

ビル快適空調制御システムの開発と実用化[†]

米沢 憲造^{*}・和田 祐功^{*}・花田 雄一^{**}・西村 信孝^{**}

Development and Utilization of Comfort Air-Conditioning Control System for Building[†]

Kenzo Yonezawa^{*}, Yuukou Wada^{*},
Yuuichi Hanada^{**} and Nobutaka Nishimura^{**}

Abstract: In the air-conditioning control system for building, keeping inhabitant thermally comfortable and saving energy has been requested. A new control system for room temperature's set values using comfort index PMV with neural network and fuzzy theories has been developed. The intelligent air-conditioning control function has been installed as a key function of total building control system as well as other functions. The basic concept is that the target set values for the room temperature should be changed dynamically so as to suit the constantly changing room environment. The evaluation of energy-saving and thermal comfort effects have been tested by the process simulator in the first phase. The verification tests of the system have been done in actual office buildings and department stores. Good results have been obtained for cooling control during summer season. These good results are accepted and these control systems are installed in many buildings formally. This system is a powerful control method realizing both energy-saving and comfort to air-conditioning in the buildings.

Key Words: air-conditioning, building, control, comfort index, saving energy

1. はじめに

オフィスビルやデパートなどのビル空間における空調制御では、快適な居住環境の確保が必要であると同時に、省エネ法改正や ISO14000 シリーズに代表されるように、地球環境保護の観点からよりいっそうの省エネ化が求められている。また近年、環境保全への国民の関心が高まり、CO₂排出量の 1/3 を占める建築設備分野においては、排出量抑制が検討されている。建築設備全体の消費エネルギーの約半分を空調関連のエネルギー消費が占めており、空調制御面で省エネルギーを推進することは建築設備全体の省エネルギーに大きく貢献するものと考えられる。

従来の空調制御は建築設備空間において、室温の設定目標値が終日一定（固定）であり、このため、過剰の冷暖房によるエネルギーの無駄があってもビル管理センターでは変更されることはなかった。一方、アメニティ空間としての事務

所ビルでは、室内での居住者の温熱感覚、いわゆる快適性を満足することが要求されている。省エネルギーと快適性は相反する面を持つこともあるが、居住者の快適性の範囲を超えた過剰なエネルギー消費を抑えることによりエネルギーの無駄を省くことが可能である。従来から快適空調の考え方はあったが、室内温度のデイリーな変更にとどまっておらず、時々刻々変化する室内環境に対してダイナミックにきめこまかく室内温度設定目標値を変更するものではなかった。

本論文では、ビル全体をトータルに運営管理する統合ビル管理システムの分散制御における空調制御システムの特徴を述べ、その中心的機能である快適性指標を用いた、省エネルギーと快適性の両方を満足する快適空調制御機能について述べる。さらに、シミュレーションによる事前検討結果および平成 12 年よりデパートやオフィスビル 10 数か所の一部フロアに、快適空調制御およびインバータによる風量制御を加えたシステムを導入して検証試験^{1),2)}を行ってきた結果例について述べる。また積み重ねてきた検証試験の省エネ効果の結果などが認められ、多くのビルに本格導入していただき、快適空調制御を活用して BEMS を実現している例についても述べる。BEMS (Building and Energy Management System) とは、ビル設備エネルギーの最適化を図りつつ、安全・衛生的かつ快適な環境を効果的に実現するための制御・管理・経営システムのことである。なお、BEMS は(財)省エネルギーセンターの登録商標である。

† 第 40 回 SICE 学術講演会で一部発表 (2001・7)

* (株)東芝 東京都府中市東芝町 1

** (株)東芝 東京都港区芝浦 1 - 1 - 1

* Toshiba Corp., Fuchu-shi, Tokyo

** Toshiba Corp., Minato-ku, Tokyo

(Received January 5, 2005)

2. 統合ビル管理システム

2.1 統合ビル管理システムの構成

ビルの管理システムは設備機器の監視制御を主体とするシステムから、オフィスオートメーション、情報通信システム、防災防犯機能と連携したビルマネジメントシステムの機能を取り込んで、ビル全体をトータルに運営管理する統合ビル管理システムへと発展してきている³⁾。このため筆者らは、統合ビル管理システムとしては、24時間稼働ビルに対応するためのローカル・オブジェクト・コントローラ(LOC)をシステムの最小単位とした分散制御・分散処理を開発してきた。

ビルの現場設備側に設置される末端のコントローラ部分に、制御機能とデータベース機能を有するLOCを配置し、クライアント/サーバアーキテクチャでシステムを構築している。ヒューマンインターフェースステーション(HIS)やBEMSなどのサブシステムはクライアントとして、LOCは分散サーバとしてビルの使用形態に応じて自由にネットワーク上に配置し、各種の機能を効率的に実行している。

2.2 空調制御プロセスの構成

統合ビル管理システムにおける空調制御プロセスの一般的な構成をFig.1に示す。

外気から取り込まれた空気は、室内からの還気といっしょに空調機で冷水コイル(CC)により冷水との接触・熱交換による冷却(冷房時)、または温水コイル(HC)により温水との接触・熱交換による加熱(暖房時)が行われる。また暖房時、室内湿度が低い時に加湿器(HF)により加湿される。これが室内に送風機で送られて所定の空調和が実現される。もし、室内の温度ないしは湿度が所定の値からはずれたら、コントローラ(制御装置)による冷水、温水または蒸気のパルプ流量の調整が行われる。

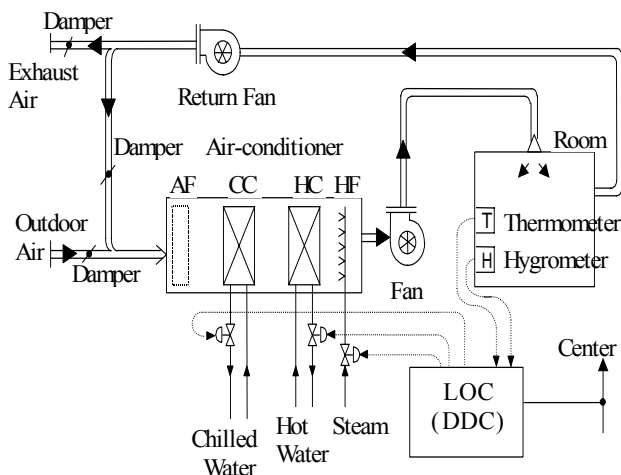


Fig.1 Configuration of air-conditioning control process

2.3 空調省エネルギー制御の機能構成

旧通産省工業技術院のエネルギー使用合理化関係技術実用化開発費補助金を受けて、快適空調制御などの新しい各種の省エネ空調制御アルゴリズムを開発してきた⁴⁾。

空調省エネルギー制御の機能構成をFig.2に示す。エネルギーコントロールシステム(ECS)では、外気温度と日射量は、気象統計データから求めた基準日変動の式と気象情報から算出し、ビル内人数変動は曜日別のパターンで与える。さらに、ビル内の熱収支を伝熱モデルを用いた差分方程式(参考文献5を参照)で解き熱負荷、室温、壁温、平均輻射温度を予測している。これらの予測結果を用いてLOCでは、蓄熱槽の運用効率を高める熱源台数制御、早朝の部屋使用時刻に合わせて空調機の起動時刻を最適化する最適起動制御、夏の夜間外気取り入れを最も効果的な時刻に外気冷房を行うナイトパージ制御、昼間に室内外のエンタルピー差と在室人数に応じて空気の入れ替えを行う最小気取り入れ制御、快適空調制御の各種省エネルギー制御を行う。

ここで熱源台数制御、最適起動制御、ナイトパージ制御、外気取り入れ制御などの省エネルギー制御機能が、空調機の運転時間の削減や、室内より低温の外気を取り込むことによる空調負荷の削減によってエネルギー消費量を抑制する方法であるのに対し、快適空調制御は居住者の快適性に配慮した制御である。

上記以外に、インバータによる風量制御も行う。このインバータによる空調機のファンの制御は、ファンの軸動力が回転数(または風量)の3乗に比例するため消費電力の低減ができる。また風量の低減は外気負荷の低減にもつながるため、冷水(暖房時は温水)の消費量も低減する。

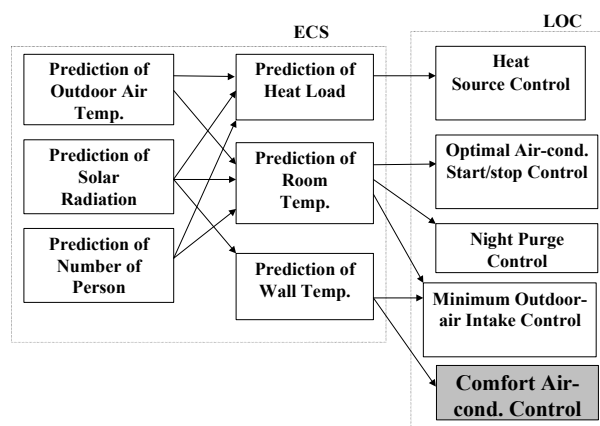


Fig.2 Functional configuration of energy-saving air-conditioning control system

3. 快適空調制御

3.1 快適性指標PMV

一般に、人の温熱感覚にはある快適性の幅(許容範囲)があり、この範囲内であれば大多数の人が快適と感ずることが

できる。快適空調制御では、室内の設定温度を快適性の上限（冷房時）または下限（暖房時）ぎりぎりのところで運転するようにしているため、快適性を確保し、かつ、空調負荷を削減する事ができる。

快適空調制御で用いる快適性の基本的な指標は P M V（Predicted Mean Vote の略、予測平均申告）で I S O 規格 7730 に規定されている⁸⁾。これはデンマーク工科大学の Fanger(ファンガー)教授が提唱した考え方で、人の快適さを温度・湿度・輻射温度・気流速度・活動量・着衣量の 6 つの要素で指数化したものである。

P M V は、居住者の活動状態（代謝量）や着衣状態に応じて、体内からの熱発生と体外への熱放出の差（これを人体熱負荷と呼び、温度や湿度に依存する）から演算できる。P M V は、これを暑い寒いといった居住者の温熱感覚と関連づけたもので、(1)式のような実験式で表される。居住者の温熱感覚には Fig. 3 のように寒い (-3) から暑い (+3) まで 6 段階ある。快適な範囲内 (-0.5 < P M V < +0.5) で冷房時はより暑い方向の側に、暖房時はより寒い方向の側に P M V 目標値を設定することで空調負荷の軽減が図れ、省エネルギーを達成できる。

$$PMV = (0.352e^{-0.042M/A} + 0.032) \cdot L \quad \dots (1)$$

ここで、M：活動量 [kcal/h]
A：人体表面積 [m²]
L：人体熱負荷 [kcal/m²h] (Fanger の快適方程式⁸⁾より算定)

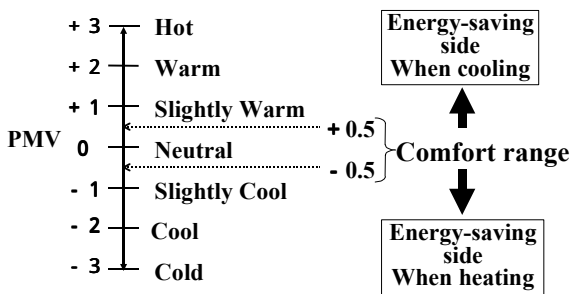


Fig.3 Comfort index PMV and energy-saving

(1)式は欧米人の温熱感覚に基づいて作られた実験式で、やや寒がりの日本人にはそのままでは合わないことがある。このため、ビル居住者の感じる温熱感覚をニューラルネットワークにより学習可能な P M V 値(これをニューロ P M V と呼ぶ)が、快適な範囲で一定になるように温度設定値をリアルタイムに制御していく方式を開発した。

3.2 快適空調制御の機能構成

本快適空調制御は、業務用ビルの省エネ対策の 1 つとして注目されている、IT を活用してビルの空調・熱源設備など

の各種エネルギー消費機器を効率的に運用・制御するためのシステムである BEMS の機能の一部を構成している(Fig.2)。快適空調制御の機能構成を Fig. 4 に示す。快適空調制御では^{2), 3)}従来の温度一定制御とは異なり、制御目標値として快適性指標 P M V を使用する。本制御は基本特許(第 3049266 号)、および実用化詳細特許(第 3361017 号)を権利化済みである。

快適空調制御は大きく、温度・湿度などの空調環境をセンシングする検出部、快適性指標である P M V の演算部、室温設定演算部、設定された室温目標値になるように温水/冷水流量を制御するローカルの自動制御 D D C から構成される。基本的な構成としては、室温設定にビル居住者の温熱感覚を反映するため、ニューラルネットワークを用いてニューロ P M V を学習演算する構成とした。なお、入力的气流速度は事務室やデパート等では小さくかつ年間を通じて変化が少ないので固定パラメータとして扱う。

また、P M V 値とその目標値の偏差および偏差の変化量からファジィ演算により室温設定値をダイナミックに変化させる方式としている。

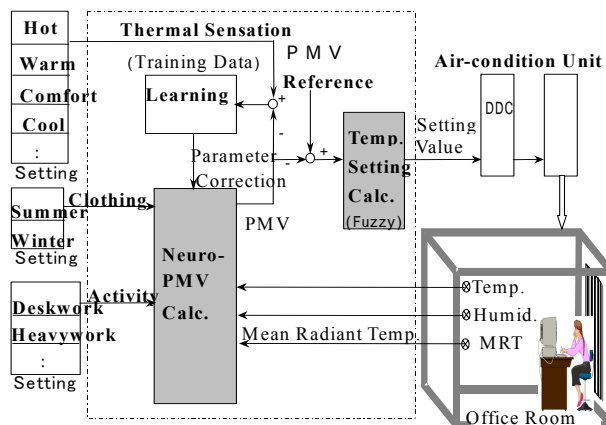


Fig.4 Functional configuration of comfort air-conditioning control



Fig.5 Setting interface of metabolism & clothes amount

Fig. 5 に示すように、着衣量は画面上で季節に応じた着衣状態を設定し、同様に活動量（代謝量）は画面上で、建物の用途などに応じた活動状態を設定することができる。

4. シミュレータによるビル空調省エネ診断

4.1 診断ツールの機能構成

実機への適用にあたっては、制御アルゴリズムの妥当性確認と省エネルギー効果の確認を事前に行っておく必要がある。そのために空調プロセス（温度や湿度）の振る舞いが再現できるシミュレータを開発した。

空調プロセスシミュレータとしては従来、建築設備技術者協会の H A S P⁹⁾があるが、これは熱負荷計算を目的とするもので1時間単位の静的な熱収支を解法するものであった。筆者らはリアルタイムの空調プロセスを再現するため、数分単位に動的な現象を演算する伝熱モデルによるシミュレータ⁵⁾を独自に開発した。さらに EWS 上で開発した空調制御解析シミュレータを基に、空調省エネ制御の効果が簡単に判定できるツールを PC 上に開発した。

Fig. 6 に本診断ツールの機能構成を示す。

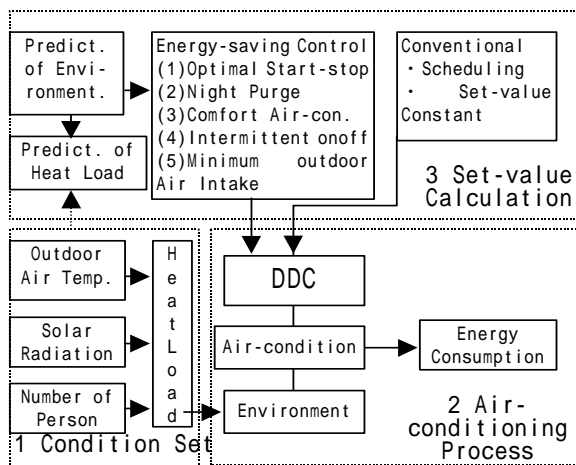


Fig.6 Functional configuration of diagnosis tool

図の1 熱負荷設定部では、外気温パターン、日射量パターン、ビル内人数変動パターンを事前に求め、これらを用いて外壁・窓よりの取得熱量や、人・OA等の電気機器・照明の各発熱量による空調熱負荷を求める。

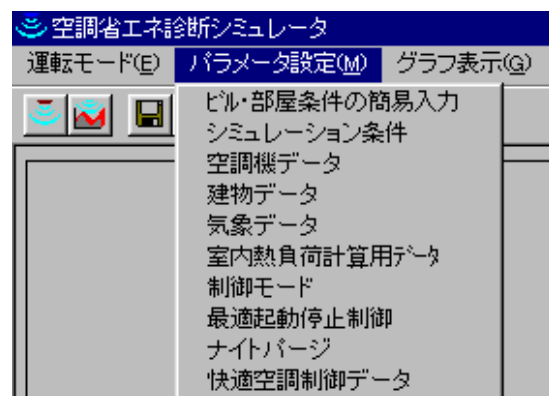
2の空調プロセス部では1で求めた熱負荷や、壁の熱貫流率などの建物構造の物性値データを設定し、部屋の伝熱モデルの状態方程式⁵⁾を解いて、室温・壁温などの室内環境変化を模擬する。また空調機の部分では空気線図の計算式とコイルの熱交換器の理論を用いてコイル交換熱量を求めエネルギー消費量を計算する。DDC制御では、3設定値計算部からの指令に基づき、空調機への操作量をPID演算やファジ

イ演算などにより求める。

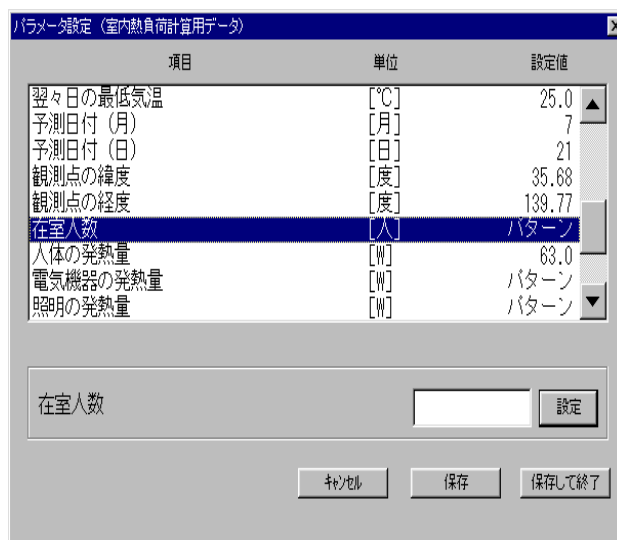
3設定値計算部では各種省エネ制御アルゴリズムとエネルギー消費量を比較するため従来の制御アルゴリズムも組み込まれており、DDCへの設定値演算や指令を行う。

4.2 メニュー機能およびパラメータ入力設定

診断ツールのメインメニューの主なものは、運転モード、パラメータ設定、グラフ表示、シミュレーション実行などである。Fig. 7 (a) は診断ツールのメイン画面の一部（左上）を示したもので、パラメータ設定を選択した時のものである。



(a) Main menu



(b) Example of parameter setting interface

Fig.7 Main menu & interface of parameter setting

運転モードメニューには、Fig. 6の3設定値計算部に示した快適暖房・冷房空調、間欠運転制御、従来制御等があり、これを選択することにより、あらかじめ用意してある各種のパラメータやシミュレーション条件を一括して設定することができる。パラメータ設定では空調機データ、建物データ、熱負荷条件等を個別に変更することができる。また、制御モードでは運転モードメニューで指定した制御モードのパラ

メータを変更して、複数の省エネ制御を同時に実行することができる。上記のパラメータ設定メニュー中の室内熱負荷計算用データを選択した時の画面例を Fig. 7 (b) に示す。設定値でパターンになっているところは、そこを選択すると別サブ画面が開かれて時間と設定値の組を任意個数設定することができる。

4.3 快適空調制御のシミュレーション

開発した快適空調制御を実ビルに適用する前に制御動作の確認と省エネルギー効果のシミュレーション検証を本シミュレータで行い、性能的には問題ないことを確認した。シミュレーション結果例を Fig.8 に示す。

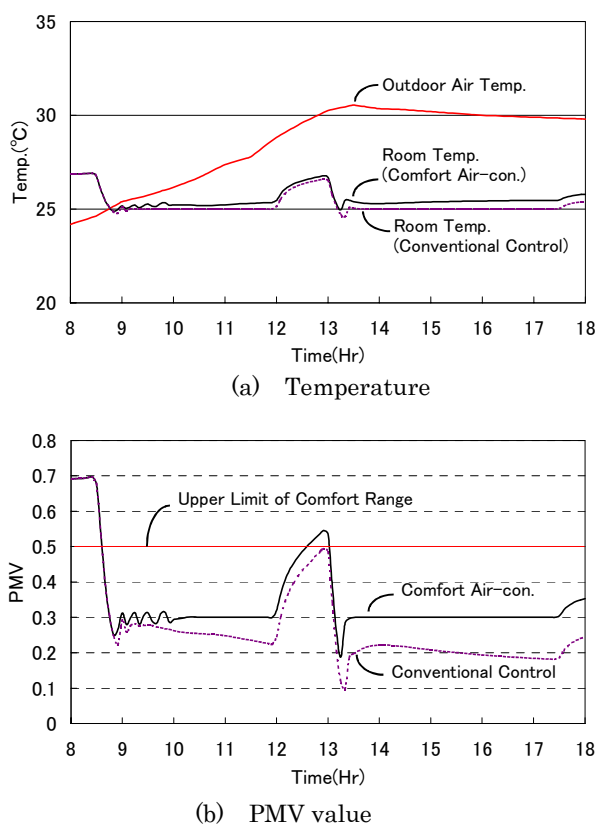


Fig.8 Example of simulation results

夏期冷房時の快適空調制御 (PMV 設定値を 0.3 とした) と従来制御の室温設定値一定 (ここでは 25) 制御方式を、同一条件でシミュレーションを行ったものである。シミュレーションでは午前 8 時半から午後 5 時半まで空調機を運転した。なお、昼の 12 時 ~ 13 時は空調機を休止させた。

快適空調制御では、PMV 快適域 (- 0.5 ~ + 0.5) の上限近くの + 0.3 を維持する室温設定値を空調負荷の変化に応じてダイナミックに求めている。その結果、室温が従来 (設定値一定の 25) より高めに推移して (Fig.8 (a)), かつ PMV 値は空調制御中、昼休みを除いて常に目標の + 0.3 が維持されている (Fig.8 (b))。

これに対して従来方式では、PMV 値は + 0.3 以下で、時間が経過するにつれて徐々に下がっており (部屋の窓東向き)、快適域上限 0.5 よりかなり余がある状態となっている。このシミュレーションでは快適空調制御の方が従来制御に比べ、9%の省エネルギーになった。

4.4 長期シミュレーションによる省エネ診断

開発した空調省エネ診断ツールでは、気象庁が提供する気象データ (SDP 気象データ) を用いて、長期間シミュレーションによる省エネ効果の診断ができる。シミュレーション期間の指定は、シミュレーション条件設定画面から行う。期間は 2 日間、10 日、20 日、30 日、60 日および、365 日を選択できる。診断開始の月日は任意に設定可能である。

快適性指標 PMV を用いた快適空調制御について、冷房期間 30 日間の長期シミュレーションにより省エネ診断した結果例を Fig.10 に、それに用いた SDP 気象データ (神戸の外気温度と外気湿度、1997 年 7 月) を Fig.9 に示す。Fig.10 の縦軸は冷水の冷房に用いた消費エネルギー量 (冷却コイル交換熱量) である。

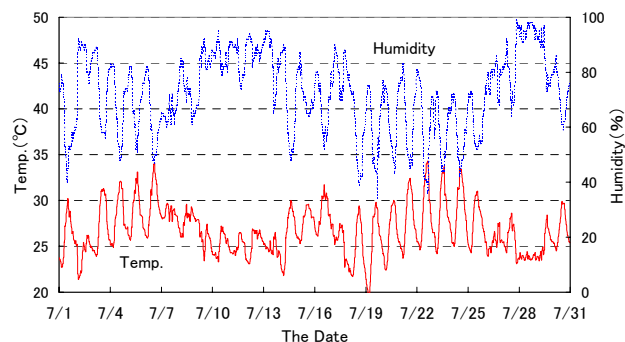


Fig.9 Weather data utilized for diagnosis

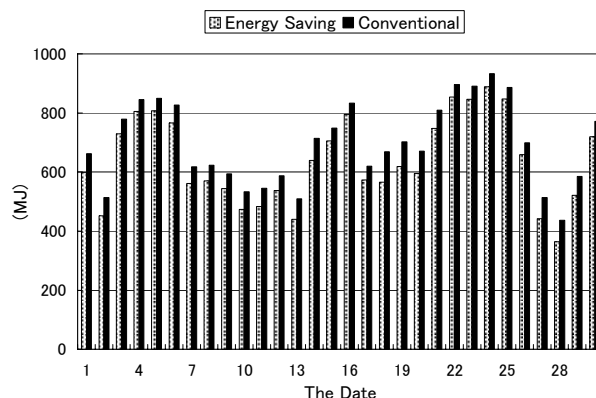


Fig.10 Example of energy-saving diagnosis result

従来制御は、室温設定値一定 (25) とした。この値は、(社)産業環境管理協会発行の「環境管理」Vol.33, No.2 (1997) に記載されている、オフィスビル環境の調査結果中の「オフ

ィビルにおける温度の平均値」を参考として決めた。対象とした部屋の容積は 700m³で窓は北向きである。省エネ効果は 8.2%であった。

次章の Fig.12 は実測データであるが、毎日の消費エネルギーは外気負荷条件に対応して増減しており、Fig.10 でも実際のプロセスが模擬されている。また開発した省エネ制御アルゴリズムは、どの気象条件においても従来制御より省エネになっていることがわかる。

5. 効果検証試験と本格稼働

まず、快適空調制御およびインバータによる風量制御をいくつかの建物で、建物の一部に導入し制御効果を検証¹⁾した結果の一部について述べる。

効果検証試験を行った中のAビルは、地下3階、地上39階の高層オフィスビルで空調方式は、単一ダクト可変風量方式(VAV方式)が採用されている。この方式は、空調機からダクトにより送風された空気の流れを、複数の可変風量装置(VAV; Variable Air Volume)によって調節し、個々の受持ちエリアを温度調節する方式である。空調負荷の偏りに応じて個々に風量を絞ることができ、良好な温度分布の確保と同時に送風動力の低減が行えるため、高層オフィスビルでよく用いられている。空調機・VAV廻りのシステム構成を Fig.11 に示す。天井スリット部分に温度センサを取り付け、この信号をもとにLOCにて各VAVの風量制御を行っている。

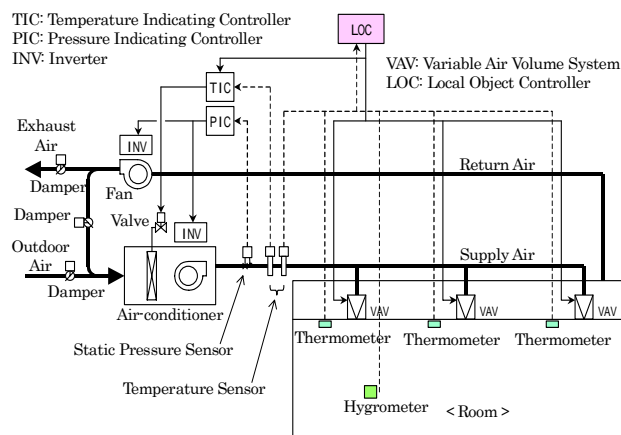


Fig.11 Single duct variable air volume system

同様な効果検証試験を行ったBビル(オフィスビル)およびCビル(デパート)の空調方式は定風量単一ダクト方式(Constant Volume Single Duct System)で、空調対象空間の熱負荷の変動に対し、送風温度を調節して対応し、常に一定風量を供給する方式である。

検証は冷房時期の期間、従来制御(室温設定値一定制御)と上記の省エネ制御を一週間交代で交互に実施した。その時の電力量と冷水消費熱量を計測し、電力量は熱量に換算(MJ換算)して、両者(従来と省エネ)の平均値を比較することによりエネルギー削減率を算出(Table1 参照)した。Fig.

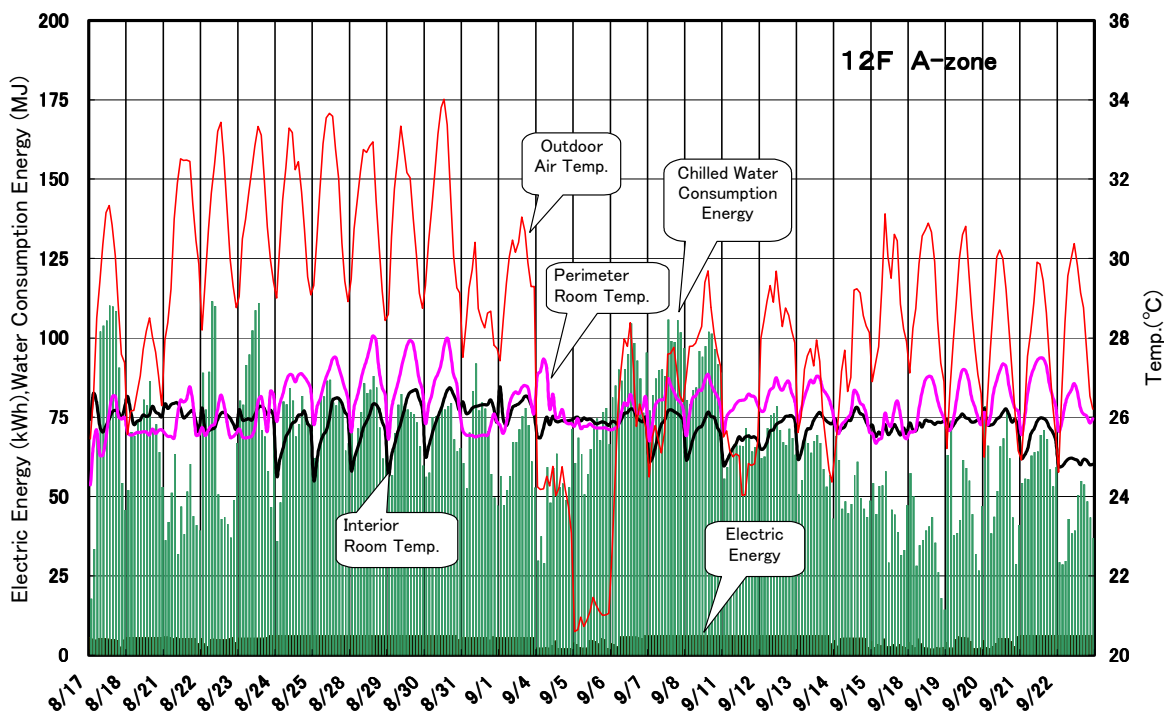


Fig.12 Trend graph of verification test results

Table 1 Verification test results of energy-saving effect

Name of Bldg.		A Bldg.	B Bldg.	C Bldg.
Outline of Bldg.	Use	Office	Office	Large Scale Department Store
	Stories	39 Floors Plus 3 Basement Levels	14 Floors Plus 2 Basement Levels	9 Floors Plus 2 Basement Levels
Air Conditioning System	Total Floor Area	About 165,000m ²	About 50,000m ²	About 44,000m ²
	System	Variable Air Volume System Zoning(Interior + Perimeter)	Single-duct System Zoning(Interior + Perimeter)	Single-duct System Zoning
Energy-saving Control Method		Comfort Air-Conditioning Control	Comfort Air-Conditioning Control +Inverter Control	Comfort Air-Conditioning Control +Inverter Control
Verification Area		26F ~ 31F (A,B,C,D Zone)	12F (A,B Zone)	6F (A,B Zone), 3F (C,D Zone)
Energy Cut Down Rate	Term	8/21 ~ 11/15 (Except Sat.,Sun.,Holiday)	8/17 ~ 11/1 (Except Sat.,Sun.,Holiday)	9/26 ~ 11/14
	Average for Days (HOAT* 25)	1 6.9 %	1 5.7 %	3 2.7 %
	Average for Days (15 HOAT* < 25)	4 5.2 %	1 7.4 %	5 2.6 %

* HOAT: Highest Open Air Temp. in a Day

1 2 に事務所ビル (Bビル) で行った検証試験結果のトレンドグラフの一部を示す . どのビルでも冷水熱量は冷水コイル出口温度計測値と入口温度計測値の差に冷水流量計測値を掛けて求めた . Fig. 1 2 の下線を引いた日付が (たとえば 8/17 ~ 8/23) 省エネ制御で , その他の日が従来制御である . 快適空調制御時は , インテリア温度が快適性を維持する範囲で高めに誘導され , 冷水熱量が減少している . また , インバータ制御により電力量も減少している .

Table 1 に効果検証試験結果の一部を示す . エネルギー削減率の欄に示すように最高外気温によって , 夏期 (上側) と中間期 (下側) に分類した . Bビルでは , 夏期 15.7% , 中間期で 17% 以上の省エネ効果が得られた . どのビルの結果でも空調低負荷である中間期の省エネ効果が大きかった .

検証試験実施により , 開発した快適空調制御がエネルギー削減に効果大きいことが確認できた . このことが評価され , 多くのビルに本格導入していただき現在稼働している . 東芝本社ビルでも平成 1 4 年度 4 月から本格稼働し , 1 年間のエネルギー消費量について集計したところ , 導入前 (平成 10 ~ 12 年度 ; H13 年度は全館試験導入のため除外した) の平均と比較して以下の省エネルギー効果が得られた .

冷水熱量 : 6,274GJ 削減

従量料金換算で 1,970 万円の削減

また , VAV システムのためインバータにより送風量が絞られ , 受電電力量について以下の効果が得られた .

受電電力量 : 1,728MWh 削減

従量料金換算で 1,700 万円の削減

なお , 平成 1 3 年の冷房時期 (快適空調制御 PMV 目標値は +0.3) にビル内執務者計 214 人に対して快適さに関するアンケート調査を実施した結果を , Fig. 1 3 に示す .

- ここで , : 寒め (不快)
- : やや寒め (気にならない程度)
- : ふつう
- : やや暑め (気にならない程度)
- : 暑い

である . 図からわかるように従来制御時とほぼ同一の結果が得られ , 在室者の快適性を犠牲にすることなく省エネルギーが実施できることが確認できた .

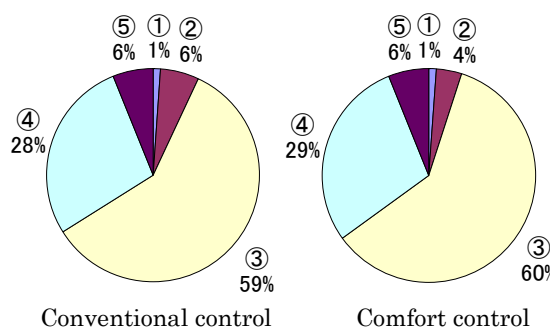


Fig.13 Questionnaire result

この本社ビルの導入事例は , 平成 1 5 年度・省エネルギー優秀事例大会 (財) 省エネルギーセンター) において , 最高位の経済産業大臣賞を受賞 ⁶⁾ した . 大きい省エネ効果を実現したこと , BEMS を活用した快適空調制御が国の省エネ推進施策にマッチしていることで高い評価を得たことが本受賞につながった .

6 . おわりに

CO₂ 排出量の大きな建築設備への環境保全や省エネルギーの責務は厳しいものがあり , またビルの省エネ化が省エネ法改正などの背景により今後ますます必要とされる中で , 開発した快適空調制御を大規模ビルに導入し , 快適性を維持しながら省エネルギーを図ることに成功した . 居室の快適性はビル運営にとって極めて大切な要素であり , 快適性を考慮して省エネルギーを図る本システムは , 居住性を重視するビルオーナーのニーズに合致したものである .

本文でも述べた , BEMS は IT を活用してビルの空調・熱源設備などの各種エネルギー消費機器を効率的に運用・制御

するためのシステムで、業務用ビルの省エネ対策の1つとして注目されている。NEDO(新エネルギー・産業技術総合開発機構)では普及のためBEMS導入支援事業を行っているが、補助金交付要件の1つにBEMSの導入によって、消費エネルギーを削減できることの一文がある。快適空調制御もBEMSの機能の1つである³⁾が、省エネ効果が実証済みの快適空調制御は多数のビルへの導入によりBEMSの普及に貢献している。

なお、快適空調制御は基本特許(第3049266号)、および実用化詳細特許(第3361017号)を権利化しており、後者の特許は平成16年度関東地方発明表彰の都知事賞を受賞した⁷⁾。

今後はさらに、コンビニエンスストアなどの小店舗向けの空調にも適用し、多方面の建築設備分野の省エネルギー対策に貢献していきたい。

参 考 文 献

- 1) 米沢, 山田, 和田, 花田, 西村: ビル快適空調制御システムの省エネルギー効果検証, 第40回計測自動制御学会学術講演会, 303-C1, (2001)
- 2) 山田, 米沢, 花田: ビル省エネルギーに貢献する快適空調制御, 東芝レビュー, 59-4, 40/43(2004)
- 3) 東芝のビル省エネルギーソリューション
http://www3.toshiba.co.jp/sic/bldg/index_j.htm
- 4) 米沢, 山田, 菅原, 和田, 西村: ビル省エネ空調制御アルゴリズムの開発, H10年電気学会全国大会, No.959, 4-418/419 (1998)
- 5) 米沢, 山田, 菅原, 西村: ビル空調制御ミュータの開発, H8年電気学会全国大会, No.975, 4-408/409 (1996)
- 6) (財)省エネルギーセンター: 平成15年度省エネルギー優秀事例全国大会
<http://www.ecci.or.jp/succase/03/b/index.html>
- 7) 社団法人発明協会: 平成16年度関東地方発明表彰
http://www.jiii.or.jp/tihatsu_16happyou/H16_chihatsu_kanto.htm
- 8) 空気調和・衛生工学会 編: 空気調和・衛生工学便覧, 第 巻, 第1編, 第3章, (株)オーム社(1987)
- 9) 空調システム標準シミュレーションプログラム, HASP/ACSS/8502プログラム解説書, 建築設備技術者協会, (1986)

[著 者 紹 介]

米沢 憲造 (正会員)



1975年大阪大学大学院工学研究科応用物理専攻修士課程修了。同年(株)東芝に入社。現在電力・社会システム技術開発センター・エネルギーソリューション開発部勤務。主としてビルの監視制御および省エネルギーの研究開発に従事。電気学会会員。

和田 祐功



1977年東京工業大学制御工学科卒業。同年(株)東芝に入社。現在、社会インフラシステムソリューション部勤務。主にビル監視制御システムの開発に従事。

花田 雄一



1991年東京理科大学工学部電気工学科卒業。同年(株)東芝に入社。現在ビルシステム技術部勤務。主としてビル省エネルギーソリューション業務に従事。電気設備学会, 空気調和・衛生工学会各会員。技術士(電気・電子部門)。

西村 信孝



1983年慶應義塾大学大学院管理工学研究修士課程修了。同年(株)東芝に入社。現在ビルシステム技術部勤務。主としてビル施設の監視制御設備, 空調自動制御設備のシステムエンジニアリングに従事。電気設備学会会員。技術士(電気・電子部門)。