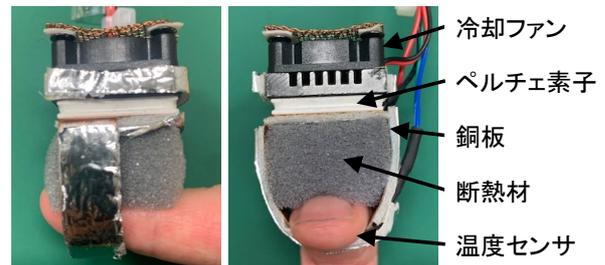


図2 装着型温度提示装置

まず試行開始前に装置を装着した状態で温覚と冷覚とも感じない無感温度 32°C[4]になるまで温度を制御する。そして、温度刺激を提示する際、10秒間に5度上昇 (37±0.5度まで) もしくは下降 (27±0.5度まで) させる。

3. 実験

【実験目的】装着型温度刺激が接触物体への温度知覚に与える影響を分析する。装着型温度刺激は2か所で温覚刺激・冷覚刺激を組み合わせ提示する。この組み合わせによって、より煩雑な処理にした場合、接触物体の温度はどのように知覚させるのか確認する。

【実験内容】実験では右人差し指3点、末節骨 (Distal Phalanx; DP), 中節骨 (Middle Phalanx; MP), 基節骨 (Proximal Phalanx; PP) の腹部に温度刺激を提示した。

^{†1} 龍谷大学 先端理工学 知能情報メディア課程

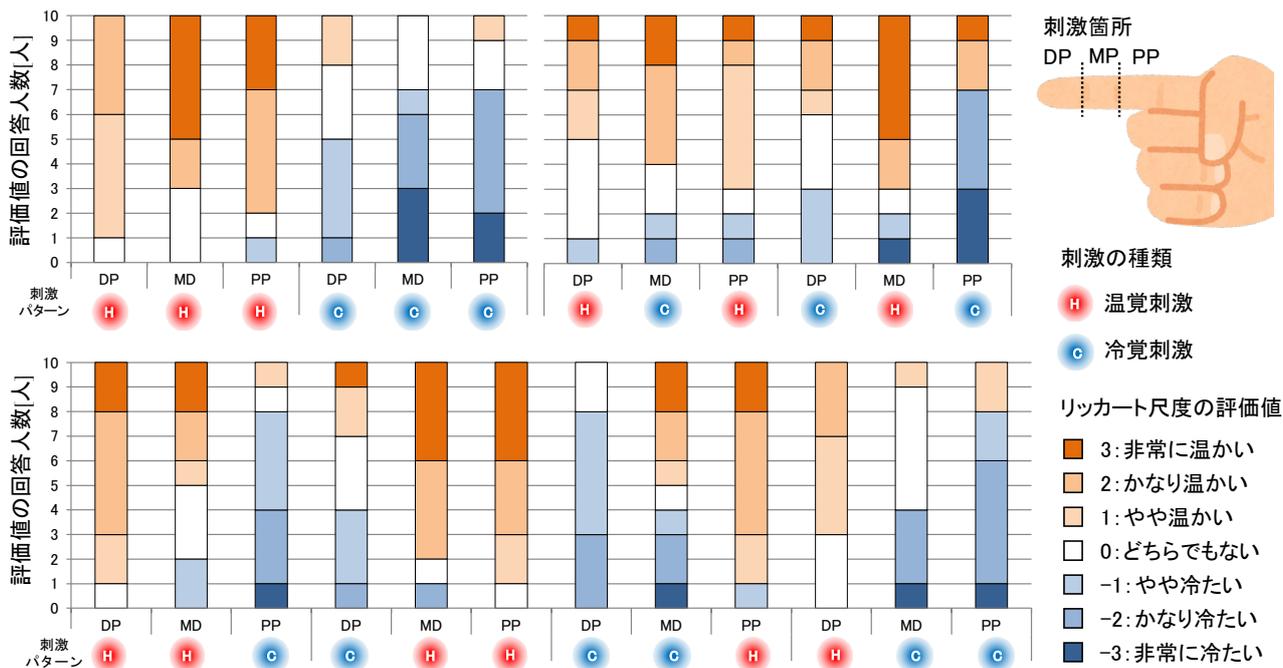


図3 実験の結果 (指先に接触した物体と2点の装着型温度提示の温度知覚)

刺激の組み合わせは、一部にのみ温度刺激を行い、それ以外は無感温度 (32 ± 0.5 度) のままにした。DP, MD, PP の腹部の3箇所1回ずつ温覚刺激、冷覚刺激を提示した計6試行で知覚された温度を確認する。回答法には、リッカート尺度という心理測定法を採用し、7段階で温度感覚の選択肢を見せて回答してもらう。選択肢は最も冷たい部位を-3、最も暑い部位を+3、真ん中の何にも感じない部位を0とした7段階の尺度の中で当てはまるものを1つだけ選択する。

【実験手順】実験には、成人10名(男性7名、女性3名)が参加した。参加者全員にインフォームドコンセントを得た上で実験を行った。まず、参加者に温度提示装置を装着させ、 32°C の無感温度に設定した値に達するまで待つ。参加者に無感であることを確認して、8試行の刺激パターンの中からランダムに1つ提示する。そして、目標温度(温覚刺激： 37 ± 0.5 度、 27 ± 0.5 度)に到達した時点で3つの部位で知覚する温度感覚を7段階のリッカート尺度で回答させる。前試行の温度感覚が残らないように、十分休憩した上で次の刺激パターンを提示する。これを全8試行して、最後にコメントを聴取した。実験中の室温を 25 ± 1 度に設定した。各試行終了後に提示部の温度を計測し、前試行の温度刺激や室温による皮膚温度の変化がないことを確認した。

【実験結果】事前に指先の接触物体における温度知覚のみを回答してもらったところ、10名中10名が温覚を正常に温かいと感じ、冷覚は10名中8名が正常に冷たいと感じていた。この正常に感じなかった2名はどちらでもない0と回答している。図3の実験結果から指先で最もHCH(右からDP, MD, PPの順に提示、以下同様)や、CHCのように異なる

熱的性質の刺激が交互に並ぶ刺激の場合、提示刺激とは異なる知覚となる場合があった。特にCHCの場合、指先の物体が冷覚刺激の場合に真逆である温かいと回答する参加者が10名中4名いた。また真逆に知覚する場合として、CHHの場合も指先の刺激を真逆に回答する参加者が3名いた。HCHのように1名は指先の温覚刺激を冷たいと感じる場合があったが、他の条件では“どちらでもない”と感じることはあっても真逆に感じることはなかった。

4. まとめ

本稿では指先で物体に接触した際、複数の装着型温度提示装置による近傍への温度刺激が接触物体の温度知覚に与える影響を分析した。実験では接触箇所の近傍2か所に温・冷覚刺激を組み合わせ提示した場合、接触物体の温度知覚を錯覚する場合があった。特に異なる熱的性質の刺激が交互に並ぶ刺激の場合は、提示刺激とは異なる知覚となる場合があった。今後は温度パラメータを変更してこの現象が発生するかを系統的な実験により確認する。

謝辞 本研究の実験を担当した杉森陽氏に感謝の意を表す。なお、JSPS 科研費 JP 21K11947 の助成による。

参考文献

- [1] B. G. Green: "Localization of thermal sensation: An illusion and synthetic heat," *Perception & Psychophysics*, Vol. 22, No. 4, pp. 331 - 337, 1977.
- [2] J. C. Stevens, and K. K. Choo: "Temperature sensitivity of the body surface over the life span," *Somatosen Mot Res* 15, pp. 13 - 28, 1998.
- [3] S. Hashiguchi: "Analysis of Hot-Cold Confusion on Fingers," *Journal of Robotics and Mechatronics*, Vol. 33, No. 5, pp. 1117 - 1127, 2021.
- [4] 富永真琴: "温度受容の分子機構—TRP チャネル温度センサー—", *日本薬理学雑誌*, Vol. 124, No.4, pp. 219 - 227, 2004.