

エネルギー・環境新技術先導プログラム／ トリリオンセンサ社会を支える高効率MEMS振動発電 デバイスの研究

第8回高効率MEH研究会

研究項目：『E』
『⑤オフィス・工場等での環境発電デバイスの導入開発』

平成28年2月24日(水)
15:00 ～ 17:30

技術研究組合NMEMS技術研究機構(MEH)

⑤オフィス・工場等での環境発電デバイスの導入開発

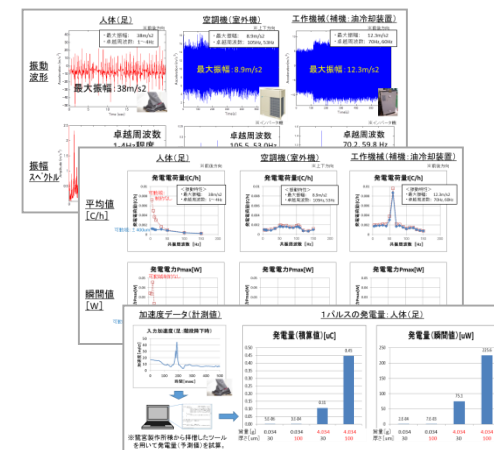
	H27 4,5,6月	H27 7月	H27 8月	H27 9月	H27 10月	H27 11月	H27 12月	H28 1月	H28 2月
⑤-(1) センサネットワーク用の 端末の仕様抽出とアプ リケーション開発	・計測対象 の決定 当初計画 実施状況	・振動環境の予備測定 当初計画 実施状況			・振動環境の詳細測定 ・測定結果を元にアプリ候補を抽出 当初計画 実施状況			・まとめ 当初計画 実施状況	本日報告
⑤-(2) 待機電力の削減に向け たエナジーハーベスタ の活用例の提言		・主要装置類の振動環境の予備測定 当初計画 実施状況			・主要装置類の振動環境の詳細測定 ・期待される電力量削減効果の抽出 当初計画 実施状況			・まとめ 当初計画 実施状況	

H27年度の取り組み

NMEMS Confidential

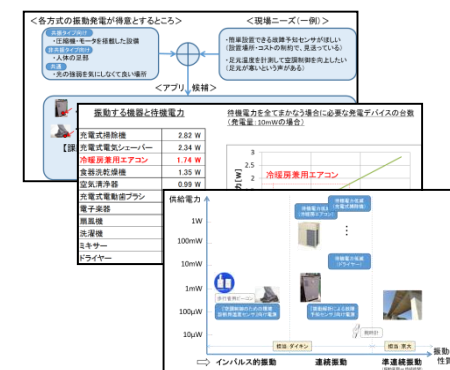
■ 振動環境の測定

- 人体、空調機、工作機械の振動波形と周波数特性
- 共振周波数と発電量(予測値)の関係
- デバイス質量・厚さと発電量(予測値)の関係

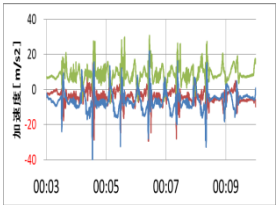
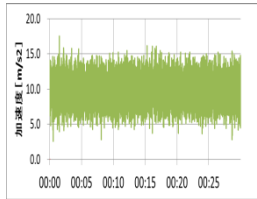
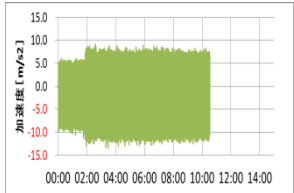
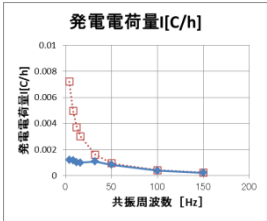
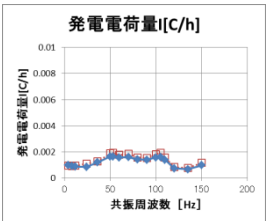
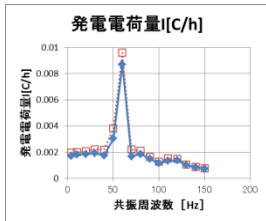


■ アプリケーション候補の抽出

- 発電デバイスの各方式に適したアプリケーション案
- 待機電力削減に向けた活用例の提言
- アプリケーション案を整理するマップの作成



- 振動特性の把握を目的に、オフィス(人体、空調機)、工場(工作機械)で短時間測定を実施。
- ・ 測定結果に基づき、各振動に対して見込まれる発電量を試算。※試算式は静大、鷺宮製作所より提供。

分類	オフィス・工場等			交通インフラ
振動源	人体	室外機	工作機械(補機)	橋
				
振動の性質	インパルスの	連続振動	連続振動	準連続振動
				担当: 京大
卓越周波数	1～4Hz	105Hz, 53Hz	70Hz, 60Hz	
最大加速度	38m/s2	8.9m/s2	12.3m/s2	
発電量(共振時の予測値※)	平均値: ～1.2mC/h 瞬間値: ～4.4mW	平均値: ～1.6mC/h 瞬間値: ～1.3mW	平均値: ～8.7mC/h 瞬間値: ～4.5mW	
[図: 静大/多極型の例] 凡例 - 可動域: 制約なし - 可動域: ±400um				

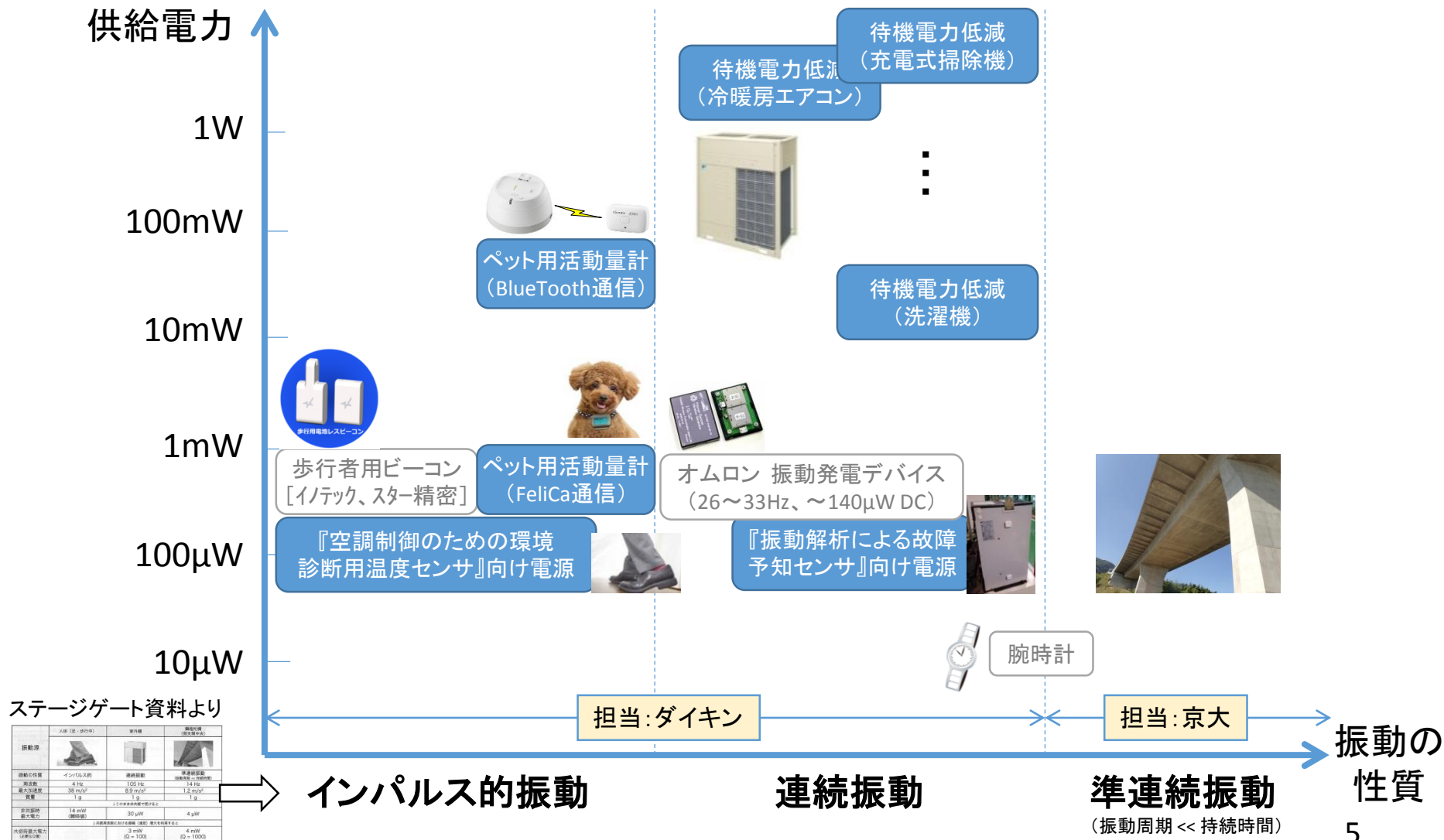
4

※試算条件: 櫛歯電極部の可動域=±400μm、デバイス重量=2g、Q値=924 (瞬間値: 30秒間のうちの最大値を抽出、平均値: 30秒間の積算値から算出)
 ※参考情報: GSNのPV実績...常時150μW発電で、300mC/h (=150μW÷1.8V×3600sec/h)

アプリケーション候補の抽出(まとめ): 振動発電のアプリケーションマップ(案)

NMEMS Confidential

■2次元マップでアプリケーション案を整理(更新中)。



※ダイキン担当:インパルスの振動、連続振動

京大担当:準連続振動

(MMC担当:センサ等の整理)

⑤オフィス・工場等での環境発電デバイスの導入開発

＜要旨＞

- ・各発電デバイスの発電量を試算[本年度に試算式が頂けていないものについて追加実施]
 - 共振タイプ A : 多極型[静大] …(H27年度)
 - B : イオン液体利用型[鷺宮] … H28年度
 - 非共振タイプ A' : カンチレバー型[静大] … H28年度
 - C : 段付き櫛歯型[鷺宮] …(H27年度)
- ・『各発電デバイスと相性のよいアプリケーション』をリストアップし、デバイス開発側とともに実用性やコストパフォーマンスについて議論。優先順位づけを行う。

※28年度 実施計画書:

⑤－(3) 実用的なアプリケーションとビジネスモデルの抽出

- ・前年度に実施した周囲の振動状況の把握、期待される発電量の試算、アプリケーション候補の抽出の各結果に、実用性や投資回収期間等の検討を加えて、実用的なアプリケーションとビジネスモデルの抽出を行う。そのために、これまでの国家プロジェクト(グリーンセンサネットワークや道路インフラモニタリング)の参画企業との意見交換や、学会・展示会参加等による情報収集を行う。また、必要に応じて、追加測定や詳細分析を行う。

以下、補足資料

振動環境の測定結果： 人体

NMEMS Confidential

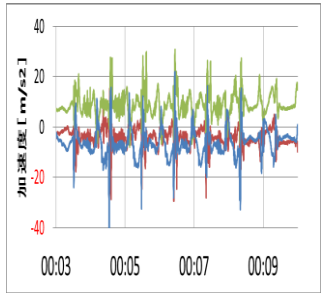
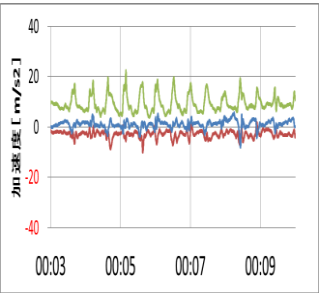
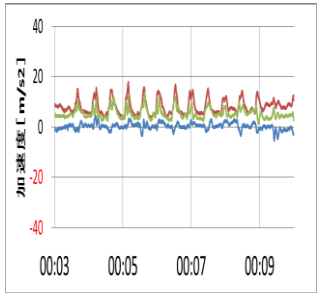
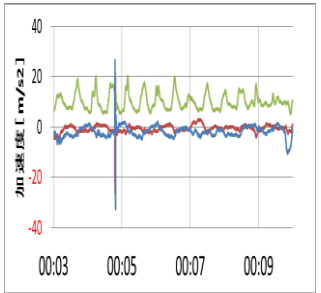
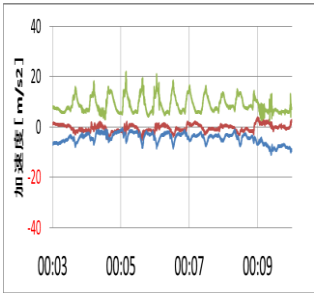
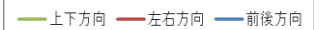
■概要： 人体部位5箇所の同時計測を行い、大小関係を調査。

【測定データ】 対象：人体部位(5箇所：足、腰、胸、手、首)、条件：階段降下中

【考察】・発電量が多そうな部位(順位)： 足 >> 首 ≒ 胸 > 手 ≒ 腰

・人体振動の特徴(今回の計測より)：

- 加速度は最大で～38.0 m/s²程度(瞬時値)、平均値は～10.5 m/s²程度まで分布
- 周波数は～6Hz程度の範囲に分布(1/fゆらぎがある?)

	足	腰	胸	手	首
測定 イメージ					
加速度 の波形 (階段 降下中)	 平均加速度 =10.5 [m/s²]	 平均加速度 =3.9 [m/s²]	 平均加速度 =4.6 [m/s²]	 平均加速度 =4.0 [m/s²]	 平均加速度 =4.7[m/s²]
※3軸の加速度(絶対値)の合計値を、時間平均した値(重力加速度分(9.8m/s ²)を減算して算出)。					

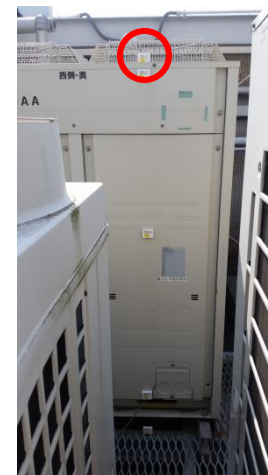
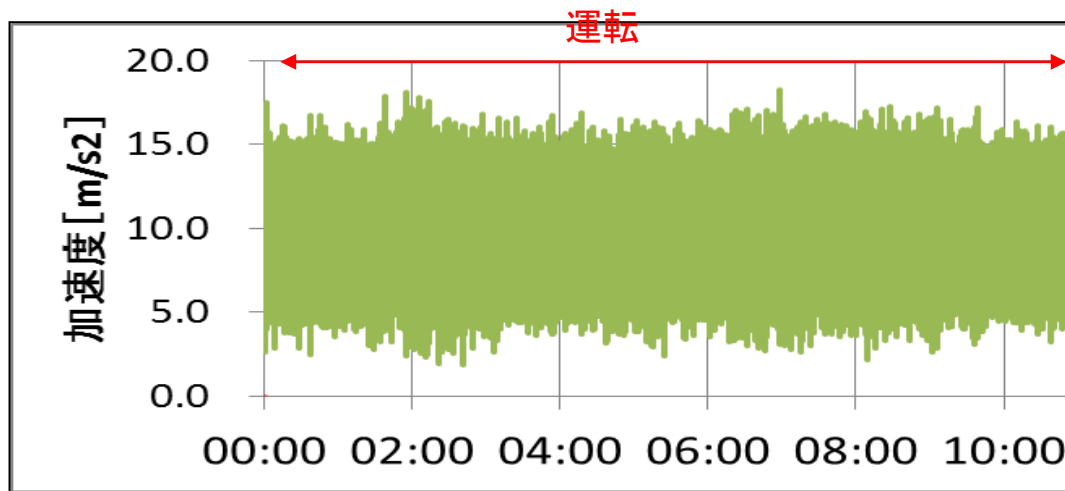
※使用センサ： ATR-Promotions の小型無線多機能センサ「TSND121」、サンプリング周期=1msec

振動環境の測定結果： 空調機（ビル用マルチ）

NMEMS Confidential

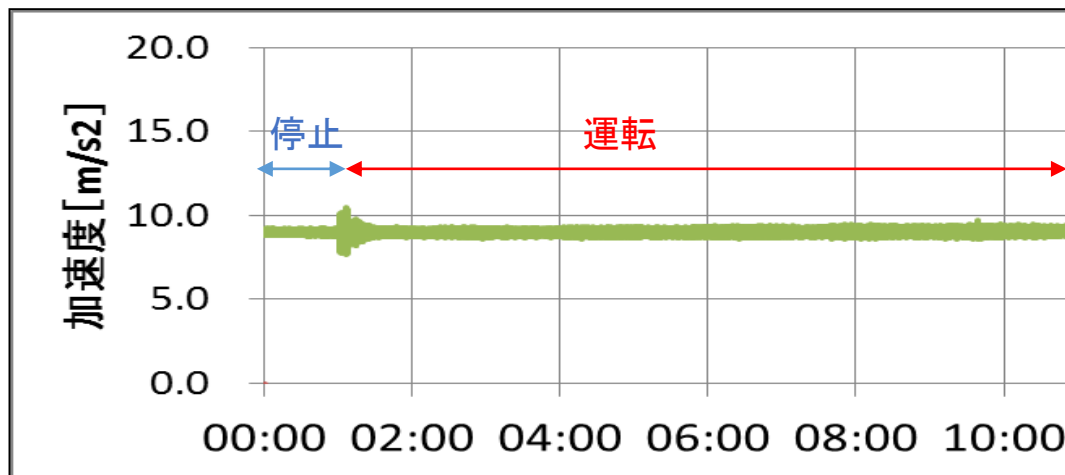
上下方向の加速度（0分～10分）

室外機
（上面）



※別々の時刻に計測

室内機
（中央）

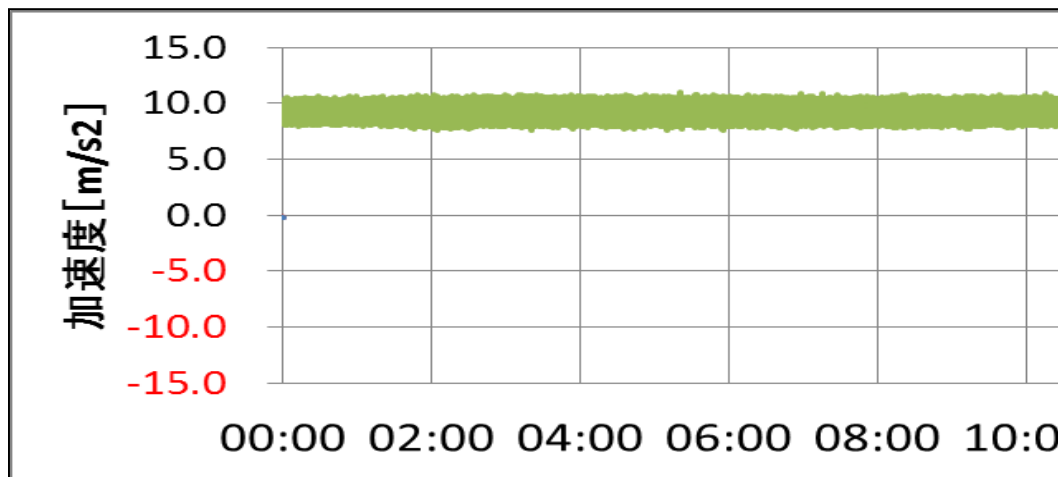


振動環境の測定結果： 工作機(補機：油冷却装置)

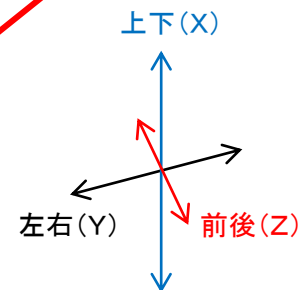
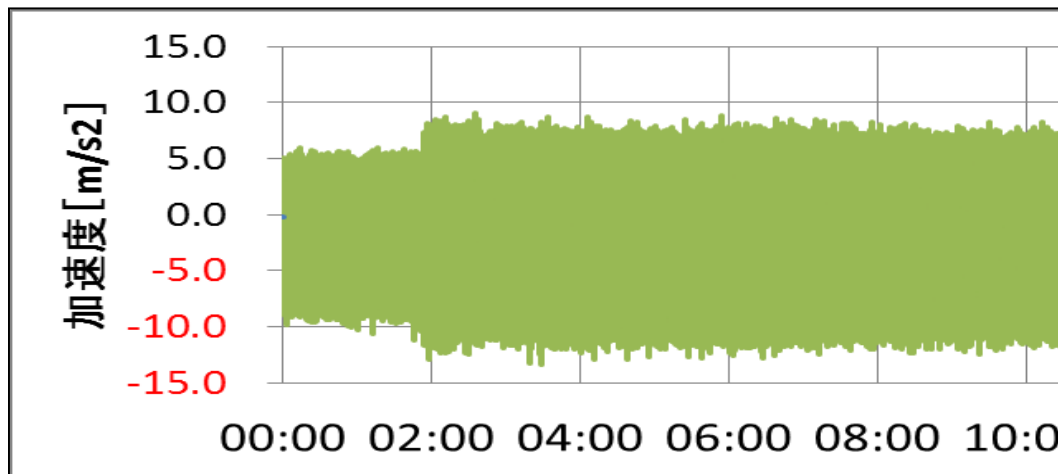
NIMEMS Confidential

上面と前面下部の加速度 (0分～10分)

上面
(上下方向)



前面・下部
(前後方向)



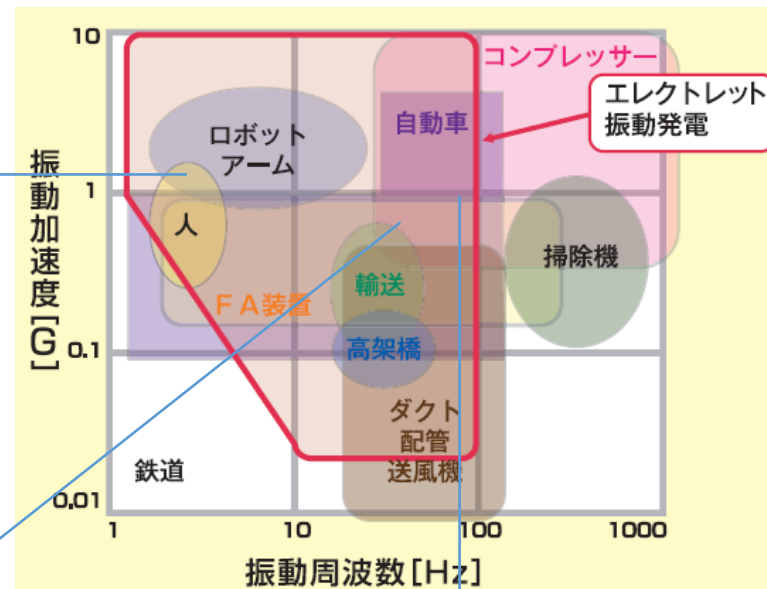
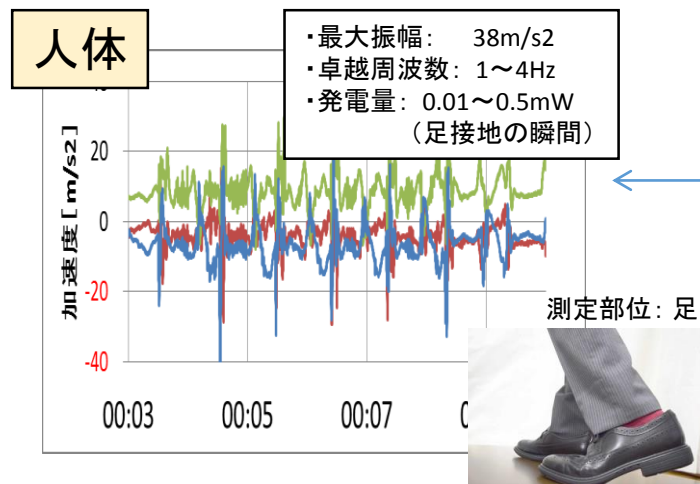
振動環境の測定結果：全体像

NMEMS Confidential

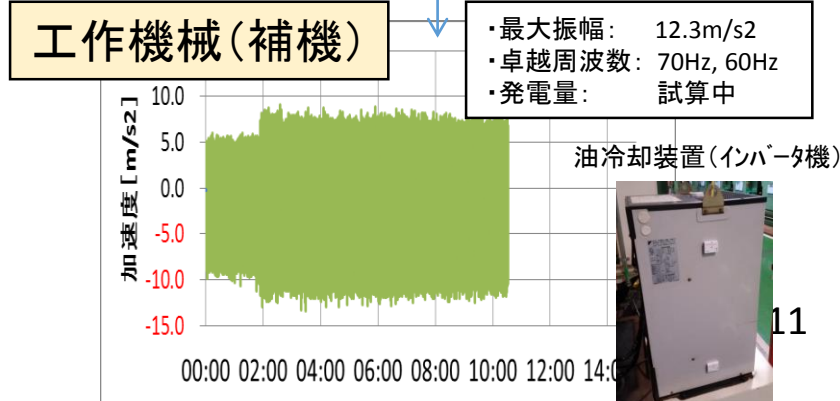
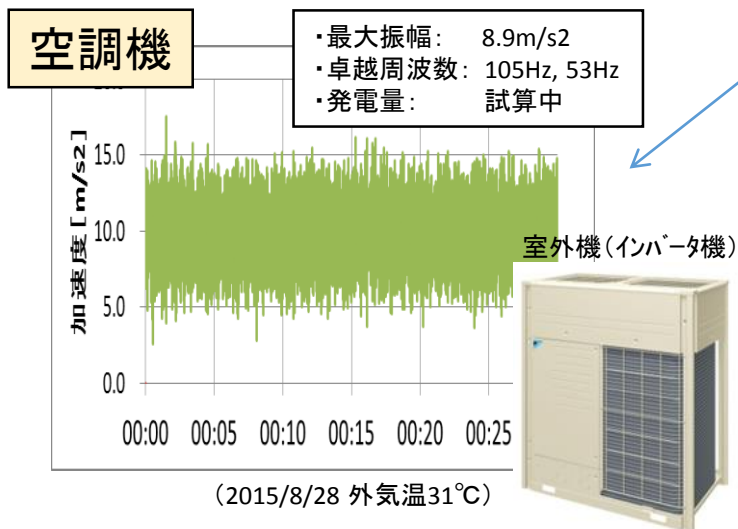
■ 振動特性の把握を目的に、オフィス（人体、空調機）、工場（工作機械）で短時間測定を実施。

⇒ 振動加速度は～数G、卓越周波数は～100Hz程度であった。

※測定結果をデバイス開発側へフィードバックし、意見交換（発電デバイスの特性、発電量の予測方法）を併行して実施。



※出典: エレクトレット環境発電アライアンス パンフレット (オムロン「微振動源に対応する発電技術」)より



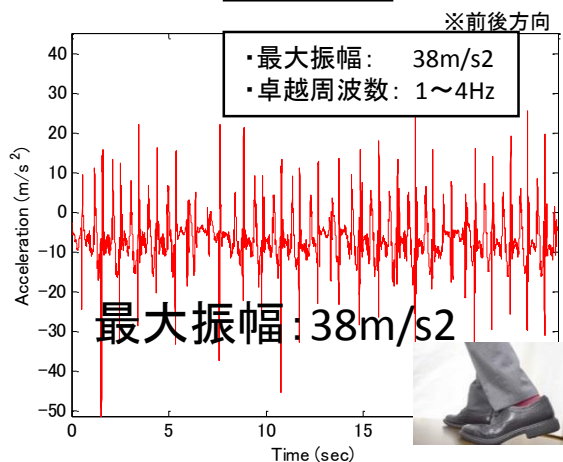
■ 詳細な振動特性を把握するため、人体、空調機、工作機械の振動解析を実施。

⇒ ・最大振幅は、人体 > 工作機械 > 空調機の順に大きい(38 ~ 8.9 m/s²)

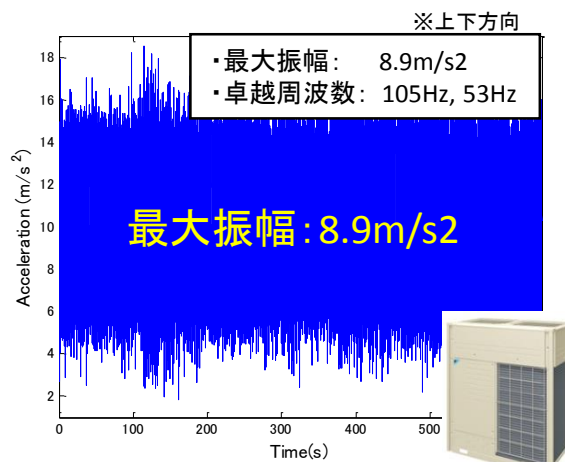
・卓越周波数は、固定値ではない(理由: 人体は揺らぎ、機械はインバータ制御の影響)

※測定結果をデバイス開発側へフィードバックし、意見交換(発電デバイスの特性、発電量の予測方法)を併行して実施。

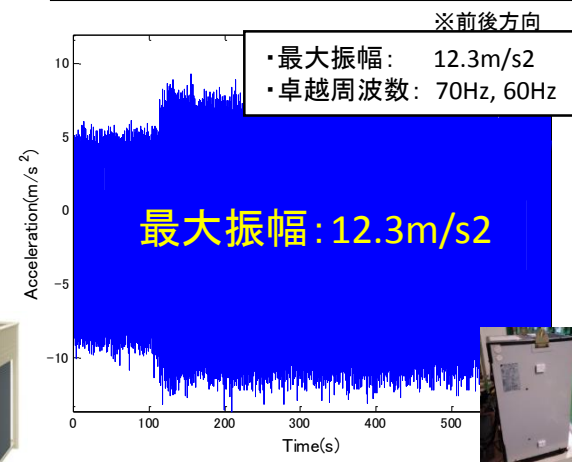
人体(足)



空調機(室外機)

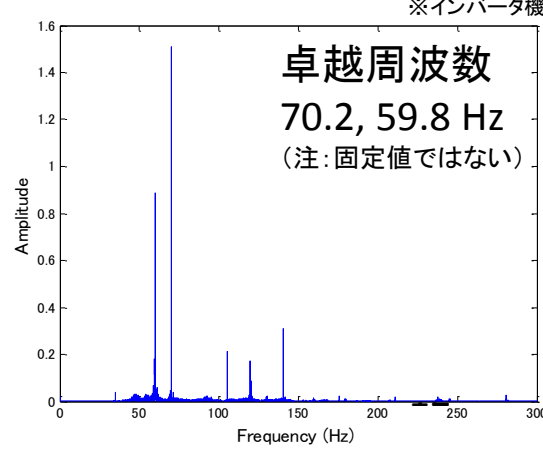
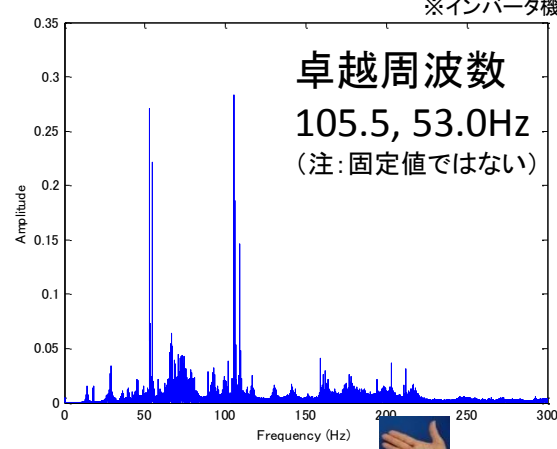
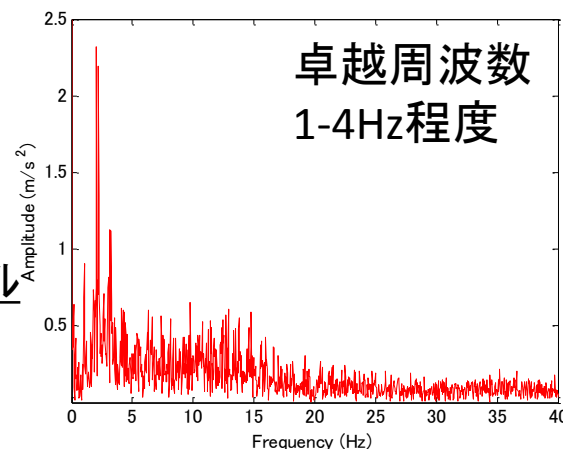


工作機械(補機: 油冷却装置)



振動
波形

振幅
スペクトル



■共振周波数を変更した場合の、各振動に対する発電量(予測値)を試算・整理

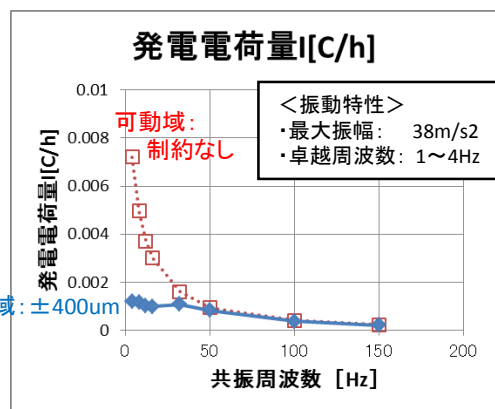
⇒ ・工作機械での発電量が多く、平均値: $\sim 8.7\text{mC/h}$ 、瞬間値: $\sim 4.5\text{mW}$ [共振周波数: 60Hz]

(人体では平均値: $\sim 1.2\text{mC/h}$ 、瞬間値: $\sim 4.4\text{mW}$ 、空調機では平均値: $\sim 1.6\text{mC/h}$ 、瞬間値: $\sim 1.3\text{mW}$)

※静岡大学様から拝借したツールを用いて発電量(予測値)を試算。

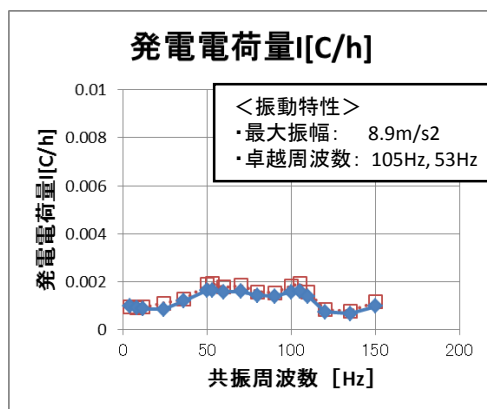
人体(足)

※前後方向



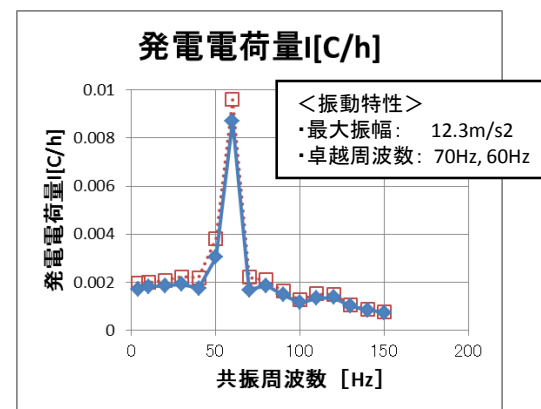
空調機(室外機)

※上下方向



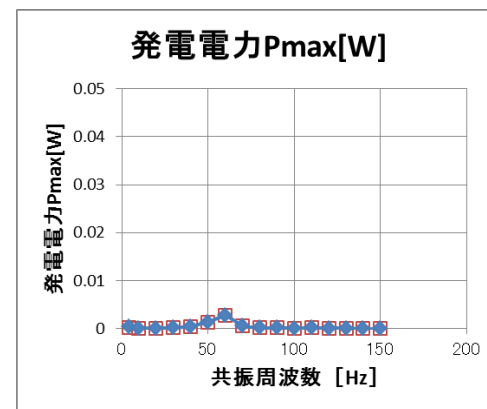
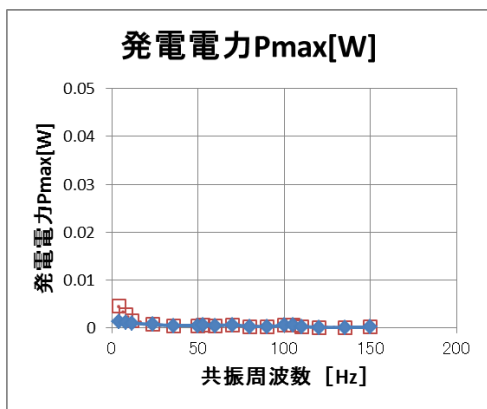
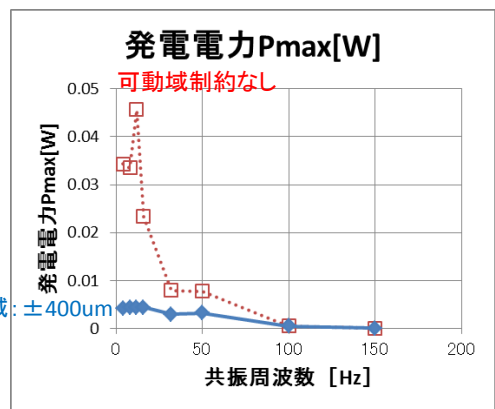
工作機械(補機:油冷却装置)

※前後方向



平均値
[C/h]

瞬間値
[W]



※試算条件: 櫛歯電極部の可動域 $\pm 400\mu\text{m}$ 、デバイス重量 $=2\text{g}$ 、Q値 $=924$ (瞬間値: 30秒間のうちの最大値を抽出、平均値: 30秒間の積算値から算出)

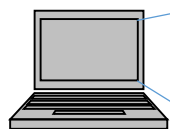
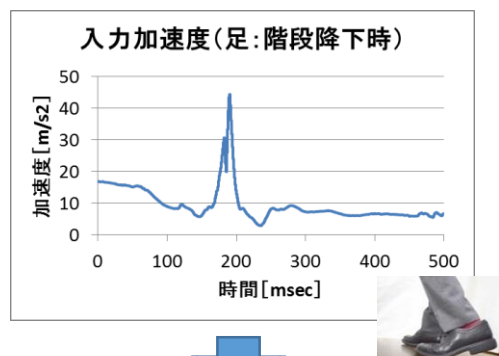
※参考情報: GSNのPV実績...常時 $150\mu\text{W}$ 発電で、 300mC/h ($=150\mu\text{W} \div 1.8\text{V} \times 3600\text{sec/h}$)

■ **デバイス質量・厚さ**を変更した場合の、各振動に対する発電量(予測値)を試算・整理

⇒ 質量:4g、厚さ:100 μ mにすることで、発電量は0.45 μ C、225.6 μ Wまで増加。

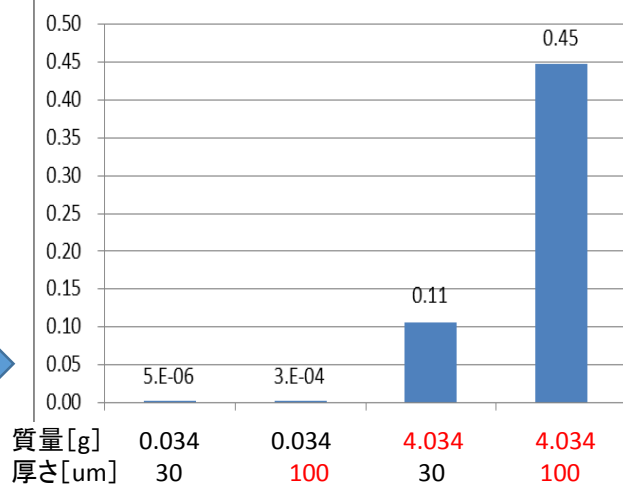
(参考: 毎秒nパルスの振動があった場合、 $n \times 0.45 \times 3600$ [μ C/h])となる。)

加速度データ(計測値)

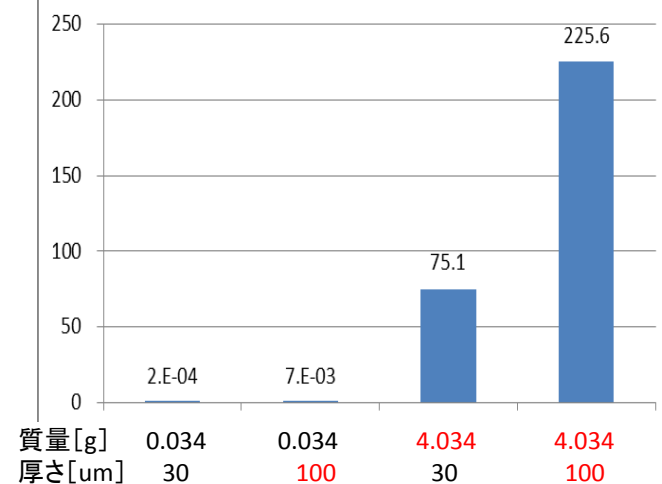


1パルスの発電量: 人体(足)

発電量(積算値)[μ C]



発電量(瞬間値)[μ W]



※鷺宮製作所様から拝借したツールを用いて発電量(予測値)を試算。

※試算条件:

・bcut (段差)	[μ m]	5
・g (ギャップ)	[μ m]	2.4
・t (SiO ₂)	[μ m]	0.8
・n (歯数)	[1]	2480
・V ₀ (帯電)	[V]	50
・Q値 (機)	[1]	100
・R ₁ (負荷)	[Ω]	440000
・C ₀ (浮遊)	[pF]	168
・h (計算)	[μ s]	0.5

・静電力/m	[m/s^2]	0.563737893
・共振f (機)	[Hz]	33.62011568
・ge (電)	[μ m]	1.91425641
・gm (機)	[μ m]	1.504
・フルインV	[V]	221.1657834
・te (電)	[μ s]	19.44773519
・A (力係数)	[C/m]	9.09602E-05

アプリケーション候補の抽出： 待機電力削減に向けた活用例の提言

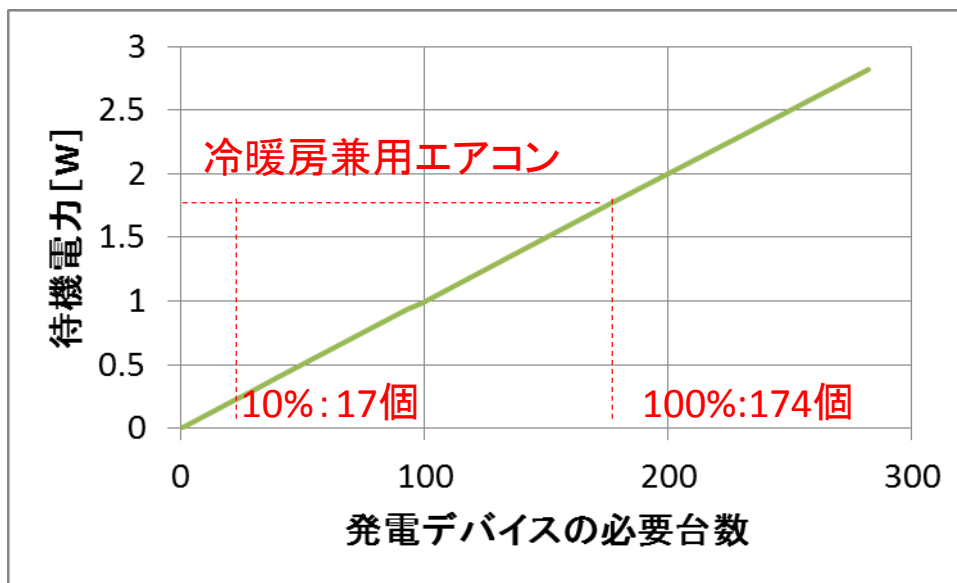
NMEMS Confidential

- 振動する家電を抽出し、その待機電力を整理 ⇒ 待機電力は、0.01W～2.82W。
待機電力を全てまかなうために必要な発電デバイスの個数を試算
⇒空調機の場合、100%賄うには174個のデバイスが必要。10%の場合は17個。

振動する機器と待機電力

待機電力を全てまかなう場合に必要な発電デバイスの台数
(発電量:10mWの場合)

充電式掃除機	2.82 W
充電式電気シェーバー	2.34 W
冷暖房兼用エアコン	1.74 W
食器洗乾燥機	1.35 W
空気清浄器	0.99 W
充電式電動歯ブラシ	0.93 W
電子楽器	0.40 W
扇風機	0.26 W
洗濯機	0.21 W
ミキサー	0.02 W
ドライヤー	0.01 W



【課題】 ・マルチデバイス化、デバイスの低価格化