電池フリーIoTを実現する磁歪式振動発電デバイス

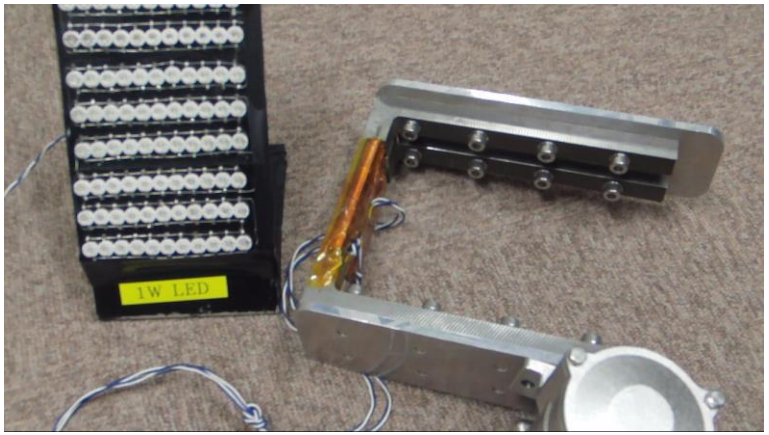
金沢大学　理工研究域電子情報学系
准教授　上野敏幸

技術の概要

利用されない振動から半永久的に発電

➔ 電池が不要になる。

（ボタン電池 年間10億個廃棄）



電池のいらないライト、

リモコン，無線センサ、IoTが実現

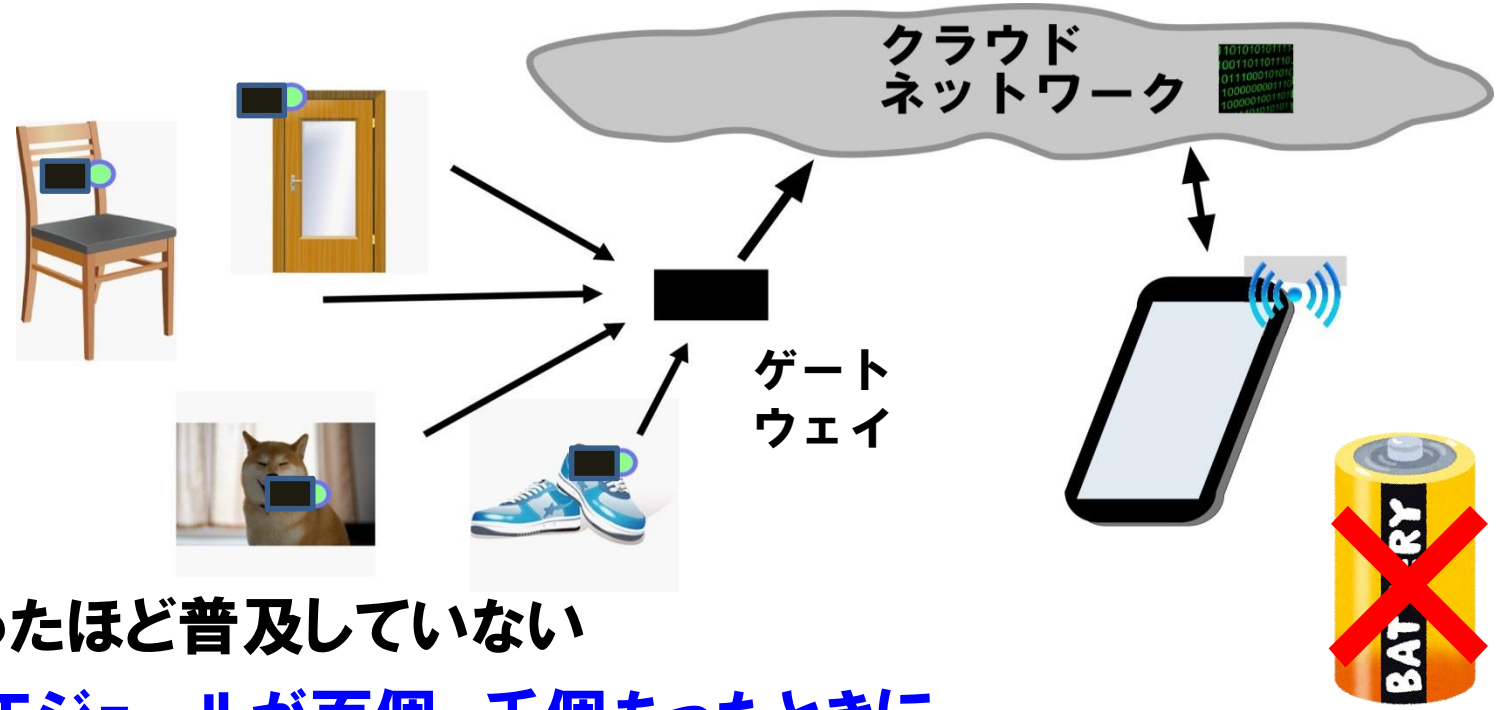
提案するデバイスでは、0.1G程度の微小な振動から

mWオーダの実用的な発電が可能

IoT（全てのモノがインターネットにつながる）の課題

IoT ＝ センサ＋無線モジュール

→ インターネット（クラウドネットワーク）

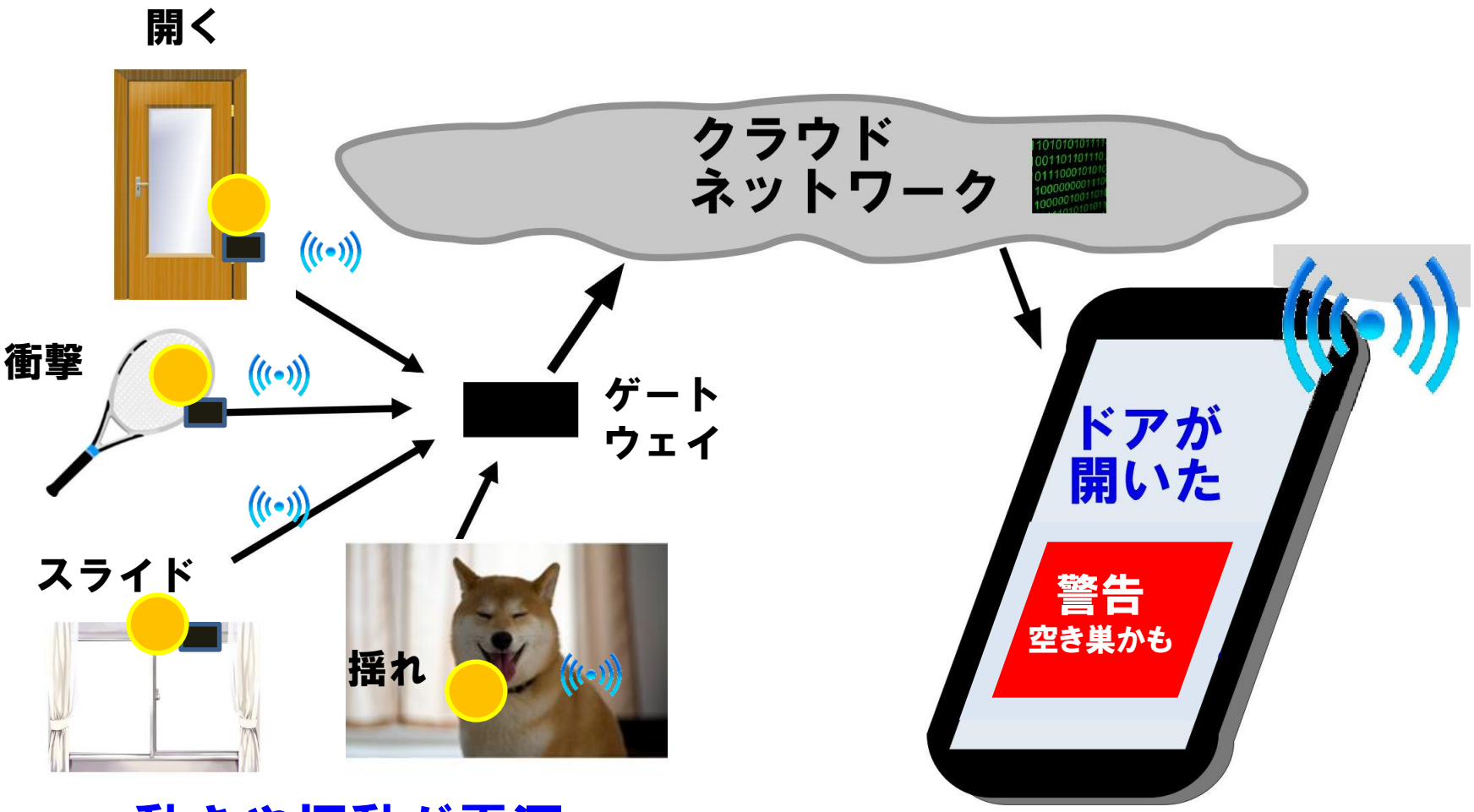


思ったほど普及していない

モジュールが百個、千個あったときに

電池を交換、管理する手間＋切れる心配

振動発電で電池の要らないIoTが実現

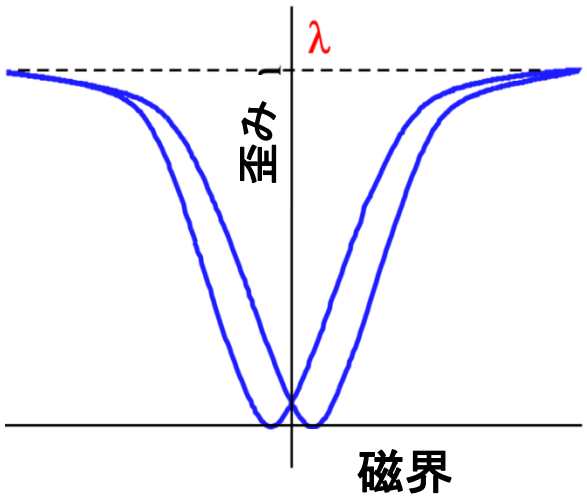


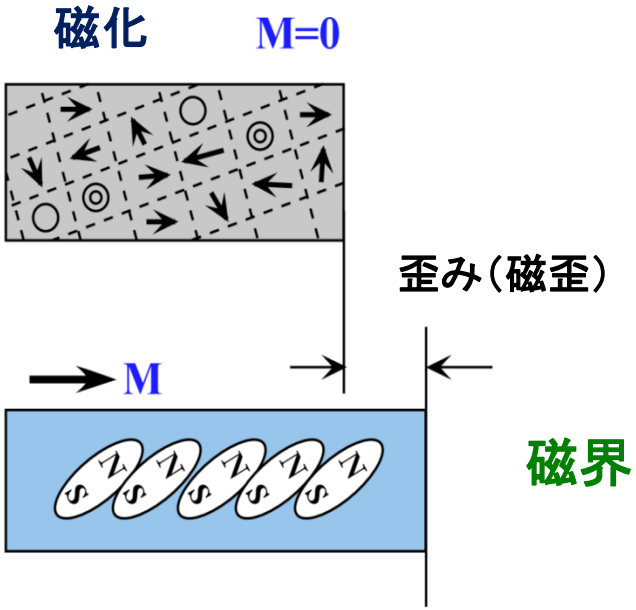
動きや振動が電源

電池切れの心配なし！

磁歪効果

磁歪効果… 磁化すると伸びる効果

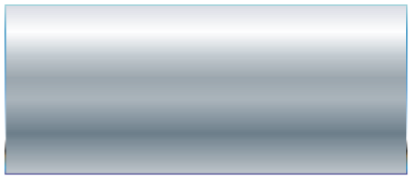




磁歪効果

磁歪　λ が大きい材料

磁歪材料



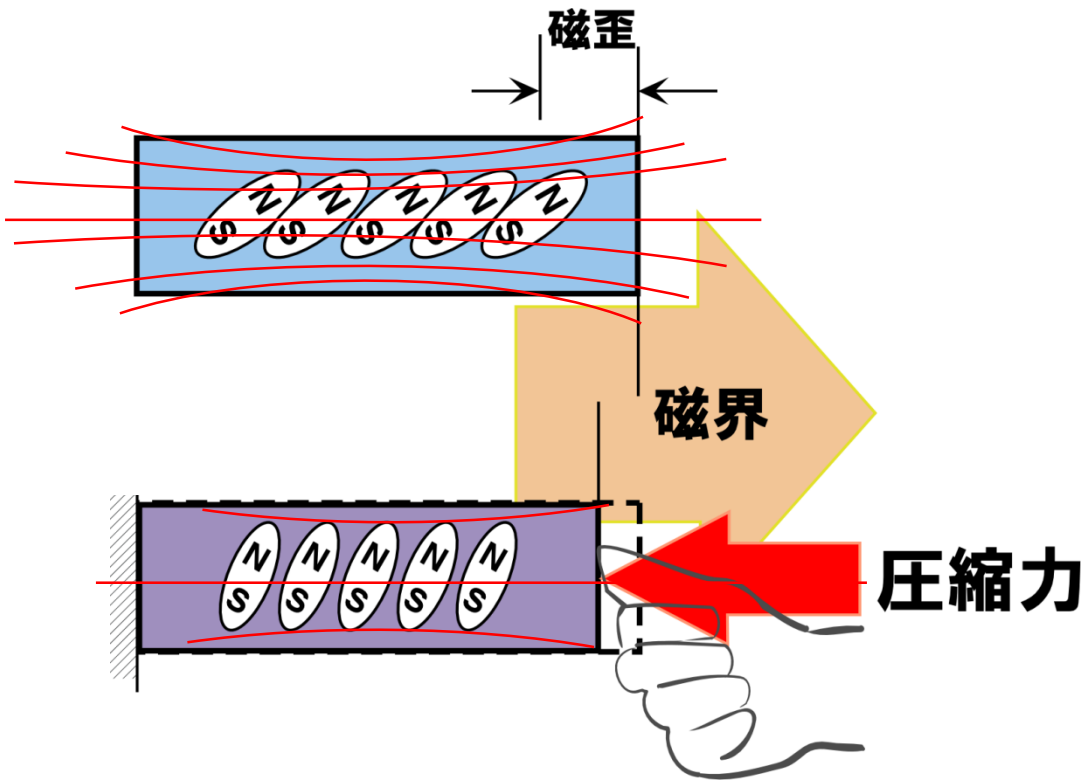
鉄系磁歪材料：Fe-Ga合金

組成	$Fe_{81.6}Ga_{18.4}$
磁歪	300 ppm （鉄は6ppm）
ヤング率	70　GPa （アルミとほぼ同じ剛性）
比透磁率	100
キュリー温度	700℃

Fe-Ga単結晶
（福田結晶技術研究所）

鉄と同じ性質 → 頑丈で，加工性がよい

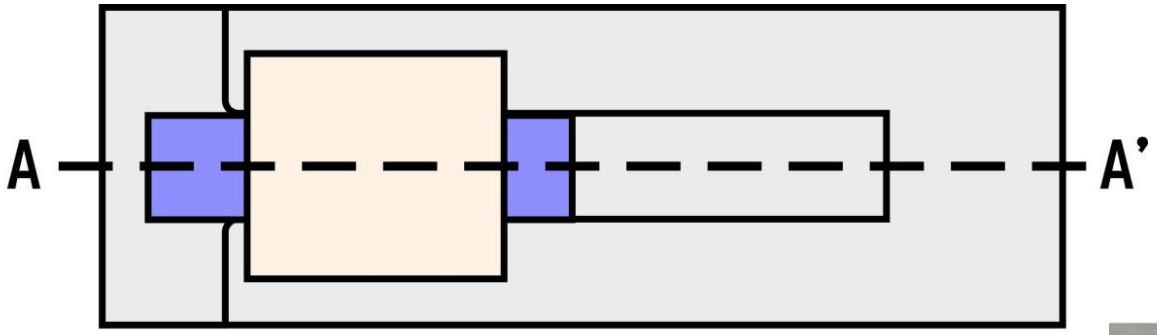
逆磁歪効果



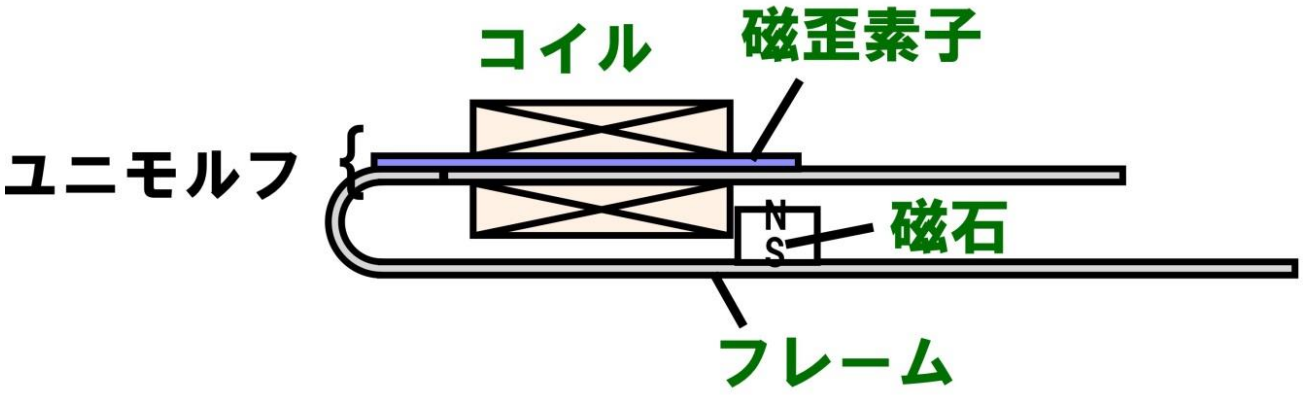
力 ➡ 磁束の変化

Fe-Ga合金では最大で1Tの磁束の変化が発生する

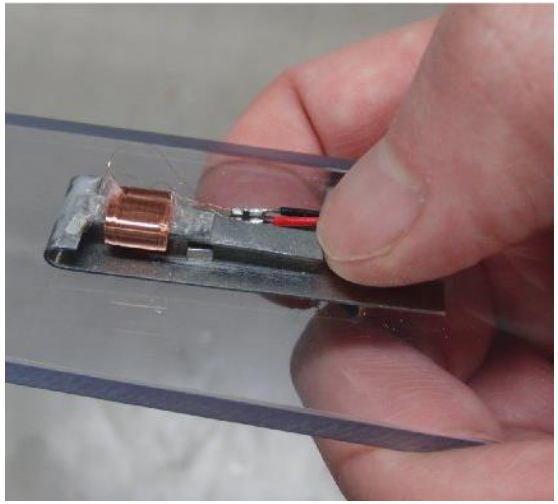
発電デバイスの構造



上面図

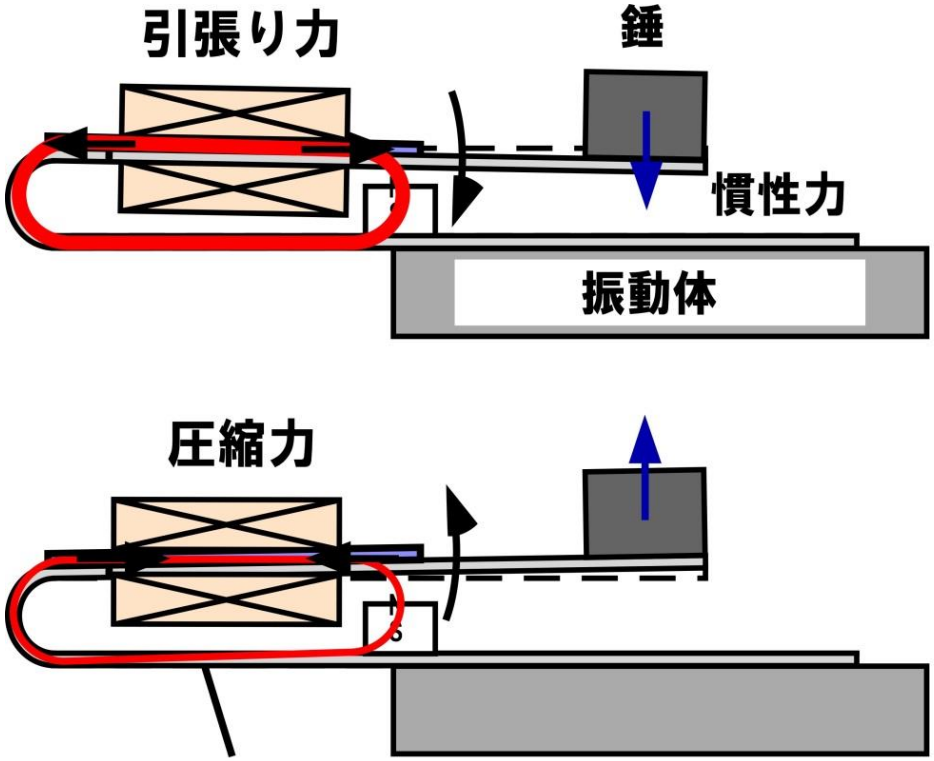


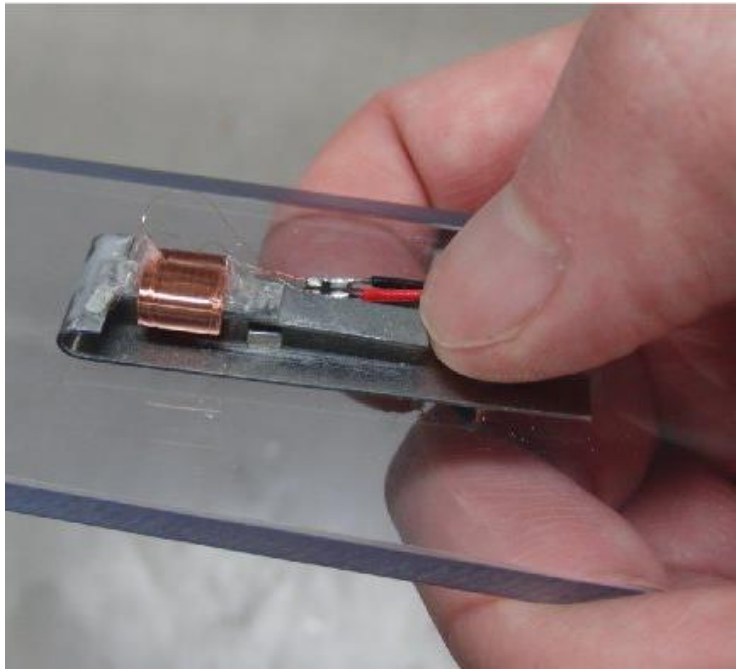
AA' 断面図



シンプルで堅牢、組み立てが容易（量産に適する）

発電の原理





逆磁歪効果による磁束変化
この閉磁路を流れ、鎖交磁束の変化でコイルに起電力が発生

特に共振周波数で大きな電力が取り出せる

デバイス仕様

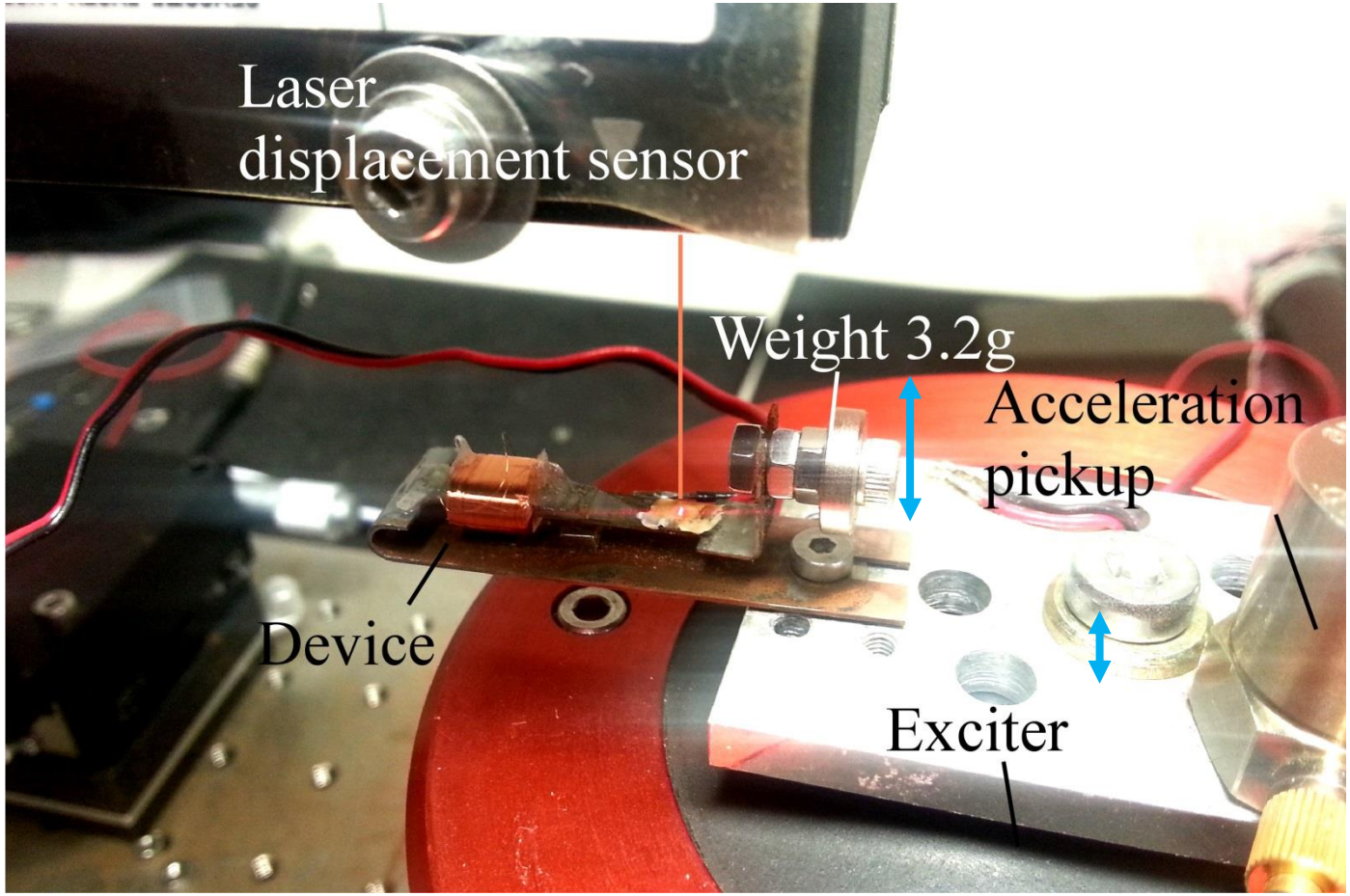
小、中、大型のサイズ設定

小型

FeGa合金	4×0.5×13mm（0.2g）
フレーム	SPCC（冷間圧延材）0.5mmt
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

中型　等尺で小の2倍、　大　等尺で小の4倍
質量は小 4g, 中 32g, 大 256g（錘を除く）

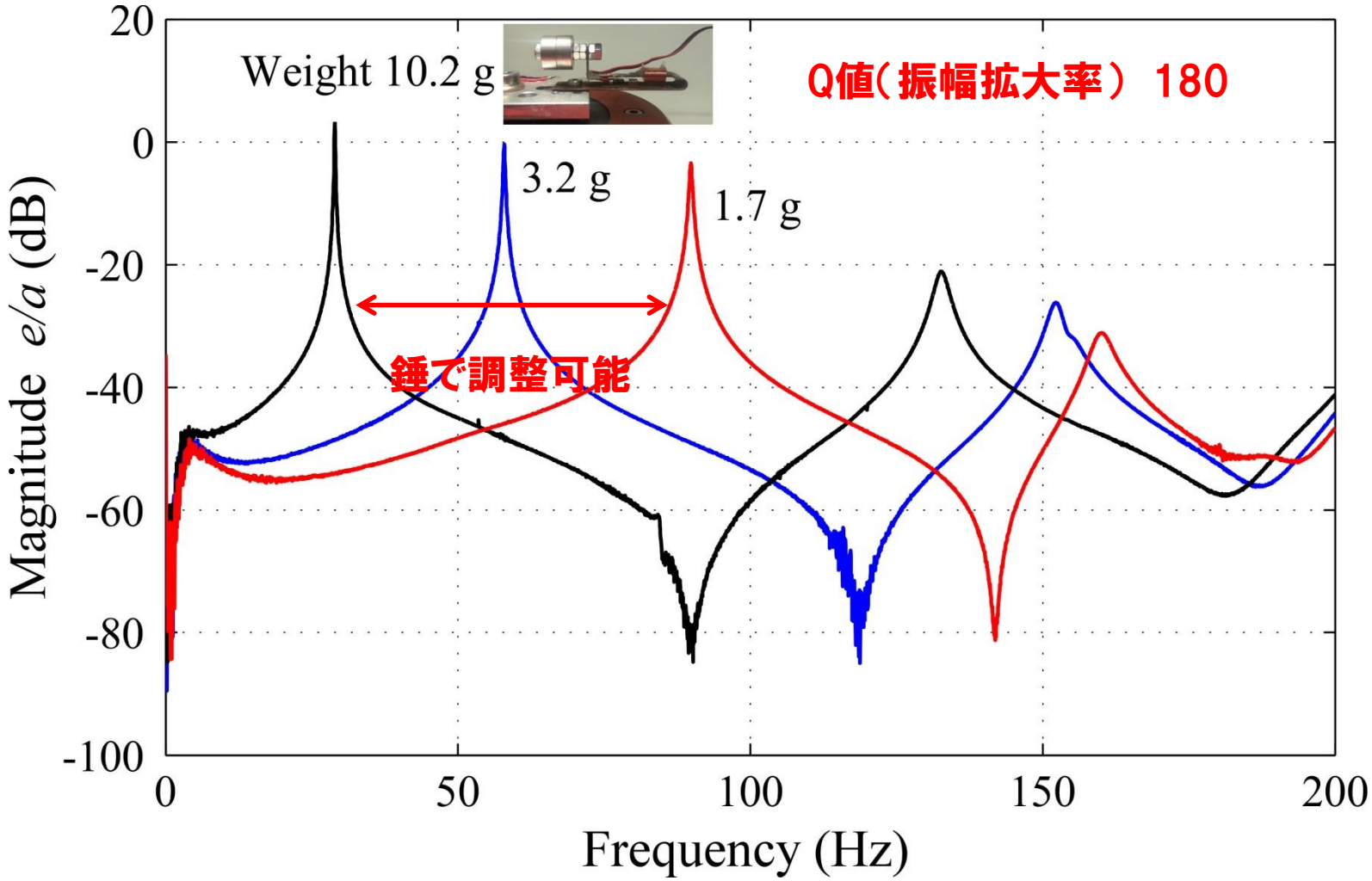
デバイスの評価試験



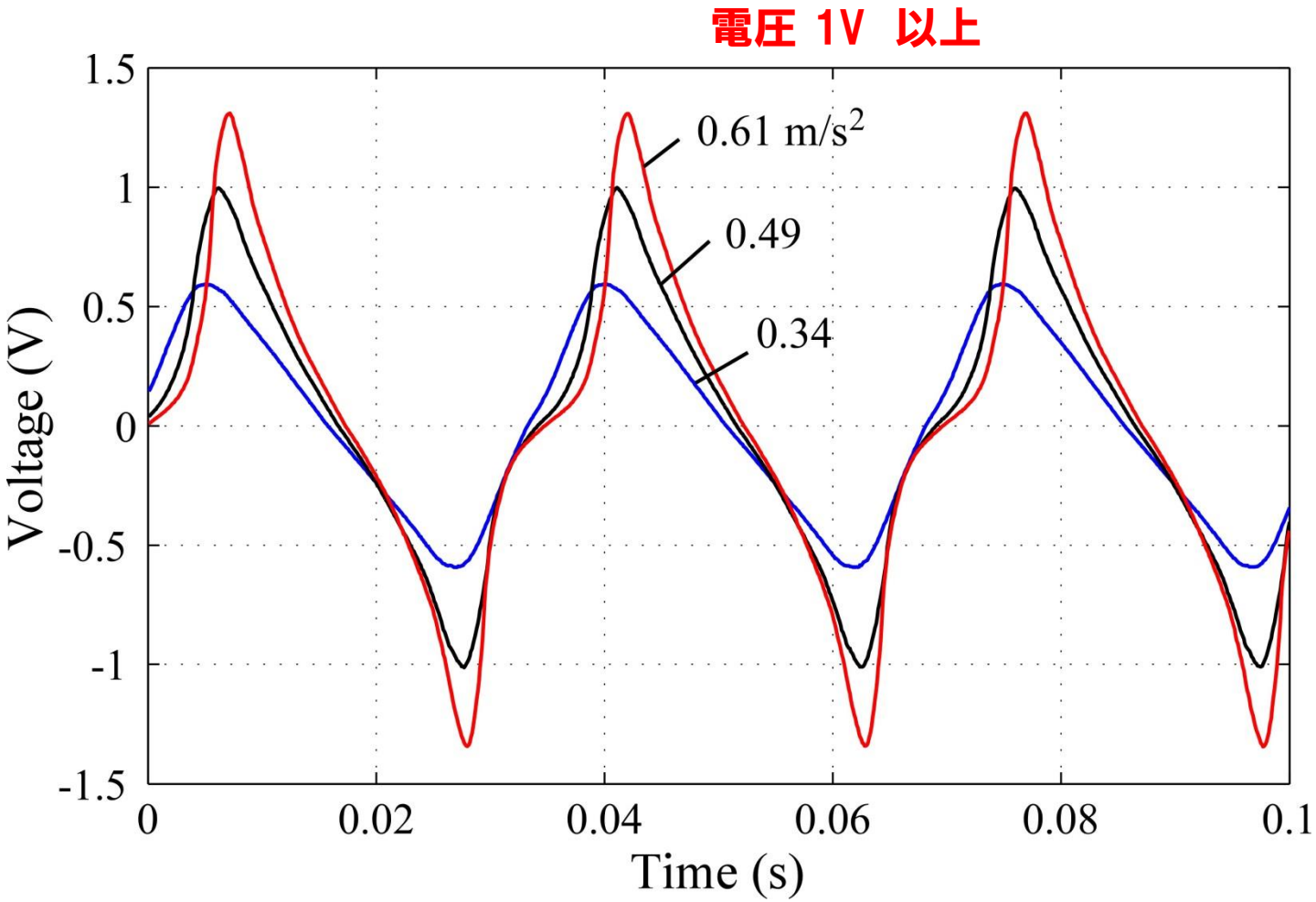
小型デバイスと評価試験の様子

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

電圧の周波数応答（錘をパラメータ）

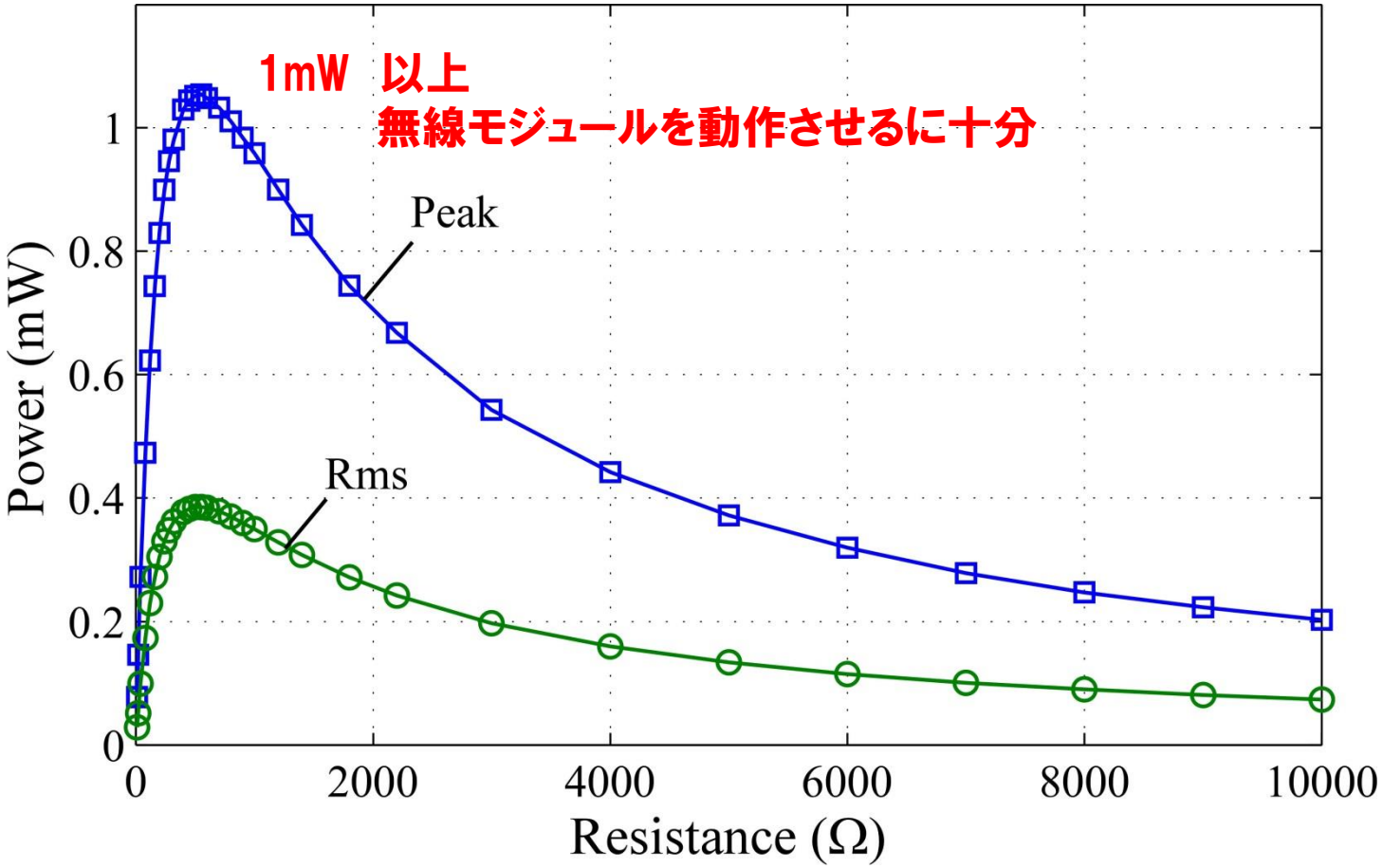


錘10.2 gの場合の電圧の波形（周波数28.4Hz）

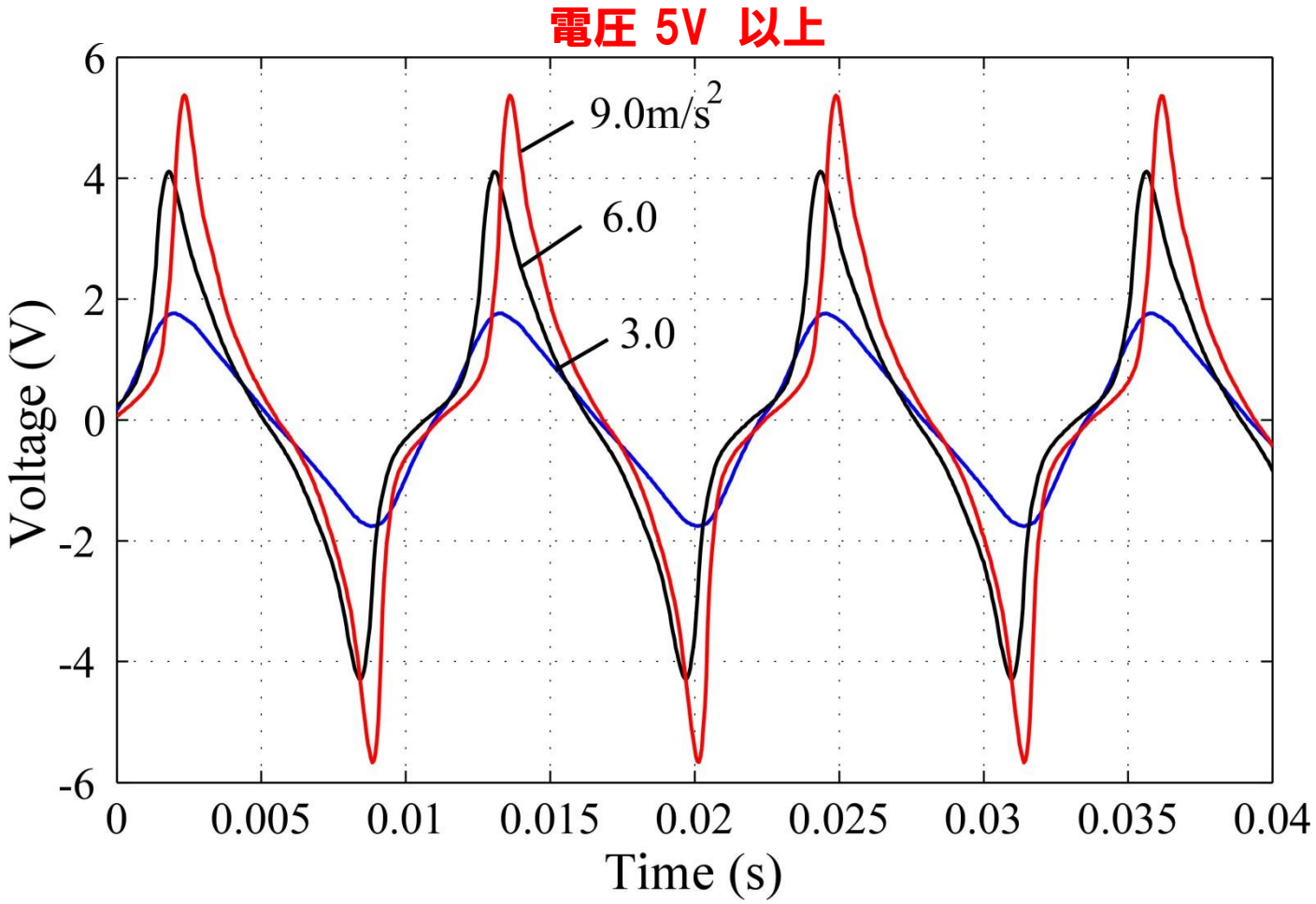


周波数 28.4Hz, 0.49m/s^2（0.05G）振幅0.015mm → 微小な振動

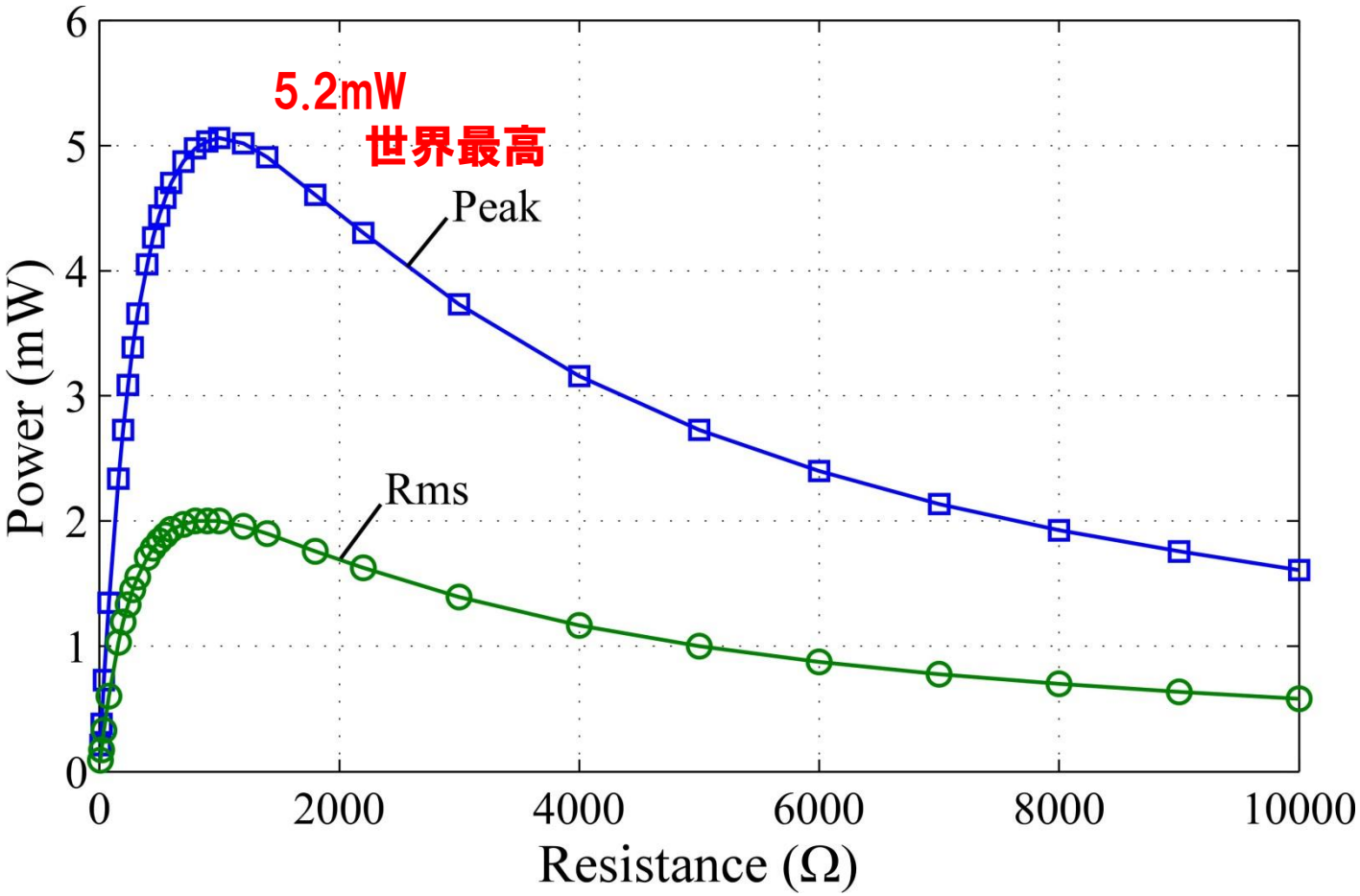
錘10.2 gの場合，28.4Hz，0.075Gの発生電力



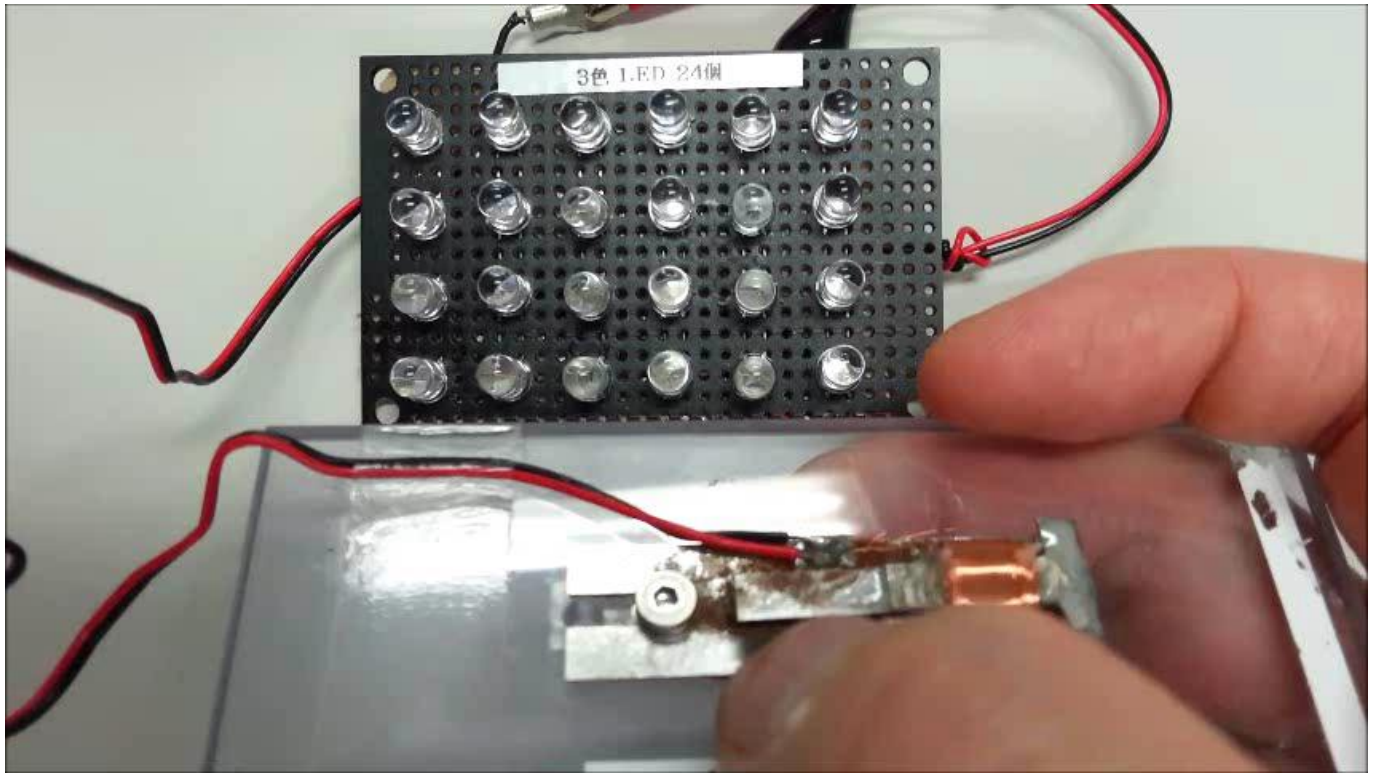
錘1.7 gの場合の電圧の波形（周波数88.7Hz）



錘1.7 gの場合，88.7Hz，0.6Gの発生電力



弾く動作でも発電ができる

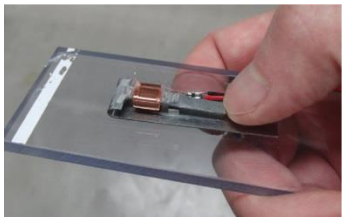


弾く動作でLEDを点滅させるデモ
（瞬間的に20V以上の電圧が発生）

応用：如何にデバイスを励振するか

振動発電の比較

	磁歪式	圧電式	磁石可動式
発生電圧（開放）	1V～10V	10～100V	～数V
エネルギー変換効率	40%	10%	NA
出力抵抗	小（～1kΩ）	大（～MΩ）	小
耐久性	◎	△（引張りで割れ）	○
耐熱性	○	△	△
コスト	◎	○（MEMSの場合）	○
共振周波数の調整	◎	◎	×（可動部密封）
大型化	◎	△	○



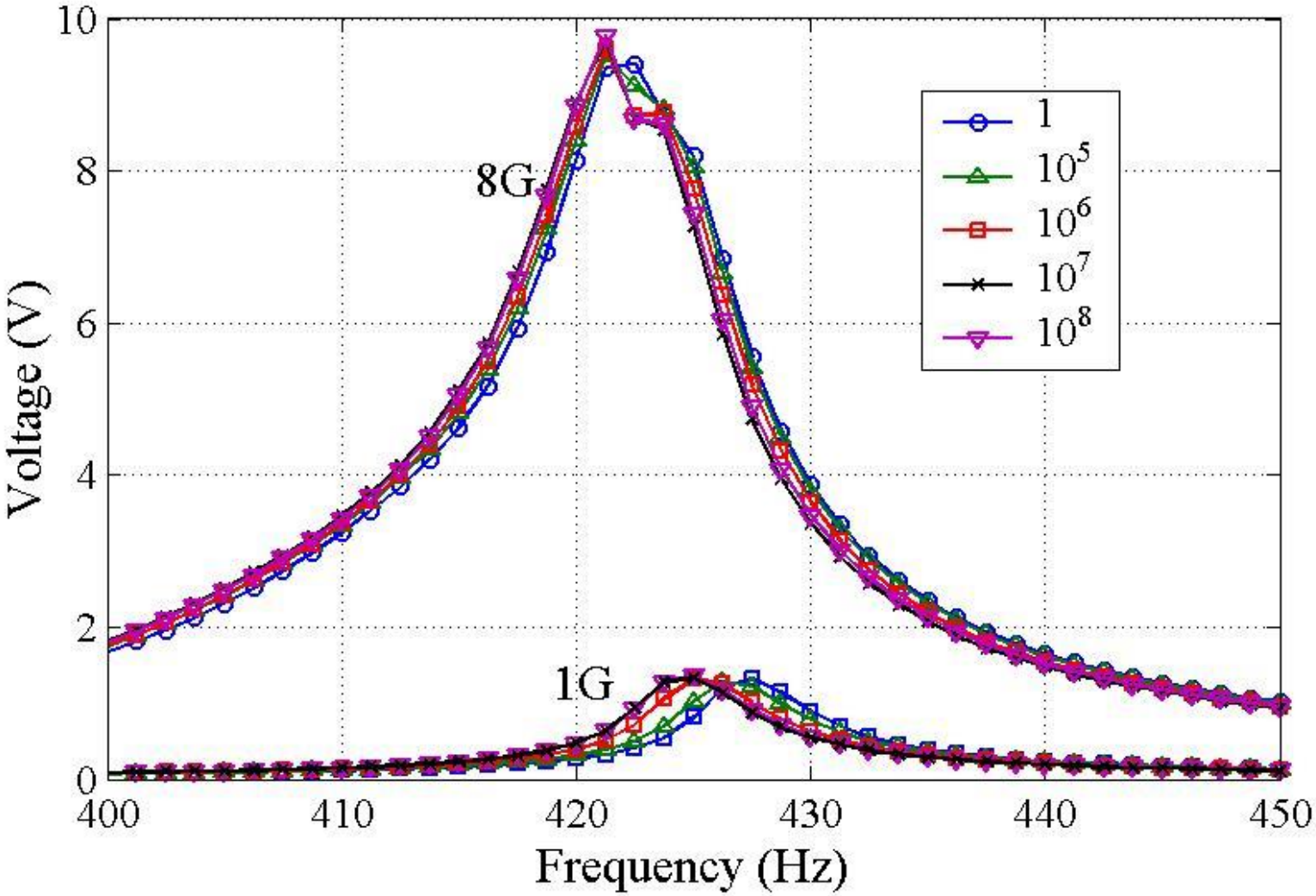
磁歪式

圧電式

スター精密HPより

磁石可動式

耐久試験　1億回後の電圧特性



1億回でほとんど劣化なし。定格動作で半永久の寿命と見なせる

電池に対するメリット

価格

ボタン電池
200～300円/1個

ボタン電池：
パナソニック　CR 2032

使用時間

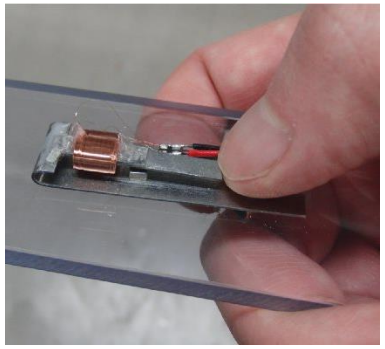
電圧 3V, 容量 220 mAh

1 mW で 660 時間（25日）

＋ 取り替える手間

発電デバイス

300円程度



振動があれば

1 mW で 半永久

振動発電をIoTモジュールの電源に

不審者の通報

動き

橋梁の状態監視

振動

土砂崩れの
事前通知

動き

電池の問題を解決！

見守り

機械の状態監視

振動

温度、水位などの通知

風

海洋の管理、津波の通知

波

少しの動きをタブレットに表示

弾く動作をタブレットに表示

少しの動きや衝撃で発電し、その情報を送信、知らせる

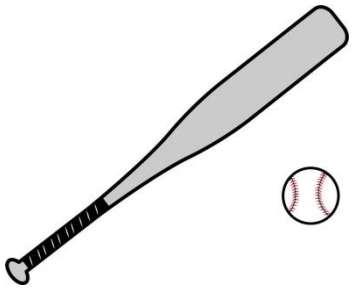
照明のスイッチ
配線不要で自由に配置

ドアの開け閉め
防犯、見守り

イスの動き
着席確認

窓の衝撃
空き巣検知

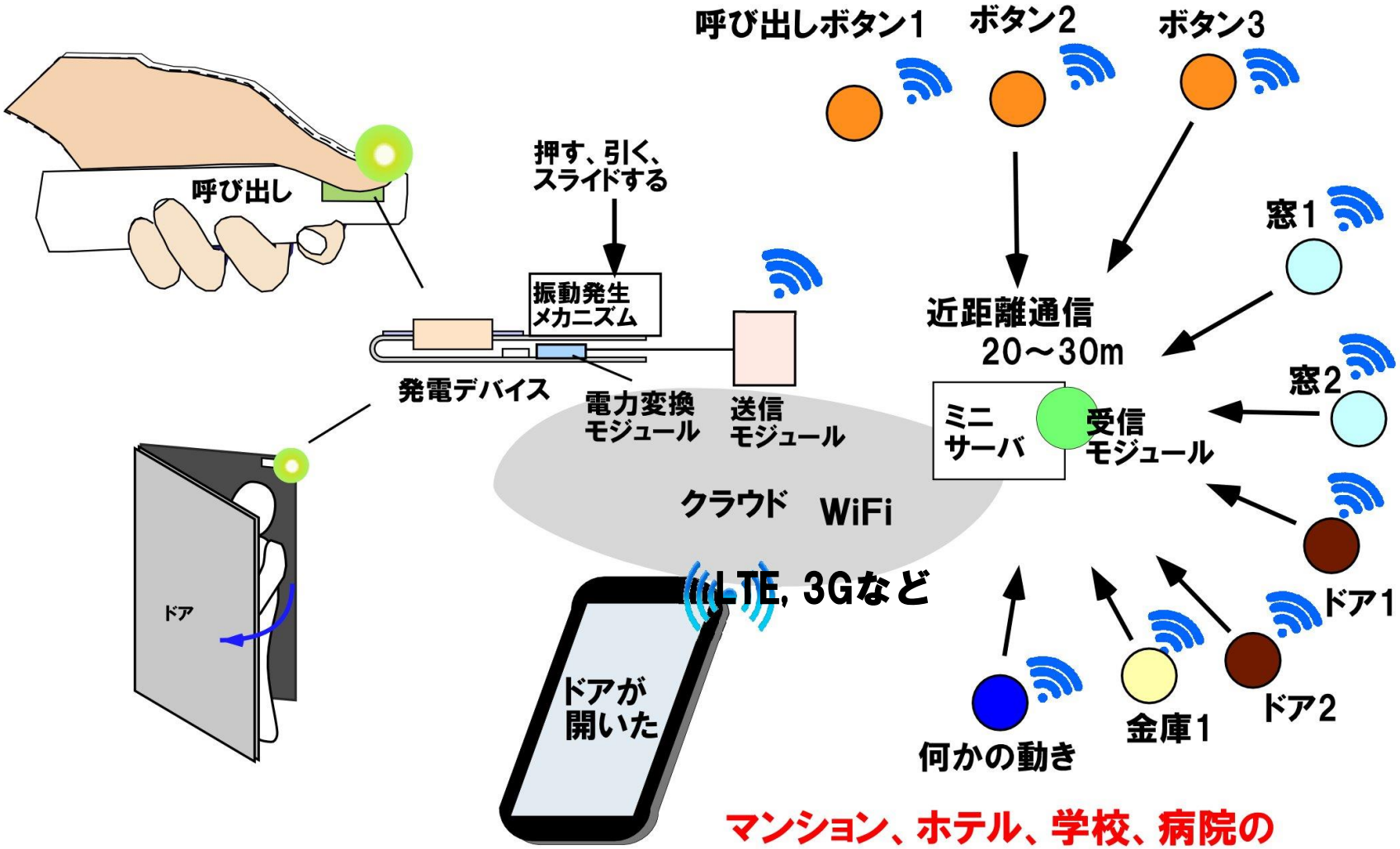
病院ベッドの
押しボタン
たくさんあると便利で楽



ボールの衝突
動作チェック、判定

動きから振動を発生させる構造

電池不要IoTシステム　-近距離-

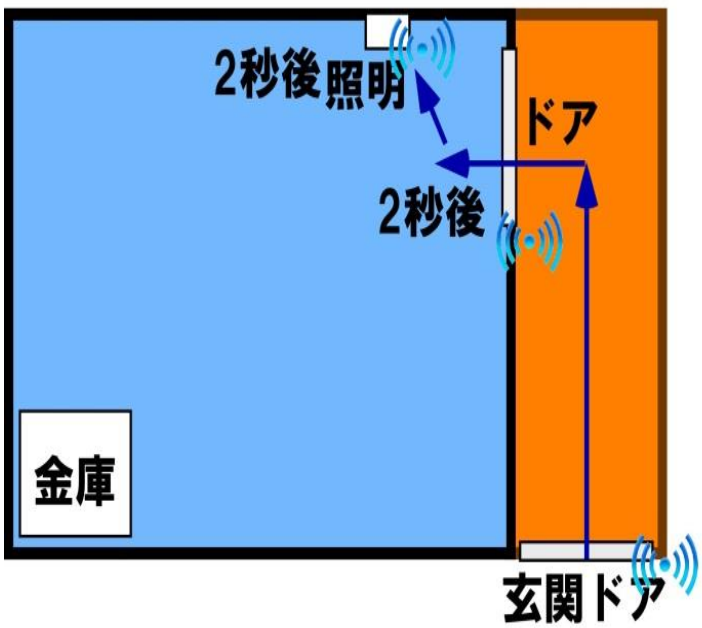


マンション、ホテル、学校、病院の
見守り、防犯

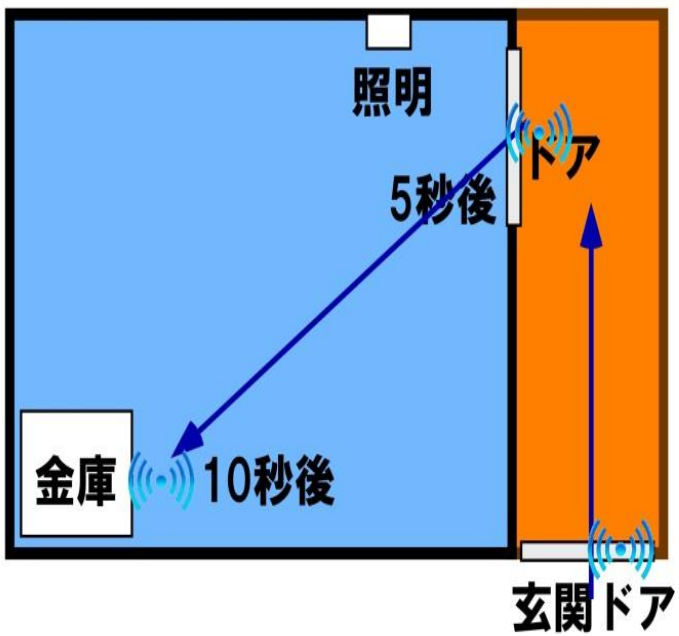
低価格かつ自由度大

IoT+AIの防犯システム

クラウドネットワーク
行動パターンを学習

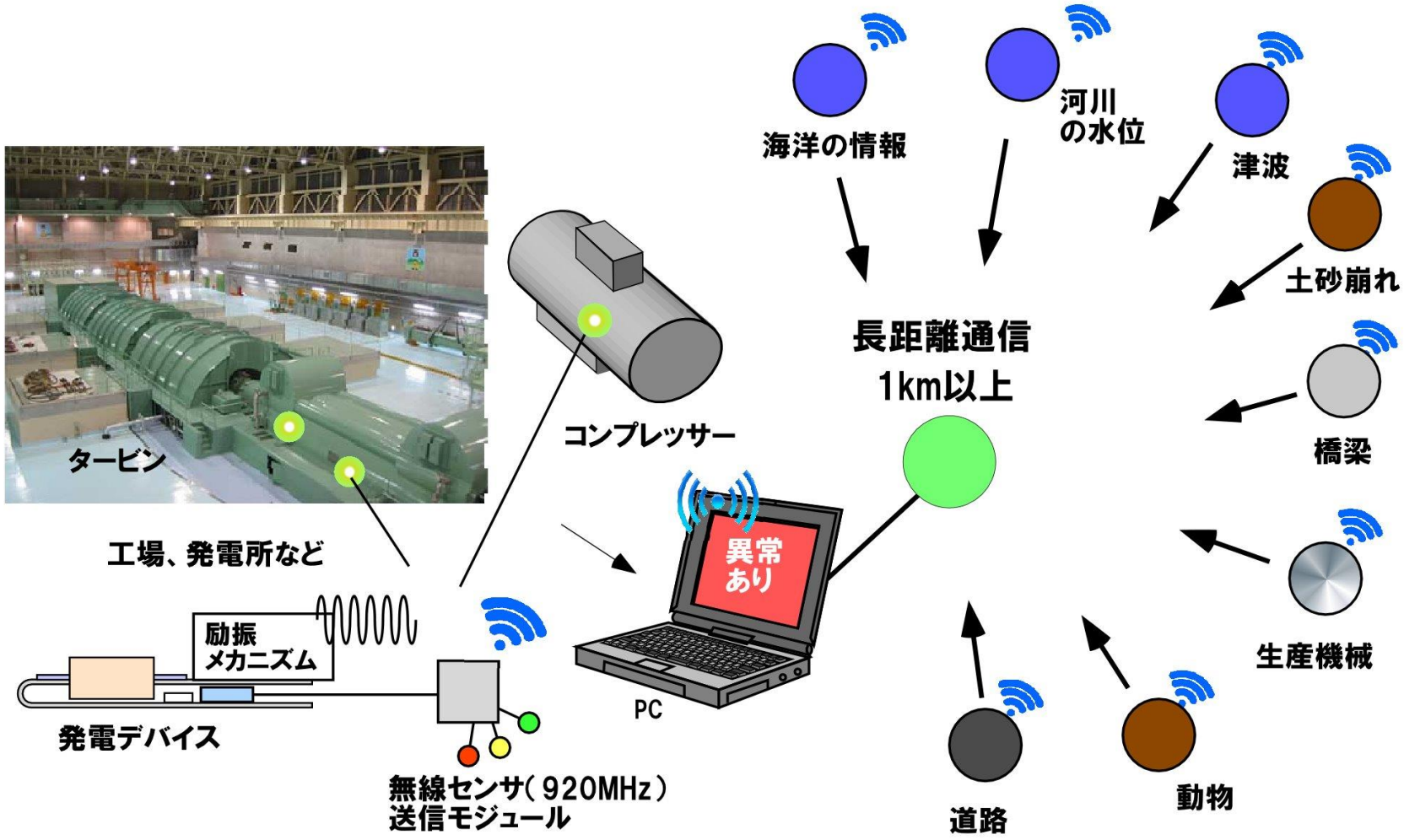


居住者の正常な行動



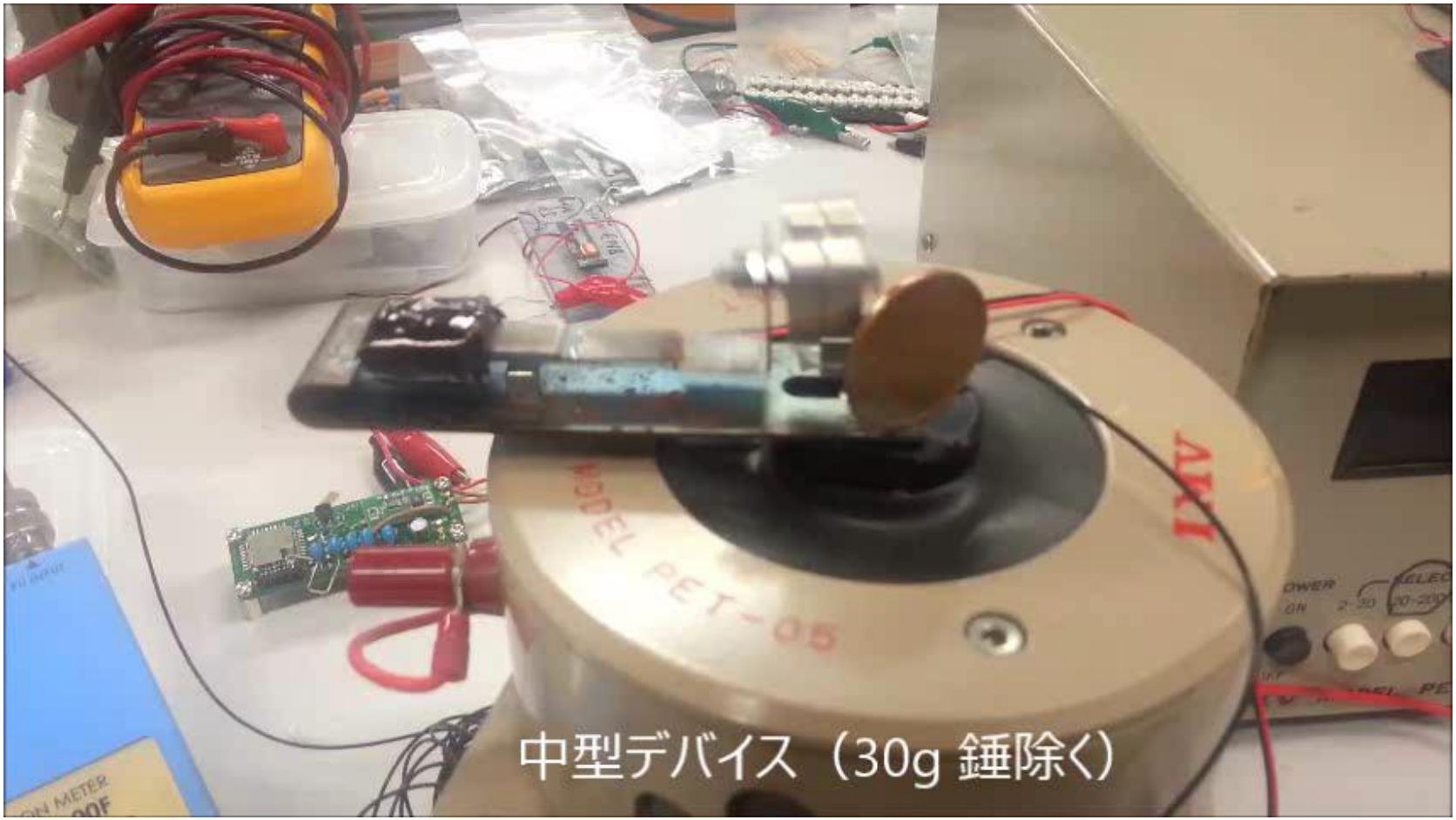
異常行動（空き巣、泥棒など）

電池不要IoTシステム　-中、長距離-



機械，構造物の状態，動物の行動，
農業，漁業，防災

微小振動で発電、1秒おきに無線センサ送信



30Hz, 0.1Gの微小振動で1mWを発電、
１秒おきに温度と照度の情報を無線送信する

振動による機械や橋梁の診断

回転機の振動計測による診断
神鋼エンジニアリング HPより

橋梁点検車による点検
アスコ大東HPより

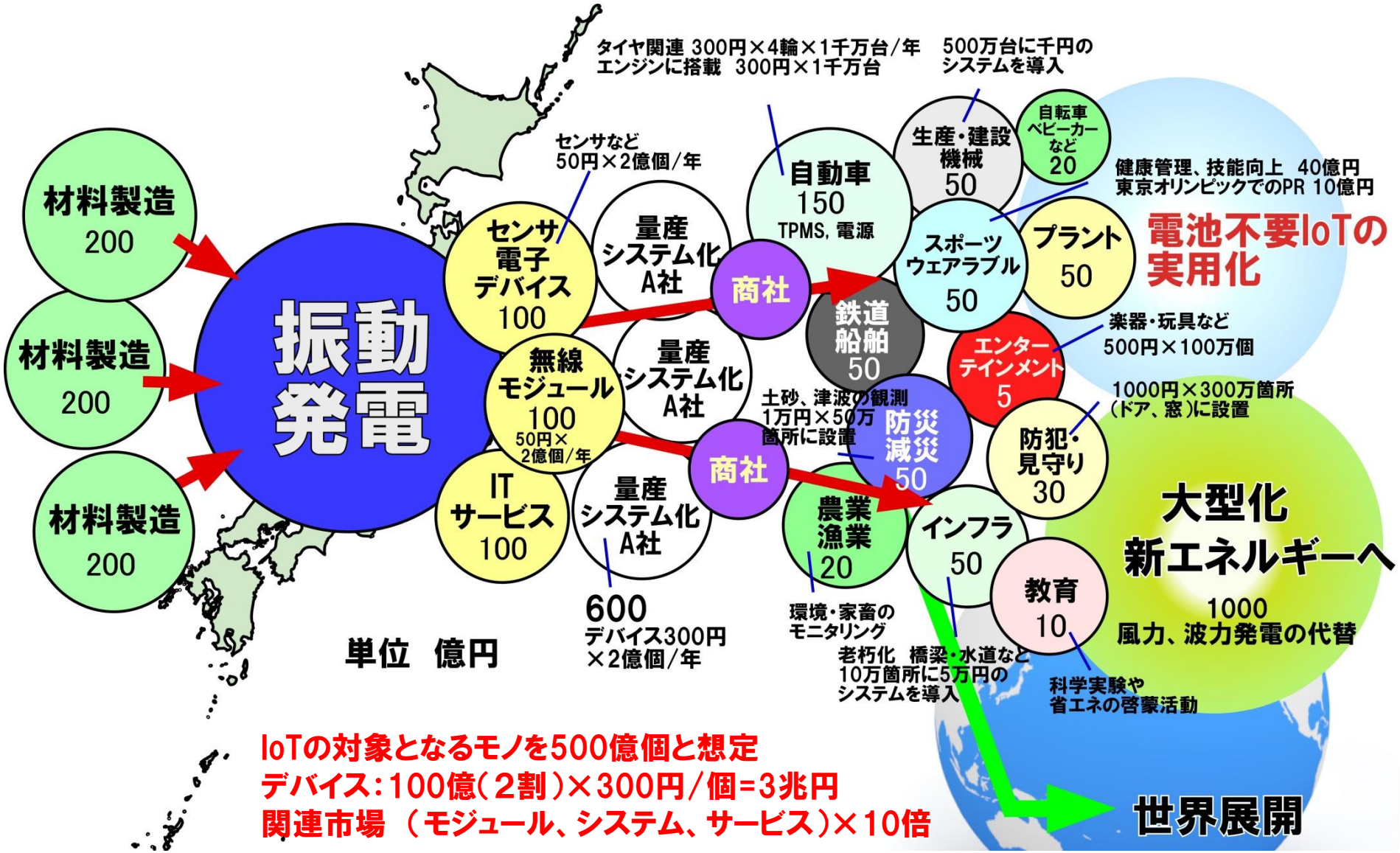
現状：人による定期的な振動計測

振動で発電 → 振動周波数、加速度の定期的に送信

検査業務の省力化

ただし、診断には経験も必要で、人が行う検査に代替できるかは検証が必要

振動発電に関連する市場（おおまかなイメージ）



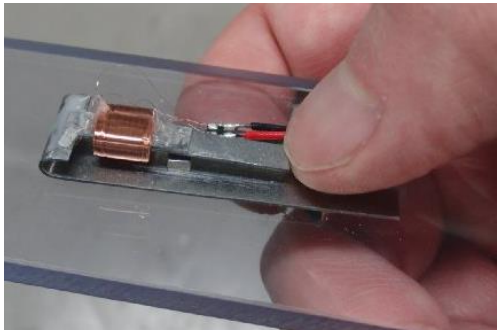
IoTの対象となるモノを500億個と想定
デバイス：100億（2割）×300円/個=3兆円
関連市場（モジュール、システム、サービス）×10倍

JST CREST

JST戦略的創造研究推進事業
「微小エネルギーを利用した革新的な環境発電技術の創出」

「磁歪式振動発電の実用化に向けた革新的メカニズム・材料の創成」
研究代表者　上野のプロジェクトを実施中

磁歪材料
（東北大学、福田結晶技術研究所、
日本高周波鋼業）



デバイス
（金沢大学）

広帯域化メカニズム
波力、流力振動発電など
（金沢大学）

実用化に向けた基礎技術を研究中

実用化に向けた課題

- 磁歪材料の量産と低コスト化

  現状 グラム2000円

  （ほぼ人件費、機械チャージ）

  → 300円/g

- より微小（0.05G以下）で変化する振動への対応
- デバイスの標準化、データシートの整備

企業への期待

- 低コストで高性能な磁歪材料の開発
- 応用商品の開発

振動を発生させるアイディア

電池不要を生かすシステムや技術モデル

→ ものづくりの技術を生かす。

→ 知財の確保

（早い者勝ち、石橋を叩いて渡るような研究開発では他者に先んじられる）

知的財産とお問い合わせ先

発明の名称：　発電素子および
発電素子を備えた電子装置
特許番号：　特許4905820
出願人：　金沢大学
発明者：　上野 敏幸, 池畑 芳雄, 山田 外史

お問い合わせ先
KUTLO 有限会社　金沢大学ティ・エル・オー
山田　光俊
E-Mail: yamada@kutlo.co.jp