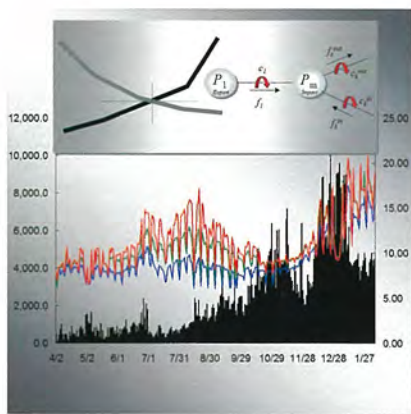
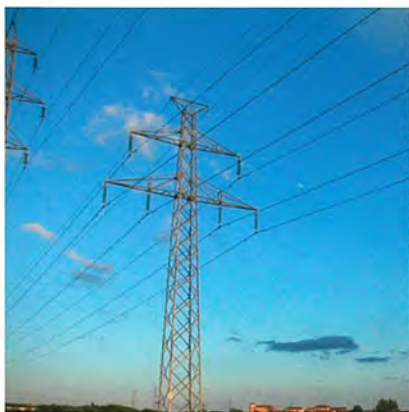


MITSUBISHI

三菱電機技報 Vol.80 No.3

2006 **3**

特集「新たな時代の電力ビジネスに 対応したシステムソリューション」



目次

特集「新たな時代の電力ビジネスに対応したシステムソリューション」
新たな時代の電力ビジネスに対応した
システムソリューションに寄せて 1
岩本伸一

新しい電力市場に対応した三菱電機の取り組み 2
尼子量之・塚本幸辰

日本卸電力取引所向け卸電力取引所システム 7
谷本昌彦・マルミローリ マルタ・西岡篤史・吉川幸司

電力取引支援システム“BLEnDer” Trader 11
橋本博幸・広瀬公一・平野秀明

電力自由化環境下における自動給電システム 15
須藤剛志・福井伸太

電力託送料金調定システム 19
松原龍之介・永瀬貴之・新山カヨ

電力小売管理システム 23
塚田路治・田中俊行・井上俊宏

ユースケースモデルを活用した
業務システムの開発ライフサイクル 27
山岡孝行・石原 鑑・古田裕久

業務システムを支えるBPMの
電力市場関連システムへの適用 31
山足光義・五十嵐政志・砂田英之・北山泰英・茂木 強

マイクログリッド需給制御システム 35
古塩正展・小島康弘・片岡道雄

分散型電源に対応した配電系統解析システム 39
天満耕司・河野良之・合田忠弘・片岡道雄・下村 勝

太陽光発電の普及拡大に向けた課題と取り組み 43
岸添義彦・田中清俊・西尾直樹

電力市場に対応した電力計測システム 47
鎌田一郎・戸板滋人

電力自由化に対応したロードサーベイシステムと
データ分析技術 51
水谷 茂・深谷 満・北山匡史

海外の電力自由化動向 55
徳原克久

System Solutions of Mitsubishi Electric for New Electricity Business Environment

System Solutions for New Electricity Environment

Shinichi Iwamoto

Mitsubishi Electric Activity in the Area of New Electricity Market

Kazuyuki Amako, Yukitoki Tsukanoto

Japan Electric Power Exchange System

Masahiko Tanimoto, Marta Marmioli, Atsushi Nishioka, Koji Kikkawa

Electricity Trading Transaction System “BLEnDer” Trader

Hiroyuki Hashimoto, Koichi Hirose, Hideaki Hirano

An Energy Management System in Liberalized Environment

Takeshi Suto, Shinta Fukui

Billing Systems for Electric Transmission Charges

Ryunosuke Matsubara, Takayuki Nagase, Kayo Niijima

Operational System for Power Producer and Supplier

Michiharu Tsukada, Toshiyuki Tanaka, Toshihiro Inoue

Model-based Software Development Process for Enterprise Systems

Takayuki Yamaoka, Akira Ishihara, Hirohisa Furuta

BPM Technology for Electric Power Trading Systems

Mitsuyoshi Yamatari, Masashi Igarashi, Hideyuki Sunada, Yasuhide Kitayama, Tsuyoshi Motegi

Control System for Micro-Grid Supplying Heat and Electricity

Masanobu Koshio, Yasuhiro Kojima, Michio Kataoka

Method for Power System Analysis Including Distributed Generator

Koji Temma, Yoshiyuki Kono, Tadahiro Goda, Michio Kataoka, Masaru Shimomura

Issues and Activities for Diffusion of the Photovoltaic Power System

Yoshihiko Kishizoe, Kiyotoshi Tanaka, Naoki Nishio

Electric Power Measurement System Corresponding to the Electricity Market

Ichiro Kamada, Shigeto Toita

Load Survey System and Load Survey Data Analysis Techniques

for Deregulation in the Electric Power Industry

Shigeru Mizutani, Mitsuru Mitani, Masashi Kitayama

Trends of Overseas Electric Industry Deregulation

Katsuhisa Tokuhara

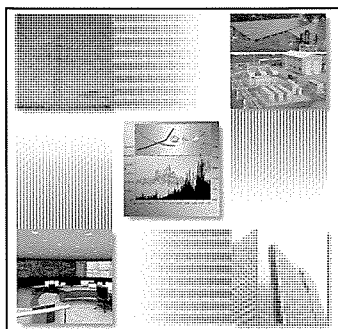
特許と新案

「経路探索装置」 59

「車両用道路関連情報事前提示装置」 60

スポットライト

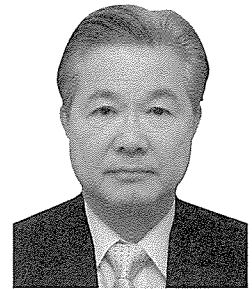
三菱デジタル電力系統解析シミュレータ



表紙：新たな時代の電力ビジネスに対応したシステムソリューション

この特集は、電力自由化や環境問題などの新たな社会環境変化に対応するための三菱電機における技術開発の取り組みを紹介したものである。表紙の写真は、真中に2005年4月から運用開始した日本卸電力取引所におけるスポット約定状況を示しており、その周りには、左上から電力輸送を支える送電網、左下には電力の安定供給をつかさどる中央給電司令所、さらに右上には新エネルギーを活用したマイクログリッドシステム、その下には需要家としての三菱電機本社東京ビルを示す。

新たな時代の電力ビジネスに対応したシステムソリューションに寄せて
System Solutions for New Electricity Environment



岩本伸一
Shinichi Iwamoto

2005年4月から、日本の電力自由化は大きな変革の一步を踏み出した。すなわち、日本の電力自由化のルールを決め公平性と透明性を監視する電力系統利用協議会と、電力の先渡し取引と一日前取引を行う日本卸電力取引所が活動を開始した。日本の電力自由化の大きな特徴は、発電・系統運用・送電の垂直統合体制を保ったままで、電力会社の独占を廃止し、新規電力事業者が参入できるようにした点にある。この決定の大きな理由は、国民生活に大きな影響を与える安定供給に重点を置いた結果であると考えられる。

電力系統利用協議会も大きな特徴を持っている。それは、構成メンバーが、利害を異にする電力会社、PPS (Power Producers and Suppliers)、卸自家発電業者からなり、それに中立者が加えられているところにある。電力系統利用協議会の中の専門委員会も同様な形になっているとともに、各委員会の委員長は中立者である。例えば、現在の運用委員会も、経済関係の大学関係者が2名と電気系の大学関係者が3名入っており、バランスのとれた議論が行われている。中立者は自分の利害に直接関係ないだけに、国民にとって何が最善かという観点からの意見が出るという特徴がある。

日本と欧州の電力自由化を見たとき、多くの類似点が見られる。欧州の一つ一つの国を日本の電力会社地域と考えると分かりやすい。異なるのは、欧州では電力系統網がメッシュ状になっているのに対し、日本では北から南まで放射状になっていることである。パンケーキ問題は日本でも欧州でも解消されており、日本における混雑管理には北欧と同じ市場分断が行われている。ただ、自由化の背景を見たとき、かなりの違いがある。欧州では、電気料金が安い国々があり、北欧の水力やフランスの原子力のように電気料金が安い国々もある。欧州全体において、各国の送電網

を共通使用にし、安く発電できる国から電力を輸入すること、また、安く発電できる国から電力が高い国に輸出することは道理にかなっている。

また、原子力を廃止したいスウェーデンが原子力を促進させたいフィンランドから電力を輸入するのもお互いの理にかなったことである。欧州の国々から考えれば、電力の自由化は、経済的及び政治的な見地から非常に有用であり、各国の経済発展につながるものである。オランダの系統運用会社に行ったとき、“オランダの国の中に発電機が一台もなくなってもよい。我々は、国際連系線を通して安いところから電力を買えばそれでよい”という言葉聞いたときには驚いた。ただ、ダッチカウントという言葉もあるように経済的観点が強いオランダ人にとってみれば当然の言葉だったかも知れない。

オランダには電力取引所が開設され、オランダ-ドイツ国境には電力潮流制御のために移相変圧器が設置された。これは、電力自由化下での新しい技術であると言える。日本の電力自由化を考えると、一番重要なことは、国民にとって何が一番良いのかということであり、その中で、新しい電力自由化下での技術開発がなされることが望ましい。電力自由化が行われた国々では大停電が発生し、停電復旧にかなりの時間を要したことは記憶に新しい。我が国の電力自由化で技術的に重要なことは、まず停電を起こさない技術、そしてもし停電が起こったときでも最小時間で停電復旧可能な技術である。また、例えば、パンケーキ問題解消、30分同時同量、そして電力取引に関しても、実際問題として更なる技術的改善が必要であろう。そのためには、将来的に、新しいパワエレ技術やIT技術による解決が必要であると考えられる。日本型電力自由化の発展と成功を祈りたい。



尼子量之*



塚本幸辰**

新しい電力市場に対応した 三菱電機の取り組み

Mitsubishi Electric Activity in the Area of New Electricity Market

Kazuyuki Amako, Yukitoki Tsukamoto

要旨

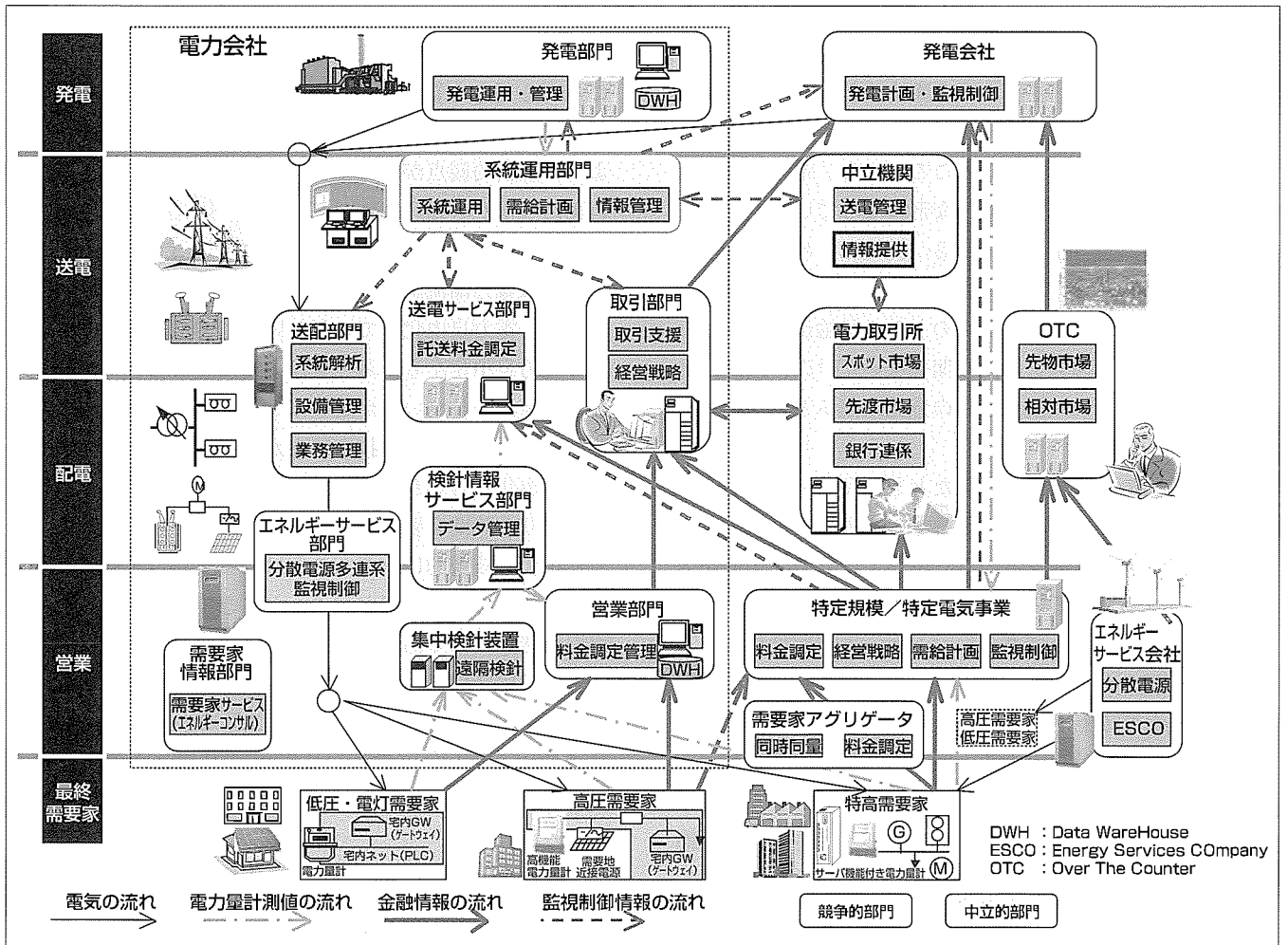
日本卸電力取引所と電力系統利用協議会を中核とする我が国電力市場が運用開始されてからおよそ1年が経過した。電力市場の創設は、政府の規制改革5か年計画の一環として電気事業構造改革の中で議論され、経済・社会及び電気事業の発展に大きく貢献すると期待するものである。

従来の電気事業は、発電から送配電・供給に至る機能を垂直統合として地域独占の枠組みにおいて発展してきたが、電力自由化の中では規制・非規制分野を明確にし、規制分野に対しては公平性と透明性を、非規制分野に対しては事業者相互に競争メカニズムを導入し、新規参入者の参入促進を図り、事業を活性化するものである。企業の透明性確

保の下で、他産業との関連性も明らかになり、適切な投資の誘発及び事業そのものの適正な発展に寄与できるものと期待される。

しかし、投資の最適化は、短期的及び長期的視点によって異なるものであり、競争メカニズムの導入のみでは解決できないことも多い。国のエネルギー安全保障や環境問題を念頭に置けば、原子力や再生エネルギー又は省エネルギーに関して、その位置付けをどう考えるかなどが今後の課題である。

本稿では、電気事業の変革に対して三菱電機が提供するシステムソリューションについて述べる。



新しい電力市場

新しい電力市場には、電力会社のほかに、発電事業者、小売事業者、電力取引所、エネルギーサービスプロバイダーなど多くの市場参加者が存在している。電力システム技術のほか、情報システム技術と金融情報技術を統合することで、マーケットプレイス、電力トレーディング、エネルギーサービス、メーティング・ビリング、環境マネジメントなどの様々なビジネスが出現することが予想される。

1. ま え が き

世界的にエネルギー産業の市場化が叫ばれて約20年が経過した。我が国における電力市場の創設は先進諸国に遅れをとったが、海外諸国の様々な経験を踏まえ、電力市場特有の問題点や我が国固有の課題も明らかになり、それを踏まえた上で本格的な電力市場が運開した。

我が国電力市場の創設では、日本卸電力取引所(JEPX)や電力系統利用協議会(ESCJ)を中心に市場運営と系統管理の協調が図られている。これは、スポット市場の厚みを確保しつつ相対契約の原理を残すことで、曖昧(あいまい)になりがちな供給責任の所在を明らかにし、安定供給と市場原理の両面を生かそうとする新しい取り組みである。また、各電力会社送電部門が地域電力網の信頼度運用に責任を持っている一方で、電力市場には各電力会社営業/火力部門、特定規模電気事業者(PPS)や卸供給事業者(IPP)、自家発、さらには最終需要家といった多くの市場参加者が存在する。

このような新しい枠組みでの電気事業では、これまで培ってきた電力システム技術のほかに、インターネットを主体とした情報技術や金融情報技術などの新技術を新たに開発・適用することで電気事業の発展、ひいては国民生活に寄与していかなければならない。

本稿では、電力市場の発展に対応した当社の取り組みについて述べる。2章では電力市場の動向、3章では電力供給ビジネスの変化、4章では当社の各種ソリューションについて述べ、5章でまとめとする。

2. 電力市場の動向

2.1 電力需給動向

図1に我が国の電力需給動向を示す。高度経済成長とともに伸びてきた電力需要は、人口減少社会の始まりや、環境/省エネルギー社会実現への取り組み、産業構造の高度化等により、今後大きな伸びは考えにくいものの、電化率の向上などを想定すれば、一定の伸びが予想される。

また、市場メカニズムが導入されたことで、価格弾性値

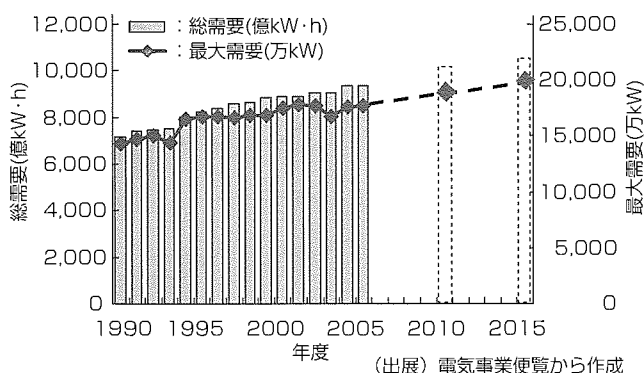


図1. 我が国の電力需給動向(1990年～2015年)

によるピークシフト効果が期待できることや、kW・h伸張を目指した各社販売競争により、負荷率上昇も見込まれる。

また、供給サイドではベース電源としての原子力の役割向上の一方、ミドル又はショルダー需要を賄う競争火力電源や水力電源、さらにこれらの系統電力以外に、環境対策の強化からその役割が期待される需要地近接型電源によるピーク分担を見込むことも可能である。

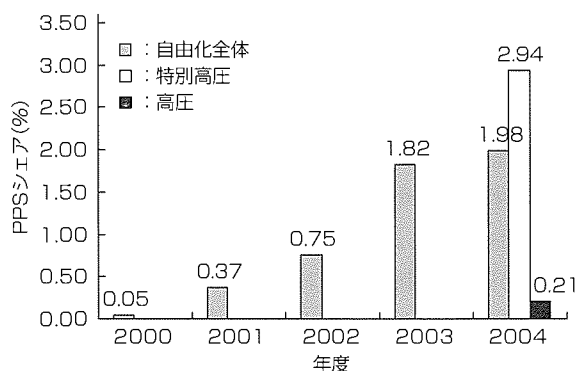
2.2 新規参入者の参入状況

2005年9月末時点でPPS事業者は23社となっており、契約容量では約300万kW規模がPPSの供給する最終需要家となっている。図2に、PPSのシェアの推移を示す。

昨今のPPSを取り巻く環境としては、①JEPX開設に伴い電力を市場で調達・販売でき、電力需給における選択肢の幅が拡大してきたこと、②高圧需要家への販売拡大によりポテンシャル需要家の数が飛躍的に増大したこと、さらに、③PPS事業者の数が増え競争環境がより厳しくなってきたこと、などが挙げられる。

2.3 スポット市場の動静

図3は、2005年4月から開始されたJEPXでのスポット取引量及びスポット価格の推移を表している。2006年2月現在で、総約定量10.0億kW・hに迫る勢いであり、JEPX設立計画時の予定を上回ったと言われている。しかし、我が国の年間電力供給量は約10,000億kW・h(2005年度)と推定



販売実績量ベース。2004年度は2004年12月までの実績(出展)経済産業省:2004年2月電気事業者アンケート

図2. 新規参入者の参入状況

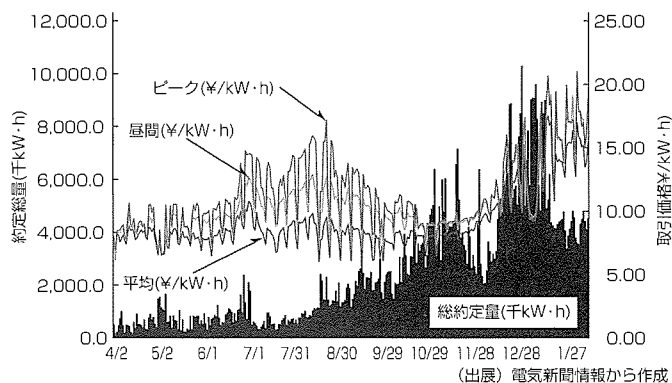


図3. スポット市場の推移

され、その約0.1%にすぎない。

この数字がスポット取引量として多いか少ないかはその判断が難しいが、スポット市場に取引量の厚みを作り、それが我が国電力卸価格の指標値として機能することは重要なことである。

3. 電力供給ビジネスの変化

3.1 新しい電気事業の枠組み

自由化環境下の電気事業では規制部門と非規制部門が存在する。特に垂直統合の電力会社には、規制・非規制部門が共存しており、行為規制の下適切な情報遮断メカニズム及び公平性・透明性が重視される。

(1) 規制部門

一般電気事業(地域電力会社)は地域密着型のインフラ事業としての性格を持ち、規制部門ではこれまでどおり長期的な視点での運営が求められる。しかし、従来にも増して公平性・透明性が求められることは前述のとおりである。これまでは、限られた専門家によって事業の計画及び運用が行われてきたが、規制部門における事業は、多くの市場参加者や非規制部門に対し公平かつ透明であることが求められることから、政策決定プロセスにおいても目に見える形でのスキーム作りが必要である。例えば、複数の市場参加者が共同で送電システムにアクセスし、電力市場でビジネスを展開することから、託送制度設計や需給運用計画でもPPSやIPPも含めた形での立案が重要である。

(2) 非規制部門

一方、非規制部門では、より効率的で顧客指向のビジネス展開が重視される。低廉な電力供給に加え、需要家利便性向上や付加価値サービスの提供など、競争メカニズムの環境下において、より需要家指向での活動が重視される。しかしながら非規制分野においても決められたルールに基づく運用が必要であり、例えば市場参加者であるPPSには同時同量バランス維持や需給計画等連絡業務について、市場参加者相互の協力とルールの遵守が求められる。

3.2 エネルギー間競争

電気事業と同じくガス事業においても自由化の流れが進展しており、電力vs.ガスのエネルギー間競争や電力/ガスのマルチエネルギー供給なども行われつつある。この分野では、オール電化住宅や家庭用燃料電池の普及活動など電力会社、ガス会社ともに熾烈(しれつ)な競争を行っている。また、電力線搬送(Power Line Communication)技術を活用したユーティリティサービスの高度化も期待され総合エネルギーサービスとしての展開が予想される。

3.3 環境問題への対応

世界的に、CO₂問題を始めた環境対策は喫緊の課題であり、エネルギー事業の継続的発展では極めて重要な取り組みとなる。新エネルギー開発や省エネルギーの推進、

及び原子力など複数のオプションの組み合わせが不可欠である。ただし、これらのオプションは、外部経済的要素が強いため、国としての効果ある政策作りが重要となる。原子力のように強力な政策力を必要とする電源から太陽電池や風力のような新エネルギー電源の普及対策に至るまで、今後は市民も参加した形での政策プロセスの透明化が不可欠となっている。

4. 三菱電機のソリューション

4.1 取引所ソリューション

JEPXでは、日本全国を対象としたスポット取引、先渡し取引、及び掲示板取引が実装されている。我が国電力系統の特徴である申(く)型系統でも、電力市場を効率的に機能させるために、ESCJと協調した上で、連系線空き容量情報に基づくスポット約定方法(市場分断約定)が採用された。ESCJでは、各電力会社の給電システムと連携し、連系線空き容量の管理を行っている。

また、先渡し取引においてもESCJを通じての託送可否判定処理を考慮した約定方式を採用し、串型電力系統特有の輸送制約を考慮している。システムは、当社の電力システムノウハウ及び情報システム技術を活用し、我が国特有の約定ロジックのほか、T+1決済のためのSTP(Straight Through Processing)技術や同時情報提供(Same Time Information Providing)メカニズムが実装されており市場の公平性を保っている(図4)。

なお、海外ではリアルタイム市場、先物市場、アンシラリー市場などが設置されているケースもあるが、我が国では現時点ではこれらの市場は開設されていない。今後の展開に応じて更なるソリューションを提供する予定である。

4.2 電力会社向けソリューション

規制部門と非規制部門が共存する電力会社では、情報遮断メカニズムの導入のほか、部門ごとの業務を効率良く遂行するためのソリューションが必要とされた。規制部門である送電部門では、中央給電指令所(以下“中給”という。)及びネットワークサービスセンター(以下NSC)が電力の

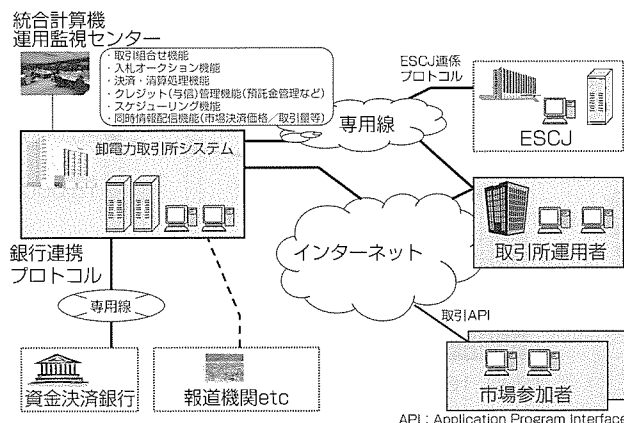


図4. 取引所ソリューション

安定供給並びに公平かつ透明な市場形成の上で重要な役割を果たす。中給では、自社需給及びPPS/IPP需給のエリア需給への織り込みや連系線空き容量の算出とその管理、さらに電源脱着時や送電線事故時の対応など、競争環境下においても需給バランス維持並びに系統信頼度維持に努めることが求められる。また、NSCでは、市場参加者であるPPSに対する各種託送受付業務や各種情報交換業務のほか、送電サービス料金及びインバランス算定など各種清算メカニズムを持ち、送電部門のバックオフィスとしての役割を果たしている。今後、PPSやIPPの電源規模が拡大するに連れ、これら市場参加者の系統運用・計画へのかかわりが強くなることが予想される。したがって、中給及びNSCは今後の電力市場の成熟化の中で重要な役割を果たす。一方、競争部門である営業部門では、ソリューション営業として、営業マーケティング戦略の高度化や柔軟な料金メニューの導入が重視される。

当社では、デジタル電力量計技術やロードサーベイ技術、蓄熱空調技術さらには料金シミュレーション技術などの営業向け各種ソリューションを提供している。また、エリアを越える電力供給への対応については、電力需給管理技術を活用したソリューションを提供している。さらに、同じく競争部門である火力部門に対しては、データウェアハウス技術やデータ分析技術を活用し、収益管理の高度化や設備管理の高度化など、競争力強化のためのソリューションを提供する。

4.3 PPS向けソリューション

これまで、PPS各社は、我が国託送制度を遵守するために、同時同量管理機能を中核とした制御システムの構築を行ってきた。2005年度からインターネットを介してJEPXや各電力会社とデータ連係することにより、スポット取引情報や発電計画情報、さらには同時同量メータデータなどの活用が始まっている。また、事業規模の拡大やJEPXスポットや相対契約などの多くのオプションの活用が可能になっていることから、意思決定変数の増大に伴う事業最適性の追求が課題となっている。

例えば、需給計画では、各種契約の制約や発電機の運用制約を考慮した需給戦略策定、営業面でも最適な契約確保と効率的な顧客管理のための仕組み作りが求められる。特に、高圧需要家への対象範囲拡大による需要家数増大や契約変更の短期化にも対応できる顧客管理システムなど、業務系システムの充実が必要となっておりそれに対応するソリューションを提供している。

また、これから事業を始めようとする小規模事業者や需要家アグリゲーションを中心とした代表契約事業者向けには、簡易に同時同量を達成できるようなシステム開発も行っている(図5)。

4.4 IPP/自家発向けソリューション

IPP/自家発事業者にとっての余剰電力(Non-firm)は、これまでは電力会社が提供する余剰電力引き取りメニューによる引渡しがあったが、特に自家発事業者にと

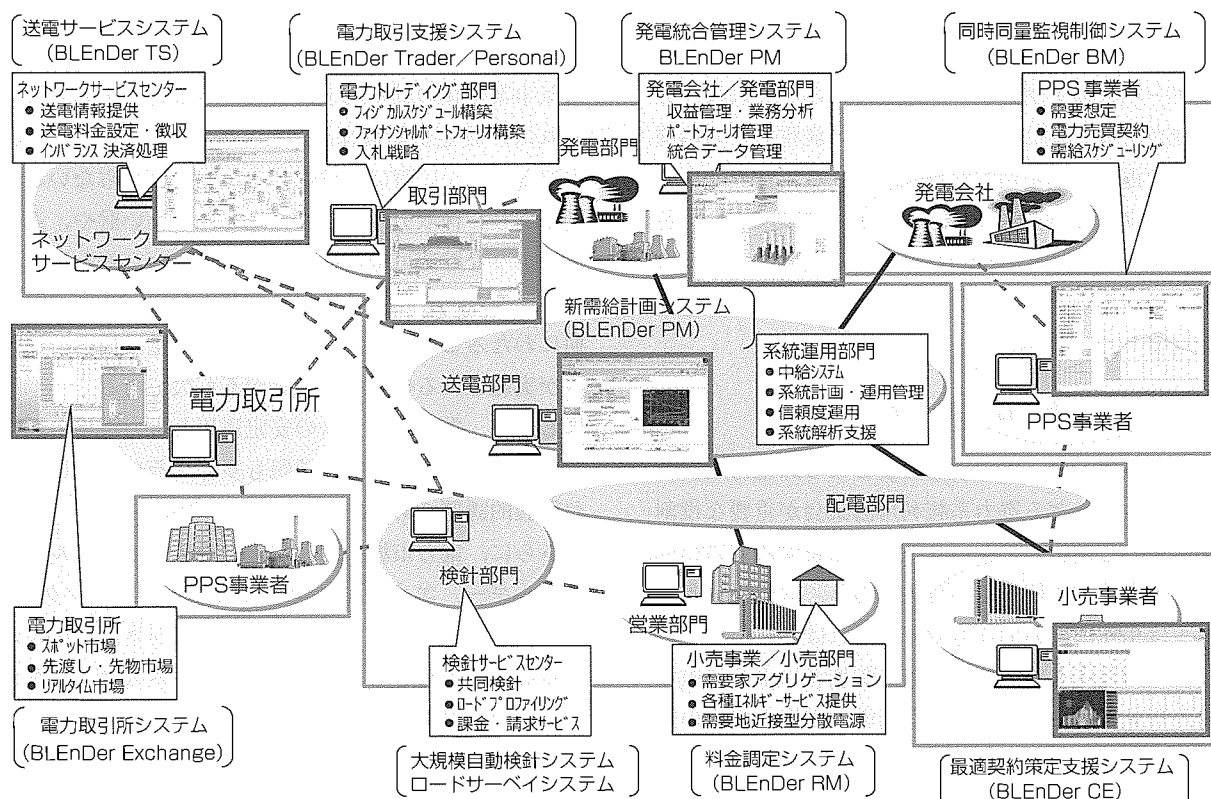


図5. 電力会社/PPS向けソリューション

っては、自社需要のデマンド管理をきめ細かく行うことや、負荷追従電源による変動分の吸収により、余剰電力分のkW価値を高め、安定電力(firm)として活用することが可能である。要するに、事業所のエネルギー管理の枠組みで、各種製造ラインの稼働管理、自家発電設備の定期点検管理、取引所の活用も含め電力契約管理をきめ細かく行うことで、更なるコスト低減が可能である。また、自社消費電力についてもJEPXスポットや相対契約の組合せでそれを調達することができる。当社ではIPP/自家発向けに託送ルールと取引ルールに準拠した各種自家発向けソリューションを提供しており、JEPXとのやり取りや同時同量及びデマンド管理の仕組みを容易に構築することが可能である(図6)。

4.5 分散電源ソリューション

分散電源自体は、原子力・火力のようなエネルギー密度の高い電源の代替手段には当面なり得ない。しかし、今後の国の環境対策の強化やエネルギー安全保障との関連性を考慮すれば、新エネルギーは国産エネルギーとしてエネルギー需給の一定の役割を担うことが期待される。

分散電源を運用の面から見れば、風力や戸建て太陽光のように、主機が分散的に配置され、配電ネットワークに直接連系されるもの、及び特定のエリアにおいて主機が集中的に管理され自営線を介して種々の需要に電力供給が行われるものに類別される。しかし、そのマーケットの拡大のためにはいまだ以下の課題がある。

- (1) 主機そのものが高価であること
- (2) 出力が不安定であること
- (3) 逆潮流対策の整備が必要なこと

したがって、分散電源の価値を更に高めるためにはソフトエネルギーパスのアプローチが重要である。これは、分散電源の能力を最大限に引き出すために系統電力との協調を行い、分散電源の不定期性を吸収する仕組み作りである。分散電源の普及は、相互にトレードオフである3E問題(Economy, Energy, Environment)解決に向けての一つの有効な手段であり、そのマーケット化に向けて様々な研究開発に取り組んでいる(図7)。

5. む す び

新しい電気事業では、電力市場の要となる卸電力取引所と電力系統をつかさどる電力系統利用協議会が重要な役割を果たす。需要と供給のアンバランスを回避するためには、電力市場と電力系統の協調は不可欠であり、取引ルールと託送ルールは相互に協力的なものでなければならない。これらのルールの遵守を前提に、各市場参加者による自由な取引の場が形成されることで、我が国電力市場を成熟の途に付けることができる。

また、公平かつ透明な市場が各事業者のリスクを分散し

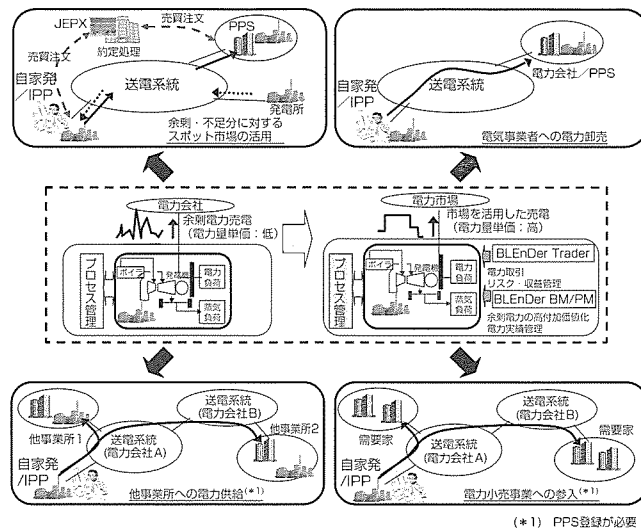


図6. IPP/自家発ソリューション

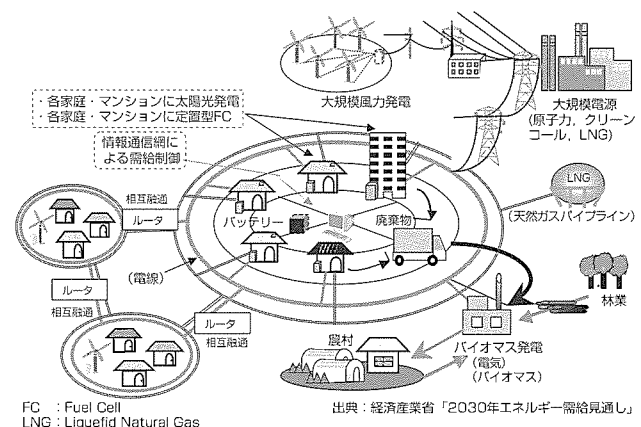


図7. 分散電源ソリューション

電気事業全体の効率向上につながる事が求められるが、これは、安定供給確保が前提である。特に、“電気”には、需要と供給が瞬時にバランスしなければならないという原則があり、株取引のような輸送を伴わない財や、石油やガスのような貯蔵可能な財には例を見ない高度な流通管理が必要である。また、投資規模が莫大(ばくだい)で計画が長期にわたることから、長期電源や送変電設備への適正な投資が実施される仕組みの構築が不可欠である。

しかし、電力システムの安定運用と電力市場の活性化の間にはトレードオフ的な課題も多く、その調和はいまだなお発展的課題である。

さらに、電力市場の活性化の中では、新エネルギー/省エネルギー、エネルギーサービス、メータリング・ビリング、環境マネジメントなどの様々なビジネスモデルが出現することが予想される。これらのビジネスは、これまで培ってきた電力システム技術のほかに情報システム技術と金融情報技術、環境技術を統合することでその高度化が期待できる。

日本卸電力取引所向け 卸電力取引所システム

谷本昌彦*
マルミローリ マルタ**

西岡篤史***
吉川幸司***

Japan Electric Power Exchange System

Masahiko Tanimoto, Marta Marmiroli, Atsushi Nishioka, Koji Kikkawa

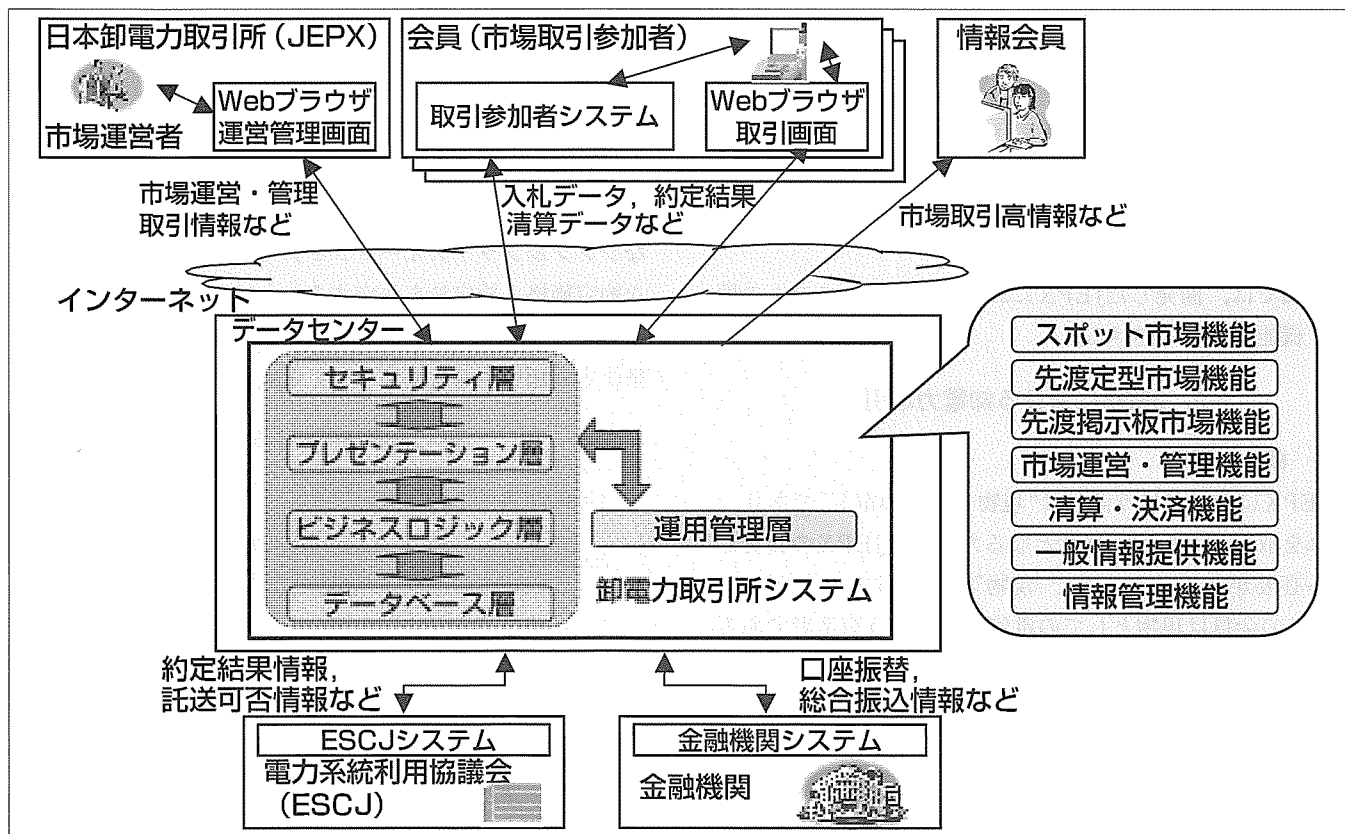
要 旨

世界的な経済の規制緩和の流れの中、我が国でも1995年の電気事業法改正を皮切りに、電気事業に対する規制緩和が進展してきた。そして、2005年4月、日本卸電力取引所(以下JEPX)において、現物としての電気を取引する卸電力取引が開始された。この卸電力取引の開始により、我が国の電力供給体制が従来の電力会社による独占的な形態から、いわゆる、市民参加型への変革を遂げる大きな一歩を踏み出すこととなり、2007年以降に検討が開始される小売完全自由化など、将来の我が国の電気事業の在り方に大きな影響を及ぼすものと考えられる。

JEPXにおいて開かれる市場は、①翌日の電気を受渡しするスポット市場、②スポット市場から将来の電気を受渡しする先渡定型市場、③将来受け渡される電気を自由に取

引するために設けられた場としての先渡掲示板市場、の3種類からなる。市場参加者はそれぞれの市場において、注文入札、約定結果の取得、スポット取引に伴う金銭決済等の取引業務を、インターネットを介して接続したJEPXシステムで電子的に行う。一方、取引された電力の受渡しは電力系統の上で行われるが、電力系統の利用の公平性・透明性を確保するために電力系統利用協議会(以下ESCJ)が設置された。JEPXシステムは、電力系統情報の授受のためにESCJとシステム連係し、電力安定供給と協調を図った上での電力取引を実現している。

本稿では、三菱電機が開発し構築を行った日本初の卸電力取引所システムの機能、構成について述べる。



卸電力取引市場システムと関連するシステム

当社が開発した卸電力取引所システムと連携するシステムとの関連図である。データセンターに設置されたこの卸電力取引所システムと市場運営者である日本卸電力取引所や市場取引参加者はインターネットで接続される。また、市場で取引される電力の受渡しが可能かどうかの確認などのために、電力系統利用協議会と接続されており、システムの安定運用と市場取引の両立が図られている。さらに、取引により生じる金銭決済のために、金融機関と接続されている。

1. ま え が き

1990年代からの世界的な経済の規制緩和の流れを受け、電力市場についてもその設計に対して多くの議論がなされ、いままお、発展的な課題として議論され続けている。我が国において、電力市場の創設は海外の先進諸国に遅れをとったが、海外の電力市場の様々な経験を踏まえ、多くの問題点や課題が明らかになるとともに、後発ならではの利点を生かした試みが始まった⁽¹⁾。電気事業法は卸電気事業の認可の原則撤廃を柱とした1995年の抜本的改正から、2000年の特定規模電気事業者(Power Producer and Supplier : PPS)にかかわる小売部分自由化等の改正を経て、2005年4月の改正では、小売自由化範囲の拡大に加え、卸電力取引所での市場取引が開始された。これは、従来の電力会社によるほぼ独占の形態による電力供給体制から市場原理に基づく市民参加型への変化の端緒として、大きな意味を持っている。さらに、この改正では、流動性の増す電力系統において、電力系統の利用の公平性・透明性を確保しつつ社会基盤である電力の安定供給をこれまでどおり維持するための送配電等業務支援機関として、電力系統利用協議会(Electric Power System Council of Japan : ESCJ)⁽²⁾の業務が開始され、新たな電気事業の枠組みがスタートした。

このような、今後の電気事業において重要な役割を担う卸電力取引所を運営するため、日本卸電力取引所(Japan Electric Power Exchange : JEPX)が2003年11月に設立された。この日本初の卸電力取引所の実現のため、当社は卸電力取引所システム(以下“取引所システム”という。)の開発と構築を行い、同システムは2005年4月から運用を開始した。

本稿では、開発したJEPXにおける取引所システムの構成、機能について述べる。

2. JEPXにおける卸電力取引

2.1 概 要⁽³⁾

JEPXにおいて扱う商品は“現物としての電気”であり、これを取引する取引参加者となるためにはJEPXの会員となる必要がある。あくまで“現物”を取引することから、JEPXの会員は現物としての電気を取り扱う事業者であること、又はそれら事業者から売買の依頼を受けたものであることが条件となっており(ほかに純資産額等の要件がある。)、2005年11月現在、会員数は電力会社、PPS等を始めとして28社となっている。

取り扱う電気の商品の型が決まっているか否か、また、受渡日の違いによって、表1に示すような市場が用意されている。これらすべての市場は全国市場であり、会員は会員自身が持つ需要、供給力に対して、全国の会員と取引を行うことができる。なお、実際の取引は行わないが、取引

情報を閲覧することができる情報会員制度も備えている。

2.2 スポット市場

2.2.1 スポット市場における取引

スポット市場では、基本的に翌日に受け渡される電気を対象とする。24時間分の電気を30分単位の48商品に分割し、これら各商品に対して独立に取引される。取引参加者は売り・買いともに、売買したい時間帯の商品に対して、そのエリア(電力の受渡し地点、すなわち、発電場所又は需要場所)を指定し、売買価格と取引したい量を注文データとして入札する。

取引所システムは、各商品に対して受け付けた注文の売りと買いが均衡するように、約定価格と各注文の約定量を決定する。その後、この約定結果を取引参加者に通知し、約定した取引参加者はこの取引に伴う売買代金及び取引手数料を、取引所システムを用いて清算する。

2.2.2 市場分断約定方式

スポット市場は全国市場であり、約定価格と約定量を板寄せ方式による“シングルプライスオークション”により決定する。シングルプライスオークションでは、受付締切り時刻までに入札された注文をすべて集め(板寄せ)、価格の安い売り注文と高い買い注文を価格順に量が均衡するまで組み合わせる。ここで組み合わせられた注文が約定される注文であり、この均衡点の価格が約定価格となる(図1)。

しかしながら、取引された電力の受け渡しは電力会社の送電線を通して行うこととなるため、この取引によって生じる送電線の潮流が系統運用に基づき決定される託送可能量の範囲内となるようにする必要がある。この託送可能量はあらかじめESCJから通知されるが、上述のような単純なシングルプライスオークションでは、これを満たすような約定価格・約定量を決定することはできない。一般には、このような制約条件を満たす解を求めるためには、この価格決定問題を最適化問題として定式化し、線形計画法など

表1. JEPXにおける市場

定型商品市場	スポット市場	翌日に受け渡す電気を取引
	先渡定型市場	一定期間後に受け渡す電気を取引
先渡揭示板市場	定型商品市場で扱わない電気を自由に取引するための場	

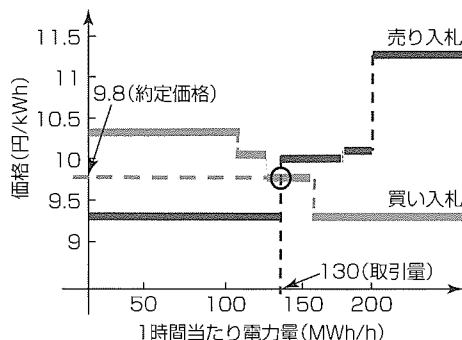


図1. シングルプライスオークション約定価格決定

の数理計画手法で計算することが多い。しかし、数理計画手法を用いた場合、①その計算過程が明確にならないために、事後に市場価格の決定プロセスを検証することが難しいこと、②同じ価格の注文が複数あった場合に最適解が複数存在するため、最終的な約定結果を決定するための何らかのルールを必要とすること、などの問題点が生じる。

そこで、スポット市場における約定計算処理では、数理計画手法を用いるのではなく、日本の電力系統が串(くし)型でありループが少ないこと、また、ループ箇所については直流設備が設置されており電力潮流の制御が可能であること、といった現実の問題の特性を考慮して、以下に示すような論理的な手順による約定計算方式を開発した(市場分断約定方式(図2))。

- (1) 受け付けた注文に対して、市場全体でシングルプライスオークションを行い、約定価格・各注文の約定量を決定し、この取引によるエリア間の送電線潮流を計算する(図2の1)2)。
- (2) すべての隣接エリア間の送電線潮流が託送可能量の範囲内であれば終了。託送可能量以上の潮流が流れる送電線(送電線混雑)がある場合は、次の方法により、市場分断すべき送電線を求める。
 - (a) 各エリアの売り買いのバランスを計算する。
 - (b) 送電線混雑は売り過剰エリアから買い過剰エリアの間の送電線で生じることを考慮し、隣接エリア間の関係に応じて、分断すべき送電線、すなわち市場分断点を決定する。
- (3) 分断すべき送電線を決定すると、当該送電線の両端を別市場として再度シングルプライスオークションをやり直す。なお、このとき分断した送電線の両端に仮想的な売り注文・買い注文を設定することで、送電線の潮流が託送可能量となることを保証する(図2の3))。

- (4) 市場分断箇所がなくなるまで繰り返し、最終的に分断した市場ごとに約定価格を決定する(図2の4))。

これにより、すべての隣接するエリア間の送電線潮流が託送可能量の範囲内となるような約定結果を得ることができる。なお、このように市場分断が発生した場合には、このスポット市場は全国市場であるものの、その分断された市場ごとに約定価格が異なることとなる。

2.3 先渡定型市場

先渡定型市場は、スポット市場で取引される商品より将来の電気を取引する市場であり、2005年4月の取引開始時点では、受渡し期間及びその期間内の受渡しパターンとして、月間24時間型商品と月間昼間型商品が上場された。取引参加者は、当該商品に対して、その電力の受渡しを行うエリアを指定して売買価格、量を注文データとして入札する。取引市場では、受け付けた注文に対して、価格優先、時刻優先の原則に基づく“ザラバ仕法”により約定される。

スポット取引と同様、取引した電力を実際に受け渡すするためには、当該商品の全受渡し期間において、この取引により生じる電力潮流が送電線の託送可能量の範囲内とする必要がある。ただし、先渡定型市場では、あらかじめ託送可能量入手して取引所システムがその託送可否を判定するのではなく、売り注文と買い注文の組合せができた時点で託送の可否をESCJで随時問い合わせる。その後、結果的に、ESCJで託送可能と判断された場合のみ、最終的に約定されることとなる。

また、先渡定型市場で取引された電力受渡しに関する契約は取引参加者間で行われる。そのため、ここで約定した取引に関する金銭の清算については、電気の販売代金の清算は当事者間で行われることになり、JEPXはこの売買取引自体の金銭清算には関与せず、取引の斡旋に伴う手数料のみ徴収することとなっている。

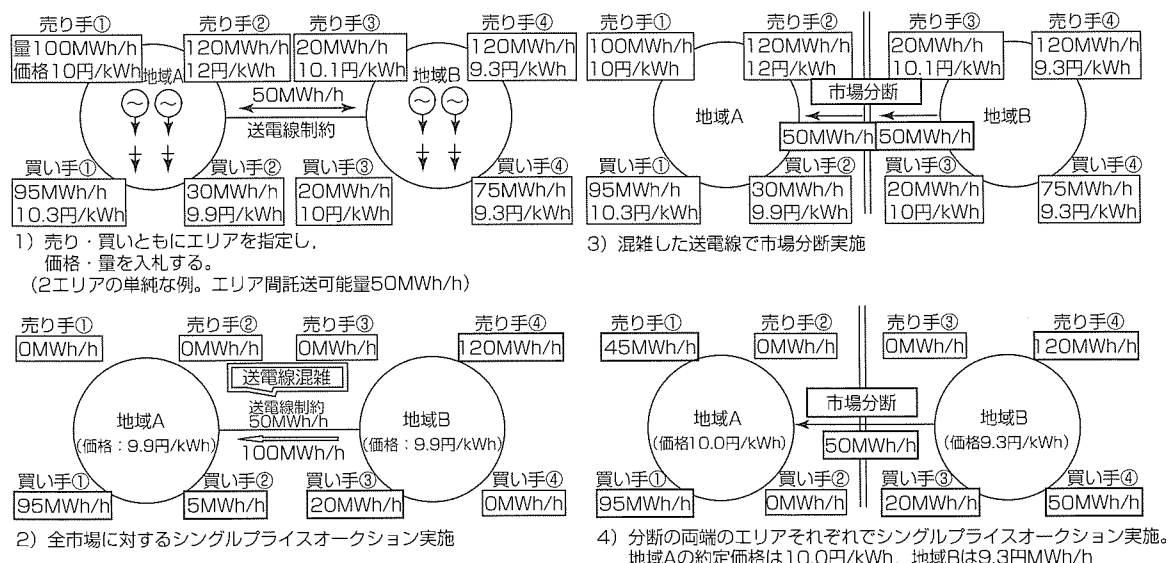


図2. 市場分断約定方式

2.4 先渡掲示板市場

先渡掲示板市場は、将来受け渡される電気を自由に取引するために、JEPXがその場を提供するものである。JEPXは、この情報の掲示による取引内容については基本的に関与せず、情報掲示のための手数料のみを徴収することとなっている。

3. 取引所システムの構成

開発した取引所システムは、卸電力取引市場の運営や電力取引に関するサービスを提供するシステムである。取引所システムと取引参加者や市場運営者であるJEPXとはインターネットを介して接続され、市場における取引、金銭清算、取引所システムの運営、管理はすべてインターネット経由で行われる。特に取引参加者によるアクセスについては、取引所システムが提供するWebクライアントを用いることに加え、取引参加者が構築した取引システムとの連携の実現のために、SOAP(Simple Object Access Protocol)を用いたAPI(Application Program Interface)接続も可能となっている。

また、参加者へのメッセージなどの情報配信においては、取引の公平性を確保するために、Webブラウザからのポーリングによる擬似Push配信方式を採用し、情報開示の同時性を図っている。これにより、各クライアントからサーバへのアクセスタイミングがずれていても、すべてのクライアントで同じデータを同時に表示できるようになっている。

そのほか、連携する他システムとして、取引を行う上で必要となる託送可能量や取引結果情報などの授受のために、ESCJとIP-VPN(Internet Protocol-Virtual Private Network)により接続されている。また、取引に伴う売買代金や手数料の清算のために金融機関とISDN(Integrated Services Digital Network)回線を用いて接続し、オンラインでの決済を実現している。

取引所システムは、卸電力取引所を運営するための、セキュリティ層、プレゼンテーション層、ビジネスロジック層、データベース層の4層と、取引所システムを監視し統合的に管理する運用管理層で構成されている(図3)。各層の役割は以下のとおりである。

(1) セキュリティ層

インターネットを用いた電子取引市場であることから、不正侵入、サービス不能攻撃、盗聴、なりすまし、ウイルス等のセキュリティ脅威を防止する機能を提供する。

(2) プレゼンテーション層

取引参加者や市場運営者からのリクエスト処理、ビジネスロジック層への処理依頼、画面生成等の機能を提供する。

(3) ビジネスロジック層

スポット市場のオークション処理、先渡市場の取引デー

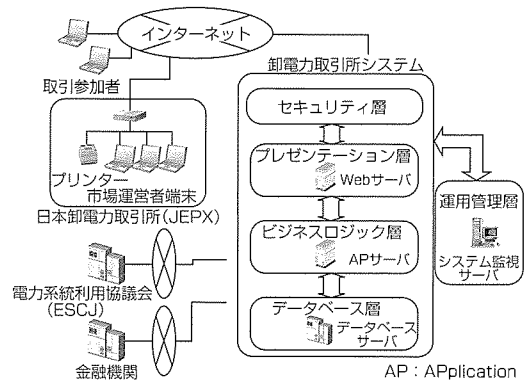


図3. システム構成

タ管理、約定処理、金銭決済などの機能を提供する。

(4) データベース層

システムで扱う情報の一元管理を行い、利用するデータの一貫性を提供する。

(5) 運用管理層

システム内のサーバ、ネットワーク機器の障害・監視情報の一元管理機能を提供する。

また、システムの可用性・拡張性を高めるために、各サーバは冗長化構成となっており、取引量の増加などのトラヒックの増加に対して、水平的な負荷分散を行っている。また、万一のシステムの障害発生時においても冗長系により取引業務を継続的に処理することが可能となっている。

さらに、システムは24時間監視されており、万一のシステム故障に対しても迅速な対応をとることができるような体制となっており、また、市場取引の監査等にも対応できるよう、データベースの定期的なバックアップ機能も持っている。

4. む す び

2005年4月に運用を開始した日本初の卸電力取引所システムの構成及びその機能について述べた。本稿執筆時点において取引量も徐々に増大しており、今後の更なる取引の活発化に伴い、新たな商品、新たなサービスを求められることが予想される。進展・拡大が予想される電力自由化の流れの中で、今後も電力取引の中核として、このシステム自体も進化し、中心的な役割を果たしていくことが求められる。

参 考 文 献

- (1) 横山隆一：電力自由化と技術開発，東京電機大学出版局 (2001)
- (2) 電力系統利用協議会ホームページ：
<http://www.escj.or.jp/index.html>
- (3) 日本卸電力取引所ホームページ：
<http://www.jepx.org/index.html>
- (4) 日本卸電力取引所：取引ガイドVer1.40

電力取引支援システム“BLEnDer” Trader

橋本博幸*
 広瀬公一**
 平野秀明*

Electricity Trading Transaction System “BLEnDer” Trader

Hiroyuki Hashimoto, Koichi Hirose, Hideaki Hirano

要旨

2005年4月に運用開始された日本卸電力取引所(JEPX)では、現在3種類の商品(スポット商品、先渡定型商品、先渡非定型商品)が扱われている。市場参加者が、JEPXで電力取引を行う場合、取引所が規定するルールに則り一連の手順に従って各商品の取引プロセス(注文作成、注文入札、約定結果取得、清算決済など)を確実に履行する必要がある。

取引業務には、例えば、次のような特徴がある。

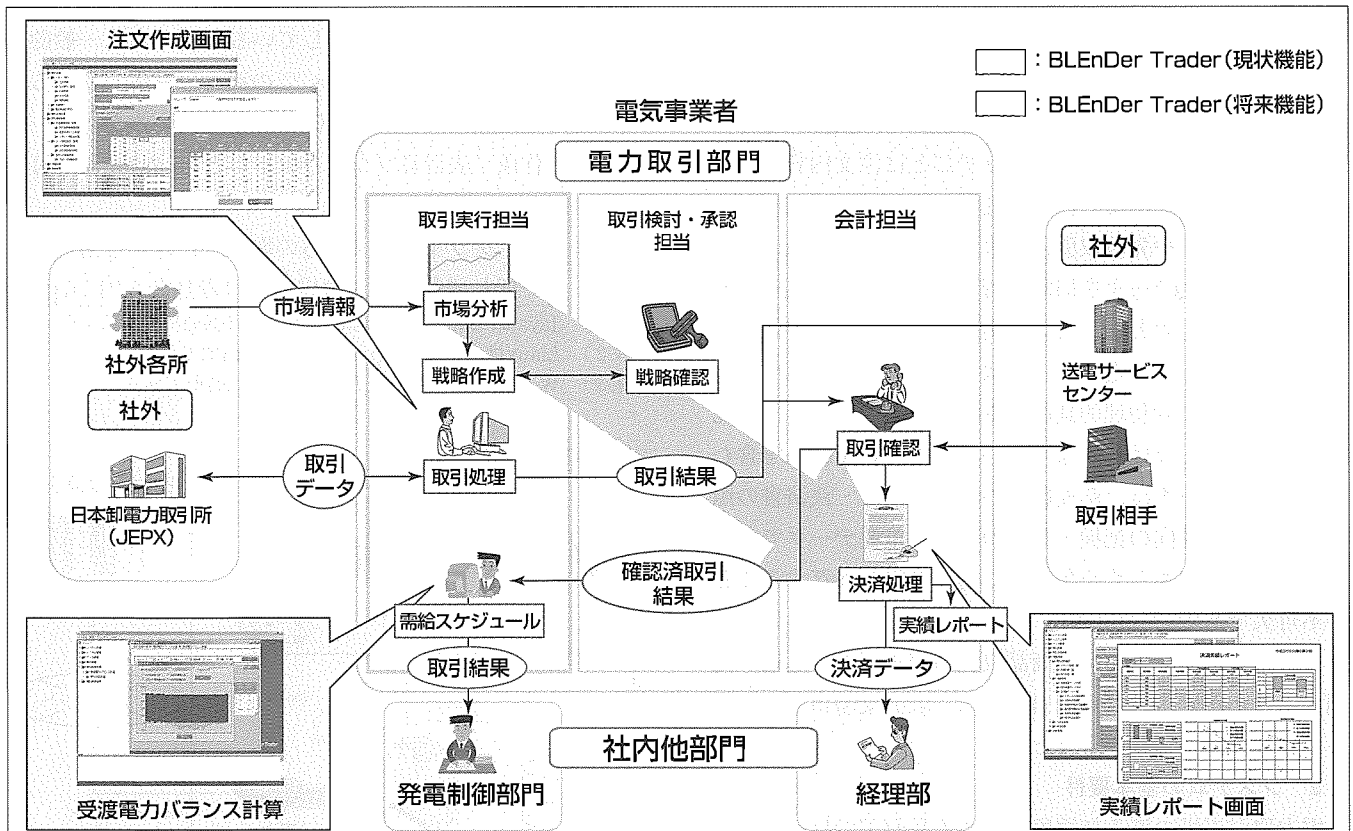
- (1) 複数の電力供給エリアに展開する事業者は、各エリアの自社供給能力/調達契約を考慮して注文内容を検討し作成する必要がある。
- (2) 注文入札時にはスポット取引締切り時刻の厳守や先渡取引における時間優先の概念があり、1つ以上の注文データを同時に管理し速やかな入札行動が求められる。

(3) 需要と供給のバランス維持が不可欠な電力の性質上、市場参加者は取引結果として発生する電力受渡しにより物理的制約を受けるため、不正/誤入札は事業回避しなければならない。

(4) 約定結果を含む重要な取引所公開データには配布期限があるため、欠損なく適時取得し保存することが不可欠である。

このように同時に複数の商品取引情報を正確・迅速に処理することが要求される取引業務は、取引業務担当者にとって負荷の高い複雑な業務となる。

本稿では、上記の複雑な取引プロセスを管理し、運用者の負荷軽減/ミス防止を目的とした電力取引支援システム“BLEnDer” Traderの開発内容について述べる。また、今後のシステム開発の展開についても述べる。



電力取引業務の流れと電力取引支援システム

電気事業者の電力取引業務の基本業務フローと電力取引支援システムの関係を図示している。日本卸電力取引所(JEPX)に対する電力取引では取引処理(注文作成/入札)、取引確認、清算決済、実績レポート作成、実際の需給スケジュール作成等の各業務プロセスがあり、その処理データは社内外の部門・機関と緊密に連携する必要がある。電力取引支援システムは、これら業務の効率化とミスの軽減を目的に設計・開発されている。

*先端技術総合研究所 **神戸製作所

1. ま え が き

2005年4月に日本卸電力取引所(JEPX)が運用開始され、電気事業者は電気という商品を市場で卸取引することが可能になった。電気事業者は取引所が定める一連の手順に従って各商品の取引プロセス(注文作成、注文入札、約定結果取得、清算決済など)を実行し売買取引を行う。

電力市場で取引される商品にはその性質上需要と供給のバランス維持があり、電気事業者は取引結果として発生する電力受渡しにより物理的な制約を受ける。そのため、需給のインバランス状態を引き起こすおそれのある取引上のミス回避のために多くの確認処理が発生し、取引業務担当者にとって負荷の高い業務となる。

本稿では、取引プロセスを管理し運用者の負荷軽減とミス防止を目的とした電力取引支援システムの開発内容について述べる。

2. 電力取引支援システムのコンセプト

2.1 電力取引業務の特徴

日本卸電力取引所では、現在3種類の商品(スポット商品、先渡定型商品、先渡非定型商品)が扱われている。電気事業者は市場取引を実行する場合、取引所が定める方法により一連の手順に従って各商品の取引プロセス(注文作成、注文入札、約定結果取得、清算決済など)を確実に実行する必要がある。

取引プロセスを分析すると、電気事業者の観点から留意すべき幾つかの特徴がある。注文作成では、複数の電力供給エリアに展開する事業者はエリアごとに注文内容を検討し作成する必要がある。注文入札時にはスポット取引の締切り時刻の厳守や先渡取引における時間優先の概念があり、1つ以上の注文データを同時に管理し速やかな入札行動が求められる。このとき、需要と供給のバランス維持が不可欠な電力の性質上、電気事業者は取引結果として発生する電力受渡しにより物理的制約を受けるため、不正/誤入札は事業回避しなければならない。また、約定結果を含む取引所公開データは、落札結果の確認や清算・決済書の照合、及び市場動向の把握・分析のための重要データであるが、配布期限があるため欠損なく適時取得し保存することが不可欠である。

このように同時に複数の商品取引情報を正確・迅速に処理することが要求される取引業務は、取引業務担当者にとって負荷の高い複雑な業務となる。

2.2 システムの基本要件

電力取引市場の導入初期段階にある我が国では、市場取引を実施する電力事業者にとっては卸現物/先渡市場出現への業務上の対応がまず重要な課題となる。すなわち、従来業務には存在しなかった市場取引に関する明確で確実な

処理遂行と効率的な業務推進を実現するシステムとして電力取引支援システムが必要となる。

各商品の取引プロセスの実行に加えて、前節に述べた業務の特徴からシステムは次の基本要件を具備する必要がある。電力取引支援システムBLEnDer Traderは、これら要件を十分に満足するように設計・開発が行われている。

- (1) 注文データ作成時のサポート、不正入札防止
- (2) 対取引所リクエストの種別優先度管理
- (3) 自動データ取得・保存、不慮の故障による欠損データのリカバリー
- (4) 取引承認、結果報告、市場動向などのレポートニング
- (5) 取引にかかわる重要時刻のアラート、先渡市場監視/自動通知
- (6) システムセキュリティの確保
- (7) 入札セキュリティのコントロール
- (8) 商品別業務フローに沿ったメニュー構成
- (9) 安定した取引環境と柔軟な拡張性を提供するシステム構成

3. BLEnDer Traderの構成

3.1 システム構成

このシステムは、図1に示すように、サーバ/クライアントで構成されている。システム環境は取引所との接続に必要なhttps等のWeb技術と親和性が高く、他のOSへの移植性に優れたJava^(注1)を採用している。サーバは一般的なOSであるLinux^(注2)とWindows^(注3)の両方に対応している。クライアントにはWindows XPを採用しているため、一般的な文書作成/表計算ソフトウェア等との同時使用が可能である。

サーバは、クライアントからの取引所に対する通信リクエストを一括して制御し、規定の市場参加者API(Application Programming Interface)を通じて取引所と接続する。Javaは、Sun Microsystems Inc.の登録商標である。
 (注2) Linuxは、Linus Torvalds氏の登録商標である。
 (注3) Windowsは、Microsoft Corp.の登録商標である。

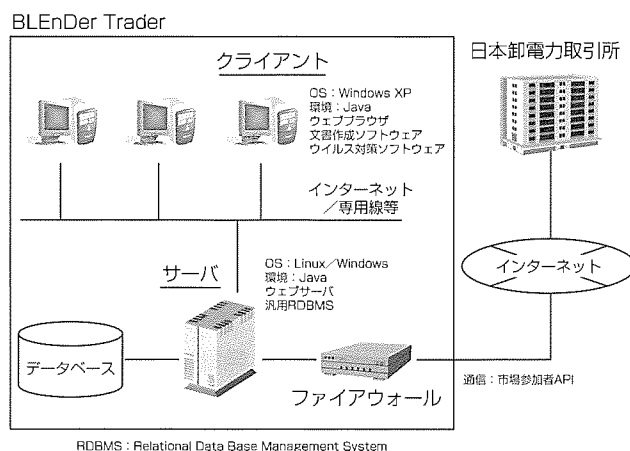


図1. システム構成

ation Program Interface)を利用して取引所との通信を実行する。ここでサーバは、リクエスト内容を取引上の重要性から判断して優先度付けを自動的に行っている。また、取引所に事前登録し配布される認証書数により同時アクセス数が決定するが、サーバは、認証書の個別/グループ管理を任意に設定することができ、グループ管理分には通信時に複数アクセスを有効利用するように設計されている。したがって、サーバには同時に複数クライアントが接続可能であるが、ユーザーは、クライアントのインタフェース画面上でストレスなく取引業務を遂行できる。

3.2 機能構成

このシステムの機能一覧を表1に示す。これらの機能のうち取引プロセスに沿った主要機能について述べる(図2)。システム内では注文データを一意に管理しており、取引プロセスを通じて現在の取引状態だけでなく過去の取引履歴も記録管理しており参照可能である。

(1) 注文作成機能

ユーザーは注文作成画面から商品ごとに必要な情報を設定して注文データを作成しデータベースに登録する。事前に検討用のデータを複数保存することもできる。このとき、

入札フォーマットのミスや入札制限設定(量・価格)への抵触は自動チェックされ、違反した場合は該当箇所をハイライト表示し作成業務の負担軽減を図っている。また、市場開/閉場や入札締切りなど注意を要する重要時刻の前には全画面共通にアラート表示してユーザーに事前通知する。

(2) 入札実行/管理機能

ユーザーは登録済み注文データを一覧表示し、選択データを画面上から入札することができる(図3)。複数の登録済みデータから注文データ検索用の検索パネルにより容易に所望データを探し表示可能である。また、同じ画面上で現在入札中のデータについても管理・表示しており、ユーザーは常に入札状況を把握して取引業務を行うことができる。システムでは、各注文データの入札可否(承認又は差戻し)の承認権限を持つユーザーにより管理することも可能である。

(3) 約定結果管理機能

サーバは、約定結果を自動的に取得しデータベースへ保存し、取得後に音声や画面フリッカによりユーザーへ即時通知する。ユーザーは、データベース内の約定結果を検索表示し約定価格/量等の詳細結果を確認することができる。

表1. BLenDer Trader の機能一覧

機能群	機能名
共通管理	ユーザー管理, エラー/ログ管理, データ管理/検索, スケジュール管理, メッセージ管理
取引支援	注文作成(スポット, 先渡定型/非定型), 入札実行/管理(スポット, 先渡定型/非定型), 約定結果管理(スポット, 先渡定型/非定型), 受渡電力バランス計算
取引業務管理	取引業務承認, 取引容量登録値管理, 注引量/価格制限管理, 先渡与信マスタ登録値/マスタ値管理
会計処理	取引確認, 契約ステータス管理, 対応付処理, 決済書作成・取引, 取引所清算処理, 入出金実績管理, 実績収支管理

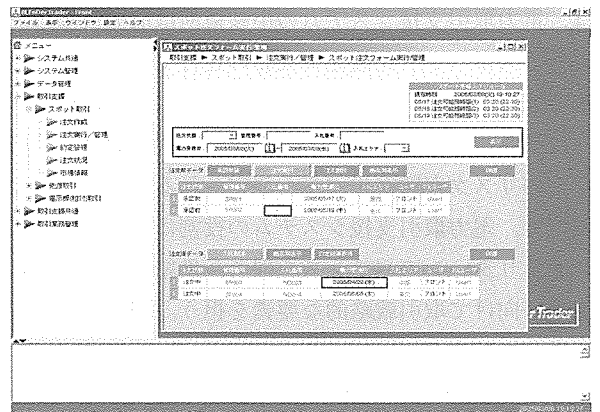


図3. 入札実行管理画面の例

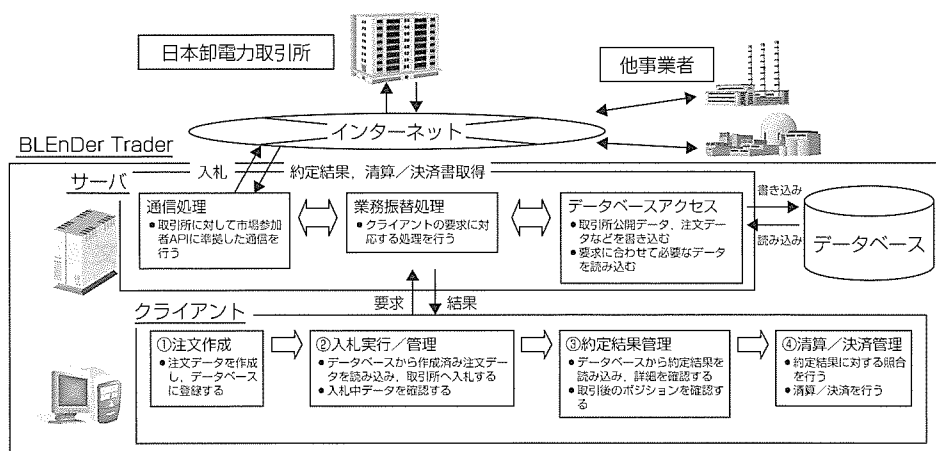


図2. 取引プロセスに沿ったBLenDer Traderの主要機能

さらに、全商品の約定結果を反映した受渡電力バランスも日次～年次の解像度でグラフ表示することができ、ユーザーは現在から将来にわたる売買ポジションの把握が容易である(図4)。

(4) 清算/決済管理機能

ユーザーは、通知された約定結果に対して注文データとの相違がないか照合確認し、取引所に対して清算/決済手続きを画面上で遂行することができる。ユーザーは、任意のフォーマットで清算/決済書の帳票を作成することが可能である。また、取引にかかわる入金実績/収支実績についてもサポートしており、取引パフォーマンスの分析が容易に行える。

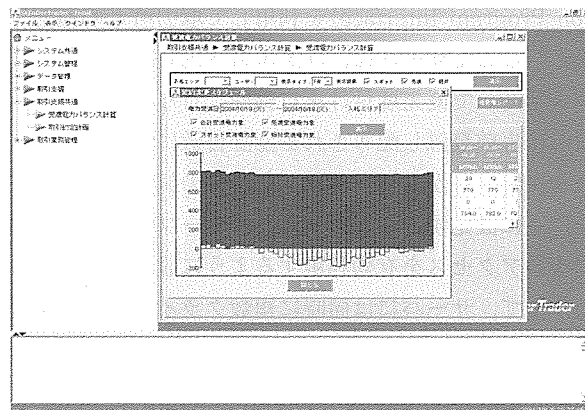


図4. 受渡電力バランス確認画面の例

4. 今後のシステム開発方向と展開

卸電力取引所の出現は各事業者の業務システムに少なからず変化をもたらした。今後も、取引環境の変化や動向に追随して業務システムは改善/拡張されていくことになるだろう。今後、BLenDer Traderは、表2に示すように、開発を進める予定である。

4.1 取引支援機能の強化/拡張

2.2節で述べたように、取引導入期にある我が国の環境では、電力取引支援システムの中核機能は取引市場における電力のスポット/先渡売買業務の遂行である。しかし、今後の取引環境の発達を考えると、市場による価格形成が徐々に進み、電力事業者にとって市場売買における価格変動などのリスクが顕在化すると想定される。このような事業環境で、電力取引支援システムの役割は、自社の経済的リスク/リターンのバランスを保ち、供給・販売の最適化の実現に向けて取引戦略的な要素を担う。例えば、長期的な観点からは先渡取引による将来のキャッシュフローの確定を行い収益リスクの低減を図り、短期的な観点からは自社発電能力を考慮して収益の改善を目指すといった取引戦略を策定する。前者では様々なリスク要因を考慮したリスク評価が必要になる。一方、後者は短期需給計画による各時刻の自社発電量と限界コストの正確な把握が必要である。BLenDer Traderでは、需給計画作成パッケージ(BLenDer PM)と連携し卸取引向け取引可能量とコストの把握を可能にするほか、取引環境における各種リスク評価や複数の小売契約の最適策定も統合的に検討する取引戦略策定機能などを開発する予定である。

4.2 取引環境の変化に対する柔軟性の実現

取引市場における入札価格、入札量の適応的な算出と迅速な意思決定を進めるためには、電力取引支援システムと需給管理を始めとする既存システムとの機能的な連携が不可欠となる。BLenDer Traderでは、周辺システムとの連携についても標準的なサポートを進めていく。

また、2007年に日本卸電力取引所の見直しも予定されて

表2. BLenDer Trader の開発予定

開発方向	開発項目	内容
支援機能の強化	市場価格予測	スポット市場の短期価格予測
	市場動向分析	収集公開データによる統計分析
	小売契約策定	小売契約の最適組合せの策定
	需給戦略策定 BLenDer PM	複数エリア、市場取引を考慮した統合的需給計画(年間～翌日)
	リスク評価	取引関連の各種リスク評価分析
システム柔軟性	システム連携	既存システムとの機能連携
	BPMの適用	取引ルールの変更、業務フローの変化への対応

おり、取引環境の変化に伴い事業者内の業務フローも変更が生じる可能性が高い。そのため、BPM(ビジネスプロセス・マネジメント)の導入により環境変化に対して柔軟なシステム機能構成を実現し顧客ニーズに対応していく。

5. むすび

本稿では、電力取引業務の基本的な特徴とそれを支援する電力取引支援システムBLenDer Traderについて述べた。このシステムは2005年4月から実取引業務で使用され、当初の設計目的である取引業務におけるミスの軽減、自動処理によるユーザー負荷の軽減に貢献している。

今後は、取引制度見直し等による取引ルールの変更や取引量増加に十分対応できるように、システムの柔軟性向上、及び取引における迅速な意思決定をサポートする付加価値機能の向上を目的とし開発を進めていく予定である。

参考文献

- (1) 平野秀明, ほか: 電力取引支援システムの開発, 電気学会電子・情報・システム部門大会, 1153~1157 (2005)
- (2) 日本卸電力取引所: 取引ガイドVer.1.40, <http://www.jepx.org>

電力自由化環境下における自動給電システム

須藤剛志*
福井伸太**

An Energy Management System in Liberalized Environment

Takeshi Suto, Shinta Fukui

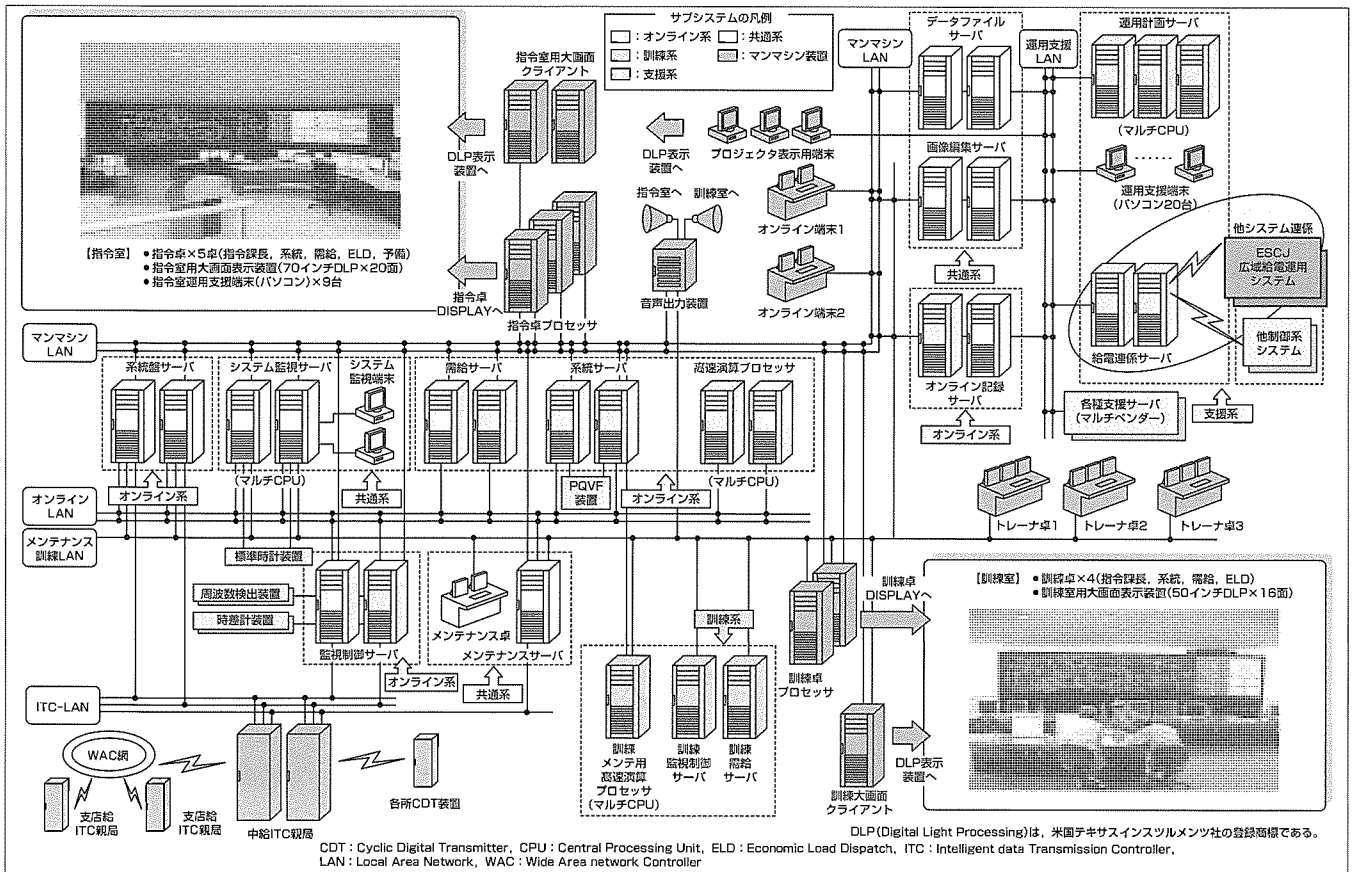
要旨

2005年4月から改正電気事業法が全面施行され、電力系統利用協議会(ESCJ)の本格業務が開始された。電力自由化に対応するためには電力流通設備の利用が市場参加者に対して公平・透明に提供されることが必要であり、ESCJが監視機関としての役割を担っている。

電力会社送配電部門は、各地域における電力システムの安定供給を維持する主体であり、ESCJと連携して電力系統運用を実施する必要がある。さらに、特定規模電気事業者(PPS)等市場参加者からの託送申込み、発電計画・連系線等利用計画を受け付け、自社の計画と合わせて管内全体の

需給計画(エリア需給計画)を策定し、PPSの同時同量監視を実施することにより、経済的で信頼性のある系統運用を実現している。

本稿では、電力市場における電力会社送配電部門の位置付けについて、ESCJとのかかわりあいを中心に述べる。さらに、電力自由化に対応する中央給電指令所システム機能改造の実施例として、東北電力(株)中央給電指令所システムにおける機能増強を取り上げ、自由化の進展により必要となる課題とその対応状況を概説する。



東北電力(株)納め中央給電指令所システム

2003年3月に運開した国内最新の中央給電指令所システムであり、監視制御を行うオンライン系システム、訓練系システム、支援系システムと、システム管理・メンテナンスを行う共通系及びマンマシン装置から構成される大規模オープン分散システム構成を採用している。ESCJシステム連携を始め、自由化に対応するため、サーバの負荷分散化や支援系マンマシンへのパソコン採用によるメリットを生かした機能増強を運開以降実施している。

1. ま え が き

日本の電力システムの需給運用は、一般電気事業者(以下“電力会社”という。)によって分割された各地域内での需給バランスを保った上で、電力会社間の連系送電線を活用して火力発電燃料費の経済性及び送電線熱容量、系統電圧、系統安定度を考慮しながら全国規模での電力融通を随時実施して行われている。一方、需要家の電気供給先選択肢の拡大と電気の安定供給確保を目的に2003年6月に改正された電気事業法が2005年4月から全面施行され、日本卸電力取引所と電力系統利用協議会(以下“ESCJ”という。)が運用開始した。電力供給先の全国規模での多様化に伴う電力取引の増大に対応して、従来から行われてきた全国規模での電力融通を今後も安定的に拡大していく必要がある。

本稿では、電力取引に伴い連系送電線の運用管理を行うESCJの広域給電運用システムと情報連携して地域の需給運用業務を担う電力会社の中央自動給電システムについて、電力取引対応の新機能を中心に述べる。

2. 電力市場における電力会社の位置付け

日本の電力市場参加者は、欧州で主に採用されているサードパーティアクセス方式により電力会社が保有・運用する電力流通設備を利用して契約需要家に送電(すなわち託送)する。したがって、電力会社は、託送を考慮した送電線熱容量、系統電圧、系統安定度の系統セキュリティを維持するための需給・系統運用を行う必要がある。市場参加者が電力会社の当該地域内で託送する場合には、電力会社

の電力送配電部門にその内容を事前に連絡しておけば、系統セキュリティを考慮した自社内需給計画・運用は従来どおり、電力会社内で対応可能である。しかしながら、電力会社間をまたぐ電力取引については、託送を中継する複数の電力会社の送配電部門に事前連絡し、各社内需給計画・運用への影響を事前に検討して、必要であれば連系送電線の利用内容を調整することになる。また、市場参加者に対しては、連系送電線自体の使用可否、空容量管理を日本全体の系統セキュリティを考慮して公平に管理・公開することが必要となる。これらの業務を担うのがESCJの広域給電運用システムと系統情報公開システムである。電力会社の送配電部門とデータリンクされている広域給電運用システムの機能のうち、電力取引に関係するものとしては、連系送電線自体の作業状況を管理する作業計画業務機能、空容量の計算や取引所で約定された前日スポット・先渡し取引等の託送可否判定依頼に対する結果を管理する託送管理機能、連系送電線の使用計画値を管理する通告変更業務機能、系統アクセス受付を行う長期託送検討業務機能がある。これらの機能は、電力会社の送配電部門と双方向の情報交換を頻繁に行いながら実行される。

電力会社の送配電部門とのデータリンク方法は、各電力会社によって実際の構成は異なるが、基本的には、図1に示すように、広域連携サーバとサイバーセキュリティを重視した専用プロトコルを用いて1対1の通信を行う。送配電部門内では、需給制御を主とする監視制御系、情報配信系、運用計画支援系等から構成される自動給電システム、連系送電線や地内系統の空容量算出、振替供給ロス算出や

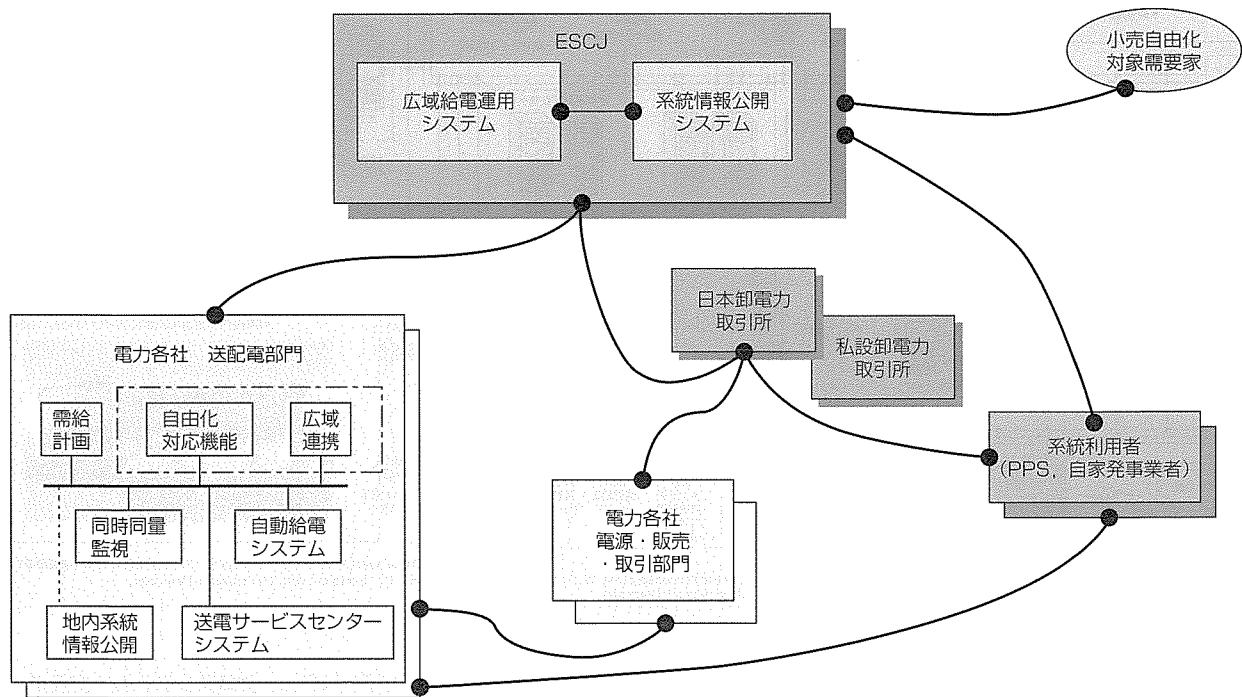


図1. 電力自由化に関連した情報の連携

電力取引による託送可否判定を主とする自由化対応機能が各サーバ上で動作する。広域連携サーバとともに、これらサーバ群は大規模な機能分散型システムを構成している。また、供給計画にかかわる中長期需給計画機能や特定規模電気事業者(PPS)の需給管理状況を監視する同時同量監視機能も構築されている。中長期需給計画機能は端末パソコン上での任意帳票作成等を可能にしている。

PPSや自家発事業者、さらに電力会社の電源・販売・取引部門からの発電計画と連系送電線の利用計画情報は送電サービスセンター経由で伝達され、管轄地域の送配電システムと連系送電線の利用については電力会社の送配電部門で一括して管理される。このため、電力取引量の拡大時においても引き続き一貫した系統セキュリティの維持を可能としている。電力自由化環境下の中央自動給電システムは、2005年4月から国内の全電力会社で新設された広域連携サーバ、自由化対応機能サーバを加えたものとして考え、以下にその具体例を述べる。

3. 自由化に対応した中央給電指令所システム機能

中央給電指令所では、電力システムの信頼性を維持しつつ、電力自由化に対応するために、ESCJ連係を始め、様々なシステムの機能改造を実施している。この章では、東北電力(株)中央給電指令所システムを例に述べる。

図2に中央給電指令所システムに関連した自由化にかかわる主なデータの流れを示す。システム連係として、系統情報や取引情報に関するESCJとのデータ連係、ネットワークサービスセンターを介した市場参加者との連係が加わり、これらの連係と関連して、需給計画・需給制御・同時同量監視等の既設機能の改造も必要に応じて実施している。

3.1 ESCJ連係による系統情報の開示

ESCJとの連係は、他のシステム連係専用の給電連係サーバを介して実施している。連係データが長期計画から当日の通告変更まで多岐にわたり、担当が複数の部門に分かれるため、運用支援端末(パソコン)上にHMI(Human Machine Interface)を構築している。

以下に、自由化に関連したESCJ連係業務について示す。

- (1) 需給業務：ESCJの情報公開に処すために需給予想、需給実績値を送信する。
- (2) 作業計画：エリア間連系設備(送電線)等の作業停止計画データ及び作業実施状況をESCJに送信する。
- (3) 託送管理：エリア間連系線設備に関する空容量等のデータを管理し、ESCJに送信するとともに、取引の託送可否判定処理に用いる。
- (4) 取引業務：市場参加者からの先渡し・相対取引に対する託送申込みをESCJに送信し、ESCJから受信した託送可否判定依頼に対し、判定結果を送信する。また、前日

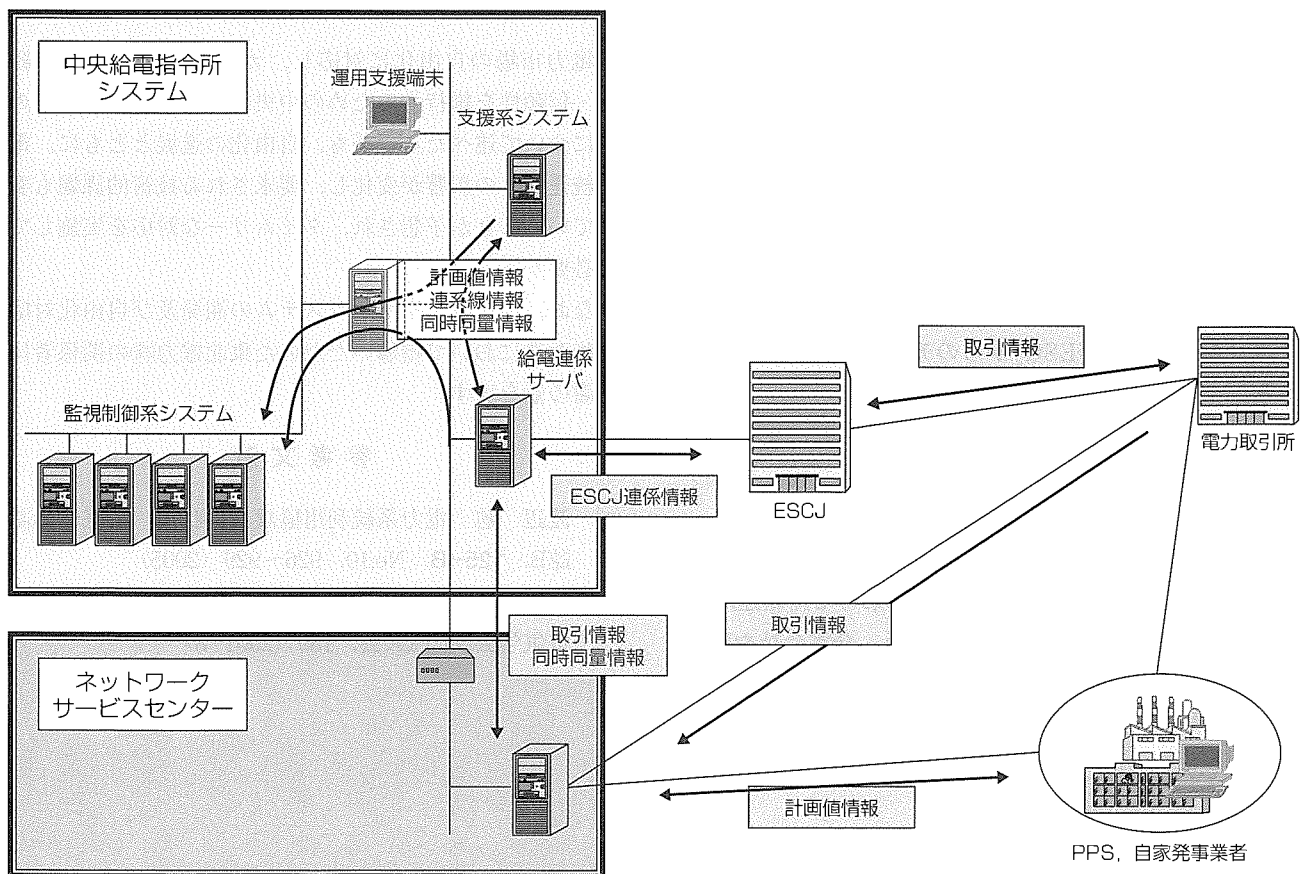


図2. 中央給電指令所システムのデータ関連図

スポット取引に対する託送可否判定結果を送信する。

- (5) 通告変更業務：翌日計画策定後から当日運用までの期間における連系設備を使用する計画値の変更(通告変更)申込みを受け付け、ESCJに送信する。ESCJからの通告変更可否判定依頼に対し、判定結果を送信する。
- (6) 長期託送検討業務：市場参加者から託送供給にかかわる接続検討の申込みを受け付け、ESCJに送信する。ESCJでは検討が遅滞なく実施されているかを監視する。

上記ESCJ連係業務のうち、特に託送可否判定や通告変更業務は迅速に処理を実施する必要がある。このように短時間で応答すべき処理に対しては、画面の釦(ボタン)点灯のほか、音声による運用者への注意喚起を行っている。

また、取引業務等、託送申込みから契約成立までESCJと電力会社間で複数回のデータ授受が必要となる業務に対して、処理状況や回答の要否状態を画面表示することにより運用者の支援を行っている。

3.2 ネットワークサービスセンターとの連係

電力会社の送配電部門の1つであるネットワークサービスセンターでは、PPS等電力市場参加者に対する電力会社の窓口業務を行っている。市場参加者と電力会社間の連絡方法としてデータ送受信の規定が検討されており、電力市場参加者の一部では既に運用されている。

中央給電指令所は、ネットワークサービスセンター経由で、電力市場参加者の託送申込み、計画値、通告変更等のデータを受け付け、ESCJへ送信するとともに、電力管内(エリア)の需給バランス、連系線監視を実現するために、確定されたデータを需給計画・需給制御機能に引き継ぐ。また、同時同量監視のために契約ごとに仕分けされた実績値を受け取る。

ネットワークサービスセンターは、電力市場参加者の同時同量管理や精算処理を実施する必要があるため、中央給電指令所からネットワークサービスセンターへ、落札決定通知や託送可否検討結果等ESCJからのデータを受け渡す必要がある。

現在、データ送受信の頻度、容量等を勘案し、更なる運用効率化を目指したデータ受渡し方法について検討を行っており、今年度運用開始予定である。

3.3 計画・監視機能の改造

中央給電指令所では、電力会社管内における需給運用の経済性・信頼性に対する責務があるため、発電会社やIPP(Independent Power Producer)等市場参加者の発電機出力、及びPPS需要を含めたエリア需給計画を策定する必要がある。年間から週間計画までは市場参加者からの先渡し・相対取引の計画値を、翌日分については同取引の翌日計画値に加え前日スポット取引の発電所別契約値を需給計画に反映する必要がある。翌日計画値は確定後に需給計画から需給制御に引き継がれ、当日の運用・監視対象となる。関連するデータが必要なタイミングで各機能に引き継がれ、計画及び監視機能が実施されるよう改造を実施している。

翌日計画確定後に、市場参加者から連系線を利用する取引の通告変更の申し出があった場合には、速やかにESCJに対し通告変更申込みを実施し、ESCJとの連係機能で可否判定プロセスを通す。承認された通告変更値は需給制御の連系線監視値として反映されるよう制御機能の改造を実施している。

中央給電指令所では特高需要家に対しては給電情報伝送装置によるテレメータ監視を実施しているが、平成17年4月から自由化範囲が高圧需要家まで拡大されたため、同時同量監視のために新たなデータが必要となり、同時同量監視データ収集システムが収集したデータを用いた同時同量監視を行うこととした。この処理において、同時同量監視データ収集システムでは30分ごとの電力量をPPSから収集しており、ネットワークサービスセンターで仕分け計算を実施した後、契約件名単位の実績管理を行う。

4. む す び

電力市場の自由化に対応し、かつ電力系統運用の経済性・信頼性を維持するための中央給電指令所システムの機能について述べた。今後も、自由化の進展とともに、電力系統運用への影響が変化し、要求される技術的課題も変わっていくことが予想され、タイムリーな対応を実施していく必要がある。

なお、中央給電指令所システムの開発及び自由化対応の機能改造において指導いただいた東北電力(株)の関係者に、感謝の意を表す。

参 考 文 献

- (1) 渡辺 勉：電力系統利用協議会の状況，電気学会論文誌B，125-B，No.10，926～929（2005）
- (2) 高橋 修，ほか：次期中央給電指令所システムの概要，電気学会B部門大会，189（2001-8）

電力託送料金調定システム

松原龍之介*
永瀬貴之**
新山カヨ**

Billing Systems for Electric Transmission Charges
Ryunosuke Matsubara, Takayuki Nagase, Kayo Niiyama

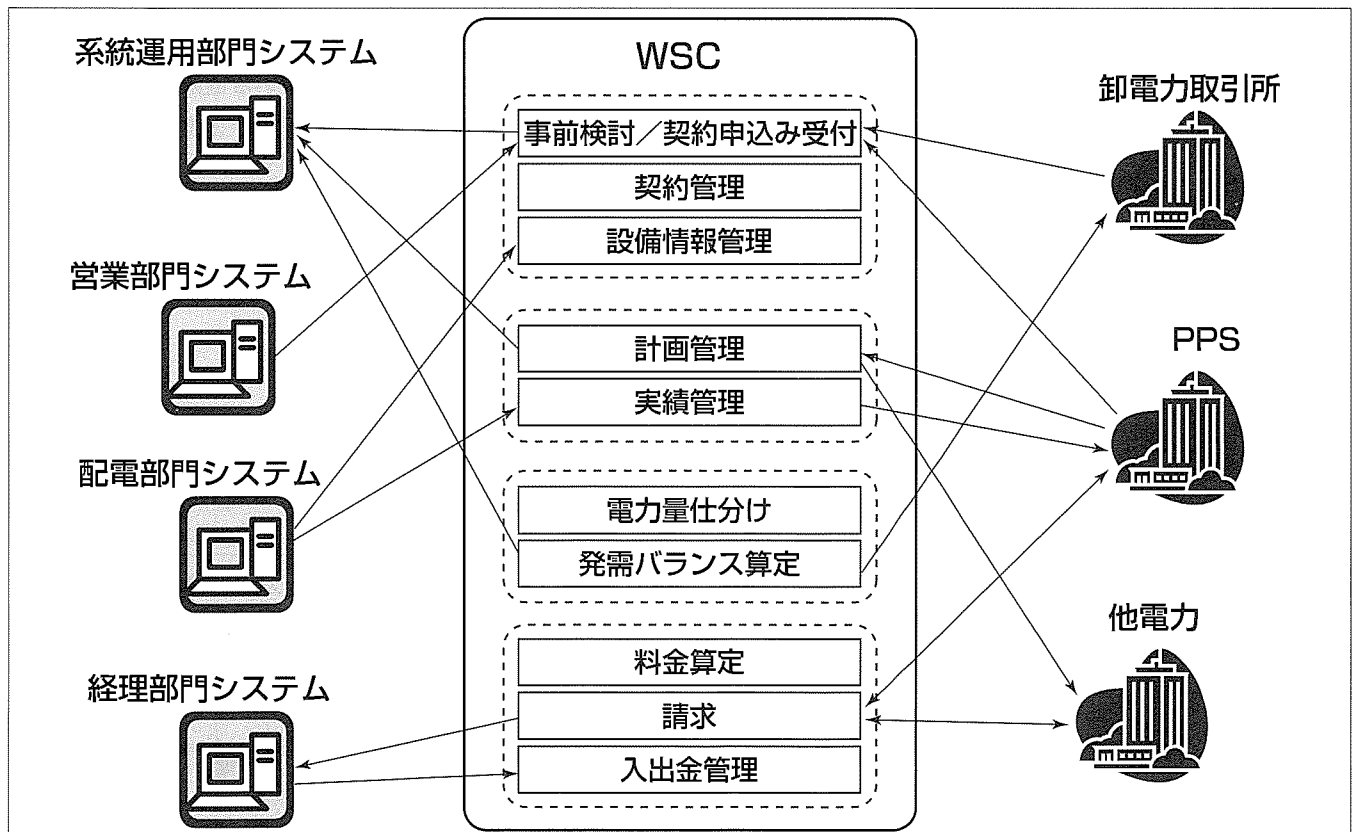
要旨

2005年4月から、高圧需要家向けの電力小売事業が全面的に自由化され、また、日本初となる卸電力取引所による電力取引が開始された。これにより、特定規模電気事業者 (Power Producer and Supplier : PPS) が電源を確保して需要家に電力を供給する形態は多様化しており、かつPPSが電力会社の送配電網を利用して電力を供給するために必要な託送供給に関する制度の改正が進み、電力会社における託送業務の範囲は急激に拡大している。とりわけ託送料金調定業務では、PPS需要家数の増加やスポット取引等による電源とPPSの結び付きの多様化の影響で計算が複雑化・大規模化しており、各電力会社の託送サービスセンター (Wheeling Service Center : WSC、電力会社によっては、ネットワークサービスセンター、送電サービスセンタ

一等の名称を使用することもある。)では本格的な託送業務を支援するシステムの必要性が高まっている。

三菱電機では、電力自由化に伴う新規システムの導入や既存システムのリプレースに合わせた各種システムの開発を行ってきた。今回の託送料金調定システムは、制御システムである中央給電指令所システムや自動検針システムとの関係のほか、複雑な料金調定業務機能が実装されており、業務系と制御系の統合システムとして開発した。

このシステムは、同時同量支援や契約申込み・計画受付といったリアルタイム性の高い業務のための可用性の確保と、制度見直しにも柔軟に対応できるような料金計算ロジックのメンテナンス性の高さが特長となっている。



電力託送料金調定システム

システムは、契約申込み受付や契約情報をメンテナンスする契約管理機能、運用計画や各種利用実績を収集・提供する計画・実績管理機能、PPSの発需バランスを計算し同時同量達成状況を確認するインバランス算定機能、及び契約・実績に基づいて託送料金の精算を行う料金算定・請求機能からなる。各機能において、電力会社内外の各種システムと連携・協調して業務を支援する。

1. ま え が き

2000年の電気事業法改正により、特定規模電気事業者(PPS)が自由化対象となった大口需要家向けに電力を供給することが可能となり、そのため、PPSが電力会社の送配電網を利用する電力託送制度が新設された。さらに、2005年4月からの高圧需要家向けの電力小売自由化や卸電力取引所の開設により、新規参入業者であるPPSが電源を確保して需要家に電力を供給する形態は多様化してきており、これにより、各電力会社における電力託送にかかる業務は急激に拡大している。とりわけ託送料金調定業務では、PPS需要家数の増加やスポット取引等による電源とPPSの結び付きの多様化により、計算が複雑化・大規模化しており、各電力会社の託送サービスセンター(WSC)では本格的な託送業務を支援するシステムが必要となってきた。また、電気事業における今回の制度変更への評価作業が進行中であり、今後も制度の見直しが行われることも予想されるため、料金計算ロジック等の影響を受けやすい箇所についてはある程度改修の容易性を保っておく必要がある。

本稿では、こうした動きを受けて新制度に対応するために開発した託送料金調定システムについて述べる。

以下、2章では各種料金調定システムへの取り組みと、その中でこのシステム開発の位置付けについて述べる。3章では現行の電力託送制度と託送業務の概要について述べ、4章で今回開発した託送料金調定システムについて述べる。5章はまとめとして今後の展開について述べる。

2. 料金系システムへの取り組み

電気事業における規制緩和が進行する折、電力会社やPPSでは、新たな業務の発生や既存の業務の大幅な変更が発生し、様々な業務システムの改修や導入が見込まれ、また実際に行われている。こうした中、当社では、業務系システムの中でも他システムとのつながりが多く、特に重要性の高い料金調定システムの開発に積極的に取り組んでいる。料金調定の用途としては、料金計算のみならず、営業戦略向けの料金シミュレーションや経営管理向けの実績管理としてもその適用が可能である。従来メインフレームによる大型システムがほとんどであった営業料金システムも、自由化に伴い小回りの効くシステムが必要とされており、重要なターゲットであると考えられる。

電力小売の自由化及び制度改正が進む中、上記のような電力料金調定を行うシステムには、改修の容易性が求められる。これを実現するためのメンテナンス性の高い料金計算ロジック管理の枠組みを開発し、各種料金調定システムへの組み込みを進めている。図1は、料金計算ロジック管理の概要を示しており、システム内のデータを計算処理で利用できる形式で取得するためのデータアクセサ、デ

ータと演算子や制御構造を組み合わせる計算式を構築するための料金計算式エディタ、及びXML(eXtensible Markup Language)による中間形式で表現される料金計算式をソースコードに変換するためのプリプロセッサからなっている。計算式に追加・変更が必要な場合はエディタを利用し、システムのデータが追加・変更になった場合はデータアクセサの修正・追加を行うことで広範囲の料金変更に対応可能である。

今回開発した託送料金調定システムには、この枠組みを組み込んだ託送料金算定パッケージ“BLEnDer TS”を適用している。

3. 電力託送の概要

3.1 託送制度の概要

電力会社は、自社の所有・管理する送配電網を利用し、PPSの発電所からPPSの需要家へ電気の受け渡しを行う。これを託送供給と呼ぶ。託送供給には、図2に示すように、接続供給と振替供給の2通りの供給形態がある。PPSは、自社が供給する需要家の存在する各エリアにおいて、各電力会社と接続供給の契約を結ばなければならない。WSCでは、接続供給契約に基づき、需要家への供給の容量及び電力量に応じた接続送電サービス料金とPPSの30分ごとの発需のインバランスに応じた負荷変動対応電力料金の請求をPPSへ行い、また、PPSへ余剰電力購入料金を支払う。また、PPSが需要家への供給に用いる電源が供給地点と異なるエリアに存在する場合、電源の存在するエリアから供

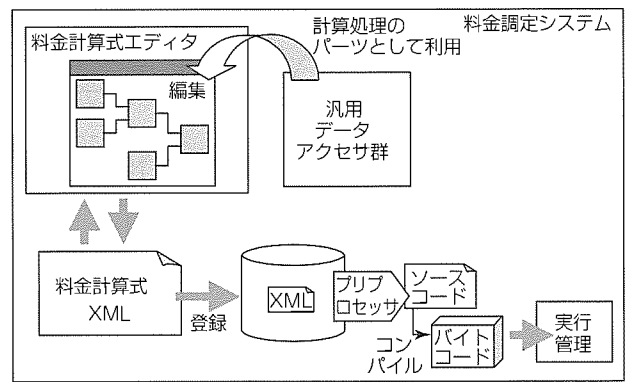


図1. 料金計算ロジック管理の概要

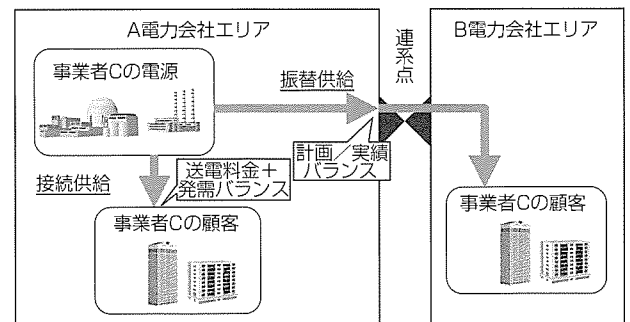


図2. 託送供給

給地点の存在するエリアに到達するまでの各エリアの電力会社と振替供給の契約を結ばなければならない。WSCでは、振替供給契約に基づき、通告電力量と受電実績の30分ごとのインバランスに応じた振替補給料金の請求をPPSへ行い、また、PPSへ余剰電力購入料金を支払う。なお、振替供給は連系線利用を伴うため、PPSは、電力系統利用協議会へ連系線の容量登録・容量確保を行う必要がある。

3.2 託送業務の概要

WSCで行う業務としては、まず、各種の受付業務がある。PPSからの受電側接続検討の申込みを受け、所定の期間内に回答する。検討に当たっては、配電部門、系統運用部門への検討依頼が必要であり、検討に際しては検討料を申し受けることになる。また、接続供給・振替供給契約の申込みを受け付け、契約手続を行う。契約に際しては、配電部門、系統運用部門への検討依頼を行い、工事実施が必要となる場合には、工事費負担金の受領が必要となることもある。また、連系線利用を伴う契約申込みの場合、電力系統利用協議会への送電可否判定の依頼の受付も合わせて行うことになる。契約後は、系統運用部門が発電計画や連系線等利用計画等の各種計画を、PPSから所定の期限までに受け付ける。直前での計画変更についても系統運用部門が受け付け、WSCは、料金算定のために、最終的な計画値を系統運用部門から受領する。前日スポット取引に基づく託送分についての契約申込みは、WSCが取引所から原則としてスポット取引の実施の前日に受け付ける。

託送供給では30分ごとの受電電力量と供給電力量のインバランス料金が発生するため、WSCは、各供給地点・受電地点からの30分ごとの検針値を受け取る必要がある。また、供給地点からの検針値の受領を希望するPPSに対して30分ごとに各供給地点の電力量を提供することが制度で同時同量支援として求められており、対応が不可欠となっている。

託送供給にかかる料金は、各月1日から末日までの実績に基づき計算する。料金計算に先立ち、計算に利用する力率の計算や支店・営業所からの停止実績の収集を行う。また、一つの電源が複数の接続供給・振替供給の供給元となる場合は、発電計画に基づいて、受電電力量を仕分けておく必要がある。しかる後に、供給実績や受電/供給のインバランス実績に基づき託送の契約にかかる料金の計算を行う。料金計算後は、請求書を発行し、併せて、供給電力量や30分ごとのインバランスといった実績データをPPSに対して提供する。

3.3 システムの要件

託送料金調定システムは、系統運用部門、配電部門、電力取引所、PPS等社内外を含め多くのシステムとの多量のデータ連係が行われ、なかでも同時同量支援や受付業務といったリアルタイム性の高い業務を実現するための高可用

性を備えていることが求められる。また、1章でも述べたとおり、託送供給にかかる料金は制度に厳密に沿って計算される必要があり、この制度が見直しされる場合に備えた料金計算ロジックのメンテナンス性の確保も重要な要件と言える。

4. システムの構成

4.1 全体構成

託送料金調定システムは、業務サーバ、データ連係サーバ、情報提供サーバ等から構成され、各サーバの役割は以下のとおりである(図3)。

- (1) 業務サーバは、託送料金算定パッケージBLEnDer TSを中心とした託送料金算定機能を実装したサーバであり、契約管理機能、電力量仕分け機能、料金計算機能を実装している。
- (2) データ連係サーバは、託送料金算定に必要な情報を社内システムからデータ連係するための処理を行うサーバであり、情報遮断の観点から特定されたシステム以外との通信を遮断している。
- (3) 情報提供サーバは、託送供給にかかわる事業者向けに情報を公開しているサーバであり、同時同量支援機能、各種情報受付・情報提供機能を実装している。

4.2 契約管理機能

PPSが託送供給の契約の申込み在先だち、申込みを行う受電側接続検討から、接続供給契約、振替供給契約を締結するまでの一連の業務進捗状況と問合せ内容や契約にかかわる内容を管理する機能である。契約内容は、受電場所や供給場所の情報、契約電力など託送供給の契約や料金算定に必要な情報である。

また、PPSから提出される翌日～長期の連系線利用、発電計画を受け付け、電力会社の供給管内と連系線を監視・運用する中央給電指令所に受け渡す。翌日発電計画については後述する電力量仕分け機能に必要な計画値と電力量仕分け優先順位を含んでいるため、PPSと中央給電指令所間で調整された通告変更分も含めた計画値を受け取り管理することを可能としている。

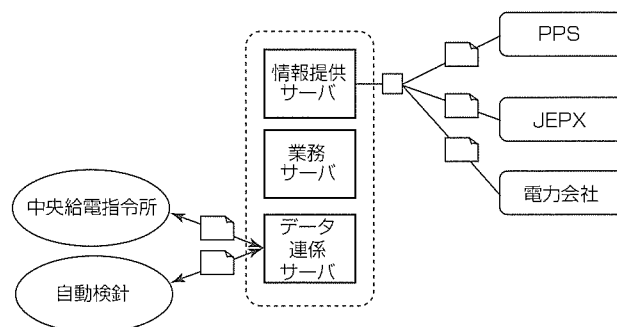


図3. システム全体図

4.3 計量値管理機能

PPSの発電所や需要家に設置された計量器から検針データを取得し、30分電力量、最大需要電力、力率測定有効/無効電力量を算定する機能である。算定された値は、接続送電サービス料金や負荷変動対応電力料金の計算、力率の計算に使用される。

4.4 電力量仕分け機能

1発電所を複数のPPSで利用する契約を持つとき、1計量器で検針される30分電力量からそれぞれのPPSに供給される電力量を計算することを電力量仕分けと言う。

PPSは、翌日発電計画に、自社向けに受電する発電所の計画値と仕分け優先順位を提出する。また日本卸電力取引所(JEPX)は、PPSのスポット取引の情報をWSCに提出する。電力量仕分けは、当該発電所に関するスポット取引の約定量分を実績30分電力量から先取りした後、各PPSが提出するすべての翌日発電計画から優先順位の高い順に先取りし、優先順位が同順位の場合は計画値で按分(あんぶん)する処理を行う機能を実現している。

4.5 料金計算機能

2005年4月から施行された託送供給約款に規定されている接続送電サービス料金や負荷変動対応電力料金、選択変動範囲による料金計算等をBLEnDer TSで提供されている計算式エディタ(図4)によってすべて実装している。データ取得部分や演算部分、条件判定部分などが分離された構造で料金計算式が作成できる支援機能を提供しているため、制度見直しに伴う料金計算式の変更や新たな料金計算式の追加に容易に対応できる仕組みとなっている。

また、内税/外税方式に対応した消費税額の計算や延滞利息の計算、月途中での契約変更に伴う日割計算を可能とし、託送料金にかかわる請求書を作成することが可能である。

4.6 同時同量支援機能

PPSは、同時同量達成に必要な需要家の30分電力量を電力会社の計量器から電力使用量のパルスデータを取得している。しかしながら、比較的小規模な需要家についてはその設備コストが負担となる可能性があり、4.3節で示した計量値管理機能により算定した30分電力量を同時同量支援として30分周期で情報提供サーバからインターネットを介してPPSへ提供している。

4.7 情報提供機能

前節で示した同時同量支援機能のほかに、託送供給にかかわる事業者であるPPS、JEPX、電力会社に対して以下のような機能を提供する。

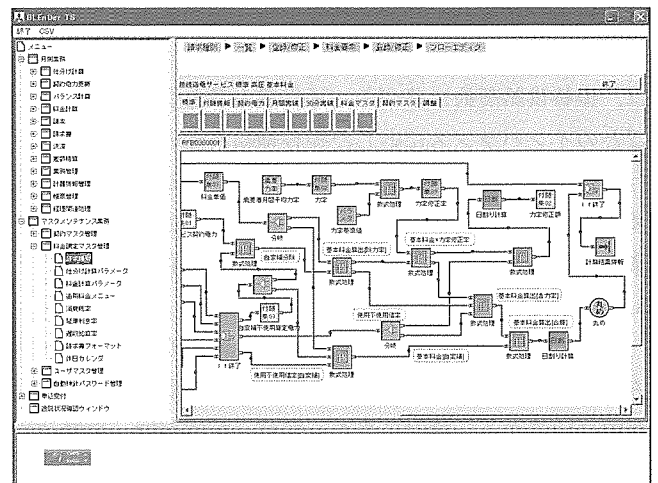


図4. 計算式エディタ

- (1) JEPXで取引されたスポット取引約定情報を受け付ける。
- (2) JEPXが精算するスポット取引の電力供給量不足分に対する弁済金の算定諸元として、4.4節に示した電力量仕分け機能により算定されるスポット取引の不足電力量を提供する。
- (3) 2005年4月から適用開始された発電計画等受領業務ビジネスプロトコル標準に従ってPPSから提出される各種計画を受け付ける。
- (4) 連系線をまたぐ振替供給の連系線等利用計画を代表して受け付けた場合、関係する電力会社への計画値を提供する。

5. む す び

以上、制度見直しに合わせて開発した託送料金調定システムの概要について述べた。このシステムは、新制度下での託送料金調定業務のスムーズな実現のために求められる他システムとのデータ関係のための高可用性、今後の制度見直しに備えた高メンテナンス性を実現するために開発した。

このシステムに適用された託送料金算定パッケージ BLEnDer TSの料金計算ロジック管理部分については、今後ニーズが高まる各種経営管理、料金戦略、料金調定システムへ提供していく予定である。

参考文献

- (1) 電力各社：託送供給約款 (2005)
- (2) 電力系統利用協議会：電力系統利用協議会ルール (2005)
http://www.escj.or.jp/making_rule/guideline/index.html

電力小売管理システム

塚田路治*
田中俊行*
井上俊宏*

Operational System for Power Producer and Supplier
Michiharu Tsukada, Toshiyuki Tanaka, Toshihiro Inoue

要旨

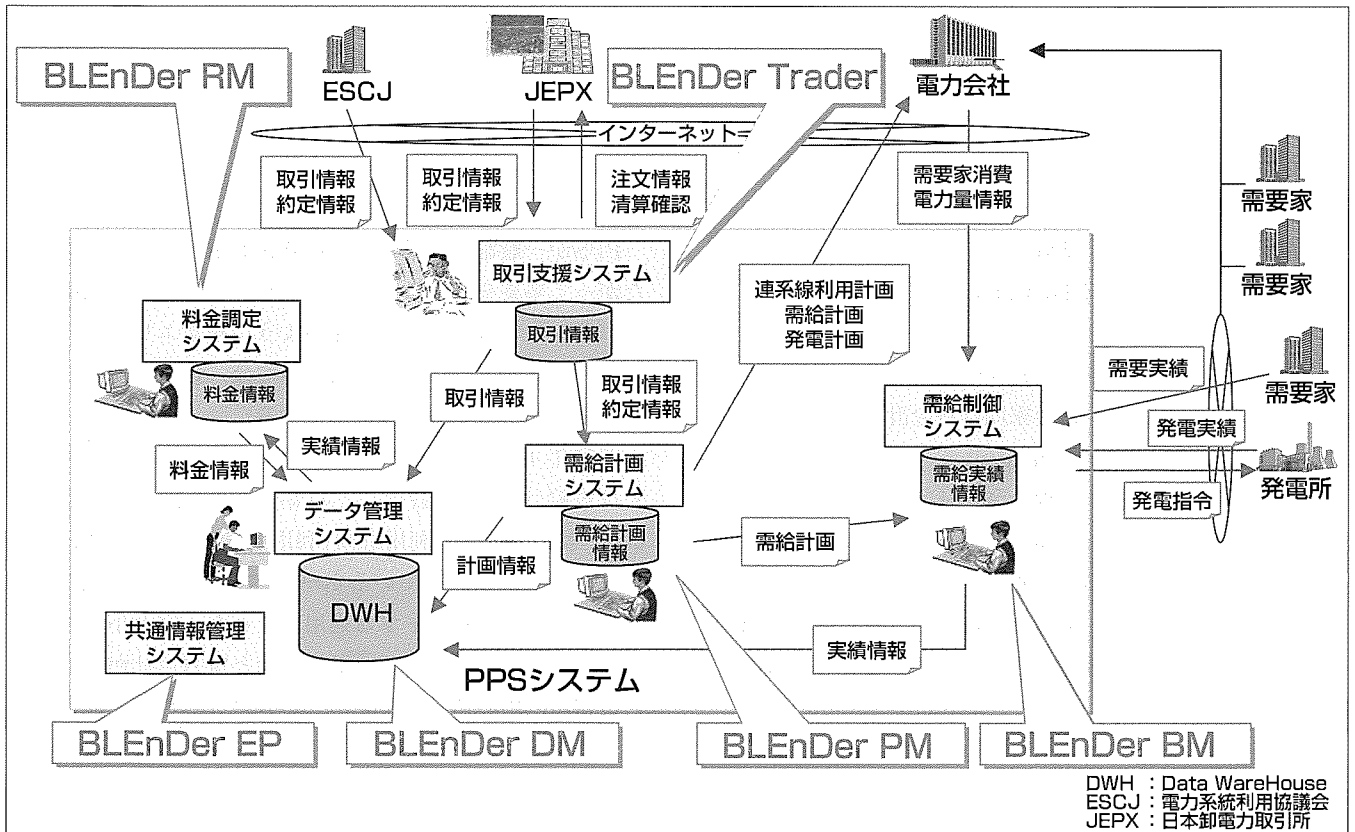
2000年3月に大口需要家を対象とした電力小売の部分自由化が開始され、特定規模電気事業者(Power Producer and Supplier: PPS)が需要家に電気を供給するようになってから約5年が経つ。三菱電機では、PPS向け電力小売管理システムを早期に開発し、顧客にシステムを納入してきた。

当初、電力小売管理システムは、同時同量監視制御を中核とした機能であったが、近年、制度の変更やPPSが連係する外部システムが増えてくることにより、電力小売管理システムも様々な機能を備えるようになった。

そこで、当社はPPSが必要とする機能をパッケージ単位

に分けて、PPSのニーズに応じて必要なパッケージを柔軟に組み合わせたシステムを構築して提供している。現在、PPS向けのパッケージとしては、同時同量監視制御を行う“BLEnDer BM”，需給計画を作成する“BLEnDer PM”，料金調定を行う“BLEnDer RM”，データの蓄積管理を行う“BLEnDer DM”，システム間共通情報の一元管理を行う“BLEnDer EP”の5つのパッケージが存在する。

本稿では、当社がPPS向けに開発したパッケージのラインナップ、及びこれらのパッケージが動作するハードウェア環境、ソフトウェア環境について述べる。



電力小売管理システムを構成するパッケージソフトウェア

電力小売管理システムは、同時同量監視制御を行うBLEnDer BM，需給計画を作成するBLEnDer PM，料金調定を行うBLEnDer RM，データの蓄積管理を行うBLEnDer DM，システム間共通情報の一元管理を行うBLEnDer EPの5つのパッケージソフトウェアで構成されている。

1. ま え が き

世界的なエネルギー事業への規制緩和と競争原理の導入に伴い、我が国でも、2000年3月に電気事業法が改正され、契約電力2,000kW以上の大口需要家を対象とした電力小売の部分自由化が開始された。その後、2004年4月には契約電力500kW以上、2005年4月には契約電力50kW以上の需要家への電力小売が自由化され、今後は自由化範囲の拡大についての検討が予定されている。

この電力小売の自由化拡大に伴い、一般電気事業者以外に初めて特定規模電気事業者(PPS)が需要家に電力を供給するようになった。PPSの数は2005年11月1日現在で23社⁽¹⁾と余り増えていないものの、供給シェアを着実に伸ばしている。PPSを取り巻く環境においても2005年4月から日本卸電力取引所の開設に伴い電力を自由に売買できるようになったこと、PPSが契約している需要家の電力量を30分ごとに電力会社が提供できるようになったこと、PPSの需給計画の結果を電力会社に対してXML(eXtensible Markup Language)ファイルで電子的に提出することなど、様々な変化が生じている。

当社では、PPS向け電力小売管理システムを早期に開発し、現在では、パッケージソフトウェアの組合せで電力小売管理システムを構築し顧客に提供している。

2. パッケージソフトウェア

PPS向けパッケージソフトウェアは、以下の5つにより構成されている。

- (1) BLEnDer BM (Balance Manager)
電力量の計測／監視／制御
- (2) BLEnDer PM (Portfolio Manager)
需給計画
- (3) BLEnDer RM (Rate Manager)
対電力会社、発電所、需要家向け料金計算
- (4) BLEnDer DM (Data Manager)
データの蓄積、分析、管理
- (5) BLEnDer EP (Enterprise Platform)
システム間共通情報の一元管理

この5つ以外にBLEnDer Traderという日本卸電力取引所との取引データの管理を行うパッケージも存在する。

2.1 BLEnDer BM

電力量の計測・監視・制御を行うパッケージである。

監視機能では、電力会社エリアごとの需給バランス、すなわち、需要家の合計電力量と発電所の合計電力量の比較をグラフ及びデジタル値で表示して監視する。さらに、個々の需要家の消費電力量と予測値の比較、個々の発電所の発電電力量と計画値の比較も行う。また、監視するために必要なデータの収集や需給バランスを一定に保つための

制御、各種異状が発生した場合のメッセージ通知などもBLEnDer BMの基本機能である。

2005年4月から、PPSが契約している需要家の消費電力量30分値を電力会社が計測後30分以内に公開するサービスを開始した。それに伴い、このデータを監視制御に取り込む機能拡張を行った。

従来は計測制御周期ごとに電力量を収集して制御値の計算／送信、監視画面の更新を行っていたが、電力会社から提供される需要家の消費電力量のデータを使う場合には、計測制御のタイミングに計測制御周期刻みの電力量を得ることができない。そこで、以下の順序で、計測制御周期刻みの電力量を作成する。

- (1) 電力会社から提供される需要家の消費電力量30分値のトレンド、及び需要予測値から数時間先までの需要家の消費電力量30分予測値を作成する。
- (2) (1)で作成した需要家の消費電力量30分予測値を計測制御周期の値に展開し、この値を監視制御に用いる。

したがって、監視制御している時間帯の需給バランスは一部予測値の含まれた電力量になるが、電力会社から需要家の消費電力量30分値が配信されてきた時間より前の需給バランスは、確定した値が監視画面に表示される。このパッケージでは、PPS事業規模の拡大に伴う監視制御点数の拡大対応など市場ニーズへの対応を実施している。

2.2 BLEnDer PM

需給計画、すなわち、需要予測と発電計画を行うパッケージである。需要予測は需要家ごとに予測を行い、電力会社エリアごとに加算して電力会社エリア内需要家の需要予測値を作成する。これが、発電計画の入力データとなる。

PPSが一般電気事業者と異なり複数電力会社エリアにまたがって事業を行うことができる特性上、発電計画は、需給バランスをエリアごとに保つように複数エリアの発電計画値を計算する。この方法については、以前に文献(2)で紹介したので本稿での記載は割愛する。

2005年4月から、PPSは発電計画(発電所ごとの計画値)、及び需給計画(電力会社ごとの需要予測合計と発電計画合計)、及び連系線等利用計画(利用する連系線の計画値)を各電力会社が公開しているホームページに対してXMLファイルでアップロードする運用になった。電力小売管理システムで管理している需給計画の値と電力会社が認識している需給計画の値は、インバランス料金清算の関係上、必ず一致させておく必要がある。BLEnDer PMでは、発電計画の確定操作実行後、及び通告変更操作実行後に、電力会社にアップロードするために必要なXMLファイルを自動で生成することができる。これらデータ交換の電子化を進めることで業務の効率化が行えるようになった。

2.3 BLEnDer RM

PPSの運用実績に基づいて電力会社、需要家、発電所向

けに清算する金額を計算するためのパッケージである。

BLEnDer RMは、電力会社向け託送料金調停パッケージソフトウェアBLEnDer TSの開発で培った技術を適用しているため、精度の高い計算を行うことができ、電力会社からの請求の照合に用いることができる。

また、請求書等の帳票類においてテンプレートを編集することにより帳票類のカスタマイズを容易に実施することができる。

そして、PPSが取得可能な電力量(月初めに電力会社から送られてくる前月分の電力量、電力会社が30分ごとに提供している電力量、PPSが監視制御用に設置している端末から計測した電力量)を登録し、比較することができる。

さらに、料金計算では、計算式が正しく登録されているかをユーザーが視覚的に確認したいというニーズがある。

BLEnDer RMでは、図1に示すようにエディタで計算式を視覚的に確認でき、このエディタの中でパラメータなどの変更をすることができる。

2.4 BLEnDer DM

電力小売管理システムのデータウェアハウスで、長期的に保存が必要なデータ、分析に必要なデータを保存・管理している。必要なデータをすべてのデータの中から検索して取り出せるように構築している。OLAP(Online Analytical Processing)ツールなどの分析ツールを搭載して、効率的な分析を行うことができる。このパッケージを使って、事業者は、通常のレポートでは出力されないデータの傾向の分析や、需要予測結果と実績の比較、さらに、需要予測方法や需要予測パラメータの変更の検討を行っている。

2.5 BLEnDer EP

電力小売事業の規模の拡大に伴い、多くの業務プロセスを効率良く処理する仕組みが必要となっている。当社では、各種事業者のニーズにこたえられるように、独立性の高い複数のパッケージの組合せにより1つのシステムに構築するソリューションを提供しているが、この場合、ユーザー認証、ユーザー権限の管理、マスターデータの管理を共通で行うニーズが高くなる。BLEnDer EPを導入すると、アカ

ウントの設定、ユーザー権限の設定、複数のパッケージで共通に使っているマスターデータの設定を一度に行うことができ、一元管理することができる。

3. ハードウェア

システムは、大きく以下の3つから構成される。

(1) センタサーバ

PPS向けパッケージソフトウェアを実装する。

(2) 発電所端末/需要家端末

発電所/需要家に対して計測/制御を行う。

(3) ネットワーク

センタサーバと端末/電力会社サーバとのデータ送受信を行う。

3.1 センタサーバ

PPS向けパッケージソフトウェアを実装するセンタサーバは、Intelアーキテクチャベースの汎用サーバを適用し、オペレーティングシステムにはLinux^(注1)を採用している。サーバ及びオペレーティングシステムは、ベンダーを固定せず、システムごとに柔軟に対応できる構成としている。

また、以下の点を考慮したハードウェア構成としている。

(1) ステップアップ方式によるシステム拡張

初期導入時点では、複数パッケージを同一サーバに搭載し、PPS事業開始に必要な最小限の機能を実装したオールインワンタイプのシステム構成からPPS事業規模に応じてパッケージごとにサーバを準備した構成まで、段階的にシステム拡張することを可能としている。

(2) 発電所/需要家拠点数増大における対応

PPS事業規模が大きくなると、発電所/需要家拠点数が増大することにより、監視拠点/制御拠点/計測ポイントが増大する。

監視機能/制御機能を実現するBLEnDer BMパッケージでは、通信機能部を複数サーバに実装し、通信処理の負荷分散を行えるような構成としている。

(3) 高可用性・高信頼性の実現

システムの高可用性・高信頼性の実現は、汎用のクラスソフトウェアを採用し実現している。

クラス構成としては、共有ディスク装置を導入し、サーバ等の障害発生時には待機系サーバが共有上のデータを使用し業務引き継ぎを行う。特に、複数の種類の業務アプリケーションをそれぞれ異なるサーバで稼働させ、相互に待機する双方向スタンバイクラス構成(図2)をとり、業務単位での負荷分散を行っている。

3.2 発電所端末/需要家端末

発電所/需要家に設置する端末は、設置拠点に応じて計測ポイント/制御ポイントの追加が可能な構成としている。

また、発電所端末では、発電制御システムとのインタフ

(注1) Linuxは、Linus Torvalds氏の登録商標である。

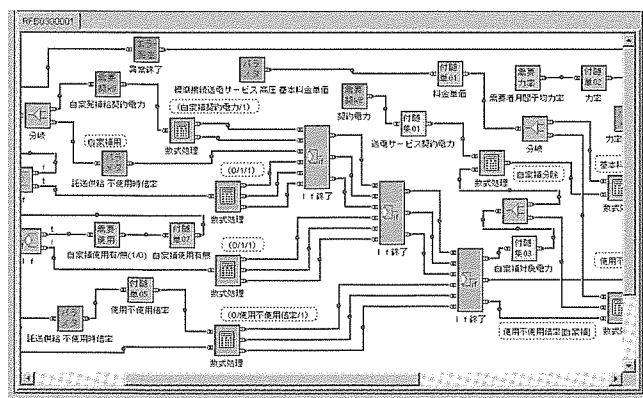


図1. BLEnDer RMの計算式

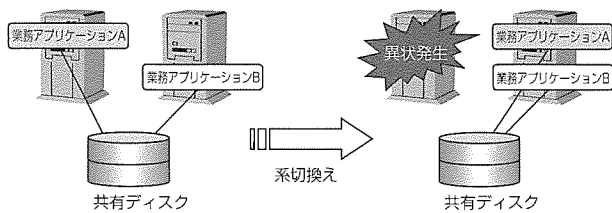


図2. 双方向スタンバイクラスタ構成

ェース信号をアナログ信号/デジタル信号/ネットワークと発電所側のシステムに合わせて柔軟に対応可能である。

3.3 ネットワーク

センタサーバと端末/電力会社サーバとのデータ送受信を行うネットワークは、通信サービスベンダーが提供する汎用のネットワーク接続サービスを適用している。信頼性重視の場合はIP-VPN(Internet Protocol-Virtual Private Network)で構築し、コスト重視の場合はインターネットVPNを適用している。

システム運用/監視用の端末(パソコン)との接続は、リモート接続サービスを活用し外出中の緊急対応時には、モバイルパソコンを用いてリモート接続サービス経由での業務実施を可能としている。

4. ソフトウェア

4.1 ソフトウェアアーキテクチャ

このシステムでは、OSにLinux、WebサーバにApache^(注2)、アプリケーションサーバにTomcat^(注2)と、主にオープンソースソフトウェアを用いてシステムを構成している。

ソフトウェアアーキテクチャは標準的なWebアプリケーション構成としており、画面仕様に応じて、単純な画面ではjspを、グラフ等複雑な描画内容が含まれる場合はapplet/servletを用いてJava^(注3)言語による実装を行っている。

なお、高速な演算が必要となるBLENder PMの中心部

(注2) Apache, Tomcatは、Apache Software Foundationの登録商標である。

(注3) Javaは、Sun Microsystems, Inc. の登録商標である。

(注4) Oracleは、Oracle Corp. の登録商標である。

(注5) MySQLは、MySQL Aktiebolagの登録商標である。

ではg77を、BLENder BMの制御部ではg++を用いて実装を行っている。

データベースとしてはOracle^(注4)を適用しているが、MySQL^(注5)、PostgreSQL等オープンソースのデータベースソフトウェアも適用可能な構成をとっている。

4.2 ソフトウェア間のデータ連携

主に画面表示関連のデータはデータベース(Oracle)を軸としてデータ連携を行う。性能が要求される通信処理関連のソフトウェア間の連携では、メモリ及びフラットファイルを介してデータアクセスを行うミドルウェアを用い、データ連携を行っている。

4.3 カスタマイズ機能のプラグイン

カスタマイズ時の画面の登録、及びカスタマイズで追加される各種パラメータ値・マスタデータ等は、内部データベースへの登録操作により、ソフトウェアの変更を行うことなくシステムに反映可能な構成で実装を行っている。

5. む す び

本稿では、当社が開発した電力小売管理システムについて、近年開発した内容を中心に述べた。電力小売自由化の範囲拡大及び制度の変更、電力会社やその他の機関との連携の拡大、さらに、PPS自体の事業規模拡大により、このシステムを今後ますます高度化させていく必要がある。

一方ではハードウェアの性能向上、ソフトウェアアーキテクチャの技術進歩は非常に速いものがあり、これらの技術を取り込みながら信頼性の高い、顧客のニーズをキャッチした電力小売管理システムの開発を行っていく予定である。

参 考 文 献

- (1) 経済産業省：特定規模電気事業者連絡先一覧，http://www.enecho.meti.go.jp/denkihp/genjo/pps/pps_list.html
- (2) 高橋正一，ほか：電力小売託送ルールとPPS向け発電計画，三菱電機技報，75，No.9，613～616（2001）

ユースケースモデルを活用した 業務システムの開発ライフサイクル

山岡孝行*
石原 鑑**
古田裕久**

Model-based Software Development Process for Enterprise Systems

Takayuki Yamaoka, Akira Ishihara, Hirohisa Furuta

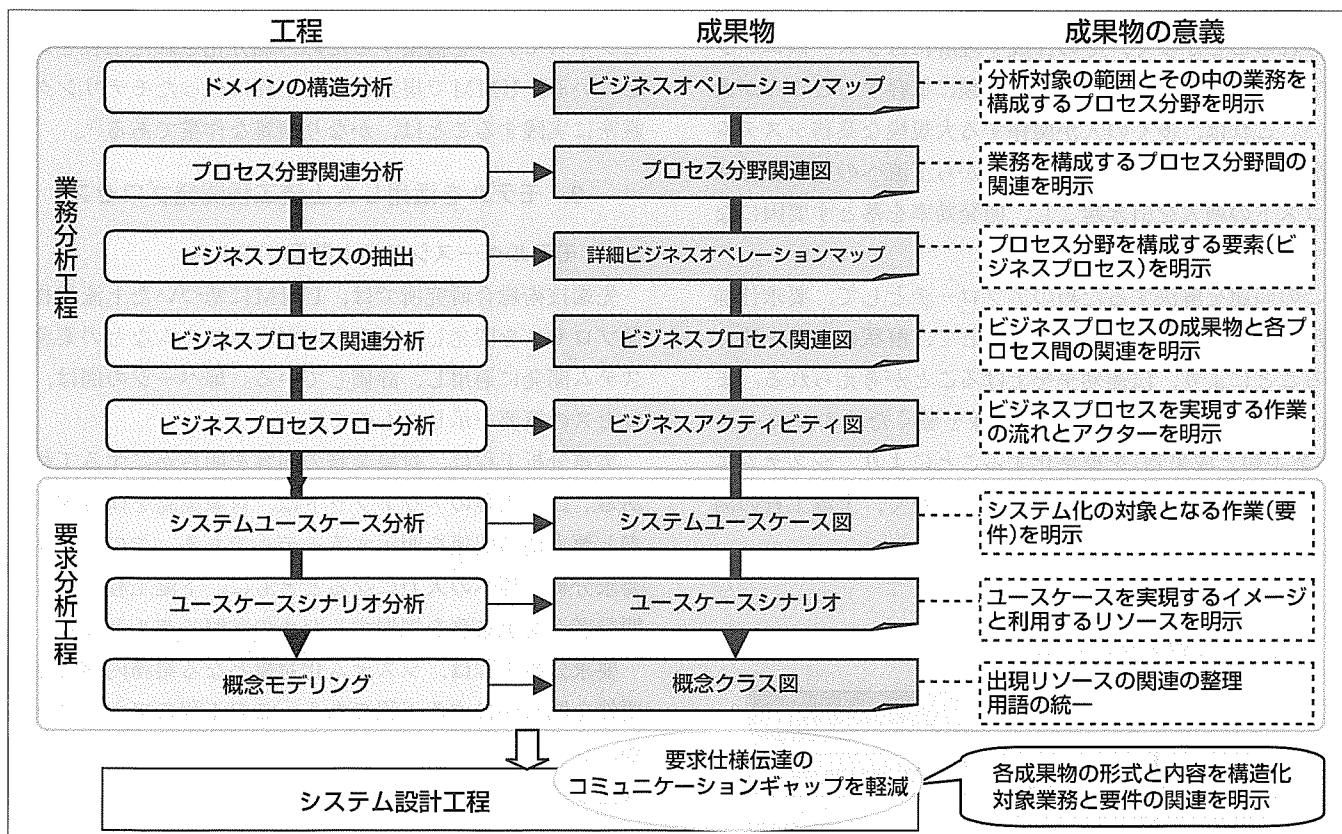
要 旨

電力や交通、公共分野等向けの大規模業務系のシステムの開発では、要求仕様の不備が開発途中の手戻りの主要な原因となっており、それを是正するために上流工程で要求仕様の品質を向上させることの重要性が増している。要求仕様が不明瞭(ふめいりょう)で不安定である要因として、それが主に自然言語の文章など構造化されていない情報で構成されること、その作成にはシステムエンジニアの属人的能力や経験に依存していることが指摘できる。このような問題に対するアプローチとして、要求仕様の形式と内容を構造化(モデル化)して、解釈のあいまい性を小さくすることが有効だと考えられる。

本稿では、上記のアプローチによる上流工程強化に対する取り組みであるモデルベースシステム開発プロセスにつ

いて述べる。このプロセスは、UMM(UN/CEFACT^(註1) Modeling Methodology) ビジネスモデリングフレームワークに基づき、UML(Unified Modeling Language)により上流工程成果物のモデル化を行うものである。このプロセスでは、システム化対象業務の内容から要求仕様を導くための作業手順と成果物を厳密に定義する。これは、成果物に対する明確な解釈の視点と成果物を構成する要素の定義を与えることであり、成果物に対する解釈のあいまい性を小さくできる。また、成果物を作成する作業内容と作業間の関連を定義することで、各成果物の間の関係を明確にすることができ、要求仕様から対象業務への追跡可能性を確保することができる。

(注1) UN/CEFACT: United Nations Centre for Trade Facilitation and Electronic Business



モデルを活用した業務システムの上流工程開発プロセス

対象業務の内容から要求仕様を作成するためのプロセスである。業務分析工程は、対象業務を構成する要素と要素間の関連を明示するモデルを作成する工程である。要求分析工程は、システム化対象となる業務内容とその要件を明らかにする工程である。この工程の成果物が、システム開発の要求仕様としてシステム設計工程への入力となる。このプロセスでは、業務分析工程で作成したモデルの要素と要求分析工程のモデルの要素とを関連付けておくことにより、要求仕様の内容(システムの機能)からそれを利用する業務の内容を把握することが容易になる。

1. ま え が き

業務系システムビジネスの展開には、複雑・高度化する顧客の要求にこたえるソリューションを提案できること、かつ、提案したソリューションに基づきシステムが予算内、期間内に実現できることが求められる。三菱電機先端技術総合研究所では、業務システム開発の生産性向上を目標として、以下のような取り組みを行っている。

- システム開発上流工程の強化
- 上流工程と設計・開発工程のシームレスな結合
- 開発工程を支援する基盤技術開発強化
- 上流工程と結び付いた試験環境の実現

本稿では、上記“システム開発上流工程の強化”に対する取り組みの一つであるモデルを活用した業務システムの上流工程開発プロセスについて述べる。

2. 業務システム上流工程開発の課題

2.1 システム開発における問題点

図1は、システム開発の典型的な流れを簡略化して示した図である。本稿では、要求仕様を作成する要求分析工程までをシステム開発の“上流工程”と呼ぶことにする。

従来の業務システム開発では、上流工程で作成される要求仕様は自然言語の文章など構造化されていない情報で構成されることが多く、その作成や理解にはシステムエンジニアや開発者の属人的な能力や経験に依存するところが多い。これは、多くの人が関係する大規模な業務システム開発プロジェクトにおいて、上流から下流への要求仕様伝達コストの増大を引き起こし、開発効率を落とす要因になっている。

この問題を解決するためのアプローチとして、要求仕様の形式と内容を構造化(モデル化)して、解釈の余地を狭くすることにより、伝達効率を上げることが考えられる。また、対象業務の内容から要求仕様を導くためのプロセス(作業手順と成果物)を標準化することにより、システムエンジニアの経験に大きく依存することなく、上流工程の開発効率を上げることが期待できる。

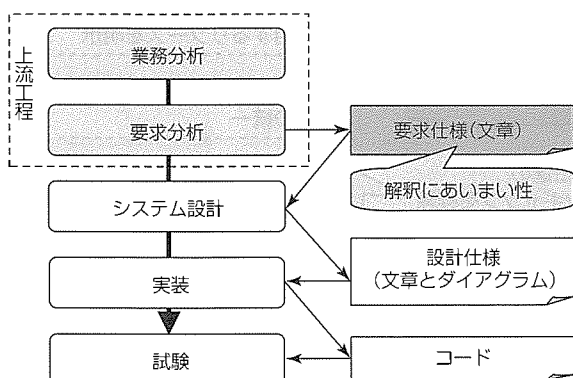


図1. 典型的なシステム開発形態

2.2 関連技術と適用課題

近年、システム開発の成果物を構造化する手法として、UML^{(1)(2)(注2)}の利用が一般的になっている。UMLは、OMG(Object Management Group)により規定されている標準的なモデリング言語であり、システムを複数のビュー(システムをある種の視点から抽象化して表現)とダイアグラム(ビューを表現する図)で表現するものである。しかし、UML自体は対象をモデル化するための手段を与えているだけであって、それを開発工程の中でどのように利用するかを規定しているわけではない。したがって、上流工程の各成果物をUMLで表現するためには、その成果物を解釈するためのビューと使用するダイアグラムを明確に規定する必要がある。

UMLによるシステム開発の標準プロセスとして、RUP(Rational Unified Process)^{(3)(注3)}が知られている。RUPはユースケースを中心とした大規模で構造的な開発プロセスであり、成果物の多くは何らかのUMLモデルで作成される。しかし、RUP自体は開発フレームワークの一種であり、組織でこれを採用して使いこなすためには、組織独自のカスタマイズが必要である。特にRUPでは、上流工程の作業と成果物の内容について具体的に規定されていない。

上流工程の作業内容を規定したフレームワークの一つにUMM⁽⁴⁾がある。UMMは、電子商取引業務を対象にしたビジネスモデルを構築するための細分化された工程を規定している。UMMで規定された工程に従ったモデリングを厳密に実践することは、かなり煩雑な作業である⁽⁵⁾。

3. モデルを活用した上流工程開発プロセス

3.1 モデルベースシステム開発プロセス

先端技術総合研究所では、UMMに基づいた上流工程開発プロセスを開発し、卸電力取引所システムなどの業務システム開発に適用し、評価している。扉ページの図は、プロセスの概要を示したものである。

業務分析工程は、対象業務の内容を明らかにする工程である。この工程のアウトプットは、対象業務を構成する要素と要素間の関連を明示するモデルである。このモデルは、要求分析工程への入力になるとともに、下流工程において開発者が対象業務を把握するための参照モデルとなる。

要求分析工程は、システム化対象となる業務内容とその要件を明らかにする工程である。この工程のアウトプットが、システム開発の要求仕様としてシステム設計工程への入力となる。この工程では、業務分析工程で作成したモデルの要素とこの工程のモデルの要素とを関連付けておくことが重要なポイントである。この関連をたどることにより、要求仕様の内容(システムの機能)からそれを利用する業務

(注2) UMLは、OMGの登録商標である。

(注3) RUPは、IBM Corp.の登録商標である。

の内容を把握することが容易になる。

以下では、それぞれの工程で行う作業と作成するモデルの内容について述べる。

3.2 業務分析工程

(1) ドメインの構造分析

目的：対象業務の範囲と構造を明確にする。

作業内容：対象業務の範囲を定め、その業務を構成する要素(プロセス分野)を抽出する。

成果物：ビジネスオペレーションマップであり、UMLのパッケージ図で表現する。各パッケージが、業務の要素を表す。

図2は、対象業務が取引業務であるときのビジネスオペレーションマップの例である。取引業務を構成するプロセス分野に、市場運営、流通、決済があることを示している。

(2) プロセス分野関連分析

目的：対象業務の大きな振る舞いを明確にする。

作業内容：ビジネスオペレーションマップの要素としたプロセス分野を実際の業務の流れに則って関連付ける。

成果物：プロセス分野関連図であり、UMLのアクティビティ図で表現する。アクティビティがプロセス分野を表す。

図3は、取引業務では、市場運営により成立した注文に対して、決済業務、流通業務を行うことを示したプロセス関連図の例である。

(3) ビジネスプロセスの抽出

目的：対象業務の構造を詳細化する。

作業内容：プロセス分野を構成する業務を抽出する。

成果物：ビジネスオペレーションマップの詳細化であり、抽出した業務をユースケースとしてプロセス分野パッケージの中に配置する。

図4は、市場運営が、注文管理業務と約定処理業務からなることを示している。

(4) ビジネスプロセス関連分析

目的：各プロセス分野の振る舞いとビジネスプロセス実行に必要なリソースを明確にする。

作業内容：プロセス分野ごとに、ビジネスプロセスの実行に必要なリソースと生成する成果物を抽出し、それらを関連付ける。

成果物：ビジネスプロセス関連図であり、UMLのアクティビティ図で表現する。アクティビティがビジネスプロセスを、オブジェクトがリソースを表す。

図5は、市場運營業務では、注文管理業務で受け付けた注文が約定処理業務の入力となり約定を行う例を示している。

(5) ビジネスプロセスフロー分析

目的：各ビジネスプロセス内の作業とアクターを明確にする。

作業内容：各ビジネスプロセスを実現している作業(ビジネスアクティビティ)と作業を行うアクターを抽出し、それらを関連付ける。

成果物：ビジネスアクティビティ図であり、UMLのアクティビティ図で表現する。アクティビティがビジネスアクティビティを、オブジェクトがリソースを、スイムレーンがアクターを表す。

図6は、注文管理業務の中の注文受付に関する作業フロ

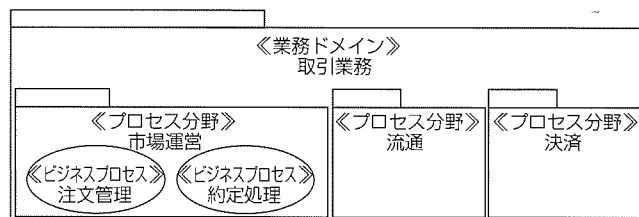


図4. ビジネスオペレーションマップ詳細化の例

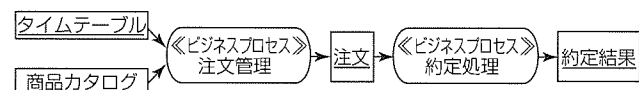


図5. ビジネスプロセス関連図の例

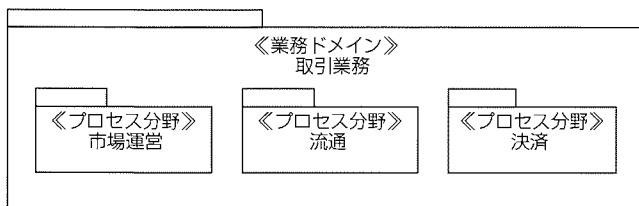


図2. ビジネスオペレーションマップの例

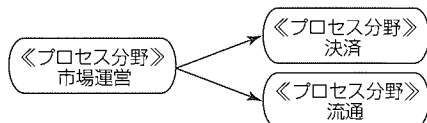


図3. プロセス分野関連図の例

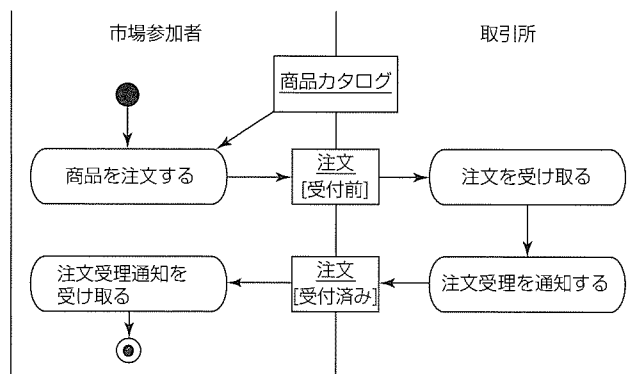


図6. ビジネスアクティビティ図の例

ーを示したビジネスアクティビティ図の例である。

3.3 要求分析工程

(1) システムユースケース分析

目的：システム化の範囲を明確にする。

作業内容：ビジネスアクティビティ図の各アクティビティについて、システム化の対象とするか否かを決定する。

成果物：システムユースケース図であり、UMLのユースケース図で表現する。システム化するビジネスアクティビティをシステム境界内のユースケースとして表す。

図7は、図6のビジネスアクティビティ図に対して、“商品注文する”と“注文を受け取る”アクティビティをシステム化対象として決定した例を示している。

(2) ユースケースシナリオ分析

目的：ユースケースを実現するイメージとリソースを関係者の間で共有する。

作業内容：ユースケースごとに、アクターが行う具体的な作業手順を書き下す。各手順には、利用するリソース(情報)を明示する。業務ルールに従った制約条件や例外的な作業についても明らかにする。

成果物：ユースケースシナリオであり、システムユースケース図の各ユースケースに関連付けて保持する。

(3) 概念モデリング

目的：ユースケースを実現するデータ構造を明確化するとともに、システム開発に携わる関係者間で用語の統一を行う。

作業内容：ユースケースシナリオに出現するリソースを概念クラスとして抽出し、それらの関連を分析する。

成果物：概念モデルであり、UMLのクラス図で表現する。

3.4 モデルの特長

上述したプロセスでは、各工程で作成するモデルに対する明確なビューとダイアグラムを構成する要素の定義を与えることにより、解釈のあいまい性を小さくしている。これにより、従来の自然言語文記述に比べて要求仕様内容の

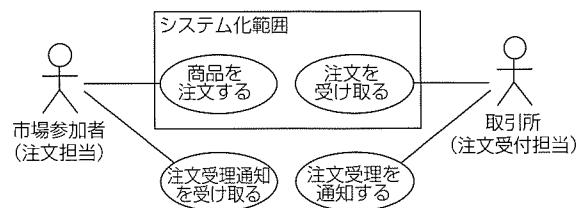


図7. システムユースケース図の例

理解が容易になり、上流と下流のコミュニケーションギャップを軽減することが期待できる。

さらに、このプロセスでは、ビジネスアクティビティをシステムユースケースに関連付けるなど、モデル全体の要素間の関連についても規定している。これにより、ある要求仕様に対する業務内容の把握が容易になるとともに、業務の変更に伴うシステムの変更範囲の特定が容易になるなど、システム全体のライフサイクル管理の効率化に結び付くと考えている。

4. む す び

業務システム開発の上流工程を強化するためのモデルベースシステム開発プロセスについて述べた。開発の現場において、従来のプロセスを変更して新しいプロセスを導入するには大きな労力が必要となる。今後は、導入を容易にするために、本稿で定義したプロセスの実行を支援するツールを整備していく所存である。

参考文献

- (1) クレーグ・ラーマン：実践UML第2版 パターンによる統一プロセスガイド，ピアソンエデュケーションジャパン（2003）
- (2) マーチン・ファウラー，ほか：UMLモデリングのエッセンス第2版，翔泳社（2000）
- (3) イヴァー・ヤコブソン，ほか：UMLによる統一ソフトウェア開発プロセス オブジェクト指向開発方法論，翔泳社（2000）
- (4) UN/CEFACT：UN/CEFACT Metamodel Version Date：2003-01-17（2003）
http://www.unece.org/cefact/umm/umm_index.htm
- (5) 森田勝弘，ほか：UMLによるビジネスモデリング，ソフト・リサーチ・センター（2003）

業務システムを支えるBPMの 電力市場関連システムへの適用

山足光義* 北山泰英*
五十嵐政志* 茂木 強*
砂田英之*

BPM Technology for Electric Power Trading Systems

Mitsuyoshi Yamatari, Masashi Igarashi, Hideyuki Sunada, Yasuhide Kitayama, Tsuyoshi Motegi

要 旨

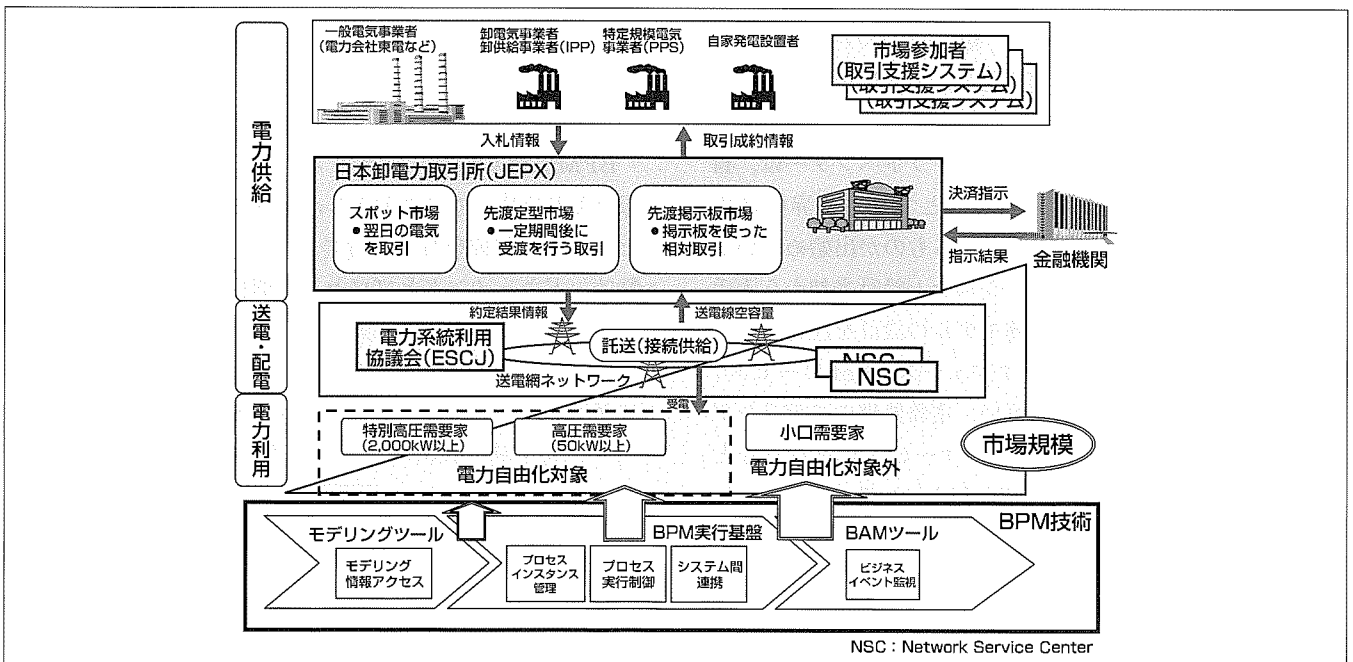
1995年の電気事業法の改正による卸発電市場の自由化に始まり，“電気の卸取引を行う日本卸電力取引所”が設立され2005年4月からサービスが開始された。日本卸電力取引所における電気の取引においても，証券取引と同様に決済期間の短縮による決済リスク削減等を実現するため，IT（情報技術）を活用し，STP(Straight Through Processing)に向けた様々な取り組みが行われている。その結果，卸電力取引所では，電力売買の約定した翌営業日を決済とする“T+1”が実現されている。

STPとは，取引の約定から資金決済までの一連の事務処理を人手を介さずに自動的に行うことを言う。そのためには，分断されたシステムに対して人手によるデータの二重入力などを避け，システム間のスムーズな連携を実現し，処理の自動化を行う必要がある。三菱電機では，STPを実現するための基盤技術としてBPM(Business Process Management)技術の研究開発を実施している。

BPMとは，業務全体のプロセスを可視化し，設計から

運用までのPLAN-DO-CHECK-ACTIONの各サイクルを回しながら業務の効率化を行うものであり，当社のBPM技術では，このサイクルを効率的に回すための各種支援ツールの技術開発を行っている。また，BPM技術を活用して，注文・約定から決済までの一連の処理の流れに対してモデリングを行い，各処理の自動化を行うことでSTPが実現可能となる。しかし，システムの自動化を含めたBPM機能の適用範囲については，実際の電力取引の普及度合いや実運用に合わせて順次適用していく必要がある。当社のBPM技術は，必要機能をシステムに合わせて組み込むことが可能な構造となっており，この機能を活用して市場動向に合わせた技術適用と今後の拡張性を確保したシステム構築を実現した。

本稿では，当社が研究開発しているBPM技術の概要と電力市場関連システムに対して適用したBPM技術の内容について述べる。



電力市場関連システムとBPM技術

当社は，BPM技術としてモデリングツール，BPM実行基盤，BAMツールの研究開発を実施している。各機能のライブラリ/プラグインの特長を生かし，各システムの市場動向に合わせて必要な機能を盛り込むことでビジネスプロセス情報の有効活用とSTP化を電力市場関連システムに対して適用していく。

1. ま え が き

2005年4月から日本卸電力取引所による電力取引が開始された。当社では、卸電力取引所システムを始め、電力取引支援システム、電力託送料金調停システムなど電力自由化に対応した関連システム製品群を提供している。これらの関連製品は、卸電力取引所システムを中心にIT技術による連携・協調を実現することでシステムとして成り立っている。また、電力取引というサービス全体の重要な要素として位置付けられている。

卸電力取引所システムでは、電力売買の約定した翌営業日を決済とする“T+1”が実現されている。これは、取引所の開場、閉場に始まり、注文の受付から約定、約定結果の確認、清算、決済までの事務処理を、ほとんど人手を介さずにコンピュータにより関連システムと連携をとりながら自動的に行うことで実現されている。

本稿では、このT+1を実現するSTPの基盤となっている技術について、BPM技術を中心に述べる。

2. BPMとSTP

STPとは、取引の約定から資金決済までの一連の事務処理をコンピュータにより人手を介さずに自動的に処理を行うことを指している。証券業界では複数システムを人手を介在しシステム間連携が実現されていたため、データの重複入力による人為的ミスや人手を介することによる処理時間の遅延対策として約定から決済までの時間短縮をいかに行うかが大きな課題となっていたことから、STPが特に話題になっている。BPMでは、複数のシステム間を連携する機能や一連の処理をモデル化し、各処理を自動的に実行する機能を持っており、この機能を活用することでSTPが実現可能となる。証券業界向けのソフトベンダーは、自社の製品にBPM機能を組み込むことで証券業界向けのSTPソフトウェアとして提供しているものが始めている。

卸電力取引所システムでは、システム設計当初から人手による介在を最小限にした業務モデルの設計を注力して実施してきた。また、標準インタフェース(Webサービス)を中心としたサービス提供を行い、業務処理のモデリングや処理の一部自動化、業務処理のサービス化を行うなどBPMを活用したSTP化実現に取り組んでいる。

3. BPMの構成

3.1 全体構成

BPMは、“ビジネスプロセスを整理して、実行し、実行結果を分析し、どうすれば効率的・効果的に業務ができるのかという改善を継続的に行うこと”である。ここでのポイントは2つある。ビジネスプロセスを整理し、それによって実行する点と、実行結果を分析しプロセスそのものを

改善する点の2つである。この2つのポイントを継続的に実施することでBPMが実現される。当社では、このBPMを実現するために、機能を大きく3つに分け、各機能の研究開発を行っている。業務プロセスを整理するためのモデリングツール、整理したプロセスを実行するためのBPM実行基盤、実行結果を監視・分析するBAM(Business Activity Monitoring)ツールの3つである(図1)。

3.2 BPMモデリングツール

BPMモデリングツールは、現状(As-is)の業務プロセスのモデルを可視化することで問題点を明確にし、あるべき姿(To-be)のモデルを構築することを支援し、モデルをBPM実行基盤が実行可能な形式で出力するツールである。当社が提供するBPMモデリングツールは、既にSEが使用している市販のモデリングソフトを使って業務プロセスを設計できることが特長である。UML(Unified Modeling Language)^(注1)又はBPMN(Business Process Modeling Notation)が利用できる市販のモデリングソフトウェアを使ってBPM実行基盤、BAMツール、業務システム等のソフトウェアに依存しない業務プロセスの設計を行い、それらのソフトウェアが業務プロセスのモデルを活用する上で必要な情報は、市販モデリングソフトウェアの拡張機能や当社が提供する固有情報エディタを使って設定する。BPMモデリングツールは、こうして設計された業務プロセスのモデルにアクセスするためのモデルアクセスAPI(Application Program Interface)を提供している。業務プロセスのモデルにアクセスする手段をAPIとして提供しているため、BPM実行基盤だけでなく、業務プロセスのモデルを利用する業務アプリケーションの構築にも利用できることが特長となっている(図2)。

3.3 BPM実行基盤

BPM実行基盤は、モデリングツールが出力する設計情報をAPIを使ってアクセスし、整理されたプロセスに従った自動実行制御を行う実行エンジンである。BPM実行基盤は、ドキュメントとプロセスの関係を管理するオブジェクト管理、プロセスの自動実行を行うビジネスプロセスエンジン、業務システムとのインタフェースであるアダプタ、アダプタ間のデータ変換を行うメッセージフィルタの大き

(注1) UMLは、Object Management Groupの登録商標である。

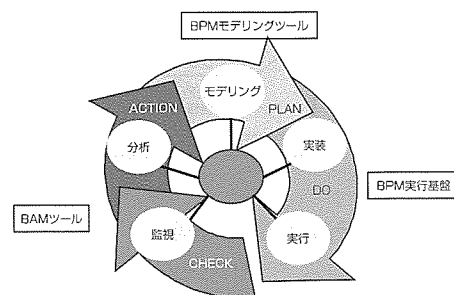


図1. BPMの全体構成

く4つの機能から構成されている。また、ビジネスプロセスエンジンは、ビジネスプロセスの状態を管理するビジネスインスタンス管理、インスタンスの状態に応じて設計情報に従った実行制御を行うプロセス実行制御、定義実行を動的に変更させる業務ルール管理から構成されている(図3)。

当社が提供するBPM実行基盤の大きな特長は、各機能コンポーネントがライブラリ化/プラグブル化されており、システムに必要な機能だけを抽出することで最適なシステム構成を構築することができる点である。これにより、例えばシステム連携や自動実行は行わずプロセス情報に従ったビジネスインスタンスの状態管理や実行管理にだけ利用するという小規模なシステムに対しても手軽にBPM実行基盤の機能を利用することが可能となっている。

3.4 BAMツール

BAMツールは、BPM実行基盤の実行結果を使ってビジネスプロセスの監視や分析を行うことを支援するツールである。これにより、ビジネスプロセスの実情を可視化し、問題点や改善点を分析することができ、継続的な業務の改善を実現することが可能となる。例えば、納期順守率を定義し、その値が一定値以下になるとアラームを通知するように設定すると、ビジネスプロセスが終了するごとに納期

順守率を自動計算し、該当する条件を検知するとアラームを通知すると同時に納期順守率のグラフを利用者の画面に表示することが可能となる(図4)。

4. BPMの電力市場関連システムへの適用

4.1 卸電力取引所システムへの適用

日本卸電力取引所では、“スポット取引”と“先渡取引”の2つの商品の取引を提供している。スポット取引では、5営業日前から注文の受付を行い、約定日になると9:30で約定を中止し、約定処理を行った後、清算、清算確認、と順次スケジュールに従って処理が進められる。また、週末で3日分のスポットの約定が行われる場合は、入札締切と約定のサイクルが複数回繰り返される。このように日々の処理がスケジュールに沿って実行される形で運営されている。さらに、このスケジュール自体が取引所の運営ルールの変更により影響を受けることとなる。この一連の処理の流れに対して、BPMを活用することでプロセスの整理と自動化の実現を行った。これにより、スケジュールに沿った処理の自動実行が行われるだけでなく、入札が終了しなければ約定ができないなどオペレータによる誤操作を抑え、また、処理の順序変更等に対しても柔軟に対応できるようになっている。

卸電力取引所システムでは、これ以外に清算データなど各種データの状態管理をプロセスインスタンス管理のライブラリで一元化されており、各データに対して実行した実行データの状態を画面から把握することが可能となっている。また、決済指図の送信や結果の受信を行う銀行間インタフェースは、Webサービスによる処理のサービス化を実現している。これらの機能は、今後のプロセスの自動化などの省力化への発展をにらんでの実装になっており、現状の運用と今後の動向に合わせて最適なBPMの組み込みが可能となるような実装が行われている(図5)。

4.2 電力取引支援システムへの適用

電力取引支援システム“BLEnDerTrader”は、卸電力取

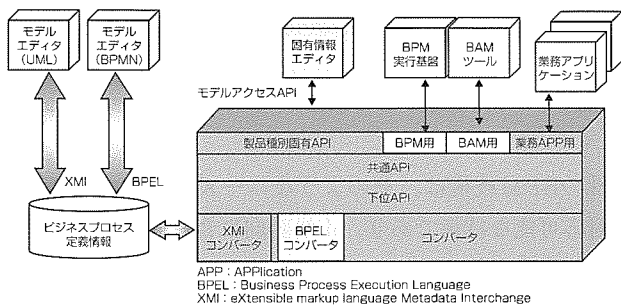


図2. モデリングツールの構成

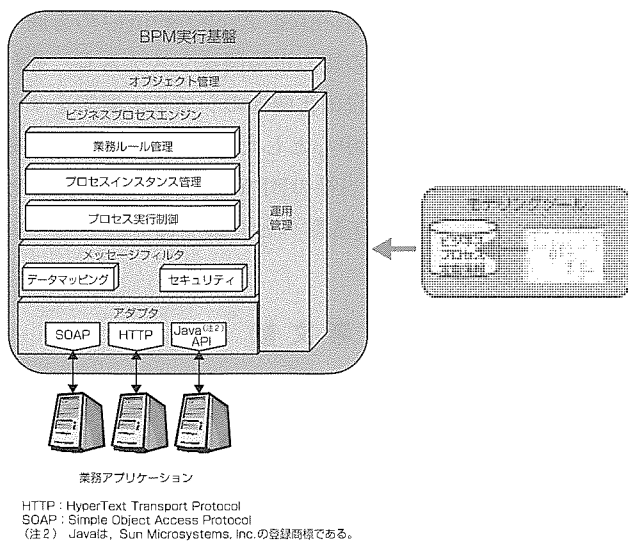


図3. BPM実行基盤の構成

ビジネスイベント一覧			
イベント名	業務名	処理名	メッセージ
納期順守率低下	システム開発	完了確認	納期順守率が90%以下になりました。
...

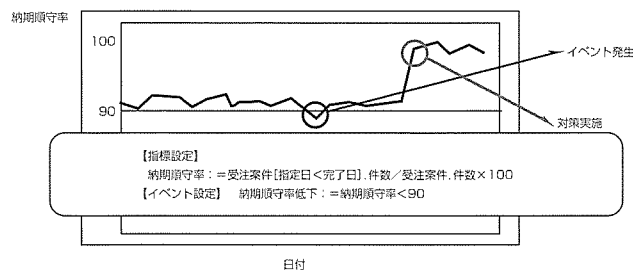


図4. BAMアプリケーションのイメージ

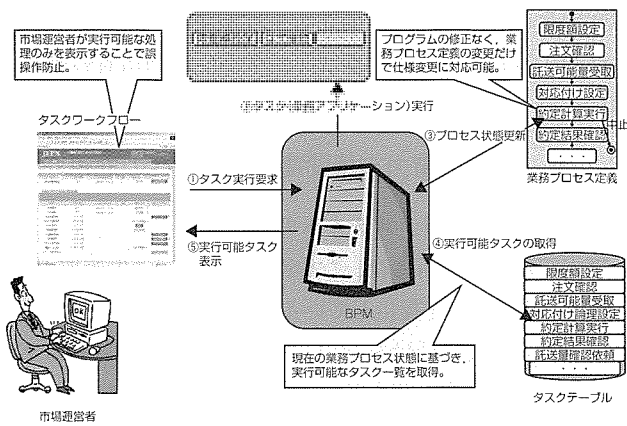


図5. 卸電力取引システムへのBPMの適用

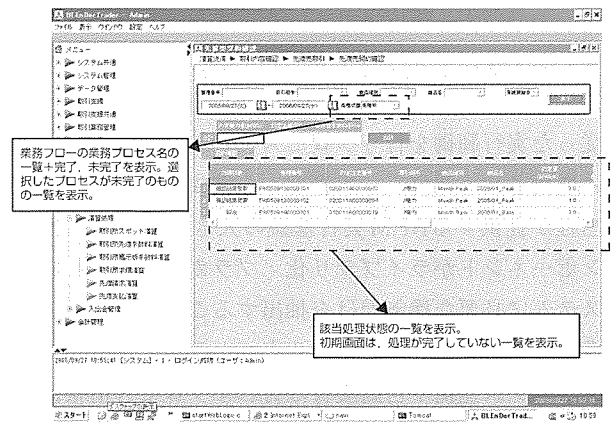


図6. 各種データの業務実行結果の一覧

引所システムとインターフェースをとり、電力取引に関する各種業務を支援するパッケージ製品である。まだ電力取引自体が国内初であり、しかも始まったばかりという状況の中で各社投資を控えた形での支援システムでもある。このため、取引のプロセス自体が不透明なことからシステムの自動実行は最小限にし、人を主体とする支援システムとなっている。このような状況の中、電力取引支援システムでは、市場動向により処理の自動化やSTP機能の段階的導入をにらんだ形で順次BPMの機能を取り入れることができるような形でのシステム構築が行われている。

電力取引支援システムでは、卸電力取引所システムと同様、注文、契約、清算といった各種データの処理状態の結果をプロセスインスタンス管理のライブラリで一元管理するとともに、業務プロセスによる実行制御を実現している(図6)。

また、業務ロジックの中に埋もれて利用者にはビジュアルにならない業務プロセスを、ナビゲーションというボタンの配置の形で業務画面に表示することで操作性の向上を実現した。これは、設計情報のプロセスをボタンにマッピングし、設計情報に従って画面のレイアウトを動的に変更させるものである。これにより、例えば承認機能の要否など納入先ごとに違う機能差を設計情報に対する変更だけで対応可能にすることが可能となる(図7)。

5. 今後の適用

現在のシステムは、ある程度のSTP化が実現されているものの、まだ人が介在する処理が多く、電力市場が活性化した場合には運用面で厳しくなっていくことが予想される。したがって、電力市場の活性化に応じて段階的にプロセスの自動化や他関連システムとの連携を実現するとともに、人の介在をより少なくし、システム間のリアルタイムな連携を実現するSTP機能へと仕上げていく必要がある。

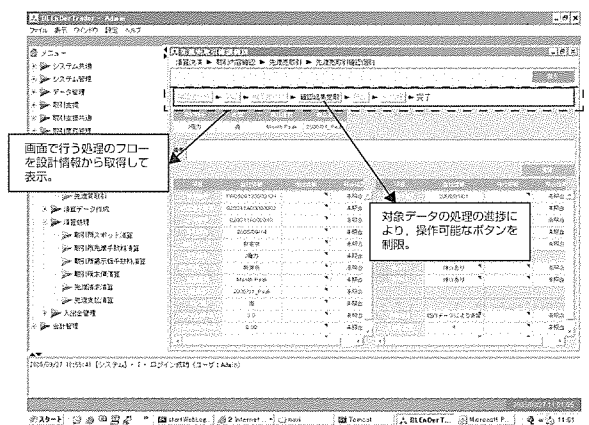


図7. ボタン配置による業務フローナビゲーション画面

当社のBPM技術は、そのようなニーズに対して臨機応変に対応可能な技術であり、市場動向に合わせたタイムリーな機能提供を行っていく予定である。

6. むすび

システム構築の動向としては、今後Webサービスを中心としたSOA (Service-Oriented Architecture)の方向へ市場が進んでいる。当社の電力市場関連システムも、それに追従するために、電力自由化関連のシステム要素をサービス部品化し、組合せを中心としたSOAシステムへと発展していく必要がある。当社のBPM技術も、それに合わせてSOAシステム構築の基盤へと今後更に発展させていく所存である。

参考文献

- (1) 三好秀和：証券市場の電子化のすべて，東京書籍(2000)
- (2) 小林 隆：ビジネスプロセスのモデリングと設計，コロナ社(2005)

マイクログリッド需給制御システム

Control System for Micro-Grid Supplying Heat and Electricity

Masanobu Koshio, Yasuhiro Kojima, Michio Kataoka

要旨

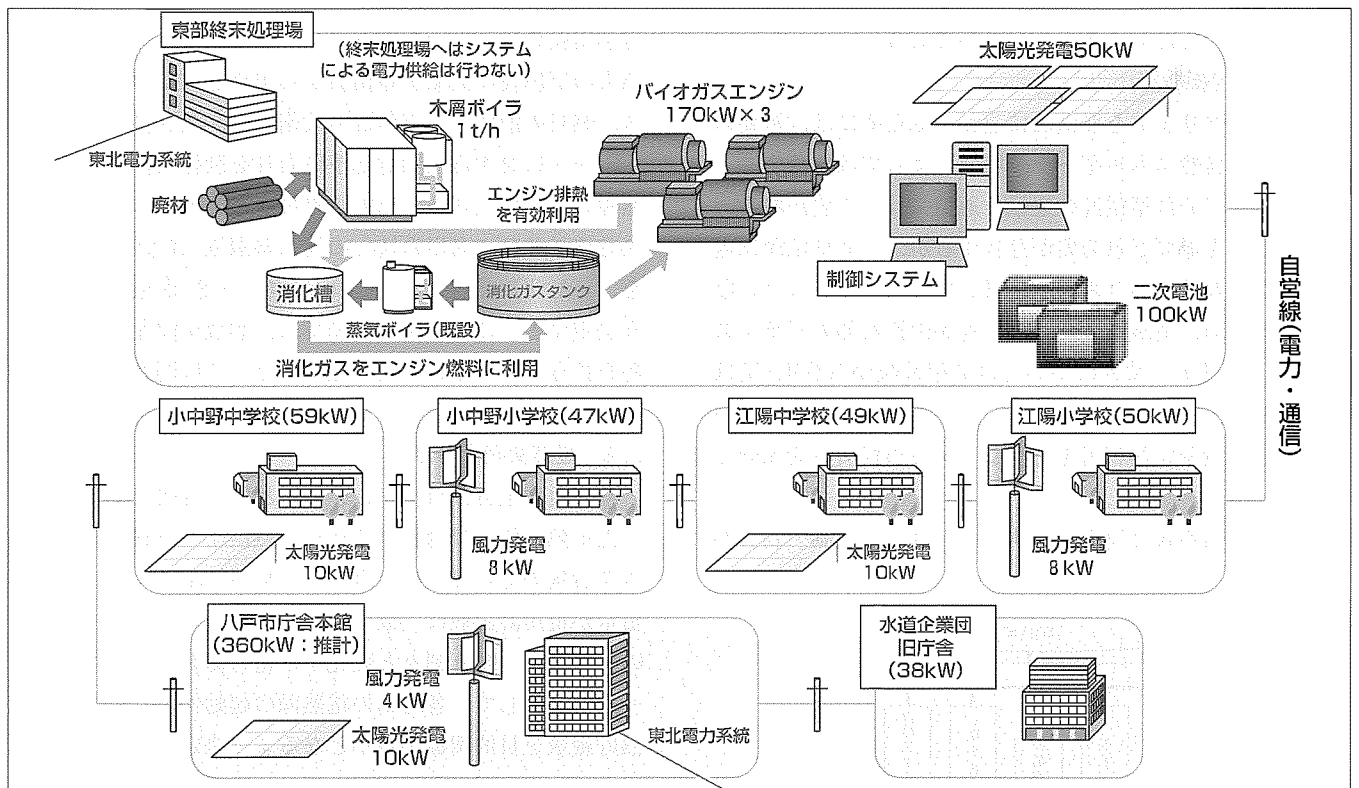
マイクログリッドとは、分散型電源と需要設備から構成される小規模システムを商用系統と一点で連系、又は商用系統から独立させて、この中で電熱需給制御を行うことが可能なシステムのことを指す。

これまで大量の電気の安定供給を目的として大規模集中型発電所が整備されてきたが、計画から運用開始までのリードタイムが長く、また、大規模発電所の立地条件を満足する地域は需要地から遠い場所が多いため熱回収効率まで含めた総合エネルギー効率の向上には限界があった。また、近年、CO₂削減など環境負荷低減の要求が高まっており、燃料電池、バイオマス発電、太陽光発電、風力発電などの再生可能エネルギーの開発・実用化が進められている。一方で、太陽光、風力などの自然エネルギーは、出力が不安定で制御が困難なため、今後自然エネルギーを活用した多くの分散電源が商用系統と連系した場合には、系統の安定

性や信頼性に対して悪影響を及ぼす可能性があることが懸念されている。

これらの課題を解決する手段の一つとして、近年、マイクログリッドが注目されている。マイクログリッドは、需要地内に電源を置くことで高い総合エネルギー効率を得ることができるという特長を持っている。また、自然エネルギーなど制御困難な電源と制御可能な電源とを組み合わせた電源構成とすることで、環境に配慮しつつ既存の電力系統に影響を与えないシステムを構成することが可能となる。

本稿では、経済性・環境性を考慮しつつ電熱需要や自然エネルギーの変動にリアルタイムで追従することにより、電熱両面でマイクログリッドの信頼性や品質を確保する最適制御技術を適用した需給制御システムを開発したので、これについて述べる。



八戸市 水の流れを電気で返すプロジェクト(平成15~19年度)

新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO技術開発機構)からの委託事業「新エネルギー等地域集中実証研究」の一つとして八戸市、三菱総合研究所、三菱電機で共同実施中の「八戸市水の流れを電気で返すプロジェクト」の全体構成図である。需給制御システムは、各拠点の需要と自然エネルギー出力などの収集データに基づいて、経済性・環境性・電力品質を考慮しつつ制御可能電源の出力を調整する。

1. ま え が き

近年、マイクログリッドという概念が着目されている⁽¹⁾。マイクログリッドとは、分散型電源と需要設備から構成される小規模システムで、既存の商用系統から独立して電熱需給制御が可能なシステムである。その期待される役割には、
 (1) 分散型電源による電熱併給省エネルギーとコスト低減
 (2) 自然エネルギーの変動による系統への悪影響を抑制
 (3) 非常時や離島での電源供給形態の一つ
 など様々なものがある。

本稿では、これらを実現するための需給制御システムの構成について検討を行ったのでこれらについて述べる。

2. マイクログリッドと需給制御

2.1 マイクログリッドの構成

本稿で対象とするマイクログリッドの構成(図1)は、ガスエンジン・燃料電池等のコジェネレーション電熱源、太陽光発電・風力発電・バイオマスボイラ等の再生可能エネルギー電熱源を考える。このうち、太陽光発電や風力発電については出力を精度良く予測することは困難であるが、エネルギー効率の面からは、できるだけ有効に利用する必要がある。これらの電熱源を用いて負荷設備の需要に対して経済的かつ安定的に運用するためには、二次電池や蓄熱槽等の電熱貯蔵設備の利用が不可欠となる。これらの設備間は配電線や熱パイプラインで接続されるとともに、ネットワークを介したシステム化が必要である

2.2 需給制御機能

マイクログリッドを経済的に運転するためには、需要の変動以外に自然エネルギーや、場合によっては負荷シフト等を考慮して分散型電源の運転を適切に行う必要がある。需要には電力需要と熱需要が存在するが、分散型電源は電熱併給が一般的であり両者を分離して考えることはできない。このため、地域をまたいだ融通が困難な熱のバランスを主として考え、電力については商用系統から買電(又は売電)することが一般的である。このように、各種の運用制約の下で最適電熱利用を行うことを最適経済負荷配分と呼ぶ。

また、商用系統と連系した状態であれば、予測・制御が

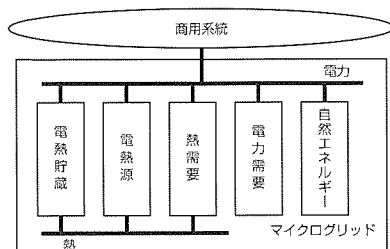


図1. マイクログリッドの構成

困難な自然エネルギーの出力変動に対して、たとえマイクログリッド内が無制御であっても、商用系統が変動を吸収する。しかし、今後このような自然エネルギーが増大すると、商用系統に与える影響は無視できなくなる。また、商用系統と連系しない運用形態(非常時や離島)を考えれば、周波数を一定に保つためには電力の需要と供給が一致している必要がある。このような制御を需給バランス制御と呼ぶ。以下では、これら2つの需給制御について検討を行う。

3. 最適経済負荷配分

3.1 基本的な考え方

マイクログリッド内の電熱需要に対して、各種制約の下、経済性・環境性等を考慮した評価関数値が最小となるように電熱源及び電熱貯蔵設備を最適に制御する。この制御には、燃料や蓄電設備など1週間程度の効率運用を考慮すべき項目と、時々刻々変化する電力需給バランスなど時間レンジの異なる項目が混在している。このようなすべての項目を必要となる最も短い計算刻みで最適化することは計算効率が悪いので、電熱併給の計画は30分刻み1週間分の計画を毎日立案し、時々刻々の計画からのずれを数分周期で補正制御するよう最適経済負荷配分問題を階層化する。本稿では、前者を需給運用計画、後者を経済負荷配分制御と呼ぶ。

3.2 需給運用計画

需給運用計画では、30分ごとに1週間先までを考慮した電熱需給の最適計画を立案する。熱と電力の需要予測は、過去の実績及び気象予報情報から求める。この需給バランス、燃料の消費量、電熱貯蔵設備容量、及び負荷や自然エネルギーに対する変動対応予備力量を制約条件として、電熱源の起動停止状態、出力調整可能な電熱源の出力値、電熱貯蔵量並びに商用系統との連系線潮流(買電量・売電量)を、目的関数(燃料コストや環境コスト等)が最小となるよう決定する。この最適化問題では、離散値問題と連続値問題を扱うため、組合せ最適化手法としては問題空間探索法を、連続値最適化手法としては二次計画法を適用する。

3.3 経済負荷配分制御

経済負荷配分制御では、3分ごとに2時間先までを考慮した電熱需給の最適制御を行う。熱供給・燃料消費・電熱貯蔵設備の運用は、2時間トータルの供給量・使用量・蓄積量が運用計画値に一致するよう制約条件として扱う。この条件の下、時々刻々と変化する電力需要や自然エネルギー出力に対して、各時刻の電熱源の起動停止と出力値、電熱貯蔵量を目的関数が最小となるよう決定する。この問題についても、運用計画問題と同じく組合せ最適化手法と連続値最適化手法を適用する。

4. 需給バランス制御

4.1 連系点電力制御

経済負荷配分制御は3分周期で実施されるため、需要や自然エネルギーの数秒の変化に対しては追従できない。したがって、自然エネルギーの影響をマイクログリッド内で吸収するためには、更に短い周期の制御が必要である。一般にこのような制御は、連系点電力値の目標値と実績の偏差に対してPI(Proportional Integral)制御を行うことで実現可能である。本稿では、この制御を連系点電力制御と呼び、1秒周期で実施する。このうち、比例制御は瞬時の偏差を0に近づける制御で、積分制御はいわゆる同時同量制御的な考え方となる。

連系点電力制御は、経済負荷配分制御の指令に対する補正信号である。したがって、連系点電力制御では、経済性を考慮せず応答性を重視して各制御対象機器のPIゲインを決定する。これに対して、経済負荷配分制御では、計算タイミングでの補正信号を需給バランスに追加して経済性を考慮した再配分を行うことで、経済性と応答性の両方を満足する制御が可能となる。

4.2 周波数制御

マイクログリッドを商用系統に連系している場合、周波数問題は発生しないが、非常時や離島での運用を考えると、周波数問題についても十分に検討する必要がある。例えば、200kW級ガスエンジンの慣性定数は、10kWの需給アンバランスが1秒継続すれば、ガバナが動作しない場合は約3Hz周波数変動する。すなわち、連系時は問題にならない需要変動が単独系統では問題となる。このような単独系統時の周波数変動を抑えるために、蓄電池のインバータを10ms周期で高速に制御する方式を採用する。本稿では、この制御をローカル制御と呼ぶ。

以上で述べた需給運用計画、経済負荷配分制御、連系点電力制御、及びローカル制御の階層構造を図2に示す。

5. 実証運転

本稿で提案する階層型需給制御方式は、NEDO技術開発機構からの委託事業「新エネルギー等地域集中実証研究」における「八戸市水の流を電気で返すプロジェクト」におい

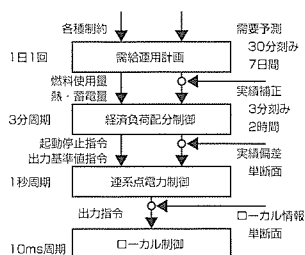


図2. 階層型需給制御方式

て、2005年10月から実証運転を開始している。

マイクログリッドは、商用系統と市庁舎で連系し、自営電力線による市庁舎、旧庁舎、小中学校への給電、及び東部終末処理場への熱供給を行う。各拠点の計測データは光ファイバで構築された自営通信線を通じて収集される。実証運転における機器構成を表1に示す。電源に関しては、総供給力710kWのうち自然エネルギー100kWを含む機器構成となっている。また、熱需要に対しては、消化ガスボイラ、木屑(くず)ボイラ、ガスエンジンの排ガスボイラにより熱供給を行う。実証運転で導入するエネルギー(燃料)は、太陽光、風力、下水汚泥消化ガス、木屑(パルク)の4つであり、いずれも再生可能エネルギーである。

5.1 需給運用計画

需給運用計画に関する定量的な評価を行うためには、商用系統から購入する買電コスト、木屑消費量から算出される燃料コスト、CO₂排出量などのデータを年間レベルの運用を通じて蓄積する必要がある。このため、本稿では、需給運用計画の定量的な評価までは行わず、これまでの実証運転期間中に得られた計画結果について述べる。

実証運転で得られた需給運用計画のうち、平休日3日分の計画を図3、及び図4に示す。この需給運用計画を立案する際の目的関数は経済性最適化である。得られた計画は、電熱需給バランス、電熱貯蔵量など様々な制約を満足しつつ、消化ガスをガスエンジンで有効利用することによりト

表1. 実証運転における機器構成

機器	定格	台数	燃料
ガスエンジン	170(kW)	3	消化ガス
二次電池 (鉛蓄電池)	±100(kW)(通常) ±200(kW)(瞬時)	1	-
消化ガスボイラ	4.2(t/h)	1	消化ガス
木屑ボイラ	1.0(t/h)	1	木屑(パルク)
太陽光発電1	50(kW)	1	-
太陽光発電2	10(kW)	3	-
風力発電1	8(kW)	2	-
風力発電2	4(kW)	1	-

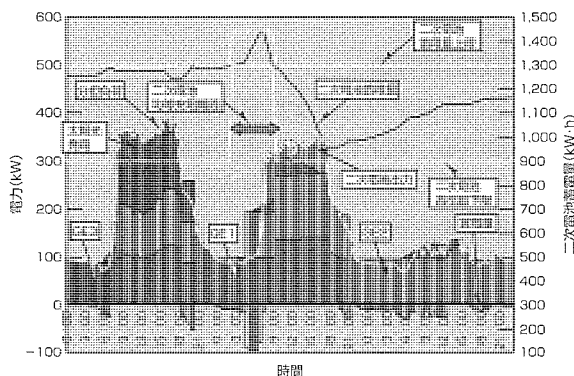


図3. 電力需給計画

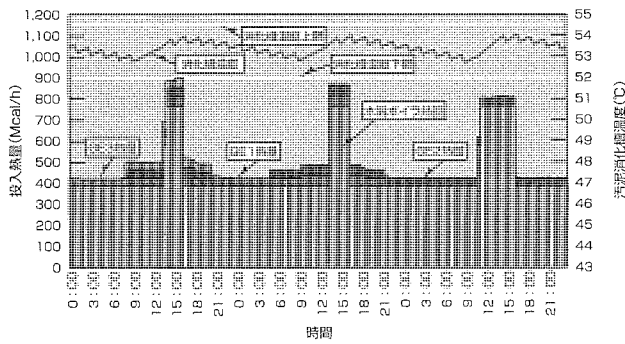


図4. 熱供給計画

ータルコストを抑えた計画となっている。

5.2 経済負荷配分制御及び連系点電力制御特性

需要変動及び自然エネルギーの出力変動に対する経済負荷配分制御，連系点電力制御の2階層の協調制御結果を図5に示す。これは，調整期間中の代表的な午前中の需要変動に対する制御結果である。需要変動の成分は，大きく分けて次の3つの要素から構成される。

- (1) 朝の大きな需要変動や数分程度の需要変動
- (2) 自然エネルギー(太陽光発電)の10秒程度の出力変動
- (3) エレベータ起動時の2秒程度のスパイク状需要変動

このうち，(1)は経済負荷配分制御，(2)は連系点電力制御によりその変動を吸収する。(3)については，マイクログリッドが接続される系統全体で見れば，大数の法則により平滑化されるもので，系統に悪影響を与えるものではない。このため，マイクログリッドの需給制御が商用系統連系時に対応するべきものは(1)及び(2)となる。なお，本稿では，経済負荷配分制御と連系点電力制御の評価指標として，過去6分間の需給アンバランス平均値を用いることとした。

(1)に関しては朝の需要の立ち上がりに対してガスエンジン(GE1, GE2)の経済性と起動に必要な時間(3分)とを考慮し，二次電池の制御範囲($\pm 100\text{kW}$)を有効に活用して追従している。また(2)に関しては，太陽光発電出力の変動に対して一時的に二次電池で追従し，その後ガスエンジンに持ち替えていることが分かる。これらの需給制御が有効に働くことで，6分間同時同量誤差は，ほぼ3%の範囲に抑えられている。

5.3 周波数制御特性

次に，マイクログリッドを自立運転する場合の制御特性について述べる。以下に述べる自立運転結果は，系統的に最も厳しい条件である二次電池とガスエンジン1台のみの運転状態で試験を行って得られた結果である。自立運転には，商用系統と連系した状態から市庁舎を含めたマイクログリッドを連系点で切り離すことで遷移し，電力需要が有効電力約 100kW ，無効電力約 100kVar の状態で，空調機やエレベーターの起動による負荷急変時の周波数・電圧制御

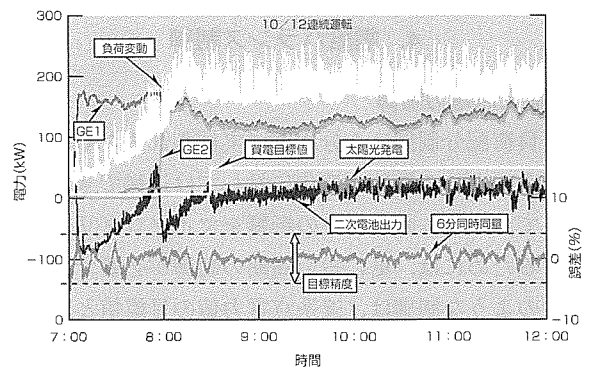


図5. 連系点電力制御の結果例

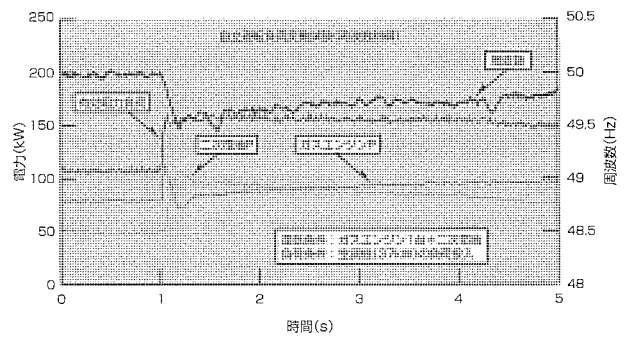


図6. ステップ負荷変動に対する応答

特性を検証した。マイクログリッド内で最大の負荷変化を発生させる 37kW 空調機の起動(50kW ， 100kVar の負荷急増)時の周波数制御結果を図6に示す。

この結果から，空調機起動時のステップ状の負荷変動に対しても，二次電池のローカル制御が有効に働くことで，周波数変動は 0.5Hz 程度に抑えられることが確認された。また，約5時間に及ぶ自立運転期間中にその他各種機器の起動停止も多数回行ったが，試験期間を通して，周波数，電圧共に安定に制御されていることが確認された。

6. むすび

本稿では，マイクログリッドの需給制御について，問題構造を階層構造化することにより効率的な制御を行う方法を提案した。また，「八戸市水の流れを電気です返すプロジェクト」における実証運転実績の中から，各階層の制御方式で得られた結果について述べた。今後は，2008年3月までの実証運転を通じてデータ収集を行い，経済性，環境性，電力品質などについて解析を進めていく予定である。

参考文献

- (1) 合田忠弘，ほか：マイクログリッド—分散型電源と電力ネットワークの共生のために，電気新聞ブックス—エネルギー新書，日本電気協会新聞部 (2004)

分散型電源に対応した 配電系統解析システム

天満耕司* 片岡道雄**
河野良之* 下村 勝**
合田忠弘*

Method for Power System Analysis Including Distributed Generator
Koji Temma, Yoshiyuki Kono, Tadahiro Goda, Michio Kataoka, Masaru Shimomura

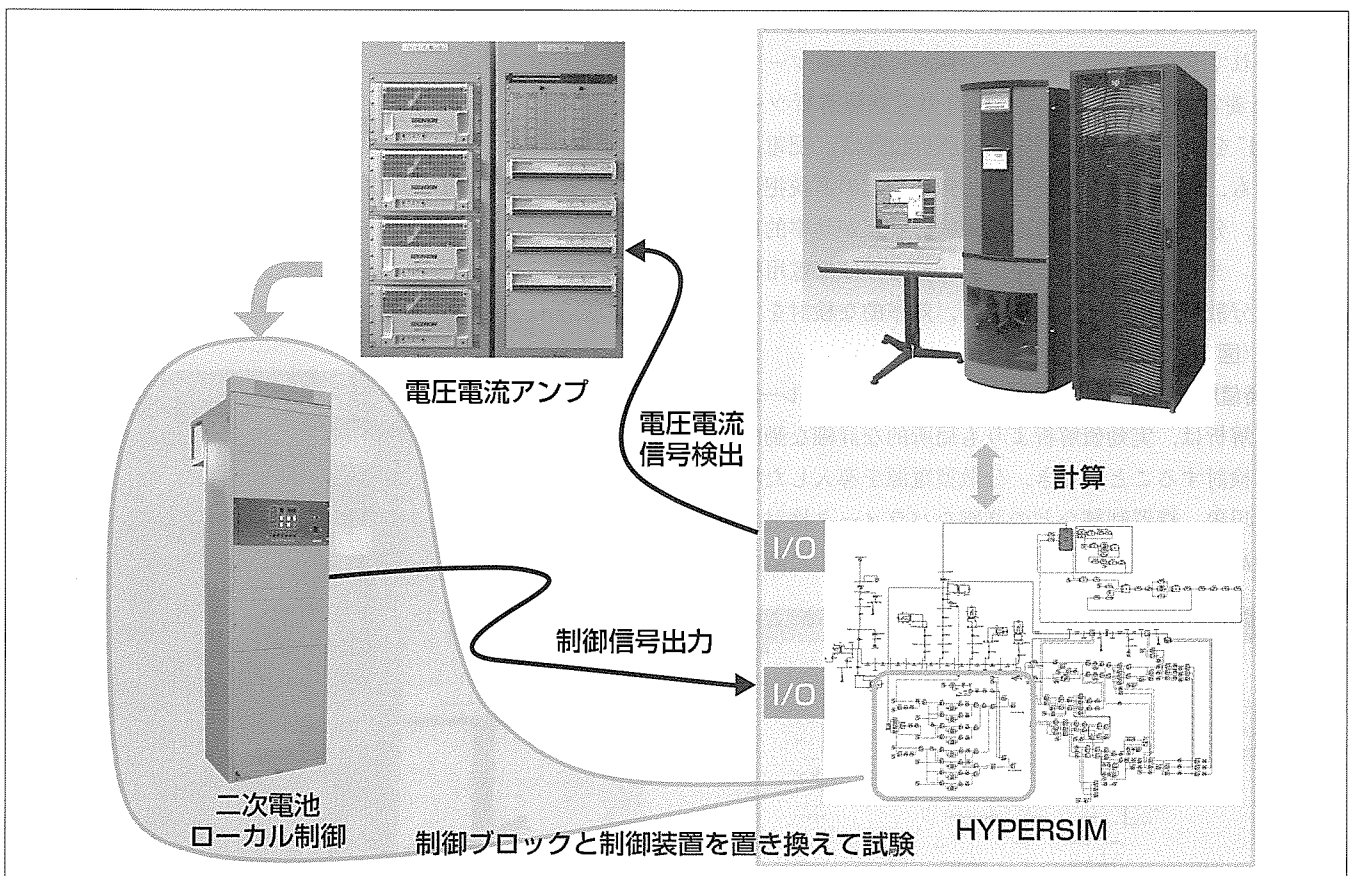
要 旨

分散型電源では、現在、自然エネルギーを利用した太陽光発電、風力発電、バイオマス発電や燃料電池など、様々な形態の電源が研究・開発され導入が進んでいる。さらに最近では、分散型電源を適用した新しい概念が多く創出され、研究・開発や試験が盛んに行われている。特に、近接する分散型電源と負荷が電氣的・熱的な小規模ネットワークを形成するマイクログリッドは、複数の実証試験やプロジェクトが実施され注目されている技術の一つである。

マイクログリッドなど分散型電源を含めたシステムの系統解析として、システム把握などを目的とした実効値解析や、詳細な動作検討を目的とした瞬時値解析がある。これらの解析結果を踏まえて製品仕様などを明確にし、製品の製作、試験を行う。一般的に製品試験にはアナログシミュ

レータなどが使用されるが、リアルタイムデジタルシミュレータ“HYBERSIM”を適用すると、瞬時値解析検討に使用した解析モデルを用いて製品の試験を詳細に容易に実施することが可能となる。

本稿では、マイクログリッドなど分散型電源を用いたシステムの系統解析内容や解析ツールについて示し、製品試験などに用いるリアルタイムシミュレータについて述べる。さらに、マイクログリッドの周波数や電圧といった電力品質の向上を目的とした二次電池のローカル制御装置について述べ、リアルタイムデジタルシミュレータを用いた解析システムをローカル制御装置へ適用した場合の手法や適用結果について述べる。



配電系統解析と製品試験のシステム融合

従来、配電系統解析と製品の工場試験は各々に実施していたが、リアルタイムデジタルシミュレータHYBERSIMを適用することにより、系統解析と製品のシミュレータ試験の融合を図ることができ、双方を同じ系統解析シミュレータを用いて実施するシステムが実現できる。

1. ま え が き

自然エネルギーを利用した太陽光発電や風力発電に加え、燃料電池、バイオマス発電など分散型電源の研究・開発や導入が活発化している。さらに最近では、分散型電源を巧みに応用したマイクログリッド、需要地系統、Virtual Power Plantなどの概念が創出され、研究・開発や試験が盛んに行われている⁽¹⁾⁽²⁾。特に、近接する分散型電源と負荷が電氣的・熱的な小規模ネットワークを形成するマイクログリッドは、複数の実証試験やプロジェクトが実施され注目されている技術の一つである。分散型電源の導入には電力系統解析が必要となることが多く、また、新しい概念であるマイクログリッドなどを構築する際には、事前に系統解析することで機器のパラメータや電力品質など様々な検討を実施する必要がある。

本稿では、マイクログリッドを例に、系統解析検討を行うために用いられる解析ツール、解析シミュレータについて述べ、さらに、系統解析の実際の機器検証・調整への応用例について述べる。

2. 電力系統解析ツール

2.1. 実効値解析ツール

電力系統の振る舞いや安定性などを検討するための実効値解析技術は、従来基幹系統など電圧階級の高い領域の検討で培われてきた技術である。その検討に用いるツールとして、三菱電機は長年にわたり独自の実効値解析ツール“Pspad”を開発してきた。実効値解析技術は、配電系統においても、潮流、電圧や動的振る舞いなどの系統把握を容易にし、分散型電源導入時の効果検討などが効率的に適用できる。当社実効値解析ツールPspadでは配電用機器モデルや分散型電源モデルを導入し、効率的な検討を実施している(図1)。

2.2 瞬時値解析ツールとリアルタイムデジタルシミュレータ

瞬時値解析は、実効値解析よりも局所的な詳細な動的振る舞いを検討することができ、分散型電源を導入した場合の効果や現象、機器制御などの詳細なパラメータ検討、電圧変動や高調波などの電力品質検討を実際に即した断面で

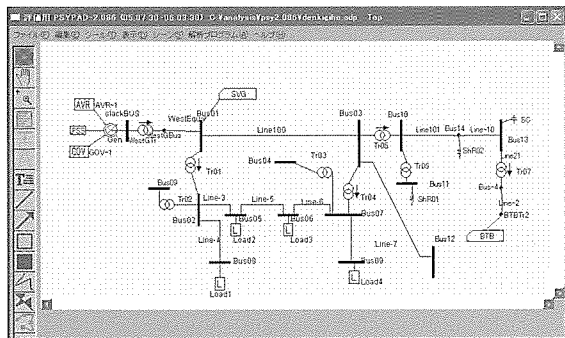


図1. 実効値解析ツールPspadの入力画面

検討することができる。

ところで、系統解析は、実効値解析、瞬時値解析を実施して装置の導入効果や影響を検討することで、対象装置の要求事項や仕様を明確にする目的があり、その系統解析結果を踏まえて装置の設計・製作を行い、工場での単体試験を実施することが一般的である。特に、系統制御が対象となるような装置では、事前の装置試験が重要であり、電力系統用パワエレ機器などはアナログシミュレータを用いてリアルタイム試験を実施している。アナログシミュレータは、操作面において系統モデル構築や系統変更に多大な時間を要し、設備面ではメンテナンスと機器モデルの充実に多くの時間と費用が生じるなどの問題がある。

リアルタイムデジタルシミュレータ“HYBERSIM”(図2)は瞬時値解析が実行可能であり、系統モデルに加え、機器制御系なども詳細かつ容易にモデル化することができ様々な解析検討が行える。さらに、モデル化した制御部分を実機製作し、その制御装置をシミュレータで試験する場合には、HYBERSIM上で模擬した制御回路を制御装置実機に置き換える(接続する)だけで、制御装置のシミュレータ試験が実現可能となる。

従来のアナログシミュレータ使用時と比べ、瞬時値解析時とリアルタイムデジタルシミュレータ試験時の系統モデルを共有でき、インバータ主回路装置の試作などが不要となり、デジタルシミュレータのメリットを最大限に生かすことが可能である。

3. マイクログリッドへの適用

3.1 非連系時マイクログリッドの電力品質

マイクログリッドは、前述のように、分散型電源や負荷などによって構成される小規模なシステムである。系統連系の形態によって系統連系型マイクログリッドや独立型マ

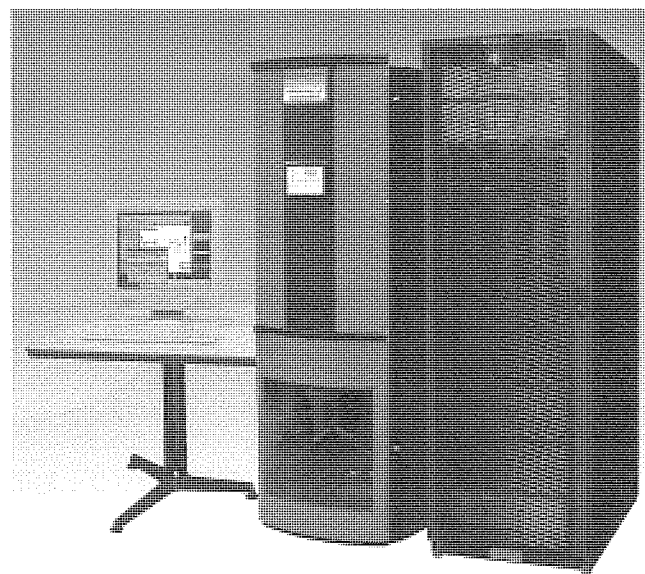


図2. リアルタイムデジタルシミュレータ

マイクログリッドなど幾つかの種別に分類できるが、系統連系型マイクログリッドにおいても商用系統から分離して自立運転可能なシステムである。

マイクログリッドでは、システムの系統規模つまりシステムの電源容量が商用系統に比べ非常に小さくなるため、商用系統との連系を解列しマイクログリッドが自立運転の状態となると、マイクログリッド系統において各種の系統問題が顕在化する可能性がある。そのマイクログリッド系統の問題の一つとして、周波数や電圧といった電力品質に対する影響が考えられる。

マイクログリッドモデル系統の例として、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構委託事業「新エネルギー等地域集中実証研究」のうち「八戸市 水の流れを電気です返すプロジェクト」で検討されているモデル系統を図3に示す。このモデル系統における発電機容量は約600kVA (170kW×3台)である。マイクログリッド内の全負荷量は発電機容量未満となっている。商用系統とは遮断器を介して接続され、各母線に負荷、太陽光発電、風力発電装置、ガスエンジン発電機や二次電池などが接続される構成である。配電系統は6.6kVの自営線である。

一般的には、マイクログリッド系統内で需給が確保される程度の発電機が設置されるため、発電機容量に余裕が少なく慣性も小さい。負荷の容量が小さくても発電機容量に対する負荷容量の比は大きいため、負荷変動の影響によるマイクログリッド系統の周波数の変動は大きい。また、マイクログリッド系統の電圧は発電機AVR (Automatic Voltage Regulator)によって制御されるが、発電機容量が小さいため負荷変動による電圧変動も大きく、一般的なAVRの制御では電圧低下又は上昇の幅や期間が大きくなる可能性がある。

このような周波数や電圧といった電力品質を向上させるためにはマイクログリッド系統の発電機容量を大きくす

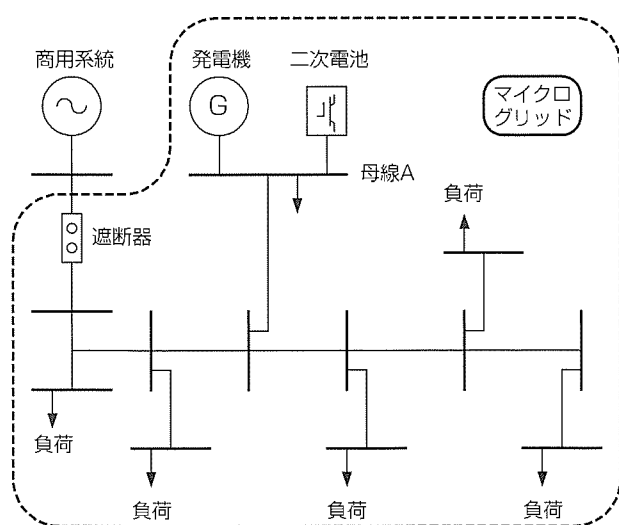


図3. マイクログリッドのモデル系統

ば解決されるが、経済性の面から過剰設備となり現実的ではない。

3.2 二次電池による電力品質向上

マイクログリッドの特長の一つは、蓄電・蓄熱などエネルギー貯蔵設備があることである。エネルギー貯蔵設備は、運用の幅を広げ、自然エネルギーなどの効率的な利用にもつながる。エネルギー貯蔵設備として二次電池がマイクログリッドに設置されていると、二次電池インバータを効果的に制御することで瞬時的な有効電力、無効電力を補うことが可能であり、マイクログリッドに対して電力品質を向上させる効果が期待できる。

二次電池により有効電力を制御することによって、マイクログリッド内の負荷変動への有効電力補償や周波数の維持などが実現でき、それと同様に、無効電力を制御することによって、マイクログリッド内の無効電力補償や電圧維持などが可能となる。

二次電池のインバータ制御部の上位制御として、需給の集中制御に加えて、マイクログリッドの電力品質向上を目的としたローカル制御の導入を考える(図4)。ローカル制御は周波数制御系と電圧制御系から構成され、そのローカル制御の出力信号を二次電池インバータ制御の有効電力指令、無効電力指令の補助信号として加える構成とした。

(1) 周波数制御

ローカル制御の周波数制御系は、マイクログリッドの周波数を制御する発電機ガバナ制御の補助的な役割を持たせることが目的である。マイクログリッドの周波数変動を抑制する周波数制御系として、図5の(a)に示す制御ブロックを考える。瞬時的な(不感帯2を超える)周波数変動に対して、その変動を抑制する安定化制御を設ける。また、周波数が大きく変動しあらかじめ想定した不感帯1を超える状態が続く場合、周波数を不感帯内に抑える定常補正制御を設ける。このローカル制御の周波数制御系出力を有効電力

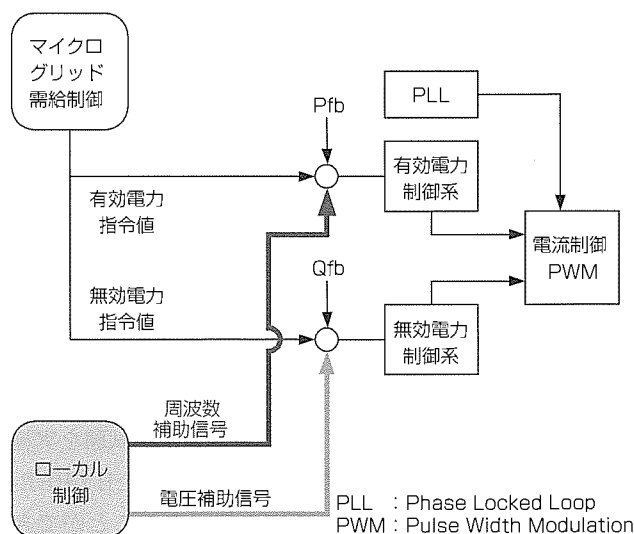


図4. 二次電池ローカル制御

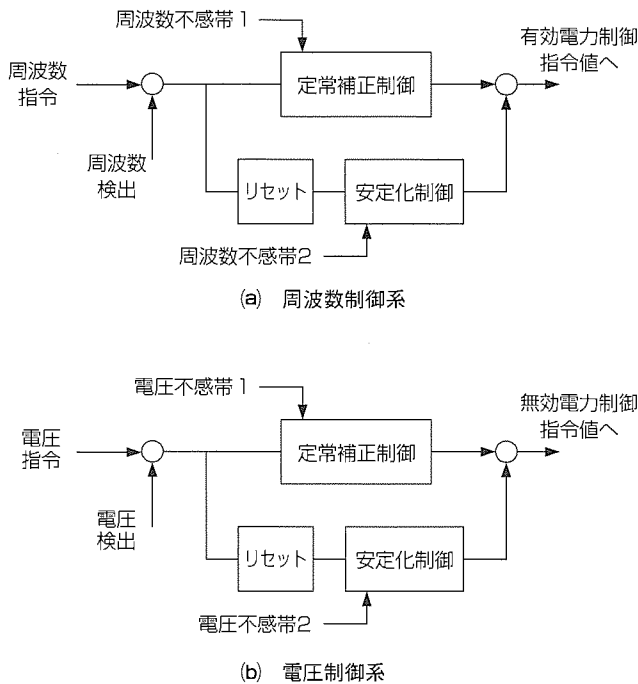


図5. ローカル制御ブロック図

制御指令値の補助信号として入力する。

(2) 電圧制御

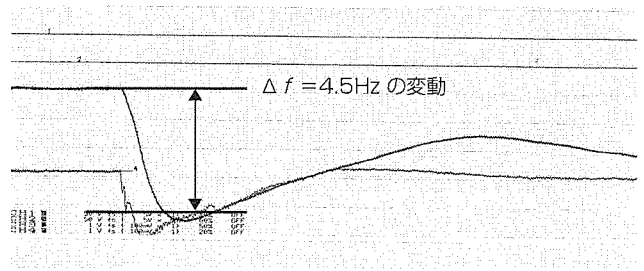
ローカル制御の電圧制御系は、マイクログリッドの電圧を制御する発電機AVR制御の補助的な役割を持たせることが目的である。マイクログリッドの電圧変動を抑制する電圧制御系として、図の(b)に示す制御ブロックを考える。周波数制御系と同様に、瞬時的な電圧変動に対して、その変動を抑制する安定化制御を設ける。また、電圧が大きく変動しあらかじめ想定した不感帯1を超える状態が続く場合、電圧を不感帯内に抑える定常補正制御を設ける。このローカル制御の電圧制御系出力を無効電力制御指令値の補助信号として入力する。

3.3 瞬時値解析(デジタルシミュレータオフライン)

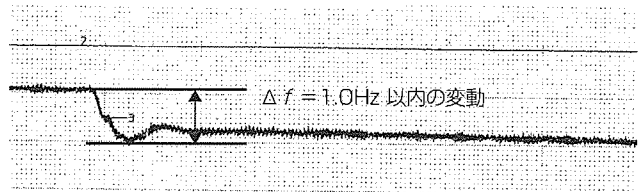
図3に示す発電機、負荷や配電線路などのマイクログリッドシステムや二次電池モデルをHYPER-SIM上に組む。次に、二次電池インバータ制御にローカル制御を構築し、オフラインシミュレーションでその制御定数検討、負荷投入時の検討を実施する。この解析検討によって、ローカル制御の詳細なブロック構成、伝達関数や制御定数などが決定される。

3.4 リアルタイムデジタルシミュレータによる制御装置の試験

瞬時値解析により明確になるローカル制御仕様に基づいてローカル制御装置が製作される。リアルタイムデジタルシミュレータを用いてローカル制御装置の工場試験を実施する。ここでは、瞬時値解析検討時に作成したHYPER-SIM上のマイクログリッドモデルを使用することができ、HYPER-SIM上に作成したローカル制御部分(ブロック図)



(a) ローカル制御なしのとき



(b) ローカル制御(周波数制御)適用時

図6. ローカル制御フィールド試験結果

をローカル制御装置に置き換え、シミュレータとのインタフェースやアンプを接続することで制御装置の試験を容易に実施することができる。

この方法により、効率的なシミュレータ試験が実施できることに加え、実際のマイクログリッドと同様のモデルが組まれたシミュレータで実際の制御装置の動作試験を実施できるため、製品の信頼度を向上でき、さらに、現地調整時間を飛躍的に低減できることが見込まれる。

図6は、マイクログリッドの発電機母線だけを使用し、発電機母線に接続された模擬負荷を投入したときのフィールド試験結果である。ローカル制御適用により周波数変動振幅を良好に抑制し、さらに、高速に変動を抑制できていることが分かる。

4. む す び

マイクログリッドなど分散型電源が適用されるシステムに対する系統解析技術について述べた。系統解析技術の蓄積と高度な系統解析技術や解析シミュレータ技術を駆使することで、系統解析の品質向上や、信頼性の高い製品を短期に供給することが可能となると考えられる。系統解析技術やシミュレータ技術について適用範囲の更なる拡大を進めていきたい。

参 考 文 献

- (1) 合田忠弘, ほか: マイクログリッド—分散型電源と電力ネットワークの共生のために, 電気新聞ブックス—エネルギー新書, 日本電気協会新聞部 (2004)
- (2) 分散型電源有効活用のための電力系統技術調査専門委員会: 分散型電源有効活用のための電力系統技術, 電気学会技術報告, No. 1025 (2005)

太陽光発電の普及拡大に向けた課題と取り組み

岸添義彦*
田中清俊*
西尾直樹*

Issues and Activities for Diffusion of the Photovoltaic Power System

Yoshihiko Kishizoe, Kiyotoshi Tanaka, Naoki Nishio

要 旨

今世紀に入り、太陽光発電は世界的に普及の速度を上げている。これは、地球環境保護の大きな流れと、公的な普及施策が背景となっている。国内における2004年度末の累積設置容量は約100万kWと推定されており、今後も拡大が期待されている。新エネルギー導入大綱では2010年での太陽光発電システムの累積設置容量を482万kWとしており、今後更なる導入の加速をする必要がある。太陽光発電に代表される自然エネルギーを利用した分散電源の本格普及は、今までにない新しい流れである。太陽光発電システムが普及するにつれ幾つか問題が指摘されるようになってきており、大量普及時を想定して、これらのシステムが系統に与える影響について検討が進められている。ここでは、

これら太陽光発電システムの普及のための課題と取り組みについて述べる。また、太陽光発電システムは、今までどちらかと言えば太陽電池の設置に適した比較的大きな住宅に設置されるケースが多かったが、今後は、住宅の屋根形状やサイズに左右されず、どのような屋根にも効率的かつ容易に美しく設置できるシステムが要求されるようになる。その取り組みとして、最近開発した太陽光発電システム機器の概要・特徴などについて述べる。今後も新しいニーズを先取りした商品開発を進めるとともに、発電コスト低減を推進し、ユーザーメリットが得られるよう地道な活動を進めていく計画である。



新寄棟屋根用太陽電池モジュール“MBMシリーズ”

従来の太陽電池モジュールは長方形であり、写真に示すような寄棟屋根に設置した場合、屋根形状に合わないため十分な量の太陽電池を設置することができなかった。今回開発した新寄棟屋根用太陽電池モジュール“MBMシリーズ”は、住宅の基準寸法に最適化した5種類の形状の太陽電池を組み合わせることで、多様な形状の寄棟屋根に美しく、大容量の設置ができる。

1. ま え が き

今世紀に入り、太陽光発電は世界的に普及の速度を上げている。これは、地球環境保護の大きな流れと、公的な普及施策が背景となっている。国内では、1994年に開始された住宅用太陽光発電システムの補助事業が牽引(けんいん)役となって、2004年度末の累積設置容量は約100万kWと推定されており、今後も拡大が期待されている。また、2001年に見直された新エネルギー導入大綱によれば、2010年での累積設置容量を482万kWとしており、今後の6年間で今までの約4倍の容量を設置するという、かなり大きな目標となっている。これをいかに実現するかは太陽光発電関連業界の当面の大きな課題であり、そのためには、技術開発においても新たな展開が必要である。また、多様化する市場のニーズにこたえるため、魅力的な商品を提供し続ける必要がある。住宅用としては、これまで住宅の平均的な消費電力に相当する、太陽電池容量3～4kWのシステムを中心に開発・販売が進められてきた。しかし今後は、屋根面積等の制約がある場合も設置可能な小型のシステムや、より高効率なシステム等様々なニーズが予想される。また、公共・産業用分野では、1メガワット級の太陽光発電システムを集中的に設置する“メガソーラ計画”が進められている。このような大規模システムの実現にも対応できるよう技術検討を進める必要がある。

一方で、太陽光発電システムが普及するにつれ幾つか問題が指摘されるようになってきており、大量普及時を想定して、システムが系統に与える影響について検討が進められている。これら太陽光発電システムの普及のための課題と取り組みについて述べる。

2. 普及拡大に向けての課題

現在普及している太陽光発電システムは、商用系統に接続して余剰電力を逆潮流し、電力会社に売ることによって成り立っている。システムを系統に接続するには、電力系統連系技術要件ガイドライン(以下“系統連系ガイドライン”という。)を始めとする関連技術基準への適合ばかりでなく、電力会社との協議(連系協議)が必要となる。この点で、他の家電製品と大きく異なる。

2004年度末現在での住宅用太陽光発電システムの全国の世帯当たり平均普及率は約0.44%であり、6県が普及率1%を超えている。なかでも普及が進んでいる佐賀県では約1.41%であり、普及率がパーセントオーダーに達している。また、住宅メーカーや自治体の主導で太陽光発電システムを積極的に設置する新規開発の団地も各地で増加しており、局所的に集中して設置されるケースが散見されるようになってきている。今後大量に導入されるようになると以下に示す問題が発生すると考えられ、これらの対策のた

めに検討が始められている。

- 逆潮流電流の増加による系統電圧の上昇・変動
- 系統の高調波電流の増加
- 単独運転検出機能(能動的方式)の検出感度の低下

また、現在までは比較的大きめの切妻屋根(屋根形状が長方形)への設置が中心に行われてきたが、普及拡大に伴い多様な屋根形状に効率良く設置できるシステムが求められてきている。

3. 集中設置における課題と対応

(1) 逆潮流電流の増加による系統電圧の上昇・変動

電力配電システムの概要を図1に示す。一般の変電・送電設備は逆方向の電力潮流を考慮していない。つまり、変電設備から需要家末端に電力が流れるに従い電圧が低下していくため、電圧降下を考慮して送電電圧をコントロールするとともに、柱上変圧器のタップ調整により需要家での電圧が規定値(101±6V)になるように調整している。送電側の電圧を規定値の最大値にしておけば電圧の余裕は12Vとなる。

太陽光発電設備が設置され電力の逆潮流が発生すると、負荷側から見た系統インピーダンスと発電電流の積として系統の電圧が上昇するため、発電設備の設置される配電線の位置により配電線の電圧分布は複雑になる。発電出力電力及び接続されている電力負荷の消費電力の大きさによっては、各需要家での受電電圧が規格値を逸脱する可能性が発生する。これを回避するためパワーコンディショナには電圧上昇抑制機能(系統電圧が一定以上にならないように出力電力を調整する機能)が装備されており、系統電圧が高い場合には発電出力が制限される。この場合、発電できるエネルギーの有効活用ができなくなるため、系統電圧が高い場合は、柱上トランスのタップ変更、容量アップ、増設などにより対応している。

また、現行普及している太陽光発電システムはエネルギーを蓄積する機能がないため、日射量変化が直接発電出力変化となり、系統の電圧がこれに伴い変動する。さらに、太陽光発電システムが集中して設置されると、それらのシステムの日照条件がほぼ同じとなるため、天候の変化とともに一斉に発電量が変化し、大きな電圧変動となる可能性がある。

一方で、系統配電システムは、バンクを越えて逆潮流することができないとされている。太陽光発電システムの出力が最大となるのは一般に正午前後であり、住宅での最大

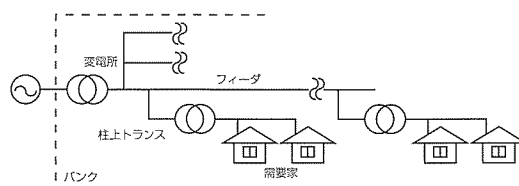


図1. 配電システム概念

消費電力に対して昼間の消費電力は2割程度と言われていることから、バンク容量に対する接続可能な太陽光発電システムの容量はおよそ2割程度、設置される太陽光発電システムが住宅の最大消費電力程度と仮定すると、システムの普及率は20%程度が限界となる。

これらの課題に対して、配電システムとしては、送電線での電圧降下を自動補正するSVR(ステップ電圧調整器)やSVC(無効電力補償器)という装置の設置などが検討されている。また、太陽光発電システムにバッテリーなどの蓄電機能を内蔵することで、発電電力の変動を平均化する、又は発電した電力を蓄積し、消費するときに放出するように制御するシステムが提案されている。これらのシステムでは発電時系統に依存しにくくなるため効果的である。しかし、蓄電池の追加はかなりのコストアップになるばかりではなく、安全確保や、蓄電池の寿命を考慮する必要があるため、メンテナンスコストが大きくなるなど、解決すべき課題は多い。

(2) 系統の高調波電流の増加

系統連系型の太陽光発電システムは、一般に力率1の正弦波状の電流を系統に注入するように制御される。これに対して、家電製品には高調波を含む消費電流が流れるため、太陽光発電システムが発電すると、家電製品の消費電流のうち力率1の基本波成分が発電システムから供給され、残った高調波成分や力率を悪化させている電流が系統から供給されるようになる。この結果として、系統から供給される電流の高調波の割合が増加し、力率が悪化する。図2はこの様子を図示したもので、理解しやすくするために波形のひずみを大きく表現している。

家電製品の消費電流は、高調波ガイドラインにより高調波の上限値が規制されているため、極端に高調波が増加する可能性はないが、将来的には系統が負担する高調波や無効電流が増加する。この対策として、太陽光発電システムから積極的に負荷の高調波を供給し、系統からの電流波形が正弦波になるよう制御するなどの研究が実施されている。

(3) 単独運転検出機能(能動的方式)の検出感度の低下

1つの柱上トランスに複数の太陽光発電システムが設置されると、発電状況と電力消費の状況によっては、トランス以降の発電電力と消費電力がほぼ同じになる場合がある。工事などのために柱上トランスの上流側で送電回路を開放すると、発電システムが停電したことを検出できずに運転

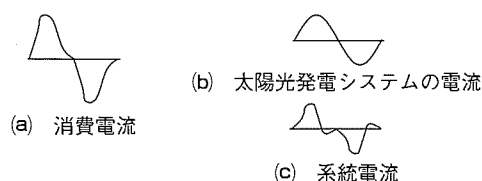


図2. 系統から供給される高調波電流

を継続する状態(単独運転)になることが懸念される。

系統連系型の太陽光発電システムは、系統連系ガイドラインに従い受動的方式及び能動的方式の2方式以上の単独運転防止機能を搭載している。パワーコンディショナの開発では、系統に接続された負荷の様々な状況に対して、パワーコンディショナの単独運転防止機能が確実に動作することを確認している。一方、市場では、いろいろなメーカーのシステムが並列して接続されるケースが発生しており、それぞれのシステム構成における単独運転防止機能の確実な動作を検証することが要求されている。これらの要求に対応して、並列接続のケースが発生する都度試験を実施し確認をしている。

単独運転防機能はパワーコンディショナメーカーごとに異なっており、特許やノウハウを含んでいるため詳細なアルゴリズムは公開されていない。このため、日本電機工業会が中心となり、関連メーカーが供試機器の提供、試験データの共有化など相互に協力し合いながら検証データの収集・データベース化を進めている。しかし最近では、3種類、4種類のパワーコンディショナの並列接続事例が発生している。これに加えてマイクロガスタービンや燃料電池といった分散型電源機器も系統に連系されるようになってきており、試験設備の制約により次第に試験が困難となっている。系統システム全体でこれに対応する方法を開発する必要がある。

4. 太陽光発電システム適応範囲拡大とコスト低減

(1) 小出力対応パワーコンディショナ

現在までは、住宅の消費電力をおおむね賄えるシステムサイズを想定し、太陽電池出力容量が3~4kW前後のシステム開発を中心に行ってきた。しかしながらこれらのシステムを設置するためには、かなり大きな日当たりの良い屋根が必要である。具体的には、一般的な結晶系太陽電池で3kWシステムを構成した場合、約30平方メートルの屋根面積が必要で、都市部の住宅では十分な屋根面積が確保できない場合がある。このため、比較的小面積の屋根に適した太陽電池容量1~2kW程度のシステムに対応できる定格1.8kWの小容量パワーコンディショナ“PV-PS02E”を開発した。

このパワーコンディショナは、独立に制御できる2入力昇圧回路を内蔵しており、太陽電池を2つの屋根面に分割設置しても、それぞれの太陽電池から効率的に電力を取り出すことができる。また、屋外設置に対応していることで、電力線の配線がすべて屋外でできるため電気工事が容易であり、屋内に設置スペースが確保できない場合に有効である。今後、比較的小面積の小さい住宅や、制約が多い都市部の住宅への普及が期待されている(図3)。

(2) 寄棟屋根用システム

日本の住宅の屋根形状は、幾つかのタイプに分類するこ

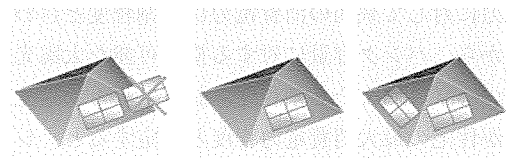
とができる。なかでも、寄棟屋根は半数近くを占めており、構成比率が高い。寄棟屋根は、ピラミッドのように三角形を組み合わせた屋根のことである。寄棟屋根に長方形の太陽電池モジュールを設置すると、三角形の屋根にうまく収まらず、設置効率が上がらない、また、太陽電池モジュールの外周線が屋根の線と合わず、デザイン的に問題があった。これらの問題を解決し寄棟屋根に適したシステム(MBMシリーズ)を商品化した。

MBMシリーズでは、図4で示すように、段ごとに千鳥配置する長方形の標準モジュール、左右の辺が寄棟屋根の形状に沿うような斜辺を持つ左用・右用の台形モジュール、幅が標準モジュールの1/2のハーフピッチモジュール、及び屋根の頂点に配置する三角モジュールの合計5種類のモジュールを準備した。これらの組合せにより、多様な日本の住宅の屋根に合わせてモジュールを配置できるようにした。また、これらのモジュールのサイズは、日本の住宅の基本サイズにうまく合う大きさとしており、屋根当たりに設置できる太陽電池モジュールの出力を大きくでき、効率的に設置することができる。

一方、電気回路の構成は複雑となる。太陽電池モジュールの種類が増加に伴い、それぞれの太陽電池モジュールの出力電圧が異なってくる。これらのモジュールを直列に接続して所望の電圧の直列回路(ストリング)を構成し、さらにこれらのストリングを並列接続してパワーコンディショナに接続する。効率の良いシステムを構成するためには各ストリングの電圧を一致させる必要がある。これを解決しシステムの回路設計を容易とするため、ストリングごとの電圧を一致させる機能を持った接続箱(マルチアレーコンバータ)を開発した。これにより、アレー電圧を等しくできない場合や、東・南・西の各屋根面にモジュールを分割設置する場合も、回路設計が容易で、制約の少ないシステムとすることができる。このシステムの設置制約の緩和により普及拡大が進むものと期待している。

(3) 発電コストの低減

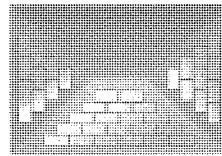
太陽光発電システムの普及を阻害している最も重要な要因の一つは発電コストである。設置及びメンテナンスコストを製品寿命期間における発電電力量で除算して求めた発電コストは、約46円/kW・h(1kWのシステムコスト:69万円、年間の発電電力量:1,000kW・h、製品寿命:15年、として計算)になる。これは電力料金(約22円/kW・h)に比べると約2倍であり、採算ベースにはかなりの開きがある。2030年に向けた太陽光発電ロードマップでは、2010年での目標値を23円/kW・hとしている。発電コスト低減のため、太陽電池に使用する材料の削減や、構成部品の簡略化・標準化などを進め、システムを構成する機器価格及び施工費用を下げる活動を推進している。



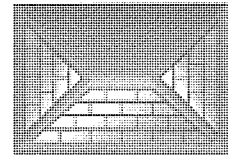
従来は設置できない

PV-PS02Eでは設置可能

図3. 小容量パワーコンディショナ



従来製品: PV-MM100C



MBMシリーズ

図4. MBMシリーズ

5. む す び

近年世界各地で発生している気象現象に見られるように、地球温暖化、オゾン層の縮小など環境破壊は深刻な状況になりつつある。人類が発展し続けるためには、環境負荷の少ない自然エネルギーの利用拡大が不可欠かつ急務である。自然エネルギーの中でも太陽光エネルギーは、その他の自然エネルギーに比べ、エネルギー密度が小さく、利用率が低い(晴天の昼間のみ利用可)、変動が大きいなどの課題がある。しかし、地域性が少ない、太陽電池で容易に電気に変換できる、また、エネルギー収支に変化がない(太陽光エネルギーが熱などに変わる間に一時的に電気の形態を経由するだけ)ため環境に与える影響がほとんどない、などの長所がある。日本における1次エネルギーに占めるこれら自然エネルギーを含めた新エネルギーの活用は、わずか1%程度(水力発電は除く)であり、まだ始まったばかりである。これは同時に、今後の開発可能性が大きいことを示している。本格導入のために解決しなければならない課題も多くある。課題解決のために、今後も引き続き当社の技術力を結集して取り組んでいく所存である。

参考文献

- (1) 新エネルギー財団(NEF): 住宅用太陽光発電システムモニター事業及び住宅用太陽光発電導入促進事業に係る年度別・都道府県別太陽光発電システム設置件数(2005)
- (2) 独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構: 2030年に向けた太陽光発電ロードマップ(PV2030)(2004-6)
- (3) ㈱エネルギーフォーラム: 解説 電力系統連系技術要件ガイドライン(2003)
- (4) 分散型電源系統連系技術指針, ㈱電気協会(2001)

電力市場に対応した電力計測システム

鎌田一郎*
戸板滋人*

Electric Power Measurement System Corresponding to the Electricity Market
Ichiro Kamada, Shigeto Toita

要 旨

2000年3月から開始した電力小売部分自由化により、電力自由化に対応する7けた表示^(注1)の精密級、特別精密級の料金取引用計器を導入してきた。このときは、計器+表示端末という機器構成で、計器は30分値を計測し、表示端末は料金メニューに対応する処理を行っていた。2005年4月に契約電力50kW以上の高圧需要家まで自由化の対象が広がり、普通級の計器まで必要となった。50~500kWは需要家数も多く、計器+表示端末の構成では2台分の設置スペースを必要とするため取替えが困難であることや現状の計器価格に対し高くなるため、仕様の見直しが必要となった。

また、電力会社から、今後ますます増加すると思われる多様な料金契約メニューに対応し、料金契約変更に伴い取替工事を必要としない計器の要求が出てきた。

以上のような電力市場動向を背景に、下記要求を満足する電力市場に対応した複合計器を開発した。

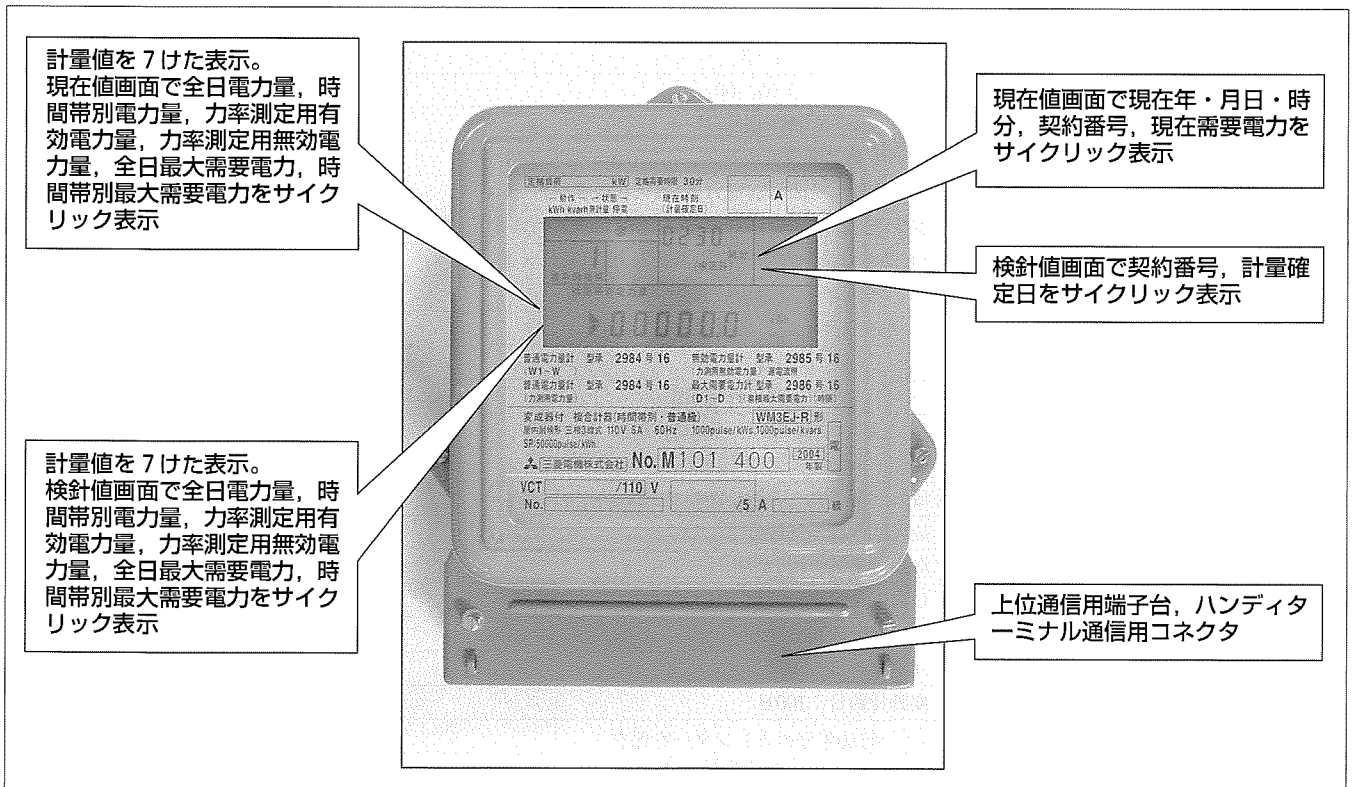
- 電力自由化に対応
- 多様な料金契約メニューに対応
- 低コスト化

電力自由化に対応する主な機能は以下のとおりである。

- 同時同量^(注2)のための30分値計測
- 同時同量監視のための通信機能
- 計量データ確認のための記憶機能
- 7けたでの計量値表示

(注1) 同時同量の範囲を30分3%以内と決められているため、7けた目の計量値表示が必要

(注2) “需要量”と“供給量”を30分単位で一致させることを“同時同量”の達成という



電力市場に対応した電力需給用複合計器

従来の複合計器に対し、小数点以下を1けた増やし計量値を7けたで表示し、30分ごとに計量値、デマンド値を記憶。実量制、季節別時間帯別、需給調整の料金契約メニューすべてに対応。遠隔での通信が可能な外部通信装置と接続する上位通信端子及び現場でのハンディターミナルでの通信を行うことができるコネクタを持っている。

1. ま え が き

2000年3月の電力部分自由化(特別高圧で受電する契約電力2,000kW以上の需要家)に始まり、2004年4月から500kW以上、2005年4月から50kW以上の高圧需要家が自由化の対象となった。特に、契約軒数の多い需要家(50~500kW未満)にまで電力自由化が拡大され、電力会社は、電力自由化に対応する機能に加え、計器の運用業務効率化のため、従来契約種別ごとに対応していた複合計器を統一する必要があった。

2. 電力市場に対応した電力需給用複合計器

電力自由化に伴い、要求される機能を搭載した通信機能付き電力需給用複合計器(以下“複合計器”という。)が必要となった。電力自由化対応に加え、今後の電気料金メニューの多様化に対応するため、実量制契約、季節別時間帯別契約(以下“季時別契約”という。)、需給調整契約の3種類の料金契約メニューの計量処理を1台で対応できる複合計器を開発した。

電力自由化に対応する複合計器に求められる主な機能は次のとおりである。

- 同時同量計量のための30分値計測
- 同時同量監視のための通信機能
- 計量データ確認のための記憶機能
- 7けたでの計量値表示

2.1 仕様概要

この複合計器の主な機能は以下のとおりである。

- 計量：最大10時間帯までの時間帯別電力量、最大10時間帯までの最大需要電力、力率測定用有効電力量、力率測定用無効電力量を計量することが可能
- 通信：外部通信装置との上位通信用及び現場でのハンディターミナル通信用の2系統通信が可能
- 表示：現在値画面及び検針値画面をサイクリック表示(サイクリック時間は5、10、15、20秒で設定可能)
- 記憶：最大44日分の30分値データの記憶

表1に複合計器の仕様概要を示す。

表1. 仕様概要

項目	仕様		備考	
精級	普通級, 精密級, 特別精密級		普通級：2% 精密級：1% 特別精密級：0.5%	
相線式	三相3線式			
定格	電圧(V)	110		
	電流(A)	5		
	周波数(Hz)	50, 60		
耐候性能	屋内耐候形		雨水のかからない箇所に取付け用	
乗率	10の整数べき倍, 合成変成比倍, 1/10合成変成比倍		計器内部でいずれか選択	
計量	全日電力量, 時間帯別電力量(最大10時間帯)		力率測定用無効電力量(進み), 全日無効電力量(遅れ・進み)は計量のみ行い, 表示は行わない	
	全日最大需要電力, 時間帯別最大需要電力(最大10時間帯)			
	力率測定用有効電力量, 力率測定用無効電力量(遅れ・進み)			
	全日無効電力量(遅れ・進み)			
	現在需要電力, 累積最大需要電力			
需要時限	30分, 60分		計器内部でいずれか選択	
停電補償	10日間の停電補償		一次電池で補償	
	電池なしで5分以上動作補償		電気二重層コンデンサで補償	
計量パターン	実量制パターン	点灯・消灯	計器内部でいずれか選択 設定は上位又はハンディターミナル通信端子から行う	
	需給調整パターン	最大計量パターン数：20パターン		
		最大区分数：15区分		
		最大設定月：12か月		
	季時別パターン	最大計量パターン数：15パターン		
		最大区分数：11区分		
固定特約日：40日 変動特約日：100日				
時計	時30年分のカレンダーを保有 24時間制		通電時は商用周波に同期 停電時は内部水晶に同期	
30分値の記憶	全日電力量(7けた), 全日無効電力量(遅れ・進み)(7けた)		44日分のデータを記憶	
	力率測定用有効電力量(7けた), 力率測定用無効電力量(遅れ・進み)(7けた)			
	需要電力(4けた)			
	ロードサーベイ(4けた)			

表 1. 仕様概要 (つづき)

項目	仕様		備考
通信	上位通信	2線式 1,200bps	端子台接続
	ハンディターミナル通信	RS-232C 9,600bps	モジュラ接続
サービスパルス	有効電力量パルス	2,000 p /kW・h, 50,000 p /kW・h	普通級は50,000p/kW・hのみ
	時限パルス	需要時限ごと	30分, 60分選択
表示	現在値	全日電力量	5秒, 10秒, 15秒, 20秒 いずれかで計量値を サイクリック表示する。
		時間帯別電力量(10時間帯)	
		力率測定用有効電力量	
		力率測定用無効電力量(遅れ)	
		全日最大需要電力	
		時間帯別最大需要電力(10時間帯)	
		現在需要電力	
		契約番号	
	検針値	全日電力量	
		時間帯別電力量(10時間帯)	
		力率測定用有効電力量	
		力率測定用無効電力量(遅れ)	
		全日最大需要電力	
		時間帯別最大需要電力(10時間帯)	
		力率(100%表示)	
		累積最大需要電力	
	契約番号		

計器仕様の特長を以下に述べる。

(1) 計量パターン切換え

実量制契約, 季時別契約, 需給調整契約の3種類の契約に合わせたパターンでの計量動作ができ, 計器内部で設定を行うことによりいずれかの料金契約メニューに対応可能となる。

(2) 画面操作機能

端子台部に設けられた接続コネクタにスイッチを接続し, 操作することで, 表示画面の送り・戻りの手動操作が可能となる。図1に端子台部の写真を示す。また, 図2に画面遷移例を示す。

(3) 無効電力量(進み)の計量

負荷の進み力率を把握するため, 進みの無効電力量を計量し記憶する機能を設けた。ただし, 表示は行わない。

(4) 顧客サービス充実

デマンド監視制御装置等と複合計器の時刻の同期がとれるように, 需要時限ごとに出力する時限パルス端子を設けた。

2.2 計器の特長

要求機能を実現した複合計器の特長を以下に述べる。

2.2.1 ハードウェア標準化

ハードウェアは標準化設計を徹底し, 低価格要求に対応した。

- (1) 新規開発した計測用LSIを搭載し, 普通級, 精密級, 特別精密級を同一ハードウェアで実現した。
- (2) 計量処理部, 電源部, CPU(Central Processing Unit)及び周辺回路を標準化した回路を採用し, 製品によって

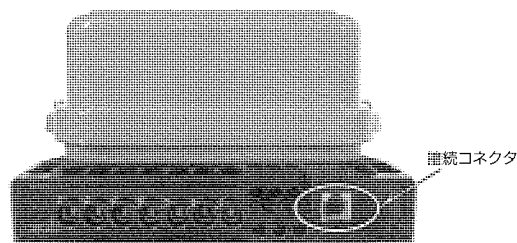


図1. 端子台下部

仕様の異なる表示部を分離した回路ブロック構成とした。
(3) 生産数量が多い低圧家庭用電子式電力量計のベース部, カバー部の筐体(きょうたい)部品を共用化した。図3に共用化部品を示す。

2.2.2 ソフトウェアの高機能化

電力自由化に伴う機能を追加(30分値記憶, 通信, 記憶データ表示)し, 3種類の契約メニューに対応する計量動作を行うため, 従来の複合計器以上にプログラムが複雑となることが予想された。さらに, 料金契約メニュー, 通信仕様は各電力会社で異なる仕様となる。このため, アプリケーションソフトウェアをパッケージ化してソフトウェアの並行開発及び仕様の変更が容易となるようプログラムを高級言語化(C言語)し, OS(Operating System)を利用した分散・並列処理を行う方法を用いて要求機能を実現した。

(1) ソフトウェア構成

開発したソフトウェアの特長を以下に述べる。図4にソフトウェアの機能ブロック図を示す。

- タスクスケジューラ機能, 割込管理機能等を持つ

現在画面	時間帯別電力量 (時間帯1~10)	0325 月日 表示時刻 時間帯別電力量 8888888 kWh
	力率測定用有効電力量	2059 時刻 表示時刻 力率測定用有効電力量 8888888 kWh
	力率測定用無効電力量 (遅れ)	0508 時刻 表示時刻 力率測定用無効電力量 8888888 kvarh
	全日最大需要電力	8888 10 分 表示時刻 全日最大需要電力 8888 kW
検針画面	時間帯別電力量 (時間帯1~10)	0301 月日 表示時刻 時間帯別電力量 8888888 kWh
	↓(力率測定用有効電力量、力率測定用無効電力量)	
	全日最大需要電力	0508 時刻 表示時刻 全日最大需要電力 8888 kW

元に戻る

図2. 画面遷移例

アルタイムOSをこの複合計器用に開発

- アプリケーションプログラムは機能ごとにパッケージ化し、電力会社の仕様に対し、パッケージ定義又はパッケージ交換で対応可能なソフトウェア構造を実現した。
- 高級言語“C”とアセンブラ言語を適材適所に使用し、ソフトウェア流用性と性能確保を両立した。

(2) 低消費電力設計

電子式電力量計全般の特長として、停電時でも電池駆動で動作する必要があり、停電時の低消費電力化が必要条件となる。このため、停電時にはOSを切り離し、アプリケーションプログラムのみ動作する制御を行った。

2.3 関連装置開発

一部電力会社では、この開発複合計器と従来の複合計器と顧客サービスパルスの接続方法、信号の仕様が異なる。このため、デマンド監視等の設備を持っている需要家に、この開発複合計器へ置換えを行った場合、需要家側の設備との互換性がとれなくなる。このため、既存の需要家設備をそのまま使えるように、コネクタ及びサービスパルスの信号を変換する変換器を開発した。図5に外観を示す。

従来複合計器とこの開発複合計器の場合における、需要家設備との接続例を図6に示す。

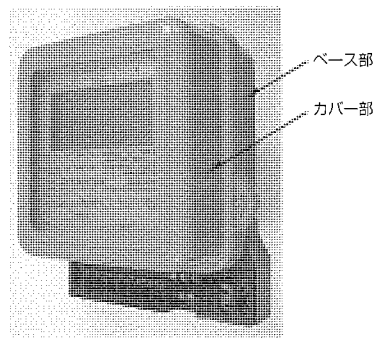


図3. 共用化部品

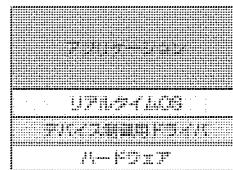


図4. 機能ブロック図

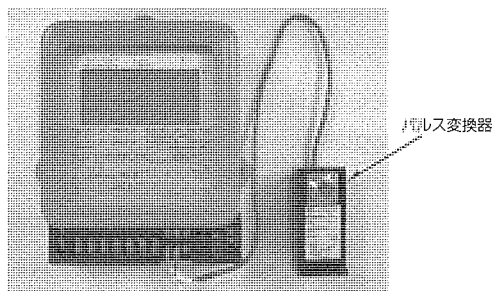


図5. パルス変換器

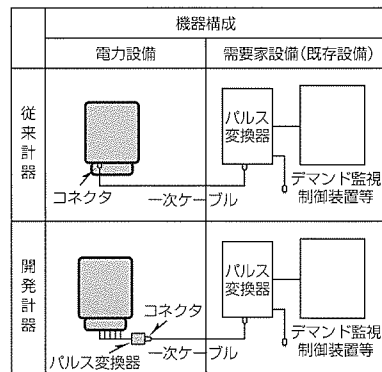


図6. 接続例

3. むすび

電力自由化に対応するために必要な30分同時同量に関連する機能を持つ複合計器を開発した。

今後、分散電源の普及に伴う電力品質に関する監視機能が必要になると考え、電力品質計測機能付き複合計器など電力市場に合った製品を開発していく所存である。

電力自由化に対応したロードサーベイシステムとデータ分析技術

水谷 茂*
深谷 満**
北山匡史***

Load Survey System and Load Survey Data Analysis Techniques for Deregulation in the Electric Power Industry
Shigeru Mizutani, Mitsuru Mitani, Masashi Kitayama

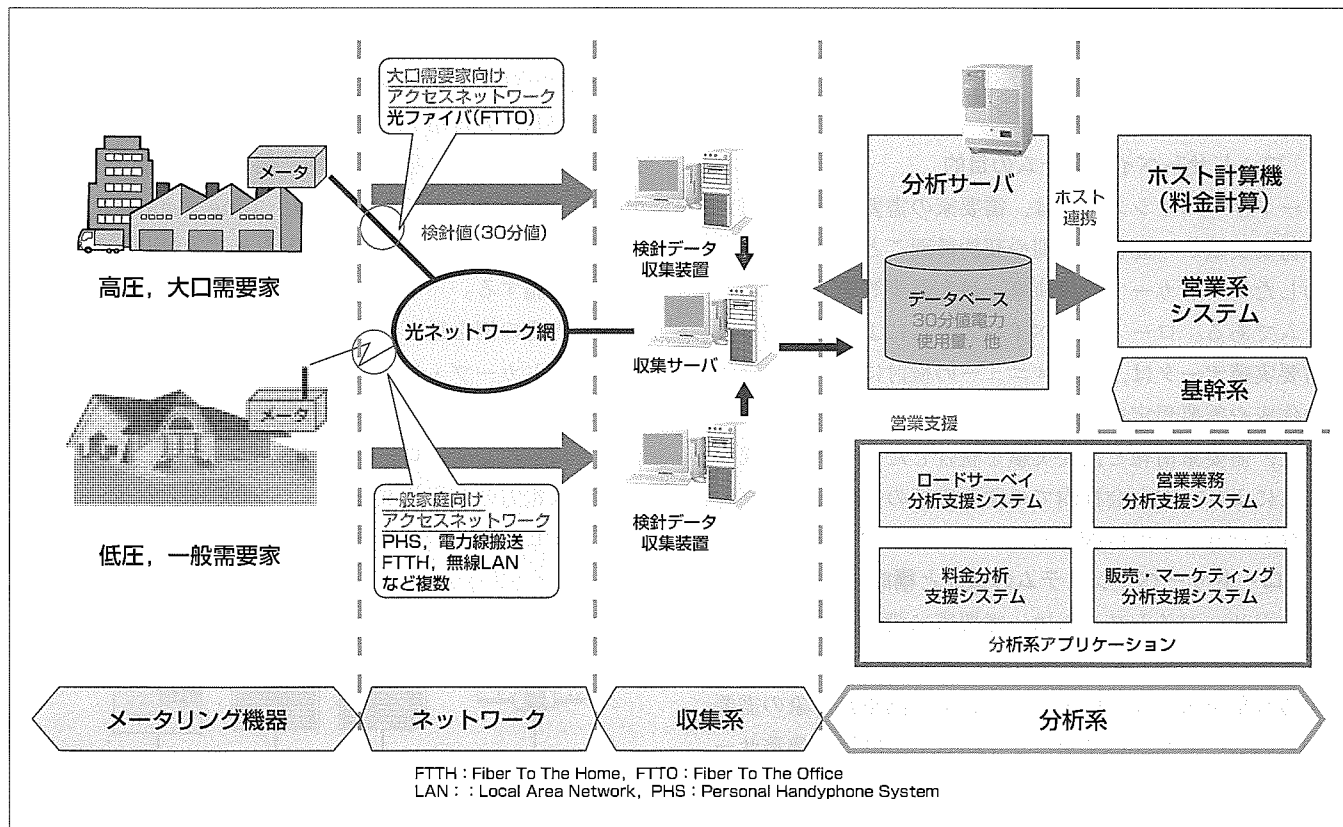
要 旨

ロードサーベイシステムは、大規模工場から一般家庭に至るまで様々な需要家を対象として、1時間ごと又は30分ごとの電力使用量実績を、ロードサーベイメータ又は自動検針装置を介して日々収集するシステムである。従来は、このシステムは、需要想定、ピーク分析、負荷率分析など、電力会社での料金企画業務、発電設備の拡充計画や発電設備運用など系統運用計画における需要データとして利用されていた。

電力自由化が進展する中で、顧客サービス向上やマーケティングの観点から、ロードサーベイシステムによって収集・蓄積されたデータを活用した分析業務は今後ますます重要になるものと考えられる。料金メニューは、需要区分と契約種別によって大別し、電力使用実態によって更に細

かくグループ化した契約種別に基づいて設定されている。今後、自由化範囲の拡大に伴って、需要家の電力使用実態に従った多様な料金メニューの検討・開発が課題になっている。

本稿では、ロードサーベイシステムの機能及びシステム構成について概要と特長を述べる。また、ロードサーベイシステムを構築するための基盤技術について述べるとともに、ロードサーベイデータを活用するためのデータ分析技術として、ロードサーベイデータを時系列のパターンとして認識し、パターンの特徴量を抽出しクラスタリングするための分析技術、及びデータマイニング技術を応用して電力料金メニュー開発を支援するための考え方についても併せて述べる。



ロードサーベイシステムのデータ収集と分析

高圧、大口需要家及び低圧、一般需要家のロードカーブデータは、光ファイバ(FTTH, FTTO)、PHS、無線LANなどのネットワークを介しゲートウェイを経由し収集サーバに転送される。分析に必要なデータを、分析サーバのデータベースへ投入し蓄積する。分析サーバの高速検索エンジン等を利用して料金分析支援システムなどの分析環境を実現している。

1. ま え が き

ロードサーベイシステムは、大規模工場から一般家庭に至るまで様々な需要家を対象として、1時間ごと又は30分ごとの電力使用量実績を、ロードサーベイメータ又は自動検針装置を介して日々収集するシステムである。従来は、このシステムは、需要想定、ピーク分析、負荷率分析など、電力会社での料金企画業務、発電設備の拡充計画や発電設備運用など系統運用計画における需要データとして利用されていた。

また、ロードサーベイシステムは、自動検針システムやホスト計算機と連係してデータの収集、需要家情報の管理を実施しており、需要実績をベースにした需要実態の把握、需要家ごとの料金メニュー策定等に利用されており、需要家サービス等の業務支援にも利用されている。

電力自由化が進展する中で、顧客サービス向上やマーケティングの観点から、ロードサーベイシステムによって収集・蓄積されたデータを活用した分析業務は今後ますます重要になるものと考えられる。

本稿では、ロードサーベイシステムの概要について述べるとともに、ロードサーベイシステムを構築するための基盤技術と、ロードサーベイシステムによって収集されたロードサーベイデータの分析技術の考え方の一例について述べる。

2. ロードサーベイシステムの概要

2.1 ロードサーベイシステムの目的

ロードサーベイシステムは、需要家の需要実績を収集し、その需要実績から需要家個別や契約種別ごと、業種ごとに集約したロードカーブや負荷率、最大需要等を分析するシステムである。ロードサーベイシステムによって収集された需要実績データは、料金メニューの検討に使用するデータの作成や需要想定を実施するのに活用されている。

また、需要家情報と需要実績を統合したデータを作成することにより、電力会社内での需要実績の分析用データの提供等も行うことが可能である。

2.2 ロードサーベイシステムの機能と構成

ロードサーベイシステムは、需要家に設置されているロードサーベイ (LS) メータからロードサーベイデータを収集する収集システム、収集システムや自動検針対象の需要家からのロードサーベイデータをホスト計算機や業務サーバからの需要家情報と組み合わせて管理する収集サーバ、ロードサーベイデータを分析用データベースとして蓄積・管理する分析サーバ及び分析用クライアントで構成される (図1)。

2.2.1 収集システム

現在、受電電圧が特別高圧の需要家、大規模工場など契

約電力が500kW以上の大口需要家のほとんどが自動検針の対象となっており、1時間ごと又は30分ごとの需要実績が電力量計に保存されており、自動検針システムでデータ収集されている。また、自動検針対象となっていない高圧需要家や低圧需要家についてはロードサーベイメータを設置し、30分ごとの需要実績を計測している。

収集システムでは、ロードサーベイメータを設置している需要家の情報を管理するとともにロードサーベイメータと通信して需要実績を収集し、通信状態を含むロードサーベイメータの状況を管理している。

2.2.2 収集サーバ

収集サーバでは、収集システムや自動検針システムで収集した需要実績をロードサーベイデータとして保存するとともに、ホスト計算機や業務サーバと連係することによってロードサーベイ対象の需要家の情報を管理し、需要家の情報をロードサーベイデータと組み合わせることで分析用基礎データを作成する。需要家の情報は、契約の異動で変更が発生した場合に、過去にさかのぼって基礎データの更新を実施する必要がある。

また、近年、電力料金メニューの増加に伴って、電力量計の設置台数や方式が複雑化しており、電力料金メニューに対応したロードサーベイデータの合成などの処理も実施する。

2.2.3 分析サーバ

分析サーバでは、収集サーバが作成した分析用基礎データを変換し、分析用データベースとして蓄積・管理する。分析用データベースを契約種別、業種等の情報で集約し、分析用クライアントでOLAP (On-Line Analytical Processing) ツールや統計解析ソフトウェアを使用して各種の分析を実施する。

分析内容の例を以下に示す。

(1) ロードカーブ・ピーク分析

ロードサーベイデータを契約種別ごとや業種ごと、事業所ごとに集約して、ロードカーブを作成する。ロードカーブにより電力の使用状況を把握するとともに、ピークの発生時刻、ピーク・オフピークの比率等を把握することが可

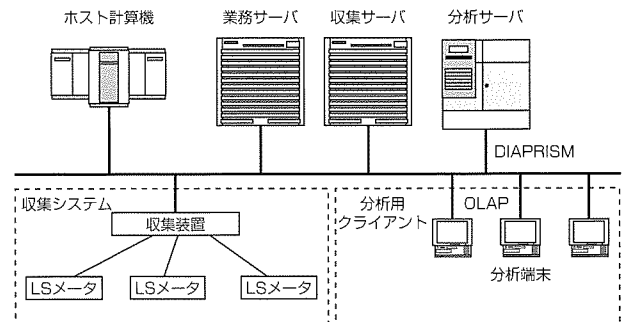


図1. ロードサーベイシステムの構成

能である。

(2) 負荷率分析

ロードサーベイデータから契約種別ごとや業種ごと、事業所ごとの契約電力に対する使用電力の比率を算出し、当該種別の負荷率を算出することが可能である。また、30分最大値からデマンド達成率を算出することが可能である。

(3) 全社大の需要想定

契約種別ごとの全社大での構成比率を事前に設定することにより、契約種別ごとの合計電力量カーブを全社大の合計電力量カーブに伸張し、全社大での需要を想定することが可能である。

(4) 時間帯別契約のシミュレーション

時間帯別契約需要家のロードサーベイデータから、時間帯別契約の時間帯を変更した場合に、各時間帯の使用量がどのように変化するかをシミュレートすることが可能である。

(5) 回帰分析

ロードサーベイデータと気温や日照時間等の天候に関するデータとの相関を分析するために、回帰分析を実行することが可能である。

3. ロードカーブの分析技術

3.1 ロードサーベイシステムの構築基盤技術

ロードサーベイシステムに必要な要件を以下に記す。

まず、ロードサーベイデータは、収集対象の需要家について毎日蓄積されるものである。例えば、10,000件の需要家を対象にすると、1日当たりのデータ量は10Mバイト程度となる。ロードカーブの分析には数年分のデータが必要になるので、蓄積するデータ件数は2,000万件でデータ量は十数Gバイトとなる。このような膨大なデータを蓄積・分析するためには、高速なデータベースエンジンを持つOLAPツールが必要不可欠である。

また、ロードカーブの分析には、ロードサーベイシステムによって収集されたデータのみでなく、需要家との契約管理データなどホストに蓄積されたデータや、各部門で蓄積されているデータなどを組み合わせて分析する必要が出てくる。このように、様々なデータベースを仮想的に統合するツールはETL(Extract, Transform, Load)と呼ばれる。

このような機能を持つデータ分析プラットフォームとして、“DIAPRISM”が挙げられる。DIAPRISMは、独自の並列データ圧縮・伸長技術と必要最小限のデータ読み込みと伸長処理を行うことで、超高速の集計・検索を実現している。また、データ運用管理ツ

ールとして備っているETLツールによって異種システムにわたるデータの定義情報を自動化し、コード変換・文字列操作・ソート・計算・ジョイン・集計などのデータ加工機能、GUI(Graphical User Interface)ベースによるワークフロー管理とともに、メタデータをリポジトリ上で管理することによって、必要データの収集・加工・ステージングを効率的に実現することが可能である(図2)。

3.2 ロードカーブ分析技術

電力自由化が進展する中で、顧客サービス向上やマーケティングの観点から、ロードサーベイシステムによって収集された膨大なデータに対して、有用な情報を抽出するためのデータマイニング手法などの適用により、収集データの更なる有効活用が期待される。

ロードサーベイデータを様々な観点から集計し、気温を始めとして様々なパラメータとの相関分析・回帰分析を効率的に実施することによって、データの関連性を得ることができる。統計解析パッケージ“DIASTAT”を利用することによって、DIAPRISMに蓄積されたデータの高速分析を実施することができる。

また、ロードサーベイデータの時系列パターンに着目して、類似パターンを抽出することによって需要家セグメントを認識するという方法が考えられる。負荷パターンの類似した需要家は電力供給に対するニーズを持った顧客セグメントを構成すると考えられ、負荷パターンの類似性に基づいてクラスタリングを実施することによって均一な顧客セグメントを得ることが期待できる。

ロードサーベイデータの類似度を定量化する方法として最も単純な方法は、各時刻における使用電力量をベクトルとして定義して、使用電力量ベクトル空間における距離を類似度とする方法である。しかし、この方法ではある時刻において1kW・h異なる2つの負荷パターンを比較した場合、この1kW・hの差は時刻によらず同等の非類似度になってしまう。電気事業者の観点からは、ピーク時間帯の1kW・hの差とその他の時間帯の1kW・hの差は同等とは

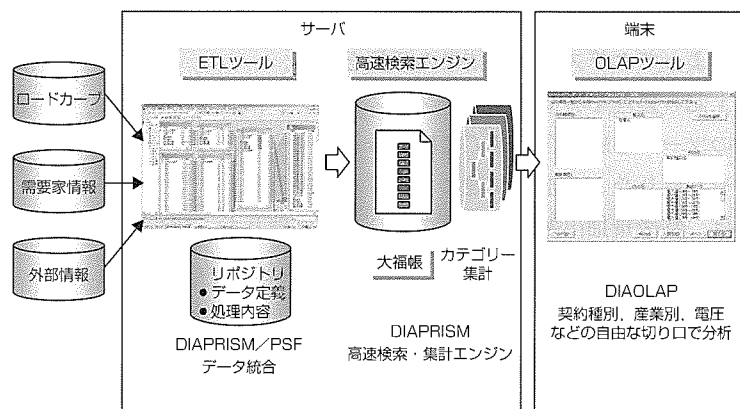


図2. DIAPRISMによるデータ分析プラットフォーム

考えにくい。

負荷パターンの特徴量抽出手法として、有力な手法の一つとして離散ウェーブレット変換を用いた手法が挙げられる。ウェーブレット変換は、時間-周波数解析の手法であり、周波数分析で一般的に用いられるフーリエ変換と異なり、周波数成分の時系列変化を得ることができることが特長である。ロードカーブを対象にしたウェーブレット変換のイメージを図3に示す。図のように、ウェーブレット変換では、細かい変化を示す周波数の高い成分がウェーブレット係数として抽出される。ウェーブレット係数は、ロードカーブの時系列変化の特徴を表したパラメータであると言えるため、ウェーブレット係数による特徴量を比較することによってロードカーブの類似度を評価することができる。

需要家セグメントを認識する方法として、ロードカーブの類似度に基づいてK-Means法又はクラスタ数を指定せずに任意数のクラスタを生成する凝集法などのクラスタリング手法を適用することによって、ロードカーブの特徴量による負荷パターンを評価することができる。この需要家セグメントを契約種別、産業種別、自家発などの設備有無などの需要家属性による需要家セグメントを比較することによって、既存の料金メニューの評価や、新規料金メニューを適用する需要家セグメントの発掘が可能となる。このような機能を実現するソフトウェアとして、類似度分析システムWACS(仮称:Wavelet Based Clustering System)を開発した。このソフトウェアの処理の流れを図4に示す。

- (1) 離散ウェーブレット変換によってロードカーブの特徴量を計算する。
- (2) 2つのロードカーブの特徴量を用いて類似度を計算する。
- (3) 計算した類似度に基づいて特徴量の類似しているロードカーブが同一クラスタになるようにクラスタリングを行う。クラスタリング手法として、非階層的クラスタ手法のK-means法と、階層的クラスタ手法の2種類を用いる。
- (4) 作成したクラスタを従来の需要家属性と比較することによってクラスタ作成結果の評価を行う。

上記の処理を特徴量抽出やクラスタリング機能を持つ個別のツールを組み合わせると、ツール間のデータのやり取りなど非常に煩雑になるが、開発したソフトウェアは、特徴量抽出処理とクラスタリング処理とを一体化したシステムとしてなっており、作業の効率化を図ることができる。

データマイニングを始めとする様々な手法を適用することにより、ロードサーベイシステムによって蓄積されたデ

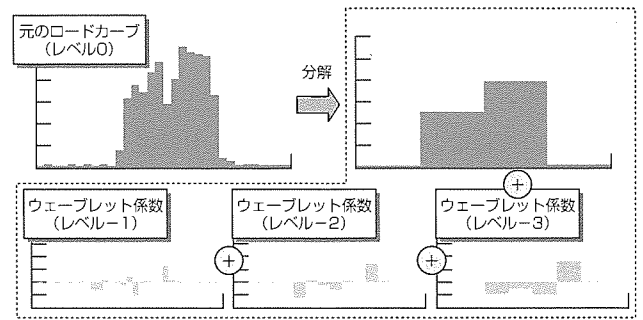


図3. ウェーブレット変換の適用イメージ

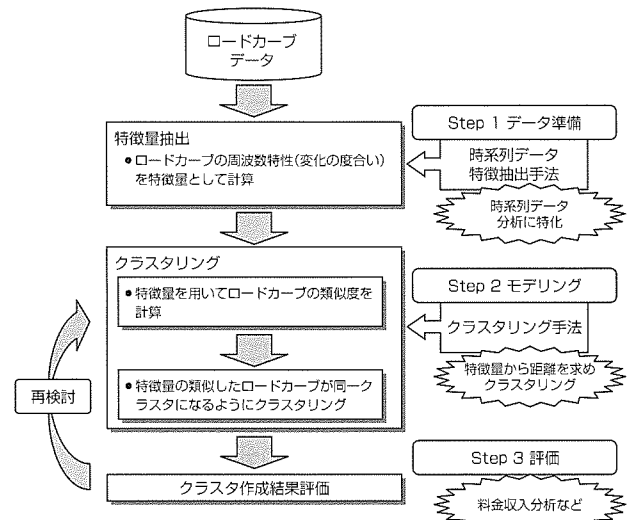


図4. 類似度分析機能の処理の流れ

ータの有効活用化を図ることができる。

4. む す び

本稿では、ロードサーベイシステムの機能とシステム構成を述べるとともに、電気事業者の観点から収集されたロードサーベイデータを電力自由化の下でどのように活用すればよいかについて、分析手法の適用の考え方の一例について述べた。自由化対象需要家の拡大の方向性についてはまだ不透明ではあるが、規制緩和分野における需要家データの重要性はますます増大するものと考えられる。データ活用のためのシステム構築、様々な観点に適したデータ分析技術の適用のための一助となれば幸いである。

参 考 文 献

- (1) 鈴木 浩, ほか(編著): ITが拓く電力ビジネス革命, オーム社 (2002)
- (2) 福田剛志, ほか: データマイニング, 共立出版 (2001)
- (3) 前田 肇, ほか: ウェーブレット変換とその応用, 朝倉書店 (2001)

海外の電力自由化動向

徳原克久*

Trends of Overseas Electric Industry Deregulation

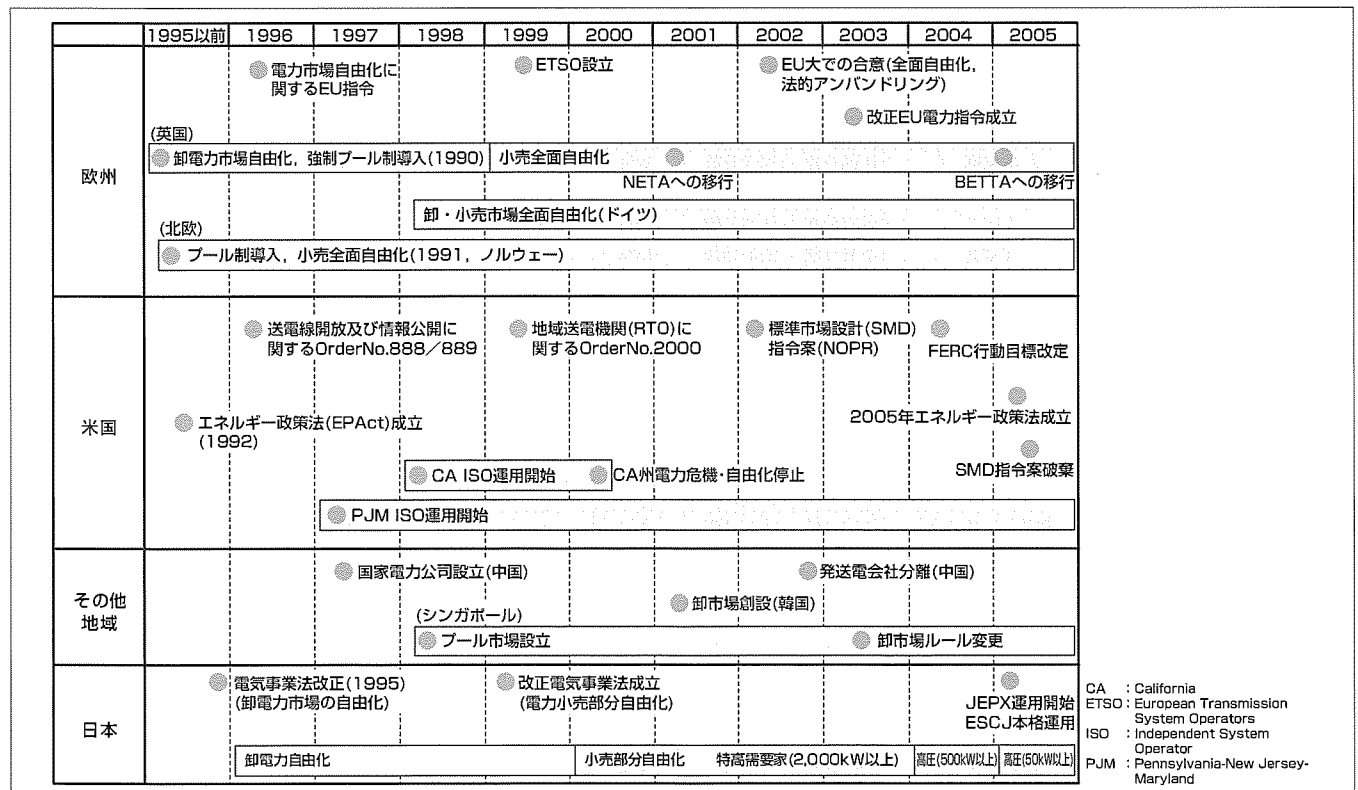
Katsuhisa Tokuhara

要旨

日本では2005年4月に電力小売部門の自由化範囲拡大、日本卸電力取引所(JEPX)及び電力系統利用協議会(ESCJ)の本格運用が開始され、電力自由化、すなわち電気事業の市場化の流れは着実に進展している。一方、欧米では1990年ごろからあい次いで電力自由化が進められている。欧州では2003年6月に制定された「改正EU電力指令」に基づいて各国で法制化が進められ、小売部門の自由化が順次進められている。欧州の電力取引所は2005年11月時点で12存在し、それらが加盟する組織としてEuroPEX(European Power EXchanges)が設立されている。各国の動向としては、まず英国では、2001年にプール制が廃止されNETA(New Electricity Trading Arrangement)を導入し、さらに2005年にBETTA(British Electricity Trading and Transmission Arrangements)に移行した。ドイツでは1998年に小売全面自由化が実施された後、国内の電力会社の競争が激化して一時的に電気料金は下がったが、電力

会社のM&Aの結果、寡占化が進んだ。米国では州ごとに電力自由化に対する実施状況は異なるが、2003年3月時点で17州とワシントンDCにおいて小売自由化が実施されている。連邦大の動きとしては、2005年8月に「2005年エネルギー政策法」が法制化され、系統信頼度基準の設定、送電施設に関するFERC(Federal Energy Regulatory Commission)への許認可権限、送電インフラ投資促進制度、PUHCA(Public Utility Holding Company Act)の廃止及びPURPA(Public Utility Regulatory Policies Act)の改正が実施された。その他地域として、本稿では、韓国、中国、シンガポール、インドネシアの動向についても簡単に触れた。

電力自由化制度は、各国の事情に応じて、ある程度、試行錯誤的に変更・調整していかざるを得ない面はあるが、海外の様々な形態と影響を評価しておくことは、日本で2007年以降に予定されている小売全面自由化の検討において、極めて有意義であると考えられる。



電力自由化の変遷

上の図は、欧州、米国、その他地域(アジア)及び日本における電力自由化に関する主な事象、卸売市場及び小売市場の自由化の状況を示している。欧州では、改正EU電力指令に基づき、欧州単一市場に向けた小売自由化が進められている。米国では、連邦大での法制化の動きはあるが、自由化の進捗(しんちょう)は州ごとに異なる。アジアでは、卸売市場と一部の小売市場が自由化された国がある。

*神戸製作所

1. ま え が き

電気事業は、規模の経済性による自然独占及び長期的な設備投資を進めて電力の安定供給を図るため、地域独占の下、発電・送配電・小売の垂直統合型の事業体制で進められてきた。しかし、1990年に英国で始まった電力自由化の流れの中で、次第にネットワークアクセスへの公平性を確保しつつ、発電及び小売部門への競争原理の導入が図られるようになってきた。本稿では、欧米とアジアを例に挙げ、最近の電力自由化動向について述べる。

2. 欧州の動向

欧州連合(EU)における電力自由化の状況について触れた後、英国とドイツを例に最近の動向について述べる。

2.1 EUの動き

EUにおける電気事業の基本方針はEU指令(EUの法律に相当)として具体化され、加盟各国が国内法や規定を制定又は改正することによって実現が図られる。電気事業に関する主なEU指令としては、1996年と2003年のものがある。1996年の「EU電力指令」では、各国の市場開放の目標を段階的な自由化を経て2003年までに少なくとも国内市場の32%を開放することとしていた。さらに、域内の電力単一市場の構築を図るため、2003年6月に制定された「改正EU

電力指令」では、①2007年7月までの全面自由化の実施、②送配電部門と発電・小売部門の法的分離(別会社化)、③系統アクセス方法をTPA(第三者アクセス)に一本化、などが盛り込まれた。EU指令に基づく各国の制度変更はそれぞれの事情に左右されるが、既に約半数の国々で全面自由化が実現している。欧州の電力自由化の状況を表1に示す。

また、欧州には12(2005年11月現在：図1)の電力取引所

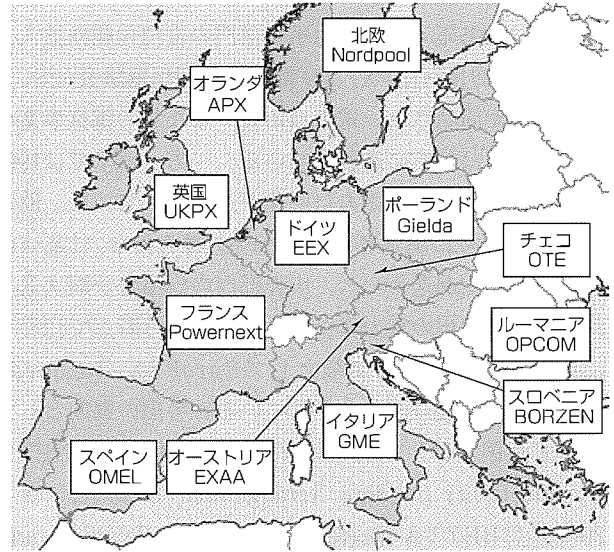


図1. 欧州の電力取引所

表1. 欧州の電力自由化の状況⁽⁵⁾

国名	市場開放度	自由化対象 需要家	アンバンドリング形態		離脱需要割合		送電 会社数	配電 会社数	総消費電力量 (TW・h)	取引所取引量 (TW・h)
			送電部門	配電部門	大口	小口/家庭				
オーストリア	100%	すべて	法的分離	法的分離	22%	3%	3	133	54	1
ベルギー	90%	※1	法的分離	法的分離	35%	19%	1	27	78	-
フランス	70%	非家庭	法的分離	運営分離	22%	-	1	166	393	8
ドイツ	100%	すべて	法的分離	会計分離	35%	6%	4	950	499	39
オランダ	100%	すべて	所有分離	法的分離	30%	35%	1	20	100	15
イタリア	79%	非家庭	所有分離	法的分離	15%	-	1	170	282	15
スペイン	100%	すべて	所有分離	法的分離	18%	0%	1	308	207	204
ポルトガル	100%	すべて	所有分離	会計分離	9%	1%	1	11	43	-
イギリス	100%	すべて	所有分離	法的分離	>50%	>50%	2	15	333	35
アイルランド	56%	1GW・h/年以上	法的分離	運営分離	>50%	2%	1	1	22	-
ノルウェー	100%	すべて	所有分離	法的/会計	>50%	>50%	1	150	350	120
スウェーデン	100%	すべて	所有分離	法的分離	>50%	なし	1	180		
デンマーク	100%	すべて	法的分離	法的分離	>50%	5%	2	125		
フィンランド	100%	すべて	所有分離	会計分離	>50%	なし	1	104		
エストニア	10%	40GW・h/年以上	法的分離	法的分離	0%	-	1	17	5	-
ラトビア	76%	非家庭	会計分離	会計分離	0%	-	1	7	5	-
リトアニア	不明	不明	法的分離	法的分離	17%	-	1	7	8	1.5
ポーランド	52%	1GW・h/年以上	法的分離	会計分離	10%	-	1	21	103	1
チェコ	47%	※3	法的分離	会計分離	なし	-	1	360	51	-
スロバキア	66%	非家庭	法的分離	運営分離	10%	4%	1	3	23	-
ハンガリー	67%	非家庭	法的分離	会計分離	24%	-	1	6	31	-
スロベニア	75%	非家庭	法的分離	会計分離	10%	-	1	5	12	0.4
ギリシャ	62%	非家庭(※2)	法的分離	なし	0%	-	1	1	-	-
ルクセンブルグ	57%	20GW・h/年以上	運営分離	運営分離	10%	-	2	11	-	-
キプロス	35%	350MW・h/年以上	運営分離	なし	0%	-	1	1	-	-
マルタ	0%	なし	対象外	※4	0%	-	0	1	-	-

※1 フランダーズ地域：すべて、それ以外：非家庭、※2 小島(とうしょ)部除く、※3 時間メータ設置需要家、※4 シングルバイヤー方式

が存在し、前日スポット市場を中心に市場を運営している。EUの目標が欧州単一市場の構築であることから、これらの市場間での協調を進める動きも出てきており、取引所が加盟する組織としてEuroPEXが設立された。

2.2 英国

英国では1990年に国有電力会社を分割民営化し、強制プール制が導入された。プール制では入札価格の安い順に落札者を決めていき、発電電力量の総和が予測需要電力量を超えた時点での入札価格が市場価格となるが、旧電力会社系の発電事業者(2社)で全発電量の約90%を占めていたため、価格決定権がこれらの会社に委ねられる結果となった。さらに、価格決定に需要家側の参加の余地がなかったため、期待されたほどの電力価格の低下は進まなかった。そこで、より有効な競争を促すため2001年にプール制が廃止され、代わりに新電力取引制度(New Electricity Trading Arrangement: NETA)が導入された。この制度では、取引は原則としてすべての発電事業者、供給事業者、需要家、私設取引所事業者などの市場参加者に任された。また、電力取引所を通さない契約を可能とし、長期の相対契約も自由に締結できるようになった。NETAにおける電力供給体制を図2に示す。ここで、需給調整市場は電力受渡しの24時間～3.5時間前の需給調整を目的とした取引である。

2004年7月には「2004年エネルギー法」が成立し、2005年4月に「英国電力取引送電制度(British Electricity Trading and Transmission Arrangements: BETTA)」が導入された。BETTAでは、NETAの制度をスコットランドにも拡大し、グレートブリテン島全域での単一の需給調整メカニズム、インバランス決済システムの導入、システムアクセスのための一連の規則及び系統利用料金が設定された。

2.3 ドイツ

ドイツでは、垂直統合型の電気事業者を部門ごとに分離せずに、1998年4月に小売部門の全面自由化を導入した。その結果、電力会社間の競争が激化し、平均電力価格は1998年から2000年までに産業向けで約27%(図3)、一般家庭向けで約8%低下した。電力会社は競争力を強化するため国内外企業とのM&Aを進め、大手の電力会社数は自由

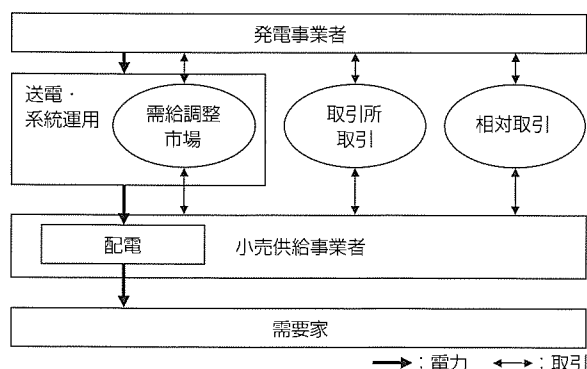


図2. 英国の電力供給体制

化前の8社から4社(2005年11月現在)に減少した(図4)。ドイツの電力業界は、この大手4社で需要の80%以上を占め、さらに、地域配電会社への資本参加により寡占状態を形成している。その後、電気料金は託送料金の上昇、環境税など各種税制の影響もあり、自由化前の水準に戻りつつある。2000年に私設の卸電力取引所として設立された欧州エネルギー取引所(EEX)とライプチヒ電力取引所(LEX)は合併し、2002年に現在のEEX(European Energy Exchange)となった。

2005年6月にはドイツ両院協議会でエネルギー経済法改正案(EnWG)が承認された。この改正案では、エネルギー供給網の利用に関してより自由化を促進する形で詳細な規則が定められている。また、連邦電気・ガス・通信・郵便供給網規制庁が創設され、規制に関する業務は、同規制庁と連邦各州担当官が担当することになる。なお、この法により、域内のエネルギー市場に関する改正EU電力指令が国内法に転換される。

3. 米国の動向

米国における電力自由化の状況と、2005年8月に法制化された2005年エネルギー政策法の概要について述べる。

3.1 米国の電力自由化の状況

1997年7月にロードアイランド州で大口需要家を対象とした部分自由化が実施されて以降、2003年3月時点では、17州とワシントンDCにおいて小売自由化が実施されている(図5)。米国では電源構成の違いなどから電気料金の水準は各州で相当の開きがあるが、小売自由化の実施は、州外からより低コストの電力の調達を目的としたものであった。

3.2 2005年エネルギー政策法

2001年5月に発表された「国家エネルギー政策(National

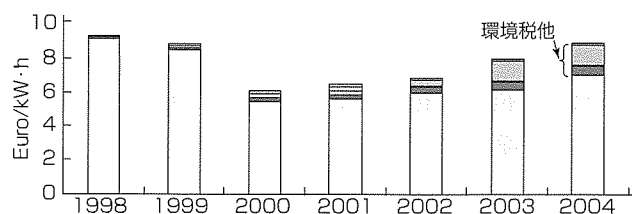


図3. ドイツにおける産業向け電気料金の推移⁽⁶⁾

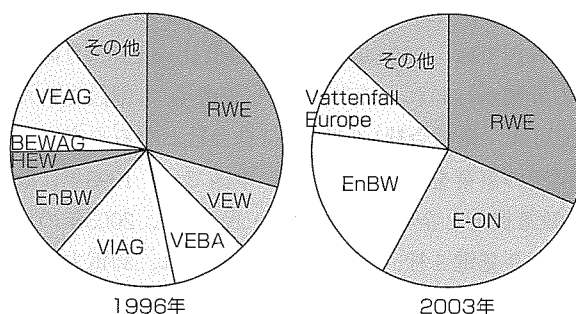


図4. ドイツにおける販売電力量シェアの変化⁽⁶⁾

Energy Policy)」以降、これを法的に裏付けるものである「包括エネルギー法案(Comprehensive Energy Bill)」に対して4年越しの審議が行われた。2005年に入ってから、供給側・需要側双方に選択の自由を与えること、国内エネルギー供給の拡大、2003年8月に発生した北米大停電により電力供給システムの信頼度向上が必要であるとの認識、さらにはエネルギー価格の高騰などの理由から、同法案成立の機運が急速に高まり、上院・下院で通過が困難な条項(ガソリン添加物MTBEの免責条項、発電所に対する再生エネルギー使用基準など)を削除した妥協案が7月26日に上下両院協議会で合意に至り、8月8日の大統領署名をもって法制化された。電力関連の主な条項は以下のとおりである。

- (1) 系統信頼度基準の設定…連邦エネルギー規制委員会(FERC)の監督の下、強制力のある電力系統信頼度基準を定め、FERCの認証を受けた信頼度機関(Electric Reliability Organization: ERO)がこれを施行する。電気事業者の自主的な信頼度組織である北米電力信頼度協議会(NERC)は、EROへの以降の準備を進めている。
- (2) 送電施設に関する許認可権限…米国エネルギー省長官が国益に合致すると認定した地域に州際送電線を建設する際の最終的な認可権限がFERCに付与される。
- (3) 送電インフラ投資促進…FERCは送電投資インセンティブとなる送電料金制度を設定する。
- (4) 公益事業持株会社法(PUHCA)廃止…これに伴い、電気・ガスの持株会社や系列会社の合併や買収計画を審査・承認し、帳簿や記録を審査する権限がFERC及び州規制当局に付与される。
- (5) 公益事業規制政策法(PURPA)改正…FERCが非差別的な競争条件が整備されていると判断した場合、電気事業者に対する認定施設(QF)からの電力購入義務を廃止する。同法は、原子力業界にとっては新規プラント建設に対する強力な後押しとして、電力業界にとっては供給信頼度の確保に加え事業構造の再編を促すものとして期待されている。

4. その他地域の動向

電力自由化は欧米諸国及び日本だけが実施しているのではなく、アジアや中南米においても様々な形で進められている。韓国では、2001年に韓国電力公社(KEPCO)の発電部門の分割が行われ、卸市場(プール市場)も創設された。KEPCOは、発電会社(6社)の持株会社となる一方で、送配電部門の事業を管轄している。中国では、1998年に政企分離(政策機能と企業機能の分離・民営化)、2003年の発送分離により発電5社、送電2社に分割され、卸電力市場の自由化も計画されている。シンガポールの卸売市場は Temasek(大蔵省の100%出資持株統括会社)傘下の発電会

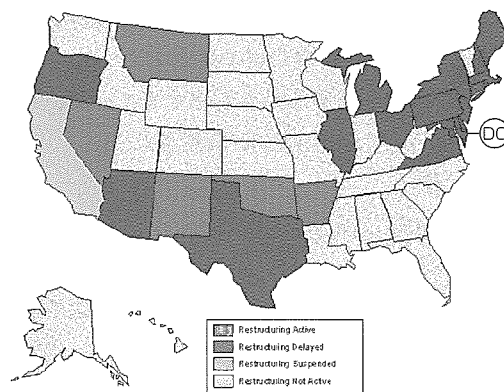


図5. 米国の電力自由化の実施状況⁽⁷⁾

社が圧倒的なシェアを占めているが、小売市場は2001年7月に2MW以上の需要家(200社)が自由化され、自由化範囲の段階的な拡大が計画されている。インドネシアでは2004年12月に電力自由化法案が破棄され、電力供給事業は国営企業によって実施されることになった。

5. むすび

以上、海外として特に欧米諸国とアジア地域における電力自由化の動向を概説した。電力自由化の制度設計については正解と言えるものではなく、各国の状況に応じて、ある程度、試行錯誤的に変更・調整していかざるを得ない面はある。しかし、海外の様々な自由化形態と、それが電気事業に与えた影響を評価しておくことは、日本で2007年以降に予定されている小売全面自由化の検討において、極めて有意義であると考えられる。

参考文献

- (1) 社海外電力調査会のホームページ
<http://www.jepic.or.jp/sitemap/index.html>
- (2) エネルギー白書2005—第2部エネルギー動向—, 経済産業省(2005)
<http://www.enecho.meti.go.jp/topics/H16hokoku/html/17022310.html>
- (3) 競争環境化の新しい系統運用技術, 電気学会技術報告, No.1038(2005)
- (4) 熊谷 徹: ドイツの教訓, 日本電気協会新聞部(2005)
- (5) Annual Report on the Implementation of the Gas and Electricity Internal Market—TECHNICAL ANNEXES, European Committee(2005)
- (6) 社海外電力調査会編: 海外諸国の電気事業(1998)
- (7) Status of State Electric Industry Restructuring Activity—as of February 2003—, Energy Information Administration, DOE
http://www.eia.doe.gov/cneaf/electricity/chg_str/restructure.pdf



特許と新案***

三菱電機は特許及び新案を有償開放しております

有償開放についてのお問合せは
三菱電機株式会社 知的財産渉外部
電話(03)3218-9192(ダイヤルイン)

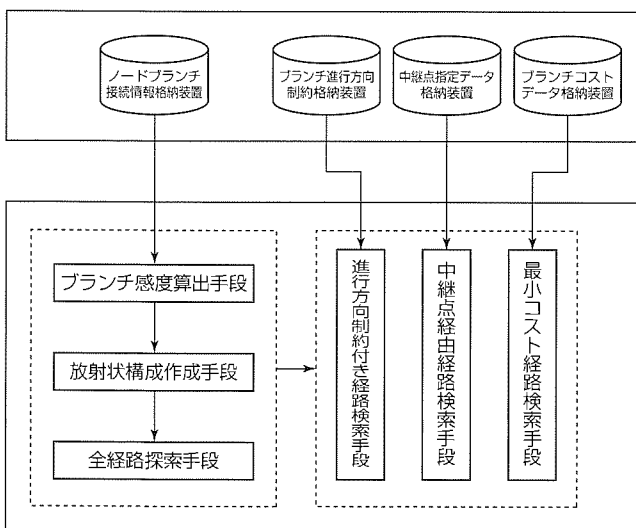
経路探索装置 特許第3676713号(特開2003-87311)

発明者 広瀬公一, 永瀬貴之

この発明は、ノードとブランチとで経路を表現したグラフにおいて、始点ノードから終点ノードに至る経路探索を確かかつ短時間のうちに行うことができるものである。

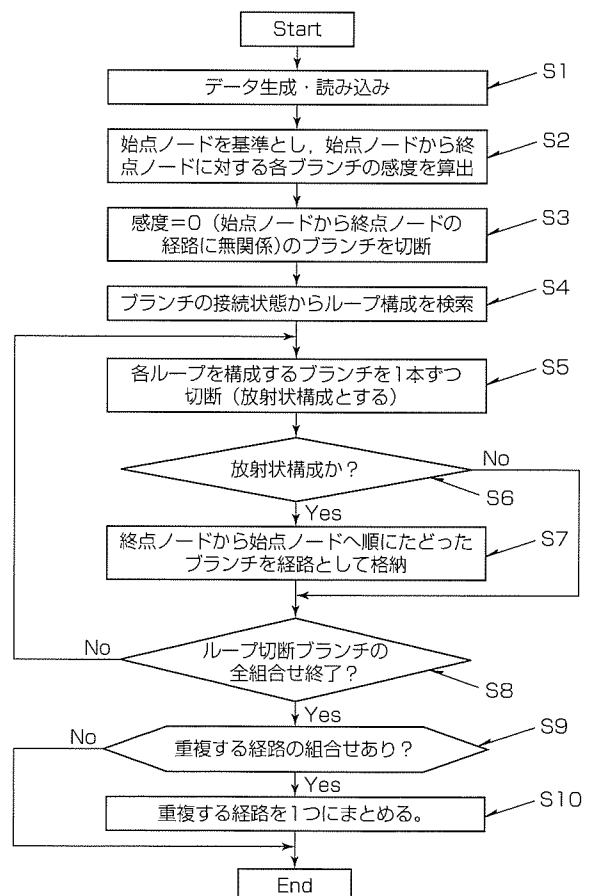
従来方法では、すべての接続先ノードから伸びるすべての中継路について経路を調べていくことで始点ノードから終点ノードへの全経路を探索しており、ノード数やブランチ数が増加するに伴って経路探索の組合せ数が増大し、経路探索に時間を要する。また、最短経路探索においては、Kurskalの算法やダイクストラ法などの手法があるが、目的関数の設定の仕方(マイナスの評価のブランチがある場合など)によっては、局所最適解にはまって全体的な最適経路を探索できない場合が発生するなどの問題が生じる可能性があった。

この発明は、始点ノードと終点ノードに対して各ブランチが経路となり得るか否かを示す各ブランチの感度を算出して感度を持つブランチのみを抽出するブランチ感度算出手段と、このブランチ感度算出手段で抽出されたグラフに含まれるループ構成を探索し、探索したループ構成を切断して前記グラフを放射状構成とするための切断対象となるブランチの組合せを作成する放射状構成作成手段と、この放射状構成作成手段により切断対象となるブランチを切断して作成された放射状構成のグラフに基づいて始点ノードから終点ノードに至る経路の候補をすべて探索する全経路探索手段とを備えることを特徴としている。



この発明は、従来の手法によると経路探索の対象となる組合せが全部ランチ数を n とすると 2^n であったのに対して、ループ構成のみに着目すると経路探索の対象となる組合せ数は各ループ内ブランチ数の掛け算となり、始点ノードから終点ノードに至るまでの経路探索の組合せ数を減少させることができるため、全経路探索を短時間のうちに効率良く行うことができる。

また、始点ノードから終点ノードの間の経路に進行方向の制約がある場合や、始点ノードから終点ノードの間の経路に所定の中継点ノードを経由すべき制約がある場合にも、これらの条件を満たす経路の候補をすべて探索することができる。さらに、始点ノードから終点ノードに至るまでの経路のうち、最小コストが必要であるという制約がある場合にも、この最小コストの条件を満たす経路の候補をすべて探索することができる。





特許と新案***

三菱電機は特許及び新案を有償開放しております

有償開放についてのお問合せは
三菱電機株式会社 知的財産渉外部
電話(03)3218-9192(ダイヤルイン)

車両用道路関連情報事前提示装置 特許第3432812号(特開2002-123897)

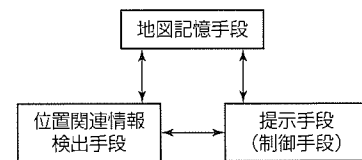
発明者 上田文夫

この発明は、自動車などの移動体に搭載され、現在位置、目的地までの経路、進路などを提示する車両用道路関連情報事前提示装置に関するものである。

現在位置の検出結果には、通常、様々な誤差が含まれているため、従来は、例えば、提示をすべき地点よりかなり手前で提示するようなものしかなかった。

この発明の装置では、到達が予測される道路の特徴と特徴位置、及び車両位置、速度などを基に危険を予測し、位置誤差を見込んだタイミングに至ったら、車両速度を減ず

る制御又は運動を変更する制御を行う。これにより、例えば急カーブ手前などにおいて車両が自動的に減速するように制御されるので、ドライバーは運転が楽になるとともに安全性が高まる。



〈本号記載の商標について〉

本号に記載されている会社名、製品名はそれぞれの会社の商標又は登録商標である。

〈次号予定〉三菱電機技報 Vol.80 No.4 特集「快適・安心・発展の共創を目指すITソリューション」

三菱電機技報編集委員 委員長 三嶋吉一 委員 小林智里 増田正幸 山木比呂志 佐野康之 長谷川裕 世木逸雄 岡本尚郎 村松洋 松本修 木槻純一 逸見和久 光永一正 黒畑幸雄 部谷文伸 事務局 園田克己 本号取りまとめ委員 塚本幸辰	三菱電機技報 80巻3号 2006年3月22日 印刷 (無断転載・複製を禁ず) 2006年3月25日 発行 編集人 三嶋吉一 発行人 園田克己 発行所 三菱電機エンジニアリング株式会社 e-ソリューション&サービス事業部 〒102-0073 東京都千代田区九段北一丁目13番5号 日本地所第一ビル 電話 (03)3288局1847 印刷所 株式会社 三菱電機ドキュメンテクス 発売元 株式会社 オーム社 〒101-0054 東京都千代田区神田錦町三丁目1番地 電話 (03)3233局0641 定 価 1部945円(本体900円) 送料別
URL http://www.MitsubishiElectric.co.jp/giho/	三菱電機技報に関するお問い合わせ先 cep.m-giho@ml.hq.melco.co.jp
英文季刊誌「MITSUBISHI ELECTRIC ADVANCE」がご覧いただけます URL http://global.mitsubishielectric.com/company/r_and_d/advance/advance.html	

スポットライト 三菱デジタル電力系統解析シミュレータ

三菱デジタル電力系統解析シミュレータは、最新の高性能並列計算機を用いた高速演算処理により、リアルタイムで、電力系統及び電力機器の過渡現象を詳細に模擬できます。

製品種別として、SGI社製汎用並列計算機(Originシリーズ)を用いたSGI版と、汎用PCと高速ネットワークMyrinet^(注1)で構築したPCクラスタ版*を用意しています。

特長

- (1) デジタル型のため、アナログ型と比較して、占有面積を大幅に縮小。また、GUIを使って、発電機・モータ・パワエレ装置などを含む任意の電力系統を単線図又は3線図で容易に作成可能
- (2) 制御系解析ソフトウェアであるMatlab/Simulink^(注2)で作成した制御モデルを組み込み可能
- (3) リアルタイム処理により、計算結果のアナログ入出力、及びデジタル入出力が可能。系統制御装置や保護リレー装置など、実機との接続試験が可能
- (4) 実行中のシミュレーション結果は、波形表示用ソフトウェアであるScopeViewで表示可能

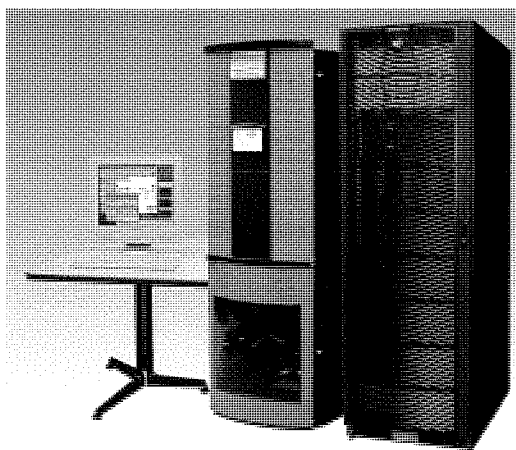
*：PCクラスタ版は、TransEnergyTechnologies社(TET社)と三菱電機㈱で共同開発されました。

(注1) Myrinetは、Myricom, Inc. の登録商標です。

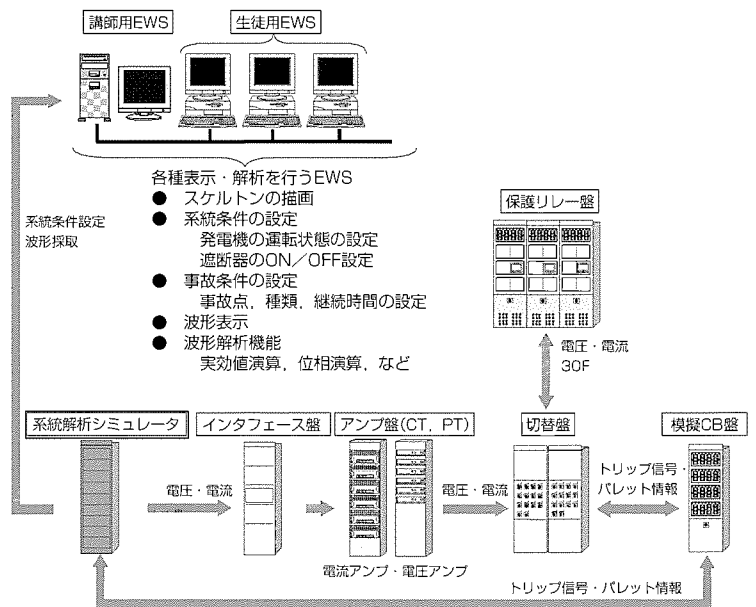
(注2) Matlab/Simulinkは、The MathWorks, Inc. の登録商標です。

適用事例

- (1) 保護リレー試験：従来、保護リレーの出荷前動作確認試験はアナログシミュレータを用いて行われていましたが、三菱デジタル電力系統解析シミュレータを用いることで、試験系統のパラメータ変更が容易となり、試験の効率化につながります。
- (2) 教育研修設備：系統動揺、発電機の脱調、保護リレーの応動などについて、リアルタイムでシミュレーションを行うことで、臨場感のある教育・研修が可能となります。
- (3) アナログシミュレータとの接続：既存のアナログシミュレータでは省略せざるを得なかった周辺系統を柔軟性に富んだ三菱デジタル電力系統解析シミュレータで任意の系統として組み込むことにより、十分な精度での大規模系統シミュレーションが可能となります。
- (4) 分散型電源・パワエレ装置などの導入評価：電力自由化の進展により、電気事業への新規参入が活発になっています。分散型電源の電力会社系統への接続の事前検討(短絡電流、電圧変動)、パワエレ装置導入後の電気現象解析(高調波、フリッカ)など、設備新設・更新時に必要な導入評価検討に適用できます。



GUI(左), PCクラスタ版(中), SGI版(右)



教育研修設備(保護リレー研修システム)

住 所：〒100-8310 東京都千代田区丸の内2-7-3 (東京ビル)

会社名：三菱電機株式会社 お問い合わせ先：電力・産業システム事業本部 保護制御製造部 TEL 03-3218-9854