

温度感覚における錯覚現象（第1報）

熱ファントムセンセーションの基礎的特性

○大原淳¹⁾，加藤寛士²⁾，橋本悠希²⁾，梶本裕之²⁾

1) 電気通信大学 電気通信学部 人間コミュニケーション学科

2) 電気通信大学大学院電気通信学研究科 人間コミュニケーション学専攻

Tactile illusion of temperature perception (I)

Basic characteristics of heat phantom sensation

○Jun OOHARA, Hiroshi KATO, Yuki HASHIMATO and Hiroyuki KAJIMOTO

The University of Electro-Communications

Abstract: This paper describes "the heat phantom sensation" that is induced by stimulating two points of thermal stimuli. Phantom sensation is known as one of the tactile illusions that induce illusionary sensation between two or more vibratory stimuli. In this research, we focused on heat sensation. The heat phantom sensation has not been confirmed so far. We used two heat stimulators to prove existence of heat phantom sensation. We show that fundamental known characteristics of PhS by the vibration stimulation can be observed in heat phantom sensation.

1. はじめに

これまでに多くの視覚や聴覚を利用する情報伝達を目的とした装置が提案されてきた。近年視覚・聴覚に続いて情報提示感覚として、触覚が重要視されるようになってきている。

これまでに提案されてきた触覚提示装置は、振動により触覚を刺激するものが多かった。しかし、振動装置を用いる触覚提示装置は、使用時に騒音を発生させるものが多く、また感覚そのものの質が必ずしも心地よいとは言えず、連続的な提示に使用することは難しい。

そこで、本研究では温度感覚に着目する。温度提示では振動刺激提示に比べノイズの問題は無く、不快感も生じにくい。さらに機械刺激を行う装置よりも小型化が容易という利点も存在する。

これまでも温度感覚を提示する手法に関する研究は幾つか提案されてきたが、その多くは皮膚上の1点の温度を制御し、いかに物理的接触による温度変化

を忠実に再現するかという、質感再現に主眼が置かれてきた[1]。これに対して本研究では情報提示という観点から、温度感覚の時空間特性に関する基礎的知見を得ることを目指す。特に本研究ではその第一歩として、触振動提示で確認されている錯覚現象が、温度感覚でも生じるか観測を行う。

本発表で扱うのは触覚の代表的な錯覚現象であるファントムセンセーション(PhS)である。この現象が温度感覚でも生じるかどうかを検証する。

1.1 先行研究

温度感覚に関する錯覚として、隣り合っている3本の指のうち、両端の2本の指に温度刺激を加えた場合、中心の指にも温度感覚が生じる、という現象[2]が知られている。

しかしこの現象が、純粋に温度の空間弁別能の低さに由来するのか、あるいはPhSの一種として捉えるべきなのかについてはこれまで検証されていない。

2. 実験装置

装置には前腕部への熱刺激呈示を目的とし、手首側・肘側それぞれの温点を刺激する2つのペルチェ素子を用いた(Fig.1)。また、ペルチェ素子自身の厚みによる接触感が、実験結果に影響を与える可能性を考慮し、同じ厚みのアクリル板にはめこむことで、ペルチェ素子の厚さによる接触感を排した。

ペルチェ素子のサイズは40×40mm。2つのペルチェ素子間は90mmの隙間を空けた。また、2つの熱源部分と中間部分の皮膚温度を観測するため、温度センサ(フィルム状サーミスタ)を3つ使用した。



Fig.1 Two peltier elements to give heat to the skin

実験では、通常のPhSの基礎的特性[3]として「皮膚上の2点を振動刺激すると、2点を結ぶ直線上に1つの振動感覚が生じる」という特性と

「2点の強度差によって像が知覚される位置が変化する」

が温度感覚についても生じるかを確認する。

そのため、右前腕に2点の温度刺激を与えることで以下2つの実験を行った。

実験1：熱源像の知覚

刺激が加えられていない部分に熱源像が生起するのかを確認する実験。

実験2：刺激強度差による熱源像の位置変化

熱ファントムセンセーション(h-PhS)において位置変化が発生するかを確認する実験。

3. 実験1：熱源像の知覚

h-PhSにおいてPhSと同様に2点を刺激した場合に、中間で1点に知覚されるかどうか、さらに、どのような条件下でこの現象が発生するのかを検証する。

そこで、被験者の前腕部の2点に熱刺激を加えることで、1つの融合した熱源像が知覚されるか実験した。(被験者A~E; 20代, 男女5名)

予備実験の結果、提示温度がある程度以上になると、像が1つに融合したように感じられることが観測された。

そこで、徐々にペルチェ素子の温度を上昇させ、熱源像が融合したタイミングを答えさせる実験を行った。その時の手首側・肘側のペルチェ素子の温度、及び温度を提示していない2つのペルチェ素子の中間の温度を記録した。同様の実験を1人につき5回行った。Fig.2に回答時の温度平均を示す。

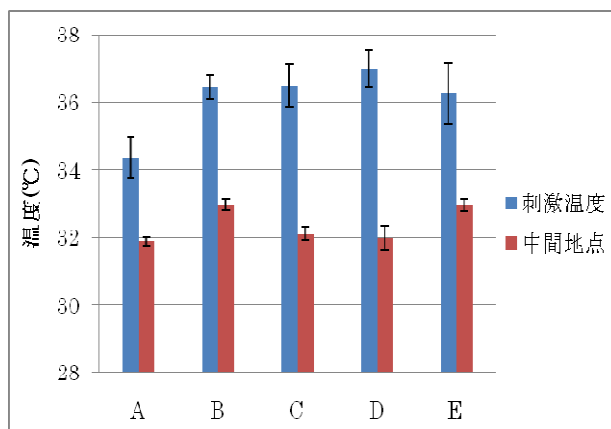


Fig.2 Result of experiment 1

結果、すべての被験者で熱刺激によって2点間に熱源像が融合することが確認でき、その平均閾値は36.12°Cであった。中間部分での温度が32°C~33°Cであることから、熱源が中間地点にあるように知覚されるのは、触錯覚現象によるものであると言える。なお2つの呈示点の中間地点の温度は前腕部皮膚表面の定常的な温度となっており、通常はこの温度の提示が熱感をもたらすことはない。

4. 実験2：刺激強度差による熱源像の位置変化

h-PhSにPhSと同様の特性があるとすると、手首側と肘側で温度に差がある熱刺激を加えた場合、2点間で知覚される熱源像の位置を変化すると予想される。

そこで手首側と肘側で強度差がある刺激を加え、熱源像が知覚される位置の変化を観察する実験を行った。

4.1 熱刺激の強度組合せ

実験1では、37°C以上の刺激を与えればほぼ確実に熱源像が生起している。また、提示温度が43°C付近まで温度が上昇すると痛みを伴う刺激となることが知られている[4]。そこで熱刺激の強度組合せを下限は37°C、上限は41°Cとし、Table 1に示した組合わ

せで像の定位位置を変化させる実験を行った。

Table 1 Combination of temperatures

刺激 No.	手首側(°C)	肘側(°C)
1	41	37
2	40	38
3	39	39
4	38	40
5	37	41

被験者に刺激 No. 1~5 をランダム順に与え、手首側のペルチェ素子のの上辺を原点とし、熱源像が知覚される位置を、被験者 A~D(20代, 男女)に答えさせた。(Fig.3)



Fig.3 The state of experiment 2
(Where do you feel heat?)

4.2 結果

実験 2 から得られた結果を Fig.4 に示す。手首側、肘側それぞれのペルチェ素子の中心位置は手首側が 20mm, 肘側が 150mm であり, Fig.3・Fig.4 中で 2 本の赤線で示す。

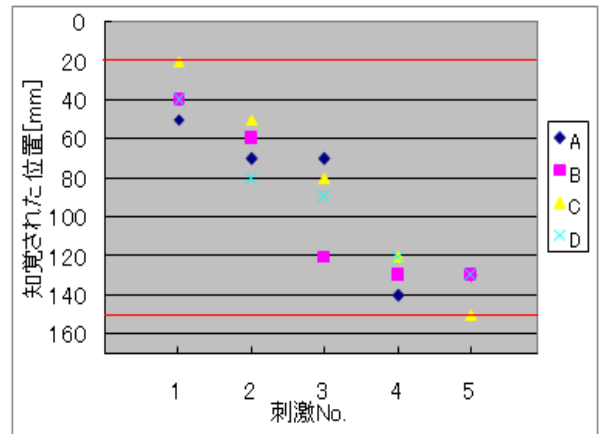


Fig.4 Result of experiment 2

熱源像の知覚位置が、手首側の温刺激が強ければ手首側に、肘側が強ければ肘側に近い位置へと変化する傾向がみられ、温度に差がある熱刺激を加えることで像の定位位置が変化するという結果が得られた。

5. 考察とまとめ

37°C以上の刺激を 2 点に加えると、熱刺激が存在しない皮膚上の部位で融合した熱源像が知覚された。さらに、熱刺激に強度差を持たせることにより、熱源像が知覚される位置を変化させることができた。以上のことから、h-PhS は PhS の基礎的特性を持つと言え、振動感覚で確認されている錯覚現象が、温度感覚でも生じることが確認された。

参考文献

- [1] 山本晃生: 薄型アクチュエータ技術を応用した皮膚感覚ディスプレイの開発
- [2] Lynette A. Jones, Susan J. Lederman : Human Hand Function, OXFORD UNIVERSITY PRESS, 2006
- [3] Georg von Békésy : Neural Funneling along the Skin and between the Inner and Outer Hair Cells of the Cochlea, THE JOURNAL OF THE ACOUSTICAL SOCIETY OF AMERICA, Vol.31, No.9, pp. 1236-1249, 1959
- [4] 富永真琴: TRP チャネルと痛み, 日本薬理学雑誌, Vol. 127, No.3, pp. 128-132, 2006