The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	Green by ICTによる静岡大学スマートキャンパス化への取り組み
Author(s)	峰野, 博史
Citation	サイバーメディア・フォーラム. 2011, 12, p. 5-10
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/70312
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

Green by ICT による静岡大学スマートキャンパス化への取り組み

峰野 博史（静岡大学 情報学部）

1. はじめに

昨今のエネルギー供給不足をはじめ、地球温暖化、化石燃料依存インフラからの脱却など、様々なテーマや問題を解決する中心的な技術として、スマートエネルギー技術に期待が高まっている。特に電力の使い方に関して、スマートグリッドの取り組みが世界各国で活発化しており、電力設備や需要家（消費者）側に設置された設備を ICT（Information and Communication Technology）を利用して制御する技術（Green by ICT）が注目されている。

静岡大学でも2010年3月に情報基盤システムの更新に合わせ、ICT を用いて電力、ガス、水道といったエネルギーの使用量を「見える化」する環境負荷モニタリングシステムを導入した[1]。大学のような複合施設での見える化による省エネ効果は予測し難いが、全学規模で同一計測器による定量化を進めることで、設備効率やエネルギー使用量の長期傾向を把握することが可能となり、既存設備の能力を最大限に活かす適切な設備の組合せや運用方法の見直しに活用できると考える。

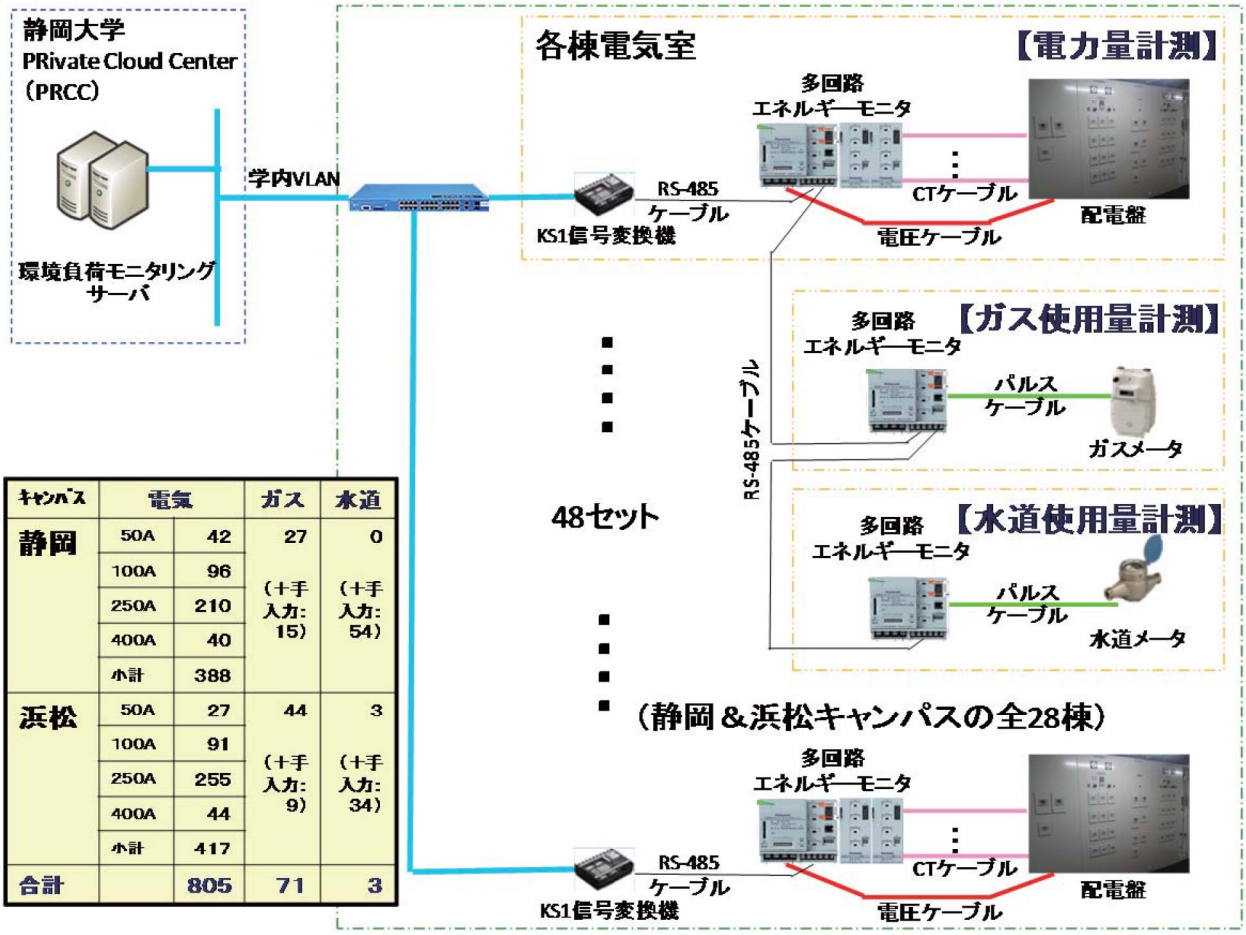
本稿では、静岡大学環境負荷モニタリングシステムを中心に、「見える化」「知らせる化」「抑える化」によるスマートキャンパス化の取り組みを紹介する。

2. 静岡大学環境負荷モニタリングシステム

大学は、一般的に多くの施設があり活動時間も長く、エネルギー密度が低いので他業種と比較しても多くのエネルギーを消費している。また、施設の新築、増改築、大規模改修、温暖化に伴う新たな空調導入、情報通信機器の増加、研究内容の高度化など、エネルギーの消費量は増加する傾向にあるといえる。大学運営の厳しさが増す中、施設運営面の効率化がより一層求められており、省エネルギー対策を推進して、エネルギー消費量増加に伴う高熱水費を抑えることによる運営コストの適正化が重要である。このような背景のもと、多くの大学で環境マネジメントシステムや省エネルギーへの取り組みが活性化しており、特に環境負荷モニタリングシステム導入による見える化の実現や、エネルギー管理システム（Energy Management System: EMS）導入による住環境制御の実現などが注目されている。

図 1 に静岡大学環境負荷モニタリングシステムの概要を示す。本システムは、静岡大学の静岡キャンパスおよび浜松キャンパス内の電気室（全 28 棟）の二次側幹線の電力使用量、個別ガス流量、個別水流量を計測し、いわゆる「見える化」を実現するシステムである。環境負荷モニタリングサーバは、焼津市にあるデータセンター（PRivate Cloud Center: PRCC）で稼働している。図 1 に示すように、PRCC 内の環境負荷モニタリングサーバは、学内 VLAN を通じてパナソニック電工株式会社製の KS1 信号変換器（以降、KS1）を介し、多回路エネルギーモニタ（以降、エネモニ）で計測された電力、ガス、水道の使用量データを収集する。収集したデータは、環境負荷モニタリングサーバ内の種々のモジュールで処理され、学内 LAN に接続されたパソコン等の Web ブラウザで閲覧可能となる。また、二次側幹線の計測値が、環境負荷モニタリングサーバに設定された特定の値を超えた場合には、その状況をメール等で通知するデマンド通知機能や、収集データをネットワーク経由で FTP サーバへバックアップする機能も備わっている。

本環境負荷モニタリングシステムにおける末端の計測ポイントは、静岡・浜松キャンパスの二次側幹線の電力 805 ヶ所、主たるガスメータ 71 ヶ所、浜松キャンパスの水道メータ 3 ヶ所であり、1 分周期で計測値を自動収集している。さらに、使用量の少ないガスメータ 24 ヶ所、水道メータ 88 ヶ所なども手動によるデータ入力が可能となっている。今後も計測粒度の詳細化に伴い、計測ポイントの追加を行う



ｷｬﾝﾊﾟｽ	電気		ガス	水道
静岡	50A	42	27	0
	100A	96	(十手入力:15)	(十手入力:54)
	250A	210		
	400A	40		
	小計	388		
浜松	50A	27	44	3
	100A	91	(十手入力:9)	(十手入力:34)
	250A	255		
	400A	44		
	小計	417		
合計		805	71	3

図１　静岡大学環境負荷モニタリングシステム

ことができるが、現時点で本環境負荷モニタリングシステムに登録されている計測ポイント数は、グループ設定も含め合計 1,324 ヶ所と大規模なものになっている。図 2 に、浜松キャンパスにおける工学部 2 号館の電気室内に設置されたエネモニや CT センサの外観を示す。

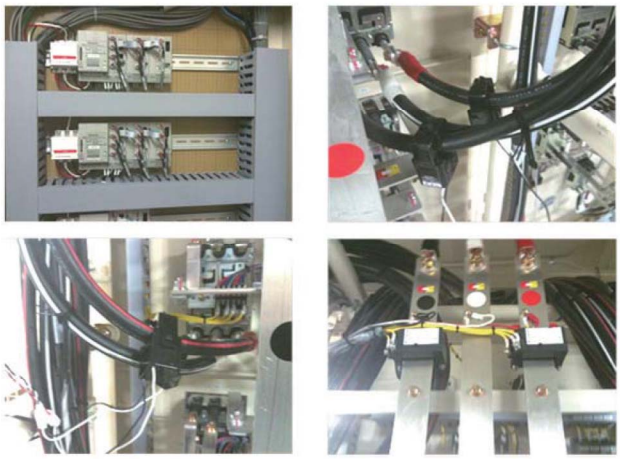


図２　電気室内の計測ポイントの外観

また、新情報基盤システムの更新に合わせて学内 50 ヶ所へ導入されたデジタルサイネージへ電力使用量の推移や内訳、分析結果などを表示することもでき、何気ない大学生活の中でエネルギー使用量の実情を感じるだけでなく、省エネに対する関心を高められればと期待している。

3.　「見える化」による施設運用の見直し

環境負荷モニタリングシステムを用いて、浜松キャンパスの部局・建物群別エネルギー使用量の内訳を分析してみた。代表的な 1 日の推移例として、2010 年 7 月 26 日の電力使用量の部局･建物群別内訳を図 3 に示す。この結果から、浜松キャンパス全体の消費電力のうち、総合研究棟が約 15.95%、電子工学研究所が約 14.49%、工学部 3・4 号館（物質工学科 1・2 号館）が約 10.58%、工学部 5 号館（システム工学科）が約 10.47%、工学部 2 号館（電気電子工学科）が約 8.44%、情報学部 2 号館が約 7.87%、

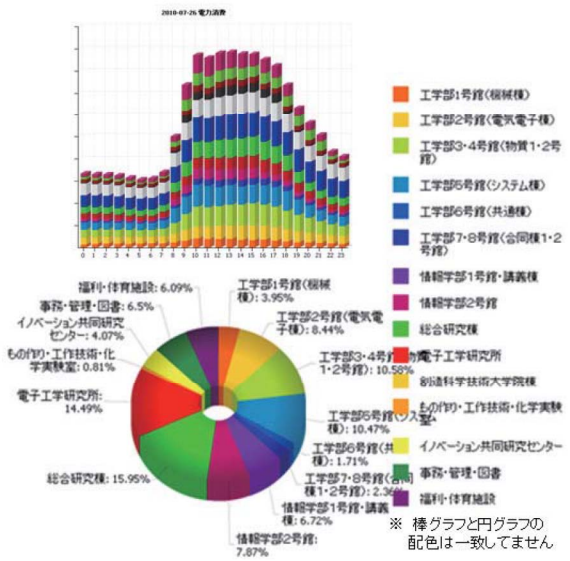


図 3　浜松キャンパスの消費電力内訳

情報学部 1 号館・講義棟が約 6.72%、事務・管理・図書館が約 6.5%を占めていたことが分かる。その中で例えば、私の居住する情報学部 1 号館・講義棟について消費電力内訳をもう少し詳細に分析してみる。

2010 年 7 月~2011 年 3 月までの月毎の情報学部 1 号館・講義棟の消費電力内訳を図 4 に示す。この結果から、1 年を通して消費電力のピークは夏と冬の 2 回あり、特に一番消費電力の多い月は 1 月であることが分かる。さらに、1 月の消費電力の内訳を日毎に表示させたものを図 5 に示す。情報学部 1 号館・講義棟の電気室に関しては、三相空調、三相実験、単相実験、電灯・コンセントという区分で系統分けされているが、三相空調と三相実験には主に各階の大型空調が接続されており、電灯・コンセントは主に全照明および廊下の壁コンセントである。単相実験には、各部屋内の壁コンセント、1・2 階の実験室机コンセント、トイレの乾燥機だけでなく、部屋によっては小型空調などが接続されている。

図 5 の結果から特に注目したいのは、単相実験の消費電力が全体の約 46%を占めているだけでなく、1 月 1 日~3 日といった年末年始で大学への入校が制限されている期間でも、定常的に消費電力が高いことである。そこで、さらに情報学部 1 号館・講義棟の 1 月の消費電力を階毎に表示させた結果を図 6 に示す。この結果より、情報 1 号館・講義棟では、1・3 階実験電力が定常的に多いことが分かる。

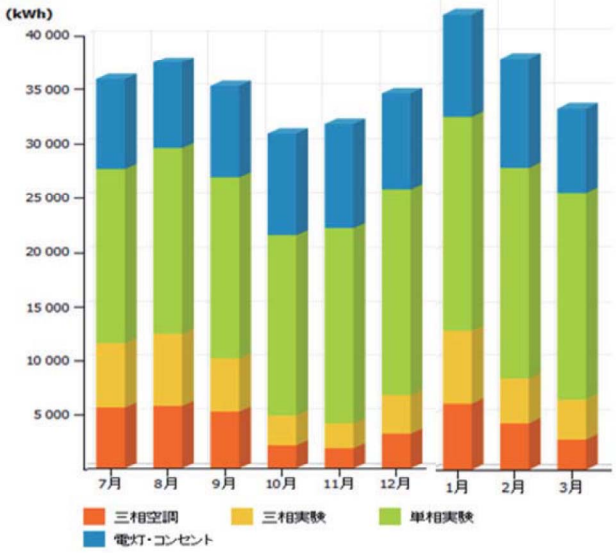


図 4　情報学部 1 号館・講義棟の消費電力（月毎）

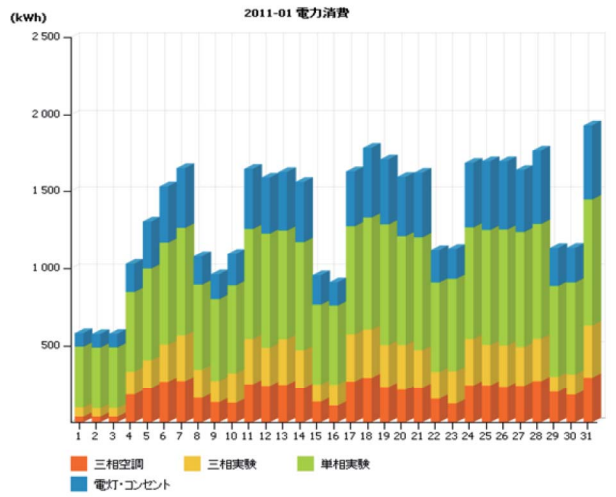


図 5　情報学部 1 号館・講義棟の消費電力（日毎）

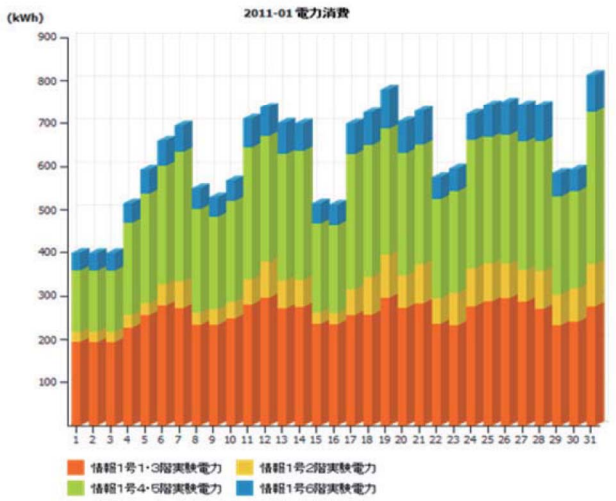


図 6　情報学部 1 号館・講義棟の消費電力（階毎）

以上の分析結果より、情報1号館・講義棟では、1月の消費電力が一番高く、中でも単相実験系統、特に1・3階実験電力が定常的に多いことが分かる。1階には情報学部のサーバルームがあることから、サーバ運用や空調の常時稼働が、定常的に消費電力が多い一つの要因になっている可能性が高い。2010年3月から稼働し始めた学内の新情報基盤では、サーバ機を PRCC へ移行することを推奨しているため、このような「見える化」の結果を踏まえて施設運用の見直しを検討していけると考える。

4.　「知らせる化」による省エネ行動の促進

静岡大学環境負荷モニタリングシステムによる二次側電力負荷状況メール通知だけでなく、2011年1月には一次側の電力負荷状況をメール通知するシステムも開発し運用を始めている。具体的には、静岡・浜松キャンパスの契約電力に対して電力使用量が90%に達したら、登録されたメールアドレスへ初回警報を通知し、86%以下に下がったら警報解除メールを通知するというものである。警報中は、登録者が個々に設定した受信間隔（10分、20分、30分、警報と解除のみ）で通知メールが届き、ユーザは、自由にメールアドレスの登録、解除などができる。

図7　静岡・浜松キャンパスの消費電力推移

これまでは、キャンパス内の消費電力が契約電力に近づくと節電アナウンスを放送することで、節電行動を呼びかけていたが、頻繁に放送するのは煩わしいだけでなく、放送後の節電行動で消費電力が下がったかも不明だった。電力負荷状況を自動的にメール通知するシステムを開発したことで、警報中の消費電力の推移を感じやすくなっただけでなく、警報メールを数分毎に何度も受信することで、節電行動を意識するきっかけとなった。この警報メールには、その時点での消費電力推移を閲覧できる URL も記載されるため、両キャンパスの電力消費の推移を図7のように簡単に確認することができる。

NEDO が過去に実施した事業報告書によると、一般家庭においてエネルギー使用量の見える化による省エネ効果は、約 5.2%～14.6%と分析されている[2]。大学のエネルギー使用の特徴は一般家庭とは異なるが、大規模施設などでの定常的な電力消費の把握と見直しによる効果などを期待し、仮に効果的な見える化と知らせる化によって約 8%の省エネ効果が得られると想定してみる。環境負荷モニタリングシステムや一次側電力負荷メール通知システム導入前の2009 年度の静岡大学全体の電力使用量は、16,946千 kWh であったので[3]、約 8%の省エネ効果が期待できたとすると約15,592千kWhの電力消費に抑えられる可能性がある。これは、静岡大学の掲げる2012年度までに総エネルギー使用量を 2002 年度実績の10%削減（年平均1%）を達成するという目標に対し、電力使用量だけで考えると、2002年度の電力使用量実績17,327千kWhの10%削減値である15,594千kWhを達成可能であることを示す。大学のような複合施設での省エネ効果は予測し難いが、大いに期待したい数値である。

5.　「抑える化」による消費電力の抑制

ここまで、「見える化」、「知らせる化」によって省エネ行動意識による間接効果への期待が大きかったが、キャンパス内の消費電力量に基づいて、各棟の大型空調設備の出力レベルを抑制し、消費電力の削減を図る「抑える化」のための空調出力抑制レベル調整システムを開発した。図8に、浜松キャンパス

で試験運用開始した空調出力抑制レベル調整システムにおける、棟毎の省エネ制御と全体のデマンド制御の概要を示す。

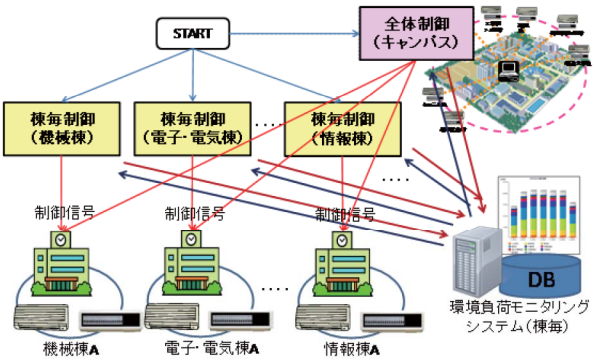


図 8　棟毎の省エネ制御と全体のデマンド制御

浜松キャンパス全体の消費電力が契約電力に近づいていないなら、施設利用者にできるだけ不快感を与えないよう消費電力総量を緩やかに抑える部局棟毎の省エネ制御を実行する。もし、キャンパス全体の消費電力が契約電力に近づいたなら、部局棟毎の省エネ制御を中断し、キャンパス全体の消費電力が契約電力を超え続けないよう、キャンパス全体のデマンド制御に移行する。

空調出力抑制ﾚﾍﾞﾙ	0	1	2	3
3段制御可能空調	100	75~60	40~30	0
2段制御可能空調	100	50	50	0

表 1　空調出力抑制レベルの概要

表 1 に空調出力抑制レベルの概要を示す。各棟の大型空調設備が大きく異なるため、それら特性に合わせて大きく 3 段階制御可能な空調と 2 段階制御可能な空調に分けている。また、空調出力抑制レベルは、部局棟毎の省エネ制御ではレベル 0～2 までのみを数分間で巡回制御し、浜松キャンパスの契約電力の 100%を超過し続けた時のみ、キャンパス全体のデマンド制御によってレベル 3 を 2 分間だけ繰り返し実施し、100%未満になったらレベル 1～2 までの巡回制御を実施する。その後、浜松キャンパスの契約電力の 90%未満になったら、キャンパス全体のデマンド制御を停止し、部局棟毎の省エネ制御に移行する。

これら部局棟毎の省エネ制御とキャンパス全体のデマンド制御のアルゴリズム検討を進め、2011 年 8 月より試験運用を開始した。施設利用者へ不快感を与えず、いかに部局棟毎の省エネ制御、キャンパス全体のデマンド制御を効果的に自動実行し、消費電力の削減を実現するかが今後の課題であり、キャンパス規模での実証実験ベースで検討を進めていく。

例えば、現時点の空調出力抑制レベル調整システムは、キャンパス全体もしくは部局棟毎での消費電力量を制御のトリガとしている。そのため、施設の利用形態や利用状況を考慮した制御になっていない。そこで、各部屋の温度や湿度、利用状況、消費電力などのデータを利用して空調出力抑制レベルを適切に調整するフィードバックシステムへの拡張が望まれる。筆者らは、文部科学省 地域イノベーション戦略支援プログラム「浜松・東三河地域オプトロニクスクラスター構想（H19～H23）」にて、自律分散協調ユビキタスセンサネットワークの研究開発を進めている。この研究では、技術革新の急速な変化に追従可能で、サービス向上やシステムの変更に柔軟に対応するための自律的に動作する自律分散協調ユビキタスセンサネットワークの実現を目指している。アプリケーションとして適応型 EMS を想定し、図 9 に示すような実証実験環境を研究室内に構築している[4]。

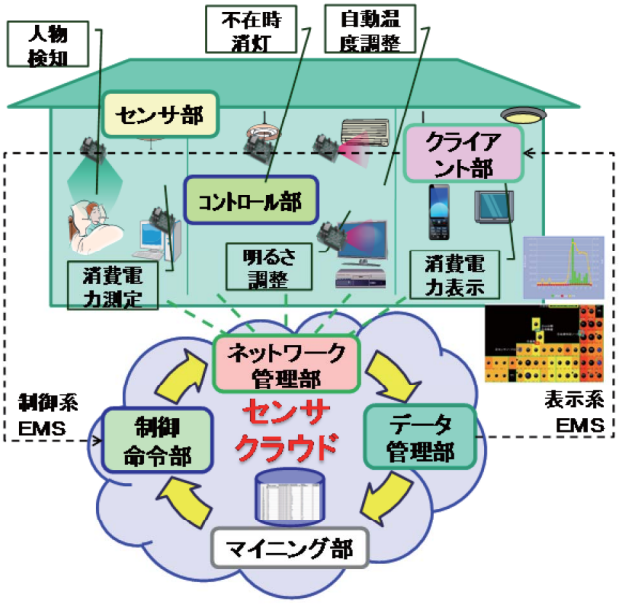


図 9　適応型 EMS の実証研究

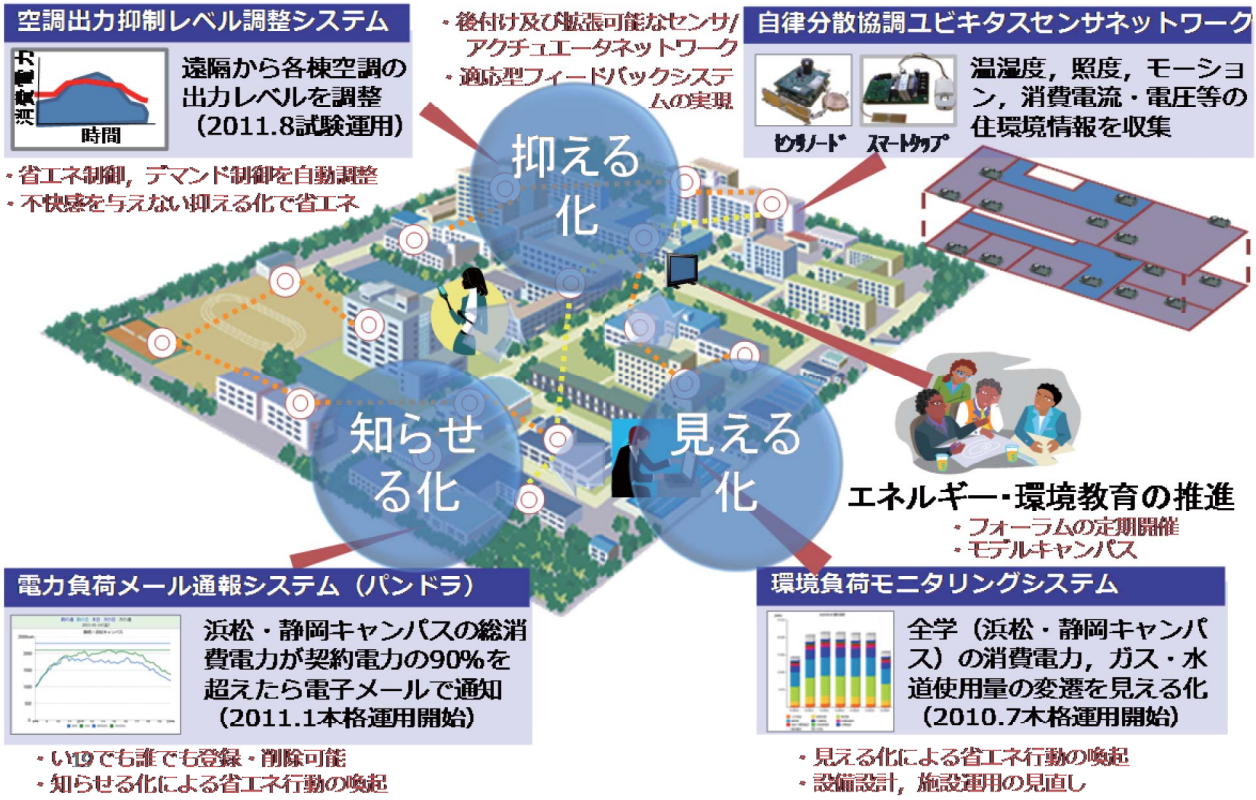


図 10　静岡大学スマートキャンパス化の実現に向けて

開発したセンサノードやスマートタップノードを用いて、液晶ディスプレイの On/Off 制御を連動させることで、研究室内の全液晶ディスプレイが消費している電力の約 20%の削減を実現できることが判明した[5]。また、オフィス消費電力の約 25%を占めると言われる天井照明と連動させることで、天井照明の消費電力を約 35%削減できることも判明した。現在、オフィス消費電力の約 50%を占めると言われる空調との個別連動環境の構築を進めており、多種多様なセンサデータからコンテクストを推定し、住環境制御と連動させる適応型 EMS の基礎技術をキャンパス規模へ拡張させたいと考えている。

6.　おわりに

図 10 に Green by ICT による静岡大学スマートキャンパス化の実現に向けた取り組みを整理する。環境負荷モニタリングシステムによる「見える化」、電力負荷メール通知システムによる「知らせる化」、空調出力抑制レベル調整システムと自律分散協調ユビキタスセンサネットワークによる「抑える化」を中心に、先駆的スマートキャンパスの実現を目指している。様々な特徴を持つ構造物間でのエネルギー協調制御アルゴリズムや、教職員ならびに在籍学生までを巻き込んだ大規模実証実験に発展させる礎として、学術的にも社会貢献的にも類似システム構築の参考になれば幸甚である。

参考文献

[1] 峰野博史，松尾廣信，黒木秀和，荻野司，長谷川孝博：静岡大学環境負荷モニタリングシステムの開発と導入，信学論 B, Vol.J94-B, No.7, pp.780-792 (2011).

[2] 住環境計画研究所：平成 17 年度一般家庭における HEMS 導入実証試験による省エネルギー効果の評価解析成果報告書 (2006).

[3] 静岡大学環境報告書 2010, http://www.shizuoka.ac.jp/facilities/Emanagement/Em2010.pdf (2011/8/5 確認).

[4] 峰野博史，水野忠則：自律分散協調ユビキタスセンサネットワーク技術を用いた適応型 HEMS の構築に向けて，ワイヤレス・テクノロジー・パーク (2009).

[5] 賀新剛，峰野博史，水野忠則：センサネットワークを用いた住環境制御システムに関する研究，情報処理学会 DICOMO2011 シンポジウム, 2A-2, pp.190-195 (2011).