

D-08

# 取得データ連携手法の最適化とフィードバックに関する研究

## —センサーネットワークを用いたCO<sub>2</sub>環境測定とシステム構築—

Study of Sharing and utilization of data and feedback

-CO2 sensor network for environment measurement and system construction-

大野 誠士†  
Satoshi Ohno

大西 克実†  
Katsumi Onishi

中野 秀男†  
Hideo Nakano

### 1. はじめに

現在までの ICT の発展から我々は多くのものを享受している。これから先もユビキタスからアンビエントへ向かって更に発展し続けていくことは容易に推測される。我々の生活は常に情報に満たされ、情報に囲まれた生活スタイルに変化してきたといえるであろう。

総務省は、「流通情報量」を電話網による音声伝送、インターネットによるブログ記事伝送、放送電波による番組伝送、郵便ネットワークによる郵便物配達、書店を通じた書籍販売などメディアを通じて情報受信点まで届いた情報の総量を「流通情報量」と定義している。2008年度では 7.12 ゼタビットで前年度より 19.5%の増加となっている。(うちインターネットは 22.2%)

それに対し、情報の消費者が受信した情報を実際に認知した量を「消費情報量」と定義されている。流通情報量に比べて 4 桁小さくなり、対前年伸び率も 6.0%にとどまっている。<sup>1</sup> (うちインターネット 55.6%と突出)

他メディアが減少、マイナス傾向にあるのに比べインターネットは流通情報量・消費情報量ともにその伸びが顕著であり、今後もその傾向が持続されていくことは間違いないと推測される。

本稿では、今後も変化し続ける情報環境の中において ICT が効率と利便性を両立させながらさらに発展し、あるべき姿を実現していくために「情報の流れ」に観点をおいて考察していく。

### 2. インターネット上の情報流通の課題

流通情報量と消費情報量の対比からもわかるように、現状のインターネットは情報過多傾向であるともいえる。「ネットから情報を得る事はナイアガラの滝の下でコップを構えるようなものだ」と例えられることもあるが、滝の上の水量は現在も加速度的に増加し続けていく。感覚的にわかり易く例えると、我々が普段使っているパソコンなどが良い例である。十数年前ではハードディスクの標準的単位は MB (メガバイト) であったが今現在では既に GB (ギガバイト) を飛び越え TB (テラバイト) へと到達している。PB (ペタバイト) ハードディスク搭載パソコンも近いうちに一般的となるであろう。これは製

造技術やコストによるものではなく、ユーザ側の要求、使用用途によるものに他ならない。単純な利便性の追求は必然的にこのようなカタチとなる。また、ストレージの大容量化とともに近年のブロードバンド化によって高速大容量通信も可能となってきたが、このことも流通情報量と消費情報量の格差に少なからず関係しているであろう。

このようなインターネットに代表される現在の ICT 環境においては、膨大な量の情報から有用な情報をいかに有効に活用していくか、単発の情報でなく一連の情報、継続可能な情報をいかにして創出していくかが今後の重要な課題のひとつである。

### 3. データ連携とフィードバック

#### 3.1 データ連携とフィードバックの意義

効率的なデータ連携は利便性向上に繋がることになる。膨大な流通情報の中からノイズを除外し有用な情報を取得・活用していくためには、何らかのかたちでデータが連携される、あるいは結びつけるための仕組みが準備されていることが望ましい。そのためには、情報の洪水や氾濫を引き起こす様々な林立したシステムでなく、情報を収斂し「情報エコ」を推進できるようなシステムの開発とその標準化が期待される。

データ連携やデータとシステム間の有機的な結びつきの先に期待されるものがデータのフィードバックである。システムにおけるフィードバックとは、システムからの出力に何らかの変化を加えた後システムへの入力に用い、そのサイクルを循環させることである。本稿でのフィードバックとは単に無人化や自動化の促進を意味するものではなく、効果的な場面においては人が介在するものを指す。

#### 3.2 センサーネットワークの近況

近年のセンサーネットワークは、センサー自身の小型化と低価格化、ネットワークインフラの充実などによってその可能性がさらに大きく拡がりつつある技術である。これからアンビエントな情報化社会へ向かうであろうといわれる現在、既に一部では始まっているが、必要とされる電子機器類にはすべて IP アドレスが割り当てられ、それぞれが相互に会話するようになるといわれている。このような環境下においてセンサーネットワークの活用

†大阪市立大学大学院創造都市研究科  
Graduate School for Creative Cities, Osaka-City University

範囲は非常に広域にわたる。また、このネットワークは、情報の連携とフィードバックを考えるうえでも応用実現性が非常に高いといえる。

本研究では現在、環境問題となっている CO2 排出削減への取り組みに係わるデータ連携とフィードバックに、このセンサーネットワークの応用が効果的であると考え取り組むこととした。



図2. 最小ノード構成  
(CO2センサーネットワーク)

## 4. システム概要

### 4.1 システム構築の背景

今回のシステム構築にあたっては、地球温暖化などの諸問題への対応として 省エネルギー法が 2010 年改正・施行されたことがその背景にある。それによりビル・建物管理事業者はより高度かつ厳密なエネルギー管理が要求されるようになる。この省エネ法への従来型対応での問題点としては、大型測定機を用いて単に CO<sub>2</sub> 濃度や数字を測定し役所へ報告するだけという本来の目的とはかけ離れ形骸化しがちであるということが挙げられる。また測定設備置以前の問題として、老朽化したビルや建築構造上の理由や設置コストの面から測定が困難となる場合も多い。そのため今後排出量削減に向けた新たな施策が必要となっている。

従来型計測と本システムの大きな違いは、大がかりな工事・施工が不要であることと、無線のセンサーネットワークを構築して対応することがあげられる。

「CO<sub>2</sub> を測定する」ことを目的とする本システムの中にも、取得データの有効活用という面で本稿のテーマである「データ連携とフィードバック」は深く関係しているといえる。ここでは情報流通の抱える課題解決へのひとつのモデルケースとして、このセンサーネットワーク技術を用いて収集されるデータを対象とする。

### 4.2 システム構成

本システム構築にあたっては、まず取得データを有効活用するための考え方として以下の3点を前提とする。

- 1.必要な情報は占有せず共有できること
- 2.情報からあらたな情報を創出できること
- 3.有効な資源を利活用できること

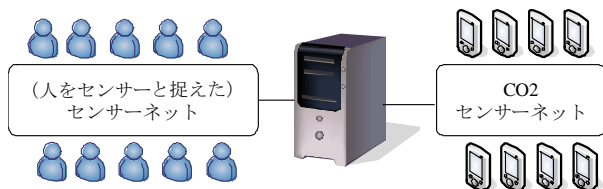


図1.システム概念図

本システムは、システム概念図(図1)のように「CO<sub>2</sub>センサーネットワーク」と「(人をセンサーと捉えた)ネットワーク」から構成され、性格の違うこのふたつのネットワークが連携、協調動作することを実現させる。

CO<sub>2</sub>センサーネットワークにおける最小単位であるノードの構成を図2に示す。

CO<sub>2</sub>センサーデバイスにはスウェーデンの SenseAir 社製 aSENSE<sup>2</sup>を採用した。このセンサーは小型低価格で省電力設計されており、CO<sub>2</sub>の他に気温も測定する。これを制御するコンピュータには、ここではノートPCを使用する。ノートPCからは無線通信で他ノードとのアドホック環境を構築する。ノートPCでの制御部分は今後のシステム改修時に小型でLinux搭載の組込みコンピュータ「armadillo」へ変更することも検討する。

このノードを複数箇所に散在させCO<sub>2</sub>センサーネットワークが別途構成されている。このネットワークは、あるノードが故障している場合にはそこを迂回し別ノードとの通信を行う機能を持ち、アドホックモードによる構成のネットワークとなっている。各ノードより取得されたデータはサーバ上のデータベースに集積・蓄積される。

次に「人をセンサーと捉えたセンサーネットワーク」の最小単位であるノード構成を図3に示す。

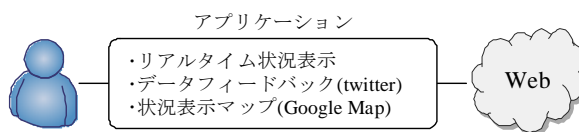


図3. 最小ノード構成  
(人をセンサーと捉えたセンサーネットワーク)

CO<sub>2</sub>センサーネットワークでは、aSENSE というデバイスがセンサーであったが、この「人をセンサーと捉えたネットワーク」では文字通り「人」をセンサーであるとする。ここでは、まずCO<sub>2</sub>センサーネットワークから得られた情報を取得し、それに対する付加情報をセンシング対象とする。付加情報とはCO<sub>2</sub>測定情報に対する二次的要因や、あるいはセンサーを制御する指示情報などである。それを行うために複数の「連携」アプリケーションを用意し、それを介してWebでサーバと通信する構成となっている。

「連携」アプリケーションとして以下を稼働させる。

- a).リアルタイム状況表示アプリケーション
- b).データフィードバックアプリケーション(twitter)
- c).状況表示マッププログラム(Google-Map)
- d).Live-E!へのデータ配信アプリケーション

### 4.3 取得データの連携アプリケーション

取得データの連携アプリケーションは、「CO<sub>2</sub>センサーネットワーク」で取得された情報を「人をセンサーと捉えたセンサーネットワーク」に向けて発信する。

リアルタイム状況表示アプリケーションでは、取得データを Web 上に公開し、各地点（ノード）の気温、CO2 測定状況をグラフィカルにリアルタイム表示させることでユーザーに対して環境への配慮と省エネルギーへの喚起を促すツールとしての役割を持たせる。表示内容は外部パラメータにより変化させる機能を有し、後述の twitter-API と連携する。

本システムでは、現時点で公開されている web サービスに対する API の中から特に利用頻度の高い「twitter」と「Google-Map」とのマッシュアップを試みている。

twitter-API を利用したアプリケーションでは、まず単純な動作として各ノードの測定状況を API (statuses/update) で twitter ヘツイット（発信）させる。（図 4）ここでは、まだ通常の利用形態に留まる。

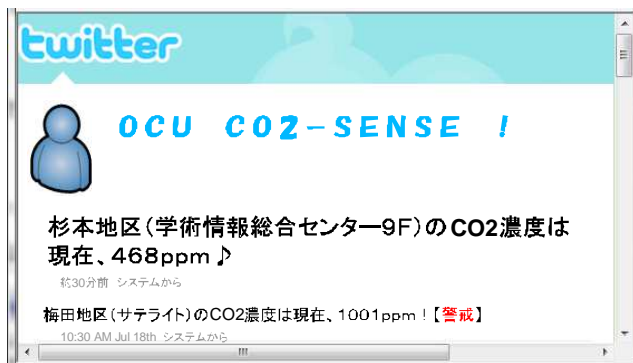


図 4.twitter API での表示

つぎに、API (Statuses/mentions, search) で元となったツイットへのリプライを取得し、特定語句を検索する。その中から条件に合致した語句をパラメータとして前述のリアルタイム状況表示アプリケーションへ連携する。例えば、ノード A の状況ツイットに対してその近隣にいる人が「天候、湿度、人の混雑状況（人数）」などといった二次的要因となりうるデータをリプライすれば API アプリケーションで受け取り、元の CO2 濃度、気温のデータベースへ追加する。そしてその情報を反映してリアルタイムにグラフィカル表示を行う。ここでの動作が、人をセンサーとした情報のセンシングのひとつであり、データフィードバックである。

もうひとつのマッシュアップとして、Google-Map API を使用したアプリケーションがある。（図 5）

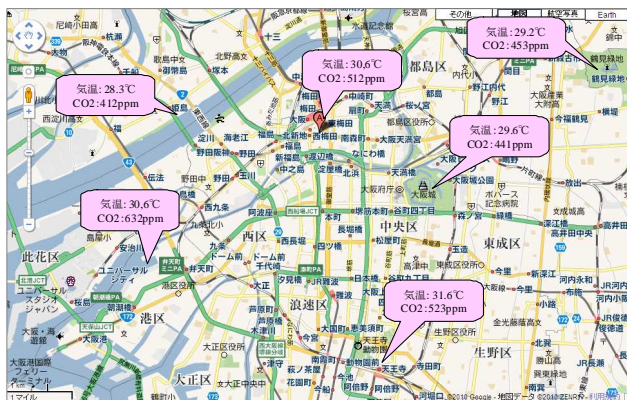


図 5.Google Map API でのマッシュアップ

このインターフェースでは各地点（ノード）の測定状況を前述の twitter と同期をとり地図上にマーカーでポップアップ表示させる。このアプリケーションを利用中のユーザーは、自分のいる現在地点や住居、職場付近の CO2 状況をより感覚的に知ることができる。ポップアップされているノードが自分の現在位置近隣であれば twitter へさらにリプライし、パラメータをエントリーすることでフィードバックが可能な仕組みとしている。これらのデータの流れとフィードバックを図 6 に示す。

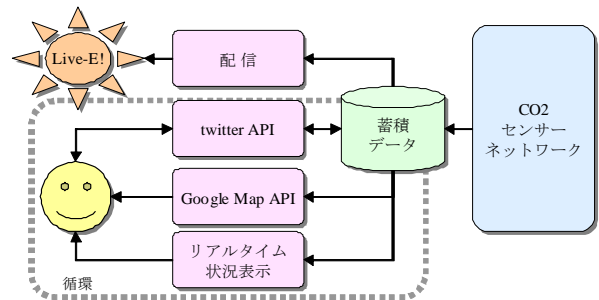


図 6.データの流れとフィードバック

以上のアプリケーションにより取得データは、ただ見るだけの利用法でなく、取得と発信、有機的な連携を実現させることができる。また、取得データの共有化と利活用という側面からは、Live-E!<sup>3</sup>への参加とデータ提供を行う。

## 5. 実験について

### 5.1 実験方法

現在、本学杉本キャンパスの学術情報総合センターにおいて実験環境を構築し、試験運用稼働中である。フロア内複数箇所に CO2 センサーノードを配置して実験室に設置したサーバへデータを蓄積し、各アプリケーションを稼働させている。非常に小規模なネットワーク環境ではあるが基本概念の確認と検証という範囲において不足はないと認識している。次フェーズの実験としては、実際に講義が行われている教室で、室内人数をカウントしながらデータを取得し、CO2 と気温、その他 2 次的要因との相関性を分析する実験を計画している。また、各局面においてアプリケーションの評価と改修を継続して実施し完成度の向上を図っていく。

### 5.2 期待される効果

本システムにより期待される効果として、リアルタイムでの状況表示アプリケーションと Google-Map API アプリケーションにより、CO2 排出など環境へ関心を高める効果が期待できる。そのためには、より多くのユーザーに利用されることもポイントとなる。この点で現在国内 400 万ユーザーといわれる twitter の効果が期待される。

また取得されたデータの応用では、無加工の生データを常に蓄積し続けている部分だけでも、環境的側面の研究に利用されることは現実的であり、さらには Live-E! および他のプロジェクトへの積極的参加も可能である。

省エネ法対策としてはビル管理者、オーナーへ向けた商用利用への展開も期待でき、アプリケーションのグラフィカルな状況表示機能は、テナント獲得時などのツールとしての活用も大いに期待することができる。

その他には、別ネットワークの機器類（この場合はCO2センサー）を制御可能な点で、ファシリティオートメーションやスマートグリッド等への応用も可能であると考える。

### 5.3 課題と問題点

本システムの通信インフラであるセンサーネットワーク分野においては、末端ノードであるセンサーの寿命と電源供給が継続した課題となっており、現在も研究開発が行われている。また、人をセンサーと捉えた場合のセンサーネットワークでの情報の正確性（デジタル化が困難な部分）や応用範囲については、認知情報学、認知心理学など広い学術領域に跨った考察が必要である。

何れの課題を解決、克服しても複数の類似システムが林立しては本末転倒であるので、システムの統一と標準化が基本となることを忘れてはならない。

## 6. おわりに

今後の ICT の発展と我々の生活環境の変化、利便性向上には大いに期待したい。とりわけインターネット環境の変貌への期待は大きい。5年後、10年後のその姿を正確に予測することは困難なほどである。進化進展が急速であればあるほど、冒頭で述べたような「置き去りにされる課題」が生み出され易い現実が伴う。本稿では CO2 センサーネットワークを応用した課題解決策を提案してきたが、今後は環境の変化に敏感に反応し、他ネットワークや有用なアプリケーションとのマッシュアップで可能性を拡げることも検討したい。ただしその場合でも、単なる流通情報量を増加させるだけの「情報過多システム」となることなく、基本概念である「データ連携とフィードバック」をベースとした「情報エコを推進システム」となる研究を継続していきたいと考える。

### 参考文献

- [1] 我が国の情報流通量の指標体系と計量手法に関する報告書（総務省,2010-07）
- [2] SenseAir 社 aSENSE  
<http://www.senseair.se/includes/products/asense.php>  
(2010-07)
- [3] Live E! ～活きた地球の環境情報～  
<http://www.live-e.org/index.html> (2010-07 確認)