

第4章 テーマ 2-3：建物と設備機器の連携、センサを用いた省エネコントロール、建築のノウハウ、自然エネルギーの活用、設備機器の高効率化の組み合わせによる CO2 排出削減効果の検証

株式会社ミサワホーム総合研究所

株式会社日立製作所

株式会社ピコエイダ

一般財団法人日本情報経済社会推進協会（旧・財団法人日本情報処理開発協会）は、経済産業省から委託を受け、「平成21年度スマートハウスプロジェクト実証事業（スマートハウスのビジネスモデルに係る調査研究）」を実施しました。本事業は、別途経済産業省が実施した「平成21年度スマートハウス実証プロジェクト」と連携の上、実施されました。

この報告書は、別途経済産業省が実施した「平成21年度スマートハウス実証プロジェクト」について、経済産業省の公表許可を得て、一般財団法人日本情報経済社会推進協会から公表するものです。（報告書全体取り纏め：株式会社三菱総合研究所）

このファイルは、「平成21年度スマートハウス実証プロジェクト 報告書」の第4章のみを公開するものです。（その他の章は、別ファイルとして公開しております。）

目 次

第4章 テーマ2-3：建物と設備機器の連携、センサを用いた省エネコントロール、建築のノウハウ、自然エネルギーの活用、設備機器の高効率化の組み合わせによるCO2排出削減効果の検証.....	1
4.1. 実証実験の目的.....	4-1
4.2. 実施体制・分担.....	4-2
4.3. エネルギーマネジメントシステムの検討.....	4-3
4.3.1. 住宅への導入に適したシステム要件の調査、検討.....	4-3
4.3.2. 省エネコントロールアプリケーションの検討.....	4-7
4.3.3. PDCA サイクルによる家計部門の持続的な省エネ・CO2削減方法の検討.....	4-12
4.3.4. テレビ表示方式の検討.....	4-18
4.3.5. スマートハウス共通プロトコルの検討.....	4-23
4.3.6. 全体エネルギーマネジメントシステムの検討.....	4-26
4.4. 実証実験システム開発.....	4-33
4.4.1. ハードウェア構成.....	4-33
4.4.2. ソフトウェア構成.....	4-41
4.5. 実証実験の実施、検証.....	4-53
4.5.1. 実施場所.....	4-53
4.5.2. 実施方法.....	4-54
4.6. 実証実験結果の評価、分析.....	4-61
4.6.1. 実証システムの技術的な検証、評価.....	4-61
4.6.2. 実証システムのビジネスモデルとしての検証、評価.....	4-90
4.7. 実験結果の考察.....	4-97
4.7.1. アーキテクチャの適正性評価（機能・性能評価、国際標準等との整合、等）.....	4-97
4.7.2. 新規サービス創出の可能性.....	4-100
4.7.3. 実用化、普及に向けた問題点、課題.....	4-101
4.7.4. 今後に向けた提言.....	4-103

4.1. 実証実験の目的

京都議定書に在る 1990 年代の住宅を実際の実験住宅として選定、簡易リフォームすることで、エネルギーの見える化と省エネ効果の高い住居に変身させるエネルギーマネジメントシステムを開発し、実証実験を通してその効果を検証する。

実証実験により、以下を実施することを目的とする。

- ・ 省エネルギー家電や空調の導入による約 10%の削減、ホームコントローラ導入によるスマートハウス内の自然換気を利用した省エネコントロール機能による 10%の消費エネルギー削減、合計 20%の削減効果の見通しが得られることを実証する。
- ・ ウェザーニューズ社のピンポイント気象情報を基に、スマートハウスにおける翌日の消費電力量と設置されている太陽光発電システムやエネファーム等の発電量を想定し、それに応じて蓄電システムを適切に充放電管理を行う等の「エネルギーマネジメントシステム」により約 10%の削減効果の見通しが得られることを実証する。
- ・ 居住者のエコ活動とサービス事業者のサービスとを連係させるシステム基盤を構築し、オープンな環境の提供により、電力や水道の自由競争にも対応でき、自治体サービスとの連携や電車・バスなどの交通機関との連携サービス、商業施設や宅配サービスなどとの連携、ヘルスケアや介護、医療サービスとの連携など他業種、異業種から新サービスの創出が可能であることを検証する。
- ・ スマートハウス内の通信方式は、施工や改修工事時の環境負荷が小さく、また既築住宅にも容易に導入・適用が容易な電力線通信（PLC）及び無線を使用することが効果的なことを実証する。
- ・ CO2 排出 50%削減に必要とされる住宅設計、建築工法等の建築のノウハウを含めた要素技術とエネルギーマネジメントシステムとの連係を具体化し、その実現ロードマップを示す。

4. 2. 実施体制・分担

実施体制と分担を、下表に示す。

表 4-1 実施体制と分担

項目		主担当
1	エネルギーマネジメントシステムの検討	
	a	住宅への導入に適したシステム要件の調査、検討 ミサワホーム総研
	b	省エネコントロールアプリケーションの検討 ミサワホーム総研
	c	PDCA サイクルによる家計部門の持続的な省エネ・CO2 削減方法の検討 ピコエイダ
	d	テレビ表示方式の検討 日立製作所
	e	スマートハウス共通プロトコルの検討 日立製作所
	f	全体エネルギーマネジメントシステムの検討 日立製作所
2	実証実験システム開発	
	a	システム基盤、自動制御省エネアプリケーション 日立製作所
	b	PDCA サイクルによる省エネアプリケーション ピコエイダ
3	実証実験の実施、検証 ミサワホーム総研、 ピコエイダ、 日立製作所	
4	a	実証実験結果の評価、分析
		I 実証システムの技術的な検証、評価 日立製作所
		Ii 省エネルギーシステムの動作の評価と有効性の確認、住宅設備機器のコントロール上の課題と対策の評価・分析 ミサワホーム総研、 日立製作所
		Iii 開発したスマートハウス通信プロトコルを実用化していく上での充足性、性能の評価 日立製作所
		Iv 効果的な省エネ診断、省エネアドバイス表示、買い替えアドバイス表示を実現するための操作性や機能性の評価 ピコエイダ
		V CO2 排出削減効果の見通しの検証と評価 ミサワホーム総研、 ピコエイダ
		Vi 今後の実用化に向けた課題を抽出、整理 ミサワホーム総研、 ピコエイダ、 日立製作所
	b	実証システムのビジネスモデルとしての検証、評価
		I ハウスメーカーから見たビジネスモデルとしての検証、評価 ミサワホーム総研
		Ii サービス事業者から見たビジネスモデルとしての検証、評価 ピコエイダ
		Iii システム基盤事業者から見たビジネスモデルとしての検証、評価 日立製作所
		iv 機器メーカーから見たビジネスモデルとしての検証、評価 日立製作所

4.3. エネルギーマネジメントシステムの検討

4.3.1. 住宅への導入に適したシステム要件の調査、検討

エネルギーマネジメントシステムを新築住宅だけでなく既存の住宅を含めた全住宅に普及させるためのシステム要件（配線やネットワーク構成等）の調査、検討を行った。

住宅の省エネ性能を高める為にまずやるべき事は建物自体の省エネ性能（断熱・気密・日射遮蔽等）を高める事である。真夏の温室を冷房する様な状況をそのままにしてエアコンのエネルギー効率の高低等を議論するのは意味の無い事である。従って、省エネ、省CO₂を目標とする本システムの導入に当たっては住宅の性能がある程度（最低でも1992年告示の新省エネルギー基準レベル）担保される事が必要条件だろう。省エネ性能は住宅が建設される地域によって要求されるレベルが異なり、例えば次世代省エネ基準は図4-1 住宅の次世代省エネルギー基準の地域区分（NEDO ホームページより）の様に区分けされていて、それぞれの地域毎に求められる省エネレベルが規定されている。表4-2に熱損失係数の基準値を示す。こうした省エネ基準を満たす建物は新築でも30%程度という調査もあり、建物性能の底上げを並行して進めなければならない。

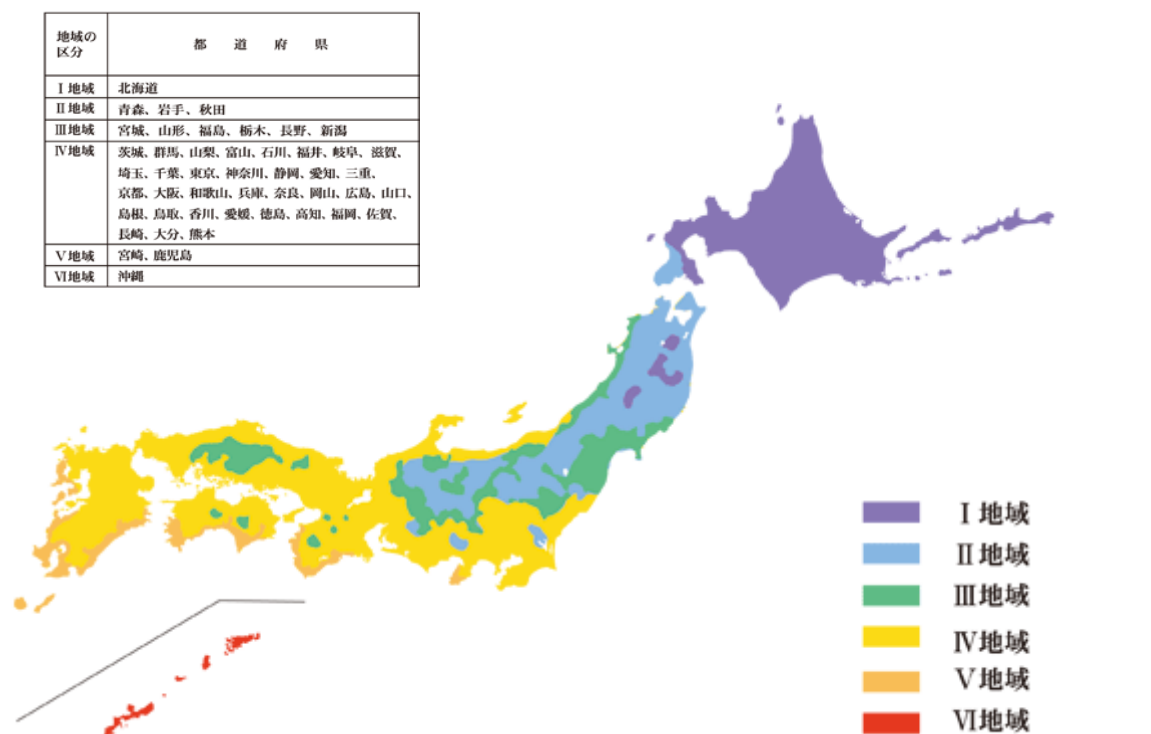


図 4-1 住宅の次世代省エネルギー基準の地域区分（NEDO ホームページより）

表 4-2 省エネ基準と熱損失係数 (W/m²K)

	旧省エネルギー基準 (昭和 55 年基準)	新省エネルギー基準 (平成 4 年基準)	次世代省エネルギー基準 (平成 11 年基準)
I 地域	2. 8	1. 8	1. 6
II 地域	4. 0	2. 7	1. 9
III 地域	4. 7	3. 3	2. 4
IV 地域	5. 2	4. 2	2. 7
V 地域	8. 3	4. 6	2. 7
VI 地域	－	8. 1	3. 7

また、日本国内の既存住宅（集合住宅を含む）が 4500 万戸強に対して、新築着工件数は平成 21 年度には 80 万戸を割り込むレベルであり、人口が減少に向かう状況を考えると大幅な増加は期待できない。もし、新築住宅だけをシステム導入の対象とすると省エネ効果は極めて限定的とならざるを得ない。仮に新築住宅が同数の既存住宅と置き換わると単純に仮定しても、全ての建物にシステムが普及するのに 50 年以上必要な計算となり、2050 年に CO₂ 排出量を 50%削減するという計画に遠く及ばない。従って、住宅への導入には新築のみを対象としたのでは不十分で、既存住宅への適用を積極的に進める事が必須な要件である。

ところで、エネルギーマネジメントシステムが想定する設備機器や家電製品のコントロールを実現する為にはそれぞれの機器とホームサーバ（ホームコントローラ、ホームゲートウェイ）の通信経路を確保しなければならない。PC 等での利用が進んだ Ethernet による有線接続は技術的には用い易いものの、既存住宅における設置に際しては露出配線を行うか、壁や天井の内部に配線を通す工事が必要となる。また、住宅では LAN 配線は部屋レベルで行われているのに対して機器レベルの配線を行う為、新築であってもハブやルータの設置が適宜必要となりそうした機器の補修を行える設備（点検口や専用盤）が必要となる。機器が高価だったり、設置費用が高んでしまったり、導入したシステムを使用する事自体にユーザーメリットがなければ、例えエネルギーマネジメントシステムが技術的に優れたものであったとしても普及が望めない。

そこで、省エネに有効な手段とそれに必要なコスト及び既存住宅へのネットワーク構築に必要なコストの比較を行った。

(1) 省エネルギー実現手段とコスト

省エネを実現する手法はエネルギーマネジメントシステムによる制御だけでなく様々な手段がある。表 4-3 に各手法の効果、コストと生活上居住者に負担を強いる様な制限があるか否かを示す。コストについてはプランが確定しないと算出ができないので、○×のレベルで記載してある。設備機器連係による省エネは設備機器がネットワークを通じた制御に対応している事を前提としたコストイメージである。

エネルギーマネジメントシステムに関連するのがデマンドコントロール以下の 3 つであ

り、コストが比較的にかからないものの、効果も限定的である。デマンドコントロールは通常は居住者の我慢を強いるものなので実現手段にもよるが積極的な導入は難しく普及が進んでいないのが現状である。本実証実験では、設備機器連係による省エネとして断熱ブラインドの自動開閉と蓄電池システムの充放電コントロールを想定した。また、エネルギー表示、省エネガイドについてはテレビ画面を用いて現地のエネルギー表示を行う他、消費エネルギー実績に基づき WEB を活用したガイドを実施し、省エネ効果の検証を実施している。

実際に設備機器連係動作を行うには機器のネットワーク対応、ネットワーク接続が必要であり、費用対効果検討には、以下に述べるネットワーク構築に要する費用も合わせて勘案しなければならない。

表 4-3 省エネルギーの手法の効果とコストの比較

手法	効果	コスト	生活制限
建物の断熱・気密性能の向上（既存住宅の場合）	◎	×	○
パッシブ設計手法の導入	◎	×	○
新エネルギーの導入（太陽光発電等）	◎	×	○
高効率機器の採用、交換	○	△	○
デマンドコントロール	○	△	×
設備機器連係による省エネ（通風、日射遮蔽等）	○	○	○
エネルギー表示、省エネガイド	△	◎	△

(2) 既存住宅へのネットワーク敷設コスト

システム導入に当たって問題となるのが、前述の様に設備機器ネットワークの敷設にかかる費用である。表 4-4 に各手法の比較を示す。

表 4-4 ネットワーク構築費用比較

ネットワーク媒体	敷設費用		通信品質	
	新築住宅	既存住宅	確実性	速度
Ethernet（有線）	△	×	◎	◎
無線 LAN	○	○	△	○
PLC	○	○	△	△
IEEE802.15.4 等の小電力な無線	○	○	△	△
その他専用ケーブル	△	×	◎	○

有線の場合、電源線が既存住宅にも用いられている PLC は例外として既存住宅への導入は難しい。無線 LAN の急速な進展もあり有線 LAN は今後も大幅な普及率アップは期待できないと考えられる。通常、配線は壁内や天井裏に隠蔽されているので配線の外観を意識する事はないが、電源タップのタコ足配線に見られる様に、露出配線を行うと意匠性が著しく

低下する上、清掃が困難になったり、足を引っ掛けたりする等生活に支障を来す場合がある。既存住宅で隠蔽配線を行う場合、施工業者により手法に若干の違いがあるが、通常は内装仕上げ材を全て剥がす事なく、最低限の穿孔を行って、そこから手を差し込んで必要な箇所までの配線を行う。穿孔部は元通りに塞がれ、仕上げ材であるクロスの補修を行う。クロスは経年変化により変色するので、多くの場合一部の補修だけでなく天井全面或いは壁面全面の張替えが必要になる。ホール等では空間が連続しているので想像以上に大面積の補修が必要になる。設置する機器やプランにもよるが、ほぼ全室のクロス補修が発生する事が予想され、その場合のコストは 150～200 万円の規模となってしまう現実的ではない。建物の断熱改修やクロスの張替え等の大規模リフォームに合わせて、“ついでに” 配線を行うというレベルでないと導入は難しい。

無線通信は多くの木造住宅では比較的容易に通信が行え、何れの方式を用いたとしても設置上の制約は小さい。無線 LAN は広く用いられているので安価であるが、やや消費電力が大きく、小型で消費電力の小さな機器等への導入には適当ではない。また、多くの機器で用いられる周波数帯でありチャンネルも限られている事から対応する住宅設備機器の台数が 1 軒につき数十台、さらに集合住宅へ設置されるケースを想定すると通信プロトコル等で何らかの工夫を行う必要があると考えられる。それに比べ IEEE802.15.4 は比較的消費電力が小さく、設置個数の制限も住宅レベルでは十分なレベルである。

既存住宅への普及を想定した現実的なシステムのネットワーク媒体としては PLC と IEEE802.15.4 等の小電力な無線を活用する事が最適であると考えられる。

4.3.2. 省エネコントロールアプリケーションの検討

気象条件や負荷条件に基づき、空調機器等の家電機器と窓やシャッターやブラインド等の住宅設備機器を適切に制御することにより省エネを実現するアプリケーションの検討を行った。また、発電システム・蓄電システム等の家庭用創エネルギー機器を制御することにより省エネを実現するアプリケーションの検討を行った。

(1) 気象情報を活用した蓄電池システムの充電量制御

現在、気象情報で提供されるのは、天気、気温、湿度、風速であって日射量ではない。従って、日射量の予測値が提供されるまでは天気から日射量を予測しなければならない。そこで、精度は限定的であるが、実証実験住宅のある埼玉県越谷市近辺の2009年の天気予報及び最寄りの気象観測ポイントである東京の時刻毎全天日射量実測データを元に日射量を想定する。具体的には2月の晴れの日の日射量平均値と曇りの日の日射量平均値を算出し、想定日射データとした。実際の日射量変化パターンは快晴時や曇天時以外はなだらかでないので、6時間毎の天気概況と日射情報を組み合わせて精度を高める事も考えられる。

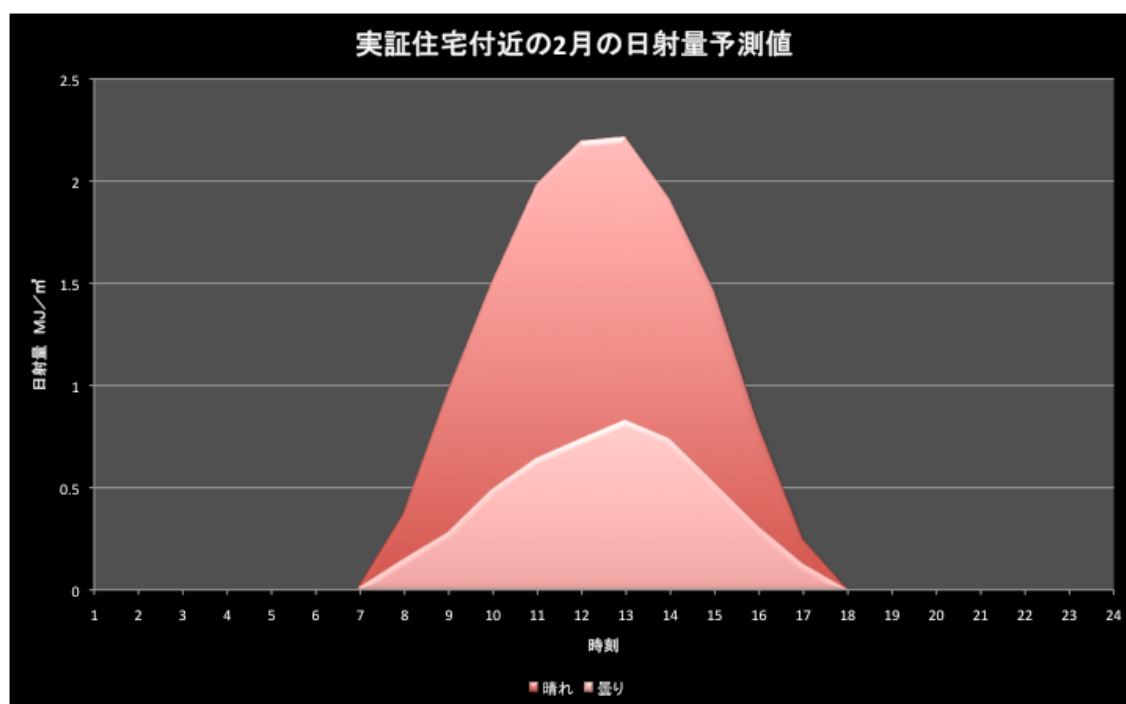


図 4-2 天気予報からの日射量予測

実証住宅に設置されている太陽光発電システムの発電量は、上述の方法で得られた水平面日射量の予測値、予想気温から算出することができる。その他に天気予報の温度情報と当該住宅の消費電力の過去のデータを基に時刻毎の消費電力量を予測する。こうして発電（供給）と負荷（需要）の時刻毎のパターンが作成され、太陽光発電電力で自家使用する分と逆潮する分が想定される。

蓄電池システムの充放電のスケジュールには大きく 2 つのパターンが考えられる。1 つは太陽光発電電力を可能な限り逆潮流させる様に昼間の消費電力（負荷）を蓄電池で賄うやり方（逆潮優先方式）、もう一つは太陽光発電電力を可能な限り自家消費する様に、深夜電力ではなく、昼間の逆潮分を主に蓄電池に充電するやり方（自家消費優先方式）である。何れの方法をとるにしても、気象情報を基に電力の需要と供給量を想定する事がポイントとなる。

発電装置としては太陽光発電システムだけでなく燃料電池システム等複数の発電装置が組み合わされるので、将来的には燃料電池の発電スケジュールリングも連動して想定する必要がある。実証住宅には新日本石油社製燃料電池システム「エネファーム」の商品機を用いており、内蔵された学習機能に応じて発電が行われる為に給湯負荷が決定しても発電パターンを想定する事ができない。また、蓄電池システムには正興電機製作所社製の商品機「エネパック」を用いており、所定のスケジュールに応じて充放電を行う為に充放電の制御は困難である。そこで、蓄電池システムの充電を深夜時間帯、放電を昼間に行うモードで運転を行い、逆潮電力の最大化の効果を検証することとした。逆潮流電力を優先的に充電するやり方についてはシミュレーションにより想定する事が十分に可能だろう。

(a) 自家消費優先方式の例 （説明の簡単化のため燃料電池を除く）

【深夜】

翌日の気象情報に基づき太陽光発電量と消費電力量を想定し、発電余剰電力の充電の余地を残して安価な深夜電力を充電、電力需要は系統電力（深夜電力）で賄う。

【太陽光発電中】

太陽光から発電した余剰電力は蓄電池に充電、不足分は蓄電池から放電し、それでも不足の場合は系統電力から補充する（負荷平準化、逆潮流なし）。

【～深夜】

蓄電池に充電された電力を利用し深夜時間帯までに放電、不足分は系統電力から補充する。

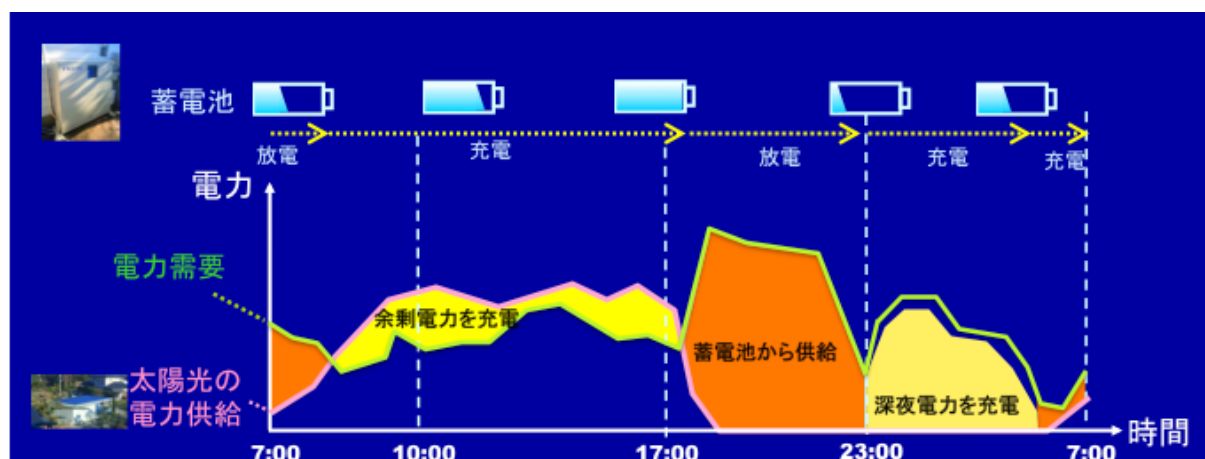


図 4-3 蓄電池システムの充放電制御例（自家消費優先方式）

(b) 逆潮優先方式の例 （説明の簡単化のため燃料電池を除く）

【深夜】

蓄電池容量と消費電力のバランスによるが、基本的には深夜電力を満充電して太陽光発電中の消費電力をまかなう事で逆潮流を最大化する。現時点では蓄電池が高価である事から蓄電した深夜電力でそれ以外の時間帯の電力全てをまかなう事は現実的でない。従って、翌日の気象情報に基づき太陽光発電量と消費電力量を想定し、どの時間帯にどの程度の放電を行う事が最適かを計画して放電を行うと効果的である。

【太陽光発電中】

蓄電池容量が十分であれば住宅の消費電力を全てバッテリーから供給する動作を行う事で逆潮流を最大化する。蓄電池容量が不足の場合は簡単には発電時間中に全て放電する様なスケジュールで放電を行う事が考えられる。

【～深夜】

深夜電力時間帯（但し太陽光発電開始前）に安価で CO2 排出源単位が低い深夜電力を用いてフル充電を行う。

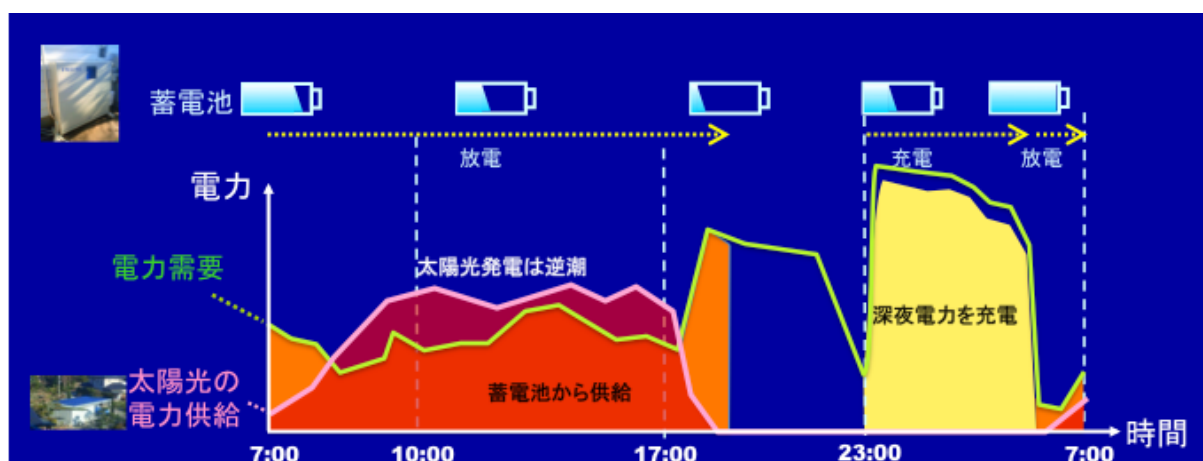


図 4-4 蓄電池システムの充放電制御例（逆潮優先方式）

蓄電池システムは単なる電力のタイムシフトの機能だけでなく、災害時や停電時に電気が使える等、利便性や安全性を高めるメリットがある。そうした付加機能を勘案して考えた場合、将来的には蓄電池の寿命を維持する充放電深度制御とは別に残量を一定値以下に下げる事は適当ではないかもしれない。そして、何より震災時等の系統電力が途絶えた場合に最適な電力マネジメントを行うモードを持たせる事が必要であろう。

(2) 気象情報を活用した断熱ブラインドの開閉コントロール

住宅の断熱性能は部位毎に異なり、一般に開口部（窓や扉）の性能が他の部位に比べて著しく性能が劣る。近年ではガラスの複層化やサッシ枠の断熱性向上によって改善されつつあるものの、既存の建物の多くは未だにアルミサッシに単板ガラスの仕様の窓が設置されているケースが多く、暖房で暖められた屋内の熱が窓面から放出される量が全体の 4～5 割を占めている。

アルミサッシに単板ガラスを用いた開口部の熱貫流率（熱の通しやすさ）は $6.51\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 程度、ここに断熱性を高める断熱ブラインド（セイキ総業社製ハニカム・サーモスクリーン断熱レール仕様）を用いた場合の熱貫流率は $2.20\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ となり断熱性が 3 倍程度高められる。これは樹脂サッシに熱線反射ガラスを組み合わせたペアガラスを用いたサッシと同程度で、アルミサッシにペアガラスを用いたサッシを大きく上回る性能となる。

冬期においては、日射取得が期待できる昼間にはブラインドを開き、日没後は放熱を防止する為に速やかにブラインドを閉じる事が暖房エネルギー削減に効果的である。

窓面に取り付けたセンサ情報で断熱ブラインドの開閉をコントロールする方法もあるが、建物のプランと方位、建設地域が分かれば窓面への日射量の時刻毎の期待値を計算である程度想定する事ができる。現在は気象情報サービスとして提供されていない為、ホームコントローラ上で算出するか或いは算出したデータを搭載する必要があるが、サービスにより太陽方位や高度や日射量を家毎に個別に提供されれば断熱ブラインドやオーニング等の日射遮蔽部品の制御を特別なセンサ無しで実現することができる。

今回の実証実験で用いた断熱ブラインド、ハニカム・サーモスクリーンは紙製で障子の様に明かり取りができるのでプライバシーの確保の為に日射取得の小さな時間帯（直射日光が当たらない時間帯）には閉じたままにするという使い方も考えられるが、今回は簡単のため日の出の時刻に断熱ブラインドを開き、日没に合わせて閉じる動作を行った。

実証実験では期間中の日射のない時間帯の暖房エネルギー（エアコン消費エネルギー）が断熱ブラインドの活用によって低減できるか否かを検証する。

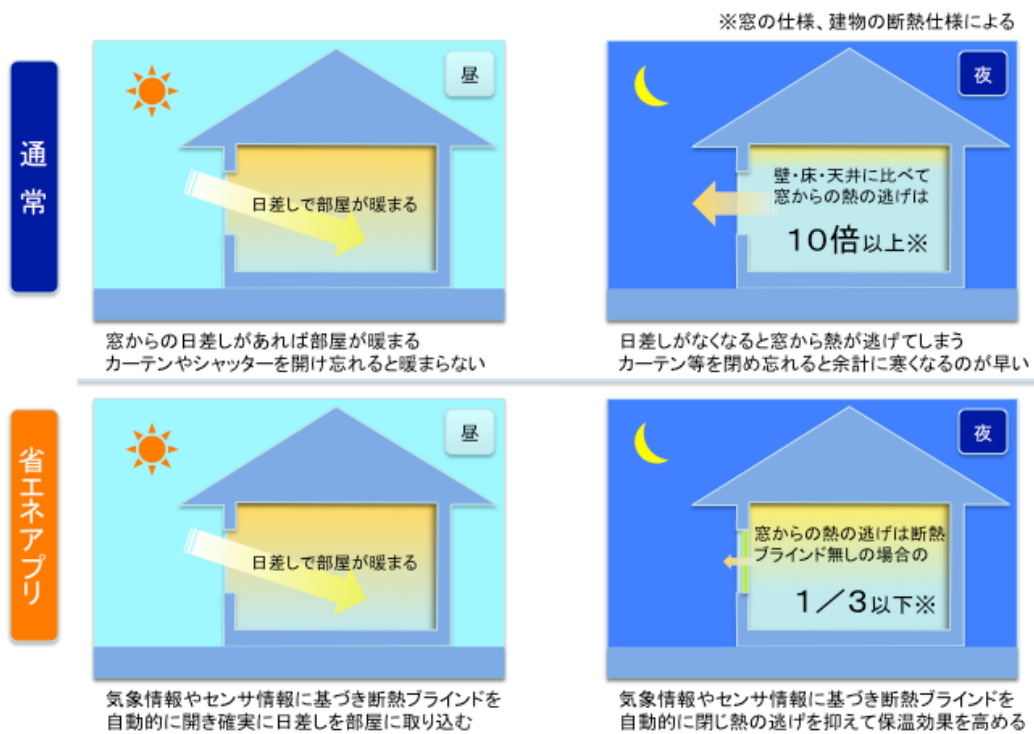


図 4-5 断熱ブラインド制御による省エネアプリケーション例

4.3.3. PDCA サイクルによる家計部門の持続的な省エネ・CO2 削減方法の

検討

電気、ガス、水道の見える化情報を提供し、具体的な省エネ・節水アドバイスを提供し、省エネ成果を見える化するため、電気・ガス・水道のデータ取得箇所方法・頻度の調査およびデータ格納方式の検討を行った。また、家計に省エネ・節水のインセンティブを付与し、持続的な省エネ行動の実現を促す仕組みを確立するため、省エネ診断、省エネアドバイス表示、買い替えアドバイスの観点から調査を行い、見える化画面および WEB ソフトの設計検討を行った。

今回の実証実験では、下記の点を配慮してコンテンツの開発を進めた。

- (1) 子供への環境教育を念頭に、動物のキャラクターを使用するなど子供が親しみやすい画面設計し、子供でも楽しく見て、それを通して環境意識ができるよう工夫する。

- ・人間の活動と環境との関係を考える習慣をつける。
- ・環境配慮的に行動する習慣をつける。



図 4-6 メニュー画面



図 4-7 カーボンオフセット画面

(2) 具体的な指示を出すではなく、どこに無駄があるか、どういう省エネ行動をとればよいか、家族一同がコミュニケーション出来るように情報の見せ方を工夫する。

(a) 在室時間と室内空調・照明の稼働時間の相関関係を示すことで、無駄の発生度合いを認識させる。

- ・エアコン、テレビ、照明の稼働時間と在室の有無を円グラフで示し、無駄の有無の判断材料をアドバイスという形で提示し、省エネのヒントを与える。
- ・機器ごとの電気代を表示し、省エネ行動の喚起を図る。



図 4-8 省エネアドバイス画面 (1)

(b) 部屋別の同種の設備の稼働状況を示し、無駄の発生の度合いを認識させる。

- ・同種設備が同時稼働状況の有無を示し、省エネのヒントを与える。
- ・部屋ごとの電気代を表示し、省エネ行動の喚起を図る。



図 4-9 省エネアドバイス画面 (2)

(3) 家族の省エネ行動に動機づけ出来るような枠組みを提供する。

コンテンツではランキング機能が盛り込まれている。今回1軒の家における実証で機能しないが、見える化のネットワークが出来た場合、家族構成、住居環境に基づいてグループ分けが行われ、グループ内のエコ度ランキング、その順位によるエコポイントの付与が行われる。

- ・上位にランキングにされた時の達成感、満足感、優越感。
- ・ポイントによる動機づけ。
- ・下位にランキングされた時の競争意識から生まれる省エネ行動
- ・LED照明、省エネ型家電への買い替えを行い、順位を上げるような行動を促す。



図 4-10 ポイント&ランキング画面

(4) 娯楽性的要素を取り入れ、面白味を持たせ、継続的に利用するような仕掛けをする。

- ・ゲットしたポイントをパーツ購入し、自分のバーチャル空間を飾る。
- ・エコ占いによる運勢アップにつながる省エネ行動を提示する。

(5) 家電の買い換えを支援する。

- ・買い換えのメリットを金額で明示する。
- ・省エネ家電情報を提供する。

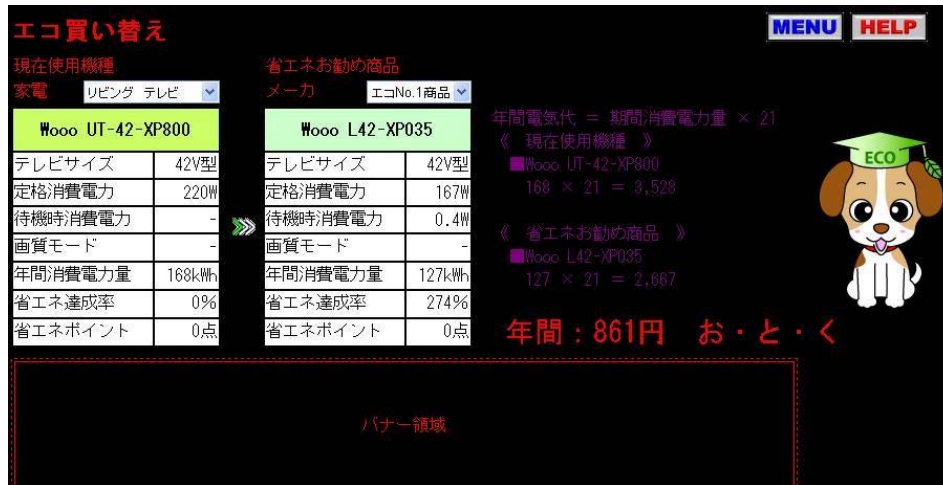


図 4-11 家電の買い換え支援画面

このように、今回開発したコンテンツには、以下のような特徴がある。

第 1 に、スマートハウスを単なる建物、部屋は単なる建築要素として捉えるのではなく、住居者の生活空間であり、その生活空間の中でそれぞれの住居者が、家族（他の居住者）と共有する空間（リビング、ダイニングなど）と独自の空間（寝室、勉強部屋など）をそれぞれ有し、それらの空間が互いに関連しあい、それぞれの住居者の行動も互いに影響しあうという捉え方をする。

第 2 に、スマートハウスを孤立した建物ではなく、コミュニティを構成するパーツであり、それらのパーツが互いに関連しあい影響しあう捉え方をする。

第 3 に、家計部門の省エネ行動を孤立した行動ではなく、それらの行動に対してエコポイントなど制度的な枠組みを通じて行政、企業、家計によるスマートネットワークの形成を促進するものであるという位置づけで捉える。

以上のような特徴をもった仕組みは、家計部門の省エネ PDCA 化を可能にし、持続的な省エネ行動を促す役割が期待できる。住居者は消費情報に基づき無駄の有無を判断し、例えば複数の部屋でエアコンが同時に稼働していることが多ければ、同じ部屋で出来ることがないか、また、同じ時間帯に複数のテレビが ON になっていると同じ番組なら一緒に見るなど家族同士で話し合い、行動プランを立てて実行することが期待される。家庭の省エネ行動がエコポイントの取得とそれにより商品・サービスが得られるという結果につなげれば、継続的な省エネ行動の動機づけとなる。勿論、エコポイントの付与基準は厳密な設計が必要であり、また省エネ行動に対するエコポイントが成り立つ政策的環境の整備及びビジネスモデルの構築も欠かせない。

ポイントの付与方法についてコンテンツ設計の段階で検討した。これまでに、一般に、以下のようなアプローチが考えられている。

- ① 昨年同月対比でエネルギー消費削減分を算定し、それに対してポイントを付与するアプローチ

このアプローチはシンプルで分かりやすいメリットがある。しかし、この方法では省エネ効果は比較基準期間の使用量に左右される。また、子供の成長、家族構成の変化、勤務形態の変化などに伴い電気、ガス、水道の使用状況が変わり、単純対前年同月比では正確な評価が出来ず、それらの要素の影響を取り除くための過去データの修正が必要である。さらに、引っ越しがあった場合、過去データがないなど問題点がある。

② ベンチマークに基づいてポイントを付与するアプローチ

このアプローチでは、ベンチマークの作成が必要である。サンプリング作業では、家庭をグループ化し、それぞれのグループをカバーしたサンプル数を確保し、一定期間にわたって（1年以上が望ましい）電気、ガス、水道の使用量データを収集しデータベースを構築する必要がある。グループ化基準には、住居者特性に関する指標、建築形態、特性、家電構成などの内容が盛り込まれる必要がある。家庭エネルギー消費ベンチマークの作成を大学などの研究機関が試みる動きがあるが、成果物という形ではまだ出ていない状況である。

それに対し今回のコンテンツでは、決められた基準にグループ分けし、グループにおける順位を基準にポイントの付与の有無、ポイント数を決定するアプローチをとっている。対象ハウスの建築特性、住居者属性に基づいて下記のようにグループ分けし、エネルギー使用量の降順でグループ内ランキングし、上位10%に対し、その順位に応じてポイントを付与すると設計した。

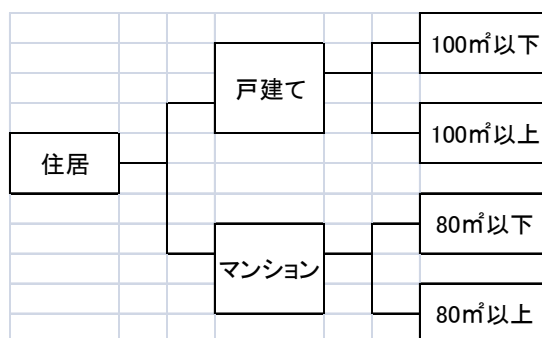


図 4-12 対象ハウスの建築特性

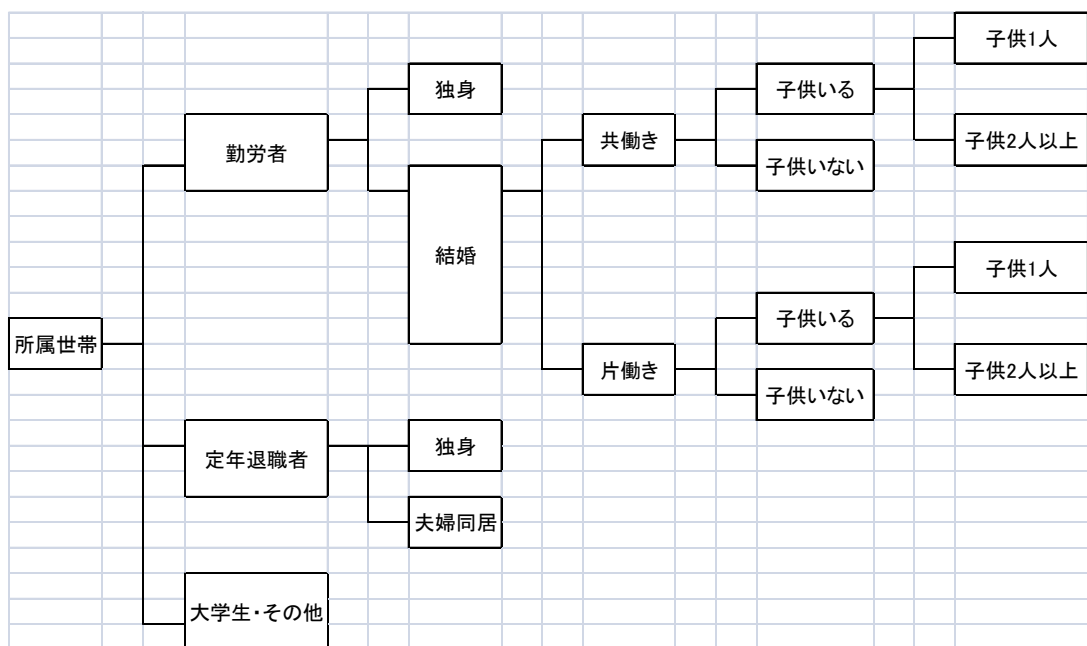


図 4-13 住居者属性

この方法では、家庭の省エネ行動をコミュニティ（グループ）の中で捉え、人々の競争心、公益心、榮譽心など心理的な要素に働き掛け、コミュニティ全体の省エネを促進するという期待ができるメリットがあると考えます。

なお、今回は1軒のスマートハウスを対象にしていたので、ランキングの付与は出来なかった。画面表示ではダミーデータを用意し、これと比較した。

4.3.4. テレビ表示方式の検討

家庭内のエネルギー情報の見える化を行うためのユーザインタフェース機器（表示機器）として専用の機器を導入することも考えられるが、現在販売されている専用機器は壁に埋め込む方式である場合が多く、既築住宅に広く導入するためには、機器のコストおよび工事コストが課題となる。そこで、本プロジェクトでは、既に多くの家庭に普及しているデジタルテレビをユーザインタフェース機器（表示機器）として活用する方式を検討した。

住宅全体および個々の家電機器の消費電力や、気象情報をテレビに表示する方式を以下のように検討した。

(1) スーパーインポーズ機能を使用した表示

日立製のデジタルテレビにスーパーインポーズにてエネルギー情報をリアルタイムに表示させる。デジタルテレビには、PLC インタフェースを持つ専用テレビアダプタ（表示コントローラ）を取り付け、ここで宅内のエネルギー情報を収集し、テレビ本体側ではこれを読み出して、スーパーインポーズ機能を使用してテレビの左上の隅に表示させる。この表示は、テレビ番組の映像とはまったく独立して為されるものであり、テレビを視聴しながら、ユーザが好みのタイミングで宅内のエネルギー情報を確認できる機能である。

なお、表示の入／切は、リモコンボタンのワンタッチで操作できるようにした。

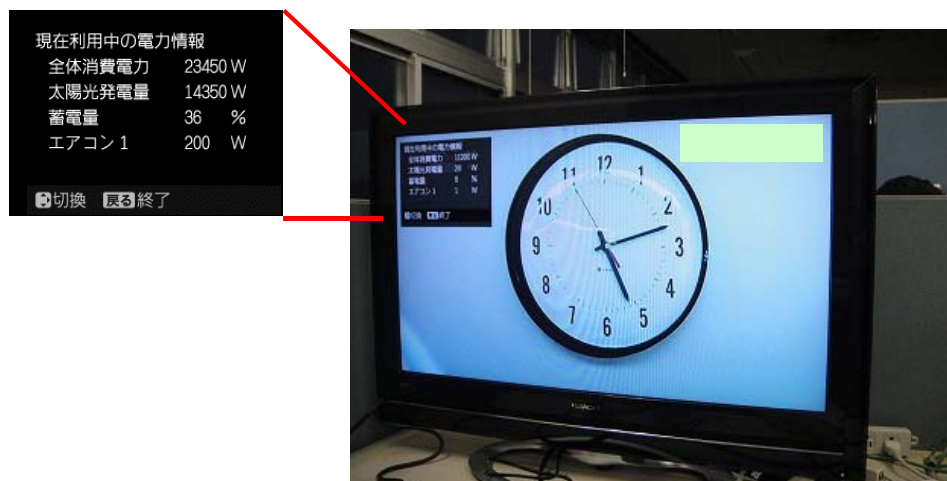


図 4-14 スーパーインポーズ機能を使用したエネルギー表示

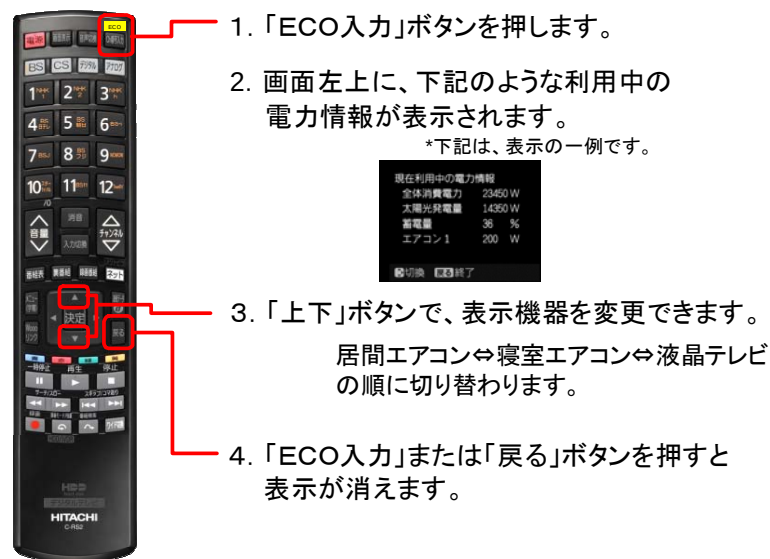


図 4-15 スーパーインポーズ機能を使用したエネルギー表示を行うためのリモコン操作

テレビに表示される情報は、図 4-16 に示すように、今回はホームコントローラが持っている情報を PLC 経由で読み出すものとする。

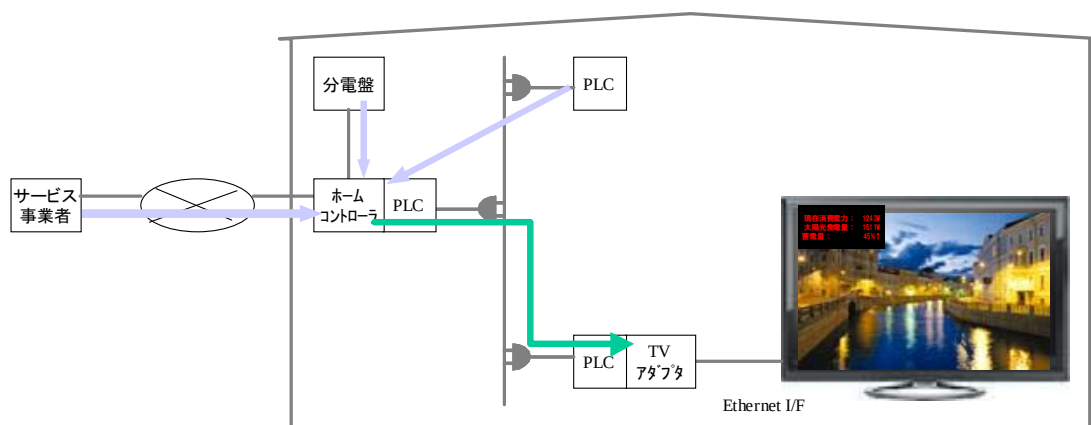


図 4-16 表示用データの収集

なお、スーパーインポーズ機能を使用して画面で表示させるエネルギー関連情報は次の通りである。天気予報の情報は、本システムを導入する場所のピンポイント気象情報を、インターネットおよび共通センタを介してウェザーニューズ社のサーバから取得した。

- 総電力使用量 W (カレント)
- 太陽光発電量 W (カレント)
- 蓄電量 %表示 (カレント)
- 個別家電の消費電力

- ・エアコン電力量 W (カレント、日立)
- ・エアコン電力量 W (カレント、ダイキン工業)
- ・液晶テレビ W (カレント、日立)

➤ 宅外コンテンツ

- ・天気予報 天気、降水量、気温、風力、風向 (現在、3 時間後、6 時間後)

なお、今回これらのデータはホームコントローラから取得したが、将来的には、ホームコントローラは必ずしも必要ではなく、分電盤、電力メータ、宅内機器から PLC 経由で様々な情報を読み出して取捨選択して表示するようにしてもよい。この際、個々の機器のアドレスや、機器種別や、情報取得のためのメッセージフォーマットなどをテレビ側で全て把握するのは困難であるので、これに対し、例えばデータにその内容を示す統一的なタグを付けテレビ側で表示に必要なデータを選択受信させる自律分散型の通信方式も将来は有効である。

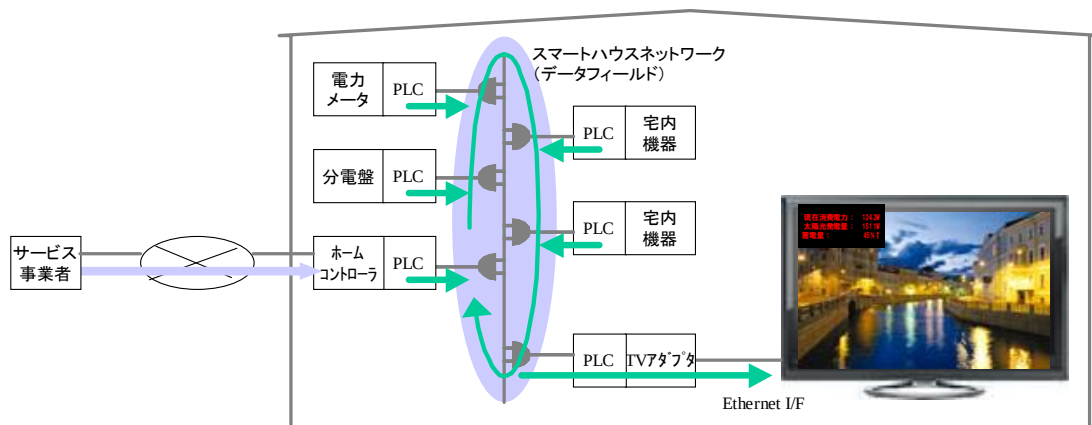


図 4-17 表示用データの収集の将来的な考え方

(2) Web ブラウザ機能を使用した表示

エネルギー関連のサービス事業者（本開発においては(株)ピコエイダを想定）が提供するインターネットコンテンツへのアクセスは、テレビのインターネット接続機能を使って URL 接続させる。表示は、テレビ内蔵の Web ブラウザを用いる。

なお、表示の入／切は、リモコンボタンのワンタッチで操作できるようにした。



図 4-18 Web ブラウザ機能を使用したエネルギー表示を行うためのリモコン操作

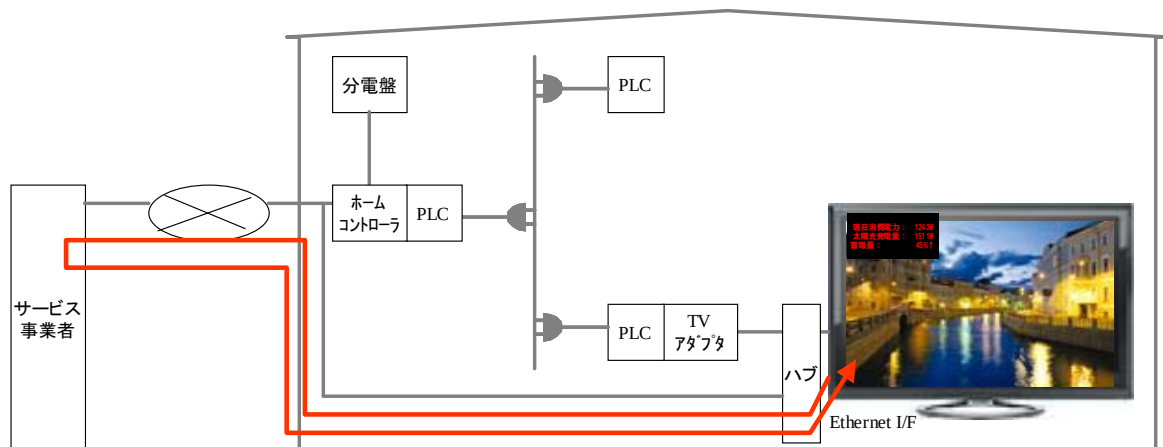


図 4-19 Web ブラウザ機能を使用したエネルギー表示のデータの流れ

Web ブラウザを使用する場合は、テレビがインターネット接続されていることを前提条件とする。このため、テレビと TV アダプタの間にハブを挿入し、ここからテレビアダプタと、インターネットとに分岐させる。

(3) 操作・表示の流れ

テレビのリモコン操作と、それによる表示内容の遷移を、下図に示す。

なお、図 4-20 が当初構想していた機能イメージであるが、今回は開発期間・費用が限られていたため、図 4-21 に示すような暫定的な仕様とした。

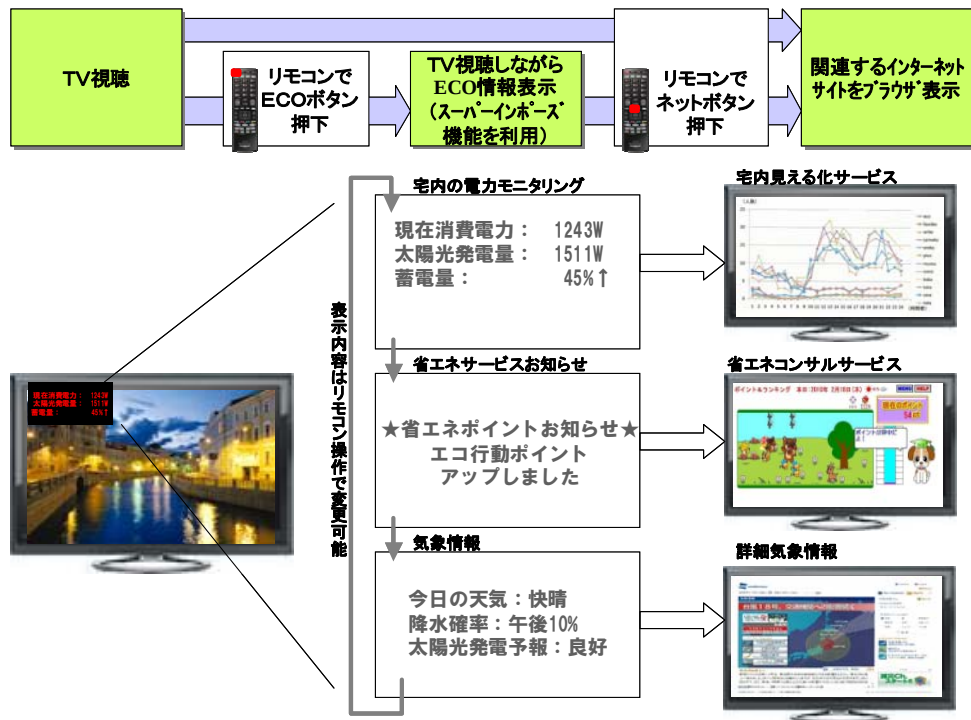


図 4-20 テレビ操作と表示内容の関係（機能イメージ）

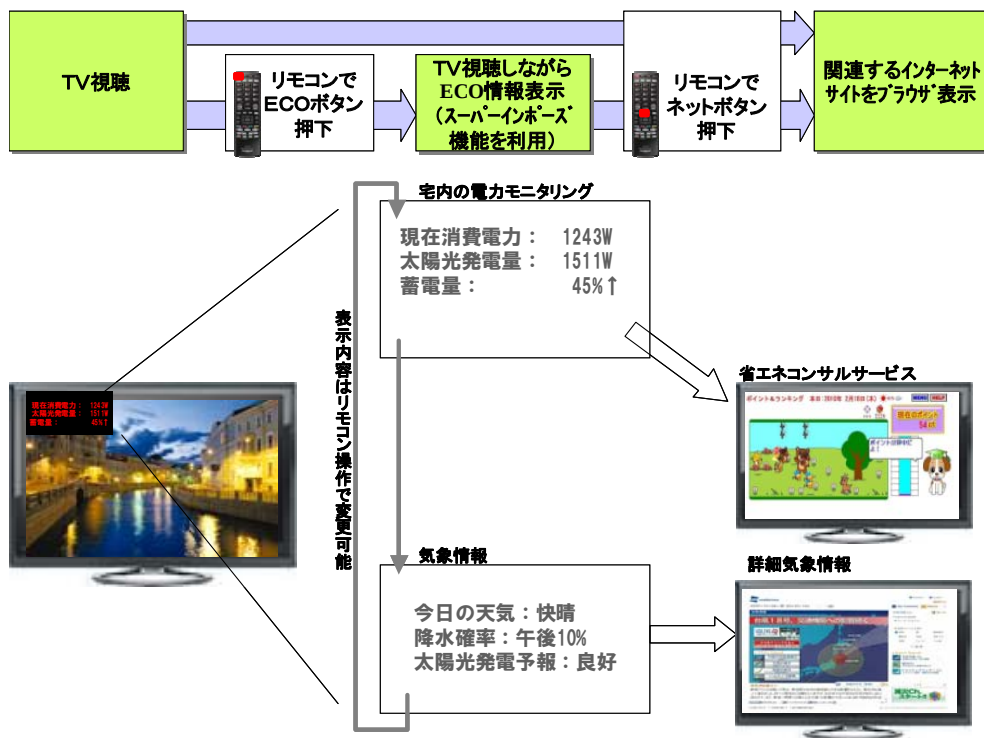


図 4-21 テレビ操作と表示内容の関係（今回の実装）

4.3.5. スマートハウス共通プロトコルの検討

将来目指すスマートハウスは、窓やシャッターやブラインド等といった、これまで通信をすることがなかった住宅設備機器や発電システムと蓄電システム等の家庭用エネルギー機器や空調機器等の接続して、家全体でエネルギーマネジメントできる家屋である。このため、本プロジェクトでは、低リソースな住宅設備機器にも搭載可能で、かつ、発電システムと蓄電システム等の家庭用エネルギー機器や空調機器等の家電機器にも搭載可能な、省メモリで動作するスマートハウス共通プロトコルの検討を行った。

本プロトコルは、PLC や無線(IEEE802.15.4 など)の通信方式を用いるもので、その上位レイヤに位置付けられる。

本プロトコルは、(株)日立製作所がこれまでに開発してきた「スマートハウスシステム基盤／データ収集基盤(以下、データ収集基盤)」のプロトコルを拡張した形式をとった。具体的には、データ収集基盤が従来行ってきた「データ収集」機能のみを実現する通信プロトコルに対して、新たに「機器状態確認」および「機器制御」の機能を追加実装した。これにより、主に見える化アプリケーションへの適用を狙いとしてきたデータ収集基盤に対し、自動制御も行えるような機能を付加した。こうして、様々な機器の情報や状態を取得し制御するまでを同一のプロトコルで行えるようになり、拡張性と柔軟性の高い通信プロトコルを実現した。

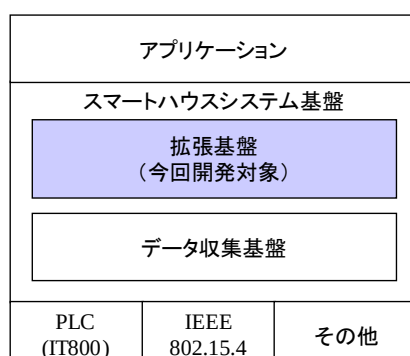


図 4-22 スマートハウスシステム基盤のソフトウェア構成上の位置付け

(1) スマートハウスプロトコルの考え方

スマートハウスプロトコルは大きく「データ収集」「データ配信」「機器状態確認」「機器制御」の4つの機能を有しており、これらを同一のプロトコルで通信できる点が特徴である。

データ収集基盤にて「データ収集」「データ配信」を司り、拡張基盤にて「機器状態確認」「機器制御」を司る。

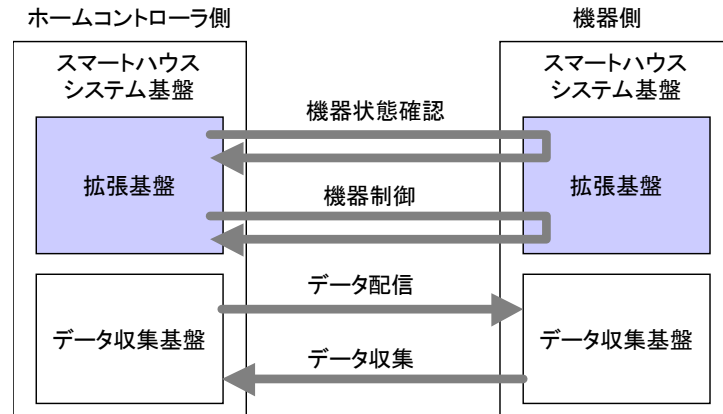


図 4-23 データ収集基盤と拡張基盤の関係

(2) スマートハウスプロトコルの実装

本実証実験において拡張基盤で実装している通信プロトコルのコマンドは以下の通りである。

表 4-5 スマートハウスプロトコルでの実装コマンド

No	コマンド名	概要	送信方向	備考
1	PoWer	電源 ON/OFF の操作	HC→PLC	
2	DataReq	データ取得要求	HC→PLC	
3	DataReqAck	データ取得要求応答	PLC→HC	
4	DataSet	データ設定要求	HC→PLC	
5	DataSetReq	データ設定要求応答	PLC→HC	
6	Ping	疎通確認	HC→PLC	N/W 確認用
7	SysInfoReq	システム情報取得	HC→PLC	
8	SysInfoReqAck	システム情報取得応答	PLC→HC	
9	Debug	デバッグ用コマンド	HC→PLC	デバッグ用

注) HC: ホームコントローラ、PLC: PLC 子機 (機器側)

今回ホームネットワークの多くの部分が PLC で構成されたネットワークのためホームコントローラと PLC 子機 (アダプタ) 間の通信トラフィックで十分な通信ができることが要求される。

上記のコマンドはホームコントローラ及び PLC アダプタに実装されるものである。

また今回、スマートハウスプロトコルは、PLC ネットワークだけでなく、IEEE802.15.4 上のプロトコルと、ホームコントローラから共通センタサーバに情報を送信・蓄積する部分においても使用している。(詳細は後述する)

(3) 基本仕様と特別仕様

スマートハウス通信プロトコルは軽量であり、下位レイヤに様々な通信方式を用いることができ、エネルギー情報の取得だけでなく、状態遷移や制御に至るまで同一のプロトコルで行える柔軟性が大きな特徴である。

今回は この基本仕様をベースに 通信トラフィック懸念がある PLC 通信のために、今回の実証実験だけの対応としての特別仕様を幾つか実装した。

PLC アダプタに 特別コマンドや機能として実装した項目は以下の通りである。

1. 対応機器→PLC 応答に対してのコマンドと処理
2. 通信トラフィックを減らすため PLC アダプタのメモリーに 30 分間の情報を蓄積させる
3. 1 パケットで送信できるように差分の情報に作り替えてホームコントローラに送信
4. 機器からの応答に対応するコマンドとタイムアウト処理を入れる

今回の実証実験では機器側で計測した 1 分毎の消費電力量の情報をホームコントローラに送ることが要求された。しかしながら今回使用した PLC は 7.5Kbps の通信速度、実質 3.7Kbps ほどの通信と考えられるため、システム全体のトラフィックをできるだけ抑えることを目的に、今回だけの仕様として PLC 子機となる PLC アダプタ内のメモリーに 30 分の情報を蓄えて 30 分に一度だけホームコントローラに送信するしくみとした。また、1 パケットに相当する 200 バイトに合わせるため 30 個のデータをそのまま送信するのではなく、差分を数値化して送信する工夫をとった。

これらの工夫により低速の PLC 通信でも 1 分単位の情報を取り続けることが可能になり、IP ベースでなくとも PLC 通信→宅内 LAN→https→共通センタサーバへ送信・登録という流れが出来る。これは、ボディ（データ部）を共通にした通信プロトコルでヘッダ情報を付け替えるだけの処理で実現するものであり、これにより、宅内機器からセンタまで一気通貫したデータ通信（コマンド通信）を実現している。

このように、とても軽く、柔軟で拡張性の高い通信プロトコルを採用することで、通信速度の低い PLC 通信でも、システム全体で安定的な情報収集と制御が可能となり、実用上で問題のないスマートハウスネットワークを構築することができる。

なお、将来は PLC の技術革新により通信速度が更に速くなることが予想されるが、高ノイズ環境では通信速度を落として通信する場合もあるため、今回開発した方式は、今後も引き続き利活用できる。

最後に、今回実装したように共通のプロトコル・コマンドにラップすることにより比較的簡単に日立とダイキンのエアコン用にマルチベンダ対応を実現することが出来るところもこのプロトコルの大きな特徴である。

4.3.6. 全体エネルギーマネジメントシステムの検討

エネルギーマネジメントシステムの構成および実現方式を検討した。具体的には、実証実験システム構成、各種機器のネットワーク接続構成、ホームコントローラ構成、共通エネルギーマネジメントサーバ構成、省エネルギー・サービスサーバ構成および、各々の連係方式について検討する。また、本スマートハウス実証プロジェクトの他テーマのシステムとの連係方式についても検討を行った。

(1) 開発コンセプト

本システムは、以下のコンセプトで開発を進めた。

- ・ 住宅の配線をそのままネットワークに利用できる PLC 通信を採用し、ホームネットワークを構築する。
- ・ 宅内のホームコントローラにより住宅設備、エネルギー機器、空調・家電等のエネルギー情報を収集し、総合的な組み合わせによるコントロールを行い省エネの効果を高める工夫をする。
- ・ 今回参加されている企業だけでなく、誰でも参入しやすいマルチベンダを目差したオープンシステム API とオープンプロトコルを開発し提供する。今回 実際に参加される各企業開発のシステムと機器を相互に接続させ共通的な動作環境の提供を実現する。
- ・ 使用するホームコントローラ等の機器は それ自体が省エネシステム機器であることが条件で、小型の Linux の組み込みシステムを想定。将来の製品化のイメージを考慮して、市販のタッチパネル付き開発ボードを採用した。また、今回はホームコントローラとホームネットワークに使用する総ての PLC 通信機器を含めて総消費電力を電球半個分に匹敵する 20W 程度に抑えたシステム構成を実現した。
- ・ 今回 時間が無く電動ブラインドしか対応できなかった住宅設備機器ではあるが、将来的には同様の仕組みで窓サッシ、天窓、換気扇、ドアなどを省エネ制御機器として接続できる基本的なシステムを構築する。
- ・ 宅内のホームコントローラの基本的な省エネ処理と外部ある天気予報や日照時間予測を取り入れたエネルギー機器の運転スケジュールを管理する共通サーバにより相乗効果が得られることを実験する。
- ・ 宅内で使われている系統電力使用量、エアコンやテレビなどの家電の消費電力とエネルギー機器の発電情報、水道・ガスの使用状況を共通サーバに逐次吸い上げ、省エネアドバイスサービスに使えるようにオープン API を提供する。
- ・ 今回のシステムの仕組みをそのまま拡大・拡張してスマートコミュニティとして構築することやスマートグリッドとの連携が取れるような分散型で柔軟なシステム設計をしている。

(2) システムアーキテクチャの考え方

本システムは、突き詰めると、宅内機器とサービス事業者サーバとの間の情報のやり取りによって、家庭内のエネルギーマネジメントを行うシステムであると言える。

しかしながら、サービス事業者サーバが各家庭の各々の機器が直接データを受信する構成では、サービス事業者サーバのトラフィックが増える他、宅内機器側が個々のサービス事業者サーバの存在を意識しなければならないので、システム構築・システム拡張が煩雑になるという問題が発生する。このため、宅内機器とサービス事業者サーバとの間にスマートハウスシステム基盤を置き、これが仲介をするシステム構成とする。これにより、サービス事業者の増減があった場合にも宅内機器側の処理を変更する必要はないし、サービス事業者サーバも宅内の機器に直接アクセスする必要もなくなるというメリットが生じる。

更に、スマートハウスシステム基盤では、単に仲介をするだけでなく、サービス事業者サーバが宅内機器を制御するような関係はとらず、サービス事業者サーバはあくまで情報提供・計画提供のみを行い、これをどのように処理するかは宅内機器側およびユーザ側の判断に委ねる、という自律分散的なコンセプトに基づいたアーキテクチャとする。

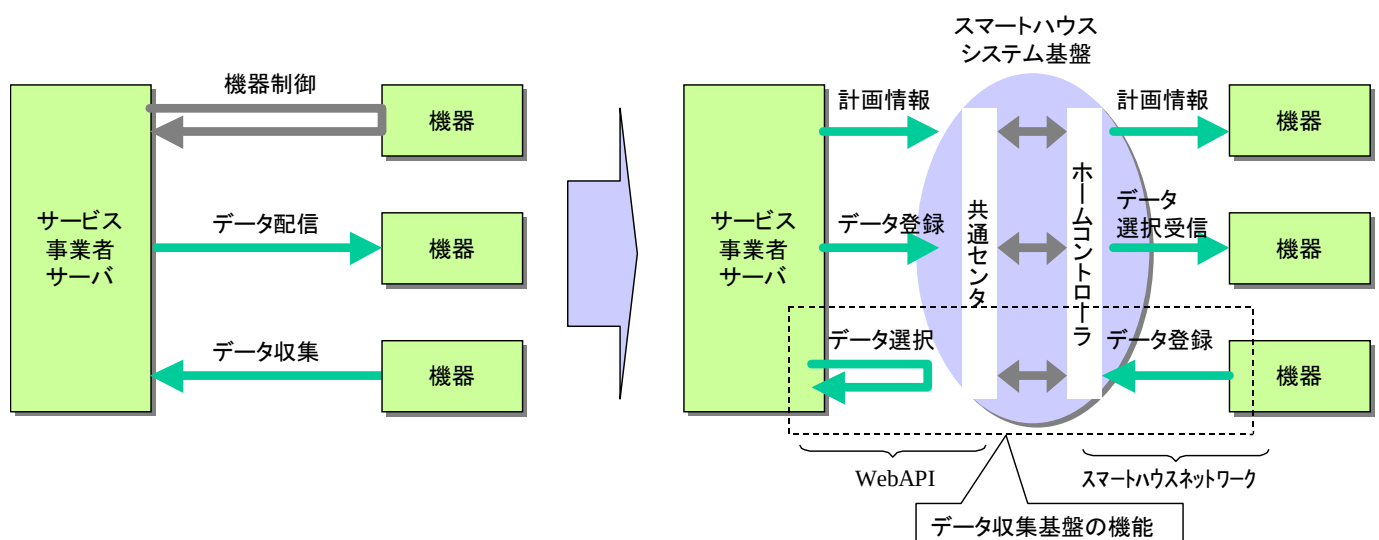


図 4-24 従来型アーキテクチャ(左)と本スマートハウスシステム基盤アーキテクチャ(右)

図 4-24 は、従来型アーキテクチャ（左）と本スマートハウスシステム基盤アーキテクチャ（右）とを比較した図である。本スマートハウスシステム基盤アーキテクチャでは、サービス事業者サーバから見て以下の 3 つの基本的なシーケンスでサービス事業者サーバと宅内機器との情報のやり取りを行う。

- ・ データ収集（宅内機器の情報収集）
- ・ データ配信（宅内機器へのデータ配信）
- ・ 計画配信（宅内機器の動作計画情報の配信）

計画配信は、データ配信と同様の仕組みを用いて行うものであるが、宅内機器側への「動

作依頼伺い」の意味合いがあるので、敢えて分けている。

実装上はこれ以外のシーケンスも存在するが、基本的には上記 3 つの基本シーケンスのいずれかの方針に則って相互関係を行うというシンプルなアーキテクチャである。サービス事業者サーバとスマートハウスシステム基盤との間のインタフェースは、「WebAPI」と呼んでいるインタフェース仕様で規定する。また、宅内機器とスマートハウスシステム基盤との間のインタフェースはスマートハウスネットワークであり、スマートハウスプロトコルとして規定する。

この中で、点線で囲んだデータ収集基盤は、本システムの根幹を為す基盤である。一般的に、家庭内のエネルギーマネジメントシステムでは、宅内のエネルギー情報をサービス事業者サーバで収集し、ここで帳票を作成したりグラフ化したりアドバイスを添えたりといった何らかの加工を行い、例えば、

- ・ 紙に印刷してユーザに郵送する
- ・ インターネットメールや携帯電話メールで送信する
- ・ 宅内の PC やテレビなどで直接サービス事業者サーバにアクセスしてもらい、Web 画面で確認してもらう

といった手段で「見える化」するだけでも十分な場合が多いのではないかと推察する。したがって、このようなアプリケーションのみを対象とすると割り切ってしまうと、スマートハウスシステム基盤は非常にシンプルな機能・構成で済んでしまう。これが、データ収集基盤と呼んでいるものである。本システムでは、従来から開発を進めてきたデータ収集基盤をベースにするが、今回はデータ配信、計画配信のシーケンスが必要であるため、これを拡張したスマートハウスシステム基盤として開発・提供する。

(3) 全体システムアーキテクチャ

図 4-25 に、本システムの全体アーキテクチャを示す。

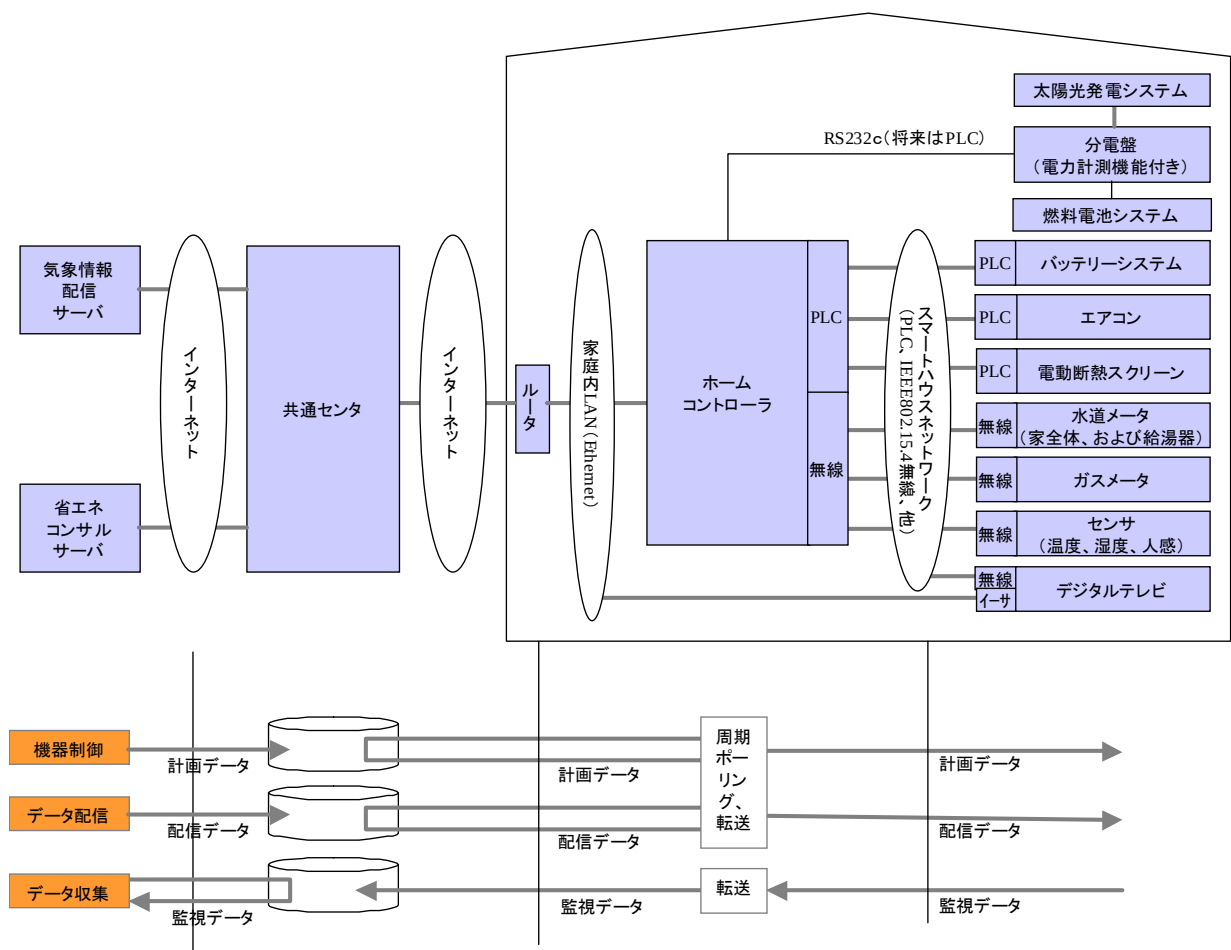


図 4-25 システム全体のアーキテクチャ

< 宅内 >

宅内機器は、新たなネットワークの敷設を必要としない PLC で接続することを基本とする。蓄電池システム、エアコン、電動断熱スクリーン、液晶テレビは PLC で接続する。

しかしながら、PLC で接続が難しい機器については、小電力なセンサネットワーク無線である IEEE802.15.4 方式を用いた。ガスメータ、水道メータ、温度・湿度センサは、この IEEE802.15.4 方式を用いる。

なお、分電盤については、PLC を使用しなかったが、今回、実証実験ということで細かいタイムスパンでデータを取得する必要があったためにホームコントローラとの間は RS232c にて直接有線接続する。

また、人感センサについては、これも IEEE802.15.4 方式を用いたかったが、適当な人感センサが入手できなかったため、暫定的に微弱無線対応の人感センサを用い、更に微弱無線→Bluetooth 無線→Ethernet に変換するアクセスポイントを用いて接続を行う。

一方、ホームコントローラは、PLC と IEEE802.15.4 無線を搭載し宅内機器と接続、RS232c により分電盤と接続する。また Ethernet により、ホームルータ経由でインターネット接続するほか、液晶テレビとの接続、また、図 4-25 には示していないが、今回共同で実証実験システムを構築したシャープ社のアプリケーションサーバとの接続も行う。

液晶テレビは、宅内の機器と通信を行うための PLC の機能と、インターネットコンテンツを閲覧するための Ethernet 機能とを備える。

なお、インターネット回線は、FTTH や ADSL などの常時接続高速インターネット接続回線を使用するものとし、ISP 非依存を前提とする。このため、ホームコントローラはホームルータに接続される構成とし、ホームルータは ISP から DHCP で配布されるグローバル IP アドレスを持ち、ホームコントローラはホームルータの NAT 機能により割り当てられたプライベート IP アドレスを用いるものとする。

なお、通信速度 7.5Kbps 以下という PLC ネットワークには IP プロトコルが通らないため、高機能でなくとも使える、軽くて信頼の高い独自のスマートハウス用通信プロトコルを開発し、それにより消費電力情報や接続機器の制御情報を総てコントロールする。

また 基本形を共通の形として、そのまま使用し IP プロトコルでラップし、通信ヘッダを付けて共通センタに送信して、データを収集させた。このような一気通貫の通信プロトコルが実用的であり、PLC でも IEEE802.15.4 にも共通に載せられて、不足無く通信方式の違いに寄らず同じように使えることを実証する。

<宅外>

共通センタは、PC サーバ機を用いる。インターネット上でグローバル IP アドレスを持ち、ホームコントローラおよびサービス事業者サーバからのアクセスが可能とする。

また、気象情報配信サーバは、ウェザーニューズ社の協力により、ウェザーニューズ社のサーバを用いさせていただいた。省エネコンサルサーバは、ピコエイダ社が本プロジェクトにおいて開発した PDCA コンテンツを搭載するサーバである。

また、外部のサービス事業者向けに共通センタサーバを構築、ホームコントローラで収集したエネルギー情報などを蓄積するだけでなくサービス事業者に合わせた加工情報を提供する。

今回の実証実験では「WebAPI」を定義し、シャープ社、ピコエイダ社の両社に公開し、24 時間アクセスできる共通サーバにより蓄積情報を提供した。

(4) シャープ社開発のシステムとの関係

今回、本スマートハウス実証プロジェクトを受託したシャープ社と連携しシステム開発を行った。図 4-26 に、その接続の方法と、各社の分担を示す。

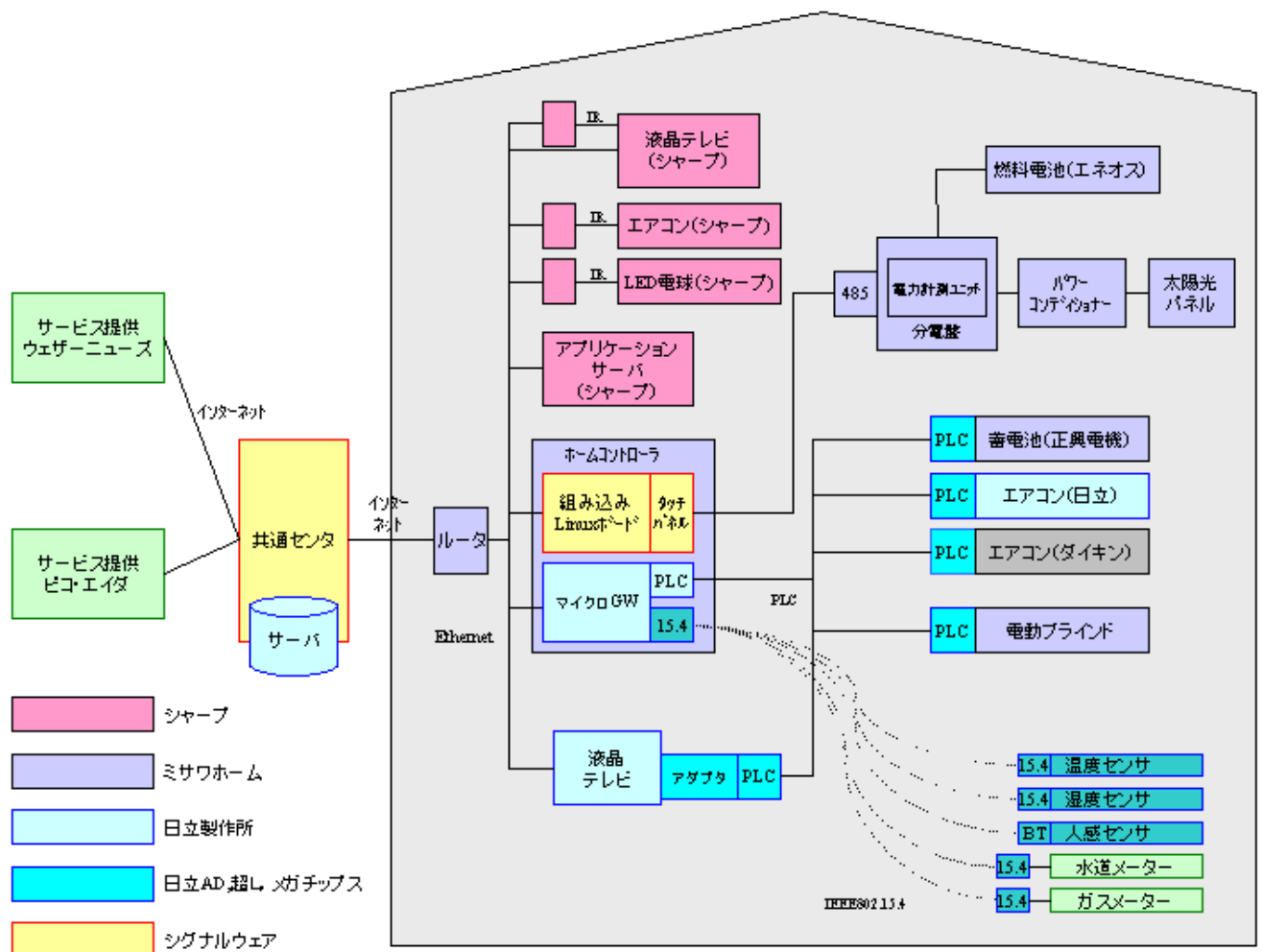


図 4-26 システム全体のアーキテクチャと主な分担

色分けにより 開発もしくは提供担当箇所を表す。

- | | |
|--------------------|--|
| ◆サービスサーバ | シャープ、ピコエイダ、ウェザーニュース |
| ◆電力計測機能付き分電盤 | ミサワホーム |
| ◆太陽光発電システム | (既設) |
| ◆燃料電池システム | エネオス |
| ◆蓄電池システム | 正興電機産業 |
| ◆電動ブラインド | ミサワホーム総研、ソムフィ |
| ◆液晶テレビ | シャープ、日立製作所 |
| ◆エアコン | シャープ、日立アプライアンス、ダイキン工業 |
| ◆LED 電球 | シャープ |
| ◆水道メータ、ガスメータ | ピコエイダ |
| ◆PLC ネットワーク機器 | メガチップス、日立アドバンスデジタル、日立超 LSI システムズ、日立製作所、ルネサステクノロジ |
| ◆IEEE802.15.4 関連機器 | 日立産機 |
| ◆ホームコントローラ、共通サーバ | シグナルウェア、日立製作所 |

今回の実証実験用で 実証実験邸で接続検証に使用する機器一覧を下表に示す。

表 4-6 使用機器一覧

検証機器	数量	接続方法	メーカ	開発担当	備考
電力計測ユニット（分電盤）	1	RS232C	ミサワホーム	シグナルウェア	ホームコントローラに接続
太陽光発電システム	1		(既設)	シグナルウェア	分電盤に接続
燃料電池システム	1		エネオス	シグナルウェア	分電盤に接続
蓄電池システム	1	PLC 通信	正興電機	日立 AD	系統電力、マイクロ GW に接続
エアコン（日立）	1	PLC 通信	日立	日立 AD	リビングに設置
エアコン（ダイキン）	1	PLC 通信	ダイキン	日立超 LSI	主寝室（2F）に設置
液晶テレビ（日立）	1	PLC 通信	日立	日立超 LSI	キッチンに設置
テレビ表示用アダプタ	1	PLC 通信		日立超 LSI	テレビに接続
ブラインド（電動スクリーン）	2	PLC 通信	ソムフィ	日立 AD	リビングに設置
水道メータ	3	15.4	ピコエイダ	日立 AD	メイン、給湯器、シンク
ガスメータ	1	15.4	ピコエイダ	日立 AD	メイン
温度・湿度センサ	7	15.4	日立産機	日立	各部屋に設置
人感センサ	4	BT	日立産機	日立	各部屋に設置
PLC 通信 子機	5	PLC 通信	メガチップス	日立 AD	
PLC 通信 親機	1	PLC 通信	ルネサス	日立	
マイクロ GW (コレクトロ GW)	1	PLC/15.4		日立	ホームコントローラの一部
ホームコントローラ	1			シグナルウェア	マイクロ GW と組み合わせ
共通センタ・サーバ	1	Internet		シグナルウェア	データベースは日立

日立 AD：日立アドバンスデジタル

日立超 LSI：日立超 LSI システムズ

4. 4. 実証実験システム開発

上記の調査・検討結果に基づき、エネルギーマネジメントシステムの開発を行った。

具体的には、本実証実験に用いる各種機器のネットワーク接続のためのハードおよびソフトの開発、スマートハウス共通プロトコルによる通信ソフトウェアの開発、ホームコントローラによる省エネルギー・コントロールアプリケーションの開発、共通エネルギーマネジメントサーバのアプリケーションの開発、省エネルギー・サービスサーバのアプリケーション開発、テレビ用ソフトの開発などを行った。また、各々を接続し、システムを構築した。

4. 4. 1. ハードウェア構成

今回用いた主なハードウェアのスペックについて概要を記載する。

なお、今回ハードウェアの新規開発は行わず、既存の購入品および参画各社・協力各社の所有品を用いた。ただし、(7)記載の PLC インタフェース装置および(8)記載の IEEE802.15.4 装置については、購入可能な既存品、参画各社・協力各社の所有品のいずれにも存在しないものであったため、本実証実験に用いる各種機器のネットワーク接続のためのハードウェアとして、本プロジェクトにて新規開発した。

(1) 燃料電池

メーカー	株式会社 ENEOS セルテック
型式	商品名：エネファーム
仕様	全体基本性能 発電出力： 750W（100％出力時） 発電効率： 35％（100％出力時） 排熱回収効率： 50％（100％出力時） 運転温度範囲： -5℃～45℃ 発電ユニット 品名： FCP-075CPG2 起動時間： 約50分 燃料： LPガス 燃料使用量： 約0. 1ℓ／h（100％出力時） サイズ： 高さ900mm 幅900mm 奥行350mm 電気出力形式： 単相3線式 100／200V（50H z ／60Hz併用） 質量： 125k g（乾燥重量） 貯湯ユニット 品名： FCG-201-RT タンク容量： 200ℓ 貯湯温度： 65℃（給湯温度は最大60℃） 給湯能力： 24号 サイズ： 高さ1900mm 幅750mm 奥行440mm 質量： 95k g（満水時 295k g）

(2) 蓄電池

メーカー	正興電機製作所
型式	商品名： エネパックプラス
仕様	製品型式： ESK-103B10-C 運転方式： 系統補充式（出力が超える分を商用で補充） 停電時： バックアップ機能有り 入力電源： 単相3線式 100／200V（50Hz／60Hz併用） 交直変換装置： 双方向コンバータ（3kVA） 商用結合： トランス結合（単相⇄単相3線） 蓄電池総容量：9.36kWh 蓄電池放電容量： 平常時最大使用可能量 7kWh 停電時最大使用可能量 9.36kWh 充電制御方式： PSOC多段定格電流 冷却方式： 自然冷却 系統保護： 単独運転防止（系統連系規定JEAC9701-2006に準拠） 装置保護： 過電流、過負荷保護付き 電池保護： 過電流、電圧低下保護付き 電池種別： 小型制御弁式鉛蓄電池 BOX仕様： 屋外型収納ケース

(3) 太陽光発電システム

メーカー	—
型式	—
仕様	出力：3.6kW 設置場所：車庫屋根上設置
	

(4) ホームコントローラ

メーカー	株式会社アットマークテクノ、株式会社日立製作所	
型式	商品名：アルマジロ (株式会社アットマークテクノ)、日立製作所試作品	
仕様	<アルマジロ500 F X> 組み込みLinuxボード タッチパネル付き JAVA VM (バーチャルマシン) 搭載 アプリケーションはJavaにて記述 <日立製作所試作品：コレクトロGW> 組み込み独自OSボード IEEE802.15.4インタフェース内蔵 外付けでPLC (IT800) モジュール接続 これらは、Ethernet I/Fで接続	
構成形態		
外観	<アルマジロ500 F X>	<日立製作所試作品>

(5) PLC モジュール

メーカー	メガチップス特別品
型式	—
仕様	通信方式： PLC（ルネサステクノロジ社 M16C/6S使用） 通信速度： 7.5kbps(max) 電力測定： 電圧・電流積算方式（単相） 測定電圧 AV90V～110V 測定電流 0.91A～15A 測定範囲 1W～1500W(50/60Hz の基本形) 制御インタフェース： シリアルインタフェース 1 ポート 非絶縁電源を使用のため、外部で絶縁回路が必要 電源： 本体取り付け済みの AC100V/15A 差込プラグ 2 極による 定格電圧 AC100V 使用環境： 屋内 寸法： 60×60×25mm(本体のみで突起部含まず) 認証取得規格： 特別搬送式デジタル伝送装置の型式認定（PLC）
外観	

(6) テレビ用アダプタ

メーカ	株式会社アットマークテクノ、株式会社ルネサスソリューションズ
型式	アルマジロ 210、PLC モジュール EV5
仕様	<アルマジロ 210> (写真右) 組み込みの超小型 Linux ボード <PLC モジュール EV5>(写真左) PLC(IT800)搭載 両者は RS232c I/F で接続
構成形態	TV Ethernet テレビ通信アダプタ (Armadillo-210)  RS232C PLC モジュール
外観	

(7) PLC インタフェース装置

メーカー	株式会社アドバンスデジタルにて開発	
型式	—	
仕様	・ PLC モジュールを、エアコン（日立、ダイキン）、電動スクリーン、蓄電池に、接続するためのインタフェース変換機能を有する ・ RS232c、H・LINK(日立エアコンインタフェース)、電動スクリーン独自インタフェースに各々対応するものを開発 ・ PLC モジュール（メガチップス製）のケースにアタッチ可能	
外観		

(8) IEEE802.15.4 装置

メーカー	株式会社アドバンスデジタルにて開発
型式	—
仕様	・ 水道メータおよびガスメータ接続（いずれも金門製作所製） ・ 各メータから出力されるパルスを入力し、既存 IEEE802.15.4 モジュール（smartMODULE-ZGC）に出力するインタフェース基板を開発 ・ 上記 IEEE802.15.4 モジュールにはバッテリー（乾電池）で給電 ・ 上記インタフェース基板、IEEE802.15.4 モジュール、バッテリーが雨にぬれないようにするためケースに収納
外観	 ケース外観 ケース内部 インタフェース基板  IEEE802.15.4 モジュール（日立産機システム社製）

4. 4. 2. ソフトウェア構成

今回用いた主なハードウェア上のソフトウェア構成について概要を記載する。

本システムにおけるソフトウェアの階層と開発・改造箇所を、図 4-27 に示す。

各社の開発分担はスマートハウスシステム基盤におけるソフトウェア階層により明確に切り分けている。本開発では、日立製作所で開発してきたネットワークミドル層であるデータ収集基盤「コレクトロ」および機器共通ネットワーク層である PLC ネットワーク、IEEE802.15.4 ネットワークをベースに、スマートハウス共通アプリ層および機器個別ネットワーク層の機能を新規開発した形である。また、テレビでのエネルギー見える化を実現するため、機器側のテレビを一部機能追加している。

なお、図には示していないが、省エネルギー・サービスサーバ（省エネサーバ）のソフトウェアの開発を、ピコエイダ社が担当している。

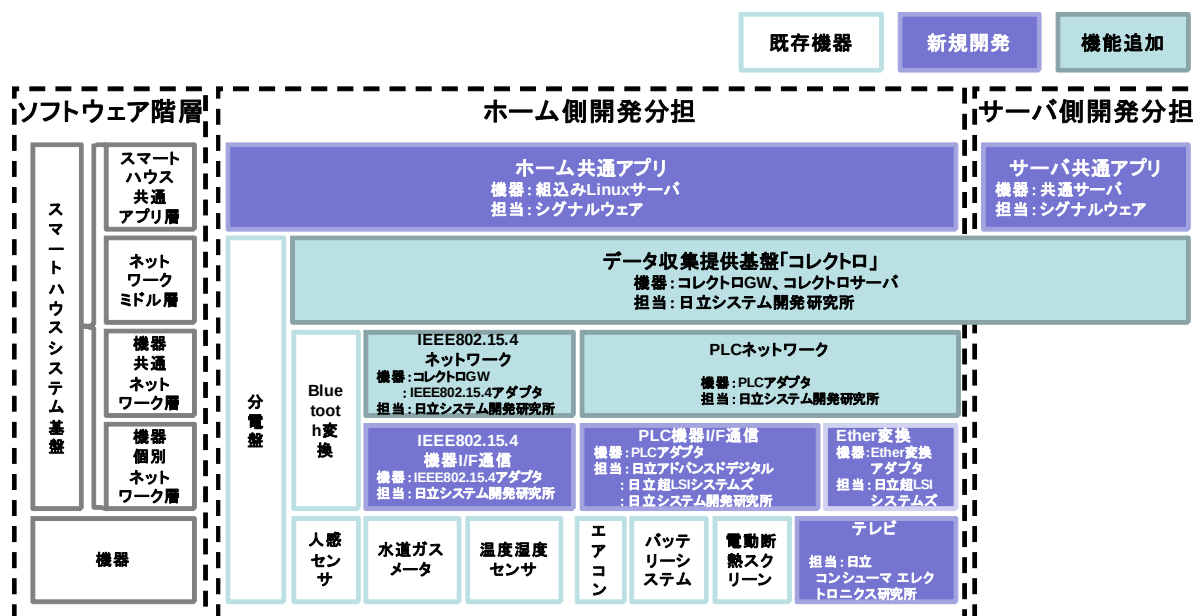


図 4-27 ソフトウェア階層と開発・改造箇所

表 4-7 各社のソフトウェア開発内容

搭載機器	担当会社	ソフトウェア機能	状態	納品物
ホームコントローラ（コレクトロ GW 側）	日立製作所（システム開発研究所）	IEEE802.15.4 基本ネットワーク機能	既存	
		各種センサデータの HTTP 変換およびサーバ転送機能	既存	
		PLC アダプタとの接続機能	追加	⑪
		人感センサのデータ受信機能	追加	⑪
共通センタ（コレクトロサーバ）	日立製作所(システムエレクトロニクス研究所)	センサデータの受信、データ蓄積、WebAPI 提供の基本機能	既存	
		各種機器に対応したデータ解析および WebAPI の追加	追加	⑫
IEEE802.15.4 アダプタ		IEEE802.15.4 基本ネットワーク機能	既存	
		水道・ガスメータのデータ取得	追加	⑨
		コレクトロ GW への送信機能	追加	⑨
IEEE802.15.4 温湿度センサ		IEEE802.15.4 基本ネットワーク機能	既存	
		コレクトロ GW への送信機能	追加	⑧
PLC アダプタ		PLC 基本ネットワーク機能	既存	
		スマートハウスネットワークプロトコル	追加	⑩
テレビ		日立製作所(システムエレクトロニクス研究所)	エネルギー情報のテレビ表示機能の開発	新規
組込み Linux ボード	シグナルウェア（日立製作所より外注）	エネルギー機器の情報収集、制御機能	新規	③
共通サーバ		各アプリケーションサーバへのデータ提供機能 気象情報サーバから気象情報取得機能	新規	②
PLC アダプタ	日立アドバンスドデジタル（日立製作所より外注）	消費電力計測機能	新規	⑤
		各種機器と PLC アダプタとの通信機能（ダイキンエアコン以外）	新規	⑤
テレビ Ether 変換アダプタ	日立超 LSI システムズ（日立製作所より外注）	テレビ用 PLC アダプタから受信したデータを蓄積、Ether に変換してテレビに通知する機能	新規	⑥
PLC アダプタ		ダイキン製エアコンと PLC アダプタとの通信機能	新規	④
サービス事業者サーバ	ピコエイダ	省エネコンサルティング	新規	①

表 4-8 納品ソフトウェアとの対応

表 4-7 と の対応	フォルダ	説明
①	省エネサーバソースコード	省エネコンサルサーバ上アプリケーションソフトウェア
②	共通サーバソースコード	共通センタの共通サーバ上ソフトウェア
③	ホームコントローラ	ホームコントローラ（組み込み Linux ボード側）上ソフトウェア
④	エアコンライブラリ	PLC モジュール上ダイキンエアコン接続ソフトウェア
⑤	PLC および無線	PLC モジュールおよび IEEE802.15.4 モジュール上ソフトウェア（ダイキンエアコン接続用を除く）
⑥	TV アダプタ	テレビアダプタ上ソフトウェア
⑦	デジタルテレビソフト	デジタルテレビ上ソフトウェア
⑧	IEEE802.15.4 温湿度センサ	IEEE802.15.4 温湿度センサ内ソフトウェア
⑨	IEEE802.15.4 水道ガスメータ	水道メータ・ガスメータ用 IEEE802.15.4 無線モジュール上ソフトウェア
⑩	PLC モジュール	PLC モジュール上スマートハウスネットワークソフトウェア
⑪	コレクトロ GW	ホームコントローラ（マイクロ GW(コレクトロ GW)）上ソフトウェア
⑫	コレクトロサーバ	共通センタのコレクトロ GW 上ソフトウェア

(1) ホームコントローラ（組み込み Linux ボード側）

ホームコントローラ上のアプリケーションソフトウェアは、組み込み Linux ボード上に搭載した。本ソフトウェアは、Linux OS の上に JAVA VM を構築し、JAVA アプリケーションとして開発した。

図 4-28 にホームコントローラのソフトウェアブロック構成図を記す。

ただしこの構成図のうち、SmartHouseFrameWork の機能は各アプリケーション内でプロトコルを実装している。将来的には、切り出す予定である。

また、図 4-28 の「アプリ管理」も今回の実証実験では実装されていないが、アプリケーションのバージョン管理や追加、差し替え、などの機能と管理を行うものである。例えば、OSGi フレームワークがこれに相当する。

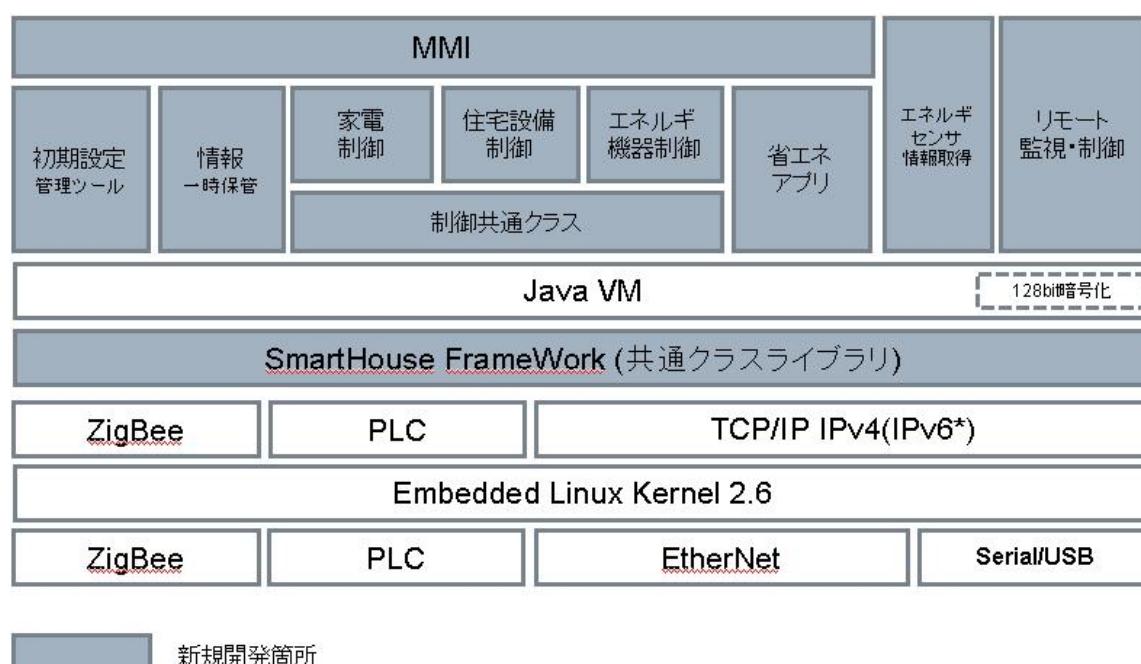


図 4-28 ホームコントローラ上ソフトウェア構成

(2) 共通センタ (共通エネルギーマネージメントサーバ)

共通センタは、所謂データセンタの機能を持ち、ホームコントローラから収集した宅内情報を蓄積し、サービス事業者サーバからの依頼に応じてそのデータを受け渡す機能を司る。また、サービス事業者サーバから宅内に送られる情報を受け取り、これをホームコントローラに受け渡す機能を司る。

今回の実証実験では、共通センタに実際にグローバルアドレスを付与し、インターネット上に公開して遠隔地にあるサービス事業者サーバと関係できるようにした。この際、独自ログイン ID を使った認証、SSL による暗号化、ファイヤーウォールによるアクセス制限などのセキュリティ対策を施した。

共通センタのソフトウェア仕様は以下の通りである。

表 4-9 のようにベースとなるソフトウェアを用意した。そして、その上にアプリケーションを搭載した。

表 4-9 共通センタの基本ソフトウェア仕様

No	機能	名称	バージョン	備考
1	OS	Linux	Debian 4.1.2-25	
2	HTTP サーバ	Apache	2.2.9	
3	スクリプト	PHP	5.2.6-1+lenny4	
4	PHP ライブラリ	PEAR	1.9.0	
5	SSL プロトコル	OpenSSL	0.9.8g	

また、共通センタのソフトウェア構成は、図 4-29 の通りである。

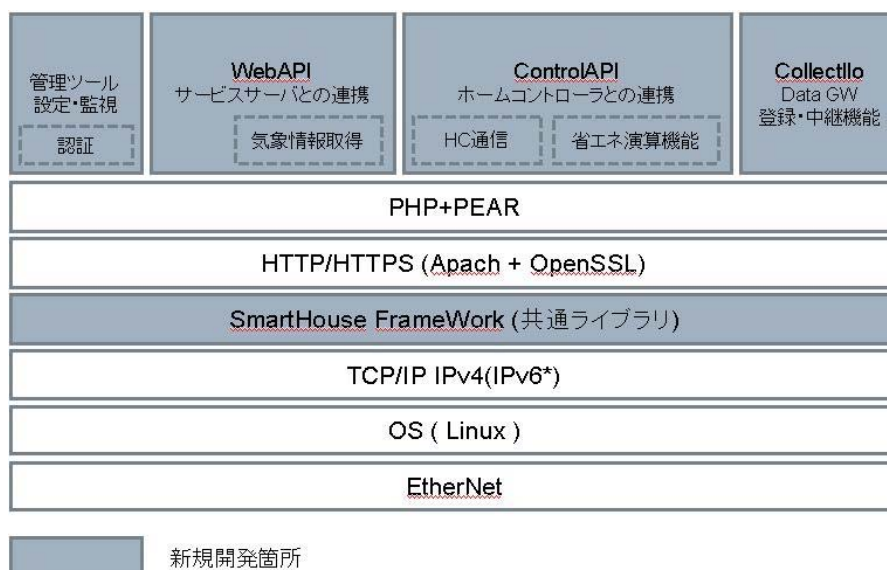


図 4-29 共通センタのソフトウェア構成図

(3) 省エネルギー・サービスサーバのアプリケーション

省エネルギー・サービスサーバ（図 4-30 ではピコエイダセンター）のアプリケーションは、図 4-30 のように、共通センタに集められた宅内の様々な機器からの情報を取得し、これを基にコンテンツを生成し、宅内のデジタルテレビや PC などの機器から Web ブラウザを用いて閲覧されるコンテンツを提供するものである。

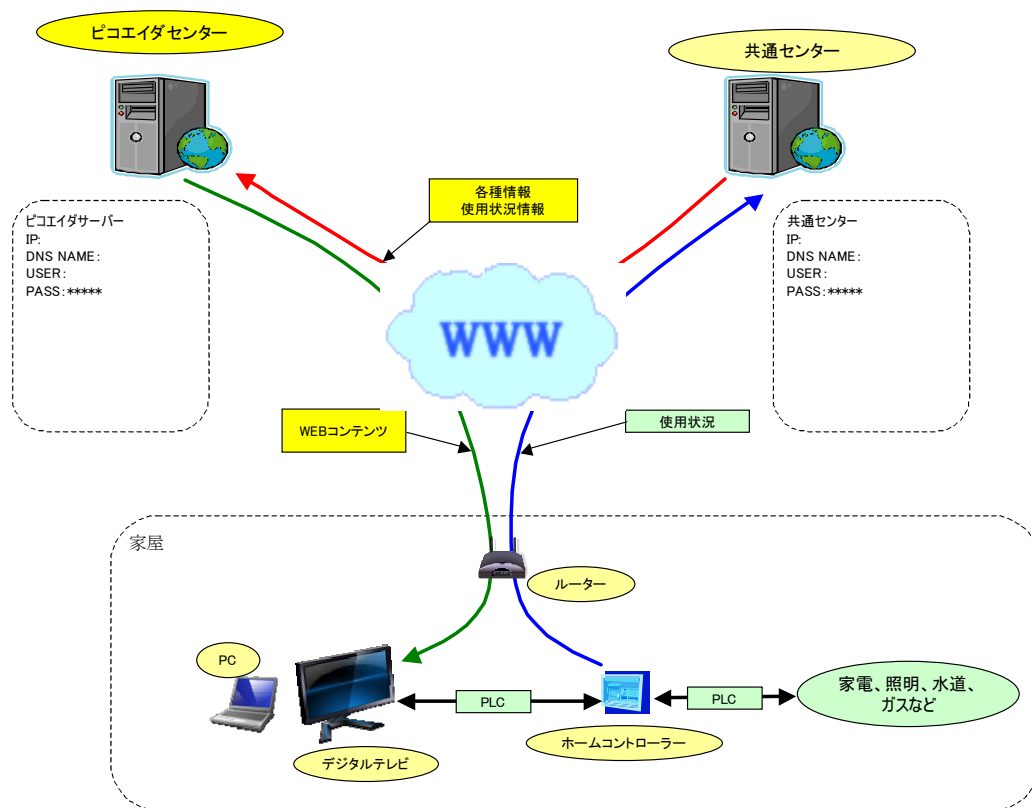


図 4-30 省エネルギー・サービスサーバの位置づけ

省エネルギー・サービスサーバのアプリケーションソフトウェアの構成および機能の概要は、表 4-10 の通りである。

表 4-10 省エネルギー・サービスサーバのアプリケーションソフトウェアの概要

#	大分類	中分類	機能概要
1.	共通サーバーI/F	データ要求&編集	I/F データ要求
2.	WEB サービス	初期画面	オープニング
3.		自動表示情報	昨日のエネルギー
4.			我が家は何位
5.			昨日のお部屋
6.			昨日の家電
7.			エコ豆知識
8.		メインメニュー	メインメニュー
9.		使用状況	1日のエネルギー
10.			1ヶ月のエネルギー
11.			1年間のエネルギー
12.			太陽エネルギー
13.		省エネセンター情報	エコ買い替え
14.		設定画面	我が家の設定
15.		ヒント画面	ヒント

(4) テレビ用ソフト

テレビ用ソフトウェアは、デジタルテレビ本体上のソフトウェアと、デジタルテレビに取り付けるTVアダプタ上のソフトウェアとで構成される。

デジタルテレビ本体上のソフトウェアの構成図を図 4-34 全体システムにおける機器間通信方式

に示す。また、開発したソフトウェアの概要を表 4-11 に示す。

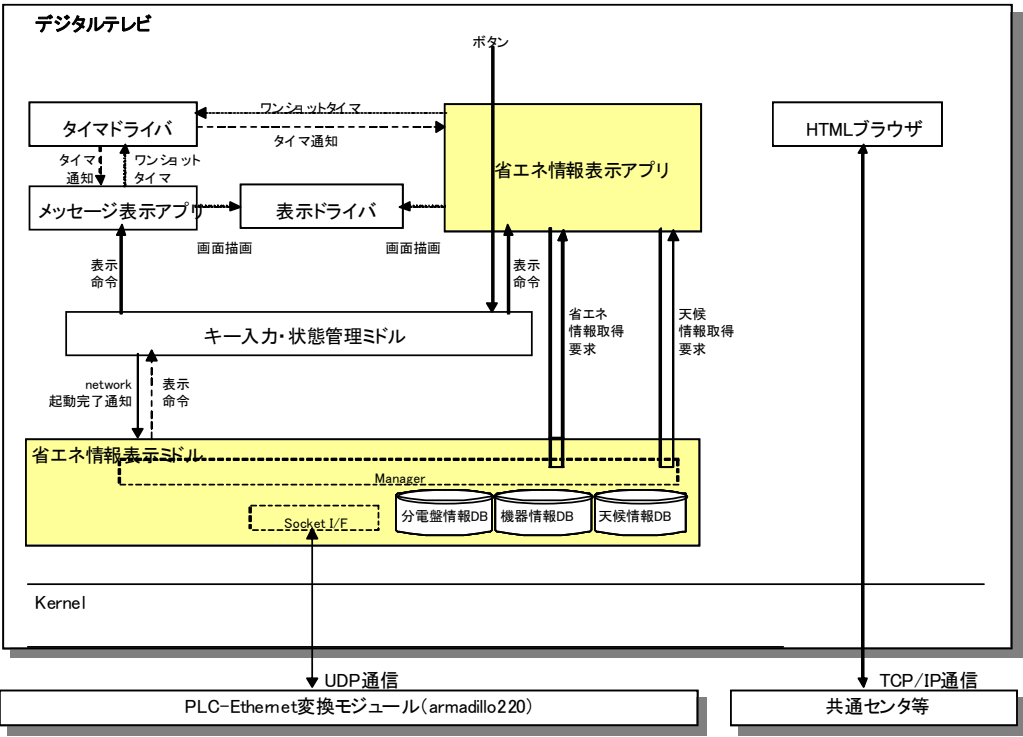


図 4-31 デジタルテレビ本体上のソフトウェアの構成図（関連する部分のみ）

表 4-11 デジタルテレビ本体上のソフトウェア概要

名称	タスク名	機能概要
省エネ情報表示アプリ	aEC0	ユーザ操作の受付及び画面表示を行う。
省エネ情報表示モデル	eEC0	PLC-Ethernet 変換モジュールからのデータ受信及び受信データの管理を行う。

また、TVアダプタ（PLC-Ethernet 変換モジュールと PLC アダプタで構成）上のソフトウェアは、以下の 2 つの機能をもつ。

- ・データ転送蓄積機能

TV アダプタ(テレビ通信アダプタ)は、PLC モジュール(TV)から受信したデータ通知パケットを、データベースに保存して、TV にそのまま転送する。シーケンスを図 4-32 に示す。

- ・データ取得応答機能

TVアダプタ(テレビ通信アダプタ)は、テレビからのデータ取得要求に対して、テレビ通信アダプタのデータベースに格納している全データを提供する。本機能は、テレビが電源 OFF から ON になったときに、テレビ通信アダプタに蓄積しているデータを取得することを目的としている。シーケンス図を図 4-33 に示す。

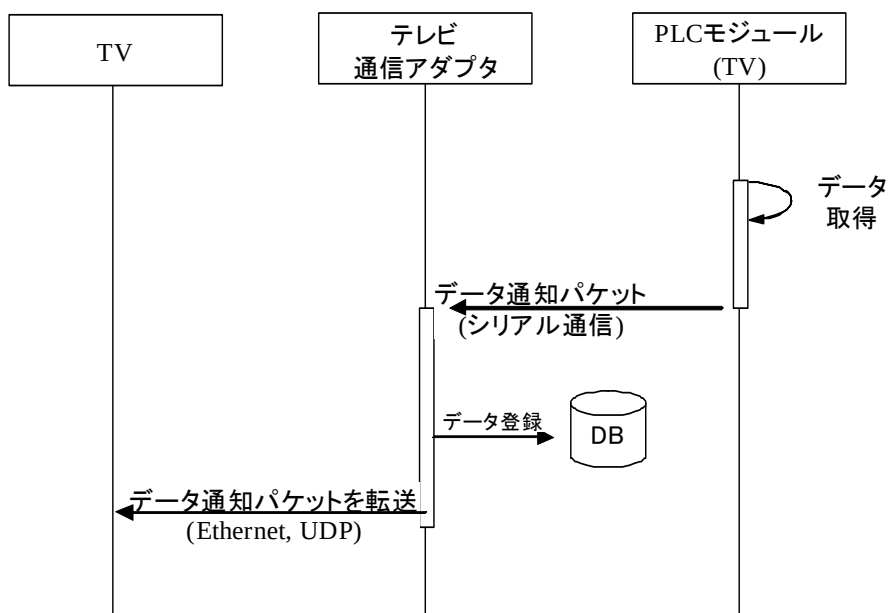


図 4-32 データ転送蓄積機能のシーケンス図

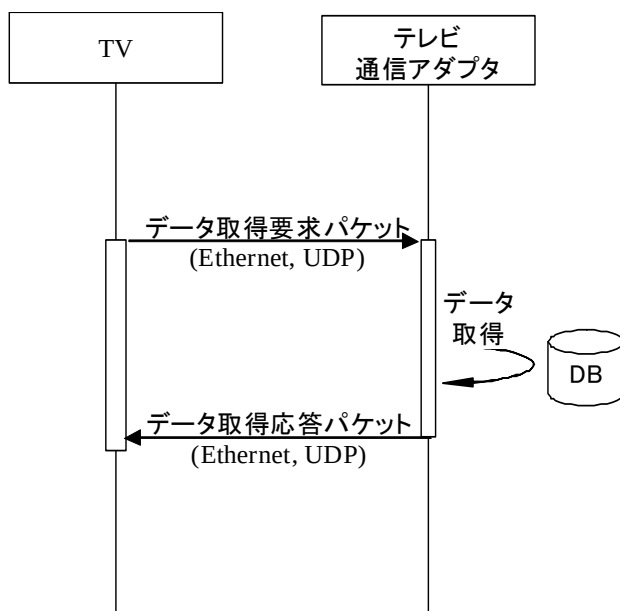


図 4-33 データ取得応答機能のシーケンス図

(5) スマートハウス共通プロトコルによる通信ソフトウェア

本システムは、各機器がソフトウェアの階層に従い、図 4-34 に示す通信方式（スマートハウス共通プロトコル）により通信を行う。

ただし、分電盤と人感センサに関しては、データ量が多いことと小型で新規モジュールの設置が困難な理由により、PLC および IEEE802.15.4 とは別の方式を採用する。また、テレビ表示用のエネルギー情報は PLC で送信されたデータをテレビ用の PLC アダプタが受信し、Ether 変換アダプタを介して、Ethernet 経由でテレビに送信する。

このソフトウェアを開発し、PLC アダプタ、IEEE802.15.4 アダプタ、コレクトロ GW、組み込み Linux サーバ、共通センタ各々に搭載した。

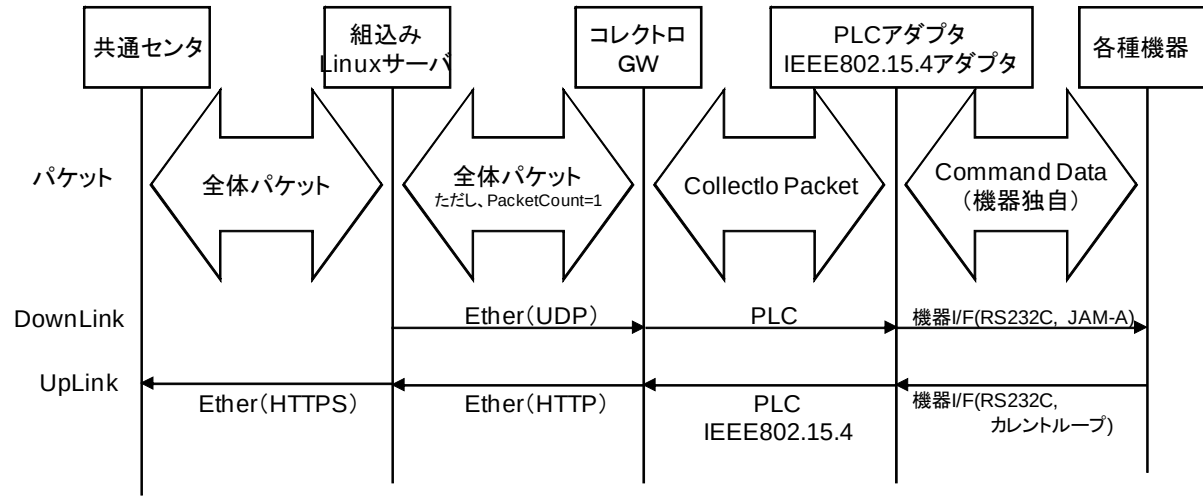


図 4-34 全体システムにおける機器間通信方式

本システムのパケットフォーマットを図 4-35 に示し、表 4-12 にパケットフォーマットの詳細を記述する。

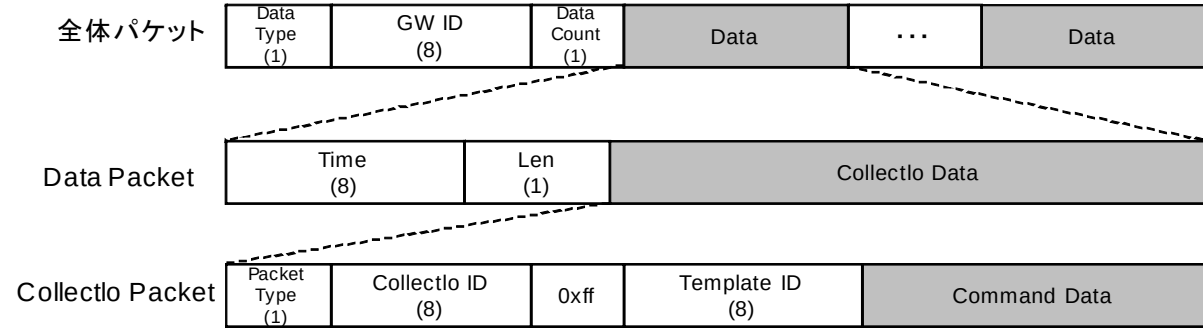


図 4-35 全体システムにおけるパケットフォーマット

表 4-12 パケットフォーマット詳細

名称			バイト数	内容			備考
Data Type			1	Data 部に格納するパケットの種類。			
				Config	0x00	ホームコントローラの設定情報。	
				Data UP	0x01	各機器からホームコントローラへ伝送する情報	
				Data DoWn	0x11	ホームコントローラが各機器に伝送する情報	
GW ID			8	コレクトロ GW の Collectlo ID。 コレクトロ GW がデータ送信時に自身の Collectlo ID を付加して送信する。			
Data Count			1	Data 部の数。 Config の場合は Data Count=0			
Data	Time		8	パケットを受信した時間。UNIX 時間で指定する。 本値は Command Data 部に関連付けてコレクトロサーバのデータベースに格納される。 オール 0 の場合、コレクトロサーバの受信時間となる。			
	Len		1	Collectlo Data 部のパケット長。			
	Collectlo Data	Packet Type	1	Collectlo Data 部のパケットの種類。			
				Data UP	0x01	各機器からホームコントローラへ伝送する情報	
				Data DoWn	0x11	ホームコントローラが各機器に伝送する情報	
	Smarthouse ID		8	機器を一意に識別する ID。 ブロードキャストはオール 0xff。			
	0xff		1	固定値			
	Template ID		8	CommandData のフォーマットを一意に識別する ID。			
	Commad Data			実際に機器に送るメッセージデータ。 CommandData は機器ごとに異なる。			

(6) 本実証実験に用いる各種機器のネットワーク接続のためのソフト

本ソフトウェアは、IEEE802.15.4 アダプタあるいは PLC アダプタに搭載されるソフトウェアであり、開発し、搭載した。表 4-13 に開発したソフトウェアを示す。

表 4-13 各種機器のネットワーク接続のためのソフト

搭載機器	ソフトウェア機能	状態	納品物
IEEE802.15.4 アダプタ	IEEE802.15.4 基本ネットワーク機能	既存	
	水道・ガスメータのデータ取得	追加	⑨
	コレクトロ GW への送信機能	追加	⑨
IEEE802.15.4 温湿度センサ	IEEE802.15.4 基本ネットワーク機能	既存	
	コレクトロ GW への送信機能	追加	⑧
PLC アダプタ	PLC 基本ネットワーク機能	既存	
	スマートハウスネットワークプロトコル	追加	⑩
PLC アダプタ	消費電力計測機能	新規	⑤
	各種機器と PLC アダプタとの通信機能 (ダイキンエアコン以外)	新規	⑤
PLC アダプタ	ダイキン製エアコンと PLC アダプタとの 通信機能	新規	④

4. 5. 実証実験の実施、検証

エネルギーマネジメントシステム機能の検証を行うため、上記のエネルギーマネジメントシステムを実際の家屋に導入し、実証実験を実施した。

4. 5. 1. 実施場所

住所：埼玉県北葛飾郡松伏町

家屋形態：3階建て一軒家（（株）ミサワホーム総合研究所の借り上げ住宅）



図 4-36 実施場所外観

所在地：埼玉県北葛飾郡松伏町

（断熱地域区分 IV地域）

工法：ツーバィォー工法

面積：延床 約 206 m²

1F 約 84 m²

2F 約 82 m²

3F 約 40 m²

建設時期：1990 年頃

仕様（主に断熱）

壁：グラスウール 10k50mm

床：グラスウール 10k50mm

天井：発泡スチレン 50mm

開口部：アルミ・シングルガラス

太陽光発電システム

3. 6kW（車庫屋根上設置）

4.5.2. 実施方法

(1) 実証実験のシナリオ概要

期間：

実験第1週：2010年2月7日(日)～13日(土)

実験第2週：2010年2月14日(日)～21日(日)

被験者：

ご家族3名（大人男性1名、女性2名）

男性1名：昼間は不在（出勤）

女性2名：在宅

シナリオ：

被験者には、2週間普段通りの生活をしていただいた。なお、第1週と第2週では、外出時間や起床・就寝時間をほぼ同じにいただいた。

今回、開発期間・実証実験期間が短かったため、第1週と第2週を比較し、本システムにおけるエネルギーの見える化・アドバイス・自動制御の効果を観察した。

実験第1週：普段の生活でのエネルギー消費・発電状況の測定のみ

（本システムのエネルギーの見える化・アドバイス・自動制御なし）

実験第2週：全てを機能させてのエネルギー消費・発電状況の測定

（省エネ行動を期待）

(2) 機器配置

3階建て家屋のうち、1階と2階のみを普段利用。このため、温度・湿度・人感センサは、1階と2階の生活空間に設置。テレビやエアコンなどの今回導入する機器は、居間、キッチン、寝室の3部屋に設置した。また、エネルギー関連機器およびガス・水道メータは、各々然るべき場所に設置した。

以下に、主な 機器、設備、センサの配置を図 4-37、図 4-38 に示す。

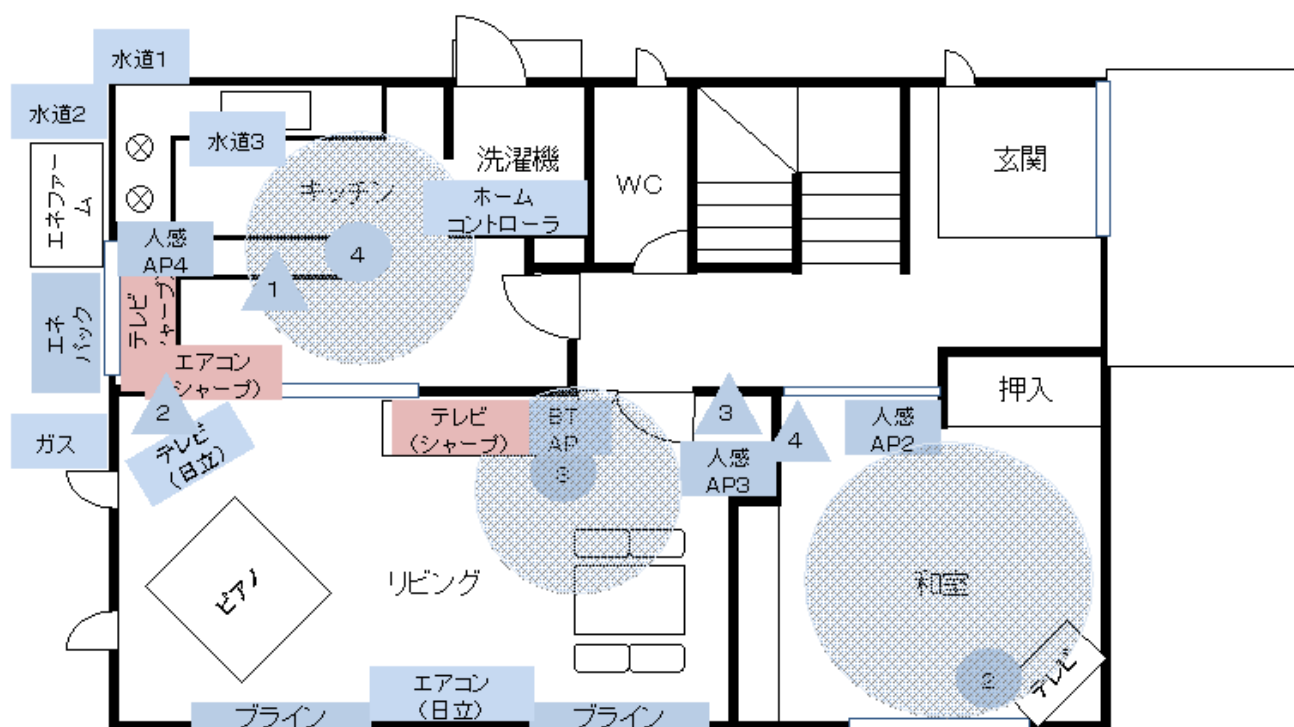


図 4-37 エネルギー機器、家電機器、センサ配置図 (1 階)

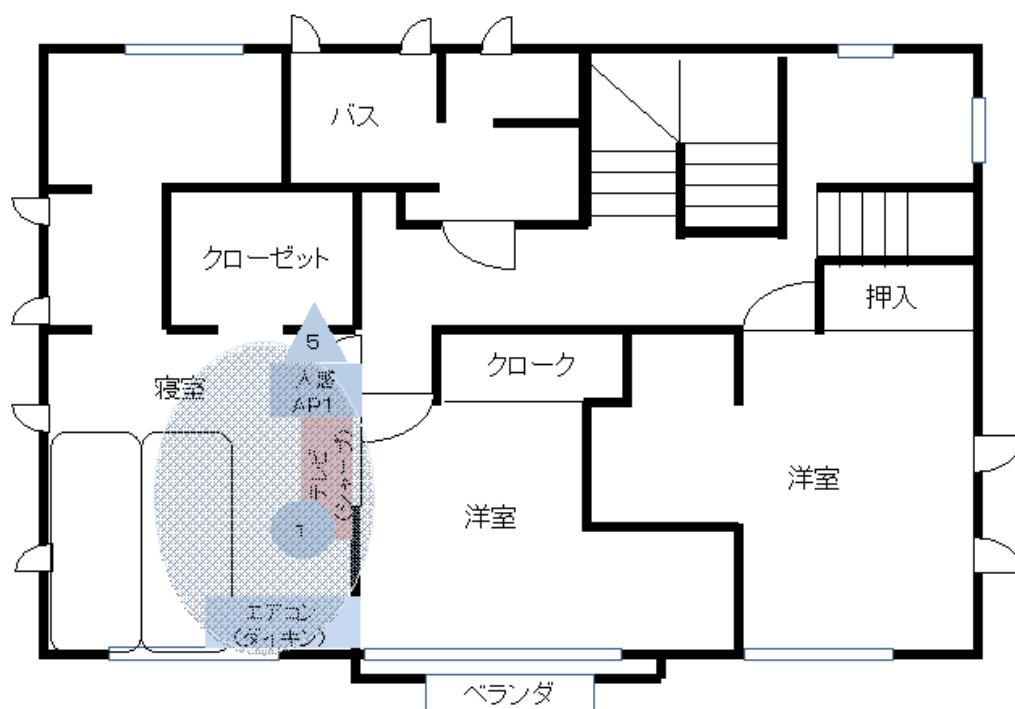


図 4-38 エネルギー機器、家電機器、センサ配置図 (2 階)

実際に機器を設置した状況を、図 4-39～図 4-48 に示す。



図 4-39 分電盤



図 4-40 ホームコントローラ



図 4-41 テレビ



図 4-42 テレビ表示 Web コンテンツ



図 4-43 エアコン



図 4-44 人感センサ



図 4-45 温度・湿度センサ



図 4-46 ガスメータ



図 4-47 燃料電池



図 4-48 水道メータ用通信ユニット

(3) 測定データ項目、評価方法

(a) 分電盤から取得するデータ

分電盤から取得できるエネルギー情報は 以下の通りである

表 4-14 分電盤から取得できるエネルギー情報

No	計測項目	情報 1	情報 2	情報 3	備考
1	家全体の総消費電力量	カレント	積算	—	10 リットル単位
2	系統毎の消費電力量	取得時点の電力量	積算電力量		系統 1～21 まで
3	燃料電池（エネファーム）の発電量	発電量			
4	太陽光発電システムの発電量	発電量			
5	売電量	売電量			
6	買電量	買電量			

(b) PLC 子機から取得するデータ

PLC 子機の電力測定機能による消費電力量の測定値を定期的に送信する。

エアコンの状態取得は ホームコントローラより適宜コマンド送信により取得される。

表 4-15 PLC 子機から取得できる情報

No	計測項目	情報 1	情報 2	情報 3	備考
1	エアコン（日立）	消費電力量	状態所得（運転モード情報、自動、冷房、暖房、除湿、送風）	—	
2	エアコン（ダイキン工業）	消費電力量	状態所得（運転モード情報、自動、冷房、暖房、除湿）	—	
3	液晶テレビ	消費電力量			
4	蓄電池システム	状態取得（運転モード情報、商用モード、充電モード、放電モード、故障モード）	状態取得（放電情報、放電電力）	状態取得（充電情報、0～5 段階）	

蓄電池への状態取得コマンドはホームコントローラから 2 分間隔でリクエストされ、取得

される。その情報をそのまま、一端 共通サーバに送信し、蓄電量のパーセント算出を行い、その結果をホームコントローラが取得し、日立テレビ表示情報としてマイクロ GW に送信する処理を行う。

(c) IEEE802.15.4 子機から取得するデータ

a) 水道メータ

水道メータ 3 つ（メイン、給湯器、シンク）とガスメータを設置し、これと屋外の防滴ボックス内に設置した IEEE802.15.4 通信モジュールと接続し、データを取得した。

- ① 水道メータ 1 メイン（給湯器に送られない冷水の使用量、洗面所やトイレなど）
- ② 水道メータ 2 給湯器（エネファームでのお湯として使われる使用量、台所やお風呂）
- ③ 水道メータ 3 シンク（キッチンシンクが単独として一番使われるとして使用量の計測をした）

メータ 1～3 までは 以上の意味を持つ。

そのため水道の総使用量は = メータ 1+メータ 2 の使用量 となる。

取得情報とその単位は 下記の通りである。

10 リットル使用するとカウントが 1 つ上がるメータである。

情報はその取得時のカレント情報と積算情報になる。

表 4-16 水道メータから取得できる情報

No	計測項目	情報 1	情報 2	備考
1	水道使用量	カレント	積算	10 リットル単位

b) ガスメータ

ガスメータから取得情報とその単位は 下記の通りである。

10 リットル使用するとカウントが 1 つ上がるメータである。

情報はその取得時のカレント情報と積算情報になる。

表 4-17 ガスメータから取得できる情報

No	計測項目	情報 1	情報 2	備考
1	ガス使用量	カレント	積算	10 リットル単位

c) 温湿度センサ

温度・湿度センサを実証実験では 7 カ所に設置した。

この温湿度センサは 1 つの機器で 温度と湿度を同時に取得し送信する。

リビング 2 ヶ所

キッチン 1 ヶ所

和室	1ヶ所
主寝室	1ヶ所
玄関	1ヶ所
屋外	1ヶ所

温湿度センサより送られてくる情報と単位は次の通りである。

表 4-18 温湿度センサから取得できる情報

No	センサ	情報 1	情報 2	情報 3	備考
1	温度湿度センサ	温度 (℃)	湿度 (%)	—	

(d) Bluetooth 子機から取得

人感センサには微弱無線通信機能を持つ日立産機システム社の試作品を採用した。小型で目立たないため壁や天井に設置しても煩わしさや威圧感が無いなどのメリットを持つ。

今回、各部屋に 1 つずつ天井などに取り付けた。

今回の実証実験では、各部屋の人 の 在・不在を検知し省エネコンテンツに活用したが、将来的には、無人の部屋の電気を消灯したり、放置されていると思われるテレビやエアコンの電源を切るなど、省エネに繋がる制御に利用できる。

人感センサより送られてくる情報は次の通りである。

表 4-19 人感センサから取得できる情報

No	センサ	情報 1	情報 2	情報 3	備考
1	人感センサ	在／不在	—	—	

4. 6. 実証実験結果の評価、分析

4. 6. 1. 実証システムの技術的な検証、評価

(1) 省エネルギーシステムの動作の評価と有効性の確認、住宅設備機器のコントロール上の課題と対策の評価・分析

実証住宅にて、実際にシステムを稼動させた。通信不具合やシステム停止などの問題はあったものの、2週間の実証実験期間ほぼ安定的に動作した。

また、当初予定していた機能は全て実装でき、実際に省エネのためのサービスを被験者の方々に提供し使用していただけた。また、省エネ効果が見られるデータを取得することができ、本システムは確かに有用であったことが確認できた。

今回、住宅設備機器の制御を試みたが、制御が行えるような可動部分がある住宅設備機器の選定には大変苦労した。今回は電動スクリーンを採用したが、時間と期間と費用が許されれば、窓サッシや天窓や換気扇を組み合わせ、自然な空気を取り入れた空気循環自動制御も実現したかった。これは今後の課題である。

(2) スマートハウス通信プロトコルを実用化していく上での充足性、性能の評価

<PLC 通信評価>

日立製作所システム開発研究所の建屋内で事前に十分な通信試験を行った後に現地に持ち込み、システムを導入した。

しかしながら、現地は予想していたよりも電灯線上にノイズが多く、また、様々な条件下において安定した通信が出来ないなど あまり良い通信環境とは言えないものであった。現地ではいろいろな条件により、通信品質が変化しているようで、時と場合によって通信品質、安定度がまちまちになっている。ただ、データ欠落は多数発生しているが、殆どが自動的に3分～60分程度で復旧しているため実際には大きな問題は起こっていない。実際の制御等の動作にもほとんど影響がなかった。

これは1項目の情報取得機会が1日1440件あり、実験13日間（2月11日の1日分を引く）では18720件であるため、データ欠落件数は多いものの発生率は下記の表のように非常に小さかったためと思われる。

表 4-20 データ欠落率

不具合状況の分類	件数	発生率
分電盤からの不正データ	20 件	0.1%
PLC 通信データ欠落（全体）	325 件	1.7%
（エアコン）	（47 件）	（0.25%）
（液晶テレビ）	（77 件）	（0.4%）
（蓄電池）	（69 件）	（0.37%）
（ブラインド）	（132 件）	（0.7%）
IEEE802.15.4 通信データ欠落	32 件	0.17%

※実際には分電盤は分岐毎に 18720 件のデータ、エアコン、ブラインドなど複数有る機器の合算で計算しているため、発生率はさらに小さな数値となる。

この様に 実質的な運用環境においても、概ね 1% 程度のエラー発生率であり、このままの品質でも全く問題なく使用できることが確認できた。その結果、PLC や IEEE802.15.4 無線は、スマートハウスネットワークの通信方式として十分な機能と性能を提供してくれることが確認できたと言える。

しかし、更に、通信品質を上げるための製品性能の向上や、設置工事の方法などのノウハウを今後更に蓄積していく必要があると考える。

<IEEE802.15.4 通信評価>

今回の実証実験では 水道メータ、ガスメータ、温度・湿度センサに IEEE802.15.4 通信の日立産機製の機器にこちらにもスマートハウスプロトコルを搭載し使用した。

なお、水道メータ、ガスメータは屋外に設置されており、そこからホームコントローラが置かれた室内までデータを送信した。一般に無線は低温では信頼性が落ちる特性があるが、冬の屋外環境で外気温が氷点下まで下がる日が数回あったが、無事データを通信し続けることができた。

当初は、時折、データ欠落が発生したため、通信品質と安定度を少しでも高めるために 中継器を設置した。この効果でおおむね問題がなくなった。しかしながら、PLC と同様、データ欠落件数は多いものの、データ欠落率は非常に低いものであり、今回接続したメータやセンサであれば大きな問題は発生しなかった。

しかし、更に、通信品質を上げるための製品性能の向上や、設置工事の方法などのノウハウを今後更に蓄積していく必要があると考える。



図 4-49 ガスメータ、水道メータ通信用の無線ボックス（雨、露を防ぐプラスチックボックス内に収納し、電池駆動）

＜PLC 設置容易性評価＞

分電盤交換工事の日程の関係やホームコントローラ開発の時間的な余裕が無いなどの理由により、事前の通信品質の調査が十分にできなかった。

そのため既存の電力線に対してカップリングコンデンサ設置やノイズフィルタ設置などの対策を行わず、そのまま PLC 機器を取り付けてネットワークを構築し通信を開始した。

今回、ホームコントローラは分電盤近く設置し、PLC 親機はその近くのコンセントに差し込み接続、宅内機器側にはメガチップス社製の PLC アダプタを使用した。設置のための時間は 2 時間程度であり簡単に作業を終えた。この状態での通信結果は良好ではない部分も有るものの概ね通信は良好であった。



図 4-50 分電盤の系統分岐状況（上半分が L1 層、下半分が L2 相

しかしながら、設置後に系統の分岐状況を調査すると、上図に示すように分電盤の上半分が L1 (+100V_N) で、下半分が L2 (-100V_N) であり、この相間での通信を行う際に、通信品質が悪い箇所ができあがってしまった。本来 PLC 通信は技術的にはどちらか一方に統一する必要があるが、今回は混在ホームコントローラを L2 に設置したので L2 系のラインは比較的通信品質が良かったものの、L1 に設置した機器との通信品質が悪い場合が発生してしまった。

このため、通信品質改善のため、L1 と L2 を論理的にブリッジする中継器を入れ、相間カプラーの代用として使用した。これにより通信品質が改善した。

新築住宅の場合は電力配線設計の時点で、これら PLC ネットワーク構築の事を念頭に置いて設計して欲しい。そうすれば、分電盤の配線や室内配線が経路に合わせて制御する機器を最良の条件で配置できる。これからのスマートハウス住宅を普及し易くする要因の一つとなるであろう。

また、既築住宅では 配線経路の問題だけでなく、配線自体の経年変化や劣化もノイズや通信品質を落とす要因になる。20 年以上経っている配線は 銅線の銅が錆びていたり、劣化して通信の障害となる。これらの測定方法や調査、鑑定方法の確立も普及にあたっては必要になるのではないだろうか。

(3) 効果的な省エネ診断、省エネアドバイス表示、買い替えアドバイス表示を実現するための操作性や機能性の評価

今回スマートハウスで構築したシステムは情報収集機能において優れており、そのため、考案した省エネアドバイスコンテンツのコンセプトがほぼ実現され、効果的な省エネ診断、省エネアドバイス表示、買い換えアドバイスが出来た。

省エネアドバイスのユーザインタフェースとして使用したテレビは、データの取得や画面の表示などインターネット機能は現状のコンテンツ内容には十分に応えられるものである。また、マウスポインタかカーソル移動かが選べるため、リモコンを使用した操作も思うように行え、操作性や機能性に特に問題がない。

ただ、コンテンツの開発段階では、画面表示リクエストがある度に、共通サーバから必要となるデータを取得し、その取得データから画面表示用データに加工する方法をとっていたが、その場合、取得・加工処理量が多くなり、表示が遅くなるという問題がおきてしまった。データ量が少ない場合には問題にはならなかったが、より詳細な分析を行うようになると、扱うデータ量が多くなってしまったのが原因である。このため、本開発では、コンテンツサーバは画面用テーブルにデータをあらかじめ取得しバッチ加工しておき、画面表示が必要な時はテーブルからデータを取得して表示する形に変えてこの問題を改善した。

しかしながら、ユーザに違和感なく使っていただくためには、依然として以下の問題点があると考え

- ・ 画面の早送りが若干遅い
- ・ 自動送り画面が表示している間はメニュー画面に飛べない
- ・ メニュー画面は少し使いにくい（小鳥の横に吹き出しで項目名が表示されているが、使用者は大体吹き出しの文字を合わせてリモコンの実行ボタンを押すが、設計上は小鳥にのみカーソルを合わせて押すと画面表示するになっている）

これらの問題はソフトの改良などを通して今後改善していく必要がある。

また、機能性については、アンケートを実施したので、後述する。

(4) CO2 排出削減効果の見通しの検証・評価

(a) 省エネ機器導入効果の検証

本実証実験では照明器具の一部を前半は既存のままの白熱電球、後半はそれを LED 電球に置き換えて検証を行っている。効果については計測するまでもない事だが、ここでは前半と後半の居間の消費電力から照明に相当する電力を抜き出して比較を行った。

電気配線は家庭毎に様々で、例えば照明とコンセントを分けて配線している場合もあれば、照明とコンセントは分けずに部屋毎にまとめて配線を行う場合もある。実証住宅では後者のパターンで、コンセントと照明が同一の回路となっているので、照明の消費電力を分離しなければならない。居間の場合、負荷として繋がっているのは主に TV と照明なので昼間の消費電力から TV の消費電力を想定、2 月 10 日と 2 月 17 日をサンプルとして照明の電力を算出した。

その結果、白熱電球を用いている 2 月 10 日の照明の消費電力は約 250W、LED 電球を用いている 2 月 17 日の消費電力は約 43W で、明らかな想定通りの省エネ、省 CO2 効果が認められた。これは 2 月 10 日の白熱電球（60 型消費電力 54W 程度）5 個、2 月 17 日の LED 電球（消費電力 7W 程度）5 個から想定される数値とほぼ合致している。実証住宅は白熱電球の利用率が特に高く、全てを点灯した場合には照明だけで 2500W 程度の電力を消費してしまう。これを全て LED 電球に置き換えると凡そ約 350W 程度に削減できる計算になる。

この様に、省エネルギー家電や空調の導入により CO2 削減効果があることが確認された。対象住宅の機器構成にもよるが、実証住宅と同じ時期に建てられた住宅或いはそれ以前の建物では白熱電球の利用が多く、照明器具の交換だけでもかなりの削減効果が期待できる。統計データによると照明の消費エネルギーは住宅の消費エネルギーの約 10%程度だが、それが LED の様な省エネ機器の利用により最大で 8 割程度削減されと考えられ、住宅全体に置き換えると最大で約 8%の削減効果に相当する。実際には電球型蛍光灯等の低価格化で、波及効果は少なくなると思われるが、照明以外にもエアコンを最新機種への置き換え、エコキュート等の高効率給湯器への置き換え等の対策を組み合わせる事で高効率機器導入だけでも 10%程度の CO2 削減は実現できると考えられる。

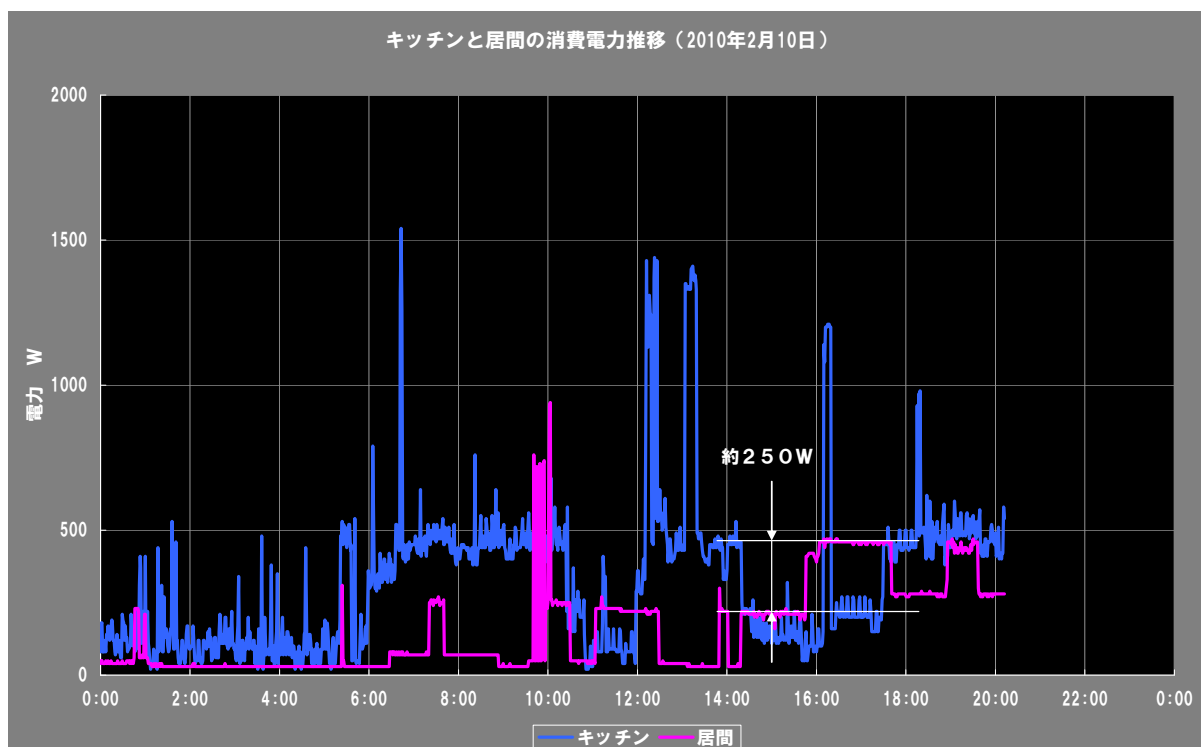


図 4-51 キッチンと居間の消費電力推移（2月10日）

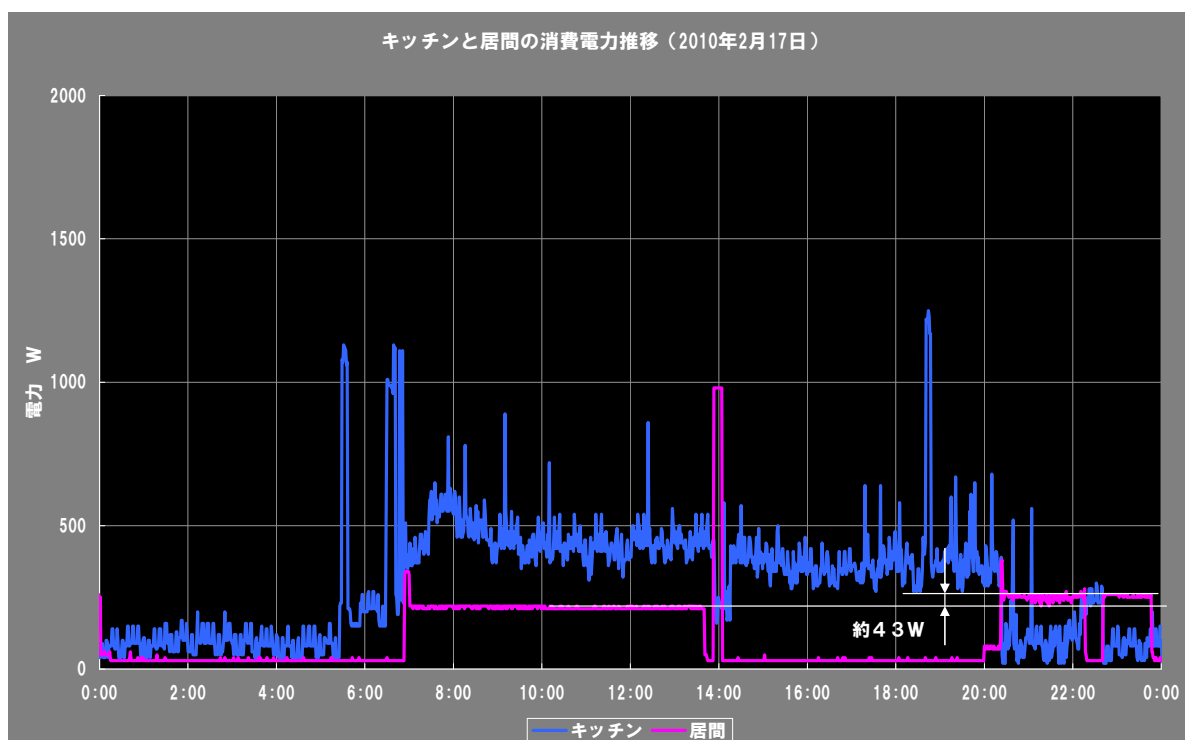


図 4-52 キッチンと居間の消費電力推移（2月17日）

(b) 断熱ブラインドの開閉制御による省エネ効果

実証期間中、日射のない夜間で外気温度・室内温度が似通った条件で断熱ブラインドの状態が異なる時間帯を選んで、エアコンの消費電力の比較を行った。実証期間が限られていることからピンポイントの比較になるが、図 4-53 と図 4-54 が断熱ブラインドが開いている状態、図 4-55 と図 4-56 が断熱ブラインドが閉じている状態の温度変化とその時のエアコンの消費電力を示している。ブラインド無し（屋内温度 24℃、屋外温度 0℃）の時の消費エネルギーが 950W 程度、ブラインド有り（屋内温度 23℃、屋外温度 2.5℃）の時の消費エネルギーが 750W 程度。消費エネルギーを温度差で除算して数値で比較すると、それぞれ 40W/℃、36W/℃と約 10%の省エネ効果が見られた。これは内外温度差 25 度の時に想定され 500W 程度の負荷低減効果で、エアコンの暖房 COP5~6 を考慮すると妥当な数値と思われる。限られた実証期間ということもあり、定量的な評価は詳細な実証実験が必要になるが、目論見通りの省エネ効果があることが確認できた。

2010/2/6 埼玉1邸温度測定結果

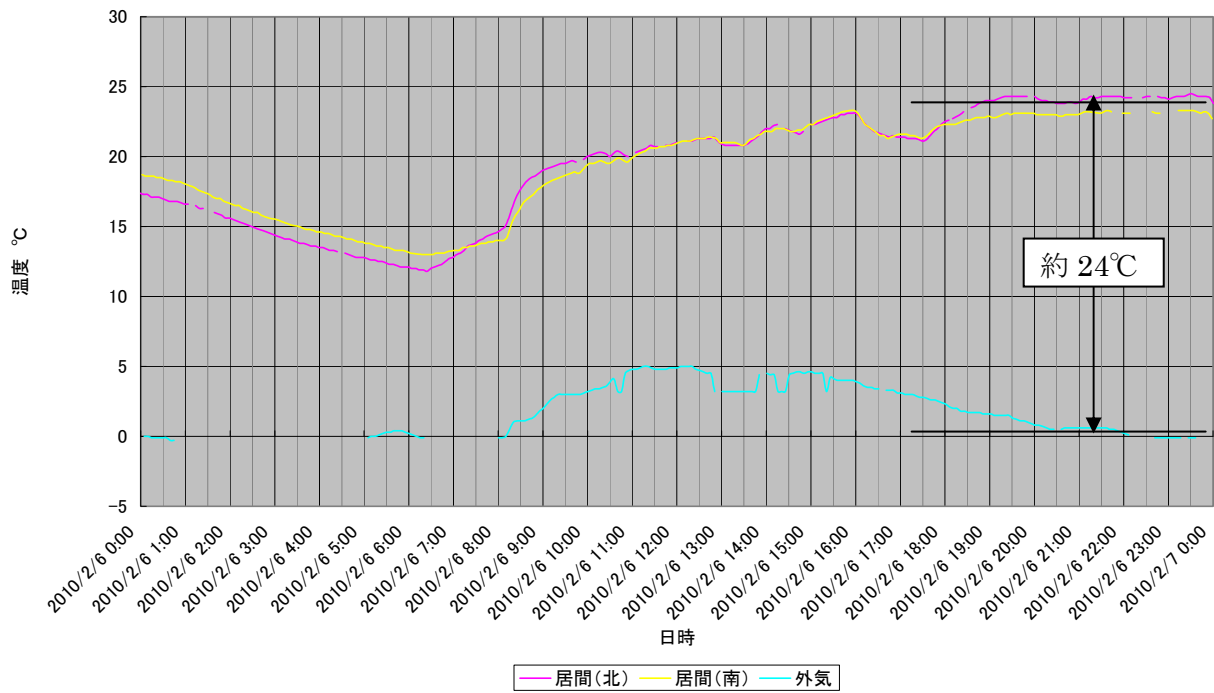


図 4-53 温度測定結果

居間・キッチンエアコン消費電力2010/2/6

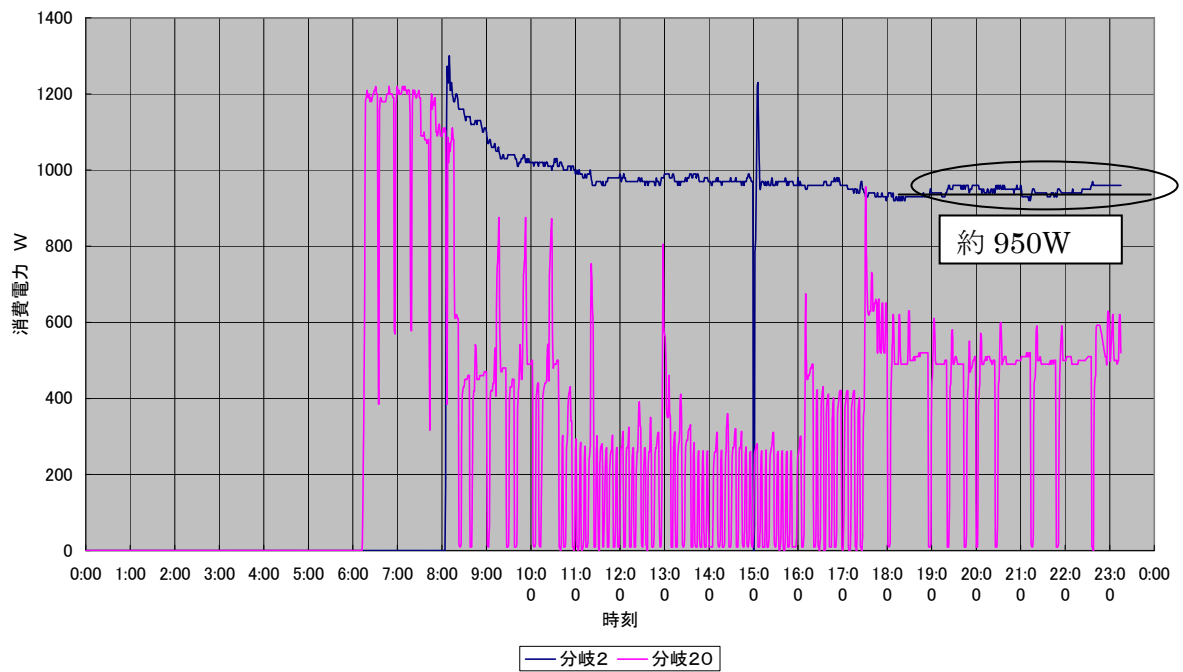


図 4-54 居間・キッチンのエアコンの消費電力測定結果

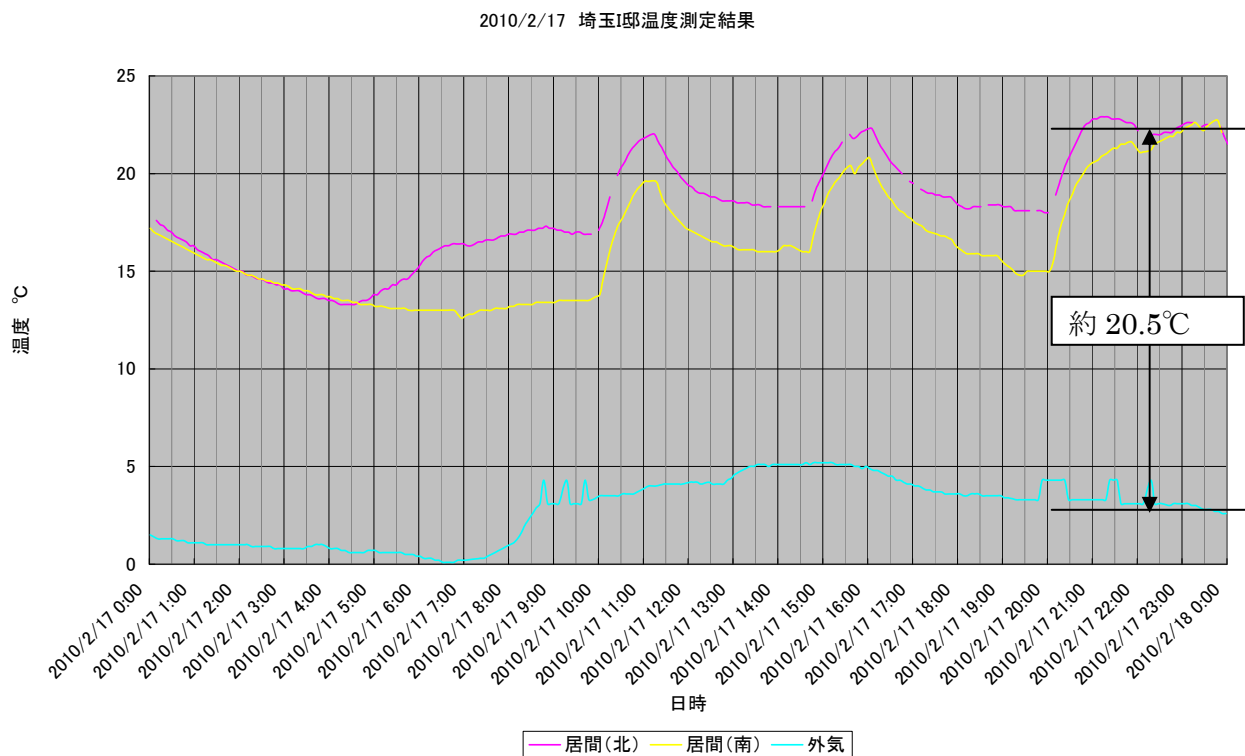


図 4-55 温度測定結果

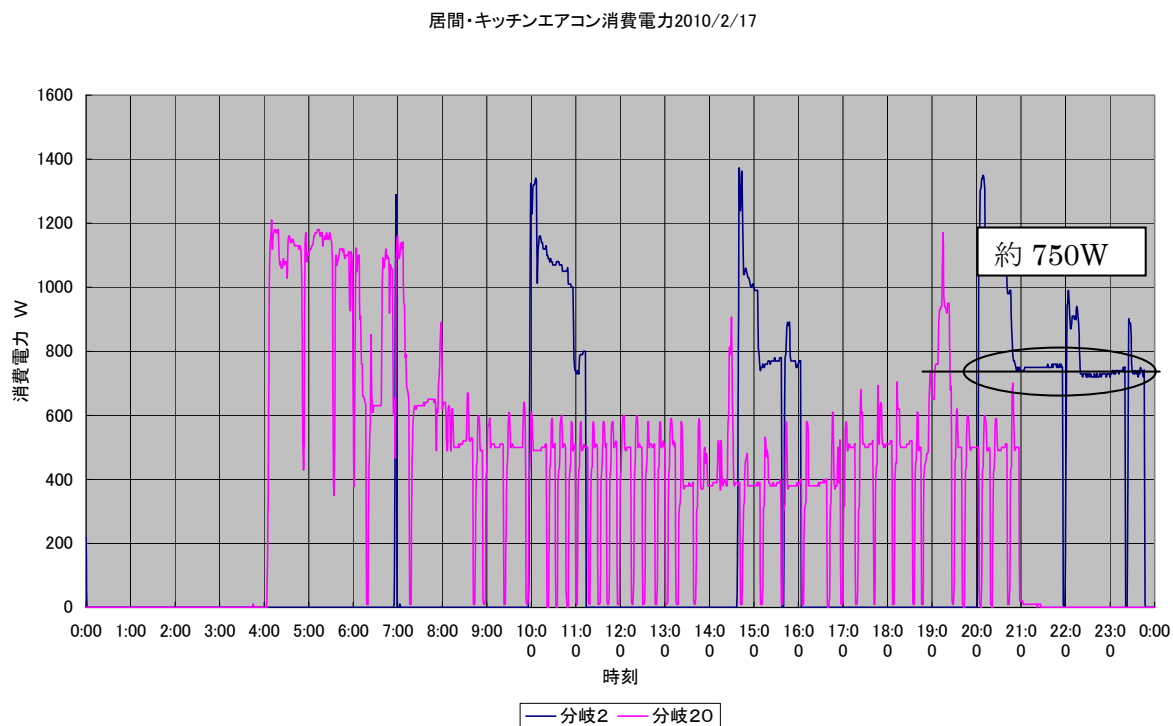


図 4-56 居間・キッチンのエアコンの消費電力測定結果

(c) 住宅用蓄電池システムの効果

実証住宅では太陽光発電システム、燃料電池システム（エネファーム）、蓄電池システム（エネパック）は図 4-57 の様に接続されている。電力計測ポイントは図中の★印で示した通りである。図から分かる通り蓄電池の充電、放電を計測するセンサは設置されていない。そこで蓄電池システムの充放電電力は発電機器の発電量の合計（ $P_{\text{solar}} + P_{\text{fs}}$ ）から逆潮流分を除いた電力から各負荷電力（ $P_1 \sim P_{24}$ ）を除いた値がプラスなら充電、マイナスなら放電として算出する。

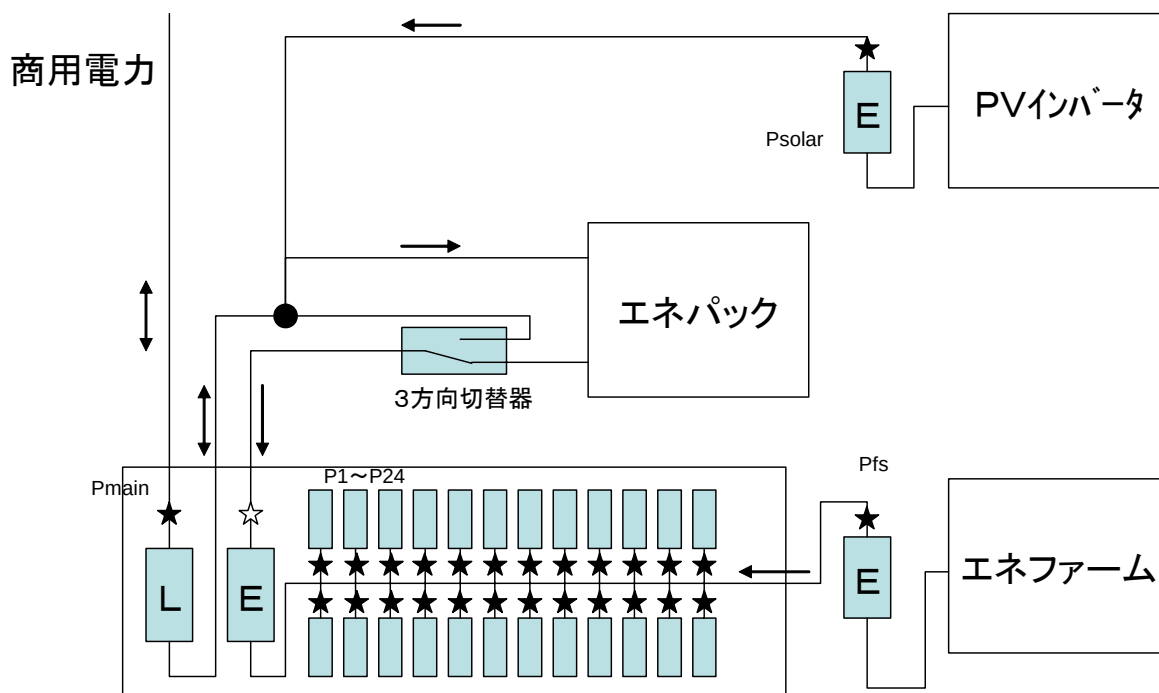


図 4-57 電力計測ポイント概要（PLC モジュールによる計測を除く）

2009 年 2 月 19 日を例にとって 1 時間の平均電力値から蓄電池システム（エネパック）の充放電の状況を示したのが図 4-58 である。当日は前日の 23 時から翌日の 8 時まで充電、8 時以降は放電というスケジュールで充放電が行われる設定となっている。設定通り充放電を行っている事が分かる。燃料電池システム（エネファーム）、太陽光発電システムが併設されたシステム構成ではあるが、所定の機能を発揮している事が確認できる。

1 時間毎ではなく 10 分毎の分解能で充放電を算出したのが図 4-59 である。充放電状態は一定ではなく、住宅の負荷や太陽光発電や燃料電池の発電状況に応じて細かく変動している。参考に太陽光発電（自家消費と逆潮流）と燃料電池発電と蓄電池の放電を正、系統から購入する電力と蓄電池の充電を負としてグラフ表示したのが図 4-59 である。詳細な分析を行うには充放電電力のセンサによる計測の他、より分解能の高い計測が必要だが、凡その動作が見て取れる。当日の燃料電池システムは昼間にほぼ連続的に運転を行っていてそれに太陽光発電が加わっている。消費電力合計が両電力の和より大きい場合、蓄電システムから放電が行われるのが基本動作である。

逆潮流と電力購入が同時に発生する事はないが、グラフでは各時間帯に双方の電力が計測されている。これは電力変動が 10 分というレンジではとらえきれない事を示している。将来の住宅用電源システム開発の基礎データとするにはより細かい計測を実施する必要があると考えられ、スマートメータの電力データの用途によっては計測インターバルを細かくとらなければならないだろう。

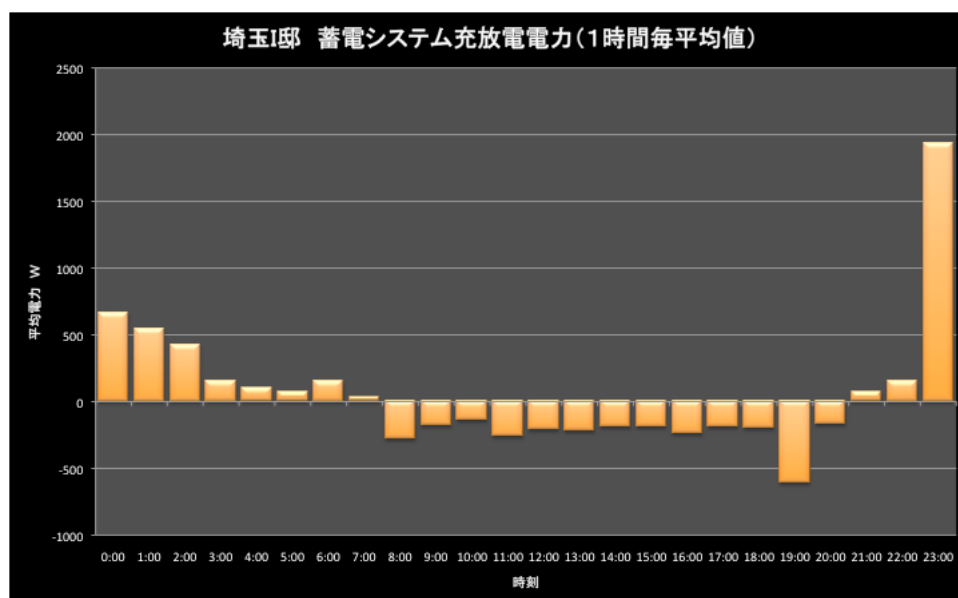


図 4-58 蓄電池システムの充放電の例（2010 年 2 月 19 日 1 時間平均電力）

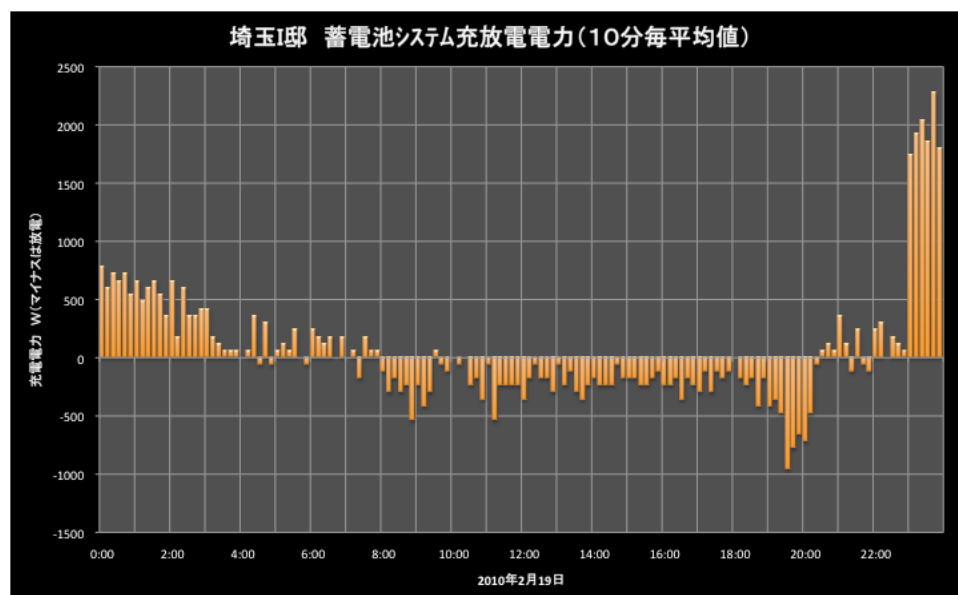


図 4-59 蓄電池システムの充放電の例（2010 年 2 月 19 日 10 分毎平均電力）

当日の蓄電池システムの運転モードは表 4-21 の様に推移している。蓄電池システムの運

転モード取得は分電盤の電力計測とは別の経路である PLC を介して行っている事等から厳密に対比する事はできないが、8 時以降の放電時間帯では、蓄電池だけでまかなう単独運転モードと不足分を系統電力で補う系統補充モードとが頻繁に切り替わっている事が分かる。

表 4-21 蓄電池システムの運転モード

日時		運転モード		充電状態段階	
		取得値	運転モード	取得	段階
2010.02.18	00:00:52	1	システム停止		
2010.02.18	23:45:06				
2010.02.18	23:47:06	3	充電モード	1	1段階
2010.02.18	23:50:07	3	充電モード	2	2段階
2010.02.19	00:04:07				
2010.02.19	00:06:07	3	充電モード	3	3段階
2010.02.19	01:12:07				
2010.02.19	01:14:07	3	充電モード	4	4段階
2010.02.19	03:12:07				
2010.02.19	03:15:07	2	商用モード		
2010.02.19	08:01:11				
2010.02.19	08:03:11	4	放電(単独運転)モード		
2010.02.19	08:05:11	5	放電(系統補充)モード		
2010.02.19	09:31:12			4	放電(単独運転)モード
2010.02.19	09:33:12	5	放電(系統補充)モード		
2010.02.19	10:27:13			4	放電(単独運転)モード
2010.02.19	10:29:13	5	放電(系統補充)モード		
2010.02.19	10:47:13			4	放電(単独運転)モード
2010.02.19	10:49:13	5	放電(系統補充)モード		
2010.02.19	10:51:13			4	放電(単独運転)モード
2010.02.19	10:53:13	5	放電(系統補充)モード		
2010.02.19	10:55:13			4	放電(単独運転)モード
2010.02.19	10:57:13	5	放電(系統補充)モード		
2010.02.19	10:59:13			5	放電(系統補充)モード
2010.02.19	11:01:13	4	放電(単独運転)モード		
2010.02.19	11:03:13			4	放電(単独運転)モード
2010.02.19	11:05:13	5	放電(系統補充)モード		
2010.02.19	11:07:13			4	放電(単独運転)モード
2010.02.19	11:11:13	4	放電(単独運転)モード		
2010.02.19	11:13:13			4	放電(単独運転)モード
2010.02.19	11:15:13	5	放電(系統補充)モード		
2010.02.19	11:17:13			4	放電(単独運転)モード
2010.02.19	11:19:13	5	放電(系統補充)モード		
2010.02.19	11:23:14			5	放電(系統補充)モード
2010.02.19	11:25:13	4	放電(単独運転)モード		
2010.02.19	11:27:13			5	放電(系統補充)モード
2010.02.19	11:31:13	4	放電(単独運転)モード		
2010.02.19	11:33:14			5	放電(系統補充)モード
2010.02.19	11:39:13	4	放電(単独運転)モード		
2010.02.19	11:41:13			4	放電(単独運転)モード
2010.02.19	11:43:14	5	放電(系統補充)モード		
2010.02.19	11:45:14			4	放電(単独運転)モード
2010.02.19	11:49:14	5	放電(系統補充)モード		
2010.02.19	11:51:14			4	放電(単独運転)モード
2010.02.19	11:53:14	4	放電(単独運転)モード		
2010.02.19	11:55:14			5	放電(系統補充)モード
2010.02.19	11:57:14	4	放電(単独運転)モード		
2010.02.19	12:03:14				
2010.02.19	12:05:14	4	放電(単独運転)モード		
2010.02.19	12:13:14				

これは太陽光発電システムと燃料電池システムの合計値と消費電力合計のバランスが頻繁に入れ替わっている事によるもので、このケースの様に昼間に複数の発電装置が動作した場

合に起こり得る現象で、間欠的で少量の放電状態が続く傾向があると思われる。

尚、このケースの動作は基本的に逆潮流を最大化する制御に近く、太陽光発電総量に占める逆潮流電力の比率は約 85%に達している。自家消費を優先する制御を行った場合、この日に余剰電力蓄電に必要とされる蓄電池容量は約 6.8kWh で、日没後から蓄電池が充電を開始するまでに購入した商用電力は約 7.2kWh なので、当日の夜間用の電力として有効に活用でき自家消費 100%も可能であると考えられる。その場合、今回用いた蓄電池システムの定格容量が 7kWh 程度なので、当日の朝に深夜電力の蓄電量が、余剰電力が発生するまでに必要な電力 2kWh 程度に抑える制御が必要である。実際には蓄電池寿命を延ばす為に充電電力が任意にとれない等の制約があり、今後の蓄電池システムの改良が期待される。また、晴天時にはより多くの余剰電力が発生するので昼間の燃料電池システムの発電を停止させる等の制御も考慮する必要があるだろう。

今回の実証用の電源システムは市販の燃料電池システムと蓄電池システムを導入しているので、細かな制御は行えなかったが、充放電の制御は省エネに有効な機能である事は確認できた。

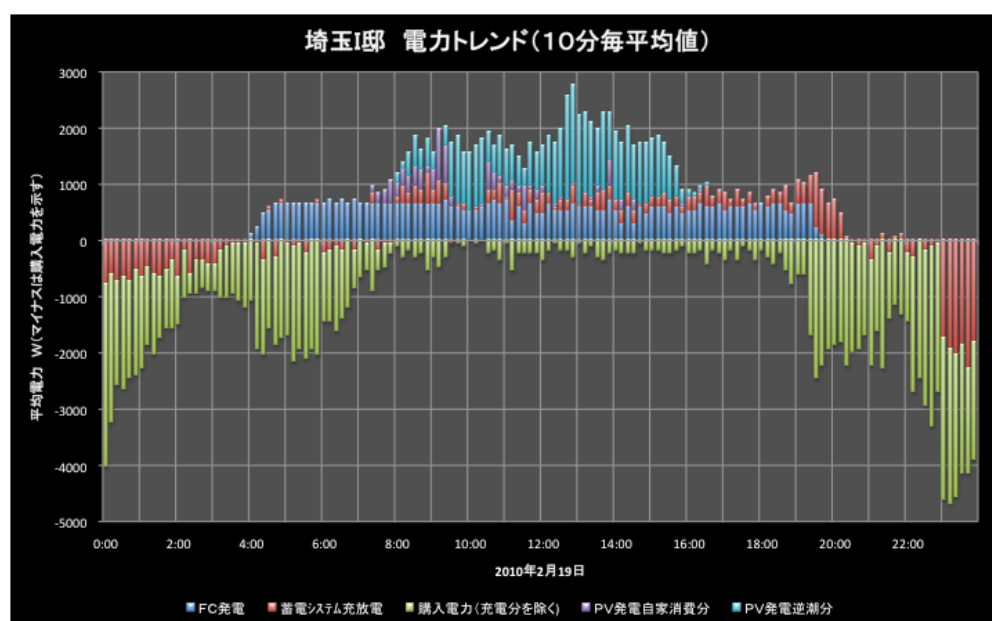


図 4-60 発電システム、蓄電システムの動作と電力消費の例（2010 年 2 月 19 日）

参考までに太陽光発電システム、燃料電池システム、蓄電池システムの導入効果を算出して図示したのが図 4-61 である。消費電力削減効果は太陽光発電のみの場合約 25%、燃料電池システムの場合約 25%、太陽光発電+燃料電池の場合約 51%、太陽光発電+燃料電池+蓄電池の場合は約 47%である。蓄電池の充電開始時刻が前日の 23 時なので充放電の評価を 0 時から 24 時で行うのは必ずしも適当でないが、充電した電力のうち放電された電力を算出すると約 72%となる。これは主に充放電ロス等によるものと考えられる。この様に蓄電システムはロスもあり、エネルギーを生み出す訳ではないのでそれ自体に CO2 削減効果がある訳で

はないが、昼間に較べて CO2 排出原単位が低いと考えられる深夜電力を蓄えて昼間に使用する事による CO2 削減効果が期待される他、負荷平準化効果を有し、様々な電力消費パターンを有するコミュニティにおける電力マネジメントの重要な設備装置と位置付けられる。

電力料金で見ると、東京電力管内で電化上手契約を行った場合（燃料電池システムが用いられていないとして）、当日は 45 円で深夜電力を購入して 60 円分の昼間電力を賄った計算で、これは 1 日当たり 15 円、1 ヶ月当たり 450 円、年間で 5400 円のコスト削減に相当する。前日の充電量が充分でない事や燃料電池が昼間に稼働し続けるという状態に影響されたのかコスト削減効果が少ない。仮に定格 7kWh を深夜電力で蓄電し、その 75%の 5. 8kWh を昼間時間帯に放電した場合には 1 日当たり 100 円、1 ヶ月当たり 3000 円、年間で 36000 円程度のコスト削減効果が得られる。

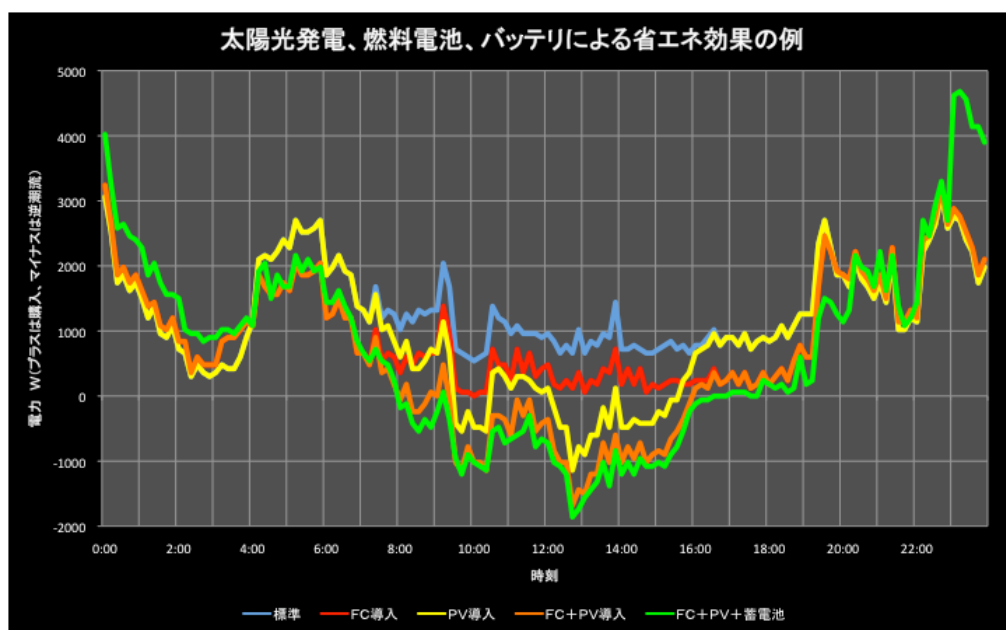


図 4-61 新エネルギー導入の省エネ効果比較（2010 年 2 月 19 日）

(d) PDCA コンテンツの効果

今回開発したコンテンツを、テレビを通してスマートハウスの家族が利用した。1週目（2月7－13日）は通常通りの生活をし、2週目（2月14－20日）はテレビ画面の省エネアドバイスを受けて省エネ的に生活するという行動が行われた。実験を通して以下のデータが得られた。

表 4-22 気温、電気使用量、ガス使用量の比較

	気温		電気			ガス		
			使用量(W)		変化率	使用量(L)		変化率
	第1週 (7-13日)	第2週 (14-20日)	第1週 (7-13日)	第2週 (14-20日)		第1週 (7-13日)	第2週 (14-20日)	
日曜日	3.6	2.9	63,520	48,510	-24%		185	
月曜日	3.7	4.3	52,820	39,610	-25%		221	
火曜日	9.4	3.2	40,210	33,730	-16%	147	130	-12%
水曜日	7.4	2.1	37,960	42,040	11%	127	174	37%
木曜日	3.9	2.1		40,290			137	
金曜日	2.5	2.9	36,400			63		
土曜日	1.2	4.4	54,030			81		
平均値	4.5	3.1	47,490	40,836		105	169	

表 4-23 給水使用量の比較

	給水(家全体)			給湯(キッチン)			給湯(浴室)		
	使用量(L)		変化率	使用量(L)		変化率	使用量(L)		変化率
	第1週 (7-13日)	第2週 (14-20日)		第1週 (7-13日)	第2週 (14-20日)		第1週 (7-13日)	第2週 (14-20日)	
日曜日	23	24	4%		6		3	6	
月曜日		15		6	12	100%		12	
火曜日	21	18	-14%	5	7	40%	29	7	-76%
水曜日	21	13	-38%	4	6	50%	12	6	-50%
木曜日		15			8		0	8	
金曜日	6			5			25		
土曜日	20			7			16		
平均値									

2週間の短期間という制限を抱えているが、その制限要因から受ける影響が一番軽いと考えられる電気を取り上げると、約10%以上の省エネ効果があったことが確認できる。つまり、今回開発のエネルギーマネジメントシステム導入により、約10%以上のCO2削減効果が期待できることを意味する。

ただ、この数字は、今後より多くの家庭で長期間に渡って実験を行ってみなければ信頼性のある数字にはならないことは言うまでもない。

(5) 見学者アンケート結果

2010年2月23日、24日の2日間、実証実験会場の見学会を実施した。この際に来場された方々に以下のようにアンケートを行った。

ただし、回答者は、サービスを受けるユーザとして回答している場合と、サービス・システム・機器を提供する企業側として回答している場合とが混在しているので、あくまで参考程度に考えていただきたい。

(a) アンケート実施内容

- ・ 対象者
 - ・ 一般来場者(ただし、招待者のみ) : 61 名
 - ・ 本プロジェクト関係企業社員 : 41 名
- ・ 目的
 - ・ サービス受容性調査
 - ・ 今後の開発へのフィードバック
- ・ アンケート内容
 - ・ 図 4-62、図 4-63 示すアンケート用紙を使用
 - ・ 実験システム構成およびサービスデモの見学後に、無記名式でアンケート記入
- ・ その他
 - ・ 回答に十分な時間を確保できなかった可能性あり
 - ・ 一般来場者と本プロジェクト関係企業社員とは分けて集計
- ・ 回答者属性
 - ・ 性別
 - ①男性 : 71 人 ②女性 : 4 人
 - ③未回答 : 27 人
 - ・ 年齢
 - ①20 代 : 3 人 ②30 代 : 16 人 ③40 代 : 36 人 ④50 代 : 13 人
 - ⑤60 代 : 1 人 ⑥未回答 : 33 人
 - ・ 企業の業種
 - ①建設 : 5 人 ②製造 : 36 人 ③電気・ガス・熱供給 : 8 人
 - ④情報通信 : 18 人 ⑤サービス : 1 人 ⑥学術・教育 : 2 人
 - ⑦その他 : 2 人 ⑧未回答 : 30 人
 - ・ 企業での職種
 - ①事業企画 : 24 人 ②商品・技術開発 : 21 人 ③研究開発 : 13 人
 - ④営業 : 12 人 ⑤ユーザサポート : 3 人 ⑥その他 : 2 人
 - ⑦未回答 : 30 人

お客様

スマートハウス実証実験会場見学会アンケート

2010年2月23,24日
(株)ミサワホーム総合研究所
シャープ(株)
(株)ピコエイダ
(株)日立製作所

本日は、お忙しい中ご来場くださり、誠にありがとうございます。
本見学会に関するアンケートにご協力ください。ご記入後は、スタッフにお渡しください。
*辛口の忌憚なきご意見をお待ちしております。ご協力をお願いいたします。

(株)ミサワホーム総合研究所、シャープ(株)、(株)ピコエイダ、(株)日立製作所のいずれかの社員、
あるいはそのグループ企業の社員は、右に○印を入れてください。


☐

1. 展示デモについて

展示 番号	展示テーマ・アプリケーション・技術	見学 した (該当 に○)	お客様の関心 (該当に○)	評価 (複数回答可)			
			興味あり	実用的で 受容性が高い	事業性がある	今後も開発を継 続すべき	使われない
1. PDCAサイクルによるECOアドバイス							
1-1	電力・ガス・水道の使用量の見える化						
1-2	電力・ガス・水道の使い方アドバイス						
1-3	家電買い替えアドバイス						
1-4	エコ活動ポイントの活用						
1-5	エコ占い						
1-6	エココンテンツへの広告挿入						
2. テレビで見える化							
2-1	ユーザインタフェースとしてのテレビ活用						
2-2	スーパーインポーズによるエコ情報表示機能						
2-3	テレビでのエココンテンツサイトの表示機能(TVブラウザ使用)						
2-3	気象情報等の宅外からのエコ関連情報の配信						
3. エコ家電・エコ機器の後追い監視							
3-1	買い替え設置後のお得度表示						
4. 多様なエネルギー表示							
4-1	電力メータ値(分電盤による家全体の電力値)計測・表示						
4-2	太陽光発電システム、燃料電池、蓄電池の電力計測・表示						
4-3	宅内電力系統毎の電力計測・表示						
4-4	家電毎の電力計測・表示						
4-5	ガスメータ、水道メータの計測・表示						
5. 機器制御と連携した省エネ行動喚起							
5-1	宅内レイアウトを考慮した分かり易いエネルギー表示						
5-2	エコナビゲーション						
5-3	テレビを活用した家電コントロールによる省エネ						
6. 気象情報活用を活用する宅内機器自動制御による省エネ							
6-1	蓄電池の充電・放電スケジューリング						
5-2	空調・ブラインド制御による室内温度・換気制御						
6-3	気象情報等のECO関連コンテンツの配信						
7. 全体システムについて							
7-1	マルチベンダでの家電接続						
7-2	リフォームを意識したPLC(電灯線)、無線の活用						

図 4-62 見学者アンケート (表面)

2. ご来場目的

目的 と ご満足度（それぞれ1つに○）		具体的な理由をお聞かせください。
第一目的	目的 1. 技術トレンド調査 2. 共同開発案件発掘 3. 導入技術発掘 4. 参画企業に興味あり 5. その他（ ）	
	ご満足度 1. 満足 2. やや満足 3. やや不満 4. 不満 -----	
第二目的	目的 1. 技術トレンド調査 2. 共同開発案件発掘 3. 導入技術発掘 4. 参画企業に興味あり 5. その他（ ）	
	ご満足度 1. 満足 2. やや満足 3. やや不満 4. 不満 -----	

3. 展示デモへのご要望・ご感想(自由記入)

展示番号	想定される適用先	改善すべき点 or 期待する点

4. 全体を通してのご意見・ご感想(自由記入)

--

5. あなたの属性

◇あなたの性別を教えてください。①男性 ②女性

◇あなたの年齢を教えてください。

◇あなたの企業の業種を教えてください。

①建設 ②製造 ③電気・ガス・熱供給 ④情報通信 ⑤サービス ⑥学術・教育 ⑦その他（ ）

◇企業でのあなたの主な仕事を教えてください。

①事業企画 ②商品・技術開発 ③研究開発 ④営業 ⑤ユーザサポート ⑥その他（ ）

ご協力ありがとうございました。ご記入後は、スタッフにお渡しください

図 4-63 見学者アンケート（裏面）

(b) アンケート結果

展示したサービスに対する受容性と、見学者からの感想・ご意見に関し、以下アンケート結果を纏める。なお、一般来場者と本プロジェクト関係企業社員とは分けて集計したが、ほぼ同じ傾向であったため、以下では纏めて結果を示す。

<展示したサービスに対する受容性>

図 4-64 に、アンケート集計結果を示す。

1. 展示デモについて		アンケート枚数:102枚【グループ企業社員:41人】					
展示 番号	展示テーマ・アプリケーション・技術	見学 した (該当 に○)	お客様のご関心 (該当に○)	評価 (複数回答可)			
			興味あり	実用的で 受容性が高い	事業性がある	今後も開発を継続 すべき	使われない
1. PDCAサイクルによるECOアドバイス							
1-1	電力・ガス・水道の使用量の見える化	94	65	48	31	24	0
1-2	電力・ガス・水道の使い方アドバイス	85	52	37	27	23	0
1-3	家電買い替えアドバイス	86	25	7	19	25	16
1-4	エコ活動ポイントの活用	86	32	17	32	24	4
1-5	エコ占い	81	12	7	12	24	18
1-6	エココンテンツへの広告挿入	74	22	9	34	18	2
2. テレビで見える化							
2-1	ユーザインタフェースとしてのテレビ活用	93	62	47	28	23	1
2-2	スーパーインボーズによるエコ情報表示機能	84	39	30	21	22	5
2-3	テレビでのエココンテンツサイトの表示機能(TVブラウザ使用)	90	33	26	24	25	2
2-3	気象情報等の宅外からのエコ関連情報の配信	56	26	12	23	21	0
3. エコ家電・エコ機器の後追い監視							
3-1	買い替え設置後のお得度表示	60	25	10	21	16	9
4. 多様なエネルギー表示							
4-1	電力メータ値(分電盤による家全体の電力値)計測・表示	88	49	33	28	20	0
4-2	太陽光発電システム、燃料電池、蓄電池の電力計測・表示	91	54	38	31	21	0
4-3	宅内電力系統毎の電力計測・表示	80	41	26	24	16	0
4-4	家電毎の電力計測・表示	78	46	32	25	18	0
4-5	ガスメータ、水道メータの計測・表示	77	46	30	23	21	0
5. 機器制御と連携した省エネ行動喚起							
5-1	宅内レイアウトを考慮した分かり易いエネルギー表示	87	45	32	23	26	0
5-2	エコナビゲーション	82	27	23	18	21	1
5-3	テレビを活用した家電コントロールによる省エネ	88	43	32	22	31	2
6. 気象情報活用を活用する宅内機器自動制御による省エネ							
6-1	蓄電池の充電・放電スケジューリング	70	45	22	18	28	1
5-2	空調・ブラインド制御による室内温度・換気制御	84	38	31	23	20	0
6-3	気象情報等のECO関連コンテンツの配信	58	19	11	14	23	0
7. 全体システムについて							
7-1	マルチベンダでの家電接続	75	42	27	25	25	0
7-2	リフォームを意識したPLC(電灯線)、無線の活用	77	51	30	32	21	0

図 4-64 各サービスに対するアンケート結果

- ・ PDCA サイクルによる見える化

見える化とそれに基づいたアドバイスに対しては、受容性と事業性があるという評価が高かった。また、エコポイントの活用やコンテンツへの広告挿入に関しては、事業性を感じて頂いたものの、受容性に対する評価は低かった。これは、本コンテンツ開発の期間が短く、見学者に受け入れられるまでの作り込みが不十分であったためと思われる。買い替えアドバイス、エコ占いについては、使われないという回答が多かった。

- ・ テレビで見える化

テレビをユーザインタフェースとして活用することに対して、受容性が高かった。

- ・ エコ家電・エコ機器の後追い監視

使われないと評価される方が多い一方で、今後も開発を継続すべきと回答した方も多かった。これは、今回デモ時間が短く、十分に説明できていなかったためと考える。

- ・ 多様なエネルギー表示

単に家全体の消費電力だけではなく、より細かなエネルギーの見える化に対する受容性が高いという結果が得られた。

- ・ 機器制御と連係した省エネ行動喚起

これもテレビを活用したコンテンツ拡充という点で、受容性が高かった。

- ・ 気象情報を活用した宅内機器自動制御

概ね受容性が高いものの、今後開発を継続すべきという意見も多かった。

- ・ システム全体（システム基盤）

マルチベンダ接続、リフォームを意識した PLC・無線活用については、受容性が高いという結果が得られた。

<見学者からの感想・ご意見>

自由記入頂いた感想・ご意見を、以下に記載する。

(全体を通して)

- ・ 実機を見ることができた
- ・ スマートハウスの実証を見ることができた、いろいろなところで言われているが実態を見ることができたのは初めて
- ・ スマートハウスのイメージを持つことができた
- ・ 現状技術のレベルを知ることができた
- ・ ホームエネルギーマネジメントによる CO2 削減の可能性を感じた
- ・ 大変参考になった
- ・ 見える化が ECO へのモチベーション向上に役立つことが実感できた
- ・ 非常に現実感のある展示(設置)であるが、未来感に乏しい
- ・ シーズ型からニーズ型(ユーザーニーズの把握)が重要だと感じた
- ・ 既築含め浸透できればかなり効果的だと期待できる

- ・ 既築を使ったという点でより現実に近いスマートハウスを見ることが出来良かった
- ・ 短期間で既築の住宅を改良された点に感心した
- ・ マルチベンダ機器の接続方法について興味がある
- ・ ゆるやかなコミュニティになっていてとてもよい
- ・ 全体的に良く出来ているシステムだった
- ・ 中国・韓国・インドにより遅れる可能性もある
- ・ 実用化にはまだまだ課題が多いと感じた
- ・ 既存住宅への導入事例ということで、部分的な使い道のある事例で参考になった
- ・ 細かなところで課題はあるが今後様々な企業によって洗練されていくと思う
- ・ HEMS の実現する一つの形として非常に参考になった
- ・ 大変興味深い、また意義のある実験かと思う
- ・ 後付けでエコシステムというのは現物を目の前にすると実感が出てくる
- ・ 官主導ではなかなかうまくいかない
- ・ 見える化をした後のサービスとしての組み立て方が参考になった

(ビジネスモデルに関して)

- ・ ビジネスモデルをいかに組むか引き続き大きな課題
- ・ アライアンス(企業間)をどう組んでいくのか？
- ・ 本要件のための運営サービスを行う企業団体が必要
- ・ アライアンスを進め、エコポイントが流通するスキームを作って欲しい
- ・ 電力管理サービスの事業化のイメージがつかめた
- ・ 各社がどのような意図で参画し、どのような役割を持っているのかを知ることができた
- ・ エコハウスと呼ばれた中にどういうビジネスがあるか興味だった、現在の取り組みがわかった
- ・ 各社スマートハウスに取り組む中でどの分野が自分たちのビジネスチャンスかはこれからの課題
- ・ 住宅リフォームにおける新市場・新提案の発掘、参考になった
- ・ 各企業間に連携がないと真のビジネスに発展しないと強く感じた

(コストに関して)

- ・ 費用対効果(コスト vs 省エネ度)はどうなるのか
- ・ 初導入費用は？
- ・ 費用負担によって得られるのはユーザーのエネルギー削減分の料金だけ？
- ・ 実際にかかる導入コストがどのくらいでペイできるのか、そのためにどのような開発がしているのかを是非検討いただきたい
- ・ 既存設備への導入を低コストで実現することが課題

(機器・装置に関して)

- ・ スマートメータからの情報を活用する際にどんな媒体を合わせて使うと便利か、またその I/F はどうあるべきか参考になった
- ・ 断熱電動ブラインドは断熱性が高くすばらしい。高価だが普及を推進すべき
- ・ センサとの接続によるうれしさが提唱されなかった点は残念
- ・ 操作に携帯電話は必要では？
- ・ テレビをあまり見ない家庭も実際ある
- ・ テレビのリモコンボタン 1 つで映画モードや就寝モードにすることが出来るシステムに魅力を感じた
- ・ テレビによる見える化は妥当と思うが、UI の部分でリモコンにもっと工夫が欲しい

(コンテンツに関して)

- ・ ピコエイダ様のコンテンツは小さい子供も楽しめる
- ・ コンテンツについては子供向けを基本としているところは良いと思う、高齢者向けのコンテンツがあってもよいのでは？
- ・ 使用者の視点から充分過ぎるコンテンツであり、使用者を選んでしまう可能性あり(老人には不向き)

<改善すべき点、期待する点>

- ・ コストパフォーマンス
- ・ 低コストでの導入、まずは協力の見える化ができることを期待
- ・ マルチベンダ化は必須、また通信関係設備の電源
- ・ オーニング、シャッター等の併用でさらに断熱効果を高めることができる。また、陽光・温度センサの活用も必要かと思う
- ・ 使用シーンによつてのプリセットによる機器の統合的な制御にはニーズがあると思う
- ・ コミュニティ単位でのエコランキングというのは目の付け所がいい
- ・ 既存の機器を用いている為、全体として外観など更なる洗練が必要と思われた
- ・ 外気と内気の温度による換気管理を行うべき
- ・ 既築に対する有線接続について減らしていく為にどういった対策があるか検討が必要だと思う(施工性・メンテナンス性)
- ・ 非常に便利な機能だと思うが、デジタル機器にこだわらずアナログなスイッチとの組み合わせもよいと思う

(今後に関して)

- ・ 実用化に向けて来年度以降の継続があればよいと思います
- ・ これを機会に実用化、事業化を推進していただきたい
- ・ 引き続き情報交換させて頂ければと思う

- ・ 具体的に実施され、次のステップが見えてくる
- ・ 情報制御セキュリティの必要性を感じた

(6) リフォーム・システム導入コスト実績

既存建物へのシステム導入に当たり、今回は PLC と無線を用いて実装を行った。従って建物改修が必要な新規の配線工事等は発生していない。まずは建物の住宅設備機器に要したコストを考えると

- ・ 断熱ブラインドの設置 2 箇所 …… 約 25 万円
- ・ 住宅用蓄電システム（正興電機製作所エネパック）約 …… 約 180 万円
- ・ 燃料電池システム（新日本石油エネファーム）の設置 …… 機器はレンタル
- ・ 太陽光発電システム（既設） …… 0 万円
- ・ 機器設置工事費用（上記設備、エアコン交換を含む） …… 約 170 万円
- ・ 機器費用（上記設備を除く主に測定器・通信機器） …… 約 500 万円

となる。因みに設置費用の多くは燃料電池システムの設置と撤去に係る費用である。

蓄電システムや燃料電池システムは、設置費用も含めてまだまだ高価で導入コストを回収するのは難しいのが現状であるが、今後の技術開発と導入個数の増加によるコストダウンを期待したい。

ここでは今回宅内ネットワークの基幹に用いた PLC 通信に対し有線による LAN 接続を行った場合を想定し設置コストの比較を行う。分電盤付近に設置されたホームコントローラから各設備機器までの間の配線を新規に行う事を考えると、本実証住宅ではユーティリティ、台所、居間、和室、主寝室、屋外への配線が必要となる。LAN 配線の無い建物なので、露出ではなく壁や天井裏に隠蔽した配線を行った場合、ホールを含めてほぼ全ての壁面や天井面を穿孔した工事が発生すると想定される。この場合の内装補修コストは約 100～150 万円程度と高額なものとなる。既存の建物では通常は配線改修が容易となる仕組みがなく、特に中古住宅ではクロスの汚れ等が進んで、周辺部位までの補修が発生してしまう為である。露出配線の場合には、ケーブルコストに加えて配線カバー材が必要で施工を含めて 20～30 万円の費用がかかる。これに較べて PLC 通信では特別な配線材やカバー材は不要で基本的に追加コストは発生しない。

なお、機器費用（上記設備を除く主に測定器・通信機器）は今回約 500 万円かかったが、まだ製品ではない特別品を用いたためである。実際に製品化され量産されれば、およそ 100 万円以内に収まるのではないかと考える。しかしながら、広く普及させるには、更なるコスト低減が必要であると考ええる。

(7) 今後の実用化に向けた課題の抽出、整理

2050 年までに CO2 排出量を 1990 年比 50%削減するという目的を達成する為にはエネルギーマネジメントシステムだけでなく、住宅の省エネ設計技術の活用や太陽光発電等の新エネルギーの導入、使用機器の高効率化等の施策を組み合わせる事が必要不可欠である。まずは、住宅の消費エネルギーの現状や住宅着工統計等から普及に向けたロードマップについて

触れる。

住宅の消費エネルギーは図 4-65 に示すように空調 30%、給湯 28%、照明その他動力に 35%、厨房に 7%程度である。効果的な省エネを実現するには、消費量の大きな用途から対策を打つ事が大切であろう。即ち空調、給湯、照明その他を優先して対策する必要がある。厨房負荷の効率を劇的に高めたとしても全体への効果は限定的にならざるを得ない。

2003年 家庭の全エネルギー用途別内訳

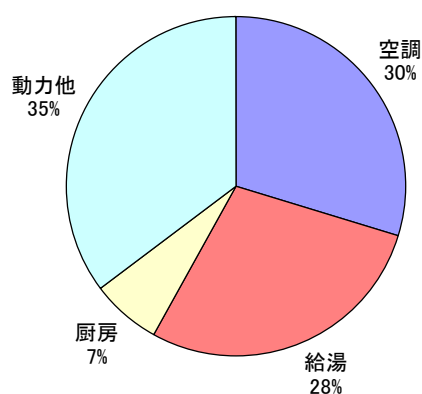


図 4-65 住宅の用途別エネルギー比率

図 4-66 に住宅のエネルギー源別の比率、図 4-67 に電気の用途別内訳を示す。2003 年時点の平均で全エネルギーの内の 38%が電気その内の 16%が照明で使用されている事が分かる。これは極論すれば全エネルギーの 6%程度であり、照明に用いているエネルギーは我々が想像しているよりも少なく、テレビや冷蔵庫等の家電製品による消費電力が大きい。

2003年 家庭のエネルギー源種別

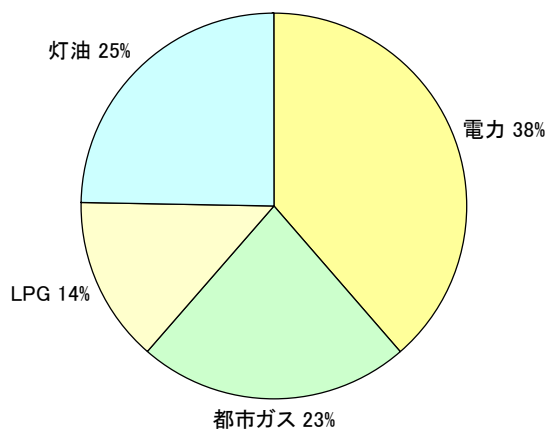


図 4-66 住宅のエネルギー源種別比率

2003年 電気の用途別内訳

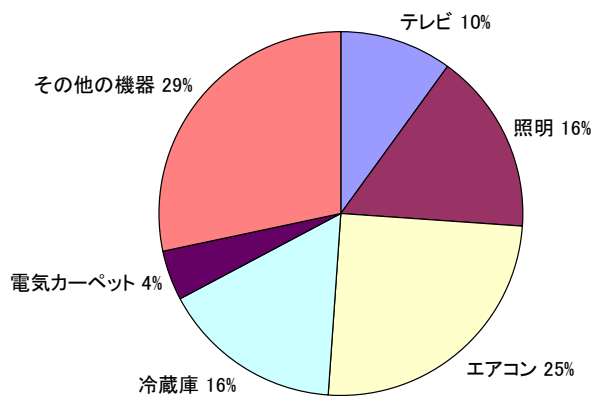


図 4-67 住宅で消費される電気の用途別内訳

空調エネルギーに関しては、建物としての空調負荷を抑える事が優先事項である。強力な空調機を用いて無理やりに空調を行う事は例え効率の高い機器を用いたとしても省エネではない。穴開きのバケツに水を注ぐのではなく、穴を塞いだ上で水を注ぐのが適切な対応だからである。その上で追加の対策を行っていくと、総量が小さくなっていく事から例えばエアコンが2台でなく1台で済むようになる等、削減効果がより大きく表れる。

給湯エネルギーを削減するには高効率な給湯機器を用いる事、それに加えて太陽熱利用が

有効である。今後の燃料電池の性能向上を考慮する必要があるものの、一部メーカーの無謀な営業手法により導入にブレーキがかかっている感のある太陽熱温水器についても適切に評価を行うべきである。

照明その他のうち、照明についてはLED照明が普及期を向かえ劇的な削減が期待される。従来はセンサを用いて不要時には速やかに消灯する制御が省エネに繋がったが、LED照明は消費電力が著しく低く、センサコントロールに要するエネルギーを考慮すると有効性は減じつつある。また前述の様に全エネルギーに対する照明エネルギーの比率が小さいのでLED照明化による消費エネルギー削減効果は限定的とならざるを得ない。本実証住宅では白熱電球を多用したプランであったためこの議論には厳密には該当せず省エネ効果は多大である。

全ての消費エネルギー削減に有効なのが生活スタイルの変更、見直しである。家庭での消費エネルギーの増加の主要因は、大家族から核家族といった家族構成や同じ家の中でバラバラに過ごす生活習慣の変化によるという調査もある様に、時間的にも空間的にも固まって生活することはコストがかからない上に極めて有効な対策である。本実証実験ではテレビを用いた省エネガイドを行っているが、それらの効果はこうした生活スタイルの変更によってもたらされる部分が大きいだろう。

この様に様々な対策が考えられるが、実施に当たっては効果だけでなく当然ながら必要なコストを勘案し費用対効果を判断して適用をしなければならない。表 4-24 に検討例一覧を示す。

表 4-24 用途別消費エネルギー削減手法と効果の検討例

	改善手法の例	コスト	効果
空調 30%	・建物の断熱、気密性の向上【新築】	○	◎
	・建物の断熱、気密性の向上【既築】	×	◎
	・パッシブ設計技術活用（日射、通風、蓄熱）【新築】	○	○
	・パッシブ設計技術活用（日射、通風、蓄熱）【既築】	×	○
	・高効率な空調機器の採用	×	○
	・センサを用いた節電制御	△	△
	・デマンドコントロール	△	△
	・日射遮蔽や通風をサポートする電動機器類の自動制御	△	○
	・生活スタイルの変更（個室ではなく家族が集まって過ごす時間を増やす等）	○	○
給湯 30%	・浴槽の断熱性向上、配管ロスの低減【新築】	○	△
	・浴槽の断熱性向上、配管ロスの低減【既築】	×	△
	・無駄にお湯を沸かさない制御（貯湯タイプ）	○	○
	・太陽熱の活用（太陽熱温水器等）	○	◎
	・高効率な給湯器の採用（エコキュート等）	△	◎
	・生活スタイルの変更（まとめて入浴、残り湯利用等）	○	○
照明	・昼間に暗がりをつくらない住宅設計【新築】	△	○

その他 動力 40%	・ 高効率な照明器具の採用 (LED 照明等)	×	◎
	・ センサを用いた節電制御	△	△
	・ 高効率な家電製品の採用	△	○
	・ 待機電力を削減する仕組み (コンセント電源のコントロール)	×	△
	・ 生活スタイルの変更 (個室ではなく家族が集まって過ごす時間を増やす等)	○	○
厨房 5%	・ 高効率機器の採用	△	○
	・ 生活スタイルの変更 (無駄な保温をせずに適宜加熱、半製品利用等)	○	○
創エネ等	・ 太陽光発電システムの導入	○	◎
	・ 燃料電池システムの導入	×	△
	・ 蓄電システムの導入	×	△
	・ 最適なエネルギーマネジメント自動制御 (スマートハウスを前提※)	(○)	(○)
	・ エネルギーの見える化 (省エネ行動誘導)	△	△

※特別なハードウェア追加無しに家電設備の制御が実現できている状態を想定

以上の様に、様々な改善手法が考えられるが、実際に目論見通りの効果が得られたかを検証する手段を持たなかったのがこれまでの問題点である。そこでポイントとなるのは、効果を検証する枠組みをもつ事である。即ち、エネルギー計測の約束事を決める事、それぞれの改善手法の評価方法を決めて、エネルギー計測に基づく定量的な評価を行う事である。更に、得られたデータを基にしたインセンティブを設ける事で有効な対策が適切に展開されていくものと思われる。こうした事を実現する枠組みとして必要となるのが、現在開発を進めているスマートハウス或いはスマートメータのネットワークであり、データを束ねる共通センタ、エコサーバである。従って、スマートハウス対応機器導入が進む様なインセンティブも合わせて設ける必要があるだろう。

これに加えて喫緊の課題と考えられるのが、住宅の電力源の多様化への対応である。現状のままでは各電源装置が独自のロジックで勝手に動作する為に必ずしも最適な電源供給が実現できない事が予見される。DC 化が叫ばれ、雷やノイズ対策、PLC 通信品質向上策、安全性向上の為に UPS 機能が必要になる等、電源部のステップアップが必要な時期が来ている。そうした機器は、導入当初は高価格になるので何らかのインセンティブが必要である。

- ①住宅の断熱・気密性能の向上 (新築、既築) と計測手法の規格化 (Q 値、C 値)
- ②既築住宅の断熱・気密改修効果のエビデンスの規格化と優遇措置新設 (特に既築)
- ③太陽光発電システムの普及促進と排出枠化、ポイント化
- ④住宅用電源システムの開発・導入
 - エネルギーマネジメント機能、エネルギー可視化機能
 - マルチソース (蓄電池、太陽電池、燃料電池) 対応パワーコンディショナ
- ⑤電力、ガス、水道の計測規格化、オープン化
- ⑥消費エネルギー削減の証明手法の規格化、排出枠化、ポイント化

⑦スマートハウス対応機器導入へのインセンティブ制度

改めて省エネ効果を見直してみると、建物の性能向上により主に効果があるのは空調エネルギーの削減である。建設地域や仕様にもよるが、旧基準レベルの建物を次世代省エネレベルに向上させる事で40%程度の削減が見込まれる。基本性能が向上した上で例えば、最新型のエアコンを導入すると、機器効率が2倍程度向上するので空調で消費するエネルギーはそれまでに比較して70%程度削減する事が見込まれる。新築の場合は断熱材のコストが若干余分にかかるだけでそれ程のコストアップにはならないが、既築の場合は壁や天井を剥がしての大工事となるので数百万円単位のコストが必要となる。

新エネルギーの導入効果として例えば太陽光発電システムは3kW強程度を設置すると一般的な住宅の電力消費量合計と同程度の発電が期待される。即ち、消費電力削減効果は100%に近いレベルとなる。消費エネルギーに占める電気の割合は40%程度なので、消費エネルギー削減効果としては40%程度となる。導入コストは近年の太陽光発電システムの低コスト化の進展で償却レベルには達していると考えられる。

本実証実験で導入した断熱ブラインドの自動開閉制御や夏期の通風促進制御といったスマートハウス対応設備機器の連係による効果は、ミサワホーム等が微気候設計技術として取り組んでいる通り空調負荷を10%程度削減する効果がある。導入コストは効果に較べると高いと言わざるを得ないものが多いが、今回の実証で用いた断熱ブラインドは窓をアルミシングルサッシから樹脂ペアガラスに置き換える程度の性能向上があり窓交換という大工事に較べれば安価であるという捉え方も可能である。

ガイドによる省エネ行動での消費エネルギー削減効果は10%程度といわれている。当然ながら毎年10%削減ではなく最大で10%削減というレベルである。通常省エネ行動にはユーザーの努力が必要となるものなので、省エネ行動によるものという事が明らかな事であれば継続的にインセンティブが欲しい。

詳細の検討は別の機会にゆだねるが、省エネルギーを実現する手法は様々あり、それぞれに費用対効果が定義されるが、まずはCO₂削減50%達成に必須な基本対策を選定してインセンティブを設定して市場で自立的に普及する仕組みを作る事が必要である。その上で費用対効果に応じたエコポイントの様なインセンティブを持たせて基本対策を補強する流れが作れば理想的であろう。

4. 6. 2. 実証システムのビジネスモデルとしての検証、評価

(1) ハウスメーカーから見た事業性

従来、設備機器をコントロールした新しい機能（例えば夏期の通風を組み合わせた省エネ空調）を実現するにはオリジナルのハードウェアを開発する必要があった。自社専用という事から少量生産で割高だけでなく、長期的なアフターメンテナンスを実現するのが困難な状況であった。スマートハウスの普及により設備の簡単な（リモコンレベルの）制御が可能な新しいインフラが構築され、住宅の省エネ性だけでなく利便性等を高める様々な機能を簡単に提供する新しいビジネスモデルが実現できる事が期待される。

1990 年頃までは、ハウスメーカーがオリジナルの部品を開発して自社住宅を差別化する事が積極的に為されてきたが、現在ではそれが部品販売による売り上げ増や、オリジナル部品搭載による他社住宅との差別化に伴う住宅の販売棟数の上積みにはつながっていないのが実情である。また、ハードウェアである住宅を単に販売するのではなく、そこをスタートとして建物引き渡し後もメンテナンスやリフォーム等の追加工事や様々な生活サービス提供を通じて居住者との関係を維持していきたいというのが昨今の流れである。スマートハウスというインフラが整備される事はハウスメーカーがこれまで培ってきたノウハウを基に自社販売建物だけでなく、広く既存の一般住宅への生活関連サービスや機能を提供する道を開くものであり期待は大きい。中でも例えば日射のコントロールや通気のコントロール等といった住宅全体を考えた設備機器の連係動作は、建物の断熱気密性能の向上や使用機器の高効率化と並ぶ省エネ・省 CO2 の効果的な手法であり、ハウスメーカーが提供すべき主要なサービスの一つであると考えられる。従って多くの住宅が速やかにスマートハウス化する事が望ましい。

実証システムで用いた PLC と無線によるネットワークは設備機器や家電製品の為の追加配線工事が不要なので、新築住宅だけでなく既築住宅への適用も容易で、建物側の余分な追加工事（例えば、クロスの張替え）が発生せずに導入コストが最小限に抑えられるメリットがある。なぜならクロスは経年変化による変色が起こるので、例え配線工事的に壁や天井の一部の穿孔工事をしただけであっても一部の補修で済まずに全面張替えとなるケースが多い為である。スマートハウスというインフラの普及を考えると既存の建物への設置が容易でコストがかからない今回の手法は極めて有効であろう。

(2) サービス事業者から見た事業性

今回の実証事業において、家庭向け省エネサービスコンテンツを開発し、スマートハウスに設置してあるテレビからスマートハウスの家族にエネルギー、水の消費情報に基づいた省エネアドバイスを提供することを試みた。

このコンテンツの開発においては、ピコエイド社が先駆けて事業化した事業者向け省エネサービス事業から蓄積した経験、ノウハウが土台となっている。

この事業者向け省エネサービスでは、レストラン、カラオケ、ホテル、特養・老健福祉施設、スポーツ施設など多様な業種にわたって行われており、非常に大きな実績を残している。そのサービスは、緻密な現場調査及び電気・ガス・水道の見える化から得た情報に基づいた

省エネ診断・削減目標設定し、設備の運用改善提案を行い、進捗状況の把握、成果への評価及び問題点の発見、改善への取り組みを PDCA 化し、継続的な取り組みをサポートすることに特徴がある。その際、合理性と効率性に照準をあてながらも、現場従事者のモチベーションを保つような工夫をした。取り組みの成果の見える化、週報・月報という形による省エネ成果への正当な評価、及び問題発見、改善提案など継続的なサポート、同一企業内の事業所同士のランキングによる動機づけなどを取り入れて、持続した省エネを実現した。このサービスは高い評価を得ており、多くの事業者から注目を浴びている。

サービスは 2009 年初めに事業化したが、2009 年度では、「省エネルギー計測監視等推進事業」など制度的な後押しもあって、レストランとカラオケボックスを中心に、契約数は 150 件に達した。今年度は 1,000 契約まで増やせる見通しである。また、サービスの提供先は特養・老健福祉施設、スポーツ施設など新しい業種への開拓も進み、極めて市場性が高いサービスへ成長すると考える。

一方、スマートハウス、スマートネットワークを構築することによって、家庭向け省エネサービスの市場が形成される可能性も非常に大きいと考える。事業化に向けて徹底した市場調査が必要ではあるが、今回スマートハウス見学者対象に別途実施したアンケート調査（サンプル数：83）からは、いくつものこうした認識を裏付ける結果が得られた。

地球温暖化防止、資源枯渇の解消のため、自ら行動したいと思う人は約 8 割を占めており、家の照明やテレビをこまめに消す、エアコンの温度設定を夏は高め、冬は低めに設定するなど、省エネ・環境配慮的なライフスタイルを実践したいと回答した人も 7 割以上占める。京都府で試行されている住民参加型の排出量取引では、家庭の電気やガスの使用量を減らすと買い物などで優遇されるエコポイント制度に対しては、9 割弱の方が関心を示している。また、お家の電気使用量及び省エネアドバイスが見られるようになった場合、その情報を毎日見たい人と時々見たい人と考える人は合計で 8.5 割に上ることが分かった。サンプルは環境に対して高い関心を持つ集団に偏っている欠点があるが、家庭向け省エネサービスに対するニーズがあるという結論が得られることには変わりがないと考える。

人の意識、行動をより環境配慮型へ誘導するという点においては、既に行っている事業者向け省エネサービスと、今後家庭向けに開発・提供していく省エネサービスとは共通している。しかし、業務施設の省エネサービスでは合理性、効率性への追求が一番のキーワードであるのに対し、家庭向け省エネサービスは、それぞれの家庭の状況、選好を尊重することが前提となる。

また、このコンテンツはスマートハウスの家族と見学者から評価され、見学者の中から実際に採用したいとの申し入れもあった。近いうちに、このコンテンツをベースにした家庭向け省エネサービスがすでに形成された一定規模のネットワークで開始される見通しである。

家庭向け省エネサービスをビジネスとして考えた場合、スマートハウスの構築、スマートメータの設置などインフラの整備が先行していることが必要条件になると考える。

また、家庭向け省エネサービスを各々の家庭に対して個別に行うような発想では、ビジネスとしては確立されにくいと考える。色々なプレイヤーが参加するコミュニティでの、家庭

のユーザの生活に受け入れられる地域エネルギーマネジメントシステムの中にあるからこそ、家庭向け省エネサービスが成り立ち、市場形成が期待できる。また、形成された家庭向け省エネサービスは、LED 照明、省エネ家電への買い替え及び給湯・空調熱源の高効率機器への改修などを促進するシナジー効果が期待される。

今回、別途実施したアンケート調査では、スマートメータの設置に対する見方についての設問に対し、自分の家でスマートメータを設置しても良いと考える人は 9 割近く占め、プライバシー保護などの理由で反対する回答はわずか 7%に留まっている。それは家計部門の省エネが必要である国民的な共識が出来つつあることの現われであると考ええる。そこからは、家計の省エネ行動をサポートするサービスに対するニーズが存在するとの推論も成り立つ。

現在、政府では、次の施策として、今回のスマートハウスで開発したような HEMS(家庭用エネルギー管理システム)導入への補助制度や、家庭で削減した CO2 を企業が買い取りこれを企業削減分として扱えるようにする制度などが議論されている。もしこれが実現されれば、スマートハウスの増加、ホームコントローラ、スマートメータ、太陽光発電、蓄電池の設置に付帯して提供されるモニタリングサービスなど主に電気の見える化による緩やかなスマートネットワークの形成が進み、省エネ・エコ関連サービスが生まれる環境が出来上がると考える。

今回の実証研究で開発した省エネサポートコンテンツでは、省エネ行動の動機づけとして期待されるエコポイント付与はバーチャル的に行われ、獲得したポイントはコンテンツなのでショップで自分のバーチャル空間を飾るパーツへの交換に使えるように設計されているが、スマートコミュニティが形成された場合、エコポイントを家電の買い替え、レストラン、カラオケなどのサービスの代金の一部として使えるようなネットワークを提供することによって、省エネサービスの付加価値が高まり、市場形成が進むと考える。

(3) システム基盤事業者からみた事業性

家庭内の機器を遠隔で管理することによりサービスを提供しようとする試みは、これまで数多く為されてきている。例えば、Continua Health Alliance が取り組んでいる健康管理サービスや、高齢者見守りサービスなどが挙げられるが、各サービス単独で、宅内の機器を遠隔管理するシステムを構築・運用するには膨大な構築コスト・ランニングコストがかかってしまうので、広く普及していないのが現状である。

しかしながら、このようなサービスに共通的な機能をシステム基盤として構築・提供し、様々なサービス事業者が共有して使うことができれば、コスト負担が軽減され、サービス料金を低く設定することも可能となってくる。

こうした、エネルギーマネジメントサービスのみならず様々なサービスにも適用可能な共通的なシステム基盤を提供することに、事業性があると考ええる。

今回実証システムで使用したデータ収集基盤は、健康管理サービスや高齢者見守りサービスに対応した機器の接続も可能なように設計されており、今回の実証実験により、エネルギーマネジメントシステムにも十分適用できることが検証できた。

(4) 機器メーカーから見た事業性

今回の実証実験では (i)計測する、(ii)見せる (実測値およびアドバイス)、(iii)制御する、の3点に主眼を置いてシステム基盤を開発した。各々の点から、事業性について考察する。

(i)計測する

今回、家庭内のエネルギー状況を把握するため、①電力計測機能付き分電盤、②電力計測機能付き PLC アダプタ、③ガス・水道メータの3つを使用した。

①電力計測機能付き分電盤

→ 家庭内の電力システム毎の電力使用量を計測可能。また、太陽光発電システムや燃料電池などの発電量や売電・買電情報も一括で測定できる。RS232c や RS485 のシリアル I/F を使用してデータを取り出すことができる。

②電力計測機能付き PLC アダプタ

→ 家電等の機器の電源プラグと、壁コンセントとの間に挿入し、使用する。このため、エンドユーザでも手軽に設置できる。この PLC アダプタでは、そのコンセントに繋がる家電の消費電力量が計測でき、その測定値を、PLC 通信機能を使用して読み出すことができる。

③無線機能付きガス・水道メータ

→ ガス・水道メータに IEEE802.15.4 無線モジュールを接続。メータのパルス I/F 経由で流量パルスをカウントし、これを IEEE802.15.4 無線で読み出すことができる。

この3つの機器は本システムにおいて特に重要な機能を提供してくれた。

しかし、電力情報の見える化だけを推進するのであれば、現時点では、「電力計測機能付き分電盤」がもっとも効果的だと思われる。本実証実験では 分電盤の電力計測器とホームコントローラとを接続して常時電力情報取得することができたので、大いに役立った (実験では1分周期で取得)。

今回用いた分電盤には 32 の系統別のブレーカーがついており、この系統毎に個別に消費電力を測定しその値を取得する事が可能である。つまり、この分電盤1箇所ですべて家庭内の電力状況を一元的に把握することができる。この分電盤の系統を利用すれば、かなり詳細な情報を取得することもできる。特に現在の新築住宅の屋内配線は系統毎にかなり細かく分かれている。消費電力が大きい家電製品であれば、それ専用の系統として独立させる場合が多い。例えば 今回の実証実験においても、エアコンは総て独立の系統であり、その他洗濯機、食器洗い機、冷蔵庫、電子レンジなどの大型家電に関してはほぼ独立系統で消費電力を測定することができた。

つまり、一般的な省エネコンサルのサービスでは この分電盤で取得できる消費電力の見える化でも十分なケースが多いのではないかと考える。

しかしながら、既築住宅にエネルギーマネジメントシステムを導入する場合には、分電盤を電力計測機能付き分電盤に入れ替える他、系統の見直し・電力線の再敷設が必要となる。

このため、既存の住宅に更に容易に導入が可能な、分電盤に取り付ける通信機能付き電力計測計や、家電毎の電力を計測する通信機能付き電力計測計も有効である。後者については、本実証実験で用いた、コンセントに差し込むだけで測定・データ送信が可能な電力計測機能付き PLC アダプタが非常に威力を発揮した。

更に、今回は太陽光発電システムや燃料電池や蓄電池内部の状況は取得しなかったが、これらの情報を装置から直接取得し、これをホームコントローラやサービス事業者で活用することができれば、より最適なエネルギーマネジメントができる可能性が高く、太陽光発電システムや燃料電池や蓄電池に PLC のような通信インタフェースを取り付けるメリットが見出せるのではないかと考える。

また、家庭でのエネルギーマネジメントを考えた場合には、ガスの使用量の測定は必要であり、また資源の節約という観点では水の使用量の測定も必要となる。今回は、無線方式での情報収集を行ったが、メータ外付けの無線モジュールボックスの設置が必要となったため、今後はホームコントローラとの通信機能付きガス・水道メータ、あるいは既設のメータに後付けで接続できるパルスカウンタ装置、あるいはガス管・水道管に埋め込み計測するセンサの導入などの方法を検討していく必要がある。

このような電力測定機能が付加された機器は、測定機能が付いていない場合と比較するとコスト高になり、また分電盤の入れ替え工事や電力系統の工事に伴う費用も発生してしまう。こうした機器導入に際してのユーザの負担を軽減する社会的な仕組みが必要であると考ええる。

(ii) 見せる

今回、測定値およびアドバイスを見せる機器として、普段の生活で使用しているデジタルテレビを使用した。これはもちろん、専用の表示装置を用いるという方法を否定するものではない。あるいは、現在普及が進みつつあるデジタルフォトフレームを使用する、という方法もあると考える。

多様なユーザの多様な生活スタイルに合わせ取捨選択できることが望ましいと考える。

しかしながら、今回開発したテレビを用いた見える化方式は、既に普及しているデジタルテレビの殆どに対して比較的安価な通信装置を取り付けることで実現可能であり、このためテレビが電力見える化で非常に有望な機器と成り得る可能性を示すことが出来たのではないかと考える。すなわち、インターネット契約をしていない家庭でも、またネットワーク接続していないテレビであっても、(i)の電力計測機能付き分電盤や電力計測機能付き PLC アダプタから電力情報を収集する通信装置をデジタルテレビに取り付け、その情報をスーパー

インポーズ機能を使って画面表示できるようにデジタルテレビのファームウェアを地上デジタル波を使用して書き換えればよい。

従来、一般的に、デジタルテレビの機能は、

- ・ テレビ番組・ビデオ視聴
- ・ Web ブラウジング (アクトビラ等)

が主であり、スーパーインポーズ機能はあくまで上記の機能の補助的なものであった。しかしながら、本プロジェクトで開発した機能のように、このスーパーインポーズ機能を積極的にエネルギーマネジメントに活用していくことを提言したい。

これにより、エネルギーマネジメントがユーザにより身近になると共に、表示内容もファームウェア書き換えにより種々変化をつけられるので、エコ行動の持続が期待できると考える。

また、このスーパーインポーズ画面そのものがユーザとの「接点」になるので、新しいビジネスモデルが生まれる可能性があると考ええる。例えば、ここに広告を表示する、ユーザにお知らせをして Web サイト閲覧に誘導する、といったサービスであり、一種の新しい「ポータル」に成り得る。

また、エネルギー表示以外にも、気象・災害情報の表示や、投薬時刻のお知らせや、電話着信お知らせなどにも応用できるので、パソコンや携帯電話は毎日使用しないがテレビは毎日視聴するというユーザや、高齢者向けのサービスに活用できるのではないかと考える。

(iii)制御する

測定したエネルギー情報をエネルギーマネジメントに活用するには、

- ① そのままユーザに見せる (ユーザのエコ行動を期待する)
- ② 分析をして伝える (ユーザのエコ行動を期待する)
- ③ エコ行動のアドバイスをする (ユーザのエコ行動を期待する)
- ④ 自動化できるエコ行動は、システム側で自動化する

といった方法が考えられる。多くの場合、①②③で十分かもしれないが、これを毎日繰り返すとユーザに飽きられるし、面倒がられてしまうので、一部を自動化してユーザの手を煩わせることなく自動制御できることで結果的にエコ行動が長続きする場合があると考ええる。例えば、日照状況に合わせて電動ブラインドの開閉を制御したり、蓄電池の充放電の切り替えを、毎日毎日適切なタイミングで行うのは、かなり大変な作業である。こうした、自動化できることは(ユーザが毎日行うことを面倒と思うことは)、自動制御できるようにするべきであると考ええる。

例えば、他にも、燃料電池の制御、天窓の開閉制御、換気扇の開閉制御、ヒートポンプ給湯器の制御、床暖房の制御、等々の制御が考えられる。

しかしながら、「制御」を伴う場合、適切でない誤った制御を行うことによって何らかの事故に繋がる可能性もある。これが、制御インタフェースを持つ機器の普及が加速しない一因ではないだろうか。

本実証実験でも、遠隔制御できる機能の選定や、安全サイドに倒す仕掛けや、また、システム全体でのアーキテクチャやセキュリティを、細心の注意を払って設計し実装した。今後、こうした制御にかかわる機器・システム設計のノウハウを蓄積し、後々には設計ガイドラインの作成が必要であるとする。また、「制御」を行う際の責任分界点や関係の方式などが明確になるように、各制御機器がホームコントローラに対して自律的に動作し、また、各住戸のエネルギーマネジメントシステムはセンタシステムに対して自律的に動作し、また、センタシステムは地域全体のエネルギーマネジメントに対して自律的に動作するような、自律分散的な全体システムアーキテクチャを確立していかなければならないと考える。

4.7. 実験結果の考察

4.7.1. アーキテクチャの適正性評価（機能・性能評価、国際標準等との整合、等）

今回実証実験に適用した家庭向けエネルギーマネジメントシステムは、極めて現実的なシステムアーキテクチャに基づいたものであると考える。実証実験では宅内にホームコントローラ（組み込みワンボードマイコン）を置き、PLC 通信と IEEE802.15.4 無線通信を適材適所に使用し、家全体のエネルギー情報の見える化とエネルギー機器や設備機器を含めた省エネ制御の基本的な仕組みと手法の確立を試みた。

実施した以下の内容について、ほぼ満足のいく結果を導き出せたと考える。

1. 電力を始め水道、ガス、電力消費量を取得しエネルギーの見える化、データ収集
2. スマートハウスに相応しいホームネットワークの確立
3. ホームコントローラの役割と対応
4. 共通サーバの役割と対応
5. マルチベンダ参加型の通信プロトコル及び WebAPI の確立
6. サービスサーバとの連携と省エネアドバイス

今回の実験では、データの欠落などシステムの安定に若干問題点があったが、豊富な情報を得ることが出来、それらをベースにきめ細かい省エネアドバイスが可能であることは非常に評価されるべきである。

また、子供から高齢者まで親しみやすいテレビを省エネ情報コンテンツの UI として使用したことも非常に良い。特に家庭の行動に大きな影響を及ぼす子供が、省エネ情報コンテンツを日常生活の中で自然に接することが出来、それによって芽生えられた環境意識が省エネ行動につながり、それはまた大人にも波及していくシナリオを描く場合、子供が身近に使えるテレビは UI として優れている。

以下詳細に、本システムのアーキテクチャの適正性を評価する。

(1) 機能

開発にあたって、サービスを行う(株)ピコエイダ、リフォーム住宅を提供する(株)ミサワホーム総研から与えられたシステム要件と、その実現結果は以下の通りである。よって、機能面での適正性は非常に高いものであると考える。

表 4-25 本システムでの実装機能

システム要件	今回実現
既築住宅に導入しやすい PLC と無線の使用	○
エネルギー機器（太陽光発電、燃料電池、蓄電池）の電力の計測	○
蓄電池の充電・放電の制御	○
住宅設備機器（電動ブラインド）の制御	○
個別家電の電力測定	○
ガス・水道の使用量の測定	○
各部屋の温度・湿度・人の在/不在の測定	○
テレビでの見える化（宅内での情報取得）	○
テレビでの見える化（インターネット経由での情報取得）	○
テレビでの見える化（Web コンテンツ）	○
共通センタ（ECO サーバ）でのデータ管理	○
サービス事業者サーバ連係	○
気象情報連係蓄電池制御	○
気象情報連係電動ブラインド制御	○
ホームコントローラ上アプリケーションの遠隔更新	未実装

これらの機能により、単に宅内のエネルギー情報を「見える化」するだけではなく、これをインターネット上の省エネコンサルティングサービス事業者が収集・分析し、居住者の生活スタイルに合った省エネアドバイスをを行い、それに基づいてエコ行動をとった結果を収集・分析するという、PDCA のサイクルを生み出すことができた。

また、サービス事業者から配信されるピンポイント気象情報に基づいて蓄電池制御や電動ブラインド制御を行える仕組みを提供することができた。

しかしながら、アーキテクチャとして機能の実現が検証できただけであり、今後、性能面、セキュリティ面を考慮しての検証が必要である。

(2) ホームコントローラ

ホームコントローラ及び PLC ネットワークに使用した総ての機器の合計の消費電力量は 10～15W 程度に収まっており、このシステムを導入しても問題が起こらないことが分かった。スマートハウスを実現するには、ホームコントローラとネットワーク機器自体が十分に低消費電力であるということが必要である。そのため、本プロジェクトでは、開発工数はかかるが、低消費電力な低スペックのボードコンピュータを使用して、どこまでの使用に耐え得るのかを検証した。その結果、今回使用したレベルのボードコンピュータでも、充分すぎるパワーと安定度を示すという結論が得られた。

しかしながら、10～15W という電力も、24 時間常時消費されることを考えると、更なる低減が必要である。低消費電力なハードウェアの開発のみならず、低スペックなハードウェアでも動作できる組み込みソフトウェアの開発、時間帯によって部分的に低消費電力化する

技術の開発、などが今後必要になる。

(3) スマートハウスネットワークの通信方式

今回、宅内の通信方式として PLC 通信と IEEE802.15.4 無線通信を使用した。事前の通信調査無しで現地に導入設置したにもかかわらず、希望どおりの動作を提供してくれた。PLC 通信と IEEE802.15.4 無線通信は、リフォーム住宅には非常に使いやすい通信方法であり、スマートハウスシステムを普及させるのに好適な通信方式であると思われる。

PLC 通信は、既設の配線を使ってコンセントに差し込むだけでネットワークが構築できる手軽さは、大きなメリットである。ただし、今回の実証実験でもそうであったが、リフォーム住宅はやはりいろいろなノイズや通信環境の劣化が予想されるため、今後、誰でも簡単に通信環境調査や接続確認ができるツールの開発や、接続手順や対策手順をノウハウとして蓄積し業界に公開するといった対応が必要となる。

(4) 性能

今回の実証実験では、なるべく細かい電力消費情報を取得して、あとで分析し易いように配慮した。例えば、分電盤から取得する電力使用量は 1 分刻みの時間毎の情報であり、これを 1 分間隔で共通センタサーバに蓄積した。

このようなデータ収集間隔であっても、ホームコントローラの性能上はまったく問題がなかった。なお、センタ側は、今回 1 軒だけの接続であったため、性能評価は行わなかったもので将来課題である。

なお、今回 1 分間隔での測定では、個々の家電の小さな電力変動を拾ってしまうため、大きなトレンドを見るにはかえって煩雑になってしまった。頻度を上げることが必ずしもメリットに繋がるわけではないので、今後は有識者の意見を取り入れながら、測定頻度を調整していきたい。

(5) セキュリティ

今回の実証実験では、

- ・ サービス事業者のマルチベンダ接続、
- ・ 宅内機器のマルチベンダ接続

を目指して開発・実証を行った。

しかしながら、宅内では、通信は平文で行われ、また機器認証は未実装であったため、これらは今後の課題である。

(6) マルチベンダ接続性

サービス事業者のマルチベンダ接続については、共通センタから(株)ピコエイダのサーバおよび(株)ウェザーニューズのサーバとの接続を、WebAPI を使用して実現した。

宅内機器のマルチベンダ接続については、ダイキン、シャープ、正興電機産業、セイキ産業、金門製作所、日立産機システム、日立アプライアンス、日立コンシューマエレクトロニ

クスの各々の機器の接続を、スマートハウスプロトコルを用いて実現した。

しかしながら、今回、個々の機器に対して個別にインタフェースの開発を行ったため、開発コストもかかった。またインタフェース部は従来よりかなり小さくなったとはいえ、まだ洗練はされていないし、また安全面でも改良すべき点が多々ある。

(7) システム運用保守

今回の実証実験では、一部、自動復旧機能を実装したものの、遠隔で宅内のシステムの稼動状況や通信状況をチェックする機能の実装までは至らなかった。今後の課題である。また、ホームコントローラ上アプリケーションの遠隔更新機能の実装も要件に挙がったが、今回の実証実験では用いないため、実装は行わなかった。

実用化するには、他にも様々なシステム運用保守機能の実装検討を行う必要があり、これは今後の課題である。

(8) 国際標準化との整合

スマートハウスプロトコルの下位レイヤで用いた通信方式は、無線は IEEE で標準化されている IEEE802.15.4 方式を用いた。一方 PLC については、業界団体 HomePlug において Command&Control プロトコルの下位レイヤで規定されている IT800 方式を用いた。

また、宅外サイドは、インターネットで標準的に用いられている https を使用した。

しかしながら、今回、スマートハウス、スマートコミュニティ、HEMS、CEMS の分野で進みつつある標準化動向を鑑みて標準技術を採用すると共に、逆に本開発技術を更にブラッシュアップして国際標準化提案にもっていきたいと考える。

4.7.2. 新規サービス創出の可能性

スマートハウスで実現する基本機能はエネルギーマネジメントであるが、それはアプリケーションの一つに過ぎない。標準で全ての住宅にシステムが導入されるという事は即ち住宅が PC 化あるいはプレーヤー化する事である。日本国内だけでも最大で 4500 万戸のネットワークに接続された PC が新たに出現し、それらがリアルな設備機器や家電製品と繋がり、継続的に利用されるようになる事がポイントである。そうした仕組み（プラットフォーム）にソフトウェアを提供する事で様々なサービスを提供できる。当に新しいビジネスモデルの出現である。キラーアプリ、キラーコンテンツという議論が良く見られるが、それは計画的に作られるものではなく通常は結果的になるものであろう。住宅や家電やインフラといった限られた業界からは想像できない様な種々のサービスが登場するのは明らかで、その為に様々な業界からサービスが提供しやすい様な仕組みづくりを並行して進める事が必要だろう。

その他震災の後に建物が破損していないか、傾いていないか等の住宅の健全性評価の為にセンサが導入される事が各方面で検討されている。将来的には住宅の性能評価ひいては不動産評価につながる情報になる可能性もある。それらの情報をどうやって集約するのか。専用のネットワークを構築するのは現実的でない。地震、台風、洪水等の災害時の緊急連絡のネ

ットワークも同様であろう。つまり、社会インフラとしてのスマートハウス関連ネットワークを活用していく事も重要な社会サービスである。

例えば、スマートネットワークが形成された場合、4.3.4 の（2）で述べた家庭向け省エネサービスの創出が可能となる。省エネサポートをテーマにしたコンテンツの提供することによって、企業の集客・販促支援サービス、小・中学校などの教育機関に環境教育のツールの提供、地域エネルギーマネジメントシステムへの参与などが考えられる。また、家庭で削減した CO2 を企業が買い取りこれを企業削減分として扱えるようにする制度が実現された場合、エコポイントシステムを通してその制度をサポートするなどの役割も期待される。

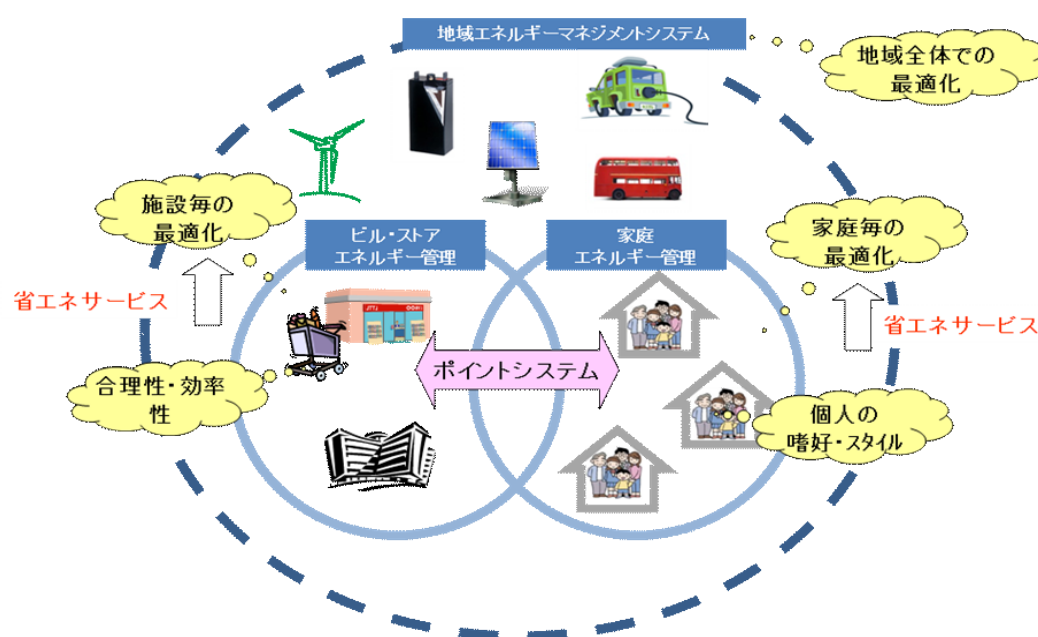


図 4-68 地域エネルギーマネジメントへの広がり

4.7.3. 実用化、普及に向けた問題点、課題

(1) 技術

通信媒体については、特別な建築工事が不要な PLC と無線を組み合わせた宅内設備機器ネットワークは非常に有効であった。今回用いた PLC は現状では通信速度が遅い等のネックはあるが、用途を限定すれば十分に実用的であり、今後の速度向上により応答性の向上や緊急度に応じた帯域の使い分け等の品質向上が考えられる。尚、今回の実証実験を通じ、PLC 通信が繋がりにくいケースも見受けられ、いくつかの対策を講じる等して通信品質を確保している。今後の普及を想定すると、電力線の経年変化の通信品質に与える影響、配線トポロジの望ましい形、相間通信品質向上の為の具体策、外部への信号漏洩を抑えるハードウェアの仕組み等、既存の建物への機器設置時に発生が予想される問題について具体的な対策の充実に期待したい。太陽光発電システムや燃料電池システムやバッテリーシステム等の新しいエ

エネルギー設備による PLC 通信への影響も適切に評価しておくべきであり、設置前のスクリーニングや運用時の異常状態の検知、報知、自動復旧についての改善も必要であろう。電源システムについては、従来の様に各社が独自のノウハウを盛り込んだ製品開発を行っている為、それらが同時に接続された場合の動作が想定できない問題がある。

また、スマートハウスを対象にエネルギーマネジメントサービスを考えた場合、ユーザの視点での家屋、部屋、機器のデータ構成（データのグループ化）の検討が必要である。エネルギー消費量などの情報と機器との紐付けが簡単に出来るように、機器 ID がメーカ、型番まで把握できるコード体系化し、また、部屋と機器の紐付けも簡単にできるようなコード体系化も求められる。それを設計段階で整備されることが望ましい。

また、家庭向けエネルギーマネジメントサービスをビジネスとして考えた場合、継続的に興味を持ってコンテンツを見てもらうことが何よりも重要である。コンテンツの中身の工夫はもっとものであるが、ユーザインタフェースとしてのテレビのブラウザの強化が欠かせない。表示性能向上、FLASH の利用可能化、動画・音声の再生機能搭載などコンテンツの魅力を十分伝えられるように機能を引き上げることが課題である。

また、ユーザのプライバシーを保護するための統一的な基準も、実用化時には必要であると考え。特に、宅内の機器のネットワーク接続設定にあたってのセキュリティ確保については、接続の容易性とセキュリティ確保とのトレードオフを考慮しながら設計する必要がある。

また、今回は 1 軒のみの実証実験であったが、実用化時には大量のデータをセンタ側で処理する必要があるため、その処理負荷の評価についても行う必要がある。

また、マルチベンダ化を加速するには、開発ツール・評価ツールを広く普及させ、機器メーカーが様々な試作・評価を行える環境を整える必要がある。

(2) コスト

広く普及させていくためには、コスト低減は必須である。特に、ホームコントローラのコスト低減は希求の課題である。そのため、本報告書では、機能を絞り込んだマイクロゲートウェイによるコスト低減の可能性について触れたが、こうした取り組みも今後検討されるべきであると考え。

また、今回、ユーザのエコ活動を支援する宅内機器として、いくつかの可能性を示唆した。こうした機器の導入に対する補助制度や、機器の認定精度への取り組みも、普及の初期段階では必要ではないかと考える。

(3) 経済活動とのリンク

本実証実験では、(株)ピコエイダの取り組みにおいて、ユーザのエコ活動が地域の事業者の経済活動とリンクすることによる新たなビジネスモデルの創出の試みを行った。本開発では費用面・期間面の制約から実際の経済活動とのリンクまでには至らなかったものの、見学者アンケート結果にも見られるように有望なアイデアも含まれているので、このビジネスモデルを深堀し、このビジネスモデル自体を検証する実証実験を行う必要があるのではないかと

考える。

(4) 海外展開

日本国内に限定することなく、まず海外で実用化・普及させることを前提としたシステム作りをする必要がある。このシステムは複数の企業が相互に協力し合うマルチベンダ型であり、展開先の国や企業との提携や実証実験の支援を国にお願いしたい。

(5) 地域エネルギーマネジメントとの関係

海外への展開を考えた場合、必ずしも潤沢な電力が供給されない地域もあり、地域のエネルギーマネジメントと関係して需要と供給のバランスが取れるシステムを提供していく必要がある。単に各家庭個々のエネルギー需給の最適化ではなく、地域全体の需給を考慮した最適化が図れることは当然のことながら、ユーザ個人個人の嗜好や生活が尊重されるものでなければならない。したがって、地域エネルギーマネジメントを考慮した家庭エネルギーマネジメントシステムを提供することが今後重要になると考える。

4.7.4. 今後に向けた提言

(1) スマートメータ導入促進

本プロジェクトでは既築住宅に対して電力・ガス・水道使用量の全ての見える化に取り組んだ。実際に最後まで行ってみて、技術、コスト、施工といった面で様々な課題があることがよく分かった。技術面では、既存の電力・ガス・水道メータの値を読み出すインタフェースがないため別の計測ユニットを用意し設置する必要があった。また、測定ポイントは屋外にあるため、屋内との安定的な通信に大変苦労した。また、コスト面では、高機能分電版に置き換えたり、また測定ユニットや通信ユニットを新たに導入しなければならないために、機材だけにとどまらず設置工事費用まで多くの費用がかかった。また、施工面でも、外付けユニットの取り付けに手間がかかり、また美観を損ねる場合もあった。これでは、システム導入後にメリットがあったとしても、それ以前に本システムが導入されるはずがない。

このため、以下を提言する。

- ① 電力・ガス・水道メータのスマートメータ義務化：メータにその測定値を容易に読み出せる通信インタフェースを標準的に供えることを義務化する。通信方式は、設置環境に合わせて、無線、PLC、有線などを選択できるようにする。
- ② 測定器導入に対する補助金制度創設：スマートメータへの置き換え、電力計付き分電盤への置き換え等、測定器の導入に対して政府・自治体から補助金を出し、国民負担を軽減する。
- ③ テレビで知らせる化の促進：今回、既存のテレビに簡単なインタフェースを取り付けるだけで宅内エネルギーの見える化ができることを示した。これを発展させ、スマートメータの値がテレビでダイレクトに見ることが当たり前になる

ための施策をお願いする。また、見える化だけではなく、高齢者、障がい者もエコ活動に参加できるよう音声や振動等でお知らせするユニバーサルデザイン化を推進する。こうしたテレビの新しい使い方を日本発で世界に発信したい。

(2) エコ行動のエコポイント化推進

本プロジェクトでは省エネコンテンツに新しい可能性を秘めたアイデアが幾つも盛り込まれた。その一つが、エコ行動に対してエコポイントを付与するという試みである。もしこれが可能になれば、ユーザのエコ行動が企業の経済活動とリンクし、新たなビジネスモデルが創出される可能性を秘めている。

このため、以下を提言する。

- ① 家庭のCO2削減分を企業削減分にカウント：これまで各企業では工場やオフィスのCO2削減目標に取り組んでいるが、この対象を家庭に広げ、企業が契約した家庭において削減できたCO2は企業が削減したCO2に換算できる制度を検討する。既に省エネが進んでいる産業部門に対して更に高いコストをかけてCO2削減を進めるのではなく、殆ど手付かずといってよい家庭部門にコストをかけて、より効果的にCO2削減が進められる。また、家庭のユーザのモチベーションも向上する。
- ② エコ行動に対してエコポイントを付与する基準作り：ポイント換算の基準作りと、不正を防止する対策の方法を産官学挙げて検討推進する。

(3) マルチベンダ化推進

エネルギーマネジメントシステムを1社独占で構築することは現実的ではない。本プロジェクトでは、組み込み部品メーカーからサービス事業者やハウスメーカーまで異分野の様々な企業が参画し、また異なるインタフェースを持つマルチベンダ機器を実際に接続してシステム構築を行い、省エネ効果の実証を完遂した。我々は、これを実現するソフトとハードを提供し、マルチベンダ化を実現する方法論を導き出した。今後、我々は、そのソフトとハードをオープン化し、経済活性化およびCO2削減に貢献したいと考えている。

このため、以下を提言する。

- ① ハードおよびソフトを管理監督する公的機関の擁立：ハードおよびソフトを共有財産とし、ブラッシュアップしていく仕掛け作り。
- ② 海外展開への支援：海外市場への展開、国際標準化は今後必須となる。これに対し、国レベルでのエネルギーマネジメント事業協力の推進と日本発技術の発信、標準化に対して、国の支援をお願いする。