

超高効率データ抽出機能を有する学習型スマートセンシングシステムの研究開発

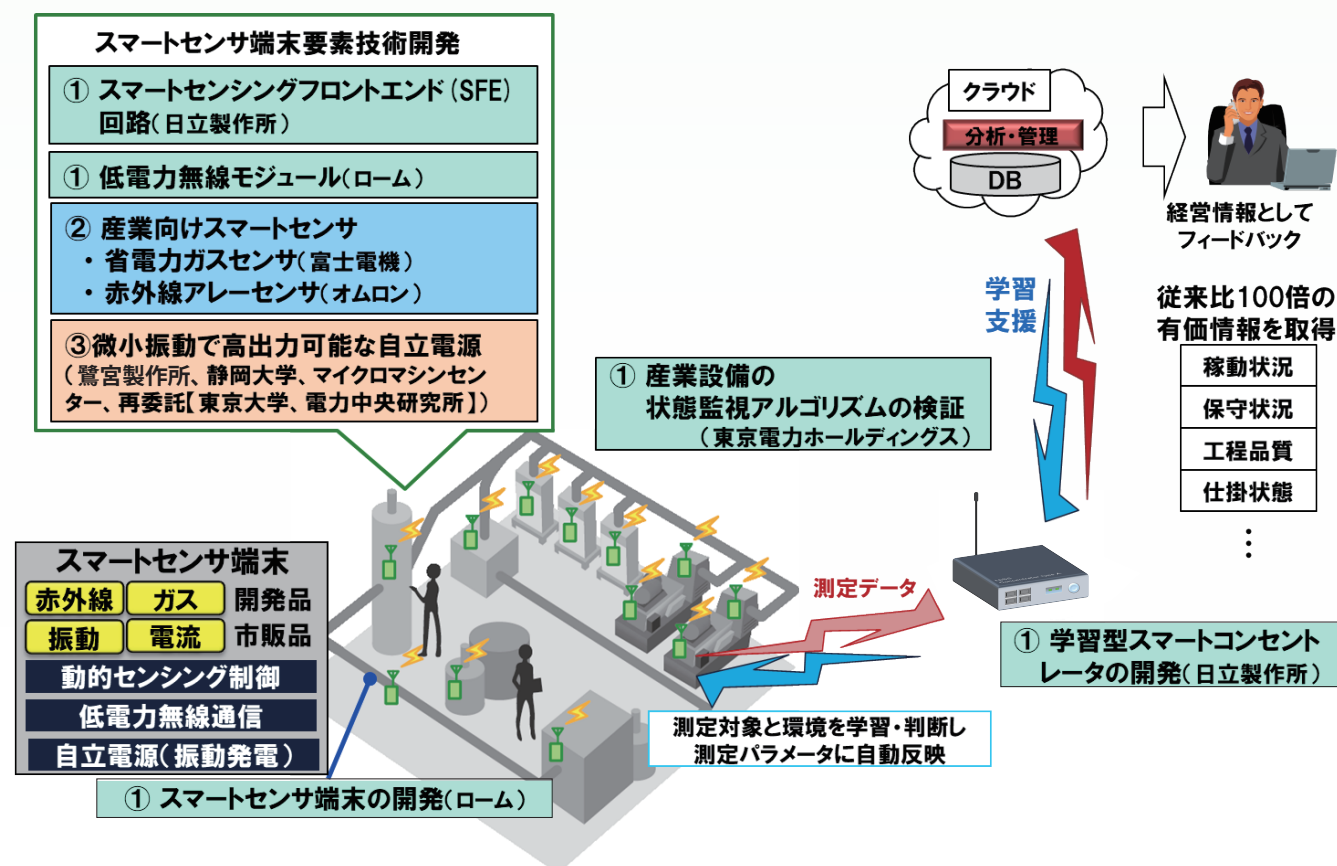
Learning based Smart Sensing System (LbSS) FY2016-FY2020

概要

工場等において、設備の稼働状況や生産品質を把握し、生産効率の向上、ひいては経営効率向上を実現するInternet of Things(IoT)システムが期待されています。このようなIoTシステムの普及を目指し、多様な設備に対しセンシング方法を自動で学習し、測定条件を自動最適化する学習型スマートセンシングシステム(LbSS)を開発しています。このシステムを用いることで、環境発電で収集可能な有価情報量を従来の100倍にします。

研究開発内容

- ① 多様な設備における測定方法を自動設定する学習型スマートセンシングシステム
- ② 学習結果を反映し、温度分布やにおいデータを効率よく収集するスマートセンサ
- ③ 従来活用できていなかった低周波数、低加速度の振動環境で使える振動発電



LbSSの開発の意義

背景とIoT推進に向けた課題

背景

- IoTによる生産性革命の実現には、**現場情報の収集・蓄積と分析**を行い、分析結果に基づく経営視点での**全体最適化が必要です**。
- 全体最適化の実現には、従来より行われてきた生産システムからの個別データ収集に加え、人手で収集していた**日常点検(五感)**や**生産品の品質等もデータ化し**、収集する**有価情報量の増加が必須です**。



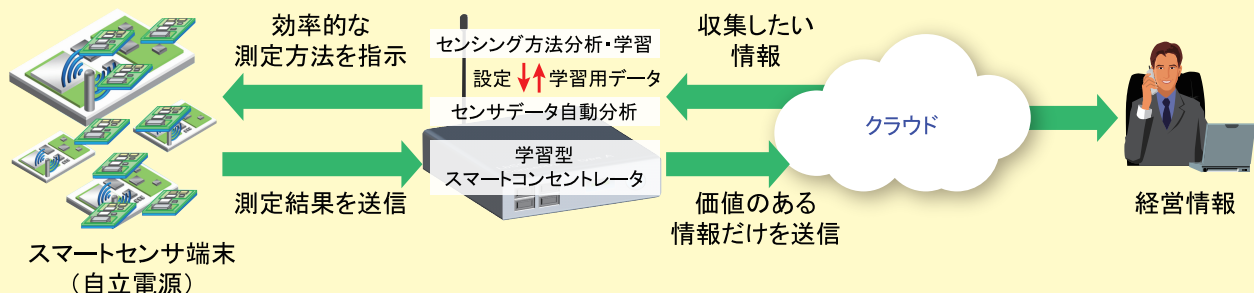
課題

- **センサ設置場所や測定対象毎に異なるセンサやアルゴリズムを開発**する必要があり、多量の機器・設備がある現場からのセンサデータ収集は**一部の測定対象のみに留まっています**。
- 多量のセンサデータを**クラウドへ一元的に集約・解析し有価情報を抽出**するには、**通信量やクラウド側の負荷が大きい課題があります**。
- 有線センサや点検により現場データが収集されていますが、**センサ増設は配線や電源制約より容易ではありません**。また、環境発電の電力では**少量データに限定され**、産業機器の制御や状態判断には**情報量が不足する課題が生じます**。

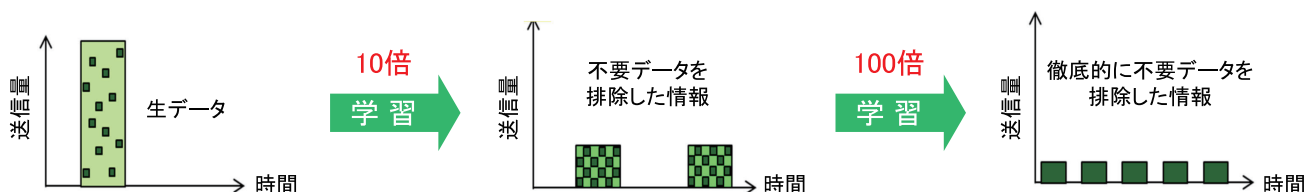
開発するシステムの優位性

多様な機器・設備等のセンシング方法を**自動で学習し柔軟なシステム構築を実現**

- 視覚、聴覚、触覚、嗅覚といった人の感覚を代替できるセンサ選定
- 熟練者の感覚による判定を、測定値から実施する解析アルゴリズムの構築
- 測定値の垂れ流しではなく、必要な時に必要なデータを収集するシステム構築



→ **不要データを排除した情報**のみの送信が効率的

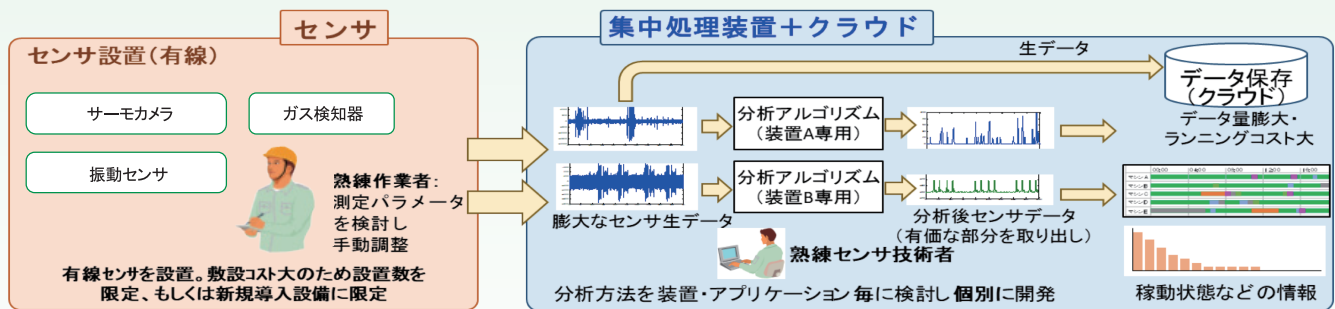


LbSSの開発内容

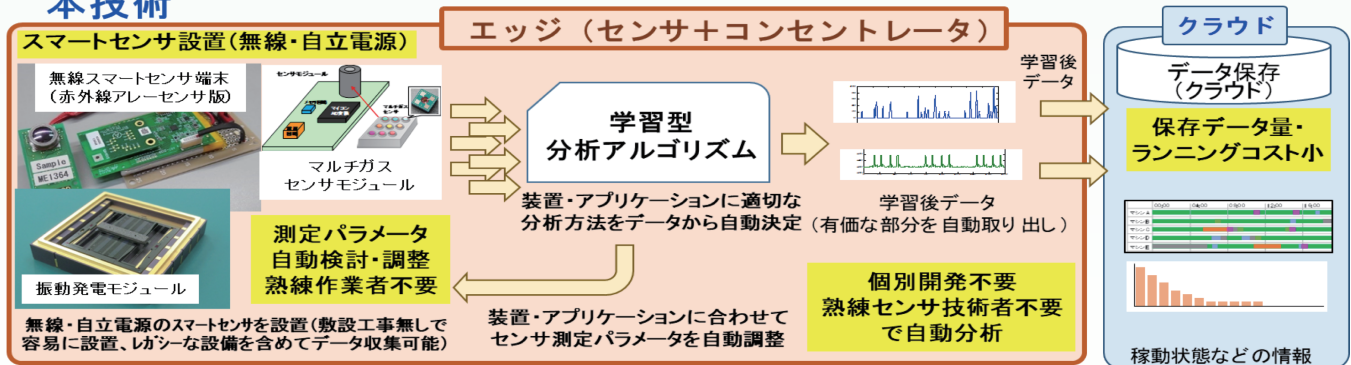
研究のポイント・技術内容

① 学習型スマートセンシングシステムの開発

個別分析アルゴリズム開発を不要とし運用開始までの期間短縮
レガシーな設備を含めた多数設備のセンシングを実現



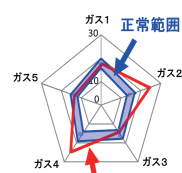
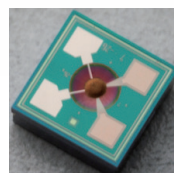
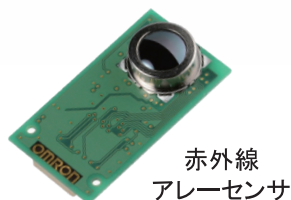
本技術



② 産業分野を対象としたスマートセンサの開発

学習結果を柔軟に反映し、温度分布やにおいてデータを効率よく収集する産業用センサ

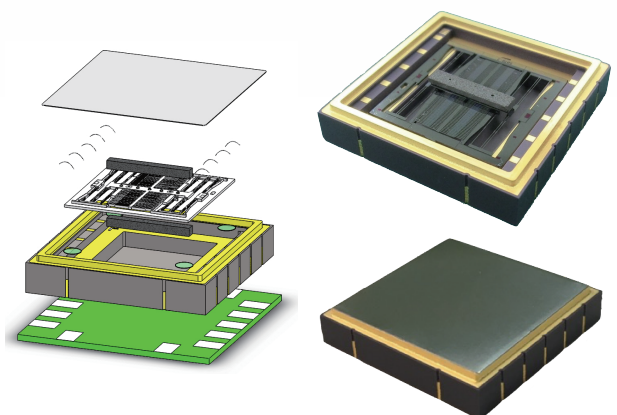
温度分布やにおいてなどの信号から、有意なデータを選択的に、必要な頻度で低消費電力に測定し、計測パラメータを柔軟に動的制御し、有価情報を効率よく収集するスマートセンサを開発



③ 自立電源の開発

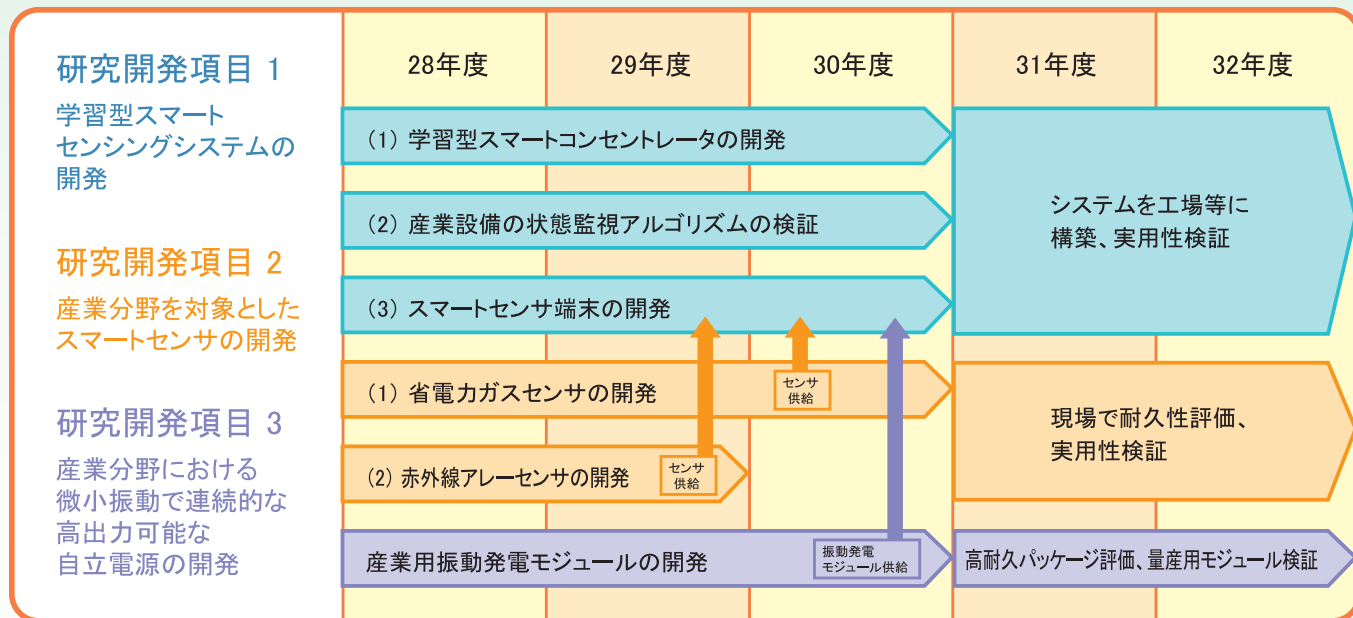
従来活用できていなかった低周波数、低加速度の振動環境でも使える自立電源を実現

様々な設備振動に対応するため、低周波数・低加速度の振動環境でも高出力(500μW以上)の発電が可能な小型振動発電モジュールを開発



LbSSの開発スケジュールと体制

スケジュール



研究推進体制

技術研究組合NMEMS技術研究機構

研究開発責任者：藤田博之
東京都市大学教授

スマートセンシング研究所 所長：藤田 博之

(1) 学習型スマートセンシングシステムの開発(分散研究所)

(株)日立製作所、東京電力ホールディングス(株)、ローム(株)*2、(株)東光高岳*3

(2) 産業分野を対象としたスマートセンサの開発(分散研究所)

富士電機(株)*2、オムロン(株)*1

(3) 産業分野における微小振動で連続的な高出力可能な自立電源の開発(分散研究所)

(株)鷺宮製作所、静岡大学、(一財)マイクロマシンセンター

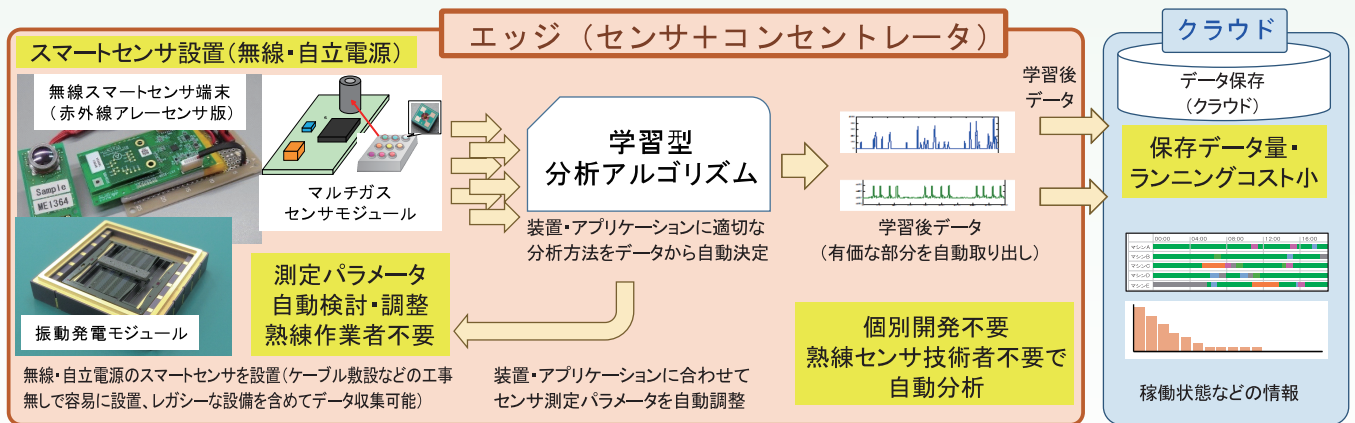
再委託 東京大学、(一財)電力中央研究所

*1:2017年度開発終了 *2:2018年度開発終了 *3:実証実験パートナー企業(2019年度事業参画)

学習型センシングシステム

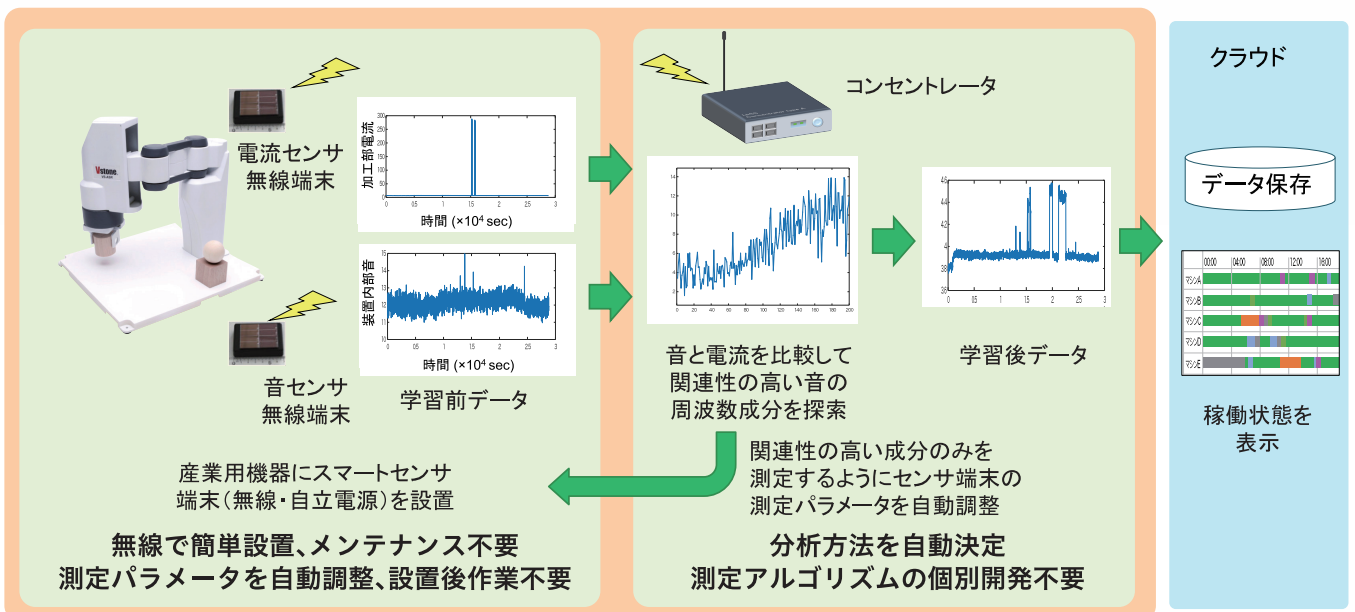
概要

- 測定対象の装置や、アプリケーションに対して適切な分析方法を自動解析し、センサ端末の測定パラメータに自動反映するセンシングシステムを開発しました。センサ設置時の個別調整や個別のアルゴリズム開発を不要とし、IoTシステムを短期間で構築できます。
- また、効率良い測定パラメータを選択することにより、低消費電力な無線センサ端末でも、価値の有る情報を収集可能となります。例えば、環境発電の微小なエネルギーで動作する無線センサ端末で、工場設備の稼働状態をモニタリング可能となります。



適用例

- 環境発電を使った電池不要の無線センサ端末でロボットアームの稼働状態を見える化しています。
- 音センサと電流センサのデータを収集し、関連性の高い成分を自動で探索し、測定に反映します。これにより、設備の稼働状態に関係する成分のみを測定し、効率的に情報を取得します。



LbSSのユースケース

センサ・用途・測定対象例

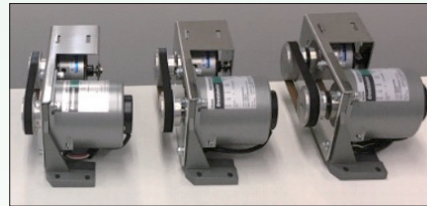
電流・振動・音

稼働状態把握
例：産業機械



赤外線アレー

設備温度
例：産業モーター






マルチガス(匂い)

現場異臭検出
例：オイル漏れ



センサ	用途(五感代替)
電流センサ	起動・停止把握、目視代替
振動センサ、音センサ	稼働状態・音の把握、聴覚代替、聴診代替
赤外線アレーセンサ	設備温度、過熱・温度上昇検知、触感代替
可視カメラ、塵埃センサ	設備外観、汚れ、現場指示値・変化検出、目視代替
温度・湿度センサ	過熱・吸湿等の五感代替
漏洩電磁波センサ	電気設備からの部分放電検出
マルチガスセンサ	過熱・漏洩等に伴う臭気検出、嗅覚代替

ユーザヒアリングに基づく実証実験

ユーザーニーズ					有価情報収集の検証
業 種		目 的	対象設備	具体例	
成形加工		・設備稼働の安定化 ・ユーザーによるシステム構築 (部外者立ち入り禁止)	成型機	稼働状態(動作・停止のタイミング・時間)の把握	設備安定度 (稼働状態を自動抽出・監視)
			ポンプ・エアバルブ	消耗品交換時期の最適化	
			ヒーター	配管の温度測定	
			ホッパ	原材料の揮発成分の検知	
食品プラント		・コンディションベースメンテナンス ・点検の遠隔可視化	受変電設備	日常パトロール頻度の低減	設備状態変化 (一定値からのズレを自動抽出)
			アナログメータ	設備常時監視、不安定設備の集中監視	
部品製造工場設備		・熟練者の知見の展開 ・メンテナンスデータのデジタル化	・配管 ・配線	・液漏れ、温度、振動 ・端子発熱、焦げ	平常時特徴を類型化 (いつもと違う状態を検知)
			・工作機械 ・回転機器	・ツールの摩耗検知 ・振動・音・温度の異常検知	

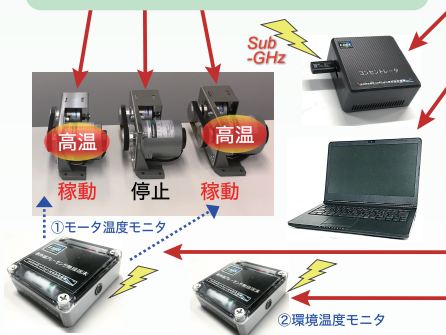
赤外線アレーセンサを用いたセンシングシステム

概要

- 赤外線アレーセンサ無線端末とコンセントレータを接続し、モータの温度をモニタするシステムです。
- コンセントレータで自動で高温領域(有価情報)を見つけ、高温領域のみをモニタリングします。
- 測定データが学習アプリケーションを経由することで、有価情報が增加することを示します。

構成

- 測定対象:モータ
 - ・ 独立に「稼動」「停止」し、稼動すると高温



● コンセントレータ

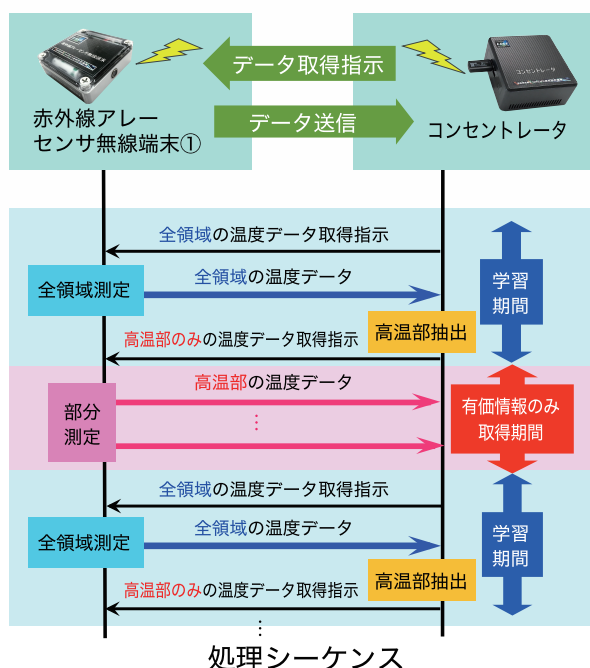
- ・ Sub-GHz無線で赤外線アレーセンサ無線端末を2台收容
- ・ 2台のセンサから自動で高温閾値を設定し、モータの高温領域を自動的に抽出する学習アプリケーションが動作
- ・ 学習結果により、モータの高温部のみの画素データを取得するよう、赤外線アレーセンサ無線端末に設定

● モニタ用PC

● 赤外線アレーセンサ無線端末

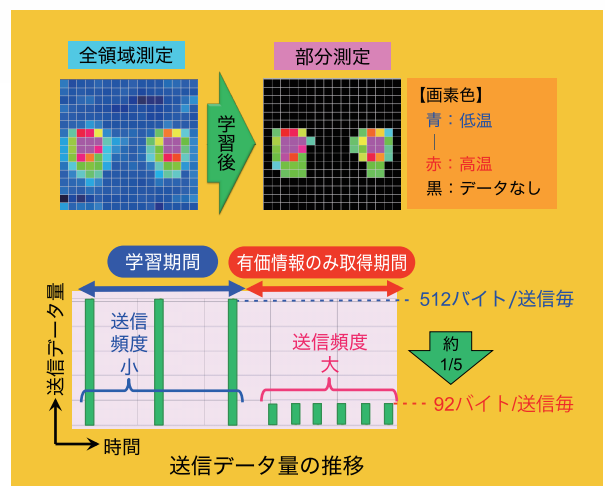
- ・ 256画素(16×16素子)の赤外線アレーセンサを搭載
- ・ 環境温度およびモータ温度をモニタし、コンセントレータの指定する画素の温度データを取得。Sub-GHz無線でコンセントレータに温度データを送信

処理内容



学習効果

- 学習後は、高温部の温度データのみを取得
- 本例の場合、学習後は送信データ量が約1/5以下に低減
- 端末に環境発電を用いる場合、同一エネルギーでの送信頻度の増加が可能



センサの個別開発・個別調整を不要とし 迅速なIoTシステム構築を実現する学習型スマートセンシング

概 要

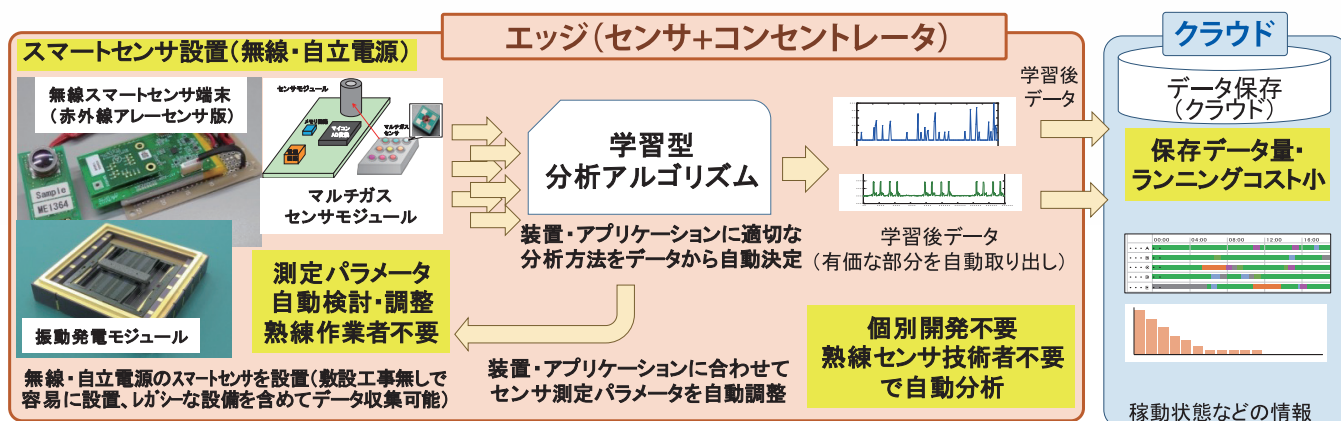
測定対象の装置や、アプリケーションに対して適切な分析方法を自動解析し、センサ端末の測定パラメータに自動反映するセンシングシステムを開発しました。センサ設置時の個別調整や個別のアルゴリズム開発を不要とし、IoTシステムを短期間で構築できます。

IoT普及への課題

- IoTシステムを構築するには対象設備ごとにセンサによる測定方法を実験等により決定し、さらに解析アルゴリズムの個別検討が必要でIoTシステム導入の障壁となっています。
- 大量のセンサデータを収集し解析するにはエネルギー/通信/ストレージの各コストを増大させることが、IoTシステムの適用範囲拡大の障壁となっています。

開発技術：学習型スマートセンシングシステム

- 測定対象の装置や、アプリケーションに対して適切な分析方法を自動解析し、センサ端末の測定パラメータに自動反映するセンシングシステムを開発しました。センサ設置時の個別調整や個別のアルゴリズム開発を不要とし、IoTシステムを短期間で構築できます。
- 効率良い測定パラメータを選択することにより、低消費電力な無線センサ端末でも、価値の有る情報を収集可能となります。例えば、環境発電の微小なエネルギーで動作する無線センサ端末で、工場設備の稼動状態をモニタリング可能となります。



音と電流センサによる設備稼働モニタリングシステム

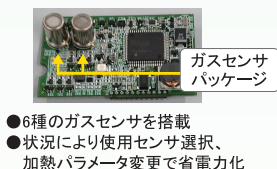
概 要

- 環境発電を使った電池不要の無線センサ端末でロボットアームの稼働状態を見える化しています。
- 音センサと電流センサのデータを収集し、関連性の高い成分を自動で探索し、測定に反映しました。これにより、設備の稼働状態に関係する成分のみを測定し、効率的に有価情報を取得しています。

開発技術:スマートセンサ端末

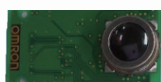
- 学習した結果により測定パラメータを可変とするスマートセンサを開発しました。これにより、柔軟なシステム構築と、環境発電で動作する低電力性を同時実現しました。

省電力マルチガスセンサ(開発品)

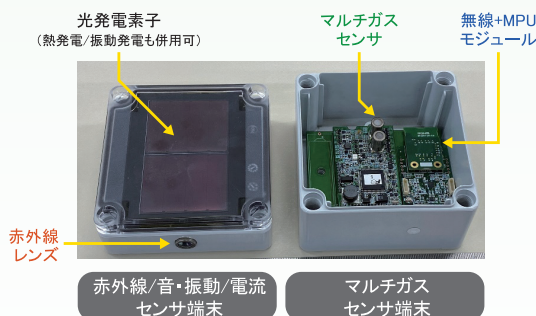


- 6種のガスセンサを搭載
- 状況により使用センサ選択、加熱パラメータ変更で省電力化

パラメータ可変型赤外線アレーセンサ(開発品)

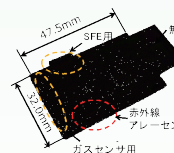


- 画素: 256画素(16x16)
- 状況により計測画素を選択計測し省電力化



- 環境発電動作により電池交換不要
- 10×10 cmの小型・防水筐体により実工場環境で使用可能

無線+MPUモジュール(開発品)



- 920MHzマルチホップ無線
- 送受信間欠駆動により省電力化

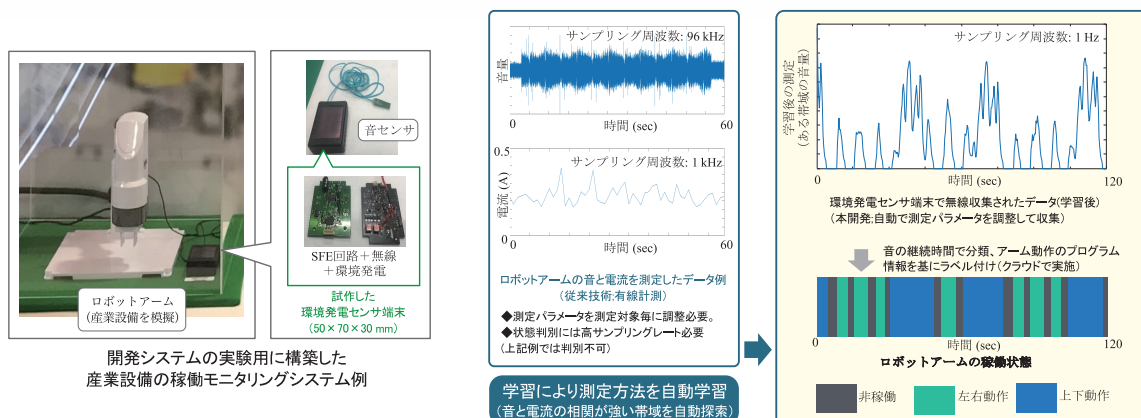
スマートフロントエンド回路(開発品)



- 市販センサを接続、可変パラメータ測定
- アナログ/デジタルセンサ対応

設備稼働モニタリングへの適用例

- スマートセンサ端末により音と電流のデータ収集を行い、自動学習により関連性の高い成分を探索します。その結果を、センサ端末に反映し、ロボットアームの動作に特徴的な音のみを抽出して測定します。これにより、データ送信量は10,000分の1以下となっていますが、稼働状態をモニタリングできています。
- 環境発電(～500μW)で、ほぼリアルタイムの無線センサによる稼働状態監視を実現しました。振動/音/室内照明により動作可能であり、工場の多くのシーンで無線・バッテリー交換不要で監視可能です。



小さな振動から高効率に500 μ W発電

概要

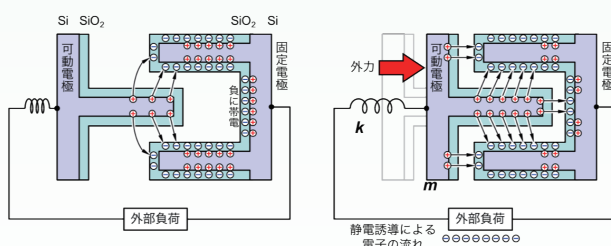
産業分野の設備などの「小さな振動」から500 μ Wの発電をして、センサ駆動、無線通信に必要な電力をまかなうために、MEMS(Micro Electro Mechanical Systems)技術と独自エレクトレット技術による、**コインサイズの高効率振動エネルギーハーベスタ**を開発しています。

開発の背景と内容

開発のポイント

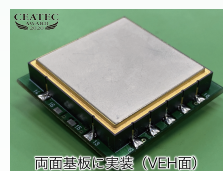
- MEMS+エレクトレットで、高効率にエネルギー変換
- 真空パッケージ、専用処理回路

発電原理



SiO₂膜中に固定された \ominus (エレクトレット)により静電誘導電流が得られる。

本プロジェクトのデバイス構成



両面基板に実装 (VEM面)



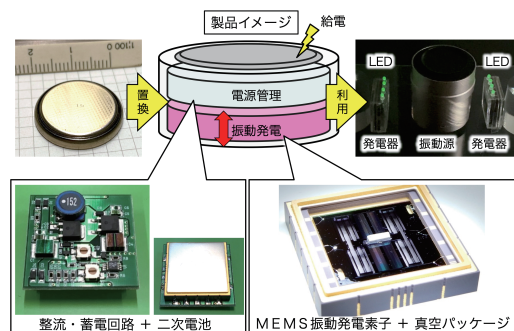
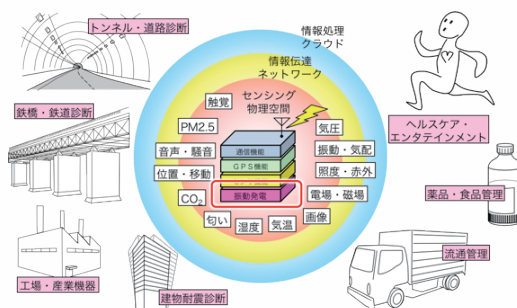
(充電用回路基板面)

- MEMSエレクトレット発電素子
- 真空パッケージ
- 専用処理回路
- 広帯域機構、極低周波発電機構

開発の背景・狙い

IoT(Internet of Things)社会実現のためには、配線不要でメンテナンスフリーな「**小型自立電源**」が重要です。そこで、身のまわりにある様々なエネルギー源(光・熱・振動等)から小さなエネルギーを「収穫(ハーベスト)」して発電(環境発電)するエネルギーハーベスタが注目されています。

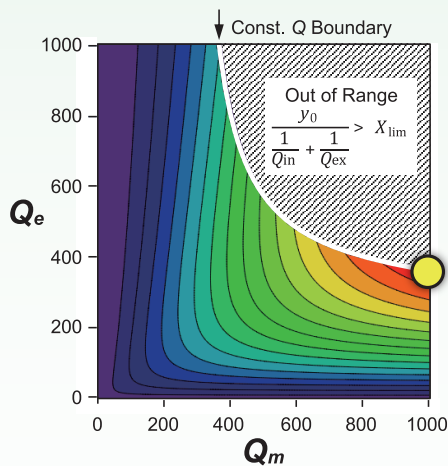
従来、振動エネルギーハーベスタで高効率に発電するには、高い周波数、大きな加速度が必要でした。本プロジェクトでは、独自開発したMEMSエレクトレット技術によって、「**低い周波数**」かつ「**小さな加速度**」の振動から500 μ W出力できる自立電源を開発しており、将来的にはボタン電池の置き換えを目指しています。



高効率MEMS振動発電デバイス

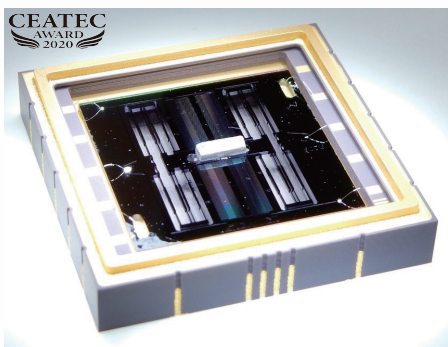
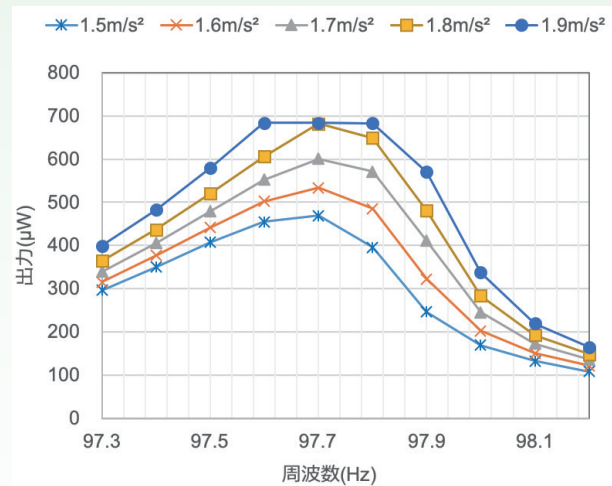
これまでの成果

100Hz、0.15G(実効値)の振動から500 μ Wの発電をして、無線センサ端末を駆動を目指します。そのためにエネルギー回収効率を理論限界付近まで高めました。



【発電性能】 ●周波数：97.3 ～ 98.2 Hz

●加速度：1.8 m/s²(0-P) = 0.13 Grms



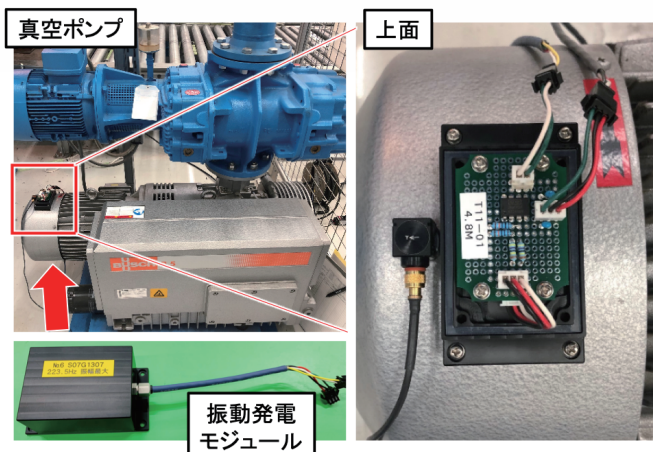
●P実験値 = 682 μ W

●P理論値 = $0.5 \times (2.0g) \times 2\pi \times 97.7\text{Hz} \times 670\mu\text{m} \times 1.8\text{m/s}^2$
= 738.7 μ W

●E_H = P実験値 / P理論値 = 682 μ W / 738.7 μ W = 0.92

理論値に対して92%のエネルギーを回収しました。

実証試験：産業用真空ポンプ



● 223Hz、0.15Gにおいて、振動状態に応じて500 μ W～650 μ W発電することを確認。

