

疲労を推定する体重計型デバイスの開発

— 触覚をより身近な存在にする“以振伝振”の開発 —

1. 背景

これだけ情報化が進んだ世の中でも、特に触覚情報が人の生活ではあまり活用されていない。触覚は私たちの感覚の一つであり、無意識のうちに日々様々なシーンで役立っている。触覚をより身近な存在にするために、人がどう感じるかを取得する必要があるが、取得には現場レベルでの課題がいくつか存在する。

2. 目的

本プロジェクトでは、振動を用いて人の振動覚感度に関連するアプリケーションとデバイスの提案・開発を行った。触覚情報で人の生活を良くするには、振動覚感度の測定ハードルを下げる必要があると考える。現状、振動覚感度は人の認知バイアスを測定結果から取り除くため、心理物理実験によって測定されるが、通常 15 分以上はかかってしまう。情報を取得するために長時間かかってしまったら、生活に触覚情報が浸透していかない。本プロジェクトでは、振動覚感度の活用先を広く模索しつつ、自分の触覚状態を 1 分以内に取得することを目標とし、人が自分の振動覚感度を知りたいと思わせることを目的とした。

なお、プロジェクト開始当初は、振動覚感度から疲労度の推定ができるのではないかという仮説を立てた。その可能性と手法を探った上で、足裏の感度から疲労度がチェックできる体重計型デバイスの開発を目指していた。プロジェクトを進めていく中で、振動覚感度と疲労度の間に明確な相関がないことを発見したため、本プロジェクトは振動覚感度の活用先を、疲労度の推定とは異なるアプリケーションとして実装することにした。

3. 開発の内容

3.1. 概要

コンセプトは、「身体の感度チェックを 1 人で行い、自身の感覚状態を可視化すること」である。ユーザの運動動作から振動覚感度を推定するアプリケーション“以振”と、全身に振動提示可能な振動提示機構“伝振”を開発した。さらに可視化された感覚状態を活用する例として、疲労との関連調査と振動で遊ぶ触覚ゲームのプロトタイピングを行った(図 1)。



図 1: “以振伝振”とボードゲーム

3.2. “以振伝振”システム

“以振伝振”システムは感度チェックを行うための振動生成機構のアプリケーションである。“以振”とユーザに振動を提示するハードウェアの“伝振”の 2 つから構成される。“以振”アプリケーションでは、ユーザが刺激を知覚したことを、ユーザの運動動作から推定するような計測形式を模索した。アプリケーションは図 2 に示すような 2 つのウィンドウから構成され、ユーザはこの UI 上の橙色円の上を数回なぞるような動作が求められる。推定された振動覚感度はいつでも画面下方にあるボタン“Tap here”をタップすることで、橙円の統計値と比較して青色曲線として認識できる。

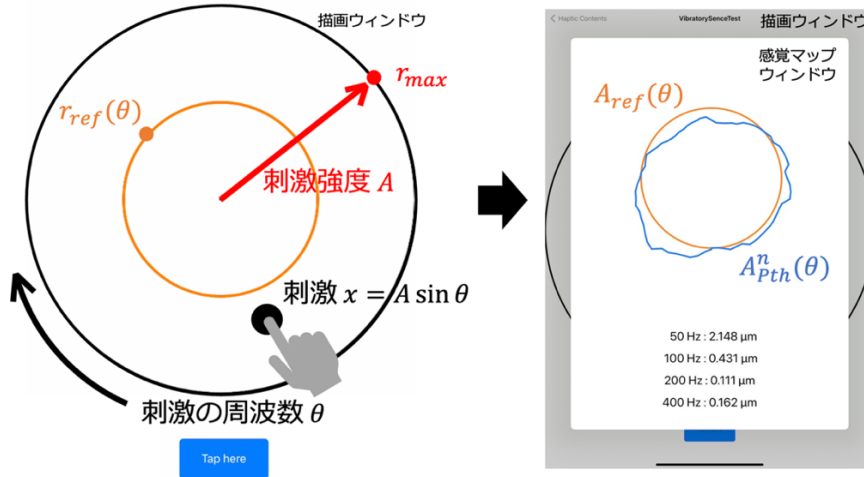


図 2: “以振”のユーザ画面

ユーザがタッチした座標に対応して刺激 $x = A \sin \theta$ が生成され、後に詳しく述べる“伝振”デバイスを通じてユーザに提示される。この際にユーザにとって、刺激が強いと感じた場合は円の中心方向に向かうようにして円を歪ませて描く。逆に弱いと感じた場合には円の外側に向かうようにして円を歪ませて描く。何回か繰り返すうちに、後に詳しく述べる収束アルゴリズムによってユーザは橙色円とほとんど同じ円が描けるようになる。画面下方にあるボタン“Tap here”から自身の振動覚感度を統計的な値と比較して確認することができる。

収束アルゴリズムについて説明する。ユーザが n 回目タッチした極座標の振幅を $r^n(\theta)$ 、角度を φ とする。ユーザに提示される n 回目の刺激強度を A^n 、刺激の周波数を θ とし、タッチした座標の角度と等しい ($\theta = \varphi$)。 n 目に表示される暫定の振動覚感度を $A_{Pth}^n(\theta)$ とし、この暫定の振動覚感度は試行回数を重ねて逐次更新される。以下に式を示す。ただし、暫定の振動覚感度の初期値 $A_{Pth}^0(\theta) = A_{ref}(\theta)$ は指先の母指球における統計的な振動覚感度、 $r_{ref}(\theta) = \text{一定}$ とする。

$$A_{Pth}^n(\theta) = A_{Pth}^{n-1}(\theta) * \frac{r^n(\theta)}{r_{ref}(\theta)}, \varphi = \theta.$$

次にハードウェア(“伝振”)を解体した様子を図 3 に表す。筐体は 3 つ分類されており、図 3 の左から順に、筐体下部、振動子、プリント基板、Bluetooth アンテナ、LiPo バッテリー、スライド式スイッチ、アクリルスペーサ、ジョイント部、マグネット給電構造に分けられる。このデバイスの特徴は、全身に身につけられるようにジョイントとバングルと、十分な振動強度が提示できる無線通信の基板を開発したことである。

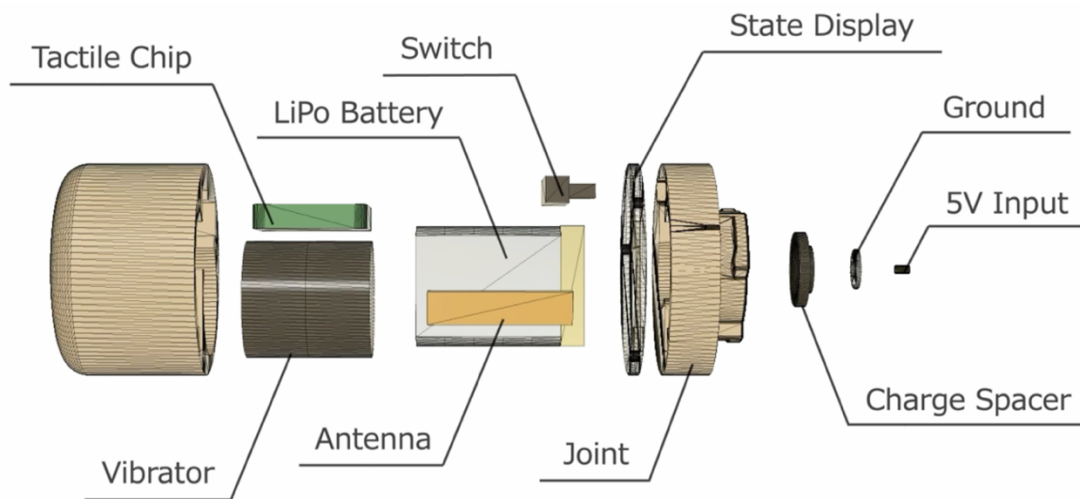


図 3: “伝振”の内部構造

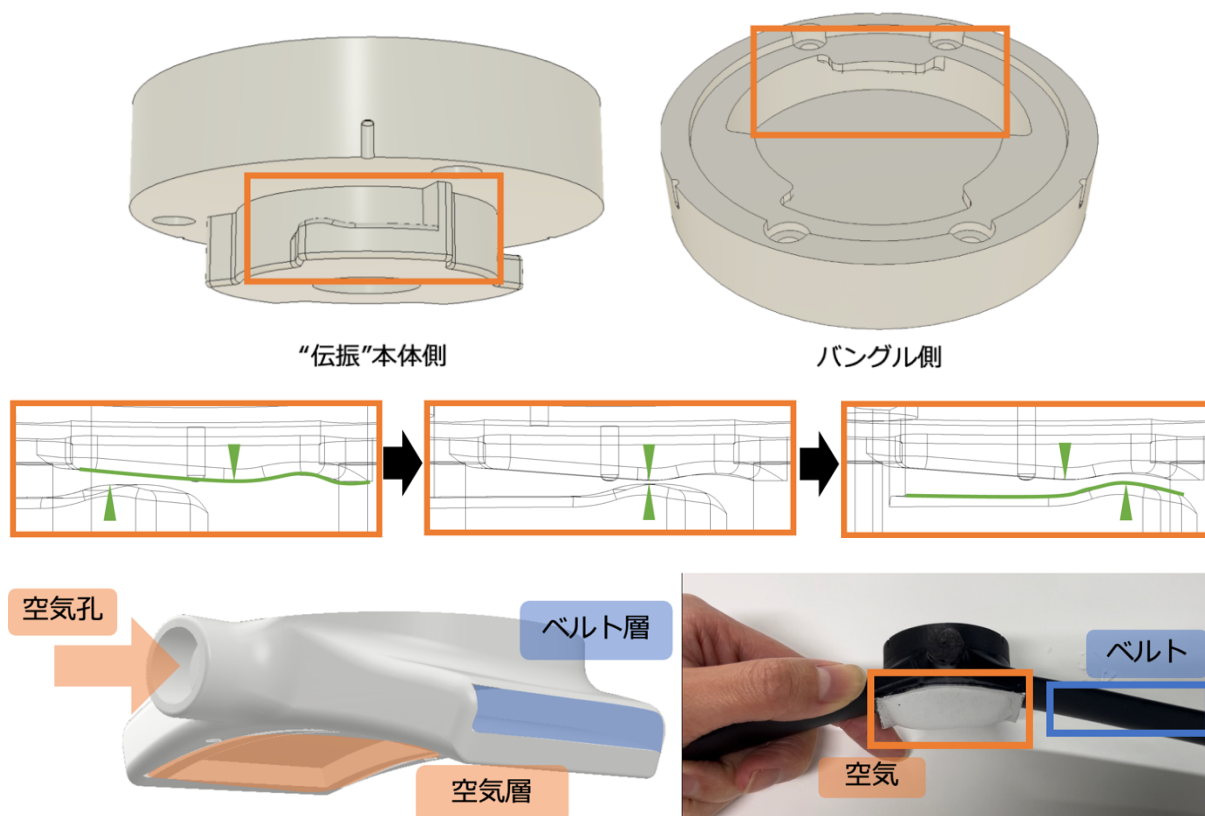


図 4: “伝振”のジョイント部と専用バングル

“伝振”デバイスを身体に装着する際、振動の質感を下げないために、各パーツの密着性が重要である。これを可能にするため、図 4(上段)に示すように、ジョイントとバングルとの固定では爪構造を採用した。図 4(中段)では、凹凸の部分拡大した図であり、“伝振”デバイスとバングルが回転によって固定されていく様子を示しており、“カチッ”という触感が得られるよう工夫されている。この工夫によって、ユーザがバングルと固定するために、どこまで“伝振”デバイスを回すのかがわかり、不完全な状態で取り付けられることを防ぐ。また、振動によって固定された状態から緩んでしまうことを防ぐ。バングルでは空気層とベルト層

を有しており、バングルの下部を任意の大きさに膨らませることができる。これによって、くるぶしや手首など肌表面に骨が出っ張るような複雑な肌表面でも痛くなく、かつ振動の伝達が良くなるよう工夫した。

4. 従来の技術(または機能)との相違

背景で述べた課題と以振伝振システム導入による対策を以下にまとめる。

- 測定時間が長いことでユーザへの負荷が高いこと
⇒ 1 試行あたり必要な時間は 30 秒程度で 50~400Hz の刺激に対する感度が計測可能
- 測定のユーザ体験が実験的であり、ユーザが測定を退屈に感じる事
⇒ 円を描いて橙色円と重なることを目指す体験で計測感を緩和した
- 測定される感度の個人差が大きいため、刺激のダイナミックレンジの調整が難しいこと
⇒ 伝振デバイスで提示できる刺激の最大値は、50~400Hz の刺激で手の母指球の感度の 40 倍の大きさまで可能である。
- ユーザが刺激を知覚していても認識できないため、適切なトレーニングを要すること
⇒ 上記にあるように刺激がわからなければ黒色円上をタッチすることで、十分大きな刺激が得られ、刺激がわからないことを防ぎことができる。

5. 期待される効果

感度測定を通じて、人の触覚感度を定量的に取得することで、閉じている感覚を他者と共有することができる。デジタル化した触覚を誰が感じて同じように解釈できるよう変換することができるようになる。また、触覚をデジタル化することで、既存のゲームデバイスなどで触覚を用いたユーザとのインタラクションの幅を増やすことも期待できる。

6. 普及(または活用)の見通し

振動覚感度と疲労との関係性は認められなかったものの、本システムによって感じ方が見える化しやすくなった。振動の感じ方は人それぞれであり、振動の種類によっても感じる大きさにも個人差がある。感じた触覚を言語化することが難しいことを逆手に、振動を使ったテーブルトークゲームには可能性を感じている。他者の独特な過去の経験や感じ方の違いを通じて会話を楽しむ時間をユーザに提供したい。

7. クリエータ名(所属)

- 北道 広大(名古屋工業大学 大学院工学研究科)
- 村山 大騎(名古屋工業大学 大学院工学研究科)
- 鶴岡 萌捺(名古屋工業大学 創造工学教育課程)
- 中村 優真(名古屋工業大学 大学院工学研究科)