

論文

大教室における快適温度と 環境データ可視化表示

綾部 櫻子 森口 英喜 遠藤 幸次 諏訪 敬祐

近年地球温暖化が問題視され、その原因の一つである二酸化炭素排出量増加が深刻なものとなっている。この問題を解決すべく、身近な大学に目を向けたところ、大学内大教室の過剰な空調稼働が目立っていた。大教室での授業の際、空調の効きすぎによって夏期に室温が非常に下がり、授業に集中できない学生を見ることがある。これは無駄な消費エネルギーを生み、その分二酸化炭素を排出していることになる。また、空調を入れないにしても、教室内の空気が悪かったり、暑かったりするものが現状である。

本研究ではこれらの現状を改善すべく、アンケートによる調査から大教室の快適温度を求めた。快適温度を可視化することによって、効果的な空調制御ができる。また教室内の環境データ可視化画面を作成し、教室を利用する人に教室の状況を周知し、体温調節や環境意識の啓発を図る。

キーワード：可視化、空調環境、建築環境工学、快適温度、SPSS

1 はじめに

1.1 研究の背景

近年、様々な環境問題が浮上している中、その大きな問題の一つとして地球温暖化が挙げられる。これは、二酸化炭素などに代表される温室効果ガスによってもたらされる現象であり、人為的な活動に起因していることは

間違いない。現在のような人為的な活動が継続するようであれば、21世紀末には二酸化炭素濃度が現在の2倍以上になり、地球の平均気温は著しく上昇するだろう。世界の二酸化炭素排出量のグラフを図1に示す。

気温が上昇すると、昨夏のように平均気温が上がり人々は猛暑の中を生活しなければならなくなる。平均気温の上昇によって、農作物や海産物の収穫に大きな変化を与え、人々の食生活にも大きな影響を与える。地球規模で見ると、海面が上昇し、数多くの島々が海に沈むことになる。海抜の低い地域では、既に被害が出ているところもある。その一方、渇水や干ばつに襲われる地域も出てくる。このような気候変化は地球規模で大きく影響し、世界に異常気象をもたらすのである。

日本における二酸化炭素の排出はエネルギー需要に左右される面が大きい。産業界における省エネやエネルギー転換が進められ、より積極的な対策が求められる。我々の日常においても、家庭から排出される二酸化炭素のうち、照明や家電製品、自家用車からの二酸化炭素排出量が全体の約60パーセントを占めるので、節電やリサイクルなどにより、いかにエネルギー消費を抑えるかを考えていくことが必要不可欠になっている。

エネルギー消費をいかに抑えるかの観点から我々学生の身近な大学構内に目を向けたところ、大教室の過剰な空調稼働が目立った。特に夏期は空調が効きすぎていて、上着を着ているにもかかわらず、寒がっている生徒が目立つ。以下に教室別の現状を記す。

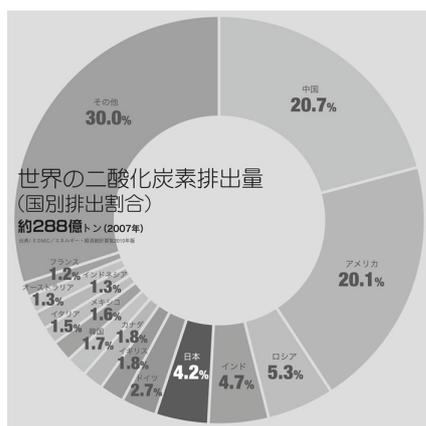


図1 世界の二酸化炭素排出量

AYABE Sakurako
 東京都大学環境情報学部情報メディア学科4年生
 MORIGUCHI Hideki
 東京都大学環境情報学部情報メディア学科4年生
 ENDO Kouji
 東京都大学環境情報学部情報メディア学科4年生
 SUWA Keisuke
 東京都大学環境情報学部教授

1) FEIS ホール

東京都市大学横浜キャンパス3号館にある FEIS ホール（収容定員 270 名）は、地下にあるために空気がこもりやすい。外気取り入れはできるが、換気しづらい環境にあるので、授業時に教室内の人数が増えると二酸化炭素が増加し、空気環境が悪くなってしまふ。また、教員が立っている場所も、機材が多いため温度が上がり、講義しづらい環境になっている。教室内は換気しづらい環境なので、空気の入れ替えが難しく、空調を稼働すると夏場は寒く、冬場は少し暑くなりやすい。

2) 32A 教室

東京都市大学横浜キャンパス3号館2階にある 32A 教室（収容定員 198 名）は、空調の温度調節不可能なので、生徒が不具合を感じる度に毎回授業を中断して先生に空調を操作してもらうようになっている。FEIS ホールほど温度変化はないが、温度調節の仕方が非効率である。

これらの各教室の問題を解決するために、教室内の快適温度を算出し、快適温度と教室環境データをリアルタイムに可視化する。それによって、効率的な空調制御を図り、無駄なエネルギー消費を減らし、より快適な教室環境をつくる。図2に、空調環境可視化システムによるデータ取得から可視化までの流れを示す。

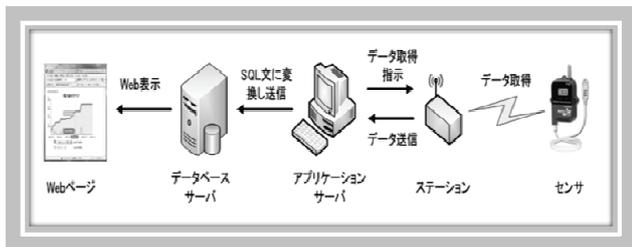


図2 空調環境可視化までの流れ

1. 2 研究の目的

本研究では、大教室を利用している生徒らにアンケートを実施し、データの分析から教室内の快適温度を算出する。また、快適温度を算出する式を導出する。この式によって、いつでもその日の快適温度を求めることができる。

また、快適温度と温湿度などの教室環境データの可視化画面を作成し、その画面を表示するモニターを教卓に設置する。教室にて、空調を調節する頻度が最も多いのは、教卓付近で講義を行う教員である。空調のスイッチが教卓に近いところにあるためでもある。よって、教卓にモニターを設置し、教員は快適温度と教室環境データの表示画面を見ることによって、空調スイッチを操作する、これにより教室環境がより快適になるように空調制御ができる。

2 空調環境可視化システム

2. 1 空調環境可視化システムとは

このシステムは東京都市大学環境情報学部横浜キャンパスのFEISホールと3号館32A教室におんどりというティアンドディ社製のセンサを設置し、教室内の温度・湿度・電力量データを随時取得するシステムのことである。取得したデータはMySQLを用いたデータベースに蓄積し、いつでも取り出せるようになっている。いつでも好きな時間に教室環境データを閲覧することが可能である。このシステムは、東京都市大学諏訪研究室の平成21年度卒業生が構築したものである^{[1][2]}。図3に本学横浜キャンパスのFEISホールを事例に、システムのネットワーク構成を示す。

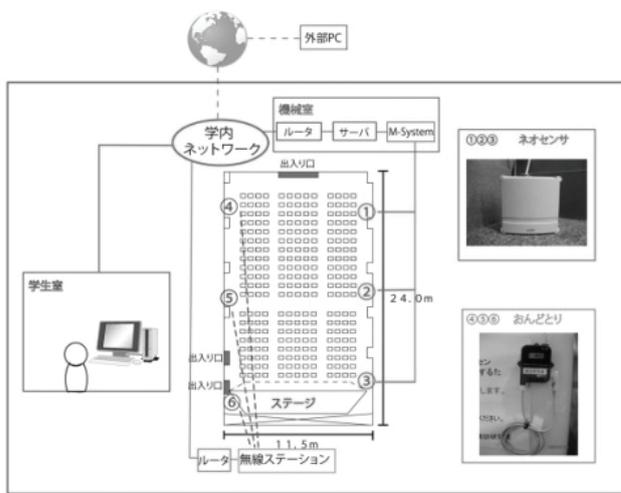


図3 FEISホールのネットワーク構成

使用しているセンサは温度を計測できる株式会社山武のネオセンサと温度と湿度の両方を測れる株式会社ティアンドディのおんどり Jr. RTR-53A である。これらのセンサを壁際の前・真ん中・後ろに3つずつ、計6つ配置し随時温度湿度データを測り、データベースに蓄積している。それらは学内ネットワークを経由していつでも見ることができる。他の教室には6つのおんどりが設置されている。

3 快適温度

3. 1 不快指数

不快指数とは、アメリカで考えられたもので、温度と湿度によって不快度を数値で表したものである。「蒸し暑さの指数」とも言われている。主に屋外の観測値を用い、軍人の訓練実施の適否を判断する根拠として用いられたという説もある。温度と湿度の値しか使わないので、風や放射の影響は考えられていない。

不快指数は、
 不快指数 = 0.81T + 0.01H(0.99T - 14.3) + 46.3

(T:気温(摂氏温度)(°C) H:相対湿度(%))

の式で算出される。70 を越えると不快を感じ始める人が出始め、75 を越えると半数くらいの人が不快を感じ、80 を越えるとほぼ全員が不快を感じると言われている。

しかし、建築環境工学の分野ではこの数値は扱っていない。屋外用の式なので、室内には応用しにくいことが第一に挙げられる。また、快適性を測る「寒い」から「暑くてたまらない」までの尺度が非常に曖昧である。この尺度に「快適」というものがあるが、温度が快適なのか、湿度なのか、空気なのか、屋内の細かな条件を全て含めているので信頼性が低いのである。建築環境工学とは、安全・健康・快適な室内環境・都市環境を実現するための計画の基礎となる学問分野である。人間にとっての良好な環境を最小のエネルギー利用で達成するための研究が行われている。

3. 2 不快指数に代わる新たな指数

不快指数に代わる新たな指数として、建築環境工学における快適温度を算出し、それを利用する。快適温度とは中立温度とも言い、その温度の前後 2°C の範囲で「快適」と感じられる温度を指す。この快適温度は回帰法や Griffiths 法で求めることができる。これらはいずれもアンケートによる温冷感の申告と室温で求められる。通常は回帰法によって求めるのが理想とされるが、文献 [3] によると、データの不足や活動レベル、生理的適応によって温冷感に温熱環境が左右されるため、回帰係数を 0.5 に仮定した Griffiths 法で求めるのが適当とされる場合もある。

Griffiths 法の式は

$$T_c = T_i + (4 - C) / 0.5$$

(T_c : 快適温度(°C), T_i : 室温(°C), C : 申告値)である。

また、この方法の他に移動平均外気温から快適温度を算出する方法もある。移動平均外気温については次節に記述するが、この方法を使うと外気温から快適温度を算出することができる。

3. 3 移動平均外気温

移動平均外気温とは、過去の時間的距離に従って重み付けした外気温の移動平均のことである。移動平均とは統計学の一つであり、連続する複数の時期の平均を算出し、時期をずらしながら繰り返して計算することで変化の傾向を求めることである。要するに、今までの変化の傾向によって当日の平均気温を求めてしまうのである。当然、一日が終わらなければその日の平均気温というものは分からないのだが、移動平均外気温とは過去の温度変化の傾向によ

って、その日の移動平均外気温が計算されれば、翌日の移動平均外気温を求めることができる。この数値は前日の平均気温を考慮しての温度であるので、それはすなわち翌日の平均気温を算出することができるということであると考える。

移動平均外気温は次式で計算される。

$$T_{rm} = (1 - \alpha) \cdot \text{前日の平均外気温} + \alpha \cdot \text{前日の } T_{rm}$$

(T_{rm} : 移動平均外気温(°C))

α は 0 から 1 の間の定数であり、移動平均の外気温に対する反応速度を定義したものである。 α の値としては 0.8 が推奨されている。ヨーロッパや英国ではこの数値が適切であることが明らかになっている。この値は、被験者が外気温の変化に完全に適応するためにかかる時間が約一週間であることを表している。

移動平均外気温を算出すれば、その日の移動平均外気温とその時の外気温で快適温度を算出することができる。

4 アンケート調査

4. 1 アンケート調査の背景と目的

教室内を快適に保つために、空調制御を正しく行う必要がある。そこで、授業中に空調を制御するためのモニターを設置することにした。モニター画面は筆者らの一人の森口英喜の研究で作成し、そこに表示されるデータは、対象となる教室の温度・湿度の他に快適温度である。

快適温度を表示することによって、空調を制御する人はその温度を目安に空調を操作するのである。そうすることによって、授業中に生徒からの暑い寒いなどの苦情が減ると見込まれるので、授業が中断することがなくなる。また、このアンケート調査を行う目的の一つとして、今現在の教室空間の状況を把握することも挙げられる。表 1 にアンケート実施日と教室、時間帯、被験者数、空調環境を示す。

表 1 アンケート調査日リスト

日付	教室	時間	被験者数	空調
7月16日(金)	32A	15:00~16:30	98	?
7月21日(水)	FEIS	10:45~12:15	90	時々
7月21日(水)	32A	15:00~16:30	86	?
10月12日(火)	FEIS	9:00~10:30	90	30分後~ON
10月13日(水)	32A	9:00~10:30	72	45分後~ON
10月14日(木)	32A	9:00~10:30	69	OFF
10月15日(金)	FEIS	15:00~16:30	91	ON
10月19日(火)	32A	10:45~12:15	98	?
日付	教室	時間	被験者数	空調
10月20日(水)	32A	10:45~12:15	78	ON
10月25日(月)	32A	10:45~12:15	41	ON
11月4日(木)	32A	13:15~14:45	71	OFF
11月4日(木)	FEIS	15:00~16:30	94	OFF

4.2 アンケート用紙の作成

今回のアンケート調査の調査項目は、①温冷感、②適温感、③湿度感、④適した湿度、⑤空気、⑥集中度、⑦睡眠時間、⑧眠気、⑨快適度、⑩服装の10項目に設定した。

最初の4項目については、教室内の温度湿度を計測しているのので、それと関連付けて生徒らはどう感じているのかを調査するために設けた。次の⑤～⑨の項目に関しては、事例研究で行ったアンケート調査で、温度湿度よりも教室内の空気が悪いという意見が多数見られたために設けたものである。特にFEISホールは地下にあるため、外の空気が入りにくい。教室内の学生の人数が増えるにつれ、人が吐く二酸化炭素量も増えるので、教室内の空気が悪くなっていた。二酸化炭素濃度が高くなると、人は眠くなりやすいと言われている。眠くなると授業に集中できなくなる。そのような現象が実験対象である教室内でも起きているのか検証するべきであると考えた。最後の服装の項目に関しては、暑さ寒さに影響する要素の一つであるので調査してみようと考えた。服装の変化によって、体感温度は変化する。服装を快適温度によってこちら側から提案すれば、空調を無駄に稼働しなくても済むのではないかと予想される。

4.3 分析方法

本研究のアンケートデータ分析には、統計解析のスタンダードツールであるIBM社のSPSS Statisticsというソフトを利用した。SPSSとはStatistical Package for Social Scienceの略であり、社会調査データ用統計解析ソフトの定番である。国内約3万人が利用しており、1968年にスタンフォード大学で生まれた。豊富な分析メニューとグラフ機能があり、誰でも高度な分析と分かりやすい結果を得ることができる。図表を作る前にデータを素早く簡単に分類することができ、細かな設定も可能である。

次に分析方法について説明する。まず2変数の相関分析をし、より関係性の高い2変数を選択する。この2変数を利用して散布図を作成する。図4に作成した散布図

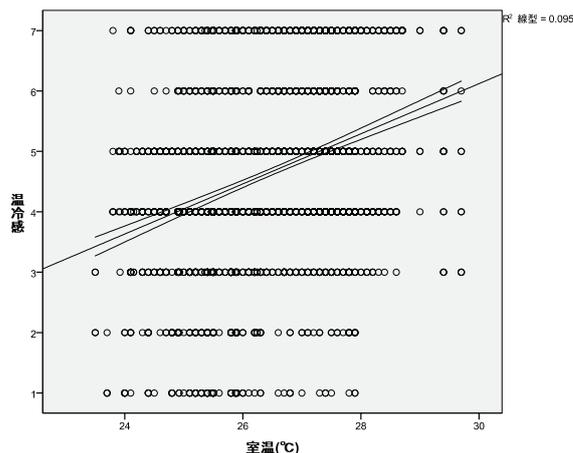


図4 温冷感と室温の散布図

を示す。

その散布図から回帰線となる直線の式を求める。直線の式は、回帰法によって求められる。図4の散布図の直線の式は

$$C = 0.415Ti - 6.325 \quad (C: \text{申告値}, Ti: \text{室温} (^{\circ}\text{C}))$$

である。

0.415 というのは直線の傾きであるので、Griffiths法だと0.5に仮定しているものである。この式の申告に「どちらでもない」を表す4を代入すれば、その申告に当てはまる温度、快適温度が計算できる。今回の式の場合では、申告値4を代入すると快適温度が24.9℃となる。前後2℃の幅で温度調節すれば大多数を十分に満足させることができるので、申告3～5で教室温度を22.5～27.3℃に教室環境を保てば、教室内は快適になると予測される。同様にして変数を変えたり、データをグループ集計したりして分析する。グループ集計とは、データのある変数ごとに分類してその平均値を求めることである。

ちなみに、夏と冬では快適範囲は異なる。その理由は、季節によって服装が変わることや、人はある程度の季節の変化であれば対応できるからである。

4.4 分析結果

分析の結果を表2に示す。グループ集計したデータの分析(太枠で囲む部分)から出た数値と式の方が相関係数

表2 快適温度と式

	方法	式	快適温度	n	r	p
生データ	回帰法	$C = 0.415Ti - 6.325$	24.9	2690	.308	.000
	Griffiths法	$Tc = Ti + (4-C)/0.5$	25.16			
	回帰法	$Tc = 0.257Trm + 19.7$		2690	.338	.000
グループ	回帰法	$C = 0.42Ti - 6.535$	25.1	507	.427	.000
	Griffiths法	$Tc = Ti + (4-C)/0.5$	25.29			
	回帰法	$Tc = 0.264Trm + 19.7$		593	.452	.000

(C:申告値, Tc:快適温度(℃), Ti:室温(℃), Trm:移動平均外気温(℃), n:度数, r:相関係数, p<0.001)

が高いことから、それらを今回の夏と秋のアンケート期間の快適温度、あるいは快適温度を算出する式とする。快適温度は回帰法で求めた 25.1℃とし、許容範囲はそれの±2℃であるので、教室内温度が 23.1～27.1℃に収まっているときに、大半の学生が快適に授業が受けられていたということになる。また、外気温から快適温度も求められるようになった。

本研究により、教室内の快適温度を求めるアンケート調査方法が確立された。

次に、環境データ可視化画面について説明する。

5 可視化画面の目的

5.1 空調操作補助による講義環境の改善

現在、空調操作は講義を行う教員による判断によって手動で行われている。本来であれば空調操作を全自動にし、教室内の環境に配慮した設定に自動で切り替わるのが理想である。しかしそれには非常に大きなシステム・設備の変更が要求されるので、あまり現実的ではないと考えられる。そこで、まずは教員が空調を ON/OFF にするタイミングを助言してあげるシステムがあれば、教室内の環境が改善されると考えた。そのために使用するのが教卓に設置するモニターである。このモニターに現在の教室の環境はどうなっているのかを表示し、教員が教室内の環境を把握できるようにする。そして空調を ON にするか OFF にするかのメッセージを表示し、具体的にいつ空調を操作すればいいのかを教員に助言する。また講義が行われていない時間帯に無駄な電力を使うことがないように節電メッセージを表示する機能も追加する。これらの機能を有した教卓設置モニターを使用することにより、教室内の講義環境を改善することを目的とする。

5.2 環境情報の「可視化」による環境負荷低減および環境意識啓発

本来、目に見えない温度、湿度、それによる不快指数、さらには使用電力、二酸化炭素濃度、二酸化炭素排出量等の環境に関する情報を可視化して公開することにより、自分たちが所属している大学の環境を把握してもらい、そして自分たちが普段大学で使用しているエネルギーがどれほどなのかを認識してもらい。また前月や昨年と比較し、どれだけの違いがあるのかも公開する。これは本研究のシステムが本格的に導入されれば、導入前と導入後の違いを示し、どれだけの効果があったのかを公開することにより、本研究で開発したシステムの優位性を示すことができると考えられる。さらに本学の学生にエコキャンパスで環境と情報について学ぶ者としてエネルギーの使い方や省エネに対する意識を向上させることも本研究の目的である。

6 システム概要

6.1 インフラ環境のシステム構成

現在筆者らは、環境データの常時計測・蓄積を行っている。このデータを計測するシステムが本研究の基盤である。各センサで計測されたデータは学内ネットワークを介して、データベースサーバへと蓄積される。そのシステム全体の構成を図5に示す。

図5で示した通り、32A 教室・32A 教室屋外・FEIS ホール・FEIS ホール前倉庫に設置された各センサはすべて学内ネットワークに繋がっている。おんどりの場合は無線通信でステーションを介し、学内ネットワークへ繋がる。そしてデータベースサーバへとデータが蓄積されていく。ネオセンサの場合は有線通信でFEIS ホール電気室内に設置された M-SYSTEM を介し、学内ネットワ

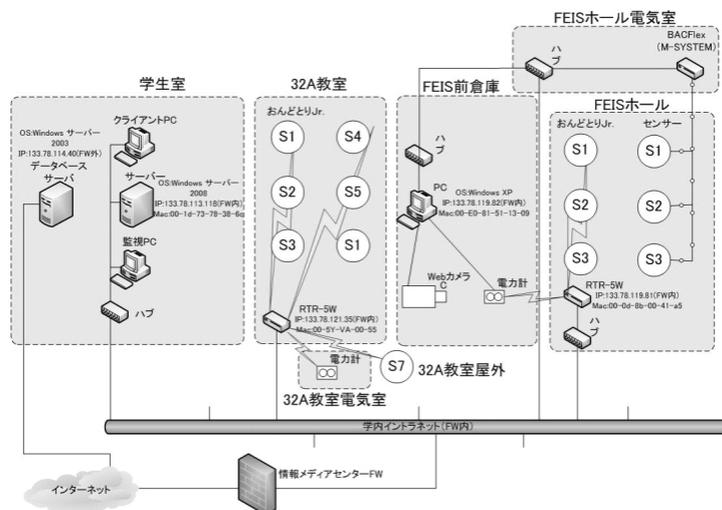


図5 システム全体のネットワーク構成

ークへ繋がる。そしておんどり同様にデータベースサーバへとデータが蓄積されていく仕組みとなっている。

6.2 教卓設置モニターシステム概要

空調環境可視化システムの中で本研究のメインの一つとなるのが教卓に設置されたモニターに表示される環境データ表示画面である。このシステムは図5のネットワークと連携しており、32A 教室やFEIS ホールで取得・蓄積されたデータを加工し、可視化したものである。なお教卓設置モニターの利用の流れとデータ取得の流れを図6に示す。

まず、センサで取得されたデータは学内ネットワークを介してデータベースサーバへと蓄積される。そして講義中においてはデータベースサーバからリアルタイムにデータを読み出し、教卓設置モニターへと表示する。その表示された画面を見て、教員は今の教室内の環境がどうなっているのかを判断し、空調を操作する。また講義終了5分前から次の講義開始までの時間帯においては空調を ON にしたままもしくは電気を点けたまま退室しないように節電を促すメッセージを表示させて、それらの防止に繋げる。さらに消費電力量なども表示し、本日どれだけのエネルギーを使っているのかもグラフ等で表示。

7 教卓設置モニターの画面

7.1 プログラミングによる画面作成

本研究の画面作成は PHP 言語を使用する。PHP 言語とは、動的に Web ページを生成する Web サーバの拡張機能の一つである。また、そこで使われるスクリプト言語である。レイアウトの「雛形」となる HTML ファイル内に、処理内容を記述したスクリプトを埋め込み、処理結果に応じて動的な文書を生成し、送出することができる。正式名称「PHP : Hypertext Preprocessor」にもあるように、動的に生成されるページの作成に向いている。また、XML のサポートや各種データベースとの連携に優れている点などから近年普及しつつある。プログラムの表記法は C 言語、Java、Perl の各言語から転用したものがベースとなっているが、PHP 独自のものもある。言語仕様やプログラムはオープンソースソフトウェアとして無償で入手することができる。これらから本研究の画面作成に適していると考え、PHP 言語を使用する。

画面表示のプログラムのフローチャートを図7に示す。

プログラム稼働の流れとしては、9時に講義を開始するので画面表示も9時から開始する。まずはデータベースサーバに接続し、リアルタイムの温度や湿度などの環境データを取得する。そしてその環境データを表示させた講義中用画面が講義開始から講義終了5分前までの

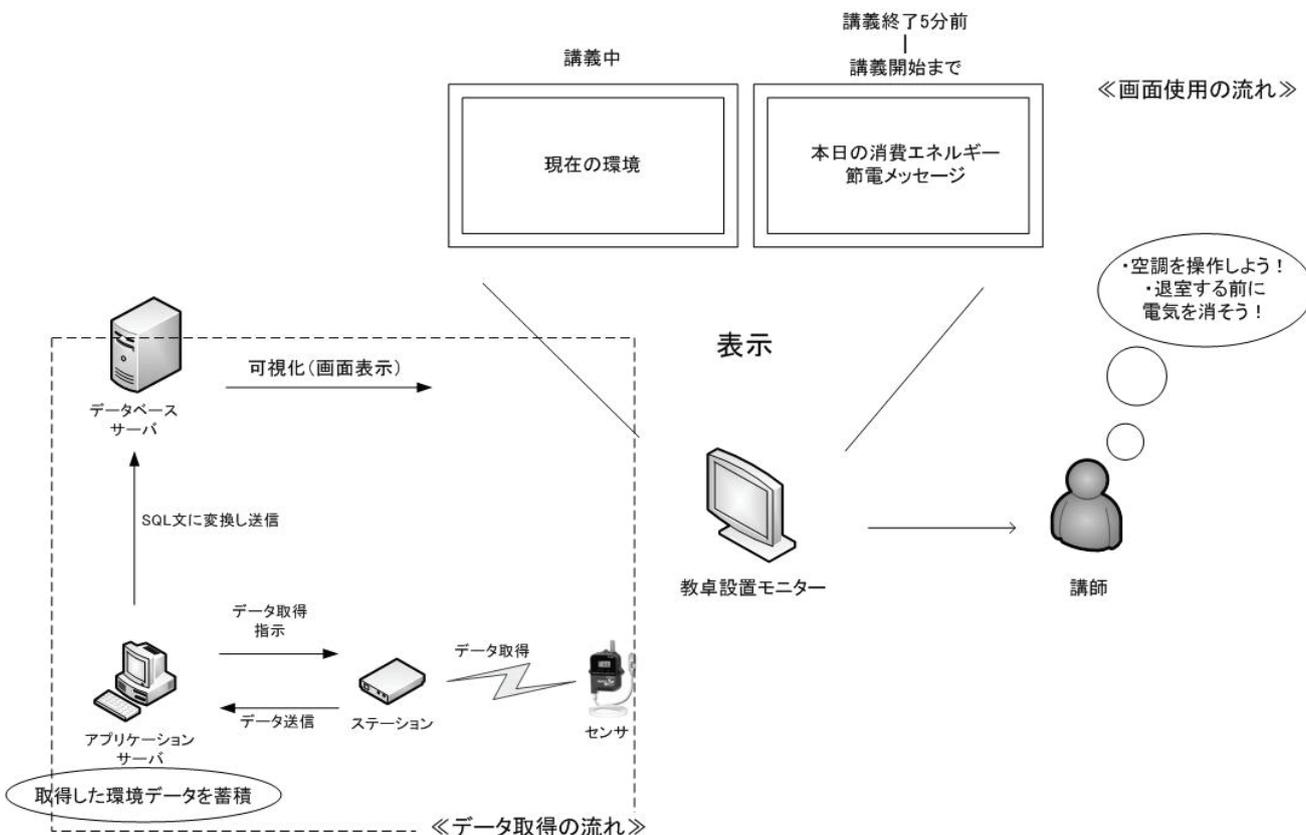


図6 モニター画面の使用とデータ取得の流れ

85 分間表示される。講義用画面が 85 分間表示された次に表示画面は休み時間用画面に切り替わる。画面が切り替われば、現時刻が 18 時 10 分または、12 時 10 分か否かの判断をする。18 時 10 分であれば、残りの講義時間の 5 分間を休み時間用画面を表示し、その日の講義は終わりなので終了する。また 12 時 10 分であれば、昼休みになるので、残りの講義時間 5 分間と昼休みの 60 分間の 65 分間を休み時間用画面を表示する。それ以外の時間ならば残りの講義時間 5 分間と休み時間 15 分間の 20 分間を休み時間用画面を表示した後に再びデータベースサーバに接続し、講義中用画面を表示する。

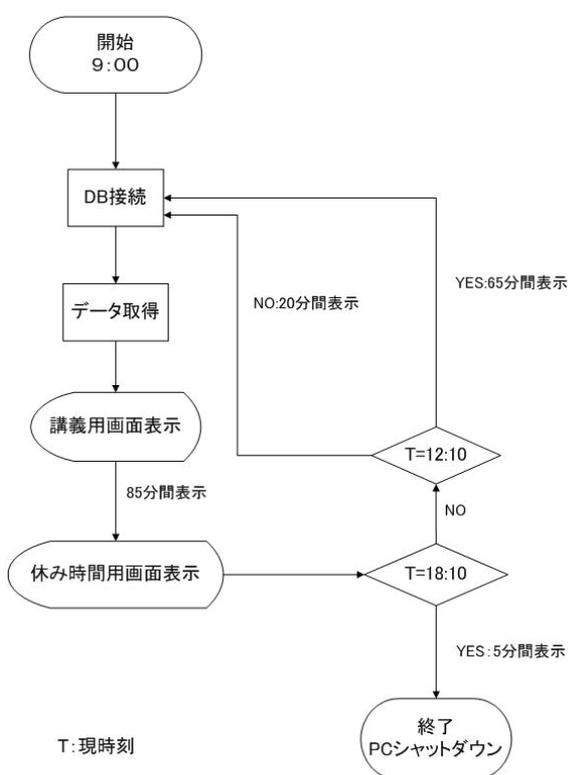


図7 画面表示プログラムのフローチャート

7.2 amCharts によるグラフ作成

休み時間中に表示される電力使用量の前日比グラフは amCharts で作成する。

(1) amCharts とは

flash と html, xml を使用したソフトウェアであり、Web サーバ上でわかりやすく、かつ簡単に表現できるフリーソフトである。

amCharts では setting.xml を介し、data.csv ファイルを読み込んでいるので、表示されるデータは data.csv ファイルとなる。しかし、環境データはデータベースサ

ーバに逐次蓄積されており、CSV ファイルは個別に更新しなければならぬので、CSV ファイルを更新するために「CSV ファイルの出力プログラム」を使用する。CSV 出力ファイルは、田原淳平氏の卒業研究^[2]で作成したものを引き継ぎ、使用している。

(2) CSV ファイル出力プログラム

CSV ファイル出力プログラムの開発は Python で行われている。仕組みとしては、MySQLdb のモジュールを使用し、データベースに接続する。そして環境データを取得し、データを CSV ファイルとして出力する。amCharts で作成したグラフを図 8 に示す。このグラフを休み時間用画面に表示する。

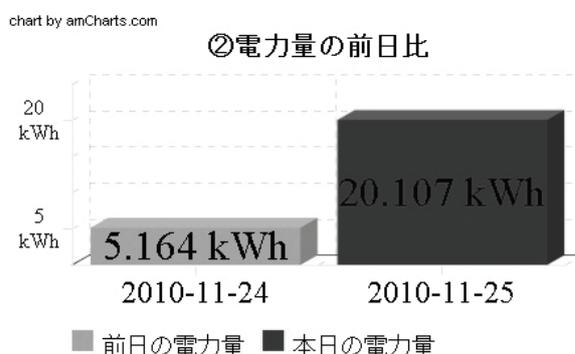


図8 電力使用量前日比グラフ

7.3 画面表示結果

本研究の画面表示の結果として、講義中用画面を図 9 に、休み時間用画面を図 10 に示す。

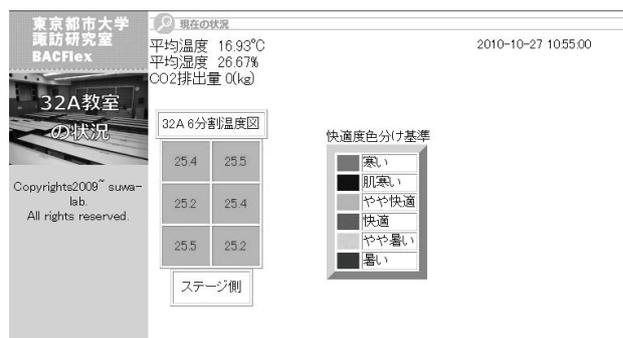


図9 講義中用画面

講義中用画面では「平均温度」「平均湿度」「CO2 排出量」の数値を表示する。さらに 6 分割温度図では図内に色分けによる温度表示および数値表示を行う。

この画面に表示される環境データをもとに講義を行う教員が、正しいタイミングで空調操作を行えるようにサポートするのが目的である。

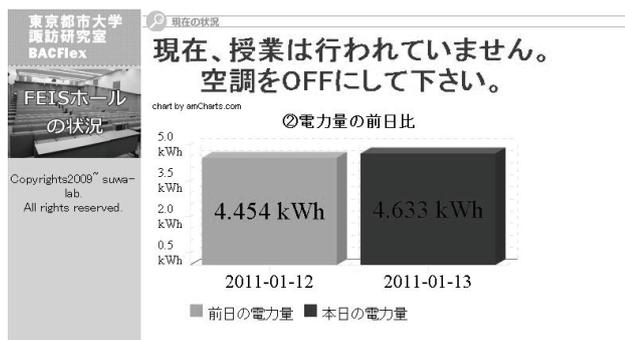


図10 休み時間用画面

講義終了5分前から休み時間終了まで表示される画面では、「節電メッセージ」「電力使用量の前日比」を表示している。この画面では講義終了間際に教員がこのメッセージやグラフを見ることにより、教室を退室する際のPCや空調の電源OFFなどを徹底する。さらに電力使用量の前日比を見てもらい、一日の講義で使用するエネルギー量を知ってもらう目的がある。

8 考察

快適温度を算出する式に関しては、文献[4]によるとヨーロッパでの実験結果が出ている。移動平均外気温から快適温度を求める式である。この式と本研究で導出した式とを比較する。

自然通風の場合、

$$T_c = 0.09T_{rm} + 22.6$$

空調を入れた場合、

$$T_c = 0.33T_{rm} + 18.8$$

(T_c : 快適温度(°C), T_{rm} : 移動平均外気温(°C))

本研究で導出した式は空調を入れた場合の式と数値が近い。これは、本研究でのアンケート調査は適宜空調を入れている環境で行ったためと思われる。数値が異なる要因としては、ヨーロッパでは日本と比べると湿度が低いので、湿度のためだと考えられる。また、英国では移動平均外気温は20°Cを超えることはめったにない。この、日本とヨーロッパの気候の違いが式を異ならせている。

日本でも東京の空調オフィスを対象とした調査が行われている。その調査からは快適温度は23.9°Cと報告されている。快適温度は自然通風と空調環境とでは、3~4°Cの差が現れることがわかっている。本研究では、快適温度は25.1°Cであることが明らかになったが、筆者らのアンケート調査では自然通風と空調環境とではデータを分けていない。よってこのような差が出たと考えられる。

9 おわりに

9.1 まとめ

本研究で、教室内の快適温度は25.1°Cと算出することができ、快適温度を算出するための回帰式も導出することができた。空調によって変化しうるが、室温から人々の申告を予測できるようになり、申告から快適温度も算出できる。外気温から快適温度も求められるようになった。この快適温度と式を利用すれば、快適温度を基準とした空調制御によって教室環境の改善ができる。また、無駄な空調機器の消費電力の削減による省エネも見込める。

アンケート分析による快適温度算出にあたって、いくつかの方法を試してみた結果、これらにあまり大きな差は見られなかった。今回のアンケート調査は、授業の妨げにならないことが第一条件であったため、空調を入れずに実験を行うということが難しかったためであると考えられる。ほとんどの授業で空調を入れていたため、全体的に教室内環境は安定していた。今回のアンケート時期では、特に授業の妨げになるような大きな不快感は見られないようだった。

また環境データ可視化画面については、本研究では教員がタイミング良く空調を操作できるように教室内環境の情報提供を行う画面と無駄なエネルギー消費を防ぐための節電メッセージ画面を作成した。そして作成した画面を、教卓に設置したモニターに表示した。

9.2 今後の課題

本研究ではアンケート調査を夏から始めたので、一年間のデータを集めることができなかった。理想的な快適温度というのは、「不快指数に代わる新たな指数の提案」が目的であるため、湿度を加味したものとなる。日本は湿度の高い国なので、湿度は快適温度に大きく影響すると考えられるからである。温度と湿度の両方を考慮した快適温度を算出するためには、重回帰分析をする必要がある。しかし、重回帰分析をするには十分なデータ量が必要であり、一年を通してアンケート調査をしなければならぬ。また、今回は夏からアンケート調査を開始し、7月は大学の試験期間であったため夏のデータ量も不十分であった。よって、今回は夏と秋のデータをまとめて分析したのだが、夏と秋でデータを分けて分析すれば、季節よっての快適温度の差が見られるだろう。

本研究でアンケート調査の方法は確立されたので、今後は同じようなアンケート調査を引き続き行い、湿度も加味した快適温度を算出することが課題である。

また、空調可視化システムをもっと安定させれば、快適温度も自動的に可視化させることができるので、算出した快適温度を活用した大学内の省エネ化が期待できる。

環境データ可視化画面に関しても、本研究で構築したこのシステムが、今後改良し実際に運用していくことによって講義環境の改善や全体的な省エネ活動に繋がっていくと考える。

謝辞

本研究を進めるに当たり、引き継ぎや空調環境システムについて教えてくださった本学環境情報学部諏訪研究室平成21年度卒業生の坂倉正浩氏、田原淳平氏、建築環境工学の分野から快適温度を算出するためにサポートしてくださった本学環境情報学部環境情報学科専任講師のH. B. リジャル先生、研究を進めるにあたりアンケート調査などを手伝ってくれた東京都市大学環境情報学部諏訪研究室3年生の鳥山詩織さん、石渡智子さん、村松映美さんに心より御礼の言葉を申し上げます。

また、本研究は平成22年度科学研究費補助金基盤研究(C)の助成金に基づいて遂行された。

参考文献

- [1] 東京都市大学環境情報学部諏訪研究室, 坂倉正浩, 平成21年度卒業論文, 空調環境可視化システムにおけるネットワーク構築とWeb表示, 2010. 3
- [2] 東京都市大学環境情報学部諏訪研究室, 田原淳平, 平成21年度卒業論文, 空調環境可視化システムにおける環境データ計測プログラムとデータベースサーバの構築, 2010. 3
- [3] H. B. リジャル 吉田治典 梅宮典子, 住宅におけるネパール人の夏と冬の温熱感覚, 日本建築学会計画系論文集 第565号, 17-24, 2003. 3
- [4] H. B. リジャル 梅宮典子訳, 建物における熱的快適性の適応的基準, 空気調和・衛生工学会, 第83巻第6号, 2009