

大船スマートハウスの概要と構成技術

久代紀之*
伊藤善朗**

Overviews of Ofuna Smart House and its Key Technologies

Noriyuki Kushiro, Yoshiaki Ito

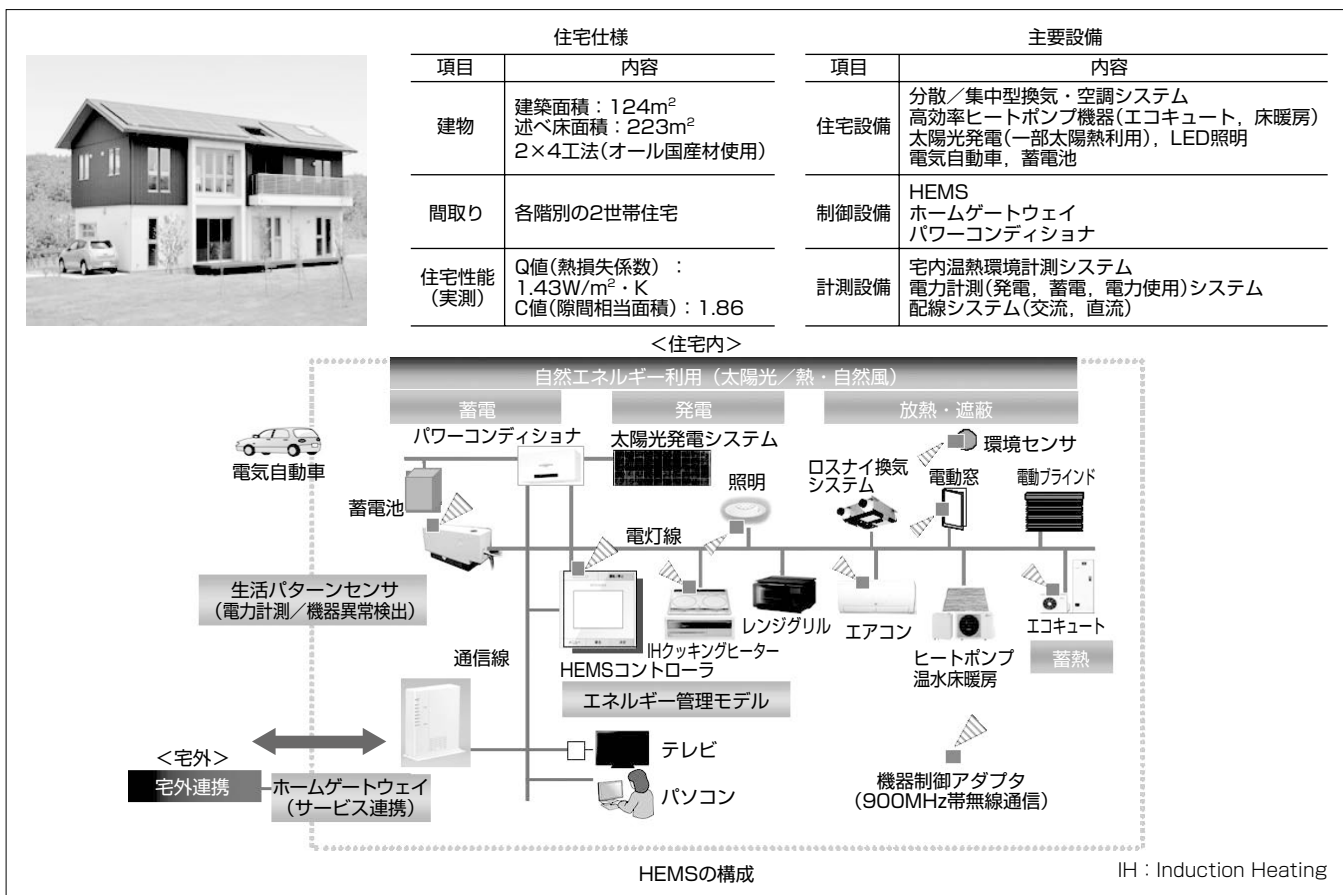
要旨

スマートグリッドに対応したスマートハウス(以下“大船スマートハウス”という。)を鎌倉市大船(以下“大船”という。)に建設し、HEMS(Home Energy Management System)の実証実験を開始した。

震災後の省エネルギー意識の高まりに対し、節電やピークシフトを実現するとともに、プライバシーを損なうことなく居住者の暮らしを見守り安全・安心を支援するシステムの実現とCO₂ゼロエミッション住宅の実現可能性の実証を目的とする。

大船スマートハウスには、当社最新の高効率家電・住宅設備機器のほか、太陽光・熱、自然風等の自然エネルギーを最大限に活用するとともに居住者の生活パターンに基づき各種機器制御を行うHEMSコントローラ、宅外と連携して種々のサービスを提供するホームゲートウェイが設置されている。

本稿では、大船スマートハウスの概要とスマートハウスを構成する技術について述べる。



大船スマートハウスと構成技術

左上はスマートハウスの外観で、右上の表は大船スマートハウスの住宅と設置設備の概要である。実証設備として、設備機器・制御設備機器のほかに、計測用の各種設備機器を設置している。下の図は、大船スマートハウスに設置したHEMSの構成を示す。

1. ま え が き

地球温暖化防止に向け、太陽光など再生可能エネルギーを活用するスマートグリッドへの取り組みが世界的に活発化している。一方で、変動が大きいこれらエネルギーの大量導入による電力供給網へのインパクト(逆潮流)への懸念も顕在化してきている。これらを背景とし、家庭内の発電・蓄電とその消費を制御することで、省エネルギー・エコと逆潮流抑制を両立するスマートホームへの関心が高まっている。さらに国内では、震災後、節電と安全・安心機能の実現が喫緊の課題になっている。

2. 大船スマートハウスの概要

三菱電機では、2010年からスマートグリッド実証実験を尼崎・和歌山・大船で開始した⁽¹⁾。この実証実験は、電力供給、配電、需要家の全域をカバーするもので、電力供給から需要に至るシステム実現のための技術確立を行い、低炭素社会実現への貢献を目指すものである。大船では、当社最新の住設機器とHEMSを設置した大船スマートハウスを構築した(図1)。

大船スマートハウスでは、主にCO₂ゼロエミッション住宅実現可能性の検証と震災後に高まる安全・安心・節電システムの有用性の確認を目的とした実証試験を行う(表1)。

住宅仕様を表2に、主要設備を表3に示す。大船スマートハウスは、自立循環型住宅のガイドライン⁽²⁾に準拠した高気密・高断熱住宅となっている。将来的に宅内エネルギー融通などの実験に対応できるように2世帯住宅(1階高齢者、2階若年4人家族)として設計し、各フロアが独立



図1. 大船スマートハウスの外観

表1. 大船スマートハウスの目的とゴール

項目	内容
目的	ゼロエミッション住宅実現性の検証 安全・安心・節電システムの有用性の検証
ゴール	・ゼロエミッション制御のためのエネルギー管理モデルの構築 ・HEMS実現技術の確立 ①HEMSコントローラ ②ホームネットワーク ③生活パターンセンサ
実証期間	2010年 設備構築・一部実証実験開始 2011年 実証実験本格化(展開)

して動作する設備・システム設計とした。大船スマートハウスには、住宅設備・制御設備のほか、ゼロエミッション等各種検証のための計測設備が設置されている。

ゼロエミッション住宅の実現のために、太陽光・熱及び自然風など自然エネルギーを最大限活用するため種々の工夫が導入されている。実施例を図2に示す。同図(a)は、自然風を利用した夏場の廃熱制御、同図(b)は、床下蓄熱材を利用した冬場の日射の暖房に利用、同図(c)は、2階に上昇した熱を循環ファンを用いて床下に蓄熱し、サニタリ空間等に放熱することで、室温の均一化を実現している。

3. 構成技術

HEMSの構成を図3に示す。新築/既築を問わず容易に導入可能なことを目指し、900MHz帯域無線を用いた既築住宅にも配線や工事が容易なホームネットワークと小型・高性能な組み込み型HEMSコントローラで構成した。

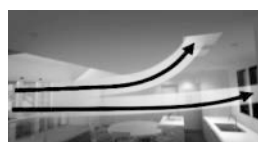
HEMSシステムは、発電・蓄電・放電等主に宅内の電力関連を制御するパワーコンディショナサブシステム、宅内

表2. 大船スマートハウスの住宅仕様

項目	内容
面積	建築面積：124m ² 、延べ床面積：223m ²
建築工法	2×4工法(オール国産材)
間取り	各階別の2世帯住宅 1階：1LDK+インドアガレージ 2階：3LDK
住宅性能(実測値)	Q値(熱損失係数)：1.43W/m ² ・K C値(隙間相当面積)：1.86

表3. 大船スマートハウスの主要設備

分類	内容
住宅設備	・分散/集中型換気・空調システム ・高効率ヒートポンプ機器(エコキュート、床暖房) ・太陽光発電(3.8kW+2.28kW 一部太陽熱利用のハイブリッドシステム) ・全館LED照明 ・電気自動車、蓄電池
制御設備	・HEMS ・ホームゲートウェイ ・パワーコンディショナ
計測設備	・宅内温熱環境計測システム ・電力計測(発電、蓄電、電力使用)システム ・配線システム(交流、直流)



(a) 通風による廃熱



(b) 床下蓄熱材による暖房



(c) 室温の均一化

図2. 自然エネルギーの利用例

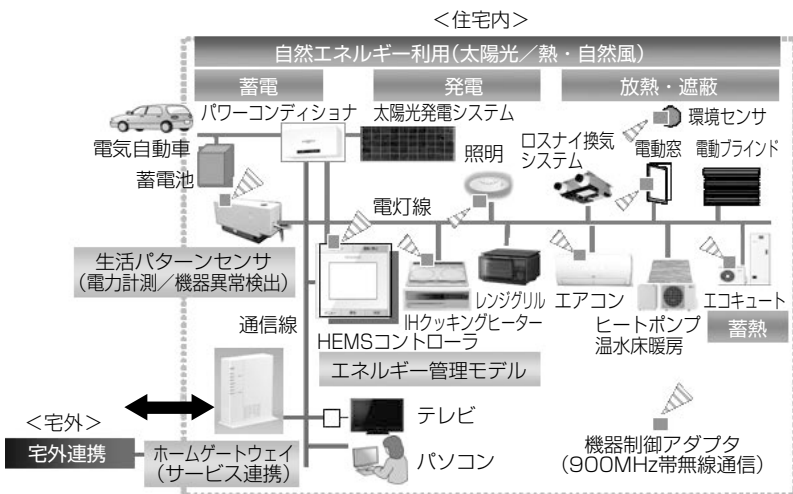


図3. HEMSの構成

に設置された各種家電・住宅設備機器及び環境を制御するHEMSコントローラサブシステム、宅外サービスとの連携を実現するホームゲートウェイサブシステムの3つのサブシステムで構成している。これらのサブシステム間は、IP (Internet Protocol) 網で接続し協調させることで、ゼロエミッションのための制御や安全・安心・節電機能を実現する。

3.1 HEMSコントローラ

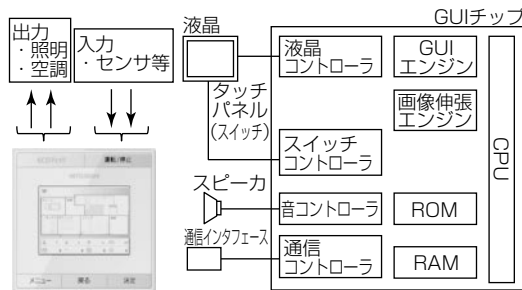
HEMSコントローラに要求される機能を表4に整理する。コスト制約の厳しい組み込みハードウェアで、一般的にこれら3つの機能を実現することは難しく、HEMSシステムのコストアップの要因の一つになっていた。

このシステムでは、最も負荷の重い表示機能を描画機能とメモリ伸張機能をハードウェア化するとともに、HEMSコントローラに必要となる周辺機能をワンチップ化したHEMSコントローラ専用チップと同チップ上で動作する省メモリGUI(Graphical User Interface)ライブラリを開発することで、これらの制約を解消した⁽³⁾。手間のかかるGUI画面のソフトウェア実装については、パソコン上の開発支援ツールを提供することによって、支援ツール適用なしの際の1/5の工数でHEMSコントローラ用のGUIソフトウェア実装を可能とした⁽³⁾。

さらにプログラム可能なI/O(Input/Output)拡張機能(インタプリタ)を搭載し、既存機器、コスト制約の厳しい照明やセンサを、HEMSコントローラの汎用I/Oとして接続し、HEMSコントローラ上で自在にプログラミング可能とすることでHEMSの適用対象機器を拡大した(図4)。HEMSコントローラの制御対象となる機器をネットワークに接続するために、機器接続アダプタを開発した⁽⁴⁾家電機器と上記アダプタのインタフェースには、IEC62480(ECHONET)で標準化された仕様を適用した。

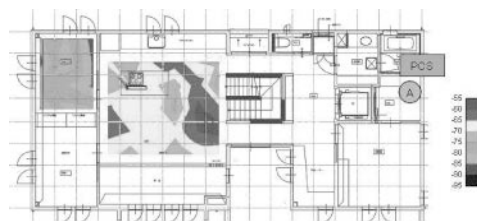
表4. HEMSコントローラへの要求仕様

機能	概要
通信	ホームネットワーク通信制御機能
制御	創電/蓄電、電力消費の現状を把握・予測し、最適に制御する機能
表示	わかりやすく情報を提示し、操作を受け付ける機能

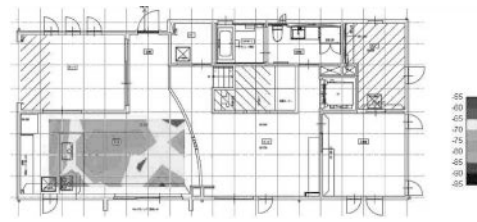


ROM : Read Only Memory, RAM : Random Access Memory

図4. HEMSコントローラの構成とコントローラ専用チップ



(a) A部分(分離盤)から送信した場合の2階フロアでの電波強度



(b) A部分から送信した場合の1階フロアでの電波強度

図5. 900MHz帯域無線を用いた通信性能(大船スマートハウス実証試験結果)

3.2 ホームネットワーク

HEMSのもう一つのコストアップ要因は、ホームネットワーク設置コストである。ホームネットワークの候補として、専用線、無線、電力線搬送通信などが想定されるが、設置コストの点からは、配線、設置、調整コストに優れた無線方式が優位⁽⁵⁾である。

無線ネットワークとして、2.4GHz(ZigBee^(注1)、無線LANなど)が一般的であるが、このシステムでは、通信距離や障害物に対する信号の回り込みなど宅内での通信性能に優れた900MHz帯域を適用した⁽⁵⁾⁽⁶⁾。

大船スマートハウスにおける900MHz帯域無線の性能評価実証試験結果の一部を図5に示す。宅内全域で中継が必要となる電波強度-90dBm以下の領域はなく、ホームネットワークとして十分な性能を持つことを確認した。

(注1) ZigBeeは、ZigBee Alliance, Inc. の登録商標である。

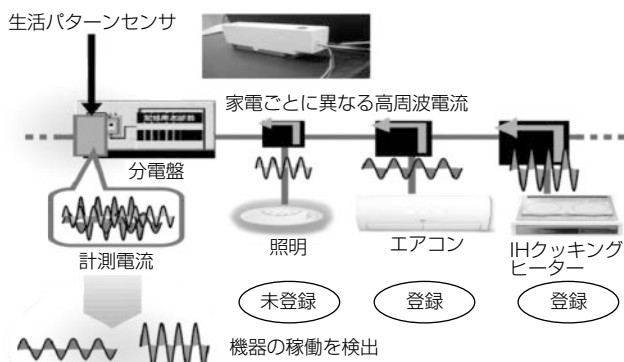


図 6. 生活パターンセンサによる機器運転の検出原理

3.3 生活パターンセンサ

効果的なエネルギー管理には、機器がいつ使用されるかという情報が重要であるが、各需要家での機器使用実態は多様で、これを把握することは困難とされてきた。この課題解決のために、分電盤に一つセンサを設置するだけで、電力を計測するとともに主要機器の使用状況を検出する生活パターンセンサを開発した。生活パターンセンサの外観と原理を図 6 に示す。機器動作時に流れる特有の消費電流波形をあらかじめ識別子として学習しておき、パターン認識によって電力を計測するとともにリアルタイムに機器の動作を同定するものである。実際に人が居住する家庭 5 軒に設置し、生活パターン同定に十分な性能を持つことを確認した⁷⁾。

4. む す び

大船スマートハウス及び設備システムの開発・設置を完了し、2011年7月より、ゼロエミッションの実現性及び安全・安心システムの有用性確認のための1年間の実証実験を本格的に開始した。

現在は、HEMSコントローラに搭載され、発電・蓄電・蓄熱、負荷制御、放熱等の各制御要素を変動の大きい自然エネルギー(太陽光/熱, 風)を、各戸の生活パターンにあわせて最適制御するためのエネルギー管理モデル(図 7)のパラメータを実験によって同定している。HEMSコントローラでは、発電・蓄電などの各制御対象要素の状況を計測し、将来の需要・供給バランスを予測し、最適制御することでゼロエミッションを実現する。机上計算では、高气密・高断熱、最新の高効率機器の導入による省エネルギー45%とHEMSの導入(自然エネルギーの有効活用, 省エネルギー最適制御)による10%強の削減を見込んでいる。この差分を太陽光発電によって補完することでゼロエミッション住宅の実現ができることを見込んでいる。

住宅及び設備の基本設計と評価(気密性・断熱性)に関しては、東京大学大学院坂本雄三教授の監修をいただいた。

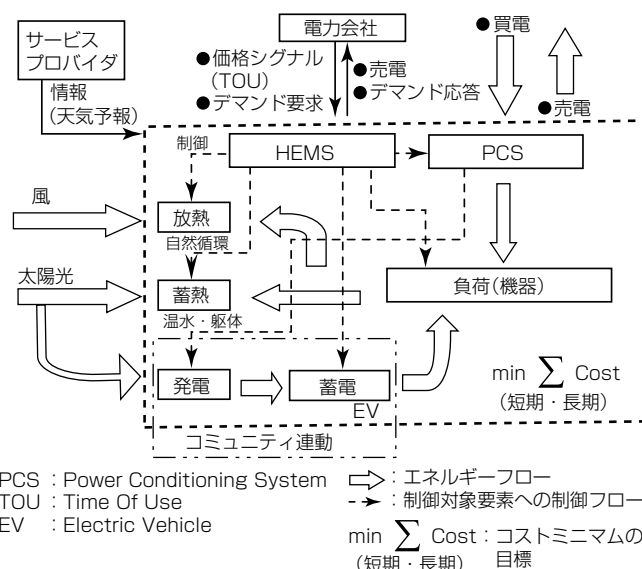


図 7. エネルギー管理モデル

PCS : Power Conditioning System
 TOU : Time Of Use
 EV : Electric Vehicle
 ⇨ : エネルギーフロー
 - ⇨ : 制御対象要素への制御フロー
 min Σ Cost : コスト最小の目標 (短期・長期)

住宅建築では、三菱地所ホーム(株)に、またHEMSコントローラ専用チップ開発に際しては、セイコーエプソン(株)に協力をいただいた。ここに謝意を表します。

参考文献

- (1) 三菱電機広報：スマートグリッド事業について
<http://www.mitsubishielectric.co.jp/news/2010/0517-1.pdf>
- (2) 財建築環境・省エネルギー機構：自立循環型住宅プロジェクトとは
<http://www.jjj-design.org/project/index.html>
- (3) 久代紀之, ほか：組込み型GUIプロダクトライン開発への実践的アプローチ, 情報処理学会, 組込みシステムシンポジウム (2009)
- (4) Koizumi, Y., et al. : Program Downloadable Adaptor for Home Network, IEEE Trans. on Consumer Electronics, **53**, No.2, 357~362 (2007)
- (5) Kushiro, N., et al. : Practical Solution for Constructing Ubiquitous Network in Building and Home Control System, IEEE Trans. on Consumer Electronics, **53**, No.4, 1387~1392 (2007)
- (6) 小泉吉秋, ほか：950MHz帯の宅内電波伝搬特性, 電子通信学会ソサエティ大会 (2010)
- (7) Kushiro, N., et al. : Performance of Ad-hoc Wireless Network on 2.4GHz Band in Real Field, IEEE Trans. on Consumer Electronics, **54**, No.1, 80~86 (2008)
- (8) Kushiro, N., et al. : Non-intrusive Human Behavior Sensor for Health Care System, Human Computer Interaction International Conferenc (2009)