

少数デバイスによる任意部位への温度感覚提示 —触錯覚現象利用による手法—

Presentation of temperature information to an arbitrary position
using a small number of devices
- Adoption of tactile illusions-

○学 大原 淳 (電通大) 学 加藤 寛士 (電通大)
学 橋本 悠希 (電通大) 正 梶本 裕之 (電通大)

Jun OOHARA, Hiroshi KATO, Yuki HASHIMOTO, Hiroyuki KAJIMOTO
The University of Electro-Communications
{oohara, hiro.kato, hashimoto, kajimoto}@kaji-lab.jp

We describe presentation of temperature information to an arbitrary position using a small number of devices. Displays to large areas are associated with increased costs and more bulky systems. In this study, we suggest to solve this problem by presenting pseudo positional and motion information by tactile illusions. In our previous report, we have shown that Phantom sensation that is a well-known positional illusion induced at a point between two or more stimuli, can be induced by thermal stimuli. In this paper, we confirmed that sensation of motion can be induced by using two heat sources that were driven with different timing.

Key Words: Heat sensation, Phantom Sensation, Funneling illusion, Tactile illusion

1. はじめに

コミュニケーションの舞台が携帯電話や PC 等の機器によって拡大するにつれて、人が直接的に実際の環境に直面しないケースが増加している。

これまでコミュニケーションのための様々なインタフェースが提案されてきた。それらの多くは音声や映像を伝達することでコミュニケーションを図るものであった。伝達される情報のリアリティが高まれば、多様な感情を伝えやすくなり、円滑にコミュニケーションをとることができると考えられる。今後さらにリアリティ伝達の要求が大きくなり、握手をしたり肩をたたいたりといったコミュニケーションを遠隔地で行うためには、触覚を仮想的に再現するインタフェースが広く求められることになる予測される。近年、実際に触覚を遠隔コミュニケーションに使用する試みも盛んに行われている。Braveらは距離を隔てている同一の物体を共有操作する感覚を、フォースフィードバックにより提示し、遠隔地での触覚コミュニケーションを可能にする手法を提案している[1]。関口らはロボットを介して遠隔地の相手に力覚や動作を伝達するユーザインタフェースを提案している[2]。これらの提案手法は、力覚情報を用いて相手をより身近に感じることを可能としている。

これらを含む触覚提示装置の多くは力覚あるいは皮膚変形に伴う振動感覚を伝えるものである。しかし、触覚コミュニケーションで感情を伝える場合、体温や汗といった自律神経に関係する状態変化を伝えることは非常に重要と思われる。

本研究では特に、温度感覚に着目した。比較的低コストで任意の刺激提示が実現できるためである。

2. 温度感覚提示

従来の温度感覚提示に関する研究の多くは接触対象の質感を再現するためのものであり、その目的から指先への提示に限られていた。しかしコミュニケーションにおける温度感覚提示は、お互いに身体が広く接触しあう状況が考えられることから、最初から広範囲に分布して提示出来る必要がある。

単純に広範囲に空間的な温度提示を行うことを考えた場合、装置を多数用意することで提示すること自体は可能になる。しかし、提示装置を大量に取り付けた場合、装置の大型化は避けられない。広範囲の提示はハードウェア的な障害が大きい。

一方で触覚コミュニケーションにおいて提示可能領域は広く分布している必要はあっても、同時に接触する部分の面積は例えば手のひらサイズと考えられることから、要請は次のようにまとめられる

- (1) 身体の広い部位に提示出来る必要がある
- (2) 同時に大面積に提示出来る必要性は小さい
- (3) なるべく少ないハードウェアで実現したい

そこで本研究では、少ない温度提示素子で広い範囲の温度感覚提示を行うための手法を探る。実際には温度を提示していない部分にも温度感覚を生起させることができれば、装置を少数にすることができると考え、皮膚上で発生する触錯覚現象に着目した。

3. 熱ファントムセンセーション

前稿では振動感覚において非常に良く知られたファントムセンセーション[3](PhS),もしくはファネリング(funneling)と呼ばれる現象が温度感覚でも生じることを検証した[5]. 本章では簡単にその結果をまとめる.

3.1 熱ファントムセンセーション(h-PhS)特性

前腕部の手首側・肘側への熱刺激提示を目的とし, 装置には 2 つのペルチェ素子を用いた. また, 素子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, 接触感を排した.

素子のサイズは 40×40mm. 2 つの素子間は 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.

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検証した. (被験者 A~E; 20代, 男女 5 名)

徐々に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. そのときの手首側・肘側の素子の温度, 及び 2 つの素子の midpoint の温度を記録した.

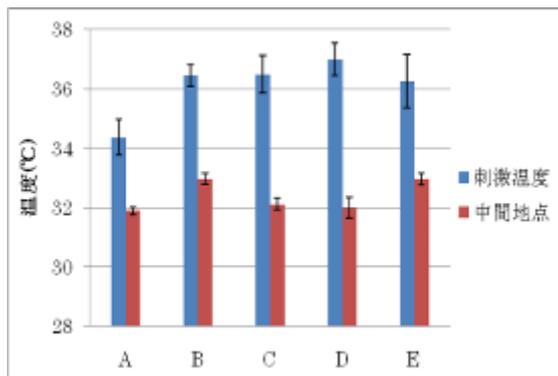


Fig. 1 Temperatures of stimulating positions and middle point when heat Phantom Sensation was elicited. [5]

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. このとき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可能性が示唆された.

また, 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させることができると予想された. 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.

表 1 に示した組み合わせで像定位置を変化させる実験を行った.

Table 1 Combination of temperatures [5]

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

被験者に刺激 No.1~5 をランダム順に与え, 手首側の素子の upper edge を原点として, 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.

結果, 熱源像の知覚位置は, 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た. 図上の黒線は, 手首側・肘側それぞれの素子の中心を示している.

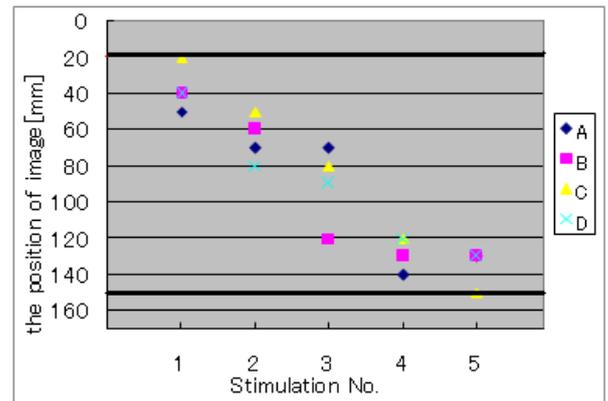


Fig. 2 Image position when two heat sources present different temperatures. [5]

4. 運動感覚の付与

これまでに, h-PhS により熱源像の位置の提示が可能であることを明らかにした. しかし, コミュニケーションの観点から考えると, 位置が提示できるのみでは, なでるといったような, 触れている部位が変化する行為の場合, 自然な表現ができないため, 熱源像の運動が表現できる必要がある.

そこで, 時間差をつけて離れた 2 点への熱刺激を行うことで, 2 点間で発生する熱源像の運動として知覚されるか実験した. 温度提示継続時間, および提示開始時間差を変化させ, 熱源像がどのように感じられるか観測した.

4.1 システム構成

運動感覚の確認のため, 温度設定装置を製作した.

製作した装置のブロック図を図 3 に示す. 本システムは, ペルチェ素子×2, サーミスタ×2, モータドライバ (Okatech Driver JW-143-2) ×2, DA/AD ボード (Interface 社 PCI 3523A) および PC から構成される. 本システムでは, 前システム同様ペルチェ素子に流れる電流を制御することで温度の提示を行う. ペルチェ素子を介して提示された温度は, サーミスタによって測定され, 電圧の変化として PC に入力される. この入力信号は PC 内で処理され, 制御信号として出力先のモータドライバへ出力される. モータドライバは制御信号を元に, ペルチェ素子へ流す電流を調整する. この入出力処理は, それぞれ 2 つの温度提示部で行われる.

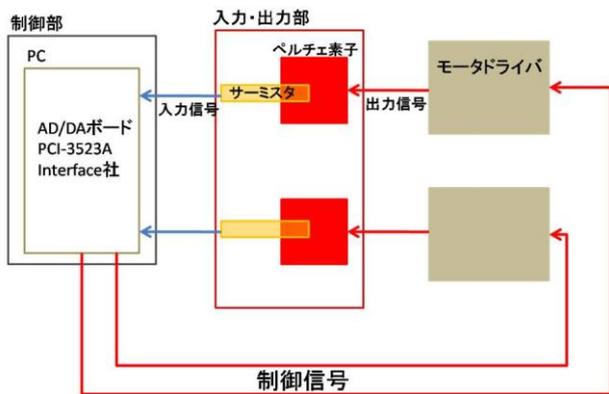


Fig. 3 Block diagram

4.2 移動感実験

これまでの実験より熱源像の発生する 37°C が提示温度として適当と考えられる。そこで 35°C から 37°C への 2°C 変化に設定し、これを 1 秒間で変化させる。以上の条件での 2 つの実験を行った。

A: 手首側と肘側への温度提示開始時間差を変化させる実験

B: 37°C 提示継続時間を変化させる実験

実験 A では提示継続時間を 100ms に固定し、開始時間差を 100ms から 1000ms の範囲で 100ms ごとに変化させる、10 パターンを設定した。

実験 B では開始時間差を 500ms に固定し、提示継続時間を 100ms から 1000ms の範囲で 100ms ごとに変化させ、実験 A と同様に 10 パターンを設定した。

具体的な実験方法は、1 実験につき 2 サイクル計 40 回の熱提示を 21 歳から 22 歳の男女 6 名の被験者に行い、熱源提示後移動感について以下のように回答させた。

「同時に暖かく感じた」

「別々のタイミングで暖かく感じた」

「移動感があった」

さらに移動感があった場合はその強度を 3 段階で判定させ、合計 5 つの選択肢から選択させた。

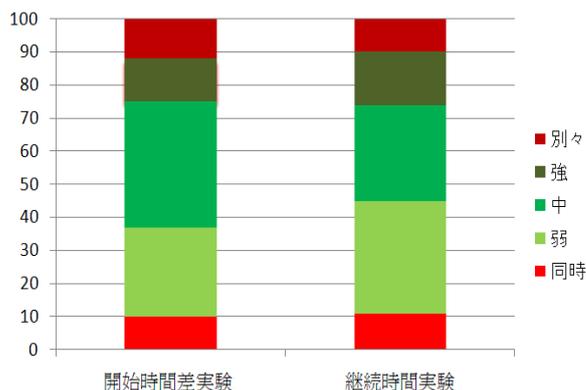


Fig. 4 Perception of two heat sources that were driven with different timing.

得られた回答結果を図 4 に示す。開始時間差の変化実験では全試行中 78% で、継続時間の変化実験では全試行中 79% で移動感があるとの回答を得た。

離れた 2 点に対する時間差での熱提示により熱源像が「移動した」と知覚されることがわかった。

5. 考察とまとめ

離れた 2 点へ温度提示継続時間、および提示開始時間差をつけて熱刺激を行うことで、2 点間で熱源像の移動感が得られた。

これまでに確認されていた h-PhS による熱源像の位置の提示を利用することで、少数の提示装置により広範囲に空間的な温度提示をすることが可能になっていた。これに加え、今回確認された熱源像の移動感を利用することで、よりリアルで質の高い、自然なコミュニケーションが可能になると考えられる

参考文献

- [1] Brave, S. and Dahley, A, "inTouch: A Medium for Haptic Interpersonal Communication," Extended Abstracts of CHI '97, pp. 363-364, ACM Press, 1997
- [2] Sekiguchi D., Inami M., Kawakami N., Maeda T., Yanagida Y. and Tachi S, "RobotPHONE: RUI for Interpersonal Communication," ACM SIGGRAPH 2000 Conference Abstracts and Applications, p.134, 2000
- [3] von Békésy G. Neural funneling along the skin and between the inner and outer hair cells of the cochlea. J Acoust Soc Am. 1959;31:1236-1249
- [4] Tillman DB, Treede RD, Meyer RA, Campbell JN. Response of C fibre nociceptors in the anaesthetized monkey to heat stimuli: correlation with pain threshold in humans. J Physiol. 1995;485(Pt 3):767-774
- [5] 大原 淳, 加藤寛士, 橋本悠希, 梶本裕之, "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", 第 10 回計測自動制御学会 SI 部門講演会講演論文集, pp.124-126, 2009.