分散蓄電池による電力需給調整ソリューション

工藤 耕治　橋本 龍　佐久間 寿人

要　旨

固定価格買取制度（FIT）などにより普及拡大が推進されている太陽光発電などの再生可能エネルギーは、天候に応じて出力が変動するため、電力系統の需給バランスへの悪影響が懸念されています。電力系統の安定性を確保するためには、電力の需給調整を行う新しい仕組みが必要になってきています。

本稿では、NECの提案する、階層協調システムを用いた分散蓄電池の仮想統合制御技術による、新しい電力需給調整ソリューションを紹介します。

KeyWords　仮想統合制御／階層協調システム／デマンドレスポンス／負荷周波数制御／ガバナフリー／電力需給調整／分散蓄電池

1. はじめに

再生可能エネルギーの普及拡大に端を発する電力需給バランス問題の解決には、従来の発電側の需給調整の仕組みだけでは不十分と考えられ、需要側をも含めた新しい需給調整の仕組みが活発に議論されています。特に、2016年の電力完全自由化という制度改革を踏まえて、新たな市場の枠組みとともに検討されている「デマンドレスポンス（DR）」は、その代表例といえるでしょう。

本稿では、NECが提案するDRを用いた電力需給バランス調整ソリューションとして、需要家側の多数の分散する蓄電池を活用する「階層協調システム」と「仮想統合制御技術」について紹介します。

2. 分散蓄電池制御のための階層協調システム

本ソリューションのDRによる電力需給バランスの調整は、需要家の電気機器を遠隔から直接制御することで実現されますが、このとき需要家の機器利用の利便性を損なわない必要があります。この点で、需要家側の蓄電池は、制御対象機器として非常に有望です。蓄電池はエアコンなどと異なり、充放電時間を変えても需要家の利便性に直接影響を与えにくいと考えられるからです。

一方、5,000万kW超の導入が想定される再生可能エネルギーに見合う電力需給調整力をDRで創出するためには、調達すべき電力制御容量は、数百万kW程度を超えると考えられます。これを1台当たり数kW出力の需要家側の蓄電池で賄おうとすると、100万台超の多数の分散する蓄電池を制御する必要があります。

・階層協調システム（特許登録）

階層協調システムは、100万台規模の多数の分散する蓄電池を制御するために開発した、蓄電池制御プラットフォームです。**図1**にシステム模式図を示します。

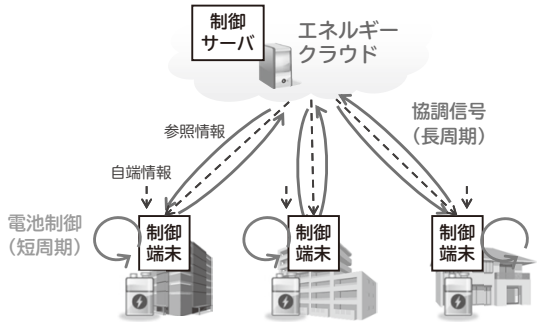


図1　階層協調システム

本システムは、クラウド側の制御サーバと、蓄電池側の制御端末から構成されます。

階層協調システムでは、制御サーバからの長周期の協調信号と、蓄電池個々が自端で計測する周波数や負荷周波数制御（Load Frequency Control：LFC）信号などの参照情報とを用いて制御を行います。このとき電池制御そのものは短周期で実施し、蓄電池群全体の制御の最適化は長周期で実施するシステムです。

協調信号を用いて蓄電池群全体の制御量分配の最適化を行いますが、蓄電池の制御そのものは、協調信号の周期と独立に短周期で実施できるため、高い制御応答性が実現できます。最適化情報を含む協調信号は、例えば十数分程度以上の長周期で配信するようにすることで、最適化処理に必要な計算時間を確保できるため、制御可能な蓄電池の“数”に関する上限を大幅に拡大することができます。

また、協調信号の配信時に通信エラーが生じても、信号を再送できる時間的余裕があるため、インターネットなどの安価な通信システムを用いても高信頼な制御が可能となります。各蓄電池の制御状態の把握もできるため、その点でも制御信頼性を高くすることができます。

3. 仮想統合制御技術

我々は、多数の分散する需要家側の蓄電池を制御するため、上記、階層協調システムを用いた「仮想統合制御技術」を開発しています（**図2**）。

仮想統合制御技術は、エネルギークラウド（制御サーバ）にソフトウェア実装され、多数の分散する蓄電池個々の「定格出力などの仕様」や、時々刻々変化する「蓄電状態」、「温度などの周囲環境状態」などの情報を通信ネットワークを介して収集し、これら仕様や状態のばらつきを考慮し、全蓄電池への充放電分配の最適化処理を行います。

この充放電分配情報は、クラウドからの協調信号として蓄電池個々へ配信し、各蓄電池は、この協調信号と、蓄電池側で計測する周波数などの情報をもとに充放電制御を行います。この仮想統合制御を用いると、広域に分散する多数の蓄電池であっても、理想的に束ねた制御（仮想的に統合）ができるため、全蓄電池の性能を最大限に引き出すことが可能となり、あたかも単一の蓄電池（仮想大容量蓄電池）と同等の取り扱いが可能となります。

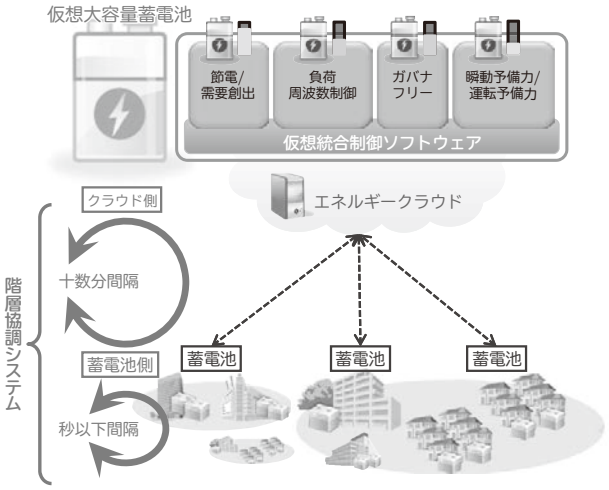


図2　仮想統合制御技術/階層協調システムの概念図

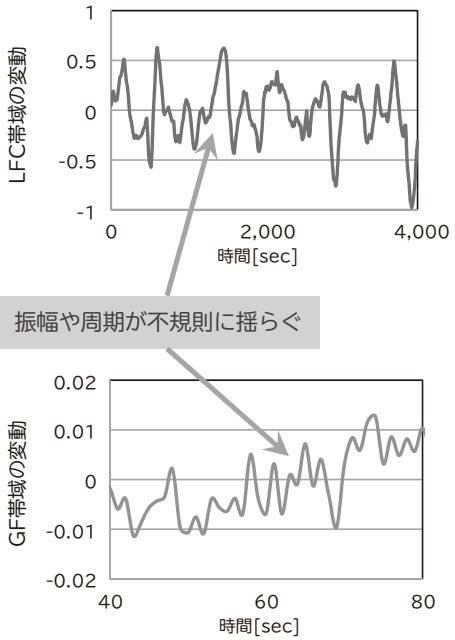


図3　LFC/GF帯域の規格化周波数変動

（1）蓄電池群の満充電/枯渇回避制御

仮想統合制御で、重要な機能の1つに、各蓄電池の満充電や枯渇を回避する充放電制御アルゴリズムがあります[1)]。**図3**に、代表的な電力需給調整機能である負荷周波数制御（LFC）と、ガバナフリー（GF）に相当する系統周波数の変動の様子を示します。

LFCの不規則性とGFの不規則性は時間軸上のオーダーが異なり、かつ振幅などの変動の様子も異なるこ

とが分かります。したがって、蓄電池群の充放電を用いて、これらの変動を緩和しようとすると、不規則性の影響で個々の蓄電池で満充電や枯渇が生じる可能性があります。これに対して仮想統合制御では、独自の数理処理により不規則性を需給調整機能ごとに把握し、SoC（State of Charge：蓄電率）補正係数を機能ごと・電池ごとに最適分配することができます。その結果、蓄電池群全体で、充放電の継続的な実施を可能としています。

（2）蓄電池の劣化抑制制御

需要家側の蓄電池を用いて電力需給調整などのDRを実施する際、需要家の便益向上の観点で、充放電に伴う蓄電池の劣化を抑制することが重要です。仮想統合制御では、蓄電池の温度やSoCなどの状態を制御へ反映できるため、蓄電池の状態に応じて、できるだけ蓄電池が劣化しないよう充放電を分配することができます[2)]。劣化抑制アルゴリズムを用いて蓄電池を制御した場合と、そうでない場合の蓄電池の劣化速度分布の数値検証例を**図4**に示します。

この例は、kWh容量やkW出力などの定格値の異なる蓄電池100台に対して、需要家の個別利用状況に応じたSoCのばらつきを与えた場合の、ある1日の充放電状況を数値計算したものです。図には、劣化抑制制御の有無による劣化速度分布の違いを示しています。劣化抑制制御により、劣化率を平均で0.4倍程度に抑制できていることが分かります。

（3）蓄電池の多目的同時制御

蓄電池の利用効率を高めるためには、充放電で実現できる機能の同時多目的化、すなわち多目的同時制御技術が重要になります。仮想統合制御技術では、一度に多数の蓄電池を束ねて制御するだけでなく、同時に複数の目的での制御を可能にするアルゴリズムを実装しています[2)]。**図5**に、100台の蓄電池群を制御し、LFCとGFのDRを同時に実施した際の制御誤差を示します。

この制御では、図4に示した劣化抑制制御を行いながら、LFCとGFという異なる帯域の電力需給調整をDRとして実施しています。制御誤差としては、電力会社と契約した「垂下特性」での理想的な充放電量に対する、蓄電池群全体の充放電量の差を、各アプリケーションの契約容量で割った値で評価しています。図から、LFCやGFを両立して、それぞれ誤差1%以下で24時間実施できていることが分かります。このように、仮想統合制御では、充放電に伴う劣化抑制とLFCやGFという複数目的の同時制御が可能になっています。

（4）OpenADR 2.0bへの対応

従来DRは、人が電気機器を制御（節電時に利用をやめるなど）することで実施してきました。現在、このDRを自動化する「自動デマンドレスポンス」（Automated Demand Response：ADR）への動きが活発化しています。ADRで用いる通信プロトコルについて、国際機関であるOpenADR Allianceから2013年7月に国際標準規格「OpenADR 2.0b」が発表されました。

OpenADRは、クライアントの役割であるVEN（Virtual End Node）が、サーバの役割であるVTN

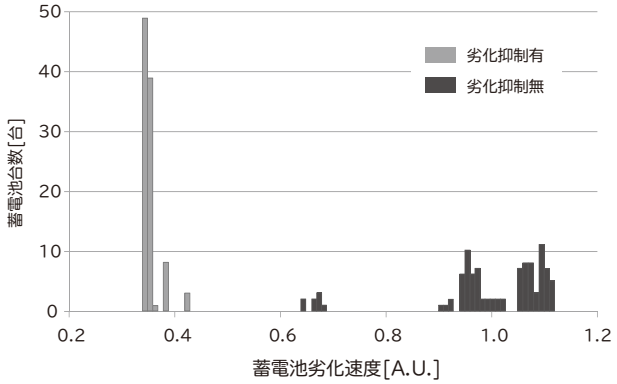


図4　蓄電池の劣化速度分布

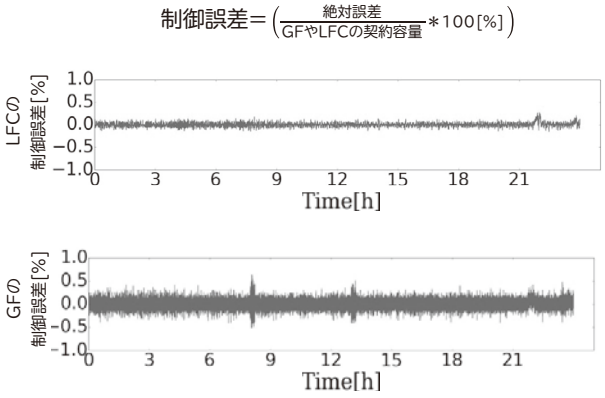


図5　蓄電池群全体でのLFC制御誤差（上）とGF制御誤差（下）

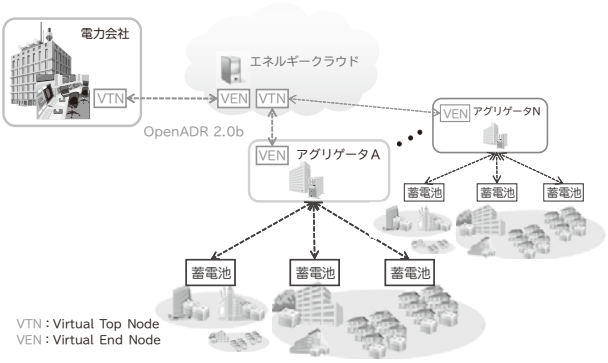


図6　OpenADR 2.0bの利用イメージ

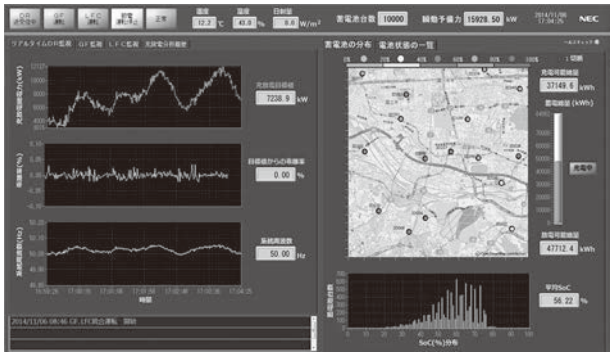


図7　分散蓄電池制御サーバの監視・制御盤

（Virtual Top Node）からの要請を受けて、応答（デマンドレスポンス）する仕組みを前提としていますが、階層協調システムは、OpenADR 2.0bへ対応しており、さまざまなエネルギーマネジメントシステムと連携できます。その結果、**図6**に示すように、複数の異なるアグリゲータが管理する多様な蓄電池群を対象とした電力需給調整が可能となります。

4. コミュニティグリッドへの展開

仮想統合制御技術/階層協調システムで分散蓄電池を制御する様子を**図7**に示します。

仮想統合制御/階層協調システムを用いた電力需給調整ソリューションは、今後、コミュニティ単位でグリッド（電力網）を構成する、コミュニティグリッドといったアプリケーションへの適用が考えられます（**図8**）。

コミュニティグリッドは、再生可能エネルギーと蓄電池を用いてエネルギーの地産地消を可能とする街として、低炭素でレジリエントな新しい街のあり様の1つの可能性を示すものです。コミュニティグリッドでは、電力系統が停電した非常時でも、各住宅、ビルなどに分散して設置されている蓄電池や電気自動車に貯めた電力により電力供給が可能です。各蓄電池を個々に管理し、状態を把握することで、電力が足りないエリアや住宅、ビルに、電力の余裕があるところから融通するなど、街全体の電力需給バランスをとりながら、安定した電力供給を行います。仮想統合制御/階層協調システムは、このようなコミュニティグリッド内の電力需給調整に対して有効なソリューション技術となります。

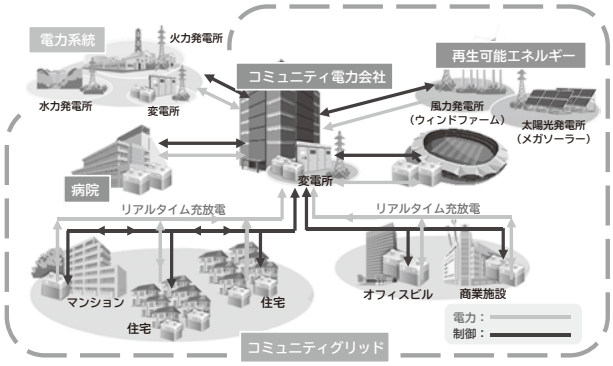


図8　コミュニティグリッド概念図

5. むすび

需要家側の分散する多数の蓄電池を用いて電力需給調整ソリューションを提供する、仮想統合制御技術/階層協調システムについて紹介しました。本技術は、蓄電池群の高効率・高信頼なリアルタイム・同期制御を可能とし、制御する蓄電池数を必要に応じて柔軟に拡大・縮小することができます。このような新たな電力需給調整手段を提供することで、再生可能エネルギーの導入拡大と電力システムの安定化に貢献したいと考えています。

参考文献

1) H. Sakuma et al.：Novel Demand Response Scheme For Frequency Regulation Using Consumers' Distributed Energy Storages, 2014 IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Conference, Washington DC, 2014.2
2) 橋本龍ほか：需要家側蓄電池の仮想統合制御によるアンシラリー・デマンドレスポンス，電気学会 2015年全国大会講演論文集，6-223，2015.3

執筆者プロフィール

工藤 耕治
スマートエネルギー研究所
エネルギーマネジメントTG
主任研究員

橋本 龍
スマートエネルギー研究所
エネルギーマネジメントTG

佐久間 寿人
スマートエネルギー研究所
熱マネジメントTG
主任

関連URL

世界初、多数の需要家蓄電池の充放電を遠隔から制御、リアルタイム・デマンドレスポンスへの新技術を開発
http://jpn.nec.com/press/201311/20131119_01.html

NEC、住宅やビルなどに設置した100万台以上の蓄電池を制御し電力系統と同等レベルのリアルタイム需給調整を実現する技術を開発
http://jpn.nec.com/press/201411/20141113_01.html

NEC 技報のご案内

NEC技報の論文をご覧いただきありがとうございます。
ご興味がありましたら、関連する他の論文もご一読ください。

NEC技報WEBサイトはこちら

NEC技報(日本語)　　NEC Technical Journal(英語)

Vol.68 No.2　ICTが拓くスマートエネルギーソリューション特集
～ICTとエネルギーの融合を目指して～

ICTが拓くスマートエネルギーソリューション特集によせて
NECの目指すスマートエネルギービジョン

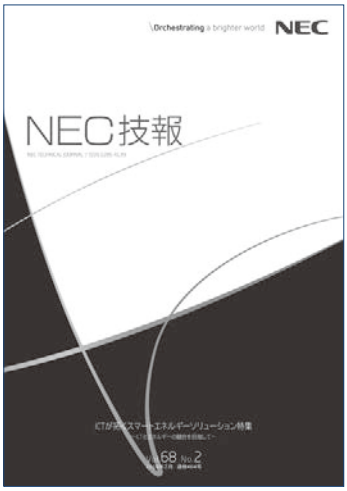
◇ 特集論文

一般需要家様向けソリューション
データ活用で進化するNECのクラウド型HEMSソリューション
自律適応制御を用いたHEMSデータ活用ソリューション
クラウド型EV・PHV充電インフラサービス
“電気をためて、賢く使う”を実現する小型蓄電システム
軽量で長寿命を誇る通信機器用リチウムイオン二次電池パックの開発

企業様向けソリューション
大林組技術研究所に導入したスマート化システムとNEC玉川事業場９号館への展開
データセンターの空調電力を削減する冷却技術
玉川スマートエネルギー実証
携帯電話基地局のエネルギー使用を最適化するEMSソリューション

エネルギー事業者様向けソリューション
電力サプライヤーソリューションの中核を担う電力需給管理システムの開発
インバリアント解析技術（SIAT）を用いた発電所向け故障予兆監視ソリューション
Situational Intelligenceによるリソース最適化
分散蓄電池による電力需給調整ソリューション
クリーン・高信頼性・再生可能な将来を目指した電力グリッド向けエネルギー貯蔵装置の活用
電力の安定供給を支える系統安定化ソリューション ～イタリアENEL様向け系統用蓄電システム～
スマートメーター通信システム（AMI）における実績

技術開発・標準化
国連CEFACT標準のメソドロジー
OpenADR（自動デマンドレスポンス）とNECの取り組み
標準手順を用いた蓄電池遠隔制御の実証
1つのセンサーで複数機器の消費電力や利用状況を見える化する電力指紋分析技術
デジタルグリッドが実現するインバランス削減ソリューション
レジリエントなマイクログリッド管理ソリューション
高エネルギー密度リチウムイオン電池の安全性技術
NECエナジーデバイスのLIB電極の特長と生産実績



Vol.68 No.2
（2016年2月）

特集TOP