

本実験で利用する振動子は、Tactile Labs 社製 Haptuator (TL002-14-A, TL-002-14R の 2 種), Alps 社製 Force Reactor (NTR-008), STLJAPAN 社製 DC モータ (HS-V1S, HS-E1S の 2 種類) であった (図 2)。サイズと重さの比較を表 1 に示す。

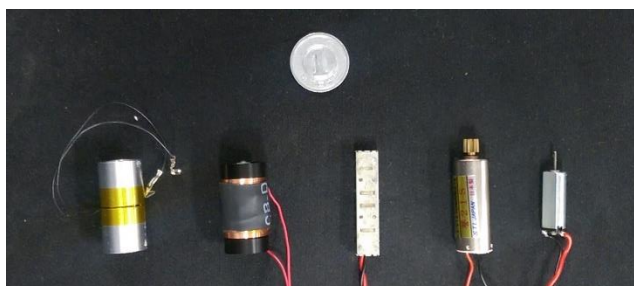


図 2 実験に利用した振動子
(左から TL002-14-A, TL-002-14R, NTR-008, HS-V1S, HS-E1S)

表 1 振動子のサイズと重さの比較

	本体のサイズ [mm]	重さ [g]
TL002-14-A	14x14x29	15
TL-002-14R	16x16x29	11
NTR-008	5x8x35	5
HS-V1S	12.4x12.4x31	18
HS-E1S	6x8x20	4

加速度の測定には InvenSense 社製加速度センサ MPU9150 を用い、500Hz ローパスフィルタをかけ、サンプリング周波数 1KHz で計測した (図 1)。正弦波の出力は PC の音声出力を用い、オーディオアンプ (MUSE Audio 社製 M50) で増幅した。出力段に 1Ω の抵抗を挟むことでオシロスコープ (Tektronix 社製 TDS20004B) の 2 チャンネルで電流と電圧を常に計測可能とし、毎回の計測で電流×電圧が 1W となるようにアンプのボリュームで調整した。

今回は著者 1 名が椅子に座り、振動子を左手人差し指腹に、加速度センサを指腹にそれぞれ両面テープで取り付けた。周波数は 20Hz から 400Hz まで、20Hz おきに測定した。各周波数において 5 秒間の 3 軸加速度を測定し、各軸の振幅の平均値の自乗根を求めた。

2.2 実験結果と考察

1W の電力入力に対する周波数特性の比較グラフを図 3 に示す。低周波 (約 60Hz の以下) では DC モータ (HS-V1S) における加速度振幅が最も大きい。100Hz では 2 種類の Haptuator が最も強い振動を出力するが、150Hz を超えると Force Reactor が最も大きな振動を出力することがわかった。ただし今回の計測では 200Hz を超えた段階で Force Reactor から騒音が発生しており、内部で衝突などが生じている可能性はある。

以上の結果から、予想通り DC モータは振動子として利用することができ、直動型振動子に対して有利な周波数領

域も存在する可能性が示唆された。

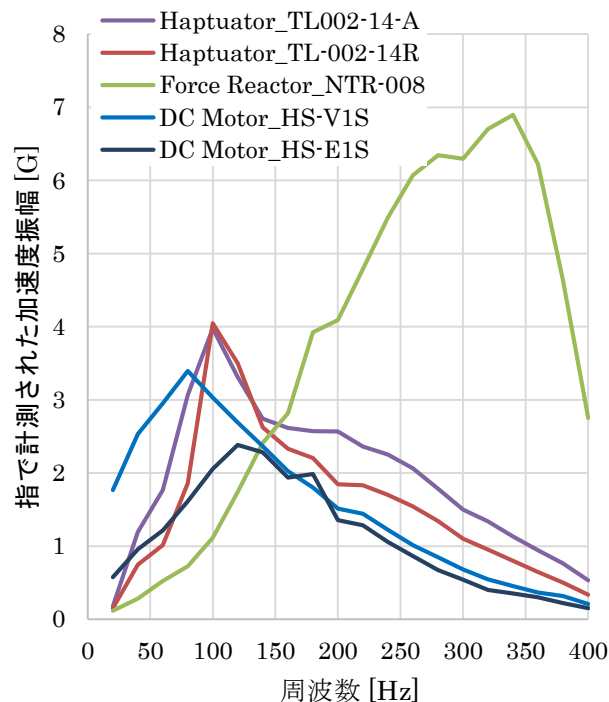


図 3 電力 1W 入力時の周波数特性の比較

3. おわりに

本稿では、振動触覚提示のために DC モータを利用することを提案し、同一電力条件下での周波数特性を複数の既存の振動子と比較した。その結果、DC モータは振動子として利用することができ、特に低周波を強く出しうる可能性が示唆された。今後はモータ及び振動子の重量による比較、発熱の比較等総合的な評価を行う。また DC モータによる振動提示の原理を発展的に応用し、新たな振動子を開発する。

謝辞

本研究は JST-ACCEL 「身体性メディア」プロジェクトの一環として行われた。

参考文献

- [1] Sadihov, D., Migge, B., Gassert, R., & Kim, Y.: Prototype of a VR upper-limb rehabilitation system enhanced with motion-based tactile feedback. Proc. of WHC'13, 2013
- [2] Jaeyeon, L., Jaehyun, Han., Geehyuk, L.: Investigating the Information Transfer Efficiency of a 3x3 Watch-back Tactile Display. Proc. of CHI'15, 2015
- [3] Mizushina, Y., Fernando, C.L, Minamizawa, K., Tachi, S.: Haptic Broadcasting - System of Transmitting the Experience in Badminton. Proc of EuroHaptics'14, 2014
- [4] Hashimoto, Y., Nakata, S., Kajimoto, H.: Novel Tactile Display for Emotional Tactile Experience. ACE'09, 2009