



# NICT「情報通信・エネルギー統合 技術の研究開発」の成果概要

情報通信研究機構  
高度通信・放送研究開発委託研究

岡部寿男（京都大学学術情報メディアセンター）

<http://www.net.ist.i.kyoto-u.ac.jp/ice-it/>



# 「情報通信・エネルギー統合技術の研究開発」

- “戦略重点科学技術施策”
  - 総合科学技術会議専門調査会情報通信PTユビキタス領域
    - 人の能力を補い生活を支援するユビキタスネットワーク利用技術
    - ✓ 総務省担当
- 情報通信研究機構 平成21年度「高度通信・放送研究開発委託研究」として実施
  - 研究開発期間：平成21年度～25年度（5年間）
- 経過
  - H21.1.21 公募予告
  - H21.2.23～3.23 公募期間
  - H21.5.13 受託者決定（報道発表）
  - H21.6.26 契約締結，研究開始

# 情報通信・エネルギー統合技術の研究開発

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エリア内で消費される電力に対して、情報通信技術 (ICT) を活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できる技術確立するため、「電力の流れの情報化」及び「供給電力の最適割り当て」に基づく電力管理・制御技術の研究開発を実施する。

研究開発期間：平成21年度～平成25年度(5年間)  
 予算：総額177百万円程度(上限、平成21年度)

## 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

- ・各種の負荷機器(白物家電、AV機器、ICT機器、住設機器等)の特徴量抽出とデータベース化及びデータベースを用いたエネルギー需要予測手法の開発
- ・ホームネットワーク上でのエネルギー最適割り当てプロトコルの開発
- ・地域コミュニティレベルでのエネルギー最適割り当てプロトコルの開発

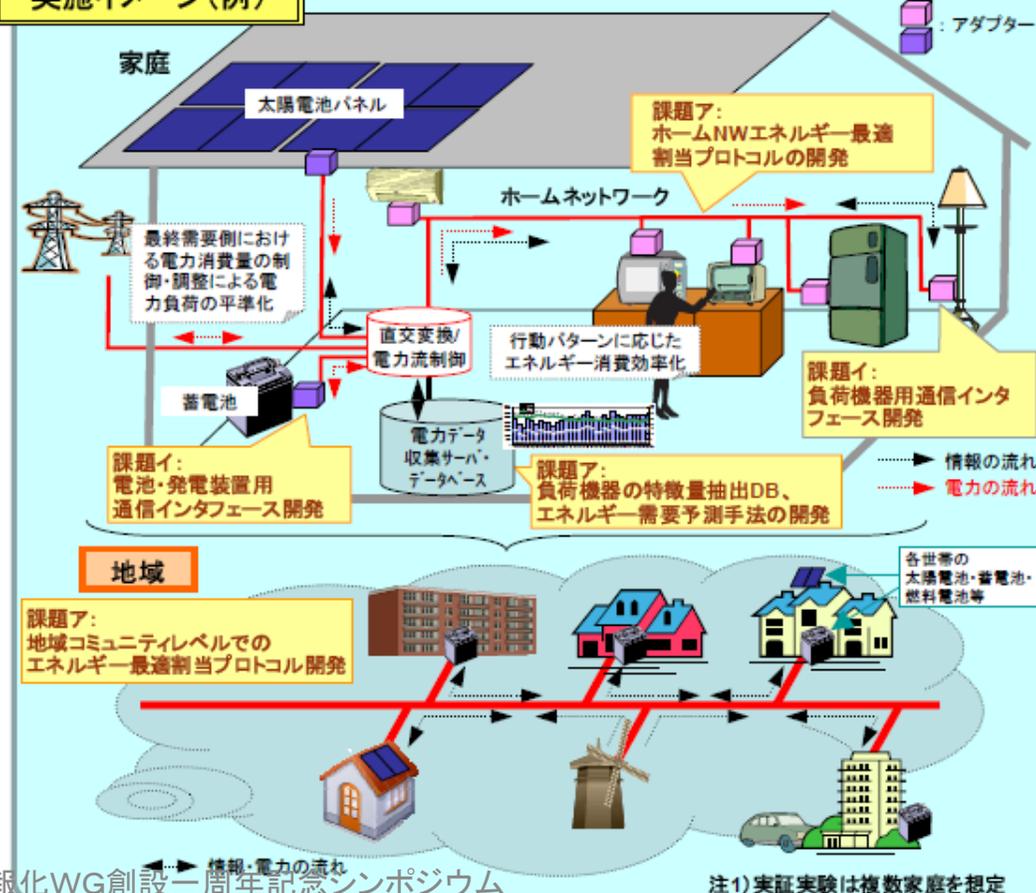
## 課題イ

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

- ・直流電力ネットワークの構築が可能で、かつ、交流電力ネットワークとの間の電力授受制御機能を有する負荷機器用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
- ・直流電力ネットワークの構築が可能で、かつ、交流電力ネットワークとの間の電力授受制御機能を有する電池、発電装置用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

負荷機器の消費電力特性抽出等を行った上で、供給電力のCO2排出量までも含め、電力の流れを情報化し、トータルの電力使用量が最適となるように制御する。

## 実施イメージ(例)



## 研究開発アプローチ

実世界(家庭等)における電力の流れ

制御



センシング

2010年9月24日(金)

情報通信技術によるデータ収集、蓄積、知的処理

エネルギーの情報化WG創設一周年記念シンポジウム

注2) 上図は例示であり、その他の実施イメージも想定される(研究計画書参照)。



# 研究開発体制

- 国立大学法人 京都大学(幹事)
  - 学術情報メディアセンター 岡部寿男
  - 大学院工学研究科 引原隆士
- 国立大学法人 神戸大学
  - 大学院工学研究科 塚本昌彦
- 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

情報通信・エネルギー統合  
技術の研究開発  
Integration Technology of  
Information, Communication  
and Energy  
— ICE-IT



# 研究の概要

- 研究の目的
  - **電力ネットワークと情報ネットワークの統合**
    - エネルギー源となる分散電源(太陽光発電, 燃料電池 等)、配電系統と各種家庭内機器の間のエネルギー供給のあり方を、物理的供給システムの拘束から解放し、情報通信技術との融合により再定義する。
  - 実世界の人間の行動パターンに応じて**プロアクティブにエネルギーを制御**
    - ユビキタスコンピューティングで培われた技術を、エネルギーのプロアクティブ制御に応用
  - 総合的に電力消費を下げながらQoL (Quality of Life)を維持する機構の提案と、家庭から地域に於ける新しいエネルギー供給のあり方の可能性を提案



# 本プロジェクトにおける 「エネルギーの情報化」の考え方

1. 全ての電源ならびに負荷機器において、リアルタイムでエネルギー（電力）の流れをセンシング
2. エネルギーを含むセンシングされたデータをホームゲートウェイを通じてセンターサーバ上のデータベースに集約
  - 特徴量を抽出してルール化
3. 各負荷機器は、センサネットワークによる環境情報も加味してリアルタイムにエネルギー需要を予測。各電源はエネルギー供給を予測
4. 各負荷機器は家庭内電力網に対してエネルギーをオンデマンドで要求 (Energy on Demand)
5. QoEn (Quality of Energy)パラメータを考慮して電源と負荷とを最適マッチング
  - QoL (Quality of Life)に配慮しつつ要求を優先度で順位付け
6. 電力網は、QoEnごとにエネルギーを独立に配送（電力のカラーリング）
  - 直流配電（たとえばPoE）、さらには電力のパケット化



# 研究開発課題

- 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

大和ハウス – 課題ア-1: 汎用的ホームゲートウェイ開発

TNT – 課題ア-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機構の開発

神戸大 – 課題ア-3: ホームネットワーク上でのエネルギー最適割り当てプロトコルの開発

京大(岡部) – 課題ア-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

- 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

京大(引原) – 課題イ-1: 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

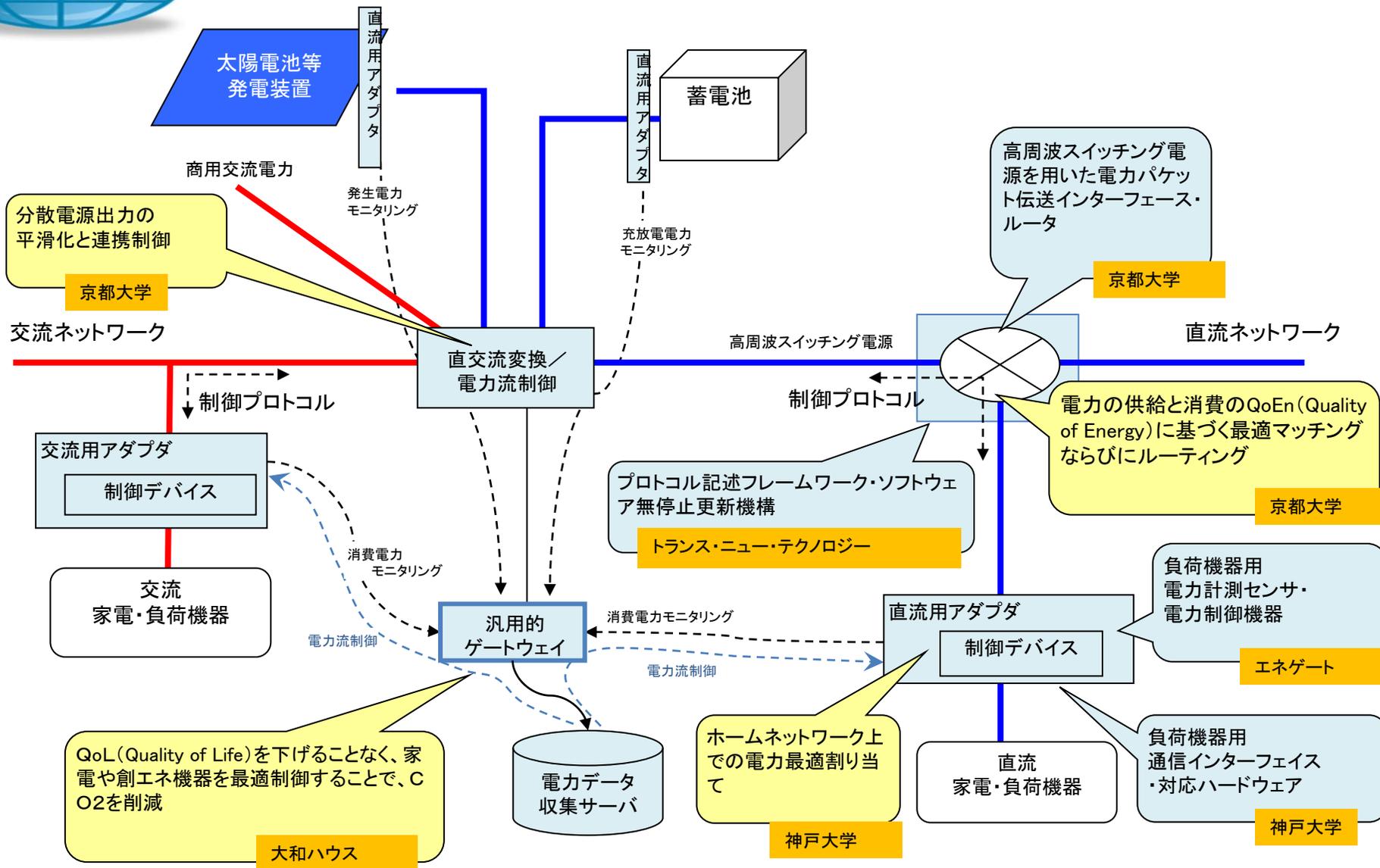
神戸大 – 課題イ-2: 負荷機器用通信インタフェース及び同インタフェース対応ハードウェアの開発

エネゲート – 課題イ-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

京大(引原) – 課題イ-4: 分散電源出力の平滑化と連携制御システムの開発



# 『情報通信・エネルギー統合技術の研究開発』イメージ図





# 制御機能付き電力計測センサの開発

## 株式会社 エネゲート



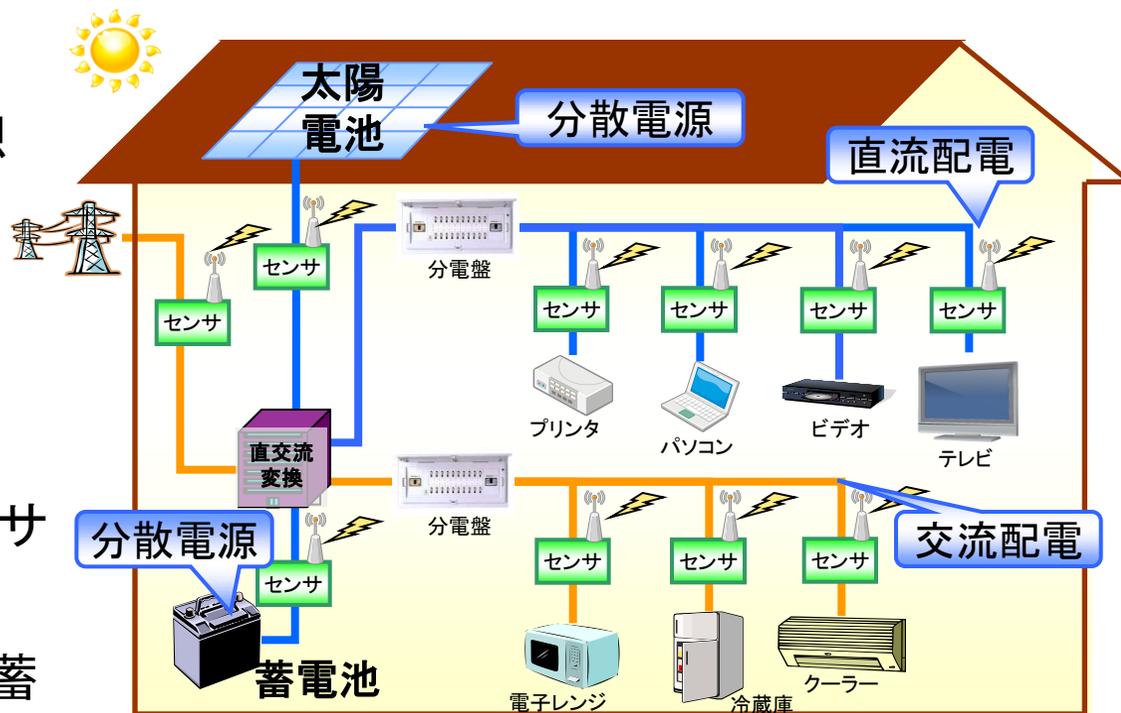
### ■研究概要

省エネルギーを目指したオンデマンド型の電力配送サービスを実現するためには、電力の供給側と需要側での計測が不可欠であることから、電力の流れや機器の電力消費状態を把握し、電力の最適割り当てを実現するための電力計測センサを開発する。

### ■H21年度の成果

将来の直流配電や分散電源を想定して試作。

- ①コンセント用電力計測センサ
  - ・直流および交流用
  - ・制御機能(負荷開閉)付き
- ②太陽光・蓄電池用電力計測センサ
  - ・発電、充電電力用の直流計測
  - ・供給可能量予測のためのデータ蓄積機能付き





# 制御機能付き電力計測センサの開発

## 株式会社 エネゲート

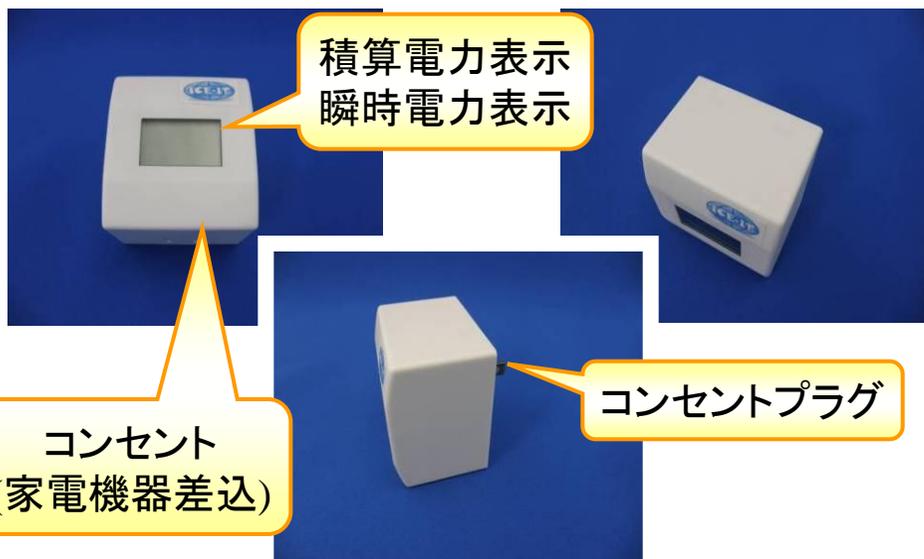


### ①コンセント用電力計測センサ

仕様概要	
計測項目	積算電力、瞬時電力、電圧、電流
形状	コンセント差込型
通信	430MHz帯特小無線
機能	負荷開閉機能付

### ②太陽光・蓄電池用電力計測センサ

仕様概要	
計測項目	積算電力(順・逆)、瞬時電力(順・逆)、電圧、電流
形状	箱型
通信・給電方式	PoE(IEEE802.3af)
蓄積データ	30分値を1年分保存



サイズ60mm(W)×60mm(H)×46mm(D)



サイズ:155mm(W)×110mm(H)×44mm(D)



# 制御機能付き電力計測センサの開発

## 株式会社 エネゲート



### ■H22年度の研究内容

H21年度の成果をベースとし、以下を実施する。

- ・「エネルギー需要予測・最適割り当て」のための、「電力計測センサ」の要件を定義
- ・定義を基に各者の検討に使用できる電力計測センサを試作

今年度試作仕様(案)		
項目	説明	
計測項目	瞬時電力、積算電力、電圧、電流、波形特徴(家電機器認識用)	
計測精度	±5%以内	
通信	媒体	ZigBee (IEEE 802.15.4)
	起動	ポーリングアンサーおよび、イベント起動
イベント条件	計測値の変化をイベントとする	
制御	負荷制御用リレーを内蔵	

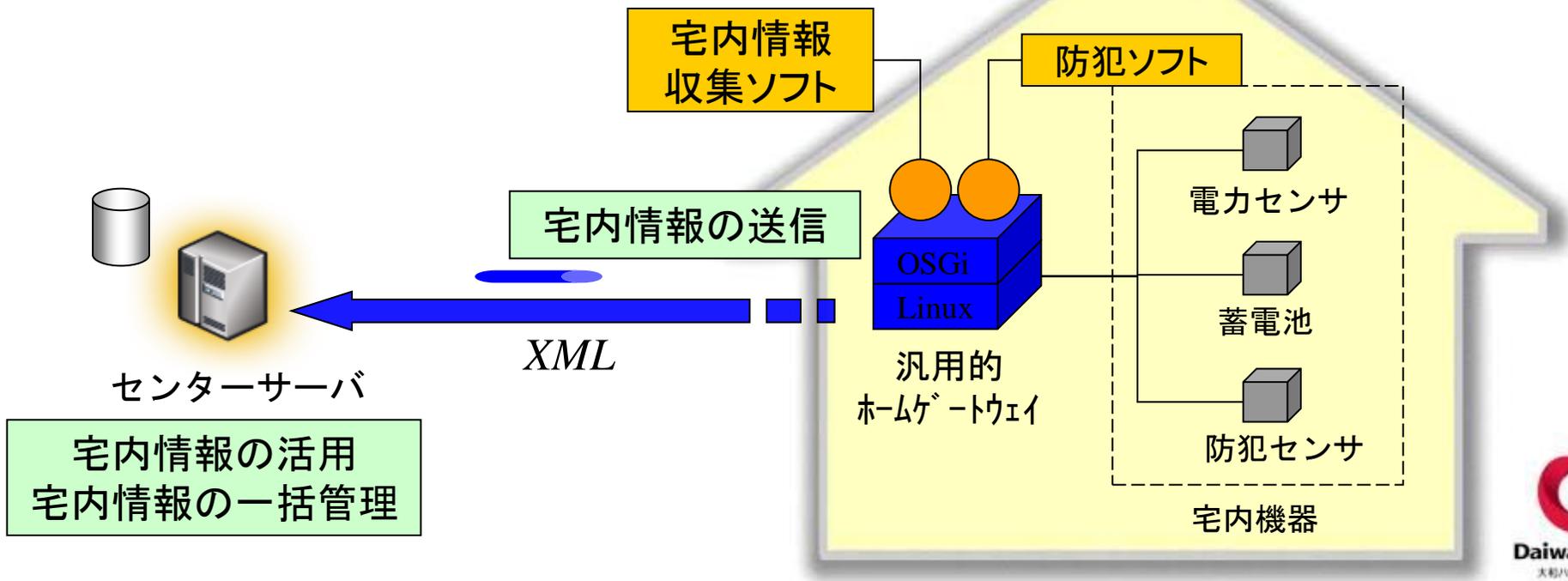


# 汎用的ホームゲートウェイの開発(大和ハウス工業)

## ○研究概要

1. **汎用的ホームゲートウェイ**を使った電力使用情報等の収集
  - データベース化、一括管理、履歴管理
2. センターサーバに収集した情報の活用
  - エネルギーの可視化
  - エネルギー需要、供給予測へのフィードバック

イメージ図





## 汎用的ホームゲートウェイの開発(大和ハウス工業)

### ○平成21年度の成果

汎用的ホームゲートウェイ上で動作する動く宅内情報収集ソフトウェアを開発し、宅内の電力使用量及び温度情報のセンターサーバでの一元管理を実現しました。

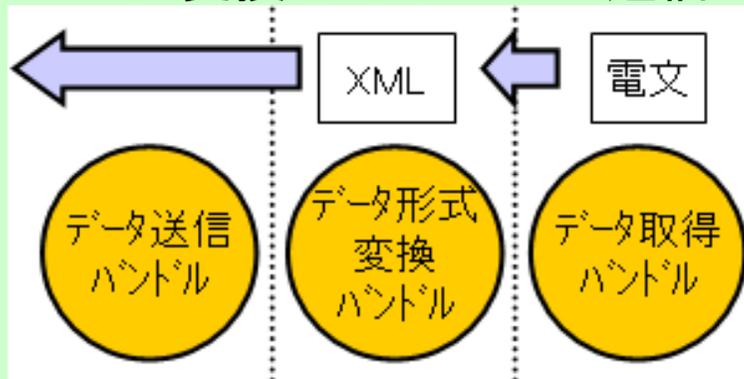
### 汎用的ホームゲートウェイの構成

ライブラリ	...	基本サービス	OSGi	各サービスバンドル群
MPRM		サービス	4	
Equinox (OSGiフレームワーク)				
Java SE for Embedded 5.0 (JAVA VM)				
Linux Kernel 2.6.2 (OS)				

OSGiで実装

### 宅内情報収集サービス詳細

XMLに変換してサーバへ送信





## 汎用的ホームゲートウェイの開発(大和ハウス工業)

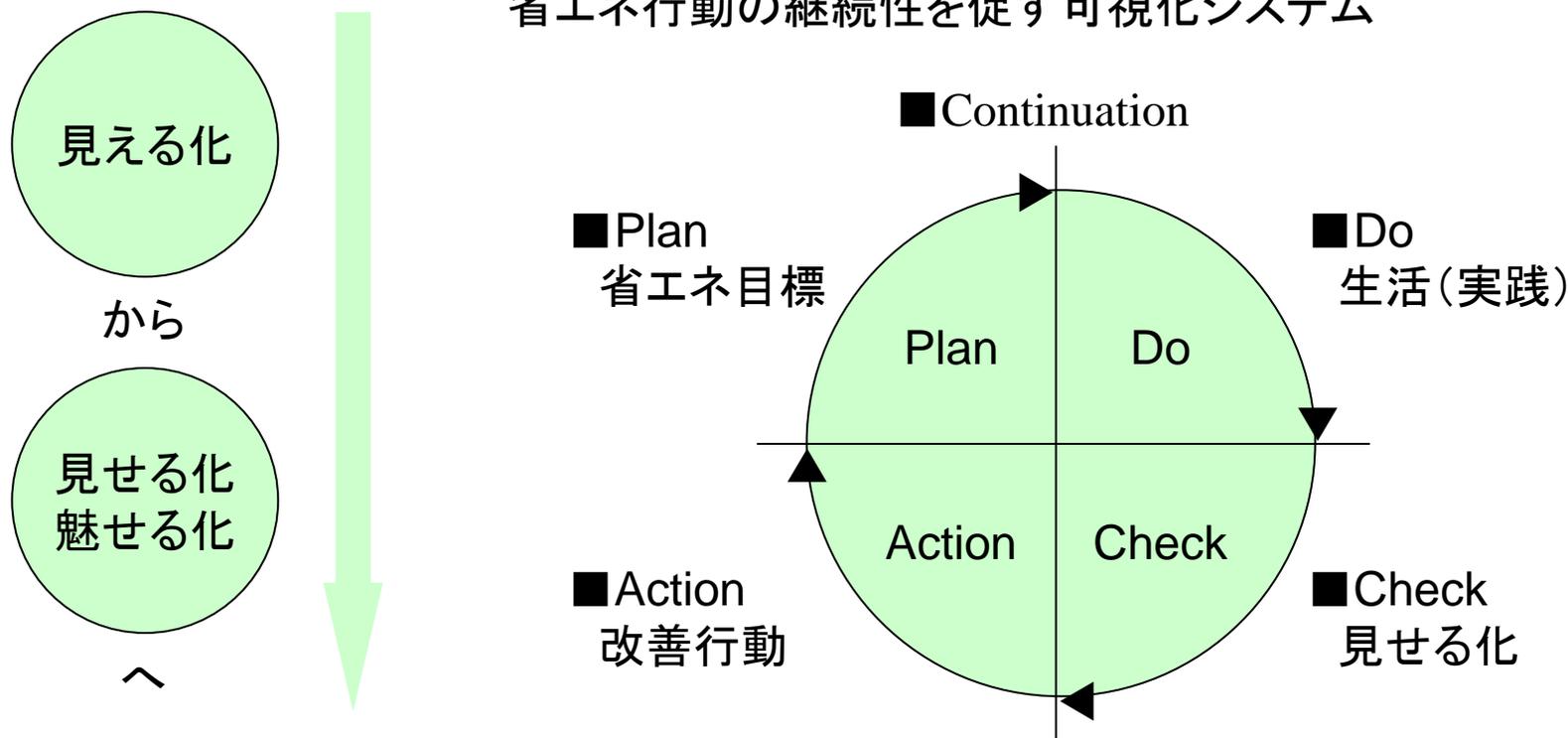
### ○平成22年度の研究内容

#### 収集したデータの活用

#### ーエネルギーの可視化手法の検討

収集した宅内情報を活用し、居住者の省エネ行動に直結できる気付きを与え、かつ行動の実感・継続性を生み出す「可視化手法」の検討・開発・評価を行います。

#### 省エネ行動の継続性を促す可視化システム



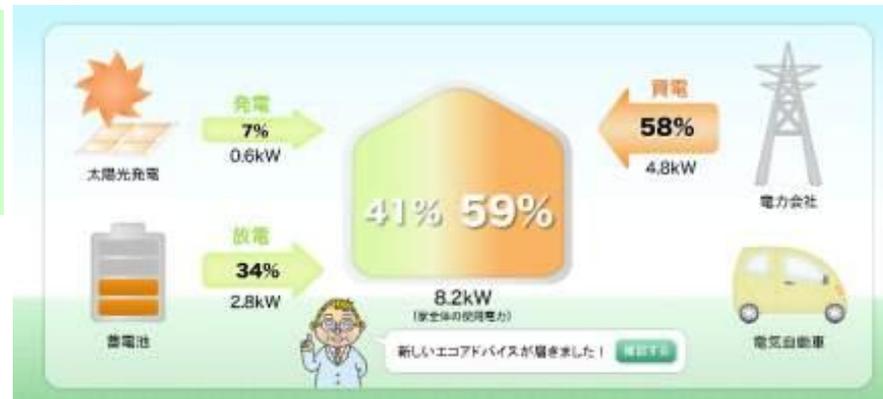


# 汎用的ホームゲートウェイの開発(大和ハウス工業)

## ○その他展開

宅内情報の収集やエネルギーの見える化など一部機能について、春日部及び名古屋の展示場「SMA×Eco HOUSE」にて実証試験を行っています。

### 電気の流れの見える化



### 電気使用状況の見える化



「xevoEDDI」  
埼玉県春日部住宅展示場



「xevoFU」  
愛知県メ〜テレ八事ハウジング



# ルール制御型エネルギーマネジメントシステム 神戸大学

## 電力制御ルール

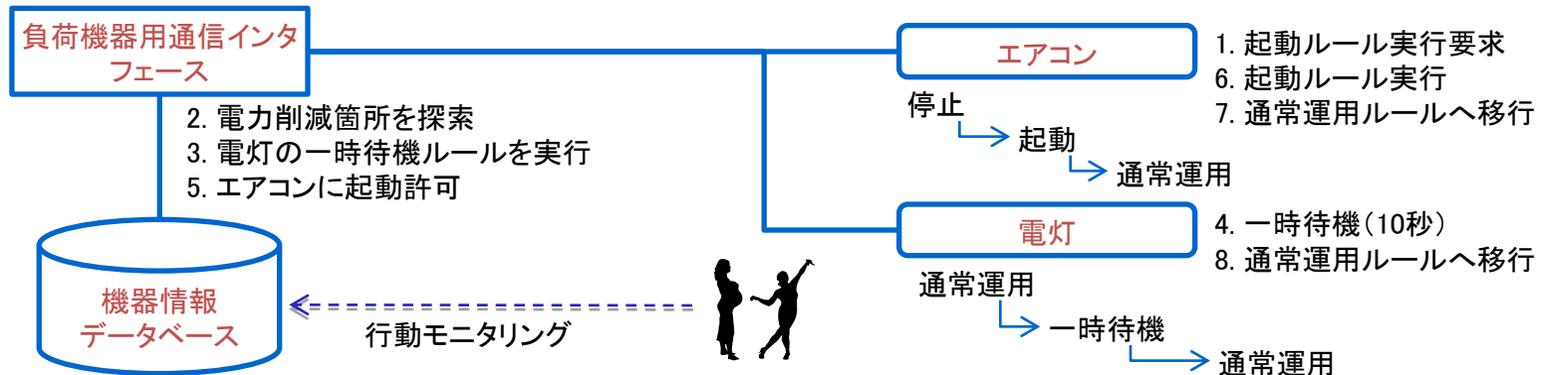
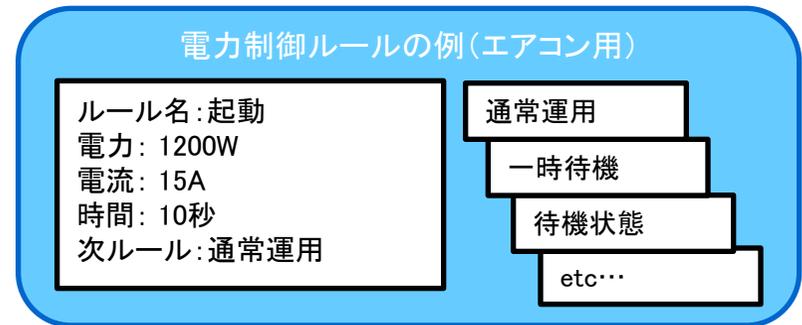
家電機器などの電力受給機器と、太陽光発電などの供給機器を制御する手法として、短い制御ルールに基づき動的に動作定義するルールエンジンの提案をしています。ルール制御により、全体の機器を連携して動作させて、省エネルギー化をはかります。



機器のエネルギー情報をスマートタップにより情報ネットワークへ接続することで、人にわかりやすく可視化することや、全体の最適化を実現します。



エアコンをつける(起動)時の電力は、動作時よりも非常に大きくなります。このため、エアコン起動時だけ電灯を消して、動作時にはもと通りに点灯して電力を使いすぎないようにします。





# ルール制御型エネルギーマネジメントシステム 神戸大学

- ▶電力制御ルールと環境情報に基づき、受電・給電機器を柔軟にリアルタイム制御することで機器全体のエネルギーを削減するシステムを提案しています。
- ▶システムの有効性を調べるために、スマートタップやエネルギー可視化システム、ミニチュアスマートホームを製作しています。

## スマートタップ

コンピューターが組み込まれた、知的なコンセントを製作しました。機器の状況認識や制御を、電力制御ルールに基づきリアルタイムに動作します。



## エネルギー可視化システム

電力の消費状況や環境情報を可視化するシステムを開発しました。機器を電力制御ルールで制御した場合に、どの程度の電力削減になるかシミュレーションできます。



## ミニチュアスマートホーム

人の動きとエネルギー消費の連携をわかりやすく示すため、ミニチュアのスマートホームを用意しました。随所にセンサを埋め込み、機器を制御する未来型のスマートホームです。



TSUKAMOTO  
LABORATORY



# パケット交換及び回線交換による 電力ルーティング装置の開発 京都大学工学研究科(引原Group)

## 研究開発課題

【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】

## ●目的 通信・エネルギーの同時伝送のための基本技術の確立 通信による電力伝送制御の実現と需給に合せた電力供給経路の最適化

- ・ 概要 (1) 配電に必要な情報の通信と電力伝送を一体化  
(2) 電力変換器のスイッチング周波数と、情報伝達のための搬送周波数を共用
- ・ 技術 (1) 情報を利用した変換器による需要を先読みした配電  
(2) SiC パワーデバイスの高周波スイッチング回路による効率的電力制御  
(3) 配電網を介した電力及び通信伝送の統合インターフェースの設計  
(4) 電力にタグを付与しパケット化  
(5) メモリー要素（蓄電要素）による電力供給の同時同量からの解放
- ・ 特徴 電力伝送「見える化」カラーリング，電力パケットの導入

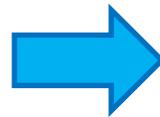


# パケット交換及び回線交換による 電力ルーティング装置の開発 京都大学工学研究科(引原Group)

## 背景

SiCパワーデバイスの特長

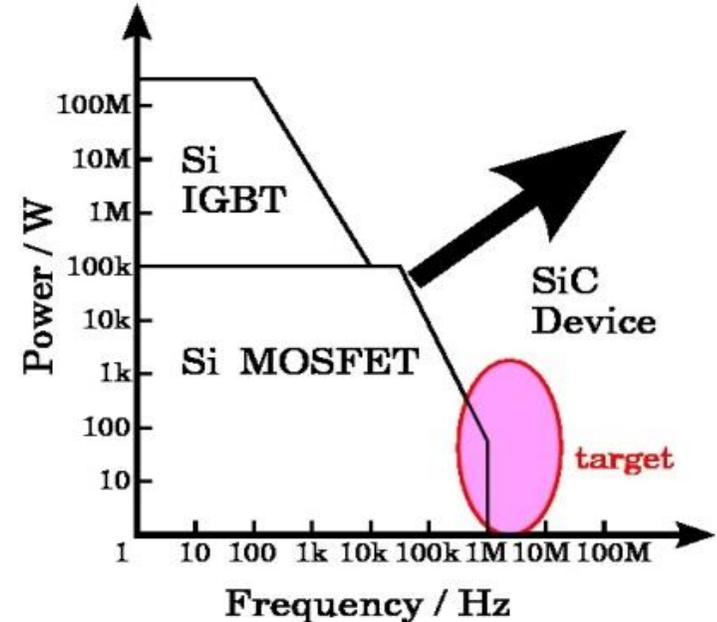
- 高耐圧
- 高電流密度
- 高温動作可能
- 高周波動作可能
- 高速ターンオン・ターンオフ



大電力・高周波スイッチング

情報伝送の周波数帯域での高周波  
スイッチングが可能

情報と電力が同じように扱える！

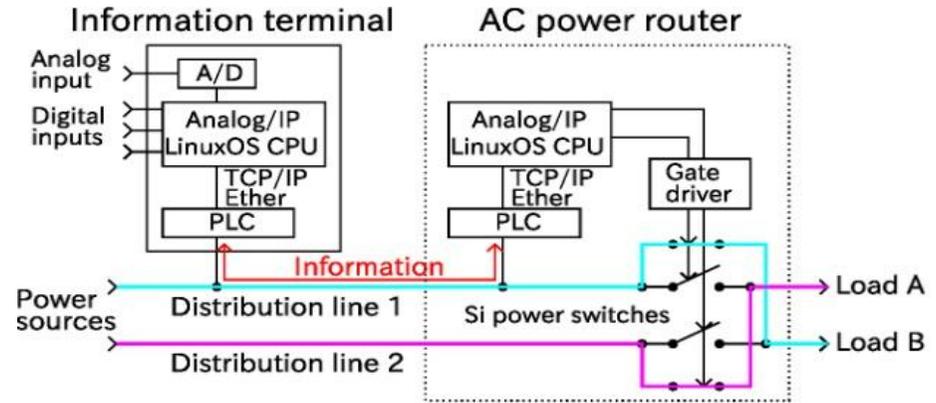




# パケット交換及び回線交換による 電力ルーティング装置の開発 京都大学工学研究科(引原Group)

## 回線切り替え方式

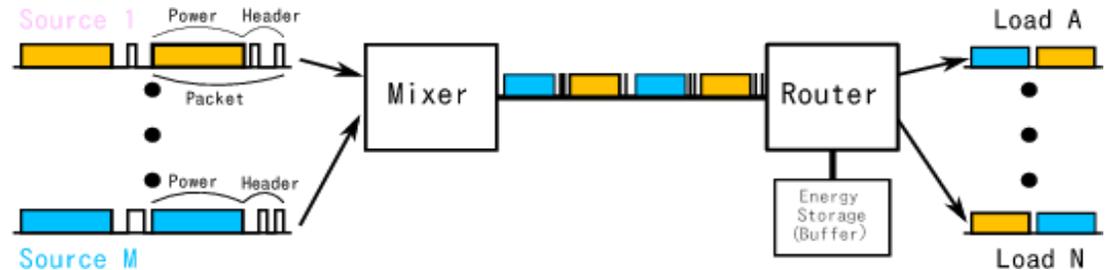
- **情報端末**による電力情報の集中管理
  - 電源の最大電力供給能力
  - 負荷からの要求電力
- **電力ルータ**により回路構成を変更
- PLC (電力線通信) による通信



回路交換式交流給電システム (プロトタイプ)

## パケット交換方式

- **電力のパケット化**
- **ヘッダ・フッタ**による情報伝送
- **ミキサ**によるパケット生成およびミキシング
- **宛先アドレス**に基づき**ルータ**がパケット仕分け



パケット分配方式の概要

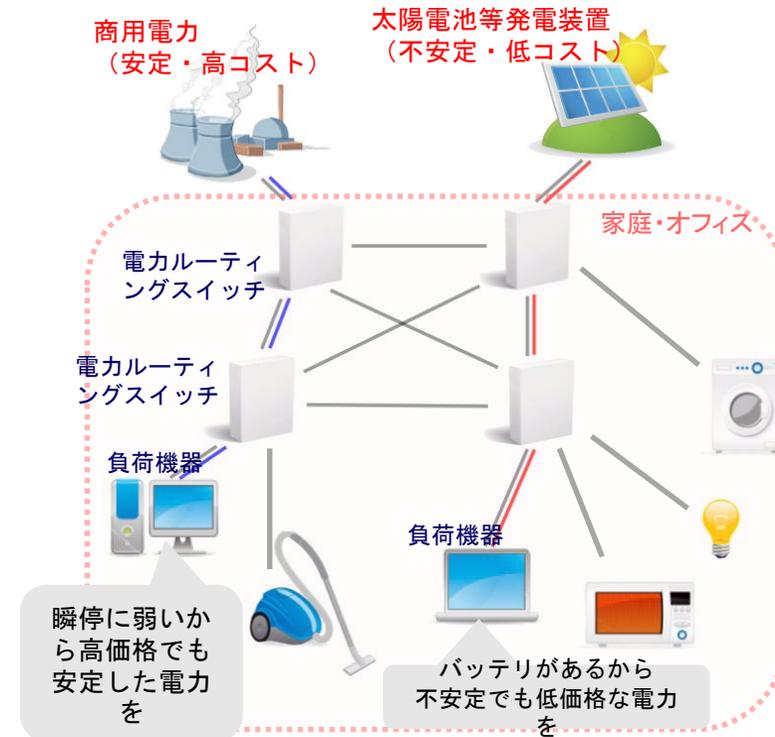


# 電力の供給と消費のQoEnに基づく最適マッチング アルゴリズムならびにルーティング

京都大学学術情報メディアセンター(岡部Group)

負荷機器の消費傾向及び蓄電池などの電力供給傾向から、その情報をQoEnパラメータとして定式化しました。QoEnパラメータに基づく負荷機器と電源との最適マッチングならびにルーティングにより、太陽電池等で発生した電力を最も効率よく利用できるシステムを提案しています。

**「エネルギーの品質」(Quality of Energy; QoEn)とは**  
電源の発生電力、負荷機器の消費電力、蓄電池の充放電電力の特性を、電圧および電流、安定度、持続時間、さらに供給側においてはコスト、需要側においては要求の優先度、緊急性、横取りの可否などについて数量化したもので、QoEnパラメータとして表現されます。



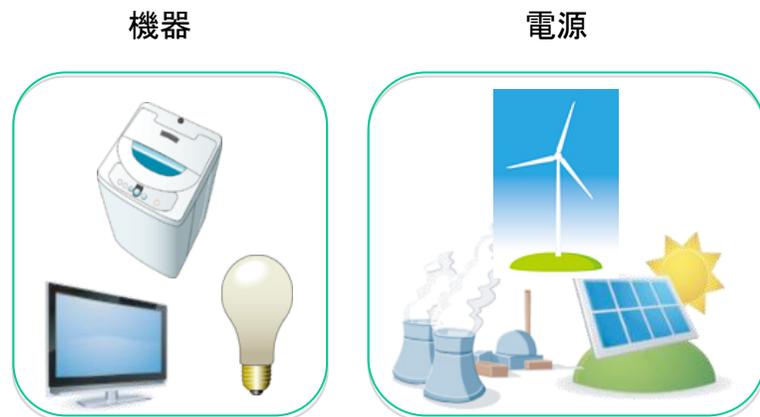


# 電力の供給と消費のQoEnに基づく最適マッチング アルゴリズムならびにルーティング

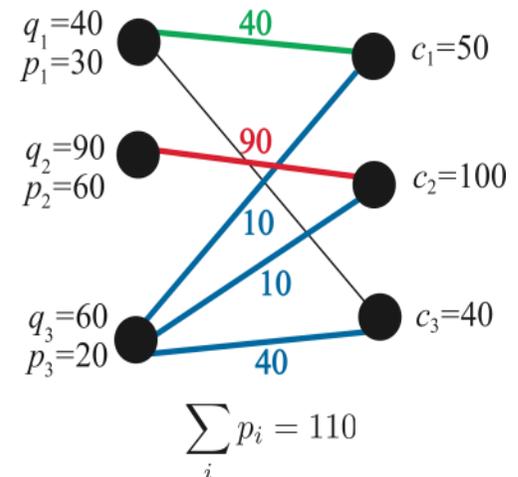
京都大学学術情報メディアセンター(岡部Group)

## 機器・電源間の最適マッチングを実現する高効率アルゴリズムの設計

QoEnパラメータに基づく機器・電源間の最適マッチングを求めるためには、高効率なマッチングアルゴリズムが必要です。そこで本問題をグラフ上の資源配分問題として数学的に定式化し、アルゴリズムの設計ならびに効率性の評価を行っています。



各機器に対し、どの電源から供給すれば良いか？



最適な電源をアルゴリズムにより決定



# 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

京都大学学術情報メディアセンター(岡部Group)

## 電カルーティングシステムの開発ならびに動作検証

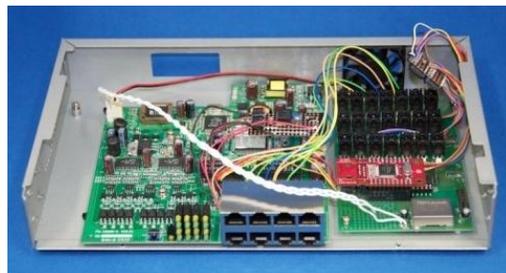
マッチングアルゴリズムにより求まる電力配分を実現する電カルーティングシステムを開発し動作検証および評価を行っています。

### ▶ハードウェア

✓PoE (Power over Ethernet)の拡張に基づく電カルーティングスイッチ試作機

### ▶ソフトウェア

▶MPLS-TEにおけるQoSルーティングの枠組み(OSPF-TE+RSVP-TE)を利用した電カルーティングプロトコル



電カルーティングスイッチ試作機



エネルギーオンデマンドのデモシステム

## 最適マッチングとルーティングの動作

負荷機器はQoEn付き電力要求を広告



電源から負荷機器に向けてQoEnに合わせた最適な経路を順次選択しながら電力供給を提示



負荷機器が電力を予約することでend-to-endの経路が確立



電力は、電源と負荷機器の組み合わせごとに、独立な経路で配送される



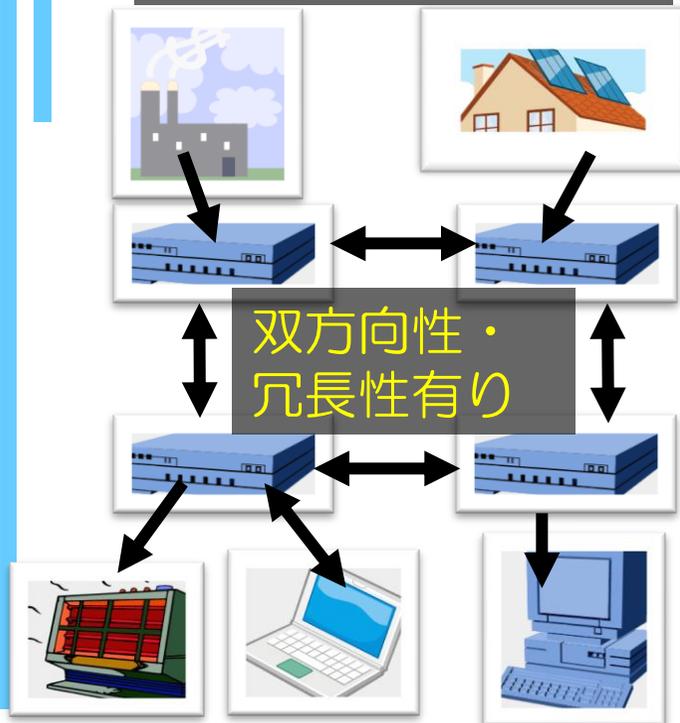
# 電力制御プロトコルの実装を容易にするソースコードジェネレータ 株式会社トランス・ニュー・テクノロジー(TNT)



ネットワーク機器・組み込み機器の開発と研究委託などを得意とする。

<http://www.trans-nt.com/>

## 新しい電力網



エネルギー(電力)を有効活用するために、  
各家電(組み込み機器)にインテリジェンスが必要

## 課題

- 機器間の情報通信の実装(冗長経路に対応)
- リソースの節約(メモリ 1MB以内など)
- 消費電力の低減
- ファームウェアの無停止更新の実現
  
- 開発コストの削減
- 柔軟性・信頼性の確保



# 電力制御プロトコルの実装を容易にするソースコードジェネレータ 株式会社トランス・ニュー・テクノロジー(TNT)



Trans New Technology, Inc.

## ソースコードジェネレータで解決

### 課題

- 機器間の情報通信の実装
- リソースの節約
- 消費電力の低減
- ファームウェアの無停止更新の実現
- 開発コストの削減
- 柔軟性・信頼性の確保

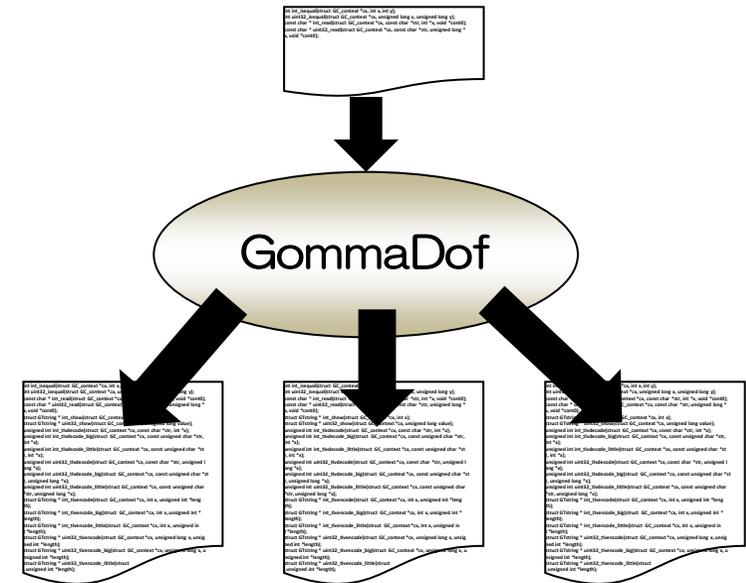
(家電内で)複雑な機能を実装する

(人間の)記述量を減らす

### 解決方針

データ構造記述から、効率的なコード・CLI  
を生成できるソースコードジェネレータ  
『GommaDof』

(Generator of Memory Manager  
and Database-Oriented Framework)



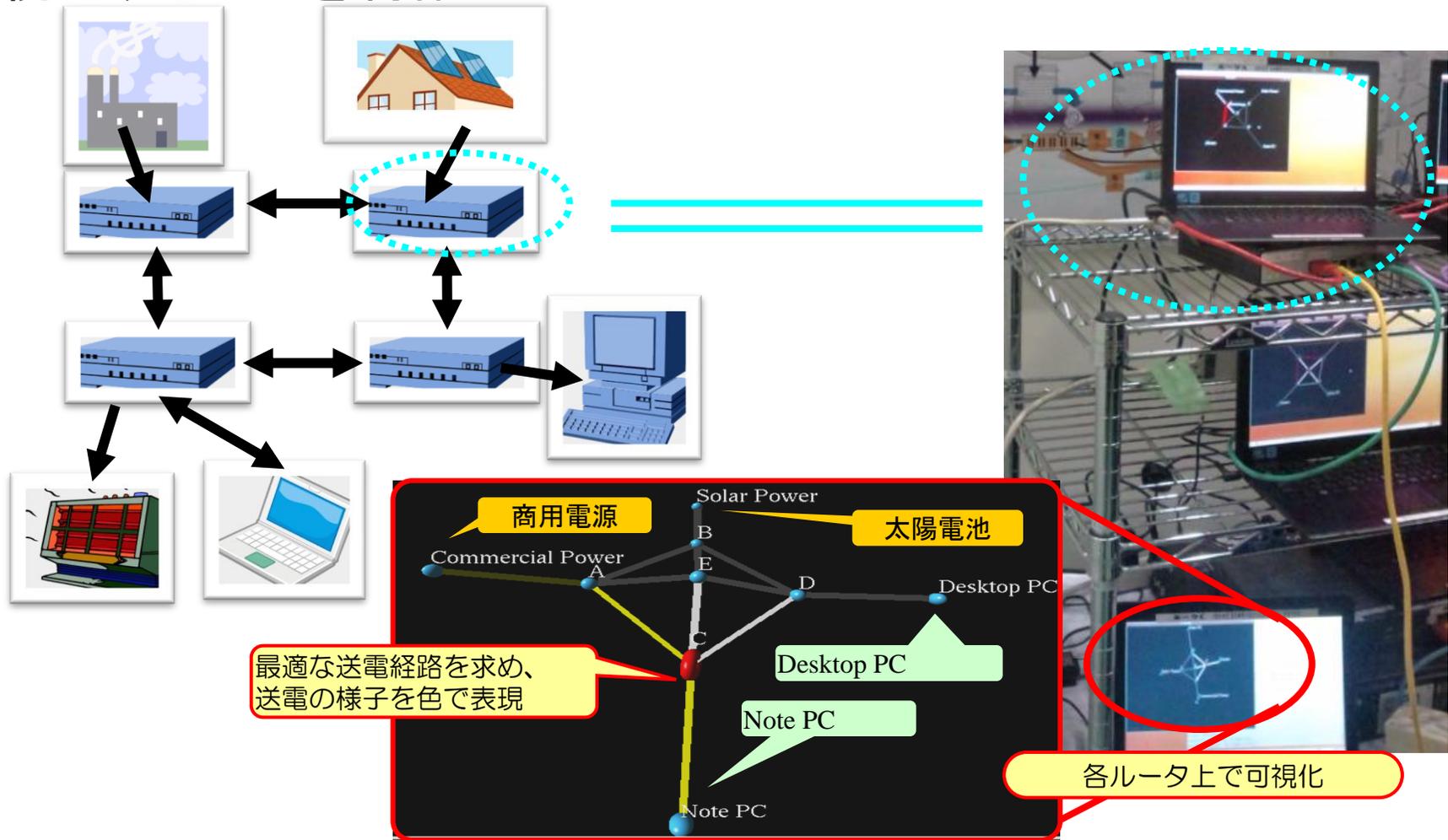


# 電力制御プロトコルの実装を容易にするソースコードジェネレータ 株式会社トランス・ニュー・テクノロジー(TNT)



Trans New Technology, Inc.

## GommaDof を用いて家庭内電力ネットワークをシミュレート・可視化するデモを制作



研究論文 2件      その他研究発表 35件

## (1) 研究成果発表会等の開催について

### 1. 情報処理学会創立50周年記念全国大会デモ展示企画 今ドキッのIT@御殿下記念館2010にデモを出展

- ・ 平成22年3月9・10日 於・東京大学



### 2. 第1回 スマートエネルギーマネージメント国際ワークショップ(IWSEM2010)を開催

- ・ 平成22年3月29・30日 於・京都大学桂キャンパス
- ・ 主催: けいはんな情報通信オープンラボ推進協議会 エネルギーの情報化WG
- ・ 共催: 京都大学工学研究科, カリフォルニア大学サンタバーバラ校CEED, ITコンソーシアム京都)



今ドキッのIT@御殿下記念館2010 デモ展示

## (2) 他の研究との連携について

- ・ エネルギーの情報化WGにおいて、家電メーカー、電力会社やエネルギー関連企業等との協力、情報交換
  - ・ スマートタップ実証実験に参画



IWSEM2010 オープニングの様子



## 外部発表など(2)

### 展示会等への出展

ICE-IT 情報通信・エネルギー統合技術の研究開発  
けいはんな情報通信オープンラボ研究推進協議会シンポジウム2009  
2009年11月12日

(株)トランス・ニュー・テクノロジー  
家庭用機器のためのプロトコル実装支援ツール  
日本学術振興会産学協力研究委員会インターネット技術第163委員会  
第27回研究会(於・情報通信研究機構)デモ展示  
2010年5月

(株)トランス・ニュー・テクノロジー  
電力制御プロトコルの組み込み 機器への実装を容易にするソフトウェア開発技法  
第13回組込みシステム開発技術展(ESEC)  
2010年5月

京都大学, (株)トランス・ニュー・テクノロジー  
オンデマンド型家庭内電力ネットワークのための電力ルーティングスイッチ  
情報処理学会マルチメディア、分散、協調とモバイルDICOMO2010シンポジウム  
2010年7月

京都大学学術情報メディアセンター  
ICE-IT — Integration Technology of Information,  
Communication and Energy  
IEEE/IPSJ 10th Annual International Symposium on  
Applications and the Internet (SAINT2010) Exhibition  
2010年7月

大和ハウス工業(株)  
環境への取り組み ~住まいは技術で進化する~  
第5回けいはんなビジネスメッセ  
2010年7月



### 情報処理学会会誌 特集号への寄稿

情報処理 Vol.51, No.8 2010年8月特集  
エネルギーの情報化 ~ITによる電力マネジメント

塚本昌彦(神戸大学)・加藤丈和(京都大学)  
スマートタップの共通仕様化に向けて

引原隆士(京都大学)  
電力のパケット化とルーティング技術

岡部寿男(京都大学)  
オンデマンド型家庭内電力ネットワークのための  
QoEn(エネルギー品質)を考慮した経路制御



大和ハウス工業(株)  
春日部および名古屋の展示場「SMA x Eco HOUSE  
(スマエコハウス)」にて実証実験を行っています

### 実証実験