

# 熱源と搬送システムをもつ空調システムの 総合最適運転法に関する研究

井口 悠哉\*<sup>1</sup> 吉田 治典\*<sup>2</sup>  
松岡 一平\*<sup>3</sup> 濱田 和康\*<sup>4</sup>

空調システムの最適運転法を提案し、それを実際のオフィスビルに適用して消費エネルギー削減効果を検証する実験を行った。最適運転法は2段階に分けられる。まずファン、ポンプ、ヒートポンプといった各機器のモデルのパラメータ同定を行い、次に、これらのモデルを用いて空調システム全体の消費エネルギーを最小化する運転方法を、シミュレーションを組み込んだ非線形最適化問題として解き決定する。この手法の効果を検証する実験を実際のオフィスビルの空調システムを用いて行い、次の結果を得た。1)パラメータを同定し、実際のシステムをよく近似するモデル式が得られた。2)このモデル式を用いた最適運転により、実際のシステムで約30%の消費エネルギーの削減が達成できた。また、シミュレーションにより、現行の運転法と比較して、年間では約13%の消費エネルギー削減率の達成が可能であることを示した。

キーワード：空調システム、省エネルギー、最適運転、検証実験

## 1. はじめに

空調システムは建物のエネルギー消費量の約1/3~1/2を占めるため、最小のエネルギー消費量で空調を行う最適運転法の研究は近年注目を集めている。しかし、これらの研究の多くはシミュレーションを用いた検討であり、実際の空調システムでその効果を実証した例は少ない。例えば、筆者らも空調機器の特性を数式でモデル化し、空調システム全体の消費エネルギーを最小化する最適運転法を提案してきたが、実際のシステムではこの手法の検証をしていない<sup>1)~5)</sup>。実システムでの数少ない検証実例として、DDCコントローラに対し最適な制御設定値を決定するツールを導入したM. Casciaの報告がある<sup>6)</sup>。そこでは、DDCコントローラの計算負荷を小さくするためにモデル式の多くを簡易な線形の近似式で簡略化したため精度が悪く、通常の運転方法よりも消費量が増えるケースもあると指摘している。このように、最適化の手法は提案するだけでなく、実システムでの実効を確かめ応用上の問題点を探りだして解決することが重要である。

本研究では、まずBEMSなど、監視制御システムで計測されるデータを利用して各機器の数式モデルを作り、そのモデルを用いてシステム運転シミュレーションを実行して、システム全体の消費エネルギーを最小にする運転、つまり

最適運転のための設定値を求める方法を提案する(以降、これを総合最適運転法と呼ぶ)。次に、この総合最適運転法を実際のシステムに適用して効果の検証を行い、その結果を報告する。

## 2. シミュレーションモデル

本研究では、空調システムを構成するそれぞれの機器のエネルギー消費特性を数式でモデル化し、それを用いてシステム全体の運転の最適化を図る。空調システムは、本来、時間的に状態が変化する動的なものであるが、ここでは瞬時定常な静的モデルとして単純化する。つまり、実際には、機器の動特性や自動制御によって、機器に数秒、数分というオーダーの時間遅れが生じ、これがエネルギー消費に係ることもあるが本研究ではこれを無視する。なお、時間遅れの大きい、蓄熱槽を含むシステムの最適制御手法に関しては別途報告しているが、実システムを用いて効果を示す本研究の対象からは外した<sup>3)</sup>。各機器のモデル式は、常時監視制御システムで計測しているデータならびに別途にセンサなどを取り付けて計測したデータを用いてパラメータを決定する必要がある。以後、本論文ではこれをモデル同定と呼ぶ。

なお、本研究では冷房時の最適化のみを扱うが、暖房時でも同様の手法が適用可能である。

### 2.1 検証に用いた空調システムの概要

図-1は東京都内のオフィスビルに設置されている最適運転法の効果検証を行う実空調システムの概略を示す。以

\*1 (株)日建設計(元京都大学大学院修士学生) 正会員

\*2 京都大学大学院工学研究科 正会員

\*3 東京電力(株)(元京都大学大学院修士学生) 正会員

\*4 (株)山武 正会員