西田 正吾

大阪大学

田中 秀雄

東京電力(株)

キーワード

知的システム, エキスパートシステム, メディア技術, ニューラルネットワーク, 人工生命

1. ま え が き

電力システムをはじめとする大規模システムは、近年ますます複雑性を増し、これらをうまく設計・構築し、支障なく運用・管理していくことが困難になりつつある。一方、近年のコンピュータ科学・システム科学の進展は、この「大規模なシステムをうまく設計・構築し、目的に沿ったかたちで効率的かつ支障なく運用していく」問題に対して、二つの大きな可能性を開いたように思われる。つまり、一つは「自動化の推進」であり、もう一つは「高度支援の実現」である。これらはともに、コンピュータの高度利用を前提としているものの、その基本姿勢には大きな相違が見られる。

前者の「自動化の推進」に対しては「人工知能をはじめとする情報技術が進歩すれば、人間の機能の代行がコンピュータにより行われるようになり、社会や企業にとっても経済的なメリットが期待できる」という考えが、1970～80年代のエキスパートシステム研究の全盛時にファイゲンバウム (E.A. Feigenbaum) らにより主張された。つまり、種々の機能を人間に代替しコンピュータにやらせて自動化することにより、効率的かつ支障のないシステムの運用が可能となるという立場に立つものである。

一方、「高度支援の実現」は、「たとえコンピュータの能力が上がるにしても、人間の持つ状況判断能力やパターン認識能力を超えることは簡単にはできない。そのため、コンピュータと人間の適切な役割分担によりシステムを運用していくことが最も良い方策である。」という考えに基づいており、コンピュータはあくまでも人間の支援にとどまるべきであり、最終的な責任と判断は人間に任せるべきであるという立場に立つものである。

この二つの考え方は本来相補的に働くべきものであろうが、1980年代前半のエキスパートシステム全盛時代には前者の声が大きかったのに対し、最近の傾向としては後者の声が優勢になりつつあるようである。その理由としては、例えば「1980年代以降多数のエキスパートシステムが開発されたが、そのほとんどはガイダンスシステムであ

り、人間の代替システムとならなかった。」「近年ヒューマンインタフェースの重要性が認識されてきている。」なども挙げられようが、種々のシステム関連の産業界の中での試行錯誤の結果、「人間とコンピュータの協調によるシステム運用・管理を目指すべきである」というコンセンサスが得られつつあることが最大の理由であろうと思われる。

本解説では、電力分野におけるこの二つの流れを「知的システム」(Intelligent System)というかたちで統一的にとらえ、知的システムについて考察を加えるとともに、その構築の方法論について概要をまとめる。更に、電力における知的システムの適用分野と研究事例についても紹介する。

2. 知的システムとは？

まず最初に「知的システム」という言葉について考えてみたい。従来より、知的システムという言葉は、あいまいなかたちで使われることが多く、一般的には多少高度な機能を実現するハードウェアやソフトウェアの総称として用いられることが多かった。もちろん、知識工学研究の初期の段階ではエキスパートシステムと同義語で用いられる場合もあったし、また最近では、何らかの「学習」、「適応」、「自己組織化」などの機能がないと知的とはいえないと考えている人も多いようである。

少し古くなるが、例えば、Schank は、Intelligent entity の要件として次の五つの性質を挙げている⁽¹⁾。

(1) Communication: 岩には何も伝えられないが、犬には意志を伝えられる。Intelligent であるためには、人間が何かを伝えられなければならない。

(2) Internal Knowledge: Intelligent entity は、自分自身について知っているべきである。

(3) World Knowledge: 自分の外側の世界についても知っており、外側の情報を見つけたり利用したりできるべきである。

(4) Intentionality: Goal-driven な振舞いをもたねばならない。つまり、何かを欲してそれに対するプランを考えていくことが必要である。

(5) Creativity: 新しいことを考えていく能力も必要である。

Recent Trends on Intelligent Systems in Power Engineering.
By Shogo Nishida, Member (Osaka University) and Hideo Tanaka,
Member (Tokyo Electric Power Company).

この Schank の定義に基づいて、大ざっぱにくくってみると、(2)、(3) [および(4)の一部] はいわゆる知識的な側面、すなわち知識の量が多いほど、知的な振舞いが実現できる側面である。一方、(1)は、知的システムのコミュニケーションの側面を表しており、お互いに伝達し合い影響し合うことにより、知的な振舞いが実現できる側面である。また、(4)の一部と(5)は、創造性、発想支援にかかわる側面で、知識は常にある限定された状態にあるのではなく、時々刻々ダイナミックに変化していくものであり、知的振舞いの根源には創造性が深くかかわっているというのも、一つの真実であろう。

これらの三つの側面をそれぞれ「知識的」、「メディア的」、「創造的」側面と呼ぶことにすると、「知的システム」というのはこれらの三つの特性を何らかのかたちでバランス良く有していることが、重要となる。

「知識的」側面にかかわる研究は、いわゆる従来の AI 研究の行き方で、知識と推論に基づいたソフトウェアにその根源を見いだそうという流れである。アメリカの各大学の AI ラボは、その考えに基づいて 1960 年代後半から次々と設立された。一方、「メディア的」側面の研究の流れは、Prof. Negroponte の提唱するメディアテクノロジーに基づく立場にその源泉があると考えられる⁽²⁾。これは、メディアをベースにしたハード・ソフトの新しい効果によりシステムのインテリジェント化を達成しようというもので、彼はよく「センサがインテリジェンスを生み出す」という表現を使っていた。知識的側面が、主としてインテリジェンスのうち論理・知識といったものに重点を置いているのに対し、メディア的側面は感性・実感・意図伝達などに強く結び付いているともいえる。また「創造的」側面は、発想支援やニューラルネットワーク、遺伝的アルゴリズム (GA: Genetic Algorithm) などの学習メカニズムの研究に密接にかかわっており、近年研究が進みつつある分野である^{(3)~(5)}。

以上の点をまとめると、知的システムというのは、「人間」と「システム」の間で上記の三つの側面を実現できるシステムであると考えられることができるものと思われる。ただし、このとき、「システム」や「人」の背後の構造にも注目する必要がある。つまり、「システム」には直接「人」とのインタラクションが可能なインタフェース部分だけでなく、背後に人工物、人、組織、社会が存在し、それらが大きな影響を与えたり、またそれが本来のコントロールすべき対象になっている場合も多い。一方、「人」の側でも、人間は過去の経験、属する組織、文化・文明などをしよっており、それらが蓄積されたものが、ユーザとして「システム」の前に現われてくる。そのため、これらの背後構造のうちどの部分まで考慮すべきかが重要となるが、これは先に述べた知的システムに設定される「課題や目的」により規定されると考えられる。

3. 知的システム構築のための方法論

前章で述べたような三つの側面をもつ知的システムを構築するためには、「知識的」、「メディア的」、「創造的」側面をそれぞれ実現し、それらをうまくミックスしてやる必要がある。本章では、そのような知的システム構築の核となると考えられる要素技術の概要と動向について紹介する。なお、以下に述べる技術のうち(1)、(2)は知識的側面、(3)はメディア的側面、(4)、(6)は創造的側面（一部知識的側面を含む）と考えられる。

(1) エキスパートシステム⁽⁶⁾

人間の専門家は、対象に関する理論や経験的知識を用いることにより、ある特定の専門分野において、高度な判断や信頼性の高い結論が導ける。このような専門家の問題解決能力を、「知識ベース」と「推論機構」というかたちのアーキテクチャでコンピュータ上で実現しようというのが、エキスパートシステムである。この分野は、1970 年代より、多くの研究が行われており、種々の知識表現手法や推論メカニズムが提案されてきたが、知識を「IF, THEN」型で記述するプロダクションルールや属性データをスロットで記述し、相互の関係を構造化するフレーム表現などが表層的な知識表現としてよく用いられている。また、対象の構造・機能に直接かかわる深い知識を利用することにより、問題解決能力の向上を目指す動きも見られる。更に、推論手法に関しては、「探索の高速化」、「不完全な知識の取扱い」などが課題となっており、知識表現とリンクしたかたちで研究が進められている。

一方、エキスパートシステム構築ツールも種々のものが開発されており、初期の段階では LISP, Prolog などの AI 開発用語が用いられていたが、最近では、UNIX 環境との整合性の良い C 言語やオブジェクト指向言語が用いられることが多くなってきている。

(2) 知識獲得技術⁽⁷⁾

エキスパートシステムの開発が行われ、実用化検討が進められるにつれて、専門家からの知識獲得が容易でないことが改めて認識されるようになってきた。つまり、専門家といえども自分が知っていると思っていることをルールのかたちで表現すること、知っていることを自発的に思い起こすこと、一度構造化された知識に修正や追加を行うことが容易でないことがわかってきたわけである。これに対しては、

- (a) 対象とする問題における問題解決モデルの整理を通して、知識共用、再利用を考えようとする PSM (Problem Solving Method) やオントロジーの研究
- (b) 知識ベースの更新・再構成を支援する立場から、帰納推論などの機械学習に重点をおいた研究
- (c) 自然で効率的な知識獲得を実現するために必要なインタビュー支援や意思疎通支援の研究

が行われており、更にこれらの手法を統合したシステムも提案されてきている。これらの点については、KAW

(Knowledge Acquisition for Knowledge-Based System Workshop) や AAAI Spring Symposium Series などでも活発な議論が行われている。

(3) メディア技術⁽⁸⁾

メディア技術とは、人間が直接情報に接するための媒体に関する技術をいい、最近のデータベース技術の充実、音声・画像・アニメーションなどのマルチメディアの発展、通信技術の進歩をベースに急激に進歩を遂げつつある分野である。特に、イメージ情報の取扱いに関しては、ハードウェアの進歩による高速演算の実現と三次元マウスやデータグローブなどの新しいインタフェース装置の出現により、従来に比べ格段に扱いやすくなってきている。更に、音声と画像の融合やネットワーク技術の進歩による遠隔情報通信、更にはモバイルコンピューティングの利用により、「いつでも、どこでも、だれとでも」コミュニケーションできる環境が整いつつある。

この分野の研究としては、三次元の仮想環境を構築し利用する人工現実感や、協同作業や協同意思決定を支援するグループウェアなどが盛んに行われており、今後の発展が期待される。

(4) ニューラルネットワーク^{(9)~(11)}

ニューラルネットワークは、もともと脳の情報処理モデルからスタートしており、一時パーセプトロンの研究で脚光を浴びたものの衰退ぎみであったのが、1980年代になって、Hopfield型ニューラルネットワークの提案やアメリカのDARPAプロジェクトの推進により再び研究が盛んになってきた分野である。特に、具体的なニューラルネットワークの構造ならびに学習アルゴリズムについては、非常に多くの手法が提案されている。このニューラルネットワークは、基本的には事例データを学習することにより、ルール化困難な知識の利用を可能にするものである。ただし、ニューラルネットワークの学習能力は事例データの選び方や量にも依存するため、それらを注意深く選ぶ必要がある。更に、ネットワークの状態を示すエネルギー関数そのものを減少させる方向に働かせることにより、最適化問題を解くことも可能となる。ただし、この場合には、ローカルミニマムにトラップされないように注意する必要がある。実用的な観点からは、ルール化や定式化は難しいが、学習データは大量に得られる分野や準最適解を高速に得たい分野に向いているといえる。また、高速演算を目的にしたニューラルネットワーク専用のハードウェアやチップも開発されている。なお、ニューラルネットワークの電力システムへの応用については、電気学会の調査専門委員会でまとめられた報告書がある⁽⁹⁾。

(5) 人工生命^{(12)~(13)}

人工生命というのは、進化や生命のメカニズムの解明ならびにその工学的応用がその研究対象ということになるが、後者の工学的な立場に立つと、進化・適応システムの構築がそのねらいとなることが多い。特に自然の生命系は、「単純な要素より成り、局所的な振舞いしか定義され

ておらず、システム全体の挙動を決定するルールはもっていない」きもかわらず、非常に高度で知的な振舞いができているところに科学的かつ工学的な魅力が存在すると考えられている。

人工生命の代表的な研究としては、遺伝的アルゴリズム (Genetic Algorithm) があり、「環境が変化していくときに、その環境に最も適した遺伝子を持つ生物が繁栄する」という自然淘汰の原理がその基本となっている。通常は、ある目的関数を最大または最小にする最適化問題が扱われることが多く、最適化問題の変数を遺伝子に対応させ、生殖、交叉、突然変異の三つの操作を各世代で遺伝子に適用することにより、世代を繰り返して解を求める。この遺伝子アルゴリズムの適用にあたっては、工学的問題のマッピングが必ずしも容易でないことや、局所解にトラップされる可能性があることなどが問題となる。

(6) ファジー⁽¹⁴⁾

ファジーとは、言葉のもつ主観的なあいまいさを定量的に取り扱う手法であり、ザデー (L.A.Zadeh) により提案されたファジー集合の理論がそのベースとなっている。特に、あいまいな知識の取扱いという観点からは、ファジー推論の研究が盛んに行われ、表現のあいまいさをメンバーシップ関数で表すことにより、あいまいな知識を扱う枠組みを提供している。工学的には、あいまいさを包含したかたちで知識が扱え、かつその推論が可能になる点が最大の長所であろう。更に、人間の価値判断の重みづけが可能な点も望ましい点である。ただし、知識が増えるとあいまいさが増幅され、望ましい解を得るためのチューニングが複雑になり時間がかかるという欠点がある。なお、ファジーの電力応用については、昨年9月より電気学会調査専門委員会が活動を開始している。

4. 電力における知的システムの適用分野とその研究事例

電力分野においては、従来より前章で述べた知的システムの要素技術の適用が研究されており、実用に供されているシステムも多数存在する。以下では、電力分野における適用可能業務とその研究事例について紹介する。

(1) 予測

予測の業務としては、電源や送変電設備計画にかかわる長期的な需要予測、翌日の気象条件や曜日条件などを基にした最大需要予測や、いっ水による水力のむだをなくし効率的に水力発電所を運用するための出水予測などの短期の需要予測がある。具体的には、過去の実績データから何らかの予測モデルを構成し、それに基づいて予測値を計算する方法がとられることが多く、従来は統計的手法である重回帰モデルやARMAモデルなどの時系列モデルが用いられることが多かった。しかし、最近では、エキスパートシステムを適用した例⁽¹⁵⁾やファジー推論を用いた例⁽¹⁶⁾も見られる。また、ニューラルネットワークについては、過去のデータを用いて学習させた結果を予測に用いるため、デ

一夕の量と質が予測精度を規定するが、問題に適したニューラルネットワークを選択することも重要であり、2段階学習法の提案⁽¹⁷⁾や複数のネットワークに分割して予測する方法⁽¹⁸⁾、更には時系列のデータが自然に表現できるリカレント型ネットワークの適用⁽¹⁹⁾などが報告されている。なお、翌日最大電力需要予測に関しては、長谷川らによる詳しい解説⁽²⁰⁾があるので、そちらを参照されたい。

(2) 計画

電力系統における計画業務としては、電源や送変電設備の拡充・改良といった長期的な設備計画や、もう少し短期的な補修計画などがある。長期計画の代表例として電源計画を取り上げると、電力需要の増加に対応して建設していく電源の建設費・運用費の最小化を目的関数として、設備容量・時期・場所などを決定する問題を解くことになる。この場合、当然のことながら様々な社会的、経済的、技術的条件が考慮しつつ、他の系統計画などとの整合をとることも重要となる。このような長期的な計画問題は、非常に多くの要因の影響を受け、かつそれらの要因を正確に想定することに困難が伴うため、総合的な判断の難しい問題となる。なお、この電源計画の問題は、数学的には混合整数計画問題として定式化され、動的計画法で解を求める場合が多い。また、短期的な計画の例である補修計画も、やはり整数計画問題として定式化され、分岐限定法や動的計画法で解が求められる場合が多い。

このように、計画問題そのものは数学的には整数計画問題に帰着されるが、実際の解の探索は問題の規模が大きくなるにつれて困難となり、かつ時間がかかることになるため、AI的な技法を用いて解の探索を効率的に行うことを目指した研究が進められてきた⁽²¹⁾。例えば、ヒューリスティックスを用いる方法⁽²²⁾や遺伝的アルゴリズム⁽²³⁾、ホップフィールド型ニューラルネットワーク⁽²⁴⁾などが適用されており、またこれらを融合する方向の研究⁽²⁵⁾も見られる。

なお、電力における設計業務においても、計画業務と同様の知的支援が求められており、種々の設計支援システムが構築されている。また、設計においては、技術の伝承という問題も最近大きく取り上げられており、今後重要性を増していくものと思われる。

(3) 運用・制御

電力系統の運用に関しては、需給運用と系統運用の二つの側面がある。需給運用では、時々刻々変動する需要に対し経済的かつ安定に電力を供給するために、各発電所に並解列や出力の指示を出す。また、系統運用業務においては送変電設備の状態監視を行うとともに、それに基づいて系統の操作・制御を行い、系統状態を変更させたり、事故などの擾乱に対応して系統の安定化を図ったりする。

これらの運用業務に関しても、先に述べた予測や需給運用計画・系統運用計画などの短期的な計画業務と密接に関連しているが、実際の設備の操作や制御を行う断面においては、様々な情報がリアルタイムで取り入れられるなかで

実際の系統状態を的確に把握し、迅速かつ適切な操作や指令を出すことが重要となる。具体的な系統操作や制御の例としては、起動・停止などの平常操作、事故時復旧制御、電圧無効電力制御などがあり、それぞれの状況に応じて有効な時間内に適切な解を見つけ出す必要がある。

エキスパートシステムの具体的な対象としては、事故直後の停電状態から系統を復旧する復旧制御が以前よりよく取り上げられており、基幹系復旧システム⁽²⁶⁾や二次系統復旧システム⁽²⁷⁾が開発されている。また、ニューラルネットワークについては、リカレント型を電圧無効電力制御に利用した例⁽²⁸⁾や3層の多層構造を高調波抑制に用いた例⁽²⁹⁾、またファジー制御とニューラルネットワークを組み合わせて系統安定化制御に用いた例⁽³⁰⁾なども見られる。

(4) 監視・診断

電力系統の監視・診断は、事故時の膨大な情報から個々の情報の真偽を考慮しながら状況把握を行う作業や、事故時のデータから事故区間や故障設備を判定する作業が中心であり、運用者に大きな負担をかけることが多い。これに対して、コンピュータを用いて高度な支援を行おうという研究が従来より実施されてきた。電力分野における応用例としては、監視では、不良データ検出・系統状態監視・安定度評価など、また診断では、事故区間判定・アラーム処理・機器故障診断などがよく取り上げられてきた。具体的には、エキスパートシステムとしては、事故時の保護リレーの応動状況から事故区間や故障設備を特定するシステム⁽³¹⁾や、故障発生時にオペレータに必要な情報を提供するインテリジェントアラームプロセッシング⁽³²⁾などが開発されている。また、多層のニューラルネットワークを用いたケーブル診断システム⁽³³⁾や、GIS機器診断システム⁽³⁴⁾なども開発されている。ただし、エキスパートシステムの構築に関しては知識獲得が最大のボトルネックとなっており、ロジカルな知識よりも事例の得られやすいものについては、ニューラルネットワークをはじめとする学習メカニズムを用いる手法がよく用いられるようになってきた。しかし、事例そのものにも統計的な片寄りや十分な量のデータが得られない場合も多く、注意して適用を行う必要がある。

(5) 教育・訓練

電力系統の運用を行うオペレータの教育・訓練は、熟練運転員の電力系統の信頼性向上による事故発生件数の相対的減少に伴い、その重要性がますます高まっている。オペレータ向けの訓練は、クラスルームトレーニング、オンザジョブトレーニング、訓練用シミュレータによる模擬トレーニングを組み合わせたかたちで行われるのが普通であるが、最近では、ラスムッセンの言うスキルベース、ルールベースの振舞いからナレッジベースの振舞い⁽³⁵⁾に訓練の対象が変わりつつある。そのため、対象の深い理解、例えば発電プラントの現象の因果的な理解を支援するシステム⁽³⁶⁾などが開発されており、更に、ハイパーメディアの概念をシミュレータに拡張した教育支援システム⁽³⁷⁾など

も開発されている。なお、教育・訓練においては、近年「他者の役割」の重要性が認識されてきており、この点を考慮したシステムが今後増えてくることが予想される⁽³⁸⁾。

5. あとがき

本解説では、電力分野における知的システムを取り上げ、その位置づけや枠組みについて考察するとともに、その構築の方法論や研究事例について簡単に紹介した。ここで述べたように、知的システムは、「知識的」、「メディア的」、「創造的」な三つの側面から構成されており、特に今後「メディア的」側面の与えるインパクトが大きくなる可能性が高いものと思われる。

(平成7年4月6日受付)

文 献

- (1) R. C. Schank: "What is AI, Anyway?", AI Journal, Winter pp. 59-65 (1987)
- (2) N. P. Negroponte: "Media Technology: The Human Interface with Information Sciences", Proceedings of a Symposium for Executives, The Industrial Liaison Program of MIT (1980)
- (3) M. Minsky & S. Papert: Perceptrons (1969) MIT Press
- (4) D. E. Rumerhart & J. L. McClelland: Parallel Distributed Processing I & II (1986) MIT Press
- (5) J. J. Hopfield & D. W. Tank: "Neural Computation of Decision in Optimization", Biol. Cyber., 52, 14 (1985)
- (6) 電力系統のエキスパートシステム調査専門委員会:「電力系統のエキスパートシステム」, 電気学会技報 (平2)
- (7) 辻野・西田:「知識獲得技術の最近の動向」, 計測と制御, 33, 776 (平6-9)
- (8) 西田・佐伯:「ヒューマン・コンピュータ交流技術(平3)オーム社
- (9) 電力系統のニューラルネットワーク調査専門委員会:「電力系統へのニューラルネットワーク応用」, 電気学会技報 (平6)
- (10) 泉井・田岡:「ニューラルネットワークとその電力システムへの応用」, 電学論 D, 109, 230 (平元-4)
- (11) 佐々木:「電力系統へのニューラルネットワークへの応用」, 同上 B, 110, 995 (平2-12)
- (12) 星野:「人工生命の原理とその展開」, 人工知能学誌, 9, 659 (平6-5)
- (13) 人工生命研究会編: 人工生命(平6)共立出版
- (14) 日本ファジー学会編: ファジーの科学と思想(平5)日刊工業新聞社
- (15) S. Rahman & R. Bhatnagar: "An Expert System Based Algorithm for Short Term Load Forecast", IEEE Trans. Power Systems, 3, 392 (1988-5)
- (16) Y. Y. Hsu & K. L. Ho: "Fuzzy Expert Systems: An Application to Short Term Load Forecasting", IEE Proc. C, 139, 471 (1992-11)
- (17) Y. Shimakura, et al.: "Short Term Load forecasting Using an artificial Neural Network", ANNPS '93, 223 (1993)
- (18) S. T. Chen, et al.: "Weather Sensitive Short Term Load Forecasting Using Nonfully Connected Artificial Neural Network", IEEE Trans. Power Systems, 7, 1098 (1992-2)
- (19) K. Y. Lee, et al.: "Short Term Load Forecasting Using Diagonal Recurrent Neural Network", ANNAPS '93, 227 (1993)
- (20) 長谷川・田中:「電力の翌日最大需要予測システムの研究開発動向」: 電学論 B, 114, 835 (平6-9)
- (21) 武藤:「組合せ最適化の応用に関する研究動向」, 同上 B, 114, 331 (平6-4)
- (22) K. Nara: "Maintenance scheduling by Expert System Combined with Mathematical Programming", Proc. of ESAP'91, 385 (1991)
- (23) 伊庭:「遺伝的アルゴリズムに基づく無効電力最適計画」, 電学論 B, 113, 865, (平5-8)
- (24) H. Sasaki, et al.: "A Solution of Maintenance Scheduling Covering Several Consecutive Years by Artificial Neural Networks", Proc. of ANNPS '93, 329 (1993)
- (25) 由本, 他:「GA 融合型ニューロコンピューティングに基づく送電系統拡充計画問題の一解法」, 電学論 B, 114, 1029 (平6-9)
- (26) 藁科・小島・加藤・渡辺:「基幹系統事故復旧エキスパートシステム」, 同上 B, 108, 865 (昭63-11)
- (27) 奥田, 他:「二次系統における事故時復旧操作への知識工学の応用」, 同上 B, 107, 509 (昭62-10)
- (28) 小島・泉井・京本・合田:「リカレント NN による電圧・無効電力制御」, 同上 C, 113, 424 (平5-6)
- (29) K. Funahashi: "On the Approximate Realization of Continuous Mapping by Neural Network", Neural Networks, 2, 183 (1989)
- (30) 川北・大沢・荒井:「ファジー理論とニューラルネットワークを用いた SMES による系統安定化制御」, 電学論 B, 113, 425, (平5-1)
- (31) 長谷川, 他:「基幹系変電所の運転支援システム」, 同上 D, 108, 887 (昭63-10)
- (32) N. Inoue, et al.: "An Expert System for Intelligent Alarm Processing in EMS and SCADA Systems", AI Symposium (1989)
- (33) 穂積・岡本・今城:「NN による部分放電パターン認識を利用したトリガー発生の判別」, 電学論 B, 112, 743 (平4-7)
- (34) 荻, 他:「各種 NN 方式の電力機器異常診断への応用とその比較」, 電気学会情報処理研究, IP-93-13 (平5)
- (35) J. Rasmussen: "Skills, Rules, and Knowledge: Signals, Signs and Symbols, and Other Distinctions in Human Performance Models", IEEE Trans. SMC, SMC-13, No. 3, 257 (1983)
- (36) 秋吉, 他:「大規模システムの挙動理解のための階層型定性シミュレーション」, 情報学論, 32, 32 (平3-1)
- (37) 吉澤, 他:「ハイパーシミュレーションによる系統現象の理解支援環境」, 電学論 B, 111, 1103 (平3-10)
- (38) 田中・西田:「グループウェア技術の研究動向とその電力分野へのインパクト」, 電学誌, 112, 263 (平4-4)

西田 正 吾 (正員) 1952年1月5日生。1974年3月東京大学工学部電子工学科卒業。1976年3月同大学大学院修士課程修了。同年4月三菱電機(株)入社。同社中央研究所システム基礎研究部を経て、1995年4月大阪大学基礎工学部システム工学科教授。システム技術、ヒューマンインタフェース技術、メディア技術の研究開発に従事。工学博士。1984～85年 MIT メディアラボ客員研究員。1986年度、1993年度電気学会論文賞、1992年度電気学会著作賞、1995年度電気学会進歩賞受賞。IEEE 会員。

田中 秀 雄 (正員) 1949年3月21日生。1971年3月慶応義塾大学工学部電気工学科卒業。1973年3月同大学大学院工学研究科修了。同年4月東京電力(株)入社。現在、同社システム研究所 AI 研究室長。人工知能技術、システム技術の研究開発に従事。1988年度電気学会論文賞、1995年度電気学会進歩賞受賞。人工知能学会、日本機械学会、IEEE 会員。