

「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」

平成24年度採択研究代表者

H27 年度
実績報告書

井村 順一

東京工業大学大学院情報理工学研究科
教授

太陽光発電予測に基づく調和型電力系統制御のためのシステム理論構築

§ 1. 研究実施体制

(1)「東工大・井村」グループ

- ① 研究代表者: 井村 順一 (東京工業大学大学院情報理工学研究科、教授)
- ② 研究項目
 - ・中間型システムの基本特性の抽出と枠組みの設定(基盤理論ユニット)
 - ・市場モデルとの関係を明確にした調和型配分計画の枠組み(需要家制御ユニット)
 - ・時間連携型の階層クラスター系統制御理論の構築(需給制御ユニット)

(2)「京大・東」グループ

- ① 主たる共同研究者: 東 俊一 (京都大学大学院情報学研究科、准教授)
- ② 研究項目
 - ・予測ガバナの開発(予測ユニット)
 - ・需要家集合の解析と設計(需要家制御ユニット)

(3)「北大・小林」グループ

- ① 主たる共同研究者: 小林 孝一 (北海道大学情報科学研究科、准教授)
- ② 研究項目
 - ・モデル予測型需要制御手法の開発(需要家制御ユニット)

(4)「鳥取大・櫻間」グループ

- ① 主たる共同研究者: 櫻間 一徳 (鳥取大学工学研究科、准教授)
- ② 研究項目
 - ・需要供給家の分散制御法の開発(需要家制御ユニット)

(5)「東京理科大・植田」グループ

① 主たる共同研究者:植田 譲 (東京理科大学工学部、講師)

② 研究項目

- ・PV 予測不確実性を考慮した蓄電池充放電計画の当日修正の検討(需要家制御ユニット)
- ・需要家群における多様性の詳細評価(需要家制御ユニット)
- ・PV 発電・需要データ整備(需要家制御ユニット)

(6)「京大・太田」グループ

① 主たる共同研究者:太田 快人 (京都大学大学院情報学研究科、教授)

② 研究項目

- ・送配電系の電圧・周波数制御と発電量変動への対応(送配電制御ユニット)
- ・電源を有する需要家の制御(需要家制御ユニットと連携)
- ・予測外れの影響の定量的評価に基づく需給制御(需給制御ユニットと連携)

(7)「首都大東京・児島」グループ

① 主たる共同研究者:児島 晃 (首都大学東京大学院システムデザイン研究科、教授)

② 研究項目

- ・情報更新型予測制御論と予測型 EDC/LFC 制御法の開発(需給制御ユニット)
- ・日射量・需要予測の更新, 計画外時を考慮した EDC 修正運用法の開発(需給制御ユニット)
- ・PV 大量導入時の FRT 要件, アグリゲータの動特性を考慮した系統制御法の開発(送配電制御ユニット)

(8)「大阪大・杉原」グループ

① 主たる共同研究者:杉原 英治 (大阪大学大学院工学研究科、准教授)

② 研究項目

- ・送電系統における過負荷リスク管理の枠組み検討(送配電ユニット)
- ・送電系統への適用に向けた蓄電池の劣化試験条件検討と測定システムの構築(送配電ユニット)

(9)「東大・鈴木」グループ

① 主たる共同研究者:鈴木 秀幸 (東京大学大学院情報理工学系研究科、准教授)

② 研究項目

- ・電力系統の階層的モデル構築(基盤理論ユニット)
- ・太陽光発電量の時系列予測手法の構築(PV 予測ユニット)

(10)「広大・造賀」グループ

- ① 主たる共同研究者:造賀 芳文 (広島大学大学院工学研究科、准教授)
- ② 研究項目
 - ・同期化力インバータ機能の改良と拡張(送配電ユニット)
 - ・柔軟な系統運用のための電圧制御方策の検討(送配電ユニット)

(11)「東大・原」グループ

- ① 主たる共同研究者:原 辰次 (東京大学大学院情報理工学系研究科、教授)
- ② 研究項目
 - ・系統／市場調和型階層化分散制御理論の構築と設計手法の開発(基盤理論ユニット)
 - ・リスク軽減・レジリエンス強化と負担配分の関係解明(基盤理論ユニット)
 - ・情報秘匿性と分散最適化(基盤理論ユニット)

(12)「エネ総研・益田」グループ

- ① 主たる共同研究者:益田 泰輔 (エネルギー総合工学研究所プロジェクト試験研究部、主任研究員)
- ② 研究項目
 - ・蓄電池の充放電計画の評価と従来電源の起動停止計画への適用(需給制御ユニット)
 - ・周波数解析モデルの開発(需給制御ユニット)

(13)「産総研・村田」グループ

- ① 主たる共同研究者:村田 晃伸 (産業技術総合研究所エネルギー技術研究部門、グループリーダー)
- ② 研究項目
 - ・PV 発電予測技術の高精度化(PV 予測ユニット)
 - ・複数予測の統合予測技術の開発(PV 予測ユニット)
 - ・区間予測/外れ値解析技術の開発(PV 予測ユニット)

(14)「東京理科大・山口」グループ

- ① 主たる共同研究者:山口 順之 (東京理科大学工学部、講師)
- ② 研究項目
 - ・電力コラボレーションルームのシステム試作
 - ・電力系統運用・市場モデルの確率的最適化モジュールの開発(需給制御ユニット)
 - ・電力系統運用・市場モデルの取引約定モジュールの開発(基盤理論ユニット)

§ 2. 研究実施の概要

本年度は、「太陽光発電予測を活用した調和型電力系統制御」と「系統運用-中間層-ユーザーから成る電力システム構造設計」の2つの研究の柱を軸にした連携研究を実施するための基盤づくりを行うために、5つのユニットを構成し、各ユニットを中心に各研究課題における具体的な方向性を検討し、ユニット間、グループ間での連携研究を進めるための研究課題の具体化・詳細化を行い、12グループの各個別研究を促進してきた。各ユニットの研究実施内容を表1にまとめる。

具体的な研究成果としては、太陽光発電予測を用いた需給制御の研究として、太陽光発電量の信頼度付区間予測を活用した、電力系統における蓄電池の充放電計画及び火力発電機の発電計画を効率よく厳密に導出可能な基礎技術を世界で

初めて開発した(文献1)。本成果は University of Orleans の N. Ramdani 教授との共同研究によるものであり、JST プレスリリースや各新聞等で発表された。また、協調制御の研究の一環として、配電系に対するマルチエージェント型電圧制御を開発した(文献2)。

このほか、連携研究の要となる電力コラボルームの開発として、各種の電力関連データの生成、取得等とともに、ハードウェア環境に加えてソフトウェア開発を行ってきた(図1)。さらに、本年度は、これまで国際連携してきた3つの組織に加えて、Washington State University、Carnegie Mellon University など計4か所の組織との国際連携を開始してきている。

【代表的な原著論文】

1. Takayuki Ishizaki, Masakazu Koike, Nacim Ramdanid, Yuzuru Ueda, Taisuke Masuta, Takashi Oozeki, Tomonori Sadamoto, Jun-ichi Imura, "Interval quadratic programming for day-ahead dispatch of uncertain predicted demand," Automatica, Vol.64, pp.163-173, 2016

2. Naoto Yorino, Yoshifumi Zoka, Masahiro Watanabe, T. Kurushima, "An optimal autonomous decentralized control method for voltage control devices by using a multi-agent system," IEEE Transactions on Power Systems, Vol.30, No.5, pp.2225-2233, 2015

表1 各ユニットの研究実施内容

ユニット	研究実施内容
予測U	<ul style="list-style-type: none"> 日射、PV予測の誤差要因分析など 予測データ利用促進とユニット間連携加速のためのコラボルーム用各種予測データベースの構築
需給U	<ul style="list-style-type: none"> 予測を利用した電源運用について、計画外対応を整理し、UC、EDC、LFCなど各種制御レベルでの検討を実施 送配電Uと共同で、チーム内の標準電源データを整備
需要家U	<ul style="list-style-type: none"> コラボルーム用の住宅需要データ整備作業が完了 需要家アグリゲータへの潮流リクエストと個別需要家に対するリクエスト配分のユニット内連携研究を開始
送配電U	<ul style="list-style-type: none"> ユニット内は計画外対応を整理し、情報共有や連携研究を開始 ユニット間では需給Uと連携しシステムデータと電源データの結合作業を行い、潮流計算モデルを構築
基盤U	<ul style="list-style-type: none"> 中間層が持つべき機能を電力ネットワーク内の階層間調整と、市場・市電力ネットワーク間調整の2つに分け、それらの構成について議論 階層化分散制御方式に関して検討



図1 開発中の電力コラボルーム