

センサネットワークと空間情報基盤をもちいた 環境モニタリングシステムの構築

渡部展也, 鵜野公郎

UTILIZATION OF SENSOR WEB AND SPATIAL INFORMATION PLATFORM AS A SUPPORTIVE MEASURE FOR FIELD WORK MONITORING

Nobuya WATANABE, Kimio UNO*

Abstract: Sensor web network is getting to be one of the most essential monitoring methods in both fields of Geoinformatics and Environmental studies. Dispersed sensors can be utilized to cover the surveying area densely, which tends to be important for environmental studies. The purpose of this study is to develop a monitoring system based on sensor web network, especially to support field work data collection. Sensor nodes are designed to collect location (absolute coordinates) as well as the sensor values. Sensor nodes are networked with Zigbee wireless connection, which is connected to internet. Hence, collected data can be transferred immediately to the spatial information platform (e.g. Digital Asia server). Transferred information is stored in to the spatial database complying with the WMS (Web Mapping Server) standard which is accessible as an interactive map through internet browser. Digital Asia server also holds various spatial datasets (e.g. satellite images, base maps, Aerial maps, etc) which can be easily overlaid with the monitored results. These information platforms may play a significant role on deepening the understanding of the focusing phenomena and its occurring region.

Keywords : *Geographic Information System (GIS), Sensor web network, Geosensor, Environmental monitoring*

1. はじめに

近年, いわゆるセンサウェブないしはセンサネットワークと呼ばれる情報通信網を活用した高密度で自由度の高い環境モニタリング手法が注目されている. センサネットワークでは収集されたセンサ情報をリアルタイムで統合することで, ダイナミックで詳細な環境情報の提供が実現される. 既に農業・環境モニタリングの分野でもこうしたシステムの実証実験や実用化が進められており(平藤,2006 豊田,2006)、その有効性が実証されている. こうした分散統合型のモニタリング手法は, 環境情報の高度利用の一端を担う基幹技術として今後も重要性が高まっていくことが予想される. しかし, 防災・環境分野のフィールドワークにおいて各種の環境情報のモニタリングを行う機会は少なくないにもかかわらず, 簡便に分散・高密度のモニタリングを行うための仕組みが十分に整っていない. とくに,

センサノードを多数用いてネットワークを形成する場合などは、それぞれの位置を計測することには労力が伴ってくるうえに、動体である場合などはさらに応用が困難となる。センサネットワークにおいても位置情報を加えた **Geosensor network** の研究が進められているが、フィールドワークにおける応用やシステムの開発はまだ不十分であるように思われる。

本研究では、防災・環境研究のフィールドワークにおける各種情報のモニタリングをユーズケースとして想定し、**Geosensor network** 的な環境計測システムの開発を目的とする。なお、モニタリング結果はアジアを中心とした各種空間情報を運用するデジタルアジアサーバーを介して配信され、分散統合型の空間情報基盤の構築の一端を担うことも期待される(**Figure.1**)。このようにセンサデータを空間情報基盤に融合し、人工衛星写真、デジタル地図、調査データなど各種の空間情報と相互利用することによって、総合的・多角的な地域環境・防災情報のデータベース化とオンライン利用を実現する。

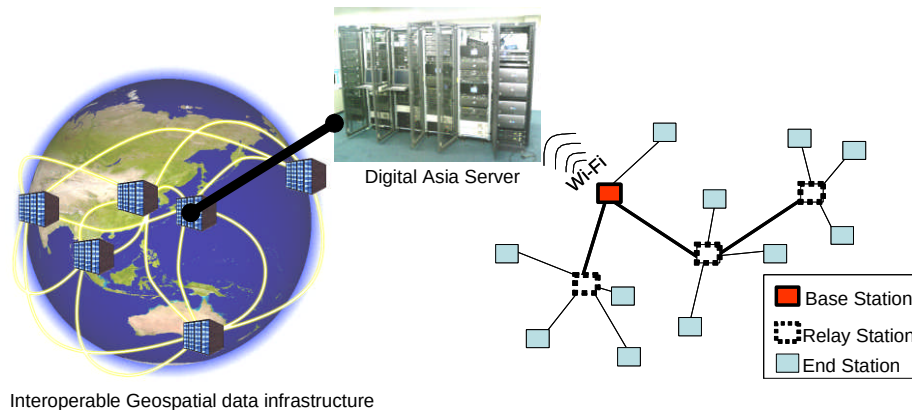


Figure 1. 構築するシステムと空間情報基盤における位置付け

2. センサーノードの開発

本研究で開発するセンサーノードは、インターネットへのアクセスポイントとなるベースステーションと、ルーティングを行うリレーステーション、そして末端であるエンドステーションからなる。ノードで実現すべき要素は以下の通りである。

- 1) ノード間通信・サーバーへのデータアップロード
- 2) GPS による位置情報の付加
- 3) ノードの独立電源化

2.1. ネットワークの構築とサーバーへの接続

フィールドワークにおいては電源の確保が課題となることが多く、モニタリングにあたって計測システムの消費電力が少ないことが望ましい。通信コストと使用電力を削減するために、複数の計測ステーションから得られたデータを集約し、単一のアクセスポイントからサーバーへと送信する。本研究では、情報の通信に Zigbee に対応した Digi international 社の Xbee series2 を利用し、ツリー型ネットワークを構築している。ネットワークの構成はネットワークを管理する **Coordinator**、データの中継する **Router**、末端となる **EndDevice** からなり、アドホックにノードの追加・切断が可能である。こうした計測機器の設置における利便性と自由度の高さもフィールドワークにおける計測では利点となる。各ステーションでは個別 ID、計測値(センサ値・位置情報など)を含むセンテンスを生成し、アクセスポイントとなるステーション(ベースステーション)に送信する。ベースステーションで収集された情報は、無線 LAN を介してサーバーにアップロードされる。なお今回は、アクセスポイントからのインターネット接続には商用サービスの Wimax を利用した。

2.2. 各種ステーションのプロトタイピング

実際に環境計測を行うための各種ステーションを試作した．試作したステーションはベースステーション，エンドステーション，小型エンドステーションの3種類（リレーステーションはベースステーションの型を共用）であり，基本的には Zigbee におけるノードの役割に対応している(Table.1)．但し，ベースステーション，リレーステーションが中・長期の定点観測向きであるのに対し，エンドステーションは移動観測向きであるなど機能的な違いや計測対象の向き不向きもあるため，こうした呼称をもちいる事とした．

試作にあたっては Arduino 社製の各種基盤を利用した．Arduino の基盤には I/O 端子が用意されており，今回はこれをそのまま利用してセンサー値を読み取った．また，シールド（追加アタッチメント）により，容易に LAN 接続ポートや Xbee チップの増設が可能である．なお，今回データの受け渡しには独自のフォーマットをもちいているが，Sensor Model Language(SensorML)など地理情報と親和的な標準フォーマットへの移行を検討している．

Table.1 各種ステーションの概要

計測ノードの呼称	Zigbee/xbee設定	設置方法	観測対象	備考
ベースステーション	Coordinator	設置型	気象観測 振動観測 大気観測	アクセスポイント
リレーステーション	Router	設置型	気象観測 振動観測 大気観測	計測対象範囲に応じて設置
エンドステーション	End Device	設置・移動型	気象観測 大気観測 その他データ収集	GPS内蔵で位置情報同時収集



Figure.2 左：ベースステーション/リレーステーション（気象・大気・振動観測） 中：エンドステーション（大気・気象観測） 右：小型エンドステーション（大気・気象観測）

試作したベースステーション/リレーステーション（Figure.2 左）には，CO₂センサ，3軸加速度センサ，温湿度センサが接続されている．太陽電池による駆動を予定しているが，センサの他にアクセスポイントとして無線 LAN を常時稼動する必要があるため，安定した電力供給が課題となっている．

エンドステーション(Figure.2 中)には GPS を内蔵するとともに，各種のセンサーを接続するアナログ変換端子とシリアル接続用の端子を用意した．試作したステーションには CO₂センサ，温湿度センサを接続したほか，空気を循環させるためのファンを用意した．このステーションは Zigbee ネットワーク内だけではなく，車両による移動計測のように単体で広範囲を計測することも想定し，無線 LAN を接続することで直接サーバーにデータをアップロードすることも可能とした．

小型エンドステーション(Figure.2 右)には GPS を内蔵するとともにアナログ変換端子を用意した。試作品では気圧・気温センサを接続している。基本的には Zigbee ネットワーク内で使用することを想定しており、なるべく小型・省電力化をはかったものである。対象範囲を徒歩で移動して計測する場合など、限定された範囲を計測対象とすることを想定している。

現時点では、移動型のステーションにのみ GPS を内蔵しているが、センサ間の同期や正確な測定時間の付加を行うために、設置型のステーションにも GPS を利用することを検討している。

2.3. 独立電源によるシステムの稼働

フィールドワークにおいては電源の確保が困難であることも多いため、特に設置型のステーションはそれぞれ独立電源で動作することが望ましい。独立電源は、太陽電池パネルとバッテリーの組み合わせで確保することとした。エンドステーションについては実験を行い、計測周期によっては太陽電池とシールドバッテリーの組み合わせで電力を供給できることを確認した。ただし、計測周期が短い場合(通信が多く発生する)や、アクセスポイントとなるベースステーションについては特に十分な電力供給が必要であり、安定した電源を確保するための太陽電池パネルやバッテリー容量のバランスを詳細に検討する必要がある。本年度は、太陽電池パネルの据付方法の検討や一部の電力使用状況の実験に留まったが、来年度も引き続き独立電源による稼働を実現するための検証を行う予定である。

3. 空間情報基盤の構築

計測結果は位置情報とともにリアルタイムで蓄積し、インターネットを介して相互に活用可能な空間情報として提供する。ここでは、構築した地図配信サーバー・サイトのプロトタイプについて報告する。

地図化にあたっては、アクセスポイントから送信されたセンテンスをサーバーサイドで解釈し、位置情報と計測値を Postgresql とそのアドインである POSTGIS に格納している。先述したとおり、センテンスについては SensorML などの標準的なフォーマットへの移行と、そのためのパーサの開発を予定している。POSTGIS は地理情報データをデータベース化するためのアドインであり、Mapserver と連携することでクエリーされた地図を生成できる。Mapserver は Open Geospatial Consortium (OGC) が策定している空間情報配信標準に対応したオープンソースの地図配信サーバーソフトであり、配信されるデータは各種の GIS アプリケーションから閲覧可能である。さらには、PHP などの CGI や Javascript でインターフェースを作成することで、インタラクティブな地図のブラウジングも可能となる(Figure.3)。

実際に運用する際には計測データが膨大となることが予想され、効果的な情報活用の実現にはデータ検索のみならずデータマイニングなどの機能も必要となろう。本年度は、最低限の検索機能(日時・計測対象の切り替え)とインタラクティブな地図表示を行うサイトのプロトタイプを構築し、愛知県春日井市内の国道 19 号線沿いの CO2、気温、湿度の移動観測実験を行った(Figure.4)。

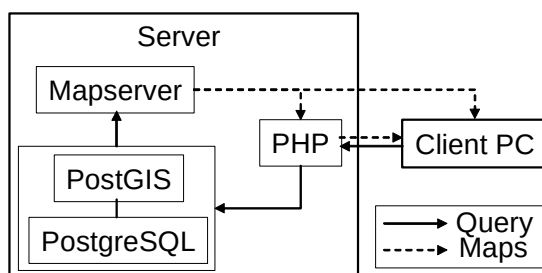


Figure.3 システムの構成

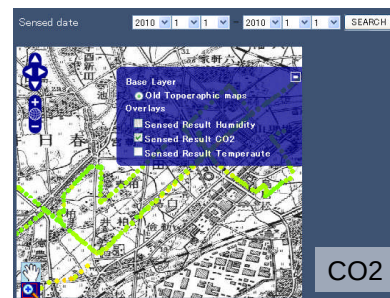


Figure.5 サイトのプロトタイプ

4. おわりに

本研究では、フィールドワークにおける環境モニタリングを支援するための、センサノードの開発とネットワーク構築を行った。これにより、位置情報を付加する形で分散的な各種情報を収集し、リアルタイムに近い形で空間情報化することが可能となった。ただし、ノードの独立電源化が課題として残されており、省電力化も含めて改善を行う。また、**SensorML** などの標準への対応を行い、各種の空間情報との連携を視野に入れた、分散データの活用方法も含めたシステムの検討を行う必要があると考えている。

謝辞

本研究は中部大学総合工学研究所 平成 22 年度～23 年度の第 6 部門の援助を受け遂行されたものであり、ここに謝意を表します。

参考文献

- 1) 平藤雅之：農業生産におけるフィールドサーバの活用(特集 食料問題と OR), オペレーションズ・リサーチ, 51(5)、274-280 (2006)
- 2) 豊田新：センサネットワークを活用した環境モニタリングシステム(特集 センサネットワーク--センサシステムと応用), 電子情報通信学会誌, 89(5), 419-423 (2006)