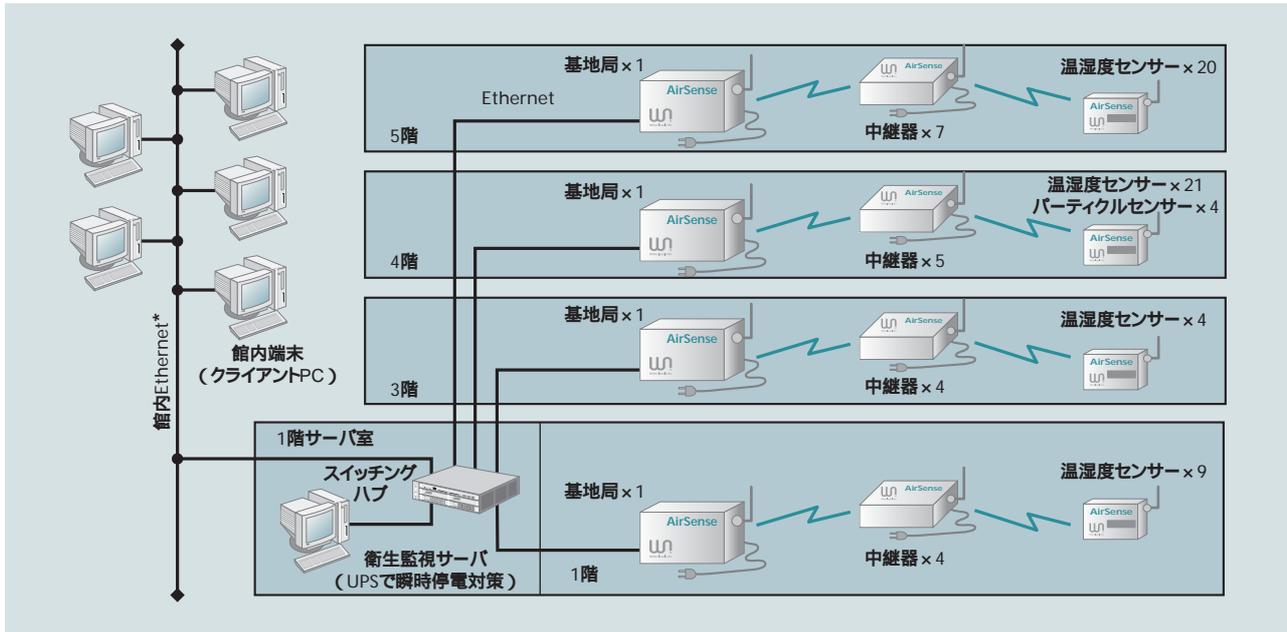


# 現場情報を価値につなげるセンサネット

Sensor Network Converting Field Data into Users' Value

小高 俊之 Toshiyuki Odaka  
鈴木 昭二 Shoji Suzuki

室 啓朗 Keiro Muro  
西澤 格 Itaru Nishizawa



注:略語説明は(UPS: Uninterruptible Power Supply:無停電電源装置)  
\* Ethernetは,米国Xerox Corp.の登録商標である。

図1 食品関連施設向け「無線環境モニタリングシステム」のシステム構成(株式会社グレーブストーン浦和工場の例)

サーバ装置,および,無線ネットワークとのゲートウェイ機能を持つ基地局が,既設有線ネットワーク(Ethernet)に接続され,中継器と,現場に設置された温度湿度センサーやパーティクルセンサーが無線ネットワークで接続されている。管理者は,館内端末を介して施設内すべての測定点における最新データおよび履歴データを閲覧可能である。

センサネットは現場のデータをあまねく取得して可視化する技術であり,幅広い分野で安全・安心・快適につながる新たな価値の創出が期待されている。日立製作所は,株式会社竹中工務店と共同で,センサネットを応用した食品工場向けの「無線環境モニタリングシステム」を開発した。このシステムは,洋菓子の製造・販売を手がける株式会社グレーブストーンの新工場で採用され,2006年10月から温度・湿度・空気中の微粒子数を測定し続けている。これは,日立製作所のセンサネット事業における商用化の第1弾である。

今回のシステムは,環境データの監視および記録による生産施設での安全確保および品質管理という目的であるが,センサネットを絶え間ない大量のデータを扱うユビキタス連携基盤に統合することにより,コンビニエンスストア,ファストフード店,スーパーマーケットなど広域に展開する流通分野で,各店舗の省エネルギーから顧客消費動向を集めたリアルタイム経営まで実現する「神経網」へと発展するポテンシャルを持っている。

## 1.はじめに

インターネットや携帯電話が過去10年,われわれの生活を変えてきたが,この先10年を大きく変えるキー技術はセンサネットである<sup>1)</sup>。センサー自体は,主に産業系の監視・制御の現場ですでに十分活用されているが,ここで言うセンサネットとは現実世界のデータをあまねく取得して可視化する技術である。さらに,現場の大量のデータを効率よくITシステムに取り込むユビキタス連携基盤と統合させることにより,社会や生活の価値を高められる技術でもある。

ここでは,実業で使われ始めたセンサネットの適用事例(図1参照)と,今後の発展を加速するための,日立製作所における技術開発の取り組みの一部について述べる。

## 2.日立製作所が提案するセンサネット

### 2.1 センサネットとは

一般的に,センサネットとは,現場における人・モノ・環境の状態を可視化する技術である。近年各国で研究開発が盛ん

となり、安全・安心・快適なユビキタス情報社会の実現に向けて、さまざまな分野での適用が試みられている。主に無線通信技術、低消費電力化技術、小型化技術の進展により、センサーの設置の自由度が大幅に高まっている。ここでのセンサーは図2に示すようなセンサノード(無線機能、センサー、マイコン、電源が主な構成要素)に相当し、これが図1に示すように無線ネットワークで多数接続され、センサネットを形成している。

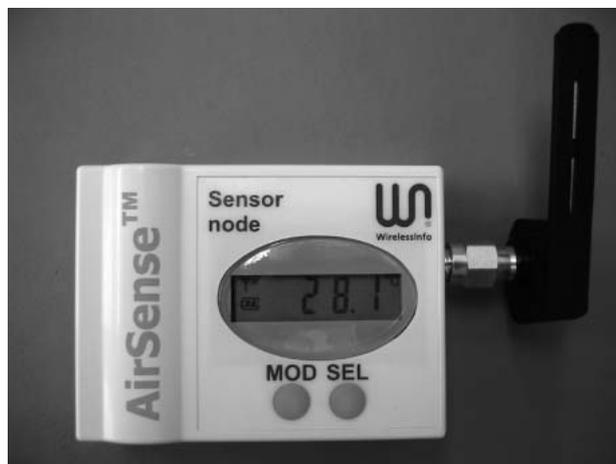
昨今、センサネットが実業で使われ始め、従来にない時間的・空間的に網羅された現場データが蓄積され始めた。日立製作所としては、今後のセンサネットは、蓄積された大量のデータを可視化・分析することによって現場データの価値を高め、それを現場で活用するための技術とらえている。すなわち、今後10年の変革期において、ユビキタス情報社会の原動力の一つになると位置づけている。

## 2.2 センサネット情報システム「日立AirSense」

日立製作所は、ユビキタス情報社会に向けて、2002年ごろからセンサネットの研究を開始し、2005年には「日立AirSense」(以下、AirSenseと言う。)としてトライアルキットを製品化した。翌2006年には、商用化に向けたポータブル型センサノード(図2参照)と、PC上で動作するセンサネットワーク統合管理ソフトウェア「AirSenseWare」を製品化し、お客様にセンサネット情報システムとして提供し始めた。

## 2.3 AirSenseの特長

AirSenseの最大の特長はデータ収集の高信頼性である。図2のセンサノードは不揮発性メモリを内蔵しており、メモリ容量の範囲で観測データのバックアップが可能である。例えば、マ



注:\* ZigBeeは、Koninklijke Philips Electronics N.V.の登録商標である。

図2 AirSenseポータブルセンサノード

高精度温湿度センサ・3軸加速度センサを内蔵している。省電力の無線方式であるZigBee<sup>®</sup>を採用し、屋内での通信距離は約30 mである。市販のリチウム電池(CR123A)を使い110分ごとに温湿度を測定した場合、約4年間電池交換不要である。

ルチホップを含む無線通信伝播(ば)品質の一時的な劣化や不慮の停電、あるいは計画的な停電により、サーバサイドで一時的にデータ欠損が生じたとしても、復旧後にサーバ主導の「データ一括再送制御」の働きで欠損部分をセンサノードからまとめて短時間に回収し、最終的にデータ収集率100%を維持し続ける。

ある屋内の実環境において2か月間にわたる測定データの送信失敗の頻度分布を図3に示す。いずれの送信失敗も最終的なデータ回収率では100%を確認することができた。

## 3 .AirSenseの導入事例

### 3.1 食品工場向け無線環境モニタリング

株式会社竹中工務店との共同開発により、AirSenseをベー

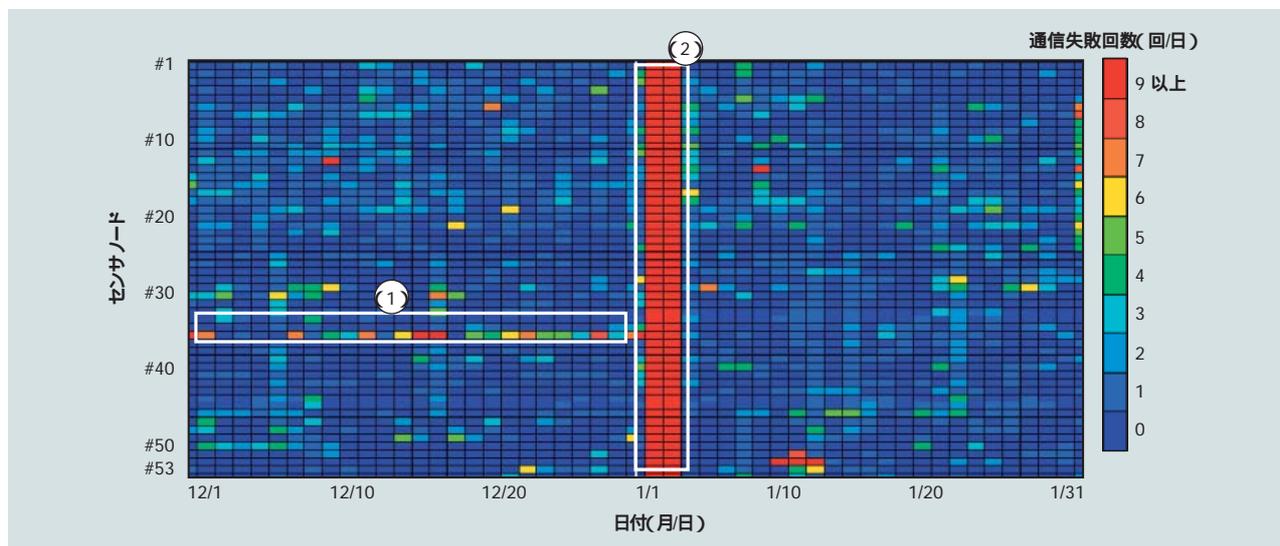


図3 実環境での無線データ通信品質

(1)は、ある特定のノードの通信品質が悪いことを、(2)は、休みの間サーバ停止期間中はデータ回収を一時停止することをそれぞれ示している。(1)、(2)いずれの場合も、最終的に全データの回収を完了する。(データ提供:株式会社グレーストーン)

ストした食品関連施設向けの「無線環境モニタリングシステム」を製品化した(図1参照)。このシステムは、「東京ばな奈」などの洋菓子の製造・販売を手がける株式会社グレーストーンの浦和工場に採用され、第1号商用案件として2006年10月から本稼働を開始している<sup>3)</sup>。

### 3.2 衛生管理のための主な機能

無線環境モニタリングシステムの主な機能は、次のとおりである。

#### (1) 温度、湿度、パーティクル数の測定および監視

食品工場ではHACCP(Hazard Analysis and Critical Control Point:食品製造工程上で危害要因を分析し、安全確保のために必須な部分を監視する管理手法)対応は必須であり、品質の維持管理のために製造・保管工程での環境データの監視が必要である。冷凍庫、冷蔵庫、作業部屋ごとに温湿度を10分間隔で測定し、その値が設定した許容範囲から逸脱した場合は、アラームを表示する機能がある。また、パーティクル数(空中の浮遊微粒子数)も10分ごとにモニタし、衛生面の安全確保のための監視も行っている。

#### (2) 日報の自動作成

衛生管理業務の一環として、工程ごとや製品ごとに蓄積した環境データ(温度、湿度、パーティクル数)から日報を自動作成する。これにより、管理者は適宜衛生環境が正常であったことを確認できる。また、万一製造した食品で事故が発生した場合でも、その食品を製造した工程の環境データを確認し、状況によっては原因解明のために直ちにその調査・分析もできる。環境データの証跡性を高めるためには、絶え間なく観測される環境データを欠損なく収集できることが必要であり、前述のデータ収集の高信頼性が大きく貢献している。

#### (3) 環境データのマップ表示、グラフ表示

環境データは、館内端末の画面上で施設のフロア図上にマッピングして可視化したり、1時間、1日、1週間単位のトレンドグラフとして可視化したりすることが可能である。例えば、工場の施設管理責任者が自席の端末から環境データをリアルタイムに確認することができる。

### 3.3 センサネット導入の効果

センサーの無線化により、製造現場のレイアウトや製造ラインの変更にも柔軟に対応できる。今後、季節や流行によって製造する品物に変更されると、環境データの測定点を変更することもあり得る。無線インフラ(無線通信のアクセスポイントとなる基地局や中継器)をいったん設置してしまえば、測定点(センサノード)の移動や追加が容易である。これは有線センサーでは対応が困難であった。

## 4. センサネットの今後の展開

### 4.1 今後10年の変革に向けた技術開発の取り組み

例えば、前述した食品工場の例では、製造工程における長期間の環境データが、衛生管理上正常であった事実を確実に記録し、蓄積することが価値につながっている。今後10年でセンサネットによる価値をさらに増やすために、日立製作所は、例えば以下の項目の実現をめざした技術開発に取り組んでいる。

#### (1) 長期間の高頻度測定

加速度データや音声(音)のデータには、現場の状況に関する有用な情報がふんだんに含まれていると思われる。しかし、温度などに比べて時間変化が大きく、必要となるサンプリング周波数も1 Hz未満から1 kHzまで3けた以上大きくなることから、電池駆動のセンサノードで継続的に観測するためには、さらなる低消費電力化が課題となる。

#### (2) 蓄積された事実からの価値の発見(データ解析)

現時点でも事実を示すデータが欠損なく蓄積され続け、その量は際限なく増え続けている。こうしたデータについて、例えば時間的および空間的な変化の傾向を解析することにより、これまで気付かなかったさまざまな価値を新たに発見できる可能性が高い。これを継続的に実現するためには、目的と観測データに応じた解析手段の見極めや、特徴パラメータの抽出におけるノウハウ蓄積が必要である。

#### (3) データのリアルタイム処理(予測・制御)

データ解析により、これまで気づいていなかった事実が発見できれば、それをリアルタイムな予測、さらには予兆をとらえた段階でのプロアクティブな制御に発展できる。そのとき大量の現場データをいかに効率よく処理するかが課題となる。次節では、関連するストリームデータ処理の事例を紹介する。

#### (4) コピキタス連携基盤への統合

現場データを価値につなげるためには、センサーやRFID(Radio-Frequency Identification)タグに代表される多種・大量のコピキタスデータをリアルタイムに業務システムに取り込み、ビジネスニーズに応じて即時かつ柔軟に処理する必要がある。日立製作所は、このためのコピキタス連携基盤をUAF(Ubiquitous Access Framework)と定義し、事業部や研究所でその具現化に取り組んでいる<sup>4)</sup>。センサネットやストリームデータ処理もUAFの構成要素である。

### 4.2 ストリームデータ処理技術

日立製作所は、センサネットとも連携してデータ解析をリアルタイムに実現できるストリームデータ処理技術を開発した。ストリームデータ処理では、センサーやRFIDタグから絶え間なく到来する大量のデータをオンメモリでリアルタイム処理し、ある時間幅のデータから傾向を解析できる。また、処理内容はシ

システム稼働時に自由に変更、修正でき、システム構築、メンテナンスコストを大幅に削減できる。

ストリームデータ処理技術を適用した一例として、構築したスマートシェルフシステムの模式図を図4に示す。スマートシェルフとは、RFIDタグリーダとアンテナを備えた店舗向け商品陳列棚であり、RFIDタグの付いた商品の在庫および移動状況をリアルタイムに検知することができる。例えば、来店客が商品を手に取った瞬間にRFIDタグを読み取り、商品説明、お薦め情報などを客用ディスプレイに表示する。同時に、店員用ディスプレイには、その時点で来店客が手に取っている商品群の特徴を来店客の興味情報として表示し、店員による来店客への適切なアドバイスを支援する。これらにより、来店客に対して購買喚起を促し、販売促進効果が期待できる。

さらに、来店客が棚のどの位置のどの商品を、どれくらいの時間手に取ったかなどの現場データは必要に応じてバックエンドのデータベースにも蓄積でき、頻繁に顧客に手に取られる場所や商品、頻繁に手に取られているにも関わらず売れ行きが好ましくない商品の抽出など、販売、購買などの各種分析に利用できる。

## 5. おわりに

ここでは、実業で稼働し始めたセンサネットの適用事例と、今後の発展を踏まえた日立製作所の技術開発の取り組みの一部について述べた。

日立製作所は、今後も、センサネットやRFIDによって現場の情報を収集し、データ解析・活用によりユーザー価値につなげ、ユビキタス情報社会の実現に向けた取り組みを推進する。

### 執筆者紹介



**小高 俊之**  
1991年日立製作所入社、中央研究所 情報システム研究センタ センサネット戦略プロジェクト 所属  
現在、センサネットシステムの研究開発に従事  
IEEE会員、情報処理学会会員



**鈴木 昭二**  
1989年日立製作所入社、ワイヤレスインフォベンチャーカンパニー センサネット事業開発部 所属  
現在、センサネットシステムの製品開発に従事  
電子情報通信学会、情報処理学会会員

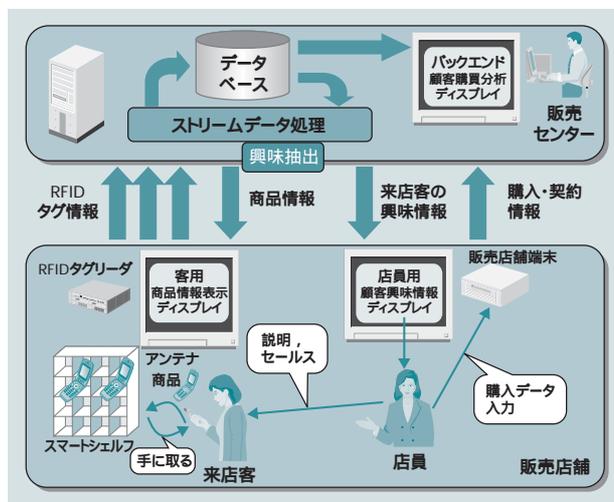


図4 スマートシェルフシステム

商品陳列棚を模擬したシステムの模式図を示す。来店客が商品を手に取ると、店員は来店客の興味をリアルタイムに把握することができる。

そこで技術開発とともに欠かせないのが、さまざまな現場の多種・大量のデータ、すなわち宝の山を潜在的に抱えているパートナー企業やお客様との協創活動であると確信している。

センサネット適用要件検討および本稿を執筆するにあたり、株式会社竹中工務店、株式会社グレープストーンの関係各位にご意見、ご指導を賜った。ここに深く感謝の意を表する。

### 参考文献など

- 1) 矢野:センサはWebを超える, 情報処理学会誌, Vol.48, No. X (2007.2)
- 2) 日立ワイヤレスインフォベンチャーカンパニー,  
<http://www.hitachi.co.jp/wirelessinfo/airsense/>
- 3) 竹中工務店ニュースリリース,  
[http://www.takenaka.co.jp/news/pr0702/m0702\\_01.html](http://www.takenaka.co.jp/news/pr0702/m0702_01.html)
- 4) 佐野, 外:RFIDタグ応用ソリューションを支えるユビキタス連携基盤, 日立評論, 88, 7, 574~577 (2006.7)



**室 啓朗**  
1993年日立製作所入社、中央研究所 情報システム研究センタ センサネット戦略プロジェクト 所属  
現在、センサネットシステムの研究開発に従事  
情報処理学会会員



**西澤 格**  
1996年日立製作所入社、中央研究所 情報システム研究センタ プラットホームシステム研究部 所属  
現在、データ管理ミドルウェアの研究開発に従事  
工学博士  
ACM会員、情報処理学会会員