

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 6 月 10 日現在

機関番号：32678

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2010～2012

課題番号：22500866

研究課題名（和文） 環境可視化システムの構築によるグリーン IT 教育の実践

研究課題名（英文） Practice of Green IT Education by Environmental Visualization System

研究代表者

諏訪 敬祐 (SUWA KEISUKE)

東京都市大学・環境情報学部・教授

研究者番号：20366850

研究成果の概要（和文）：

教育機関でのグリーン IT を実践するために教室内の空調環境の情報（温度、湿度、電力、CO<sub>2</sub> 排出量の環境データ）を可視化する空調環境可視化システムを構築した。空調環境を評価する尺度として快適温度を適用し、夏季と冬季の快適温度を定式化した。快適温度を元に教室の空調機器をオン/オフする制御方法を明かにし、制御を適用した時に空調機器の消費電力を夏季は最大 48%、冬季は最大 57%消費電力量を削減することができた。

研究成果の概要（英文）：

The air-conditioning environmental visualization system is constructed to form the image of the environmental data (temperature, humidity, electrical consumption power, and CO<sub>2</sub> emissions) of the air-conditioning environment in the classroom in order to practice the Green IT education. Applying a comfortable temperature as a measure to evaluate the air-conditioning environment, formulation of comfortable temperature in winter and summer are derived. The reduction of the electrical power consumption in summer is at most 48% and in winter is at most 57% respectively by employing an ON/OFF controlling the air conditioners based on the comfortable temperature.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	800,000	240,000	1,040,000
2011年度	200,000	60,000	260,000
2012年度	200,000	60,000	260,000
総計	1,200,000	360,000	1,560,000

研究分野：情報通信

科研費の分科・細目：科学教育・教育工学、科学教育

キーワード：環境教育

## 1. 研究開始当初の背景

CO<sub>2</sub> 削減に有効な手段の一つとして企業や社会の環境負荷を軽減する情報技術としてグリーン IT (情報技術) が注目されている。グリーン IT は低炭素社会の実現に向けて企業や社会における環境負荷を低減する情報技術であり、その効果は、①情報システムそ

のものの環境負荷低減、②情報技術による環境負荷低減の 2 つがある。グリーン IT は家電メーカー、IT 企業、通信事業者を中心に積極的に研究が行われているが、学校教育の中でグリーン IT に取り組んでいる例はなく、環境と情報の両方を意識した教育はほとんど行われていなかった。高校や大学の環境教育の中では情報技術は環境負荷低減のために活

用した例はないのが現状である。このため、情報技術を利用して計測した温度、湿度などの環境データが得られても環境意識向上に役立てられておらず、環境を具体的にどのように改善、提案するかという教育体系が存在しなかった。

## 2. 研究の目的

本研究では、学校教育（特に大学教育）において、学生自ら温度、湿度、電力などについても、どこでも計測できるセンサネットワークを構築して環境データを可視化し、得られたデータを効率よく配信することにより環境の改善や環境活動に反映させる。様々な環境計測を行い、取得した結果を分析・評価し、省エネ効果などを明かにする。これにより環境と情報の両方に精通したグリーン IT の知識や経験を有する人材を育成することを目的とする。

## 3. 研究の方法

本研究は(1)学生自身による温度、湿度、空調機器消費電力量などの環境データを計測するためのセンサネットワーク構築と計測した環境データを蓄積するためのサーバ構築とデータを学内へ配信し、表示するシステムの構築、(2)教室の空調機器をオン/オフ制御するための快適温度の算出、(3)空調環境可視化による空調機器の省エネ評価という3つのステップを実施する。

(1) 200人規模の2つの大教室にそれぞれ複数の温度、湿度センサ及び空調機器の消費電力を計測する電力計を設置してセンサネットワークを構築する。計測データは学内LANと微弱無線で伝送する。計測データはリレーショナルデータベース管理システムMySQLに蓄積する。計測データはサーバにアクセスしてPC、携帯電話などの端末画面上に温度、湿度、測定期間内の積算消費電力量やCO2排出量も過去のデータとともに表示する。

(2) 空調機器をオン/オフ制御する基準を不快指数ではなく、建築環境工学で採用されている快適温度をアンケート調査による温冷感の申告と室温から求める。次に、快適温度を中心とした温度範囲内で空調機器のスイッチをオン/オフすることにより空調温度を制御する方法を明かにする。

(3) 夏季、冬季のそれぞれの快適温度を温度と湿度の両方を考慮して算出し、実際に快適温度が±2℃以内になるように空調機を制御した時と制御しない場合の消費電力と教室

内温度を対比して示す。この結果から空調機を制御したときの消費電力の削減効果を明かにする。

## 4. 研究成果

(1) 平成22年度は学生自身による温度、湿度、空調機器消費電力量などの環境データを計測するためのセンサネットワークを構築し、計測した環境データを蓄積するためのサーバ構築とデータを効率よく学内へ配信し、表示する空調環境可視化システムを構築した。まず、定員200人、270規模の2教室に温度・湿度センサ及び空調機器の消費電力を計測する電力計を設置し、温度、湿度、電力のデータを無線伝送し、学内LAN経由でサーバに蓄積するネットワークを構築した。さらに、取得した電力量をCO2排出量に換算し、前日比、前月比で表せるようにデータベース化し、表示できるようにした。また、教室内を座席毎に6つの区画に分け、区画毎の温度、湿度、不快指数で数値と色区分で表示するようにした。表示箇所は教室の教卓の小型ディスプレイと教室前のPCのディスプレイである。教員は教卓に置かれた小型ディスプレイを見ることにより教室内の快適性を具体的に把握でき、学生は教室前のディスプレイにより空調機器の電力消費量、CO2排出量を当日、対前日、対前月で確認することができる。このように環境を可視化する情報システムを構築することにより学生のITスキルの向上に有効であるとともに大学で講義する教員に対する教室内環境の情報提供と学生を含めた省エネに向けた環境意識の啓発に大いに貢献することができた。さらには、大学を見学を訪れる高校生などにも環境教育の点から本学の取組みをアピールすることができた。

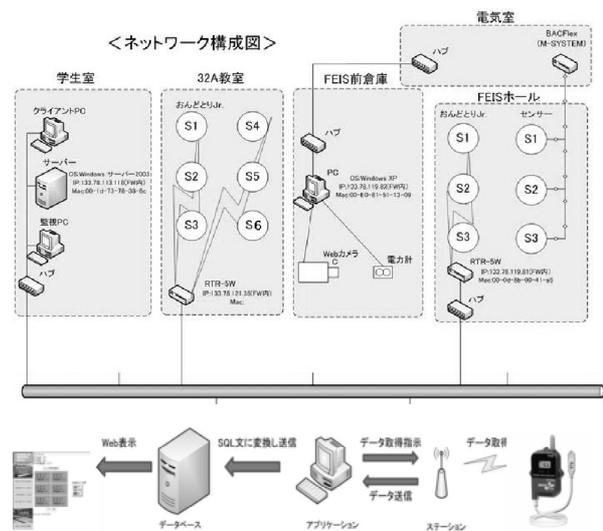


図1 空調環境可視化システムの構成

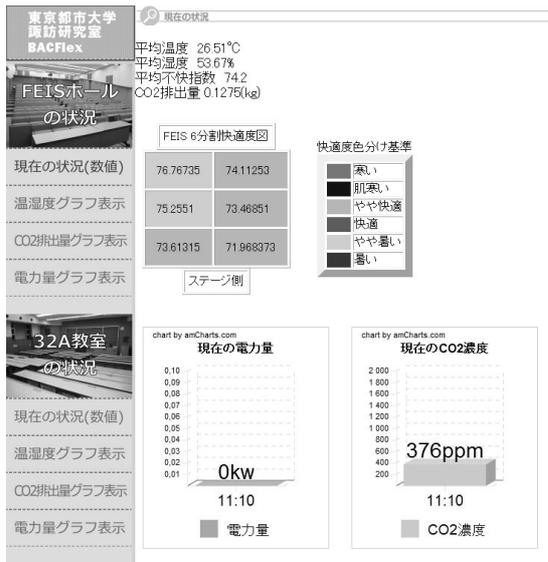


図2 不快指数の表示画面

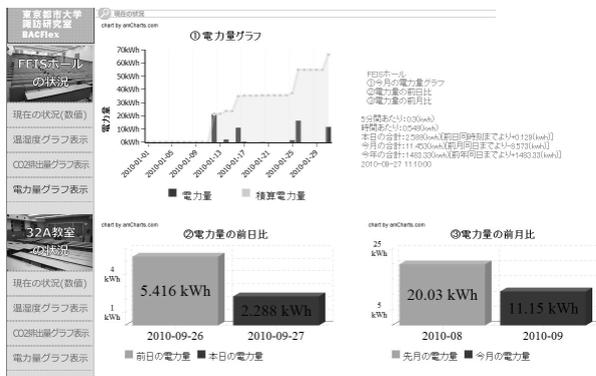


図3 空調機器の消費電力量の表示画面

(2) 平成23年度は最初に、定員200人、270人規模の2教室の空調環境(温度、湿度、電力量)をリアルタイムに計測できる環境可視化システムを用いて温度と湿度から教室内の快適度について明らかにした。室内環境の快適度を評価する尺度として従来は不快指数が用いられているが、体感とは必ずしも一致していないことから不快指数に替えて建築環境工学で用いられている快適温度により教室内の快適度を表すようにした。快適温度はアンケート調査による申告値から統計的に処理することにより求められる。まず、冷房を使用している季節において授業中のアンケート調査をもとに回帰分析から快適温度が25.1℃になることを明らかにした。次に、この快適温度を中心に室温が±2℃の範囲内であれば快適とし、この範囲外であれば、教室の空調機器をオン/オフする制御方法について検討した。夏季、冬季において室温が快適温度を中心に±2℃の範囲内を保つように冷房、暖房の空調機器をオン/オフする制

御するフローを明らかにした。一方、省エネのために講義が行われていない時間に空調が使用されることがないように講義時間外は空調機器をオフとするように節電を促す表示を行う教卓用モニターの画面表示方法と表示フローを明らかにした。教卓用モニターは講義終了5分前から次の講義が始まる前までの時間「現在、授業は行われていません。空調をOFFにして下さい。」の画面表示を行った。同時に、空調機器の当日の消費電力量と前日の消費電力量を表示した。これにより、教員は講義終了後の空調をオフにする注意喚起がなされ、教室内の温度、空調機器が消費する電力量を把握できるので、省エネの意識を高めることができた。教室内に設置したモニターを見て空調機器をオン/オフする制御できることを検証した。

表1 快適温度と回帰式

方法	式	快適温度
回帰法	$C=0.42Ti-6.535$	25.1
Griffiths法	$T_c=Ti+(4-C)/0.5$	25.29

C: 申告値、 $T_c$ : 快適温度(°C)、 $T_i$ : 室温(°C)

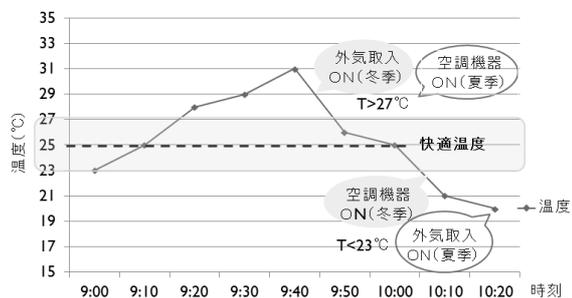


図4 快適温度と空調機器の制御



図5 講義時間中の表示画面

(3) 平成24年度は平成23年度に引き続き夏季と冬季における快適温度をアンケート調査により明らかにした。具体的には湿度を考

慮した教室内の快適温度を多重回帰分析により以下のように導出することができた。

6月(夏季): 快適温度 = (13.0845 - 0.049214 × 湿度 + 4) / 0.539422

10月(冬季): 快適温度 = (4.24852 - 0.007098 × 湿度 + 4) / 0.337875

快適温度は、6月が湿度66%のとき26°Cであり、10月は湿度が44%のとき23°Cである。許容範囲の±2°Cを考慮すると、6月は26°C±2°C、10月は23°C±2°Cが快適温度範囲である。このように快適温度は温度と湿度の両方を考慮して算出し、実際に快適温度が±2°C以内になるように空調機を制御した時と制御しない場合の消費電力と教室温度を対比するようにした。快適温度をもとに、教室の教卓の端末に室内の平均温度と空調を制御する操作(オン/オフ)方法をわかりやすく表示した。この画面を見ながら空調機器を操作した結果、夏季は最大48%、冬季は最大57%空調機器の消費電力量を削減することができた。空調機器の制御を適切に行うことにより空調機器の過剰使用による教室環境の不満を改善することができた。

表2 快適温度算出式と快適温度

6月					
	方法	式	快適温度	n	r
生 テ ィ タ	回帰法①	$C=0.5829T_i-11.003$	25.7	791	0.17
	griffiths法	$T_c=T_i+(4-C)/0.5$	25.5	791	
	回帰法②	$T_c=T_{rm}+8$		791	1
グ ル ー プ	回帰法①	$C=0.6955T_i-13.728$	25.5	424	0.3675
	griffiths法	$T_c=T_i+(4-C)/0.5$	24.9	424	
	回帰法②	$T_c=T_{rm}+8$		424	1
10月					
	方法	式	快適温度	n	r
生 テ ィ タ	回帰法①	$C=0.3342T_i-3.8409$	23.5	1309	0.0342
	griffiths法	$T_c=T_i+(4-C)/0.5$	23.9	1309	
	回帰法②	$T_c=-0.0116T_{rm}+20.445$		1309	0.0009
グ ル ー プ	回帰法①	$C=0.2468T_i-1.7732$	23.4	425	0.0297
	griffiths法	$T_c=T_i+(4-C)/0.5$	24.1	425	
	回帰法②	$T_c=-0.0094T_{rm}+20.241$		425	0.0241

【C:申告値,Tc:快適温度(°C),Ti:室温(°C),T<sub>rm</sub>:移動平均外気温(°C),n:度数,r:相関係数】

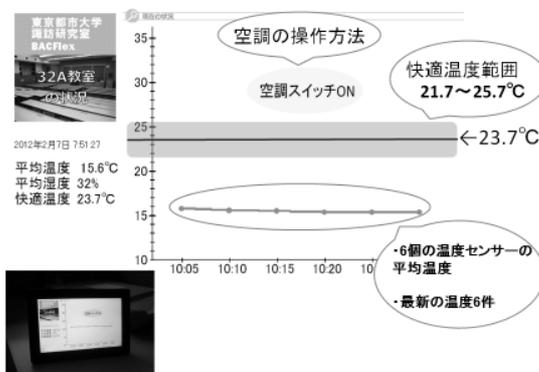
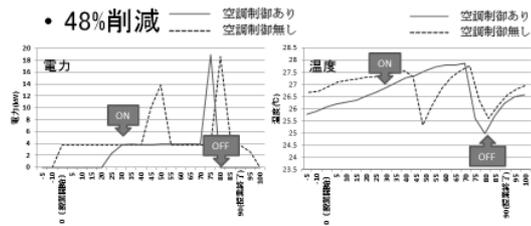
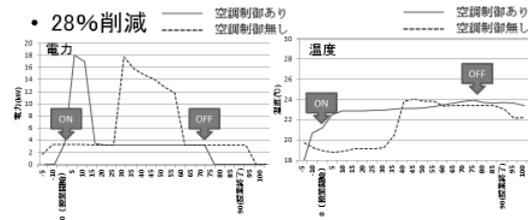


図6 教卓の端末表示画面



1授業(90分間)積算電力  
空調制御無し: 8.862kWh  
空調制御あり: 4.633kWh

図7 夏季の空調機器消費電力と教室温度



1授業(90分間)積算電力  
空調制御無し: 10.894kWh  
空調制御あり: 7.726kWh

図8 冬季の空調機器消費電力と教室温度

### 【国内外における位置づけとインパクト】

教育機関における環境教育では、ゴミの分別や資源回収などの活動が中心であり、省エネについても照明をこまめに消灯するなどの取組みが主である。従来は温度、湿度、空調機器の消費電力量をリアルタイムに計測し、そのデータを蓄積し、表示する空調環境可視化システムを学生自らが構築した事例はほとんどなかった。本研究では、データ計測、蓄積、表示という一貫した環境可視化の処理を行うシステムを学生自らが構築した意義は大きい。また、今回初めて200人規模の大教室において建築環境工学で採用されている屋内の快適性評価尺度である快適温度をアンケート調査結果から夏季、冬季について明らかにしている。さらに、快適温度をもとに空調機器をオン/オフ制御する制御フローを明かにし、夏季、冬季の消費電力量を定量的に可視化した成果は重要である。客観的な数値データにより省エネと教室環境の改善を実現できたことは教育機関における今後の環境教育に大きく貢献するといえる。

### 【今後の展望】

本研究での環境可視化システムを学内の環境教育を含む環境活動に活用し、省エネを推進する。さらに温度、湿度、消費電力量をリアルタイムに表示させることにより一般学生の環境意識の啓発に役立てることが今後の環境活動の課題である。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計6件)

(1) 諏訪敬祐、空調環境可視化システムを用いた教室空調の省エネと環境改善、東京都市大学環境情報学部紀要第14号、査読無し、第14号、2013年、pp.33-40

(2) 諏訪敬祐、大教室における快適温度と環境可視化による環境啓発、東京都市大学環境情報学部紀要第13号、査読無し、第13号、2012年、pp.98-105

(3) 鳥山詩織、石渡智子、村松映美、諏訪敬祐、空調環境可視化システムを用いた教室環境の改善と省エネ評価、東京都市大学横浜キャンパス情報メディアジャーナル、査読無し、第13号、2012年、pp.24-32

(4) 諏訪敬祐、空調環境可視化システムの構築と環境情報配信、東京都市大学環境情報学部紀要第12号、査読無し、第12号、2011年、pp.63-69

(5) 遠藤幸次、森口英喜、綾部櫻子、諏訪敬祐、空調環境可視化システムを用いた省エネ評価、東京都市大学環境情報学部情報メディアセンタージャーナル、査読無し、第12号、2011年、pp.6-11

(6) 綾部櫻子、森口英喜、遠藤幸次、諏訪敬祐、大教室における快適温度と環境データ可視化表示、東京都市大学環境情報学部情報メディアセンタージャーナル、査読無し、第12号、2011年、pp.12-20

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

諏訪 敬祐 (SUWA KEISUKE)

東京都市大学・環境情報学部・教授

研究者番号：20366850