

「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」

H25 年度
実績報告

平成24年度採択研究代表者

大森 浩充

慶應義塾大学工学部
教授

電力需要の約 75% を自然エネルギーによって賄うことを可能とする
分散ロバスト最適制御

§ 1. 研究実施体制

(1) 研究代表者グループ

- ① 研究代表者: 大森 浩充 (慶應義塾大学工学部、教授)
- ② 研究項目
 - (A) 確率モデルに基づいた制約条件つき最適制御アルゴリズムの開発
 - (A-1) 不確定性の最小化、(A-2) リスク抑制最適制御、(A-3) 耐故障適応制御
 - (B) 大規模分散最適制御アルゴリズムの開発
 - (B-1) 各主体の分散最適化、(B-2) 市場全体の分散最適化
 - (C) 実システムを用いた実証実験環境の整備

(2) 主たる共同研究者グループ

- ① 主たる共同研究者: 武田 朗子 (東京大学情報理工学系研究科、准教授)
- ② 研究項目
 - ・ 機械学習法に基づく太陽光発電量予測モデルの開発と数値実験
 - ・ ロバスト最適化法による不確定性最小化モデルの開発と数値実験

§ 2. 研究実施の概要

研究代表者グループの研究目的は、電力需要の約 75%を自然エネルギーによって賄うことを可能とする分散ロバスト最適制御を確立することである。このためには、(A)確率モデルに基づいた制約条件つき最適制御と(B)大規模分散最適制御の両アルゴリズムの開発が必要不可欠である。今年度はこの両アルゴリズム開発に必要な 5 項目の研究を引き続き実施し、(A)の研究として、確率モデルに基づいた制約条件つき最適制御アルゴリズムを、(B)の研究として、大規模分散最適制御アルゴリズムを、それぞれ開発する。また、実験システムを用いた実証実験のための準備を完了すると同時に実証実験と数値シミュレーションを同時並行に行う。

本年度の前期では、(A) 確率モデルに基づいた制約条件つき最適制御アルゴリズムを開発するため、(A-1) 不確定性の最小化、(A-2) リスク抑制最適制御、(A-3) 耐故障適応制御の3項目の研究を継続実施した。また、(B) 大規模分散最適制御アルゴリズムを開発するため、(B-1) 各主体の分散最適化、(B-2) 市場全体の分散最適化の2項目の研究を継続実施した。また、(A)の研究として、確率モデルに基づいた制約条件つき最適制御アルゴリズムを、(B)の研究として、大規模分散最適制御アルゴリズムを、それぞれ開発し、さらに、(C) 実験システムを用いた実証実験を開始した。

主たる共同研究者グループの研究課題は、「不確定性最小化とリスク抑制のための制約条件つき最適制御アルゴリズム」の開発であり、主たる共同研究者グループでは、(A-1) 不確定性を最小化するための最適設備投資計画と(A-2) (A-1)で最小化された需給の不確定性を所与として、制約条件が破られるリスクを定量的に抑制する最適制御アルゴリズムを開発することが目的である。

主たる共同研究者グループでは、不確定性最小化とリスク抑制のための制約条件つき最適制御アルゴリズムの開発を行った。具体的には、(A-1) 不確定性を最小化するための最適設備投資計画問題の最適解を求めるアルゴリズムを開発した。また、(A-2) (A-1)で最小化された需給の不確定性を所与として、制約条件が破られるリスクを定量的に抑制する最適制御アルゴリズムを開発した。「最悪ケース」を想定できないために、停電などのリスクをゼロとすることは一般的に不可能であるが、確率モデルに基づいた最適化を行えば、リスクに上限を設けることが可能であると考えられる。

両グループでは、具体的には下記の8項目の研究を行い、対外発表し融合研究を活発に行っている。

- a. 電力ネットワークの分散階層制御法
- b. 電力潮流を考慮した分散的な動的電力価格決定
- c. 基幹系統故障時の供給不足と余剰電力を考慮した太陽光発電と電力貯蔵装置の最適配置
- d. 機械学習法に基づく太陽光発電量予測モデル
- e. ロバスト最適化法による不確定性の最小化
- f. リスク抑制型電力網制御と分散型電力網制御の融合
- g. 閉ループ型リスク抑制型電力潮流制御
- h. 大規模分散制御のための適応合意形成アルゴリズム利用とネットワーク故障診断のための適応的アプローチ

§ 3. 成果発表等

(3-1) 原著論文発表

- 1 末廣, 増井, 滑川: “重複情報を用いた電力ネットワークの分散階層制御”, 計測自動制御学会論文集, Vol. 49, No. 12, pp. 1121-1130, 2013.
- 2 大川, 祓川, 滑川: “電力潮流を考慮した分散的な動的電力価格決定” 計測自動制御学会論文集, Vol.50, No.3, pp. 245-252, 2014.
- 3 余 正希, 小野雅裕, Brian C.Williams, 足立修一 : 確率的モデル予測制御を用いた分散最適電力配分とプライシング, 計測自動制御学会論文集, Vol.50, No.3, 2014.
- 4 Tsuyoshi Shiota and Hiromitsu Ohmori, Design of Adaptive I-PD Control Systems Using Delta Operator Based on Partial Model Matching, 11th IFAC International Workshop on Adaptation and Learning in Control and Signal Processing, ALCOSP 2013, Caen - France, 4 July 2013.
- 5 Takanobu Shida and Hiromitsu Ohmori, Adaptive Consensus Algorithms for State Variables of Leaderless Multi-Agent Systems, The 32nd Chinese Control Conference, Xi'an, China, 7 July, 2013.
- 6 Masaki Yo, Masahiro Ono, Brian C. Williams, and Shuichi Adachi: Risk-limiting, Market-based Power Dispatch and Pricing, in Proceedings of European Control Conference, 2013, July 17-19, 2013.
- 7 Tomoki Ishikawa and Toru Namerikawa: “Short-Term Wind Power Prediction for Wind Turbine via Kalman Filter based on JIT Modeling,” SICE Annual Conference 2013, pp. 1126-1131, 2013年9月14日.
- 8 Tatsuya Mukai and Toru Namerikawa: “Optimal Battery Capacity Determination for Micro-Grid System,” SICE Annual Conference 2013, pp. 1105-1110, 2013年9月14日.
- 9 Takanobu Shida and Hiromitsu Ohmori, Optimal Power Dispatch for Minimization of Global Cost using Distributed Coordination Algorithm, The SICE Annual Conference 2013, Nagoya University, Nagoya, Japan, September 16, 2013.
- 10 Takafumi Okubo and Hiromitsu Ohmori, Energy Saving by Extremum-Seeking Control Using an Actuator with Adjustable Stiffness (AwAS), The SICE Annual Conference 2013, Nagoya University, Nagoya, Japan, September 17, 2013.
- 11 Naoki Ito, Akiko Takeda and Toru Namerikawa, “Convex Hull Pricing for Demand Response in Electricity Markets”, IEEE SmartGridComm 2013 Symposium, October 2013. (DOI: 10.1109/SmartGridComm.2013.6687949) 2013年10月21日
- 12 Masahiro Ono, Ufuk Topcu, Masaki Yo, and Shuichi Adachi: Risk-Limiting Power Grid Control with an ARMA-Based Prediction Model, in Proceedings of the IEEE Conference on Decision and Control 2013.
- 13 Anna Ogawa, Akiko Takeda and Toru Namerikawa, “Photovoltaic Output Prediction Using Auto-regression with Support Vector Machine”, NIPS 2013 workshop on Machine

Learning for Sustainability, 2013, December 5-8, 2013. (DOI: なし)

14 Shimpei Okido and Akiko Takeda, “Economic and Environmental Analysis of Photovoltaic Energy Systems via Robust Optimization”, Energy Systems, vol. 4, pp.239-266, 2013 (DOI: 10.1007/s12667-013-0077-1)

15 Jun-ya Goto, Akiko Takeda and Rei Yamamoto, “Interactions between Financial Risk Measures and Machine Learning Methods”, Computational Management Science, pp.XX-XX 2013. (DOI:10.1007/s10287-013-0175-5, in press)

16 Takanobu Shida and Hiromitsu Ohmori, Consensus algorithm with steady-state optimization for continuous-time multi-agent systems, SICE Journal of Control, Measurement, and System Integration, Vol. 7, No. 2, 2014 年 3 月 31 日.

(3-2) 知財出願

①特許出願件数(国内 0 件)

②CREST 研究機関累積件数(国内 0 件)