

# 姿勢知覚制御のための足裏皮膚刺激の最適化

Optimization of stimulation to the sole skin for control of posture perception

中田 五月<sup>1)</sup>, 橋本 悠希<sup>1)</sup>, 梶本 裕之<sup>1)</sup>  
Satsuki NAKATA, Yuki HASHIMOTO and Hiroyuki KAJIMOTO

1) 電気通信大学 電気通信学研究科  
(〒182-8585 東京都調布市調布ヶ丘 1-5-1, {nakata, hashimoto, kajimoto}@kaji-lab.jp)

**Abstract:** Recently, the presentation of the high realistic sensation is requested in interactive systems. A method of presenting the sensation is controlling user's posture. Motion platform is the well-known technique for postural controlling but there are some problems for setting area and activating energy. In previous work on the other hand, we proposed a method for controlling user's attitude by stimulating sole skin.

In this paper, we examine to optimize stimulator of our system in order to control user's posture perception effectively.

**Key Words:** teetering sensation, sole skin, postural control, haptic

## 1. はじめに

近年, 家庭用ゲームなどのインタラクティブなシステムにおいて, より高い臨場感, 没入感の提示が求められている. しかし, その多くは視覚や聴覚刺激によるものであり, ユーザの姿勢知覚に着目した手法は少ない. ユーザの姿勢知覚を変化させる手法として, 前庭器官への電気刺激により加速度感を提示する手法[1]やモーションベースを用いた手法[2]は非常に効果的ではあるが, それぞれ電気刺激に対して抵抗を感じるという問題や, 装置が大掛かりであり, また消費電力が大きいといった問題から使用される環境が限られている.

これに対し我々は, 空間および電力的な観点から低コストであり, かつ使用に対する抵抗感を感じることなく姿勢知覚制御を行うための手法として足裏の皮膚刺激に注目した[3]. 足裏の皮膚を剣山型デバイスにより刺激し, 足裏にかかる力分布を錯覚させることでユーザの姿勢知覚を制御し, 身体動揺感の提示を行った.

本稿では, この足裏皮膚刺激によるユーザの姿勢知覚制御をより効率的に行うための刺激子形状の最適化手法を実験により求める.

## 2. システム概要

システム構成及び装置を図 1, 図 2 に示す. 本装置は, プラスチック製の剣山, スピーカ (AURA SOUND, NSW2-326-8), アンプ (RASTEME SYSTEMS CO.,LTD. RSDA202), DA/AD ボード (Interface 社 PCI-3523A), 重心動揺計および PC から構成される. 本装置では先端形状が平面の金属製剣山とスピーカからなる刺激子を 4×4 の格子状に配置している. また, 重心動揺計 (任天堂 バランス Wii

ボード)によって刺激中の重心移動を計測可能とした.

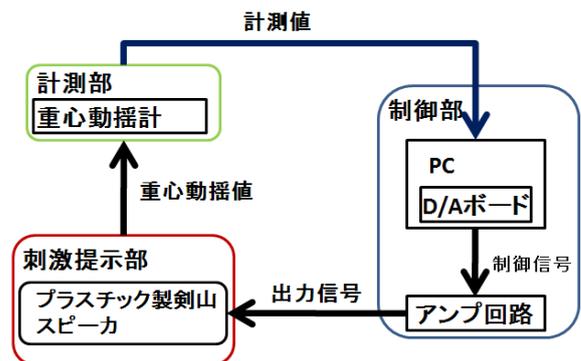


図 1 システム構成

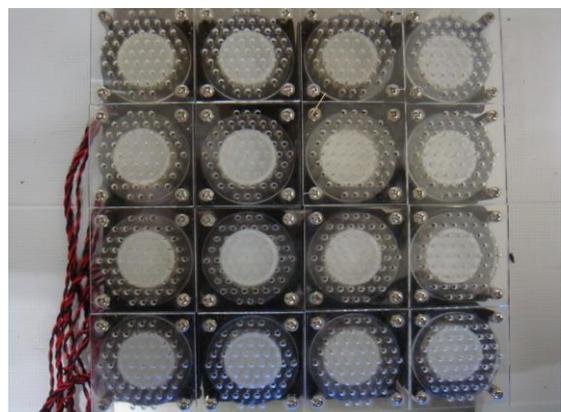


図 2 装置外観

## 3. 実験

本研究では, より効率的な姿勢知覚制御を行うための最適な刺激子形状を求めるため実験を行った. 実験は 21~24

歳の健康な男性3名について行った。なお、実験時被験者には目を閉じてもらい、耳にはホワイトノイズを提示することで外界からの情報を遮断した。

### 3.1 実験方法

本実験では、刺激素材および刺激子の密度が身体動揺に及ぼす影響について実験を行った。実験は図3に示す金属製刺激子3種類(ピン径0.5mm, 剣山間隔5mm, 7.5mm, 10mm)とプラスチック製刺激子(ピン径2mm, 剣山間隔7.5mm)を用いて足裏を刺激した際の重心移動および無刺激時の重心動揺の値を測定した。金属製刺激子とプラスチック製刺激子の違いはピンのサイズである。

今回、刺激子の違いによる重心動揺の変化を効率よく実験するため、図4に示すように4列ある刺激子のうち1列置ききの2列のみを変更とし、残りの2列は間隔10mmの刺激子で固定とした。なお、本実験手法では左右の足における刺激提示位置が異なるため、その影響を排除できるように、各刺激子につき左端を基準とし1列置きに刺激子を変更した場合と右端を基準とし1列置きに刺激子を変更した場合との2度の測定を行った。

本実験では0.2[Hz]の正弦波刺激を用いて足裏を刺激し、測定は各刺激子につき10周期分を行った。

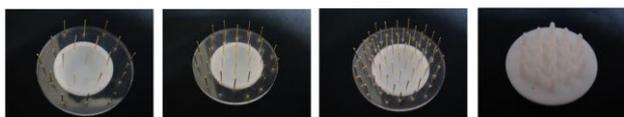


図3 素材・密度の異なる刺激子 (左上: 10mm, 右上: 7.5mm, 左下: 5mm, 右下: プラスチック製)

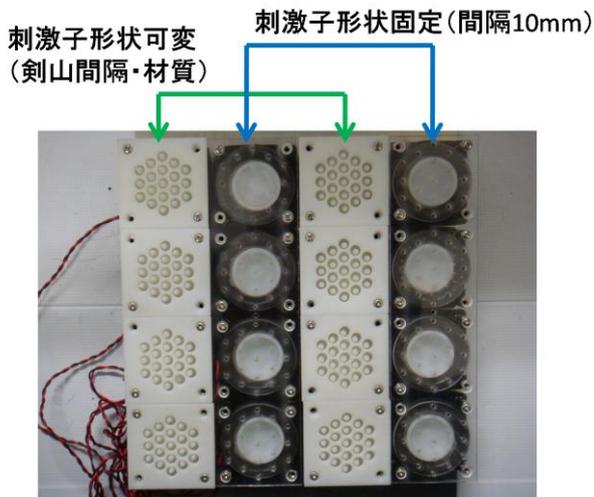


図4 実験時の刺激子配置

### 3.2 実験結果

実験によって求められた密度および材質の違いによる重心移動の結果を図5に示す。なお、これら結果は全て、各被験者における1周期ごとの測定結果を、測定開始位置を原点として加算平均したものを、それぞれ平均化したものである。

図5より、刺激時には無刺激時とは異なり、提示刺激と同様0.2[Hz]の周期で重心動揺が観測されたことから、刺激子の密度、材質を問わず足裏の皮膚刺激による重心の変化が生じることがわかる。刺激子の材質(ピン直径)の違いによる重心動揺変化より、ピン密度の違いが重心動揺の変化量に及ぼす影響の方が大きいことが分かる。特に剣山の感覚が10mmの時、重心移動の最大振幅が最大となるという結果を得た。これは剣山間隔が大きくなったことで皮膚の変形量が増加したために、より大きく生じたひずみエネルギーをユーザがより強い力だと錯覚したため[4]とも考えられる。

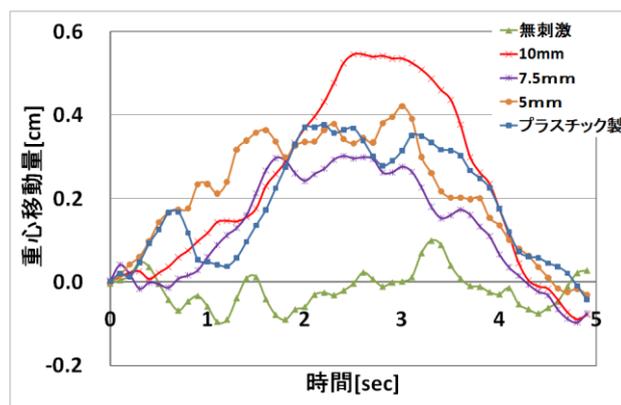


図5 刺激子の密度・材質と重心移動量の関係

### 4. おわりに

本研究では、足裏皮膚刺激による姿勢知覚制御を効率的に行うため、刺激子の形状・材質の違いが重心動揺の大きさにどのような影響を及ぼすかを実験により求めた。その結果、足裏皮膚刺激による重心の変化は刺激子の材質、密度ともに影響を受けるが、その中でも密度の違い、特に剣山密度が足裏の2点弁別閾に近い10mmと疎である時により影響を受けるという結論を得た。

今後はより効果的に姿勢知覚制御を行うことで身体動揺を引き起こすための提示刺激や足裏の刺激提示箇所について検討していく。

### 参考文献

- [1] 前田他: “前庭感覚電気刺激を用いた感覚の提示”, バイオメカニズム学会誌, Vol. 31, No. 2, pp. 82-89, (2007)
- [2] 廣瀬他: モーションベースを利用した前庭感覚表現に関する基礎的研究, 日本バーチャルリアリティ学会論文文集, 1(1), 16-22, (1996).
- [3] 中田, 橋本, 梶本: 足底皮膚刺激を用いたぐらつき感提示, 第9回(社)計測自動制御学会システムインテグレーション部門
- [4] 南澤, 深町, 梶本, 川上, 舘: 物体把持時の指変形に着目した重さ感覚提示手法の提案, 日本バーチャルリアリティ学会第11回大会論文集, pp. 27-28, 2006.