

磁歪材料を用いた振動発電

概要と解説

(講演資料より抜粋)

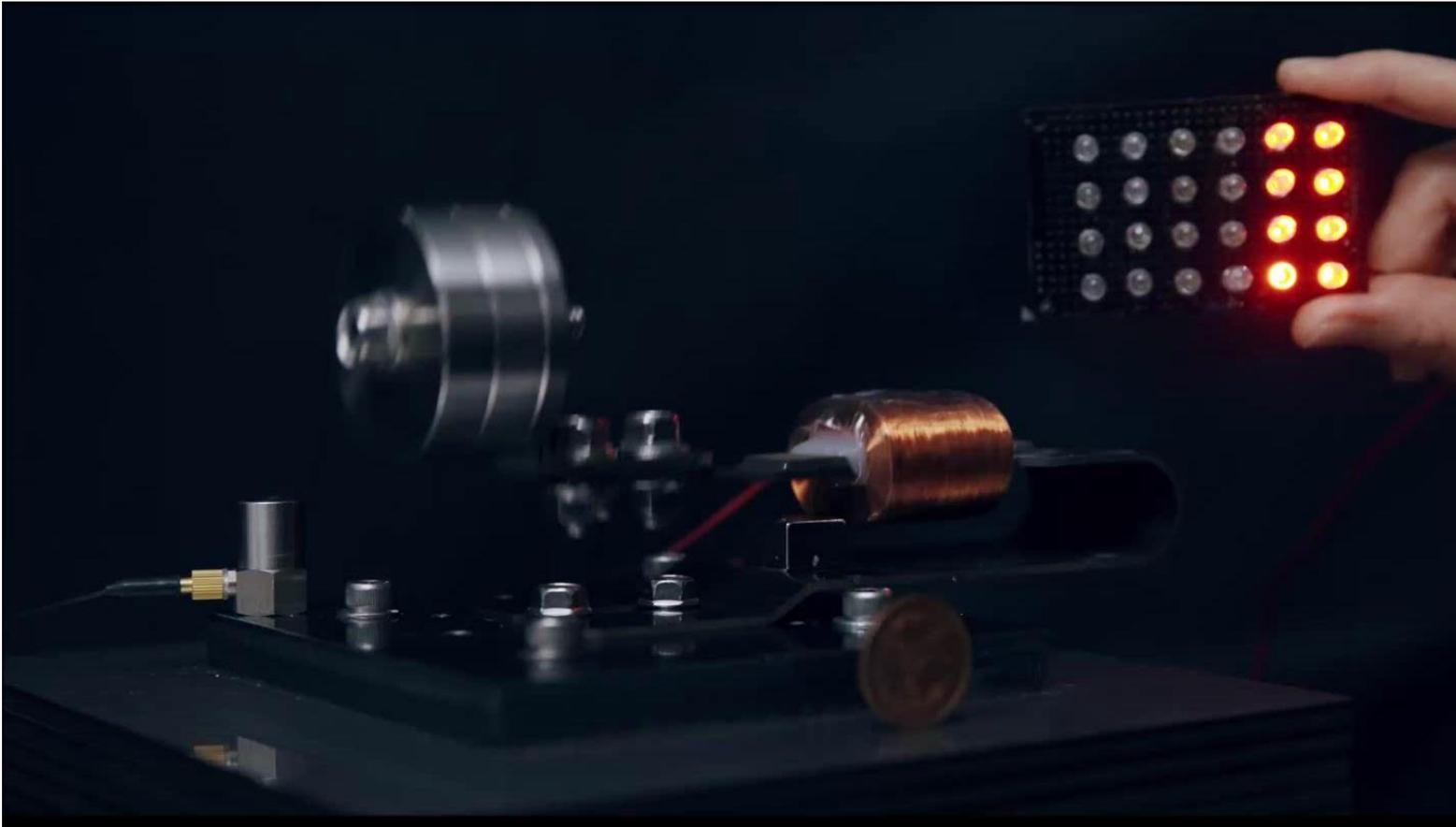
本資料は機密扱いをお願いいたします。社外への開示や二次利用はご遠慮ください。
本資料により発生した如何なる損害についても責任は負いかねます。

近年、リモートワーク、人手不足、働き方改革も進んでいます。
人手が取れない様々な機械やインフラの予知保全、安全や安心のために、
人工知能（AI）と無線センサ（IoT）の活用が期待されています。

このセンサやモジュールの電源に身近な振動や動きが利用できます。



振動から実用的な電気エネルギーをつくるデバイスです。



例) 10Hzの微小振動からLEDを発光する電力を発生する様子です。

V-Generator HP の中程の02/02の動画をご覧ください。

振動があれば**半永久**に使えます!

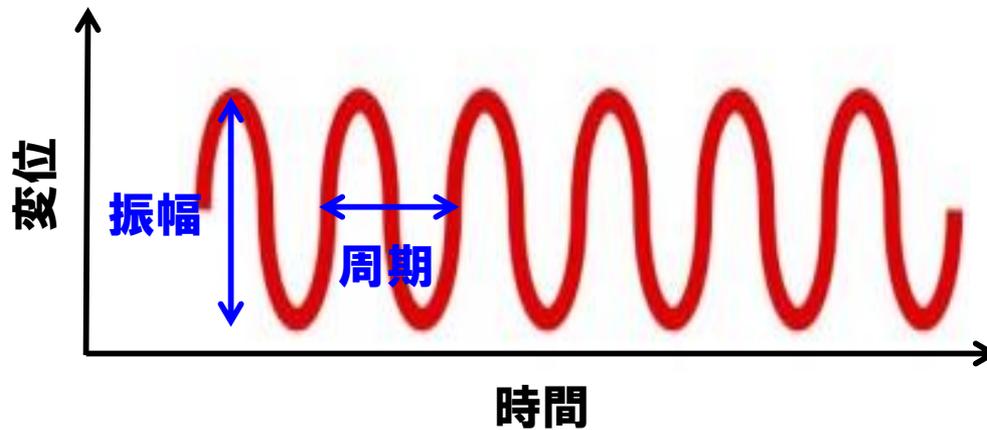


IoTが普及しない
理由の1つは
電池の面倒さ

電池の寿命の心配, 交換, 充電の手間もなし

振動発電で楽しんで安全, 安心

一般に振動は
周波数 f [Hz (ヘルツ)] と加速度 a [G または m/s^2] で表します。
($1\text{G} = 9.8 \text{ m/s}^2$)



振幅から加速度,
周期から周波数が,
算出できます。
またスマホで振動を測
定できます。

参考に

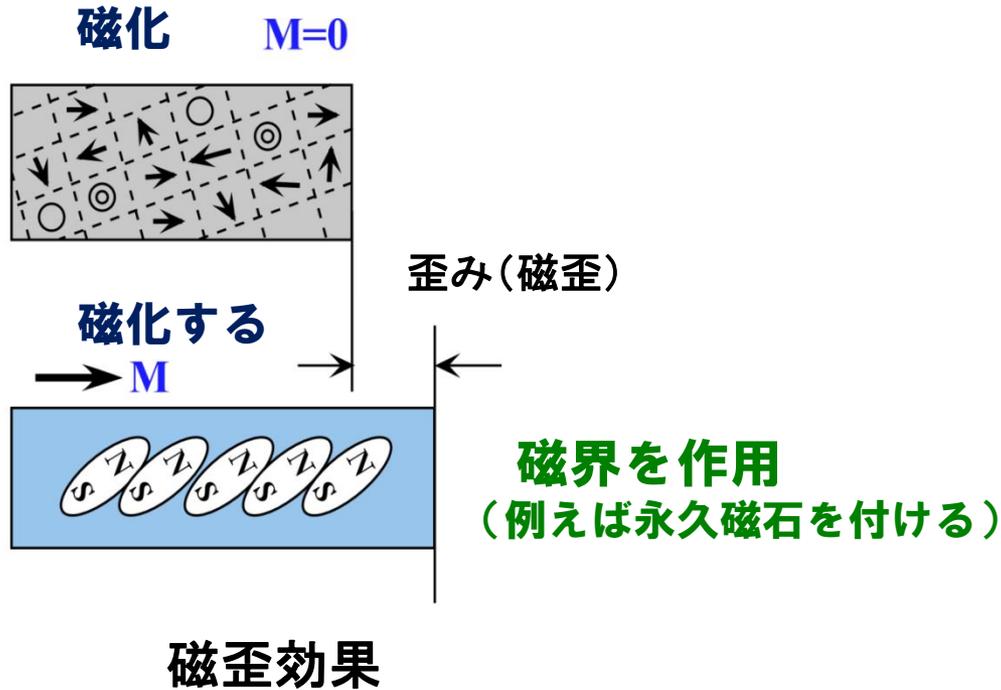
速度, 振幅 (変位) を計算する場合,
それぞれ $2\pi f$, $(2\pi f)^2$ で, 加速度を 除算 します。

例：30Hz, 0.1Gの振動

30Hz, 1m/s^2

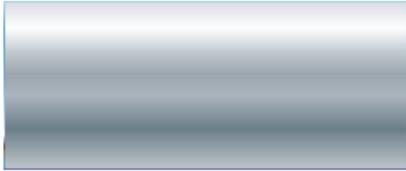
速度：0.0053 m/s (5.3mm/s), 変位： $28 \times 10^{-6}\text{m}$ (28 μm)

磁歪効果… 鉄などが磁化すると伸びる効果です。



磁歪(伸び)が大きい材料

磁歪材料です。





アメリカ海軍研究所で



画期的な磁歪材料を開発されました。

それが鉄-ガリウム合金です。

($\text{Fe}_{81.6}\text{Ga}_{18.4}$, 通称 Galfenol)

磁歪 $\text{max } 300 \times 10^{-6}$

組成



発生歪

$$300 \times 10^{-6}$$

(圧電素子: 600×10^{-6})

ヤング率

70 GPa

アルミと同程度

比透磁率

100

キュリー温度

700°C

高温でも
低温でも使える

延性材料

鉄の性質に似て、

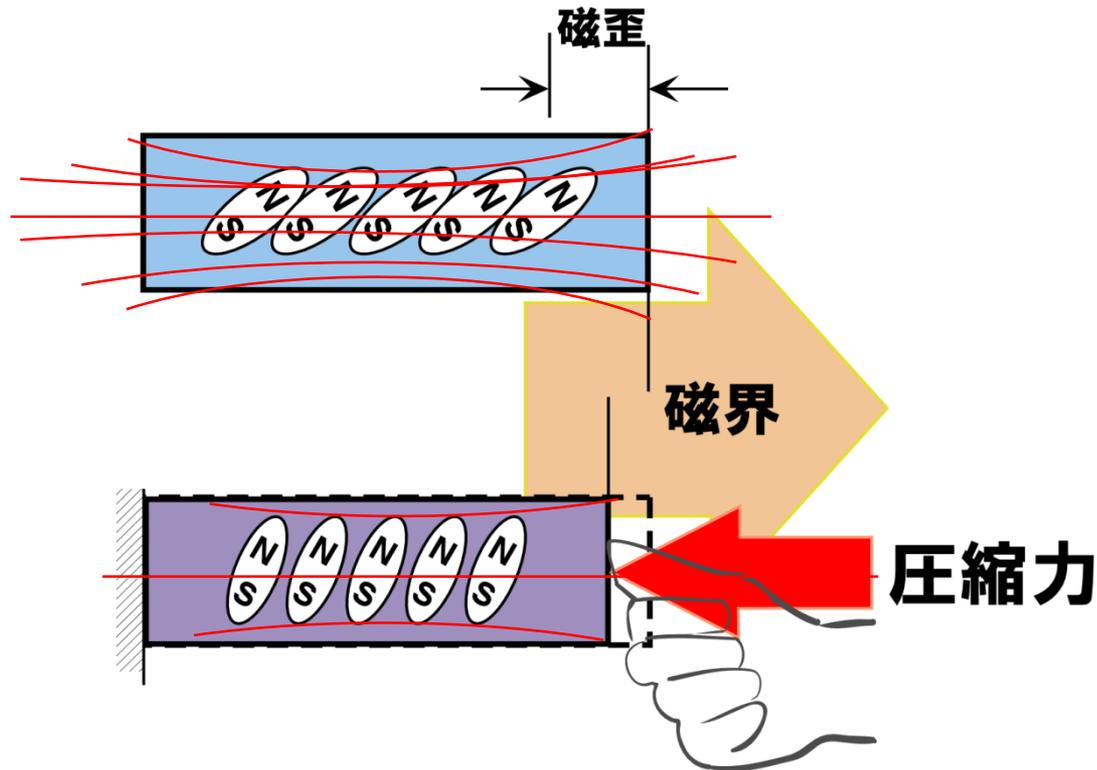
堅牢で、優れた加工性を持っています。





板に加工した例です。

インゴットからワイヤー放電加工で切り出しました。

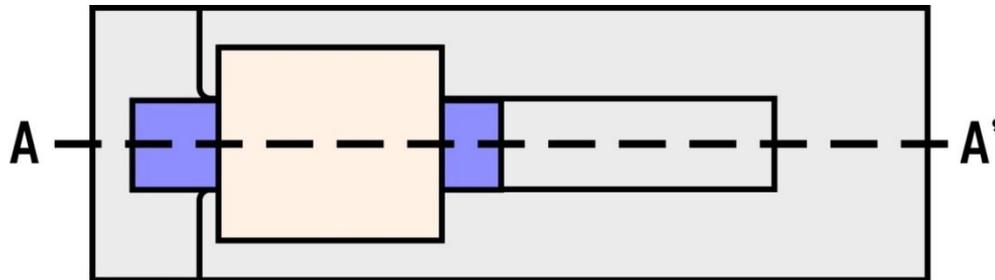


力 → 大きな磁化の変化

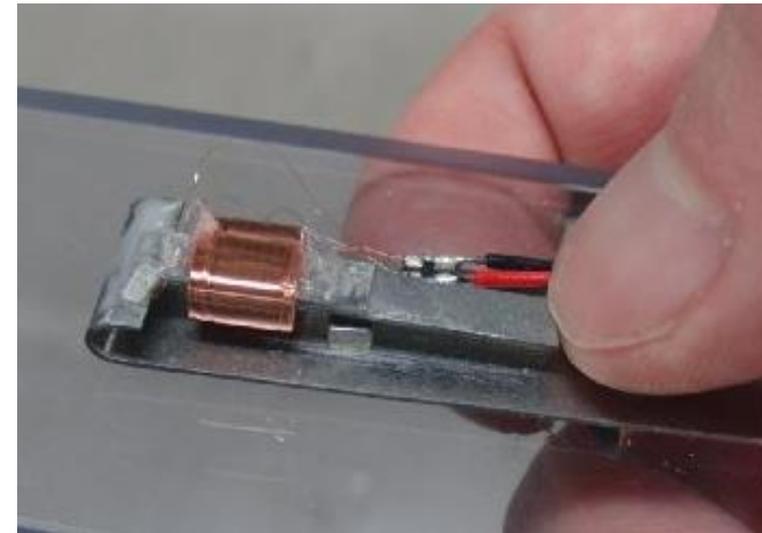
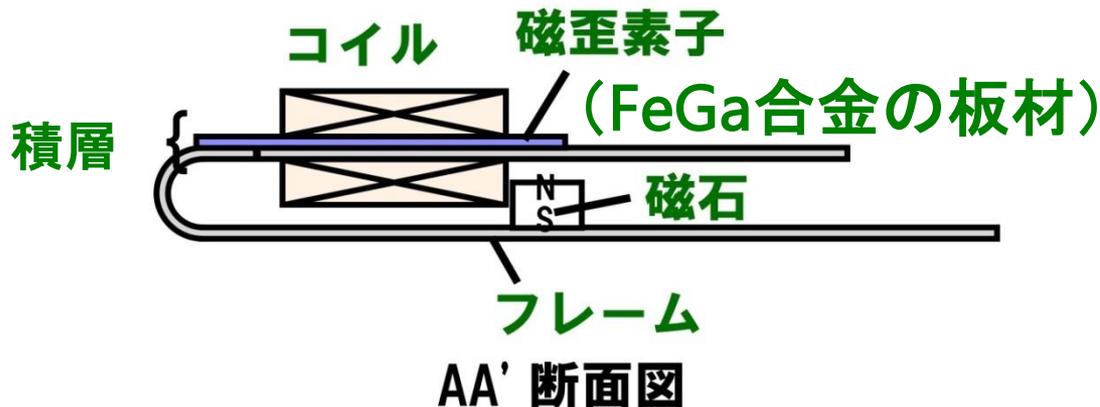
最大で1T(テスラ)の磁化(磁束)が変化します。

この効果を**発電**に利用します。

U字型のフレームにFe-Ga合金の板を貼り付け
コイルを巻き磁石を配置します。



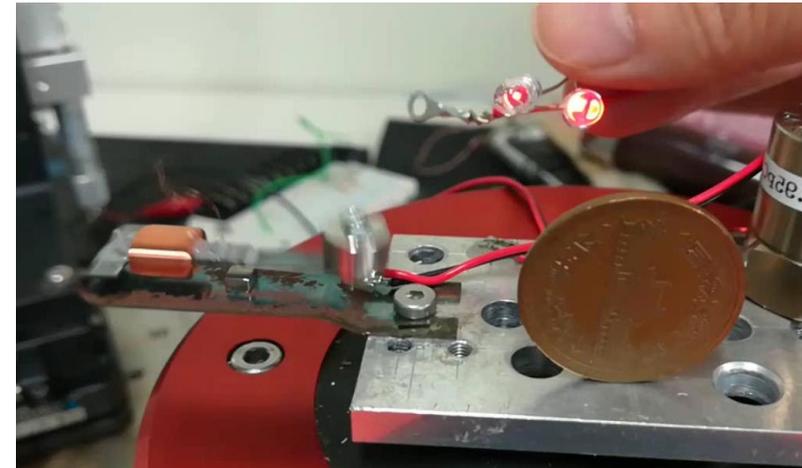
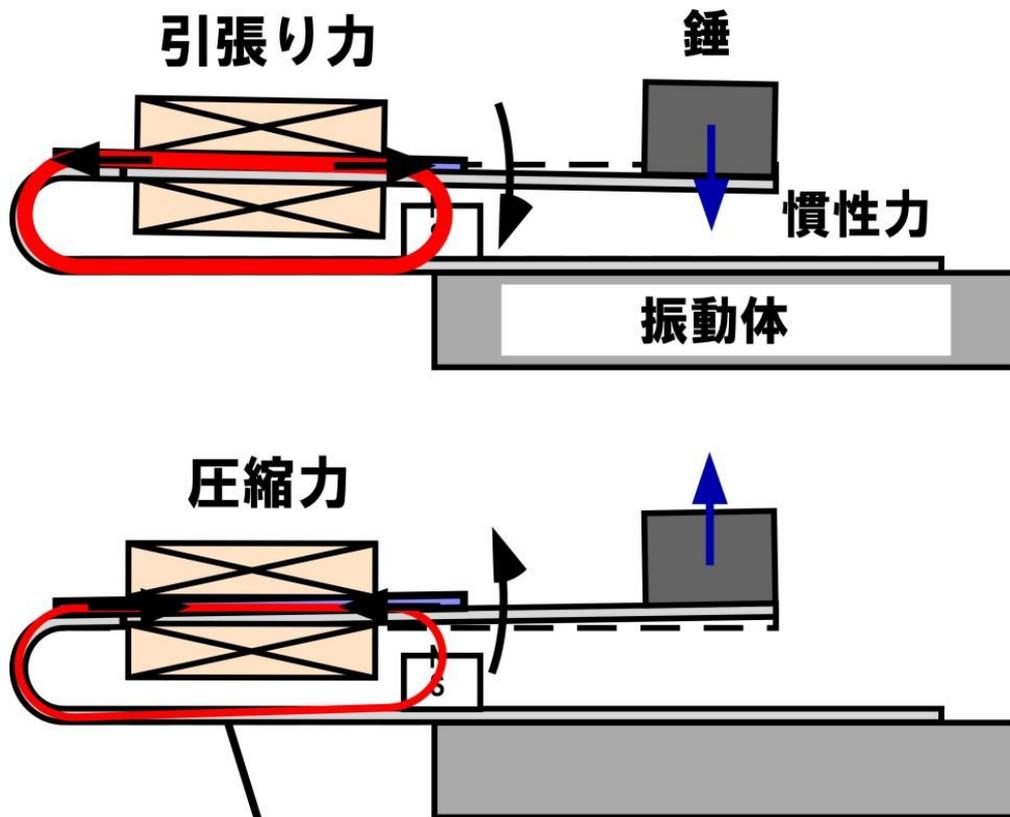
上面図



シンプルで堅牢、組み立てが容易で、量産も可能です。

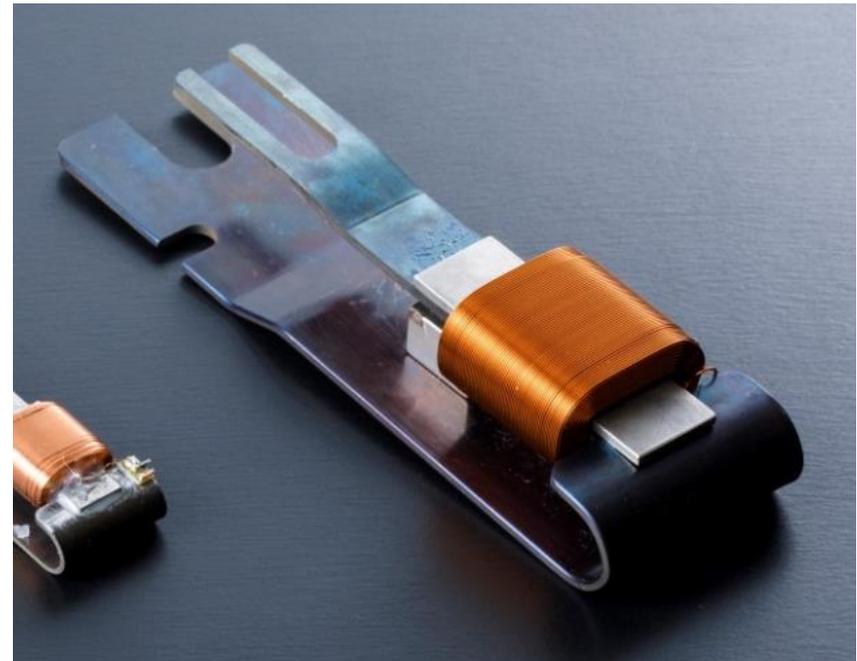
先端に錘を付けます。

振動で錘が上下し、フレームが変形します。

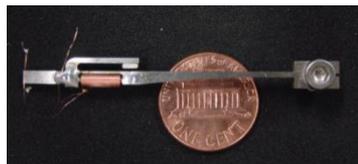


この時、合金の圧縮、引張りで磁束が変化し
電磁誘導の原理で発電します。

- ☑ **シンプル**で組み上げも**簡単**，高い**量産性**
- ☑ **高感度**で**高出力**（微小な振動でも発電）
- ☑ **使いやすい電源**
- ☑ **高い耐久性**，**耐熱性**
- ☑ **大小様々なサイズ**
- ☑ **高いカスタマイズ性**
- ☑ **安価にできる可能性**



	磁歪式	圧電式	磁石可動式	静電式
発生電圧（開放）	1V~10V	10~100V	~数V	~数百V
エネルギー変換効率	40%	10%	NA	NA
内部抵抗	小	大（誘電体）	小	大（容量性）
耐久性	◎	△	○	○
耐熱性	○	△	△	△
コスト	◎	○	○	△
共振周波数の調整	◎	◎	×（可動部密封）	×（可動部密封）
大型化	◎	△	○	×



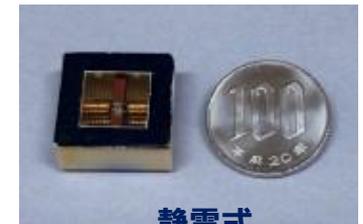
磁歪式



圧電式

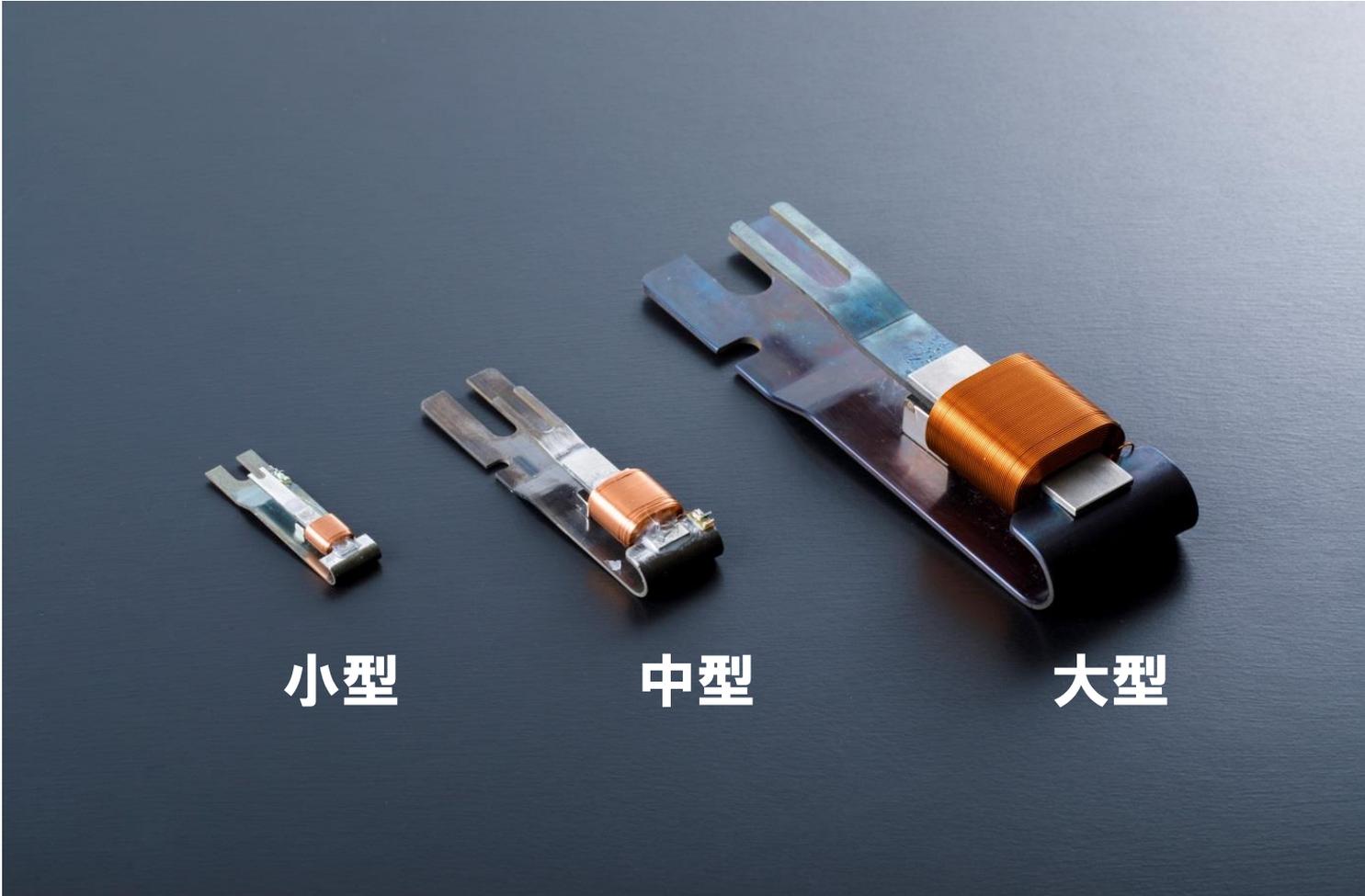


磁石可動式
（ブラザー工業）



静電式
（オムロン）

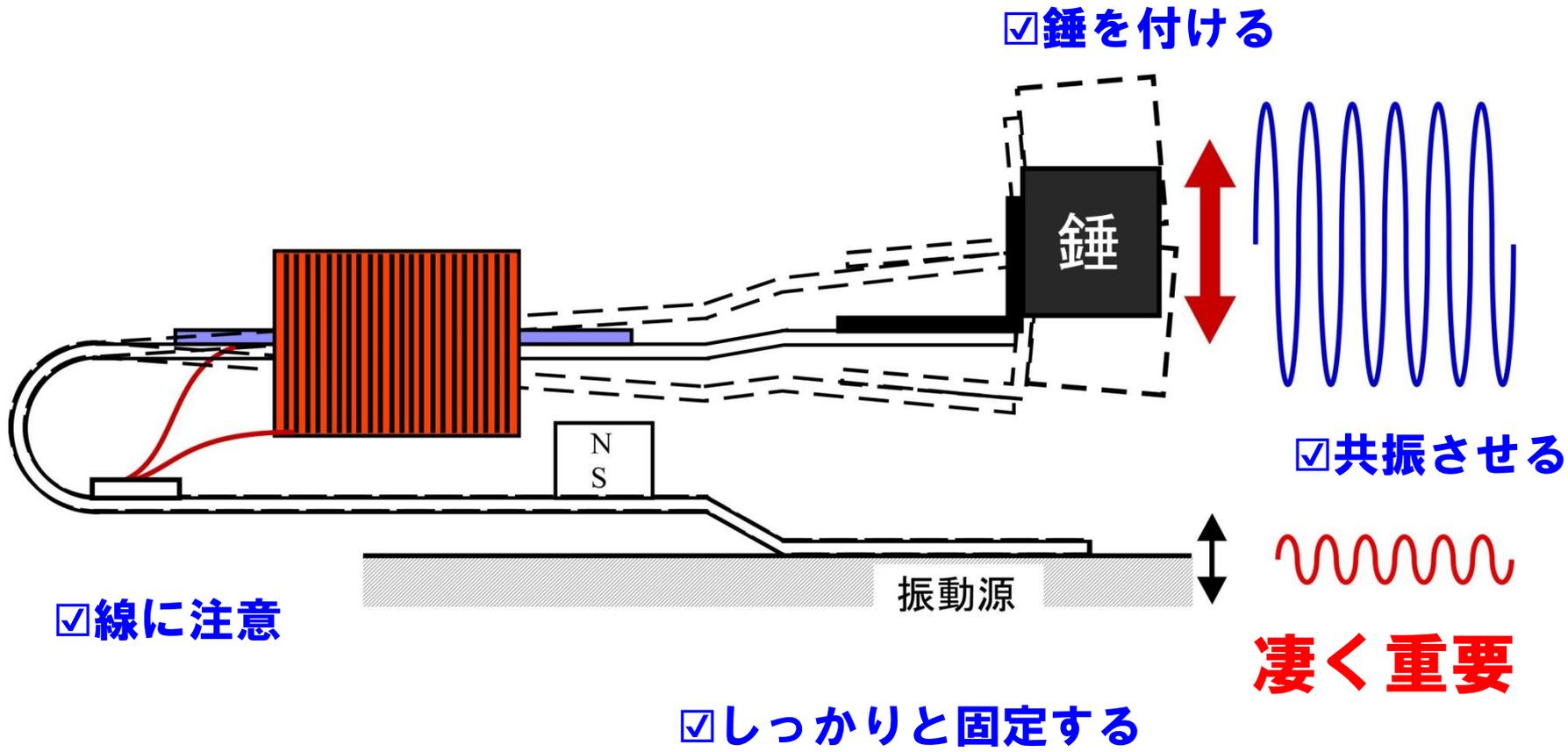
磁歪式は従来技術に対しほとんどの点で優位です。



小型

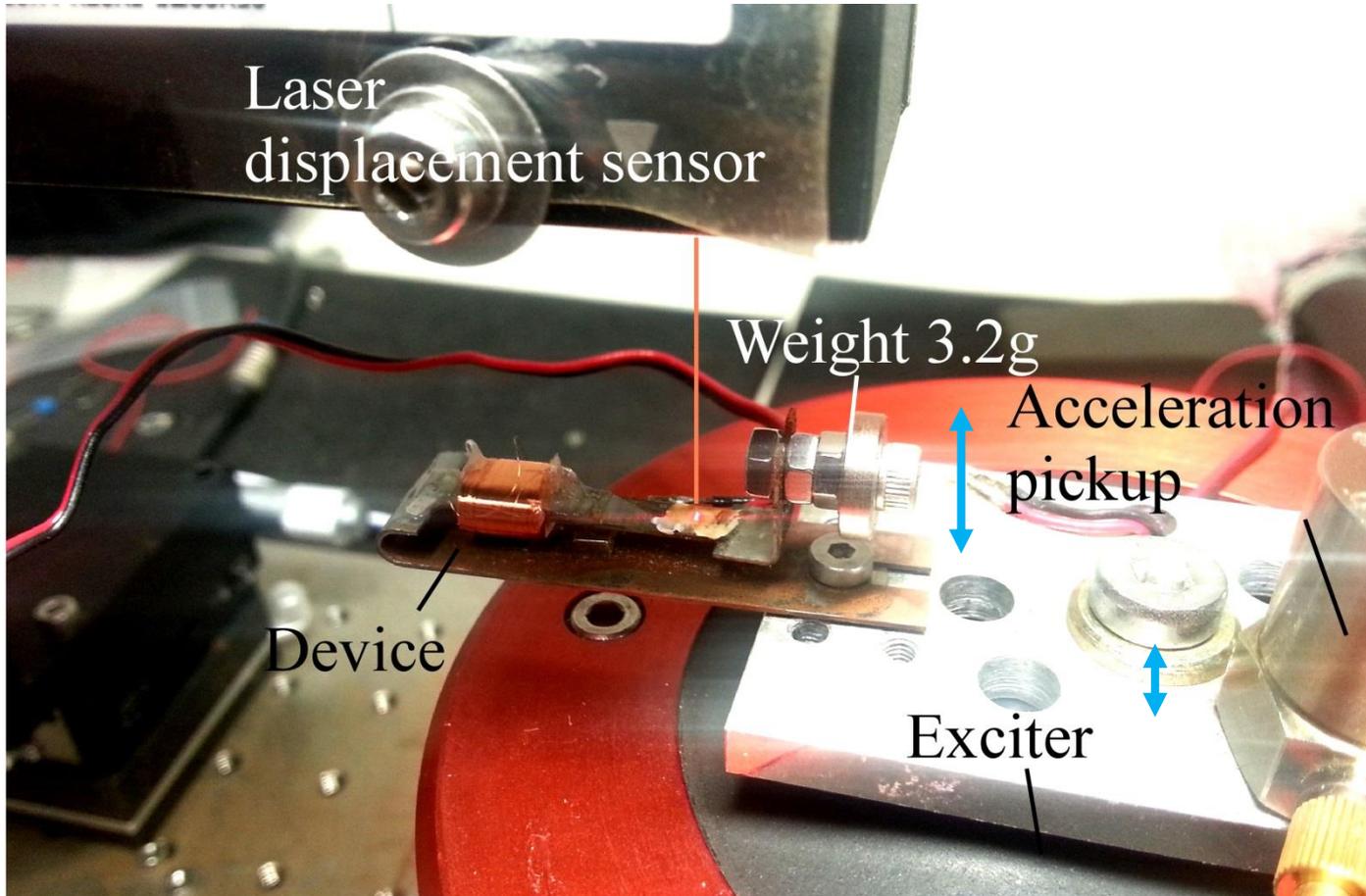
中型

大型

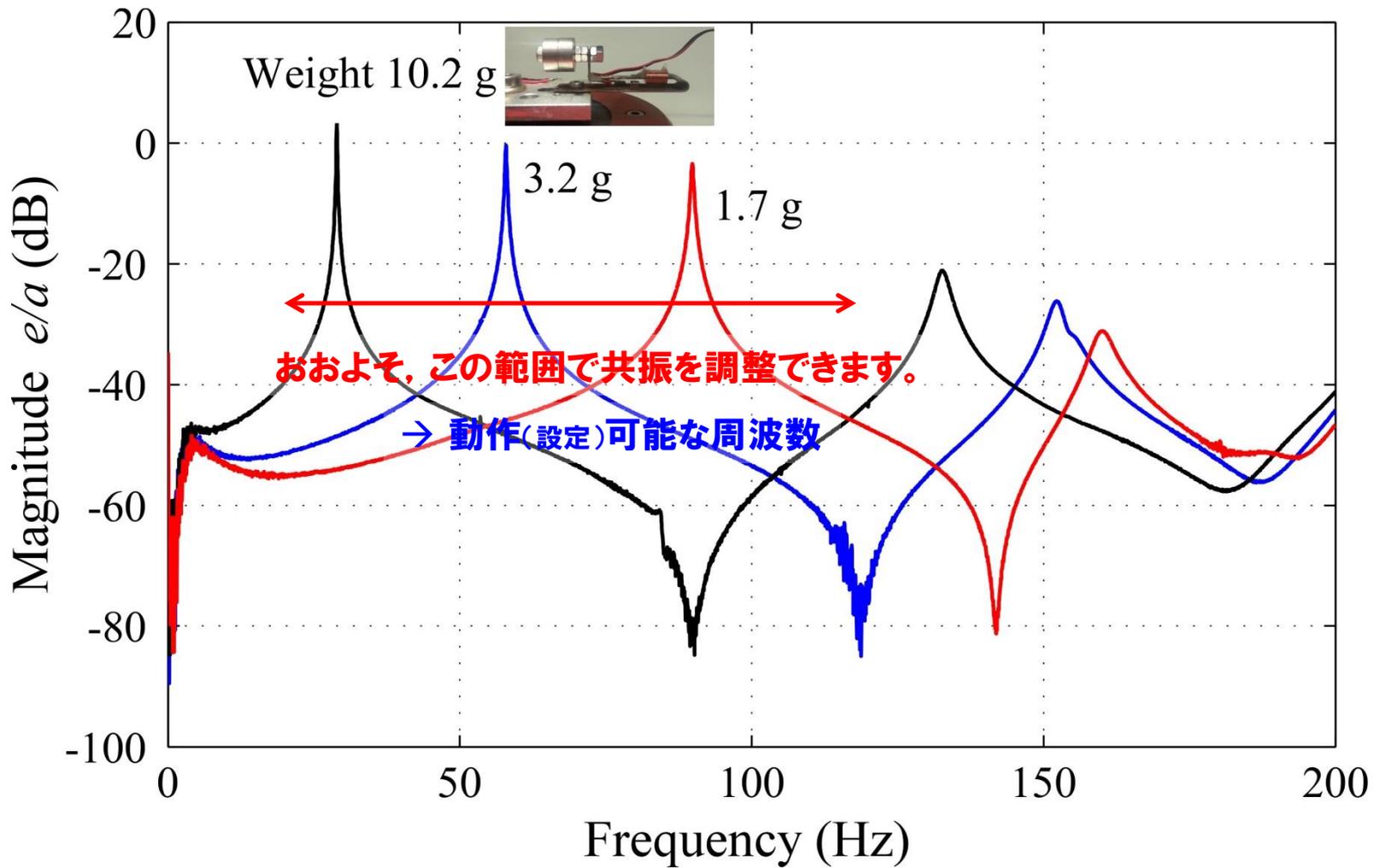


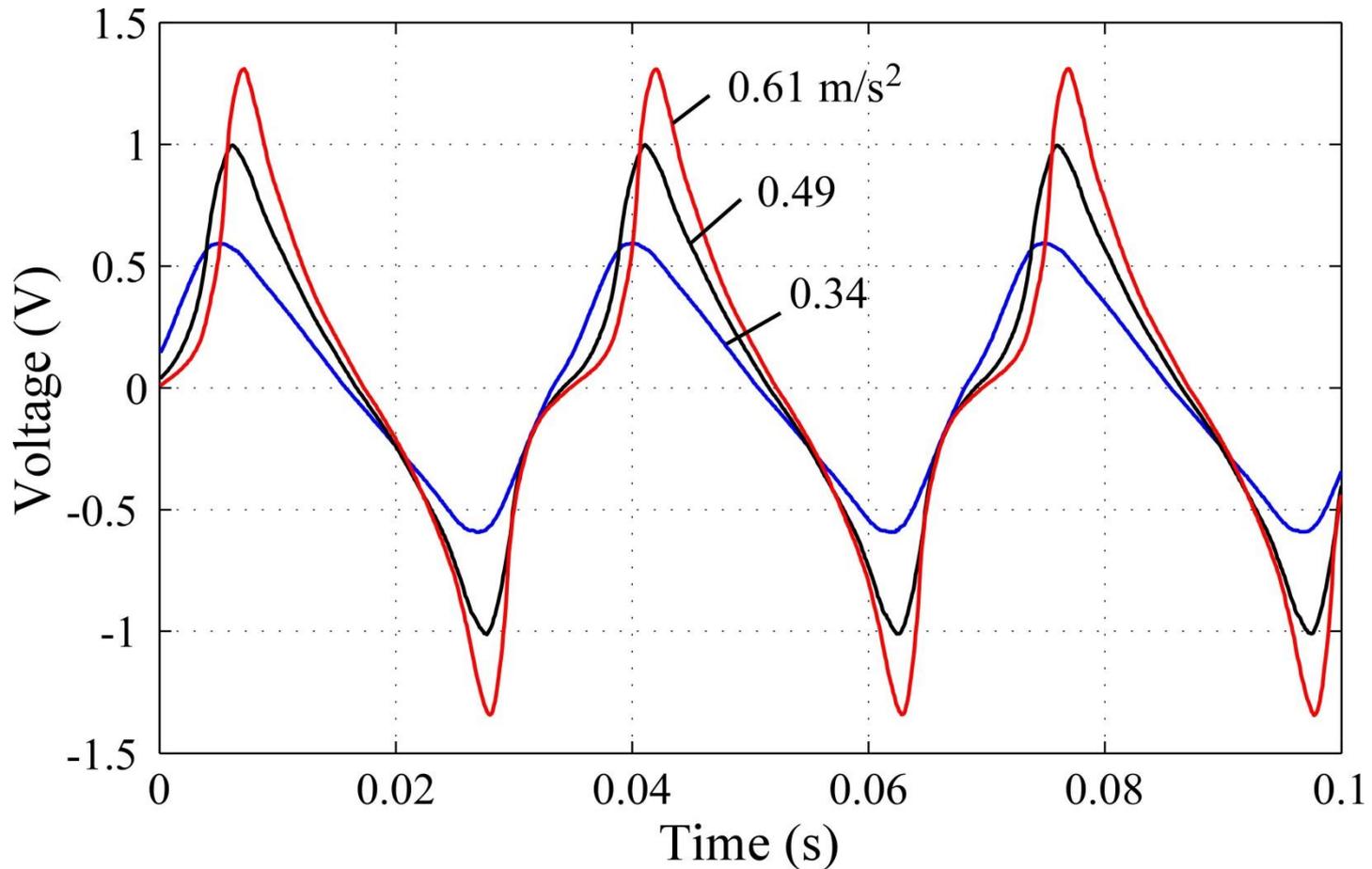
FeGa合金	4×0.5×16 mm (0.25g)
フレーム	SPCC (鉄板) 0.5mm厚
コイル	線径0.05mm 3500巻 (抵抗500Ω)
永久磁石	ネオジム磁石 4×3×2mm
質量	4g 体積 0.5cc



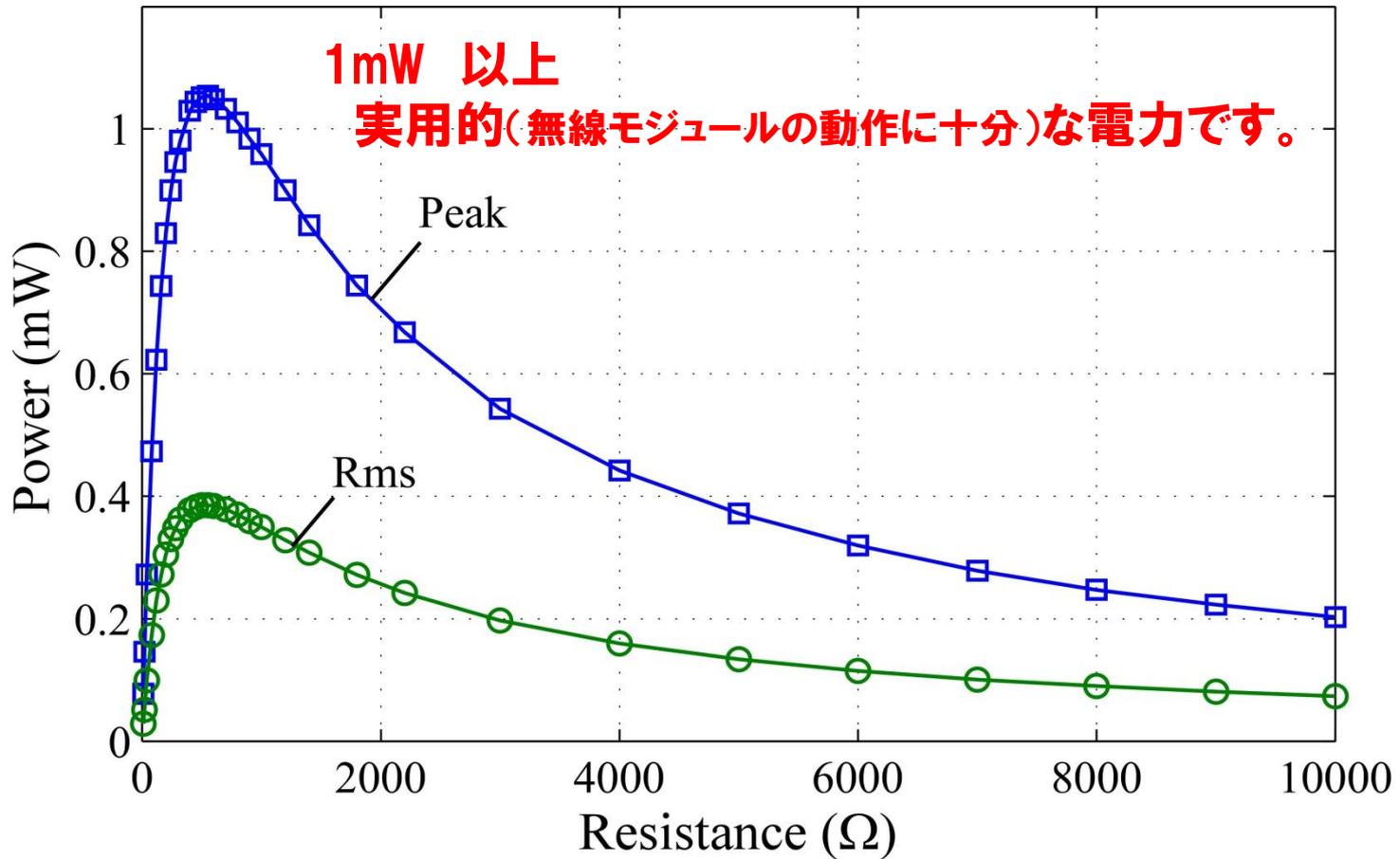


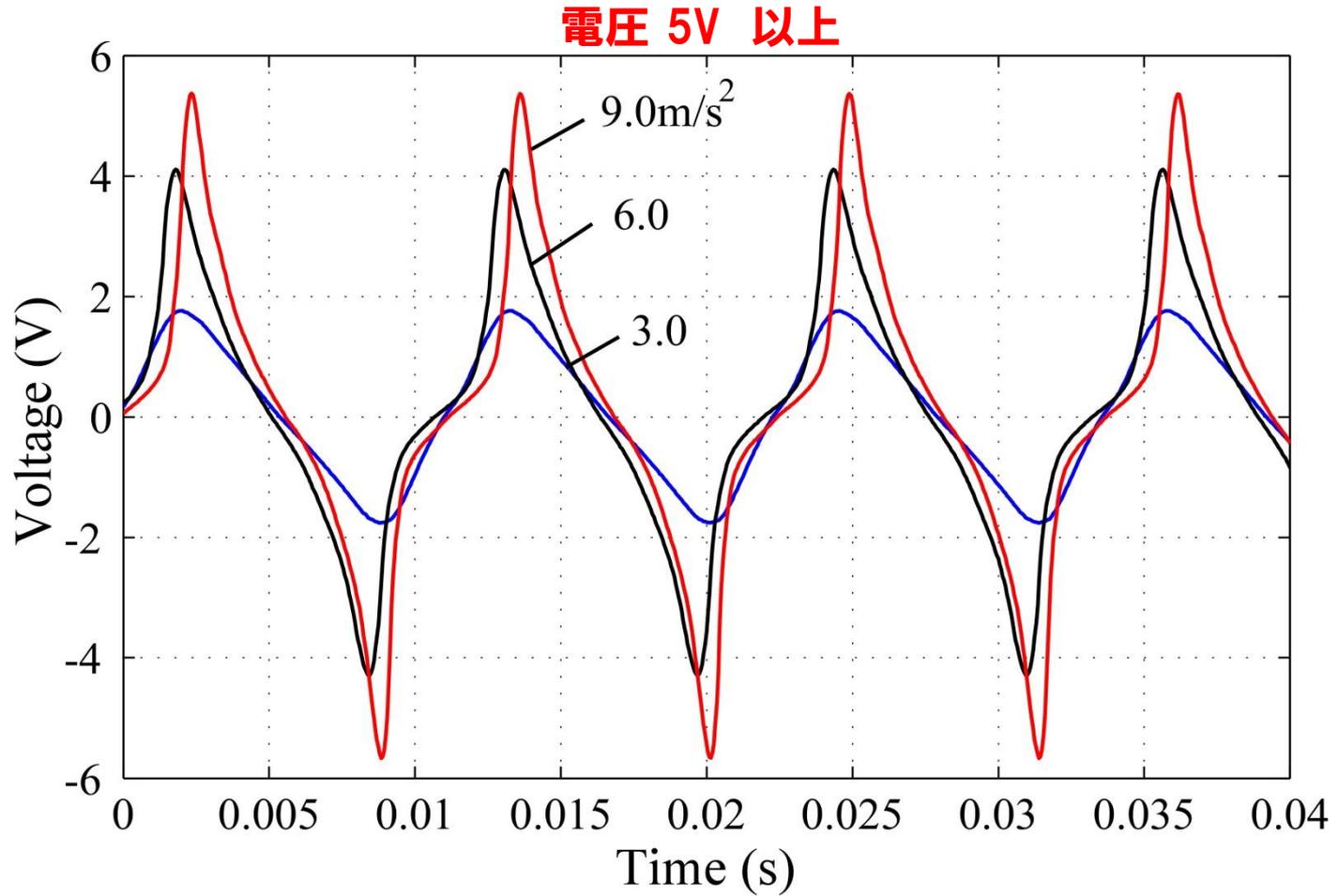
小型デバイスと評価試験の様子
錘を付けて加振機で励振、加速度 a と電圧 e 、変位 x を測定します。

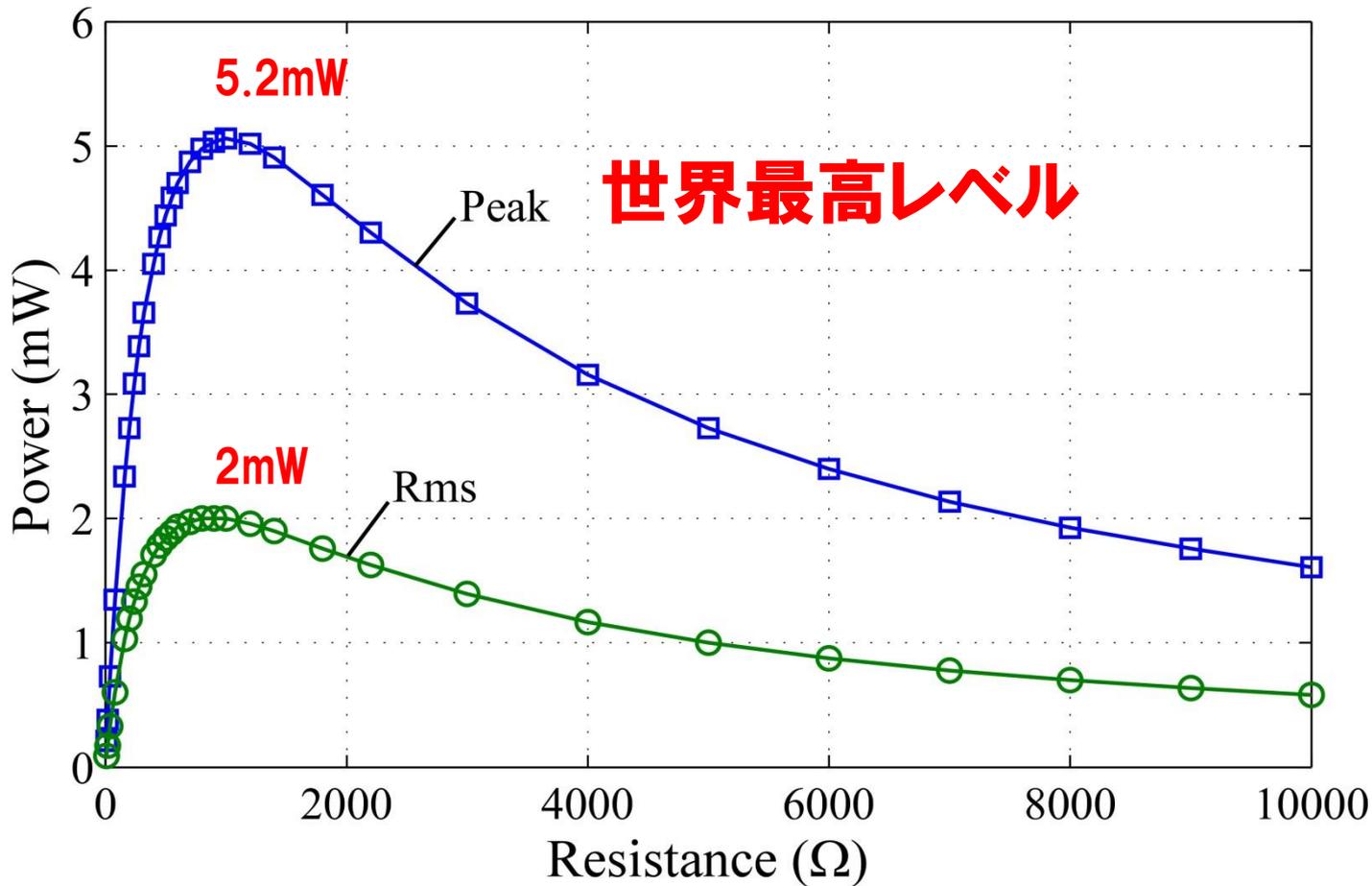


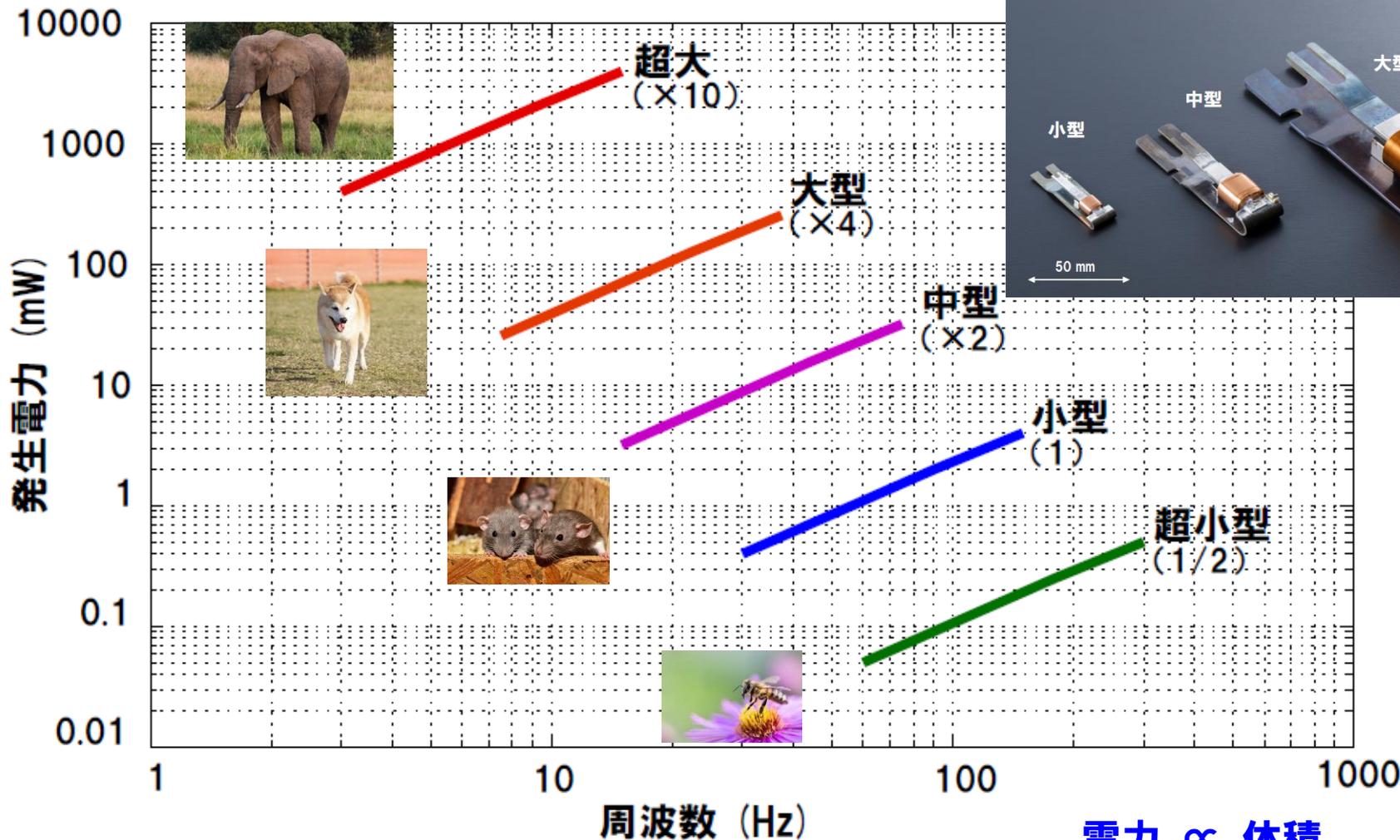
電圧 1V 以上

振動の周波数 28.4Hz, 0.49m/s^2 (0.05G) = 振幅0.015mm
→ **微小な振動 (指で触れてもほとんど感じません)**





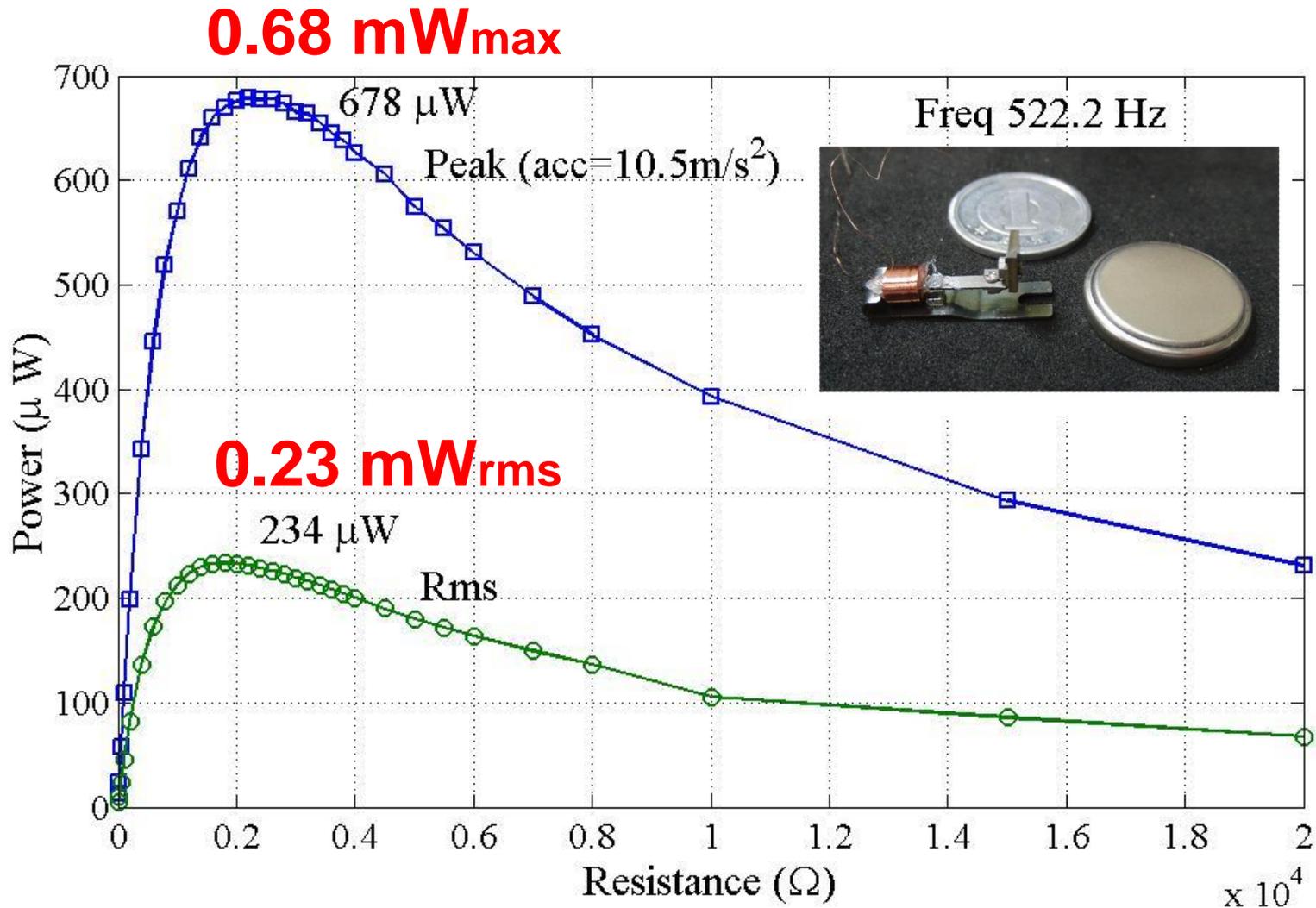




周波数と電力はスケール効果に従う

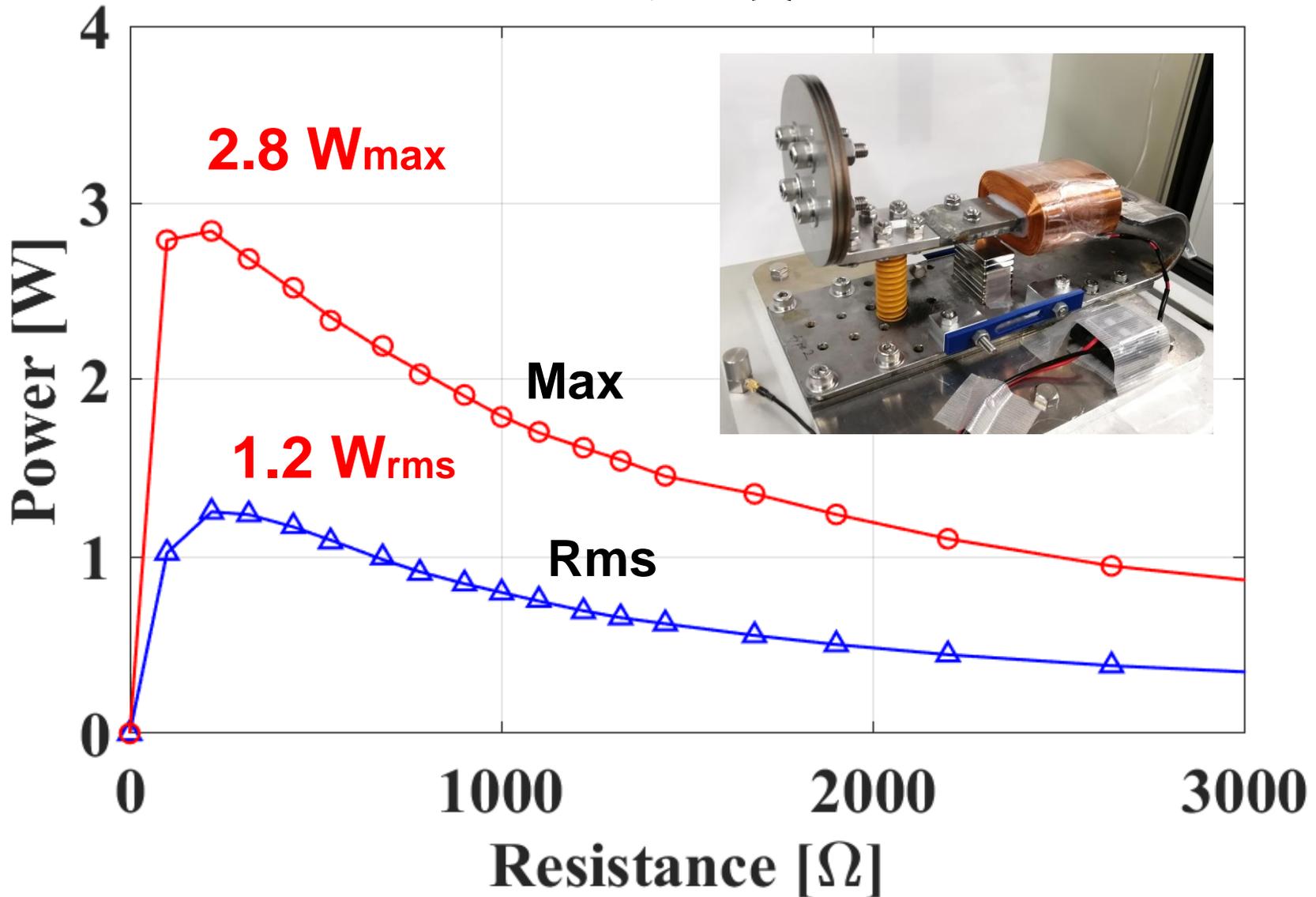
電力 \propto 体積
周波数 \propto 1/長さ

自然の摂理と同じ：**大きいほどゆっくり**、**小さいほどはやく振動する**
デバイスの特性はこれに従います。

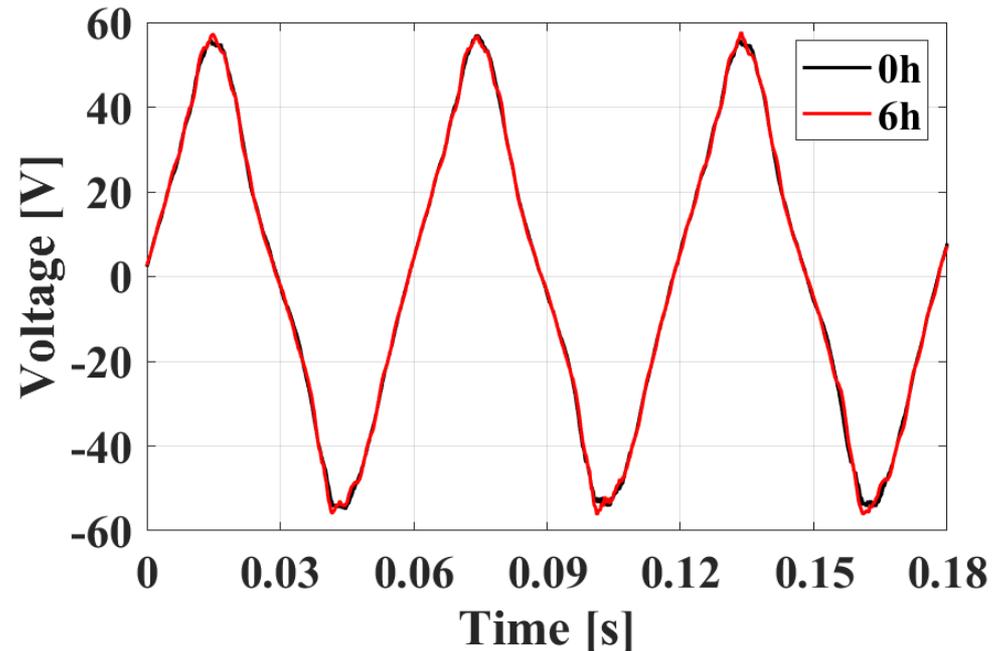
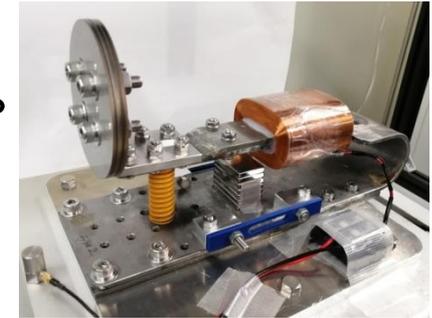
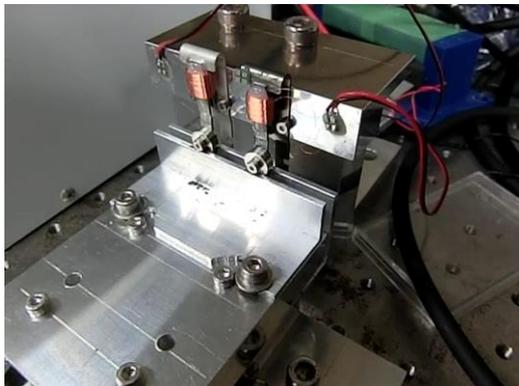


加振条件 500Hz, 1G程度

ワットレベルの電力も実証しています。

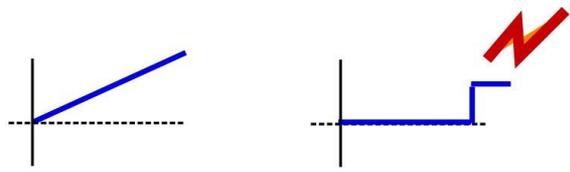
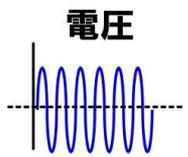
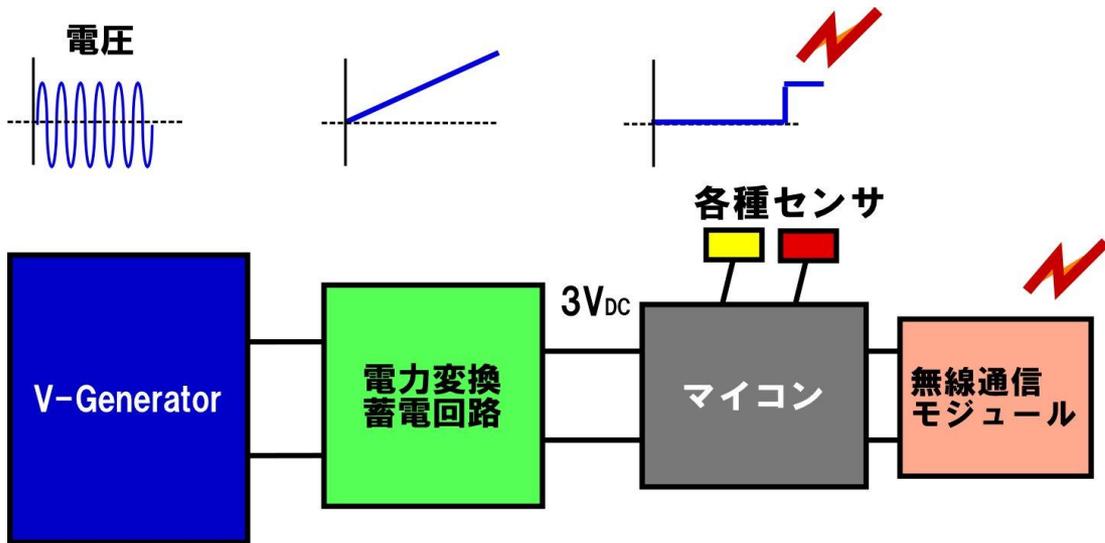


- 磁性また磁歪の経年劣化はありません。
- 錆びも大きな問題ではありません(水中での利用も可)。



加振試験, 破壊試験を実施中

超大型の疲労試験
強度振動で連続6時間後の電圧を比較
劣化なし

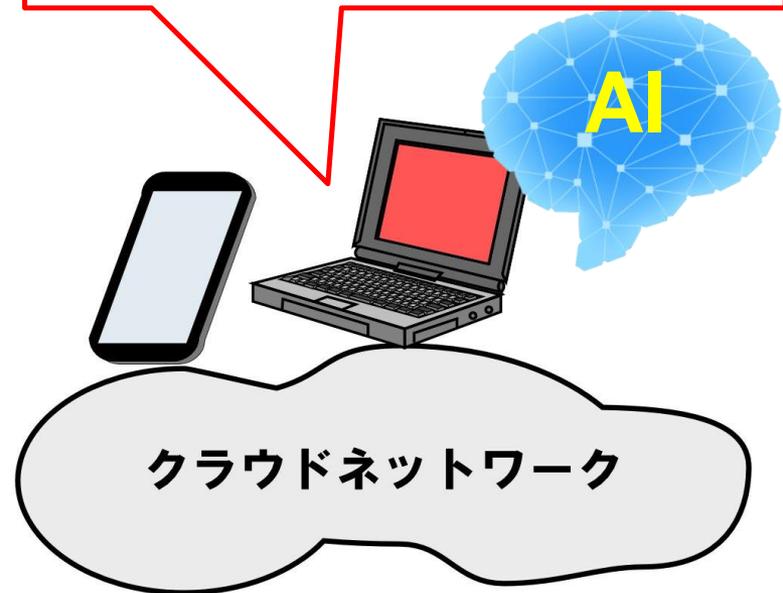


周波数 120, 120.5, 120.2 ...

温度 25, 25.2, 25.4, **28.2**

振動波形

データ分析で状態判別



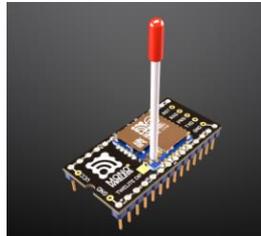
クラウドネットワーク

機械振動がエネルギー源，その状態（センサ情報）を無線で通知

BLEモジュール



TWELITE DIP



IMシリーズ



Sigfox,
LoRaなども可

磁歪振動発電のmW（ミリワット）の電力があれば多くのモジュールが動作します。

V-INNOVATION
01
IOTを加速する

**機械の不具合を予知し、
未然に防ぐ**

機械や設備の予知保全で無線センサを利用します。
機械の振動で発電することで、
この無線（センサ）の電源の心配がなくなります。

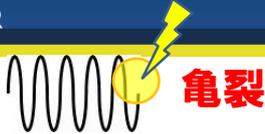
01/02
V-GENERATOR

超小型のV-Generatorでも無線センサは動作します。

02/02
V-GENERATOR

そこから信号を飛ばし、1Fで受信しています。

V-INNOVATION 01の動画をご覧ください。



亀裂



橋の崩落（イタリア, 2018）



異音



水道管の破裂



異常振動



新幹線の台車の亀裂（2017）
写真：JR西日本

老朽化したインフラや検査が必要な機械はたくさんある。
崩落、破損、事故が起こる可能性は高まっている。

一方



打音検査
出典：NEXCO 中日本

検査を行う
人手が足りない
費用もない

→ センサ、無線の活用

→ 振動を電源に電池を気にせず半永久の
ヘルスマニタリングができる可能性があります。

V-INNOVATION

02

IOTを加速する2

インフラの点検を 手間なく永久に

橋の振動で発電できます。

蓄電してセンサデータを遠隔に送信できます。

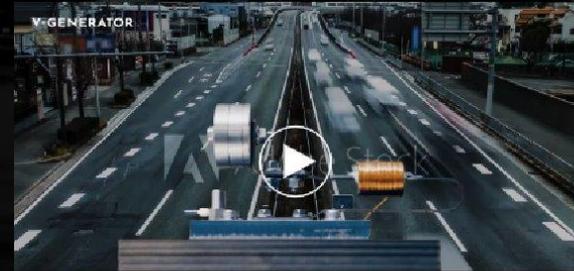
このシステムで、定期的に行う点検が不要になります。

01/02



タイプBを使います。

02/02



振動があればまだまだパワーをつくれます。

V-INNOVATION 02の動画をご覧ください。

高架橋の振動で2次電池を蓄電し、無線信号が送信できます。

長期の動作試験を実施中

現状、この用途では大型サイズが適しています。

見守り, 防犯, 点検, 呼び出しボタン

CONFIDENTIAL

Line 14:20 ドア開いた 温度 32℃

Line 10:14 ドア開いた 温度 32℃

Line 8:14 ドア開いた 温度 22℃

無事でよかった

見守り 防犯



空き巣かも？

AI

ヒートショック！
熱中症注意！



温度 5℃, 湿度 50 %
温度 4.5℃, 湿度 43 %
自動記録中

点検が楽で助かる～

たくさんあればな～

呼び出しボタン

呼び出し

SOS

Please Push to Call Bell
ご用の標はボタン先押ししてください

電池を気にせず, たくさん使えます。

V-INNOVATION
03
犯罪や事故を未然に防ぐ

周囲に危険を知らせる

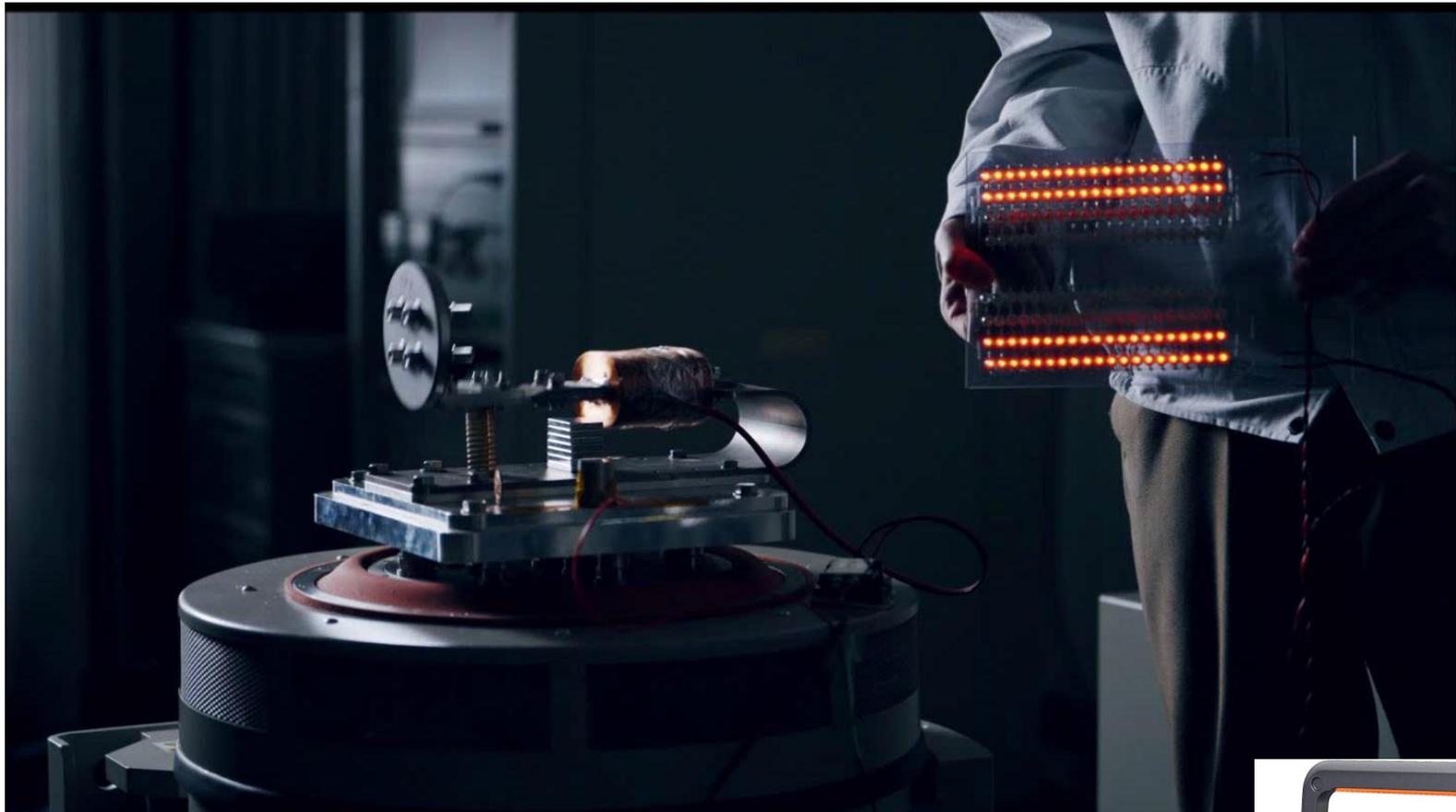
動きや衝撃でLEDを点滅、無線の送信もできます。
ドライバーに注意を喚起し、交通事故の低減に貢献します。

V-INNOVATION
04
動きで知らせる

便利で安心な生活のために

ちょっとした動きでセンサ信号を送ります。
電池の心配なく、見守りや防犯、施設の点検や管理が可能です。

V-INNOVATION 03, 04の動画をご覧ください。
長期の実装試験も行っています。



V-INNOVATION 04/04 の動画をご覧ください。

小さい振動でワットの電力を発生し、ポータブル電源(Jackery)に蓄電する様子

(V-INNOVATION 05の動画をご覧ください)

更に高い効率で蓄電する原理が実証されつつあります。



振動発電の応用を検討する際に、対象とする振動や動きが実用的な発電を行うに十分かを考えてください。極端な話、動かないものからエネルギーは取れません。同様にゆっくりとした動きから発電を行うことも難しいです。振動や動きが常時か、間欠なのかも重要です。振動や動きが十分でも、間欠にしか発生しない場合、常時エネルギーが必要なモジュールを動かすことはできません。よく聞かれますが、スマートフォンの充電や大きなモジュールの駆動は相当の振動がないとできません（実用的ではありません。）

また振動発電は共振させて使います。このため振動やデバイスの使い方に関するある程度の知識も必要です。現在、これに簡易的に行う技術も開発しています。

最後に振動発電が適用できる分野は数多く存在すると思います。この革新的な技術を活用した新製品やビジネスを是非ともご検討下さい。