

スマートメーター活用のためのソリューション

Solution to Utilization of Smart Meter Data

● 野村浩司 ● 柏木哲也 ● 山下 拓 ● 河出 忠

あらまし

東日本大震災以降、エネルギーの供給バランスの問題がクローズアップされ、節電への取組みが生活に定着しつつある。電気をこまめに消すことや、エアコンの設定温度を変えるなど、アナログな節電対策だけでなく、電気使用量の見える化やデマンドレスポンスによる使用量抑制といったデジタルな判断での節電対応が望まれ始めている。また、エネルギーの供給側に向けても、電力需要予測をより細かく実施することが、効率的かつ安定的なエネルギー供給につながると考えられている。このような期待に応えることが可能となった背景として、スマートメーターの導入がある。スマートメーターの導入は、より細かな単位での電気使用量などのデータを収集することを実現し、様々な角度からのデータ分析をすることができるようになった。富士通は今後、このようなデータの利活用を支援するソリューションを提供するための取組みを行っている。このソリューションは、電力需要/供給側の両者へのソリューションであり、将来のスマートグリッドを実現する礎になると考える。

本稿では、そのソリューションの構成と特徴について述べる。

Abstract

Since the Great East Japan Earthquake, when energy supply and balance issues began to attract public attention, various power saving approaches have taken root in our life. Besides human factor-related approaches such as turning off switches when electrical appliances are not in use and changing the temperature settings of air conditioners, solutions based on digital judgment are needed, such as a way to visualize the amount of power consumed by equipment and control such power consumption depending on demand. Power suppliers have also been requested to have more sophisticated estimates of power demand so as to realize a more efficient and stable energy supply. The power suppliers can meet this requirement today through introducing smart meters. These devices can analyze power usage from diverse angles by collecting various pieces of data, including that on the power consumed, in small increments. Fujitsu will propose these kinds of solutions to support optimum data usage. We believe these solutions will be used by both the demand and supply sides of power and serve as a foundation for the Smart Grid to be introduced in future. In this paper, the structure and characteristics of the solution are described.

ま え が き

通信・制御機能を付加した電力計、すなわちスマートメーターを活用した電力網（スマートグリッド）における自動検針システムの本格利用が開始され始めた。

これまでは業務の効率化を目的とした導入検討が進められていたが、最近ではスマートメーターを活用して、電力の供給者と利用者（電力需要家）が双方向でデータを送受信するためのインフラとして、AMI（Advanced Metering Infrastructure）という概念を実現するための導入が求められている。

AMIは、従来の電力使用量を計測するといった電力の供給側が必要な基本機能を実現するだけでなく、双方向通信による遠隔操作、TOU（Time of Use：時間帯別料金）、CPP（Critical Peak Pricing：緊急時ピーク課金）、PTR（Peak Time Rebate：ピーク時リベート対応）といったきめ細かい料金メニューへの対応が実現可能となり、供給側での導入効果とともに、電力使用量データによるコンサルティングサービス、電力の見える化による電力使用量抑制の取組みなど、需要家側でも利用可能な機能を提供することができる。

更に、各需要家の30分ごとの電力使用量を迅速に把握することで、電力設備の最適化や保全の効率化による投資抑制、電力ピークシフト、発電コントロールなどの合理化も実現可能となり始めている⁽¹⁾

これらの実現は、スマートグリッドを実現する重要な要素である。富士通では、スマートグリッ

ト実現に向け、今後、新たなソリューションを提供する必要があると考え、取組みを行っている。

本稿では、このソリューションの実現機能について述べる。

スマートグリッド実現のための構成要素

スマートグリッド実現のための構成要素は、図-1に示すように計量部、検針ネットワーク部、データ収集部、データ蓄積・分析・活用部の大きく四つに分類できる。

(1) 計量部

電力使用量を測定するために各需要家（家庭）に設置された計量メーターを指す。計量メーターは、これまでのアナログ式のメーターから、デジタル式のスマートメーターに順次交換される。このスマートメーターが導入されることにより、より細かな単位での電力使用量を蓄積することができるようになる。

(2) 検針ネットワーク部

各需要家からは、30分ごとに電力使用量が検針ネットワークを經由してセンターサーバまで集約される。一般的にこのルートは「Aルート」と呼ばれる。このAルートの通信方式は、無線メッシュネットワーク方式、PLC（Power Line Communication）方式、携帯電話方式の三つの方式が採用されている。これらの3方式は、利用環境や計量メーターの設置場所により使い分けられる。

また、各需要家からHEMS（Home Energy Management System）の機器を經由して電力使用

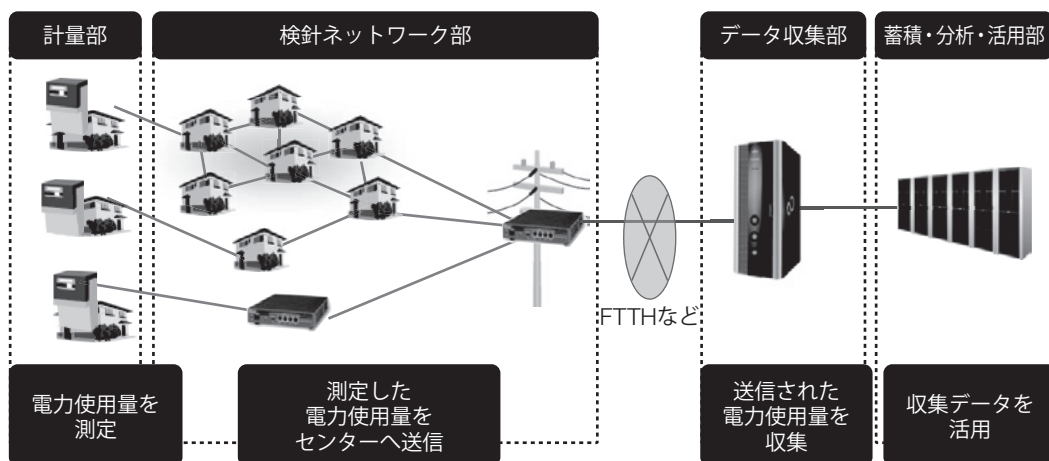


図-1 スマートグリッド構成概要

量を直接見ることのできる「Bルート」も準備されており、需要家が必要なときに、自らの電力使用量を確認することができるようになっている。⁽¹⁾

(3) データ収集部

日本国内の電力会社の場合、100万～2700万世帯の需要家のデータを収集する必要がある。全世界帯から30分ごとに一齐に送信される検針データを確実に収集する機能が必要となる。また、上位システムからの指示に基づき各需要家の計量メーターへの指示や、データの取得を制御する機能も必要となる。

(4) データ蓄積・分析・活用部

集約されたデータは、各需要家の電気料金の算出への利用や、電気使用量の把握に利用される。今後は、30分ごとに集約された電気使用量データを用いて様々な分析、活用が実施される。

ソリューションに求められるもの

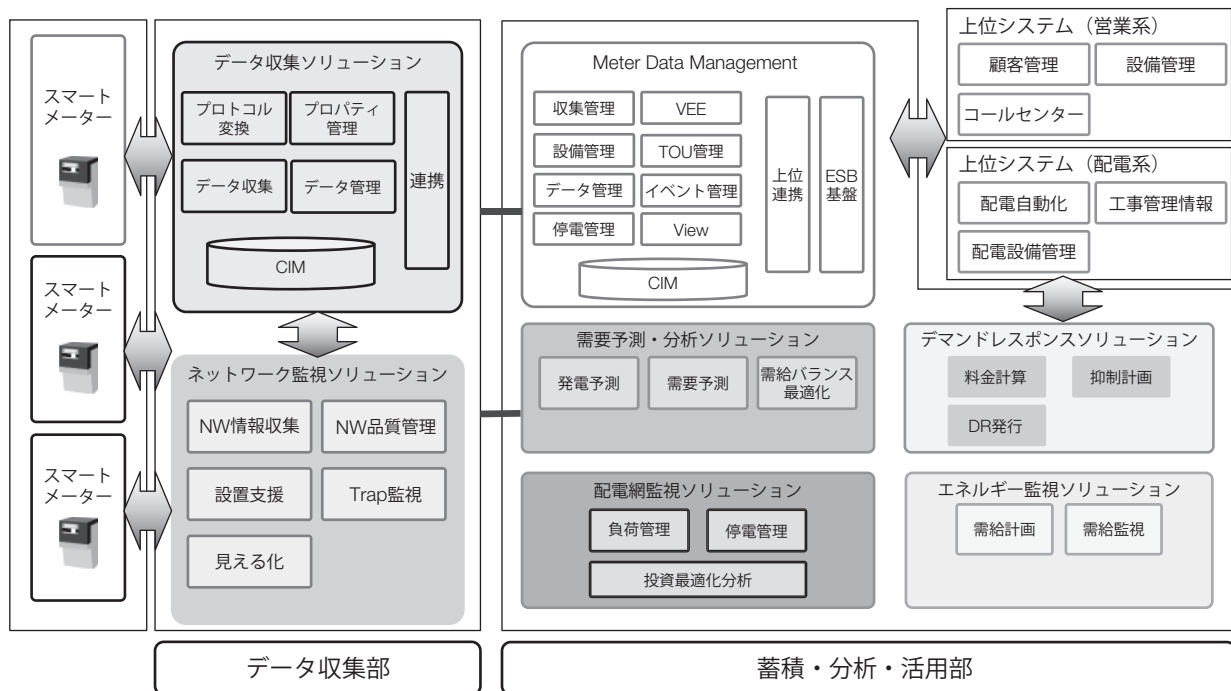
今後求められるソリューションはスマートグリッドを統合的に実現できるソリューションである。

統合ソリューションとして提供すべき機能を表-1に、ソリューション体系を図-2に示す。

表-1 各ソリューションが提供する機能

機能名	機能詳細	対応ソリューション
基本機能	<ul style="list-style-type: none"> データ収集 請求データ確定 需要家への見える化 設置支援 ネットワーク管理 (FAN/WAN) 	データ収集ソリューション ネットワーク監視ソリューション
業務機能	<ul style="list-style-type: none"> 停電管理 負荷管理 (Load profile) 	需要予測・分析ソリューション 配電網監視ソリューション
拡張機能	<ul style="list-style-type: none"> 需要分析と予測 需給バランス調整 デマンドレスポンス 	エネルギー監視ソリューション デマンドレスポンスソリューション

FAN : Field Area Network



VEE : Validates, Edits, and Estimates
 ESB : Enterprise Service Bus
 CIM : Common Information Model
 DR : Demand Response

図-2 ソリューション体系

データ収集部では、検針データを確実に収集し上位システムとの連携を実現する「データ収集ソリューション」、検針ネットワークを可視化し、運用の効率化を実現する「ネットワーク監視ソリューション」を提供する。

データ蓄積・分析・活用部では、検針データを基に需要予測を実現する「需要予測・分析ソリューション」、需給計画、監視を実現する「エネルギー監視ソリューション」、停電や負荷監視を実現する「配電網監視ソリューション」、デマンドレスポンスなどを実現する「デマンドレスポンスソリューション」といった統合ソリューションを提供することが重要と考える。

各ソリューションで提供すべき機能の概要を以降で述べる。

データ収集ソリューション

本ソリューションは検針データを収集し、上位へ連携するソリューションである。ソリューション構成は、図-3に示すようにアダプター部とデータ処理部に分類される。

● アダプター部

アダプター部は様々な通信方式に対応したデータ収集処理を実施する部分である。30分ごとの短時間に数千万台のメーターからの大量データを確実に収集するため、高度な分散処理アーキテク

チャーが必要である。

大量データをイベントに分類し高速に処理をする技術としてCEP（Complex Event Processing：複合イベント処理）などが有効と考える。イベント単位でのシナリオを組み立てることで柔軟な分散処理を実現することが可能となる。また、アプリケーションのマルチスレッド化、オンメモリ化データベースなどの技術を駆使し、より高速に処理が可能なアーキテクチャーの採用も不可欠である。更に、検針ネットワークの負荷軽減や輻輳抑制のため、装置の収容管理制御（負荷を平準化したネットワークの自動構築）やネットワークへのデータの流量制御、優先度制御なども必要となるであろう。

メーターとのインターフェースは国内電力市場を踏まえ、IEC、ANSIなどの国際標準規格に対応させることで、海外を含めた標準規格のメーターとの高い接続性を確保することが可能となる。

● データ処理部

データ処理部は、各アダプタで収集されたデータを集約し、上位システムとの連携を実現する。連携されたデータは、料金計算や電力使用量の把握に利用される。

上位システムとの負荷軽減や、他システムとの柔軟な接続性を実現するため、必要最低限のデータを自身でも保有する。上位システムとの接続イ

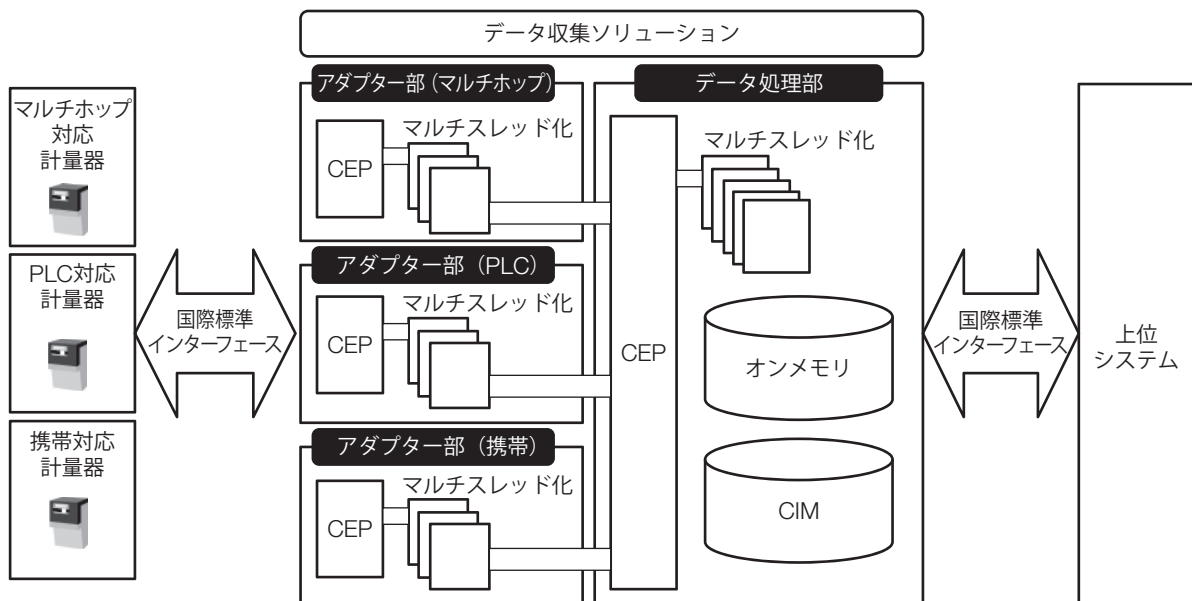


図-3 データ収集ソリューションの構成と機器・システム間インターフェース

ンターフェースや自身で保有するデータモデルも国際標準規格に準拠することで、これまで垂直統合型であった日本の電力会社が、発送配電分離といった水平分業型の電力モデルになった場合、他システムとの親和性を高めることにも有効であると考えられる。

ネットワーク監視ソリューション

スマートメーター展開における、運用支援のソリューションである。スマートメーターは、特定のタイミングで一斉に交換が実施されるものではなく、電力会社の検定満了によつての交換や、家屋の新設などのタイミングで設置され、おおよそ10年をかけ、全世帯に適用される。スマートメーターが徐々に展開されるに比例して広がる検針ネットワークを可視化し、監視、障害対応など運用支援を行う。

● ネットワークデータ登録機能

検針ネットワークの品質情報や、経路情報を蓄積し、品質の高い検針ネットワーク構成構築を支援し、経路情報を分析することで、検針ネットワークの安定度の定期的分析が可能である。

● アラート監視

異常ステータスの発生把握や対処を迅速に可能

とする。しかし、全てのアラートを監視するのではなく、アラート情報の重要度やこれまでの対処実績から緊急度合いを自動的に判断するなどして、運用者に有益な情報を的確に伝えることが重要である。

● 検針ネットワークの可視化

GIS (Geographic Information System : 地理情報システム) を用いて、Webブラウザで地図上(図-4)にスマートメーターや通信機器の配置情報、通信経路などのネットワーク構成情報を表示する。これらにデータ収集ソリューションで収集された検針ネットワークの品質情報などを重ねて表示することで、障害原因の特定や、障害の予兆監視を支援する。

● シミュレーション機能

スマートメーターの設置シミュレーション機能や、経路形成シミュレーション機能を具備することで、更なる運用の効率化、最適な設備配置の支援機能も提供できるものとする。

需要予測・分析ソリューション

本ソリューションの役割は、電力の需要と供給のバランスを最適化する事前運転計画を策定することにある。電力の需要量を供給量が適度に上回

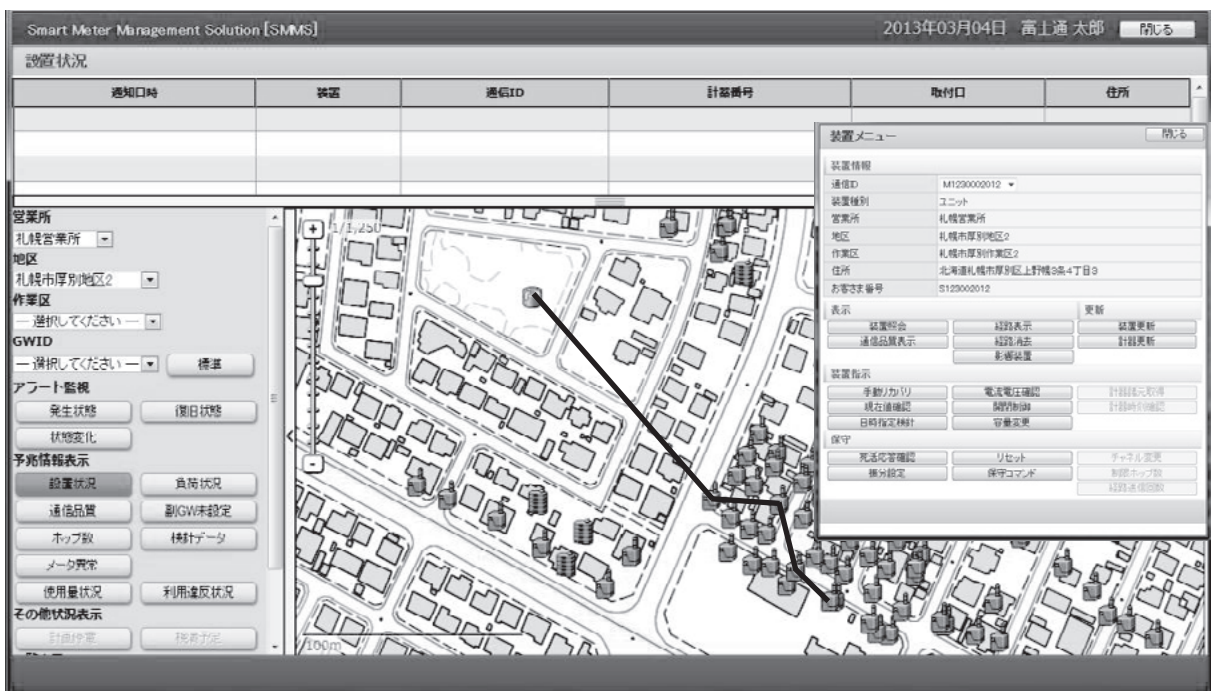


図-4 検針ネットワークの可視化

る関係を維持するためには、供給量を需要量に合わせて増加させるか、需要量を抑制するか、または双方を組み合わせるかのいずれかの手段を用いる。いずれの手段を採用しても、以下の機能が必要となり、その入力情報としてスマートメーターから収集した需要実績データが用いられる。

- ・発電予測
- ・需要予測
- ・日間運転計画最適化

以下にこれらの概要を記す。

● 発電予測

発電予測は太陽電池による発電を対象として、日射量がどれだけあると太陽電池がどれだけ発電するかを予測する。そして、3時間ごとに提供される気象情報を基に各地点に設置されている太陽電池の発電量を時間帯ごとに予測する。

この太陽光発電予測の精度を上げるには、より狭い範囲の正確な気象情報が必要となる。現在入手可能な気象情報だけでなく、各種センサーを太陽電池により近い地点に設けて気象情報と発電実績を収集することで、太陽光発電予測の精度を向上させることができる。

予測の原理としては、日射量を説明変数、発電量を被説明変数とする回帰モデルを用いるため、風速を説明変数、発電量を被説明変数とすることで風力発電予測にも応用することができる。同様に、説明変数を様々な自然エネルギーの組合せとすることで、再生可能エネルギー全般への応用が可能である。

● 需要予測

需要予測は電力需要を対象として、気温がどれだけ上昇すると電力需要がどれだけ伸びるかを予測する。変化する気象条件の実績とそのときの需要実績をスマートメーターを経由して時系列データとして収集することで過去の電力需要傾向を求めることができ、その傾向に未来の気象条件予想を当てはめることで未来の電力需要を予測することができる。

この電力需要予測はより広い地域で予測する方が「ならし効果」によって精度が高くなる。しかし、今後は電力供給先が現在よりも地域でまとまらずに分散することが予想される。これを前提に電力供給者が求める需要予測を提供するには、より狭

い地域の予測、需要家ごとの予測・計画に基づいた電力需要量を求める必要がある。

予測の原理としては、気温を説明変数、電力需要を被説明変数とする回帰モデルを用いるが、リニアな回帰にはならないため、周期変動などを更に考慮する。

● 日間運転計画最適化

先述のように、電力の需要と供給のバランスを最適化するには予測される電力の需要量を供給量が適度に上回る関係を維持する必要があり、本来コントロール対象外である電力需要量と再生可能エネルギーによる発電量をより正確に予測し、残る電力供給量の不足分を火力発電などの制御可能な発電設備を運転することで得られる電力で賄う日間運転計画を事前に策定する。

日間運転計画を策定する際は、需給バランスを維持するだけでなく、より二酸化炭素の発生を抑え、かつ、よりコストを抑えた上で需給バランスを維持するように各発電設備の出力を計画する。計画の原理としては、需給バランスの維持を制約式とし、二酸化炭素発生量の最少化とコストの最小化を目的関数とする多目的最適化モデルを用いる。

エネルギー監視ソリューション

本ソリューションの役割は、電力の需要と供給のバランスが事前に策定した日間運転計画どおり適切に維持されているかどうかを監視し、適切に維持されていない、あるいは適切に維持されなくなると予測される場合は、事前に策定した運転計画補正をすることで電力の需要と供給のバランスを適切に維持することにある。

電力の需要と供給のバランスを適切に維持するためには、以下の機能が必要となり、その入力情報としてスマートメーターから収集した需要実績データを用いる。

- ・需給監視
- ・需給計画

以下にこれらの概要を記す。

● 需給監視

需給監視は各種設備、センサー、スマートメーターからの発電実績、需要実績に関するデータを収集し、30分コマ単位に事前に策定した日間運転計画どおりに電力の需給バランスが維持されるか

どうかを監視する。ある30分コマの需給バランスが正常に維持されるかどうかは更に短い、例えば2分や5分といった周期のデータを収集することで監視する。

併せて、各種設備から異常が検出された場合はそれについても警報を出す。

● 需給計画

30分コマ単位の需給バランスを監視し、需要が供給を上回るあるいは大幅に下回る場合は事前に策定した日間運転計画を補正・変更する必要がある。このとき、事前の運転計画策定と同様に再度最適化する、あるいは手動で補正值を与えるという二つの手段を用いる。

併せて、事前に日間運転計画を策定した時点と当日の運転を開始した後では気象情報が変化するため、最新の気象情報から電力需要量と発電量を再度予測し、それに基づいて当日の運転計画を補正する。

配電網監視ソリューション

スマートメーターの普及は、これまで実態を把握することが困難であった配電系統の設備運用や設備形成の高度化を可能とする。設備運用ではスマートメーターから収集される30分ごとの検針値を活用することで、低圧系統を含む配電系統全体の状態をタイムリーに把握することが可能となる。設備形成では時系列での負荷状況の把握が可能となることで、変圧器や低圧線などの配電設備の適正化を図ることが可能となる。これらの業務を支

援する機能を具備することで配電業務の高度化を支援することが可能となる。

● 設備運用支援機能

設備運用支援機能では電圧・負荷電流の状況をスマートメーターの検針データ収集タイミングに合わせて可視化し表示する電圧監視機能と、停電発生状況表示と停電発生箇所を基に故障設備判定を行うことで対象設備のアラーム表示を行う停電監視機能を有する。これらの機能は、従来から配電設備の管理や設計で多く用いられているGIS上に各種情報を重畳表示することで実現している(図-5)。

電圧監視機能では、配電系統の状態を直観的に把握できるよう電圧を階層色表示するとともに、低圧分散型電源の普及により発生頻度が増加する逆流について高低圧別に方向識別が可能な表示を行う。これにより配電系統全体の状況を負荷密度や地目の違いなどから見る面の視点、配電用変電所から出るフィーダ単位で見る線の視点、電柱や需要家などの任意の設備ごとに見る点の視点の全てを網羅することが可能となる。

停電監視機能では、需要家別の停電発生状況を表示するとともに、複数の停電需要家が存在する場合は、配電系統の電力供給ルートを基に故障設備判定を行うことで、事故の可能性が高い設備にアラーム表示を行う。これにより、停電発生有無や場所の把握にとどまらず、故障設備を想定することで復旧に速やかに取り掛かることを可能とする。



(a) 電圧監視画面



(b) 停電監視・故障設備判定画面

図-5 設備運用支援機能

● 設備形成支援機能

設備運用ではタイムリーな状況把握が重要となるが、設備形成では年間を通じた負荷状況を基礎とした設備の適正化が必要となる。設備運用支援機能に用いる高速潮流計算エンジンで30分ごとの検針値を基に時系列処理することで、より実態に近い電圧・負荷電流の把握を可能とする実態電圧負荷管理手法が提供可能と考える。実態電圧負荷管理手法は、30分ごとの検針値から得た電力使用量と配電系統設備のつながりやインピーダンスなどの諸元を用いて、変圧器や低圧線径間、引込線などの各設備ごとの電圧・負荷電流を時系列管理する手法であり、個々の設備に着目した使用状況や裕度の管理を可能とする。この手法により、当機能は、従来の電圧負荷管理手法で多く採用されている、月一回の検針値を基にピーク負荷電流を想定する方式では不可能だったピーク・オフピークの電圧・負荷電流値や発生時間帯、更には季節変動などをより精度高く管理することが可能となり、変圧器や低圧線、引込線などの設備サイズの適正化につなげることが可能となる。

デマンドレスポンスソリューション

本ソリューションは、需要を抑制することで供給力に余裕を持たせるための仕組みをICTの視点で支援し、再エネ時代における電力安定供給を実現する。一般に、需要を抑制することで供給力に余裕を持たせることをデマンドレスポンス（DR：Demand Response）と呼ぶ。これは、ピーク時の電気料金を割高にしたり、需要抑制に対しインセンティブを支払うなどの設定を行ったりすることで、需要家に電力使用の抑制を促し、電力の需給調整を行うものである。

デマンドレスポンスソリューションは、DRアグリゲータ（DRA）を対象としたソリューションであり、DRAの役割である電力逼迫時の電力使用抑制を行うための機能を具備する。DRを実現する主な機能には、需要予測、DRプログラム管理、需要家情報管理の三つの機能が存在し、正確な需要の制御を実現する。

● 需要予測

DRAにおける需要予測は、気象情報や過去の需要実績による需要予測とDRプログラム発動時の抑

制効果を加味した需要予測が要求される。DRプログラム発動時の需要予測は、DRプログラムごとの抑制効果（実績）やDR発動対象となる需要家の契約内容（サービスメニュー）や気温、インセンティブ、電気価格などの感応度を考慮したものとなる。

● DRプログラム管理

DRメニューとは、DRを実現するための具体的な取決めであり、TOUやCPP、DLC（Direct Load Control：直接負荷制御）などがある。DRAは、電力供給者からの需要削減要請を受けてDRを発動するが、要請に対する確かつ柔軟に需要を削減しなければならない。本機能は、様々な方式のDRプログラムを抑制効果、発動条件、発動対象など様々な視点で管理することで、DRを依頼する需要家の選定や正確な削減量の計測（需要予測機能）を可能にする。また、様々なDRプログラムの発動状況や効果を管理し可視化する機能を有する。

● 需要家情報管理

DRの様々な場面において需要家の情報は必要不可欠である。例えば、DR依頼対象の需要家選定では需要家の契約情報や過去の需要・削減実績を用いて対象を選定し、需要予測では需要家の過去削減実績を加味した予測を行う。需要家情報管理は、DRAが電力供給者からの需要削減要請に的確かつ柔軟に対応するために需要家単位で契約や需要実績、削減実績など様々な視点の需要家情報を管理する。

む す び

本稿では、スマートメーター活用に向け、今後、必要となるであろう各ソリューションの概要について述べた。

個々のソリューションとしての役目も重要であるが、相乗効果を生み出すトータルソリューションとして提供しなければならない。各ソリューションが有機的に機能できるのは、スマートメーターの展開が完了するであろう10年後かも知れない。10年後は、エネルギーの供給バランスの問題も今現在とは異なったものであろうし、節電への取組みも異なったものになっていると想像される。時代のニーズを追従するソリューションを提供することが富士通の使命であり、役目であると考えている。

参考文献

- (1) 経済産業省：スマートメーター制度検討会報告書.
平成23年2月.

[http://www.meti.go.jp/committee/summary/0004668/
report_001_01_00.pdf](http://www.meti.go.jp/committee/summary/0004668/report_001_01_00.pdf)

著者紹介



野村浩司 (のむら こうじ)

エネルギーソリューション開発事業部
スマートネットワークソリューション
部 所属
現在、スマートネットワークソリュー
ション全般の業務に従事。



山下 拓 (やました たく)

スマートシティ・エネルギー推進本部
ソリューション統括部 所属
現在、エネルギーマネジメントシステ
ムの開発に従事。



柏木哲也 (かしわぎ てつや)

エネルギーソリューション開発事業部
西日本システム部 所属
現在、エネルギーマネジメントシステ
ムの企画・開発に従事。



河出 忠 (かわで ただし)

スマートシティ・エネルギー推進本部
ソリューション統括部 所属
現在、エネルギーマネジメントシステ
ムの実証実験に従事。