

省エネルギー化に向けた空調制御の 取り組みとセンサネットワーク

西野 淳
橋本 哲

ダイキン工業(株)

🔑 空調制御, センサネットワーク, 省エネルギー, 見える化, MEMS

1. はじめに

地球温暖化問題や、東日本大震災以降の電力不足を背景として、節電や省エネルギー（以下、省エネ）への関心が高まっている。現在、日本のCO₂排出量は、工場分野で着実に削減が進められているが、民生部門（事務所ビルなど）では増加傾向にあり、その対策が急務となっている。

本稿では、民生部門におけるCO₂排出量の約40%を占める空調機（図1）⁽¹⁾を対象とし、この省エネを推進するために行っている取り組みの一例を紹介する。以下では、まず、現状認識として、センサやITを用いて省エネを推進する情報システム（以下、省エネ情報システム）の概要と市場動向および課題を概説する。次に、現在、NEDO研究⁽²⁾として、複数企業とともに検討している中小オフィス向けの省エネ情報システム（以下、グリーンセンサ・ネットワークシステム、または、GSN）のコンセプトと取り組みの概要を紹介する。

2. 省エネ情報システムの現状と課題

2.1 代表的な省エネ手法と利用されるセンサ

省エネ情報システムは、図2に示すように、設備ごとの電力量と運転情報を収集するセンサとそれを集中管理するシステムで構成される。管理者は、その情報に基づいてエネルギー消費が過剰な設備を抽出し、改善することで省エネを進めている。

省エネ手法には、空調機など設備そのものの性能向上を図る手法とその運用時に生じる過剰運転やロス発生を抑制する手法に大別される。センサネットワークは運用時の活

用が期待されており、以下では運用時の省エネ手法を絞って説明する。表1に運用時に行われる省エネ手法と利用されるセンサの一例を示す。また、この要旨を以下に概説する。

不在エリア制御は、人のいないエリアの無駄な空調や照明を抑制する制御であり、人の有無を検知する人感センサが必要とされる。なお、現状の人感センサ（焦電型）は、動きが少ない人の検知精度が悪く、改善が求められている。

換気量制御は、在室者が少ない場合に生じる過剰換気を抑制する制御であり、在室者数に比例して増加するCO₂濃度や在室者数そのものを検知するセンサが必要とされる。

窓開閉ガイダンスは、春や秋に低温外気を積極的に取り入れ空調機の運転を抑制する手法（外気冷房）であり、室内と外気の温湿度を検知するセンサが必要とされる。

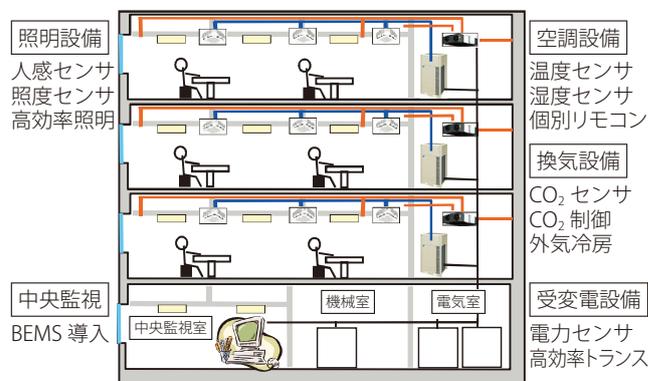


図2 センサを利用した省エネ情報システム

表1 運用時の省エネ手法と利用されるセンサ

| 省エネ手法の代表例 | ロスの要因 | 利用されるセンサ | | | |
|-----------------------------|---------------|----------|----|-----------------|---------|
| | | 温湿度 | 人感 | CO ₂ | サーモグラフィ |
| 不在エリア制御 | 不在エリアの無駄運転 | ○ | ○ | | |
| CO ₂ 濃度に基づく換気量制御 | 過剰換気 | | ○ | ○ | |
| 窓開閉ガイダンス（外気冷房） | 無駄な空調運転（冷房） | ○ | | | |
| 断熱不良箇所の抽出・改善 | 断熱不良による熱負荷の増加 | ○ | | | ○ |

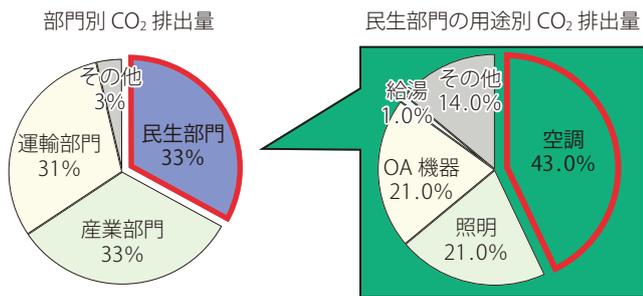


図1 部門別および用途別 CO₂ 排出量

断熱不良箇所の改善は、窓や壁からの過剰放熱を低減し、空調機の負荷そのものを抑制する手法であり、断熱性能の低い箇所を特定するために壁や窓の表面温度を検知するセンサが必要とされる。

2.2 省エネ情報システムの市場動向

一般的に省エネ情報システムは、法規制のある大規模ビルを中心に導入されており、国内の市場規模は500億円程度と言われている。図3に示す国土交通省の建物着工統計によると、ビル総面積の約半分を5000m²未満の中小規模ビルが占めている。我が国の省エネ推進には、これら中小規模ビルでの取り組みが重要と言える。

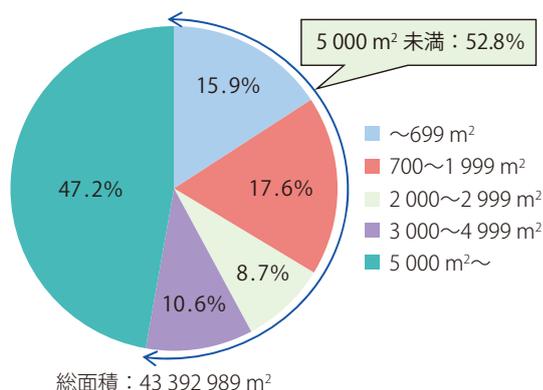


図3 2011年 建物規模別の延床面積比
(国土交通省 建物着工統計より)

表2 システム導入に工事が必要な場合に生じる問題

| 要工事の問題点 | 対象者 | |
|---|--------|------|
| | ビルオーナー | テナント |
| テナントの業務に支障がでる。(テナントとの調整作業が必要) | ○ | ○ |
| 高額な工事費が発生する。(工事費50万円~) | ○ | ○ |
| 省エネ志向のテナントがいても、テナント判断で導入できない。(退出時に、原状回復のルールがあり、その費用負担も必要) | | ○ |

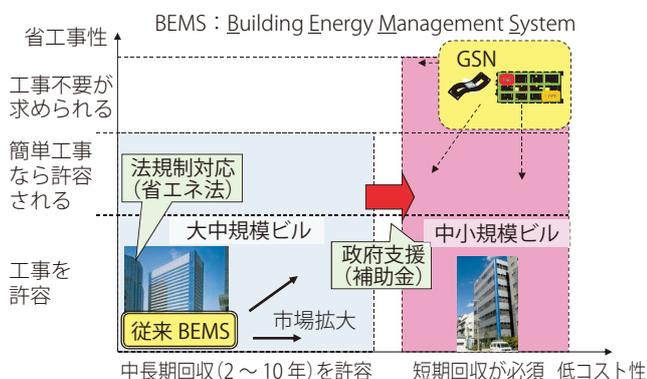


図4 BEMS市場におけるグリーンセンサネットワークシステムの位置付け

中小規模ビルへの省エネ情報システム導入を加速するには、システム導入・運用にかかる手間や費用の低減が重要である。具体的には、以下の3点が主な課題になる。

一つ目の課題は、設置工事を不要にすることである。設置工事が必要になると、表2に示すように、テナント側との調整作業が必要で、工事そのものにも費用が発生するなど既設ビルに導入しにくい実情がある。

二つ目は、システムの導入・運用にかかる費用の投資回収期間を短縮することである。利益に直結せず高額になる設備への投資が敬遠される中で、システム自体のコストを安価にすることと確実な省エネ効果が強く求められている。

三つ目は、誰でも容易に省エネを実現できることである。エネルギー管理者が不在であることの多い中小規模ビルでは、高度な計測データ分析や対策実施を行うのが難しい。限られた時間の中で、運用課題を抽出し、確実に対策できる情報やツールが求められている。

これらの課題解決は大規模建物を中心に導入されている従来の Building Energy Management System (BEMS) では難しく、工事不要で低コストを実現できる新しいコンセプトや革新的なセンサ開発が必要になる。次章では、図4に示した位置付けで検討しているグリーンセンサ・ネットワークシステムの概要を紹介する。

3. グリーンセンサ・ネットワークシステムの開発

前述した課題の解決を目指し、工事不要・低コストの革新的な省エネ情報システムの開発を進めている。以下では、そのコンセプトと技術開発の方向について説明する。

3.1 開発コンセプト

コンセプトの全体像を図5に示す。ここでは、「天井面にセンサ端末を貼るだけで、これまで見えなかったエネルギーロスを実タイムに見える化、さらに対策も提案し、省エネを推進するシステム」としている。以下に、このコンセプトの狙いと特長を説明する。

(1) コンセプトの狙い

省エネを推進するには、空調機などの設備そのものを省エネ製品にするだけでなく、その運用・管理も重要になる。例えば、不要な空調運転などによるエネルギーロスが生じていないかを常に把握し、発生している場合はすぐに改善することで、ロス発生を最小限に抑えることができる。このような省エネ行動を誘発する見える化を、簡単な設置作業のみで実現できるシステムを目指す。

(2) システムの特長

センサ端末は、超小型(MEMS)で、太陽電池と無線通信機能を一体化した構成とする。これにより、貼るだけで設置可能とし、電源・通信の配線工事を不要にする。また、

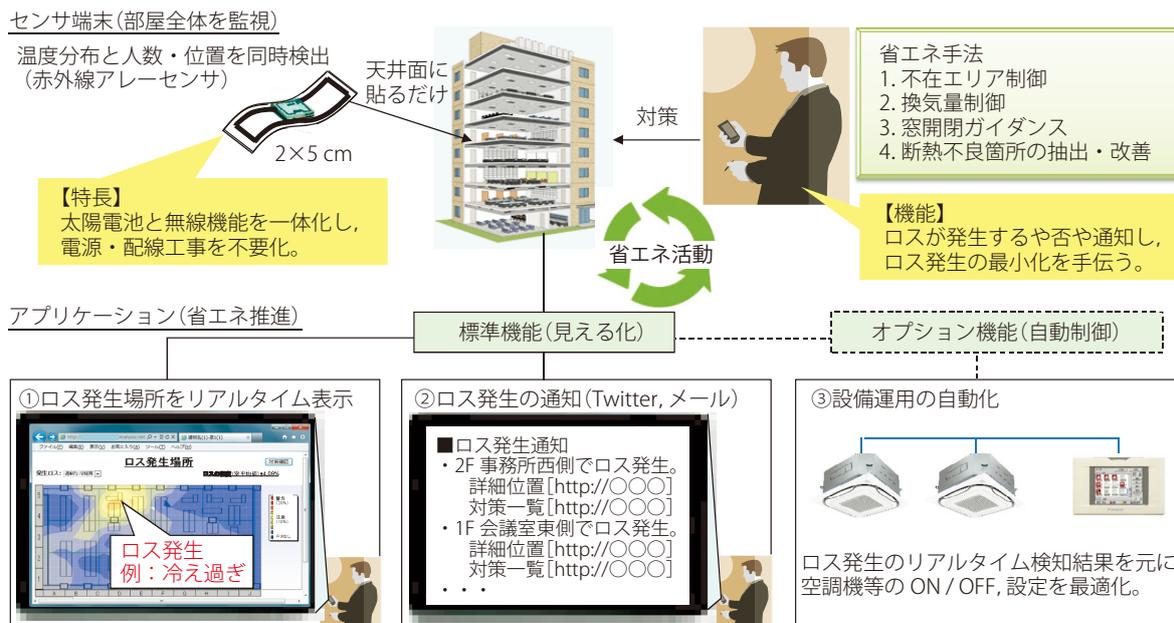


図5 グリーンセンサ・ネットワークシステムのコンセプト

機器本体の費用, 工事費用, 電池交換費用の低減を図る。

アプリケーションは, ロスの発生場所と程度をリアルタイムに見える化する機能を持たせる。ここでは, 一目見て直観的に把握できるように, ロスの発生場所を部屋の平面図と重ね合わせ, ロスの程度に応じて色分けして表示する。また, ロスが発生し次第, 対策と併せてメールなどで通知する。これにより, 「今, どこで, 何をすれば, どれくらい効果があるか」を把握でき, ユーザの省エネ行動を起しやすくする。なお, 省エネ対策を行う人手作業を省くオプションとして, 自動制御を行う機能も持たせる。

3.2 コンセプトを実現するための技術

前述したコンセプトを実現するためには, 設置作業が簡単でデータ処理機能を備えたセンサ(以下, スマートセンサ)と, 単一種類のセンサで, 複数の省エネ手法を運用するアプリケーション(以下, スマートアプリケーション)の開発が重要となる。図6に, 試作システムと構成技術の概要を示す。以下では, これらを実現する技術の概要を説明する。

(1) スマートセンサ

温度計測や人検知など複数用途に利用できることに注目し, 本特集の3番目の記事で紹介される赤外線アレーセンサを用いる。これを太陽電池および無線通信機能と一体化し, 電源・配線工事を不要化する。また, リアルタイム処理を可能にするために, センサ側で1次データ処理(分散処理)を行い, クラウドサーバ側の処理負荷を減らす。センサ側で行う1次データ処理は, 表1に記す複数の省エネ手法を実行できるように, 在室者の人数・位置と室内温度分布に関する情報を生成可能にする。この処理は, 1分間

隔ごとに以下のデータを生成する仕様とする。

- ・検出した人の位置 (x, y) [有:1, 無:0]
- ・検出した人数の最大・最小値 [人/分]
- ・赤外線アレー (x, y) の最大・最小値 [℃/分]
- ・センサ周辺(天井付近)の平均温度 [℃/分間]

(2) スマートアプリケーション

投資回収期間の短縮を主目的として, 単一種類のセンサ(赤外線アレーセンサ)で, 表1に示す複数の省エネ手法を同時に運用できる構成とする。

省エネ効果を最大化するには, エネルギーロスが発生し次第, すぐに解消することが大切であり, これを支援する見える化機能を組み込む。具体的には, ロス発生の推定を, 不在エリアの無駄運転, 過剰な換気, 過剰な空調運転, 断熱不良による熱負荷増加という四つの問題に対して行う。そして, その発生場所を部屋の平面図と重ね合わせて表示し, 誰でも直観的に把握可能にする。この処理は1分ごとに自動更新し, 最新状況の確認を容易にする。

また, ロス発生場所の見える化と併せて, その対策を通知する機能も持たせる。対策は, ロス種類別にクラウドサーバ側にあらかじめ蓄積しておき, ロス発生のリアルタイム検知結果をもとに選択し, 在室者に通知する。

さらに, オプションとして空調機を自動制御する機能を組み込む。この機能は, ロス発生のリアルタイム検知結果をもとに, 空調機などの ON / OFF, 設定(温度, 風向)の制御指令データをクラウド側から送信することで実現する。

このような工夫により, コストパフォーマンスの高いシステムの実現を目指す。なお, このシステムの効果に関しては, 建物特性などにも依存するが, 10%以上の省エネの

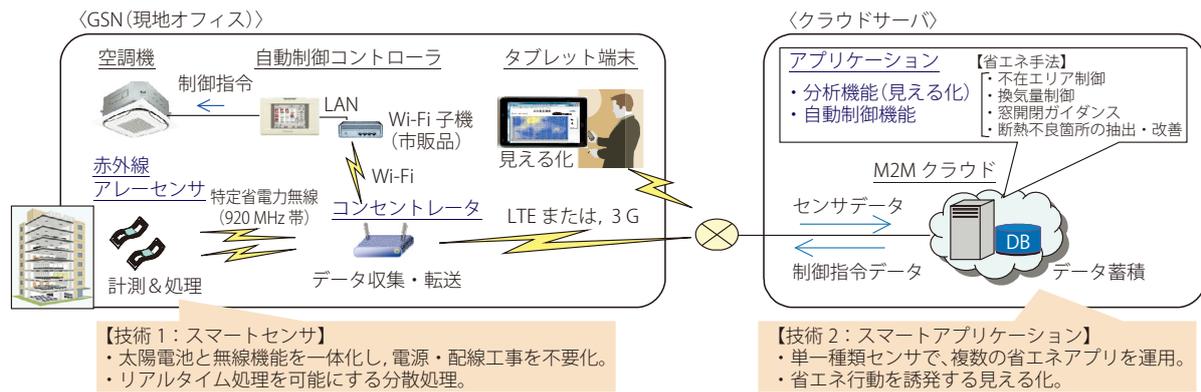


図6 グリーンセンサ・ネットワークシステムの構成

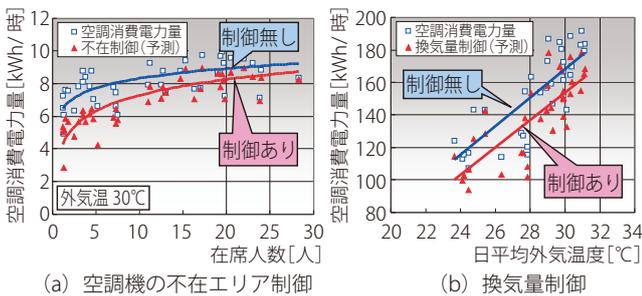


図7 省エネ効果の試算結果(一例)

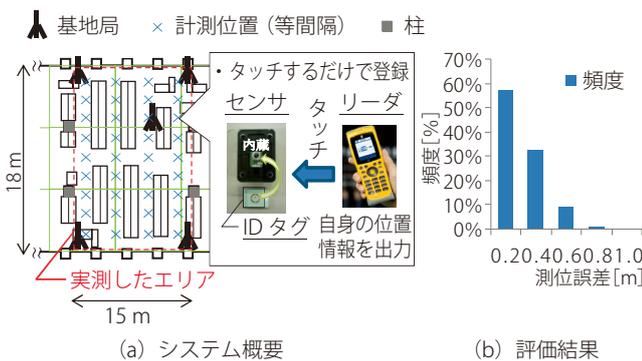


図8 センサ位置の自動登録技術
(UWB方式⁽³⁾の結果)

達成を目標としている。参考までに、実オフィスでの計測データをもとに、省エネ効果を試算した結果の一例を図7に示す。

このほか、導入時に必要となる試運転工数を削減する目

的で、位置検知技術の導入も検討している。図8に、基地局からの位置基準信号を用いる方式⁽³⁾に関して、同オフィスで評価した結果の一例を示す。この結果では測位誤差1 m以下の精度が得られ、人手入力による登録ミス防止を含めて、有用性を確認している。

4. おわりに

省エネ情報システムの概要と、中小オフィス向けに検討しているグリーンセンサ・ネットワークシステムの概要を紹介した。中小オフィスの省エネは社会的課題でもあり、今後、本格的に取り組む必要がある。しかし、この実現は難しく、発想を新たにして、革新的なコンセプトやセンサを開発する必要がある。例えば、太陽電池による自立電源化、MEMSを用いた超小型化と無線通信による工事レス化などを同時実現することで、ユーザ自らが購入して設置できるようなものにする。また、多種・大量データを活用してロス発生を予測し、事前にその発生を知らせることににより実用性を高めるなど、今後、他社との協創を進めながら、この実現を目指したいと考えている。

〈謝辞〉 本稿に記載の成果の一部は、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の共同研究業務の結果得られたものです。

文献

- (1) 省エネルギーセンター：「最終エネルギー消費量とエネルギー期限CO2排出量の実績と見通し2002年度版」,(2002)
- (2) 技術研究組合NMEMS技術研究機構HP：<http://www.nmems.or.jp/index.html>
- (3) J. Zhang, P. V. Orlik, Z. Sahinoglu, A. F. Molisch, and P. Kinney: "UWB Systems for Wireless Sensor Networks", Proceedings of the IEEE, Vol.97, No.2, pp.313-331 (2009)



西野 淳

にしの・あつし

2003年大阪府立大学大学院工学研究科修士課程修了。同年ダイキン工業(株)入社。2011年よりグリーンセンサ・ネットワークシステム技術開発プロジェクトに従事。



橋本 哲

はしもと・さとし

1988年ダイキン工業(株)入社。1991年姫路工業大学大学院工学研究科博士課程修了。2011年よりグリーンセンサ・ネットワークシステム技術開発プロジェクトに従事。工学博士。