

「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」

H28 年度  
実績報告書

平成 24 年度採択研究代表者

井村 順一

東京工業大学工学院  
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 (東京工業大学工学院、教授)
- ② 研究項目
  - ・中間型システムの基本特性の抽出に基づく中間層設計の基礎構築(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基礎構築(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)
  - ・モデル予測型需要制御手法の開発(主たる共同研究グループ(小林)、需要家制御ユニット)
  - ・需要供給家の分散制御法の開発(主たる共同研究グループ(櫻間)、需要家制御ユニット)

### (3)「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
  - ・アグリゲータへの潮流リクエストを満たす個別需要家向け配分アルゴリズムの検討(需要家制御ユニット)

- ・個別需要家における多様性を用いた充放電量の公平な分担手法の検討(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)

(4)「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)

(5)「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)

(6)「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
  - ・送電系統における予測大外れに起因した電線温度型過負荷リスク管理手法の構築(送配電ユニット)
  - ・電気学会東 30 機標準系統モデルにおける最適潮流計算手法の開発(送配電ユニット)

(7)「阪大・鈴木」グループ

- ① 主たる共同研究者:鈴木 秀幸 (大阪大学大学院情報科学研究科、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)

(8)「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)

(9)「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)

(10)「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
  - ・当日予測の蓄電池の充放電計画および従来電源の起動停止計画への適用(需給制御ユニット)
  - ・周波数解析モデルを用いた周波数シミュレーションによる予測利用型周波数制御手法の検証(需給制御ユニット)

(11)「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)

(12)「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

本年度は本プロジェクト研究の大きな2つの柱である「PV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」を軸にした連携研究を実施するための基盤づくりを昨年度に引き続き実施し、29年度以降での連携研究の実質化に向けた基盤を構築した。そのため、12グループで構成される5つの研究ユニットを中心に連携研究を進めるための研究課題を具体化し、各グループでは、できるところから順次、連携研究の基礎検討を進めるとともに、連携研究を視野に入れた個別研究を推進した。各ユニットの研究実施内容を表1にまとめる。本年度の研究成果は、論文誌 32 編、査読付き国際会議論文 41 編であった。連携研究の要となる電力コラボレーションルームも電気学会の EAST30 をもとに太陽光発電が導入できる PV-EAST30 を作成して組み込むなど様々なシミュレータを備え、連携研究に向けた準備が出来上がってきた。

また、企業を巻き込んだ研究会(HARPSコンソーシアム:HARPCON)を設立し、社会実装の具体化を見据えた研究として、中間層設計のために数値シミュレーションを用いた検討を開始した。さらに、国際連携では引き続き、8つの国際チームとの共同研究を開始し、3つの国際ワークショップ、数多くの打ち合わせ等を実施し、連携研究課題の抽出に加えて、研究課題が定まった連携先とは、順次、連携研究を開始し、4編の国際会議論文(採録含)など研究成果が得られてきている。

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"> <li>アンサンブル予測を活用した日射、PV予測の<b>大外し予見</b>技術の開発</li> <li>PV発電の<b>当日短時間予測</b>の高度化</li> <li>前日における日射量の<b>予測不確実性</b>に関するモデル構築</li> <li>予測誤差を補正する<b>予測ガバナ</b>を開発中</li> </ul>
需給U	<ul style="list-style-type: none"> <li>日間予測を利用した蓄電池・電源運用の検討(UC・EDC)</li> <li>UC情報を反映した周波数解析モデルの設計・検討</li> <li><b>ユニット間連携：ネットワーク制約を考慮したUC・EDC(送配電U)</b></li> </ul>
需要家U	<ul style="list-style-type: none"> <li>前日スポット市場における<b>アグリゲータの最適戦略シミュレーション</b>による連携研究を開始し、HARPCONにおいて有効性の議論を開始した</li> </ul>
送配電U	<ul style="list-style-type: none"> <li>ユニット内は<b>計画外対応を整理し</b>、情報共有や連携研究を開始</li> <li>ユニット間では<b>需給Uと連携し系統データと電源データの結合作業</b>を行い、UCとOPFの連携研究を開始</li> </ul>
基盤U	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>縦・横の2つの中間層が持つべき機能とその構成</b>について議論し、階層化分散制御系の構成・制御方式に関する理論的枠組みと系統的設計法を検討</li> <li>PVを含む過渡安定解析のためのシミュレータ作成</li> </ul>

### 【代表的な原著論文】

1. Joao Gari da Silva Fonseca Junior, Hideaki Ootake, Takashi Oozeki, Kazuhiko Ogimoto, "Local and Regional Hour-Ahead Forecasts of Solar Irradiance with Training Data Selection and Support Vector Regression," IEEJ Transactions on Power and Energy, Vol.136, No.12, pp.898-907, 2016

2. Kazunori Sakurama, Masashi Miura, "Communication-based decentralized demand response for smart microgrids," IEEE Transactions on Industrial Electronics (TIE), Vol.64, No.6, 2017 (印刷中)
3. Bing Wang, Hideyuki Suzuki, Kazuyuki Aihara, "Enhancing synchronization stability in a multi-area power grid," Scientific Reports, Vol.6, 26596, 2016