次世代配電系統監視制御用モバイルエージェントの構成と QoS 制御方式

正 員 大谷 哲夫*

System Configuration and QoS Control of Mobile Agents for a Next-generation of Distribution System

Tetsuo Otani*, Member

We are developing an information and communication system for a demand area power system (DAPS), one of the next-generation of distribution grids to which many dispersed generators can connect freely. This information and communication system is required to be adaptive and autonomous because states of DAPS may change dynamically. In addition, it must perform quickly enough to isolate a fault section from other sections in DAPS. Mobile agent technique promises to make a system adaptive and autonomous. However, existing platforms for mobile agents do not take it into account to perform in real-time such as isolation of a fault section. In this paper, we propose a mobile agent platform named MAFDAPS (Mobile Agents For Demand Area Power Systems) that provides priority controls and object classes making itself flexible. We have built a prototype system of MAFDAPS using JavaTM. The results from this prototype system indicate the applicability of MAFDAPS to operations of DAPS.

キーワード：需要地系統，モバイルエージェント，優先制御，JavaTM

Keywords: demand area power systems, mobile agents, priority control, JavaTM

1. はじめに

技術革新により，太陽光発電/燃料電池/バイオマス発電のような分散型電源が今後増加すると予想されている⁽¹⁾。このうち相当数の分散型電源が，配電系統に連系されるものと予想される。ところが，現在の配電系統では，多数の分散型電源が連系されると，電圧管理が困難になったり，系統と電源との保護協調が必要となったりするなど，数多くの問題が発生する。このため，我々は，分散型電源のフリーアクセスを可能とする次世代配電系統の開発に取り組んでいる⁽²⁾⁽³⁾。我々はこれを，需要地系統 (Demand Area Power System; DAPS) と呼んでいる。

分散型電源のフリーアクセスを実現するためには，系統内に存在する複数の系統機器および分散型電源を監視・制御しなければならない。このため，情報通信システムが重要な役割を担う。この情報通信システムを構築する際には，

機器の増・移設などによるシステム構成変更への柔軟な適応や，限定された計算資源における多様な機能の提供が求められる。モバイルエージェントは，このような情報通信システムを構築する有望な技術の 1 つである。モバイルエージェントとは，自律的な情報処理を行い，通信網の中を移動することができるソフトウェアを指す⁽⁴⁾。この技術は，通信網の負荷削減や状況に対する動的対応，優れた耐障害性，保守性の向上などの特徴を持っているため，上記に示したような要求を同時に満たす可能性が高い⁽⁵⁾。例えば，集中型システムでは，多様な処理をサーバにて実現するとボトルネックを生じやすいが，モバイルエージェントは必要に応じて移動/処理を行うことから，豊富な計算資源を用意する必要がなくなる。

モバイルエージェントベースのシステムを実現するためには，モバイルエージェント実行基盤ソフトウェアが必要となる。エージェント実行基盤ソフトウェアとは，図 1 に示すように，エージェントの移動や処理を支援するために，オペレーティングシステムとエージェントの間に位置するミドルウェアを指す。需要地系統向けのモバイルエージェント実行環境においては，次のような機能が求められる。

(1) 迅速な処理

* (財) 電力中央研究所情報研究所

〒 201-8511 東京都狛江市岩戸 2-11-1

Communication & Information Research Laboratory, Central Research Institute of Electric Power Industry

2-11-1, Iwado-kita, Komae-shi, Tokyo 201-8511

図1 モバイルエージェント実行基盤

Fig. 1. Mobile agent platform.

- (2) 処理内容に応じた QoS (Quality of Service) 制御
- (3) 処理変更に対する柔軟性
- (4) 高信頼性
- (5) セキュリティの確保

本論文では、これらの要求を満足する需要地系統向けモバイルエージェント実行基盤ソフトウェアである MAFDAPS (Mobile Agents For Demand Area Power Systems) を提案する。ここでは特に、需要地系統に対するモバイルエージェントの適用に際し、最初の課題となる迅速な処理と QoS 制御の実現を中心に述べる。迅速な処理の実現においては、MAFDAPS の設計にて対応できるものを取り扱い、処理系や CPU の高速化技術などは本論文の対象外とする。また、QoS 制御には、特定の処理を優先的に扱うことに加えて、非優先に指定された処理を抑制することも含むこととする。

本論文の構成は以下の通りである。2. 章では、需要地系統の概要とその構成要素について述べ、QoS 制御の重要性について詳細に述べる。3. 章では、これまで開発されてきたモバイルエージェント実行環境について触れ、需要地系統へ適用する際の問題点を整理する。4. 章では、MAFDAPS におけるオブジェクトクラスの構成や QoS 制御方式について述べる。5. 章では、構築した実験システムと地絡事故時の処理に適用した結果を通じ、QoS 制御の面から、MAFDAPS が需要地系統の監視制御に適用可能であることを示す。最後にまとめと今後の展開を述べる。

2. 需要地系統

2.1 システム構成 次世代配電網の一形態である需要地系統の第一目的は、分散型電源のフリーアクセスを可能とすることである。そのために、隣接する配電線同士をループコントローラ (Loop power controller) と呼ばれる装置によって接続し、図 2 に示すようなループ構成とする。ループコントローラは、電圧や潮流を制御することによって線路上の電圧変動や過負荷の発生を抑え、分散型電源の系統への接続可能容量を増大させる。さらには、電圧不平衡の改善などに関わる制御を行うことができる^{(6) (7)}。図 2 では、同じ配電変電所の異なるバンクから出ている配電線を接続しているが、同一バンクから出ている配電線どうし

図2 需要地系統の概要

Fig. 2. An overview of demand area power system.

や、異なる配電変電所から出ている配電線を接続することも考えられる。

区分開閉器 (Line switch) またはループコントローラによって囲まれた系統の一部を区間 (Section) と呼び、事故発生時に切り離す系統の最小構成単位とする。図 2 では、1 区間だけ詳細に記述したが、実際には、各区間において以下に示すさまざまな装置が配置される。

各区間ごとに運用管理サブシステム (Sectional operation system) を 1 台配置する。この装置は、区間における監視制御において中心的な役割を担い、需要地系統における分散処理を可能とする。

需要家との接点においては、契約に基づいた分散型電源や負荷の監視・制御、料金情報の提供などを行う装置を配置する。これを需給インタフェース (以下需給 IF または SDIF) と呼ぶ。需給 IF は、高圧需要家 1 件に対し 1 台を配置し、低圧需要家については 10 件程度に 1 台配置する。

低圧需要家には、契約に応じて個別の監視制御装置を配置することがある。この装置が宅内にある家電の操作を行う。

2.2 処 理 需要地系統における監視制御は、主に次の 3 つに分類される。

- (1) 地絡事故[†]時における事故区間の分離および事故復旧などの事故時処理
- (2) 電圧や周波数の異常を正常範囲に戻す監視制御などの異常時処理
- (3) 分散型電源やループコントローラの最適運用値設定などの平常時処理

事故時処理は、どのようなタイミングで発生するか予測できないが、一度事故が起きると、非常に短い時間内 (地絡事故では、開閉器の動作を含め 1 秒以内⁽⁸⁾) で処理完了が要求される。運用管理サブシステムが中心的な役割を担い、事故区間およびその周囲の区間に位置するほぼすべての装置が処理に関わる。

[†]従来の開閉器を用いることを想定しているため、短絡事故には対応できない。なお、パワー半導体を用いた開閉器が導入されれば、本システムにて短絡事故に対応する必要がある。

異常時処理についても、その発生タイミングを予測することは不可能である。これは、太陽光発電や風力発電など制御できない分散型電源の存在や、負荷の自由な利用に起因する。処理完了までの時間は事故時処理ほどでないにせよ、数秒程度であることが求められる。

平常時処理については、周期的または計画的に起動されるものが多く、また、処理のリアルタイム性を強く必要としない。たとえば、分散型電源の発電量を算出するために必要なデータ通信は、30分に1度程度と見込まれている⁽⁹⁾。

2.3 情報通信システムに対する要求 運用管理サブシステムなどの装置は、需要地系統に大量に導入されるため、1台の装置にかかるコストを極力抑制しなければならない。また、屋外に設置される装置も多く、保守作業を極力不要とする必要がある。保守作業を極力不要にするための方策には、集積度の低い半導体の使用、発熱量を抑制するための低周波数演算装置(CPU)の使用、移動部を有する部品点数の削減などが含まれる。すると必然的に、計算資源(CPUの演算能力やメモリ容量など)は限られたものになる。

一方で、需要地系統では、需要家に供給する電力の品質を一定に保つと同時に、事故区間の分離や除去、事故復旧なども同一の情報通信システムで実現することを目指す。そのため、制約された計算資源の下での多様な処理を、要求された時間内に処理する必要がある。

3. 既存のモバイルエージェント

これまでに、様々なモバイルエージェント実行環境が開発されてきた⁽¹⁰⁾が、2章で示したような、多様な処理を厳格な要求時間内で実施するといった要求を満たすことは、あまり意識されてこなかった。これは、適用先が利用者の代わりに情報を収集すること(たとえば旅行手配⁽¹¹⁾や電力系統機器の巡視⁽¹²⁾)が主であり、処理時間に対する要求が今回の場合に比べ緩かったためである。

モバイルエージェントと酷似した概念をもち、通信装置の処理を高度化するアクティブネットワーク⁽¹³⁾においては、処理時間に対する厳しい要求が存在する。しかし、処理内容が通信処理に限定されているため、需要地系統の監視制御の方が多様な処理を求められる。したがって、アクティブネットワーク向けに開発された実行環境がそのまま需要地系統に適用可能であるとはいいがたい。

4. 需要地系統向けモバイルエージェント基盤

需要地系統にモバイルエージェントを適用する際には、地絡事故時における事故区間分離を実現する能力が必要である。あわせて多様なサービスを実現するための情報伝送を行うことから、適切なQoS制御を実現することが求められる。MAFDAPSは上記のような需要地系統特有の要求を満たすためのモバイルエージェント基盤である。本章では、MAFDAPSの概要と実装時のオブジェクトクラス構成、具備しているQoS制御方式、その他の特徴について述べる。

図3 MAFDAPSの概要

Fig. 3. An overview of MAFDAPS.

4.1 概要 MAFDAPSは、図3に示すように、3種類の異なる優先度をもつエージェントと、2種類の異なる優先度をもつ受信部、および監視制御対象である電力系統機器およびその関連情報を表すソフトウェア部品である情報モデル(Information model)から構成される。モバイルエージェントの優先度は、2.2節で示した事故時/異常時/平常時の処理に対応する。また、事故時は他の処理に比べて著しく高い優先度を必要とするため、受信部においても別の優先度を設定した。

エージェントは、移動に関する処理と監視制御に関する処理を合わせ持つ。監視または制御を行う際、エージェントは対象となる機器に移動する。この際、エージェントは対象機器の受信部に対し移動する。移動直後のエージェントは、休眠状態となっており、自ら処理を実行できない。受信部は、エージェントが正常に移動したことを確認した後、エージェントを休眠状態から、自ら処理を実行できる活動状態へと移行させる。活動状態になったエージェントは、自らが有するプログラムの内容に従って、系統機器に関する情報の取得および制御を、情報モデルへのアクセスを通じて行う。情報モデルが、ある特定の機器における処理手順を隠蔽することにより、エージェントは共通化された方法に基づき、系統機器の監視制御を行うことができる。

4.2 オブジェクトクラス構成 本節では、MAFDAPSを実装する際の設計図となるオブジェクトクラスの構成について述べる。設計に際しては、迅速な処理を可能とするため、簡潔さを維持するよう配慮した。

MAFDAPSの実装には、JavaTM†を採用した。JavaTMは、Aglets⁽¹⁵⁾ほか多くの採用例があり、容易にモバイルエージェントを実装できることが示されている。本節で説明する際には、JavaTMで定義されているいくつかのオブジェクトクラスが登場する。これらは、パッケージ名を明記することによって区別する。なお、パッケージとは、関連の深い複数のオブジェクトが分類されるグループを指す。

MAFDAPSを構成するパッケージは、次に示す3種類である。

(1) モバイルエージェントパッケージ

†米 Sun Microsystems Inc. の登録商標である。

図4 モバイルエージェントパッケージのオブジェクトクラス

Fig. 4. Class diagram of mobile agent package.

(2) 受信部パッケージ

(3) 戦略パッケージ

モバイルエージェントパッケージに含まれるオブジェクトクラスは、図4に示すクラスのうち、MobileAgentクラスおよびその派生クラスである。MobileAgentクラスは移動に関するメソッドと必要な関連を有する。QoS制御(4.3節参照)は、このクラスから派生した3種類のクラスの内部処理として実現する。

受信部パッケージに含まれるオブジェクトクラスを図5に示す。MafdapsRootクラスは、ループコントローラや運用管理サブシステムなどの装置に常駐し、その装置が直接管理している系統機器を表現しているPSElementオブジェクトを保持する。通常の系統機器はアクセス要求が発生した時点で識別子に基づいて検索されるが、事故区間分離に用いる区分閉路器(LineSwitchクラス)および分散型電源(DispersedGenerator)は、MafdapsRootから直接アクセスできる。また、隣接する装置に存在するMafdapsRootとの接続関係を保持し、モバイルエージェントが移動先を特定する際に必要な情報を提供する。モバイルエージェントのうち、RapidAgentとBestEffortAgentは移動先のMafdapsRootを指定するが、EmergencyAgentは移動先の装置にあるEmergencyGateを指定する。EmergencyGateは、受信専用のクラスであり、かつMafdapsRootよりも優先的に処理される独自のスレッドを有している。

戦略パッケージに含まれる基本的なオブジェクトクラスを図6に示す。Strategyクラスは、モバイルエージェントが移動の直前や直後に行う処理を起動するためのexecute()メソッドを備える。具体的な処理内容はStrategyクラスから派生させたクラス(図6では、ConcreteStrategyAおよび

図5 受信部パッケージのオブジェクトクラス

Fig. 5. Class diagram of root package.

図6 戦略パッケージのオブジェクトクラス

Fig. 6. Class diagram of strategy package.

表1 エージェントおよび受信部の優先度

Table 1. Priority of agents and gates.

	System element	priority
Agents	EmergencyAgent	high
	RapidAgent	middle
	BestEffortAgent	low
Gates	EmergencyGate	high
	MafdapsRoot	middle

びB)のexecute()メソッド内処理として記述する。これらのクラスは、系統監視制御のプログラム作成者がその都度定義する。処理対象となる系統機器の情報は、MafdapsRootクラスから獲得する。本パッケージに含まれるクラスでは、QoS制御の設定を行わない。したがって、系統監視制御のプログラム作成者は、細かい設定をすることなく、本モバイルエージェントシステムにおけるQoS制御を利用することができる。

4.3 QoS制御 QoS制御は、エージェントおよび受信部の優先度に基づくもの(優先制御)と、優先度が最も低いエージェントの移動を時間的に分散させるもの(シェーピング)を用意する。

4.3.1 優先制御 優先制御は、Javaが提供するThreadクラスの優先度設定によって実現する。優先度は表1に示すように、モバイルエージェントに3段階、受信部に2段階設定する。需要地系統における事故時処理はEmer-

図 7 優先度と処理の関係

Fig. 7. processing scheduling based on priority.

gencyAgent が、異常時処理は RapidAgent が、平常時処理は BestEffortAgent がそれぞれ担当する。それぞれの処理は、要求が発生してから開始される。たとえば、EmergencyAgent は、事故が検出されてから処理を開始する。

優先度と処理の関係を図 7 に示す。上位の優先度を設定されたスレッドが存在すると、下位の優先度を設定されたスレッドの処理は一切行われない。また、同一の優先度を有するスレッドが複数存在する場合には、CPU の処理時間を均等に共有する。同一優先度を有するスレッドに対する処理時間配分については、デッドラインを考慮するような方法も存在するが、エージェントが有する処理内容や移動のタイミングを事前に把握することが困難であり、オーバーヘッドとなる処理（例えば、デッドライン計算）が複雑になるため、採用を見送った。

エージェントの挙動で見ると、EmergencyGate は最優先であるため、EmergencyAgent が移動しようとする際に、移動先の装置で行われている低優先度の処理はすべて一旦中断される。また、EmergencyAgent が処理を行っている際に、別の EmergencyAgent がその装置に移動してくることも可能で、その処理は平等に扱われる。一方、他の種類のエージェントは EmergencyAgent が処理を行っている装置に移動することはできない。

4.3.2 シェーピング MAFDAPS は Java 仮想機械上に実装されるため、4.3.1 項にて説明した優先制御は、Java 仮想機械の範囲に限定され、その外における処理、特に通信に関する処理では効力を持たない。また、通信網における QoS 制御を前提としないことから、一時に多数の BestEffortAgent が移動すると、EmergencyAgent の移動が遅くなり、ひいては事故時の処理が要求時間内に終了しない恐れが出てくる。

このような悪影響をなくすため、MAFDAPS では、一定時間内に移動する BestEffortAgent の数を制限するシェーピングの機能を備える。このシェーピングの処理手順を図 8 に示す。基本的には、ある 2 つの BestEffortAgent が移動する時刻の差が、設定された時間間隔 INT よりも短くならないようにする。多数の BestEffortAgent が同時に移動を試みることを想定し、将来の移動時刻 T_m を予約す

図 8 MAFDAPS におけるシェーピング機能

Fig. 8. Shaping on MAFDAPS.

ることも行う。直前あるいは予約されている移動時刻 T_m は、MafdapsRoot オブジェクトが保存する。複数の BestEffortAgent が同時に移動時刻 T_m を更新すること为了避免するため、MafdapsRoot オブジェクトでは、マルチスレッドセーフの仕組みを提供する。

4.4 移動履歴 モバイルエージェントの移動は、定期的に MafdapsRoot から監視システムに送信する。または、必要に応じて、監視システムが情報を取得する。移動および処理のリアルタイム性を維持するため、移動直後に位置情報を監視システムに送ることはしない。

5. 評価

本章では、MAFDAPS を実験システム上に構築し、提案方式の有効性を確認する。

5.1 評価対象の処理 需要地系統において最もリアルタイム性に厳しい要求を持つ地絡事故発生時の事故区間分離を対象に性能評価を行った。地絡事故発生時の処理手順を図 9 に示す。地絡事故は各開閉器にて検出され、事故時処理を担う EmergencyAgent が活動を開始する。このエージェントは、事故を検出した開閉器が属する区間の運用管理サブシステムに移動する。地絡電流が区間外に向いている場合、エージェントは自分のコピーを、隣接する区間へ（図 9 の場合、SOS C から SOS B へ）移動させる。地絡事故が発生した区間の運用管理サブシステムには、複数のエージェントが同時に存在することになる。ここで互

図9 地絡事故発生区間を分離する手順

Fig. 9. Procedure for isolating a fault section.

図10 実験システムの概要

Fig. 10. System configuration for performance evaluation.

いの情報（地絡事故電流の方向など）を交換することによって、事故区間を判定する。事故が発生していない区間の運用管理サブシステムにおいては、一定時間経過しても複数のエージェントが集まらないため、そこに存在するエージェントは自律的に消滅する。事故区間が判定された後、複数のエージェントが同時に移動して、事故区間にある分散型電源を需給 IF 経由で解列するとともに、開閉器を開放する。

なお、本処理手順は研究段階であるため、確定しているものではないが、想定される手順の中で最も処理が長いパターンの中から 1 つであることから、MAFDAPS の処理性能を評価する上では問題ない。

5.2 実験システムの構成 実験を行ったシステムの構成を図 10 に示す。今回の処理において中心的役割を担う運用管理サブシステム B を模擬した HP9000/735 の処理能力は、現在の組込用途の CPU と同程度またはそれ以下である。最も早い B2000 には、事故区間処理に最終的には関わらない運用管理サブシステム A と、事故検知およびスイッチ開放のみを行う開閉器 B を担当させることにより、

MAFDAPS の処理時間は、実際に需要地系統を展開した状況に近い環境で測定されることになる。

Java の実行環境には、JDK1.1.8 を用いた。実行時には、JIT (Just-In-Time) コンパイラを用いた。HotSpot 技術は、仮想機械が対応していないので利用していない。

通信網の伝送速度は、実際に需要地系統が導入される場合と同程度になっている。これは、Ethernet-PON (Passive Optical Network) や Ethernet-ADS (Active Double Star) が需要地系統用通信網の有力な候補であり⁽¹⁶⁾、これらは現在でも数 Mbps の伝送速度を提供することが可能であることによる。

事故時処理を担う EmergencyAgent の経路のうち最も長いものは、開閉器 C (HP9000/735) → 運用管理サブシステム C (HP K250) → 運用管理サブシステム B (HP9000/735) → 開閉器 C (HP9000/735) となり、常に実験システムにおける通信網を経由した移動となる。この他のエージェントについても、移動の際には必ず通信網を経由するように設定した。

この他、平常時処理を担う BestEffortAgent を各区間内で循環するように移動させた。その数は、実験パターンによって変化させた。

5.3 実験結果 QoS 制御方式の組合せ方が異なる、次の 5 つのテストパターンについて実験を行った。

- パターン A : QoS 制御なし。
- パターン B : エージェントの優先制御のみ。
- パターン C : エージェントと受信部の優先制御。
- パターン D : パターン C に加え、シェーピングを実施。時間間隔 INT を 1 秒に設定。
- パターン E : パターン C に加え、シェーピングを実施。時間間隔 INT を 2 秒に設定。

実験は、BestEffortAgent が区間内の装置（運用管理サブシステム、需給インタフェース、開閉器）を巡回して監視を行っている状況にて、地絡事故が発生したと想定する。ここではもっとも特徴的な結果となった、15 個の BestEffortAgent が区間内に存在する場合の実験結果を示す。図 11 は事故区間分離までに要した平均時間を、図 12 は最大時間を表している。これらのグラフから分かるように、今回提案したエージェントのクラス構成および QoS 制御方式によって、要求されている 1 秒以内の事故区間分離を実現可能であることが分かる。

次に、パターン E について、区間内における BestEffortAgent の数を変化させた場合の事故区間分離に要する時間を、図 13 に示す。このグラフでは、本処理時間が正規分布になると仮定した場合の処理失敗率を合わせて示す。今回の実験システムの構成では、BestEffortAgent が 55 個以上になると、信頼性に重大な影響を及ぼす。

実際に需要地系統を展開した場合、同時に 1 区間内に存在する BestEffortAgent の数は提供するサービスに依存するが、現在考えられる平常時の監視制御（たとえば、最適

図 11 事故区間分離までの平均所要時間

Fig. 11. Average time for isolating a fault section.

図 12 事故区間分離までの最大所要時間

Fig. 12. Maximum time for isolating a fault section.

図 13 BestEffortAgent 数と区間分離所要時間および処理失敗率の関係

Fig. 13. Processing time and probability of failure for the number of BestEffortAgents.

制御量を算出するために必要なデータ収集は 30 分に 1 回必要)を行う上では、これほど多くの BestEffortAgent が同時に移動を試みている状態は考えにくい。

以上のことから、今回提案したクラス構成および QoS 制御方式を採用することにより、モバイルエージェントにて地絡事故時の事故区間分離を実現可能であることが分かった。

6. むすび

本論文では、需要地系統の監視制御を行うためのモバイルエージェント実行基盤ソフトウェアである MAFDAPS を提案した。MAFDAPS は、モバイルエージェント・受信部・戦略の簡潔な各パッケージから構成される。また QoS 制御方式として、モバイルエージェントを 3 種類、受信部を 2 種類の優先度に分け、それぞれに優先制御を行う。もっとも優先度の低い BestEffortAgent については、一度に大量の移動が発生しないように、一定時間間隔を保って移動するシェーピング機能を有する。

提案した方式を、地絡事故時の事故区間分離処理を模擬した実験システムに適用した。この結果、要求されている時間内での処理が実現できることが分かった。

今後はよりきめの細かい品質別処理を実現するため、事故時や平常時などに対応したモードの概念を導入する。あわせて、リアルタイム OS の活用を検討する。また、実際の系統に対する監視制御を行うことによって、MAFDAPS による事故区間分離の実用性を検証する。また、モバイルエージェントを使用しないシステムについても合わせて検討し、その比較評価を通じてそれぞれの適応領域や組合せ方を明らかにする。

本研究では、需要地系統をモバイルエージェントの適用対象として開発しているが、電力の基幹系統など他分野における監視制御におけるモバイルエージェントの適用が考えられるので、適用対象の拡大についても検討する。適用に際してはアプリケーションの要求を考慮する必要がある。すなわち、優先度のレベルが 3 つで良いか、最優先に位置付けられるアプリケーションの処理量が、需要地系統の場合と異なるか、などを検討する必要がある。もし、設定を変更する場合には、定量的な特性を改めて評価する必要がある。

(平成 15 年 6 月 18 日受付, 平成 15 年 11 月 4 日再受付)

文 献

- (1) 七原俊也:「分散型電源の導入見通し —技術的課題を探る—」, 月刊エネルギー, **34**, 5, pp.88-93 (2001-5)
- (2) H. Taniguchi: "Dispersed Generation and Power System Control", *T. IEE Japan*, Vol.121-B, No.9, pp.1065-1068 (2001-9) (in Japanese)
谷口治人:「分散型電源と電力系統の制御」, 電学論 B, **121**, 9, pp.1065-1068 (2001-9)
- (3) 小林広武・七原俊也:「新世紀のエネルギー管理 (15) 21 世紀の電力系統 —需要地系統—」, 総合電気雑誌 OHM, **89**, 3, pp.99-103, オーム社 (2002-3)
- (4) 岩井俊弥:「Java モバイルエージェント」, ソフトリサーチセンター (1999-1)
- (5) T. Otani and M. Misawa: "Applicability of Mobile Agent technology to Demand Area Power Systems and Requirements to Agent Runtime Environment", 2002 *National Convention Record*, IEE Japan, No.6-233 (2002-3) (in Japanese)

大谷哲夫・三沢雅一：「需要地系統の運用制御に対するモバイルエージェント技術の適性評価」，平 14 電気学会全国大会，No.6-233 (2002-3)

- (6) 岡田有功：「ループ配電系統の制御と効果」，電気学会電力技術研資 PSE00-2 (2000-1)
- (7) A. Okada and S. Uemura: “Basic study on installation and control method for loop power flow controller in distribution system”，*Proc. of CEPSI 2002*, Fukuoka, Japan, pp.46-51 (2002-11)
- (8) K. Yukihiro, Y. Inoue, and M. Miyauchi: “Protection and Control Method by Using Online Data on Distribution System (Part 3) - Development of High Speed Fault Detection and Restoration System -”，*Technical report T87098*, CRIEPI (1988-8) (in Japanese)
雪平謙二・井上幸雄・宮内基光：「配電系統多地点情報による保護制御方式（その 3）-高速事故検出復旧制御方式の開発と検証-」電中研研究報告 T87098 (1988-8)
- (9) S. Uemura and K. Matsuda: “Proposal of Operation and Control Method for Demand Area Power System - Development of Optimal Control Program for Demand Area Power System -”，*Technical report T01059*, CRIEPI (2002-4) (in Japanese)
上村 敏，松田勝弘：「需要地系統の運用管理手法の提案 -最適制御量決定プログラムの開発-」電中研研究報告 T01059 (2002-4)
- (10) V. Anh Pham and A. Karmouch: “Mobile Software Agents: An Overview”，*IEEE Comm. Mag.*, Vol.36, No.7, pp.26-37 (1998-7)
- (11) 本位田真一：「動きはじめたモバイルエージェント」，情報処理，39, 8, pp.812-815 (1998-8)
- (12) 長 健太，入江 豊，大須賀昭彦，関口勝彦，本位田真一：「μPlangent: 組み込み機器向け知的移動エージェント」，日本ソフトウェア科学会第 2 回インターネットテクノロジーワークショップ論文集，pp.84-90 (1999-8)

- (13) K. L. Calvert, S. Bhattacharjee, E. Zegura, and J. Sterbenz: “Directions in Active Networks”，*IEEE Comm. Mag.*, 36, 10, pp.72-78 (1998-10)
- (14) G. Weiss (eds.): “Multiagent Systems - A Modern Approach to Distributed Artificial Intelligence”，*The MIT Press*, 2000, pp.479-488 (2000)
- (15) D. Lange and M. Oshima: *Programming and Deploying Java Mobile Agents With Aglets*, Addison-Wesley Publisher, New York (1998-8)
- (16) T. Otani, M. Osaki, and M. Miyashita: “A Preliminary Study on Physical Configurations of Communication Networks for Demand Area Power Systems”，*Technical report of IEICE*, OFT2002-51 (2002-11) (in Japanese)
大谷哲夫・尾崎元史・宮下充史：「需要地系統における情報通信網の物理構成に関する基礎検討」信学技報 OFT2002-51 (2002-11)

大 谷 哲 夫（正員）1970 年生。1994 年 3 月慶應義塾大学大

学院理工学研究科計算機科学専攻修士課程修了。同年（財）電力中央研究所入所。在職のまま，2003 年慶應義塾大学理工学研究科開放環境科学専攻コンピュータ科学専修後期博士課程修了。博士（工学）。現在，（財）電力中央研究所情報研究所主任研究員。主として通信網運用管理と支援システム設計，電力系統監視制御システムの開発に関する

研究に従事。IEEE，電子情報通信学会，情報処理学会，日本ソフトウェア科学会各会員。