

# ビルにおける計測と制御

Monitoring and Control of Building Automation System

池田 耕一

■ IKEDA Koichi

ビルの監視制御システムは、省エネルギー（以下、省エネと略記）制御とエネルギー管理を含むビル・エネルギー管理システム（BEMS<sup>TM</sup>（注1））にその形態を変えつつある。BEMS<sup>TM</sup>はビル内の諸設備や空間環境を計測し、適確な制御を実行し、報告・解析のためのデータ保存と作表機能を持っている。東芝は、キーコンポーネントとなるマイクロサーバを開発しBEMS<sup>TM</sup>を構築するとともに、無線コントローラ、無線温度センサ、省エネ制御の一つである快適空調制御機能を開発・製品化した。無線コントローラと無線温度センサでは特定省電力無線を採用し、居室内の空調設定と温度計測のワイヤレス化を実現した。快適空調制御では独自のPMV（Predicted Mean Vote：予測平均申告）演算を採用し、快適性を維持した省エネ効果を実践している。

The architecture of building automation and control systems is evolving into the Building Energy Management System (BEMS<sup>TM</sup>), including energy-saving control and energy management. BEMS<sup>TM</sup> measures the status of the building facilities and space environment, performs accurate control, and stores data for reporting and analysis.

Toshiba's latest system features a newly developed micro-server that functions as a key component of BEMS<sup>TM</sup>, as well as comfortable air-conditioning control incorporating a radio controller, sensors, and energy-saving control. By means of the radio controller and sensors, a specific power-saving radio system is created and an air-conditioning setup is realized that provides wireless temperature measurement of rooms. Original predicted mean vote (PMV) operation has been adopted for the system, offering comfortable air-conditioning control with an energy-saving effect.

## 1 まえがき

ビル施設は、1960年代以前はシステムの監視制御の形態をとっておらず、電気や空調といった各設備ごとに現場盤で個々に運転操作する形態がとられていた。それが、新宿に高層ビルの建設が始まったところから、当時世に出たばかりのミニコンピュータを使った集中監視や集中制御のシステムが導入され、その後のマイクロコンピュータの登場で、一気にコンピュータを使ったデジタル処理による監視制御システムが確立し現在に至っている。

ビル監視制御システムの要素は、ほかの産業用監視制御システムと同様に、各種信号の検出・計測、それらの信号のモニタリング表示、各種の自動制御、及び収集データの保存管理、データ解析機能を備えている。

ビルの運用管理面では近年、NEDO技術開発機構（独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構）による補助金助成の効用もあり、省エネ制御とエネルギー管理機能が高いニーズとしてクローズアップされてきており、ビルに導入されるシステムも単なる監視制御からエネルギー管理を

含むビル・エネルギー管理システム（BEMS<sup>TM</sup>）にその形態を変えつつある。

ここでは、東芝のBEMS<sup>TM</sup>の概要を紹介し、その中での特徴的な計測・制御技術として開発した、マイクロサーバ、無線コントローラ、無線温度センサ、及び快適空調制御技術について述べる。

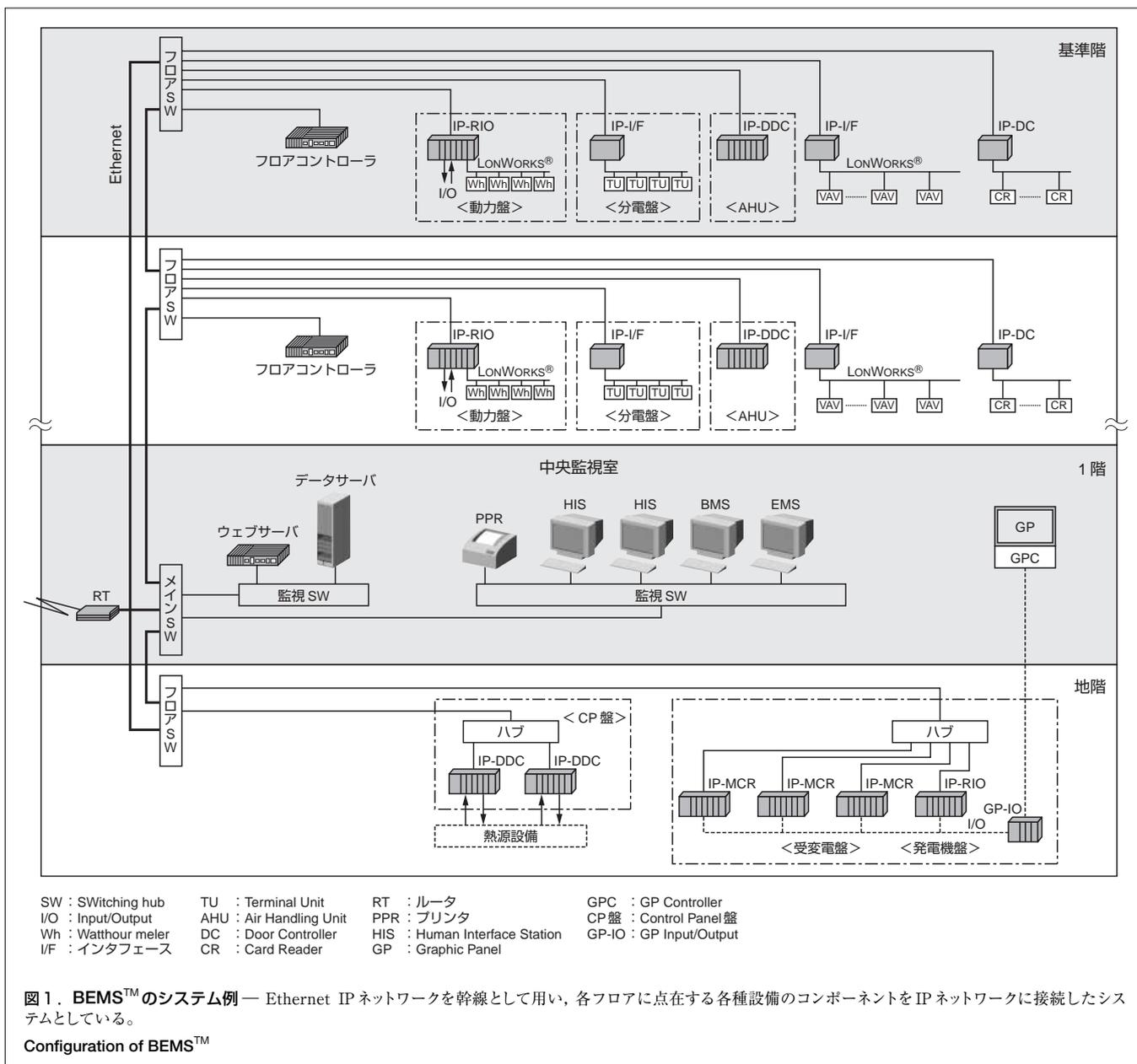
## 2 BEMS<sup>TM</sup>の概要

BEMS<sup>TM</sup>は、ビル施設における運用管理をつかさどるシステムで、ビル内に設置される電気設備、照明設備、動力設備、空調熱源の諸設備と、ビル施設の本質である室内空間環境をその対象としている。

その役割は、対象設備や空間環境の状態を正確に把握し、かつ適確に運転するため、各種の設備データや環境データを検出・計測し、そのデータをわかりやすい形でオペレーターに提供し、オペレーターによる操作を可能とするとともに、適確な自動制御と省エネ制御の機能を提供するシステムである。また、エネルギー管理を含む報告・解析のためのデータの保存や各種帳票作成の機能を備えている。

更にBEMS<sup>TM</sup>は、ビル設備の運営管理、設備機器管理、

（注1） BEMSは、（財）省エネルギーセンターの商標。



エネルギー管理など各種の管理サービス機能を取り込み、ビル設備を統合管理する“ビル管理システム”として複合的なシステム形態となっている。

BEMS™の実態は、ビルオートメーションシステム(BAS)を中心としてビル管理システム(BMS)、エネルギー管理システム(EMS)などが含まれ、各システムが有機的にネットワークで結ばれ構成されている。

当社のBEMS™では、図1に示すようにEthernet IP(Internet Protocol)ネットワークをビルの幹線として用い、各フロアに点在する各種設備をIPネットワークに接続するシステムとしている。当社は、入出力端末(RIO)、空調設備用コントローラ(DDC)、受変電設備用マルチリレー(MCR)といった各種の設備用端末やコントローラをIPネットワークに

容易に接続できるよう、共通コンポーネントとしてマイクロサーバを開発した。

更に、設置のフレキシビリティが求められている居室内の設定器やセンサは、配線工事レスを目指した無線ネットワークを採用した製品を開発した。

また制御面では、省エネ運用を目指し、各フロアの核となるフロアコントローラにて省エネ制御の代表的技術であるPMV(Predicted Mean Vote: 予測平均申告)制御による快適空調制御を実施している。

### 3 マイクロサーバ

各設備用入出力端末やコントローラをIPネットワークに接続

## 4 無線温度センサ，無線コントローラ

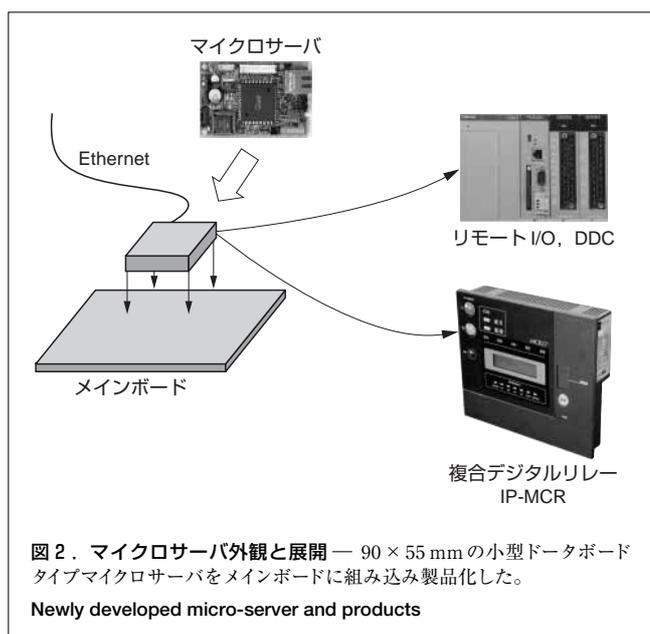
するためには、各ユニットがIPインタフェースを持つだけでなく共通の通信プロトコルを実装する必要がある。ビルにおける通信プロトコルは、ISO（国際標準化機構）規格にもなっているBACnet/IPを適用しているが、BACnetプロトコルの開発は膨大なコストと時間が掛かり、個々のユニットごとに異なるプラットフォームで開発するのは非常に非効率である。そのため、BACnetアプリケーションを含めたサーバ機能を共通部品化したマイクロサーバを開発した。このマイクロサーバを適用することにより、短期間で低コストにBACnet/IPネットワークに接続できる各種設備機器のユニットを製品化することが可能になった。

マイクロサーバは、**図2**に示すように小型のドータボードの形状をしており、これを各種ユニット製品のメインボードに実装することでBACnetサーバ化を容易にしている。

マイクロサーバの特長は次のとおりである。

- (1) ウェブサーバ，データオブジェクトを共通部品化  
超小型ボードにウェブサーバ，BACnetを実装し，データオブジェクトからアプリケーションを含めて共通部品化を実現
- (2) ユビキタスコンピューティングを容易に実現  
マイクロサーバを部品として各種製品に組み込むことにより，サーバ対応が可能となり，機器レベルのユビキタスコンピューティングを容易に実現
- (3) ウェブサーバアプリケーションを標準装備  
サーバが持っている各種データの表示や設定はもとより，サーバ自身のシステム構築からパラメータ設定まで，すべてのユーザー操作はウェブブラウザにて可能

現在、このマイクロサーバを適用してIP-MCR，IP-RIOを開発中であり、順次設備機器端末に展開予定である。



ビルの空調においては、VAV (Variable Air Volume) やFCU (Fan Coil Unit) と呼ばれる小型の空調機により、細分化された空間単位の空調が行われている。それらの空調方式では対象空間の温度を計測し、設定された温度となるようにコントローラにより制御するが、その温度計測のためのセンサや、利用者による運転操作や各種設定を可能にする設定器が設置される。このため、コントローラとセンサ間、コントローラと設定器間は壁内を貫通する面倒な配線工事が発生する。当社は、この配線工事レス化と、レイアウト変更など移設工事での大幅なコストと工期の削減を実現するため、設定器やセンサとコントローラ間を無線化したVAV・FCUコントローラ、及び無線温度センサを開発した(**図3**)。

特に無線温度センサでは、居住者と同じ空間の温度を計測することが可能となり、温度計測と温度制御の精度向上が期待できる。

今回開発した無線温度センサと無線コントローラの特長は次のとおりである。

- (1) 無線方式に特定小電力無線を採用  
センサ免許が不要な無線方式の中で、センサや設定器で扱うデータサイズと到達距離が最適な400 MHz帯の特定小電力



無線方式を採用し、最大100mの到達距離を実現

- (2) 駆動電源に乾電池を採用 電源は、入手のしやすさやメンテナンス性の高さを考慮し、単3乾電池を採用し、約2年間の寿命を達成
- (3) 省電力制御 無線出力を5~10mW間で自動可変させて無線出力を最小とし、更に、コントローラへ送る温度情報の通信を最適化することで省電力化を実現  
また現在、無線湿度センサを開発中である。

## 5 快適空調制御

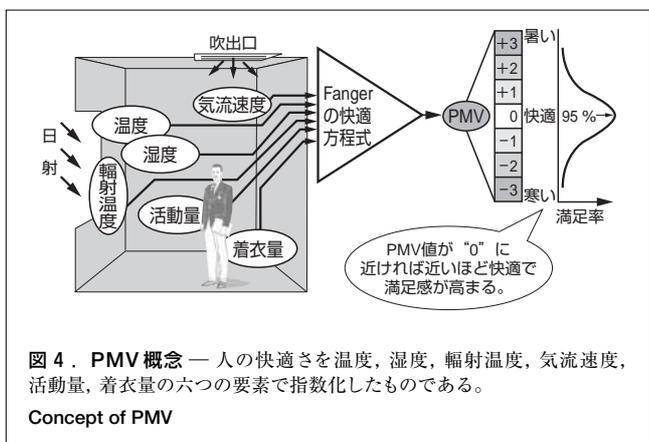
快適空調制御は、設定温度(ある一定値)に対し追従を図る従来の制御方式とは異なり、居住者の快適/不快を左右する六つの要素(温度、湿度、平均輻射(ふくしゃ)温度、気流速度、着衣量、活動量)を総合的にとらえた“快適度(PMV値)”により、室内が設定された快適度を維持するように室温設定値を自動算出・変動させる制御である。空調機の消費エネルギーを、快適さを維持できる範囲で最小限に抑えることを目的として開発した。

PMVとは、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、平均輻射温度、気流速度、着衣量、活動量の六つの要素で指数化したものである。

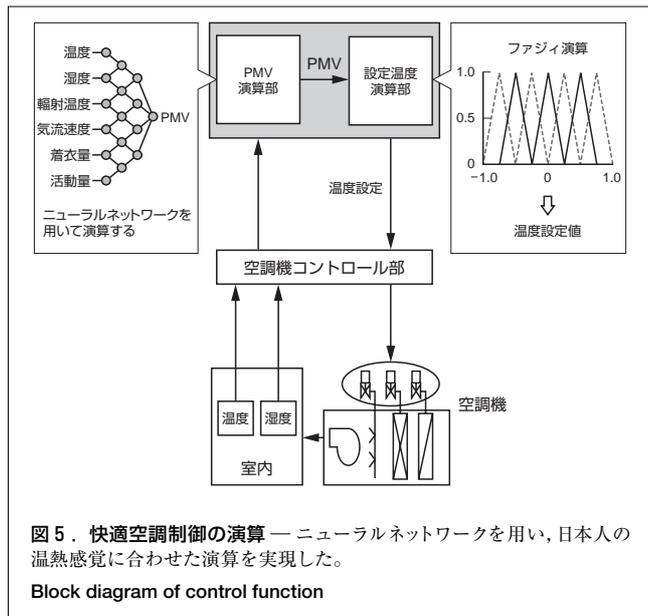
PMVの概念を図4に、快適空調制御の演算構成を図5に示す。

PMVによる制御は従来から行われてきたが、当社の特長はPMV演算にニューラルネットワークを用い、日本人の温熱感覚に合わせた演算を実現するとともに、最適温度設定をファジィ演算により求め、安定な制御を実現している点である。

更に、従来の制御では高価なセンサが必要であった輻射温度を、BEMS™で計測しているポイント情報を活用して、



(注2) LONWORKSは、Echelon Corporationの商標。



部屋の方位、窓面積、壁材質、隣室との位置関係などの建物パラメータと、コンピュータの内部時計から演算した太陽方位角、及び外気温度、室内温度、隣室温度から演算で求める方式を取り、専用センサの設置を不要とした。

この快適空調制御は現在各種のビルに導入され、空調エネルギーの5~20%の削減効果を上げている。

## 6 あとがき

ビルの計測制御技術としてBEMS™及び無線技術、快適空調制御技術について述べてきた。ビルの監視・制御システム分野では、計測制御技術だけではなく、BACnetやLONWORKS®(注2)といったネットワークのオープン化技術が浸透し、他の分野と比べ、ネットワークのオープン化がもっとも進んだ分野と言える。更に、ユビキタスコンピューティングの概念をビルにも適用したユビキタスBASに向け発展していくものと考えられる。今回紹介した無線システムなどは、ユビキタスシステムを実現する要素になりうるものである。

### 文献

- (1) 花田雄一. BEMSを使った業務用ビルの空調省エネルギー「快適空調制御」. (財)省エネルギーセンター. 15年度省エネ優秀事例全国大会, p.125-132.



池田 耕一 IKEDA Koichi

電力・社会システム社 社会システム事業部 ビルシステム技術部主務。ビル管理システムの技術業務、開発企画に従事。電気設備学会会員。

Infrastructure Systems Div.