

IoTセンサ端末のバッテリー交換を 不要とする電源回路技術

静岡大学 工学部 電気電子工学科
教授 丹沢 徹

2022年11月24日

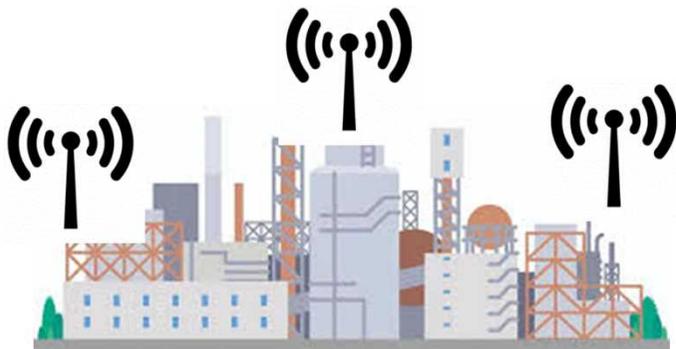
技術背景: センサネットワーク

～省力化技術でより安全な社会を実現～



- トンネル・橋などインフラにセンサを多数設置
- 崩落前に変位発生
- 変位を検出したら崩落事故前にアラームを鳴らす
- 補修工事

武田ら、「道路インフラ状態モニタリング用センサシステムの研究開発」、非破壊検査装置技術・技術資料集、2019年



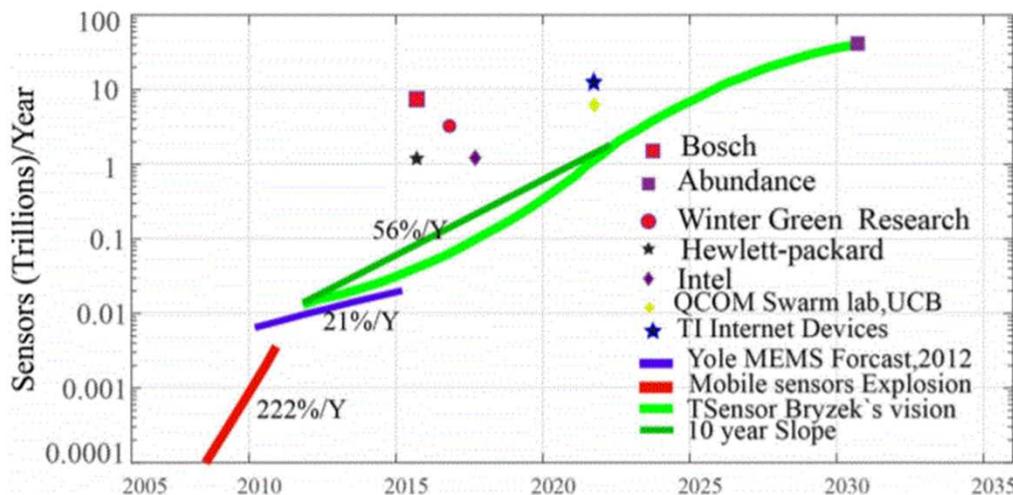
- 化学プラント中の熱配管にセンサを多数設置
- 温度・湿度・CO2を監視
- 異常値検出時にアラームを鳴らす
- 配管点検・交換

Kim et al., Energy, 162, pp. 526-533, 2019.

技術背景：バッテリー交換コスト

トリリオン・センサ

Alam, J. Hardware and Systems Security (2017)



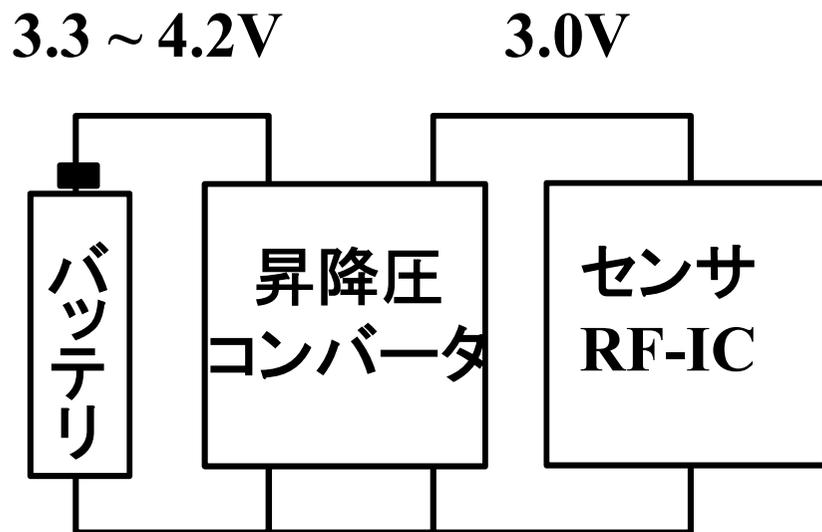
(1兆個センサ/年) x 0.1% (想定したバッテリー駆動センサの割合)

= 10億個/年 = 10万人 x 200日/年 x 50モジュール/人日

バッテリー交換の手間を省きたい

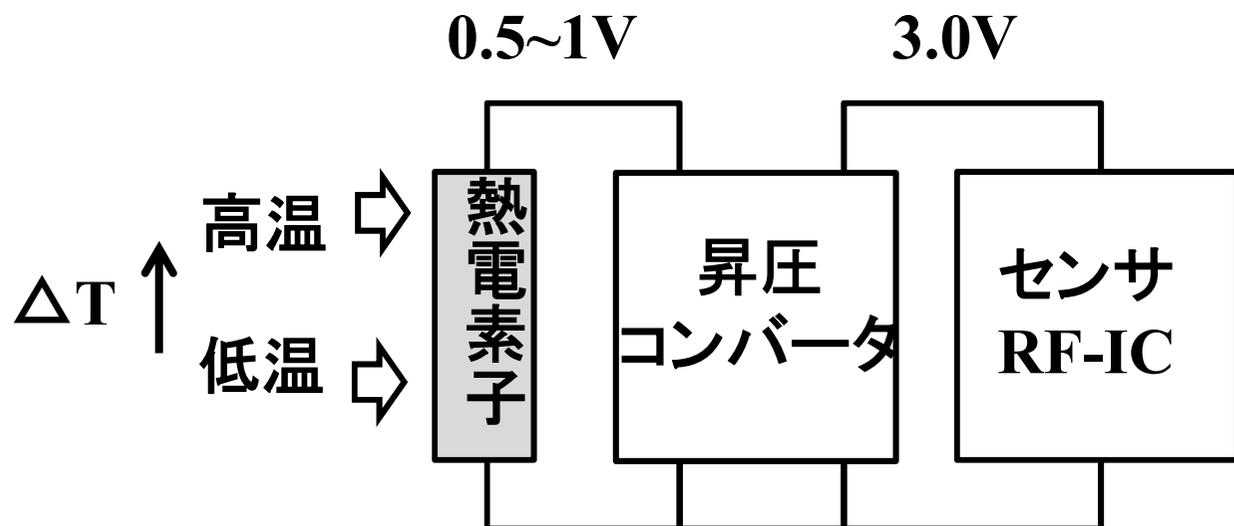
従来技術 1, 2

1. バッテリのみ



- バッテリ交換のコスト (省力化不十分)

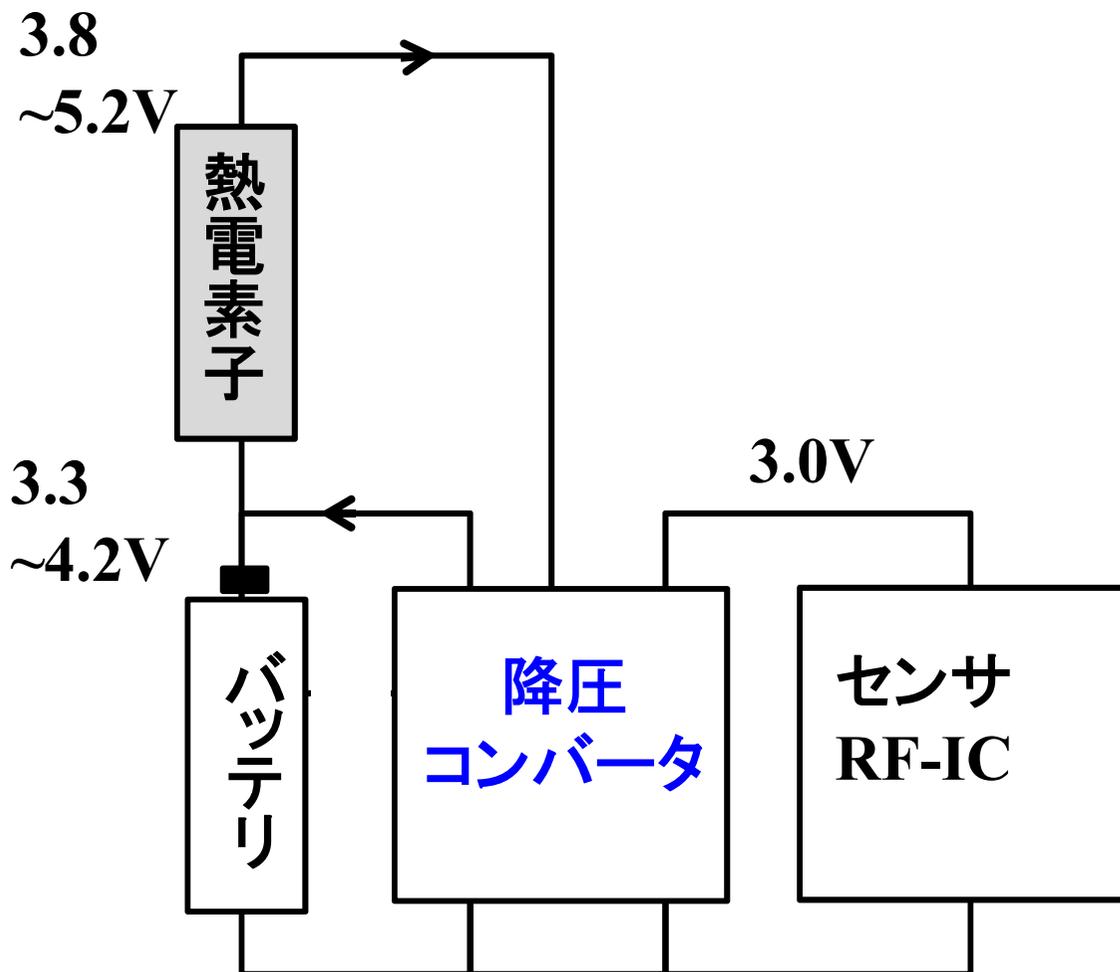
2. 発電素子のみ



- バッテリ交換なし
- 発電不十分な期間はセンシング動作不可 (使う側の信頼性を損ねる)

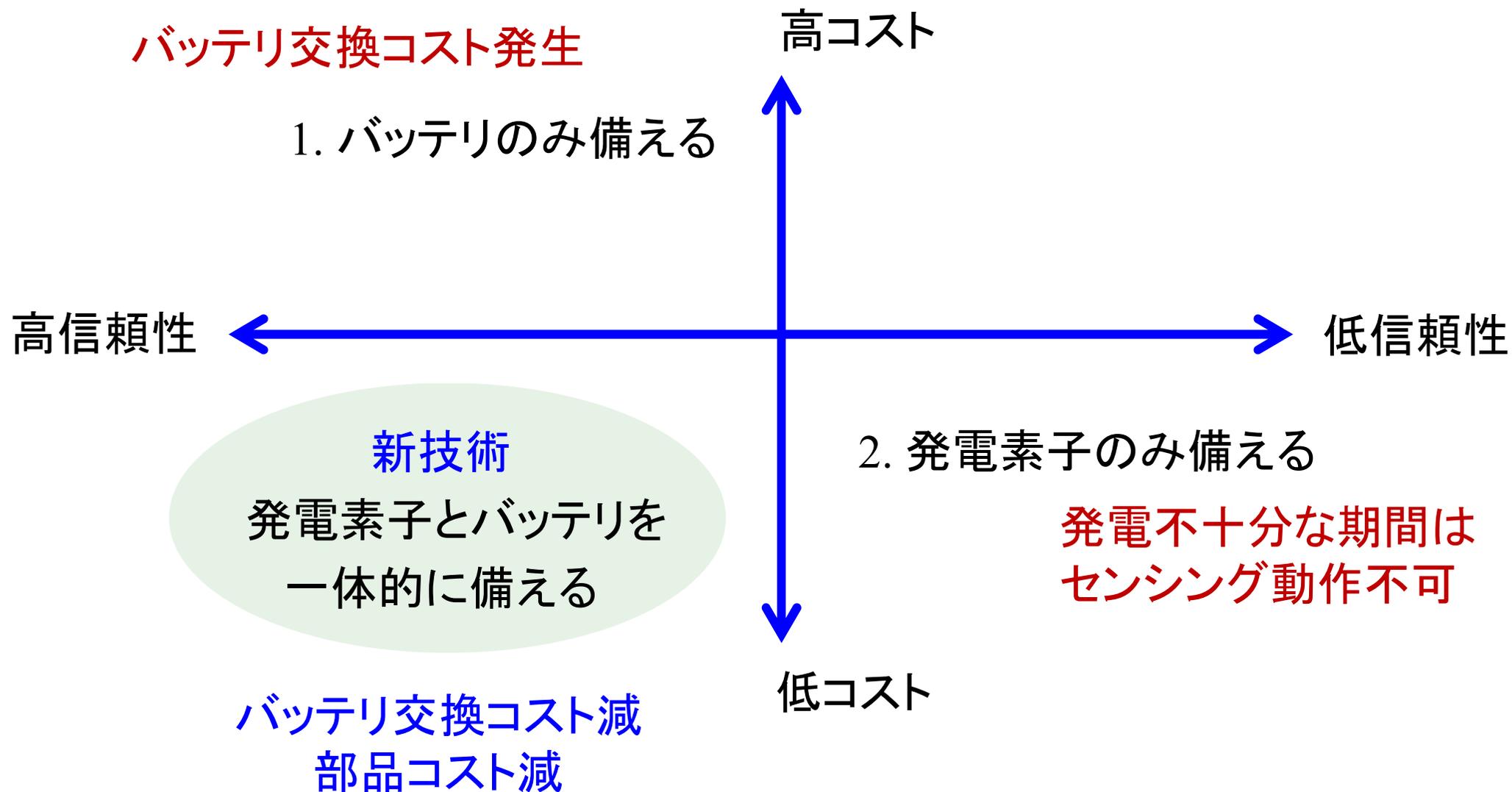
新技術

バッテリーと発電素子を一体的に備える

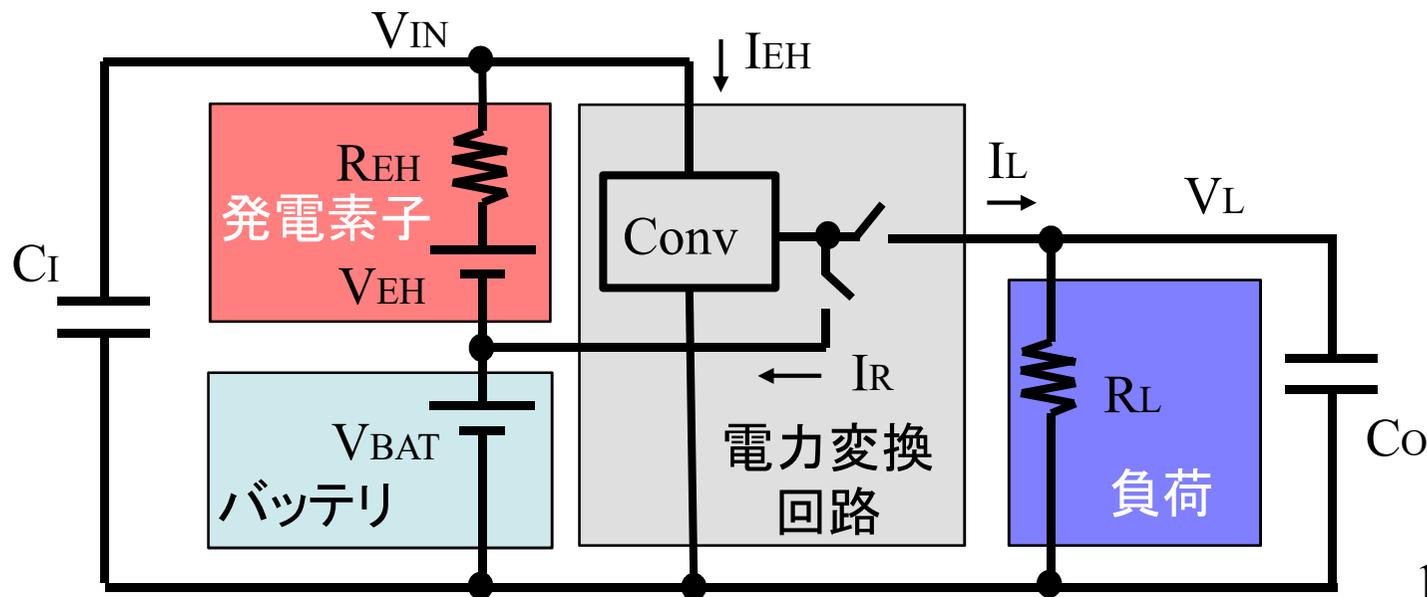


- バッテリー交換不要
- コスト削減・モジュールサイズ削減

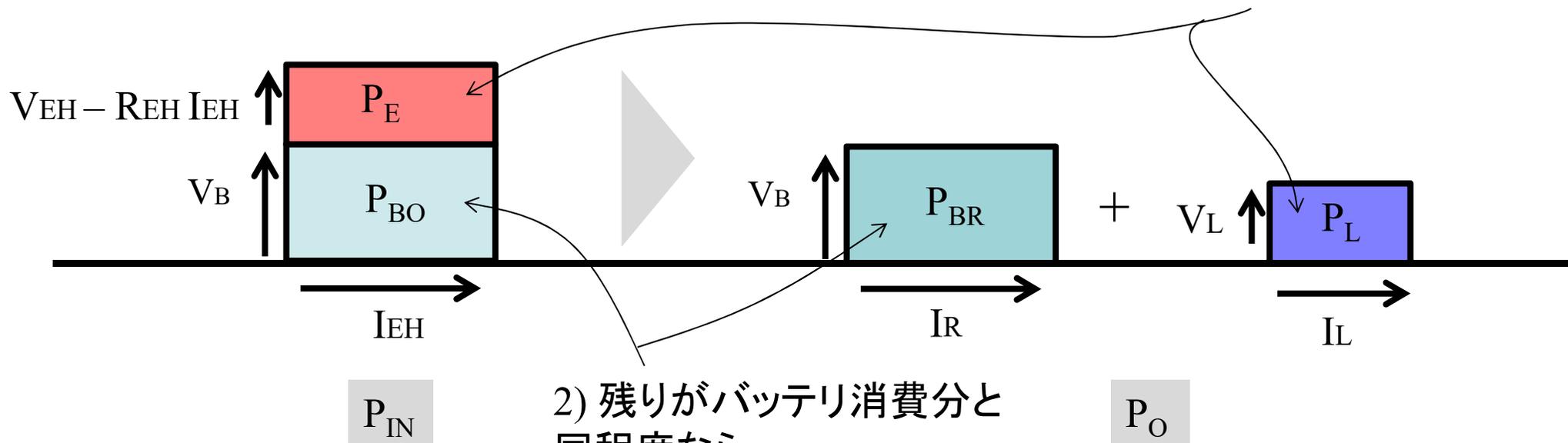
従来技術 1, 2 と新技術



新技術: コンセプト



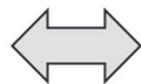
1) 発電電力で負荷を賄う



実質的なバッテリー消費はゼロ → バッテリー交換不要

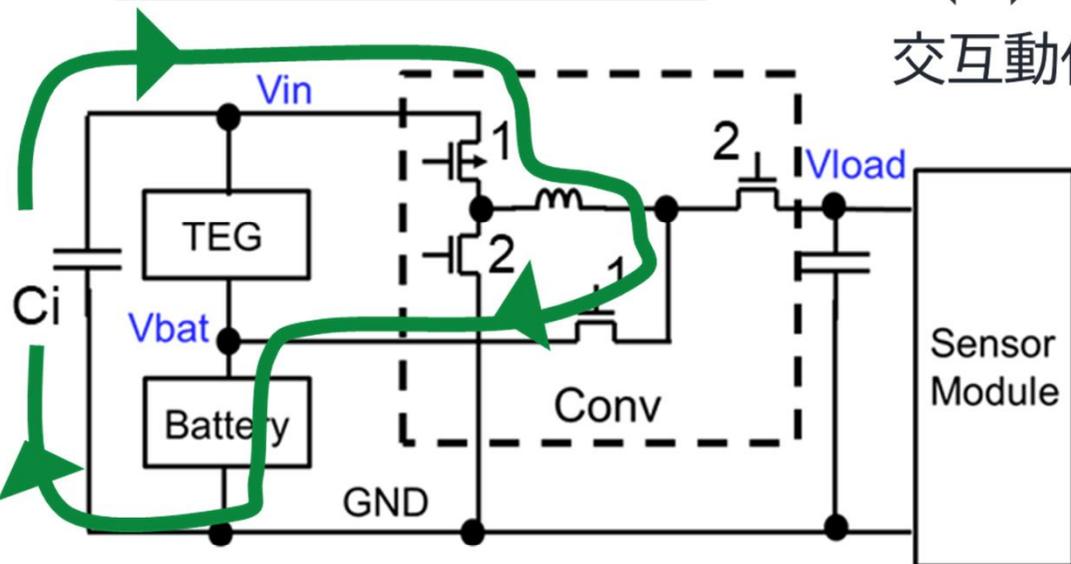
新技術: 回路動作

期間1: 発電 → バッテリー

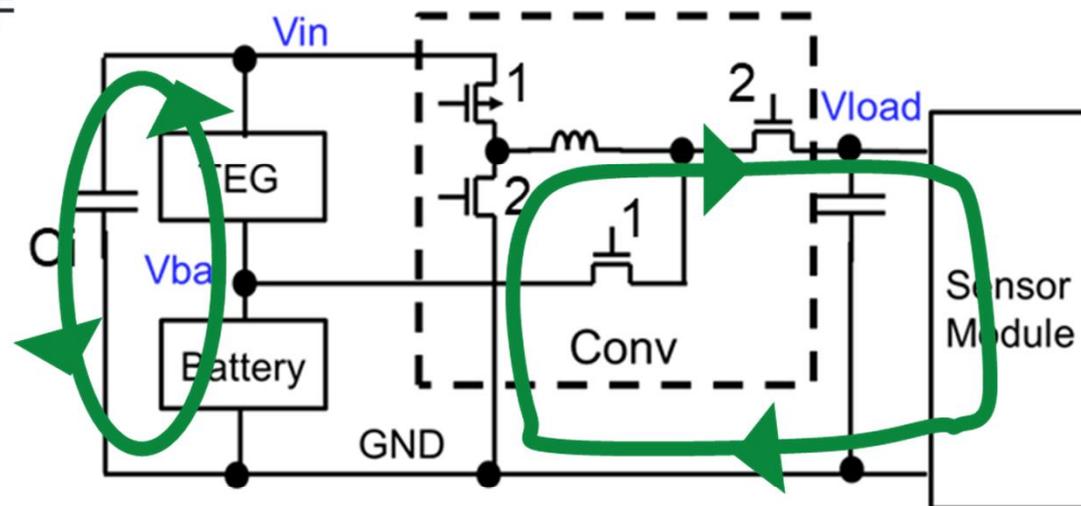


交互動作

期間2: 発電 → 蓄電 & センサーIC



発電電力で C_i に溜まったエネルギーをバッテリーに還流しながらインダクタにエネルギーを貯める

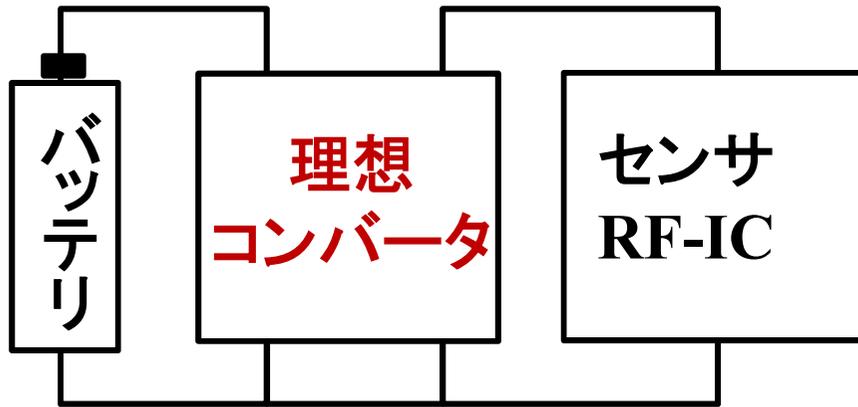


インダクタに溜まったエネルギーをセンサーICに供給すると同時に、発電電力を C_i に溜まる

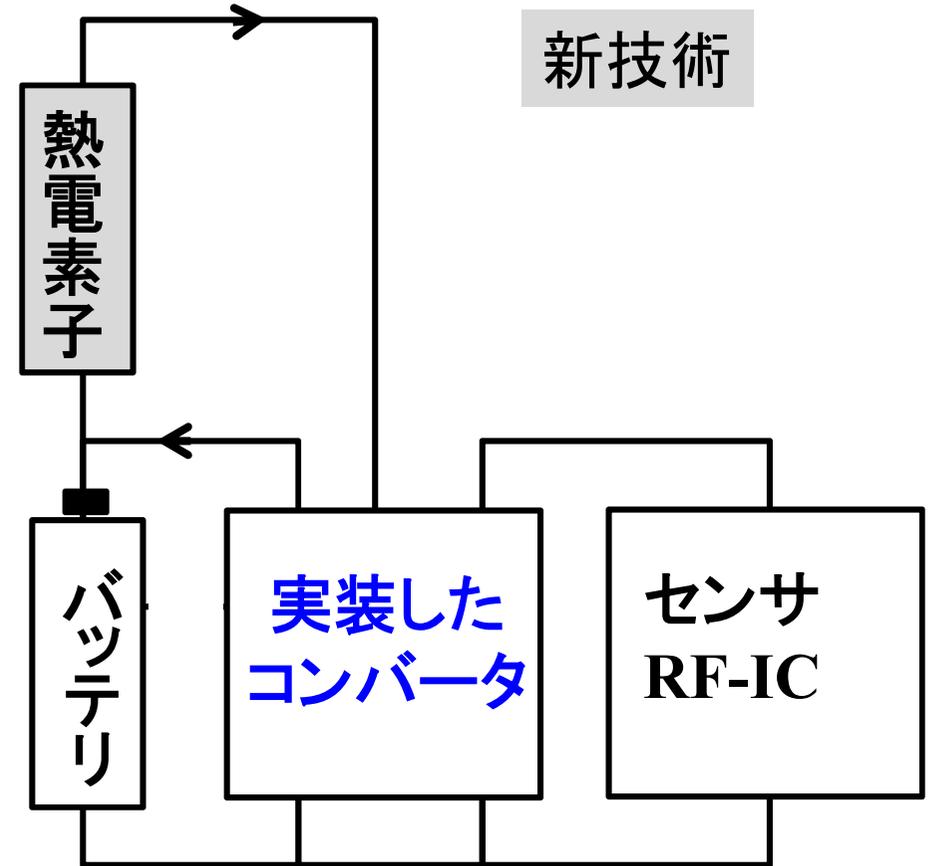
バッテリーの電力消費はこの回路がない場合の1/10 ~ 1/100に

新技術：性能指標

従来 1



新技術



バッテリー消費電力: P_{CONV}

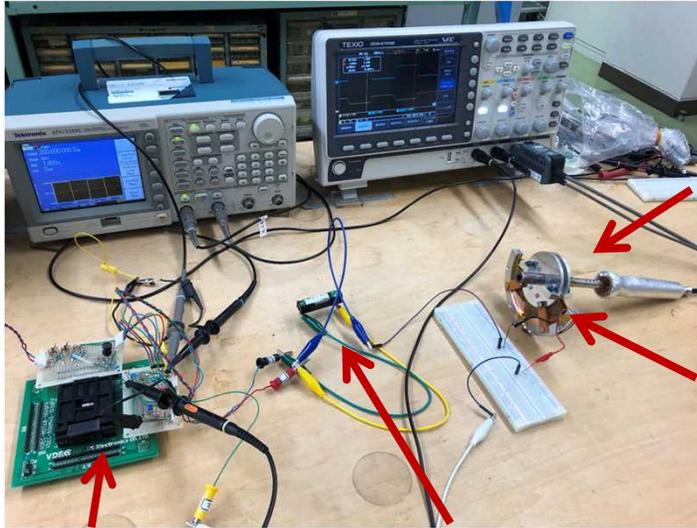


P_{NEW}

バッテリー寿命延命指数

$$(BLE: \text{Battery Lifetime Extension}) = P_{CONV} / P_{NEW}$$

新技術: コンセプト実証



試作回路

1.6V Ni-Zn 電池

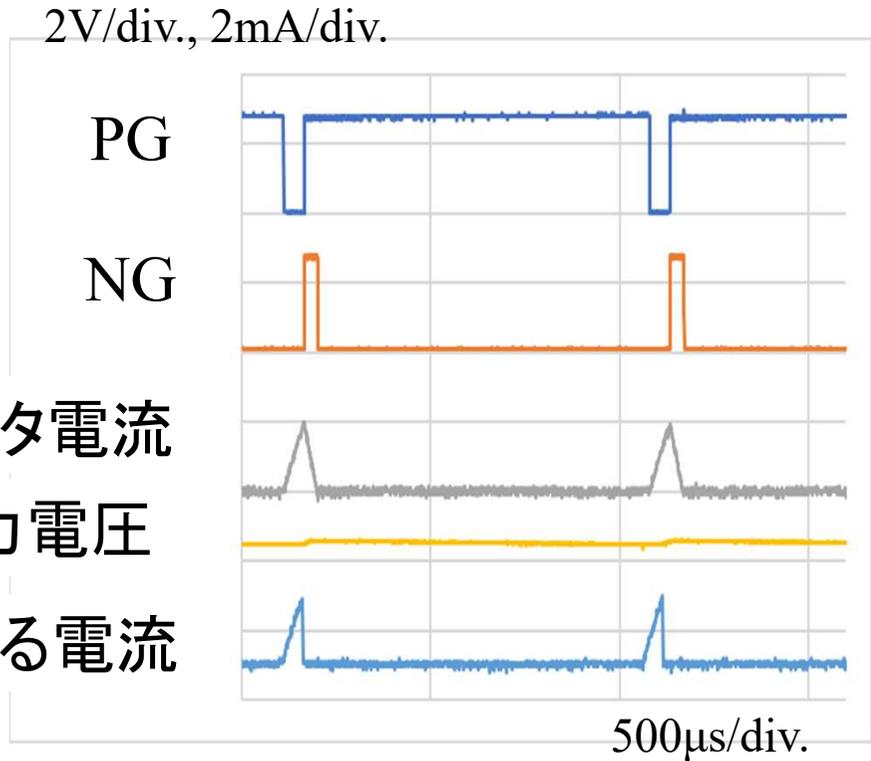
模擬熱配管

熱電素子

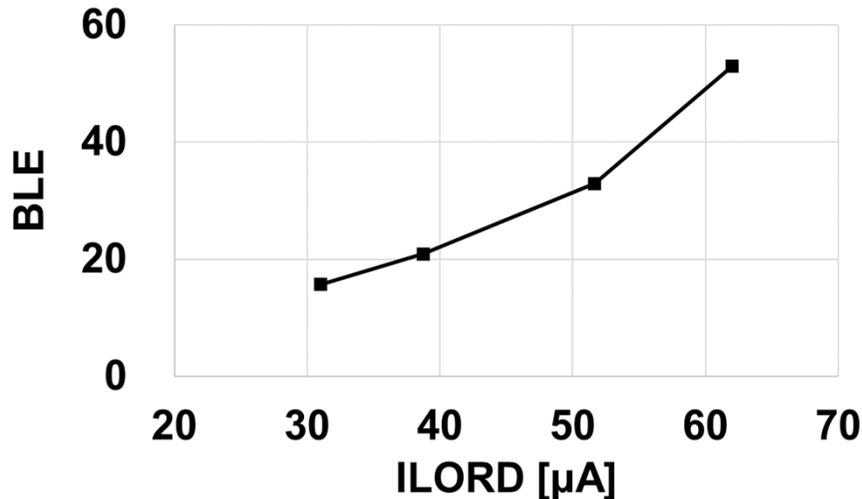
インダクタ電流

出力電圧

バッテリーに戻る電流



$V_{BAT} = 1.4V$, $V_{EH} = 1.24V$,
 $R_{TEG} = 1.2k\Omega$, $V_{LOAD} = 1.55V$



バッテリーの電力消費はこの回路がない
場合の1/20 ~ 1/50に
→ バッテリー交換頻度を1/10に削減
→ 毎年一度はバッテリー交換必要な端末は
10年間交換不要になる

想定される用途

- センサ設置後10年はバッテリー交換なしにしたいが現状は交換頻度が多い用途
- センサ交換に危険を伴う用途
- センサ交換が事実上不可能な用途

具体的な用途として

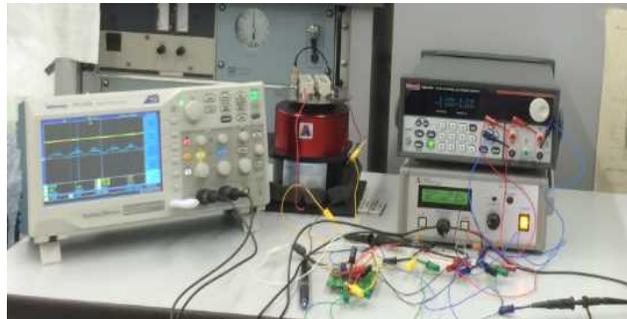
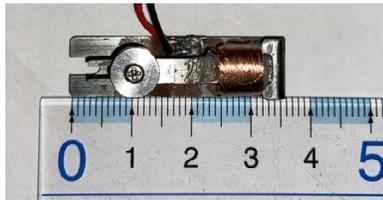
- トンネル、橋梁等の社会インフラ異常検出
- 化学プラント、発電プラント等の異常検出
- 河川、下水道等の水位、流量異常検出
- スマート農業(日射量、土壌、肥料、温度等の見える化)
- おひとり様高齢者の見守り

さらに医療・物流・製造・交通・宇宙等、様々な応用が期待される

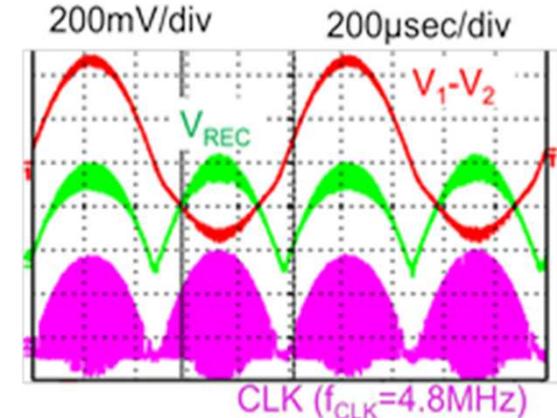
実用化に向けた課題

- 環境エネルギー源、従って発電素子は多様
 - ➔ 各発電素子の特徴に合った電源回路も並行して研究開発中
 - ➔ 新技術に他の発電素子を組み合わせた電源回路の開発

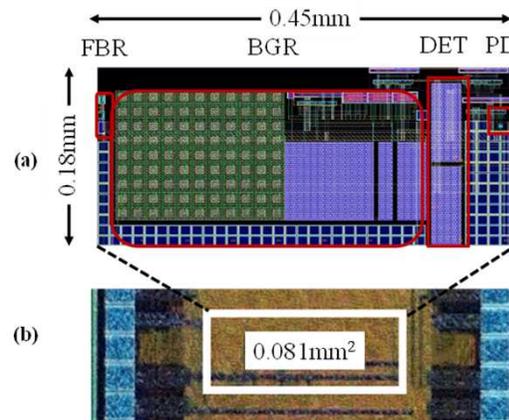
磁歪効果振動発電素子



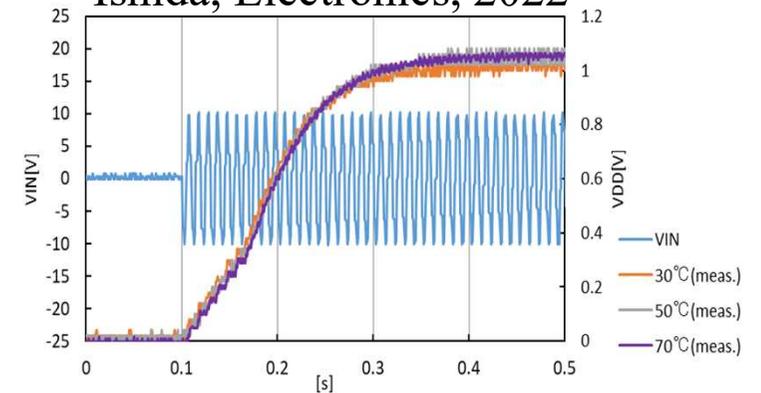
Kawauchi, Electronics, 2021



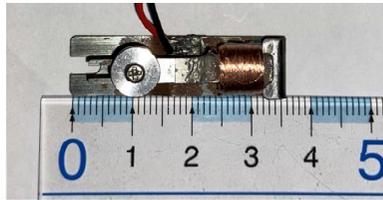
静電誘導発電素子



Ishida, Electronics, 2022



他の発電素子への展開1

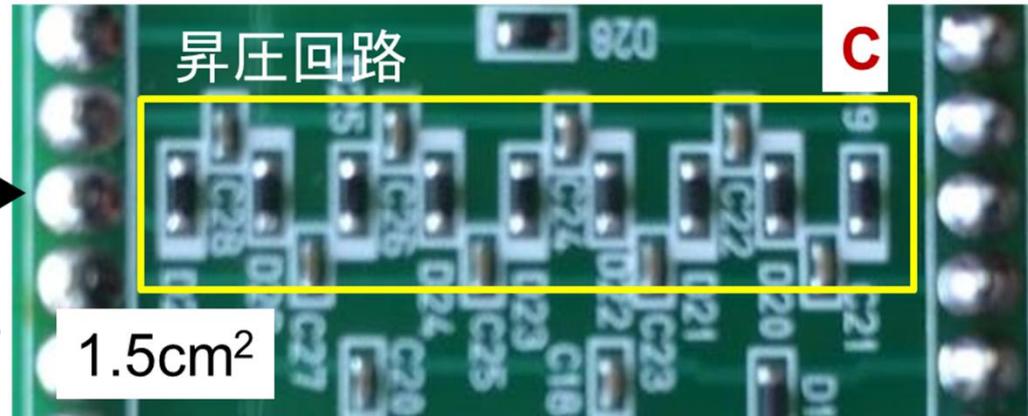
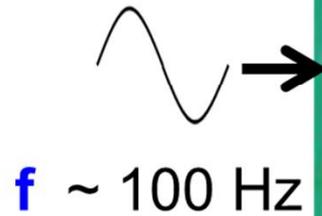


磁歪効果振動発電素子(金沢大/上野研)

2Vの直流

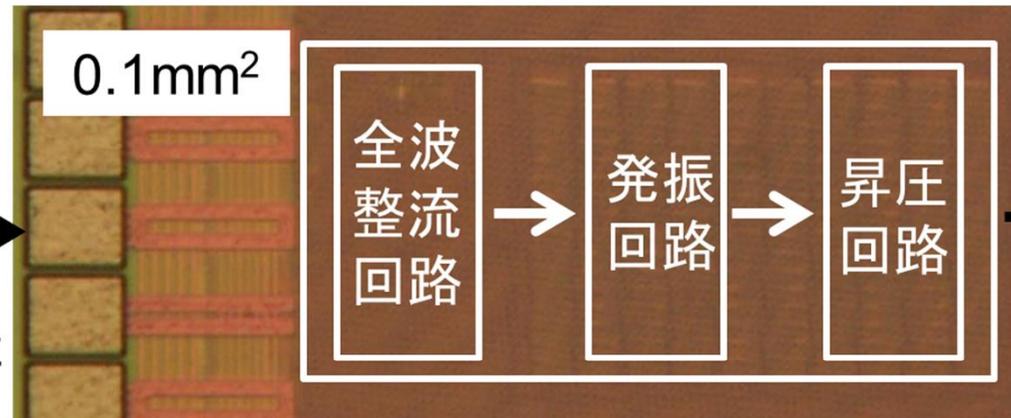
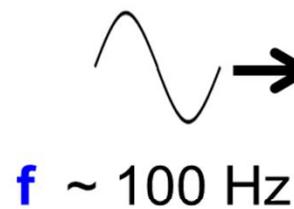
従来回路:
チップコンデンサ
10個使用

0.5Vの交流



lout
~ fC

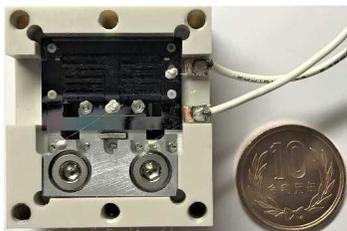
提案回路:
オンチップ
オシレータで
高周波化
→ 完全集積化



周波数を4ケタ増やして
サイズを1/1500に!

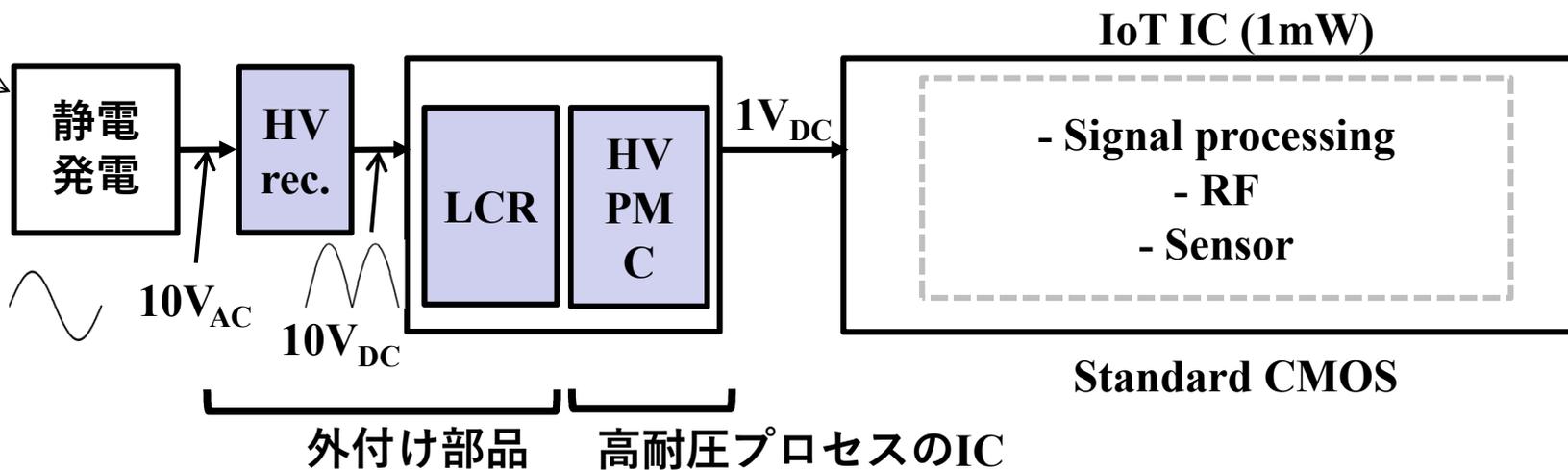
f_{CLK} ~ 5MHz

他の発電素子への展開2

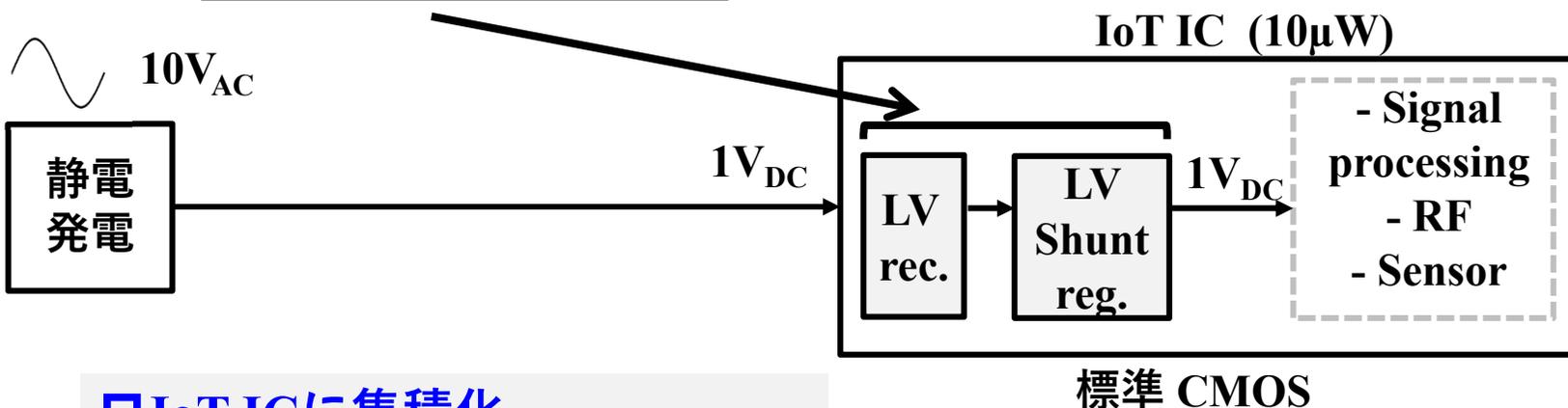


静電誘導発電素子(静岡大/橋口研)

従来回路
(Stanzione 2015)



提案回路



- IoT ICに集積化
- 高耐圧プロセス不要の回路

企業への期待

- 新回路技術の他の発電素子への拡張を共同で取り組み
- センサモジュールに搭載してシステムの実証を共同で実施
- 「バッテリー交換不要化技術」の社会実装で省力化に共同で貢献

本技術に関連する知的財産権

- 発明の名称 : 電源装置
- 出願番号 : PCT/JP2020/038596
- 出願人 : 静岡大学・日本ゼオン
- 発明者 : 丹沢 徹・内田秀樹

関連特許

- 発明の名称 : 電源装置、昇圧回路の制御装置、及び昇圧回路の出力評価装置
 - 出願番号 : 特願2021-024870
 - 出願人 : 静岡大学・日本ゼオン
 - 発明者 : 丹沢 徹・濃野公一・内田秀樹
-
- 発明の名称 : インピーダンス調整回路、電力変換素子及び電源素子
 - 出願番号 : PCT/JP2019/016863
 - 出願人 : 静岡大学
 - 発明者 : 丹沢 徹

お問い合わせ先

静岡大学

イノベーション社会連携推進機構

TEL 053-478-1706

FAX 053-478-1711

e-mail sangakucd@adb.shizuoka.ac.jp