



適度な知覚のための振動検出閾値と刺激量の関係

Relationship Between Vibrotactile Detection Threshold and Intensity of the Stimulation for Appropriate Perception

佐久間瑞季¹⁾, 鬼頭勇氣¹⁾, 田中由浩¹⁾, 河島則天²⁾, 吉川雅博³⁾

Mizuki SAKUMA, Yuki KITO, Yoshihiro TANAKA, Noritaka KAWASHIMA, and Masahiro YOSHIKAWA

1) 名古屋工業大学 (〒466-8555 愛知県名古屋市昭和区御器所町)

2) 国立障害者リハビリテーションセンター研究所 (〒359-8555 埼玉県所沢市並木 4-1)

3) 大阪工業大学 (〒530-8568 大阪市北区茶屋町 1-45)

概要: 触覚の感度は部位によって異なり, 個人差もある. 近年開発の進む触覚ディスプレイの分野において, 感度と適度な知覚を与えるための刺激強度の関係をj知ること, 個人差の緩和や他の部位への適用など, デバイス設計に役立つ. 我々が研究開発している触覚付き装飾義手においても, 身体認識向上や安全性, 快適性において重要な設計因子である. そこで本研究では複数部位において振動検出閾値および適度な知覚を生む刺激量を調査した.

キーワード: 感度, 振動, 刺激量, 触覚提示

1. はじめに

近年開発の進む触覚ディスプレイは, 指先提示から他の身体部位への提示も着目されるようになった. 我々が研究開発をしている触覚機能付き装飾義手[1]においても, 義手で検知した振動をどの部位にどの程度の大きさでフィードバックするかは重要な設計因子である.

ここで, 触覚の感度は部位に応じて異なり, 個人差もある. 鬼頭ら[2]は, 指先, 手の甲, 前腕において各周波数における振動検出閾値を調べた. その結果, 指先, 手の甲, 前腕の順で特に高周波帯の振動閾値が大きくなることが確認された. したがって, どの程度の刺激量を与えれば, 適度な知覚を得られるかは部位ごとに異なる可能性が推測される. この刺激量を試行錯誤的ではなく, システムティックに決定できれば, 各部位に対して適切で, かつ個人の主観に左右されない触覚刺激の強度設計を簡潔に行えるようになる可能性がある.

そこで本研究では, 適切な触覚刺激量の設計指針を得るための最初の取り組みとして, 前腕や上腕を含む手以外の部位も加えて, 振動検出閾値および適度な知覚を生む刺激量を調査し, その関係を考察した.

2. 実験装置

実験では図 1 に示す振動提示装置を用いた. 本装置は, 刺激用の振動子(アクーヴラボ, Vibro-Transducer Vp2), 振動の振幅計測用の加速度センサ(昭和測器, 2302B),

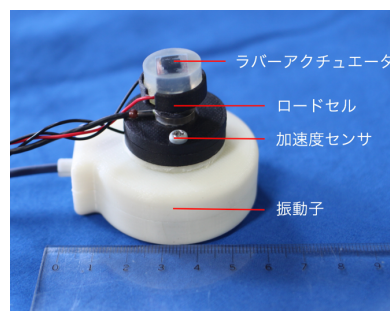


図 1 振動提示装置

接触荷重を計測するためのロードセル(共和電業, LMA-A)から構成され, それらがプラスチックケースに内蔵されている. 振動子はアンプとファンクションジェネレータに接続され制御された. 皮膚への接触部分には, 開発している触覚機能付き装飾義手で振動子として使用を試行しているラバーアクチュエータ(住友理工)を用いた.

3. 実験方法

3.1 対象部位および振動刺激

本実験では, 図 2 に示すように各被験者の指先, 手の甲, 前腕の掌側, 前腕の手の甲側, 上腕の掌側, 上腕の甲側に振動刺激を与えた.

また, モニターにロードセルからの押し付け力の情報を表示することで, 実験者は対象表面への振動子の押し付け力を一定に保った. 実験条件として接触荷重を 0.5 N

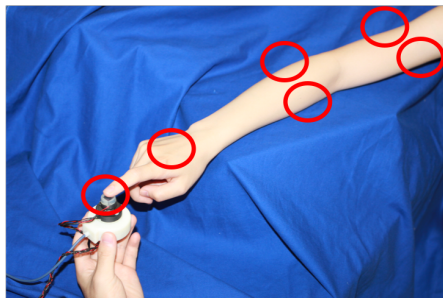


図2 刺激位置

と設定し、振動の周波数はヒトが振動に対して感度が高い200Hzとした。被験者は21-24歳の男性3名、女性2名である。

3.2 振動検出閾値と適度な知覚を生む刺激量の計測

本研究では各部位に対してそれぞれ振動検出閾値 P_{th} と適度な知覚を生む刺激量 P_v を計測した。初めに、振動検出閾値について極限法を用いて計測した。上昇、下降系列について各3回計6回実験を行い、平均値を P_{th} とした。

次に、図3に示す凹凸のついたプレートを手指先でなぞっている映像を被験者に提示し、被験者自身が振動提示装置の振幅を調整することで、この映像で想起する適度な知覚を生む刺激量 P_v を決定した。なお、実験に用いたこの映像は、規則的な凹凸のついた試料を200Hzの皮膚振動が発生するような速度120mm/sでなぞったものである。

4. 実験結果

P_v は P_{th} よりも大きくなるため、 P_v と P_{th} の関係を以下の式で表し、各部位について K を求めた。

$$P_v = KP_{th} \quad (1)$$

実験結果を図4に示す。図4より P_{th} が小さい範囲で、 K について個人差や部位によるばらつきが大きくなっていることが確認できる。 P_{th} が大きくなるにつれて、 K が指数関数的に小さくなる傾向が見られ、個人差や部位によるばらつきも同様に小さくなることを確認できる。また、 P_{th} が大きい範囲では、 K は5程度の値に収束し、大きな変動がないように見られた。

5. 考察

全体として P_{th} と K との間には関係があるように見られ、 P_{th} が大きくなるにつれて K が小さくなる傾向が確認で

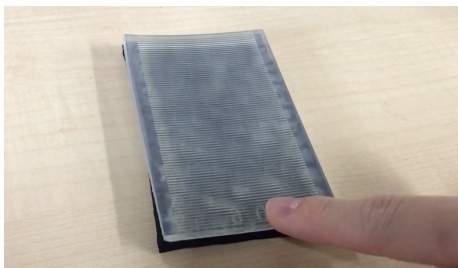


図3 実験で使用した映像

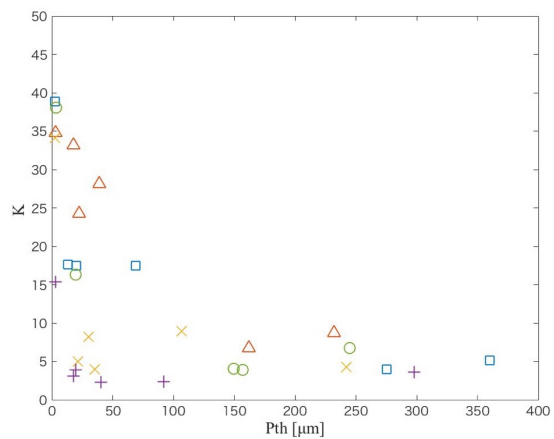


図4 P_{th} - K の関係（同色同マーカーは同じ被験者を表し、各々の部位に対する結果を示す）

きた。特に、 P_{th} が小さい時に K の変動は大きく、 P_{th} が大きい時は K の変動が小さく、およそ150 μ m以上の P_{th} については、 K が5程度に収束するように見られた。この結果から、振動検出閾値を求めることにより、適切な刺激量を求めることができる可能性が示唆された。また、 P_{th} と K の関係は非線形であり、ヒトの感覚量と刺激量にはウェーバー・フェヒナーの法則にある非線形の関係があることから、同法則が P_{th} と P_v の関係に関与していることが考えられる。今後、各部での感覚量の変化を調べて考察を深めたい。

また本実験では、適度な知覚の基準として、図3の映像から想起できる振動とした。図4で示した関係は、基準とする触覚情報に影響されると考えられる。基準は提示したい目的によると考えられるが、どのように基準を選択するか、またどのように提示するかについて検討が必要である。

6. まとめ

本稿では、各部位の振動検出閾値 P_{th} および適度な知覚を生む刺激量 P_v を計測し、両者の関係を考察した。その結果、両者の割合 K は感度の良い部位や人について大きく、感度の悪い部位や人について小さくなる傾向にあった。今後、ウェーバー・フェヒナーの法則との関連を検討したい。

なお、本研究は日本学術振興会科学研究費補助金(基盤研究A(一般)17H01252)の支援により実施された。また、ラバーアクチュエータについて住友理工株式会社より支援を受けた。ここに感謝を示す。

7. 参考文献

- [1] 鬼頭勇氣, 田中由浩, 河島則天, 吉川雅博: 振動の検知と呈示による義手への触覚付与に向けた基礎検討, 第19回SICEシステムインテグレーション部門講演会論文集, pp. 536, 2018.
- [2] 鬼頭勇氣, 田中由浩, 河島則天, 吉川雅博: ヒトの部位別による振動検出閾値の調査, 第36回日本ロボット学会学術講演会, 2J1-07, 2018.