

ビル空調を支えるビル用マルチエアコンとWeb対応空調管理システム

Multisystem Air Conditioners and Air-Conditioner Control System Using Web Browser to Support Building Air Conditioning

中津川 憲彦

木口 行雄

■ NAKATSUGAWA Norihiko

■ KIGUCHI Yukio

省エネ法の改正でビル空調の省エネ要求が高まるなか、ビル用マルチエアコンの直流 (DC) ツインロータリコンプレッサや高効率ベクトル制御インバータによる省エネとともに、それを管理するシステムによる効率的な省エネが求められている。

これに就いて、東芝キャリア(株)は、Webに対応した空調管理システム“Web対応集中コントローラ”を開発した。この管理システムには、Webページのユーザビリティと視認性を重視した管理画面と、空調操作の一元管理や連動制御など空調機の運用による省エネを織り込んだ。

The demand for enhancement of energy conservation in the field of building air-conditioning systems has been increasing due to the revision of the Law Concerning the Rational Use of Energy in recent years.

Toshiba Carrier Corporation has developed a new air-conditioner control system using a Web browser that employs a control display with a high level of usability and visibility and offers efficient energy-saving operational management such as central and cooperative control of air conditioners, as well as the use of multisystem air conditioners equipped with a DC twin-rotary compressor and high-efficiency vector control inverter.

1 まえがき

地球温暖化対策の強化を目的として2008年5月に省エネ法が改正され、エネルギーの管理を義務づけられる対象は、企業全体でのエネルギー使用量が原油換算で年間1,500 kL以上の事業者にまで広がった。この結果、工場だけでなくオフィスビルなどの業務部門においても省エネの対策が求められることとなった。オフィスビルのエネルギー消費量では、冷暖房によるものが全体の約1/3を占めており、ビルの省エネのためには空調の省エネが必須である。

このようななか、ビル空調では、室内機が個別に空調できるビル用マルチエアコンの適用範囲が拡大し、その省エネが重要になっている。また、大規模建物まで対応可能な空調管理システムが必要となっている。

東芝キャリア(株)では、空調管理システムとしてこれまで、タッチパネル方式のシステムやオープンネットワークに対応したシステムを開発してきた。現在はインターネットの普及に伴い、Webブラウザによってネットワークに接続し、パソコン(PC)で空調を管理するシステムのニーズが高まっている。当社はこれに応えるため、2008年7月、Webに対応した空調管理システム“Web対応集中コントローラ”を製品化した。

ここでは、当社のビル空調における、空調機器本体とそれを管理するシステムの両面からのアプローチとして、ビル用マルチエアコンの省エネと快適性に向けての取組みとWeb対応集中コントローラについて、概要と特長を述べる。

2 ビル用マルチエアコン

2.1 背景

近年のビル空調では、個別分散型の空調熱源方式であるビル用マルチエアコンの適用範囲が拡大しつつあり、延べ床面積が数万m²クラスの大規模建物に設置されることも増加傾向にある。大規模建物で従来主流であったセントラル空調に対して、機器据付け時及び更新時の施工性を向上させることで、建物構造から受ける制限が減り、採用されるようになった。

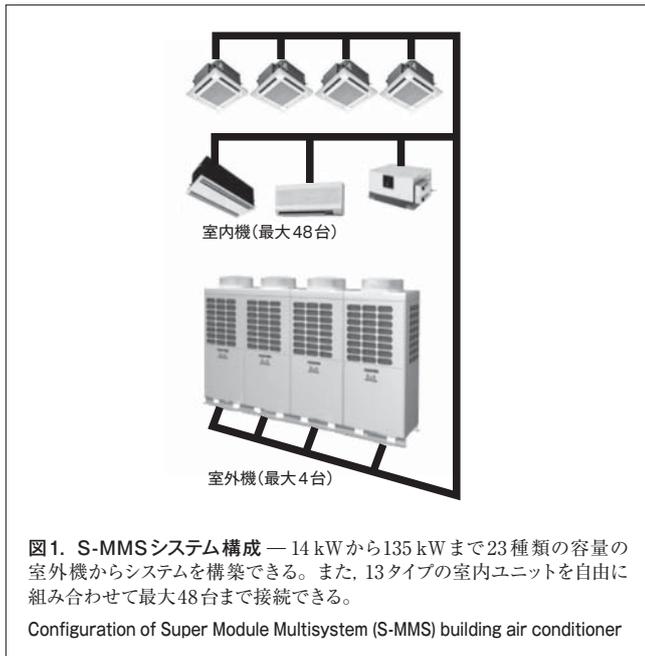
当社では、2003年にスーパーモジュールマルチTMシステムを開発し、以降、氷蓄熱システム、空調機器の更新用システム及び新天井カセット形4方向吹出しタイプなどを順次開発してきた。これら開発機種の省エネと電力平準化、快適性、施工性などの取組みについて以下に述べる。

2.2 省エネと電力平準化への取組み

2.2.1 スーパーモジュールマルチTMシステム 当社のビル用マルチエアコン(スーパーモジュールマルチTMシステム:以下、S-MMSと呼ぶ)のシステム構成を図1に示す。S-MMSでは、室外ユニットを最大4台まで組み合わせることにより、1系統の冷媒配管で14 kWから135 kWまで23種類の容量の室外機からシステムを構築できる。また、13タイプの室内ユニットを自由に組み合わせて最大48台まで接続できる。

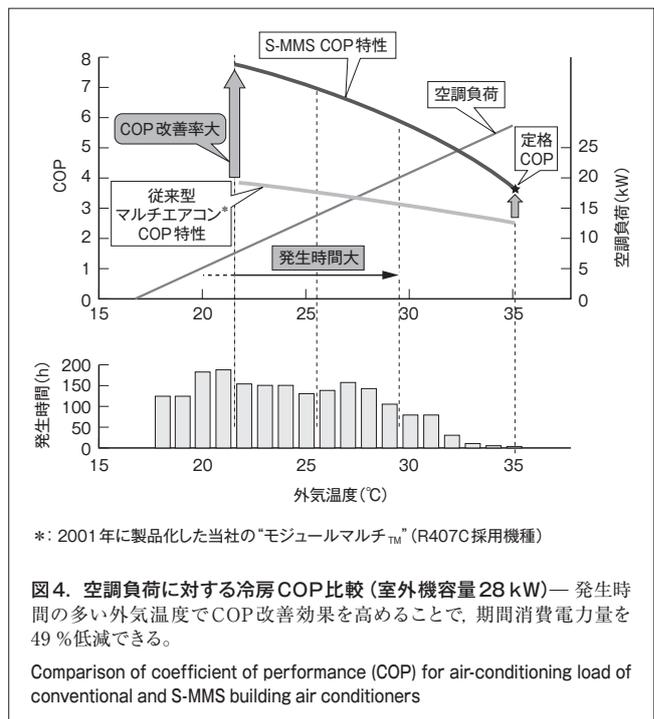
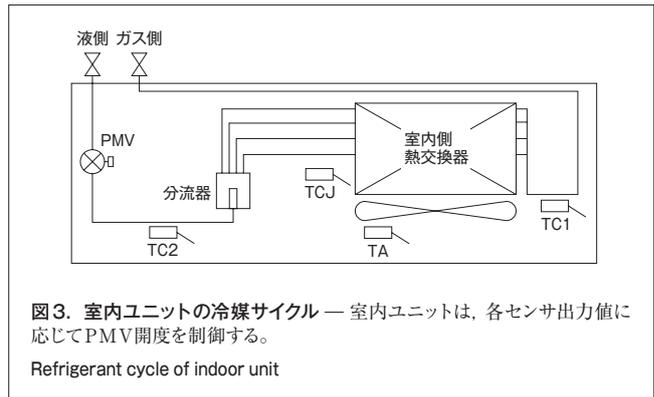
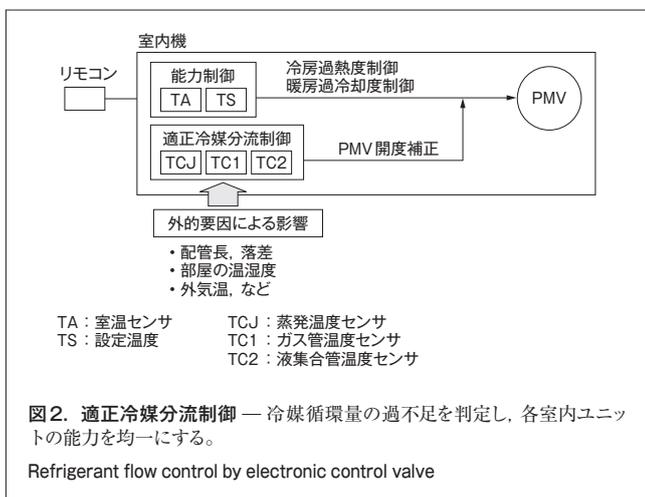
S-MMSに織り込まれている主要な省エネ技術は次のとおりである。

(1) HFC(ハイドロフルオロカーボン)冷媒R410Aに最適化されたDCツインロータリコンプレッサ



- (2) 高効率ベクトル制御インバータ
- (3) R410A用高性能熱交換器
- (4) 当社独自の翼後縁が逆円弧形状のプロペラファン
- (5) AIデュアルインバータシステム 室外ユニット1台につき2台のインバータコンプレッサを搭載し、空調負荷の変動に対し、室外ユニット運転台数とコンプレッサ運転台数を効率をもっとも良くなるように選択して運転する。

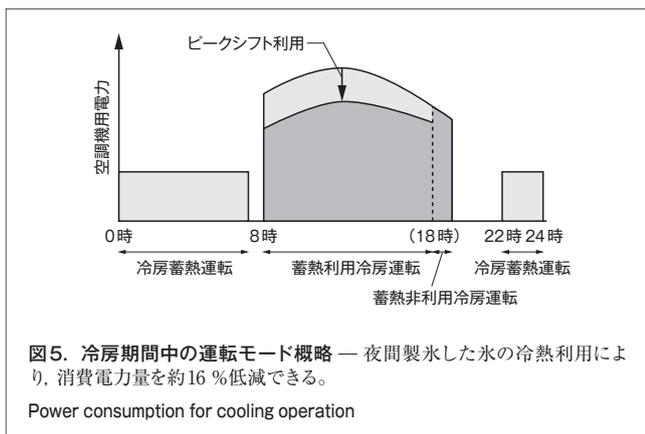
また、室内ユニット据付け条件（配管長、落差など）や温度・湿度条件などにより冷媒の流れやすさが変化するため、各室内ユニットごとの空調能力を均一にすることが高効率運転には必須である。通常、室内ユニットの冷媒サイクルに取り付けられた各センサにより、冷房モードでは過熱度制御、暖房モードでは過冷却度制御を行い、電子制御弁（PMV）で冷媒の循環量を制御する（図2）。しかし、ある一定値以上のPMV開度



にもかかわらず過熱度又は過冷却度が過大のときには冷媒循環量を判定し、不足のときはプラス側に、過剰のときはマイナス側に室内PMVの開度を補正する（図3）。この当社独自の補正制御（適正冷媒分流制御）により、必要以上の過大能力での運転を防止できる。

S-MMSの省エネ性を当社の従来製品（冷媒としてR407Cを採用した機種）と比較すると、室外機容量が28 kWの機種では冷暖房定格平均COP（成績係数）が50%向上し、期間消費電力量が49%低減している。この特性改善は、発生時間の多い外気温30～25℃以下の運転でCOP特性が大きく向上している効果による（図4）。

2.2.2 S-MMS 氷蓄熱システム 電力負荷の平準化に対応したS-MMS氷蓄熱システムでは、夜間に製氷し、その氷の冷熱を昼間に利用するピークシフト運転を行う（図5）。製氷運転中の効率をもっとも高くなる50%出力運転を行うこ



とで高効率化を図るとともに、蓄熱槽内を通過しない冷媒回路（バイパス回路）を設けることで水の冷熱消費を抑制し、定格冷房能力56kWの機種では、非蓄熱機に比べて消費電力量を約16%低減できる（表1）。

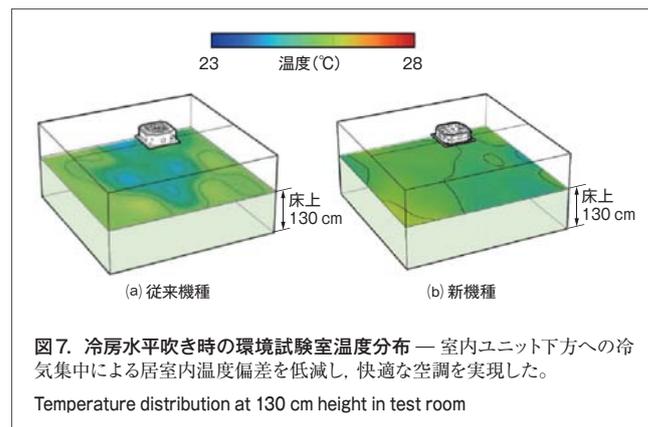
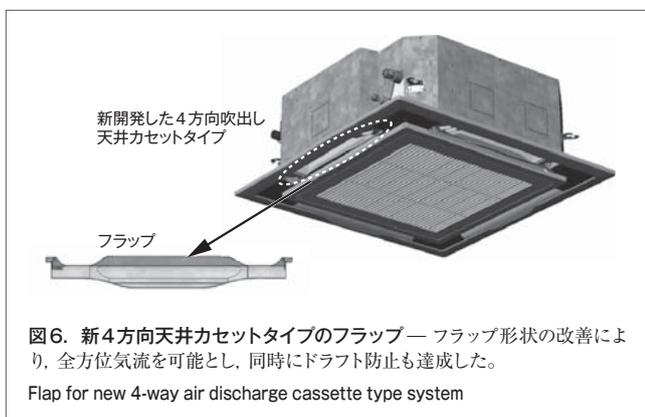
表1. S-MMS氷蓄熱システムによる省エネ効果
Power consumption of ice thermal storage and nonthermal accumulator systems

項目	冷房負荷 (kWh)	電力量 (kWh)	
		S-MMS 氷蓄熱システム	非蓄熱機
冷房運転時(昼間)	40,435	5,659	8,998
冷房蓄熱運転時	—	1,879	—
冷房期間トータル	40,435	7,538	8,998
電力量低減率*1	—	16.2%	—

*1: S-MMS氷蓄熱システムの非蓄熱機に対する電力量低減率

2.3 快適性改善への取組み

室内ユニット（天井カセット形4方向吹出しタイプ）において、冷房運転中に居住空間へ水平に吹き出すときのドラフト（人体に不快な冷感を与える気流）を防止することが望まれる。フラップ形状を改良し、吹出し気流を改善することでこれを達成した（図6）。温熱環境試験の結果においても、従来機種は室内ユニットの下方に冷気が集まっているのに対し、新機種



では室内温度分布が均一になっており、ドラフト防止と全方位気流によって快適性が改善された（図7）。

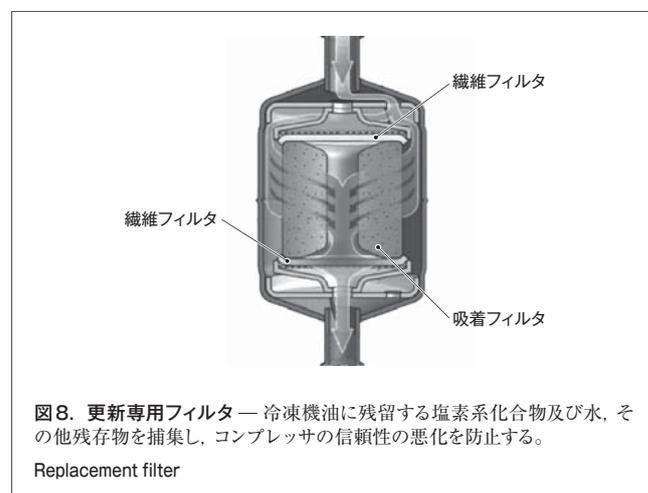
2.4 機器更新時の配管施工性への取組み

空調機器を更新するうえで、天井裏やパイプシャフトなどに埋設された既設の冷媒配管を再利用して、配管を引き直す大がかりな更新工事を省略するため、次の(1)～(3)の課題を解決しなければならない。

- (1) 配管内の残渣（さ）除去（配管洗浄が省略できる）
- (2) 既設配管の耐圧不足への対応
- (3) 適正冷媒量の判定（既設配管の系統図が不明な場合）

既設の配管を再利用するために、更新用のS-MMSで採用した技術は以下のとおりである。

(1)については、更新用フィルタ（図8）を搭載し、残渣（冷凍機油、塩素化合物、水分、酸化スケールなど）を除去することで信頼性の悪化を防止する。(2)については、高圧センサ及び温度センサの検出値でコンプレッサの回転数を制御し、能力低下を抑制しつつ、既設配管に掛かる圧力を3.3MPa以下にコントロールする。(3)については、冷媒オートチャージ機能を搭載して、配管の長さや径が不明でも、封入する冷媒の量を適正にする。



3 Web対応空調管理システム

3.1 概要

当社は、これまでBACnetTM(注1)やLONWORKS[®](注2)といったオープンネットワークに対応したシステムや、遠隔監視システム、タッチパネル方式の空調管理システムなど、様々なシステムを開発してきた。

またインターネットの普及に伴い、ネットワークに接続されたPCで空調機を管理するWeb対応の空調管理のニーズが高まるなか、当社はWeb対応集中コントローラを開発した(図9)。ネットワークに接続されたPCであれば誰でも、どこからでも空調機の監視や操作ができ、高い利便性を実現した。

Web対応集中コントローラは、集中リモコンにWebサーバを搭載したもので、集中リモコンとして使用できるだけでなく、Webサーバを介してクライアントPCから空調機を管理できる。



図9. Web対応集中コントローラ — Web対応の空調管理システムの集中リモコンで、Webサーバを介してクライアントPCから空調機を管理できる。
Air-conditioner control system using Web browser

汎用のWebモジュールの採用と周辺機器の集中コントローラ本体への取込みで、コストを従来のシステムから大幅に低減した、小型で使い勝手の良いシステムである。

システム構成を図10に、接続機器の仕様を表2に示す。最大128台の室内ユニットが接続できる。システムは、空調機の電力を測定する電力量計の出力パルスを積算する電力量計インタフェースと、電気錠信号などを入力するデジタル入出力インタフェースで構成される。

Web対応集中コントローラはネットワークに接続され、ユーザーはネットワークに接続したPCのWebブラウザを使用して、集中コントローラが提供するWebページを閲覧し、空調機の状態監視と設定操作を行う(表3)。空調管理を行うPCは専用である必要はなく、特別なソフトウェアをインストールする必要もない。

ユーザーはユーザー名とパスワードで認証され、権限に応じた機能制限が設けられる。また、ユーザーが監視、操作できる空調機は、ユーザーごとに自由に設定できる。

表2. 接続機器の仕様
System configuration table

接続機器	接続台数
室内機ユニット	最大128台
電力量計インタフェース	最大4台 最大32台の電力量計を接続可能
デジタル入出力インタフェース	最大4台 最大32点の接点入力(施錠又は火災報知)、 最大16点の接点出力(異常及び汎用機器制御)を接続可能
クライアントPC	同時アクセス最大4台

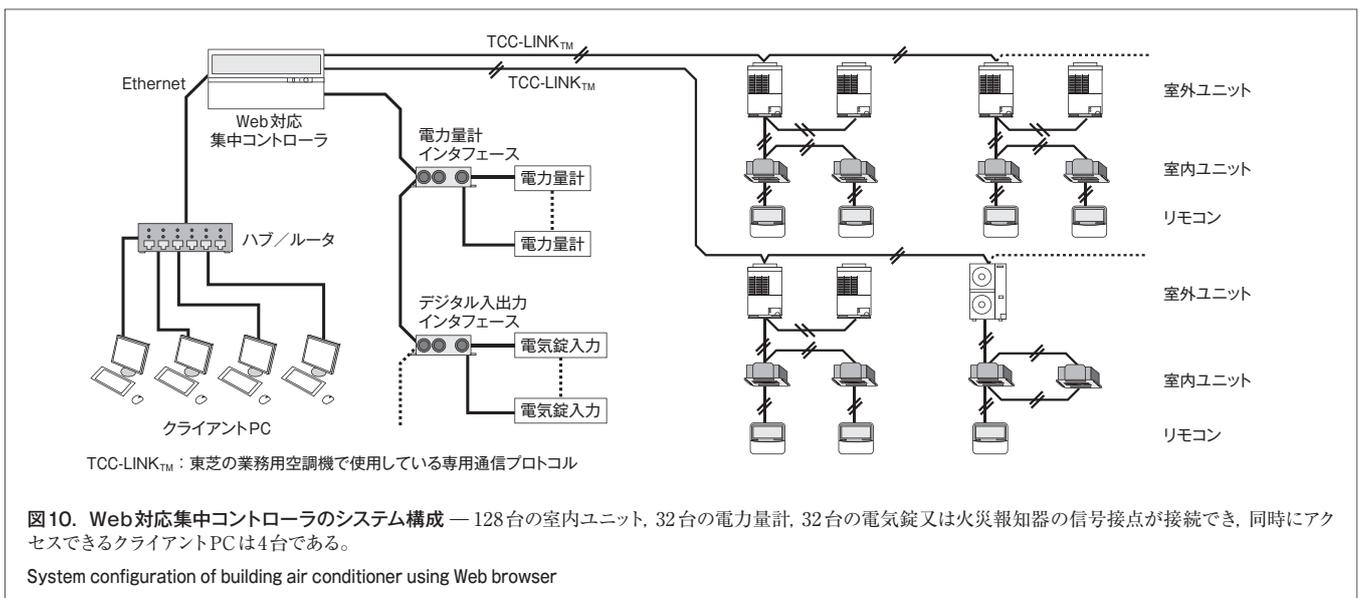


図10. Web対応集中コントローラのシステム構成 — 128台の室内ユニット、32台の電力量計、32台の電気錠又は火災報知器の信号接点が接続でき、同時にアクセスできるクライアントPCは4台である。
System configuration of building air conditioner using Web browser

(注1) BACnetは、ASHRAE(米国冷暖房空調工業会)の登録商標で、ビル用オートメーションシステムの共通通信プロトコル(通信規約)。

(注2) LONWORKSは、Echelon Corporationの登録商標。

表3. 主要機能一覧

Main functions

項目	内容
運転状態表示	運転/停止, 運転モード, 設定温度, 風量, フラップ, 手元操作禁止, 温度, 警報, フィルタサイン, 強制サーモOFF
操作設定	フロア, テナント, エリアごとの一括設定
	運転/停止, 運転モード, 設定温度, 風量, フラップ, 手元操作禁止, 異常クリア, フィルタリセット
スケジュール管理	実行スケジュール
	マスタスケジュール
	課金スケジュール
警報表示	現在発生中の警報一覧
	警報履歴一覧
電力按分	室内機ごとの消費電力と電気代を算出
ユーザー制限	ユーザー名とパスワードによる認証
	アクセス権限 3レベル
その他	施設連動
	火報連動
	デマンド警報連動
	リターンバック

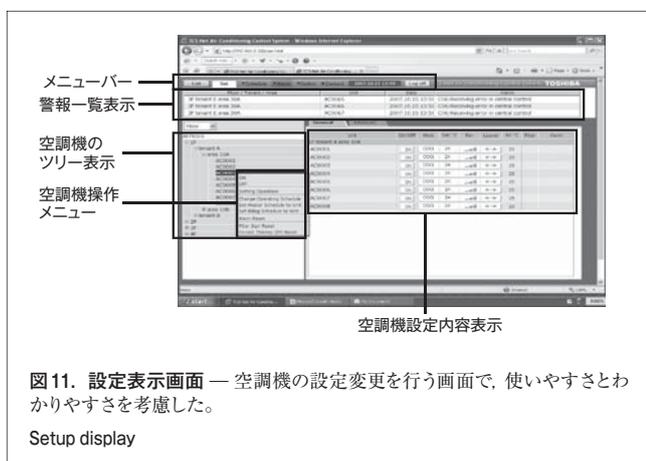
開発で注力した設計のポイントについて、次に述べる。

3.2 Webページのユーザビリティと視認性

不特定の人がネットワーク経由でシステムを利用するため、空調管理画面の見やすさ、わかりやすさ、及び操作しやすさが重要となる。このシステムでは、PC操作に慣れた人であれば直感的に操作ができるように、使いやすさに配慮している。

空調機の設定を変更する設定表示画面(図11)では、空調機をツリーで階層表示し、空調機を簡単に選択できるようにしている。空調機1台ずつ、空調機全体一括、あるいはテナント単位一括などの選択ができる。

頻繁に使用するメニュー(運転停止, 設定変更, 実行スケジュール編集など)の操作は、操作対象にマウスを置き、クリックすることで操作メニューがプルダウンで表示されるなど、操作の手順や方式を統一し、また少ない回数で確実に処



理できるようにした。一方操作頻度の少ないメニュー(マスタスケジュール編集, ユーザーアカウント(注3)変更など)についてはメニューバーから操作するようにしている。

また空調機の状態監視画面では、文字の大きさや色、マーク表示など視認性を高めている。リスト表示画面ではひと目で全体の状況がわかるように、128台すべての空調機の運転状態を表示するなど使いやすさを織り込んでいる。

3.3 システム・ソフトウェア設計

Web対応集中コントローラの内部は、空調機との通信やコントローラ本体のボタン操作及び液晶表示の処理を行うリモコン部と、空調管理画面のWebページの生成や空調機の使用電力および運転時間などの積算処理を行うWebサーバ部に分かれている。Webサーバ部のソフトウェア構成を図12に示す。

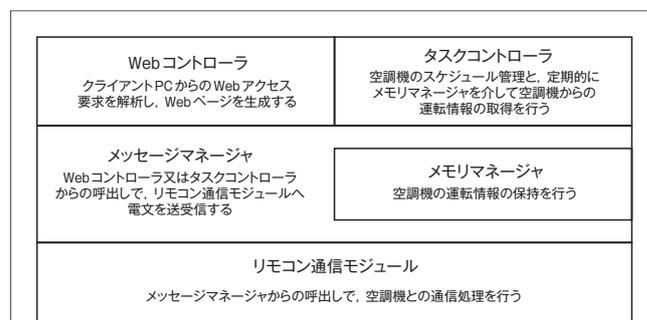


図12. Webサーバのソフトウェア構成 — リモコン部と通信を行いながら、Webページの生成や空調機の運転情報を取得している。

Configuration of Web server software

Webサーバ部とクライアントPCのブラウザ間の通信処理には、Ajax (Asynchronous JavaScript + XML (Extensible Markup Language)) を用いて、Webページのリロードを行わずに必要な部分だけを書き換え表示して、動的に変化するWebページを表示できる。また、非同期通信によりブラウザ上での操作性の向上も図っている。使用可能なブラウザは、Internet Explorer[®](注4)のほかにFirefox[®](注5)にも対応しており、アプレット(注6)や専用のアプリケーションソフトウェアをPCにインストールする必要がない。

空調機のアドレス情報や使用電力量などの情報は、Webモジュール内蔵の4Mバイトフラッシュメモリに保存し、FTP (File Transfer Protocol) サーバ機能によりネットワークを介して、PCから書込みと読出しができる。

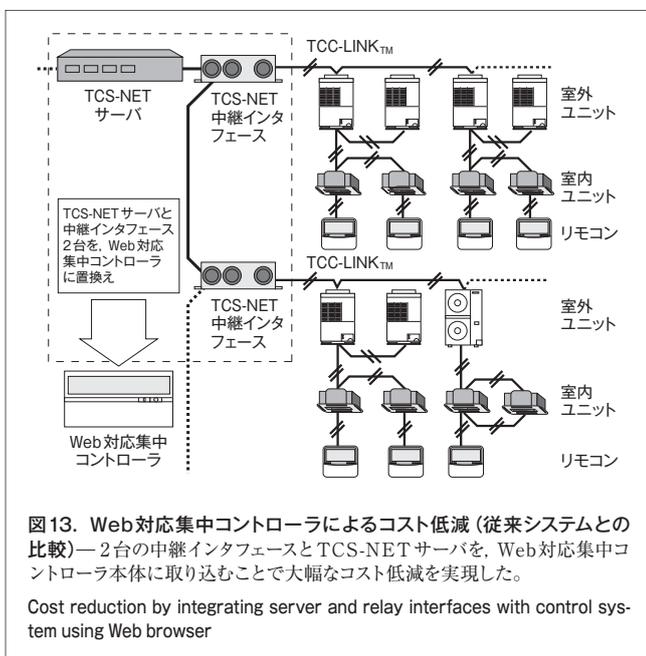
(注3) ユーザーを識別するための標識(ユーザー名, パスワードなど)。
 (注4) Internet Explorerは、米国Microsoft Corporationの米国及びその他の国における登録商標。
 (注5) Firefoxは、米国Mozilla Foundationの米国及びその他の国における商標又は登録商標。
 (注6) アプリケーションソフトウェアに組み込まれ、その上で読み込まれる小さなプログラム。

3.4 廉価なシステム設計

コストの低減のために、システムを構成する機器の統合を図った。従来、TCS-NET^(注7)サーバと複数のTCS-NET中継インタフェースでシステムが構成されている(図13)。空調機の利用条件を考慮して接続台数を128台にすることで、中継インタフェース2台分を本体に取り込むことができる。

Webサーバは、製品を小型化し、開発を容易にするため、汎用のWebモジュールを採用した。このモジュールには専用のネットワークOS(基本ソフトウェア)や豊富なプロトコルが搭載されており、Webサーバとしてネットワーク機能を実現している。

空調機の接続台数が128台と従来システムに比べて少ないが、同じサイズのシステムでコストを比較した場合、大幅なコスト低減を実現している。



3.5 システムでの運用による省エネ

3.5.1 空調機操作の中央一元管理 ユーザーによる

手元リモコンの操作を制限し、中央で一元管理することで暖めすぎ、冷やしすぎを防止でき、むだのない運転ができる。また、スケジュール運転では運転停止の予約だけでなく、室温、手元リモコン操作の禁止や許可などを設定できる。スケジュール運転を活用して空調操作を中央で一元管理することで、空調機を効果的に運用できる。

3.5.2 施錠連動制御 在室者が退社したときの電気錠の施錠信号に連動して、空調機に停止信号を送信し、消し

忘れの防止を行う機能である。電気錠と連動する空調機は自由に選択できる。

3.5.3 リターンバック ユーザーによる手元リモコン

操作での設定温度の下げすぎ、上げすぎによる冷やしすぎ、暖めすぎを防止するため、リターンバック設定温度を超えた温度が設定された場合、一定時間経過後、設定された温度に強制的に戻すことができる。

3.5.4 空調機使用電力の室内ユニットごとの按分

室内ユニット1台ごとの消費電力量と電気料金を算出する。電力量計で計測した空調機の総消費電力量を、室内ユニットごとの運転時間、能力要求値、ヒータ運転時間などから按分(あんぶん)し、その使用電力量を算出する。日報や月報として室内ユニットごとに運転時間、電力量、電気料金がまとめられる。

空調機の運転時間や電気料金などを可視化することで、ユーザーに省エネの意識を高めさせることができる。

4 あとがき

大規模建物でのビル用マルチエアコンのニーズはますます増加する。多数台設置可能なシステム構築が不可欠である。当社は、室外ユニットの大容量コンパクトな設計及び接続配管についての制約の緩和などによる適用範囲の拡大と、大規模なシステムで空調機を一元管理できるWeb対応空調管理システムの充実を目指し、そのニーズに応じていく。

また、機器効率の向上によって省エネ技術を進化させるとともに、空調機の運用を最適化して高効率で運転できるユーザー参加型の“省エネ見える化”機能を拡充し発展させていく。

文 献

- (1) 久保 徹. 省エネ・電力平準化と快適性, 施工性. BE建築設備. 59. 12. 2008, p.35-41.



中津川 憲彦 NAKATSUGAWA Norihiko
東芝キャリア(株) 技術本部 エレクトロニクス設計部主査。
空調管理システムの設計に従事。
Toshiba Carrier Corp.



木口 行雄 KIGUCHI Yukio
東芝キャリア(株) 技術本部 業務用空調設計部主務。
業務用空調機の設計に従事。冷凍空調学会会員。
Toshiba Carrier Corp.

(注7) 東芝の空調管理システムで使用している専用通信プロトコル。