

「インフラ維持管理・更新等の社会課題対応システム開発プロジェクト」

# 第1回ライフラインコアモニタリング プロジェクト成果報告会

～UCoMSプロジェクトの  
ミッションとIoTへのインパクト～

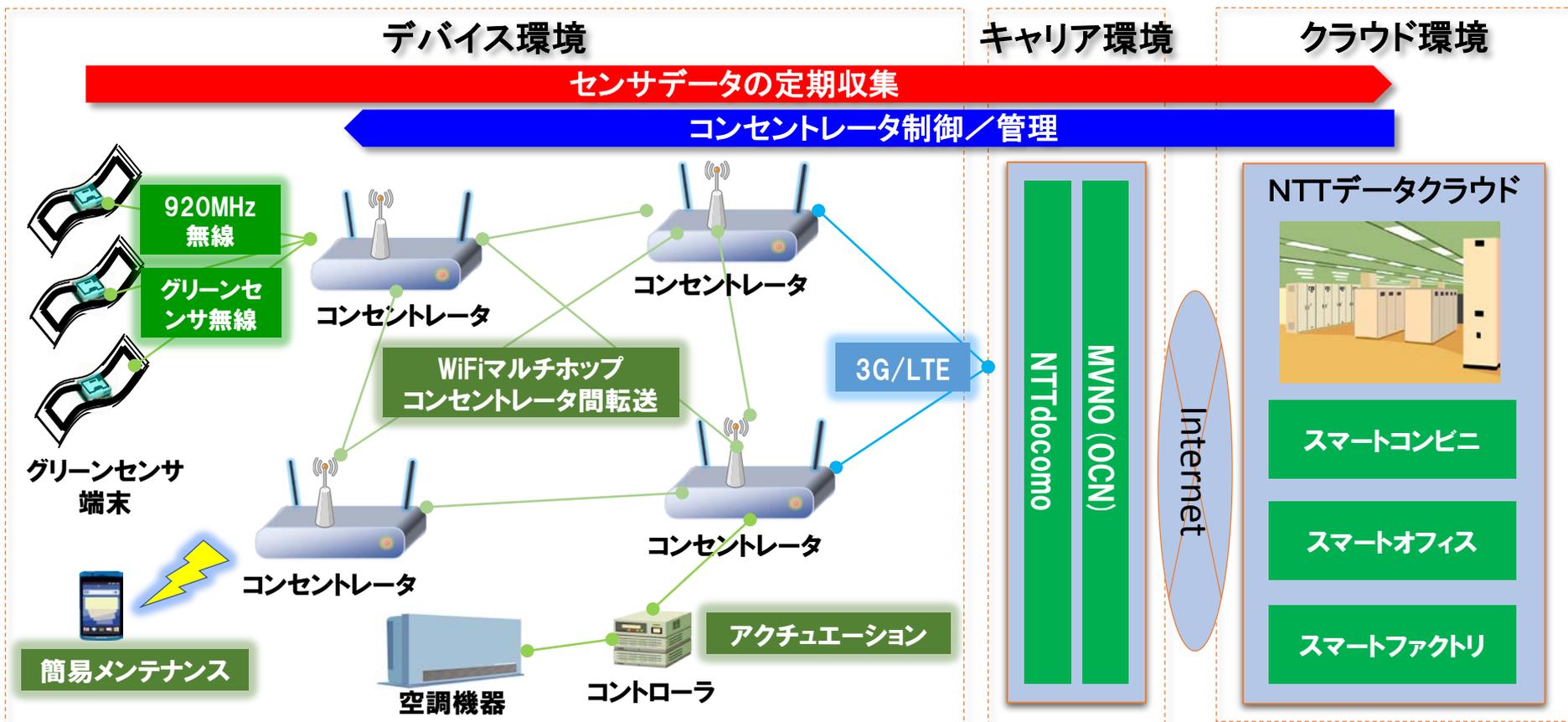
コアモニタリング研究体  
研究体長 伊藤 寿浩  
(国立研究開発法人 産業技術総合研究所)

2015年4月23日

- ・ばら撒ける無線センサ端末（GSN端末）のことか？
  - ・・・でもインターネットに繋がっているのはグリーンコンセントレータ(の一部)
  - ・・・片方向(センシング)だけ
- ・すべての端末がインターネットに直接繋がるのがIoTか？
  - ・・・IPv6
  - ・・・双方向・アクチュエーションも可
  - ・・・セキュリティ
  - ・・・マルチホップ
  - .....

# グリーンコンセントレータ

- WiFiマルチホップ機能を開発。メッシュネットワーク構成でのコンセントレータ間データ転送を確認
- クラウドから3G/LTEを介して、コンセントレータを経由した空調機器アクチュエーションを実現
- グリーンセンサ端末、受信機との接続を実施。クラウドへのセンサデータ送信を確認



- Simple Architectures:
  - A. Sensor(s)
  - B. Processing Unit
  - C. Connectivity Unit
  
- Technology Drivers
  - Low Cost
  - Low Power
  - Small Feature Size
  - Short Lifetime
  - Environmentally Friendly

⇒ まさにばら撒ける端末では？

Ulf Schneider (SSIA), “FROM HERE TO BEYOND”,  
3<sup>rd</sup> Solid State Systems Symposium, Oct. 22, 2014

# 電力はあるのか？

- GSN: 150  $\mu$ W/10 cm<sup>2</sup> (室内光)
- 環境発電(エネルギーは一ベスタ)は、環境に依存  
(GSN: 夜間運転の問題)
- 無線通信を前提にすれば、端末仕様を決めるのは電源  
→ 環境発電を使うのであれば、アプリ(環境)毎に異なる端末仕様

# プロジェクトの目的

- **都市インフラ(ライフライン)**は、経験にもとづく目視・聴音点検が主体であり、近年各種の遠隔管理システムが進化しているとはいえ、普及については緒に就いたばかり。
- 病院、地域エネルギー供給施設等のインフラはその公共性も高く、その中核となる発電機、**ボイラ、ポンプ等の回転機器をコア**としたシステムの保全が都市機能の安定化・安全化に重要な役割を担う。
- 本研究開発では、ライフラインのコア設備の早期異常検知、健全性確保が行える、低コストの常時モニタリングシステムの開発を目的とする。

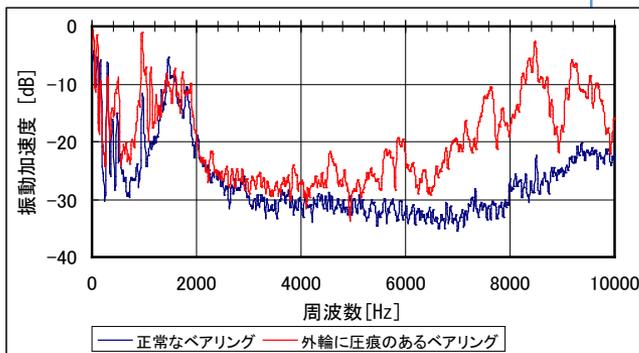
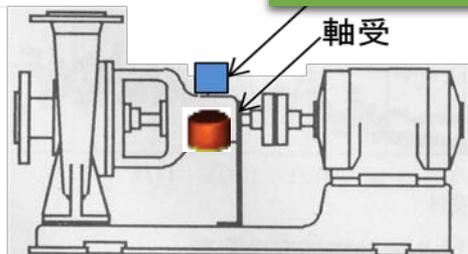
## 目的(2)

- 定期メンテナンスからCondition-basedメンテナンスへ
- 大型機器はすでに遠隔メンテナンス, ポンプ群の状態モニタリング
- 病院のエネルギーセンター設備、地域冷暖房施設の設備で実験

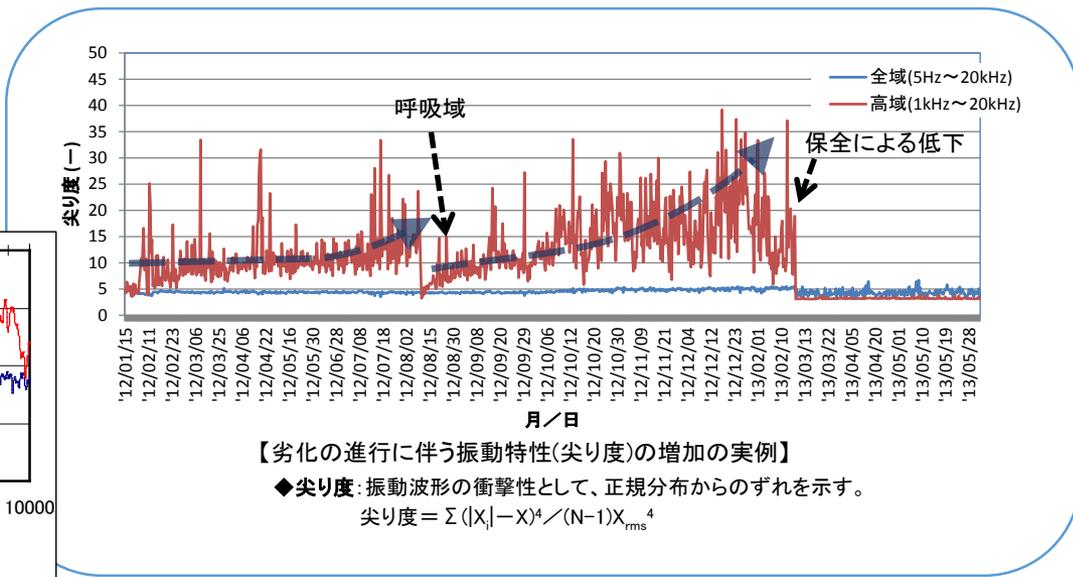
# ライフラインコア＝ポンプのモニタリング



センサ端末



- 従来は保守員が振動音や機器温度の異常から判断
  - 月1回の定期点検、年2回の精密検査、日常は保守員が振動音や機器温度を確認
- 振動周波数解析による故障モード分析研究例の蓄積  
(お金をかければ可能なことは判っている)



# 課題

- 有線の(モニタリング)システム:敷設コストを含め100点程度のモニタリングシステムで1000~2000万円  
→普及のためには一桁安価にする必要あり
- 無線システムの課題
  - ✓ (敷設コストは低いが)有線と同じデータ通信容量・品質は得られない。品質を上げようとするれば、無線センサ端末の消費電力の増加/サイズ増大/高コスト化を招く, 端末の自立電源が困難になり、電池交換等の(端末の)メンテナンスコストが増大
  - ✓ 端末に供給される電力量が限られるため、取得データ量も(著しく)制限される

- ◆ 限られたデータ量で状態モニタリングを可能にする技術
- ◆ 限られた発電量で自立動作する低コスト端末
- ◆ 低コスト・低消費電力の高信頼性無線通信システム  
などを開発する必要

# ハイブリッド型の無線センサネットワーク



複雑な空間



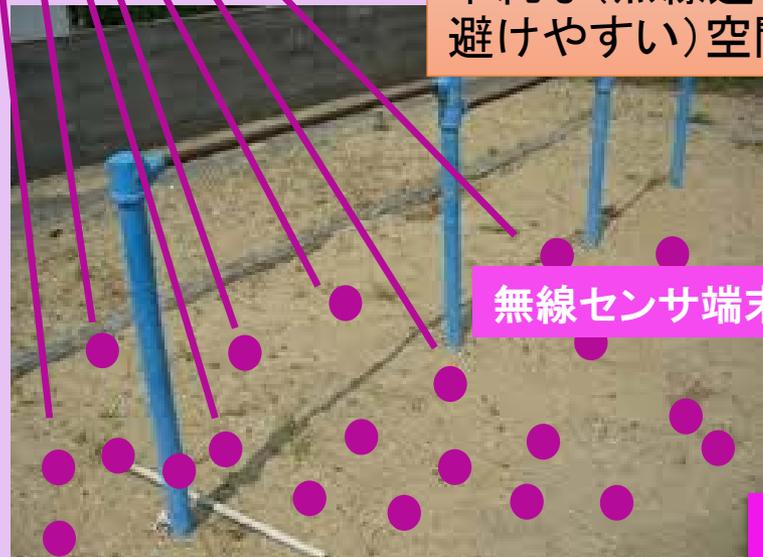
無線センサ端末

測定ポイントの10~20%  
マルチホップ端末

M型端末



単純な(無線通信障害を  
避けやすい)空間



無線センサ端末

P型端末

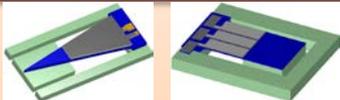
測定ポイントの80~90%  
片方向通信/超低消費電力低コスト端末



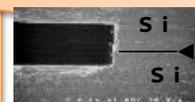
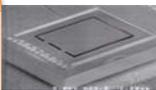
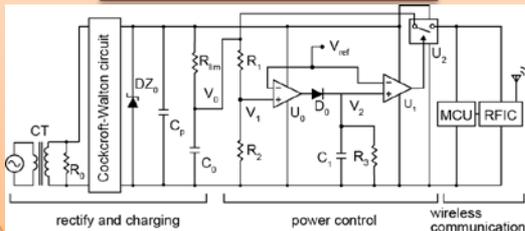
柔軟なルーティングが可能なマルチホップ端末と片方向通信(低コスト)端末を適切に組み合わせてネットワークを構成

# プロジェクトの全体像

AIN-MEMS振動発電センサデバイス

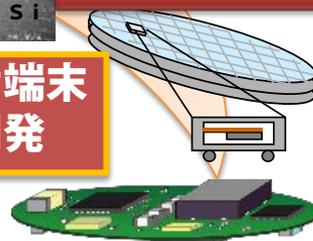


鹿威しセンシング方式



ウェハレベル集積化プロセス

センサ端末  
の開発



高耐久性超小型センサ端末



ペットボトル  
キャップサイズ

ネットワークシステムの開発

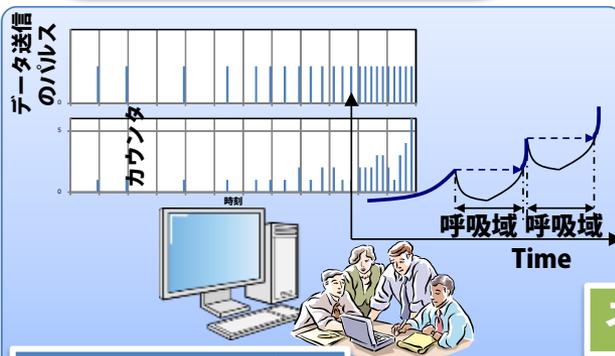
無線中継機

無線親機

データ収集  
装置

構造的に複雑な環境下で通信の信頼性確保

医療機関、地域冷暖房設備他



モニタリングシステムの開発  
と実証システム  
構築・実験

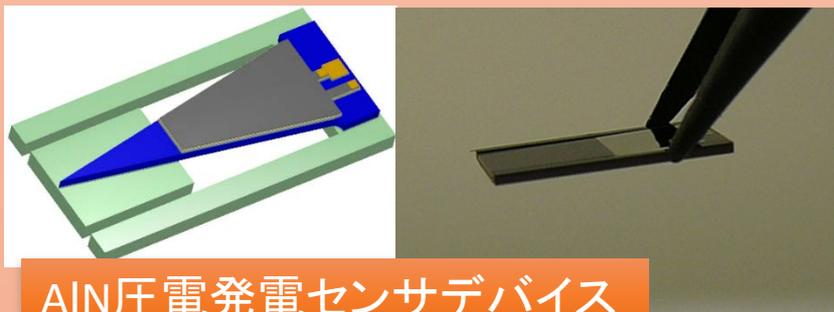
クラウド

回線

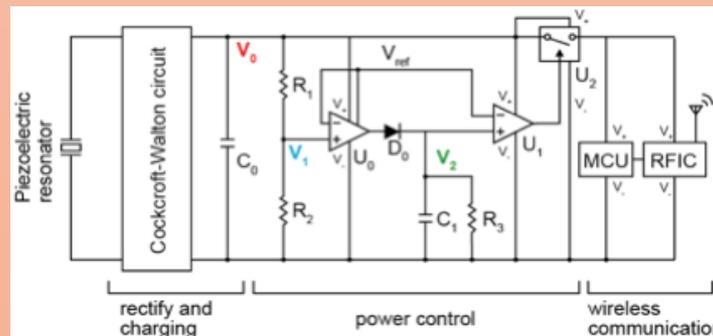


# センサ端末の開発

- 低周波数域 (<30 Hz) に対応したAIN圧電発電センサデバイス  
→ 柔軟構造の最適化と封止蓋へのストッパ構造の導入
- 鹿威し型端末システム開発



AIN圧電発電センサデバイス



鹿威し方式振動発電回路

- 低コスト化: 複数デバイス(低周波数域用, 高周波数域用, 突発事象用) 製造プロセスの共通化, ウェハレベル真空封止実装プロセス
- 耐震性端末実装構造, 低コスト設置方法、信頼性試験方法の開発



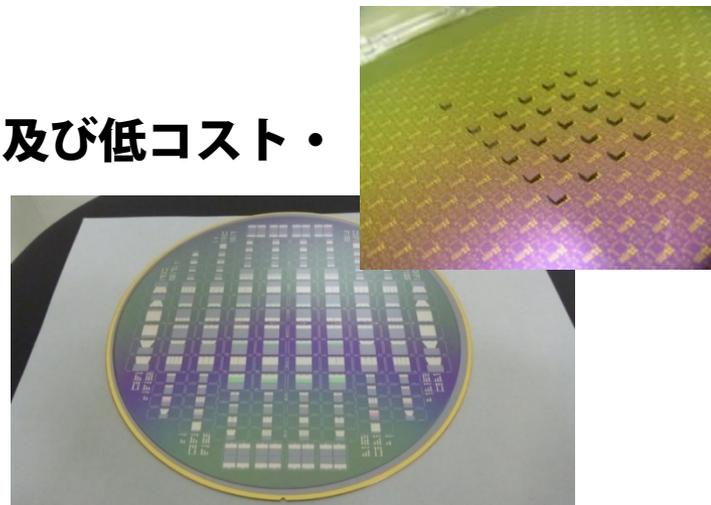
P型センサ端末

## ① デバイス・無線センサ端末開発（産総研）

圧電MEMS振動発電デバイスが発電した電力のみでデータ送信を行う無感方式により、送信頻度から回転機器の異常判定が可能なシステムを開発

## ② 量産化プロセス・ウェハレベルデバイスパッケージ（MMC）

コアモニタリング用AlN圧電デバイス量産プロセス及び低コスト・高信頼性ウェハレベルパッケージプロセスの開発

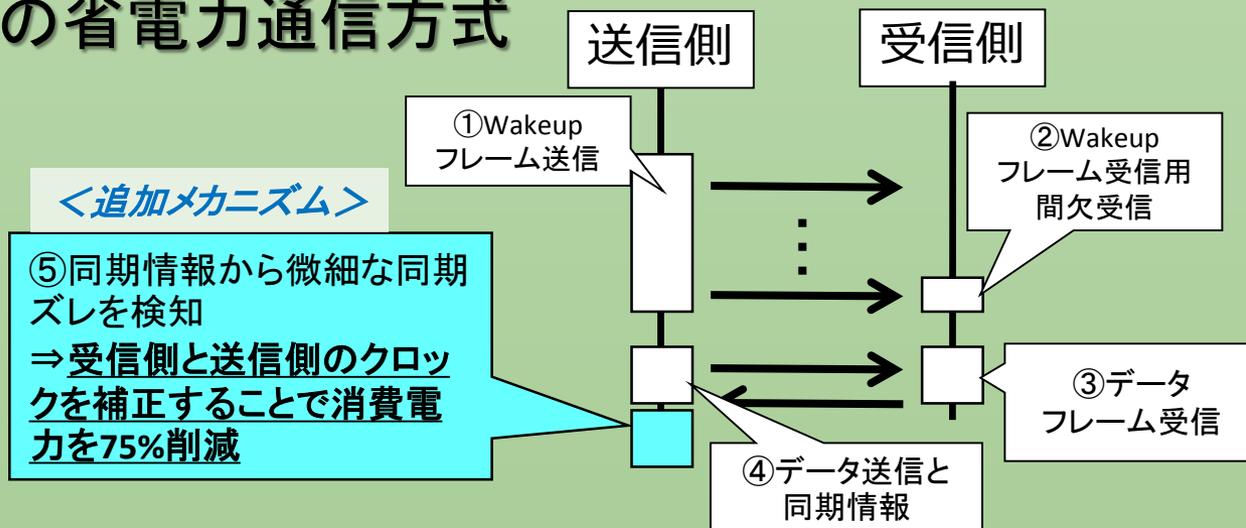


## ③ 端末実装（明星電気）

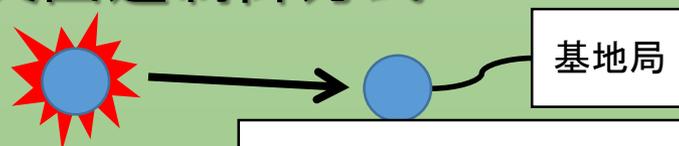
- 回転機器の異常検知モニタのため、8kHzまで高周波計測が必要
- 安価なシステムアップを目指すため、長期メンテナンスフリーの信頼性
- 回転機器の任意の場所に設置を可能にするための固定方法と小型パッケージ

# ネットワークシステムの開発

## 時刻同期型の省電力通信方式



## 再送を伴わない衝突回避制御方式



### クロスレイヤで輻輳回避

- ・MAC層: 通信タイミング
  - ・ネットワーク層: 設置密度推定
  - ・アプリケーション層: データ重要度
- ⇒ 最適な通信タイミングを自律的に決定.  
遅延を抑えつつ輻輳発生を90%低減

- ◆ 圧電振動発電センサデバイスを用いた監視技術の開発
  - 課題: 不定期な鹿威し方式振動データのフィルタリングと異常検知ロジック
- ◆ 汎用モニタリングシステムの開発
  - 課題: 煩雑な初期設定が不要で、データ収集から異常検知, 余裕時間予測までをシームレスに処理
- ◆ 実証実験による効果検証 → 課題: 実施設の運用と連携した監視システムの構築

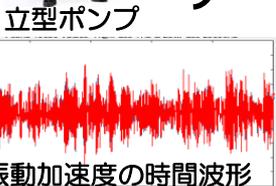
【対象機器】



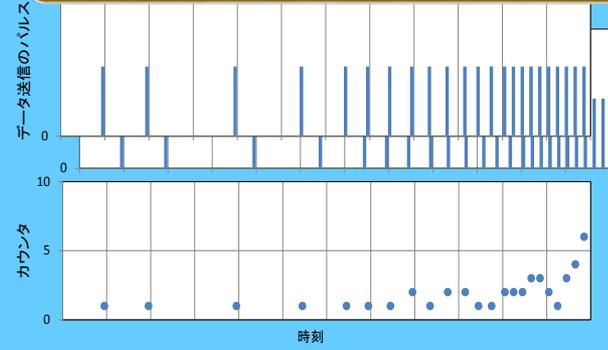
M型端末



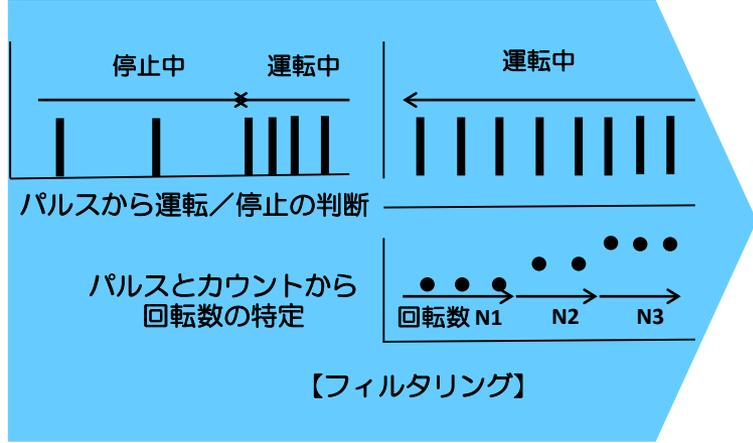
M型端末



⑩ 摩耗劣化の進行によって増幅する異常振動を鹿威しの間隔とその間の発生頻度で検出



【鹿威し方式振動データ】  
(パルス、カウンタの不定期データ)

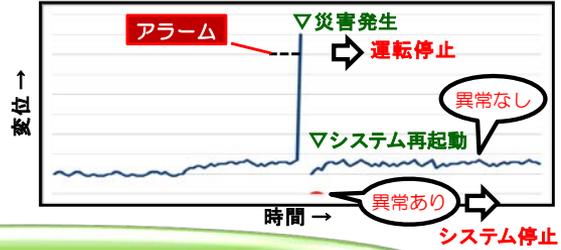


【フィルタリング】

【摩耗劣化など日常時の監視】



【耐震性・非日常時の監視】



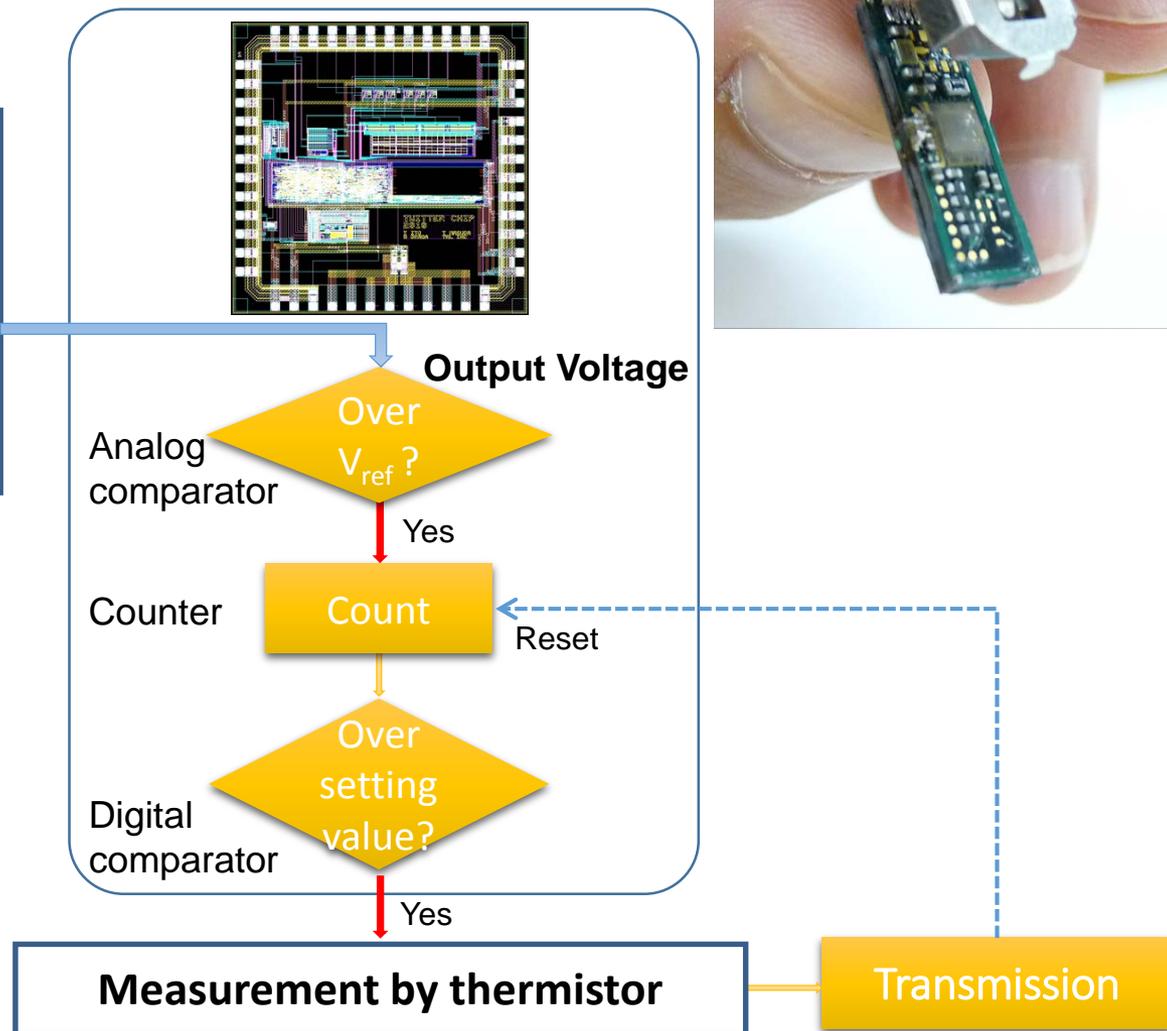
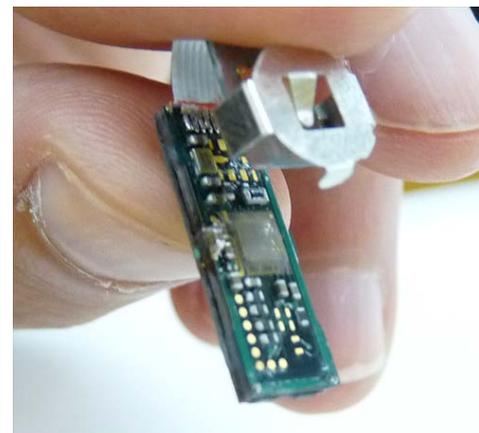
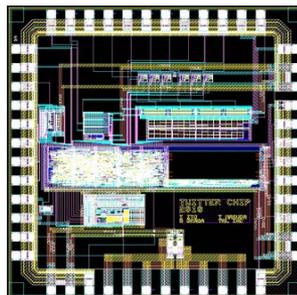
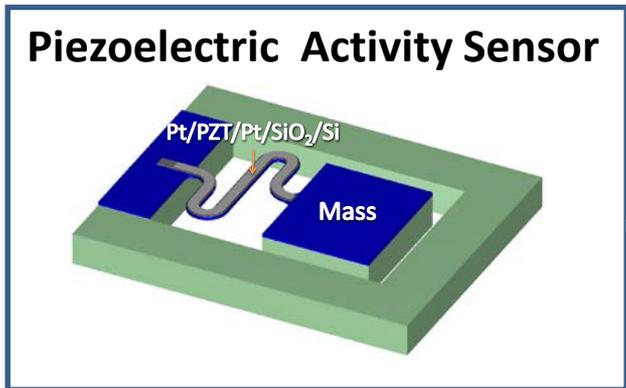
【シームレスに処理する汎用モニタリングシステム】

# 目標とする端末

基本計画端末仕様	研究終了時の端末(P型)
振動または変位＋温度計測機能	圧電発電型振動センサ＋半導体温度センサ
1回/時以上の無線通信	10分に1回程度の非同期送信可 (鹿威し方式)
自立電源動作	センサの振動発電のみで動作 (端末消費電力:5 $\mu$ W)
地震等の突発事象検出	圧電センサ(震度4相当の地震で動作)
サイズ:概ね7cmx10cmx5cm以下	ペットボトルキャップ大 
無線通信:免許不要、通信距離30 m以上	920MHz特定小電力, 直接30m以上通信できる箇所に適用
信頼性:10年以上	実環境下で10年以上
(想定端末コスト)	(1000円前後)

- ・振動発電だけで自立する端末、ただし端末はペットボトルキャップ大程度でないと、ポンプの振動モニタには使えない  
(数10 $\mu$ W級の発電量は期待できない)
- ・鶏用の端末などばら蒔ける端末もIoT
- ・環境発電で自立する端末の割合はどの程度か  
(案外発電が難しいところばかり...), 電源が無いところにはThingsもない?
- ・メンテナンスフリーの意味、もし10年持つのであれば電池でも良い?
- ・端末の(超)低消費電力化 = データの最少化
- ・フィールド毎に、端末・システム最適化の必要
- ・鹿威し型の可能性  
一電流, 活動量, 振動 ...

# 鶏健康モニタリング端末



# おわりに

- ・(予兆・初期診断に)役に立つ端末・システム
- ・本年度から試作端末でフィールド試験を開始, フィールド実験からのフィードバックが重要
- ・低コスト化=シンプルなソリューションを  
MEMS(構造, プロセス), 無線ネットワーク, 診断方法

→個々の成果(2014.8~)はこの後の講演で!