

ファントムセンセーションを用いた 2 次元情報提示の基礎的 検討

A fundamental study on two-dimensional Phantom Sensation for human interface

○横井 英明, 高橋 隆行

○Hideaki Yokoi, Takayuki Takahashi

福島大学

Fukushima University

キーワード： ファントムセンセーション (Phantom sensation), ペルチェ素子 (Peltier device), 錯覚 (optical illusion), 情報提示 (information presentation)

連絡先： 〒 960-1296 福島県福島市金谷川 1 福島大学 理工学群共生システム理工学類 高橋研究室
横井英明, Tel.: (024)548-5259, Fax.: (024)548-5259, E-mail: yokoi@rb.sss.fukushima-u.ac.jp

1. はじめに

視覚障害者が街を歩く際、進行方向の情報を得る手段として、主に点字ブロック、白杖などがある。しかし、これらの手段から得られる情報はどちらも足元に限定されたものであり、進行方向前方にある障害物の空間的なイメージは皆無である。

このような実状を踏まえ、近年では前方の障害物の位置を CCD カメラや超音波等で認識し、情報を提示する装置の研究、開発が盛んに行われている。

しかしながら、これらのシステムがなかなか普及しない理由としては

- 1) 他の感覚器を阻害してしまう
- 2) 情報認識に個人差がある

といった点が挙げられる。

1) に関しては、視覚障害者にとって両手が自由に使える事や、音が聴こえる事は非常に重要な情報源である。ゆえに、これらを阻害するようなシステムは好ましくない。また 2) に関しては、情報を視覚以外の感覚に変換する際、認識の仕方に個人差があるため、それぞれトレーニング期間が必要であり汎用性に欠ける。

一般的に、視覚障害者誘導システムを開発するにあたっては障害物を認識するためのセンサ部分と、視覚障害者に対して情報を提示する情報提示部分の 2 つに分けられる。これら 2 つの問題において後者は、両方の問題を抱える。

そこで情報提示部分に着目し、これらの問題を解決するために本研究ではファントムセンセーションという体性感覚の錯覚を用いる手法を提案する。本論文ではこの手法を用いて、2 次元ファントムセンセーションを用いた、2 次元情報提示の基礎的検討を行う。

Table 1 A property of the stimulation

	receptor	distribution [cm ²]	cosecutive stimulation	difference in the strengt of stimulation	stimulation element
Sense of touch	Merkel Discs	100-200	○	×	electrode
Sense of pressure	Ruffini Corpuscles	25	×	○	vibrator
Sense of warmth	Free nerve terminals	6-23	○	○	heater
Sense of cold	Free nerve terminals	0-3	○	○	heater

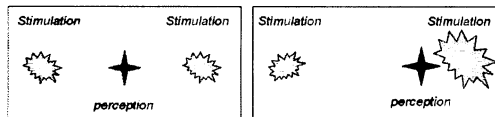


Fig. 1 A principle of phantom sensation

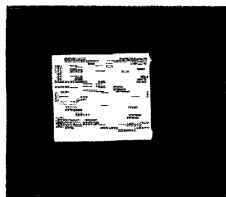


Fig. 2 Peltier device

2. ファントムセンセーションとは

ファントムセンセーションとは、皮膚上の異なる位置に対し、同時に刺激を提示すると、提示した刺激の間に刺激が一つのみ知覚する体性感覚の錯覚現象である。この現象は、刺激間の時間差あるいは強度差によって知覚する位置が変化する。ファントムセンセーションの原理図を Fig.1 に示す。さらにファントムセンセーションの特徴として

- 2つの刺激に強度差を与えた場合、感覚の位置が強度の強い刺激位置の方へ偏位する
- 2つの刺激に時間差を与えた場合、なぞるような感覚を覚える
- 時間差より強度差による効果のほうが大きい

などの特徴が挙げられる。

3. 刺激子と刺激位置の選定

ファントムセンセーションについて用いる刺激子と刺激位置の選定について述べる。ファントムセンセーションを実現するには、体性感覚に刺激を与えなければならない。刺激には、圧力や振動など複数種類が考えられる。そこで、本研究の目標を実現するために、適切な刺激とその刺激子を選定する必要がある。

3.1 刺激の決定

本研究で用いる刺激の選定を行う。人間は皮膚表面に接触する各種の物理的刺激に対する感覚を有している。主な感覚として触覚、圧覚、温覚、冷覚がある。それぞれの受容器、感覚点の分布、刺激子の種類を Table1 に示す。

刺激の条件として、本研究では刺激に強弱をつけることが可能であること、また皮膚を変形させずに連続提示が可能であることを考慮した。そこで、本研究では温度覚刺激を選定した。

3.2 刺激子の選定

温度覚を刺激するにあたり、温覚と冷覚両方の刺激が与えられることが必要である。その結果、日本テクモ社製のペルチェ素子を刺激子として選定した。選定した刺激子を Fig2 に示し、主な仕様を Table2 に示す。ペルチェ素子とは

- 2種類の金属の接合部に電流を流すと、片方の金属からもう片方へ熱が移動する

Table 2 Specification of Peltier device

Model	TEC-07108
Size[mm]	30x30x3.5
Max difference of °C	68 °C
Max electric current[A]	8.5
Max voltage	8.6
Temperature range	-60-90

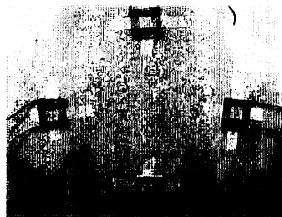


Fig. 3 A part to stimulate

現象 (ペルティエ効果) を利用した板状の半導体素子である

- 直流電流を流すと、一方の面が吸熱し、反対面に発熱が起こる
- 電流の極性を逆転させると、その関係が反転する

といった性質を有する。また、コストも少なく、軽量であることから本研究に適していると考えられる。

3.3 刺激位置の選定

本論文では、2 次元情報提示を行う事が目的である。刺激位置の選定を行う上で

- 広い範囲に提示できる面積を有する
- 温度感覚の閾値が低い箇所である
- 歩行動作の支障にならない

といった条件が必要になる。そこで、刺激位置はすべての条件を満たしている背中の上部に、Fig3 のように素子を貼るという方法を選定した。

Table 3 Two point discrimination threshold of the dorsum

Human subject	Hot [mm]	Cold [mm]
A	80	70
B	40	40
C	60	80
D	80	80
E	70	70

Table 4 stimulus parameters

	Stimulation times[s]	Electric current[A]
Hot	2	1
Cold	1	1

4. 予備実験

予備実験として、ファントムセンセーションが起こりうる最短の素子間距離を計測する。ファントムセンセーションを知覚するためには2点の刺激位置が区別できる事が前提であるため、背中での2点弁別閾を被験者5人(A, B, C, D, E)に対し計測した。

4.1 実験方法

本実験では、背中に2枚のペルチェ素子を並べて貼り時間的に順次、刺激を行った。刺激を行うごとに10mm ずつ素子間を広げていき、2つの刺激位置を完全に区別出来る位置を弁別閾とする。なお、本実験では、Table4 に示した条件で刺激を行った。

4.2 実験結果

実験結果を Table4 に示す。結果から、素子間の距離は、被験者全員が5人が2つの刺激を区別可能な80mm 以上とする。



Fig. 4 Phantom sensation of the one dimension on the dorsum

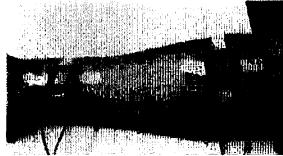


Fig. 5 Phantom sensation of the one dimension on the arm

5. 1次元情報提示実験

予備実験の結果から、本実験では初期の素子間距離を80mmとする。本実験では2次元情報提示実験を行う際の、情報提示の可否、最適な素子間の長さ、刺激の種類を決定する事を目的として行う。

5.1 実験方法

背中に80mmの素子間距離でペルチェ素子を貼る。ペルチェ素子で刺激を与え、刺激によって知覚した位置を示してもらおう。ファントムセンセーションでは刺激が一点にのみ知覚されるため、複数点の刺激が感じられるまで素子間距離を広げる。この実験は温覚刺激、冷覚刺激で行う。なお、部位による比較として、腕でのデータも取得した。なお、それぞれの素子の貼り方を、Fig4, Fig5に示す。なお、刺激に関する条件は予備実験同様に、Table4に示す。

5.2 実験結果

実験結果をFig6に示す。Fig6は、各被験者がファントムセンセーションを最も知覚しやすい素子間距離とその知覚位置である。被験者A, B, D, は冷覚でファントムセンセーションを強

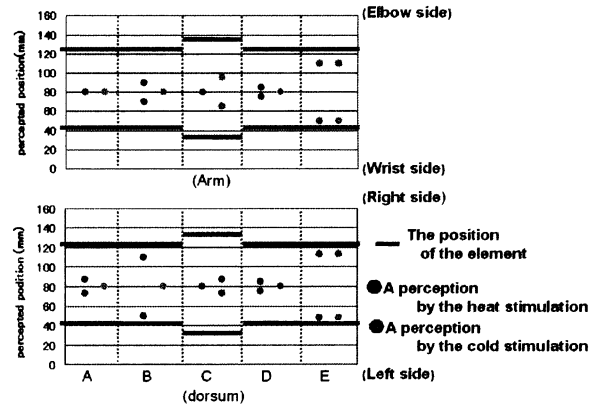


Fig. 6 result of Phantom sensation of the one dimension

Table 5 selected stimulation and distance of elements

	Stimulation	(mm)
A,B,D	Cold	80
C	Hot	100

く知覚し、Cは温覚で強く知覚した。これらの結果から、2次元情報提示実験における各被験者の素子間距離と刺激の種類を決定する。なお、被験者Eはファントムセンセーションを知覚しなかった。

6. 2次元情報提示実験

ファントムセンセーションを用いた2次元の情報提示実験について述べる。これまでの実験から、各被験者がファントムセンセーションを知覚する刺激と間隔が得られた。本実験では、2次元ファントムセンセーションによる各被験者ごとの知覚位置を、実刺激を基に調整し比較する。

6.1 実験方法

本実験では、Fig7に示すように背中に4箇所のペルチェ素子を貼る。a~gの位置にペルチェ素子を用いて実刺激を与え、その刺激に近づくように1~4の素子の刺激強度を変化させる。そ

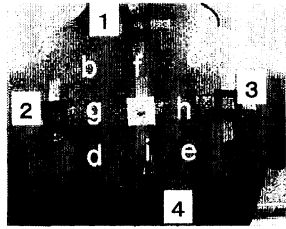


Fig. 7 Phantom sensation of the two dimension on point a

のとき各被験者の各素子に流れる電流を比較し、評価する。なお、これまでの実験結果より、各被験者の実験条件を Table 5 に示す。

6.2 実験結果

実験結果をそれぞれ、Fig 8 に示す。各被験者、どの刺激位置に関しても、4つの素子を相対的に見ると、擬似した結果が得られた。これらの結果から、背中における温度覚を用いた2次元ファントムセンセーションは、同様の刺激強度、刺激位置により、特定の場所に知覚可能であると考えられる。

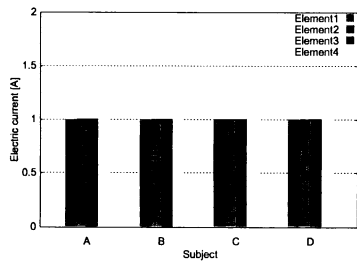
7. おわりに

背中での弁別閾が平均 65mm であるのに対し、ファントムセンセーションを用いた場合、2次元情報提示の実験から、約 30mm 以下の刺激位置の違いでも区別ができるという結果を出すことに成功した。また、各刺激位置を錯覚させる上で、各被験者ごとに多少のずれはあったが、体性感覚の違いを補う事ができれば、ファントムセンセーションという錯覚現象で汎用的な2次元情報提示システムが構築できる

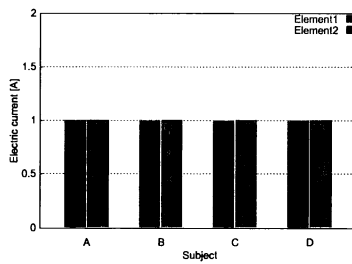
参考文献

- 1) 梶本, 川上, 前田, 館:皮膚感覚神経を選択的に刺激する電気触覚ディスプレイ, 電子情報通信学会論文誌, Vol.J84-D- , No.1, pp.120-128, 2001.

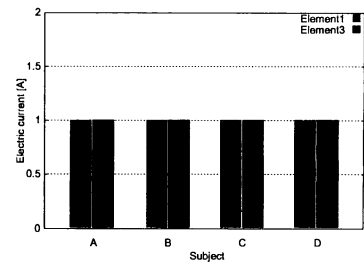
- 2) 梶本, 館:高密度・大面積電気触覚ディスプレイにおける感覚安定化, 第 20 回生体・生理工学シンポジウム予稿集, CD-ROM,2005.
- 3) 富永真琴:TRP チャンネルと痛み, 日本薬理学雑誌, Vol.127, No.3, pp.128-132, 2006



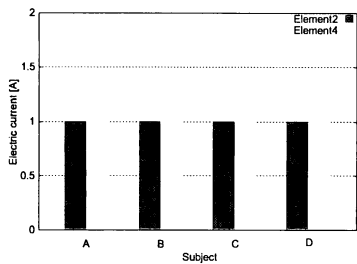
(a) a point



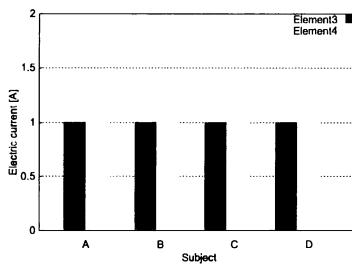
(b) b point



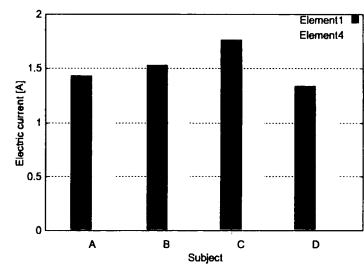
(c) c point



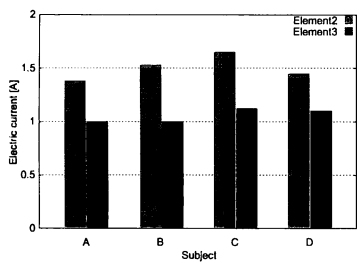
(d) d point



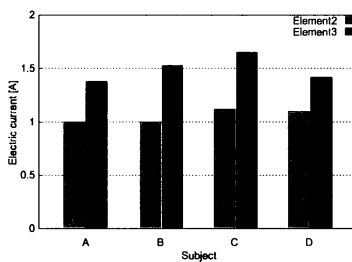
(e) e point



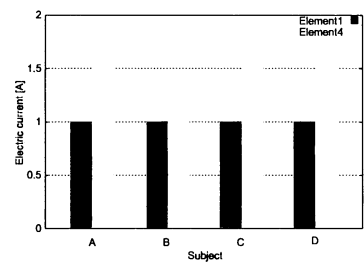
(f) f point



(g) g point



(h) h point



(i) i point

Fig. 8 stimulus point