

## 中・小規模施設向けビルエネルギー管理システム (BEMS) の開発

半田隆志\*<sup>1</sup> 石田 聡\*<sup>1</sup> 岩崎正太\*<sup>2</sup> 小俣精一\*\*

### Development of Building Energy Management System for Medium-scale or Small-scale Facilities

HANDA Takashi\*<sup>1</sup>, ISHIDA Satoshi\*<sup>1</sup>, IWAZAKI Shota\*<sup>2</sup>,  
OMATA Seiichi\*\*

抄録

中・小規模のビル等施設における省エネルギーを通じたCO<sub>2</sub>排出量削減のため、安価なビルエネルギー管理システムの開発を目的とした。そのため既存要素技術の応用可能性に関する調査研究を実施し、その結果をふまえて「見える化システム」及び「制御システム」の概要を設計した。またベイズ統計学を応用した制御プログラムのフレームワークを開発し、制御システムに組み込むこととした。そしてこれらを当センター北部研究所物理実験室に実際に導入し、一部機能の現地テスト試験運用を実施した。その結果、来年度以降の現地テスト本格運用への見通しが立つとともに、課題も明らかになった。

キーワード：BEMS，見える化，制御

#### 1 はじめに

地球温暖化防止の観点からCO<sub>2</sub>排出量の削減が必要であると言われている。そして「産業部門」では様々な省エネルギー対策技術の導入など取組が進んでいる<sup>1)</sup>。一方「民生部門」ではCO<sub>2</sub>排出量の伸びが著しく、特に「民生（業務）部門」においては、2005年のCO<sub>2</sub>排出量が1990年比で約45%増加してしまっている<sup>2)</sup>。そのため「民生（業務）部門」の取り組み強化が求められている<sup>3)</sup>。なお「民生（業務）部門」とは、「オフィス、店舗、学校、病院等」を指す。

民生（業務）部門での省エネルギー対策は「省エネ機器やシステムの導入」のみでは限界があるため、「運用段階における省エネルギー」が重要

である<sup>4)</sup>が、これにより、例えば90年代竣工の大規模ビルで約9.3%、60年代竣工の中規模ビルで約10.1%のエネルギー使用量の削減が可能であると言われている<sup>5)</sup>。

「運用段階における省エネルギー」のためのシステムは、ビルエネルギー管理システム（Building Energy Management System。以下「BEMS」とする。）と呼ばれ、大規模ビル（高層ビル等）では既に導入が進んでいる。しかし中・小規模のビル等施設では、主に採算性の観点からほとんど導入が進んでいない。そのため、中・小規模のビル等施設でも導入可能な、安価なBEMSを開発することが本研究の目的である。そこで、まず「既存要素技術の応用可能性に関する調査研究」を実施した。次に、その結果をふまえてシステムの概要を設計した。特に機器や設備のエネルギー使用量を「見える化」する「見える化システム」と、センサ等からの入力に応じて自動

\*<sup>1</sup> 試験研究室 戦略プロジェクト推進担当

\*<sup>2</sup> 北部研究所 技術支援交流室

\*\* エスコウインズ (株)

的に機器の運転を制御する「制御システム」に分けてシステムを設計し、その後両者をアセンブリした。またベイズ統計学を応用した制御プログラムのフレームワークを開発し、制御システムに組み込むこととした。そしてこれらを当センター北部研究所物理実験室に実際に導入し、一部機能の実地テスト試験運用を実施した。

## 2 方法

### 2.1 既存要素技術の応用可能性調査研究

#### 2.1.1 LED 照明

「LED 照明は白熱灯や蛍光灯に比べて長寿命であり、小電力でも点灯可能なことから、省エネルギー性や環境への配慮という点で優れている」との宣伝を耳にすることは多い。そこで以下により LED 照明の本研究への応用可能性調査研究を実施した。まず市販の LED 照明を当センター本所福祉工学研究室へ導入するための工事を実施し、導入後、照度と調光度合の関係を計測した。計測は距離 2m 及び 2.9m から実施し、晴天の日を選んで 3 回ずつ実施した。また当センター職員を対象に意見及び感想の聞き取り調査を実施した。聞き取り調査は対面で実施し、口頭による自由発言方式とした。

#### 2.1.2 電力線通信

電力線通信とは、電力線を通信回線として利用する技術のことであり、新たにケーブルなどを敷設することなく手軽に構内通信網を構築できるという利点がある<sup>9)</sup>。一方で分電盤を越えての通信が困難である等の欠点があると言われている。そこで以下により電力線通信の本研究への応用可能性調査研究を実施した。まず市販の電力線通信用アダプターを購入し、当センター本所における任意の 2 部屋間での通信可否調査を実施した。通信の可否はアダプターのインジケータにより判断した。

#### 2.1.3 センサ

本研究において取得すべきデータ及びデータを得るためのセンサについて調査研究を実施した。特にコストのみならず、入手容易性及びセンサシ

ステムの構築容易性等を判断材料とした。

#### 2.1.4 温度センサ及び湿度センサの必要個数

温度センサ及び湿度センサの必要個数を決定するため、一部屋内における温度及び湿度のばらつき（おおまかな分布）を計測した。計測は当センター本所福祉工学研究室（広さ 70m<sup>2</sup>程度）にて 8 月に実施し、計測ポイントは図 1 のとおりとした。なお空調（吹出口数は 3）は常時使用とした。

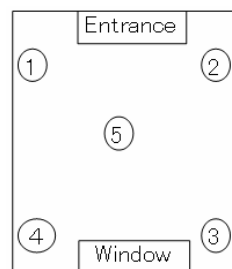


図 1 温度及び湿度の計測ポイント

#### 2.1.5 システム概要設計及びプログラミング

上記の結果を基に「見える化システム」及び「制御システム」の概要を設計した。また運用のためのプログラムを開発した。

### 2.2 ベイズ統計学を応用した制御プログラムのフレームワーク

ベイズ統計学とはトーマス・ベイズを始祖として 200 年ほど前に生まれたものである。この 200 年間忘れられてきたが、前世紀中ごろ復興された。「結果から原因を考える『逆確率』」としてかたちにされたが、これは人間の思考として順当でありベイズ統計学が統計学の本来の姿である<sup>7)</sup>と言われることもある。現在では、例えばスパムメールの自動検出等に应用されている。

このベイズ統計学を応用して、過去及び直前のデータから別のデータの将来予測値（事後確率）を算出するプログラムを作成した。ここではそのフレームワークとして、「天気」から「使用エネルギー量」の将来予測値を算出することとした。そして算出された使用エネルギー量の将来予測値がある一定値を越える場合は、一部の機器等設備を止めるよう促すこととした。

### 2.3 実地テスト

上記で設計したシステムを、当センター北部研

研究所物理実験室に導入するためにアレンジした後、導入工事を実施した。そして一部機能の実地テスト試験運用を実施した。

### 3 結果及び考察

#### 3.1 既存要素技術の応用可能性調査研究の結果及び考察

##### 3.1.1 LED 照明

導入した LED 照明の、調光度合と照度の関係を図 2 に示す。

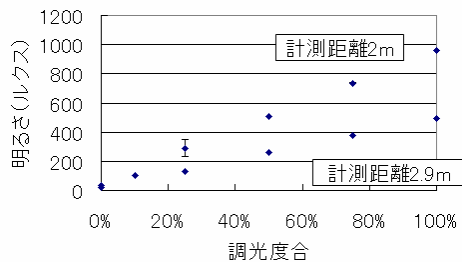


図 2 LED 照明の調光度合と照度の関係

図 2 より、LED 照明は特に計測距離 2m において十分な明るさを有することがわかった。なお 2m という距離は、おおよそ天井と机上の距離に相当する。(既存照明は約 800 ルクス。)

聞き取り調査の結果、「くっきり見える感じがする」との肯定的な意見もあったが、「暗い感じがする、事務室には適さない感じがする」との否定的な意見もあった。照度計により十分な明るさが計測されたにも関わらず「暗い感じがする」等の否定的な意見があった理由についての原因は究明できていないが、LED 照明の指向性が原因である可能性が考えられる。

LED照明については、その将来性に大きな期待が寄せられている一方で、「直管蛍光灯形 LEDについて、現段階では性能面、安全面とも“蛍光灯の代替品としては未成熟である”」との調査結果も報告されている<sup>8), 9)</sup>。以上から総合的に判断した結果、本研究においてLED照明の導入は見合わせることにした。

##### 3.1.2 電力線通信

調査したいずれの部屋においても、同一部屋内の任意の電源コンセント間で通信が可能であつ

た。一方、異なる部屋間では、通信可能なケースと不可能なケースがあった。なお通信の可否と、部屋間の物理的な距離に相関は認められなかった。そこで当センターの電力系統図面を参照し本結果を考察したところ、電力の系統が異なる部屋間での通信が不可能となっていることがわかった。以上から本研究において電力線通信の導入は見合わせることにした。なお電力系統を超えた通信が可能となるシステムも市販されていることがわかったが、コスト面等で課題があった。

##### 3.1.3 センサ

取得すべきデータ及びそれを得るためのセンサを、表 1 のとおり決定した。

表 1 センサの調査・研究の結果

取得データ	センサ	制御対象
使用電力量	オムロン社製KM100	空調、照明等
部屋内温度	オムロン社製ES2-THE	空調
部屋内湿度	同上	空調
部屋内照度	パナソニック電工社製NaPiCa	照明
人の有無	パナソニック電工社製NaPiOn	空調、照明

##### 3.1.4 温度センサ及び湿度センサの必要個数

計測ポイント毎の温度の時間変化を図 3 に示す。また湿度の時間変化を図 4 に示す。

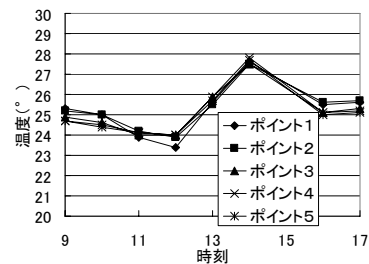


図 3 計測ポイント毎の温度変化

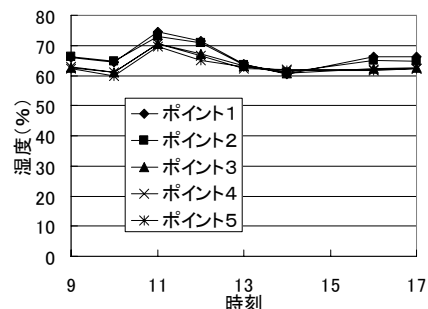


図 4 計測ポイント毎の湿度変化

温度の計測ポイントによる違いは概ね 5%以下であり、湿度の違いは概ね 10%以下であったため、温度センサ及び湿度センサは一部屋に1つで十分であると判断した。

### 3.1.5 システム概要設計及びプログラミング

設計したシステムの概要を図5に示す。なお LCU はオムロン社製「CP1H-X40DR-A」を使用することとした。また運用のためのプログラム（一部）をオムロン社製プログラム開発ツール「CXONE-AL01C-JV2」及びJTエンジニアリング社製プログラム開発ツール「Joy Watcher Suite BA」により開発した。

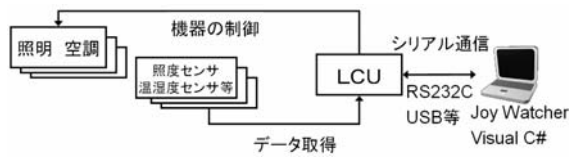


図5 システムの概要

### 3.2 ベイズ統計学を応用した制御プログラムのフレームワークの結果及び考察

開発したプログラムのインターフェース画面を図6に示す。現時点では入力するデータは「天気」のみであることから、その予測精度は期待すべくも無い。ただしフレームワークが完成したことから、さらに入力データ数を増やしていくことは技術的には容易である。今後は各データの予測精度への感度を調査した上で入力データを順次追加し、予測精度の向上を図る。

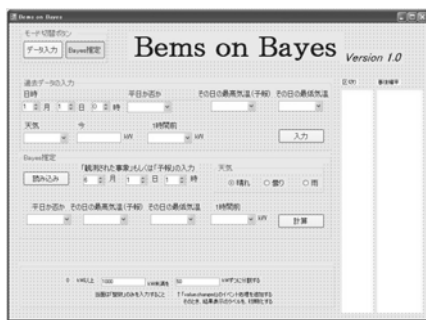


図6 インターフェース画面

### 3.3 実地テストの結果及び考察

当センター北部研究所物理実験室に導入するた

めにアレンジした「見える化システム」を図7に示す。また「制御システム」を図8に示す。合わせて「制御システム」のうちリレーによる ON/OFF 制御部分を図9に示す。

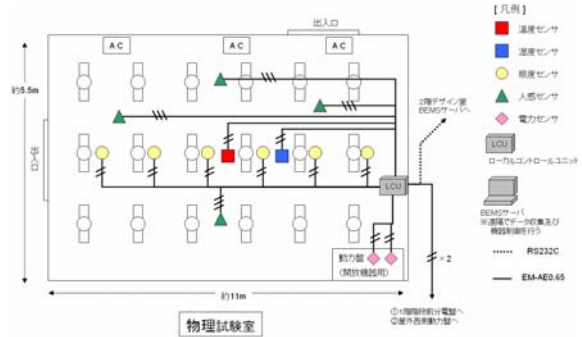


図7 見える化システム

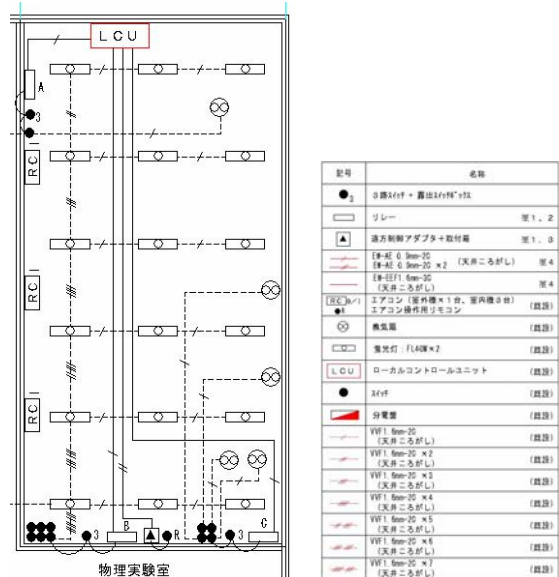


図8 制御システム

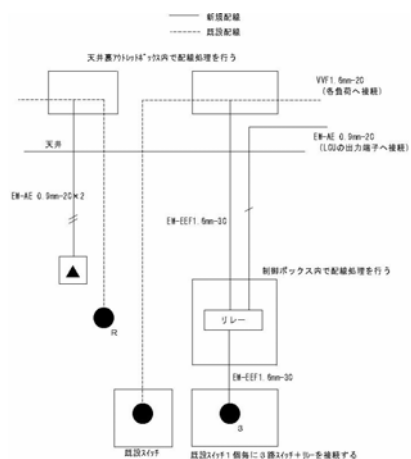


図9 ON/OFF 制御部分

導入工事を実施した後、一部機能の現地テスト試験運用を実施したところ、正常動作が確認された。これにより来年度以降の現地テスト本格運用への見通しが立った。

#### 4 まとめ

中・小規模のビル等施設における省エネルギーを通じた CO2 排出量削減のため、安価なビルエネルギー管理システムの開発を目的とした。そのため既存要素技術の応用可能性に関する調査研究を実施し、その結果をふまえて「見える化システム」及び「制御システム」の概要を設計した。またベイズ統計学を応用した制御プログラムのフレームワークを開発し、制御システムに組み込むこととした。そしてこれらを当センター北部研究所物理実験室に実際に導入し、一部機能の現地テスト試験運用を実施した。その結果、来年度以降の現地テスト本格運用への見通しが立ったが、一方で工事実施のために多大な時間を費やさざるを得なかったことは今後に向けての大きな課題となった。

#### 参考文献

- 1) 環境省編：平成 19 年度版環境循環型社会白書，ぎょうせい，(2007)
- 2) 独立行政法人国立環境研究所：温室効果ガス排出量・吸収量データベース，(2009)
- 3) 国土交通省：オフィスビルの地球温暖化防止対策検討会中間とりまとめ，(2007)1
- 4) 平成 18 年経済産業省・国土交通省告示第 5 号：建築物に係るエネルギーの使用の合理化に関する建築主等及び特定建築物の所有者の判断の基準，(2006)
- 5) 社団法人日本ビルディング協会連合会：ビルエネルギー運用管理ガイドライン，(2008)
- 6) I T 用語辞典 e-Words，<http://e-words.jp/>，2010.3.1
- 7) 松原望：入門ベイズ統計，東京図書株式会社，(2009)21
- 8) MA Myer, ML Paget and RD Lingard :

- Performance of T12 and T8 Fluorescent Lamp and Troffers and LED Linear Replacement Lamps, DOE CALiPER Bechmark report, (2009)
- 9) 社団法人日本電球工業会：LED 照明製品の評価 ～直管蛍光灯形 LED の調査結果概要～，(2009)