

触感レンダリングのための 振動信号合成に関する基礎検討

○ 川添 杏 (創価大学), 仲谷 正史 (東京大学)
南澤 孝太 (慶應義塾大学), 舘 暲 (東京大学)

研究背景(1)

- 振動触感技術の技術開発・製品応用が盛んに行われている。



TECHTILE toolkit

Apple Watch

Smart phone

研究背景(2)

■ 従来の振動触感の記録と再生方法

マイクロフォンを接触させて
素材との摩擦振動を記録



素材



マイクロフォン

振動子から
記録した振動を再生



振動子



■ 振動触覚信号を合成して、所望の触感を生成する。

本研究の目的

◆信号合成を行う上で考慮すべき特性

- 人の指の感覚強度には個人差がある。
- 振動子の周波数ごとの出力特性がある。

◆2つの実験から次の特性を明らかにする

- 実験1：人の指の感覚強度特性の測定実験
- 実験2：振動子の周波数特性の計測実験

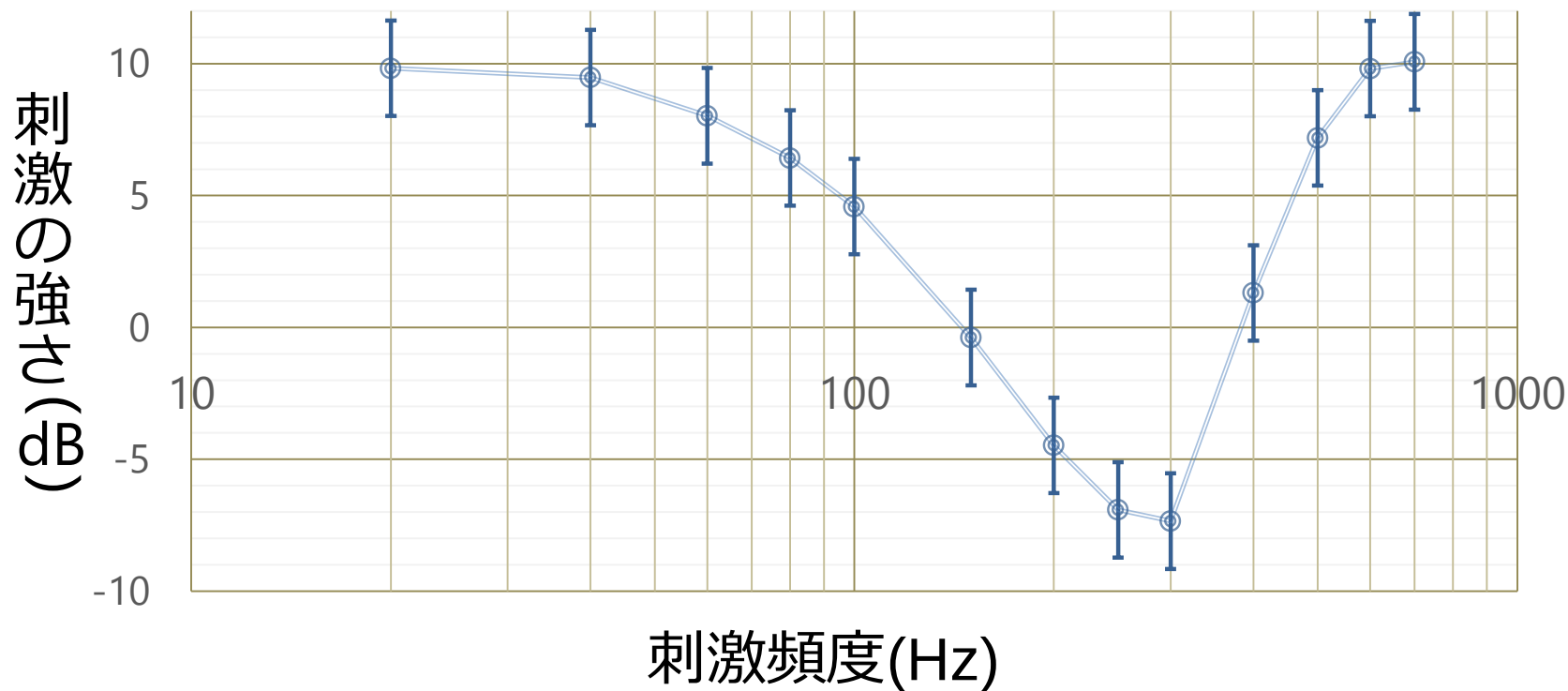
実験 1 人の指の感覚強度特性の測定実験手順

1. TECHTILE toolkitから正弦波の振動刺激を呈示
 - 振動刺激には正弦波（20, 40, 60, 80, 100, 150, 200, 250, 300, 400, 500, 600, 700Hz）を用いた。
 - 振動子にはForce Reactor L-type (ALPS Inc.)を用いた。
2. 被験者は標準刺激の強度と同強度に感じられる強度に振動刺激の強度を調節
 - 標準刺激には正弦波の400Hzを用いた。

実験手順1～2を5試行行い、各周波数の平均をその周波数における感覚強度とした。

実験 1 結果

指における振動刺激の感覚強度の校正曲線 (N=20)



実験2 振動子の振動出力波形計測実験手順

1. 振動子上部に加速度センサを貼付
TECHTILE toolkitから正弦波の各13周波数の振動を提示
➤ 各周波数の振動強度は感覚強度の校正曲線に基づいて提示
2. 加速度センサの3軸(x,y,z)方向の値と
TECHTILE toolkitから出力された振動子への入力信号を
AD変換器(NI USB6009)を用いて10kHzでサンプリング
3. LabViewで3軸合成加速度を算出

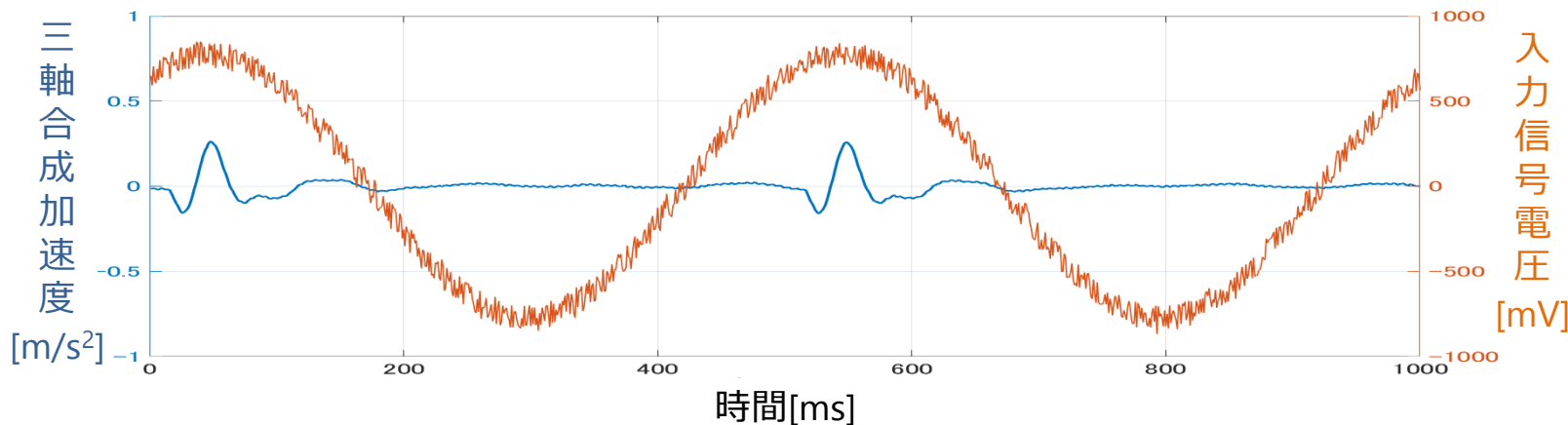
$$\alpha_{xyz} = \sqrt{\alpha_x^2 + \alpha_y^2 + \alpha_z^2}$$

α_{xyz} : 3軸合成加速度, $\alpha_x, \alpha_y, \alpha_z$: X,Y,Z軸方向加速度

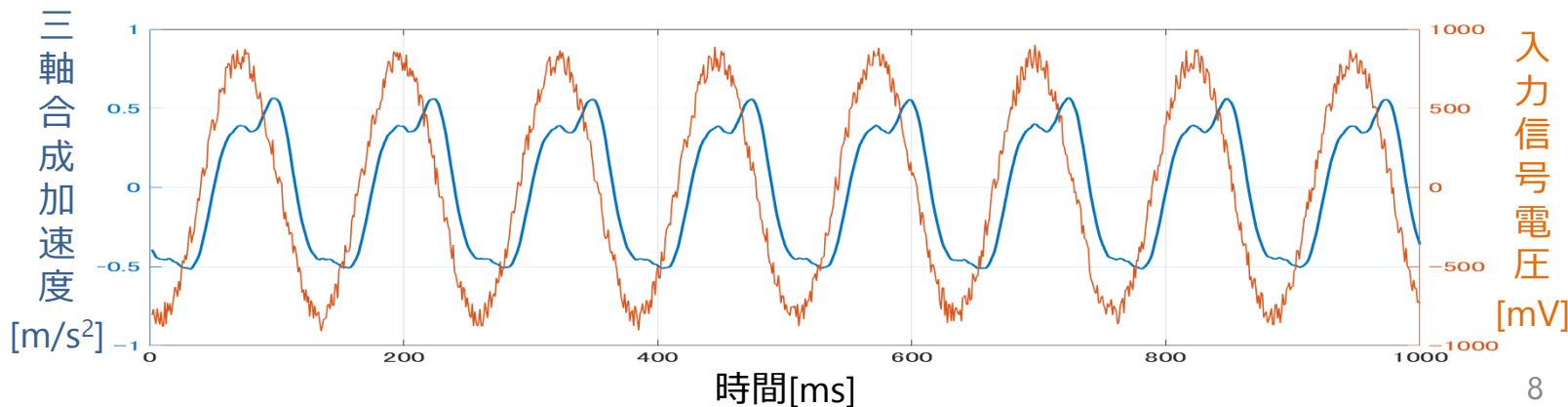
実験2 結果 (1)

■ 振動出力波形計測結果 (20, 80Hzの低周波数)

20Hz



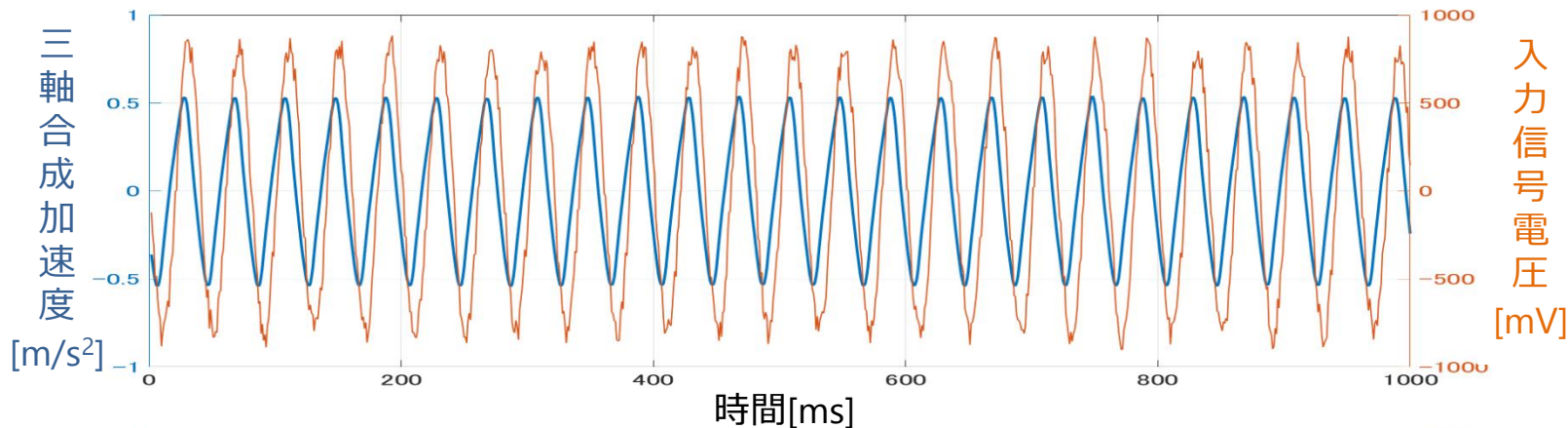
80Hz



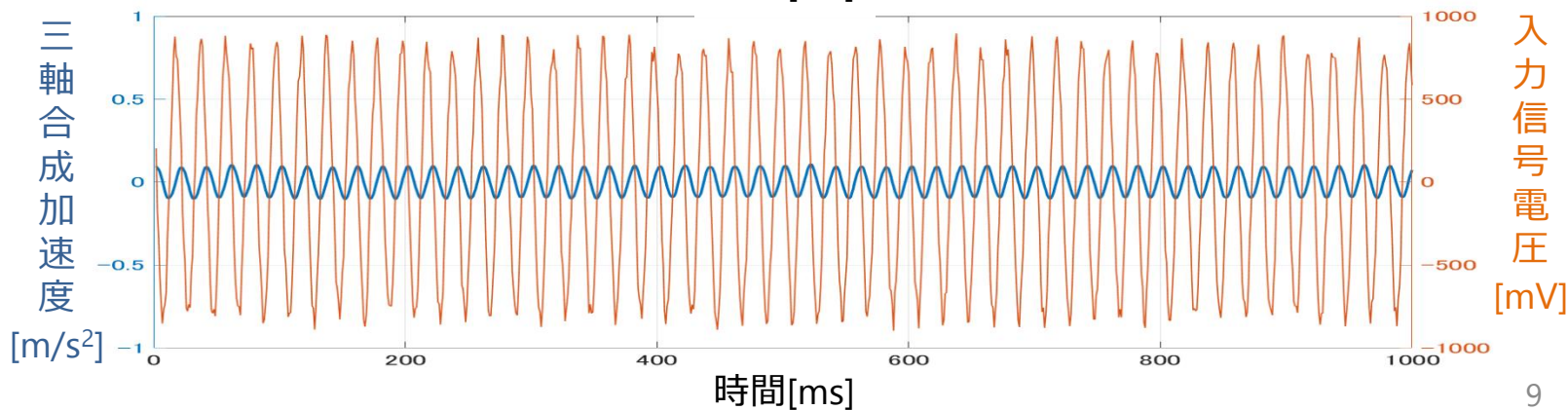
実験2 結果 (2)

■ 振動出力波形計測結果 (250, 500Hzの高周波数)

250Hz



500Hz



考察

■ 実験1 人の指の感覚強度特性の測定実験

- 感覚強度の校正曲線を用いて、どの周波数帯でも感覚強度が一定の振動触覚提示が可能

■ 実験2 振動子の周波数特性の計測実験

- 少なくとも80Hz以下で共振の特性が見られる

二つ以上の振動周波数を合成し触覚信号を作る場合、以上の点を考慮する必要がある。

まとめと今後の展望

- 目的 振動触感の合成生成を行うための基礎検討
- 実験
 - ・ 人の指の感覚強度特性の測定実験
 - ・ 振動子の周波数特性の計測実験
- 考察
 - ・ 振動感覚の感覚強度の校正曲線より
感覚強度一定での振動触覚提示が可能
 - ・ 出力振動振幅波形が非正弦波の周波数帯を確認
- ◆ 今後の展望
 - ・ 正弦波を合成した信号を入力した際に
出力波形が入力波形と一致するか検討をする。
 - ・ 各振動周波数に対する触感評価を行う。

今後、どのように触感の合成生成を行うのか

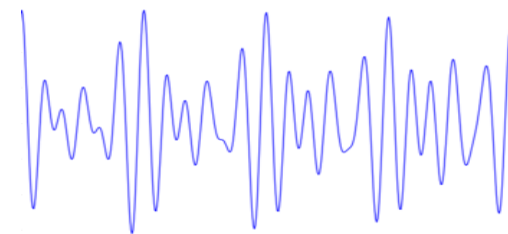
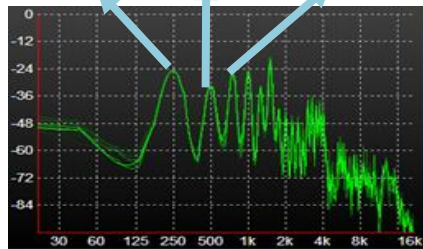


摩擦振動の波形を取得



$$F_1 + F_2 + F_3 + \dots$$

$$F'_1 + F'_2 + F'_3$$



正弦波を足し合わせて
振動を合成生成

スペクトル解析を行う

ご清聴ありがとうございました。