

# スマートグリッドの基盤となるAMIシステム

Advanced Metering Infrastructure for Smart Grid

新田 恵子 弥栄 邦俊 後藤 義英

■ NITTA Keiko ■ MIE Kunitoshi ■ GOTO Yoshihide

米国では情報通信技術 (ICT) を用いて、発送電設備の不足を補い電力使用量のピークを削減するスマートグリッド計画が進められている。

東芝は、スマートグリッドの基盤として期待されるAMI (Advanced Metering Infrastructure) システムとして、スマートメータ、インホームディスプレイ、及びMDMS (Meter Data Management System) を開発した。スマートメータは、精度がANSI C12.20 (米国規格協会規格C12.20) のクラス0.5%で、有効・無効電力量のほかに有効・無効電力、電圧、電流及び周波数の瞬時値を計測でき、Ethernet通信機能で電力会社のMDMSへ計量データを伝送する。インホームディスプレイは、スマートメータとZigBee<sup>(注1)</sup>通信で接続され、現在の電力及び電力使用量の表示や、デマンド (需要電力) 及び電力使用量トレンドのグラフ表示などを行う。MDMSは、双方向通信でスマートメータの管理、制御、及びデータ分析を行う。

The United States is actively promoting the smart grid to solve power supply and demand problems existing between power utilities and consumers by means of information and communication technology (ICT).

Toshiba has developed major components for a prospective advanced metering infrastructure (AMI) system for the smart grid including a smart meter, an in-home display, and a meter data management system (MDMS). The smart meter measures the instantaneous values of active power, reactive power, voltage, current, and frequency based on the American National Standards Institute (ANSI) C12.20 0.5% accuracy class standard. It also transmits measurement data for power utilities via Ethernet, and communicates watt-hour values to the in-home display using the ZigBee short-range wireless communication protocols for home appliances. The in-home display shows real-time power, watt-hour, and demand trend graphs. The MDMS performs management and control of smart meters using interactive network communications and analyzes utility operations from the collected data.

## 1 まえがき

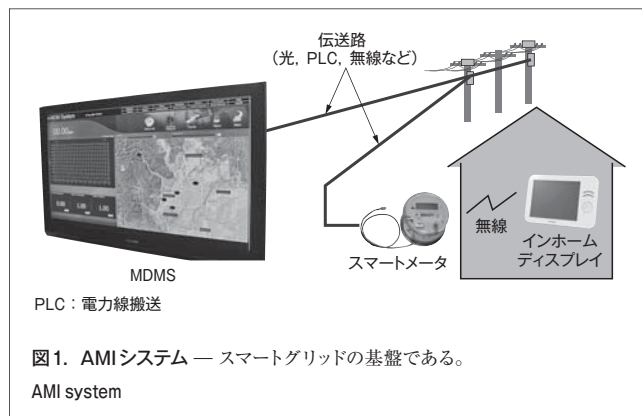
米国では、太陽光発電や風力発電など複数の分散電源と家庭や工場などの電力負荷を、電力及び通信のネットワークで結び、電源と負荷の双方を制御するスマートグリッドが進められている。

東芝は、米国向けスマートグリッド用にスマートメータ、インホームディスプレイ、MDMS、及びそれらで構成されるAMIシステムを開発した (図1)。

このスマートメータは、構造や、性能、通信プロトコル、データ構造などANSI規格に準拠している。インホームディスプレイには、スマートメータとの間の通信手段として今後標準になるとと思われるZigBeeを採用し、通信プロトコルANSI C12.22を適用した。MDMSは、スマートメータを管理し制御するためのシステムであり、今回は基本機能を開発した。

ここでは、AMIシステムを構成する機器の特長と、通信メディアについて述べる。

(注1) 家電向けの短距離無線通信規格の一つ。低速で伝送距離も短い、代わりに省電力で低コストという利点がある。ZigBeeは、ZigBee Allianceの米国及びその他の国における登録商標。



## 2 スマートメータとインホームディスプレイ

### 2.1 スマートメータ

スマートメータは、スマートグリッドシステムの中でエネルギー管理を行ううえで、各家庭と電力システムを結ぶ重要な窓口の役割を果たしている。通信機能により各種計測データを定周期 (数分～数時間) で上位装置 (MDMS) へ送り、また、MDMSからの遠隔指令により、検針や電力供給の制御を行う。

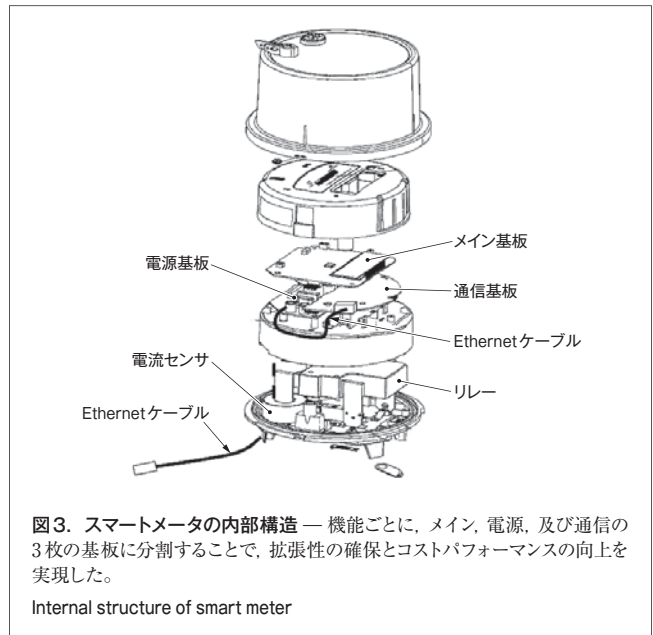
**2.1.1 仕様と特長** スマートメータの主な仕様を表1に、外観を図2に示す。仕様はANSI規格に準拠している。

スマートグリッドシステムの一部を担うスマートメータは、以下の機能を持っている。

- (1) データ保存機能により、電力使用量トレンド分析や需要予測のために計量データを最短で5分ごとに保存する。
- (2) 時間帯別計量機能により、多様な時間帯別料金メニューに対応した計量を行う。
- (3) デマンド計量機能により、最大需要電力による料金契約（デマンド契約）に対応した計量を行う。
- (4) 開閉器を内蔵し、遠隔指令で電力の供給を停止したり開始したりできる。

**2.1.2 構造** メータの内部構造を図3に示す。内部は機能ごとに3枚の基板に分けられ、計測や、表示、データ記憶などを行うメイン基板、動作電源を作る電源基板、及び外部とデータ通信を行う通信基板で構成されている。

機能ごとに基板を分割することで、拡張性の確保を実現した。海外では、電力会社の通信に対するニーズが多様化している。様々な通信手段の要求に対応するため、通信基板を交



換するだけで容易に通信手段を変更できるようにした。また、通信基板から電源回路を除くことで、新しい通信基板の開発を容易にした。

## 2.2 インホーム ディスプレイ

スマートグリッドシステムでは、一般家庭での電力使用量を抑えることが大きな目的の一つになっている。そのためにインホーム ディスプレイは、各家庭に使用電力の状況を提供（見える化）することによって、電力の使用量を抑制するという重要な役割を果たしている。

**2.2.1 仕様と特長** インホーム ディスプレイの主な仕様を表2に、外観を図4に示す。この装置は、ZigBee通信により、スマートメータで計測したデータを受信し、表示する。

画面表示はわかりやすいカラー表示とし、操作はタッチパネル方式を採用した。画面例を図5に示す。

**2.2.2 ホーム画面** 現在の消費電力及び料金単価と、本日の電力使用量及び使用料金を表示することで、見える化によるコスト意識を植え付け、電力使用の抑制を促す。

**2.2.3 電力使用量トレンドグラフ画面** 30分ごとの電力使用量を日単位や月単位などで表示し、最適な料金メニュー

表1. スマートメータの主な仕様  
Main specifications of smart meter

項目	仕様
相線式	単相3線式
定格	240 V 200 A 60 Hz
ソケットタイプ	2S
精度	0.5%級
計測項目	積算値：有効電力量 (正方向、逆方向、正方向-逆方向、正方向+逆方向) 無効電力量(正方向、逆方向) デマンド：インターバル時間は、15、30、60分から選択 最大デマンド瞬時値：有効・無効電力、電圧、電流、周波数
通信インタフェース	TCP/IP通信：上位通信用 無線通信(ZigBee)：インホーム ディスプレイ通信用 赤外線通信：ハンディターミナル通信用
準拠規格	ANSI C12.1 (電力量計) ANSI C12.10 (電力量計構造) ANSI C12.20 (0.2級及び0.5級電力量計) ANSI C12.18 (赤外線通信プロトコル) ANSI C12.19 (データ構造) ANSI C12.22 (ネットワーク通信プロトコル)

TCP/IP：Transmission Control Protocol / Internet Protocol

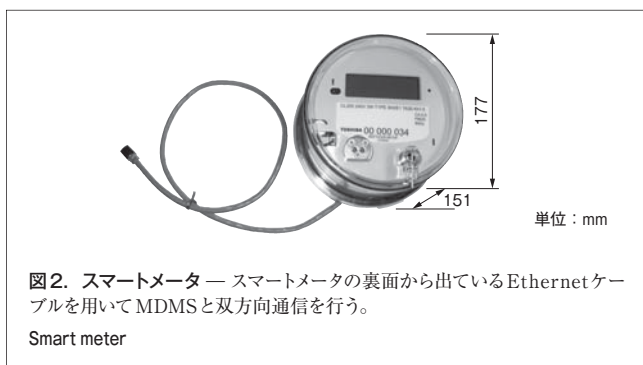


表2. インホーム ディスプレイの主な仕様  
Main specifications of in-home display

項目	仕様
定格電圧	直流5V(電源アダプタ付属)
消費電力	2W以下(通常時) 0.5W以下(省電力モード時)
液晶パネルサイズ	5.7型
操作方法	タッチパネル/ボタン一つ
解像度	QVGA(320×240画素)
無線通信	ZigBee

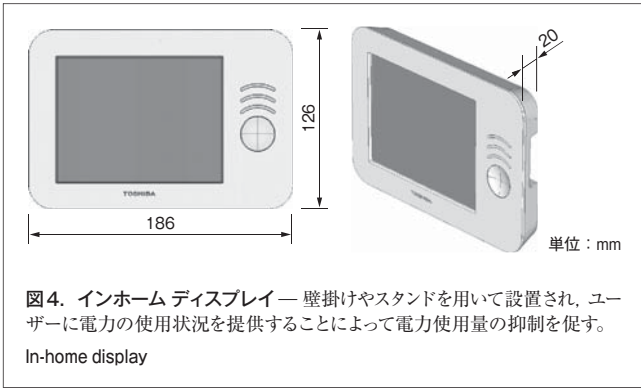


図4. インホームディスプレイ—壁掛けやスタンドを用いて設置され、ユーザーに電力の使用状況を提供することによって電力使用量の抑制を促す。  
In-home display

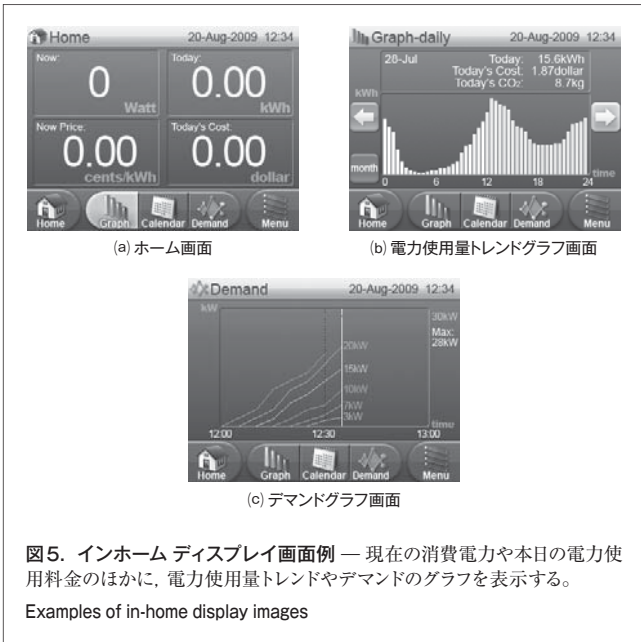


図5. インホームディスプレイ画面例—現在の消費電力や本日の電力使用料金のほかに、電力使用量トレンドやデマンドのグラフを表示する。  
Examples of in-home display images

へ契約を変更することや、電力の使用時間を料金単価が低い時間帯へ移行することを促す。

**2.2.4 デマンドグラフ** デマンド契約とは、需要家が電力会社との間で最大需要電力を決定し、これが低いほど電気料金が低価格となる契約のことである。この契約は大口需要家が対象となっているが、今後、一般家庭も対象になると考えられる。使用電力の契約電力超過を防止するためには、契約電力に対する現在デマンドの視覚化が必要になる。これをデマンドグラフ画面で実現させた。

### 3 MDMS

MDMSは、効率的な電力エネルギー管理のためにスマートメータのデータを収集、蓄積、分析するシステムである。情報通信網の発達により、MDMSと個々のスマートメータ間の双方向通信が可能となり、遠隔検針（データ収集）と遠隔制御が自動化された。MDMSの導入によって、より高度な電力管理を実現できる。

#### 3.1 システム概要

スマートメータとインホームディスプレイが各家庭に設置されるのに対して、MDMSは電力会社に設置される。スマートメータとMDMS間はネットワークで接続され、双方向の通信が可能である。MDMSの導入によって以下のことが実現できる。

- (1) 数分～数時間の周期（ANSI規格では15分単位）でスマートメータのデータを収集、蓄積、分析する。これを基に管轄内の電力使用量を細かく把握して需要状況に対応した料金設定を行うことで、電力使用のピークシフトを行う。
- (2) スマートメータ内にある開閉器のスイッチをネットワーク経由の遠隔制御で開閉することで、引越しや料金不払い時の処置を効率化できる。

#### 3.2 システムの特長

今回開発したMDMSは、当社製の電力系統用SCADA（Supervisory Control and Data Acquisition）汎用パッケージをベースにしている。メータの状態監視や、遠隔制御、収集データ記録、アラーム通知はSCADAパッケージの基本機能を流用し、使いやすいヒューマンマシンインタフェースとデータ分析機能を強化した。また標準化を進めたことにより、このシステムの導入にあたっては容易にカスタマイズが可能である。全体の状況を把握するダッシュボード画面を図6に示す。

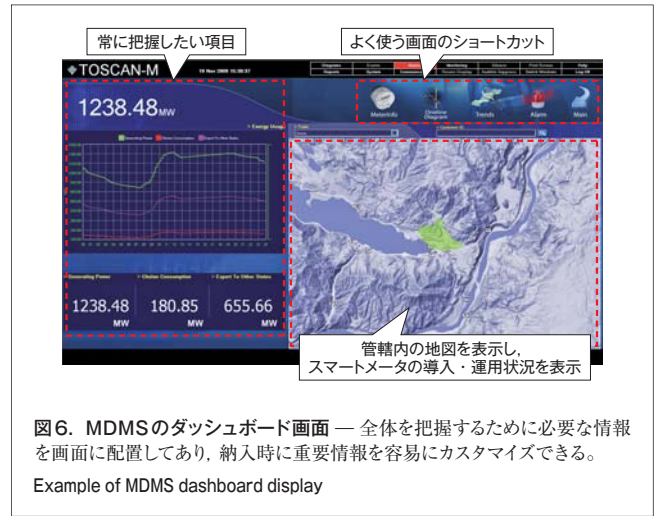


図6. MDMSのダッシュボード画面—全体を把握するために必要な情報を画面に配置してあり、納入時に重要情報を容易にカスタマイズできる。  
Example of MDMS dashboard display

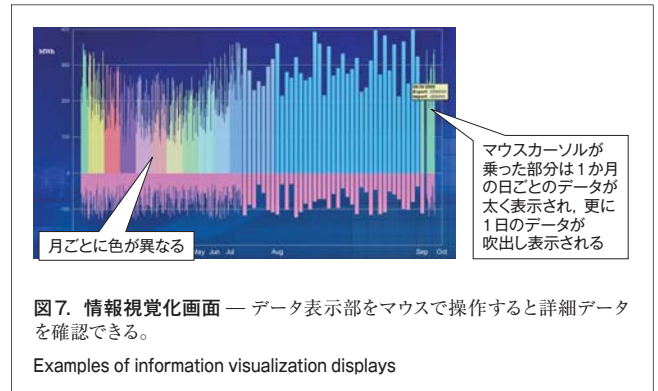


図7. 情報視覚化画面—データ表示部をマウスで操作すると詳細データを確認できる。  
Examples of information visualization displays

表3. 通信メディアの例

Examples of communication media

通信種別		概略仕様	特徴	
			メリット	デメリット
ラ ス ト ワ ン マ イ ル	無線 LAN (2.4 GHz) (Wi-Fi <sup>(注3)</sup> など)	<ul style="list-style-type: none"> <li>送信出力 : 10 mW/MHz</li> <li>伝送速度 : 11/22/54/300 Mビット/s</li> <li>無線規格 : ARIB STD-T66</li> <li>国際規格 : IEEE 802.11b/g/n</li> <li>標準化団体 : Wi-Fi Alliance</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>伝送速度が速い</li> <li>アドホックにメッシュネットワークを構築するため施工が容易である</li> <li>自動ルート切替のため、通信の信頼性が高い</li> <li>ネットワーク規模が大きくなる(1,000台程度)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>波長が短いため、障害物を回折、透過しにくい</li> <li>パソコンやゲームなどに幅広く使用されており、妨害される可能性がある</li> <li>消費電力が若干大きい</li> </ul>
	特定小電力無線 (429 MHz)	<ul style="list-style-type: none"> <li>送信出力 : 10 mW</li> <li>伝送速度 : 2.4 kビット/s</li> <li>無線規格 : ARIB STD-T67</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>テレメータ用の周波数帯のため、他システムからの妨害が少ない</li> <li>波長が長いため、障害物を回折、透過しやすい</li> <li>低消費電力である(電力計の負荷が少ない)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>伝送速度が遅いため、多段で中継すると遅延の影響がある</li> </ul>
	ZigBee (2.4 GHz)	<ul style="list-style-type: none"> <li>送信出力 : 10 mW/MHz</li> <li>伝送速度 : 250 kビット/s</li> <li>無線規格 : ARIB STD-T66</li> <li>国際規格 : IEEE 802.15.4</li> <li>標準化団体 : ZigBee Alliance</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>アドホックにメッシュネットワークを構築するため施工が容易である</li> <li>自動ルート切替のため、通信の信頼性が高い</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>波長が短いため、障害物を回折、透過しにくい</li> <li>Wi-Fi<sup>(注3)</sup>、WiMAXと比較して伝送速度が遅い</li> </ul>
有 線	光ケーブル (FTTH)	<ul style="list-style-type: none"> <li>伝送速度 : 10 Mビット/s ~ 1 Gビット/s</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>通信距離が長い(ただし、増幅器が必要になることもある)</li> <li>メータリングとして速度が十分である</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>全需要家までの敷設が困難である</li> </ul>
	PRIME (低速 PLC)	<ul style="list-style-type: none"> <li>変調方式 : OFDM</li> <li>通信速度 : 21 ~ 128 kビット/s</li> <li>標準化団体 : PRIME Alliance</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>屋外通信にも使用できる</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>使用実績がほとんどない</li> </ul>
広 域	第3世代携帯電話 (W-CDMA, CDMA2000 1x) 800 MHz, 2 GHz	<ul style="list-style-type: none"> <li>送信出力 : 300 mW (最大)/250 mW (最大)</li> <li>伝送速度 : 384/153.6 kビット/s</li> <li>無線規格 : ARIB STD-T63/T64</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>サービスが安定して供給される</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>公衆回線のため基本料が必要である</li> <li>消費電力が大きい</li> </ul>
	WiMAX <sup>(注4)</sup> (2.5 GHz)	<ul style="list-style-type: none"> <li>送信出力 : 200 mW</li> <li>伝送速度 : 15 Mビット/s</li> <li>無線規格 : ARIB STD-T94</li> <li>国際規格 : IEEE 802.16e/h</li> <li>標準化団体 : WiMAX Forum</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>伝送速度が速い</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>波長が短いため、障害物を回折、透過しにくい</li> <li>公衆回線のため、基本料が必要である</li> <li>消費電力が大きい</li> </ul>

W-CDMA : Wideband Code Division Multiple Access      CDMA2000 1x : Code Division Multiple Access 2000 1x  
 ARIB : 電波産業会      IEEE : 電気電子技術者協会      OFDM : Orthogonal Frequency Division Multiplexing

情報視覚化技術の一つであるFocus+Context手法<sup>(注2)</sup>を使った年間情報と月間情報のグラフを図7に示す。この技術を用いることで、情報のマクロな傾向を把握しながら、特徴的な部分の詳細情報を参照できるようになる。

## 4 通信メディア

AMIシステムの通信メディアには、広域タイプとラストワンマイル通信と言われる近距離タイプがあり、広域タイプには有線方式と無線方式がある(表3)。

今回開発したAMIシステムの通信メディアには、広域タイプで光ケーブル通信の有線方式(FTTH: Fiber to the Home)の適用を想定しているが、スマートメータの設置環境や用途に応じて最適な通信メディアを選択する必要がある。

## 5 あとがき

今回米国向けAMIシステムを開発したが、AMIシステムはスマートグリッドの基盤であり、米国をはじめ日本を含む各国で今後整備されていくと考えられる。

(注2) 一度に表示できるデータ量に制限があるとき、注目した部分の詳細情報(Focus)と情報全体の構造(Context)を同時に見せ、ユーザーにわかりやすく表示する手法。

(注3) Wi-Fiは、米国Wi-Fi Allianceの登録商標。

(注4) WiMAXは、WiMAX Forumの登録商標。

当社は、既に電力系統監視制御システム、 $\mu$ EMS (Micro Energy Management System), HEMS (Home Energy Management System) など、スマートグリッドのキーとなるアプリケーションを多数保有している。今後は、これらのアプリケーションと今回開発したAMIシステムを組み合わせ、本格的なスマートグリッドソリューションの開発に取り組んでいく。



新田 恵子 NITTA Keiko

電力流通・産業システム社 府中事業所 電力系統システム部 主務。スマートグリッドシステムの設計・開発に従事。  
Fuchu Complex



弥栄 邦俊 MIE Kunitoshi

電力流通・産業システム社 電力流通システム事業部 スマートグリッド統括推進部 参事。スマートグリッドシステムのエンジニアリング業務に従事。  
Transmission & Distribution Systems Div.



後藤 義英 GOTO Yoshihide

東光東芝メーターシステムズ(株) 開発部 設計第四グループ 担当主務。海外向け電力計の設計・開発に従事。  
Toshiba Toko Meter Systems Co., Ltd.