

[システム分科会代表報告]

グリーン東大工学部プロジェクト -ICT を用いたグリーンキャンパスに向けた取り組み-

東京大学 大学院 情報理工学系研究科

教授 江崎 浩

hiroshi@wide.ad.jp

[アブストラクト]

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、我々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。我々は、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

1. 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の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マイ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合せることによって、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く、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。

2. 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考えます。

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、オペレイ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性格な計測と解析

(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基づいたものが多く、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³⁾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、大学において実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。

(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、マルチベンダー環境ならびにマルチサブシステム環境における、統合的エリアマネジメントシステムの管理制御技術の研究開発し、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。

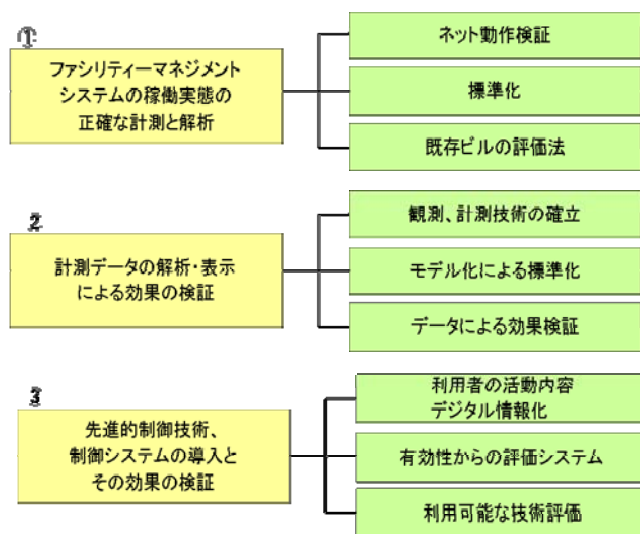


図 1. グリーン東大工学部プロジェクト活動概要

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。

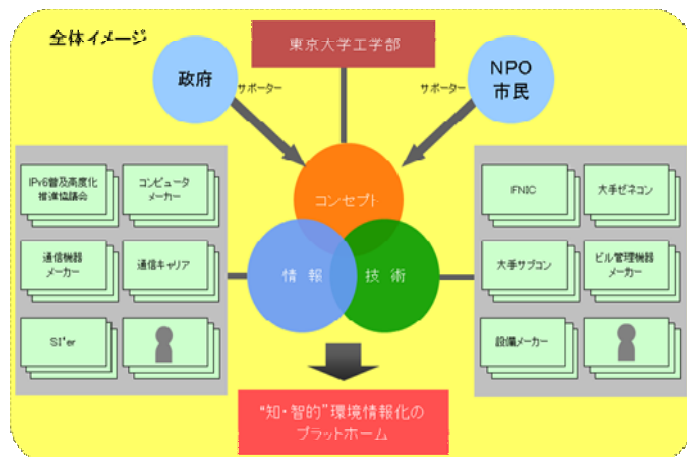


図 2. グリーン東大工学部 コンソーシアムの構造

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、エシユロンジヤパン(株)、シムックス(株)、ダイダシ(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。

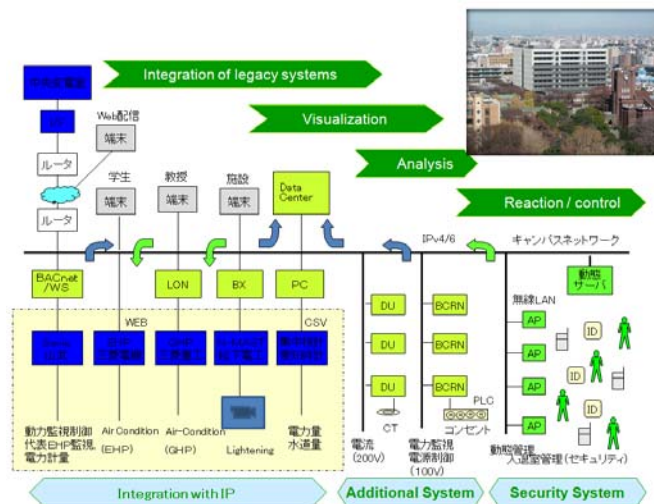


図 3. システム概要図



図 4. 電力使用量リアルタイムモニタシステム

3. 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)¹³⁾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ジメントシステムの構築を目指す。

3.2 Live E! プロジェクト^[1]

2005年5月、IPv6普及高度化推進協議会^[2]とWIDEプロジェクトが主体となって、Live E!プロジェクト(<http://www.live-e.org/>)を発足させた。以下の4つが本プロジェクトの趣旨である。

1. みんなが、いろいろな地球環境に関するデジタルデータを持ちよって、自由に利用できるような情報基盤/情報環境を作り出そう。小さなデータを集めて大きな力にしよう。
2. 地球環境情報の生成と利用に、各人が責任を感じ貢献しよう。
3. “生”データへの所有権は、公共サービス(Public Service)のために忘れよう。データを自由に利用してもらおう。
4. みんなで、若い世代の理科/科学への関心を高めよう。

本プロジェクトでは、以下の3つの分野における環境情報の利用を推進している。

(1) 教育プログラム

気象情報をはじめとする環境情報は、物理学関連の教育材料としての利用価値が大きい。初等教育から高等教育まで多様な利用が期待される。すでに、広島市立工業高校では、広島大学および広島市立大学による技術支援のもと、高校生による創造的アプリケーションの教育的研究開発活動が継続的に推進されている。

(2) 公共サービス

広域災害の発生時における環境情報の提供は、災害状況の正確な把握と対処法の判断にとって有用となる。すなわち、Proactiveな防災、Reactiveな減災の両面において、その有効性が期待される。岡山県倉敷市において、異常気象や集中豪雨に対する防災・減災への応用を目的とした、インターネット百葉箱の設置と運用を行った。

(3) ビジネス利用

環境情報を加工して有益な情報を顧客に提供するビジネスや、環境情報を用いて所有するファシリティ最適運用を行うなど、多量のデータを利用した精度の高い情報の提供や高度な効率化などが実現される可能性がある。例えば、電力供給会社では、気象情報を用いて、ファシリティ電力消費量を制御することで、必要となる電力供給設備の最適化の可能性も考えられよう。また、タクシーやバスが生成する種々の気象情報や動作情報を用いたシステム運用の効率化などの取り組みも展開されている。

Live E!プロジェクトに参加する企業、大学、あるいは個人によって、2008年3月末現在で、既に150式以上のインターネット百葉箱が設置されており、フィリピンやタイなどアジア諸国やフランスへの展開も推進され、各組織が協調しながらシステムの運用を行っている。多数のデジタルセンサを地球上に配置し、デジタルセンサから得られるデータの集約、公開や流通を図り、様々な形で社会に貢献することを目標としている。同時に、個人や組織が個々にセンサを設置し、閉鎖的に利用しているセンサ情報を共有し、社会全体で環境情報を共有することを目的としている。活動初期は、おもに気象センサ(温度、湿度、気圧、風向、風速、降水量の測定機能をもつセンサユニット)を設置・展開してきたが、最近では、気象や環境を測定するセンサだけではなく、画像や動画センサの設置を行い、センサ情報の多様化も同時に推進している。さらに、WIDEプロジェクトがこれまで推進してきたInternetCARプロジェクト(自動車の持つ種々の環境に関する情報を収集・加工する活動)とのシステム

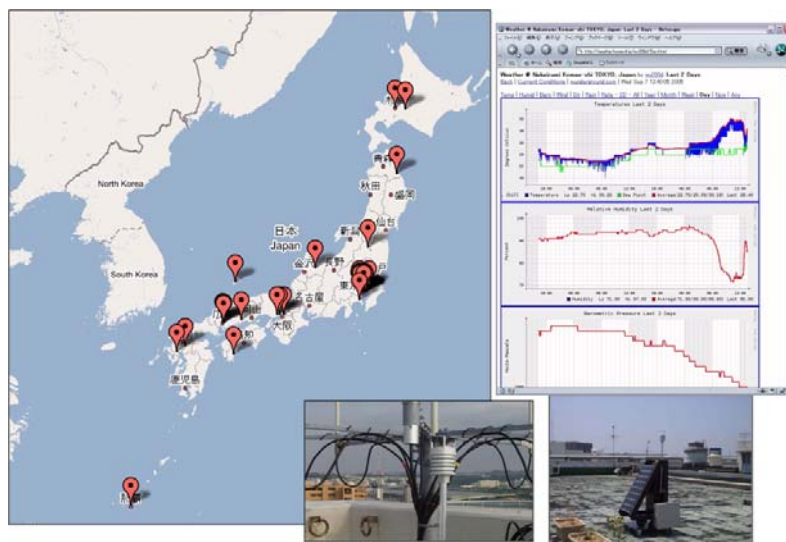


図 5. Live E! センサノード国内展開

ならびに技術の融合も、すでに一部実現している。すなわち、移動しない設置型のセンサノードと、自動車のような「動く」センサノードの融合も推進している。



図 6. Live E! センサノードアジア展開

4. むすび

本稿では、東京大学 工学部 2 号館を用いて、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。

謝辞:

『グリーン東大工学部』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。

参照サイト:

- [1] Live E! Project, <http://www.live-e.org/>
- [2] IPv6 普及高度化推進協議会, <http://www.v6pc.jp/>
- [3] IPv6 普及高度化推進協議会 ファシリティネットワークワーキング分科会,
<http://www.v6pc.jp/jp/wg/fnSWG/index.html>
- [4] グリーン東大工学部プロジェクト, <http://www.v6pc.jp/jp/ut2eco/>