

統計と情報の専門誌「エストレーラ」

ISSN 1343-5647

# ESTRELA

1

2010・JANUARY

No.190

[特集] グリーン東大工学部プロジェクト



財団法人 統計情報研究開発センター

## ICTを用いた省エネ・環境対策と インフラ設計の課題

～『グリーン東大工学部プロジェクト』～

江崎 浩 | Esaki Hiroshi

東京大学大学院情報理工学系研究科教授  
グリーン東大工学部プロジェクト発起人代表



■1987年九州大学工学部電子工学科修士了。同年4月(株)東芝入社。90年米国ベルコア社、94年米国コロンビア大学にて客員研究員。98年10月より東京大学大型計算機センター助教授、2001年4月より東京大学情報理工学系研究科助教授。05年4月より現職。WIDEプロジェクトボードメンバー、IPv6普及・高度化推進協議会専務理事、(株)日本ネットワークインフォメーションセンター副理事長、Internet Society 理事、日本データセンター協会理事。工学博士(東京大学)。

### 1. はじめに

「グリーンIT<sup>注1)</sup>」の推進は、情報通信学による地球と人類に対する貢献と責任であり、その実現には、地球全体を覆うセンサネットワーク<sup>注2)</sup>の構築とそれらの協調動作が実現されなければならない。これは、インターネットの再展開・再起動と言えよう。本特集では、ICTを用いたグリーンITに資する『グリーン東大工学部プロジェクト』の概要と今後の具体的な展開について紹介する。

先進国における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、地球上の気象変化をより一層複雑化させており、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

センサデバイスが開発され、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、これらセンサデバイスをインターネットに接続することを可能とし、自立的かつ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することを可能としつつある。さらに、これらの環境情報をグローバルスケールで、しかも、ほぼ、リアルタイムに流通、加工、共有、制御することが可能となりつつある。すなわち、グローバルスケールでのPDCAサイクルを実現するシステムの構築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

注1) 地球環境や省エネルギー・省資源に配慮したIT機器やIT基盤、あるいは、IT技術を用いた環境負荷低減のための取組みやIT基盤。

注2) 多数のセンサ機能を持つ電子機器を配備し、これらが協調・動作することで目的の機能を実現するシステム。

利用法の創造などが推進されることが期待される。個人及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の構築を実現できれば、そこから教育、公共サービス、ビジネス分野等における新たな活動が展開されることにより、安心かつ安全で効率性の高い活動空間（＝環境）の創造が期待されよう。ICT技術を用いたグローバルスケールのエコシステムの構築とも言えるであろう。

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組みと貢献は、IT先進国として、グローバル社会に対する責任でもある。

地球環境問題への取組みとしては、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いことから、重大な課題となっている。

## 2. グリーン東大工学部プロジェクト (<http://www.gutp.jp/>)

「グリーンIT」に関する議論と関連する種々の施策は、2007年頃から注目されるようになったが、これらには、データセンター等を利用したIT関連機器の電力消費量増大の抑制という目的とともに、IT活用による地球環境問題の克服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、世界の大都市に先駆けて模範を示すべきであると考えた。

一方、東京大学本郷キャンパスのCO<sub>2</sub>排出量が都内で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2号館（2005年竣工、地上12階、総合研究教育棟）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ろう。

そこで、東京大学工学部2号館で稼働している空調、照明、昇降、その他の供給処理等設備は、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なため、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組みを推進している。

とりわけ、ファシリティマネジメントシステム分野で、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ことによって全体像を俯瞰する研究は、協調型の都市・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に関係づけて研究することができる点で、実社会への貢献を目指すものである。

東京大学工学部2号館を用いた本プロジェクトでは、総合的で先進的なファシリティマネジメントシステム技術の検証と評価及び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、さらには、新しいビジネス領域を創造するに資する研究開発成果を目指している。

また、本プロジェクトでは、ファシリティの設計、構築、運用、管理及び制御に関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した。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している。

以下に、本共同研究開発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) 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

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、実システムにおける導入及びその動作検証を行うとともに、技術標準化機関への提案を行い、その普及と標準化を推進する。マルチベンダー環境でのファシリティマネジメントの実現に

資する技術の確立は、サステイ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（システムの利便性の向上）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。

#### (2) 計測データの解析・表示による効果の検証

計測データの解析結果を、ファシリティの運用者及び利用者に表示して、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は広く知られている。本プロジェクトにおいては、対象が総合研究教育棟であり、利用者の統制が容易ではないという典型的な事例である。このような場合において、解析データの表示方法や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。

#### (3) 先進的制御技術・制御システムの導入と効果の検証

計測・解析したデータをもとに、ファシリティの管理・制御を行い、その効果を評価する。

### 3. むすび

グリーンIT/ICTの活動を推進するにあたって、社会全体のエネルギー消費量の把握に基づいた戦略の策定が必要である。ICT機器自体のエネルギー消費量は、空調や照明などのNon-ICT機器のエネルギー消費量に比べて小さい。しかし、ICT機器なしには、これらの効率化と省エネ化は実現できない。人間

に例えれば、ICT機器やICT機器が仕事をする場所であるコンピュータルームやIDC (Internet Data Center) は『脳』にあたり、ネットワークは『神経系』である。『賢く能率的な脳』と『俊敏に動作する神経』が、人間の効率的で機能的な活動を実現することは明らかである。『優れた筋肉を持った運動選手』でも、その制御が最適化されていなければ、『優れた筋肉を持たない運動選手』に負けてしまう。我々のプロジェクトにおける

ICTシステムの展開に、地球の未来が依存しているとも考えられるであろう。

### 謝辞

『グリーン東大工学部プロジェクト』の発足に向けては、たくさんの関係者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。

### プロジェクト参加組織

以下が、2009年8月31日時点でのメンバ組織である（一般企業30社、NPO等他の組織13団体、合計43組織）。

伊藤忠商事(株)、(株)ウィルコム、(株)NTTファシリティーズ、オムロン(株)、鹿島建設(株)、(株)関東コーワ、コクヨ(株)、清水建設(株)、Cisco Systems Japan、CITRIX SYSTEMS JAPAN(株)、シムックス(株)、ダイキン工業(株)、(株)竹中工務店、(株)デジタル、(株)ディー・エス・アイ、(株)東芝、(株)日本アジルテック、日本電信電話(株)、日本電気(株)、パナソニック(株)、パナソニック電工(株)、富士通(株)、三井情報(株)、三菱商事(株)、(株)三菱総合研究所、富士ゼロックス(株)、(株)山武、(株)ユビテック、横河電機(株)、渡辺電機工業(株)、LONMARK JAPAN、東京都環境科学研究所、岡山IPv6コンソーシアム、FNICコンソーシアム、(社)電気学会、(社)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、名古屋大学、立命館大学、慶應義塾大学、東京大学

## コンセプトワーキンググループ



中島 高英 | Nakajima Takahide

シムックス(株)代表取締役

■1978年日本大学法学部卒。同年伊藤忠金属販売(株)入社。83年中島工機入社。88年シムックス(株)設立、代表取締役就任、現在に至る。

### 1. はじめに

コンセプトワーキンググループは、グリーン東大工学部プロジェクトの各ワーキンググループ(WG)の中でも異色の存在です。日本で、しかも、このようなプロジェクトにおいてコンセプトを独立して扱うことは、他に例を見たことがありません。

それ故に、WGの進め方も困難でした。予想以上の効果を挙げる事ができたのは、参加メンバーの皆さんの献身的なご協力の賜であります。この誌面をお借りして御礼と感謝を捧げさせていただきます。

### 2. コンセプトワーキンググループの意義

本WGの意義は3つあります。

第1に、バラバラになりがちな各WGの活動を結びつけるために、プロジェクトの意義を“見える化”し、メンバー間の合意形成を図っていくこと。

第2に、省エネのために、利用者へのアプローチの仕方を明確にしていくこと。

第3に、対外的に本プロジェクトを紹介していくことにより、プロジェクトの奥行きと幅を広げていくこと。

### 3. 本プロジェクトのコンセプトとは

コンセプトとは何か。通常は概念というあいまいな言葉で表現されてしまいがちですが、本プロジェクトでは、ミッション(M)、バリュー(V)、ビジョン(V)、ストラテジー(S)と分けて定義することで、あいまいさを取り除き、メンバー間の合意を図りました。

### 4. M、V、V、Sとは

ミッション “させられる”環境・省エネ対策から“やりたくなる”環境・省エネ対策を作ること。

バリュー 需要者(利用者)側の立場からの改善により、大きな省エネ効果を生み出すこと(目標値15%削減)。

ビジョン 環境に対して、より効率のよい社会を創生し、持続可能な社会を実現す

ること。

ストラテジー ICT技術により、省エネ及び環境にやさしい地域の実現を達成すること。

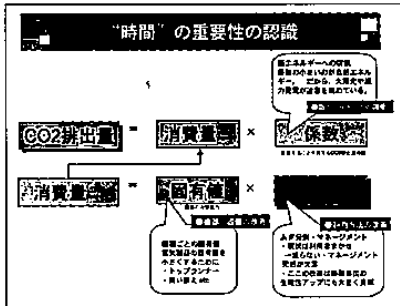
## 5. 具体的な活動と成果

次の5つの大きな提案を行いました。

### (1) CO<sub>2</sub>削減の第3の道の提案

CO<sub>2</sub>削減には、従来2つの面からの取組みが積極的に行われてきました。2つの面とは、①CO<sub>2</sub>係数の小さい自然エネルギーへの転換、②効率化された機器への転換（トップランナー方式）です。本WGでは、第3の道として、利用者側のアプローチによる消費エネルギーの削減を実現するため、活動時間とエネルギー消費との関係を明らかにしました。

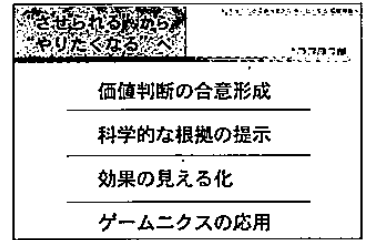
すなわち、“時間”を中心に捉えることにより、省エネ活動は生産・生活の効率化に結びつくという積極的な捉え方をしています。



### (2) 4つの“やりたくなる”ための提案

利用者側の消費エネルギーの削減を実現するために、どのようにすれば人々に“やりたくなる”という気持ちになってもらえるかという分析を行い、その問題点を発見しました。その結果、利用者側から省エネを“やりたくなる”ようにするためには、科学的なデータに基づく判定基準の在り方について、共生す

る人々の間で合意を形成していく仕組みを作りあげる必要があるという認識に至りました。



省エネ改善を持続的に行うためには、日々の成果を数値で見えるようにしておくことが大切です。さらに、持続的にデータを見てもらうためには、ユーザーインターフェイス(UI)が重要であり、そのUIにゲームニクス(次頁参照)を応用することを提案しました。

### (3) 計測の仕分けの提案

大学という組織は、様々な価値観を持った人々のゆるやかな共同体です。また、施設の面から見ると、複合多目的ビル施設とも定義できます。

この2つの複雑な状態に対して活動分析を行い、誰が何のために施設を利用しているかを明らかにしていきました。価値判断の基準から施設を分類し、計測のグループ分けを行いました。

どこを計り、どのような基準で判断していくかを明確にすることこそが、人々の合意形成に役立つと考えたからです。



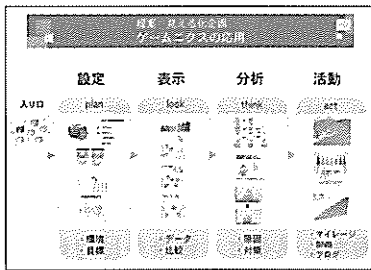
#### (4) “やりたくなる” シナリオの提案

人々が“やりたくなる”ための見える化ソフト作りには、ゲームニクス<sup>注)</sup>の提唱者である立命館大学映像学部サイトウ・アキヒロ教授のご協力を得ました。

ゲームニクスとは、テレビゲームを科学的に分析することで、ゲームに隠されている「人を夢中にさせる」ノウハウを抽出して理論を体系化したものです。

まず、省エネのためにデータを持続的に見るソフト

はどのように作ればよいかのモデルシナリオを作成しました。



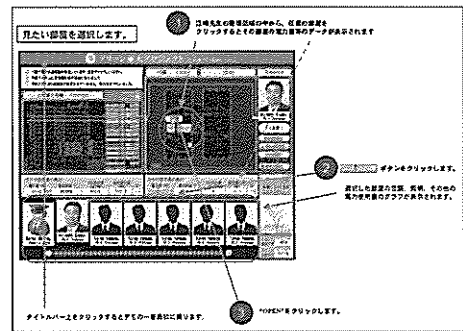
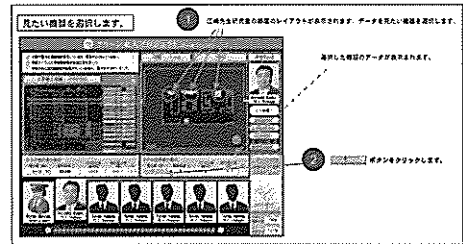
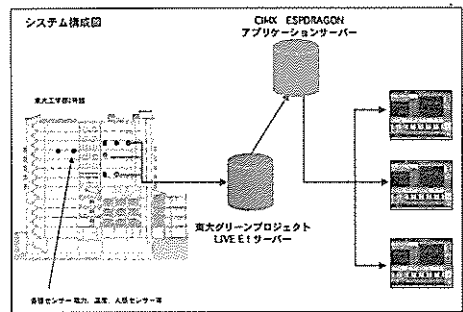
#### (5) “やりたくなる” UIの実現

“やりたくなる”ための見える化ソフトのモデルシナリオに基づきオンラインデモソフトを作成し、2009年6月のINTEROP TOKYO (幕張メッセ) に出展しました。

東京大学工学部2号館には、330か所の計測ポイントがあり、1,600種のデータが1分間隔で収集され、共通DBに蓄積されています。共通DBの利用が進むほど、従来では想像できない量のデータが発生することになります。そのためユーザーは、詳細なデータを見せられれば見せられるほど、情報の洪水の中で溺れてしまうというリスクがあります。

ユーザーが情報の洪水の中で溺れないように開発したものが、ゲームニクスを応用したUIです。これは高度なセンサーネットワークとゲームのノウハウを融合させたものです。言い換えれば、日本の文化である“おもてなし”と“モッタナイ”の心を融合させて生まれた新しいUIです。

この技術を用いて、ゲーム感覚で自発的に省エネのデータを見ることができるとソフト開発を行いました。



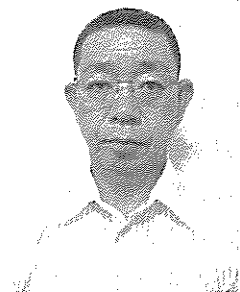
注) 世界に普及した任天堂のゲームに、子供たちが長時間にわたりマニュアルもなく熱中する仕組みを解明し、その要素をゲーム以外のすべての人のインターフェイスに応用しようという意図から作られた言葉。提唱者のサイトウ教授は、任天堂のゲームの底流には日本人の“おもてなしの心”があったからこそ世界で勝つことができたと言っている。



## プロトコル標準化 ワーキンググループ

藤原 憲明 | Fujiwara Noriaki

パナソニック電工(株)  
EMITプラットフォーム開発センター  
IPv6主担当



■1956年生まれ。80年京都大学工学部数理工学科卒。同年松下電工(株)入社。以来コンピュータ応用解析・計測業務を中心としたアプリケーション開発及びソフトウェア・オートメーション、ミドルウェア開発、インターネット接続機器システムの研究開発とともに、近年はIPv6技術及び省エネのためのオープンネットワーク研究開発に従事。

### 1. はじめに

京都議定書から始まった地球温暖化対策とCO<sub>2</sub>削減、さらに省エネ対策は、施設管理、BAS<sup>注1)</sup>、BEMS<sup>注2)</sup>に影響を与えるとともに、改正省エネ法、東京都環境確保条例(都民の健康と安全を確保する環境に関する条例)など、具体的な法規制により、電力測定、見える化、報告書作成、省エネ手法及び省エネシステムなど、省エネソリューションに対しての高度な解決策が要求されている。このような環境変化のもと、従来の設備管理から、省エネを目指す運用管理に対応するため、管理データと監視制御の統合、リニューアル対応、中小規模施設のための施設管理手法、省エネルギーのためのネットワークなど、次世代施設管理とそのインフラに対して新たな要求が発生している。

### 2. プロトコル標準化

これまで、大規模ビルなど施設管理のためのネットワークシステムには、BACnetやLonWorksといった専用ネットワークが活用されてきた。それらネットワークにおいて、インターネットを活用した遠隔からの監視制御といったユーザーニーズに応えるためには、専用のゲートウェイが必要となっている。そこで、オープンなWeb技術を活用した設備ネットワークの相互接続について、FNIC(Facility Networking Interoperability Consortium)を中心に検討されてきた。その結果、Webサービスを用いた機器相互接続が提案され、一部では実証実験も実施され、人感センサと照明、空調との相互接続による連動制御などが検討された。ただし、省エネ対応に必要なデータの見える化への要求に応えるには、監視制御のネットワークとセンサデータ

注1) Building automation system。ビル管理業務のためのシステム。

注2) Building and Energy Management System。ビルエネルギー管理を行うシステム。

を格納するデータベースを連携することや種々のプロトコルが共存した施設を管理する仕組みが必要となっている。そこで、グリーン東大工学部プロジェクトでは、プロトコル標準化ワーキンググループを立ち上げ、これら課題を検討している。

### (1) 共通プロトコルのコンセプト

対象とする東京大学工学部2号館の環境では、複数のベンダー機器が別々のサブシステム上で稼動することを想定しており、以下のコンセプトのもと、システムを構築している。

- ・ 低酸素社会のための施設管理ネットワークシステム
- ・ 異種プロトコル共存環境への対応
- ・ 監視、制御とデータベースの融合

通信プロトコルとしては、マルチベンダー、マルチサブシステム対応のために統合的な共通プロトコルとした。異なるメーカーの電力センサのDB統合及びインターネット網を用いた機器の遠隔管理並びに複数機器による協調制御も可能になると考えられる。

## 3. 共通プロトコルの仕様

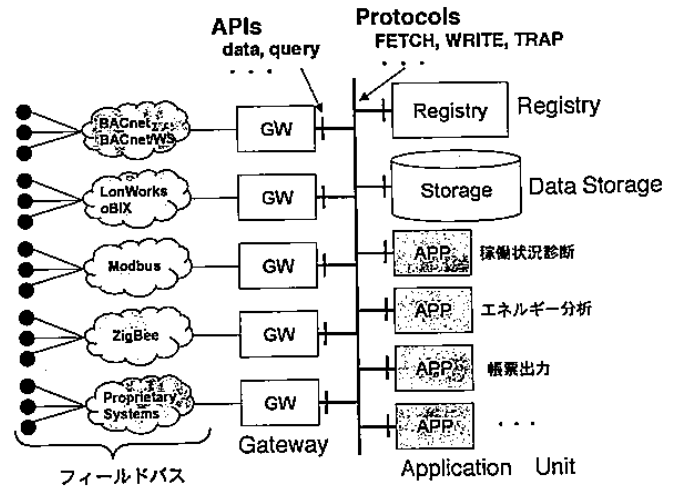
### (1) 基本構成要素

基本的な構成は、図1のアーキテクチャに示すように、3つの構成要素からなっている。

- ・ Gateway
- ・ Data Storage
- ・ Application Unit

従来のファシリティネットワークにおいては、Data Storageの機能を持ったコンポーネントはフィールドバスに依存するため、データを共有することが困難であった。今回、コンポーネントとして統合させ、フィール

図1 マルチサブシステム対応共通プロトコル構成図



ドバス用のGatewayを設けることで、各センサのデータを、どのアプリケーションからも活用することが可能となった。このGatewayは、汎用通信プロトコルや独自通信プロトコルといった各種サブシステム（フィールドバス）で使用されるプロトコルを共通プロトコルに変換する機能を主として有するコンポーネントである。Data Storageは、フィールドバスのデータ（センサ値、アクチュエータ設定値、その他状態変数など）の履歴を蓄積する機能を主として有するコンポーネントとしている。さらに、Application Unitは、観測されたデータや履歴を参照してデータを分析し、解析する機能を主として有するコンポーネントである。このコンポーネントは、使用者に見やすいビューを提供することやGatewayを経由してフィールドバスの機器をコントロールするといった機能を提供するものと考えている。

### (2) 共通インターフェース

上記構成要素のインターフェースとしては、モジュール開発の簡易性と汎用性を考慮して、全て共通な数種類のインターフェースで実現

させた。具体的なプロトコルは、以下のとおりである。

- ・他のコンポーネントからのデータ抜き出しプロトコル
- ・他のコンポーネントへのデータ送信プロトコル
- ・他のコンポーネントへのデータ送信登録プロトコル

抜き出しプロトコルは、コンポーネントが保有するデータを読み出すプロトコルであり、送信プロトコルは、他のコンポーネントにデータを書き込むために使用されるプロトコルである。他のコンポーネントへのデータ送信登録プロトコルは、データ送信を依頼するリクエスト、データ送信依頼の受け付けとデータを他のコンポーネントに送信するプロバイダ、データを受信するレシーバで構成されており、条件に適合したデータを受け取ることができる。このプロトコルはイベント通信を考慮して設計されており、リクエストとレシーバは同一コンポーネントであっても異なっても機能するようになっている。この機能はSNMP (Simple Network Management Protocol) におけるTRAP機能<sup>注3)</sup>に類似しているが、より汎用的になるように設計されている。例えば、データ送信登録における期間設定もそのひとつである。

### (3) RDFの導入

各コンポーネントにおいては、他システム同様に、機器、センサ、場所などの操作対象を特定するための固有識別子が必要となる。本仕様においては、この識別子をURI

(Uniform Resource Identifier) で表現することとした。この表記に関してはRFC3986<sup>注4)</sup>に定められたルールを使用している。操作対象の定義や状態を示すデータに関しては、XML (Extensible Markup Language) フォーマットを使用している。さらに、セマンティックウェブを実現するために開発されたRDF (Resource Definition Framework) によって、機器、場所及び関係性を取り扱っている。URI、XMLやRDFといった記法及び手法を導入することによって、機械可読性を実現するとともに、検索対象となる機器における属性などに関する多面性を解決することができる。例えば、あるAという機器がBメーカーの製品であるとともに場所Cに設置されているなどといった多面性表現が可能となる。

### (4) IPv4/IPv6デュアル対応

本プロトコルはIP層より上における規定ではあるが、昨今のIPv4アドレス枯渇問題を考慮して、基本的にはIPv4/IPv6デュアル対応とする。

## 4. まとめ

今回、マルチベンダー・マルチサブシステム対応の新しいファシリティネットワークプロトコルを構築することによって、インターネットを有効活用した新しい省エネソリューションの構築と低炭素社会への寄与ができると考えている。

最後に、仕様策定・モデル試作に関してご協力いただきましたグリーン東大工学部プロジェクトのメンバーの皆様に深く感謝いたします。

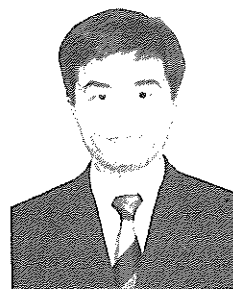
注3) SNMPエージェントの管理情報変化をとらえるための障害通知機能。

注4) RFC (Request For Comment) は、インターネット関連技術の標準を定める団体であるIETF (The Internet Engineering Task Force) が正式に発行する文書。RFC3986は、URIの一般的構文に関して定めている文書。

## 見える化ワーキンググループ

伊藤 公祐 | Ito Kosuke

(株)ユビテック  
ユビキタス事業部シニアコンサルタント



■1993年スタンフォード大学大学院航空宇宙工学修士。同年キャノン(株)入社。2001年より慶應義塾大学SFC研究所訪問研究員、IPv6アドレス割り振りポリシー策定に参画。05年(株)ユビテック入社。08年より(株)日本ネットワークインフォメーションセンター理事。

### 1. 見える化ワーキンググループの概要

グリーン東大工学部プロジェクトにおける見える化WGは、施設利用者が自発的な省エネ活動に取り組みやすくするための現状把握(現状の見える化)や省エネ結果確認(省エネの見える化)の実現手段を検討し、実証実験を行うワーキンググループである。省エネ対策を実施するには、まず、消費エネルギーの中で削減可能なエネルギーがどこにあるか、無駄となっているエネルギーの原因がどこにあるかを明らかにし、それを確認するにはどのようなデータを可視化することが最も効果的かを明らかにする必要がある。特に利用者を省エネ行動に導くためには、どれだけの無駄があるのか、それが自分に解決できる無駄か、という点を具体的な形(数値や図表)で浮き彫りにすることが必要となるので、それを実現するための技術的手段を検討し、検証環境構築の要件整理を行っている。

本プロジェクトの本WG以外の各WGとの関係は、コンセプトWGでの検討によって示されるエネルギーが消費される原因や削減可能なエネルギーの考え方を東京大学工学部2号館(以下、2号館)という現場に即して検討し、何を具体的に見えるようにするとよいかの要件をまとめ、構築したい「見える化」環境の要件を制御WGや実証実験WGへ提示していく関係となっている。

### 2. 初年度の取組み

本プロジェクト初年度(2008年度)のゴールは、全学目標(CO<sub>2</sub>排出量を2012年までに15%、2030年までに50%削減)達成に向けて、まずはエネルギー消費実態の把握であった。そして、何が見えると省エネにつながるか、何のために見える化するかの議論を行った。ここでは初年度に行ってきた取組みを紹介する。

(1) 5W1Hの明確化

エネルギーの消費はその施設を利用する人による利用目的で消費されることから、まず、本プロジェクトの対象である2号館の5W1Hの整理・明確化を行った結果、表1のように整理された。

次に、ただ闇雲に消費エネルギーを計測し、多量のデータや情報を拾うのではなく、省エネ対策に必要となる情報を適切に取得して、省エネ行動を起こす利用者やシステムに情報を提供する必要があるので、その仕組みの検討を行った。

①測定場所の選定

2号館のエネルギー消費実態をできるだけ効率的かつ経済的に把握するため、2号館に存在する部屋のパターンを洗い出した。部屋のタイプによって利用目的が違えば、エネルギーの消費パターンも変わってくるためである。そこで、集中検針データをもとに、マクロな視点で既に電力計測されているデータを分析し、実験のためのサンプルルームとして以下の部屋を選別した。

- ・ 講義室（教室）：2-3F 221吹き抜け講義室、4F 241講義室
  - ・ セミナー室（会議室）：3F 電気系会議室2
  - ・ 研究室・実験室：10F 江崎研究室
  - ・ サーバ室：10F サーバ室
- （以下は当初の計測対象からは除外し、順次拡張するものとした。）
- ・ 地下特殊実験室（超伝導応用研究実験室、

表1 東大2号館の5W1H

WHO	オーナー	設備管理者	教授・研究室	学生（住人）
WHERE	事務室	監視室	教授室	教室
WHAT	金、CO <sub>2</sub>	金、エネルギー	エネルギー	CO <sub>2</sub>
WHEN	月、年度	使用中	使用中	使用中
WHY	経営、目標確認 東京都規制遵守	運転管理	比較を示す 競争させる	無駄を止める 動機付け
HOW どのように見せる化	PC	監視盤	PC	携帯、表示器

クリーンルーム)

- ・ その他：視聴覚室、スタジオ、演習室、多目的室、プレゼンテーションルーム、図書室

②測定アイテムの選定

各部屋の消費エネルギーを、何にどれだけ使われているかを分析できるよう、部屋ごとの計測対象を以下のアイテムに絞り込んだ。

Whatのカバレッジ（計測対象の網羅）

- ・ 空調（室外機、室内機）
- ・ 照明（室内、廊下）
- ・ 電源（200V、100V）
- ・ 室内の個々の機器レベル（サーバ、実験機材、etc）

(2) データ共有の仕組み

計測したデータが、計測したシステムのみで処理可能な閉ざされた環境に保存されてしまうと、多面的な消費エネルギー分析や様々な見える化を実現する上で、大きな障害となる。そこで、サーバ構築タスクフォース、制御WGとの共同作業により、任意のベンダーのサブシステムから得られる計測データを自由に見える化することが必要となる。そこで、取得データの共通仕様を策定してプロジェクト全体でデータが共有できるよう共通データ

ベースを構築するための議論を行った(図1)。

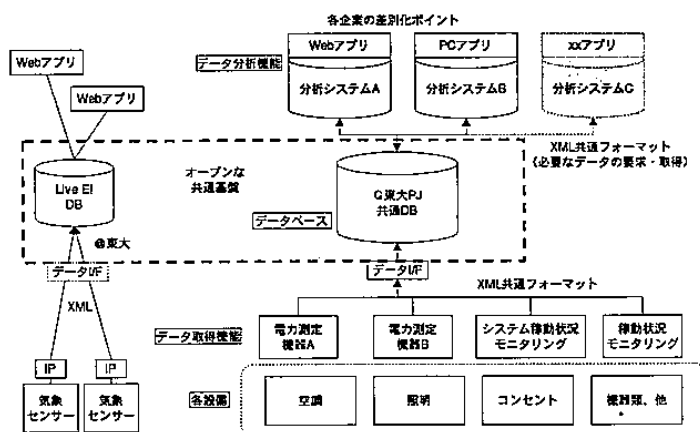
データの送受には、WebServiceによる仕組みを採用し、各システムの計測ポイントは、共通したWebServiceのURI(Uniform Resource Identifier)によって特定できるようにした。BACnet/WSのPathとoBIXのURIの付け方については、それぞれの仕様に従うが、相互接続の観点から、同じ考え方によって付与するための「Path、URIの付与ガイドライン」を策定した。ここでの検討は、プロトコル標準化WGでの共通プロトコルの検討につながっている。

### (3) 省エネにつなげる消費エネルギーの管理

省エネを進めるためには、どこに無駄があるか、どこが削減可能なエネルギー使用なのかを細かく見つけていくことに尽きる。管理すべきは、電気を使う設備機器だけでなく、施設や設備の利用者と場所も対象となる。

大学の場合も、概ね部屋自体が、または、その部屋に設置されている設備や機器が利用計画通りに利用されているか否かによって、削減可能なエネルギーか否かの分別は可能である。また、エネルギー消費の元となる各設備や機器の消費特性を把握しておく必要もある。固定的に消費される量と従量的に消費される量の分別、待機時、稼働時、立ち上げ時、それぞれの比率を機器ごとに把握することで、最適な機器運用パターンを見つけることができる。

図1 共通データベースのアーキテクチャ



### (4) 省エネにつなげる効果的な見せ方の検討

これまで消費エネルギーをグラフなどでビジュアルに表現する分析ツールはあった。しかし、従来のツールは設備管理者といった管理のプロ向けばかりであった。当然、プロ向けには、正確な数値とグラフ、アラーム記録などの専門性の高い情報が重要だが、プロ向けの情報は一般の利用者には理解しづらいので、一般利用者向けの情報提供方法が必要となる。

利用者に省エネを意識させる見せ方のポイントとして、いくつかのアイデアが出された。「利用者」に対しては、数値やグラフより、やはり見目で直感的にわかりやすいコンテンツが求められる。したがって、利用者がイメージしやすいものへ結果の数値を置き換えることが望ましい。例えば、ガソリントank、お金、新幹線、森や木々の数などである。

また、省エネを続けるために見たくなる形での見せる化も重要であるという議論を行った。省エネを常に目にできる形にしたり、表示内容を、省エネを追求する気持ちや競争する気持ちを高めるものにするなどの工夫であ

る。例えば、手元の操作パネルでの利用状況のビジュアル化、自分の行動の結果が速やかにわかるリアルタイム情報（現状と目標の差異など）、トレンド情報（行動が変化に結びついているか、確認したくなる）などが挙げられた。

### (5) 見える化実証実験の紹介

以下に、初年度に実施した見える化の実証実験を紹介する。

#### 実験1：インターネットを利用した

##### 電力使用量と無駄分別の見える化実験

検討過程で選定した計測対象の場所を中心に、1分ごとの電力消費データを自動測定する実験を行った。インターネットを利用して電力計測データをサーバへ集め、Webにより、無駄分別した状況を施設、部門、グループ、機器といった細かさで表示できるシステムで実現している。計測データは、ESP DragonというWebサーバと共通データベースの双方に同時に記録できるようにした（図2）。

#### ・導入設備：

ESP Dragonの電力計測機とWebアプリケーションサーバ

#### ・効果：

消費電力が利用単位で“見える化”が可能になり、省エネのための改善に役立つ基本データを提供できるようになった

#### ・今後の課題：

設置コスト（計測センサー敷設工事費）、大学用の分析・判断基準

図2 電力計測グラフ例と電力計測機

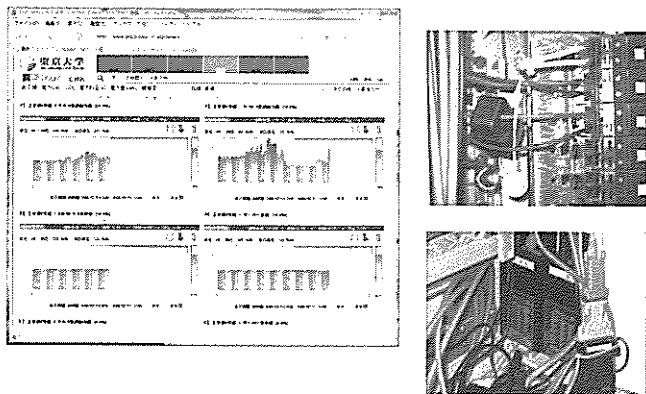
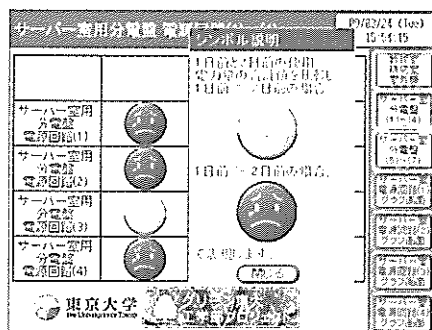


図3 タッチパネル画面例



#### 実験2：タッチパネルによる省エネ効果

##### 見える化実験

タッチパネル表示器を江崎研究室に設置し、シンボリックにエネルギー使用状況を表示し、利用者に省エネ意識を啓発する実験である（図3）。

#### ・導入設備：

タッチパネル表示器

#### ・電力測定対象：

10F 江崎研究室、江崎教授室、サーバ室

#### ・表示器設置場所：

10F 江崎研究室、江崎教授室

#### ・効果：

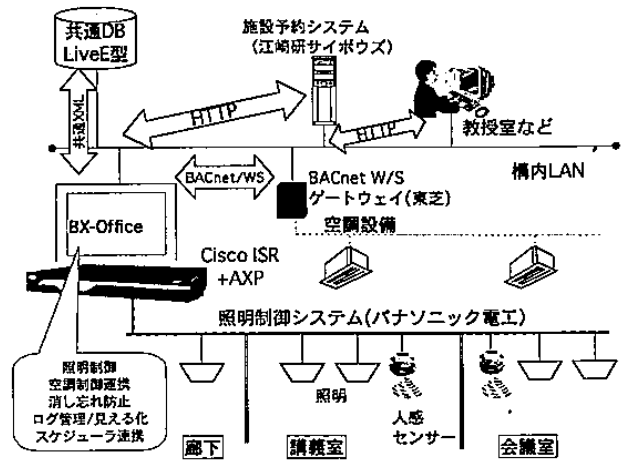
日常どのくらいの電力を使用しているかを

把握してもらい、エネルギー利用に対する意識改善につながった

・今後の課題：

空調、照明などをタッチパネルから一元的に操作できるよう利便性を上げることにより、操作の結果で、どのくらいのエネルギー消費になっているかをタッチパネル上で常に“見える化”すること

図4 実験システム構成



実験3：スケジュール連動（利用状況）

見える化実験

Web型施設予約システム（サイボウズ）より各部屋の利用予約情報を取り込み、照明用人感センサーの信号を活用して、照明とBACnet/WSによる空調制御の連携制御を可能にするマルチベンダーシステム間の連携制御の実験である（図4）。

・導入設備：

設備情報統合ゲートウェイシステム（設備制御ゲートウェイ、予約システム連携モジュール）、多機能ルータ、照明制御システム、空調用BACnet/WSゲートウェイ

・設置場所：

2-3F 221吹き抜け講義室、3F 電気系会議室2、4F 241講義室、3F 北側廊下、10F 北側廊下

・効果：

設備の稼働状況と人感センサーによる人のいる／いない状態が個別にWebで見える化され、いつ、どこが使われているか、予約があるか、消し忘れがあるか、についてのリアルタイム把握と稼働状況記録が可能になった

・今後の課題

On/Offデータの見える化手法、他システムとの情報共有インターフェイス

3. 今後の取組み

本WGでは、初年度は、主に現状におけるエネルギー消費量の把握・見える化を活動の中心に据えて活動を行ってきた。電力消費などのデータを見える化した結果、エネルギー消費量の時間的変化が少ないこと、また、講義室、会議室での利用実態が明らかになった。これらの測定データと見える化された情報から、コンセプトWGで進めている無駄分別の考え方を当てはめることにより、東大2号館の無駄の推定が可能になってきた。

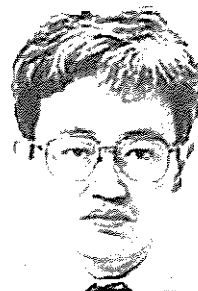
2年目となる2009年度は、個々の利用者に対して、自発的・自律的な省エネ行動を喚起する表現や方法、仕組みの構築について検討を行っているところである。インターネットを介したリアルタイムのエネルギー消費量やそれが与える社会的影響などの情報を提供することで、利用者の省エネ行動啓発の効果を確認していく。



## 制御ワーキンググループ

田中 宏明 | Tanaka Hiroaki

横河電機(株)  
グリーンファクトリーソリューション本部  
省エネソリューションセンター  
コンサルティング部



■1983年横河北辰電機(株) (現横河電機(株)) 入社、現在に至る。特定非営利法人 LONMARK JAPAN理事。

### 1. はじめに

省エネルギー活動を行う場合の手順は、一般に、計測、無駄排除、高効率機器導入、制御導入ようになる。

グリーン東大工学部プロジェクトにおいては、まず計測のインフラの整備から着手した。東京大学工学部2号館(以下、2号館)では、中央監視装置が導入されているが、省エネの

ための計測を行おうとした場合、個々に存在しているサブシステム及び追加設置する計測器を接続し、省エネのための計測を容易に行える環境を構築する必要があった。

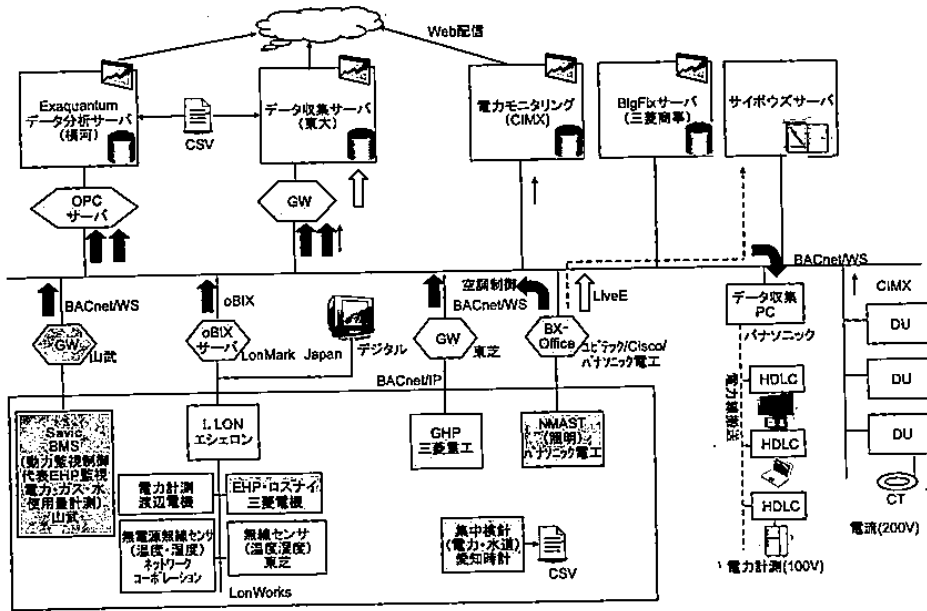
### 2. 計測のためのインフラ構築とWebサービス

2号館では、IPv6ネットワーク網が敷設されている。今回のインフラ構築では、IPv6上で使用できるWebサービスを通信プロトコルとして採用し、インフラ構築を行った。Webサービスの通信方式としては、oBIX、BACnet/WSを使用し、プロトコルの比較を行えるようにした(表1)。相互接続実験は、2009年1月に行い、2009年春より運用が開始されている。IP網以外に、センサも無線センサ、電力線搬送センサが導入さ

表1 Webサービスの比較

規格	BACnet/WS	oBIX
団体	ASHRAE	OASIS
ファンクション例	CString getValue (CString options, CString path) 他全11ファンクション	Read, Write, Invokeの3種
ターゲット	BACnet、BACnetに接続されるネットワーク	汎用制御ネットワークの統合が可能
データ	文字列	XML
SOAP書式	詳細規定なし	厳密に規定
ツールキット	なし	あり
実装	容易	公開ソースあり
特長	実装容易だが、相互運用性の確保が疑問	バッチ処理など、システム指向RESTサポート
最新情報	ANSI/ASHRAE Addendum c to ANSI/ASHRAE Standard 135-2004	oBIX 1.0

図1 グリーン東大工学部プロジェクト システム構成



矢印は、サーバからクライアントへのデータの流れを示しています。

注) LONMARK、LonWorks、i.LONはEchelon社の登録商標。BACnetはASHRAE社の登録商標。NMASTはパナソニック電工(株)の登録商標。SAVICは(株)山武の登録商標。Exaquantumは横河電機(株)の登録商標。

れている。計測は、電気、水、ガスの他、エアコン、換気扇の運転状況、設定温度についても行っており、これにより居室ごとの空調の使用状況がわかるようになった。

### 3. 無駄排除の仕組みづくり

計測インフラが整備された時点で、無駄排除の活動に入るが、2009年春の整備状況では、すべての必要なデータが計測できる状況ではない。2号館の2008年度の電力使用量は、原油換算約1,600klとなっている。どこに手をつけることにより、省エネが図れるか検討するために、2号館のエネルギー管

表2 管理項目案

エネルギー原単位
受変電・配電設備
水冷、空冷ヒートポンプ空調機
GHP空調機
熱交換器付換気扇設備
換気ファン設備
給排水ポンプ設備
給湯設備
照明設備
昇降機設備
事務用機器
実験設備

理標準案を作成し、管理方法とインフラの整備の指針としている(表2)。2009年度からは、実際に施設管理を行う組織にも検討に参加してもらっている。

### 4. 制御実験の現状

サーバールームには、サーバラックに光ファイバの温度計を設置してラックの温度ムラを見つけ、空気の流れを改善して温度ムラを解消することにより、空調温度を5℃上げることが可能となり、これにより約15%の省エネが実現できることがわかった。

また、前述のインフラを使い、在室管理と照明、空調の連携、在室人数による空調制御、外調器の間欠運転による省エネルギー効果に関する実証実験やCO<sub>2</sub>センサと熱交換器つき換気扇を使った省エネルギー運転に関する実証実験を計画中または実施中である。

## 実証実験ワーキンググループ

藤村 文雄 | Fujimura Fumio

(株)山武ビルシステムカンパニー  
マーケティング本部環境マーケティング部  
情報通信ソリューショングループ  
マネージャー



■1976年山武ハネウエル株式会社。空調制御事業部にて計装販売に従事。2001年(株)山武ビルシステムカンパニー本社マーケティング部事業企画部、08年マーケティング本部環境マーケティング部に現職。IPv6高度普及推進協議会FNIC（ファシリティネットワーク相互接続コンソーシアム）に参画し、その後、08年よりグリーン東大工学部プロジェクトの立ち上げから参加、実証実験ワーキンググループの主査を担当。

### 1. はじめに

グリーン東大工学部プロジェクトのゴール（趣意書より抜粋）は、以下の通りである。

- ・全学目標への具体的な貢献  
2012年：CO<sub>2</sub>排出量15%削減、2030年：同50%削減
- ・「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  
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
- ・東京都でCO<sub>2</sub>排出量が最大である東京大学本郷キャンパスを実フィールドとした実証モデルの構築と検証
- ・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
- ・キャンパス向け省エネ設備調達（または参照）仕様書の作成
- ・省エネ効果のベンチマーク仕様書の作成

これらを受け、実証実験ワーキンググループでは、グリーンITの方策である「ITによる省エネ」と「ITの省エネ」のうち後者について、以下の具体的な実験内容を検討して実験を行い、その効果を測定した。

- ・コンピュータの省エネ（PC電源管理ツールの導入）
- ・ネットワークの省エネ（省エネスイッチの導入）
- ・サーバールームの省エネ（サーバラックの温度分布計測と空調気流改善）

## 2. ITの省エネ

### (1) コンピュータの省エネ (PC電源管理ツールの導入)

江崎研究室のPC (Windows、Mac) の電源管理を、リアルタイムで「見える化」する(図1)。

- ・ 江崎研究室内に「BigFix電源管理ソリューション」用の管理サーバを設置
- ・ 研究室内のPC端末に、クライアントソフトをインストールしてリアルタイムモニタリング
- ・ 学外に持ち出されたPCもインターネット経由で情報収集
- ・ 収集情報は管理コンソールまたはWebレポートで閲覧可能

### (2) ネットワークの省エネ (省エネスイッチの導入)

江崎研究室のスイッチングハブを最新の省エネタイプに交換し、消費電力を計測した。

これにより、約10.8%の削減効果があった。

#### ①計測期間

機器交換前後各72H

#### ②平均消費電力

前：約57.7Wh、後：約51.5Wh

効果：約10.8%

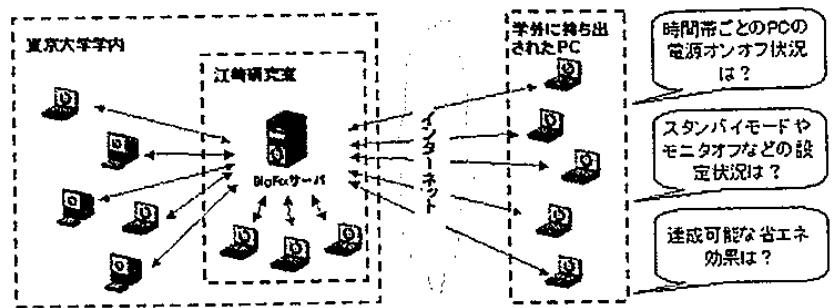
#### ③使用ポート数

DownLink：17Port、UpLink：1 Port

### (3) サーバルームの省エネ (サーバラックの温度分布計測と空調気流改善)

2号館10階にあるサーバ室(約10m<sup>2</sup>、江

図1 PC電源管理概念図



崎研究室以外の研究室のサーバも含む) で実験を行った。

室内は天吊PACで空調されており、吹き出し口は一箇所であるため、5本のサーバラックに対して均一な吹き出しになっていない。

このため、温度分布が均一ではなく、温度が高いラックがあると想定され、制御用の室内リモコンの設定は全体的には過度な冷房要求になっていると想定された。

実験としては、ラックの温度分布を光ファイバ方式で計測し確認した。結果は想定した通り、吹き出し口の直下付近が過冷却となっていた(図2)。

気流を改善して均一な吹き出しにすることによって、空調設定温度を上げることができ、省エネが実現できた。これにより、改善前後の電力計測から、約15%の消費電力削減が確認された(図3)。

## 3. 効果の測定

評価用計測環境の構築として、AC100Vコンセント電力の計測と収集システムの構築、データ収集サーバとの相互接続試験を行った。

市販のAC100V用ワットメータ(チェッカ)とPLC(電力線搬送)を組み合わせた計測装置を試作した(図4)。収集された計測

図2 サーバ室空調配置図及びサーバラック温度分布図 (改善前)

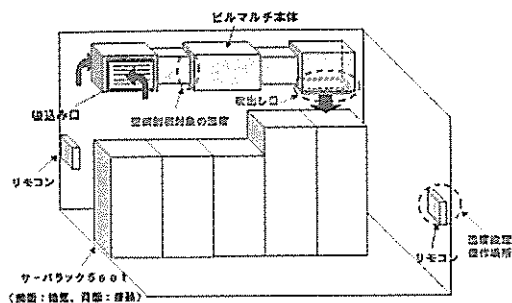


図3 サーバ室空調配置図及びサーバラック温度分布図 (改善後)

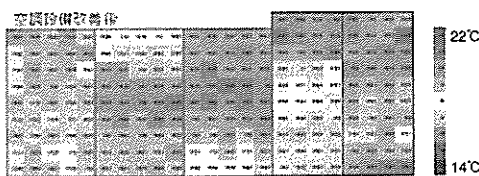
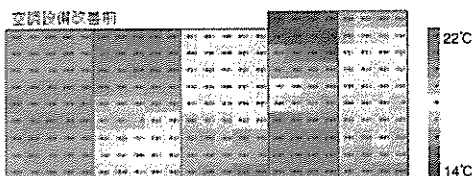
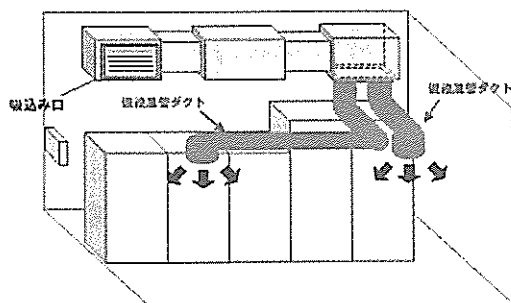


図4 PLCと電力計測装置

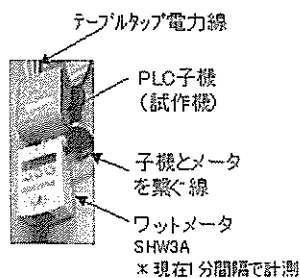
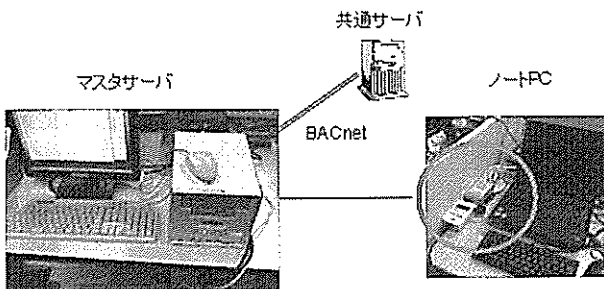


図5 PLCによる電力計測構成図



データは江崎研究室のサーバに定期的に蓄積され、本プロジェクト共通の収集サーバにデータ提供している (図5)。

#### 4. 今後の取組み

IT機器の単体での省エネは、各社の努力で続けられているが、IT設備の省エネ制御は、空調、照明などのファシリティ設備の省エネ制御に比べ、まだまだ定着しておらず、制御技術的にも未開拓な領域である。IT機

器単体では、省エネにも限界があると思われるので、ファシリティやセキュリティ監視制御システムとの機能、情報統合を通じて、より効果のある省エネの実証実験を進めていきたい。具体的には、

- ・ 入退室システム連携ITの省エネ (PC、複合機)
- ・ 情報センターでの気流解析と改善
- ・ データセンターでの外気冷房導入などの検討を予定している。