



進化から見た ビル管理システムの 現状と展望

山武
小出俊弘



はじめに

ビル管理システムの足跡の始まりは1950年代末期と考えられる。コンピュータが導入されていないビル管理システムの時代にも関わらず、1960年代初めのカatalogを見ると、既にビルディング・オートメーションシステム・データ・センタと記されていた。先輩たちの先見の明には敬意を表する。日々のデータを集積するためのシステムである、蓄積されるデータから何を導き出すべきか、このような主張が聞こえてくる。我々は最新の情報技術を使ったシステムが、より良いシステムであるという感覚を持ってしまう。システムのミッション(使命)をしっかり捉え、システムパフォーマンスで評価すべきではないだろうか。システム誕生の原点に立ってみると、実はあまり変化していないのかもしれない。

そこで、ビル管理システムがどのように進化してきたのかを振り返り、現時点の姿を確認し、将来展望を考えてみたい。



1. ビル管理システムとは

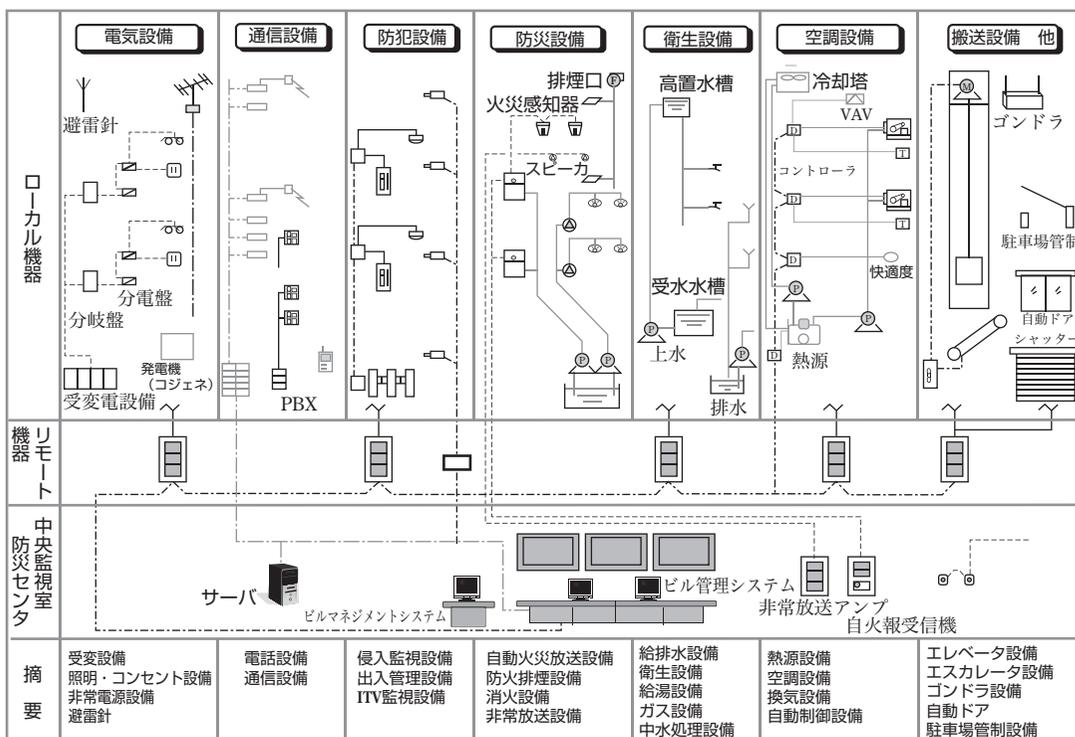
ビル管理システムは、中央監視(中央管制)システム、ビルディングオートメーションシス

テム(BAS)と呼ばれていたが、最近では環境保全を中心とした省エネルギーの追求を目的としたシステムということで、BEMS(Building, Environment and Energy Management SystemまたはBuilding and Energy Management System)と呼ばれることが多い。一言でビル管理システムを表現するならば、ビル内設備を統括するための頭脳を持ったツールである。利用者はビルの設備管理を担当する人々で、彼らの拠点である防災センタ(中央管理室)に設置されたビル管理システムは彼らの主要な業務パートナーである。

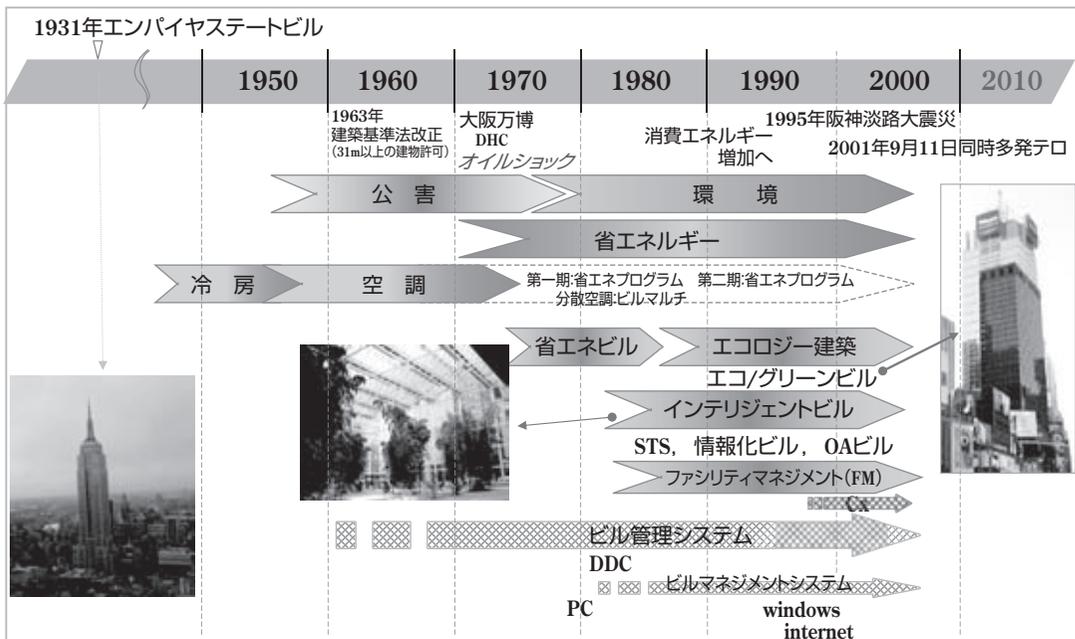
ビル管理システム体系を第1図に示す。一般的には、電気設備、空調設備、衛生設備、防災設備などの設備チャンネルごとに、リモート機器(機能は小型ビル管理システム)を紹介して、防災センタなどに設置されるヒューマンインターフェイスマシンに接続される。

ビル管理システムはビルの設備機器を動かすオペレーションシステムで、ビルのマネジメントのためには設備管理システム(ビルマネジメントシステム(BMS))が導入される。

ビル管理システムのミッションは、省力、省エネ、安全・安心と最適環境を実現して、ビル性能を向上させることである。



第1図 ビル管理システム体系図



第2図 ビルの移り変わり

2. ビル管理システムの変遷

ビル管理システムは、社会的な要求やコンピュータを中心とした情報システム技術の進歩と歩調を合わせる形で進化していると考えられ

る。第2図でビルに関する社会的な動向とビルに関連するシステム化技術の変化を概観してみる。

ビルに付与された時代を映す形容詞は、省エネルギービル → (OAビル) インテリジェントビル (マルチメディアビル) → (エコロジー) グリーンビルと変化してきている。70年代のオイルショックに端を発する省エネを追及した省エネビルが80年代に登場した。その後、通信の自由化にも後押しされたインテリジェントビルが登場し、ビル利用者に提供するシアードテナントサービスやアメニティが議論されるようになった。80年代後期から90年代のバブル時代には、電気設備や空調設備別のシステムではなく、セキュリティシステムなども統合してインテリジェントビル管理システムが登場した。映像なども積極的に取り入れたマルチメディア技術がビル管理システムにも採用され、

ビルシステムの変遷



第3図 1960年代のビル管理システム

ビルシステムの変遷



第5図 1980年代のビル管理システム

近年インターネット技術のWEBアクセスシステムに変わってきた。

第3図から第7図にビル管理システムの世代の変化を示す。

ビル設備の運転員が電気室等の現場に行かなくとも、中央監視室で運転状態をモニタリングし、かつ遠隔発停ができるようになった第一世代。

ミニコンピュータの登場によってプログラミングができるようになった第2世代。

マイコンチップ (CPU) を搭載したシステムの登場で、省エネプログラムがパッケージ化された省エネ管理システムと称した第3世代。そのころ、完全な日本語表示 (漢字) もようやくできるようになった。

バブル時代、インテリジェントビルに対応する重装備のインテリジェントビル管理システム

ビルシステムの変遷



第4図 1970年代のビル管理システム

ビルシステムの変遷



第6図 1990年代のビル管理システム

ビルシステムの変遷



第7図 2000年代のビル管理システム

となった第4世代。

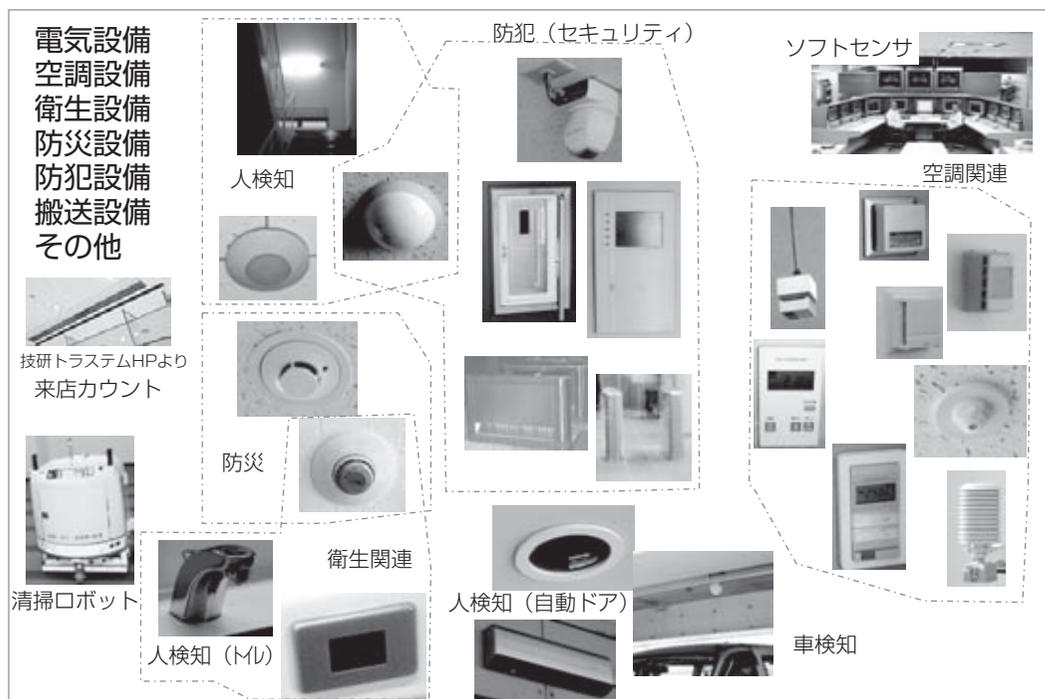
そして、現在はネットワークの時代、ビル設備にもBAC ネットほかさまざまなオープンプロトコルが採用されることになった。

3. 現在の社会的要請と技術動向

現在のビルに対する社会的な要請（ニーズ）は、次のように考えられる。

- **環境保全ニーズ**
快適ビル環境を維持しながらの省エネルギー → CO₂ 排出量削減
- **安全・安心ニーズ**
地震を代表とする自然災害対応、さまざまな犯罪やテロも現実のものとして理解される社会となってしまった。ビル利用者と周辺環境を守るリスクマネジメント、高信頼性が求められる。
- **その他ニーズ**
不動産金融商品化、高齢化、グローバル化、複合多用途化

約35年前のオイルショックを契機に制定された省エネ法は改正を重ね、中小ビルまで規制の対象となりつつある。オイルショックのときに進化した省エネプログラムは、今もビル管理



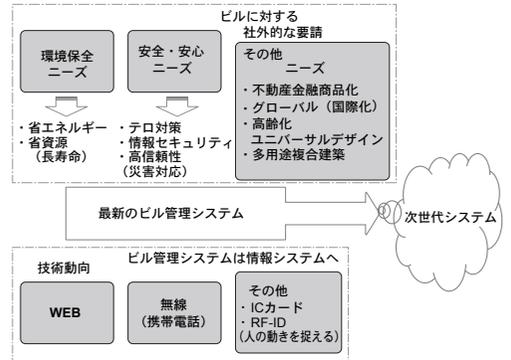
第8図 ビル内各種センサ

システムの中心的な存在である。我慢の省エネから快適な環境を維持しながらも、センサや設備機器の進化で無駄を排除する省エネに変わった。現在ビル内に設置されているセンサの一部を第8図に示す。インテリジェントビル登場から20年以上経て、人を感知して制御を行うことが一般化した。

第9図には、ビル管理システムと関連技術の変遷をまとめた。現在の状況からすると、我々の日常生活と同様に、アナログからデジタルへの変換が起こり、PCとインターネットの登場が技術的には大きなインパクトとなっている。90年代後半にビル管理システムの基本プラットフォームがPCになり、独自のクローズドなネットワーク化から世界標準のネットワーク技術の採用が進んだ。最新のビル管理システムのカatalogを見ると、IPv6、XML、SVG、JAVA等といったWEB関連技術用語が並んでいることでもわかる。

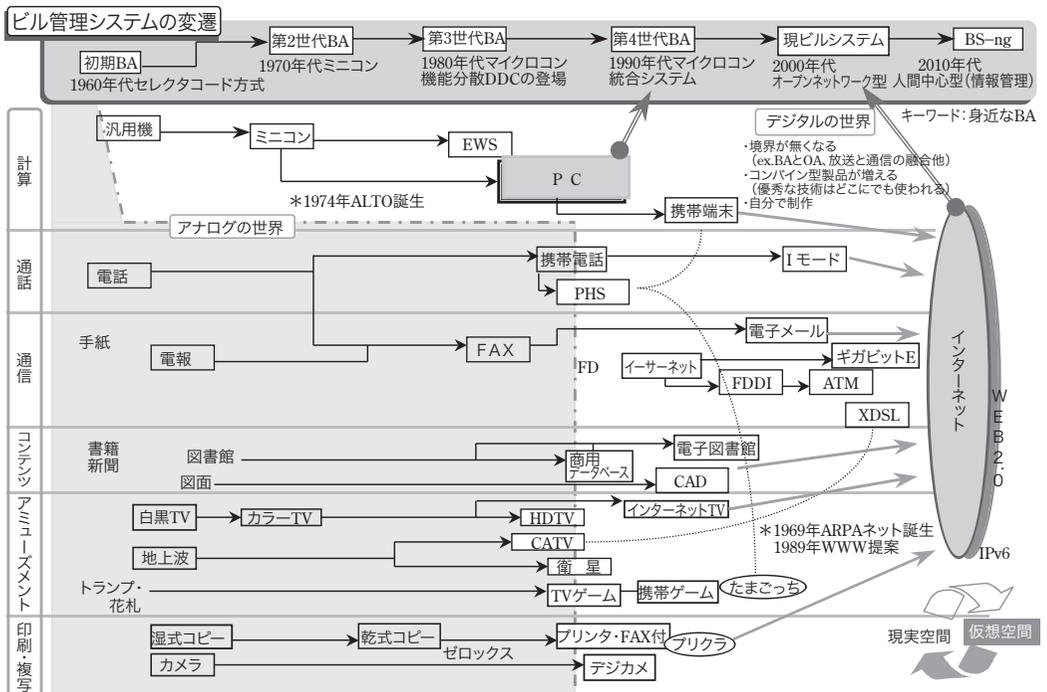
ビル管理システムにかかわる注目すべき技術は、インターネット（WEB）関連と携帯電話

活用を含む無線等に関する技術となる。現在の社会的要請と技術動向を整理してみると、第10図のように考えられる。



第10図 現在の社会的要請と技術動向

以上見てきたように、過去に中央監視盤と言われたビル管理システムは、すでに情報システムへと変貌した。そこで、情報セキュリティの重要性も高まってきている。また、利用者のビル内生活に合わせた環境づくりを効率よく実行するため、人を中心としたオートメーションに変わってきている。



第9図 ビル管理システムと関連技術の変遷

4. 最新のビル管理システム

大規模から小規模のビル管理システム，コントローラ，アクチュエータ，運転支援システム，業務システムとの融合を図り利便性を追求したネットワーク BA システム，非接触 IC カードや携帯電話を活用した入退室アクセスコントロール（セキュリティシステム）の最近のシステムを紹介する。

さらに，施工後のビル管理システム性能を確認するコミショニング（性能検証）や蓄積データを環境報告書として活用して，環境性能を追及した事例を紹介する。

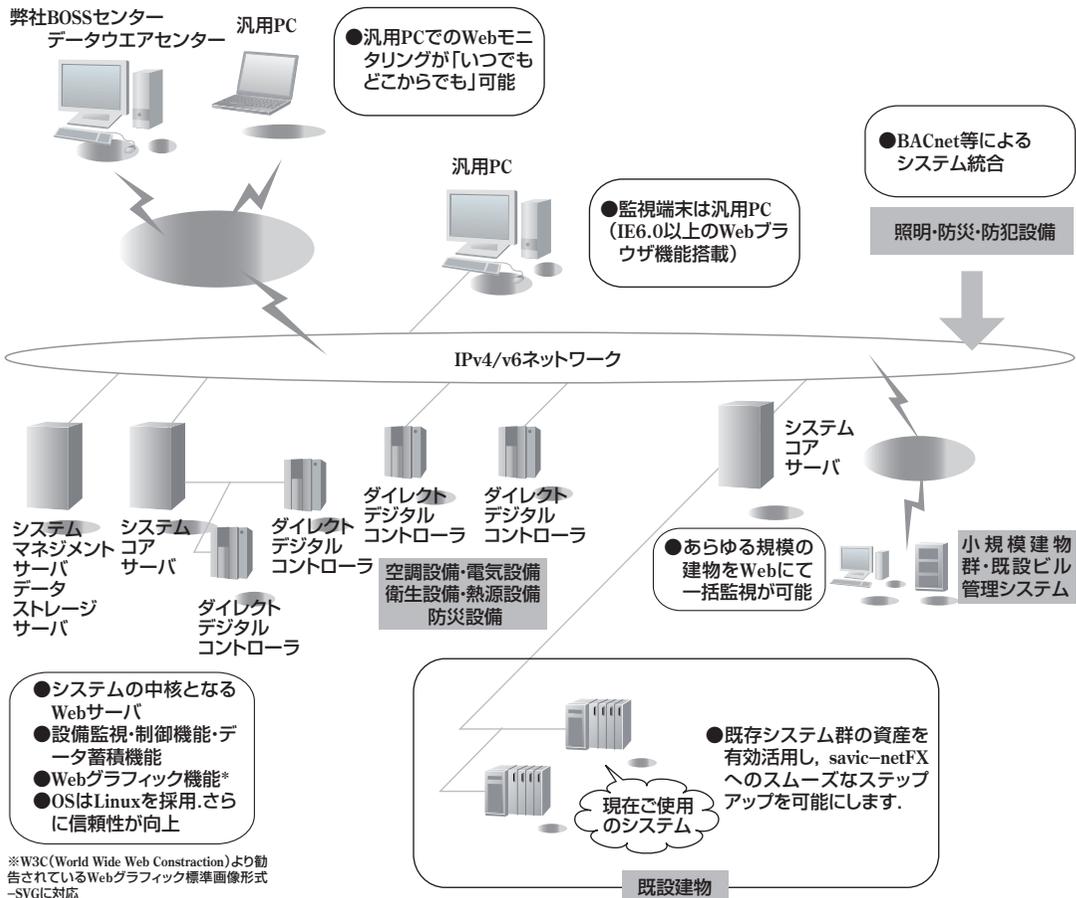


第 11 図 最新のビル管理システム外観

最新のビル管理システムの外観イメージと構成図を，第 11 図，第 12 図に示す。

制御機器が接続されるネットワークをローカル（下位）ネットワーク，防災センタなどに設置されるセントラル機器のネットワークをセン

システム図



※W3C(World Wide Web Construction)より勧告されているWebグラフィック標準画像形式-SVGに対応

第 12 図 最新のビル管理システム構成事例

トラル（上位）ネットワークと呼んできた。最新のビル管理システムでは、セントラルネットワークにインターネットプロトコル（IP）を活用して、ヒューマンインターフェイスのPCにはブラウザをプラグインすると、運転・監視ができるようになってきている。ビル管理システムのオペレーションは、従来防災センタ等でしかできなかったが、必要な人がいろんな場面で活用できるようになり、管理形態にフレキシブルに対応できるようになった。

セントラルネットワークには、システムコア・システムマネジメント・データストレージの各サーバが接続され、ビル管理システム用のソフトウェア、データファイルを実装し、運転データを集積している。機能分散はここまで進んできている。

さらに、セントラルネットワークには遠隔運転監視センタや防災システムなどの設備シス

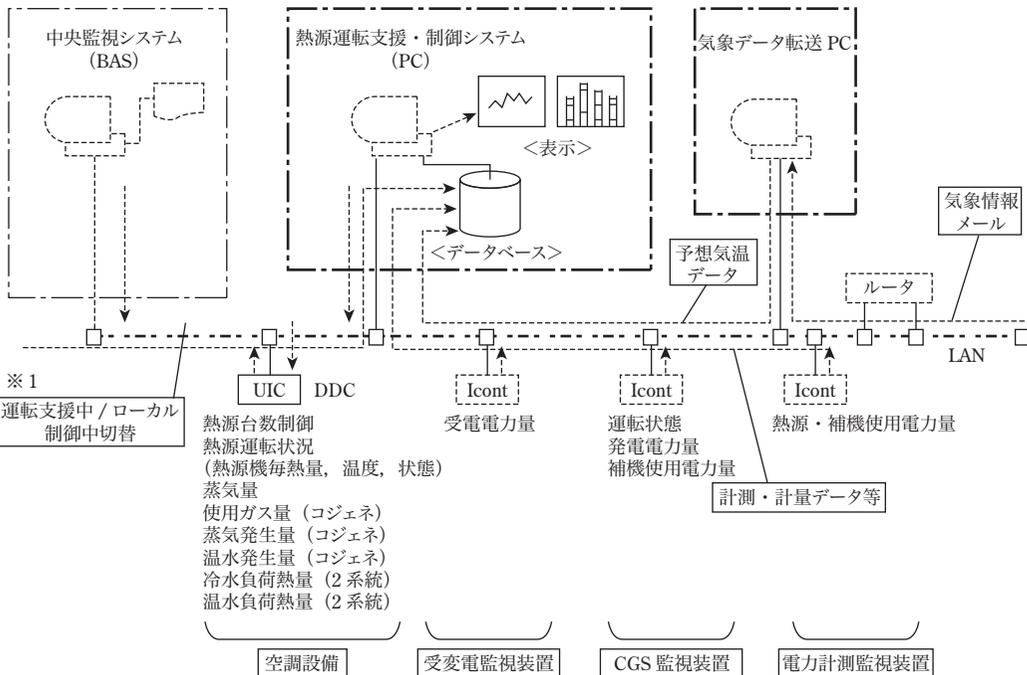
テムも接続されるので、ビル管理システムのコミュニケーションプラットフォームのような位置づけになる。

最新のビル管理システムのシステム機能一覧を、第13図に示す。

この図では、左からシステム運用/基本機能、監視操作/印字機能、データ管理機能、制御機能、ビルマネジメント機能、システム管理機能、信頼性機能の七つに分類されている。1960年から積み上げてきた、個別機能が非常に多くなった。機能が複雑になり、使いこなすのが難しくなったという側面もあるが、PCがコモディティ化した情報化社会では、情報リテラシーを身に付けたユーザが多いので、使いこなすハードルは低くなったという見方もある。PCを使い慣れたユーザは、オペレータ支援機能やユーザカスタマイズ機能などを使いこなし、ビルの運用管理の変化に追従できるよう

- BAS（中央監視システム）
- ①設備運転管理
 - ②運転支援システム設定（※1）
 - ③日・月報管理

- PC（熱源運転支援・制御システム）
- ①負荷予測演算
 - ②最適運転演算
 - ③蓄熱分負荷の決定
 - ④熱源機運転順序の決定



第14図 熱源運転支援システム構成事例⁴⁾

にシステムを変えていけるようになってきている。

大規模ビルやビル群では、熱源のオペレーションに課題を持っている場合が多い。

そこで、熱源運転を支援するシステムが採用されている。大規模ビルのエネルギー供給設備は、電力、ガス、石油、水を入力エネルギーとし、それを電力、冷水、温水、蒸気などの供給エネルギーとする、多入力・多出力システムとなっている。このエネルギー供給システムでは、省エネルギーを追求することで、経済性、環境保全性を実現し、さらに都市防災などの観点から総合的に評価・設計・施工され、運用に引き継がれることが望まれる。その熱源機器システムは、ヒートポンプ方式の水・氷蓄熱システム、ガス冷温水機、コージェネレーションシステムなどを設置した複合熱源システムとして建設され、その運転は高度な技術と経験が必要となる。各機器の負荷制御は自動的に行われているが、各機器の運転・停止はオペレータの判断によって行われることが多く、それが適切であるとは限らない。ここで紹介する熱源運転支援システムでは、複合熱源システムの経済性（運転コスト最小）あるいは環境保全性（CO₂ 排出量最小）を目的関数とした最適制御で、気象データも活用し熱源機器を直接制御している実施例である。そのシステム構成を第14図に示す。

大規模ビルだけではなく、中小ビルも省エネ対応が求められている。それに対応できる小型集中管理パネルを第15図に示す。小規模ビル管理システムもバリエーションが豊富になった。

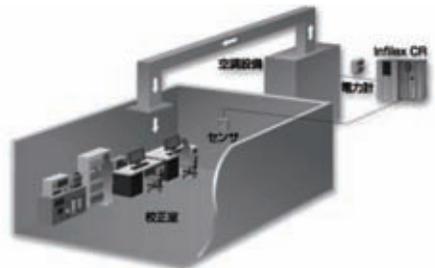


第15図 小型集中管理パネル

発停・警報・アナログ計測・計量のポイント監視機能にスケジュール・カレンダー機能を付加、ビル管理システムの主要な機能は十分保有している。既存の中小ビルで手軽に省エネが、多彩なアプリケーションに対応する小型集中管理パネルで実践できる。遠隔監視ユニット（WEBアダプタ）を追加すれば、ブラウザから遠隔管理もできる。

80年代には、マイコン搭載のDDC（ダイレクトデジタルコントローラ）で、システムの機能分散化ができるようになり、ビル管理システムに搭載されるプログラムも高度化された。環境重視の省エネ・省資源の時代に対応した制御プログラムも実装されるようになった。

ビルや部屋の用途による、特別なコントローラが登場してきている。たとえば、消費エネルギーの多いクリーンルームや実験室など恒温恒湿用 DDC では、オートチューニングで省エネを達成できるなど、部屋用途ごとの高度化制御も個別に推進されてきている。ある恒温恒湿に維持する必要がある特殊な部屋の空調機に、省エネコントローラを取り付けて制御するイメージを第16図に示す。省エネコントローラを取り付けるだけで、高度な制御を実現できる。



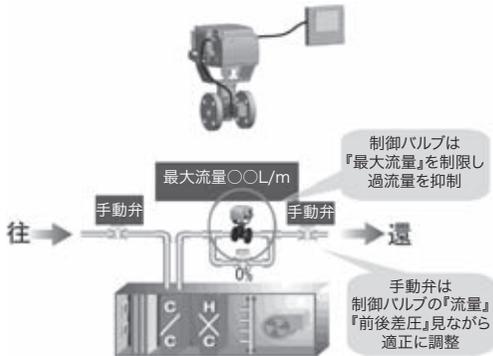
第16図 省エネ型コントローラ

一般的な制御（過冷却除湿・再熱・再加湿制御）では安定性が悪くなるという課題があった。採用した数理計画型モデル予測制御という新しい制御方式では、冷却（除湿）、加熱、加湿の操作量を、温・湿度を同時に変化させる数学モデルに基づいて高速演算し、解析・制御することで課題を解決した。これにより、エネルギーロスを抑制しつつ、従来をはるかに超える

高精度の恒温恒湿制御が可能となった。

省エネルギーと高精度制御を同時に実現し、最大 50〔%〕の消費エネルギー削減を可能にする。既存の施設でも比較的容易に導入できる。

ビル管理システムの端末であるアクチュエータも時代の要請を受けて進化している。その1つ流量計測機能付制御バルブを紹介する。従来設備設計要件を上回る過剰流量が空調機に流れることで、無駄な搬送動力を使い、かつ温度差がとれないことが課題だった。そこで、空調機に流れる流量を可視化し、適正な調整が容易に実現できるようにした（第 17 図参照）。

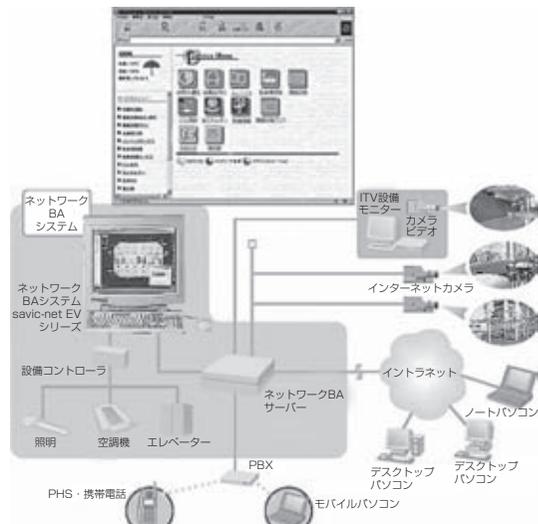


第 17 図 流量計測機能付制御バルブ

ビル管理システムのオペレーションが、ビル利用者の業務用 PC にまで解放された、垂直展開のシステムを紹介する。システム構成は第 18 図のようになる。

ネットワーク BA サーバをコントローラタワーに、ビル管理システムとビル内外の各種情報を融合するシステムとなっている。このシステムでは、テナントなどのビル利用者が自分の部屋の温・湿度を知ることができることはもとより、外の天候・会議室予約など利便性をもたらす仕組みも実装できる。

アメニティ機能と呼べるかどうか自信はないが、ビル管理システムの標準機能で、ビル内生活にアクセントをつける試みを紹介する。単純な話で、昼休みになったらチャイムなどを鳴らす代わりに、ブラインドの開放や照明の消灯を行うのである。気持ちがリフレッシュされる効



第 18 図 ネットワーク BA システム

果がある。標準通信機能付モータ駆動ブラインドが一般化することで、実現できるようになった。利用者としての経験から、気持ちの切り替えに有効である（第 19 図参照）。



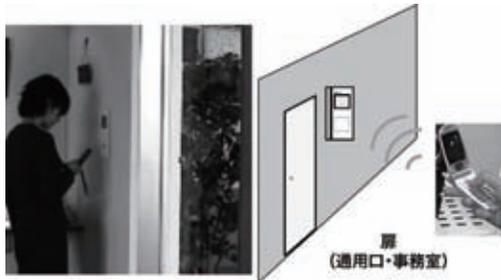
第 19 図 ブラインドコントロール

次にセキュリティ関連システムを紹介する。研究開発を担うビル群の場合、人の出入り管理は敷地単位でも重要となる。そこに勤務する社員の出勤情報を受けて、各部屋のアクセス権を与えたり、深夜まで残っている研究者等の管理を退社情報でできるように計画された。出勤・退社時は各自の ID カードとなっている非接触 IC カードをかざす。セキュリティと勤怠管理の融合を目指したシステムである（第 20 図参照）。

携帯電話による鍵機能システムは、2002 年に提案した。暫定アクセス権を携帯電話に送り、



第20図 出社・退社管理



第21図 携帯電話での出入管理

時間限定で必要なビルや部屋にアクセスすることを可能にした。携帯電話の非接触 IC カード機能でのアクセスも実現できる(第21図参照)。

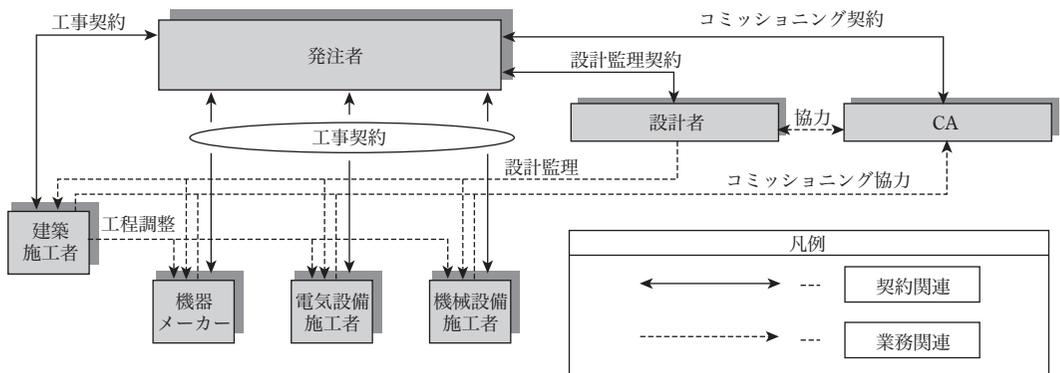
最後に、90年代後半から国内で登場してきたコミッションング(性能検証)とビル管理システムのデータ活用の最新事例を紹介する。

ビルの新築や改修などでビル管理システム構築時に行う単体検査だけではなく、ビル管理システムが指令を出した設備機器がその能力を発揮し、部屋の必要な環境条件が満たされることを検証される時代に入っている。それがコミッ

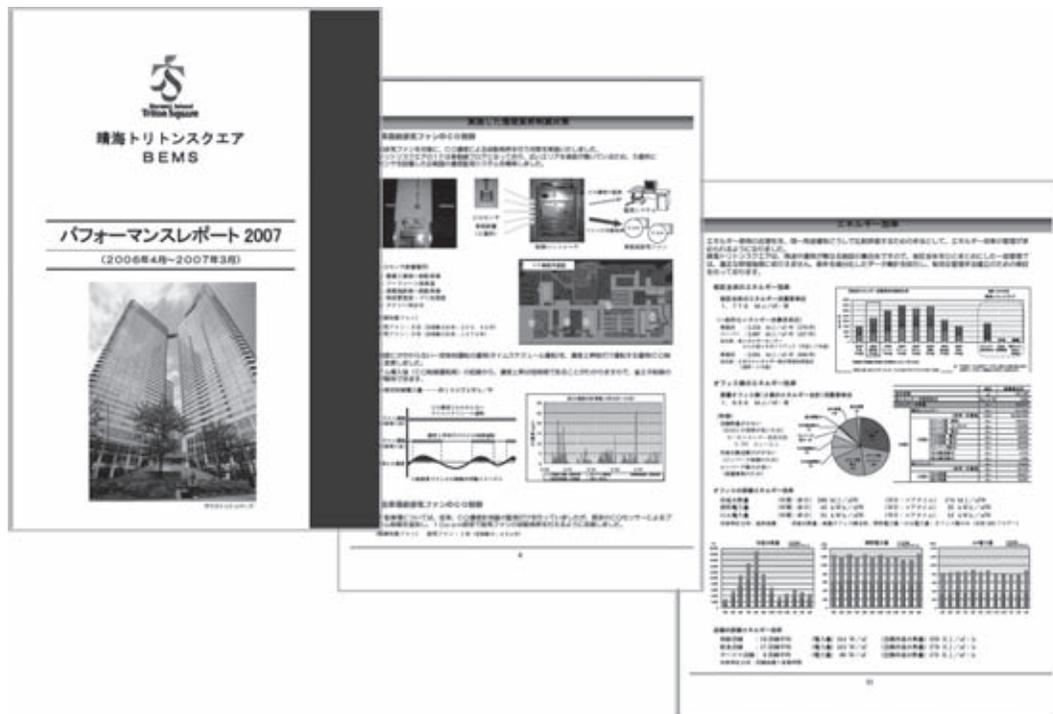
ショニングである。企業として非常に重要度の高いデータセンタなどでは、国内でも有償のコミッションングが登場している。ビル設備やビル管理システムは平常時設計通りに機能しているだけではなく、停電などの非常時にどのくらいの対応力があるか、実運用状態を想定した実負荷試験で確認するものである。ニューヨークの大停電での経験もあって、データセンタのビル管理システムを遠隔地にあるセンタからオペレーションできるようにしている事例もある。

コミッションングは設計者とは異なるCA(コミッションングオーソリティ)を中心とした体制作りをして、CAの監視のもとに模擬運転をしたりして、性能を確認する(第22図参照)。

次に、ビル管理システムで集積されたデータ活用の広がりを紹介する。ビル管理システムのデータは日々の運転改善に役立てることはもとより、環境管理レポートに掲載される重要な情報となっている。環境問題(省エネ)を最重要課題に位置付け、エリアマネジメントに取り組んでいる再開発で生まれ変わった街の挑戦である。エネルギー・水の使用量、廃棄物の排出量が環境に与える影響と、使用量・排出量の各種削減の試みが紹介されている。さらに、植栽管理により適正に維持された緑がもたらすヒートアイランド対策効果等々にも言及している。計量・計測から改善手法の発案・実施のPDCAのサイクルが、竣工後継続されている事例である(第23図参照)。



第22図 コミッションング体制事例⁵⁾



第 23 図 環境管理レポートの事例⁶⁾

5. 今後の展望

ビルに関する大局観では、ビルが不動産金融商品であるとの見方が定着してきた印象がある。このような状況下で、長期的視点を持たないビル経営者が、コスト削減だけに注力することも散見された。現在では、適正な品質のサービスが提供できないと市場競争力がなくなる可能性があるため、ビル運営管理が見直されるようになってきている。

したがって、ビル経営ではビル性能の明確な評価指標に基づき、より良いパフォーマンスを発揮することが求められる。

オフィスはどのようになるのだろう。街中どこでもネットワークにアクセスでき、モバイルで仕事ができる時代には働き方が変わる。オフィスビルでは日常の執務空間というよりはミーティングなどのコミュニケーション空間が重要な時代になるだろう。セキュリティシステムでは管理単位が人と部屋であるように、ビル

管理システムの管理単位が設備機器以外に部屋とそのファシリティ・利用者になる可能性がある。

ビル利用者の高齢化も進むだろう、癒しを求めて知的な作業空間にはペットも入ってくる、そして女性の社会進出で託児所が併設され、ビルは多用途化する可能性が高い。

そこで、ビル管理システムの今後のあるべき姿を想像してみる。一言で言うならば、ビル運営管理の階層化されたビル運営側のユーザや、企業などの入居団体と入居者などのビル利用者の立場に対応できる、人を中心としたオペレーションができる柔軟性のあるビル管理システムと考えられる。

<今後のあるべき姿>

① しなやかなオートメーション

季節やビル・部屋の利用状況に合わせて、無駄のない制御ができるようになるだろう。空港では当たり前のようにフライトスケジュールと連動した制御が行われている。部屋のアクセスコントロール手法が、テンキー

→磁気カード→ICカード→非接触ICカード→バイオメトリックスに変化したように、人の振る舞いに無理のない身体性にすぐれたシステムになるのが望ましい。

② 必要な機能のみ適宜提供できるシステム

ソフトウェア単位の実装提供から機能サービスの提供へ

導入効果が明確な機能は活用し、不要になった機能は使用中止できるシステムの形が産まれる。今までのように納入された状態のままのシステムではなくなる。ビル管理システムのライフサイクルコスト（LCC）のミニマム化も図れる。

③ ビルデータセンタの実現

いつでも、どこでも、必要な人が誰でも必要な情報を活用できるようにすること。アセットマネージャ・プロパティマネージャと呼ばれる階層化されたビルマネジメント、ビルを使う利用者が、それぞれにビル管理システムに対する要求を持つようになる。

（ビルの外部から専門家が、ときどきビル管理システムに入り、オペレーションを評価するようになる可能性もある）

④ さまざまな質が問われるようになり、質の可視（見える）化が進む

空気質を含む環境品質、安全品質、アメニティ（心地よさ）、利便性、知的空間性能、電源品質等々を、ビル管理システムでチャート化する。

⑤ ビル用機器・部材などの関連データベースを活用するシステム

ビル用機器・部材などの共通なデータ利用が進まず、CAD 図作成も無駄な作業が多い。設計→施工→運用管理→改修→運用管理→破棄までのビルのライフサイクルで活用できるデータが、共通利用できることが望まれる。欧州を起点とした共通化の動きが、国内でも展開している。建物のライフサイクルを通して、利用するCADなどのソフトウェア間で、有効な相互運用を可能にするための標準化

を目的としたIAI（International Alliance for Interoperability）の活動である。国内関係者の努力にもかかわらず、なかなか大きな進捗は見られない状況であるので、ビル管理システムでの活用は実施されていない。

ビル管理システムの機能面から見てみると、システムの変遷で確認してきたように、ビル管理システムの運転・監視というビル設備機器のオペレーション基本機能に、本質的なパフォーマンスの変化は少ない。もちろん詳細に見ていくと、表示する監視画面はグラフ機能の進化で、見栄えよく詳細に多くのポイントを画面内に表示できるようになり、総合的に監視できるようになってきている。

大きな変化の一つに、PCの登場がある。ビル管理システムで管理するデータは、システム内部から解放されて活用できる状況にある。企業の業務用PCからビル利用者として、ビル管理システム機能に入れるようになった。汎用技術の活用ができるようになり、身近なシステムとなった。この変化を重要な変化ととらえている。ビル管理システムが防災センタ（中央管理室）から外に出たのである。情報技術等の進歩によって、詳細機能は変化し続けるだろう。

周辺機能の取り込みに関しては、どのようになるのか。80年代にはビルマネジメントシステムの機能もビル管理システムは包含したときもあった。機能は集約されたり、分離されたりいろいろ繰り返す。これからはシステムの境界線は不明確になるだろう。情報セキュリティを守って、他システムと機能連携するそんな時代だろう。

また、燃料電池などの新しい設備機器の登場で、ビル管理システムの機能が追加されることも継続していくだろう。

それでは、求められるニーズをかなえる技術は何か、ビル管理システムが採用する技術が、どのように変わっていくか仮説を立ててみる。

<今後の技術的な変貌仮説>

① ビル管理システムはますます情報システム化する(プラットフォームの共通化が進む)

センサ、アクチュエータなどがIPアドレスを持ち、個別機器の管理にはRF-IDなどが活用される。人の動きを捉え、コントロールするシステムのための多様なセンサネットワークが実現する。業務システム、エレベータ等搬送設備、照明・ブラインド等々が連携されるビルトータルシステムに進化する。

② サーバはビルを飛び出す

現状でも、ビル内にはビル管理システムほか多数のサーバが設置されている。さらに多様な高速通信が普及してくれば、それらのサーバは別のビルのデータセンタにあってもよくなる。専用のロジックを取り入れた検索機能やSaaS (Software as a Service) の充実で、ユーザのデマンドに応えるシステムに変わっていくと考える。外に出たエンジニアが活用する、モバイルビル管理システムにも対応が容易になる。

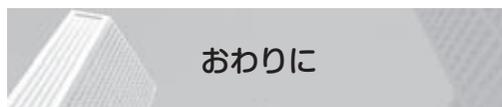
③ ソフトウェアでアシスト

仮の設定値で動作確認とエネルギー消費をシミュレーションしたり、運転の最中でその後を予測して不測の事態を未然に防いだりする機能も登場するかもしれない。

また、ビル管理システムは日々多量のデータを産出し続ける。そこで必要な情報をユーザにわかりやすく出力するために、自動的にランニングデータの変化を検出してくれる信号検知機能を搭載するなど、アシスト機能が充実するようになる。

ビル内に設備された個々の機器の性能を引き出すことだけに止まらず、ビル利用者の状況に合わせたトータルデザインの視点からビル管理システムが構築され、維持されることが望ましい。さらに、ビル管理システムの求められる全体像は、ビル運営管理の裏方として、機能は発揮しているのだが目立たないという意味合いでシースルーなシステム、提供するパフォーマンス

スが途切れなく続くという意味合いでシームレスなシステムという、筆者の従来からの主張を付け加えたい。



おわりに

過去の経験から、ビル管理システムの現在を見て、未来の概念を描いてみたが、不十分なものと感じている。残念ながら、ビル管理システムユーザの皆さんにご意見を伺うために、コンセプトカーのようなシステムを登場させることはなかなか難しい。しかしながら、いつも“こんなことができたなら良いな”と考えながら、ビル管理システムと対峙してきた。20数年を振り返ってみると、実現できたことがいくつもある。後から技術が追いついてきて、経済性もクリアして実現できたのだ。ぜひ、ユーザの皆さんにはメーカーに本質的な要求を出してビル管理システムを良くしていただきたい。

本稿がビル管理に何らかのかかわりを持っている皆さんにとって、少しでも有益な内容として捉えていただければ幸いである。

参考文献：

- 1) 施設管理の動向ーコミッションングから設備改修へ 施設管理手法の動向と事例, 空気調和衛生工学 (2002年2月号), (山武 小出俊弘)
- 2) 株式会社山武 各種カタログ, 製品説明書
- 3) 制御・管理業務におけるコンピュータ利用の現状と動向, 設備と配管工事, 1995.4, (山武ハネウエル 玉置進)
- 4) 数理計画法による空調制御, 山武セーブメーションレビュー 2003.8, (山武 神村一幸他)
- 5) データセンターにおけるコミッションングの実施事例, 空気調和衛生工学会学術講演会 2004, (長谷川巖 (株)BPC) ほか)
- 6) 晴海トリトンスクエア パフォーマンスレポート 2007

