

2) - 3 空調システムにおける省エネ運転・診断ツールの実装に関する研究

Study on installation of the operation and diagnosis tool for energy conservation in an air-conditioning system

(研究期間 平成 19～20 年度)

環境研究グループ

Dept. of Environmental Engineering

住吉大輔

Daisuke Sumiyoshi

The purpose of this study is to develop the operation and diagnosis tool for energy conservation in an air-conditioning system. The tool is composed of two commissioning techniques; the fault detection and diagnosis, and the optimization of operation. In this report, the development and improvement of each technique is studied. The energy-saving effect of each technique is also evaluated by experiments using air-conditioning systems.

【研究目的及び経過】

建築に関わるエネルギー消費量や CO2 排出量は、建設と運用をあわせて、わが国全体の約 40% 近くにのぼる。なかでも、空調システムの年間エネルギー消費量は、建物に必要なエネルギー消費量の約半分であり、膨大な建築ストックの運用段階の省エネルギーはまさしく喫緊の課題である。

本研究の目的は、フォルト検知診断と運用の最適化の 2 つのコミッショニング手法を開発・統合し、BEMS (Building Energy Management System) と組み合わせて、空調システムの運用段階において省エネルギーを実現する省エネ運転・診断ツールを開発することである。

【研究内容】

本研究においては、省エネ運転・診断ツールの基盤となるフォルト検知診断ツール、および空調システム運用の最適化ツールの開発・改良、および、実験と実装による省エネ効果の把握を行った。

フォルト検知・診断ツールとは、空調システムの運用段階で発生するフォルト (不具合) を迅速に検知するためのツールである。フォルトがあると空調システム全体の電力消費量や熱源機器の電力消費量、室内温度が、フォルトのない正常状態の値から変動する。この変動値を分類・整理し、空調システムシミュレーションと組み合わせることにより検知を行う (図 1)。

空調システム運用の最適化ツールとは、気象条件や室内の使用状態などの時々刻々と変動する状況に応じて、給気温度設定値や熱源出口水温設定値といった各種の制御設定値の最適値を算出し、自動的に変更するツールである (図 2)。これにより、空調システムを省エネルギー・快適性の観点から最適な状況に保つ。

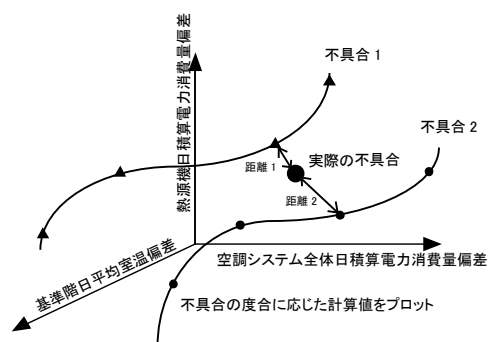


図 1 不具合検知・診断ツールの概念図

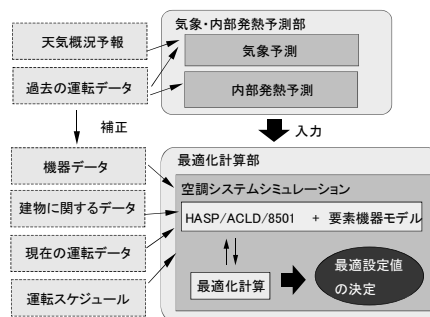


図 2 不具合検知・診断ツールの概念図

【研究結果】

フォルト検知・診断ツールの効果を検証するため九州大学筑紫キャンパスに位置する小規模実験棟において実際に不具合を発生させ、ツールによって検知する実験を行った。システム図を図 3 に示す。一般的によく見られる 3 つの不具合項目 (室内設定温度不全、給気ファン温度制御不全、熱源製造冷温水温度不全) について項目ごとに 2 日ないし 3 日間実験を行い、次の実験への影響をなくすため、不具合項目を切り替える際には 1 日以上 の助走運転を行った。

ツールによる検知結果を表 1 に示す。表にはツールにより可能性が高いと判断された上位 3 つの不具合項目番号を示している。3 ケース延べ 8 回不具合を発生させ、うち 7 回は最も可能性が高い不具合として検知された。残りの 1 回も 2 番目に可能性が高い不具合として検知することができ、手法の有効性を確認できた。

次に開発した空調システム運用の最適化ツール 1) を改良し、R 大学で実際に使用されている建物の熱源システムに実装した結果を示す。対象システムは、定格冷凍能力が 2408.7kW のガス吸収式冷温水機が 3 台あり、それぞれに対して開方式冷却塔と冷却水ポンプ、冷温水ポンプが付随している。ここでは、検討を簡単にするため 2 次側は切り離し、1 次側の設定値のみを最適化した。また、非蓄熱システムであるため負荷の予測は行わず、過去 1 時間の熱負荷がその後の 1 時間も同様に発生するものと仮定し、1 時間ごとに設定値の最適化を行った。操作対象とした設定値は、冷却塔出口冷却水設定温度と冷却塔出入口冷却水設定温度差であり、空調熱源システムの 1 次エネルギー消費量が最小となる組み合わせを求める。最適化運転は 2008 年 8 月 1 日～9 月 19 日に行い、空調時間帯は 8:00～19:30 とした。最適化による省エネルギー効果を求めるために、従来運転として 2007 年 8 月 1 日～9 月 19 日のデータを用いて比較を行った。9 月 1～19 日の積算 1 次エネルギー消費量を図 4 に示す。また、2 次側負荷とシステム COP の関係を図 5 に示す。2008 年 9 月は 2007 年 9 月に比べ、ガス消費量が 7.9%、冷却水ポンプ電力消費量が 30.2%、冷却塔ファンの電力消費量が 25.3%、全 1 次エネルギー量が 9.9%削減された。図 5 の 2 次側負荷率とシステム COP の関係から最適化運転時は 2 次側負荷率にかかわらずシステム COP が高く安定しているが、従来運転時は 2 次側負荷率が約 20%以下になると急激に性能が落ちている。従って、2 次側負荷が小さいほど最適化効果が大きい結果となった。気象条件および稼働した熱源機器と運転時間が同じ日を選び、運転データを比較した(表 2)。熱源 COP、システム COP とともに向上がみられ、最適化ツールによる省エネ効果が実証された。

【参考文献】

- 住吉大輔, 他: 空調システム運用の最適化ツールの開発 (第 2 報) 予測誤差を考慮した最適化手法, 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集 (長野), pp1313-1316, 2006 年 9 月

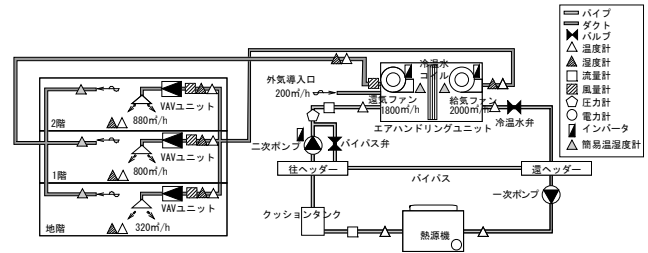


図 3 空調システム図

表 1 ツールによる不具合検知結果

実験した不具合項目	月日	実験値から不具合項目までの距離		
		1位	2位	3位
⑭室内設定温度不全 (26→24℃)	8月4日	⑭ (0.12)	⑭ (0.19)	⑭ (0.21)
	8月5日	⑭ (0.11)	⑭ (0.15)	⑭ (0.17)
	8月6日	⑭ (0.10)	⑭ (0.09)	⑭ (0.11)
⑨給気ファン温度制御不全 (16→19℃)	8月9日	⑨ (0.03)	② (0.06)	⑦ (0.07)
	8月10日	⑨ (0.12)	⑭ (0.20)	⑪ (0.22)
②熱源製造冷温水温度不全 (7→12℃)	8月13日	⑨ (0.04)	② (0.08)	② (0.12)
	8月14日	② (0.05)	② (0.07)	⑨ (0.09)
	8月15日	② (0.14)	② (0.17)	② (0.25)

番号は検知された不具合項目を表す。網掛けは正しく検知されたものである。

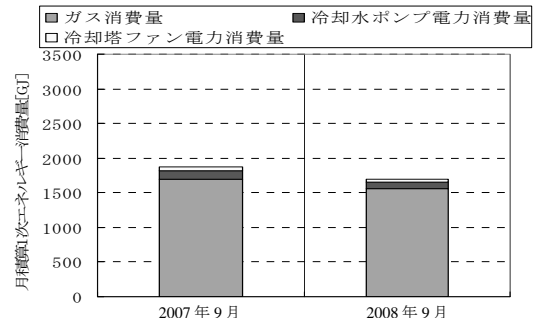


図 4 最適化実験結果(月積算 1 次エネルギー消費量, 9 月)

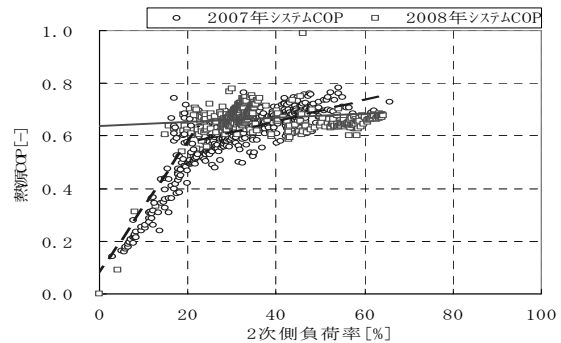


図 5 2 次側負荷とシステム COP の関係

表 2 最適化運転結果と通常運転結果の比較

	2007年 9月16日	2008年 9月4日	2007年 9月29日	2008年 9月8日
運転方法	通常運転	最適化運転	通常運転	最適化運転
熱源機器	R1	R1	R2	R2
熱源 COP	0.7	0.8	0.6	0.9
システム COP	0.6	0.7	0.5	0.7
2 次側負荷[GJ]	40.5	59.0	20.2	55.7
外気湿球温度[℃]	25.6	24.9	17.3	21.7
ガス消費[GJ]	1391.6	1808.6	784.2	1648.7
消費電力[kW]	1454	1059	888	1065