

平成24年度研究開発成果概要書  
情報通信・エネルギー統合技術の研究開発 (142)

(1) 研究開発の目的

単独の家庭だけでなく、それらが複数集まった地域等の面的なエリア内で消費される電力に対して、情報通信技術 (ICT) を利用して、生活者の利便性を失わず、かつ生活者が意識することなく、確実に消費電力の削減を達成する技術を確立するため、「電力の流れの情報化」及び「供給電力の最適割当」に基づく電力管理・制御技術の研究開発を実施する。

(2) 研究開発期間

平成21年度から平成25年度 (5年間)

(3) 委託先

国立大学法人京都大学<幹事者>  
国立大学法人神戸大学  
大和ハウス工業株式会社  
株式会社エネゲート  
株式会社トランス・ニュー・テクノロジー

(4) 研究開発予算 (百万円単位切上げ)

平成21年度	147 (契約金額)
平成22年度	138 ( 〃 )
平成23年度	130 ( 〃 )
平成24年度	123 ( 〃 )
平成25年度	114 ( 〃 )

(5) 研究開発課題と担当

課題ア：エネルギー需要予測のためのデータベース構築とエネルギー最適割当プロトコルの研究開発

1. 汎用的ホームゲートウェイ開発 (大和ハウス工業株式会社)
2. プロトコル記述フレームワークとソフトウェア無停止更新機構の開発 (株式会社トランス・ニュー・テクノロジー)
3. ホームネットワーク上でのエネルギー最適割当プロトコルの開発 (神戸大学)
4. 電力の供給と消費の QoEn に基づく最適マッチングアルゴリズムならびにルーティング (京都大学)

課題イ：エネルギーの最適割当を実現するための通信インターフェース及びインターフェース対応ハードウェアの開発

1. 高周波スイッチング電源を用いた電力パケット伝送インターフェース・ルータの研究開発 (京都大学)
2. 負荷機器用通信インターフェース及び同インターフェース対応ハー

ドウェアの開発（神戸大学）

3. 負荷機器用電力計測センサの開発及び電力制御機器の開発（株式会社エネゲート）

4. 分散電源出力の平滑化と連携制御システムの開発（京都大学）

(6) これまで得られた研究開発成果

		(累計) 件	(当該年度) 件
特許出願	国内出願	7	1
	外国出願	0	0
外部発表	研究論文	12	3
	その他研究発表	163	33
	プレスリリース	2	0
	展示会	66	11
	標準化提案	0	0

具体的な成果

- (1) Ryo Takahashi, Tsuguhiro Takuno, and Takashi Hikihara, Estimation of Power Packet Transfer Properties on Indoor Power Line Channel, Energies, vol. 5, no. 7, pp. 2141-2149, 2012  
日本の家庭内配電線としてよく用いられている VVF ケーブルを使用して電力パケットによる電力伝送を行った場合の電力伝送効率の評価を行いその成果を発表、国外の論文誌に採録された。
- (2) Keiji Tashiro, Ryo Takahashi, Takashi Hikihara, Feasibility of Power Packet Dispatching at In-home DC Distribution Network, in Proc. Third IEEE International Conference on Smart Grid Communications, pp. 401-405, 2012.  
高周波スイッチングによる電力パケット生成の実現とその実験的検証に関し国際学会に投稿、発表を行った。
- (3) 電力ルータ及び電力ネットワークの特許出願（京都大学工学研究科）

(7) 研究開発イメージ図

別紙参照

# 平成24年度「情報通信・エネルギー統合技術の研究開発」の研究開発目標・成果と今後の研究計画

## 1. 実施機関・研究開発期間・研究開発費

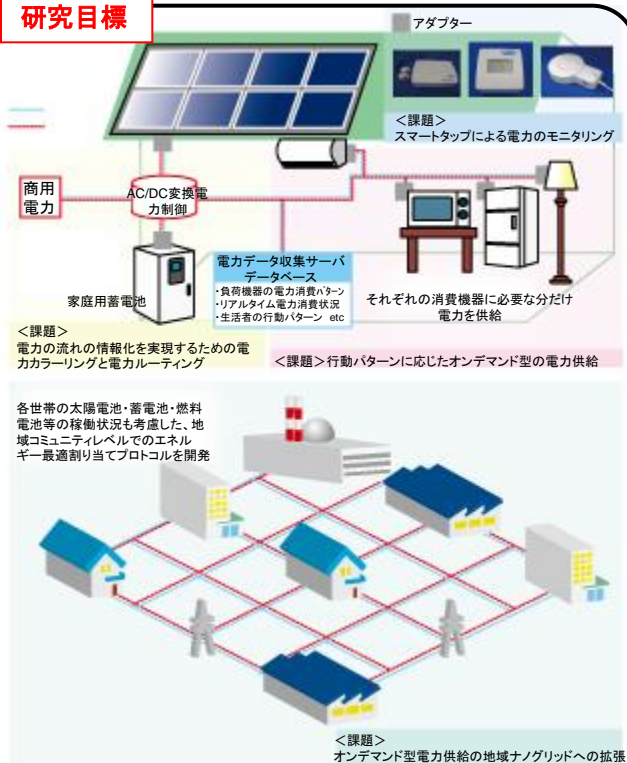
- ◆実施機関 京都大学(幹事者)、神戸大学、大和ハウス工業(株)、(株)エネゲート、(株)トランス・ニュー・テクノロジー
- ◆研究開発期間 平成21年度から平成25年度(5年間)
- ◆研究開発費 総額65百万円(平成24年度 123万円)

## 2. 研究開発の目標

単独の家庭だけでなく、それらが複数集まった地域等の面的なエリア内で消費される電力に対して、情報通信技術(ICT)を利用して、生活者の利便性を失わず、かつ生活者が意識することなく、確実に消費電力の削減を達成する技術を確立するため、「電力の流れの情報化」及び「供給電力の最適割当」に基づく電力管理・制御技術の研究開発を実施する。

## 3. 研究開発の成果

### 研究目標



課題ア: エネルギー需要予測のためのデータベース構築とエネルギー最適割り当てプロトコルの研究開発

課題イ: エネルギーの最適割り当てを実現するための通信インタフェース及び同インタフェース対応ハードウェアの開発

### 研究成果

#### 電力制御ルールに基づく単独家庭でのEoD実証、評価実験の実施

##### ・エコハウスでの生活実証実験

エネゲート製スマートタップ及びネットワークから制御できるよう改造した家電を用いてオンデマンド型の電力供給環境を構築し、連続48時間以上の生活実験によるデータを蓄積することで、ルールに基づく電力機器制御の精度を向上させた。

家電・スイッチ間の通信の粒度を変化させてデータ量と精度のトレードオフを評価し、EoD対応家電の実用化に向けての知見を得た。

##### ・個人宅での生活実証実験

エネゲート製スマートタップに環境センサ、人感センサを配置、家電ごとの消費電力データを収集し、さらに生活者の行動データも継続的に収集することにより、ルールの精度を高めるためのデータの蓄積を行った。

#### 単独家庭を想定した電カルーティング実証実験の実施

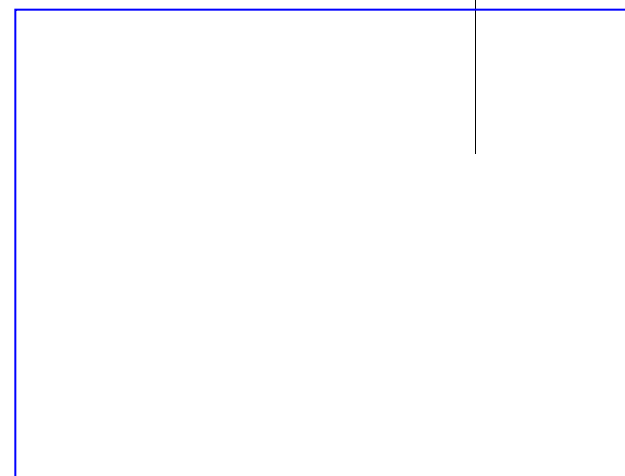
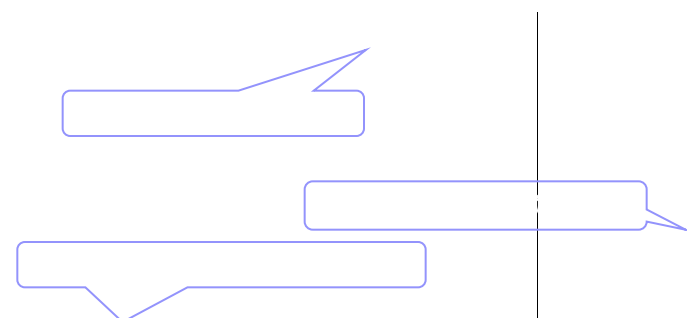
エコハウスに設置された蓄電池、充電スタンド、太陽光発電システムやEV、電源・負荷制御装置を用いることで、各種電力間での電力の融通を実現した。また、電カルータを介した電力割当制御を目的とした実験を実施することで電源から機器までエンドツーエンドでの電力の供給を実現した。



電カルータ(京大)

電源・負荷の制御装置(エネゲート)

#### 実生活環境(個人宅)での消費電力と行動

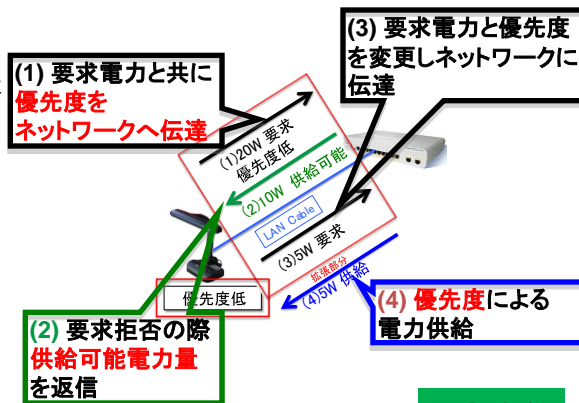


# ①エネルギー需要予測・最適割当技術の主な成果

## 電力の供給と消費のQoEnに基づく最適マッチングアルゴリズムならびにルーティング

PoEにおけるLink Layer Discovery Protocol (LLDP)の拡張

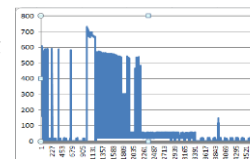
1. PoE (Power over Ethernet, IEEE802.3at) で**オンデマンド型電力供給を実現**するために、PD(電力消費機器)が要求電力とともに優先度をネットワークへ伝達し、PSE(電源)は要求拒否の際に供給可能電力量を返信するようにPoEのLLDPを拡張した。
2. 供給可能電力の範囲内で電力消費機器からの電力要求に基づく公平な電力割当を行うアルゴリズムの設計と、システムの構築を行った。



京都大学

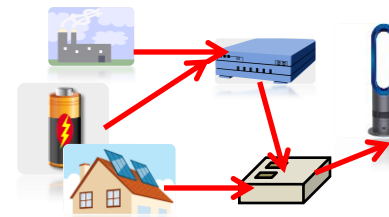
## プロトコル記述フレームワークの実装、要素技術の階層化構造の設計

1. 居住実験の結果を元に、EoD システムによるレガシー家電の制御方法を確立  
EoD 未対応家電を本システムに組み入れるにあたり、スマートタップで計測値を用いてEoD 制御するモデルを作り、適切な優先度値を居住実験データから生成した。



2. 複数の電カルータを用いた送電経路制御を実装

引原研究室製、エネゲート製の2種のルータを用い電力の経路制御を実装し、電源を複数持つ網でEoDに基づく適切な電源選択ができることを示した。



(株) トランス・ニュー・テクノロジー

## 汎用的ホームゲートウェイ開発

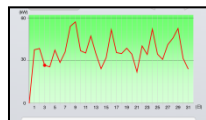
1. スマートタップ連携システム改修  
EoD可視化システムのデータ要求処理を削減し処理速度を速めるため、ホームゲートウェイ可視化端末間のインターフェースの機能追加・改修を行った。
2. EoD可視化システム改修  
京エコハウスの各種電力データ・気象データ・蓄電池システムの連携改修を行った。本システムで、電力・気象データの見える化や蓄電池の制御が可能。また、echonetLite対応のエアコン・照明などの制御機能も追加した。



京エコハウス 電力モニター



家電リモコン画面

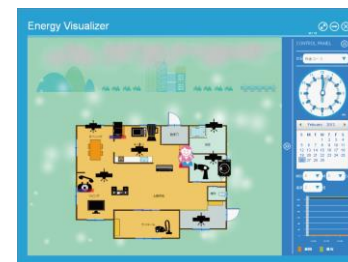


履歴データ確認画面

大和ハウス工業(株)

## ルールによる電力機器制御システム

1. 電力機器制御ルールの全体最適化コンパイルの実装  
ルール全体や一部から、スマートタップが最適な動作となるよう、コンパイルするシステムを構築した。
2. ルールシミュレーション環境の構築  
家庭の行動情報に基づき、評価実験を行うシミュレーション環境を構築した。機器の電力消費量やユーザ行動を評価した。
3. ユーザ行動による電力機器利用予測システムの構築  
センサ情報に基づき、機器が利用者の特定や電力使用量を予測する需給予測システムを構築し実証実験した。



利用方法検出  
姉  
15分間1200W

神戸大学

## ②電力の流れの情報化のためのハードウェア技術の主な成果

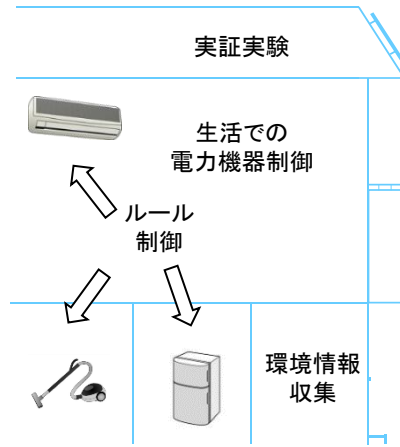
### 負荷機器用通信インターフェースの開発

#### 1. 電力機器制御ルールの実装と評価

エネゲート社製スマートタップにおいて、提案する電力機器ルールを実装した。評価実験を行い電力機器制御ルールに基づいた機器制御の有用性を確認した。

#### 2. 電力機器制御ルールによる実証実験

京エコハウスにおいて実証実験を行い、電力機器制御ルールの動作検証と、人の行動及び電力量に基づく制御実験を複数行った。

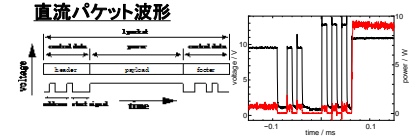


神戸大学

### 高周波スイッチング電源を用いた電力伝送インターフェース・ルータの研究開発

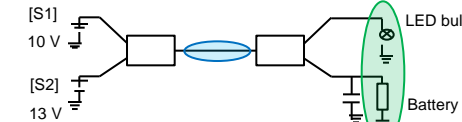
#### 1. 電力の packets 化の実現

電力の packets 化を実回路で実現



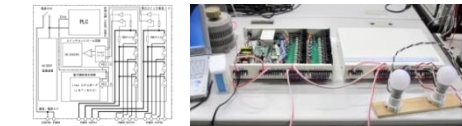
#### 2. 電力 packets のルーティング

情報と電力が統合された電力 packets の情報を読むことによる電力 packets ルーティング

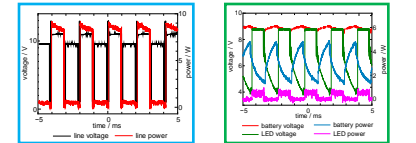


#### 3. 複数交流電力ルータの接続切替実証

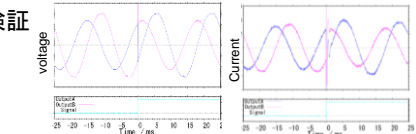
電力ルータの直並列接続による回線交換配電検証



電力ルータの直列接続



配電線上の電圧・電力波形 各負荷上の電圧・電力波形



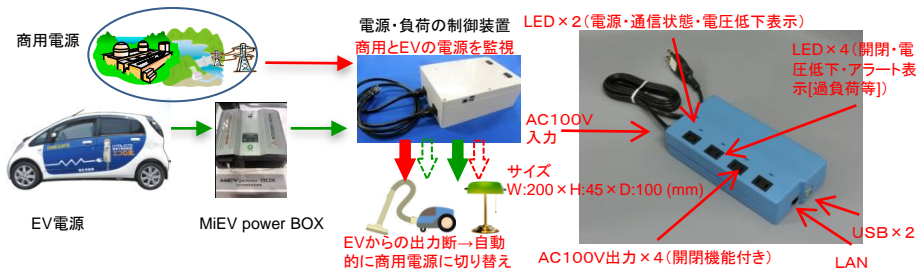
位相差がある電力の切り替え時波形

京都大学

### 負荷機器用電力計測センサの開発及び電力制御機器の開発

「エネルギー需要予測・最適割り当て」の実現を目的として、主に以下を実施。

- スマートタップに各種センサ(人感・温度など)を追加し、実生活での電力使用量データを収集しつつセンサ情報に基づく制御の実証実験。
- 京エコハウスにて、EVと「電源・負荷の制御装置」を組み合わせる商用とEVの電源切り替えの実証実験。
- 実用化検討として、電圧低下警告機能付きの小型スマートタップの試作。



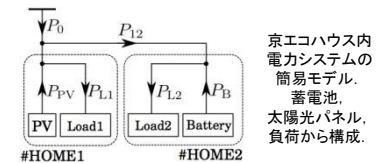
引き続き実証実験を行い、評価結果をもとに機能改良や実用化検討を行う。

(株) エネゲート

### 分散電源出力の平滑化と連携制御システムの開発

#### 1. 蓄電池上位コントローラの開発

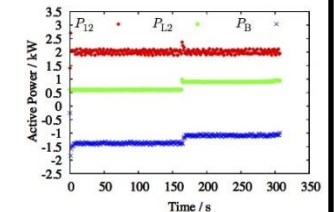
EODとの連携機能を含む蓄電池制御のための上位コントローラを開発し、京エコハウスの蓄電池システムに導入(オクトパスと共同)



京エコハウス内電力システムの簡易モデル。蓄電池、太陽光パネル、負荷から構成。

#### 2. 分散電源出力の蓄電池制御による平滑化

自然エネルギー源(太陽電池)の出力平滑化を実現する蓄電池制御アルゴリズムを開発し、京エコハウスにて実証に成功



#### 3. 蓄電池制御による複数家庭間の余剰電力融通

複数家庭間の余剰電力融通を実現する蓄電池制御アルゴリズムを開発し、京エコハウスにて実証に成功

3.の実証実験の一例:システムの状態変化に対して、蓄電池出力の調整により、複数家庭間の融通電力を $P_{12}$ を一定に維持

京都大学

4. これまで得られた成果(特許出願や論文発表等) ※成果数は累計件数と( )内の当該年度件数です。

	国内出願	外国出願	研究論文	その他研究発表	プレスリリース	展示会	標準化提案
情報通信・エネルギー統合技術に関する研究開発	7(1)	0	12(3)	163 (33)	2(0)	66(11)	0

5. 研究成果発表会等の開催について

(1) 学会・展示会での発表

国内外への研究論文誌へ積極的に投稿、平成24年度は電力パケットの研究論文について3件の採録が決定している。電子情報通信学会、電気学会、情報処理学会等の国内の主要な学会や、SmartGridComm (International Conference on SmartGrid Communications)、POWERCON2012、IEEE AINA-2013(The 27<sup>th</sup> IEEE International Conference on Advanced Information Networking and Applications)、SAINT(IEEE/IPSJ International Symposium on Application and the Internet) 2012、GCCE2012(The 1<sup>st</sup> IEEE Global Conference on Consumer Electronics)などの査読つき国際会議において研究発表を行った。産業界では、第3回国際スマートグリッドEXPO、エコプロダクツ2012など、国内外の企業が集まる大規模な展示会において研究成果を紹介し、積極的に情報を発信している。

(2) 特許出願

平成24年度は1件の特許出願を行った。  
 ・電力ルータ及び電力ネットワーク(京都大学工学研究科) 特願2012-250529

6. 今後の研究開発計画

この成果により、今後、どのような研究を行うのかを例示を上げながら、具体的、かつ簡潔に記載して下さい。

平成25年度は、コミュニティレベルへの展開を考慮し、ラストワンマイル(二～十数戸)の連携制御実験、及び、より広い範囲の広域コミュニティレベル(十～数十戸)を想定した広域コミュニティ実証実験を行い、成果物の連携検証等を通じて完成度を高めるとともに、標準化への取り組みを行う。