

第 III 部

IT 技術を活用した 低環境負荷社会の実現

第3部

IT 技術を活用した低環境負荷社会の実現

あらまし

地球環境問題は、全地球規模で取り組まなければならない課題であり、その実現には、ICT 技術が大きな貢献をしなければならない。ICT 技術を用いたセンサーネットワークと制御ネットワークの統合的かつ総合的なシステムの構築なしには、単体の電子機器の省エネ化のみでは、われわれが目標とすべき数値目標を実現することは困難といえる。われわれは、東京大学工学部2号館（2005年竣工地上12階総合研究教育棟）を用いて、省エネと環境対策を目的とした総合的で先進的なファシリティマネージメントシステム技術の検証と評価、さらに、運用技術の確立を目指す産学連携による協同研究開発コンソーシアムを組織化し、研究開発活動（『グリーン東大工学部』）を開始した。本実証実験フィールドでの成果は、他の大学組織への横展開と、公共施設等への縦展開、さらに都市設計・都市制御に資する研究開発成果を創出することを目指す。本報告では、これまでのICT技術を用いたファシリティマネージメントシステムの研究成果の概要を報告するとともに、『グリーン東大工学部プロジェクト』の活動の概要を報告する。

キーワード TCP/IP、グリーンIT、環境、省エネ、ファシリティ

第1章 はじめに

先進国での都市活動の変化とアジアを中心とした人口集中地域での大都市化の進展は、地球上での気象変化をより一層複雑化しており、COP3（気候変動枠組条約第3回締約国会議）で採択され2005年2月に発効した京都議定書による温暖化対策等の展開も含めて、今後の経済社会活動に対して多くの変革（Innovation）を要請している。

こうした中、インターネットへの接続性を高めた各種センサユニットが開発され、その低コスト化と

ともに環境情報観測や分析ツールも充実しつつある。さらに、ブロードバンドインターネット環境の整備とユビキタスネットワーク環境の構築は、これらセンサ機器をインターネットに接続することを可能とし、自立的で自律的な環境情報の共有と加工を実現する環境の構築を推進可能としつつある。さらに、これらの環境情報をグローバルスケールに、しかも、ほぼ、リアルタイムに流通・加工・共有することが可能となりつつある。各種センサデバイスは、他のセンサデバイスと組み合わせることにより、高度な機能の実現や新しい利用法の創造などが推進されることも期待される。

多様なセンサが生成する地球環境や生活環境に関する情報を活用した分析や予測が、市民生活や産業活動に及ぼす効果と貢献の大きさは計り知れず、市民ニーズから派生する新しいビジネスやサービスに対する期待もまた大きい。個人および組織が自律的に設置運営する「各種センサデバイス」等が生成する種々の地球環境に関するデジタル情報を流通させ自由に利用・加工・共有することが可能なインフラ構築を実現できれば、そこから教育、公共サービス、ならびに、ビジネス分野における新たな活動の展開により、安心安全で効率性の高い活動空間（＝環境）の創造が期待される。

インターネットに代表される計算機ネットワークは、電力消費量を増加させた一つの要因とも言われている。インターネットは、もともと、計算機が高価であった時代に、ある業務や作業の効率化や支援を行うための計算処理を遠隔に存在する高価な計算機を用いて実行することを目的として研究開発されたものであった。（デジタル）情報は、生成、収集、流通、加工、共有の5つの過程から、人々や組織の活動の効率化や高機能化を実現することができる。また、ICT技術を用いた、地球環境保全に関する取り組みと貢献は、IT先進国としての、グローバル社会への責任でもあろう。

すなわち、今日の地球環境問題は先進国での大都市化がもたらした経済社会システムやライフスタイルに起因しており、今やBRICsを中心に途上国での大都市化が加わって問題は一層深刻となっている。

この状況に対して、これまでは、主に衛星観測による全地球規模の巨視的データで分析していたために実効ある処方箋を示しきれずにいた。本来は、原因となっている大都市部やその影響地域におけるデータをミクロに取得して分析し、大都市社会の活動による消費と周辺自然環境による恩恵と、いわば需要と供給の概念で捉えて両者のバランスを計るための具体的な処方箋が求められている。

そこで、21 世紀に入って急速に普及したブロードバンドとデジタルデバイスによる技術連携が、特に、大都市部でその利用コストを十分に低減させ、稠密で高度なモニタリングを可能としている点に注目したい。デジタルデバイスが高度化した恩恵を、デバイス単体ではなくネットワークで繋げて組み合わせることによって、意味ある情報協調やエラー修正等を容易かつ適正に実現できるようになり、最適な実データ観測が可能である。加えて、インターネット社会が形成された事により、大都市に住む大多数の人々やコミュニティの連携も可能となっており、データを単なる数量やテキストから情報や智識にまで高めて共有する事により、人々やコミュニティが実際に協調し、環境問題への処方箋を個々に気付き、実践できる状況にある事も注目される。また、実践の成果は分かりやすく加工された情報となって還流し、さらに、人々の意識を高め、智識や協調が洗練されていく自律循環を生み出すことも可能である。

地球環境問題への取り組みとしては、産業部門から都市交通や家庭等の民生部門へと対策の重点が移っているが、組織的管理機能が強い企業等と違って、学校や一般家庭等の自由さと多様な価値観が入り混じる地域コミュニティでの対策はきわめて難しく最大の課題となっている。

第2章 グリーン東大工学部プロジェクト

2.1 プロジェクトの意義

2007 年に注目されたテーマの一つに「グリーン IT」が挙げられるが、ここにはデータセンター等 IT 化による電力消費増大を抑えようという目的と、IT 活用によって地球環境問題を克服しようという目的とがある。本プロジェクトでは、まさしく、後者の

可能性を追求し、東京のような先進国の大都市自らが、世界最高のコストパフォーマンスと技術レベルを誇るブロードバンドとデジタルの基盤を最大限効果的に活用した最先端のシステムモデルを構築し、世界の大都市へと模範を示すべきであるとする。

一方、世界を代表する大都市東京において、東京大学本郷キャンパスの CO2 負荷が最大であるとの調査結果が発表されており、その中心部に位置する工学部新 2 号館を実フィールドとした実証モデル構築は絶好のケーススタディとなる。

本郷キャンパス工学部 2 号館で稼動している空調、照明、昇降、その他の供給処理設備はそのまま大都市での高エネルギー消費源としてとらえることが可能であり、関連する企業の研究開発成果の結集と、マルチベンダーかつマルチファンクションによる実証モデル構築の取り組みを推進する。

とりわけ、ファシリティマネジメントシステムの分野で、設備毎の垂直型連携と施設やそれらが連携した都市や地域による水平型連携のマトリクス構造として整理する事によって全体像を俯瞰する研究は、協調型の都市経営あるいは地域経営の手法の実現と、新たな付加価値を生み出すビジネスの育成の両方を関係づけて研究することができる点で、実利と貢献度の極めて高い学術領域としても注目されるであろう。

また、モニタリングから始まって、プランニング、オペレーティングといった各連携制御機能がブロードバンドとデジタルの基盤によってオープンシステムとして実現される際には、これまでのような効率化のための IT ではなく、付加価値を生み出す IT として全く新しいビジネス振興が図られ、環境問題への取り組みとしての注目度の高さから、新たな民間投資を誘発する可能性も高い。

本プロジェクトは、以上のような目的と可能性を実現するための端緒となり、世界の大都市で必要とされる環境管理サービスという新たな産業領域をわが国の国際競争力発揮の機軸とするべく、東京を育成土壌として新たなビジネス群を振興するとともに、不動産や建築土木、その他製造等の既存産業の高度化を促し、それらの担い手となっている個別企業の価値を高めていく事を目指す。

2.2 研究開発計画の概要

東京大学工学部 2 号館（2005 年竣工地上 12 階総合研究教育棟）を用いて、総合的で先進的なファシリ

ティマネージメントシステム技術の検証と評価、さらに、運用技術の確立を目指すとともに、本実証実験フィールドでの成果を、他の大学組織への横展開と、公共施設等への縦展開に資する研究開発成果を目指す。

以下に、本共同研究コンソーシアムにおける研究開発計画の概要を述べる。

(1) ファシリティマネージメントシステムの稼働実態の正確な計測と解析

(a) マルチベンダー、マルチサブシステム環境での統合的データ収集技術の確立

第一に、これまでの、省エネルギー対策に代表されるビルシステムなどのファシリティシステムにおける管理制御システムは、複数のサブシステムから構成され、それらのサブシステムはベンダーごとに定義された独自の技術仕様にもとづいたものが多く、サブシステム間でのデータの相互可用性の確保が容易ではなく、実運用においては、これら複数のサブシステム間での協調した管理制御は、ほとんど行われることがなかった。サブシステムとは、具体的には、空調システム、照明システム、セキュリティシステム、電源供給システムなどである。すなわち、これまでの、FNICコンソーシアム [86] における研究開発活動の成果を導入展開し、複数のマルチベンダーからなるサブシステム間での、計測・制御データの相互乗り入れ環境の構築に必要な技術仕様の策定と実システムにおける導入と、その動作検証を行う。サブシステム間での統合的な計測・制御データの相互乗り入れに必要な技術仕様は、関連する技術標準化機関への提案などを行い、その普及と標準化を推進する。

第二に、既に竣工しているファシリティに対して、システムの稼働実態の正確で実践的な計測を可能とするための、測定技術と解析技術の確立を行う。既存システムへの計測装置の導入は、容易ではない。本研究活動を通して、実践的でコストエフェクティブな、付加的装置導入や既存装置の利用による、既竣工ファシリティに対するシステムの稼働実態に関する計測・解析技術を確立する。

このような、マルチベンダー環境でのファシリティマネージメントの実現に資する技術の確立は、サステナブルなファシリティシ

ステムの実現を可能にする。すなわち、継続的な先進技術の導入と、複数技術の共存（システムの Availability 性の向上）を可能なものにし、ファシリティシステムの継続的進化と稼働信頼性の向上の実現に資する。

(b) 大学における総合教育研究棟におけるデータ収集指針の確立

大学等の教育研究施設（ならびに公共設備）における、環境対策や省エネ対策に利用可能な、ファシリティ（ビルそのものだけでなく、その中で稼働する実験装置などを含む）の計測と制御に対する指針は、残念ながら存在しない。

本活動では、大学において稼働中の総合教育研究棟を用いたデータの収集・解析活動であり、これを通じて、大学等の教育研究施設における、その稼働状態の把握に必要なデータ収集指針を検討し、その効果を検証する。その性質上、大学等における研究教育施設すべてに同様のデータ収集指針をそのまま適用することは不可能であると考えられるが、同様の研究教育施設への横展開に際して、重要で有用な知見を提供することができると考えられる。特に、実験研究設備の稼働状況の計測と解析結果の提示のための要素技術と運用技術の確立は、これまで、ほとんど取り組まれてこなかったものである。

(2) 計測データの解析・表示による効果の検証

既に、計測データの解析結果を、ファシリティの運用者および利用者に表示ならびにフィードバックすることで、利用者の活動形態が改善され、活動の効率化や省エネが実現されることが知られている。しかしながら、既存の実績の多くは、工場や事業所などユーザへの統制が比較的容易な場合である。

今回取り組む、大学における総合教育研究棟は、利用者の統制が容易ではない典型的な事例であり、解析されたデータの表示方法・通知方法の研究開発とその効果の検証は、これまで、ほとんど取り組まれた実績がない。また、同様の教育研究施設は、決して少なくなく、また、その電力消費量も少なくない。すなわち、一見特殊なファシリティにおける効果の検証を行う実証実験に見えるが、事実上の社会に対する影響の大きさは決して小さくない。

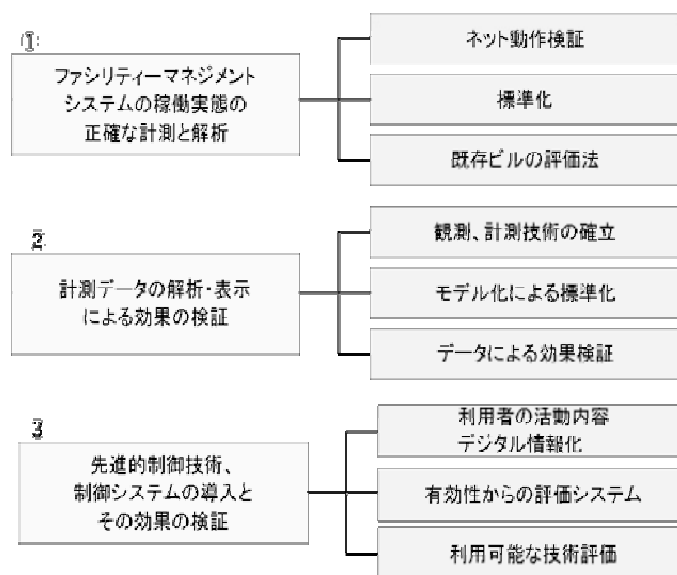


図 2.1. グリーン東大工学部プロジェクト活動概要

(3) 先進的制御技術・制御システムの導入とその効果の検証

計測・解析したデータをもとに、ファシリティの管理・制御を行わなければならない。データの測定に関しても、どのような測定システムならびに測定技術が、このような環境に効果的であるのか。どのように、既設のファシリティに、付加的な測定装置を設置し運用するのか、また、どのような測定データならびに測定装置が、効果的な管理制御に資するのか。各サブシステム間での連携動作を前提にした場合に、どのような測定データが、効果的なのか。例えば、講義室や会議室のオンライン予約システムと、空調システム・照明システム・セキュリティーシステムの連携による管理制御などは、その典型的な例としてあげられよう。また、RF-ID タグなどを用いた、利用者の位置情報の取得も、すでに、導入可能な状況であり、その効果の大きさと対費用効果の評価も行うことが可能であろう。

すなわち、稼働状態の測定は、既存設備に対するものだけではなく、ファシリティの中で活動する人をも含むことが可能であるし、人を含んだ、統合的ファシリティシステムの管理制御技術の研究開発を行い、その効果を実環境において数値的に検証することを目指す。

個々の機器の限界を越えるには、利用者主体の視点から見直しをしなければならない。ファ

シリティにおける設備管理を機器の管理からそこを利用する者たちの活動状況に合わせたものにしていく柔軟性を持たせたものにしていく必要がある。個別機器の限界とは、機器の効率性という視点からの話であって利用者の活動に合わせるということは、利用者にとっての有効性という視点になる。すなわち、効率性から有効性への視点の変換を意味する。有効性という価値観から、ファシリティにおける設備管理を見直しそれらを実現しようとする、現状の機器個別の技術に対して情報を付加していくことが必要となる。また、個々の利用形態は常に変化をしていくことに対して柔軟性を持たせるためには、利用形態の変化をデータとして取得し情報化していきながら迅速な情報伝達が求められる。

以上のような、研究開発活動を通して、マルチベンダ環境ならびにマルチサブシステム環境における、統合的エリアマネージメントシステムの管理制御技術を研究開発し、その運用技術の確立を目指す。本活動の成果は、省エネおよび環境対策という視点でとらえれば、大規模キャンパスおよびメトロポリタンにおける「人」を中心に据えた、いわば、「エネルギーサプライドチェーン管理制御システム」の構築に資する活動であると位置づけられよう。

まとめると、以下が、本プロジェクトの活動目標と成果目標となる。

1. 東京大学全学活動である TSOP（東大サステイナブルキャンパスプロジェクト）構想への目標への技術面における具体的な貢献
 - 2012 年（△ 15%の CO2 削減）、2030 年（△ 50%の CO2 削減）
2. 「グリーン IT」の実現
 - データセンターに代表される IT 化機器の電力消費の増大防止
 - IT 活用による地球環境問題の克服とエネルギーと情報をもとにした新しい都市設計手法の確立
3. 東京大学を実フィールドとした実証モデルの構築と検証
4. 新たなファシリティマネジメント手法の確立
 - 協調型都市経営あるいは地域経営手法の実現
 - 新たな付加価値ビジネスの創成・育成
5. ファシリティ関連機器相互接続仕様の作成
6. キャンパス向け省エネ設備調達（参照）仕様書の作成
7. 省エネ効果ベンチマーク仕様書の作成

2.3 研究開発計画の体制

ファシリティの設計、構築、運用、管理ならびに制御に関係するステークホルダからなる、共同研究開発コンソーシアムを形成する。すなわち、ICT 機器のベンダー、建築会社、総合電機会社、情報家電会

社、セキュリティサービス会社、ビル管理会社、さらに、ファシリティのデベロッパ会社など、川上から川下まで、関連する企業が研究開発の情報を共有し、マルチベンダー環境で動作可能な、ファシリティシステムの研究開発を推進する。

本プロジェクトの発足に向けた趣意書は、<http://hiroshi1.hongo.wide.ad.jp/hiroshi/files/GreenUT/index.html> にオンライン化されており、以下の企業が、発起人組織となっている。

朝日放送(株)、(株)インターネット総合研究所、エシュロンジャパン(株)、シムックス(株)、ダイダン(株)、(株)ディーエスアイ、T&Y 松本コーポレーション、(株)東芝、(株)日本アジルテック、日本電気(株)、(株)日立製作所、松下電工(株)、(株)三菱総合研究所、(株)山武、(株)ユビテック、横河電機(株)、富士通(株)、(株)NTT ファシリティーズ、グリーン IT 推進協議会、電気設備学会、ECHONET コンソーシアム、FNIC コンソーシアム、Lon Mark Japan、IPv6 普及高度化推進協議会、WIDE プロジェクト、慶應義塾大学、東京大学。

また、2008 年 12 月 5 日時点での、本活動への参加組織は、以下の通りである。

[一般企業]

- アイ ビー テクノス 株式会社
- 株式会社 インターネット総合研究所
- 株式会社 ウィルコム (WILCOM)

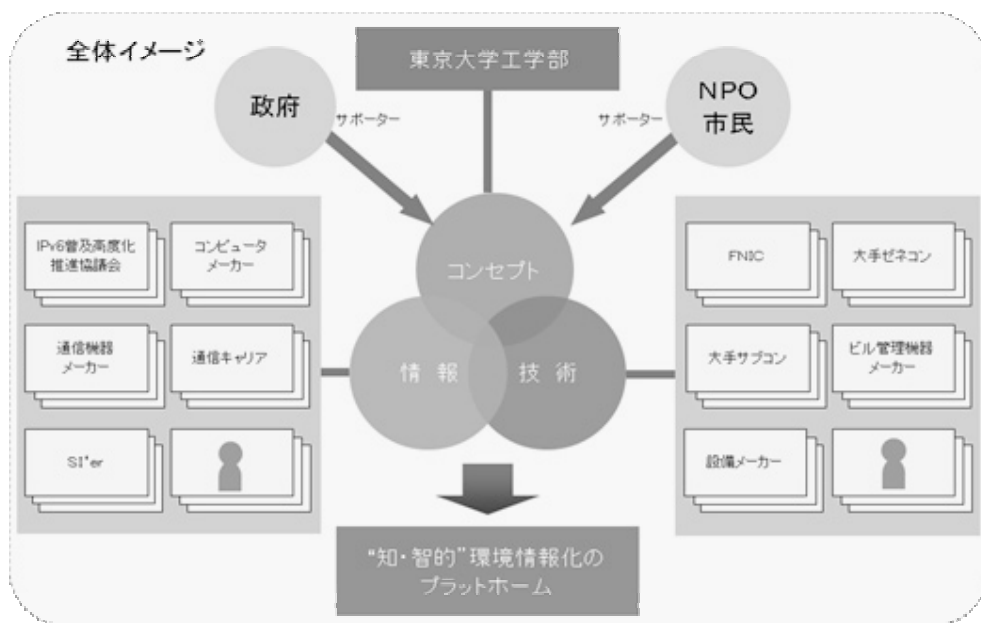


図 2.2. グリーン東大工学部コンソーシアムの構造

- 株式会社 NTT ファシリティーズ
- 鹿島建設 株式会社
- 清水建設 株式会社
- CiTRIX SYSTEMS JAPAN 株式会社
- シムックス 株式会社
- 株式会社 竹中工務店
- 株式会社 デジタル
- T&Y 松本コーポレーション
- 株式会社 ディー・エス・アイ
- 株式会社 東芝
- 株式会社 日本アジルテック
- 日本 AMD 株式会社
- 日本電気 株式会社
- 株式会社 日立製作所
- 富士通 株式会社
- パナソニック 株式会社
- パナソニック電工 株式会社
- 株式会社 三菱総合研究所
- 三菱商事 株式会社
- 株式会社 山武
- 株式会社 ユビテック
- 横河電機 株式会社
- 渡辺電機工業 株式会社

[非営利団体]

- LONMARK JAPAN
- 東京都環境科学研究所
- エコーネットコンソーシアム
- FNIC コンソーシアム
- 社団法人電気学会
- 社団法人電気設備学会
- グリーン IT 推進協議会
- WIDE プロジェクト
- IPv6 普及高度化推進協議会
- 慶應義塾大学
- 東京大学

2.4 システム概要

図 2.3 に、本プロジェクトの実証実験対象である東京大学本郷キャンパス工学部2号館のファシリティシステムの概要と、各個別システムの統合化に向けた概要を示した。空調システムは、ガスヒートポンプシステム（三菱重工社製）、電気ヒートポンプ（三菱電機社製）、照明システム（パナソニック電工製）、動力電源供給システム、セキュリティシステム、ICTシステムが、それぞれ、個別の独自プロトコルを用いて実装・運用されていた。そこで、これらのシステム

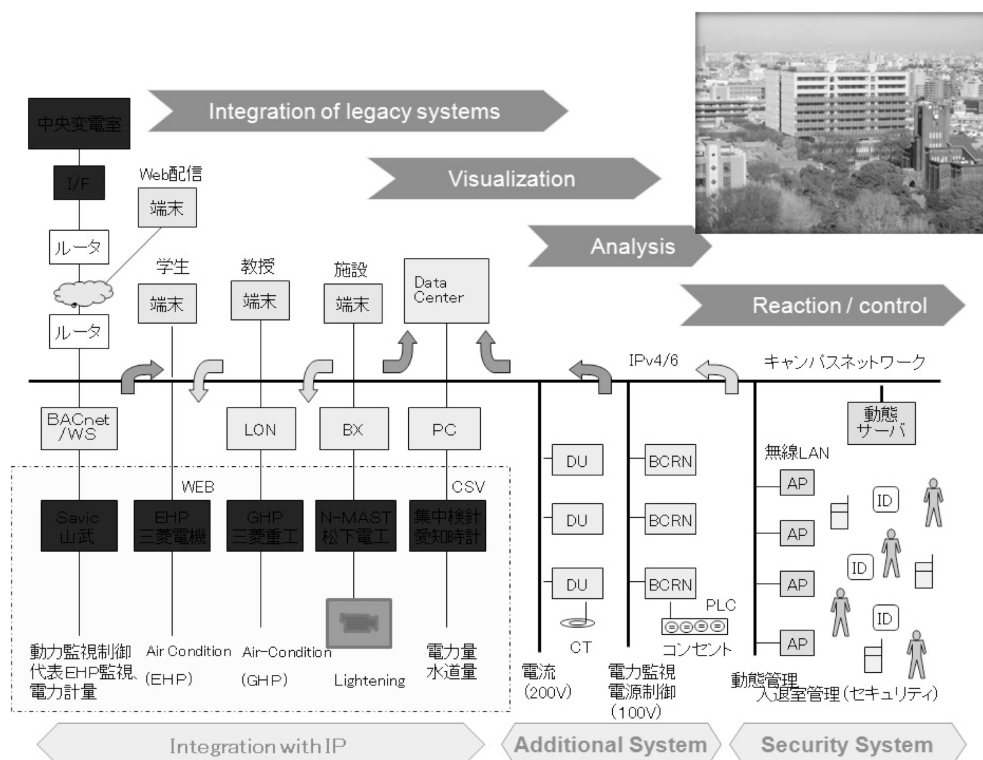


図 2.3. システム概要図

Energy saving by the collaborative operation among facility components

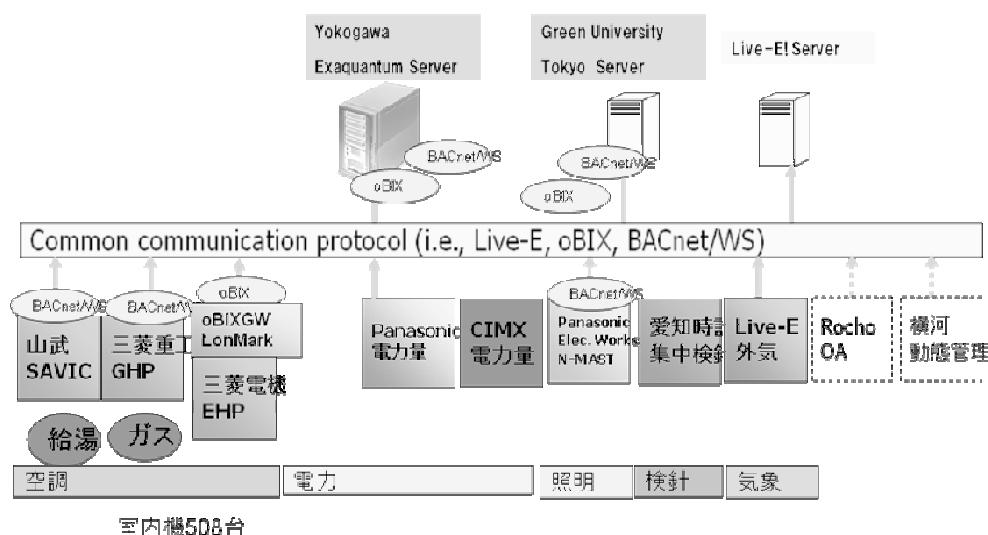


図 2.4. プロトコル概要図

を、IP ネットワークに接続し、ゲートウェイ装置を設置することで、相互接続する方法をとることにした。

図 2.4 に、2008 年度に検討しプロトタイプ実装を進めているシステムのプロトコル概要図をしめした。各個別システムを IP バックボーンで相互接続するが、その際、Live E! システムで設計実装した XML ベースの通信プロトコルとデータ表記を用いる。また、各装置の表記は、FNIC（ファシリティネットワーク相互接続コンソーシアム）で定義した表記手法で統一することになっている。各サブシステムからのデータの収集と、パラメータの設定のインターフェースの定義のみならず、収集されるデータベース内の情報の検索と取得のためのインターフェースの定義も行った。現在、これらの仕様にもとづいたプロトタイプシステムの実装を進めている。来年度（2009 年度）に、実フィールドへの展開と実動作を予定している。

このファシリティネットワーク制御管理システムは、これまでの純粋な IP ネットワークを用いるアーキテクチャではなく、さまざまなサブシステムにおいて利用されている個別プロトコルおよびシステムの統合化を行うために、XML を用いたメッセージルーティングシステムとしている。すなわち、IP よりも一段上位のレベルでのシステムにおけるデータハンドリングにおける抽象化を行っているといえることができる。さらに、非同期での動作も、必要

なシステムも存在しており、そういう観点で考えれば、メッセージルーティングを用いた DTN（Delay Tolerant Network）システムとなっているととらえることもできる。

2.5 動作例

図 2.5 に、CIMX 社との協力により運用している、電力使用量の非接触センサーによるリアルタイムモニタリングシステムの管理画面とセンサーノードを示した。本システムにより、遠隔から、リアルタイムに、工学部 2 号館の電力消費量を監視することを可能としている。

図 2.6 には、インスタントメッセージシステムを用いて、工学部 2 号館 3F の会議室の照明システムの管理・制御を可能にしている。XML ベースのメッセージ転送であり、また、電子メールシステムへの展開の可能性ももったシステムとなっている。

図 2.7 には、PLC（Power Line Communication）技術を用いた、情報家電のオンライン監視管理システムを示した。情報家電システムの管理制御に必要な通信プロトコルおよび通信エンティティ、コマンドの抽象化などを目指す。

その他、以下の、研究開発活動を展開している。

1. VM migration based on Xen platform in Esaki-Lab PCs (30+ PCs) {with NEC & CiTRIX}

●第3部 IT 技術を活用した低環境負荷社会の実現



図 2.5. 電力使用量リアルタイムモニタシステム

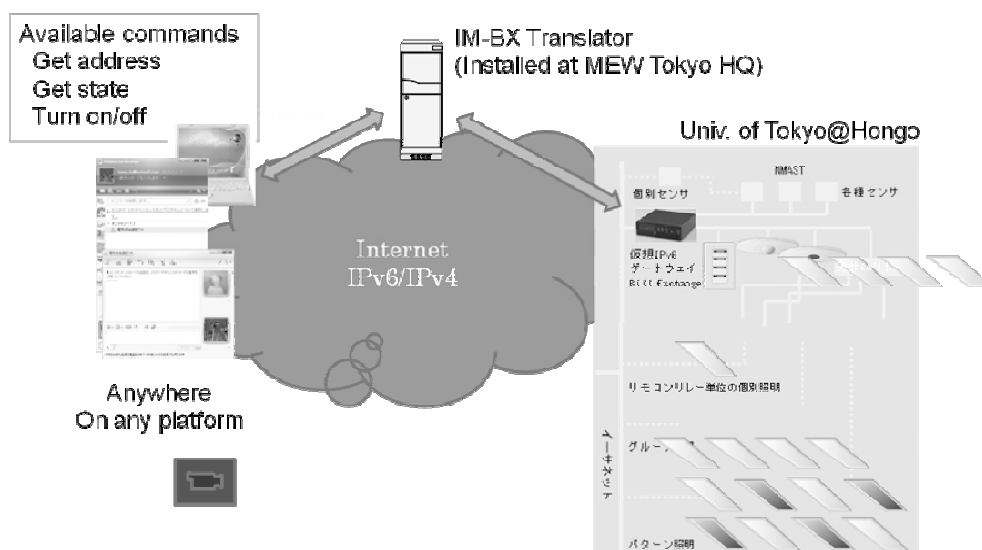


図 2.6. インスタントメッセージャーを用いた照明制御システム

2. Integration of local field-bus's into UBITEQ box

- BACnet, LonWorks, PanasonicEW-light, Yamatake
- Cisco System will join

3. Integration with Live E! system (= Sensor Network)

4. Collaboration with

- Chunghwa Telecom at Taiwan for their government
- ADB (Asian Development Bank) HQ in

Manila

- EU's project

5. Challenge to do;

- Standardization → NIST@USA, ASHRE, IETF (with Cisco)

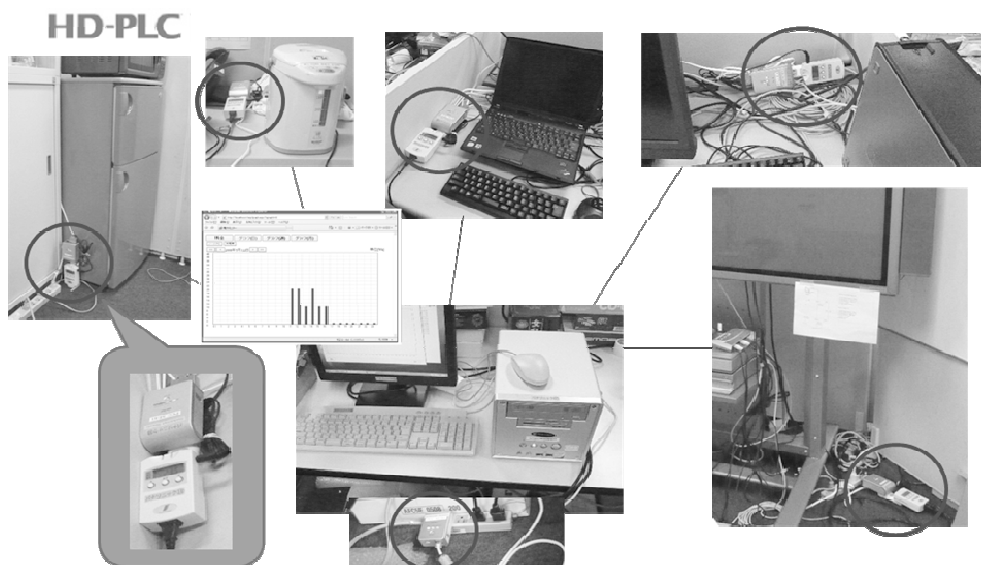


図 2.7. PLC (Power Line Communication) 技術を用いた情報家電機器のモニタリング

第 3 章 関連する研究開発活動

3.1 ファシリティネットワーク相互接続コンソーシアム (FNIC)

FNIC (2006 年 4 月設立) [86] は次世代インターネット基盤プロトコルである IPv6 技術を用いたファシリティネットワークの IP 化、オープン化、さらに、マルチベンダー化に向けた調査研究とその普及を推進している。電気設備学会、LonMark 協議会など、関連する組織と協力しながら活動を展開している。本分科会の活動の趣旨は以下の 4 点である。

- (1) IPv6 技術を活用したビルシステムのオープン化と、マルチベンダー化によるビルのライフサイクルコスト (LCC: Life Cycle Cost) の低減に貢献する。
- (2) センサ、アクチュエータ、コントローラ等のビルシステム用機器が、ネットワークに接続することで自律的なデジタル通信環境が提供され、システムとして、安全に協調動作可能となるための (Secured) Place & Play 環境を実現する。
- (3) 前述したシステム仕様を標準化し、国際標準として提案する。なお、提案する仕様は、LonWorks

および BACnet に対抗するものではなく、むしろ LonWorks および BACnet の後継となるべきシステム仕様としての検討を行い、LonMark 協会および ASHRAE (BACnet) への提案を目標とするものである。

- (4) さらに、多くのビルや施設がインターネットで繋がっていく都市や地域におけるエリアマネージメントシステムの構築を目指す。

第 4 章 むすび

本稿では、東京大学工学部 2 号館 (2005 年竣工地上 12 階総合研究教育棟) を用いて、省エネと環境対策を目的とした総合的で先進的なファシリティマネージメントシステム技術の検証と評価、さらに、運用技術の確立を目指す、産学連携による協同研究開発コンソーシアム『グリーン東大工学部』の概要を紹介した。本活動は、マルステークホルダによる総合的で実践的な研究開発活動を産学連携で推進するものである。これまでの、Live E! プロジェクトや FNIC 協議会での研究開発の成果をさらに発展させ、実証実験を通じた実フィールドへの展開に資する研究開発を推進したい。

注：本プロジェクト（「グリーン東大工学部プロジェクト」）は、2008年グッドデザイン賞を受賞した。具体的な製品のデザインではなく、プロジェクトや活動の創造的で新規的なデザインに対する表彰である。

謝辞：

『グリーン東大工学部』の発足に向けては、たくさんの方々からのご助言とご支援をいただきましたことに、深く感謝の意を表します。また、グリーン IT 推進協議会殿からは、グリーン IT 推進協議会のプロジェクトの一つとしても、本プロジェクトを位置づけていただいたことも、本プロジェクトの推進に大きな意味を持っており、ここに感謝と尊敬の意を表します。