

「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

井村 順一

東京工業大学大学院情報理工学研究科
教授

太陽光発電の予測不確実性を許容する超大規模電力最適配分制御

§ 1. 研究実施体制

(1) 「制御理論」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

1. 予測不確実さと制御の最適性の関係の理論的検討
2. 時空間分解能階層型分散最適制御の基礎理論の構築
3. 大型施設の電力需要計測のための設備整備とデータ収集
4. 予測のための需要モデル構築の検討

(2) 「PV 発電・需要家側」グループ

① 主たる共同研究者: 植田 譲 (東京工業大学大学院理工学研究科、助教)

② 研究項目

1. 需要家側シミュレーションにおける蓄電池充放電手法の検討
2. 個別住宅における蓄電池充放電を含む需要家側需給シミュレーション
3. 需給シミュレーション用大型施設需要データの作成
4. 太陽光発電データの収集および現地調査

(3) 「PV 発電・系統側」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工学研究センター、主任研究員)

② 研究項目

1. 太陽光発電予測に関する不確実性の評価
2. 予測不確実さを有する電力シミュレーション手法の検討

§ 2. 研究実施の概要

本研究では、太陽光発電が大量に導入された超大規模電力システムに対して、太陽光発電/需要予測における予測誤差や、系統側からの電力使用目標値に対する需要家側の反応の不確かさのもとで、電力系統全体の最適な電力配分に基づく需給バランス制御の基礎理論を構築する。これにより、太陽光発電を最大限利用し、調整用電源の燃料費およびCO₂排出量を削減することで電力システムの経済性、環境性を高めるとともに、需要家間での電力最適配分によるコスト負担の公平性と過度な需要抑制を回避することによる快適性を実現することを目指す。

具体的には、階層型のモデル予測制御の枠組みの中で、発電系統側から、需要家を取りまとめる各アグリゲーター、そして各需要家までの各層ごとの太陽光発電と需要の電力予測精度と経済性等の最適性の関係に着目し、時空間分解能に基づく次世代の電力最適配分制御系の基礎理論を構築することを目的としている。

平成25年度は、昨年度の研究成果をもとに、(1)時空間分解能階層型分散最適制御の基礎理論の構築、(2)需要家側の蓄電池充放電手法、および、その需給シミュレーションによる評価、(3)太陽光発電予測の不確かさによる系統運用シミュレーションへの評価、(4)日射予測値の信頼区間の推定や、局地気象モデルの日射量予測値の評価などを行った。

より具体的には以下のとおりである。

(1) 時空間分解能階層型分散最適制御の基礎理論の構築

全系の太陽光発電と需要予測に基づいて、発電側と需要家側に電力負荷を配分し、そして、そのそれぞれの負荷を各発電設備と各需要家に配分する、全系の電力最適配分のための枠組みを構築した。さらに、それに基づいて、各需要家への電力負荷配分方法の基礎理論を時空間分解能の視点を用いて開発した。

(2) 需要家側の蓄電池充放電手法、および、その需給シミュレーションによる評価

太陽光発電が大量導入された住宅地域における蓄電池充放電手法について、500軒規模の住宅地域を対象に、時間分解能の観点から需要家側シミュレーション評価を行った。

(3) 太陽光発電予測の不確かさによる系統運用シミュレーションへの評価

太陽光発電の予測誤差モデルを構築し、予測誤差を織り込んだ予測日射量カーブを1年分作成した。そのデータをもとに系統側のシミュレーション評価を実施した。

(4) 日射予測値の信頼区間の推定や、局地気象モデルの日射量予測値の評価

階層型分散最適制御において必要な日射予測として、気象庁メソモデルを用いた際のポイント予測とエリア集約予測の誤差評価や信頼区間の推定、そして最新の局地気象モデルを用いた短時間予測評価を行った。

§ 3. 成果発表等

(3-1) 原著論文発表

- 1 益田泰輔, 大関崇, Joao Gari da Silva Fonseca Junior, 村田晃伸, “太陽光発電予測誤差が原因となる供給支障電力と余剰電力の評価”, 電気学会論文誌 B, vol. 134, no. 4, pp.286-295, 2014 (DOI:10.1541/ieejpes.134.286)
- 2 小池雅和, 石崎孝幸, 植田譲, 益田泰輔, 大関崇, 定本知徳, 井村順一, “調整用火力コスト最小化に向けた不確かな太陽光発電予測に基づく蓄電池の充放電計画”, 電気学会論文誌 B, vol.134, no.6, 2014 (DOI: 未定), 掲載決定
- 3 Kotaro Hashikura, Akira Kojima and Yoshito Ohta, "On construction of an H_∞ preview output feedback law", SICE Journal of Control, Measurement, and System Integration, Vol. 6, No. 3, pp. 167--176, 2013 (DOI: <http://dx.doi.org/10.9746/jcmsi.6.167>).
- 4 Kotaro Hashikura, Akira Kojima and Yoshito Ohta, "Reduced-order construction of H_∞ state feedback law for discrete-time input-delayed systems", Transactions of the Institute of Systems, Control and Information Engineers, Vol. 26, No. 12, pp. 477--488, 2013 (DOI: <http://dx.doi.org/10.5687/iscie.26.477>).
- 5 Hideaki Ohtake, Ken-ichi Shimose, Joao Gari da Silva Fonseca Jr, Takumi Takashima, Takashi Oozeki and Yoshinori Yamada, “Accuracy of the solar irradiance forecasts of the Japan Meteorological Agency mesoscale model for the Kanto region”, Japan. Solar Energy, Vol.98, PartB, 138-152, 2013 (DOI:10.1016/j.solener.2012.10.007.).
- 6 Akira Kojima, “A review on H_∞ preview and delayed control problems,” Proceedings of 32nd Chinese Control Conference, pp.2812--2817, Xi'an, China, July 26-28, 2013.
- 7 Kotaro Hashikura, Akira Kojima, and Yoshito Ohta, "Reduced-order construction of H_∞ state feedback law for discrete-time single input-delayed systems", Proceedings of the 1st IFAC Workshop on Control of Systems Governed by Partial Differential Equations, pp.85--92, Sept. 25-27, 2013 (DOI: 10.3182/20130925-3-FR-4043.00037).
- 8 Hideaki Ohtake, Ken-ichi Shimose, Joao Gari da Silva Fonseca Jr, Takumi Takashima, Takashi Oozeki, Yoshinori Yamada, “Range of forecast errors of global irradiance by the Japan Meteorological Agency numerical weather prediction model for the PV power forecast”, Proceedings of 28th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition (EU PVSEC), pp.3638 - 3643, Paris, France, Sept.30-Oct.4, 2013 (DOI: 10.4229/28thEUPVSEC2013-5AO.9.3.)
- 9 Takashi Oozeki, Joao Gari da Silva Fonseca Junior, Hideaki Ohtake, Ken-ichi Shimose, Takumi Takashima, Kazuhiko Ogimoto, “Development of the regional photovoltaic power forecasting using irradiation data from a few meteorological stations”, Proceedings of 28th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition (EU PVSEC), Paris, France, 3928 – 3930, 2013

- 10 Hideaki Ohtake, Ken-ichi Shimose, Joao Gari da Silva Fonseca Jr, Takumi Takashima, Takashi Oozeki, Yoshinori Yamada, “Seasonal and regional variations of the range of forecast errors of global irradiance by the Japanese operational physical model”, Energy Procedia (Solar World Congress, ISES 2013), Cancun, Mexico, Nov. 3-5, 2013
- 11 Tomonori Sadamoto, Takayuki Ishizaki, Jun-ichi Imura, “Low-dimensional functional observer design for linear systems via observer reduction approach”, Proc. IEEE Conference on Decision and Control, 776—781, Florence, Dec. 10-13, 2013.
- 12 Taisuke Masuta, Takashi Oozeki, Joao Gari da Silva Fonseca Junior, and Akinobu Murata, “Evaluation of economic load dispatching control based on forecasted photovoltaic power output”, IEEE ISGT2014, Washington, D.C., Feb. 20, 2014.
- 13 Kosuke Uchida and Yuzuru Ueda, “Study on SOC schedul and BESS control for harmonized EMS in power grid with PV”, to appear in 2014 IEEE Innovative Smart Grid Technologies Conference-Asia (ISGT ASIA), Kuala Lumpur, Malaysia, May 20-23, 2014.
- 14 Takayuki Ishizaki, Masakazu Koike, Tomonori Sadamoto, and Jun-ichi Imura, “Hierarchical decentralized observers for networked linear systems,” to appear in American Control Conference (ACC2014), Portland, USA, June 4-6, 2014.
- 15 Tomonori Sadamoto, Takayuki Ishizaki, and Jun-ichi Imura, “Projective state observers for large-scale linear systems,” to appear in 13th European Control Conference (ECC), Strasbourg, France, June 24-27, 2014.
- 16 Takayuki Ishizaki, Masakazu Koike, Nacim Ramdani, and Jun-ichi Imura, “Monotonicity characterization of interval quadratic programming,” to appear in 21st International Symposium on Mathematical Theory of Networks and Systems (MTNS14), Groningen, The Netherlands, July 7-11, 2014
- 17 Masakazu Koike, Takayuki Ishizaki, Yuzuru Ueda, Taisuke Masuta, Takashi Ozeki, Nacim Ramdani, Jun-ichi Imura, and Tomonori Sadamoto, “Planning of optimal daily power generation tolerating prediction uncertainty of demand and photovoltaics,” to appear in 19th IFAC World Congress, Cape Town, South Africa, Aug. 24-29, 2014.
- 18 Taylan Ayken and Jun-ichi Imura, “Diffusion based stopping criterion for distributed optimization,” to appear in 19th IFAC World Congress, Cape Town, South Africa, Aug. 24-29, 2014.
- 19 Tomonori Sadamoto, Ikuma Muto, Takayuki Ishizaki, Masakazu, Koike, and Jun-ichi Imura, “ Power supply scheduling optimization from a viewpoint of spatio-temporal aggregation,” to appear in 19th IFAC World Congress, Cape Town, South Africa, Aug. 24-29, 2014.

(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)