

## 第 XIX 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19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

### 概要

本報告書は、2008年のLive E! ワーキンググループの活動実績を記載したものである。

### 第1章 はじめに

2005年5月、IPv6普及高度化推進協議会とWIDEプロジェクトが主体となって、Live E!プロジェクト (<http://www.live-e.org/>) を発足させた。以下の4つが本プロジェクトの趣旨である。

1. みんなが、いろいろな地球環境に関するデジタルデータを持ちよって、自由に利用できるような情報基盤/情報環境を作り出そう。小さなデータを集めて大きな力にしよう。
2. 地球環境情報の生成と利用に、各人が責任を感じ貢献しよう。

3. “生” データへの所有権は、公共サービス( Public Service )のために忘れよう。データを自由に利用してもらおう。

4. みんなで、若い世代の理科/科学への関心を高めよう。

本プロジェクトでは、以下の3つの分野における環境情報の利用を推進している。

#### (1) 教育プログラム

気象情報をはじめとする環境情報は、物理学関連の教育材料としての利用価値が大きい。初等教育から高等教育まで多様な利用が期待される。すでに、広島市立工業高校では、広島大学および広島市立大学による技術支援のもと、高校生による創造的アプリケーションの教育的研究開発活動が継続的に推進されている。

#### (2) 公共サービス

広域災害の発生時における環境情報の提供は、災害状況の正確な把握と対処法の判断にとって有用となる。すなわち、Proactiveな防災、Reactiveな減災の両面において、その有効性が期待され

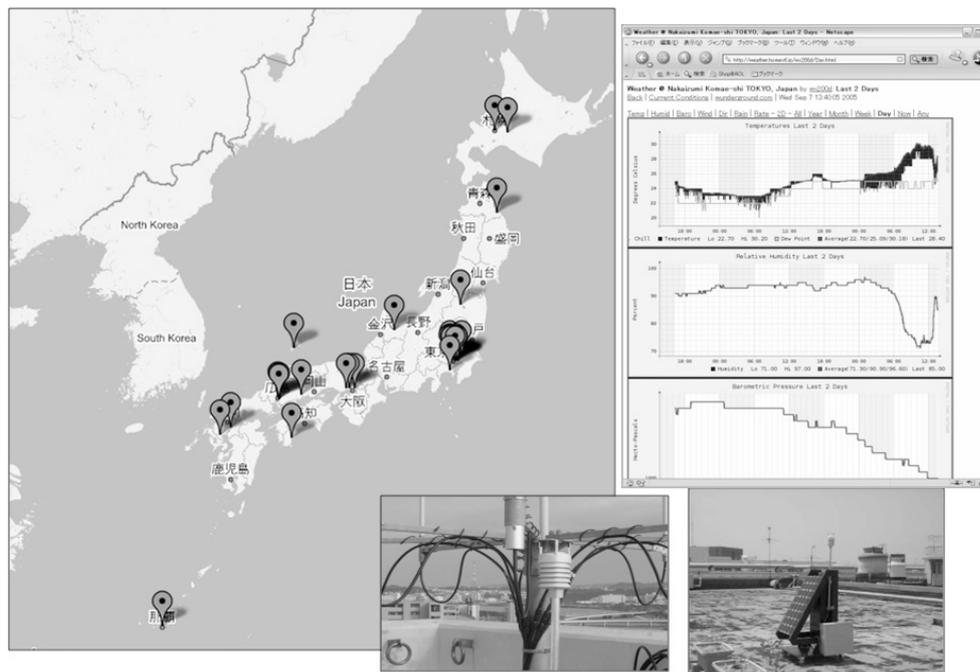


図 1.1. Live E! センサノード国内展開

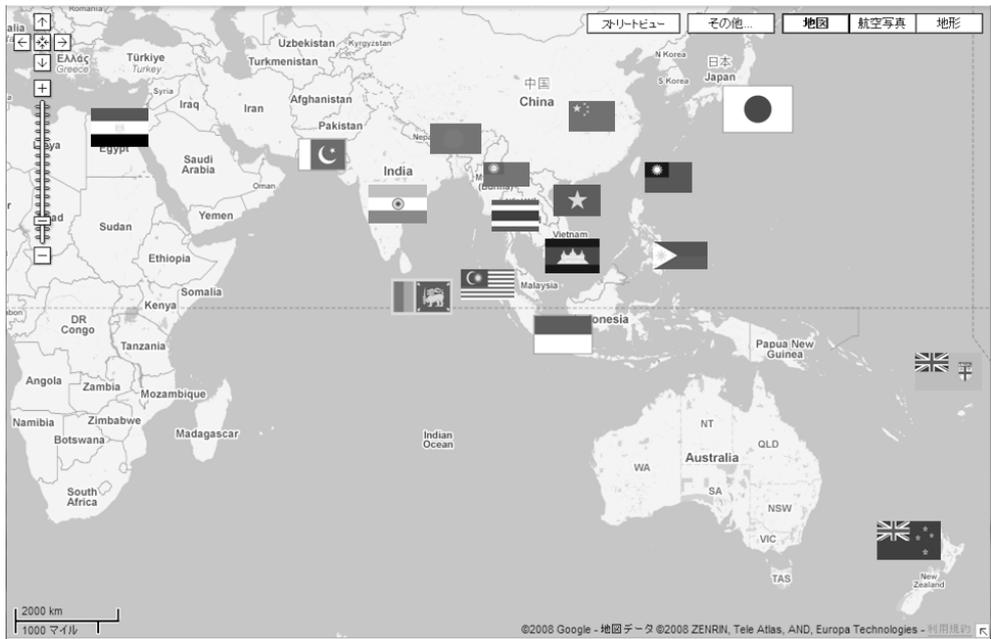


図 1.2. Live E! センサーノードアジア展開



図 1.3. 2008 年 12 月現在のセンサ設置拠点

る。岡山県倉敷市において、異常気象や集中豪雨に対する防災・減災への応用を目的とした、インターネット百葉箱の設置と運用を行った。

(3) ビジネス利用

環境情報を加工して有益な情報を顧客に提供するビジネスや、環境情報を用いて所有するファシリティ最適運用を行うなど、多量のデータを利用した精度の高い情報の提供や高度な効率化などが実現される可能性がある。たとえば、電

力供給会社では、気象情報を用いて、ファシリティ電力消費量を制御することで、必要となる電力供給設備の最適化の可能性も考えられよう。また、タクシーやバスが生成する種々の気象情報や動作情報を用いたシステム運用の効率化などの取り組みも展開されている。

Live E! プロジェクトに参加する企業、大学、あるいは個人によって、2008 年 3 月末現在で、既に 150 式以上のインターネット百葉箱が設置されてお

り、フィリピンやタイなどアジア諸国やフランスへの展開も推進され、各組織が協調しながらシステムの運用を行っている。2008年8月にはタイのアジア工科大学(AIT)で行われたAsia Pacific Networking Group (APNG) CampでLive E!ワークショップを行い、20台のセンサ機器を使って、それを参加者各国(15カ国)に配布することで、国際的なセンサ設置を進めている。多数のデジタルセンサを地球上に配置し、デジタルセンサから得られるデータの集約、公開や流通を図り、さまざまな形で社会に貢献することを目標としている。同時に、個人や組織が個々にセンサを設置し、閉鎖的に利用しているセンサ情報を共有し、社会全体で環境情報を共有することを目的としている。活動初期は、おもに気象センサ(温度、湿度、気圧、風向、風速、降水量の測定機能をもつセンサユニット)を設置・展開してきたが、最近では、気象や環境を測定するセンサだけではなく、画像や動画センサの設置を行い、センサ情報の多様化も同時に推進している。さらに、WIDEプロジェクトがこれまで推進してきたInternetCARプロジェクト(自動車の持つ種々の環境に関する情報を収集・加工する活動)とのシステムならびに技術の融合も、すでに一部実現している。すなわち、移動しない設置型のセンサノードと、自動車のような「動く」センサノードの融合も推進している。

2005年のプロジェクト発足当時は、1台のサーバでデータを集め、集中管理型システムとして、運用が行われた。2006年は、新型サーバが導入されるも、依然集中型システムとして運用された。Live E!を代表する災害対策アプリケーションとして、倉敷市に26台のセンサが設置されたのは、この頃である。2007年には、分散運用型システムを開発し、これの展開を始めた。2008年は、このシステムの運用テスト期間であると同時に、Live E!プロジェクトの広報活動に力を入れた。

### 1.1 活動実績

- 2007年12月28日 台湾展開ワークショップ (TWNIC)
- 2008年01月10日 第2回Live E!ワークショップ in Thai-UniNet (チェンマイ大学)
- 2008年07月05日 第1回広域センサネットワークとオーバレイネットワークに関するワークショップ (奈良先端科学技術大学院大学)
- 2008年07月30日 SAINT2008ワークショップ (トゥルク大学)
- 2008年08月14日 第3回Live E!ワークショップ in APNG Camp (アジア工科大学)
- 2008年09月14日 第3回Live E!シンポジウム (東京大学)
- 2008年10月22日 デモンストレーション in C40 気候変動東京会議 (東京都)
- 2008年10月31日 第2回広域センサネットワークとオーバレイネットワークに関するワークショップ (慶應大学SFC)
- 2008年11月15日 Live E!デモンストレーション in SC2008(1週間)(オースティン、テキサス州)
- 2008年11月20日 Live E!デモンストレーション in ORF (3日間)(六本木)

### 1.2 論文発表実績

論文4件([109, 206, 208, 220])、国際3件([108, 132, 133])、国内8件([200, 205, 207, 211, 212, 219, 234, 235])、表彰3件([202, 203, 204])

### 1.3 現在の展開状況

2008年12月現在、Live E!広域センサネットワークは、12カ国に設置された計100台を超えるセンサを保持し、11台のサーバにより分散的に運用されている。今現在、まさにこれらのセンサにより

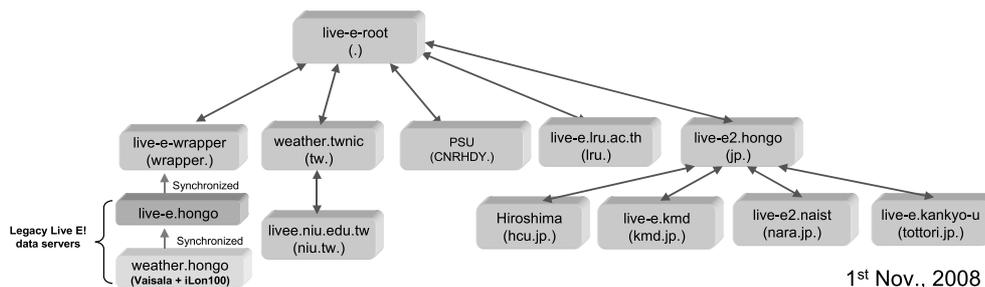


図 1.4. Live E! ネットワーク (サーバ) の運用状況

表 1.1. Live E! センサ運用に関係のある国

| 地域    | 参加国  |
|-------|--|
| アジア   | 日本、台湾、タイ、インドネシア、パキスタン、インド、フィリピン、ベトナム、カンボジア |
| ヨーロッパ | フランス                                       |
| 北米    | カナダ  |
| アフリカ  | エジプト                                       |

表 1.2. Live E! サーバ運用拠点

| 国名 | サーバ運用組織   |
|----|---|
| 日本 | 東京大学<br>奈良先端科学技術大学院大学<br>慶應大学<br>鳥取環境大学<br>広島市立大学 F                         |
| 台湾 | Taiwan Network Information Center (TWNIC)<br>National Ilan University (NIU) |
| タイ | Prince of Songkla University (PSU)<br>Loei Rajabhat University (LRU)        |

観測されたデータがリアルタイムに蓄積されている。

## 第 2 章 Live E! プロジェクトの目的と技術

従来、センサは利用目的に応じて独自のセンサ網設備として設置され、管理されるものであった。そのため、観測されたデータはセンサ運営組織ごとに独自のフォーマットで管理され、それが組織間でのデータ共有を阻んでいた。Live E! 広域センサネットワークは、この問題を解決し、複数のセンサ運用組織で集められているデータを共有することで、データの再活用 (i.e. 本来の目的以上のこと) の実現を目指すものである。たとえば、雨災害対策の用途で設置された雨量センサ情報をリアルタイムに流通させることで、コンビニエンスストアなどへの利用が促進されるし、生活密着型のアプリケーション (e.g. 雨が何 km 以内で降り始めたかを教えてくれる) などにも活用できると考えられる。複数の組織間連携は、地理的に高密度な環境データを作り出す。首都圏で

高密度に環境センサのデータを利用することができれば、ヒートアイランド現象の解析が進むと言われている。一度、このようなネットワークができてしまえば、ヒートアイランド現象の解析だけではなく、リアルタイムなゲリラ豪雨の検出、対策などへの活用までもが実現できる可能性がある。

Live E! プロジェクトは、広域センサネットワーク技術の研究開発から、センサおよびアプリケーション展開まで、幅広く行っている。インターネット上にセンサデータを共有する基盤を構築して、各種センサ・アプリケーション (後述) の展開および活用のためのテストベッドとして、現在まさに運用中である。

図 2.1 に Live E! のシステム・アーキテクチャを示す。(1) センサ、(2) データ管理システム、(3) アプリケーションで構成されており、観測データはセンサからデータ管理システムを通じて、アプリケーションに提供される。

### センサ

センサは、あらゆる場所に設置されることが想定され、インターネット接続性を持ち、あらゆる環境情報をデジタル化して、データ管理システムに送る。センサが観測するデータは、特定のものに限られてはならず、任意の物理量データを対象とする。現在の Live E! では、気温、湿度、気圧、雨量、風向、風速といった気象の基本的要素になるデータのほか、CO2 濃度データも集めている。シリアル通信などでデータを読み出すタイプのセンサが多く、そのままではインターネットに接続できないため、ネットワーク接続可能な組み込み機器を用いて、サーバに定期的にデータ送信する構成を取っているものが多い。

### データ管理システム

データ管理システムは、Live E! の基盤となるシステムであり、インターネット上に分散的に構築される。センサが観測したデータを受け取り、蓄積すると共に、これらのデータをリアルタイムにアプリケーションへ提供する。データ管理システムは、複数のセンサ運用組織によって自律分散的に実現される情報プラットフォームである。組織間接続にはインターネットが用いられ、システム全体は、オーバーレイネットワークとして構築される形態となる。

図 2.2 に、データ管理システムの構成を示す。セン

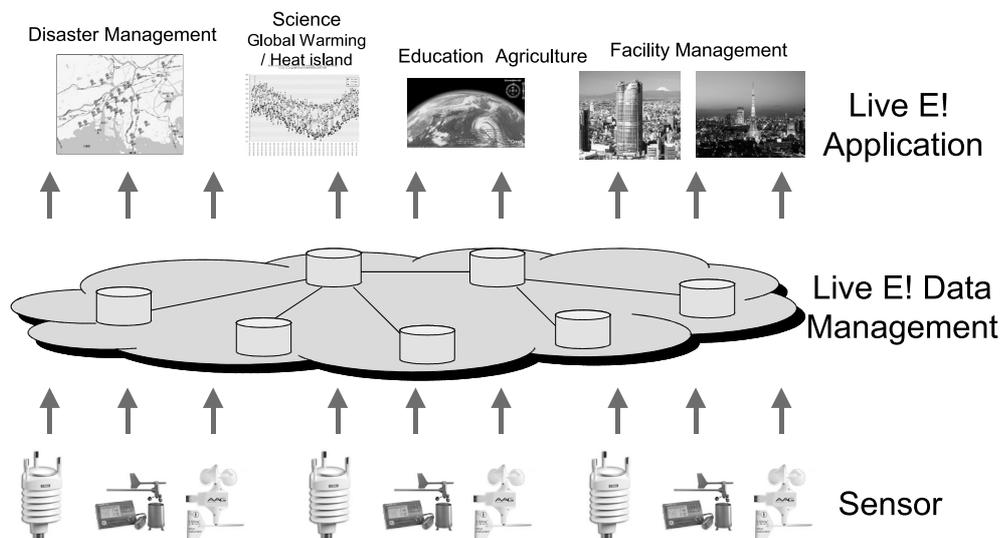


図 2.1. Live E!システム・アーキテクチャ

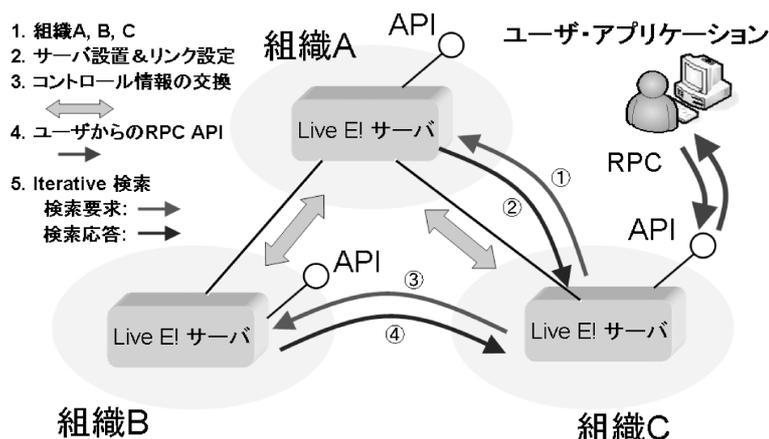


図 2.2. データ管理システムの構成

複数の Live E! サーバが協調し合い、組織間でデータ共有が行われる。

サを運用する組織がそれぞれサーバを設置し、サーバ間接続を設定することで、Live E! 広域センサネットワークが構築される様子を示している。各組織は、それぞれの管理するセンサデータを各 Live E! サーバに蓄積する。ユーザはこの分散環境の中から目的のデータを検索して読み出すことができる。これがすなわち、組織間でのデータ共有の実現である。

Live E! サーバのソフトウェアは Java 言語で組まれている。データベースには PostgreSQL を使用し、サーバ間通信は Web サービスにより行われる。ソフトウェアは Live E! プロジェクトから無償で提供されており、ダウンロードしてインストールすれば、新たなサーバノードとして、このネットワークに参加することができる。ソフトウェアはオープンソースである。

### アプリケーション

アプリケーションは、データ管理システムから読み出したデータを、多くの分野に活用するための、言わば人間生活に最も近い部分である。台風などの従来型の災害対策領域はもちろんのこと、ゲリラ豪雨のような都市型災害の分析と対策、大気汚染の実態把握、路面状況(凍結など)のピンポイント予測、コンビニエンスストアなどへのビジネス展開、ファシリティ・ネットワークでの省エネ制御、小中学校での教育利用などが期待され、実際にいくつかの領域では展開が進んでいる。ビジネスとして展開が進みやすいのもこの領域だと考えられる。以下、事例を2つ紹介する。

倉敷市の例

岡山県の倉敷市では、市の中学校に設置されたデジタル百葉箱から観測されたデータを、市の防災の参考情報として活用している。26 個のセンサが、約 25 km × 25 km の範囲に設置されており（図 2.3）、局所的な雨を逃すことなく観測可能な状況にある。

倉敷市のセンサは、自然災害対策だけではなく、空間局所的なデータ統計を取るためにも活用されている（この成果は大都市での展開において参考となる重要情報である）。雨が降り始めたら、メールで知らせなどの生活密着型のアプリケーションも登場して、成果を挙げている。

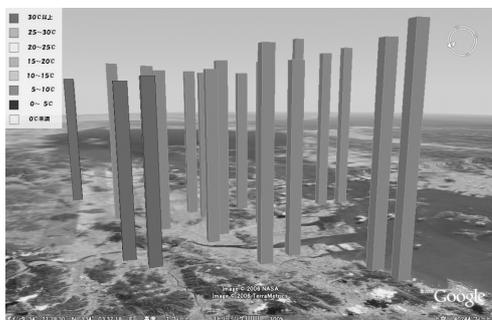


図 2.3. 岡山県倉敷市に設置されたセンサ網

広島市の例

広島市立大学に設置された CO2 センサからは、年間の CO2 濃度の変動が観測された（図 2.4）。このようなデータをグラフ化し、教育の現場で活用しようとする試みが広島大学、広島市立大学を中心に行われている。

今現在、Live E! プロジェクトのセンサはそれほど

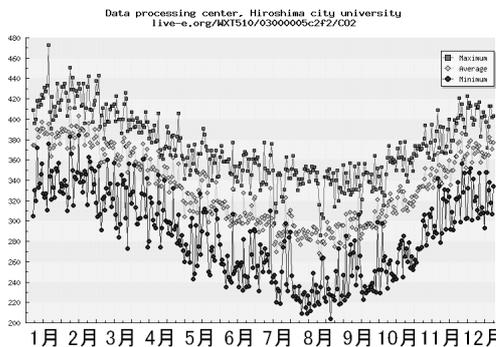


図 2.4. CO2 濃度の年間変動

（広島市立大学 2006 年）

北半球が緑で覆われる夏は、CO2 濃度が低くなり、冬には CO2 濃度が高くなるのが読み取れる

多くはないため、展開されているアプリケーションも限られている。今後、高密度なセンサ情報を利用可能な都市には、多くのアプリケーションが出てくるチャンスがあると考えている。

第 3 章 各活動の内容

3.1 第 3 回 Live E! Workshop in APNG Camp

APNG Camp の中で、Live E! ワークショップのための時間が 3 時間与えられた。ワークショップでは、実物のセンサノード 20 台を用いて、グループ単位で行うチュートリアル形態を取った。参加者約 80 名を、4、5 名で構成される 20 のグループに分けた。

ワークショップ・システムの構成

Live E! のネットワーク（10 台の分散サーバで運用されていた）に、新たに 1 台のサーバを接続し、これをワークショップで利用する Live E! サーバとした。各グループが持つ気象センサは、アジア工科大学の無線 LAN に接続され、センサデータは、IP ネットワークを介して Live E! サーバにアップロードされる構成とした（図 3.1）。気象センサは、Linux（OpenWRT）によりホストされ、SSH ログインして設定を行う仕組みとなっている。

ワークショップの進行

Live E! ワークショップは、次のスケジュールで進化した。

1. Live E! の概要解説
2. チュートリアルの内容解説とセンサ配布
3. チュートリアル
  - （ア）無線ネットワーク接続設定
  - （イ）Live E! データアップロード設定
  - （ウ）アップロードデータの確認と閲覧

参加者は、気象センサに SSH でログインし、アジア工科大学への無線接続設定と、Live E! データアップロード設定を行った。これらの設定は、センサを各国に持ち帰ってから自力でセンサを設置する場合に必要な最低限な内容である。設定内容を極力少なくしたことで、結果的に、20 グループのうち、19 グループが、センサから Live E! サーバにデータを送

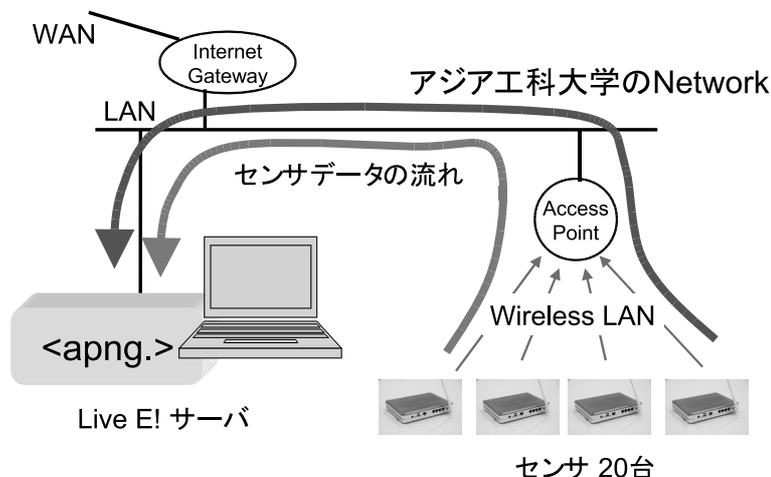


図 3.1. アジア工科大学での Live E! システム構成

ることに成功した。

データの利用に関して、ワークショップでは、Live E! サーバに送られたデータを一覧で表示したり、グラフ表示したりした。またセンサと位置情報を組み合わせ、Google Earth に統合表示する体験も行った。このようにして、広域センサネットワークにおけるデータ収集や利用について簡単なチュートリアルを行い、センサを各国に持ち帰って運用するための基礎を学習した。

### 3.2 台湾の展開

2007年12月の後半、台湾宜蘭大学から Amean Lin 氏が奈良先端科学技術大学院大学を訪問し、WIDE プ

ロジェクトの落合秀也が TWNIC を訪問した。これらの活動の中で、サーバのインストールや設定方法、アルマジロベースのセンサの開発方法などを伝え、現在、TWNIC と宜蘭大学でそれぞれ Live E! サーバを運用している状況となっている。TWNIC では、Vaisala センサ + iLon100 によるデジタル百葉箱を 5 台程度展開し、宜蘭大学は WMR968 + Armadillo によるセンサを民宿などに展開している。

### 3.3 PSU 連携 (第 2 回 Live E! Workshop in ThaiUniNet)

タイの南部に拠点を置く Prince of Songkla University (PSU) 大学は、Sinchai Kamolphiwong 教

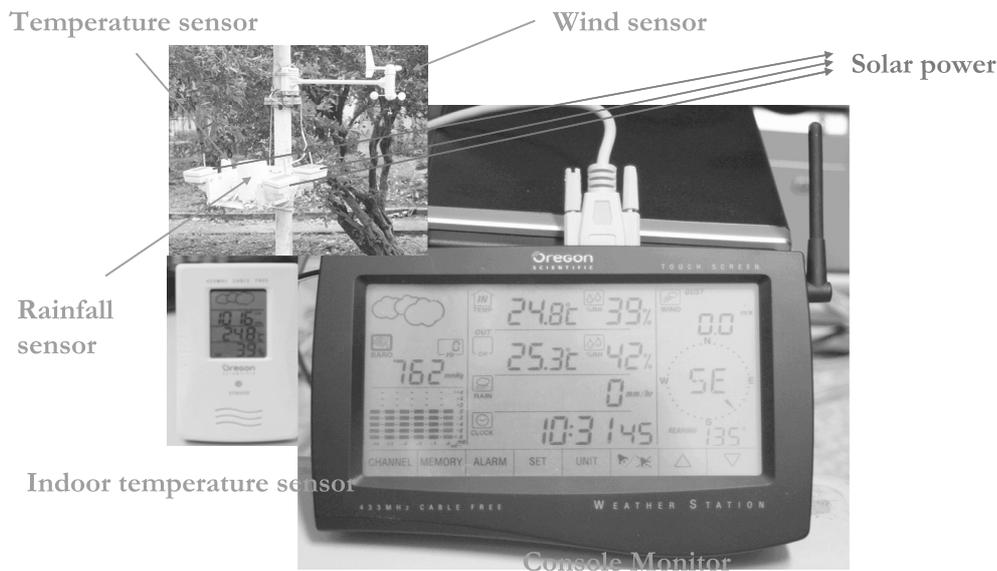


図 3.2. 宜蘭大学でのセンサ (WMR968) 設置の様子



図 3.3. 第 2 回 Live E! ワークショップ (タイ チェンマイ大学にて)

授を中心に、Live E! のサーバ運用・センサ開発および設置を行っている。PSU 大学には、Live E! プロジェクトが始まった当初にセンサ (WM918) が貸し出され、それがきっかけとなり、相互の連携が始まっている。

2008 年 1 月 10 日には、チェンマイで開催された Thai-UniNet に招待され、第 2 回 Live E! ワークショップの開催を行うことができた (図 3.3)。このワークショップにより、タイ北部に位置する Loei Rajabhat University (LRU) でのセンサ設置およびサーバの運用が始まった。

PSU 大学では、現在、Hadyai を中心にサーバの運用、Linksys ルータ + OpenWRT によるセンサ開

発および展開の活動を行っている。

PSU Hadyai の Live E! ページ

<http://live-e.cnr.psu.ac.th/>

PSU Phuket の Live E! ページ

<http://e-live.coe.phuket.psu.ac.th/>

### 3.4 C40 気候変動東京会議

東京都主催で行われた C40 気候変動東京会議 (<http://www.c40tokyo.jp/>) では、世界の大都市から政治家や専門家などを集め、地球環境に関する議論を行った。この中で Live E! プロジェクトは、ブースを構え、パネル展示およびデモンストレーションを行った。このイベントには、(1) 一般関連団体向け



図 3.4. C40 気候変動東京会議での Live E! ブースの様子

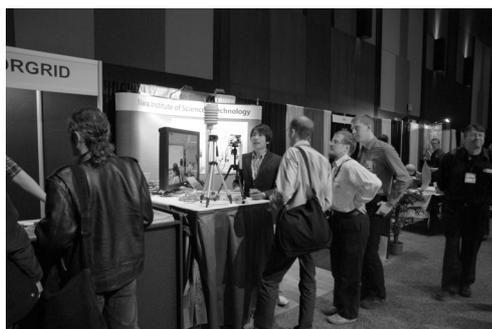
左から東京芸術劇場での一般向け展示、都庁第二庁舎での会議参加者向け展示、レセプション会場での VIP 対象展示

の講演、(2) 専門家の間での議論、(3) レセプションがあり、それぞれ(1) 東京芸術劇場、(2) 東京都庁第二庁舎、(3) 東京都庁南展望台にて行われた。

### 3.5 SC2008

Super Computing 2008 ( SC2008 ) はテキサス州オースティンのコンベンションセンターで11/15-21 (1週間) に渡って開催された。参加者は1万2千人程度であった。全体で337件の展示があり、企業220件、研究展示117件で、内日本の研究展示は26件あった。Live E! は奈良先端科学技術大学院大学、NICTの協力の下、展示研究を行った。センサを会場に持ち込み、気象センサが動作しているところを見てもらいながら、気象センサのデータをインターネットを通して共有するための仕組み、意義、具体的なアプリケーションの説明を行った。また、NICTと協力し、NICTブースで行われた研究紹介の場で、今回の展示内容に関するプレゼンを計2回行った。

参加者の反応は概ね好意的で、フィールドワークを含め社会との関係を考えながらプロジェクトが進行している部分が評価されているようであった。(参加者の) 実生活まで影響が出るほどにプロジェクトが進展するよう期待している、という意見が多く聞かれた。



### 3.6 広域センサネットワークとオーバレイネットワークに関するワークショップ

#### ●ワークショップの開催趣旨

グローバル規模で展開する広域センサネットワークでは常時発生する大量のセンサデータを分散して共有しなくてはならない。そのために規模拡張性、対故障性、サービスの可用性を確保する必要があり、更に、今後のセンサ数増加に対応する必要がある。

上記課題を解決するために、本ワークショップを通じて、広域センサネットワークの実装および運用に携わる研究者とオーバレイネットワーク研究者が集まり、オーバレイ技術が持つ規模拡張性や対故障性などをどのように広域センサネットワークに応用できるか議論し、また、今後の実装や運用計画についても検討する。

#### ●ワークショップの概要

センサネットワークおよびオーバレイネットワークの研究者たちが取り組んでいる研究内容が発表された。発表内容はセンサネットワークの運用から、オーバレイネットワークのアルゴリズム、太陽電池関連の現状や、天体観測まで多岐に渡る。しかし一貫したテーマは分散である。世界中に設置されたセンサ群(気象センサ、太陽電池、望遠鏡など)の全ての詳細を把握し、また全てをコント



図 3.5. Live E! のデモンストレーションおよび会場の様子

図 3.6. ワークショップの様子

ロールするのは非常に困難である。各研究者の研究対象で採られている自立分散の仕組みが、広域センサネットワークの実現に向けてどのように活かされるかが議論された。当日のプログラムは WEB ページを参照のこと ([http://live-e.naist.jp/sensor\\_overlay2008/2/](http://live-e.naist.jp/sensor_overlay2008/2/))

一例として太陽電池を考慮した電力網について記す。太陽電池の導入が進んだ地域では、上りと下りの双方向の電圧を監視し、一定の電圧を保つ必要がある。また、地域全体としては周波数 (50 Hz または 60 Hz) をそろえる必要がある。今まで電力の発生源が発電所だけであり、集中管理が可能であったが、各家庭で分散して発電可能になったことでこういった新たな問題が発生している。

地域ごとに各家庭のノード (太陽電池を管理するマシン) が情報を交換し合っ、局所的な最適解を出し、またそれらを基に電力網全体としてのバランスを保つようなメカニズムが検討されている。気象センサ網など他の対象領域であっても、本質的な課題は非常に良く似ており、いかにして (地理的、時間的、その他属性に基づく) 局所的な解を得て、その解をどのようにして全体で共有するかという点が大きな問題の一つとなる。

この点でオーバーレイ GHC の発表は非常に示唆的であった。コードをオーバーレイ上に流し込むと、分散して存在する CPU などの各種リソースが独立して一部の処理を行い、処理結果を戻し、という工程が繰り返され、最終的にコードを実行して得られる最終結果が提示される。また、オーバーレイ GHC では処理過程での局所性 (近くのノード同士で関連する処理を行うなど) が考慮されており、広域センサネットワークの展開においてもデータの処理手順、共有方法

など応用できる部分があり、学ぶところ大であった。

また、この発表だけでなく、DSMS (Data Stream Management System) の話題がいくつか聞かれた。センサデータを処理する上で、分散ストリームデータ処理機構は今後ますます重要性が高まっていくものと考えられる。

発表 25 分、質疑 25 分という多くの議論時間を確保したが、質疑が時間内に尽きることは無く、非常に活発なワークショップとなった。今後は各人の研究成果を広域センサネットワークの試験の運用に結びつけるために、Live E! ネットワークの活用やオーバーレイ用のテストベッドの構築を進めていく。参加者の多くから第 3 回ワークショップ開催の希望が寄せられた。各人の研究成果の進捗を持ち寄って、2009 年第一四半期に第 3 回ワークショップを開く予定である。

#### • ワークショップ参加人数

10 月 31 日 : 22 名、11 月 01 日 : 20 名

#### • ワークショップ WEB ページ : [http://live-e.naist.jp/sensor\\_overlay2008/2/](http://live-e.naist.jp/sensor_overlay2008/2/)

### 3.7 ORF

Open Research Forum (ORF) は慶應義塾大学 SFC 研究所が主催し、SFC 研究所での研究成果を社会へ還元するために研究成果の発表と産官学連携を目的に毎年開催されている。2008 年度は六本木のアカデミーヒルズで 11/20-22 に渡って開催された。2008 年 4 月に慶應義塾大学メディアデザイン研究科 (KMD) という新たな研究科が新設され、ORF 内の KMD ブースにおいて Live E! の研究展示を行った。センサを会場に設置し、センサが動作しているところや、実際に世界各地に設置されているセンサのデータがインターネットを介して閲覧できるとこ



図 3.7. ORF での展示の様子

ろを見てもらった。それを通じてデータを共有する仕組みや意義、またそのデータを用いたビジネスの可能性などの説明を行った。

参加者は企業の方がほとんどで、共有された情報でのビジネスの可能性や、データを収集、運用するビジネスモデルなどへの質問が多く聞かれた。プロジェクトの主旨についての反応は良好であった。

第 4 章 開発成果

2008 年の開発は、センサに関するものが多くを占めた。以下、マルチセンサ対応スクリプト機構、OpenWRT による安価センサについて解説する。

4.1 マルチセンサ対応スクリプト機構

Live E! では複数種類のセンサが出力するデータを共有している。今後もセンサの種類は増加する予定である。センサは種類に応じてデータ形式やアクセス方式といった仕様が異なる。センサデータを共有しアプリケーションやユーザに提供するためには、それらは統一されている必要がある。そのため Live E! では新たな種類のセンサをシステムに追加する度に、センサからデータを取得し形式を統一するソフトウェアを開発している。

センサを追加する度にソフトウェアを開発するのは非効率である。そこで迅速かつ容易に新たな種類のセンサを追加できるように、マルチセンサ対応スクリプト機構を開発した。本機構の構成を図 4.1 に示す。本機構は各センサに対して記述されたプラグインを読み込むことにより、各センサに対応可能となる。プラグインには各センサの通信手順やデータ

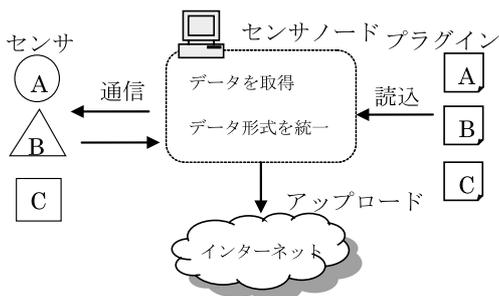


図 4.1. マルチセンサ対応スクリプト機構の構成

形式などのパラメータを XML で記述する。

プラグインのデータ構造を図 4.2 に示す。図 4.2 のプラグインは Vaisala 社製のセンサである WXT510 について記述したものである。プラグインは一つの <IOPort> 要素と複数の <Unit> 要素から成る。<IOPort> 要素の属性として通信方式とポート名を記述する。よって、図 4.2 のプラグインは RS232C を行うことを意味している。<IOPort> 要素の下層ではボーレートやストップビットなど、RS232C 通信のパラメータを指定する。

<Unit> 要素では、通信手順や受信したメッセージの処理方法などを設定する。詳細を図 4.3 に示す。

<Unit> 要素は一つの <Interval> 要素および <Interface> 要素と複数の <Parser> 要素から成る。

```
<Plugin sensor="WXT510" item="ALL" >
  <IOPort type="RS232C" name="/dev/ttyAM0" >
    .....
  </IOPort>
  <Unit name="get temperature,humidity,pressure">
    <!--図 4.3 参照-->
  </Unit>
  <Unit name="get rainfall">
    .....
  </Unit>
```

図 4.2. プラグインのデータ構造

```
<Interval>10</Interval>
<Interface type="interactive">
  <Sender format="ASCII">
  <Command>0R2</Command>
  <Terminal>¥r¥n</Terminal>
  </Sender>
  <Recver format="ASCII">
  <Beginning/>
  <Size/>
  <Terminal>¥r¥n</Terminal>
  </Recver>
</Interface>

<Parser item="temperature">
  <Extract format="ASCII">
  <Marker>Ta</Marker>
  <Distance>3</Distance>
  </Extract>
  <Regularization unit="F" format="float">
  <Multiplier>1.8</Multiplier>
  <Addition>32</Addition>
```

図 4.3. <Unit> 要素内のデータ構造

<Interval> 要素では、センサとの通信間隔を設定する。図 4.3 の例では<Sender>要素内で、ASCII 形式で WXT510 に対して温度、湿度、気圧を要求するコマンド “0R2” とコマンドの終端 “\r\n” を記述している。なお、<Sender> 要素はセンサが読み取り式である場合は設定しなくてよい。<Recver> 要素では、受信するメッセージは ASCII 文字列形式で始端 “0R2”、終端 “\r\n” であることを意味している。また、<Size> 要素を用いることで、固定長データの受信にも対応可能である。

<Parser>要素は、<Extract>要素と<Regularization>要素から成る。<Extract> 要素では受信メッセージの中から任意のデータを抽出するためのパラメータを設定する。図 4.3 の例では ASCII 形式のメッセージ内において、“Ta” から 3 バイトの位置に目的のデータが存在することを意味する。<Regularization> 要素で抽出したデータを任意の形式へ変換するためのパラメータを設定する。変換前のデータを lowdata、変換後のデータを Data とすると変換式は  $Data = lowdata * \langle Multiplier \rangle + \langle Addition \rangle$  となる。図 4.3 では、取得した温度を摂氏から華氏へ変換し、float 型で出力することを意味する。<Parser> 要素は複数記述することが可能であり、単一の出力メッセージ内から複数のデータ項目を抽出し、形式を統一することが可能である。図 4.3 の例では単一メッセージ内にある三つのデータ項目（温度・湿度・気圧）の抽出および正規化を意味している。

マルチセンサ対応スクリプト機構のフローチャートを図 4.4 に示す。以下、図 4.4 のフローチャートに基づいて説明する。まず load\_plugin() ではセンサごとに記述したプラグインを読み込む。configure\_ioport() ではプラグインの <IOPort> 要素で記述された内容を参照し入出力に用いるポートの初期設定を行う。

センサの通信手順が対話式の場合、send\_command() により <sender> 要素で指定した形式でコマンドを送信する。recv\_message() ではプラグインで設定した始端や終端、サイズを参照し、メッセージを受信する。格納されたメッセージ内から目的のデータ項目を extract\_data() で抽出する。最後に regularization() でデータをセンサごとに異なるデータ形式を、任意の単位や形式に統一する。ここで <Parser> 要素が複数記述されている場合、その数だけ図中の①のように処理を繰り返す。また、同様に <Unit> 要素が複数記述されている場合、そ

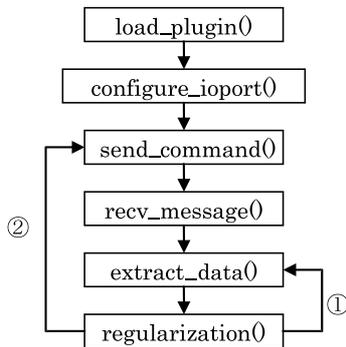


図 4.4. ミドルウェアのフローチャート

の数だけ図中の②のように処理を繰り返す。なお、send\_command() 以下の処理は、<Interval> 要素で設定した間隔で実行される。

開発したマルチセンサ対応スクリプト機構を Armadillo210 へ実装し、動作を確認した。Armadillo-210 は Atmark Techno 社が提供する Linux 対応の小型 CPU ボードである。動作テストの結果、WXT510 をはじめ WM918 や VantagePro2 といったセンサに対して、プラグインを記述するのみでセンサデータを取得し、形式を統一することを確認した。

マルチセンサ対応スクリプト機構の開発により、センサの追加ごとに必要とされていたソフトウェア開発の手間を省くことが可能となる。また、現状では運用を開始した後にセンサを変更する場合や、設定を変更する場合、ソフトウェアを実装し直す必要がある。本機構の開発により読み込むプラグインを変更するのみでこれらに対応できるため、運用コストの削減が期待できる。

#### 4.2 安価な OpenWRT センサ

発展途上国でも自立してセンサを購入し設置し、広域センサネットワークを展開していくためには、次の条件を満足するセンサが必要であった。Live E! プロジェクトは下記の条件を満足するセンサを開発し、APNG Camp にて( 3.1. 第 3 回 Live E! Workshop in APNG Camp を参照 )このセンサを 19 台、配布した。

- 安価であること ( 200 USD 程度 )
- 初体験者でも簡単にセットアップできること
- 発展的な内容に踏み込みやすいこと

#### センサノードの構成

図 4.5 に、センサの全体構成を示す。センサ本体と

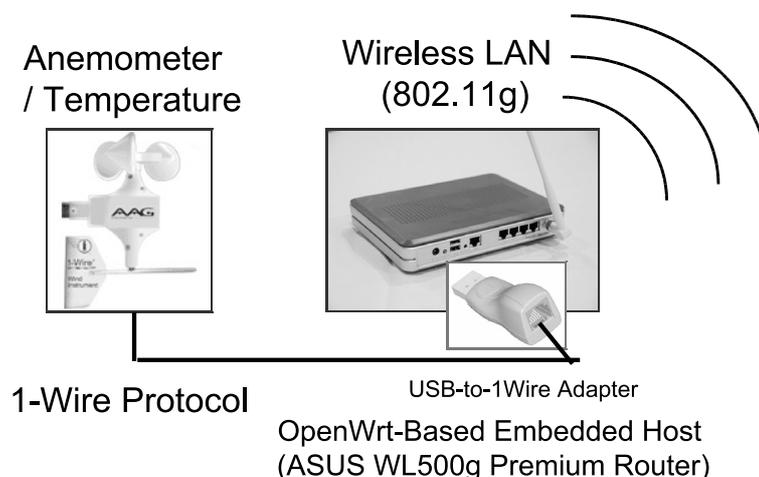


図 4.5. AAG + OpenWRT センサノード

無線ネットワークホストで構成され、センサが観測した温度/風向/風速のデータを、インターネット経由で Live E! サーバに送り届けることができる。センサは、AAG electronica (<http://www.aagelectronica.com/>) の TAI8515 1-Wire Weather Instrument Kit (約 1 万円) を使い、無線ネットワークホストのハードウェアには、ASUS 社の商用無線 LAN ルータ (WL500G Premium : 約 1 万円) を用いた。無線 LAN ルータは、5 個の Ethernet インタフェース、1 個の 802.11g 無線 LAN インタフェース、2 ポートの USB インタフェースが搭載されている。OpenWRT Linux ファームウェアを移植することが可能で、ここに、センサから読み出したデータを Live E! サーバへアップロードするソフトウェア OWW (<http://oww.sourceforge.net/>) を搭載した。

こうして組み上げられたセンサは、安価 (約 2 万円) であり、Linux なので発展的な内容につながりやすい。また、予めソフトウェアをインストールしておき、マニュアルを充実させることで、初体験者でも簡単にセットアップできる物になった (APNG Camp でのワークショップでは、20 台中 19 台がセットアップに成功した)。

と関連したワークショップも開催された。昨年に開発した分散運用型システムのテスト期間という位置づけであり、オーバーレイネットワーク部分の新規開発は来年に持ち越されている。2008 年の開発は、センサに関するものが主で、マルチセンサ対応スクリプト機構や、OpenWRT を用いた安価なセンサの実装が行われた。

2009 年は、国際的な展開を引き続き行っていくとともに、集中的な展開も行う予定である。国際的な展開は、経験値の多様性を生み出すことを狙っていたのに対し、集中的な展開は、高密度なセンサ情報プラットフォームを実現させ、結果として、その上で動くアプリケーションの開発に役立つものになると考えている。

今後の技術開発および実験としては下記を考えている。

- ネットワーク内での分散データ処理 (In-Network Data Aggregation)
- ネットワークが無い場所へセンサを展開するための Delay Tolerant Network 技術
- データ読み出しインタフェースのスキーム変更 : Remote Procedure Call 型から File Open 型への変更
- 大規模分散環境 (600 台規模) での動作検証・ポトルネック調査

---

## 第 5 章 まとめ

---

2008 年は、センサ展開およびサーバ展開を国際的に行った年であった。オーバーレイネットワーク技術