

-1 情報社会論1(高齢化・デジタルデバイド)

持続循環型社会を実現するエネルギー関連事業の情報基盤の提案

A Proposal of Intelligent Information Infrastructure for Energy Business in order to Build Sustainable Community

山崎 治郎¹, 吉野 大士¹ 阿部 泰裕¹ 戸倉 一¹ 福原 英之¹
佐分利 徹² 藤田 龍太郎² 林 隆史¹

Jiro YAMAZAKI, Daishi YOSHINO, Yasuhiro ABE, Hajime TOKURA,
Hideyuki FUKUHARA, Tetsu SABURI, Ryutarō FUJITA, Takafumi HAYASHI

¹会津大学 コンピューター理工学部 The University of AIZU, Computer Science
²ネットワンシステムズ株式会社 Net One Systems Co.,Ltd

Abstract Great East Japan Earthquake and the following accident at Fukushima Nuclear Power Station of Tokyo Electric Power Company have revealed many issues and studies to us. It was not only a energy source issue but entire system issue over energy network in Japan. This paper identifies what is required to solve these issues from business model, regulation, some technical perspectives, and make proposal of intelligent information infrastructure in order to build more sustainable community. The proposed infrastructure includes highspeed messaging network, bigdata storage and analysis functions that will give easier approach to new coming energy servicer to create tolerable and flexible infrastructure with less initial and running investment for information infrastructure.

キーワード DRアグリゲータ、EVNO、Baas、ビッグデータ、メッセージングネットワーク

1. はじめに

東日本大震災とそれに続く福島第一原発の事故は、我々に多くの教訓と課題を与えた。その中でも震災前後のエネルギーの逼迫は、改めて現在社会のエネルギー供給システムの脆弱性を浮き彫りにした。それは、単に発電源としての原子力依存の問題だけにとどまらず、事業形態、運用形態も含めたエネルギー需給システム全体とそれを支える制度や市場のあり方にも大きな疑問を投げかけた。

事業者同士の競争原理が働きにくい現在の体制は、一見安定しているようで、かえって災害など想定外の事態に柔軟に対応が必要な場合の危機管理の面では弱いことを露呈している。

本稿は、従来の電力事業や電力の需給システムの長所を活かしながらも、再生可能エネルギーや分散電源システムをうまく取り入れて、安全で、かつ、利用者、供給者双方のコストが抑えられ、かつ新産業の育成も助成するような仕組みに移行するための条件や要素について、検討を加える。

2. 前提

従来の我が国の一見して安価で安定していたエネルギーシステムを次世代の持続循環型社会へ移行させるための要件は、以下の3つと仮定する。

- ① 再生可能エネルギーの導入
- ② 災害耐性の向上
- ③ エネルギー売買の市場原理を働かせること

“①再生可能エネルギーの導入”は、響きのよい葉

とは裏腹に、人間ではそもそも制御できない自然現象に立脚したエネルギー源も含み、これらを予測したりミックスして制御するというのは、非常に大きな技術的な困難さを伴う課題である。また、場所の問題等を含めコストも決して安くはないという課題も伴う。

”②災害耐性”は、複数系統間の連携を物理面のみならず、システム面、運用面に対応できるよう設計する必要がある課題である。“③市場原理の導入”は、技術面のみならず、事業者の参入機会を与えるための法整備、事業者側のビジネスモデルの確立などを伴う課題である。

これらの課題や障壁がありながらも、国内外において、すでに先行した事業モデルや、事業モデルの提案がなされている。本項では、それらの取り組みについて触れる。

(1) DR アグリゲータ

日本国内において発送電事業分離や、電力売買の完全自由化などが検討される中、現行の法制度の枠内でもある程度実現可能な新たな事業領域として注目されているものに、DR (Demand Response、需要応答) アグリゲータがある。[2-3]

DR アグリゲータは、電力(系統運用)会社側が設備投資を抑制するために、お金をはらって需要家に節電を促し、ピーク需要を平準化することで、最大ピークに対応するための発電設備に対する投資を抑制することが狙いである。この電力会社と需要家を仲介するのが DR アグリゲータであり、米国では、EnerNOC 社、Converge 社などがすでに事業を営んでいる。[2, 3]

-1 情報社会論1(高齢化・デジタルデバイド)

日本国内の原子力諮問委員会で、東京電力が対価をはらって、需要家に節電を促すなどの対策も検討されているが、考え方は、DR アグリゲータと同じである。

[2-5]

DR アグリゲータは、電力の需給逼迫時に、電力会社からの要請を受けて、契約している需要家達に節電を促し、インセンティブを供給系統事業者からもらい、更にそれを需要家に還元するというビジネスモデルである。需要家は、節電することで DR アグリゲータから対価を得る DR アグリゲータは、DR を働かせて、ピーク需要をカットしたり、シフトすることで、電力会社から対価を得る。電力会社は、DR アグリゲータにお金は払うが、その分以上に、余剰電力確保のための設備投資が抑えられるので、トータルコストは安くなる。[2-5]

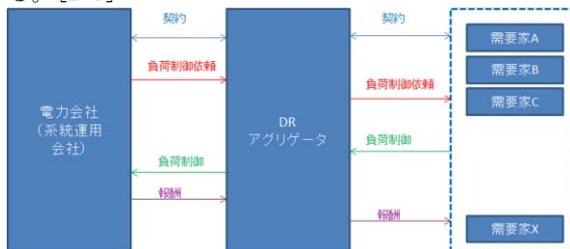


図1. DR アグリゲータ事業概念図

DR アグリゲータは、電力会社と需要家の間に介在して、電力需要の平準化をはかることにより、供給系統の設備を最適化し投資を抑制する事業である。発電を増やすという発想ではなく、需要を平準化することにより、発電するのと同等の価値を持たせるという意味合いから、発電事業をメガワット事業と呼ぶのに対して、このような事業をネガワット事業ということもできる。[2]

一方、国内においても、北九州市のスマートコミュニティ実証事業の中で、“地域節電所”という概念モデルを作り、その有効性に関する実地検証が進んでいる。このモデルも、需要家に節電に対するインセンティブを与え、需要のピークをシフトすることにより、発電設備の投資を抑制することを狙ったものであり、DR アグリゲータにほぼ近いモデルを目指している。[1]

また、このようなビジネスモデルに立脚した市場を“ピークカット市場”と呼ぶ場合もある。

経済産業省が主体となって進められている国内の BEMS アグリゲータや MEMS アグリゲータは、節電に対する金銭的なインセンティブが、供給側から需要家側にフィードバックされていないので、ビジネスモデルとしては大きく異なる。

(2) EVNO

EVNO は、電力の供給系統のインフラを持たない仮想的な電力サービス会社という考えの元に、慶応大学の山中教授により提唱されたモデルである。

電力の需要の制御（ネガワット）と、供給の融通

（メガワット）を仮想的にマッチングさせて実現するサービスを提供する会社である。

現在の電気事業法では、実現は難しく、実現のためには、送配電網運用事業者と、発電事業者、サービス事業者の分離が許容される必要がある。需要家の電力需要を予測し、それに一番距離が短く効率のいい電力を適時供給する仮想的な電力サービス会社である。

需要家は、状況に応じて安価な電力を購入することができる。電力会社は、通行料として、送電料金を EVNO から得ることができる。EVNO が利益を得るためには、できるだけ多くの分散電源を供給者を集めることが重要である。また、もうひとつの意義は、化石燃料に頼らない電力源の有効利用である。ビジネスモデルとして新しいのは、需要家側が購入する電力の種類や価格を選択できるという点である。[5-9]

単に、電力会社に卸売する電力市場が自由化されるのとは、全く異なる意味を持つ。

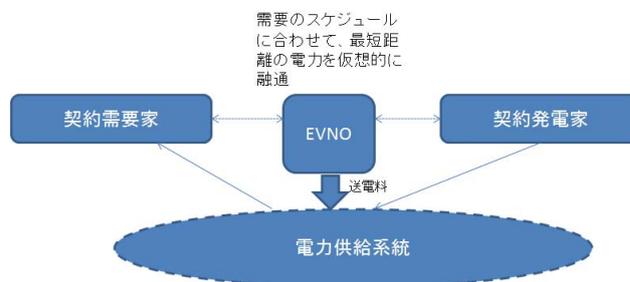


図2. EVNO 事業概念図

3. 目指すところとそれに向けての課題

従来の電力事業や電力の需給システムの長所を活かしながらも、再生可能エネルギーや分散電源システムをうまく取り入れて、安全で、かつ、利用者、供給者双方のコストが抑えられ、かつ新産業の育成も助成するような仕組み、そして災害耐性を確保することが付加条件である。

本項では、エネルギーに関するサービス事業の課題を法制度、市場、技術の側面から考察する。

メガワットとして再生可能エネルギーを大量に導入する場合のエネルギー事業における市場の課題は、発電する電力の市場取引が難しいということである。化石燃料による電力と異なり、太陽光発電や風力発電は、人間が制御することが不可能な自然現象に基づくものであり、電力系統運用者が、供給の安定性を確保するための周波数制御や予備力確保のためのアンシリサービスを困難にする。今後法制度の改正により、市場の完全自由化や発送電分離が事業的に認可された場合も、新規事業者の参入障壁となることが容易に想定される。また、災害耐性を高めるためには、複数系統事業者の相互運用などの点も市場面や法制度面から考慮する必要がある。

一方、ネガワットとして、節電や需要シフトなどを需要家に促し、供給力を抑制させるサービスを実現する事業（ネガワット事業）は、制御や管理の対象となる需要機器を管理している需要家は人間であり、その

-1 情報社会論1(高齢化・デジタルデバイド)

行動習性や優先順位などを制御すればよい点から、自然現象よりも予測したり制御しやすい部分がある。しかし、逆に、節電の公平性などの人間的な感情などのファクターも考慮にいれ、運用する必要がある。また、需給逼迫時にピークカットや平準化のための実際に制御を行うには、すべての需要の内訳をあらかじめ知っておく必要がある。さらには、需要機器単位で精度の高い予測を行い、それを元に需要の制御をおこなうには、需要そのものの情報だけではなく、需要に影響を与える様々な因子（気候、家族構成、事業内容、地域、イベント）なども考慮する必要がある。[7-8]

地域の電力会社による各需要家へのスマートメーターの導入が今後何年かの間に進むことが考えられるが、スマートメーターと需要家の負荷機器間の連携はまだ考慮されていないこと、異なる電力会社間のデータや通信方式の互換性は考慮されていないことなど、技術的側面における課題は多く存在する。

4. 提案

エネルギー事業における法規制が緩和され、電力の売買が自由化され、社会制度的に総発電事業分離が可能になったとしても、新規事業者の参入障壁は決して低くはない。メガワット市場においてもネガワット市場においても、技術的には、需要と供給の高精度な予測とそれによる制御が要求される。それらを実現するためには、情報システムに以下のような要件が必要とされる。

- ① 高速性（処理遅延の最小化）
- ② ビッグデータへの対応
- ③ 相互接続性・運用性の向上

“①高速性（処理遅延の最小化）”とは、単に高速の回線を導入したり、コンピューター資源の高速化をはかることだけにとどまらず、“高精度な予測”のためにデータの処理を高速に低遅延で実行する必要があるという意味である。また、精度の高い予測には、測定精度と計算誤差の管理にも考慮が必要である。

“②ビッグデータへの対応”は、発電量や需要量を正確に予測するようなシステムにおいては、直接的・間接的に関連するデータを持続的に長期に蓄積管理すること、それらのデータを分析し、そこから得られた情報を逐次整理して参照する必要がある。それらの元となる源データは、ひとつの断片としては、少量であっても、それを持続的に、多地点から蓄積していかなければ有効な情報とならない。

“③相互接続性（運用性）の向上”は、同じ情報を複数のシステムから参照すること、たとえば気象情報などは、発電の予測にも需要の予測にも利用されることが考えられ、それらの相互接続や参照が柔軟に行える仕組みがシステムとして必要になってくる。また、対災害性を考えた場合、複数のグリッドや系統間の連携を行うためには、複数のシステム間でアプリケーションや情報を連携させることが必要になる。

日本の各所において、スマートグリッドやスマートコミュニティの実証事業が近年さかんに行われている。また東京電力の2014年からのスマートメーターの導入も発表されており、システム単体としての国内の電力供給システムのスマート化は今後も加速すると考えられるが、システム相互の連携やビッグデータへの対応という側面では、まだ研究開発が不十分である。会津若松、北九州などの実地検証事業は、まだ数100戸というレベルであり、まだビッグデータというレベルまで達していない。[1]

法制度や市場が熟したとしても、このような技術課題を新規参入事業者が克服するためには、莫大な初期投資がかかる。また、運用のランニングコストも事業の継続を圧迫し、市場の進展を阻害する可能性がある。

本稿では、これらの現状を踏まえ、以下のような支援システムをBaaS(Backend as a Service、バックエンドアズアサービス)として実装することを提案する。

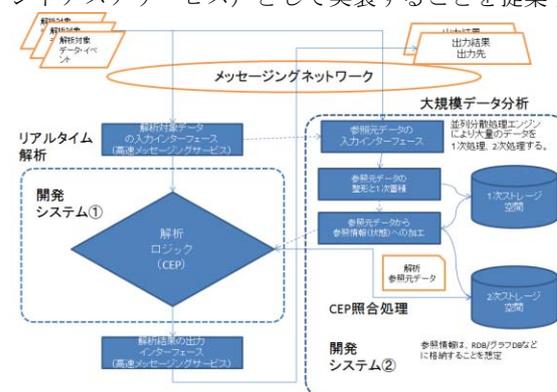


図3. 提案システム概念図

エネルギーに関連する事業を行うために必要な、現状把握や予測を行うための情報は、様々なセンサーから集められる源データやすでに蓄積管理されている外部機関の参照情報など非常に多岐にわたる。

これらの情報の元となる様々なデータの形式は統一されておらず、そのまま構造化データとしてRDBで一元的に管理することは不可能である。提案システムでは、源データを非構造化データとして貯蔵する一次蓄積層と、源データを解析・加工して得られた結果を構造化して蓄積する2次蓄積層を分離する複数階層構造の蓄積基盤を採用する。

提案システムは、蓄積・解析の前段の処理として、必要なデータを複数のシステムから並行して取り出すことを用意にするネットワークセントリックなPubSub手法を採用する。これをメッセージングネットワークと呼ぶ。[10, 11]

従来は、同じデータ源を目的の異なる複数のシステムで利用するために、個別にシステムを構築したり、システム毎の個別の調整をする手間が必要であった。提案手法においては、内容を分類する識別子を付与してデータを流通バスであるメッセージングネットワークへ転送し、その識別子の内容を必要とするシステム側が必要に応じてそのデータを抽出することが可能で

-1 情報社会論1(高齢化・デジタルデバイド)

ある。この手法は、システムの構築の手間を省略すると同時に、データ転送や処理の遅延を個別にシステムを構築する場合よりも、低くする効果がある。

同じデータを持続的に蓄積して傾向分析に役立てるとともに、そのデータを即時性のある判断にも同時に利用するような連携したシステムを構築することも容易である。

たとえば、電力のアンシラリサービスの周波数調整を環境センサーなどの情報を参照して行う場合は、蓄積データの過去の傾向分析とリアルタイム分析の組み合わせが必要である。

また、発電量を予測した結果は、周波数や位相の制御に反映されると同時に、電力を売買する場合のプライシングにも反映されなければならないというように、処理の後段においても、複数のシステムへ同時に出力することが必要になる場合もある。それらが更に追加されたり、変更されたりする場合も考えられる。提案システムは、処理の後段にもメッセージングネットワークが介在することにより、処理結果に対する出力先の追加や変更、調整を簡単に行える。[9-10]

エネルギー関連事業に必要な発電や需要の的確な予測には、様々な情報ソースから長期にわたって持続的にデータを収集・蓄積する必要がある。対災害性を高めるためには、それらのデータを地理的な面からもバックアップ可能な仕組みが必要である。超大量データのバックアップを行うには、従来の手法では、大きな手間とコストが必要となる。提案システムでは、超大量データへの拡張性を確保するとともに、データの可用性、秘匿性、完全性に対応するために、秘密鍵分散ストレージ技術を採用する。秘密鍵分散ストレージとは、データを暗号化、破片化、符号化し、物理的に離れたストレージにデータを分散保管する技術である。ビッグデータの秘匿性が向上するとともに、データのバックアップシステムを蓄積システムとは別に構築することが不要であり、運用管理性を向上することができる。

5. 結論

次世代のエネルギー関連事業のインフラとして必要になる様々な情報による予測と制御を実現するための情報の流通と蓄積・解析に関して以下のような手法を提案した。

-論理的な複数階層構造を持つデータ蓄積機構

源データを貯蔵する一次蓄積層と、解析・加工結果を構造化して蓄積する2次蓄積の分離

-大量データの蓄積・分析と、イベントからの参照を複合的に実行する仕組み

-データを暗号化・断片化・符号化して分散保管する仕組み

-データの蓄積・解析処理の前段・後段に、メッセージングネットワークを導入し、複数システムの連携や結合を容易にする手法

また、これらの手法の利用により、以下のようなこと

も実現可能である。

-ポリシーの違うコミュニティ間の接続、形式が異なるデータ間の仲介

-N対Nの情報流通の仕組み

-多変量のリアルタイム解析

-大量データの広域にわたる蓄積管理環境

これらの手法を Baas として準備すると同時に、広域にわたり相互に連携させるための実地検証環境の準備や市場や制度の課題やビジネスモデルを検証するための特区の構築についても今後検討していきたい。

参考文献

- 1) SmartGrid ニュースレター編集部:”北九州スマートコミュニティにおけるデマンドレスポンスの実践的展開” Smartgrid ニュースレター4月号、2013
- 2) 加藤敏春:”スマートグリッド プラン B” NTT 出版、2012
- 3) 伊藤 剛:”次世代電力システムの鍵を握るデマンドレスポンス” NRI Knowledge INSIGHT、2012年3月号 Vol.23、2012
- 4) 佐藤仁人、滝 雄二郎:”米国におけるデマンドレスポンスアグリゲータの現状と今後” NRI Knowledge INSIGHT、2012年3月 Vol.23、2012
- 5) 加副秀互:”急拡大する国内デマンドレスポンス事業機会”、NRI Knowledge INSIGHT、2012年3月 Vol.23、2012
- 6) 山中直明:”通信技術・フォトニクスが作るスマートなネットワークへの新しい展開” 信学技報、2011
- 7) 山本草詩、石井大介、岡本聡、山中直明:”電力需要平滑化型スマートグリッドネットワークアーキテクチャとそのスケジューリングアルゴリズムの提案” 信学技報 Vol.111 No.71 pp45-50、2011
- 8) 山本草詩、石井大介、岡本 聡、山中直明:”スマートグリッドにおける送電ロスが最小となる発電源選択法の一検討” 信学技報、2011
- 9) 山中直明:”スマートネットワークの未来 ~EVNOが作る新エネルギービジネス” 慶応大学出版会、2012
- 10) 山崎 治郎、陳 健、吉野大志、高橋友一、丹野嘉信、阿部泰裕、戸倉 一、福原英之、佐分利 徹、藤田龍太郎、林 隆史:”メッセージングネットワークのスマートグリッドへの応用に向けて” 信学技報 vol. 112, no. 430, IA2012-72, pp. 7-11、2013
- 11) 寺 菌淳也、山崎治郎、久 田 雅之、戸倉一、鈴木太郎、渡 辺 曜 大、矢 口 勇 一、成瀬継太郎、宮崎敏明、福原英之、岩瀬次郎、林隆史:”グラフデータベースを用いたサービス疎結合支援基盤”: 社会情報学会学会大会、2012