

# 皮膚接触面の形状変化による疑似的な力覚提示手法

A pseudo force sensation induced by changing skin contact shape and texture

佐藤淑美<sup>1)</sup>, 橋本悠希<sup>1)</sup>, 梶本裕之<sup>1)</sup>

Yoshimi SATO, Yuki HASHIMOTO and Hiroyuki KAJIMOTO

1) 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  
 (〒182-0024 東京都調布市調布ヶ丘 1-5-1, {yoshimi, hashimoto, kajimoto}@kaji-lab.jp)

**Abstract:** To enrich haptic sensation for portable devices, presentation of force is necessary. However, as the portable device is not grounded, presentation of true external force is quite difficult. In this paper, we propose a new pseudo-force presentation method by changing skin contact shape and texture. While total contact force is preserved, total strain energy is increased, which may induce perception of increased force. As a first test, we used a flat and a spine-covered surface to index fingers of right and left hands, and evaluated the point of subjective equality. The result indicated the possible that the spine-covered surface can increase the perception of force to about 10~14%, when the spine with 0.7mm in diameter was less than 2.0mm in intervals.

**Key Words:** Pseudo force sensation, Tactile sensation, Shape and Texture, Portable device.

## 1. はじめに

現在、携帯電話の着信通知などに振動が広く利用されているほか、例えば、PDAのタッチスクリーン上のボタンを押す際のクリック感提示[1]、デバイスを振ると内部でボールが壁にぶつかるような撃力提示[2]、偏加速度を利用した方向提示[3]など、視聴覚に代わるポータブルデバイスのインタフェースやアプリケーションとして、触覚の利用が注目されている。

ところが、人間が手に持って使用するポータブルデバイスの場合、力覚を提示することが困難である。先に述べた偏加速度提示装は、デバイスを把持しているユーザに任意方向の力を想起させることができるが、機構の周期的な運動により振動を生じてしまう。ジャイロモーメントを用いて力を提示する方法もある[4]が、装置が大型化する課題がある。

一方、我々の力知覚は皮膚感覚のみによっても生じることがわかっている。南澤らは物体把持時の垂直応力、せん断応力を提示するウェアラブルデバイスを提案し、皮膚感覚のみで疑似的に重さを知覚させられることを示した[5]。彼らの提案では、指を締め付ける手法を用いている。大きな力を錯覚させることができる反面、通常のポータブルデバイスに装着する汎用性にはやや欠けるとも思われる。これに対して、接触形状が異なれば、同じ押し込み量でも知覚されやすさに違いが生じること[6]や、同じ力でも神経活動総量を変えられること[7]が知られている。

そこで本研究では、ポータブルデバイスと皮膚の接触面の形状を動的に変化させることで、皮膚感覚による疑似的な力覚を提示する手法を提案する。

通常の触覚提示装置と異なる重要なポイントは、指で把持するポータブルデバイスを念頭に置いているため、指に

加わる力の総量を変化させずに錯覚を生じさせる必要があるという点である。

## 2. 提案手法

細い円柱が剣山のように密集した面を指先に提示することを考える。剣山状の面では平面よりもエッジ部分が多いため、皮膚の変形によるひずみエネルギーを増加させることができる。例えば図1のように穴のあいた板に指を触れていて、穴から剣山が生えてくれば、動的にひずみエネルギーを変化させることができる。このとき指の押し付け力が変化していないにも関わらず、力が強くなったと錯覚されるならば、システム全体として力の総和を変えずに擬似的な力を提示できることになる。

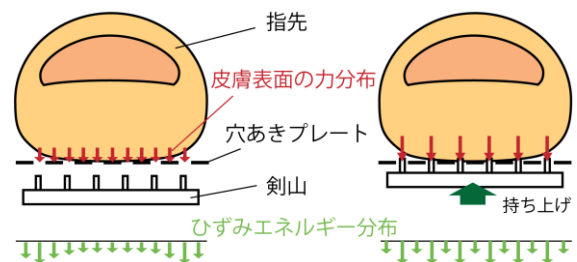


図1. 提案手法

本稿ではその第一段階として、ひずみエネルギーが大きくなることによって人間の力弁別能力が変化するか、それとも接触面形状の影響を脳内で補正して力を正確に判断できるのかを調べる実験を行う。

## 3. 実験

剣山のトゲの間隔は、小さすぎれば皮膚の厚みによって

凹凸がキャンセルされてしまうし、大きすぎればひずみエネルギーを生じる箇所が減るうえ、トゲが生えているとしか感じられず力の錯覚を起こさない可能性がある。そこで、今回の実験では、人間の指先の二点弁別閾が約 2.0mm、表皮の厚みが約 0.7mm であることを考慮し、直径 0.7mm のトゲを 1.0mm、1.5mm、2.0mm 間隔に最密充填構造で配置した三種類の剣山を用いる (図 2)。



図 2. 実験に使用した接触面

### 3.1 実験手順

剣山状の面を比較刺激とし、比較刺激と同じ外形をした平らな面を標準刺激とした。被験者は 20 代男性 4 名、右利きである。両掌を上に向けさせ、比較刺激・標準刺激をそれぞれの人差指の腹に左右同時に押し込んだ (図 3)。力センサにはロードセル (共和電業, LMA-A-5N) を、押し込みには直動アクチュエータ (ツカサ電工, TG-47A-LA-100P-KA) を用いた。標準刺激の押し込み力 130gw に対し、比較刺激は 50gw から 200gw の間で 10gw ずつ変化させた。被験者に重いと感じたほうを左右どちらかで回答させ、極限法により主観的等価点を求めた。また、対照実験として直径 7mm の円柱を同様に両人差指に押し込み、130gw に対する左右の主観的等価点をそれぞれの被験者について調べた。測定中は被験者にホワイトノイズを聞かせ、目をつぶらせた。測定は各被験者につき 2 回行った。

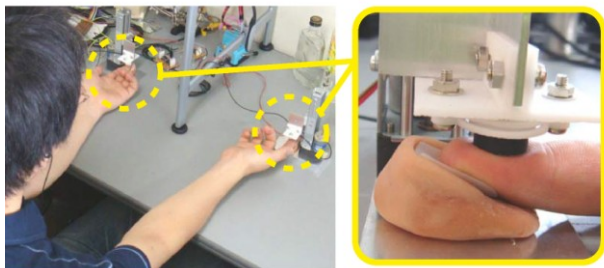


図 3. 実験装置と実験の様子

### 4.2 実験結果

対照実験で得られた、被験者それぞれの 130gw に対する左右の主観的等価点 (gw) を基準として、測定結果を正規化した。図 4 に横軸を剣山のトゲ間隔 (mm)、縦軸を正規化された主観的等価点の 4 人の被験者の平均値としたグラフを示す。右手に平面を、左手に剣山を押し込んだときを「右手標準」、左手に平面を、右手に剣山を押し込んだときを「左手標準」、さらにその平均値を「両手平均」としてグラフにプロットした。エラーバーは被験者 4 名の「右手標準」と「左手標準」の標準偏差である。

両手平均をみると、トゲ間隔が 1.0mm、1.5mm のときは約 10%~14% 剣山状接触面の主観的等価点が 1 を下回ることがわかる。一方、2.0mm の剣山の時、主観的等価点は両人差指とも 1 に近い。この結果は、2mm 以上の剣山ならひずみエネルギーが増えても実際の力がある程度正確に弁別できるのに対し、2mm 未満の剣山なら、力を実際より強く知覚させることができる可能性があることを示している。

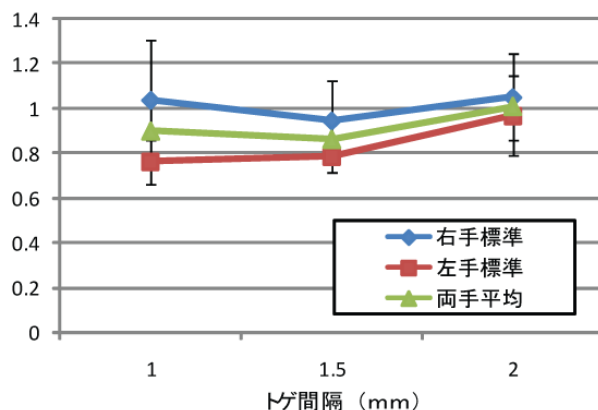


図 4. 被験者全体の平均 (主観的等価点を基準に正規化)

### 4. おわりに

本研究では、地面に固定されていない物体から人間に力感覚を提示することを目指し、皮膚感覚を利用した疑似的な力覚提示手法を提案した。その結果、人差指を用いた場合、トゲの間隔が 2.0mm 未満の剣山状の接触面になると、約 10~14% 力を強く感じさせることができる可能性が示された。

### 参考文献

- [1] I. Poupyrev et al. : Tactile interfaces for small touch screens. In proceedings of ACM UIST 2003, ACM Press. 2003.
- [2] Y. Sekiguchi et al. : Haptic Interface Using "Estimation of Box Contents" Metaphor, Proc. ICAT2003, pp.197-202, 2003.
- [3] 雨宮他 : 偏加速度周期運動による把持型方向誘導デバイスの開発, 日本 VR 学会第 9 回大会予稿集, 2004.
- [4] 吉江他 : ジャイロモーメントを用いた力覚提示装置, 日本 VR 学会論文誌, Vol. 7, No. 3, pp.329-337, 2002.
- [5] 南澤他 : バーチャルな物体の質量および内部ダイナミクスを提示する装着型触力覚ディスプレイ, 日本 VR 学会論文誌 Vol.13, No.1, pp.15-24 2008.
- [6] 坂口他 : 受動的力覚提示法の検討, ロボティクス・メカトロニクス講演会論文集, 2P2-E17, 2008.
- [7] Partap S. Khajsa et al. : Encoding of Shape and Orientation of Objects Indented Into the Monkey Fingerpad by Populations of Slowly and Rapidly Adapting Mechanoreceptors. The Journal of Neurophysiology Vol. 79 No. 6, pp. 3238-3251, 1998.