



おとひふ

音を使った肘皮膚の変形錯覚

Instructions for Preparation of Camera-ready Manuscripts
for Proceedings of the Virtual Reality Society of Japan

高橋奈里¹⁾, 佐藤優太郎¹⁾, 小鷹研理¹⁾
Nari TAKAHASHI, Yutaro SATO, and Kenri KODAKA

1) 名古屋市立大学 芸術工学研究科 (〒464-0083 名古屋市千種区北千種 2-1)

概要: スライムハンド錯覚は、選択的に皮膚イメージを変調させることができる錯覚である。我々は、錯覚が生起する理由として、皮膚が空間的な位置センサを持たない組織であることを挙げている。今回は、位置を視覚でなく、聴覚である音で示すことによっても、皮膚イメージの変調感覚を生起させることができるのか、アンケート調査を行い検証した。その結果、音の周波数の高低で遠近感を表現することで、主観的な皮膚の伸長感が得られた。

キーワード: ラバーハンド錯覚, スライムハンド錯覚

1. 背景

これまでに「まさに自分の身体である」という、身体所有感に関する研究例が多く報告されている。代表的な例が、Rubber Hand Illusion (RHI) である[1]。RHI は、体験者の手と偽物のラバーハンドに対して同期的な刺激を与えることで、あたかも自分の手がラバーハンドになったかのように感じる錯覚である。これは、視覚と触覚の多感覚的な統合によって生起する。

我々の研究室は、RHI と同じ錯覚のパラダイムで、手の皮膚の変形感覚を生起させる錯覚である Slime Hand Illusion (SHI) を発表した[2]。SHI は Mirror Visual Feedback (MVF) の環境を採用している。具体的な操作として、まず、鏡面側にスライムを、鏡背面側に体験者の実際の手を配置する。次に、実験者が体験者の手の甲の皮膚を引っ張る動作と連動させて、鏡面側のスライムをつまんで引っ張ることで、あたかも自分の皮膚が伸長したように感じる錯覚である。

我々は、皮膚領域に展開することが可能である SHI を、新たに耳介領域の皮膚に応用し、耳たぶの伸長感を生起させる Buddha Ear's Illusion (BEI) を発表した[3]。SHI と異なり、MVF の環境を利用せずとも、何もない空中を引っ張る (あたかも見えない耳たぶを引っ張る) ことで、体験者の耳たぶが視覚的に引っ張られた位置まで伸びたように感じる錯覚である。これは、SHI において、スライムがない状態、つまり、鏡面側の何もない空間をつまみ引っ張る動作を、鏡背面側の体験者の手に対して同期的に行うこと

によっても、皮膚の伸長感を得られる錯覚現象(Invisible Slime Hand Illusion; ISHI) に対応している。

このような多感覚統合によって生起する錯覚の事例において、聴覚と触覚とが手掛かりとなる例は少ない。しかし、これまでの研究例では、触覚刺激に対して音源の位置を遠ざけることで、参加者の知覚触覚距離が増加することが報告されている[4]。

本研究では、新たに我々が発見した、音の周波数を変化

図1 おとひふの概要

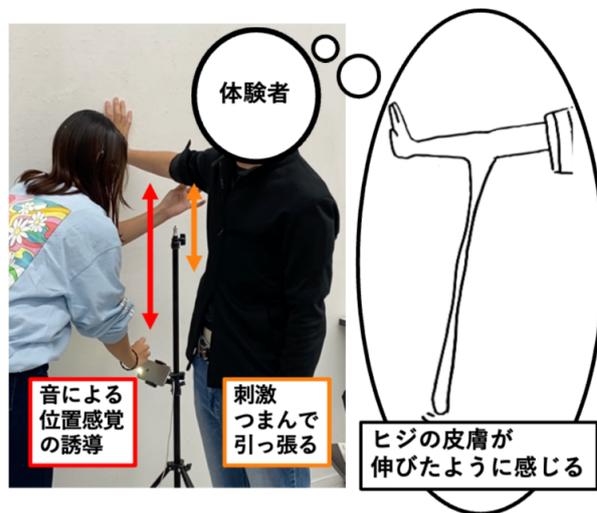


表1 アンケート項目

アンケート文	
Q1	ひじの皮膚が伸びたように感じた
Q2	床の位置を10としたときに、ひじはどれくらい伸びましたか

させる、つまり、音高を変化させて遠近感を表現することで、肘の皮膚が通常よりも伸長したような感覚が生起する錯覚（以下、「おとひふ」とする）を扱う。

具体的な操作としては、体験者は壁に手を当て、楽な姿勢をとる。実験者は、右手で体験者の肘の皮膚をつまみ、上下あるいは左右方向に引っ張るなどして、触覚刺激を与える。同時に左手では、音源装置（オタマミン；明和電機）を持ち、与える触覚刺激と同期的な動きを行う。音源装置は、明るさによって音の周波数を変化させることができ、周波数の高い音（高音刺激）になるほど、皮膚が伸びている状態に対応するように操作を行なった。

本研究では、このおとひふについて、ひじの皮膚の伸長感覚を主観評価アンケートにて尋ね、錯覚の基本的な効果を検証することを目的とした。

2. 実験

2.1 実験参加者

健康な大学生 20 名が実験に参加した。

2.2 実験装置

音源装置は、明和電機のオタマミンを使用した。オタマミンには、センサがついており、センサに光源を近づけたり遠ざけたりすることで、音の周波数を変化させた。本研究では、スマートフォン（Android）2 台のライトを光源として使用した。

おとひふの具体的な操作は、先述したように、体験者が壁に右手を当て直立した状態で、実験者は、左手で体験者の右肘の皮膚をつまんで引っ張った。右手で音源装置を持ち、光源に向かって近づけたり遠ざけたりすることで、皮膚の引っ張りと同期的な動きを行った。

2.3 実験手続き

実験条件を図 2 に示す。要因として、視覚要因（開眼条件 / 閉眼条件）と周波数要因（周波数変化あり条件 / 周波数変化なし条件）を設定した。よって、開眼・周波数変化あり、閉眼・周波数変化あり、閉眼・周波数変化なしの 3 条件における、錯覚の強度を比較した。

実験の流れを図 3 に示す。まず、おとひふを 30 秒～60 秒間実施した後に、肘の皮膚が伸びたように感じたかどうかを -3（全く感じない）～ +3（非常に強く感じる）の 7 段階で回答してもらった。次に、おとひふを肘から床まで 3 往復実施したのちに、床の位置を 10 としたときに、ひじはどれくらい伸びたかを 0～10 の 11 段階で回答してもらった。質問項目を表 1 に示す。

図2 実験条件

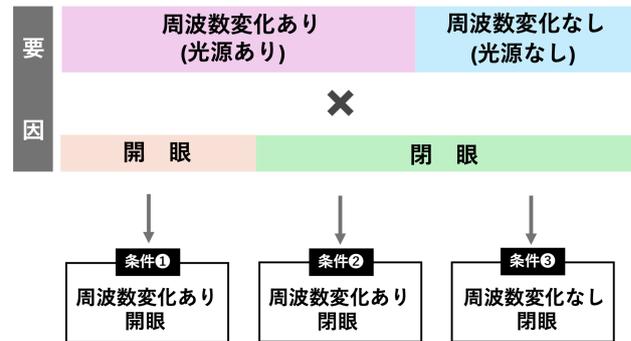


図3 実験の流れ

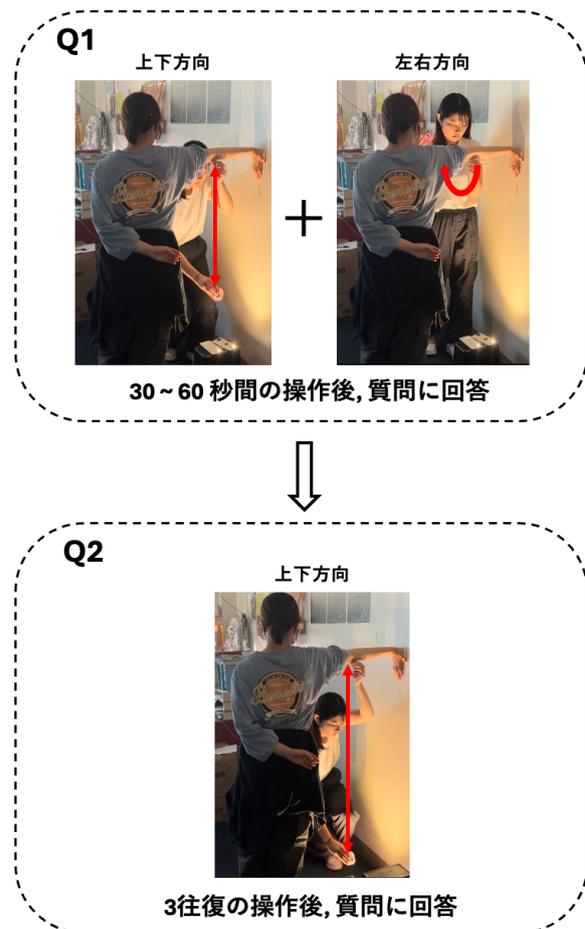
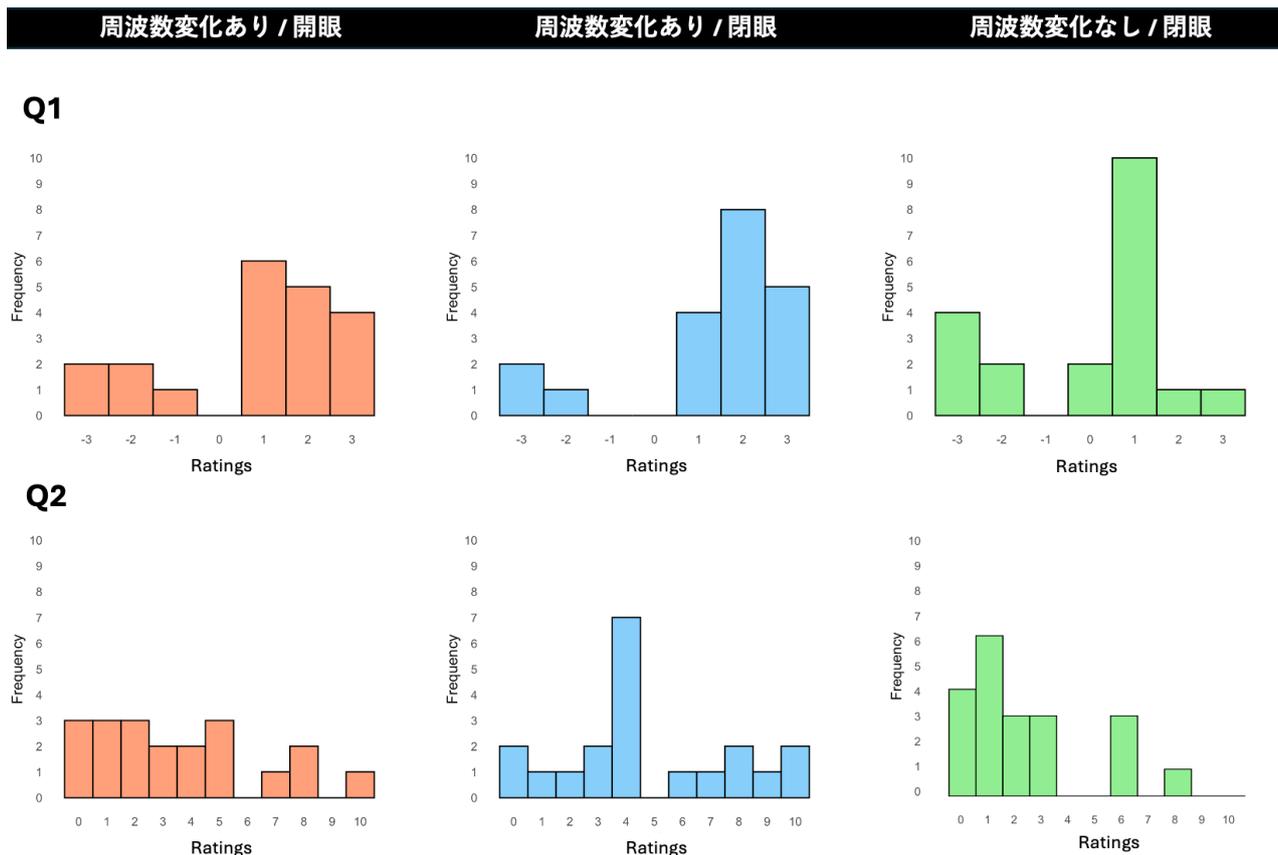


図4 結果



3. 結果

Q1, Q2 の結果をヒストグラムにまとめたものを図 4 に示す。

Q1, Q2 で得られたデータについて、対応のある t 検定を行なった。分析の結果、Q1, Q2 のいずれにおいても、閉眼/周波数変化あり条件と閉眼/周波数変化なし条件の間で有意な差が見られた(Q1 ; $t(19) = 5.27, p < .001$, Q2 ; $t(19) = 4.71, p < .001$)。つまり、閉眼状態では、周波数変化あり条件の方が周波数変化なし条件よりも有意に主観評価得点が高かった。

また、Q1 における各条件の平均値は、開眼/周波数変化あり : 0.85, 閉眼/周波数変化あり : 1.35, 閉眼/周波数変化なし : -0.05 であった。Q2 における各条件の平均値は、開眼/周波数変化あり : 3.55, 閉眼/周波数変化あり : 4.75, 閉眼/周波数変化なし : 2.35 であった。

4. 考察

本研究では、おとひふの主観的な錯覚効果について検証することを目的とした。また、錯覚が誘発される基礎的な状態について、刺激音の周波数条件と視覚条件から検証することを目的とした。その結果、錯覚の生起にあたり、刺激音の周波数を変化させる、つまり、音高の変化で何らかの位置情報を示すことが重要であることが明らかになった。また、皮膚の伸長感について、閉眼している状態で最も高い主観評価得点を得た。このことから、聴覚的な音

情報のみで、皮膚の伸長感覚が生起することが明らかになった。

参考文献

- [1] Botvinick, M., & Cohen, J. (1998). Rubber hands 'feel' touch that eyes see. *Nature*, 391(6669), 756–756. <https://doi.org/10.1038/35784>
- [2] Kodaka, K., Sato, Y., & Imai, K. (2022). The slime hand illusion: Nonproprioceptive ownership distortion specific to the skin region. *i-Perception*, 13(6), 204166952211377. <https://doi.org/10.1177/20416695221137731>
- [3] Kodaka, K., Sato, Y. (2024). Buddha's Ear Illusion: Immediate and Extensive Earlobe Deformation Through Visuotactile Stimulation. *I-Perception*, accepted
- [4] Tajadura-Jiménez, A., Väljamäe, A., Toshima, I., Kimura, T., Tsakiris, M., and Kitagawa, N. (2012). Action sounds recalibrate perceived tactile distance. *Curr. Biol.* 22, R516–R517. doi: 10.1016/j.cub.2012.04.028