経済産業省委託事業

平成 21 年度

スマートハウス実証プロジェクト
報　告　書

平成 22 年 3 月

株式会社三菱総合研究所

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1章～第5章を第1分冊として公開するものです。第6章～第10章は、別ファイル「平成21年度スマートハウス実証プロジェクト　第2分冊」をご覧ください。

ー 目 次 ー

第 1 分冊

第 1 章　事業概要 ･･･1-1

第 2 章　「テーマ 2-1：マッシュアップを促進するホームサーバ向け統合 API の開発実証」および「テーマ 3-1：マルチベンダによる家電・設備機器統合コントロールシステムの開発」･･2-1

第 3 章　「テーマ 2-2：エネルギー機器(太陽電池・燃料電池・蓄電池)と負荷機器を融合した次世代エネルギーシステムの最適制御技術に関する実証」および「テーマ 3-2：家庭内機器の計測・管理・制御に係る標準化及び通信制御 I/F 装置の開発」 ･･3-1

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 ･････････････････････････････････4-1

第 5 章　テーマ 2-4： ECO ナビサービスおよび HEMS による省エネ行動喚起効果の検証･･･5-1

第 2 分冊

第 6 章　テーマ 2-5：集合住宅の共用部電灯設備電力の見える化、および同集合住宅の専有住戸内の IT ゲートウェイ装置を利用した電力見える化による新サービス検証事業･･6-1

第 7 章　テーマ 2-6：集合住宅を対象としたスマートハウス機能の活用によるサービス創出の可能性分析 ･･･7-1

第 8 章　テーマ 2-7：時間帯別使用電力量の見える化および電力使用を昼間から夜間へシフトするインセンティブの付与による CO2 削減効果の検証 ･･･････････8-1

第 9 章　テーマ 3-3：「エコサーバ」、「ホームサーバ共通フレームワーク」及び「エネルギーマネジメントサービス」を対象とした共通システム開発事業 ･･･････････9-1

第 10 章　事業全体の評価と今後の課題 ･････････････････････････････････ 10-1

第１章　事業概要

－ 目 次 －

第１章 事業概要 1-1

1.1. 事業目的 1-1
1.2. スマートハウスとは 1-2
1.3. 実施概要 1-2
1.3.2. テーマ１：スマートハウスプロジェクトマネジメント事業 1-4
1.3.3. テーマ２ 1-10
1.3.3.1.テーマ 2-1：マッシュアップを促進するホームサーバ向け統合 1-12
1.3.3.2. テーマ 2-2：エネルギー機器（太陽電池・燃料電池・蓄電池）と負荷機器を融合した次世代エネルギーシステムの最適制御技術に関する実証 1-13
1.3.3.3. 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 1-14
1.3.3.4. テーマ 2-4： ECO ナビサービスおよび HEMS による省エネ行動喚起効果の検証 1-15
1.3.3.5. テーマ 2-5：集合住宅の共用部電灯設備電力の見える化、および同集合住宅の専有住戸内の IT ゲートウェイ装置を利用した電力見える化による新サービス検証事業 1-16
1.3.3.6. テーマ 2-6：集合住宅を対象としたスマートハウス機能の活用によるサービス創出の可能性分析 1-18
1.3.3.7. テーマ 2-7：時間帯別使用電力量の見える化および電力使用を昼間から夜間へシフトするインセンティブの付与による CO2 削減効果の検証 1-20
1.3.4. テーマ３：共通システム開発事業 1-21
1.3.4.1. テーマ 3-1：マルチベンダによる家電・設備機器統合コントロールシステムの開発 1-21
1.3.4.2. テーマ 3-2：家庭内機器の計測・管理・制御に係る標準化及び通信制御 I/F 装置の開発 1-22
1.3.4.3. テーマ 3-3：「エコサーバ」、「ホームサーバ共通フレームワーク」及び「エネルギーマネジメントサービス」を対象とした共通システム開発事業 1-23

第1章　事業概要

1.1. 事業目的

「2050 年までに地球の CO2 排出量を半減するという世界が直面する最大の課題を個別技術論の積み上げだけではなく、我が国全体の産業政策として、IT、エネルギー、交通、国家などの社会・産業システム全体をいかに変革させ解決できるかを検討する」このような命題の下、経済産業省殿では 2050 研究会を立ち上げられ、その活発な議論を通じて 4 つの重点テクノロジ、すなわち「①太陽電池」、「②蓄電池」、「③スマートハウス・ビル」、「④電気自動車」を挙げられ、これらを相互に接続し、システムとして全体を最適させる「スマートグリッド」の重要性を導いてきたところである。そして、情報経済課殿におかれては、特に我が国において約 5,300 万世帯を擁し年々の電力消費量がほぼ右肩上りを続ける“ハウス（家庭)”に着目され、③の出口として、その効果を目に見える形で内外に示すことが重要であるとの認識から本実証実験プロジェクトを企画、実施に移された。

家電製品の省エネ技術については、我が国が世界をリードしているものの、機器単体での性能向上には限界があることから、エネルギー等の需要情報と供給情報とを活用して最適に制御された「スマートハウス」を実証した。具体的には、ユーザの多様なライフスタイルに応じて家庭用太陽電池や蓄電池等のエネルギー機器、家電製品、住宅機器等を外部コントロール可能にし、住宅全体におけるエネルギーマネジメントを実現しながら排出される CO2 の半減を目指すとともに、相互に接続された機器等から取得される利用情報やユーザの特性に応じた情報などを活用した新しいサービスの実現可能性について検討を行った。

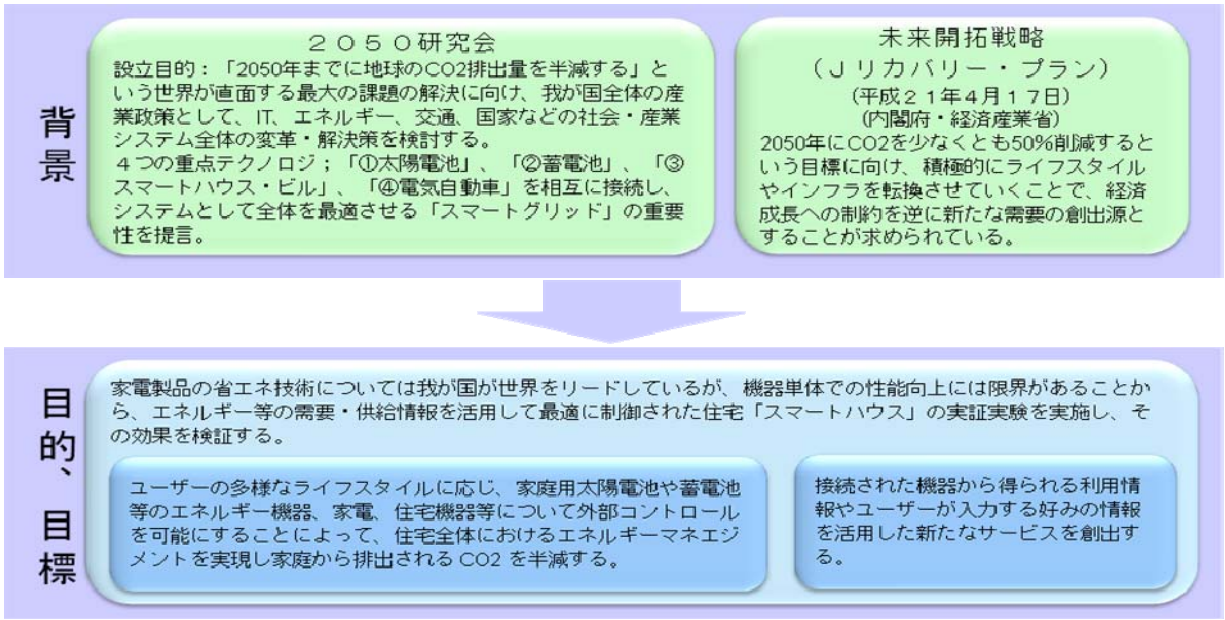


図 1-1　本事業の背景と目的

1.2. スマートハウスとは

本事業では、スマートハウスを次のように定義している。

- スマートハウスは、住宅内の“情報”を消費者のコントロール下で地域・社会と共有する仕組みである。
- スマートハウスは、それらの情報を基にエネルギー等の需要・供給情報を活用して、賢くエネルギーが使用・制御される仕組みである。
- この仕組みにより、スマートハウスは以下の実現を目的とする。
  - エネルギー生成／消費の宅内／地域内／広域での最適化（省エネルギー、CO2 削減、電力負荷平準化等）
  - 快適な住居環境の創出
  - 新たな付加価値サービスの提供

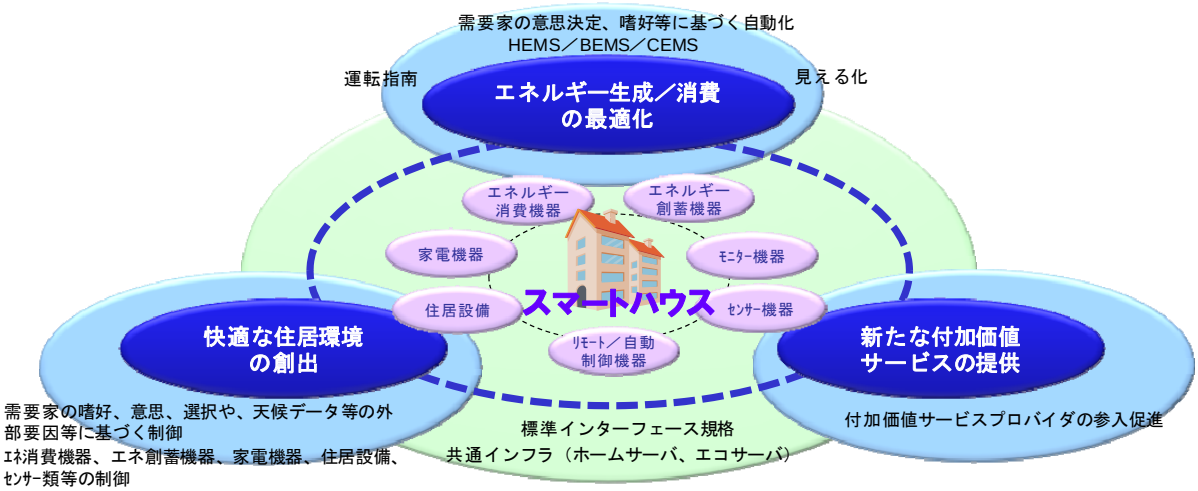


図 1-2　スマートハウスの概念図

1.3. 実施概要

本事業では、以下のテーマ 1、テーマ 2、テーマ 3 を実施した。

(a)　テーマ 1：スマートハウスプロジェクトマネジメント事業

プロジェクト全体を進捗管理するとともに、全事業の報告書の取り纏めを行った。また、スマートハウスの事業化に向けて、来年度以降の共通的な検討課題及びロードマップを策定した。

(b)　テーマ 2：エネルギーマネジメントシステム及び新サービス実証事業

家庭から排出される CO2 を半減するため、ユーザの多様なライフスタイルに応じ、家庭

用太陽電池や蓄電池等のエネルギー機器、家電、住宅機器等について、外部コントロールを可能とすることによって、住宅全体におけるエネルギーマネジメントを実現するしくみの実証実験を実施した。また、接続された機器から得られる利用情報やユーザが入力する好みの情報等を活用した新たなサービス創出の可能性を検証した。なお、本実証事業は、以下の 7 つのテーマで実施した。

テーマ 2-1：マッシュアップを促進するホームサーバ向け統合 API の開発実証
テーマ 2-2：エネルギー機器（太陽電池・燃料電池・蓄電池）と負荷機器を融合した次世代エネルギーシステムの最適制御技術に関する実証
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
テーマ 2-4： ECO ナビサービスおよび HEMS による省エネ行動喚起効果の検証
テーマ 2-5：集合住宅の共用部電灯設備電力の見える化、および同集合住宅の専有住戸内のＩＴゲートウェイ装置を利用した電力見える化による新サービス検証事業
テーマ 2-6：集合住宅を対象としたスマートハウス機能の活用によるサービス創出の可能性分析
テーマ 2-7：時間帯別使用電力量の見える化および電力使用を昼間から夜間へシフトするインセンティブの付与による CO2 削減効果の検証

(c) テーマ 3：共通システム開発事業

テーマ 2 における実証事業を踏まえ、全体として共通とすべき機能について、検討、開発を行った。なお、本開発事業は、以下の 3 つのテーマで実施した。

テーマ 3-1：マルチベンダによる家電・設備機器統合コントロールシステムの開発
テーマ 3-2：家庭内機器の計測・管理・制御に係る標準化及び通信制御 I/F 装置の開発
テーマ 3-3：「エコサーバ」、「ホームサーバ共通フレームワーク」及び「エネルギーマネジメントサービス」を対象とした共通システム開発事業

なお、各テーマは下記の通り、相互に連携しながら実施した。

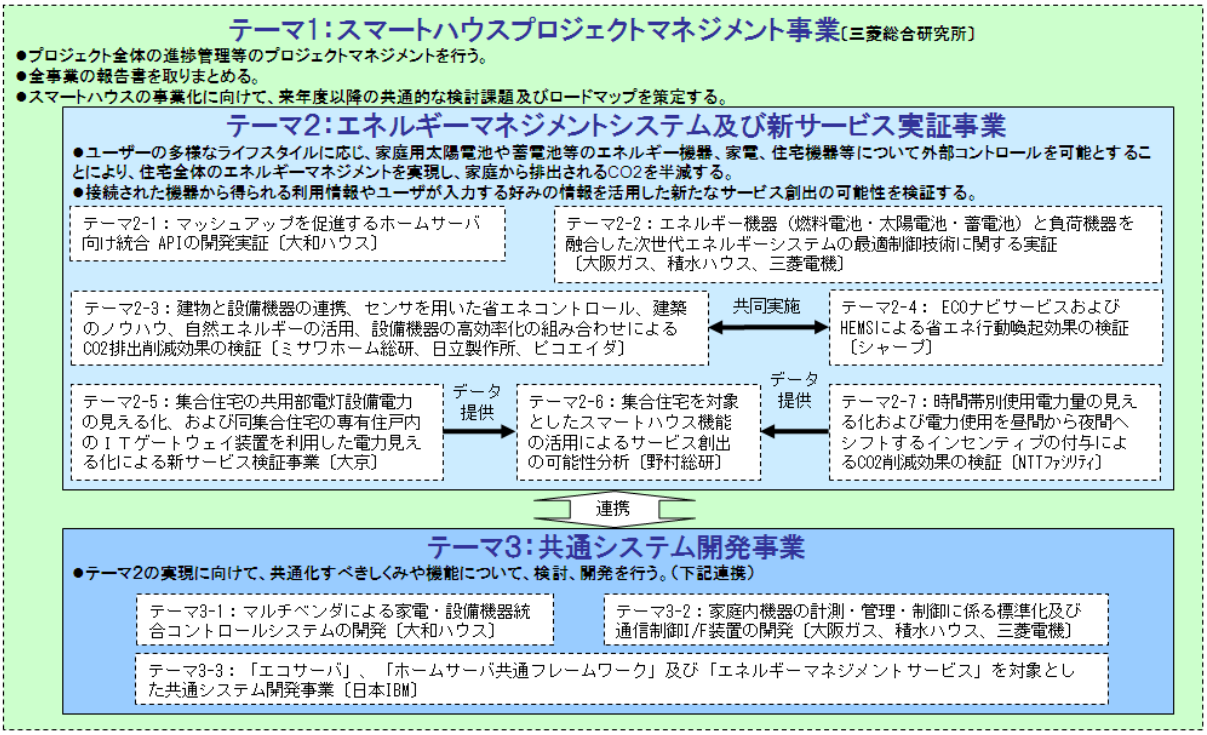


図 1-3　実施テーマ間の連携

1.3.2. テーマ１：スマートハウスプロジェクトマネジメント事業

事業を円滑に進めるため、各再委託先との調整を図るとともに、プロジェクト全体の進捗・品質管理を行った。また、スマートハウスの事業化に向けた次年度以降の共通的な検討課題及びロードマップを策定し、今後のあり方について検討した。

なお、本事業の実施に際しては、関連するテーマ 2 及びテーマ 3 の各事業についても可能な範囲で連携を図った。また、本事業の実施にあたっては、ECOM の WG における標準仕様（基本要件、ガイドライン等）の検討作業とも連携しながら進めた。

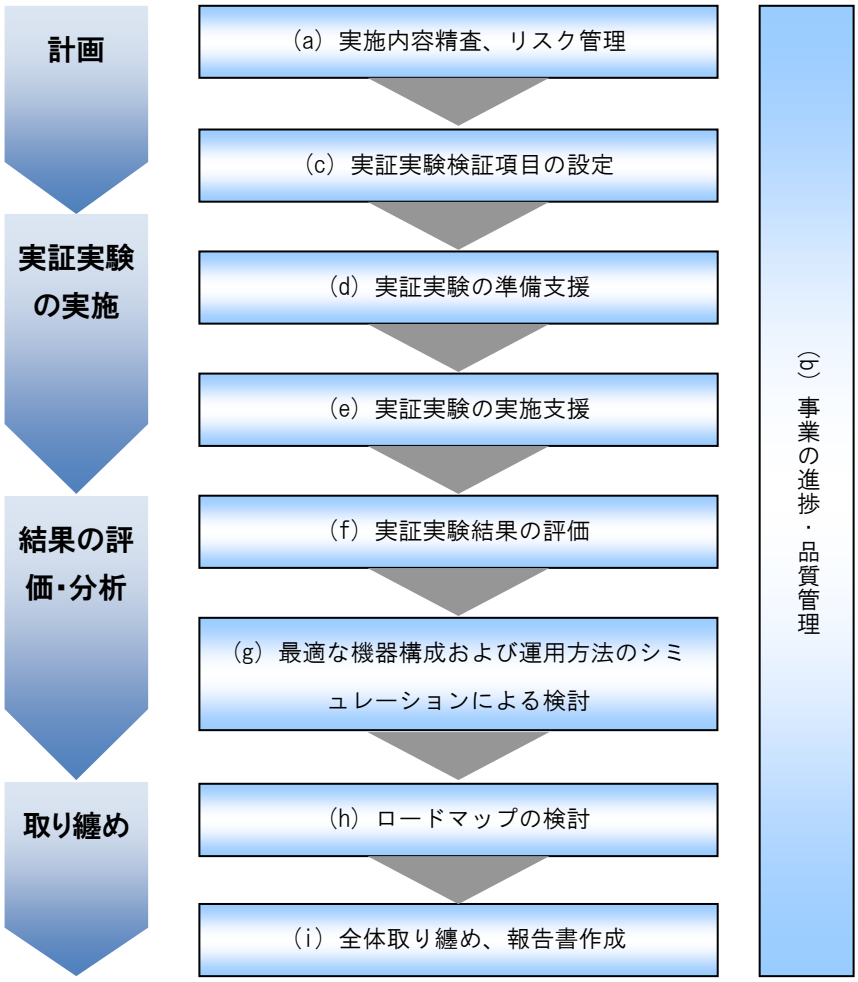


図 1-4　テーマ 1 の実施フロー

(1) プロジェクトマネジメント

本事業全体のプロジェクトマネジメント業務として、以下を実施した。

- 実施内容精査、リスク管理
- 事業の進捗・品質管理
- 実証実験検証項目の設定
- 実証実験の準備支援
- 実証実験の実施支援
- 全体取り纏め、報告書作成

(2) 実証実験結果の評価

実証実験結果について、主に以下の項目に関する評価を行った。

(a) アーキテクチャの適正性評価

- アーキテクチャの利便性、信頼性、拡張性等の評価
- アーキテクチャを複数方式によって実装し、比較・検討等を行うことで、今後の

標準化、共通化等に向けた課題等を検討

- システム共通仕様の検討

(b) **環境負荷低減効果の評価**

- 各再委託先が実証実験でのエネルギー消費量（CO2 排出量）の削減の定量的分析を行うにあたり、共通土台での評価を行えるよう、CO2 排出原単位の設定、ベースラインの設定など、前提条件の調整を行った。
- 各再委託先の評価結果の取り纏めを行い、各再委託先の特徴（利点等）を明確にした。

(c) **新たなサービスモデル創出の可能性評価**

- 環境負荷低減効果（CO2 削減等）に加えて、スマートハウスにて収集可能なデータ項目や、制御可能な対象機器等から、想定される新たなサービスモデルについて、検討を行った。
- 想定されるサービルモデルについて、ニーズや既存サービスに対する優位性等を調査し、市場性評価を行った。
- サービス共通仕様の検討

(d) **費用対効果の評価**

- 想定されるサービルモデルについて、費用対効果面からの評価を行った。

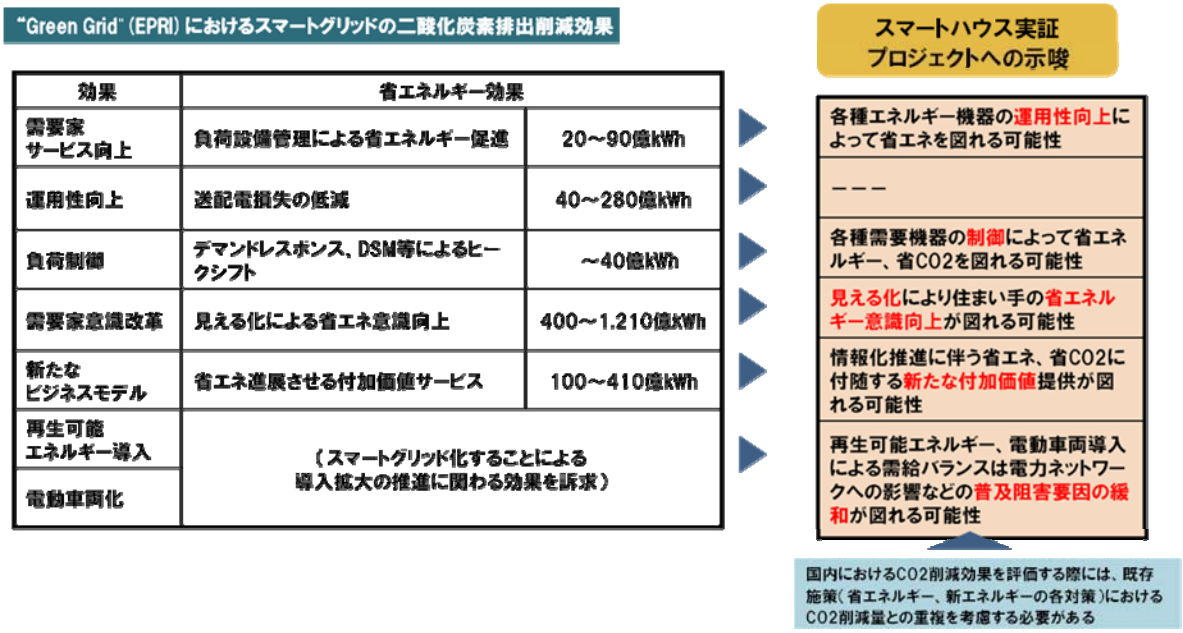


図 1-5　CO2 削減に寄与する制御／見える化の把握

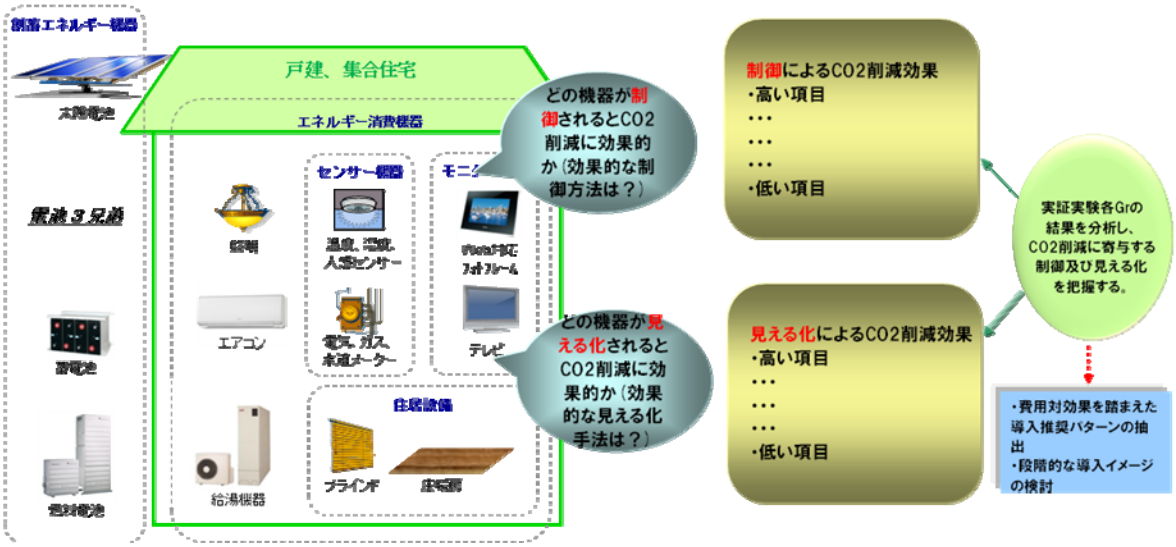


図 1-6　CO2 削減に寄与する制御／見える化の把握

(3) 最適な機器構成および運用方法のシミュレーションによる検討

本提案でのテーマ 2 およびテーマ 3 における機器構成および運用方法の他に、様々な機器構成や運用方法が考え得る。そこで、個々の提案における機器構成および運用方法に限定せず、機器構成や運用方法を想定した複数の仮想パターンについて模擬的な検討を行い、エネルギー消費削減（CO2 排出削減）の観点においてより最適な機器構成、運用方法の可能性を検討した。

具体的な実施項目は以下の 3 点である。

①エネルギー機器、住宅機器等のモデル化

テーマ 2 及びテーマ 3 で検討される各エネルギー機器、住宅機器等の特性・機能、さらに室内温度への影響等をモデル化した。

②評価ツールの開発

需要情報と供給情報の活用により新たに考えられる省エネ技術や省エネサービスによる機能・効果を考慮したコンピュータシミュレーションツールを開発した。

③機器構成、運用方法等をパラメータとした省エネ効果評価

本プロジェクトで検証するスマートハウス技術を組み合わせた場合におけるさらなる CO2 削減の可能性について評価した。

なお、省エネルギーの継続には利便性や快適性にも配慮した、人間の生活に無理を強いないサステイナブルな技術であることが求められることから、本シミュレーションでは、この観点についても着目し、室内温度の変化等を一つの指標として快適性の評価を行った。

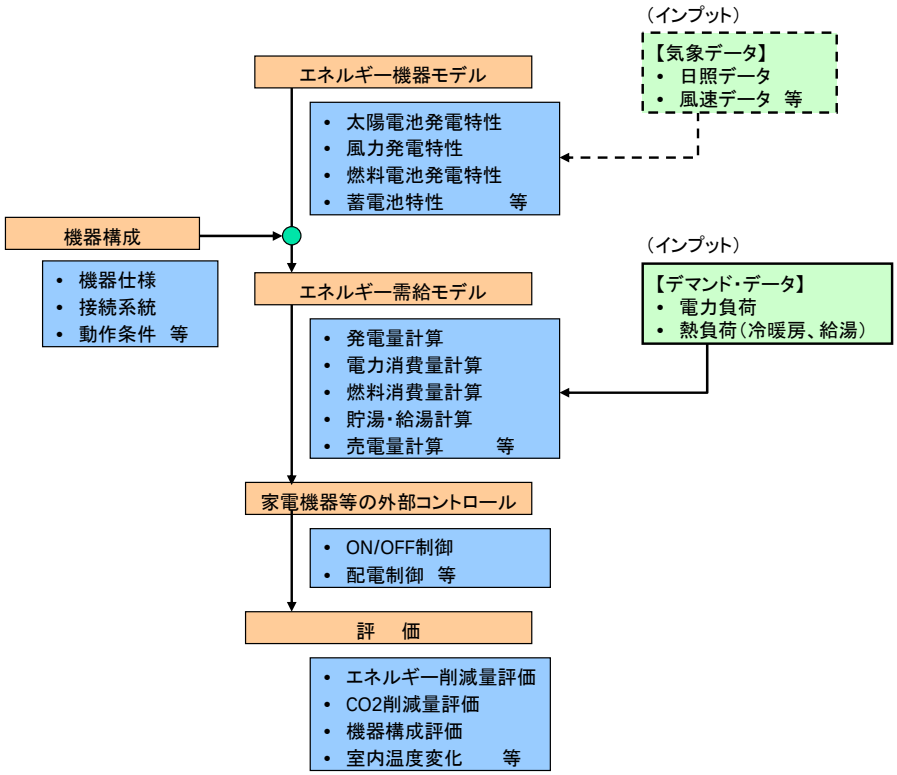


図 1-7 省エネ、環境性の評価ツールの構成（例）

【CO2 削減、経済性評価】

①組み合わせ評価
各実証 G で実施される各エネルギー機器、住宅機器等の特性・機能を組み合わせることでエネルギー及び CO2 削減効果について評価する。
(例 1)例えばテーマ 2-5 に、燃料電池を組み合わせることでどの程度の CO2 削減に寄与するか

②CO2 削減のための機器構成及び運用方法の提案
(例 2)例えばエアコンの COP や燃料電池の発電効率を向上させることで、どの程度の CO2 削減に寄与するか
(例 3)LED に更新することで、どの程度の CO2 削減に寄与するか

③より良いシステム構成、運用形態の考察
CO2 削減や経済性を向上させるためのよりよいシステム構成・運用形態をシミュレーションから考察する。

図 1-8 仮想的な組み合わせによる CO2 削減等の評価

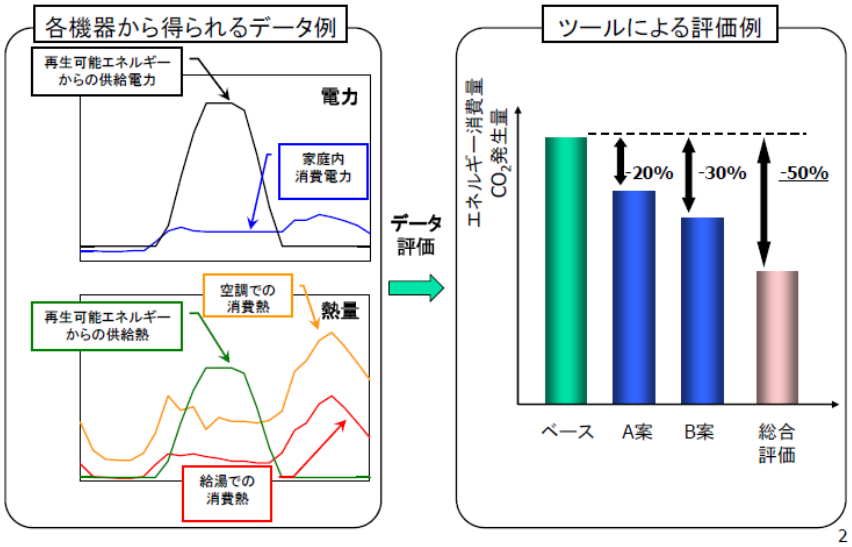


図 1-9　省エネ、環境性の評価のアウトプット（イメージ）

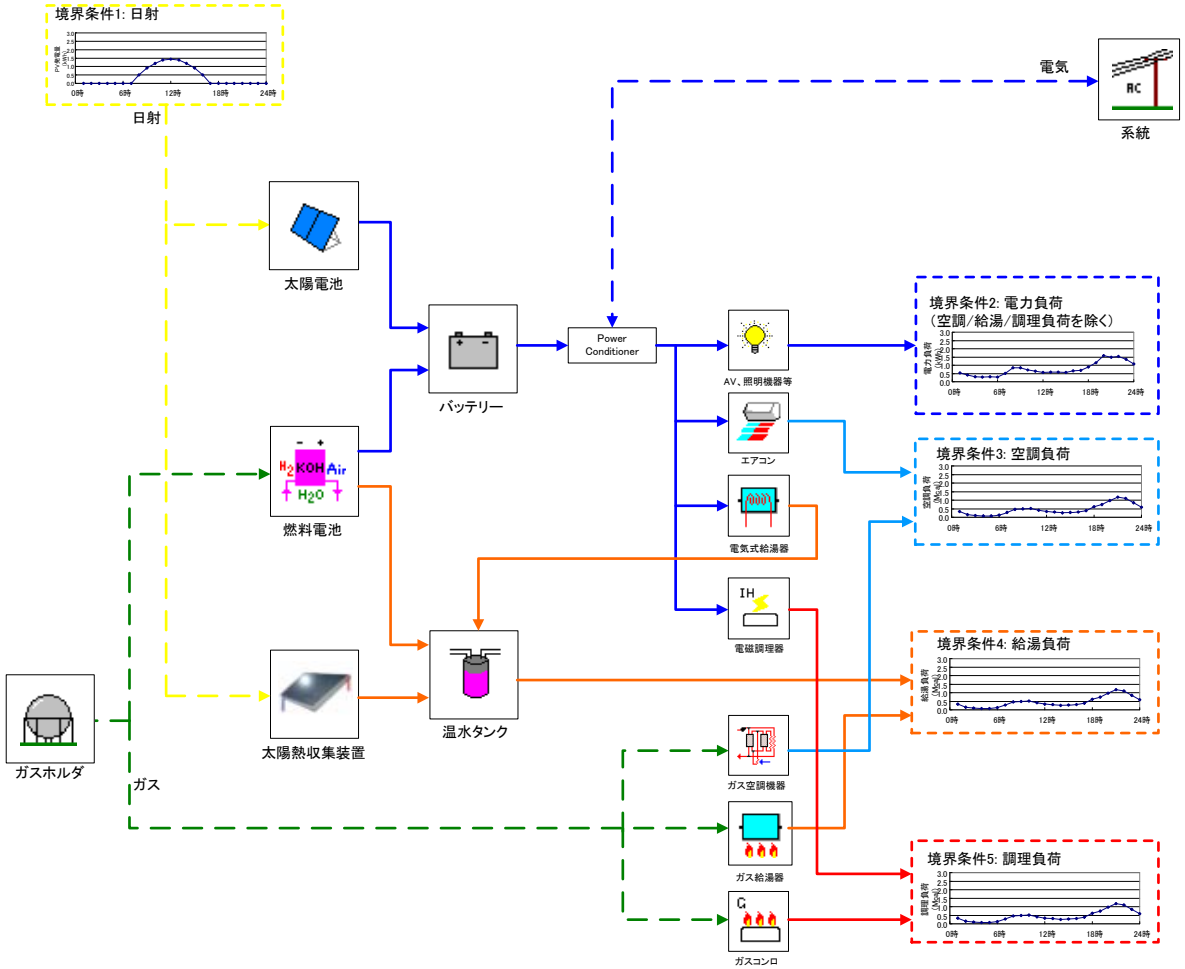


図 1-10　エネルギー機器モデル

⑷ ロードマップの検討

スマートハウスおよびスマートグリッドの関連動向等を踏まえ、スマートハウスやスマートコミュニティの普及に向けた今後の取組について、ロードマップに整理した。

(a) **スマートハウス、スマートグリッド関連動向調査**

- 国内、米国、EU、アジアにおける取組状況
- 国際（欧米）における標準化動向
- エネルギー業界、自動車業界、大規模流通ストア、次世代ＳＳ　等の動向
- 通信業界、家電業界、サービスプロバイダ、等の動向

(b) **スマートハウス、スマートグリッドの開発・普及の推進に向けた今後の取り組みの方向性、具体策の検討、整理**

(c) **ロードマップの検討**

⑸ 今後の開発・普及の推進に向けた課題検討

- 安全、情報セキュリティー関連の課題
- 技術面の課題（標準化等）
- 法規制上の課題（規制緩和等）
- 新しい付加価値サービスとしての課題
- 政府支援策等の必要性、等

1.3.3. テーマ 2

家庭から排出される CO2 を半減するため、ユーザの多様なライフスタイルに応じ、家庭用太陽電池や蓄電池等のエネルギー機器、家電、住宅機器等について、外部コントロールを可能とすることによって、住宅全体におけるエネルギーマネジメントを実現するしくみの実証実験を実施した。また、接続された機器から得られる利用情報やユーザが入力する好みの情報等を活用した新たなサービス創出の可能性を検証した。

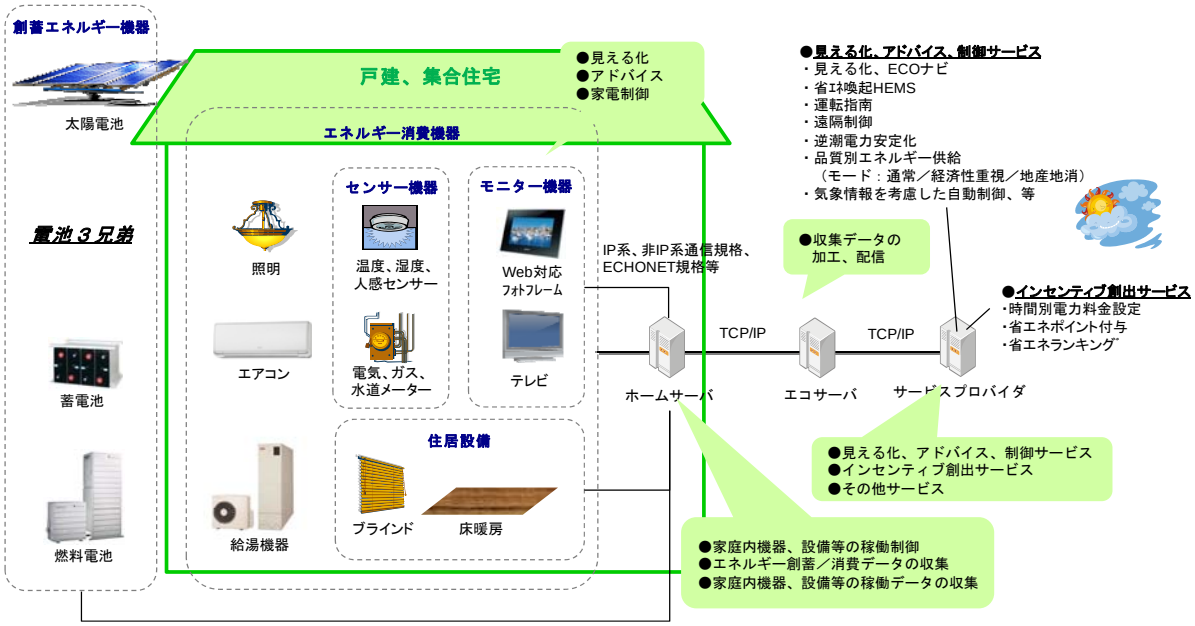


図 1-11　テーマ２の実施概要

本実証事業で実施した７つのテーマにおける機器構成およびサービスの概要を以下に示す。

表 1-1　テーマ２における機器構成およびサービスの概要

テーマ	ハウス	エネルギー機器	負荷機器※〔 〕内は制御なし	サーバ構成	サービス
2-1 大和ハウス	戸建 (ﾓﾃﾞﾙﾊｳｽ:1)		ｴｱｺﾝ、ｾﾝｻ、ｲﾝﾃﾘｼﾞｪﾝｽﾄｲﾚ、給湯、ﾄﾞｱﾎﾝ	ﾎｰﾑｻｰﾊﾞ、 ｴｺｻｰﾊﾞ、 ｻｰﾋﾞｽﾌﾟﾛﾊﾞｲﾀﾞ	ﾎｰﾑｻｰﾊﾞ統合API、 ﾎｰﾑｻｰﾊﾞﾌﾚｰﾑﾜｰｸ
2-2 大阪ガス 積水ハウス 三菱電機	戸建 (電力実験場:1) (ﾓﾃﾞﾙﾊｳｽ:1)	太陽電池、 蓄電池、 燃料電池	＜電気機器＞ AV機器、ｴｱｺﾝ、照明、電気ﾒｰﾀ ＜ｶﾞｽ機器＞ 床暖房、給湯、ｺﾝﾛ、ｶﾞｽﾒｰﾀ	ﾎｰﾑｻｰﾊﾞ、 ｴｺｻｰﾊﾞ、 ｻｰﾋﾞｽﾌﾟﾛﾊﾞｲﾀﾞ	HEMS、 逆潮電力安定化、 ｴｺｻｰﾊﾞを介した遠隔制御、 品質別ｴﾈﾙｷﾞｰ供給ｼｽﾃﾑ、 省ｴﾈ喚起/指南
2-3 ミサワホーム総合研究所 日立製作所 ピコ・エイダ	戸建 (実住居:1)	太陽電池 蓄電池、 燃料電池	ﾌﾞﾗｲﾝﾄﾞ、天窓、ｴｱｺﾝ、TV、ｾﾝｻｰ	ﾎｰﾑｻｰﾊﾞ、 ｴｺｻｰﾊﾞ、 ｻｰﾋﾞｽﾌﾟﾛﾊﾞｲﾀﾞ	電力ﾃﾞｰﾀの見える化、 HEMS、 省ｴﾈ・節水ｱﾄﾞﾊﾞｲｽ
2-4 シャープ			TV、LED照明、ｴｱｺﾝ	ﾎｰﾑｻｰﾊﾞ、 ｴｺｻｰﾊﾞ、 ｻｰﾋﾞｽﾌﾟﾛﾊﾞｲﾀﾞ	ECOﾅﾋﾞ 電力ﾃﾞｰﾀ見える化、 HEMS
2-5 大京	ﾏﾝｼｮﾝ (実住居:10)	太陽電池、 蓄電池	ｴｱｺﾝ、照明、防犯錠 〔一般家庭内の機器〕	ﾎｰﾑｻｰﾊﾞ (ﾎｰﾑｹﾞｰﾄｳｪｲ)、 ｻｰﾋﾞｽﾌﾟﾛﾊﾞｲﾀﾞ	電力ﾃﾞｰﾀの見える化、 ﾎﾟｲﾝﾄ付与
2-6 野村総合研究所	※　2-5および2-7の実験データの分析				
2-7 NTTファシリティーズ	ﾏﾝｼｮﾝ (実住居:200)		〔一般家庭内の機器〕	ﾏﾝｼｮﾝｻｰﾊﾞ、 ｻｰﾋﾞｽﾌﾟﾛﾊﾞｲﾀﾞ	電力ﾃﾞｰﾀの見える化、 省ｴﾈﾗﾝｷﾝｸﾞ表示

1.3.3.1. テーマ 2-1：マッシュアップを促進するホームサーバ向け統合 API の開発実証

スマートハウスを活用したサービス市場を活性化させるには、実際にサービスを提供する企業（サービサー）から見て利用者情報が活用しやすい形で提供されることが重要である。それには、

- 配下に接続された設備機器のメーカや種類を意識させないこと。
- WebAPI[1] のように、比較的容易に扱える命令で制御情報をやり取りでき、応答として返却されるデータも XML のような二次加工しやすい形式であること。
- 情報の内容、利用状況（屋内、屋外）、端末の能力に応じた通信経路やセキュリティーレベルを選択できること。

等が必要と考えられる。本テーマでは、上記を満たすホームサーバ上のソフトウェア（統合 API）を試作し、有用性を検証した。

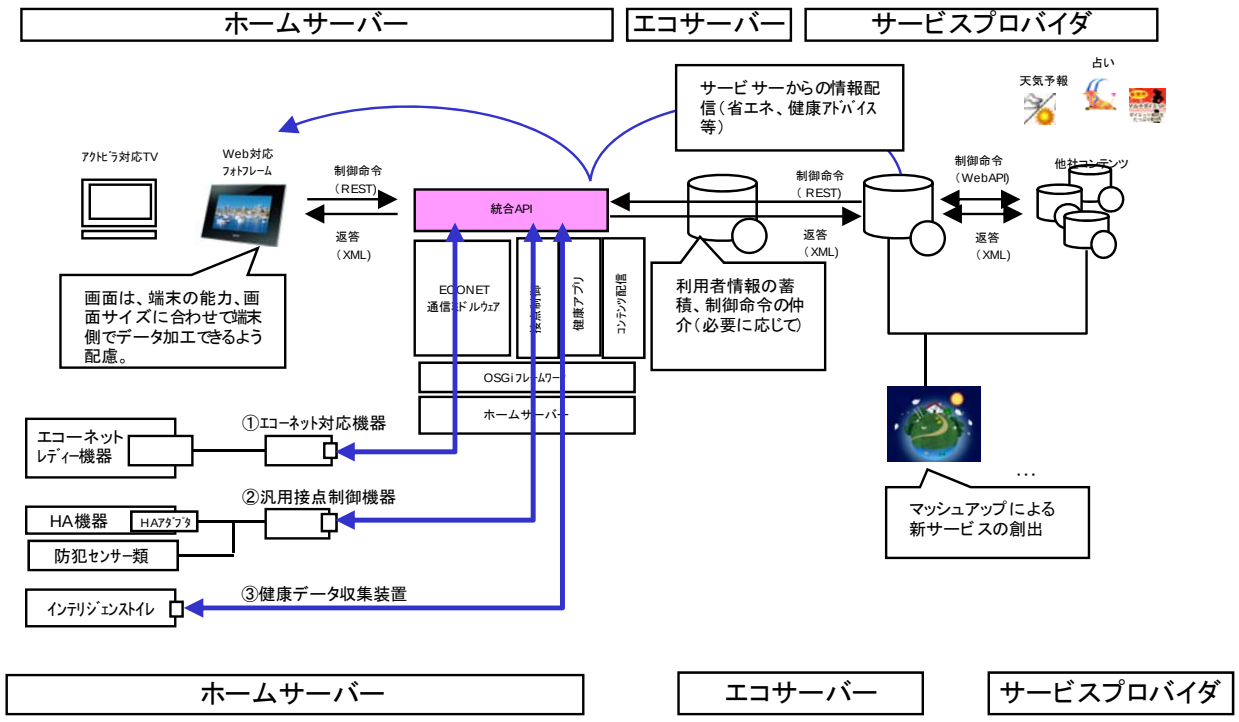


図 1-12　実験システム構成図

[1] API：Application Programming Interface

1.3.3.2. テーマ 2-2：エネルギー機器（太陽電池・燃料電池・蓄電池）と負荷機器を融合した次世代エネルギーシステムの最適制御技術に関する実証

本テーマでは CO2 排出量の削減を促進するための、エネルギー機器（太陽電池・燃料電池・蓄電池）と負荷機器を融合した次世代エネルギーシステムの最適制御技術に関する以下の実証を行った。

(1) ホームサーバを介したエネルギー機器と負荷機器の協調制御技術の実証

負荷機器と太陽電池・燃料電池・蓄電池を組み合わせ、家庭における電力利用・熱利用を「最適化」することで、さらなる家庭における省 CO2 の実現を図る実証を行った。

(a) CO2 排出量最小化のための燃料電池・蓄電池の協調制御の実証

燃料電池・太陽電池・蓄電池の協調制御の実証：燃料電池・太陽電池・蓄電池を組み合わせて、燃料電池排熱の有効利用を促進し、CO2 排出量の最小化を実現する協調制御を行った。

(b) 経済性・省 CO2 両立のための不安定な太陽電池逆潮電力の安定化の実証

不安定な太陽電池逆潮電力の安定化の実証：太陽電池の出力変動を、燃料電池の出力変更、蓄電池の充放電および負荷制御を組み合わせて制御することで、抑制する制御を行った。

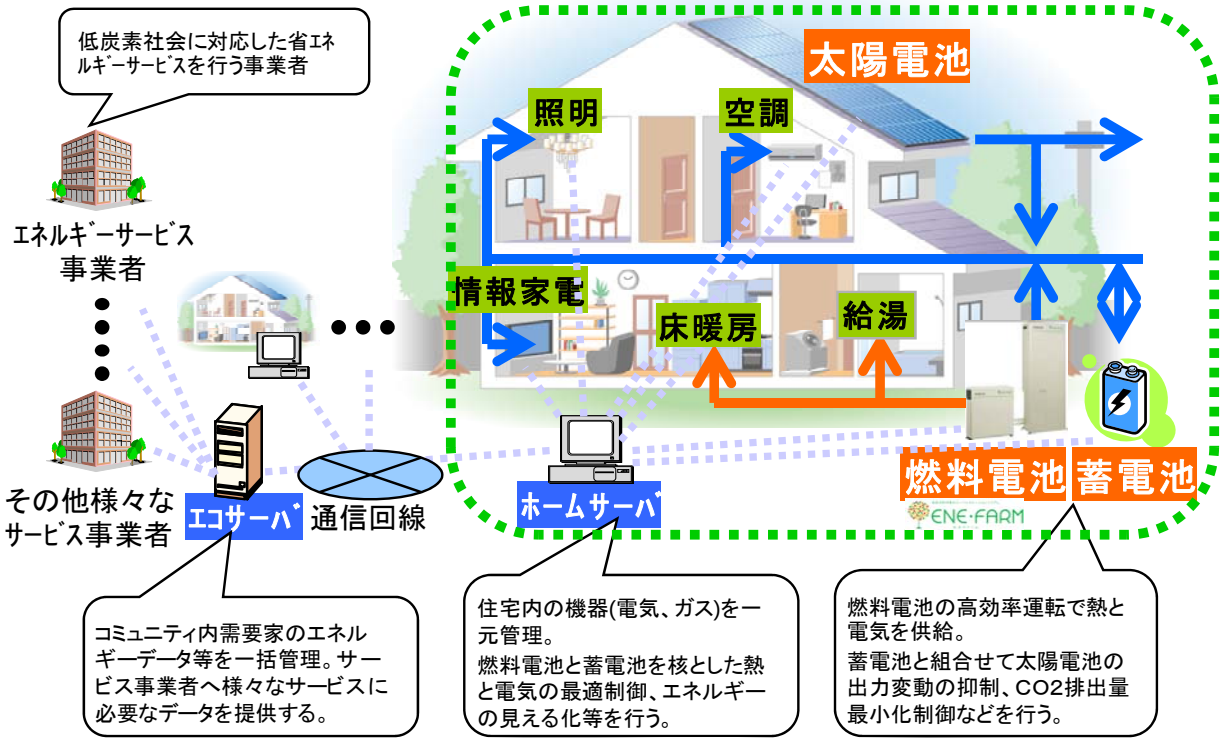


図 1-13 システム構成

(2) エコサーバを介した遠隔制御技術の実証

将来、面的な広がりをもつスマートグリッドが普及することを想定し、電力系統側で電力

供給量が不足している場合において、系統側から余剰電力の割増要求に対応して家庭内の燃料電池や蓄電池などが応答して動作することを確認する機能実証試験を行った。さらに遠隔からの操作要求に対応してエネルギー消費機器が動作することを確認する試験を行った。

- エネルギー機器（燃料電池、蓄電池）に対する遠隔制御の動作確認（逆潮割増／削減要求への対応）
- 負荷機器(電気機器とガス機器)に対する遠隔制御の動作確認

(3) エネルギーサービスプロバイダによる新エネルギーサービスに関する技術実証

ユーザの嗜好に合わせた品質別供給によるエネルギー利用方法の提案まで含めた「見える化」と、遠隔からの最適運転計画の指令まで含めた CO2 削減サービスの実証を行った。

- ユーザの嗜好を反映する品質別エネルギー供給システムの実証
- 品質別エネルギー供給に対応した、省エネ喚起・省エネ指南サービスの実証

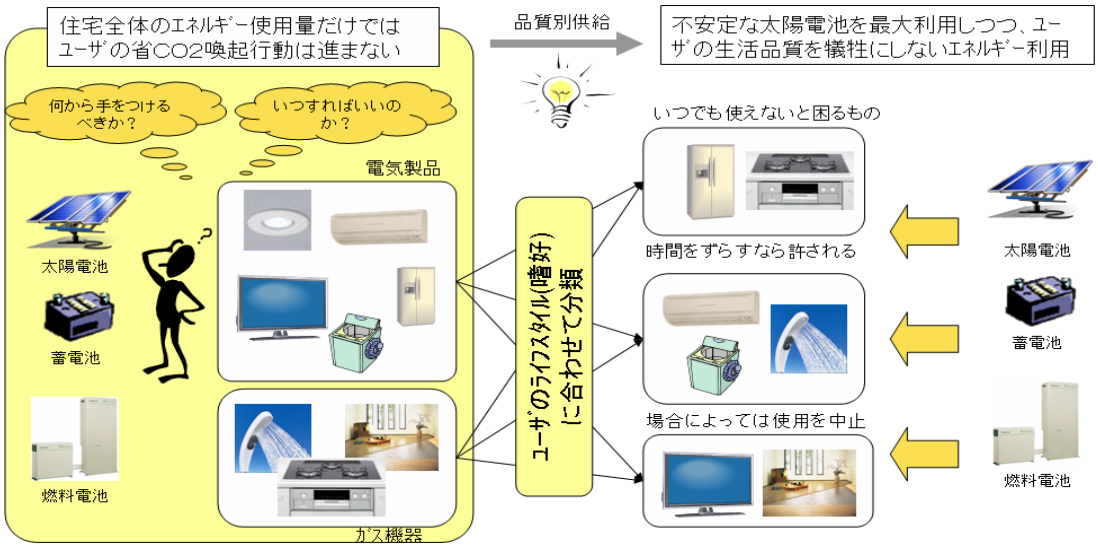


図 1-14　ユーザ嗜好を反映したエネルギー負荷への品質別供給サービスのイメージ

1.3.3.3. 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

本テーマでは、以下を実施した。

(1) エネルギーマネジメントシステム基盤」の開発・実証

- 気象情報やセンサ情報を利用した住宅設備機器（エアコン、ブラインド、天窓等）の連係動作、気象情報を利用した消費エネルギー・発電エネルギー想定に応じた電気設備機器（太陽光発電システム、バッテリーシステム等）の連係動作等によるエネルギーマネジメントシステムの開発
- サービス事業者が住宅設備機器、電気設備機器を遠隔管理可能なシステム基盤の開発

- 既築住宅への導入が容易な PLC(電灯線通信)・無線通信を使用した、住宅設備機器・電気設備機器向けネットワーク開発

(2) PCDA サイクルによる家庭部門の持続的な省エネ・CO2 削減アプリケーションの開発

- 家庭内の電気、ガス、水道の見える化アプリケーションの開発
- 省エネ・節水アドバイスおよび省エネ成果の見える化アプリケーションの開発
- テレビでの見える化システムの開発

(3) 消費エネルギー削減効果の検証

- 既築住宅に本システムを設置工事し、実証実験の実施
- 各省エネ手法による消費エネルギー削減効果の検証
- 既築住宅へのシステム導入容易性の検証、事業モデル検証
- 住宅設計・建築工法等の建築物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の具体化、及び普及ロードマップの提示

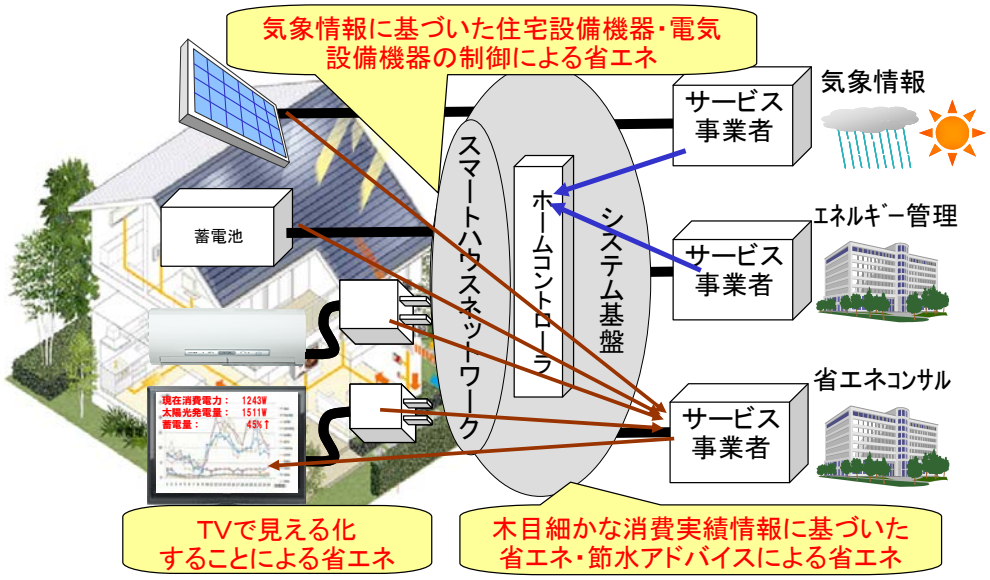


図 1-15　実証実験の概要

1.3.3.4. テーマ 2-4： ECO ナビサービスおよび HEMS による省エネ行動喚起効果の検証

「エネルギーの見える化」、家電機器の連携制御を可能とする「HEMS」、情報サービス・生活アドバイスサービスを連携させた「ECO ナビサービス」を開発し、ユーザのライフスタイル変革による省エネ/CO2 削減効果を実証した。特に、見える化と機器操作のユーザインタフェースとして、ユーザにとって敷居の低いテレビを利用することによる効果と課題を検証した。

- ECO ナビサービス：発電量/消費電量等のデータから省エネアドバイスを生成し情報配信するサービス
- HEMS：ホームネットワークを用いた家庭内機器制御/エネルギー管理システム

なお、導入効果については、ECO ナビサービス・HEMS による省エネ行動喚起効果、およびそれによる電気使用量の削減効果に関して、被験者の使用履歴情報の解析、被験者に対するアンケート・聞き取り調査などを用いて評価を行った。

図 1-16　テレビをインタフェースとした表示と機器操作

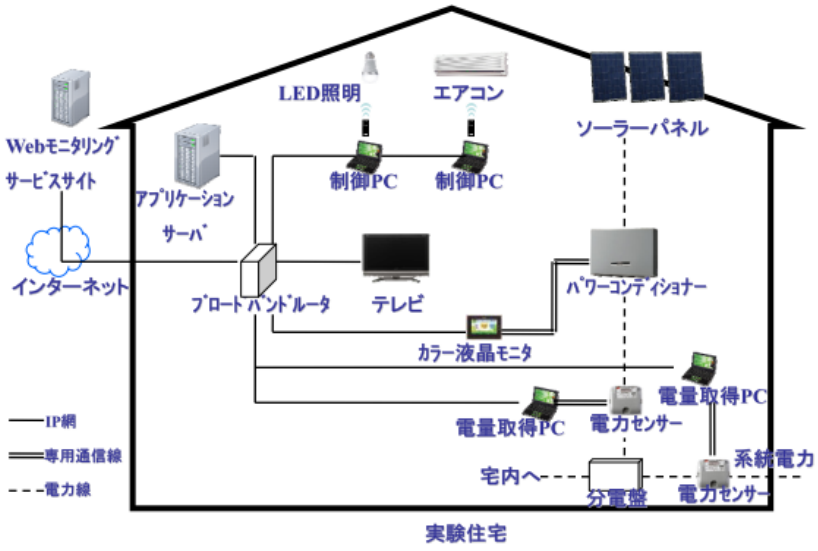


図 1-17　実験システム構成図

1.3.3.5. テーマ 2-5：集合住宅の共用部電灯設備電力の見える化、および同集合住宅の専有住戸内の IT ゲートウェイ装置を利用した電力見える化による新サービス検証事業

本テーマでは、以下の設備を配した実証実験を実施し、敷地内から排出される CO2 の半減に向けた検証を行うとともに、マンション向けの新サービスを提案した。

(1) 実証実験概要

- 既存マンションの屋上に太陽光発電パネルを設置。

- 共用部に蓄電池を設置。
- 太陽光発電パネルにより発電された電気を蓄電し共用部の照明と連携。
- 共用部および住戸内の電力見える化設備を設置。
- 住宅内にネットワークにつながる家電等を設置。
- 見える化されたデータを入居者が現在利用しているインターネット網を介し、共用部および住戸内に設置されたゲートウェイ装置でサーバまで配信。
- 取得されたデータを利用・加工して各種アプリケーションで入居者の省エネ行動を促す。

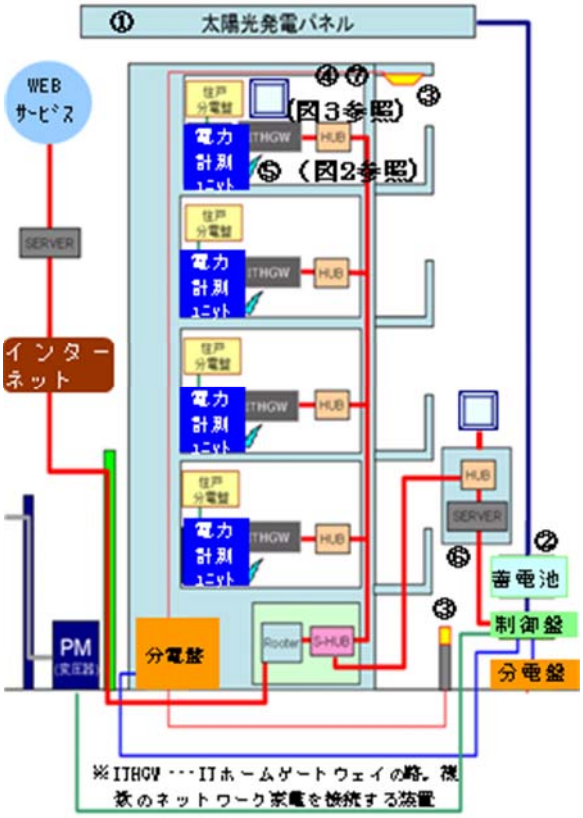


図 1-18　システム構成　　図 1-19　電力使用量確認画面

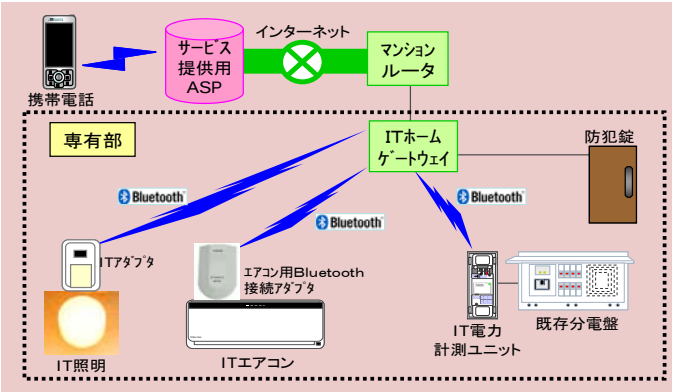


図 1-20　住戸内システム構成

(2) 開発システム

- 共用部と専有部を連携した、電力の見える化ソフト
- 居住者向けポイント付与サービスシステム

(3) 検証およびマンション向けの新サービスの提案

■ 技術的な検証・評価

- 現有設備と新技術の連携による新しいサービスの創出
- 太陽光発電(昼間)の建物共用部照明への電力供給(夜間)

■ ビジネスモデルとしての検証、評価

- 専有部および共用部の電力見える化、
- マンション・ポータルサイトのさらなる充実
- 新技術及び新サービス連携による CO2 排出量の半減

1.3.3.6. テーマ 2-6：集合住宅を対象としたスマートハウス機能の活用によるサービス創出の可能性分析

本テーマでは、「テーマ 2-5：集合住宅の共用部電灯設備電力の見える化、および同集合住宅の専有住戸内のＩＴゲートウェイ装置を利用した電力見える化による新サービス検証事業」および「テーマ 2-7：時間帯別使用電力量の見える化および電力使用を昼間から夜間へシフトするインセンティブの付与による CO2 削減効果の検証」にて実施されるマンション居住者のエネルギー使用モニタリングのデータを活用し、スマートハウスの機能を活用したサービス創出の可能性を分析した。

(1) スマートハウスの機能を活用したサービス仮説の検討

下記のサービス仮説について検討した。

- 世帯のエネルギー使用実体の把握を通じて CO2 排出の低減を促すサービスに関する分析

- 世帯のロードサーベイデータの集積を活かし、社会活動の効率化、利便性を促すサービスに関する分析

⑵ マンション居住者における実際のエネルギー使用データを用いたエネルギー利用形態による世帯分類の可能性分析

マンション居住者から得られたエネルギー使用データをデータベース化し、パターン分析を行うことで、エネルギー使用の特性に基づく世帯の集計・分類を行い、CO2 排出量低減の評価に対する示唆を得た。

⑶ スマートハウスの機能を活用したサービス創出の可能性分析

(1)および(2)の検討結果を踏まえ、サービス仮説の可能性と課題を分析した。

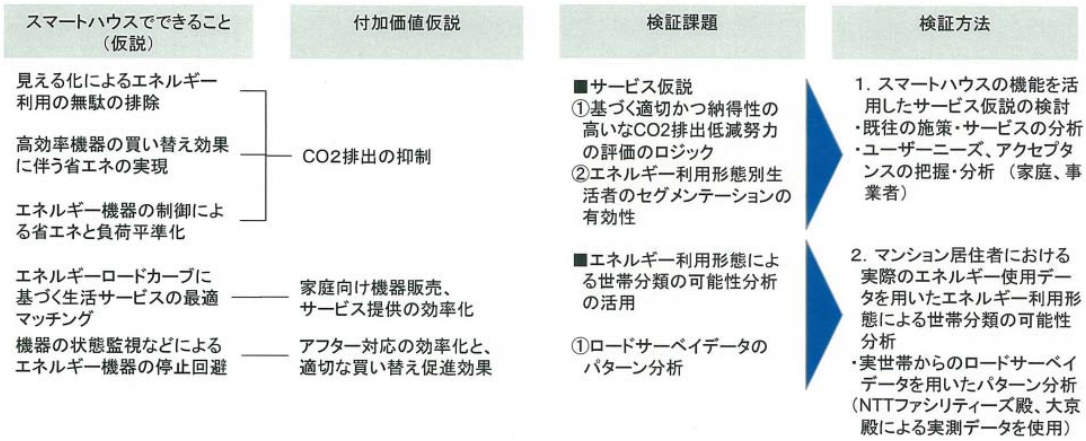


図 1-21　仮設検証フロー

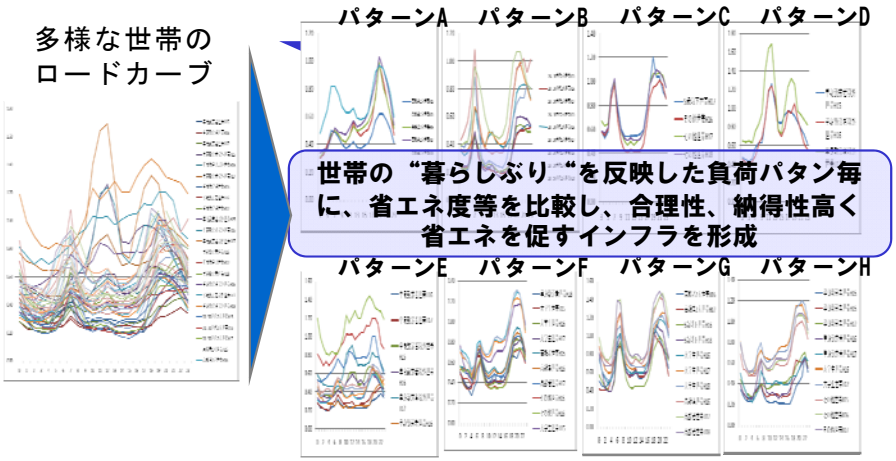


図 1-22　ロードカーブのパターン分析により得られる「家庭のエネルギー利用」や「世帯の暮らしぶり」の示唆イメージ

1.3.3.7. テーマ 2-7：時間帯別使用電力量の見える化および電力使用を昼間から夜間へシフトするインセンティブの付与による CO2 削減効果の検証

時間帯別使用電力量の見える化による CO2 削減効果、及び将来 CO2 排出量に連動するインセンティブを付与した料金制度が適用されると想定した場合の CO2 削減効果の有効性について、多様な生活形態の実生活データを基に検証した。また、2050 年における CO2 排出量の半減に向けた検討課題等を抽出した。

(1) 時間帯別使用電力量の見える化による CO2 削減効果の検証

(a) 実証システムの開発

- 既存の自動検針システムのソフト改造（検針最小単位の見直し、計量値の自動配信機能の追加、等）
- 時間帯別使用電力量見える化システムの開発（Web サーバ等の見える化システムの開発）

(b) 実証、検証

- 実生活における時間帯別使用電力量の見える化を実施し、収集したデータを PC 等を利用して入居者へ情報提供を実施した。
- 原則として前年の月別の使用電力量との比較により、使用電力量の省エネルギー効果を検証した。

(2) 昼間の電力使用を夜間へシフトするインセンティブを付与することによる CO2 削減効果の検証

(a) 実証システムの開発

- CO2 削減効果シミュレーションツールの開発
- 見える化システムへの CO2 削減効果順位付け機能の追加

(b) 実証実験、検証

- 使用電力量の昼間から夜間へのシフト実績に応じた報奨金をインセンティブとして CO2 排出量の多い時間帯から少ない時間帯へどの程度使用電力量がシフトするかを検証した。
- 前年の月別昼夜比率等との比較により、CO2 削減効果を検証した。

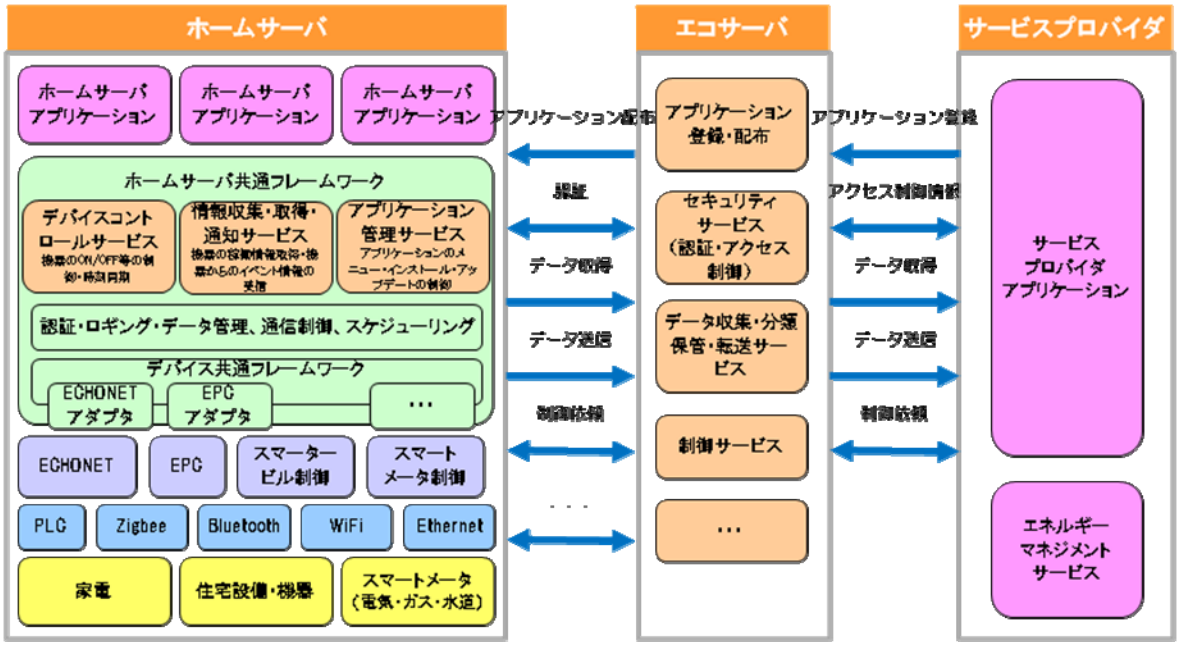
なお、実データの取得は、実生活を行っているマンション入居者を対象に、(1)については 200 戸程度、(2)については 100 戸程度で実施した。

(3) 検討課題の抽出、政策提言

検証結果等を基に、2050 年における CO2 排出量の半減に向けた検討課題等を抽出するとともに、「3．9　テーマ 2-6：集合住宅を対象としたスマートハウス機能の活用によるサービス創出の可能性分析」と連携して需要家の心理行動を踏まえた政策提言を行った。

1.3.4. テーマ 3：共通システム開発事業

エネルギーマネジメントシステムおよび新サービス事業の普及に資することを目的として、共通基盤（共通仕様）の開発を行った。



出所：スマートハウス実証プロジェクト仕様書

図 1-23　スマートハウスのアーキテクチャにおけるシステム基本構成図

1.3.4.1. テーマ 3-1：マルチベンダによる家電・設備機器統合コントロールシステムの開発

複数企業が相乗りできる共通プラットフォームとしては、

- 異なる企業で開発された複数のサービスが、一つのシステム上で動作すること。
- 機器・サービスごと必要なアプリケーションが、追加、更新できること。
- 様々な家電、設備機器に対応できること。
- ユーザ情報やアプリケーション配信権限について、適切なセキュリティーと動作保障が担保できること。
- 設備機器も接続されることから、住宅設備に準じた設計仕様であること。

等の要求条件が挙げられる。

これらを実現する手段として、ECHONET（家電・設備制御プロトコル）、OSGi（モジュールの動的追加更新が可能な java フレームワーク）を中心に、複数企業で開発したソフトウェアが一つのサービスとして統合的に制御できるシステムを開発し、その過程で顕在化する問題点を抽出した。

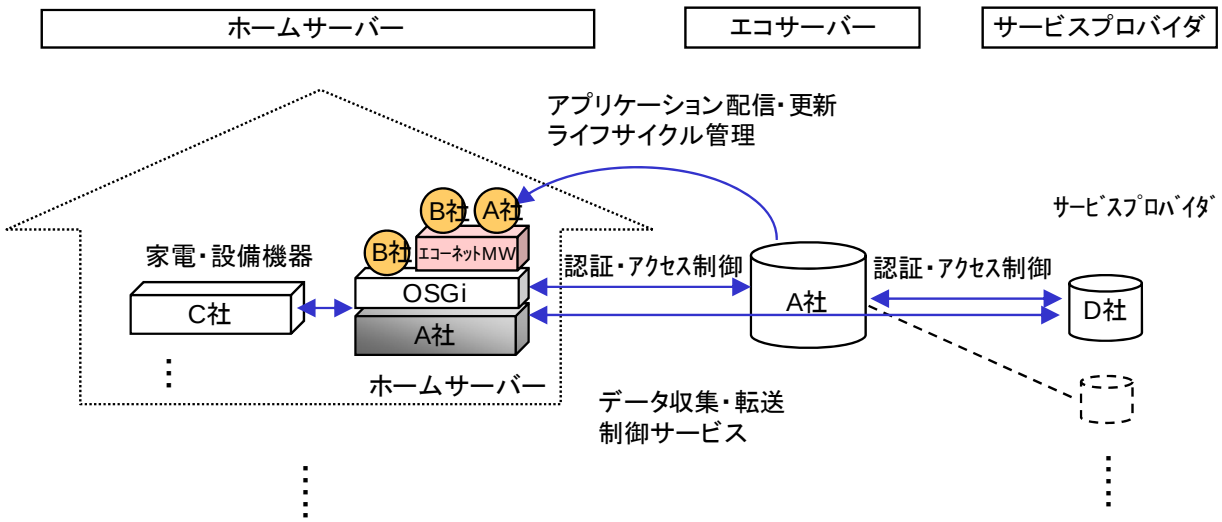


図 1-24　実験システム構成図（イメージ）

1.3.4.2. テーマ 3-2：家庭内機器の計測・管理・制御に係る標準化及び通信制御 I/F 装置の開発

家庭内の各種機器の計測・管理・制御を行うにあたり必要となる各種機器の通信項目・表記方法・手順の標準化、さらにはそれに伴う各種機器における通信 I/F の改造を実施した。

(1) 通信項目・表記方法・手順の標準化

(a) ホームサーバ・各機器およびセンサ用宅内ネットワーク

ECHONET 上にて、設備やセンサ情報を効率的に収集する情報処理機能や、設備の各種操作を行う機器制御処理ネットワークシステムを製作した。

(b) エコサーバ・ホームサーバ間ネットワーク

ホームサーバとエコサーバ間は、インターネットなどの公共（汎用）のネットワークを使用することを前提とし、標準的に使用されている通信方式上で、ホームサーバとエコサーバ間にて、緩やかな周期での情報収集、応答性や緊急性を要求される情報収集、確実に機器操作を実現する機器制御などそれぞれの性格に応じて効率的に情報連携を可能とするネットワークを製作した。

(2) 通信制御 I/F 装置の製作

- 宅内ネットワークの対象となる設備、センサ類とネットワーク「ＥＣＨＯＮＥＴ」に接続するための通信制御 I/F 装置（ＥＣＨＯＮＥＴミドルウェアアダプタ）を製作した。
- 基本機能は共通化し、設備ごとに異なる処理部分のみを個別に製作する構成を採用した。
- 以下のタイプ等に製作した。

- 太陽電池、燃料電池、蓄電池と接続して設備の稼動情報収集、運転操作を可能とするタイプ
- 燃料電池の貯湯槽の貯湯量を算出するセンサを接続するタイプ
- 電力使用量を計測するセンサを接続するタイプ
- 床暖房機器の運転操作を行うタイプ
- 負荷機器の稼動情報収集や運転停止操作などを行うタイプ等

1.3.4.3. テーマ 3-3：「エコサーバ」、「ホームサーバ共通フレームワーク」及び「エネルギーマネジメントサービス」を対象とした共通システム開発事業

スマートハウス構想は、多くの参加者による知見と協働によって、開かれた参加型でのエネルギー最適化を実現することを基本理念としている。このような環境の実現に向けては、ホームサーバ、エコサーバ、サービスプロバイダから成るスマートハウスの全体像を共有したうえで、各構成要素が容易に連携するための必要な標準仕様を定義することが欠かせない。

本事業では、スマートハウスの全体像を、エコサーバにホームサーバからの情報収集を行う機能とホームサーバの管理を行う機能が存在し、1 台のホームサーバを管理する事業者が特定されるモデルを標準とする仕様検討を行い、実験システムの試作および実証実験を通じた仕様の検証を行った。併せて、本プロジェクト参加各社による仕様を踏まえ、共通仕様として取り纏めた。

⑴ 実験システムの試作

実際の活用シーンを想定した 3 つのシナリオに基づき、エコサーバ、ホームサーバ共通フレームワーク、エネルギーマネジメントサービスからなるスマートハウスの概略仕様を策定し、実験システムを試作した。

⑵ 実証実験（仮想実験）を通じた仕様の検証

試作した実験システム上で、実証実験（仮想実験）を行い、スマートハウスの構成要素であるエコサーバの機能とエコサーバと連携するための仕様の妥当性を検証するとともに、今後の事業化に向けた課題を整理した。

⑶ 共通仕様の策定

実験システムの試作と検証を通じ、また本プロジェクト参加各社との協業により、スマートハウスの構成要素であるエコサーバ・ホームサーバ・サービスプロバイダ間の連携に必要な基本的な共通仕様を取り纏めた。

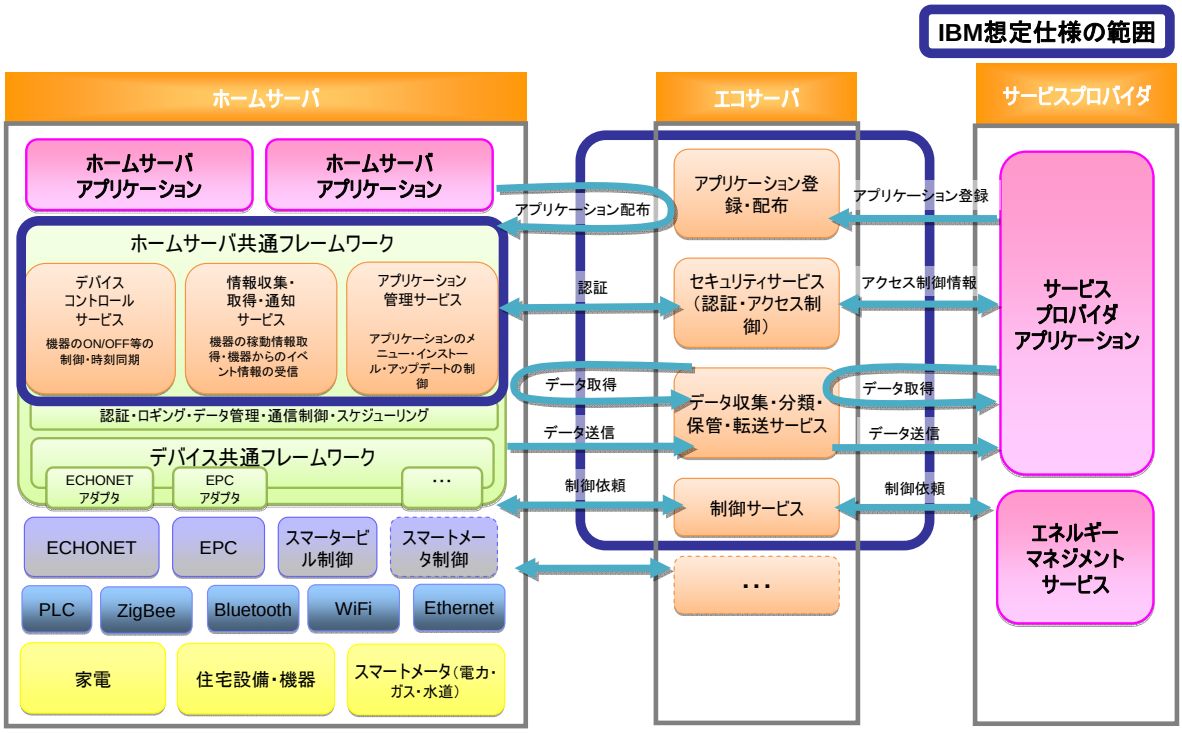


図 1-25　IBM 想定仕様の範囲

第2章　「テーマ 2-1：マッシュアップを促進するホームサーバ向け統合 API の開発実証」および「テーマ 3-1：マルチベンダによる家電・設備機器統合コントロールシステムの開発」

大和ハウス工業株式会社

－ 目 次 －

第 2 章 「テーマ 2-1：マッシュアップを促進するホームサーバ向け統合 API の開発実証」および「テーマ 3-1：マルチベンダによる家電・設備機器統合コントロールシステムの開発」 1

2.1. 事業概要 2-1
2.1.1. 実証実験の目的 2-1
2.1.2. 提案のコンセプト 2-2
2.1.3. 実施事項 2-4
2.2. 開発概要 2-6
2.2.1. 開発範囲 2-6
2.2.2. 実施項目の概要 2-7
2.2.2.1. マルチベンダによる家電・設備機器統合ｺﾝﾄﾛｰﾙｼｽﾃﾑの開発(ﾃｰﾏ 3) 2-7
2.2.2.2. マッシュアップを促進するホームサーバ向け統合 API の開発(ﾃｰﾏ 2) 2-9
2.3. 実証試験の実施（テーマ 2，テーマ 3） 2-15
2.3.1. 実施概要 2-15
2.3.2. 構築したシステム 2-16
2.3.3. システムの稼動性評価 2-17
2.3.4. サービスの有用性評価 2-18
2.3.4.1. デモンストレーションの概要 2-18
2.3.4.2. サービスの評価 2-21
2.3.5. 運用性の評価 2-23
2.4. 実証結果の考察（テーマ 2，テーマ 3） 2-25
2.4.1. マルチベンダによる家電・設備機器統合ｺﾝﾄﾛｰﾙｼｽﾃﾑの開発(ﾃｰﾏ 3) 2-25
2.4.1.1. ECHONET 関連 2-25
2.4.1.2. OSGi 関連 2-27
2.4.2. マッシュアップを促進するホームサーバ向け統合 API の開発(ﾃｰﾏ 2) 2-28
2.4.2.1. 統合 API 関連 2-28
2.5. 開発したシステムの詳細 2-30
2.5.1. エコサーバとホームサーバ構築（テーマ 3） 2-30
2.5.1.1. エコサーバ 2-30
2.5.1.2. ホームサーバ 2-31
2.5.1.3. ホームサーバとエコサーバ間の通信 2-32

2.5.1.4. ホームサーバ搭載ソフトウェアの概要.....2-32
2.5.2. ECHONETOSGI 通信ミドルウェア（テーマ 3）.....2-34
2.5.3. 機器制御ソフトウェア(テーマ 2）.....2-35
2.5.4. 統合 API(テーマ 2）.....2-36
2.5.5. 各種サービスソフトウェア開発(テーマ 2）.....2-38
2.5.5.1. サービスの区分.....2-38
2.5.5.2. 開発したサービスの事例.....2-40
2.6. 調査資料.....2-43
2.6.1. ホームネットワーク関連サービス市場調査.....2-43
2.6.1.1. 調査方法.....2-43
2.6.1.2. 抽出した事業キーワード.....2-43
2.6.1.3. 事業アイデアの分析（BtoC).....2-43
2.6.1.4. 事業アイデアの分析（BtoB).....2-44
2.6.2. サービスの有用性調査について.....2-46
2.6.2.1. 調査概要.....2-46
2.6.2.2. サービスシナリオ一覧.....2-47
2.6.2.3. 有用性評価.....2-48
2.6.3. 運用性の評価.....2-58
2.6.3.1. 評価概要.....2-58
2.6.3.2. 実施結果.....2-60
2.6.3.3. 全体考察.....2-62

2.1. 事業概要

2.1.1. 実証実験の目的

スマートハウスとは一般的に、スマート化（情報化）された住宅を意味する。家庭内の家電や設備機器をネットワークし社会システムとつなぐことで、付加価値の高いサービスを提供していこうというものである。古くからあるコンセプトだが、昨今の環境・エネルギー問題を解決するため、住宅におけるエネルギーの最適制御を目的に再び注目を集めている。機器単体での省エネには限界があることから、それらをネットワークし住宅全体で最適性制御された住宅(スマートハウス）に必然性が出てきたからと思われる。

一方、これまでにも 1990 年代におけるホームネットワーク、2000 年におけるマルチメディア住宅など様々な取り組みが行われてきたが、未だ普及には至っていない。今回の提案にあたっては、大和ハウスにおけるこれまでの取り組みや他社の事例もふまえて、スマートハウスの普及に向けた課題の解決に取り組むこととした。

(1) 住宅における現状

図 2-1 にホームネットワークを活用したサービスの現状について。インターネット接続を行うには回線接続業者が提供するモデム・ルーター、防犯サービスを契約するには各警備会社が提供するコントローラ、家電・設備機器の遠隔制御には家電会社が提供するコントローラが必要となる。これらは個々のサービスには特化されているものの、住宅全体で見た場合には無駄な点が多い。サービス毎に専用の接続装置が必要であり、利用料金も各企業毎に発生する。こうした状況を住宅全体の視点から最適化しようとするのがスマートハウスの取り組みといえる。

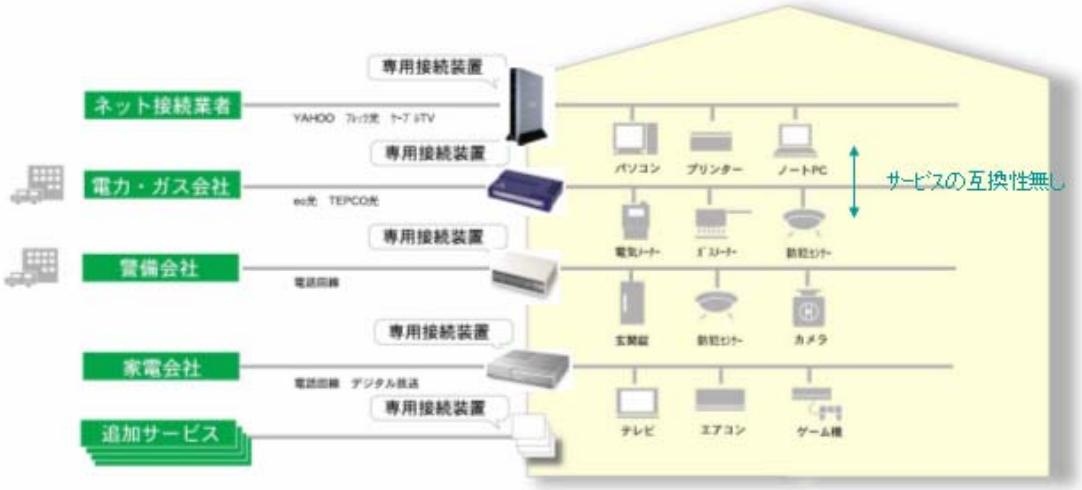


図 2-1　ホームネットワークの現状

⑵ スマートハウスにおける課題

住宅全体で最適化するには、全体を取りまとめる企業が必要である。これまでも家電会社や通信会社を中心に取り組みが行われてきたが、自社商品の販売促進とセットで展開されることが多かった。例えば 2000 年頃話題となった情報家電の取り組みの際も、利用するには各社で開発した専用のコントローラを活用するのが前提になっていた。また機器との通信手段についても、無線や電灯線通信など様々な方法が用いられ、システムの互換性に乏しかった。

スマートハウスにおける課題とは、こうしたハードウェアや通信プロトコルといった実現手段での競争が中心になっていた点にあると思われる。普及にむけては、顧客視点、サービス視点で発想転換し、ハードや通信プロトコルといった実現手段は共通化し、サービスで差別化できるしくみを住宅に普及させる必要がある。

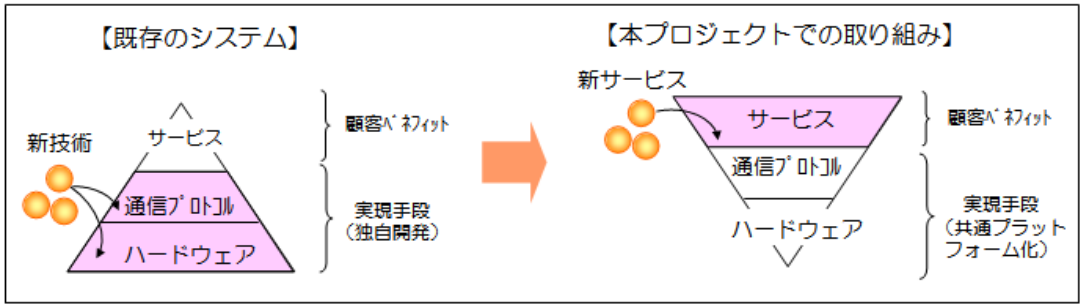


図 2-2　本実証プロジェクトにおける取り組み

2.1.2. 提案のコンセプト

先のコンセプトを実現するため、住宅自体を「サービスを受けるための共通プラットフォーム」とすべきと考えた。共通プラットフォームの一例としては、携帯電話におけるコンテンツビジネスがあげられる。図 2-3 に示すように、通信キャリアが中心となり規格を策定し、対応した端末やサービスも関連企業と提携して開発を行う。これにより、携帯電話がゲーム機や音楽プレーヤー、テレビのリモコンなど、多目的に活用することができる。これは携帯電話という共通プラットフォームとその運用を行う通信キャリアの存在があって可能となったものである。スマートハウスの普及にむけては、このスキームを住宅に応用すればよいと考えられる。

すなわち、携帯電話をホームサーバに置き換え、対応した家電・設備は機器メーカと提携して開発する。また対応するサービスは機器メーカも含め、防犯や健康など既に住宅向けにサービスを展開している様々なサービス企業と提携して開発を進める。ホームサーバは住宅施工時(リフォームも含む）に宅内の情報ネットワークや設備機器とあわせて住宅に組み込み、管理するためのセンター設備とともに住宅供給会社が運用を行う。これにより、これまで個々に提供されてきたシステムを一つにまとめることができ、企業の投資コストを抑え顧客ベネフィットを向上させることができると考えられる。

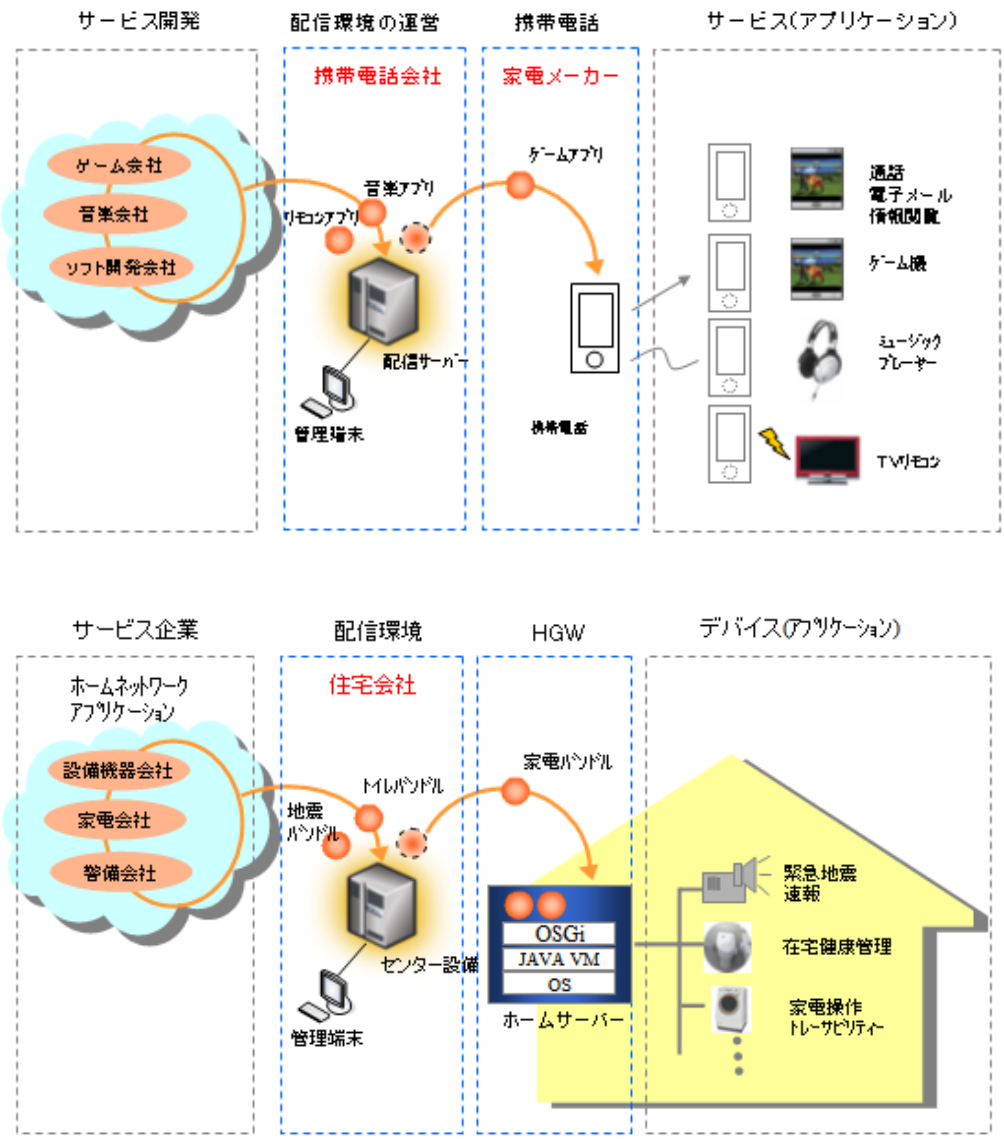


図 2-3　共通プラットフォームのイメージと住宅への適用例

ただ、これだけでは提供されるサービスは住宅メーカや家電・設備機器メーカが想定した範囲に留まる可能性が高い。これまでの省エネサービスでは、グラフ表示程度で面白味に欠けるとか、すぐに飽きてしまって継続が難しいという指摘があった。また、省エネサービスだけではシステムを顧客に購入してもらえないという現場からの声もあった。こうした課題を解決するには、ユーザに魅力的なサービスを継続的に提供するしくみが必要である。

そのためのしくみとして、Web 上のサービス開発で主流となっている「マッシュアップ」という技術を応用することを考えた。インターネット上にある様々なサービスと、宅内のエネルギー情報や利用者情報を組み合わせることにより、これまでにない省エネルギーサービスへの展開が可能である。具体的には Google の地図情報や Amazon のショッピングサイトの構築などで活用されている WebAPI の住宅版の開発を行うこととした。これにより、家電

や住宅設備機器の専門知識がなくても、様々なサービスを簡単に開発していくことが可能となる。

2.1.3. 実施事項

(1) 提案項目

以上のコンセプトを具現化するために、公募要領に基づいた以下の二つのテーマを実施した。

a. マッシュアップを促進するホームサーバ向け統合 API の開発

テーマ 2：「エネルギーマネエジメントシステム及び新サービス実証事業」にそって、主に家庭内の家電・設備機器における利用者情報を活用した新たなサービス創出を目的とする。

b. マルチベンダによる家電・設備機器統合コントロールシステムの開発：

テーマ 3：「共通システム開発」にそって、統合 API を実現させるために必要な、メーカや機器の違いに依存せず、宅内の家電・設備機器を統合的に扱うことができるホームサーバやエコサーバのシステム開発を行う。

(2) 実施体制

実施体制については図 2-4 に示す。

(3) 実施場所

大和ハウス総合技術研究所（奈良市）の研究室及び実験住宅にて実施した。

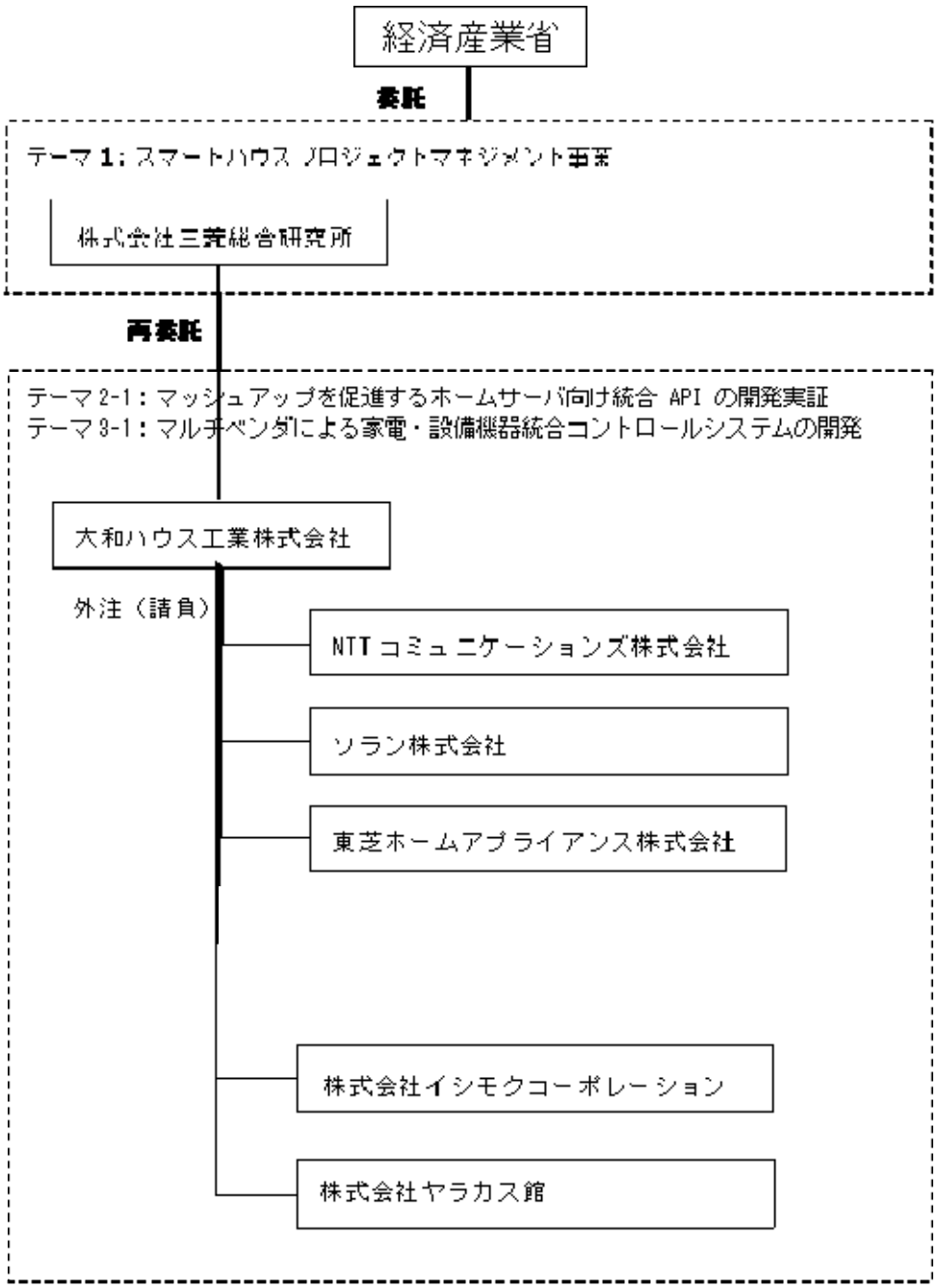

経済産業省
委託
テーマ 1：スマートハウス プロジェクトマネジメント事業
株式会社三菱総合研究所
再委託
テーマ 2-1：マッシュアップを促進するホームサーバ向け統合 API の開発実証
テーマ 3-1：マルチベンダによる家電・設備機器統合コントロールシステムの開発
大和ハウス工業株式会社
外注（請負）
NTT コミュニケーションズ株式会社
ソラン株式会社
東芝ホームアプライアンス株式会社
株式会社イシモクコーポレーション
株式会社ヤラカス館

図 2-4　実施体制

2.2. 開発概要

2.2.1. 開発範囲

今回開発したシステムの範囲を以下に示す。スマートハウスに関係するネットワークとしては、現在検討が進められているスマートグリッド、省エネルギーをはじめとした様々な生活サービスが提供されているインターネット（サービス）、そして住宅内のネットワーク（ホームネットワーク）である。これらを結びつけるものが図中のエコサーバ（センターサーバ）であり、家庭内の窓口がホームサーバである。これらの二つをスマートハウスにおける共通プラットフォームとして、様々な企業が相乗りできるオープンで汎用性の高いシステムの整備を行った。

また、スマートハウスにおけるネットワークには、家電・設備機器系ネットワークと、太陽光、リチウムイオン電池、燃料電池といった創エネ・蓄エネ系の二つがあげられる。家庭内のエネルギー最適化を行うためには、まず家電や設備機器から情報を収集・制御する「オープンで汎用的な共通プラットフォーム」が必要であることから、国内の家電・設備機器の標準規格である ECHONET（ECHONET）を活用した通信ミドルウェアの開発を行った。上記 2 点は主に「マルチベンダによる家電・設備機器統合コントロールシステムの開発」として実施した。

更にシステムを普及させるには、エネルギー最適化だけではなく、結果として得られた利用者情報を活用した様々なサービス展開が必要である。このことから防犯センサーや健康管理機器の情報を収集するソフトウェアの開発や、簡単なコマンドで様々なサービスを開発することがでいるしくみ（統合 API）の開発を行った。これらは主に「マッシュアップを促進するホームサーバ向け統合 API の開発」にて実施した。

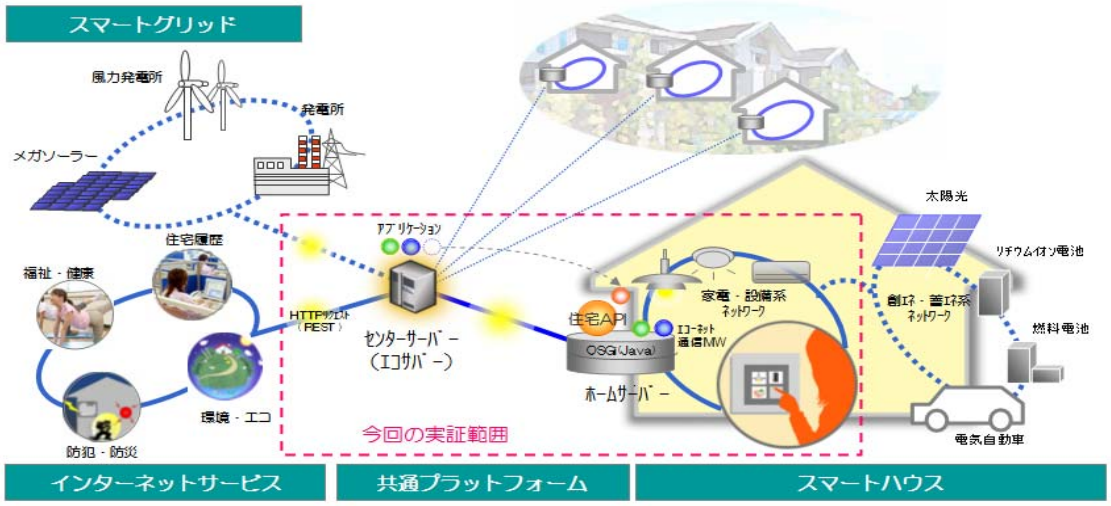


図 2-5　開発したシステムの概要

2.2.2. 実施項目の概要

2.2.2.1. マルチベンダによる家電・設備機器統合ｺﾝﾄﾛｰﾙｼｽﾃﾑの開発 (ﾃｰﾏ 3)

実証目的である､｢オープンで汎用性の高い共通プラットフォーム｣を具体的に表現すると、

①A 社が開発したホームサーバ上で、

②B 社が開発したソフトウェアが動作し、

③C 社の家電・設備機器をコントロールすることができる

システムを構築することである。

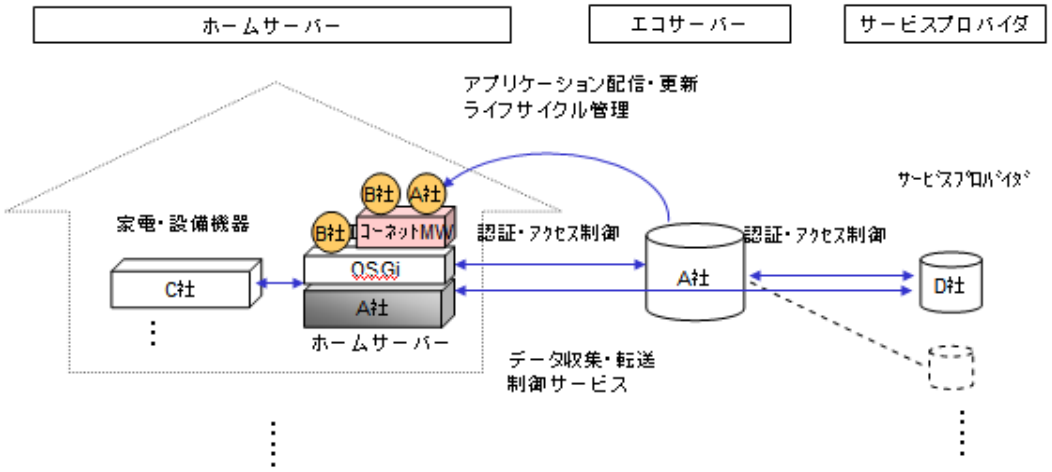


図 2-6　共通プラットフォームのイメージ

(1) OSGi を搭載したホームサーバの開発

図 2-6 における①、②の要件を満たすには、ホームサーバ上に B 社が開発するソフトウェアと A 社が提供するホームサーバの差異を吸収する機能が必要である。現在のプログラミングの主流になっている Java は、特定の OS やマイクロプロセッサに依存することなく様々なハードウェアで動作するものであり、この要件を満たす。しかし、

①Java アプリケーションごとに JavaVM を立ち上げなければならず、多くのメモリを消費する

②アプリケーションの更新時に JavaVM の再起動が要求され、その間のサービスが停止するなど、パソコンとは違って限られたリソース内で継続的な利用が求められるホームサーバとしては課題が残る。その解決を図るため、一つの JavaVM 上で複数のサービスアプリケーションを動的に追加更新できる、OSGi を搭載したホームサーバの開発を行った。

(2) ECHONET OSGi 通信ミドルウェア

③の要件を満たすには、メーカの違いを問わず機器のコントロールを行うソフトウェアが必要である。その手段として、日本発の家電・設備機器制御の通信プロトコルである ECHONET に準拠したホームサーバ上のソフトウェアを開発した。これまでのホームサー

バは家電機器とセットで販売されることを想定されており、各社独自で開発されることが大半だった。今回 OSGi に基づく ECHONET 通信ソフトウェアを開発することにより、JavaVM が搭載できる様々なハードウェアで家電・設備機器を制御するホームサーバが実現できる。また、ECHONET で規定されている JavaAPI を活用することで、様々なアプリケーションの開発が容易となる。

ECHONET とは、Energy Conservation(エネルギー節約)and Homecare(在宅介護) Network の略で、日本の大手家電メーカを中心に開発された家電・設備機器制御の通信プロトコルである。名称からわかるように、もともと省エネルギーや介護といった社会問題への対応を目的としており、現在のスマートグリッドの動きを先取りした取り組みと言える。規格制定は会員企業内で行われているが、2008 年 5 月には規格コア部分が国際標準として承認、発行されており、海外への普及も目指して活動を続けている。単なる ON/OFF のみではなく、温度制御や運転条件の変更など、省 CO2 を実現していくためのきめ細かい制御をサポートしており、今回のプロジェクトの主旨に適していると判断した。

2.2.2.2. マッシュアップを促進するホームサーバ向け統合 API の開発(テーマ 2)

ネット上のサービスで主流になっている WebAPI*のように、簡単なコマンドで様々な宅内機器との情報のやり取りができるソフトウェア（統合 API）の開発を行った。また統合 API を活用したサービスの事例として、マッシュアップを活用した省エネなどのアプリケーションを開発し、その有効性について評価を行った。

これにより配下に接続された機器類の違いを意識することなく様々なサービス開発が可能となり、これまで住宅と関係の薄かった新たなサービサーの参入を促進することで住宅を活用したサービス市場の創出を目指した。

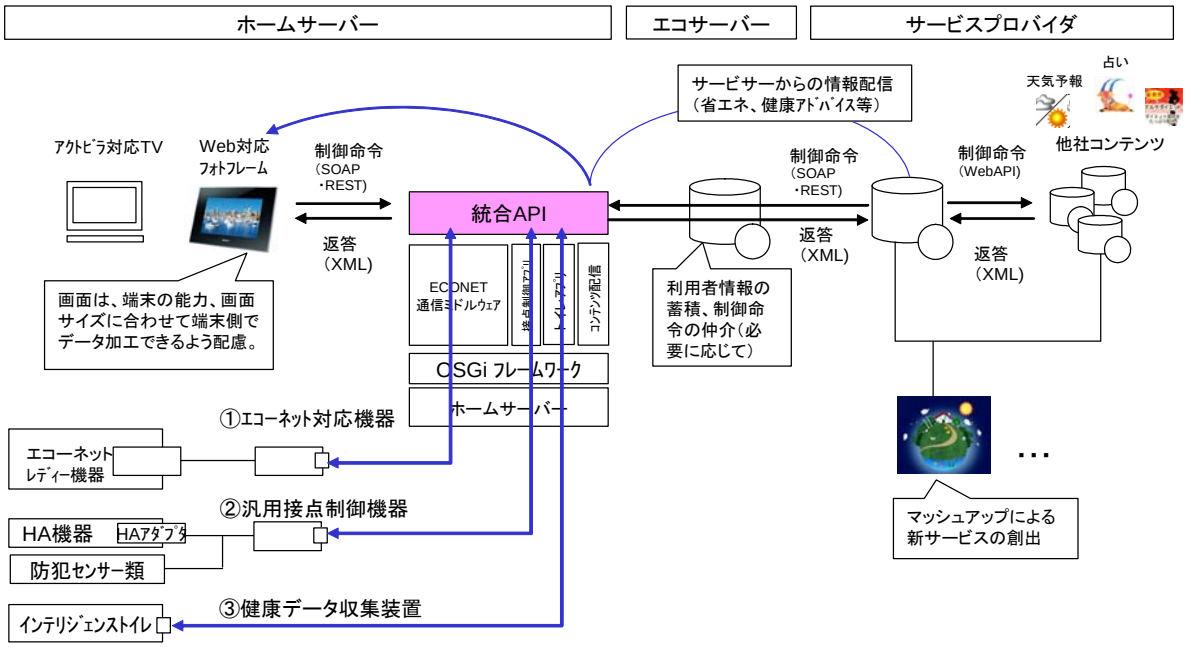


図 2-7　統合 API の概要

*WebAPI

API とは Application Programming Interface の略で、プログラミングの際 OS 等が提供するサービスを利用するためのコマンドを指す。WebAPI は、Web 上の様々なサービスを利用する際の API であり、Google が提供する「Google Maps API」や、Amazon が提供する Product Advertising API などがある。

*マッシュアップ

複数のホームページを組み合わせて、新しい情報に加工する手法。自社だけでは提供困難なサービスを盛り込んだり、プログラミングに対する深い知識がなくても短期間でサービス開発ができることから、新しい Web サービスの開発技法として注目されている。開発にあたっては、WebAPI などを活用する。

(1) 要求仕様の作成

(a) 方針

今回要求仕様を作成するにあたり、以下の方針を立てた。

a. 互換性を考慮すること

ホームサーバは家庭内で利用される様々な家電・設備機器を統括する機能を果たすものであり、特定の機器やメーカ、通信インフラに依存しない設計を行う。

- 特定の機器やメーカでクローズされた技術でないこと
- 有線・無線を含めて、適切な通信インフラが選択できること
- 通信のセキュリティーレベルはサービスに応じて適切に選択できること
- 他システムと接続する物理的インタフェースは業界標準を採用していること
  （RJ45、D-sub9ﾋﾟﾝ、USB、JEM-A 等）

b. 継続的に供給できる機器を選定すること

ホームサーバは長期にわたり利用されるので、その間接続される家電・設備機器の追加、更新を見越したハード、ソフトの設計を行う。具体的には安定的に供給され、市場で十分認知された技術（いわゆる枯れた技術）を活用する。

c. 住宅への設置に即したハード設計、施工性、保守性を考慮すること

ホームサーバは住宅設備として設置されるものであり、それを前提とした本体設計や住宅現場における供給体制（設計・施工、保守）を十分考慮した設計を行う。

- 24 時間 365 日の稼動を前提に設計すること
- 通信回線に障害があっても、配下の機器は必要最低限の機能を果たすこと
  （全ての機能をネット上に持たせる設計にしないこと）
- 住宅における電気施工店で設置、設定ができること。また、そうでない場合は代替手段（現地訪問、遠隔設定等）を検討すること
- 施工区分、責任区分を明確にすること

d. サードパーティーも含めた新たなサービス開発を誘発する仕組みであること

ホームサーバは住宅を活用した生活サービスを提供するための手段であり、モデムや ONU と同様にそれ自身が付加価値を生むものではない。よってホームサーバを設置することにより、様々な企業が参入し、サービス開発が活性化し、顧客ベネフィットが向上するような設計を行う。

- 環境、エネルギー分野だけでなく、防犯・防災、健康・医療、福祉、エンタテイメントなど様々なサービスに展開できること
- 異なる企業で開発されたアプリケーションが搭載できること
- 一度開発したアプリケーションが異なるホームサーバでも活用できること
- 設置した後でも、新しい機能やサービスを追加・更新できること
- 新しいデバイスを開発した企業が、ホームサーバを活用して割安にサービスを供給

することができること
・後から購入した家電・設備機器でも接続することができること

(b) 対象機器の選定

対象となる機器であるが、設備機器、防犯設備、エアコンなど、住宅とセットで提供される機器類で、標準的な外部接続用の通信手段を備えている以下機器を対象とした。ホームサーバとの接続は IP に絞って開発を行った。

なおＡＶ系の家電機器は対象に入れていないが、テレビやフォトフレームなどはユーザインタフェース（情報表示、操作）として活用している。また赤外線については操作信号のみでステイタスが取れないことから範疇外とした。特定小電力無線機器については物理層のみの規格であり汎用的な規格がないことから範疇外とした。

a. ECHONET 対応機器

2.2.1 に記載した国内の家電・制御機器の標準規格である。温度設定や運転モードの変更など、今回のプロジェクトの主旨である快適性を損なわずに省エネを行うために必要である。

b. 接点制御機器

窓の開閉センサや人感センサなどの防犯機器、照明用のリレーなど比較的単純な動作を行う機器を接続する。ただし個々のセンサを IP 化するのはコスト高になるため、汎用の IP 対応接点制御装置の配下に接続することで対応する。ホームオートメーション（HA）機器も接点信号の入出力で動作しており、対応が可能である。

c. IP 対応機器

IP での接続を前提に開発された機器で、ネットワークカメラなど防犯用設備機器なども最近増えてきている。代表例として大和ハウス工業で開発したインテリジェンストイレを採用した。

(c) ホームネットワーク関連サービスの市場調査

新規サービサーの参入を促進するには、開発した共通プラットフォームが魅力的なプラットフォームである必要がある。要求仕様の作成の前に、ユーザ視点、サービサー視点でスマートハウスに関連するサービス事業の可能性について調査を行った。客観性を出すために調査は外部に委託し、最後に大和ハウスにおける過去の事例もふまえてサービス立案におけるキーワードをリストアップした。

①ハウス（住宅）という特性を活かしたサービス

携帯やパソコンへの情報配信システムも、テレビドアホンや給湯器のリモコンなど、住宅設備との融合させることで強みを持たせることができる。また、現状の機器を前提にするのではなく、統合的な表示装置をドアホンやリモコンにするといった発想の転換を行う。

②個人もしくは個人間で完結するサービス

健康のニーズは高いが、医療分野に入り込むと病院との連携や責任問題といった課題が多

く、事業化のハードルが高い。まず情報を集め可視化し、判断については個人の責任範疇に委ねたものから始める。また、児童や高齢者の利用も考慮し、パソコンなどを経由しないシステムを考える。

③現時点における顧客ベネフィットがあるサービス

省エネについての関心は高いが、最後は電気料金の削減などの顧客ベネフィットを明確に示せることが重要である。もしくはゲーム感覚で楽しく省エネができるなど、金銭的なインセンティブに代わるベネフィットが必要である。

④外部の力も借りたサービス展開

統合リモコンなどにおける住宅内のインタフェース（操作表示）の向上については、住宅を販売する側としても非常に関心が高いが、そのものを事業化することは難しい。スマートハウスというプラットフォームの付加価値として安価に提供できるシステムの構築が必要であり、自社完結型でサービスを構築するのではなく、外部の力も借りて構築する手段について考える。

(d) 要求仕様の作成

以上の実施事項を踏まえて要求仕様を作成し開発を実施した。

(2) ソフトウェア開発

(a) 機器制御ソフトウェア

エアコンや給湯器などの ECHONET 機器や、インテリジェントイレなど、実際に機器を制御するためのソフトウェアの開発を行った。詳細については 2.5.3 項に示す。

(b) 統合 API

統合 API とは、ホームサーバ配下に接続された様々な家電・設備機器の違いを意識することなく簡単なコマンドで情報のやり取りを行うことを目的としたソフトであり、簡単に言えばある種の翻訳ソフトである。Google の地図情報サービスや、Amazon のショッピングサイトの構築など、Web 上のサービスでは主流になっている WebAPI の概念を住宅にも適用したもので、サービサーは家電や住宅設備の専門知識が無くても簡単にサービス構築を行うことが可能である。これにより、今回のテーマである利用者情報を活用した新たなサービス創出に結びつけることが可能と思われる。詳細については 2.5.4 項に示す。

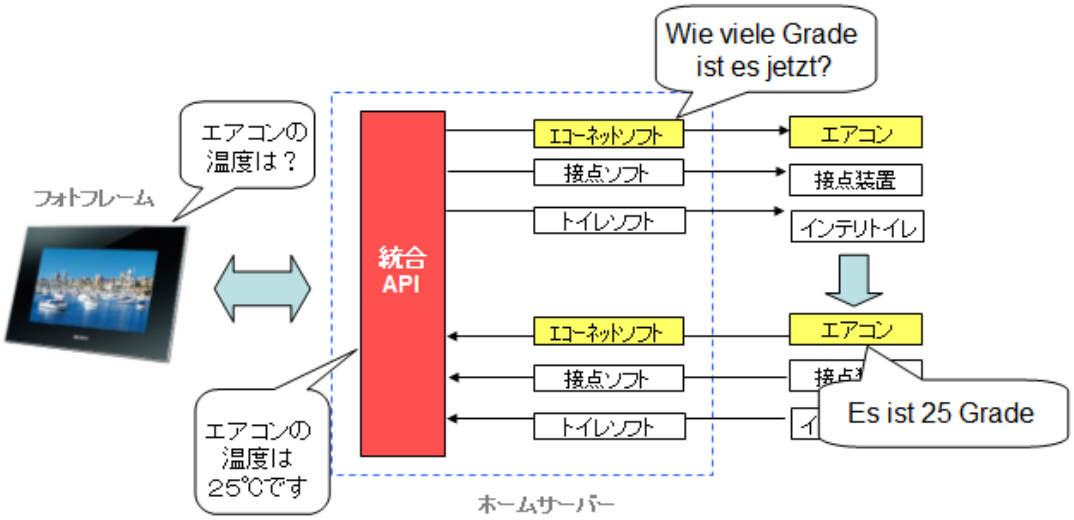


図 2-8　統合 API のイメージ

(c)　各種サービスソフトウェア開発

機器制御ソフトウェアを組み合わせてて、省エネや防犯など特定の目的にあわせたサービスソフトウェアの開発を行った。サービスの特性やソフトウェアを搭載する端末の違いなどにより、以下の 4 つの区分に分類している。詳細については 2.5.5 項に示す。

- 宅内完結型
- 宅内マッシュアップ型
- エコサーバ連携型
- 宅外マッシュアップ型

No.	シナリオ	概要	利用者	参照先
	宅内完結型			
1	お出かけボタンシナリオ	宅内 PC の Web 画面からの操作により、ボタン 1 つでエアコン、照明、給湯器、全てを OFF し、防犯サービスをセットするシナリオ。	ユーザ	
2	統合リモコンシナリオ	各部屋にあるエアコンと照明を一括制御するシナリオ	ユーザ	
3	防犯シナリオ	防犯サービスを ON 時、窓センサの状態が「開」へ遷移した際に防犯ブザーを鳴らすシナリオ。	ユーザ	
	宅内マッシュアップ型			
4	Phone アプリを活用した統合リモコン	統合 API を活用し、エアコン、照明、防犯のモード設定を行う双方向通信のリモコン	ユーザ	
5	Phone アプリを活用した瞬時電力測定アプリ		ユーザ	
6	フォトフレーム（パネル PC）を使った統合リモコン	各部屋にあるエアコンと照明を一括制御するシナリオ	ユーザ	
	エコサーバ連携型			
7	防犯メール送信シナリオ	防犯サービス ON 時、窓センサの状態が「開」へ遷移した際に登録アドレスへメールを送信するサービス。	ユーザ	

8	ライフログ取得シナリオ	電力使用量とインテリトイレの各データを1日1回取得し、xSP サーバ側の DB へ保存、一覧表示を行うシナリオ。	サービサ	
9	玄関錠施錠確認／施錠シナリオ	宅外から玄関錠の確認、及び施錠を行うシナリオ。	ユーザ	
10	もうすく帰宅シナリオ	宅外にて Web 画面からの操作により、エアコン、照明を ON、給湯機を沸かすシナリオ。	ユーザ	
	宅外マッシュアップ型			
11	エアコン強制制御シナリオ	天気予報の情報（気温のダミーデータ）等とエアコンの設定温度を取得、比較してエアコン温度を最適に制御するシナリオ。	サービサ	
12	情報配信・受信アプリ	エコサーバの管理画面から、ホームサーバにテキストと画像情報を配信するソフトウェアである。	サービサ	

2.3. 実証試験の実施（テーマ 2，テーマ 3）

2.3.1. 実施概要

開発したシステムの有用性を確認するため、実際の住空間にシステムを設置し実証試験を行った。実証の目的としては以下の 3 点である。

① システムの稼動性評価
開発したソフトウェアを、複数の家電・設備機器や構築したエコサーバと接続した上で、稼動性の評価を行った。

② サービスの有用性評価
開発したサービスについて、実機によるデモンストレーションを交えながら利用者視点での有用性評価を行った。

③ 運用面での評価
開発したシステムを実用化したことを想定し、運用面の課題を事業者視点で評価した。

実証にあたっては、大和ハウス総合技術研究所内の実験住宅に、以下のようなゾーンに分けて住空間を再現した。

図 2-9　実験住宅概要

2.3.2. 構築したシステム

今回構築したシステムについて図 2-10、図 2-11 に示す。

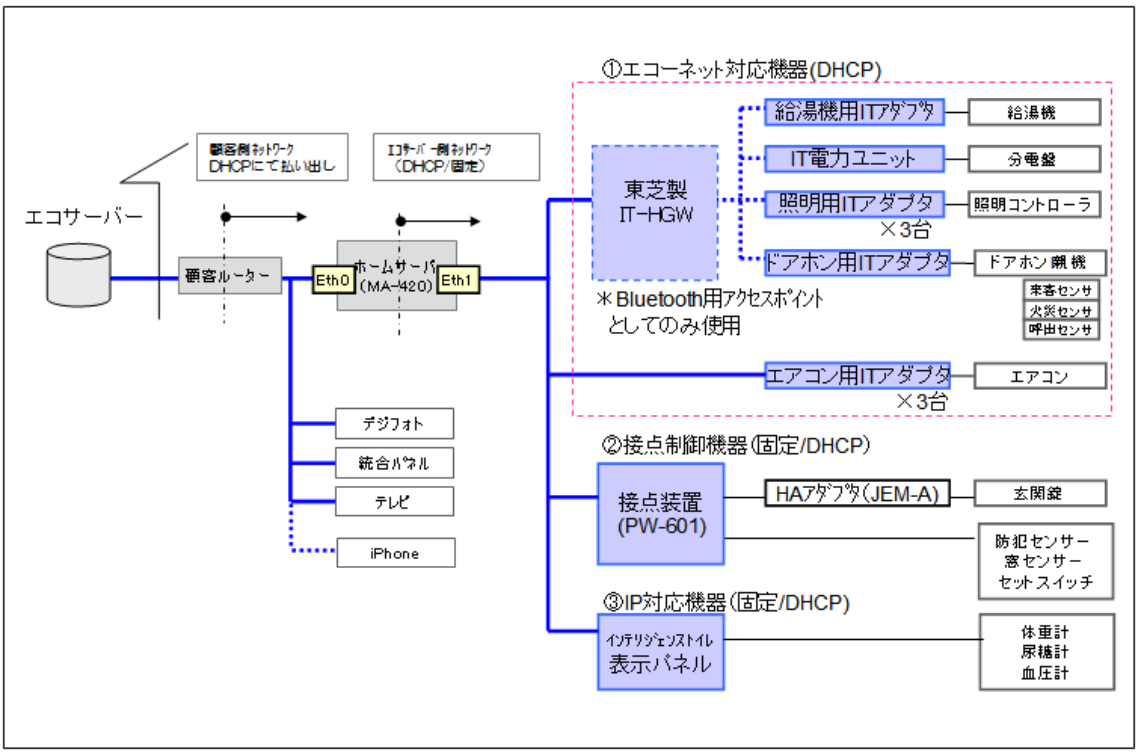


図 2-10　機器構成

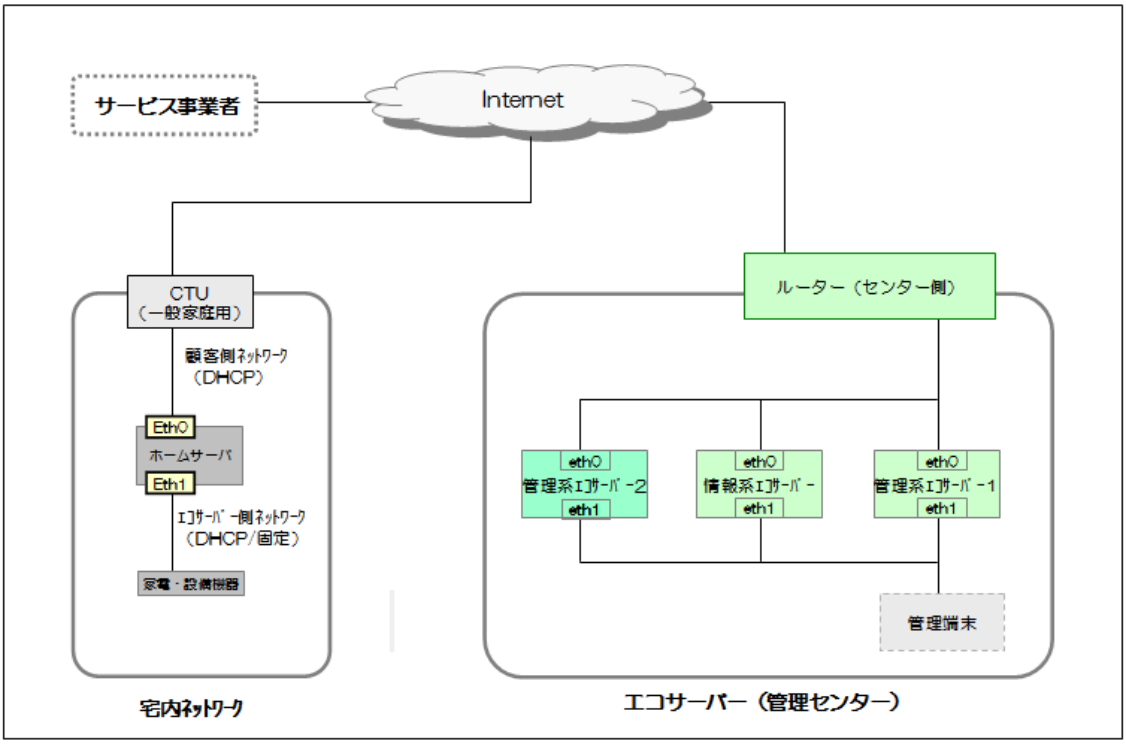


図 2-11　ネットワーク構成

2.3.3. システムの稼動性評価

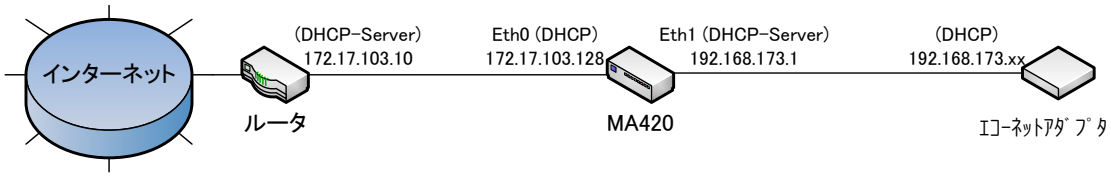
今回開発した制御ソフトや宅内のネットワーク機器は、単体やサブシステム毎のテストは実施した上で設置したものである。しかし、システム全体を結合してテストを行った結果、様々な課題も見受けられた。主にはサブシステムを接続した際のネットワーク的な相性の問題であり、A 社で開発したホームサーバから、B 社で開発した ECHONET 対応の家電・設備機器が認識できなくなるという現象が発生した。サブシステムの結合体であるスマートハウスではありがちな問題であり、互換性検証の場を設けると同時に各システムの設計を単純化していく必要もあると思われる。なお、ECHONET 規格そのものに起因する課題については 2.4 節の実証結果の考察にて示す。

(1) 発生した現象

ホームサーバ（MA420）搭載の DHCP サーバにて ECHONET アダプタに IP アドレスを割り当てた際、機器を起動する過程で MA420 と ECHONET アダプタ間での通信が出来なくなった。ただし、ホームサーバとアダプタ間だけの問題であり、ホームサーバと PC、PC 間と ECHONET 機器の通信には問題がない。

(2) ネットワーク接続状況

・MA420（CenturySystems 製）
　Eth0:インターネット接続環境（DHCP 配信）
　Eth1:ローカル接続
　DHCP Server: dnsmasq-2.40（MA420 標準搭載）
・Echonet アダプター（東芝製 ETA3006B）



(3) 発生状況

・MA420 は、他の機材(PC 等）とは通信可能
・Echonet アダプタは、他の機材(PC 等)とは通信可能
・MA420, Echonet アダプタを再起動しても、回復しない（同様の現象が発生）
・異常状態の発生頻度としては、必ず異常状態となるわけではなく、2/3 程度は、正しく動作する。

(4) 解決方法

MA420 の DHCP を停止し、ネットワーク上に別の DHCP サーバを設置することで対応した。

2.3.4. サービスの有用性評価

開発したサービスを、デモンストレーションを交えながら説明した後に、アンケート用紙にて 5 段階評価を実施した。以下にその概要を示す。

2.3.4.1. デモンストレーションの概要

生活シーンがイメージできるよう、一日の生活シーンに沿ってデモンストレーションを行った。以下にその概要について示す。

(1) 朝の外出時

～窓の閉め忘れからエアコンや照明の消し忘れの確認まで、朝のお出かけ時の準備は大変です。今回開発したシステムでは、玄関に設置したフォトフレームや iPhone を使ってボタン一つで照明やエアコンを消して、防犯センサーのセットを行ってくれます。また、万一留守宅に異常があった場合は、防犯ブザーで威嚇し、お手持ちの携帯電話にメールで通知することもできます。～

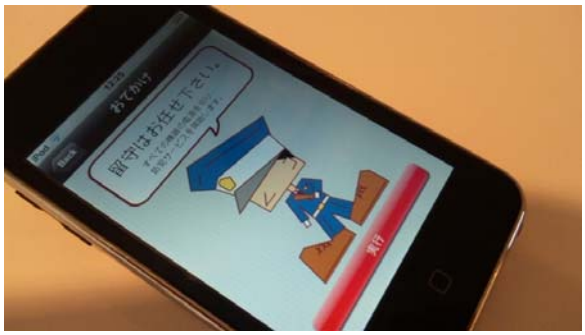


図 2-12　iPhone によるお出かけボタン

(2) 駅のホームで

～電車に乗ったとたんに玄関の施錠が気になったということはありませんか？そんな時には携帯電話を使って施錠の確認ができます。万一閉め忘れていた時は、遠隔で施錠をすることもできます。携帯電話からは開錠できないよう設計されていますので、安心してお使い頂けます。～

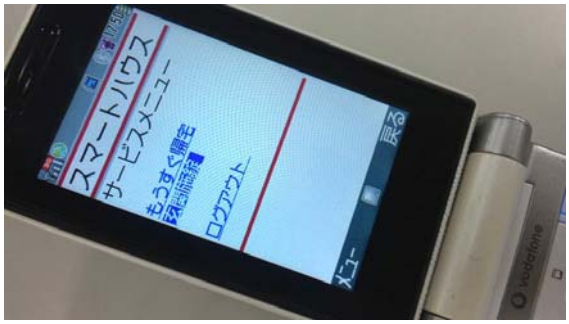


図 2-13　携帯電話による施錠確認画面

⑶ もうすぐ帰宅ボタン

～帰宅する直前に照明やエアコンの操作、お風呂のお湯はりなどができるサービスです。女性の方は特に、明かりのついていない自宅に帰ることに不安を覚える方も多いようです。帰宅する前に明かりをつけることで、安心して帰宅して頂けます。～

⑷ 壁に設置したタッチパネルによる統合リモコン

～太陽光のモニタやテレビドアホンなど、家の中には様々なスイッチやリモコン類があふれています。これを一つにまとめられたらと思ったことはありませんか？今回開発したシステムを利用すると、壁のタッチパネルなどでエアコンや給湯器、照明のスイッチを一つにまとめることがでいきます。離れた部屋のスイッチも表示することができますので、消し忘れによる電気の無駄遣いなども防ぐことができます。～

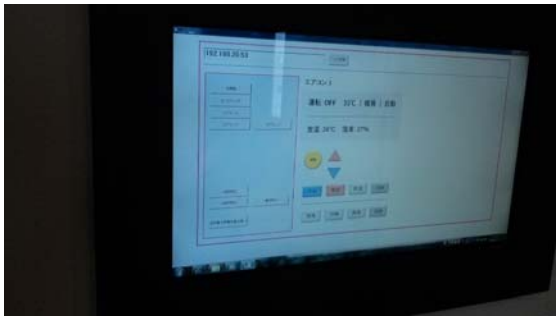


図 2-14　ﾌｫﾄﾌﾚｰﾑ(PC)による統合ﾘﾓｺﾝ画面

⑸ エネルギーの見える化

～夕食の準備の合間に、先ほどのタッチパネルで昨日からの消費電力をチェックしてみましょう。住宅全体、各部屋ごとの消費電力がグラフで確認でき、表示も一日単位、一分単位と切り替えることができます。～

図 2-15　ﾌｫﾄﾌﾚｰﾑ(PC)によるｴﾈﾏﾈ画面

⑹ iPhone アプリを使った統合リモコン

～リビングに散らかっているリモコン、一つにまとめたいと思ったことはありませんか？今回開発した統合 API と iPhone アプリを使って、統合リモコンをつくってみました。従来の赤外線リモコンでは難しかった双方向通信が可能ですので、エアコン本体が持っている温度設定情報や、お部屋の恩湿度の情報をリモコンに表示することができます。～

図 2-16　iPhone による統合ﾘﾓｺﾝ

図 2-17　エアコン操作時の画面

⑺ わが家の電力測定

～普段使っている家電機器、どのくらいの電力を使っているかご存知ですか？　先ほどの iPhone を使って測定してみましょう。画面の測定ボタンを押すと、現在の消費電力を表示します。次にドライヤーのスイッチをつけて、もう一度ボタンを押してみましょう。画面に前回の測定結果との差が表示されますので、およその消費電力を測定することができます。家庭内の無線 LAN が届く範囲ならどこにでも持ち運べますので、お子様と一緒に家電機器の消費電力を測ってみるのも楽しいですね。～

図 2-18　iPhone による瞬時電力消費計測画面

⑻ エコ情報配信

～今すぐできるエコ情報などを配信するシステムです。パソコンではなく、フォトフレームやテレビを使うことで、普段の生活の中で無理なく情報に触れて頂けるよう配慮しています。また、定期点検やお得な旅行プランのお知らせなど、様々な情報配信にも活用することができます。～

図 2-19　ﾌｫﾄﾌﾚｰﾑへの情報配信

図 2-20　テレビへの情報配信

⑼ トイレで健康チェック

～毎日使うトイレの中で健康チェックができます。基礎体温に近い尿温度の測定も可能ですので、バイオリズムのチェックにも活用できます。測定したデータは自動的にエコサーバに転送されますので、携帯電話で好きな時間に測定結果をチェックしたり、離れた両親の健康をそっと見守ることもできます。～

図 2-21　インテリジェントトイレ

2.3.4.2. サービスの評価

デモンストレーションを実施した後、実際に端末を操作してもらいアンケートに回答してもらった。詳細については 2.6.2 項に示す。

- 期間　　：　2 月 18 日～2 月 19 日
- 対象　　：　20 代～50 代男女　43 名（大和ハウス社員）

⑴ 各サービスの評価

各サービスに対しての評価結果を図 2-22 に示す。「是非欲しい」というランクでは宅内の統合リモコンが 5 割を越え、現在各社バラバラに設置されているスイッチやリモコン

類をまとめたいという意向が強いことが伺える結果となった。また、同じく「是非欲しい」が 5 割を超えた宅外からの玄関施錠確認、2～3 割り程度となった「お出かけボタン」、「簡易防犯機能（ブザーで威嚇しメール通知）」と続き、安全、安心サービスに関心が集まった。

一方消費電力の「見える化」や省エネ診断・アドバイスのサービスであるが、「是非欲しい」は 2 割程度だが、まあまあ欲しいを入れると 8 割を超えている。関心は高いものの、その効力や具体的なベネフィット（電気料金の削減）を示すことが今後の課題と思われる。

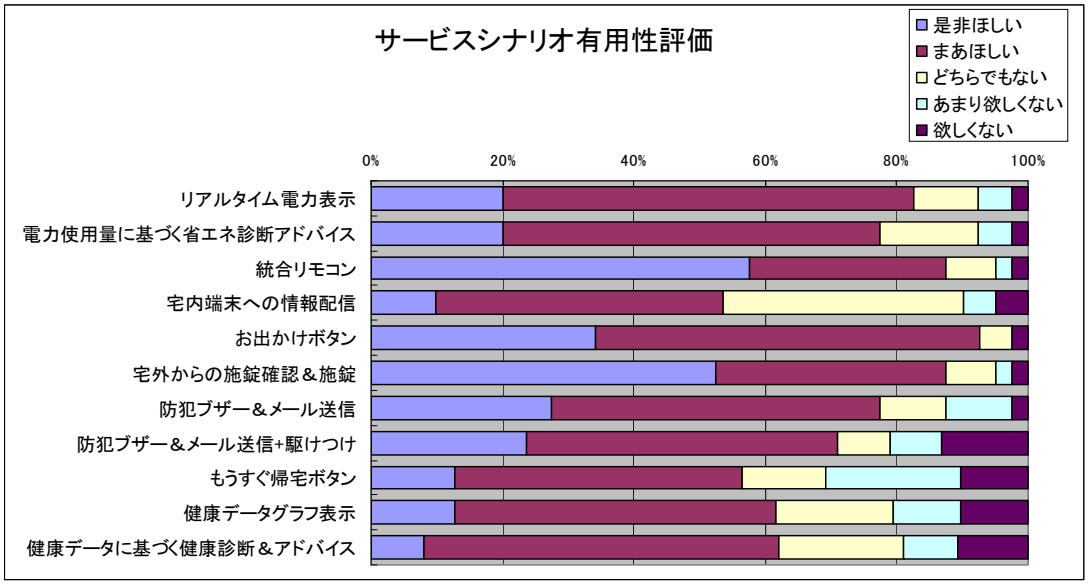


図 2-22　各サービスに対する評価

⑵ 宅外からの家電・設備機器の自動制御に対する受容性

将来のスマートグリッドの整備を想定し、電力の需給状況に応じて外部から家電や設備機器の温度を制御するサービスに対しての受容性を評価した。単純にエアコンの設定温度を変更した場合、快適性を損なわない程度に変更する場合、エコポイントなどのインセンティブを与えた場合の 3 パターンで評価を行ったが、その結果は図 2-23 に示すとおりである。「まあ必要」を入れると半数を超えるが、「大変必要」と「必要ない」という意見が 2 割程度で割れている結果となった。インセンティブを与えた場合には「まあ必要」が 7 割程度にはなるものの、「必要ない」という意見の数値にはあまり変化が見られない。外部からの家電制御に関しては、多少のベネフィットの付与よりも、目的や効果といった前提条件の説明が重要と感じられた。

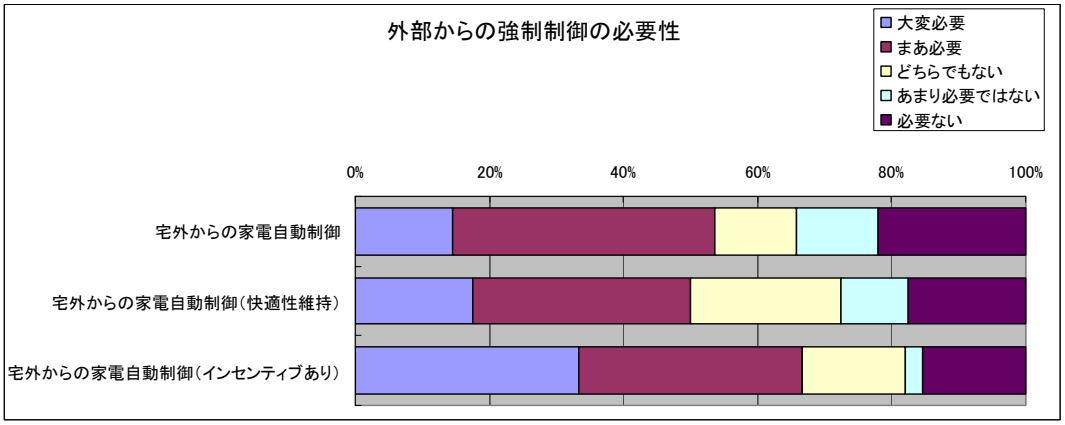


図 2-23　宅外からの制御についての評価

(3) その他

その他操作に適した端末（携帯、テレビ、フォトフレーム、タッチパネル）の評価やサービスに対して負担できる価格の調査なども行った。端末については新規性も手伝ってiPhone の評価が高かったが、全般にばらついており、サービスの内容により適材適所の端末を活用することが重要と考えられる。

またサービスに必要なソフトウェアの価格については、300 円までという意見が 7 割程度であり、一般的な携帯アプリの価格設定が一つの規準になると思われる。ただ、統合リモコンに対しては 1000 円以上でも購入したいという意見が 3 割程度あり、ここでも操作スイッチの統合に対しては関心が高いことが伺える結果となった。

同じくランニングコストに関しても、無償が半数、300 円までが 8 割強という結果であり、これも携帯アプリの価格設定が一つの目安になる結果となった。

2.3.5. 運用性の評価

スマートハウスは外部のネットワークから宅内の設備機器までを包括した新しい概念のシステムであり、導入した後も様々な障害が予測される。専門のネットワーク技術者を派遣するという方法もあるが、顧客のコスト負担を考えると現実的ではない。可能な限り遠隔でのリモートメンテナンスや現行の住宅会社の保守体制の範囲で対応できることが望ましい。今回開発したシステムはこうした点に配慮して設計されているが、実際に想定通りに運用が可能か否かについて検討を行った。

方法としては実験住宅に設置したシステムに擬似的なトラブルを発生させ、別の場所にいるオペレータによる遠隔メンテナンス、電話対応を行い、想定した業務フロー通りに実施できるかについて検証した。

結果としてはほぼ想定通りに障害の解決を行うことができたが、今後の課題と思われる点がいくつか見受けられたのでポイントを説明しておきたい。詳細については 2.6.2 節に示す。

(1) システム系統図の必要性

住宅の場合、平面図などの建築図面は揃っているものの、設備図や情報化配線のネット

ワーク系統図は添付されないのが一般的である。しかし、遠隔で障害対応を行う場合には双方が同じ図面を参照しながら対応することで圧倒的に時間や手間の削減につながる事を改めて感じた。分電盤の中に系統図を貼り付けおいたり、設置後の写真をオペレータ側で管理しておくなどの対応が必要と思われる。

⑵ 住宅への設置を考慮した機器設計

ホームサーバや接点制御装置などの通信機器は、情報分電盤という奥行きの浅いボックスに横置きで設置されることが多い。よって通常の通信機器の設計であれば電源の状態やケーブルの差込口の表示が目視で確認できないことが多く、説明や現地での確認に手間取ることが多い。住宅における設置を考慮した機器の設計が必要である。

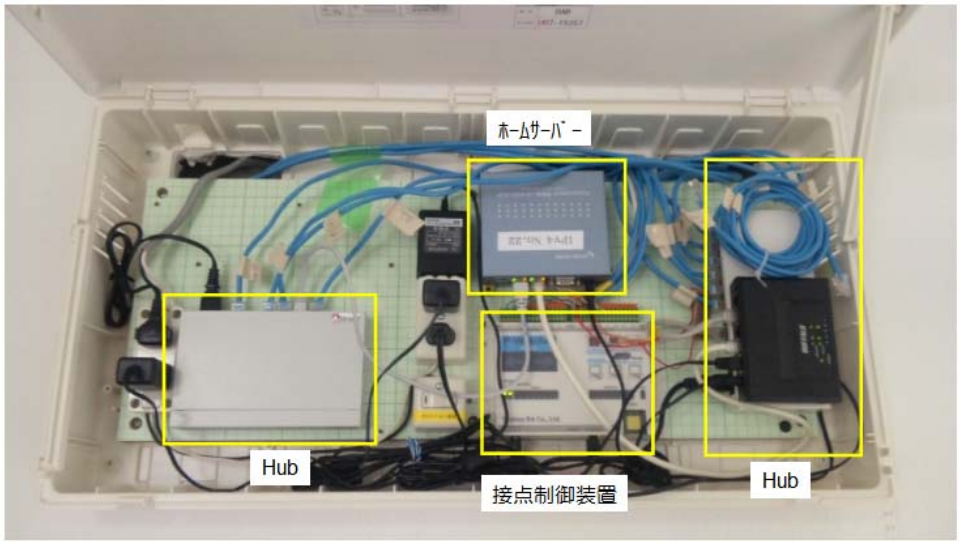


図 2-24　機器収納ボックス

⑶ 機器の再起動のタイミングの問題

ネットワーク接続された機器が中心になるため、再起動のタイミングではうまくアドレスが割り振られずシステムが復旧しないケースがあった。また、遠隔サポートする場合も再起動までの時間を把握しておかないと、適切なアドバイスが行いにくいということもわかった。

⑷ ユーザ側機器に起因する障害との切り分け

照明であれば蛍光ランプが切れたことによる操作不良であっても、遠隔から確認することは困難である。交換用のランプを常備して頂くなどの対策もあるが、根本的にはシステムの概念をユーザにも理解してもらえるよう啓蒙していくこと、システム自体をもっとシンプルにしていくこと等が求められる。

2.4. 実証結果の考察（テーマ 2，テーマ 3）

2.4.1. マルチベンダによる家電・設備機器統合ｺﾝﾄﾛｰﾙｼｽﾃﾑの開発(ﾃｰﾏ 3)

本テーマではエコサーバ、ホームサーバを含めたネットワーク環境の構築と、ホームサーバ上に搭載したECHONETOSGi 通信ミドルウェアなど、オープンで汎用性の高い「共通プラットフォーム」とするための課題解決を目的においた。そのためネットワーク構築、OSGi ソフトウェア開発、制御する家電・設備機器をあえて異なる企業により開発を行ったが、実験住宅にて実証試験を行った際には様々な課題が明らかになってきた。機器の設計に固有したものは可能な限り解決を図ったが、根本的な課題と思われる点について以下に述べたい。

2.4.1.1. ECHONET 関連

(1) ECHONET 仕様のオブジェクト指向化

本開発では、ECHONET 通信部分を OSGi 上のバンドルとして実装した。OSGi は Java のプラットフォームである為、オブジェクト指向の概念はもちろんサービス指向（SOA）の概念を用いて、プログラムの構成を決定する。一方、ECHONET は元々C 言語での仕様があり、そこから Java 版のインタフェースを作り出したという経緯があると思われるが、単一プロセスのみでの動作を前提とした仕様であるように思われる。従って、ECHONET 規格書に記述されている Java 版のインタフェースを利用したとしても単一プロセスという概念を含んでいる為、オブジェクト指向的、サービス指向的な実装にすることが非常に困難であった。

本開発では、極力 ECHONET の Java 版の仕様を盛り込んだ形で実装を行い、実装不可能な部分のみを ECHONET 仕様を外した形で実装する方針としたが、やはりオブジェクト指向やサービス指向の利点を損なう形になったと思われる。昨今、ソフトウェアの作り方も、オブジェクト指向やサービス指向といった考え方にシフトしてきているので、ECHONET の仕様もそれに合わせた形に変更すべきであると思われる。

(2) 通信仕様における実装範囲の明確化

本開発では、ECHONET の物理層では Ethernet のみを仕様としたが、ECHONET 通信部には物理層毎によって必要／不必要な機能があり、それらは非常に複雑になっている。今回のように物理層が固定される場合には、不必要な部分が多く含まれており、その部分を実装すべきであるか／すべきでないのかについては ECHONET 仕様書上からは判断出来なかった。

また、データ部についても通信仕様より 6 個の通信仕様があるが、今回仕様した、ECHONET モジュールは、その内の 1 個のみの実装となっていた

ECHONET 仕様書は、必須である部分と参考とする部分が非常に分かり辛いため、機能一覧があり、その各項目について実装済み／未実装などが一目瞭然になるような記載が

あれば良いと感じた。

(3) ECHONET アドレスの重複

今回開発したシステムでは、家庭内に設置された家電・設備機器のプロパティ情報はホームサーバ側で保有している。ECHONET 機器との紐付けは ECHONET アドレスで行っているが、機器の電源を入れ直すたびにアドレスが変更され、ホームサーバ側から特定できないという状況が発生した。

ECHONET アドレスは、NetID(サブネットを特定するアドレス、1Byte)と NodeID(サブネット内で ECHONET ノードを一意に識別する識別子、1Byte)の 2Byte で構成される。本開発では、NetID は 0x00(NetID 指定無し)であるが、NodeID は各機器にて NIC の MAC アドレスの下位 1Byte を第一候補としてアドレス解決を行う（他機器と重なった場合はランダムな他の値でアドレス解決を行う)。

このため以下のように MAC アドレスの下位 1Byte が重複する機器が複数存在すると、電源を入れた順番にによりアドレス解決が行われ、同じ機器でも毎回同じ ECHONET アドレスとなるとは限らない。

・エアコン R1　：00:0E:7B:52:69:10
・エアコン R2　：00:0E:7B:53:69:10
・エアコン R3　：00:0E:7B:51:69:10
・来客センサ　：00:0E:7B:AA:63:10

今回は、エアコン 3 台の MAC アドレス下位 1 バイトが重複した為、再起動毎に ECHONETID が変更した。その結果、再起動ごとに場所情報や、iPhone アプリ、統合リモコンの設定を手動で変更する必要性があった。実用化に向けては、ホームサーバ側に ECHONET の MAC アドレスを管理するサーバ機能を持たせることが必要である。

(4) 機器間の通信に要する時間

今回はエアコン 3 台、照明 3 台と消費電力センサ、給湯器、ドアホンの合計 8 台の ECHONET 機器を設置した。各機器を統合的に操作するソフトウェアを試作したところ、照明器具 1 台であればほぼ瞬時に操作ができたが、給湯器の場合には 5～6 秒の時間がかかった。これは各機器との接続にかかる時間のほかに、機器のステイタス情報を収集する時間がかかるためであり、ON/OFF 情報だけの照明器具と比べ、17 項目の情報を収集する給湯器ではおのずと時間も変わってくる。9600bps と比較的低速な通信を行う ECHONET の特性とも考えられるが、機器 1 台ごとの制御であれば実用上の問題はないと思われる。

ただ、「お出かけボタン」にて 3 台の照明やエアコンを消す操作の場合は、5～10 秒程度の時間を要した。これは、接続された ECHONET 機器に 1 台ずつ順番に通信をかけていることによるもので、接続された機器の数によって制御に要する時間が変わってしまう。実用上の問題もさることながら、タイムアウトの時間設定（命令を出してから応答が返

ってくるまでの時間）が各家庭ごとに異なることになり、エラー処理のプログラムが煩雑になってしまう。

ECHONET では「複合電文形式」という、複数の機器に同時に命令を出す仕様もサポートしており、今後に向けては複合電文形式に対応した機器開発が必要と思われる。

(5) 開発環境の整備

今回のソフトウェア開発にあたっては、ECHONET 規格書と ECHONET 対応エアコン 1 台を使いながら動作検証を行った。理屈上はうまく通信できるはずであるが、実験住宅における最終試験を行ったところ予測できなかった様々な問題が発生し、修正に時間を要した。また、同じ会社の製品であっても、機器ごとの実装で多少の癖があるようにも感じられた。

現状であれば各家電会社ごとのホームサーバと家電機器がセットで提供されるためこうした問題は発生しないと思われるが、住宅全体で最適制御を行うためには、異なる企業間での相互接続性が必須である。また、家電会社以外の第三者がソフトウェアを開発することも想定される。ECHONET の普及に向けては、オープンに活用できる開発環境の整備が必要と思われる。

2.4.1.2. OSGi 関連

(1) OSGi のバージョンによる互換性について

今回の OSGi は R3（リリース 3）を使ったが、最新は R4 であり近く R5 もリリースされようとしている。R3 までは、住宅用ホームゲートウェイ、自動車、携帯電話など、業界内での共通フレームとして仕様が策定されていたが、リリース 4 からは各技術ワーキンググループ毎での仕様策定に移行している。ホームサーバは住宅設備として長期間にわたる利用が想定されるため、住宅向けのバージョンを定め、不用意に変更しないことが必要である。またバージョン更新の際には、遠隔でのソフト更新など、可能な限り顧客負担を下げる工夫が必要である。

(2) OSGi フレームワーク開発ベンダによる互換性

また、今回は NTT で開発された OSAP を使用したが、他にも以下のようなフレームワークが存在する。

- equinox　(IBM)
- mBS Equinox Edition　(Prosyst 社)
- Knopflerfish　(Make wave 社)

基本的には OSGi のバージョンが同じであれば動作するが、商品として提供するには事前の検証は不可欠である。ホームサーバを提供する企業と OSGi ソフトウェアを提供する企業の間での開発ルールの設定や、それに基づく検証、責任区分の明確化などが必要である。

(3) 同一ホームサーバ上での複数サービスの実行について

現在の OSGi の規格では優先制御の概念がないので、センター側にデータを転送している間はその他のサービスの実行ができない。現在対策も検討されているようであるが、場合によっては緊急度合いによってホームサーバを複数設置する必要性も考えられる。それだけに少なくとも機器間、企業間での差異は解消していく必要性がある。

(4) アプリケーション配信環境について

遠隔からアプリケーションを配信するためには、ホームサーバ上にセンターサーバとの通信を行うアプリケーションが必要である。OSGi では現状この仕様が標準化されておらず、各社の実装に委ねられている。例えば、今回使用した NTT の OSAP、Prosyst 社の mPRM という配信環境には直接的な互換性がないので、ホームサーバ上にはそれぞれのサーバに接続する通信ソフトウェアが必要である。また、単体では動作する OSGi アプリケーションであるが、管理サーバから配信される場合はセキュリティーのかけ方により、配信されても起動できない場合もある。今回はそうした依存性を極力小さくするよう開発を行ったが、配信環境の標準化は必要と思われる。

2.4.2. マッシュアップを促進するホームサーバ向け統合 API の開発(ﾃｰﾏ 2)

2.4.2.1. 統合 API 関連

大和ハウスが 2 月に実施した公開実験の際、最も関心が高かったのが統合 API(リリースにおいては住宅 API と呼称)のコンセプトであった。特に iPhone アプリを使った統合リモコンは関心が高かった。

統合 API は、住宅を「サービスを受けるための共通プラットフォーム」とするために、Web サービスの世界で主流になっているマッシュアップや、スマートフォン市場で主流になっているアプリケーション配信のスキームを住宅にも適用しようという提案であり、今回の開発で最も重点に置いた部分である。iPhone アプリはその典型例として開発したものだが、一定の評価が得られたことで開発の主旨は果たせたものと思われる。

今後のテーマは統合 API の概念を普及させ、対応した家電・設備機器や実効性のある省エネルギーサービスを増やしていくことと考えているが、その上で課題となる点について最後に述べたい。

(1) つながることを前提に家電・設備機器の再設計を行う

今回の開発を通じて、部分最適なシステムをネットワークしても全体最適にはならないということを痛感した。現状の家電機器の概念では、一つの機器の中で全てを完結させるという思想で設計されているが、つながることを前提とした場合その発想が逆にボトルネ

ックになる場合がある。住宅全体を一つのシステムと捉え、要求される機能を洗い出し、どの機器にどの機能を実装すべきかという再設計を行うべきと思われる。

⑵ まずつなぐことからはじめる

住宅内の家電・設備機器を API で公開することを考えたのは、これまで何度となくスマートハウスにおける「キラーアプリ」の議論が繰り返されてきたからである。スマートハウスは非常に幅広い概念であり、期待されるサービスも多様である。これを一つの会社やシステムでカバーするのは困難と思われる。これまでのように「何のために」つなぐのを考え必要十分なシステムを構築するのではなく、「まず」つなぐことにより新たな発想を呼び込むという姿勢が重要ではないかと考えられる。

⑶ ユーザの理解が必要

統合 API は、サービスを含めてオープンな形で創り出そうという提案である。そのため現在の住宅における責任区分とは異なる発想が必要であるが、供給者側だけの理屈でユーザに押付けることはできない。スマートハウスという新しい概念の住宅として、その設計思想をユーザにも理解してもらって初めて普及していくものと思われる。

2.5. 開発したシステムの詳細

今回開発したシステムについて、図 2-25 に示す 5-1～5-5 までの各項目について説明したい。

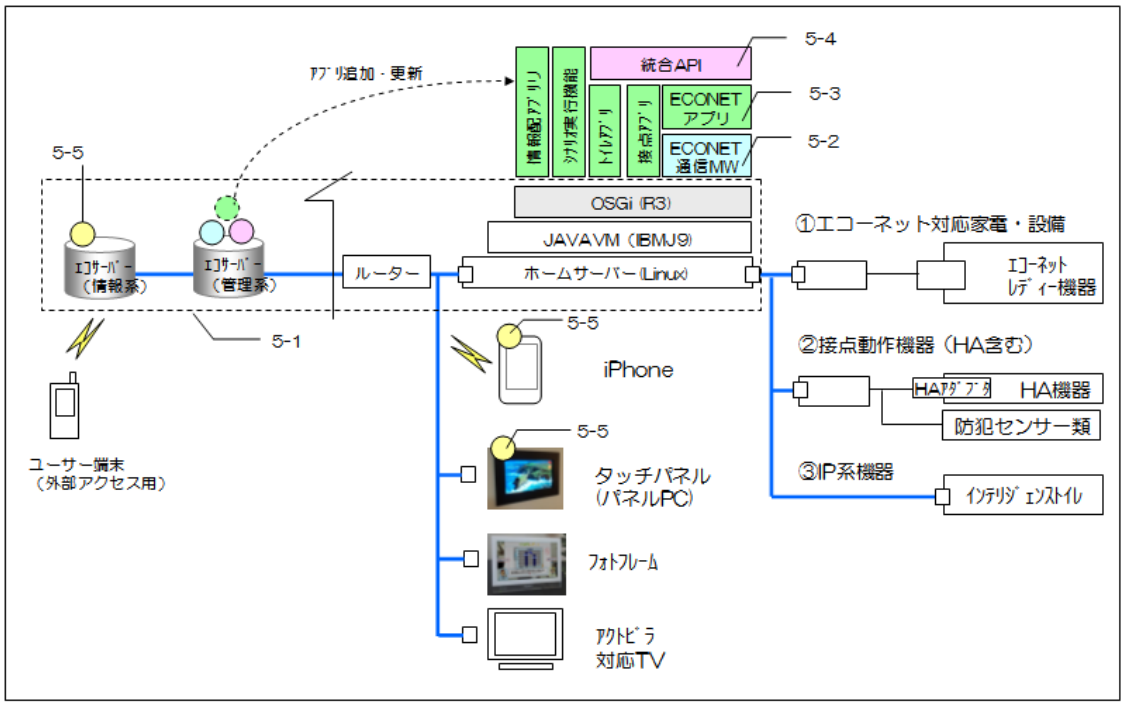


図 2-25　システム概要

2.5.1. エコサーバとホームサーバ構築（テーマ 3）

2.5.1.1. エコサーバ

今回構築したエコサーバ及びホームサーバは、NTT コミュニケーションズより技術提供を受けた OSAP を使用した。エコサーバであるが、ホームサーバの管理を目的とした「管理系」と、情報収集・蓄積を目的とした「情報系」の二つのサーバで構成される。

(1) 管理系サーバ（OSAP サーバ）

宅内に設置したホームサーバの属性データを保有し、インターネットを経由で双方向のデータ送受信を可能とするサーバである。外部サーバから直接ホームサーバへのアクセスができないため、セキュリティーを担保する役目も果たす。また、ホームサーバ上に OSGi で実装された通信ソフトウェアを経由して、アプリケーションの追加、更新、ライフサイクル管理などを行う。

(2) 情報系サーバ（xSP サーバ）

ホームサーバの顧客情報や転送されたエネルギー情報等を蓄積するサーバである。ホームサーバとの通信は OSAP ライブラリを使い、管理系エコサーバを経由して行うことができる。

xSP サーバ側のソフトウェアは、外部とのインタフェースとなる HTTP サーバ、SGW と通信するための OSAP ライブラリにて構成される。

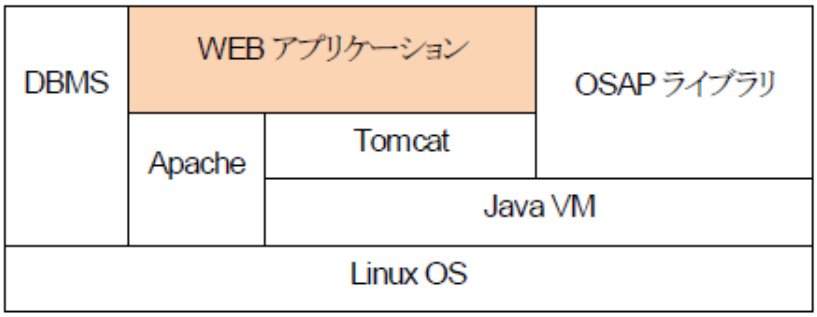


図 2-26　情報系エコサーバの構成

2.5.1.2. ホームサーバ

今回使用したホームサーバは、OS に Linux を搭載した小型の通信装置である。顧客が準備するインターネット回線に接続され、配下に接続された機器のコントロールを行う。JavaVM には IBMJ9 を採用し、その上に Java のフレームワークである OSGi（R3）が搭載されている。OSGi には基本サービスの他に、センターサーバと接続する通信ソフトウェア(SgwAgent)が搭載される。これは、管理系のエコサーバとセットで提供されるもので、エコサーバとホームサーバとの通信経路の確保やホームサーバに搭載するソフトウェアの管理などを行う。

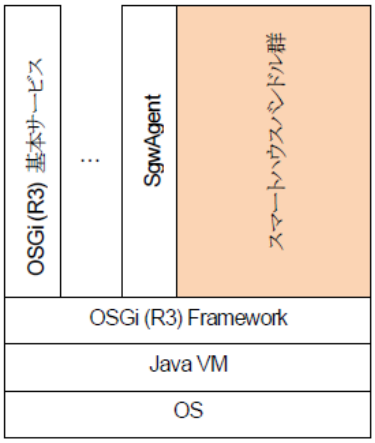


図 2-27　ホームサーバソフトウェアの構成

・製品名　　：MA-420/XP128（センチュリー・システムズ株式会社製）
・CPU　　：Alchemy Au1500 Processor（400MHz）
・メモリ　　：ROM　16MByte
・RAM　　：128MByte

・通信ｲﾝﾀﾌｪｰｽ　　：10BASE-T/100BASE-TX×2、RS232C、USB1.1 ホスト×2
・OS　　：Linux 2.4.26

図 2-28　ホームサーバ外観

2.5.1.3. ホームサーバとエコサーバ間の通信

ホームサーバと 2 台のエコサーバ間の通信について図 2-29 に示す。ホームサーバは顧客ルーターの配下に接続され、電源投入後自動的に管理系エコサーバのドメイン名で接続要求を行い、接続後はコネクションを維持する。情報系エコサーバも同様に、管理系エコサーバのドメイン名で接続要求を行った後コネクションを維持する。通信には SSL を用い、セキュリティーに配慮している。

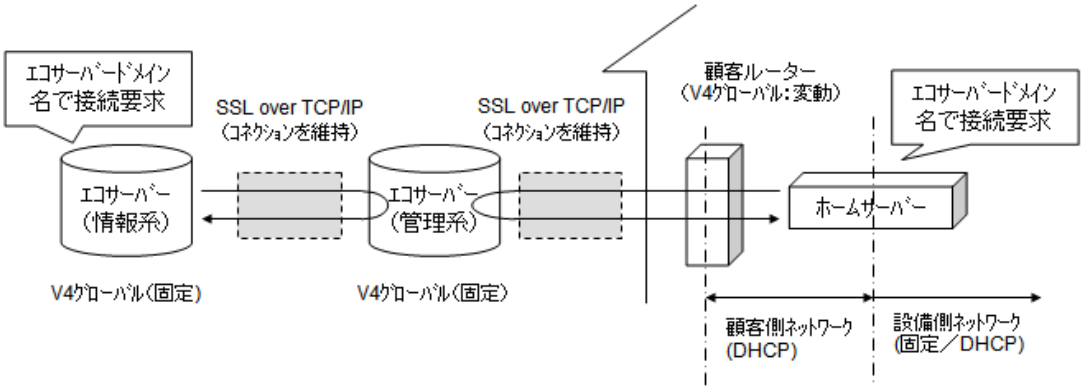


図 2-29　ｴｺｻｰﾊﾞとﾎｰﾑｻｰﾊﾞ間の通信

2.5.1.4. ホームサーバ搭載ソフトウェアの概要

今回ホームサーバに搭載したソフトウェアの概要について、図 2-30 に示す。左側宅外側、右を設備・家電機器側とし、開発した各ソフトウェアの役割について記載している。機能を大別すると、外部通信機能、統合機能、デバイス制御機能、デバイス通信機能の 4 つに分けられる。

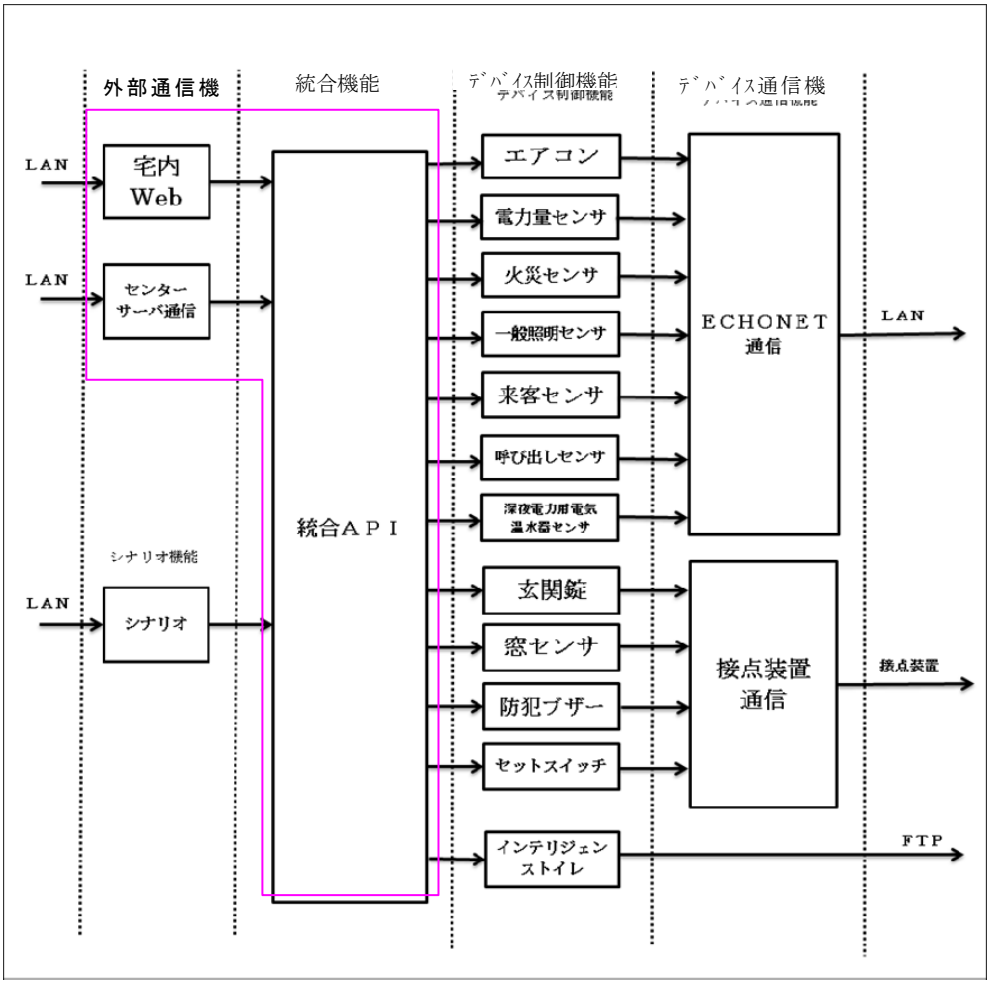


図 2-30　ホームサーバソフトウェア構成

(1) デバイス通信機能

ECHONET 機器や接点制御装置など、実際に機器を制御するための基本ソフトウェアに当たる部分である。今回、ECHONET 規格に準拠した通信ミドルウェアと、接点制御通信ソフトウェアの開発を行った。

(2) デバイス制御機能

デバイス通信機能を活用して、実際に機器を制御するソフトウェアである。エアコンや給湯器といった機器毎に制御するソフトウェアの開発を行った。

(3) 統合機能

デバイス制御機能で実装した個々の制御ソフトウェアを、統合的に扱うことができるようにするものであり、Web 画面の表示機能も持つ。

(4) 外部通信機能

Web からのアクセスを受け付ける窓口であり、今回 REST（URL を投げると XML デー

タが返却される）で実装を行った。また、宅内からのアクセスを設ける「宅内 Web」と、各機器を複合的に動作させるシナリオ実行機能の二つに分かれる。

シナリオ実行機能は、ボタン一つでエアコンや照明を消すなど、事前に作成したシナリオに沿って機器を複合的に操作する場合に用いる。また、外部からの http アクセスの窓口にもなっており、玄関鍵の開錠をさせないといったセキュリティー対策にも用いる。

2.5.2. ECHONETOSGi 通信ミドルウェア（テーマ 3）

先に説明した、デバイス制御機能の一部にあたる、ECHONET 機器を制御するための通信ソフトウェアである。開発したシステム範囲と参照した ECHONET 規格について図 2-31 に示す。なお、ECHONET 規格の最新規格は、ECHONET コンソーシアム会員のみの公開となっており、開発の内容については、参照した規格の記載のみに留めたい。

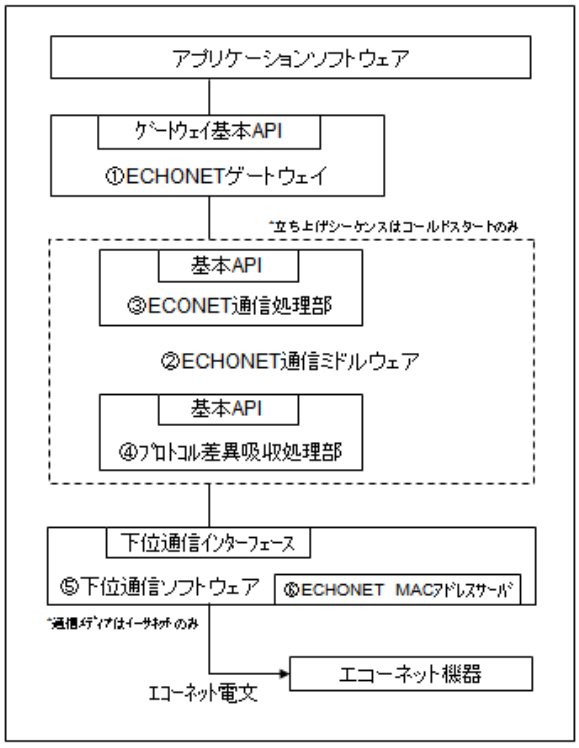


図 2-31　参照した ECHONET 規格

①ECHONET ゲートウェイ

- ゲートウェイ基本部（9 部 4 章）
- ゲートウェイ基本ｵﾌﾞｼﾞｪｸﾄ定義（9 部 6 章）
- ゲートウェイ基本 API(9 部 7 章)

②ECHONET 通信ミドルウェア

- ECHONET ｵﾌﾞｼﾞｪｸﾄ（2 部 3 章）
- 電文構成（2 部 4 章）*ｾｷｭﾘﾃｨｰ通信は実装せず

・基本シーケンス（2 部 5 章）

③ ECHONET 通信処理部

・基本 API（4 部 3 章）

・基本 API 処理（2 部 6 章）

・ｵﾌﾞｼﾞｪｸﾄ処理（2 部 6 章）

・立ち上げ処理（2 部 6 章）

・送信電文作成（2 部 6 章）

・受信電文判定処理（2 部 6 章）

④ﾌﾟﾛﾄｺﾙ差異吸収処理部

・共通下位通信ｲﾝﾀｰﾌｪｰｽ（5 部 3 章）

・共通下位通信ｲﾝﾀｰﾌｪｰｽ処理（2 部 7 章）

・アドレス変換処理（2 部 7 章）

・通信種別変換処理（2 部 7 章）

・電文分割・送信処理（2 部 7 章）

・電文受信・組立処理（2 部 7 章）

⑤下位通信ソフトウェア

・個別下位通信ｲﾝﾀｰﾌｪｰｽ（6 部 3 章）

・ ECHONET　MAC ｱﾄﾞﾚｽ取得立上ｼｰｹﾝｽ（3 部 7 章）

・基本通信シーケンス（3 部 7 章）

・基本シーケンス（3 部 8 章）

⑥ ECHONET　MAC ｱﾄﾞﾚｽｻｰﾊﾞ

・基本処理（3 部 7 章）

・MAC ｱﾄﾞﾚｽｻｰﾊﾞ動作時の処理（3 部 7 章）

2.5.3. 機器制御ソフトウェア（テーマ 2）

先に説明したデバイス制御機能にあたり、今回は ECHONET 対応機器と、接点制御対応機器について開発を行った。

a.ECHONET 機器関連

エアコン、電力量センサ、火災センサ、一般照明用センサ、来客センサ、
呼び出しセンサ、深夜電力用電気温水器

b.接点制御機器関連

窓センサ、防犯ブザー、セットスイッチ、
玄関電気錠

c.IP 対応機器関連

インテリジェンストイレ

2.5.4. 統合 API（テーマ 2）

統合 API とは、先に説明した機器制御ソフトウェアを統合し、機器やメーカ、通信プロトコルの違いを吸収し、宅内、宅外の Web 端末より統合的に情報収集や機器制御ができるよう開発したソフトウェアである。

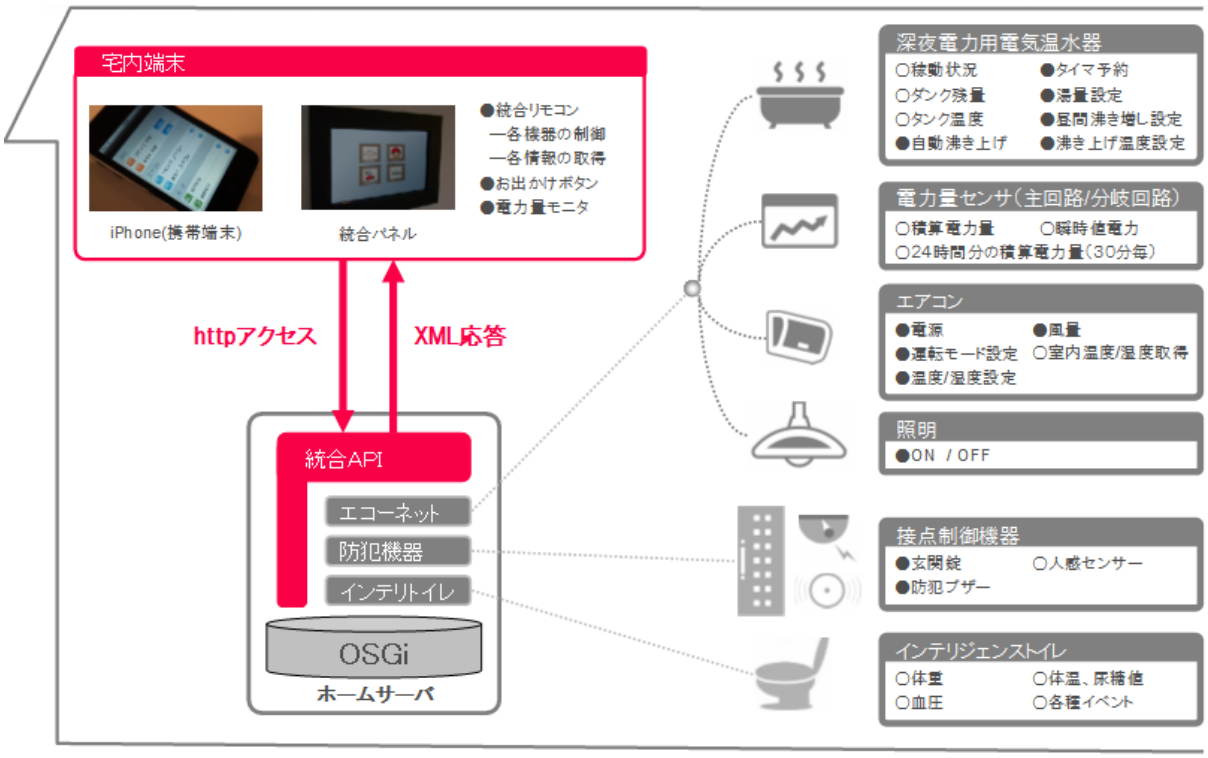


図 2-32　統合 API の機能

統合 API の使い方であるが、ブラウザを搭載した端末等から、以下のような http アクセスを行うと、その結果が XML にて返却される。返却されたデータを解析し、端末側で作成したコンテンツ内に組み込むことで、端末の特性に合わせた様々なコンテンツを開発することができる。

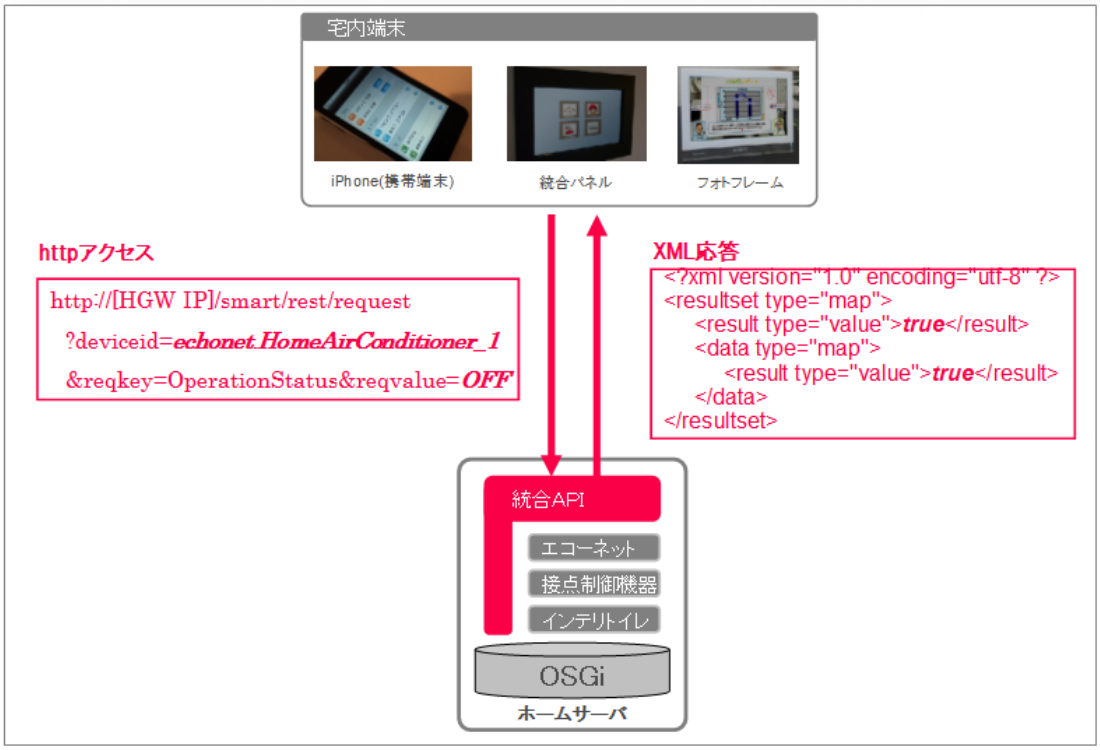


図 2-33　統合 API の利用例

2.5.5. 各種サービスソフトウェア開発(テーマ 2)

2.5.5.1. サービスの区分

ホームサーバに搭載した統合 API や、エコサーバに搭載した Web アプリケーションを使って開発した各種サービスソフトウェアについて説明する。活用する端末や、アクセスする状況（宅内、宅外)、セキュリティーの担保などの面から、以下の 4 つに区分した。

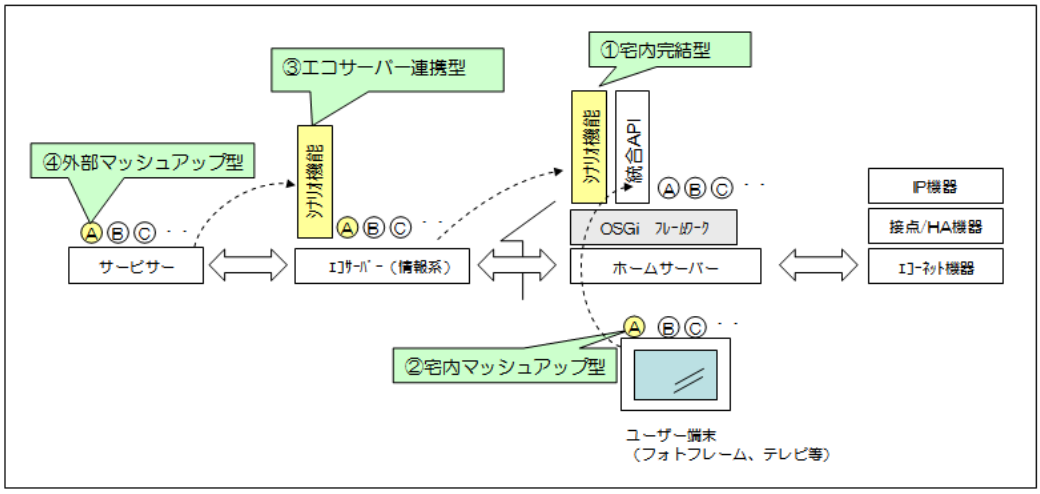


図 2-34　サービスの区分

(1) 宅内完結型

ホームサーバにソフトウェアを搭載し、配下に接続された設備・家電機器との間で完結するサービスである。例えばあらかじめ設定した制御パターンで複数のエアコンを最適制御したり、防犯センサーの異常を検知しブザーで威嚇するといったサービスなどが挙げられる。日常生活で基本となるサービスを提供するものであり、安全性や確実性が求められるため、インターネット接続が切れた場合でもサービスが完結することを前提条件とした。

(2) 宅内マッシュアップ型

ユーザが準備する Web 端末に搭載したアプリケーションとホームサーバから統合 API を利用して収集した機器情報を融合(マッシュアップ)することで提供するサービスである。例えば iPhone アプリで開発した電力測定ソフトや、フォトフレームに組み込んだ HTML アプリケーション（HTA）などを使った統合リモコンなどがあげられる。開発はホームサーバ提供者と提携した外部サービサーが行うことを想定しており、統合 API はその責任区分の API としても機能する。

なお個人情報の保護や安全性の確保の観点から、インターネットを介さずホームネットワーク内の端末のみで完結させることから宅内マッシュアップ型としている。

⑶ エコサーバ連携型

消費エネルギー情報を地域レベルで「見える化」を行ったり、携帯電話から宅内の家電・設備機器をコントロールしたりと、ユーザが準備する端末を用いて宅内ネットワークだけでは完結しないサービスを提供するものである。インターネット経由でユーザ端末からサービスを利用することを想定しており、エコサーバに置いたポータルサイト（宅内アクセス用ホームページ）とホームサーバ上に置いた「シナリオ実行機能」で実現される。直接統合 API を制御するのではなく「シナリオ実行機能」を介在させること、エコサーバとの通信を SSL で暗号化することにより、個人情報の保護と不正アクセスによる犯罪防止などに配慮している。

⑷ 外部マッシュアップ型

外部サービサーからエコサーバを経由してホームサーバ配下の機器をコントロールするサービスである。例えば電力の需給状況によってエアコンの温度を強制的に制御したり、外部サービサーの省エネサイトと家庭内の電力センサーのデータを融合(マッシュアップ)したサービスなどを想定している。エコサーバ連携型サービスとの違いは、外部サービサーからのアクセスを前提としたアクセスの窓口（REST で実装）を設けている点である。

2.5.5.2. 開発したサービスの事例

(1) 宅内完結型

各機器を制御するソフトウェアも宅内完結型サービスの一つではあるが、ここでは複数の機器を特定の順序や条件によって複合的に操作するものと位置づけた。これは先に 5.1.4.外部通信機能で説明したシナリオ実行機能の一部であり、「お出かけボタン」にて、エアコンや照明を消して、防犯モードを ON にするといった一連のシナリオに基づいたサービスソフトウェアを開発した。宅内完結型のソフトウェアはホームサーバ上の OSGi バンドルとして配信されるもので、ホームサーバやエコサーバを管理する会社との契約により開発され、動作検証が必要と考えている。

(2) 宅内マッシュアップ型

a) iPhone アプリケーション

統合 API を活用し、Apple とのアプリケーション開発契約に基づいて開発したソフトウェアである。

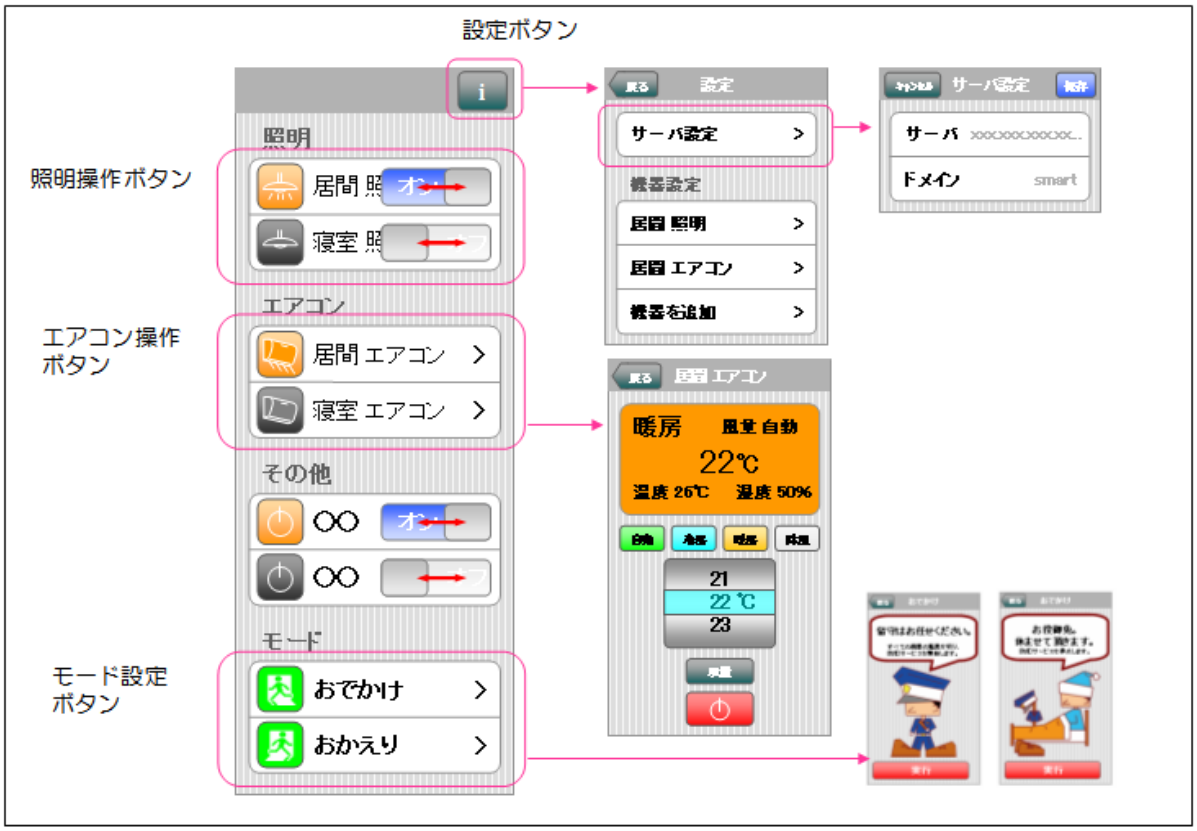


図 2-35　iPhone による統合リモコン操作画面概要

b)　HTA アプリケーション

統合 API 機能を使い、HTML アプリケーション (HTA)で開発したソフトウェアである。HTA とは、HTML 技術でアプリケーションを開発する技術である。

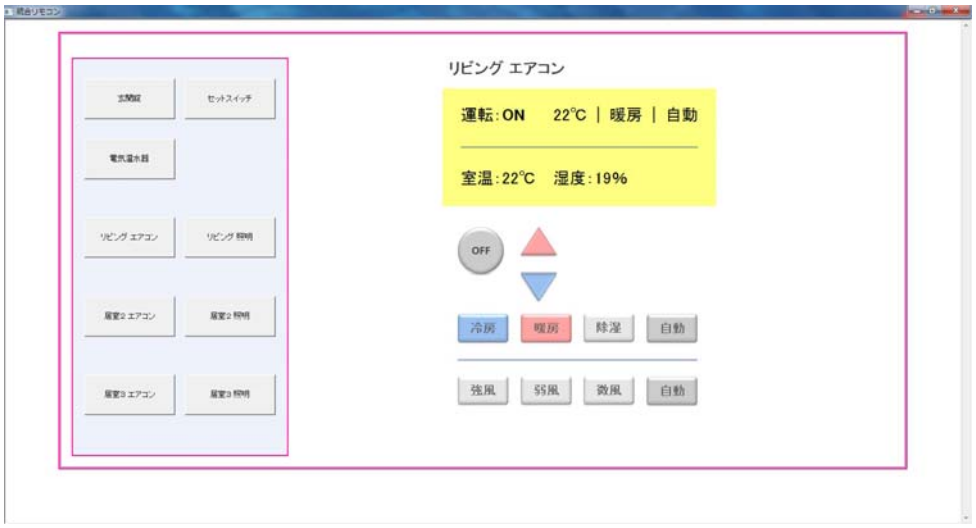


図 2-36　HTA アプリによる統合リモコンサービス

(3) エコサーバ連携型

ユーザが利用する機器からの Web アクセスを受け付けホームサーバ配下の家電・設備機器を制御したり、ホームサーバ側からのアクセスをエコサーバが受けて所定の処理を行うアプリケーションである。今回は携帯電話経由で宅内の設備機器の情報収集や制御を行うアプリケーションや、宅内の異常信号を受けてエコサーバ経由でメールを送付するアプリケーションの開発を行った。

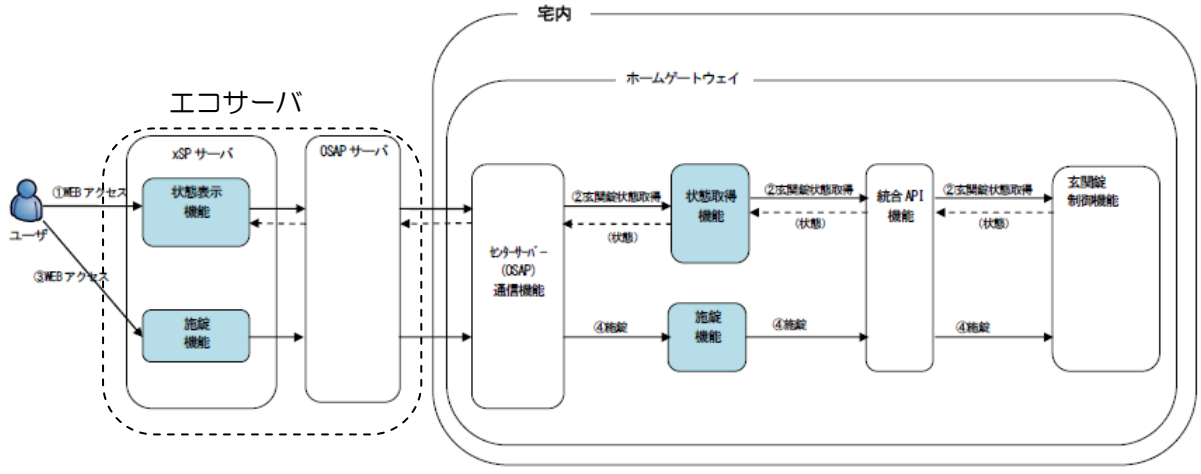


図 2-37　携帯電話からの玄関錠制御サービスの概要

(4) 宅外マッシュアップ型

外部サービサーからの Web アクセスを受け付け、ホームサーバ配下の家電・設備機器を制御するアプリケーションであるが、宅内マッシュアップ型と同じく REST 通信で開発しており、HTTP アクセスにより XML データが返却されるので、外部サーバの情報とマッシュアップさせたサービスが可能である。今回は電力需給情報を判断し電力会社からの制御にて家庭内のエアコン温度を制御するアプリケーションを試作した。

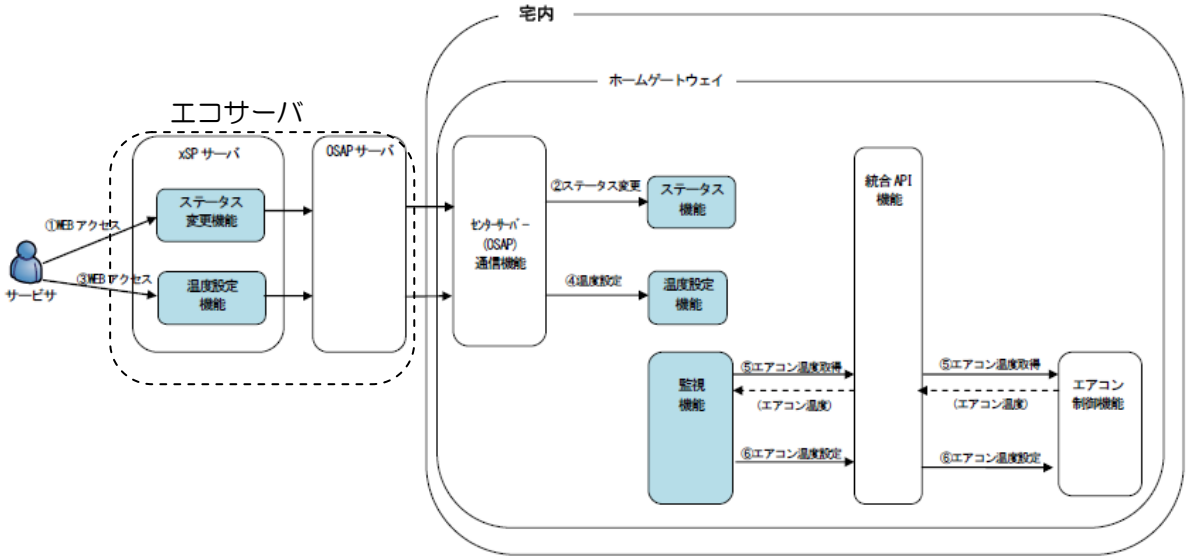


図 2-38　外部からのエアコン制御サービスの概要

2.6. 調査資料

2.6.1. ホームネットワーク関連サービス市場調査

新規サービサーの参入を促進するには、開発した共通プラットフォームが魅力的なプラットフォームである必要がある。要求仕様の作成にあたり、ユーザ視点、サービサー視点でホームネットワークに関連するサービス事業の可能性について調査を行った。

2.6.1.1. 調査方法

官公庁調査、シンクタンク調査データおよび住宅関連企業オープンデータの収集、分析を行い、事業キーワードを抽出。これらのキーワードに基づき、BtoC、BtoB の 2 つの分野にて事業アイデアの仮説を立て事業性について検討を行った。

2.6.1.2. 抽出した事業キーワード

生活者の興味・関心を、生活者の基本欲求である「安全・安心、健康、快適、便利」という 4 つのテーマと近年関心の高い「福祉、環境（エコ）、コミュニケーション/通信」という 3 つの分野の、計 7 つのカテゴリーで事業キーワードを抽出した。

2.6.1.3. 事業アイデアの分析（BtoC）

(1) 仮説立案

まず、以下の仮説アイデアを立て、評価を行った。

①留守番見張りナビ（安全・安心）
②地震見張りナビ（安全・安心）
③健康見張りナビ（健康）
④健康見守りナビ（福祉）
⑤エコ見張りナビ（環境）
⑥快適見張りナビ（快適）
⑦メンテ見張りナビ（快適）
⑧遠隔対応統合リモコン（便利）

(2) 事業性評価

上記の結果を総合し、事業の可能性についての評価した。まず、安全・安心がキーワードの①、②のサービスであるが、既存事業があるものの、住宅の標準機能としすることで一定のボリュームが見込め、ガスコンロの遮断など他の設備機器との接続により新たな防災機能を可能するなど、事業ポテンシャルがあるという判断であった。

次に健康・福祉がキーワードの③、④であるが、医療機関との連携には時間を要するが、

健康情報サービスとの連動で、医療・食事のアドバイスや遠隔地家族への情報送信などのサービス提供はすぐにでも可能で、事業ポテンシャルは見込めるという判断であった。

環境･快適の⑤～⑦のサービスだが、エコなど消費者の関心が高い分野であるが、新たなサービス事業が生まれるというよりも、今後の住宅の標準機能として搭載が望まれる機能として発展する可能性が高いという判断であった。ただし、光熱費削減や資産価値の維持など、住宅販売の付加価値となることが前提となる。

最後に便利がキーワードの⑧のサービスだが、携帯電話が操作端末として選ばれる可能性が高く、その操作性や利便性を高めるアプリケーションの開発に事業の可能性があるという判断であった。

2.6.1.4. 事業アイデアの分析（BtoB)

(1) 仮説立案

まず、以下の仮説アイデアを立て、評価を行った。

①家電トレーサビリティーシステム（安全・安心）
～IC チップ搭載家電と連動した情報発信システム

②電気・ガス・水道遠隔検針システム（環境）
～BtoB サービスの「エコ見張りナビ」と連動したデータ販売ビジネス

③家電満足度調査の実施、情報の販売（快適）
～家電トレーサビリティーと連動しての調査ビジネス

④ネットチラシシステム（安全・安心）
～スーパーの特化情報など地元密着型の情報配信

⑤テレビ視聴率ビジネス
～現行視聴率ビジネスを超える量と信頼性で、第二のスタンダードを創造する

(2) 事業性評価

まず、①のトレーサビリティーだが、住設機器、特に給湯器はニーズも高く事業化の可能性は高いものの、メーカ側の対応に委ねられる点や情報収集にかかるコストとユーザ側の手間を削減を両立する方法が課題であるという判断であった。

次に②の遠隔検診だが､最新のマンションはオートロックで入れないので検針ができず、ニーズはあるものの、もともとの検針費用単価が極端に安いということなどからビジネス化のハードルが非常に高いという判断だった。

③の家電満足度調査であるが、家電トレーサビリティーができているという前提においては、モニター勧誘が進めば容易に実現可能であるので、トレーサビリティーの派生ビジネスとして可能性が高いという評価であった。

④のネットチラシシステムだが、技術的には可能ながらユーザインタフェース（表示方法）やモニターの設置場所により消費者の評価が大きく変わると考えられる、事業的には可能性が低いという評価であった。

⑤の視聴率調査であるが、住宅に実装された場合は企業側としては装置の設置無しに圧

倒的な量の情報を収集でき、住宅メーカもランニングの収入を得ることができるので、事業性は高いという判断であった。

2.6.2. サービスの有用性調査について

2.6.2.1. 調査概要

ホームサーバ、エコサーバを活用して開発したサービス（省エネ、防犯、健康等）の有用性について利用者視点で評価を行い、今後の実用化に向けた課題の抽出整理を行った。具体的には今回開発したサービスシナリオを実際に利用してもらいアンケートによる評価を行った。

- 期間　2010 年 2 月 18 日～2 月 19 日
- 対象　20 代～50 代男女　43 名（比率を図 2-39、図 2-40 に示す）
- 評価方法　それぞれのサービスシナリオに対して以下の評価項目を設定
    1) 各サービスの有用性
    2) 宅外からの機器制御の受容性
       サービスに適した端末について
    3) サービスの妥当な価格について
       ※ アンケート様式については、資料 2.6.1 に示す。

評価対象者の年齢比、男女比について図 2-39、図 2-40 に示す

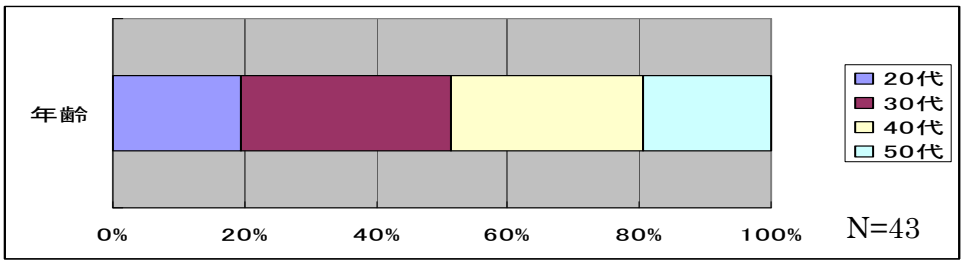


図 2-39　対象　年齢比

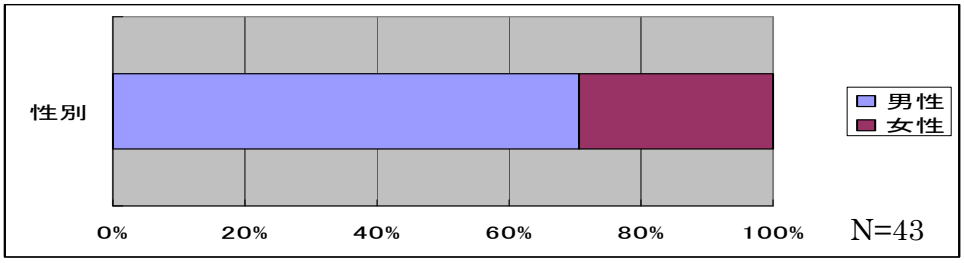


図 2-40　対象　男女比

2.6.2.2. サービスシナリオ一覧

アンケートにて評価してもらったサービスの一覧を示す。ただし 6,7,11,14 に関しては口頭での説明のみとした。

表 2-1　評価したサービスの一覧

1	リアルタイム電力使用量表示	現在の電力使用量をリアルタイムで表示する
2	電力使用量に基づく省エネ診断&アドバイス	電力使用量に基づいて省エネアドバイスをする
3	宅内統合リモコン	宅内でエアコンと照明、給湯器を一括制御する
4	宅内端末への情報配信	宅内の情報端末に向けて xSP から情報を配信する
5	宅外からの家電自動制御	宅外からエアコンの温度を強制的に制御する
6	宅外からの家電自動制御（快適性維持）	快適性を損なわない程度に宅外からエアコンの温度を強制的に制御する
7	宅外からの家電自動制御（インセンティブあり）	宅外からエアコンの温度を強制的に制御するかわりにエコポイントなどのインセンティブを与える
8	お出かけボタン	外出時にボタン一つで照明、エアコンの電源を切り、防犯をセットする
9	宅外から玄関施錠確認&施錠	宅外から玄関錠の確認および施錠をする
10	防犯ブザー&メール	防犯セット後人感センサが反応するとブザーがなり登録アドレスにメールが送信される
11	防犯ブザー&メール＋駆けつけ	上記サービスに駆けつけサービスを加えたもの
12	もうすぐ帰宅ボタン	外出先から照明、エアコン、給湯器を操作する
13	健康データグラフ表示	インテリジェンストイレで測定したデータをグラフ表示する
14	健康データに基づく健康診断&アドバイス	測定した健康データに基づいて健康アドバイスをする

2.6.2.3. 有用性評価

(1) 各サービスの評価結果

それぞれのサービスシナリオについて 5 段階評価を行った。まず全体での集計結果を図 2-41 に示す。「統合リモコン」「宅外からの玄関施錠確認&施錠」に対する評価が高かった。どちらも住宅の設備を制御する点で類似している。一方で情報配信や健康アドバイスなどの評価は高くなかった。これはサービス内容についてホームネットワークの優位性が発揮されていない為と考えられる。情報配信や健康アドバイス等のサービスはインターネットを通じて広く提供されており、単に情報が得られたり、自動で作成されるアドバイスを受ける程度では魅力を感じないというのが現実なのではないかと感じる。

逆に「統合リモコン」などのように住宅というリアルな世界を巻き込んだサービスは、インターネットにはない魅力をもっていると考えられる。今後はインターネットでも提供可能なバーチャル世界に閉じたサービスではなくリアルな空間や設備と融合したサービスを開発していくことが重要と思われる。

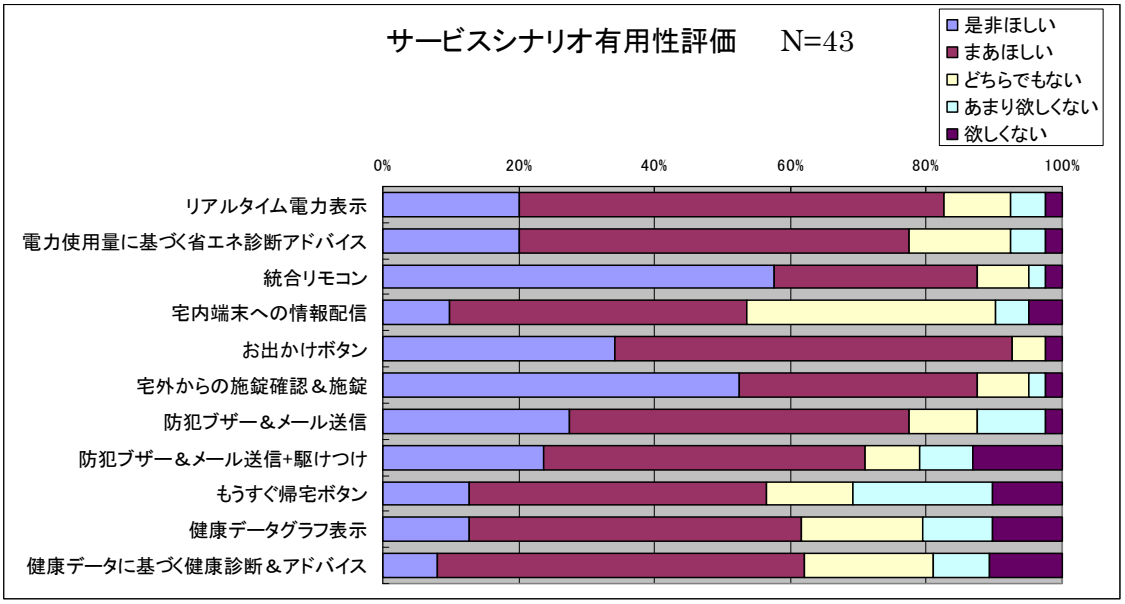
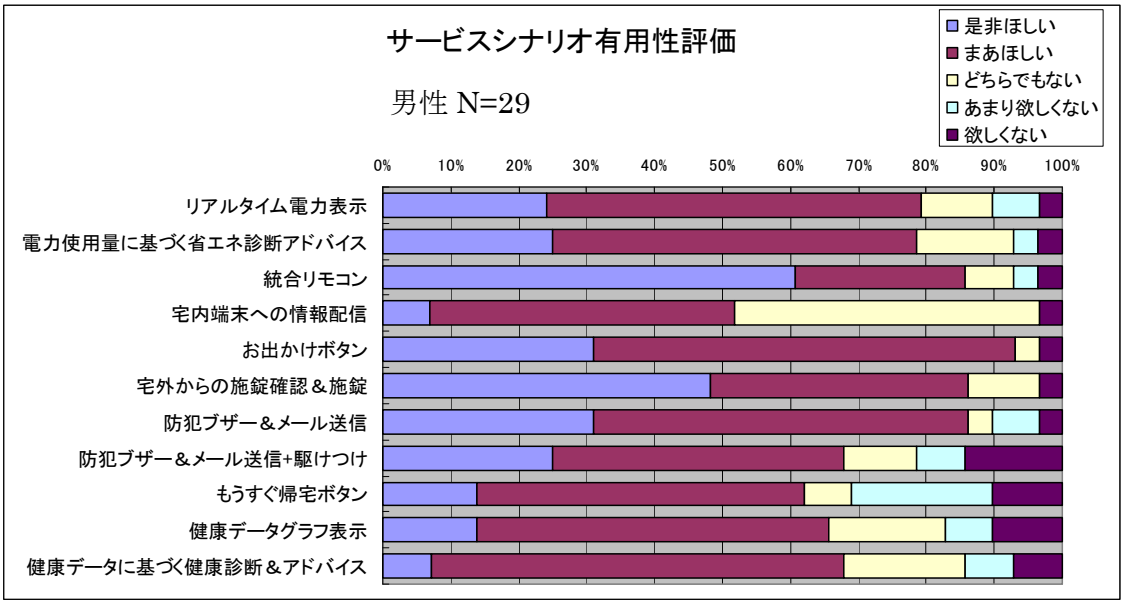


図 2-41　各サービスの評価(全体)

次に性別により集計した結果を図 2-42 に示す。男女共に「統合リモコン」「宅外からの玄関施錠確認&施錠」「お出かけボタン」の評価が高いが、女性は特に「宅外からの玄関施錠確認&施錠」の評価が高かった。女性で意識が高いと考えられる防犯に関しては逆に男性の方が評価が高かった。



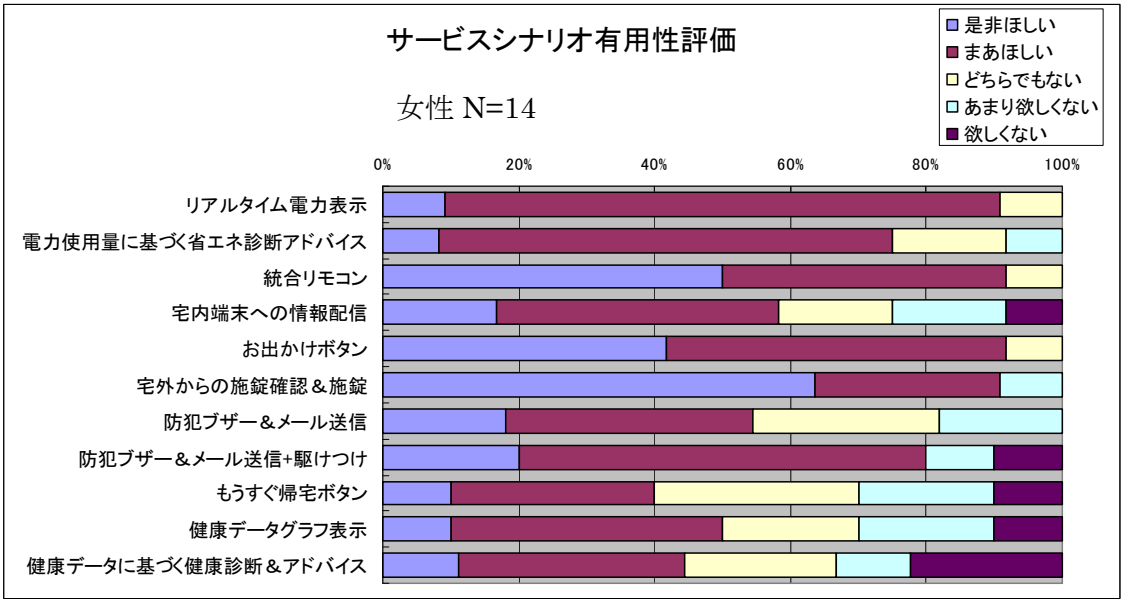
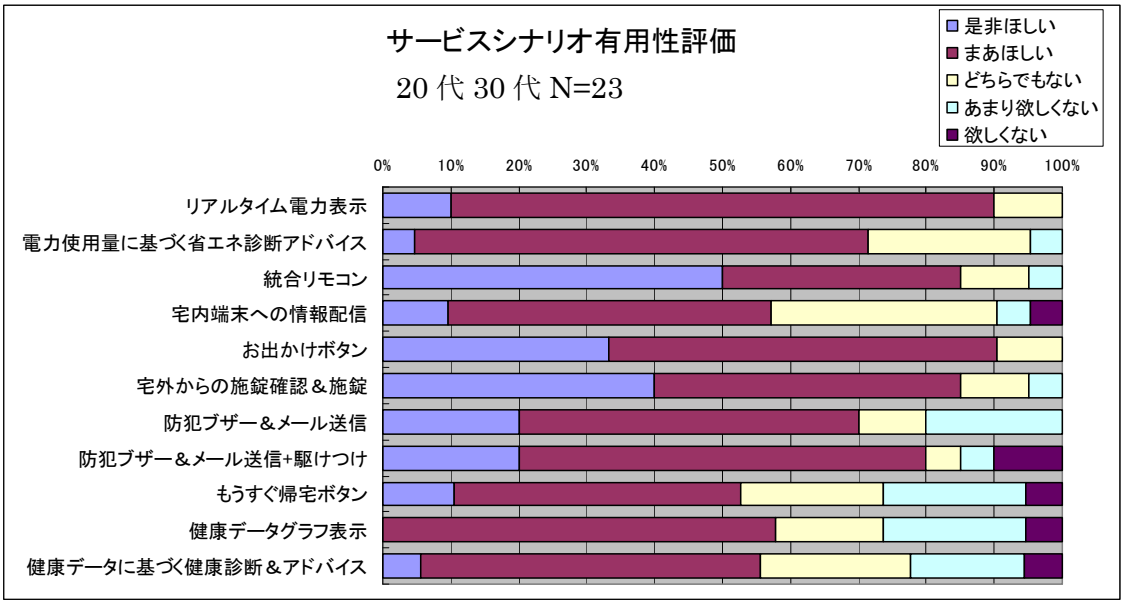


図 2-42　各サービスの評価(性別）

最後に年代別での集計結果を図 2-43 に示す。「リアルタイム電力表示」や「電力使用量に基づくアドバイス」といった環境に関するサービスが 20 代 30 代に比べて 40 代 50 代で評価が高かった。また「健康データグラフ表示」においては 20 代 30 代では是非欲しいは 0 であるのに対して 40 代 50 代では 20%を超えている。



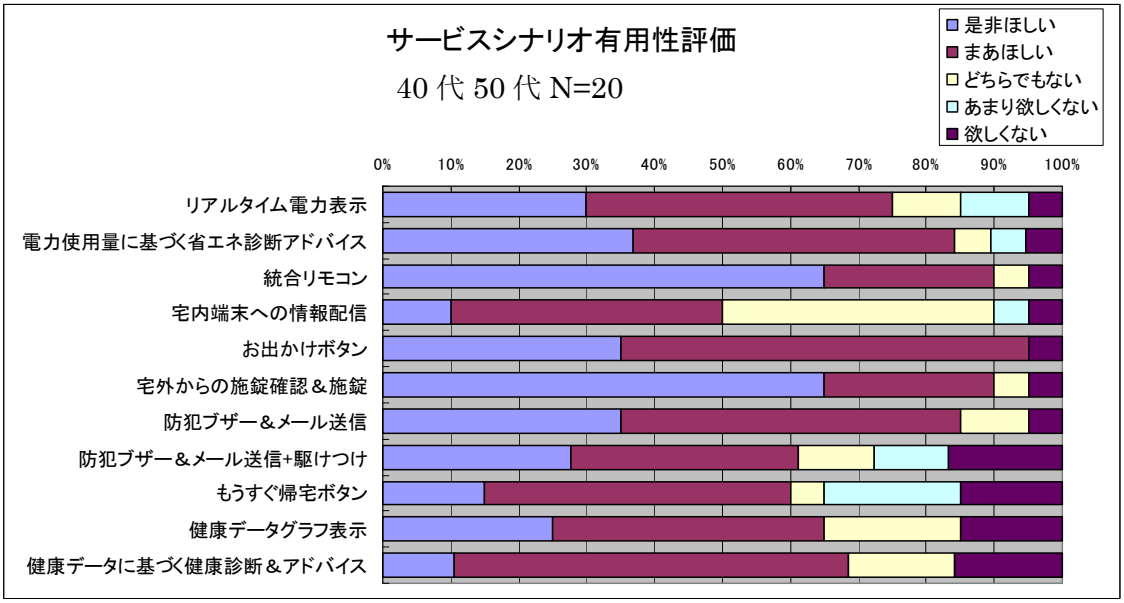


図 2-43　各サービスの評価(世代別）

⑵ 宅外からの家電自動制御についての受容性

次に宅外からの家電自動制御に関して 5 段階評価を行った。結果を図 2-44 に示す。宅外からの自動制御はいずれの場合でも半数以上が必要性を感じているという結果となった。しかし、強制的な制御と快適性を維持した上での制御における差はあまり見られなかった。インセンティブを与える代わりに強制制御をする場合は「大変必要」の割合が増加しているが、全体的な傾向としては大差はないと考えられる。

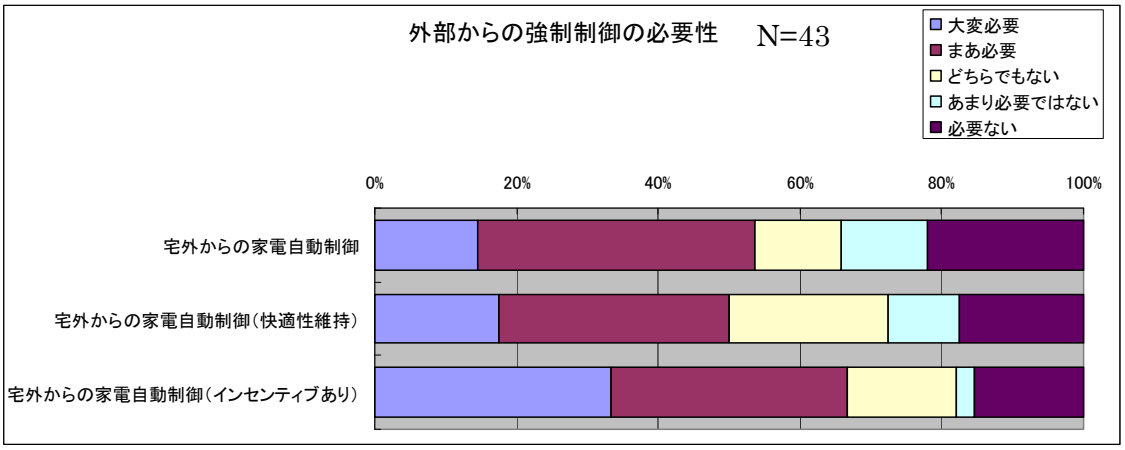


図 2-44　外部からの制御の必要性について

また、どの程度インセンティブが必要かも評価した。金額は 1000 円程度以上、500 円程度、300 円程度、100 円程度、無料、の 5 段階としたが、金額には明確な傾向は見られなかった。

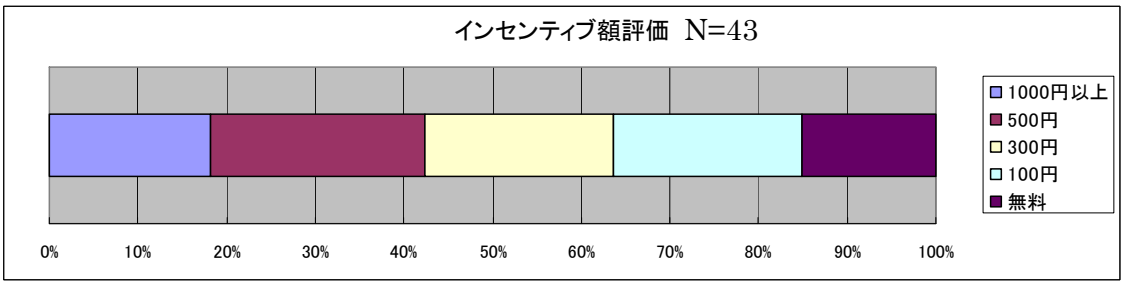


図 2-45　インセンティブの評価

総括すると、宅外からの強制制御に関してはどれも半数以上が必要と考えているという結果となった。快適性を維持するといった点があまり影響を与えなかった点を考慮すると、外部からのコントロールを行う場合は環境貢献といった主旨を理解してもらう点が重要であると感じた。

(3) 操作端末の評価

それぞれのサービスシナリオに適した端末の評価をした結果を図 2-46 に示す。操作端末はタッチパネル、テレビ、携帯(iPhone)、フォトフレーム、その他の 5 種類とした

結果としては、どの端末も平均的に評価されているが、全体で見ると携帯（iPhone）での操作を高く評価する割合が多い。特に「お出かけボタン」では圧倒的に携帯での操作が適しているという意見が多い。テレビに関してはサービスごとの差が大きく「統合リモコン」や「お出かけボタン」などの操作を行うサービスでは評価は低く、逆に「電力使用量に基づく省エネ診断アドバイス」や「情報配信」では評価が高くなっている。

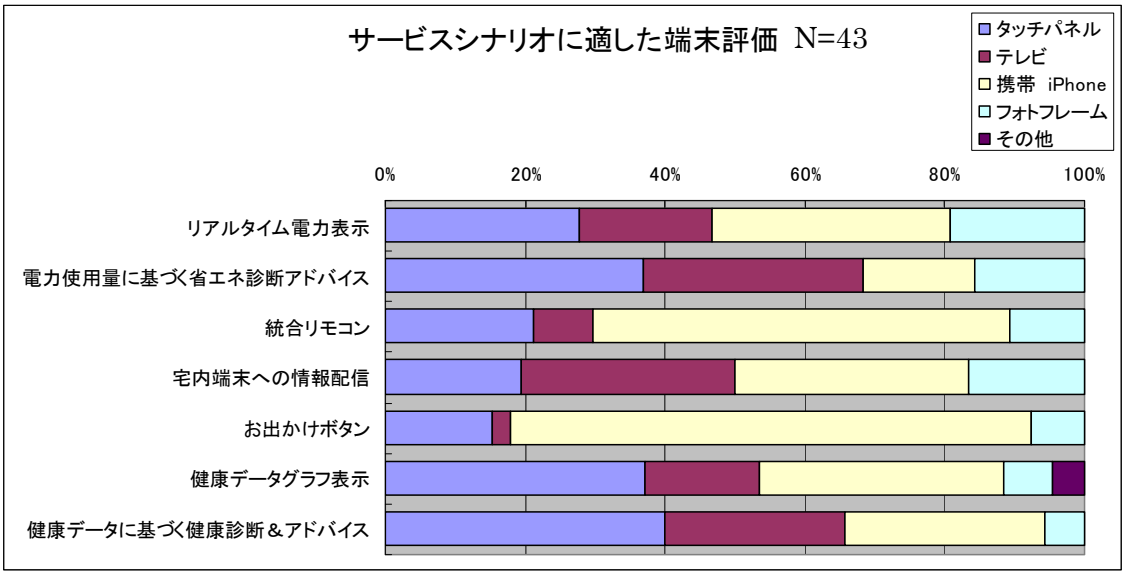


図 2-46　インセンティブの評価

サービスに適した操作端末で一番評価が高かったのが携帯電話（iPhone）であった。一人一台携帯を持つことが当たり前の時代となり、パーソナルな情報端末としての地位を獲得してきたことによるもので、今後もこの方向は加速されるものと思われる。また iPhone に代表されるような、タッチ操作への評価も高く、こちらも今後のユーザインターフェイスとして重要であると感じた。

一方で液晶テレビの端末としての評価は高くはなかったが、要因はリモコンの操作感の問題と考えられる。リモコンの反応時間、文字入力の煩わしさは操作端末としては課題があると感じられた。一方で表示装置としては評価は低くなく、リビングのベストポジションを占めるという立場をうまく活用すればもっと新しい価値を提供できると思われる。

(4) 価格評価

宅内完結型のサービスについては月額利用料金がかからないという想定のもと、購入価格について 5 段階で評価した。価格は 1000 円以上、500 円、300 円、100 円、無料と設定した。結果としては、無料の割合が最も高く、300 円までが半数以上となった。一方で「宅内統合

リモコン」については 1000 円以上という評価が 3 割を超え、関心の高さが伺えた。

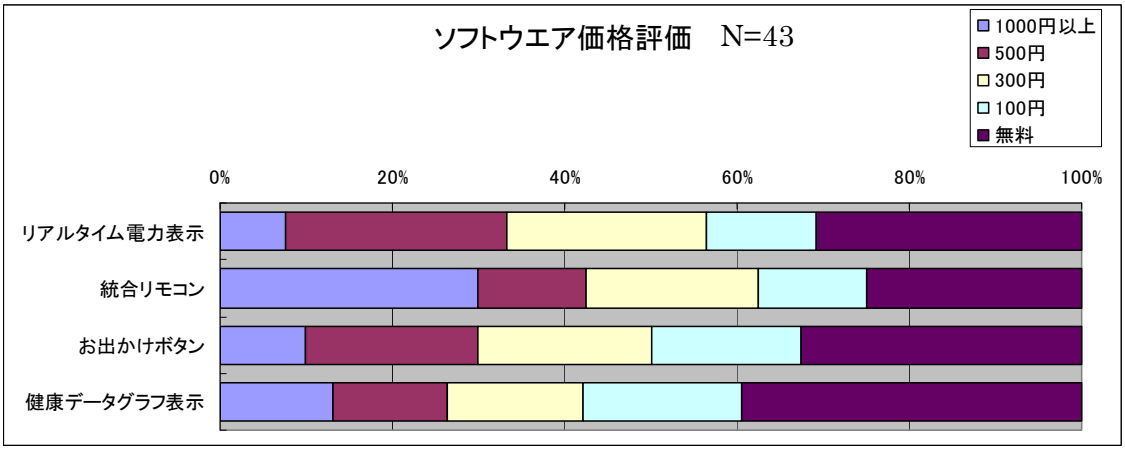


図 2-47　ソフトウェア価格の評価

次にランニングコストがかかると想定されるサービスにて、月額で負担できる利用料金について評価した。結果としては無償が半数を超えており、300 円以下までで 8 割を超える結果となった。

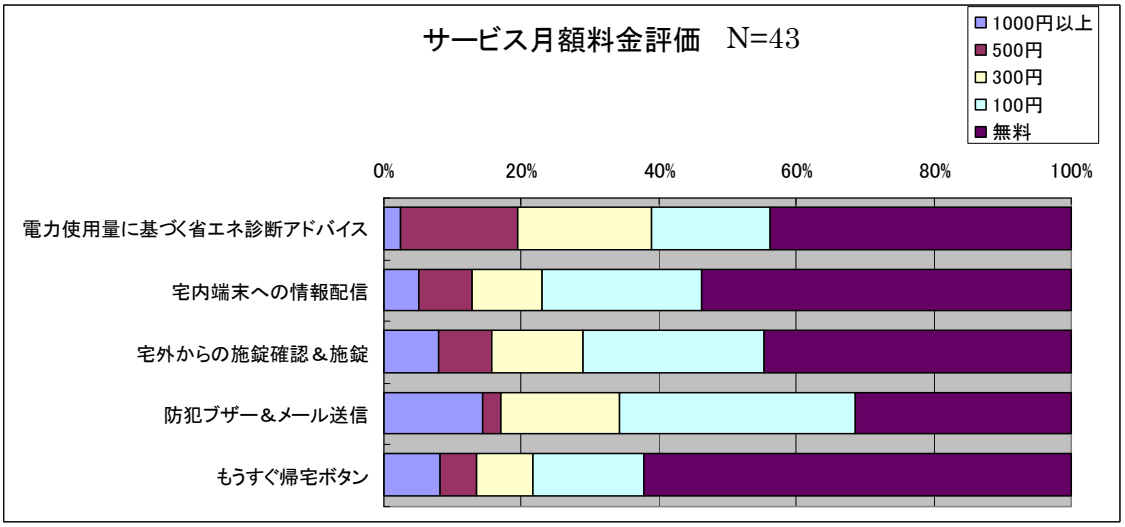


図 2-48　サービス月額料金の評価

総括すると、サービスの価格に関しては購入費用、月額料金ともに無料が圧倒的に多かった。これはインターネットや携帯電話におけるサービスにおいて無償モデルが定着していることによるものと思われる。よってインターネットや携帯電話のスキームにならい、いかに広告収入につなげるかがポイントになると考えられる。そのためには住宅における共通プラットフォームの普及が必要と思われる。

資料 2.6.1　アンケート調査表

スマートハウス実証実験アンケート

①年齢性別
1　20代　　2　30代　　3　40代　　4　50代　　5　60代以上
1　男性　　2　女性

②サービス評価
※サービス（またはソフトウエア）の価格評価はサービス（またはソフトウエア）のみでシステムやエアコン等設備は含まないと想定
※イニシャルコストはシステム自体の価格でこちらもエアコン等機器やサービス（またはソフトウエア）は含まないと想定

リアルタイム電力使用量表示
あなたはこの機能が欲しいと思いますか？
1　是非欲しい　　2　まあまあ欲しい　　3　どちらともいえない　　4　あまり欲しくない　　5　欲しくない

あなたはこの機能の価格はいくらが妥当と考えますか？（ソフトウエア購入 or ダウンロード）
1　1000円以上　　2　500円　　3　300円　　4　100円　　5　無料

このサービスで適していると思われる表示＆操作端末はどれですか？
1　タッチパネルティスプレイ（壁埋め込み）　2　テレビ　3　携帯　iPhone　4　フォトフレーム　5　その他（　　）

その他この機能に関するご意見がありましたらご記入ください

電力使用量に基づく省エネ診断＆アドバイス
あなたはこの機能が欲しいと思いますか？
1　是非欲しい　　2　まあまあ欲しい　　3　どちらともいえない　　4　あまり欲しくない　　5　欲しくない

あなたはこの機能の価格はいくらが妥当と考えますか？（サービス月額）
1　1000円以上　　2　500円　　3　300円　　4　100円　　5　無料

このサービスで適していると思われる表示＆操作端末はどれですか？
1　タッチパネルティスプレイ（壁埋め込み）　2　テレビ　3　携帯　iPhone　4　フォトフレーム　5　その他（　　）

その他この機能に関するご意見がありましたらご記入ください

統合リモコン
あなたはこの機能が欲しいと思いますか？
1　是非欲しい　　2　まあまあ欲しい　　3　どちらともいえない　　4　あまり欲しくない　　5　欲しくない

あなたはこの機能の価格はいくらが妥当と考えますか？（ソフトウエア購入 or ダウンロード）
1　1000円以上　　2　500円　　3　300円　　4　100円　　5　無料

このサービスで適していると思われる表示＆操作端末はどれですか？
1　タッチパネルティスプレイ（壁埋め込み）　2　テレビ　3　携帯　iPhone　4　フォトフレーム　5　その他（　　）

その他この機能に関するご意見（こんな情報が欲しい等）がありましたらご記入ください

宅内端末への情報配信
あなたはこの機能が欲しいと思いますか？
1 是非欲しい　2 まあまあ欲しい　3 どちらともいえない　4 あまり欲しくない　5 欲しくない

あなたはこの機能の価格はいくらが妥当と考えますか？（月額サービス料）
1 1000円以上　2 500円　3 300円　4 100円　5 無料

このサービスで適していると思われる表示＆操作端末はどれですか？
1 タッチパネルティスプレイ（壁埋め込み） 2 テレビ 3 携帯 iPhone 4 フォトフレーム 5 その他（　　）

その他この機能に関するご意見（こんな情報が欲しい等）がありましたらご記入ください

宅外からの家電自動制御
※電力需要のピークが来たら強制的に自治体等が家電機器の使用電力をカットする
あなたはこの機能が必要だと思いますか？
1 大変必要　2 まあまあ必要　3 どちらともいえない　4 あまり必要ない　5 必要ない

宅外からの家電自動制御（快適性を損なわない）
※電力需要のピークが来たら快適性を損なわない程度で自治体等が家電機器の使用電力をカットする
あなたはこの機能が必要だと思いますか？
1 大変必要　2 まあまあ必要　3 どちらともいえない　4 あまり必要ない　5 必要ない

宅外からの家電自動制御（インセンティブあり）
※電力需要のピークが来たら家電機器の使用電力をカットする代わりに自治体等からポイントなどのインセンティブを得られる
あなたはこの機能が欲しいと思いますか？
1 是非欲しい　2 まあまあ欲しい　3 どちらともいえない　4 あまり欲しくない　5 欲しくない

あなたはこの機能のインセンティブはいくらが妥当だと考えますか？（ポイント月額）
1 1000円相当以上　2 500円相当　3 300円相当　4 100円相当　5 いらない

お出かけボタン
あなたはこの機能が欲しいと思いますか？
1 是非欲しい　2 まあまあ欲しい　3 どちらともいえない　4 あまり欲しくない　5 欲しくない

あなたはこの機能の価格はいくらが妥当と考えますか？（ソフトウエア購入 or ダウンロード）
1 1000円以上　2 500円　3 300円　4 100円　5 無料

このサービスで適していると思われる表示＆操作端末はどれですか？
1 タッチパネルティスプレイ（壁埋め込み） 2 テレビ 3 携帯 iPhone 4 フォトフレーム 5 その他（　　）

その他この機能に関するご意見がありましたらご記入ください

宅外から玄関施錠確認＆施錠
あなたはこの機能が欲しいと思いますか？
1 是非欲しい　2 まあまあ欲しい　3 どちらともいえない　4 あまり欲しくない　5 欲しくない

あなたはこの機能の価格はいくらが妥当と考えますか？（月額サービス料）
1 1000円以上　2 500円　3 300円　4 100円　5 無料

その他この機能に関するご意見がありましたらご記入ください

防犯ブザー＆メール送信
あなたはこの機能が欲しいと思いますか？
1 是非欲しい　2 まあまあ欲しい　3 どちらともいえない　4 あまり欲しくない　5 欲しくない

あなたはこの機能の価格はいくらが妥当と考えますか？（月額サービス料）
1 1000円以上　2 500円　3 300円　4 100円　5 無料

防犯ブザー＆メール＋駆けつけ
あなたはこの機能が欲しいと思いますか？
1 是非欲しい　2 まあまあ欲しい　3 どちらともいえない　4 あまり欲しくない　5 欲しくない

あなたはこの機能の価格はいくらが妥当と考えますか？（月額サービス料）
1 5000円以上　3000円　3 1000円　4 500円　5 無料

その他この機能に関するご意見がありましたらご記入ください

もうすぐ帰宅ボタン
あなたはこの機能が欲しいと思いますか？
1 是非欲しい　2 まあまあ欲しい　3 どちらともいえない　4 あまり欲しくない　5 欲しくない

あなたはこの機能の価格はいくらが妥当と考えますか？（月額サービス料）
1 1000円以上　2 500円　3 300円　4 100円　5 無料

その他この機能に関するご意見がありましたらご記入ください

健康データグラフ表示
あなたはこの機能が欲しいと思いますか？
1 是非欲しい　2 まあまあ欲しい　3 どちらともいえない　4 あまり欲しくない　5 欲しくない

あなたはこの機能の価格はいくらが妥当と考えますか？（ソフトウエア購入 or ダウンロード）
1 1000円以上　2 500円　3 300円　4 100円　5 無料

このサービスで適していると思われる表示＆操作端末はどれですか？
1 タッチパネルティスプレイ（壁埋め込み）　2 テレビ　3 携帯 iPhone　4 フォトフレーム　5 その他（　　）

健康データに基づく健康診断＆アドバイス
あなたはこの機能が欲しいと思いますか？
1 是非欲しい　2 まあまあ欲しい　3 どちらともいえない　4 あまり欲しくない　5 欲しくない

あなたはこの機能の価格はいくらが妥当と考えますか？（月額サービス料）
1 3000円以上　2 1000円　3 500円　4 300円　5 無料

このサービスで適していると思われる表示＆操作端末はどれですか？

1 タッチパネルティスプレイ（壁埋め込み） 2 テレビ 3 携帯 iPhone 4 フォトフレーム 5 その他（　　）

その他この機能に関するご意見がありましたらご記入ください

③イニシャルコスト

あなたは今回すべてのサービスを受けることができるシステムの適正価格（イニシャルコスト）はいくらが妥当と考えますか？
※エアコン等の設備、サービス（又はソフトウエア）は含まず
1 100万円以上　2 50万円　3 30万円　4 10万円　5 5万円以下

④今後実現してみたいサービス

今回のシステムを利用して実現してみたいサービスをご記入ください
※添付の制御可能な機器と機能一覧をご参照ください

2.6.3. 運用性の評価

開発したシステムやサービスについて、サービス事業者の視点（主にﾒﾝﾃﾅﾝｽ対応）から評価を行い、今後の実用化に向けた課題の抽出、整理を行った。

2.6.3.1. 評価概要

(1) 背景

実際に住宅内にシステムを導入した場合には住宅メーカからお客様へ引き渡しを行った後（お客様が実際に生活されている中で）に何らかのトラブルが起こる事が想定される。スマートハウスのようなさまざまな機器が統合されたシステムでは電気配線、通信配線、各機器、各端末、ネットワークといった各種部位での単独トラブル、複数が重なったトラブルが予見される。

現地にシステムを熟知したスタッフを派遣して対応するという方法もあるがユーザの立場から考えればコスト負担、解決までの時間等デメリットが大きい。これはサービス提供者の立場からも同様であり、あくまでも最終手段としての位置づけである。そこでトラブル対応において両者にとってより良い方法としては、

①遠隔操作によるトラブル解決（ユーザ負担無し）

②オペレータによる電話対応（ユーザ操作多少有り）

であると考え、これらの遠隔での対応方法についての検証を行った。

(2) 実施方法

実験住宅に設置したシステムに擬似的なトラブルを発生させ、別の場所にいるオペレータによる遠隔メンテナンス、電話対応を行い、想定した業務フロー通りに実施できるかについて検証を行った。ただし、施工段階でのチェックは完了しており、引渡し時点では正常動作、前日までも正常に動作していたという前提とした。

今回想定したトラブル事例は以下の 3 項目であり、それぞれに復旧の手順を作成し、実際に遠隔メンテナンス、電話対応で解決可能かを検証した。

①統合リモコン、携帯電話から照明が操作できない

②統合リモコン、携帯電話からエアコンが操作できない

＊統合リモコンとは、壁面操作ﾊﾟﾈﾙ、ﾀﾌﾞﾚｯﾄPC、iPhone の 3 タイプ

③ インテリジェンストイレの計測データが閲覧できない（ローカル閲覧のみ）

想定されるトラブル（各項目共通）

①電源遮断（ブレーカーor コンセント）

→容量オーバーによるブレーカー落ち、お客様都合によるコンセント抜き等

②操作端末の異常

→操作端末自体が壊れている、操作端末内ソフト（ブラウザ等）の不具合

③通信配線の異常（抜け、断線）

→不可抗力による断線、お客様都合によるｹｰﾌﾞﾙ抜き、差し間違え等

④通信機器の異常（HUB、ルーター等）

→通信機器のﾌﾘｰｽﾞ、お客様都合による機器の交換等

⑤ネットワークの異常（インターネット接続が不通）

→回線業者やプロバイダ側の不具合による接続不良等

上記について、以下のようなフローに沿ってトラブル解決の可否評価を行った。フローの詳細は章末の資料 2.6.2 に示す。

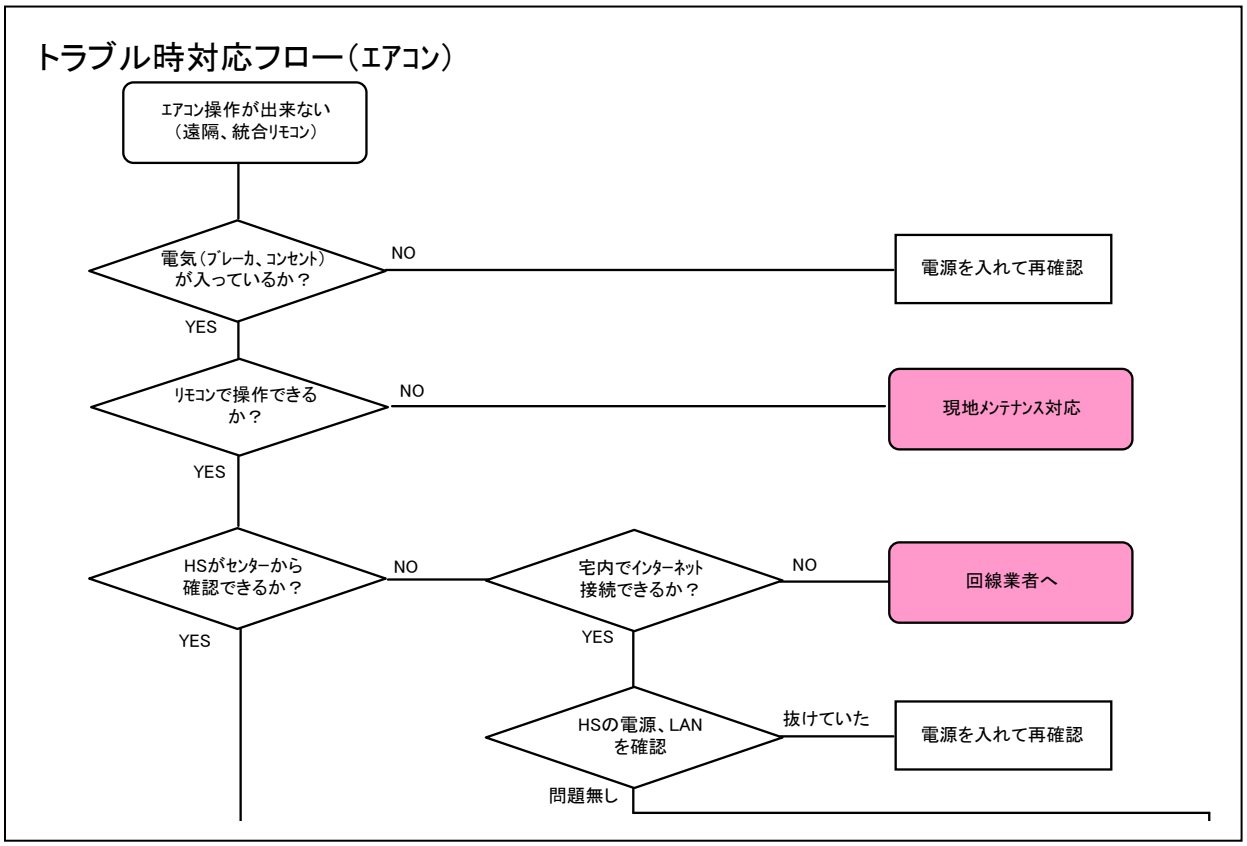


図 2-49　トラブル対応フロー例

2.6.3.2. 実施結果

(1) 統合リモコン、携帯電話から照明が操作できない場合

トラブル内容	解決可否	備考
本体の電源を落とす(ﾌﾞﾚｰｶ落ち)	○	※1
ランプを外す(ﾗﾝﾌﾟ寿命)	○	※2
ITﾎｰﾑｹﾞｰﾄｳｪｲの電源を抜く	○	
ITﾎｰﾑｹﾞｰﾄｳｪｲからHUBへのLANケーブルを抜く	○	
HUBの電源を落とす(orフリーズ)	○	※3
HUB～ホームサーバのLANケーブルを抜く	○	
ﾎｰﾑｻｰﾊﾞの電源を落とす(orフリーズ)	○	※4
回線側不具合ONU:電源落とす(ネット不通、ﾙｰﾀ設定)	○	

※エコキュート、電力計測ユニットは照明と同様とする。

概ね想定した業務フローに沿ってトラブル箇所の切り分け、解決が可能であり、今回開発したシステムの遠隔での保守性が確認できた。

備考内容

※1：電源を復旧させてから多少のﾀｲﾑﾗｸﾞがある為、少し待つ必要があった。

※2：ランプ寿命の判断方法が無い為、確認に手間を要した。(具体的には新品のランプに交換してもらってから再度、操作確認を行った)

※3：HUB の電源表示（LED 等）がユーザから見える面に無かった為、電源状態の確認が行いにくかった。

※4：ホームサーバの電源表示（LED 等）がユーザから見える面に無かった為、電源状態の確認が行いにくかった、ホームサーバの再起動には 10 分程度を要する為、待ってもらう必要があった。

(2) 統合リモコン、携帯電話からエアコンが操作できない場合

トラブル内容	解決可否	備考
本体の電源を落とす(ﾌﾞﾚｰｶｰ落ち)	△	※1
本体の電源を落とす(ｺﾝｾﾝﾄ抜け)	△	※1
操作端末の異常(携帯電波、端末故障等)	△	※2
エアコンからHUBへのLANケーブルを抜く	○	
HUBの電源を落とす(orフリーズ)	○	
HUB～ホームサーバのLANケーブルを抜く	○	
ホームサーバ～HUBのLANケーブルを抜く	○	※3
ﾎｰﾑｻｰﾊﾞの電源を落とす(orフリーズ)	○	※4
回線側不具合:ONU電源落とす(ネット不通、ﾙｰﾀ設定)	○	

機器特性に依存するアドレス変更の部分以外に関しては、業務フローに沿ってトラブル箇所の切り分け、解決が可能であり、今回開発したシステムの遠隔での保守性が確認できた。

備考内容

※1：統合 API での問題点としても挙げられているがｴｱｺﾝ本体が再起動された場合にｱﾄﾞﾚｽが変わってしまうという問題がある為、端末側でもｱﾄﾞﾚｽ変更が必要になってしまった。（ユーザｰ側での設定変更は可能であるがユーザｰ側の対応ﾚﾍﾞﾙに依存される為、解決できる場合と出来ない場合が想定される）

※2：操作端末が壊れているかどうかの判断がその場では行いにくかった。

※3：LAN ｹｰﾌﾞﾙを抜いてしまった場合、復旧するのにどこに差し直せばよいのかわからなくなる可能性が考えられる。

※4：ホームサーバの電源表示（LED 等）がユーザの見える面に無かった為、電源状態の確認が行いにくかった、ホームサーバの再起動には 10 分程度を要する為、待ってもらう必要があった。

⑶ インテリジェントイレの計測データが宅内端末から閲覧できない場合

トラブル内容	解決可否	備考
本体の電源を落とす（ﾌﾞﾚｰｶｰ落ち）	○	
本体の電源を落とす（ｺﾝｾﾝﾄ抜け）	○	
トイレからHUBへのLANケーブルを抜く	○	
HUBの電源を落とす（orフリーズ）	○	
HUB～ホームサーバのLANケーブルを抜く	○	
ホームサーバ～HUBのLANケーブルを抜く	○	
ﾎｰﾑｻｰﾊﾞの電源を落とす（orフリーズ）	○	※1
トイレ内メモリーにデータが記録されていない	○	※2

※留守モニ、カメラはインテリトイレと同様とする。

概ね想定した業務フローに沿ってトラブル箇所の切り分け、解決が可能であり、今回開発したシステムの遠隔での保守性が確認できた。

備考内容

※1： ホームサーバの電源表示（LED 等）がユーザの見える面に無かった為、電源状態の確認が行いにくかった、ホームサーバの再起動には 10 分程度を要する為、待ってもらう必要があった。

※2：トイレ側の操作説明が必要になってしまった（システムとは無関係）。

2.6.3.3. 全体考察

今回は実際にシステムをユーザ宅に導入したと想定して検証を行い、ほぼ想定した通りにトラブル解決までを行う事ができたが、対応時の正確性向上、時間短縮につながる改善点も何点か見えたので以下にそれらを列挙する。

(1) システム図面、画像データ添付の必要性

通常の住宅の場合、平面図や仕様書等の各種建築図面は揃っており、ユーザと共に提供メーカ側にも同様の図面が存在しているが情報化配線やスマートハウスシステムのような設備機器複合システム専用の図面は存在していない。

今回の実証の中でも、双方が同じ図面（現場状況）を見ながら対応ができる場合とそうでない場合では、図面のある状況の方が対応の正確性、時間において圧倒的にﾌﾟﾗｽの方向に働く事が実証できた。又、システム図面を作成する場合には引き渡し時点での状況と差異の無い正確な図面の作成とユーザ側でのシステム変更にも対応できるような（余白や記入ｽﾍﾟｰｽを準備しておく）工夫が必要である。システム機器、ﾈｯﾄﾜｰｸ機器を設置している状況を画像ﾃﾞｰﾀとして残しておく事も有効と思われる。

(2) 確認用の各種表示の必要性

ホームサーバや接点装置等のシステムを構成する機器類は建物内に組み込まれる事が想定される（情報 BOX 等に組込）がその場合には機器類は通常の使用状態（置くだけ等）とは違った設置方法となり壁面設置や重ねて置く等が考えられる。電源の状態や LAN ケーブルの挿入状態をユーザｰが目視等で簡単に確認できる状態になっていなければ電話オペレータによる対応には障害となる為、システムを構成する機器については各種表示用 LED 等は BOX 内組込、壁面設置を想定した表示方法（本体の正面等）に変更していく事が必要と思われる。

(3) ユーザ側機器のトラブル判定方法

ユーザ側機器のトラブルや機器寿命（ランプ寿命等）であっても、システム提供メーカ側に問い合わせが入る事は十分に想定される。その場合にはユーザ側機器の問題である事を認識してもらう必要がある。

例えばランプに寿命がきている場合にはその事をユーザｰサイドで認識してもらいランプを交換してもらわなければならない為、常に買い置きをしておいてもらってすぐに交換できる状態を保ってもらう等の対応が必要と思われる。操作端末不具合の場合は宅内の別の端末で操作してもらう等の対応が必要と思われる。

(4) 機器類の再起動後のタイミングの把握

機器種別により再起動から正常動作までのタイミングが違ってくる。それら機器の特性は全て事前に把握しておき、オペレータ対応時等には適切な時間を待ってもらって対応する事が必要になる。

再起動後に正常動作になっていない状態で再確認してもらっても問題は解決しなかった事になってしまう。
例：照明器具の場合は数十秒、ホームサーバ本体の場合は 10 分程度

⑸ 事前の説明

1 や 3 の内容とも重なるが、スマートハウスシステムは今までに無い新しいシステムになるのでシステムの特性や操作方法、ある程度のセルフメンテナンス方法については提供ﾒｰｶｰ側から事前に十分な説明を行っておく必要があると思われる。他にもあてはまるが事前に聞いている内容であれば特に問題にならない事も聞いていなかった場合はクレームとして扱われてしまう場合もある。
提供メーカ側にも同様の事があてはまるが新しいシステムを導入していく際には提供する側の事前の教育、内容の熟知が必要である。

資料 2.6.2　運用システム評価シート

(c)運用システムの評価

開発したシステム、サービスについて、サービス事業者の視点から評価を行い、今後の実用化に向けた課題の抽出、整理を行う。
具体的には実験住宅に設置したシステムに擬似的なトラブルを発生させ遠隔メンテナンスを行う。(フロー通りに遠隔メンテができるか？)
※施工段階でのチェックは完了、引渡し時点では正常動作、前日も動いていた想定。

※施工段階でのシナリオボタンのチェック方法、各機器との通信確認については別途記載

下記に擬似的に発生させたトラブル内容、遠隔メンテナンスでの解決可否を一覧表示する。

■トラブル事例1：エアコン操作ができない（外部から、統合リモコンから）

トラブル内容	解決可否	備考
本体の電源を落とす（ブレーカー落ち）	△	※1
本体の電源を落とす（コンセント抜け）	△	※1
操作端末の異常（携帯電波、端末故障等）	△	※2
エアコンからHUBへのLANケーブルを抜く	○	
HUBの電源を落とす（orフリーズ）	○	
HUB～ホームサーバのLANケーブルを抜く	○	
ホームサーバ～HUBのLANケーブルを抜く	○	※3
ホームサーバの電源を落とす（orフリーズ）	○	※4
回線側不具合：ONU電源落とす（ネット不通、ルータ設定）	○	

■トラブル事例2：照明が操作できない

トラブル内容	解決可否	備考
本体の電源を落とす（ブレーカ落ち）	○	※1
ランプを外す（ランプ寿命）	○	※2
ITホームゲートウェイの電源を抜く	○	
ITホームゲートウェイからHUBへのLANケーブルを抜く	○	
HUBの電源を落とす（orフリーズ）	○	※3
HUB～ホームサーバのLANケーブルを抜く	○	
ホームサーバの電源を落とす（orフリーズ）	○	※4
回線側不具合ONU：電源落とす（ネット不通、ルータ設定）	○	

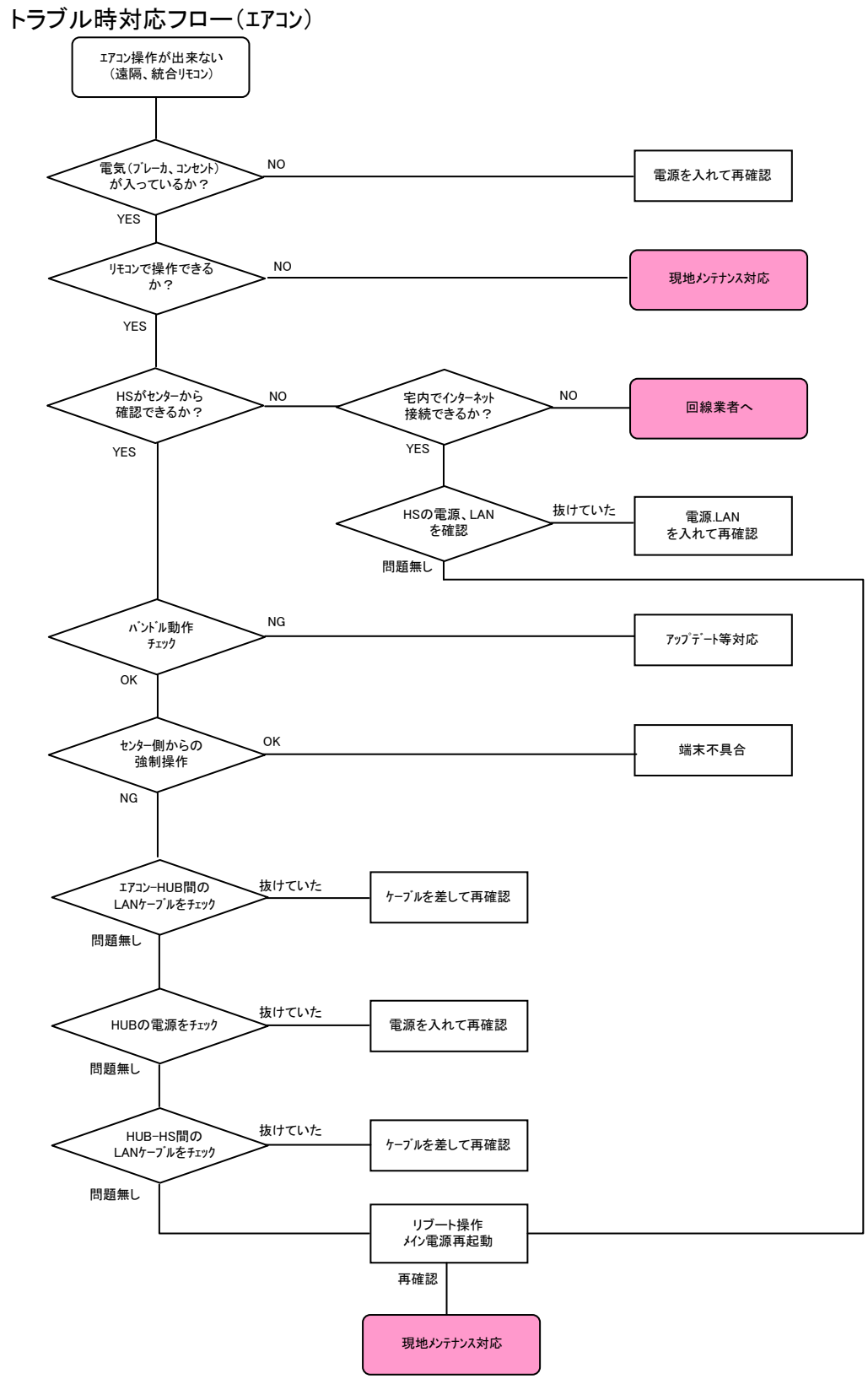
※エコキュート、電力計測ユニットは照明と同様とする。

■トラブル事例3：インテリトイレの計測データが反映されない

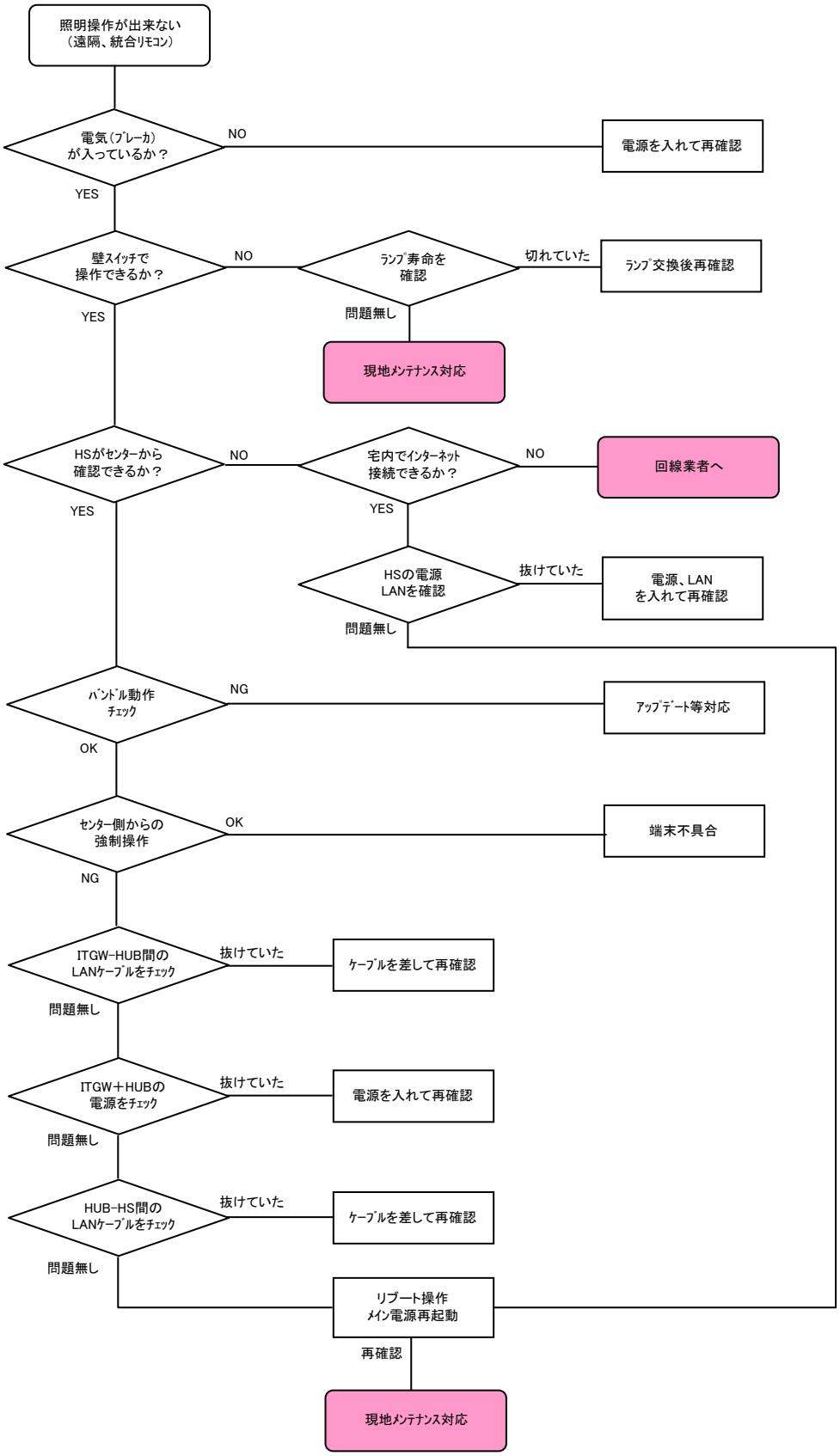
トラブル内容	解決可否	備考
本体の電源を落とす（ブレーカー落ち）	○	
本体の電源を落とす（コンセント抜け）	○	
トイレからHUBへのLANケーブルを抜く	○	
HUBの電源を落とす（orフリーズ）	○	
HUB～ホームサーバのLANケーブルを抜く	○	
ホームサーバ～HUBのLANケーブルを抜く	○	
ホームサーバの電源を落とす（orフリーズ）	○	※1
トイレ内メモリーにデータが記録されていない	○	※2

※留守モニ、カメラはインテリトイレと同様とする。

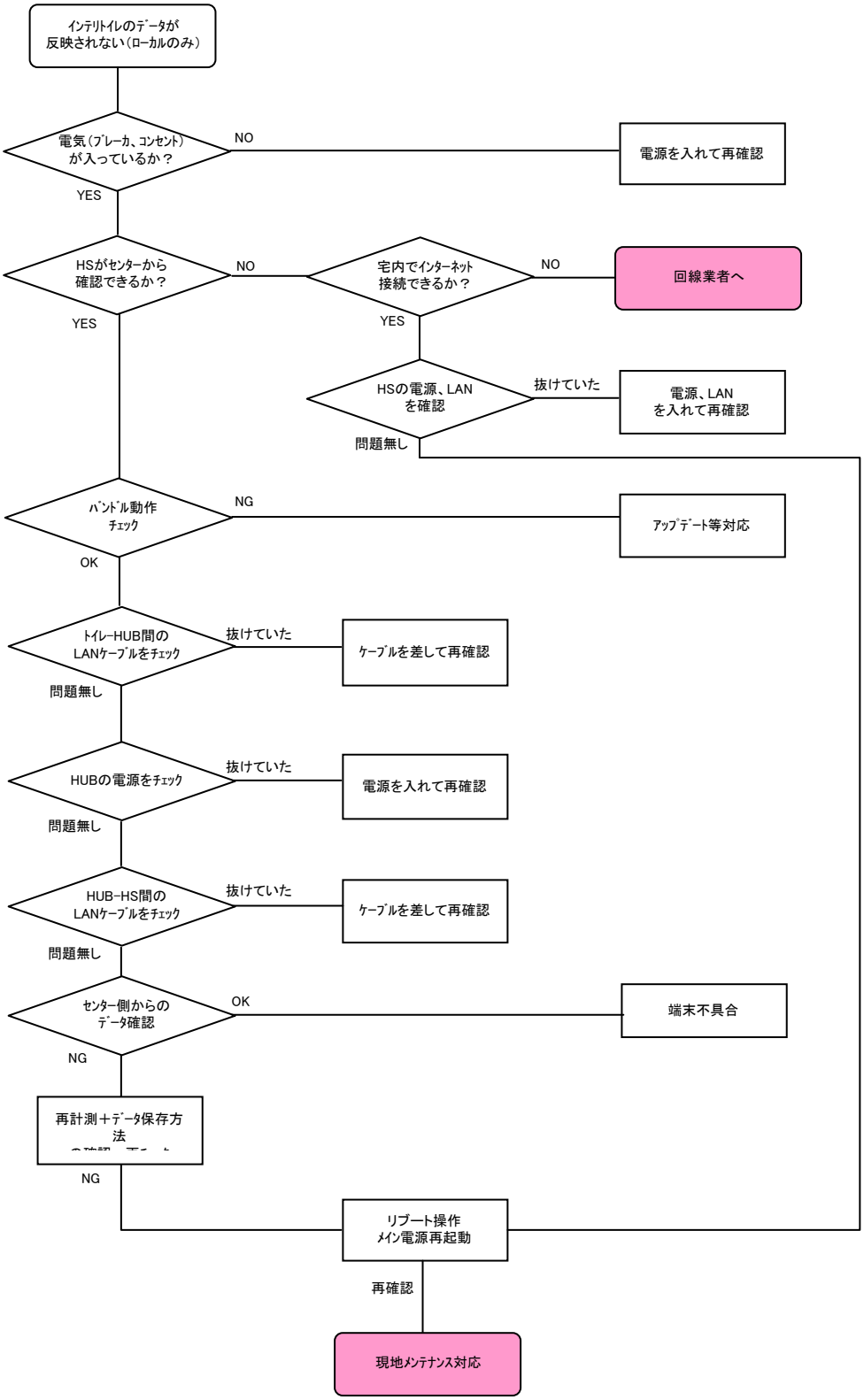
資料 2.6.3　トラブル対応フロー



トラブル時対応フロー（照明）



トラブル時対応フロー（インテリトイレ）



第3章　「テーマ 2-2：エネルギー機器（太陽電池・燃料電池・蓄電池）と負荷機器を融合した次世代エネルギーシステムの最適制御技術に関する実証」および「テーマ 3-2：家庭内機器の計測・管理・制御に係る標準化及び通信制御 I/F 装置の開発」

大阪ガス株式会社

積水ハウス株式会社

三菱電機株式会社

－ 目 次 －

第 3 章　「テーマ 2-2：エネルギー機器（太陽電池・燃料電池・蓄電池）と負荷機器を融合した次世代エネルギーシステムの最適制御技術に関する実証」および「テーマ 3-2：家庭内機器の計測・管理・制御に係る標準化及び通信制御 I/F 装置の開発」 1

3.1. 事業概要 3-1
3.1.1. 想定する事業環境および社会的背景 3-1
3.1.2. テーマ 2 とテーマ 3 の進め方 3-4
3.1.3. 検討すべき課題 3-5
3.1.4. 実証実験の具体的な進め方 3-7
3.2. 実証実験で想定したサービスについて 3-9
3.2.1. 前提とする社会環境 3-9
3.2.2. ビジネス形態と規模 3-10
3.2.2.1. ビジネス形態 3-10
3.2.2.2. サービスの規模 3-11
3.2.3. 提供サービスの要件及び機能 3-12
3.3. 「テーマ 2-2：エネルギー機器（太陽電池・燃料電池・蓄電池）と負荷機器を融合した次世代エネルギーシステムの最適制御技術に関する実証」の実施 3-15
3.3.1. 実証実験の目的 3-15
3.3.2. 実証実験の背景 3-15
3.3.2.1. 環境負荷低減効果の試算 3-15
3.3.3. 実証実験の概要 3-18
3.3.4. 実施項目 3-18
3.3.5. 実施場所 3-19
3.3.6. 実施体制 3-20
3.3.7. 実施方法 3-20
3.3.8. 実証実験結果 3-28
3.3.8.1. ホームサーバを介したエネルギー機器と負荷機器の協調制御技術 3-28
3.3.8.2. エコサーバ、サービスプロバイダ層を介した遠隔制御技術の実証 3-37
3.3.8.3. ユーザの嗜好を反映したエネルギー負荷への品質別供給サービス実証 3-42
3.3.9. 実証実験に対するユーザ視点の評価 3-62
3.3.10. 実験結果の考察 3-73
3.4. 「テーマ 3-2：家庭内機器の計測・管理・制御に係る標準化及び通信制御 I/F 装置の開発」の実施 3-77

3.4.1. 実証実験の目的.....3-77
3.4.2. 実証実験の概要.....3-80
3.4.3. 実施場所.....3-101
3.4.4. 実施方法.....3-101
3.4.5. 実証実験の結果.....3-123
3.4.6. 実証試験結果の考察と共通化標準化の課題・提言.....3-134
3.5. 事業全体の評価.....3-138
3.5.1. 実験結果の考察.....3-138
3.5.1.2. 環境負荷削減効果(CO_2削減効果、省エネ、省コストなどを含む).....3-139
3.5.1.3. ユーザへの新サービス創出の可能性.....3-140
3.5.2. 今後の取り組むべき課題と解決方法.....3-141
3.5.2.1. 低炭素化社会実現に向けた課題と解決方法.....3-141
3.5.2.2. 開発・普及に向けた課題.....3-141
3.5.3. まとめ.....3-144

3.1. 事業概要

未来開拓戦略（Ｊリカバリー・プラン）（平成 21 年 4 月 17 日）（内閣府・経済産業省）において、2050 年に CO_2 を少なくとも 50%削減するという目標に向け、積極的にライフスタイルやインフラを転換させていくことで、経済成長への制約を逆に新たな需要の創出源とすることが求められている。

そこで、家電製品の省エネ技術については、我が国が世界を牽引しているところであるが、機器単体における性能向上には限度があることから、エネルギー等についての需要情報と供給情報を活用することによって最適制御された住宅（スマートハウス）を実証し、その効果を検証する。

具体的には、ユーザの多様なライフスタイルに応じ、家庭用太陽電池や蓄電池等のエネルギー機器、家電、住宅機器等について外部コントロールを可能にすることによって、住宅全体におけるエネルギーマネジメントを実現し家庭から排出される CO_2 を半減するとともに、接続された機器から得られる利用情報やユーザが入力する好みの情報を活用した新たなサービス創出の可能性を検証する。

3.1.1. 想定する事業環境および社会的背景

2050 年に社会全体で CO_2 半減という低炭素化社会を実現する目標を達成するためには、特にエネルギー需要の伸びの高い部門でのエネルギー使用量を削減してゆくことが重要である。中でも家庭用部門では、生活の利便性・快適性を追求するライフスタイルの変化や核家族化による世帯数の増加などの社会的な構造の変化を受け、エネルギー需要が増加している状態にある(図 3-1)。

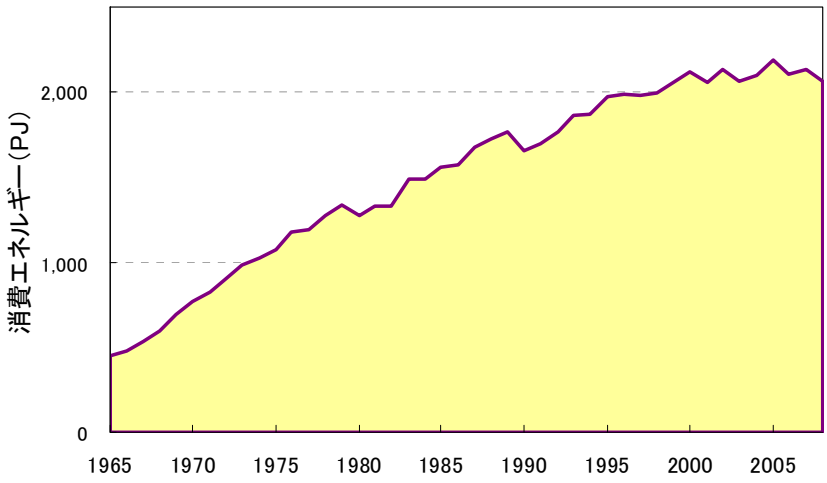


図 3-1　家庭用部門のエネルギー需要　(1965-2008)

資料：エネルギー・経済統計要覧（日本エネルギー経済研究所　計量分析ユニット　編）より作成

近年、発電時の発生 CO_2 がゼロである太陽電池の有効活用に対して注目が集められており、家庭向け太陽電池の余剰電力の固定買取制度に対する法案が 2009 年 7 月 1 日に可決、2009 年 8 月に出された「長期エネルギー見通し」でも 2020 年には 2800 万 kW(現状規模の約 20 倍)という規模の普及が想定されており、家庭に太陽電池を設置する動きはますます加速してゆくものと考えられる。

一方、資源エネルギー庁のエネルギー統計データによればその内訳はエネルギー消費の内訳の半分を超える約 60%近くが熱利用目的で占められており(図 3-2)、この熱利用目的での消費を考慮した CO_2 削減手段を考えることが極めて重要である。この熱利用目的のエネルギー消費量を減らすための具体的な手段として、大規模火力発電所に比べ廃熱を有効利用可能な家庭用コジェネレーションシステムを利用することで、熱利用を含めた家庭用のエネルギーの削減に大きく寄与できるものと考える。

そこで、CO_2 排出量を削減するには電力と熱の両方のエネルギー利用形態に合わせ、CO_2 排出量ゼロの太陽電池の利用促進を図りながら、総合効率の高い家庭用コジェネ等を組み合せて熱と電気の両方を考慮したエネルギーシステムが次世代の低炭素化社会における核となるエネルギーシステムといえる[1]。

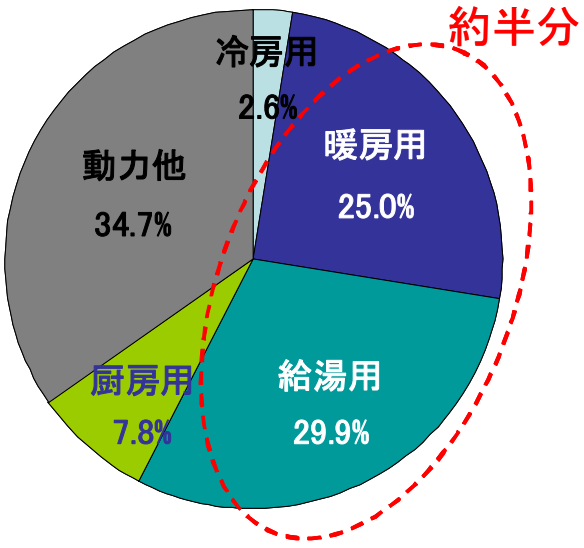


図 3-2　家庭部門におけるエネルギー消費量の内訳

資料：エネルギー・経済統計要覧（日本エネルギー経済研究所　計量分析ユニット　編）より作成

本実証実験では CO_2 排出量を社会全体で半減という高い目標を現実的のものとするためには、エネルギー発生側だけの高効率化には限界があるため、ユーザの利便性を犠牲にしない範囲でエネルギー消費機器の使い方に踏み込んだ制御に対する社会ニーズが高まると想定した。そこで、W 発電システム（太陽電池と家庭用コジェネ）に蓄電池を組み合せて運用する

[1]大阪ガスでは既に家庭用コジェネと太陽電池を組み合せた W 発電システムを発売。積水ハウスでは W 発電設備と住宅設備の効果を含めた CO_2 オフ住宅を販売しており、熱と電気の両方を考慮したエネルギーシステムは既に現実のものとなっている。

ことで、更に高い総合効率で電気と熱の同時発生を行いながら、利便性を損なわない範囲で家庭用機器の制御を行うことでエネルギー消費を減らすことを想定したエネルギーサービスとそれを実現するための技術実証を行う（図 3-3)。

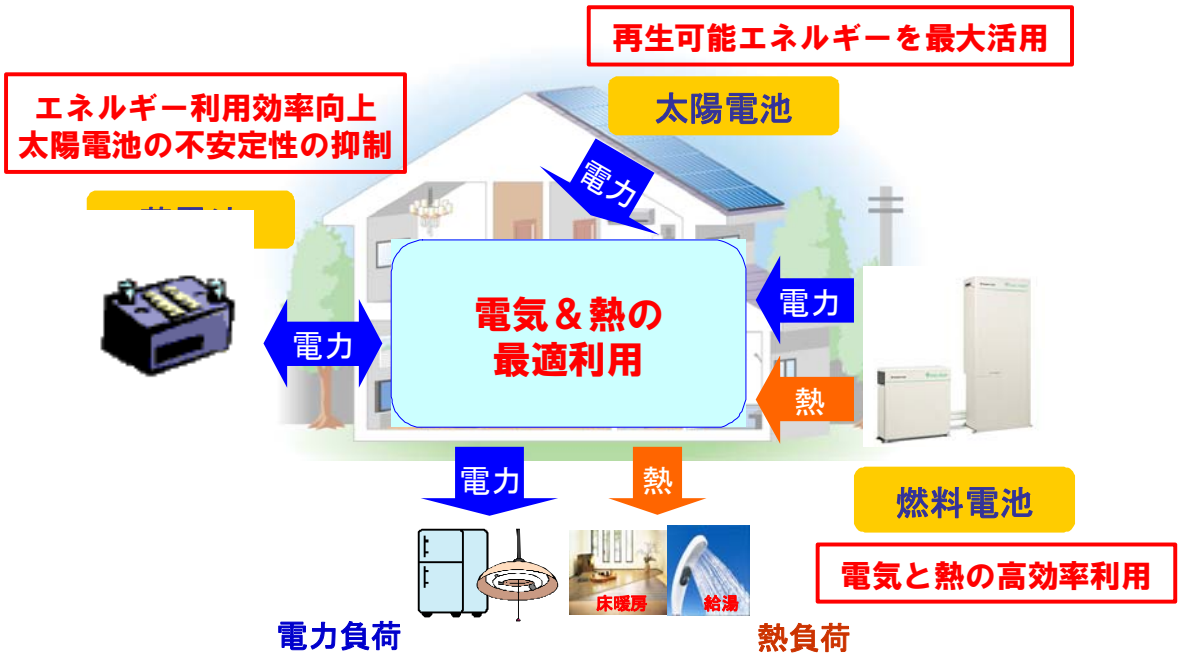


図 3-3　当チームが実証するスマートハウスの基本イメージ

また、今後 5～10 年先の低炭素化社会における事業環境を想定すると、現在のエネルギー供給事情とは違った社会となっていることが想定でき、社会全体の中でスマートハウスが果たすべき役割も変化してくると考えられる。

例えば、太陽電池の余剰電力買取制度の施行され続ける期間(少なくとも 2020 年まで)においては、太陽電池を設置したユーザは余剰電力の販売量を最大化し、経済メリットを享受しようとすると考えられる。ユーザがこのような考え方を取るようになると、太陽電池の普及が促進されるとともに太陽電池の余剰電力が電力系統に供給され系統電源(主に火力発電)の燃料削減による CO_2 削減効果が期待できるようになる。しかし、電力系統の運用の観点から考えると天候に大きく依存する太陽電池の大量普及が進むと系統運用の対応課題が問題となってくる。本課題を解決する方法としてスマートグリッド（電力系統側）とスマートハウス(需要家側)を連系させて制御することも考えられる。

すなわち、情報技術で接続されるスマートハウスには、家庭内の機器を制御することで住宅のエネルギー消費を減らすエネルギーマネジメント機能とエネルギー供給者あるいはコミュニティ運用者等からの外部制御を受け付けて、コミュニティでのエネルギー消費を低減する機能の 2 つが求められるようになると考えられる。

そこで、本実証実験ではスマートハウスに対する上記の 2 つの制御サービスに関わる実証実験を行いその実現可能性を探るため、2 つのテーマを設定して実証実験を行う。

(a) テーマ 2 :「エネルギー機器（太陽電池・燃料電池などのコジェネレーションシステム・

蓄電池）と負荷機器を融合した次世代エネルギーシステムの最適制御技術に関する実証」

本テーマは制御サービスそのものに対する評価を行うテーマであり、スマートハウス内のエネルギーマネジメント制御、スマートハウスに対する外部制御の 2 つのサービスを実現するにあたり、実現技術に対する性能評価および機能評価を行うとともに、具現化したサービスそのものに対する評価を行うもの。

(b) テーマ 3 :「家庭内機器の計測・管理・制御に関わる標準化及び通信制御装置の開発」

テーマ 2 を実現するための実装システムとしての設計、及び関連装置の製作、単体評価を行う

3.1.2. テーマ 2 とテーマ 3 の進め方

実証実験ではテーマ 2 とテーマ 3 での取組みを効率的に進めるため、図 3-4 に示した流れで実証実験を進める。具体的なステップは次のとおり。

ステップ 1）テーマ 2、テーマ 3 それぞれの視点からサービスに関する要件定義、システムの標準化設計要件を定める。

ステップ 2）で両者を合わせてシステム構築に関わる基本設計、機能設計を進めてシステムの基本構成を机上検討で決定する。

ステップ 3）実証実験でサービスそのものに対する評価と、エネルギーシステムとしての制御機能評価を定量的に行うために 2 つの実証実験サイトを準備して実証実験を行う。居住可能な実験住宅（積水ハウス　木津川）と模擬負荷装置を有する実験環境（大阪ガス　酉島）の 2 つのサイトにシステムを設置して実験を行う。

- 居住可能な実験住宅（積水ハウス：木津川）ではサービスとしての評価を進めるための実住宅環境での制御実験を行い客観的な評価を行う。[積水ハウス]
- 模擬負荷装置を有する実験設備 (大阪ガス　酉島)ではサービスを実施する上での制御機能そのものを評価するために、制御条件を変更した性能評価を行う。[大阪ガス]
- システムそのものの評価を標準設計の妥当性、性能の限界点を探るため、2 つのサイトでのシステム稼動データを利用して検証を行う。[三菱電機]

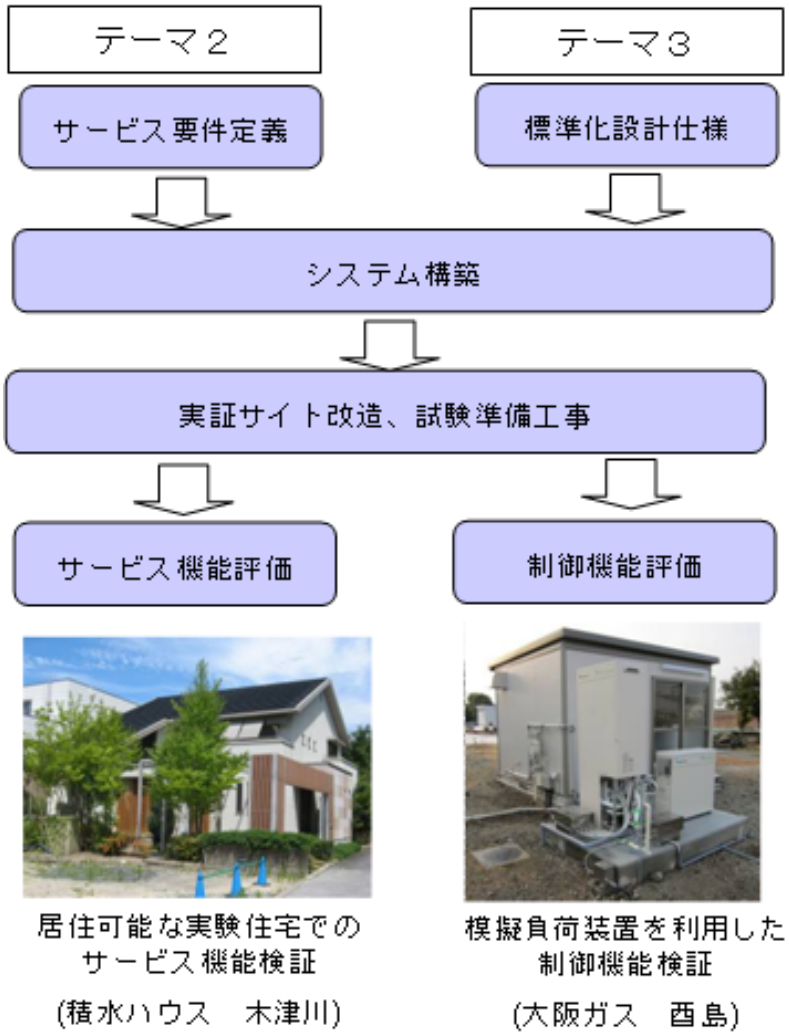


図 3-4　実証試験の進め方と実証サイト

3.1.3. 検討すべき課題

公募要件では「スマートハウスシステム構成イメージ」で記載のあった三位一体のシステム構成図（図 3-5）を参考に動作するシステムを実際に構築して実証実験を行うことが指定されていた。そこで本構成でシステム構築を行うことを最終目的とした場合、システム構築を行う前に整理すべき課題とシステム構築を行って実証実験を通じて明らかになる課題に分けて検討を行う必要があるのでここで一度整理することとする。

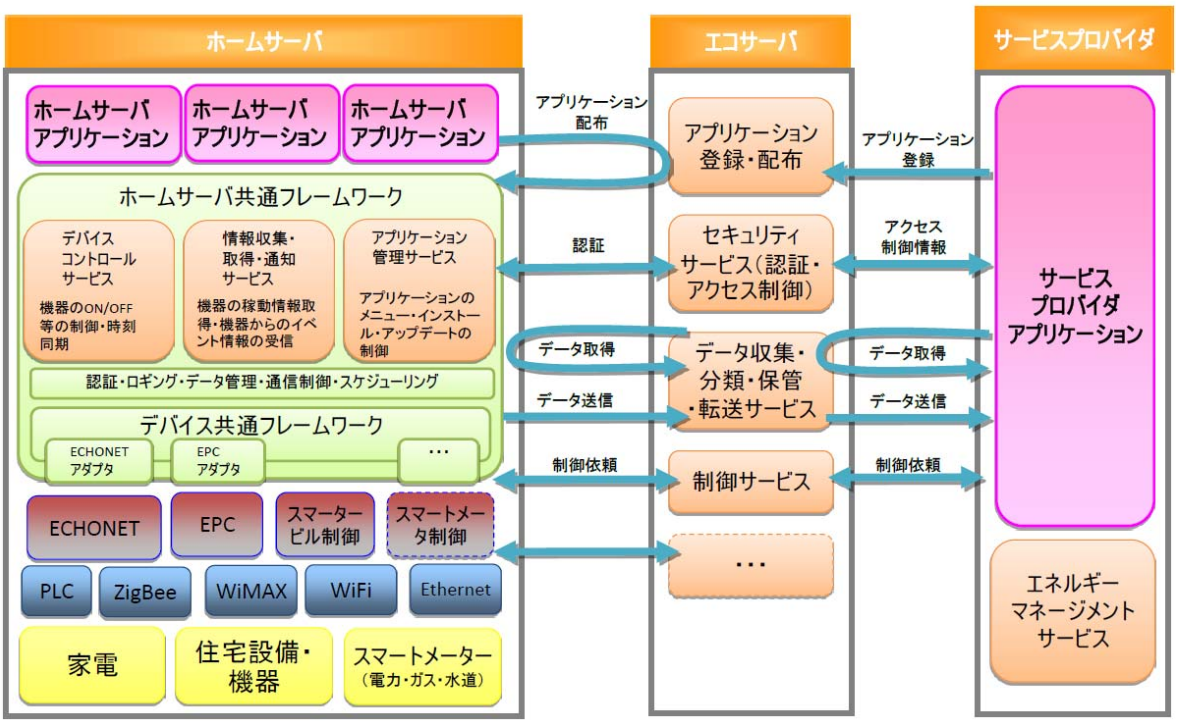


図 3-5　スマートハウス構成システム　イメージ　（公募資料より抜粋）

(1) システム構築を行う前に整理すべき前提条件と課題設定　　（3.2 節に記載）

本実証実験で行うサービスについての社会的な位置づけと本サービスの実施事業者の規模イメージを明確にすることで、そのサービス要件と必要機能を予め定義する。これを受けて 3.3 節で行うテーマ 2 の実証実験および 3.4 節に記載する実証実験で利用する標準化システムでの設計条件を規定する。

(a) 前提とする社会環境

(b) サービス実施者のビジネス形態と規模

(c) 提供サービスの要件と必要機能

(2) 実証実験を通じて明らかにする課題　（3.3 節、3.4 節に記載）

当チームの想定するサービスはサービスプロバイダを含めた三位一体構造で、かつ標準化されたネットワークを利用して機器の制御を行うこととなるため、情報収集及び制御情報の伝達を仲介するエコサーバを中間に介在させることで、制御上の伝送遅延が発生することは明確である。それには、システム設計上の工夫としてエコサーバを含めた制御サービスを行うための設計上での工夫が不可欠となる。そこで実証実験を通じてこの問題を回避するための機能配置の工夫を加えたシステムを実際に構築し、最終的にユーザに提供可能なサービスとして制御サービスと必要な情報提供をあわせて行うことが可能かどうかを検証する必要がある。

従って、サービス事業全体としての評価を行うために次の視点での評価を加えることで、本実証環境における本サービスを行うことで実現したシステムについて、実証実験を通じた課題抽出と考察を加える。

(a) テーマ 2 に係る「エネルギー視点での評価」と「サービス視点での評価」(3.3 節)
(b) テーマ 3 に係る「システム視点での評価」(3.4 節)

3.1.4. 実証実験の具体的な進め方

一般的に「制御サービス」と情報提供を目的とした「見える化サービス」を比較した場合、サービス提供者と機器の間に求められる通信ネットワークへの要求仕様は異なる。これを直感的に理解しやすいようにイメージを整理した(表 3-1)。

表 3-1　見える化サービスと制御サービスの要求性能の違い(イメージ)

	リアルタイム要求性能(収集頻度)		
	高(～数秒)	中	(30 分/1 時間～) 低
見える化(表示)	設備・機器の運転状態、警報等の状態通知	設備・機器への設定情報	使用実績レポート(日報、月報など)
制御サービス	機器、機器全体の集中監視制御	設備･機器に対する操作、制御目標値の設定情報	機器系の予防保全的なメンテナンスに利用する情報

制御サービスを実現する場合はリアルタイム性を求めるため、情報をどの程度まで迅速に伝達すべきかによって、サービス要件と照らし合わせてホームサーバ、エコサーバ、サービスプロバイダの搭載機能の分担設計を進める。

今回の 3 階層システムにおいては、それぞれが通信ネットワークで結ばれていること。間に標準化された通信方式が介在することから、それぞれの影響が最終的なサービスとしてどのように影響しているかを評価するため、実証項目はその分解点で 3 つに分けて評価できるように構成している。全てテーマ 3 で実施する家庭内で構築した標準化されたネットワークを利用して実システムを利用して実験を行った。

以下に本プロジェクトにおける実証内容を示す。実証内容の詳細は実証試験で想定されるサービス内容と共に 1.2 節にて記載することとする。

(1) ホームサーバを介したエネルギー機器と負荷機器の協調制御技術の実証

負荷機器と太陽電池・燃料電池・蓄電池を組み合わせ、家庭における電力利用・熱利用を「最適化」することで、さらなる家庭における省 CO_2 の実現を図る実証を行う。

ホームサーバ上の実装したアプリケーションにより、家庭内の標準化されたネットワークを利用して、エネルギー機器の制御が可能かどうかを実証するもので、次の 2 つの実験を実施した。

(a) 経済性・省 CO_2 両立のための不安定な太陽電池逆潮電力の安定化の実証
(b) CO_2 排出量最小化のための燃料電池・蓄電池の協調制御の実証

⑵ エコサーバ、サービスプロバイダ層を介した遠隔制御技術の実証

将来、面的な広がりをもつスマートグリッドが普及することを想定し、電力系統側で電力供給量が不足している場合において、系統側から余剰電力の割増要求に対応して家庭内の燃料電池や蓄電池などが応答して動作することを確認する機能実証試験を行う。さらに遠隔からの操作要求に対応してエネルギー消費機器が動作することを確認する試験を行う。

サービスプロバイダからエコサーバを仲介してホームサーバに制御指令を伝達することを前提としたサービスを想定した実験であり、ここで遠隔からの制御サービスにおけるエコサーバの位置づけを明確にした実証実験を行う。

⑶ ユーザの嗜好を反映したエネルギー負荷への品質別供給サービス実現に向けた実証

家庭内の機器の組み合わせ制御に関して、ユーザとサービスプロバイダが双方向に通信を行いながら、運転方法の選択に対するアドバイスサービス、計測データを利用した省エネ喚起、喚起メッセージに対応した省エネ行動（機器操作）を一連のサイクルとして実現可能なサービスとして具現化したものとして実証実験を行ったもので、次の 3 つの項目を実施した。

(a) ユーザ嗜好を反映する品質別エネルギー供給システムの実証

(b) 品質別エネルギー供給に対応した省エネ喚起型 HEMS サービスの実証

(c) 品質別エネルギー供給に対応した省エネ指南サービスの実証

3.2. 実証実験で想定したサービスについて

3.2.1. 前提とする社会環境

当チームでは 2020 年以降の低炭素化社会の姿について想定することからはじめ、その事業環境において求められるサービスを念頭において設計を進め実証実験を行った。本章では、実証実験で利用したサービスに関わる要求機能を明確にすることで、実証実験で利用したシステムの基本設計、及び実証実験の評価につなげることを目的としている。

まず、低炭素社会のあり方について想定を行う。本実証事業で行うサービスは 2050 年に社会全体で CO_2 半減という目標（未来開拓戦略：J リカバリープラン）達成に向けて、フラッグシップモデルとして位置づけられるのがスマートハウスであり以下の機能を有するものと位置づけた。

［スマートハウスの基本要件］

- エネルギーを消費するだけではなくエネルギーを作り出すことが可能であること
- 太陽電池、燃料電池、蓄電池を装備し電気と熱の両面で CO_2 削減に寄与できること
- 家庭内の機器は消費機器を含め統合的に結合されており、ホームサーバを介して監視制御が可能であること
- 機器の運転制御はユーザの嗜好に合わせて柔軟に変更できること

さらに、取り巻く外部環境についても次の想定をおいた。

［スマートハウスを取り巻く外部環境］

- 太陽電池の大量普及期は既に実現しており、スマートグリッドはその不安定な電力を調整する機能の一部をスマートハウスが担うものとして普及している。
- スマートハウスはスマートグリッドと接続することで、エネルギーの相互融通による低炭素コミュニティの一員としての役割を果たすことが可能となる。
- 低炭素コミュニティは地域分散的に結合されたスマートグリッドをベースに構築されており、この単位で CO_2 排出量の見える化、エネルギー利用量の把握が行われ地域ごとにその管理運営を行うエネルギーサービス事業者が出現している。

この事業環境を踏まえると、スマートハウスに居住するユーザは所有する太陽電池・燃料電池・蓄電池を利用しながら、自宅内の機器を賢く制御して省エネ・省 CO_2 を達成しようとする。その一方で、利便性を損なわない範囲でユーザの嗜好にあわせた運転方法を自由に選択するのはもちろんのこと、場合によっては低炭素コミュニティでの需給状況に合わせた需給調整機能の一部を支援する行動を取ることが要求されるようになる。これらの行動をユーザ単独で行うには限界があると考えられ、スマートグリッドを運用するエネルギー事業者はユーザへの付加価値サービスを提供するために以下の制御サービスを実施するようになると想定した。

(a) エネルギー機器と負荷機器の協調制御装置の導入サービス
(b) エネルギー事業者を介した遠隔制御サービス
(c) ユーザの嗜好を反映したエネルギー負荷への品質別供給サービス

3.2.2. ビジネス形態と規模

3.2.2.1. ビジネス形態

低炭素化社会を構成するにはエネルギーを譲り合うためのインフラが不可欠であると考え、スマートグリッドを起点としたコミュニティが形成されていることを想定した。エネルギー事業者がスマートグリッドの運用を行い、その需給状態において場合によっては需要家にその調整機能を依頼することも想定している。エネルギーサービス事業者は消費者に対して、制御サービス及び情報サービスを行うためにエコサーバ運用者を介してデータ取得、及び制御サービスを行うことを前提としている。その関係を図 3-6 に記載した。

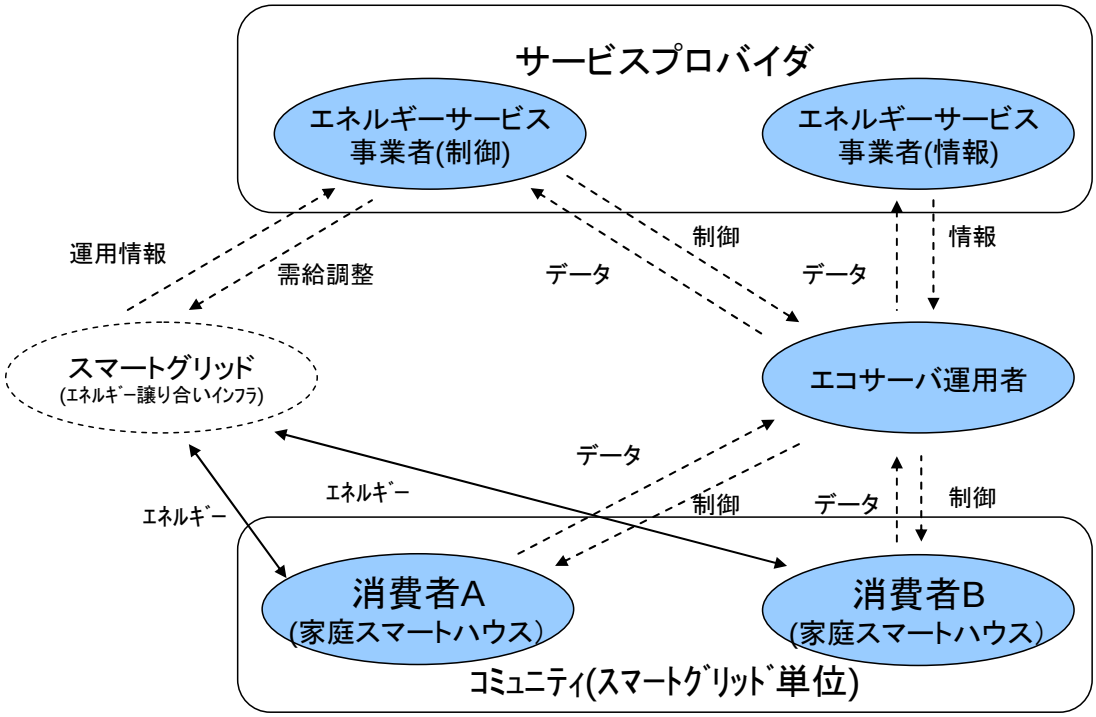


図 3-6　ユーザとサービスプロバイダとの関係

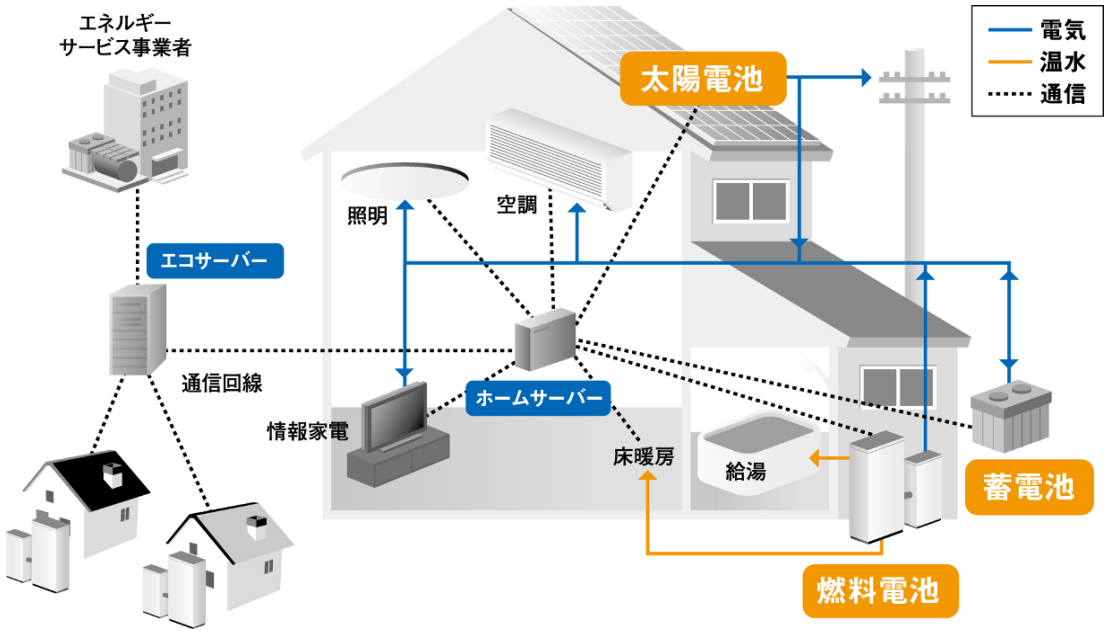


図 3-7　スマートハウスとエネルギーサービス事業者

3.2.2.2. サービスの規模

低炭素コミュニティの形成にはスマートグリッドが基本要素となると考え、その規模と構成範囲は次のようになると考えた（図 3-8）。

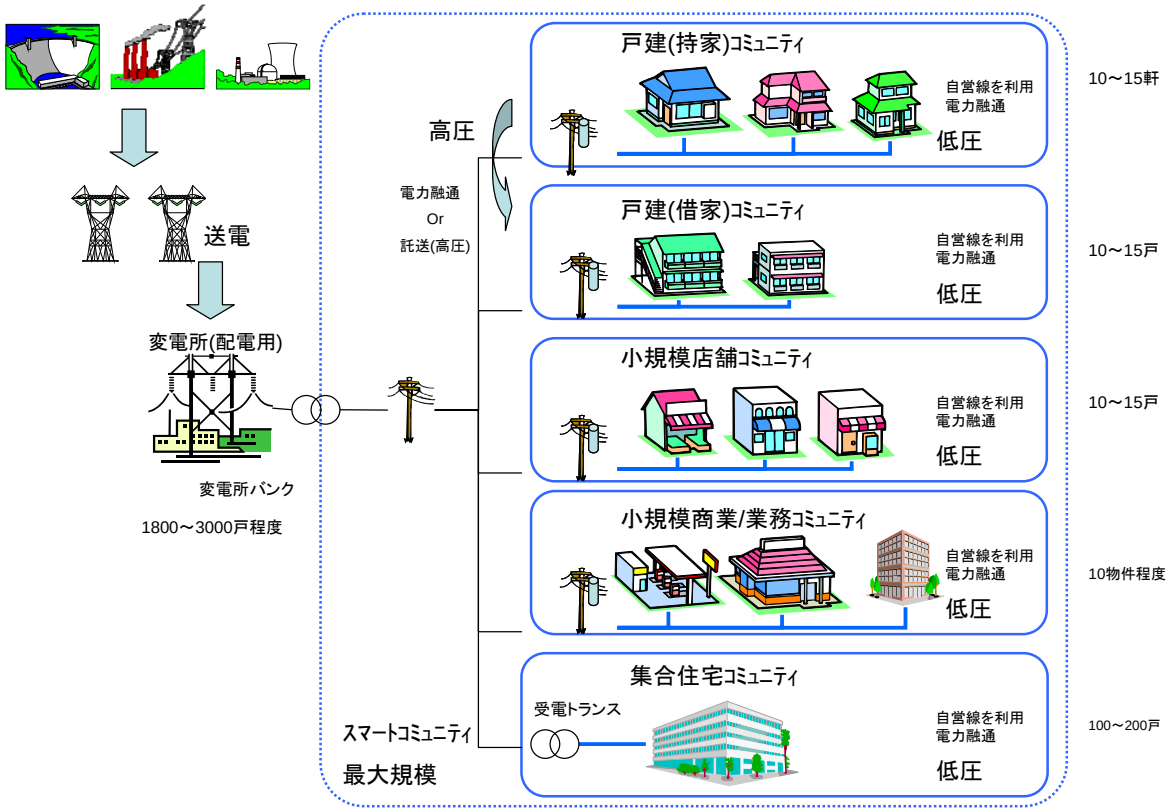


図 3-8　低炭素コミュニティの形成規模

すなわち、コミュニティの単位としては最小単位として 10～15 戸単位（柱状トランス単

位）とし、最大規模で配電用変電所の 1 バンク辺りの 1800～3000 戸程度を想定する。このコミュニティ単位にエネルギー供給事業者が存在してそのコミュニティのスマートグリッドを運用していると考えた（検討の詳細条件については 1.4 節に記載）。

想定する規模については NEDO の実証実験「太陽電池の集中連系実証試験」（実施期間：平成 14 年度～平成 19 年度：規模 553 軒）、および電協研第 54 巻第 2 号住宅地域 C1 の系統連系要件を参考にしている。

3. 2. 3. 提供サービスの要件及び機能

実証実験を行う上での前提条件は 3.3 節に記載しているが、前節までに記載した事業環境において、以下のサービスを想定して(1)～(3)の実証試験を行った。

(1) ホームサーバを介したエネルギー機器と負荷機器の協調制御技術の実証

負荷機器と太陽電池・燃料電池・蓄電池を組み合わせ、家庭における電力利用・熱利用を「最適化」することで、さらなる家庭における省 CO_2 の実現を図る実証を行う。

(a) 経済性・省 CO_2 両立のための不安定な太陽電池逆潮電力の安定化サービス

燃料電池や蓄電池の出力変更や、負荷の制御を組み合わせることで太陽電池の出力変動を抑制するサービスを行う。

(b) CO_2 排出量最小化のための燃料電池・蓄電池の協調制御サービス

蓄電池と燃料電池を組み合わせて、燃料電池の排熱の有効利用を促進し、CO_2 排出量の最小化を実現するサービスを行う。

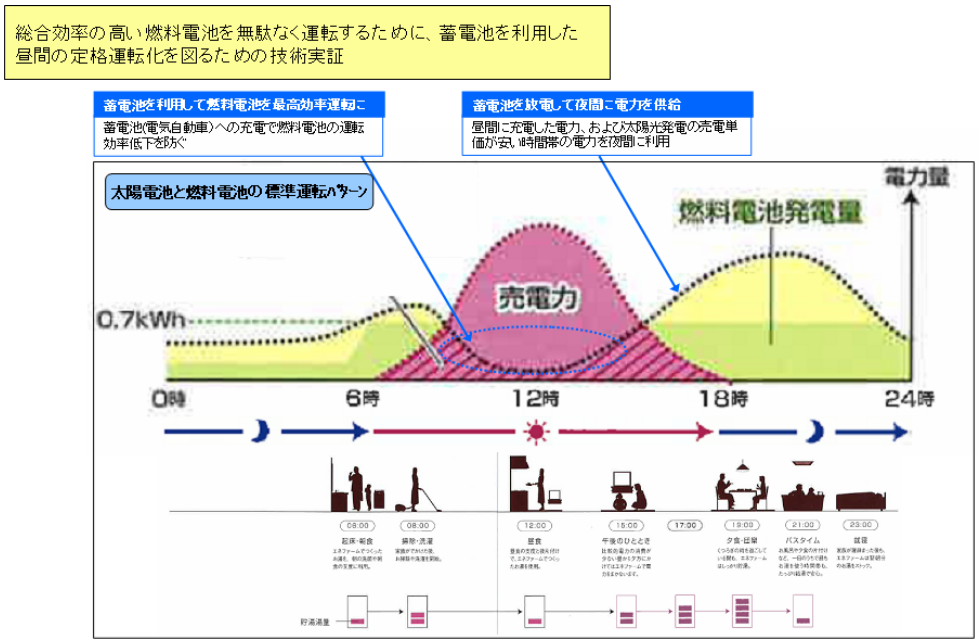


図 3-9　エネルギー機器と負荷機器の制御例

⑵ エコサーバ、サービスプロバイダ層を介した遠隔制御技術の実証

将来、面的な広がりをもつスマートグリッドが普及することを想定し、電力系統側で電力供給量が不足している場合においてユーザに対して余剰電力の割増要求を行うことを想定した。要請を受けたユーザはホームサーバに予め搭載したロジックに基づき家庭内の燃料電池や蓄電池などを制御し、受電点の電力を制御することでスマートグリッドへの電力調整機能の一部を支援させることを想定した。

1. 燃料電池、蓄電池に対する遠隔制御
2. エネルギー消費機器(電気機器とガス機器)の遠隔制御

また、本実証内容は下記(3)の(a)の実証と内容が重複するため、実証試験自体は(3)の(a)と併せて行うこととする。

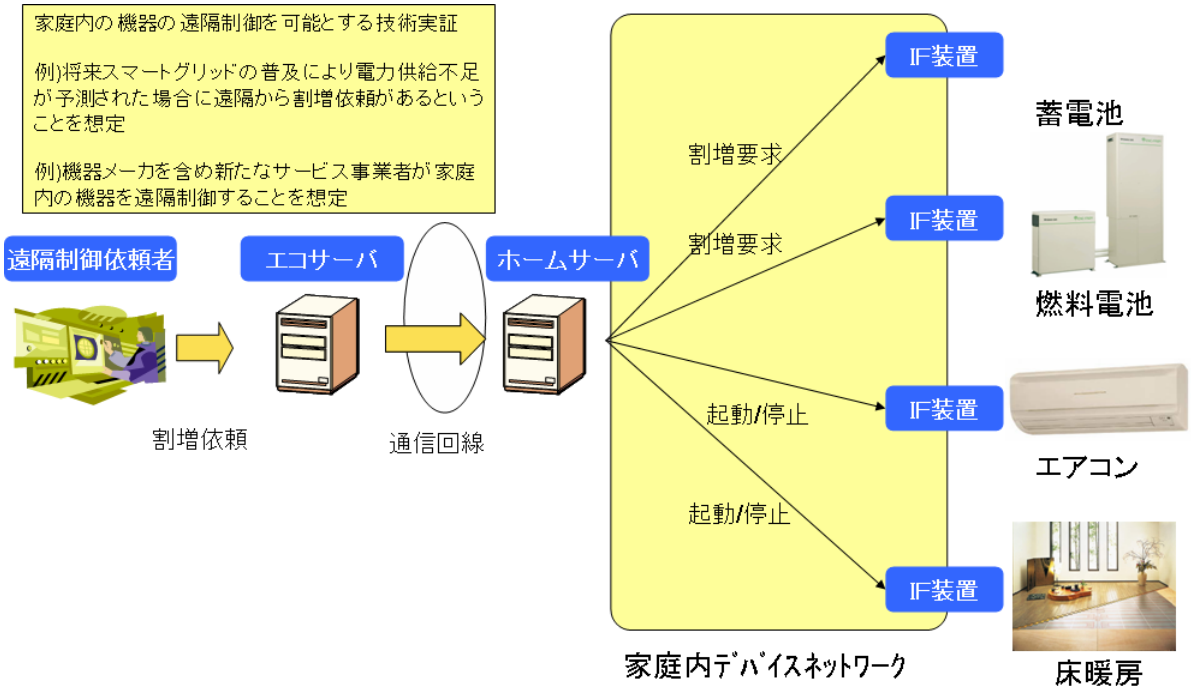


図 3-10　エネルギー事業者からの割増依頼の流れとイメージ

⑶ ユーザの嗜好を反映したエネルギー負荷への品質別供給サービス実現に向けた実証

ユーザの嗜好に合わせた品質別供給によるエネルギー利用方法の提案まで含めた「見える化」と、遠隔からの最適運転計画の指令まで含めた CO_2 削減を実現する制御サービスの実証を行う。コンセプトと実現イメージは図 3-11 および図 3-12 に示す。

(a) ユーザの嗜好を反映する品質別エネルギー供給システムの実証
(b) 品質別エネルギー供給に対応した省エネ喚起型 HEMS サービスの実証
(c) 品質別エネルギー供給に対応した省エネ指南サービスの実証

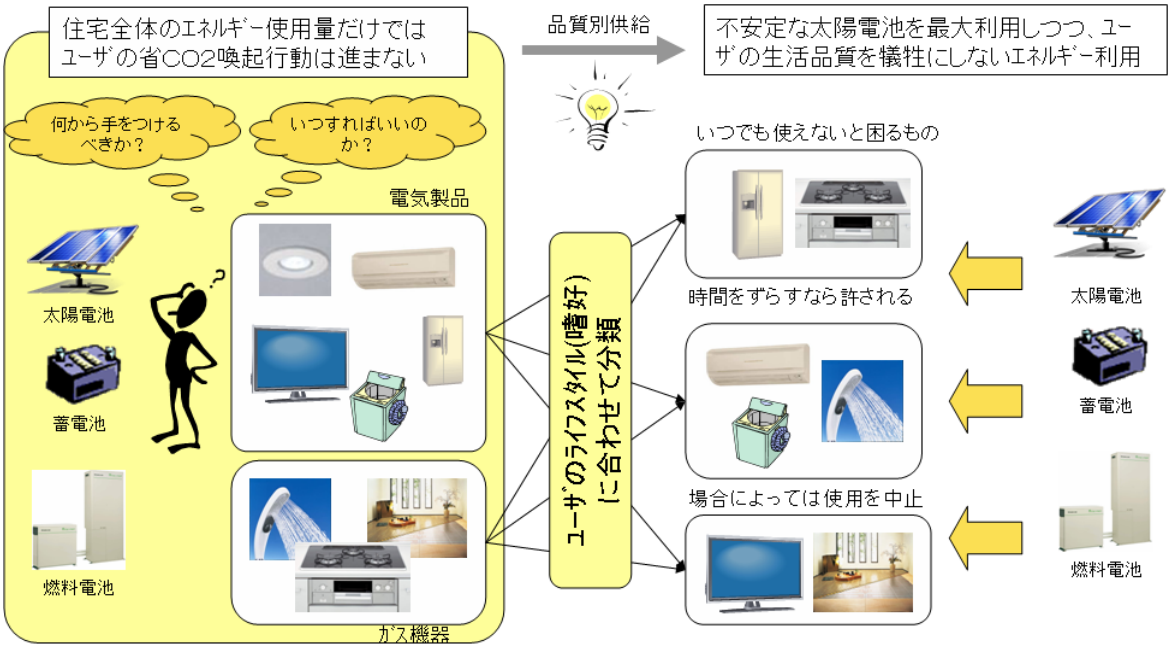


図 3-11　品質別エネルギー供給サービスのコンセプトイメージ

①モード選択（目標値の決定）
・ユーザーが運転モードを選択
・選択した運転モードに合わせ、その日の時刻別目標電力使用量が設定される

②省エネ喚起（アラームの発生）
・目標電力使用量を実績値が超えるとホームサーバー画面上にアラームが発生

③ユーザーによる省エネルギー行動（遠隔負荷遮断）
・アラームを確認したユーザーは、遠隔操作画面により、機器の運転状況を確認し、不要な電力消費を遠隔遮断

図 3-12　品質別エネルギー供給サービスの全体像および実現イメージ

3.3. 「テーマ 2-2：エネルギー機器（太陽電池・燃料電池・蓄電池）と負荷機器を融合した次世代エネルギーシステムの最適制御技術に関する実証」の実施

3.3.1. 実証実験の目的

本章の目的は、家庭用太陽電池や蓄電池等のエネルギー機器、家電、住宅機器等について外部コントロールを可能にすることによって、住宅全体におけるエネルギーマネジメントを実現し、家庭から排出される CO_2 を大幅に削減するとともに、接続された機器から得られる利用情報やユーザが入力する嗜好に関する情報を活用した新たなサービス創出の可能性を検証することである。

近年、住居内の機器は各種センサーなどを用いた省エネ化が進みつつあり、「高効率化」「機器間の連携」の進化により、同じ機器構成であってもユーザ（住まい手）の使用方法によってエネルギー消費量が変わるようになることが予想される。またユーザ側の省エネ・環境意識が向上しつつあり、快適性は維持・向上させつつも、エネルギー消費はより少なくしていきたい、という要望が、全体としては強くなっていくと考えられる。一方で各個人のユーザのニーズは多様化しつつあり、エネルギーの使い方においても、個人の嗜好が強く反映されることも予想される。

そこで、本章では、複数のサーバを介したエネルギー機器とエネルギー消費機器（負荷機器）の最適な省エネ運用を目指す協調制御を行うと共に、ユーザの嗜好にあわせたエネルギー機器の使い方を提案するような、「エネルギーサービス」の技術的可能性を実験によって実証し、これらに対するユーザ評価も行う事で、「エネルギーサービス」の実現可能性を検証する。

3.3.2. 実証実験の背景

3.3.2.1. 環境負荷低減効果の試算

(1) 省 CO_2 を目的とした運転モードにおける CO_2 低減効果

燃料電池・太陽電池・蓄電池といったエネルギー機器により、省 CO_2 を目的とした運用を行った際に、年間で得られる CO_2 削減量に関する試算結果を以下に示す。

本試算では、従来の給湯暖房機のみを導入されている家庭と比較して、燃料電池（SOFC）のみを導入した家庭、燃料電池（SOFC）と太陽電池を導入した家庭、燃料電池（SOFC）と太陽電池と蓄電池を導入した家庭のそれぞれにおいてどの程度の省 CO_2 が可能になるかを算出している。

(a) シミュレーションの前提

表 3-2 シミュレーションの前提

住宅	150 ㎡、戸建て住宅、4 人家族
燃料電池	SOFC（700W、発電効率：LHV 45%（定格運転時））
太陽電池	定格 4kW
蓄電池	5kWh（インバータ容量 2kW）
電力負荷	5,390kWh/年（一般　4,207、冷房　440、暖房　743）
温熱負荷	7,685Mcal/年（給湯　3,264、暖房　3,322、厨房　1,099）
暖房設備	リビング－床暖房（温水式）、その他室－HP エアコン
冷房設備	全室－HP エアコン
原単位(1 次ｴﾈﾙｷﾞｰ消費)	2.38Mcal/kWh（電気）、10.75Mcal/m³（ガス）
原単位(CO_2排出量)	0.69kg-CO_2/kWh（電気）、2.29kg-CO_2/m³（ガス）

(b) 本運転モードにおける CO_2 削減手法

燃料電池が部分負荷運転を行っている際は、熱負荷の発生量まで考慮したうえで、燃料電池の余剰電力分を蓄電池に充電し、燃料電池の運転の定格化による発電効率の上昇や、さらなる燃料電池の排熱の有効利用を図る。

本モードでの各時間帯における機器の具体的な動きとしては、深夜時間帯に燃料電池の余剰電力を蓄電池に充電し、夕方以降の電力需要の大きい時間帯にその充電分を放電することとなる。

(c) シミュレーション結果

上記の前提・運用により 1 年を通じた CO_2 排出量を計算した結果を図 3-13 に示す。従来のエネルギーシステムと比較して、燃料電池のみ導入により 28%、太陽電池を追加すると 78%、さらに蓄電池を加えることで 84%削減できる。蓄電池がない場合は SOFC はローカルな電主運転を行っており、複数のエネルギー機器を制御する効果は、蓄電池導入効果(-6%)の一部に含まれる。

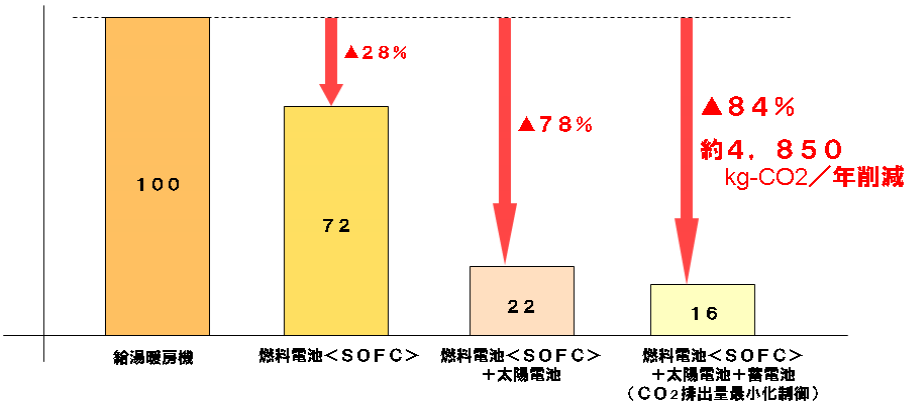


図 3-13 各エネルギーシステムにおける CO_2 削減量の比較

⑵ 各運転モードにおける CO_2 削減効果

本実証試験では、ユーザの嗜好を反映した品質別供給サービスの実証を行うため、前述の省 CO_2 を目的とした運転モードを「通常モード」とし、それ以外に 2 つのモードを用意した。1 つ目は省コストを目的とした「経済性重視モード」であり、2 つ目は自宅で得られた自然エネルギーを可能な限り宅内で消費することを目指す「地産地消モード」である。以下に 3 つのモードの運用の考え方を時間帯別に示す。

表 3-3　ユーザ嗜好に合わせた 3 つの運転モードの考え方

時間帯	通常モード	経済性重視モード	地産地消モード
深夜	・FC は定格運転 ・余剰電力のみ蓄電池に充電	・FC は定格運転 ・余剰電力に加えて夜間電力も蓄電池に充電	・FC は定格で運転 ・余剰電力のみ蓄電池に充電
日中	・蓄電池の充放電停止	・FC は定格で運転 ・蓄電池は FC 出力＞需要ならば FC 余剰電力を蓄電池に充電 ・FC 出力＜需要ならば蓄電池から放電 （ただし夜間使う分は残す） ・制御対象負荷の電源が ON の場合、負荷遮断実施	・PV＋FC 出力＞電力需要ならば FC 出力を最小 ・PV 余剰電力を蓄電池に充電 （蓄電容量の範囲内で） ・制御対象負荷の電源が ON の場合は負荷遮断実施
夕方～夜間	電力需要＞FC 出力ならば不足分を蓄電池から放電	・同左	・同左

前項では、通常モードにおいて年間を通じた CO_2 削減量の試算を行ったが、本項では各モードにおける CO_2 削減効果の比較のため、1 年の中で電力負荷・熱負荷の偏りの小さい中間期での 1 日あたりの CO_2 削減量に関する試算を行った。

前項と同様な前提条件でシミュレーションした結果、CO_2 削減量は従来システムと比較して通常モードで 100%、経済性重視モードで 92%、地産地消モードで 82%である。経済性重視モードでは、深夜に商用電力も充電するため充放電ロスにより CO_2 発生量が増加し、地産地消モードでは昼間に PV 出力を充電するために FC の稼働率が低下するために CO_2 発生量が増加している。目的関数が異なるにも関わらず、モードの違いによる CO_2 削減量の変化は 20%弱であり、制御ロジックによる CO_2 削減量の差は、FC・PV 導入による効果より小さいことがわかる。

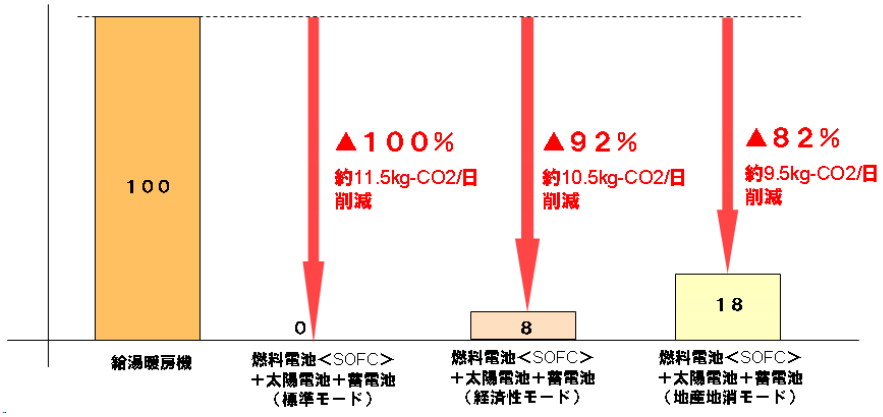


図 3-14　各モードにおける CO_2 削減量の比較

3. 3. 3. 実証実験の概要

本章では、サービスプロバイダを含めた 3 階層構造を用いて、スマートハウス内のエネルギーマネジメント制御、スマートハウスに対する外部制御の 2 つのサービスを実現するにあたり、実現技術に対するエネルギー的な性能評価および機能評価を行う。

次に、これらの「エネルギーサービス」がユーザ側に受け入れられるかどうか評価をするため、実際に導入されるサービスを体験できる環境を、居住可能な実験住宅に再現し、アンケート調査を実施する。この結果等からエネルギーサービスの実現可能性ついて検証する。

3. 3. 4. 実施項目

本章における実施項目を以下に示す。

表 3-4　テーマ 2 における実証試験実施項目

分類	実施項目
A：ホームサーバを介したエネルギー機器と負荷機器の協調制御技術	①PV(太陽電池)逆潮電力の安定化実証 ②CO_2 排出量最小化のための燃料電池・蓄電池の協調制御実証
B：エコサーバ、サービスプロバイダ層を介した遠隔制御技術の実証	③家電機器・燃料電池・蓄電池等の遠隔制御実証
C：ユーザの嗜好を反映した品質別供給サービス実証	④ユーザの嗜好を反映した品質別供給サービス実証 ⑤品質別エネルギー供給に対応した省エネ喚起型 HEMS サービスの実証 ⑥品質別エネルギー供給に対応した省エネ指南サービスの実証

3.3.5. 実施場所

本章の実験は以下の 2 ヵ所のサイトで行う。各サイトでの実験内容は表 3-5 に示す。

・サイト 1	・サイト 2
大阪ガス　電力実験場	積水ハウス実験住宅　アネックスラボ
大阪市此花区酉島 5-11-61	京都府木津川市　兜台 6-6-4 積水ハウス　総合研究所内

図 3-15 電力実験場実証ハウス全景(大阪市此花区)　図 3-16 アネックスラボ全景(木津川市)

表 3-5　実施場所と実施項目

実施項目	大阪ガス 電力実験場 (大阪市此花区酉島)	積水ハウス アネックスラボ (木津川市)
①PV(太陽電池)逆潮電力の安定化実証	○	×
②CO_2 排出量最小化のための燃料電池・蓄電池の協調制御	○	×
③家電機器・燃料電池・蓄電池等の遠隔制御実証	△ 事前組合せ試験のみ	○
④ユーザの嗜好を反映した品質別供給サービス実証	△ 同上	○ (ユーザ視点評価含む)
⑤品質別エネルギー供給に対応した省エネ喚起型 HEMS サービスの実証	○	△ (ユーザ視点評価のみ)
⑥品質別エネルギー供給に対応した省エネ指南サービスの実証	○	○ (ユーザ視点評価含む)

3.3.6. 実施体制

本章の実験における 3 社の役割分担は下の表の通りである。

表 3-6　テーマ 2 における 3 社の役割分担

担当会社	担当項目
大阪ガス	エネルギーサービスを実現するシステムとしての性能評価(机上検討) 実証システムのエネルギーシステムとしての要件定義 実証システムの機能評価および課題抽出
積水ハウス	エネルギーサービス(遠隔制御、および品質別供給サービス)に対するユーザ視点での機能評価および課題抽出
三菱電機	3 階層システムを意識したシステム設計の実施 エネルギーサービスを実現するシステムのスマートコミュニティへの拡張性に関する課題整理および機能評価

3.3.7. 実施方法

エネルギーシステムとしての評価を行うために次の 2 つのサイトを利用して評価を行う。それぞれのサイトに、テーマ 3 で設計した同一機能構成のホームサーバ(HS)、エコサーバ(ES)、サービスプロバイダ(または ASP サーバ)の 3 階層システムを設置して評価を行うことで、テーマ 2 とテーマ 3 の両面での技術評価を行う。

⑴ 大阪ガス　電力実験場

大阪ガス保有の模擬負荷装置を用いることで家庭の消費電力パターンを発生させ、実際の電力・熱負荷のもと、今回製作するエネルギーシステムの実証実験を行う。

実証実験では大阪ガスの住宅の想定負荷データを利用し、机上検討で得られた動作通りの制御が 1 日を通じて実現されているかどうかという点と、ホームサーバからの燃料電池や蓄電池に対する制御性の評価を実施する。

⑵ 積水ハウス　アネックスラボ

居住可能な住宅実験設備へエネルギーシステムを設置し、実住宅設備の中でエネルギーサービスの実証実験とユーザ視点からの評価を行う。特にユーザ視点からの評価については、定量的に進めるためアンケート調査を実施した。

各サイトでの操作対象機器を表 3-7 に、システム全体構成図を図 3-17 に、ホームサーバ以下の通信対象機器と製作した測定機器類を図 3-18 に示す。また、図 3-19～図 3-25 に電力実験場における配置図や機器の写真を、図 3-26～図 3-35 にアネックスラボにおける配置図や機器の写真を示す。

表 3-7　各サイトにおける評価項目と操作対象・測定対象機器

試験項目	電力実験場	アネックスラボ	操作対象機器							測定対象機器		
			蓄電池	FC	AC	照明	加湿器	床暖房	お風呂	電力計	ガスメータ	貯湯熱量
①PV 逆潮電力の安定化実証	○	×	○	○	○					○	○	○
②CO_2 排出量最小化のための燃料電池と蓄電池の協調制御	○	×	○	○						○	○	○
③家電・FC・蓄電池等の遠隔制御実証	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
④ユーザの嗜好を反映した品質別供給サービス実証	△	○	○	○	○	○	○			○	○	○
⑤品質別エネルギー供給に対応した省エネ喚起型 HEMS サービスの実証	○	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
⑥品質別エネルギー供給に対応した省エネ指南サービスの実証	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

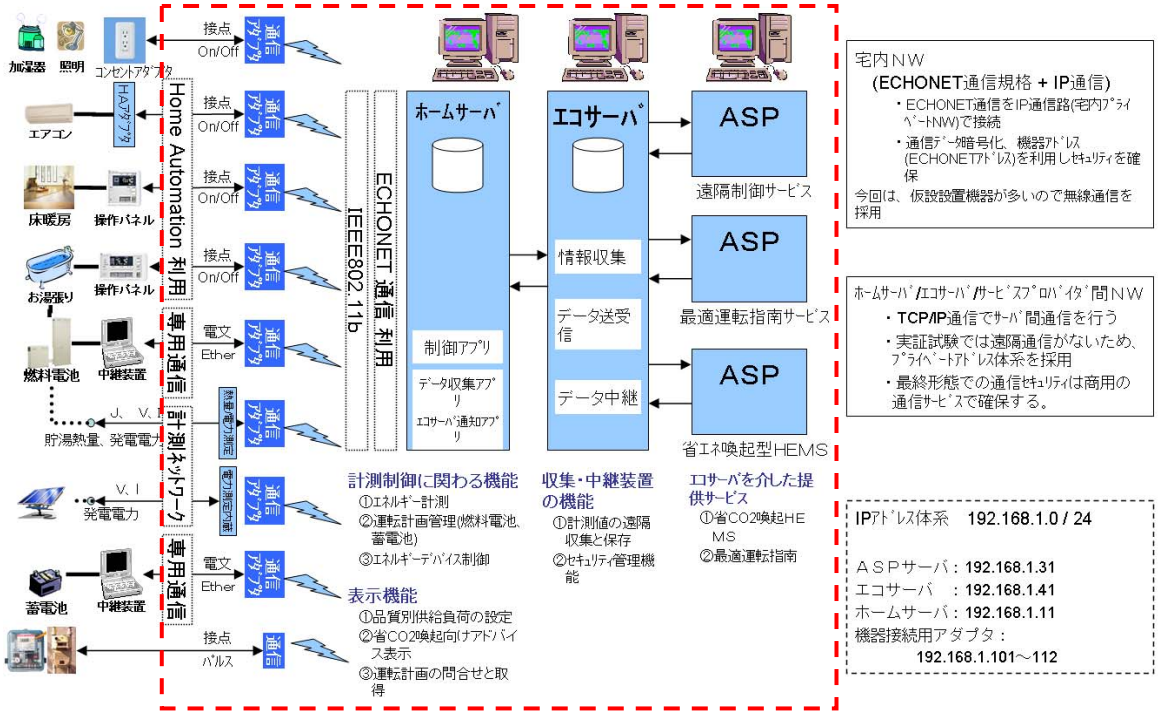


図 3-17　システム構成図（赤点線内が本 PJ 製作範囲・詳細な予算区分は次ページ）

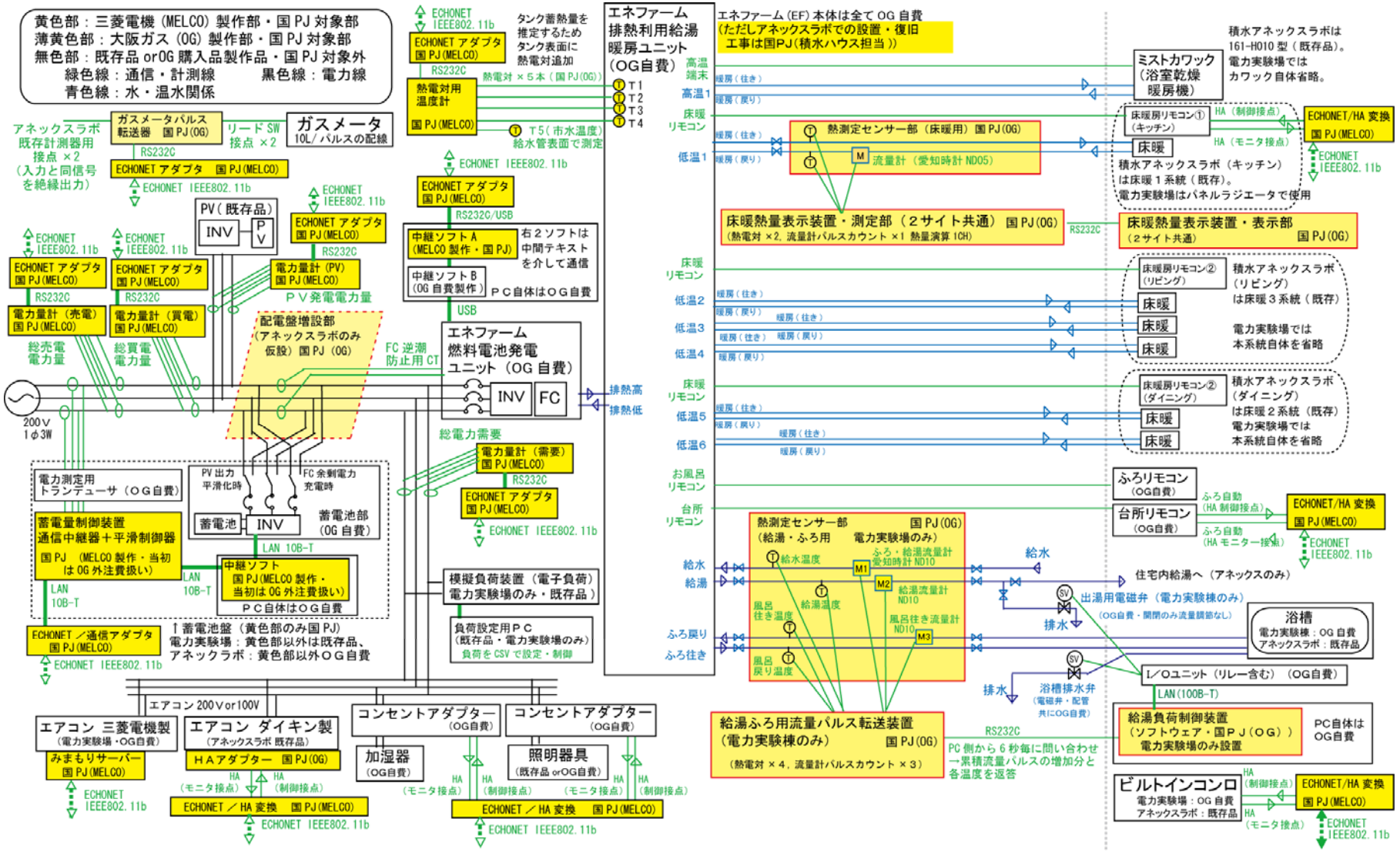
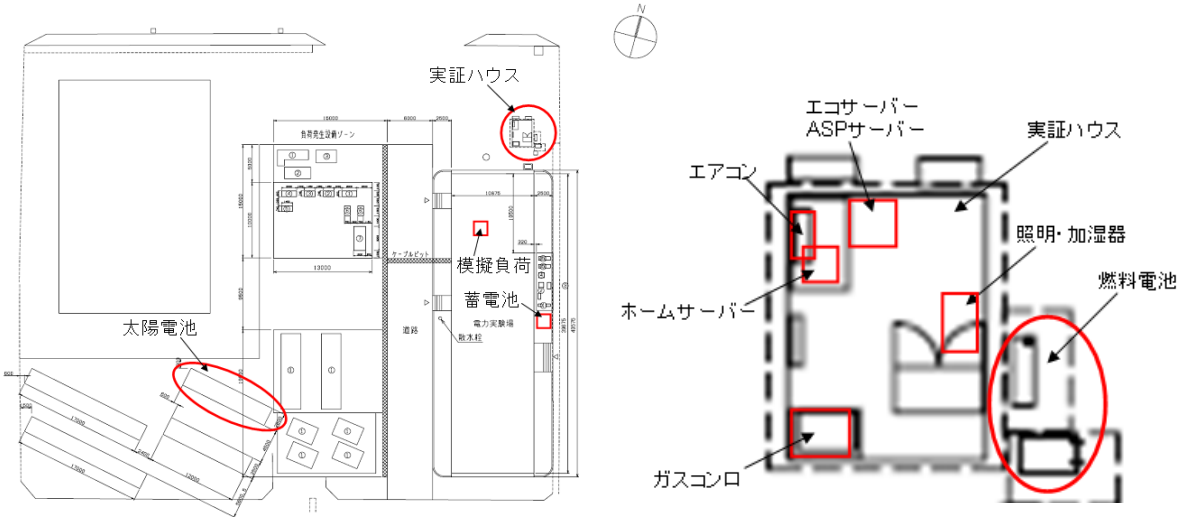


図 3-18　実証試験における家庭内の通信対象機器および製作測定装置（黄色・薄黄色部を本 PJ で製作）



a）電力実験場付近図　　b）実証ハウス内機器配置図

図 3-19　電力実験場実証ハウス　上面図

表 3-8　電力実験場実証ハウス仕様

場所	大阪ガス（株）酉島電力実験場横・大阪市此花区
構造	組立型プレハブ
延床面積	9.9 ㎡
燃料電池	0.7kW（固体高分子型燃料電池（PEFC））
太陽電池	3kW（化合物型（CIGS 型）太陽電池）
蓄電池	5.7kWh（インバータ容量：2kW）

a）エネファーム全体　　b）エネファームの給湯・暖房熱負荷測定部

図 3-20　電力実験場・エネファーム（PEFC）

a) 蓄電池盤全景

b)蓄電池盤内部

c) 蓄電池制御装置図

図 3-21 電力実験場・蓄電池（蓄電池容量 5.7kWh、インバータ容量 2kW）

図 3-22 電力実験場・太陽電池（3kW）

図 3-23 電力実験場・模擬負荷（電子負荷）

a) 3 つのサーバ

b)各種エコーネット端末、通信中継 PC 他

図 3-24 電力実験場・各種サーバ類

a）分電盤全景　　b）分電盤内電力量計部

図 3-25　電力実験場・分電盤

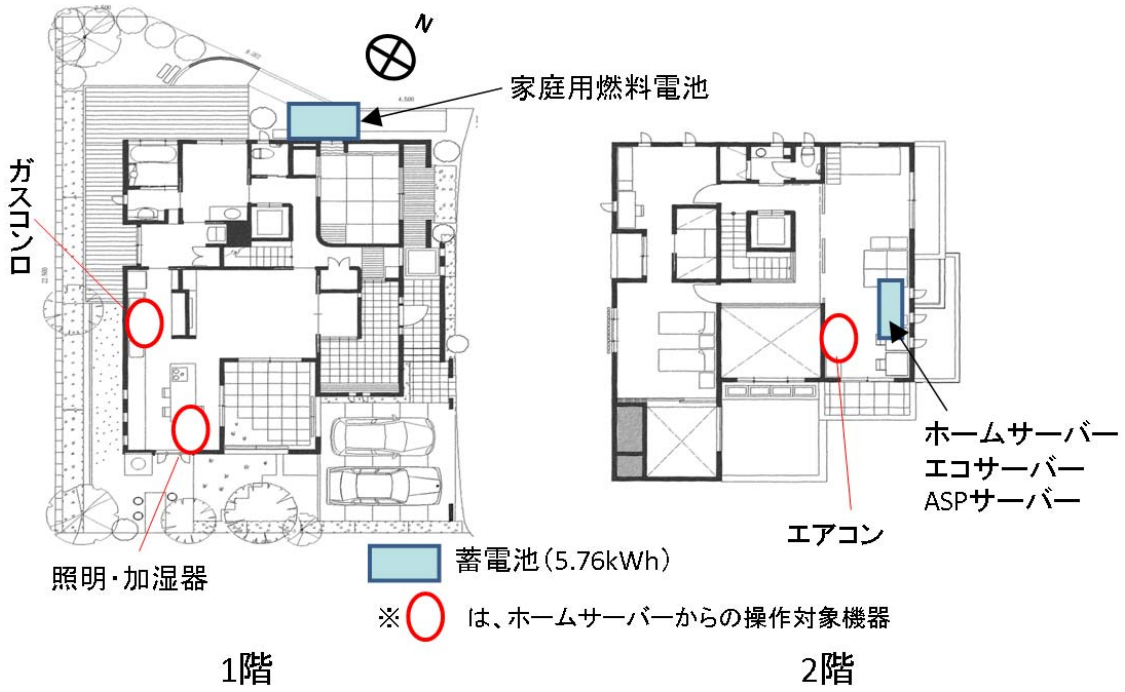


図 3-26　アネックスラボ上面図と実験装置配置図

表 3-9　アネックスラボ仕様

場所	積水ハウス（株）総合住宅研究所内・木津川市
構造	軽量鉄骨造 2 階建て戸建住宅
延床面積	205.22 ㎡　（1 階床面積：114.03 ㎡、2 階床面積：　91.19 ㎡）
燃料電池	0.7kW（固体高分子型燃料電池（PEFC））
太陽電池	8.16kW
蓄電池	5.7kWh（インバータ容量：2kW）

図 3-27　アネックスラボ・燃料電池（PEFC）

図 3-28　燃料電池貯湯槽熱量把握のための温度センサー取り付け状況

a）蓄電池盤全景　　b)蓄電池盤内部　　c）　蓄電池制御装置

図 3-29　アネックスラボ・蓄電池（蓄電池容量 5.7kWh、インバータ容量 2kW）

図 3-30　アネックスラボ・仮設配電盤

図 3-31　アネックスラボ・エアコン

図 3-32　加湿器・照明・コンロ（アダプタ込み）

図 3-33　台所リモコン（右）・床暖房リモコン（中央、左）
（ケーブルは ECHONET/HA 変換アダプタからの HA 線）

図 3-34　右からサービスプロバイダ（ASP）サーバ、エコサーバ

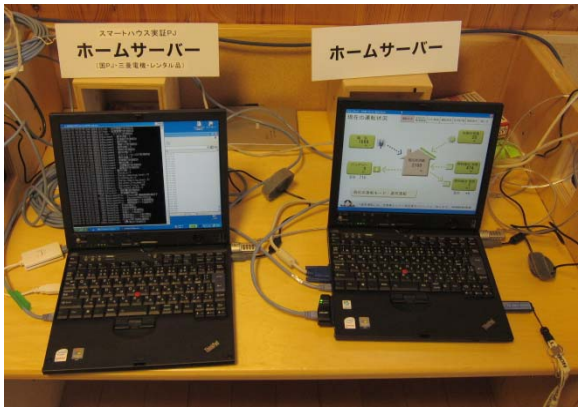


図 3-35　ホームサーバ 2 台（左が測定用、右が操作画面表示用）

3.3.8. 実証実験結果

3.3.8.1. ホームサーバを介したエネルギー機器と負荷機器の協調制御技術

(1) 経済性・省 CO_2 両立のための不安定な PV 逆潮電力の安定化の実証

(a) 実証の目的

太陽電池を設置した家庭において、天候や負荷の変化に関わらず、電力系統へ安定した逆潮電力を供給するため、蓄電池や燃料電池の出力制御や負荷制御を行う。

将来、スマートグリッドが普及し、エネルギー事業者等が太陽電池等を設置した家庭から電源調達を行う場合を想定すると、エネルギー事業者等が家庭からの電力を自らの需給バランス運用に組み入れるためには、家庭にも安定した電力供給を求められると考えられる。このため 30 分単位での逆潮電力量を評価基準とした評価を行う。

(b) 実証内容

今回の実験では、蓄電池の充放電制御と燃料電池の出力制御により逆潮電力量の安定化を行う。制御に当たっては 30 分単位の逆潮電力量の実績値を、予め設定する目標値の±3%

以内に収めることを目標とした。この±3%という基準は、現在の PPS 接続供給における余剰電力買取制度における、ペナルティが発生しない－3%以上、かつ目標電力を大幅に超えない＋3%以下という値を参考に設定した。

逆潮電力を安定的かつ継続的に系統に供給するためには、その逆潮電力安定化の主体である蓄電池の残量（SOC）の調整が重要となる。様々なトラブルを防ぐため、蓄電池は SOC 0%から 100%に至る全領域を用いる事は希であり、事前に計画された SOC の範囲中で運用するのが一般的である。蓄電池残量の調整が不十分なまま、逆潮安定化を行うと、充放電に伴って予め決められた SOC の範囲を逸脱する可能性がある。ここでは、逆潮電力の安定化を継続して行うため、蓄電池の残量調整まで含めた逆潮電力の安定化制御を行う。

(c) 制御概要

逆潮安定化制御において、蓄電池は高速充放電制御により PV の早い出力変動成分を吸収し、燃料電池は蓄電池の調整力を考慮したうえで、PV の遅い変動成分を吸収する。このような制御により、受電点の潮流（電力）を目標値と一致させ、それにより 30 分間の逆潮電力量（電力の積算値）を目標値と一致させる。本制御の考え方を図 3-36 に示す。

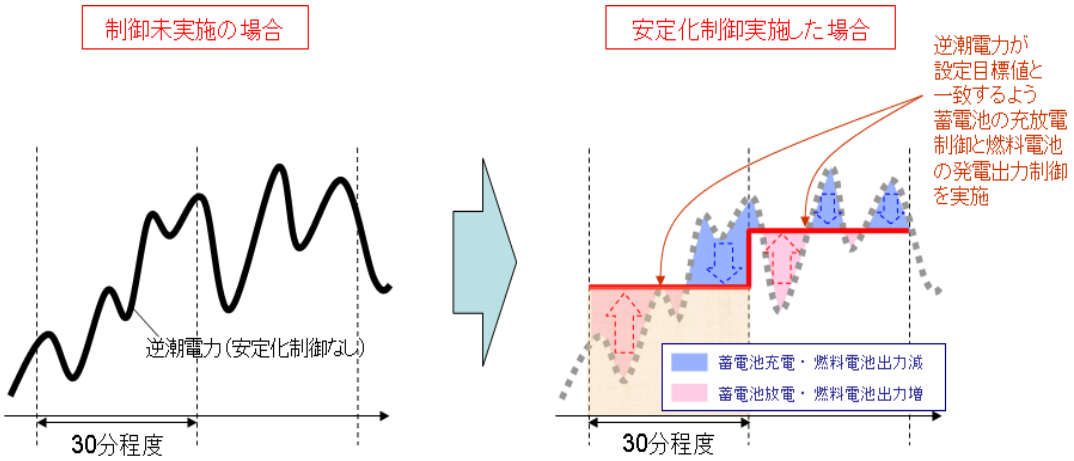


図 3-36　逆潮安定化制御の考え方

また、蓄電池の SOC の運用下限値（今回の実験では 50%）以下になった場合は、HS の制御対象となっている電力負荷を遮断し、蓄電池の放電側の負担を軽減して SOC を大きくする事で、継続的な逆潮安定化実現を目指す。制御ロジックの詳細は 1.4 節に示す。

逆潮安定化制御における制御の流れの全体像を以下の図 3-37 に、また各機器の役割を以下の表 3-10 に示す。

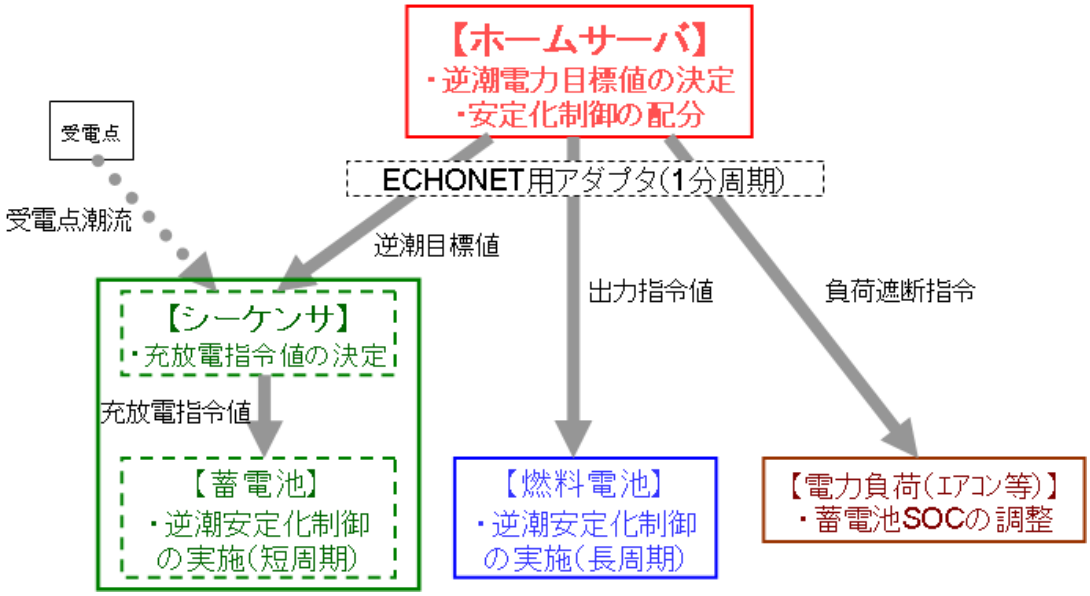


図 3-37　逆潮安定化における各機器の役割

表 3-10　逆潮安定化制御における各機器の役割

機器	役割	制御対象	周期
ホームサーバ	・逆潮電力目標値の決定 PV や負荷の予測値等から受電点逆潮電力の目標値を 30 分おきに決定し、シーケンサに送信	蓄電池 (ｼｰｹﾝｻ)	1 分
	・燃料電池出力指令値の決定 蓄電池のみでの逆潮安定化が不可能と判断した際は、燃料電池に逆潮安定化を目的とした出力制御指令を送信	燃料電池	1 分
シーケンサ	・充放電指令値の決定 ホームサーバから受信した逆潮電力の目標値と実際の受電点潮流を比較し、その差分を蓄電池に充放電指令値として送信	蓄電池	約 1 秒
蓄電池	・逆潮安定化制御の実施（短周期） シーケンサからの充放電指令値に従い充放電を実施	なし	約 1 秒
燃料電池	・逆潮安定化制御の実施（長周期） 蓄電池のみでの逆潮安定化が不可能な場合、HS からの出力制御指令値に従い発電を実施	なし	1 分
電力負荷	・安定化制御を継続させるための蓄電池残量の確保 蓄電池の残量（SOC）が低下した場合に負荷遮断指令を受け電源を落とす	なし	1 分

(d) 実証試験結果と考察

本実証では、以下の 2 つの段階に分けて実証試験を行うことで逆潮安定化制御に関する評価を行う。

【実証試験①】: 蓄電池 SOC が運用範囲から逸脱しない条件での逆潮安定化
（SOC 調整のための負荷遮断を行わない）

【実証試験②】: 蓄電池 SOC＜運用下限値 となる場合を含む逆潮安定化
（SOC 調整のための負荷遮断を行う）

【実証試験①】

蓄電池 SOC が運用範囲から逸脱しない条件での、逆潮電力安定化試験結果を図 3-38 に示す。また、30 分間単位での逆潮電力量の目標値と実績値の比較結果を表 3-11 に示す。

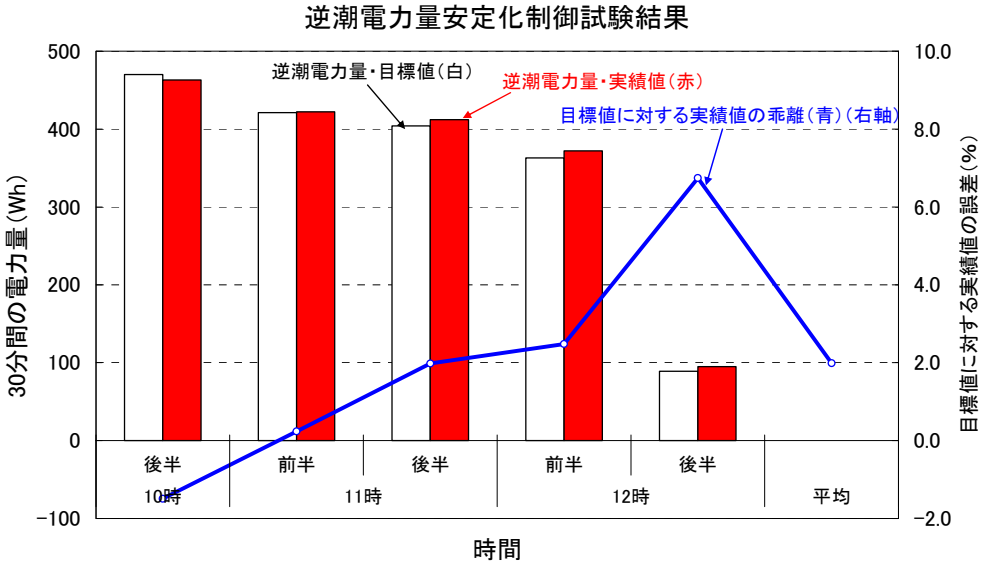


図 3-38　各時間帯における逆潮電力量の目標値と実績値の比較

表 3-11　各時間帯における逆潮電力量の目標値と実績値の比較

	10時	11時		12時		平均
	後半	前半	後半	前半	後半	
逆潮電力量目標値(Wh)	470	421	404	363	89	−
逆潮電力量実績値(Wh)	463	422	412	372	95	−
目標値に対する実績の誤差(Wh)	−7	1	8	9	6	3.4
目標値に対する実績の誤差(%)	−1.5	0.2	2.0	2.5	6.7	2.0

試験期間の逆潮電力量の実績値は目標値に対して誤差を 3%以下にできている。12 時台後半のみ目標値に対する誤差の比率が大きいが、誤差の絶対値（Wh）は他の時間帯と同程度であり、逆潮電力目標値の絶対値が小さいことが原因と考えられる。

また、1 分周期の各機器の出力（W）を図 3-39 に示す。PV の出力が大きく変動し

ているにもかかわらず、受電点潮流の実績値は、ほぼ目標値に近い値になっており、30 分毎の電力量だけでなく、瞬時の電力変動もうまく吸収できていることがわかる。

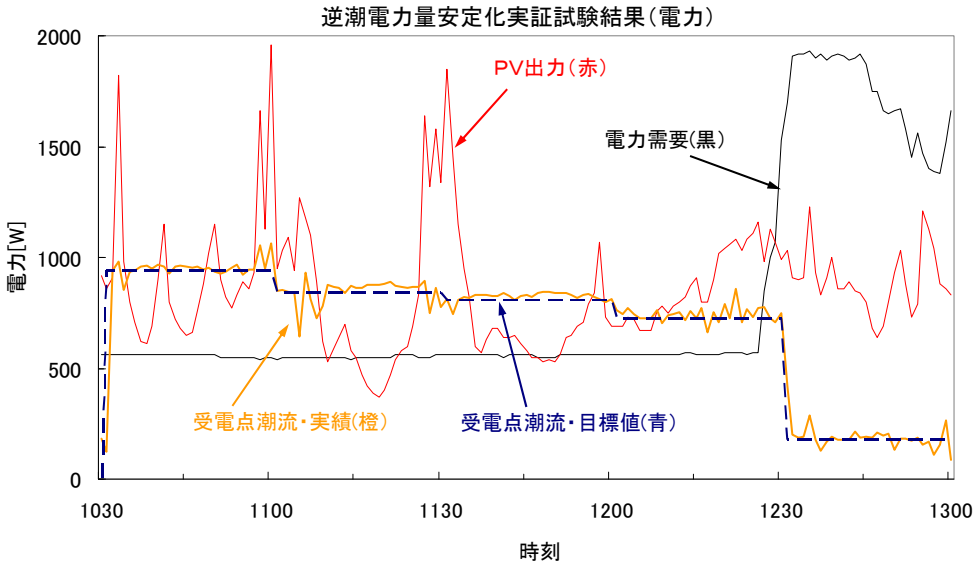


図 3-39　逆潮安定化制御の実験結果（実証試験①）

実証実験①において、燃料電池と蓄電池の組み合せ制御がどのように動作しているかの例を図 3-40 に示す。電気負荷の急増（12：30 頃エアコン ON）により電力負荷が急増し、減少した逆潮流電力量を確保すべく、蓄電池の放電出力だけでなく燃料電池の発電出力も増加していることが分かる。このように急激な需要の変動に対しても、蓄電池と燃料電池の協調制御により逆潮電力を安定化することができた。

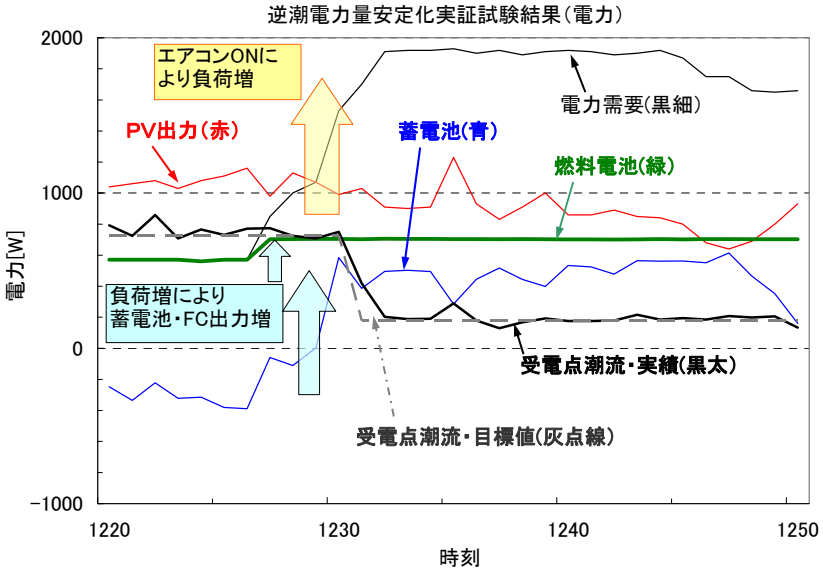


図 3-40　燃料電池と蓄電池の組み合せ制御実施例

【実証試験②】

本実験では、HS の運転計画にない電力負荷を発生させ、意図的に蓄電池 SOC が運用下限値を下回るようにする。そして、蓄電池の SOC が運用下限値を下回った後、負荷遮断によって、SOC が運用範囲に戻り、安定化制御が継続できることを確認する。

実験では、蓄電池 SOC が運用範囲を 50%～80%とした。予定外の負荷を生じさせる家電製品としてはエアコンを用いる。1 分周期の測定結果を図 3-41 に示す。

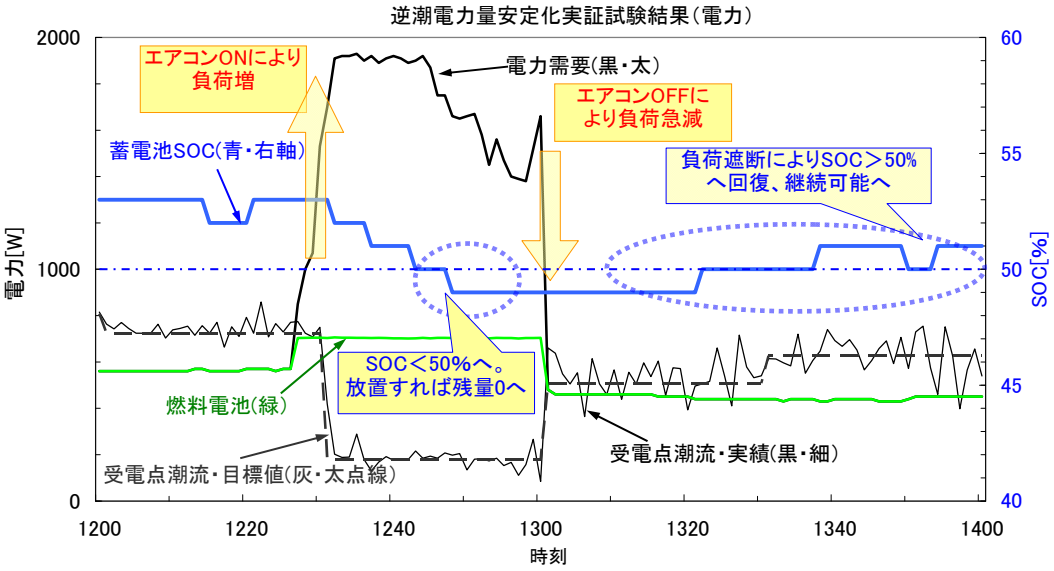


図 3-41　負荷遮断を伴う逆潮安定化制御の実験結果

12 時 30 分前後に、手動でエアコンを ON にした事で、燃料電池は最大出力（700W）に達し、蓄電池も放電量が増えたため SOC は急激に低下した。

12 時台後半の期間内に SOC が運用範囲下限（50%）以下となったため、13 時に負荷遮断機能が動作し、エアコンは停止した。負荷遮断した事で、安定化制御目標値に対して電力が余剰になり、燃料電池の出力低下と共に蓄電池の充電が行われ、SOC>50%以上に復帰した。次に 30 分間単位の逆潮電力量の目標値と実績値の比較を図 3-42 と表 3-12 に示す。

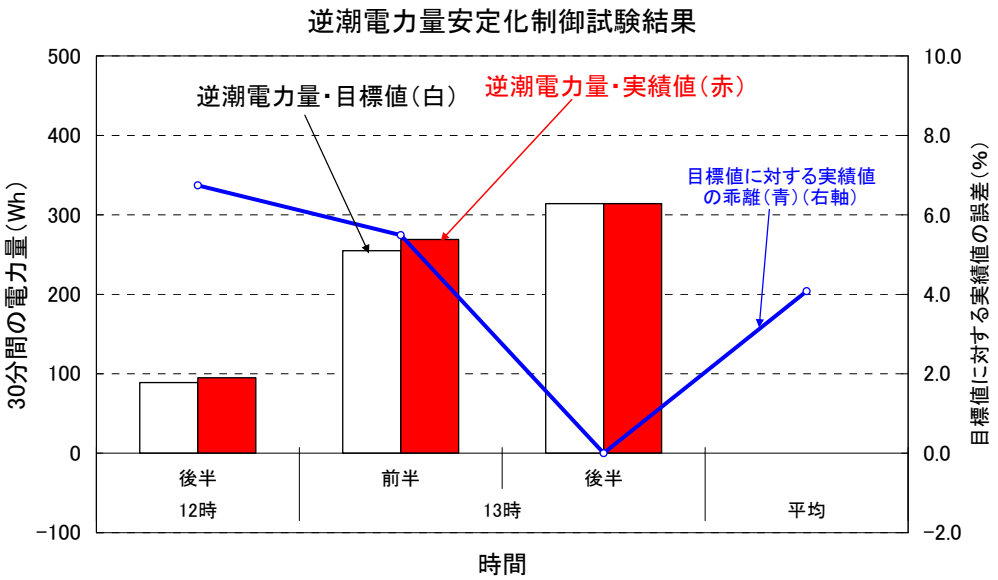


図 3-42　各時間帯における逆潮電力量の目標値と実績値の比較

表 3-12　各時間帯における逆潮電力量の目標値と実績値の比較

	12時	13時		平均
	後半	前半	後半	
逆潮電力量目標値（Wh）	89	255	314	−
逆潮電力量実績値（Wh）	95	269	314	−
目標値に対する実績の誤差（Wh）	6	14	0	6.7
目標値に対する実績の誤差（%）	6.7	5.5	0.0	4.1

本試験期間における、逆潮電力量実績値の目標値に対する誤差は、12 時台後半(6.7%)と、13 時台前半(5.5%)でやや大きい。12 時台後半は、前述と同様、逆潮電力の絶対値が小さいためと考えられる。13 時台前半については、負荷遮断による負荷減少量が非常に大きく、蓄電池と燃料電池の出力制御だけでは変動を完全に吸収できなかったためと考えられる。逆潮電力目標値が修正された 13 時台後半になると、実績値の目標値に対する誤差はほとんどなく、以後は蓄電池の運用範囲内に戻ったことで安定化制御が継続して精度良く動作している。

以上のように、遮断を伴う制御により、家庭からの逆潮電力の安定化制御を、より長い時間継続できることを実証できた。負荷遮断前後の誤差低減のための課題としては、負荷遮断対象の消費電力を取得して予測手法を改善することにより制御精度を向上する事が期待できる。

(2) CO_2 排出量最小化のための燃料電池・蓄電池の協調制御の実証

燃料電池が部分負荷運転になった際、それを HS で検知し、あらかじめ決められた制御アルゴリズムに則り、HS から FC へ定格運転指令を、電池には充電指令が送信され、その信号にもとづき燃料電池および蓄電池の動作が行われることを確認する。

運転モードとしては、シミュレーション結果に示した「通常モード」を用いる。このモードでは深夜の電力負荷が小さい時間帯に、燃料電池（FC）の部分負荷運転になるのを避けるため、FC の余剰電力を蓄電池に吸収する。蓄電池は日中は充放電せず、夕方以降の電力需要の大きい時間帯に放電する。

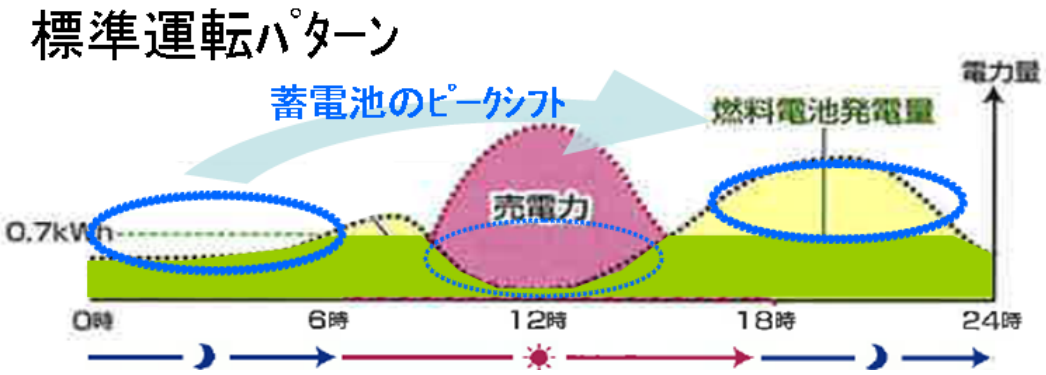
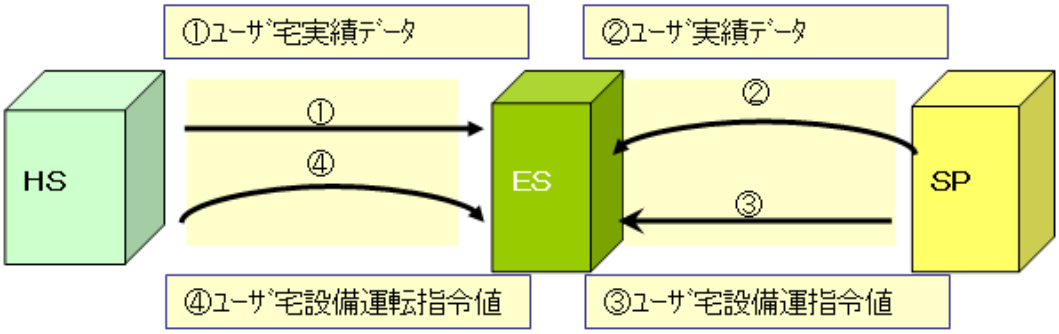


図 3-43　標準運転モードにおける蓄電池と燃料電池の運転法概略

上述の運転は、「通常モード」における各時刻の運転計画に基づいて、HS から燃料電池・蓄電池に出力を指令する事により実現する。計画作成にあたり、必要となる需要予測データは、HS から ES に送られ ES に蓄積されたデータを基に、ASP サーバが作成する。

今回の実験では、蓄電池・燃料電池その他の家庭内機器の運転情報は 1 分毎に HS を介して ES に送られ、ASP サーバは 3 時間に 1 回、最適運転計画を作成する計算を行う。そしてその計算結果の計画値が ES に保存され、HS は ES 上の計画値に基づいて、毎分の指令値を各機器（燃料電池や蓄電池等）に送信する。



①一定周期でHSにて収集している実績データ（電力使用量、発電量、蓄電量など）をESに送信してES上にDBとして蓄積する
②ASPから必要なタイミングでESのDBに蓄積されているユーザ実績データ（必要な分）、ECに要求し、収集する。
③ASPで演算した結果（運転指令値）をESに送信する
④ASPからESに通知されている運転指令値をHSから要求して取りにいく。

図 3-44　CGS・蓄電池協調制御の実行手順
（②③は一連の流れで実行①④は、それぞれのタイミングで実行する）

実際に本システムによって実験した結果を図 3-45 に示す。

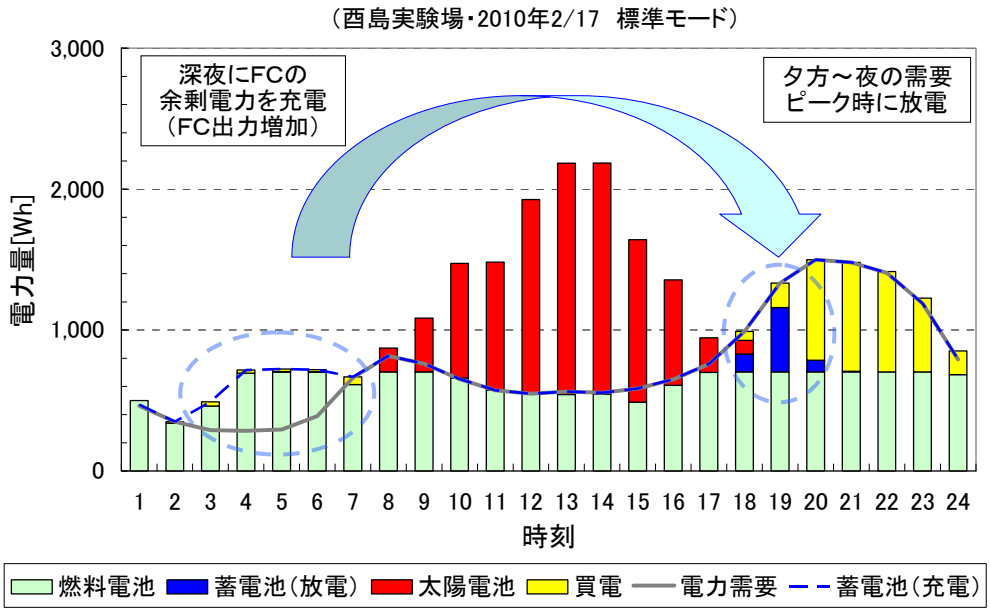
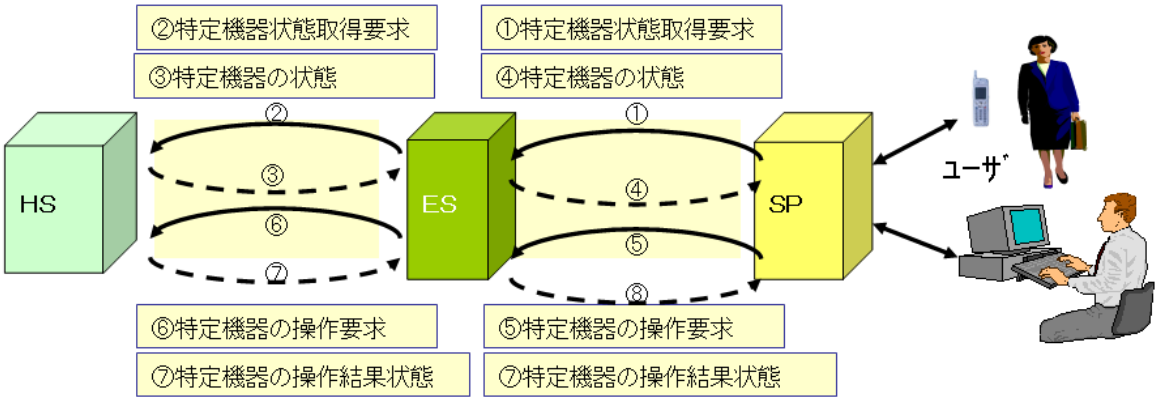


図 3-45　「通常モード」における運転結果

ホームサーバからの指令により、計画された熱需要の範囲内で深夜の FC の出力が増加し、蓄電した部分を夕方以降に放電できている。蓄電量に比べて放電量が小さいのは、今回の使用した鉛蓄電池の充放電効率とインバータ効率が、シミュレーションでの想定値に比べて低いためである。

3.3.8.2. エコサーバ、サービスプロバイダ層を介した遠隔制御技術の実証

遠隔制御機能は、ユーザが外出先から自宅の設備の稼動状態を確認したり、ホームサーバ画面を通じて、運転停止操作をする場面を想定している。



①ユーザの携帯電話やPCからの特定機器の状態取得要求をASPからESに行う。
②ASPからの要求に応じてESからHSに状態取得要求を行う
③ESから指定されて機器の状態をHSからESに通知する
④ESに通知された特定機器の状態をASPに通知する
⑤ユーザの携帯電話やPCからの特定機器の操作要求をASPからESに行う。
⑥ASPからの要求に応じてESからHSに操作要求を行う
⑦ESから指定されて機器の操作結果の状態をHSからESに通知する
⑧ESに通知された特定機器の状態をASPに通知する

図 3-46　遠隔操作サービスの実行手順（①→⑧の順に実行する）

まず、FC や蓄電池に対する遠隔制御の動作確認および、エネルギー消費機器(電気機器とガス機器)の遠隔制御の動作確認を行い、予定していた全機器について動作を確認した。その結果を以下の表 3-13 に示す。

表 3-13　エネルギー消費機器(電気機器とガス機器)の遠隔制御の動作結果

制御対象	制御可否	制御内容	備考
蓄電池	○	充電 2000W～放電 2000W の任意出力	今回用いた蓄電池用インバータは ECHONET に対応していないため、シーケンサと PC を用いて通信を中継した。なお左記は最大値であり、電池状態によって蓄電池用インバータが出力制限する事がある。
FC	○	250～700W の任意出力（目標値）	FC 現行品は ECHONET に対応していないため、PC を用いて通信を中継した。なお、左記は制御目標値であり、各時刻の出力は FC 自身の制御によって制限される。
AC	○	ON/OFF	西島実験場は三菱電機製エアコンに搭載した ECHONET 通信アダプタに直接通信した。 アネックスラボでは、HA 対応エアコンを用い、ECHONET の ON/OFF 信号を「ECHONET/HA アダプタ」により HA に変換して制御した。
照明	○	ON/OFF	ECHONET の ON/OFF 信号を「ECHONET/HA 変換アダプタ」 により HA に変換し、HA によりコンセント出力を ON/OFF するリレーボックスを用いた。
加湿器	○	ON/OFF	同上。　なお加湿器はソフト SW のため自動で ON はできない。
床暖房	○	ON/OFF	ECHONET の ON/OFF 信号を「ECHONET/HA 変換アダプタ」により HA に変換し、HA 端子に接続。
お風呂	○	自動お湯張り ON/OFF	同上。
コンロ	○	OFF のみ	同上。使用中に OFF のみ可能。（自動 ON 不可）

ホームサーバからの動作は次のように行われる。ホームサーバの機器操作画面で、各機器に対応したボタンを押すと、ボタンが「操作中（オレンジ色)」に変わる。

図 3-47　ホームサーバ（HS）の機器操作画面（操作前）

図 3-48　ホームサーバ（HS）の機器操作画面（「照明」操作中）

図 3-49　ホームサーバ（HS）の機器操作画面（左：「照明」OFF 完了）

そして操作が完了した事をホームサーバで確認すると、使用中（緑）、停止中（灰色）に変化する。ただし、ホームサーバからの通信速度と通信間隔の問題から、画面操作から機器の制御までには最長 30 秒、画面上の機器情報が更新されるまでには最長 2 分を要する（操作時間の詳細については 1.4 節を参照）。

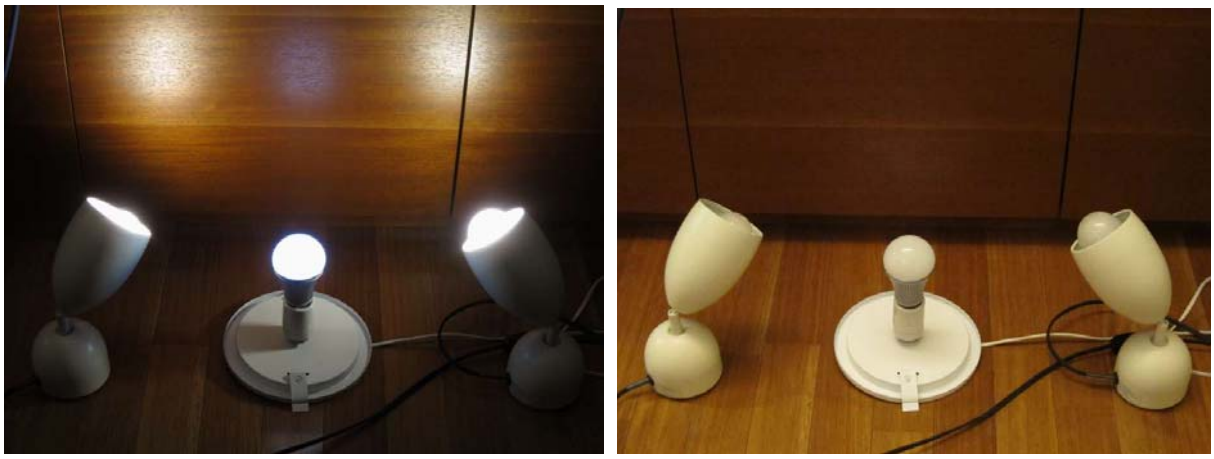


図 3-50　HS を介した機器操作例（左：「照明」ON、右：OFF）

図 3-51　HS を介した機器操作・加湿器（左:ON、右:OFF。遠隔 ON は不可。）

図 3-52　HS を介した機器操作・エアコン（左:ON 時、右:OFF）

図 3-53　HS を介した機器操作・お湯張り（左：自動お湯張り開始、右：完了）

図 3-54　HS を介した機器操作・コンロ（左:ON、右:OFF。遠隔 ON は不可。）

図 3-55　HS を介した機器操作・床暖房（温水流量「ml/分」、左:ON 時、右:OFF）

さらにこの遠隔操作機能を用いて、電力系統側で電力供給量が不足している場合に、外部から余剰電力の割増要求に対応して家庭内の FC 等や蓄電池、負荷機器などが応答して動作可能なことを示す実験を行った。これについては次項で述べる。

3.3.8.3. ユーザの嗜好を反映したエネルギー負荷への品質別供給サービス実証

従来からエネルギーの「見える化」だけでは、ユーザは何を操作すれば省エネになるのか十分理解するのが難しく、しばらくすると飽きてしまい、大きな省エネ効果は得るのは困難であるとされている。また、ユーザのニーズは様々であり、「先月までは CO_2 削減最優先だったが、今月は苦しいので経済性を優先したい」「今日は来客があるので、経済性優先運転では困る」というように、日々・月々変化する事も考えられる。

また、将来、スマートグリッドが広く普及した暁には、系統側の電力供給が不足気味の際、蓄電池・燃料電池を保有するユーザ側から、メリットがあれば積極的に電力供給に貢献したい、という要望も考えられる。

そこで、ここではこうしたユーザの多様な嗜好に合わせた品質別供給によるエネルギー利用方法の提案まで含めた「見える化」と、遠隔からの最適運転計画の指令まで含めた CO_2 削

減サービスの実証を行う。具体的には以下の 3 項目を実証する。

・ユーザの嗜好を反映する品質別エネルギー供給システム実証
・品質別エネルギー供給に対応した省エネ喚起サービス実証
・品質別エネルギー供給に対応した省エネ指南サービスの実証

(1) ユーザの嗜好を反映する品質別エネルギー供給システムの実証

ここでは将来、面的な広がりをもつスマートグリッドが普及することを想定し、電力系統側で電力供給量が不足している場合において、系統側から余剰電力の割増要求に対応して家庭内の FC 等や蓄電池などが応答して動作し、さらに遠隔からの操作要求に対応してエネルギー消費機器が動作可能なことを示す実験を行う。

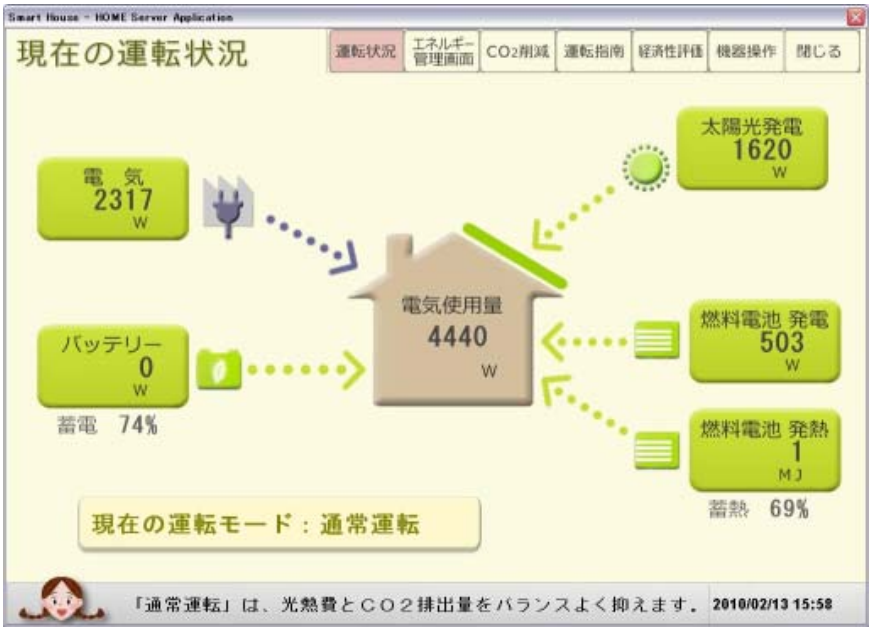
想定した運転シナリオを表 3-14 に示す。ASP サーバ（サービスプロバイダ層）からの割増依頼は 2 段階あり、第 1 段階では、ユーザが逆潮割増依頼に対応すると事前に登録する事で、自動的に蓄電池からの放電と FC の出力増加を行う。さらに、電力不足が考えられる場合には、第 2 段階の逆潮割増依頼を行う。第 2 段階ではユーザに負荷遮断の可否を確認した上で、事前に登録した負荷を遮断する。いずれも日射や家電機器の使用状況などにより逆潮できない場合も考えられるが、その場合でも上記の動作により負荷を軽減する。

図 3-56　想定する逆潮割増依頼サービス

表 3-14　遠隔制御による家庭内の発電・蓄電装置・電力需要の操作実験

運転モード	蓄電池	FC	負荷遮断	備考
標準運転	充放電なし	自動運転	なし	
逆潮割増依頼レベル 1	事前に設定した出力で放電	自動的に出力増加	なし	ユーザが逆潮割増依頼に対応すると事前に登録する事で、自動的に対応
逆潮割増依頼レベル 2	同上	同上	ユーザに可否確認の上で遮断	遮断対象機器は事前にユーザが登録。可否確認時に個別解除も可能。

逆潮割増依頼開始前のホームサーバの運転状況画面を下に示す。この時点では「通常モード」のため、蓄電池は充放電しておらず、燃料電池は、「通常モード」に対応した運転計画に基づいて発電している。



(C) 2009-2010 SEKISUI HOUSE

図 3-57　遠隔操作前の運転状況（通常モード）

ASP サーバから逆潮割増依頼レベル 1 を送信する。事前に依頼に対応する事を登録している、という想定であるため、送信と同時にホームサーバを介して蓄電池から放電を開始する。燃料電池も出力を増加開始する。

(C) 2009-2010 SEKISUI HOUSE

図 3-58　逆潮割増依頼レベル 1 蓄電池から放電、FC 出力増加開始

次に、ASP サーバから逆潮割増依頼レベル 2 を送信する。レベル 2 の場合は、負荷遮断を伴うため、ユーザに対応するか否か確認を求める。

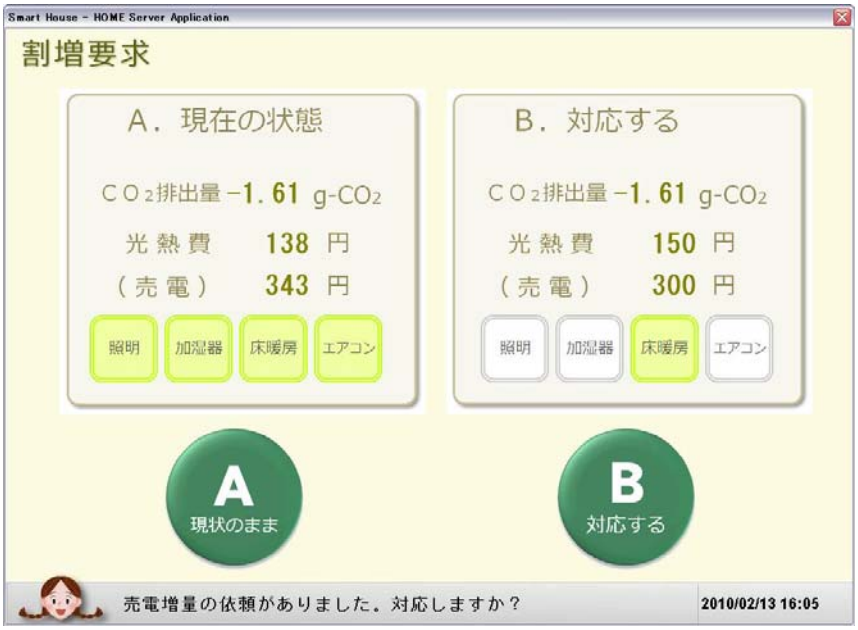


図 3-59　逆潮割増依頼レベル 2　ユーザに遮断可否の確認画面

ユーザがボタン B により「対応する」、と回答すると、設定した負荷がホームサーバを介して遮断される。今回の実験ではエアコン、加湿器、照明などを遮断した。ホームサーバの運転状況画面を下に示す。負荷遮断により、電気使用量は大きく減少し、太陽電池の発電量が低下しているにもかかわらず、系統に売電（逆潮）できていることがわかる。また燃料電池の発電出力も増加している。

(C) 2009-2010 SEKISUI HOUSE

図 3-60　逆潮割増依頼レベル 2　ユーザ確認の上で家電機器遮断

以上の実験における、PV 発電出力、蓄電池出力、FC 出力、電力需要の変化を次の図に示す。逆潮レベルの増加に応じて、余剰電力が増加している事がわかる。

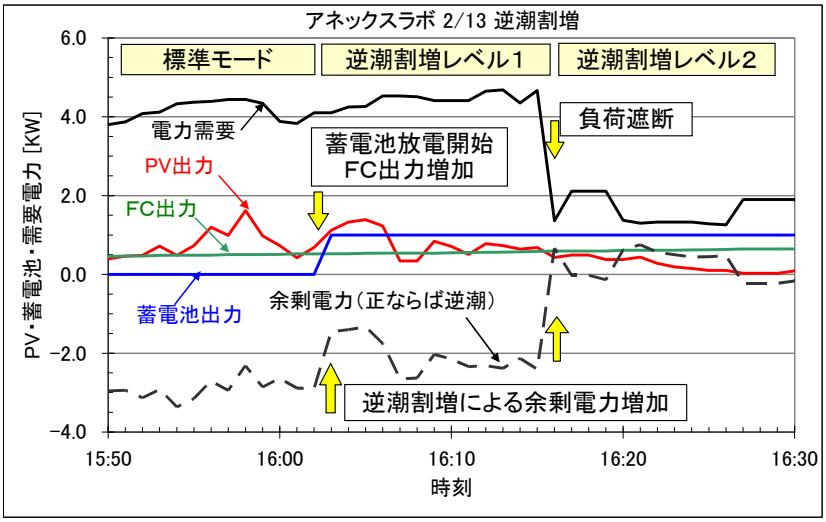


図 3-61　遠隔制御による余剰電力の変化（余剰電力＞0 は逆潮を示す）

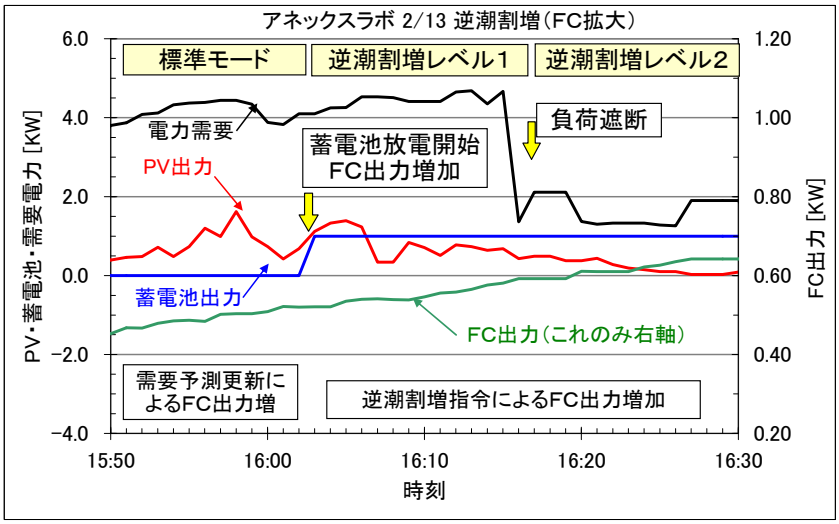


図 3-62　遠隔制御による FC 出力変化（FC 出力のみ右軸）

なお、FC の出力は図（上図）に示すように、逆潮割増前から最大 15W／分の割合で漸増しているが、これは試験開始前に ASP サーバからの需要予測値が更新され目標発電出力が増加したためである。

「逆潮割増」を行った 16:02 時以降は、需要予測による目標発電出力値と関係なく、「逆潮割増」に基づき最大出力に向け 15W／分で増加している。さらに 16:28 時以降は FC との通信途絶発生により、642W で一定出力となった。これは、ホームサーバから FC に約 1 分毎に送られる指令値は、現在の出力＋15W（1 分後に出せる最大出力）で与えており、発電出力の実績値（この場合 637W）が更新されないと、発電出力の指令値も一定の値のままになるためである。

この問題を回避するには、「逆潮割増」の場合は、途中で少々の通信途絶が発生しても最大出力に向かうよう、現在の FC 発電出力と無関係に、最大出力を指令値として与えるか、ホームサーバから FC へ、「目標発電出力」ではなく、「逆潮割増」モードを示す信号のみを送り、発電出力は FC 側で決定する（FC が可能な範囲で出力増加）事が考えられる。

以上のように、将来のスマートグリッドが普及した場合を想定して、外部からの余剰電力の割増要求に対応して家庭内の FC 等や蓄電池などが応答して動作し、さらに遠隔からの操作要求に対応してエネルギー消費機器が動作できることを実証した。ただし現在の法制度上は、家庭に設置した蓄電池や発電機の出力を逆潮することは認められていない等、実用化への課題も多い。これについては本節末で触れる。

(2) 品質別エネルギー供給に対応した省エネ喚起型 HEMS サービスの実証

現状では、通常のユーザは、自宅のエネルギー消費については、月毎の電気代・ガス代などのご利用通知を受け取るまで把握できず、毎日の省エネルギー行動に結びつけることが難しい。また近年エネルギーの「見える化」による実験も行われているが、電力計やガス流量を逐次表示しても、数字を見て、その意味を把握して省エネルギー行動に移すことができるユーザは限られていると言われている。このため、今回は、ユーザに自然に、省エネ喚起を促すためのサービスとして、毎日のエネルギー使用量がある値を超過すると、アラームを発報し、さらにユーザに現在使用中の機器を示し、遠隔で負荷遮断する事を提案した。

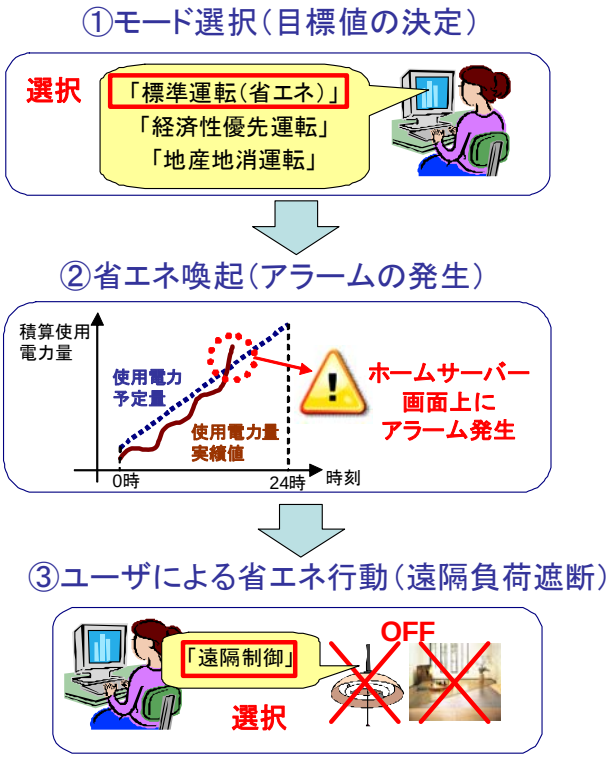


図 3-63　想定する省エネ喚起サービス

ユーザが事前に選択したモードにおいて、毎日のエネルギー使用量が予定量（ASP サーバで作成した計画値）を一定比率超過すると、アラームを発報し、さらにユーザに現在使用中の機器を示して、遠隔で負荷遮断する。

ホームサーバはアラームを受信すると「省エネ喚起画面」を表示する。

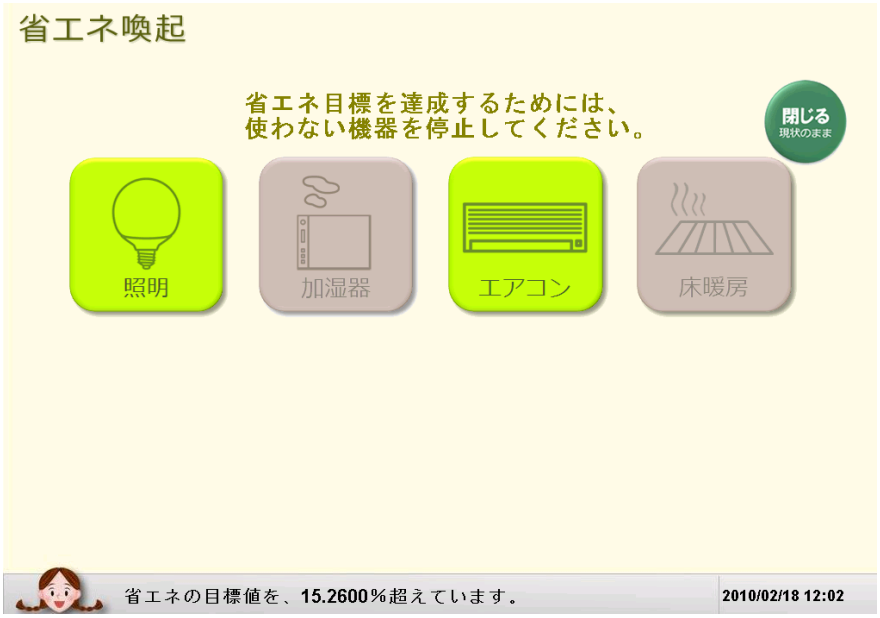


図 3-64　ホームサーバに省エネ喚起画面が現れた所

ユーザは現在使用中の機器の一覧を見ることで、OFF すべき機器を選択する事ができる。OFF にする機器を選択すると、遠隔で該当機器が停止される。

図 3-65　省エネ喚起画面上にて照明・エアコンを OFF
（左 OFF 操作中、右 OFF 完了）

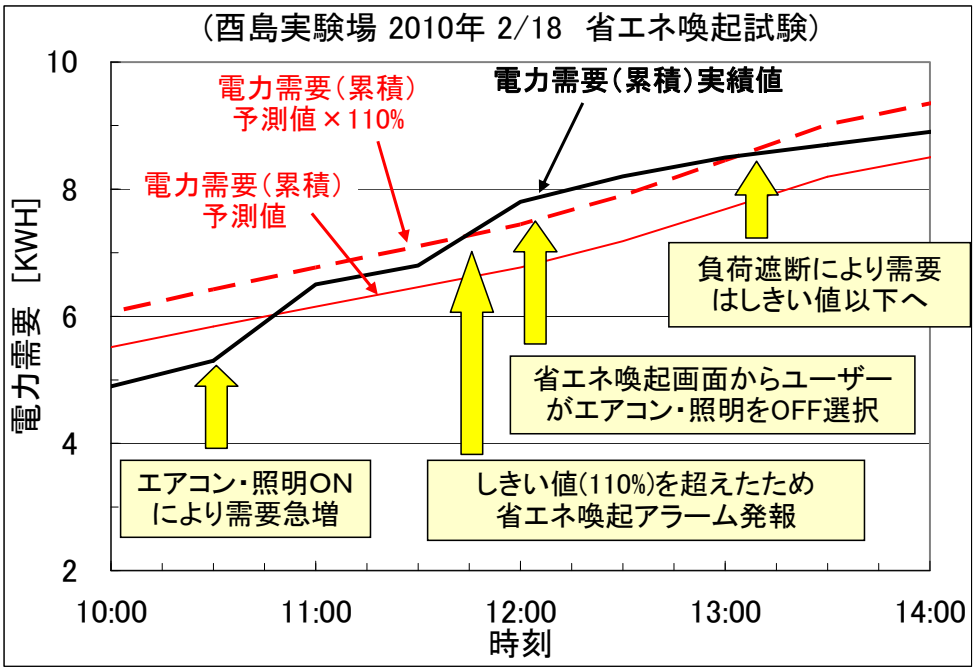


図 3-66　省エネ喚起実験結果

今回の実験では、当日の累積電力需要が予測値の 110%を超過すると、アラームが発報されるようにした。上の実験では午前中にエアコン、照明を ON にしたために急激に消費電力が増加、12 時過ぎにアラームが発報された。ユーザは省エネ喚起画面を確認して、エアコン・照明を OFF にすることで、午後には規定内の需要に収まっている。

なお実際の生活においては、来客など機器を OFF にする事が難しい事も考えられるため、ユーザは機器を OFF にする事なく画面を閉じる事もできる。

このようにする事で、毎日の生活の中から自然にユーザに省エネ喚起を促すことができると考えられる。

⑶ 品質別エネルギー供給に対応した省エネ指南サービスの実証

ユーザの嗜好に合わせた品質別エネルギー供給システム実証のため、3 つの運転モードを選択できるように準備した。各モードのエネルギー機器の運転方法については、既に 3.1.7.2 に述べたが、基本的な考え方を表 3-15 に示す。

表 3-15　ユーザ嗜好に合わせた 3 つの運転モードの考え方（再掲）

時間帯	通常モード	経済性重視モード	地産地消モード
深夜	・FC は定格運転 ・余剰電力のみ蓄電池に充電	・FC は定格運転 ・余剰電力に加え夜間電力も蓄電池に充電	・FC は定格運転 ・余剰電力のみ蓄電池に充電
日中	・蓄電池の充放電停止	・FC は定格運転 ・FC 出力＞電力需要ならば FC 余剰分を蓄電池に充電 FC 出力＜電力需要ならば蓄電池から放電（ただし夜間使う分は残す） ・制御対象負荷の電源が ON の場合は遮断	・PV＋FC 出力＞電力需要ならば FC 出力を最小に ・PV 余剰電力を蓄電池に充電（蓄電容量の範囲内で） ・制御対象負荷の電源が ON の場合は遮断
夕方～夜間	・電力需要＞FC 出力ならば不足分を蓄電池から放電	・同左	・同左

ユーザは、ホームサーバ画面上で、嗜好に合わせて毎日、任意時刻に各モードを選択することができる。この際、CO_2排出量と光熱費はサービスプロバイダサーバにより再計算される。なお、各モードにおける、光熱費および CO_2 発生量のシミュレーション結果については 3.1.7.2 に示している。

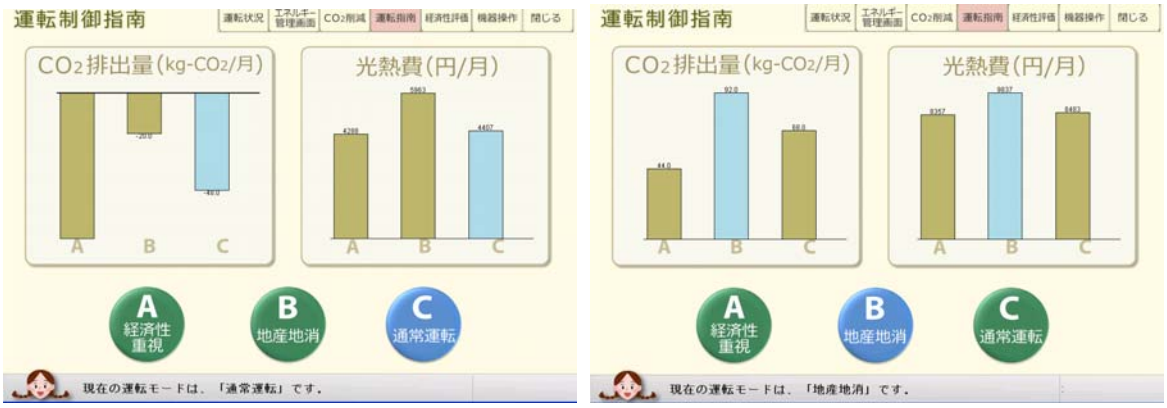


図 3-67　ユーザによる運転モードの選択画面
（左：晴天の例、右：雨天の例）

アネックスラボでは、ユーザ視点評価のため、モード選択により、蓄電池・燃料電池等の運転状況は変化する事を実証した。短時間に 3 つのモード変更を行った例を下図に示す。モ

ード選択により蓄電池の動作が、サーバからの指令値（日中の場合、充電 1kW、放電 1kW のいずれか）に従って約 1 分で変化していることがわかる。なお、アネックスラボでは蓄電池の出力を充放電共に 1kW に制限している。

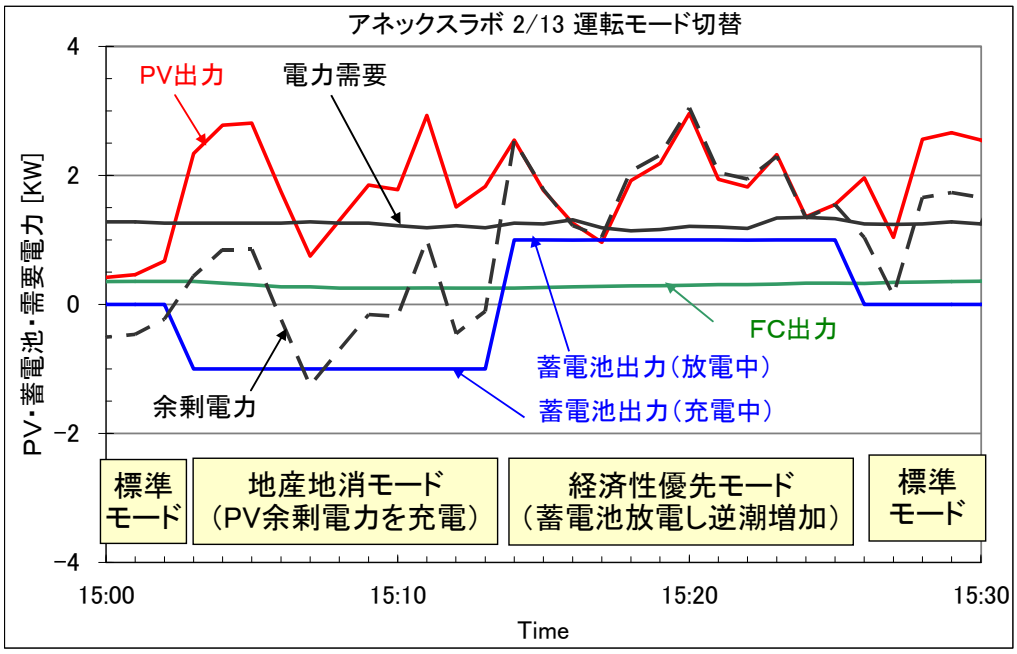


図 3-68　モード切替によるエネルギー機器の動作変化

酉島実験場では、アネックスラボのような短時間でのモード切替における機器の動作状況の確認ではなく、以下の評価を通じて、1 日を通じた同一モードでの機器動作状況の確認を行った。なお電力実験場でも蓄電池の充放電出力は最大 1kW に制限している。

・1 日を通じた各機器の運転パターンの確認

表 3-15 中の各モードにおける各機器の運転の考え方が、実証試験で実現できているかを、1 日を通じた実験結果から確認する。

・ホームサーバから各機器への制御性の評価

ホームサーバから各機器（燃料電池、蓄電池）に送信される制御指令値と各機器の実績値を比較することで、ホームサーバから各機器への制御性の評価を行う。

各モードにおける試験結果と考察を以下に示す。

(a)　通常モード

・1 日を通じた各機器の運転パターンの確認

通常モードでは、深夜に FC の発電出力が低下すると、2 時以降に発電出力を増加させ、余剰電力を蓄電池へ充電している。そして夕方以降の電力需要ピーク時に放電する。シミュレーション結果と異なり、蓄電池への充電量に対して放電量が小さいがこれは、今回使用した蓄電池インバータの変換効率や鉛蓄電池の充放電効率が低いこと

や、インバータ損失や制御回路の消費電力が大きいことが理由と考えられる。

図 3-69 に通常モードにおけるシミュレーション上の運用モデル図を示し、図 3-70 に今回の実証結果を示す。

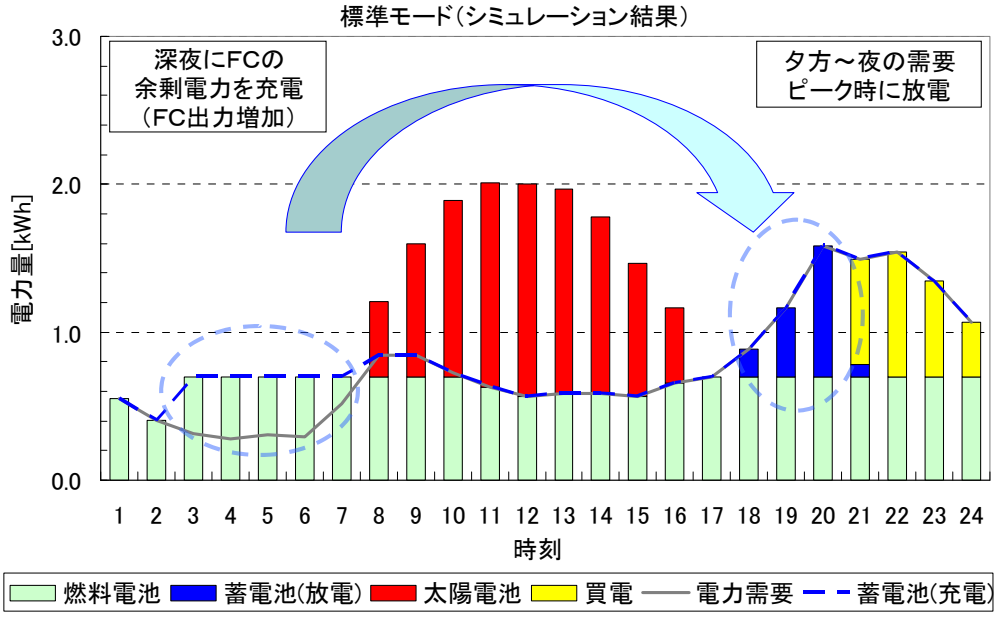


図 3-69 「通常モード」でのシミュレーションによる運用モデル図

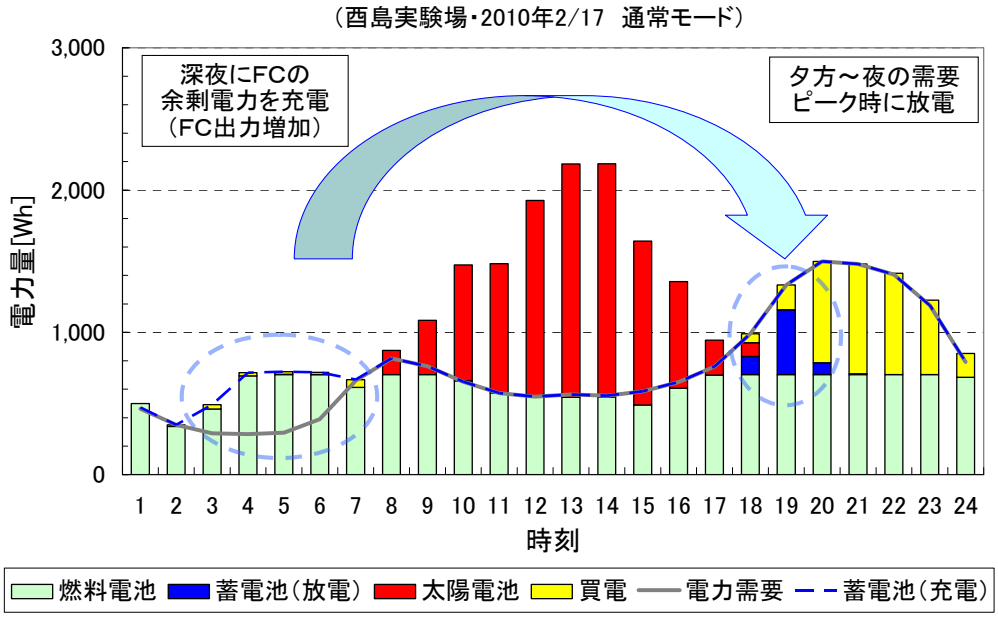


図 3-70 「通常モード」実験結果

・ホームサーバ（HS）から各機器への制御性の評価

HS から燃料電池への発電出力の制御指令値の実績値の比較を図 3-71 に、HS から

蓄電池への充放電制御指令値と実績値の比較を図 3-72 示す。なお放電側が正の値である。

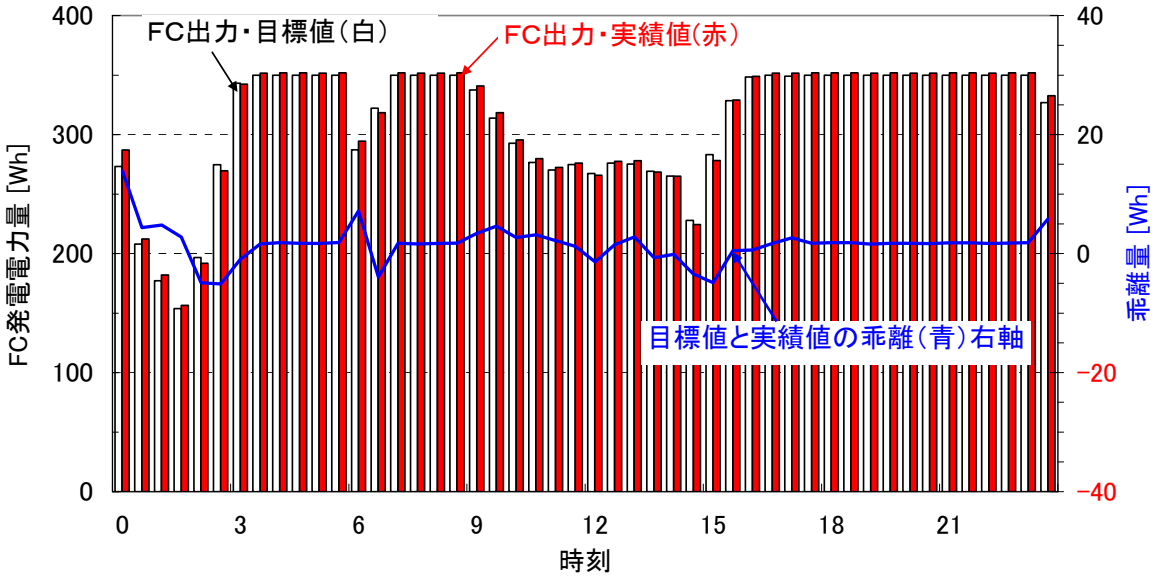


図 3-71　燃料電池への発電出力制御目標値と実績値（通常モード）

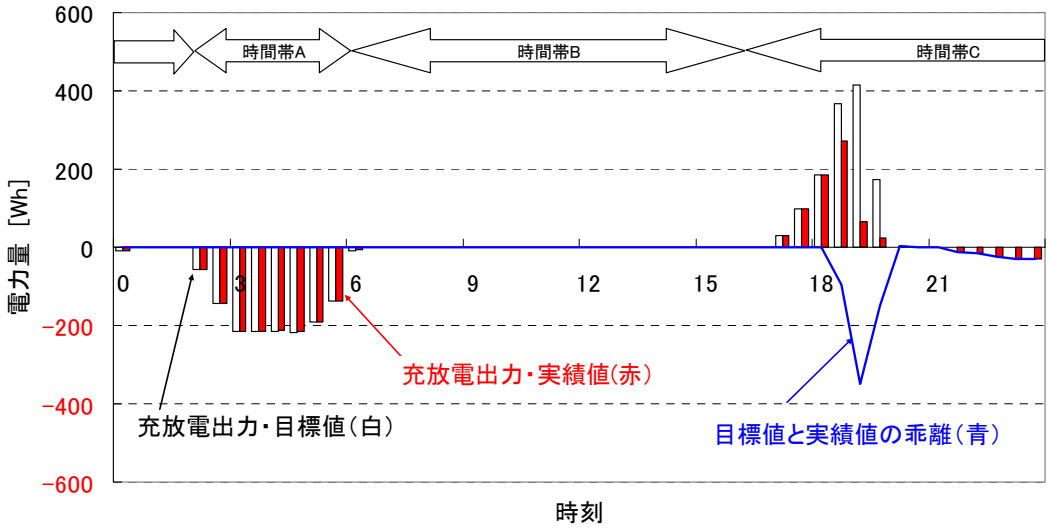


図 3-72　蓄電池への充放電制御目標値と実績値（通常モード・放電が正の値）

表 3-16　通常運転モードにおける制御目標と実績

			時間帯A 2:00～6:00	時間帯B 6:00～16:00	時間帯C 16:00～2:00	全日 0:00～24:00
全体	制御目標	Wh	1,772	6,056	6,947	14,775
	実績	Wh	1,777	6,077	6,300	14,153
	実績-目標	Wh	5	21	−647	−622
	誤差	(%)	0.28%	0.34%	−9.32%	−4.21%
燃料電池	制御目標	Wh	3,174	6,056	5,688	14,918
	実績	Wh	3,175	6,077	5,743	14,995
	実績-目標	Wh	1	21	55	77
	誤差	(%)	0.03%	0.34%	0.97%	0.52%
蓄電池	制御目標	Wh	−1,402	0	1,259	−143
	実績	Wh	−1,398	0	556	−842
	実績-目標	Wh	4	0	−703	−699
	誤差	(%)	−0.27%	−	−55.81%	489.20%

終日の計算結果において運転制御目標に対する誤差は-4.21%である。機器別に見ると燃料電池は目標値と実績値の差が全ての時間で 1%以下だが、蓄電池は時間帯 C で大きな誤差を生じている。この原因としては以下の 2 点が考えられる。

・今回用いた鉛蓄電池の充放電効率とインバータの変換効率が低いため、必要な放電量を確保できなかったこと
・蓄電池の電圧低下により蓄電池保護のためインバータが放電電流を制限したこと

上記の問題を解決するには、変換効率の高い蓄電池用インバータや Li イオン電池のような充放電効率の高い 2 次電池を用いることが有効であろう。

また、蓄電池電圧の低下については、例えば低 SOC 時は大出力放電を避け、小出力でより長時間放電する等、放電時の蓄電池内部抵抗による電圧降下を考慮した蓄電池の運用計画を作成する事が望まれる。その際には、出力を下げることによるインバータ効率の低下や、充放電電力量が制限を受ける事等も考慮した検討が必要となる。つまり、HS において、蓄電池を管理する際に、SOC を精度よく管理するだけでなく、充放電中の蓄電池電圧変化や充放電可能な電力の値を把握し、それらを運転計画に組み込むことで、上記の問題は改善されると考えられる。

参考までに実験結果から蓄電池の充放電損失の影響を取り除くと下表のようになり、本システムを利用することで、机上シミュレーションで示したのと同様な運転制御が可能であることが確認できる。

表 3-17　通常運転モードにおける制御目標と実績想定値（修正後）

			時間帯A 2:00～6:00	時間帯B 6:00～16:00	時間帯C 16:00～2:00	全日 0:00～24:00
全体	制御目標	Wh	1,772	6,056	6,947	14,775
	実績	Wh	1,777	6,077	6,876	14,729
	実績-目標	Wh	5	21	-71	-46
	誤差	(%)	0.28%	0.34%	-1.03%	-0.31%
燃料電池	制御目標	Wh	3,174	6,056	5,688	14,918
	実績	Wh	3,175	6,077	5,743	14,995
	実績-目標	Wh	1	21	55	77
	誤差	(%)	0.03%	0.34%	0.97%	0.52%
蓄電池	制御目標	Wh	-1,402	0	1,259	-143
	実績	Wh	-1,398	0	1,133	-266
	実績-目標	Wh	4	0	-127	-123
	誤差	(%)	-0.27%	-	-10.06%	85.94%

※時間帯 C の放電電力量は時間帯 A の充電量に充放電効率 0.81 を考慮して計算をし直した

(b)　経済性重視モード

・1 日を通じた各機器の運転パターンの確認

経済性重視モードでは、深夜に FC の余剰電力だけでなく、系統から購入した電力も充電する。日中は PV 発電出力を最大限に売電するため、熱需要予測の範囲内で FC 発電出力が増加する。アネックスラボでの実験結果と異なり、電力需要が FC の定格発電出力（700W）以下であるため、蓄電池からの放電は行わず、むしろ FC の余剰電力を充電している。そして通常モードと同様、夕方以降の電力需要が大きい時間帯に放電する。蓄電池への充電量に対して放電量が小さいが、これは通常モードで述べたことと同じ理由と考えられる。通常モードにおけるシミュレーション上の運用モデルを図 3-73 に、今回の実証結果を図 3-74 に示す。

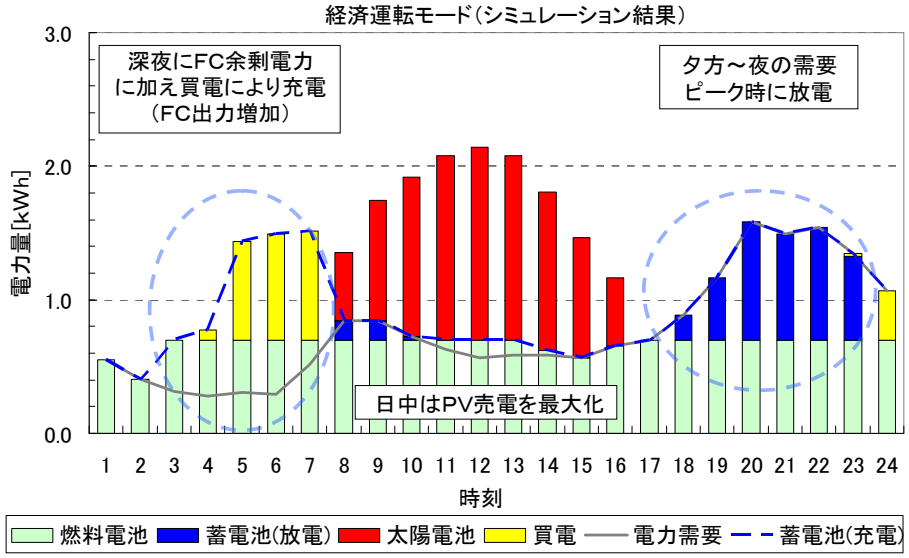


図 3-73　「経済性重視モード」でのシミュレーションによる運用モデル図

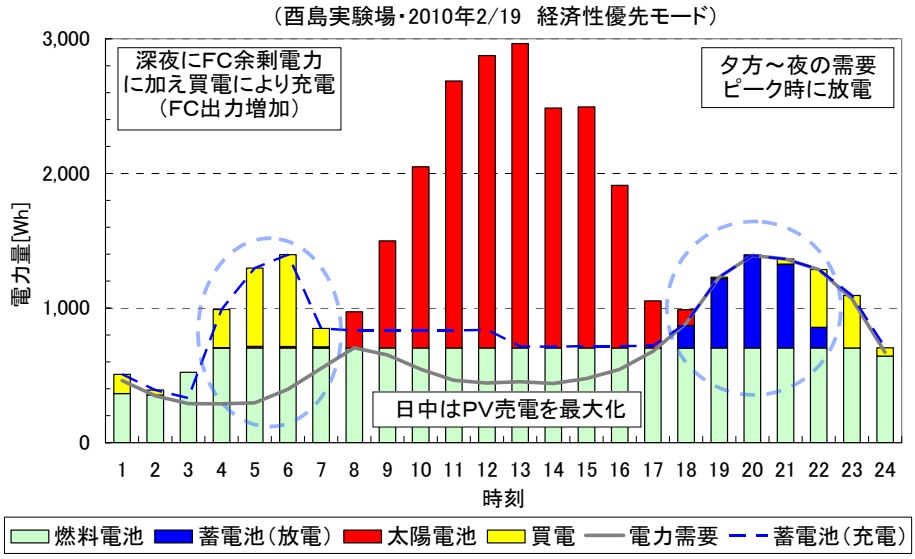


図 3-74　経済性重視モード実験結果

・ホームサーバ（ＨＳ）から各機器への制御性の評価

HS から燃料電池への発電出力制御指令値と実績値の比較を図 3-75 に、HS から蓄電池への充放電指令値と実績値の比較を図 3-76 に示す（放電側が正）。

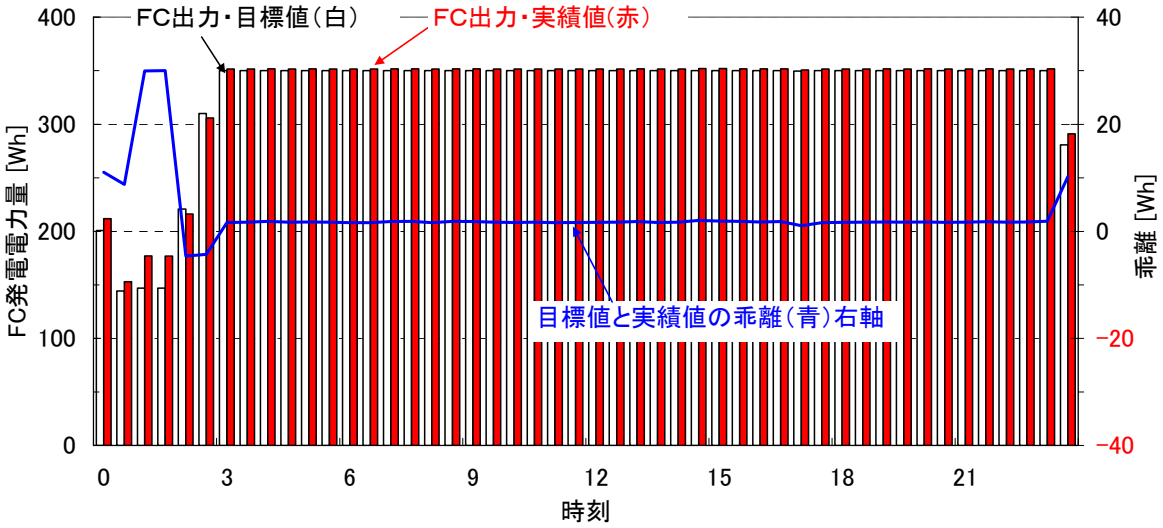


図 3-75　燃料電池への発電出力の制御目標値と実績値（経済性重視モード）

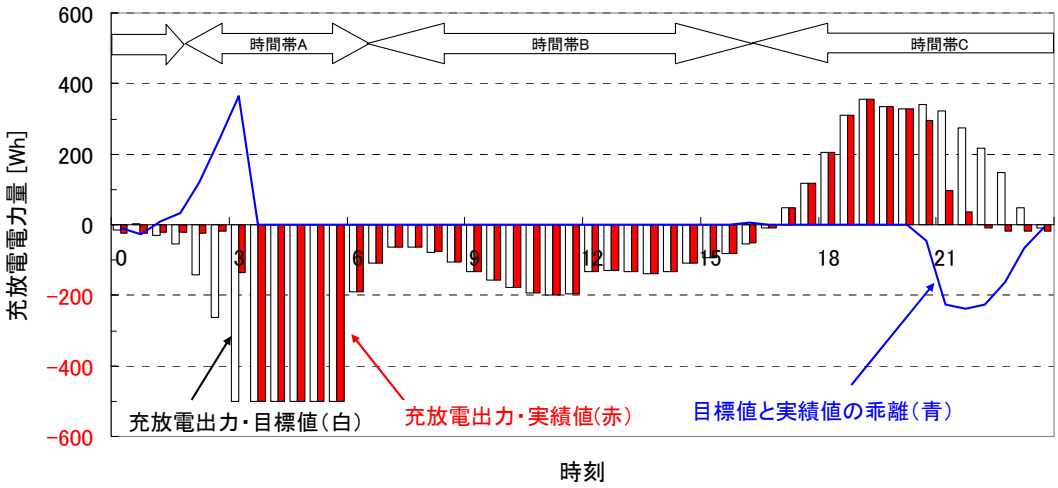


図 3-76　蓄電池への充放電制御目標値と実績値（経済性重視モード）

表 3-18　経済追求モードにおける制御目標と実績

			時間帯A 2:00～6:00	時間帯B 6:00～16:00	時間帯C 16:00～2:00	終日 0:00～24:00
全体	制御目標	Wh	-371	4,617	8,420	12,665
	実績	Wh	362	4,664	7,565	12,592
	実績-目標	Wh	734	48	-855	-74
	誤差	(%)	-197.57%	1.03%	-10.16%	-0.58%
燃料電池	制御目標	Wh	3,331	7,000	5,470	15,801
	実績	Wh	3,336	7,035	5,582	15,953
	実績-目標	Wh	5	35	112	152
	誤差	(%)	0.14%	0.51%	2.05%	0.96%
蓄電池	制御目標	Wh	-3,702	-2,383	2,951	-3,135
	実績	Wh	-2,974	-2,371	1,983	-3,361
	実績-目標	Wh	729	12	-967	-226
	誤差	(%)	-19.68%	-0.52%	-32.78%	7.20%

制御目標と実績値の誤差は終日で-0.58%であった。機器別に見ると、燃料電池は制御目標に対して終日 1%以下の誤差で運転できているのに対し、蓄電池は特に時間帯 A、C で制御目標と大きなずれが生じている。時間帯 A については、前日に蓄電池電圧が大きく低下し、充電開始時間を遅くせざるを得なかった事に原因があり、時間帯 C では、通常モードと同様、充放電損失や蓄電池電圧低下による出力制限が主な原因である。既に「通常運転」の頁で述べたように、これらの課題は、現在の技術で十分改善できる可能性がある。

「通常運転」と同様、蓄電池の充放電損失の影響を取り除いた結果を下表に示す。

表 3-19　通常運転モードにおける制御目標と実績想定値（修正後）

			時間帯A 2:00～6:00	時間帯B 6:00～16:00	時間帯C 16:00～2:00	全日 0:00～24:00
全体	制御目標	Wh	−371	4,617	8,420	12,665
	実績	Wh	−348	4,664	8,532	12,848
	実績−目標	Wh	23	48	112	183
	誤差	(%)	−6.27%	1.03%	1.33%	1.44%
燃料電池	制御目標	Wh	3,331	7,000	5,470	15,801
	実績	Wh	3,336	7,035	5,582	15,953
	実績−目標	Wh	5	35	112	152
	誤差	(%)	0.14%	0.51%	2.05%	0.96%
蓄電池	制御目標	Wh	−3,702	−2,383	2,951	−3,135
	実績	Wh	−3,684	−2,371	2,951	−3,104
	実績−目標	Wh	19	12	0	31
	誤差	(%)	−0.50%	−0.52%	0.00%	−0.99%

※時間帯 A の充電量を時間帯 B 並みの 0.50%、時間帯 C の放電電力量は時間帯 A の充電量に充放電効率 0.81 を考慮して計算をし直したもの

(c)　地産地消モード

・1 日を通じた各機器の運転パターンの確認

地産地消モードの実験結果を以下に示す。14－15 時のみ無線通信の障害等に伴う調整作業のため記録はない。通常モードと同様、深夜に FC の余剰電力を充電する。日中は PV を夕方に備えて充電する。このため FC 出力は需要と同程度に低下させる。そして通常モードと同様、夕方以降の電力需要が大きい時間帯に放電する。PV 出力を蓄電するため、夕方の買電力が小さい代わりに、日中の売電力も小さくなっている。図 3-77 に通常モードにおけるシミュレーション上の運用モデル図を示し、図 3-78 に今回の実証結果を示す。

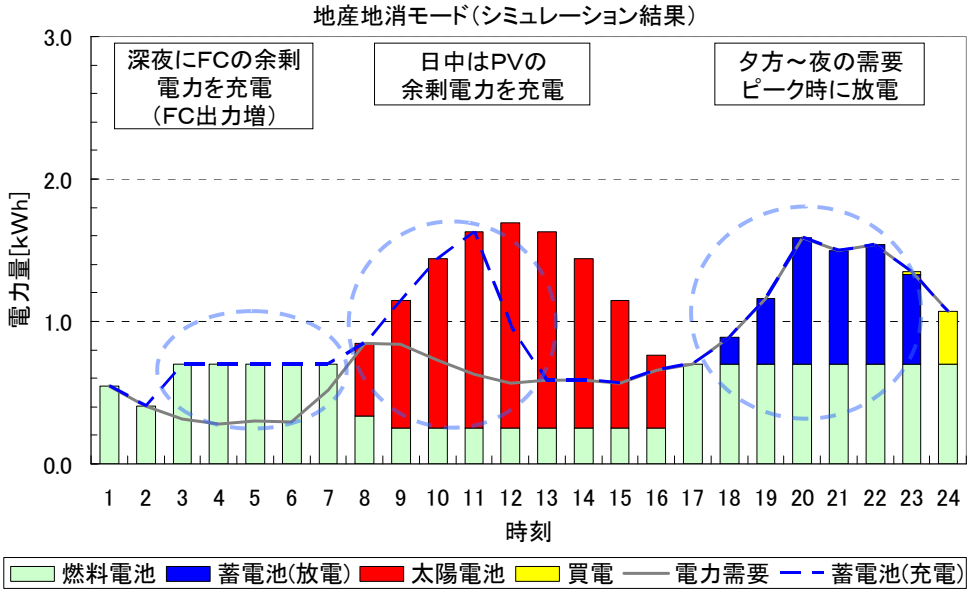


図 3-77　「地産地消モード」でのシミュレーションによる運用モデル図

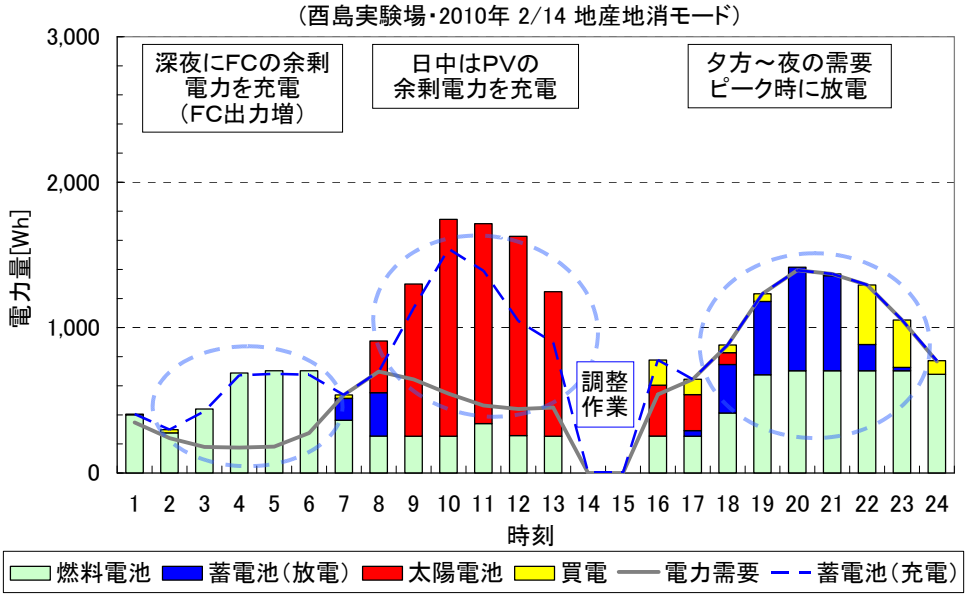


図 3-78　地産地消モード実験結果

・ホームサーバ(HS)から各機器への制御性の評価

HS から燃料電池への発電出力の制御指令値と実績値の比較を図 3-79 に、HS から蓄電池への充放電指令値と実績値の比較を図 3-80 に示す。充放電はプラスが放電側である。

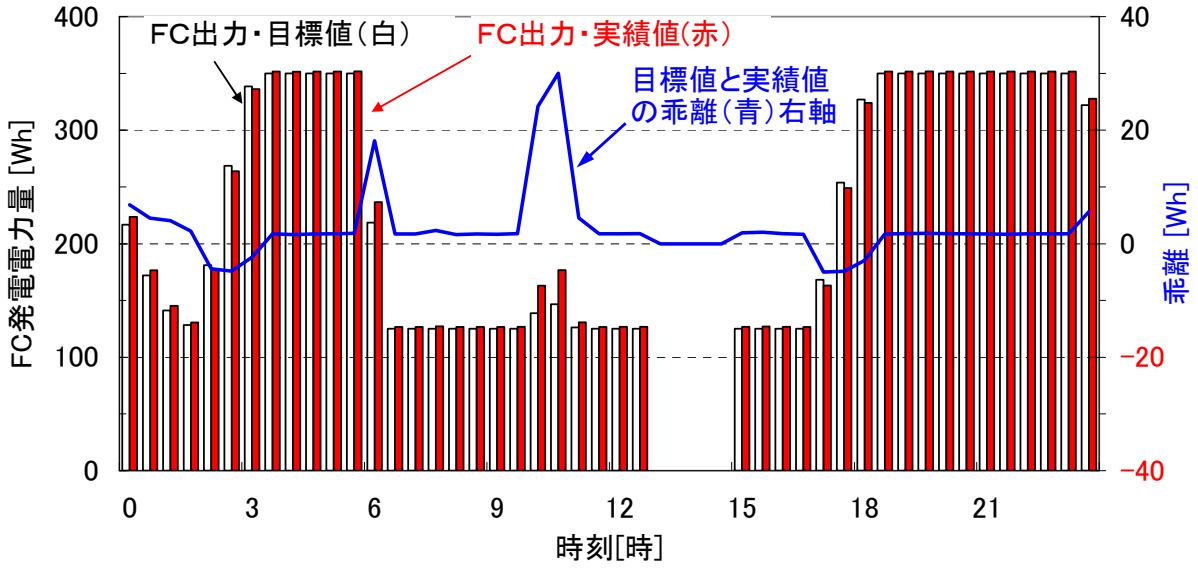


図 3-79　燃料電池への発電出力制御目標値と実績値（地産地消モード）

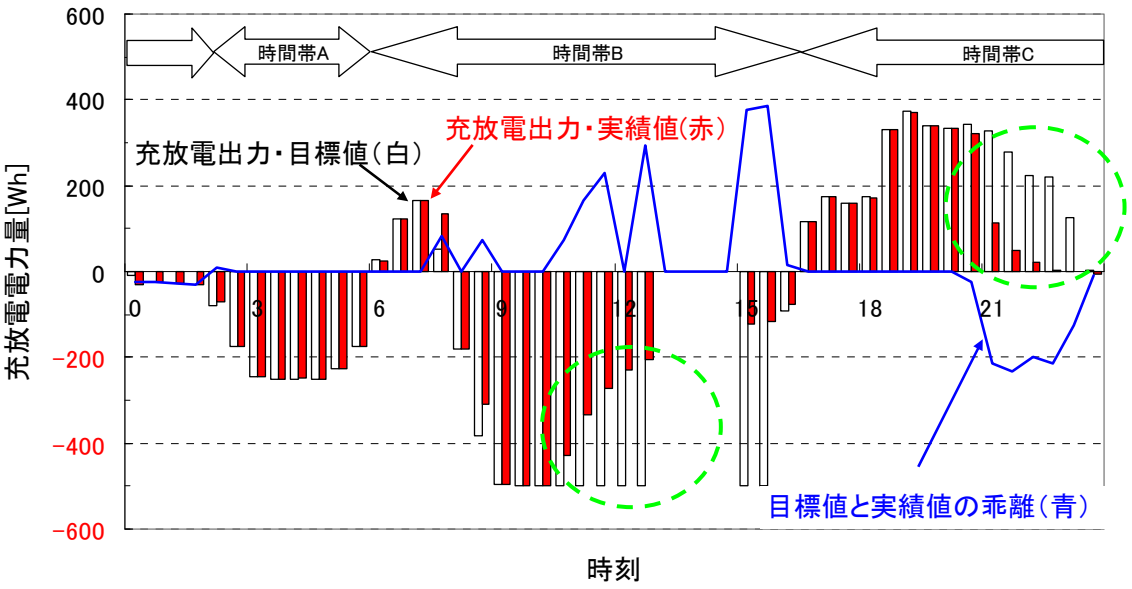


図 3-80　蓄電池の充放電制御目標値と実績値の比較（地産地消モード）

表 3-20　地産地消モードにおける制御目標と実績値

			時間帯A 2:00～6:00	時間帯B 6:00～16:00	時間帯C 16:00～2:00	終日 0:00～24:00
全体	制御目標	Wh	1,378	−3,284	8,625	6,719
	実績	Wh	1,405	−1,237	7,523	7,523
	実績−目標	Wh	27	2,047	−1,102	804
	誤差	(%)	1.99%	−62.33%	−12.78%	11.97%
燃料電池	制御目標	Wh	2,882	2,037	5,229	10,148
	実績	Wh	2,899	2,119	5,257	10,275
	実績−目標	Wh	17	82	28	127
	誤差	(%)	0.58%	4.04%	0.53%	1.25%
蓄電池	制御目標	Wh	−1,504	−5,321	3,396	−3,429
	実績	Wh	−1,493	−3,356	2,266	−2,584
	実績−目標	Wh	11	1,965	−1,130	845
	誤差	(%)	−0.71%	−36.92%	−33.28%	−24.65%

制御目標に対する実績値の誤差は終日で 11.97%と「通常モード」、「経済性重視モード」に比べて大きくなっている。この理由としては、まず、他の 2 モードとは異なり、時間帯 C（放電）だけでなく、時間帯 B（充電）についても、蓄電池電圧が管理制限値（充電時は下限値）に達したため、インバータが充電電流を制限したことが挙げられる。

さらに、下表に示すように無線通信上の通信エラーが頻発したことにより、制御上の誤差が発生したことも原因の１つと考えられる。

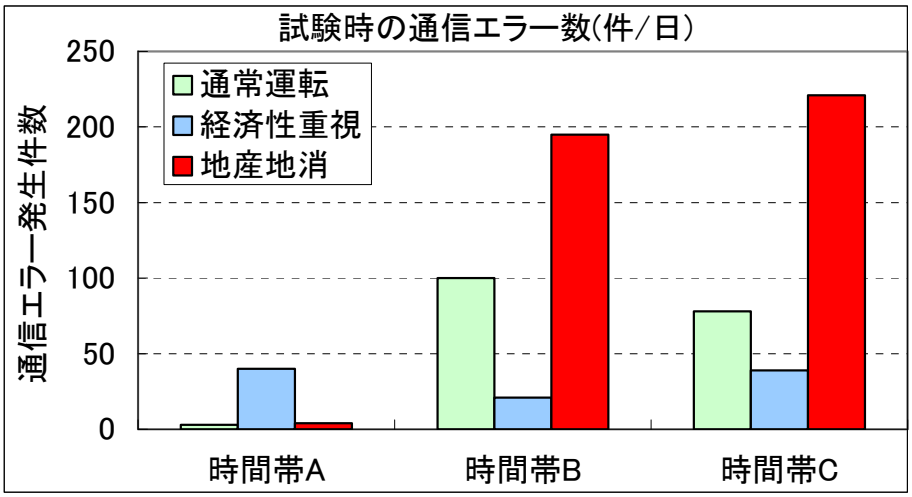


図 3-81　運転試験時の通信エラー発生頻度

他のモードと同様、蓄電池の充放電ロス等の影響を除外して再計算すると、制御目標に対する実績値の誤差は 2.6%まで小さくなる（次表）。

表 3-21　通常運転モードにおける制御目標と実績想定値（修正後）

			時間帯A 2:00～6:00	時間帯B 6:00～16:00	時間帯C 16:00～2:00	全日 0:00～24:00
全体	制御目標	Wh	1,378	−3,284	8,625	6,719
	実績	Wh	1,405	−3,165	8,653	6,894
	実績−目標	Wh	27	120	28	175
	誤差	(%)	1.99%	−3.64%	0.32%	2.60%
燃料電池	制御目標	Wh	2,882	2,037	5,229	10,148
	実績	Wh	2,899	2,119	5,257	10,275
	実績−目標	Wh	17	82	28	127
	誤差	(%)	0.58%	4.04%	0.53%	1.25%
蓄電池	制御目標	Wh	−1,504	−5,321	3,396	−3,429
	実績	Wh	−1,493	−5,284	3,396	−3,381
	実績−目標	Wh	11	37	0	48
	誤差	(%)	−0.71%	−0.70%	0.00%	−1.40%

※時間帯 B の充電量を時間帯 A 並みの 0.71%、時間帯 C の放電電力量は時間帯 A の充電量に充放電効率 0.81 を考慮して計算をし直したもの

以上の実験により、複数種の運転計画を ASP サーバで作成し、ホームサーバ画面からユーザの嗜好に合わせて選択し、それぞれのモードで、運転計画に従って蓄電池・燃料電池を運用できることを実証できた。

それぞれのモードにおける蓄電池の充放電量は制御目標値とは若干異なるものの、これは大きく以下の 2 点が原因と考えられる。

・蓄電池インバータの変換効率や鉛蓄電池の充放電効率が低かったこと。
・蓄電池電圧が管理範囲の上下限に達したため、充放電電流が制限されたこと。

第１の課題に対しては、変換効率の高いインバータや Li イオン電池のような充放電効率の高い２次電池を用いることが有効と考えられる。

また、第２の課題については、HS にて蓄電池電圧を管理し、インバータ効率や想定される充放電の総量、充放電に伴うの電池電圧変化まで考慮に入れた運転計画を策定することで改善されると考えられる。これらの課題は、現在の技術でも十分改善できるであろう。

3.3.9. 実証実験に対するユーザ視点の評価

将来訪れるとされる低炭素社会において提供されると想定している「エネルギーサービス」について実施したアンケート調査を行った。調査対象とするエネルギーサービスは下記のと通りである。

○品質別エネルギー供給に対応した省エネ喚起型 HEMS サービス
- ・省エネ喚起サービス
- ・売電割増要求サービス

○品質別エネルギー供給に対応した省エネ指南サービスの実証
- ・ユーザ嗜好を反映した品質別供給サービス

サービスの検証は、サービスを受けるユーザ視点で評価を行う。そのため、評価者は居住可能な実験住宅内にて、ホームサーバの画面を見ながらアンケートに回答する方法とした。また、これまでにない機器やサービスであるため、回答者に対して想定している住宅像やサービスのイメージを説明しながら、回答する形式とした。適切に説明ができるように、アンケートは少人数のグループに分けて実施した。

□ アンケート回答者

下記にアンケート回答者の男女比率、年代比率を示す。アンケート回答者は、積水ハウス(株)総合住宅研究所に勤務する 20 代～50 代の 15 名。構成は下図の通り。男女の人数構成は、ほぼ同じ人数である。年代は、30 代～40 代を合わせると 73%と、実際の住宅購入のメインターゲットが中心となっている。

表 3-22

	男性	女性	計
第 1 回	4 名	3 名	7 名
第 2 回	3 名	5 名	8 名
計	7 名	8 名	15 名

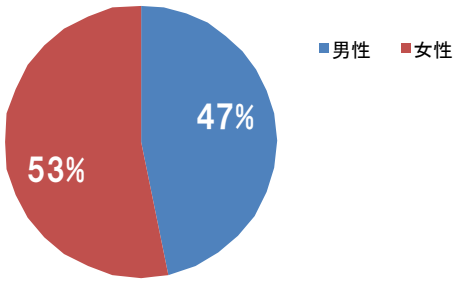


図 3-82　男女構成比

表 3-23

年代	人数
20 代	3 名
30 代	5 名
40 代	6 名
50 代	1 名
計	15 名

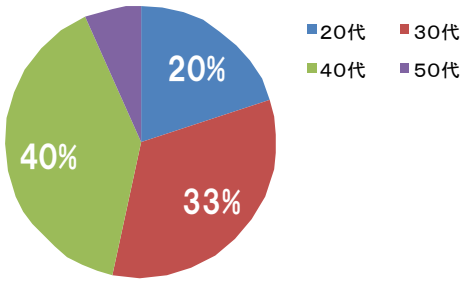


図 3-83　年代構成比

アンケートは、数名のアンケート回答者に対し、ホームサーバ画面を表示して調査を実施(右写真参照)。

図 3-84　アンケート調査の様子

□　品質別エネルギー供給に対応した省エネ喚起型 HEMS サービスの検証

品質別エネルギー供給に対応した省エネ喚起型 HEMS サービスとして、「省エネ喚起サービス」と「売電割増要求サービス」ついて評価を行った。

(1) 省エネ喚起サービス

説明内容

●サービスの目的

住まいにおけるエネルギー使用量の計画利用をサポートする。

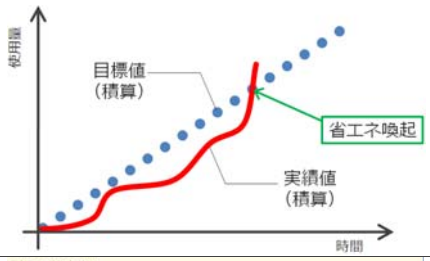
●サービスの内容

通常、住まい手が毎月の電気・ガスの使用量の目標値を設定したとしても、月の途中ではどれだけ使用しているかどうか分からない。このサービスでは、設定した目標値を超えてエネルギーを使用した際に、住まい手に知らせる。目標値を超えたことを知ることで、住まい手は目標値を達成するために、省エネ行動などを行うことができ、最終的には、エネルギーを計画的に利用できるようになる。

●サービスフロー図

1. 目標値を決める

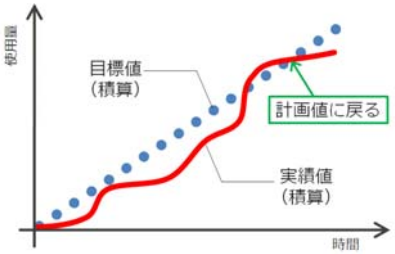
2. 使用量が、目標値を超える



3. 省エネ喚起画面表示

4. 機器の電源 OFF

5. 当初の計画値に戻る
→目標の達成へ



(a) サービスに対する評価

図 3-85 に、省エネ喚起サービスが実用化された場合に利用したいかどうかについての回答結果を示す。その結果、3/4 は「利用したい」との回答と、サービス自身の評価は良好だった。

利用したい理由としては、「使い過ぎ防止」「事前に（使い過ぎを）分かるのが良い」「知らずに使っていることもあるので」など、通常エネルギーの使用量は、使用後の検針でしか分からないため、リアルタイムで使用量が分かり、目標を超えた時にアラームが出ることが評価されたと考えられる。

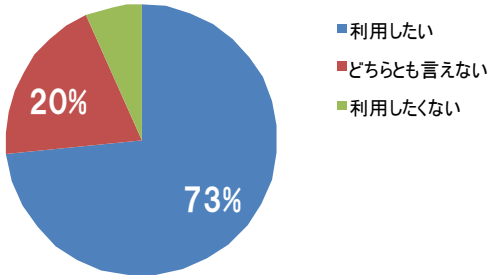


図 3-85　省エネ喚起サービスの評価

(b) 省エネへの貢献

図 3-86 に、省エネ喚起サービスが省エネに有効かどうかについての回答結果を示す。なお、この回答は前設問にて「サービスを利用したい」と回答したサービスに関して前向きなものだけを抽出している。その結果、半数あまりがサービス利用をしたいが、省エネ効果には懐疑的な回答であった。

これら効果に対して懐疑的な回答者の、サービスを利用したい理由には、「省エネに対する意識の向上」や「使用量の把握・コントロール」が挙げられていた。通常、知ることができない日々のエネルギー使用量について知りたいというニーズについては存在すると考えられる。

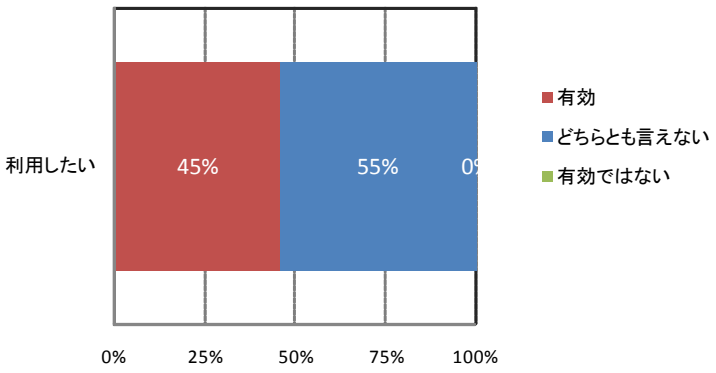


図 3-86　省エネへの貢献

(c) 機器操作の反応速度

ホームサーバから照明等の機器の ON/OFF の操作機能について、操作～機器動作までの反応時間に対する満足度を、図 3-87 に示す。

今回、実験住宅へ設置した機器は、機器制御まで最長 1 分間（画面上の更新に最長 2 分）かかる仕様であったため、満足度は低いものであった。

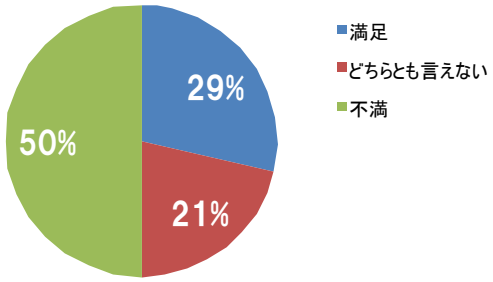


図 3-87　機器動作までの反応時間

(2) 売電割増要求サービス

説明内容

●サービスの目的

売電量を、より大きくすることをサポートする。

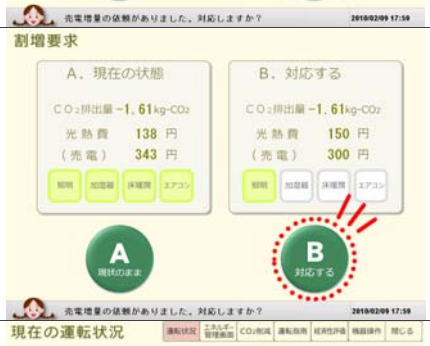
●サービスの内容

戸建住宅における売電は、太陽電池による発電の余剰電力のみを対象としている。売電量アップのため稼働中している機器を提示し、電源が容易に落とせることがきるサービス。電源を落とすことによって、家庭内の電力需要量が下がり、売電量アップにつながる。

●サービスフロー図

1. 割増要求が届く

2. 割増要求に対応（回答）
→機器電源が OFF



3. 売電量がアップ
運転状況画面で確認可

(C) 2009-2010 SEKISUI HOUSE

(a) サービスに対する評価

図 3-88 に、売電割増要求サービスが実用化された場合に利用したいかどうかにいついての回答結果を示す。その結果 80%が「利用したい」との回答しておりサービスの評価は良好だった。

利用したい理由としては、「家計負担を軽減できる」などを始めとした経済性を挙げている。環境性や電力会社の負担軽減なども理由に挙げられていたが、サービス利用の動機づけとしては、経済性が最も重視されているといえる。

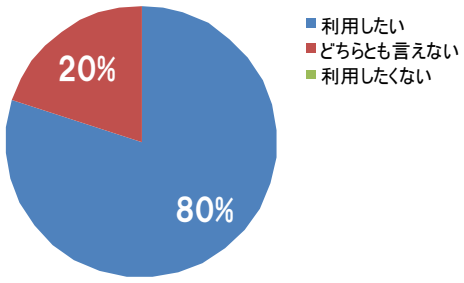


図 3-88　売電割増要求サービスの評価

(b) 「環境性」と「快適性（利便性）」のバランス

売電量を増加させるためには、まず、燃料電池発発電量またはバッテリー放電量アップなど機器による対応が考えられる。その次に、住戸内で稼働している機器の電源 OFF によって使用量削減による売電量アップがある。この稼働中機器の電源 OFF は、快適性・利便性の低下を伴うため、どの程度なら許容できるか回答結果を、図 3-89 に示す。

その結果、テレビとパソコンの電源 OFF が難しく、照明・暖房・加湿器の電源 OFF、設定温度変更が容易となった。今回、調査した機器が限られているため、一概に決めつけることはできないが、今回の結果からは、テレビとパソコンといった娯楽性や趣味性の高い機器については、積極的に電源を切ることが難しいという傾向が見られた。

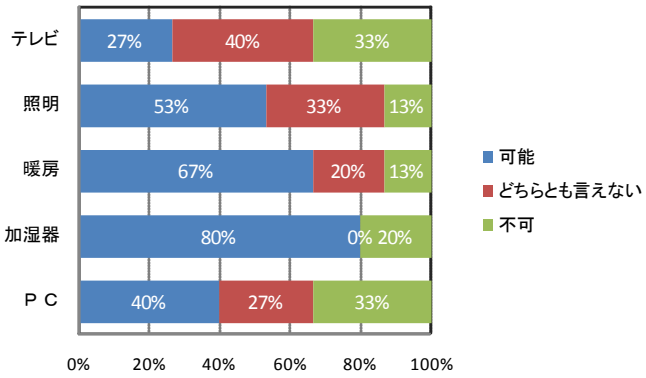


図 3-89　家電別 売電量増加のための電源 OFF の可否

(c) ホームサーバに表示される情報内容・分かり易さ

図 3-90 に、ホームサーバ「割増要求」の画面に表示される項目が十分であるかどうかの結果を示す。この画面には、割増要求に対応「する」／「しない」場合の、CO_2 排出量と光熱費（売電金額を含）を表示している。その結果、ほとんどが、十分と回答であった。その他の要望としては、「発電量」や「電力不足の度合いや必要性」が挙げられていた。

表示項目は概ね問題がなかったが、画面の分かり易さについては、半数は「分かり易い」との回答であったが、40%は「どちらともいない」との回答で、改善の余地を残す結果となった。

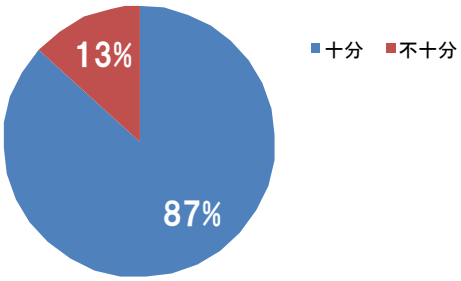


図 3-90　割増要求画面に掲載される情報項目

図 3-91　割増要求画面

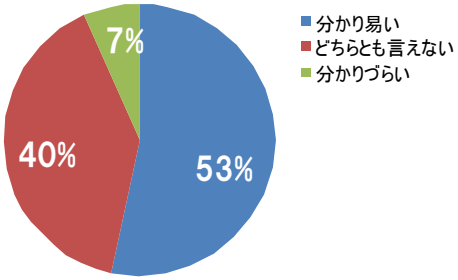


図 3-92　割増要求画面の分かり易さ

(d)　機器制御の自動化の可能性の検証

割増要求時の対応方法として、「割増要求の都度、回答する」方法と、「予め設定した内容によって回答（自動対応)」ある。図 3-93 に、どちらの手法がよいかについての回答結果を示す。

その結果、それぞれの方法が約半数ずつであった。一概にどちらの手法がよいとは言えない結果となり、実サービスを提供する際は、複数の対応手法を用意した方がよいと考えられる。

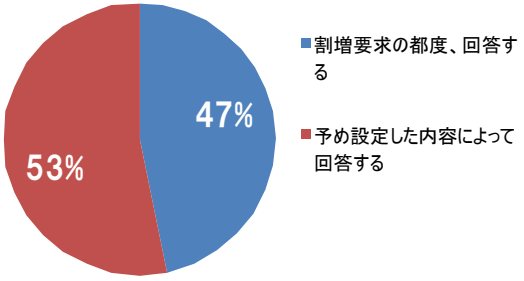


図 3-93　割増要求時の回答方法

(e) 機器制御の強制制御

図 3-94 に、売電割増要求に対応して機器の電源 OFF を実施した後、再度、この機器を使用（電源 ON）できた方がいいかどうかの回答結果を示す。

その結果、全員が各機器を利用できた方がいいとの回答であった。割増要求を行う電力会社等の立場からは、回答された通りの売電量が確保できた方がいいが、ユーザの立場としては、急な来客や天候の急変などもあり、照明機器をはじめとする機器が使えなくなることは容認しがたい事が明確となった。

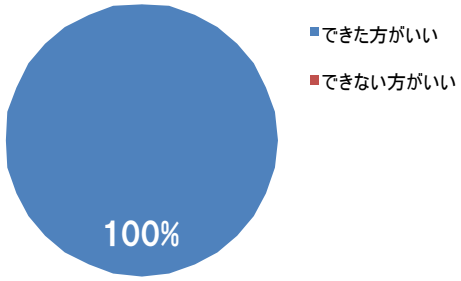


図 3-94　割増要求対応後の、機器再稼働の可否

(3) 品質別エネルギー供給に対応した省エネ指南サービスの実証

次に、品質別エネルギー供給に対応した省エネ指南サービスについて評価を行った。

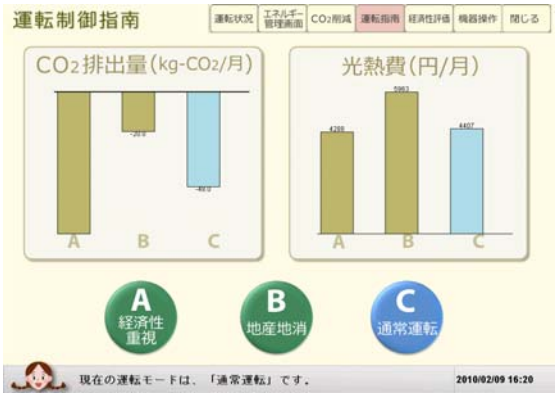
説明内容

●サービスの概要

通常、エネルギーは必要な時に購入、発電により余剰となった電力は売電するしかなかったが、燃料電池、蓄電池、太陽電池を組み合わせることで、「電気をあまり買わない」、「経済メリットの最大化」などユーザの意志で選択できるようになる。

●サービスフロー図

操作は、「運転指南画面」にて、各モードのボタンを選択（変更）するだけ。



(a) サービスに対する評価

図 3-95 に、省エネ指南サービスが実用化された場合に利用したいかどうかについての回答結果を示す。その結果、2/3 は「利用したい」と概ね良好な結果であった。

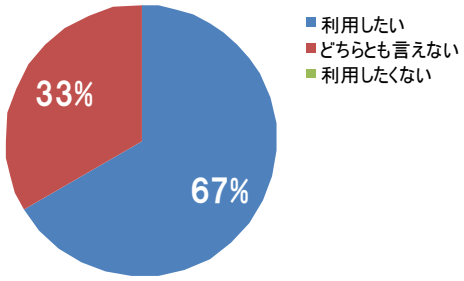


図 3-95 省エネ指南サービスの評価

(b) 選択される運転モード

図 3-96 は、「通常」「地産地消」「経済性重視」の 3 つの運転モードが提示された場合、どのモードが選択されたかを示している。その結果、3/4 は「経済性重視」であった。選択理由も、モードの名称通りに光熱費が最も安くなることが多く挙げられていた。「通常」モードを選択理由は、「普通の生活がしたい」「選択肢が多いと分かりづらい」と、CO_2 排出量や光熱費とは違った観点から選択されていた。

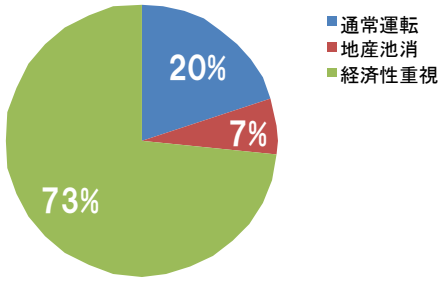


図 3-96 選択される運転モード

(c) ホームサーバに表示される情報内容・分かり易さ

図 3-97 に、ホームサーバ「運転制御指南」の画面に表示される項目が十分であるかどうかの結果を示す。この画面には、運転モードごとの、CO_2 排出量と光熱費を表示している。その結果、2/3 が十分と回答であった。その他の要望としては、売電条件など光熱費をもっと掘り下げての情報提供が欲しいという意見もあった。

表示項目に対し、画面の分かり易さについては、「分かり易い」との回答は 0 であった。これは、CO_2 の排出量表示が、マイナス表示（グラフが下にいくほど削減する）という表記が非常に分かりづらい評価結果となってしまった。

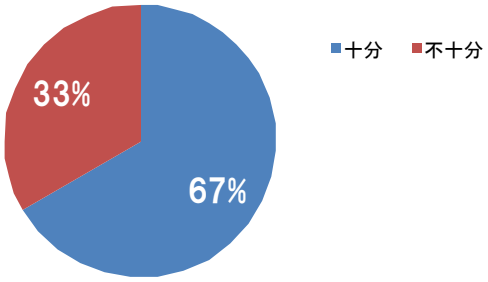


図 3-97　運転制御指南画面に掲載される情報項目

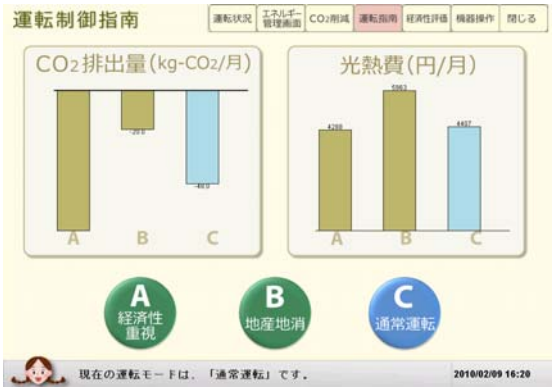


図 3-98　運転制御指南画面

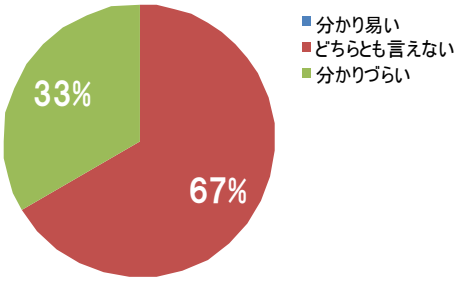


図 3-99　運転制御指南画面の分かり易さ

⑷ エネルギーサービスの実現の可能性

(a) サービスの実現性

図 3-100 に、エネルギーサービスが有料でも利用しようと考えるかどうかの結果を表示した。その結果、有料サービスでも前向きであることが分かった。

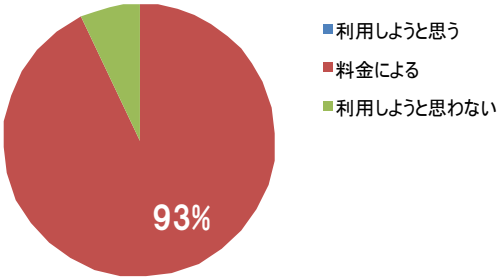


図 3-100　有料サービス化の実現性

(b) サービス料金の水準

現状では、イニシャルコストやランニングコストが不明であるため、サービスの料金水準については、「回収年数」にて回答をしてもらった。料金水準としては、図 3-101 に示すとおり、イニシャルコストの回収が 5 年以内であれば、実現の可能性が高い結果となった。

回収年数 ＝ イニシャルコスト ÷ 経済メリット（光熱費節約金額ー利用料金）

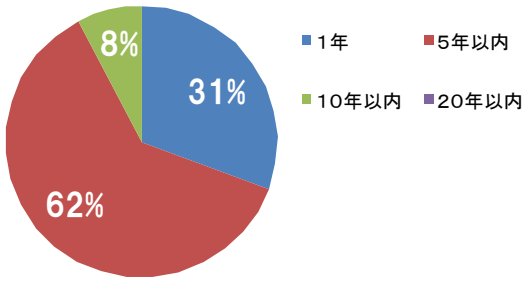


図 3-101　サービスの料金水準

(c) サービスの継続性

図 3-102 に、サービスが継続的に利用されるかどうかについて調査結果を示す。1)の 9 割の回答から比較すると、やや小さくなるが 2/3 が継続して利用されると回答している。CO_2 排出量削減や光熱費削減の効果が不明確であるため、実際の継続の有無は不明であるが、エネルギーサービスについては概ね前向きに捉えられていると考えられる。

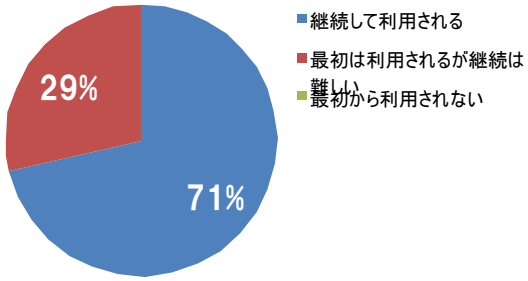


図 3-102　サービスの継続的利用

3. 3. 10. 実験結果の考察

(1) 新規サービス創出の可能性

エネルギーサービスに関するアンケート調査結果より、「省エネ喚起サービス」や「売電割増要求サービス」などについては、概ね「利用したい」との回答を得ることができ、サー

ビス内容としては、ユーザに受け入れられる可能性がある。

しかし、サービス実現を考えた場合、ユーザ側がどれだけの費用を許容できるかどうかを考えると、新規サービスの実現にはハードルが高いといえる。

ユーザがサービスを受ける大きな要因が「経済メリット」であることは疑う余地が少ない。そのため、新規サービスの創出には、イニシャルコストとランニングコストを上回る経済メリットがあるサービスであることが要求されている。アンケートの結果からは、5 年間で、これら費用が回収できることが望まれていた。太陽光発電と燃料電池を搭載した住宅の光熱費は、約 10 万円/年※である。省エネ喚起サービスや運転指南サービスなど、光熱費削減だけでは、この「5 年で回収」は困難といえる。

新規サービスの実用化に向けては、既存光熱費の削減に加え、売電促進ができる施策などにより、収入アップの仕組みが必要といえる。

※積水ハウス試算　155m²　4 人家族　太陽光発電 3kW　燃料電池　床暖房
固定買取制度やガス会社の W 発電ポイントは非考慮

⑵ 実用化、普及に向けた問題点、課題

(a) 機器制御と反応速度

3.1.8 で示したように、蓄電池と FC は制御に高速性が求められることから、ホームサーバ（HS）は目標値を示すのみでローカルで制御する必要があった。電力センサーについても HS の測定頻度(1 分程度)よりも高速で処理を行うことで、瞬時で変動する電力制御に追従可能な蓄電池・FC 制御を利用した高精度な制御が期待できる。さらに、既に蓄電池、FC では個別に電力制御を行うための電力センサーが設置されていること、熱関係の計測については熱制御のために貯湯槽で熱関係のセンサーが設置されていることを考えると、今後は、既に学習制御機能を利用して熱と電気の情報を管理している FC ユニットの制御機能を高度化することで対応してゆくことが妥当であると考えられる。

また 3.1.8.3 の「品質別エネルギー供給に対応した省エネ指南サービスの実証」において生じたような、蓄電池の充放電電力量の目標値と実際の値との乖離を防ぐためには、HS にて蓄電池の残量だけでなく、蓄電池電圧や充放電可能な電力の情報まで含めた蓄電池の管理方法の検討や、SOC 精度を向上するための制御（例：回復充電モード）の追加が必要であると考えられる。

従って実用化を想定すると、HS に期待できる機能は、家電製品の監視・遮断、エネルギー消費実績などの記録・表示等になる。このうち「家電機器の監視・遮断機能」については、操作時にホームサーバ→エコサーバを経由すると、操作してから機器が反応するまでの時間が長くなってしまい、アンケート結果でも満足度が低い。外出時に利用する場合は、反応時間の長さの問題は多少緩和されるが、既存の HA 端子を利用した携帯電話などによるエアコンやお風呂・床暖などの遠隔制御サービスは、使用頻度が高いとはいえないのが現状である。また、「PV 逆潮電力安定化」、「逆潮割増」であれば、多少反応時間がかかっても実用可能性があるが、後述するように制度的な課題があるため、現在の日本では実施可能なのは負荷遮断のみである。

次に「エネルギー消費実績記録」であるが、家全体の現在の消費電力、あるいは 1 日単位のガス・電力記録は既に PEFC 等の家庭用 CGS のリモコンでも表示は可能である。従って、家の外にエコサーバや ASP サーバ等を置く意味が出てくるのは、過去の実績を詳細・大量に記録・利用するサービスを行う場合であると考えられる。

(b) CO_2 削減効果

生活水準を落とすことなく CO_2 を削減するには、まず同じ効能で電力需要・熱需要を小さくする事が望ましい。従って、まずは家電製品・ガス機器あるいは住宅の性能を向上する事で、効能を維持しつつ需要の削減を図るべきであると考えられる。

本章冒頭で紹介したシミュレーションは、現在の住宅および機器を前提として、電力需要・熱需要についても現行通りと仮定して行ったが、算出された CO_2 削減量の大半は PV および SOFC 等のエネルギー機器自体によるものであり、制御の違いによる CO_2 削減効果の違いは、目的関数を CO_2 以外に変更した場合を考慮しても限定的なものであった。

次に制御対象機器について考えると、今回は、ホームサーバからの制御対象は負荷遮断を除けば FC・蓄電池の 2 つだけである。しかし現在市販されている PEFC 等の家庭用 CGS は過去の熱需要と電力需要を把握し、その値をもとに学習制御により発電運転を行っており、将来的には、本章で行ったのと同様な制御は、簡易な形であれば、外部の ES・ASP サーバを介さずとも、蓄電池・FC のみ、あるいはそれらに HS を追加した、家の中で閉じた形態で実現できる可能性がある。

従って、CO_2 削減を目的として今回のような 3 段階のサーバ構成を導入する場合、ASP サーバ+ES を用いた制御が、FC+蓄電池（あるいは＋HS）のローカルで行う制御に対して、各サーバの運営・通信に伴う CO_2 発生を考慮しても有意な CO_2 削減効果が得られるか否かが大きな課題である。

(c) コスト

新規サービスが広く普及するためには、ユーザがコストメリットを感じられる必要がある。今回のアンケート結果を参考にすれば、外部サーバによる制御が、FC・蓄電池（+HS）ローカルで行う制御と比較して、5 年以内にイニシャルコストを回収できるような、イニシャル・ランニングコストでサービスを提供できる事が望ましい。

現在は家庭用のガス・電気料金は季節・時間帯で料金が異なることはあっても、料金設定が頻繁に大きく変化する事はない。このため光熱費の単価を固定してローカルな制御を行う場合に比べ、外部サーバを用いた制御が、サーバ運営・通信コスを考慮した上で、コスト面で有利になるのは容易でない（外部のサーバは、長期にわたる大量のデータを蓄積・計算する上では HS に対して有利だが、光熱費の削減量はデータ蓄積量・計算量に比例するわけではない）。従って、実用化にあたっては、単なる光熱費等とは別の付加価値が求められると考えられる。

ただし、将来エネルギー価格の自由化が進み、家庭用の時間帯あるいは需給状況等により頻繁に変化するようになった場合は、各戸ローカル制御で光熱費計算法を逐次変更する

のはコストがかかるため、ASP サーバ側で運転計画作成作業を集約するメリットが出てくる可能性がある。この場合、制度変更によってユーザの支払う光熱費とサービス提供価格の合計が、現行制度に比べてメリットがあるか否かが 1 つのポイントとなろう。

(d) 制度的課題

「PV 逆潮電力安定化」、「逆潮割増」については、現在、家庭用の PV や FC の出力を一旦蓄電池に蓄えた上で系統に逆潮させる事はできない。また、PV 出力の逆潮電力を安定化させる場合、蓄電池の充放電ロスがあるため、安定化しない場合と比べて売電量は必ず減少する。逆潮割増については、ユーザの運転計画が乱される上に、負荷遮断等による利便性低下を伴う。このため、ユーザ側から見ると、逆潮電力の安定化、あるいは逆潮割増により、これらのデメリットを超えるメリットがある事が望ましいが、現時点ではコスト面でのメリットは全くない。

将来、電力取引等により負荷遮断・逆潮割増等に付加価値を設ける場合、逆潮電力量を確約する事を求められる可能性があるが、今回のアンケート結果では、ユーザはいったん遮断した家電製品を必要に応じて再度 ON できる事を要望しており、このままでは個々のユーザが逆潮量を確約する事は難しい。

このように今回提案した実験内容を系統側・ユーザ側の双方にメリットのあるサービスとして行うには制度的にも課題が大きいことがわかる。

(e) エネルギー機器の課題

最後に、今回使用したエネルギー機器について実用化への課題を述べる。CO_2 削減効果については 3.3.8.3 で述べたように、鉛蓄電池の充放電およびインバータ損失、待機電力による損失が大きく、これらの損失を小さくする必要がある。またコスト面では蓄電池や燃料電池、太陽電池はまだまだ高価であり、これらのコスト低減が大きな課題である。

ホームサーバ画像の著作権に関する取り扱いに関する留意事項ついて
・本章で記載した「(C) 2009-2010 SEKISUI HOUSE」と記載のある画面については今回の実証実験を行う際に積水ハウス株式会社「CO_2バランスモニタ」の>デザインを流用したものです。
・「CO_2バランスモニタ」に関するデザインの著作権は積水ハウス株式会社が有しています。

3.4. 「テーマ 3-2：家庭内機器の計測・管理・制御に係る標準化及び通信制御 I/F 装置の開発」の実施

3.4.1. 実証実験の目的

テーマ：家庭内の計測･管理・制御に関わる標準化および通信制御 IF 装置の開発

⑴ 実証実験システムの全体システム設計方針

本プロジェクトの実証実験システムは、家庭内に設置された太陽電池（以下 PV）、燃料電池（以下 FC）などの創エネ設備、蓄電池などの蓄エネ設備、家庭で使用されているエアコンなどの家電機器を対象に、本プロジェクトが実証実験を行うエネルギーマネジメント機能をエネルギーサービス事業者が提供するビジネスモデルを想定して構成する。

システムの構築にあたっては、将来、収集・蓄積した家庭内の設備稼働状況のデータに、付加価値を付けて新たなサービスを提供するサービス事業者（アプリケーションサービスプロバイダ）に、情報サービスインフラを提供するという情報サービスインフラビジネスモデルにも適用できることを想定し、本事業が目指す SP サーバ、エコサーバ、ホームサーバの 3 階層（三位一体）の構成を前提として、それぞれのサーバの機能分担、情報流通の方法を検討し、それに基づいて実証実験システムを構築することを設計方針とする。

⑵ 全体システム構築の前提条件の設定

実証実験システムは、以下に示すように、本システムが提供するサービスが対象とする住宅の個数とその収容の考え方、および、それに基づく SP サーバ、エコサーバ、ホームサーバの機能分担と配置の考え方に基づいて構築する。

(a) 三位一体構成における各設備の機能分担

本プロジェクトのシステム構成は、SP サーバ、エコサーバ、ホームサーバの 3 階層の構成による三位一体の構成を基本とされており、それぞれの設備の主な役割と機能分担を以下に示した内容に基づいてシステムの構築を行う。

1) ホームサーバ

三位一体のうちのホームサーバは、PV、FC、蓄電池、家電機器や電力量計測などのセンサーをネットワークで接続し、それらの設備からの情報収集や設備に対して制御操作を行うとともに、上位に位置するエコサーバと情報連携を行うもので、需要家 1 軒 1 台（戸建ての場合は 1 軒ごと、集合住宅の場合は、1 住戸ごと）に配置されるものとする。

2) エコサーバ

三位一体のうちのエコサーバは、各需要家に設置されたホームサーバをネットワークで接続し、ホームサーバから送信される設備の稼動情報や計測情報の登録･蓄積（DB構築）や、更に上位に位置するSPサーバに対し、SPサーバが必要とする情報の提供や、SPサーバからホームサーバへのサービス実行のための情報中継などを行うものである。

エコサーバは、ホームサーバ群を束ねる役目をもち、複数のホームサーバに対して1台配置されるものとする。

3) SPサーバ

エネルギーマネジメントサービスなど需要家に設置された各設備の効率的な運用を行うとか、需要家が希望するサービスを提供するためのサーバで、全てのサービスは、エコサーバを介して、ホームサーバに伝えられて、サービスを実現する。

SPサーバは、サービス提供事業者ごとに1台配置され、サービスを受ける需要家のホームサーバを収容している複数のエコサーバと接続されるものとする。

(b) 設備の配置の考え方（図 3-103）

前述のように、ホームサーバは、1住戸あたり1台配置されることとするが、エコサーバは、以下に述べた内容に基づいて配置するものとする。

1) 日本の電力系統

国内の電力系統は、発電所（原子力、火力、水力など）で発電された電力は、数50万Ｖ、25万Ｖなど（特別高圧）の特別降圧送電系統にて送電され、順次変電所にて降圧され、需要家に近い配電変電所にて更に、6600Ｖ（高圧）に降圧され、電柱で構成された高圧配電系統にて需要家近辺まで送電され、柱上に設置されたトランス（柱上トランス）にて、200Ｖ／100Ｖの低圧に降圧され引き込み線（低圧配電系統）にて各需要家に送られる。

配電変電所には、通常3台程度の変圧器（1台ごとをバンクと称す）が設置され、それぞれの変圧器から配電線が張り巡らされている。

従って、需要家に設置されたPVなどで発電した電力は、その需要家で消費しきれない場合、その配電系統に逆流（逆潮と称す）してくる。逆潮する程度によっては、その需要家の低圧配電系統内の他の需要家にて消費されるが、消費できない場合、高圧配電系統を経由して、近隣の他の低圧配電系統へ、更には、上流の系統へと逆潮することになる。

2) エコサーバの配置の考え方

本実証実験システムでは、PVやFC、蓄電池、負荷機器により需給制御を行うものであるが、本項1)で示したように、受電や逆潮による需給の変動は、その需要家の低圧配電系統内でのバランス調整、近隣の他低圧配電系統、さらには、範囲を拡大した高圧配電系統内でのバランス調整を行うことになることから、低圧配電系統の塊を最小単位として需要家のホームサーバを同一のエコサーバで収容する方が望ましいと考える。

この考えに基づいて、需要家の収容戸数の考え方を以下の想定をもとに示す。

①戸建て低圧需要家数：10 から 15 軒

柱上変圧器は 50kVA、75kVA が多く使われていると考え、需要家負荷を 5kVA/低圧需要家とすると「10～15 低圧需要家/柱上変圧器」と想定する。

②配電変電所変圧器 1 バンクあたりの需要家数；1800～3000 軒

一般容量の配電線(3,000kVA/回線)の場合は、高圧需要家の負荷と低圧需要家の負荷の比率を半々と想定して、1,500kVA/回線÷5kVA/低圧需要家→300 低圧需要家/回線 1 バンク 6 回線と想定して、300 低圧需要家/回線×6 回線で、1 バンクあたり 1,800 低圧需要家と想定する。

大容量配電線(5,000kVA)の場合は、一般容量（3,000kVA）の約 1.66 倍となるので、1 バンクあたり約 3,000 軒と想定する。

上記のような想定から、エコサーバは、10 から 15 需要家（10 から 15 台のホームサーバ）を最小単位として、エコサーバの性能に応じて収容する需要家数を設定することになるが、現実には、全需要家にはホームサーバが設置されるとは限らないのと、高圧配電系統には、低圧需要家以外も存在すること、エコサーバの設置スペースなどを考慮すると、配電変電所 1 バンクごと、収容需要家数 2,000 軒程度に対し、エコサーバ 1 台を配置する構成が、妥当と考えられる。

また、規模の大きな集合住宅の場合は、集合住宅内に高圧から低圧に降圧する配電設備を設置するケースが多いことから、集合住宅 1 棟または複数棟に 1 台のエコサーバを設置することが考えられる。（図 3-103 参照）

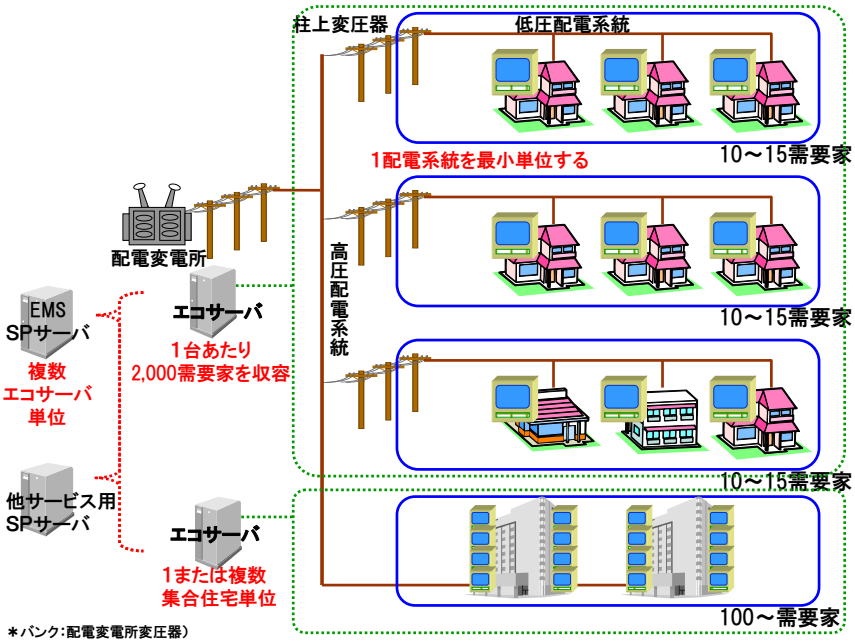


図 3-103　設備配置の考え方

SP サーバは、1 サービス単位で 1 台（性能による複数台に分散）とし、1 台または複数台のエコサーバを収容するものとする。

異なるサービスや他のサービス事業者が同じエコサーバ群に対し、サービスを提供する場合、別に SP サーバを設置し、エコサーバを接続することが通常と考えられる。

エコサーバは、複数の SP サーバと接続することを考慮することが必要となる。

3.4.2. 実証実験の概要

(1) 実証実験システムの機能概要

本実証実験システムは、エネルギーマネジメント機能と需要家とのインタフェースを提供する表示機能を実現する。

(a) エネルギーマネジメント機能概要

本実証実験におけるエネルギーマネジメントでは、コスト、エネルギー使用量および CO_2 排出量の削減を促進するために、エネルギー機器（PV、FC、蓄電池）と負荷機器を融合した次世代エネルギーシステムの最適制御を行う。具体的に、予測した電力および給湯需要の発生時間帯と量を考慮したうえで、FC の発電電力、蓄電池の充放電電力および負荷機器の自動遮断の組み合わせ制御を行う。

エネルギーマネジメントは、以下のように 3 つの運転モードを用意し消費者はこれらの中から選択して運転を行う。

1）通常運転：

消費者の生活における快適性を優先させるために負荷機器の自動遮断は行わないものの、その中で可能な限りのコスト・CO_2 最小化を実施する。具体的な運用方法としては、PV は天候に合わせて発電させる。FC および蓄電池に関しては、早朝・夜間の給湯需要に合わせて深夜の低電力需要時間帯でも燃料電池が定格運転し、余剰電力を蓄電池に充電し、夕方から夜間の電力需要ピーク時間帯に充電した電力を放電することで、高い総合効率を持つ燃料電池の稼働率と発電効率の向上を図る。一方、昼間は、蓄電池を充放電せず、FC が電力需要に追従して運転する。

2）経済性重視運転：

コスト最小化を目的として、エネルギー機器と負荷機器の両方の制御を行う。具体的な運用方法としては、PV は天候に合わせて発電させる。FC に関しては、深夜と夜間に早朝・夜間給湯需要に合わせて運転する。昼間に PV の売電が最大となるように、定格で運転する。蓄電池に関しては、深夜に燃料電池および安価な深夜電力を充電し、昼間の PV の売電が最大となるように放電する。余っている充電した電力は、夕方から夜間の電力需要ピーク時間帯に放電する。利用しない負荷機器は自動的に遮断し、売電を最大化する。

3) 地産地消運転：

低炭素社会づくりの要件の一つである自律分散型エネルギーシステムを目指して、家庭内で作ったエネルギーをできるだけ家庭内で利用するように、エネルギー機器と負荷機器の両方の制御を行う。具体的な運用方法としては、PV は天候に合わせて発電させる。FC に関しては、深夜と夜間に早朝・夜間給湯需要に合わせて運転する。FC は、PV が発電する昼間に最低出力で運転し、天候状況によって PV の発電電力が不足した場合、電力需要に追従して運転する。蓄電池に関しては、夜間・昼間に FC および PV の余剰電力を充電し、夕方から夜間に放電する。昼間に利用しない負荷機器は自動的に遮断し、充電電力を最大化する。

なお、各運転モードにおける制御は、1 分周期で行われるが、モードを切り替える際に各運転モードの運転計画が立てられ、24 時間先の CO_2 排出量および光熱費の目安値を消費者へ知らせる。また、予測電力需要および給湯需要は 3 時間ごとに更新される。

各運転モードにおける機器制御の考え方は表 3-24 に示す。

表 3-24　各運転モードにおける機器制御の考え方

		運転モード		
		通常	経済性重視	地産地消
深夜	PV	出力なし		
	FC	早朝の給湯需要に合わせて定格運転		
	蓄電池	FC の余剰電力を充電	FC と深夜電力を充電	FC の余剰電力を充電
	負荷機器	制御しない		
昼間	PV	天候に合わせて発電		
	FC	電力需要に追従して運転（電主）	PV 出力を全て売電となるように定格運転	PV で自家消費となるように最低出力で運転。 PV 出力が不足した場合は電力需要に追従して運転（電主）
	蓄電池	充放電しない	PV 出力を全て売電となるように放電 FC の余剰電力が発生した場合は充電	PV と FC の余剰電力を充電 PV と FC の出力が不足した場合は放電
	負荷機器	制御しない	負荷遮断	負荷遮断
夜間	PV	出力なし		
	FC	夜間の給湯需要に合わせて運転（熱主）		
	蓄電池	FC の余剰電力を放電	深夜・昼間の充電電力を放電	深夜・昼間の充電電力を放電
	負荷機器	制御しない		

PV 自然エネルギーを利用するため、気候状況によって出力が不安定である。PV の出力の安定化を目的として、PV 出力の変動を、FC と蓄電池の出力制御さらには負荷制御を用いることで安定的な電力を供給することが可能となる。また、面的な広がりを持つスマートグリッドが普及するにつれ、PV の出力の安定化を行うだけでなく、将来的には、電力系統側で電力供給量が不足している場合において、系統側から余剰電力の割増電力要求が出された際に、家庭内の FC や蓄電池を利用し、住宅からの追加の電力供給を行うことにより系統における電力供給不足の回避を図ることが想定される。

従って、上記の 3 つの運転モードに加えて、本実証実験のエネルギーマネジメントは以下の機能を追加する。

4) 受電点一定制御：

PV の出力の安定化を目的として、電力系統との連系点（受電点）における潮流を一定となるように制御する。具体的な運用方法としては、蓄電池の高速充放電制御で PV の早い変動成分を吸収する。FC は蓄電池の調整力を考慮したうえで、PV の遅い変動成分を吸収しながら、蓄電池の残容量を調整する。また、蓄電池の残容量が低下続けると負荷が自動的遮断される。なお、受電点における目標潮流は、30 分毎に計算する。

5) 割増要求に追従して運転：

系統安定化への貢献を目的として、電力系統側で需給調整力が不足している場合において、グリッド運用者による逆潮の割増・削減要求に従う制御する。グリッド運用者の要求は 3 レベルに分けて、消費者が事前に登録したレベルに応じて、蓄電池、FC、負荷の順で段階的に制御を行う。逆潮割増要求の場合は、蓄電池の放電電力と FC の発電電力が最大となるように制御する。負荷は自動的に遮断する。一方、逆潮削減要求の場合は、蓄電池の充電電力が最大、燃料電池の発電電力が最小となるように制御する。なお、割増要求制御は、電力需要が最も多い昼間のみに行う。

(b) 表示機能

本実証システムでは、需要家（スマートハウス居住者）に現在の消費エネルギーや発電電力を知らせたり、需要家自身が CO_2 削減量の管理し、機器を操作する事を実現するための画面表示機能を有する。需要家は主にホームサーバを利用することを想定しており、ホームサーバの表示機能は表 3-25 に示した画面によって構成される。

表 3-25　表示画面一覧

	画面名称	表示内容
1	運転状況画面	PV 発電電力、FC 発電電力、蓄電池の充放電電力、購入電力、消費電力をリアルタイムで表示することにより、現時点のエネルギーの流れを把握できる。 定周期（30 秒周期）で各種データは更新される。
2	エネルギー管理画面	1 日単位の電力収支、熱収支を表示する。どの設備によってエネルギー供給が行われ、どの設備によってエネルギー消費が行われているかを管理できる。
3	CO_2 削減画面	1 日単位の CO_2 排出量と削減量の内訳を表示する。CO_2 削減率を 25%単位で図示しており、当該日の CO_2 削減状況を管理できる。
4	運転制御指南画面	3 つの運転モード（通常運転、経済性重視、地産地消）を継続した場合の CO_2 排出量、光熱費の予測値を表示する。CO_2 排出量、光熱費の比較を行い、同時に表示される運転モード切替ボタンで需要家が望む運転モードへの変更を可能とする。
5	経済性評価画面	1 日単位の光熱費の内訳を表示する。収入と支出を比較し、当該日の経済性を評価できる。
6	機器操作画面	制御可能な機器の状態を表示する。本画面上で機器の ON/OFF 操作を可能とする。
7	省エネ喚起画面	エネルギーを予測値より多く消費した際に需要家へ省エネ行動を喚起するために表示される。本画面上で省エネに繋がる機器の OFF 操作を可能とする。
8	割増要求画面	エネルギー管理事業者から売電力増加の要求が発生したときに表示される。本画面上で要求を受け付けた際の CO_2 排出量と光熱費がどのように変わるかの数値表示が有り、また、要求を受け付けるか否かの操作を可能とする。

また、本システムに参画するサービスプロバイダも以下の画面を有する。

	画面名称	表示内容
1	需給計画画面	指定した需要家（スマートハウス居住者）の消費電力予測値、各設備の発電計画値を 1 日単位で表示する。需要家単位で 1 日のエネルギー需給計画を管理できる。
2	総売買電力量管理画面	指定した需要家の 1 日単位の光熱費の内訳を表示する。収入と支出を比較し、当該日の経済性を評価できる。
3	遠隔操作画面	指定した需要家が保有する制御可能な機器の状態を表示する。本画面上から遠隔での機器の ON/OFF 操作を可能とする。

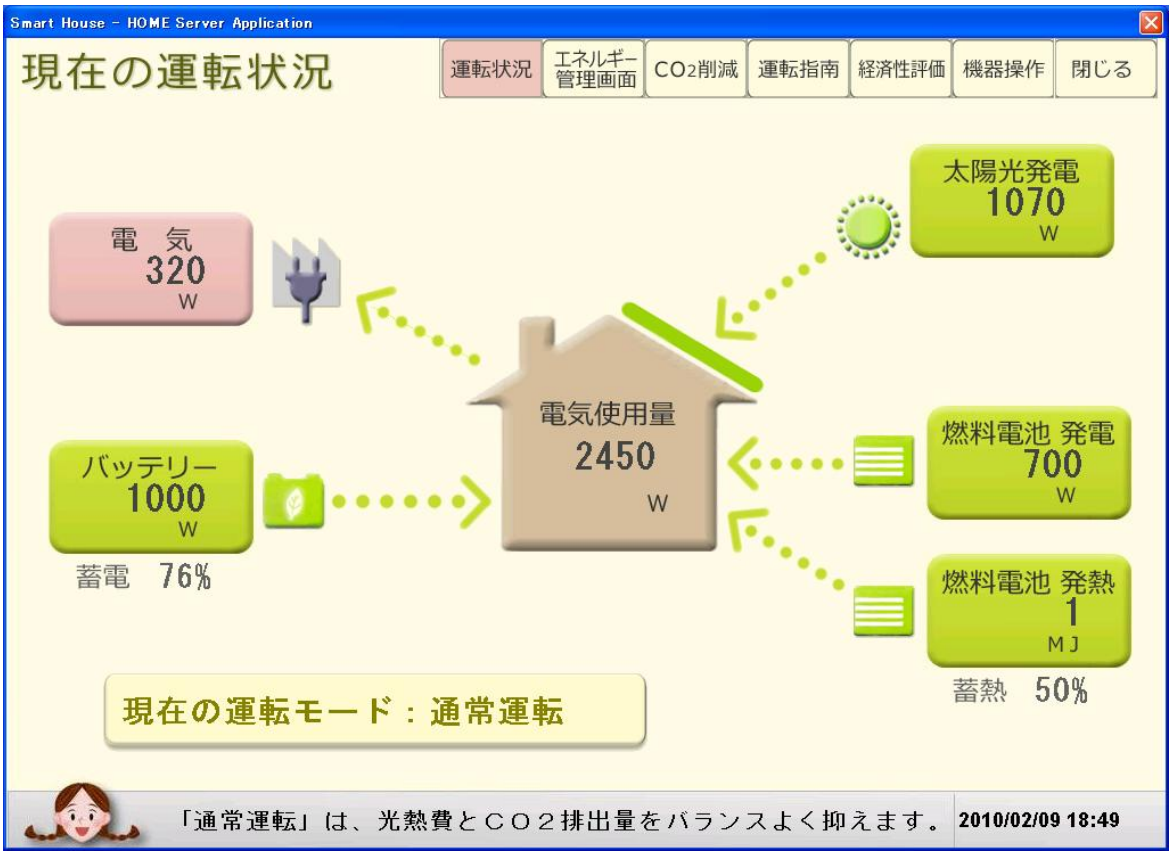
ホームサーバ画像の著作権に関する取り扱いに関する留意事項ついて
・本章で記載した「(C) 2009-2010 SEKISUI HOUSE」と記載のある画面については今回の実証実験を行う際に積水ハウス株式会社「CO_2バランスモニタ」の>デザインを流用したものです。
・「CO_2バランスモニタ」に関するデザインの著作権は積水ハウス株式会社が有しています。

1) 運転状況画面

運転状況画面はホームサーバ上で以下のデータを表示する。

	データ名称	データ内容
1	PV 発電電力	PV の発電電力（瞬時値）
2	FC 発電電力	FC の発電電力（瞬時値）
3	FC 発熱量と蓄熱量	FC の発電電力を元にした発熱量と貯湯槽の情報に基づく蓄熱量
4	蓄電池充放電量と蓄電量	蓄電池の充放電電力と蓄電量（SOC）
5	電気使用量	スマートハウス全体の消費電力
6	売買電力	スマートハウスからの売電電力（逆潮電力）または電力系統からの買電電力（購入電力）
7	運転モード	本システムの運転モード（通常／経済性重視／地産地消）

画面イメージを以下に示す。



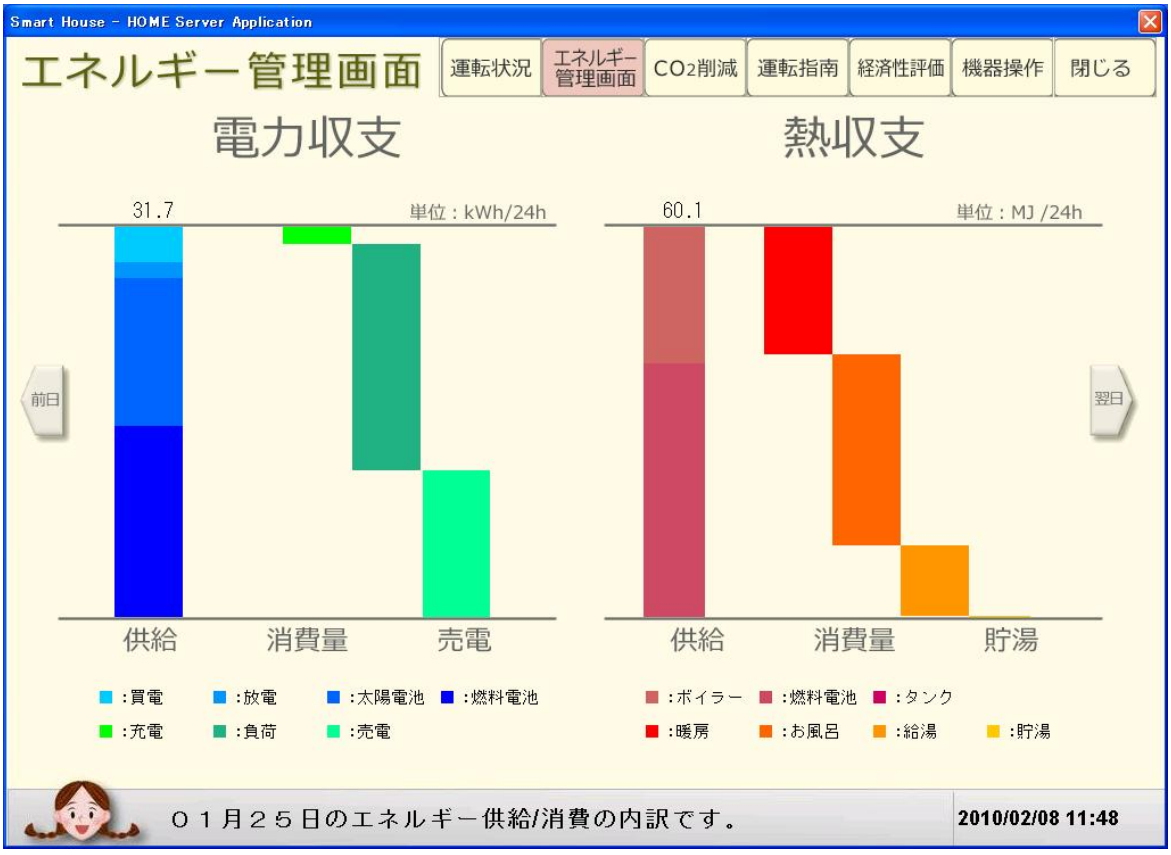
(C) 2009-2010 SEKISUI HOUSE

2) エネルギー管理画面

エネルギー管理画面はホームサーバ上で以下のデータを表示する。

	データ名称	データ内容
1	電力供給	電力系統からの買電電力量、蓄電池の放電電力量、PV の発電電力量、FC の発電電力量
2	電力消費量	蓄電池の充電電力量、スマートハウスの消費電力量
3	売電電力量	スマートハウスからの売電電力量
4	熱供給	ボイラーでの熱供給量、燃料電池からの熱供給量、貯湯槽からの熱供給量
5	熱消費量	暖房に利用した熱消費量、風呂のお湯張りに要した熱消費量、給湯に用いた熱消費量
6	貯湯量	貯湯槽に蓄えた熱量

画面イメージを以下に示す。

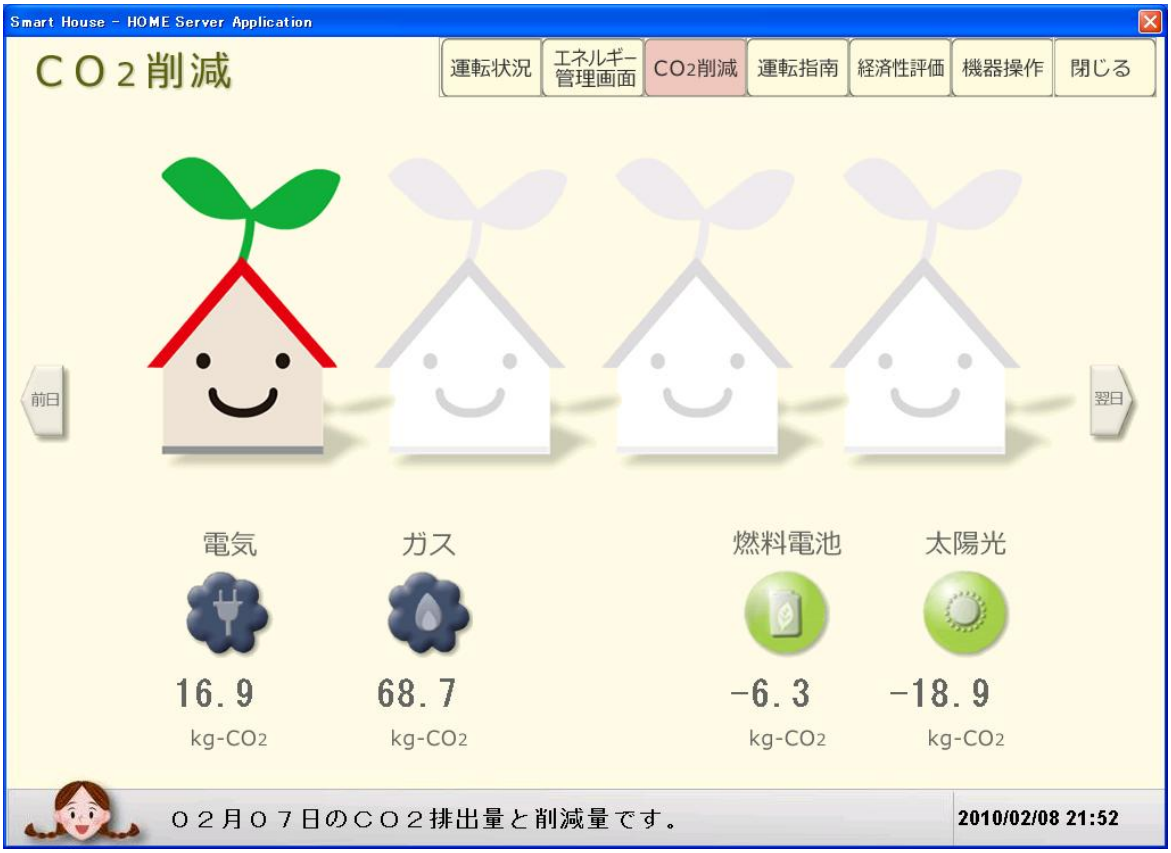


3) CO_2削減画面

CO_2削減画面はホームサーバ上で以下のデータを表示する。

	データ名称	データ内容
1	CO_2排出量	消費した電力、ガスの量から計算したCO_2排出量
2	CO_2削減量	FC、PV の発電量から計算したCO_2削減量
3	CO_2削減率	CO_2排出量と削減量から計算したCO_2削減率

画面イメージを以下に示す。

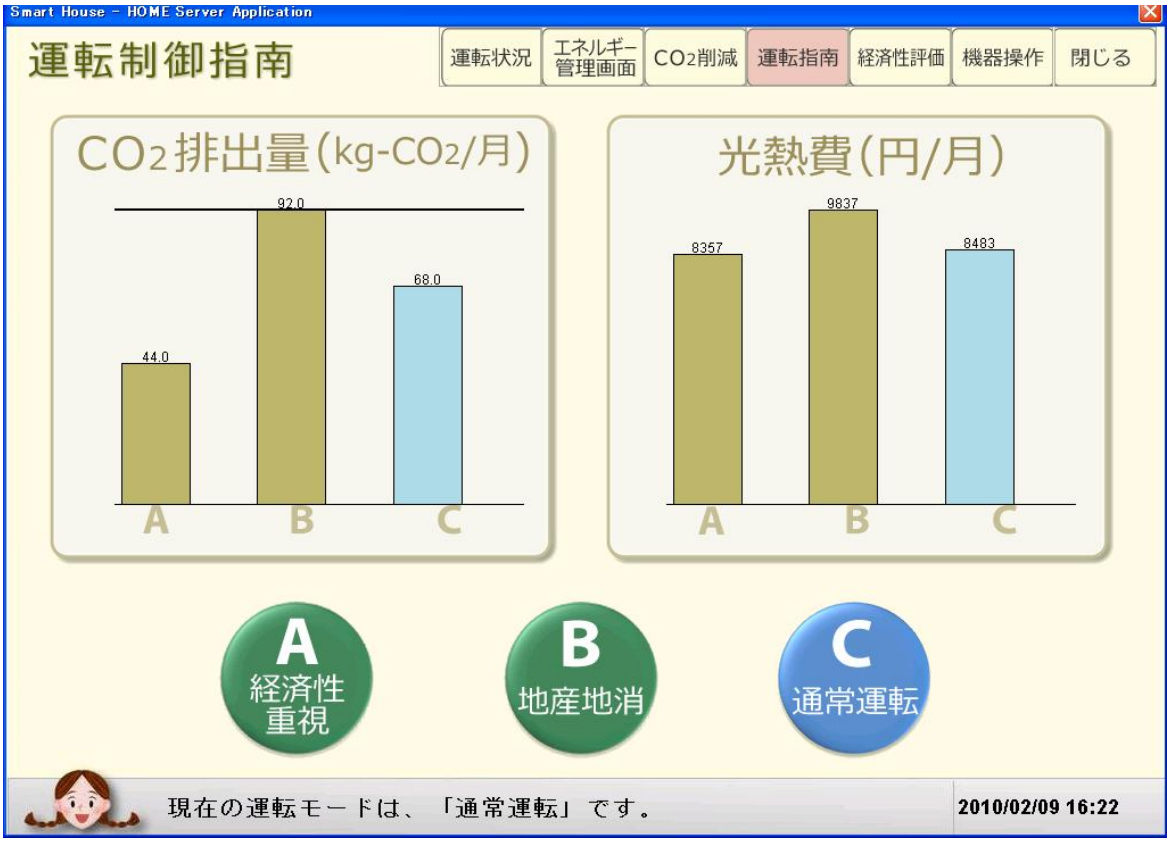


4) 運転制御指南画面

運転制御指南画面はホームサーバ上で以下のデータを表示する。

	データ名称	データ内容
1	CO_2 排出量	3 つのモード（通常／経済性重視／地産地消）をそれぞれ 1 ヶ月継続した際の CO_2 排出量の予測値
2	光熱費	3 つのモード（通常／経済性重視／地産地消）をそれぞれ 1 ヶ月継続した際の光熱費の予測値
3	運転モード切替ボタン	3 つのモード（通常／経済性重視／地産地消）を切り替えるためのボタン

画面イメージを以下に示す。



5) 経済性評価画面

経済性評価画面はホームサーバ上で以下のデータを表示する。

	データ名称	データ内容
1	支出金額	電力消費量、ガス使用量から計算
2	収入金額	FC、PV の発電電力量から計算
3	収支バランス	支出と収入から算出した収支バランス

画面イメージを以下に示す。

(C) 2009-2010 SEKISUI HOUSE

6) 機器操作画面

機器操作画面はホームサーバ上で以下のデータを表示する。

	データ名称	データ内容
1	照明	照明の動作状態表示、および、ON/OFF 操作ボタン
2	加湿器	加湿器の動作状態表示、および、ON/OFF 操作ボタン
3	エアコン	エアコンの動作状態表示、および、ON/OFF 操作ボタン
4	お湯張	風呂用のお湯張の動作状態表示、および、ON/OFF 操作ボタン
5	コンロ	コンロの動作状態表示、および、OFF 操作ボタン（ON 操作は無しとする）
6	床暖房	床暖房の動作状態表示、および、ON/OFF 操作ボタン

画面イメージを以下に示す。

7) 省エネ喚起画面

省エネ喚起画面はホームサーバ上で以下のデータを表示する。

	データ名称	データ内容
1	省エネ目標逸脱値	需要家の消費電力実績が消費電力予測値に対して、需要家が設定した省エネ目標値（%）を超えたときに比較し、目標からの逸脱した数値を表示
2	照明	照明の動作状態表示、および、OFF 操作ボタン
3	加湿器	加湿器の動作状態表示、および、OFF 操作ボタン
4	エアコン	エアコンの動作状態表示、および、OFF 操作ボタン
5	床暖房	床暖房の動作状態表示、および、OFF 操作ボタン

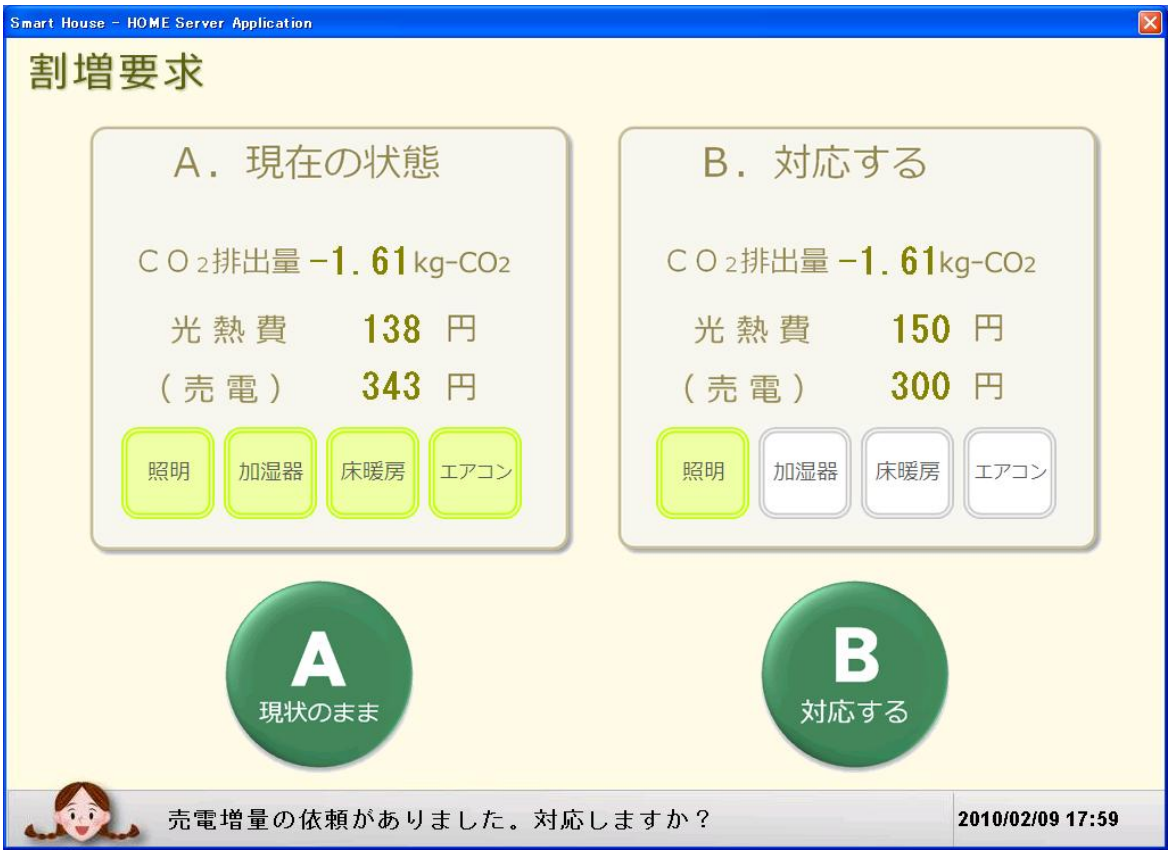
画面イメージを以下に示す。

8) 割増要求画面

割増要求画面はホームサーバ上で以下のデータを表示する。

	データ名称	データ内容
1	CO_2 排出量	7 時から現在までの CO_2 排出量実績と現在から 17 時までの CO_2 排出量予測値を割増要求受付時と受付けなかった場合で比較表示
2	光熱費	7 時から現在までの光熱費実績と現在から 17 時までの光熱費予測値を割増要求受付時と受付けなかった場合で比較表示
3	売電	7 時から現在までの売電実績と現在から 17 時までの売電予測値を割増要求受付時と受付けなかった場合で比較表示
4	機器状態	現在の機器使用状況と割増要求受け付け後の機器使用状況
5	割増要求受付ボタン	割増要求を受け付けるか否かの操作ボタン

画面イメージを以下に示す。

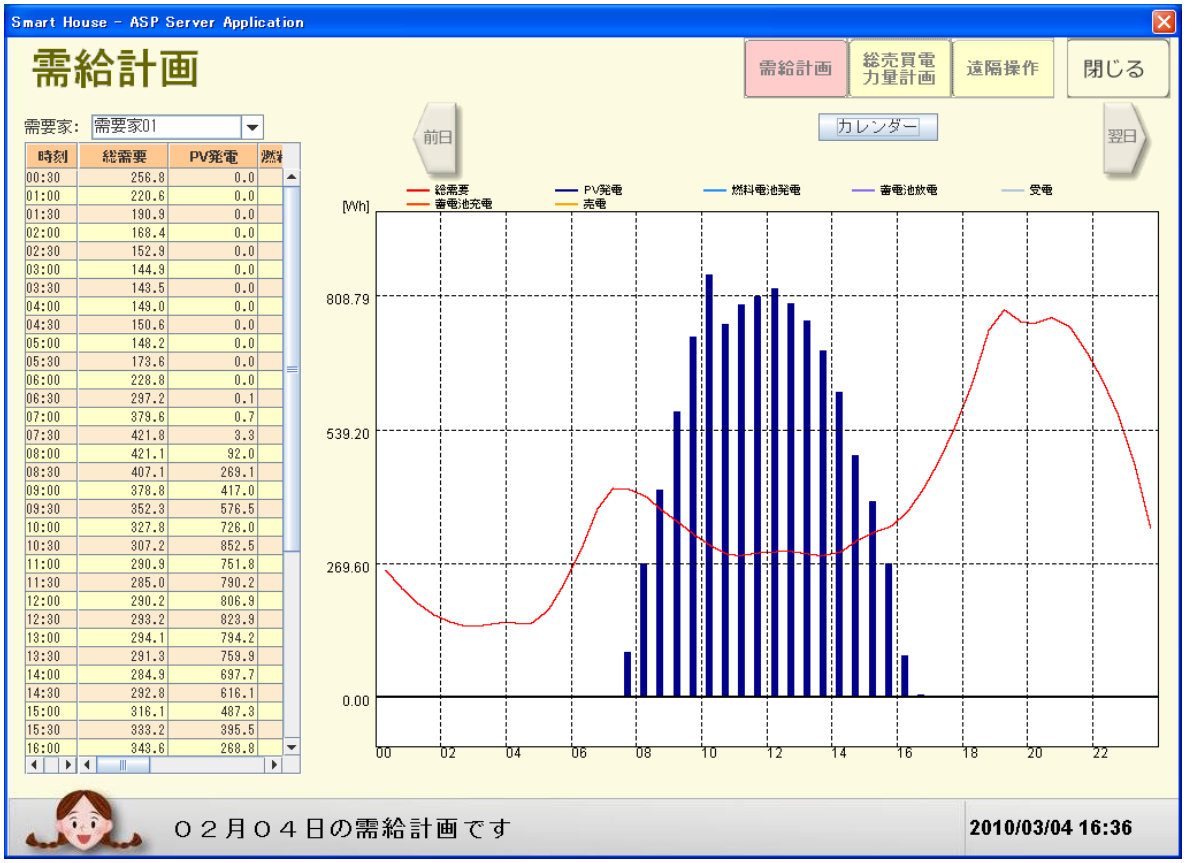


9) 需給計画画面

需給計画画面はサービスプロバイダサーバ上で以下のデータを表示する。

	データ名称	データ内容
1	需要家	需給計画を実施するスマートハウス居住者を指定
2	予測情報	指定した需要家の消費電力量予測値、太陽光発電予測値
3	発電計画情報	指定した需要家の 2 に対応する蓄電池充放電電力量、燃料電池発電量、買電電力量、売電電力量の計画値

画面イメージを以下に示す。



10) 総売買電力量管理画面

総売買電力量管理画面はサービスプロバイダサーバ上で以下のデータを表示する。

	データ名称	データ内容
1	需要家	総売買電力量の計画値を表示するスマートハウス居住者を指定
2	支出金額	指定した需要家の電力消費量、ガス使用量から計算
3	収入金額	指定した需要家の燃料電池、太陽電池の発電電力量から計算
4	収支バランス	指定した需要家の支出と収入から算出した収支バランス

画面イメージを以下に示す。

(C) 2009-2010 SEKISUI HOUSE

11) 遠隔操作画面

遠隔操作画面はサービスプロバイダサーバ上で以下のデータを表示する。

	データ名称	データ内容
1	需要家	機器の遠隔操作を実施するスマートハウス居住者を指定
2	照明	指定した需要家の照明の動作状態表示、および、ON/OFF 操作ボタン
3	加湿器	指定した需要家の加湿器の動作状態表示、および、ON/OFF 操作ボタン
4	エアコン	指定した需要家のエアコンの動作状態表示、および、ON/OFF 操作ボタン
5	お湯張	指定した需要家の風呂用のお湯張の動作状態表示、および、ON/OFF 操作ボタン
6	コンロ	指定した需要家のコンロの動作状態表示、および、OFF 操作ボタン（ON 操作は無しとする）
7	床暖房	指定した需要家の床暖房の動作状態表示、および、ON/OFF 操作ボタン

画面イメージを以下に示す。

⑵ 実証実験システム構築における共通化・標準化の方針

本実証実験システムは、4.1.1 項の前提条件で述べたように SP サーバ、エコサーバ、ホームサーバの三位一体の階層構造、およびホームネットワークによって構成されることとして、共通化・標準化への提案に向けて、以下の内容を基本方針としてシステム構築を行う。

(a) 基本的な考え方

三位一体構成のうち、エコサーバとホームサーバが、携帯電話の iMode サービスの iMode センターと携帯電話の関係のような、情報サービスインフラの主要素となると考えられる。従って、エコサーバは、ホームサーバと情報連携を司るだけでなく、ホームサーバおよびそれ以下の需要家宅設備の管理、需要家の管理、ネットワークおよびセキュリティ管理、更には、サービスを提供するサービスプロバイダの管理（主に認証）、サービスの提供の課金管理等々、情報サービスインフラの中核として重要な役割を持つ。即ち、エコサーバ、ホームサーバ間は、強固なセキュリティに守られたクローズなシステム構築とし、エコサーバから上位の SP サーバへのオープンなシステムとすることとする。

また、ホームネットワークは、創エネ機器、蓄エネ機器、家電機器など多種多様かつ異なる製造メーカの機器を対象に構築することが必要となることから、システムを構成する要素に対し、汎用性、マルチベンダー性、オープン性などのニーズがある。

これらのニーズを満足する機器、方式を採用することが、実用性のあるホームネットワークを構築する上で重要なポイントである。

本実証実験システムは、極力、ニーズを満足する技術、方式を採用するとともに、必要に応じて、実証実験システムの構築で得られた知見を共通化・標準化へ提案していくものである。

(b) ホームサーバの共通化・標準化に向けた考え方

将来のサービスの実現性を担保する一つの要素として、各需要家に設置するホームサーバには、下記の課題を解決する必要がある。

①低コストで実現できること
②省スペースであること
③リアルタイム性に優れていること
④連続運転が可能なこと

これらを満足するものとして、家電機器や種々のコントローラに使用され、実績が豊富であり、コスト面でも優位にある組み込み系のマイコン（能力的には、32 ビットクラス）が望ましい。

(c) ホームネットワークの共通化・標準化に向けた考え方

ホームネットワークシステムは、宅内に設置される機器類やセンサー類が多種多様かつ複数のメーカが製造している。さらに、既存の住戸などへの設置工事の容易性などから電

灯線通信や無線通信の採用が求められる。特にセンサーなどは、壁や天井など電源を供給しにくい箇所に設置するケースが多く、電池駆動という条件はあるが、無線通信の方が使いやすいという事情もある。

このような事情を考慮し、以下の条件を満足できるような通信方式を採用することが望ましい。

①低コストであること
②マルチベンダー性に優れていること
③多種多様な機器の収容の仕組みが整っていること
④用途に応じて最適な通信手段が適用できること
⑤国際、国内、業界などでオープンかつ標準的な方式として認知されていること

⑶ 実証実験システムの全体構成

実証実験システムの全体構成は、本項(2)項で示した共通化・標準化の設計方針に基づいて構築する。

(a) 設備の機能分担

本実証実験システムでは、ホームサーバを 2 つの機能に分割して実現している。

実用化を想定した場合、需要家設備を接続して、設備からの稼動情報収集や設備への制御操作を司る機能は、前述のように低コストでの実現が必要となる。一方、需要家への情報提供などの表示機能を実現するには、液晶表示器などのモニタが必要となり、両機能を一つのホームサーバで実現するとコスト増の大きな要因となる。また、表示の機能としては、需要家宅で利用される PC や、昨今、普及が進み始めたブラウザ機能付デジタルテレビなどを表示する端末として活用するとか、ドアフォンなど表示機能を標準的に有している設備で表示機能を兼ねるといった可能性があることから、本実証実験システムでは、機能分割した形で、ホームサーバを構成することとした。

1) 計測制御用ホームサーバ

計測制御用ホームサーバは、以下の機能を実現する。

①PV、FC、蓄電池、家電機器、センサーなどをネットワークで接続し、これらの設備の稼動情報や計測情報を収集する
②収集した情報を広域に設置されたエコサーバに収集した情報を送信する
③エコサーバから送信された機器への制御指示（コマンド）を設備に送信する
④設備を制御するためのアルゴリズムを実行するプログラムに対する制御目標など（データ）を受信し、その制御目標に従って、設備ごとの制御指示（コマンド）を演算する機能、および設備に制御指示を送信する（本システムでは最適制御と称す）

2) 表示用ホームサーバ

表示用ホームサーバは、以下の機能を実現する。

①需要家の要求に応じて、現在の設備の稼働状況や使用電力量などの計測情報の表示

②エネルギーの利用状況、CO_2 の排出状況などエネルギーマネジメント関係の情報の表示

③天候の状況や、電力の需給状況に応じて設備を最適に稼動させるための運転モードの選択操作

④遠隔からの需要家宅内機器の運転状況の表示や遠隔操作

3) エコサーバ

エコサーバは、ホームサーバを束ねる機能と SP サーバへの情報サービス、SP サーバとホームサーバ間の中継を行う役割を持つもので、以下の機能を実現する。

①ホームサーバから送信される設備の稼動情報や計測情報を DB として蓄積する

②ホームサーバに接続された設備の仕様（設備能力など）を DB として管理する

③SP サーバからの要求に対して指定された情報を DB から検索して提供する

④SP サーバからホームサーバに送信する情報を中継する

その他、本実証実験システムでは、対象外としているが、実用化を想定した場合、更に以下の機能が搭載される。

⑤ホームサーバを所有する需要家情報を管理する

⑥ホームサーバを含むネットワーク機器の情報と稼働状況を管理する

⑦ホームサーバとエコサーバ間のネットワークのセキュリティを管理する

⑧ホームサーバ上で動作するサービスプログラムを管理する

⑨サービスを提供するプロバイダの情報を管理する

⑩SP サーバなど他サービス事業者からの要求に対する認証管理を行う

⑪有償サービスの場合、課金情報管理および料金収集代行などを行う

4) SP サーバ

需要家に設置された各設備の効率的な運用を行うとか、その他需要家が希望するサービスを提供するためのサーバで、以下の機能を実現する。

①PV の発電量の予測に基づいて、各種の運転モード別に FC や蓄電池および家電機器などの負荷設備の投入遮断などの運転計画（本システムでは最適計画と称する）を立案し、エコサーバに DB として登録する。

注：ホームサーバは、この運転計画をエコサーバから取得して最適制御の内容を決定する。

②最適計画・最適制御による設備に運転結果に基づくエネルギーの利用状況や、CO_2 の排出、削減状況などのエネルギーマネジメントサービス情報を提供する

③携帯電話などからの遠隔操作を模擬して、エコサーバ経由でホームサーバに接続された設備の稼働状況表示や運転操作を行う

⑷ 実証実験システムのホームネットワークの構成

(a) ホームネットワークの通信方式

将来の実用化も考慮し、前述の共通化･標準化の基本方針に基づき、実証実験システムのホームネットワークを以下の方式にて実現した。

ホームネットワークの通信方式として国内で適用可能な標準規格（含む業界規格）として、ECHONET と ZigBee の 2 方式が有力と考えられる。両者について、本システムへの適用性を表 3-26 にて示す。

比較表で示したように、ホームネットワークに採用する方式は、コストももちろんであるが、マルチベンダー性や追加機器の容易性が重要であることから、その観点で優位性の高い ECHONET 規格を採用することとした。

表 3-26　ECHONET と ZigBee の 2 方式比較

比較項目	ECHONET	ZigBee	備考
目的	家庭内に設置された白物家電やセンサーを収容する設備系ネットワークの規格	宅内宅外などセンサー類を収容するために策定されたもので、家庭内の白物家電なども収容可能	
規格化の範囲	OSI モデルの 0 層なら 7 層までを対象	同左	
伝送媒体	低周波帯 PLC、特小無線、専用線、IP 系など適材適所に使用可。将来技術も収容可能な構成	IEEE802.15.4 に限定	
国際規格	IIEC、SO/IEC の国際標準として承認	業界標準	
接続対象設備の拡張性	ECHONET にて設備の属性情報（プロパティ）の標準化推進。現在 73 種のプロパティを規格化済み（マルチベンダー性） 必要に応じて業界で共通化作業を行い追加する仕組みがある（コンソーシアム内に活動する WG がある）	ZigBee 標準とプライベートの 2 段階あり、独自で提案要。現状は、照明やエアコンなど数機種のみ。追加する場合、業界としての仕組みはなく、必要メンバーを募って組織化が必要	
設備との接続	ミドルウェアアダプタ I/F として規格化されており、この規格に従って、設備側の I/F を用意すれば接続可	設備との接続仕様は規定されていない	
AV 機器との接続性	UPnP との GW 仕様を規格化済み。TV などとの接続容易	UPnP との接続の独自規格あり	

(b) ホームネットワークの通信媒体

ホームネットワークの通信媒体に何を選択するかは重要なポイントであるが、現在、世の中に存在する通信技術で、ベストなものは存在しないのが現実である。

①有線通信では、イーサネット、メタル線（RS232C、RS485 などなど）などの有線通信は、通信の信頼性やコスト面では優位であるが、既設の住宅での設置工事性が劣る。

②無線通信では、無線 LAN、Bluetooth、特定小電力無線などは、設置工事性に優れているが、建物の構造によって通りにくいところがあり、通信の信頼性が十分でない。

③電力線通信は、既存の屋内配線網を使用できるという利点があるが、高周波帯では、高速タイプの製品が殆どでコストが高い。低周波帯は比較的コストが安いが、日本国内ではインバータを内蔵した家電が殆どで、使用している低周波帯にインバータノイズや低インピーダンスの影響で、通信の信頼性が十分でない。

このような中で、本実証実験システムでは、実証実験の場所が既設の住宅であること、汎用製品として普及していること、コスト面で有利なことなどから無線 LAN（IEEE802.11b）を採用することとした。

(5) SP サーバ、エコサーバ、ホームサーバ間のネットワーク

エコサーバとホームサーバを接続するネットワークは、広域に分散している需要家に設置されたホームサーバを収容するので、専用のネットワークの敷設では膨大な費用を要することになることから、既に提供されている公共的なネットワークを採用することが望ましい。

代表的なネットワークとしては、光、ADSL、無線、CATV などを利用したインターネットアクセス網、携帯電話を利用したモバイルアクセス網（i モードなど）が考えられるがホームサーバは、各需要家に固定的に設置されること、普及が進み、既に導入されている設備の流用などを考慮し、インターネットアクセス網の利用が有力と考える。

このことから、本実証実験システムでは、標準的な TCP/IP での接続を採用した。

また、SP サーバとエコサーバ間のネットワークは、BtoB の関係となる情報システムを実現するもので、安定性、セキュリティ面の信頼性などに優れたネットワーク方式を採用する必要がある。その方式としては、企業間のネットワークとして採用されている専用線や、インターネットアクセス網などが考えられるが、いずれにしても IP 網であることから、本実証実験システムでも標準的な TCP/IP を採用した。

(6) 実証実験システムの構成概要

図 3-104 に本実証実験システムの構成概要を示す。

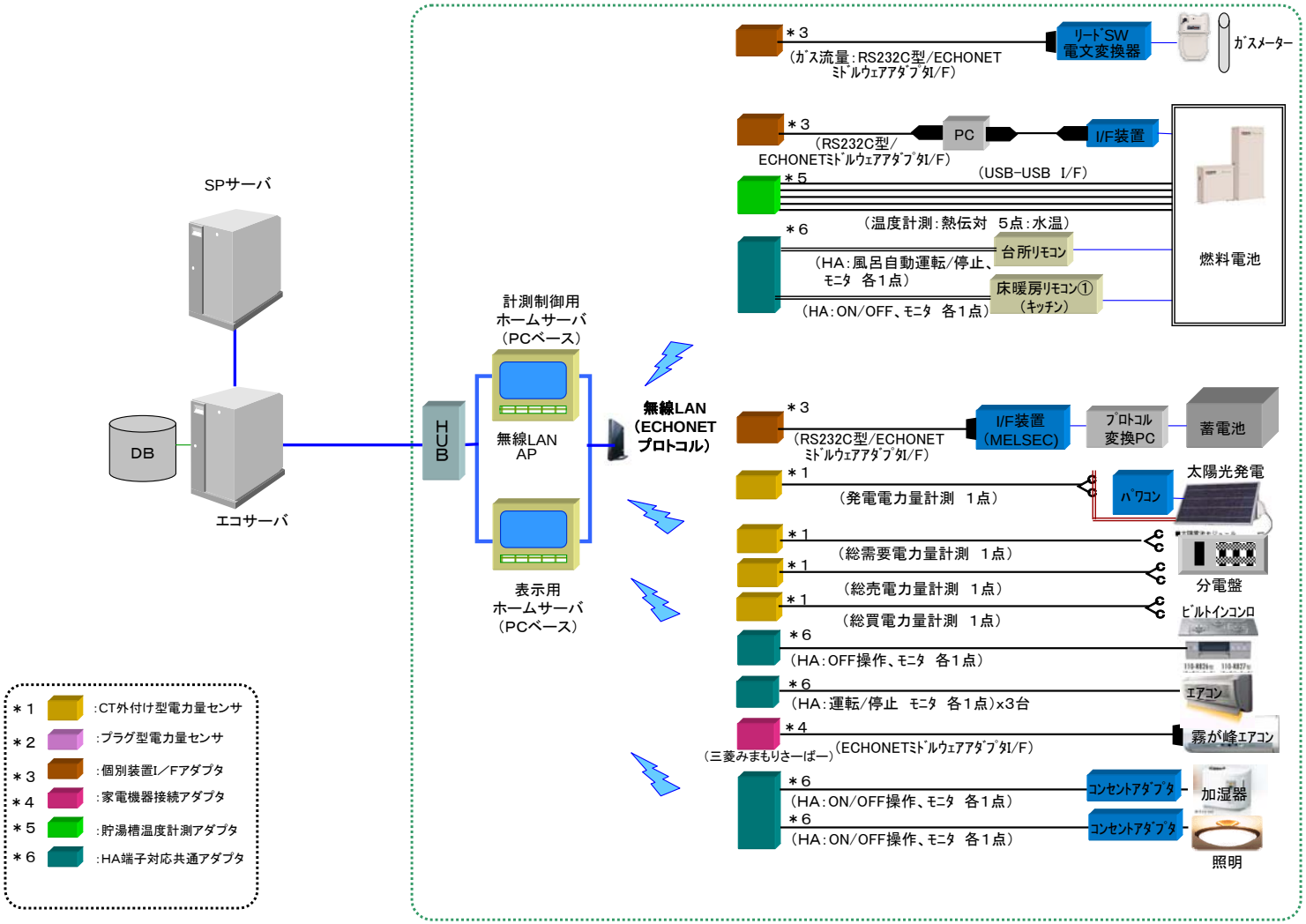


図 3-104　実証実験システム構成

3.4.3. 実施場所

⑴ 実施場所と実験の目的

本実証 PJ では、大阪ガス酉島電力実験場と積水ハウスアネックスラボの 2 箇所に実証実験システムを構築し、3.4.2 節で述べた機能試験をそれぞれの場所に応じて実施したが、システム構築の観点からは、下記に示す目的をそれぞれに設定した。

尚、2 箇所に設置したシステムは、HA 端子接続型エアコン（アネックスラボ）と ECHONET 対応エアコン（酉島実験場）の違いを除いて、同一のシステム構成としている。

(a) 大阪ガス酉島電力実験場

本 PJ の実証実験用に建築されたプレハブ（9.9m²）の実証実験ハウスに実証実験対象の設備、およびネットワークシステムを構築した。

ここでの実証実験の目的は、計画している各種の運転モード試験の有効性・実用性を評価するための機器の制御機能の確認、制御結果の評価のためのデータ収集などを連続的に実施することを目的とするため、作業性を考慮して各設備を集約して設置した。

システム構築上の評価よりも、制約を受けずに種々の実験を行うことを目的にしたものである

(b) 積水ハウスアネックスラボ

住宅に関する種々の実験を行うために建築された戸建て住宅（2 階建て）で、通常の居住環境を備えたもので、居住環境におけるシステムの設置性、ホームネットワークを敷設する際の適応性、課題などの実証を行った。

3.4.4. 実施方法

⑴ 実証実験システムの機能分担と情報伝送の内容

(a) 実証実験システムの機能分担

本実証実験システムで実証する機能は、図 3-105 の機能分担と情報の流れに示したように配置する。

1) 計測制御用ホームサーバの機能

計測制御用ホームサーバは、SP サーバからの最適計画による制御目標値に従って、最適制御機能を実行するとともに、需要家の設備との接続機能（計測データ、稼動情報データの収集と、設備への制御操作）などリアルタイム処理に徹し、収集した情報は、エコサーバに送信することで、ホームサーバに蓄積機能を持たせない構造とした。

2) 表示用ホームサーバの機能

表示用ホームサーバは、需要家の表示要求に対し、表示画面の表示項目を設備から収集したり、エコサーバや SP サーバに要求して取得し、表示する。

3) エコサーバの機能

エコサーバは、ホームサーバが収集したデータの管理（DB 構築）のみでなく、需要家設備の仕様情報も DB として管理する。

また、SP サーバの最適計画にて生成された制御目標値も DB として管理する。

これらのデータは、SP サーバやホームサーバからの要求に対してデータを供給する。

4) SP サーバの機能

SP サーバは、エネルギーサービス事業者として、需要家の設備を効率的に動かすための最適計画を立案し、それによる制御目標値を算出し、エコサーバに送信する。

(b) 実証実験システムの情報の流れ

実証実験システムの各設備間の情報の流れを図 3-105 で示す。

実証実験システムでは、各運転モードの評価の精度向上を目的に、情報の収集、制御を 1 分周期で実行している。

①計測制御用ホームサーバは、設備の情報（稼動情報、計測データ）を 1 分周期で収集する。

②収集した情報は、更に 1 分周期でエコサーバに送信し、エコサーバにて DB に登録する。

③SP サーバでは、3 時間ごと（0 時、3 時、6 時・・）に、エコサーバから、設備の仕様情報、計測情報を検索し、その時刻以降 30 分ごと 24 時間分の運転計画を算出し、30 分ごとの設備の制御指令値（30 分ごと 24 時間分計 48 項目）をエコサーバの DB に登録する。

④ホームサーバは、30 分周期で、エコサーバから制御指令値を取得し、各設備への最適制御演算を行い、設備に対して制御指示を出力する。

ホームサーバから設備に対する制御指令は、前述のとおり、1 分周期で実行するが、制御指示内容が変化した場合のみ出力する。

⑤運転モードの変更が、需要家から行われた場合、変更された運転モードに基づく最適制御演算を行い、制御指令値の変更をエコサーバに対して実施する。

ホームサーバが、設備に対する制御指令値の出力を 1 分周期としているのは、運転モードの変更が行われた際、即座に対応するためとしている。

SPサーバ／エコサーバ／ホームサーバの機能分担と情報の流れ

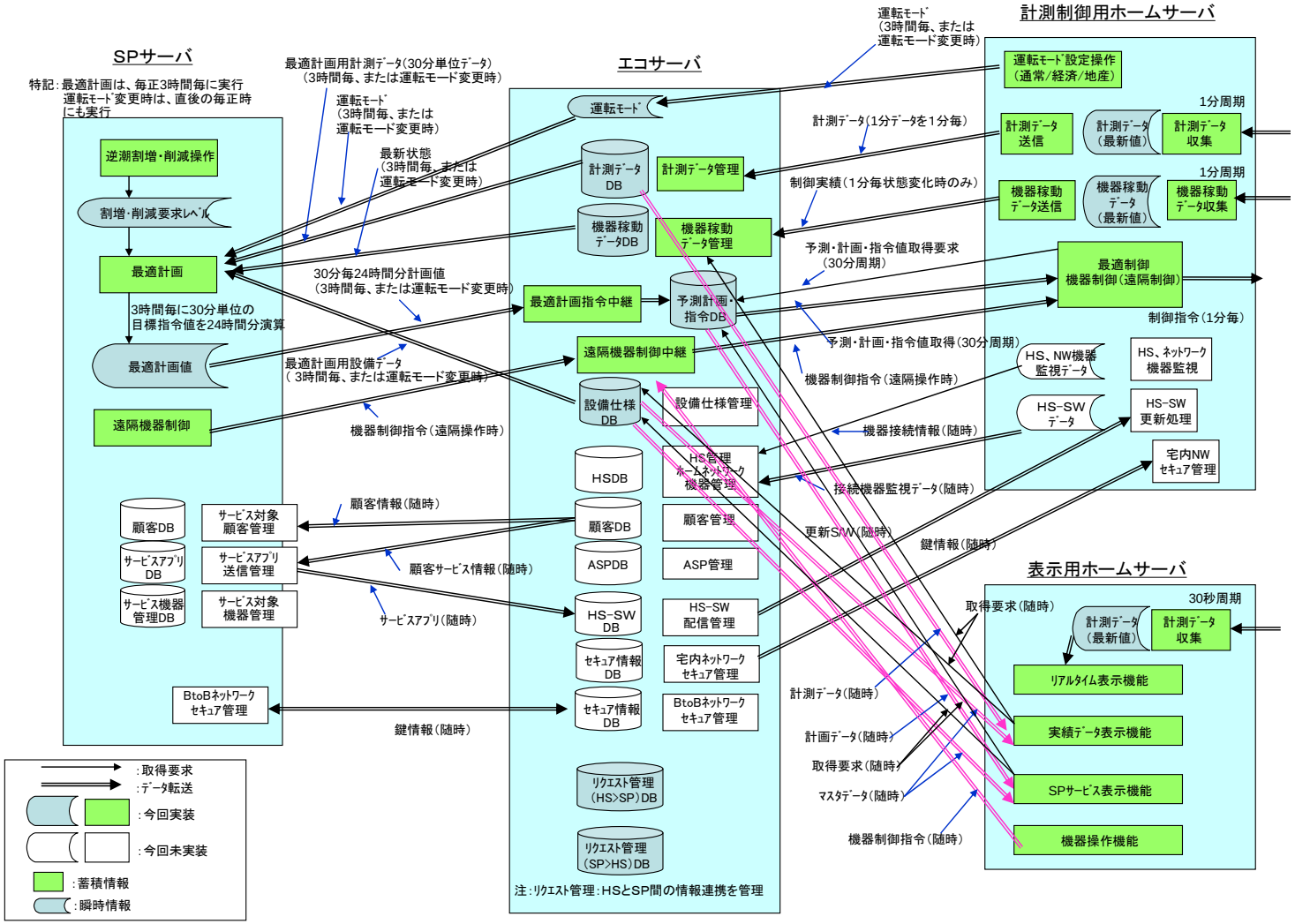


図 3-105　実証実験システムにおける情報の流れ

⑵ エネルギーマネジメント機能の処理内容

(a) 最適計画機能の計算方法

逆潮割増/削減または計画運転の要求のない場合は（逆潮割増/削減要求＝0)、最適計画機能では、予測値（太陽電池出力、電力需要、温水需要、機器の On/Off 状態）および運転モード（通常運転、経済性重視運転、地産地消運転）に基づいて、以下のルールに基づいて計画開始時刻から 30 分単位の 24 時間先の燃料電池、蓄電池、機器の On/Off 計画を立てる。

表 3-27　各運転モードにおける機器制御の考え方（再掲）

		運転モード		
		通常	経済性重視	地産地消
深夜	PV	出力なし		
	FC	早朝の給湯需要に合わせて定格運転		
	蓄電池	FC の余剰電力を充電	FC と深夜電力を充電	FC の余剰電力を充電
	負荷機器	制御しない		
昼間	PV	天候に合わせて発電		
	FC	電力需要に追従して運転（電主）	PV 出力を全て売電となるように定格運転	PV で自家消費となるように最低出力で運転。 PV 出力が不足した場合は電力需要に追従して運転（電主）
	蓄電池	充放電しない	PV 出力を全て売電となるように放電 FC の余剰電力が発生した場合は充電	PV と FC の余剰電力を充電 PV と FC の出力が不足した場合は放電
	負荷機器	制御しない	負荷遮断	負荷遮断
夜間	PV	出力なし		
	FC	夜間の給湯需要に合わせて運転（熱主）		
	蓄電池	FC の余剰電力を放電	深夜・昼間の充電電力を放電	深夜・昼間の充電電力を放電
	負荷機器	制御しない		

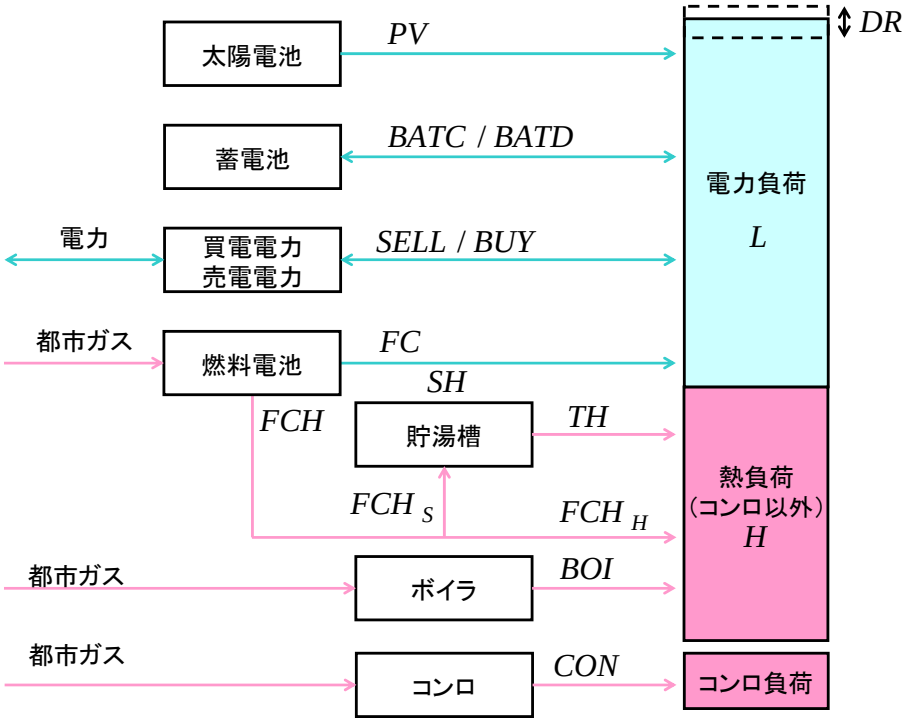


図 3-106　電力・熱の供給イメージ

なお、以下の制約条件を満たさなければならない。

電力需給バランス：

$$PV_i + FC_i + BATD_i - BATC_i - L_i + DR_i - SELL_i + BUY_i = 0 \quad \forall i = 1,48$$

熱需給バランス：

$$FCH_{Hi} + TH_i + BOI_i = H_i \quad \forall i = 1,48$$

燃料電池の発電上下限：

$$FC_i^{\min} \le FC_i \le FC_i^{\max} \quad \forall i = 1,48$$

燃料電池の変化速度：

$$FCH_{i-1} - FCH_i \le FCH_i^{down} \quad \forall i = 1,48$$

$$FCH_i - FCH_{i-1} \le FCH_i^{up} \quad \forall i = 1,48$$

蓄電池の充放電電力上下限：

$$0 \le BATD_i \le BATD_i^{\max} \quad \forall i = 1,48$$

$$0 \le BATC_i \le BATC_i^{\max} \quad \forall i = 1,48$$

蓄電量に関する制約：

$$\frac{\Delta t分}{60分}\frac{BATD_i}{\gamma} \le BATE_i \quad \forall i = 1,48$$

$$BATE_i + \frac{\Delta t分}{60分}\eta \cdot BATC_i \le BATCAP \quad \forall i = 1,48$$

$$BATE_i = BATE_{i-1} + \frac{\Delta t分}{60分}\eta \cdot BATC_i - \frac{\Delta t分}{60分}\frac{BATD_i}{\gamma} \quad \forall i = 1,48$$

蓄熱量に関する制約：

$$SH_i \le SHCAP \quad \forall i = 1,48$$

$$\sigma \cdot SH_{i-1} + FCH_{Si} \le SHCAP \quad \forall i = 1,48$$

制御可能の負荷の制約条件：

$$0 \le DR_{i,j} \le DR_{i,j}^{\max} \quad \forall i = 1,T \quad \forall j = 1,M$$

最大売電の制約条件：

$$0 \le SELL_i \le PV_i \quad \forall i = 1,48$$

ここで、

L_i ：電力負荷(kW)

H_i ：温水負荷（コンロ以外の熱負荷）(MJ)

BUY_i ：買電電力(kW)

$SELL_i$ ：売電電力(kW)

PV_i ：太陽電池の出力(kW)

FC_i ：燃料電池の発電出力(kW)

FCH_i ：燃料電池の発熱出力(MJ)

$BATD_i$ ：蓄電池の放電出力(kW)

$BATC_i$ ：蓄電池の充電出力(kW)

$BATD_i^{\max}$ ：蓄電池の最大放電電力(kW)

$BATC_i^{\max}$ ：蓄電池の最大充電電力(kW)

$BATE_i$ ：蓄電池残容量(kWh)

$BATCAP$ ：蓄電池の容量(kWh)

η ：蓄電池の充電効率（%）

γ ：蓄電池の放電効率（%）

$DR_{i,j}$ ：制御可能負荷(kW)

$DR_{i,j}^{\max}$ ：制御可能負荷の容量(kW)

BOI_i ：燃料電池の発熱出力(MJ)

SH_i ：貯湯槽の蓄熱量(MJ)

$SHCAP$ ：貯湯槽の蓄熱容量(MJ)

σ ：放熱ロス（%）

TH_i ：貯湯槽の排出熱量(MJ)

CON_i ：ビルトインコンロの熱量(MJ)

Δt ：計算の刻み(30 分)

M ：制御可能負荷の数

なお、逆潮割増/削減要求があった場合は、要求レベルおよび要求内容に応じて以下のとおり燃料電池、蓄電池、機器の On/Off 計画を立てる。

表 3-28　逆潮割増/削減要求レベルと装置の動作

レベル	蓄電池	FC	負荷
−1	最大出力で充電	運転モードに従って発電	運転モードに従う
−2	最大出力で充電	最低出力で発電	運転モードに従う
1	最大出力で放電	運転モードに従って発電	運転モードに従う
2	最大出力で放電	最大出力で発電	運転モードに従う
3	最大出力で放電	最大出力で発電	要求内容に従って自動遮断
9	残量量＞目標残容量は放電 残量量＞目標残容量は充電	目標発電電力で発電	運転モードに従う

(b)　最適制御機能の計算方法

制御開始時刻が逆潮安定化開始時刻と逆潮安定化終了時刻の間ではなく、かつ逆潮割増/削減または計画運転の要求のない場合は（逆潮割増/削減要求＝0)、最適制御機能では、予測値（太陽電池出力、電力需要、温水需要)、機器の On/Off 計画および運転モード（通常運転、経済性重視運転、地産地消運転）に基づいて、最適計画と同じルールに基づいて制御開始時刻から 1 分単位の 30 分先の燃料電池、蓄電池、機器の On/Off の指令値を計算する。また、遠隔制御がある場合（0 または 1）は、加湿器、エアコン、照明、お湯張り、床暖房、ビルトインコンロの順で各機器の自動遮断を行う。

なお、制御開始時刻が逆潮安定化開始時刻と逆潮安定化終了時刻の間の場合は、最適制御機能では、以下の受電点潮流の目標値に従って、蓄電池を制御する。

$$EXT = \left(\frac{1}{30}\right)\sum_{i=1}^{30}\left(PV_i + FC_i - L_i\right)$$

ここで、EXT は受電点潮流の目標値（kW)、PV_i は太陽電池の予測出力(kW)、FC_i は燃料電池の発電出力(kW)、L_i は電力負荷(kW)

なお、燃料電池の発電出力は蓄電池の残容量に基づいて決定する。

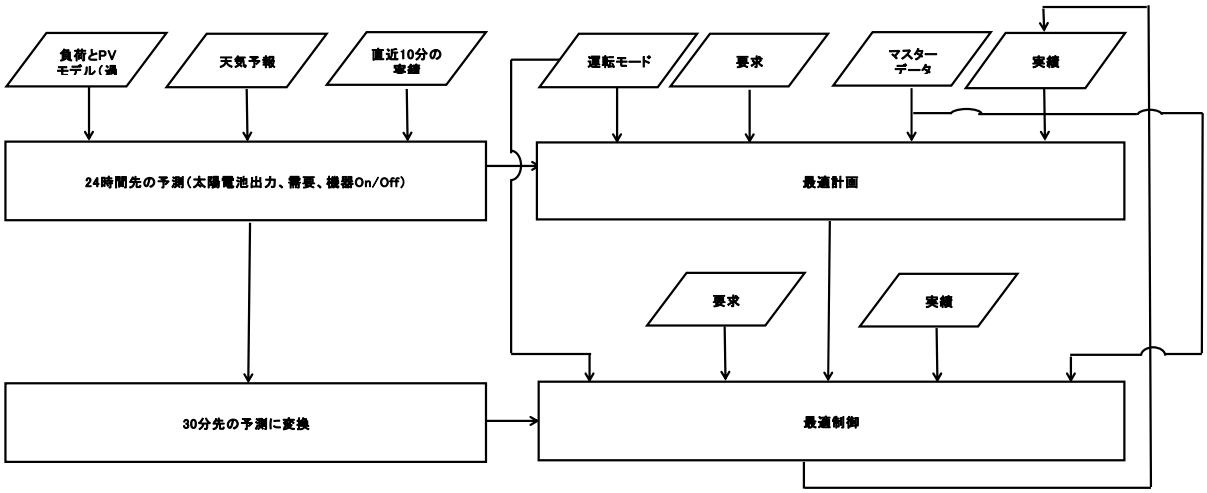


図 3-107　最適計画と最適制御の連携

⑶ 宅内ネットワークの詳細構成

各種機器の通信項目･標記方法・手順の標準化にあたっては ECHONET 通信規格に準拠した設計を行った。ECHONET 規格にはない蓄電池、燃料電池、家電機器などの通信項目を明らかにし、規格に準拠して設計を行った。

(a) 設備との H/W 接続仕様の共通化

ECHONET 規格では､ホームサーバ側に搭載する通信機能､設備と接続する ECHONET アダプタ（以下アダプタ）に搭載する通信機能間で通信処理を行うが、アダプタと家電機器間の接続方法もミドルウェアアダプタ I/F 規格として規定されている。

本来であれば、この規格に準拠して設備との接続を行うことが理想であるが、今回の実証実験システムの場合、設備側にその規定に従った I/F を実装することは、開発期間的にも難しいことから、設備側の開発負担を抑える方針で接続仕様を規定した。

尚、規定した接続仕様で汎用的なものについては、ECHONET 規格に提案を予定している。

本実証実験システムでは、製品化された下記⑤を除いて、表 3-29 に示した 4 種類のタイプに共通化して接続仕様を規定した｡それぞれのタイプの接続仕様を図 3-108､図 3-109 図、図 3-110 に示す。

表 3-29　アダプタの種類

タイプ	対象設備	備考
電力量計測タイプ	①総需要電力量 ②総売電電力量 ③総買電電力量 ④PV 発電電力量	①では総需要電力(瞬時値)も計測
熱電対接続タイプ	①貯湯槽温度計測	
RS232C 接続タイプ	①FC ②ガス流量計測 ③蓄電池	
HA 端子接続タイプ	①風呂リモコン ②床暖房リモコン ③加湿器 ④照明 ⑤ビルトインコンロ ⑥HA 端子型エアコン	1 台あたり 2 台の機器を接続可
ECHONET ミドルウェア アダプタ I/F タイプ	ECHONET 対応エアコン （霧が峰）	ECHONET 規格準拠製品

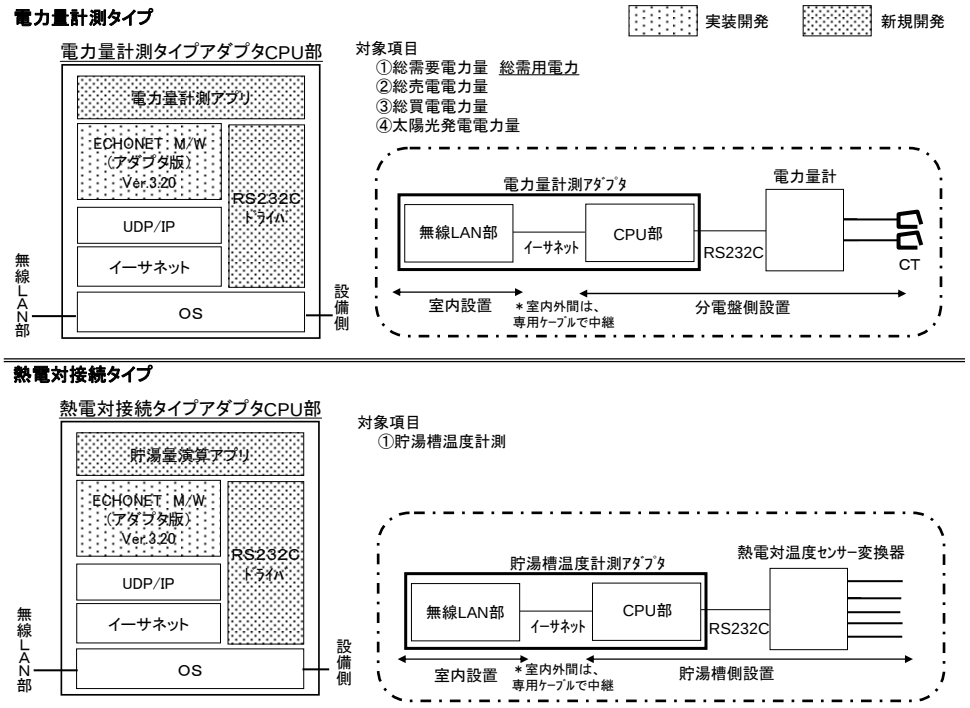


図 3-108　アダプタ構成図（1/3）

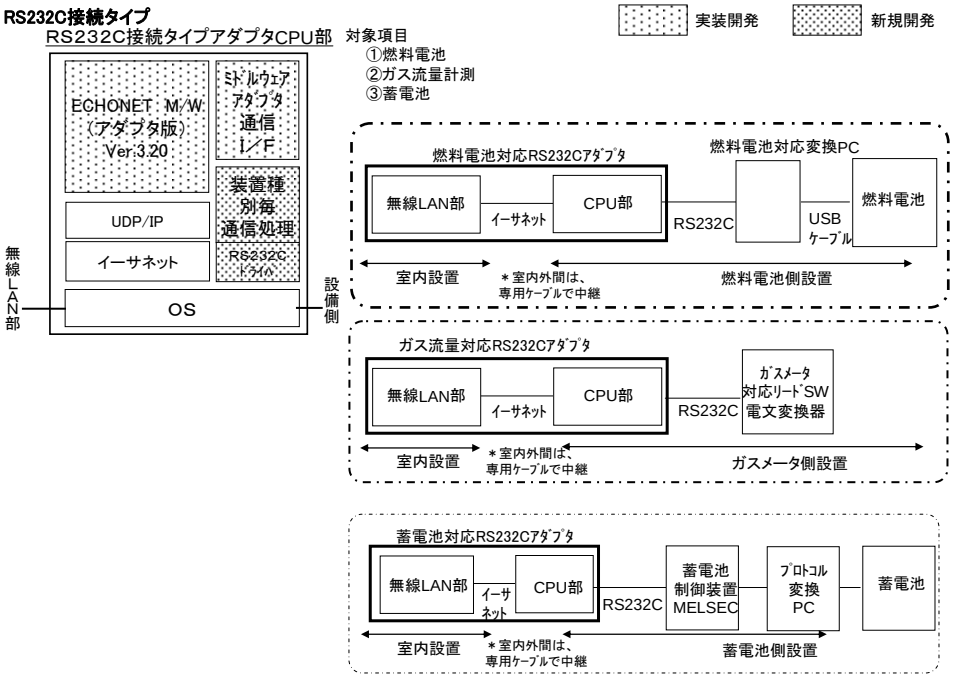


図 3-109　アダプタ構成図（2/3）

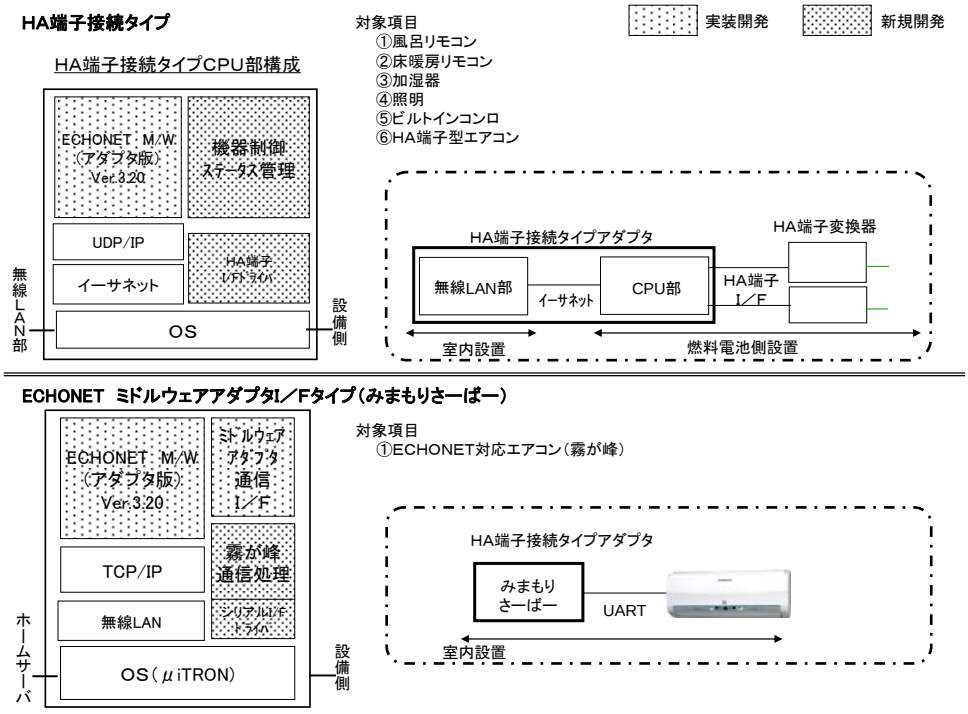


図 3-110　アダプタ構成図（3/3）

(b)　設備との通信の共通化設計

ECHONET 規格では、設備の稼動情報や計測データの収集、制御操作などのパラメータの設定方法を標準化している。これを ECHONET プロパティコードと称し、このプロパティを機器ごとにまとめたものが機器オブジェクトである。

一般的に家庭で使用されている家電機器やセンサーは、ECHONET にて機器オブジェクトが規定されており、そのまま使用できるが、今回の実証実験システムでは、蓄電池、燃料電池、貯湯槽貯湯量、HA（JEMA 規格）端子形エアコンなど ECHONET 規格で規定されていない設備がある。

これらの設備については、ECHONET 規格に倣って、機器オブジェクトを規定している。

本実証実験システムの対象の設備の機器オブジェクトの一覧を表 3-30 に示す。

表 3-30　実証実験設備の機器オブジェクト一覧

番号	機器名称 （オブジェクト名）	ECHONET 規格 クラスコード	備考
1	総需要電力量計	電力量センサー	既存規格流用
2	総買電電力量計	電力量センサー	既存規格流用
3	総売電電力量計	電力量センサー	既存規格流用
4	太陽光発電電力量計	電力量センサー	既存規格流用
5	総ガス使用量計	ガスメータ	既存規格流用
6	燃料電池	燃料電池	新規に定義
7	貯湯槽温度計測計	貯湯槽	新規に定義
8	台所リモコン	燃料電池用温水器	新規に定義（お湯はりのみ）
9	床暖房リモコン	床暖房	既存規格流用（on/off のみ）
10	蓄電池	蓄電池	新規に定義
11	ビルトインコンロ	ガスコンロ	新規に定義（off のみ）
12	エアコン	HA 型エアコン	新規に定義（on/off のみ）
13	エアコン	ECHONET 規格 エアコン	既存規格流用
14	加湿器	加湿器	既存規格流用（on/off のみ）
15	スタンド照明	一般照明	既存規格流用（on/off）

また、次ページ以降に実証実験システムで規定した機器オブジェクトの規定内容を示す。

尚、新たに規定した機器オブジェクトの内容は、別途 ECHONET コンソーシアムに提案する予定である。

機器名称	総需要電力量計	ｸﾗｽｸﾞﾙｰﾌﾟｺｰﾄﾞ	0x00	ｸﾗｽｺｰﾄﾞ	0x22(電力量ｾﾝｻｰ)	ｲﾝｽﾀﾝｽｺｰﾄﾞ	0x01

機器オブジェクトスーパークラス

ﾌﾟﾛﾊﾟﾃｨ名称	EPC	ﾌﾟﾛﾊﾟﾃｨ内容 値域(10 進表記)	ﾃﾞｰﾀ型	ﾃﾞｰﾀ ｻｲｽﾞ (Byte)	ｱｸｾｽ ﾙｰﾙ	必 須	情変時 ｱﾅｳﾝｽ	備考
動作状態	0x80	ON／OFF 状態を示す ON＝0x30、OFF＝0X31	Unisigned Char	1	Set Get	 ○	○	ON＝正常動作中を示す (ﾈｯﾄﾜｰｸに接続されれば ON)

機器クラスグループオブジェクト

ﾌﾟﾛﾊﾟﾃｨ名称	EPC	ﾌﾟﾛﾊﾟﾃｨ内容 値域(10 進表記)	ﾃﾞｰﾀ型	ﾃﾞｰﾀ ｻｲｽﾞ (Byte)	単位	ｱｸｾｽ ﾙｰﾙ	必 須	情変時 ｱﾅｳﾝｽ	備考
積算電力量	0xE0	0～999.999.999 初期値 : 0x00000000	Unisigned long	4	0.1Wh	Get	○		1 分間最大:170.0wh 1 日最大:240,000,0wh
大容量瞬時電力値	0xE3	−32767～32766 初期値 : 0x0000	signed short	2	w	Get			最大:10,000w

機器名称	総買電電力量計	ｸﾗｽｸﾞﾙｰﾌﾟｺｰﾄﾞ	0x00	ｸﾗｽｺｰﾄﾞ	0x22(電力量ｾﾝｻｰ)	ｲﾝｽﾀﾝｽｺｰﾄﾞ	0x02

機器オブジェクトスーパークラス

ﾌﾟﾛﾊﾟﾃｨ名称	EPC	ﾌﾟﾛﾊﾟﾃｨ内容 値域(10 進表記)	ﾃﾞｰﾀ型	ﾃﾞｰﾀ ｻｲｽﾞ (Byte)	ｱｸｾｽ ﾙｰﾙ	必 須	情変時 ｱﾅｳﾝｽ	備考
動作状態	0x80	ON／OFF 状態を示す ON＝0x30、OFF＝0X31	Unisigned Char	1	Set Get	 ○	○	ON＝正常動作中を示す (ﾈｯﾄﾜｰｸに接続されれば ON)

機器クラスグループオブジェクト

ﾌﾟﾛﾊﾟﾃｨ名称	EPC	ﾌﾟﾛﾊﾟﾃｨ内容 値域(10 進表記)	ﾃﾞｰﾀ型	ﾃﾞｰﾀ ｻｲｽﾞ (Byte)	単位	ｱｸｾｽ ﾙｰﾙ	必 須	情変時 ｱﾅｳﾝｽ	備考
積算電力量	0xE0	0～999.999.999 初期値 : 0x00000000	Unisigned long	4	0.1Wh	Get	○		1 分間最大:170.0wh 1 日最大:120,000,0wh

機器名称	総売電電力量計	ｸﾗｽｸﾞﾙｰﾌﾟｺｰﾄﾞ	0x00	ｸﾗｽｺｰﾄﾞ	0x22（電力量ｾﾝｻｰ）	ｲﾝｽﾀﾝｽｺｰﾄﾞ	0x03

機器オブジェクトスーパークラス

ﾌﾟﾛﾊﾟﾃｨ名称	EPC	ﾌﾟﾛﾊﾟﾃｨ内容 値域（10 進表記）	ﾃﾞｰﾀ型ﾞ	ﾃﾞｰﾀ ｻｲｽﾞ （Byte）	ｱｸｾｽ ﾙｰﾙ	必 須	情変時 ｱﾅｳﾝｽ	備考
動作状態	0x80	ON／OFF 状態を示す ON＝0x30、OFF＝0X31	Unisigned Char	1	Set Get	 ○	○	ON＝正常動作中を示す （ﾈｯﾄﾜｰｸに接続されれば ON）

機器クラスグループオブジェクト

ﾌﾟﾛﾊﾟﾃｨ名称	EPC	ﾌﾟﾛﾊﾟﾃｨ内容 値域（10 進表記）	ﾃﾞｰﾀ型ﾞ	ﾃﾞｰﾀ ｻｲｽﾞ （Byte）	単位	ｱｸｾｽ ﾙｰﾙ	必 須	情変時 ｱﾅｳﾝｽ	備考
積算電力量	0xE0	0～999.999.999 初期値 ：0x00000000	Unisigned long	4	0.1Wh	Get	○		1 分間最大：80.0wh 1 日最大：5,000.0wh

機器名称	太陽光発電電力量計	ｸﾗｽｸﾞﾙｰﾌﾟｺｰﾄﾞ	0x00	ｸﾗｽｺｰﾄﾞ	0x22（電力量ｾﾝｻｰ）	ｲﾝｽﾀﾝｽｺｰﾄﾞ	0x04

機器オブジェクトスーパークラス

ﾌﾟﾛﾊﾟﾃｨ名称	EPC	ﾌﾟﾛﾊﾟﾃｨ内容 値域（10 進表記）	ﾃﾞｰﾀ型ﾞ	ﾃﾞｰﾀ ｻｲｽﾞ （Byte）	ｱｸｾｽ ﾙｰﾙ	必 須	情変時 ｱﾅｳﾝｽ	備考
動作状態	0x80	ON／OFF 状態を示す ON＝0x30、OFF＝0X31	Unisigned Char	1	Set Get	 ○	○	ON＝正常動作中を示す （ﾈｯﾄﾜｰｸに接続されれば ON）

機器クラスグループオブジェクト

ﾌﾟﾛﾊﾟﾃｨ名称	EPC	ﾌﾟﾛﾊﾟﾃｨ内容 値域（10 進表記）	ﾃﾞｰﾀ型ﾞ	ﾃﾞｰﾀ ｻｲｽﾞ （Byte）	単位	ｱｸｾｽ ﾙｰﾙ	必 須	情変時 ｱﾅｳﾝｽ	備考
積算電力量	0xE0	0～999.999.999 初期値 ：0x00000000	Unisigned long	4	0.1Wh	Get	○		1 分間最大：67.0wh 1 日最大：80,000.0wh
大容量瞬時電力値	0xE3	−32767～32766 初期値 ：0x0000	signed short	2	w	Get			最大：5000w

機器名称	総ガス使用量	ｸﾗｽｸﾞﾙｰﾌﾟｺｰﾄﾞ	0x02	ｸﾗｽｺｰﾄﾞ	0x82(ガスメータ)	ｲﾝｽﾀﾝｽｺｰﾄﾞ	0x01

機器オブジェクトスーパークラス

ﾌﾟﾛﾊﾟﾃｨ名称	EPC	ﾌﾟﾛﾊﾟﾃｨ内容 値域(10 進表記)	ﾃﾞｰﾀ型ﾞ	ﾃﾞｰﾀ ｻｲｽﾞ (Byte)	ｱｸｾｽ ﾙｰﾙ	必 須	情変時 ｱﾅｳﾝｽ	備考
動作状態	0x80	ON／OFF 状態を示す ON＝0x30、OFF＝0X31	Unisigned Char	1	Set Get	 ○	○	ON＝正常動作中を示す (ﾈｯﾄﾜｰｸに接続されれば ON)

機器クラスグループオブジェクト

ﾌﾟﾛﾊﾟﾃｨ名称	EPC	ﾌﾟﾛﾊﾟﾃｨ内容 値域(10 進表記)	ﾃﾞｰﾀ型ﾞ	ﾃﾞｰﾀ ｻｲｽﾞ (Byte)	単位	ｱｸｾｽ ﾙｰﾙ	必 須	情変時 ｱﾅｳﾝｽ	備考
積算ガス消費量	0xE0	0～999.999.999 初期値 : 0x00000000	Unisigned long	4	L	Get	○		1 日最大:6000L

機器名称	燃料電池	ｸﾗｽｸﾞﾙｰﾌﾟｺｰﾄﾞ	0x02	ｸﾗｽｺｰﾄﾞ	0xE0(燃料電池)	ｲﾝｽﾀﾝｽｺｰﾄﾞ	0x01

機器オブジェクトスーパークラス

ﾌﾟﾛﾊﾟﾃｨ名称	EPC	ﾌﾟﾛﾊﾟﾃｨ内容 値域(10 進表記)	ﾃﾞｰﾀ型ﾞ	ﾃﾞｰﾀ ｻｲｽﾞ (Byte)	ｱｸｾｽ ﾙｰﾙ	必 須	情変時 ｱﾅｳﾝｽ	備考
動作状態	0x80	ON／OFF 状態を示す ON＝0x30、OFF＝0X31	Unisigned Char	1	Set Get	 ○	○	燃料電池本体の運転・停止操作

機器クラスグループオブジェクト

ﾌﾟﾛﾊﾟﾃｨ名称	EPC	ﾌﾟﾛﾊﾟﾃｨ内容 値域(10 進表記)	ﾃﾞｰﾀ型ﾞ	ﾃﾞｰﾀ ｻｲｽﾞ (Byte)	単位	ｱｸｾｽ ﾙｰﾙ	必 須	情変時 ｱﾅｳﾝｽ	備考
瞬時発電電力	0xE0	0～65533 初期値 : 0x0000	Unisigned short	2	w	Get	○		最大:700w
積算発電電力量	0xE1	0～999,999,999 初期値 : 0x00000000	Unisigned long	4	0.1wh	Get	○		1 分間最大:11.7wh 1 日最大:16,800.0wh
発電電力指令値	0xE5	0～65533 初期値 : 0x0000	Unisigned short	2	w	Set	○		最大 700w

機器名称	貯湯槽温度計測計	ｸﾗｽｸﾞﾙｰﾌﾟｺｰﾄﾞ	0x02	ｸﾗｽｺｰﾄﾞ	0xE1（貯湯槽）	ｲﾝｽﾀﾝｽｺｰﾄﾞ	0x01

機器オブジェクトスーパークラス

ﾌﾟﾛﾊﾟﾃｨ名称	EPC	ﾌﾟﾛﾊﾟﾃｨ内容 値域（10 進表記）	ﾃﾞｰﾀ型ﾞ	ﾃﾞｰﾀ ｻｲｽﾞ （Byte）	ｱｸｾｽ ﾙｰﾙ	必 須	情変時 ｱﾅｳﾝｽ	備考
動作状態	0x80	ON／OFF 状態を示す ON＝0x30、OFF＝0X31	Unisigned Char	1	Set Get	 	○	不使用

機器クラスグループオブジェクト

ﾌﾟﾛﾊﾟﾃｨ名称	EPC	ﾌﾟﾛﾊﾟﾃｨ内容 値域（10 進表記）	ﾃﾞｰﾀ型ﾞ	ﾃﾞｰﾀ ｻｲｽﾞ （Byte）	単位	ｱｸｾｽ ﾙｰﾙ	必 須	情変時 ｱﾅｳﾝｽ	備考
貯湯槽貯湯量	0xEF	0～65533 初期値 ：0x0000	Unisigned short	2	MJ	Get	○		最大 50MJ

機器名称	台所リモコン	ｸﾗｽｸﾞﾙｰﾌﾟｺｰﾄﾞ	0x02	ｸﾗｽｺｰﾄﾞ	0xE2（燃料電池用温水器）	ｲﾝｽﾀﾝｽｺｰﾄﾞ	0x01

機器オブジェクトスーパークラス

ﾌﾟﾛﾊﾟﾃｨ名称	EPC	ﾌﾟﾛﾊﾟﾃｨ内容 値域（10 進表記）	ﾃﾞｰﾀ型ﾞ	ﾃﾞｰﾀ ｻｲｽﾞ （Byte）	ｱｸｾｽ ﾙｰﾙ	必 須	情変時 ｱﾅｳﾝｽ	備考
動作状態	0x80	ON／OFF 状態を示す ON＝0x30、OFF＝0X31	Unisigned Char	1	Set Get	○ ○	○	風呂自動ﾓｰﾄﾞ入／切 （お湯はり開始を示す）

機器クラスグループオブジェクト・・・定義不要

機器名称	床暖房リモコン	ｸﾗｽｸﾞﾙｰﾌﾟｺｰﾄﾞ	0x02	ｸﾗｽｺｰﾄﾞ	0x7B（床暖房）	ｲﾝｽﾀﾝｽｺｰﾄﾞ	0x01

機器オブジェクトスーパークラス

ﾌﾟﾛﾊﾟﾃｨ名称	EPC	ﾌﾟﾛﾊﾟﾃｨ内容 値域（10 進表記）	ﾃﾞｰﾀ型ﾞ	ﾃﾞｰﾀ ｻｲｽﾞ (Byte)	ｱｸｾｽ ﾙｰﾙ	必 須	情変時 ｱﾅｳﾝｽ	備考
動作状態	0x80	ON／OFF 状態を示す ON＝0x30、OFF＝0X31	Unisigned Char	1	Set Get	○ ○	○	床暖房入／切

機器クラスグループオブジェクト・・・定義不要

機器名称	蓄電池	ｸﾗｽｸﾞﾙｰﾌﾟｺｰﾄﾞ	0x02	ｸﾗｽｺｰﾄﾞ	0xE3(蓄電池)	ｲﾝｽﾀﾝｽｺｰﾄﾞ	0x01

機器オブジェクトスーパークラス

ﾌﾟﾛﾊﾟﾃｨ名称	EPC	ﾌﾟﾛﾊﾟﾃｨ内容 値域(10 進表記)	ﾃﾞｰﾀ型ﾞ	ﾃﾞｰﾀ ｻｲｽﾞ (Byte)	ｱｸｾｽ ﾙｰﾙ	必 須	情変時 ｱﾅｳﾝｽ	備考
動作状態	0x80	ON／OFF 状態を示す ON＝0x30、OFF＝0X31	Unisigned Char	1	Set Get	 ○	○	運転／停止

機器クラスグループオブジェクト

ﾌﾟﾛﾊﾟﾃｨ名称	EPC	ﾌﾟﾛﾊﾟﾃｨ内容 値域(10 進表記)	ﾃﾞｰﾀ型ﾞ	ﾃﾞｰﾀ ｻｲｽﾞ (Byte)	単位	ｱｸｾｽ ﾙｰﾙ	必 須	情変時 ｱﾅｳﾝｽ	備考
充放電電力	0xE0	−32767～0～32768 初期値 : 0x0000	Signed short	2	w	~~Set~~ Get	~~○~~ ○		−2000～2000w (−):充電、(＋):放電 (0):待機
蓄電池残量	0xE1	0～100 初期値 : 0x0000	Unisigned short	2	%	Get	○		SOC
ﾓｰﾄﾞ情報	0xE7	一定電力制御＝0x30 受電点一定制御＝0x31	Unisigned Char	1	―	Set Get	 		
受電点目標値	0xE8	−32767～0～32768 初期値 : 0x0000	Signed short	2	w	Set Get	 		−2000～2000w
出力点切替情報	0xE9	xx＝0x30 yy＝0x31 zz＝0x32	Unisigned Char	1	―	Set Get	 		
充放電電力指令値	0xEA	−32767～0～32768 初期値 : 0x0000	Signed short	2	w	Set			−2000～2000w (−):充電、(＋):放電 (0):待機

機器名称	ビルトインコンロ	ｸﾗｽｸﾞﾙｰﾌﾟｺｰﾄﾞ	0x03	ｸﾗｽｺｰﾄﾞ	0xE4(ガスコンロ)	ｲﾝｽﾀﾝｽｺｰﾄﾞ	0x01

機器オブジェクトスーパークラス

ﾌﾟﾛﾊﾟﾃｨ名称	EPC	ﾌﾟﾛﾊﾟﾃｨ内容 値域(10 進表記)	ﾃﾞｰﾀ型	ﾃﾞｰﾀ ｻｲｽﾞ (Byte)	ｱｸｾｽ ﾙｰﾙ	必 須	情変時 ｱﾅｳﾝｽ	備考
動作状態	0x80	ON／OFF 状態を示す (ON＝0x30)、OFF＝0X31	Unisigned Char	1	Set Get	 ○	○	OFF 操作のみ

機器クラスグループオブジェクト・・・定義不要

機器名称	エアコン(酉島実験場用)	ｸﾗｽｸﾞﾙｰﾌﾟｺｰﾄﾞ	0x01	ｸﾗｽｺｰﾄﾞ	0x30(霧が峰エアコン)	ｲﾝｽﾀﾝｽｺｰﾄﾞ	0x01

機器オブジェクトスーパークラス

ﾌﾟﾛﾊﾟﾃｨ名称	EPC	ﾌﾟﾛﾊﾟﾃｨ内容 値域(10 進表記)	ﾃﾞｰﾀ型	ﾃﾞｰﾀ ｻｲｽﾞ (Byte)	ｱｸｾｽ ﾙｰﾙ	必 須	情変時 ｱﾅｳﾝｽ	備考
動作状態	0x80	ON／OFF 状態を示す ON＝0x30、OFF＝0X31	Unisigned Char	1	Set Get	○ ○	○	運転／停止

機器クラスグループオブジェクト:ECHONET 規格書　V3.60a　家庭内エアコンクラス規定に準じる(以下省略)

機器名称	エアコン(アネックスラボ用)	ｸﾗｽｸﾞﾙｰﾌﾟｺｰﾄﾞ	0x01	ｸﾗｽｺｰﾄﾞ	0xD8(HA 型エアコン)	ｲﾝｽﾀﾝｽｺｰﾄﾞ	0x01

機器オブジェクトスーパークラス

ﾌﾟﾛﾊﾟﾃｨ名称	EPC	ﾌﾟﾛﾊﾟﾃｨ内容 値域(10 進表記)	ﾃﾞｰﾀ型	ﾃﾞｰﾀ ｻｲｽﾞ (Byte)	ｱｸｾｽ ﾙｰﾙ	必 須	情変時 ｱﾅｳﾝｽ	備考
動作状態	0x80	ON／OFF 状態を示す ON＝0x30、OFF＝0X31	Unisigned Char	1	Set Get	○ ○	○	運転／停止

機器クラスグループオブジェクト・・・定義不要

機器名称	加湿器	ｸﾗｽｸﾞﾙｰﾌﾟｺｰﾄﾞ	0x01	ｸﾗｽｺｰﾄﾞ	0x39（加湿器）	ｲﾝｽﾀﾝｽｺｰﾄﾞ	0x01

機器オブジェクトスーパークラス

ﾌﾟﾛﾊﾟﾃｨ名称	EPC	ﾌﾟﾛﾊﾟﾃｨ内容 値域（10 進表記）	ﾃﾞｰﾀ型ﾞ	ﾃﾞｰﾀ ｻｲｽﾞ （Byte）	ｱｸｾｽ ﾙｰﾙ	必 須	情変時 ｱﾅｳﾝｽ	備考
動作状態	0x80	ON／OFF 状態を示す ON＝0x30、OFF＝0X31	Unisigned Char	1	Set Get	○ ○	○	

機器クラスグループオブジェクト・・・定義不要

機器名称	スタンド照明	ｸﾗｽｸﾞﾙｰﾌﾟｺｰﾄﾞ	0x02	ｸﾗｽｺｰﾄﾞ	0x90（一般照明）	ｲﾝｽﾀﾝｽｺｰﾄﾞ	0x01

機器オブジェクトスーパークラス

ﾌﾟﾛﾊﾟﾃｨ名称	EPC	ﾌﾟﾛﾊﾟﾃｨ内容 値域（10 進表記）	ﾃﾞｰﾀ型ﾞ	ﾃﾞｰﾀ ｻｲｽﾞ （Byte）	ｱｸｾｽ ﾙｰﾙ	必 須	情変時 ｱﾅｳﾝｽ	備考
動作状態	0x80	ON／OFF 状態を示す ON＝0x30、OFF＝0X31	Unisigned Char	1	Set Get	○ ○	○	

機器クラスグループオブジェクト・・・定義不要

(4) 実施場所別システムの構成

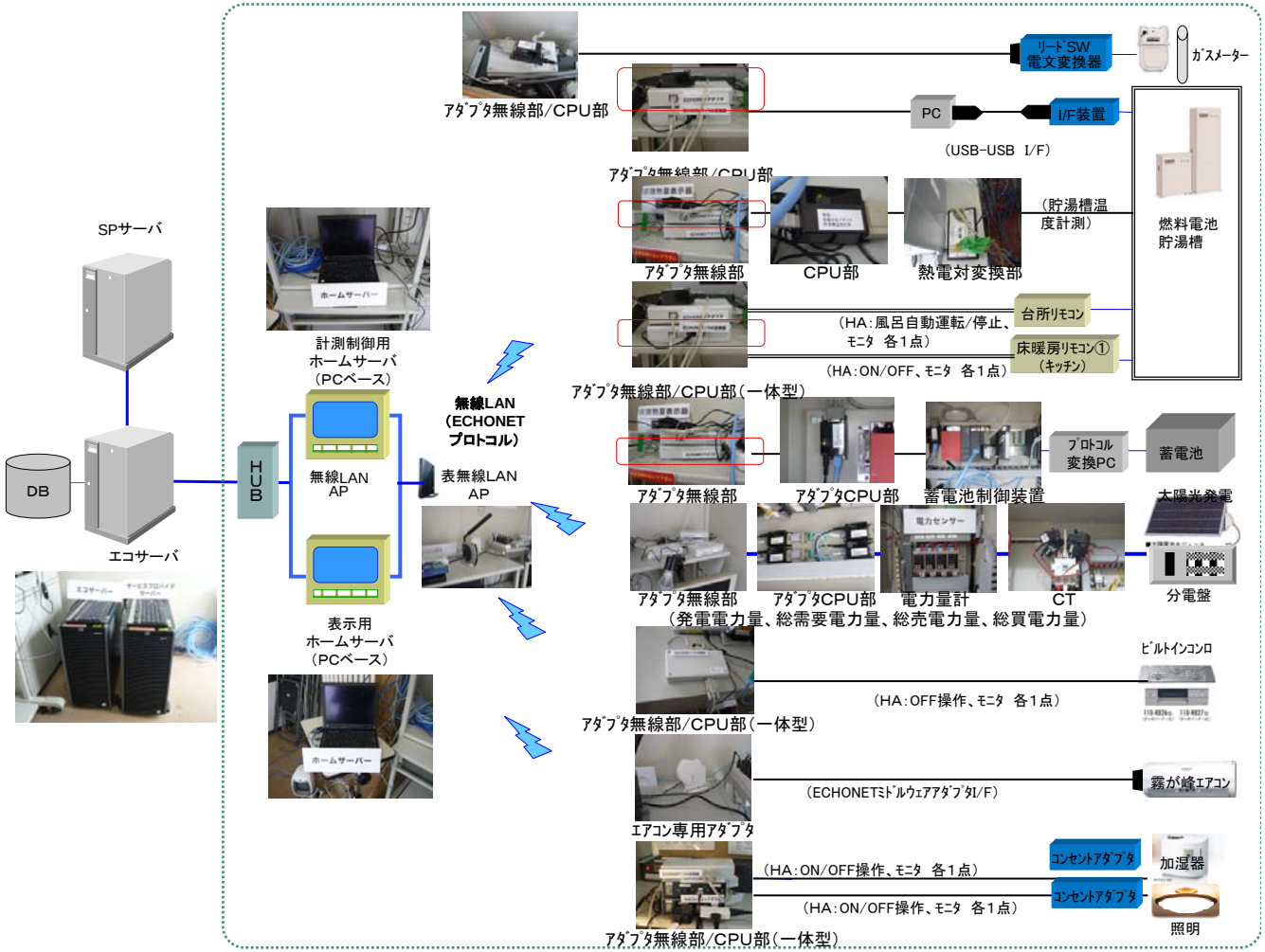


図 3-111　大阪ガス酉島電力実験場のシステムの構成

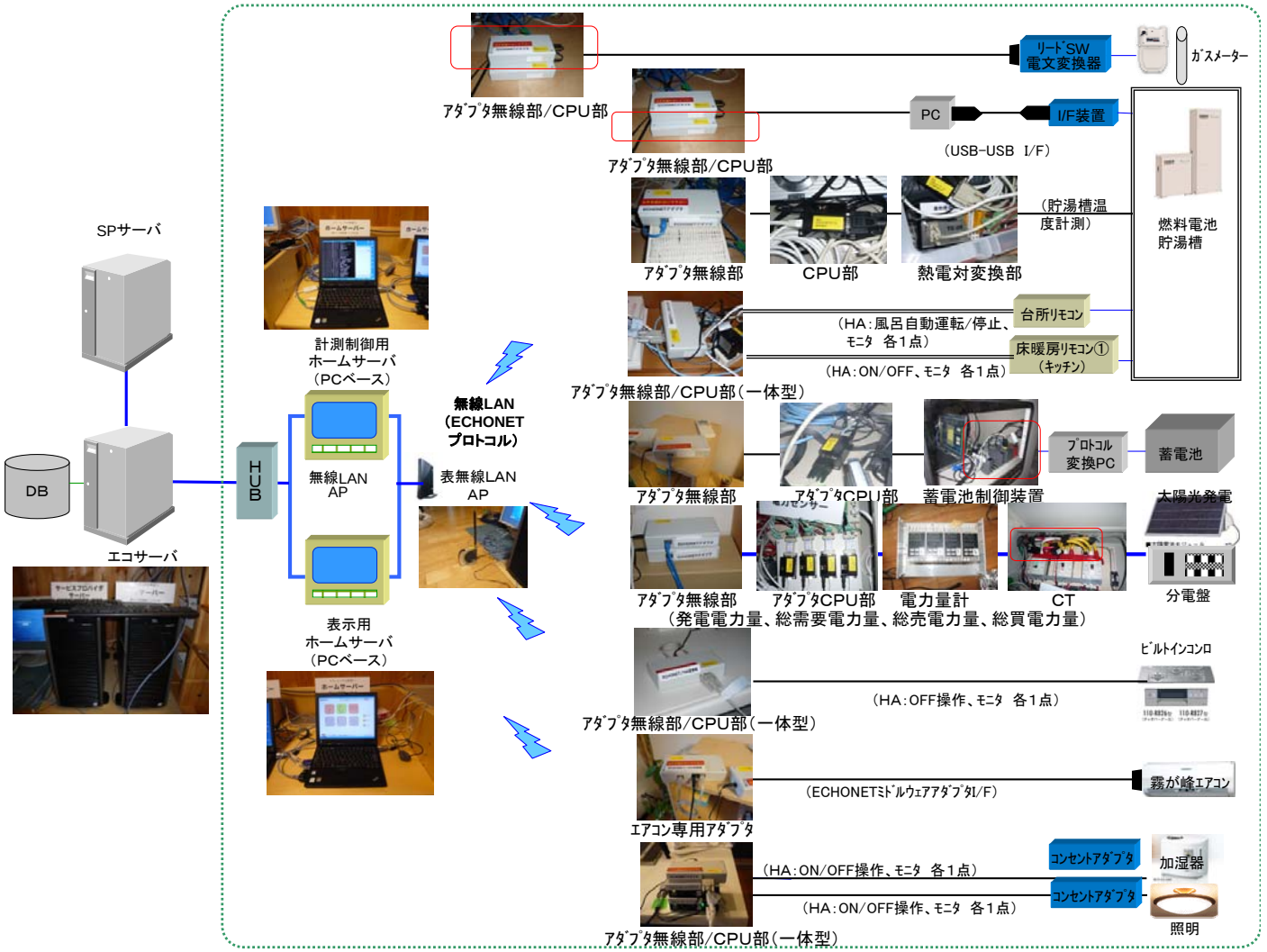


図 3-112　積水ハウスアネックスラボのシステムの構成

3.4.5. 実証実験の結果

(1) 宅内ネットワークの通信媒体の実験結果と考察

本実証実験システムでは、積水ハウスのアネックスラボでの実際の居住環境での実証実験を行ったが、システム的な観点では、このアネックラボの居住環境の中で、ホームネットワークで採用した無線 LAN の動作性能について、評価を行った。

今回の評価実験で採用した機材一覧を表 3-31 に示す。

表 3-31　使用機材一覧

項目	説明	備考
アクセスポイント	BUFFALO 11Mbps 無線 LAN エアステーション Air Station WLAR-L11G-L	
無線 LAN カード	BUFFALO 11Mbps ワイヤレス LAN カード Air Station WLI-CF-S11G	屋外　：160[m](見通し) 屋内①：　50[m](見通し)※1 屋内②：　25[m](見通し)※2
無線モジュール	コンテック社製 FX-DS540-STB-ML	実証実験のアダプタの無線モジュールに採用
その他	アクセスポイント接続用ノート PC　1 台 無線 LAN カード/無線モジュール接続用ノート PC 1 台	

※1：障害物の少ない屋内

※2：障害物の多い屋内

(a) 無線導通確認結果

無線導通確認結果を以下に示す。

尚、導通確認には無線 LAN カード、及び無線モジュール付属のユーティリティを使用し、パケットの送受信を 100 回繰り返した際の、送受信成功率を記載している。

①導通確認パターン 1

アクセスポイント：2 階廊下設置、無線 LAN カード使用時

アクセスポイント設置場所と導通確認実施場所の関係を以下に示す。

注：アネックスラボの間取りは、部屋間の関係を示したもので、実際とは若干異なる

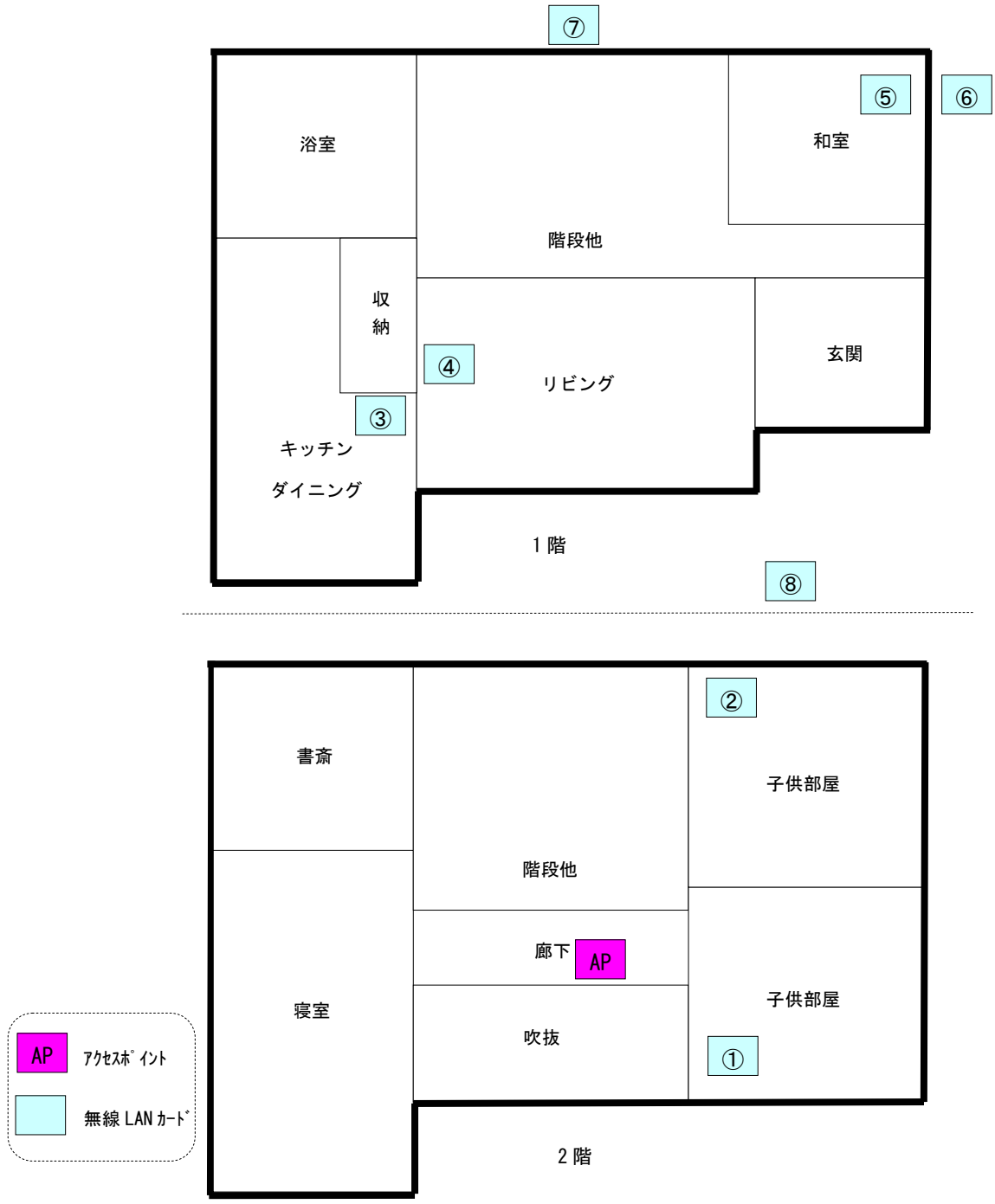


図 3-113　導通確認パターン 1(アクセスポイント:2 階廊下設置、無線 LAN カード使用時)

パターン 1 による導通確認結果を以下に示す。

表 3-32　導通確認結果一覧（アクセスポイント:2 階廊下設置、無線 LAN カード使用時）

アクセスポイント設置場所	計測場所	番号	導通確認結果(パケット送受信成功率 [%])	備考
2 階廊下	2 階子供部屋エアコン 1	①	92	
	2 階子供部屋エアコン 2	②	89	
	1 階キッチンリモコン設置柱	③	86	
	1 階リビングテレビ台収納中	④	44	
	1 階和室内	⑤	1	
	1 階和室外	⑥	圏外	
	1 階浴室側テラス	⑦	圏外	
	屋外蓄電池設置予定箇所	⑧	圏外	

②導通確認パターン 2

アクセスポイント:2 階子供部屋設置、無線 LAN カード使用時

アクセスポイント設置場所と導通確認実施場所の関係を以下に示す。

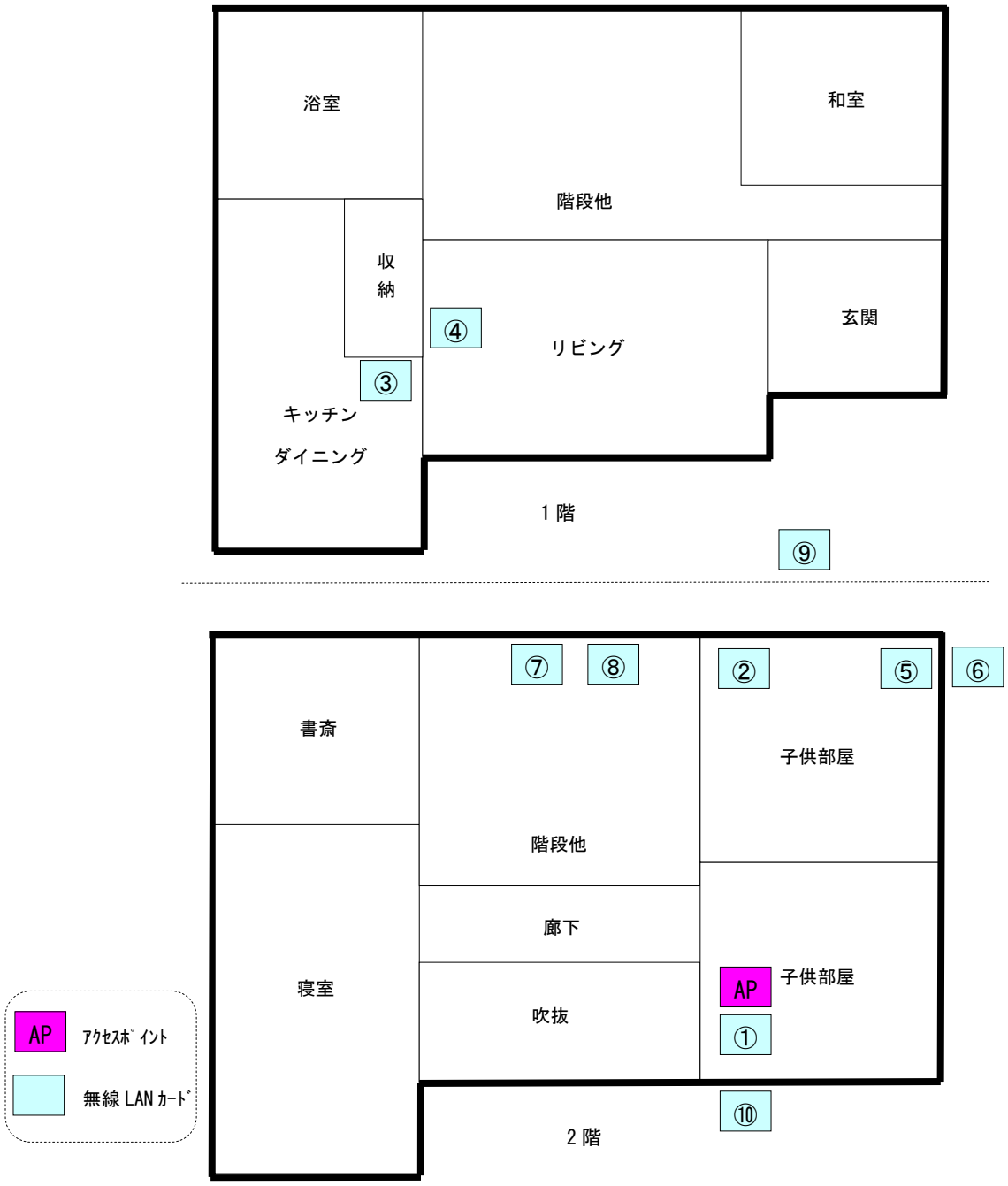


図 3-114　導通確認パターン 2

（アクセスポイント:2 階子供部屋設置、無線 LAN カード使用時）

パターン 2 による導通確認結果を以下に示す。

表 3-33 導通確認結果一覧（アクセスポイント:2 階子供部屋設置、無線 LAN カード使用時）

アクセスポイント設置場所	計測場所	番号	導通確認結果(パケット送受信成功率 [%])	備考
2 階子供部屋	2 階子供部屋エアコン 1	①	94	
	2 階子供部屋エアコン 2	②	91	
	1 階キッチンリモコン設置柱	③	80	
	1 階リビングテレビ台収納中	④	80	
	2 階子供部屋ベランダ 1 入口(内)	⑤	71	
	2 階子供部屋ベランダ 1(外)	⑥	30	窓閉状態
	2 階洗面台左側	⑦	77	
	2 階洗面台右側	⑧	57	
	屋外蓄電池設置予定箇所	⑨	圏外	
	2 階子供部屋ベランダ 2(外)	⑩	60	窓閉状態

③導通確認パターン 3

アクセスポイント:2 階子供部屋設置、無線モジュール使用時

アクセスポイント設置場所と導通確認実施場所の関係を以下に示す。

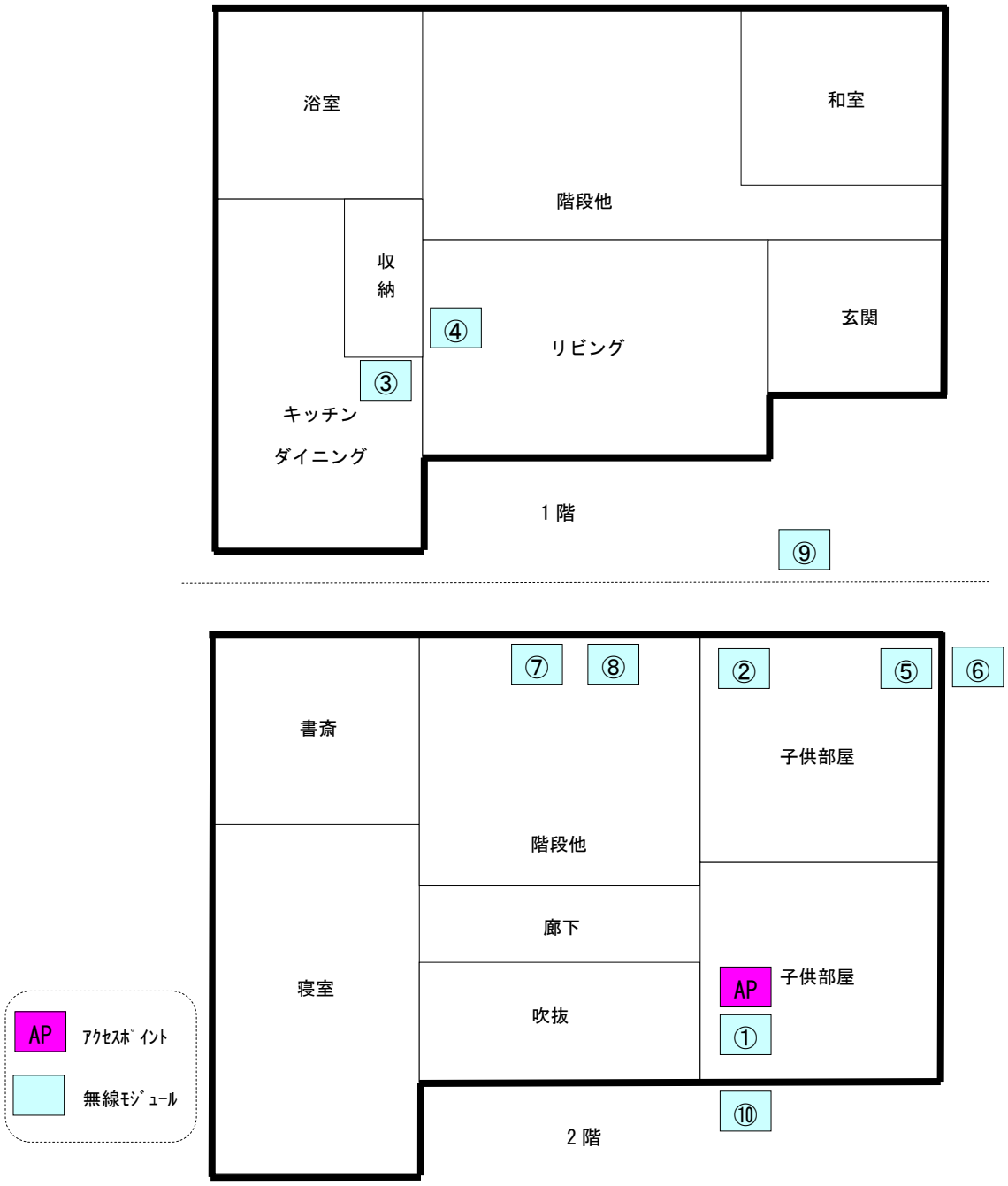


図 3-115　導通確認パターン 3
（アクセスポイント:2 階子供部屋設置、無線モジュール使用時）

パターン 3 による導通確認結果を以下に示す。

表 3-34　導通確認結果一覧（アクセスポイント:2 階子供部屋設置、無線モジュール使用時）

アクセスポイント設置場所	計測場所	番号	導通確認結果(パケット送受信成功率 [%])	備考
2 階子供部屋	2 階子供部屋エアコン 1	①	89	
	2 階子供部屋エアコン 2	②	88	
	1 階キッチンリモコン設置柱	③	84	
	1 階リビングテレビ台収納中	④	80	
	2 階子供部屋ベランダ 1 入口(内)	⑤	67	
	2 階子供部屋ベランダ 1(外)	⑥	22	窓閉
			56	窓明
	2 階洗面台左側	⑦	78	
	2 階洗面台右側	⑧	46	
	屋外蓄電池設置予定箇所	⑨	圏外	窓閉
			33	窓明
	2 階子供部屋ベランダ 2(外)	⑩	22	窓閉
			68	窓明

(b)　無線導通確認結果の考察

無線 LAN の導通確認を行った積水ハウス・アネックスラボの実験住宅は、下記の構造で建築されている。

○外壁構造：塗り壁、外壁材(下地。裏面に鉄板あり)、空気層、断熱材、石膏ボード
内装仕上材（クロス、木製仕上げ材、珪藻土、等）
○間仕切壁：内装仕上材（クロス、木製仕上げ材、珪藻土、等)、石膏ボード、間仕切りスタッド（空間)、石膏ボード、内装仕上材（クロス、木製仕上げ材、珪藻土、等)、
今回無線 LAN のアクセスポイントを設置した子供部屋の間仕切り（廊下側）は、鋼板内蔵の間仕切りパネルを使用
○窓ガラス：ペアガラスの内側に、特殊金属膜のコーティング

無線導通確認で、屋外設備（蓄電池設置箇所）や窓ガラスで仕切られたベランダと室内間では、圏外または導通確立 30%以下が殆どで、外壁の材質や窓ガラスの材質による遮蔽効果が多きことがわかる。また、屋内においても、1 階と 2 階の間（天井を挟んで）や仕切り壁が 2 箇所以上などの箇所も 60%前後ということで、無線 LAN を使用するにあたっては、仕切り壁 1 箇所程度または見通しのいい箇所に対象機器を設置することが必要であ

ることがわかった。
従って、本実証実験システムは、無線 LAN の導通性能が確認できている位置まで、アダプタを移動させて設置することとした。

今回のアダプタは、設備と接続する部分（CPU 部と称している）と無線 LAN 部間がイーサネット接続の機器を採用しており、CPU 部は設備近傍に設置し、無線 LAN 部を無線 LAN アクセスポイント近傍に設置し、その間は有線のイーサネットで接続する方式とした。

アネックスラボの外壁や窓ガラス、内壁仕切り壁の材質は、断熱性などの要求から今後増える可能性があり、ホームネットワークの通信媒体を選択する場合、壁の材質などを考慮して選択することが必要であるが、先にも述べたように、ベストな技術が現時点でない状態では、設置機器や設置箇所により無線や有線の使い分け考慮して選定することが必要である。
使い方の例としては、無線がとおりにくい箇所の設備の収容は、電力線通信にて接続するか、電力線通信にて無線のアクセスポイントを延長して接続するかなどの対策が考えられる。

今回の実証実験システムでの、アダプタの設置箇所を以下に示す。

④実証実験時の無線アダプタ設置場所検討結果
無線導通確認の結果から、実証実験時の無線アダプタ全 12 個の設置場所を以下の通りとするように検討を行った。

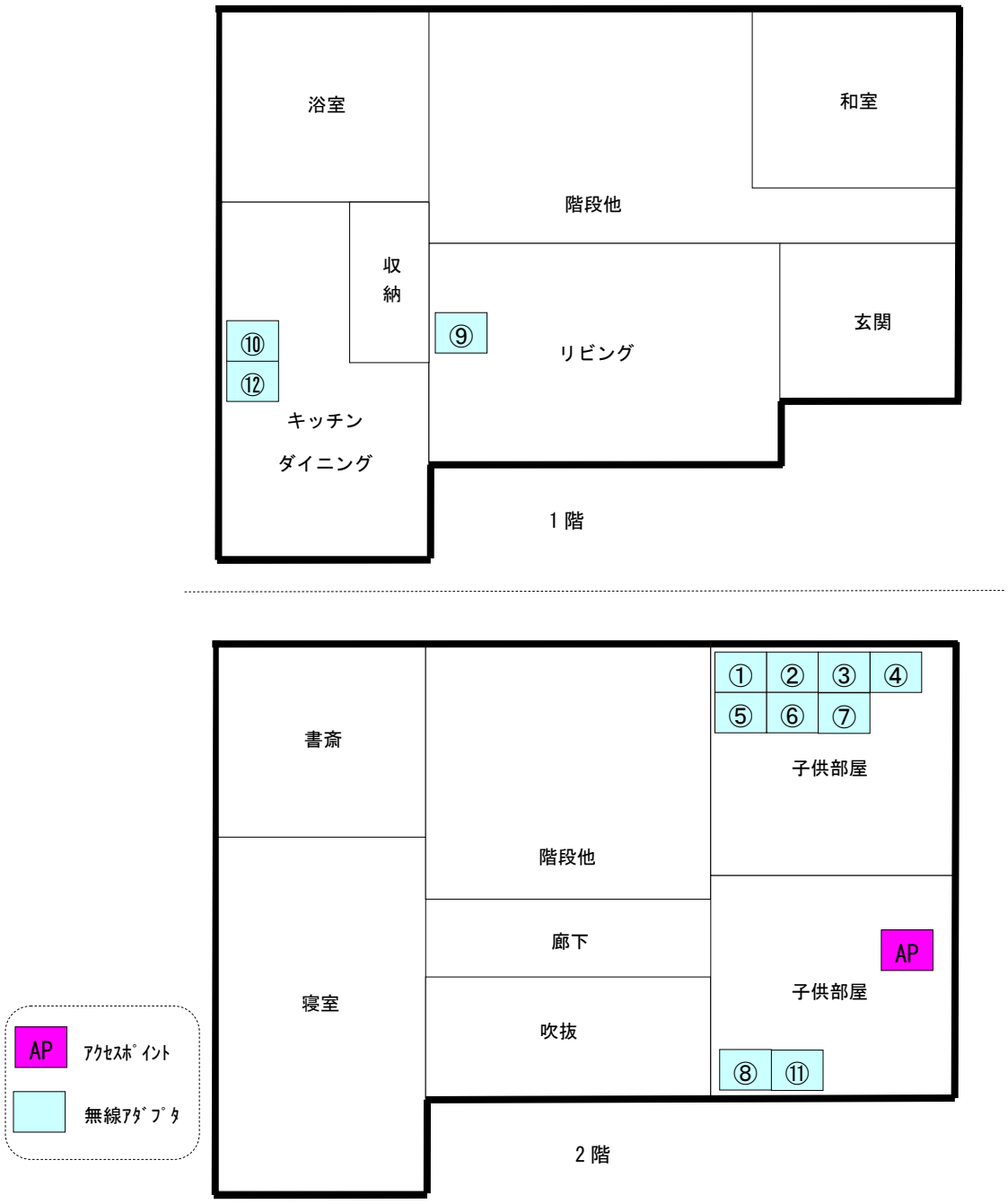


図 3-116　実証実験時のアクセスポイント／無線アダプタ設置検討場所

⑵ 宅内ネットワークの通信方式（ECHONET）の性能評価と考察

(a) 性能評価

本実証実験システムでは、設備との通信方式は、ECHONET を使用しているが、ECHONET による稼動情報、計測情報の収集性能について、調査した。

性能評価については、計測制御の処理プログラムが出力しているログより、算定した。

下記ログから算定すると、一部通信不調で計測失敗を含めて、12 機器（計測項目は 17

項目）の計測を 17.75 秒で終了している。1 項目当たり平均 1 秒となる。

他のログでも 1 項目あたり 0.8 から 0.9 秒が殆どで、計測開始後の条件設定などの前処理などを含めると、ホームサーバやアダプタの処理性能、通信速度にも依存するが、概ね、1 項目あたり 1 秒を目安にすることができる。

また、制御処理についても、設備側の動作にもよるが、概ね 1 秒程度で動作していることから、ECHONET を使っての計測・制御性能は 1 項目 1 秒を設計の目安とすることができる。

```
2010-02-09 16:14:00,015  INFO NeededTask - 計測/制御タスク開始
2010-02-09 16:14:00,015  INFO NeededTask - 計測処理開始
2010-02-09 16:14:00,015 DEBUG MeasurementProc - EchonetMW インスタンス取得
2010-02-09 16:14:00,015  INFO MeasurementProc - EchonetMW 機器実績取得開始
2010-02-09 16:14:00,437 ERROR EnDemand - 総需要電力計測処理失敗
2010-02-09 16:14:00,437 ERROR EnDemand - エラーコード：-30
2010-02-09 16:14:01,218 DEBUG EnDemand - ガス消費量計測成功
2010-02-09 16:14:01,765 DEBUG EnTrade - 総売電電力計測成功
2010-02-09 16:14:02,812 DEBUG EnTrade - 総買電電力計測成功
2010-02-09 16:14:03,031 ERROR EnAirCon - エアコンの計測処理失敗
2010-02-09 16:14:03,031 ERROR EnAirCon - エラーコード：-68
2010-02-09 16:14:04,375 DEBUG EnEquipment - 加湿器 01 計測成功
2010-02-09 16:14:04,375 DEBUG EnEquipment - 動作状態：0
2010-02-09 16:14:04,609 DEBUG EnEquipment - 湯張り 01 計測成功
2010-02-09 16:14:04,609 DEBUG EnEquipment - 動作状態：0
2010-02-09 16:14:05,437 DEBUG EnEquipment - 照明 01 計測成功
2010-02-09 16:14:05,437 DEBUG EnEquipment - 動作状態：0
2010-02-09 16:14:05,984 DEBUG EnEquipment - ビルトインコンロ 01 計測成功
2010-02-09 16:14:05,984 DEBUG EnEquipment - 動作状態：0
2010-02-09 16:14:07,031 DEBUG EnEquipment - 床暖房 01 計測成功
2010-02-09 16:14:07,031 DEBUG EnEquipment - 動作状態：0
2010-02-09 16:14:09,125 DEBUG EnEquipment - 太陽電池 01 計測成功
2010-02-09 16:14:17,984 DEBUG EnEquipment - 蓄電池 01 計測成功
```

図 3-117　ECHONET 通信ログ

(b) 考察

本実証実験システムでは、実験精度の向上もあり、1 分周期で、全設備全項目の稼動状況や計測を行った。結果として、1 分の内の約 15 秒が設備からの情報収集に占められている。この収集時間終了後に最適制御の処理が行われ、その後に設備への制御処理が行われる。これに表示用ホームサーバからの計測が加わると、ネットワークの負荷は、更に増え

ることになる。特に、表示系では、需要家へのサービス性から、リアルタイムに近い情報の更新が求められるので、表示機能との共存の間は、相当の負荷になると考えられる。

実用化にあたっての改善点として、以下の項目が考えられる。

①設備の稼動情報（運転停止や ON/OFF など）は、アダプタ側で常時、設備をモニタリングし、状態変化を検知したときのみ、ホームサーバに通知する

②計測項目では、対象の設備の動作が緩やかで計測値の変化が少ない項目と制御動作などで変化の頻度が高い項目とを分類して、それぞれに適した計測周期にて計測するような方式をとる

⑶ 遠隔機器操作の応答性能の評価と考察

本実証実験では、遠隔機器操作機能を実現しているが、この機能は、サービスプロバイダか、エコサーバを運営する情報サービスインフラ事業者が、需要家に対して、外出先から自宅の設備の稼動状態を確認したり、運転停止操作をするサービスを想定している。

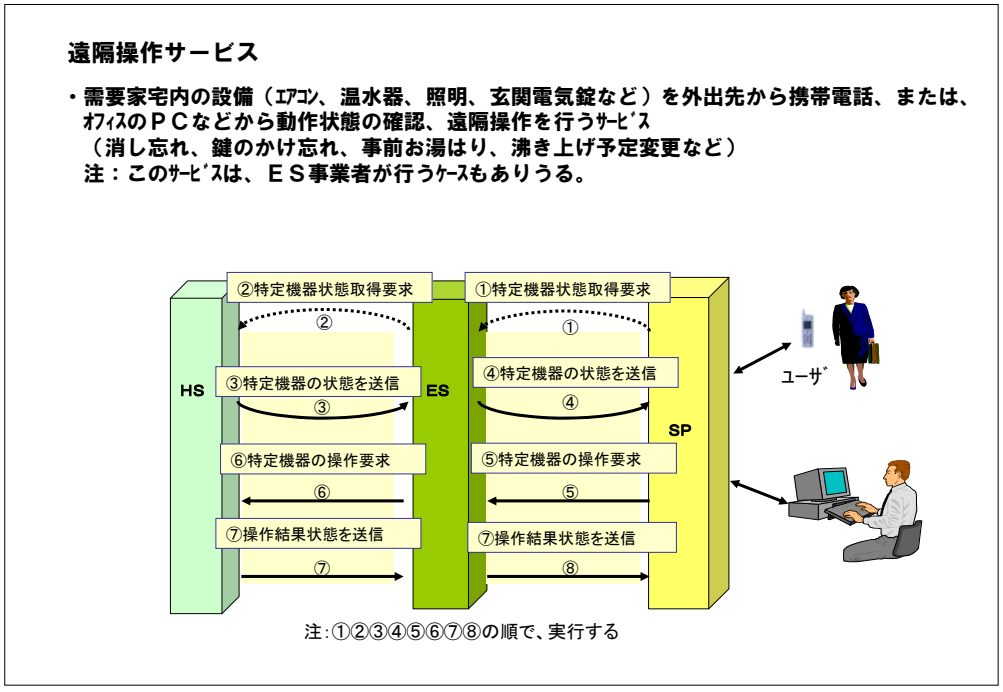


図 3-118　想定した遠隔操作サービス

本実証実験システムでは、表示用ホームサーバが、携帯電話またはオフィスの PC に相当するもので、今回のシステムでは、機器の動作状態の確認や機器操作は、計測制御ホームサーバで実行している 1 分周期の処理にて実行している。

そのために、表示要求して最大 1 分の待ち時間、制御要求して同様に最大 1 分の待ち時間が発生する。

実用化を考えた場合、需要家の待ち時間短縮を考慮する必要があるが、エコサーバとホームサーバ間の情報連携によるネットワークの負荷を考慮すると、一概に、リアルタイムな処

理を行うことは得策ではないと考えられる。

対応策としては、操作要求を受け付けた後、一旦、サービスは終了し、SP サーバ以下で処理が完了した後に、需要家端末に対し、電子メール等で通知するような仕組みをとることで、需要家の待ち時間の負担を削減するような方法も考えられる。

3.4.6. 実証試験結果の考察と共通化標準化の課題・提言

⑴ 全体システムの構成

実証実験システムは、本事業の目標である三位一体の階層構造に従って、システム構築を行った。

エコサーバとホームサーバにて、情報サービスインフラを構成し、エコサーバが蓄積している需要家の情報を様々なサービスプロバイダに提供し、サービスプロバイダが付加価値をつけて新たなサービスを需要家に提供したり、他の事業者に提供するビジネスモデルを考えた場合、本実証実験システムの機能分担を含めた構成は、妥当と考える。

但し、今後、実用化システムを構築する場合、以下の項目について、検討する必要があると考える。

(a) 需要家設備の仕様管理

実証実験システムでは、設備の最適計画を演算する際に必要な需要家設備の仕様（発電能力など）をエコサーバにて DB として管理する方法を採用したが、これらの情報は需要家にとって個人情報に該当するものである。また、サービス提供事業者が提供するサービスのために必要な情報でもある。これらの情報をどこで保有し、管理するかについては、下記の項目を考慮して決める必要がある。

1) ホームサーバで管理する場合

需要家自身が管理することになり、仕様情報の登録手段の提供、情報を保持しておくためのメモリ（不揮発性）の確保、ホームサーバの不具合時のバックアップなどの対策を講じたホームサーバにする必要があり、ホームサーバのコスト増を考慮する必要がある。

2) エコサーバで管理する場合

需要家の個人情報であることから、エコサーバで管理する場合、需要家の了承（サービス契約など）を得ることが必要である。また、仕様に関わる情報については、需要家からの情報提供の仕組みを用意することも必要である。

3) SP サーバで管理する場合

提供するサービスに必要な情報であることから、SP サーバで管理するとして、サービスを受ける需要家との契約等の手段でサービスプロバイダとの信頼関係のもとで管理する仕組みを用意することが必要である。

いずれにしても、サービスの内容、需要家との関係などからサービスビジネスの応じた最適な管理方法を選択することが必要である。

(b) 情報の伝送の周期

実証実験システムでは、エコサーバとホームサーバ間の情報伝送周期を 1 分で行ったが、実用化の場合、前述のように 2000 軒のユーザを 1 台のエコサーバで管理することを想定すると、情報伝送周期をより長時間に設定する必要がある。

電力エネルギーの場合、電力会社と新規電力サービス事業者間で 30 分同時同量という規定で運用されていることを考えると最長でも 30 分周期とすることが望ましい。

これを前提に、実際の送受信の情報量や最適制御機能の精度に基づいて、周期を設定することになるが、需要家の感覚も考慮すると、概ね、10 分から 15 分周期が妥当であると考える。

この周期を前提に最適計画の演算方法、制御指示方法を考えることが必要である。

⑵ ホームネットワークシステム

(a) 通信方式

実証実験システムのホームネットワークは、全ての設備を ECHONET 規格に準拠して構築した。

これによって、設備との接続方法（H/W、通信処理など）については、規格に倣って構成することができ、製作に大きな負担はなかったと言える。

また、全設備を同じ方式で接続したことで、サービスアプリケーションからは、同一のアクセス方法で実施できたことら、サービスアプリケーションの製作負担の軽減につながっていることから、実用化する場合、現時点では、ECHONET 規格の採用を推奨できる。

(b) 伝送媒体

実証実験システムでは、無線 LAN（IEEE802.11b）を採用したが、建物の構造の影響で、安定した通信環境を得るのに工夫している。

現時点では、ベストな伝送媒体の選択は難しいが、無線と有線（イーサネットや電力線通信）とのハイブリッドなネットワークの構築をせざるを得ない状況である。

新築時に、予めイーサネットなど有線通信を敷設しておくことが推奨されるが、既築の場合、電力線通信など既存の線を使う方法が有効である。

但し、低周波帯域の電力線通信は、家電のノイズ等の影響などで性能面に限界があり、実力値としては数 kbps 程度と考えた方が得策である。

一方、電波法の規制緩和で使用できるようになった高周波帯域の電力線通信では、主に、映像情報を送ることを主眼にした高速（数 100Mbps）の製品が多く、価格的にも高価なものにとどまっており、実証実験システムが対象にしている用途に対してはコスト的に適用が難しい。将来的にコストが下がるか否かは不透明である。

しかしながら、高周波帯域は、家電のノイズの影響が少なく、IP 通信を適用しやすい通信速度の確保も得られやすいので、数Mbps 程度でかつ、コストの安い中低速の製品が開発されること期待する。

(c) 新規設備の共通規格化

実証実験システムでは、燃料電池や蓄電池など従来家庭になかった設備を使用したので、ECHONET 規格での規定がなく、今回新たに規定を行った。

業界として共通化することが必要で、規格化を担当する ECHONET コンソーシアムに提案するともの、コンソーシアムでの活動を期待する。

（ECHONET コンソーシアムでは、既に、09 年度から規格化作業に着手している）

⑶ サービス事業のビジネス化への課題

実証実験システムの結果から、エコサーバ以下の情報サービスインフラ事業とエネルギーマネジメント事業の二つが考えられる。

それぞれのビジネス化への課題を以下に述べる。

(a) 情報サービスインフラ事業

携帯電話の iMode と同様に、需要家がメリットと感じるサービス（コンテンツ）を導きだすのが、最大の課題と考える。インターネットや携帯電話などコンテンツサービスが普及している段階では、単なるコンテンツサービスでは競争力はなく、やはり、喫緊の課題である地球環境対策に的を絞るのは、適切である。

しかしながら、省エネや CO_2 排出量削減に関わるサービスは、需要家の関心は高いが、利用料を払ってまでそのサービスを受けるほどの意識は低いと思われる。

コンテンツサービス事業者からみると、情報サービスインフラが構築されると、インターネット、携帯電話に続く新たな情報サービスインフラになり得るとの見方も多く、魅力的との意見もある。

情報サービスインフラの構築を促す、省エネや CO_2 排出量削減に関する需要家の意識を変革する対策が望まれる。

(b) エネルギーサービス事業

エネルギーサービス事業者にとって、燃料電池や蓄電池など新たな設備の家庭への普及は、大きなビジネスであるが、それらの設備の有効な使い方のアドバイスとか、保守運用などを兼ねてエネルギーサービス事業者自身でエネルギーサービス事業に対応した情報サービスインフラを構築する考え方もある。需要家が導入した設備のさらなる付加価値向上が需要家にとってもメリットをなる。

従って、第 1 ステップは、自社設備導入の需要家を対象としたサービスビジネスを展開し、第 2 ステップで、取得した情報を他サービスプロバイダに提供するビジネスに発展させるという進め方も一方法である。

⑷ テーマ 3 受託者による共通化活動

テーマ 3 の受託者 3 チームでの共通化活動については、使用する言葉の定義や通信のやり方などについて、技術検討に参加した。また、連携実験については、実証実験システムで収集したデータの提供(IBM 殿システムで検証)、新規設備との接続の規定の共通化のために、仕様情報を提供した。

3.5. 事業全体の評価

3.5.1. 実験結果の考察

本実証実験では、家庭内の機器との通信ネットワークとして ECHONET を利用し、低炭素化社会におけるスマートハウスに対するサービスを構築して実証実験を行った。本実証実験で得られた結果を要約すると次のとおり。

(1) エネルギーシステムとしての実現可能性

標準化されたネットワークを利用し機器の協調制御を行うことについては、規定した性能どおりの動作をすることが確認できており、共通化されたネットワークを利用しても十分な制御ができる結果が得られた。

ただし、今回の制御が出来たのは共通化されたネットワークおよび 3 階層のシステム(ホームサーバ、エコサーバ、サービスプロバイダ)を利用したから故に実現可能であったのではなく、本構成でも同等機能が実現できたと捉えるほうが正しい。また、3.3 節の考察でも記載したように省エネ・省 CO_2 の効果のほとんどは住宅に設置したエネルギー機器およびホームサーバに接続された機器の組み合せ制御で完結しており、エコサーバ、サービスプロバイダの階層を利用したことによる効果はわずかである。従って、システムトータルでは 3 階層のシステム構成を採用することで、中間に介在する装置のエネルギー消費量まで含めると逆に消費エネルギー量が増加してしまう可能性がある。

本システム構成が本当に社会的に有効かどうかを図るには、まずコミュニティ全体で考ええた場合に、コミュニティでのエネルギーと CO_2 のマネジメント(見える化および全体での制御効果)とそれを実現するためのインフラ(エコサーバ、サービスプロバイダ)が消費するエネルギー量及び CO_2 発生量とのバランスで決まるので、今後はコミュニティでエコサーバを配置して運営する意義と効果に対する検討を進めるとともに、真の低炭素化社会を実現する仕組みのあり方に対する検討も進め、両輪での評価が必要と考えられる。

(2) サービスとしての受容性、及び市場への導入可能性

今回の実証したサービスでは予め用意した運転モードの選択に対する指南から始まり、省エネ喚起から機器操作に至る一連のサービスを提供することを行った。

それを客観的に評価するためにアンケート調査を実施し、ユーザは低炭素社会実現に貢献しようとする意欲は決して低くなく、今後取るべき行動が正しく指南して制御してもらえるのであれば制御サービスは十分有効であるという可能性を得た。

その一方で、現段階では当該サービスを受けることで得られる経済メリットについては回収年数で 5 年程度でなければ採用できないという意見が最も多い。一方、今回実証実験で利用した太陽電池、燃料電池、蓄電池のエネルギーシステムは別途行った試算では年間 6～10 万円の光熱費[2]となる見込みである。したがって制御サービス単体の効果はその削減された

[2] 一般的な住宅 150m²～200m² の住宅について、別途大阪ガスにて年間シミュレーションを行ったもの。住宅ごとのエネルギー需要の想定の違いにより幅がある。

光熱費を更に削減することでサービス対価を得ることが必要である。その効果を仮に約 2 万円／年×5 年＝10 万円と仮定しても、通信コスト、ホームサーバ設置・保守費、エコサーバ運用費、サービス運営費が捻出できるかと考えると困難である。すなわち、現状のエネルギー料金、制度の中でサービスが生み出す経済メリットはわずかであり、サービスとしてのユーザへの価格面での訴求力は乏しい。

従って、サービスプロバイダからスマートハウスへ提供するサービスとして市場投入の時期については、将来のスマートグリッドおよび低炭素コミュニティが、CO_2 削減行動が新たな価値生むような料金体系と制度が整備されることを期待せざるを得ない。

⑶ 情報システムとしての実現可能性

システム全体構成については事業目的である 3 階層の構造（ホームサーバ、エコサーバ、サービスプロバイダ)に従って、制御サービスを行うための機能分担配置した実システムを通じてその妥当性が確認できた。具体的にはエコサーバが介在することを考慮して、制御目標となる最適運転計画処理をサービスプロバイダに設置し、制御目標値をエコサーバで管理、ホームサーバから制御目標値を取得する形とすることで、分散設置されかつ通信回線を介する 3 階層の構造を考慮した制御サービスの機能実現を行っている。

またホームサーバを介して ECHONET 規格に準拠したホームネットワークシステムを構築して実際に家庭内の機器を制御することも実現した。実現には現時点では規格になかった燃料電池や蓄電池などの設備についても暫定的な規定を作って比較的容易に対応できることが確認できた。将来、新たな機器の登場により通信規格に定義の無い設備が登場しても ECHONET 通信規格を利用すれば柔軟に拡張可能である可能性を示した。

また実証実験を通じて、制御サービスを行う情報システムとしての構築課題とその具体的な解決策に対する示唆を導くことができたことは実用化システム開発に向けた大きな一歩であった。ただし、実験を通じて家庭内外の通信に対する課題も明らかになった。1 つは標準化されたホームネットワークが利用するための通信媒体として無線を利用したが、その安定性・確実性の観点から未だ最適な手段ではないこと。もうひとつはエコサーバ及びホームサーバの規模が増大すると情報伝送周期を長く取らざるを得ず、制御サービスの応答性に大きな制約を受けることである。この点は最終的なシステムとして構築する際には、提供可能なサービスに制約を与えるため設計上注意が必要である。

3.5.1.2. 環境負荷削減効果（CO_2 削減効果、省エネ、省コストなどを含む）

まず、論点を整理して環境負荷削減効果について述べる。

環境負荷削減効果については、ユーザ宅にエネルギー機器(太陽電池、燃料電池、蓄電池)を組み合せ、これらを制御できる装置を利用した効果がほとんどであった。(詳細は 3.3 節のシミュレーション結果を参照のこと)

すなわち、サービスプロバイダから与える高度な運転計画アルゴリズムによって実現できたものと考え得る効果の部分は燃料電池の出力制御および蓄電池の充放電制御および負荷遮断の部分である。特に蓄電池の活用方法と負荷遮断についてはその CO_2 削減効果について定量的に推し量る手段が無いため、その削減効果については定量的に推し量ることができなか

った。

まず、蓄電池に蓄電して効果が期待できるのは、現状の系統連系要件により運転に制約を受けている燃料電池の部分負荷運転を回避することで定格化することで得られる高効率化の部分のみであり、系統電力を充電すると蓄電池の充放電ロスにより逆に 1 次エネルギー消費量は増加してしまうことになる。これは電力系統を蓄電池のように利用して売買すると充放電ロスがない使い方ができること、電力系統と売買する電気の CO_2 原単位を 24 時間一定の値で評価するからである。このあたりはスマートグリッド出現により評価方法が変わる可能性もあるので、今後の動向に期待するところである。

さらに負荷遮断については、そもそも負荷を遮断(抑制)したエネルギー削減量を定量的に評価する際の考え方は複数ある。例えば運転プロファイルの利用、遮断直前の実績値からの変化を利用する方法などが提案されている。いずれもその効果を計量できるものではなく、規定したルールに従って削減量を推定して対応することになる。今後は負荷遮断(抑制)効果については、その計量方法が困難であることを踏まえたうえで、その効果を社会的な価値として認知させるかの方策と手段について別途検討が必要である[3]。

従って今回、実証実験を行うにあたり 3 社で議論を尽くしたものの、蓄電池、負荷遮断の効果を適切に評価する方法がなく、表示・計算上は対象外として実験を行った。

結論として、当面はその削減量を推し量る方法として、エネルギーシステム導入の有無による比較を行う方法や、日々の運用でエネルギー発生機器が代替したことで得られた削減量を表示する方法があり、この 2 つの方法がユーザには理解しやすいと考えられる。当面の評価方法についてはこれらを両立して評価するしくみ作りとあわせて進めてゆくことになるであろう。

3.5.1.3. ユーザへの新サービス創出の可能性

前の節でも述べたが、新サービスそのものに対する受容性としてはアンケート調査により、新規サービスとして受け入れられる可能性は高いことが判明した。しかしながら、本当に事業として成立するかどうかについては、エネルギー削減と CO_2 削減の両方が生み出す経済価値をユーザが享受できる仕組みづくりが不可欠である。今回、CO_2 削減に対する経済価値が明確に定義できていない現状制度の上で、経済メリットを重視するユーザに訴求するサービスを構築したところが、サービスそのものを提供する事業者の立場からすると収益性を圧迫していることは否めない。

この点は、スマートハウスの拡張形であるコミュニティの観点でも同様であり、CO_2 の見える化そのものが社会的価値、及び経済価値を持つような仕組みづくりも整備することも不可欠であると考えられる。ユーザが低炭素コミュニティの一員としてその削減効果を体感し、その経済メリットを体感できる仕組みづくりの整備が待たれるところである。

このような社会を形成しようとするならば、例えばエネルギー価格及び CO_2 の削減量が、そのエネルギー供給構造によりスマートグリッドによりユーザが把握できる社会システム構

[3] 国内で実施されている排出権取引でいくつか計算方法が例示されているものの、家庭部門においてはまだ存在しない。

造の出現が一つの構造となりえるかもしれない。例えばエネルギー価格およびその CO_2 削減目標に応じた CO_2 削減価値が時間帯別に変動するようなリアルタイムプライシングが整備されるなどといった市場環境の整備などが考えられる。

3.5.2. 今後の取り組むべき課題と解決方法

3.5.2.1. 低炭素化社会実現に向けた課題と解決方法

今回の実証実験は太陽電池の大量普及が進んだ低炭素化社会を前提として、スマートグリッドと接続されて、熱と電気の賢い利用を進めるスマートハウスが重要であると考えて実証実験を進めた。

低炭素化社会のあり方については、現在もなお様々な検討会を通じて議論が進められている状況にあり、日本型スマートグリッドの姿、低炭素化社会における家庭用部門における CO_2 の計量方法(使用量及び削減行動など)については、今後様々な形で明らかになってくると予想される。一方、スマートハウスは 10 年以上前から情報技術で統合された住宅ということでホームオートメーション、ユビキタス等キーワードは変わりつつあるものの情報技術で住宅の住まい手に対する利便性を向上するという点から検討が行われてきた。しかしながら、普及を本格的に後押しする決め手となるキラーコンテンツの出現が今もなお待たれている状況にある。

今回新たに、スマートハウスに低炭素というキーワードを追加し、当グループでは3電池(太陽電池、燃料電池、蓄電池)を装備した住宅を想定し、情報技術を利用した制御という観点で実証実験を進め、機能的にはホームサーバを利用した制御を行うことが可能と言う結論を得た。その効果についても組み合わせ運用により CO_2 85%以上の削減可能であるという試算結果に近い運用を実現できた。

しかしながら、スマートハウスへの新たなサービスとして展開してゆくにはエネルギーシステムそのものの低コスト化が待たれる状況である。また、制御サービスそのものが成立するための社会構造と事業環境(市場、規制、制度、スマートハウスの社会的役割など)の行方が不透明な現段階では、本サービス自体がスマートハウスを牽引するキラーコンテンツになるには技術面もさることながら、本サービスが受容されるための経済的な支援策(設備導入、エネルギー価格・CO_2 そのものに対する経済価値、運用時のメリットの与え方など)を抜きにして、サービス実現が実現するとは一足飛びに判断できない状況でもある。

また、制御サービスそのもの以外でも、家庭用分野での CO_2 の見える化の分野でも無駄な使用を削減することに焦点があたる中で、削減した量の計量方法の検討及び社会的に認知される仕組みづくりをもつ日本型低炭素コミュニティをまず定義して構築することが重要ではないかと考えられる。H22 年度からは別プロジェクトとして実証実験が進められる予定なので成果に期待したいところである。

3.5.2.2. 開発・普及に向けた課題

今回、実際にサービスとして実システムを利用して実証実験を行ったことで得られた知見

は次のとおりである。

⑴ 家庭内のネットワークの標準化およびホームサーバに関わる課題

将来、様々なサービスプロバイダが統制なしにさまざまな観点から家庭内の機器に対して制御を行うようになると、家庭内機器の制御に関わる優先順位、制御情報の食い違い処理、計測情報の取得要求とデータ輻輳による通信の混雑回避に関わる問題に対処しながら、確実に優先順位の高い制御情報、データ取得要求を処理してゆくことが必要である。

(a) 家庭内のネットワーク（標準化、媒体）について

今回の実証実験で使用した ECHONET については実証実験向けに新規に製作したものも含まれるので最終判断できる段階にはなかったが、標準化された通信手段として 1 分周期の制御なら十分機能を発揮できることが確認できた。本通信規格を今後の家庭内の標準的な通信規格として採用することに問題はなさそうである。

ただし、現時点では家庭内の機器全てが ECHONET 規格に対応した商品として発売されておらず、ホームオートメーション端子(HA) を持つもの、電源コンセント端子しか持たないものなどが多数である。計測センサー内蔵型の低価格、低コストのアダプタを含め市場に出てくるのが待たれるところである。

また、注目すべき課題として認識しておく点は家庭内の通信媒体である。近年無線系(IEEE802.11b、Zigbee、BlueTooth、赤外線など)や PLC(Power Line Communication)などに注目が当たりつつあるが、無線系は気象条件、人体や壁、間取りの影響を受けることから、安定した通信を行うには中継ポイントを多数設置することとなる。中継ポイントを多数設置することは 1 次エネルギー消費量が増加につながるため、すべて無線系で構築するには限界がある。また、有線系として期待の寄せられるものとして PLC も挙げられるが送受信用のモデムが高価格(数万円)であることから、基幹通信ﾗｲﾝとしては検討の余地があるが全測定・制御箇所に設置することは現在ほぼ不可能である。今後は安定した通信を実現する低コストの通信機器の出現が期待される。

(b) ホームサーバで制御を行うロジックを搭載することについて

エネルギー機器のうち蓄電池、燃料電池の電気出力の制御については現状の系統連系要件では逆潮流が許されていないことから、電気需要の急変に対応するためにも高速で処理可能な自立的制御機能を持つコントローラの搭載が必要である。今回は全ての処理をホームサーバからの一元指令に基づいて制御する実験を行ったが、将来ホームサーバへ数々のサービスアプリケーションが搭載されて稼動することを前提とすると、制御に対する安全性と信頼性を確保するためにも本制御機能は単一のホームサーバとは別置きにして、制御を行う装置として開発を進めてゆくほうが望ましいと考えられる。

また、燃料電池の制御については高精度の制御が実現できたが、蓄電池については充放電可能量の情報交換を行い、その状態に合わせた制御方法を追加するなどの対応で制御精度を向上させる技術検討とあわせ、ホームサーバへ搭載すべき機能を再整理することも必要であろう。

今後の一つのあり方としては、エネルギー機器の統合制御装置を別置きにしてホームサ

ーバはホームネットワークの機器と通信するための通信 GW として利用することを前提とし、ホームサーバからはその制御装置に対する運転モードの設定、もしくはその運転状態に関わる最低限の情報のやり取りに限定した設計とする設計も考えられる。

⑵ ホームサーバ、エコサーバ、サービスプロバイダの標準化について課題

標準化にかかる議論に入る前に、情報インフラサービス事業者が単独で事業可能な環境が整備されることが大前提である。それにはここで最も必要となるものは、サービスプロバイダとして省エネ･省 CO_2 を実現しつつ、ユーザから対価の取れるキラーコンテンツでサービスを展開できる、エネルギー事業者以外のサービスプロバイダの出現ではないかと考えられる。

なぜエネルギー事業者を除外するかというと、エネルギー事業者は自事業の範囲内での課金・検針目的、およびユーザの囲い込みの観点から自主的に垂直統合型のシステムとして独自展開を図ることが十分考えられ、他事業を進めるサービスプロバイダからデータ収集・制御に関わる共同運用、あるいはデータ利用に対する強力なニーズが表明されない限り、エコサーバをわざわざ独立させて運用を行うことはありえないからである。

従って、今回のように低炭素コミュニティをつなぐエコサーバが存在する社会を想定して、当チームの考える制御サービスに当てはめて 3 階層の構成を検討してみたものの、エコサーバは全てのデータを中継するための仲介役としての機能を果たすのみであり CO_2 削減行動に直接寄与はしていない。今後はエコサーバを運用する事業者が独立して運用をすることを前提に事業イメージを固め、その事業構造およびデータ運用委託を行うことで、CO_2 削減価値と経済メリットが本当に得られるのかを議論することも重要ではないかと考えられる。

ただし、将来には情報サービスインフラビジネスの提供者が出現するための事業環境が整っていることを前提に置くのであれば、エコサーバを含む構成を考えることもできる。その出現要件を整理してみたもの次の表である（表 3-35)。

表 3-35 スマートハウス（戸建）における情報サービスインフラ事業者出現要件

	当チームの実証実験の範囲		今後成果に期待する範囲
	デマンドサイドマネジメント対応メニュー	低炭素コミュニティ対応メニュー (エネルギー消費の削減)	低炭素コミュニティ対応メニュー (CO_2 価値・付加価値)
スマートハウスの役割	省エネ・省 CO_2 に対応した見える化、制御を実践するための情報機器を活用したサービスを享受	コミュニティ形成のためにスマートグリッドで結合され、情報技術を有した省エネ・省 CO_2 を実現する装置で効果を発揮	CO_2 削減行動そのものが価値を持ち、その価値を交換するためのコミュニティを形成
コミュニティの要件		エネルギー融通による省エネ・省 CO_2 削減効果を図る環境が整備されること	CO_2 削減そのものに根ざした価値を交換する市場環境が整備されていること
ホームサーバ	家庭内のネットワークにかかわる汎用の通信規格を利用できること。 サービスプロバイダ等と直接外部通信を行うための IF を備えること		
サービスプロバイダの要件	エネルギーの見える化機器の運転に関わるサービス等を提供できること	スマートグリッドに対応したエネルギー融通による運営、管理などが需要家参加型の仕組みとして提供できること	低炭素化社会に対応した新たな経済価値をもたらす事業者が多数出現すること
エコサーバ出現可能性	なし	なし(エネルギーサービス事業者が統合運用)	可能性あり(ただし、多数のサービスプロバイダ出現が大前提)

3.5.3. まとめ

今回の実証実験では太陽電池、燃料電池、蓄電池を利用したエネルギーシステムをベースに、三位一体構造(ホームサーバ、エコサーバ、サービスプロバイダ)をふまえ、制御サービスの実現可能性について検討する実験を行い、システムの機能としての妥当性、エネルギーシステムとしての妥当性、サービス提供の可能性を検討した。

一番の課題は、現段階の事業環境においてはこのエコサーバを常に介在させることで、「データ収集・制御を行うための伝送遅延が発生し、応答性等においてサービスの品質を低下させる可能性があること」および「省エネルギー・省 CO_2 の観点からでもデータの中継機能が中心となるエコサーバ配置する意義が明確にできていないこと」から、エコサーバの存在が本当に有効な社会構造とその存在意義について更なる検討が必要である。

当チームの実証したサービスとしても、当面の事業環境においては、エコサーバをサービスプロバイダに統合させ、ホームサーバと直接双方向通信させるたほうが効率的と考えられ

た。今後の展開においてもエコサーバは過去実績の収集のみに特化したものとし、エネルギーの制御および機器の制御のような現在の運用状況および制御応答を求めるようなサービスについてはサービスプロバイダとホームサーバが直接通信する形態で行うことが現実的である。

また、今回家庭内の標準化された通信規格(ECHONET)を利用することで比較的容易にホームサーバを介した機器の制御実験も行った。これにより家庭内の機器を比較的容易に接続できることが確認でき、将来様々な機器が接続できるようになるポテンシャルをもつことが確認できた。しかしながら、家庭内の通信ネットワーク媒体としてはイニシャル価格、施工性、通信の安定性の全てを兼ね備えた通信媒体には、無線、有線のどちらも最適と言えるものはなく今後の技術開発に期待するところである。

さらに、当チームで実証したサービスそのものについても、そもそも住宅内の設備を含めた機器それぞれが高効率化、省エネルギー化を進めることで得られる効果のほうが大きく、制御による効果が小さいことから、スマートグリッドの出現に伴う新たな価値が創出されるのを待たざるを得ないことから、当面は住宅の中での閉じたシステムとしての実現可能性を別途検討してゆくことも必要と考える。

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

－ 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 を目論む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。

地域の区分	都　道　府　県
Ⅰ地域	北海道
Ⅱ地域	青森、岩手、秋田
Ⅲ地域	宮城、山形、福島、栃木、長野、新潟
Ⅳ地域	茨城、群馬、山梨、富山、石川、福井、岐阜、滋賀、埼玉、千葉、東京、神奈川、静岡、愛知、三重、京都、大阪、和歌山、兵庫、奈良、岡山、広島、山口、島根、鳥取、香川、愛媛、徳島、高知、福岡、佐賀、長崎、大分、熊本
Ⅴ地域	宮崎、鹿児島
Ⅵ地域	沖縄

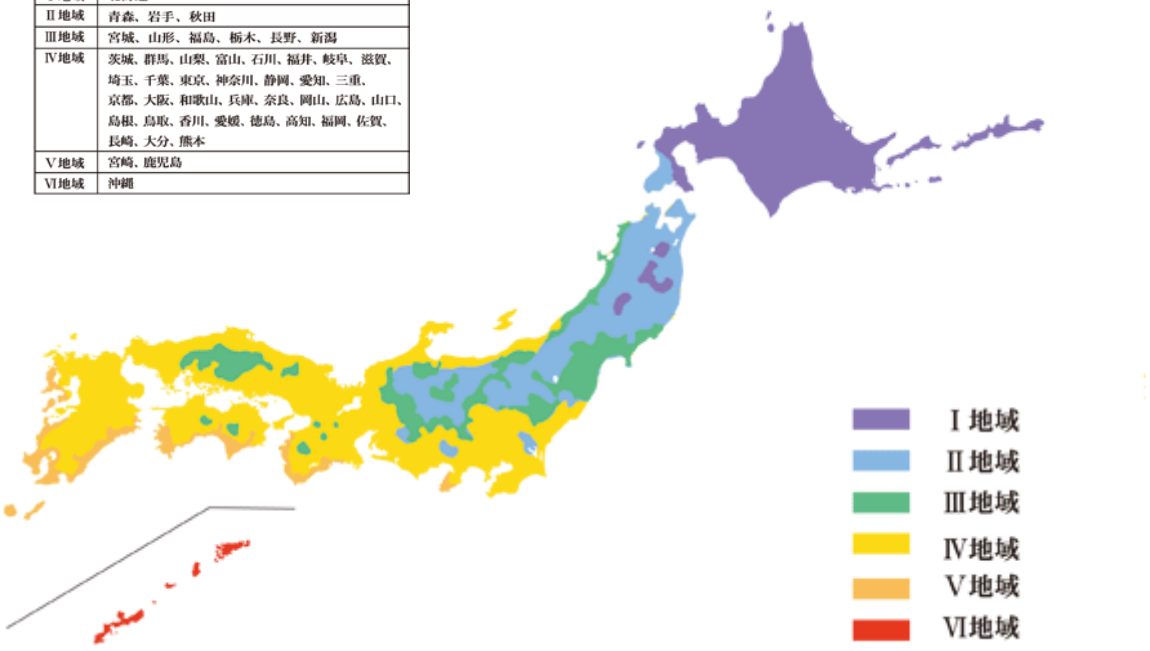


図 4-1　住宅の次世代省エネルギー基準の地域区分（NEDO ホームページより）

表 4-2　省エネ基準と熱損失係数（W／㎡K）

	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、設置費用が嵩んでしまったり、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。

⑴ 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	△	◎	△

⑵ 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たす場合がある。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い現実的ではない。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充分なレベルである。

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。

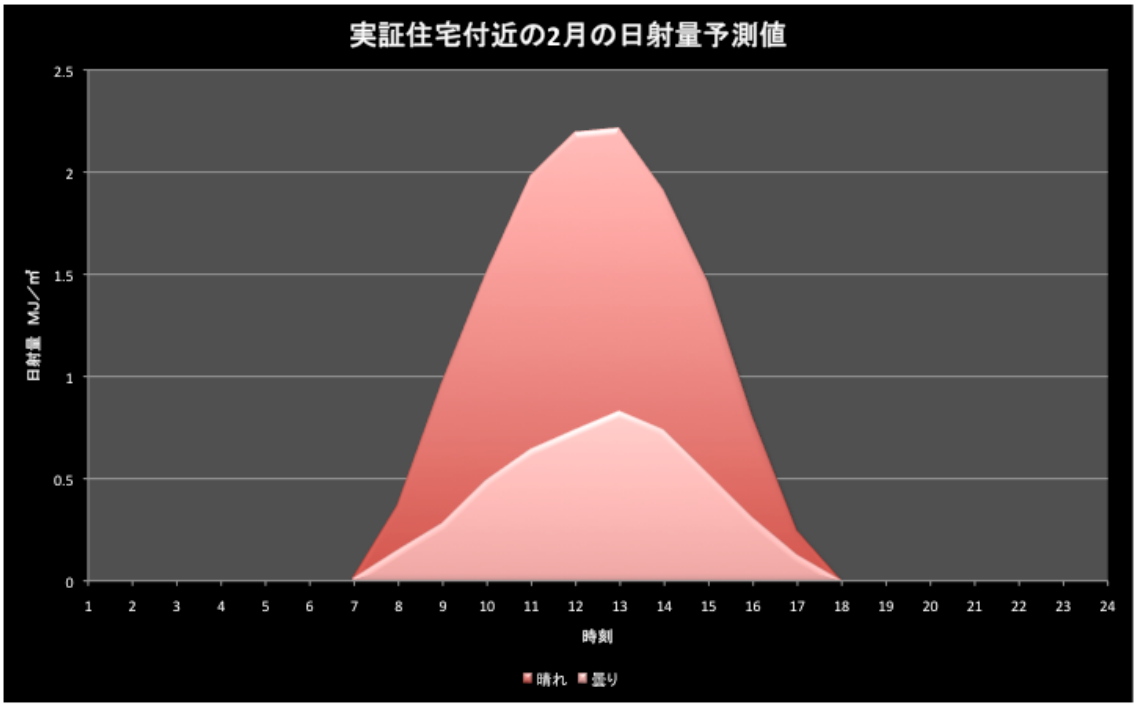


図 4-2　天気予報からの日射量予測

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事ができる。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。何れの方式をとるにしても、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。

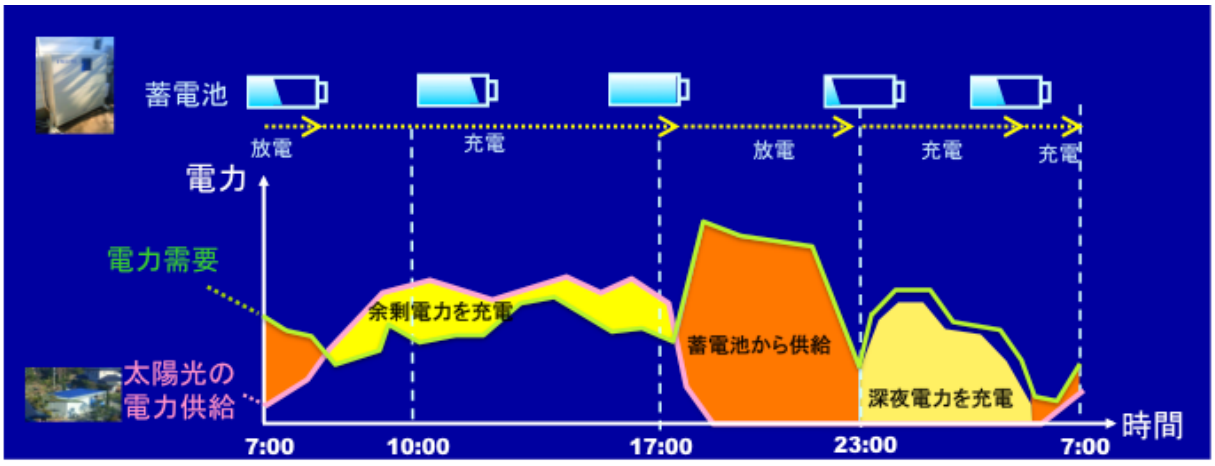


図 4-3　蓄電池システムの充放電制御例（自家消費優先方式）

(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。

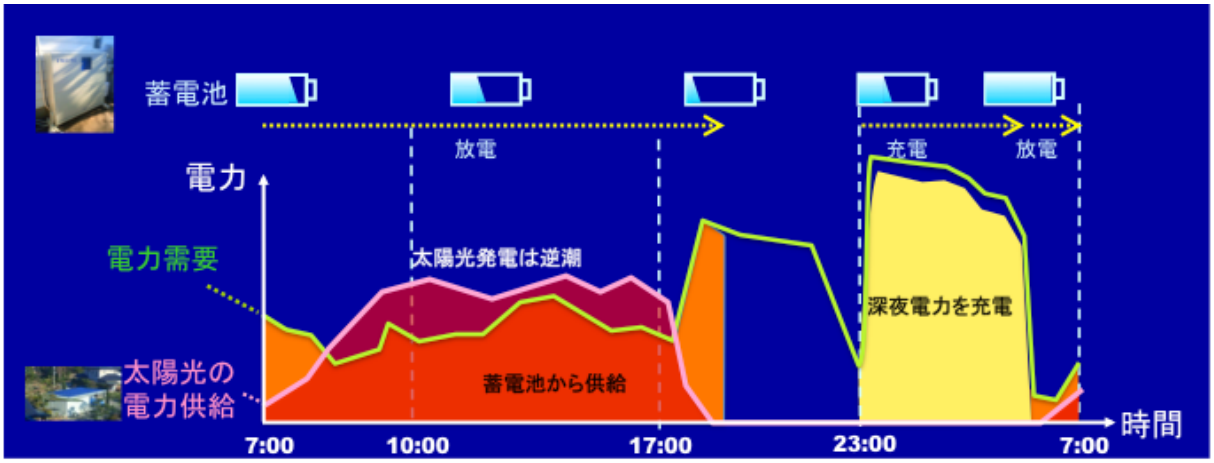


図 4-4　蓄電池システムの充放電制御例（逆潮優先方式）

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。

⑵ 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 6．51W／（㎡・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 2．20W／（㎡・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。

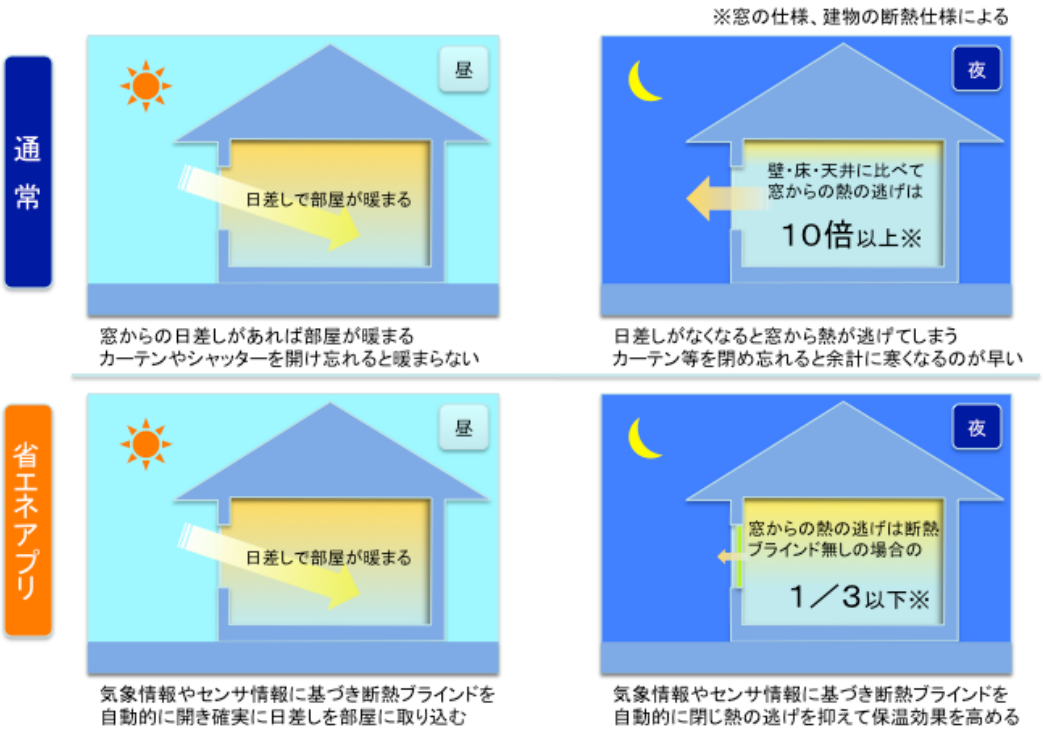


図 4-5　断熱ブラインド制御による省エネアプリケーション例

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

⑵ 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）

⑶ 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。

・上位にランニ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

⑷ 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。

⑸ 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。

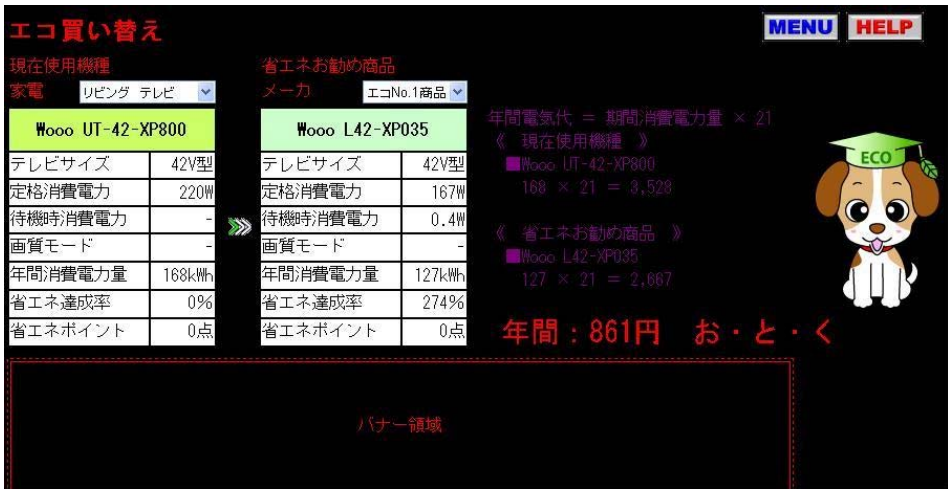


図 4-11　家電の買い換え支援画面

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。

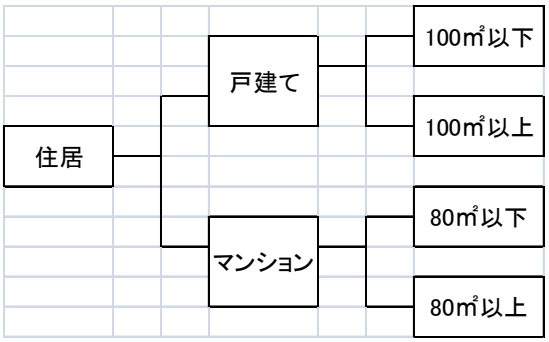


図 4-12　対象ハウスの建築特性

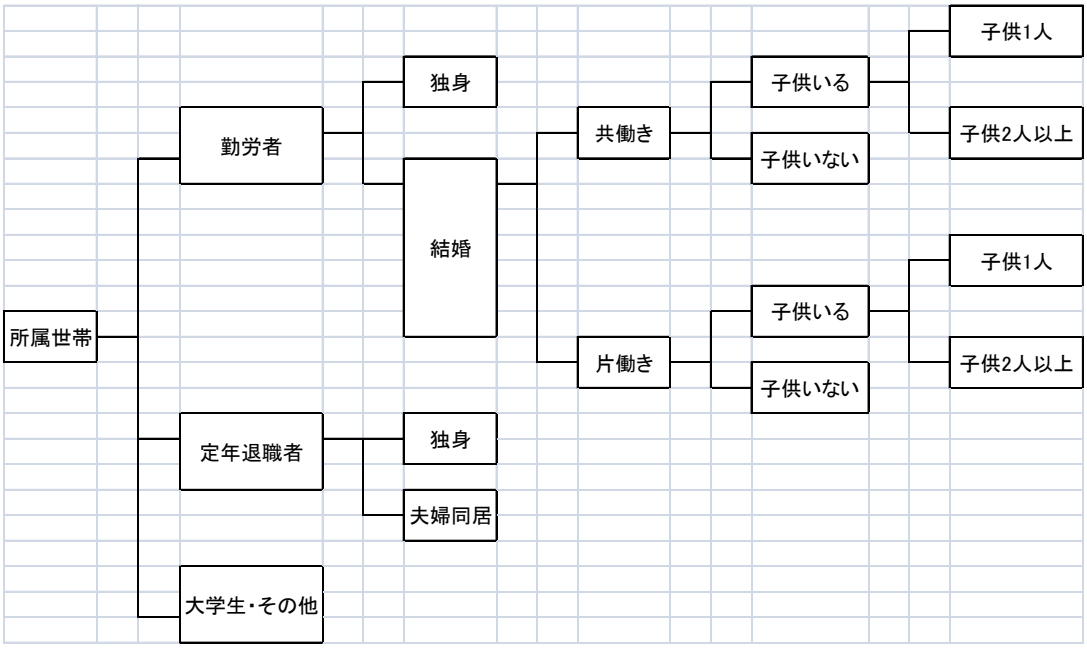


図 4-13　住居者属性

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、栄誉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る。

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。

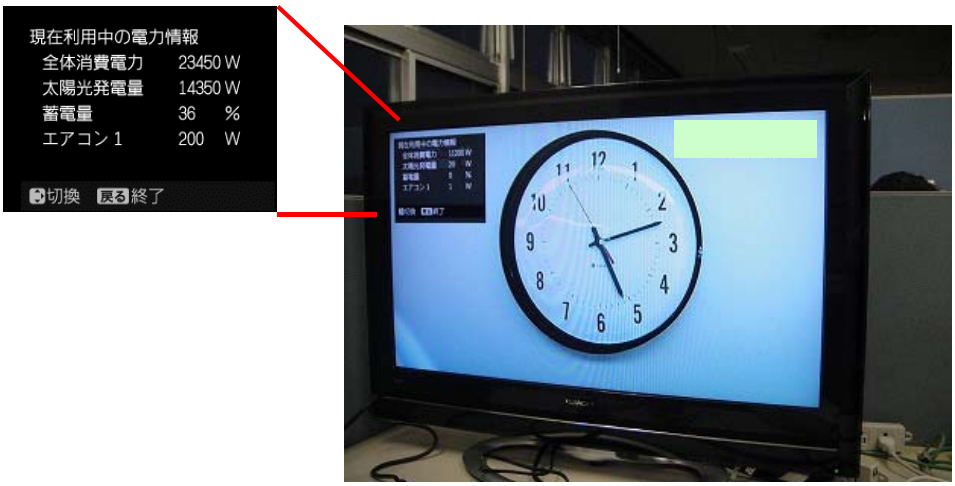


図 4-14　スーパーインポーズ機能を使用したエネルギー表示

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。

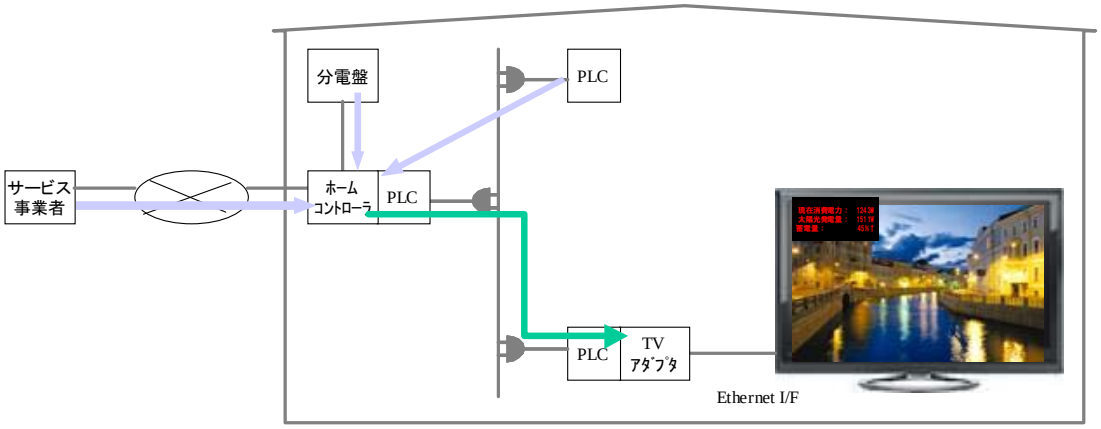


図 4-16　表示用データの収集

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。

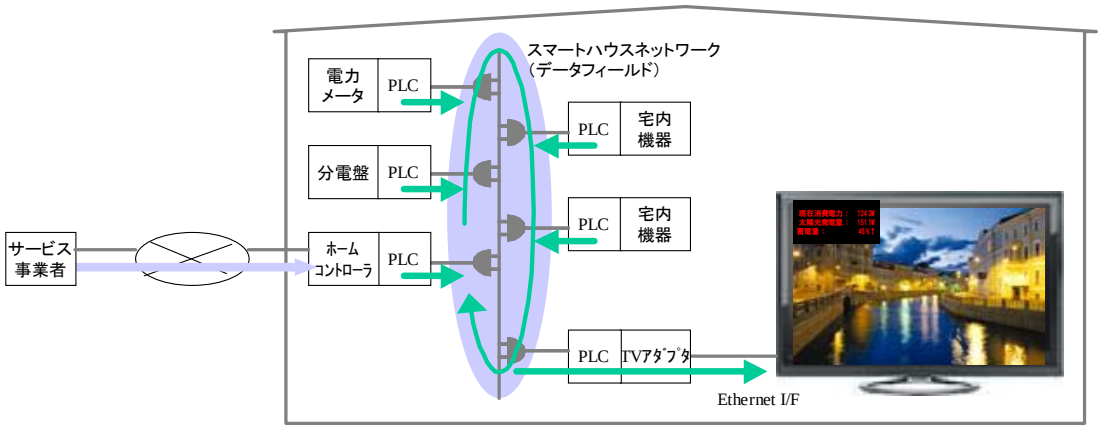


図 4-17　表示用データの収集の将来的な考え方

(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

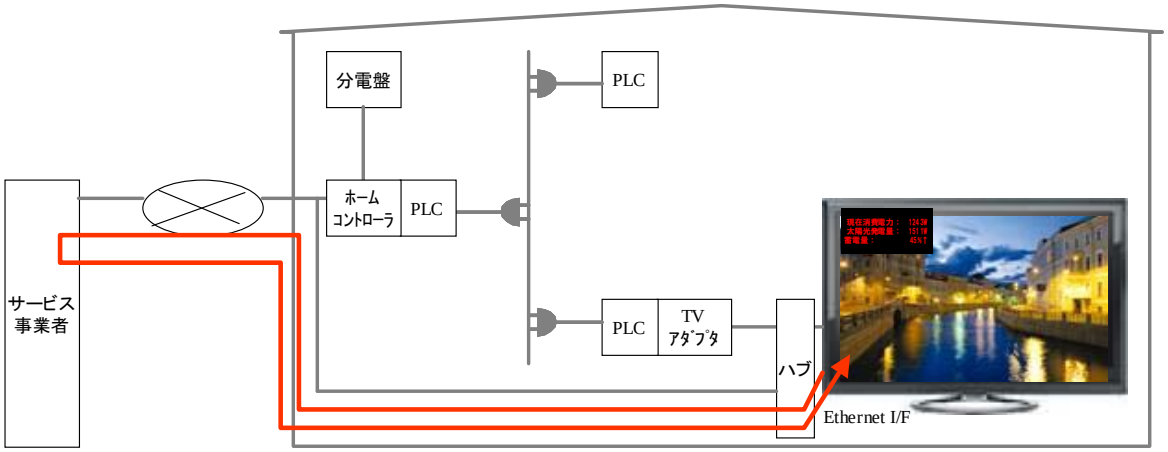


図 4-19　Web ブラウザ機能を使用したエネルギー表示のデータの流れ

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。

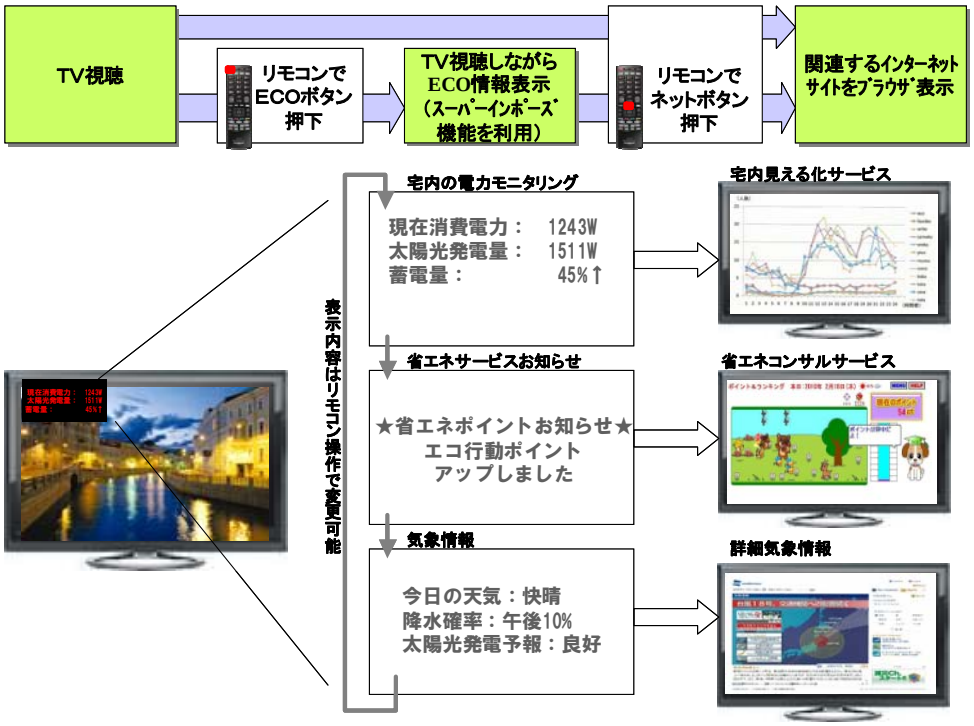


図 4-20　テレビ操作と表示内容の関係（機能イメージ）

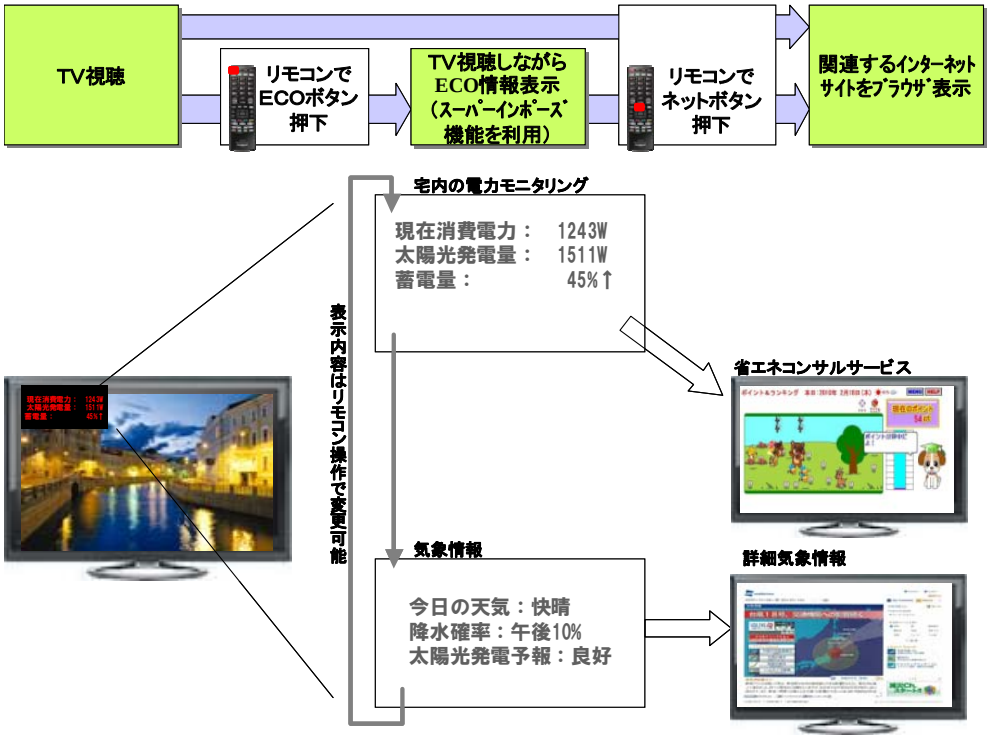


図 4-21　テレビ操作と表示内容の関係（今回の実装）

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。

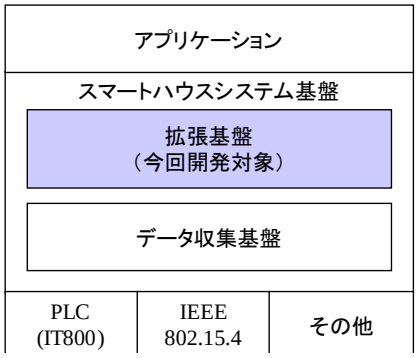


図 4-22　スマートハウスシステム基盤のソフトウェア構成上の位置付け

(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。

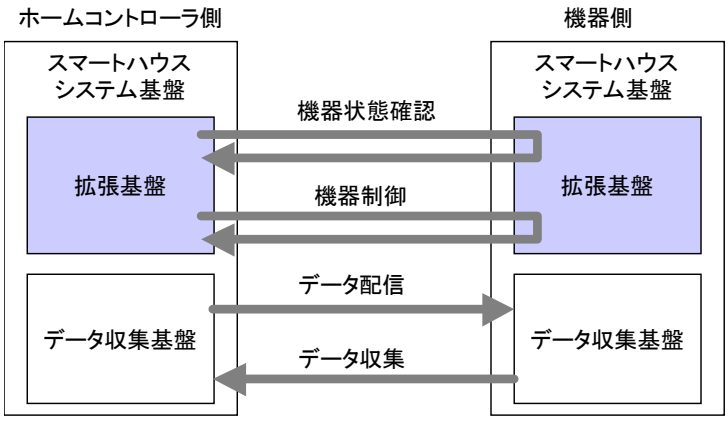


図 4-23　データ収集基盤と拡張基盤の関係

⑵ 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充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）

⑶ 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ヒ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 分単位の情報をと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トを採用した。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。

⑵ 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ヒックが増える他、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。

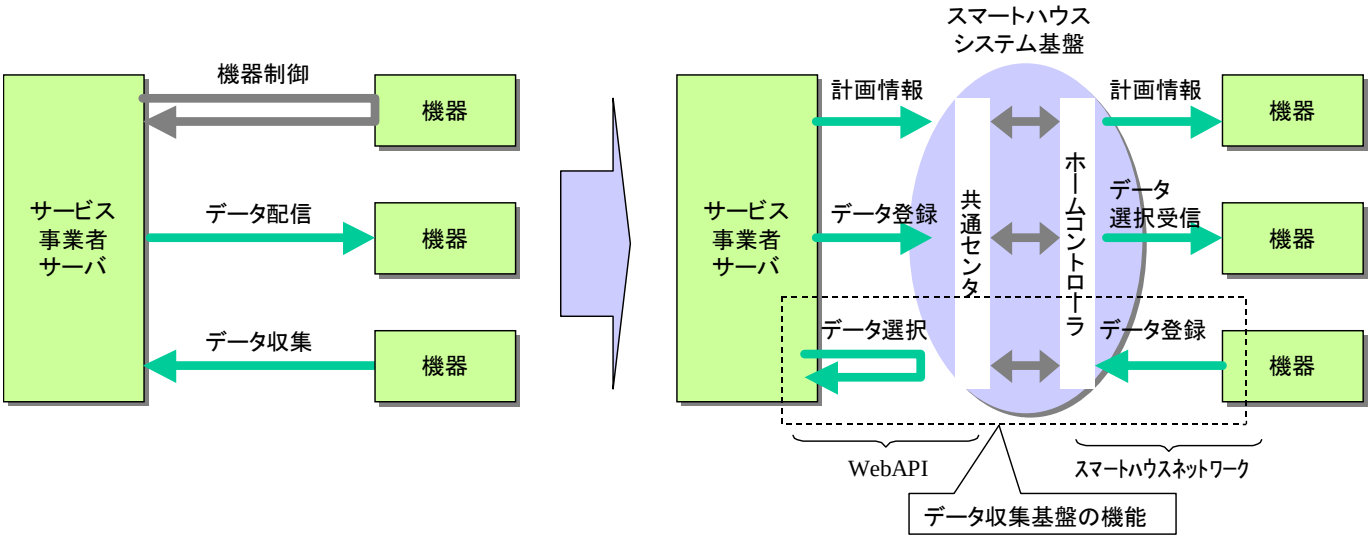


図 4-24　従来型アーキテクチャ(左)と本スマートハウスシステム基盤アーキテクチャ(右)

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連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えば、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。

⑶ 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。

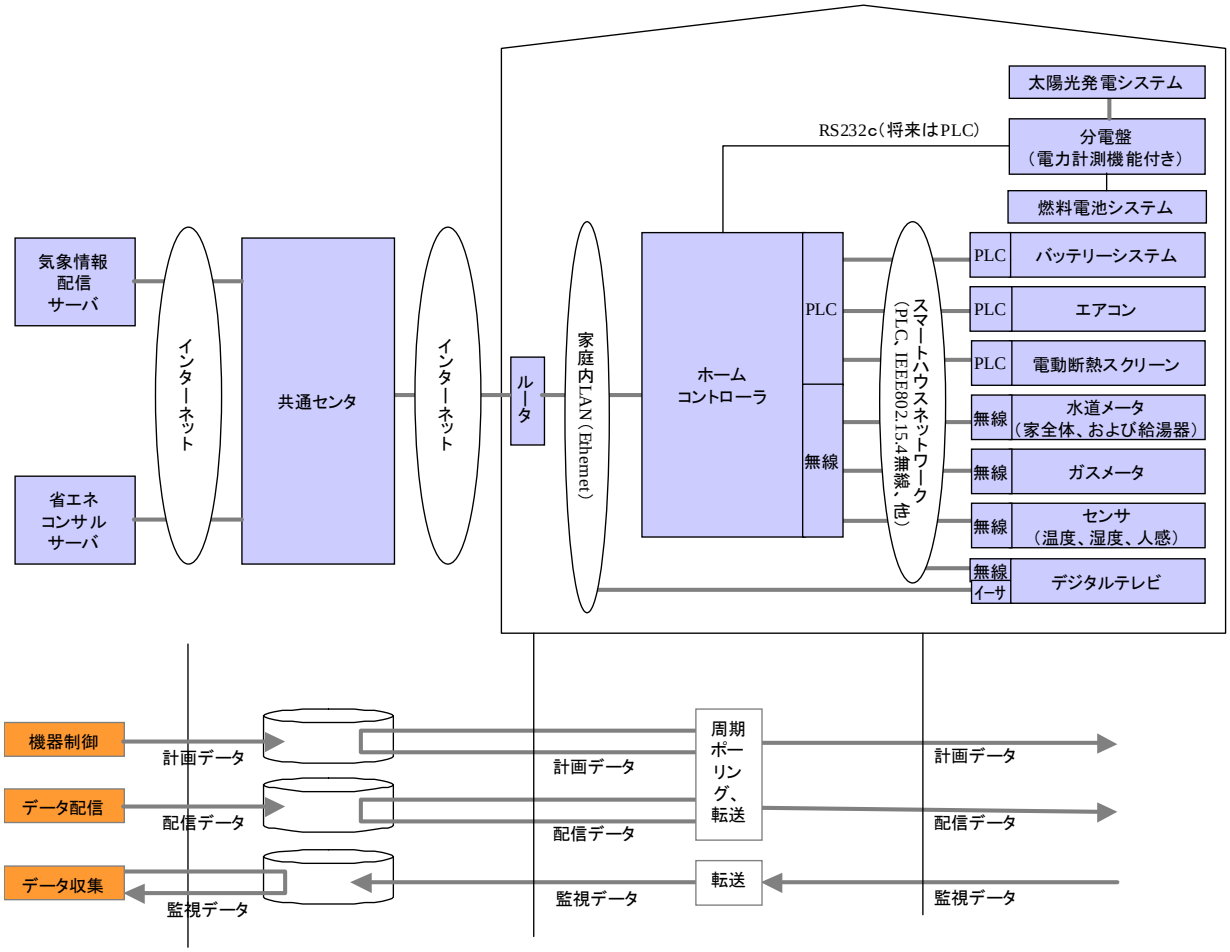


図 4-25　システム全体のアーキテクチャ

＜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 を使用したかったが、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。

⑷ シャープ社開発のシステムとの連係

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係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。

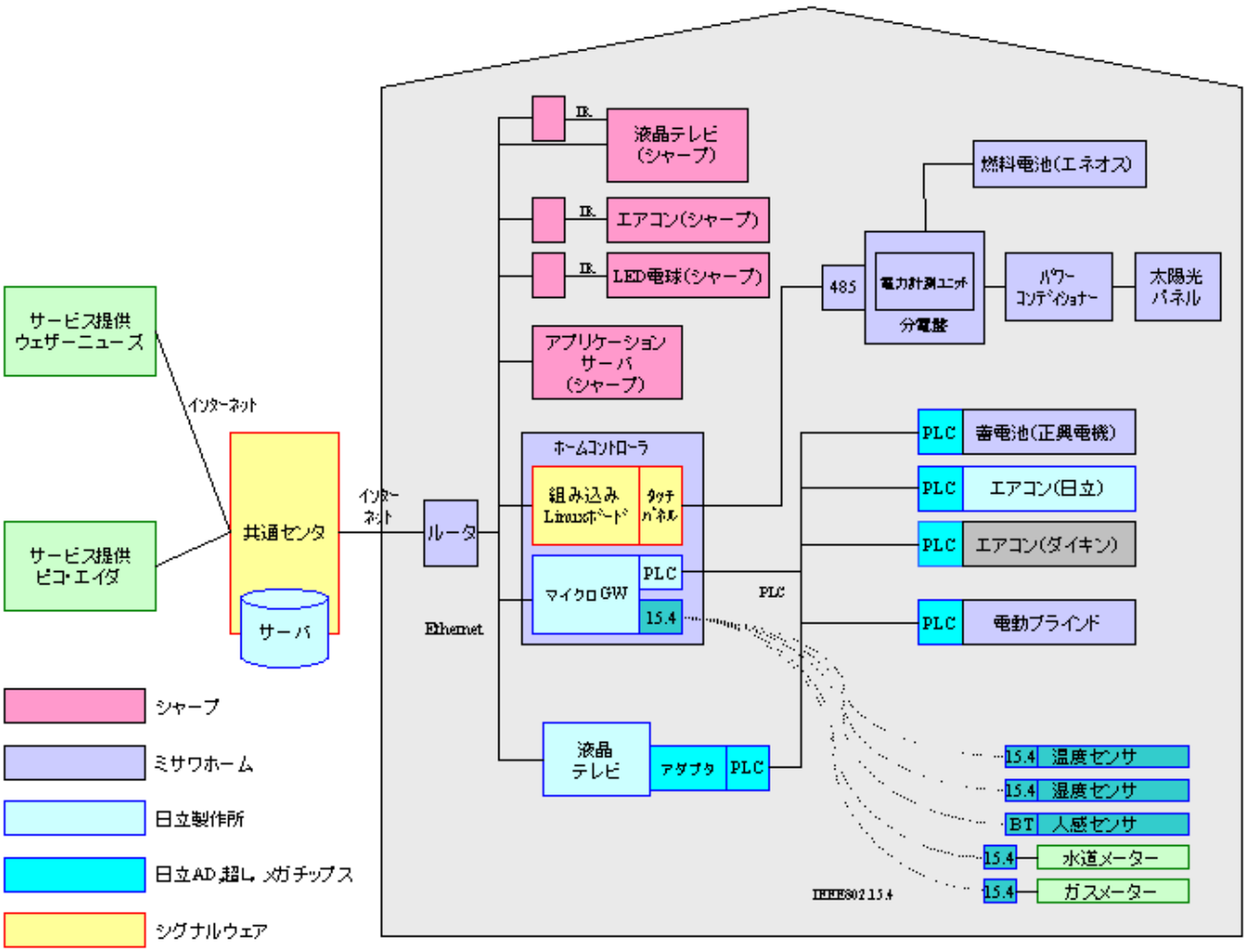


図 4-26　システム全体のアーキテクチャと主な分担

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、ウェザーニューズ
◆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、日立アドバンストデジタル、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：日立アドバンストデジタル

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	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0．1?／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（50Hｚ／60Hz併用） 質量： 125kｇ（乾燥重量） 貯湯ユニット 品名： FCG-201-RT タンク容量： 200? 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： 95kｇ（満水時 295kｇ）

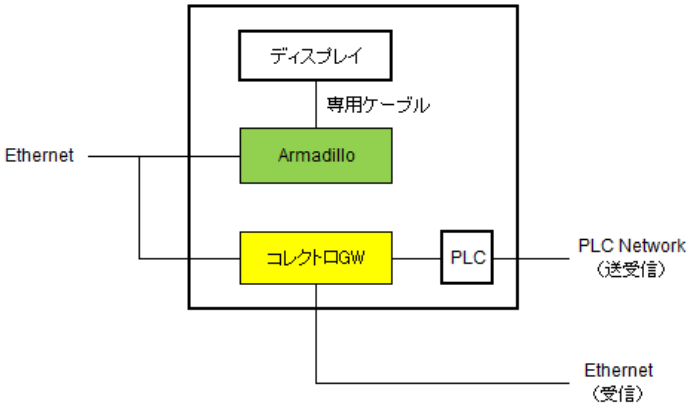
(2) 蓄電池

メーカ	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	―
型式	―
仕様	出力：3．6kW 設置場所：車庫屋根上設置

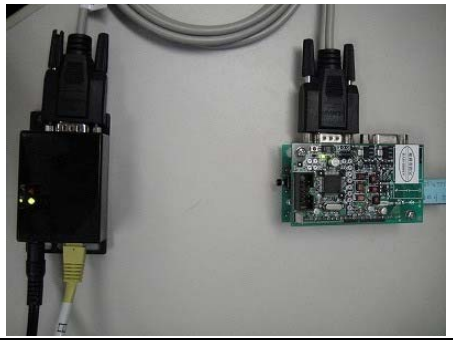
(4) ホームコントローラ

メーカ	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500ＦＸ＞ 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500ＦＸ＞　＜日立製作所試作品＞

(5) PLC モジュール

メーカ	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： 特別搬送式ディジタル伝送装置の型式認定（PLC）
外観	

⑹ 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	
外観	

(7) PLC インタフェース装置

メーカ	株式会社アドバンストデジタルにて開発
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	株式会社アドバンストデジタルにて開発
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。

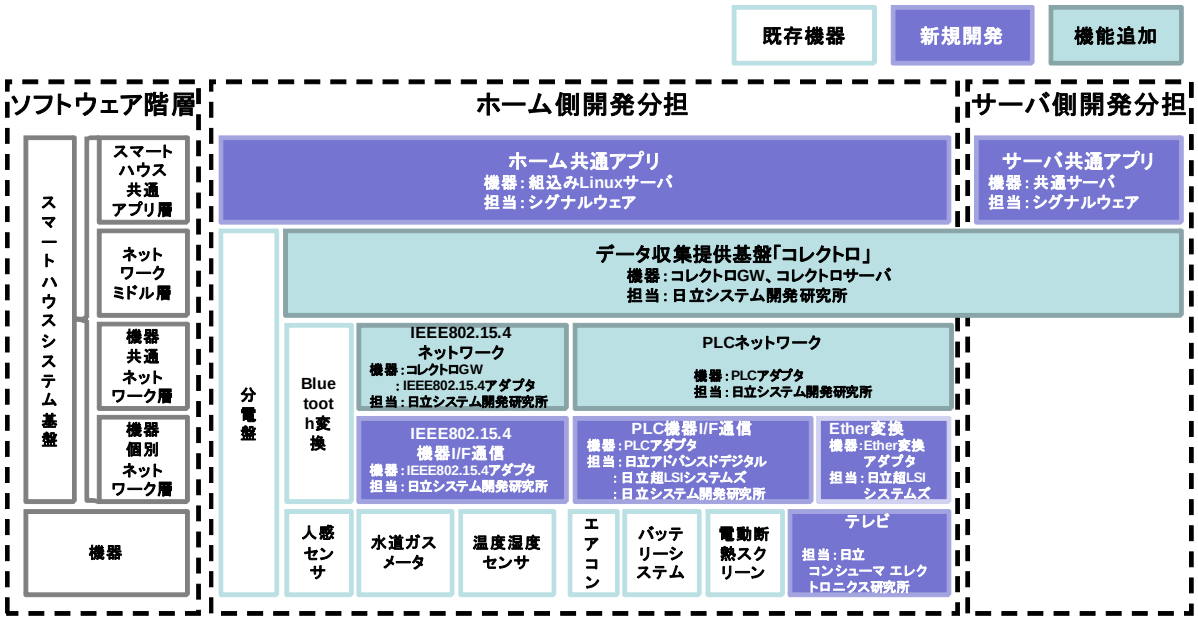


図 4-27　ソフトウェア階層と開発・改造箇所

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		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(ｺﾝｼｭｰﾏ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	⑦
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

⑴ 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。

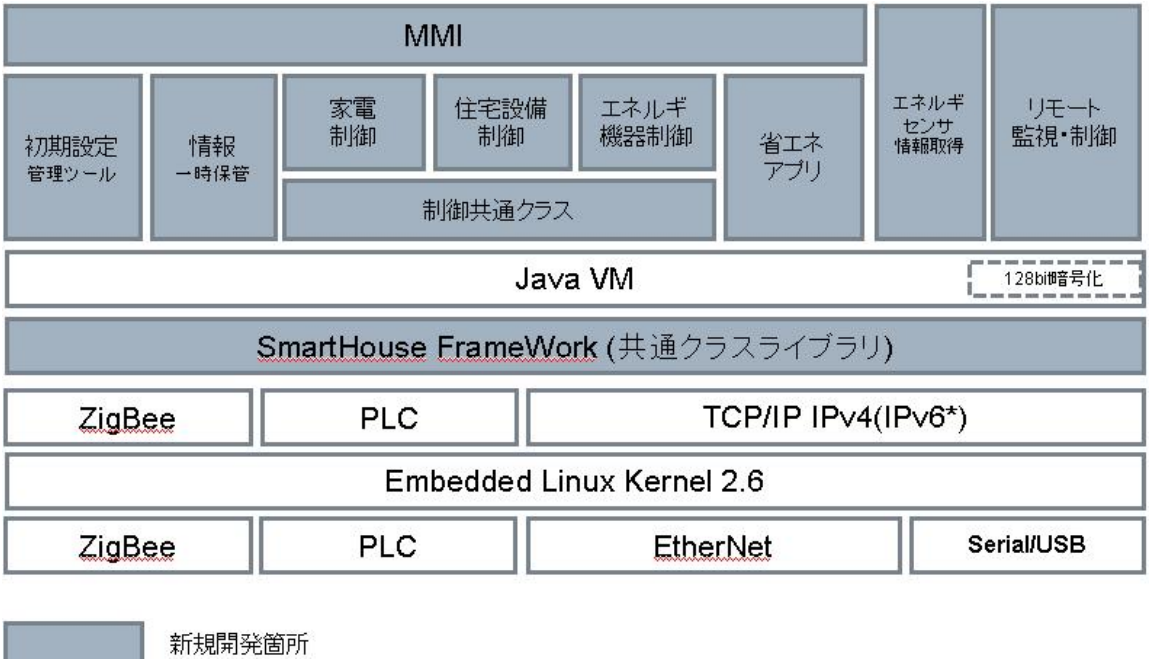


図 4-28　ホームコントローラ上ソフトウェア構成

(2) 共通センタ(共通エネルギーマネエジメントサーバ)

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連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。

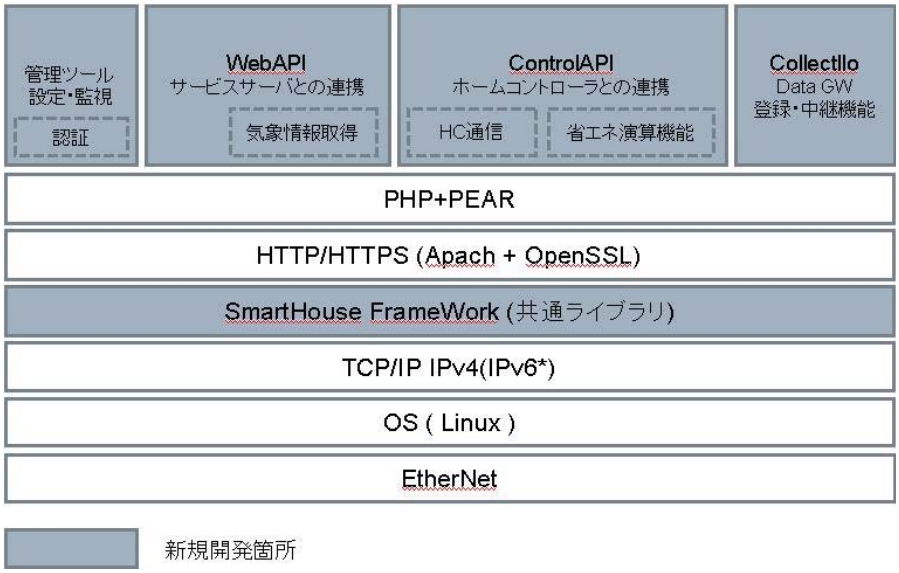


図 4-29　共通センタのソフトウェア構成図

⑶ 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。

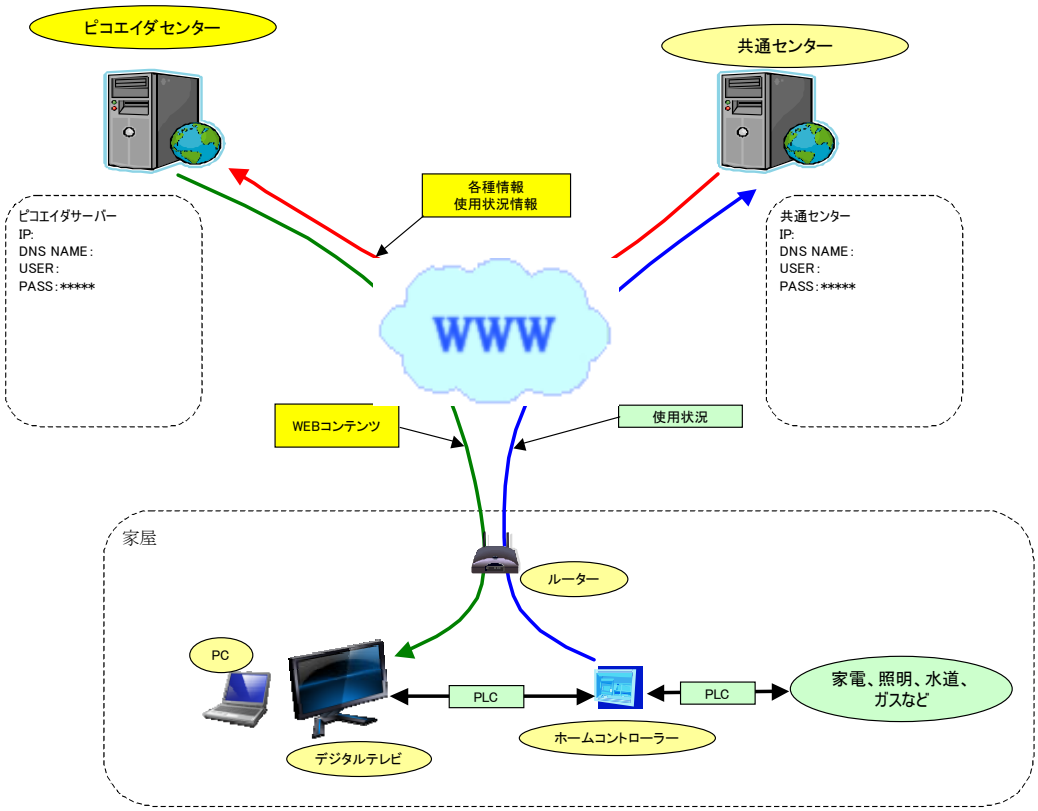


図 4-30　省エネルギー・サービスサーバの位置づけ

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

⑷ 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。

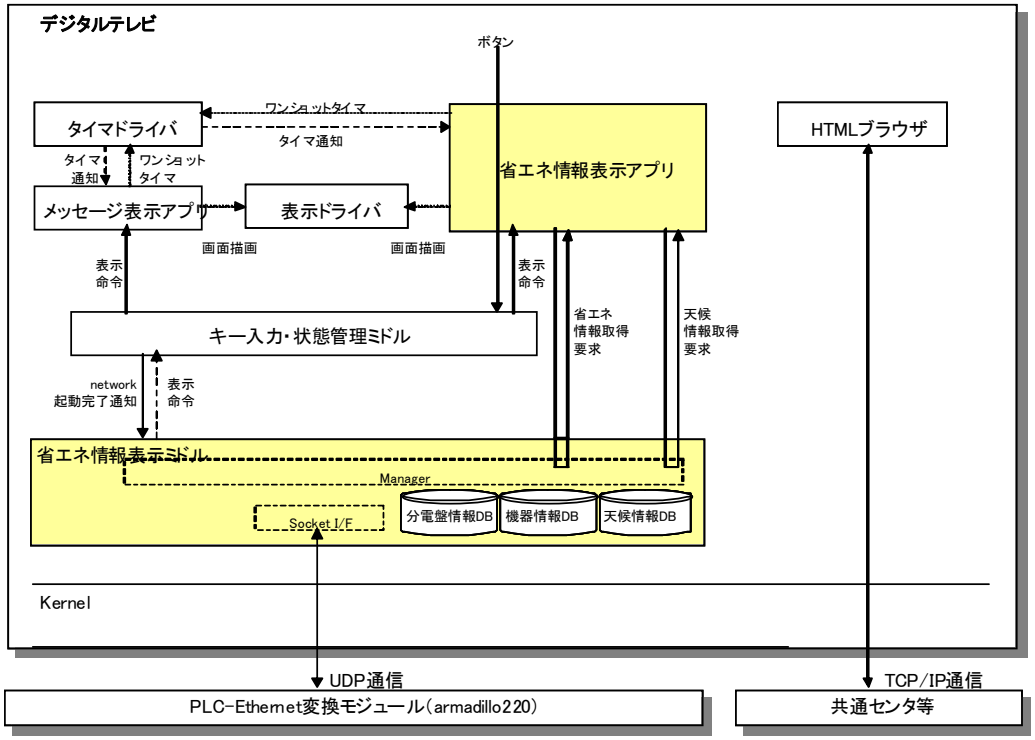


図 4-31　デジタルテレビ本体上のソフトウェアの構成図（関連する部分のみ）

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	aECO	ユーザ操作の受付及び画面表示を行う。
省エネ情報表示ミドル	eECO	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。

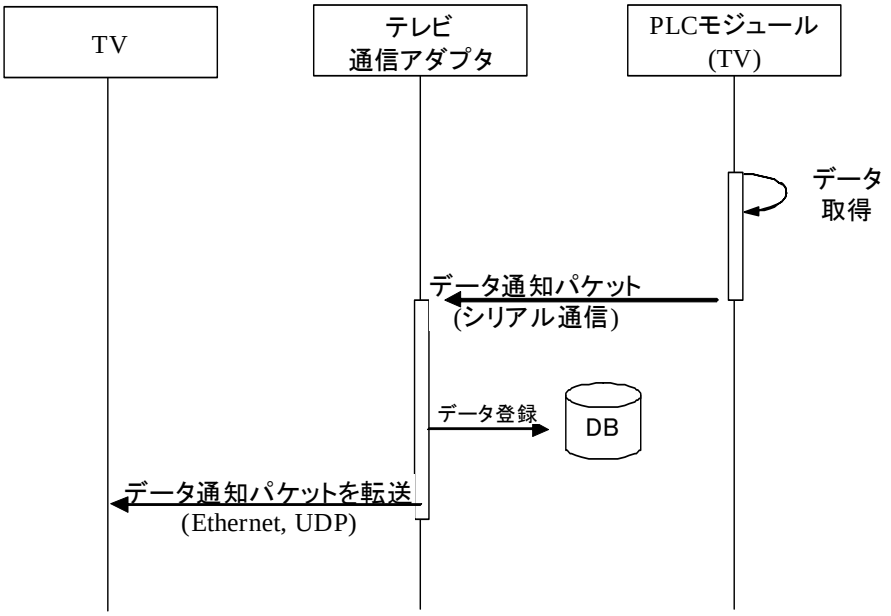


図 4-32　データ転送蓄積機能のシーケンス図

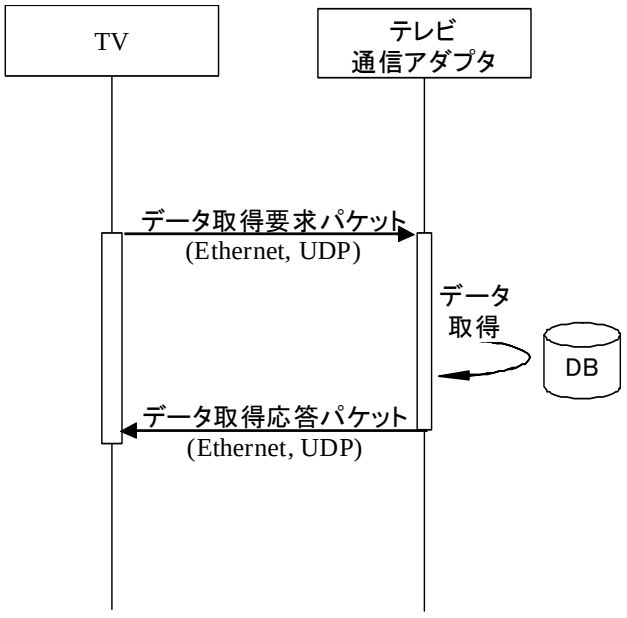


図 4-33　データ取得応答機能のシーケンス図

⑸ 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。

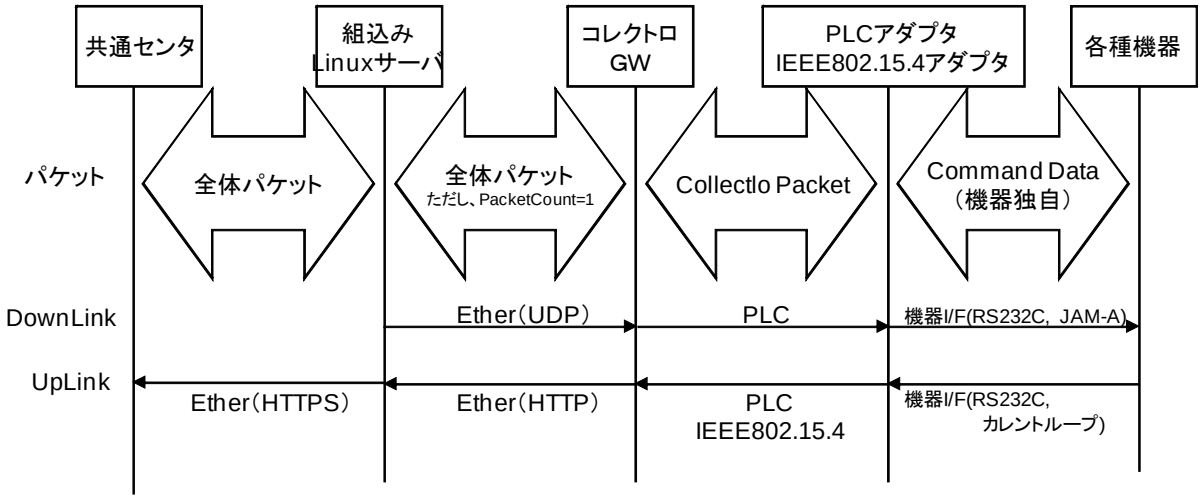


図 4-34　全体システムにおける機器間通信方式

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。

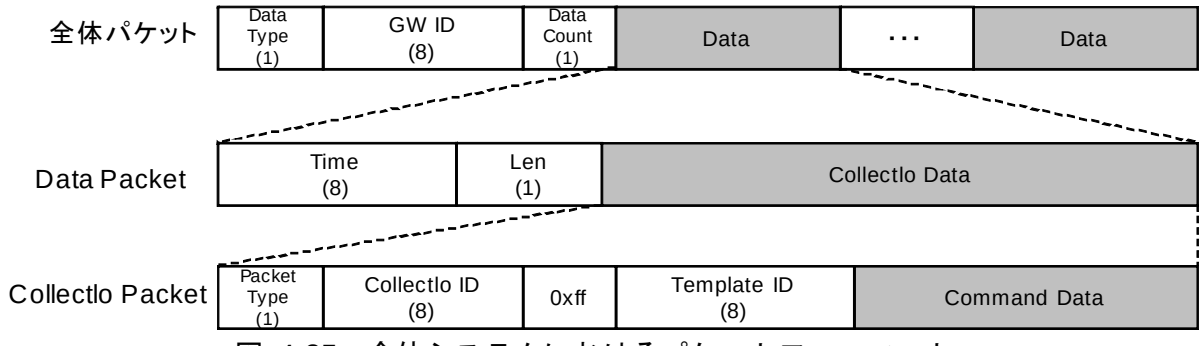


図 4-35　全体システムにおけるパケットフォーマット

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。			

⑹ 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：ﾂｰﾊﾞｲﾌｫｰ工法
面積：延床　約 206 ㎡
1Ｆ　約 84 ㎡
2Ｆ　約 82 ㎡
3Ｆ　約 40 ㎡
建設時期：1990 年頃
仕様（主に断熱）
壁：ｸﾞﾗｽｳｰﾙ 10k50mm
床：ｸﾞﾗｽｳｰﾙ 10k50mm
天井：発泡ｽﾁﾚﾝ 50mm
開口部：ｱﾙﾐ・ｼﾝｸﾞﾙｶﾞﾗｽ
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していただいた。

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。

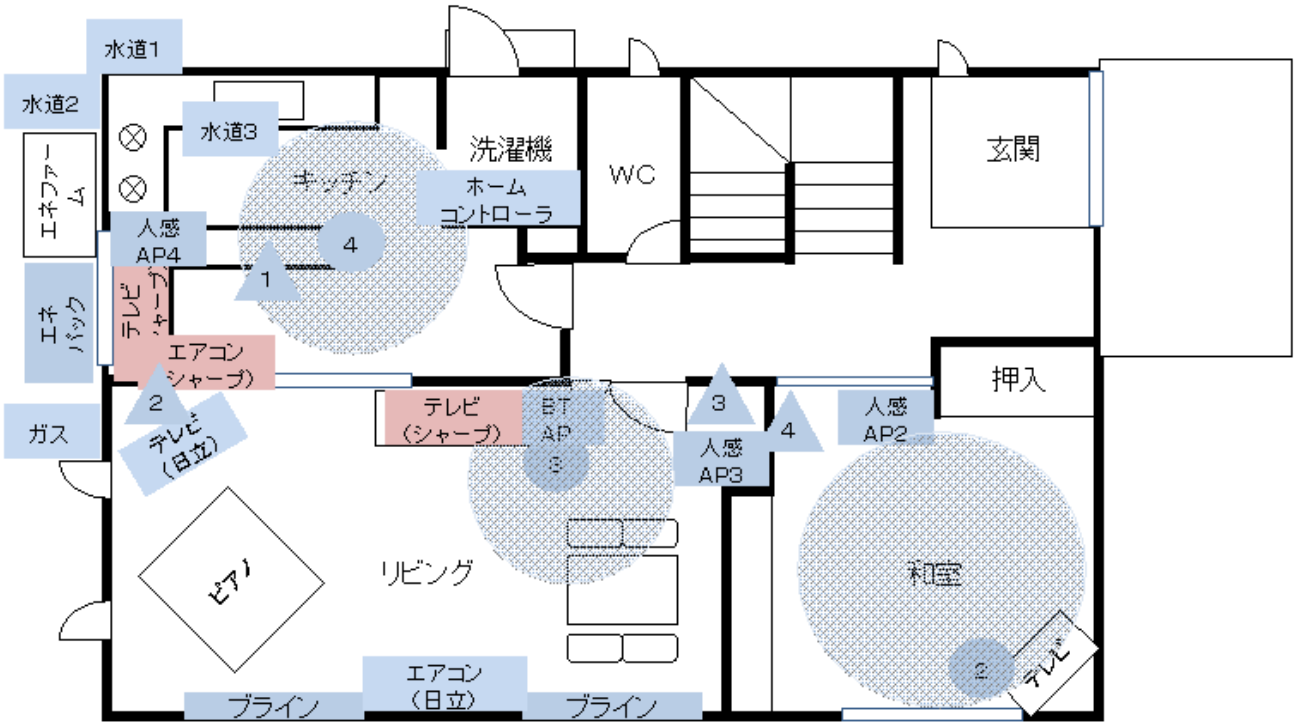


図 4-37　エネルギー機器、家電機器、センサ配置図　（1 階）

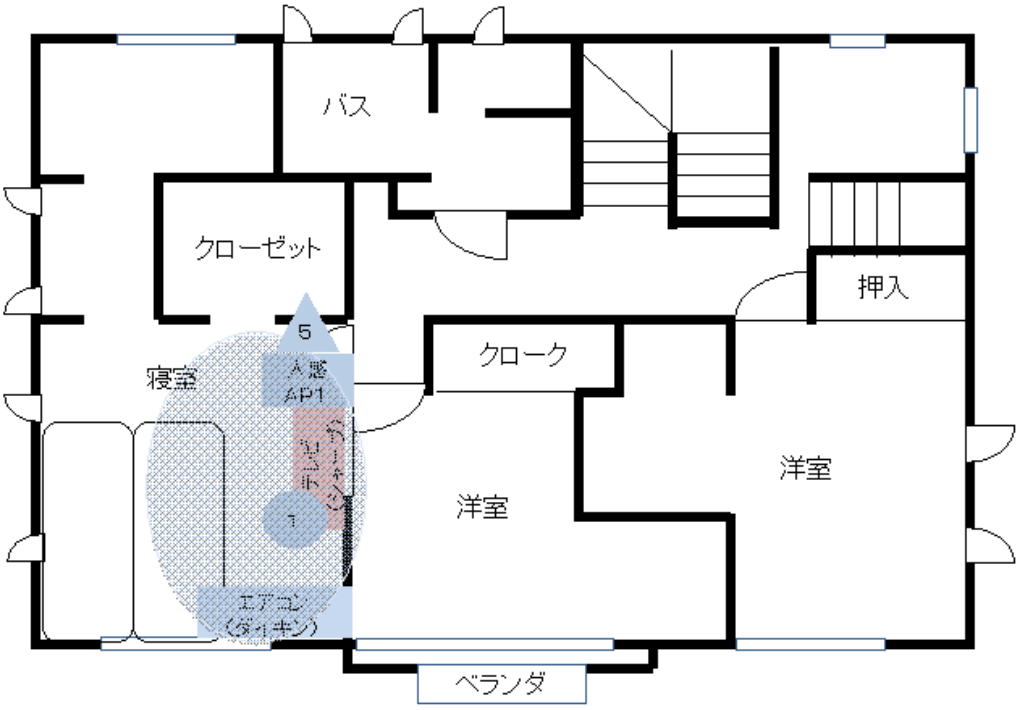


図 4-38　エネルギー機器、家電機器、センサ配置図　（2 階）

実際に機器を設置した状況を、図 4-39～図 4-48 に示す。

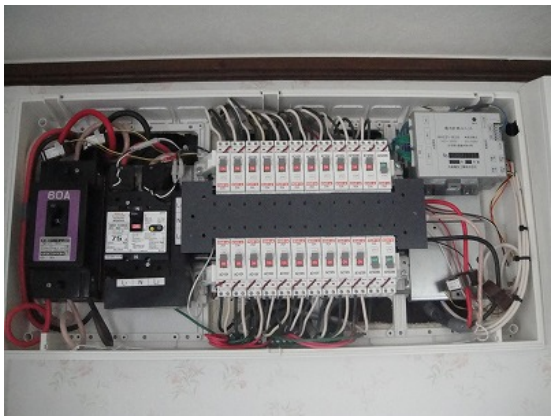


図 4-39　分電盤

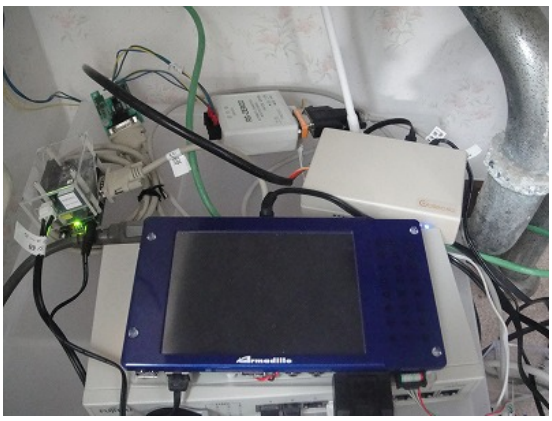


図 4-40　ホームコントローラ

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

⑶ 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

⑴ 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て、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。

⑵ 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充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。

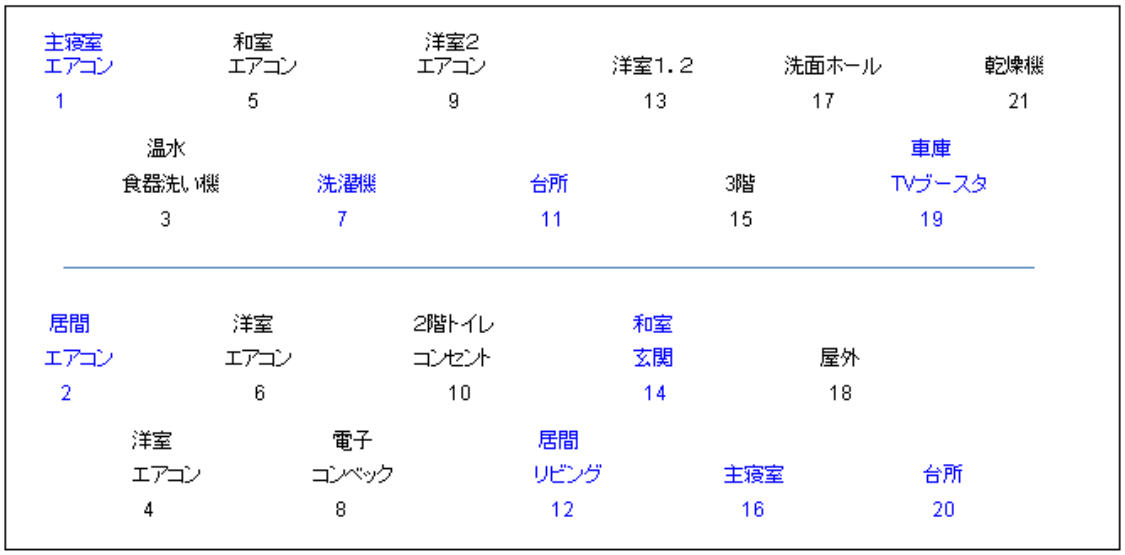


図 4-50　分電盤の系統分岐状況（上半分が L1 層、下半分が L2 相

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。

⑶ 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る

- 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。

⑷ 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 割程度削減されると考えられ、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。

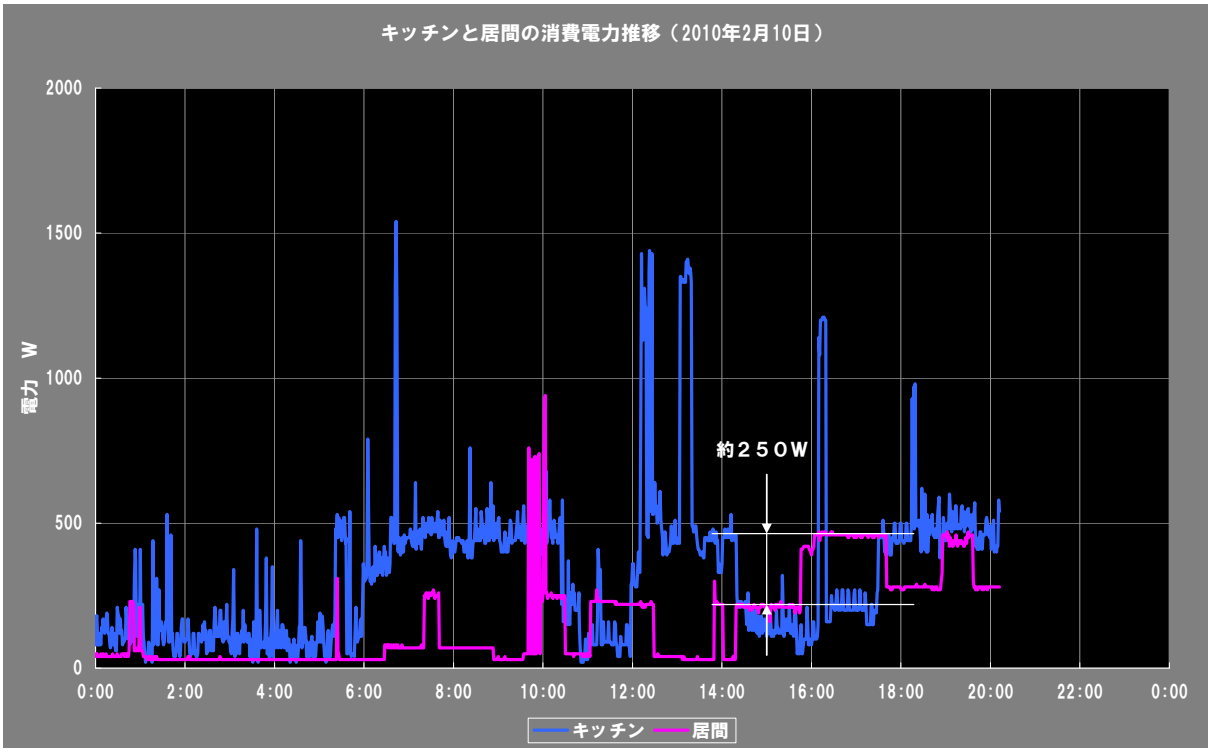


図 4-51　キッチンと居間の消費電力推移（2 月 10 日）

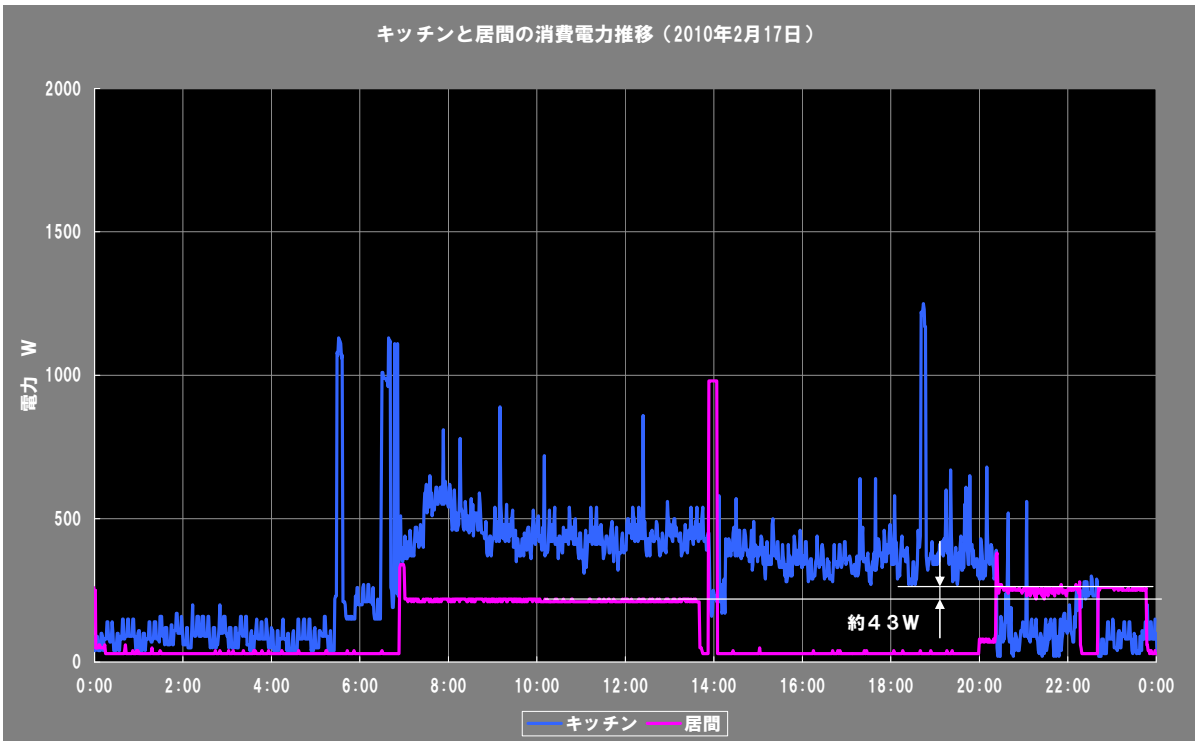


図 4-52　キッチンと居間の消費電力推移（2 月 17 日）

(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。

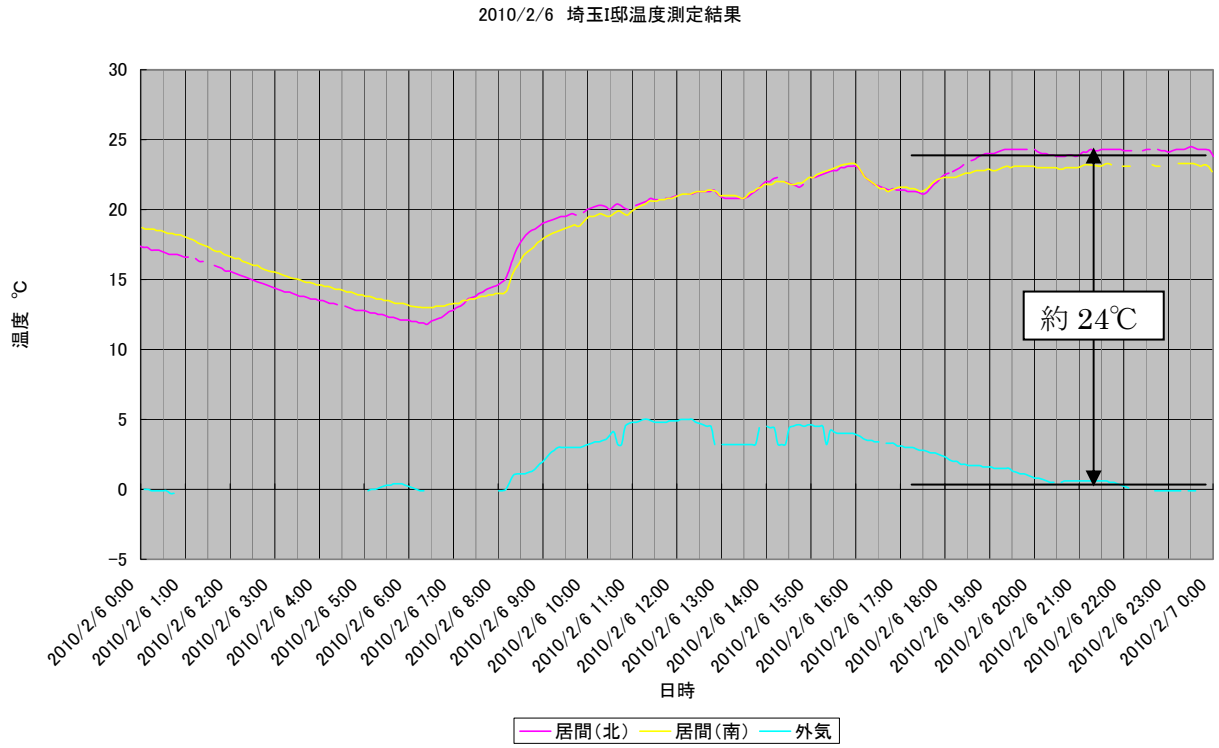


図 4-53　温度測定結果

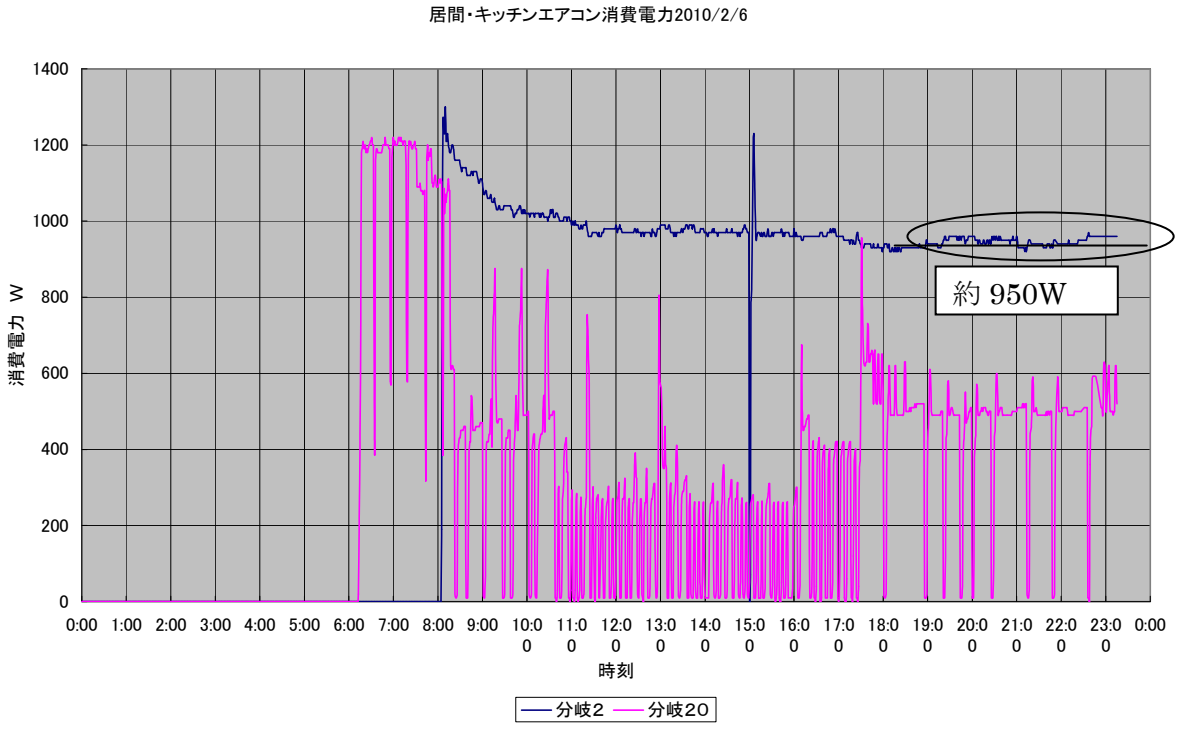


図 4-54　居間・キッチンのエアコンの消費電力測定結果

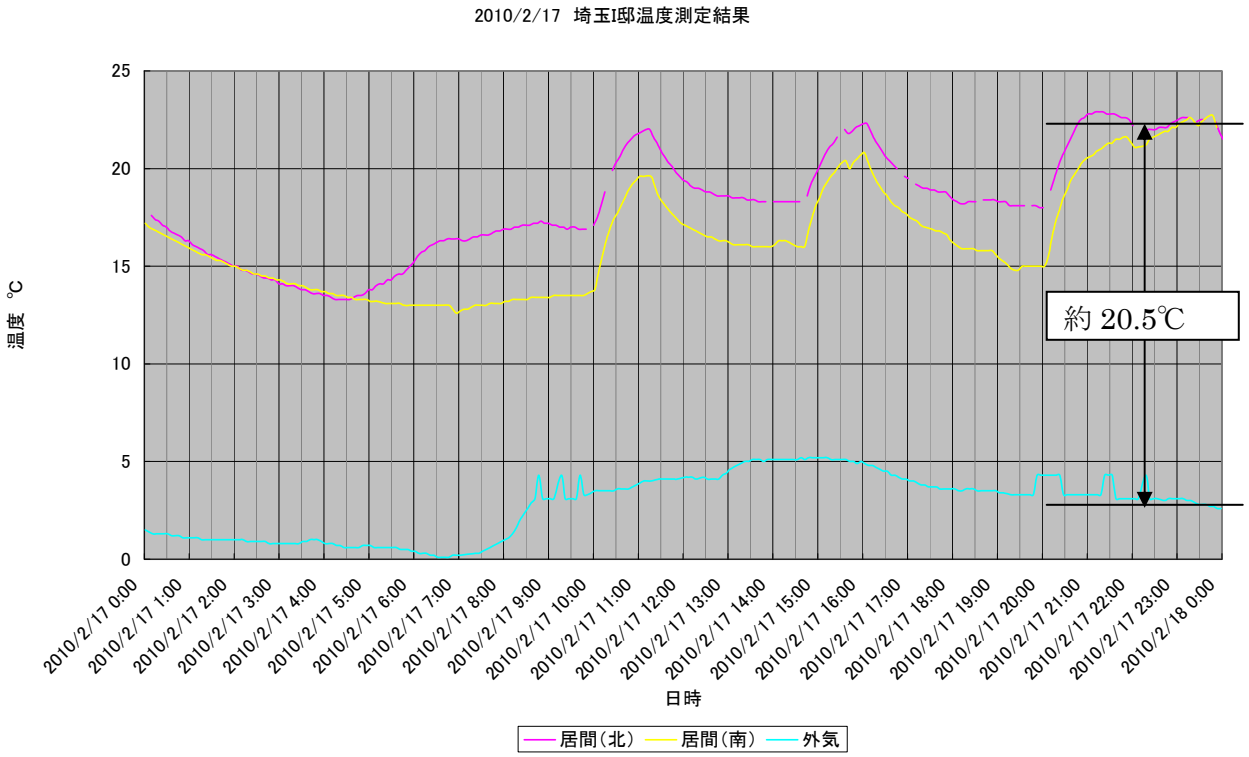


図 4-55　温度測定結果

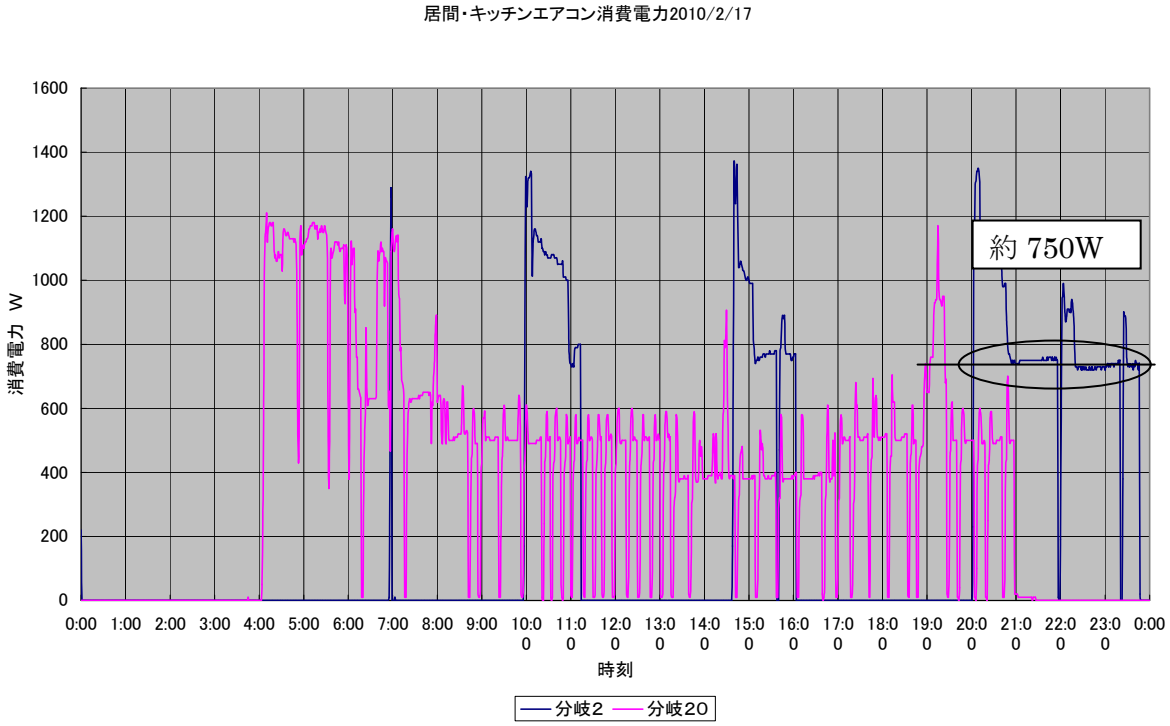


図 4-56　居間・キッチンのエアコンの消費電力測定結果

(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（Psolar＋Pfs）から逆潮流分を除いた電力から各負荷電力（P1～P24）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。

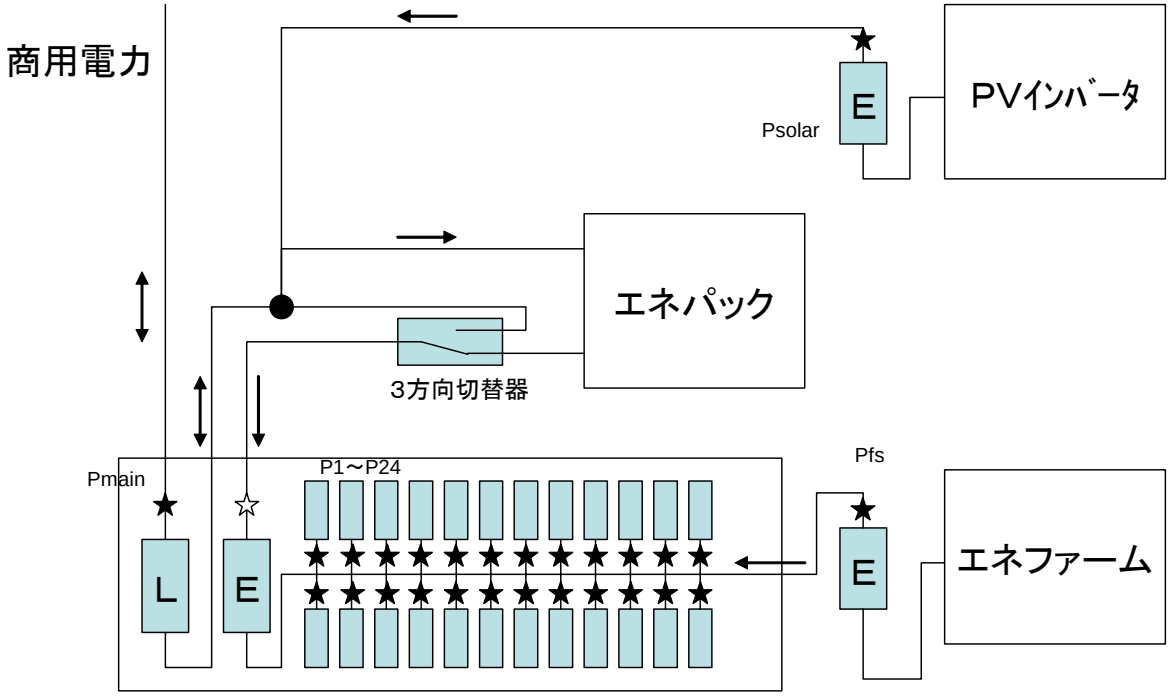


図 4-57　電力計測ポイント概要（PLC モジュールによる計測を除く）

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。

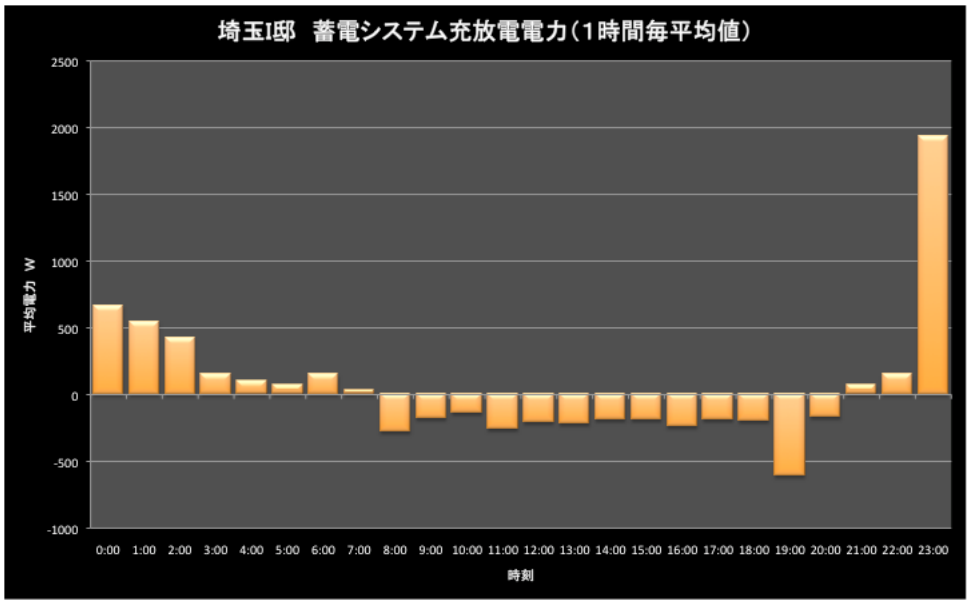


図 4-58　蓄電池システムの充放電の例（2010 年 2 月 19 日　1 時間平均電力）

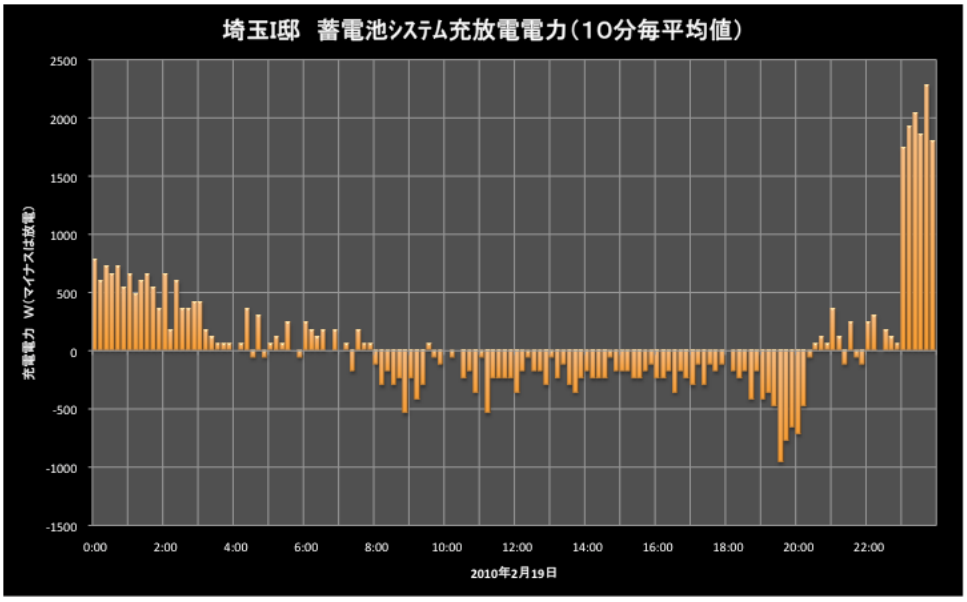


図 4-59　蓄電池システムの充放電の例（2010 年 2 月 19 日　10 分毎平均電力）

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 ～ 2010.02.18 23:45:06	1	システム停止		
2010.02.18 23:47:06	3	充電モード	1	1段階
2010.02.18 23:50:07 ～ 2010.02.19 00:04:07	3	充電モード	2	2段階
2010.02.19 00:06:07 ～ 2010.02.19 01:12:07	3	充電モード	3	3段階
2010.02.19 01:14:07 ～ 2010.02.19 03:12:07	3	充電モード	4	4段階
2010.02.19 03:15:07 ～ 2010.02.19 08:01:11	2	商用モード		
2010.02.19 08:03:11	4	放電(単独運転)モード		
2010.02.19 08:05:11 ～ 2010.02.19 09:31:12	5	放電(系統補充)モード		
2010.02.19 09:33:12 ～ 2010.02.19 10:27:13	4	放電(単独運転)モード		
2010.02.19 10:29:13 ～ 2010.02.19 10:47:13	5	放電(系統補充)モード		
2010.02.19 10:49:13	4	放電(単独運転)モード		
2010.02.19 10:51:13	5	放電(系統補充)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	4	放電(単独運転)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	5	放電(系統補充)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	4	放電(単独運転)モード		
2010.02.19 11:07:13 ～ 2010.02.19 11:11:13	5	放電(系統補充)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	4	放電(単独運転)モード		
2010.02.19 11:17:13	5	放電(系統補充)モード		
2010.02.19 11:19:13	4	放電(単独運転)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	5	放電(系統補充)モード		
2010.02.19 11:27:13 ～ 2010.02.19 11:31:13	4	放電(単独運転)モード		
2010.02.19 11:33:14 ～ 2010.02.19 11:39:13	5	放電(系統補充)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	4	放電(単独運転)モード		
2010.02.19 11:45:14	5	放電(系統補充)モード		
2010.02.19 11:49:14	4	放電(単独運転)モード		
2010.02.19 11:51:14	5	放電(系統補充)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	4	放電(単独運転)モード		
2010.02.19 11:57:14 ～ 2010.02.19 12:03:14	5	放電(系統補充)モード		
2010.02.19 12:05:14 ～ 2010.02.19 12:13:14	4	放電(単独運転)モード		

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。

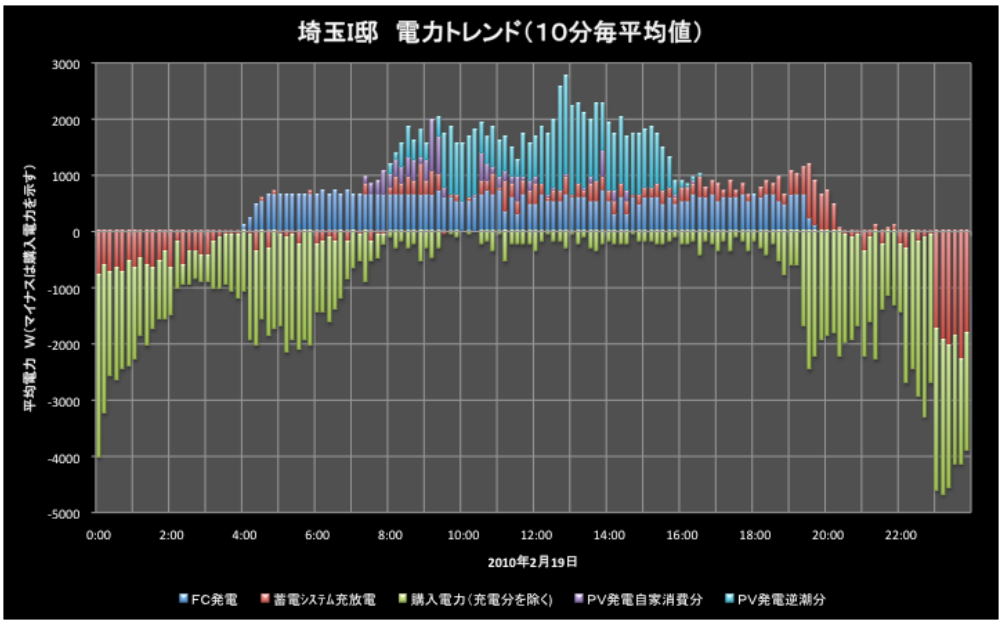


図 4-60　発電システム、蓄電システムの動作と電力消費の例（2010 年 2 月 19 日）

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動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。

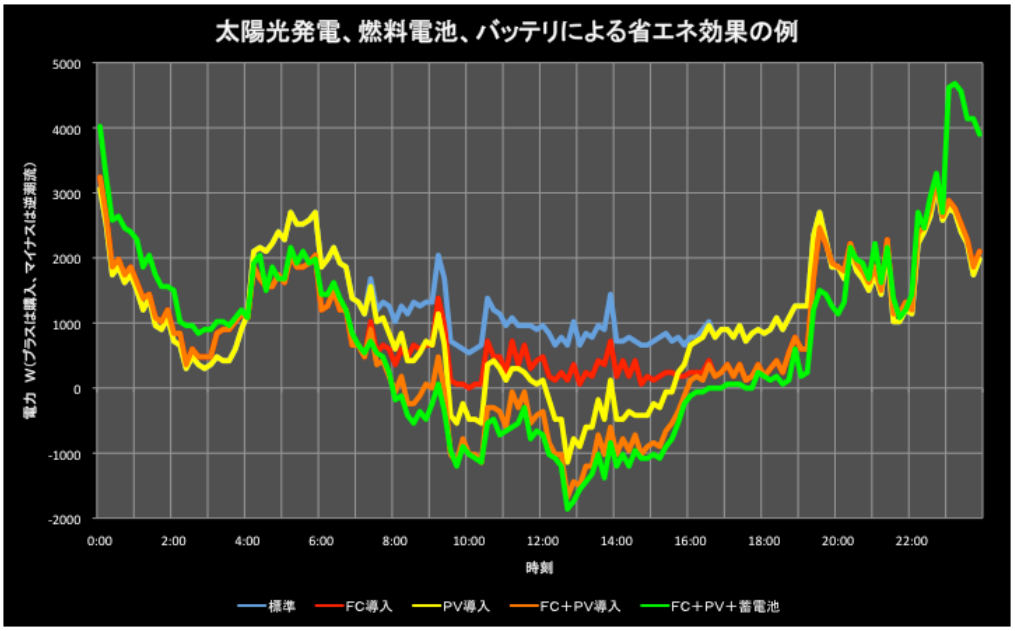


図 4-61　新エネルギー導入の省エネ効果比較（2010 年 2 月 19 日）

(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		第1週（7-13日）	第2週（14－20	
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。

⑸ 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。
本見学会に関しての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						
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ﾌﾞﾗｳｻﾞ使用)						
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	スーパーインポ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ﾌﾞﾗｳｻﾞ使用）	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
・ 各社がどの様な意図で参画し、どの様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して使うと便利か、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
- 使用シーンによっ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

⑹ 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る。

⑺ 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。

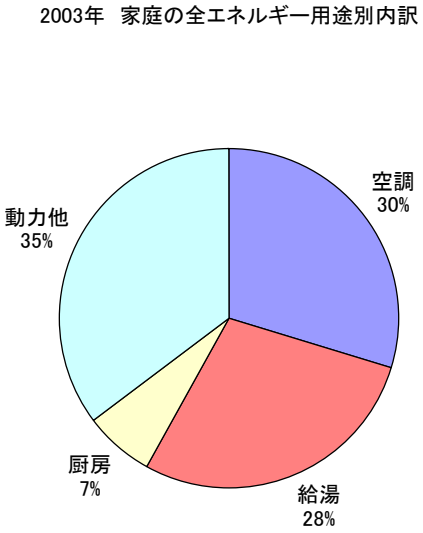


図 4-65　住宅の用途別エネルギー比率

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。

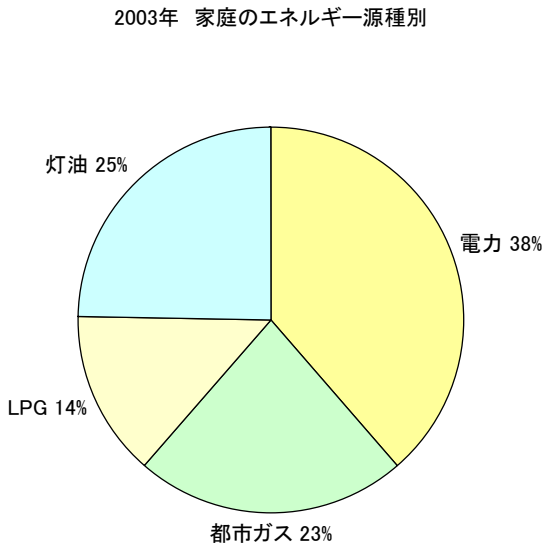


図 4-66　住宅のエネルギー源種別比率

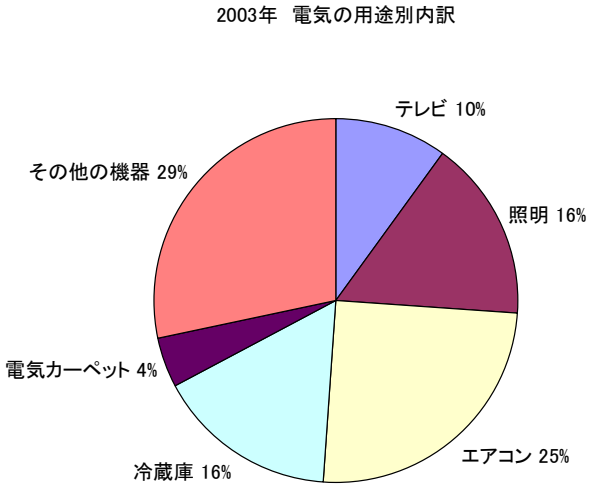


図 4-67　住宅で消費される電気の用途別内訳

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はあるものの、一部メーカ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	・建物の断熱、気密性の向上【新築】	○	◎
30%	・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	・浴槽の断熱性向上、配管ロスの低減【新築】	○	△
30%	・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

⑴ ハウスメーカから見た事業性

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なだけでなく、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、ハウスメーカが提供すべき主要なサービスの一つであると考える。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、例え配線工事の為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。

⑵ サービス事業者からみた事業性

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、ピコエイダ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。

⑶ 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。

⑷ 機器メーカから見た事業性

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

→　家庭内の電力系統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、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。今後も、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考える。また、「制御」を行う際の責任分界点や連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。

⑵ 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充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。

⑶ 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が、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。

⑷ 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。

⑸ 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。

⑹ 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。

実用化する際には、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。

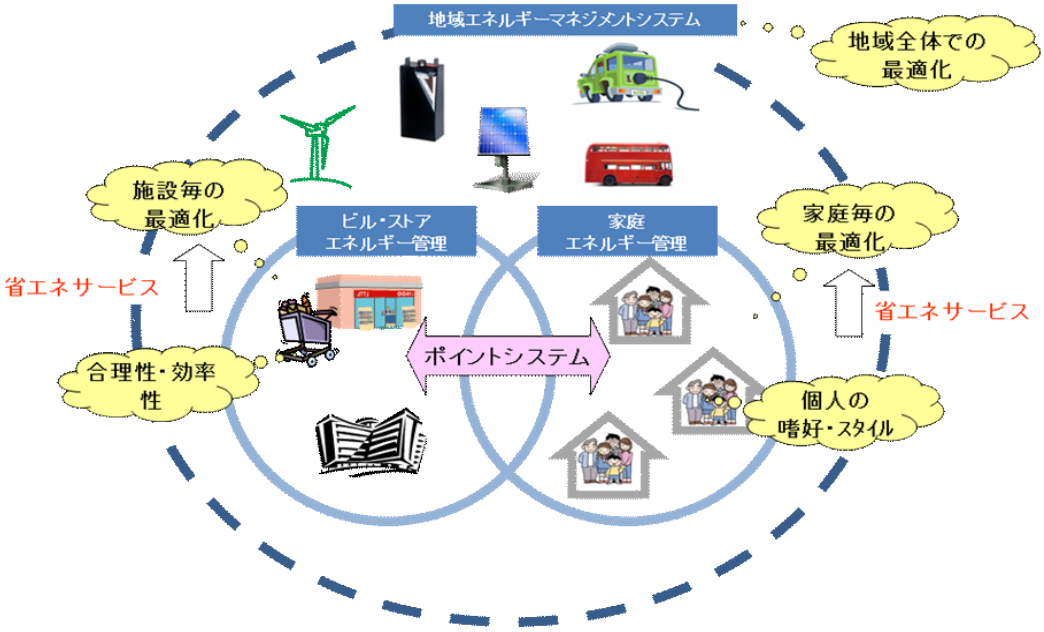


図 4-68　地域エネルギーマネジメントへの広がり

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、用途を限定すれば充分に実用的であり、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を期待したい。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

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ト体系化し、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ことであるが、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る。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、機器メーカが様々な試作・評価を行える環境を整える必要がある。

⑵ 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る。

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。

⑶ 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。

⑷ 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。

⑸ 地域エネルギーマネジメントとの連係

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連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

⑴ 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。

⑵ 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。

⑶ 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からサービス事業者やハウスメーカ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。

第5章　テーマ 2-4： ECO ナビサービスおよび HEMS による省エネ行動喚起効果の検証

シャープ株式会社

－ 目 次 －

第 5 章　テーマ 2-4：　ECO ナビサービスおよび HEMS による省エネ行動喚起効果の検証 1

5.1.　実証実験の目的 5-1
5.2.　実証実験の概要 5-3
5.2.1.　実施環境 5-3
5.2.2.　実験システムの構成 5-4
5.2.3.　提供するサービスと機能 5-7
5.2.4.　システム概略仕様 5-20
5.2.5.　実施シナリオ 5-36
5.3.　実証実験の結果 5-38
5.3.1.　事前準備 5-38
5.3.2.　実験結果 5-48
5.3.3.　環境負荷低減効果の試算 5-67
5.3.4.　サービスの市場性評価 5-72
5.4.　実験結果の考察 5-79
5.4.1.　ネットワーク・アーキテクチャの適正性評価 5-79
5.4.2.　新規サービス創出の可能性 5-93
5.4.3.　実用化、普及に向けた問題点、課題 5-95

5.1. 実証実験の目的

未来開拓戦略(J リカバリー・プラン)(平成 21 年 4 月 17 日)(内閣府・経済産業省）の三本柱の 1 つである「低炭素革命」（省エネルギー、新エネルギー等の地球温暖化対策、3R、水処理、資源確保等）は、2050 年に CO2 を少なくとも 50%削減するという目標に向け、単なる CO2 削減にとどまらず、積極的にライフスタイルやインフラを転換させていくことで、経済成長への制約を逆に新たな需要の創出源とすることを提言している。これは、社会においては、CO2 削減のインフラを整備することによって省エネルギーと経済成長とを両立させることが、「低炭素革命」の目的であるということを意味している。

一方、家庭においては、世界的見地で考えても我が国が家電製品の省エネ技術を牽引しているところであるが、機器単体における性能向上には限度があることから、住宅内の“情報”を消費者のコントロール下で地域・社会と共有し、その情報を基にエネルギー等の需要・供給情報を活用して、エネルギーを賢く使用・制御するスマートハウスの仕組み作りに取り組む必要がある。特に CO2 排出量の 50%削減という高い目標の達成のためには、技術的な側面からのアプローチだけでは不十分であり、ユーザの省エネ意識の向上、さらにはライフスタイルの変革を促す施策が不可欠である。その一つが“見える化”である。“見える化”の本質は、現状の姿をありのままに認知させることにより、自らが課題を認識し、解決と改善への意識を高めることにある。

具体的には、CO2 削減に向けた従来の取り組みである「省エネ」、「創エネ」および「蓄エネ」に加えて、ユーザ自身の気付きを促し意識向上を図るための「見える化」、ユーザの省エネ行動を喚起し定着を図るための「機器連携制御」および「簡単操作」などが家庭からの CO2 排出量削減のための重要な要素となる。さらに、これらをインターネットサービスと融合させた新規サービスを提供することにより、ユーザのライフスタイルの変革を加速することができる。

提供されるインターネットサービスとしては、従来からある教育・教養、出版・新聞、健康・ヘルスケア、小売・流通などの情報サービスに加え、生活アドバイス、省エネナビゲーション、電力制御等の新しいライフスタイルを提供する快適 ECO 生活ナビゲーションサービスが考えられる。これにより、ユーザの生活を幅広くカバーするサービスの展開が可能になると期待できる。電力制御サービスに関しては、ホームサーバはインターネットサービスと宅内電力制御とを統合し、家電機器向けサービスや情報提供サービスに、エネルギー制御・管理サービスを組み込む配信システムを有する。すなわち、宅内ネットワークとインターネットとのゲートウェイをなすホームサーバにおいて、ユーザの行動履歴や嗜好情報を収集分析し、インターネットサービスとして提供される家電向けサービスや情報提供サービスを、家庭ごと、ユーザごとにカスタマイズして各機器に配信する。

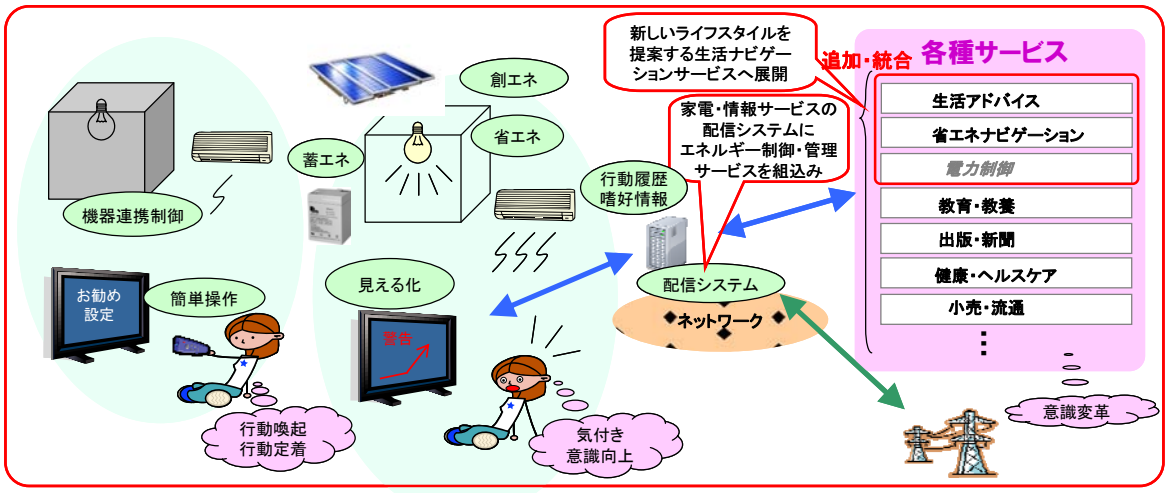


図 5-1　快適 ECO 生活ナビゲーションサービスを提供するシステム

快適 ECO 生活ナビゲーションサービスを提供するためには、以下の 2 つの要素が必要となる。1 つは、サービスを統合して提供する仕組みを構築することである。もう 1 つは、生活密着型のサービス提供・利用環境を整備することである。

快適 ECO 生活ナビゲーションサービスの提供により、家庭における省エネルギーの削減には留まらず、新規サービス展開を通じた新たな需要創出、ひいては社会全体における省エネルギーと経済成長との両立につながることが期待される。

本実証実験では、快適 ECO 生活ナビゲーションサービス実現の第 1 ステップとして、サービスを統合して提供する仕組みの上で、ECO ナビサービスと HEMS(Home Energy Management System)を実装し、それらの実用性と有効性の検証を行った。

ECO ナビサービスは、発電量や消費電力などの宅内エネルギー情報をサーバで吸い上げて分析した後に、省エネアドバイス等をテレビ向けに配信するサービスである。これらは省エネ・創エネの"見える化"であり、家庭でユーザが視聴する頻度が最も高いテレビの画面にこれらの情報を表示することによって、ユーザの意識を喚起することができると考えられる。さらに、省エネ生活、ECO 生活を提案する情報サービスと連携させることによって、ユーザの省エネ行動を、強制的な機器制御というマイナスのイメージから、革新的なライフスタイルというプラスのイメージへ転換させる効果が期待できる。

一方、HEMS としては、LED 照明・エアコン等のリモコン制御が可能な宅内機器を統合的な制御系に接続し、他の機器からの遠隔制御を実現した。これにより、宅内機器を効率的に協調させる有効性の検証を行った。

5.2. 実証実験の概要

5.2.1. 実施環境

(1) 実施場所

実証実験は、埼玉県北葛飾郡松伏町にある一般住宅（以下、「実験住宅」という。）にて行った。

(2) 実験住宅の構成

実験住宅は、築 20 年を越えたツーバイフォー住宅である。2 階建てであり、さらに屋根裏を備える。

実証実験に使用する部屋として、計 5 室を選択した。1 階のキッチン、リビング、ダイニングおよび和室、並びに 2 階の寝室である。

実証実験期間中には、被験者家族 3 名が居住した。被験者の構成は、表 5-1 の通りである。

表 5-1　被験者の構成

被験者	性別	年齢
被験者 1	男性	40 代
被験者 2	女性	40 代
被験者 3	女性	70 代

(3) 実施期間

実証実験は、平成 22 年 2 月 6 日から平成 22 年 2 月 19 日までの 2 週間に実施した。

5.2.2. 実験システムの構成

実験住宅に設置した実験システムの構成を、図 5-2 に示す。同住宅においてはテレビ、PCI エアコン、LED 照明などの機材を設置した上で、ECO ナビサービスと HEMS を実施するために、宅内サーバ（アプリケーションサーバ）および、家電機器制御 / 情報収集用のモジュール（機器制御装置）を設置した。図では省略しているがテレビは同住宅に合計 3 台、LED 照明は多くの照明器具に対して装着した。また機器制御装置は同住宅で実証実験を行った各部屋に 1 台ずつ設置した。宅内のエネルギー関連情報を吸い上げ、分析して、省エネアドバイス等をテレビに対して配信する ECO ナビサービスは最終的には宅外サーバ経由で行われる可能性が高いが、今回は実施期間の都合上、同サービスを宅内アプリケーションサーバ上で実施した。

なお実証実験は 4 章に記載のテーマ（以下、「テーマ 2-3」という）と同じ住宅を用いて実施した。同住宅には既設のソーラーシステムが設置されており、それと接続するテーマ 2-3 の実験システムとの連携も行った。テーマ 2-3 の実験システムとの連携のためのゲートウェイ機能は上記機器制御装置の中の 1 つに搭載した。

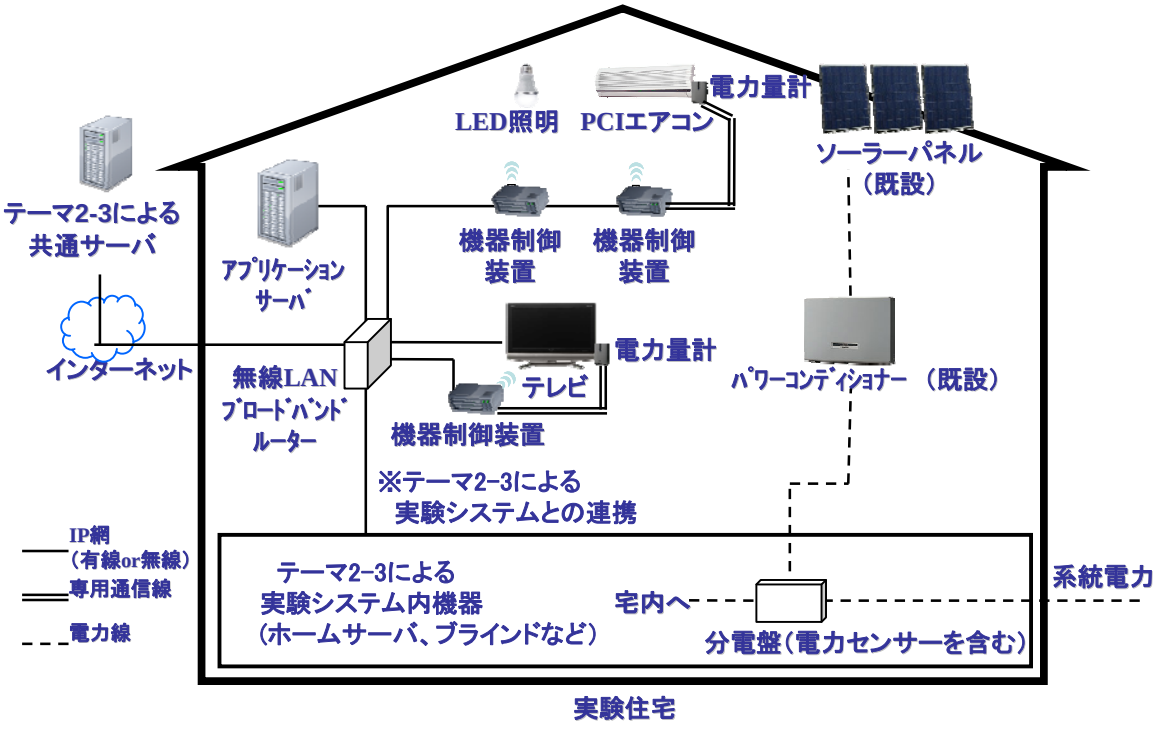


図 5-2　本実験システムの構成図

以下、本実験システムの構成要素について説明する。

(1) アプリケーションサーバ

実験住宅内から収集した各種情報をもとに ECO ナビアプリケーションを生成し テレビに配信する機能と、同アプリケーション上でユーザからの入力を受けて実験住宅内の各機器を制御する HEMS 機能を実現する。アプリケーションサーバには、テレビ向けサービス配信機能を搭載する。また、機器制御装置（後述）を介して、テーマ 2-3 の実験システムに接続されている機器の情報交換および制御を実現する。

(2) テレビ

アプリケーションサーバから家庭用ネットワーク(IP 網)を通じて配信される ECO ナビアプリケーションを表示する。また、赤外線リモコン信号によって電源の ON/OFF が制御される。

本実験システムの構成要素であるテレビ（以下、「テーマ 2-4 実証テレビ」という。）としては、シャープ株式会社製テレビ(AQUOS DX2)の使用を前提とする。

(3) エアコン

赤外線リモコン信号によって、電源 ON/OFF、自動運転、暖房運転、冷房運転、除湿運転が制御される。

(4) LED 照明

既設の照明器具に LED 電球を装着する。LED 電球を装着した LED 照明は、赤外線リモコン信号によって、ON/OFF および調光・調色機能が制御される。

(5) 機器制御装置

家庭用ネットワークを通じて伝えられたアプリケーションサーバからの指示に基づきテレビ、エアコンおよび LED 照明を制御する。また、テレビおよびエアコンに接続された電力量計から各機器の消費電力情報を取得する機能も備える。

各部屋に 1 台の機器制御装置を設ける。1 台の機器制御装置は、その部屋に設置されたテレビ、エアコンおよび LED 照明を制御する。

機器制御装置の中の 1 台（リビングの機器制御装置）は、テーマ 2-3 の実験システムとの連携のためのゲートウェイ機能も搭載し、テーマ 2-3 の実験システムから各機器の消費電力情報を取得し、またエアコンおよびブラインドを制御する。

(6) 電力量計

機器制御装置に専用通信線で接続され、AC コンセントからテレビおよびエアコンに供給される消費電力と電力量とを測定する。

テレビおよびエアコン 1 台ごとに 1 台の電力量計を設ける。

(7) 無線 LAN ブロードバンドルーター

宅内ネットワークとインターネットのゲートウェイ機能とアプリケーションサーバや機器制御装置等を無線 LAN 接続する場合のアクセスポイントとしての機能を有する。

アプリケーションサーバ、テレビおよび機器制御装置と無線 LAN ブロードバンドルーターとは、家庭用ネットワークで接続される。さらに、テーマ 2-3 による実験システム内の機器と無線 LAN ブロードバンドルーターとも、家庭用ネットワークで接続される。

(8) ソーラーパネル

実験住宅に既設の太陽電池本体である。

(9) パワーコンディショナー

ソーラーパネルと電力線で接続された実験住宅に既設の機器であり、ソーラーパネルから供給される直流電力を交流電力に変換する。

(10) 分電盤

太陽光発電システムに対応した分電盤であり、系統電力とソーラーパネルで発電した電力との連携点であり、電力を宅内の電気配線に分配する。分電盤は、パワーコンディショナー、系統電力、宅内電気配線と、それぞれ電力線で接続される。さらに、電力センサーを備え、分電盤に入出力される電力を測定する。

分電盤は、テーマ 2-3 の実験システムの 1 つとして設置される。

(11) ホームコントローラ

テーマ 2-3 の実験システムの 1 つとして設置される機器である。

テーマ 2-3 の実験システムに関連する各種情報を、インターネット上に設置された共通センターを介してアプリケーションサーバに提供するとともに、アプリケーションサーバからの指示に基づいてテーマ 2-3 の実験システムの各種機器を制御する。

また、本実験システムに関連する各種情報をアプリケーションサーバから取得し、本実験システムの各種機器の制御をアプリケーションサーバに依頼する。

(12) 共通センター

テーマ 2-3 の実験システムの 1 つとして、インターネット上に設置される機器である。

テーマ 2-3 の実験システムに関連する各種情報を、ホームコントローラから受け取って蓄積し、本実験システムのアプリケーションサーバに提供する。

(13) ブラインド

テーマ 2-3 の実験システムの 1 つとして設置される機器である。アプリケーションサーバからホームコントローラ経由で開閉操作できる。

5.2.3. 提供するサービスと機能

(1) ECO ナビサービス

本実証実験における ECO ナビサービスとは、家庭における消費電量、発電量、買電量、売電量、宅内の各家電機器の消費電量等の情報を取得しそれらを加工した情報を宅内のテレビに対して情報配信し表示することに加え、取得した情報を分析してテレビ向けに省エネアドバイス等を配信するサービスを指す。

本実験システムは、以下のテレビ向けユーザインタフェースを備えた ECO ナビサービスを提供する。

(a) 消費電量、発電量および売電量の常時表示

テレビ放送番組と同時にエネルギー関連情報を表示することにより、テレビ放送番組の視聴を中断して画面を切り替えることなく、宅内の消費電量、発電量および売電量を常時表示する機能を提供する。

テレビに常時表示するための手段として、テーマ 2-4 実証テレビで採用されている GUI「新・モーションガイド」を利用する。「新・モーションガイド」では、リモコンのボタンを押すことで、画面の上部と右側にメニューウィンドウを表示する。現在視聴中の番組やコンテンツを表示したまま、一覧表示された各種番組の中から簡単に目的の番組を選んだり、本体と接続した周辺機器の操作や各種設定も簡単に行ったりすることができる。

本実験システムでは、「新・モーションガイド」に表示されるメニューの 1 つとして、エネルギー管理の項目を設けるとともに、メニューが選択された時点での宅内の消費電量情報を表示する。さらにエネルギー管理の項目が選ばれると、「新・モーションガイド」エネルギー管理の詳細メニューが表示されるとともに、その時点での宅内の消費電量、発電量および売電量の情報を表示する。

図 5-3 は、「新・モーションガイド」を用いたメニュー表示第 1 階層の画面例である。画面の右下でテレビ放送番組の視聴を行いながら、メニューの内容を確認できる。図 5-3 では、画面の右側に、インターネットサービスの番組一覧と並べて、エネルギー管理の項目を表示している。

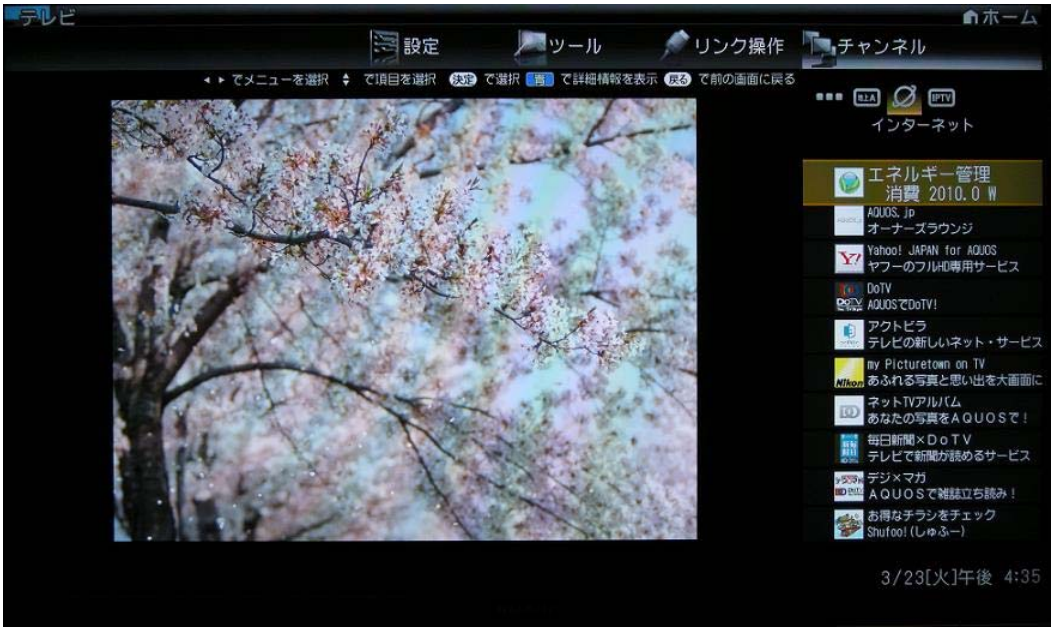


図 5-3　新・モーションガイドを用いたメニュー表示第 1 階層の画面例

図 5-4 は、「新・モーションガイド」を用いたメニュー表示第 2 階層の画面例である。メニュー表示第 2 階層の画面は、メニュー表示第 1 階層の画面でエネルギー管理の項目を選択することにより表示される。メニュー表示第 2 階層の画面でも、画面の右下でテレビ放送番組の視聴を行いながら、メニューの内容を確認できる。図 5-4 では、画面の右側に、電力モニタリング、ECO ナビサービス、おうちコントロールおよびみんなでエコの 4 つの項目を表示している。みんなでエコとは、テーマ 2-3 の実験システムが提供するサービスである。

図 5-4　新・モーションガイドを用いたメニュー表示第 2 階層の画面例

(b)　我が家のエネルギーモニタリング

メニュー表示第 2 階層のメニューにおいて、電力モニタリングの項目を選択すると、「我が家のエネルギーモニタリング」画面に遷移する。図 5-5 は、「我が家のエネルギーモニタリング」画面の画面例である。

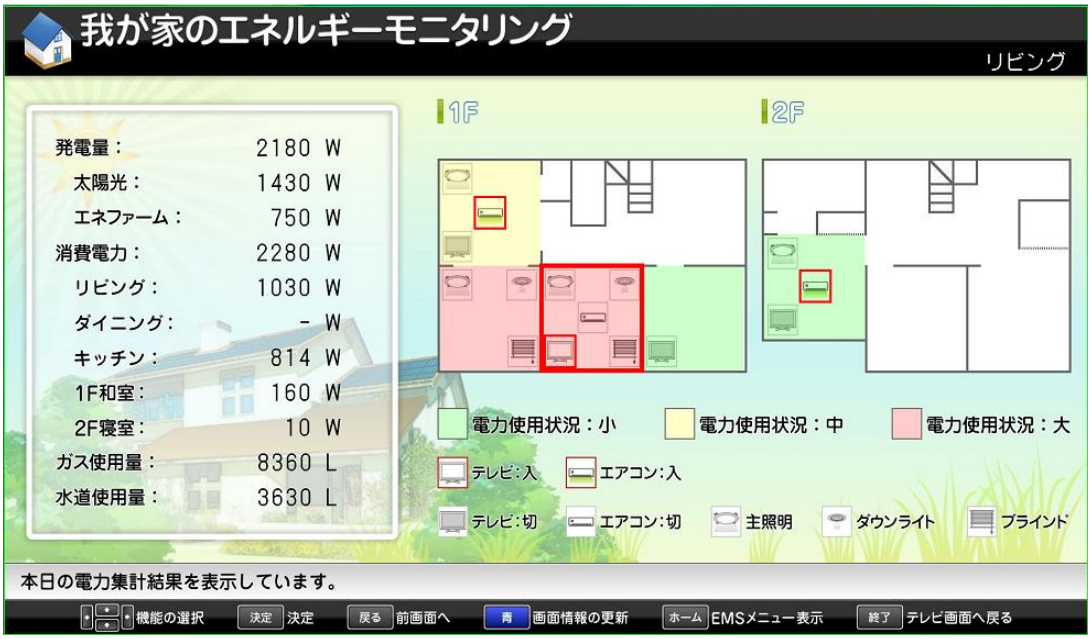


図 5-5　我が家のエネルギーモニタリング画面の画面例

「我が家のエネルギーモニタリング」画面の左側には、実験住宅のエネルギー関係の数値を一覧表示する。発電量は、実験住宅全体の総発電量と発電機器ごとの内訳とを表示する。消費電力は、実験住宅全体の総消費電力と部屋ごとの内訳とを表示する。この表示により、宅内のエネルギー関係の情報が 1 つの画面で確認できる。

「我が家のエネルギーモニタリング」画面の右側には、実験住宅の間取りと各部屋の設置機器とにより、部屋ごとの電力使用状況と各機器の運転状況とを表示する。部屋ごとの電力使用量は、間取りに合わせて部屋の色を半透明色で表示する。使用量が大きい場合には薄緑色、使用量が中程度の場合には薄黄色、使用量が小さい場合には薄桃色を用いて、部屋ごとの電力使用量を示す。また、各部屋に設置された機器のうち制御可能な機器をアイコン表示する。制御可能な機器のうち電力消費量の比較的大きいものに関しては、使用中状態と非使用状態とによってアイコンを変えて表示する。

この表示により、どの部屋の電気使用量が多いか、どの部屋のどの機器が動作したままになっているかを、ユーザは直感的に理解することができる。

さらに、リモコン操作により実験住宅の間取りで部屋を選択することができる。部屋を選択することにより、個別機器の手動コントロール画面に遷移する。

(c)　ECO 生活への素敵なヒント

メニュー表示第 2 階層のメニューにおいて、ECO ナビサービスの項目を選択すると、「ECO 生活への素敵なヒント」画面に遷移する。図 5-6 は、「ECO 生活への素敵なヒント」

画面の画面例である。

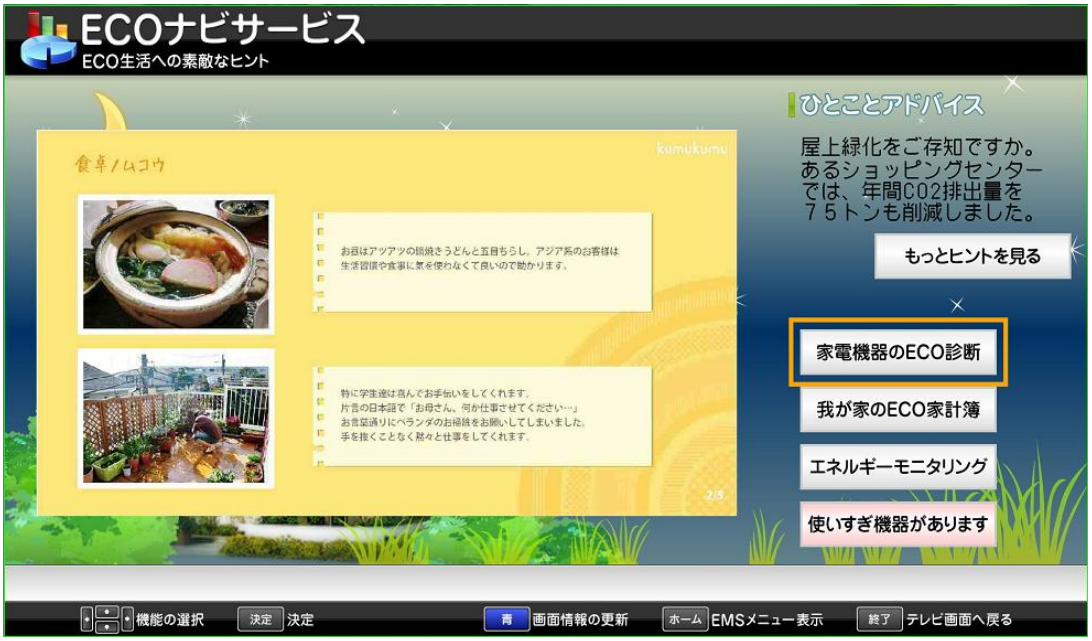


図 5-6　ECO 生活への素敵なヒント画面の画面例

「ECO 生活への素敵なヒント」画面の右上には、ひとことアドバイスとして、エコロジーな生活を提案する文を表示する。ひとことアドバイスは、「ECO 生活への素敵なヒント」画面を表示するごとに、異なる文が表示される。ひとことアドバイスにより、ユーザの自発的な省エネ活動を喚起することを目的としている。さらに、ユーザが別のアドバイスを求めた場合のために、ひとことアドバイスの右下に「もっとヒントを見る」アイコンを設けている。ユーザが「もっとヒントを見る」アイコンを選択すると、エコロジー生活を提案するインターネットサービスに画面遷移する。エコロジー生活を提案するインターネットサービスでは、ユーザに省エネ活動を促進するライフスタイルを提案する。

「ECO 生活への素敵なヒント」画面の左側には、エコロジーな生活を提案する情報をスライドショー表示する。ユーザはリモコン操作をすることなくエコロジーな生活を提案する情報を受動的に視聴することができる。

「ECO 生活への素敵なヒント」画面の右下には、「家電機器の ECO 診断」アイコン、「我が家の ECO 家計簿」アイコンおよび「エネルギーモニタリング」アイコンを配置する。

さらに、いずれかの機器の当日の稼働時間が、当該機器に対して設定された目標稼働時間を超えた場合には、「使いすぎ機器があります」アイコンを表示する。「使いすぎ機器があります」アイコンは、「ECO 生活への素敵なヒント」画面内の他のアイコンに比して強調表示し、省エネアドバイスとして当該機器の情報確認と設定見直しをユーザに促す。ユーザが「使いすぎ機器があります」アイコンを選択すると、ポップアップ画面にて、当該機器の名称と設置場所に加えて、当日の積算消費電力量、当日の稼働時間およびユーザの設定した目標稼働時間をそれぞれ表示する。さらに、ポップアップ画面上に「電源切」アイコンを表示し、ユーザに当該機器の電源を OFF にすることを促す。「電源切」アイコンを選択すると、当該機器の電源が OFF になる。「使いすぎ機器があります」アイコンを選

択したときのポップアップ画面例を図 5-7 に示す。

図 5-7　「使いすぎ機器があります」アイコンを選択したときのポップアップ画面例

(d)　家電機器の ECO 診断

「ECO 生活への素敵なヒント」画面で「家電機器の ECO 診断」アイコンを選択すると、「ECO 診断結果」画面に遷移する。図 5-8 は、「ECO 診断結果」画面の画面例である。

図 5-8　ECO 診断結果画面の画面例

「ECO 診断結果」画面では、実験住宅内の機器のうち、過去 1 週間で積算消費電力量が多かった機器の上位 3 つを表示する。各機器の名称と設置場所に加えて、1 週間の平均消費電力、1 週間の平均稼働時間およびユーザの設定した目標稼働時間をそれぞれ表示する。

さらに、リモコン操作により積算消費電力量が多かった 3 つの機器のいずれかを選択することができる。ユーザが 3 つの機器のいずれかを選択すると、ポップアップ画面にて、当該機器の目標稼働時間を 1 時間減らしたときに節約できる金額を表示する。現在設定されている目標稼働時間が 1 日のうちに占める割合を棒グラフ表示する。ユーザは、リモコン操作により目標稼働時間の数値を変更する。数値が変更されると連動して棒グラフの長さも変わる。ユーザが、設定するアイコンを選択することにより、当該機器の目標稼働時間が設定される。棒グラフによって当該機器を必要以上に使いすぎていることを知覚させ、目標稼働時間を 1 時間減らしたときに節約できる金額を表示することにより省エネの具体的な利益を示し、目標設定時間を自ら設定させることによって自主的な取り組みであることを意識づけることにより、ユーザの省エネ行動を喚起することができる。積算消費電力量の多い機器を選択したときのポップアップ画面の画面例を図 5-9 に示す。

図 5-9　積算消費電力量の多い機器を選択したときのポップアップ画面例

「ECO 診断結果」画面の左側には、「買い換え提案」アイコンを配置する。

(e)　買い換え提案

「ECO 診断結果」画面で「買い換え提案」アイコンを選択すると、「買い換え提案」画面に遷移する。図 5-10 は、「買い換え提案」画面の画面例である。

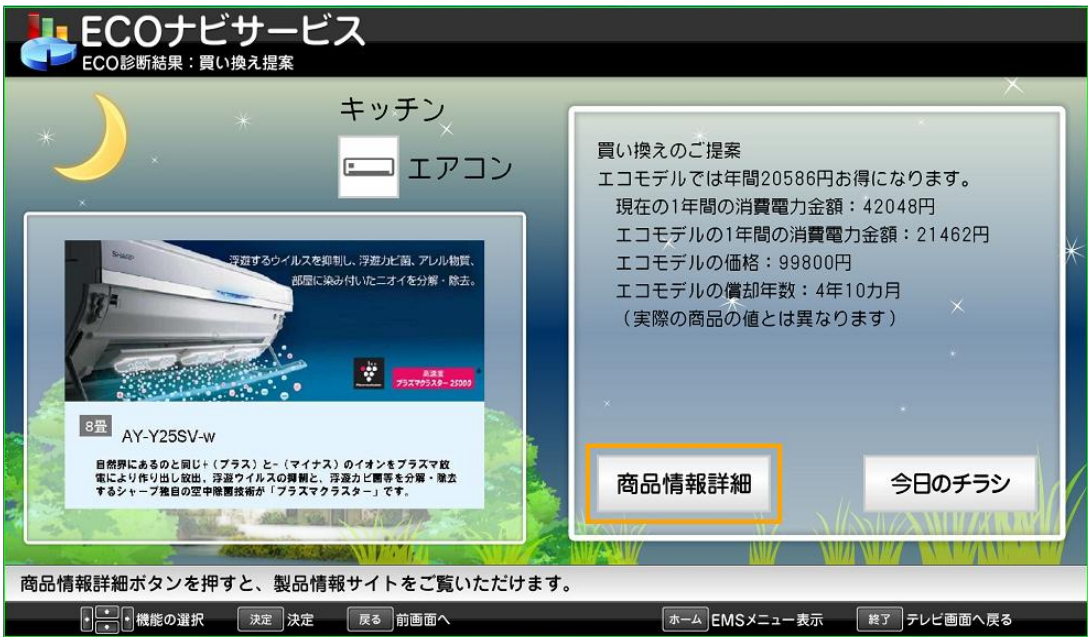


図 5-10　買い換え提案画面の画面例

「買い換え提案」画面では、「ECO 診断結果」画面において実験住宅内の機器のうち、過去 1 週間で積算消費電力量が最も多かった機器（以下、「買い換え対象機器」という。）に対する買い換えを提案する。「買い換え提案」画面の左下には、ユーザが買い換える場合に新しく導入する機器の候補（以下、「買い換え提案機器」という。）の情報をスライドショー表示する。また、「買い換え提案」画面の右上には、買い換え対象機器を買い換え提案機器に置き換えた場合のユーザのメリットの情報を表示する。ユーザのメリットの情報とは、具体的には、買い換え対象機器の 1 年間の消費電力の金額換算値（金額換算値 A)、買い換え提案機器の 1 年間の消費電力の金額換算値（金額換算値 B)、金額換算値 A と金額換算値 B との差額、買い換え提案機器の価格および買い換え提案機器の償却年数である。買い換え提案機器の償却年数は、買い換え提案機器の価格を金額換算値 A と金額換算値 B との差額で除すことにより計算する。ユーザのメリットの情報を表示する際には、ユーザに対して買い換えを促す効果が最も高いと思われる、金額換算値 A と金額換算値 B との差額情報を最も目立つようにする。

ユーザが、買い換え提案機器の購入を検討する際に必要な情報として、「商品情報詳細」アイコンと「今日のチラシ」アイコンとを表示する。ユーザが「商品情報詳細」アイコンを選択すると、買い換え提案機器の詳細情報を紹介するインターネットサービスに画面遷移する。また、ユーザが「今日のチラシ」アイコンを選択すると、実験住宅周辺の電子チラシを表示するインターネットサービスに画面遷移する。ユーザは、買い換え提案機器の詳細情報を紹介するインターネットサービスによって買い換え提案機器のスペックを検索し、電子チラシを表示するインターネットサービスによって自宅近くで販売されている買い換え提案機器の情報を知ることができる。

(f)　**我が家の ECO 家計簿**

「ECO 生活への素敵なヒント」画面で「我が家の ECO 家計簿」アイコンを選択すると、

「我が家の ECO 家計簿」画面に遷移する。図 5-11 は、「我が家の ECO 家計簿」画面の画面例である。

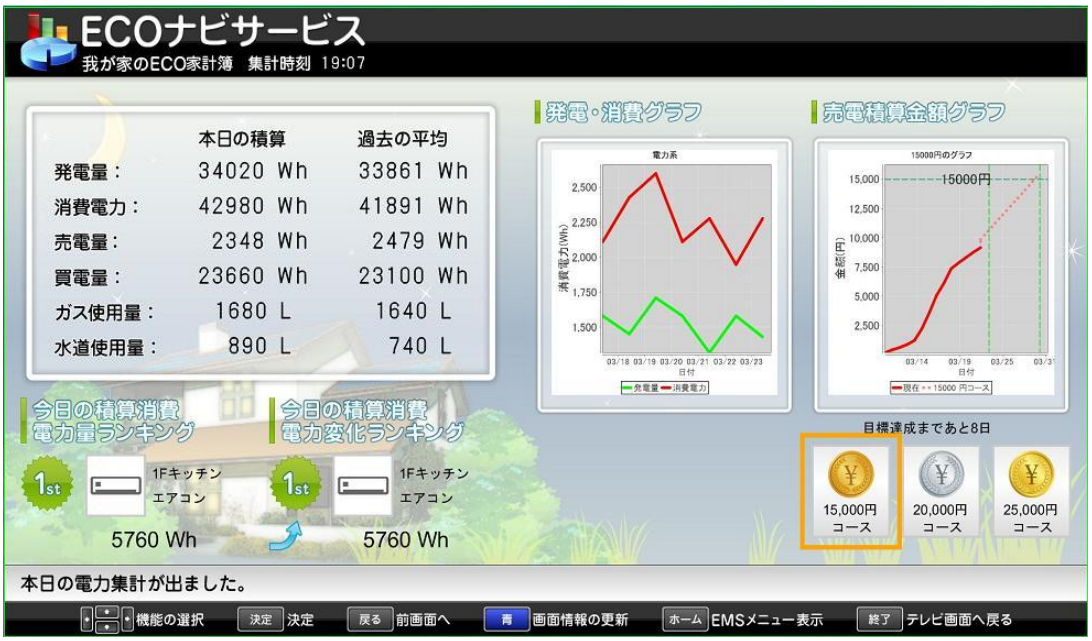


図 5-11　我が家の ECO 家計簿画面の画面例

「我が家の ECO 家計簿」画面の左半分（中央部を含む）では、実験住宅のエネルギー関係の数値をさまざまな比較を用いてユーザに提示する。

左上部では、発電量、消費電力、売電量等に関して、当日の積算値と過去の１日あたりの平均値とを並べて表示する。これによりユーザは、発電量、消費電力、売電量等が過去に比してどのように変化したかを知ることができる。

左下部では、実験住宅内の機器のうち、当日に積算消費電力量が最も多かった機器と、前日の積算消費電力量と当日の積算消費電力量との差が最も大きかった機器とを表示する。各機器の名称と設置場所に加えて、当日の積算消費電力量を表示する。さらに、前日の積算消費電力量と当日の積算消費電力量との差が最も大きかった機器には、前日よりも積算消費電力量が増えたのか減ったのかを示すアイコンを付す。これらによりユーザは、実験住宅内の消費電力量を削減するためにはどの機器を制御するのが効果的かと言うことを知ることができる。

中央部では、実験住宅全体の発電量と消費電力とを、日ごとの折れ線グラフで表示する。このグラフによりユーザは、家全体の発電量および消費電力の日ごとの変化を知ることができる。

一方、「我が家の ECO 家計簿」画面の右半分（中央部を除く）では、売電金額の累積値を日ごとの折れ線グラフで表示する。さらに、折れ線グラフの傾きを後述する規則に従って将来に向かって延長することにより、将来得られる売電金額の累積値をシミュレーションして表示する。さらにコース設定を切り替えることにより、将来得られる売電金額の累積値のシミュレーション結果を変更することができる。コース設定切り替えのため、折れ線グラフの下に、コース 1 アイコン、コース 2 アイコンおよびコース 3 アイコンを表示す

る。

コース 1 アイコンにフォーカスを設定している状態では、シミュレーションコース 1 の折れ線グラフを表示する。シミュレーションコース 1 では、累積開始日から現在までの折れ線グラフの平均的な傾きに従って、折れ線グラフを将来に向かって延長する。シミュレーションコース 1 では、シミュレーション目標金額 1 を定めておき、当日から売電金額の累積値がシミュレーション目標金額に達する日（以下、「シミュレーション目標金額達成日」という。）までの日数を表示する。

コース 2 アイコンにフォーカスを設定すると、図 5-12 に示すように、シミュレーションコース 2 の折れ線グラフに表示を切り換える。シミュレーションコース 2 のシミュレーション目標金額達成日は、シミュレーションコース 1 のシミュレーション目標金額達成日と同じとし、当日からシミュレーション目標金額達成日までの日数を表示する。シミュレーションコース 2 では、シミュレーション目標金額 1 より高いシミュレーション目標金額 2 を定めておき、シミュレーション目標金額達成日にシミュレーション目標金額 2 に達するように、折れ線グラフを将来に向かって延長する。

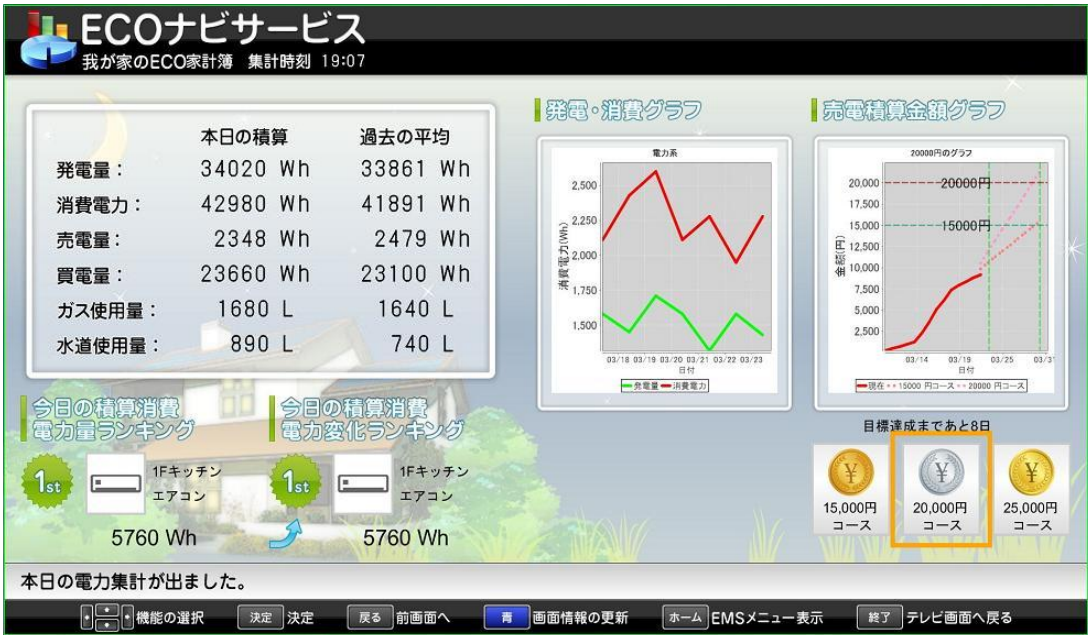


図 5-12　シミュレーションコース 2 の折れ線グラフを表示した画面例

さらに、コース 2 アイコンを選択すると、図 5-13 に示すように、シミュレーションコース 2 用のポップアップ画面を表示する。ポップアップ画面では、売電金額の累積値が目標金額達成日に目標金額 2 に達するためには、今までの使い方に比して電力消費量をどの程度削減しなければならないかという情報を表示する。また、同じポップアップ画面にて「使いすぎ機器の確認」アイコンを表示し、実験住宅内で電力消費量の多い機器の設定を確認するよう、ユーザに促す。シミュレーションコース 2 は、ユーザの自発的行動により実験住宅全体の消費電力量を抑制することを期待している。

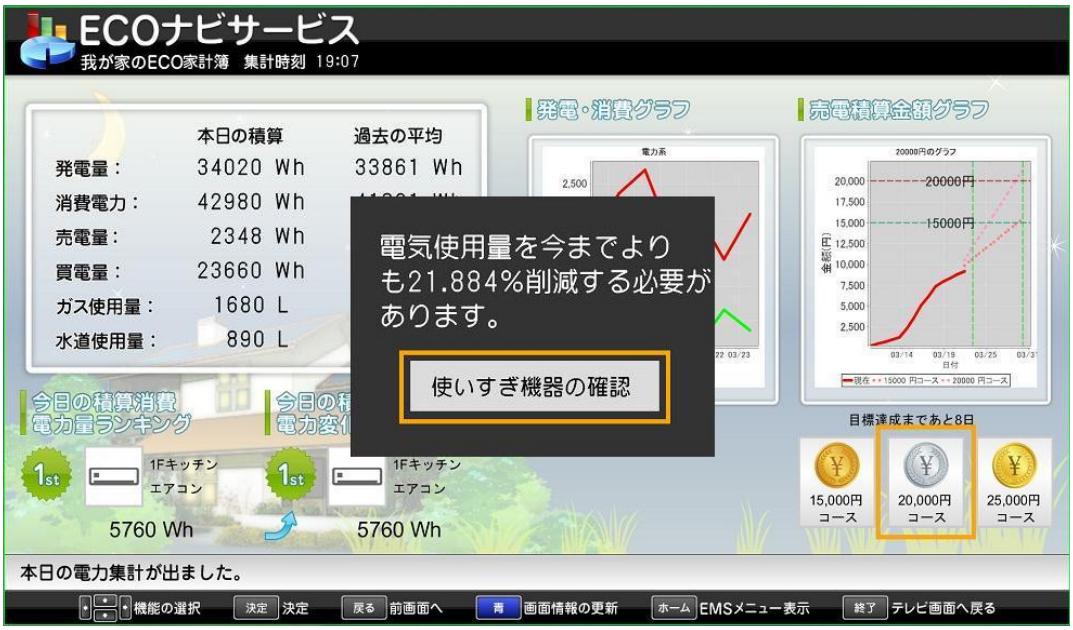


図 5-13　シミュレーションコース 2 のポップアップ画面を表示した画面例

コース 3 アイコンにフォーカスを設定すると、図 5-14 に示すように、シミュレーションコース 3 の折れ線グラフに表示を切り換える。シミュレーションコース 3 のシミュレーション目標金額達成日は、シミュレーションコース 1 のシミュレーション目標金額達成日と同じとし、当日からシミュレーション目標金額達成日までの日数を表示する。シミュレーションコース 3 では、シミュレーション目標金額 2 より高いシミュレーション目標金額 3 を定めておき、シミュレーション目標金額達成日にシミュレーション目標金額 3 に達するように、折れ線グラフを将来に向かって延長する。

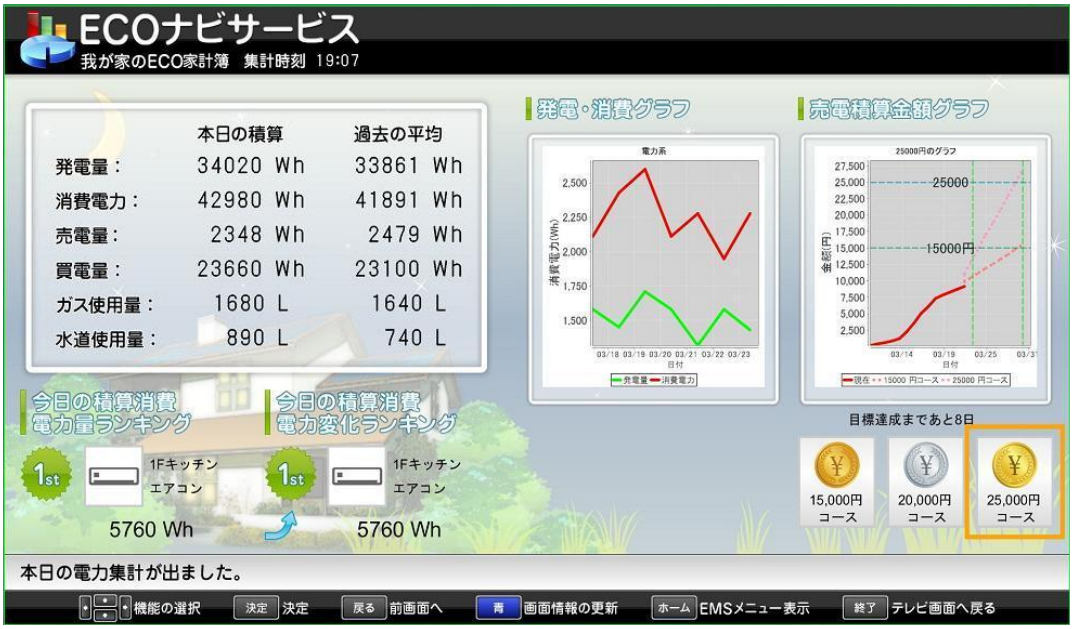


図 5-14　シミュレーションコース 3 の折れ線グラフを表示した画面例

さらに、コース 3 アイコンを選択すると、図 5-15 に示すように、シミュレーションコース 3 用のポップアップ画面を表示する。ポップアップ画面では、売電金額の累積値が目

標金額達成日に目標金額 3 に達するためには、今までの使い方に比して電力消費量をどの程度削減しなければならないかという情報を表示する。また、同じポップアップ画面にて「自動設定」アイコンを表示し、実験住宅の機器を自動設定とするよう、ユーザに促す。但し、本実験システムでは、実験住宅の機器の制御を実際に自動設定することは行わない。シミュレーションコース 3 は、ユーザが実験システムに制御を任せることにより実験住宅全体の消費電力量を抑制することを期待している。

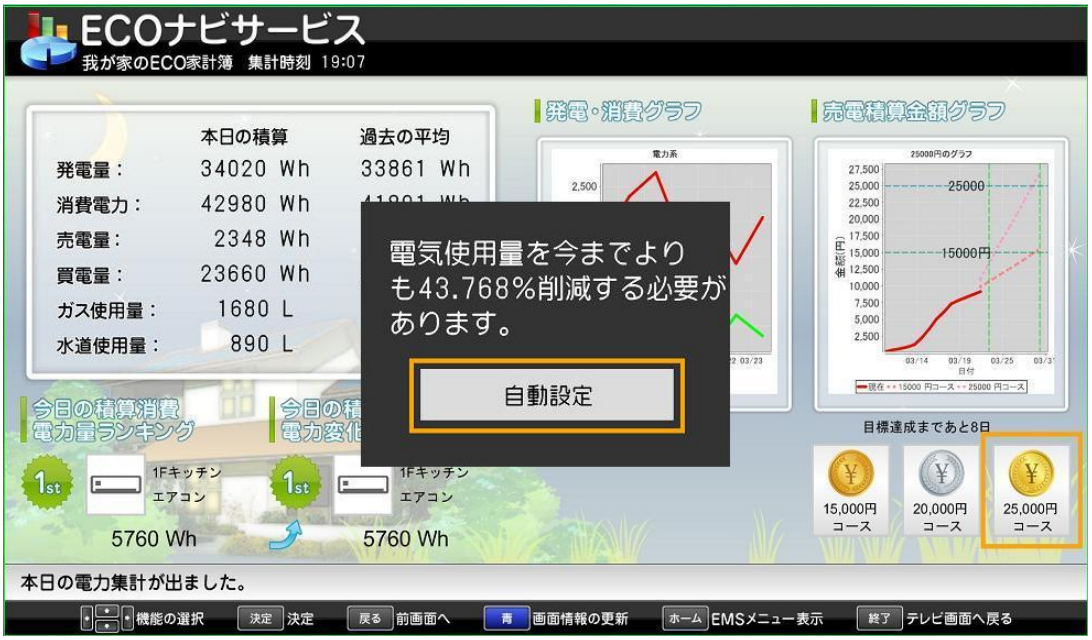


図 5-15　シミュレーションコース 3 のポップアップ画面を表示した画面例

(2) HEMS

本実証実験における HEMS とは、テレビ画面を見ながらテレビ用リモコン送信機で宅内の個々の機器を遠隔制御することに加え、外出、就寝などの生活シーンに合わせて複数の家電を一括制御する機能を指す。

本実験システムは、以下のテレビ向けユーザインタフェースを備えた HEMS を提供する。

(a)　おうちコントロール

メニュー表示第 2 階層のメニューにおいて、おうちコントロールの項目を選択すると、「おうちコントロール」画面に遷移する。図 5-16 は、「おうちコントロール」画面の画面例である。

図 5-16　おうちコントロール画面の画面例

「おうちコントロール」画面の右側には、「外出」アイコン、「起床」アイコン、「食事」アイコン、「掃除」アイコン、「帰宅」アイコン、「就寝」アイコン、「映画鑑賞」アイコンおよび「手動コントロール」アイコンを並べて表示する。これらのアイコンのうち、「手動コントロール」アイコン以外の 7 つのアイコンは、生活シーンに合わせて複数の機器を一括制御するために用いる。「映画鑑賞」アイコンが選択された場合には、複数の機器を一括制御することに加えて、テレビ向けに映画を配信するインターネットサービスに画面遷移する。ユーザは、リモコン操作を 1 回行うだけで、複数の機器を映画鑑賞用に設定するとともに、映画を配信するインターネットサービスを呼び出すことができる。なお、「手動コントロール」アイコンが選択された場合には、一旦「我が家のエネルギーモニタリング」画面に遷移して、部屋および操作対象を選択した後に機器の制御を行う。

「おうちコントロール」画面の左側には、画面右側のアイコンが示す生活シーンに関係のある情報をスライドショー表示する。生活シーンに関係のある情報は高精細な写真の上にメッセージを重ねたものである。生活シーンに関係のある情報の表示により、ユーザが次に行う生活シーンを想像し、その後複数の機器を一括制御することが期待できる。生活シーンに関係のある情報の表示は、ユーザに目的を持たせることで、より効率的かつよりエネルギー削減効果の高い制御にユーザを誘導することを目的とする。

(b)　個別機器の手動コントロール

「我が家のエネルギーモニタリング」画面で、実験住宅の間取りから部屋を選択すると、個別機器の手動コントロール画面に遷移する。図 5-17 は、個別機器の手動コントロール画面の画面例である。

図 5-17　個別機器の手動コントロール画面の画面例

個別機器の手動コントロール画面は、「我が家のエネルギーモニタリング」画面のポップアップ画面として構成される。実験住宅の間取りから選択された部屋に配置された機器のポップアップ画面が横に並べて表示される。機器のポップアップ画面には、機器の名称を表示する。さらに、稼働状態がわかる機器に関しては稼動状態情報を、現在の消費電力がわかる機器に関しては消費電力情報を合わせて表示する。

機器のポップアップ画面のうち 1 つにフォーカスを設定している状態では、当該機器のポップアップ画面を強調表示するとともに、当該機器のポップアップ画面の下部に当該機器の制御用ポップアップ画面を表示する。制御用ポップアップ画面は、当該機器のリモコン送信機を模してデザインされている、例えば、エアコンの制御用ポップアップ画面には、電源ボタン、自動運転ボタン、冷房ボタン、暖房ボタン、除湿ボタンなどが配置されている。また、例えば、テレビの制御用ポップアップ画面には、電源ボタン、チャンネルボタン、音量ボタン、選局ボタンなどが配置されている。ユーザは、テレビのリモコン操作により機器を選択し、それぞれの機器のリモコン送信機と同じ操作で各機器の遠隔制御を行うことができる。

5.2.4. システム概略仕様

本実験システムは、アプリケーションサーバ、機器制御装置、被制御実証機器から構成される。

以下に、アプリケーションサーバと機器制御装置の概略仕様を示す。

(1) アプリケーションサーバ

アプリケーションサーバは、実験住宅内のエネルギー情報を取得して見える化 UI を構築し、テレビの画面を通してユーザに提供する。更にその UI を利用して、実験住宅内の機器の制御を可能にする。

図 5-18 に、アプリケーションサーバの構成を示す。

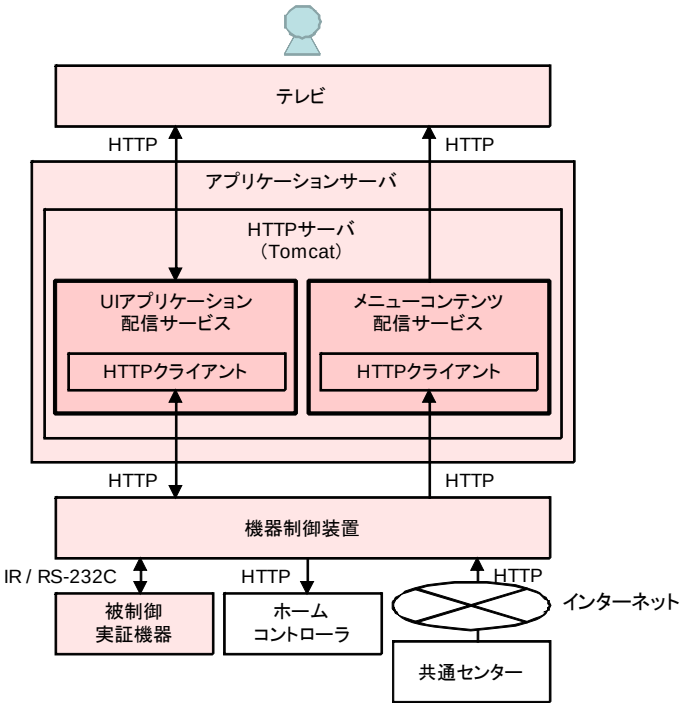


図 5-18　アプリケーションサーバ：構成

アプリケーションサーバは、Ethernet を使用してテレビと IP ネットワークで接続される。アプリケーションサーバ上では HTTP サーバ（Tomcat）が動作しており、その上で二つの Web アプリケーション（Servlet）が動作する。

まずアプリケーションサーバ上では、UI アプリケーションを配信するための仕組みとして、UI アプリケーション配信サービスが動作する。UI アプリケーション配信サービスは、Ex システムを利用して構築される。Ex システムは、テレビのインターネットブラウザ上に SVG を利用した表現力豊かな UI 画面を構築するためのフレームワークであり、Ex システムに対応するインターネットブラウザは、テーマ 2-4 実証テレビに搭載されている。

またアプリケーションサーバ上では、メニューコンテンツを配信するための仕組みとして、メニューコンテンツ配信サービスが動作する。メニューコンテンツ配信サービスは、「新・

モーションガイド」を利用して構築される。「新・モーションガイド」は、テレビ画面上から各種コンテンツへシームレスな移行を可能にするメニューであり、テーマ 2-4 実証テレビに搭載されている。本実験システムでは、「新・モーションガイド」を利用してユーザを本実験システムの見える化 UI へ誘導する。

UI アプリケーション配信サービスとメニューコンテンツ配信サービスは、HTTP サーバ（Tomcat）上の Web アプリケーション（Servlet）であると同時に、HTTP クライアントとして機器制御装置と通信を行う。機器制御装置では、HTTP サーバ（IIS）上で情報取得および機器制御のための Web アプリケーション（ASP .NET）が動作しており、アプリケーションサーバから HTTP プロトコルを使用して情報取得と機器制御を行う。機器制御装置の先には、被制御実証機器やテーマ 2-3 機器が接続される。

表 5-2 に、アプリケーションサーバのハードウェア仕様を示す。

表 5-2　アプリケーションサーバ：ハードウェア仕様

項目	内容
CPU	Intel Core2 Quad 3.00GHz
メモリ	2GB
HDD	320GB

表 5-3 に、アプリケーションサーバのソフトウェア環境を示す。

表 5-3　アプリケーションサーバ：ソフトウェア環境

項目	内容
OS	Microsoft Windows XP Professional SP3
開発環境	Java SE Development Kit（JDK）6.0 Eclipse 3.4
実行環境	Java Runtime Environment（JRE）6.0 Apache Tomcat 6.0.20

以下に、UI アプリケーション配信サービスとメニューコンテンツ配信サービスの概略仕様を示す。

(a)　UI アプリケーション配信サービス（Ex システム）

UI アプリケーション配信サービスは、Ex システムを利用して構築される。

a)　構成と動作

図 5-19 に、UI アプリケーション配信サービスの構成を示す。

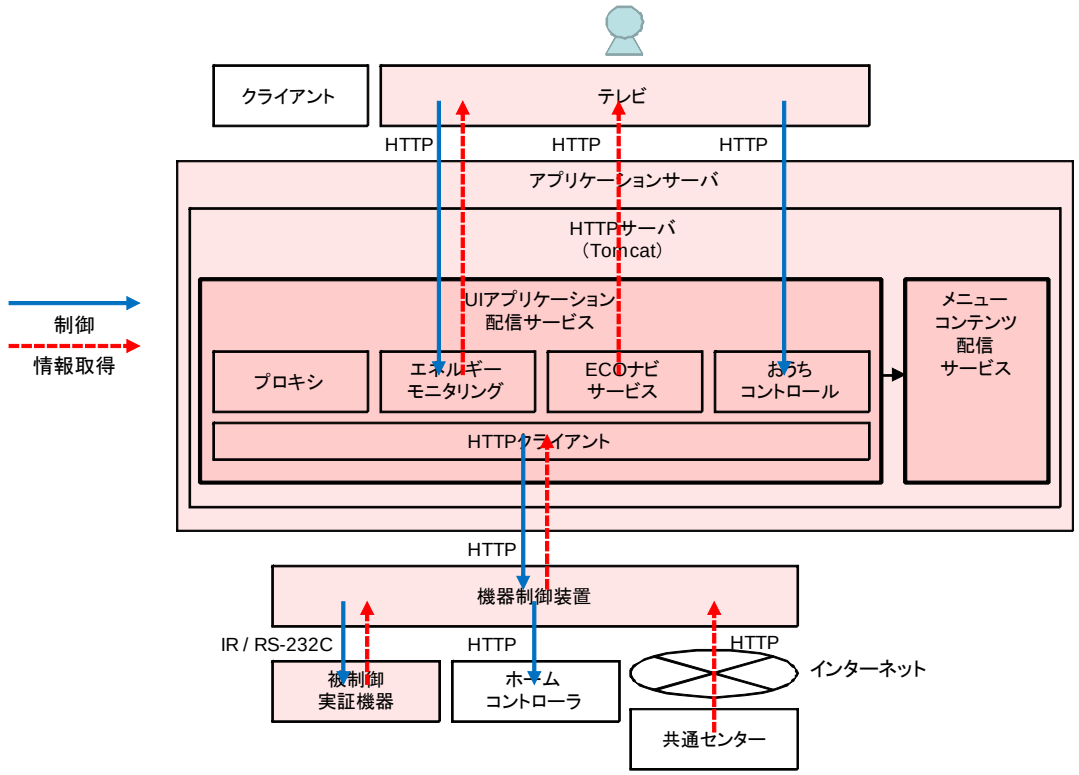


図 5-19　UI アプリケーション配信サービス：構成

Ex システムは、サービスを提供する事業者がインターネット上に用意する Ex サーバに対して、Ex システムに対応したテレビのインターネットブラウザから HTTP プロトコルを使用してアクセスし、そこに用意されている Web アプリケーション（Servlet）を実行する。Web アプリケーションは SVG で記述された UI アプリケーションをテレビに配信し、当該テレビのインターネットブラウザが内蔵する SVG 描画エンジンが、テレビ画面上に表現力豊かな UI 画面を構築する。

本実験システムではこの Ex システムの仕組みを利用するが、Ex サーバはインターネット上ではなく、本実験システム内の IP ネットワーク上にあるアプリケーションサーバにおいて動作させる。本実験システムで用意する Ex サーバのことを、UI アプリケーション配信サービスと呼ぶ。

UI アプリケーション配信サービスは、先に述べた通り、Tomcat 上の Web アプリケーション（Servlet）として構築され、テレビ画面から実験住宅内のエネルギー情報の取得と機器の制御を可能にする。本実験システムでは、テレビの見える化 UI アプリケーションとして、三つの UI アプリケーションを用意する。エネルギーモニタリング、ECO ナビサービス、おうちコントロールの三つである。各 UI アプリケーションの初期画面には、後述する「新・モーションガイド」のメニュー2 階層目から、それぞれ、「電力モニタリング」メニュー、「ECO ナビサービス」メニュー、「おうちコントロール」メニューを選択することで遷移する。

b)　画面

図 5-20 に、各 UI アプリケーションとメニューコンテンツ（後述）の画面遷移を示す。

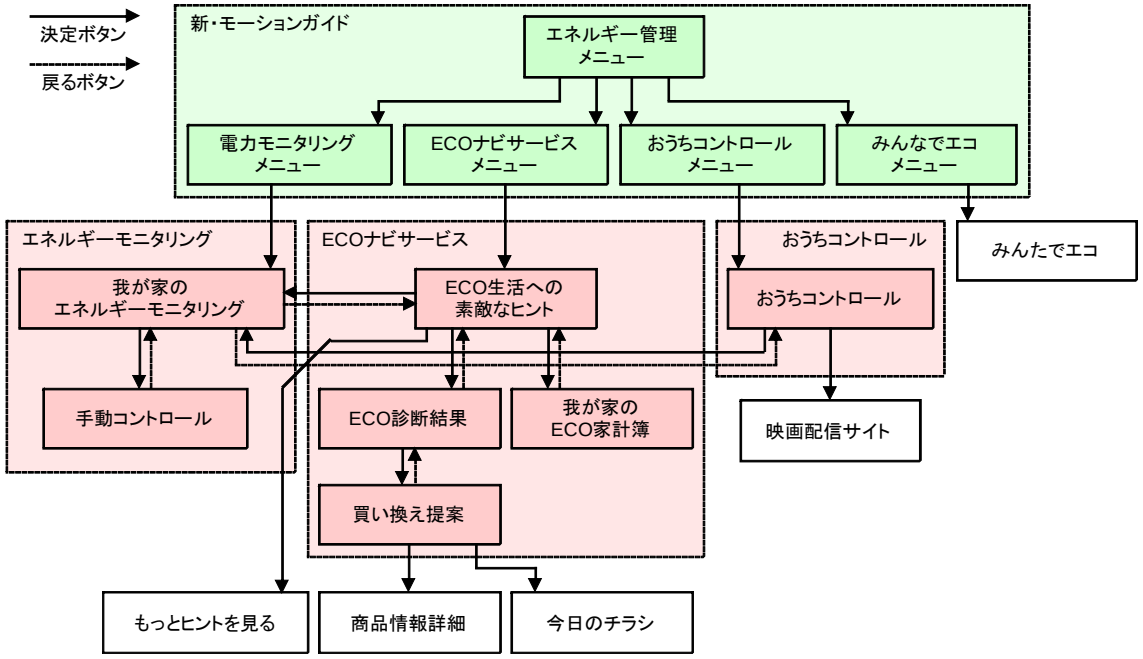


図 5-20　UI アプリケーション配信サービス：画面遷移

以下に各画面の内容を示す。

ｱ)　我が家のエネルギーモニタリング

「新・モーションガイド」から「電力モニタリング」メニューを選択すると、UI アプリケーション「エネルギーモニタリング」が起動し、「我が家のエネルギーモニタリング」画面が表示される。「我が家のエネルギーモニタリング」画面では、実験住宅の間取り図を示して、実験住宅内のエネルギー情報を表示する。「我が家のエネルギーモニタリング」画面へは、後述する「ECO 生活への素敵なヒント」画面や「おうちコントロール」画面からも遷移する。「我が家のエネルギーモニタリング」のサービス詳細は、5.2.3. 提供するサービスと機能 - (1) ECO ナビサービス - (b) 我が家のエネルギーモニタリング　で述べる。

ｲ)　手動コントロール

「我が家のエネルギーモニタリング」画面の間取り図から部屋を選択すると、「手動コントロール」画面へと遷移する。「手動コントロール」画面では、部屋に設置された各機器の制御が行える。手動コントロールのサービス詳細は、5.2.3. 提供するサービスと機能 - (2) HEMS - (b) 個別機器の手動コントロール　で述べる。

ｳ)　ECO 生活への素敵なヒント

「新・モーションガイド」から「ECO ナビサービス」メニューを選択すると、UI アプリケーション「ECO ナビサービス」が起動し、「ECO 生活への素敵なヒント」画面が表示される。「ECO 生活への素敵なヒント」画面では、様々な ECO アドバイスを提供する。この画面で「もっとヒントを見る」アイコンを選択すると、エコロジー生活を提案するインターネットサービスのサイトへ遷移する。「ECO 生活への素敵なヒント」のサービス詳細は、5.2.3. 提供するサービスと機能 - (1) ECO ナビサービス - (c) ECO 生活への素敵なヒント　で述べる。

ｴ)　ECO 診断結果

「ECO 生活への素敵なヒント」画面で「家電機器の ECO 診断」アイコンを選択すると、「ECO 診断結果」画面へと遷移する。「ECO 診断結果」画面では、使い過ぎ機器のリストが表示され、目標稼働時間の設定が行える。「ECO 診断結果」のサービス詳細は、5.2.3. 提供するサービスと機能 - (1) ECO ナビサービス - (d) 家電機器の ECO 診断　で述べる。

ｵ) 買い換え提案

「ECO 診断結果」画面で「買い換え提案」アイコンを選択すると、「買い換え提案」画面へと遷移する。「買い換え提案」画面では、使い過ぎ機器に対して ECO モデルへの買い換え提案を行う。この画面で「商品情報詳細」アイコンを選択すると、買い換え提案機器の詳細情報を紹介するインターネットサービスのサイトへ遷移する。また、「今日のチラシ」アイコンを選択すると、実験住宅周辺の電子チラシを表示するインターネットサービスのサイトへ遷移する。「買い換え提案」のサービス詳細は、5.2.3. 提供するサービスと機能 - (1) ECO ナビサービス - (e) 買い換え提案　で述べる。

ｶ) 我が家の ECO 家計簿

「ECO 生活への素敵なヒント」画面で「我が家の ECO 家計簿」アイコンを選択すると、「我が家の ECO 家計簿」画面へと遷移する。「我が家の ECO 家計簿」画面では、実験住宅内のエネルギー情報を、グラフ等を使用して表示する。「我が家の ECO 家計簿」のサービス詳細は、5.2.3. 提供するサービスと機能 - (1) ECO ナビサービス - (f) 我が家の ECO 家計簿　で述べる。

ｷ) おうちコントロール

「新・モーションガイド」から「おうちコントロール」メニューを選択すると、UI アプリケーション「おうちコントロール」が起動し、「おうちコントロール」画面が表示される。「おうちコントロール」画面では、生活シーンに合わせて実験住宅内の機器を一括制御できる。この画面で映画鑑賞シーンを選択すると、機器を一括制御した後、テレビ向けに映画を配信するインターネットサービスのサイトへ遷移する。「おうちコントロール」のサービス詳細は、5.2.3. 提供するサービスと機能 - (2) HEMS - (a) おうちコントロール　で述べる。

c) 新着通知

UI アプリケーション配信サービスは、ユーザに対する新着情報が存在する場合、メニューコンテンツ配信サービスに新着情報ありの通知を行う。

表 5-4 に、新着通知の内容を示す。

表 5-4　UI アプリケーション配信サービス：新着通知

項目	内容
電力量超過通知	機器のその日の稼働時間が、機器毎に設定される目標稼働時間を上回った場合に発生する 本実験システムでは、被制御実証機器のみが電力量超過通知の対象である

電力量超過が発生すると、「ECO 生活への素敵なヒント」画面に、「使い過ぎ機器があります」というアイコンが追加され、機器の電源を切ることができるようになる。機器の電源を切ると、その機器の電力量超過状態は終了し、翌日まで再び電力量超過状態になることはない。

d) プロキシ

UI アプリケーション配信サービスは、テーマ 2-4 実証テレビ以外のクライアントに対して、被制御実証機器の情報取得や機器制御を行うためのインタフェースを提供する。これにより、本実験システムからテーマ 2-3 機器の情報取得や機器制御が可能なのと同様に、テーマ 2-3 の実験システムから被制御実証機器の情報取得や機器制御が可能となる。

テーマ 2-4 実証テレビ以外のクライアントから UI アプリケーション配信サービスのプロキシにアクセスする際には、HTTP プロトコルを使用する。プロキシは、受信した HTTP リクエストをリクエスト URI から特定される機器制御装置に中継し、それに対する HTTP レスポンスをクライアントに中継する。

(b) メニューコンテンツ配信サービス（新・モーションガイド）

メニューコンテンツ配信サービスは、テーマ 2-4 実証テレビで採用されている「新・モーションガイド」を利用して、テレビ画面上にエネルギー情報のメニューコンテンツを表示させるサービスである。

a) 構成と動作

図 5-21 に、メニューコンテンツ配信サービスの構成を示す。

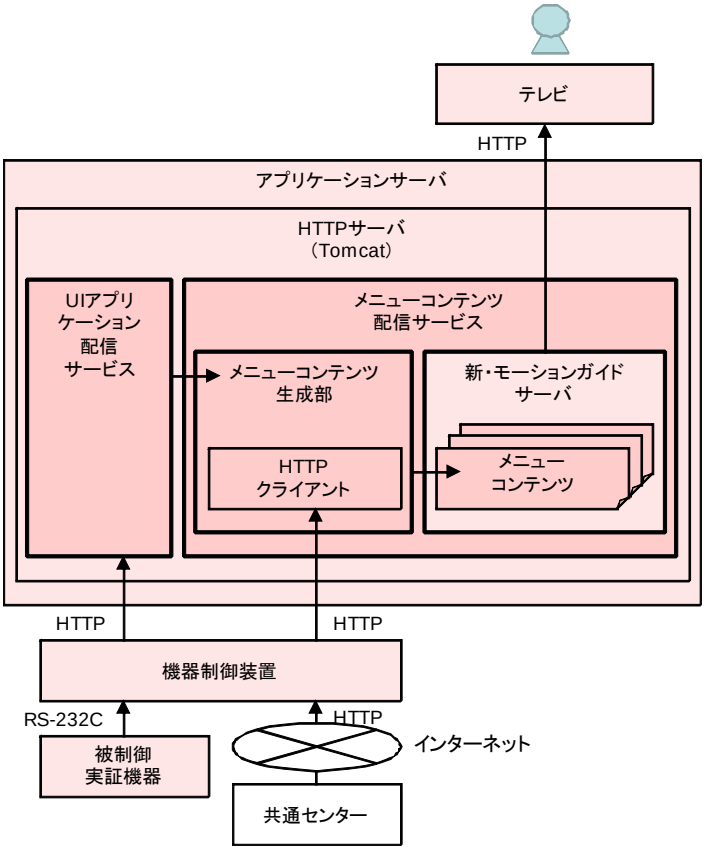


図 5-21　メニューコンテンツ配信サービス：構成

「新・モーションガイド」は、通常、インターネット上に用意する新・モーションガイドサーバに対して、「新・モーションガイド」に対応したテレビから HTTP プロトコルを使用してアクセスし、そこに用意されているメニューコンテンツを取得してテレビ画面上に表示することで実現する。メニューコンテンツとしてはサービス事業者製のコンテンツが用意されている。

本実験システムでは、新・モーションガイドサーバをアプリケーションサーバ上に用意し、テーマ 2-4 実証テレビのファームウェアを変更して、インターネット上ではなくアプリケーションサーバ上の新・モーションガイドサーバにアクセスするよう設定してある。アプリケーションサーバ上の新・モーションガイドサーバ（以後、新・モーションガイドサーバと呼ぶ場合は、特に断りの無い限り、アプリケーションサーバ上の同サーバを指すものとする）は、サービス事業者製のコンテンツに加えて、本実験システムのエネルギー情報のメニューコンテンツをテーマ 2-4 実証テレビに提供する。エネルギー情報のメニューコンテンツは、同じくアプリケーションサーバ上で動作するメニューコンテンツ生成部により生成される。このメニューコンテンツ生成部と新・モーションガイドサーバを合わせて、メニューコンテンツ配信サービスと呼ぶ。

メニューコンテンツ生成部は、Tomcat 上で動作するアプリケーションである。HTTP クライアントの機能を有しており、機器制御装置上の IIS と通信を行って、実験住宅内のエネルギー情報を取得する。また、アプリケーションサーバ上で動作する UI アプリケーション配信サービスから、ユーザに対する新着情報が存在するかを取得する。そして、

これらエネルギー情報と新着情報からメニューコンテンツを生成する。メニューコンテンツの更新は 1 分間隔で行われる。

新･モーションガイドサーバは､Tomcat 上で動作する Web アプリケーション(Servlet)である。通常のメニューコンテンツにメニューコンテンツ生成部が生成したメニューコンテンツを加えて、本実験システム内のテーマ 2-4 実証テレビにこれらメニューコンテンツを提供する。本実験システム内のテーマ 2-4 実証テレビは HTTP プロトコルを使用して新・モーションガイドサーバにアクセスし、取得したメニューコンテンツをテレビ画面上に表示する。

b) メニューコンテンツ内容

本実験システムにおける「新・モーションガイド」のメニューコンテンツは、二階層で構成される。テーマ 2-4 実証テレビのリモコン送信機でインターネットボタンを押すと､メニュー1 階層目が表示される｡メニュー1 階層目は 10 個のメニューで構成される。このうちメニュー2 からメニュー10 は、通常のインターネット上の新・モーションガイドサーバが提供するメニューコンテンツに表示されるのと同様のサービス事業者製コンテンツが表示される。メニュー1 は本実験システムのためにメニューコンテンツ生成部が生成したメニューコンテンツで､ユーザをメニュー2 階層目へと誘導する役割を持つ。

メニュー1 階層目のメニュー1 を選択して決定ボタンを押すと、メニュー2 階層目が表示される。メニュー2 階層目の各メニューは、全て本実験システムのためにメニューコンテンツ生成部が生成したメニューコンテンツで、メニュー1 からメニュー3 は、ユーザを UI アプリケーション配信サービスが提供する各画面へと誘導する役割を持つ｡またメニュー4 は、テーマ 2-3 の実験システムが提供するインターネット上のコンテンツへと誘導する役割を持つ。

以下に各メニューコンテンツの内容を示す。

ｱ) エネルギー管理メニュー

「エネルギー管理」メニューでは、家全体の消費電力と、UI アプリケーション配信サービスから取得した新着情報を表示する｡「エネルギー管理」メニューを選択して決定ボタンを押すと、メニュー2 階層目へと移行する。

ｲ) 電力モニタリングメニュー

「電力モニタリング」メニューは、家全体の消費電力、発電量、売電量を表示する。「電力モニタリング」メニューを選択して決定ボタンを押すと、UI アプリケーション配信サービスが提供する「我が家のエネルギーモニタリング」画面へと移行する。

ｳ) ECO ナビサービスメニュー

「ECO ナビサービス」メニューは、UI アプリケーション配信サービスから取得した新着情報を表示する｡「電力モニタリング」メニューを選択して決定ボタンを押すと、UI アプリケーション配信サービスが用意する「ECO 生活への素敵なヒント」画面へと移行する。

ｴ) おうちコントロールメニュー

「おうちコントロール」メニューを選択して決定ボタンを押すと、UI アプリケーション配信サービスが用意する「おうちコントロール」画面へと移行する。

オ)　みんなでエコメニュー

「みんなでエコ」メニューを選択して決定ボタンを押すと、テーマ 2-3 の実験システムが用意するインターネット上のコンテンツへと移行する。

(2) 機器制御装置

機器制御装置は各部屋に一台ずつ設置され、アプリケーションサーバからのリクエストに応じて、機器（分電盤、ガスメーター、水道メーター、エアコン、テレビ）の情報取得と、機器（エアコン、テレビ、LED 照明、ブラインド）の制御を行う。

図 5-22 に、機器制御装置の構成を示す。

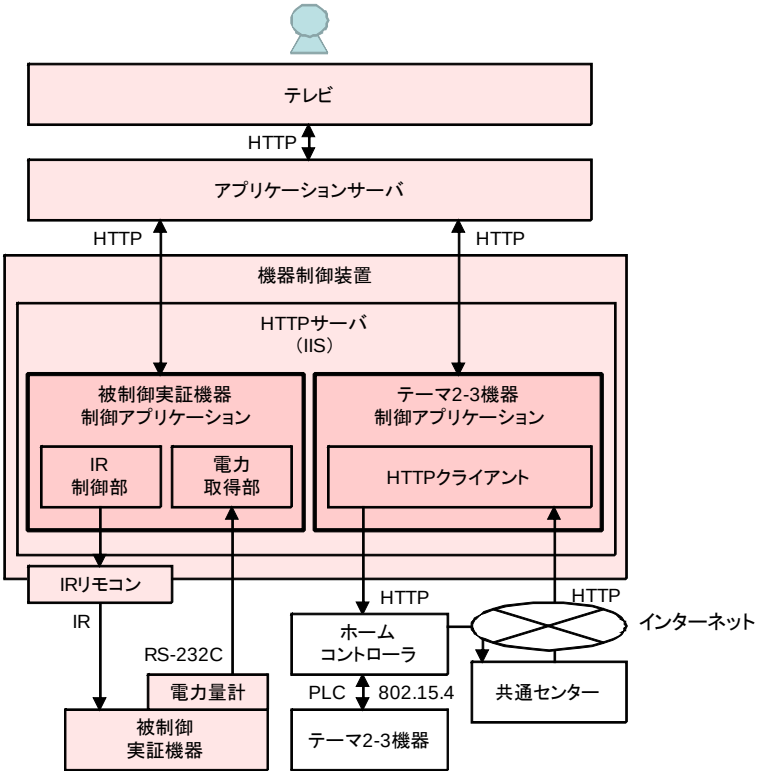


図 5-22　機器制御装置：構成

機器制御装置上では、二つのアプリケーションが動作する。一つ目は被制御実証機器制御アプリケーションで、本実験システムで用意した機器（エアコン、テレビ、LED 照明）の情報取得と機器制御を行う。二つ目はテーマ 2-3 機器制御アプリケーションで、テーマ 2-3 の実験システムで用意した機器（分電盤、ガスメーター、水道メーター、エアコン、ブラインド）の情報取得と機器制御を行う。

被制御実証機器制御アプリケーションは、全ての機器制御装置上でそれぞれ動作する。一方テーマ 2-3 機器制御アプリケーションは、機器制御装置の中のいずれか一台でだけ動作する。本実験システムでは、テーマ 2-3 機器制御アプリケーションはリビングの機器制御装置上で動作する。

表 5-5 に、機器制御装置のハードウェア仕様を示す。

表 5-5　機器制御装置：ハードウェア仕様

項目	内容
CPU	Intel Core2 Duo 2.53GHz
メモリ	2GB
HDD	250GB

表 5-6 に、機器制御装置のソフトウェア環境を示す。

表 5-6　機器制御装置：ソフトウェア環境

項目	内容
OS	Microsoft Windows XP Professional SP3
開発環境	Microsoft Visual C# 2008 Microsoft Visual Web Developer 2008
開発言語	C#
実行環境	Microsoft .NET Framework 3.5 SP1 Microsoft IIS 5.1（ASP .NET）
データベース	Microsoft Access

被制御実証機器制御アプリケーションとテーマ 2-3 機器制御アプリケーションは、Microsoft .NET Framework 上で動作する。アプリケーションサーバからのリクエストを処理するため、IIS 上の Web アプリケーション（ASP .NET）として実行される。

以下に、被制御実証機器制御アプリケーションとテーマ 2-3 機器制御アプリケーションの概略仕様を示す。

(a)　被制御実証機器制御アプリケーション

図 5-23 に、被制御実証機器制御アプリケーションの構成を示す。

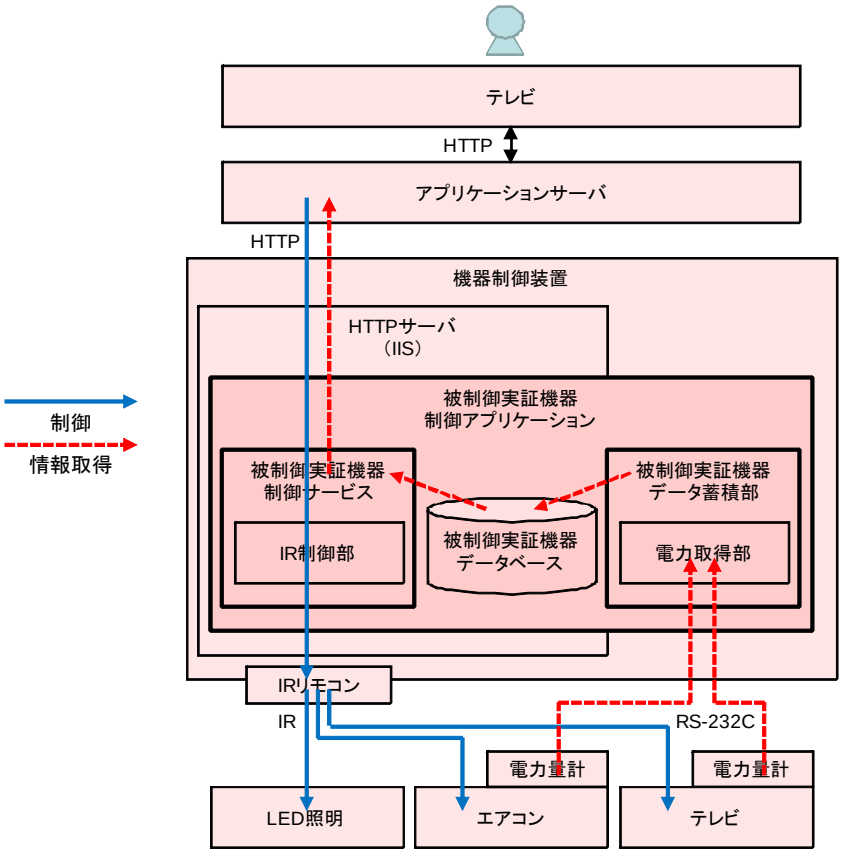


図 5-23　被制御実証機器制御アプリケーション：構成

被制御実証機器制御アプリケーションは、二つのアプリケーションで構成される。一つ目は被制御実証機器データ蓄積部で、機器（エアコン、テレビ）の電力情報を収集して被制御実証機器データベースに蓄積する。二つ目は被制御実証機器制御サービスで、アプリケーションサーバからの情報取得リクエストに応じて被制御実証機器データベースに蓄積された電力情報を返す。また、アプリケーションサーバからの機器制御リクエストに応じて機器（エアコン、テレビ、LED 照明）を制御する。被制御実証機器データ蓄積部と被制御実証機器制御サービスは、被制御実証機器データベースを共有するが、独立したプロセスとして実行される。

図 5-24 に、本実験システムにおける被制御実証機器制御アプリケーションの配置を示す。

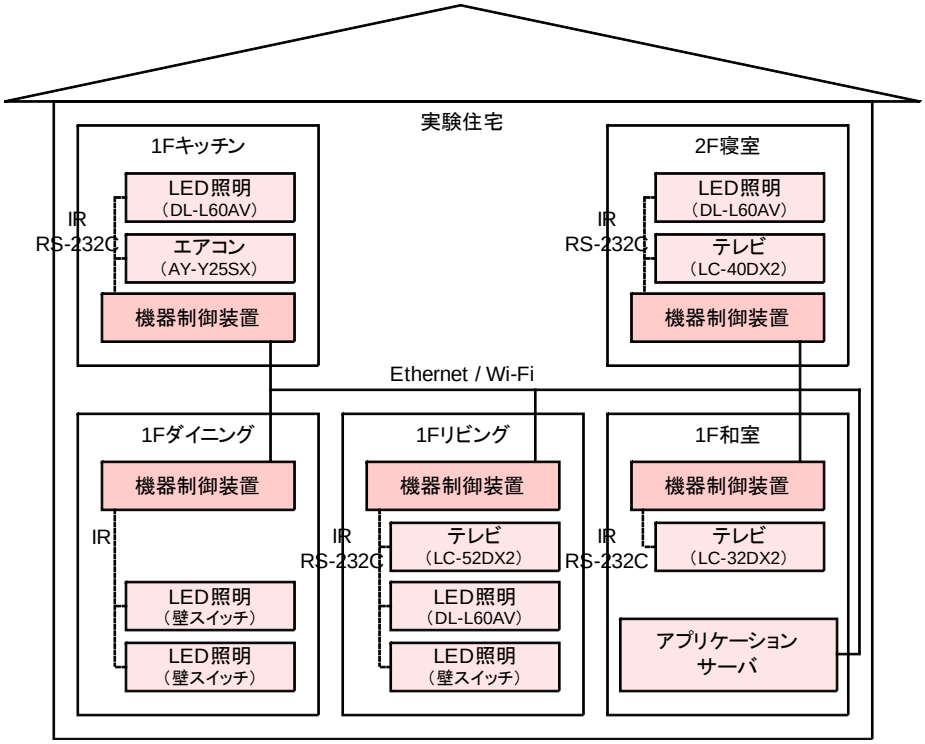


図 5-24　被制御実証機器制御アプリケーション：配置

本実験システムでは、実験住宅の五つの部屋（リビング、ダイニング、キッチン、1 階和室、2 階寝室）が実験対象となっている。各部屋には機器制御装置が一台ずつ配置され、各機器制御装置上で被制御実証機器制御アプリケーションが動作する。各被制御実証機器制御アプリケーションが情報取得や機器制御の対象としている機器は、図に示す通りである。各機器制御装置は Ethernet または無線 LAN で実験住宅内の IP ネットワークに接続され、アプリケーションサーバと通信を行う。図では省略してあるが、実際にはテレビも IP ネットワークに接続され、アプリケーションサーバやインターネット上のコンテンツにアクセスする。

a)　被制御実証機器データ蓄積部

被制御実証機器データ蓄積部は、機器制御装置に RS-232C で接続された電力量計から機器（テレビ、エアコン）の電力情報を収集して、被制御実証機器データベースに蓄積する。電力量計は、機器の AC プラグと部屋の AC コンセントの間に接続され、1 分間隔で電力情報を計測する。

表 5-7 に、本実験システムで被制御実証機器データ蓄積部が収集するデータの種類を示す。

表 5-7　被制御実証機器データ蓄積部：データの種類

部屋	機器	データの種類
リビング	テレビ	消費電力
キッチン	エアコン	消費電力

1 階和室	テレビ	消費電力
2 階寝室	テレビ	消費電力

表 5-8 に、各データベースの形式を示す。

表 5-8　被制御実証機器データ蓄積部：データベース形式

ID	時刻	経過時間（分）	積算電力量（Wh）	瞬時電力（W）
:	:	:	:	:
21212	2010/02/09 5:40:20	588:17	53155	917
21213	2010/02/09 5:41:20	588:18	53170	907
21214	2010/02/09 5:42:20	588:19	53183	758
21215	2010/02/09 5:43:20	588:20	53196	771
21216	2010/02/09 5:44:20	588:21	53208	679
:	:	:	:	:

電力情報は電力量計にて 1 分間隔で計測され、被制御実証機器データベースの 1 レコードとして記録される。1 レコード中の各カラムの意味は、それぞれ表に示した通りである。ID と経過時間はデータ蓄積開始時点からの値である。

b)　被制御実証機器制御サービス

被制御実証機器制御サービスは、IIS 上の Web アプリケーション（ASP .NET）として実行される。HTTP プロトコルを使用してアプリケーションサーバと通信を行う。アプリケーションサーバから情報取得のリクエストを受信すると、被制御実証機器データベースに蓄積されている電力情報を所定の形式に変換して返信する。また、アプリケーションサーバから機器制御のリクエストを受信すると、IR リモコン送信機を使用して、機器（エアコン、テレビ、LED 照明）に IR 信号を送信して制御を行う。

(b)　テーマ 2-3 機器制御アプリケーション

図 5-25 に、テーマ 2-3 機器制御アプリケーションの構成を示す。

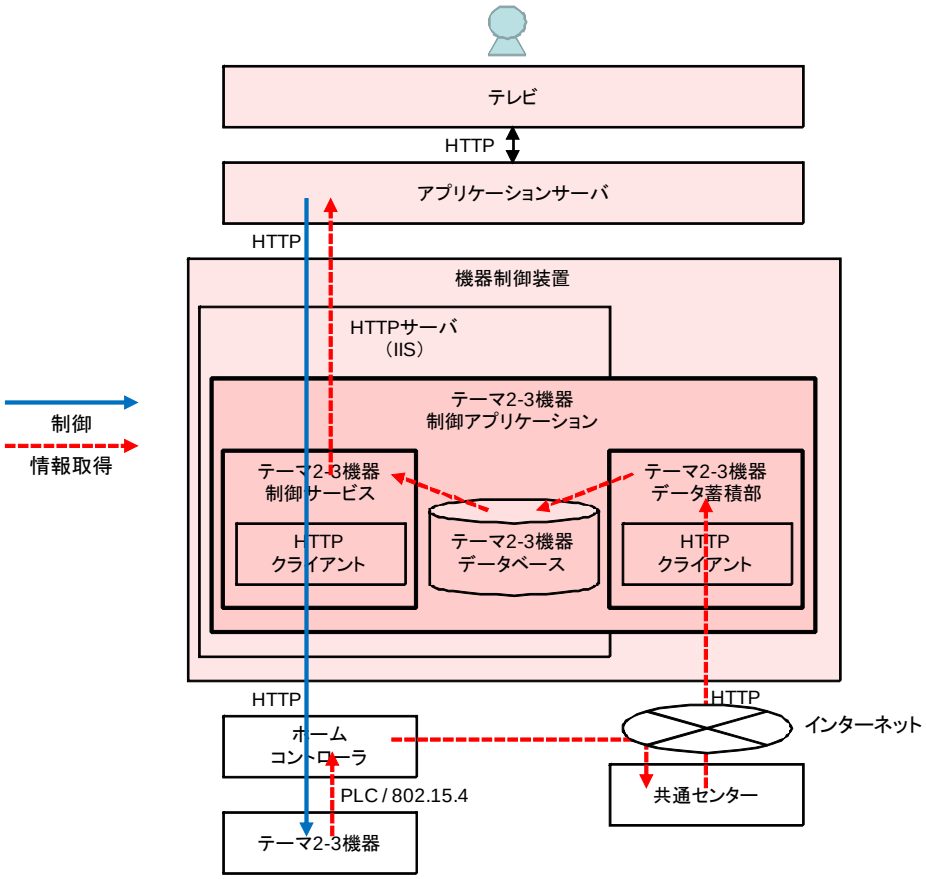


図 5-25　テーマ 2-3 機器制御アプリケーション：構成

テーマ 2-3 機器制御アプリケーションは、二つのアプリケーションで構成される。一つ目はテーマ 2-3 機器データ蓄積部で、共通センターを介して機器（分電盤、ガスメーター、水道メーター）の電力・ガス・水道情報を収集して、テーマ 2-3 機器データベースに蓄積する。二つ目はテーマ 2-3 機器制御サービスで、アプリケーションサーバからの情報取得リクエストに応じてテーマ 2-3 機器データベースに蓄積された電力情報を返す。また、アプリケーションサーバからの機器制御リクエストに応じて機器（エアコン、ブラインド）を制御する。テーマ 2-3 機器データ蓄積部とテーマ 2-3 機器制御サービスは、テーマ 2-3 機器データベースを共有するが、独立したプロセスとして実行される。

図 5-26 に、本実験システムにおけるテーマ 2-3 機器制御アプリケーションの配置を示す。

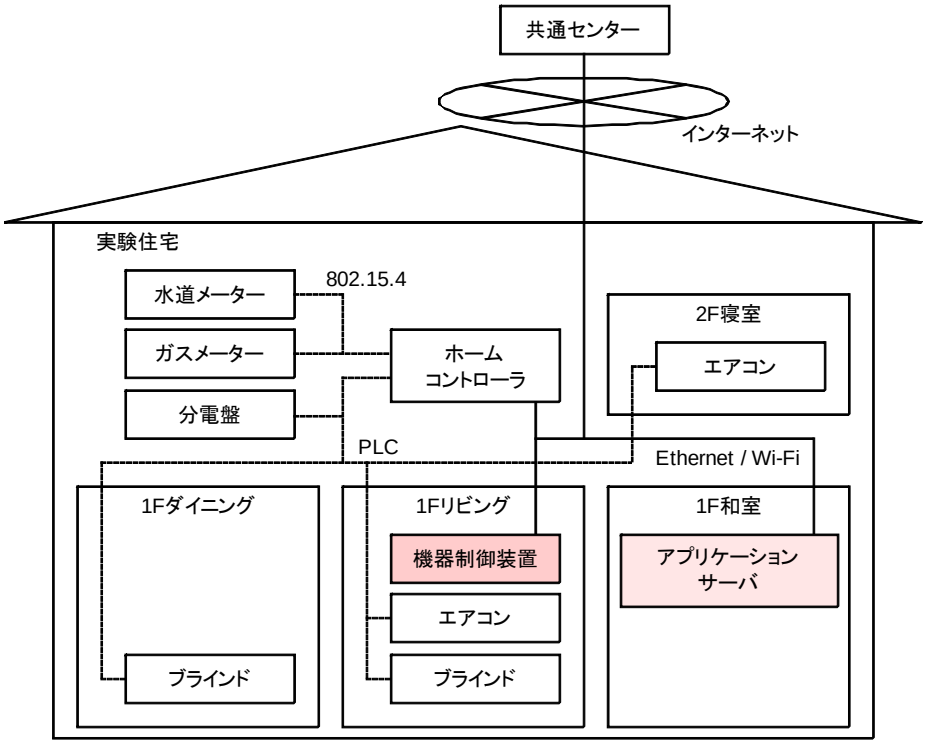


図 5-26　テーマ 2-3 機器制御アプリケーション：配置

テーマ 2-3 機器制御アプリケーションは、機器制御装置の中のいずれか一台でだけ動作すれば良い。本実験システムでは、テーマ 2-3 機器制御アプリケーションはリビングの機器制御装置上で動作する。リビングの機器制御装置上で動作してはいるが、テーマ 2-3 機器制御アプリケーションは、実験住宅に設置されている全てのテーマ 2-3 機器に対する情報取得と機器制御を受け持つこととなる。本実験システムでテーマ 2-3 機器制御アプリケーションが対象としている機器は、図に示す通りである。機器制御装置は Ethernet または無線 LAN で実験住宅内の IP ネットワークに接続され、アプリケーションサーバ、ホームコントローラ、共通センターと通信を行う。

a)　テーマ 2-3 機器データ蓄積部

テーマ 2-3 機器データ蓄積部は、インターネット上の共通センターと HTTP プロトコルを使用して通信を行い、ホームコントローラからアップロードされた機器（分電盤、ガスメーター、水道メーター）の電力・ガス・水道情報を収集して、テーマ 2-3 機器データベースに蓄積する。共通センターには 1 分間隔でアクセスして情報を収集する。

表 5-9 に、本実験システムでテーマ 2-3 機器データ蓄積部が収集するデータの種類を示す。

表 5-9　テーマ 2-3 機器データ蓄積部：データの種類

機器	対称	データの種類
分電盤	家全体	消費電力
	リビング	消費電力
	キッチン	消費電力
	1 階和室	消費電力
	2 階寝室	消費電力
	リビングエアコン	消費電力
	キッチンエアコン	消費電力
	1 階和室エアコン	消費電力
	2 階寝室エアコン	消費電力
	太陽光発電	発電量
	ガス発電	発電量
	家全体	買電量
	家全体	売電量
ガスメーター		ガス使用量
水道メーター	給湯以外	水道使用量
	給湯関係	水道使用量

表 5-10 と表 5-11 に、各エネルギー情報のデータベースの形式を示す。

表 5-10　テーマ 2-3 機器データ蓄積部：データベース形式（電力）

ID	時刻	経過時間（分）	積算電力量（Wh）	瞬時電力（W）
:	:	:	:	:
7948	2010/02/13 12:36:20	180:36	798520	2450
7949	2010/02/13 12:37:20	180:37	798570	2610
7950	2010/02/13 12:38:20	180:38	798610	2550
7951	2010/02/13 12:39:20	180:39	798650	2480
7952	2010/02/13 12:40:20	180:40	798690	2210
:	:	:	:	:

表 5-11　テーマ 2-3 機器データ蓄積部：データベース形式（ガス・水道）

ID	時刻	経過時間（分）	積算使用量（1/10L）	未使用
:	:	:	:	:
1488	2010/02/20 2:10:24	345:21	2159	0
1489	2010/02/20 2:39:25	345:50	2160	1
1490	2010/02/20 2:40:25	345:51	2161	1
1491	2010/02/20 3:09:25	346:20	2165	0
1492	2010/02/20 3:10:25	346:21	2165	0
:	:	:	:	:

1 分間隔で計測したエネルギー情報が共通センターにアップロードされている。テーマ 2-3 機器データ蓄積部は共通センターにアクセスしてエネルギー情報を収集し、テーマ 2-3 機器データベースに記録する。1 レコード中の各カラムの意味は、それぞれ表に示した通りである。ID と経過時間はデータ蓄積開始時点からの値である。

b)　テーマ 2-3 機器制御サービス

テーマ 2-3 機器制御サービスは、IIS 上の Web アプリケーション（ASP .NET）として実行される。HTTP プロトコルを使用してアプリケーションサーバと通信を行う。アプリケーションサーバから情報取得のリクエストを受信すると、テーマ 2-3 機器データベースに蓄積されている電力情報を所定の形式に変換して返信する。また、アプリケーションサーバから機器制御のリクエストを受信すると、ホームコントローラにアクセスし、PLC を経由してテーマ 2-3 機器（エアコン、ブラインド）の制御を行う。

5.2.5. 実施シナリオ

実証実験の実施期間のうち前半 1 週間は対称実験期間として、実験住宅に設置された実験システムは動かさない。照明器具には白熱電球をとりつけたままとする。被験者には、対称実験期間中は、あまり省エネにこだわらず、快適さを保ったまま生活してもらう。

実証実験の実施期間のうち後半 1 週間は本実験期間とする。実験住宅内の照明器具にとりつけられた白熱電球は LED 電球に交換する。被験者には、不便さや煩わしさを感じない範囲で、本実験システムの ECO ナビサービスや HEMS を使って生活してもらう。

対称実験期間中および本実験期間中のアプリケーションサーバおよび機器制御装置のログ情報は、アプリケーションサーバおよび機器制御装置にそれぞれ蓄積する。アプリケーションサーバに蓄積するログ情報を表 5-12 に、機器制御装置に蓄積するログ情報を表 5-13 に、それぞれ示す。

表 5-12　アプリケーションサーバに蓄積するログ情報

ログ種別	ログ詳細
テレビへの アプリケーション配信	新・モーションガイドで配信するアプリケーションの 内容および配信時刻
	Ex システムで配信するアプリケーションの 内容および配信時刻
テレビでの操作	新・モーションガイドで配信するアプリケーションでの 操作内容および操作時刻
	Ex システムで配信するアプリケーションでの 操作内容および操作時刻
	インターネットサービスへの アクセスおよびアクセス時刻
アプリケーション サーバの収集情報	機器制御装置から収集した情報および収集時刻
	ホームコントローラから収集した情報および収集時刻
	インターネットサービスから収集した情報および収集時刻
各機器への制御依頼	機器制御装置への制御依頼内容および依頼時刻
	ホームコントローラに依頼する テーマ 2-3 の実験システムの機器に対する 制御内容および依頼時刻

表 5-13　機器制御装置に蓄積するログ情報

ログ種別	ログ詳細
赤外線リモコン制御	テレビの制御の内容および配信時刻
	エアコンの制御の内容および配信時刻
	LED 照明の制御の内容および配信時刻
収集した電力量	テレビが使用する電力量および収集時刻
	エアコンが使用する電力量および収集時刻

対称実験期間中および本実験期間中は、実験システムは 1 日に 24 時間動作する。実験住宅には、保守要員、操作要員等は滞在しない。

本実験開始前と終了後には、各被験者に対してアンケートおよび聞き取り調査を実施する。

5.3. 実証実験の結果

5.3.1. 事前準備

(1) テーマ 2-3 の実験システムとの連携

本実験システムは、テーマ 2-3 の実験システムと連携して動作する。具体的には、テーマ 2-3 の実験システムの機器が収集した情報を取得し、当該情報または当該情報を加工した情報を宅内のテレビに対して情報配信し表示する。また、テレビ用リモコン送信機でテーマ 2-3 の実験システムの機器を遠隔制御する。テーマ 2-3 の実験システムの機器が収集した情報のうち本実験システムで利用する情報を表 5-14 に示す。

表 5-14　本実験システムで利用するテーマ 2-3 の実験システムで収集された情報

取得情報	備考
発電量	太陽光、ガス
消費電力	家全体 各部屋（リビング、キッチン、1 階和室、2 階寝室） 各部屋のエアコン
売電量	
買電量	
ガス使用量	
水道使用量	

また、テレビ用リモコン送信機でテーマ 2-3 の実験システムの機器を遠隔制御する。本実験システムが遠隔操作するテーマ 2-3 の実験システムの機器は、ブラインドおよびエアコンである。

(2) 実験住宅への機器の配置

実験住宅の部屋構成および被験者家族の生活パターンの情報を入手し、被験者と相談の上で、実証実験に使用する部屋および設置する機器を決めた。実験住宅の部屋構成および設置機器は、表 5-15 の通りである。

表 5-15　実験住宅の部屋構成および設置機器

階	部屋名	実験対象	設置機器	備考
1 階	キッチン	○	テレビ エアコン 主照明（LED 照明）	被験者家族は、キッチンで食事する。
	ダイニング	○	主照明（LED 照明） ダウンライト（LED 照明） ブラインド	リビングとダイニングとの間には仕切りがない。 ダイニングとリビングのブラインドは一括で制御される。
	リビング	○	テレビ エアコン 主照明（LED 照明） ダウンライト（LED 照明） ブラインド	
	和室	○	テレビ エアコン	
2 階	寝室（洋室 1）	○	テレビ エアコン 主照明（LED 照明）	被験者 1 の寝室である。
	洋室 2	×		
	洋室 3	×		
	クローゼット	×		
	書斎	×		
	浴室	×		
屋根裏	ファミリールーム	×		
	小部屋	×		

キッチンには、テレビ 1 台、エアコン 1 台および LED 照明 1 式を設置する。LED 照明は主照明として使用する。キッチンにはさらに機器制御装置 1 台を設置する。機器制御装置は、エアコンおよび主照明を制御するリモコン信号を送信し、エアコンの電力量を測定する。

ダイニングには、LED 照明 2 式を設置する。LED 照明のうち 1 式は主照明とし、もう 1 式はダウンライトとして使用する。ダイニングにはさらに機器制御装置 1 台を設置する。機器制御装置は、主照明およびダウンライトを制御するリモコン信号を送信する。

リビングには、テレビ 1 台、エアコン 1 台および LED 照明 2 式を設置する。LED 照明のうち 1 式は主照明とし、もう 1 式はダウンライトとして使用する。リビングにはさらに機器制御装置 1 台を設置する。機器制御装置は、テレビ、主照明およびダウンライトを制御す

るリモコン信号を送信し、テレビの電力量を測定する。また、テーマ 2-3 の実験システムを経由してエアコンおよびブラインドを制御し、エアコンの電力量を測定する。

和室には、テレビ 1 台およびエアコン 1 台を設置する。和室にはさらに機器制御装置 1 台を設置する。機器制御装置は、テレビを制御するリモコン信号を送信し、テレビの電力量を測定する。また、テーマ 2-3 の実験システムを経由して、エアコンの電力量を測定する。

寝室には、テレビ 1 台、エアコン 1 台および LED 照明 1 式を設置する。LED 照明は主照明として使用する。寝室にはさらに機器制御装置 1 台を設置する。機器制御装置は、テレビおよび主照明を制御するリモコン信号を送信し、テレビの電力量を測定する。また、テーマ 2-3 の実験システムを経由してエアコンを制御し、電力量を測定する。

なお、同一の部屋に 2 式以上の LED 照明を設置すると、LED 照明が同時に制御されてしまうので、それぞれで赤外線学習リモコン送信機のデータが異なる被制御機器を使用する。例えばリビングでは、主照明に赤外線リモコン対応の LED を使用し、ダウンライトには赤外線リモコンに対応した壁スイッチを使用することで、主照明とダウンライトを別々に制御する。

(3) ユーザインタフェースの調整

(a) 実験住宅の間取りおよび機器の配置に合わせた調整

実験住宅の間取りおよび機器の配置に合わせてユーザインタフェースの調整を行った。

「我が家のエネルギーモニタリング」画面の右側に描く間取りは、実際の実験住宅の間取りに合わせて作成した。実験住宅は屋根裏部屋を有しているが、実験対象の部屋に合わせて 1 階と 2 階の間取りのみを描いた。また、実験対象の部屋には、各部屋に配置された操作可能な機器をアイコン表示した。

「おうちコントロール」画面の、「外出」アイコン、「起床」アイコン、「食事」アイコン、「掃除」アイコン、「帰宅」アイコン、「就寝」アイコンおよび「映画鑑賞」アイコンのいずれかを選択したときの制御は、実験住宅の間取りおよび被験者家族の生活パターンに合わせて、表 5-16 に示すとおりとした。

表 5-16　おうちコントロール画面で実行する機器制御

アイコン種別	制御対象機器		制御内容	画面遷移先
外出	家全体の	エアコン	電源を切る	―
		テレビ	電源を切る	
		LED 照明	電源を切る	
		ブラインド	閉める	
起床	リモコン操作された部屋の	エアコン	暖房運転にする	―
		ブラインド	開ける	
食事	キッチンの	LED 照明	全灯・電球色に設定する	―
掃除	家全体の	エアコン	電源を切る	―
		テレビ	電源を切る	
		ブラインド	開ける	
帰宅	リビングの	エアコン	自動運転にする	―
	リビング／ダイニングの	LED 照明	全灯に設定する	
就寝	リモコン操作された部屋の	テレビ	電源を切る	―
		ブラインド	閉める	
映画鑑賞	リモコン操作された部屋の	LED 照明	微灯に設定する	映画を配信するインターネットサービス
		ブラインド	閉める	
手動コントロール	―			我が家のエネルギーモニタリング画面

(b)　実証実験の実施期間に合わせた調整

「我が家の ECO 家計簿」画面の右半分に表示する売電金額の累積値の折れ線グラフを、実証実験の実施期間に合わせて調整を行った。

対称実験期間中に取得した実験住宅の日ごとの売電金額の実績情報に基づき、本実験期間中の折れ線グラフの推移を予想した。シミュレーション目標金額達成日が本実験終了後になり、かつ、シミュレーション目標金額達成日が遠い将来にならないように、シミュレーション目標金額を設定した。具体的には、シミュレーション目標金額 1 を 15,000 円、シミュレーション目標金額 2 を 20.000 円、シミュレーション目標金額 3 を 25,000 円とした。

(4) コンテンツの選定

(a)　ひとことアドバイス

「ECO 生活への素敵なヒント」画面の右上には、ひとことアドバイスとして、エコロジ

ーな生活を提案する文を表示する。ひとことアドバイスは、省エネ行動喚起効果を検証するため、A群からＥ群の 5 つのカテゴリーに分けて文章を作成した。

A群およびB群のメッセージは、被験者に日常生活での省エネの工夫を提案し、数日以内の直接の省エネ行動を喚起することを目的としている。また、C群およびD群のメッセージは、被験者に将来の生活で遭遇する可能性のある場面での省エネの工夫を提案し、将来的な省エネ行動を喚起するための知識を与えることを目的としている。

A群のメッセージとB群のメッセージ、およびC群のメッセージとD群のメッセージは、各メッセージが対になっている。各メッセージの対は一部の表現のみが異なっている。A群およびC群のメッセージは経済性を強調し、省エネが被験者に直接メリットを与えることを訴求する。これに対して、B群およびD群のメッセージは社会性を強調し、省エネが地球環境に優しいことを訴求する。

なお、A群からD群に分類しないメッセージとして、Ｅ群のメッセージを設けた。これは、A群からD群のメッセージが定型的であるため、Ｅ群のメッセージを挿入することにより被験者を飽きさせないことを意図している。

表 5-17 に、ひとことアドバイスに使用するメッセージを示す。なお、ひとことアドバイスは、表 5-17 に並べた順番とは異なる順番で表示し、できるだけ同じ群のメッセージや同じ対のメッセージが連続して表示されないようにする。

表 5-17　ひとことアドバイスのメッセージ

カテゴリー	メッセージ
A 群	暖房便座のフタを閉めれば熱を逃がさず省エネに。 1 年間で約 920 円おトクです。
B 群	暖房便座のフタを閉めれば熱を逃がさず省エネに。 1 年間で約 14kg の CO2 を削減できます。
A 群	フローリング掃除は「弱」でも、取れるゴミは同じ。 掃除機の設定で 1 年間に約 950 円お得。
B 群	フローリング掃除は「弱」でも、取れるゴミは同じ。 1 年間に約 14kg の CO2 を削減できます。
A 群	冷蔵庫の開閉時間や回数を減らしましょう。 時間と回数が半分なら、1 年に約 1670 円おトク。
B 群	冷蔵庫の開閉時間や回数を減らしましょう。 時間と回数が半分なら、年間約 25kg の CO2 削減。
A 群	野菜の加熱はゆでるより電子レンジにおまかせ。 短時間調理で、なおかつ 1 回に約 5.1 円オトク。
B 群	野菜の加熱はゆでるより電子レンジにおまかせ。 短時間調理で、CO2 の削減も 1 回当り 0.1kg。
A 群	エアコンのフィルタをお掃除しましょう。

	月 2 回の掃除で、1 年間に約 730 円お得。
B 群	エアコンのフィルタをお掃除しましょう。 月 2 回の掃除で、1 年間に約 11kg の CO2 削減。
C 群	統一省エネラベルは、省エネ性能を星で表示。 テレビのエコポイントは 5 つ星で最大 36000 点。
D 群	統一省エネラベルは、省エネ性能を星で表示。 5 つ星のテレビなら省エネ基準達成度が 164%以上。
C 群	東京から大阪へ行くときは何を使っていますか？ 鉄道を使えば都心から都心へ一直線。
D 群	東京から大阪へ行くときは何を使っていますか？ 鉄道の環境負荷は飛行機の 20 分の 1 です。
C 群	屋上緑化をご存知ですか。あるショッピングセンター では、エアコンの電気代が 374 万円も下がりました。
D 群	屋上緑化をご存知ですか。あるショッピングセンター では、年間 CO2 排出量を 75 トンも削減しました。
C 群	電気自動車は普及する？本体価格は高いものの、 燃費はガソリン車の約 3 分の 1 ですみます。
D 群	電気自動車は普及する？本体価格は高いものの、 排気ガスを出さないクリーンな乗り物です。
C 群	パーク＆ライドで、公共交通機関の利用を。 駐車場代や電車代が安くなる場合があります。
D 群	パーク＆ライドで、公共交通機関の利用を。 都心の渋滞を緩和し、大気汚染を軽減します。
E 群	国民運動「チャレンジ 25 キャンペーン」は、 1990 年比温室効果ガス 25%削減をめざします。
E 群	ラムサール条約は、湿地の保存に関する国際条約。 水鳥の生息地として重要な湿地の生態系を守ります。
E 群	一家団らんで省エネ！家族が同じ部屋で、 食事やテレビを楽しめば、それだけでとってもエコ♪
E 群	地元の食材で食エコ！地産地消は、運送の エネルギーも削減するし、食料自給率アップに貢献。
E 群	ペットボトルのキャップで世界の子供にワクチンを！ キャップ 800 個でポリオワクチン 1 人分に。
E 群	暖房、給湯でも省エネを！家庭で使われるエネルギー の内訳：暖房 21%、給湯 36%、照明・家電 41%。

(b) スライドショー表示するコンテンツ

「ECO 生活への素敵なヒント」画面の左側に表示する、エコロジーな生活を提案する情報としては、株式会社インフォリーフの協力を得て、同社のテレビ向けデジタルマガジン「kumukumu」の中のブログ情報を使用した。このブログは、「食卓ノムコウ」のタイトルで、食をテーマに身近な出来事を綴ったものであり、テレビで視聴されることを意識した構成になっている。本実証実験では、「食卓ノムコウ」を構成するページの中から、特にエコロジーな生活を提案するブログを複数選定して、「ECO 生活への素敵なヒント」画面の左側に文章と写真とからなるブログをスライドショー表示した。

また、「おうちコントロール」画面右側のアイコンが示す生活シーンに関係のある情報として、「食事」シーンに関係ある情報として料理の写真および説明、「外出」シーンに関係ある情報として散歩を連想させる写真および説明、「掃除」シーンに関係ある情報として清潔さや静寂さを連想させる写真および説明を、同画面の左側にスライドショー表示した。

(c) インターネットサービスが提供するコンテンツ

「ECO 生活への素敵なヒント」画面において、被験者が「もっとヒントを見る」アイコンを選択したときには、インターネットサービスである「kumukumu」を表示するようにした。「kumukumu」は株式会社インフォリーフ社が運営するテレビ向けデジタルマガジンであり、日常の好奇心を満たす特集記事と、持続可能なエコロジーライフのための情報提供で構成されている。

「買い換え提案」画面において、被験者が「商品情報詳細」アイコンを選択したときには、シャープ株式会社のホームページの中の、商品情報を紹介するページを表示するようにした。

「買い換え提案」画面において、被験者が「今日のチラシ」アイコンを選択したときには、インターネットサービスである「Shufoo!」を表示するようにした。「Shufoo!」は凸版印刷株式会社が運営する電子チラシサービスであり、新聞の折り込みチラシを電子化してネットで見られるようにしている。

「おうちコントロール」画面において、被験者が「映画鑑賞」アイコンを選択したときには、インターネットサービスである「アクトビラ」を表示するようにした。「アクトビラ」は株式会社アクトビラが運営するポータルサイトであり、デジタルテレビを対象とした映像コンテンツ配信サービスなどを行なっている。コンテンツ配信サービスの中には映画等をビデオ・オン・デマンドとして配信するサービスも含まれる。

(5) ハードウェアの調整

(a) 機器制御装置の発光強度の増強

既設の家電製品や住設機器を制御するために、機器制御装置のハードウェアに赤外線リモコンによる制御機能を付与した。機器制御装置はパソコンとパソコンに接続可能な市販の学習リモコン送信機から構成し、学習リモコン送信機は赤外線リモコン信号を学習する機能と学習信号を送信する機能を有する市販品を使用した。しかし、当該学習リモコン送信機は、一般のテレビ用の赤外線リモコン送信機と比較して発光強度が低い仕様となって

いたため、発光強度を強化する改造を行なった。

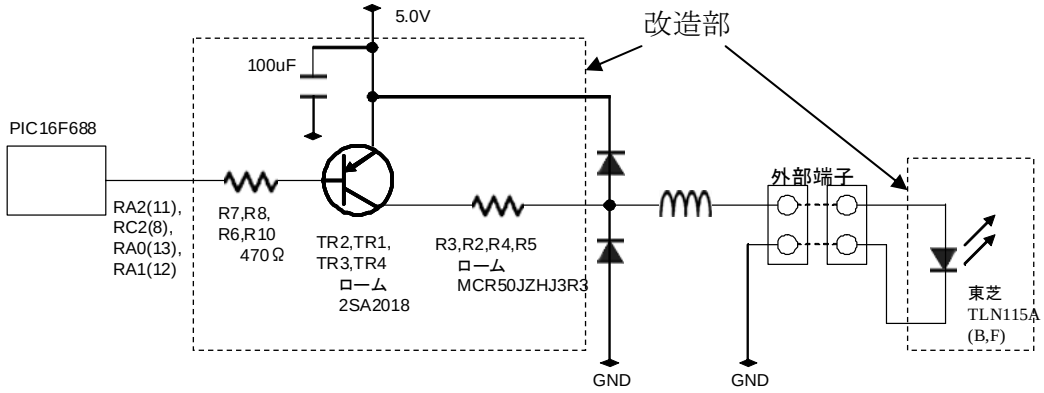


図 5-27　機器制御装置の発光強度増大化のための改造用回路図

(b)　機器制御装置の発光範囲の拡大化

通常の赤外線リモコン送信機は制御対象の方向に向けて操作することを想定しており、赤外線リモコン送信機を固定していると被制御機器の方向に赤外線が放射できない場合がある。このため、市販の全方位性発光部を図 5-28 のように接続して使用した。

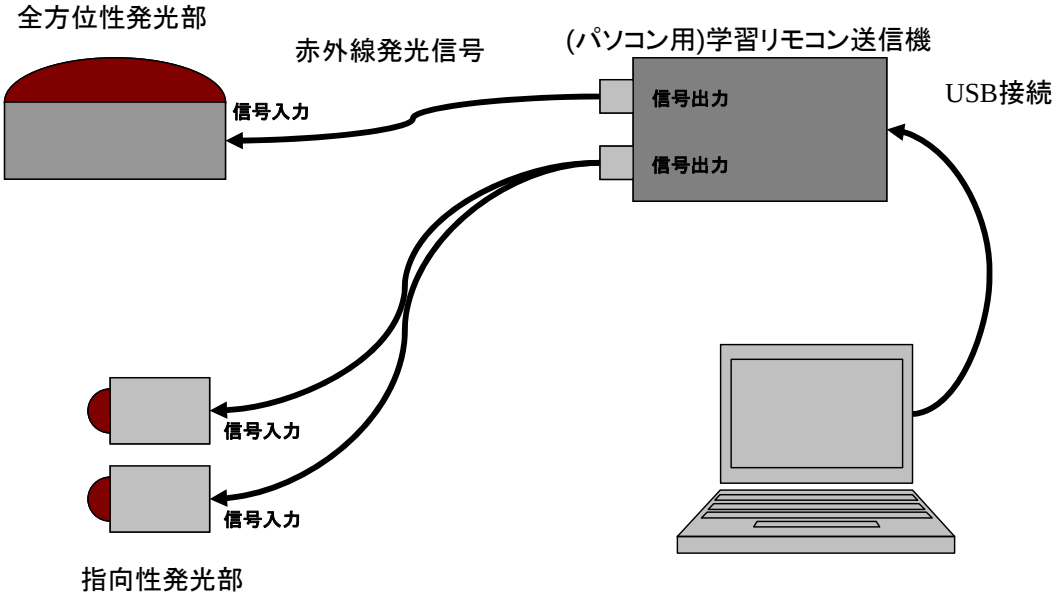


図 5-28　機器制御装置の発光範囲拡大のための全方位性発光部の接続図

(c)　機器制御装置の赤外線信号の学習方法

選定した市販の学習リモコン送信機は、学習時に赤外線の消灯区間を短めに検出してしまう傾向があった。このように学習した赤外線リモコン信号は、送信時も消灯区間が短いままで送信されてしまうため、被制御機器によっては正しく動作しなかったり、通信可能距離が短くなってしまったりする問題があった。このため、今回の実証実験では消灯区間が正しい長さになるように学習データを補正して使用した。また制御の確実性を向上させ

るために、同じデータを 2 回送信するようにした。

(d)　機器制御装置の設置方法

機器制御装置の設置は、発光部を被制御機器の方向に向け、かつ、被制御機器に近づけることが望ましい。図 5-29 に調整後の機器制御装置、発光部、そして被制御対象である赤外線リモコンに対応した壁スイッチの設置の様子を示す。また、図 5-30 は全方位性の発光部と壁スイッチの写真であり、この全方位性の発光部を用いて赤外線リモコン対応の LED 照明を制御した。

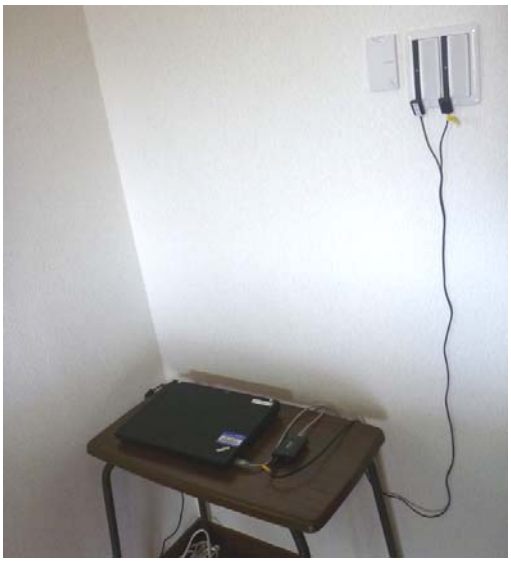


図 5-29　機器制御装置の発光部の設置の様子：機器制御装置と発光部と被制御対象

図 5-30　機器制御装置の発光部の設置の様子：全方位性の発光部

⑹ 被験者アンケートおよび聞き取り調査

実証実験開始前に、被験者に対してアンケートを実施することとした。質問項目は「省エネに関して普段はどのようなことを考えておられますか？」であり、自由記述形式とした。

実証実験終了後には、被験者からの聞き取り調査を実施することとした。まずは、実証実験開始前の被験者アンケートの質問項目に対応し、「本実験システムを使ってみて、省エネに関して考えておられることはどのように変わりましたか？」ということを聞き取り調査し、その後実験システムの表示画面ごとに、画面イメージを示しながら使用時の感想や評価を聞き出すこととした。

5.3.2. 実験結果

(1) 被験者の使用履歴情報の解析

本実証実験では、対称実験期間および本実験期間のそれぞれの期間で、被験者のエネルギー使用履歴情報（家全体、各部屋、および各機器の消費電力量）の計測を行い、その比較を行った。

図 5-31 から図 5-42 に、本実証実験で実験対象とした家全体および各部屋（リビング、キッチン、1 階和室、2 階寝室）の一日当たりの消費電力量と、各機器（エアコン、テレビ）の時間帯別消費電力を示す。

(a) 家全体

図 5-31 は、家全体の一日当たりの消費電力量の推移を示したグラフである。

対称実験期間と比較して、本実験期間で消費電力量が減少傾向にあることが分かる。週の中では、平日と比較して土日（6 日、7 日および 13 日、14 日）の消費電力量が高く、平日の中では週末にかけて消費電力が高くなる傾向にある。これは出勤日など被験者の一週間の生活サイクルに起因するものであると考えられる。一方、両実験期間の同じ曜日の消費電力を比較すると消費電力量は減少しており、本実験システムによる行動喚起が有効に働いた結果と考えられる。

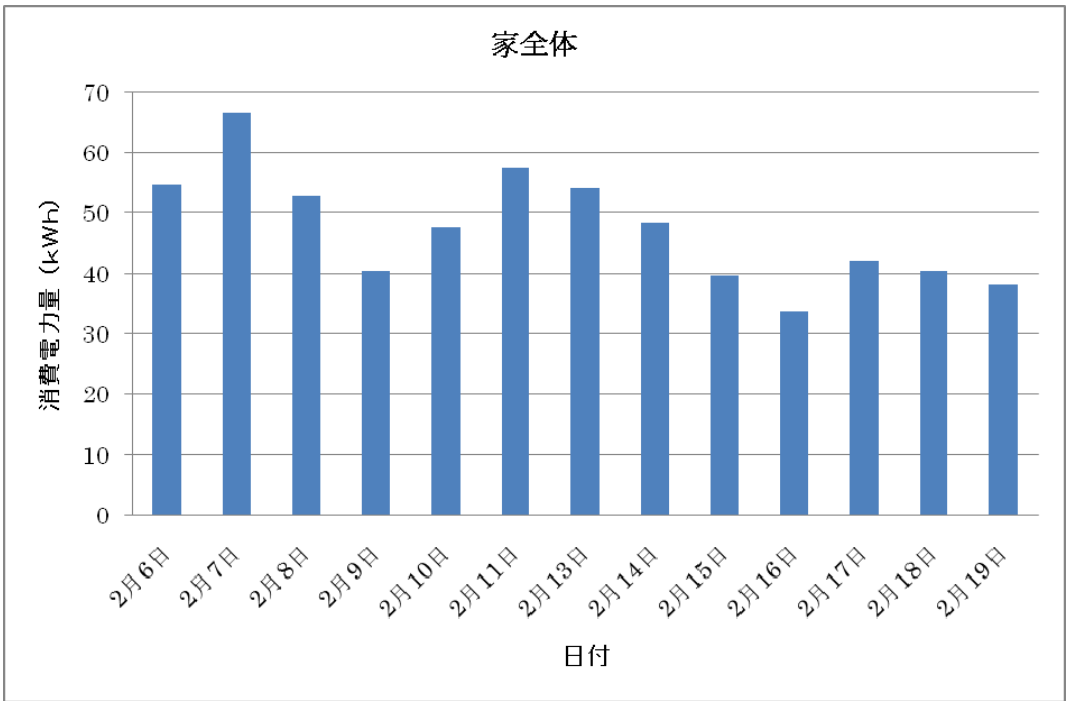


図 5-31　家全体の一日当たりの消費電力量

図 5-32 は、家全体の時間帯別の消費電力の推移を示したグラフである。

この図からも、対称実験期間と比較して本実験期間の消費電力が低くなっていることが確認できる。起床時(AM4 時から 6 時頃)および就寝前(PM8 時から 10 時頃)の消費電力がそれほど変わらないのは、この時間帯はエアコンの暖房の使用を避けられないためと考えられる。それ以外の時間帯では消費電力が減少しており、本実験システムによる行動喚起が有効に働いたことを示している。

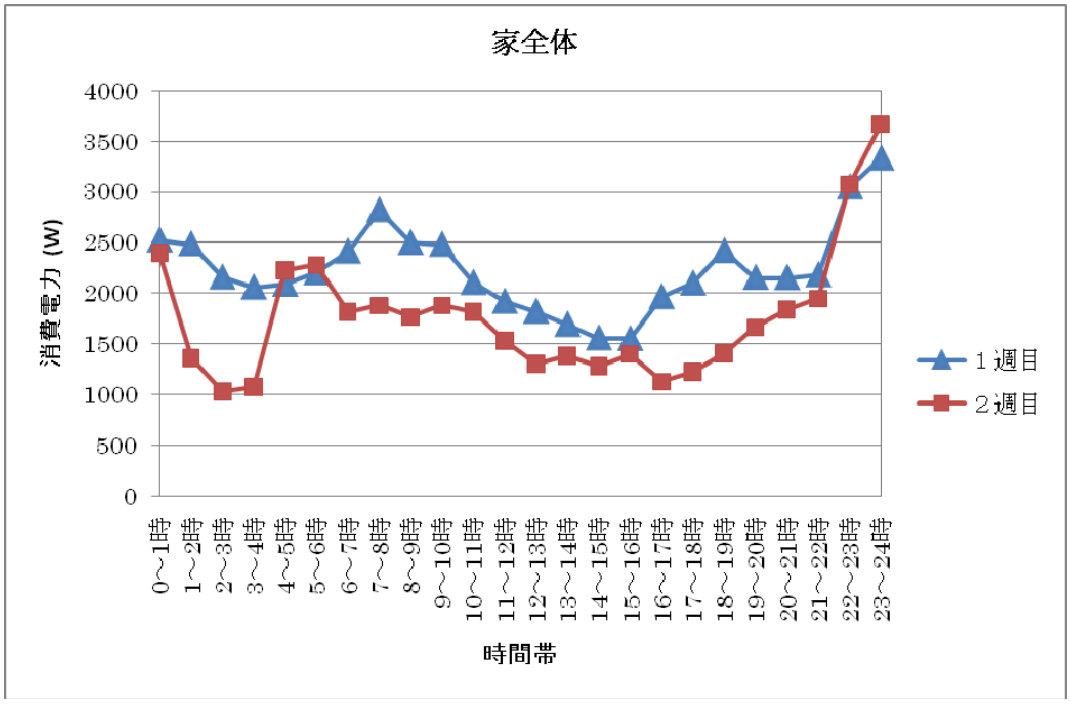


図 5-32　家全体の時間帯別消費電力

(b)　リビング

図 5-33 は、リビングの一日当たりの消費電力量の推移を示したグラフである。

対称実験期間と比較して、本実験期間で消費電力量が大きく減少していることが分かる。これは、被験者に対する聞き取り調査でも明らかになったことであるが、被験者は本実験期間中はリビングでの生活を控えて、他の部屋で生活するようになった結果である。本実験システムの見える化 UI の ECO ナビサービスでは、家族が同じ部屋で食事やテレビを楽しむことで省エネに繋がることをアドバイスしており、本実験結果は、被験者がこのアドバイスに則した生活スタイルを実践したことを示している。

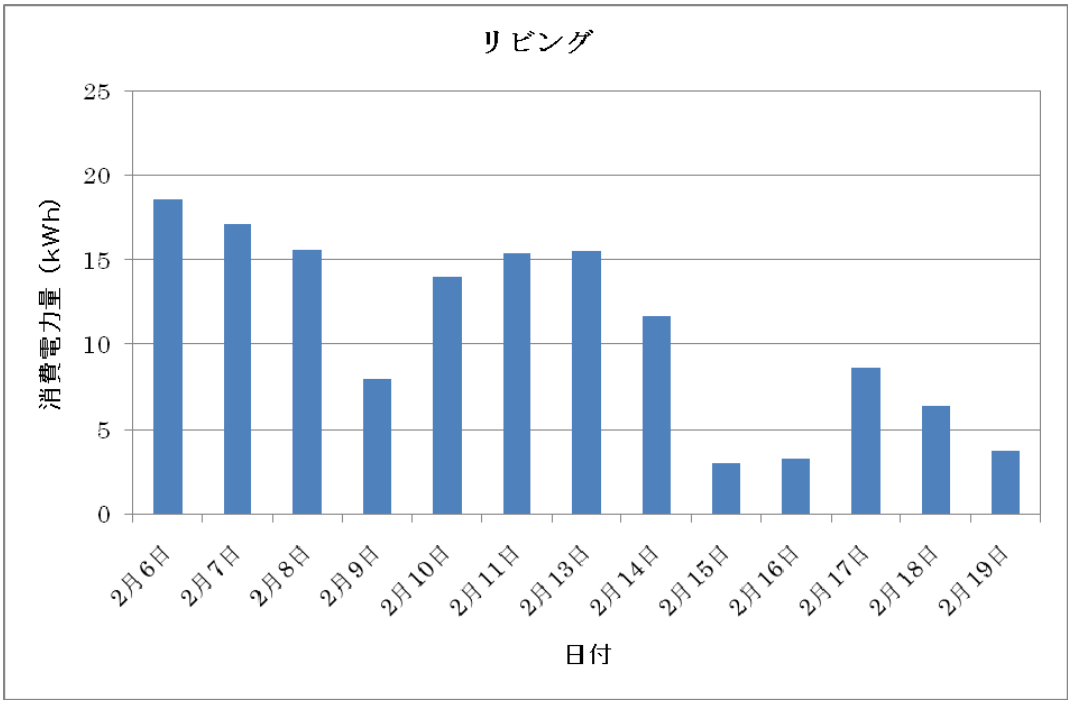


図 5-33　リビングの一日当たりの消費電力量

図 5-34 は、リビングエアコンの時間帯別の消費電力の推移を示したグラフである。

ほぼ全ての時間帯で、対称実験期間と比較して本実験期間の消費電力が低くなっている。被験者はエアコンの電源を小まめに落とす、または設定温度を低めにするなどしていたと考えられ、ここでも被験者がリビングでの生活を控えるようになったことが確認できる。特に 16 時から 21 時の間の消費電力の減少が顕著なのは、被験者がキッチンでの食事（準備や後片付けを含む）の際に、使用していないリビングの電源を落としていたためと考えられる。日中と比較して 20 時から 23 時の間の両実験期間の消費電力にあまり差がない理由については後述する。

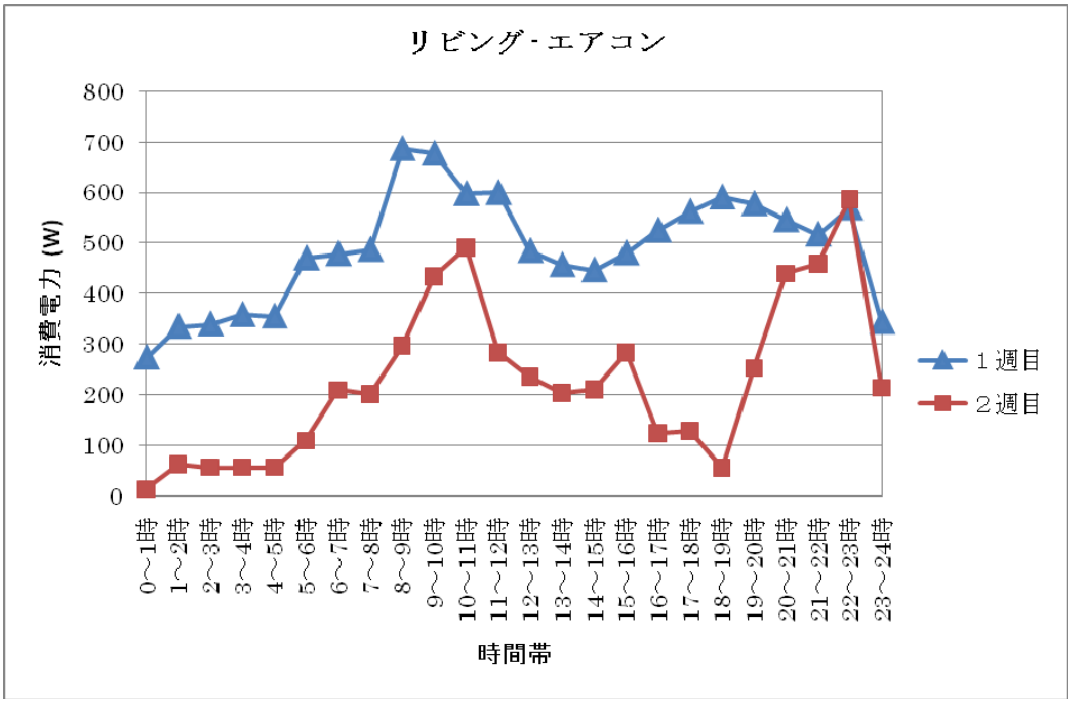


図 5-34　リビング - エアコンの時間帯別消費電力

図 5-35 は、リビングテレビの時間帯別の消費電力の推移を推定したグラフである。

対称実験期間と本実験期間を比較すると、就寝中と次に述べる例外を除いて消費電力が減少しており、本実験期間はリビングの使用が控えられていたことがここでも確認できる。例外とは 20 時から 24 時の間で、この時間帯は本実験期間の消費電力の方が高くなっている。これは、本実験期間と重なる 2 月 12 日から 2 月 28 日にかけて冬季オリンピックが開催されていたことが影響していると思われる。リビングには実験住宅で最も画面サイズが大きいテレビ（52 型）が設置されており、被験者は先の時間帯に冬季オリンピック報道番組をリビングのテレビで観賞していたと考えられる。図 5-34 によると、20 時から 23 時の間、両実験期間でリビングエアコンの消費電力にあまり差がなかったが、これは被験者が、リビングでテレビ観賞している間はその部屋のエアコンも使用していたためと推察される。

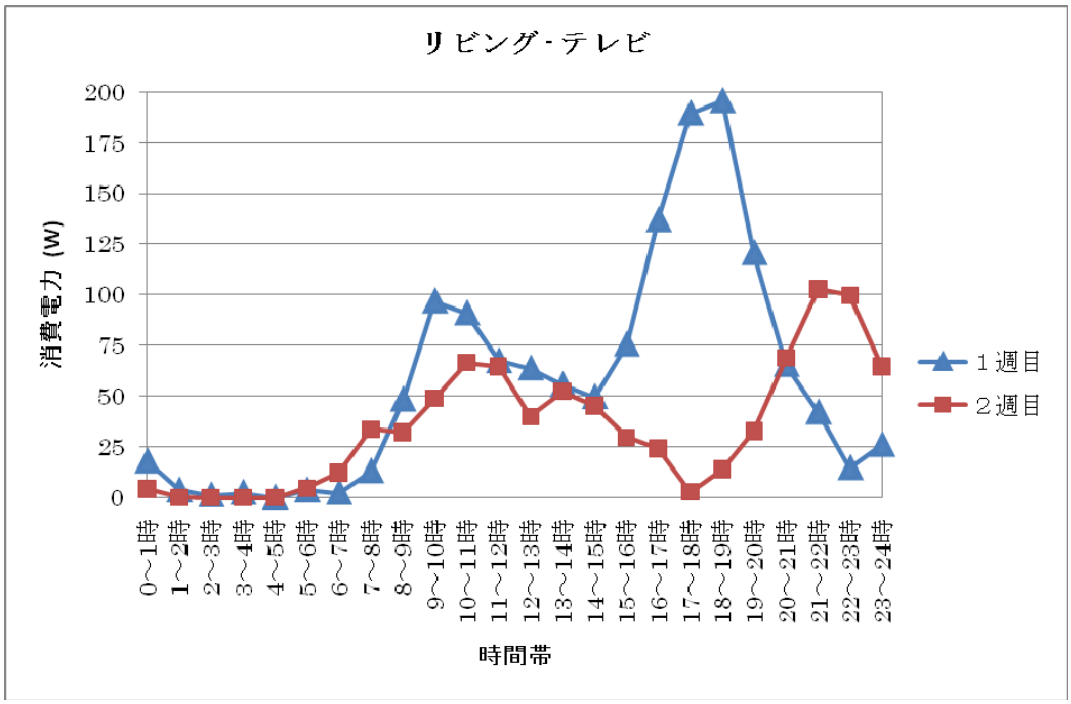


図 5-35　リビング - テレビの時間帯別消費電力

(c) キッチン

図 5-36 は、キッチンの一日当たりの消費電力量の推移を示したグラフである。

キッチンでは、対称実験期間と本実験期間の間でほとんど差異が見られない。むしろ僅かながら消費電力量が増加している。また消費電力量の値を見てみると、図 5-33 のリビングの消費電力量と比較して、両実験期間を通して高い水準で維持されていることが分かる。各実験期間別で比較すると、対称実験期間ではリビングとキッチンの消費電力量がほぼ同じ水準であるが、本実験期間ではリビングの消費電力量が大きく減少しているのに対しキッチンの消費電力量は微増している。このことから被験者は、対称実験期間はリビングとキッチンの両方を同程度に使用する浪費型の生活スタイルを取っていたが、本実験期間ではリビングの使用を控えてキッチンを主に使用する省エネ型の生活スタイルに転換したと考えられる。

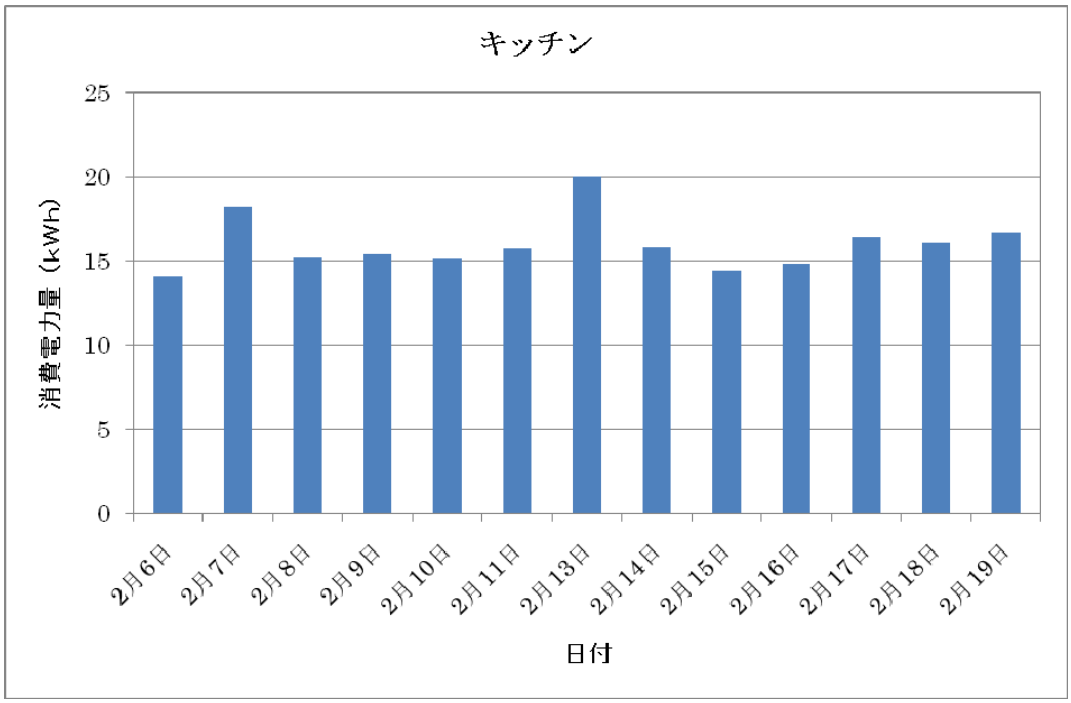


図 5-36　キッチンの一日当たりの消費電力量

図 5-37 は、キッチンエアコンの時間帯別の消費電力の推移を示したグラフである。

図 5-37 より、一日の中で見ると、対称実験期間と本実験期間で消費電力の推移に異なる傾向が見られる。まず夜間では、対称実験期間と比較して本実験期間の消費電力が減少している。これは、就寝中使用されていないキッチンエアコンの電源が落とされていたことを示している。21 時から 24 時の間の減少分については、被験者がリビングのテレビを主に使用していたことと一致しており、その間キッチンエアコンの電源は落としていたものと考えられる。一方日中では、対称実験期間と比較して本実験期間の消費電力はむしろ増加している。これは図 5-36 の結果と一致しており、図 5-33 から図 5-35 で本実験期間のリビングの消費電力が減少していたことと合わせると、被験者が、対称実験期間ではリビングとキッチンの両方に分散して生活していたものを、本実験期間ではキッチンを主な生活の場とするようになったことを裏付けるものである。

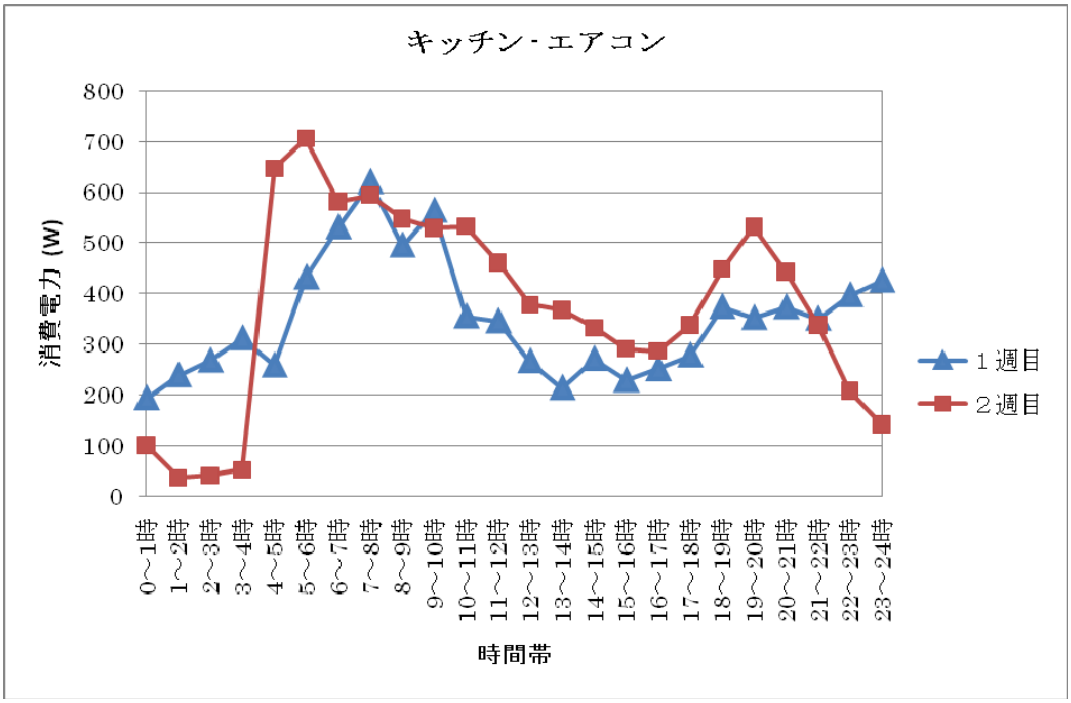


図 5-37　キッチン - エアコンの時間帯別消費電力

図 5-38 は、キッチンのテレビと照明の時間帯別の合計消費電力の推移を示したグラフである。キッチンにはテーマ 2-3 の実験システムのテレビが設置され、テレビ単体の消費電力の測定は行われなかった。そこで分電盤で測定したキッチンの部屋全体の消費電力（エアコンは除く）から夜間定常電力（冷蔵庫等の消費電力と思われる）を除き、これをテレビと照明の消費電力と見なしている。

図 5-38 からも、日中の消費電力は対称実験期間と比較して本実験期間の方が増加していることが確認でき、被験者がキッチンを主な生活の場としていたことが伺える。また 21 時から 24 時の間については、エアコン同様、テレビ・照明の消費電力が減少しており、被験者がこの間リビングのテレビを主に使用して、キッチンの電源を落としていたことを裏付ける結果となっている。

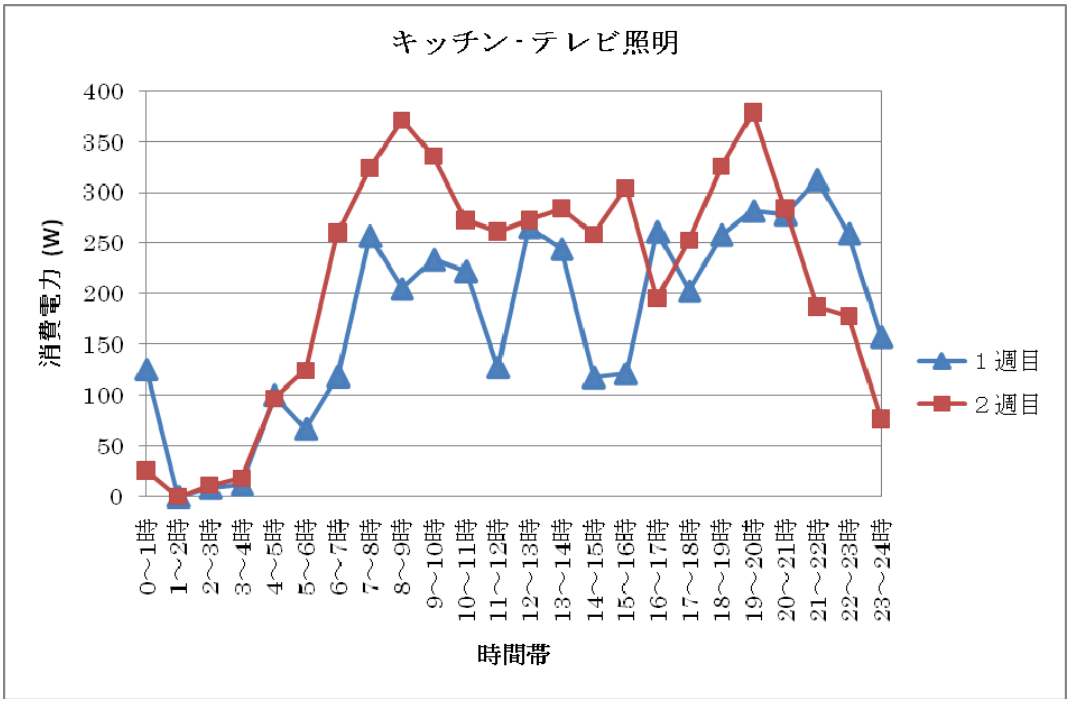


図 5-38　キッチン – テレビ照明他の時間帯別消費電力

(d)　1 階和室

図 5-39 は、1 階和室の一日当たりの消費電力量の推移を示したグラフである。

1 階和室では、対称実験期間と本実験期間の間で消費電力量にあまり違いが見られない。消費電力量の値そのものが他の部屋と比較して小さいことから、被験者は 1 階和室をあまり使用していなかったことが分かる。

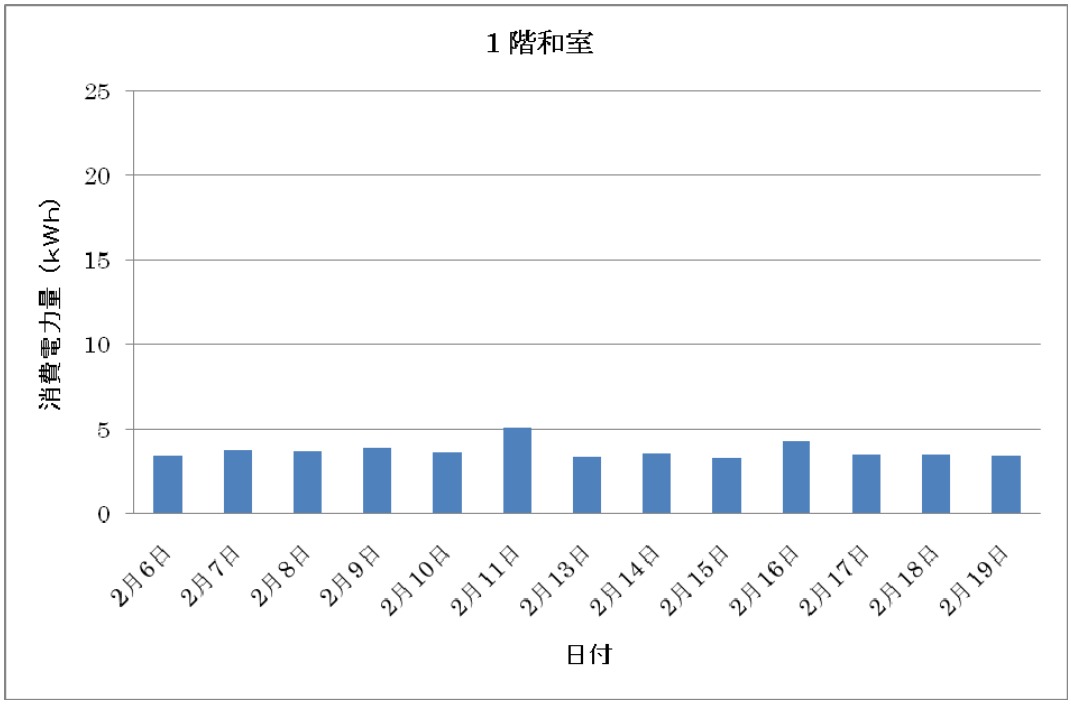


図 5-39　1 階和室の一日当たりの消費電力

図 5-40 は、1 階和室エアコンの時間帯別の消費電力の推移を示したグラフである。

図 5-39 と同様、エアコンはほとんど使用されていなかったことが分かる。ただし、消費電力の値は対称実験期間と比較して本実験期間で一日を通してほぼ一様に減少しており、使用頻度は低いものの、被験者は設定温度を低めにするなど省エネを意識した運転を行っていたと考えられる。

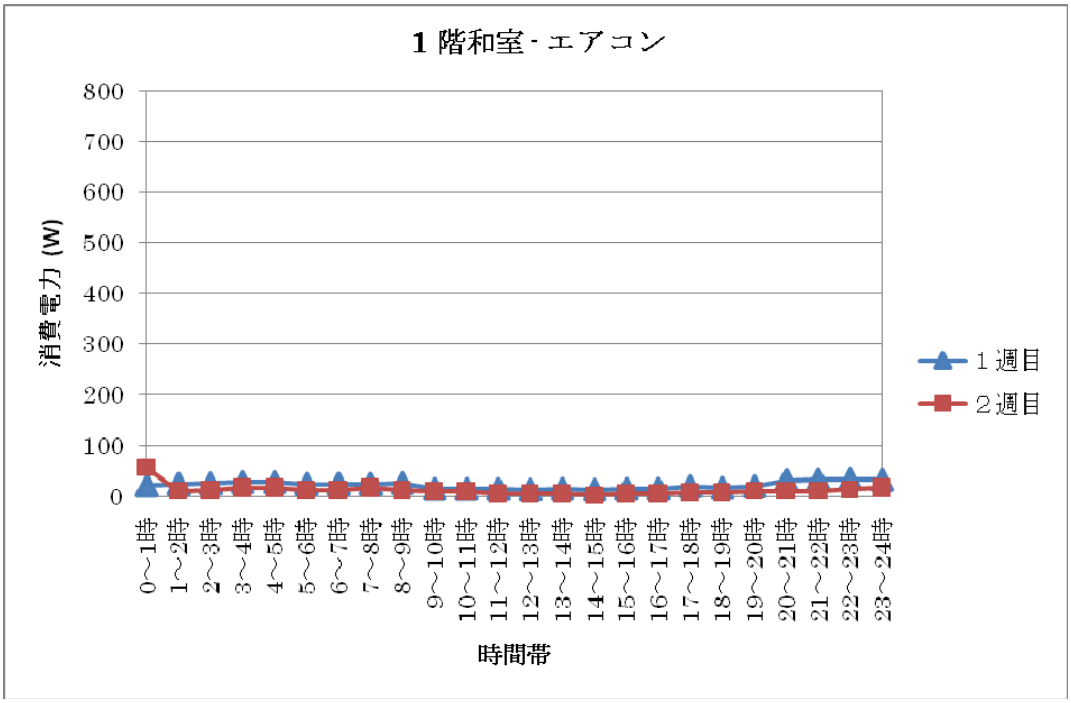


図 5-40　1 階和室 - エアコンの時間帯別消費電力

なお 1 階和室テレビについては、両実験期間でほとんど使用された形跡は見られなかった。

(e)　2 階寝室

図 5-41 は、2 階寝室の一日当たりの消費電力量の推移を示したグラフである。

2 階寝室も、対称実験期間と本実験期間の間で消費電力量にあまり違いが見られない。対称実験期間の 2 月 7 日の消費電力量が突出しているのは、この日のエアコンの消費電力量が大きかったためで、電源の切り忘れが原因と考えられる。本実験システムの ECO ナビサービスでは、使い過ぎ機器の通知や、普段の使い方と比べて違いの大きい機器の表示を行う。本実験期間では機器の電源の切り忘れが特に見られないが、このようなサービスによりユーザに気付きを与える効果は大きいと考えられる。

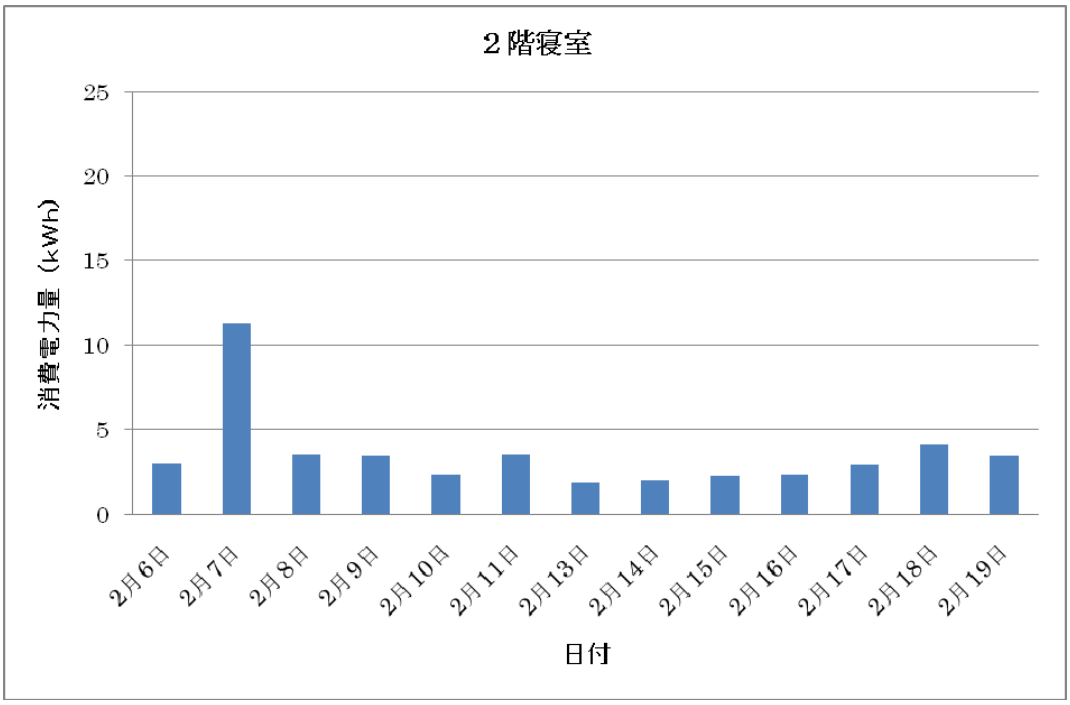


図 5-41　2 階寝室の一日当たりの消費電力

図 5-42 は、2 階寝室エアコンの時間帯別の消費電力の推移を示したグラフである。

1 階和室と同様に 2 階寝室でも、エアコンの消費電力は対称実験期間と比較して本実験期間で減少していることが分かる。特に夜間早朝の消費電力が減少しており、被験者は就寝時および起床時のエアコンの運転を、省エネを意識した設定で行っていたと考えられる。

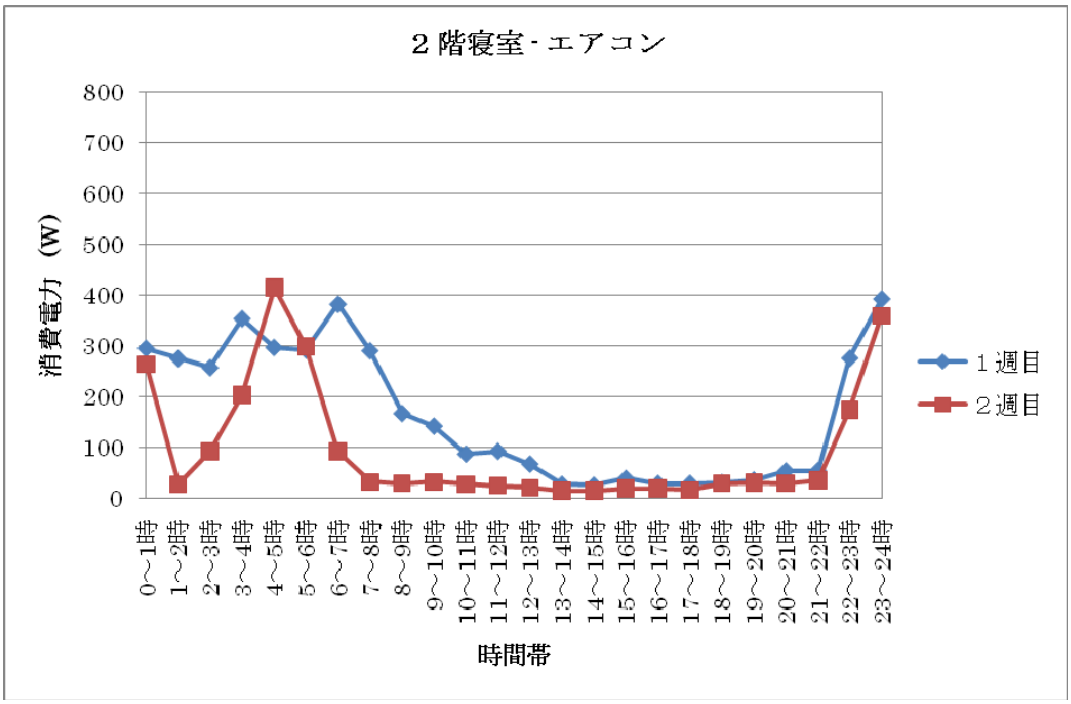


図 5-42　2 階寝室 - エアコンの時間帯別消費電力

なお 2 階寝室テレビについては、両実験期間でほとんど使用された形跡は見られなかった。

(f) テレビの操作履歴

本実験期間における、テレビの見える化 UI の機能別の操作回数の推移を、表 5-18 に示す。操作履歴の取得対象は実証実験宅のリビングに設置したテレビである。

表 5-18 見える化 UI の機能別操作回数

画面	2/13	2/14	2/15	2/16	2/17	2/18	2/19
我が家のエネルギーモニタリング	1	9	3	3	3	2	0
ECO ナビサービス	0	2	1	0	0	0	0
おうちコントロール	0	1	0	0	0	0	0

最も頻繁に使われたのが「我が家のエネルギーモニタリング」画面であり、次いで「ECO ナビサービス」画面、「おうちコントロール」画面の順となる。

「ECO ナビサービス」画面と「おうちコントロール」画面は、本実験期間直後の 2 日目と 3 日目に使用されている。一方、「我が家のエネルギーモニタリング」画面は、本実験期間終了までほぼ継続的に使用されている。特に「ECO ナビサービス」画面を初めて使用した 14 日には、「我が家のエネルギーモニタリング」画面を 9 回閲覧している。これは「ECO ナビサービス」画面によるアドバイスによって行動喚起が促され、使用電力の様子を繰り返し確認していたためと思われる。

以上、テレビの見える化 UI の操作履歴が示す通り、「ECO ナビサービス」画面によるアドバイスをきっかけに「我が家のエネルギーモニタリング」画面の閲覧回数が増加し、消費電力を気にしながら生活するように変化したものと考えられる。

(2) 被験者の使用感

(a) 実験開始前の被験者の省エネに対する意識

被験者に対して行った事前アンケートによると、被験者 1 は、不在時にテレビや照明を OFF にしたり、カーテンやよしずを使用して日射や放熱をコントロールしたりと、普段の生活から省エネを心がけている。また、機器の交換時期に合わせた高効率機器へのリプレースも検討している。さらに、建物の断熱、気密、日射コントロール性能の向上等にも関心がある。

被験者 2 は、聞きかじりの省エネ情報が入ってきてはいるものの、それに基づいて何かを実行したことはあまりなかったとのことである。

被験者 3 は、省エネに対しては以前から興味があったものの、普段の生活では、照明の消灯と、機器の電源をコンセントから抜くこと以外は具体的な行動には結びついていなかったとのことである。

総じて、被験者 1 は、省エネに対する関心がもともと非常に高く、かつ、省エネのために何をしなければならないかをよく理解していると言える。一方、被験者 2 および被験者 3 は、省エネに対してある程度の関心は持っているものの、実際の行動にはあまり結びつ

いていないと言える。

(b) 実験終了後の被験者の省エネに対する意識の変化

被験者 1 は、もともと省エネに対する意識が高かったため、特に本実証実験によって省エネに対する意識が向上したという回答は同被験者からは得られなかった。しかしながら、被験者 3 との会話の中で、「水道、ガスの使用量が 1 日だけすごく多い日があった。」という発言があり、テレビに表示された情報を活用していたことが伺えた。被験者 1 にとって本実験システムは、省エネ意識を向上させるためというよりは、むしろ、省エネ行動を行うかどうかの判断基準となる現在の家の中の状態を知るために役立ったと言える。

被験者 2 は、どの部屋でどのくらい電気を使っているかをテレビで具体的に表示することが、省エネ意識を高める役に立ったと回答した。どこでどのくらい電気が点いているかをテレビ画面で確認して消し忘れ等をチェックすることができ、省エネがしやすくなったと述べている。また、電気使用量等の情報を金額換算して表示したことも、省エネ行動を促す効果があったと述べている。

被験者 3 は、実験期間中に、トイレの手洗いのお湯を誤って朝まで流しっぱなしにしたことがあったが、後でテレビ画面を見て、その日の水道使用量やガス使用量に反映されていることに感心していた。また、その日の水道使用量やガス使用量に関しては、被験者 1 も、なぜこの日だけ数値が増えていたのか首をひねっていたそうである。本実験システムは見える化により、被験者が省エネに反する行動をとった場合に、その行動結果を被験者自身または他人に見せることにより、被験者に行動を反省させ、以降の省エネ行動を誘導する効果があると言える。

(c) 「新・モーションガイド」による省エネ情報表示に対する感想

「新・モーションガイド」のメニューには、宅内の消費電力、発電量および売電量を表示する機能を設けたが、被験者１、２、３はともに、これらの値をあまりチェックしておらず、ECO ナビサービスおよび HEMS を利用しようと思ったときだけ、「新・モーションガイド」を表示させていた。しかし被験者がテレビ番組を視聴している状態から ECO ナビサービスまたは HEMS を利用しようと思った場合には、少なくとも 3 回の操作を行う必要がある。すなわち、１）メニュー表示第１階層の画面を表示するための操作、２）メニュー表示第２階層の画面を表示するための操作、３）電力モニタリング、ECO ナビサービスまたはおうちコントロールのいずれかの項目を選択する操作、という 3 回の操作である。このように 3 回の操作が必要であったことに対しては、被験者１、２、３ともに操作が面倒であるという感想を持っていた。さらに、被験者１からは、電力モニタリング、ECO ナビサービスまたはおうちコントロールのいずれかの項目を選択するという仕様は、それぞれの画面へのアクセス回数を 3 分の 1 にしてしまっているとの意見を得た。

(d) 我が家のエネルギーモニタリングに対する感想

画面左側に一覧表示した実験住宅のエネルギー関係の数値に関しては、被験者 1、2、3 ともに、たまにチェックをしていた。数値情報により宅内のエネルギーの状況が理解でき、省エネ意識を高める役に立ったとのことである。

画面右側に表示した実験住宅の間取り図に関しては、被験者 1、2、3 ともに、よくチェ

ックしていた。各部屋の色で部屋ごとのエネルギーの情報は直感的に理解でき、その色を見て機器の制御をしなければならないと思ったことが、自分のいる部屋についても、他の部屋についても、ともにあったとのことである。また、間取りの絵と実際の部屋との対応付けは直感的に理解できる、とのことであった。

(e) ECO 生活への素敵なヒントに対する感想

画面左側に表示したブログ情報は、被験者 2、3 にはあまり興味をもって見てもらえなかった。被験者 1 は、最初は興味をもって見たが、同じブログ情報が繰り返し表示されることと、ブログ情報が ECO 生活と直接関係しないことから、次第に興味が薄れたようである。同じブログ情報を繰り返し表示したのは、実験システムの仕様上の制限によるが、実際のサービスを行う場合には視聴者を飽きさせないように多種類のコンテンツを提供する必要がある。また、実験システムで表示するブログ情報の内容は、「手作りケーキ」「昼食とベランダ掃除」「駅前の花屋」という直接省エネを訴えるのではなく広い意味のエコロジーに属するテーマを選択したが、被験者 1 に対しては、この画面全体の位置づけがあいまいであるという印象を与えてしまった。

画面右上に表示するひとことアドバイスに関しては、被験者 2、3 はメッセージをほとんど読まず、被験者 1 はいくつか読んだもののあまり興味をもたなかった。その理由として、被験者 2、3 は同じ内容のアドバイスしか表示されないことを、被験者 1 は少数のアドバイスが繰り返し流れるということを、それぞれあげていた。しかしながら、実験システムでは、ひとことアドバイスとして 26 種類の文章を順番に表示している。また、実際に表示された文章を示したところ、被験者 1、2、3 が見ていないアドバイスが多数見られた。このことから、同じ内容のアドバイスが繰り返し流れるというのは、被験者の先入観によるものと思われる。1 つの原因としては、ブログ情報が同じ内容で繰り返し表示されていることから、ひとことアドバイスも同じ内容が表示されていると誤解されてしまったことが考えられる。もう 1 つの原因としては、エラー等でシステムがリセットされた場合、その後に最初に表示するアドバイスは同じ文章なので、それを見て少数のアドバイスが繰り返し表示されていると誤解された可能性がある。

ひとことアドバイスの文章そのものに関しては、聞き取り調査時に実際に表示された文章を示したところ、このようなアドバイスを見ていればもっと省エネに結び付けられたのにという感想を、被験者 2、3 から聞くことができた。被験者 2、3 にとっては、社会性を強調するＢ群およびD群のメッセージよりも、経済性を強調するＡ群およびＣ群のメッセージの方が心に響くとのことである。

一方、ひとことアドバイスのメッセージを見た被験者 1 に感想を聞いたところ、A群およびＢ群のメッセージは、既に実施している活動または被験者 1 の活動に関係のないアドバイスであることがわかった。被験者 1 にとって、実験住宅のトイレは自動でフタが開閉するようになっているため暖房便座のフタに関するメッセージは関係なく、宅内で掃除を担当していないためフローリング掃除に関するメッセージも関係なく、野菜の加熱は元々電子レンジで行っているためそのメッセージも関係なかった。被験者 1 が見たＣ群およびD群のメッセージは 1 種類であり屋上緑化に関するものであるが、これも自分に関係ない

ものと思われて、省エネ行動を喚起しなかった。被験者 1 が見たＥ群のメッセージは 1 種類であり家族が同じ部屋ですごすことが省エネにつながるというものであったが、このアドバイスに対しては被験者 1 の省エネ意識が高まり、家族が同じ部屋で過ごすよう心がけたとの感想を得た。

ひとことメッセージの下部に配置された「もっとヒントを見る」アイコンに関しては、直接省エネに関係するコンテンツまたはひとことアドバイスのメッセージに関係するコンテンツが表示されることを期待して被験者 1 はアイコンを選択したが、表示されたテレビ向けデジタルマガジン「kumukumu」は広い意味のエコロジーに関するコンテンツを提供していた。被験者 1 の期待と実際に表示されたコンテンツとが食い違っていたために、被験者 1 は「もっとヒントを見る」アイコンをあまり選択しなくなってしまった。

いずれかの機器の当日の稼働時間が、当該機器に対して設定された目標稼働時間を超えた場合に画面右下に表示される「使いすぎ機器があります」アイコンに関しては、被験者 1 のみが表示されたことに気づいた。被験者 1 は、「使いすぎ機器があります」アイコンが他のアイコンよりも優先して選択すべきアイコンであることを認識して選択し、目標稼働時間の再設定を行なった。しかしながら、被験者 1 からは、現在、どのように使いすぎていて、どのように減らせばよいのかという具体的なアドバイスがないと、自分で適切な目標稼働時間を設定することは難しいとの感想を得た。

(f) 家電機器の ECO 診断に対する感想

「家電機器の ECO 診断」画面は、被験者 1 のみが表示した。

各機器の、1 週間の平均消費電力、1 週間の平均稼働時間および被験者の設定した目標稼働時間からなる数値情報に関して、被験者 1 はたまにチェックしたが、具体的な省エネ行動にはあまり結びついていない。その理由としては、省エネをした方がいいと理解していても、快適性を犠牲にしてまで省エネに取り組もうとは思わなかったことが挙げられている。実証実験は 2 月に実施しているため、いくらエアコンが使いすぎと言われても、寒いのでエアコンを OFF にする気にはなれなかったとのことである。

各機器の目標稼働時間を変更するポップアップ画面に関しては、被験者 1 はポップアップ画面を表示させ目標稼働時間を設定したことがあった。しかしながら、何を基準にして目標稼働時間を設定すればよいかがわからず、試しに目標稼働時間を減らして設定してみただけとのことであった。被験者 1 からは、目標稼働時間は時間数を設定するのではなく、例えば電力消費量を何%減らすという観点で設定できるようになっていた方が、設定がしやすかったとの感想を得た。

(g) 買い換え提案に対する感想

「買い換え提案」画面は、被験者 1 のみが表示した。

画面右側に表示した、買い換え対象機器と買い換え提案機器の 1 年間の消費電力の各金額換算値、その差額、買い換え提案機器の価格および買い換え提案機器の償却年数からなる数値情報に関しては、被験者 1 にはチェックしていただけなかった。被験者 1 によれば、実証実験の実施期間が短く、かつ実験システムを構成する機器が比較的新しく、買い換える動機に乏しかったため関心が薄かったとのことである。しかしながら、実際に買い換え

を検討する局面では、これらの数値情報は十分参考になるとの感想も得た。

被験者 1 が実際に買い換えを検討する局面では、これらの数値情報は、「商品情報詳細」アイコンや「今日のチラシ」アイコンを選択する動機に十分になるとのことである。同様に、画面左側に表示した買い換え提案機器の情報も「商品情報詳細」アイコンや「今日のチラシ」アイコンを選択する動機になるとのことである。買い換え提案機器の情報は、写真とキャッチコピーからなっているが、被験者 1 だけでなく、被験者 2、3 からもわかりやすいとの評価を得た。但し、実際に商品を検討する際には、まず数値情報で買い替えのメリットを理解し、次に買い換え提案機器の情報でどの商品にするかを決めるという手順になるとのことである。

被験者 1 からは、「商品情報詳細」アイコンや「今日のチラシ」アイコンを選択した際に表示されるコンテンツも、テレビでの表示と操作を意識したものになっている必要があるとの指摘も受けた。

(h) 我が家の ECO 家計簿に対する感想

「我が家の ECO 家計簿」画面は、被験者 1 のみが表示した。

画面左上側に表示した、発電量、消費電力、売電量等の当日の積算値と前日の積算値の数値情報に関して、被験者 1 はあまりチェックをしていない。また、被験者 2、3 にも聞き取り調査時に「我が家の ECO 家計簿」画面を見せたが、本画面左上に表示する数値情報と「我が家のエネルギーモニタリング」画面の左側に表示する数値情報との違いを、被験者 2、3 は説明なしに理解することができなかった。

画面左下部に表示した、当日に積算消費電力量が最も多かった機器と、前日の積算消費電力量と当日の積算消費電力量との差が最も大きかった機器とに関して、被験者 1 は次第にチェックしなくなった。これは、2 つの機器とも常に同じエアコンが表示され、実証実験の実施期間中に変化がなく、興味が薄れたためである。

画面中央に表示した、実験住宅全体の発電量と消費電力との折れ線グラフに関して、被験者 1 はたまにチェックしていた。しかしながら、そういうものかという感想を持ったのみで、具体的な省エネ行動には結びつかなかった。原因としては、単純なグラフだけでは、どのような情報を読み取って、どのように省エネ行動に結びつければいいかがわからなかったためである。また、グラフの各線の意味を説明する文字が小さく、離れた位置からでは読めなかったため、どちらの折れ線がどの情報に対応しているかがわかりづらかったことも一因となっている。

画面右側に表示した、売電金額の累積値を日ごとの折れ線で表示したグラフに関して、被験者 1 はたまにチェックしていた。しかしながら、15000 円、20000 円、25000 円という金額が何に対応するのかについては、実証実験開始前の説明だけでは十分に理解できなかったとのことである。また、実証実験の実施期間が短く実施期間中に目標金額に到達しないため、あまり興味をもてなかったとのことである。被験者 2、3 にも聞き取り調査時に「我が家の ECO 家計簿」画面を見せたが、被験者 2、3 ともに、このグラフは面白いと感じ、「目標達成まであと何日」と表示されたら楽しいだろうという感想をもった。被験者 2 は、本実験システムの機能のうち、売電金額の累積値を日ごとの折れ線で表示したグラフ

が一番面白そうだと述べている。ただし、「あと何日」という文字が小さいので、もっと大きく強調して表示したり、あるいはテレビの片隅に表示したりする工夫があればさらによいとのことである。

売電金額の累積値の目標値を金額として設定したことについては、被験者 1、2、3 ともに肯定的であった。被験者 1、2、3 は、電気使用量の単位「kWh」や CO2 量の単位「kg」で表示するよりも、お金の単位「円」で表示された方がわかりやすいと述べている。目標達成までの期間に関しては、被験者 2、3 にとっては、3 ヶ月でも少し長すぎて、1 ヶ月くらいがちょうどいいとのことである。目標達成までの期間が短くなるとシミュレーション目標金額も低くなってしまうが、これに対して被験者 2 は、目標金額は低くても省エネ行動の動機に十分なると答えている。例えば目標金額が 300 円程度でも大丈夫であり、極端な場合、10 円、20 円という単位でも、得をしたと感じて省エネ行動の動機になるとのことである。

(i) おうちコントロールに対する感想

「おうちコントロール」画面は、被験者 1 のみが使用した。

画面右側に表示した、生活シーンに合わせて複数の機器を一括制御するためのアイコンに関しては、被験者 1 は、機器を 1 つ 1 つ設定するのは面倒なので、この機能には非常に期待したとのことであった。但し、実際に使用しようとすると、なかなかぴったりあてはまるシーンがなかったとのことである。被験者 1 は、「就寝」アイコンは選択したことがあり、床に入ってから部屋のすべての機器の電源を OFF にすることはある程度役に立ったが、他のアイコンは生活シーンとあまり一致しなかった。被験者 2、3 にも聞き取り調査時に「おうちコントロール」画面を見せたが、被験者 1、2、3 とも「外出」アイコンは使用するかもしれないと答えたが、被験者 2 からは、他の部屋の機器の電源が確実に OFF になる状況でなければ、目視の再確認が必要となるため、使わない可能性があるとの意見が出た。

制御対象機器の組み合わせに関しては、もっとカスタマイズできるようにして欲しいとの意見を被験者 1 より得た。例えば、家の中の全ての機器の電源を OFF にする際に、暑かったり寒かったりしないようにエアコンだけは電源を ON にしたままにするとか、防犯のために一部の照明だけは点灯したままにしておく、などの例を被験者 1 は挙げた。

「映画鑑賞」アイコンを選択することにより、機器を制御するだけでなく、映画を配信するインターネットサービスに画面遷移することに関しては、被験者 1 は、ホームシアター向けの設定をした上で手軽に映画が鑑賞できそうだという感想をもった。ただ、実際にお金を払って映画配信サービスを受けることに対しては心理的な壁があり、被験者 1 は「アクトビラ」のビデオ・オン・デマンドサービスを利用して映画を視聴するには至らなかった。

画面左側に表示した、画面右側のアイコンが示す生活シーンに関係のある情報に関しては、被験者 1 には両者の関係づけを意識してもらえなかった。被験者 2、3 にも聞き取り調査時に「おうちコントロール」画面を見せたが、被験者 2 は生活シーンに関係のある情報として表示された写真のきれいさに感心し、大画面テレビで高精細な写真を見ることが非常に印象に残るとの感想を述べた。さらに、被験者 2 によれば、メッセージを単に文章と

して表示するのではなく、写真に重ねて表示した方が、おしつけがましくなくてよいとのことである。

(j)　個別機器の手動コントロールに対する感想

「我が家のエネルギーモニタリング」画面のポップアップ画面に表示された各機器の情報については、被験者 1 は、当初はチェックしていたが徐々にチェックしなくなった。本実験システムは、仕様の問題で、機器の設定を変えたり電源を OFF にしたりしても表示に反映されるまでタイムラグが生じてしまう。そのため、被験者 1 は正しい情報が表示されないという印象を持ってしまい、徐々に情報を見なくなってしまった。

選択された機器のポップアップ画面の下部に表示した制御用ポップアップ画面に関しては、被験者 1、2、3 ともにどんな操作ができるか直感的に理解でき、わかりやすいと好評であった。ただ、被験者 1 は、電源 ON および OFF のような単純な操作だけでなく、機器の運転スケジュールの設定などもテレビ画面でできればよかったと述べていた。

5.3.3. 環境負荷低減効果の試算

(1) 環境負荷低減効果の内訳

5.3.2 (1) 被験者の使用履歴情報の解析では、家全体および各部屋で、対称実験期間と比較して本実験期間で消費電力が減少傾向にあることを確認した。ここではさらに、消費電力の推移の内訳を比較することで、本実験システムの見える化 UI における行動喚起効果による、環境負荷低減効果の内訳を考察する。

図 5-43 から図 5-46 に、部屋別および機器別の、平均消費電力の内訳と削減消費電力の内訳をしめす。これらの図において、まず部屋別の各図については、ダイニングの消費電力はリビングの消費電力に合算して表示している。これはテーマ 2-3 の実験システムで、リビングとダイニングの消費電力を分電盤の同じ分岐から計測しているためである。また機器別の各図については、本実験システムおよびテーマ 2-3 の実験システムで計測しなかった機器については推定値を使用している。具体的には、例えば照明の消費電力は、各部屋の消費電力からエアコン、テレビ、PC の消費電力を除いた値を使用している。またこれらの図にある PC とは、本実験システムで使用したアプリケーションサーバと機器制御装置のことである。

(a) 平均消費電力の内訳

図 5-43 は、対称実験期間から本実験期間における、部屋別の平均消費電力の内訳を示したグラフである。

まず家全体の平均消費電力を見てみると、対称実験期間の平均消費電力が 2,278W であったのに対し、本実験期間では平均消費電力が 1,765W と減少しており、家全体で 22.5%の削減効果があったことが分かる。

この 22.5%の削減率の内訳としては、以下の要因が考えられる。

- 本実験システムの使用により、被験者の省エネ行動が喚起された。
- 被験者には、対称実験期間中はあまり省エネにこだわらず快適さを保ったまま生活してもらった結果、対称実験期間中がエネルギー浪費型の生活となった。
- テーマ 2-3 の実験システムの省エネコンテンツまたは制御により省エネが実現された。
- 白熱電球を LED 電球に交換したため、照明の電力消費量が削減された。

本実験システム単独での省エネ行動喚起効果や、それによるエネルギー削減率を正確に切り分けることは難しいが、家電製品ごとの電力消費量を表示する家庭向けウェブアプリケーション「Google PowerMeter」を試作した米国 Google 社では、リアルタイムのエネルギー使用量を定期的に目に見える形で確認することがユーザの電力利用量の削減を促し、行動の変化により平均で 5%から 15%の利用量削減につながると述べている[1]。本実証実験の実験結果と米国 Google 社の主張とは矛盾するものではなく、本実験システムの使用によ

[1] CNET Japan の 2009 年 2 月 12 日付 Web 記事より
http://japan.cnet.com/marketing/story/0,3800080523,20388039,00.htm

る省エネ行動喚起効果単独でのエネルギー削減率も、ほぼ同様に 5%から 15%と推測できる。さらに、エネルギーの「見える化」により省エネ行動喚起することの方が、エネルギーを「制御」することよりも、省エネルギー効果が高いと考えられる。

平均消費電力の内訳を部屋別で見てみると、対称実験期間ではリビングとキッチンの消費電力が全体の半分以上を占めており、リビングとキッチンでほぼ同程度の電力を消費している。本実験期間では、リビングの消費電力が 626W から 311W と半減しているのに対し、キッチンの消費電力は 654W から 677 W と微増している。その他の部屋では、対称実験期間に対して本実験期間の消費電力は減少している。この傾向から推察すると、被験者は、対称実験期間ではリビングとキッチンを同程度に使用していたが、本実験期間ではキッチン主体の生活スタイルに転換し、リビングをなるべく使わないよう改めたと考えられる。その結果、キッチン単体で見ると消費電力は僅かながら増加しているものの、リビングの消費電力が劇的に減少したことと、他の部屋の消費電力も減少したことにより、家全体として大幅な消費電力の削減に繋がったと見ることができる。本実証実験では被験者はたまたまキッチンを主体で使うことを選択したが、キッチンに限らず、家族がなるべく同じ部屋に集まる生活スタイルを取ることによって、消費電力を大きく削減できることが分かる。見える化 UI で行う行動喚起も、これに即したアドバイスを行うことが効果的である。

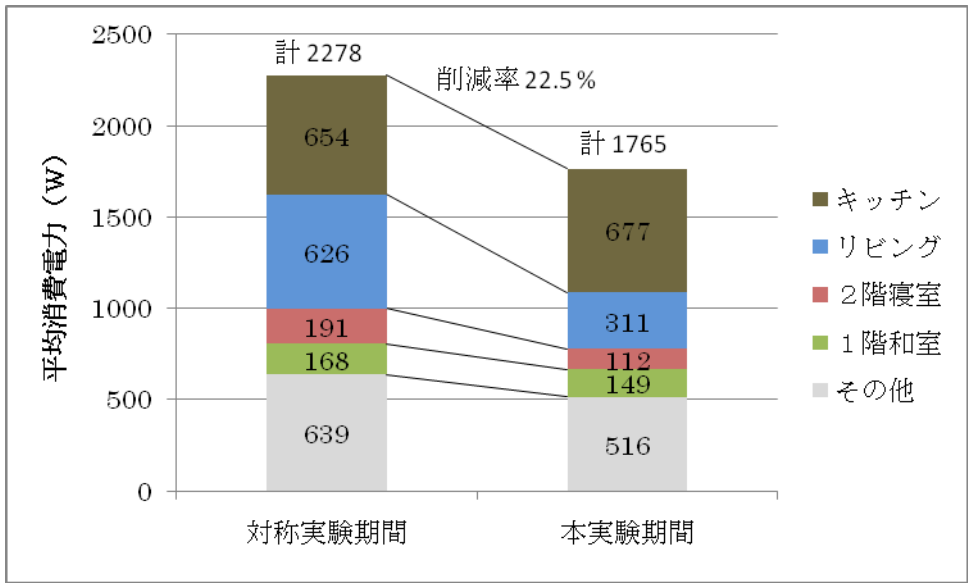


図 5-43　部屋別の平均消費電力の内訳

図 5-44 は、対称実験期間から本実験期間における、機器別の平均消費電力の内訳を示したグラフである。

平均消費電力の内訳を機器別で見てみると、対称実験期間ではエアコンの消費電力が 1,030W と全体の半分近くを占めている。本実験期間では、このエアコンの消費電力が 704W と約 3 分の 2 に減少したことにより、家全体の消費電力が大きく削減されることとなった。エアコンの消費電力が削減された理由は、電源を小まめに落とす、設定温度を低くするなど機器の使い方そのものが改善されたことに加え、先の考察にも挙げたように、

キッチンを主な生活の場としてリビングの使用を控える生活スタイルに転換したことにより、リビングのエアコンがあまり使用されなくなったためと考えられ、本実験システムの見える化 UI による行動喚起が有効に働いた結果と思われる。なお行動喚起以外にも、テーマ 2-3 の実験システムにおいてリビングの断熱ブラインドの自動制御を行ったことも、エアコンの消費電力削減に効果があったと思われる。

またその他の機器で見てみると、照明の消費電力が 137W から 26W と約 5 分の 1 以下に減少している。これは行動喚起により照明の使用時間が減少したことに加えて、対称実験期間に使用していた白熱電球を、本実験期間では消費電力の低い LED 電球に交換したことによる効果と考えられる。

以上の結果から、まず冬期においては、家全体のエネルギー消費に対して暖房器具のエネルギー消費が占める割合が、かなり大きいことが確認できる。本実証実験では、行動喚起によりエアコンの消費電力を減らすことによって、家全体の消費電力を大幅に減らすことに繋がったと言える。また、LED 照明のような低消費電力機器への置き換えを推進することにより、消費電力の削減が期待できることも確認できた。

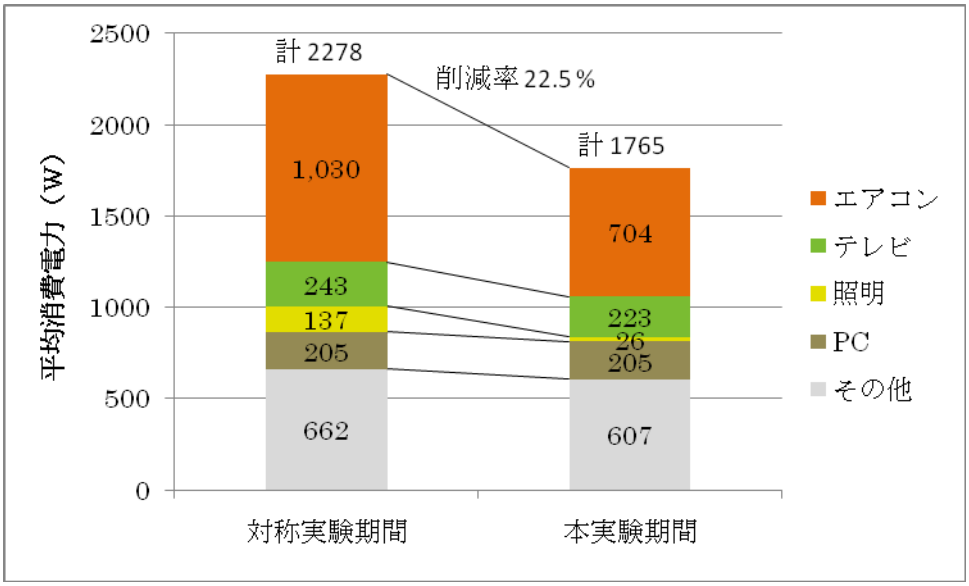


図 5-44　機器別の平均消費電力の内訳

(b)　削減消費電力の内訳

図 5-45 は、家全体の削減消費電力に占める、部屋別の削減消費電力の内訳を示したグラフである。

このグラフより、削減消費電力の約 3 分の 2 はリビングにおいて実現されたことが分かる。リビングの削減消費電力が大きかった理由は、まず対称実験期間の家全体の消費電力に占めるリビングの消費電力の割合が元々大きかったことが挙げられる。図 5-43 から、対称実験期間では家全体の消費電力が 2,278W なのに対して、リビングの消費電力は 626W と約 4 分の 1 以上を占めている。そのため、本実験システムの行動喚起により各機器の使い方が改められた結果、リビングにおける削減量は相対的に大きくなったと言える。

一方、家全体の消費電力に占める割合を更に見てみると、図 5-43 では、対称実験期間はキッチンの消費電力も 654W とリビングと同程度の割合を占めていた。しかしながらキッチンではリビングと違い本実証期間で消費電力が微増している。(図 5-45 にキッチンが記載されていないのはこのためで、キッチンの値はその他の項目に含めて記載している) これは先に述べた通り、被験者が本実験期間はキッチンを主とする生活スタイルに転換し、リビングの使用を控えていたためと推察される。

以上の結果より、部屋別の削減消費電力の内訳を見てみると、行動喚起による削減効果は、各機器の使い方が改められたことによるものと、生活スタイルの転換により部屋そのものの使用が控えられたことによるものとが考えられる。それぞれの削減効果を正確に試算することは出来なかったが、生活スタイルの転換による消費電力削減の方が、より効果が高いと考えられる。

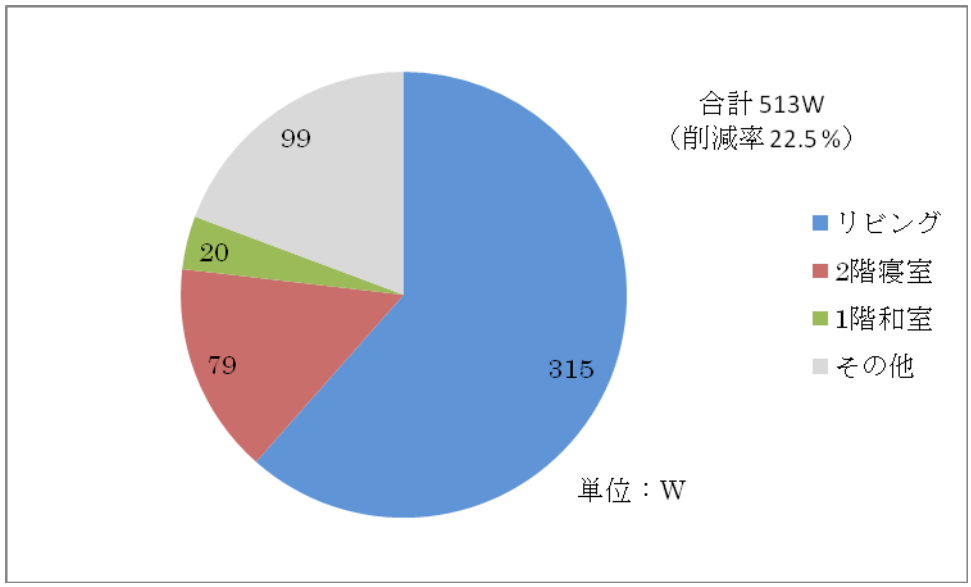


図 5-45　部屋別の削減消費電力の内訳

図 5-46 は、家全体の削減消費電力に占める、機器別の削減消費電力の内訳を示したグラフである。

このグラフより、削減された消費電力のうちの約 3 分の 2 はエアコンにおいて達成されたことが分かる。エアコンの削減消費電力が大きかった理由は、まず対称実験期間の家全体の消費電力に占めるエアコンの消費電力の割合が元々大きかったことが挙げられる。図 5-44 から、対称実験期間では家全体の消費電力が 2,278W なのに対して、エアコンの消費電力は 1,030W と半分近くを占めている。これは冬期においては暖房に費やすエネルギー消費が大きいことを示している。(同様に夏期においては冷房に費やすエネルギー消費が大きいことが予想される) そのため、本実験システムの行動喚起により、エアコンの電源を小まめに切る、設定温度を低くするなど、使い方が改められた結果、消費電力の削減に大きく寄与したと言うことができる。また本実験期間には、テーマ 2-3 の実験システムによりリビングの断熱ブラインドの自動制御も行われた。エアコンの削減消費電力の中には、断熱ブラインドによる保温効果分も含まれると思われる。

またエアコンの次には、照明による削減消費電力が大きかったことが分かる。図 5-44 によると、対称実験期間と本実験期間を比較すると、エアコンの消費電力は 1,030W から 704W と約 3 分の 2 になったのに対し、照明の消費電力は 137W から 26W と約 5 分の 1 以下に減少している。これは、行動喚起により照明の使い方が改められたことに加えて、本実験期間では白熱電球を消費電力の低い LED 電球に交換したことによる効果と考えられる。

全削減率 22.5%のうち、照明による削減率（行動喚起によるものと LED 電球交換によるものの合計）は 4.9%、照明以外の機器による削減率（行動喚起によるものと断熱ブラインドによるもののが合計）は 17.6%であった。対称実験期間と本実験期間の照明の消費電力比が、白熱電球と LED 電球のカタログ上の消費電力比にほぼ等しいことから、照明による削減効果の大部分は、LED 電球交換によるものと考えられる。また、断熱ブラインドによる消費電力削減効果は夜間のリビングにおけるエアコン使用量の削減に限定されると考えられるが、事後の聞き取り調査によると被験者は本実験期間中はリビングを極力使わない生活パターンに移行したということであったため、断熱ブラインドによる削減効果は大きくなかったと推測される。従って、照明機器以外による削減効果の大部分は行動喚起によるものと考えられる。すなわち、行動喚起による削減率は先に挙げた照明以外の機器による削減率 17.6%に近い値であり、全削減率の約 3 分の 2 を占めると推察される。

以上の結果より、機器別の削減消費電力の内訳を見てみると、消費電力の削減効果には、行動喚起によるものと、低消費電力機器（白熱電球に対する LED 電球）や代替機器（エアコンに対する断熱ブラインド）への置き換えによるものとが考えられる。それぞれの削減効果を正確に試算することは出来なかったが、行動喚起による消費電力削減の方が、より効果が高いと考えられる。機器別の削減効果の内訳を見てみると、冬期においてはエアコン等の暖房器具が占める割合が大きい。一方、照明による削減効果は暖房器具ほど顕著ではないが、一年を通してコンスタントな削減効果が期待できる。

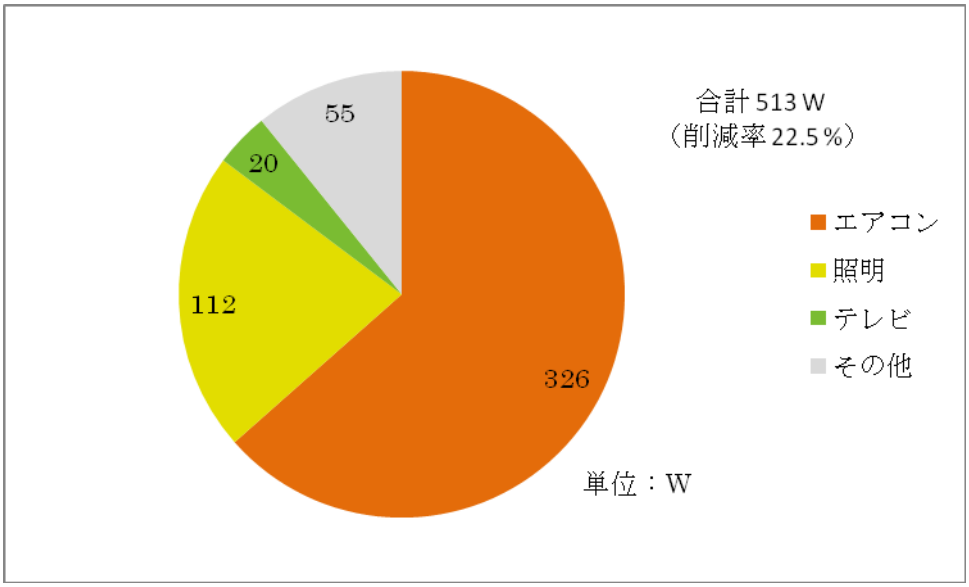


図 5-46　機器別の削減消費電力の内訳

5.3.4. サービスの市場性評価

(1) テレビ画面上で家庭全体を監視・制御するユーザインタフェースの市場性評価

本実証実験によって、テレビ画面で家庭全体を監視・制御するユーザインタフェースに関する利点や改善すべき点が明らかになった。

テレビは、家の中で家族が集まる中心となる機器であり、表示された内容を目にする機会も必然的に多くなる。そのため、表示される情報がユーザに訴えかける力も強く、ユーザに対する省エネ喚起効果も高い。今回の実証実験でも、被験者は「どの部屋でどのくらい電気を使っているかをテレビで具体的に表示することが、省エネ意識を高める役に立った」と回答している。

テレビにより監視や制御を実現しようとすると、テレビならではの見せ方や操作の仕方に工夫することが重要である。見せ方としては例えば大画面を活かした表示が考えられる。画面を区切って、放送番組やネットサービスを視聴しながら、画面の一部にエネルギー関連情報を常時表示することも可能である。但し、画面が大きいからといってやたらと情報を詰め込んでもユーザは理解できないため、メリハリをつけた表示が求められる。また、ユーザは、パソコンの画面に対する場合よりも遠い位置からテレビを視聴するため、パソコン用の画面に表示する場合よりも文字を大きく表示する必要がある。さらに、大画面を活かして高精細な写真を表示することも有効である。一方、操作の仕方としては、テレビのリモコン送信機を前提としたものが考えられる。パソコンのマウスのようにカーソル移動キーと決定キーを用いるだけでなく、リモコン送信機のチャンネルボタンや 4 色（青、赤、緑、黄）のカラーボタンなどを利用することができる。但し、機器の製造者ごとに、またはサービスや機能ごとに、ボタンの意味が異なると利用者は混乱するので、テレビのリモコン特有のボタンを操作に使う場合には、各ボタンの意味が標準化されることことが望ましい。

今回の実験システムでは、基本的にリモコン送信機のボタンを操作することにより、提供するサービスを切り換えた。しかしながら、何度もリモコン送信機のボタンを操作しないと所望のサービスや機能が選択できないと、ユーザのストレスを高め、結果的にユーザが情報を見たり操作したりする頻度が減ってしまう。そのため、サービスの選択はできるだけ少ない操作で実現できることが望ましい。また、情報を表示するだけの場合には、放送番組を視聴するかのように、受動的に視聴できるようにコンテンツを生成することも有効である。

表示する情報は、利用者が直感的に理解できるようにすることが重要である。本実験システムの例で言えば、「我が家のエネルギーモニタリング」画面の右側で用いた間取り表示や、個別機器の手動コントロールのポップアップ画面で用いた「我が家のエネルギーモニタリング」画面で用いたリモコン送信機を模したデザインである。今回の実験でもこれらのデザインは被験者にわかりやすいと好評であり、本実験システムで提供したサービスを今後提供する場合にはこれらのデザインは有効と考えられる。但し、機器の製造者ごとにまたはサービスや機能ごとに異なっていたり、特定の機器と特定の住宅との組み合わせでしか動作しなかったりすると、ユーザはサービスや機能を使いにくいため、デザインとその機能との関係は標準化されることことが望ましい。また、各家庭に合わせた間取り図を作成するのは実際に

は困難であり、住宅メーカと家電メーカが協力して、やり方を検討する必要がある。

表示する情報をユーザに理解させるには、ビジュアルな表示を用いることが重要であるとの先入観があるが、被験者の感想から、何を意味しているかがわかりにくいグラフよりも、むしろシンプルな数値データの方が宅内の状態がわかりやすかったことが伺える。数値データよりもグラフ表示がよいと単純に決めつけるのではなく、場面に応じて使い分けることが重要である。但し、その数値が何を意味するかについて文字情報で表示しても、ユーザは文字情報を読まず、先入観に基づいて数値情報の意味を勝手に判断することが考えられる。そのため、数値データを用いる場合には、あまり凝った意味で使用せず、万人が使うであろう意味で使用することが望ましい。

テレビをユーザインタフェースとして用いる操作の最大の弱点は、テレビの電源を ON にしないと操作ができないということである。これを回避するためには、テレビの電源を ON にしてから機能を選択するまでの操作回数や時間を少なくすることが必要である。また、操作の対象を、リアルタイムの機器操作だけでなく、タイマーの設定等の非リアルタイム制御にまで広げて、そのような局面で使ってもらうことも考えられる。さらには、本実験システムのユーザインタフェースの一部を利用して、常時画面を表示して使用される別の機器をユーザインタフェースとして使用することも考えられる。

いくつか改善すべき点はあるものの、テレビはパソコンよりも画面が大きく画質が高い点で、家庭全体を監視・制御するユーザインタフェースデバイスとして将来性が高い。さらに、テレビの一日あたりの平均視聴時間は、総務省調査では平日で 3 時間 49 分、休日で 4 時間 25 分もある[2]。また別の調査では、一日あたりのメディア接触時間は、テレビが 163.5 分であり、パソコンからインターネットを行う場合のメディア接触時間 67.6 分や、携帯電話からインターネットを行う場合の 18.1 分に比べて、非常に長い[3]。ユーザがテレビの前にいる時間は非常に長いため、家庭全体を監視・制御するユーザインタフェースとしてテレビ画面を用いることは、ユーザに受け入れられやすく、市場性も高いと考えられる。

⑵ 省エネアドバイス等を配信するサービスの市場性評価

本実証実験によって、省エネアドバイス等を配信するサービスに関する利点や改善すべき点が明らかになった。

省エネアドバイスとしては、ひとことアドバイスで示したような一般的なメッセージよりも、消し忘れを知らせてくれるなど、それぞれの家庭に応じたメッセージを表示することが有効である。例えば、実験住宅のトイレは自動でフタが開閉するようになっているため、省エネアドバイスとして表示した暖房便座のフタに関するメッセージを、被験者は自分には関係のない情報だと感じてしまった。ユーザに直接関係のないメッセージが時おり入るくらいであれば大きな影響はないかもしれないが、自分に関係のないメッセージがしばしば表示されると、ユーザはその省エネアドバイスに対して急速に興味を失ってしまう。省エネアドバ

[2] 総務省：情報通信データベース「ラジオ及びテレビジョン平均視聴時間量の推移」の、テレビジョン平均視聴時間量の平成 22 年 11 月調査データより

[3] 株式会社博報堂 DY メディアパートナーズ：「メディア定点調査 2009」より (http://www.hakuhodody-media.co.jp/newsrelease/2009/HDYnews090623.pdf)

イスのメッセージとしては、それぞれの家庭の事情に応じたメッセージを表示するか、さもなくば、どのユーザでもなるほどと思えるような一般的なメッセージを採用するのが望ましい。なお、それぞれの家庭の事情に応じたメッセージを表示する場合には、家庭に配置された機器情報、各機器の使用履歴情報、ユーザの好みの情報等を蓄積し、解析する必要がある。

一般的なメッセージに関しては、本実証実験ではひとことアドバイスのメッセージとして、5.3.1 (4)(a)にて示したようにA群～E群の5種類のカテゴリーに分類したメッセージを使用した。このうち、A群、B群、C群およびD群のメッセージのカテゴリーの関係を図 5-47 に示す。

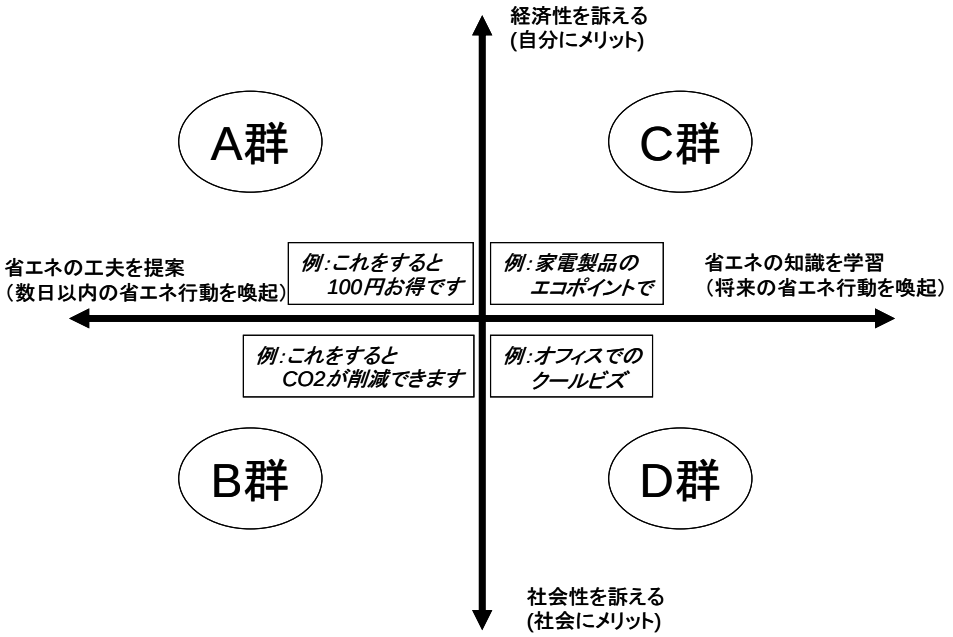


図 5-47　省エネアドバイスのメッセージのカテゴリーの関係図

本実証実験では、ひとことアドバイスのメッセージを複数視聴した被験者の感想から省エネアドバイスのメッセージのカテゴリーに関して定量的な考察を行う予定であったが、被験者があまりひとことアドバイスを見ていないことから、カテゴリーの考察は、聞き取り調査の結果に基づきユーザの傾向を示唆するにとどめることとする。

日常生活での省エネの工夫を提案するA群およびB群のメッセージは、将来的な省エネ行動を喚起するための知識を与えるC群およびD群のメッセージよりも、ユーザに身近に感じてもらえる可能性がある。今回の実証実験では、被験者は各メッセージに対して「自分には関係なかった」と述べているが、さらに詳細に検証すると、C群およびD群のメッセージは被験者に縁がないと感じられたのに対し、A群およびB群のメッセージに関しては、適用シーンは被験者に関係あるが、実際に適用することが難しいので「関係ない」と判断したようである。適用シーンが身近なメッセージの方が省エネ行動喚起効果は高いと考えられる。

経済性を訴えるA群およびC群のメッセージは、ユーザ自身にメリットがあることを強調する。一方、社会性を訴えるB群およびD群のメッセージは、ユーザ自身のメリットよりも社会に対するメリットがあることを強調する。これに対して被験者達は、売電金額の累積値の目標値の単位に関する感想として、CO2 量の単位「kg」で表示するよりも、お金の単位

「円」で表示された方がわかりやすいと述べている。このことから、社会性を訴えるＢ群およびD群のメッセージよりも、A群およびC群のメッセージの方が、省エネ喚起効果が高いことが伺える。これは、社会性よりも経済性の方がユーザに訴えかけるという理由のほかに、経済性を表わす単位である「円」が社会性を表わす単位よりもなじみが深いことが考えられる。ユーザの行動を喚起する省エネアドバイス配信サービスは、金額換算などのわかりやすさを提供する必要がある。

ユーザメリットをお金で換算して表示する場合、当初予想よりも小さなお金であっても、省エネ行動を喚起できそうであることが本実証実験で判明した。被験者は、売電金額の累積値の目標値に関して、目標金額が 300 円程度でも大丈夫であり、極端な場合、10 円、20 円という単位でも、得をしたと感じて省エネ行動の動機になると述べている。ユーザの得になる金額を目標としたメッセージを含む省エネアドバイスを配信する場合、ユーザの動機づけを継続させるために、目標金額が小額の金額であっても、頻繁に達成感が得られるようなメッセージを構成すべきである。

省エネアドバイス等をユーザに継続して見てもらうためには、メッセージ内容に関して上記のような工夫をするだけではなく、常に新しいメッセージが追加または更新されることが必要である。これは、ユーザの興味を持続させるだけではなく、省エネアドバイス等を提供するサービスがきちんと機能していることをユーザに示す意味もある。

配信された省エネアドバイス等から、別のインターネットサービスへとユーザを誘導し、さらなる省エネ行動を喚起することが考えられる。本実証実験においても、実際に機器の買い換えを検討する局面では、表示された省エネアドバイスに基づいて、引き続いて、商品情報の詳細情報が得られるインターネットサービスや、商品の購入に関する情報が得られるインターネットサービスが利用される可能性が高いことがわかった。但し、これらのインターネットサービスは、その前段として表示される省エネアドバイスと密接な関係を有して、内容の連続性に関するユーザの期待を裏切らないようにする必要がある。

いくつか改善すべき点はあるものの、省エネアドバイス等を配信するサービスはユーザの省エネ行動を喚起する効果があり、今後のサービスの普及が見込まれる。家庭向け省エネサービスに関する調査では、2009 年度は宅内にエネルギー計測器を設置してエネルギーの使用量を監視・表示するサービスを中心に市場規模が 2,000 万円と見込まれており、2014 年度には市場規模は 3 億円に拡大すると予測されている[4]。市場規模はまだ小さく、前記の調査においても、家庭向け省エネサービスは普及には至っていないものの、環境問題や不況によるエネルギーコストの節約といった意識が一般コンシューマでも高まっていることから、一般コンシューマへの認知度向上と参入事業者の増加により市場は拡大基調で推移していくものと見られる、と付記している。したがって、省エネアドバイス等の配信に関して、一般ユーザが認知し、その良さを認識してくれたならば、先の調査結果の予測値を超えて市場が拡大することが予想される。

[4] 株式会社富士キメラ総研:「2010 次世代ホームネットワーク関連市場の将来展望　～ホームネットワーク対応製品の普及状況、及び関連サービスの市場動向を把握～」より

(3) HEMS 機能を利用するサービスの市場性評価

本実証実験によって、HEMS 機能を利用するサービスに関する利点や改善すべき点が明らかになった。

何よりも重要なのは、ユーザからシステムに対する信頼性を得ることである。例えばパソコンの場合、フリーズしたり、ネットワークがつながらなかったり、ファイルがうまく開けられなかったりするようなトラブルに対して、ユーザはある程度慣れている。しかしながら家電製品に対しては、ユーザはきちんと動いて当たり前という感覚をもっている。HEMS 機能に関しても同様に、ユーザからの信頼性に対する期待度は高いと言える。今回の実証実験でも、被験者に一度信頼性が低いと思われてしまうと、その後いくら信頼性の高いシステムを提供しても、なかなか使ってはもらえなかった。また、別の部屋の消灯をするような場合には、システムへの信頼性が低いと、本当に消灯したのかが気になり、結局直接その部屋へ行って消灯したほうが早いということを被験者は述べている。さらに、収集したデータや操作ログのうち必要なものに関しては、確実に保管しておく必要がある。これは、セキュリティやプライバシー上の問題に加えて、収集データや操作ログに基づく省エネアドバイス等を生成するためにも必要なことである。HEMS 機能を実用化するためには、確実にデータを収集および表示し、確実に制御が実現できることが必要である。

応答速度も重要な要素である。今回の実証実験では操作内容によっては、ユーザへの操作フィードバックがかなり遅れる場合があった。応答速度が遅れた原因に関しては、下記の時間がかかったことが考えられる。

- テレビ画面の情報更新の時間
- 電力量計の電力計測間隔
- テーマ 2-3 の実験システムとの情報交換の間隔

テレビ画面の情報更新の時間は、テレビからリクエストを送信し、アプリケーションサーバまたはインターネットで生成した情報を受けて表示するまでの処理を行う場合に時間がかかっている。これを解決するためには、アプリケーションサーバやインターネットで画面全てを更新するための情報を受けるのではなく、書き換える必要のある画面の差分情報のみを受けるようにするなどの工夫が必要となることが考えられる。その他、キャッシュや先読みのような、インターネットコンテンツ表示の高速化技術を活用することも考えられる。

また今回は電力量計の電力計測間隔が 1 分に 1 回の頻度であったため、ユーザによる HEMS 操作直後の機器状態を即座に反映できない場合があった。例えばユーザが HEMS 操作でエアコンの電源を切断したとしても、テレビ画面上では最長 1 分間は電源切断前の消費電力が表示され続けることとなった。

さらに本実験システムがテーマ 2-3 の実験システム側の機器状況を表示する際には次の遅延時間が加算され、機器状態が反映されるまでに更に長時間を要することになった。

- テーマ 2-3 側の機器情報がホームコントローラに反映されるまでの時間
- ホームコントローラの情報が共通センターに反映されるまでの時間
- 共通センターの情報が、テーマ 2-3 の実験システムとの連携のためのゲートウェイ機能を搭載する本実験システムの機器制御装置に反映されるまでの時間

上記の原因により、ユーザの HEMS 操作に対するフィードバックがかなり遅れるケースがあり、ユーザにとっては求める結果が表示されていないと判断されることになった。

本実験システムはテーマ 2-3 の実験システムと接続して構成したが、機器間あるいはネットワーク間の相互接続性を考慮することも重要である。本実証実験では、テレビ、エアコン等の家電機器、映像コンテンツ配信サービス等のインターネットサービス、およびパワーコンディショナー、ブラインド等の住宅設備を相互接続して、全体で 1 つのサービスを構成した。このような異種ネットワークを接続するためのネットワーク・アーキテクチャやプロトコルの開発が今後課題になってくるであろう。

おうちコントロールでは、生活シーンに合わせて複数の機器を一括制御する機能を提供した。聞き取り調査では、この考え方自体は被験者にも好評であったが、ぴったりあてはまるシーンがなかったとの感想を得ている。今回の実証実験では、生活シーンに合わせて一括制御する機器を、限られた機器の組み合わせの中から選択した。実際にサービスを提供する上では、選択できる機器の種類が増えるため、生活シーンに密接に関係した一括制御を実現できる可能性がある。逆に言えば、おうちコントロールの成否は、使用可能性の高い一括制御をどのように提案できるかにかかっている。その意味では、サービス提供側が生活シーン一括制御との組み合わせを提案するだけでなく、ユーザ自身が生活シーンを設定し、どの機器とどの機器とをどのように動かすかをカスタマイズして設定できるようにすることが望ましい。

おうちコントロールでは、さらに、複数の機器を映画鑑賞用に設定するとともに、映画を配信するインターネットサービスを呼び出す機能も設けたが、この機能も実際のサービス提供で使用される可能性が高い。映画鑑賞の場合、ユーザは必ず映画配信サービスを受けるための操作を行う必要があることから、単純な機器の一括制御よりもサービスとしての将来性が高いと言える。但し、インターネットサービスと機器の制御とを一括で操作する機能に関しても、その成否は、ユーザに受け入れられるような、インターネットサービスと機器の制御との組み合わせを提案できるかにかかっている。家庭ごとに設置されている機器は異なっているので、インターネットサービスを各家庭の機器と組み合わせるのは実際には困難であり、インターネットサービス事業者と家電メーカが協力して、実現方法を検討する必要がある。

本実験システムでは、アプリケーションサーバが HEMS 機能を実現しているが、これらのサービスが実用化された場合には、HEMS 機能はいわゆるホームゲートウェイに組み込まれる可能性がある。ホームゲートウェイに関する調査では、2009 年度のホームゲートウェイの市場規模は 470 億円と見込まれるが、2014 年度には市場規模は 300 億円に縮小すると予測されている[5]。これは、FTTH や ADSL などのブロードバンドサービスへの新規加入ペースが鈍化していることから、通信キャリア向け製品の需要が縮小すると見込んだためである。反面、同じ調査で、ホームネットワークサービスが本格展開されて需要が高まれば、OSGi 等のホームネットワークに対応した製品への切り換え需要が拡大する可能性があることも指摘している。したがって、HEMS 機能に関して、一般ユーザが認知しその良さを認

[5] 株式会社富士キメラ総研:「2010 次世代ホームネットワーク関連市場の将来展望　～ホームネットワーク対応製品の普及状況、及び関連サービスの市場動向を把握～」より

識してくれたならば、先の調査結果の予測値に反して市場が拡大することも考えられると言って良い。HEMS 機能については、相互接続性確保や情報系サービスとの統合などの課題を解決することにより、使い易いものとなるであろう。

5.4. 実験結果の考察

5.4.1. ネットワーク・アーキテクチャの適正性評価

スマートハウスを構成するネットワークは一般的に(A)宅内制御系ネットワーク、(B)宅内情報系ネットワーク、(C)宅外情報系ネットワークに分類することが出来る。主に白物家電や住設機器は(A)宅内制御系ネットワークに接続され、主にパソコンや AV 機器は(B)宅内情報系ネットワークに接続される。

ここでは各ネットワークにおける相互接続について表 5-19 の 3 つに分類する。(1)の「宅内の各種通信方式間の相互接続」は(A)宅内制御系ネットワークに含まれる各種通信方式間の接続であり、(2)の「宅内の異なるネットワーク間の相互接続」は(A)宅内制御系ネットワークと(B)宅内情報系ネットワークとの接続、(3)の「宅内と宅外の相互接続」は (B)宅内情報系ネットワークと(C)宅外情報系ネットワークとの接続である。

これらの相互接続に関する課題および必要要件を今回の実証実験をふまえて抽出する。

表 5-19　ネットワーク・アーキテクチャの相互接続

接続部	内容
(1)宅内の各種通信方式間の相互接続	宅内制御系ネットワークに含まれる各種通信方式間の相互接続。
(2)宅内の異なるネットワーク間の相互接続	宅内制御系ネットワークと宅内情報系ネットワークとの相互接続。
(3)宅内と宅外の相互接続	宅内情報系ネットワークと宅外情報系ネットワークとの相互接続。

(1) 宅内の各種通信方式間の相互接続

宅内制御系ネットワークに含まれる各種通信方式間の相互接続における課題を抽出し、必要要件を洗い出す。

(a) 宅内の各種通信方式間の相互接続の課題の抽出

今回の実証実験は既設住宅にて白物家電や住設機器、情報機器といった様々な機器をネットワークに接続して実施した。既設住宅では全ての機器を新しいネットワーク方式に置き換えることは困難であるので、従来の通信方式を混在させて実験を行なった。具体的には、本実験システムおよびテーマ 2-3 の実験システム内に赤外線リモコン方式、シリアル通信方式、PLC 方式、IEE802.15.4 方式、Ethernet、Wi-Fi 規格などを使用した。

しかし、これらの規格の中には標準化されていない方式も混在していたため、各ネットワーク方式の相互接続において各機器の通信設定を行なうのに多くの手数を要した。また、計画通りに接続が出来なかった部分も存在し、宅内で収集した情報を宅外のサーバに転送して宅外サーバから情報を取得するといった複雑な相互接続方式を取り入れざるを得ない

問題も発生した。

以上より得られた宅内の各種通信方式間の相互接続の課題を、表 5-20 にまとめる。

表 5-20　宅内ネットワーク相互接続の課題

課題	内容
通信設定	標準プロトコルを用いなければ通信設定に多くの手間がかかる。
相互接続方法	標準プロトコルを用いなければ複雑な相互接続方式になる。

(b)　宅内の各種通信方式間の相互接続の必要要件

表 5-20 に抽出した課題を解決するためには、標準のネットワーク方式を用いる必要がある。ここではホームサーバを用いた宅内のネットワーク・アーキテクチャの一例を示し、制御系ネットワークに対する要件をまとめる。

各社が標準の通信方式を使用し、ネットワークに参加した機器を管理するプロファイルにも標準プロファイルを用いれば、通信設定の項目の多くを自動設定することが可能になる。

しかし、表 5-21 に示すように標準ネットワーク方式には多くの通信方式が存在し、また、それぞれの特長が異なる点から、一つの方式で統一することは困難であり、機器ごとに様々なネットワーク方式が混在することになる。これらの種々の機器との接続性を考えると一つのホームサーバが複数の制御系ネットワーク方式に対応するのが望ましい。

表 5-21　標準ネットワーク方式の一例

標準ネットワーク方式		概要
コネクション	赤外線リモコン	相互干渉防止の標準が複数存在するが対応の既存機器を容易に接続可能
	JEMA 標準 HA 端子	電源制御用の物理規格。各 2 状態の制御と状態表示が可能
	シリアル方式(RS-485 など)	電力計、インバータ、ECHONET レディ機器などの既存機器に接続可能
	IEEE 802.15.4	ZigBee、6LoWPAN 等で用いられている無線接続の物理層規格
	ZigBee RF4CE	ZigBee Alliance が定めている無線リモコン規格。動作状態を認識可能
ネットワーク	HomePlug C&C	HomePlug Powerline Alliance が定めている PLC 規格
	HomePlug GP	同 HomePlug が定めている米国スマートグリッド向けの制御規格
	ZigBee Home Automation	ZigBee Alliance が定めている家電機器の制御規格
	ZigBee Smart Energy	ZigBee Alliance が定めている米国スマートグリッド向けの制御規格
	ECHONET	国内企業が中心となって定めたホームネットワーク規格
	6LoWPAN	IETF で定められている IPv4 および IPv6 対応の無線ネットワーク規格
	Ethernet	IEEE 802.3 をベースとした有線 LAN 規格
	Wi-Fi	Wi-Fi Alliance が認証した IEEE 802.11 規格の無線 LAN 機器

- JEMA 標準 HA 端子は電源をオンしたりオフしたりする、もしくはブラインドを開けたり閉めたりするといった 2 状態の操作が可能である。また、現在の電源の状態がオンなのかオフなのか、あるいはブラインドが開いているのか閉まっているのかといった 2 状態を検出することも出来る。
- シリアル通信は電力系や ECHONET レディ対応のエアコンなどで用いられている。赤外線リモコンが機器の制御しか行なえない片方向通信の方式なのに対して、制御に対する応答が可能な双方向通信方式が用いられている。
- IEEE802.15.4 は無線通信の物理層規格である。無線ネットワークとして使用するには上位のプロトコルスタックが必要である。上位プロトコルには ZigBee や 6LoWPAN の他、独自に定められた方式も多く存在する。
- ZigBee は ZigBee Alliance が定めた無線通信プロトコルを用いた無線ネットワーク方式である。
- ZigBee RF4CE は IEEE802.15.4 上で動作する無線リモコン向けの通信プロトコルである。
- ZigBee Home Automation は IEEE802.15.4 上で動作する ZigBee 用の家電機器制御プロファイルである。ZigBee Home Automation プロファイルでは各家電機器の機器情報や提供可能な機能情報が定められており、機器ＩＤやコマンド名をユーザが個別に管理することなく情報を交換することが出来る。
- ZigBee Smart Energy は主に米国スマートグリッド向けの ZigBee 用プロファイルである。現在のバージョンは ZigBee Home Automation と同じ ZigBee プロトコルスタック上にスマートグリッド向けのプロファイルを規定している。
- HomePlug Command and Control (C&C)は HomePlug Powerline Alliance が定めた PLC 規格であり、100kHz～400kHz の周波数帯を使用する。
- さらに、主に米国のスマートグリッドに向けた HomePlug Green PHY(GP)規格も同アライアンスにて策定中である。HomePlug GP は同アライアンスが策定した高速 PLC 規格 HomePlug AV の低速モードを基にした規格である。HomePlug AV と同じ 2MHz～30MHz の周波数帯を使用するため、100kHz～400kHz の周波数帯を使用する HomePlug C&C との互換性はない。
- 6LoWPAN は Internet Engineering Task Force(IETF)が定める IEEE802.15.4 などの物理層上で動作する IPv6 対応のネットワーク規格である。制御系ネットワークを IPv6 に対応することで、制御系ネットワークと情報系ネットワークのネットワーク層に同じ IPv6 のプロトコルを用いることが出来るようになる。
- Ethernet と Wi-Fi は広く普及している情報系のネットワーク方式である。Ethernet は IEEE 802.3 をベースとした有線 LAN 規格で、Wi-Fi は Wi-Fi Alliance が相互接続の認証を行った IEEE 802.11 規格の無線 LAN である。

次に、複数の標準方式に対応した制御系ネットワークを搭載したホームサーバのアーキテクチャモデルの一例を図 5-48 に示す。

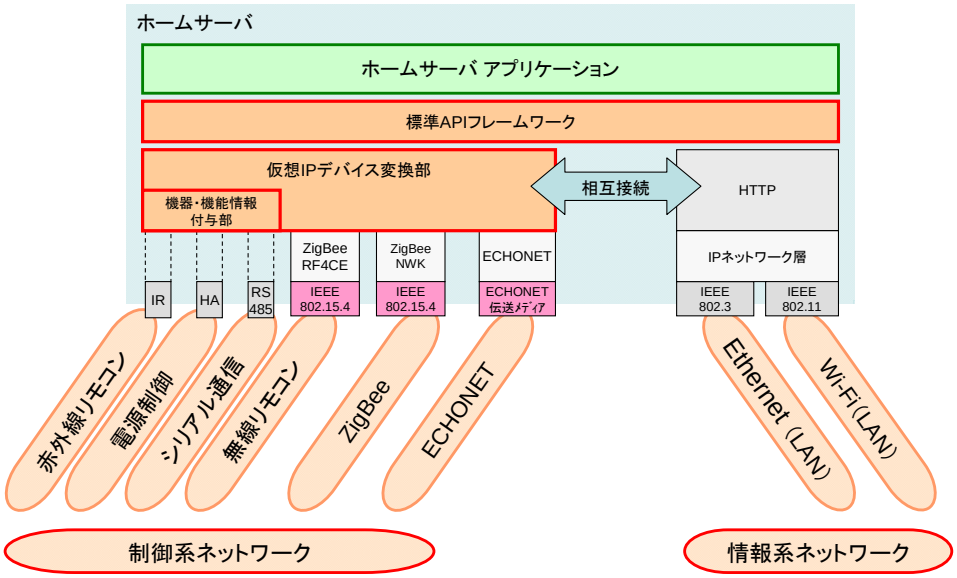


図 5-48　標準ネットワーク・アーキテクチャを用いたホームサーバのモデル例

このホームサーバの例では制御系ネットワークと情報系ネットワークの 2 種類のネットワークが仮想 IP デバイス変換部を介して相互接続されている。制御用ネットワークには、赤外線リモコン、電源制御、シリアル通信、無線リモコン、ZigBee、ECHONET が接続されており、情報系ネットワークには Ethernet や Wi-Fi 認証された無線 LAN が接続されている。制御用ネットワークに従来の機器制御方式を含むことで、白物家電や住設機器といった異種の機器との相互接続を一つのシステム内で実現することが出来る。

仮想 IP デバイス変換部は制御系ネットワーク機器を仮想的な情報機器に見せるための変換を行なう。これにより情報系ネットワーク機器から制御系ネットワーク機器への接続が可能になる。

ZigBee や ECHONET には機器情報と機能情報とを提供する機能が含まれているので、それらを仮想 IP デバイスへ変換する。しかし、既設住宅内の既設機器に搭載されている赤外線リモコン方式や HA 端子、シリアル通信などの多く場合は、そのような情報が含まれていない。したがって、機器・機能情報付与部にて機能情報を付与する必要がある。これらの機器は図 5-49 のように、変換アダプタを経由してホームサーバに接続する形態も考えられる。

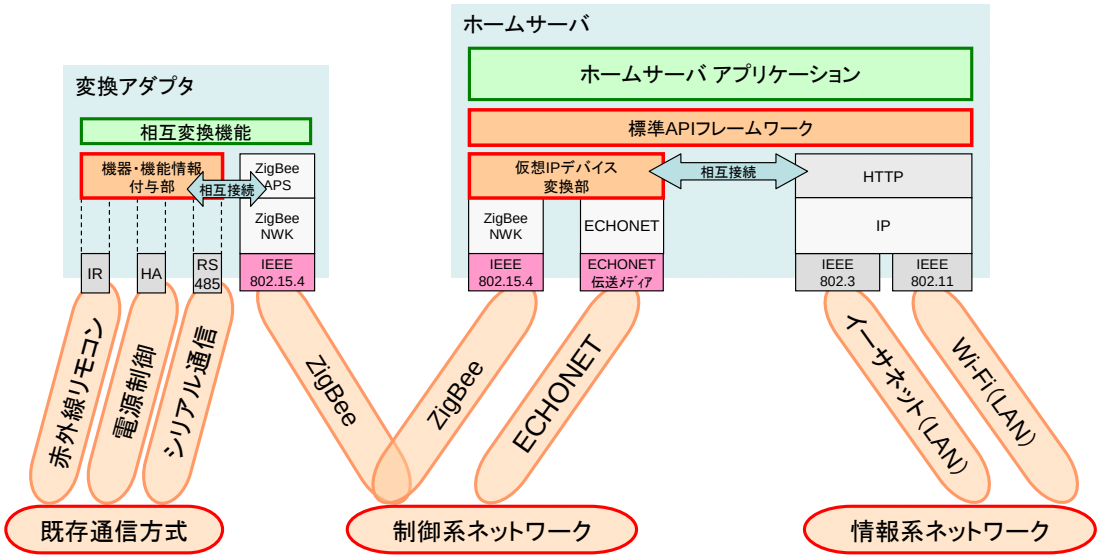


図 5-49　ホームサーバから制御系仮想ポート変換部を分離したモデル例

赤外線リモコン、電源制御の HA 端子、RS-485 のシリアル通信機器といった既存通信方式は、これらの特質上、部屋間をまたがるような通信には不向きであったり工事が必要であったりする。ところが、変換アダプタとして分離することで、既設住宅であっても比較的容易に設置することが可能になる。

以上のような標準ネットワーク・アーキテクチャを、既存通信方式、制御系ネットワーク、情報系ネットワークに分類し、表 5-22 にまとめた。

表 5-22　標準ネットワーク・アーキテクチャで用いるネットワーク分類

分類	説明
既存通信方式	従来家電機器や単純動作の機器との接続を行う。 一例として、赤外線リモコン方式、JEMA 標準 HA 端子、RS-485 シリアル接続などを、仮想 ZigBee Home Automation デバイスに変換して制御する方法がある。
制御系ネットワーク	主に白物家電機器やインフラ機器との接続を行う。 一例として ZigBee Home Automation や ECHONET 規格がある。
情報系ネットワーク	主にＡＶ系およびＰＣ系の情報家電機器との接続を行う。 一例として、Ethernet 規格の IEEE802.3、無線 LAN の IEEE802.11 がある。

なお、ここで説明した標準の既存通信方式および制御系ネットワークのアーキテクチャモデルは一例に過ぎず、この他にも数多くの方式が存在する。例えば、赤外線通信では IrDA や IEEE 802.11 等で規格化された標準方式が存在する。無線通信では Bluetooth、Z-Wave や Insteon、特定省電力無線規格 ARIB STD-30、PLC には X10、HomePlug C&C、G3-PLC、ITM1/ICM1 など様々な標準方式や標準化を意識した規格がある。したがってここで説明

した一例に留まることなく、各方式の普及や標準化の動向を見ながら必要な方式を組み合わせていく必要がある。

以上のとおり現段階では多様な通信方式の機器が存在するため、ホームサーバはこれら複数の通信方式に対応することが望ましい。また、従来通信方式を標準ネットワーク方式に変換する方法も必要であり、一例として機器・機能情報付与部を設ける例をあげた。表 5-23 に制御系ネットワークの必要要件をまとめる。

表 5-23　宅内の各種通信方式の相互接続のための必要要件

必要な要件		説明
ホームサーバ		ホームサーバ・アプリケーションを実行する。
	標準の制御系ネットワーク	機器情報や保有機能情報が標準化されたネットワーク方式に対応する。また、複数方式に対応するのが望ましい。
	既存通信方式の対応	機器情報や保有機能情報を付与する。

(2) 宅内の異なるネットワーク間の相互接続

制御系ネットワークと高速の情報系ネットワークなどの宅内の異なるネットワーク間の相互接続についての必要要件を洗い出す。

(a) 宅内の異なるネットワーク間の相互接続を行なうための仮想 IP デバイス変換部

表 5-20 に宅内ネットワーク間の相互接続に関する課題を抽出し、図 5-48 および図 5-49 に仮想 IP デバイス変換部を設けたホームサーバのアーキテクチャモデルの一例をあげた。ここでは各図に示した仮想 IP デバイス変換部について説明する。

各図では制御系ネットワーク中の ZigBee 機器が仮想 IP デバイス変換部を経由して情報系ネットワークに接続されている。このように仮想 IP デバイス変換部は ZigBee 機器を仮想的な IP 機器へ変換し、制御系ネットワーク機器と情報系ネットワーク機器とを相互接続する役割を担っている。この仮想 IP デバイス変換部を用いることで情報系ネットワーク上の機器はホームサーバ・アプリケーションを介さずに直接的に制御系ネットワーク上の機器を制御することが可能になる。

標準 API フレームワークは、制御系や情報系、各種の通信プロトコルなどに依存しない共通のホームサーバ・アプリケーションを実行するための API を提供している。この API を用いたホームサーバ・アプリケーションはホームサーバに接続されている機器の管理や制御を行なう。

仮想 IP デバイス変換部は、以下に示すような機器管理情報と通信情報のそれぞれを相互変換する役割を担っている。

- 機器管理情報の変換は、主として制御系ネットワーク内の機器情報を情報系ネットワーク側に知らせるために用いられる。機器管理情報には、照明機器やエアコンといった機器の名称や、照明の On/Off やエアコンの温度設定といった機能情報が含まれる。

- 実際に機器を制御するためには双方のネットワークの機器間の通信情報の相互変換も必要になる。双方の通信プロトコルを相互に変換しあうことで各機器が相互に接続出来るようになる。一例として、制御系のZigBeeプロトコルをHTTPプロトコルに変換して通信を行う方法がある。

以上のような機器管理情報の変換と通信情報の相互変換によって、制御系ネットワーク内の機器を情報系ネットワーク内の IP 機器から制御することが出来るようになる。

(b) 宅内の異なるネットワーク間の相互接続のための必要要件

今回の実証実験では既設住宅の既存機器を従来通信方式で制御することの有効性を実証した。将来的には全ての機器が IP 接続される可能性も考えられるが、既設の機器や低価格な機器に対して、導入期から全てを IP 接続することは困難である。したがって、宅内には非 IP の制御系ネットワーク機器がホームサーバなどに接続されていることを考慮する必要がある。また、宅内にはパソコンや AV 機器といった情報系ネットワークも存在し、これらと相互接続するために制御系ネットワークと情報系ネットワークとを相互接続するための中継機能が必要になる。中継機能の一例として、ホームサーバに仮想 IP デバイス変換部を搭載する方法がある。

以上より各ネットワーク間の相互接続に必要な要件を表 5-24 にまとめた。

表 5-24　宅内の異なるネットワークの相互接続の必要要件

必要な要件		説明
制御系・情報系ネットワーク中継機能		IP ネットワークから制御系ネットワークのデバイスへの接続手段。(一例として、情報系 IP 機器が制御系 ZigBee 機器を制御するための ZigBee・IP 変換を行う。) 以下の制御系ネットワーク機器管理情報と、制御系ネットワーク通信情報の中継を行う。
	制御系ネットワーク機器管理情報中継	制御系ネットワーク内の機器発見、および機器管理情報を情報系ネットワーク側に提供する。 (一例として、ZigBee 管理情報を仮想 UPnP デバイスに変換する。)
	制御系ネットワーク通信情報の相互中継	制御系ネットワークと情報系ネットワークの通信情報を相互提供する。 (一例として、ZigBee 通信プロトコルを HTTP に相互変換する。)

(3) 宅内と宅外の相互接続

宅内で収集した情報を宅外からアクセスしたり、宅内の機器を宅外からの制御を行なったり、また、これらを含むインターネットサービスを宅外から提供するための宅外と宅内の相互接続について、今回の実証実験における課題を抽出し、必要要件を洗い出す。

(a) 宅内と宅外の相互接続に関する課題の抽出

今回の実証実験ではホームサーバ（本実験システムのアプリケーションサーバ）とテレビの間の配信フレームワークに独自の Ex システムを用い、ECO ナビサービスおよび

HEMS のコンテンツをテレビに配信した。Ex システムで配信した ECO ナビサービスなどよって行動喚起が促され生活の中心がリビングからキッチンへと移行することで節電に大きく寄与した。しかし、Ex システムの受信機能はシャープ株式会社製テレビにしか搭載されておらず、その他のテレビではサービスを受けることが出来ない。キッチンには Ex システムに対応していないテレビを設置していたため、行動喚起が促された以降は Ex システムのコンテンツを受信できる機会が減少してしまった。

また、今回は ECO ナビサービスや HEMS コンテンツの配信を宅内に限定し、Ex システムの配信サーバを宅内に設置したので、有線 Ethernet で伝送する部分は暗号化を講じなかった。しかし、よりユーザに有益な ECO ナビサービスの提供には Ex システムの配信サーバを宅外に設置する必要があり、この場合は情報セキュリティの確保が必要になる。

例えば、今回の実証実験の結果において、各部屋の消費電力のデータから被験者がどの時間にどの部屋に居たのかを推測することが容易であった。こいうった情報はプライバシー保護の観点から適切に扱わなければならない。しかも、情報によっては同じ家族の間でも見られたくない情報がある。一例として、今回の実証実験中の夜間にトイレの水が流しっぱなしになっていたことが明らかになった。こういった情報を家族の中で共有すべきかどうかは場合や状況などによって異なり、場合によっては家族内のプライバシー保護が必要になる。したがって、他人に対してのプライバシーは勿論のこと、家族内であってもプライバシーの保護が必要な情報が含まれることを十分に注意しなければならない。

また、新方式が登場しても対応できない課題がある。とくに、新しいサービスの中には新しいシステムが必要になる可能性もあり、その場合はシステムを交換しなければならない課題が生じる。

以上の課題を、宅内と宅外の相互接続の課題として**エラー! 参照元が見つかりません。**にまとめた。

表 5-25　宅内と宅外の相互接続の課題

課題	内容
宅外サーバとの通信区間のプライバシー保護	宅内の情報が意図しない他人に知られてはならない。
ホームサーバ内のプライバシー保護	宅内の情報が意図しない他人に知られてはならない。 しかも、家族内であっても保護しなければならない情報が存在する。
新サービスへの対応	今後登場する新サービスに柔軟に対応できることが望ましい。
独自サービス API との相互接続	汎用の機器であってもサービスが受けられることが望ましい

(b)　宅外と宅内の相互接続のための必要要件

前節の「宅内の異なるネットワーク間の相互接続」において、情報系ネットワークへは仮想 IP デバイス変換部を用いて相互接続を行うホームサーバのアーキテクチャのモデル例をあげた。このホームサーバはホームゲートウェイを経由して宅内から宅外へ相互接続される。

a) 構成と設置の要件

図 5-50 のように、ホームサーバとホームゲートウェイは情報系ネットワークで接続され、ホームゲートウェイの宅外側もまた情報系ネットワークで接続される。

本図では、ホームゲートウェイ、ホームサーバ、テレビなどのエネルギーモニタ、家電機器の４種類の機器で構成しているが、例えばホームサーバとホームゲートウェイは一体型であってもかまわないし、ホームサーバとエネルギーモニタについても一体型であってもかまわない。一例としてフォトフレームのような小型の表示端末がエネルギーモニタであってもかまわない。

ホームサーバの設置場所は宅内にあることがホームサーバ内の情報のプライバシー保護の観点から望ましい。積算電力計などにホームサーバ機能を搭載する場合は、機器の取り外しが出来ないような固定と施錠を行なうなど、宅内設置と同等のセキュリティ保護を行なう必要がある。

また、一般家庭においては、電話機やＦＡＸ送受信機、インターホン等の既存の通信機器が設置されていた場所に設置される可能性が高い。このような場所への設置を考慮し、それらの機能を含めることで、既存機器からの買い替えによる普及を促進できると思われる。

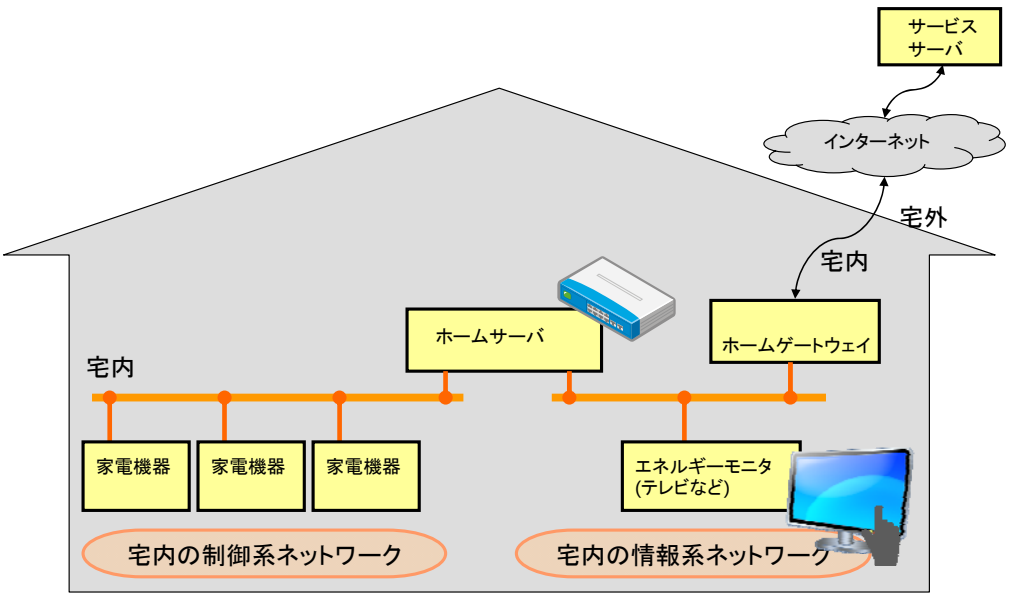


図 5-50　宅内と宅外の相互接続の一例

b) 宅内における情報セキュリティ保護

制御系ネットワークで収集した情報を保護する必要がある。セキュリティ保護の一例を図 5-51 に示す。

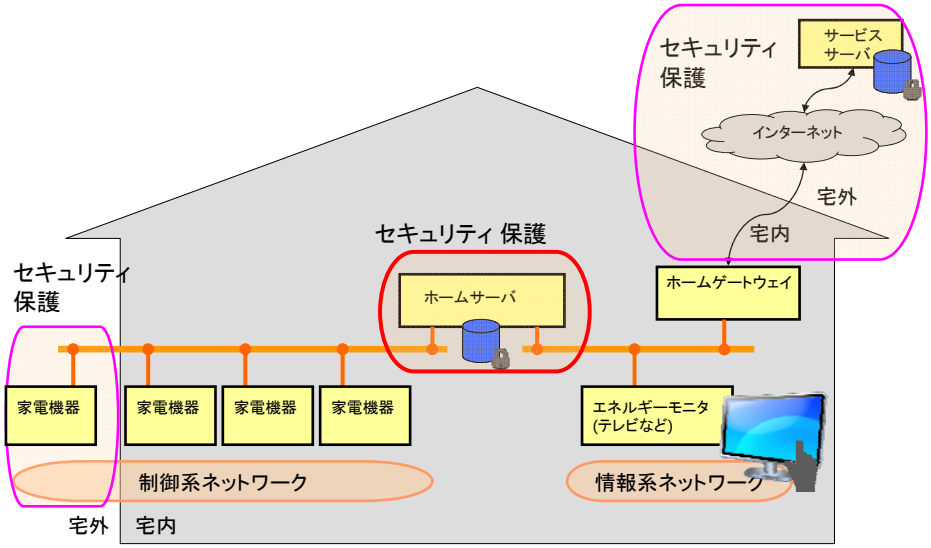


図 5-51　セキュリティ保護の一例

本例のホームサーバには制御系ネットワーク機器が収集した情報が集められているので、これらを保護するためのセキュリティ機能が必要である。制御系ネットワーク内から収集して保存している全情報について、盗難や盗聴、改ざんを防止するための保護が必須である。ネットワークからの不正なアクセスや成りすましによる盗聴についても防止しなければならない。

また、同じ家族であってもプライバシーを保護する必要がある。一例として、制御系ネットワークから収集した情報の読み出しにパスワード入力を要求する方法がある。この場合はパスワードを知らない家族からのアクセスを防止することが出来る。より望ましい例は、アクセス者もしくはアクセス端末を識別してアクセス権限を設定・認証するアクセス認証を行う方法である。

さらに、インターネット接続や積算電力計などの屋外に設置される機器内の情報や通信区間は暗号化が必須である。

その他の機器内の情報や機器間の通信も暗号化することを原則とするが、ごく短い時間の測定値などの情報は利便性や実現性に応じて適切な方法を選択する。例えば、１対１で通信を行う従来機器の一部には暗号化に対応できない方式が存在するが、屋内で配線されている有線方式や赤外線は屋外に情報が漏れにくい傾向がある。一方、無線 LAN に関しては宅外へ情報が漏れやすく、不正アクセスやなりすましによる盗聴も容易であるので、暗号化や認証が必須である。

c) セキュリティ保護のためのホームゲートウェイ

ホームゲートウェイに宅内の情報のセキュリティを保護するためのファイヤーウォール機能を搭載し、宅内をプライベートのネットワークとして分離する必要がある。これにより、意図しない宅外からの制御系ネットワーク機器へのアクセスを拒否したり、制

御系ネットワーク機器が意図せず直接的に宅外にアクセスしたりするのを防止する。

なお、IPv6 であっても宅外と宅内のネットワークを分離する必要がある。宅内には機能的に貧弱な機器が存在したり、機器をネットワークに参加させる場合の利便性を考えても宅内機器側にセキュリティ機能を付与することが非合理的になる場合があったりするからである。したがって、宅外と宅内のネットワークを分離するネットワーク・アーキテクチャは必須である。

d) 宅外との情報セキュリティ確保

宅外との情報セキュリティを確保した上で必要に応じて宅外へ情報を転送したり、宅外から情報を参照したりする仕組みを提供する必要がある。

今回の実証実験では ECO ナビサービスや HEMS コンテンツの配信を宅内に限定し、アプリケーションサーバを宅内に設置したので、有線イーサネットで伝送する部分は暗号化を講じなかった。しかし、インターネットから配信されるサービスに対応するにはアプリケーションサーバを宅外に設置する必要があるので、暗号化が必要になる。一例として、SSL などの暗号化を講じた HTTPS を用いる方法がある。

e) アプリケーションの追加およびアップデート機能

新しいインターネットサービスおよび新しいネットワーク機器が登場した場合、ホームサーバや宅内で接続される機器がそれに対応していない場合がある。したがって、これらの機器のアプリケーションソフトウェアを追加したりアップデートしたりする仕組みが必要である。

ホームゲートウェイはインターネットからのアップデート情報に基づいてアップデートを行なう機能を搭載する必要がある。また、家電機器をアップデートする仕組みとして、ホームゲートウェイやホームサーバが宅外からのアップデート情報を家電機器に受け渡す機能を搭載することが望ましい。

f) 共通ソフトウェア・プラットフォーム

インターネットサービスを様々な家電機器に容易に展開するためには、各家電機器に共通で使用可能な図 5-52 のような共通ソフトウェア・プラットフォームを標準化することが望ましい。

一例として、ECO ナビサービスや HEMS コンテンツといったアプリケーションを、宅内の情報系ネットワーク機器間で同一の共通ソフトウェア・プラットフォーム上で実行することが可能になる。これらのアプリケーションにはコンテンツを再生するための共通のソフトウェア部品が存在するので、各機器間で共通のソフトウェア部品を使用することによる開発効率向上の効果もある。

また、ホームゲートウェイから外部への相互接続には、サービス事業者向けの共通 API を用いる。共通ソフトウェア・プラットフォームで用いられるプロトコルやデータフォーマットの規定はエネルギーサービスを提供するための最小限度のものとし、サービスの提供に不足したプロトコルおよびデータフォーマットは共通ソフトウェア・プラットフォーム上のアプリケーションで定義する。

共通ソフトウェア・プラットフォームの一例として、サービスから情報系ネットワー

ク機器への相互接続に OSGi サービスプラットフォームを用いる方法が考えられる。各製造者が同一のプラットフォーム用いることが望ましい。

共通ソフトウェア・プラットフォームは、主として社会性、公共性が高いサービスに用いられる。しかし、宅内機器の特長機能については標準プロトコルの枠組みでは機能を発揮しきれない場合がある。したがって、特長機能を拡張プロトコルとして追加可能な仕組みを提供する必要がある。例えば、共通ソフトウェア・プラットフォーム上に拡張プロトコルをアプリケーションとして実行する仕組みを提供する方法が考えられる。サービス事業者が宅内機器の製造者とともに拡張プロトコルとなるアプリケーションを使用することで、より新しいサービスを展開できる可能性が出てくるメリットがある。また、お互いの得意な部分に開発リソースを集中できるメリットもある。

以上のように、社会性や公共性の高いサービスに対しては標準プロトコルを用い、かつ、宅内機器の特長を活かしたサービスに拡張プロトコルを用いることが可能な共通ソフトウェア・プラットフォームを標準化し、各機器の製造者が搭載することが望ましい。

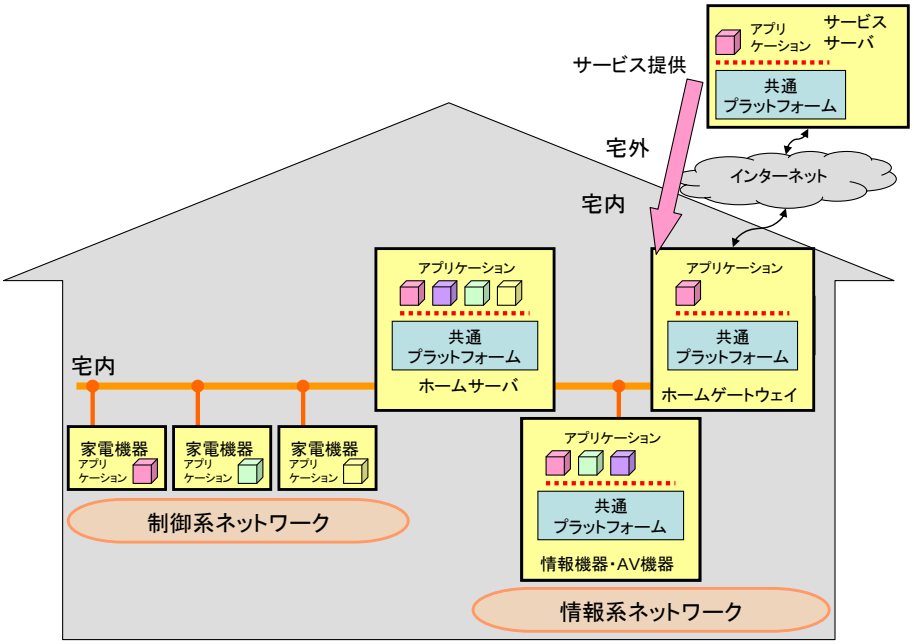


図 5-52　スマートなソフトウェア・プラットフォームの一例

以上の a)から f)にあげた宅外と宅内の相互接続のための必要要件を表 5-26 にまとめる。

表 5-26　宅外と宅内の相互接続の必要要件

必要な要件		内容
ホームゲートウェイ機能		ホームサーバおよび情報系ネットワークを宅外と接続する手段。 ホームサーバと一体型でも分離型でも良い。
共通サービス API		ホームサーバなどの機器と宅外サービスサーバとの相互接続によってアプリケーションを実行するための共通サービス API。 望ましくは共通ソフトウェア・プラットフォーム。 独自サービスを展開可能な拡張プロトコルをアプリケーションとして実装する仕組みが必要。
アプリケーション追加・アップデート機能		ホームサーバなどの情報系ネットワーク機器上で動作するアプリケーションソフトウェアの追加およびアップデート機能。
セキュリティ保護		ホームゲートウェイもしくはホームサーバによるセキュリティ保護が必要。
	宅内情報のセキュリティ	意図しない不正アクセスから宅内ネットワークを保護するために、宅内ネットワークと宅外ネットワークを分離する。 また、ホームサーバは宅内に設置することが望ましい。
	宅外通信のセキュリティ	SSH、SSL などによる暗号化。
	宅内通信のセキュリティ	制御系ネットワークの通信の暗号化、屋外配線の暗号化。
	家族間プライバシー保護	ホームサーバの暗号化とパスワード保護、望ましくはアクセス認証。

(c)　低炭素社会の実現に向けて必要な取り組み

先進国である日本における低炭素社会の実現に向けた取り組みとして、過去に消費した化石燃料排出に対する国際的責任を果たすためにも、次世代の低炭素社会に向けた技術開発は重要であると思われる。

一例として、液晶テレビや太陽光発電システムは、我が国が長年の年月をかけて未知の技術分野に多額の投資を費やして研究･開発･商用化を手がけてきた技術であると言える。そして、現在も低炭素化の取り組みの一部として貢献に寄与している。また、後発の海外製造者にとっても低リスクかつ最小限の開発投資、すなわち既存技術の改良で同事業に参入できる恩恵を受けている。引き続きの既存技術の改良が重要であることに変わりないが、既存技術の改良だけでは飛躍的な環境技術の躍進がもたらされない場合が多く、地球環境保護する取り組みとして不十分であると考えられる。

したがって、日本の得意とする未知の次世代技術を商用化し、同技術を使った商品やサービスの提供によって国内の経済を支えつつ、世界規模で考えなければならない環境技術の躍進をも支えることが望ましい。

こういった環境技術を支える技術分野は多くあるが、一例として、日本の得意な太陽光発電パネルや蓄電池、液晶やプラズマなどの表示パネルといった各デバイスを活かすことが可能な仕組みを取り入れた共通ソフトウェア・プラットフォームが考えられる。日本が

得意なデバイスとの通信インタフェースを共通ソフトウェア・プラットフォームに取り込むことで、これらのデバイス事業の発展を維持しつつ新しい環境技術の躍進が期待できる。

さらに、共通ソフトウェア・プラットフォームを用いることで、サービス提供者とともに新しいエネルギーサービスと、エネルギーサービスにとどまらない新しいインターネットサービスの展開を図っていくことも可能になる。また、インターネットサービスに競争領域を設けることで、新しいエネルギーサービスおよび新たなインターネットサービスが次々に展開されることが期待できる。

以上の総論として、標準化と共通化を図ったネットワーク・アーキテクチャおよび共通ソフトウェア・プラットフォームを用いて、エネルギー管理にとどまらない新たなインターネットサービスによる高付加価値化を図り、国内の経済を支えつつ環境技術で世界に貢献することが、望ましいエネルギーサービスの姿であると考えられる。

5.4.2. 新規サービス創出の可能性

本実証実験では、実験住宅全体および機器ごとのエネルギーの使用履歴情報や被験者の操作履歴情報を収集し、それらに基づく省エネアドバイスを提供するサービスの省エネ行動喚起効果を検証した。また、宅内の機器制御とインターネットサービスとをワンボタンで実現することにより、サービス提供と HEMS 機能との統合について検証した。

これらを拡張し、各家庭、各機器、各個人の情報を収集・分析し、分析結果に基づいて、省エネアドバイス等提供したり宅内の機器を制御したりするインターネットサービスが提供されることにより、より省エネ行動喚起効果が促進すると考えられる。

一方、サービスの供給側に関して言えば、従来はパソコン向けに提供されていたＩＴ情報系のサービスは、携帯電話向け、テレビ向け、家電機器向けなどに広がりを見せている。さらに、機器（例えばテレビ）ごとに、固有のサービス（例えば放送番組の視聴）とＩＴ情報系のサービス（例えばテレビ向け Web サービス）を統合的に提供する仕組みが作られつつあり、この仕組みを利用して新しいサービス（例えば健康系サービス）が、いろいろな機器に簡単に提供できるようになりつつある。この仕組みを拡張して情報収集・取得やサービス提供にも適用していくことが、今後必要となってくる。統一した仕組みにより、生活に密着した家電機器を用いて、エネルギー管理と生活アドバイスとを連携・統合させた新しいサービスを簡単に提供できるプラットフォームが構築できると共に、エネルギー系情報と生活情報とを連携・統合した新たな付加価値の創出にも利用できる。

具体的な例としては、「ECO 生活への素敵なヒント」画面（5.2.3(1)(c)参照）の左側に表示したエコロジー生活を提案する情報や、「おうちコントロール」画面（5.2.3(2)(a)参照）の左側に表示した一括制御の対象となる生活シーンに関連する情報をインターネットサービスとして提供し、HEMS 機能と組み合わせることが考えられる。

「ECO 生活への素敵なヒント」画面では、画面左側に食をテーマとした身近な出来事を綴ったブログをスライドショー表示してエコロジー生活への関心を高め、画面右上に表示したエコロジーな生活を提案する文と合わせて、ユーザが主体的にエコロジー生活に向けた第一歩を踏み出すきっかけとして「もっとヒントを見る」アイコンを選択することを意図していた。また、「おうちコントロール」画面では、「食事」「外出」および「掃除」に関連する情報をスライドショー表示し、その情報をきっかけとして生活シーンを選択して複数の機器を一括制御するよう誘導することを意図していた。

本実証実験では、必ずしも上記意図の通りにユーザが行動したわけではないが、使用履歴情報等から推察されるユーザのライフスタイルに密接に関連した情報をエンターテイメントの形で提供し、ユーザが快適性を維持しながら省エネ行動を実施できるようにすることが重要である。

さらに、実際の省エネ行動も、単に機器の動作を停止させたり設定を変更したりするといった義務的なものでなく、「おうちコントロール」画面の「映画鑑賞」アイコンを選択した場合のような、機器制御そのものがユーザの快適性を高メーカつ省エネになるようにする必要がある。

また、本実証実験では、目標を金額で示すことがユーザの省エネ行動を喚起する効果が高いことを実証したが、インターネットサービスと融合することにより、目標達成時の報酬を実際に金額換算できる価値として提供することが可能になる。例えば、スポンサーとなる会社の協力により、目標を達成したユーザには対価として、品物のプレゼントや値引きサービスを提供するといったことが考えられる。スポンサーのメリットとしては、インターネットサービスを介して各ユーザに広告を配信することが考えられる。

以上に例としてあげたような快適 ECO 生活ナビゲーションサービスにより、ユーザ自身の気付きや意識向上を促進し、ユーザの行動喚起や行動定着に貢献し、もってユーザの意識変革を促しライフスタイルを低炭素社会に適合したものに変えていくことが可能となる。

このような家電・情報サービスとエネルギー支援サービスとを融合させる仕組みは、家電・情報機器と太陽電池・蓄電池などのエネルギー機器の両方の商品群を持ち、それらを統合できることを強みとした日本企業こそが提案できる内容である。さらにこの強みは、省エネと快適性・利便性との両面を考慮した真に生活に密着した統合サービスの提供にも活用でき、海外展開においても、日本企業の優位性になる。尚、既に家電機器への組み込みやサービス化を進め始めている企業にとっては、スピーディーな実現が可能となる。

これらのサービスは日本が主導的に開発を進めた上でいち早く海外展開を進めるのが望ましい。ただし、インフラ整備や制度などの影響を受ける部分は、地域による違いがあり、海外展開の課題となる。しかし、生活アドバイスサービスと連携させてエネルギー可視化サービスを提供するという提案するモデルは、日本、海外を問わずに適用できる一般性を有する。家電機器も連携させて統合的なサービス・アプリケーションを提供するプラットフォームとしての仕組みを利用すれば、地域によって異なる嗜好や環境に適応した地域性のあるサービスも容易に提供できるようになる。

5.4.3. 実用化、普及に向けた問題点、課題

(1) 実証実験から得られた知見

本実証実験から得られた知見についてまとめる。

(a) 消費電力削減効果に関する知見

被験者に従来の浪費型の生活スタイルを実践してもらった対称実験期間(2 月 6 日から 2 月 12 日）と、本実験システムの ECO ナビサービスおよび HEMS を使用して生活してもらった本実験期間（2 月 13 日から 2 月 19 日）の、それぞれの期間における家全体、各部屋、および、各機器の消費電力データを比較分析することによって、以下の知見が得られた。

- 本実験システムの ECO ナビサービスおよび HEMS による行動喚起効果における消費電力の削減率は、22.5%であった。これは「Google PowerMeter」を試作した米国 Google 社の主張（見える化のみで平均 5%から 15%の削減）から見ても妥当な値と思われる。
- 家族が一部屋に集まってテレビや食事を楽しむ生活スタイルを実践することは、消費電力削減に大きな効果を持つことが確認された。生活の場となった部屋の消費電力は微増するが、その他の部屋の消費電力が大幅に減少することによって、家全体では大きな削減効果となって現れる。ECO ナビサービスによりユーザをこのような生活スタイルに誘導することは有効である。
- 冬期においては、家全体のエネルギー消費の中で暖房器具が占めるエネルギー消費の割合は大きい。(本実験住宅ではエアコンだけで約 3 分の 2 を占めた)ECO ナビサービスや HEMS を通して、暖房器具（または夏季における冷房器具）の消費電力を抑えるようアドバイスや制御を行うことが有効である。また断熱ブラインド等の代替手段の使用も効果的と考えられる。

また、本実験システムの ECO ナビサービスおよび HEMS を被験者が操作した際の履歴情報を分析することによって、以下の知見が得られた。

- ECO ナビサービスにおける間取り図を用いた見える化 UI（「我が家のエネルギーモニタリング」画面）が、本実験期間中を通して被験者に継続的に利用された。また、本実験期間において消費電力が十分削減されたことから、エネルギーの見える化によってユーザに気付きを与え、省エネを指向した生活スタイルを行うよう行動喚起を促すことによる削減効果が高いことが確認された。

(b) 見える化 UI に関する知見

本実験システムの ECO ナビサービスおよび HEMS を実際に操作した上での感想を、被験者からの聞き取り調査から分析することによって、以下の知見が得られた。

- 宅内のエネルギー情報を一覧したり各部屋の機器を操作したりする場合に、間

取り図を使っての表示は、ユーザにとってわかりやすい。ただし、各家庭に合わせた間取り図を作成するのは実際には困難であり、住宅メーカと家電メーカが協力して、実現方法を検討する必要がある。

- 宅内機器に関連した情報をインターネットサービスによって提供する機能の評価が高かった。しかし、実用化を図るには、家庭ごとに設置されている機器によって提供する情報が異なってくるので、サービス事業者と家電メーカが協力して実現方法を検討する必要がある。
- 省エネ行動に目標を設定する場合には、一例として、以下が有効である。
  1）目標設定を金額で設定する。
  2）目標達成までの期間は 1 ヶ月程度とする。
  3）目標金額は 10 円、20 円といった小さな金額であっても、省エネ行動喚起効果が十分発揮される場合もある。
- 生活シーンに合わせた機器の一括制御は、最大公約数的な生活シーンの想定だけではなく、各家庭において簡単にカスタマイズできるようにすることが望ましい。
- テレビで ECO ナビサービスや HEMS 機能を提供する場合には、直感的で分りやすいリモコン操作が必要である。また、操作に対する応答速度や確実な動作も重要である。複雑な操作や反応の鈍い応答、不安定な動作が、ユーザの省エネ行動への意欲を削いでしまう恐れがある。

(c) ネットワーク・アーキテクチャに関する知見

テーマ 2-3 との接続部分を製作し、実験過程で出てきた相互接続に関する必要要件を整理することで、以下の知見が得られた。

- 制御系ネットワークと情報系ネットワークとの通信プロトコルを標準化することと、制御系ネットワーク上の機器は仮想的な情報系ネットワーク機器へ変換することとによって、相互接続性を確保することが重要である。
- 宅外と宅内の相互接続についても共通プラットフォームによる標準化を行い、かつエネルギーサービスにとどまらない新しいインターネットサービスが展開可能な仕組みを提供し、サービスの高付加価値化を図っていく必要がある。

(d) 大規模システム構築に関する知見

本スマートハウス実証プロジェクトでは、一戸の住宅のみをエネルギーマネジメントの対象として実証実験を行ったが、将来的には、今回本実験システムを導入して実現したような住宅（＝スマートハウス）が複数集まって、地域単位でエネルギーマネジメントを行うことが予想される。このような地域コミュニティ（＝スマートコミュニティ）において、大規模システムをどのように構築するべきかについても、今回の実証実験から幾つかの知見が得られた。これについては次節で述べる。

(2) 大規模システム構築の要件

スマートハウスが複数集まって、地域単位でエネルギーマネジメントを行うスマートコミュニティにおいては、個々のスマートハウスから収集したエネルギー情報を利用して各種サービスを提供する、サービスプロバイダという要素が新たに加わる。複数のスマートハウスとサービスプロバイダからなるスマートコミュニティにおいて、個々のスマートハウスのエネルギー情報をどのように収集するべきか、また、収集したエネルギー情報をサービスプロバイダにどうように提供するべきか、そのモデルから検討する必要がある。

(a) ECOM スマートハウス整備 WG モデル案

図 5-53 は、次世代電子商取引推進協議会（ECOM）のスマートハウス整備 WG において検討されている、スマートハウスにおける代表的な三つのモデル案である。

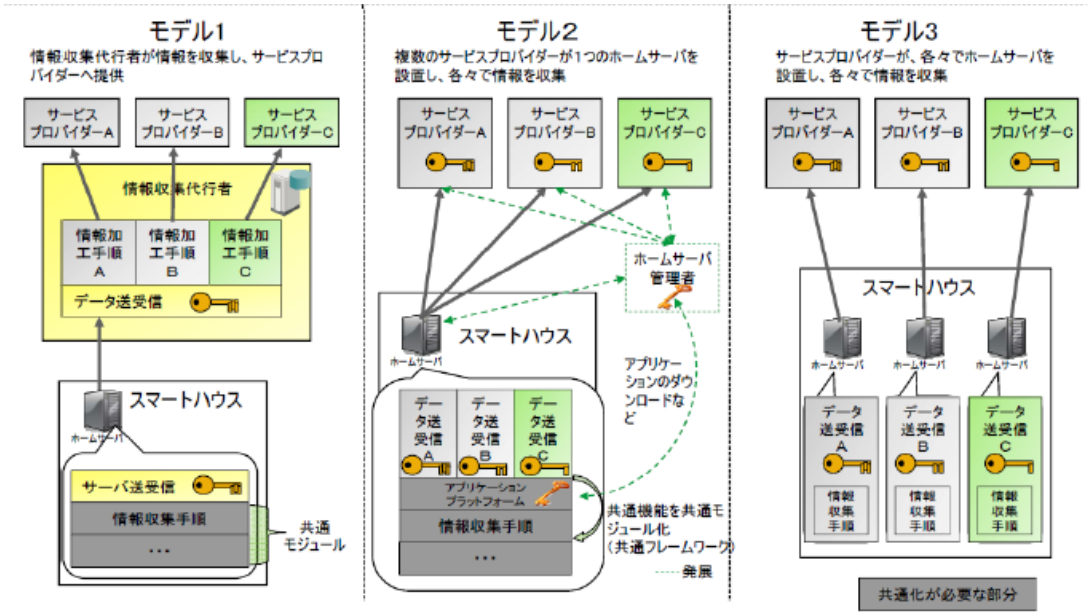


図 5-53　ECOM スマートハウス整備 WG のモデル案

モデル 1 は、情報収集代行者がエネルギー情報を収集し、サービスプロバイダへ提供する形態である。まずスマートハウス内に設置されたホームサーバが、情報収集手順で収集したエネルギー情報をインターネット上の情報収集代行者へ送信する。そして情報収集代行者が、情報加工手順で加工したエネルギー情報を各サービスプロバイダへ提供する。このモデルでは、ホームサーバは情報収集代行者との間のデータ送受信手順のみをサポートすれば良い。また各スマートハウスの個人情報に関わるデータは、情報収集代行者のみで集中管理できる。

モデル 2 は、複数のサービスプロバイダが各スマートハウス内に一つのホームサーバを設置し、各々でエネルギー情報を収集する形態である。ホームサーバには共通のアプリケーション・ソフトウェア・プラットフォームを用意し、その上に各サービスプロバイダとのデータ送受信手順が用意される。このモデルでは、一つのホームサーバの導入で様々な

サービスを享受できる。ただし、ホームサーバが高機能になり高価になる。設置後のメンテナンスやシステム変更などの管理コストも高くなる。

モデル 3 は、サービスプロバイダが各スマートハウス内に各々でホームサーバを設置し、各々でエネルギー情報を収集する形態である。モデル 2 に対して、ホームサーバの管理を各サービスプロバイダで行える利点がある。また、各サービスプロバイダがリスクに応じた独自のセキュリティの仕組みを提供できる。ただし、サービス毎にホームサーバを設置する必要があり、ユーザの負担は大きい。

(b) 実証実験から得られたモデル案に対する知見

今回の実証プロジェクトでは、一戸の住宅のみをエネルギーマネジメントの対象として実証実験を行ったが、本実験システムとテーマ 2-3 の実験システムとを接続してマルチベンダによるシステムを構築したことから、将来のスマートコミュニティのモデル案に対する知見も得られた。

今回、インターネット上に、ホームコントローラが収集したエネルギー情報を蓄積する共通センターが設置され、このデータを利用してテーマ 2-3 の実験システムの見える化 Web サービスが提供された。共通センターのデータは、本実験システムからも利用され、ECO ナビサービスにおけるテレビでの見える化 UI に使用された。また、開発段階や実験期間中の動作検証の際に、実験住宅のエネルギー情報を、遠く離れた開発拠点からモニタリングすることが可能であった。テーマ 2-3 の実験システムの見える化 Web サービスや本実験システムのテレビの見える化 UI を、それぞれ別のサービスプロバイダが提供するサービスと見た場合、共通センターの役割は、ECOM スマートハウス整備 WG モデル 1 の情報収集代行者に近いものである。実験住宅（≒スマートハウス）は共通センター（≒情報収集代行者）とのデータ送受信方法のみをサポートすれば良いというモデル 1 の利点を本実証実験でも享受することができ、モデル 1 が有効に機能することを証明するものであった。

加えて、本実証実験で用意した共通センターは、本実験システムの見える化 UI と、テーマ 2-3 の実験システムの見える化 Web サービスに対して、共通のアプリケーション・ソフトウェア・プラットフォームを利用した共通のインタフェースとして用意された。これは、ECOM スマートハウス整備 WG モデル 1 の情報収集代行者が各サービスプロバイダに対して共通のアプリケーション・ソフトウェア・プラットフォームを提供することまで言及していないことに対して、更なる利点と見ることができる。

(c) 実証実験結果を受けた修正案

以上の知見から、スマートコミュニティにおける大規模システムのモデルについて考察する。

ECOM スマートハウス整備 WG モデル案の優劣を比較した場合、モデル 1 はモデル 2、モデル 3 と比較して次に述べる利点があると考える。

まず、各スマートハウスに一つのホームサーバを設置すればよく、導入コストを低く抑えられる。ホームサーバは情報収集代行者との間のデータ送受信手順のみをサポートすれば良く、サービスに依存しない。更に、各スマートハウスの個人情報に関わるデータを、

情報収集代行者のみで集中管理できる。

しかしながらモデル１では、ホームサーバについては情報収集手段が共通モジュールとして用意されているが、情報収集代行者については共通のプラットフォームが存在しない。この場合、サービスプロバイダ毎に情報加工・サービス提供手順を一から構築しなければならなくなり、サービス創出・提供のためのコストが上がることになるという課題がある。

そこで図 5-54 に示した、ECOM スマートハウス整備 WG モデル１の修正案（＝モデル1’）を提案する。

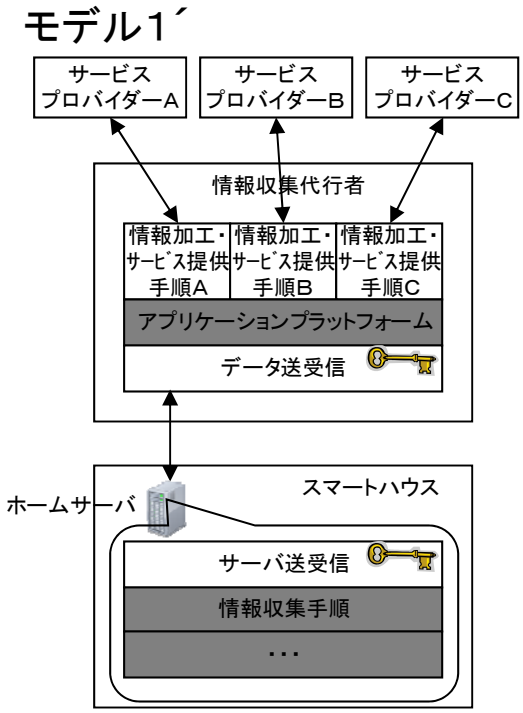


図 5-54　修正したモデル案

モデル 1’では、モデル１に対して、情報収集代行者の機能にアプリケーション・ソフトウェア・プラットフォームを追加する。この場合、新たに共通化が必要な部分は、アプリケーション・ソフトウェア・プラットフォームがサービスプロバイダに提供するサービス API である。共通のソフトウェア・プラットフォームにより、サービスプロバイダによるサービスの創出、提供が容易となる。

モデル 1’を支持する理由は以下の通りである。

まず、サービス事業者に対して共通のソフトウェア・プラットフォームを提供することによって、サービス事業者が自由かつ容易に新たなサービスを創出し、提供できる仕組みを提供できる。

次に、ホームサーバの機能を情報収集代行者に配分できるため、ホームサーバの負担を軽減できる。その結果、ホームサーバの簡易化が可能となり、システム構築コストが低減する。

最後に、ホームサーバの保守・管理を情報収集代行者に一元化できる。その結果、ホー

ムサーバと情報収集代行者間のインタフェースの拡張に柔軟性を持たせられる。また、ホームサーバの仕様決定、設置の権限を情報収集代行者が保有し、情報収集代行者が競争することで、ホームサーバが改良され続け、技術陳腐化リスクに対処できる。更に、情報収集代行者間の競争によりアプリケーション・ソフトウェア・プラットフォームで提供できる機能が強化され、提供できるサービスの幅が広がり、ユーザにとって魅力的なサービスが提供され易くなる。

モデル 1’には、以下のそれぞれに共通化領域が存在する。

- サービスプロバイダと情報収集代行者間
- 情報収集代行者とホームサーバ間
- ホームサーバと宅内機器間

ただし、アプリケーション・ソフトウェア・プラットフォームの競争を促すため、共通化領域は必要最低限にとどめるべきである。

(d) システム構成

図 5-55 に、モデル 1’に基づくスマートコミュニティの具体的なシステム構成を示す。

本システムの特徴は以下の通りである。まず、サービスの提供とユーザ情報の収集との双方向に配慮したアーキテクチャとなっている。ポータルサーバで、サービスプロバイダに共通アプリケーション･ソフトウェア･プラットフォームを提供し､ホームサーバ(HEMS サーバ) とポータルサーバの間でセキュアな通信路を確保して､収集した情報を伝送する。エネルギー情報だけでなく、宅内の機器構成、各機器の属性情報などといった拡張情報も管理する。端末の情報を含めて提供することにより、サービス事業者の利便性を向上させる。例えば、端末の属性にサービスを適合させるように、ポータルサーバで画面に合わせた表示の仕方に変換することなどが考えられる。

次に、ホームサーバとポータルサーバとで機能分担することにより、ホームサーバの負担を軽減して、低コスト化を実現する。

最後に、ユーザ情報の管理を、社会性、公共性を有する情報収集代行者に委託する点である。これにより、プライバシー、セキュリティを保護し、ユーザからの信頼、安全性が確保される。

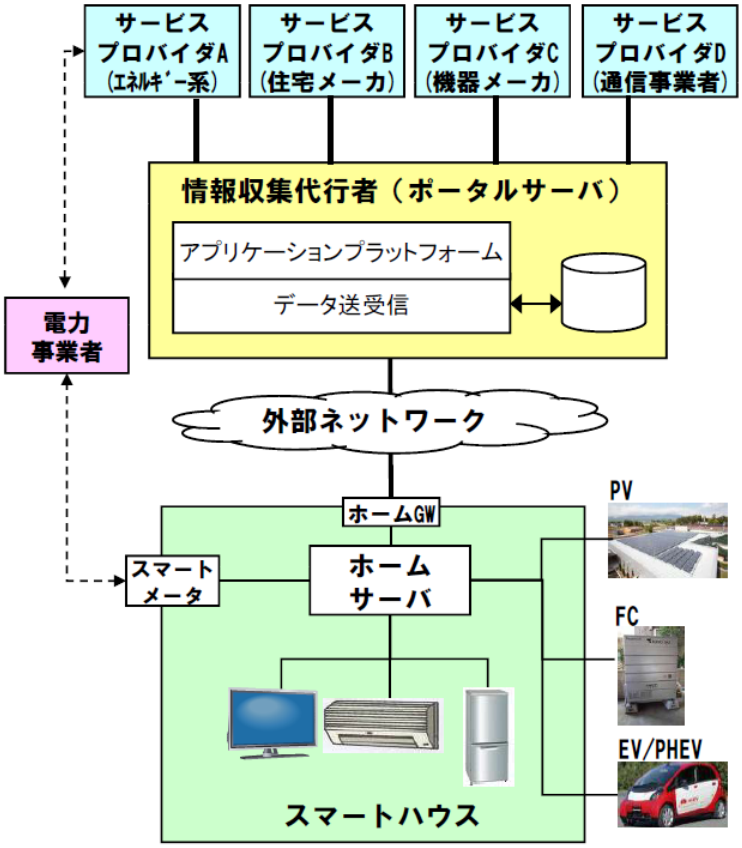


図 5-55　システム構成

(e)　通信インタフェースのデータ項目とフォーマットの一例

表 5-27 にポータルサーバとホームサーバ間で行なわれる通信インタフェースのデータ項目とデータフォーマットの一例を示す。この例では積算電力量や消費電力といった電力エネルギーに関する情報を中心に定義している。総電力に分類されているデータ項目の宅内総電力情報や宅内の機器情報については必須要件である。しかし、その他の多くの項目は拡張機能として定義している。

宅内総電力情報と宅内機器情報以外のデータ項目およびデータフォーマットは、各機器の製造者や情報収集代行者またはサービスプロバイダが定めた拡張データ項目とする。これらの拡張データ項目を日本企業間で調整して標準化し、海外企業との競争領域としてもかまわない。

一例として、機器情報の中には消耗品交換アラートや内部エラー情報、操作履歴リストといった宅内の機器の使用状況を把握するための拡張情報が含まれている。このような拡張情報のデータ項目やフォーマットによって、より付加価値の高いサービスが提供可能になる。高付加価値サービスの一例として、空気清浄機のフィルタ交換の時期に合わせてフィルタの販売店やフィルタ交換を行うサービス業者を紹介したり、エアコンの使用履歴と消費電力、内部エラー情報から経年による機器の性能の劣化を検出して修理サービスの受診を促したりといったサービスが考えられる。

このような新しいサービスを展開できるようにするためには、共通アプリケーション・ソフトウェア・プラットフォーム上で実行されるアプリケーションの中でデータ項目やフォーマットを拡張する仕組みが必要である。このような拡張性を設けることによって各サービス提供者および各製造者間もしくは海外企業の競争領域が生じ、サービス提供領域での競争によって、より特長的で利便性の高い付加サービスの開発が促されると考えられる。

これらに用いる拡張情報やエネルギー情報は家庭や個人のプライバシー情報であるため、ポータルサーバとの間で暗号化されたセキュアな通信も必要である。

さらに、ポータルサーバとホームサーバとの機器間インタフェースは、必要最小限のインタフェースに絞り込んだ共通 API を用いる。既存の標準方式の通信インタフェースは、様々な通信相手との相互接続を想定しており、普段は使わない機能も多く含まれていて非効率である。共通 API を最小限に絞り込むことで、競争領域が拡大するとともに、安価にセキュリティを強化することも出来る。

以上のように、共通プラットフォームは最小限度の機能に絞り込み、必要に応じてアプリケーションとして追加可能な仕組みとすべきである。

表 5-27　ホームサーバ・ポータルサーバ間のデータ項目とフォーマットの一例

分類	データ項目	データフォーマット	通信方式	備考
総電力 (買電)	宅内総電力(必須)	積算電力量(必須)、測定日時 温度、動作状態	定期通知	通知間隔は可変
	一定期間の電力	・平均総電力、平均電圧、平均力率 ・ピーク総電力、ピーク電圧、ピーク力率 ・測定日時、温度、湿度、動作状態	定期通知	期間＝通知間隔
	現在の総電力	総電力、電圧、力率、測定日時	要求・応答	
	電力供給制御	開始／停止	要求・応答	初期値＝開始
	停電・通電通知	供給元／供給先、停電状態、発生日時	不定期通知	
	ピーク電力超過通知		不定期通知	
	積算電力量オーバーフロー通知		不定期通知	
	積算電力量オーバーフロー復帰		要求・応答	
	電力履歴情報	期間、積算電力量、電力推移など	要求・応答	
	加入者管理情報	契約種別、加入者番号、加入日	要求・応答	情報は一例
	機器管理情報	システム名、型番、設置日	要求・応答	情報は一例
分岐電力	分岐器内総電力	積算電力量、測定日時、温度、動作状態	定期通知	通知間隔は可変
	一定期間の電力	・平均総電力、平均電圧、平均力率 ・ピーク総電力、ピーク電圧、ピーク力率 ・測定日時、温度、湿度、動作状態	定期通知	期間＝通知間隔
	…	…	…	…
	分岐器管理情報	型番、種別、容量、接続元、接続相	要求・応答	情報は一例
	接続先情報	供給先部屋種別 1,2,3…	要求・応答	情報は一例
機器情報	積算電力量	積算電力量、測定日時、温度、動作状態	定期通知	
	…	…	…	…
	バッテリ状態	電池残量、電池電圧、充電中	定期通知	
	電池残量不足アラート		不定期通知	
	消耗品交換アラート		不定期通知	
	内部エラー情報	エラー理由、発生日時	不定期通知	
	操作履歴情報	操作履歴リスト	要求・応答	
	機器情報(必須)	製造元、型番など：標準プロファイル準拠	要求・応答	
	設置場所	部屋名など：標準プロファイル準拠	要求・応答	
UI 配信	ECO ナビ情報 HEMS 情報	SVG	要求・応答	Ex システム使用

※アンダーラインは必須要件を示す

表 5-28 に、ホームサーバとポータルサーバ間の機器間インタフェースおよび、ポータルサーバとサービスプロバイダ間の機器間インタフェースの必要要件をまとめた。

表 5-28　大規模システム構築の機器間インタフェースの必要要件

項目		共通プラットフォームの要件 （必要最小限度にとどめる）	拡張のための要件
ホームサーバと ポータルサーバ間の 共通サービス API		共通プラットフォーム用 API	宅内機器の拡張プロトコルをアプリケーション毎に提供可能な仕組み
	データ項目	宅内総電力、宅内の機器情報	独自拡張サービス情報 (一例:消耗品交換アラート、内部エラー情報、操作履歴リストなど)
	セキュリティ	暗号化が必須	アプリケーション毎に設定
ポータルサーバと プロバイダ間の 共通サービス API		共通プラットフォーム用 API	サービスの拡張プロトコルをアプリケーション毎に提供可能な仕組み
	データ項目	必須要件は無し	アプリケーション毎に設定
	セキュリティ	必須要件は無し	アプリケーション毎に設定

以上のように、大規模システム構築の必要要件は、必要最小限度の機能に絞り込んだ共通プラットフォームを使用し、必要に応じてアプリケーションとして機能拡張可能な仕組みを提供することである。