

## Hot-Cold Confusion における温度の提示位置と知覚分布の関係に関する分析

小島夏美<sup>†</sup> 羽田野将大<sup>‡</sup> 橋口哲志<sup>§</sup> 柴田史久<sup>†</sup> 木村朝子<sup>†</sup>立命館大学 情報理工学部<sup>†</sup> 立命館大学大学院 情報理工学研究科<sup>‡</sup>立命館大学 立命館グローバル・イノベーション研究機構<sup>§</sup>

## 1. はじめに

温度感覚には温覚刺激と冷覚刺激を受け取る異なる受容器が存在し、それらの相互作用によって温度の知覚が生じる。この複雑な仕組みは、Thermal Referral や Thermal Grill Illusion などの錯覚現象を引き起こすことが知られている[1,2]。また、温度知覚には触覚との相互作用も影響し、より複雑な知覚処理が行われる。

Arai らは、温度知覚と触覚の影響により発生する現象として「Hot-Cold Confusion」を発見した[3]。これは、前腕の3点に温覚刺激と冷覚刺激を同時に提示すると、温覚刺激を冷たい、冷覚刺激を温かいと知覚する現象である。このような温度の誤知覚は、複数箇所での温度提示における大きな課題につながる。この現象の発生条件については、提示間隔や提示温度、提示面積や提示部位などの要因が検討されてきた。

この現象の一要因として、我々は温度知覚の定位の失敗を挙げた。この温度知覚の定位の失敗とは、参加者が温覚刺激と冷覚刺激が提示されていることは認識できても、その位置までは正確に知覚できていないことである。具体的には、冷・温・冷の順で手首から肘にかけて刺激を提示した場合、一部が入れ替わって感じ、例えば冷・冷・温のような回答になる。しかし、並び順を保ちながら知覚位置がずれる可能性もあり、これまでの実験結果ではこれらを分類できていなかった。また従来の回答方式では、温度刺激の3箇所を強制的に選択して回答させていたため、一方の温度を選ばざるを得ない制約があった。つまり、参加者が正確にどの程度間違った温度を知覚したのかは測定できていない。

そこで、本研究では知覚された温度の回答方法を改良し、温度の提示位置と知覚分布の関係

を分析する。この回答をもとに Hot-Cold Confusion の発生傾向を分類し、実際に温度知覚の定位の失敗が発生要因であるのかを確認する。

## 2. 実験

【実験条件】温冷覚刺激の提示にはペルチェ素子（VPE-20-5V、株式会社ビックス）を用いる。温度の提示位置は、右前腕腹側の中央と中央から40mm離れた手首側と肘側の3箇所を設定し、装置の大きさは40mm×40mmで行った。提示温度は、ペルチェ温度コントローラで変更する。卓上に設置した温度提示装置の上に右前腕を乗せて3箇所同時に温度を提示する。

実験の提示パターンは、先行研究と同様に温冷覚刺激を交互に提示する HCH（H：温覚刺激、C：冷覚刺激、各刺激は手首、中央、肘の順に表記）と CHC に、全て温覚刺激を提示するダミー刺激（HHH）を加え、計3種類とした。

【評価手法】回答はタブレット PC 上で行った。白無地で表示された前腕のイラスト上に、温度を感じた場所に色を塗る。このとき、感じた温度と色が対応しており、温覚と感じた場合は赤色、冷覚と感じた場合は青色で回答させた。なお、温度を感じなかった場合には何も塗らずに白色のままにしておくように教示した。

【回答パターンの分類】本研究では回答パターンを分類し、その知覚メカニズムを調査した。Arai らが仮説として挙げていた温度知覚の定位の失敗が Hot-Cold Confusion の原因である場合、参加者による回答は提示した温度の順番と異なる順番で塗られているはずである。また、誤答を引き起こす知覚として、温度の回答順は提示通りであるが、知覚位置が大きくずれている場合がある。そこで2つの回答パターンに着目し、Arai らの実験で生じた Hot-Cold Confusion がどのような温度知覚により生じたかを検討する。

表1に回答パターンの分類を示す。まず各回答で提示した箇所ごとに提示した通りの温度を感じた回答パターンを「①正答」とした。それ以外の回答は全て誤答とした。「②位置ずれ」という回答パターンは、回答の順番が正答と同じだが、手首、中央、肘のいずれか、または複数箇所、誤答色の割合が多いものが含まれる。

Analysis of the relationship between temperature presentation position and perceptual distribution in Hot-Cold Confusion

<sup>†</sup> College of Information Science and Engineering, Ritsumeikan University

<sup>‡</sup> Graduate School of Information Science and Engineering, Ritsumeikan University

<sup>§</sup> Ritsumeikan Global Innovation Research Organization, Ritsumeikan University

表 1 回答例 (CHC の場合)

| 回答パターン     | 回答例 |
|------------|-----|
| ①正答        |     |
| ②位置ずれ      |     |
| ③組み合わせが同じ  |     |
| ④組み合わせが異なる |     |
| ⑤その他       |     |

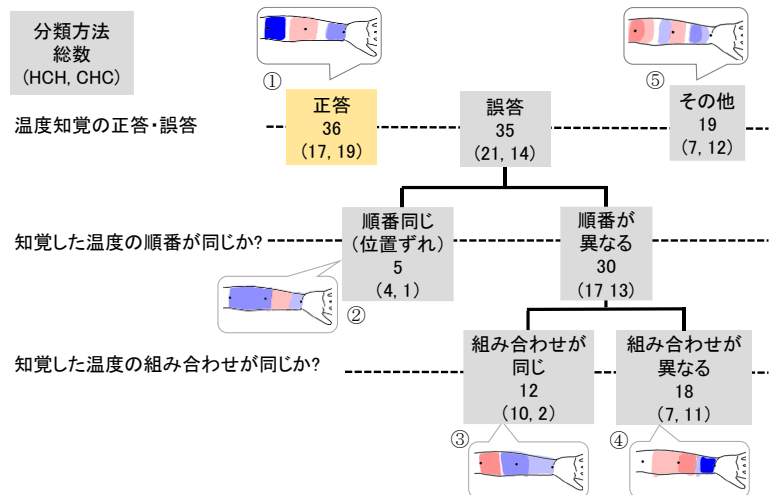


図 1 分類結果

提示された温度の順番と回答パターンが異なる場合、「③組み合わせが同じ」と「④組み合わせが異なる」に細分化した。「③組み合わせが同じ」という回答パターンは、温度の知覚順は提示順と異なるが、提示されている温度の組み合わせは同じである場合に該当する。「④組み合わせが異なる」という回答パターンは、温度の知覚順が提示順と異なり、提示されている温度の組み合わせも異なると回答している場合に該当する。腕に対して平行方向に温度の切り替えを知覚した場合や、温冷の切り替えが 3 箇所以上で生じた、温度を知覚しなかった場合は「⑤その他」に分類した。

【分類の結果】回答数は参加者 15 名に対してダミー刺激を除いた各温度提示パターン(2 条件)を 3 回ずつ行っているため、 $15 \times 2 \times 3 = 90$  試行が総数である。

HCH と CHC には大きな差異はなかったため、両条件を合わせた各回答パターンの分析結果を図 1 に示す。正答が 36 試行で最も多く、誤答が 35 試行、「⑤その他」は 19 試行であった。誤答の中では「②位置ずれ」が 5 試行、順番が異なる回答が 30 試行であった。この結果から、温度の知覚位置がずれることで Hot-Cold Confusion が起こっている訳ではなく、他の要因が大部分を占めることがわかった。順番が異なる回答の中では「③組み合わせが同じ」が 12 回、「④組み合わせが異なる」が 18 回であった。

### 3. 考察

今回の実験結果から回答箇所がずれることにより誤認識する回答を確認できた。誤答のうち、温度知覚の定位によって誤認識した回答「③組み合わせが同じ」は 34%であった。位置ずれによる回答は 14%であった。誤答の残り約 50%の

「④組み合わせが異なる」を細分化すると、「感じた温度の組み合わせの温冷比と実際に提示された温冷比が逆」「提示箇所全てで温度を感じており、温かい温度と冷たい温度を感じる範囲の割合が同程度」「正しく温度を知覚しているが、提示箇所の一部で温度を感じない」に分類出来る。これらの回答数はそれぞれ 12~20%程度であり、温度知覚の定位による回答が誤答の約 30%を占めるため、温度知覚の定位によって錯覚が起こっている割合は少なくないことが考えられる。ただし、温度知覚の定位の失敗は Hot-Cold Confusion を引き起こす要因の 1 つであるが、他にも要因があると考えられる。

### 4. まとめ

本研究では温度の回答方式を従来の強制選択方式から直接描画方式に改良し、温度の提示位置と知覚分布の関係を分析した。この回答から Hot-Cold Confusion の発生傾向を分類し、温度知覚位置の温度知覚の定位の失敗が誤答の約 30%を占めることから発生要因の 1 つであることを確認した。今後はこの分類結果をもとに他の発生要因についても分析していく。

### 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] P. Bach, S. Becker, D. Kleinböhl, and R. Hölzl: "The thermal grill illusion and what is painful about it," Neuroscience letter, Vol. 505, No. 1, pp. 31 - 35, 2011.
- [3] K. Arai, M. Matsumuro, S. Hashiguchi, F. Shibata, and A. Kimura: "Hot-cold confusion: Inverse thermal sensation when hot and cold stimuli coexist in a thermal localization task," perception, Vol. 508 - 523, 2021.