

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)

Vibrotactile Signal Synthesis for Haptic Rendering

○Anzu Kawazoe (Soka University), Masashi Nakatani (The University of Tokyo),
Kouta Minamizawa (Keio University) and Susumu Tachi (The University of Tokyo)

Abstract: In this study, we conducted basic study on vibrotactile stimulation. We obtained a calibration curve in order to provide vibrotactile feedback with the same intensity with different frequencies. In the second experiment we measured the output waveforms generated by providing sinusoidal vibrations. Our result may provide basic design method how we synthesize vibrotactile signals by combining sinusoidal waves of different frequencies.

1. はじめに

近年では、振動触覚技術を用いた触覚ディスプレイの開発や振動触感に関する触感提示技法が多く検討されてきている^[1]. 特に、スマートフォンやゲームコントローラのような電子機器に加えて、宣伝広告などにも触覚技術が採用されるようになってきた. 触れることを念頭に入れた操作やユーザ体験の開発に社会的な関心が集まっている^[2].

振動触覚の提示においては、TECHTILE toolkit のようにマイクロフォンを用いて音響信号を記録し、振動子を利用して触感を再生する方法がある^[3]. 一方で、所望の触感の生成が可能になれば、触感記録デバイス無しで VR システム開発時の触感レンダリングへの応用が期待できる. この際には人の触感の知覚特性を検討することで、より適切な触感の生成と提示を可能にできると考えられる.

そこで本研究では、人の指の感覚強度特性と振動子の周波数特性を計測し、所望の触感を生成するための基礎検討を行った.

2. 実験 1 周波数ごとの振動感覚強度

2.1 振動刺激の感覚強度測定実験

実験参加者 (20名, 20~30代) に対して、13種類の異なる振動周波数 (20, 40, 60, 80, 100, 150, 200, 250, 300, 400, 500, 600, 700Hz) の正弦波振動触覚刺激に対して指先の感覚強度測定を行った.

2.2 手順

実験手順を以下に示す.

- 1) TECHTILE toolkit を用いて、各周波数の正弦波を入力し、振動触覚刺激を提示した. 振動子は Force Reactor AF(ALPS, L-type) を用いた. TECHTILE toolkit へ入力する正弦波信号は PC より再生した.

指における振動刺激の感覚強度の構成曲線

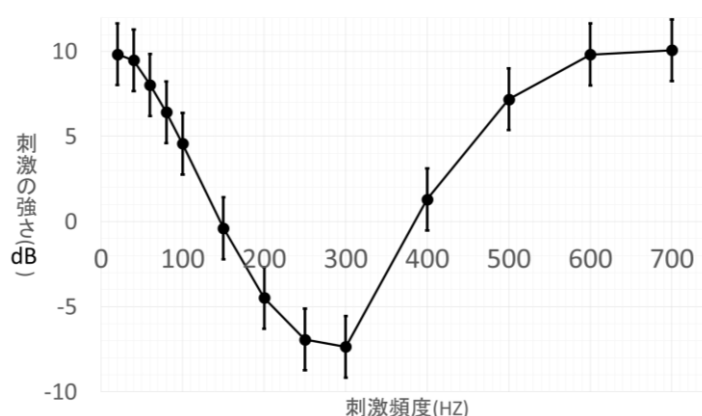


図 1 指における振動刺激の感覚強度の校正曲線

実験プログラムは PsychoPy v1.82 で作成した.

- 2) 実験参加者は、指先に取り付けられた軽量の治具を利用して振動子に触れた. 標準振動刺激 (400Hz, $V_{p-p}=1.0V$ を 0dB とする) に対して 13 種類の周波数の振動刺激を提示し、その振幅を同強度と感じる強度に調節をさせた.
- 3) 手順 1~2 を各周波数で 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.

2.3 実験結果

振動刺激の感覚強度測定実験の結果を図 1 に示す. 横軸に入力周波数を示し、縦軸に振動刺激の強さを示している. 振動刺激の強さは 400Hz の振動入力信号の振幅を 0dB とした. 結果、250-300Hz の間で、もっとも振動入力強度が小さくても標準刺激と同じ強度と感じられることがわかった. これは L-type の共振特性と一致している^[4].

3. 実験2 振動子の振動出力波形計測

13 周波数の正弦関数波を入力した際に振動子から出力されている振動刺激波形を加速度センサ(浅草ギ研, AS-3ACC-3)で計測を行った。

3.1 実験手順

計測手順を以下に示す。

- 1) 振動子上部に加速度センサを貼り付け、TECHTILE Toolkit を用いて、感覚強度の測定実験で得られた校正曲線に基づき、振動提示を行った。
- 2) 加速度センサの Z 軸方向の出力信号をオーディオインターフェイス(Quad-Capture, UA-55, Roland)によって読み取り、信号測定ソフトウェア(Wave Spectra Ver. 1.5.1)で出力波形を計測した。

3.2 実験結果

代表的な特徴が測定された 7 周波数(80, 100, 150, 250, 300, 500, 700Hz)の計測結果を図 2 に示す。縦軸に振幅を示し、横軸に時間[ms]を示す。加速度計から得られた振動波形の特性から、250Hz 以上の周波数帯では入力信号と同じ振動周波数の正弦波が観測された。一方、

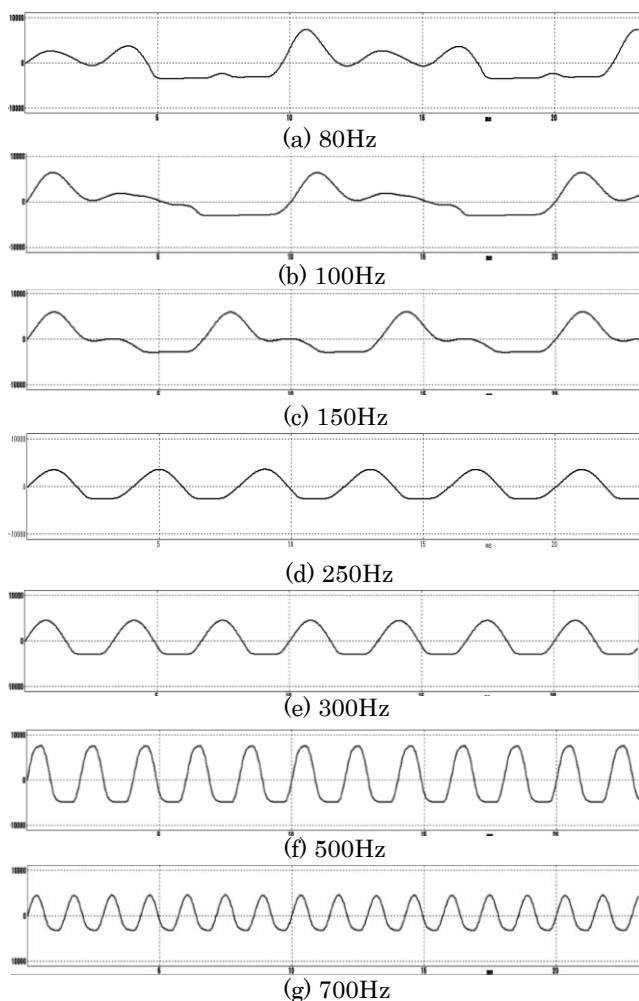


Fig. 2 振動感覚強度における振動出力波形

250Hz 以下の周波数帯では振動子の機械特性により、入力周波数とは異なる周波数が観測された。

4. 考察

実験 1 の結果から、得られた感覚強度の校正曲線を用いることで、どの振動周波数でも感覚強度が一定の振動触覚提示が可能である。一方で実験 2 の結果から、入力信号波形が正弦波であっても、出力振動振幅波形が正弦波にならない周波数帯があることがわかった。2 つ以上の振動周波数信号を合成して触覚信号を作る場合には、以上の点を考慮に入れる必要がある。

5. おわりに

本研究では、振動触感の合成生成を行うための基礎検討を目的に、考慮すべき人の指の感覚特性と振動子の出力特性の計測を行った。今後は正弦波を合成した信号を入力したときに確かに出力波形が入力波形と一致するかを検討する。また、各振動周波数に対する触感評価を進めてゆく。

謝辞

本研究は JST-ACCEL「身体性メディア」プロジェクトの助成を受けたものである。また、計測自動学会触覚部会主催の国内留学サポートプログラムの支援を受けた。インターン参加をご快諾いただいた創価大学・今村弘樹先生、実験参加者の皆さまに記して謝意を表する。

文献

- [1] 朝野修平, 岡本正吾, 松浦洋一郎, 山田陽滋: 高品質触覚ディスプレイ: 素材の粗さ感を加工する振動触刺激; 計測自動制御学会 SI 部門主催 第 18 回ロボティクスシンポジウム, pp. 21-27(2013.3)
- [2] V. Levesque, L. Oram, K. MacLean, A. Cockburn, N. D. Marchuk, D. Johnson, J. E. Colgate and M. A. Peshkin: Enhancing physicality in touch interaction with programmable friction; In Proc, SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, 2481-2490 (2011.5)
- [3] Kouta Minamizawa, Yasuaki Kakehi, Masashi Nakatani, Soichiro Mihara and Susumu Tachi: TECHTILE toolkit -A prototyping tool for designing haptic media -; In Proc, SIGGRAPH (2012.8)
- [4] 仲谷 正史, 筧 康明, 南澤 孝太, 三原 聡一郎, 舘 暲: 触感表現の一般普及に向けた方法論とテクニカルワークショップを通じたその実践; 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.19, No.4 (2014.12).