

# 海外におけるEMSソリューション

滝田大介\* 大塚 晃\*  
京屋貴則\*  
飯島昌平\*

## EMS Solutions in Overseas Market

Daisuke Takita, Takanori Kyoya, Shohei Iijima, Akira Otsuka

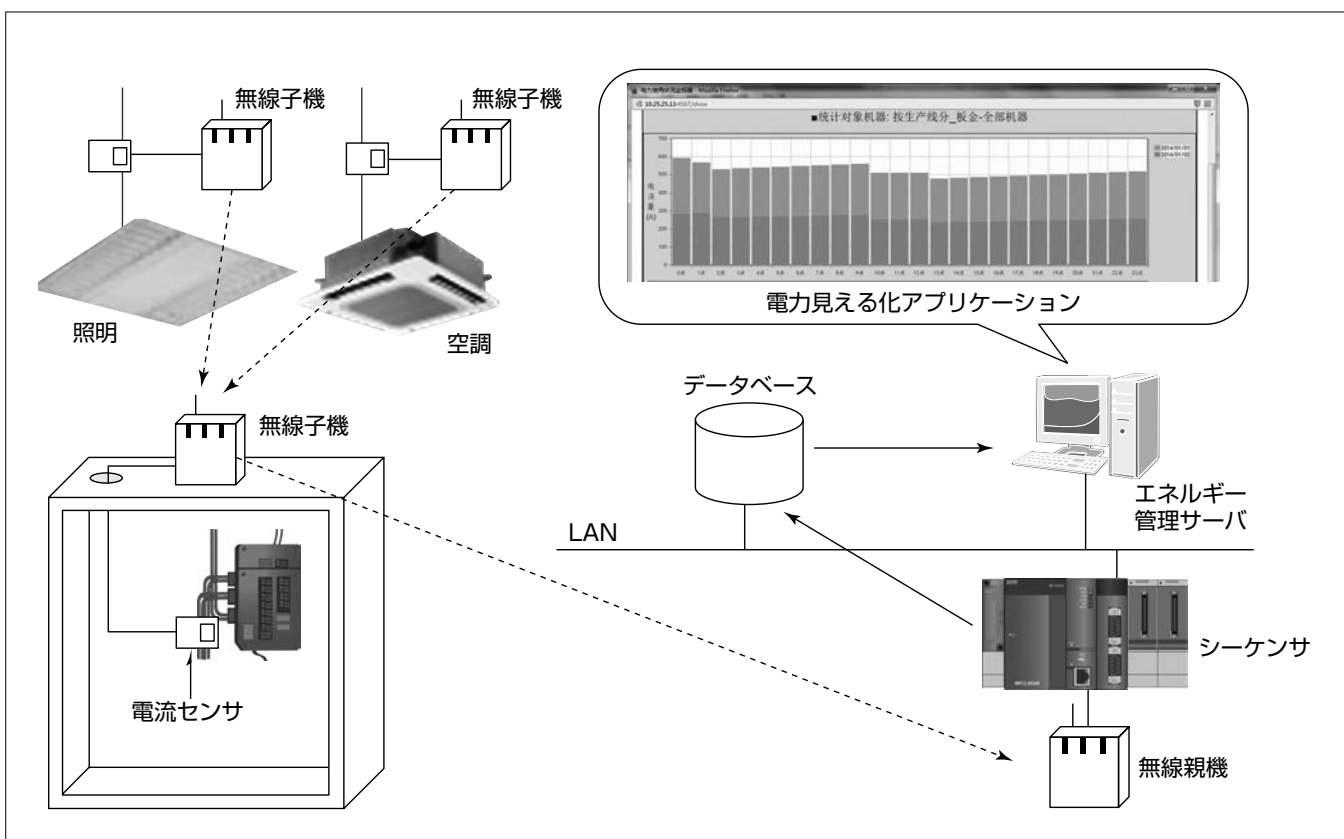
### 要 旨

中国やASEAN(東南アジア諸国連合)地域など成長著しいアジアの新興国で、急速な経済成長に伴い、電力不足、コスト削減、環境規制への対応など、様々な要因からエネルギー消費量の削減が課題となっている。

三菱電機は国内外関連会社と連携し、これらの新興国で、エネルギー消費量の可視化を中心とした省エネルギーを推進するエネルギーマネジメントシステム(Energy Management System : EMS)を、各国の法規制やニーズ、ビル・工場といった使用条件に合わせたソリューションとして提案し、省エネルギー効果の確認やデータ取得を目的とした実証実験を行っている。このEMSソリューションは、

サブギガヘルツ帯無線通信による設置工事の簡易化、自律分散的なネットワーク構築技術による拡張性、及び、視覚的にデータを表示するアプリケーションを組み合わせることを特長としている。このため、低コストかつ短期間でのカスタマイズが可能であり、実証実験や分析結果に基づく構成変更を容易に行うことができる。

今後、この実証実験によって得られたデータ・知見を活用して、様々な顧客が抱える本質的な課題を明確にし、より効果的なソリューションを提案することによって、事業機会の獲得や、既存事業の競争力強化につなげていく。



### 工場のEMSソリューション

設置工事が容易な無線通信機に接続された電流センサを多数設置し、自律分散的なルーティングアルゴリズムによって無線ネットワークを自動構築する。無線ネットワークを介して収集したセンサ情報を、既設のLAN上に設置されたデータベースに蓄積し、エネルギー管理サーバ上のアプリケーションによって、エネルギー使用のきめ細かい見える化を実現する。

## 1. ま え が き

中国やASEAN地域など成長著しいアジアの新興国で、急速な経済成長に伴い、電力不足、コスト削減、環境規制への対応など、様々な要因からエネルギー消費量の削減が課題となっている。

当社は国内外関連会社と連携し、これらの新興国で、エネルギー消費量の可視化を中心とした省エネルギーを推進するEMSを、各国の法規制やニーズ、ビル・工場といった使用条件に合わせたソリューションとして提案し、省エネルギー効果の確認やデータ取得を目的とした実証実験を行っている。このEMSソリューションは、サブギガヘルツ帯無線通信による設置工事の簡易化、自律分散的なネットワーク構築技術による拡張性、及び、データ分析を容易にするアプリケーションを組み合わせることを特長としている。このため、低コストかつ短期間でのカスタマイズが可能であり、実証実験や分析結果に基づく構成変更を容易に行うことができる。

## 2. 海外向けEMS

急速な経済成長に電力供給が追いつかず電力不足に悩まされている地域、人件費の上昇など事業環境の変化のためにコスト削減に迫られる企業、環境問題の顕在化への対応の一環としてCO<sub>2</sub>排出規制を強化する政府など、様々な方面からの動機付けによって、アジア新興国における省エネルギーに対する関心が少しずつ高まり始めている。

省エネルギーに取り組むに当たり、現状の把握と分析は最も重要なプロセスである<sup>(1)</sup>。ビル・工場といった使用条件に加え、気候や風土などの自然条件、法規制や商習慣、価値観などの文化的条件、電力コストや電力供給状況などが大きく異なるため、エネルギーの消費スタイル及び省エネルギーのために求められるソリューションも千差万別である。そこで、導入容易性を特長とした、エネルギー消費状況の現状把握と分析を可能とするEMSを開発し、様々な条件下での実証実験を実施している。はじめに敷居の低いこのEMSを導入し、これによって得たデータと知見を活用しながら、その後の協力関係の継続や、協業分野の拡大につながることを主な狙いとしている。

## 3. 要素技術

### 3.1 無線ネットワーク技術

このEMSでの無線ネットワークの通信プロトコルスタックを表1に示す。モノとモノとの通信(Machine to Machine : M2M)におけるセンサネットワークに要求される、低消費電力及び通信範囲拡大を可能とする機能構成<sup>(2)</sup>としている。

表1. 無線ネットワークの通信プロトコルスタック

レイヤ	方式名
物理層	IEEE 802.15.4g <sup>(4)</sup>
物理媒体	各国法令に準拠
通信速度	100kbps
データリンク層	IEEE 802.15.4 <sup>(3)</sup>
メディアアクセス制御	CSMA/CA
ネットワーク層	独自方式
経路制御	RPL <sup>(6)</sup> ベースの独自方式
アプリケーション層	独自方式

CSMA/CA : Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance

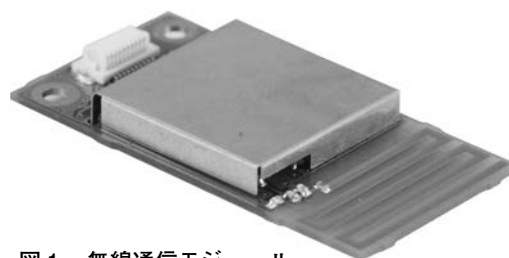


図1. 無線通信モジュール

### 3.1.1 無線通信方式

IEEE802.15.4<sup>(3)</sup>は、デバイスの低消費電力化が容易となるように方式設計された無線通信規格である。これに加えて、サブギガヘルツ帯を使用する仕様を追加した拡張規格IEEE802.15.4g<sup>(4)</sup>を物理層に採用している。サブギガヘルツ帯は、電波到達性、回折性に優れ、2.4GHz帯などと比較して電波干渉が少ない点を特長とする。日本ではスマートメータ等に用いられる920MHz帯特定小電力無線が代表的なサブギガヘルツ帯の規格であるが、各国によって使用可能な周波数は異なる。このEMSでは920MHz帯特定小電力向けに開発した無線通信モジュール<sup>(5)</sup>(図1)を各国法令に準拠するように拡張開発し、センサネットワークの構築に使用した。

### 3.1.2 ネットワーク方式

RPL<sup>(6)</sup>(Routing Protocol for Low-power and lossy networks)をベースとした独自の経路制御プロトコルを実装し、複数の冗長経路を使用可能なマルチホップ無線通信(メッシュネットワーク)を実現した。これによって、マルチホップ通信によるデータ収集範囲の拡大、冗長経路設定による障害の回避、自律分散制御による経路設定の自動化など、管理コストの削減が可能となる。RPLはIPv6(Internet Protocol version 6)ネットワークを想定した経路制御プロトコルであるが、このEMSではnon-IPで動作するRPLを開発し、ソフトウェアの軽量化を図った。

図2にRPLによる経路構築の流れを示す。

はじめに、ルートノードとなる無線親機が、DIOメッセージをブロードキャスト送信する。このとき、DIOに含まれるランクと呼ばれる情報要素を0に設定する。各無線子機は、受信した複数のDIOのランクのうち、最小のものに1を足した値を自身のランクとし、自身のランク値を持

つDIOをブロードキャスト送信する。このとき、受信したDIOのうち、自身のランク値よりも小さいランク値を持つものの送信元を上り経路の次ホップとして経路表に保持する。全無線子機がこれを繰り返すことによって、各無線子機から無線親機に到達するための上り経路が設定される(図2(2))。

この後、各ノードは上り経路の次ホップに対してDAOメッセージを送信する。DAO中のターゲットアドレスを自身のIDとする。DAOを受信したノードは、そのターゲットアドレス宛の下り経路の次ホップが、DAOの送信元であることを経路表に記録し、そのターゲットアドレスを含むDAOを自身の上り経路の次ホップに転送する。この繰り返しによってDAOは無線親機に到達し、無線親機

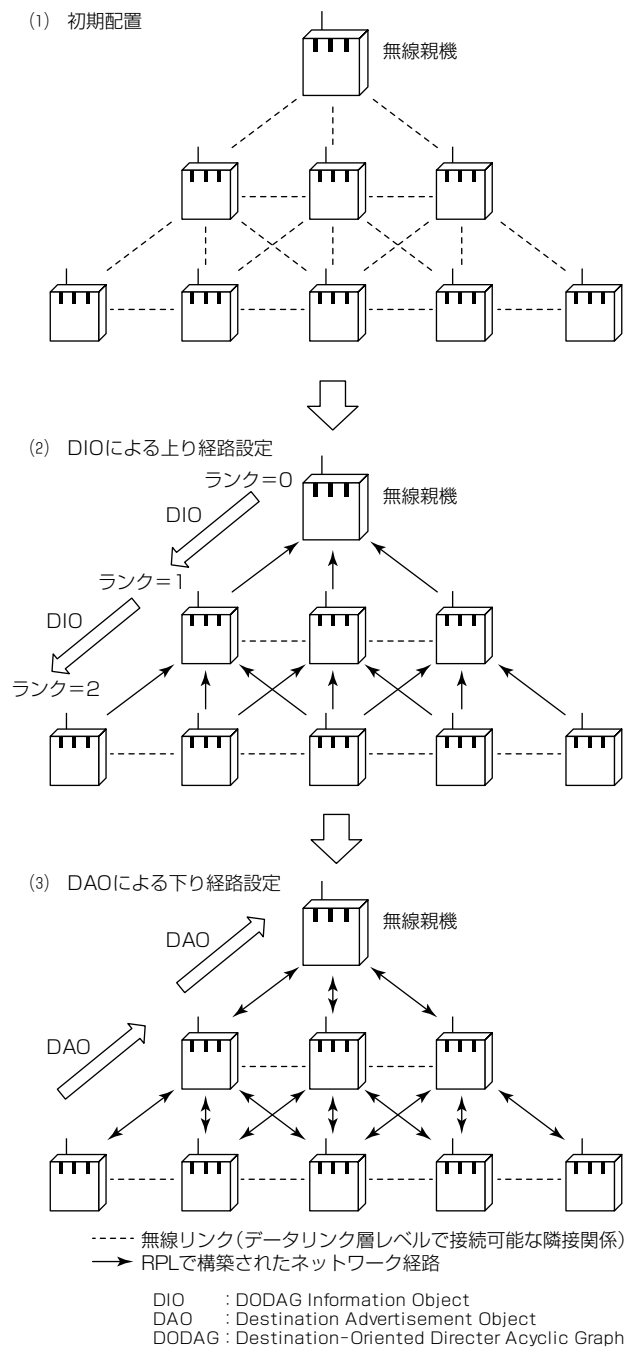


図2. RPLによる経路構築の流れ

から各無線子機にいたる下り経路が設定される(図2(3))。

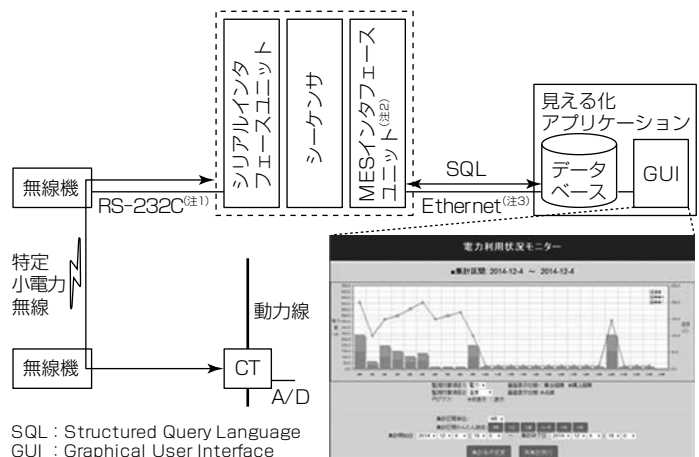
3.2 アプリケーション

EMSソリューションで用いられるアプリケーションに求められる基本的な機能は、電力量等のデータを適切な精度で“見える化”することである。潜在的なエネルギー消費の無駄を明らかにすることで、省エネルギー対策の具体化がより容易となる。例えば、工場の製造設備や空調、照明が消費する電力量を1時間ごとの精度で“見える化”することで、生産に寄与しない時間帯の“削減可能な消費電力”や、生産設備が発生する熱による“空調への追加負荷となる消費電力”を掌握できるようになる。更なる消費電力の削減には、生産計画の変更による“電力消費の平準化”や“稼働時間帯のシフト”“集中稼働による消費電力の効率化”等の手法が有効であるが、生産性やコスト、品質への影響、人員計画との連携といった省エネルギー以外の要素を考慮することが必要である。

無線ネットワークを介して収集する各種データを“見える化”するアプリケーションのシステム構成を図3に示す。このEMS構成では、電力測定の対象となる機器の動力線に電力量をセンスするCTを設置し、無線ネットワークでシーケンサに送信したデータをMES(Manufacturing Execution System)インタフェースユニットを介してデータベースに蓄積する。データベースには、省エネルギー対策に必要な温度、湿度、照度等のデータも保存される。比較したいデータを加工し、1時間ごとの精度で“見える化”する。

3.3 支援ツール

無線システムの構築では、設計・設置・保守の3段階で、電波到達範囲や雑音環境を考慮した無線機の設置場所の決定、設置後の通信確認や状態監視、異常検出や障害からの復旧などの作業が必要である。そこで、無線通信の専門知識を持たないユーザーでもこれらの作業ができるように、直感的なユーザーインターフェースを備えた各種の支援ツールを開発



SQL : Structured Query Language  
 GUI : Graphical User Interface  
 CT : Current Transformer  
 A/D : Analog Digital変換

(注1) RS-232Cは、シリアルポートのインタフェース規格である。  
 (注2) MESインタフェースユニットは、シーケンサとデータベースを接続する当社製のインタフェース機器である。  
 (注3) Ethernetは、富士ゼロックス(株)の登録商標である。

図3. 見える化アプリケーション

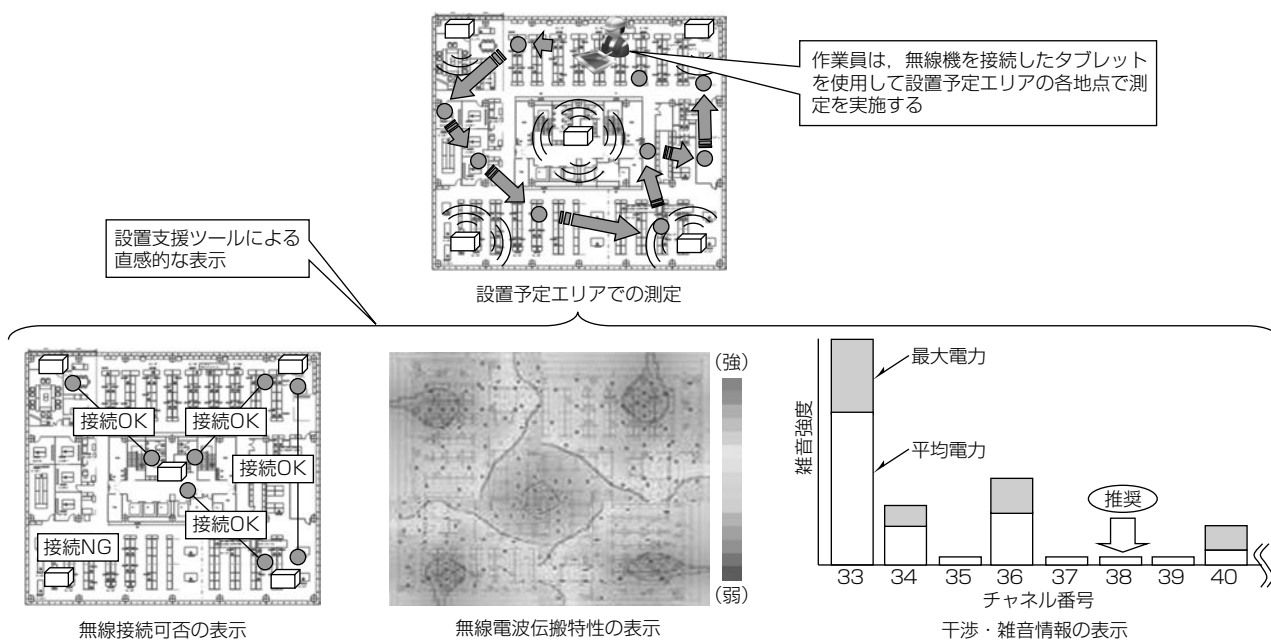


図4. 設置支援ツールのイメージ

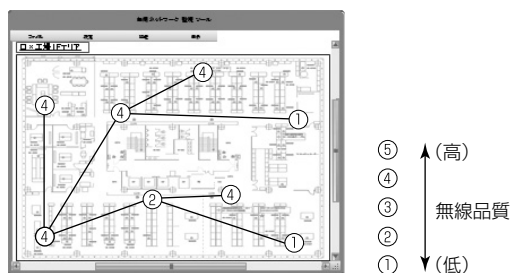


図5. 無線ネットワーク監視ツールのイメージ

表2. 実施中の実証実験

実証実験場所	目的
工場(中国)	無線伝搬調査, 運転コストの削減
ビル(中国)	無線伝搬調査, デモンストレーション
商業施設(中国)	空調の効率化
ビル(シンガポール)	熱帯地域における電力消費の実態調査

した。代表的な支援ツールのイメージを図4及び図5に示す。

図4に示す設置支援ツールは、作業員による受信電力測定結果に基づき、無線接続可否、無線電波伝搬特性、干渉・雑音情報などを表示することができる。また、図5に示す無線ネットワーク監視ツールは、無線ネットワークの接続状態を可視化し、保守をサポートする。

#### 4. 海外での実証実験

先に述べた各種の技術を組み合わせ、海外で実証実験を実施している。現在実施中の実証実験を表2に示す。これまでの実証実験の結果、迅速な要件抽出や実験的試行の繰り返し等、このEMSのメリットが各国のニーズに合致することが分かった。エネルギーコストの削減効果も含めたコストメリットを明らかにし、事業モデルを構築することが今後の課題である。

#### 5. むすび

無線技術の応用と各種の可視化ツールを組み合わせることによって、低コストかつ短期間でのカスタマイズが可能なEMSソリューション、及び、海外における実証実験について述べた。

今後、これらの実証実験によって得られたデータ・知見を活用して、様々な地域の様々な顧客が抱える本質的な課題を明確にし、より効果的なソリューションを提案することによって、事業機会の獲得や、既存事業の競争力強化につなげていく。

#### 参考文献

- (1) 三菱電機省エネサポートサイト  
http://www.mitsubishielectric.co.jp/shoene/
- (2) 藤江良一, ほか: M2Mを支える無線/ネットワーク技術, 電子情報通信学会 総合大会BT-3-1 (2013)
- (3) IEEE Std 802.15.4, Part 15.4: Low-Rate Wireless Personal Area Networks(LR-WPANs) (2011)
- (4) IEEE Std 802.15.4g, Part 15.4: Low-Rate Wireless Personal Area Networks(LR-WPANs), Amendment 3: Physical Layer(PHY) Specifications for Low-Data-Rate, Wireless, Smart Metering Utility Networks (2012)
- (5) 特定小電力無線を用いたセンサネットワーク, 三菱電機技報, 89, No.1, 7 (2015)
- (6) Winter, T., et al.: RPL: IPv6 Routing Protocol for Low-Power and Lossy Networks, IETF RFC6550 (2012)