

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
 - ・市場と需要集約・融通を統合した中間層設計の基礎構築(基盤理論ユニット)
 - ・計画外対応のための区分予測を用いた最適負荷配分の基礎理論構築(需要家制御ユニット)
 - ・クラスター分散設計を可能とするレトロフィット・受動制御理論(需給制御ユニット)

(2) 名大・東グループ

- ① 主たる共同研究者: 東 俊一 (名古屋大学大学院工学研究科、准教授)
- ② 研究項目
 - ・予測ガバナの応用(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、准教授)
- ② 研究項目
 - ・アグリゲータにおける計画発電を可能とする翌日充放電計画と予測誤差を考慮した個別需

- 要家の当日蓄電池運転アルゴリズムの検討(需要家制御ユニット)
- ・調整力の創出に向けた翌日計画手法の検討(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(主たる共同研究グループ(服部)、送配電制御ユニット)
 - ・電源を有する需要家の制御(主たる共同研究グループ(服部)、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、送配電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に基づく EDC/LFC 制御法の開発(需給制御ユニット)
 - ・計画外時を考慮した EDC 修正運用法の開発(需給制御・送配電ユニット)
 - ・PV 大量導入時の予測型 PSS の評価と事故復旧時の予測型系統制御法の開発(送配電制御ユニット)

(6)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
 - ・大規模送電系統における予測大外れを考慮した送電線過負荷リスクの評価(送配電ユニット)
 - ・送配電系統における PV 大量導入時の電圧管理・制御手法に関する研究(送配電ユニット, 需給ユニット)

(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拡張と実証
- ・柔軟な系統運用のための電圧制御方策の拡張についての検討(送配電ユニット)

(9) 東大・津村グループ

- ① 主たる共同研究者:津村 幸治 (東京大学大学院情報理工学系研究科、准教授)
- 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) 名城大・益田グループ

- ① 主たる共同研究者:益田 泰輔 (名城大学理工学部、准教授)
- ② 研究項目
 - ・蓄電池・従来電源の協調運用における送電ネットワークを考慮した需給バランス維持および経済負荷配分手法の検討(需給制御ユニット)
 - ・予測利用型周波数解析モデルを用いた短時間予測に基づく周波数変動抑制効果の評価(需給制御ユニット)

(11) 産総研・大関グループ

- ① 主たる共同研究者:大関 崇 (産業技術総合研究所太陽光発電研究センター、研究チーム長)
- 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本格運用
 - ・電力系統運用・市場が過渡安定度に及ぼす影響の評価(需給制御ユニット)
 - ・電力系統運用・市場モデルを用いた中間層評価(基盤理論ユニット)

§2. 研究実施の概要

本年度は、昨年度まで実施してきた、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「系統運用層・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をもとに、連携研究が本格化した。その結果、12グループで構成される5つの研究ユニットを中心に、連携研究を見据えた個別の基礎理論・技術に関する研究30テーマとともに、ユニット内、ユニット間での連携研究が12テーマとなり、総計42テーマで研究が実施されてきている。また、システム論構築に向けて次々世代電力システム構造についてチーム全体で議論を開始した。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35/77編(本年度件数/累積件数)、査読付き国際会議論文43/114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様々なシミュレータおよび各種データを備え、連携研究のために活用できるようになった。

また、企業を巻き込んだ研究会(HARPSコンソーシアム:HARPCON)は、本年度までで計5回(設立準備会含む。本年度2回)実施し、社会実装の具体化を見据えた研究として、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実施し、研究者派遣や数多くの打ち合わせ等を実施し、これまでに本年度までに3編の国際論文誌、9編の国際会議論文(採録含)(昨年度時点では4編の国際会議論文(採録含))など研究成果が順次得られてきている。

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"> ・日射・PV予測の予測誤差要因分析と機械学習、時系列予測の前日・当日予測高度化 ・アンサンブル予測を用いた予測大外しの予見技術の開発 ・区間予測手法と予測不確実性のモデル構築 ・コラボルーム用各種予測データベース作成 ・予測誤差を補正する予測ガバナを開発
需給 U	<ul style="list-style-type: none"> ・前日予測を利用したUCプログラムのコラボルーム実装 ・ユニット内連携: 予見制御LFCの標準解析モデルへの適用(児島G&益田G) ・ユニット間連携: 連系系統におけるネットワーク制約を考慮した最適潮流計算によるEDCの評価(送配電U)
需要家 U	<ul style="list-style-type: none"> ・前日スポット市場におけるアグリゲータの最適戦略シミュレーションによる連携研究を実施し、HARPCONにおいて有効性の議論を開始した
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た上で、問題設定を明確化し、連携研究を深めた。 ・ユニット間では需給Uと連携し、EAST30機系統モデルを作成し、UCとOPFの連携研究を進めた。CR上でOPF実行確認
基盤 U	<ul style="list-style-type: none"> ・縦・横の2つの中間層が持つべき機能とその構成を与える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提案 ・電力系統運用・市場モデルの数値シミュレーションによる中間層評価 ・電力系統の階層的電力モデル構築と安定性解析

【代表的な原著論文】

1. Shinsaku Izumi, Shun-ichi Azuma, "Real-Time Pricing by Data Fusion on Networks," IEEE Transactions on Industrial Informatics (TII), Vol.14, pp.1175-1185, Issue: 3, 2018
2. Benjamin Schäfer, Christian Beck, Kazuyuki Aihara, Dirk Witthaut, Marc Timme, "Non-Gaussian power grid frequency fluctuations characterized by Lévy-stable laws and superstatistics," Nature Energy, Vol.3, pp.119-126, 2018
3. Takayuki Ishizaki, Aranya Chakraborty, Jun-ichi Imura, "Graph-Theoretic Analysis of Power Systems," Proceedings of the IEEE, 2018 (印刷中)