

クラウドを活用した建物管理システムの高度化 ビルコミュニケーションシステム[®]の適用と今後の展開

後 神 洋 介

今まで、建物管理システムは閉鎖的なシステムになっており、建物外にあるシステムとの連携などを志向していなかった。ネットワーク技術の高度化や、クラウドの普及と低廉化はそれらの状況を変えつつある。そうした技術に加え、ビッグデータなど様々なトレンド技術をビルに適用しようという動きが活発化しており、そのため建物管理システムはクラウドで様々なシステムと連携することが必須になってきている。ビルコミュニケーションシステム[®]（以下「本システム」という）は、電力自由化やスマートコミュニティといった新たなニーズに応えるために、高度な ICT を適用した次世代の建物管理システムである。

キーワード：AI, BIM, IoT, 機械学習, クラウド, 自動制御

1. はじめに

ICT（情報通信技術）を使った建物設備システムの高度化は、1980年代のインテリジェントビルの時代から試みがあった。そのきっかけとなったのは、オフィスオートメーション（OA）による LAN の普及と、1985年の通信自由化により電気通信会社の新規参入が可能になったことであった。これにより建築設備のネットワーク化が可能になったことを受けて、「生産性向上のための建築空間・建築設備および共用の情報通信設備を備えて、入居者がそれらのサービスを受容できるオフィスビル」というコンセプトの下、インテリジェントビルの様々なサービスが考案された。

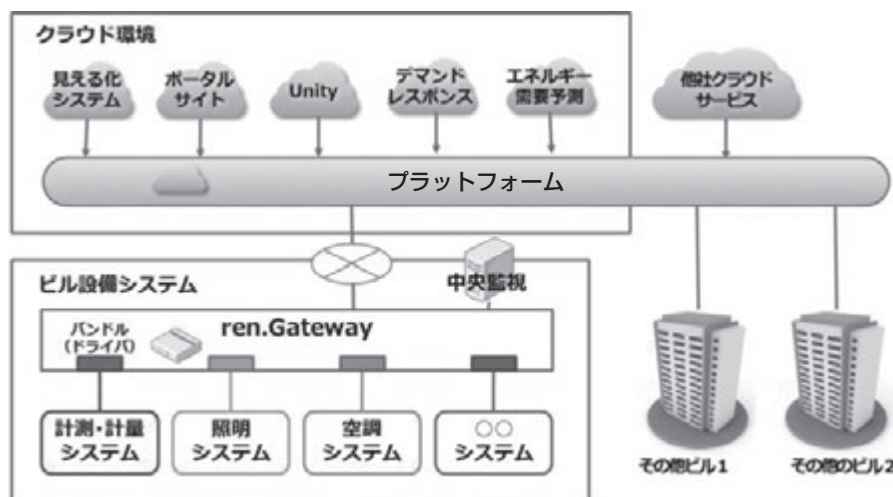
インテリジェントビルで特徴的であるのは、ビルディングオートメーション（BA）による建物設備の最適自動制御と、OAとBAを融合する統合ネットワーク、ビル共用の情報設備をテナントで共有するシェアードテナントサービス（STS）の提供などである。しかしながら、これらのサービスは、共通規格化が進んでいないという技術的な課題、高額なランニングコスト、業務のアウトソーシングの急増に加え、インターネットや企業ネットワーク、携帯電話などが安価に普及していったことによって衰退していった。

一方、インターネットを支えるネットワーク技術や、1台のサーバを仮想的に複数台に見せて運用する仮想化技術などの高度化によって、クラウドコンピューティング（クラウド）が2010年以降、急速に普及してきた。クラウドとは、今までローカル環境に

構築していたサーバを、データセンターで集約的に設置・運用されているサーバに移して、様々なサービスをネットワークから受けることであり、SaaS（Software as a Service）¹、PaaS（Platform as a Service）²、IaaS（Infrastructure as a Service）³など、様々な形態が存在する。なお、今までのローカルに物理的にサーバを設置することに対して、クラウドの利点としては、①保守性向上、②セキュリティ向上、③高い拡張性と柔軟性、があげられる。

このようなクラウドの普及と、建物設備システムにおける国際標準規格の制定によって技術的な課題解決が進んだことにより、インテリジェントビルの「生産性向上、共用の情報通信設備を備える」というコンセプトが再び注目を集めている。また、様々なデバイスがネットワークにつながる IoT（Internet of Things）や、統計や機械学習などの技術を使って大量のデータから知見を得ようとするビッグデータの技術をビルに適用する動きや、ICTの利活用によって地域の効率化・活性化を目指すスマートコミュニティについても、多くの地域で実証が行われている。加えて、間近に迫った電力自由化に対応する多様なソリューション提案が各社から始まってきている。

- 1 ソフトウェアをインターネットなどを通じて提供し、利用者が必要なものを必要なときに呼び出して使うような利用形態
- 2 アプリケーションソフトが稼動するためのハードウェアや OS などの基盤（プラットフォーム）一式を、インターネット上のサービスとして遠隔から利用できるようにしたもの
- 3 情報システムの稼動に必要な機材や回線などの基盤（インフラ）を、インターネット上のサービスとして遠隔から利用できるようにしたもの



図一 1 ビルコミ構成図

この度、これらの新たな技術と建物設備システムを組合せることで、今後の新たなニーズに対応し、既存の中央監視システムでは提供できなかった機能を提供するシステムとして、本システムを開発した。本稿では、本システムの概要と、適用事例を中心に述べる。

2. ビルコミュニケーションシステム(ビルコミ)

(1) 概要

本システムは、様々な機能のシステム（コンポーネント）の組み合わせからなる疎結合のシステムである（図一1）。疎結合とは、個々のコンポーネントの結びつきが緩やかで独立性の強い状態であり、それによってもたらされる柔軟性が本システムの特徴である。ビルコミは主として以下の3種類のコンポーネントから構成される。

- ①建物から取得される計量、計測、警報などのデータをリアルタイムにクラウドに送信するゲートウェイ
- ②ゲートウェイから送信されたデータを受けとり、特定のサービスに配布するプラットフォーム
- ③プラットフォームから取得される情報を使って、建物や入居者に対してサービスを提供するクラウド上に設置された様々なアプリケーションシステム

(2) 従来の課題と本システムでの採用技術

従来、建物設備システムは、閉鎖的なネットワーク構成や独自の通信規格（通信プロトコル）の採用が多かった。その後のインターネット技術の普及により、IP（インターネットプロトコル）による建物設備ネットワークの統合が進み、米国においては1990年中頃から、IPを利用して建物設備を制御するBACnetやLonworksといったオープン標準の仕様策定が行われ

てきた。日本においても、独自仕様を加えながらそれらの標準化が進められ、現在では一般化した技術となっている。しかしながら、それらの建物設備システムのプロトコルは、セキュリティにおいて十分な考慮がなされていない上、通信トラフィックを圧迫するような仕様になっていることが課題として認識されている。東京大学の江崎浩教授が主導するGUTP（Green University Tokyo Project）では、これらの課題を解決するため、IEEE1888というプロトコルを開発した。IEEE1888はISO/IECにも認められた国際標準であり、国内を中心として対応する設備機器メーカーや情報システムベンダーが増えてきている。

本システムでは、IEEE1888に加え、IBMが主導したMQTT（MQ Telemetry Transport）⁴という通信プロトコルを採用している。MQTTは大量のセンサを空間に配置するセンサネットワークなどと親和性が高く、高速な処理が可能である。我々は、MQTTやIEEE1888の建物への適用妥当性の評価のため、様々な実証実験を社内ビルにて行った。詳細は割愛するが、興味のある方は参考文献1)を参照いただきたい。

3. 適用事例

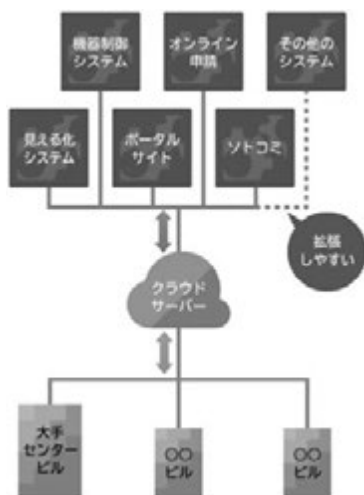
(1) 大手センタービル

大手センタービルは1983年に竣工、延床面積67,411 m²のテナントオフィスビルである（写真一1）。2014年に行われた中央監視システム改修工事に伴ってビルコミを導入し、新築の最先端ビルと同等の機能を持つビルにリニューアルすることができた。本システム（図一2）によって提供可能となった機能（サー

4 <http://mqtt.org/>



写真—1 大手センタービル



図—2 大手センタービルにおける本システム構成図

ビス)としては、以下がある。

(a) 一般向け WEB サイト

入居している店舗の紹介や、アクセス情報の提供、ビルの先進性アピールのため、誰もが閲覧することができる WEB サイト⁵を構築した(図—3)。プロのデザイナーを起用し、大手センタービルや本システムの技術を分かりやすく伝えられるように配慮している。例えば、ビルで計測された直近の気温・湿度・風速、それらを基に計算されたソトコミ指数(AE版⁶)をトップページに表示することで、建物とつながっているホームページであることを意識させる工夫をしている。

(b) 入居者専用ポータルサイト

テナントサービスの向上を目的として、館内利用規則などを参照できるポータルサイトを構築した(図—



図—3 一般向け WEB サイト



図—4 ポータルサイト

4)。お知らせやおすすめ情報を、ビルオーナーや管理者から発信することもできる。

(c) オンライン申請

ポータルサイト内の1機能であり、電球の交換、空調延長申請、入館申請、貸会議室予約などがオンラインのフォームからできるようになっている。作業の効率化のため、申請された内容は管理画面からそのまま帳票として印刷できるようにした。また、申請内容はテナント管理者にメールで配信され、証跡として管理することができる。

(d) 見える化システム

ビル全体、テナント全体、フロア毎のエネルギーや環境情報を見える化するシステムである。入居者サイトにアクセスした際のIDによって、見える化する範囲が自動的に設定される。目標設定や前日・前週・前年との比較表示も可能であり、表示中のデータのダウンロードが可能である。また、管理画面ではテナントに紐づける計量ポイントの設定変更が可能となっており、テナントが増えた際のシステム設定変更も容易に

5 <http://www.otecenter.tokyo>

6 外部環境の快適性を表す指数。簡易的な計算であるため、AE(approximately equal)版としている。



図一五 見える化システム

行うことができる。もともと、複数ビルを統合管理する計画であったため、それらのエネルギーの比較・分析が行える機能の構築も行った。単にビル間のエネルギーを比較するだけではなく、テナント・店舗ごとの比較ができるようにするなど、分析に役立つ機能も実装している（図一五）。

これらのサービスは建築主およびビル管理会社と共同で企画・検討した。導入の狙いは、①先駆的なビルサービスの構築による先進性アピール、②既存入居テナントの満足度向上、③賃貸オフィス市場での競争力の維持向上である。ビルコミを適用することによって、サービスを複合的に構築することが可能になり、将来的な機能更新や追加が容易になっている。

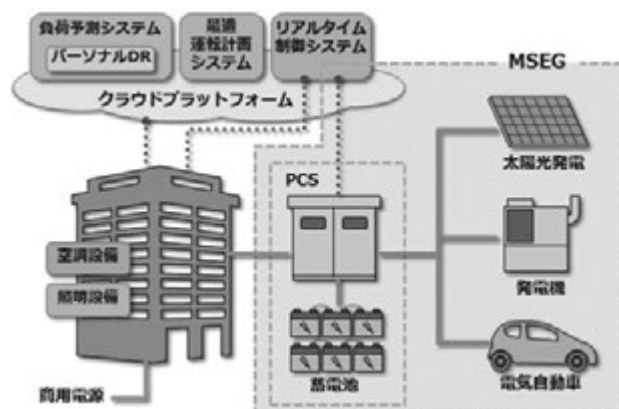
(2) TAK 新砂

TAK 新砂ビルは2010年竣工のテナントオフィスビルである。床面積が3,918 m²の小型のビルである

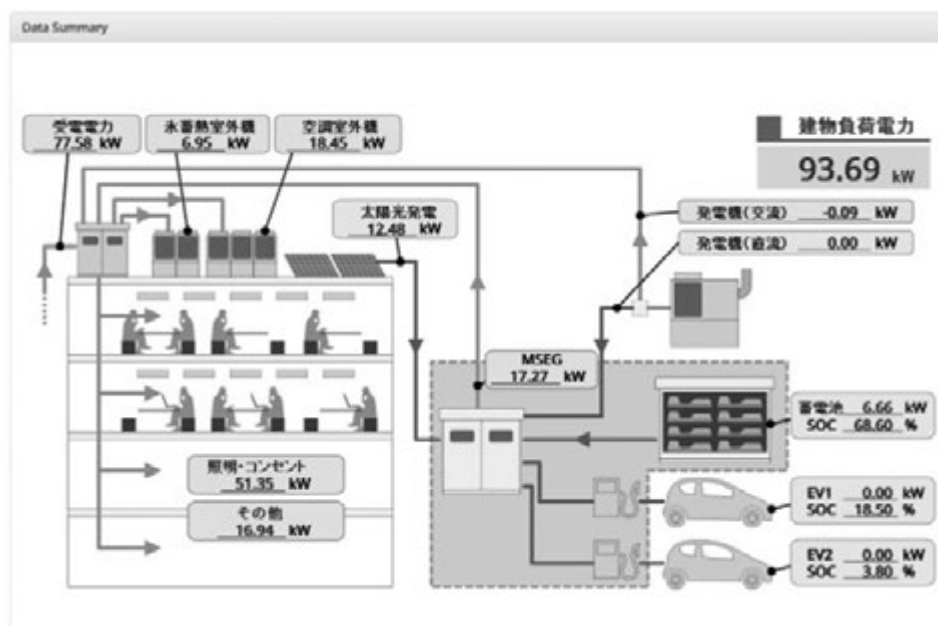
が、2015年の改修で、電力自由化時代の電力コスト最適化を目指して、竹中工務店とIKS社で開発したMSEG（Musti Source Energy Gateway）や発電機、専有部、共用部の照明、空調などを電力デマンドに併せてコントロールするシステムを開発・導入し、NEDOの補助を受けて実証を行っている。これらのマネジメントシステムはISEM（I. Smart Energy Management）という呼称であり、システムの基幹部分にビルコミの技術が採用されている。図一六にシステム構成、図一七にシステムのモニタリング画面を示す。

(a) MSEG

パワーコンディショナー機能（PCS）とバッテリー機能を一体化したコンポーネントを制御するシステム。太陽光発電、発電機、電気自動車など最近のビルに採用されているさまざまな分散型電源を統合して、



図一六 ISEMの構成図



図一七 ISEMのモニタリング画面

ビルに提供することができる。リアルタイム制御システムによって、効率よくビルの電力デマンドを調整することができる。

(b) 負荷予測システム

機械学習の技術を使って、電力負荷と熱負荷を $\pm 5\%$ で予測するエンジン。将来、電力自由化により、負荷予測に基づき安い電力を事前購入予約するなどの役割を果たす。またピーク時の予測が、設定上限値を超える予測の際は、居住者に不満のない環境を保ちつつ、ピークカットする機能を実現している。

(c) 最適運転計画システム

電気熱源やガス熱源、蓄熱などの複雑な熱源機器と電気自動車の充電スケジュールを、コストや省CO₂などの目的に合わせて最適化し、電力調達の計画値を決定するシステム。必要な分析機能を、ビルコミで構築することにより、高速かつセキュアなシステムを提供している。30分単位の計画値に対して電力デマンドを $\pm 3\%$ に制御するが、更に短い周期で制御できるポテンシャルを有している。

(d) リアルタイム制御システム

MSEGや建物内設備の節電制御を実現するクラウドシステム。複数サーバによる高速な処理をインターネット経由でセキュアに利用することによって、リアルタイムのビッグデータ処理を実現している。具体的には、負荷予測システム・最適運転計画システムからの事前計画をもとに、電力の同時同量を達成するために、MSEG内の蓄電池の状態を確認しつつ、充放電や発電機の発停、空調・照明などの節電制御を行っている。パーソナル対応デマンドレスポンス技術を使った入居者の快適性を損なわない制御も特徴である。

現状ではシステムの動作に大きな課題は見えていないが、制御対象の設備機器とリアルタイム制御のアルゴリズムの関係によっては、データ取得の周期をより細かくする必要性などが見えてきた。このようにリアルタイム制御ならではの課題が、今後多く発見されるものと考えている。

一方で、システム運用が大きな課題となっている。今回構築した本システムの仕組みは、定常的なメンテナンスが必要とされる高度な情報システムとなっている。そのため、こうしたシステムを理解し、メンテナンスできる建物管理人材や組織の育成が必要といえる。しかしながら、そうした高度な専門知識を持たない管理者でも適正にシステムを使用できるよう、機械学習を使ってパラメータを自動学習したり、システム運用を提案したりできるような改善も必要だろう。

4. 本システムの展開

(1) ビルコミ 3D

当社と(株)Tスポットが開発し、(株)大塚商会が販売しているビルコミ 3Dは、BIM (Building Information Modeling) とビルコミを組み合わせたシステムで、Unity⁷というゲームエンジンと連携させることで、3Dモデルからの設備制御が可能になっている。

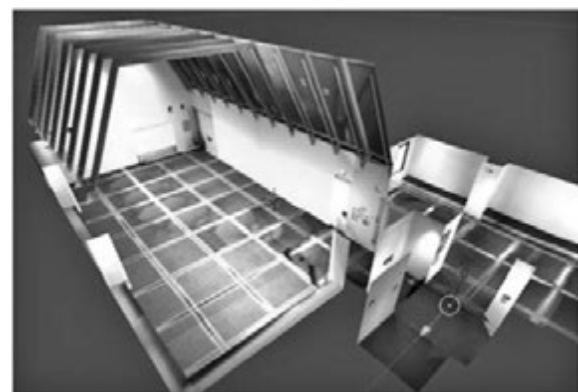
3Dモデルを使うことで直感的な設備制御が可能であり、Unityを使うことによって、ゲームをはじめとするエンターテインメント分野への活用も期待できると考えている。本システムは前述したTAK新砂や竹中工務店の東京本店、技術研究所内のスマートライフオフィス[®]、または東京大学のI-REF棟などにおいて実績がある(図—8, 9)。

(2) ビルコミ AI

ビルコミでは、いわゆるビッグデータ(統計処理、機械学習)を使った取り組みを行っており、それをビルコミ AI (Artificial Intelligence) と呼んでいる。建



図—8 スマートライフオフィス[®]での本システム 3D



図—9 東大 I-REF 棟での本システム 3D

7 <http://japan.unity3d.com/>

設分野におけるビッグデータ利用は、異常検知や各種の予測、最適化などに期待されている。たとえば、設備の異常検知が高精度になってくれば、事前の改修や予防保全によって建物のメンテナンス効率が向上することが期待できる。他にも高度な予測や最適化が可能になれば、快適性を落とさずに細かな省エネ制御が可能になり、入居者満足の向上などに役立てることができだろう。

このようなビッグデータ処理には、一般的に大量のデータを処理するための計算リソースが必要になるが、近年、各社が提供するクラウドでは、ビッグデータ処理のためのサービスが数多く生まれてきている。ビルコミ AI はそれらのサービスと、ビルコミによるリアルタイムの建物制御技術を組み合わせたシステムである。

機械学習サービスの一例としては、Microsoft による AzureML⁸ (Machine Learning) がある。図—10 のように、ウェブブラウザから簡単に統計処理や機械学習ロジックを組み合わせることが可能であり、それらのアウトプットをビルコミと連携させて、建物制御を行うことも可能である。このようなサービスの利用は、構築したシステムに適用しているロジックの変更、パラメータ設定など、メンテナンス性の向上につながる。システムのために大量のサーバを調達する必

要もなく、サービスが自動的に CPU やメモリを割り当ててくれるため、適切な設計を行うことで、安価にビッグデータ処理の仕組みを実現することが可能になる。

これらの技術は当社でもまだ検証中の技術であるが、先に述べた大手センタービル、TAK 新砂ビルなどをターゲットに適用を進めていく計画である。

5. おわりに

クラウドの普及と ICT の高度化は、遠隔からのリアルタイム制御やビッグデータ処理といった今まで容易に実現できなかった仕組みを安価に実現できるように変えていった。我々が開発している本システムは、それらの技術を取り入れることで、システムの高度化と柔軟性といった特長を獲得し、電力自由化やスマートコミュニティなどの新たな時代の要請にも対応可能な機能を有している。

現在、大手センタービルでの適用をはじめとして、TAK 新砂など様々なビルで実証を続けており、ビッグデータ処理をはじめとする更なる高度化に向けた検証を行っている。これらの取り組みが、建設設備システム全体の機能向上に寄与することになれば幸いである。

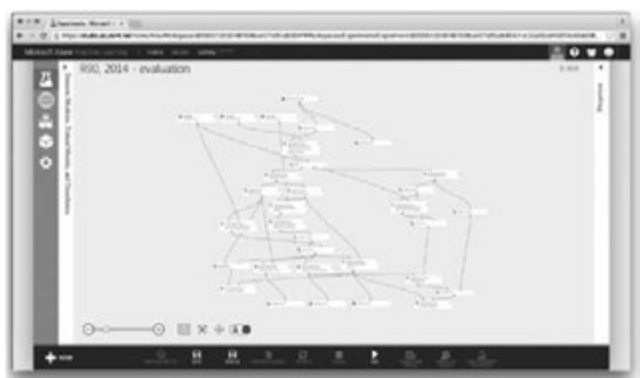
J C M A

《参考文献》

- 1) 粕谷ほか、スマートシティのための MQTT プラットフォームの検証、FIT2014 (第 13 回情報科学技術フォーラム) 論文 (2014)

【筆者紹介】

後神 洋介 (ごかん ようすけ)
 ㈱竹中工務店
 情報エンジニアリング本部



図—10 AzureML による機械学習ロジックの記述

8 <https://azure.microsoft.com/en-us/services/machine-learning/>