

## プラント用センサ信号の無線化への課題と提言

(Proposals to Overcome the Given Measures of the Wireless Sensing Systems Applying to the Power Plants and Others)

藤井 尚宏\*・米倉 廣充\*  
(N. Fujii) (H. Yonekura)

ワイヤレスセンシングシステムの活用が昨今謳われているが、災害対策を含めた、プラントへの適用検討を捗る時期と思われる。

無線センサの課題と活用について検討し、可能なところから実績を重ねつつ、特性を生かした活用法、また、フィールドバスの動向、センサネットワーク、ソフトセンサとの関連もふまえその運用方法を保守の面も含め探る。

Have been recently advocated the use of wireless sensing systems, including disaster management, time seems to be applying to the plant make progress.

Consider the challenges and take advantage of wireless sensors, from where you can experience being repeated, utilizing methods utilizing the characteristics, and trends in the field bus, sensor networks, how to operate a maintenance standpoint it is also associated with the Soft Sensor Based including exploring.

Solving the tasks and taking advantage of the wireless sensors, we shall adopt the system where applicable and stock actual results especially its system operation and maintenance, under the relation of the trend of field-bus, network sensing for social purpose and soft-sensor technology, etc..

### 1. はじめに

東日本大震災後の火力発電所復旧工事の協力をさせていただき、設備の改修を進めていく中で、信号配線の敷設経路が確保しにくかったり1日も早い工事完成を目指すとき、無線、ネットワークによる信号伝送に置換え・代用ができないかとの思いを強く持った方も多いと思う(写真1)。

ワイヤレス信号伝送により、中間の配線を省略できるメリットは大きく、このような緊急対応以外にも、飛び地からの情報伝達、仮設試験設備の信号回線の省略など

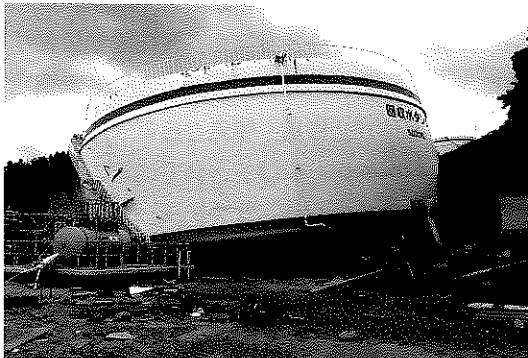


写真1 基礎から外れた貯水槽

にはすでに適用が広がっている。センサを分布的に配置し、時系列管理したデータの流れから、予知診断などの新しい情報抽出などの新しい使い方にも期待が持てる。

### 2. ワイヤレスセンシング（無線計測）を採用する意味

#### 2.1 制御監視信号の変遷

発電所等のプラント運転管理の中枢神経となっている制御監視システムにおいて、その計測・制御信号は、古くは機械式リンクから始まり、油圧、空気圧、電圧、電流信号と進化してきた。また、デジタル化が始まると、プラントの管理システムはアナログ連続信号から、離散系デジタル信号によるシステムへと進んできており、いまでは各発電所においても違和感なく使われている(図1)。

アナログ連続の世界から、離散系への変革時には、その信頼性、離散に基づく制御の質の問題などクリアするテーマが浮かび、それらがクリアされ信頼を得て、安心して使われるようになるにはそれなりの努力と時日を要した。

一方で、その伝送路も空气管、電線から、Ethernet

\*株式会社エム・ディ・エス  
(M.H.I.Digital System Co.,Ltd.)

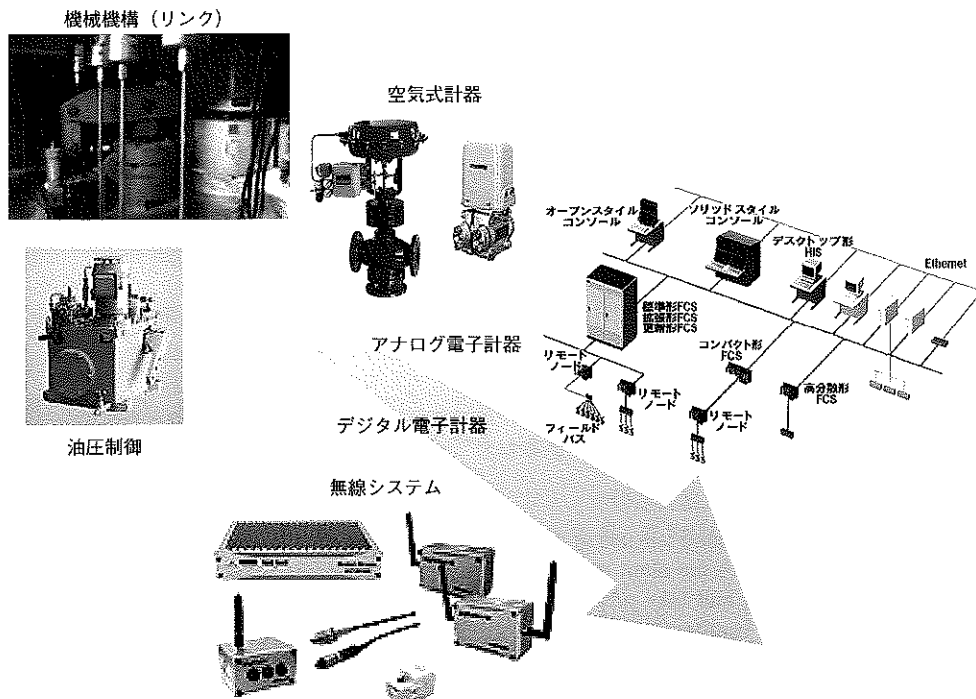


図1 計測制御方式の変遷

等の通信ケーブルへの置換えも進んでいるが、少なくともLocal側信号配線や、離散系デジタル通信に向かない機器設置環境においては依然として有線個別信号線が敷設されている。

現在、光や無線（場合によっては音も）による信号伝達の手段も発達してきており、特に無線データ伝送については国際基準も整備されてきており、メーカー各社も製品化を進めつつ、その適応分他を探っているなかで、プロセスへの活用も期待されている。

アナログからデジタルへの置換えは大量信号処理のしやすさ、制御監視処理アルゴリズムの高度化ネットワーク利用による配線工事費低減が大きな後押しとなった。

1960年代は、離散デジタル化も相まって、制御理論が高度に進化した時代でもあった。

無線通信については、集線以前の現場配線の簡易化による費用低減、また飛び地・島設備、移動体を含め、従来配線しにくかったところへの追加設置がメリットと言われている。

これにより、計測情報量の質、量とも拡大拡充が加速され、より高度な監視制御が生み出される可能性があると考えられている。

その融通の利く簡便さの一方、伝送路の信頼性が課題であるとされ、ZigBee、WiFi等各種ワイヤレス通信に代表されるデジタル通信は、プロセスのリアルタイム性

の観点から要求される連続的センシング構造と馴染みにくい面があることが否定できない。

個々の解決すべき構造・制約条件を今後徐々に理解、調整していく必要があると予想されるものであった。

そこで、適用対象や課題が見えてくる中、信号伝達無線化の利点として挙げられるこれら簡便さは、これらの技術的ハードルを越える努力をするに十分魅力的なものであるが、特に火力発電などのプラント向け採用を前提に、無線計測システムの緊急修復への適性などを含め、今一度検討してみた。

## 2.2 計測信号伝送路について

機械リンクから、空気圧信号での制御、電気信号・電流信号というアナログ信号の時代を経て、デジタル離散化信号による高度化の時代を迎え、さらに無線化が、限られた範囲とはいえ、徐々に適用拡大が進められている。

信号伝達の媒体が、機構、電気から電波、光（さらには振動、音なども）へとシフトされている中で、発電を含むプラント操業において、電波のメリットが使われつつあるという認識に立ち、その信頼性と、その確保のための手段を確認しておきたい。

## 3. 無線計測システムの利点

表1で示されるように、従来は、電圧・電流・デジタル信号が、伝送器（センサ）からケーブル、電源付I/O、

表1 計測信号伝送手段の変遷

方式	機械機構・アナログ				デジタル	
	機械機構	油圧制御操作器	空気圧信号伝送器	電圧・電流信号センサ	離散デジタル信号・センサ	電池付きワイヤレスセンサ
伝送手段 (中継, 変換を含む)	直接リンク	油圧配管制御・操作一体の場合は省略	空気信号配管	個別単芯ケーブル	個別単芯ケーブル	無線
			(中継盤) 直結の場合省略	集線箱	リモートI/O電源付	(中継ルータ) 直接の場合省略
			(多芯空気配管) 直結の場合省略	マルチコアケーブルに集線	デジタル時分割伝送線	(無線) 直接の場合省略
			(信頼性を考慮し多芯を避けることがある)	電源付きI/Oを装備	(Ethernetフィールドバスなど)	ゲートウェイ(コーディネータ)を装備
監視制御	直接プロセス操作	油圧操作器へ	制御監視盤	制御監視盤	制御監視装置	監視制御装置 (LAN, シリアル接続等の他, ゲートウェイをバス直結も)
	直結	直結	センサ信号と同様の伝送路で操作器へ (空気圧, 油圧, 電動)			

変換装置を介して制御盤と接続していたものが、無線では、電池を持つセンサから発信された信号がゲートウェイを介して制御監視装置とつながる。

プラント計装での無線化は以下のメリットがあると言われる。

1) 設置困難なあるいは費用が過大となる場所条件での適用で情報収集ができる可能性が増える (図2)。

- ・飛び地で配線経路を確保し難い場合
- ・追設改造で手軽に計測点を増やしたい場合
- ・可動装置, 仮設備

に効果が大きいとも言われる。

2) 配線しないことによる工期短縮, コスト低減が図れる。

- ・配線の低減, 配線経路設計が不要 (図2)。
- ・ダクトや配線マーシャリングスペースの低減, これによる構造物のコンパクト化。
- ・島設備など, 電源, 配線をするのが大変な場所での活用。
- ・仮設備や, 仮配線要するサービスに利用。  
建設・試運転途上に必要としている仮設計測器・試験機の仮設配線養生などを低減できる事例も多

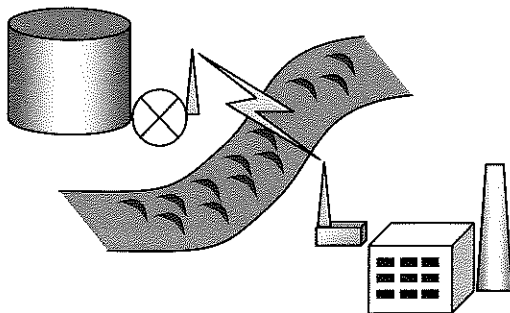


図2

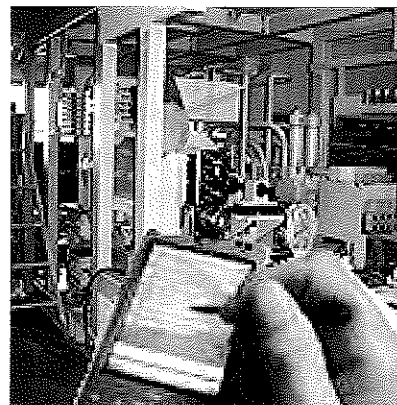
い。

- ・可動装置で, 通信線の養生が省ける。

また, 無線機器の定期整備・異常時点検を完全リモートで行う方法も模索されており, 実現すればこれも精度向上・省力化そして見える化にも貢献する。

3) 移動しながら情報収集ができる。

- ・移動体通信で発展した技術を活用できる。
- ・プラントでは, さらにPDA導入でフィールドサービスの在りようにおいて画期的向上が期待できる。まずはPDAを用い現場の保守点検でのデータ収集・参照ができ作業の精度向上, 見える化が図れる (写真2)。



「活用例」

ワイヤレス操作端 (PDA) については以下が可能である

- ・ポジションのキャリブレーション
- ・機器異常点検時の関連データ監視
- ・ポータブルセンサを加えた連携 (異常音, リーク検出など)
- ・PDAに無線LAN装備し中央データ参照化

写真2 PDA導入イメージ

表2 ワイヤレス通信仕様比較

ZigBee	IEEE802.15.4準拠 2.4GHz帯域、メッシュ通信、スター型、クラスタツリー等各種トポロジー対応。 回り込み特性の良い900MHz帯域も規格整備されH24年度日本で使用開始。 省電力設計、電池駆動。1 mW標準で認許不要。10mWがMaxで要認可。
Bluetooth	プラント・広域用には向かない。 電力消費大きく短距離通信に限定。Audio、Office向き。
WiFi	IEEE802.11a準拠 イーサネットの無線版ですでに多く普及している。 電力消費多いが、基地局として、伝送能力大きく、速度も早い。
ISA100	IEEE802.15.4準拠 ー工業用 ISA100.11.a (プロセスオートメーション) メッシュ通信。Wireless HARTも含め各種フィールドバス通信を継承し、 ユーザの資産継承を図っている。 ISA100.12 (Wireless HART) メッシュ通信、セキュリティ、ジャミング機能搭載。 有線のプロセス用HARTプロトコルを継承。欧米では実績多い。

表2に、工業レベルでワイヤレスに使用される可能性のある通信規格の比較を記載する。

#### 4. 無線計測システムの構成

図3に今後普及していくと思われるプラント制御と無線計測システムの代表的な系統を示す。

既設プラントに追加、代替されることが多く想定される。

システムの特徴ある特性を以下に列記する。

- ・各計測器はバッテリーで駆動される。
- ・通信は、ゲートウェイ（コーディネータと呼ばれる）に向け、通信可能な近隣のデバイス（センサ、あるいは中継デバイス）を見つけ、自動的にネット構成。
- ・通信帯域は、IEEE802.15.4あるいは802.11.aの規格に準拠した2.4GHz帯域を使用するものが多く、2012年に日本で開放される900MHz帯域等他の帯域も今後活用されよう。また、特殊センサメーカーで企画準拠の独自開発のプロトコル搭載のシステムも先行しているものあり。
- ・電波強度は、認可のいらない1 mWが標準で10 mWが規制度度。
- ・通信距離は数10mから数100m。  
中継でさらに延長するアプリケーションもある。
- ・信頼性確保のための冗長化など後段で述べるが、各種装備している。
- ・通信能力は電池寿命との関係が大きく、一般のシステムは通常1 min.に1回程度のデータパケッ

ト通信とし、通信後はスリープして節電を図っている例が多い。

プラント向けには、最低1～2 sec周期通信で10年稼働目標となろうが、現状システムは1 sec通信を狙った構成が少なく、この辺が、火力等のプラントに使いにくいネックであると思われる。

既設とのプラグアンドプレイを可能とするシステムがでてきているが、オープン化と共に普及に不可欠な要素と考えられている。

通信は、ISA100に謳われるメッシュ通信に各種の保安、冗長化が施される。

現場からの信号は、ゲートウェイに集められ、Ethernet等の通信で、既設システムと接続される。あるいは、専用の表示器、SCADAなどになく。

#### 5. 通信の信頼性について

無線センサシステムを採用するとき、通信の信頼性が精神的面も含めて最大の障壁となっているものと思われる。確かに、アナログ計装からデジタル計装への転換期に経験した大きなギャップそれ以上に有線から無線への切替えには障壁が大きいと感じさせる面がまだまだあるようだ。

一般のプラント向けデジタル計装では、重要計測は2重化3重化による冗長化が進められ、ロバスト化を含め、信頼性を確保している。

一方、ISA100の委員会が提唱するワイヤレスセンサシステムは、IEEE802.15.4規格に準拠し、その定める

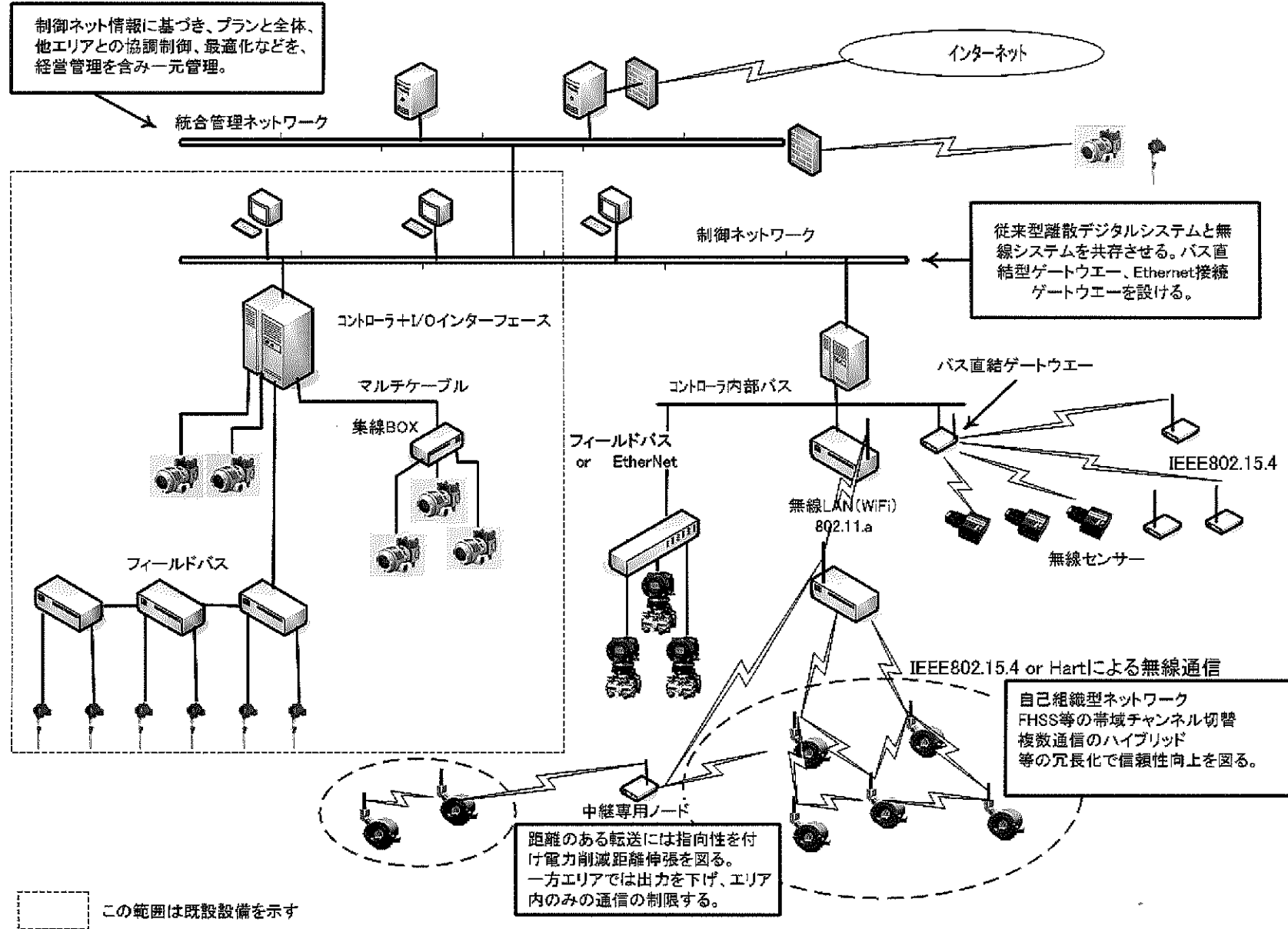


図3 今後普及していくと思われるプラント制御とワイヤレスセンサシステムの系統—Typical

中で、基本的にメッシュ型自律通信を選択している。これにより多重化の冗長化が図られている。ゲートウェイの多重化処理も定番になってくる可能性もあり。

プラント向け監視制御システムでは、追加設備のアダプタバリティ（追加接続のしやすさ）が高いことが一つの品質と考えられ、またそのオープン化（メーカ、機種間での接続に障害がないこと）、またプラグアンドプレイ機能（つなぐだけですぐ機能する）が要求される。

プラントは、様々な通信が適用追加され、成り立っているとされ、これらの資産の継承もネットワークシステムにとって重要な役割となる。

この通信は、各種のフィールドバス接続をも継承しており、各種Foundationフィールドバス、HART、Profibus等々のアプリケーションが用意されている。

また、セキュリティ、パリティ、渋滞防止については、やはり802.15.4基準に規定されており、ワイヤレスネットワークセンシングシステムとしては、

- 1) セキュリティの対策は、データ保護のため、暗号化を行う。
- 2) ネットワーク保護の対策はネットワークIDに相当するキーが用意され、認証により外部からの不正IDからのアクセスを拒否する。
- 3) 渋滞防止対策はいくつかあり、

- ・決められた帯域を複数のチャンネルに分け、障害を避けるためランダムに切り替えるなどの方法がとられている。

- ・時間分割により各センサからは時系列的にデータを読み込む方法もとられる。

単なる順番だと効率が落ちるので、様々なアルゴリズムが用意されている。

- ・用意された待機冗長の通信とのハイブリッド切替えも行われる。

これらにより、同一帯域電波の共存にも耐えられていると現状報告されている。

- ・また、セキュリティの一つの位置づけで、低出力発信器をセンサ等に備え一定のエリア内だけのメッシュ通信に合うレベルに抑えている。

これらの実証はHARTに代表される欧州計器メーカによるWirelessHARTプロトコルにおいて多く実績が積み重ねられてきており、我が国の状況においては一日の長があるかと思われる。

## 6. 無線計測システムの利点を生かすために強化すべき要目

無線計測システムの信頼性を高め、利便性を確保するため、上記を含め、技術的に深化が必要なテーマとして以下が考えられ、検討、対応が進んでいる。

- 1) データ転送頻度、データ量とリンクして、省信号処理サービスと電池（コンデンサ）の長寿命化コンパクト化が、一つのテーマである。

なお、電池寿命は、送信到達距離とも関係しており、メッシュ自立型通信よりは、1:1通信(Pier to Pier)あるいは指向性を高めた通信にすることで、省電力となり、結果距離も伸びる。

電池の強化とともに運用での工夫も無線システムにおいては有用である。

- 2) 将来的には電池以外の外部エネルギー（振動、温度差、音、など）による発電も視野に開発が進められている。

- 3) 無線で顕著な電波障害：

冗長化によりデータ信頼性が図られているが、その離散的特性は、デジタル有線通信に比べさらに慎重な検討を必要としている。

- 4) 制御・監視への適応性クリア：

信号伝達のデジタル化が進んだ過程で課題となり、現状でも抱えている、連続・非連続の問題、すなわち正確なタイムスタンプを持たないセンサデータに対するロバストな処理手段などをさらに深化させる必要がありうる。それにより、適用の範囲の限定幅が大きく変わる。

この点での現状実力の見極めが必要と感じつつ、なお今後の進展への期待を持つところである。

- 5) ハードウェアの耐環境性確保：

欧州で多く実績を積んでいるプロセスデジタルシステムの通信方式HARTを発展させたWirelessHARTがその実績において先行しており、メーカ間のオープン化も含め実用レベルにあると思われる。

一方、高温多湿の我が国の気候条件、使用環境を踏まえたロバストな製品化が望まれるところである。

無線、ネットワーク、MEMSセンサ、センサインターフェース、電源などの個々の技術が高信頼性を保ち、長期間動作する必要がある、これらを集積化する方向がSICE/ネットワークセンシングシステム部会

でも提唱されている。

今後の一つの課題である。

#### 6) 防爆エリアへの対応

プラント用ワイヤレスセンサシステムは、従来の有線システム同様本質安全防爆で進められている。品揃えとの関連でもオープン化が求められる。

ちなみに、Local-LANの防爆筐体を京葉地区ユーザが共通化を進めている。無線についても同様にニーズが高まるにつれ、基本システムの本質安全防爆でカバーできない部分についても整備されてくるものと思われるが、小規模でも適用事例を増やすことが技術的加速につながるものでもあり、防爆としないですむ範囲での活用、エリア自体を非防爆とするエンクロージャを設けるなどの方法もとれる。

### 7. 適用を促すため当面改善を求められる方向

標準化においては、繰り返すが、メーカ、型式によらない共通標準仕様（オープン化）が必須事項であり、また、無線の軽便さを特徴とするなら、設計・設定不要のプラグインプレイのエンジニアリングの負担を増さない工夫がなされることが望ましい。

現在標準化はISA100委員会で進められており、研究者、メーカにユーザも参画している。しかし、実際の普及促進にはプラントエンジニアリング、ユーザに軸足を置いた検討機関が必要となる時期になったと思われる。

電源の改良については、繰り返しになるが、日進月歩の進歩を遂げている分野であるが、送信頻度と電池（コンデンサ）寿命は反比例の関係にあり、まずは大容量コンパクトが望まれる。

今後の目標としてサンプル周期 1 sec で10年寿命を先ず目標とすべきであろう。

#### 7.1 ユーザは、どう考えているか

特定のユーザを除き、強いニーズとしての盛り上がりには遠かったが、このところテスト導入する装置産業も増えてきている。

要望として上がっている要目の中に、以下のような事項があり、今後プラント向けワイヤレスシステムが進化する過程でクリアすべき必須項目となっている。

- ・ゲートウェイの冗長化（これはアプリケーションで可能かと）
- ・手動ルート設定機能（メンテ時の対応であらかじめ処置に必要）

- ・イベント発生時の即時通信（通常は10sec～1 min. 毎程度）
- ・通常のプロセス制御に加えるには最速通信周期を1～2 secに
- ・センサの品揃えを豊富に（環境計測など）
- ・定期的交換のない長寿命バッテリー
- ・最後に何よりも標準化でメーカ、モデルを意識しないで接続できる汎用性と省エンジニアリングのプラグアンドプレイ機能の充実

#### 7.2 プラントエンジニアリングの立場から

プラントエンジニアリングにおいてその技術獲得には、経験、実績の積み重ねは、不可欠の要素であり、無線計測技術の知見獲得のため、部分的に少しずつでも適用をしていくことが必要である。

適用を広げていくために重要な改良点は、これまでに述べたとおりであるが、工夫をしながら、これら未達の部分について改善を待つことになる。

特に電池の改善は普及に大きな影響を与える。

電源については、1 sec周期で10年稼働が、一つのターゲットになる。

現状では、センサ信号集約回線の伝送距離を伸ばす目的には出力増の変わりに指向性を高め、電力を削減し、またMEMS化で消費電力減を狙うことも選択肢のひとつである。

サンプリング周期についてはMEMS化を進め、電力削減し、その適用においては、当面長周期のものから適用。制御監視処理アルゴリズムにおいて、周期の長いことを補完する機能を持たせるなど、種々の工夫を盛った製品が期待される。

エンジニアリングの立場では、機能を確保するため、電池のパワーがいくらでも増えるということではなく省電力に徹することで、プラント消費エネルギー低減の面でも効果を期待する。

無線センサについては、何よりも実績の積み重ねが必要で、研究開発、製造、エンジニアリング、運転保守のそれぞれの立場で実績情報を得、改善工夫につなげていくことが肝要である。

見極めが必要な要目として改めて列記する。

##### 1) 標準化の問題

- ・プラント向け監視制御システムでは、追加設備の追加接続のしやすさが高いことが一つの品質であり、メーカ、機種間での接続に障害がないこと、

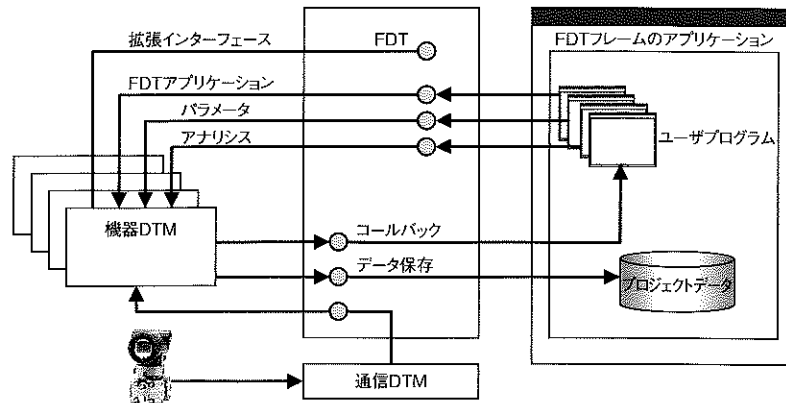


図4 FDT/DTMのイメージ

また、つなぐだけですぐ機能することが求められおり、FDT/DTM技術などが各メーカーのフィールドバス仕様を超えて共通化環境を提供し整備しつつある(図4)。無線センシングシステムにおいても同様これらの展開が進んでいると考える。FDT/DTMは表示にシステムによらず共通なGUIを使用できる。

- ・FDT/DTMは、SCADAクラスのシステムには浸透してきているが、主幹となるプラント制御監視システムクラスの共通化にはまだ超えるべき障害も多いと思われる。今後の活動注目。

FDT: Field Device Toolの略。2005年ベルギーで設立。世界60社以上参加、日本では17社が参加しており、ネットワーク種類に依存しないアプリケーションソフトウェアで、各種メーカー共存しても、個々のノウハウは守られるなど、普及に向け、活動している。

DTM: Device Type Managerの略。WindowsのCOMを利用しFDTおよびDTM間のデータ交換を行う。

## 2) 使用カテゴリーに沿った信頼性クラスの設定と冗長化

- ・当面の使用をISA100のMonitoring Class4以下に限る。
- ・Class3の低位Control(オープンループ制御)への応用をする場合は、適正なバックアップを施す。

制御アルゴリズムで、通信停止を含む渋滞発生時の回避手段を備える。

あるいはハードワイヤードバックアップを設ける。

- ・冗長化は802.15.4準拠の標準システム。
- ・ゲートウェイの2重化。

## 3) 電源仕様と保守間隔

- ・Class4には数sec—最大1H程度の通信周期を対象に応じて設定し、最短5年程度の電池容量を確保する。目標は10年。
- ・保守間隔は事象発生毎。

- ・Class3適用は1~10sec程度で計画電池容量を大きくする。

ただし、更新頻度を上げるとデータ伝送遅れが大きくなる傾向も認められ、実地での確認調整が必要である。

- ・保守間隔は2~5年、設備で定められた間隔に合わせる。

- 4) 制御に部分的にでも関与する場合、従来制御監視アプリケーションを何所まで代替的に実現できるかの見極めと、装置ごとの運用に見合った設定が必要。

## 5) フィールド向け保守ツールとしての用途開発・拡充(キャリブレーションツール用)

これが一番求められ、効果を出すものではないかと考えている。

- 6) バックトラッカビリティ(履歴検索)、故障が起こったときの同定

- 7) 防爆仕様

- 8) カテゴリーに沿ったシステムの初期投資、運用費用の予想(これは実績の裏付け蓄積が必須)

等々であり、検討、計画を進めて行く今後の議論の中から、プラント用無線センサおよび構成するシステムの持つべき特性・機能がユーザにわかりやすい形で見定められていけばと考える。



7.3 現状でプラントの適用が予想される

アプリケーション例

改めて適用が先ず予想される応用対象は、

- 1) サンプリング間隔が比較的長い監視信号
- 2) ソフト上で危険回避が可能な範囲での制御信号
- 3) ワイヤレスカメラ監視 (定点サンプリング)

注] CCDカメラによる画像情報のニーズが高いと想像するが、これは回線負荷が高く、静止画とするなど現状では負荷を下げる処理の工夫が必要である (静止画とするなど)。

- 4) 島設備、取水口監視などの遠隔スポット監視
- 5) センサネットワークの展開を活用

また、センサネットワークと言われるシステムには、ZigBee (IEEE802.15.4準拠) WiFiが簡易に使われるが、これらは同種の技術に基づいており、プラントあるいは周辺への適用で相互に補完するところがあり得ると考えISA100委の示す Usage Class3<sup>23)</sup>以下のカテゴリーにはその簡便安価を生かし、簡易無線を積極的に使うことも可能ではないかと思う。

注] Usage Class3とは、オープンループ制御などの人が介在する低位コントロールのレベル。

特にその分布的に設置されたセンサ群の情報の流れは、時間軸を正確にすることで新たな情報を生む可能性もあるし、一つひとつのセンサの精度を桁違いに向上させる効用もある (図5)。

- 6) 東日本大震災をキーワードにこれを見れば、特にその可搬性を生かし、被災地での迅速な情報収集が計れないか?

- ・ 経済活動、行政支援のツールとしてスポット監視的用途

- ・ 震災時、復興時のエリア分布的観測ツールとして生体反応検出 (生データを転送し、サーバで解析) 有害物質、ガスの検知器の分布計測
- ・ さらには、分布的線量計測 (原子力対応など) に展開できれば社会的に有益なツールになるかもしれない。

一般的に無線通信は、移動体通信においてその進化が発揮されるべく問われるところが大きいですが、この移動体通信で進化した、位置、時刻確認の技術を利用し各基地局が高い精度で時刻同期することで、地球上、地域に展開した計測点情報の流れを時間軸で見ることにもできる。これが新たな情報を生み出すネットワークセンシングシステムとしての活用が大いに期待される場所である。

例えば、気象情報の細密化で、竜巻情報など予測予知が可能になる。地震予知、原子力事故後のモニタリングに活用の道も開ける。

線量計測を分布配置できれば、面としての情報にレベルアップでき、さらに時間軸の情報も持つことになり、飛躍的用途の拡大につながる期待がある。

常設設備より、スポット的用途、緊急対応目的の設備に多分に向いている特性を持つのがワイヤレスセンサシステムと言える面もある。

8. センサネットワークと言われる展開と無線計測システムのプラントでの活用の関係

次にこのセンサネットワーク (以下、ネットワークセンシングシステム) を火力などのプラントに有効活用することについても触れてみたい。

各種電子機器のMEMS化等の進む中で、画期的な低価格で高機能、多様化が具現化されてきているセンサ群

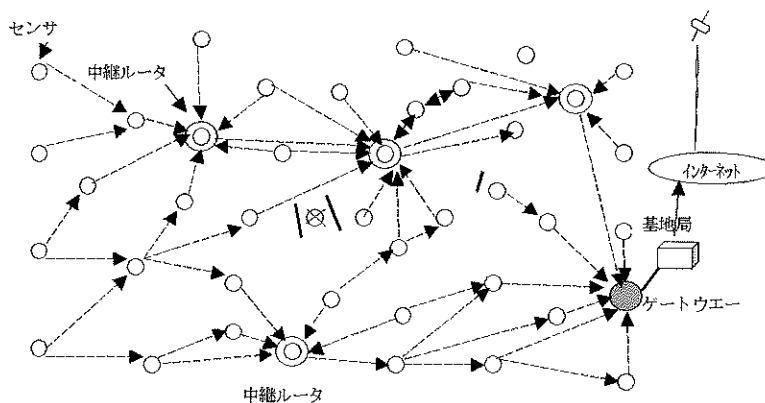


図5 分布的センサのネットワークの信号流れ (模式図)

を活用し、より広範な情報収集、予兆予知などの用途に適用されるべく、ネットワークセンシングシステムの取組みが推進されてきており、プラントにおいても活用されるべき機能を備えていると考える。

計測信号の無線通信適用のカテゴリーは次のように二分化される。

- ① ネットワークセンシングシステムの適用先として挙げられる農業、気象、地盤監視、百葉箱、見張り案山子、といった用途のほか、家電製品や家庭用モニタ、一般事務用として考えられるカテゴリー向け無線。
- ② プロセス、製造ラインのように既存の制御監視システムがあるレベル以上で機能しているサービスに、代替、追補するためのクリティカルなサービスカテゴリーの無線。

これらは目指す機能は同様でも、その持つべき特性品質には大きな違いがある。

これらにおいては、当面要求される品質・コストが異なっていてしかるべきで、本提言としては、東日本大震災の経験も踏まえつつ、現状の技術製品を比較検証したうえで、今、製造プロセス、発電所などのプラントに使用されることを前提とした、無線計測システムに要求されるスペックを確認している。

見極めが必要な要目としては、7.2項で述べたとおりであり、改めて項目を記す。

- 1) 標準化の問題
- 2) 使用カテゴリーに沿った信頼性クラスの設定と冗長化
- 3) 電源仕様と保守間隔
- 4) 従来制御監視アプリケーションの適用問題
- 5) フィールド向け保守対応ツール拡充
- 6) バックトラッカビリティ、故障が起こったときの同定
- 7) 防爆仕様
- 8) 実績に基づくシステムのカテゴリーに沿った初期投資、運用費用の予想

等々であり、検討、計画を進めて行く今後の議論の中から、プラント用無線センサおよび構成するシステムの持つべき特性・機能がユーザにわかりやすい形で見定められていけばと考える。

従来計装と全く同じあるいはそれ以上の信頼線、互換

性を今すぐ求めてもそのギャップはあり、活用につながらない。その差を明確に認めつつ、その特性を生かした使い方を工夫する一方、今後中長期的に望まれる無線の活用のあり方とそのための技術改善について見定めていくことが肝要と考える。

## 9. ソフトセンサについて

本題と外れるが、計測（センシング）の分野でのもう一つの取組みについても触れておかなばならない。

### 1) ソフトセンサとは

プラント運転にはプロセス変数を正確、簡便に計測することが必要だが、一般的に分析計には技術的に困難を伴う、分析に時間がかかる、高価である、などの解決すべき課題が多い。そこで、過去の関連プロセス地と分析値のデータベースを整え、モデル化しておき、リアルタイムで関連の計測値から分析値を推計する手法がよく取られる。

これらは、分析計の代替補間、異常検知、プロセス変数間の関係を探るなどに有効に使われている。

モデル化には、物理的動特性の積上げのほか、統計手法、線形化による簡易化などいろいろな手法が取られる。

また、無線システムにおいては、計測値の組合せ追加・組換えが物理的に自由な点が、利点となろう。

図6は、計測に時間掛かる計測値 $k$ を含むデータをサンプルし、モデルを同定する。これをリアルタイムモデルとして運用、関連計測値1-4から $k$ を推定し $k'$ とする。 $k'$ を代替計測値として制御などに利用。特異データを判断してモデルに取り込み、運転範囲に対応したモデルとして修正していく。

### 2) ソフトセンサの保守

モデルの再構築は一般的には困難あるいは手数の掛かる作業だが、RecursivePLS (RPLS) を用いることで、常にモデルがリフレッシュされる。

これには古いデータの影響を少なくし新しいデータに荷重を掛けていく方式がとられるものがある。

一方、Lazy learning/Just-in-timeは、モデリングプロセスの特性変化・非線形性に対応させるべく推定。出力が要求されたときに限り、クエリ点近傍のサンプルを選択し、局所的なモデルを作り、出力する。大域モデルが難しいときに有効（非線形プロセスの線形化モデルのようなもの）。

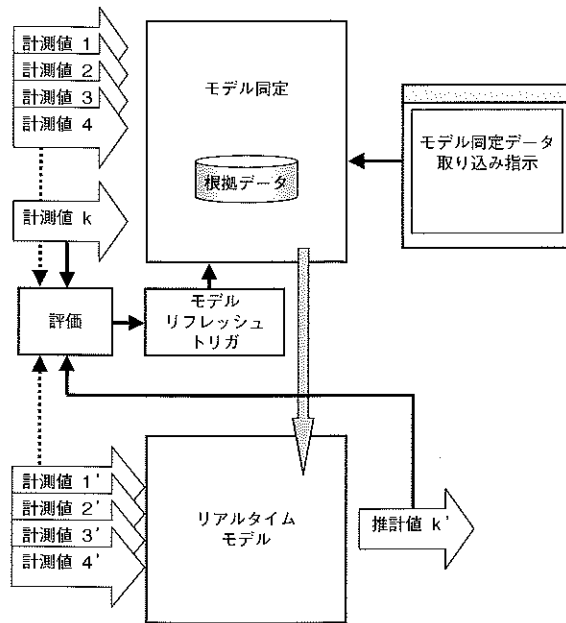


図6 計測に時間掛かる計測値kを推測し指標とするシステム

近傍のみの線形モデルの欠点を補うべく相関型JITモデリングが提案されている(京大-加納他)。

3) ソフトセンサは制御ロジック構築において従前よりインテリジェントな手法として珍重されているが、関連するデータマイニング技法のオンライン処理化なども含め、センシングシステムとして寄与する余地は今後とも大きいと予想する。

前述のFDT/DTM技法などもソフトセンサ具現のツールとして組み合わせ、有効に機能すると思われる。

## 10. まとめ

プラント向け無線計測システムは、従来システムを置き換えるものと位置付けたとき、全面代替えには解決すべき課題が残されている。当面は仮設、飛び地用など限定された用途に限って実績を重ねていく必要がある。

環境計測、あるいは空調や住宅電力監視用といったカテゴリーに適用するZigBee主体のネットワークセンシングシステムと違う分類として扱われるべきものかもしれない。

しかし、プラントにおいても、ネットワークセンシングシステムが目指す時間軸を持つ分布情報を、有効に使い、事故予知、生産計画などに利用用途を広げたとき、そのアルゴリズムの展開においては共通に活用できるものがあるであろう。

無線計測システムを従来のプラント制御システムを引き継ぐものとのみ捉えるのではなく、センサネットワーク、ソフトウェアセンサ等を含めたより広範な応用アルゴリズムの具現化できるツールとして、従来システムとの棲み分けを探りながら、活用を進めていくことになる。

## 参 照 文 献

- (1) 本多他, SICEネットワークセンシングシステム部会報告 計測と制御 VOL.50 No.8/9号, (2011.8)
- (2) 山内, iDTM-FDTとEDDLの統合技術について; SICEネットワークセンシングシステム部会シンポジウム, (2010.11)
- (3) 吉田, FDT/DTM技術を使用したフィールド機器機能拡張; SICEネットワークセンシングシステム部会シンポジウム, (2010.11)
- (4) 長谷川, 峰, ワイヤレスフィールドネットワークのテスト導入とその評価; 計装Cube論文, (2009.7)
- (5) 佐藤, ZigBee SmartEnergy Profileの解説と日本の900MHz帯の動向, (2011.2)
- (6) 石川, センサ技術とネットワーク技術の真の融合はあるのか; SICEネットワークセンシングシステム部会報告, (2010.3)
- (7) 平藤, フィールドサーバ・センサネットワーク; 学術振興会第36委員会研究会資料, (2009.9)
- (8) 橋本, ワイヤレス計装とその適用事例; 学術振興会第36委員会研究会資料, (2009.9)