

# 再エネアグリゲーターの収益性を高めるシステム REBSet™

REBSet™ System to Enhance Renewable Energy Aggregator Profitability

金子 雄 KANEKO Yu 本宮 拓也 HONGU Takuya 丸山 ほなみ MARUYAMA Honami 志賀 慶明 SHIGA Yoshiaki

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て施行されたFIP（Feed-in-Premium）制度では、再エネ発電事業者が計画値同時同量の責務を負うとともに、卸電力取引市場などを利用して電力を販売することが必要となる。このため、再エネ発電事業者を束ねてバランシンググループ（BG）を組成し、発電量予測や市場取引などの業務を代行することで、再エネ発電事業者の収益を安定化する、再エネアグリゲーターが求められている。

東芝エネルギーシステムズ（株）は、ドイツのネクストクラフトベルケ社と共同で、発電量予測や市場取引計画の作成、蓄電池の最適運転などのAIを搭載したシステムREBSet™を開発し、2022年に再エネアグリゲーションサービスを開始した。統合予測アルゴリズムの適用により、安定した発電量予測精度を実現し、太陽光発電（PV）での予測誤差の平均が約1.5%であることを実証による性能評価で確認した。

With the push to make renewable energy the main power source, renewable energy producers are responsible for planned amounts of power, and they must sell power on the trading market under the feed-in-premium (FIP) scheme. This has resulted in demand for a renewable energy aggregator that stabilizes renewable energy producer profitability by forming a balancing group (BG) bringing producers together, forecasting power generation, and handling market trading, etc., on their behalf.

Together with Next Kraftwerke of Germany, Toshiba Energy Systems & Solutions Corporation has developed REBSet™, a system equipped with AI for forecasting power generation, creating market trading plans, optimizing storage battery operation, etc., also launching a renewable energy aggregation service in 2022. Tests have confirmed that application of the integrated forecasting algorithm results in stable, precise power generation forecasts with an average prediction error of approximately 1.5% for solar power.

## 1. まえがき

近年、国内外においてカーボンニュートラル実現に向けた動きが活発である。我が国では、再エネの導入拡大と主力電源化が進められており、2022年4月からFIP制度が施行された。

FIP制度では、再エネ発電事業者は発電量予測の結果などに基づき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」の責務を担うことになり、また、卸電力取引市場や相対取引などにより売電することになる。計画値と実績値に差（インバランス）が生じると、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。従来の固定価格買取（FIT：Feed-in-Tariff）制度下では、送配電事業者が再エネの電力を全て買い取り、計画値同時同量の責務は送配電事業者が担い、再エネ発電事業者は発電量予測や市場取引計画の作成などを自ら実施する必要はなかった。そのため、FIP制度への移行に伴い、これらの業務を実施できない再エネ発電事業者が現れる可能性がある。

そこで、再エネ発電事業者を束ねてBGを組成し、計画

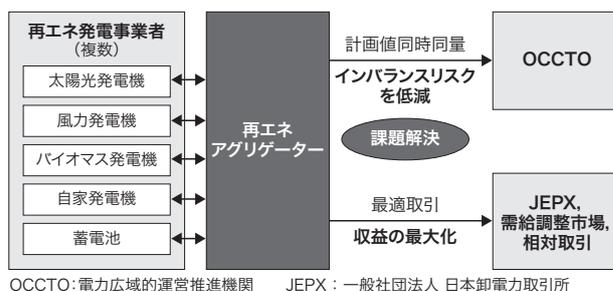


図1. 再エネアグリゲーターの役割

再エネアグリゲーターは発電事業者に代わり、発電量を予測したり市場取引計画を作成したりする。

Renewable energy aggregator role

値同時同量や市場取引に関する業務を行う“再エネアグリゲーター”という事業者が求められている（図1）。再エネアグリゲーターは主に、発電量予測、市場価格予測、市場取引計画の作成・取引の実施、蓄電池の運転計画の作成・制御、発電販売計画の提出などの業務を行うことで、再エネ発電事業者の収益安定化を実現する。

以上を鑑みて、東芝エネルギーシステムズ(株)は、大手仮想発電所(VPP)事業者であるドイツのネクストクラフトベルケ社と共同で、再エネアグリゲーターにとって必要となる各種機能を備えたシステムREBSet™を開発した。ここでは、REBSet™が備える機能及び性能について述べる。

## 2. REBSet™の機能

REBSet™は再エネアグリゲーターの日常業務を効率化し、再エネ発電事業者の収益の安定化を実現することを目指して開発されたシステムである。

REBSet™は、クラウド環境で動作するシステムであり、再エネアグリゲーターにとって必要な一連の機能を備える(図2)。以降において、図2で示したREBSet™の機能のうち、重要な機能について説明する。

### 2.1 発電量予測AI

発電量予測AIは、再エネの発電量を正確に予測するアルゴリズムである<sup>(1)</sup>。複数ある発電量予測アルゴリズムのそれぞれの概要を、表1にまとめる。これらの発電量予測ア

ルゴリズムは、米国環境予測センターや気象庁の気象予報データを用いて、太陽光や風力の発電量を予測する。

発電量予測アルゴリズムの中で、最も安定した予測精度を達成できるアルゴリズムは、統合予測である。統合予測は、表1に示したほかの発電量予測アルゴリズムの予測結果を加重平均して予測値とする。発電量予測アルゴリズムごとの予測誤差を考慮して適切に重み付けを行うことで、予測が大きく外れることを避け、安定した予測精度を実現する。

発電量の予測値は、後述する市場取引計画や蓄電池運転計画の作成に必要となる重要なデータである。

### 2.2 市場価格予測AI

市場価格予測AIは、一般社団法人日本卸電力取引所(JEPX)のスポット市場のシステムプライスやエリアプライス、時間前市場の価格を予測する。また、インバランス料金単価も予測する。これらの価格予測も、後述する市場取引計画や蓄電池運転計画の作成に必要となる重要なデータである。

### 2.3 市場取引計画作成AI

市場取引計画作成AIは、発電量予測や市場価格予測に基づき、収入の最大化を目指した取引計画を作成する<sup>(2)</sup>。

スポット市場の取引計画を作成する際は、発電量や市場価格の予測データや過去の実績データに基づき、多数の将来シナリオを生成する。将来シナリオごとに、発電量の予測誤差や、市場取引における約定量などのパラメーターが異なる。そして将来シナリオごとに、取引機会損失などのマーケットリスクやインバランスなどのリスクを算定し、収入が最大化すると見込まれる取引計画を導く。マーケットリスクは、金融分野で用いられるリスク尺度の一つであるCVaR(Conditional Value at Risk)で評価する。

時間前市場では、市場がオープンしてからゲートクローズ(GC)するまでに複数回の入札が可能である。そのため、どれだけだけの電気を、幾らで売り買いするかといった取引計画には、膨大な選択肢がある。開発したAIは、過去の時間前市場の取引結果データを学習し、マーケットリスクを高精度に見積もる。そして、発電量と市場価格の予測データに基づき、膨大な選択肢の中から、インバランスを削減しつつ、収入を最大化する取引計画を導く。

### 2.4 蓄電池運転計画作成AI

蓄電池運転計画作成AIは、蓄電池の用途に応じた最適な運転計画を作成するアルゴリズムである。

蓄電池の用途の一つは、インバランスの削減である。蓄電池運転計画作成AIは、発電量予測やインバランス料金単価予測の結果を考慮し、インバランスをゼロにするための運転計画を作成する。蓄電池が連続して充電又は放電でき

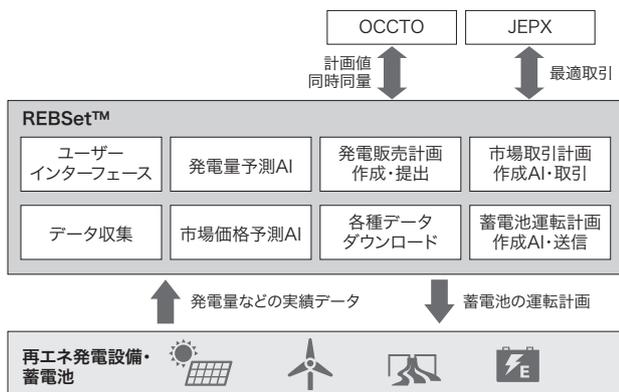


図2. REBSet™の概要

REBSet™は、太陽光発電機や風力発電機などの再エネ機器や蓄電池を束ねて運用するために必要となる様々な機能を備えたシステムである。

REBSet™ overview

表1. 発電量予測アルゴリズム

Power generation forecast algorithm

アルゴリズム	概要
類似予測	日射量や風速などの気象予測と、過去の気象状況が類似した発電量をサンプリングし、発電量を予測する。
工学予測	日射量予測などと、PVの設備情報(パネル容量や傾斜角など)からPV発電量を予測する。
工学AI予測	実績値と予測値の乖離をAIで学習し、工学モデルのPV設備情報を自動でチューニングし、PV発電量を予測する。
持続予測	直近の発電量実績から、将来の発電量を予測する。
統合予測	上述の各モデルの予測値を統合して、予測値を計算する。

る時間には限りがある。そこで開発したAIは、インバランズ料金単価予測を考慮し、インバランズの清算額が大きくなると予測された時間帯から優先してインバランズを減らすような運転計画を作成する。また、発電量の実績データを高頻度で収集できる場合は、インバランズを最小化するように蓄電池に対してフィードバック制御を行うことも可能である。

蓄電池のもう一つの用途は、売電タイミングのシフトによる市場取引収入の増加である。PVは昼間の発電量が大きい一方、一方で、昼間の市場価格は夕方～夜間の時間帯よりも安い場合がある。このとき、昼間の発電電力を蓄電池に充電しておき、夕方～夜間の時間帯に放電(売電)することで、市場取引の収入を増やせる可能性がある。開発したAIは、発電量や市場価格の予測データを参照し、収入を最大化するような充放電計画を作成する(図3)。

### 2.5 その他の機能

REBSet™は、前述の機能以外に、発電量などの実績データを収集する“データ収集機能”や、運用者向けの発電量予測結果をグラフ表示する“ユーザーインターフェース機能”、電力広域的運営推進機関(OCCTO)に発電販売計画を提出する“発電販売計画作成・提出機能”など、様々な機能を備えており、再エネアグリゲーターの日常の運用を効率化し、収入を最大化する。

## 3. 実証によるREBSet™の性能評価

当社は、経済産業省 資源エネルギー庁による令和4年度予算事業「蓄電池等の分散型エネルギーリソースを活用した次世代技術構築実証事業(再エネ発電等のアグリゲーション技術実証事業)」のうちの「再生可能エネルギーアグリゲーション実証事業」において、10電力エリアに設置された約200の電力リソース(太陽光発電機、風力発電機、蓄電池など)を用いて、発電量予測などの性能を評価した<sup>(3)</sup>。

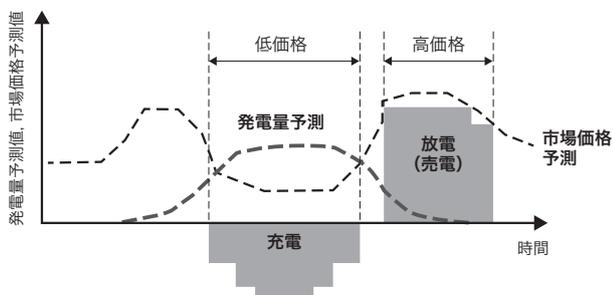


図3. 蓄電池を活用した売電タイミングシフト

価格が安い時間帯に再エネによる電力を充電し、高い時間帯に売電することで、価格差に応じた収入増分が得られる。

Power selling time shift using storage batteries

ここでは、その評価結果を述べる。

### 3.1 発電量予測の精度

電力エリアごと、かつ、予測を行うタイミングごとに発電量予測の精度を評価した。

図4は、東京エリアの太陽光発電機12台(定格出力の合計は約42.6 MW)の、2023年1月の1日ごとの予測誤差<sup>(注1)</sup>の平均値と最大値である。グラフの横軸は、予測対象のある時間帯(30分間)に対する予測を行うタイミングを示している。予測対象の時間帯に近づくほど、予測誤差が小さくなっていることが分かる。GC(1時間前)時点の平均誤差は約1.5%と、非常に小さい値であった。また、誤差は最大でも3%台であり、統合予測による誤差安定化の効果が表れている。

風力発電機の発電量予測の平均誤差は、2023年1月の東北エリア(風車12基で、定格出力の合計は約40.0 MW)において最小となり、約11.8%であった<sup>(注2)</sup>。太陽光発電機と比べて予測誤差が大きいため、更なる改善が必要である。

### 3.2 インバランズの削減

蓄電池の活用や時間前市場取引より削減できるインバランズ量を様々なパターンで評価した。

発電量予測に基づいて発生するインバランズ量を推定し、蓄電池の運転計画や時間前市場の取引計画を30分単位で作成する方法では、インバランズを最大でも約23%しか削減できなかった。推定されるインバランズ量には誤差が含まれるため、作成される蓄電池の活用や市場取引の計画がインバランズ削減において最適ではないことが理由である。一

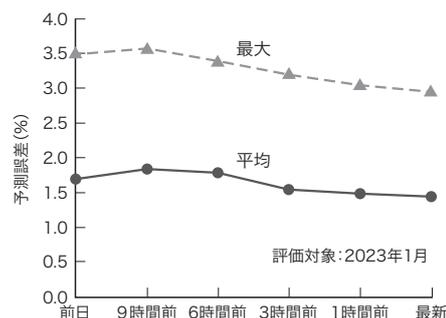


図4. 統合予測アルゴリズムを適用した発電量予測誤差(PVの場合)の予測タイミングによる推移

統合予測アルゴリズムの適用により、GC時点では発電量予測誤差の平均が約1.5%と低く抑えられており、非常に高い予測精度を実現している。

Power generation forecasting error (PV power) trends according to forecast timing using the integrated forecast algorithm

(注1) 予測誤差は、30分ごとの発電量予測と発電量実績の差を、発電機の定格容量で正規化することで計算。

(注2) GC(1時間前)に作成した予測値の誤差。

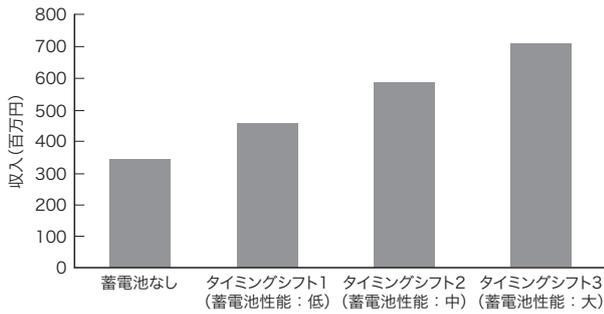


図5. 蓄電池を活用した市場取引の収入増大

蓄電池が高性能になるほど、売買タイミングをシフトできる電力量が増え、蓄電池なしの場合に比べ、より収入が増えている。

Increased market trading profits using storage batteries

方、再エネの発電量実績を細かく確認しながら、発電計画に合わせ込むように蓄電池をフィードバック制御する方法では、大きくインバランスを削減できた。REBSet™からインターネット経由で実際の蓄電池を制御し、蓄電池を使わない場合に発生していたインバランス量を最大で約88%、平均で約70%削減できた<sup>(注3)</sup>。

### 3.3 市場取引による収入向上

発電量予測と市場価格予測のデータに基づき、売電タイミングをシフトする蓄電池の運転計画を作成することで、収入を増やせることを確認した。

図5に、評価結果の一例を示す。九州エリアの太陽光発電機22台(定格出力の合計は約51.0 MW)の、約5か月間の収入である。蓄電池を使わない場合と比べて、収入を増やせている。蓄電池の性能(出力、容量)が高くなるほど、シフトできる電力量が増え、収入は増加する。一方で、蓄電池の導入費も増加する。再エネの発電量をシフトするために必要十分な蓄電池の性能を見積もることが、蓄電池の投資対効果を高めるために重要である。

## 4. 再エネアグリゲーションサービス

当社は、開発したREBSet™を用いて、2022年から再エネアグリゲーションサービスを開始した<sup>(4)</sup>。このサービスは、当社が再エネBGを構成し、再エネ発電事業者から再エネ電力を買い取り、市場で売却する卸売サービスである。計画値同時同量業務と取引業務を発電事業者から代わって代行する。再エネ発電事業者はこのサービスに加入することで、balancing責務とマーケットリスクを負うことなく、収益の安定化が可能となる<sup>(注4)</sup>。

(注3) 一日当たりのインバランス量の削減率の平均値。

(注4) 卸売及びBGの業務代行は当社が、SaaS提供は東芝ネクストクラフトベルケ(株)が実施。

## 5. あとがき

再エネアグリゲーターの日常の運用業務を支援し、再エネ発電事業者の収益安定化を実現するシステム REBSet™について述べた。当社は、需給調整市場向けのシステム<sup>(5)</sup>も開発しており、今回開発したREBSet™とを連携させることで、再エネや蓄電池の価値を更に高められる。これらのシステム及びサービスを通じて、カーボンニュートラル社会の実現に貢献する。

## 文献

- (1) 林 祐希, ほか. 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. 東芝レビュー. 2021, 76, 3, p.36-39. <<https://www.global.toshiba/content/dam/toshiba/jp/technology/corporate/review/2021/03/a09.pdf>>, (参照 2023-04-21).
- (2) 東芝. “電力市場における当日の取引において最適な入札のタイミングと入札量を算出できる「時間前市場取引AI」を開発”. プレスリリース. <<https://www.global.toshiba/jp/technology/corporate/rdc/rd/topics/22/2212-02.html>>, (参照 2023-04-21).
- (3) 環境共創イニシアチブ. “令和4年度 再生可能エネルギーアグリゲーション実証事業：成果報告について”. <<https://sii.or.jp/saieneaggregation04/conference.html>>, (参照 2023-04-21).
- (4) 東芝エネルギーシステムズ. “「再エネアグリゲーションサービス開始」のお知らせ”. プレスリリース. <<https://www.global.toshiba/jp/news/energy/2022/05/news-20220517-01.html>>, (参照 2023-04-21).
- (5) 東芝エネルギーシステムズ. “再需給調整市場への参入について”. プレスリリース. <<https://www.global.toshiba/jp/news/energy/2022/09/news-20220907-01.html>>, (参照 2023-04-21).



金子 雄 KANEKO Yu, Ph.D.  
東芝エネルギーシステムズ(株)  
エネルギーアグリゲーション事業部 エネルギー IoT 推進部  
博士(情報科学) 情報処理学会会員  
Toshiba Energy Systems & Solutions Corp.



本宮 拓也 HONGU Takuya  
東芝エネルギーシステムズ(株)  
エネルギーアグリゲーション事業部 エネルギー IoT 推進部  
CIGRE 会員  
Toshiba Energy Systems & Solutions Corp.



丸山 ほなみ MARUYAMA Honami  
東芝エネルギーシステムズ(株)  
エネルギーアグリゲーション事業部 エネルギー IoT 推進部  
Toshiba Energy Systems & Solutions Corp.



志賀 慶明 SHIGA Yoshiaki, D. Sc.  
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) 電気学会会員  
System AI Lab.