

顧客のPV発電量・電力需要予測ニーズに応えるクラウド型サービス

Cloud-Based Services Providing PV Power Generation and Electricity Demand Forecasts to Electricity Utilities

林 祐希 HAYASHI Yuki 志賀 慶明 SHIGA Yoshiaki 進 博正 SHIN Hiromasa

我が国では、再生可能エネルギー（以下、再エネと略記）の主力電源化に向けた一つの施策として、2022年にFIP（Feed-in Premium）制度^{（注1）}へ移行する予定である。これにより、発電事業者には計画値同時同量への対応が課せられ、気象条件などで変動する発電量を正確に予測して計画値と実績値を一致させることが重要になる。

東芝グループは、このような市場環境に対応するため、再エネ発電量の予測技術と、不安定な再エネ発電量に電力需要を合わせ込むための運用技術を開発し、複数の顧客が求めるサービスを迅速かつ同時に提供可能なクラウド型サービスを開始した。太陽光発電（PV）の発電量予測と電力需要予測のサービス提供を実施しており、サービスのタイムリーな改善と拡大に取り組んでいる。

Due to the shift from the feed-in tariff (FIT) to the feed-in premium (FIP) scheme in 2022 in order to promote the use of renewable energy as a major power source, electricity utilities in Japan will be required to implement planned power balancing through accurate forecasts of the power generated by renewable energy systems including photovoltaic (PV) power generation systems, whose output tends to fluctuate in accordance with weather conditions.

Under these circumstances, the Toshiba Group has been focusing on the development of a power generation forecasting technology for renewable energy systems as well as an optimal operation technology to balance electricity demand with the power fluctuations of such systems, and launched cloud-based services capable of rapidly and simultaneously delivering information to multiple customers. We are now offering PV power generation and electricity demand forecasting services and are engaged in activities for timely enhancement of the sophistication and scope of these services.

1. まえがき

近年、世界中でカーボンニュートラルに向けた流れが顕著になってきており、再エネの導入拡大と主力電源化が進んでいる。

発電事業者は、30分単位で計画値と実績値を一致させる計画値同時同量を実現しなければならず、計画値と実績値に差異（インバランス）が発生すると、それに応じたインバランス費用を精算しなければならない。従来は、固定価格買取（FIT）制度におけるFITインバランス特例により、気象条件によって発電量が変動する再エネでは、計画値同時同量の責務は送配電事業者が担い、再エネ発電事業者にはその責務がなかった。

しかし、2022年4月に創設されるFIP制度では、再エネ発電事業者が計画値同時同量の責務を担うことになるため、再エネ発電量予測の精度が重要な要素となる。また、計画値同時同量を達成する方法として、気象条件により変動する再エネ発電量に対し、運用技術で電力需要を合わせ込む

方法も考えられるが、小売電気事業者においては、電力需要の予測も必要になる。

東芝グループは、このような計画値同時同量達成のニーズに対応するため、予測技術と運用技術の開発に注力している。気象予測技術をベースとしたPV発電量予測と電力需要予測では、予測の手法や精度を競うコンテストでの受賞実績があり、運用技術では、電力需給の逼迫（ひっばく）時に需要家に節電を促すサービスや蓄電池の運用制御サービスを既に事業化している。また、このような再エネや電力需要を組み合わせて制御を行うバーチャルパワープラント（VPP）を活用して、顧客のニーズに合わせた方式のクラウド型サービスとして提供する、Toshiba VPP as a Serviceの展開を開始している。

ここでは、再エネ主力電源化に向けて重要となる予測技術と運用技術、並びにそれらの技術をサービスとして提供するToshiba VPP as a Serviceについて述べる。

2. 予測技術

2.1 気象予測技術

PV発電量予測や電力需要予測は、東芝グループが独自

（注1）市場価格に一定のプレミアムが追加された価格で、発電事業者が市場取り引きを行う制度。

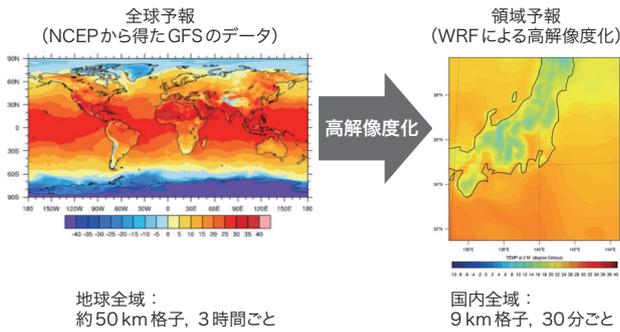


図1. 全球予報GFSを高解像度化した国内全域の気象予測モデル

地球全域の予測と我が国周辺の地形情報から、国内全域の高解像度の予測を作り出す。

High-resolution weather forecasting model covering entire area of Japan by processing data from Global Forecast System (GFS)

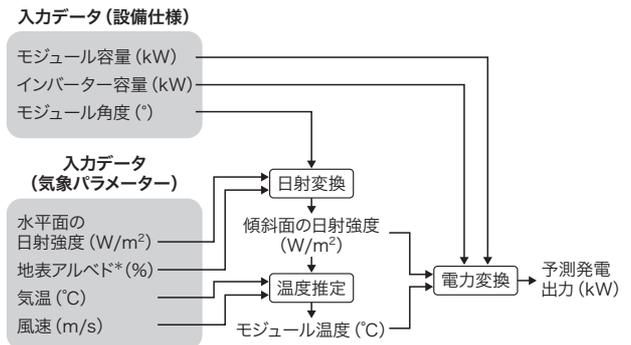
で運用する気象システムから得られる気象データを活用している。このシステムは、気象機関の出す全球予報を入力データとして利用し、高解像度化を行う。例えば、米国環境予測センター（NCEP: National Centers for Environmental Prediction）から取得した全球予報GFS（Global Forecast System）を用いると、我が国周辺では格子間隔約50 km、3時間ごとに区切ったデータになるが、そのままでは間隔が広過ぎて直接PV発電量予測に使用するには適さない。そこで、GFSによるデータに対して気象モデルWRF（Weather Research and Forecasting）を用いて力学的ダウンスケーリング（高解像度化）を行う。WRFは米国大気研究センター（NCAR: National Center for Atmospheric Research）が開発したオープンソース化された数値予報による気象シミュレーターであり、GFSのデータを初期値・境界値として入力し、大気の状態をシミュレーションすることで出力の間隔を自由に選択できる。PV発電量予測と電力需要予測では、計画値同時同量で30分ごとのデータが必要になる。そこで、全球予報GFSと我が国周辺の地形情報を入力としてWRFを用い、図1に示すように、国内全域の大気状態を格子間隔9 km、30分ごとの気象データとして出力する。PV発電量予測では、対象地点の日射強度や気温などの気象変数を、この気象データから抽出して使用する。

2.2 PV発電量予測

現在、PV発電量予測は2種類の予測手法を商用化しており、設備仕様を基にして過去の発電量実績が不要なPV工学モデルと、設備の緯度経度情報と過去1か月程度の発電実績から予測するアナログアンサンブルがある。詳細を以下に示す。

2.2.1 PV工学モデル

PV工学モデルは、入力データとして設備仕様と気象パラ



*地表面が太陽光を反射する割合

図2. PV工学モデルによる発電量予測

与えられた設備仕様と気象パラメーターから、発電量実績データがなくてもPV発電量予測ができる。

PV power generation forecast using PV engineering model

メーターを与えることで、発電量実績データがなくても発電量予測ができる。PV工学モデルの具体的な入力パラメーターの種類と予測の流れを、図2に示す。PV工学モデルは、各パラメーター要素とPV発電量間の関係が明確で、説明性が高いことが特長になる。一方、入力として与えた設備仕様について、劣化などの原因で定格値どりの出力が得られない場合、予測精度が低下するという欠点がある。また、パラメーター数が少ないため、発電量実績に対する合わせ込みの自由度が低いことも欠点として考えられる。

2.2.2 アナログアンサンブル

アナログアンサンブルは、詳細な設備情報が分からなくても、緯度経度情報と過去1か月程度の発電量実績データを与えることで予測できる。この手法は、図3に示すように、予測対象日の気象予測に対して過去実績の気象データの類似度を計算して類似日を複数抽出し、それらの複数類似日

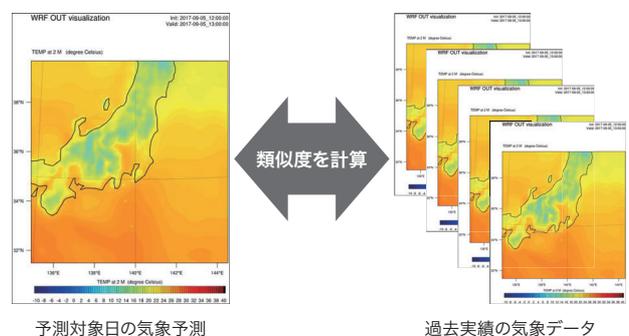


図3. アナログアンサンブルによるPV発電量予測

予測対象日の気象予測に対し、過去の複数の気象類似日におけるPV発電量実績からPV発電量を予測する。

PV power generation forecast using analog ensemble technique

のPV発電量実績に重み付けを行ってPV発電量を予測する。気温や、日射強度、相対湿度などの様々な周辺環境の気象変数を尺度として、類似度の計算を行う。

2.3 需要予測技術

需要予測技術においても、PV発電量予測でも使用しているアナログアンサンブルや、機械学習を用いて予測を行っている⁽¹⁾。ここでは詳細は割愛する。

3. 運用技術

1章で述べたとおり、東芝グループは、電力需給の逼迫時に需要家に節電を促すサービスと蓄電池の運用制御サービスを既に事業化している。需要家に節電を促すサービスでは、季節や、時間帯、天候、需要家の状況などによって、節電量にばらつきが発生する。そこで、運用によって得られる需要家の電力需要データを分析して需要家の節電量を予測し、複数の需要家の最適な組み合わせで節電量の正確性を向上させる技術を開発している⁽²⁾。需要家に節電を促すサービスにおける顧客側画面の例を、図4に示す。また、今後、電気自動車や蓄電池などの制御可能なリソースが更に導入されると考えられるので、運用対象を増やすためにこれらのリソースの制御に向けた研究開発も進めている⁽³⁾。

4. Toshiba VPP as a Service

2章、3章で述べた予測技術と運用技術をクラウド型サービスとして提供していくことを検討しているのがToshiba VPP as a Serviceであり、“PV発電量予測”と“電力需要予測”は先行してサービスを開始している。サービスの特長としては、下記の2点が挙げられる。

- (1) 顧客ニーズに合わせたサービス提供方法 顧客は、自身のニーズに合わせて、以下の2種類の提供方法を選択できる。



DR：デマンドレスポンス

図4. 需要家に節電を促すサービス画面の例

目標電力量までの節電ができていないかを確認できる。

Example of power-saving recommendation service display

- (a) UI (ユーザーインターフェース) 提供型 顧客がブラウザを用いて東芝グループのサーバーにログインすることで、サービスを利用する。顧客側に特段の用意は不要である。UI提供型におけるPV発電量予測画面の例を、図5に示す。

- (b) アプリケーション提供型 (API提供型) 顧客の既存システムが東芝グループのクラウドサービスとAPI (Application Programming Interface) 連携することで、サービスを利用する。顧客に既存システムが入っている場合でも、容易にサービスを利用できる。

- (2) 迅速なサービス改善 クラウド型サービスとすることで、多くの顧客が望むサービスを迅速かつ同時に提供する。例えば、常に最新の予測技術を取り込んで提供することや、制度変更が発生した場合に制度変更へ迅速に追従しサービスに反映することができる。

5. 今後の取り組み

5.1 予測精度の向上

現在商用化しているPV発電量予測に対し、更なるサービス向上に向けて技術開発を進めている。

5.1.1 当日予測による精度向上 (時間前市場への対応)

発電事業者は、発電計画を対象日の前日に電力広域的運営推進機関に提出しなければならないことから、現在予測を前日に行っている。これに対し、再エネは、当日に再度予測を行うことで予測精度の向上が期待できる。また、当日の計画変更に対して、実需給の1時間前まで入札可能な時間前市場がある。そこで、当日予測と時間前市場を活用することで、インバランス量の削減が期待できる。インバランス量の削減を目的に、今後は当日予測もサービスとして提供を予定している。

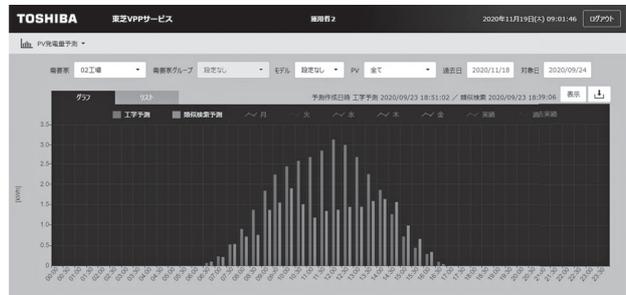


図5. UI提供型サービスのPV発電量予測画面の例

顧客は、特段の用意をすることなく、ブラウザを用いてサービスを利用できる。

Example of PV power generation forecasting display for cloud-based services offering user interface (UI)

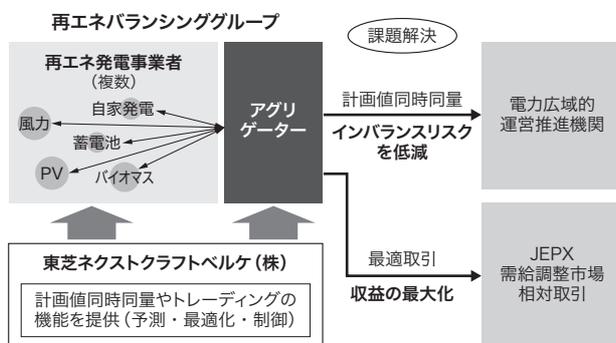
5.1.2 機械学習による精度向上

PV工学モデルは、設備の定格出力が得られない場合の予測精度の低下を欠点として挙げたが、この欠点を改善して予測精度を向上させる技術の開発を進めている。これは、2019年に東京電力ホールディングス(株)と北海道電力(株)の共同開催である太陽光発電量予測技術コンテスト「PV in HOKKAIDO」にてグランプリを受賞⁽⁴⁾した技術^{(5),(6)}を基に開発している予測手法を商用化するものである。

このモデルは、PV工学モデルに機械学習を組み合わせる方式になる。開発している予測手法では、設備の仕様を与えられたものではなく不定なものとして、発電実績とより一致するように機械学習を行う。具体的な予測としては、PVパネルの方位角や、傾斜角、過積載率(モジュール容量÷インバーター容量)、降雪影響などを不定のパラメーターとし、PVモジュール設置状態推定AIにより、発電量実績値からPVパラメーターを推定する。この方式により、従来のPV工学モデルにおける予測よりも予測精度を向上させることができた。

5.2 ネクストクラフトベルケ社との協業

予測技術と運用技術を生かして、再エネ発電事業者や需要家、発電事業者などを束ねるアグリゲーターに対し、計画値同時同量や需給調整市場などへの最適取引運用を支援するため、東芝グループは、世界最大規模のVPP事業者であるドイツのネクストクラフトベルケ社と、新会社“東芝ネクストクラフトベルケ(株)”を設立した。ネクストクラフトベルケ社は、FIP制度が先行する欧州において再エネ制御に関する豊富な実績があり、両者の強みを生かし、図6に示すビジネスモデルでFIP制度における再エネ事業者の支援を行っていく。



JEPX：一般社団法人 日本卸電力取引所

図6. 東芝ネクストクラフトベルケ(株)のビジネスモデル

再エネ発電の予測・運用技術を生かし、再エネ発電事業者やアグリゲーターの最適取引運用を支援する。

Business model of Next Kraftwerke Toshiba Corporation

6. あとがき

気象条件で発電量が変動する再エネにおいて、計画値同時同量の実現に向けた予測技術、運用技術、及びそれらの技術をクラウド型サービスとして提供するToshiba VPP as a Serviceについて述べた。今後も、継続した技術開発でサービスの改善と拡大を行う予定であり、再エネの導入拡大と主力電源化に貢献していく。

文献

- (1) 進 博正, ほか. 気象予測データと機械学習を用いた高精度な電力需要予測手法. 東芝レビュー. 2019, **74**, 5, p.22-25. <https://www.global.toshiba/content/dam/toshiba/migration/corp/techReviewAssets/tech/review/2019/05/74_05pdf/a06.pdf>, (参照 2021-03-25).
- (2) 草清和明, ほか. ネガワットアグリゲーションにおける需要家の組み合わせを最適化するポートフォリオ管理技術. 東芝レビュー. 2019, **74**, 1, p.18-21. <https://www.global.toshiba/content/dam/toshiba/migration/corp/techReviewAssets/tech/review/2019/01/74_01pdf/a05.pdf>, (参照 2021-03-25).
- (3) 笠原亮太, ほか. “スマートハウス重点機器群による需要家利益と系統貢献の両立にむけた基礎検討”. 令和2年 電気学会 電力・エネルギー部門大会論文集. オンライン開催, 2020-09, 電気学会 電力・エネルギー部門. 2020, 5WEB4 185.
- (4) 東京電力ホールディングス. “「太陽光発電量予測技術コンテスト『PV in HOKKAIDO』」の結果について”. プレスリリース. <https://www.tepco.co.jp/press/release/2019/1515677_8709.html>, (参照 2021-01-25).
- (5) 進 博正, ほか. 数値気象モデルWRFとスパース回帰に基づくエリア太陽光発電量予測技術. Journal of Japan Solar Energy Society (太陽エネルギー). 2020, **46**, 1, p.48-52.
- (6) 進 博正, ほか. 太陽光発電所の出力予測について. 光発電. 2020, **43**, p.89-94.



林 祐希 HAYASHI Yuki
東芝エネルギーシステムズ(株)
グリッド・アグリゲーション事業部 エネルギー IoT 推進部
電気学会会員
Toshiba Energy Systems & Solutions Corp.



志賀 慶明 SHIGA Yoshiaki, D.Sci.
東芝エネルギーシステムズ(株)
グリッド・アグリゲーション事業部 エネルギー IoT 推進部
博士(理学) 電気学会会員
Toshiba Energy Systems & Solutions Corp.



進 博正 SHIN Hiromasa, D.Sci.
研究開発センター
知能化システム研究所 システム AI ラボラトリー
博士(理学) 情報処理学会・日本気象予報士会会員
System AI Lab.