



小型・低消費電力を実現するグリーンMEMSセンサの開発

イベントドリブン型 塵埃量センサの開発

（セイコーインスツル・東京大学（再委託））

セイコーインスツル（株）

海法 克享



NMEMS 技術研究機構



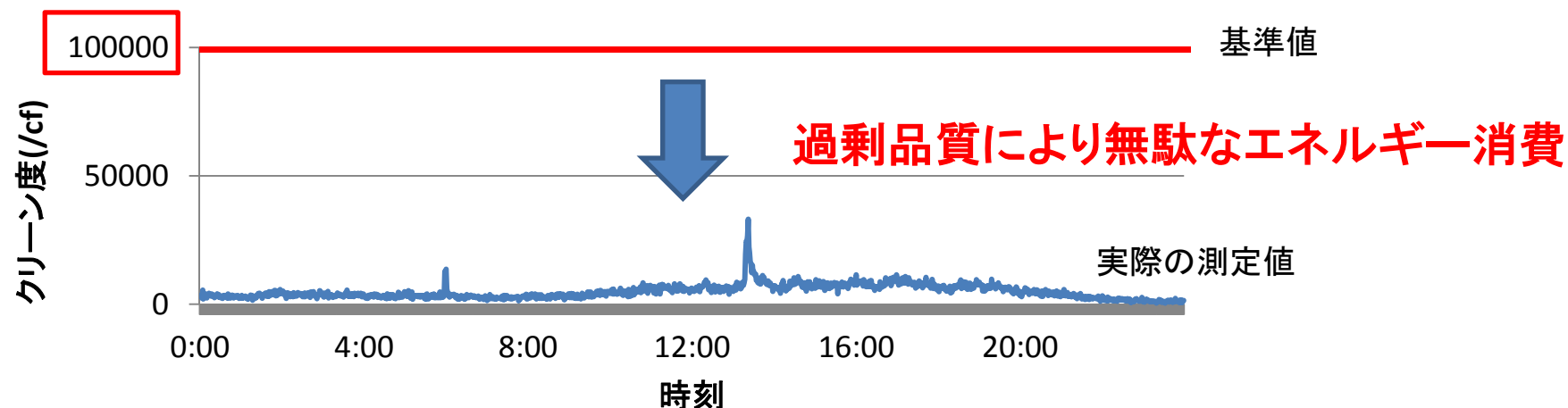
1. 背景と目的
2. 開発テーマ概要・目標
3. 開発内容と取り組み
4. イベントドリブン型塵埃量センサの開発
5. ネットワーク・応用分野
6. まとめ

1. 背景と目的

精密工場：

品質管理のため塵埃量を空調により制御

・・・塵埃量をどんな状況でも一定以下に保つため
常時一定の空調で運転



クラス10万クリーンルームにおける1日の塵埃量推移

塵埃量センサを無線センサネットワークに組み込み、
局所的な塵埃量をモニタリング

⇒空調制御にフィードバックすることで省エネに貢献



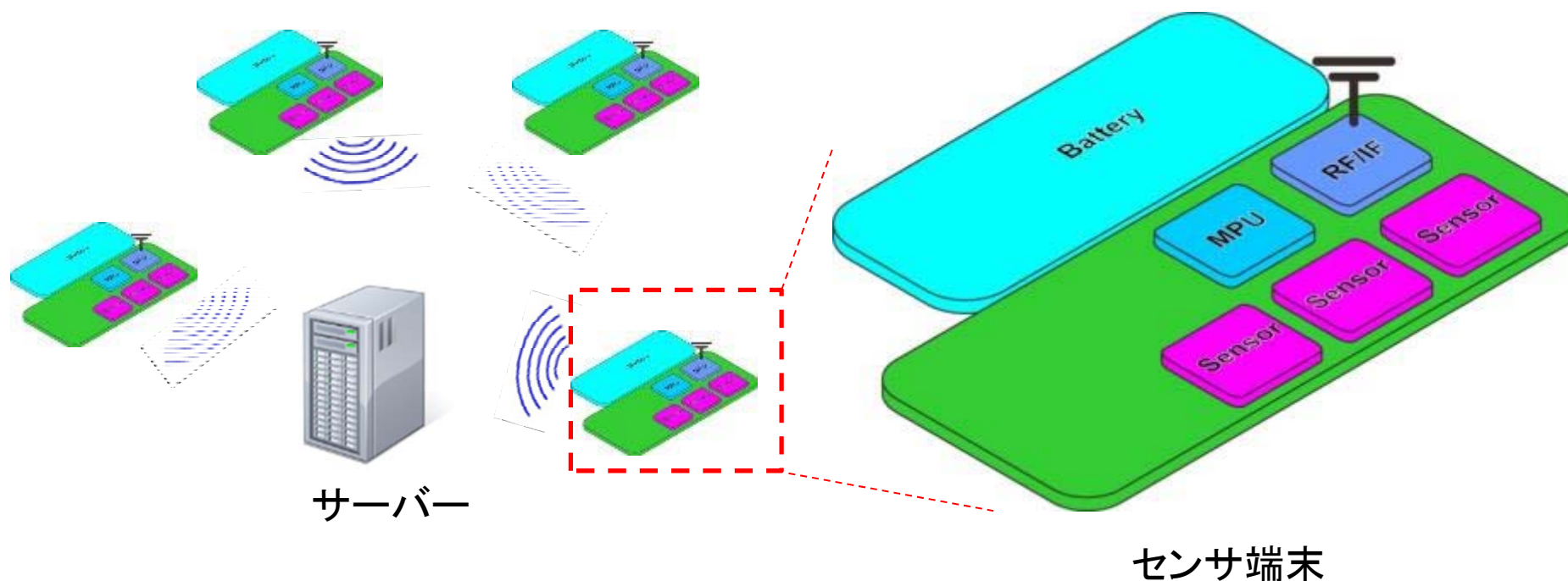
NMEMS 技術研究機構



1. 背景と目的

無線センサネットワーク

・・・小型センサ端末での多点計測により環境の見える化が可能



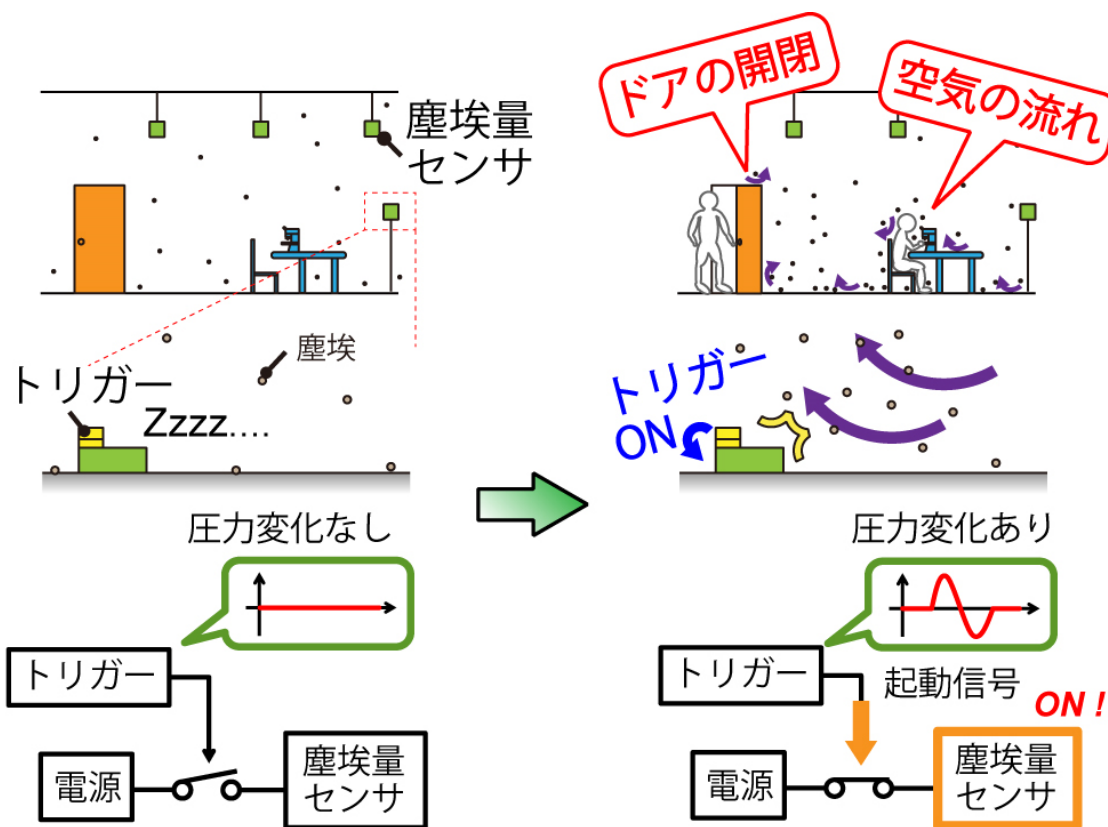
従来の塵埃量センサの消費電力: 数10mW～数W

限られた電源でセンサ端末を効率よく駆動させることが必要

1. 背景と目的

必要な時(人の動き)のみセンサ端末を動作させる

= イベントドリブン動作によりセンサ端末の平均消費電力を削減

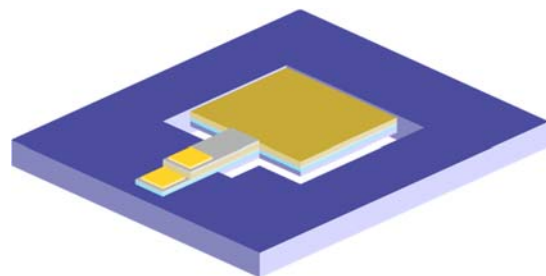


目的

- ・イベントドリブンのためのトリガーセンサ開発
- ・トリガーセンサを組み込んだ塵埃量センサ端末の開発

2. 開発テーマ概要・目標

H23年度：
トリガーセンサのためのセンサ構造
開発

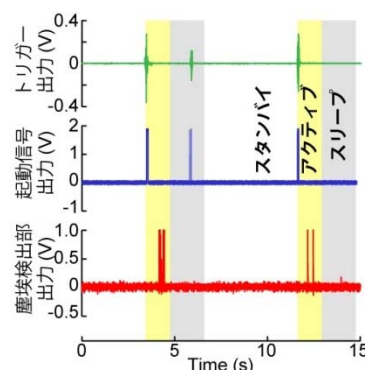


圧電体付きカンチレバー

H25年度：
トリガー部、塵埃検出部の一体化、
無線、自立電源を備えた端末試作

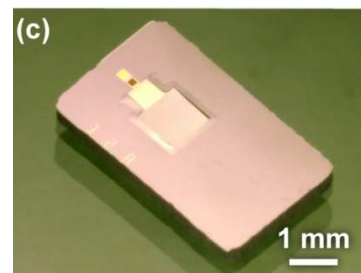


塵埃センサ端末外観



動作波形

H24年度：
トリガー部、塵埃検出部試作

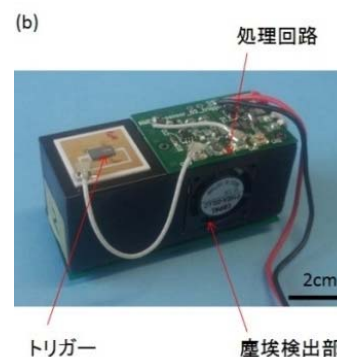


トリガー用カンチレバー

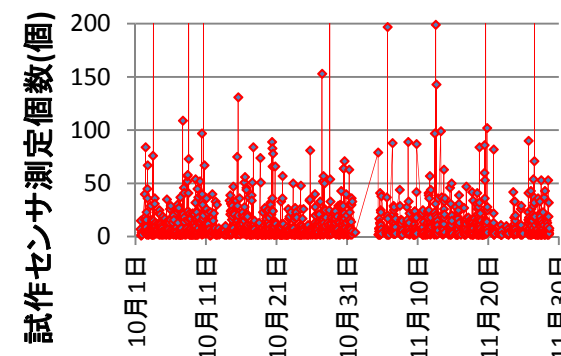


塵埃検出部

H26年度：
塵埃センサ端末の改良試作、
イベントドリブン駆動の動作実証



塵埃センサ端末外観



長期測定データ



NMEMS 技術研究機構



3. 開発内容と取り組み

1)トリガーセンサの開発

- トリガーセンサ検討 ⇒ 圧電体を用いたカンチレバー型圧力センサの開発
- 起動スイッチ動作 ⇒ 低消費圧力変化検出回路組込

2)塵埃検出部の開発

- 小型化、検出感度向上 ⇒ 光学系・流路最適設計
トリガーセンサとの一体設計

3)イベントドリブン型塵埃センサ端末の開発

- 端末低消費電力化 ⇒ 動作アルゴリズム設計
- 機能実証 ⇒ 実証工場にて長期データ取得



NMEMS 技術研究機構



4. トリガーセンサの開発

トリガーセンサに要求される条件

- ・塵埃量の変化は人の動きに大きく関連
(ex. ドアの開閉、空気の流れ)



検出感度10Pa程度

- ・トリガーセンサはイベント監視のため常時動作



消費電力数 μ W程度

圧電体を用いたSi薄膜カンチレバー型圧力センサを
トリガーセンサとして提案

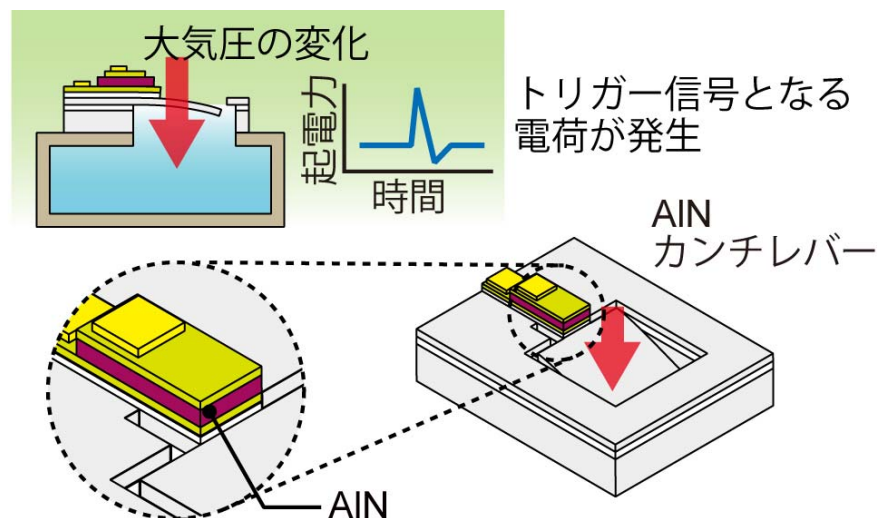
4. トリガーセンサの開発

圧電体を用いたカンチレバー型圧力センサ

…Siカンチレバーの根元に圧電体(AIN)を成膜

圧電カンチレバー型圧力センサの利点:

センサ素子部分で電力消費がないため低消費電力
カンチレバー型のため大変位⇒高感度



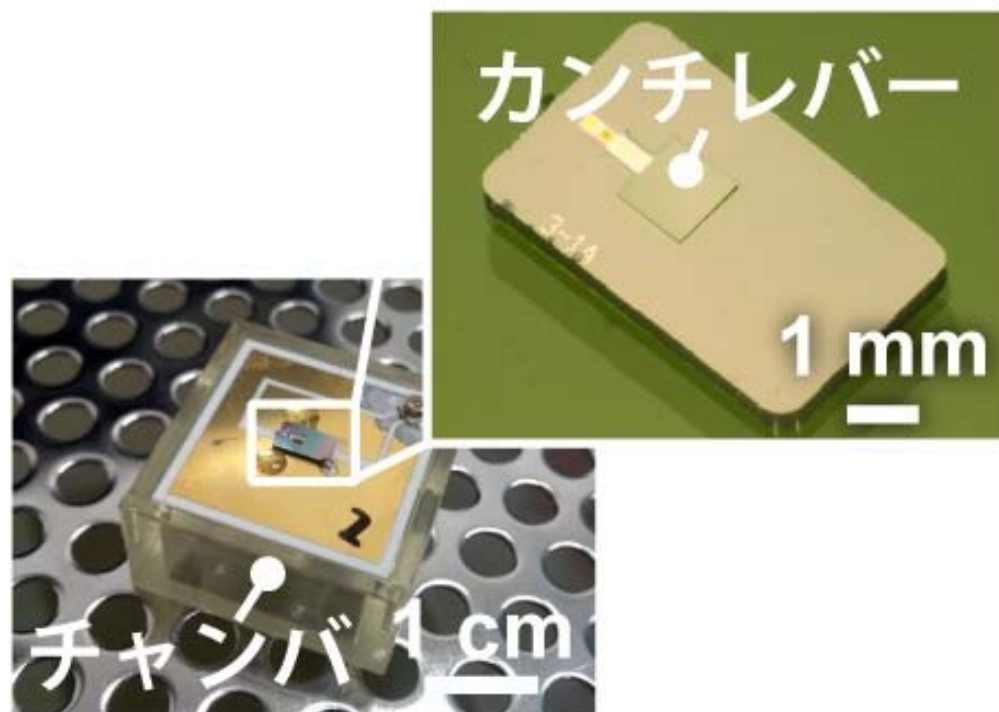
圧電カンチレバー原理図

他技術との比較

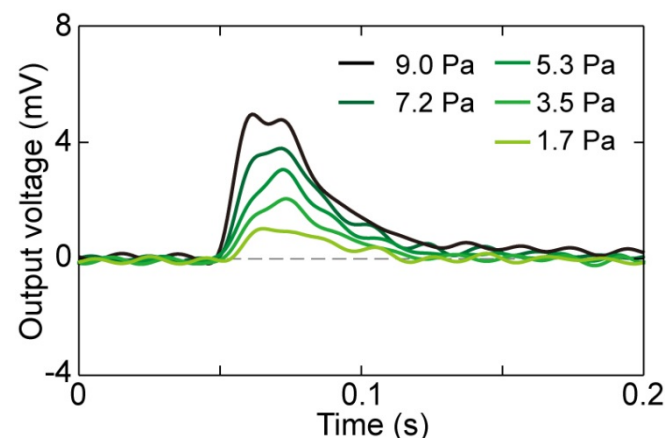
	NMEMS(SII)	T大学	O社
分解能	0.2Pa(差圧) 3Pa(大気圧)	0.02Pa (差圧)	6Pa (大気圧)
消費電力	2 μ W	1mW	25 μ W
応答性	DC-1kHz	DC- 10kHz	

4. トリガーセンサ開発の成果

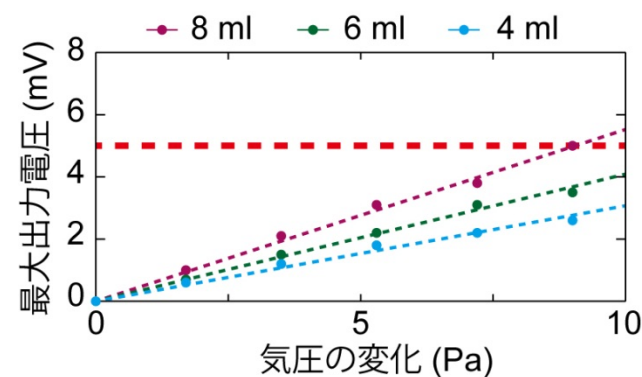
AINを用いたカンチレバーを試作、大気圧変化に対する検出感度3Paを達成



試作したAINカンチレバーを用いた圧力センサ



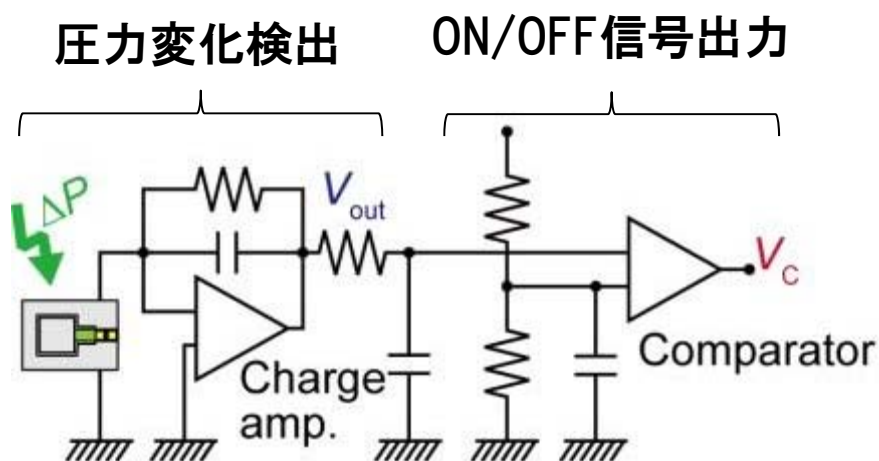
圧力を与えた時のセンサ応答波形



圧力変化応答測定結果

4. トリガーセンサ開発の成果

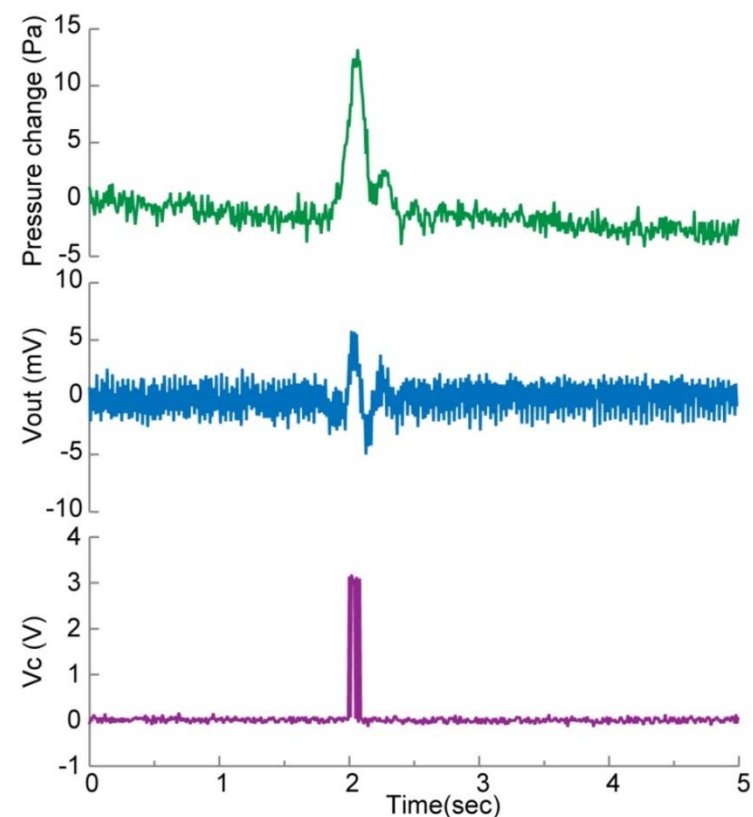
開発したAINカンチレバーを用いて消費電力約 $2\mu\text{W}$ のスイッチ回路を構成、圧力変化 10Pa での回路ON信号出力を確認



スイッチ回路構成

消費電力

センサ(+アンプ回路)・・・ 0W (+ $1.4\mu\text{W}$)
コンパレータ…………… $0.6\mu\text{W}$



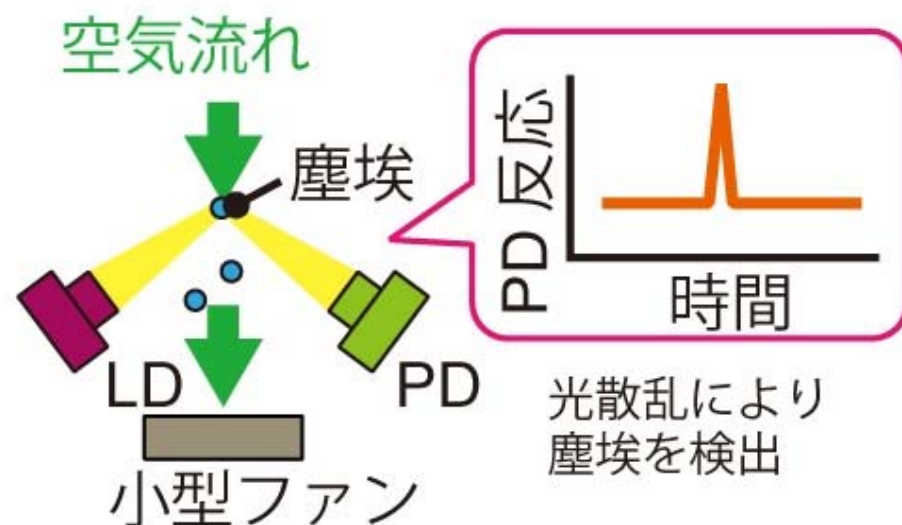
①圧力変化②センサ出力
③コンパレータ出力

4. 塵埃検出部の開発

塵埃検出部・・・

- ・レーザダイオード(LD)、フォトダイオード(PD)
 - ・小型ファン
- で構成

トリガー部との1体設計により小型化



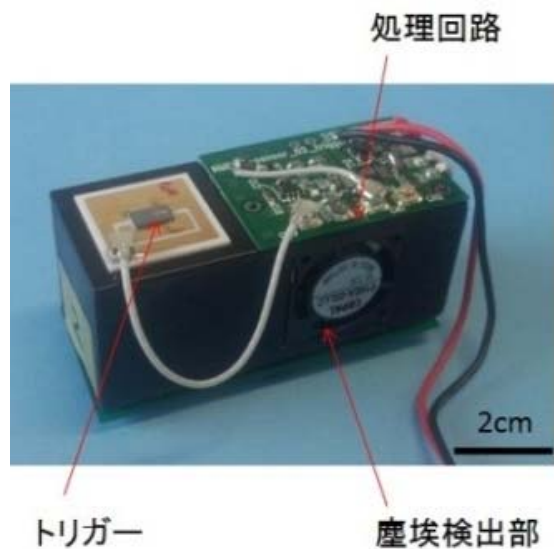
塵埃検出部動作原理

他技術との比較

	NMEMS(SII)	S社
感度(粒径) (クラス)	0.5um以上 10万	0.5um以上 10万-100万
消費電力	77mW	700mW
大きさ	20mm × 50mm × 20mm	90mm × 60mm × 20mm

4. 塵埃検出部開発の成果

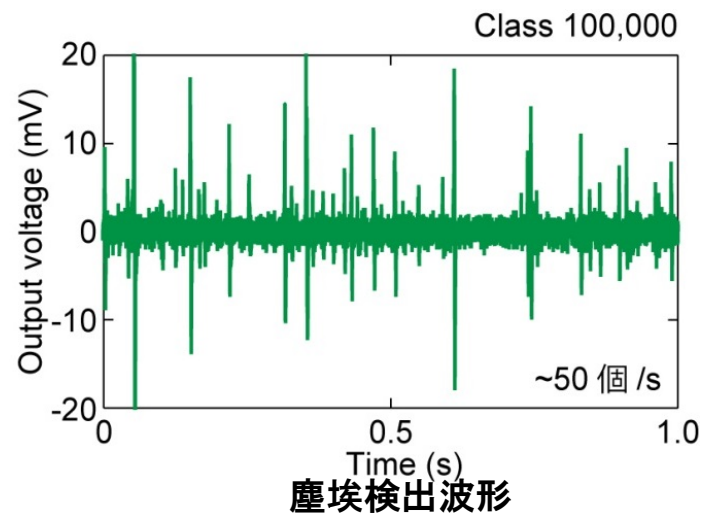
センササイズ2cm×5cmにて検出感度クラス100,000を達成



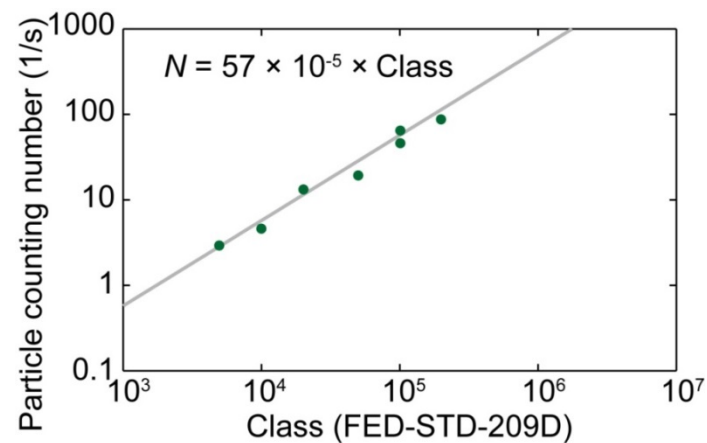
センサ全体写真



塵埃検出部構造写真



塵埃検出波形



市販センサを用いた塵埃センサの感度測定結果

4. イベントドリブン型塵埃センサ端末の開発

■ イベントドリブン型塵埃センサ端末の構成

- ・トリガー部
- ・塵埃検出部
- ・処理回路、無線回路
- ・自立電源(太陽電池)

■ イベントドリブン型塵埃センサ端末の主な仕様

センササイズ (筐体込み)		23mm×53mm ×48mm
センササイズ (センサ部のみ)		20mm×50mm ×20mm
消費電力	動作時	83mW
	待機時	15 μ W
	平均 (1024sec間隔)	96 μ W



塵埃センサ端末
全体図

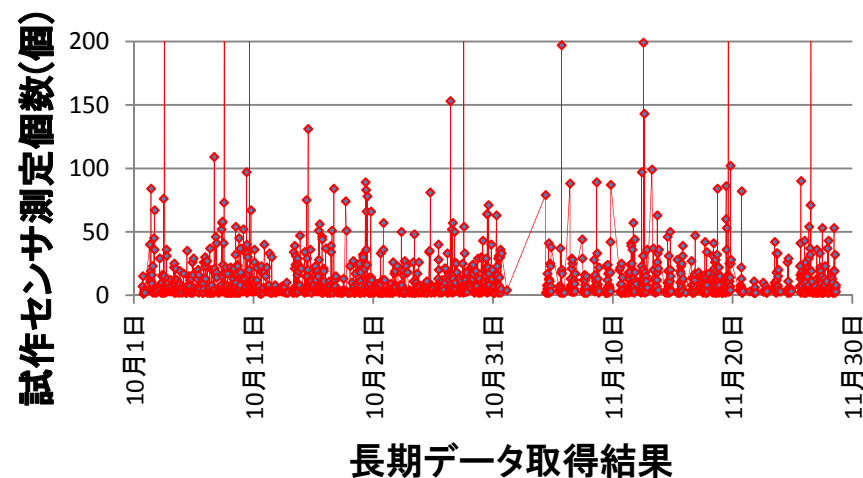
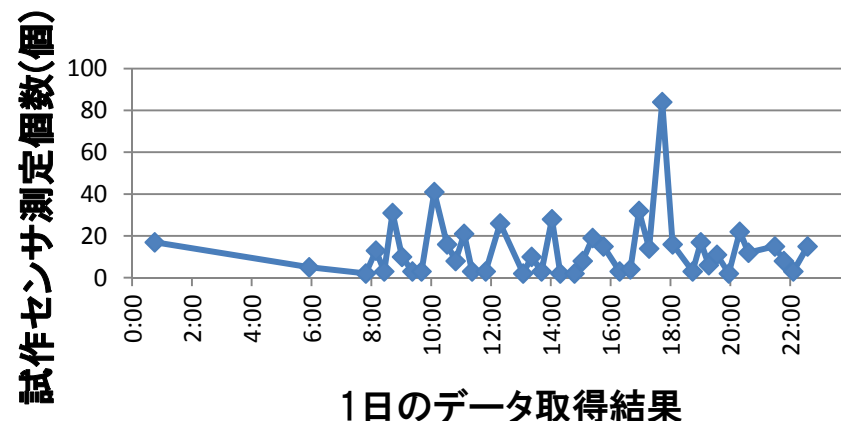
4. イベントドリブン型塵埃センサ端末開発の成果

自立電源、無線機能を備えたイベントドリブン型塵埃センサ端末を試作、実証現場における長期データ取得を達成

自社精密工場内に試作した塵埃量センサ端末を設置、2か月にわたりデータを収集

自社精密工場の基本情報

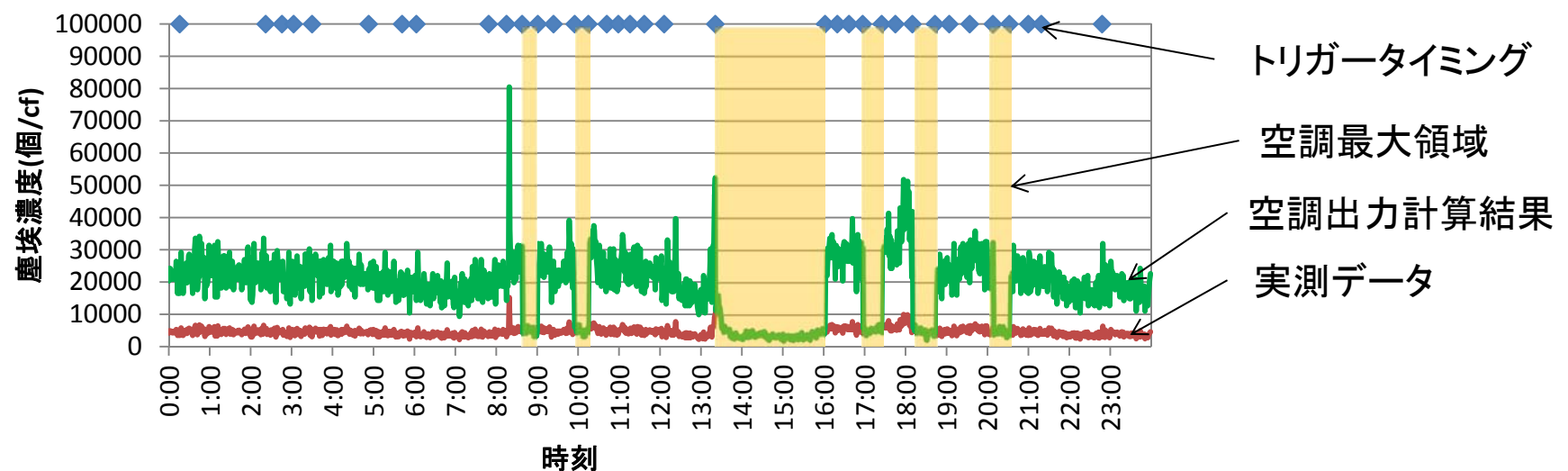
部屋の面積	約200m ²
クリーン度	クラス10万/cf
照明	24時間、400lx程度
作業員	1～4人



4. イベントドリブン型塵埃センサ端末開発の成果（省エネ効果）

イベントドリブン動作により、自社工場の空調省エネ10%以上削減可能であることを確認

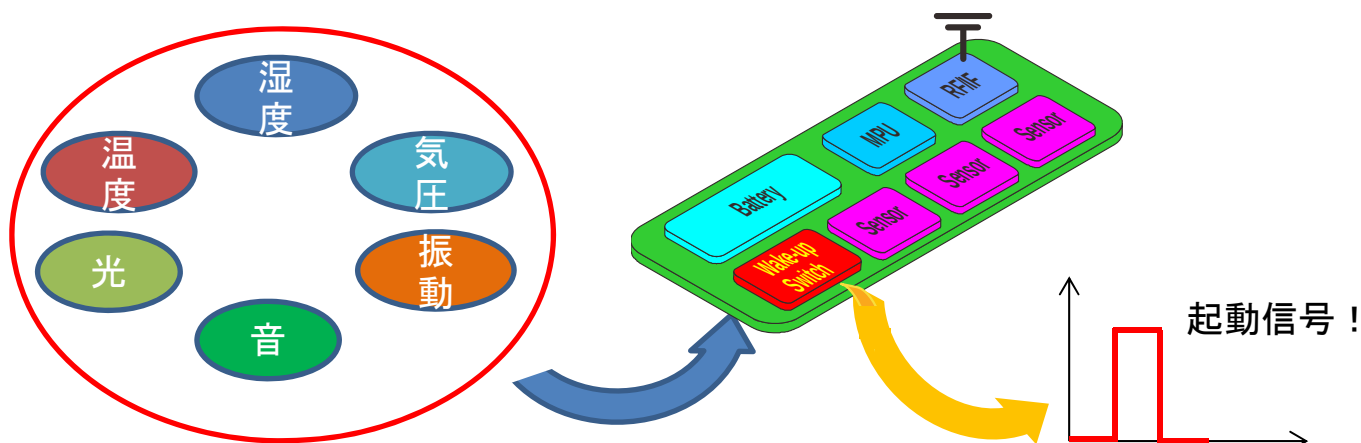
現在の実測データに対し、センサ端末のトリガータイミングにおける塵埃量に基づいて空調出力を変化させた場合の塵埃量を試算



- ・クラス30000以下では空調出力を18%に設定
- ・クラス30000を超える部分は空調出力を100%に設定

5. ネットワーク・応用分野

■省エネセンサネットワークの応用：環境センサのスイッチ



■省エネ以外の応用分野：

簡易塵埃量評価・・・自立電源、無線搭載による低コスト導入
セキュリティ・・・トリガーセンサを用いた不法侵入感知

6. まとめ

- 従来の塵埃センサの低消費電力化を目的としたイベントドリブン型塵埃量センサを提案。
- 微小圧力検出可能なトリガーセンサを作製し、10Paの圧力変化で端末起動のためのON信号を生成することを確認。
- 光学系、流路最適設計、トリガー・塵埃検出部一体設計によりセンササイズ2cm×5cmへの小型化を達成。
- トリガーセンサを組み込んだイベントドリブン型塵埃量センサ端末を試作、精密工場内での長期データ取得を達成。
- センサ端末を導入し測定結果を空調にフィードバックすることで、空調出力を10%以上省エネできることを試算により確認。