



**小型・低消費電力を実現するグリーンMEMSセンサの開発**

# **応答速度を向上した 小型・低消費電力な 赤外線アレーセンサを開発**

**真空封止技術と独自のセンサ素子設計技術により  
高感度・高速応答を両立**

**オムロン株式会社  
田中 純一**



**NMEMS 技術研究機構**





## 発表内容

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. 開発の成果
5. ネットワーク・応用分野
6. まとめ





# 1. 背景と目的

赤外線アレーセンサで温度・人位置・人数を検知する事により  
エネルギーロスの削減に貢献

【空調制御における赤外線アレーセンサの検知項目】

エネルギーロスの要因	省エネ手法	赤外線アレーセンサの検知項目		
		温度	人位置	人数
不在エリアの無駄運転	不在エリアでの停止/温度緩和	○	○	
過剰換気 (基準値:1000ppm)	換気量制御			○
無駄運転	中間期の窓開閉ガイダンス (温暖な気候時の自然換気)	○		

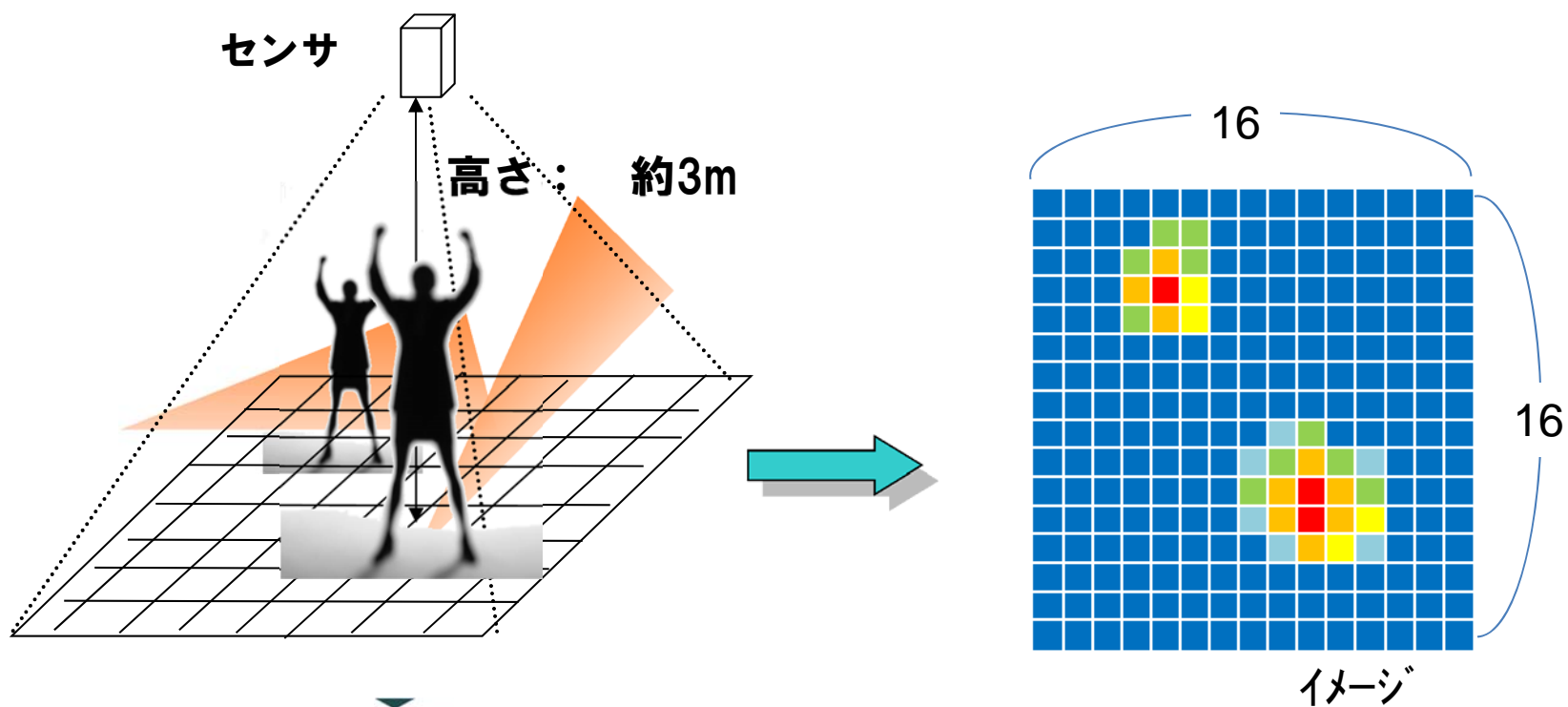




# 1. 背景と目的

## 赤外線アレーセンサに求められる項目

- 1) 人と床の温度が測定できる → 温度分解能
- 2) 人の動きがとれる → 応答速度
- 3) 広範囲をセンシング → 視野角、画素数





# 1. 背景と目的

広視野角・高画素でありながら、  
高温度分解能・高速応答の両立を目指す

トロードオフ

	目標	A社	B社	C社	D社
視野角	90	60	45	60	45
画素数	256	2000	64	64	16
温度分解能(K)	0.3	0.5	0.1	0.5	0.14
応答(フレームレート)	10	4	17	10	10



NMEMS 技術研究機構

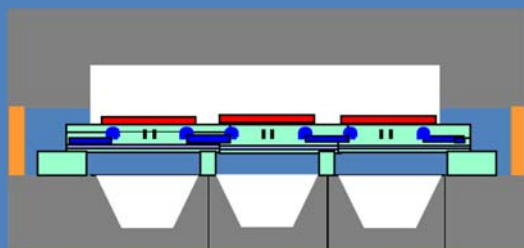




## 2. 開発テーマ概要・目標

23年度

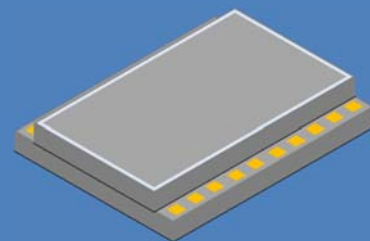
赤外線アレー  
センサ素子設計



- 1)赤外線センサ素子構造設計
- 2)要素技術検討(真空封止)
- 3)評価系の構築

24年度

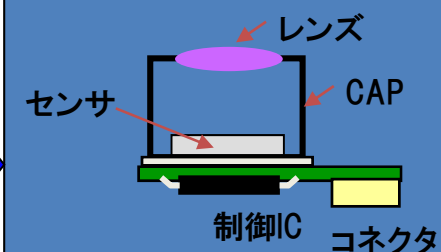
センサ  
チップ開発



- 16×16素子
- 10fps
- 真空封止技術  
の構築

25年度

センサ  
モジュール開発



- モジュールサイズ  
2cm×5cm
- 平均消費電力  
100uW



NMEMS 技術研究機構





### 3. 開発内容と取り組み

#### (1) センサ素子設計

- ・素子の小型、高感度化 ⇒ 素子の真空封止
- ・高感度と高速応答の両立 ⇒ S字型素子の設計(特許出願1件、ポスター展示)
- ・評価系の構築 ⇒ 評価系立ち上げ

#### (2) センサチップ開発

- ・小型パッケージの実現 ⇒ チップサイズ真空パッケージ(特許出願1件)
- ・真空度の信頼性確保 ⇒ 接合部構造とプロセス条件の最適化

#### (3) センサモジュール開発

- ・低消費電力化 ⇒ 間欠動作・可変フレームレート機能  
人検知アルゴリズム設計(ポスター展示)



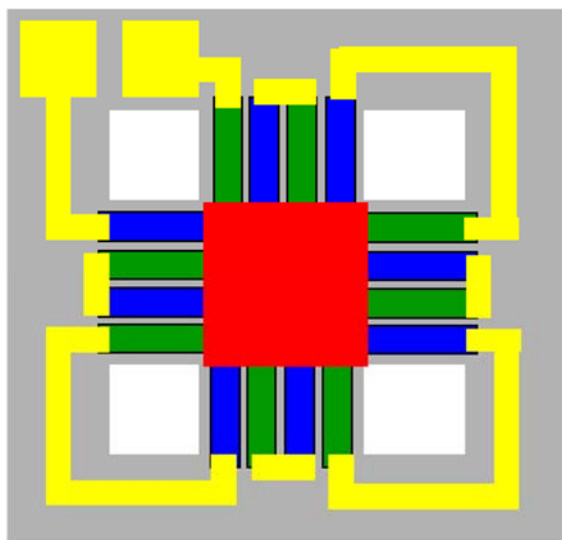


## 4. 赤外線アレーセンサ開発における課題と対策

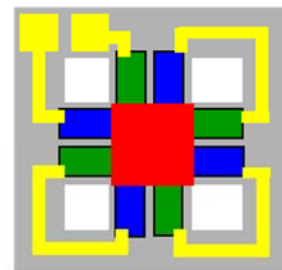
課題: センサ素子の小型化による感度低下

対策: 真空封止によるセンサ素子の小型・高感度化

From: 低画素



To: 高画素



$$S = n \cdot \alpha \cdot R_{th} \cdot \eta \cdot A_s \cdot P_{in}$$

↓ → → → ↓ →

n: サーマピイル数  
 $\alpha$ : ゼーベック係数(材料定数) [V/K]  
 $R_{th}$ : 熱抵抗 [K/W]  
 $\eta$ : 赤外線吸収率(材料定数)  
 $A_s$ : 赤外線吸収膜の面積 [m<sup>2</sup>]  
 $P_{in}$ : 入射エネルギー密度 [w/m<sup>2</sup>]



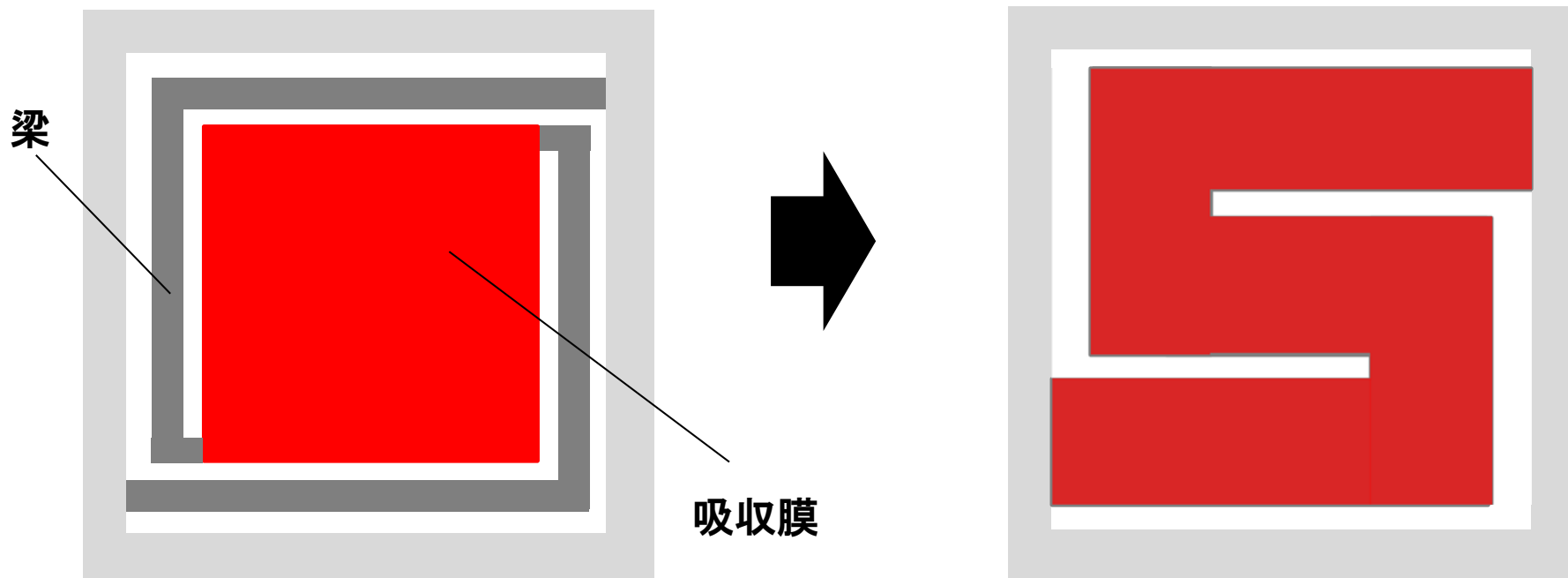


## 4. センサ素子開発

### オムロン独自のセンサ素子構造設計により 応答速度を2.5倍向上する

From: 従来設計(4fps)  
吸収膜を梁で保持する形状

To: 本開発での設計(10fps以上)  
S字型の梁・吸収膜



- ・梁は2つ
- ・梁は長く、細く
- ・吸収膜は広く



NMEMS 技術研究機構

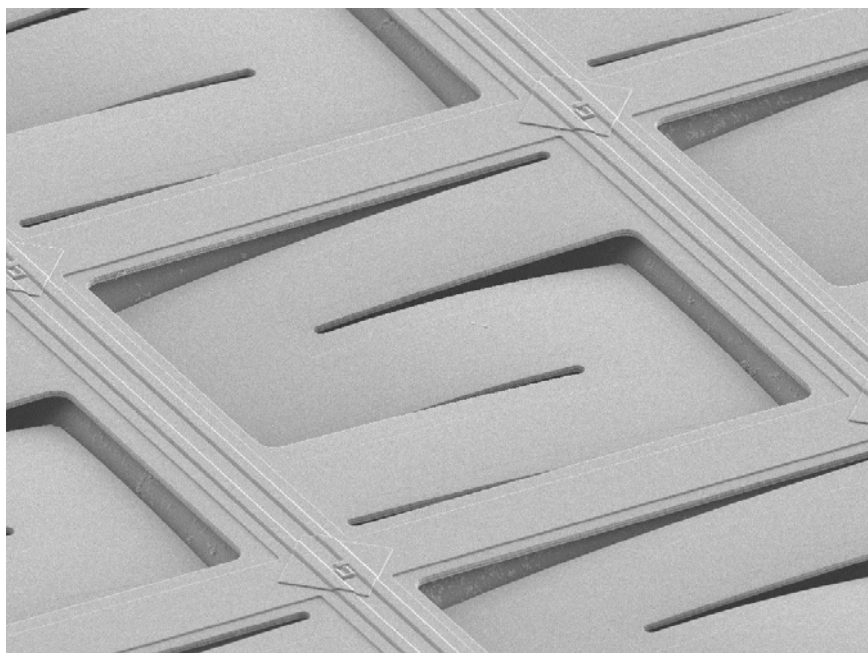




## 4. センサ素子開発の成果

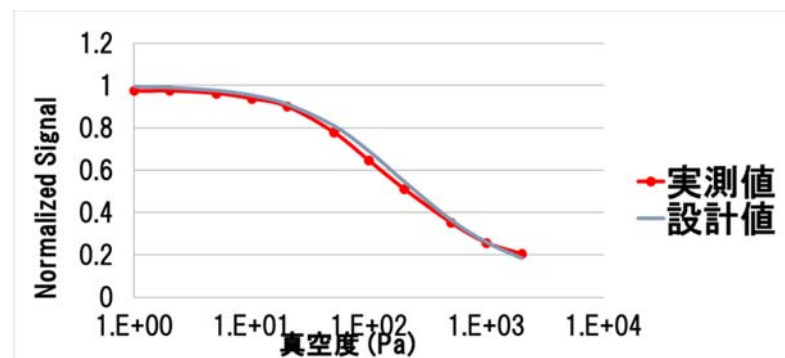
真空下でも10fps以上の高速応答を実現

【赤外線センサ素子のSEM像】



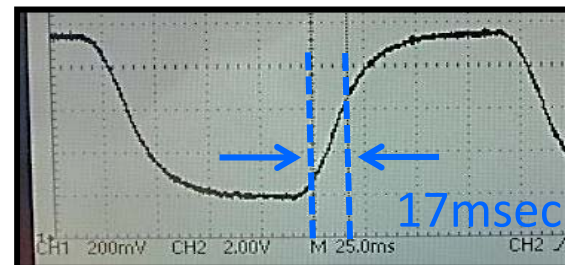
【センサ素子の感度設計結果】

真空下でのセンサ素子感度設計が可能



【応答速度測定結果】

フレームレート19fpsまで動作可能



Sensor signal(with optical hopper)



NMEMS 技術研究機構



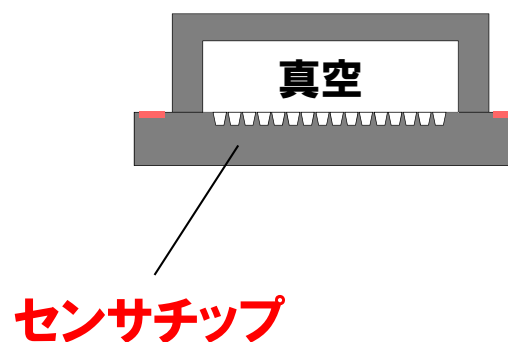
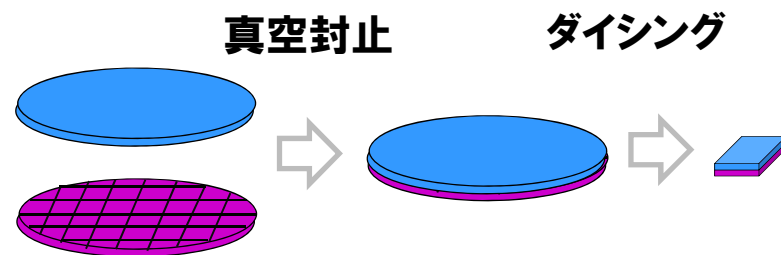
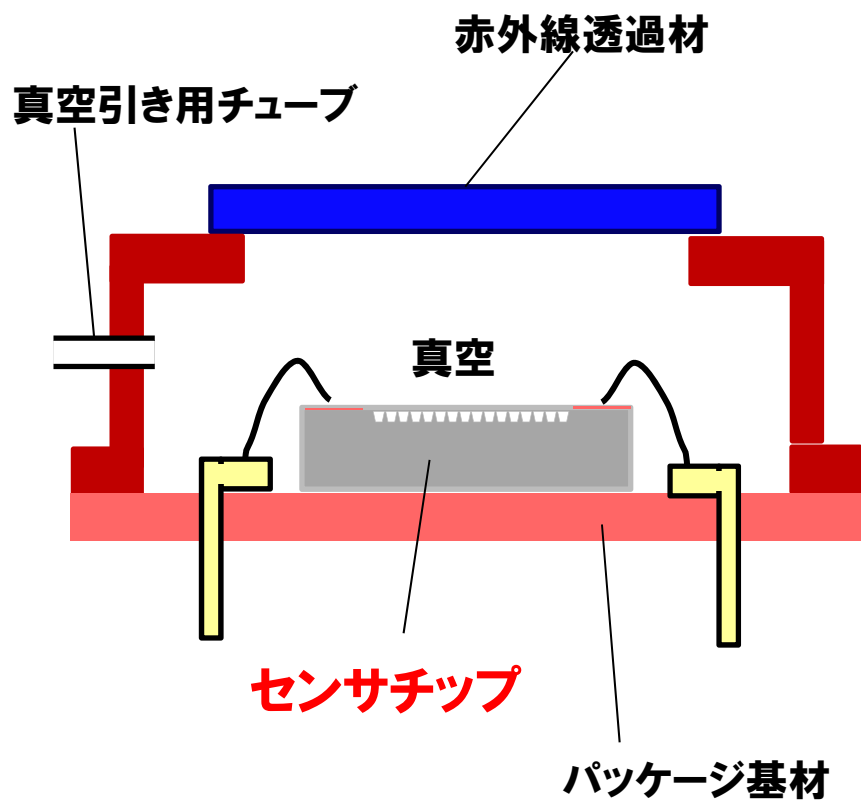


# 4. センサチップ開発

## ウェハレベル真空封止工程開発により パッケージサイズ小型化と量産性を実現

From: 従来  
パッケージ真空封止

To: 本開発  
ウェハレベル真空封止



ウェハサイズ: 8インチ  
接合方式: 共晶接合



NMEMS 技術研究機構

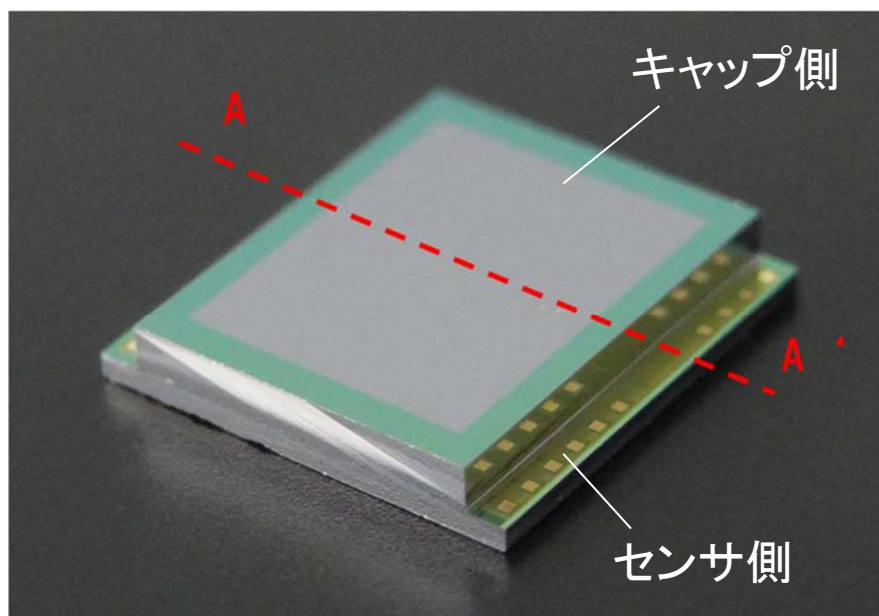




## 4. センサチップ開発の成果

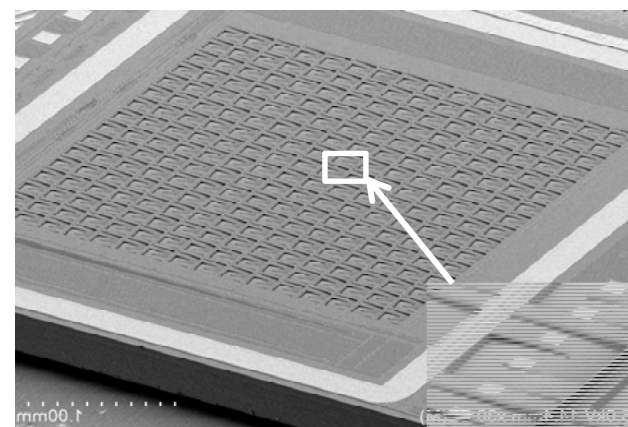
### チップサイズまでパッケージを小型化

【センサチップ写真】



【センサ側チップのSEM像】

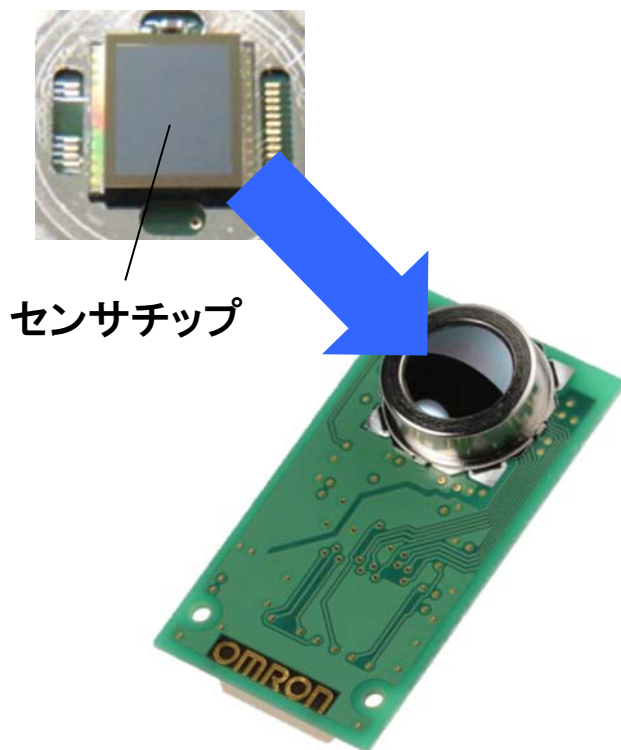
センサ薄膜の応力制御と  
構造の最適化により、  
素子の破壊なく、  
16×16素子をアレー化





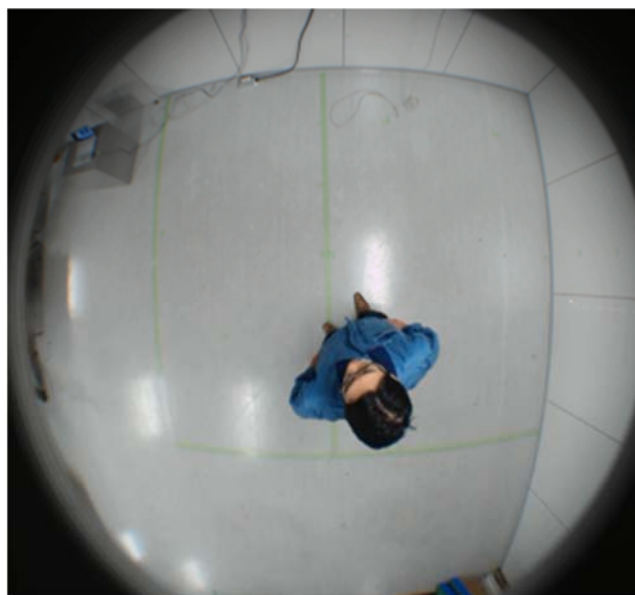
## 4. 赤外線アレーセンサ開発の成果

【赤外線アレーセンサ】

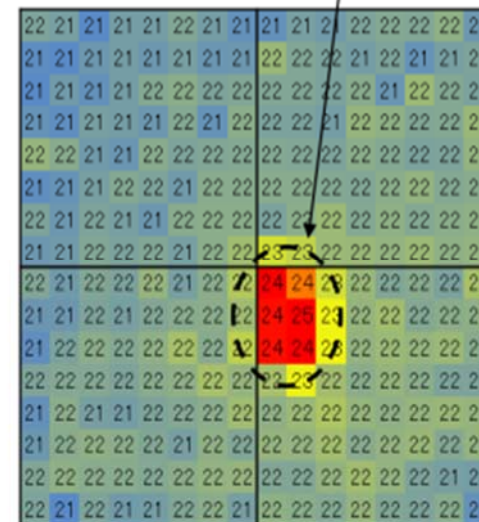


モジュールサイズ: 2cm×3.7cm  
 視野角: 90度以上

【赤外線アレーセンサで取得した熱画像】



人の温度分布



実験条件  
 センサ設置高さ: 2.5m  
 室温: 23.0°C

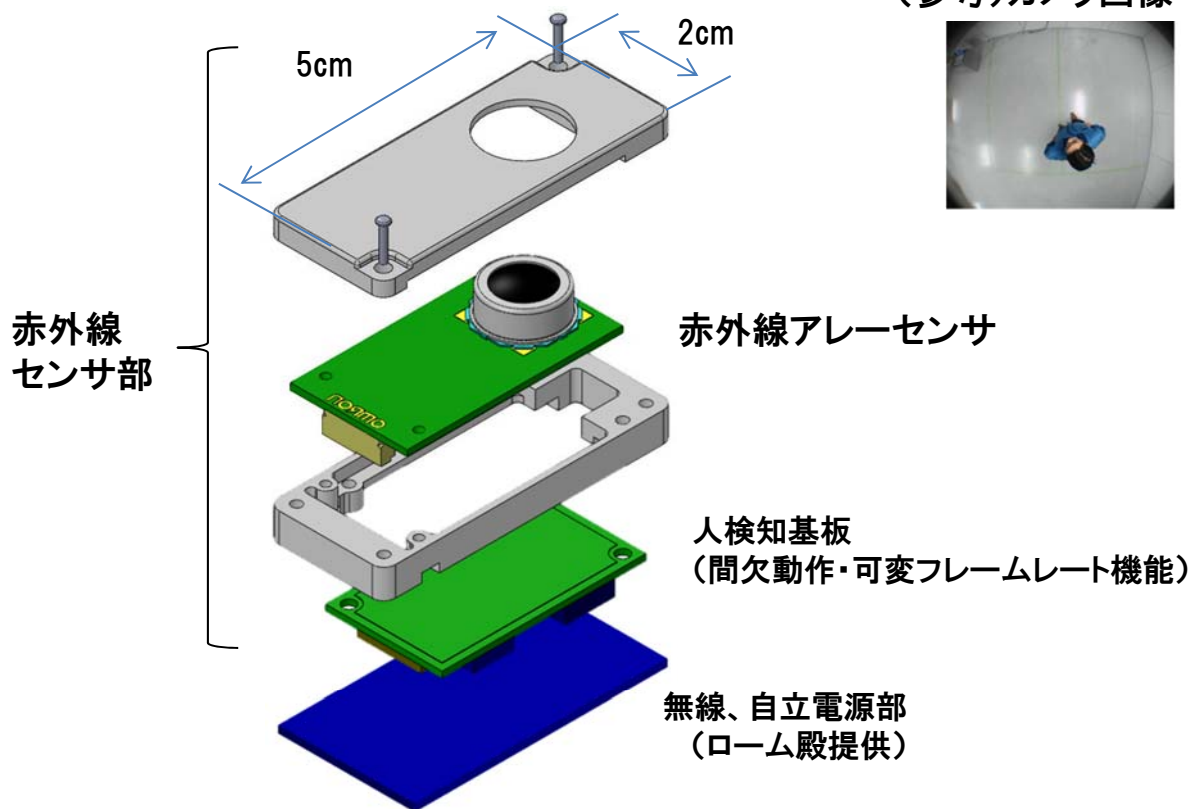




## 4. 赤外線センサ端末開発

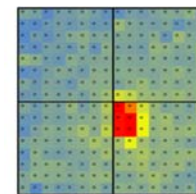
人と環境の温度差を利用して、人検知を行うアルゴリズムを開発

【赤外線センサ端末の概念図】

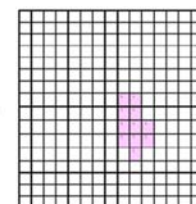


【人検知アルゴリズムの概要】

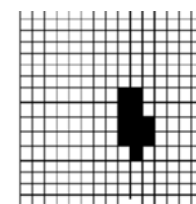
(参考)カメラ画像



①温度データ取得



②床面より  
温度が高い  
領域を抽出



③領域サイズにより  
人が否かを判別



NMEMS 技術研究機構

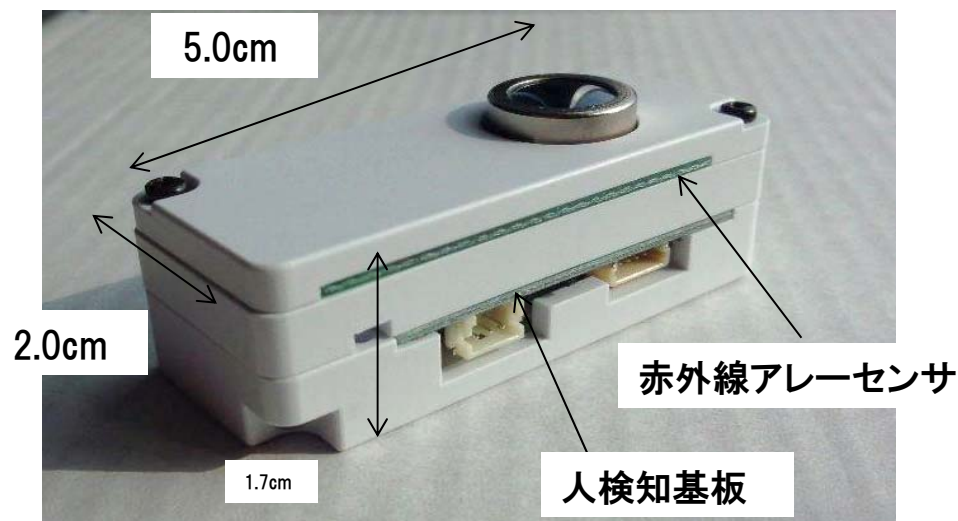




## 4. 赤外線センサ端末開発の成果

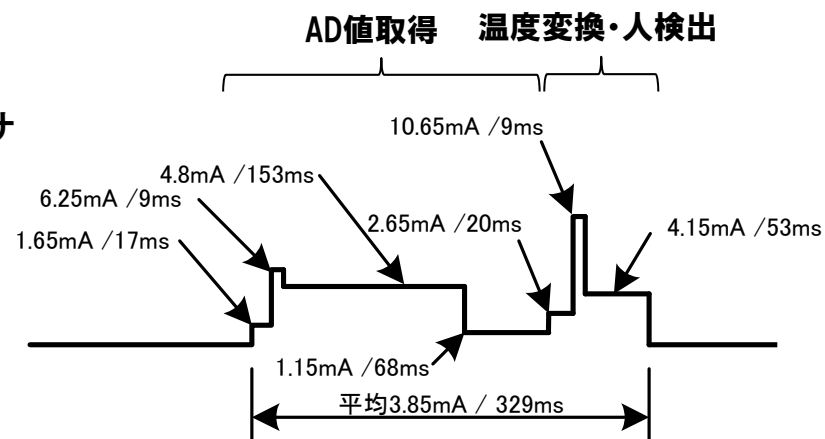
10fps以上の高速応答の実現により、  
100uW以下の低消費電力を実現

【赤外線センサ部の外観】



【消費電力測定結果】

駆動電圧: 3.09V  
平均電流: 30.75uA  
⇒平均消費電力 95.1uW(1回/min)



IEEE SENSORS 2014で発表



NMEMS 技術研究機構



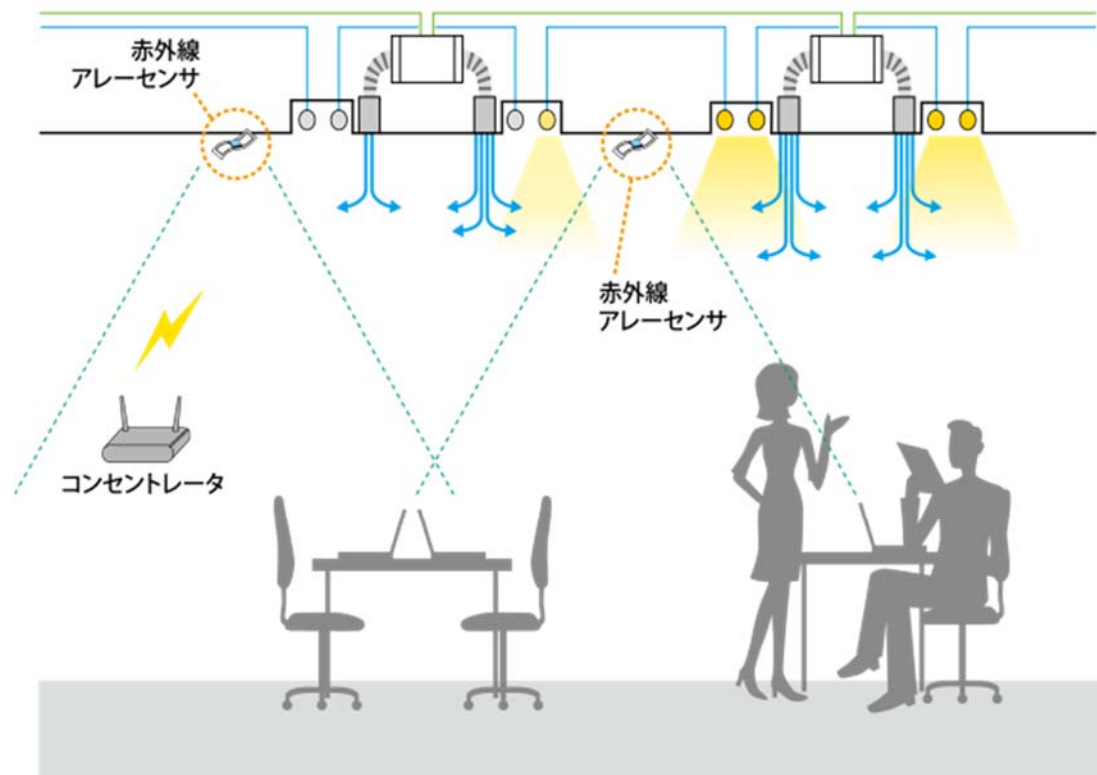


## 5. ネットワーク・応用分野

【赤外線センサの2Dアレー化によって、以下の分野へ展開可能】

- ・設備の故障検知（温度による異常検知、システムの低コスト化）
- ・セキュリティー（暗闇での侵入検知、システムの低コスト化）
- ・高齢者の見守り（プライバシーを保ちつつ高齢者の異常を検知）

省エネでの使用例



NMEMS 技術研究機構







## 6. 赤外線アレーセンサ開発のまとめ

- 真空封止により、センサ素子を小型・高感度化  
(画素数:16×16画素)
- 独自のセンサ素子設計により、高速応答を実現  
(フレームレート:10fps)
- チップサイズパッケージにより、小型な赤外線アレーセンサを実現  
(センササイズ:2cm×5cm以下)
- 間欠動作・可変フレームレートと人検知アルゴリズムの開発により、低消費電力な人検知を実現  
(平均消費電力:100uW以下、1回/min測定時)

