

ユビキタス・センサネットワークによる環境情報視覚化の提案

Proposing Visualization of Environmental Information Using Ubiquitous Sensor Networks

ネットワーク情報学部 小室匡史, 柳澤剣, 綿貫理明

School of Network and Information Masashi KOMURO, Tsurugi YANAGISAWA, Osaaki WATANUKI

Keywords: Ubiquitous, Sensor Networks, ICT, Environment, Google Maps API, Mobile

Abstract

Information technology is considered one of the ways to solve social problems. So, my research team would like to focus on information visualization to deal with environmental problems, one of the most important themes for us in the 21st century. The purpose of this research is to visualize environmental information, using sensors and location information from Global Positioning System. By using temperature and humidity data etc, which are included in environmental information, we have conducted mapping for environmental and location information, using Google Maps API. Specifically, it becomes possible to show end-users detailed environmental information on Google Maps by using the data we have gathered. From now on, if we install various sensors into electronic devices that many people use, our system will be able to develop an unprecedentedly vast environmental information network, so that we can consider the possibility of building this system.

1. はじめに

総務省は、未来社会のために周辺環境を正確に感知・認識し、状況に適したサービスを提供するためにユビキタス・センサネットワークが不可欠であるとしている。センサネットワーク技術の位置付けは、どこにいてもネットワークや端末等を意識せず、ストレスなく利用できるものと考えられている。ユビキタス・センサネットワーク技術に関する調査研究会[1]は、健康・安全・農業や工業生産確保のために、個人の生活におけるデータのみならず、工場や農場の施設環境管理のためのデータ、災害時の被害状況のデータ、気温・湿度・温室効果ガス等の気象データ諸々のデータセンシングをおこなうことを提言している。これにより数兆円の経済効果を見込むと同時に、産業や一般市民の生活支援にも良い効果を期待できるとする。また、無線通信と電気通信分野における各国間の標準化と規制等を確立している国際電気通信連合電気通信標準化部門[2]は、ユビキタスのコンセプトとして、the “4A(Anywhere, Anytime, by Anyone and Anything) vision” を提唱している。今後、IP(Internet Protocol)技術を発展応用した次世代型ネットワーク NGN(Next-Generation Network) と IPv6(Internet Protocol Version 6)が普及することによって、「いつでも、

どこでも、だれでも、どんなものでも」利用可能なユビキタス・センサネットワーク環境が実現される。

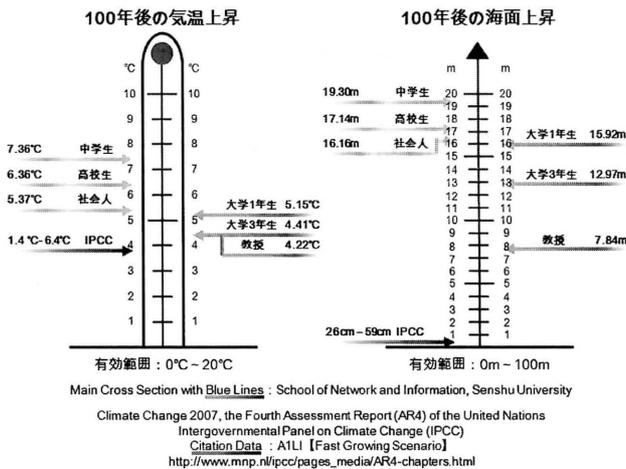
現在、地球温暖化等を含めた環境問題は、世界的に最も急務な対策を要する課題として世界各地で議論が重ねられている。月尾[3]は、情報通信技術(ICT:Information and Communication Technology)について、生活の利便性を向上させるにも関わらず、資源やエネルギーの消費を減少させるという従来技術とは反対の特性を有する史上最初の技術であることを指摘し、これを本格的に社会導入することこそ温室効果ガスを削減する当面の有効な手段であると述べている。また江崎[4]は、ICT技術を用いた地球環境保全に関する取り組みと貢献はIT先進国としてのグローバル社会への責務であろうと述べている。

水野ら[5]は、コミュニケーション形態が仮想空間と実空間を密接に連携させた情報共有空間を介したものと急速に変化しつつあり、現実世界の状況認識のためのインタフェースとしてセンサが重要となることを述べており、ネットワーク中のセンサの位置を特定するためのローカライゼーション技術に関して詳述している。また、NTT環境エネルギー研究所[6]では、社会の問題解決を困難にしている原因として、人間の感覚では正確な現状把握が困難であることを挙げている。ヒトは五感によって自然情報を定性的に感じ取ることができるが、これは

主観的で一人ひとり固有のものである。センサデバイスを利用することにより、自然環境の情報を数値化できる。すなわち、自然情報をセンサによって定量的なデータに変換し、誰もが同じ認識を共有することが可能となる。そのため環境をモニタリングして数値化するセンサとそのデータを収集・蓄積・加工・発信する情報通信技術組み合わせた“センサ+ICT”が社会の問題解決に有効である。NTT 環境エネルギー研究所は、二酸化窒素、オゾン、浮遊粒子状物質等のセンサに地理情報システムを組み合わせて局所的な地域環境をモニタリングし、可視化するシステムを開発した。

当研究室においても産官学中高大連携(社団法人 神奈川県情報サービス産業協会,財団法人 川崎市産業振興財団, 学校法人 専修大学・横須賀学院等)の地球温暖化対策プロジェクト[7]を創設して、情報技術を環境問題に適用してきた。2007年に実施した有効回答数 2143 人の環境問題に関するアンケート解析分析結果[8]から、「環境問題に関する正確な情報共有が必要である」という問題提起を得た。アンケート結果の一部を示すと図 1 となる。

図 1 環境問題に関するアンケート結果



◆アンケート概要

- ・調査場所：上野，巣鴨，横須賀学院，専修大学等
- ・標本人数：2143人(中高：1712，大：243，社：188)
- ・調査期間：2007年2月～2007年7月

このアンケート結果を基に、ユビキタス・センサネットワークによる環境情報の視覚化[9,10]、3Dグラフィックコンテンツの制作[11]、集合知を利用した環境情報の共有[12,13]をおこない社会ニーズの探求とシーズの創出という観点から社会応用可能な R&D を実践している。また、テクノトランスファーinかわさき 2008[14]、川崎国際環境技術展 2009、横浜産業貿易センター、日本科学未来館等に出展し教育機関関係者や企業関係者等と積極的に意見交換をおこない環境問題に対する啓蒙・意識改革を促進してきた。街頭アンケート等のボトムアップによる活動が学内外で高く評価され、環境教育部門賞【ス

トップ温暖化大作戦「一村一品・知恵の環づくり in 神奈川】、専修大学ネットワーク情報学部学部長賞、専修大学育友会奨励賞等を受賞した。

そこで本研究は、21世紀の最重要テーマである環境問題に対して、情報の視覚化という観点に注目しセンサを用いた環境情報と全地球測位システム(GPS:Global Positioning System)を用いた位置情報の視覚化をおこなった。具体的には、温湿度等の環境情報と緯経度等の位置情報をマッピングし Web 地図インタフェース上に表示した。本システムは、エンドユーザが「いつでも、どこでも、だれでも」閲覧可能な環境を提供するため、PCブラウザと Mobile ブラウザに対応可能なものとした。また、ユビキタス・センサネットワークの分散並行並列処理を追求するため、マルチスレッドによる実装をおこなった。ユビキタス・モバイルネットワークの実験として無線 LAN 対応センサも使いデータ収集を進めており、さらなるユビキタス・センサネットワークの拡充をおこなっている。

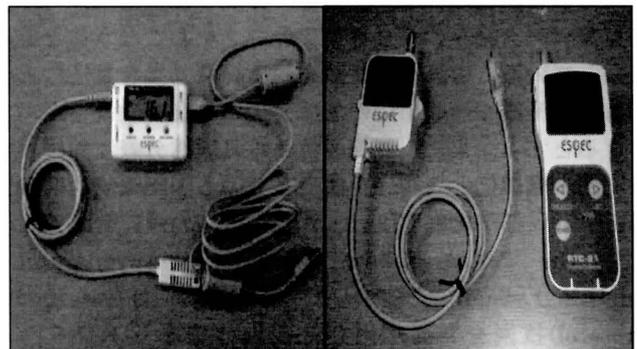
2. センサデバイス

本研究では、環境情報視覚化という観点から、センサを用いることにした。環境情報を取得するため、サーモレコーダーを使用し、温湿度の測定をおこなう。また、位置情報を取得するため、GPS を使用し、緯度・経度の測定をおこなった。GPS から値を取得する際には、3個以上の人工衛星からの信号により位置情報を算出する。さらに、人口衛星による位置情報が取得できず無線 LAN の接続が可能な環境では、IEEE802.11 を利用した Wi-Fi による経度・経度の測定をおこなった。

2.1. 環境情報

環境情報の計測には、ESPEC 社のサーモレコーダー有線：RS-12 (図 2 右側)・無線：RSW-20S と RTC21 (図 2 左側)を使用し、温湿度の測定をおこなった。

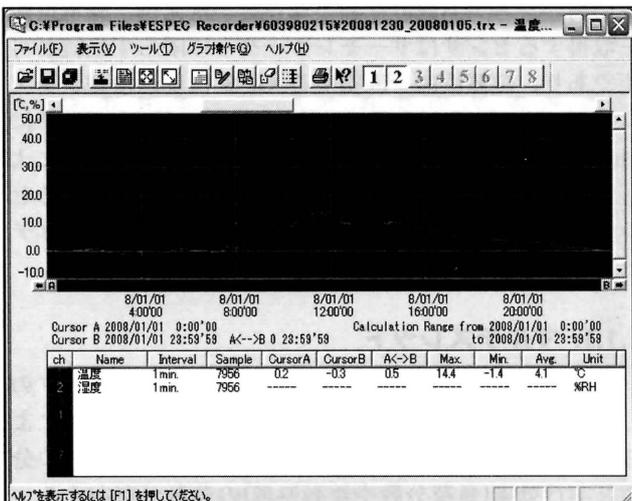
図 2 温湿度計(サーモレコーダー)



製品名：RS-12 (有線)，RSW-20S (無線)，RTC21

温度測定範囲：-60～155℃
 湿度測定範囲：10～95%RH
 記録データ量：8000×2チャンネル
 温度の測定例（図3を参照）：
 測定日時：2008年1月1日（24hours）
 測定場所：東京都世田谷区成城（屋外）
 緯度：35度38分38.49秒（35.644025）
 経度：139度35分50.882秒（139.597467）
 データ数：1440（1分1回取得）

図3 温度の測定例



センサの設置位置を固定し時系列データとして測定を継続することにより、1日、1週間、1カ月、1年の温湿度変化、そして10年以上の長期的な変動を捉えることができる。また、データ取得間隔の制御が可能であるため、連続取得時間にあわせた設定を利用者自身がおこなえる。

2.2. 位置情報

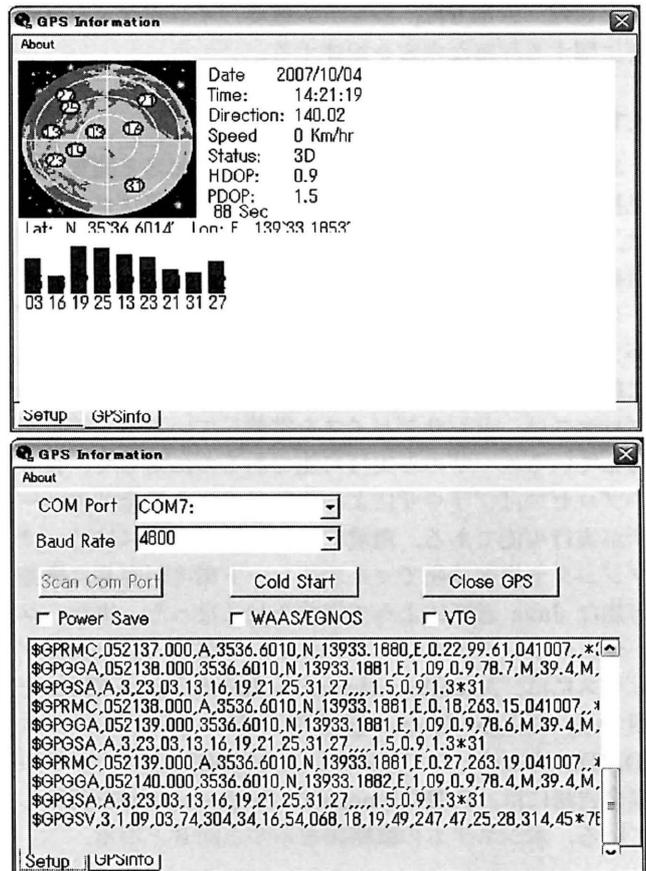
位置情報の計測には、GlobalSat社のGPS BU-353（図4を参照）とKoozyt社のPlaceEngineを使用し、緯度・経度の測定をおこなった。

図4 GPS(全地球測位システム)



製品名：BU-353（GlobalSat社製）
 測位：並列20チャンネル
 精度（単独即位） 位置精度：10m（2DRMS）
 速度精度：0.1m/秒
 精度（WAAS/EGNOS）
 位置精度（水平）：5m（2DRMS）
 経緯度の測定例（図5を参照）
 測定日時：2007年10月4日14時頃
 測定場所：専修大学生田キャンパス9号館（屋外）

図5 経緯度の測定例



※図5の測定例は10個全ての人工衛星から位置情報が取得できている状態で、最も正確な値が取得している状態である。図5の上図の地球儀の画像に表示されている円は、取得している人工衛星の位置を示しており、円の中に記述されている番号は、人工衛星の番号である。

※無線LAN接続が可能な場所

製品名：PlaceEngine（Koozyt社製）

精度：約5m～100m

URL：<http://www.placeengine.com/>

PlaceEngineは、Wi-Fi機器を使って簡単に現在位置を推定し、周辺の関連情報を提供するサービスである。Wi-Fiを装備している機器があれば、GPSを搭載しなくても簡単に現在の位置を取得することができる。本研究では、ノートPCを使用し実験をおこなった。

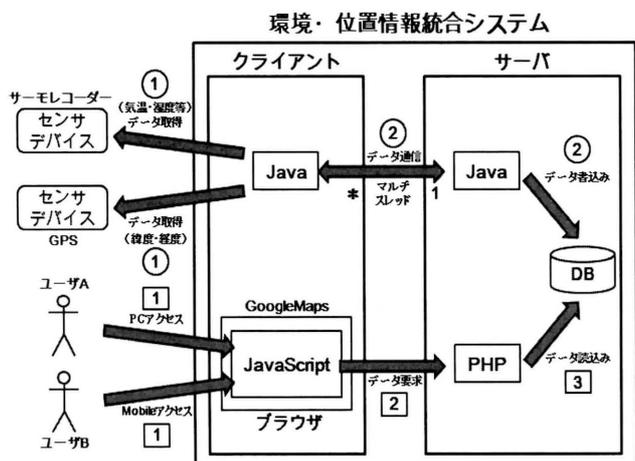
3. 環境・位置情報統合システム

本研究では、2007年に実施した地球温暖化対策プロジェクトのアンケート結果による探索的リサーチを基に、環境情報視覚化という観点から環境情報と位置情報をマッピングし Web 地図インタフェース上に表示する環境・位置情報統合システムを開発した。本システムは、クライアントサーバ(Client-Server)モデルを採用し、ユビキタス・センサネットワークの分散並行並列処理を追求するため、マルチスレッドによる実装をおこなった。さらに、PCブラウザと Mobile ブラウザに対応可能なものとした。本章では、システム概要、インタフェース概要に関する詳細な内容を記述する。

3.1. システム概要

本システムには、環境データ投稿プロセスと閲覧・意見投稿プロセスが存在する。環境データ投稿プロセスとは、クライアントがセンサデバイスから環境情報と位置情報を取得して、サーバとデータ通信、さらにデータベースに格納する。閲覧・意見投稿プロセスとは、ユーザがブラウザにアクセスして、Web 地図インタフェース上に環境情報が表示され、閲覧・意見投稿をする。前者のプロセスは、センサデバイスを搭載している端末等を所持しているユーザのみ実行可能であるのに対して、後者のプロセスはブラウザによる閲覧環境にある全てのユーザが実行可能である。環境データ投稿プロセスには、オブジェクト指向技術でマルチスレッド環境が容易に構築可能な Java 言語によって実装をおこなった。また、ユーザとのインタラクションをおこなう閲覧・意見投稿プロセスには、Ajax(Asynchronous JavaScript + XML)を用いた Google Maps を使用した。データベース(DB:Database)として用いている MySQL とブラウザの媒介言語には、PHP(Hypertext Preprocessor)を利用している。本システムの概略図を示すと図 6 となる。

図 6 環境・位置情報統合システム概略図



○:環境データ投稿プロセス □:閲覧・意見投稿プロセス

本システムでは、ユビキタス・センサネットワークの分散並行並列処理を追求するためにマルチスレッドによるシステム実装をおこなった。ここでは、実行効率に関する並列処理に注目しマルチスレッドプログラミングを用い並行並列性を実現することによって、データ投稿時に複数の処理を同時におこなうことが可能となった。また、クライアントサーバモデルを採用することで、システムに関する部分をサーバサイド、インタフェースに関する部分をクライアントサイドでおこなうことができ、処理の役割分担が可能となった。

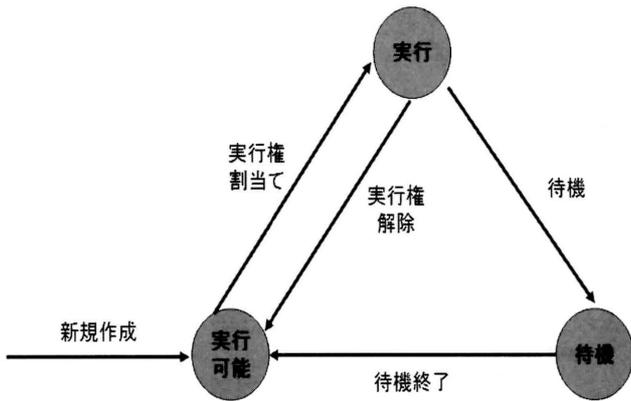
環境・位置情報統合システム設計は、可能な限り汎用性が高いシステム設計をおこなった。例えば、環境情報を取得するセンサはサーモレコーダーに限らず接続が可能であり、位置情報を取得する GPS は地理情報システム(GIS:Geographic Information System)の中でも特に Mobile GIS 等を用いることも可能である。このことによって、ユビキタス・センサネットワークに接続できるセンサの拡充が可能となる。この汎用性の高さが本システムの大きな特徴である。

3.1.1. マルチスレッド

本システムでは、ユビキタス・センサネットワークの分散並行並列処理を追求するためにマルチスレッドによるシステム実装をおこなった。分散には、リソースの分散と実行効率(負荷分散や並列処理)の分散が存在する。ここでは、実行効率に関する並列処理に注目した。次に、並行性と並列性に関する説明をおこなう。並行性とは、複数のタスクを実行する際に、同時に実行しても各々実行しても最終結果が変わらない性質のことである。また、並列性とは、複数のタスクを実行する際に、同時に実行できる性質のことである。並行並列性を実現することによって、複数のクライアントの処理を同時におこなうことが可能になった。例えば、クライアント A とクライアント B から同時刻に、本システムに対し環境情報と位置情報に関する投稿があった場合にも、サーバがクライアント A とクライアント B の処理を同時並行でおこなうことが可能である。このことによって、複数の処理を同時におこなうことができ、クライアントの待ち時間を大幅に短縮することができる。

次に、スレッド(thread)の概念について定義をおこなう。スレッドとは、プログラムの最小並列実行単位のことである。具体的には、待機状態・実行可能状態・実行状態の 3 つに分類される。新規作成時は必ず実行可能状態から始まる。実行可能状態は、実行権の割当てをおこなうことによって、実行状態へと移行する。また、実行状態は、実行権の解除によって、実行可能状態へと移行し、待機をおこなうことによって、待機状態へと移行する。そして、待機状態は、待機終了によって、実行可能状態へと移行する。スレッドの状態変化を示したものが図 7 となる。

図7 スレッドの状態変化



さらに、Java 言語におけるマルチスレッドプログラミングの解説をおこなう。Java 言語のスレッド作成方法は、Thread クラスによる継承と Runnable インタフェースによる実装の 2 種類が存在する。ここでは、Java 言語が単一継承であるという特徴を活用するために、簡易的な Thread クラスによる実装をおこなった。また、排他制御を実現するために、ブロック単位による同期が可能な Synchronized 修飾子を用いることにした。Java 言語における排他制御は、オブジェクトを単位としておこなうモニタによって、タスクが処理されている。ある地点で Synchronized メソッドを実装しているスレッドは、そのモニタを所有している。このように、ライブラリの充実している Java 言語は、本システムを実装する上で有効なプログラム言語である。

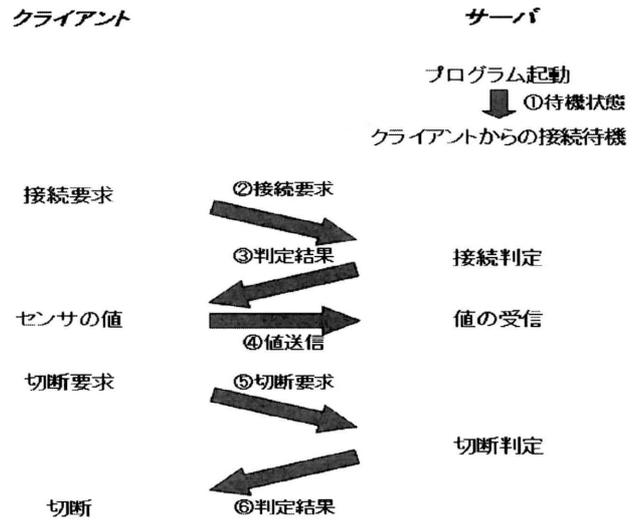
以上のことから、本システムは、クライアントが複数存在している場合にも、並列並行処理をおこなうことができる。このことは、リアルタイムに複数同時処理を求めるユビキタス・センサネットワークにおいて非常に重要なことである。ここでは、センサデバイスを用いて事前に環境情報と位置情報の関するデータの収集をおこない、同時に複数のクライアントの処理をおこなう実験を試みた。その結果、環境情報と位置情報を同時に並列並行処理して、データベースに格納した後、これらのデータが正常に表示されることが確認できた。現在複数のクライアントに各々センサデバイスを接続して、リアルタイムで無線による情報送信をおこなう実験を進めている。このリアルタイム性の追求こそが、マルチスレッドを最大限活用する意義である。

3.1.2. クライアントサーバ

本システムにおけるクライアントサーバの動作の流れとしては、次のようなものである。サーバがプログラムを起動して、特定のポート番号を開きクライアントからの接続を待つ待機状態になる。そして、クライアントからサーバへ接続要求がおこなわれたら、サーバがポート番号等の確認をおこない値が適切であればコネクションを許可する。コネクションの許可後に、クライアントは、

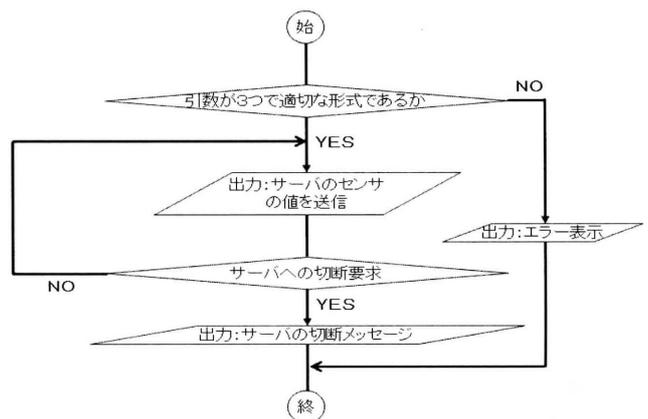
環境情報と位置情報の値を取得する。クライアントは、取得したデータをサーバに送信する。その後、切断要求がおこなわれるまで、同様の動作を繰り返す。この一連のプロセスを纏めたものが図8となる。

図8 クライアントサーバの動作プロセス



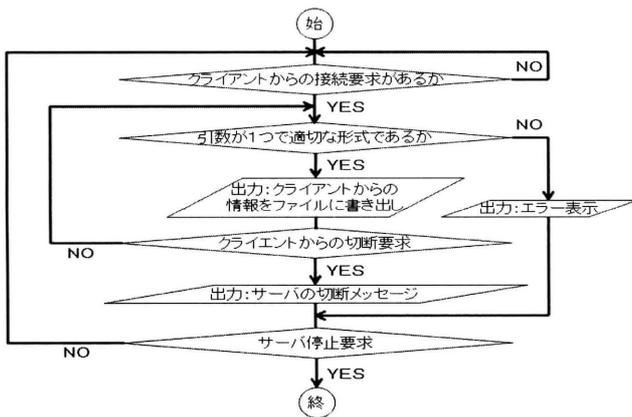
次に、クライアントとサーバの役割について説明をおこなう。クライアントは、引数を 3 つとした。第 1 引数をホストの IP アドレス、第 2 引数をポート番号、第 3 引数をキャラクターネームとして扱っている。これらの値をサーバに送信することによって、正しい入力値であれば、センサデバイスのデータ取得をおこなう。取得するデータとしては、位置情報として経度・緯度に関するデータを用いる。環境情報として、温度・湿度における最高値・最低値とその時間、さらには平均値に関するデータを計算して、これら全てのデータをサーバに送信する。データの送信が完了し、サーバとの切断をする場合には、クライアントがサーバに対して切断要求をおこなう。サーバから切断要求に関するメッセージが送信され、サーバとの切断が完了する。この過程をフローチャートによって示すと図9となる。

図9 クライアントのフローチャート



また、サーバは、引数を1つとした。第1引数をポート番号として扱っている。サーバ起動時には、クライアントからの接続要求を常に待っている状態にする。クライアントからの接続要求があった場合には、ポート番号等の値が適切な形式であるか、という判定をおこなう。クライアントが適切だと判断できれば、クライアントから環境情報と位置情報に関するデータ受信をおこない、クライアントのユニークなIDと投稿時間などの情報を加味して、データベースにデータの書き出しをおこなう。その後、クライアントからの切断要求を待って切断をおこなう。仮に、複数のクライアントから同時に接続があれば、マルチスレッドによって並列並行処理をおこなう。このことによって、システム規模が拡大した場合にも、多くのユーザの処理を同時におこなうことによって、リアルタイム性の実現が可能である。この過程をフローチャートによって示すと図10となる。

図10 サーバのフローチャート



3.2. インタフェース概要

エンドユーザが閲覧する画面は、パソコン等を用いてアクセスをおこなうPCブラウザ用画面と携帯電話等を用いてアクセスをおこなうMobileブラウザ用画面を作成した。何故なら、アクセス端末の違いに適合したユーザインタフェースを提供するためであり、ユーザの利用状況に対して当意即妙な情報提供をおこなう必要がある。本研究では、Google Maps APIを利用したWeb地図インタフェース環境をエンドユーザに対して提供している。センサデバイスから送信されるデータは大きく分けると、識別番号、投稿情報、測定情報、位置情報、環境情報(温度・湿度等)がある。これらの情報をGoogle Maps上に表示するには、ファイル名・IDと緯度・経度を除いた全ての情報の出力をおこなった。Google Maps上に、平均気温・平均湿度等を基準にしたバルーン形の画像(以下、Marker)を立て、視覚化をおこなっている。また、Marker色やMarkerのグルーピングによって情報の分類が視覚的に確認できるようなインタフェースとした。

3.2.1. PCブラウザインタフェース

PCブラウザ用画面では、Marker内に①センサ情報(SensorInfo)、②グラフ(SensorChart)、③ストリートビュー(StreetView)、④投稿内容(ComDisplay)、⑤投稿(Contribution)のTabを持ち、地図、航空写真、地図+航空写真の画面切り替えがGoogle Maps上で可能である。PCブラウザ画面では、Web地図インタフェースの特徴を最大限活用するため、Markerを用いた位置情報に環境情報を融合することによって、視覚化をおこなっている。

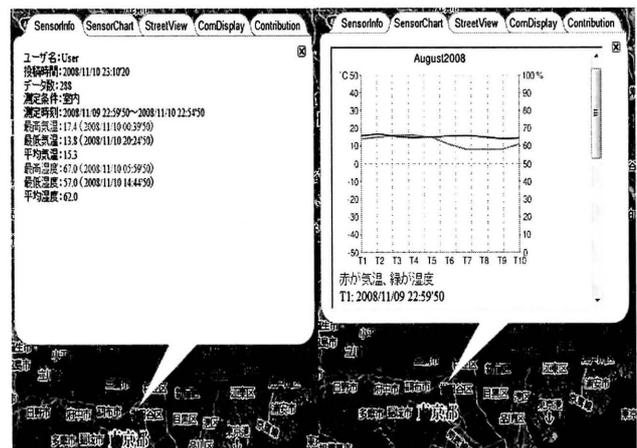
①SensorInfo

センサ情報Tabでは、ユーザ名、投稿時間、データ数、測定条件、測定時刻、最高気温、最低気温、平均気温、最高湿度、最低湿度、平均湿度の表示をおこなっている。また、ユーザの迅速な情報認識を促進するために、最高気温・最高湿度は赤字で表示し、最低気温・最低湿度は青字で表示している。センサ情報表示画面は、図11のようなインタフェースである。

②SensorChart

グラフTabでは、Google Chart API[15]を用いることによって、センサから取得した環境情報のグラフ化をおこなっている。ここでは、縦軸の左側に温度(-50℃~50℃)・右側に湿度(0%~100%)、横軸に時刻を表示している。グラフ表示画面は、図11のようなインタフェースである。

図11 センサ情報・グラフ画面



③StreetView

ストリートビューTabでは、GoogleのStreet View機能を利用することによって、センサ情報取得場所の視覚化をおこなっている。Google MapsとGoogle Street Viewを組み合わせておくことによって、場所に対する分かりやすい情報提供が可能となる。また、文字よりも画像による場所提示の方が、ユーザにとって親近感を感じやすいと考えられる。ストリートビュー表示画面は、図12のようなインタフェースである。

図 12 ストリートビュー画面



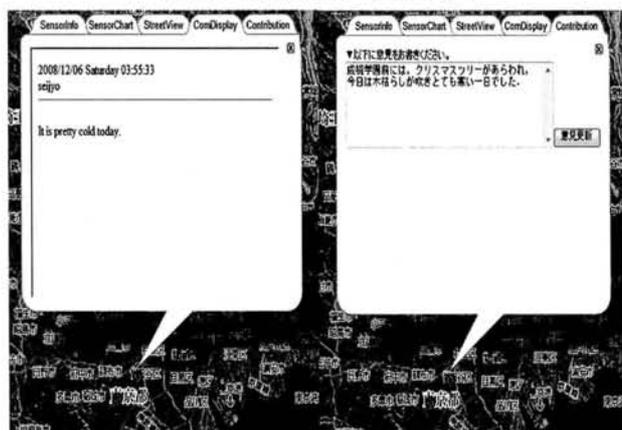
④ComDisplay

投稿内容 Tab では、Marker 単位に投稿がおこなわれる。具体的な内容としては、センサ情報に関する内容、ある地点における環境情報に関する内容等の投稿がおこなわれている。これらの情報が投稿・共有されることによって、場所に依存した環境コミュニティが創出され、センサ情報・環境情報に関する集合知の形成を狙っている。このことは、大衆からなる集団はどんなに頭脳明晰な一握りのエリートよりも賢いという考え方に基づいている。投稿内容表示画面は、図 13 のようなインタフェースである。

⑤Contribution

投稿 Tab では、Marker 内に情報を記述し投稿をおこなうことができる。センサ情報は定量的な要因であり、投稿内容は定性的な要因であることから、定量的要因と定性的要因の融合を狙っている。この 2 つの特性がお互いを補完することによって、より一層正確で効果的な情報提供が可能であると考えている。投稿画面は、図 13 のようなインタフェースである。

図 13 投稿内容・投稿画面



④ComDisplay

⑤Contribution

3.2.2. Mobile ブラウザインタフェース

Mobile ブラウザ用画面では、グラフによる環境情報表示を最大限活用し、JavaScript が使えない環境においても Web 地図インタフェースを提供するために、Google Static Maps API[16]を用いている。現在、多くの携帯電話では、JavaScript 環境が利用できない。表示内容としては、①地図情報(GoogleMaps)、②グラフ(SensorChart)、③センサ情報(SensorInfo)、④投稿(Contribution)が一つの画面中に表示されている。

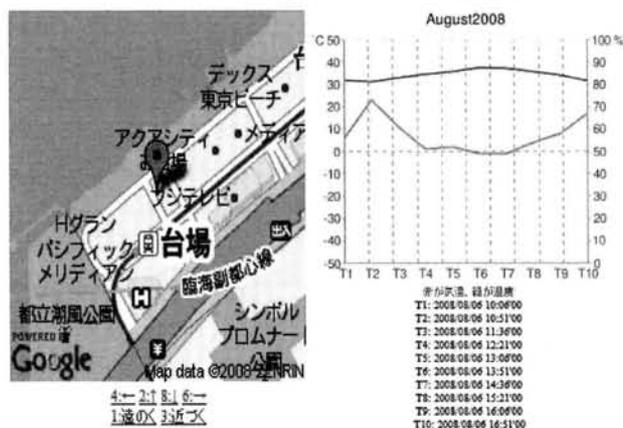
①Google Maps

地図情報では、Google Static Maps を用いることにより地図情報を画像によって表示している。Google Static Maps API を用いると、Google Maps が画像として表示されるという特徴がある。地図表示画面は、図 14 のようなインタフェースである。

②SensorChart

グラフでは、Google Chart API を用いることによって、センサから取得した環境情報のグラフ化をおこなっている。ここでは、縦軸の左側に温度(-50℃~50℃)・右側に湿度(0%~100%)、横軸に時刻を表示している。グラフ表示画面は、図 14 のようなインタフェースである。

図 14 地図情報・グラフ表示画面



①GoogleMaps

②SensorChart

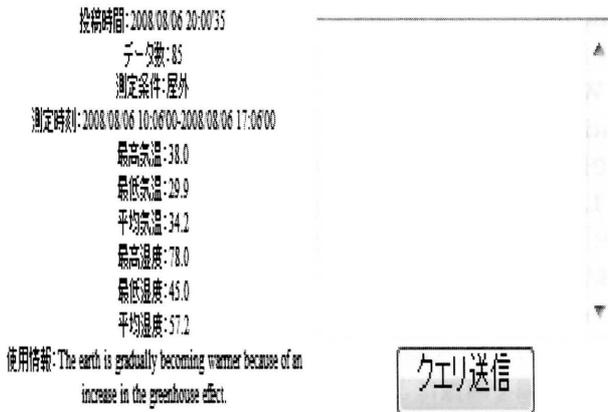
③SensorInfo

センサ情報では、ユーザ名、投稿時間、データ数、測定条件、測定時刻、最高気温、最低気温、平均気温、最高湿度、最低湿度、平均湿度の表示をおこなっている。センサ情報表示画面は、図 15 のようなインタフェースである。

④Contribution

投稿では、Marker 単位に投稿がおこなわれる。Mobile 利用者の特性を活かし、場所と時間に依存した内容の投稿を期待している。携帯電話により投稿が可能なることによって、「いつでも、どこでも、だれでも」投稿できる環境を提供している。投稿画面は、図 15 のようなインタフェースである。

図 15 センサ情報・投稿画面



③SensorInfo

④Contribution

3.3. 分類方法

本研究では、視覚的認識に配慮した Marker 色による視覚的分類・最新投稿の表示、文字入力による場所検索・投稿内容検索を効果的に提供している。ここでは、視覚的分類と検索機能に関する詳細な記述をおこなう。

3.3.1. 視覚的分類

センサデバイスから送信されるデータは大きく分けると、識別番号、投稿情報、測定情報、位置情報、環境情報(温度・湿度等)がある。これらの情報を GoogleMaps 上に表示する際には、GPS から取得した緯度・経度の位置情報を基に、Google Maps 上に Marker を立て、Marker 色の違いによって情報の識別が可能なインタフェースとした。具体的には、図 15 の表示例(平均気温を基準)のような情報形式で環境情報の視覚化をおこなっている。

図 15 環境情報表示例



Marker 色によって各地点の温度を確認できるようにした。ここでは、平均気温を対象に、温度が高くなるにつれて赤を濃くし、温度が低くなるにつれて青を濃くし

た Marker を使用して、5°C区切りで Marker 色を変え表示している。さらに、温度帯域ごとに Marker 色を変更する処理に加え、温度帯域ごとに線を結び、色を描くことが可能なアルゴリズムを追加した。このことによって、環境情報の視覚化という点において効果が発揮される。また、本システムは Marker(点)によって各地域の気温に関する判断をおこなっているが、データがより一層蓄積し滑らかな等高線等(面)によって環境情報が表示されることになれば、投稿されていない地域の環境情報までカバーされることにつながる。図 16 は、各地点の平均気温を対象に表示している様子である。

図 16 環境情報分類例



最新投稿を表示することにより、新しい情報の検索性を向上させるインタフェースとした。また、検索結果の横に表示されているチェックボックス上でクリックをすることによって、該当する検索結果の Marker に自動で移動するという機能も追加した。具体的には、直近の最新投稿を 5 件まで表示している。図 17 は、最新投稿の表示画面である。

図 17 最新投稿表示画面

最新5件までの投稿	
<input type="checkbox"/>	2008/12/06 Saturday 03:55:33 sejyo
<input type="checkbox"/>	2008/12/06 Saturday 03:53:51 minato

Marker の表示数をユーザ自身に変更できることにより、Marker 数が増大した場合に対しても情報の視覚的分類が可能な機能を追加した。図 18 は、Marker 表示数の変更画面である。

図 18 Marker 表示数の変更画面

表示	<input type="radio"/> 1~5個	<input type="radio"/> 6~10個	<input type="radio"/> 11~15個	<input checked="" type="radio"/> すべて
----	----------------------------	-----------------------------	------------------------------	--------------------------------------

3.3.2. 検索機能

本システムでは、ユーザに効果的かつ効率的な情報提供を目的として、位置情報を検索するための場所検索機能と投稿内容を検索するための投稿内容検索機能を実装した。

第1に、場所検索機能は、テキストボックスに住所・場所等のキーワードを入力することにより、Google Maps が入力した場所に移動するという機能である。図19は、場所検索を入力するためのテキストボックスと検索ボタンである。

図19 場所検索機能

第2に、投稿内容検索は、テキストボックスに検索したいキーワードを入力することにより、検索結果としてキーワードに該当する投稿内容項目に概要する場所情報が表示される。また、検索結果の横に表示されているチェックボックス上でクリックをすることによって、該当する検索結果の Google Maps 上に自動で移動する機能も追加した。このことによって、ユーザ自身は該当する検索結果の Google Maps 上に、瞬時に移動が可能となりユーザビリティに極力依存しないユーザインタフェースを提供することができる。図20は、投稿内容検索の検索結果表示例である。

図20 投稿内容検索機能

検索結果	
<input type="checkbox"/>	東京都:新宿区
<input type="checkbox"/>	東京都:新宿区
<input type="checkbox"/>	東京都:港区
<input type="checkbox"/>	神奈川県:多摩区
<input type="checkbox"/>	東京都:港区

4. おわりに

本研究を通して開発された環境・位置情報統合システムが PC ブラウザと Mobile ブラウザに対応していることから、エンドユーザに対して「いつでも、どこでも、だれでも」閲覧可能な環境を提供するという点においては一定の成果を挙げることができた。また、センサデバイス等の制約により無数のセンサを同時に接続し実験す

ることはできなかったが、実際に接続センサデバイスを増やしても本システムをマルチスレッドによって実装しているため、複数のユーザに対して分散並行並列処理を実行することが可能である。したがって、環境センサ型アプリケーションを利用したマルチキャストによる相互接続性がある程度確保された。現在、センサデバイスは低価格小型軽量化かつ高性能長寿命無線化というトレードオフの課題に直面しているが、この問題解決に向けて弛まぬ研究がおこなわれている。このセンサデバイスの進化によって、これまで以上に「どんなものでも」センサデバイスの搭載が期待でき、ハードウェアの改善が一段と進んでいく。その結果、矢野[17]は IT が人間の五感を地球規模で拡張すると述べている。これに対して、ソフトウェアの改善としては、利便性と安全性に加えユーザが効果的かつ効率的に利用できるものでなければならない。

そこで本システムの発展性は、さらなるシステムの改良と定量要因の強いセンサネットワークに対する定性要因の補完にある。具体的には、環境・位置情報統合システムの特徴である環境データの定量的要因に、環境情報共有システム[12]の特徴である集合知[13]の定性的要因を組み合わせる[18]ことによって、より一層正確かつ広範な情報提供の拡充が可能と考えている。また、Web 地図インタフェースを用いたさらなる効果的かつ効率的な情報提供方法を受験生質問回答システム[13,19,20,21]によって模索している。

近い将来、ユビキタス・ネットワーク社会を迎える。これは、インターネットによる情報革新に匹敵若しくはそれ以上の社会変化をもたらすと考えられている。定量的な環境データと定性的な環境に関する集合知を融合することにより、サステナブルな情報共有がより一層促進され、21世紀の最重要テーマである環境問題に有効な施策が提案されることを期待し、今後も本研究を継続していく。

主要参考文献・主要参考 Web サイト

- [1] 総務省, 『ユビキタスセンサーネットワーク技術に関する調査研究会』の開催, March 2004, http://www.soumu.go.jp/s-news/2004/040305_8.html
- [2] ITU-T, 『Ubiquitous Sensor Networks』, *ITU-T Technology Watch Briefing Report Series*, No.4, February 2008
- [3] 月尾嘉男, 『総論 一環境問題へ挑戦する情報通信技術一』, *電子情報通信学会誌(特集: 環境を守る)*, Vol.90, No.11, pp.930-935, November, 2007
- [4] 江崎浩, 『インターネット技術を用いたセンサ情報共有ネットワークの展開』, *情報処理学会誌(特集: オープンリサーチ型次世代ネットワーク技術への挑戦)*, vol.49, No.10, pp.1153-1158, October 2008
- [5] 水野忠則, 峰野博史, 『情報共有空間のためのセンサコンピューティング』, *情報処理学会誌(特集: 社会の未来を拓くネットワーク情報共有空間)*, Vol.48,

No.2, pp.135-141, February 2007

[6] 中村二郎, 丸尾容子, 小川重男, 「ユビキタスセンシングによる環境の可視化」, *電子情報通信学会誌 (特集: 環境を守る)*, Vol.90, No.11, pp.942-948, November 2007

[7] 地球温暖化対策プロジェクト(SGW project), <http://www.ne.senshu-u.ac.jp/~proj19-21/>

[8] 志賀直幸, 青木豊, 竹口正修, 柳澤剣, 小室匡史, 綿貫理明, 吉野昭郎, 田中洋史, 大西寿郎, 『地球温暖化に関する意識調査とその集計処理システム—産学連携によるシステム開発—』, *専修大学ネットワーク情報学会(専修ネットワーク&インフォメーション)*, No.13, pp.13-23, March 2008

[9] 小室匡史, 柳澤剣, 綿貫理明, 大西寿郎, 『ユビキタス・センサネットワークによる環境情報視覚化の提案』, *情報処理学会(第103回情報システムと社会環境研究発表会)*, IS-103(2), pp.9-16, March 2008

[10] 小室匡史, 柳澤剣, 綿貫理明, 『ユビキタス・センサネットワークによる環境情報視覚化の提案』, *情報処理学会(第71回全国大会)*, March 2009

[11] 深井雄大, 高塩真広, 柳澤剣, 小室匡史, 綿貫理明, 大西寿郎, 『ビッグバンから未来にいたる“地球温暖化”物語の創作—Maya8.5を利用した3Dグラフィックコンテンツの制作—』, *専修大学ネットワーク情報学会(専修ネットワーク&インフォメーション)*, No.13, pp.41-47, March 2008

[12] 柳澤剣, 小室匡史, 綿貫理明, 大西寿郎, 『集合知を利用した環境情報システム—地図情報と環境情報のマッシュアップ—』, *情報処理学会(第103回情報システムと社会環境研究発表会)*, IS-103(11), pp.71-78, March 2008

[13] 小室匡史, 柳澤剣, 松永賢次, 綿貫理明, 『Web 地図インタフェースを活用したCGMサイト構築と集合知の社会応用』, *情報処理学会(第71回全国大会)*, March 2009

[14] 小室匡史, 綿貫理明, 大西寿郎, 『産官学連携による地球温暖化対策プロジェクト・卒業研究の成果公開—第21回先端技術見本市テクノトランスファーinかわさき2008 出展報告—』, *専修大学ネットワーク情報学会(専修ネットワーク&インフォメーション)*, No.14, February 2009

[15] Google Chart API 入門, <http://www.ajaxtower.jp/googlechart/>

[16] Google Static Maps API 入門, <http://www.ajaxtower.jp/googlestaticmaps/>

[17] 矢野和男, 『センサは Web を超える 省力化から知覚化へ』, *情報処理学会誌(特集: 社会の未来を拓くネットワーク情報共有空間)*, vol.48, No.2, pp.160-170, February 2007

[18] 小室匡史, 柳澤剣, 綿貫理明, 『ユビキタス・センサネットワークとCGMサイトによる環境情報共有システム—環境データによる定量化と集合知による定性化の融合—』, *情報処理学会(第107回情報システムと社会環境研究発表会)*, IS-107, March 2009

[19] 柳澤剣, 小室匡史, 松永賢次, 山下清美, 綿貫理明, 『集合知を利用した環境情報システム—地図情報と環境情報のマッシュアップ—』, *情報処理学会(第105回情報システムと社会環境研究発表会)*, IS-105(9), pp.53-60, August 2008

[20] 小室匡史, 柳澤剣, 小菅拓真, 戸口裕人, 堀越永幸, 松永賢次, 山下清美, 綿貫理明, 『集合知を利用した環境情報システム—地図情報と環境情報のマッシュアップ—』, *情報処理学会(第107回情報システムと社会環境研究発表会)*, IS-107, March 2009

[21] 柳澤剣, 小室匡史, 松永賢次, 山下清美, 綿貫理明, 『集合知を利用した環境情報システム—地図情報と環境情報のマッシュアップ—』, *専修大学ネットワーク情報学会(専修ネットワーク&インフォメーション)*, No.15, March 2009

謝辞

本研究は、株式会社セントラルシステムズからの平成20年度受託研究「Web2.0技術の環境問題への適用と視覚化に関する研究」によってなされたものある。

付記

本稿は、「論文」として提出された。査読の結果、編集委員会から修正再審査という可能性も示唆されたが、ユビキタスセンシング、マッシュアップ、集合知等を含む最先端情報技術分野は寄稿時期が遅れるほど“新規性”は日に日に失われていく。そのため「解説論文」として投稿することにした。時間を割いてご検討いただいた査読者及び編集委員の先生方に感謝いたします。