

# 安心、安全、快適な暮らしを実現する “Toshiba Smart Home”

Toshiba Smart Home Aimed at Realizing Safe, Secure, and Comfortable Lives of Residents

松江 清高

枝広 俊昭

■ MATSUE Kiyotaka

■ EDAHIRO Toshiaki

東芝は、体験型展示・実証施設“Toshiba Smart Home”（以下、スマートホームと呼ぶ）を府中事業所に建設し、2014年10月にオープンした。スマートホームは、最新の省エネルギー機器やネットワーク家電製品を導入してエネルギーの最適化や快適性の効果を検証する研究施設の役割と、各種製品やサービスなどの展示を通じて当社の製品や技術を来場者が体感できる情報発信施設の役割を担っている。

安心、安全、快適な社会を実現するため、当社は高気密・高断熱住宅に最先端の製品や技術を導入し、“環境（次世代につなぐ持続可能な暮らし）”、“こころ（一人ひとりの価値観を尊重した暮らし）”、及び“からだ（やりたいことができる健康的な暮らし）”の三つの価値を提供することを目指している。

Toshiba has constructed the Toshiba Smart Home, an interactive exhibition facility and demonstration facility that began operation on October 2, 2014, at its Fuchu Complex. The Toshiba Smart Home is playing an important role in our research and development activities to verify a comfortable indoor environment and energy optimization through the introduction of new energy equipment including a photovoltaic power generation system, a fuel cell system, and a storage battery system; the latest home appliances controlled by a home energy management system (HEMS), and a showroom offering customers a hands-on experience of new products and services.

To create a safe, secure, and comfortable society, we are introducing various cutting-edge technologies and services into well-sealed and heat-insulated houses aimed at enhancing people's lives taking sustainability, diverse values, and healthcare into consideration.

## 1 まえがき

東芝は、人々の“安心、安全、快適な社会－Human Smart Community”の実現を目指し、省エネや快適性への取組みを更に加速するため、2014年10月にスマートホームを開業した（図1）。

研究開発及び技術情報発信の場であるスマートホームは、顧客に“環境（次世代につなぐ持続可能な暮らし）”、“こころ（一人ひとりの価値観を尊重した暮らし）”、及び“からだ（やりたいことができる健康的な暮らし）”の三つの価値を提供できる施設を目指した。再生可能エネルギーを利用したエネルギーマネジメントや全館空調機を用いた快適性向上技術などの研究開発を進め、次世代の住宅に必要な技術を提案する。

## 2 研究開発及び展示の内容

クリーンかつ経済的なエネルギーの供給と利用を促進するため、政府はエネルギーの安定供給とエネルギーの地産地消に重点的に取り組むことを閣議決定している<sup>(1)</sup>。

スマートホームでは、地産地消の実現を目指すとともに、新エネルギー機器を用いた効率的なエネルギー利用の研究開発を推進し、環境に優しい暮らしのあり方を提案する。また、長



図1. 東芝スマートホーム — 府中事業所の正門脇に建設した。  
Toshiba Smart Home

寿命化に伴い、高齢者から子どもまで健康で快適に過ごせる環境を実現することを目指す。

スマートホームを利用して行っている研究開発及び展示の概要を表1に示すとともに、これらの詳細について、次に述べる。

### 2.1 環境（エネルギーに関連する研究開発や展示）

当社は、次世代につなぐ持続可能な暮らしの実現を目指し、新エネルギー機器を導入して光熱費や二酸化炭素（CO<sub>2</sub>）排出

表1. 東芝スマートホームの研究及び展示一覧

List of research and exhibition items

項目	環境 (次世代につながる持続可能な暮らし)	こころ (一人ひとりの価値観を尊重した暮らし)	からだ (やりたいことができる健康的な暮らし)
目指すべき姿	<ul style="list-style-type: none"> <li>省エネで環境にやさしい製品</li> <li>再生可能エネルギーの有効利用</li> <li>停電時にも安心して生活できる環境</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>快適な温度、湿度、及び照度</li> <li>花粉やPM2.5を寄せつけない環境</li> <li>居住者の行動推定と機器の自動制御環境</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>からだの状態を教えてくれる環境</li> <li>快適な睡眠</li> <li>除菌、消臭によるクリーンな環境</li> </ul>
代表的な利用機器	<ul style="list-style-type: none"> <li>省エネ家電</li> <li>新エネルギー機器 (PV, 燃料電池, 蓄電池)</li> <li>ホームゲートウェイ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>全館空調機</li> <li>風量制御装置</li> <li>スマートアイセンサーや Silmee</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ミラーディスプレイ</li> <li>LED照明 (睡眠アシスト機能)</li> <li>光触媒</li> </ul>
研究テーマの例	<ul style="list-style-type: none"> <li>3電池を用いた光熱費最小化制御</li> <li>停電時の家電機器利用アドバイス</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>空調制御アルゴリズム</li> <li>居住者行動推定</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>快適な睡眠</li> </ul>
展示内容の例	<ul style="list-style-type: none"> <li>創・蓄・省エネ機器とHEMS</li> <li>スマートメータ</li> <li>水素社会コンセプト提案</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>温度、湿度、及び照度の見える化</li> <li>スマートアイセンサーや Silmeeとの空調・照明連動</li> <li>対話型コンシエルジュ</li> <li>スマート家電</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ヘルスケアとミラーディスプレイ</li> <li>快適な睡眠</li> <li>光触媒による除菌、消臭</li> </ul>

量を最小化する研究開発や展示を行っている。

**2.1.1 高気密・高断熱住宅** エネルギーの利用効率を高めるため、近年、高気密・高断熱住宅の需要が高まっている。スマートホームでも、夏は涼しく、冬は暖かい環境を最大限の省エネで実現するため、高気密・高断熱住宅を構築した。

木造枠組壁構法の一つである2×6工法を用い、木造2階建て、延べ床面積225.23 m<sup>2</sup>の4LDK (4部屋+リビング ダイニング キッチン) の住宅を建築した。また、外光を取り込みながら断熱も確保するため、窓にはトリプルガラスを採用し、かつ、壁面部分には高性能の断熱材料を使用した。これらにより、外皮平均熱貫流率 (UA値) 0.43 W/(m<sup>2</sup>・K) が得られ、北海道基準の0.46 W/(m<sup>2</sup>・K) を上回る高断熱住宅を実現した<sup>(2)</sup>。

更に、ZEH (ネットゼロエネルギーハウス) 化を目指し、太陽光発電 (PV) の発電電力を高めるため、南向きの片流れ屋根を採用することで、太陽電池モジュール81枚を設置できる面積を確保した。

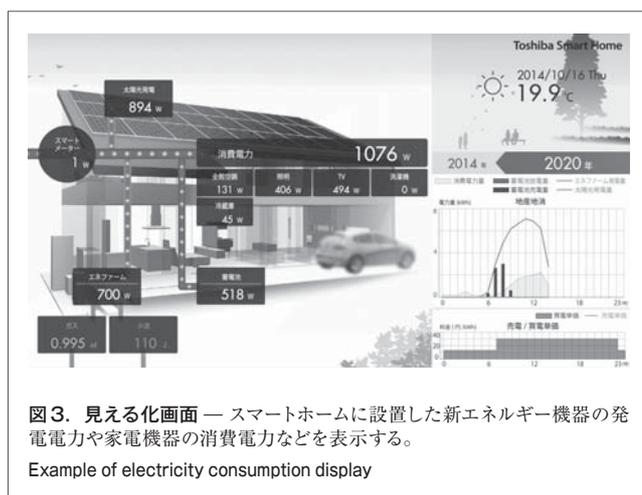
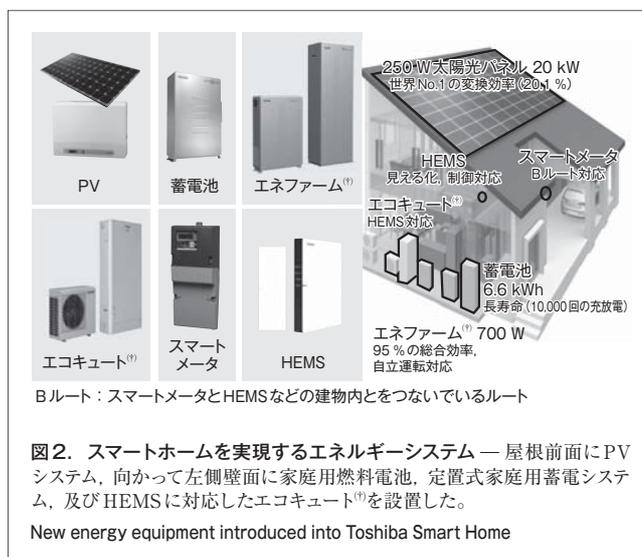
**2.1.2 創・蓄・省エネ機器とHEMS** ZEH化の実現を目指し、250 W太陽電池モジュールを用いて公称最大出力20 kW、世界NO.1<sup>(注1)</sup>の変換効率20.1%のPVシステムを導入した。また、6.6 kWhの定置式家庭用蓄電システム、世界最高水準<sup>(注2)</sup>の総合効率95%を達成した家庭用燃料電池“エネファーム<sup>(注)</sup>”，及びHEMS (Home Energy Management System) に対応したヒートポンプ給湯器“エコキュート<sup>(注)</sup>”を導入した。更に、玄関先にはスマートメータを設置した (図2)。

スマートホーム内に設置した機器の消費電力や1日のガス・水道使用量などの見える化を実現し (図3)，また、HEMSに接続可能で消費電力を抑えた最新ネットワーク家電なども多数導入した。

**2.1.3 3電池の最適制御による光熱費の最小化** 家庭の光熱費削減のため、PV、燃料電池発電、及び蓄電池充放電の3電池を用いた光熱費最小化を目指すアルゴリズムの研

(注1) 2014年8月現在、太陽電池モジュールとして、当社調べ。

(注2) 2014年9月現在、当社調べ。



究開発を進めている。過去のPV実績や電力需要実績データ、外部サイトから取得した天気予報などの情報と、電気料金データなどから、最適化手法の一つである遺伝的アルゴリズムを用いて、光熱費の最小化を目指す蓄電池の充放電スケジュールを導出している (図4)。

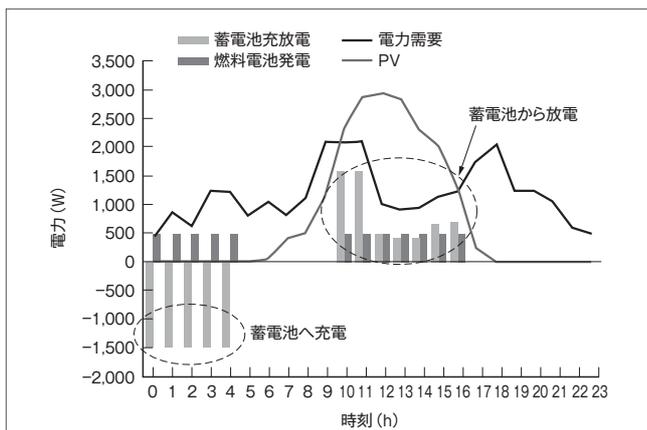


図4. 蓄電池の充放電スケジュール例 — 夜間に蓄電池へ充電し、昼間に蓄電池から放電することで光熱費最小化を目指す蓄電池の充放電スケジュールを導出する。

Example of charge and discharge schedule for storage battery

このアルゴリズムは、あらゆる家族構成に対応するとともに、新エネルギー機器の増設や電気料金の変更などにも柔軟に対応できる。数多くの蓄電池充放電スケジュールパターンの中から、光熱費が最小となるような準最適解を有限時間内に導出できることを特長としている。

**2.1.4 その他** 停電時に必要な家電機器だけを効率よく動作させてできるだけ長く利用したいというニーズがある。PVの発電量や蓄電池の残量などを考慮して家電機器の利用方法をアドバイスする研究開発なども進めている。

また、燃焼してもCO<sub>2</sub>を排出しない水素エネルギーの利用を見据えた水素社会のコンセプト提案なども行っている。

## 2.2 ところ (快適性に関連する研究開発や展示)

家庭では、光熱費を抑制したいニーズがある一方、快適性も確保したいというニーズもある。スマートホームでは、近年普及が進んでいる高気密・高断熱住宅に最新技術を導入することで、快適性を追求している。

**2.2.1 全館空調機及び気流制御装置** 快適空間の実現に向け、全館空調機を導入した。居室だけでなく玄関や廊下などにも給気口を設置できるため、宅内の温度差を小さくし、ヒートショックを防止する環境を構築できる。

また、通常的全館空調機の導入に加え、各部屋の天井付近と床付近の2か所に給還気口を設け、夏は天井側から冷気を、冬は床側から暖気を送風する仕組みを導入した。これにより対流を起こし、自然な空気の流れで部屋内の温度差を小さくする環境を目指した(図5)。

1階リビングには、天井付近の四隅と床付近の四隅の合計8か所に給還気口を設け、かつ、給還気口の向きをそれぞれ90°ずつ傾けることで、サーキュレータなどを利用しなくても空気を循環させ温度むらを軽減する環境を実現した。

全館空調機本体と給還気口間のダクト部には、遠隔操作

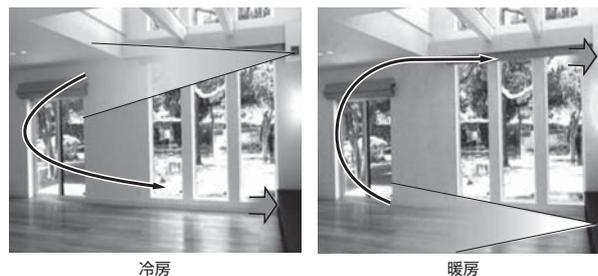


図5. 全館空調機を使用した気流制御のようす — 夏は上部の給還気口から冷気を、冬は下部の給還気口から暖気を送風する。

Airflow control for air cooling in summer and heating in winter

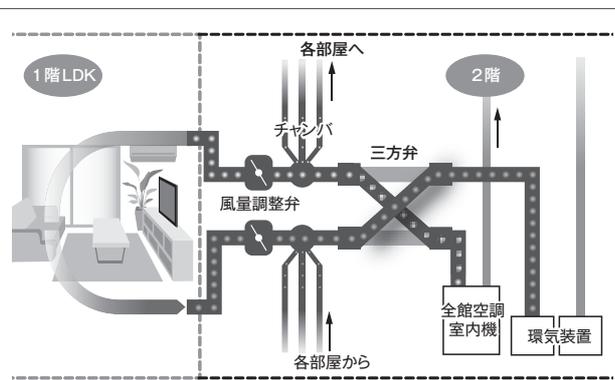


図6. 全館空調システムの構成 — 風量調整弁や三方弁などを組み合わせて全館空調システムを構築した。

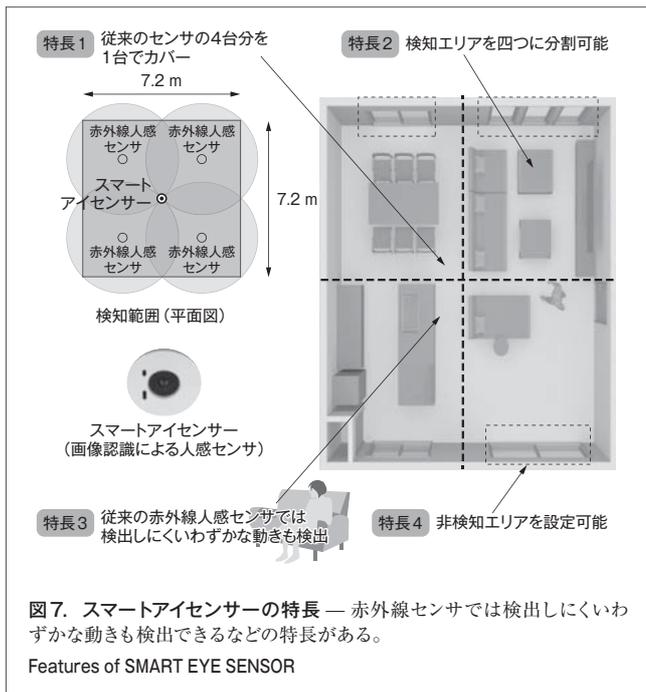
Configuration of whole-house air-conditioning system

可能な風量調節弁を導入し、部屋ごとの個別風量制御を実現した。これにより、一室の温度制御から全室を考慮した宅内全体の温度制御までを可能にした。また、ある部屋に対して、花粉やPM2.5(粒径2.5 μm以下の微小粒子状物質)の侵入を抑制する正圧制御や、病原菌や異臭の拡散を抑制する負圧制御などで、快適環境の実現を目指した(図6)。

**2.2.2 “スマートアイセンサー”や“Silmee”との空調・照明連動** 帰宅して1階リビングに入室すると、時刻や状況に応じてカーテン及び照明を自動制御する。リビングに座ってテレビを視聴し始めると視聴に最適な照度に変更する。家事などの作業を開始すると暑いと感じる前に適切な温度に空調制御する。このように、家電リモコンなどでふだん何げなく操作している内容を、人の指示なしでも自動的に機器が応答して動作する環境の実現を目指している。

スマートホームでは、1階のリビング天井にスマートアイセンサーを設置し、人物検知を実現している(図7)。スマートアイセンサーには、窓際のカーテンの動きを検知範囲から除外するなど、きめ細かくカスタマイズできる機能がある。

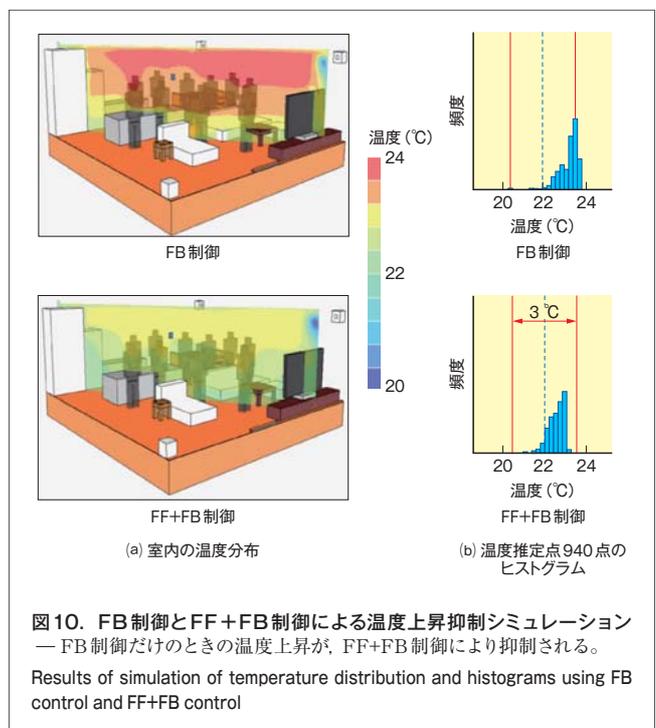
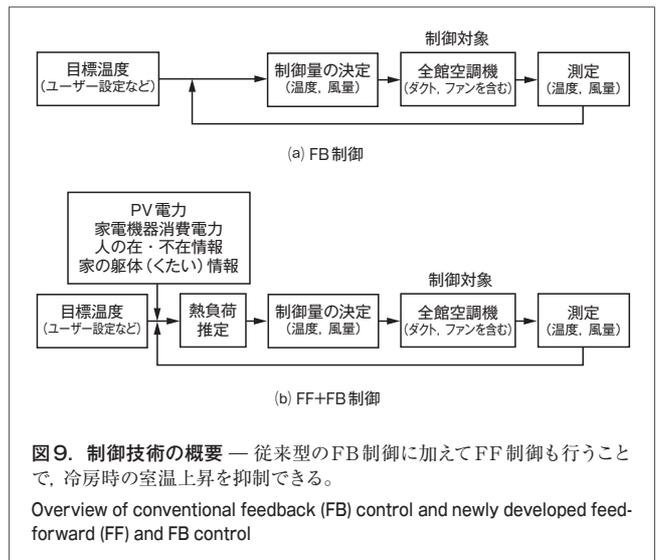
この機能と居住者の活動量や快適度を推定可能な貼付け型ウェアラブル生体センサSilmeeにより、例えば居住者が読



書中のときは、そのエリアの照明を読書に最適な照度に調節するとともに、快適な温度になるよう空調を制御することができる。このときの快適指標を大画面タッチディスプレイ“シェアードボード”に表示し、活動量から推定した快適度の見える化もしている(図8)。

また、床に倒れている状態と睡眠状態を判別することで見守り機能を実現し、高齢者のひとり暮らし世帯に有用な機能を提供することもできる。更に、スマートアイセンサーを屋外に設置して不審者の侵入を画像認識により検知する研究開発なども計画している。

**2.2.3 温度上昇抑制シミュレーション** 従来型の空調機の場合、温度センサの値と設定温度からフィードバック制御(以下、FB制御と略記)して温度調節を行う。この場合、冷房では室温上昇後にFB制御を行うことになるため、一時的



に不快と感ずることがある。これに対し、室温上昇前にフィードフォワード制御(以下、FF制御と略記)を加えることで、室温上昇を抑制できる。これら二つの制御手法の概要を図9に示す。また、1階リビングに10名が入室して一定時間経過したときの室内の温度分布と温度ごとの度数分布をシミュレーションした結果を図10に示す。FF+FB制御の場合は、室温の上昇を目標温度 $\pm 1.5^{\circ}\text{C}$ 以内に抑えられることがシミュレーションにより確認できた。

**2.2.4 対話型コンシェルジュ** スマートホームの1階キッチンに設置してあるシェアードボードには、対話型コンシェルジュの機能がある。

料理中で手が離せないときでも対話型コンシェルジュへ話しかけるとレシピを教えてくれる。また、訪問者が帰宅することを対話型コンシェルジュへ伝えると、鉄道の発車時刻や天気情報などを教えてくれる。このように、必要な情報を自動的に判断して提供する環境の実現も目指している。

### 2.3 からだ (ヘルスケアに関連する研究開発や展示)

“健康でいきいきと暮らす”という根源的な欲求に対して、当社は、“健康増進”，“予防”，“予後・介護”，及び“診断・治療”に関する商品やサービスを提供している。生活に関わる日々の情報のセンシングや住環境の改善，高齢化に伴う高齢者の在宅ケアなど，ヘルスケアにおいてもスマートホームが担う役割は重要である。

**2.3.1 暮らしの中での健康管理** ウェアラブルデバイスの登場により，日々の活動量や脈波，体表温度などを簡単にセンシングできる環境が整いつつある。センシングしたデータを日々の暮らしの中でわかりやすく提供するため，洗面所に設置したミラーディスプレイを活用し，身体の情報の見える化を実現した(図11)。

**2.3.2 快適な睡眠環境** 身体と心の健康には良い睡眠が必要であり，そのためには適度な運動や規則的な生活とともに快適な睡眠のための環境づくりも重要である。睡眠前のくつろぎやリラクスのため，徐々に深い暖色に変わるように色温度を制御する“睡眠アシスト機能”を搭載したLED(発光ダイオード)照明を提案している。ウェアラブルデバイスと連動し，入眠時，睡眠中，及び起床時の照明や空調の制御による快適な睡眠環境の実現を目指して研究開発を進めている。



## 3 あとがき

スマートホームでは，省エネで快適な暮らしの実現を目指した研究開発を推進し，最新製品の展示や技術の提案などを行っている。

停電時に蓄電池からの放電により家庭の負荷を賄う自立発電や，水素を利用した高効率な燃料電池発電，センサやカメラなどの情報による居住者の行動に合わせた機器制御など，これからの社会に必要な技術を研究開発し，順次提案していく。

また，ハウスメーカーや，電力・ガス・エネルギー関連企業をはじめ，政府及び自治体，報道機関などからの様々な意見を反映させながら，スマートホームを，更に安心，安全，快適な環境へと進化させていく。

## 文献

- (1) 内閣府. 規制改革実施計画. 2013. 34p. <<http://www8.cao.go.jp/kisei-kaikaku/kaigi/publication/130614/item1.pdf>>, (参照 2014-10-20).
- (2) 国土交通省. 住宅・建築物の省エネルギー基準. 2013. 7p. <<http://www.mlit.go.jp/common/000996591.pdf>>, (参照 2014-10-20).

- エコキュートは，関西電力(株)の登録商標。
- エネファームは，東京瓦斯(株)，大阪瓦斯(株)，及び新日本石油(株)の登録商標。



松江 清高 MATSUE Kiyotaka

電力システム社 電力・社会システム技術開発センター 制御システム開発部主務。エネルギーシステムに関する研究・開発に従事。情報処理学会会員。

Power and Industrial Systems Research and Development Center



枝広 俊昭 EDAHIRO Toshiaki

コミュニティ・ソリューション社 コミュニティ・ソリューション事業部 エネルギーソリューション開発部主務。エネルギーソリューションの開発に従事。

Community Solutions Div.