

「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

林泰弘

早稲田大学理工学術院先進理工学部・教授

協調 EMS 実現手法の創出とその汎用的な実証
および評価の基盤体系構築

§1. 研究実施体制

(1) 早稲田大学先進グリッド技術研究グループ

① 研究代表者: 林 泰弘 (早稲田大学理工学術院先進理工学部、教授)

② 研究項目

- ・ 協調 EMS 実現手法の構築
- ・ 協調 EMS 実証基盤体系の構築
- ・ 協調 EMS 評価体系の構築

§ 2. 研究実施内容

本研究は、住宅のエネルギー管理システム(HEMS: Home Energy Management System)と、系統電力による中央制御型の配電ネットワークのエネルギー管理システム(GEMS: Grid Energy Management System)の双方に着眼し「予測→運用→制御」の一貫型のエネルギー管理フローに基づく HEMS と GEMS が協調する新しい EMS の実現手法を創出することを目的としている。

当該年度は、本研究で目標に掲げた、(a)協調 EMS 実現手法の構築、(b)協調 EMS 実証基盤体系の構築、(c)協調 EMS 評価体系の構築、の三項目のうちの(a)を中心に研究を実施し、また来年度の計画に先駆けて(b)の準備を行い始めた。以下に具体的な内容を記載する。

(a). 協調 EMS 実現手法の構築

(1) HEMS 実現手法

1) HEMS 予測手法（宅内 PV 発電、宅内負荷予測手法）

太陽光発電出力が日射量をはじめとする多くの不確定要素に影響されることも考慮し、本年度は HEMS 用の単地点における日射量予測を対象として、データベース型ブラックボックスモデリングの一種である **Just-In-Time (JIT) Modeling** を用いた新たな予測手法のプロトタイプを開発した。具体的には、まず対象システムから得られた過去の入出力関係をデータベースとして構築し、次に予測対象としている入力ベクトルとデータベース中の入力ベクトルデータ群を比較して類似データを選択し、その類似データを基にシステムの出力を推定するアルゴリズムを開発した。また、気象庁の地上観測日射量等を用いて開発した日射予測手法の精度検証を行い、その妥当性を確認した。

一方、宅内負荷の予測に際しては第 1 年次には少数の家庭における負荷の内訳を含む詳細データを利用し、尤もらしい予測需要パターンを獲得するための手続きについての検討を進めた。**JIT Modeling** などの代表的な予測手法を用いて宅内負荷パターンの解析を行った結果、時系列や質的変量、量的変量などが混在する多様な情報によって記述される事例同士の距離（類似度）尺度を適切に定めることが予測の文脈で重要となることに着目し、尤もらしい予測シナリオの候補を複数導出するための適切な距離尺度を観測データに基いて学習する予測の枠組みの定式化、プロトタイプ設計を行った。

2) HEMS 運用手法（電熱運用手法）

2012 年度には、固体高分子型燃料電池コージェネレーションシステム (CGS) を一般家庭で利用した場合のシステム特性と熱・電力需要（年間実測需要）との整合性を評価した。混合整数計画法による最適運用を評価基準として、1 日の需要パターンの違いが運用成績に及ぼす影響を明らかにした。混合ガウスモデルとして需要パターンのモデルを縮約し、クラスタリングを行うことで、実測需要の特徴を抽出することを可能とした。

3) HEMS 制御手法（充放電、空調制御手法）

本年度は宅内において家電機器の利用がある時間帯に集中することで最大許容電流値を超えてしまうような時に、HEMS からの指令で需要家の利便性を損なわないようにリアルタイムで電力補償するピークシフト制御手法のプロトタイプとして、主に定置型蓄電池やヒートポンプ給湯機、及び他の可制御機器との協調制御の枠組みを提案し、計算機上のシミュレーション、及び実機を用いたケーススタディに基づいてこの有効性を確認した。

また、モデル住宅において、様々な家族が体験宿泊した時の電力消費量、温湿度などを調査した。1 秒間隔で測定したエアコンやその他家電製品の電力消費量から、在室者の特性や生活パターンを明らかにした。日積算電力消費量は 8.3～13.3kW と、住宅、電気機器の所有状況が同じでも大きなばらつきが見られた。自動制御のプロトタイプ用として熱的快適性に影響を与える 6 要素から不満足者率 (PD) を予測する方法に関して知見を整理した。

(2) GEMS 実現手法

1) GEMS 予測手法（系統負荷予測手法）

第 1 年次は宅内向けの負荷の予測の粒度と系統向けの負荷の予測の粒度の違い、及び運用、制

御に際して予測結果をどのように与えるべきかについて議論を進めた。また BEMS で利用されているビル等の小規模施設での負荷データを用いて、より大規模な系統での負荷予測の精度を向上させる方法を検討した。実際に予測された負荷パターンの違いによって配電網側でどのような影響が出るかについての実験的検証を GEMS の運用・制御手法の開発グループとの協力の下で行った。

2) GEMS 運用・制御手法 (電圧運用・制御手法)

今年度は本プロジェクトで目指す系統上での予測、運用、制御の一貫型の電圧管理フローにおける低圧配電系統の電圧制御を目的として予測と実際のパターンの違いが配電網側にどのように影響するかの検証を実験的に行った。また、柱上変圧器における二次側電圧の自動調整の役割が期待される電圧調整器(LVR)に着目し、PV 連系配電系統における LVR の LDC 制御パラメータをクラスタリングに基いて定める手法などについて検討を行った。

(b).協調EMS実証基盤体系の構築

(1) 協調EMSシミュレーションモデルの構築

電気共同研究の成果に基づき、地区区分・負荷状況を考慮した標準的な配電系統モデルを高圧から低圧まで計算機上に模擬、構築を行った。

(2) 協調EMS模擬シミュレータの構築

協調 EMS 実現手法の導入効果をハードウェアレベルで模擬・実証評価を行うためのアナログシミュレータの設計を行った。

次年度以降は本年度に引き続き HEMS と GEMS のそれぞれにおいて三つの核となる予測、運用、制御のロジックの研究を行い、これらの手法の洗練、結合を行う。また平成 26 年度の協調 EMS 評価体系の構築に向けて、計算機シミュレーションモデル、模擬シミュレータの二つの汎用的プラットフォームによる実証基盤体系の整備、開発を併行して進める。

§3. 成果発表等

(3-1) 原著論文発表

●論文詳細情報

Akira Yoshida, Yoshiharu Amano, Noboru Murata, Koichi Ito and Takumi Hashizume, "A comparison of optimal operation of a residential fuel cell co-generation system using clustered demand patterns based on Kullback-Leibler divergence", *Energies*, vol. 6, No. 1, pp.374-399, 2013 (DOI:10.3390)