

「分散協調型エネルギー管理システム構築のための理論及び基盤技術の  
創出と融合展開」

H24 年度  
実績報告

平成 24 年度採択研究代表者

加藤丈和

京都大学 大学院情報学研究科・特定研究員

「エネルギーの情報化」に基づく地域ナノグリッドの構築および実証

## §1. 研究実施体制

### (1)「加藤」グループ

① 研究代表者:加藤 丈和 (京都大学大学院情報学研究科、特定研究員)

#### ② 研究項目

- ・ オンデマンド型電力制御システム需要家内電力管理技術の研究・開発
- ・ 電力需給パターン, 生活行動パターンの学習とそれに基づく電力管理アルゴリズムの研究・開発
- ・ 家庭/オフィス/工場における需要家内電力管理システムの実証および評価

### (2)「松山」グループ

① 主たる共同研究者:松山 隆司 (京都大学大学院情報学研究科、教授)

#### ② 研究項目

- ・ 需要家内における電力需給量の短期予測手法の開発
- ・ 需要家間の連携(事前計画調整・協調制御)アルゴリズムの検討

### (3)「久門」グループ

① 主たる共同研究者:久門 尚史 (京都大学大学院工学研究科、准教授)

#### ② 研究項目

- ・ 電源と負荷を協調させた電力フロー制御
- ・ 複数電源を協調させた電力フロー制御
- ・ テレゲンの定理に基づく電力フローのモデル化

## §2. 研究実施内容

(文中に番号がある場合は(3-1)に対応する)

### 【加藤グループ】

本研究提案の基盤技術であるオンデマンド型電力制御システムによる家電の消費電力調停アルゴリズムを開発し、1LDK スマートマンションルームにおける実生活実験、および、シミュレーション実験によりその有効性を検証した。また、オンデマンド型電力制御システムを複数電源に拡張し、生活パターンに対して適応的な蓄電池管理手法を提案し、シミュレーション実験によりその有効性を確認した。今後、太陽光発電、コジェネなどの複数電源を含む需要家の調停アルゴリズムを検討するとともに、オフィス、工場などの家庭以外の需要家に関する電力使用計画、調停アルゴリズムを検討する。また、これまで手動で与えていた、家電の優先度や、電力使用計画について生活行動パターンの学習に基づいた優先度決定法、需要予測、電力使用計画の策定手法の開発を進めていく。さらに、複数需要家間の連携のための需要家内調停アルゴリズムの開発、需要家間連携プロトコルの設計を行う。

電力需給パターンや生活者の生活行動パターンに基づく電力管理システムの実現のために、電力消費パターンから生活者の生活行動を認識するアルゴリズムを開発した。今後、これらの結果に基づき、電力調停時の家電の優先度の決定、および需要予測にもとづく電力使用計画の策定などの開発を進めていく。

実証実験においては、1LDK のスマートマンションルームによる生活実証実験をおこなうとともに、蓄電池、太陽光、コジェネをそろえた一軒家のエコハウスに電力計測・制御装置であるスマートタップと蓄電池の制御装置を設置し、実証環境を構築した。さらに大学の学生居室にスマートタップを設置したスマートオフィス、工場の工作機械、エアコン等に電力センサをとりつけたスマートファクトリの構築を進めている。今後は、エコハウスにおける複数電源の実証実験、およびオフィス、工場における実証実験を進めるとともに、エコハウスにおいては2棟間の複数需要家連携の実証実験環境の構築をすすめる。また、実証実験で得られた実生活データにもとづいて、電力使用の調停の生活の質への影響の検証方法を確立する。

### 【松山グループ】

需要家間連携システムの基盤技術となる、需要家間の分散協調制御手法について、その基本アルゴリズムの検討を行った。さらに、需要家間の協調連携に不可欠な需要家内需給量の予測手法を開発した。具体的内容は以下の通りである。

#### ① 需要家内における電力需給量の確率的予測モデル

需要家間における事前計画すり合わせ、およびリアルタイム電力融通に必要な、各需要家の電力需給量を、高精度かつ変動幅も含めて予測するためには、確率モデルの利用が適している。そこで、各使用機器の電力変動をモード遷移や持続長に基づいてモデル化するとともに、実測値に基づいて学習した確率モデルにより、電力変動の予測・推定を行う手法を開発した。

#### ② 需要家間の分散最適化アルゴリズムの検討

需要家間の連携を通じて、各需要家における需給量の事前計画や、リアルタイム電力融通を実現するためには、需要家の内部と外部、すなわち各需要家内における制御と、需要家間をつなぐコーディネータにおける制御とをいかに分離・モジュール化し、かつ協調させるかが重要となる。そこで今年度は、どの需要家同士が連携を行うかというマッチングが既に行われている状況において、各需要家が電力の計画・予測プロファイルをコーディネータとやり取りしながら調整することで、電力平準化などの需要家間の分散最適化を行う基本アルゴリズムを考案した。今後はその理論的検証とともにアルゴリズムの拡張を進め、オンデマンド型電力システムへの実装・評価を行う。

### 【久門グループ】

需要家内の自律的電力管理を実現するためにユニバーサルに使える基本的ハードウェアの一つとして、双方向 AC-DC 変換モジュールの設計を行った。このモジュールは、パワーMOSFETを用いたフルブリッジと、高周波成分を閉じ込めるフィルタ部から成り、DC 側から AC 側へは降圧のインバータとして動作、AC 側から DC 側へは昇圧のコンバータとして動作する。また、コンバータとして動作する場合の交流側に同期する機能や、モジュール間やサーバとの通信機能として ZigBee による無線通信の機能をもたせた。

実際にこの機能をもつモジュールを作成するための素子選定を行い、PWM 制御した場合のノイズを考慮した基板レイアウトなどの検討を行った。また、制御を担うマイコンのソフトウェアについても検討し、安定した同期機能を実現するためのキャリブレーション法や歪の小さい正弦波を出力する手法、異常動作を考慮した安全対策などの検討を行った。作製したモジュールを用いて電源から負荷への電力フロー制御や複数電源を協調させた電力フロー制御についての実験を行ない、インバータとしての動作では十分高調波を抑制した正弦波が出力され、コンバータとしての動作では、同期を保ってフローを制御できることを確認した。これらのモジュールについては、さらに改良を加えた後にユニバーサルモジュールとして試作を行う予定である。

さらにこのモジュールの電力フローに関してテレゲンの定理に基づいた電力フローの検討を行い、瞬時電力やそのフーリエ係数、複素電力などを用いて、電力フローの振る舞いの明確化を行った。また、実際に設計したモジュールに対して、実機から等価回路としてパラメータ抽出する手法についても検討し、得られたモデルによるシミュレーション値と実験結果を比較することにより、妥当なモデルが構成できることを確認した。

### §3. 成果発表等

#### (3-1) 原著論文発表

##### ● 論文詳細情報

1. 加藤丈和, 湯浅 健史, 松山隆司: オンデマンド型電力制御システム, 情報処理学会論文誌, Vol. 54, No.3, pp.1185-1198, 2013.3.