

第 XVI 部

環境情報の自律的な生成・流通を可能にするインターネット環境の構築

第16部 環境情報の自律的な生成・流通を可能にする インターネット環境の構築

第1章 はじめに

2009年のLive E! WGは、研究開発として、DTNシステム、可視化アプリケーション、Live E!ベースのFacility Networking Protocol、CBNにおけるデータ処理コンポーネント最適配置に関する研究を行ってきた。また、展開活動として、メコン・フェスティバル、東京都展開、SC2009報告、広島市におけるCO₂観測を行ってきた。本報告書は、研究開発と展開活動の2つに分けて報告する。最後に今年度の成果論文をまとめて記す。

第2章 研究開発

2.1 DTN システム

農場、山、別荘地など、インターネットが引かれていない場所から観測データを回収してくるのは、困難であった。PHSや携帯電話などを使って、センサのためにだけ回線を引くこともできるが、運用コストの面で、あまり好ましいとは言えないケースも多い。DTNの考え方をえば、リアルタイムではないものの遠隔地に設置されたセンサデータを回収することが可能である。例えば、図2.1に示すように、センサ（農場）とインターネット・ゲートウェイ（農家）の間を往復するトラックを考えると、トラックが農場にいる間にセンサからのデータを取り込み、家に帰ったときに、取り込んだデータをインターネットに送り出すことができる。

我々は、これを実現するに十分な自律分散的なルーティング方式（PEAR[78]）を開発した。センサ、トラック、インターネット・ゲートウェイは、DTNノードと呼ぶ無線端末によって実装した。このDTNノード

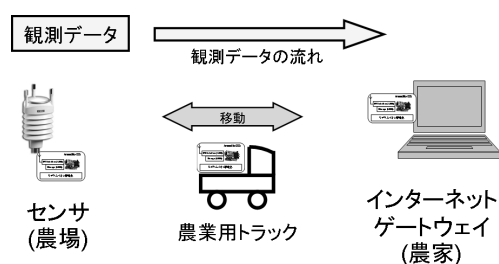


図 2.1. 遠隔地からの観測データ回収の仕組み

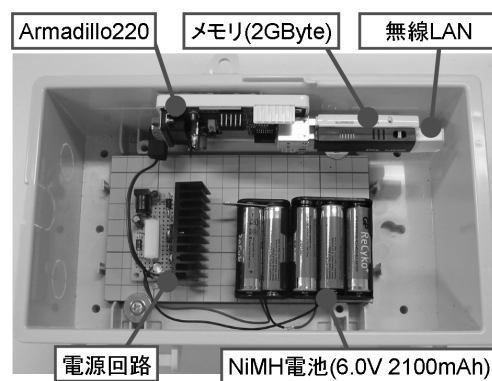


図 2.2. 開発したDTNノード

ドを図2.2に示す。このノードを11台作成し、東大の本郷キャンパスおよび、マレーシアで開催された第11回APNG Camp[10]の会場で、実証実験を行っている。実験の結果はとても良好であった。PEAR方式を使うことで、完全自律分散的にメッセージ配送を行うことができることが実証できた。さらに、実験時のシナリオでは、メッセージの配達確率を100%に保つことができた。

2.2 Live E! データ可視化アプリケーションの開発

サーバに蓄積されたデータを可視化するためのアプリケーション開発を行った。よりデータの利用者目線で開発するために、一般の方から意見を収集し、その意見をもとに開発を行った。以下にその概要を示す。サーバに蓄積された計測データを緯度経度の情報と結びつけるために、地図情報サービスを用いて可視化を行った。最新の計測データを情報ウィンドウに埋め込んで表示し（図2.3）過去のデータに関しては1時間毎にアグリゲーションを行った値を



図 2.3. 地図情報サービスを用いたデータ可視化 1

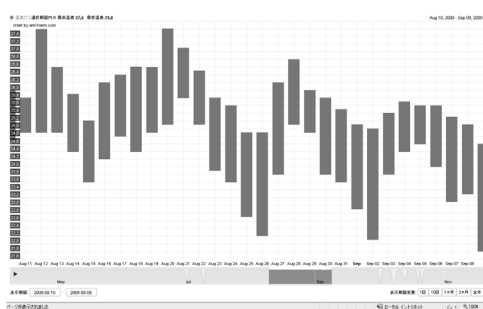


図 2.6. グラフのズームアップ



図 2.4. 地図情報サービスを用いたデータ可視化 2

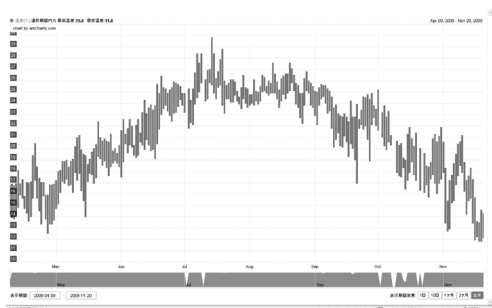


図 2.5. グラフを用いたデータ可視化

いった動的な可視化を可能としている。このグラフを前述のアプリケーションと組み合わせる事によって、過去及び最新のデータを閲覧可能なアプリケーションとする予定である。

2.3 Live E!を用いた Facility Networking Protocol

Live E!の活動の中で開発してきた通信プロトコルやデータ表現などを標準化し、一般的なユビキタス情報基盤の礎としようとする活動が、現在進行中である。プロトコルの標準化にあたっては、気象関係の環境情報のみならず、ビルディング・オートメーション(BA)の分野も想定に入れている。BAは、ビルの中にセンサを埋め込み、照明や空調などの機器をネットワークで制御するシステムで、近年では、IPネットワークも使って、この制御を行っているケースは少なくない。BAを念頭において標準化することで、ビルの内部の環境データも同時にこのユビキタス情報基盤の上で扱うことが可能になる。アーキテクチャの方針が固まり、プロトコルへの要求条件がほぼ整理された。現在は、インターフェースの詳細仕様および、参照コードの作成を進めている。以下、GreenUTプロジェクト[126]で議論されている、このシステムのアーキテクチャについて解説する。

図 2.7 に、システムのアーキテクチャを示す。このアーキテクチャは、フィールドバス、データ・ストレージ、アプリケーション・プログラムの3階層で構成される。

A) フィールドバス

センサおよびアクチュエータを収容するプロプライエタリシステムがフィールドバスである。フィールドバスにはゲートウェイ(GW)が設置され、TCP/IPネットワーク上のホストによる、センサ観測値の読出し、アクチュエータを

もとに、それに対応する画像アイコンを地図上に表示する事によって表現した(図 2.4)。

また、実際に前述のアプリケーションを運用した鳥取県日南町の役場の方から意見を得ることができた。その中で、温度に関するデータをグラフ化して全体を把握できれば、農業に関する研究に応用できるのではないかといいものがあつた。

そこで、個々のセンサが収集した温度に関する過去データ全てに関して、1日毎にアグリゲーションを行い、全体を容易に把握可能にするためにグラフ生成ソフトウェアを用いたグラフ化を行った(図 2.5)。このソフトウェアではグラフをFlashオブジェクトとして生成するため、グラフの一部をズームアップ(図 2.6)したり、全体を走査するように閲覧したりと

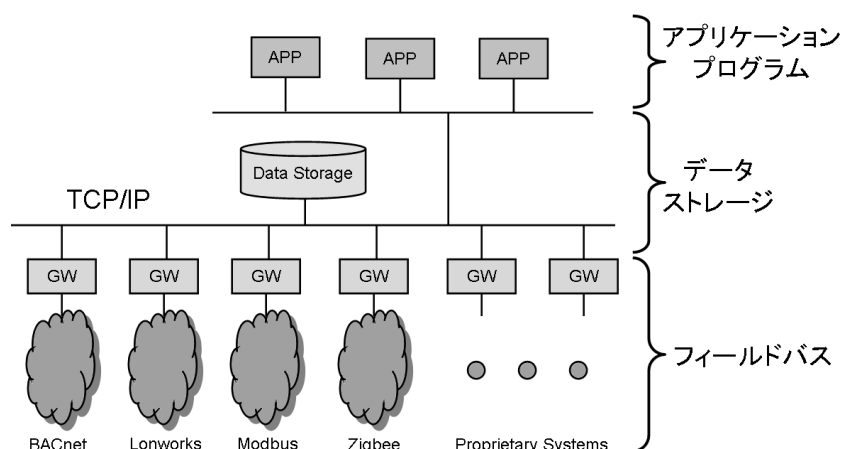


図 2.7. アーキテクチャ

使ったアクションの発行、設定（動作モード）変更などを行えるようになっている。

B) データ・ストレージ

フィールドバスレベルのデータ（センサ観測値、アクチュエータ設定値、その他状態変数）などの履歴を蓄積するのが、データ・ストレージである。TCP/IP ネットワーク上のホストは、このストレージを参照することで、蓄積された過去のデータを読み出すことが可能である。

C) アプリケーション・プログラム

フィールドバスで観測されたデータや、その履歴を参照し、解析および意思決定を行うのが、アプリケーション・プログラムである。アプリケーション・プログラムが行うアクションとしては、帳票としての印刷、アクチュエータの直接制御、フィールドバス動作モード（設定）の最適化、などが含まれる。

2.4 CBN におけるデータ処理コンポーネント最適配置問題

レーダは、比較的高い密度で、広範囲にわたった状態観測を行うことができる。例えば、東京都水道局が運用している降雨レーダ（通称：東京アメッシュ [118]）は、250 m × 250 m メッシュから 1 km × 1 km メッシュの粒度で、雨量強度を比較的现实タイムに観測することができる。センサの観測データに加えて、これらの観測設備によるデータを与えれば、さらに充実したユビキタス情報基盤を作ることができるはずである。

Live E! WG では、まず、潜在的にたくさんの情

報を含んでいるこれらのデータセットから、各種観

点で情報を抽出する方式を考えている。例えば、「市で XX の強さの降雨が観測されている」といった情報が、これらのデータセットには潜在的に含まれている。生データは、緯度および経度上の値として表現されているに過ぎず、これだけでは、エンドユーザは意味のある情報として扱うことができない。そこで、エンドユーザに情報を提供する前に、「市で、XX の強さの降雨が観測されている」のような情報を算出するという作業がネットワーク側に求められてくる。エンドユーザによって、都市単位での降雨情報を知りたい場合もあれば、土砂崩れなどに気を配る必要があるか気にする場合もある。また、自分のところに雨が近づいてきているかどうかだけを知りたいユーザもいる。このように、センサ自身から報告されたデータを元に、意味のある情報を生成する機能が必要で、これを技術 WG の中で現在検討している（技術的に可能かどうかを検証することが目的であり、気象予報業務の運用は行わない）。

技術 WG では、上記のような各種計算をネットワーク内に定義し、自律的に行わせることを考えている。その際に、計算を行う実体の配置場所を最適化するシステムの実現を目指し、そのコントロールに関する研究を行っている [108]（図 2.8）。現在、まだ理論的な段階であるが、今後、この実装を作成し、実験を行う計画がある。レーダの観測データを取り込んだ場合、情報量が増えると同時に、データ数も急激に増加する。データ数の増加に対するスケーラビリティの確保は、重要な課題であり、こちらも、今後、取り組むことにしている。

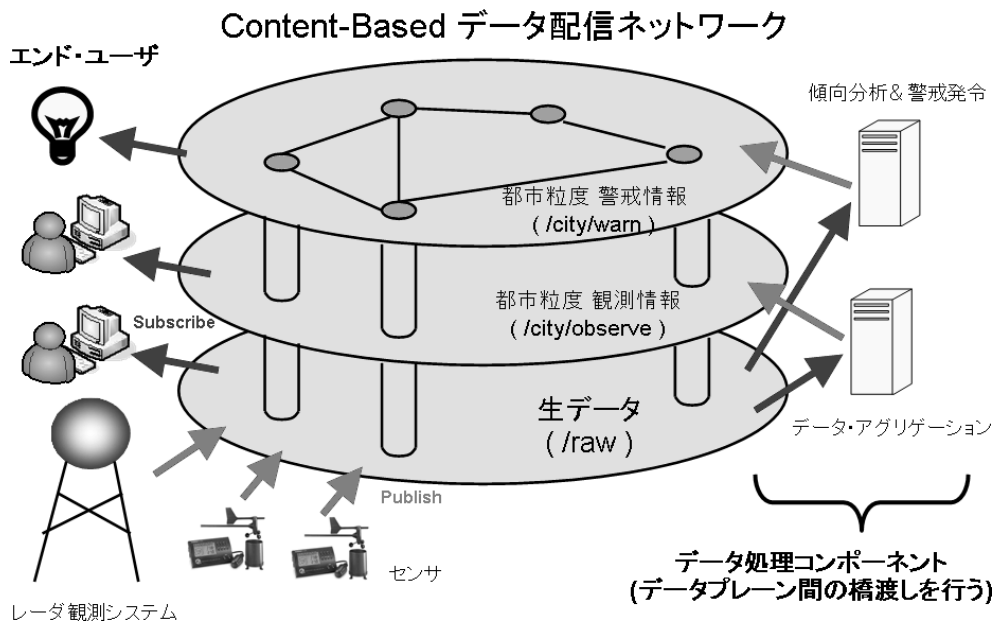


図 2.8. データ処理を含めた配信ネットワーク

第 3 章 展開活動

3.1 メコンフェスティバルにおける活動

2009 年 11 月 19 日-23 日まで東京芸術劇場においてメコンフェスティバル(<http://mekongfes.soi.asia/>)が開催された。メコンフェスティバルでは、メコン川流域の諸国・地域と日本との文化交流のため、タイの演劇や民族衣装の紹介などが行われた。Live E! プロジェクトでは、メコン川流域諸国・地域と日本の環境の違いを感じられるデモンストレーションを会場及びメコンフェスティバルの Web ページで行った。また、メコンフェスティバルに向けて、Live E! workshop をメコン川流域諸国・地域の大学と慶應義塾大学をネットワークで繋ぎ行った。

結果、メコン川流域諸国・地域やメコンフェスティバルへの来場者から Live E! プロジェクトへ非常に高い興味・関心を持ってもらうことが出来た。今後これらのフィードバックを基にした研究開発やメコン川流域諸国・地域での研究活動の促進へ繋げていきたい。

3.1.1 Live E! Workshop

2009 年 10 月 14 日にメコンフェスティバルに先立ち、メコン川流域諸国・地域及び近隣諸国を対象に Live E! Workshop を行った。Workshop は SOI Asia で展開している遠隔教育基盤を用い、遠隔でリアルタイムに hands on workshop を開催した。現在まで Live E! プロジェクトでは 4 回 Workshop を開催しているが、遠隔拠点をインターネットで接続し行った Workshop は本 Workshop が初めてである。7 カ国 7 拠点、10 名程度が Workshop に参加した。Workshop では事前に各サイトへ送った Armadillo、Weather sensor (OREGON SCIENTIFIC WMR968) のセットアップを行い、日本に設置している Live E! サーバへデータを送信することを目標とした。Workshop 時のシステム構成図を図 3.1 に示す。

Workshop は以下の順序で行った。

1. Live E! プロジェクトの概要紹介
2. センサの組み立て
目標：センサのベースユニットでデータを受信
3. Armadillo のセットアップ
目標：Armadillo とセンサを接続、Armadillo でセンサデータを受信
4. Live E! システムと連携
目標：Live E! サーバでデータを受信
参加者はセンサを組み立て、データを Live E! サー

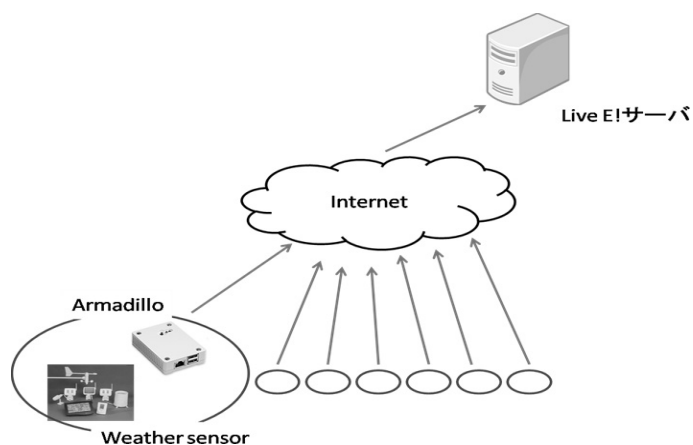


図 3.1. Workshop でのシステム構成図

バへアップロードするための一連の設定を行った。一連の設定を行うことでセンサから出力されたデータがどのように Live E! サーバまでアップロードされるかまでの流れを理解してもらうことを目標とした。

Workshop の結果として、Workshop 中に Live E! サーバまでアップロードできたサイトは無かった。原因として、参加者が遠隔に分散していることで進捗の同期を取りにくく、Workshop の時間をオーバー

してしまった。Workshop 後も Workshop ビデオ、資料の公開や ML で継続的にサポートを行っており、アップロードに成功し現地にセンサを設置しているサイトも出てきている。また、Workshop のビデオや資料を公開したことで、今回は Workshop に参加出来なかった大学からも非常に高い興味、関心をもってもらえ、次回は是非参加したいといった意見が多く寄せられている。Workshop の風景とカンボジアでのセンサ設置の様子を図 3.2、3.3 に示す。



図 3.2. Workshop 風景



図 3.3. カンボジアでのセンサ設置

3.1.2 デモンストレーション

メコンフェスティバルの会期中に今までに Live E! プロジェクトが展開してきたセンサのうち、メコン川流域諸国・地域及び日本のセンサデータを Google Earth 上に可視化するデモンストレーションを行った。会期中のべ 500 人程度が Live E! のブースで可視化したデモンストレーションを見た。65 名の方にアンケートを回答していただき、有効回答 44 名中 35 名から Live E! プロジェクトのデータを可視化することで、メコン川流域諸国・地域への興味喚起が



図 3.4. GoogleEarth による可視化



図 3.5. Twitter による可視化

出来た。また有効回答 49 名中 46 名から Live E! プロジェクトの意義や可能性を感じてもらえた。

また、メコンフェスティバルの Web ページで Twitter を用いてセンサデータをセンサのつぶやきとして公開した。センサのつぶやきに混ざり、興味を持ったメコン川流域諸国・地域の人のつぶやきを見ることができ、センサデータと人の発言が相互に補完しあったリアルタイムな環境情報を遠隔地から知ることができた。メコンフェスティバルの Web ページも会場に表示させ、好評な意見が多数聞かれた。

3.2 東京都への展開活動

近年、日本ではゲリラ豪雨や竜巻など局所的な気象現象が頻発している。アメダスのような広域（数十 km-数百 km 範囲）の気象現象を観測するために設置された機器では、これら局所的な気象現象を把握することが困難である。Live E! プロジェクトでは情報通信研究機構（NICT）と協力し、東京都を中心に 20 式の気象センサを設置した。また過去に我々が設置した気象センサのデータと合わせ、高密度なセンサ情報を可視化するソフトウェアの開発を行った。今後はこれらのソフトウェアを活用し、局所的な気象現象の検出等に利用していく計画である。

これまでいくつかの可視化アプリケーションの開発が行われてきたが、このようなソフトウェアの開発の障壁になっている原因の一つに、データの取得方法の困難さがあった。Live E! データベースは、データの登録と取得のために SOAP のインタフェースを持つ。データを利用するアプリケーションは、SOAP 経由でセンサデータを取得する。一方で、データを利用するクライアント側の実装環境を考えると、ブラウザベースでのアプリケーションでは Flash や JavaScript を用いる場合がある。両者の言語では SOAP を標準ではサポートしていない。外部のライブラリで SOAP

を利用することはできるが、一般的に SOAP の処理は複雑であり、ブラウザ上での処理は負担になる。軽量のプロトコルとデータフォーマットが必要であると言える。

また、Live E! の既存のアプリケーションの利用状況を概観するに、センサデータの取得処理は地域性があると考えられる。すなわち、東京地区の情報を提供するアプリケーションの利用者は、東京地区のデータを主に閲覧する。同様に倉敷地区の情報を利用する人は、倉敷周辺のデータを主に閲覧する。サービスを提供するアプリケーションは、特定の地域のデータを集中的に、頻繁にアクセスすることになり、同じ値を毎回取得するのは非効率である。アプリケーションがそれぞれでキャッシュを持つことが望ましい。そこで、軽量のデータ取得インタフェースの提供と、アクセス頻度軽減のためのキャッシュシステムを持つソフトウェアを実装した。このソフトウェアをツールキットとして利用することで、データ参照速度の向上と、開発工数の削減を実現できる。このシステムは、以下の 3 つのモジュールからなる。

- キャッシュ機能を持った仲介モジュール
- REST I/F モジュール
- JavaScript ライブラリ

仲介モジュールは Live E! データベースと通信を行う。一度取得した値はローカルのデータベースにキャッシュとして格納する。REST I/F モジュールは、アプリケーションに対して REST[31] 経由でデータを提供する。JavaScript ライブラリは、REST 経由でデータを取得するためのライブラリである。ツールキットの適用事例として、Live E! において東京地区に 20 ヶ所展開した。センサの情報を可視化するアプリケーションの開発を行った。以下ではこのアプリケーションを東京アプリと呼ぶ。東京アプリは以下の機能を持つ。

- 東京都の地図上にセンサの値をグラフ表示する（図 3.6）
- 検索条件を入力し、グラフの画像の URI を得る（図 3.7）
- 検索条件を入力し、CSV データの URI を得る（図 3.8）
- センサの最新の値をチェックしセンサの死活監視を行う（図 3.9）

地図上にセンサの値を表示するプログラムでは、気温、気圧、雨量、風力などのセンサ種別を選択し、



図 3.6. 東京都の地図上にセンサの値をグラフ表示

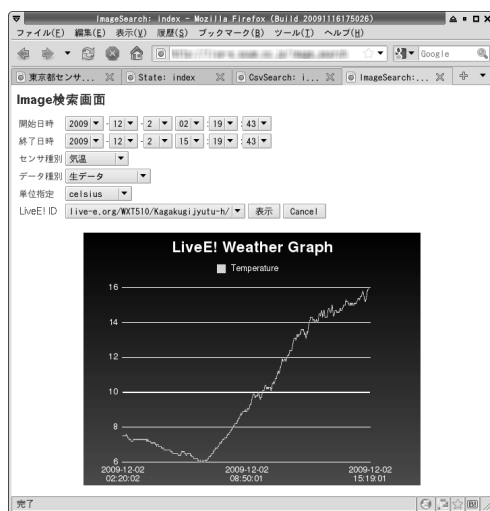


図 3.9. センサの最新の値をチェックしセンサの死活監視

Sensor_ID	Time	Value	State
live-e.org/WKT510/Sumidakogyo-h/	2009-12-02 06:32:00 UTC		Alive
live-e.org/WKT510/Kagakugijyutu-h/	2009-12-02 06:31:00 UTC		Alive
live-e.org/WKT510/Kagakugijyutu-h/	2009-12-02 06:29:02 UTC		Alive
live-e.org/WKT510/Komaba2-ur-tokyo/	2009-12-02 06:29:01 UTC		Alive
live-e.org/WKT510/ano/	2009-12-02 06:29:01 UTC		Alive
live-e.org/WKT510/Tamagogyo-h/	2009-12-02 06:29:01 UTC		Alive
live-e.org/WKT510/1.ltc.u-tokyo/	2009-12-02 06:29:00 UTC		Alive
live-e.org/WKT510/2.ltc.u-tokyo/	2009-12-02 06:28:01 UTC		Alive
live-e.org/WKT510/Nerimakogyo-h/	2009-12-02 06:26:01 UTC		Alive
live-e.org/WKT510/Koganei-kogyo-h/	2009-12-02 06:25:01 UTC		Alive
live-e.org/WKT510/Machidakogyo-h/	2009-11-30 03:14:26 UTC		Partly alive
live-e.org/WKT510/Machidakogyo-h/DayRainFall	2009-12-02 06:28:01 UTC	0.0	Alive
live-e.org/WKT510/Machidakogyo-h/Humidity	2009-12-02 06:28:01 UTC	47.3	Alive
live-e.org/WKT510/Machidakogyo-h/Pressure	2009-12-02 06:28:01 UTC	1006.2	Alive
live-e.org/WKT510/Machidakogyo-h/RainFall	2009-12-02 06:28:01 UTC	0.0	Alive
live-e.org/WKT510/Machidakogyo-h/Temperature	2009-12-02 06:28:01 UTC	15.0	Alive
live-e.org/WKT510/Machidakogyo-h/WindDir	2009-11-30 03:14:26 UTC	29.0	Failed
live-e.org/WKT510/Machidakogyo-h/WindSpeed	2009-11-30 03:14:26 UTC	17.1	Failed
live-e.org/WKT510/sonbia.krump/	2009-10-22 06:29:01 UTC		Failed

図 3.7. 検索条件を入力グラフの画像の URI を取得

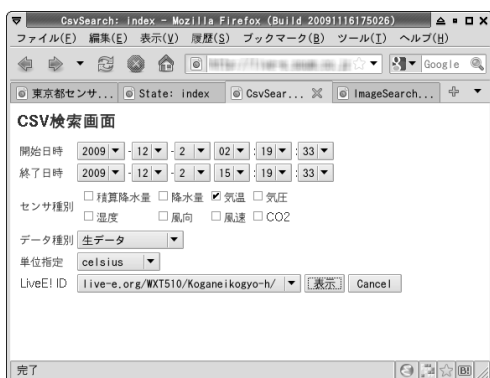


図 3.8. 検索条件を入力し、CSV データの URI 取得

過去 3 時間の記録をアニメーション表示できる。風力については、風向を矢印表示する。グラフ画像と CSV データについては、検索条件を指定すると URI を生成する。結果として画像を表示するようにしているが、REST であるため、その画像へのリンクが検索結果そのものとなる。死活監視プログラムでは、

センサの最新データを確認し、一定時間以上更新がないセンサは停止したものとみなして警告を表示する。複合センサの一部の値が更新されていない場合は、全体が更新されていない場合とは分けて警告する。本システムでは、常に更新される最新のデータと過去のアーカイブデータを単一の URI で指定できるようにした。利用者が主に興味を持つのは、直近の時間範囲のデータであるため、最新のデータは常に更新してローカルキャッシュに格納している。このために定期的なポーリングを行っている。しかし、東京アプリは地域アプリケーションであり、同様の機構が地域ごとにいくつも立ち上がる可能性がある。このため、ポーリングによる最新値の取得はスケラビリティの点で限界がある。最新値については、pub/sub モデル [127] などによるストリーム型のデータ配送などの解決方法が必要になるであろう。

3.3 Super Computing 2009 への出展活動

Super Computing 2009 (SC2009) はオレゴン州ポートランドのコンベンションセンターで 11/14-20 (1 週間) に渡って開催された。参加者は 1 万 1 千人程度であった。全体で 318 件の展示があり、企業 199 件、研究展示 119 件であった。Live E! の気象センサを NICT ブースおよび奈良先端大のブースに設置し、ネットワークを通して、最新情報を展示するデモを行った。会場に設置したセンサ以外にアジアを中心に設置した最新のセンサデータを表示し、これらデータを扱うための分散管理技術や自治体、大



図 3.10. Live E! のデモンストレーション及び会場の様子

学等での応用事例を紹介した。

近年の環境問題への関心の高さからか、多くの来場者が熱心に説明を求めてくれ、有意義な展示会となった。何件かの共同研究の提案も持ちかけられ、展示会後も調整を続けている状態である。

3.4 広島における CO₂ 観測活動

本節では、環境情報を必要とする人々への、普及しやすい形での情報提供手段について検討を行い、特に大気中の CO₂ 濃度という一般の人たちの関心が高い情報をいかに届けるかについての検討とそれに基づいた実施例を紹介する。従来、都道府県単位で行われていたような気象情報を、地理的な測定単位の粒度を下げることで、従来の観測粒度では困難であった、都市部でのゲリラ豪雨やダウンバーストのような局所的な気象現象の観測や、特定の駅周辺や繁華街のような狭いエリアでの気象情報の提供も可能となる。同時に長期的な観測を行うことで、建造物や産業活動や人口分布の変化との関連した情報が得られる可能性もあり、将来の都市計画などへの応用が期待できる。広島市立大と広島市では、特に CO₂ の濃度変化に着目し、2005 年 12 月より市内の複数箇所で観測を行い、そのデータを Web や表示装置にて提供している。温湿度や風雨のような一般的な気象情報と比較すると、CO₂ 濃度においては、その地理的依存性は低いと考えられる。そこで、同じ広島市内で、(A) 都市の商業的な中心部、(B) 幹線道路沿いの交通量の多い市街地、(C) 郊外の丘陵地



図 3.11. 広島市内の CO₂ 濃度の観測場所

帯、の 3 カ所を選び CO₂ 濃度の観測を行った。これらの場所は、具体的には、図 3.11 に示すような、(A) 広島市子ども文化科学館、(B) 広島市立広島工業高等学校、(C) 広島市立大学、である。

収集した環境データを、その情報を必要としている人々にできるだけ簡単に入手してもらうための情報表示プラットフォームについて検討を行う。例えば、道路情報表示板に付いているセンサから得られる温度や風速等の道路情報は、センサから直接、道路情報表示板に表示されており、ネットワーク化されていないことが多い。渋滞情報などの道路情報や河川の水位情報では、センサからのデータを遠隔地から集約し処理するデータ処理センターが置かれ、

表 3.1. CO₂ 濃度表示手段の比較

表示手段	特徴	提供可能範囲	利用者 機器コスト
Web ページ	数値、グラフ、関連情報など豊富な情報を提供可能。さらに、利用者が自由に情報を選択可能。	Web ブラウザと通信機器を持つ者（携帯電話を含む）	低
高解像度ディスプレイ装置	数値、グラフ、関連情報など豊富な情報を提供可能。利用者は情報の選択はできない。	ディスプレイ装置の前のみ	高
数値のみの表示装置	数値のみを LED などに表示するため低コストに実現可能。利用者は情報の選択はできない。	ディスプレイ装置の前のみ	中
テレビ・ラジオ	テレビでは、数値、グラフ、関連情報など豊富な情報を提供可能。ラジオでは、音声による情報提供のみとなる。利用者は情報の選択はできない。	視聴する者	低
新聞	数値、グラフ、関連情報など豊富な情報を提供可能。リアルタイム性に欠ける。	購読する者	低
電子メール・FAX	定期的、また数値の変化などのイベントをトリガにして情報が一方的に送られてくる。利用者が欲しいときにすぐに入手できない。	電子メールや FAX の受信手段を持つ者（携帯電話を含む）	低
電話（音声）	利用者が、情報の取得のために電話をかける必要がある	音声電話を持つ者	低

そこからテレビ・ラジオのような媒体を經由し、またインターネットの Web ページに掲載されている。一般的な気象情報においては、天気概況や天気予報に代表されるように、気象庁の処理センターを經由し、テレビ・ラジオ・新聞のような媒体やインターネットの Web ページに掲載されている。情報のリアルタイム性、また提供できる情報の多さを考慮すると、Web ページの閲覧が多く利用されているのはやむを得ない。しかしながら、Web ページの情報を見てもらうためには、①利用者が Web ページの存在を知っていること、②利用者がその情報に興味を持っていること、③利用者が Web ページを見るためのネットワークにアクセス可能な環境にいることが必要になる。このような Web ページによる表示手段に加え、データに興味がある対象者や場所に合った色々な方法で表示することができれば有効であると考えられる。環境情報の中でも CO₂ 濃度は、地球温暖化の問題などから多くの人に関心を持っており、Web ページを使った詳細な情報だけでなく、現在の値のような単独の数値だけを提供するだけでも意義がある。以下では、Web ページを含む CO₂ 濃

度の表示手段について検討を行う。まず、CO₂ 濃度という情報の特徴を整理する。CO₂ 濃度は 123 ppm のように数値で表現される情報であり、ppm を単位とした 3 桁の数値を考えればよい。情報の変化割合は他の環境情報と比べて低く、経験上、5～15 分程度の間隔で測定を行えば実用的な分解能が得られる。このような CO₂ 濃度を表示する手段を、その特徴や提供可能範囲と利用者側に必要な機器コスト（初期コスト）から、いくつかのパターンに分類したものを表 3.1 に示す。Web ページや高解像度ディスプレイ装置（入力手段無し）やテレビによる方法は、数値、グラフ、関連情報など豊富な情報を提供できるが、コンテンツの作成などのコストもかかる。これまで CO₂ 濃度に興味を持たなかった人たちへの提供を積極的に進めるには、街頭への配置、すなわち「高解像度ディスプレイ装置」や「数値のみの表示装置」を人の集まる場所を中心に数多く設置していくことが有効であろう。ただ、後者の数値のみの情報が有効であるかどうかは疑問があり、この点については別途検証する必要がある。

最小限のコストと機材で CO₂ 濃度表示を有効に

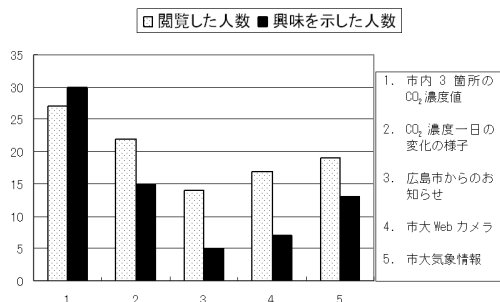


図 3.12. 情報毎の興味を示した人数

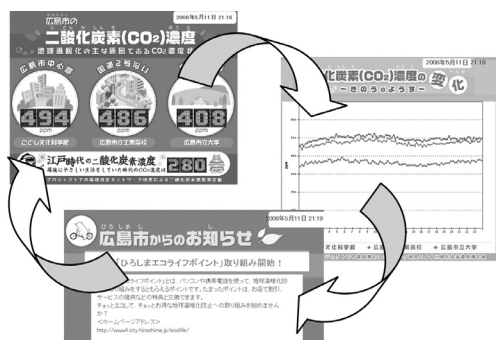


図 3.13. ホームページで提供している情報

行うには何が必須かを調査するために、後述する学内情報表示装置を使用して、学内でのアンケートを実施した。アンケート内容としては、1 台の情報表示装置に表示した 5 つの項目について、どの項目を閲覧したか、また、どの項目に興味を持ったか、を調べるものとした。アンケートの結果、もっとも閲覧数が多くかつ興味を持たれた項目は、図 3.12 に示すように「市内 3 カ所の CO₂ 濃度値」であった。

この結果から、表 3.1 の「数値のみの表示装置」による CO₂ 濃度情報の提供は意味があると判断し、LED 等を使った表示装置の実現を行うことにした。これについては、後述する。

また、高解像度ディスプレイ装置においては、複合した情報を提供し、何度も閲覧してくれる利用者の数をふやすために、同時に目を引く情報を表示することも考える必要がある。Web ページでは、広島市からのお知らせのページを同時に用意し、また、学内情報表示装置においては、休講情報・補講情報・教室変更情報をディスプレイの左半面にリアルタイムで表示することで、毎日の閲覧者数を増やす仕掛けを取り入れている。

広島市では、図 3.11 に示した市内の 3 カ所で設置・情報の収集・蓄積を行っている環境センサの情報を利用し、広島市立大の Web ページを通じて CO₂



図 3.14. 高解像度ディスプレイを用いた表示装置外観

濃度の提供を行っている [126]。また、この測定データは Live E! プロジェクトにもリアルタイムで提供している。Web ページでは、図 3.13 のように、市内 3 箇所の CO₂ 濃度値と前日一日分の CO₂ 濃度の変化のグラフを Web ページで公開している。この 3 つの Web ページに必要な CO₂ 濃度のデータの集計、グラフ化、画面生成には、ES-Probe[122] が用いられている。

同時に、この Web ページを表示した高解像度ディスプレイ装置(大型液晶モニター)を、こども文化科学館 1F と広島市役所本庁舎 1F に設置している。実際に、こども文化科学館に設置した表示装置の写真を、図 3.14 に示す。高解像度ディスプレイには市販の大型液晶テレビを使用し、下に設置した市販のノート PC から Web ページの画面を自動的に切り替えて表示するようにしている。

市役所では、年齢・職業・IT リテラシー等に関係なく不特定多数の市民が訪れるため、多くの人に CO₂ 濃度について興味を持ってもらっていると評価されている。また、こども文化科学館は市内で最大の科学館であり、多くの子供やその保護者に閲覧されるという効果が得られている。

大学内で CO₂ 濃度の表示を行うにあたって、主たる利用者である大学生と教員・職員は、わざわざこのような表示装置を見ない可能性が高いことが危惧された。そこで、休講情報・補講情報・教室変更情報を同時に表示することで毎日閲覧してもらう仕組



図 3.15. 学内情報表示装置外観

みを取り入れた。2007年10月より運用している学内情報表示装置の外観を、図 3.15 に示す。画面の左半面に休講等の情報を表示し、右半面に CO₂ 濃度の情報、学外に向いている Web カメラの映像、大学屋上の気象センサから得られた温湿度や風雨の情報を表示している。休講等の情報と、CO₂ 濃度の情報については、数秒間隔で表示内容が順に切り替わるようにしている。表示装置は平日昼間のみ稼働させるために、タイマにより自動的に起動とシャットダウンを実行している。

表示ディスプレイには市販の大型液晶モニタを使用し、背面に表示用の PC を設置している。休講等の情報は学内情報システムより取得し、リアルタイムで HTML に変換して表示している。なお、できるだけ多くの情報を表示したいため、液晶モニタの解像度としてはフル HD (1920 × 1080 ドット) のものを使用した。休講等の情報については、従来は担当者が紙で掲示板に張るという方法をとっており、リアルタイム性と信頼性に問題があった。今回の表示装置では、その点は大きく改善しており、高い評価を受けている。このような利用者が欲する情報と敢えて見てもらいたい情報を同時に表示することで、デジタルサイネージにも応用が可能だと考えている。

表示コンテンツに関する質問をおこなったところ、興味を持たれた項目は市内 3 カ所の CO₂ 濃度値であった (図 3.12)。そこで CO₂ 濃度の数値のみを表示する装置を開発することにした。数値だけの表示であれば、7セグメント LED や液晶ディスプレイを使った表示デバイスがあるが、今回は地球温暖化に影響があると言われている CO₂ 濃度を表示すると

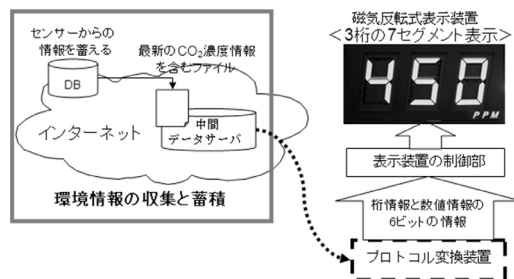


図 3.16. 磁気反転式表示装置を使ったシステム構成

表 3.2. 消費電力の比較

	表示部 [W]	PC [W]	合計 [W]	コスト [円/年]
大型ディスプレイ装置	143	33	176	6,023
磁気反転式表示装置	0.3	11	11.3	369

いうことで、低ランニングコストの実現に主眼を置いて検討を行った。CO₂ 濃度の値は数分間隔で更新できればよいので、それに適した表示デバイスを検討する。磁気反転式表示装置は、磁気のでセグメントやドットを反転させ、その色を変化させることで数字や文字を表示する。この磁気反転式表示装置は、反転時にのみ電力を消費し、液晶ディスプレイや LED のように常時電力を消費しないという特徴がある。また、ネットワーク経由で現在の CO₂ 濃度の情報を取得し、表示装置に渡すための制御装置も低消費電力が求められる。MicroRAC[129] は PC アーキテクチャを備えた小型の制御用コンピュータで低消費電力である。今回は、この磁気反転式表示装置 (数字表示) と、MicroRAC を使用して CO₂ 濃度表示装置を開発した。

開発した CO₂ 濃度表示装置のシステム構成を図 3.16 に示す。図中のプロトコル変換装置の部分を MicroRAC とその上に開発したプログラムが担い、磁気反転式表示装置の制御には、広島市立広島工業高等学校 (以下、広島市工) が開発したハードウェアを利用した [116, 117]MicroRAC の OS としては Linux が動作しており、このようなネットワーク経由での TCP/IP 通信を行うようなプログラムや外部ハードウェアを制御するようなプログラムを作成するのに適している。ランニングコストについて比較を行った結果を、表 3.2 に示す。比較の対象としては、こども文化科学館に設置している大型ディ

表 3.3. 機器コストの比較

	機器名称	機器コスト [万円]	合計 [万円]
大型ディスプレイ装置	ノート PC	15	35
	液晶モニタ	20	
磁気反転式表示装置	プロトコル変換装置 (MicroRAC)	10	68
	磁気反転式表示装置	57	
	表示装置の制御部	1	



図 3.17. 数値のみの CO₂ 濃度表示装置の設置例

スプレイ装置を使った。まず、表示部について、磁気反転式表示装置は数値の更新時(今回は5分おき)にしか電力を消費しないことから非常に低い数値になっている。一方、大型ディスプレイ装置では、市販の液晶テレビを用いているためかなり消費電力が大きい。次に、制御 PC については、MicroRAC は市販のノート PC の 3 分の 1 の消費電力になっている。合計した電力を、年間の一般家庭の電気料金に当てはめると、年間 5,600 円ほどの違いとなった。

表示装置の機器コストについて比較を行った結果を、表 3.3 に示す。開発した磁気反転式表示装置の機器コストは大型ディスプレイ装置の 1.9 倍となっているが、磁気反転式表示装置が受注生産品であったことから、量産効果を考えると同程度にできると考えている。

また、MicroRAC もノート PC と比較して大きなコスト削減にはなっておらず、より低価格なプロトコル変換装置が求められる。広島市工では目指せスペシャリスト [136] のカリキュラムの一環として、機器コストが 5 万円程度の Linux ベースの組込み用小型コンピュータを、MicroRAC の代わりに使用した装置の開発を行い、更なる機器コストとランニングコストの低減を実現した。この磁気反転式表示装置を使用した CO₂ 濃度表示装置は、図 3.17 のように広島市工の国道 2 号線沿いの掲示板に設置を行い、通行人や車に乗った人に対して CO₂ 濃度を表示し

ている。

本節では、環境センシング情報の表示手段として、CO₂ 濃度表示の各方式について検討を行い、実際に開発した表示装置について紹介した。今後は、より普及を意識した表示装置の研究や他の環境情報の表示手段について検討を進めていく。

3.5 鳥取県日南町への展開活動

鳥取県日南町にセンサ設置を行うことができた [78]。鳥取県日南町は人口が 6,107 人、人口密度が 18.3 人 / 平方キロメートル (平成 20 年 3 月末現在) という、いわゆる過疎の町である。面積は 341 平方キロメートルで、鳥取県の一割の面積を占めている。日南町には全部で 7 つの地区があり、各地区には「まちづくり協議会」が設置されていて、地区の活動拠点となっている。このような地区の活動を支える施設として地域振興センターが設置・運営されている。各地域振興センターには、ケーブルテレビ網を利用したネットワーク網が整備されており、役場との間で VPN が構築されている。今回、役場及び各地域振興センターにセンサの設置を行なった。センサを設置した地域振興センターは、大宮、阿毘緑(あびれ) 山上(やまがみ) 多里(たり) 福栄(ふくさかえ) 石見(いわみ) の 6 つである。地域振興センターによって、ネットワークへの接続口とセンサの設置点との距離に大きな違いがあった。その距離の

W I D E R E P O R T 2 0 0 9 a n n u a l r e p o r t

大小によって設置法に大きな違いが発生し、設置コストに影響を与えた。

3.5.1 ネットワーク接続口が近い場合

センサの設置点がネットワーク接続口に近い場合、センサに付属するモジュラーケーブルを窓に挟み込むようにしてコントローラとセンサ本体を接続することができる。この場合は、後述のような追加機材を使用せずに設置することができる。図 3.18 は、そのようにして設置されたセンサの設置例である。



図 3.18. 設置例 1

3.5.2 ネットワーク接続口が遠い場合

センサの設置点が建物の屋上である場合等ネットワーク接続口から遠くなる場合、ネットワークへの接続を確保する工夫が必要になる。離れた場所にネットワークの接続を確保するためには、無線 LAN もし



図 3.19. 設置例 2

くは PLC を使用することが考えられる。無線 LAN では不正なアクセスの可能性を全くなくすることは難しいため、今回は採用しなかった。これに対して PLC は、有線による接続であるため、セキュリティの確保が比較的に行うことができる。そこで今回は PLC を活用して、ネットワーク接続を確保した。図 3.19 にセンサの接続例を示す。

3.5.3 設置に要したコスト

観測点を設置するために要したコストを検証する。使用した気象センサは La Crosse Technology 社製 WS-2315 AL (以下、WS-2315) であり、センサからのデータを読み取りサーバにアップロードするためには armadillo 210 を使用した。センサを取り付ける台としてセキスイ社製のステンレスものほし台 SMB-170 を使用した。おおよそのコストをまとめたものを表 3.4 に示す。この表で、ケース 1 は 3.5.1 で説明したネットワーク接続口が近い場合で、ケース 2 は 3.5.2 で説明したネットワーク接続口が遠い場合である。

設置作業に要した時間は、長いところで 2 時間程度、短いところで 40 分程度であった。

表 3.4. 設置に要したコスト (単位: 円)

使用機材	ケース 1	ケース 2
気象センサ WS-2315	26,880	26,880
Armadillo 210	20,895	20,895
ものほし台	3,000	3,000
Ether ケーブル	2,000	2,000
電源タップ	1,000	1,000
ケース	300	0
防雨配電ボックス	0	4,000
PLC	0	10,000
合計	54,075	67,775

3.5.4 日南町が期待しているもの

今回のセンサ設置で、日南町役場の方といろいろ話をさせていただいた。役場の方は、農業等への応用に興味を持たれていた。具体的には、うまい米と気温変化との関連を調べたいということである。これまで、米は一日の気温差が大きい場所で作付けをした方がうまくなるといわれているそうである。現在では米のうまさは定量化されているので、気温変化と米のうまさを比較して農業の振興に役立てたいということであった。

過疎化が進む日南町では、昨年度まで数校あった小学校が今年度より一校に集約された。このような状況から、人口密集地と過疎地ではセンサを展開する際には考慮する必要があるものと考えられる。

研究成果

> 論文誌

落合, 江崎, 「DTN 環境を想定したトポロジ変化に強いメッセージルーティング」, 情報処理学会ジャーナル, Vol. 50, No. 9, pp. 2312-2326, Sep., 2009.

> 解説記事

落合, 松浦, 山内「センサネットワークの新たな展開を目指して」情報処理学会 学会誌 情報処理, Vol. 50, No. 1, pp. 55-63, Jan., 2009.

> 国際会議

Hideya Ochiai and Hiroshi Esaki. “Message Routing on Potential-Fields in Forwarding-Based DTNs”, ACM ICUIMC, Korea, Jan. 2009.

Akihiro Sugiyama, Hideya Ochiai and Hiroshi Esaki. “CCDM: Central Controller-Based Device Management Architecture and Method to Split Management Scripts”, IEEE/IPSJ SAINT Workshop, July, 2009.

Kaveevivitchai Sathita, Hideya Ochiai and Hiroshi Esaki. “RainWatch Project: Location-Aware Realtime Detection and Notification of Rain on Internet-Based Sensor Network”, IEEE/IPSJ SAINT Workshop, July, 2009.

Elyes Ben Hamida, Hideya Ochiai, Hiroshi Esaki, Pierre Borgnat, Patrice Abry, and Eric Fluery. “Measurement Analysis of the Live E! Sensor Network: Spatial-Temporal Correlations and Data Aggregation”, IEEE/IPSJ SAINT Workshop, July, 2009.

Hideya Ochiai and Hiroshi Esaki. “Toward Open Facility Networking: Semantics Management for Higher-Level Interoperability”, International Conference on Asia Future Internet, Aug., 2009.

Hideya Ochiai, Kenichi Shimotada, and Hiroshi

Esaki. “IP over DTN: Large-Delay Asynchronous Packet Delivery in the Internet”, IEEE ICUMT, Russia, Oct., 2009.

Hideya Ochiai, Noriaki Fujiwara, and Hiroshi Esaki. “Green UT Energy-Aware Facility Networking: a Challenge to Standardization of Architecture and its Protocol”, International Symposium on Environmentally Conscious Design and Inverse Manufacturing, Dec., 2009.

Masato Yamanouchi, Satoshi Matsuura and Hideki Sunahara. “A fault detection system for large scale sensor networks considering reliability of sensor data”, IEEE/IPSJ SAINT Workshop, July, 2009.

> 国内研究会

杉山, 落合, 江崎「CCDM: 中央管理手法によるセンサ・アクチュエータ機器管理アーキテクチャの提案」電子情報通信学会, 全国大会, B-16-5, 2009年3月.

落合, 木村, 松浦, 砂原, 福原, 江崎「Content-Based Networkにおけるデータ処理コンポーネント最適配置問題」情報処理学会 DPS 研究会, IPSJ-DPS09139012, 2009年6月.

山内正人, 工藤紀篤, 杉浦一徳, 砂原秀樹「DTN 環境下におけるアマチュアモータースポーツ支援プラットフォームに関する一考察」情報処理学会, マルチメディア, 分散, 協調とモバイル DICOMO2009, 2009年7月.

酒井真一, 山内正人, 廣海緑里, 砂原秀樹「自律分散協調型の情報検索システムにおける Peer 選択手法の提案」情報処理学会, マルチメディア, 分散, 協調とモバイル DICOMO2009, 2009年7月.

大澤公美子, 山内正人, 廣海緑里, 砂原秀樹「時系列におけるデータ管理とその応用」情報処理学会, マルチメディア, 分散, 協調とモバイル DICOMO2009, 2009年7月.

廣井慧, 山内正人, 新堀賢志, 松尾一郎, 砂原秀樹「防災情報を伝達する自律分散協調システムに関する一考察 ~ 地方自治体における防災情報システムを例に ~」日本災害情報学会, 全国大会, 2009年10月.

廣井慧，山内正人，新堀賢志，松尾一郎，砂原秀樹
「インターネット基盤を用いた防災情報システムの提
案」情報処理学会，IA 研究会，2009 年 12 月．

岡田拓也，今井正和．Live E! データ可視化アプリ
ケーションの開発．電子情報通信学会インターネッ
トアーキテクチャ研究会，信学技報，vol. 109，no. 351，
IA2009-79，pp. 79-84，Dec 2009．

今井正和、岡田拓也：“Live E! センサの日南町への
展開，” 電子情報通信学会技術報告、インターネット
アーキテクチャ研究会，2009 年 12 月，東京．