

# 手掌部への振動提示による触覚的距離推定

○岡崎 龍太 (電気通信大学, 日本学術振興会 特別研究員)

梶本 裕之 (電気通信大学, 科学技術振興機構 さきがけ)

## Tactile Distance Perception by presenting Vibration to Palm

○Ryuta OKAZAKI (University of Electro-Communications, JSPS Research Fellow)

Hiroyuki KAJIMOTO (University of Electro-Communications, JST PRESTO)

Abstract: We focused on the perceived distance from hitting an object using a handheld stick and found that adding vibration to the thumb side shortened the perceived collision distance than adding vibration to the little-finger side. In this paper, we conducted an experiment to verify whether this perception will be induced by only artificial vibrations from actuators without the actual percussion.

### 1. はじめに

我々はこれまで、把持した棒で物体を叩く際に皮膚に伝わる振動に着目し、棒を把持した手元に伝わる振動の重心位置を人工的に変化させることで、知覚する衝突距離が変化することを明らかにした[1][2]。

把持棒による物体の打撃時、力学的には回転モーメント、並進力が発生し、それらは皮膚感覚および力覚によって知覚される可能性がある[3]。本稿はこのうち皮膚感覚が触覚的距離知覚に寄与しているかどうかを確認することを目標として研究を行ってきた。これまでの検証では把持棒で実際に物体を打撃し、その振動に人工的な振動を重畳することで振動の重心位置を変化させていたが、実際の打撃の際には力覚も生じるため、これまでに得られた結果に力覚が関与している可能性を排除しきれないと考えられる。

一方で、手に把持した棒による距離知覚に関連し、Yau と Hayward は手に把持した筒の中を球が転がる感覚を単純な振動のみで表現可能であることを報告している[4]。そこで本稿では実際の打撃を伴わず、受動的な打撃として手掌部に提示される振動の重心位置の変化のみで把持棒と物体の衝突距離が主観的に変化するかを基礎的検証を行った。

### 2. 実験

#### 2.1 実験システム

把持棒による物体打撃時の力覚の影響を排除するため、本実験ではこれまでに使用した実験デバイス[1]を一部改変し、物体打撃時の振動を記録・再生することで実際には打撃動作を行わずに物体打撃時の振動のみが把持棒手掌部に提示されるシステムを製作した。本システムはアルミパイプ(直径 15mm, 長さ 900mm, 重量 110g), 1 軸加速度センサ(±250G, ADXL193, SparkFun

Electronics), アクリル製グリップ, 振動子 2 個(Haptuator Mark II, TactileLabs), オーディオアンプ(RSDA202, Rasteme Systems Inc.), PC から構成される。

加速度センサをアルミパイプ上端に取り付け、その出力を PC に取り込むことで物体打撃時の振動が記録される(Fig. 1)。記録された振動は PC からオーディオアンプを介してアルミパイプ下方のアクリル製グリップの親指側および小指側の付け根部分に固定された 2 つの振動子より再生される(Fig. 2)。

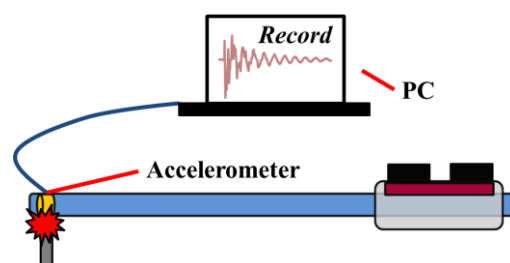


Fig. 1 Vibration of actual percussion was measured by accelerometer and recorded in computer.

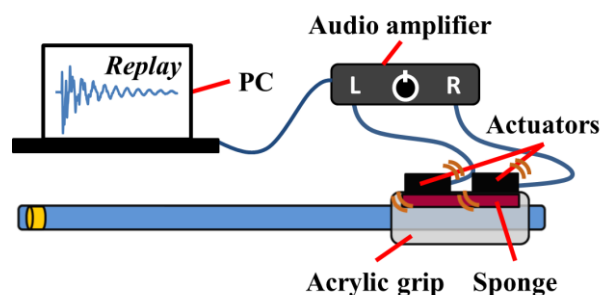


Fig. 2 Recorded vibration was presented to user's palm by actuators on the acrylic grip.

## 2.2 実験条件

本実験では実際の打撃を伴わず、手掌部に再生される打撃振動の重心位置の変化のみで把持棒と物体の衝突距離が主観的に変化するかを検証する。検証のためにあらかじめ実際の物体打撃時の振動を記録し、以下の3つの振動条件を用意した。(a)記録した振動を親指側の振動子のみから提示する (b)記録した振動を親指側、小指側両方の振動子から提示する (c)記録した振動を小指側の振動子のみから提示する。なお条件(b)では2つの振動子が駆動されるため、2つの振動子の合成加速度が他の条件と等しくなるように各振動子の振幅を調節した(Fig. 3)。

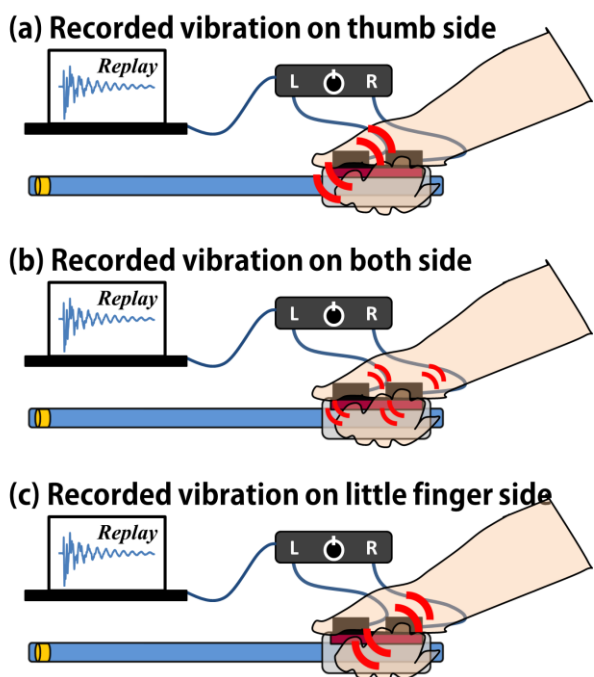


Fig. 3 Three different vibration conditions.

## 2.3 提示刺激

先述の(a), (b), (c)の振動条件による触覚的距離感の違いを被験者に比較させるため、(a)-(b), (a)-(c), (b)-(c)の3通りの組み合わせを提示刺激として用意した。各提示刺激は、まず100msの(a), (b), (c)のいずれかの条件の振動が700ms周期で5回提示された後、1000msの空白を挟んで他の条件の振動が5回提示される組み合わせから成る(Fig. 4)。被験者はデバイスを静止した状態で把持し、どちらの振動が提示された際により近くを打撃されているように知覚するかを強制二択で判定した。

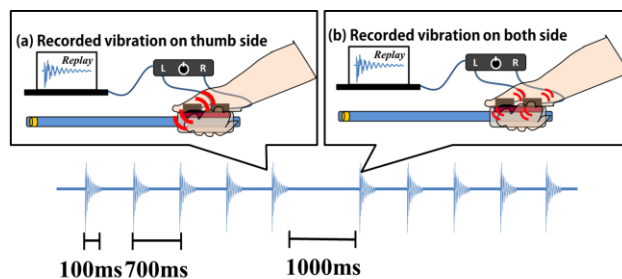


Fig. 4 Example of presented stimuli (a)-(b).

## 2.4 実験手続き

実験には6名の被験者が参加した(男性4名、女性2名、23-43歳、自己申告による触覚の障害無し)。被験者は椅子に座り、棒デバイスを右手で床に対して平行になるよう把持した。腕の疲労を防ぐため、デバイスの先端部分に支えとなる台を準備し、実験中はデバイス先端部分を台に載せた状態で静止させた。視聴覚によるバイアスを防ぐため、被験者の右側には壁を設置して棒形デバイスを目視できないようにし、また実験中はアクティブノイズキャンセリングヘッドホン(QuietComfort, BOSE)を装着し、不快に感じない最大の音量に調節したホワイトノイズが提示された。

実験開始とともに被験者には(a)-(b), (a)-(c), (b)-(c)のいずれかの提示刺激が提示された。被験者は各振動が提示された際、把持した棒の打撃位置を比較し、より手元に近い部分を打撃されているように感じた方の刺激を強制二択で口頭回答した。この時、判断に迷う場合は繰り返し刺激を提示することを許容した。これを1試行として提示刺激1組み合わせあたり8試行、計24試行をランダムに提示した。順序効果を防ぐため、半数の試行では刺激の順番を入れ替えた。実験の所要時間は1被験者あたり15-20分程度であった。

## 3. 実験結果・考察

全被験者の提示刺激ごとの実験結果をFig. 5からFig. 7に示す。各グラフの横軸は振動条件を、縦軸は振動を比較した際、より手元に近い部分を打撃されているように感じた割合を表す。

得られた実験結果に対してそれぞれ正確二項検定を行った所、親指側に打撃時の振動を再生した場合と小指側に振動を再生した場合を比較した(a)-(c)の組み合わせ(Fig. 5)では、親指側に打撃時の振動を再生した場合の方が手元の近くを打撃されたと感じる割合が有意に高いことが判明した。同様の傾向は、親指側と小指側両方に振動を提示した場合と小指側に振動を提示した場合を比較した(b)-(c)の組み合わせにおいても確認された(Fig. 6)。

これらの結果は、実際の打撃に振動を重畳して衝突

距離を回答させた先行研究の結果と合致しており、このことから実際の打撃を伴わずとも、手掌部の振動の重心位置の変化のみで把持棒と物体の衝突距離が主観的に変化することが示唆された。

しかしながら、親指側に打撃時の振動を再生した場合と親指側と小指側両方に振動を提示した場合を比較した(a)-(b)においては有意差は認められず、むしろ回答の割合としては親指側と小指側両方に振動を提示した場合(b)の方がやや大きい結果となった(Fig. 7).

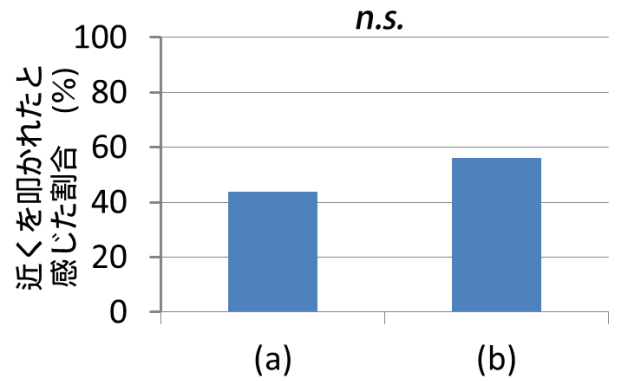


Fig. 7 Results of (a)-(b) condition.

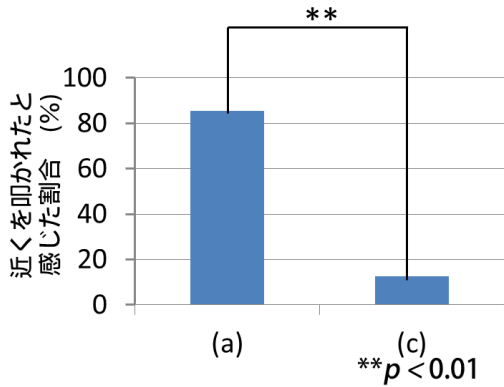


Fig. 5 Results of (a)-(c) condition.

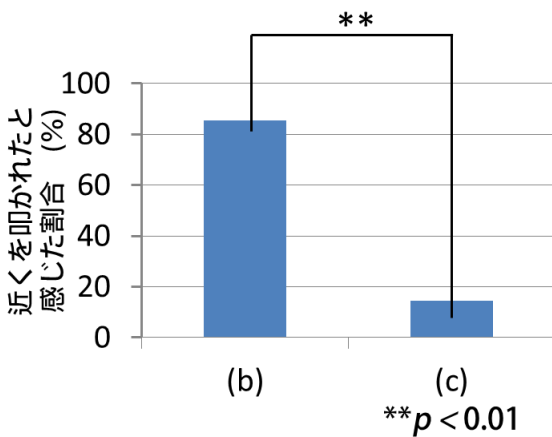


Fig. 6 Results of (b)-(c) condition.

#### 4. おわりに

本研究はこれまで、手に把持した棒を用いて他の物体を打撃する際に手掌部に伝わる振動によって物体と棒の衝突距離が知覚可能であるという現象の知覚メカニズムの解明を目的として研究を行ってきた。これまでに把持棒で物体を打撃する際に、親指側に振動を重畳した場合、小指側に振動を重畳するよりも物体と手元との衝突距離を短く知覚することが判明した。

本稿ではこれまでに得られた結果に力覚が関与している可能性を排除するため、実際の打撃を伴わず、受動的な打撃として手掌部に提示される振動の重心位置の変化のみで把持棒と物体の衝突距離が主観的に変化するか基礎的検証を行った。物体打撃時の振動を記録し、把持棒を静止させた条件で打撃振動を手掌部に提示する実験を行った。結果、実際の打撃を伴わず、手掌部の振動の重心位置の変化のみでも把持棒と物体の衝突距離が主観的に変化することが示唆された。

#### 参考文献

- [1] R. Okazaki and H. Kajimoto. Altering Distance Perception from Hitting with a Stick by Superimposing Vibration to Holding Hand. In Proceedings of EuroHaptics2014 (In press).
- [2] 岡崎 龍太, 梶本 裕之: 把持棒による物体打撃時の振動重心変化に伴う触覚的位置推定錯誤. ロボティクス・メカトロニクス講演会 2014 予稿, (富山, 日本, 5月 25-29 日, 2014).
- [3] W. Felicia and J. S. Zelek. Tactile & inertial patterns from a long white cane. In Proceedings of Biomedical Robotics and Biomechanics 2006, 519-524.
- [4] H.-Y. Yao and V. Hayward. An experiment on length perception with a virtual rolling stone. In Proceedings of Eurohaptics 2006, 325-330.