

# MD3 個別分散型空調のスイッチレス制御システムの開発と

## 大学施設における実装

Development of a switchless control system for VRF and implementation on a university facility.

指導教員 下田吉之教授・都市エネルギーシステム学領域

28H22027 小林亮登 (Akito KOBAYASHI)

**Abstract:** To achieve decarbonization, efficient energy-saving technologies for air-conditioning equipment and systems are needed in the building sector. VRF systems are becoming popular in small and medium-sized buildings as well as in large-scale detection equipment due to their simplicity of design and construction and ease of maintenance and management and are expected to save energy during the operation stage. This research aims to realize a switchless air-conditioning system that uses environmental information obtained from external sensors to improve energy-saving performance during the operation stage, without the need for operation of a remote-control unit by occupants to respond to sequential changes in building load. In this paper, I focus mainly on the Dedicated Outdoor Air System and develop an optimal operation control system for air conditioning by separating latent heat and sensible heat and conduct an implementation test at a university facility.

**Keywords:** VRF, air conditioning, IoT, thermal comfort, network

### 1. はじめに

地球温暖化問題への取り組みが加速する中で、日本でも 2030 年までに温室効果ガス排出量を 2013 年度比で 46%削減し、2050 年にはカーボンニュートラル達成を目標としている。経済産業省によれば日本の部門別エネルギー消費量は業務部門が最も増加率が高く、特に空調システムが大きな割合を占める。近年は業務部門の空調設備として、ビル用マルチの採用が広まっており、その省エネルギー性に関する研究が進む一方で、運用段階での省エネルギー性向上についての議論は不十分である。近年は ICT を活用したスマートビルディングが注目され、高機能なエネルギー管理システムの導入や、クラウド、IoT、AI などの技術を用いた BEMS の高度化が進められている。空調部門の制御の高度化やスマート化が、建築分野のスマート化に対応するために必要である。

本研究ではビル用マルチの運用段階の省エネルギー性と快適性の両立を目的として、室内外の情報を外部センサで取得し、空調の自動制御を高度に行うスイッチレス空調システムを開発した。

### 2. システム概要

図 1 にスイッチレス空調システムのネットワーク構成を示す。スイッチレス空調システムは①センサ情報収集部、②センサデータ調整演算部、③演算結果の空調用集中コントローラへの信号転送部の 3 つのサブシステムで構成される。

EnOcean 使用の環境センサを用いることで、ワイヤレスセンサネットワークを構築した。

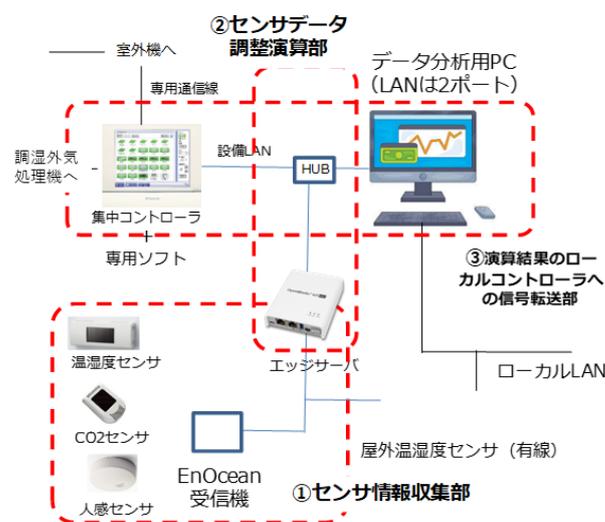


図 1 ネットワーク構成

### 3. スイッチレス空調システムの開発

本研究では複数のスイッチレス制御機能を開発及び実証試験を実施し、最後にそれらを統合したスイッチレス空調システムについて検討を行った。本研究で検討した各スイッチレス機能を表 1 に示す。以下に表 1 で示した機能のうち、本稿では換気量制御と潜熱顕熱負荷分担制御について説明し、最後に統合されたスイッチレス空調システムについて試験内容を示す。

表 1 検証したスイッチレス機能の一覧

機能	概要
省エネ予冷予熱機能	室内環境を事前に形成。
上下温度分布改善機能	スイング、設定温度変更で攪拌
空気清浄機攪拌	空気清浄機による空気の攪拌
温度エリア形成機能	温度分布を形成しQRコードアプリで可視化
換気量制御	CO2センサー、人感センサーを基に換気量を制御
潜熱顕熱分離負荷分担制御	潜顕熱分離空調の最適運用
調湿台数最適化制御	換気台数を基に調湿運転台数を制御
顕熱処理最適化制御	顕熱処理の過程を最適化
系統単位の輪番制御	稼働する系統をローテーションさせることで温調しながら室内空気を攪拌

### 3.1 潜熱顕熱負荷分担制御

本制御はビル用マルチと調湿外気処理機（外気導入の際に潜熱処理を行う換気装置）（以下、外調機）によって構成される潜熱顕熱分離空調の運転を自動制御によって最適化することを目的としており、以下の2つの制御から構成される

#### 3.1.1 調湿台数最適化制御

本制御は外調機の部分負荷特性をモデル化し、負荷に応じて COP の高くなる台数で運用することで省エネルギー性を向上させる。換気量制御によって室内のCO<sub>2</sub>濃度を適切に保つための最小の換気台数が決定され、本制御でそのうちの何台を調湿モードで稼働すれば最も省エネルギー性の高い運転になるかを決定する。図2に機能試験の結果を示す。設置されている4台の外調機のうち、換気のために台数が増加した時間帯でも、台数毎の調湿時の消費電力を計算し、潜熱負荷を処理可能かつ消費電力の低い台数で調湿を行っている。

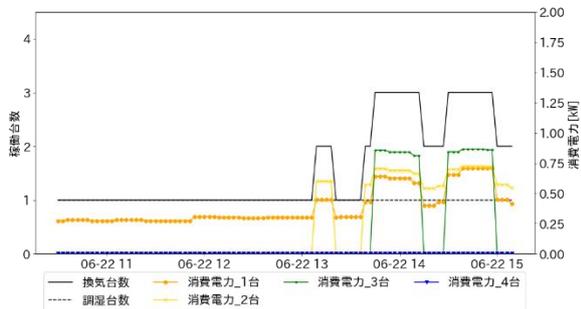


図 2 調湿台数最適化制御の試験結果(2023/6/22)

#### 3.1.2 顕熱処理最適化制御

本研究で使用した外調機はヒートポンプを用いて潜熱処理を行っているため、外気導入の際に合わせて顕熱処理も発生する。本制御は調湿台数最適化制御によって決定された調湿台数による顕熱能力を算出し、室内の顕熱負荷から最も省エネルギー性の高い運転になるように外調機とビ

ル用マルチをそれぞれ制御する。外調機と同様にビル用マルチに対しても部分負荷特性のモデル化を行い、負荷に対する消費電力を推計する。具体的な制御内容としては、①調湿台数最適化制御によって決定された台数の外調機のみで全熱処理、②ビル用マルチを追加で稼働させて顕熱処理、③外調機の台数を増段して顕熱処理し、ビル用マルチは送風運転の3パターンが存在する。図3に本制御の最適化結果の例を示す。換気量制御によって換気台数が1台で最適化された結果に対し、外調機の潜熱顕熱それぞれの負荷と能力を計算した結果、外調機の顕熱能力のみでは負荷を完全に処理できないと算出されている。そして、さらなる能力確保のために、外調機を増段させた場合に対して同様の計算を実施し、最も省エネルギー性の高い運転を決定している。

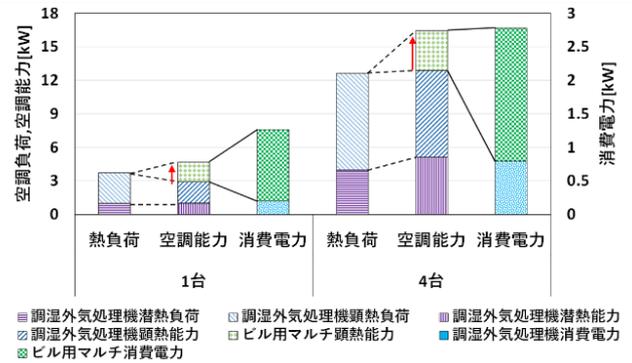


図 3 顕熱処理最適化制御による最適化結果

## 4. 大学施設におけるシステムの運用

表1で示した各種スイッチレス機能を統合したシステムを構築し、大阪大学の箕面キャンパスの講義室を対象に暖房期における機能試験を実施した。その結果、制御を加えていない場合（2022年）と比べて日中の空調消費電力を約60%削減し、機能の効果を確認することができた。

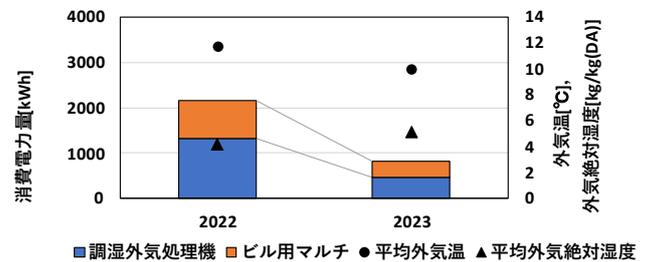


図 4 制御の有無による空調消費電力の変化

### 参考文献

- 1) 永松,笠原,藪 他：ビル用マルチエアコンの革新的省エネ制御の研究開発（第一報）空調試験室での部分負荷性能試験結果,平成25年度空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集,2013.9