

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4回高効率MEH推進委員会・
第4回高効率MEH知的財産権分科会

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27年12月25日(金)
14:00 ~ 18:30

■確認：実施内容（実施計画書より）『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』

- ④交通インフラでの振動発電デバイスの導入開発(担当:(一財)マイクロマシンセンター)
 - ④-(1) 交通インフラにおけるターゲット振動の調査と活用仮説立案
 - ④-(1-1) 各想定インフラでのセンサ端末設置場所での振動環境を調査する。
 - ④-(1-2) アプリケーションの仮説立案
- ⑤オフィス・工場等での環境発電デバイスの導入開発(担当:ダイキン工業(株))
 - 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
 - ⑤-(1-1) 各想定環境でのセンサ端末設置場所での振動環境を(周波数、加速度、力)測定する。
 - ⑤-(1-2) アプリケーションの仮説立案
 - ⑤-(2) 待機電力の削減に向けたエネルギーハーベスタの活用例の提言

<役割分担>

高効率MEH 研究項目	京大・塩谷研 (④、⑤データ解析)	MMC (④交通インフラ)	ダイキン (⑤オフィス・工場)
振動測定方法の立案	○		
振動測定装置の購入／調達	○		
振動測定装置の設置	◎	○	○
測定データの解析(見える化)	◎		
アプリケーションの仮説立案	○	◎	◎
最新動向の調査(学会、論文)	○	○	○

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	
							本日報告		
⑤-(2) 待機電力の削減に向け たエネルギーハーベスタ 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	
							本日報告		

■ 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。

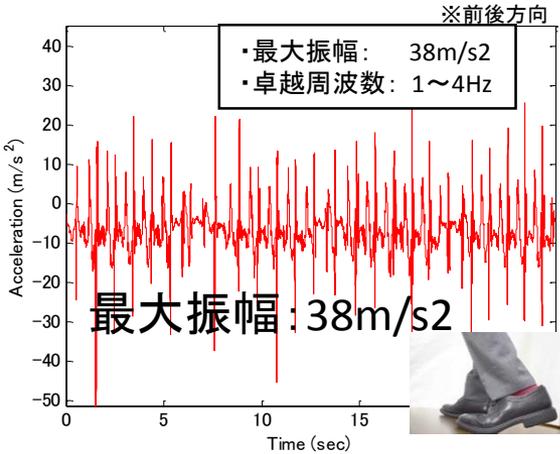
⇒ ・最大振幅は、人体 > 工作機械 > 空調機の順に大きい(38 ~ 12.3 m/s²)

・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)

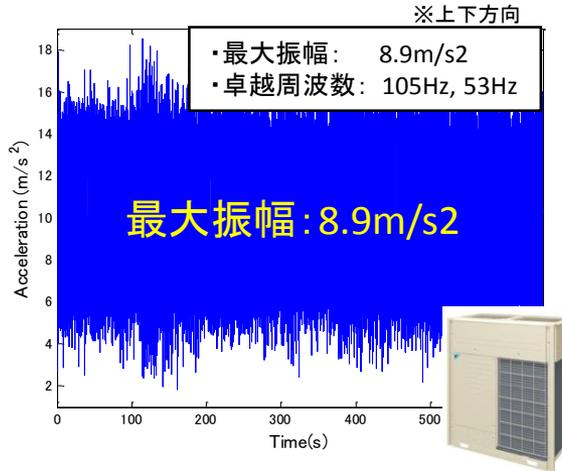
※測定結果をデバイス開発側へフィードバックし、意見交換(発電デバイスの特性、発電量の予測方法)を併行して実施。

振動
波形

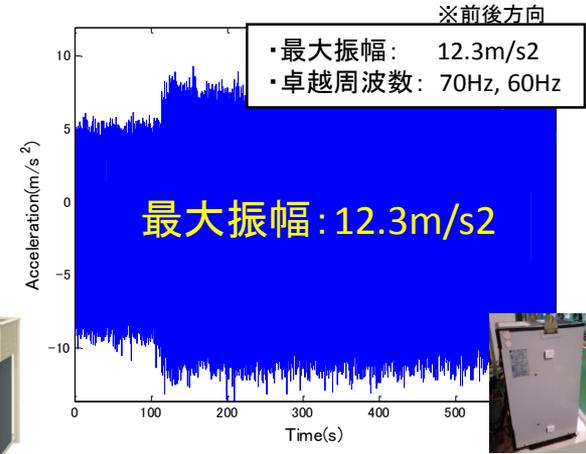
人体(足)



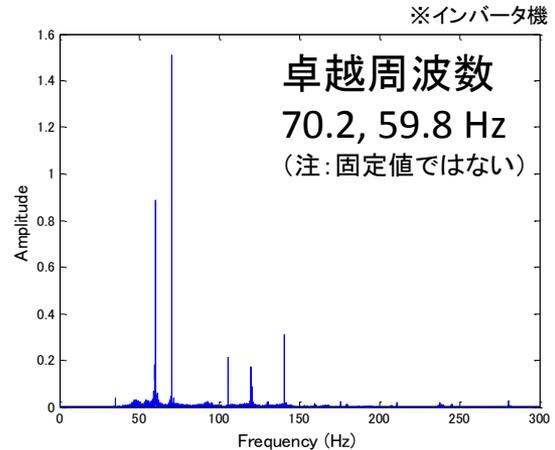
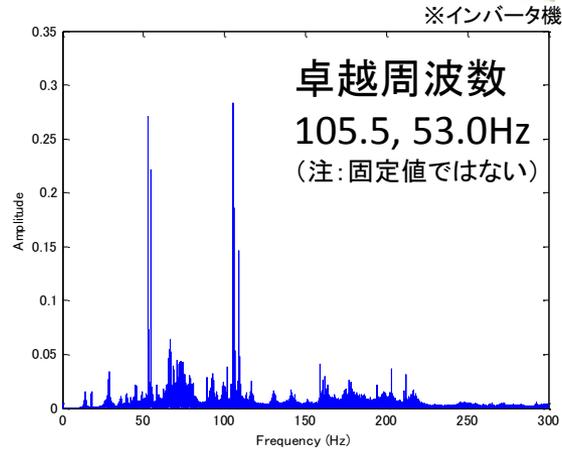
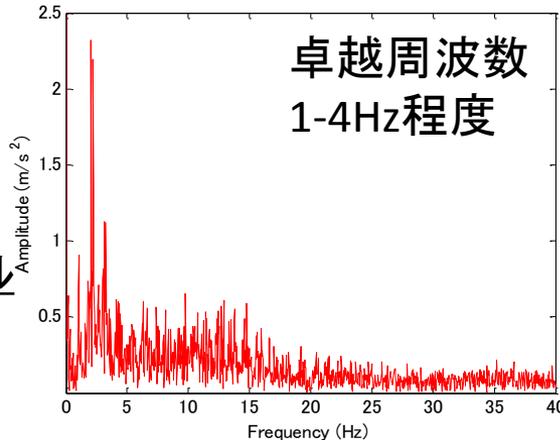
空調機(室外機)



工作機械(補機:油冷却装置)



振幅
スペクトル





振動環境の詳細測定[静大:多極型]:

共振周波数と発電量(予測値)の関係

NMEMS Confidential

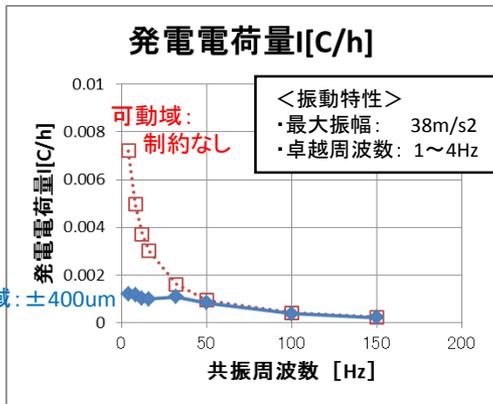
共振周波数を変更した場合の、各振動に対する発電量(予測値)を試算・整理

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

(人体では平均値: ~1.2mC/h、瞬間値: ~4.4mW、空調機では平均値: ~1.6mC/h、瞬間値: ~1.3mW)

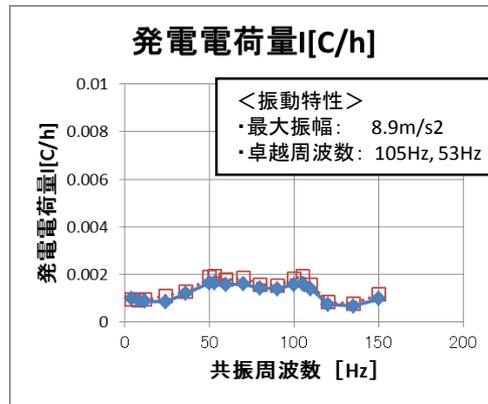
人体(足)

※前後方向



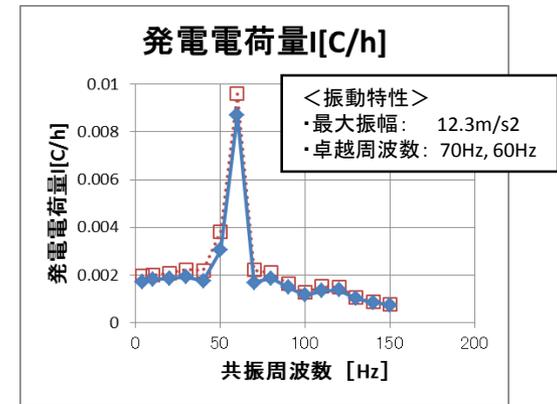
空調機(室外機)

※上下方向



工作機械(補機:油冷却装置)

※前後方向



平均値
[C/h]

可動域: ±400um

瞬間値
[W]

可動域: ±400um

※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)

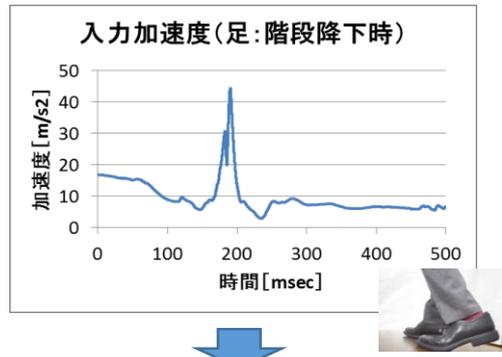
※参考情報: GSNのPV実績...常時150μW発電で、300mC/h (=150μW ÷ 1.8V × 3600sec/h)

振動環境の詳細測定[鷺宮:段付き櫛歯型]: デバイス質量・厚さと発電量(予測値)の関係

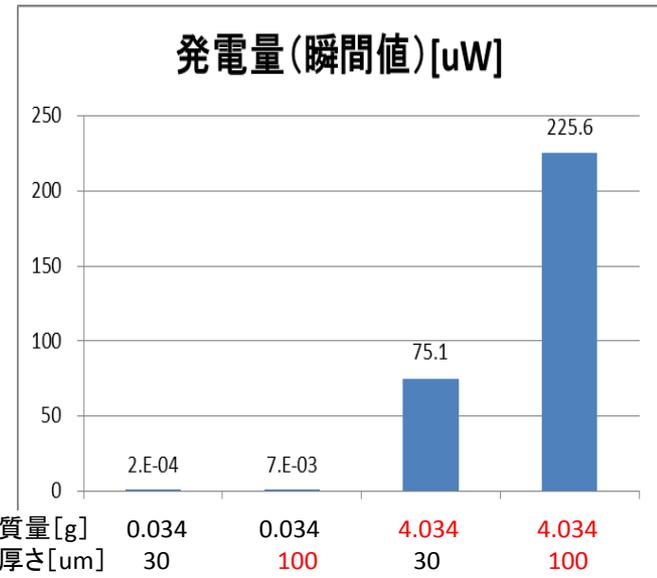
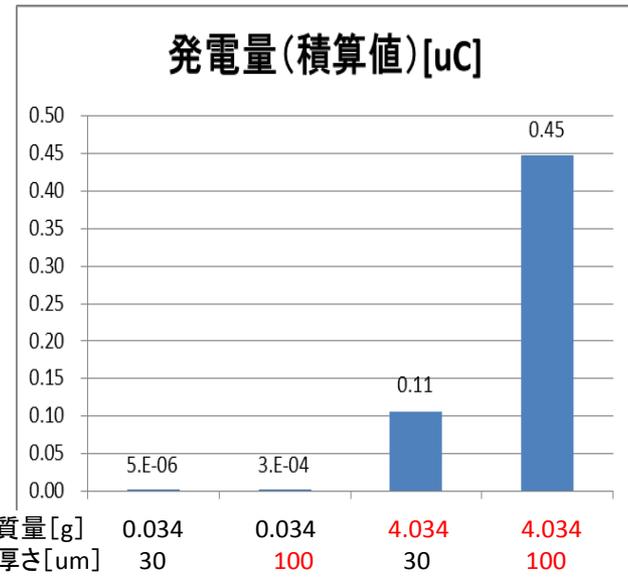
■ デバイス質量・厚さを変更した場合の、各振動に対する発電量(予測値)を試算・整理

⇒ 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)



※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)	[um]	5
• g (ギャップ)	[um]	2.4
• t (SiO2)	[um]	0.8
• n (歯数)	[1]	2480
• V0 (帯電)	[V]	50
• Q値 (機)	[1]	100
• R1 (負荷)	[Ω]	440000
• CO (浮遊)	[pF]	168
• h (計算)	[us]	0.5
• 静電力/m	[m/s²]	0.563737893
• 共振f (機)	[Hz]	33.62011568
• ge (電)	[um]	1.91425641
• gm (機)	[um]	1.504
• プルインV	[V]	221.1657834
• te (電)	[us]	19.44773519
• A (力係数)	[C/m]	9.09602E-05



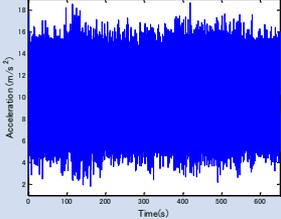
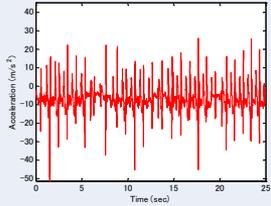
アプリケーション候補の抽出:

発電デバイスの各方式に適したアプリケーション案

MEMS Confidential

■ 発電特性を踏まえ、各方式に適した用途とアプリケーション案を整理した。

⇒ [用途] センサ向け電源。 [アプリケーション] 振動解析による故障予知、空調用環境診断。

方式	対象とする振動	アプリケーション候補(案)
多極型 (共振タイプ) 対象デバイス A. 多極型 B. イオン液体利用	<ul style="list-style-type: none"> ・定常的な振動 <ul style="list-style-type: none"> - 空調機 - 工作機械(補機)  	[アプリ] <ul style="list-style-type: none"> ・『振動解析による故障予知センサ』向け電源 [発電デバイスの要求仕様] <ul style="list-style-type: none"> ・A: 共振周波数 50Hz, 105Hz(空調機) 60Hz(工作機械) ・B: —
段付き櫛歯型 (非共振タイプ) 対象デバイス A'. カンチレバー型 C. 段付き櫛歯型	<ul style="list-style-type: none"> ・インパルス的な振動 <ul style="list-style-type: none"> - 人体(足部)  	[アプリ] <ul style="list-style-type: none"> ・『空調制御のための環境診断用温度センサ』向け電源 [発電デバイスの要求仕様] <ul style="list-style-type: none"> ・A': — ・C: 厚さ 100μm~ おもり 4g~

※前提条件: 常時150μW以上の発電量が期待できる場合

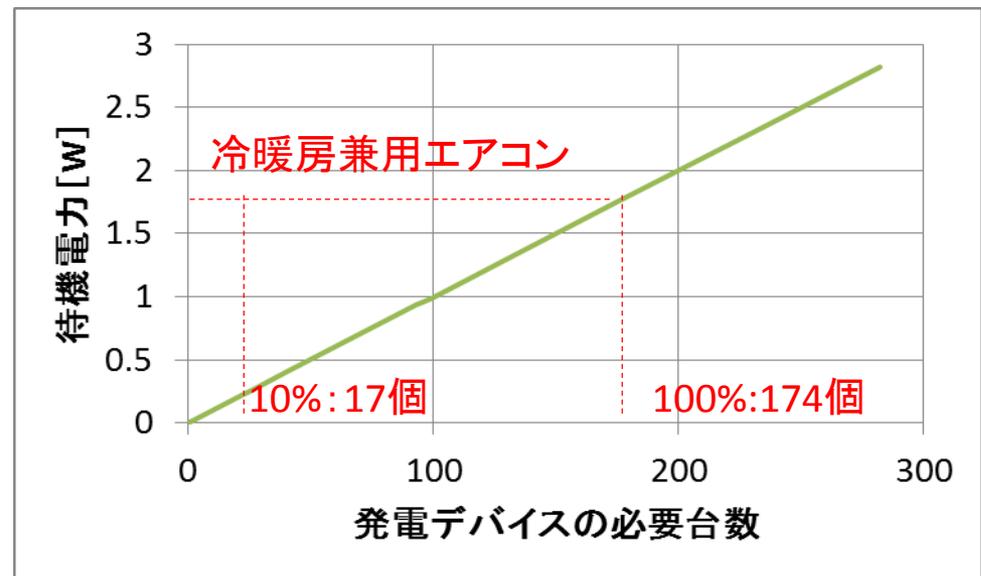
アプリケーション候補の抽出： 待機電力削減に向けた活用例の提言

- 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

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	
⑤-(2) 待機電力の削減に向け たエネルギーハーベスタ 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	

今後の予定

<要旨>

- ・更なるアプリケーション候補の抽出と具体化。
- ・デバイス開発側と『各発電デバイスと相性のよいアプリケーション』について意見交換し、整理。