

エネルギー消費を最小化するための 管理システムの開発

～BAシステムにおける自動制御の管理手法の改善～

Minimizing Energy Consumption by Improving the Automatic Control Management Approach to Building Automation Systems

アズビル株式会社
ビルシステムカンパニー

本多 隆志
Takashi Honda

アズビル株式会社
ビルシステムカンパニー

西羅 大貴
Daiki Nishira

キーワード

省エネルギー, 制御結果の可視化, ビルディングオートメーションシステム, savic-net FX2

従来, ビルディングオートメーションシステム(以下BAシステム)のユーザインターフェースは, 現在状態監視, 自動制御設定, 履歴管理の機能が独立して存在し, 機能の連携はユーザーに委ねられていた。また, 自動制御結果は可視化されていないことが多い。今回, 自動制御に関連した履歴情報を俯瞰する機能(制御結果の可視化), ビル居住者に向けた省エネルギー活動を啓発するための表示機能をBAシステムに実装し, BAシステム単独での省エネルギーのための活動(自動制御設定→制御結果の可視化→改善検討→自動制御設定という省エネルギー対策のサイクルを回すこと)を促進していくことが可能となるシステムを開発したので報告する。

Conventionally, the user interface of building automation systems (hereafter BA systems) has included state monitoring, setting of automatic control, and history management functions separately, with the coordination of these functions left up to the user. Moreover, the results of automatic control often have not been easy to distinguish. We have recently developed a system which makes it possible to promote the energy efficiency of a BA system (through the cycle of setting automatic control → visualization of control results → planning for improvement → setting of automatic control for greater energy efficiency) by adding a function that gives a bird's-eye view of history data related to automatic control (visualization of control results), and a display function for raising the awareness of building tenants regarding potential energy-saving measures.

1. はじめに

東京都の条例で定められている「トップレベル事業所」の対応や電力需給抑制の対応など, エネルギー消費の目標値を定め, 目標を達成するための機能がBAシステムに必要とされている。従来は, BAシステムに追加設置されるビルディングマネジメントシステム(以下BMS)でエネルギー管理機能を提供することが多かったが, BMSの設置は大規模建物が多い。BMSを追加設置せず, 安価で簡易なエネルギー管理が行え, 省エネルギーのための活動ができるBA

システムが要求されている。

他方, テナントビルなどで消費するエネルギーを削減するには, 設備更新以外の方法として, 空調機などの機器を停止する, もしくは, 共用部の冷房温度を高く設定/暖房温度を低く設定するなどの対策に限られ, 建物管理者側で対応するには限界がある。建物の大半を占める居住者が使用するエネルギー消費を抑えることが必須となるため, 居住者側に省エネルギーのための活動に協力してもらうことが不可欠である。したがって, 居住者側に省エネルギーのための活動を啓発するための表示機能をもったBAシステムが要求されている。

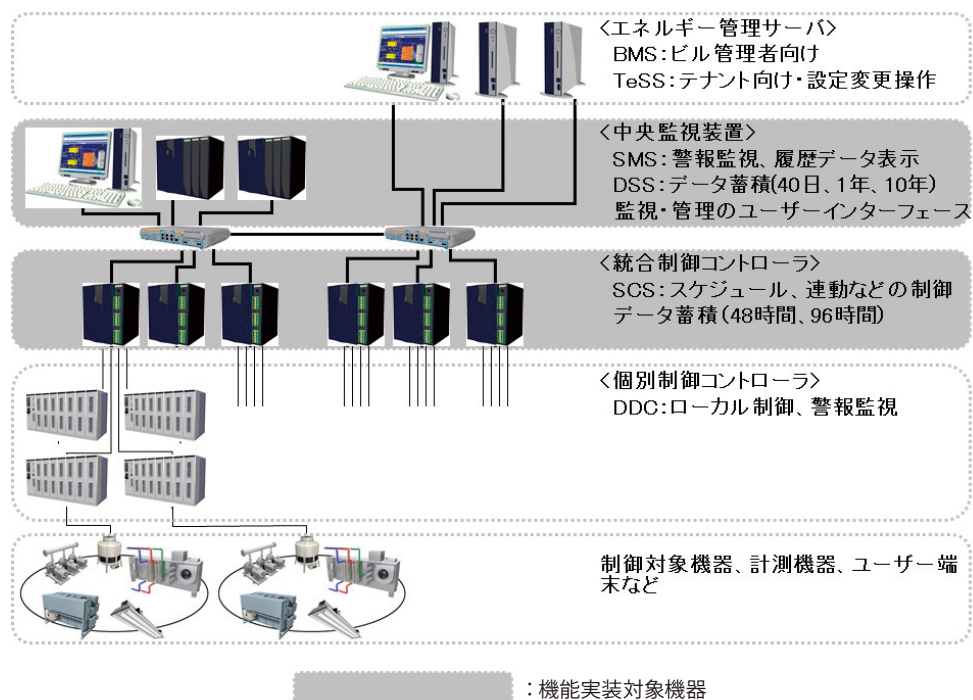


図1 システム構成

2. システム構成

savic-net™ FX2のシステム構成を図1に示す。中央監視装置のシステム・マネージメント・サーバ（以下SMS）、データ・ストレージ・サーバ（以下DSS）と統合制御コントローラのシステム・コア・サーバ（以下SCS）に、本開発機能をオプション機能として追加している。

表示機能はSMS、管理機能はDSS、制御機能はSCSで実装している。例外として、スケジュールによる設定値の制御機能のみ、コントローラの区別なく設定可能なようにするため、SMSで実装している。

3. 開発機能概要

以下の3つの観点に沿って機能を開発した。

- ・ エネルギー消費抑制機能の強化
- ・ 履歴（実績）の表示機能の強化
- ・ 省エネルギーへの取り組み支援機能

「エネルギー消費抑制機能の強化」では、従来の制御機能に不足している温度設定値の制御機能を追加し、省エネルギーを実現する。

「履歴（実績）の表示機能の強化」では、履歴情報を俯瞰する機能により制御結果を可視化し、制御機能が正しく動作しているかどうかを確認し、制御機能の設定見直しにつなげる。

「省エネルギーへの取り組み支援機能」では、建物管理者側だけでは省エネルギーのための活動が難しいため、居住者も巻き込んだ省エネルギーのための活動へとつなげる。以降、開発した機能の詳細について説明する。

4. エネルギー消費抑制機能の強化

＜従来＞

空調制御においてエネルギー消費抑制のためには、

- ① 空調機そのものの最適制御
- ② 運転時間を短縮
- ③ 冷房温度を高く設定／暖房温度を低く設定

が必要となる。①の空調機そのものの最適制御は、個別制御コントローラが実現している。②の運転時間の短縮は、最適起動停止制御や節電運転制御などを統合制御コントローラが実現している。③の冷房温度を高く設定／暖房温度を低く設定するのは、居住者の手動操作に委ねられているケースが多い。その場合、居住者の快適性を求める設定温度と、建物管理者の省エネルギー実現のための設定温度とは乖離が出てくる。しかし、温度設定値の緩和は多くの居室で可能なはずである。

＜今回＞

従来の「③冷房温度を高く設定／暖房温度を低く設定」するための機能を強化した。今回追加した温度設定値を変更する制御機能は以下である。

- ・ スケジュール設定値制御
- ・ コンディショナル設定値制御
- ・ 連動設定値制御

従来、居住者に委ねていた設定値の緩和を制御できるようになる。

4.1 スケジュール設定値制御

期間、曜日、時間ごとに設定値の自動変更ができる。季節によって設定温度を変更したり、毎日決められた時刻に

室内温度設定をあらかじめ定義した値に戻すことができる。

本機能は2設定方式(冷房時設定温度と暖房時設定温度を別に管理する方式)にも対応する。また、本機能が設定値を変更しようとする時、現在の設定値よりも増エネルギーとなる設定値の場合には設定値の変更を行わない時間帯(増エネ抑制)が設定できる。

その他、以下の特徴がある。

- ・ 設定値を変更しない時間帯(居住者の設定を優先する時間帯)を設定可能
- ・ 1日最大24回の出力(最短5分間隔)設定可能
- ・ 1年を最大12期間に分けて設定可能
- ・ 設定変更した履歴(○℃→○℃に設定成功)を蓄積し確認可能

4.2 コンディショナル設定値制御

機器のON/OFFや、計測点/設定点の大小関係など、あらかじめ定義した条件にあわせて設定値の自動変更ができる。例えば、夏季の使用電力が目標電力を超えそうな場合に、対象の設定温度を28℃に変更するか、現在の設定温度が26℃であるのに対して+3℃の値に変更するという制御が行える。

設備機器の運転パターンや運転シーケンス、警報発生時対応など、状況に応じた設定値をあらかじめ定義しておくことにより、温度設定値を緩和することができ、省エネルギーのための活動もしくは統一した緊急時の対応が行える。また、本機能によって緩和した設定値を「復帰」という設定で、制御した設定値に戻すことができる。詳細は4.4を参照。

なお、「復帰」はSCSで制御する機能であるため、同じ設定点に対して他社のコントローラから変更する運用の場合は使用できない。

4.3 連動設定値制御

計測点/設定点を入力として、他の設定点に対して同じ設定値、もしくは一定の偏差を加えた値(上下限値の範囲の設定可能)を出力することができる。冬季のミキシングロス防止のために、ペリメータの設定値をインテリアの設定値より1℃以上上げるといった制御が可能となる。

4.4 設定値制御の連携

4.1～4.3で説明した3機能から設定値の変更が行われた場合に、どの制御機能による設定値を優先させるかなど、従来は考慮がなかった複数の設定値変更が要求された場合の動作仕様を定義した。制御機能に優先度(等級)を設け、等級が高い設定値を実際の設定値として使用するようになっている。なお、今回追加した機能は、等級3、等級4を使用している。等級1、等級2は今後優先度が高い機能を追加した場合を考慮し予備としている。

例を図2に示す。夏季の使用電力が目標電力を超えそうな場合に、25℃であった設定値をコンディショナル設定値制御により27℃に緩和する。コンディショナル設定値制御による設定の優先度を高く定義しているため、SCSで保持している設定値の等級3が27℃、等級4が25℃となる。こ

の緩和状態である時間を経過し、スケジュール設定値制御により26℃の設定値に変更した場合、SCSで保持している設定値の等級3が27℃、等級4が26℃となり27℃の設定値のままとなる。使用電力が目標電力よりも低くなり緩和状態が解除される時、コンディショナル設定値制御の設定を「復帰」としてしていると、SCSで保持している設定値の等級3を削除し、等級4の26℃の設定値に変更する。

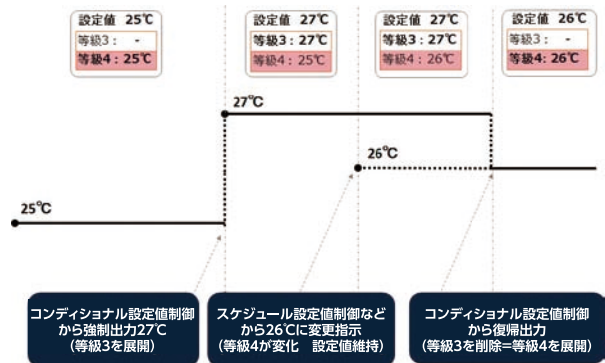


図2 複数の設定値制御からの動作仕様

5. 履歴(実績)の表示機能の強化

<従来>

計測点/設定点の変化履歴は、一般的にトレンドグラフ(以降、トレンド)と呼ばれるグラフ表示機能の折れ線グラフで表現される。電力量などの積算点の変化履歴は、トレンドのバーグラフで表現されるか、帳票機能(日月年報)が用いられる。機器の発停履歴はトレンドの折れ線グラフもしくは、時系列のリスト形式(バーチャルプリンタ)で表現される。これらの表現方法は、計測点/設定点、積算点、機器の発停履歴を個別で表現するには有効であるが、混在させて表現するには視認性においてやや難があった。また、20点、30点という多数の情報を同時に表現することはできなかった。

<今回>

複数の計測点/設定点の変化履歴、積算点の変化履歴、機器の発停履歴(警報点を除く)の24時間分の1分周期データを表形式で、各セルを閾値で色分けして表示する機能「カラーデータグリッド」を開発した。

計測点/設定点の変化履歴は、簡易的な温度分布を視覚的に把握できる。例を図3に示す。水蓄熱層内の計測点を設置している上部から順に行登録すると、水蓄熱層内の温度分布を表現することができる。従来のトレンドで表現した時と比べて、カラーデータグリッドでは、水蓄熱層内の状況を即座に認識できる。

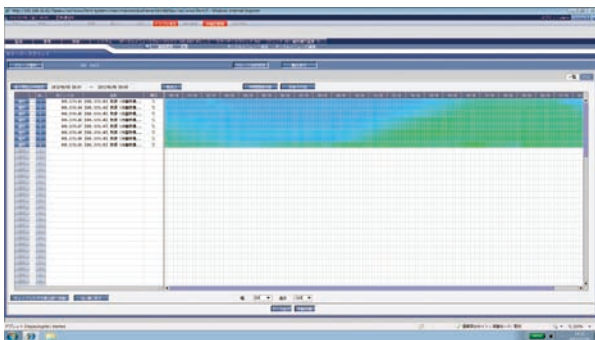
機器の発停履歴は、タイムチャートのように視覚的に把握できる。例を図4に示す。負荷平均化するための制御機能を設定し、対象機器が順に運転/停止したかどうかの制御結果を即座に確認することができる。

本機能により、制御機能の設定の見直しや、機器の異常箇所の特定が容易になる。

〈従来〉トレンドグラフ表示



〈今回〉カラーデータグリッド表示



- 15分 / 30分 / 60分の表示間隔で表示可能
- 24時間分の1分周期データの表示開始時刻を任意に設定可能
- 各セルを値によって色分け表示(閾値による色表示もしくはグラデーション表示)が可能
- データ表示領域の横方向(時間軸)と縦方向(対象点)の拡大/縮小が可能

室内温度分布



VAV 発停状態

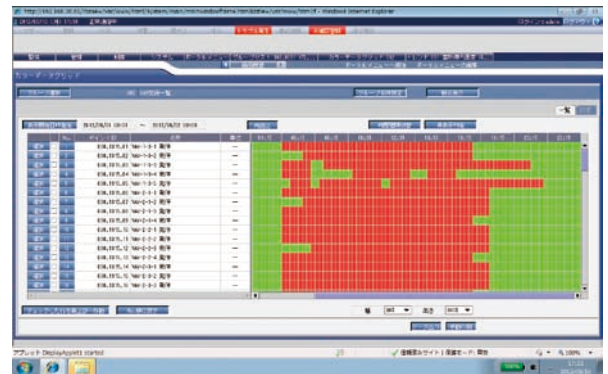


図3 水蓄熱層内の温度分布表示の比較

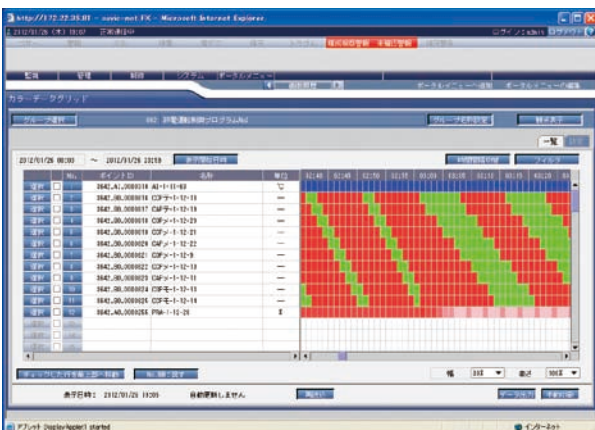


図4 機器の発停状態の例

計測点/設定点の変化履歴の場合、24時間分のデータの中で対象機器が運転している時間帯だけを抽出して確認したい場合もあるため、対象機器が運転状態の時間帯のみ色分けし、停止状態の時間帯は表示しないというフィルタリングの機能がある。例を図5に示す。VAV制御をしている室内温度を確認する場合、対象のVAVが停止中の時間帯をフィルタリングすることで、VAVが運転状態の時間帯での室内温度の異常個所を一目で確認することができる。また、時刻部分を押下すると、対象時刻の値による昇順/降順で並び替えた表示ができる。異常箇所が複数あった場合に、設定温度が高い順に表示し、温度設定変更の優先度が高い順に対応することが容易となる。

その他、以下の特徴がある。

- 1グループで最大100点の管理点を表示可能
- 24時間分の1分周期データを1分 / 5分 / 10分 /

フィルタリング結果



図5 フィルタリング表示の例

6. 省エネルギーへの取り組み支援機能

〈従来〉

BAシステムの中央監視装置は、警報監視、制御設定、履歴管理の機能しかなく、来館者や居住者へ情報を表示する機能が不足していた。他方、建物管理者側には、省エ

エネルギーに関わる条例等の整備により、これまで以上に省エネルギーのための活動が要求されているが、居住者側の協力なしでは省エネルギーの目標達成は難しい状況である。

<今回>

来館者や居住者向けの情報を表示する機能を開発した。本機能は、建物の共用部(エントランスなど)に設置されたモニターに映し出す用途を想定している。これにより、居住者に対して省エネルギーのための活動を啓発することが可能となる。また、建物管理者として実施している省エネルギーのための活動を来館者にアピールすることが可能となり、建物内外を巻き込んだ省エネルギーのための活動を啓発することが可能となる。

従来のグラフィック画面は、現在データの表示が可能であった。今回、過去データ(定時データ)や演算した結果を表示できるようにした。グラフィック画面は現場ごとに作成できるため、来館者や居住者向け表示画面を現場にあわせて作成が可能である。また、図6に示すように、通常の監視画面では、画面上部に警報情報を表示する「インジケータ」、最新の警報履歴を表示する「ニューアラーム」、メニューなどの各種ボタンが表示される。画面下部にグラフィック画面が表示される。来館者や居住者向けの表示では、グラフィック画面のみ表示したい要求があるので、図7に示す表示(全画面表示)を可能とした。



図6 通常の監視画面表示例



図7 全画面表示例

その他、以下の特徴がある。

- ・ 論理演算のほか、四則演算、大小比較などの演算結果

を表示可能

- ・ 単位換算した結果を表示可能
- ・ 高解像度のディスプレイで表示可能なように各解像度のテンプレートで画面作成が可能
- ・ 一定時間間隔(最短10秒)で自動的に表示画面を切り替えることが可能

実施例を図8と図9に示す。複数の積算点データで蓄積している電力量データの合計結果を曜日ごと(前週と比較表示も可能)、日ごと(月ごとや年ごととも表示可能)にバーグラフで表示することができる。

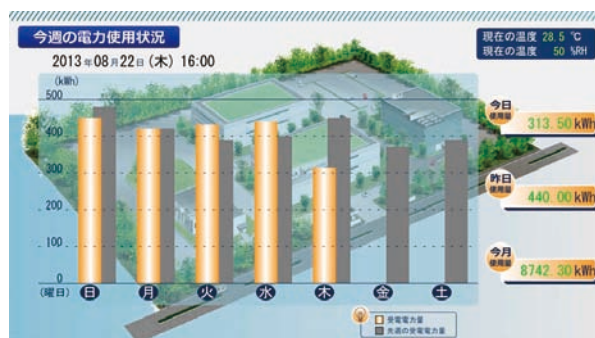


図8 来館者向け表示例(曜日ごと比較)

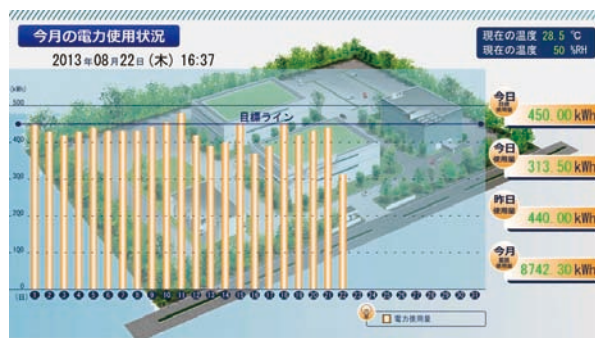


図9 来館者向け表示例(日ごと比較)

図10と図11のように、使用電力量を一般家庭の件数、CO₂排出量、お金に換算して表示し、来館者や居住者に身近な単位にすることで分かりやすい表現ができる。

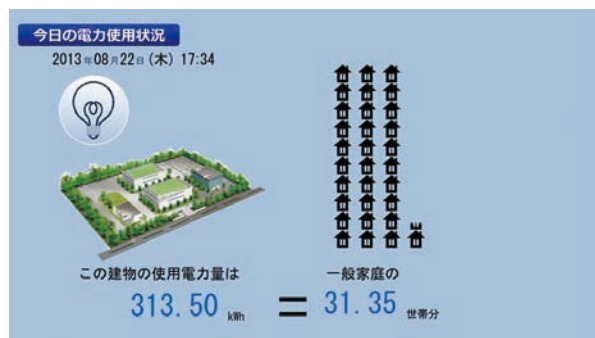


図10 来館者向け表示例(換算1)

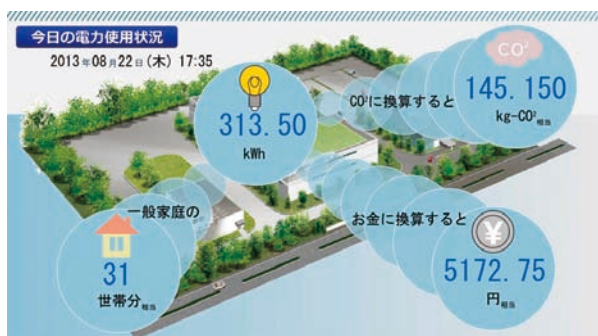


図 11 来館者向け表示例 (換算 2)

<著者所属>

本多 隆志

ビルシステムカンパニー

開発本部開発1部

西羅 大貴

ビルシステムカンパニー

マーケティング本部

7. おわりに

従来は「快適性を保ちながら、いかに省エネルギーを実現するか(快適性>省エネルギー)」の制御が主流であったが、電力需給問題を背景に、最近では「決められたエネルギーの中でいかに快適性を実現するか(省エネルギー>快適性)」の制御が求められるようになってきている。

開発した「3つの設定値制御機能」、「カラーデータグリッド機能」、「来館者や居住者向け表示機能」は様々な活用方法が考えられるが、いずれも空調設備の室内温度設定の管理業務を支援できることを強く意識している。例えば、建物内の電力使用量が少ない時には居住者に設定値の管理を任せるが、電力使用量が目標値を超えそうな場合(緊急時)には設定値の管理を、中央監視装置と統合制御コントローラから変更して使用電力の抑制を行う。この時、来館者や居住者向け表示画面に使用電力が増加していることを知らせることで、来館者や居住者は若干の快適性が損なわれても省エネルギーのための活動に貢献していることを認識でき許容することができる。

また、制御結果を可視化する機能が不足していたため制御機能が正しく動作しているかの確認と制御設定の見直しができなかった。今回の機能により、履歴データから設定の誤り箇所を見つけたり、制御機能の設定見直しによる改善の余地があることを見つけることができる。したがって、「自動制御設定→制御結果の可視化→改善検討→自動制御設定の見直し」という省エネルギー対策のサイクルを回すことが可能となる。

今後は、制御結果の可視化(警報発生時の状況把握が容易になるなど)を推進し、省エネルギーのための活動をさらに進めていけるように機能開発を行う。

<参考文献>

- (1) 西羅 大貴: BA システムによる省エネルギー制御・管理のための最新の設定値制御および蓄積データ表現機能, 計装技術, 2013年1月10日発行, Vol.32, No.3 pp.42-46

<商標>

savic-net, savic-net FX は, アズビル株式会社の商標です。