

論文

柔軟な構築が可能な環境モニタリングシステム

内藤 康二 諏訪 敬祐

環境モニタリングシステムは、無線ネットワークの発展とセンサーの低廉化や多様化によって個人や研究者に多く活用されてきた。本研究では、環境モニタリングにおいて異なる機器を使用してもどこからでも Web 上でデータを閲覧するシステムを提案し、ユーザの細かな要求にも応えられるようにユーザに最適な表示方法を行えるようにした。この結果、ユーザが容易に利用できる多様で大量のデータを効率的に表示、分析できる環境モニタリングシステムを構築することができた。

キーワード：環境モニタリングシステム、フィールドサーバ、Web アプリケーション、柔軟性、データベース

1 はじめに

近年、産業化や工業化によって人間による環境破壊が進行し、深刻なレベルに至っている。環境破壊が進むにつれて、気象・気候変動、大気変動、海洋変動、生態系変化、土地資源変化等の環境問題が出てきた。これらの環境問題は地球上に存在する生命全体への影響につながるために、環境問題解決こそが 21 世紀の大きな課題の一つとなっている。人と自然との共生を求め、環境がどのように変化しているかを把握し、課題を解決することが必須である。これらを実現するために、環境モニタリングの重要性が注目されている。環境モニタリングを長期間、継続的に行うことで、地球環境の現状把握、現象解明・影響解析、対策効果の評価・確認、環境容量の推定などを行うことができる。

従来の環境モニタリングでは、多くの人員や高価な機器、そして、莫大なコストの観点から実現するには多くの困難があった。しかし、情報技術の発展によって、無人で定点における定時のセンサー値の自動保存やセンサー機器の低廉化や小型化等で企業や公的機関以外でも少ない人員により、低コストで環境モニタリングが実現できるようになった。これにより、大学の研究機関や一般の研究者でも容易に環境モニタリングが実現可能となり、様々な研究にも多くの成果を出すことが可能となった。

しかし、現在、測定機器についてメーカーもしくは、機器毎にまったく異なる形態のデータのやりとりがされ、研究者や一般市民にとって、複数の場所に設置する場合は、同様の機器を利用しなければならない状況、もしくは、異なる機器を使用する際には機器毎のアプリケーシ

ョンを利用しなければならない状況となり、ユーザには利用が困難な仕組みとなっている。さらに、安価で小型なセンサーを利用することで使用するセンサー数が増加し、大量のデータをいかに処理し、どのように利用するかという問題も出てきている。

本研究では、図1のように異なる機器のデータのやり取りをアプリケーションによるフィルタリングによって統一的なデータ形式を作り、大量の複数のセンサーを容易にユーザが管理・利用できるシステムを提案する。さらに、ユーザ自身一人一人違った最適な表示方法を取り、場所や時間に捉われずにいつでも利用可能で柔軟な構築が可能な環境モニタリングシステムを検討する。

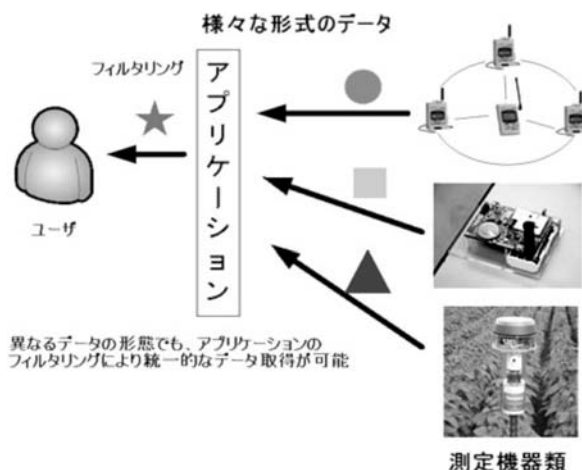


図1 アプリケーションによるフィルタリング

2 環境モニタリングシステム

環境モニタリングシステムは、様々な捉え方があるが、本研究の定義は、環境モニタリングを実現させるために、どのような情報機器を利用し、どのようにデータを取得・管理し、最終的にユーザがどのようにデータを利用するかまで考えたシステムを示す。以下に、主要な環境モニタリングシステムを示す。

NAITO Kouji

武蔵工業大学環境情報学部環境情報学科 2005 年度卒業生

SUWA Keisuke

武蔵工業大学環境情報学部情報メディア学科教授

2. 1 フィールドサーバのシステム

フィールドサーバとは、中央農業総合研究センターが作成した図2のような遠隔環境測定機器である。フィールドサーバの構成は、ネットワークカメラ、PICNIC(Peripheral Interface Controller Network Interface Card)、無線LAN(IEEE 802.11b)、各種センサーからなる。センサー自体は、様々なセンサーを追加できるが、標準で温度・湿度・土中温度・光度を測定できる。PICNICによってWebサーバからフィールドサーバに一定時間間隔でアクセスし、得られたセンサーデータを常にWeb表示できるようになっている。センサーデータは電気的な数値のため、それぞれのセンサー毎に変換式を利用してデータを作る必要がある。無線ネットワークとして無線LANのIEEE 802.11bを利用してデータ通信を行っている。データを蓄積するためには、自らデータを定時ごとに取得するプログラムを作成する必要がある。



図2 フィールドサーバ

2. 2 気象観測装置のシステム

図3に気象観測装置(小笠原計器製)を示す。気象観測装置の構成は、各種センサー類、無線LAN(IEEE 802.11b)、Xport から構成されている。気象観測装置のセンサーは多種類で、温度、湿度、地中温度、日射、CO₂、平均風向、平均風速、最大風速時風向、最大風速、瞬間最大風速時風向、瞬間最大風速である。Xport でイーサネットに接続し、データは無線LANで伝送され、決められたIPアドレスを持つパーソナルコンピュータにデータは送られる。パーソナルコンピュータ上で、独自のソフトウェアを動かす、データを取得し、CSVファイルに保存、蓄積する。データはCSVファイルを利用して、分析ソフトで処理して表示される。



図3 気象観測装置

3 システム設計と構築

現状の環境モニタリングシステムは、各機関・企業において、それぞれ独自の方法やソフトウェアやネットワークを採用している。環境モニタリングシステムの最終的な利用者は、一般の研究者もしくは個人である。これらを考慮すると以下のような問題が挙げられる。

エンドユーザの局面から考えると、複数のメーカーの環境測定機器を利用した際、すべてが、独自アプリケーションであるとすると、環境測定機器の設定や利用に関して、すべてのアプリケーションについて把握しなければならず、ユーザの負荷が大きくなる。さらに、現状の環境モニタリングシステムは、PCを必要とし、PC上に保存する仕組みになっている。こうした結果、24時間PCを占有して環境モニタリングを行わなければならない、リリース面での負担が大きい。

3. 1 システムの基本設計

環境モニタリングシステムの柔軟な構築を可能にするために、データの「蓄積・管理・表示」を一体化したシステムについて検討する。「蓄積・管理・表示」を一体化したシステムとは、それぞれの工程は独立しているが、相互に連携したシステムである。

「蓄積」では、一人の管理者が一括的にデータを保存して、管理する。一括的に管理することで、ユーザ自身がリアルタイムにデータが必要とときに、24時間PC等を使用して、データを取得する必要がない。取得データは、すべてデータベースで保存する。データベースに保存することで、データの抽出などを高速かつ容易にする。これら、データベースに保存したデータは、Webサーバ上で表示する。

「管理・表示」はすべてこの Web 上で行なうことにする。「管理・表示」を Web 上で設定することで、ユーザは場所や機器を選ばずにいつでも、どこからでも携帯やパーソナルコンピュータ等を利用して、環境モニタリングを行なうことができる。「管理」とは測定データをどのような形で表示するかを制御することを意味し、「表示」とは Web 上でデータを表示することを意味する。これらの「蓄積・管理・表示」を一体化することで、ユーザはインターネット環境とインターネットブラウザを利用するだけで、簡単に環境モニタリングを行なうことができる。

「蓄積・管理・表示」を一体化したシステムの特徴をまとめると以下ようになる。

- ・ユーザは Web 上のブラウザを利用して環境モニタリングを行うことで、時間的、場所的制約を受けずに利用することができる。
- ・センサーデータの蓄積は管理者が一括して管理し、データを共用することで有効利用することができる。
- ・ユーザが Web 上の管理ページで設定を柔軟に変更して最適な表示をすることができる。

提案するシステムの構成を図4に示す。図4のように、ユーザは、使用するセンサーの登録などをサーバ管理者に委託する。委託された管理者はデータベースサーバ上で、24時間データ収集プログラムを動かすことで、環境測定機器からのデータを収集し、データベースに蓄積する。データベースサーバで集められたデータを Web サーバ上で、Web アプリケーションを利用することでデータベースサーバにアクセスしてデータ取得する。そして、ユーザはインターネットを通じて、Web サーバ上でデータベースから取得したデータを表示させ、閲覧することができる。表示したいデータを管理するために、Web サーバとデータベースサーバに分割することで、負荷が低減できるとともに、管理が容易な柔軟なシステムを実現できる。

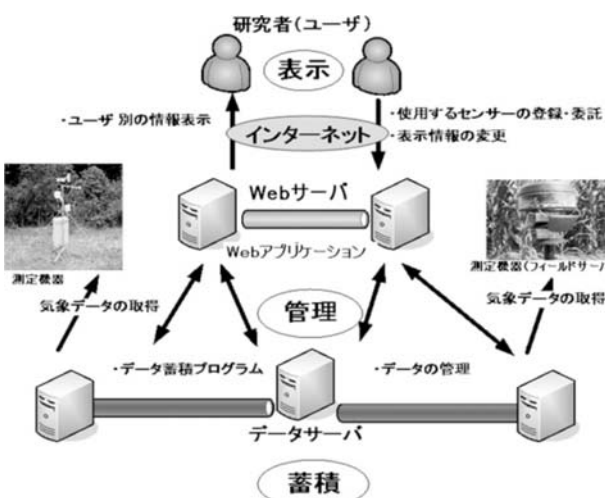


図4 提案システムの構成

3.2 システム概要

実際に、学内で構築したシステムをハードウェア構成、ソフトウェア構成、ネットワーク構成に分けて記述する。

3.2.1 ハードウェア構成

実装するサーバのハードウェア構成は、最近の一般的なPCの仕様と同様にCPUがPentium4 2.4GHz、メモリがDDR 512MBとハードディスクドライブである。特に、特別な機器は使用せず、インターネットの通信用にEthernetのLANボードを1枚必要とする。

センサー機器には、第2章で紹介したフィールドサーバを2台と小笠原計器の気象観測装置を2台用いて構築する。フィールドサーバで取得するデータは、気温、湿度、土中温度、日照量の4つのデータである。また、気象観測装置では、温度、湿度、地中温度、日射、CO₂、平均風向、平均風速、最大風速時風向、最大風速、瞬間最大風速時風向、瞬間最大風速のデータを取得する。

3.2.2 ソフトウェア構成

サーバのOSにはLinuxのFedora Core3を利用する。基本的に、すべてのソフトウェアやOSはフリーソフトのものを利用する。フリーソフトを利用するのは、利用者が多くなることで、サーバにかなりの負荷が生じた場合に、コスト面からサーバの追加が困難になることを防ぐためである。データベース用のアプリケーションとして、MySQL ver3.23を利用する。Webサーバには、Apacheを用いる。そして、Web上にデータ表示させるための、Webアプリケーションとして、サーバサイドスクリプトであるPHPを用いて、ユーザの細かな要求に応える。センサーデータを収集するためのアプリケーションの詳細は次章で詳しく述べるが、基本的には、それぞれの機器に対応するプログラムを作成し、一つにまとめる。

3.2.3 ネットワーク構成

学内のネットワークでは、「学外向けIPアドレス」(インターネット上に公開されるもの)と「学内向けIPアドレス」(学内のみ使用できるもの)があるため、今回はセキュリティ面を重視し、学内の環境モニタリング利用者を対象として、学内向けのIPを使用して構築する。

測定機器はそれぞれ、学内の無線LANのアクセスポイントを利用するクライアントモードで構築する。学内で構成するネットワークをまとめたものが、図5である。フィールドサーバは、PICNIC、ネットワークカメラ、イーサネットコンバータとそれぞれ3つのIPアドレスが必要なため、学内向けの固定IPアドレスをそれぞれ3つずつ割り当てる。気象観測装置は、取得したデータはすべてまとめて送信するシステムなので、固定IPアドレスをそれぞれ1つずつ割り当てる。また、収集したデータ

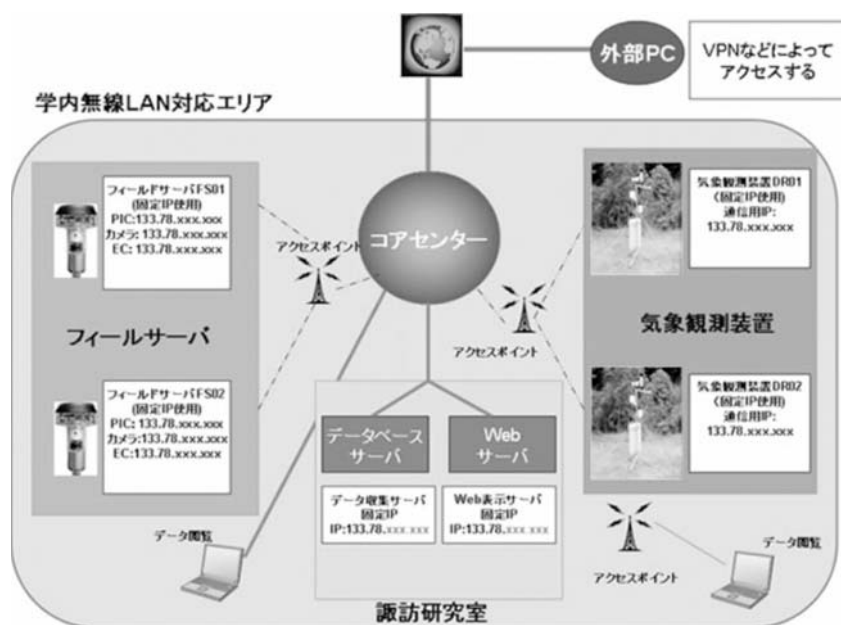


図5 学内ネットワーク構成

を管理、表示するためにデータベースサーバとWebサーバの2台を用い、それぞれ固定IPを振り当てる。データベースサーバでデータ収集アプリケーションを24時間動作させて、フィールドサーバ上のデータと気象観測装置から送られてくるデータを収集する。収集したデータをWebサーバ上に表示するシステムによって、学内の利用者はこのWebサーバにアクセスしてデータを閲覧する。しかし、この構成では、学外のネットワークからインターネットを経由してWebサーバにアクセスすることができない。そこで、VPN等を利用することで、Webサーバにアクセスして、データを閲覧する。

3.3 システムの詳細構成

3.3.1 データ蓄積システムの構成

データ蓄積アプリケーションとして、エージェントプログラムを作成する。本研究の環境モニタリングシステムでは、様々な測定機器に対応し、ユーザはWeb上でアクセスするために、一人の管理者が一括的にデータを管理することが望ましい。そこで、一括的にデータを管理するために、利用者が委託した機器を代理で24時間データを収集するエージェントプログラムが必要となる。エージェントプログラムは名前の通り、人がデータを24時間収集するのではなく、プログラムが自動で代行するプログラムである。本研究では、実際に、このエージェントプログラムのモデルを設計し、構築する。

フィールドサーバのシステムは、データを常にWeb上で表示するシステムである。しかし、フィールドサーバ自体には、蓄積する機能が備っていない。そこで、決められた時間で、Web上からデータを抽出し、蓄積するためのエージェントプログラムが必要となる。また、気

象観測装置には、Web上で表示するシステムは備っていないが、Xportによって、ネットワーク上のIPアドレスの決められたポート番号にセンサーデータを一括して送信するシステムが備わっている。つまり、エージェントプログラム上では、データを抽出しに行くのではなく、送られてくるデータに対して常にスタンバイした状態で、データを取得することが求められる。

そこで、図6のフローチャートを元にこれらの両方に対応させたエージェントプログラムを作成する。エージェントプログラムの作成のために、OSに依存しないJavaを利用した。また、エージェントプログラムとデータベースを連携することで、自動的にデータをデータベースに保存するプログラムの形態とした。

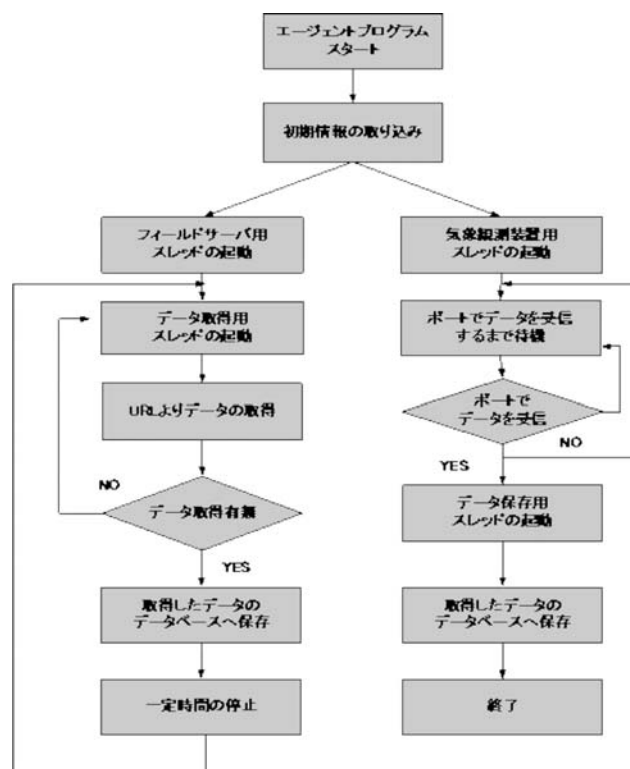


図6 エージェントプログラムのフローチャート

3.3.2 Web表示システムの構成

データベースに保存したデータをユーザがどのように利用すれば、便利であるかということを考えると、Web上でのデータ参照が望ましい。しかし、単純なHTMLで書かれたファイルでは、データ参照を行うことができない。そこで、Webアプリケーションの作成が必要となる。Webアプリケーションとは、Web上でデータを処理すること

ができるアプリケーションである。Web アプリケーションの作成には、様々な言語が存在するが本研究では、PHP を利用した。環境モニタリングシステムの場合、参照したい日付のデータをリクエストすると、そのデータが返ってくるアプリケーションとなる。また、本研究の目的である柔軟性を持たせるために、ユーザに必要なセンサーやデータ項目などの設定を保存しておき、データ表示を行う役割も Web アプリケーションで行う。リアルタイムの環境モニタリングを行なう上では、HTML を利用することで、携帯からでも参照でき、場所や時間を選ばず観測することが可能となる。

実際に作成する Web サイトの構成を図7に示す。ユーザがそれぞれ自分だけの表示ページを持たせることを前提に「メンバーページ」、「管理ページ」、「表示ページ」の3つに分けることで、それぞれ役割を分担して構成する。メンバーページで、ユーザは自分のデータを登録することで、ID を入手する。そして、管理ページにそれぞれの ID でログインし、ユーザに適したセンサー・表示法の設定を選択する。これらの結果が表示ページで表示されるシステムとする。これによって、ユーザは自分自身に必要なセンサーデータのみを表示させ、いつでも設定を変更することができる。また、メンバーページは研究者同士のコミュニティにもなり、情報共有の場ともなる。

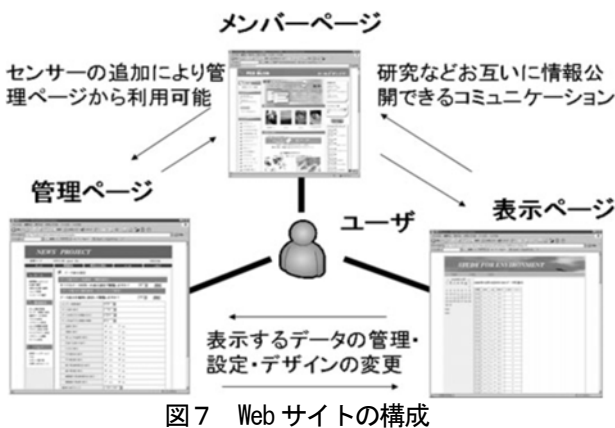


図7 Web サイトの構成

4 システムの検証

設計したシステムを実際にプログラミングしてアプリケーションとネットワークを構築し運用する。以下で実装したシステムについて紹介し、それらを検証する。

4.1 データの管理

4.1.1 初期画面

データを管理するために、ユーザ登録によって作成されたログイン ID を用いて、データ管理を行う。図8はセキュリティの確保のために、ログイン ID 毎にパスワードの入力を求めて使用者を制限する画面である。ログイン

画面から ID とパスワードを入力すると、図9のプログラムの更新情報などを参照できるメンバーホーム画面に移動できる。



図8 ログイン画面



図9 メンバーホーム画面

4.1.2 センサーの追加、削除

ユーザがそれぞれ必要なセンサーを利用できるシステムとするために、センサーを追加、削除することができるページを図10に示す。実際に取得しているセンサーのデータをデータベースに登録しておくことで、使用できるセンサーをユーザがプルダウンメニューから追加、削除できるようにした。

4.1.3 表示データの設定

図10の画面から選択したセンサーからデータ表に表



図10 センサー追加・編集画面



図12 画像データの設定画面



図11 データ表示の設定画面

示させたいデータ項目を図11の画面からそれぞれ選択する。ユーザの必要なデータ項目は異なり、余計なデータ項目が多い場合、研究の障害にもつながる。そこで、ユーザはそれぞれが快適な環境をとれるように、データの表示項目や表示する間隔、表示する時間を設定する。

4. 1. 4 画像データとグラフの設定

画像データとグラフを設定する画面を図12と図13に示す。図12では、ネットワークカメラを持つセンサーの取得した画像データを表示させる時間や間隔を設定できるようにした。図13では、JpGraphを利用して、PHPで動的にグラフ画像を作成し、表示するようにした。グラ



図13 グラフの設定画面



図14 ユーザのログやメッセージデータ画面

フを動的に作成することで、ユーザが希望するグラフを作成できるようにした。

4. 1. 5 ログやメッセージの管理

ユーザが研究のログ管理や研究者同士のコミュニケーションを図るためのページを図14に示す。Web上から利用する場合と携帯情報端末から利用できるようにするために、途中経過などを記録するためのログと本システムを利用する研究者同士がお互いに情報共有をするためのメッセージ交換の仕組みを採用した。

4. 2 データの表示

ユーザが管理ページで設定したものを一時的にデータベースに保存し、設定した項目をそれぞれユーザのモニタリングページに反映させることができる。実際に、モニタリングしている様子を図15に示す。画面の上から観測機器を選択し、画面の左側のカレンダーから日付を選択してデータを表示させる。データは、メイン部に表示させ、ユーザが設定した順番で、グラフ、データの表、画像ビューアを表示させる。図16は、取得した画像を自

動で表示していくビューアである。

4. 3 結果と考察

以上、作成したシステムに関して検証した結果、アプリケーションは正常に動作し、特に問題なく表示できることがわかった。今回、環境モニタリングシステムの柔軟性を重視し、誰でもどこからでも利用できる環境モニタリングシステムを構築することができた。この結果、ユーザは容易にカスタマイズ化して利用でき、Web上で最適な表示を行うことが可能となった。今後、利用者は大量かつ多様なセンサーデータを効率的に、表示、分析、計算することができる。さらに、Web上で表示できるというメリットによって、海外で実験している利用者等が、海外で表示設定を変えたいという場合でも、即座に設定を変更でき、その設定を維持したままで利用できるようになる。

5 おわりに

5. 1 まとめ

柔軟な構築が可能な環境モニタリングシステムを作成することで、環境モニタリングを身近に実現することができた。測定機器を所持していない人でも、エージェントプログラムで収集しているデータを利用することで、様々な環境モニタリングを実現することができる。その結果、一人の研究者では気づかなかったことや判明できなかったことでも複数の研究者が情報共有することで、新しい発見をすることも可能になる。また、コミュニティを利用することで研究者同士がお互いにコミュニケーションをとることで様々な情報を交換することも可能となる。

利用者にとって環境モニタリングをWeb上で自らの設定で操作できるということを考えると利用効果は非常に大きい。Web上でこのようなセンサーデータを表示する場合、以前ではそれぞれ利用者に合わせてHTMLファイルを書き、表示しなければなかった。しかし、自分で複数のセンサーの中から必要なセンサーだけを選択し、ページを自動で作成することができるのでユーザの負担は少ない。さらに、表示内容も設定することができるので研究者の希望に合ったインターフェースで環境モニタリングが可能である。

5. 2 今後の課題

現在のシステムでは、以下の課題がある。

まず、今後さらなるセンサーデータの収集をしていくことを考えるとアプリケーションの負荷を低減していく必要がある。

次に、インターネットを通して利用することができな

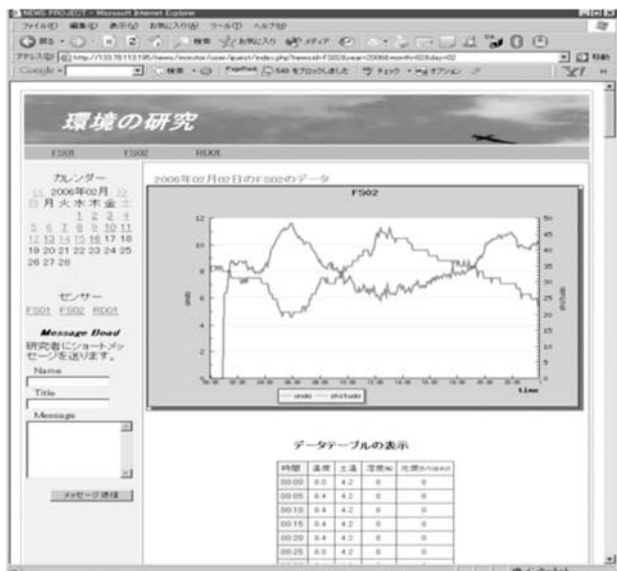


図15 モニタリング画面



図16 画像ビューアでのモニタリング画面

いメーカーのデータロガーなども、インターネットを通してデータ取得できるような仕組みを作成し、利用しなければ、これらの測定機器は本システムでは適用することができない。

また、今回は学内ネットワークを利用したが、学外向けのネットワークを構築することで、携帯情報端末で十分利用できるかどうかの検証が必要となる。また、様々なユーザが利便性をさらに向上させるために、エージェントプログラムならびに Web アプリケーションのさらなる開発によって、詳細な分析ソフトを使用しなくても Web 上ですべて参照することが必要となる。

謝辞

本研究は、武蔵工業大学環境情報学部環境情報学科吉崎研究室と 2004 年度から共同で研究を進めたものである。討論、実験に協力いただいた吉崎真司教授及び研究室諸氏に深く感謝する。

参考文献

- [1] 西沢直木, PHP による Web アプリケーション, 2002. 10. 1
- [2] 鶴長鎮一, MCEA DB 研究会他 最速 RDBMS 構築ガイド, 2005. 9. 25
- [3] ユビキタスセンサーネットワークの将来ビジョン, (http://www.soumu.go.jp/s-news/2004/pdf/040806_4_b2_4.pdf)
- [4] 川井義治, PHP5 であなたもウェブアプリが作れる!, 2004. 12. 6
- [5] 山田祥寛, 基礎 PHP, 2004. 10. 1
- [6] 高島優作, PHP5 逆引き大全 500, 2004. 10. 19
- [7] 大重美幸, FLASH ActionScript 2. 0, 2005. 6. 30
- [8] シーズ, ActionScript ビジュアル・リフェレンス, 2004. 12. 1
- [9] 胡鷓, Flash MX ActionScript サーバサイドスクリプト編, 2003. 3. 10
- [10] 武田喜美子, データベース設計・構築, 2003. 3. 1
- [11] 安藤利和, Java/Eclipse ソフトウェアテスト, 2003. 10. 3