

# 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

田原 淳平 坂倉 正浩 諏訪 敬祐

二酸化炭素とは、温室効果ガスの一つで、地球温暖化に及ぼす影響がもっとも大きいとされている。現在の地球にとって、この二酸化炭素排出量を減少させることが重要な課題である。東京都市大学横浜キャンパスは、ISO14001 取得や環境に配慮した様々な施設を有するエコキャンパスが特徴である。大教室である FEIS ホールや 32A 教室の空調運転状況は、教室の構造上、人の分布状況などによって、同じ教室内でも前部と後部ではかなりの温度差があり、学生や教職員から不満が出ている。本研究は FEIS ホールや 32A 教室の空調環境の運転状況を見直すため、空調環境可視化システムを構築し、省エネルギー化の検討を行う。具体的には、温度、湿度、電力量などの環境データの計測プログラムと環境データの可視化プログラムを作成し、省エネルギー化の目安となる電力量と CO<sub>2</sub> 排出量を可視化した。本システムを利用することにより、CO<sub>2</sub> 排出量などの環境負荷をリアルタイムに監視が可能になり、横浜キャンパスの ISO 活動の活性化と啓発に貢献できる。

キーワード：空調環境，センサネットワーク，通信プログラム，環境負荷，可視化，環境問題

### 1 はじめに

#### 1.1 研究の背景

近年、化石燃料消費に伴って排出される CO<sub>2</sub> による地球温暖化の問題が注目されている。2009 年 12 月 7 日には第 15 回気候変動枠組条約締約国会議 (COP15) が行われ、日本は CO<sub>2</sub> を含む温室効果ガスの排出量について、1990 年基準で 25%削減の目標を挙げている。この数値目標をクリアするため、国内の CO<sub>2</sub> 排出量の削減に対する技術開発が進められている。

温室効果ガスインベントリオフィスによると部門別二酸化炭素排出量では、産業や運輸部門では低減傾向にあるが、民生家庭・業務部門では漸増傾向にある。また、民生業務部門のエネルギー消費構成においては、空調エネルギーが 40%~50%程度の比率を占めていることから、空調用エネルギーの削減が重要になってきている [1]。

本大学の横浜キャンパス FEIS ホールや 32A 教室の空調運転状況は、教室の構造上、人の分布状況などによって、

同じ教室内でも前部と後部ではかなりの温度差がある。特に、後部では場合により人が密集するため、かなり温度が高くなり、勉強をする環境としては集中できる環境とは言い難い。このような問題を解決するために、温湿度センサや電力量センサを使用したセンサネットワークを構築することで空調環境のデータを取得し、空調環境データを可視化することが有用である。このため、現在の FEIS ホールや 32A 教室の空調の運転状況を見直し、また省エネルギー化を検討する。

#### 1.2 研究の目的

本研究では、空調環境可視化システムにおける各センサ間の環境データ計測プログラムやデータベースサーバを構築することで現在の空調環境を可視化することが目的である。データベースサーバによって膨大なデータを蓄積し、それらを可視化することで空調環境を数値データとして知ることができるようになる。教室内の温湿度はもちろん、1週間、1か月の電力量 (CO<sub>2</sub> 排出) を測定することができる。そのデータをもとに環境情報学部生として学生自ら環境問題に対する意識を向上することができる。

さらに、過去のデータをもとにシステム運用を行い、無駄な電力の削減を行い、CO<sub>2</sub> 排出量減少、地球温暖化に貢献できる。

TAHARA Junpei

武蔵工業大学環境情報学部情報メディア学科 2009 年度卒業生

SAKAKURA Masahiro

武蔵工業大学環境情報学部情報メディア学科 2009 年度卒業生

SUWA Keisuke

東京都市大学環境情報学部教授

## 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の概要

今回の空調環境可視化システムは、横浜キャンパスができて13年経ち、空調設備の老朽化や時代の変化による環境データの変化を取得するために構築した。具体的には教室の温度、湿度、電力量、二酸化炭素濃度を測定し、データベースサーバにデータを貯め、データを加工して教室利用者や教職員に教室環境を可視化して環境意識を高めることを目指している。「見える化」とは、日本企業の生産現場において、実践されてきた伝統的な手法である。原点は、「何か基本になる情報やデータを現場に提示することで、現場の人が自ら気づき、問題意識を高め、自ら改善する努力を促す仕組みをつくる」ことである。そのために、各自の役割を明確にし、現状を理解できる情報を日ごろから見える状態にし、関係者が協力して、改善する風土をつくることから始まる。この「見える化」を大学キャンパスに取り入れることにより、学生が自主的に問題解決や改善を促すことができると考える。必要な情報を誰でも見えるように掲示し、改善を行った際には数値的なデータで客観的に判断できるシステムを構築することにした。

本研究で構築されたシステムの簡易的なシステムイメージを図1に示す。

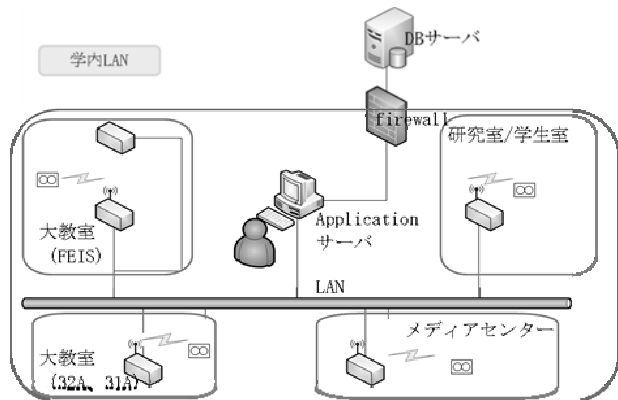


図1 簡易的なシステムイメージ

### 2.2 研究の進め方

研究の進め方は図2のようにウォーターフォールモデルを採用する。LAN ケーブルの配線などのインフラ構築をまず行い、次に、センサ設置や各種サーバ、表示端末の準備などネットワークを構築する。各種サーバなどのプログラミングを作成し機能の検討を行い、確認後学内で実際に運用する。

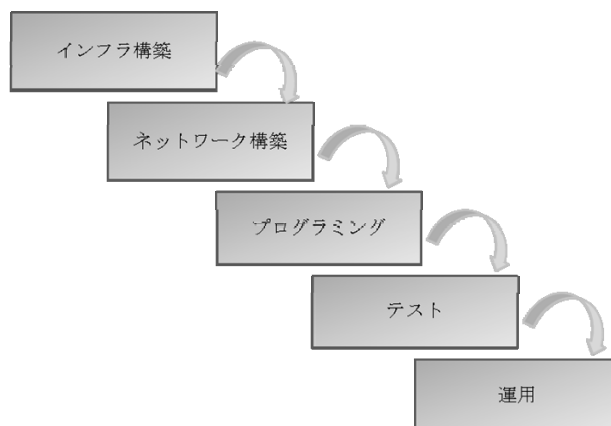


図2 空調環境可視化システム構築の流れ

### 2.3 システム全体構成図

空調環境可視化システム全体の構成を図3に示す。本論文ではアプリケーションサーバからステーションを介しセンサからデータを取得するプログラムを第3章に、そして取得したデータを蓄積するデータベースサーバについて第4章に記述する。



図3 空調環境可視化システムの構築

## 3 環境データ計測プログラム

### 3.1 環境データ計測プログラムとは

本研究では温度、湿度、電力量を計測するため、用途によって各種センサを使用している。センサ本体で様々なデータを取得することができるが、そのデータを利用するためには通信プログラムが必要となる。本章で説明する環境データ計測プログラムの流れを図4に示し、空調環境可視化システムの位置づけとして図4に太枠を挿入した。

本研究では株式会社山武の「ネオセンサ」、株式会社T&Dの「おんどとり」、株式会社コムエイドの「Monitiser-A5」の3種類のセンサを使用している。また、各センサの環境データ計測プログラムの開発言語が別々であるため、本論では各通信プログラムを第3.2節、第3.3節で記述する。また、二酸化炭素濃度(CO2濃度)は環境データの計測、蓄積の流れが違うため第3.4節で述べる。



図4 環境データ計測プログラムの流れ

本研究で作成したプログラム一覧を表1に示す。

表1 環境データ計測プログラムの一覧

プログラム名	用途
fiesdb.py	ネオセンサの通信プログラム
ondotori.cs	おんどりの通信プログラム
co2.py	Monitizer-A3のデータ処理プログラム
error_hantei.py	エラー処理プログラム

以下に各プログラムについて説明する。

### 3.2 通信プログラム1 (ネオセンサ)

ネオセンサの通信プログラムの開発言語は Python で行っている。このプログラムは宮城高専の BACflex システムの研究で使用されているものをもとに、本研究用に書き換えたものである。

通信プログラム (ネオセンサ)

ファイル名 : feisdb.py

図5にフローチャートを示す。

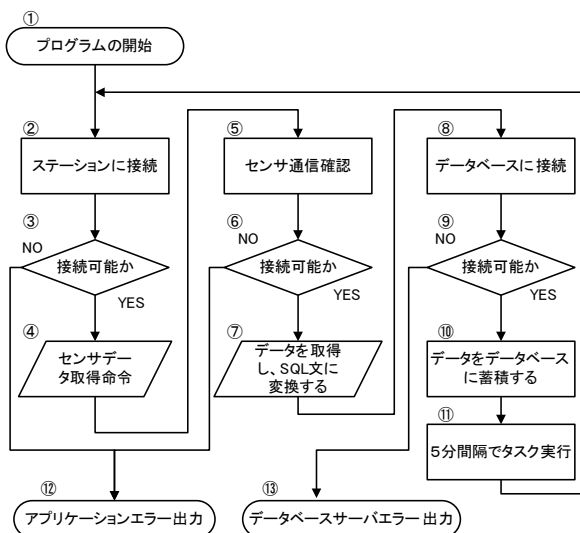


図5 プログラム構成図 (フローチャート)

### 3.3 通信プログラム(おんどとり)

おんどりの通信プログラムの開発言語は C#で行っている。このプログラムは T&D 社が試験用に使用しているプログラムを、本研究用に書き換えたものである。プ

ログラムのフローチャートとしては図5に示した通信プログラム (ネオセンサ) と同様の仕組みとなっている。

用途 : 通信プログラム (おんどとり)

ファイル名 : ondotori.cs

### 3.4 データ処理プログラム (Monitizer-A3.)

センサ Monitizer-A3 のデータ処理プログラムの流れを図6に示す。流れの説明として①PC から USB 接続されたセンサからデータを受信する。②受信したデータを CSV ファイル形式で保存する。③CSV 出力されたファイルをプログラムで SQL 文に変換後データベースサーバに送信し蓄積する。

用途 : データ処理プログラム (Monitizer-A3)

ファイル名 : co2.py.

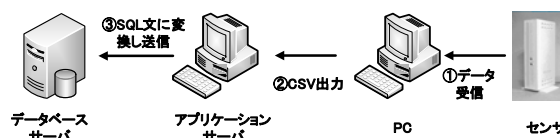


図6 Monitizer-A3. のデータ処理の流れ

本節で作成したプログラムの処理では③の工程であり、プログラムのフローチャートを図7に示す。

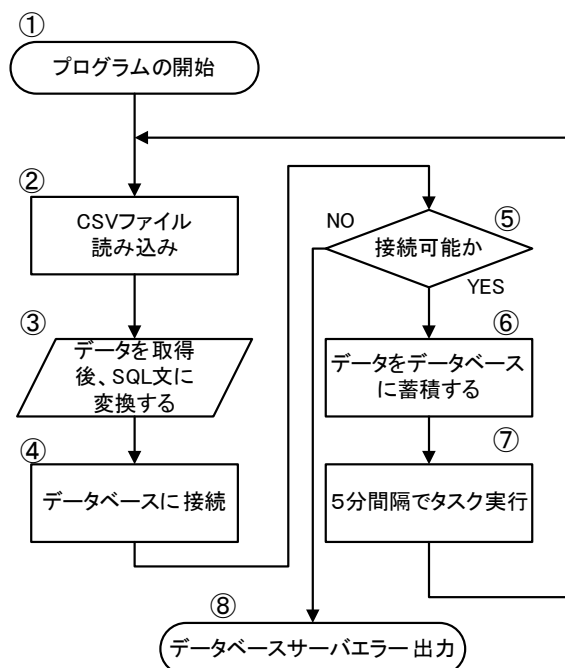


図7 Monitizer-A3 (フローチャート)

### 3. 5 エラー処理プログラム

本プログラムは図5, 図7に示したエラー出力された際に行われるプログラムである。流れの説明として①～②データベースサーバから各データベースから最新時刻データ(カラム: dt)を取得後, そのデータとPCの時刻を判定する。③判定後データが違った場合「エラー報告メール」を携帯電話端末にメールで転送する。

用途: データ処理プログラム (Monitizer-A3.)  
 ファイル名: error\_hantei.py

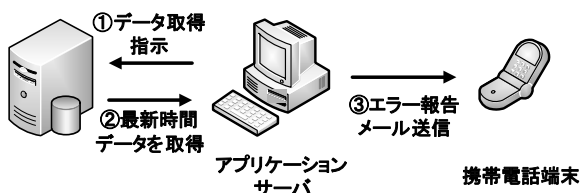


図8 エラー処理プログラムの流れ

プログラムのフローチャートを図9の①～⑥の順番に処理過程を説明する。①プログラムの開始。②データベースサーバに接続を行う。③接続可能かを判定する。この時, 接続できない場合「サーバが故障しているか, MySQLが停止している可能性があります。」とメールで携帯電話端末に送信する。④データベースサーバに接続可能な場合, (教室ごとの) 各種センサの最新の時間データを取得する。⑤その時間データとPC本体の時間を比較し, ±10分以内でない場合「〇〇教室の環境データが取得できていない可能性があります。」とメールを送信する。⑥本プログラムは5分間隔でタスク実行される。

また, ③や⑤でエラー処理した際, プログラムも終了される。

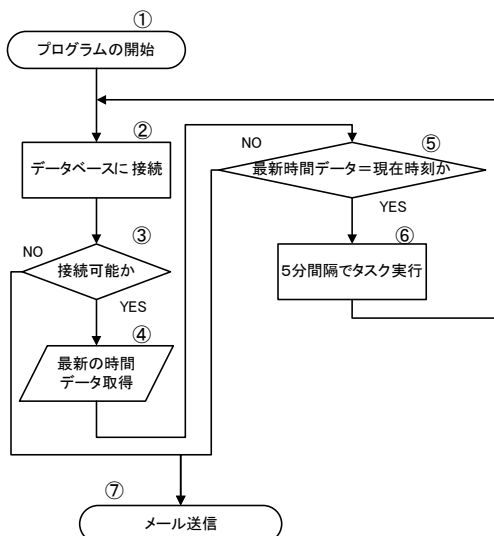


図9 エラー処理プログラム (フローチャート)

## 4 データベースサーバの構築

### 4. 1 データベースサーバの構築

システムを運用していく上で, 各センサから温湿度データや電力量データを蓄積するサーバが必須である。本研究ではデータ蓄積をするために適しているフリーのデータベースソフトウェア「MySQL」を適用した。

#### 4. 1. 1 MySQLとは

MySQL(マイエスキューエル)は, RDBMS(リレーショナルデータベースを管理, 運用するためのシステム)の実装の一つである。オープンソースで開発されており, GNU GPLと商用ライセンスのデュアルライセンスとなっている。世界で最も有名なオープンソース・データベースとして知られおり, 市場シェアではPostgreSQLなどのライバルを圧倒している。他のフリーRDBMSと比較して高速性に定評があり, 特に更新よりも参照の頻度の高いアプリケーションに向くとされている[2]。

本研究ではPython, C#, PHPと様々なプログラミング言語と互換性があるという点で採用した。

#### 4. 1. 2 データベースサーバの位置づけ

空調環境可視化システムではセンサから環境データを取得し, それをリアルタイムで可視化するというシステムである。システムでは過去のデータを参考にして空調環境を改善する必要がある。そのため環境データを蓄積するサーバ(データベースサーバ)を構築した。

センサからの環境データをデータベースサーバに蓄積するプログラミングは第3章で述べている, 本章ではデータベースサーバの内部構成を記述する。また, 空調環境可視化システムとしての位置づけを図10に示す。

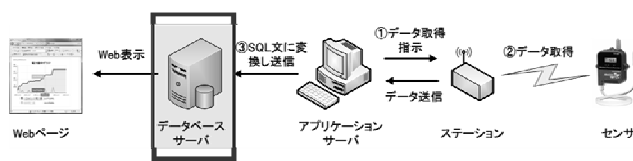


図10 空調環境可視化システムとしての位置づけ

#### 4. 1. 3 データベースサーバの性能

データベースサーバの基本的な諸元を表2に示す。

表2 データベースサーバの諸元

項目	諸元
機種	Express5800/GT110a
OS	Windows server 2003
RDBS	MySQL
HTTPサーバ	IIS
用途	データベース, webサーバ

データベースサーバとしてこのサーバを構築したが、このサーバは第5章で記述している Web サーバと同一の PC である。

#### 4.2 データベース内部構成

本研究では大教室 FEIS ホール, 32A 教室を対象にシステムを構築している。そのためデータベースの種類としては表3にある通り3つある。

表3 データベースの種類

データベース名
feis
32a
okugai

またそのデータベース内にあるテーブルは表4に示す通りである。

表4 テーブルの種類

テーブル名	使用DB
ysensor	FEIS
osensor	FEIS, 32A
field	okugai I
co2	FEIS

データベースを可視化した例を図11に示す。例としてデータベース名をFEISとした。

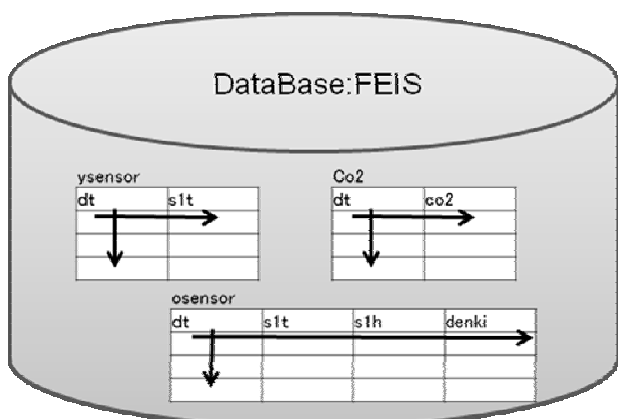


図11 データベース可視化(database:feis)

図11のデータベース可視化について説明をする。データベース名FEISの中にysensor, osensor, co2の3つのテーブルが存在し、各テーブルは各種センサと対応している。各テーブルの中にカラムがある。各カラムには、対

応する環境データが挿入、蓄積される。このようにデータベースはデータベース、テーブル、カラムの3つで構成される。

#### 4.3 テーブルの内部構成

本研究でのテーブルの内部構成は ysensor, osensor, co2 の3つのテーブルがある。各テーブルの内部構成を表5に示す。

表5 テーブルの内部構成

テーブル	フィールド	タイプ
ysensor	dt	datetime
	s1t ~ s3t	float
osensor	dt	datetime
	s1t ~ s4t	float
	s1h ~ s4h	int(11)
	denki	int(11)
co2	dt	datetime
	co2	Int

表5に示したテーブルの内部構成として「ysensor」は温度データのみ、「osensor」は温湿度データ、電力量データを取得している。また、FEIS ホールのテーブル「osensor」ではセンサの数が3つしかないため、s1t(h)~s3t(h)とフィールドの種類が少なくなる。「co2」ではCO2濃度データを蓄積するテーブルである。

#### 4.4 MySQL コマンドライン

MySQL でデータベース、テーブル等を作成するためには、コマンドプロンプト上で操作する必要がある。実際にコマンドプロンプトでMySQLに接続している状況を図12に示す。例として、テーブル osensor のフィールド(カラム)一覧を新しいものから10個表示させている。

```
mysql> select * from osensor order by dt desc limit 10;
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| dt                | s1t | s2t | s3t | s1h | s2h | s3h | denki |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| 2010-01-27 04:10:00 | 19.8 | 19.9 | 19.9 | 30 | 31 | 31 | 0 |
| 2010-01-27 04:05:00 | 19.8 | 19.9 | 19.9 | 30 | 31 | 31 | 0 |
| 2010-01-27 04:00:00 | 19.8 | 19.9 | 19.9 | 30 | 31 | 31 | 0 |
| 2010-01-27 03:55:00 | 19.8 | 19.9 | 19.9 | 30 | 31 | 31 | 0 |
| 2010-01-27 03:50:00 | 19.8 | 19.9 | 19.9 | 30 | 31 | 31 | 0 |
| 2010-01-27 03:45:00 | 19.8 | 19.9 | 19.9 | 30 | 31 | 31 | 0 |
| 2010-01-27 03:40:00 | 19.9 | 19.9 | 19.9 | 30 | 31 | 31 | 0 |
| 2010-01-27 03:35:00 | 19.8 | 19.9 | 19.9 | 30 | 31 | 31 | 0 |
| 2010-01-27 03:30:00 | 19.9 | 19.9 | 19.9 | 30 | 31 | 31 | 0 |
| 2010-01-27 03:25:00 | 19.8 | 19.9 | 19.9 | 30 | 31 | 31 | 0 |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
10 rows in set (0.06 sec)
```

図12 osensor のカラム構成(select \* osensor order by dt desc limit 10;)

## 5 空調環境可視化システムのグラフ作成

### 5.1 空調環境可視化システムのグラフ作成

第3章では環境データ計測プログラムについて述べた。第4章ではデータベースサーバの構築について述べた。データベースサーバは膨大な情報量を格納できるのが魅力ではあるが、第三者から見たときにそのデータが何を意味しているのかわかりにくい。第5章ではデータベースサーバに蓄積されているデータを可視化するプログラム作成過程について述べる。

使用するソフトウェアはamChartsというflash,html,xmlを組み合わせた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ウェアである。

空調環境可視化システムのグラフ作成工程は空調環境可視化システムの範囲として、図13の太枠の中にあたる部分である。



図13 グラフ作成工程の範囲

### 5.2 Webサーバ構築

可視化グラフはWebブラウザ上で閲覧できるようWebサーバで構築した。本章で使用しているWebサーバは第4章で記述したデータベースサーバのPCと同一である。

### 5.3 空調環境可視化グラフを表示するシステム構成

空調環境可視化システムの本質は、データベースサーバで蓄積した環境データを可視化することである。その環境データを可視化するため、空調環境可視化のためのシステムの構成を図14に示す。

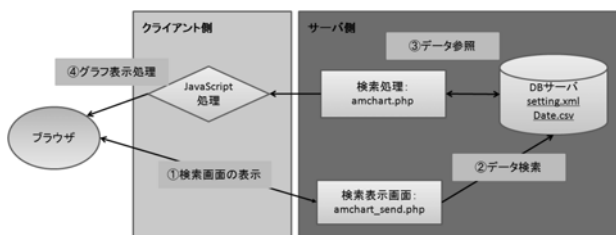


図14 空調環境可視化グラフのシステム構成

システムの構成として、ブラウザでサーバ側の検索表示画面プログラムを実行後、各プログラムが連携してシステムが稼働する。

### 5.4 amchartsの仕組み

AmchartsではSetting.xmlを介し、Data.csvファイルを読み込んでいる。従って、表示されるデータはData.csvファイルとなっている。しかし、環境データはDBサーバに逐次蓄積されているが、CSVファイルは個別に更新しなければならない。そこで、データベースサーバから環境データを参照し、CSVファイルを更新するプログラムを作成する。全体の流れを図15に示す。

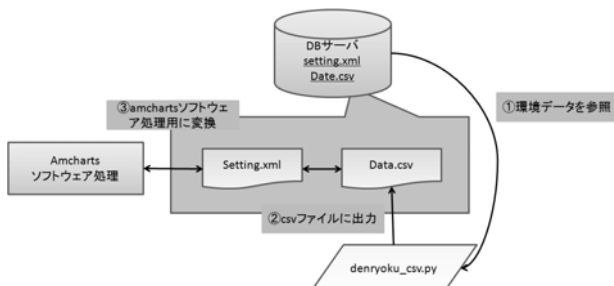


図15 amchartsの仕組み

### 5.5 実際の表示画面



図16 現在の表示画面

図16では教室ごとの現在の空調環境について3つのグラフで表している。図16に表示されている太枠①～③の順番に説明をする。①温湿度から得られる不快度指数を色分けし、6分割で表示する。②現在の電力量の表示する。③現在のCO2濃度の表示する。

現在、教室ごとの教卓にモニタを設置し、この画面を表示している。

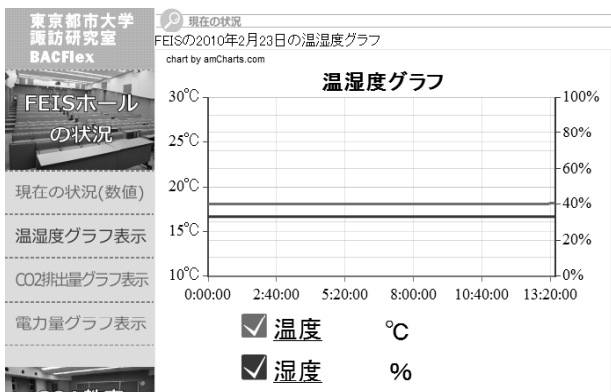


図17 温湿度データを示したグラフ

図17では教室ごとの当日の0時～現在の時刻までの温度、湿度を折れ線グラフとして表示する。

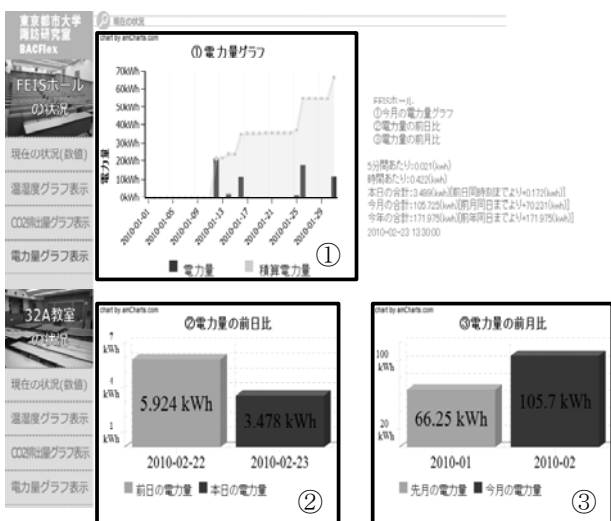


図18 電力使用量を示したグラフ

図18では教室ごとの電力使用量の前日比、前月比、当月全体の3つのグラフで表している。図18に表示されている太枠①～③の順番に説明をする。①当日使用された日にちごとの電力量を棒グラフ、1日からの積算電力量を折れ線グラフとして表示する。②電力使用量の前日比を表示する。③電力使用量の前月比を表示する。



図19 携帯端末での表示画面

図19では図16～図18で表示された各グラフを携帯端末(図表ではNTTdocomoのN-09Aを使用)で表示する。本研究で使用しているグラフ表示ソフトウェアamchartsはJavaScript機能が搭載されている場合表示できる。最新の携帯端末では搭載されているため、図19の様に視覚的に空調環境を閲覧することが可能である。ただ、問題点として、現在JavaScriptを搭載している携帯電話端末は多くはない。そのため、本学生個人が容易に本システムを利用するためには、文字ベースのデータを表示するページを作成する必要がある。

### 考察

今回の研究でFEISホール、32A教室の空調環境のデータを蓄積することに成功した。今後はメディアセンターや3号館にセンサを追加することが予定されている。そのため、スムーズにデータベースを追加できるよう設計することが大切である。また、今年度は冬期のデータしか蓄積できなかったため、本来必要とされる夏期データや春期データを蓄積する必要があり、それにとまなうシステムの拡張が必要になると考えられる。

また、空調環境可視化グラフでは携帯端末でも表示可能にしたため、本学生個人でもシステムを利用することができた。ただ、第5.5節で述べた問題点として文字ベースのページを作成する必要がある。この問題を解決することで、容易に本学生個人が本システムを利用でき、教室の省エネルギー化と啓発のきっかけにもなる。

### おわりに

本研究では教室の省エネルギー化と環境意識の啓発を目的とし、主要教室の教室内環境と環境負荷を利用者が容易に見ることができるシステムを構築した。データベースサーバで集中管理することにより、専用ソフトウェアを用いて本研究で取得した環境データと、空調環境の可視化プログラムにより、教室ごとの環境データを可視化することが可能となった。特に、今までリアルタイムかつ常時計測できていなかった教室環境や電力量をデータベースに蓄積することにより、大学内の省エネルギー化への貢献だけではなく、他の研究にも活用することができる。

今後は本研究での成果を活かし、環境負荷低減に努めつつ空調環境を改善していくことが必要である。本システムを利用することにより、環境負荷をリアルタイムに監視できるため、横浜キャンパスのISO活動の活性化と啓発に大いに貢献することができる。

## 謝辞

本研究を進めるに当たり機器設置の相談や設置を行って下さった東京都市大学横浜事務室総務課長の佐々木暢俊氏，奥田和也氏，廣澤勇太郎氏，情報メディアセンターの風間陽平氏，国立環境研究所の杵嶋修三先生，知識工学部熊谷敏教授，大学のLAN 利用のために協力して下さった情報メディアセンターのコアセンターの大野昭彦氏，石井身和子氏，さらに本研究を手伝っていただいた諏訪研究室3年綾部櫻子さん，遠藤幸次君，森口英喜君に心より御礼の言葉を申し上げます。

## 参考文献

- [1] 温室効果ガスインベントリオフィス，  
<http://www-gio.nies.go.jp/index-j.html>
- [2] Wikipedia 項目 MySQL ，  
<http://ja.wikipedia.org/wiki/MySQL>