

足底皮膚刺激を用いたぐらつき感提示

電気通信大学 ○中田 五月, 橋本 悠希, 梶本 裕之

Presentation of teetering sensation by stimulation to the sole

○Satsuki NAKATA, Yuki HASHIMOTO and Hiroyuki KAJIMOTO, The University of Electro-Communications

Abstract: In this paper, we propose a method to present teetering sensation by stimulating sole. The device under the sole change its texture from flat to rough, which changes skin sensation. As the sole skin has relatively low spatial resolution, the user perceives the change as if the floor is displaced, resulting in teetering sensation.

1. はじめに

ゲーム等のインタラクティブシステムにおいて、より高い没入感、臨場感を得るために、ユーザ自身の姿勢知覚を制御する手法は数多く研究されている[1][2]。その中でもモーションプラットホームとして知られる手法[3]は、直接地面を駆動するため最も効果的であるが、装置が大掛かりになるという問題点がある。

そこで我々は、地面全体を駆動するのではなく、足裏の皮膚刺激のみによって効率的に姿勢知覚を変動させる可能性に着目した。本研究では形状・間隔が最適化された剣山型のデバイスを用い、効率的に皮膚を刺激する。足裏に加わる力の総量は体重そのもので不変であるが、接触面のテクスチャを変えることによって力を錯覚させる。

2. 足裏刺激子

加わる力が不変の場合、接触面の面積が小さいほど知覚する力の大きさは増大する。足裏における2点弁別閾は15~20mmであるから[4]、力の錯覚が最大となり、かつテクスチャの変化を知覚されることなく接触面のテクスチャを変更するには、間隔10mm以下の最密充填構造の剣山構造が最適と考えられる。また、人間は尖り具合について2点弁別閾以下であっても認識してしまうため[5]、剣山の形状は先端が尖っていないものであることが望ましい。

3. システム概要

システム構成及び装置を Fig.1, Fig.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-8523A)、重心動揺計および PC から構成される。本装置では、Fig.2 に示す間隔7.5mm、先端形状が平面のプラスチック製剣山とスピーカを用いて刺激子とし、それらを片足につき6つ計12個組み合わせた。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した。

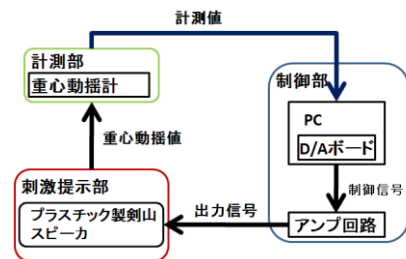


Fig.1 システム構成

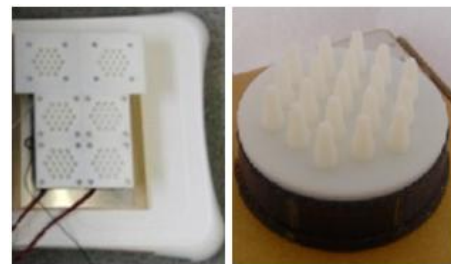


Fig. 2 (左) 装置外観, (右) 上下運動するユニット

4. 実験

本研究では、作製した装置によるぐらつき感提示の定量的な評価のため、4.1~4.3 に示す3つの実験を行った。これらの実験はすべて、20代の男性被験者1名について行った。なお、実験は閉眼状態にて行った。

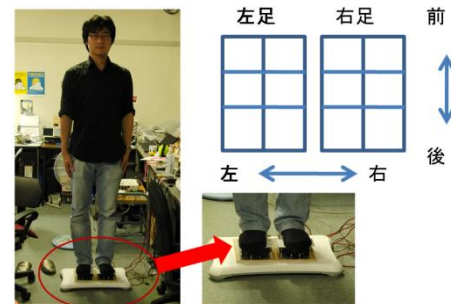


Fig. 3 (左) 実験風景, (右上) 刺激子の配置

4. 1 足裏刺激がぐらつき感に与える影響

本実験では、Fig.3(右上)に示すように片足につき6つ、計12の領域に配置された刺激子をFig.4に示す6つの刺激パターンで駆動し刺激提示を行うことで、重心位置が受ける影響について

て実験を行った。

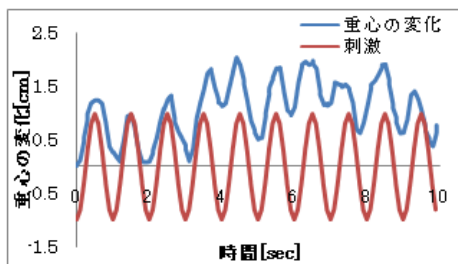
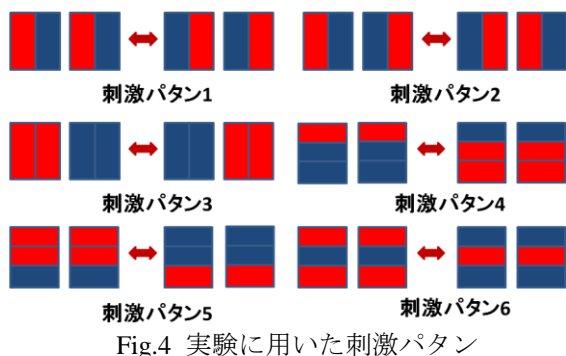
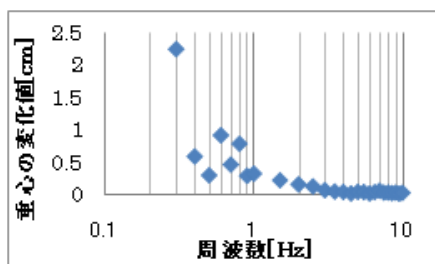


Fig.5は刺激パターン1によって得られた重心位置の左右方向の変化である。これより、刺激に応じて重心が変化していることがわかる。したがって、足裏の皮膚刺激を用いたぐらつき感提示による姿勢制御が可能であると言える。

4.2 刺激周期がぐらつき感に与える影響

本実験では、足裏に提示する触覚の周期がぐらつき感の与える影響を調べるため、触覚提示周期と重心動揺の関係について実験を行った。実験は実験4.1で用いた6つの刺激全てについて行い、触覚提示周期は0.3[Hz]から0.1[Hz]毎に1[Hz]まで、および1[Hz]から0.5[Hz]毎に10[Hz]まで行った。0.3[Hz]は装置に用いたアンプによって出力可能であった最低周期である。

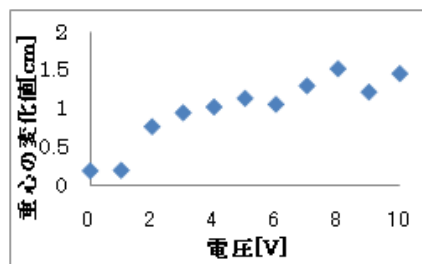


実験結果の一部をFig.6に示す。これは実験4.1で用いた刺激パターン1の左右方向について得られた結果である。Fig.6から、提示する刺激の周波数が低いほど重心変化の値が大きくなり、0.3[Hz]で最大となることがわかるが、この傾向は1~6のいずれの刺激においても同様に得られた。これにより、ぐらつき感提示には低い周波数が有用であると言える。今回、実験装置の限界により0.3[Hz]以下の周波数における重心の変化は測定できなかったため、今後装置の改良により最もぐ

らつき感提示に適した周波数を調査していかなければならない。

4.3 刺激強度がぐらつき感に与える影響

本実験では、足裏に提示する触覚刺激の強度がぐらつき感に与える影響を調べるため、刺激子の振幅に直接関係するスピーカにかかる出力電圧と重心動揺の関係について実験を行った。実験は実験4.1で用いた6つの刺激全てについて行った。なお、出力電圧は刺激子の振幅を最小とする0[V]から振幅が最大となる10[V]まで1[V]毎に増加させた。



実験結果の一部をFig.7に示す。Fig.7は実験4.1で用いた刺激パターン1の左右方向について得られた結果である。Fig.7は、電圧すなわち刺激の強さが強いほど重心の変化が大きくなることを示すが、実験を行った1~6のいずれの刺激についても同様の傾向がみられた。これにより、提示する刺激の強さが大きいほどぐらつき感を与えることが可能であると考えられる。

5. おわりに

本稿では、剣山型デバイスによって足裏皮膚に対する刺激を行うことでぐらつき感提示を行った。また、実験により、刺激提示パターン、周期および強度が重心動揺に与える影響についての知見を得ることができた。今後は、これらの知見に基づいたより高いぐらつき感の提示手法について検討していく。また、計測した重心動揺値に基づき、それらが増大するよう刺激提示を行った場合のぐらつき感に及ぼす影響に関して調査していく所存である。

謝辞

バランス Wii ボードの使用にあたっては東京大学の南澤孝太氏にアドバイスいただきました。

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”, パイオメカニズム学会誌, Vol. 31, No. 2, pp. 82-89, (2007).
- [2] 視覚情報による姿勢制御, 朝長昌三, 長崎大学教養部紀要. 人文科学篇, 1993, 33(2), p. 11-20
- [3] 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集, 1(1), 16-22, (1996).
- [4] THE SKIN SENSES: DAN R. KENSHALO, Ph. D., CHARLES C THOMAS PUBLISHER
- [5] N. Asamura, et al., “Necessary Spatial Resolution for Realistic Tactile Feeling Display,” Proc. 2001 of ICRA, pp. 1851-1856, 2001.