

スマートグリッド監視制御システム μ EMS

μ EMS Next-Generation Energy Management System for Smart Grids

吉村 吉彦

小林 武則

矢野 良

■ YOSHIMURA Yoshihiko

■ KOBAYASHI Takenori

■ YANO Ryo

低炭素社会の実現に向け、太陽光や風力などの自然エネルギーを利用した再生可能エネルギーの導入が世界的に急速に進んでいる。気象条件により大幅に変動する自然エネルギーを接続しているスマートグリッドの電力需給バランスを維持するためには、スマートグリッド内の需給制御を上位基幹系統と協調して行う必要がある。

東芝は、蓄電池を用いた最適な出力制御により、スマートグリッドにおける電力供給の信頼性向上及び系統運用の高度化を担う監視制御システムとして、 μ EMS (Micro Energy Management System) を開発した。

The introduction of renewable energy sources such as solar power and wind power into existing power systems is being promoted on a global scale with the aim of realizing a low-carbon society. As power generation from renewable energy sources fluctuates greatly depending on the weather conditions, a smart grid integrating these renewable energy sources is required to perform both supply and demand control in the smart grid itself and coordinate operation with trunk power systems, in order to maintain the energy balance between supply and demand.

Toshiba has developed the μ EMS (Micro Energy Management System) not only to improve power supply reliability for smart grids but also to enhance operation efficiency of whole power systems through optimum power control using storage batteries.

1 まえがき

低炭素化社会の実現に向け、再生可能エネルギーの利用や需要家側での省エネの導入が世界的に急速に進んでいる。

再生可能エネルギーとして、特に太陽光や風力などの自然エネルギー電源が多く導入された場合は、気象条件によって発電出力が大きく変動する。自然エネルギーを大量導入する手段として注目されているスマートグリッドにおいても、系統容量が小さい場合は発電出力の変動による影響をより受けやすく、系統内の需給アンバランスが生じやすくなることが予想される。

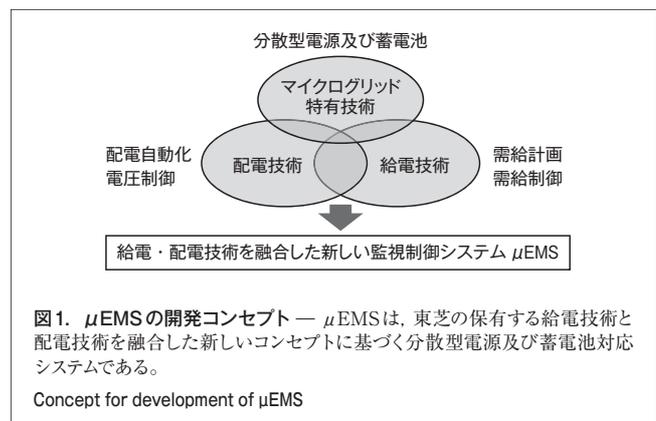
東芝は、この課題を解決するため、これまでに培ってきた電力系統の監視制御技術をベースとし、更に蓄電池（二次電池）を含めた需給制御機能により低炭素で安定した電力供給を最適コストで実現するためのスマートグリッド監視制御システム μ EMS (Micro Energy Management System) を開発した。

μ EMSは、太陽光や風力発電などの自然エネルギーをはじめとするスマートグリッド内の多様な分散型電源と蓄電池の効率的な連携ができ、供給信頼度の向上と系統運用の高度化を担う次世代のエネルギー管理システムである。

ここでは、 μ EMSの機能概要と性能検証例について述べる。

2 スマートグリッドソリューションとしての μ EMS

スマートグリッドは、次の主要な技術要素から構成される。



- (1) 電力ネットワーク制御（配電管理及び電力需給管理）
 - (2) AMI (Advanced Metering Infrastructure) システム^(注1)
 - (3) 分散型電源及び蓄電池
 - (4) 需要家（電気自動車を含む）側のエネルギー利用技術
- これら各要素を相互に連携して機能させることで、高効率、高品質、高信頼度の電力供給の実現が期待できる。

一方、分散型の自然エネルギー電源は、主に配電系統や需要家を中心に導入が進むものと考えられる。その場合、自然エネルギー発電の出力変動の影響はできるだけ需要家近傍あるいは配電系統で吸収したうえで、電力系統全体で対処して

(注1) 情報通信技術を利用することで、需要家と電力会社の双方向通信ができるインフラシステム。

いくことが全体最適な低炭素エネルギー供給につながる。そのため、主に配電系統以下の地域レベルで複数の分散型電源と蓄電池を組み合わせる運用する仕組みが特に必要となる。スマートグリッド向けの監視制御システム μ EMS は、そのキーコンポーネントとなる。

μ EMS の開発コンセプトを図 1 に示す。 μ EMS は従来の基幹系統側にあった給電技術と配電系統側にあった配電技術を融合し、分散型電源及び蓄電池に対応する新しいシステムである。

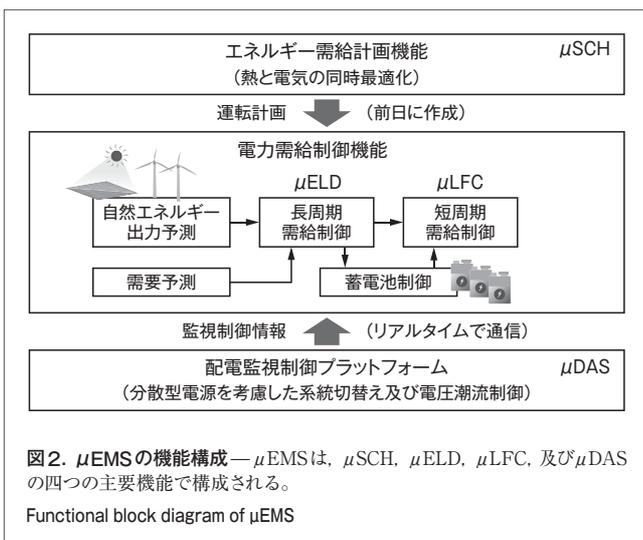
μ EMS によって以下の実現が期待されている。

- (1) 分散型電源及び蓄電池とのリアルタイムの双方向通信による、地域内の電力需給バランスと電力品質の最適運用
- (2) 調整可能な需要家側リソースとの双方向通信による、デマンドレスポンス^(注2)の支援
- (3) 上位系統側 EMS との連携による系統全体の最適運用
これらを通じて、地域内の電力・熱供給の最適化によるエネルギー供給の経済性の向上、再生可能・自然エネルギーの最大利用による低炭素化の実現、事故時の自立的運転などによる信頼性の向上、及び上位系統との調和と影響最小化を提供できる。

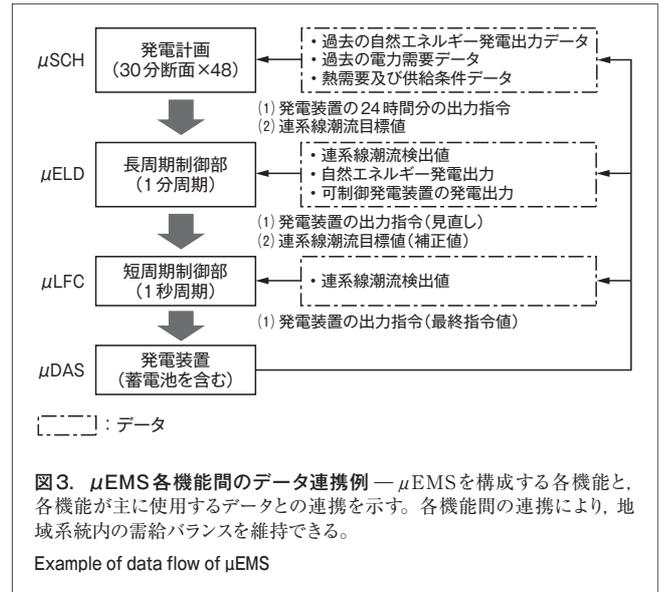
3 μ EMS の機能概要

3.1 全体機能構成

μ EMS は、図 2 に示すように、需給計画機能 μ SCH (Micro Generation Scheduling)、需給制御機能 (長周期制御 μ ELD (Micro Economic Load Dispatching) 及び短周期制御 μ LFC (Micro Load Frequency Control))、配電系統監視制御プラットフォーム μ DAS (Micro Distribution Automation Sys-



(注2) 電力需要の価格弾力性などを利用することで、需要家に対して省エネや負荷移行などの行動変化を促す仕組み。



tem) の各機能で構成される。各機能間でのデータ連携例を図 3 に示す。地域系統内の需給バランスを維持するためには、蓄電池の適正な充放電制御が有効であり、 μ EMS では蓄電池による出力制御を行っている。

3.2 μ SCH⁽¹⁾

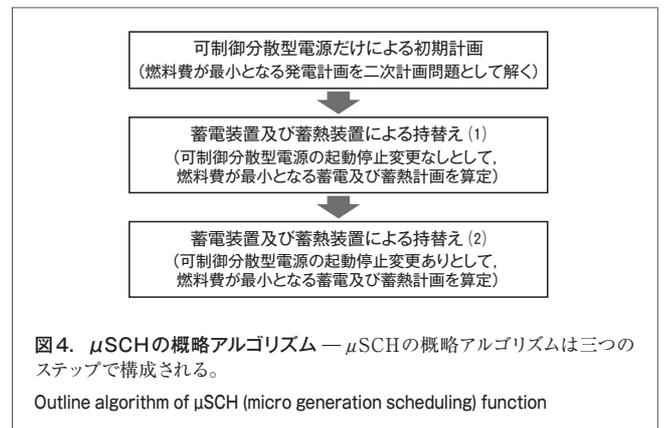
μ SCH は、過去の自然エネルギー発電出力データや電力需要データから、ガスエンジンや燃料電池などの可制御分散型電源、及び蓄電・蓄熱装置の運用コストが最小となる翌日運転計画を作成する。 μ SCH の概略アルゴリズムを図 4 に示す。

蓄電及び蓄熱については、例えば日負荷平準化のような日間ベースの充放電(熱)計画が策定される。

地域内のエネルギー供給においては、電気と熱の双方を考慮することが必要であり、このアルゴリズムで蓄電と蓄熱とを同時に考慮することにより、おのおのを独立に考慮するよりも総合的な効果は高まる。

3.3 μ ELD⁽²⁾

μ ELD は、需給制御のうち、分オードの長周期制御を担い、自然エネルギー発電出力や電力需要の計画値と実績に大



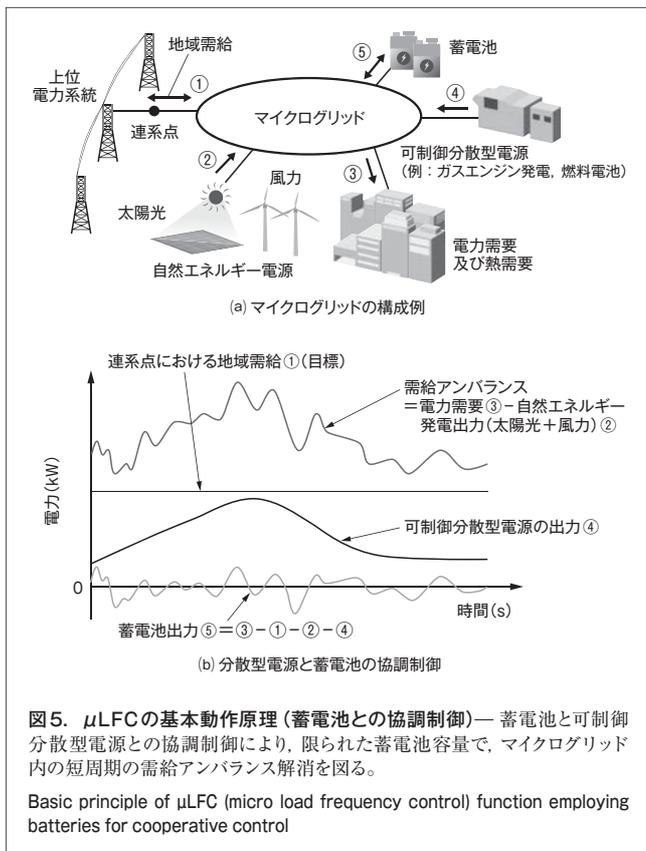
きなずれが生じた場合に、それらのずれを小さくするように蓄電池を含む発電装置の出力指令を補正する。そのために過去数分間の実績値から数分先の自然エネルギー発電出力及び電力需要を予測する短時間先予測機能を設けている。補正量の配分では各発電装置の応答性や経済性を考慮して最適化している。

3.4 μ LFC⁽²⁾

μ LFCは、需給制御のうち、秒オーダーの短周期制御を担う。上位の電力系統とやり取りする電力の変動量(例えば連系点における基準値からの潮流偏差)を監視し、 μ ELDの長周期制御では追従しきれない自然エネルギー発電出力の速い変動に追従して、各発電装置の出力制御を行う。マイクログリッド^(注3)への適用を例とした場合の μ LFCの基本動作原理を図5に示す。需給アンバランスのうち、速い変動を蓄電池に吸収させ、遅い変動を蓄電池以外の可制御電源で対応させることで、限られた蓄電池容量を有効に利用して地域内の需給アンバランス解消(いわゆる連系点での同時同量)を実現している。

3.5 μ DAS

μ DASは、配電系統内の監視制御プラットフォームを提供し、分散型電源や蓄電池、需要家側との双方向データ送受信



(注3) マイクログリッドは、一定地域内において、複数の分散型電源や蓄電池を組み合わせて制御及び運用し、需給バランスを図る方式で、スマートグリッドの一つになる。

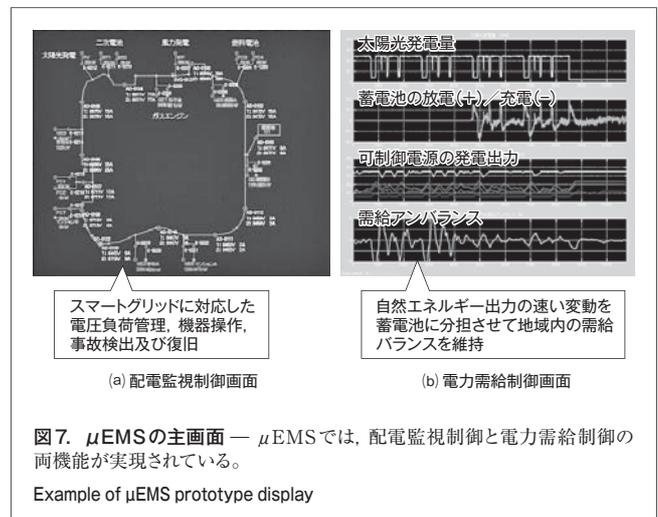
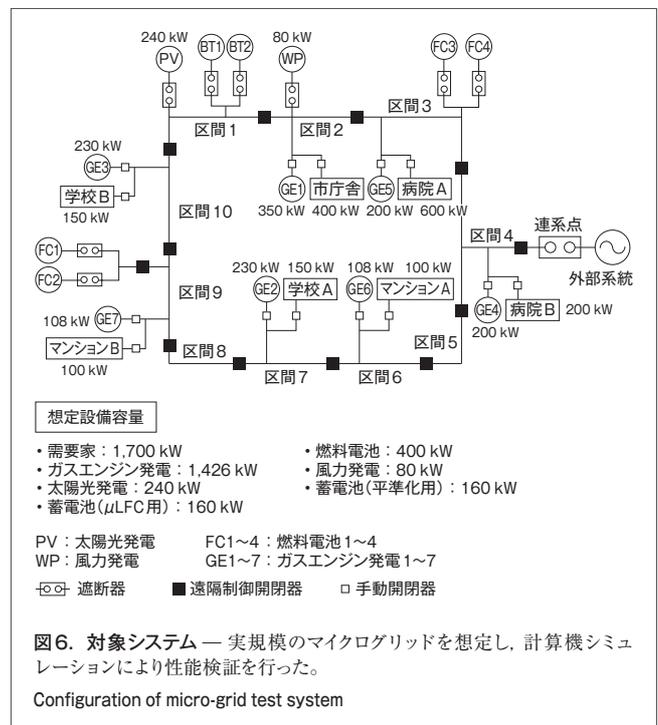
を担う。また、スマートグリッドに対応した電圧負荷管理や、機器・開閉器操作、事故検出・復旧を行う。

4 実規模システムの開発

配電変圧器2次側の1フィーダ分の負荷容量に相当する実規模のマイクログリッドを想定した μ EMSを開発し、計算機シミュレーションにより性能検証を行った。

4.1 対象システム

想定したマイクログリッドの構成を図6に示す。ここでは、需要家設備容量に対して約20%の自然エネルギー電源(太陽光及び風力)が導入されたという設定とした。また、自然エネ



ルギー発電出力の変動吸収を行う蓄電池BT1 (μ LFC用)と、負荷平準化の調整制御を行う蓄電池BT2 (μ SCH・ μ ELD用)を配置している。なお、太陽光及び風力の発電量は、実際の機器から計測取得した実績データを使用している。

4.2 シミュレーションによる性能検証

試作した μ EMSの主画面を図7に示す。配電監視制御と電力需給制御の両機能が実現されていることが μ EMSの特徴である。

開発した μ EMSの需給制御性能を、実規模システムモデルでシミュレーションした。需給計画及び需給制御それぞれの例を、図8及び図9に示す。 μ EMSによる需給制御の結果、図9では、マイクログリッド内の需給アンバランスが5分間移動平均値で $\pm 2.4\%$ 以内になることを確認した。

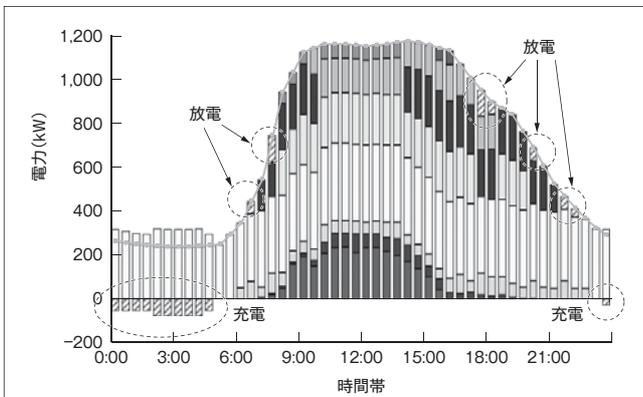


図8. 需給計画結果例 — μ SCHによる実規模システムモデルでの需給計画結果例を示す。運用コストが最小となる可制御分散型電源の発電量、及び蓄電池の充・放電量の計画が計算される。

Example of results of generation scheduling using μ SCH

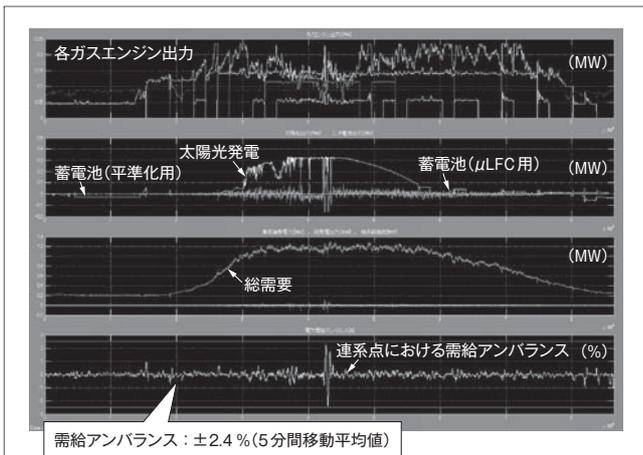


図9. 需給制御結果例 — μ ELD及び μ LFCによる実規模システムモデルでの需給制御シミュレーションの結果例を示す。自然エネルギー発電出力の変動に対しても需給バランスが維持されている。

Example of results of supply and demand control using μ ELD (micro economic load dispatching) function and μ LFC

4.3 機能の高度化に向けて

近年のスマートグリッド技術への関心の高まりとともに、その監視制御を担うコアコンポーネントの μ EMSにも、より高度な技術課題の解決が期待されてくる。例えば、AMIのメータデータ管理システムやスマートメータなどと密に連携したデマンドレスポンスの実現、対象とする地域システムの規模に応じた最適な μ EMSの構築(階層化)、電力会社の中央給電指令システムなど既設制御システムとの協調運用方式の確立などが課題となる。また、自然エネルギー発電の予測・推定技術についても、今後、より高精度な手法の確立が求められる。

5 あとがき

自然エネルギーの導入による二酸化炭素(CO_2)排出量削減とともに、電力システムに対する影響を最小化する課題について、当社が得意としている電力システムの給電技術と配電技術を融合し、蓄電池を利用したスマートグリッド向け監視制御システム μ EMSを開発した。

今後は、スマートグリッドソリューションの中核となる μ EMSの機能拡張を図り、再生可能エネルギーの活用を加速させ、いっそうの CO_2 排出量削減による低炭素社会の実現を目指す。

文献

- 1) 平戸康太, ほか. “蓄電装置と蓄熱装置の同時最適化による運用計画作成方法”. 電気学会 電力技術・電力システム技術合同研究会. 熊本, 2008-08, 電気学会. PE-08-131/PSE-08-140.
- 2) 鳥羽廣次. マイクログリッド向け電力需給制御技術. 東芝レビュー. 62, 7, 2007, p.58 - 59.



吉村 吉彦 YOSHIMURA Yoshihiko

電力流通・産業システム社 電力流通システム事業部 スマートグリッド統括推進部主務。スマートグリッドシステムのエンジニアリング業務に従事。電気学会会員。
Transmission & Distribution Systems Div.



小林 武則 KOBAYASHI Takenori, D.Eng.

電力システム社 電力・社会システム技術開発センター 電力ソリューション・配電システム開発部グループ長、工博。電力システムに関する研究・開発に従事。電気学会, IEEE 会員。
Power and Industrial Systems Research and Development Center



矢野 良 YANO Ryo

電力流通・産業システム社 府中事業所 電力システム部。電力システム監視制御システムの設計・開発に従事。
Fuchu Complex