

### 3) - 3 建築と設備の相互作用を考慮した動的計画法による 空調システムの運転最適化

## Optimal Operational Method for an HVAC System in Consideration of Interaction between HVAC System and Building

(研究期間 平成 21~22 年度)

環境研究グループ

宮田 征門

Dept. of Environmental Engineering

Masato Miyata

This research proposes the optimization method for the operation of the HVAC systems installed in nonresidential buildings in consideration of the dynamic interaction between the HVAC system and the building envelop. In this research, the system simulation was developed and the case studies about the optimization parameters were conducted. The simulation results show that the difference between the optimization results obtained by optimizing only for the refrigerant system and the results obtained by optimizing for the whole system included in the building envelop is about 3 to 13%.

#### 【研究目的及び経過】

空調システムの実効ある省エネルギーを達成するために、シミュレーションを利用した運転最適化手法の研究開発が盛んに行われている。しかし、既往研究の多くは空調一次側システムのみを対象とした最適化であり、建物側とのインタラクションが生じる二次側システムまで含めた最適化ではない。一次側と二次側は独立しておらず互いに影響を与えるため、真に最適化をするためには、建物側・二次側を含めたシステム全体を動的に解く必要がある。本研究では、建物とのインタラクションを考慮した運転最適化手法の開発を行い、一次側のみを対象とした従来の最適化と二次側まで含めた動的最適化で最適解やエネルギー消費量、室内温熱環境にどの程度の違いが生じるかを明らかにする。

#### 【研究内容】

室熱収支モデル、空調機器モデル、制御ロジックモデルを組み合わせてシステムシミュレーションを開発した。シミュレーションの計算フローを図 1 に示す。室熱収支モデルには、HASP/ACLD8501 の計算時間間隔を 1 分に変更したモデルを使用する。シミュレーションの入力は、外気温湿度、基準温湿度における熱負荷、給気温度設定値、冷凍機出口冷水温度設定値、冷却塔出口冷却水温度設定値、冷却塔出入口冷却水温度差設定値であり、出力は各機器の消費電力である。シミュレーションの計算時間間隔は 1 分とした。

本研究では、図 2 に示すシステムを対象として分析を行う。冷凍機については固定速ターボ冷凍機が導入されたシステム(システム A)と、可変速ターボ冷凍機が導

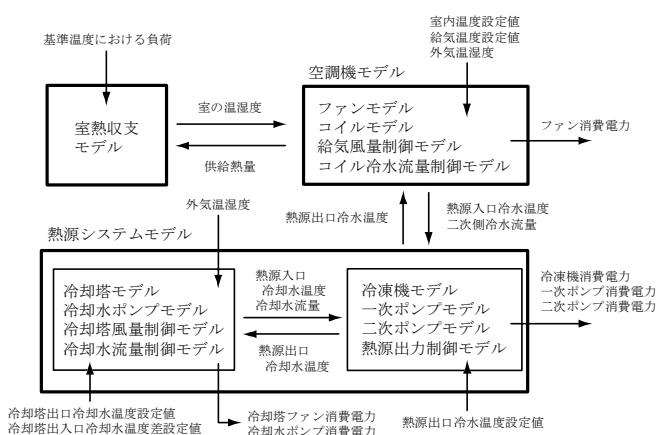


図 1 システムシミュレーションの概要

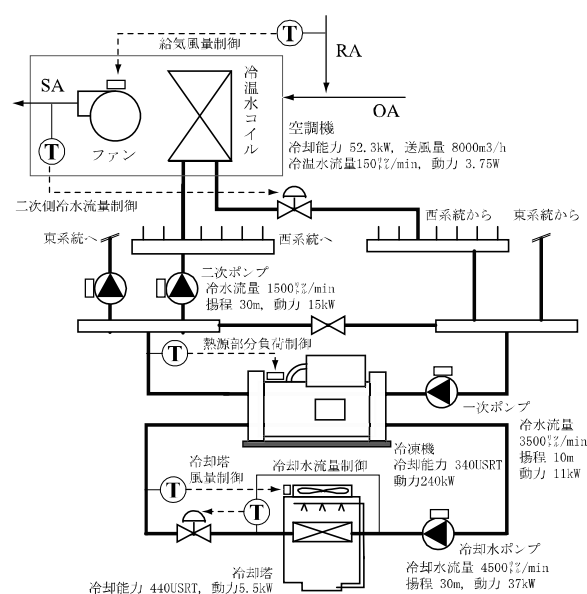


図 2 分析対象システム

入されたシステム(システム B)について検討を行う。

【研究結果】

次の 4 つの最適化手法に関して比較検討を行った。

Case 0 : 最適化なし

最適化を行わず、給気温度は 17℃、熱源送水温度は 7℃、冷却水温度は 32℃、冷却水温度差は 5℃で一定とする。

Case 1: 冷却塔システムのみ最適化

冷却水温度と冷却水温度差を最適化する。建物と空調二次側システムの計算は行わず、境界条件として二次側負荷を与える。給気温度は 17℃、熱源送水温度は 7℃とし、二次側流量はコイル出入口温度差が 5℃となるように決める。目的関数はファン以外のエネルギー消費量とする。

Case 2: 一次側システムのみ最適化

熱源送水温度、冷却水温度、冷却水温度差を最適化する。ケース 1 と同様に二次側負荷を境界条件として与える。目的関数もケース 1 と同じとする。給気温度は 17℃とする。

Case 3 : 二次側を含めシステム全体で最適化

給気温度、熱源送水温度、冷却水温度、冷却水温度差を最適化する。建物側まで含めたシミュレーションを行い、最適解を求める。目的関数はシステム全体のエネルギー消費量とする。

本研究では 8 月 15 日(月)～19 日(金)の 5 日間を対象とし、一日毎に最適な設定値を 1 組求める。シミュレーションの気象条件には東京の標準気象データを用い、空調時間は平日 8:00～19:00、室内温度設定値は 26℃とする。

各ケースのシステム全体の日積算エネルギー消費量を図 6、7 に示す。また、空調稼働時間における室内温湿度の平均値を表 1 に示す。表 1 より、全てのケースで室内温熱環境に大きな悪影響は出ていないことが確認できる。

Case1 では、冷却水温度を下げて冷凍機消費電力を減らし、冷却水温度差を上げて冷却水ポンプの消費電力を減らす運転が最適解として得られた。Case0 と比較して、システム A のエネルギー消費量は約 10%、システム B は約 25%小さい。

Case2 では、冷却水温度と冷却水温度差は Case1 と同様とし、熱源送水温度を上げて冷凍機消費電力を減らす運転が最適解として得られた。しかし、この運転法では冷凍機出口冷水温度が高くなるため二次ポンプと給気ファンの消費電力が増え、Case0 よりもエネルギー消費量が増える場合がある。5 日間の積算エネルギー消費

量を Case0 と比較すると、システム B では約 10%小さいが、システム A では約 11%大きい。従って、一次側システムのみ最適化はエネルギー消費量を増加させる可能性があると言える。

Case3 では、二次側負荷が小さいときは給気温度と熱源送水温度を下げ、負荷が大きいときは上げる運転が最適解として得られた。Case1 とエネルギー消費量を比較すると、Case2 の方がシステム A では約 3%、システム B では約 13%小さい。

空調一次側システムのみを対象とした従来の最適化と二次側システムまで含めた動的最適化にどの程度の差があるのかを比較検討した結果、二次側まで含めて最適化すれば更に 3～13%のエネルギー消費量を削減可能であることを明らかにした。

表 1 空調稼働時における室内温湿度

検討システム / ケース	東系統		西系統		
	室温 [°C]	湿度 [%]	室温 [°C]	湿度 [%]	
固定速	Case0	25.9	48.9%	26.0	48.3%
	Case1	25.9	48.9%	26.0	48.3%
	Case2	26.1	51.8%	26.1	51.7%
	Case3	25.9	47.1%	26.0	46.9%
INV	Case0	25.9	48.9%	26.0	48.3%
	Case1	25.9	48.9%	26.0	48.3%
	Case2	26.0	51.4%	26.1	51.3%
	Case3	26.0	50.1%	26.0	49.6%

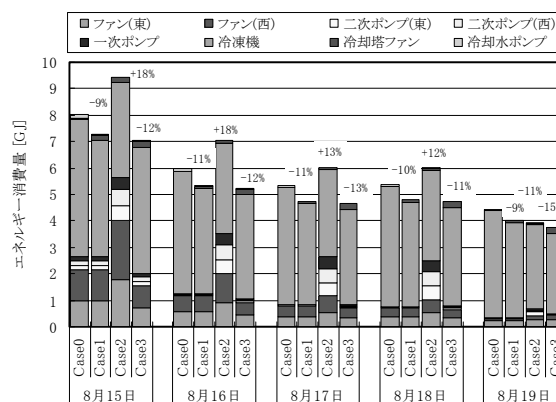


図 3 日積算エネルギー消費量 (システム A)

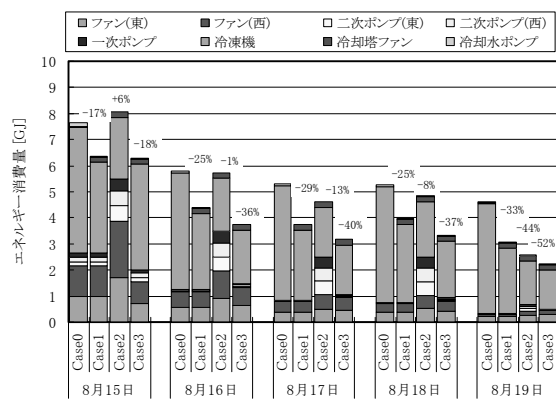


図 4 日積算エネルギー消費量 (システム B)