

MITSUBISHI

三菱電機技報

MITSUBISHI DENKI GIHO Vol.63 No.7

7
1989

ワークステーション/エキスパートシステム特集



ワークステーション／エキスパートシステム特集

目次

ワークステーション特集論文

ブリマドンナとして脚光をあびるワークステーション……………	1
石田晴久	
ワークステーションの時代……………	2
武田捷一・渡辺 治	
三菱エンジニアリング ワークステーション“MEシリーズ” ……	5
中山喜貴・志賀 稔・藤掛 遵	
EOAシステムの構想と実施例 ……	10
鎌田智明・諸富 寿・川上真二	
三菱図面管理システム“GXシリーズ” ……	15
小澤純一郎・石崎 貴・綾 信吾・野々山泰匡・岡本隆司	
三菱OAワークステーションの新OS“日本語MS [®] OS/2” ……	19
山上 明・小島光喜・佐伯正夫	
座席予約システム“ワークステーション応用例” ……	23
中川雄次・桐渕信男・野津工ア・津久井敏己	
AIワークステーション《MELCOM PSI II》 ……	27
池田守宏・梁田和彦・吉永俊郎	
ワークステーションとオープンネットワーク……………	32
芥川哲雄・多々良浩司・村田 篤	

エキスパートシステム特集論文

AIとエキスパートシステムの今後の展開 ……	37
小林重信	
エキスパートシステム実用化の現状とその展望……………	38
田中千代治・今道周雄・小林健三	
貯炭場繰り計画型エキスパートシステム……………	42
鳥居聖也・井上慎一・倉本 新・味酒安志・上條龜八郎・竹内康晃	
加工・組立工程スケジューリング エキスパートシステム ……	48
及川和彦・水野 裕・増山素子・佐藤裕介	
エレベーター設計（機器選定・レイアウト）支援エキスパートシステム……………	52
勝山恒吉・内藤明彦・大西喜八郎・吉田元紀	
知識メディアステーションによる新形態の知識処理……………	56
竹内彰一・和氣朝臣・清水広之	
プラント運転支援リアルタイム エキスパートシステム ……	60
内原正一・高橋 勇	
原子力発電プラント マンマシンシステム（MMS）Ⅰ—全体システム— ……	65
樹田征也・田中光雄・荻野敏迪・北村哲男・増井隆雄	
原子力発電プラント マンマシンシステム（MMS）Ⅱ	
—マンマシンシステムの要素技術— ……	69
藤井光彦・寺下尚孝・佐伯 昭・石川 泰・須山 勉・梁田和彦	

特許と新案

台車のブレーキ装置、マイクロプロセッサを応用した演算装置……………	77
赤外線撮像装置……………	78

スポットライト

三菱単相送風機専用速度調節器（ファンインバータ）……………	36
最近の新交通システム……………	76
新形トランスデューサT-51、T-101シリーズ（電力用、計装用、周辺用） ……	79
最新地下鉄環境制御システム……………	80
インバータエアコン用ロータリー圧縮機系列……………	（表3）

表紙

日本航空㈱納め旅行総合情報システム

日本航空㈱では、従来の座席予約・発券システムを機能改善し、画期的な回線網の新設、日本語データベースサービスをサポートする超大型中央装置の増設、そして業務処理を効率よくアシストする高性能の新端末により、旅行総合情報システム（AXESS）を開発し、旅行代理店に展開した。

当社は、マルチワークステーション及び輸出用パソコンで実績のある32ビットマイクロプロセッサを搭載した高性能なAXESS端末を日本航空㈱と共同で開発し供給している。

表紙は、旅行代理店内で、お客と対応をしている店員とAXESS端末の写真である。



アブストラクト

ワークステーションの時代

武田捷一・渡辺 治

三菱電機技報 Vol.63・No.7・P2～4

情報処理分野ですます重要な役割を担っているワークステーションのもつ特質は、計算機研究者の仕事を文字通り手助けしてくれる道具への欲求から誕生したその生い立ちに見ることができる。この人主体の計算機利用の思想をもったワークステーションは、著しい発展を遂げているLSI、ネットワーク技術と相まって、計算機の利用面では高度な分散システムの発展を促し、従来の情報処理システムのコンセプトをも変えさせる原動力となりつつある。

座席予約システム“ワークステーション応用事例”

中川雄次・桐渕信男・野津工ア・津久井敏己

三菱電機技報 Vol.63・No.7・P23～26

日本航空㈱の従来のCRS (Computer Reservation System: 座席予約システム) 端末の機能に、①日本語が使用可能、②入力ガイドにより非専門家でも操作可能、③市販のソフトウェアが使用可能、という新たな機能を付加した端末を、三菱電機㈱のワークステーションをベースとして開発した。本稿では、日本航空㈱のCRSシステムの概要と開発したCRS端末の機能について紹介する。

三菱エンジニアリング ワークステーション “MEシリーズ”

中山喜貴・志賀 稔・藤掛 道

三菱電機技報 Vol.63・No.7・P5～9

近年、エンジニアリング ワークステーション (EWS) は、エンジニアオフィスを中心にソフトウェア開発、CAD/CAE、技術文書作成などの業務を中心に生産設備として利用されている。この業務は、EWSをスタンドアロンで使うことにとどまらず、ネットワークを介してマルチベンダー環境下で行われている。“MEシリーズ”は、このようなユーザーニーズにこたえるために国際標準を基盤とし、新規技術の応用面への活用を可能にしている。

AIワークステーション《MELCOM PSI II》

池田守宏・梁田和彦・吉永俊郎

三菱電機技報 Vol.63・No.7・P27～31

AIワークステーション《MELCOM PSI II》は、高い推論性能を持ち、AIシステムの構築を強力に支援する。高速化のために各種の技法が採り入れられており、その効果が実証されている。最新のモデルは、推論性能を430KLIPSに向上し、TCP/IPネットワーク、カラー マルチウインドウなどの機能を追加している。さらに、応用システム構築に便利なEXTKERNEL II、Acekitの機能も強化した。本稿ではこれらの概要を紹介する。

EOAシステムの構想と実施例

鎌田智明・諸富 寿・川上真二

三菱電機技報 Vol.63・No.7・P10～14

研究・開発・設計などの技術部門では、エンジニアの知的生産性向上の必要性が叫ばれている。当社では、エンジニアリング ワークステーション “MEシリーズ” をシステムの中核に据えたEOA (Engineering Office Automation) 構想により、この課題を解決すべくEOA構築ツールの製品化を行っている。また、これらの製品の応用例として当社の製作所でEOAシステムの導入が進められている。本稿ではこれらの概要を紹介する。

ワークステーションとオープンネットワーク

芥川哲雄・多々良浩司・村田 篤

三菱電機技報 Vol.63・No.7・P32～35

ワークステーションをネットワーク接続して分散処理システムを構築する際、オープンネットワーク (マルチベンダー対応可能なネットワーク) であることがユーザーの利益につながる。OSIが真のオープンネットワークであるが、社会的な受入環境が整備されるまでの間は、実質的標準 (De facto Standard) によるネットワークが現実的な解決となる。OA系システム、エンジニアリング系システム各々におけるオープンネットワークへの取組について概説する。

三菱図面管理システム “GXシリーズ”

小澤純一郎・石崎 貴・綾 信吾・野々山泰匡・岡本隆司

三菱電機技報 Vol.63・No.7・P15～18

従来、図面はCAD分野を中心に扱われてきた。最近では、図面をイメージデータのまま扱うシステムが注目されている。本稿では、イメージデータの有効活用を目的とした三菱図面管理システム “GX” について、その適用例を中心に紹介する。

エキスパートシステム実用化の現状とその展望

田中千代治・今道周雄・小林健三

三菱電機技報 Vol.63・No.7・P38～41

この展望では、この特集で取り上げられたエキスパートシステムの実用化の現状をふまえ、それらにおける種々な問題点、課題などを抽出し、さらに実用化によるメリット、適切な応用分野などを述べて、今後のエキスパートシステム利用における方向を定めた。エキスパートシステムの実用例は、特に製造業で多く見られるが、その中でも特に診断、工程計画、模倣支援の分野で多い。これらのエキスパートシステムは、LISP、PROLOGなどのAI向き言語や汎用エキスパートシステム構築ツールを使用して作成されていた段階から、メーカーの提供する問題向きの専用シェルを用いることにより、以前に比して容易に構築することができ、この環境に迎えることが大きな特徴であり、主としてこの環境に関して論じる。

三菱OAワークステーションの新OS “日本語MS[®] OS/2”

山上 明・小島光喜・佐伯正夫

三菱電機技報 Vol.63・No.7・P19～22

OS/2は、パソコン、ワークステーションの事実上の業界標準であるMS-DOSの次世代を担うオペレーティング システムである。最大1 Gバイトの論理空間のサポート、マルチタスク機能、プロセス間通信機能などの高い機能を提供している。また、ウインドウ ソフトウェアであるプレゼンテーション マネージャーを標準装備することによって、統合操作環境の提供と各種インタフェースの統一を図っている。

貯炭場繰り計画型エキスパートシステム

鳥居聖也・井上慎一・倉本 新・味酒安志・上條亀八郎・竹内康晃

三菱電機技報 Vol.63・No.7・P42～47

計画スケジューリングは、多くの制約条件や複雑な探索空間の組合せなどの問題があり、従来から計算機化の難しい分野の一つとされ、これまでエキスパートの経験・勘に任されていた。

今回、コークス工場の計画スケジューリングの一つである貯炭場繰り作業に知識工学的手法を応用し《MELCOM PSI》を用いて、計画支援エキスパートシステムのプロトタイプを完成したので紹介する。

Abstracts

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 63, No. 7, pp. 23 ~ 26 (1989)

Workstations as Terminals in a Computerized Seat-Reservation System

by Yuji Nakagawa, Nobuo Kiribuchi, Koa Nozu & Toshimi Tsukui

These terminals extend the capabilities of Japan Airlines' computerized seat-reservation system. The workstations add Japanese-language processing, input guidance (to assist nonspecialist operators), and the ability to run commercial software. The article introduces the seat-reservation system and the new terminals.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 63, No. 7, pp. 2 ~ 4 (1989)

The Workstation Age

by Shoichi Takeda & Osamu Watanabe

The authors report that extensive use of workstations stems from their outstanding utility as R&D tools providing individual computing power to modern computer researchers. Workstations, fast-evolving LSIs, and network technology have supported the growth of sophisticated distributed systems that promise to substantially alter current concepts of information-processing systems.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 63, No. 7, pp. 27 ~ 31 (1989)

The Latest MELCOM PSI II AI Workstation

by Morihiro Ikeda, Kazuhiko Yanada & Toshiro Yoshinaga

The high 430KLIPS inference performance achieved through sophisticated hardware techniques makes the latest model MELCOM PSI II AI workstation an exceptionally powerful AI-system development tool. Support for Transmission Control Protocol and Internet Protocol color bit-mapped displays has been added, and the EXTKERNEL II and ACEKIT expert-system development tools have been updated with new functions. The article introduces the new MELCOM PSI II and its hardware and software improvements.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 63, No. 7, pp. 5 ~ 9 (1989)

Mitsubishi ME Series Engineering Workstations

by Yoshitaka Nakayama, Minoru Shiga & Jun Fujikake

These workstations make new technical advances available to the developer while maintaining international standards.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 63, No. 7, pp. 32 ~ 35 (1989)

Workstations and Open Networks

by Tetsuo Akutagawa, Hiroshi Tatara & Atsushi Murata

Open networks that support equipment from multivendors are desirable for configuring workstation-based distributed-processing networks due to the more flexible processing such heterogeneous networks allow. De facto standards are expected to govern heterogeneous network environments until the industry is capable of implementing OSI or other true open networks. The article describes the Corporation's progress in developing open networks for office-automation and engineering applications.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 63, No. 7, pp. 10 ~ 14 (1989)

Engineering Office Automation

by Tomoaki Kamata, Hisashi Morotomi & Shinji Kawakami

The Corporation has developed a line of software-development tools for ME Series workstations based on engineering office automation (EOA) concepts. These EOA tools promise to help meet urgent demand for faster intellectual productivity in technical research, development, and design fields. The article introduces the tools and their applications, using as an example an EOA system currently being set up at one of the Corporation's works.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 63, No. 7, pp. 38 ~ 41 (1989)

An Overview of Expert-System Applications and Trends

by Chiyoji Tanaka, Chikao Imamichi & Kenzo Kobayashi

The authors clarify expert-system application trends by identifying the advantages, problems, future development requirements, and application possibilities.

Most applications involve manufacturing technology—particularly in diagnosis, process planning, and operation support. Expert systems appear to be evolving from LISP or PROLOG applications implemented using general-purpose expert-system development tools toward custom shells developed for specific types of problems. The authors devote much of the article to describing these new-generation systems, whose greatest advantage is their easy implementation.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 63, No. 7, pp. 15 ~ 18 (1989)

The GX Drawing-Management Workstation

by Jun'ichiro Ogawa, Takashi Ishizaki, Shingo Aya, Yasumasa Nonoyama & Takashi Okamoto

The article introduces the Corporation's GX drawing-management workstation and its applications. The new workstation effectively handles images in the form of image data—providing an attractive alternative to previous systems based on CAD applications.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 63, No. 7, pp. 42 ~ 47 (1989)

An Expert System for Efficient Coal-Yard Management

by Seiya Torii, Shin'ichi Inoue, Arata Kuramoto, Yasuyuki Misake, Kihachiro Kamijo & Yasuaki Takeuchi

Process and facility scheduling is difficult to automate because of the many constraints and combinations of search spaces involved. Most scheduling is still performed by human experts relying on experience and intuition. The authors introduce a prototype expert system that provides operation support for efficient coal-yard management—a key element in the scheduling of coking facilities. The system employs knowledge-engineering technology, and is implemented on the MELCOM PSI.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 63, No. 7, pp. 19 ~ 22 (1989)

The Japanese-Language MS^R OS/2, a New Operating System for Mitsubishi Office Workstations

by Akira Yamagami, Mitsuyoshi Kojima & Masao Saeki

The OS/2 was developed as the successor to the de facto standard MS-DOS operating system employed on personal computers and workstations worldwide. The system supports a logical address space of up to one gigabyte, multitasking, interprocess communication, and other advanced functions. This new Mitsubishi version of OS/2 features Japanese-language support including a presentation manager that operates multiwindows. The system features a comprehensive operating environment and unified interface support.

アブストラクト

加工・組立工程スケジューリング エキスパートシステム 及川和彦・水野 裕・増山素子・佐藤裕介 三菱電機技報 Vol.63・No.7・P48～51 計画問題の代表的な問題であるスケジューリングに対して、エキスパートシステムの手法を適用した。今回は、スケジューリング問題に特化したスケジューリング問題専用エキスパートシステム構築シェルとこのシェルを用いた応用事例として、ある製造会社が行っている加工・組立工程の日程計画立案業務を対象とした製造工程スケジューリング エキスパートシステム プロトタイプを紹介する。	プラント運転支援リアルタイム エキスパートシステム 内原正一・高橋 勇 三菱電機技報 Vol.63・No.7・P60～64 プラントプロセスを連続監視し、異常の検知、原因究明を行い、対応操作ガイドを提示して、運転員を支援するリアルタイム エキスパートシステムを開発した。診断問題に有力と言われている定性推論を応用し、フレーム形式の定性モデルとルールベースを組み合わせて階層的な原因究明推論と柔軟な対応操作支援を可能とした。実時間で状態を検出し、情報提供や質問を行うマンマシン インタフェースや時々刻々と発生する推論要求に対する推論機構の制御に技術的新しさがある。
エレベーター設計(機器選定・レイアウト)支援エキスパートシステム 勝山恒吉・内藤明彦・大西喜八郎・吉田元紀 三菱電機技報 Vol.63・No.7・P52～55 エレベーターの設計業務を取り上げ、エキスパートシステムを開発した。この業務は、エレベーター システムを構成する機器を要求仕様に応じて選定し、それらを建物の三次元的なスペースにレイアウト配置を行うものである。使用したマシンは、《MELCOM PSI II》で、ツールは“Acekit”(機器選定部分)である。レイアウト部分については、PSIのAI言語ESPを用いて構築した。このシステム(プロトタイプ)は、現在、実用化を図っている。	原子力発電プラント マンマシンシステム(MMS) I ―全体システム― 梶田征也・田中光雄・荻野敬迪・北村哲男・増井隆雄 三菱電機技報 Vol.63・No.7・P65～68 原子力発電プラントの比重が高まるにつれて、原子力プラントの安全性・信頼性をなお一層向上させるため、運転員が経験と知識に基づいて行っている判断・操作の機能を、知識工学などの先端技術を駆使して、強化、補完する運転支援システムを開発することが望まれている。この開発を通商産業省補助事業として昭和59年度から推進し、昭和61年度にその概念設計を完了し、引き続き昭和62年度から実用化システムの開発を5か年計画で実施中である。
知識メディアステーションによる新形態の知識処理 竹内彰一・和気朝臣・清水宏之 三菱電機技報 Vol.63・No.7・P56～59 知識メディアステーションは、知識を扱う能動的メディア“知識メディア”を目指したものであり、多様な表現の知識を扱え、知識の整理、体系化を促進し、蓄積された知識に基づく問題解決を行うことにより知的作業を多角的に支援する。知識メディアステーションを用いることにより、従来の知識処理システムにはない新形態の知識処理を行うことができる。この論文では従来ツールとの比較をし、知識メディアステーションの概要及び応用例について述べる。	原子力発電プラント マンマシンシステム(MMS) II ―マンマシンシステムの要素技術― 藤井光彦・寺下尚孝・佐伯 昭・石川 泰・須山 勉・梁田和彦 三菱電機技報 Vol.63・No.7・P69～75 この特集の第1報(MMS) I で述べたミニモデルの中核をなす以下の四つの要素技術について報告する。運転員の思考過程をモデル化することにより、運転員の判断操作に必要な情報を決定する運転員思考モデルリング技術、プラント運転時の異常を早期に検知し異常原因を同定する診断技術、システムとの対話をスムーズに行わせるための音声認識技術、及び上記技術を実現する際に使用するプラントに関する知識などの構築編集を支援するプラントデータ編集管理技術について詳述する。

Abstracts

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 63, No. 7, pp. 60 ~ 64 (1989)

A Real-Time Expert System for Plant Operation

by Shoichi Uchihara & Isami Takahashi

This system assists plant operation by continuous monitoring of plant processes, pinpointing the causes of abnormalities and suggesting appropriate recovery procedures. It employs qualitative reasoning, reported as especially suited to diagnostic applications. A frame-based qualitative-reasoning model combined with a rule base is used to achieve hierarchical fault identification and flexible recovery support. New techniques employed in this system are a man-machine interface for information presentation and questioning by the machine, and inference-engine control based on the priority of events detected in real time.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 63, No. 7, pp. 40 ~ 51 (1989)

A Scheduling Expert System for Processing and Assembly Operations

by Kazuhiko Oikawa, Yutaka Mizuno, Motoko Masuyama & Yusuke Sato

The authors have developed an expert-system shell for solving scheduling problems, and report on a prototype application for daily scheduling of processing and assembly operations in a manufacturing facility.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 63, No. 7, pp. 65 ~ 68 (1989)

A Man-Machine System for Nuclear Power Plants—I

by Yukiya Masuda, Mitsuo Tanaka, Takamichi Ogino, Tetsuo Kitamura & Takao Masui

Mitsubishi Heavy Industries, Mitsubishi Atomic Power Industries, and Mitsubishi Electric have been jointly developing a state-of-the-art operation-support system for nuclear power plants since 1984 under contract to MITI. The conceptual framework was completed in 1986, and the system development—begun in 1987—is currently underway as part of a five-year plan. The system will employ the latest knowledge-engineering technology to supplement the operators' knowledge and experience with the aim of achieving better decisions and more precise plant control. Operator-support systems are viewed as essential to boost plant safety and reliability as nuclear power plants meet a growing fraction of Japan's electricity demand.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 63, No. 7, pp. 52 ~ 55 (1989)

An Expert System for Elevator Design

by Tsuneyoshi Katsuyama, Akihiko Naito, Kihachiro Onishi & Motonori Yoshida

This system selects elevator equipment based on building-contractor-supplied specifications and generates a three-dimensional space layout. The system was implemented on the MELCOM PSI II using the equipment-selection utility of the ACEKIT software package. The layout module was written in ESP (Extended Self-Contained prolog), the PSI II's AI language. The prototype system is now being prepared for commercial release.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 63, No. 7, pp. 69 ~ 75 (1989)

A Man-Machine System for Nuclear Power Plants—II

by Mitsuhiko Fujii, Naotaka Terashita, Akira Saiki, Yasushi Ishikawa, Tsutomu Suyama & Kazuhiko Yanada

The system outlined in the previous article consists of four subsystems: the intelligent interface subsystem will identify information required by the operator to make decisions or perform operations; the diagnostic subsystem will detect anomalous states at an early stage and identify their causes; the voice-recognition subsystem will realize smoother man-machine communications, and the knowledge-base editor will support the structuring and management of the knowledge base required to implement the other three subsystems. The article reports in detail on the key technologies of the subsystems.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 63, No. 7, pp. 56 ~ 59 (1989)

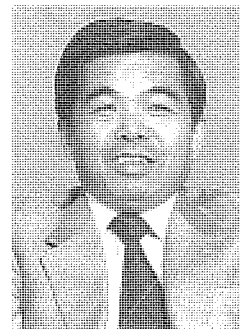
Next-Generation Knowledge-Processing Systems in Knowledge-Media Stations

by Akikazu Takeuchi, Tomo'omi Wake & Hiroyuki Shimizu

Knowledge-media stations, a new concept in knowledge processing, would facilitate the storage, classification, and organization of knowledge expressed in various forms. The stored knowledge would be available as an active resource for problem solving by AI systems, dramatically increasing the capabilities of current AI technology. The article describes the concepts and implementation of knowledge-media stations through comparisons with existing technology.

プリマドンナとして脚光をあびるワークステーション

東京大学
大型計算機センター
教授 石田 晴久



今までは主として技術者の間でしか知られていなかったワークステーション (WS) が、最近是一般のマスコミでも徐々に認知されようとしている。その例は、アメリカのニュース週刊誌タイム1989年3月13日の記事である。それによれば、アメリカでは昨年のWSの出荷額が前年比で53%も増えて約5,300億円となり、コンピュータ関係では最も成長の高い分野になったという。

WSは、船にたとえれば、豪華客船の機能をスピードボートにまとめたようなもの、あるいは、パーソナル・メインフレームと呼ばれるほどに性能が向上した。これからは、今までのパソコンに代わって、WSがプリマドンナとして脚光をあびるようになるとは同誌の言である。一般読者向けのこの記事の中に、UNIXとかRISC (Reduced Instruction Set Computer) といった技術用語の説明があるのをみると、時代も変わったものだと思うずにいられない。

タイム誌にいわれるまでもなく、最近のWSの性能向上及びコスト性能比の向上には目を見張るものがある。そのプロセッサのスピードは数MIPS、主記憶容量は数メガバイトをとともに越え、ディスプレイの分解能は1,000×1,000ドット前後になり、紙の上に紙を重ねるようなマルチウインドウ表示が常識的になりつつある。さらに、固定ディスクは数10メガバイトから数100メガバイトのものが選べるようになり、その補助としてはフロッピーディスクの他に超小型のカートリッジテープも普及してきた。近い将来、数100メガバイト容量の光磁気ディスクやCD-ROM、1.3ギガバイトのDAT (Digital Audio Tape) や2.3ギガバイト

の8ミリビデオテープなども普及するに違いない。

こうした高性能WSを支えるOSとしてはUNIXがすっかり定着した。このUNIXの標準化をめぐっては、現在UII (UNIXインターナショナル) とOSF (オープン ソフトウェア フォーラム) の対立があるが、いずれの陣営もシステムV、バークレー版、Xウインドウといった基盤は共通だから大差はない。マルチウインドウについては完全統一はできないかもしれないが、これに2系統ができてお互いに競争するのも悪いことではない気がする。

UNIXを各社が採用したのは、ハードウェアに比べて高くつくソフトウェアを共通化して安くし、操作性も統一化するためのプラットフォームを作るためだが、もうひとつの理由はネットワーク化に対する要求を満たすためといえる。もともとWSのステーションということばには、ネットワークにつないで使うという意味がこめられているが、WSは単体で使うのではなく、ネットワークの中で分散処理を行うことで、UNIXもWSのハードウェア機能も生きてくる。

さて、WSがこれだけ高機能になってくると、今後、期待できるのは、テキストや図形のみならず、音声・音楽・静止画・動画 (テレビ画像) などのいわゆるマルチメディア情報の処理である。これはソフトウェア開発や卓上出版や電子出版にも大きな影響を与えると思われるが、エキスパートシステム (EPS) をもさらに面白くし、有用にするであろう。文字だけで情報を扱うEPSから、動画が扱え、他システムとも交信できるEPSへの進化を切望したい。

ワークステーションの時代

武田捷一*
渡辺 治**

1. ま え が き

ワークステーションは文字どおり訳せば「仕事をする設備を備えた場所」のことになるが、情報処理の専門以外の分野においてもこの言葉は、今や計算機のあるクラスを指す言葉として特定の意味を持つものとなりつつある。すなわち、一時代前の小型計算機、ミニコンピュータをしのぐ処理能力、記憶容量を持ち、高精度ビットマップディスプレイ、LANを装備、さらにこれらを有効に使いこなすためのシステムソフトウェアを備えたパーソナルユースの計算機を指す一般名詞として使われている。そしてオフィスにおいて、また現場においてユーザーのあらゆるタイプの仕事をこれによってサポートできるという意味からこのように命名されたと考えられる。この特集では、いわゆる高機能パーソナルコンピュータ、エンジニアリングワークステーション、AIワークステーションなどをこのクラスとして扱うことにする。

図1は、国内におけるパーソナルコンピュータ(PC)、エンジニアリングワークステーション(EWS)の出荷台数の伸びを示しているが、これを見るとパーソナルコンピュータは80年代前半に飛躍的な導入時期を迎え、あらゆる分野へ浸透し始めた。そして、80年代後半に至って安定局面に入りつつも年率20%前後の伸びが予想されている。また、エンジニアリングワークステーションの国内導入は、80年代後半によく立ち上がりを見せるが、その後急激な増加を見せており、この傾向は90年代前半まで続く予想され、パーソナルコンピュータと同様の成長カーブを描きつつある。一方、大型計算機の伸びが年率10%前後であることを重ね合わせると情報処理システムの重心が、パーソナルコンピュータを含めたワークステーションの方向へ移ってゆく傾向は今後も着実に続いてゆくものと考えられる。ちなみに図2は、出荷金額ベースで見たワークステーションの占める比率の変化であるが、この傾向をよく示している。

本稿では、このように情報処理分野でますます重要な役割を負う

ワークステーションについて、どのような発想から生まれてきたのか、またそれがどのように情報処理システムを変えつつあるのか、そしてこれからどのような方向に発展してゆくのかについて述べる。

2. ワークステーションの発想

ワークステーションは、ユーザーのアイデアによってユーザー指向の計算機として生まれてきた。その原形は、70年代前半にXEROXのパロアルト研究所で開発されたALTOであると一般に言われているが、これも含めてワークステーションを生みだした発想は従来の計算機が発展してきた道筋とはやや異なった地点からスタートしている。それは、コンピュータサイエンスの研究者たちが自分たちの仕事を効率良く便利に支援してくれる道具を欲したことからはじまった。それも従来から計算機が使用されていた数値計算やソフトウェア開発ではなく、彼らの仕事の大きな部分を占めていた研究成果を整理してドキュメントにする作業や、またそれについて仲間とのコメントのやりとりなどをサポートしてくれる道具である。

これは、現在から見ると何でも無いものに思えるが、それまでの数値計算、データ処理中心の計算機技術に対して、利用者と機械が対話しつつ思考過程を支援するという全く新しい試みであった。この目的のために多くの重要な技術が当時生み出されたが、次の2点はワークステーションを特徴づける原点ともいえるものである。

その一つは文書処理技術で、文章を記号列として処理対象にしようという試みであった。現在では、ワードプロセッサとして広く家庭にまで普及しているが、人間の思考や意思伝達は言うまでもなく自然言語を介して行われており、これを処理対象に加えたことでその後の計算機の用途は飛躍的に拡大された。その一端は、現在のパーソナルコンピュータの隆盛をみれば明白であろう。

もう一つは、ディスプレイやマウスを使って人と計算機が対話をする技術である。ディスプレイ上の各ピクセルとメモリを1対1に対応させて表示するビットマップディスプレイの発明によって、任

意サイズの文字の表示や文字と図形、画像を自由に混在させての表示が可能になった。また、今では常識のマルチウィンドウの実現もこれに負っている。マウスの発明もまた特筆すべきもので、これによって画面上のアイコンを選ぶことによって機械に指示を与える方式は今や完全に定着している。

このようなルーツから生まれたワークステーションは、LSI技術の飛躍的發展に支えられてより広い用途へと分化が始まっている。エンジニアリングワークステーションは、高機能のディスプレイを内蔵した手軽に占有できる計算リソースとしてCAD/CAE分野を中心にエンジニアリング業務全般に急速な普及が始まっている。

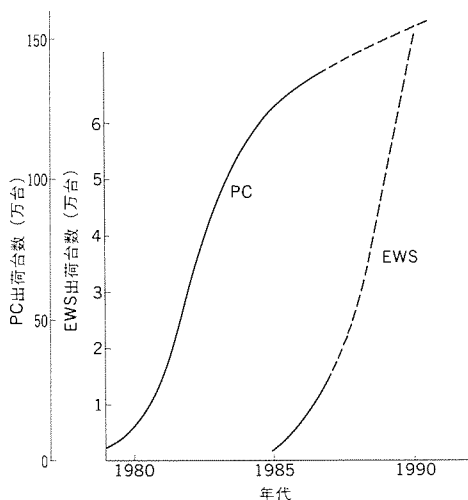


図1. PC, EWSの出荷台数

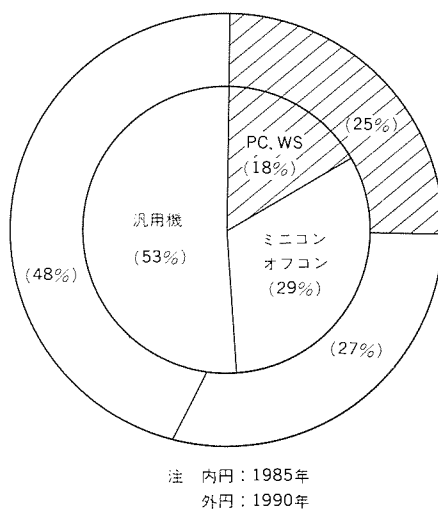


図2. 機種別出荷金額比率

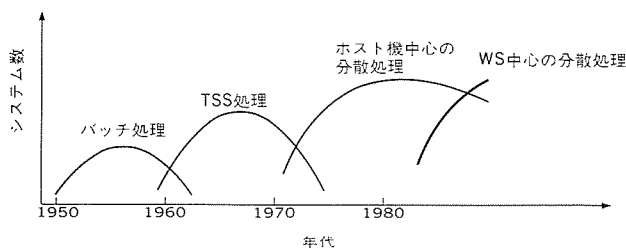


図3. 計算機利用の発展

また、AI言語の実行機能を強化したAIワークステーションや高速の三次元ディスプレイ機能を持つ画像処理ワークステーションなど、原点の発想を生かしつつ独自機能を持つものもこれから急速な発展期を迎えると予想される。そしてさらにこれら新しい発想の計算機の普及は情報処理システムのコンセプトをも変えようとしつつある。

3. ワークステーションによるシステム

前章で見たように、利用者主体の設計思想をもったワークステーションの出現が、計算機システムの利用の仕方やその考え方などに大きな変革をもたらしている。今後ワークステーションの普及が進めば、その変革は更に大きく進展するものと考えられる。このような変革は図3に示すように、計算機利用の発展から見ると、一つの新しいうねりの発生として捉えることができる。

ここでは、計算機システムの利用面でこのような大きな変革をもたらそうとしている要因となっているワークステーションの特徴と計算機を取り巻く利用環境を概観し、そしてこれらを背景に新しく生まれつつある「ワークステーションを中心とした計算機システムの利用形態」を見てみる。

3.1 ワークステーションの特長

新しい計算機の利用形態を生み出す原動力となったワークステーションの特長を以下に記す。

- (1) ミニコンピュータ並の高い処理能力とLANなどの高性能な通信機能を持っているパーソナルユースの計算機。
- (2) LSI技術、特に目覚ましい勢いで性能向上を遂げているマイクロプロセッサの利用により、従来の計算機に比べ、優れた処理性能／価格比を持つ。
- (3) 比較的適用分野を絞り、その適用分野に優れた処理性能を持たせた応用指向の計算機（例えば、CADワークステーション、AIワークステーション、画像処理ワークステーションなど）。
- (4) 高い操作性、すなわち使いやすいインタフェースと優れたインタラクティブ性並びに多様な情報の表現力を持つ計算機。

3.2 計算機の利用を取り巻く環境

ワークステーションの普及はまた利用者側の計算機に求める要求の広がりや質的变化とも相まって加速されている。すなわち、企業活動における最近の計算機利用への要求には、従来のトランザクション処理や大規模計算などに加えて次のような要求へと拡大している。

(1) 計算機利用のすそ（裾）野の拡大

ホワイトカラーのコストが企業の経費に占める割合が増加しており、ホワイトカラーの生産性向上の対策として、従来計算機による支援が経済的理由で利用できなかった業務分野にも利用の要求が高まってきている。

(2) 非定型情報処理への利用

産業構造の変革により、企業では従来にも増して独創的技術の開

発が求められている。このため技術者の創造的活動を高めるため、従来の計算機には不得手であった非定型情報の処理の分野への利用が図られている。

(3) 情報収集のためのネットワーク化と企業情報戦略の重要性増大

経済の国際化、社会全体の変化の加速、人々の価値観の多様ななど企業を取り巻く環境の先行きの不透明化の中で、変化を予測するとともに、不測の事態に対する機敏な対応が企業の死命を制するようになってきている。このため、企業内に分散されている情報を縦横に活用し、意思決定のため高度な情報の加工が必要となってきた。

(4) 共同作業の支援

企業内での活動では、チームを組んで業務の遂行を行うことが多い。チームでの共同作業のための業務支援及び共通情報管理が求められている。

(5) 計算機システムの企業組織への適応性

企業を取り巻く環境の変化に対して、企業組織も柔軟な対応が求められている。そのため、企業活動に今や不可欠となっている計算機システムもまた企業組織への適応性が重要となってきた。

以上のような計算機利用に対する要求の拡大に対して、ワークステーションはうってつけの計算機ということができるが、このようなワークステーションを中心とした計算機利用の発展には、ワークステーションの発展とともに計算機の利用を支える以下の関連技術の発展を見逃すことができない。

(1) ネットワークの発展

ローカルエリア ネットワーク（LAN）の普及は、計算機の利用形態を変えるほどの大きなインパクトをもたらしつつある。特に通信速度の飛躍的な向上によりファイルの分散、プロセスの分散が可能となり、情報発生場所に分散されて格納されている情報を手元にあるファイルのように使用することや、ワークステーションに要求した処理をLANを介して接続されている複数の計算機の上で分担させたりする分散処理が可能となってきた。

(2) オープンシステムの発展

通信プロトコルの標準化（OSI）やUNIX^(注1)（OS）、TCP/IP（通信プロトコル）などインタフェース仕様が公開された基本ソフトウェアの出現をきっかけに、異なるベンダのマシンでも接続が容易な計算機ネットワークシステムが普及してきた。

(3) ユーザーフレンドリー インタフェースの発展

ワークステーションで開発が進んだビットマップ ディスプレイやマウスなどのハードウェア、アイコンやウィンドウシステム、マルチメディア処理などのソフトウェアの発展に負うところが大きい。これにより計算機の利用が非専門家でも可能となり、利用者層の裾野の拡大が図れるようになった。

(4) 計算コストの低減

LSI技術、特にマイクロプロセッサの発展の恩恵を最も直接的に、強く受けているのがパーソナル コンピュータやワークステーションであろう。このパーソナル コンピュータやワークステーションの出現により計算処理コストが飛躍的に低減され、従来経済的に適用が難しい業務にも適用できるようになった。

(5) ワークステーションを中心としたシステム構成の経済性の向上

LSI技術の発展は、計算機のシステム構築にまで影響を与えようとしている。

(注1) UNIXは米国AT&T社が開発し、ライセンスしている。

すなわち、従来は計算機は高価なものであったため、高価な計算機を少しでも有効に利用するため、多数の人が共同使用する方式がとられたが、計算機が安価になってくると、一人一人に専用の計算機を持たせ、人の増減に応じ必要台数を増減するシステムが、経済的に実現可能となってきた。

3.3 ワークステーションを中心とした計算機システム

計算機利用に対する要求に対し、ワークステーションの持っている特長と利用環境の発展とが相まって、ワークステーションを中心とした新しい計算機利用形態が生まれつつある。

ワークステーションを中心とした典型的な計算機システムの利用形態を図4に示す。このシステムでは、LANに接続されている種々の計算機や各種サーバを利用者個人が自由に使える一つの仮想的な計算機を提供することが可能となる。

したがって、処理タイプの異なる計算機、例えばそれぞれ大規模シミュレーション、データベースアクセス、知識処理が得意な計算機をLANに接続しておくことにより、ワークステーションの利用者は種々の処理特性をもった仮想的計算機を得ることができる。さらに、業務の遂行に際し、処理負荷を接続されている計算機に分散することも可能となる。

これは、計算機の利用が始まって以来、1台の計算機を多数の利用者で分割使用してきたのに対して、このシステムでは利用者当たりの使用計算機(CPU)数が1台を超えることを意味し、計算機の利用形態の発展からみても象徴的といえることができる。

このようなワークステーションを中心とした計算機システムの特長を以下に列挙する。

(1) 高い操作性、高いレスポンス性の確保

利用者はユーザーフレンドリな利用者主体のワークステーションを使用することにより、使いやすかつ従来のミニコンやオフコン並の計算パワーを占有できる。

(2) 分散資源の不可視

高速のLANを介してワークステーションと接続されている分散資源(計算機、ファイル、応用ソフト、各種入出力機器など)をその所在や利用のための操作などを意識しないで、あたかもすべてワークステーション上で利用しているかのように利用できる。

(3) 処理負荷や業務により複数CPUの利用が可能

従来、利用者は1台の計算機を多目的に利用していたが、それぞれ特徴をもった複数の計算機(例えば、トランザクション処理、並列計算処理、知識処理、高速データ検索など)を(利用者は意識せずに)負荷分散処理や異なるタイプの業務処理など使用目的にあわせて使い分けることができる。

(4) 共同作業支援

複数の利用者間で、それぞれのワークステーションを通して資源と利用環境を共有することにより、共同作業を効率良く推進できる。

4. 今後の動向

以上見てきたように、ワークステーションは今後計算機利用の中で極めて重要な役割を担うものと思われる。性能面では、過去CPU処理能力で10倍/5年、記憶容量で4倍/5年の発展を遂げており、今後もこの傾向が続くと仮定すれば、2000年では、数百MIPSから1,000MIPSクラスのワークステーションが実現可能と思われる。

このようなワークステーションの性能向上はもちろん、高い計算

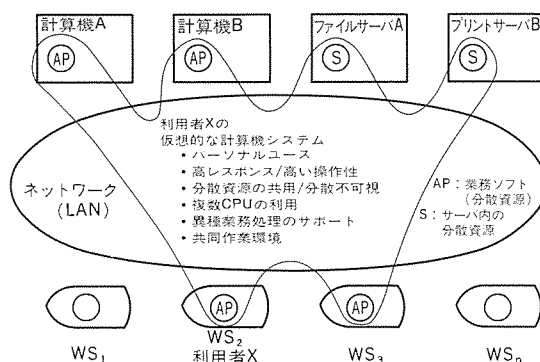


図4. WSを中心とした計算機利用形態

処理能力としてCAD、シミュレーション、技術計算などの分野で威力を発揮するが、それ以上に重要なワークステーションの要素である人とマシンとの対話処理やマルチメディア情報処理の実現に必要な不可欠なものである。

マルチメディア処理では、特に膨大な情報量を扱う必要がある画像、動画、ビデオなどのイメージ情報の利用が本格化し、高度情報通信ネットワークの発展と相まって、イメージ情報を含んだ高度な情報コミュニティができそうである。

ワークステーションの利用者層の飛躍的な増加に伴い、ワークステーションの利用者インタフェースも大きく変ぼう(貌)を遂げるであろう。この場合、特に重要なことは、計算機の利用を意識させない快適なインタフェースを提供することである。このためワークステーションが、より人間側に歩み寄り、自然言語や音声などによる対話の実現がかぎ(鍵)となるが、ここでも強力な処理能力が威力を発揮すると思われる。

ワークステーションの高機能化の一方、普及型ワークステーションの分野ではワークステーションの低価格化、小型化が進むであろう。ワークステーションは、それを利用する人のそれぞれの仕事を手助けするための道具として誕生しており、その意味では従来の仕事の道具である便せんや、ノートブック、又は辞書のようにいつでも、どこでも、役に立つ道具として簡単に使えることが究極のターゲットであろう。この点では、現在のワークステーションはまだ満足できるものではなく、今後も低価格化、小型化への努力を払っていく必要がある。

5. む す び

ワークステーションの利用は、まだその緒についたばかりでハードウェアの急速な発展に利用技術が追いつかず、そのもっている潜在能力のごく一部を利用しているに過ぎないのが現状であろう。

パーソナルコンピュータの出現が、計算機を計算機室から引き出し、個人の所有物になることを人々に認識させ計算機のイメージに大きな変革をもたらした。

そしてワークステーションは、限定分野での活用という従来の計算機のイメージを脱却させ、今後計算機がそれぞれの分野での仕事や生活の道具として広く社会に使われていく先鞭をつけるものとなるだろう。

我々は、このように計算機の新しい利用時代を切り開くワークステーションの開発に向けて、今後もたゆまない努力を続けていく。

三菱エンジニアリング ワークステーション“MEシリーズ”

1. ま え が き

コンピュータシステムにおけるエンジニアリング ワークステーション(以下、EWSという。)の重要性は、ユーザーニーズ面、システム構築方式面から増加しており、市場規模が拡大している。その背景として、今日企業にとって研究・開発部門の質と生産性を向上させることは極めて重要になってきていることと、EWSの高性能・低価格化、ソフトウェアの増加・普及、情報通信網の発展によるコンピュータ利用環境の変化がある。

このような市場にこたえるため“MEシリーズ”は、Industry Std.(工業標準)、De facto Std.(業界標準)を取り入れ、新規技術の応用面への活用を可能にしている。さらに、ソフトウェア財産の蓄積、流通ソフトウェアの活用及び生産の強化のために世界的標準OS(UNIX)を採用し、ネットワークはマルチベンダー分散環境への対応を可能としている。

今回開発した3機種“ME100、ME200、ME400”について、その製品概要、技術的特徴などについて紹介する(図1)。

2. 開発のねらい

EWSの主な役割を見てみると、次のような項目がある。

- (1) 各部門の技術者の個人専用ワークステーションとして設計業務を支援。
- (2) 設計作業の補助業務である文書作成を支援。
- (3) 図面・文書などの設計情報を部門間で共用させる。
- (4) 研究・開発部門の先進性・国際性に対応しやすいこと。
- (5) 設計用途により価格・性能の幅のあるシリーズ性。

ここでEWSに要求されるものとして、“標準性”、“オープン性”が重要になってきている。ユーザー、メーカーとも自力ですべてを開発し継続して強化し、さらに新たな技術に対応していくことには限界がある。そこで基盤となるハードウェア、基本ソフトウェアを標準化動向に沿ったアーキテクチャとし、多くのハードウェア、流通ソフトウェアを利用可能とし、他コンピュータ、ワークステーションとの接続性を良くする必要がある。“MEシリーズ”では、この基

盤を“標準プラットフォーム”と呼んでおり、EWS世界の最新の標準仕様をすべて忠実に実現することを大前提としている。

“MEシリーズ”で採用した“標準”を図2に示す。このように、“標準プラットフォーム”性を持つことが“MEシリーズ”の第一の開発思想である。

3. MEシリーズの概要

上述のように“MEシリーズ”は、機能、操作のポータビリティに優れたEWSである。シリーズの位置付けを図3に、各機種の主な仕様を表1に示す。

現在、三つのモデルがあるが応用プログラムやユーザー操作性の面から完全互換になっている。モデル展開は、演算性能、ディスプレイのサイズ・表示色数、グラフィック性能、記憶容量、入出力の拡張性、机上・床置きタイプなどの相違による。

- (1) ME100:モノクロ、小型・低価格のベーシックモデル。プログラム開発・技術文書作成・簡易型AIなどに適する。
- (2) ME200:カラー、机上置きデスクトップ型のスタンダードモデル。プログラム開発・技術文書などはもちろん、解析・技術計算、CADなどにも適している。
- (3) ME400:高速描画グラフィックエンジンを標準装備した高性能モデル。20インチの大型ディスプレイとともに高速な演算・描画を要する本格的CAE/CADなどに適している。床置き(デスクサイド)型で拡張性も大きい。

3.1 ハードウェア

3.1.1 特 長

ME100/200/400のハードウェア諸元は表1に示すとおりであり、主な特長を以下に記す。

- (1) 高性能マイクロプロセッサの採用

CPUにモトローラ社の高性能マイクロプロセッサMC68030を採用し、浮動小数点演算用にはモトローラ社の浮動小数点演算用コプロセッサ(FPP)MC68881/MC68882を使用している。MC68030は、ME1000シリーズで採用していたMC68020に比較し、データ用のキャッシュメモリ256バイトの搭載、メモリ管理ユニット(MMU)

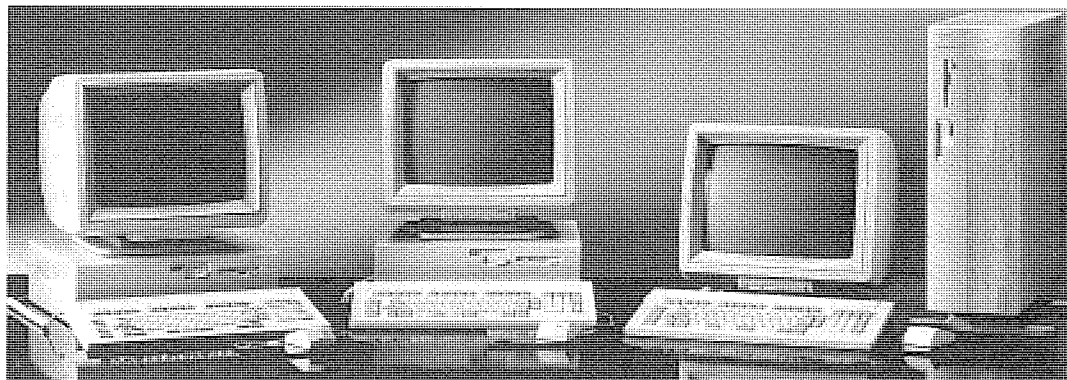


図1. ME100/200/400の外観

三菱エンジニアリング ワークステーション “MEシリーズ” 開発思想

□国際的標準 (Industry std, De facto std.) をハードウェア、基本ソフトウェアの基盤とする標準プラットフォーム

- CPU : MC68030, 68881/2 (FPP)
- O S : UNIX System V R3.0+4.2BSD (TCP/IP, NFS)
- 言語 : C, FORTRAN 77
- 日本語 : JAE 2.0 (EUC漢字コード)
- ウィンドウ : XウィンドウV11
- ネットワーク : Ethernet (TCP/IP)
- 分散 : NFS
- グラフィックス : GKS (ISOレベル2C)
- インタフェース : VMEバス, SCSI, GP-IB, RS232C, セントロニクスIF

JAE : Japanese Application Environment

EUC : Extended UNIX code

NFS : Network File System

注 (1) UNIXは,AT&Tのベル研究所が開発したオペレーティングシステムでAT&Tがライセンスしている。

(2) NFSは, Sun Microsystems社が開発したソフトウェアである。

図 2. 標準プラットフォーム

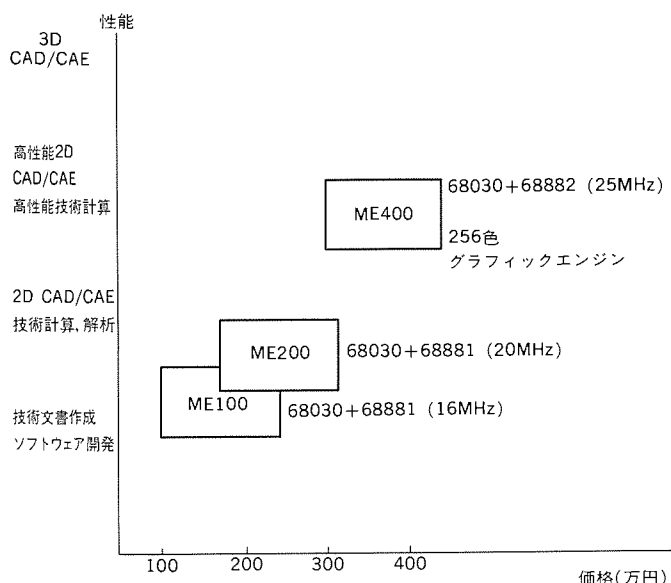


図 3. ME100/200/400シリーズの位置付け

の内蔵化、外部バスの2クロック同期転送モードと内蔵キャッシュメモリ用のバースト転送機能サポートなどの性能・機能強化が行われている。

(2) ME400に外部キャッシュメモリの採用

ME400にはMC68030の性能を最大限に引き出せるように、64Kバイトの外部キャッシュメモリを装備し、キャッシュメモリにヒットした場合には2クロックの同期転送モードによりノーウェイトで動作する。

(3) ME400にグラフィックエンジン搭載

ME400にはグラフィック性能強化のため、グラフィックエンジンを搭載している。グラフィックエンジンの演算部には、モトローラ社のデジタルシグナルプロセッサDSP56001を採用している。

(4) 小型大容量内蔵ディスク/大容量内蔵カセットMTの搭載

ME100/200には88Mバイト又は169Mバイトの内蔵固定ディスクを搭載し、ME400には169Mバイト又は320Mバイトの内蔵固定ディスクを搭載している。また、オプションとして155Mバイトの内蔵カセットMTが搭載可能である。

表 1. モデル別の主な仕様

項目	モデル	ME100	ME200	ME400
適用分野	技術文書作成支援	○	◎	◎
	ソフトウェア開発	◎	◎	◎
	2D作図	○	○	◎
	技術計算・解析	○	○	◎
	2D CAD／CAE	○	○	◎
ハードウェア	CPU(クロック)	MC68030(16.7MHz)	MC68030(20MHz)	MC68030(25MHz)
	FPP(クロック)	MC68881(16.7MHz)	MC68881(20MHz)	MC68882(25MHz)
	主メモリ(MAX)	4Mバイト(16Mバイト)	4Mバイト(16Mバイト)	8Mバイト(32Mバイト)
	キャッシュ	——	——	64Kバイト
	固定ディスク	(基本)88/169Mバイト		169/320Mバイト
		(拡張140/320Mバイト MAX3台)		
	ビットマップディスプレイ	17"モノクロ	16"/20"カラー	
	グラフィックエンジン	——	——	有り
	色数(同時表示色)	モノクロ	16色/4,096色中	256色/1,670万色中
	内蔵FDD	3.5" 1Mバイト		
	内蔵カセットMT	155Mバイト		
	入出力I/F	SCSI,RS232C×2,セントロニクス, LAN (ethernet),GP-IB(オプション)		
オプションスロット	VMEダブルロング ×1 VMEシングルロング×1		VMEダブルロング×3 VMEシングルロング×1	
ソフトウェア	UNIX OS	System V(R3.0)+4.2BSD		
	仮想ディスク	有り		
	日本語	JAE2.0		
	ウィンドウ	Xウィンドウ(V11), MEウィンドウ		
	ネットワーク	TCP/IP, SNA, MNA-P		
	分散ファイル	NFS		
	言語	C, FORTRAN,PROLOG,LISP		
グラフィック	GKS(レベル2C)			

(5) 標準の入出力インタフェースの採用

ディスク、MTなどの高速の入出力装置用に、SCSIインタフェース、プリンタ装置などにセントロニクスインタフェース、シリアル入出力用にRS232Cインタフェース、イーサネット対応のLANインタフェース、各種オプション制御装置用にVMEバスを標準として用意している。

3.1.2 ME100/200本体装置の構成

ME100/200本体装置の構成を図4に示す。ME100はCPUとFPPに16.7MHzのMC68030及びMC68881を使用し、ME200には20MHzのMC68030及びMC68881を使用している。浮動小数点演算は、ANSI-IEEE754-1985に準拠している。

主記憶は1MビットのDRAMを使用し、最小4Mバイト最大16Mバイトの構成が可能である。

ディスプレイは、1,280×1,024ドットのビットマップディスプレイを使用し、ME100はモノクロCRT、ME200はカラーCRTを使用し、4プレーンのフレームメモリにより4,096色中同時16色まで表示可能である。

固定ディスクは、88Mバイト又は169Mバイトの5インチディスクを本体に内蔵し、SCSIインタフェースで接続される。また、オプションとして、155Mバイトの容量を持つカセットMTが本体に内蔵可能であり、SCSIインタフェース経由で接続される。また、SCSIインタフェースは、標準の入出力インタフェースとして外部に増設固定ディスク装置、オープンリール型磁気テープ装置、光ディスク装置をオプションとして接続することができる。入出力スロットには標準バスとして、VMEバス (Versa Module Europe) を採用し、オプションとしてME用に用意されている入出力制御装置や、市販のVMEボードがこのバス経由で接続可能である。現在、オプションと

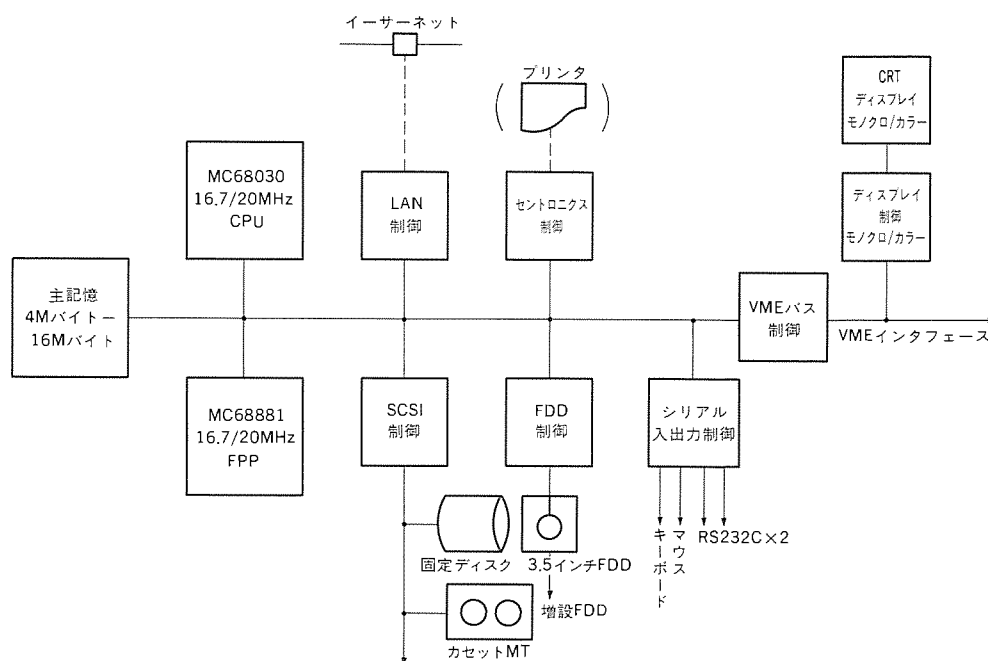


図 4. ME100/200本体装置の構成

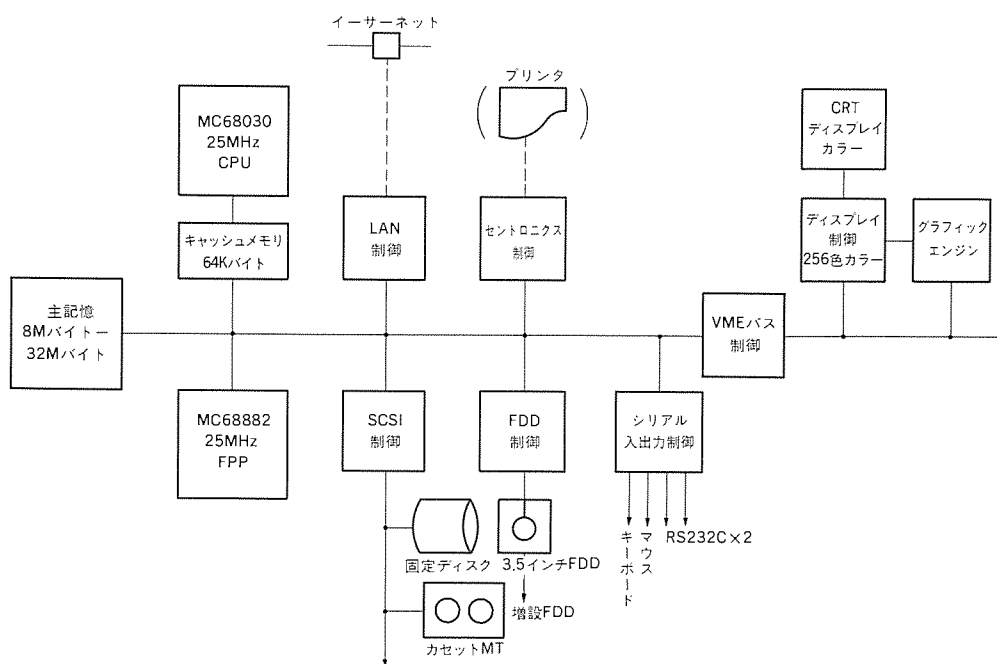


図 5. ME400本体装置の構成

してX. 25通信制御装置，GP-IBインタフェースとRS232C及びV.24インタフェースを複合したA複合通信制御装置が用意されている。

3.1.3 ME400本体装置の構成

ME400本体装置の構成を図5に示す。ME400はCPUとFPPに各々25MHzのMC68030とMC68882を使用している。MC68882は，MC68881に対して浮動小数点命令のオーバーラップ実行などの処理の並列性を強化して高性能化を図っている。主記憶は1MビットのDRAMを使用し，最小8Mバイト，最大32Mバイトの構成が可能である。

ME400は，マイクロプロセッサMC68030の性能を最大限に引き出せるように64Kバイトの外部キャッシュメモリを搭載している。キ

ャッシュメモリの構成は，ラインサイズ16バイト，4,096ラインで，データメモリとタグメモリにはそれぞれ16K×4と4K×4の構成を持つ高速SRAMを使用している。マッピング方式は，高速アクセスを目的とし，キャッシュの制御回路が簡素化されるダイレクトマッピング方式を採用した。ストア制御は，CPUのストアアクセスのときにはキャッシュメモリと主記憶の両方にデータを書くストアスルー方式を採った。主記憶は，32ビット×2の2ウェイインターリーブの構成をとり，キャッシュにミスヒットしたときには，キャッシュの16バイトのラインに，連続した4クロックで，1ロングワード（4バイト）／1クロックずつ16バイトのバースト転送を行う。キャッシュメモリにヒットしたときには2クロックのアクセスタイムで

読むことができ、CPUはノーウェイトで動作する。

CRTディスプレイは、8プレーンのフレームメモリを使用し、1,670万色中同時256色まで表示可能である。ME400は、グラフィック処理性能強化のためグラフィックエンジンを標準として持つ。図6にグラフィックエンジンの構成図を示す。グラフィックエンジンは、ビューイングエンジン (VE) 部とラスタエンジン (RE) 部に分けられ、VE部はグラフィックデータの座標変換やクリッピングなどの幾何学計算を受け持ち、RE部は主として直線描画を受け持つ。

VE部は3個、RE部は1個のプロセッシングユニットを持つマルチプロセッサ構成をとり、グラフィックデータをパイプラインで処理する。各プロセッシングユニットは、モトローラ社のデジタルシグナルプロセッサDSP56001を使用している。固定ディスクは、169Mバイト又は320Mバイトの5インチディスクを内蔵する。その他の入出力インタフェース/装置については、ME100/200と同様である。

3.2 ソフトウェア

3.2.1 基本ソフトウェア

“MEシリーズ”のオペレーティングシステムは、世界の標準となりつつあるUNIX System VのR3.0をベースに、BSD機能の一部を取り入れ強化することで、流通ソフトウェアの移植に対応している (図7)。

日本語インタフェースは、JAE2.0を搭載、ネットワークサポートとしてプロトコルにTCP/IP、SNA、MNA-P、分散ファイルシステムとしてNFSを採用している。ウインドウシステムにはXウインドウV.11と、独自のウインドウシステムであるMEウインドウの2種類を採用している。両方とも日本語をサポートしている。

さらに、グラフィックインタフェースにはGKSレベル2Cをフルサポートしている。

3.2.2 ソフトウェア開発ツール

C、FORTRANを利用したプログラミングがUNIX、ビットマップディスプレイによる本格的マルチウインドウ環境で行える。モジュールのバージョン管理 (SCCS) はもとより、マルチウインドウデバッグによる効率の良いデバッグ機能、日本語EMACSによるマルチウインドウでのスクリーンエディット作業、MELPECによるソースプログラムとHCP図の相互変換など、日本語を基盤とした多彩な機能がソフトウェアの生産性を高めている。

(1) MELPEC

ソフトウェア開発における品質の確保と生産性の向上を目標としたHCP図によるプログラム構造化設計が容易にできる。また、HCP図とソースプログラムの相互変換を可能とし、仕様書とプログラムの整合性を常に保つことができる。言語は、C、FORTRANが使用でき、マウス、マイコンメニューなどにより操作性を大幅に向上させている。

(2) マルチウインドウ デバッグ

UNIX System Vに標準装備されているシンボリックデバッグ (sdb) を、マルチウインドウ環境で使いやすかつ機能アップを図って作られている。改良点としては、sdbのコマンドをメニュー化及びボタン化 (マウスでコマンドを入力する) したこと、出力をマルチウインドウ化したこと及びコマンドヒストリ機能 (以前に入力したコマンドをもう一度実行する。) を付け加えたことなどである。

このほか、パブリックドメインソフトウェアから日本語EMACSを製品化していることに加え、第三者ソフトウェアとして、

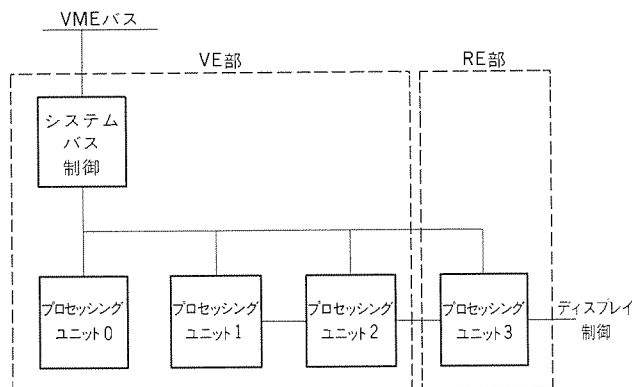


図6. ME400グラフィックエンジンの構成

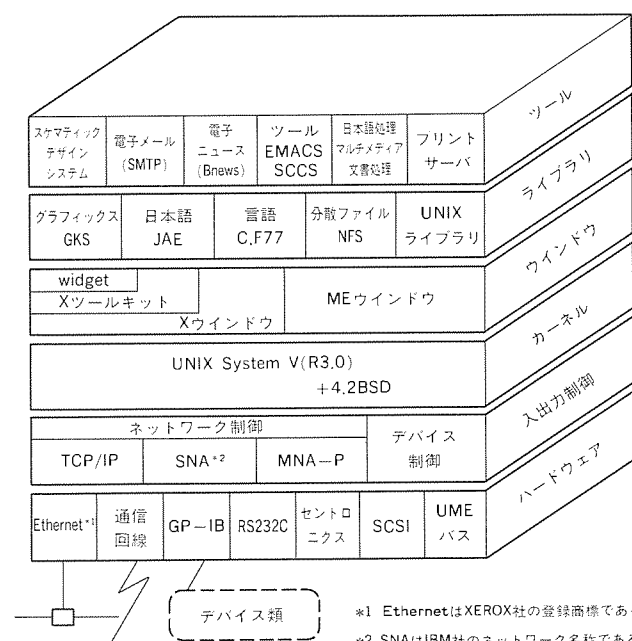


図7. MEシリーズUNIX環境

FORTRANからCへの変換ツール、マイコンソフトウェア開発用クロスコンパイラ及びシミュレータデバッグ、シミュレーション言語、FAシステム用評価シミュレータなどを用意している。

3.2.3 技術文書編集支援ツール

技術文書、報告書などのドキュメンテーション作業は、エンジニアにとって重要な業務の一つである。“MEシリーズ”では、これらの文書やCAD図形の編集など、マルチメディア文書の作成、編集、印刷機能を備え、エンジニアオフィスに総合的環境を提供している。ツールとしては、マルチメディア文書処理サービスのほかに、第三者ソフトウェアによるDTP (Desk Top Publishing) 日英混在ワープロ機能を提供しており、文書編集の種類、レベルに応じ選択できる。

マルチメディア文書処理サービスは、テキスト、CAD図面、図形、グラフ、表、イメージの各メディアを文書の中に取り込み、編集可能である。CAD図面としては、《MELCAD-MD》(当社製CADシステム) などを取り込むことができる。図形編集は、文書中にイラストやフロー図などを書き入れるときに便利である。技術文書に表、グラフは付き物であるが、グラフ作成は14種類のグラフをメニューから選択する方式であり、目的に合った形に仕上げることもできる。また、数式・技術記号編集も可能である。

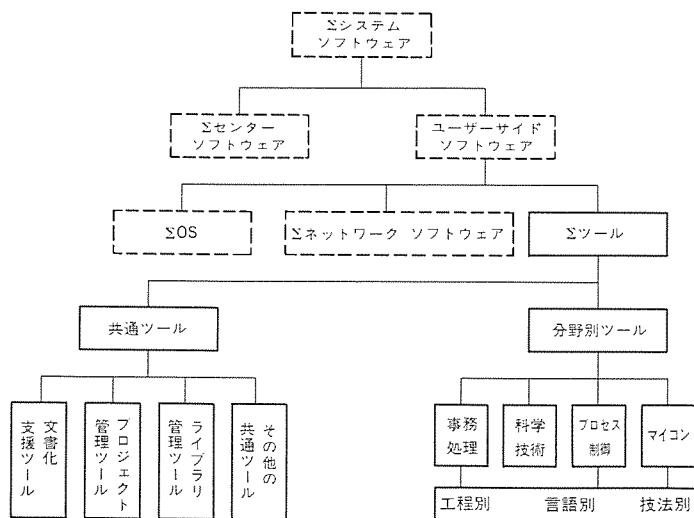


図8. Σツールの体系

アプリケーション インタフェースは、表データ、グラフデータ、テキストデータの入出力が可能であり、ユーザーアプリケーションとの親和性を向上させている。

編集・印刷サポートサイズは、A3/B4/A4/B5が可能であり、印刷はサイズ混在型の文書でも自動的にサイズを判別して出力できる（ただし、プリンタの用紙カセットは2種類まで同時装着できる）。

他の文書データとして、A1mkIIで作られた文書を取り込む変換ツールが用意されており、資源の有効活用を図っている。

3.2.4 CAD/CAEツール

スキマティック デザインシステムをはじめ、第三者ソフトウェアによる図形入力エディタ、プリポストプロセッサ、非線形構造解析プログラム、非線形衝撃応答プログラム、磁場解析プログラム、プラスチック射出成形シミュレータ、数値計算・統計計算ライブラリなどのサポートをしている。

スキマティック デザインシステムは、接続情報を持った図形の編集などに強力な機能を持つ汎用の図形編集エディタである。図面はマクロ、属性(テキスト)、接続線及びプリミティブとなる図形から構成され、組合せによって複雑な図面の作成・編集ができる。操作はマウスを基本にしている。また、一連の操作をまとめて一つのコマンドにすることも可能であり、専用システムとしての操作性を高めている。

3.2.5 AI (ES) ツール

AI (Artificial Intelligence: 人工知能) 技術の適用は、情報処理分野、産業分野を問わず開発、プロトタイプングが進められ着実に実用化へ向かっている。エキスパートシステム構築ツール (ESツール) としてμEXTKERNEL, AI用言語Prolog, Common Lispを提供し、AIシステム開発環境として、またAIシステム実行環境として使用することができる。

μEXTKERNELは、第五世代計算機《MELCOM PSI II》のESツールEXTKERNELIIに準拠しており、知識をルール及びフレームの形で記述でき、前向き、後ろ向き推論が可能な汎用ESツールである。《MELCOM PSI II》で開発した知識ベースや推論アルゴリズム

をMEシリーズに移植すれば、AIシステムの開発生産性に優れた《MELCOM PSI II》を開発用に、MEシリーズを実行用として使用できる。

3.2.6 データベース

EWSでは、ユーザーインタフェースは、従来のキーボードからコマンドを入力する形からマウスなどのポインティング デバイスで指定するメニュー形式へと、より親和性の高いものへ移行している。現在、リレーショナル データベースの世界ではキャラクタ端末を対象としたデータベース言語SQL (Structured Query Language) が主流であるが、この操作は構文規則を覚える必要があり入力に煩わしさが残る。これを解消したのがワークステーション データベース管理システムである。これは、ワークステーションの持つマウス、マルチウインドウなどの基本マンマシン インタフェース機能をフルに利用したリレーショナル データベース管理システムのためのユーザーインタフェースを提供するものである。

ほかに、第三者ソフトウェアでもデータベースのツールを提供している。

4. Σワークステーション

ソフトウェアの生産性向上を目的として、通産省指導のもとに、Σシステム構築計画が進められている。

Σシステムは、情報処理振興事業協会Σシステム開発本部が仕様を統一したワークステーション、オペレーティング システム、ネットワークワークツール、ソフトウェア開発支援ツール、及びΣセンターにより構成されている。Σシステムは、ソフトウェア開発のためのプラットフォームである。

当社では、エンジニアリング ワークステーションをベースにΣワークステーションを開発し、ΣOS, Σネットワーク, Σツールを搭載し、指定モニタ作業を実施した。

Σツールには、図8に示すように、共通ツール、技術マイコン分野ツール、事務処理分野ツールがある。これらに加えて、ワークステーションメーカー（環境ベンダー）が、独自に提供する流通ツールがある。ツール間を流れるデータは、標準のデータアーキテクチャで統一されており、操作の一貫性が図られている。

Σシステムは、'89年度完成を目指して、現在、改良が継続して進められており、ツールのブラッシュアップが図られる予定である。

5. む す び

EWSは、企業の技術部門への導入を中心として、年率30～50%の伸びで普及し、1990年には2,500億円の国内市場になることが予想されている。

米国ベンチャー企業中心であった市場に、国産コンピュータメーカーが本格的にEWS事業に取り組み始めたこと、及び企業の研究開発への積極的投資、国際協業化の動向などを背景に、技術部門システムEOS (Engineering Office System) を代表とする大量導入時代に入っており、技術、製品及び利用技術が飛躍的に進歩することが期待される。

EOAシステムの構想と実施例

鎌田智明*
諸富 寿**
川上真二**

1. ま え が き

最近、設計部門ではCADが本格的に普及し、成果を挙げている企業が増えてきている。しかしながら、設計の上流工程である見積りや仕様書の作成、技術検討といった技術者の知的作業についてはコンピュータ化が遅れている。

円高による不況をようやく脱し、上向いてきた製品市場ではあるが、ますます多様化する消費者ニーズと、し烈な競争に耐えるコスト体力が要求されている製品業界では、製造部門の効率化以上に技術部門の効率化が必要とされている。

これは言い換えると、エンジニアリング オフィスで扱われる情報を有効活用し、技術者の生産性を改善するアプローチが必要とされていることにほかならない。

当社は、この改善施策をEOA (Engineering Office Automation) の具現化としてとらえ、実現のためのツールを提供している。

本稿では、EOAの対象業務、導入効果にふれながら、当社のEOA構想を解説し、具現化の実例として当社の製作所におけるEOAシステムの導入事例を紹介する。

2. EOAの導入目的

2.1 EOAの対象業務

EOAとは、研究・開発・設計などの技術部門における、技術文書作成、プロジェクト管理、その他付帯業務の効率化を目指すオフィスの統合環境であり、CAD/CAE/CASEなどの設計基幹業務と情報交換、又は基幹業務の一部を担いながら技術者の生産性向上を支援するシステムである (図1)。

2.2 EOA化のねらい

EOA導入の目的をまとめると次のようになる。

(1) 技術者の生産性向上

エンジニア本来の知的、創造的業務に専念できる環境を提供する。すなわち、エンジニアの知的作業を支援し、単純作業はシステムが自動的に処理する。

(2) 技術の向上

技術情報の蓄積・有効活用と設計ツールの流用による技術力の向上をねらう。

(3) 設計品質の向上

解析、シミュレーション ツールの活用及び設計間インタフェースの電子化、明確化による設計品質の向上を図る。

(4) 開発・設計期間の短縮

業務間、工程間インタフェースのペーパーレス化、ネットワーク化による期間短縮を図る。

(5) アウトプットの高品質化

美しく見やすいドキュメントを作る。

(6) 省スペース化

膨大な図面、資料類を電子化する。

3. EOAシステムの構想

3.1 システムイメージ

EOAシステムの主な構成要素は、技術文書処理機能を中心とした高精細、多機能エンジニアリング ワークステーション“MEシリーズ”、技術文書、図面、解析データなどの技術情報の保管、検索を可能にするEOAサーバ“MXシリーズ”、これらとCAD/CAE/CASEなどの専用システムとを接続する高速LAN《MELNET》から構成される (図2)。

3.2 システムの特長

(1) 世界的な標準基盤の上に構築されたEOAシステム

EOAシステムの構築にはCAD/CAEをはじめ、既設のシステムとの接続が不可欠であり、連続性を保ったシステム インテグレーションが要求される。したがって、当社のEOAは、ハードウェア、ネットワーク、OSなどの基盤技術に世界的な規模で規格化が進められている業界標準、すなわちデファクト スタンダード (De facto Standard) を採用することによって他社計算機やワークステーションとの接続、さらに第三者ハードウェアやソフトウェアの利用を可能にし、システム構築を柔軟なものにしている。

(2) 文書処理のオープンサービス

エンジニアリング ワークステーション上の文書処理は、テキスト、表、グラフ、図形、イメージといった複数メディアから構成され、各メディアごとに他システムとのインタフェースを持っており、CADの図面情報を文書にはめこんだり、ホスト計算機上のデータベース内にあるデータで文書中のデータをダイナミックに更新するなど技術文書の効率的作成が可能である (図3、図4)。

(3) 豊富なネットワークサービス

100Mbpsのリング型光ファイバLAN (FDDI準拠) と10Mbpsのバス型LAN (IEEE802.3準拠) の階層化構成、さらにゲートウェイを介した広域ネットワークへの接続が可能であり、柔軟なネットワーク構成を可能にしている。また、ネットワークプロトコルもMNA-P (OSI準拠)、SNA^(注1)、TCP/IPをサポートしており、IBMホストをはじめ、UNIX^(注2) ワールドを形成する計算機、ワークステーション

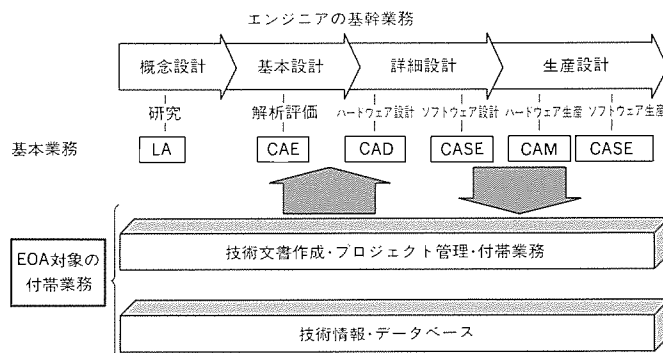


図1. EOAの対象業務

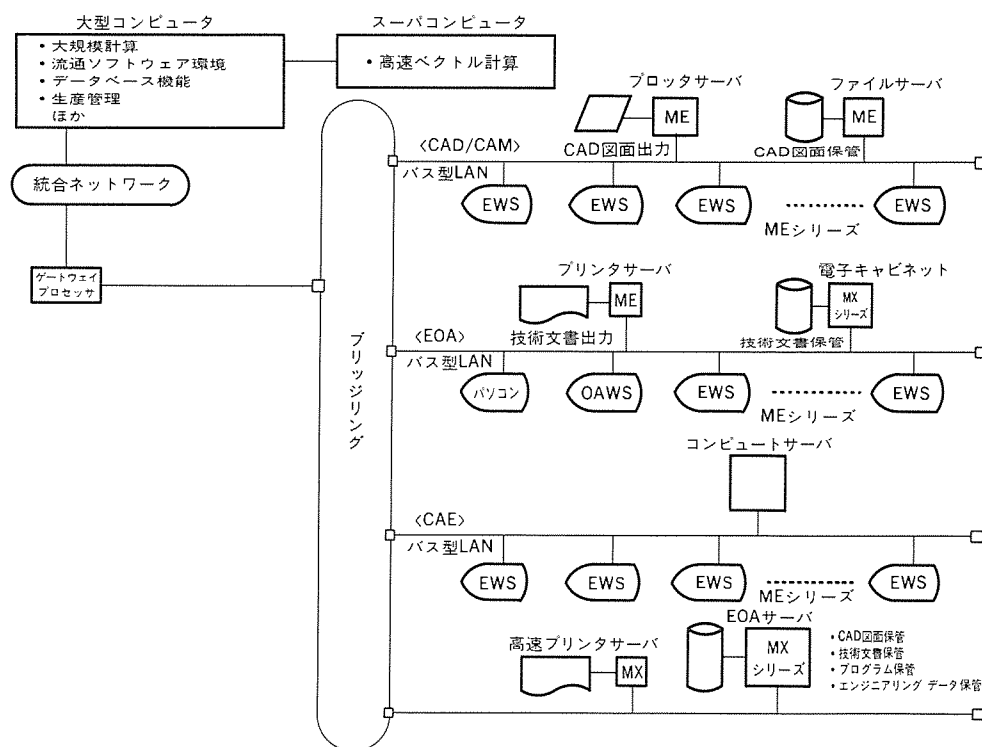


図 2. EOA のシステムイメージ

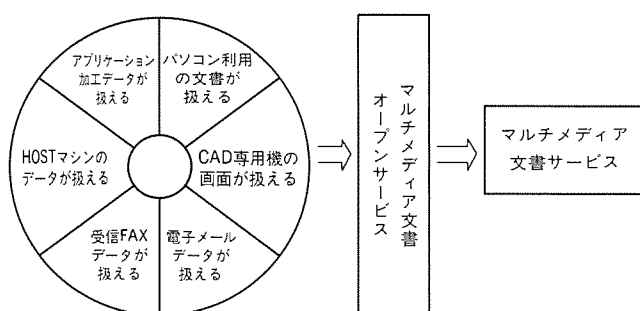


図3. 文書処理のオープンサービス

文書作成、 編集システム、 プロシエクト管理 付帯業務	メーリング システム	プリント サービス	技術情報データベース		EOA アプリケーション
文書処理 文書交換 文書オープンサービス 各種ソフト	電子メール FAXメール	文書印刷 図面印刷	電子キャビネット 電子図庫	リレーショナル データベース データベース マンマシン	EOA 共通ソフト
GKS レル2C	Xウインドウ Version11	分散ネットワーク処理 NFS, UUCP		言語 C/FORTRAN77	デファクト スタンダード
OS UNIX SYSTEM-V R3.0+4.2BSD拡張				JA2.0 (EUC漢字コード) 日本語	
CPU MC68030	浮動小数点 IEEE753		VMEバス	SQL/F/RDB	
TCP/IP	OSI/SNA		RS232C	SCSI	
				GP-IB	

図 5. EOAの機能ブロック

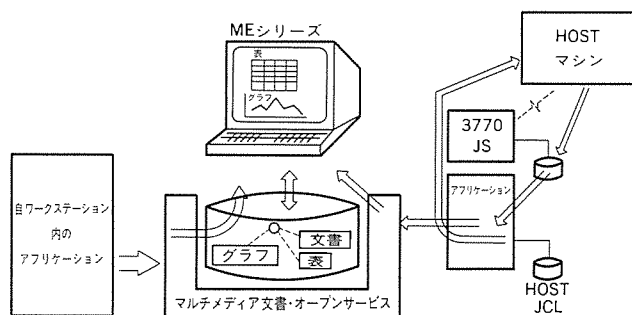


図4. 文書オープンサービスの応用例

ョンとの接続を容易にし、業務間インタフェースの高速化を実現している。

(4) 信頼性の高い電子キャビネット

技術文書を保管・検索する電子キャビネットは、貴重な財産の保管庫であり、ファイルアクセス中の外乱などによるファイル破壊か

(注1) SNAは、IBM社のネットワーク名称である。

(注2) UNIXは、米国AT&Tベル研究所が開発したオペレーティングシステムである。

ら完全に保護される必要がある。したがって、この電子キャビネットは信頼性に対する考慮からUNIXファイルの使用は避け、リアルタイムOS上のVSAMファイルを使用した。また、重要データの光ディスクによるバックアップ、ディレクトリのジャーナルによるリカバリー処理など万一の破壊に備えたリカバリー対策が施されている。

3.3 EOAを実現する機能

EOAを構成する機能は、図5に示すようにデファクトスタンダードの基盤上に、EOA共通ソフトウェア、EOAアプリケーションの3階層から構成され、ユーザーの業種対応にEOAアプリケーションのメニューを充実していく。

4. EOAシステムの実施例

4.1 システム導入のねらい

当社で電子機器の製造・販売を主な事業としている製作所では、最近の受注システムの大規模化や複雑化傾向により、設計負荷の増大化傾向に対する対処が緊急の課題となってきた。また、同業他社との技術競争の激化により、固有技術の強化による技術的優位性の確立が必要となってきた。

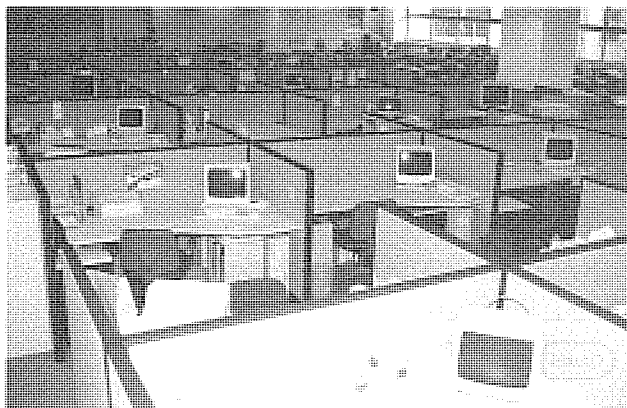


図6. 設計オフィスの環境

このような背景及び課題をもとに、設計業務の効率化と信頼性の向上を目指すとともに、ペーパーレス設計・出図による統合化生産システム、すなわちCIM (Computer Integrated Manufacturing) の基盤構築を目的とし、まず図6に示すような設計者1人におおむね1台のワークステーションを配置した設計オフィスを実現した。

4.2 システムの特徴

このシステムの特徴として、次の3点があげられる。

(1) マルチベンダー機器による構成

既存の専用CAD/CAEシステムとして導入している他社製のコンピュータを含めた統合システムを構築した。すなわち、設計者各人に配置されたワークステーション、各種の専用CAD/CAE機器、ホスト計算機などをすべてネットワークに接続し、情報の伝達を可能としたことにより、分断されていた個別システム間の融合を図った。このシステムの全体概念を図7に示す。

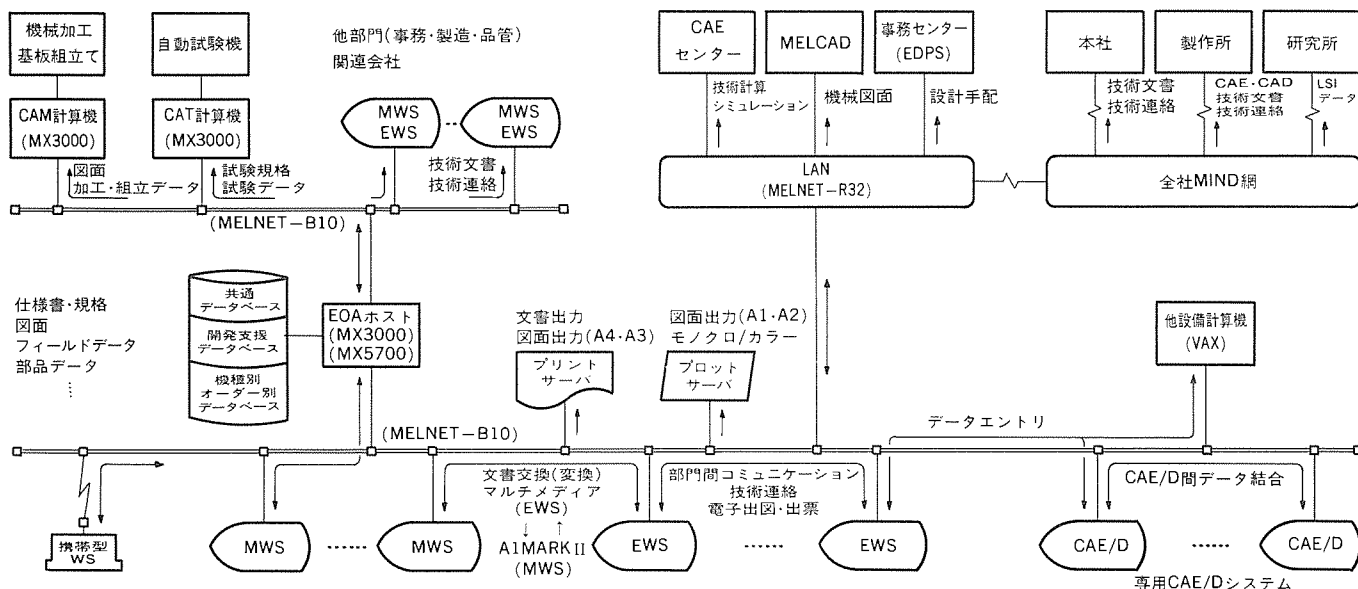


図7. 全体システム概念

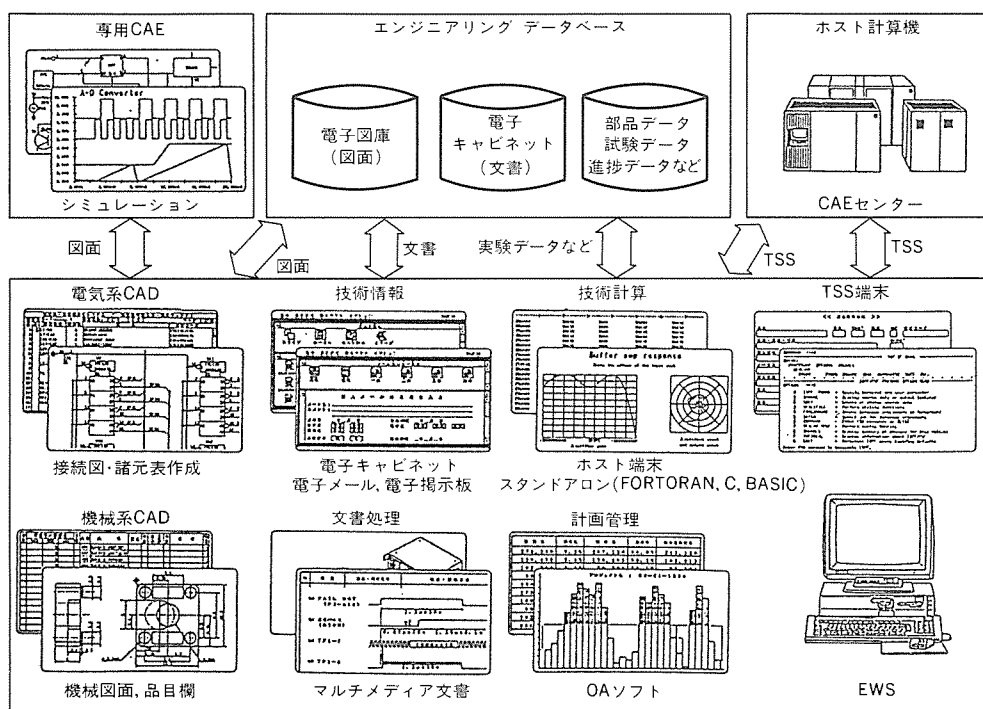


図8. EWS上の利用ツール

(2) 技術文書作成の効率化に焦点

既に効率化のためのコンピュータを各種導入している設計の基幹業務にではなく、設計上流の基本設計や仕様書作成といった技術文書の効率化に焦点をあてた。

今回のシステムの中心となるエンジニアリングワークステーション“ME200”では、技術文書処理とシミュレーション、技術計算、図面作成などの機能を実現し、多機能なワークステーションとしての役割を発揮させた（図8）。

(3) 設計技術データベースの構築

技術文書や図面、CAEデータなどの設計情報を一元管理し、設計ノウハウを蓄積することにより、流用・編集設計の拡大を図った。また、各個別データベースの関連付けを行い、より高度な情報検索

を可能とするため、図9に示すようなデータベース管理システムの構築を進めている。

4.3 システムの機能

(1) 技術文書の作成

数式などの特殊記号を扱い、図面を含んだ設計部門での大量の技術文書（例：提案書、システム仕様書）を、CADの図面情報をワークステーション上で合成することにより、効率的に作成している。また、文書処理のオープンサービス機能により提供される文字、表の文書インタフェースライブラリを利用して、文書中の数値データを描出し、ホスト計算機で技術解析を実行し、その結果をグラフとして文書に再合成するなど文書作成の機械化を実現している。

(2) 設計技術データベース

技術文書、部品、図面、解析データなどの技術情報を蓄積管理し、再利用による設計の効率向上を実現している。具体的には、各個別の情報を大容量磁気ディスクやオートチェンジャ付きの光ディスクを持つスーパーミニコンピュータ《MELCOM 70/MX》に蓄積し、高性能リレーショナルデータベースによる検索を可能にした。

(3) プリンタの共有

オフィスに騒音を持ち込まずに安価で省スペースな環境を実現するため、従来の1台のワークステーションに1台のプリンタを接続する構成を廃止し、複数のワークステーションから1台のページプリンタを共有するシステムを構築した。

同様にネットワーク内のCADシステムから共有可能なプロッタ

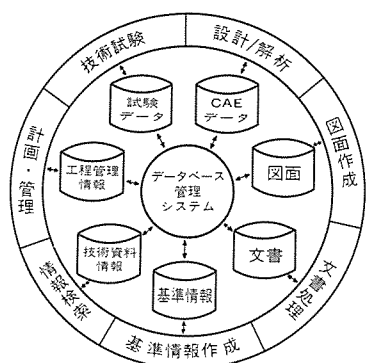


図9. データベース管理システム

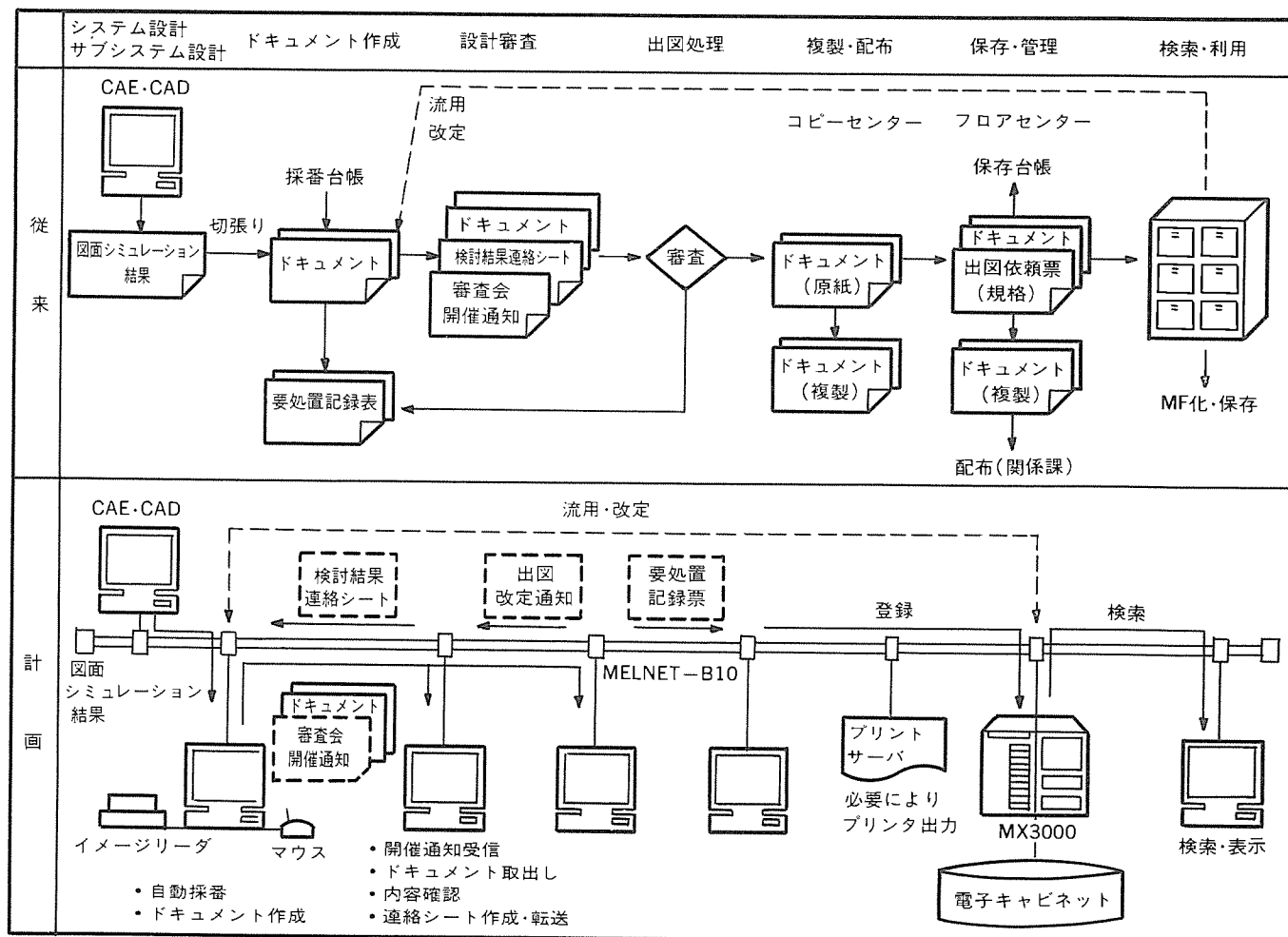


図10. 設計・出図の流れ（ドキュメント）

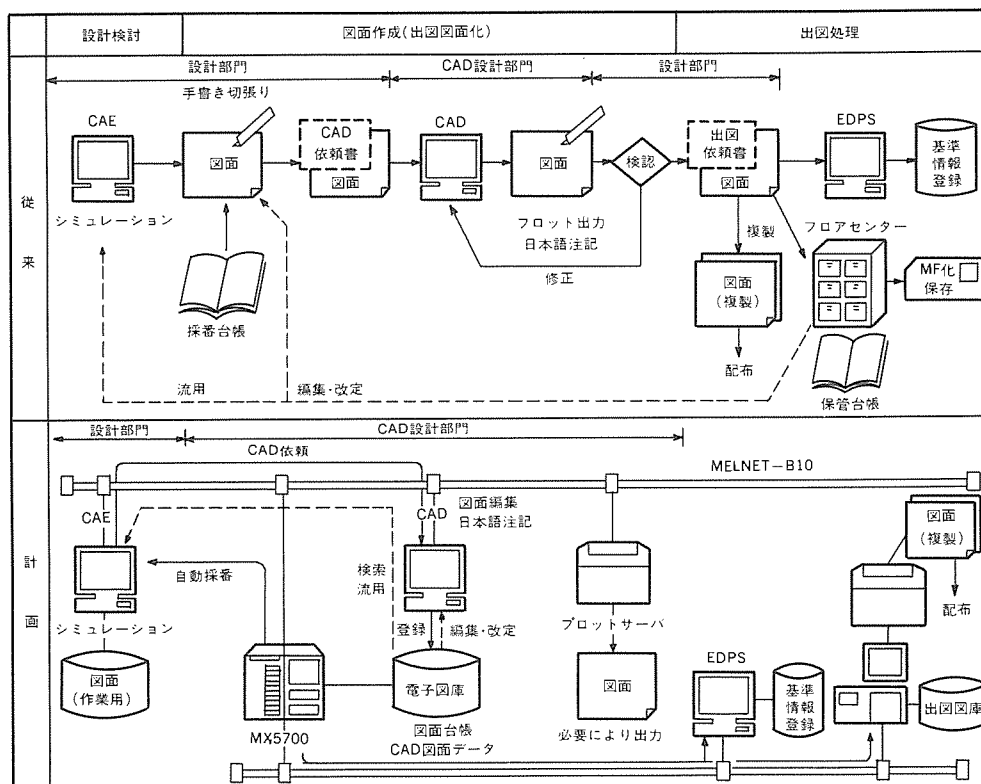


図11. 設計・出図の流れ（図面）

も準備した。それらを使用した設計・出図の流れを図10、図11に示す。

(4) 専用CAD/CAEシステムの前処理

増大する設計負荷に対応するため、既に導入されている高価な専用CAD/CAEシステムの有効活用の促進を図った。すなわち、エンジニアリングワークステーション上に、日本語処理機能を持った回路図作成ツール（Valid-GED）を搭載し、専用システムの前処理機能である図面作成を実現している。

具体的にインタフェースを実現したCADシステムは、次のとおりである。

- 論理回路設計用CAD（図面レベル）
- アナログ回路設計用CAD（図面レベル）
- プリント基盤設計用CAD（回路情報レベル）

また、機械構造設計についても同様に、前処理機能を持たせていく予定である。

4.4 導入の効果

現在、特定の二つのプロジェクトに対して設計上流工程で発生する技術文書などの情報を順次体系的に蓄積・管理し、再利用を図っている。現在、'90年度を最終目標にして、第1ステップの完成を目指している構築途上のシステムであるが、図12に示すような定量的な効果を目指している。

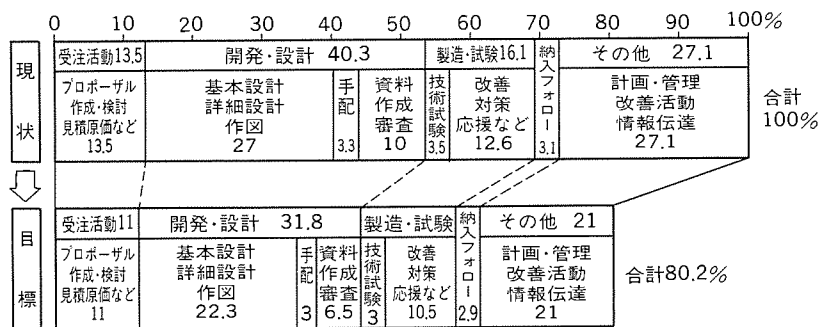


図12. 定量的効果

5. む す び

現在、EOAシステムは大企業を中心に導入が進められているが、その分野は多岐にわたり、アプローチの方法も様々である。技術的には、情報の管理・検索をいかに効率良く行うか、メディアの多様化により飛躍的に増加した情報量をネットワークを介していかに効率良くさばるか、データベースのアクセスやドキュメンテーションのマンマシンの操作性をいかに改善していくかといった解決すべき課題をかかえながら、急速な立ち上がりが期待されている分野である。

当社のEOA関連の製品化もこの期待に添うべく充実していく所存である。

三菱図面管理システム“GXシリーズ”

小澤純一郎* 野々山泰匡*
石崎 貴* 岡本隆司**
綾 信吾*

1. ま え が き

増大の一途をたどる一般社会の書類や図面のうち、保管・維持管理・積極利用を必要とするものは少なくない。これらの図面を、簡便にかつ有効利用できるシステムの出現が望まれて久しかった。既に、計算機による設計支援システム (CAD) があり、図面データの計算機処理を行うが、すべてベクトルデータによる作画処理が主体であり、データの保管・活用主体という本稿で紹介するシステムとはジャンルを異にしている。

近年、パソコンやワークステーションの普及に伴い、処理装置 (CPU) の高性能かつ小型化されたものが安価に供給され、またメモリの大容量かつ高速化が図られてきた。また、周辺デバイスの進歩も著しいものがある。これらハードウェアを駆使するソフトウェア技術、ネットワーク技術を搭載した図面管理システムが、急速に普及の兆しを見せてきた。

ここでは、汎用ワークステーションに図形処理機能を強化した“GXシリーズ”におけるデータの処理方法や、その具体的適用事例を紹介するとともに、図面管理システムが今後どのように発展していくか洞察する。

2. 図面管理システム“GXシリーズ”の特長

本稿では、各種図面を蓄積し有効に利用することを可能としたGXの各種システムについて紹介する。まず、各シリーズに共通な特長について述べる。

各システムの本体ハードウェア仕様は、システム規模が同一であればほぼ共通であり、表1のとおりである。GXの外観 (GX本体とA1入出力装置) を図1に示す。

このシステムは、特別に図形処理専用のCPUを搭載したツインアーキテクチャ採用のワークステーションである。このGXで提供される豊富な図形処理機能を利用することにより、従来困難であった多量かつ大型図面のハンドリングを行うことを可能としている。このシステムの特長を以下に示す。

- (1) 図面の入力、高速かつ簡便に行える。
- (2) 正確な図面が必要な場合は、傾き補正機能で対応できる。
- (3) 同一マシン上で、入力・編集・保管・検索・出力が行える。また、ネットワーク上で機能分散も可能なため、柔軟なシステム構築が可能である。
- (4) 図形処理専用CPUによる大型図面の高速検索ができる。
- (5) 大容量メモリ (max.64Mバイト) 採用による、大型・高精細図面の編集・作画処理が可能。
- (6) 汎用LANの採用により、ホスト、他のWS及びパソコンなどと高速でデータ授受が行える。
- (7) CAD作成のベクトル図面データをラスター展開機能により、既存入力のラスター図面データと同様に扱えるようにしている。
- (8) FAX、漢字シリアルプリンタ、カラーハードコピーなどの

豊富な周辺デバイスがサポートされている。

このような特長を利用したシステムの応用例として、GX3001 (イメージCADシステム)、GX3002 (地図検索システム) について、その適用例を中心に説明する。

3. GX3001 (イメージCADシステム) について

ここでは、図面を扱う業務の中で、非常に高い比率を占める図面の編集・保管・検索・出図といった図面サービス業務にGX3001を適用し、図面サービスシステムとして構築した例を示す。

図2に、図面サービスシステムにおける業務の流れ、データの流れを示す。図3に、システム構成を示す。

次に業務を、設計フェーズと利用フェーズに分け、各々に対する機能について説明する。

3.1 設計フェーズ

図面の作成・修正は、既存図面を有効に利用できればかなり効率が上げられる。従来は、既存図面をベクトル化してCADに結びつけ

表1. ハードウェアの概略仕様

中央演算部	中央処理装置 : 32ビットμP (MC68020) 浮動小数点演算器: 専用LSI (MC68881) 主記憶 : 8Mバイト セントロニクスI/F制御装置 拡張ハードディスクI/F制御装置 (SCSI I/F) 拡張フロッピーディスクI/F制御装置
LAN制御部 汎用入出力 I/F制御部	IEEE 802.3 (イーサネット) (オプション) GPIB I/F 1ch } (オプション) RS232C I/F 2ch }
図形処理部	中央処理装置 : 32ビットμP (MC68020) : パイプライン プロセッサ : ローカルメモリ 0.6Mバイト ウィンドウメモリ部: 32Mバイト (パリティビット付き) フレームメモリ部 : 1,280×1,024 6プレーン イメージ入出力制御部: A3スキャナI/F : A3プロッタI/F : A1スキャナI/F : A1プロッタI/F : SCSI I/F



図1.“GX”図面管理システムの外観

るのが一般的であったが、入力に手間がかかり過ぎるといった問題があり、より簡便な方法が求められてきた。設計フェーズの流用設計・修正作業において、既存図面を有効活用しながら業務の効率化を図るための機能について示す。

(1) 編集機能

図面内の各部分や別図面の一部との切り張り合成が主な機能となる。通常のはさみ、のりを使った切り張り作業に対応するものであり、く形、任意ポリゴンの切り出しを行い、必要に応じて回転などを施しCRT上で簡単な操作で合成する機能である。

(2) 修正機能

図面内の当該部分を消去したり、加筆・修正を行うための機能である。主な機能を表2に示す。

上記(1)、(2)の機能を実現するためのデータ構造を図4、図5に示す。また、補助機能としてグリッド、スケール、デジタルスケール機能を具備することにより、従来のCADに近い操作性を実現している。編集・修正した図面例を図6に示す。

3.2 利用フェーズ

多大な費用をかけて図面を計算機に入力する理由は、入力した図

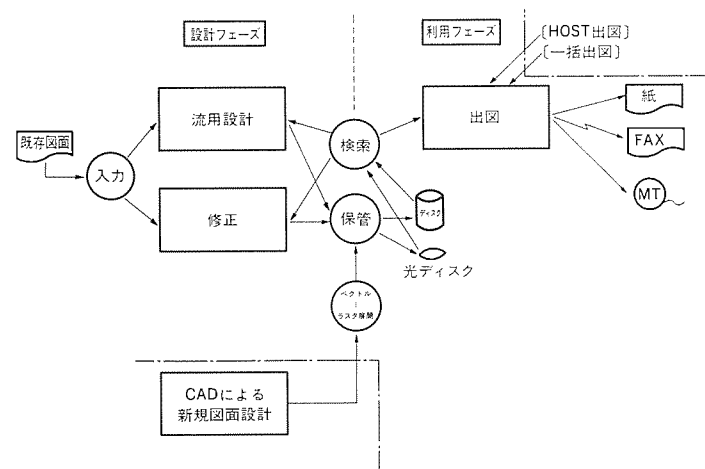


図2. 図面サービスシステムの業務の流れ

面を有効に活用するためである。したがって、計算機がそれらの図面を有効に活用できる機能を提供できることが非常に重要となる。以下にその機能について示す。

3.2.1 保管・管理

入力された大量の図面を、高速に検索できる、改訂後・改訂中・利用中の各段階ごとに図面のレベルを管理できるといった機能を実現するためのデータベースを搭載し、またローカル図庫、ファイルサーバといった階層的な利用を可能としている。よく利用する図面についてはリスト検索などの機能をサポートし、引用しやすくするという工夫を行っている。

3.2.2 出図

入力された図面を出図する機能は、図面サービスシステムの中で非常に重要な機能である。

(1) 出図指示として、ホスト、他WS、他GXなどにより行うことが可能である。特に、ホスト出図指示の場合は生産管理情報などとのリンクができるため、非常に有効な手段である。出図指示用マシンとGXは汎用LANで接続している。

(2) 出図マシンとしては、プリントサーバとローカルプリンタを併用することによる階層的な出図を可能としている。また、プリントサーバには出図専用の光ディスクを搭載でき、高速出図ができるようになっている。

3.2.3 印刷用の出力

入力された図面を大量出図する必要がある場合（製本化など）は、GXが保管しているデータを印刷用フォーマットに編集しMT装置に出力することにより、出図コストの低減が図れる。

3.2.4 FAX出力

遠隔地（各営業所、工場など）からの図面出力要求に対し、GXが扱っている図面をファイルサーバ又はプリントサーバの光ディスクにより検索し、FAX網などを経由して要求先に送付する機能を実現している。質の良い図面が、低コストで手軽に送付することが可能となっている。

3.2.5 CAD作成データの保管

イメージCADを使った流用設計以外に、従来のベクトルCADを使

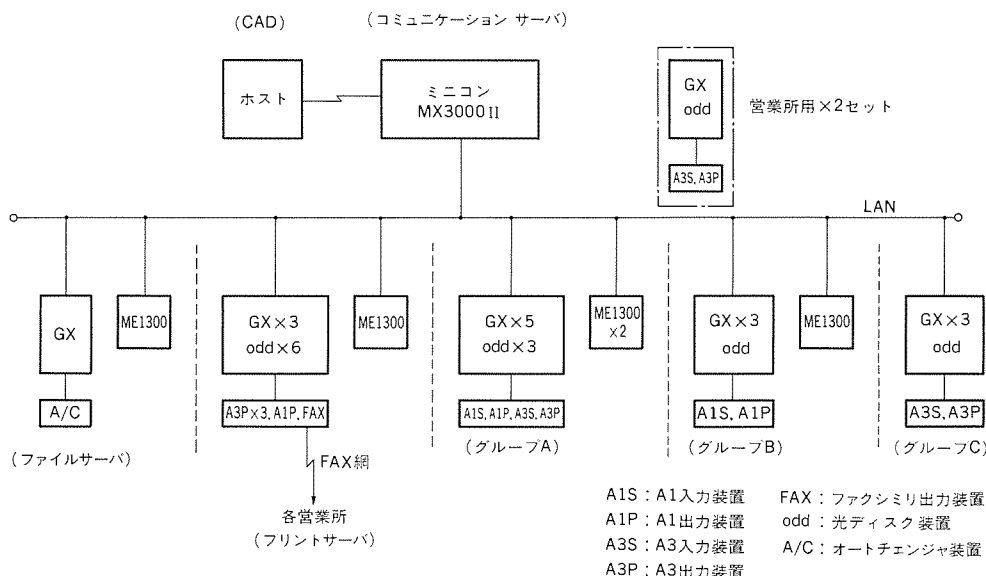


図3. 図面サービスシステムの機器構成

表 2. 作画・編集の機能

直線
自由曲線
円
だ円
円弧
同心円
く形
コピー
切り張り
文字入力
パターン
部分消去
消しゴム
ごみ除去
画面削除
補助削除
画面再生
グリッド
スケール
終了

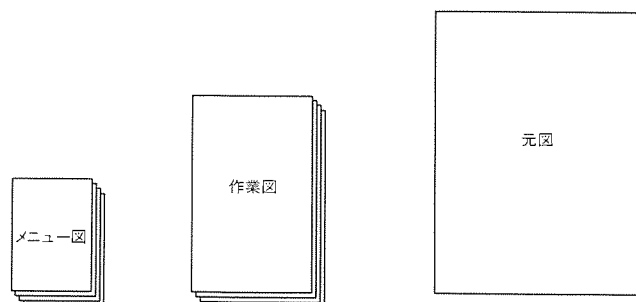


図 4. 作画・編集におけるデータの持ち方

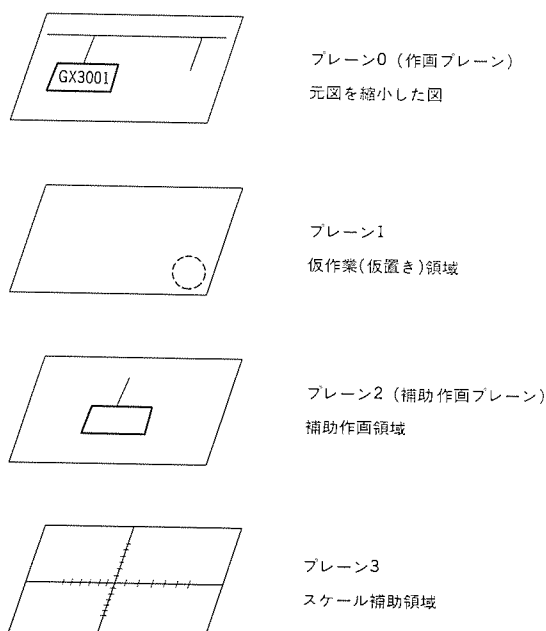


図 5. 作画・編集でハンドリングされるデータ構造

った新規の図面設計も必要となる。そのCADで作成された図面に対しても、保管・管理・出図・印刷出力・FAX出力といった利用を可能とするため、ベクトルラスター展開の機能を使って、他の入力図面と同じように保管している。

4. GX3002（地図検索システム）について

ここでは、地図を高速に検索し利用する業務（警察・消防・防災などに）、GX3002を適用した例を示す。図 7 に、システム構成例を示す。

GX3002は、市販の地図や書類・図面などを簡便に入力し、それらを多様な情報とリンクすることにより有効活用することを可能とした利用システムである。その特長を以下に示す。

- (1) 高速な応答表示機能
- (2) 従来地図を加工せず、そのままで入力する機能
- (3) 隣接地図の隣接同時表示機能
- (4) 縮尺が異なる地図の隣接表示機能
- (5) 付加情報の地図上へのカラー表示機能
- (6) 各種検索データベースによる高速な検索機能
- (7) 目的に合わせたシステム構成と分散構成による機能分担

上記の特長を実現するためのデータ管理（特に地図）及び各フィールドごとの支援機能について説明する。

4.1 地図の管理・検索方法

緊急時に迅速に該当エリアの地図を表示し、その後の業務遂行に役立てる、特にいろいろな局面での既知情報を基にその地図を検索表示させるといった機能が最重要課題となる。ここでは、それらを実現するためのデータ構造及び情報の扱い方について説明する。

4.1.1 地図の管理

このシステムは、地図の特質（例えば、各地図が二次元的なつながりを持っていることや、多種の縮尺を持つなど）をカバーする管理体系を実現している。すなわち、地図入力時に縮尺を指示することにより、GXが管理できるよう加工し保管する。これにより、各隣接地図の二次元的接合や異縮尺の地図の接合を実現している。そのイメージを図 8 に示す。

4.1.2 検索方法

地図を表示する方法を次に示す。

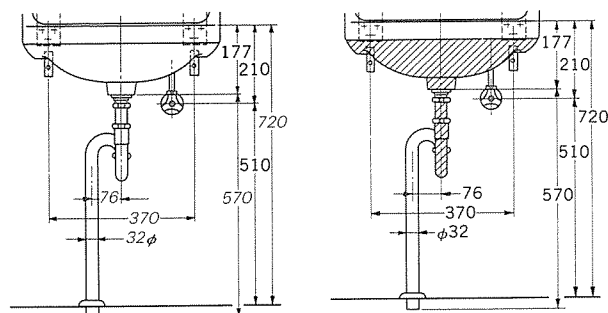
- (1) 直接検索
該当地図ページを指定し、地図を読み出す。
- (2) 索引図検索
行政区分ごとに索引図を表示し、その中から該当ページを指示し、地図を読み出す。
- (3) 町名検索
行政区分及び町名を指示することにより、該当の地図を読み出す。
- (4) 電話番号検索
緊急コールされた電話番号で、データベースをアクセスし、地図を表示する。
- (5) 目標物検索
あらかじめ位置入力されている目標物を指定し地図を読み出す。

上記(3)～(5)の機能は、入力された地図と町名・電話番号・目標物といったよく使われる情報をデータベースを使ってリンクさせ、地図の読出しを支援する機能であり、非常に有効な手段となっている。その検索体系を図 9 に示す。

4.2 各業務における支援機能

地図を検索する機能以外に、各業務を支援する機能について以下に示す。共通支援機能として、

文書ファイリング及び地図上の位置と関連づけられた地図の支援文書ファイリングの機能を実現している。



(a) 作業前

(b) 作業後

図 6. 作画・編集作業後の図面例

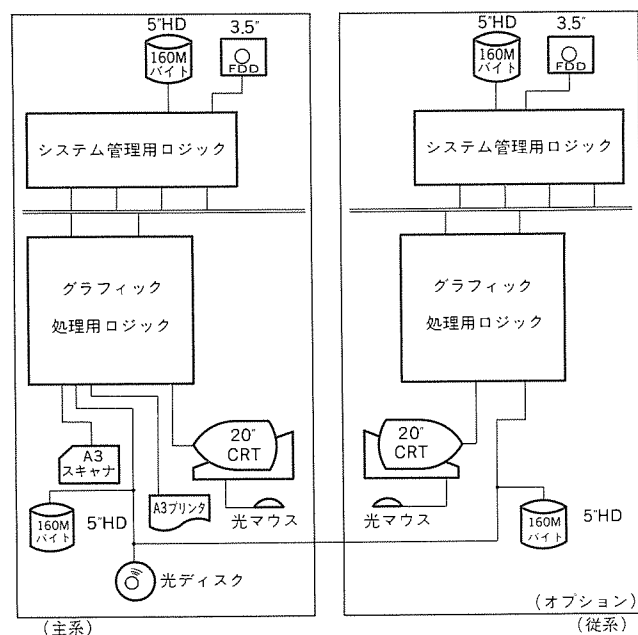


図 7. GX3002システム構成例

4.2.1 警察特有の支援機能として

(1) パトカー動態表示機能

パトカー動態監視システムからの座標情報を基に、地図上にパトカーの位置を表示する。

(2) 大型地図盤用レーザ照射機への表示

CRT上に表示されている地図位置を大型地図盤に表示することにより、対象箇所の全体での位置を確認することができる。

(3) 緊配表示機能

あらかじめ入力されている緊急配備位置をCRT上に表示し、配備状況を操作員に知らせる。

4.2.2 消防特有の支援機能として

(1) 対象物表示機能

警防活動に必要な目標となる情報をあらかじめ入力しておき、事故などが発生した場合に表示している地図の中で対象物の確認ができる機能を実現している。

(2) オンライン検索機能

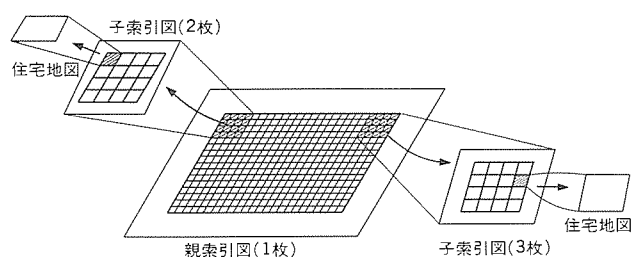


図 8. GX3002が扱う地図イメージ

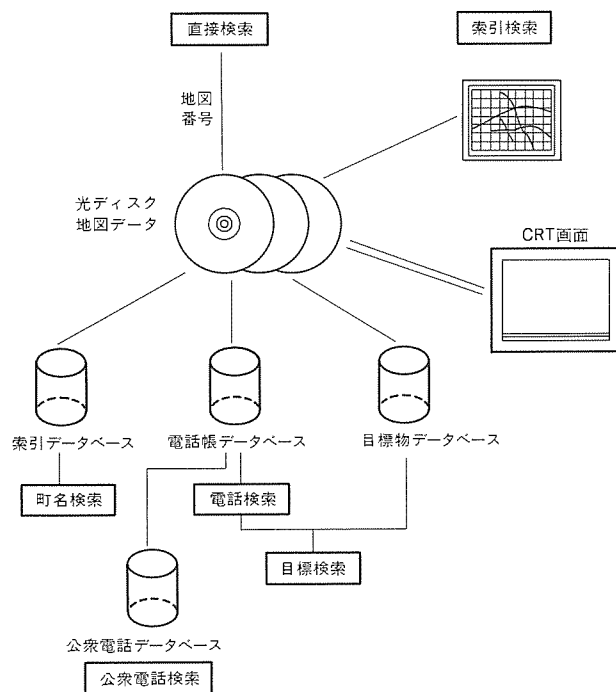


図 9. GX3002の検索機能

データベースを持つホスト側の指示により地図を表示する。これにより、ホスト側でサポートしている豊富な検索機能と地図のリンクが可能となる。

以上のような地図と種々のデータベースを組み合わせることにより各業務を支援している。これらには、ワークステーションの持つユーザーフレンドリなマンマシン インタフェース及びネットワーク機能が大きく寄与している。

5. む す び

以上、入力したイメージデータをデータベースとリンクし有効活用するシステムとして、GX3001, GX3002のシステム適用例を中心に説明した。今後、高度な精度・品質・性能・速度又は省力といった運用面からの要請が強くなる以上、直観力のある図面情報の処理用システムの機能向上が待たれる。今後もその要求向上に対応するため、進歩の著しいワークステーションの機能を十分利用し、特化したイメージデータ処理機能向上を図っていきたい。

三菱OAワークステーションの新OS “日本語MS[®] OS/2”

山上 明*
小島光喜*
佐伯正夫*

1. ま え が き

1987年4月、パソコン、ワークステーション用の新しいオペレーティングシステムMS[®] OS/2 (Microsoft Operating System/2)が発売された。MS OS/2は、IBM社とマイクロソフト社が共同開発したOSであり、近い将来MS-DOS[®]と並んでパソコン、ワークステーションの事実上の業界標準となるものと期待されているOSである。

当社もこのMS OS/2を“日本語MS OS/2”として、“三菱マルチワークステーションM3300”シリーズと三菱AXパーソナルコンピュータ《MAXYシリーズ》に搭載し、より高度なアプリケーション動作環境の提供、豊富な第三者ソフトウェアの活用を図っていく計画である。

本稿では、MS OS/2 (以下、特に断らない限り日本語MS OS/2を指すものとする。)及びMS OS/2に含まれるウィンドウソフトウェアであるプレゼンテーションマネージャー、言語プロセッサの機能、特長について述べる。

注 MS-DOS, MS OS/2は、米国マイクロソフト社の登録商標である。

2. MS OS/2 登場の背景

2.1 マイクロプロセッサの発展からくる要求

現在、OA用のパソコン、ワークステーションに使われているCPUは、インテル社の8086系のチップが大多数を占めている。このマイクロプロセッサは、LSI技術の進歩とともに8086、80286、80386と発展し、機能、性能ともに長足の進歩を遂げている。

これに対して、その上で動作するOSは、1981年に8086用に作られたMS-DOSをそのまま使い続けてきた。そのため、ユーザーのニーズが高度化するにつれて、MS-DOSの持つメモリサイズ(640Kバイト以内)、シングルタスクといった制約が大きな障害となってきている。これは、80286や80386上でMS-DOSを使ったとしても、それはあくまでも“高速8086”として使っているだけで、80286や80386の持っている高度な機能は活用されていないためである。

このような経緯から、マイクロプロセッサの機能を十分に活用しMS-DOSの制約を取り除いたOSへの要求が高まり、MS OS/2が出現した。

2.2 計算機利用環境の統合化の流れ

マイクロプロセッサが発展するに伴ってユーザーの計算機システムは、汎用大型機を中心とした集中処理型から、パソコン、ワークステーションを中心とした分散処理型に変化してきている。パソコンから大型機までを含めた分散処理システムでユーザーが要求するものは、システムを構成する計算機間での

- (1) アプリケーションプログラムの高い可搬性
- (2) 操作の統一性
- (3) アプリケーション開発環境の統一性

(4) 接続(ネットワークシステム構築)の容易さである。

このようなユーザーの要求を反映して、最近“計算機利用環境統合化”の動きが活発になってきている。そして、各種の計算機から成るシステムでユーザーが直接操作するのはパソコン、ワークステーションであり、上記の要求を実現することがパソコン、ワークステーションのOSに求められるようになってきた。

しかし、MS-DOSでは、ハードウェアに依存しないプログラムを作成するためのインタフェースが十分にサポートされていないことや、シングルタスク、メモリサイズなどの制約から、その要求にこたえることは難しく、ハードウェアから独立したプログラムインタフェースのサポート、マルチタスク、大容量メモリのサポートといった、より高度な機能を持ったMS OS/2が出現した。

3. MS OS/2 の機能と特長

MS OS/2の構造を図1に示す。太枠がOSの部分である。図でトラディショナルアプリケーションとは、メッセージ駆動型の新しいプログラミングスタイルをとるプレゼンテーションマネージャーアプリケーションに対して、入力データに基づいて逐次、処理を進めて行く“従来型”のアプリケーションをいう。また、サブシステムとは、従来のOSであればカーネル(中核部)で実現されていたような機能を、性能向上やメモリ節約、拡張性などの配慮からダイナミックリンクライブラリ機能(後述)を用いて実現した部分である。

3.1 MS OS/2 の特長

MS OS/2の特長は次のとおりである。

- (1) メモリサイズを気にせずにアプリケーションプログラムを作ることができる。

MS-DOSでは、基本的に640Kバイト以内というメモリサイズの

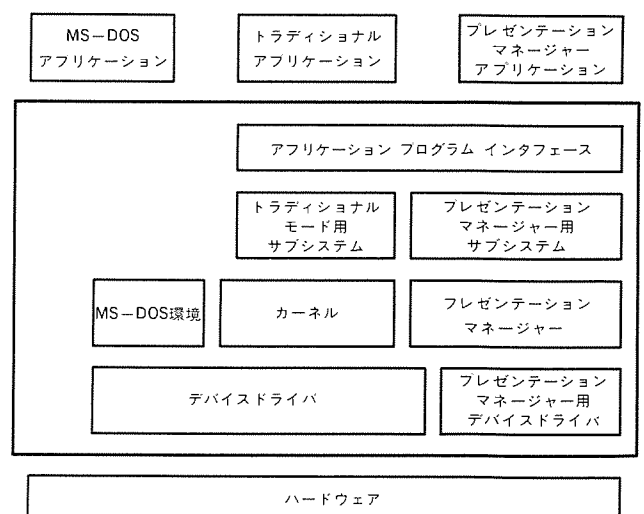


図1. MS OS/2 の構造

制約があるのに対して、MS OS/2では最大1Gバイトの論理空間をサポートしているため、マルチメディア処理など大量のデータを扱う場合でもメモリサイズを気にしなくてよく、容易にプログラミングができるようになった。

(2) 複数の仕事が行える。

MS-DOSは、シングルタスク（プロセス）であるのに対して、MS OS/2はマルチタスク（プロセス）であり、プロセス間通信機能もサポートしている。

(3) 使いやすいユーザー インタフェースを持っている。

MS-DOSでは、ウィンドウ ソフトウェアであるMS-WindowsはOSとは別製品であったのに対して、MS OS/2ではウィンドウ ソフトウェアのプレゼンテーション マネージャーを標準装備（バージョン1.1から）している。これによって、ユーザー インタフェースをすべてプレゼンテーション マネージャーに統一することができ、アイコンなどを用いた使いやすい標準インタフェースを提供することができる。

(4) MS-DOSのアプリケーション プログラムを動作させることができる。

MS-DOS互換モードをサポートしており、膨大なMS-DOSの従来財産を活用することができる。

(5) 豊富な第三者ソフトウェアを活用できる。

MS-DOSに比べてハードウェアに依存しないプログラムが作りやすくなっており、可搬性の高いプログラムを豊富に流通させることができる。

以上が一般的なMS OS/2の特長である。これに対して当社の“日本語MS OS/2”独自の特長は次の点である。

(6) 他の計算機との連携が容易である。

端末エミュレータ、マイクロ メインフレーム リンケージ、LAN Managerなどのシステム化機能が充実しており、ネットワークシステムの構築が容易に行える。

以下これらの特長を実現しているMS OS/2に代表的な機能について説明する。また、参考までに表1にMS-DOSとの機能比較を示す。

3.2 メモリ管理機能

表1. MS-DOSとMS OS/2の比較

機 能	MS-DOS	MS OS/2
対象となるCPU	8086 80286 80386	80286 80386
	8086互換機能のみを使用	80286互換機能のみを使用
メモリ管理	●640Kバイトまでの実メモリ ●拡張メモリサポート (最大 1Mバイト)	●16Mバイトまでの実メモリ ●仮想メモリサポート (最大 1Gバイト)
タスク管理	シングルタスク	マルチタスク
タスク保護	なし	あり
プロセス間通信	なし	パイプ、キュー、セマフォ、共有メモリなど
ファイル管理	ディレクトリ構造	同左
プログラミング インタフェース	割り込み(INT)形式 (レジスタを介してパラメータの受け渡しを行う。)	CALL形式 (スタックを介してパラメータの受け渡しを行う。)
ウィンドウ機能	MS-WINDOWS (別製品)	プレゼンテーション マネージャー (MS OS/2に含まれる。)

現在のMS OS/2は、80286のプロテクトモードの機能を活用したOSである。したがって、物理メモリは16Mバイト、論理空間は1Gバイトまでサポートできる。

セグメント単位のスワップ機能(ロールイン/ロールアウト機能)もサポートしている。これによって、プログラム実行時にメモリが不足しても不要なセグメントを固定ディスクに退避することによって、そのメモリを活用することができるようになり、効率良くメモリを活用することができるようになっている。

また、80286の記憶保護機能を用いてアプリケーション プログラムが暴走してもシステムが破壊されないようになっている。

3.3 ダイナミック リンクライブラリ機能(図2)

OSが処理するアプリケーション プログラム インタフェース(API)やユーザーの作成する共通サブルーチンなどは、多くのプログラムから利用されるため、それぞれのプログラムに抱え込んでしまうとディスクや主メモリが無駄になる。

そこで、これらのルーチンをディスク上でもメモリ上でもシステムで一つだけ持つようにし、しかも必要なときにディスクからローディングするようにすれば、資源を有効に活用することができる。この機能をダイナミック リンクライブラリ機能という。

MS OS/2は、アプリケーションに対してこの機能を提供しているだけではなく、OS自身もこの機能を活用している。従来のOSであればデバイスドライバといった中核部に含まれていた機能を一部ダイナミック リンクライブラリ化することによって、メモリの有効活用を図るとともに機能拡張が容易に行えるようになっている。

3.4 DOS互換モード

DOS互換モードは、80286のリアルモードを用いてMS-DOSのアプリケーションを動作させるモードである。機械語のレベルに関しては、80286のリアルモードが8086との十分な互換性を実現している。これに対して、MS-DOSがアプリケーション プログラム インタフェースとして提供している機能については、OSがエミュレーションすることによって互換機能を提供している。

また、MS OS/2が提供しているアプリケーション プログラム インタフェースのうちの特定のもの(ファミリー アプリケーション プログラム インタフェースと呼ぶ)のみを用いれば、MS OS/2のトラディショナル モード、DOS互換モードで動作させることはもちろん、MS-DOSでも動作するプログラムを作成することができる。

なお、DOS互換モードは前述したようにOSがエミュレーションしている部分も多いため、MS-DOSとの完全な互換性を実現すること

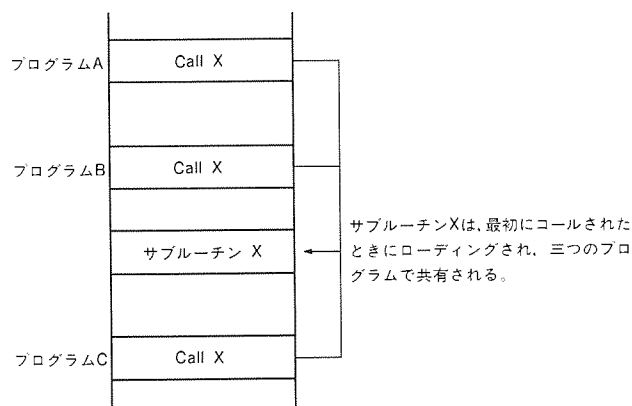


図2. ダイナミック リンク の概念

は難しく、一部制限条件がついている。

3.5 プロセス間通信機能

MS OS/2では、単にマルチタスク（プロセス）をサポートしているだけではなく、複数のプロセスが情報をやり取りしながら動作するための機能としてプロセス間通信機能をサポートしている。表2にプロセス間通信機能の特長と、これらをサポートするアプリケーション プログラム インタフェースを示す。

これらの機能を用いれば、端末エミュレータや統合OAソフトウェアといった複雑なプログラムでも、個々の独立したプロセスに分割し、それぞれが必要な情報のみをやり取りするという方式をとることによって、容易に実現することができるようになる。

4. プレゼンテーション マネージャーの機能と特長

プレゼンテーション マネージャー（以下、PMと呼ぶ。）は、MS OS/2におけるグラフィック ユーザーインタフェースを実現する重要な位置付けにある。

この文章ではPMのねらい、ユーザーインタフェース及びプログラム インタフェースの概略を説明することにより、その機能と特長を明らかにする。

4.1 PMのねらい

MS-DOSのウィンドウシステムとしては、1983年にMS-Windows 1.0（ウィンドウどうしが重ならないタイルドウィンドウ方式）が発表された。続いてMS-Windows 2.0（ウィンドウどうしが重なるオーバーラップ ウィンドウ方式）が発表され、三菱AXパソコン《MAXY》にも搭載されている（図3）。

PMは、MS-Windows 2.0の延長上に位置付けられ、グラフィック処理をベースにしたウィンドウ方式の使いやすしい操作環境を提供

している。そして、PM上で動作するアプリケーションに対しても、その機能を一段と向上させている。

4.2 PMのユーザーインタフェース

PMにおけるユーザーインタフェースは、MS-Windows 2.0をそのまま継承しており、アプリケーションによらずその基本操作が統一されている。そして、ユーザーインタフェースとして次の特長がある。

(1) マルチウィンドウによる操作

グラフィック スクリーンに幾つものアプリケーションの画面をオーバーラップさせて表示し、同時に実行させることができる。

これがマルチウィンドウ システムであり、図4の画面に見られるようにワープロを使いながら、計算操作が必要ときにはそのまま電卓ソフトを使うことができる。

(2) 画面と印刷の統合的な管理

PMが管理するものは表示ばかりではなく、印刷も重要な要素である。そして、印刷イメージのまま画面に表示できることがWYSIWYG (What You See Is What You Get.)の原理であり、PMは画面サイズと印刷イメージ又は文字フォントの管理を行うことにより、この原理に基づいたユーザーインタフェースを提供している。

図4に、マルチウィンドウの様子と、基本操作に必要な要素を示す。

4.3 PMのプログラム インタフェース

PMのプログラム インタフェースとしての関数は約300種類あり、大きく次の三つに分類される。そして、ダイナミック リンクライブラリとして提供される。

- ウィンドウシステムの制御に関するもの (Winxxx)
- グラフィック制御に関するもの (Gpixmap)
- 入出力制御に関するもの (Devxxx)

PMの前身であるMS-Windowsは、MS-DOS上で一種のOSとして振る舞う。このため、プログラム インタフェースにはメモリ管理やタスク制御に関する関数も含まれている。これに対しPMでは、これらの関数がMS OS/2の機能として用意されているため、ウィンドウに関するものだけを提供している。この点で、MS-WindowsとPMとはプログラム インタフェースが機能的に異なる。

PMにおけるプログラム インタフェースには、次の特長がある。

(1) グラフィックベースによる高度な機能の提供

キャラクタベースからグラフィックベースへ拡張されたことにより、アプリケーションにとって図形表示を採り入れた表現豊かな画面作成など、より高度で、よりきめの細かい機能を容易に作り出すことができる。

(2) ハードウェアの仮想化による可搬性の向上

従来のパソコンにおけるアプリケーションは、より使いやすく、より性能の良いものを求めるあまり、ハードウェアを直接制御していた。このため、マシンに強く依存する結果となった。

これに対し、マイクロプロセッサの処理能力の向上などによりPMに代表されるウィンドウシステムでは、ハードウェアを仮想化したプログラム インターフェースを提供している。このため、マシンに依存せず、より可搬性の高いアプリケーションの構築が可能である。

図5に、従来及びウィンドウシステムにおけるアプリケーションの構成の違いを示す。

表2. MS OS/2のプロセス間通信機能

機能名	特 長	アプリケーション プログラム インタフェース
パイプ	ファイル入出力と同等のインタフェースを使ってメッセージ交換ができる。	DosMakePipe
キュー	先入先出し、後入先出し、プライオリティ付けなどの複雑な操作を伴ったメッセージ交換ができる。	DosCreateQueue, DosOpenQueue, DosPeekQueueなど
共有メモリ	プロセス間で共通にアクセスできるメモリを提供するための機能である。	DosAllocShrSeg, DosGetShrSegなど
セマフォ	プロセス間の同期をとったり、資源の排他制御を行うために用いる。	DosCreateSem, DosOpenSem, DosSemSet, DosSemWaitなど
シグナル	オペレータの介入要求などの事象を伝えるために用いる。	DosSendSignal,DosHoldSignal, DosSetSigHandler

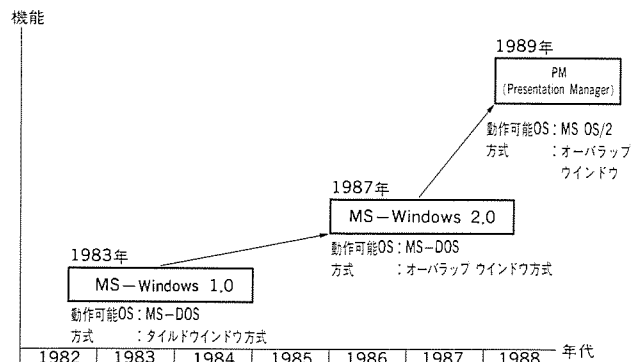
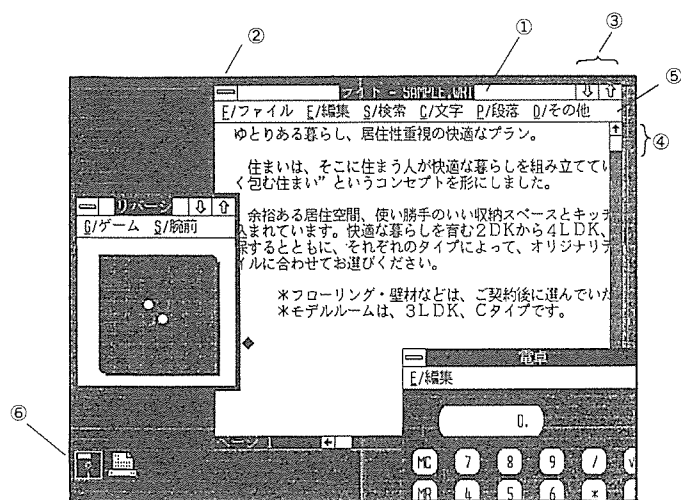


図3. ウィンドウシステムの歴史



- ①：タイトルバー（アプリケーションの名前を表示する。）
- ②：コントロールメニュー ボックス（移動、サイズ変更のメニュー）
- ③：ミニマイズ、マキシマイズボックス（フルスクリーン又はアイコン表示を行う。）
- ④：スクロールバー（ウインドウ内の画面を前後左右に移動する。）
- ⑤：メニューバー（アプリケーションで使われるコマンド）
- ⑥：アイコン（アプリケーションのウインドウを縮小した状態）

図 4. ウインドウシステムの画面（MS-Windows 2.0の表示例）

5. MS OS/2用の言語プロセッサの機能と特長

MS OS/2用の言語プロセッサとしては、事実上の業界標準の重視、ホスト計算機の言語との互換性、従来機、従来OSからの移行性の観点から、以下の製品を用意している。

(1) MICRO FOCUS COBOL/2

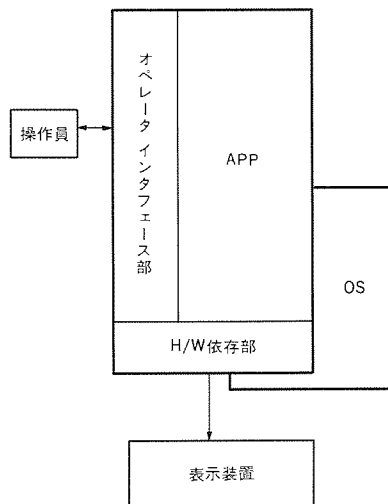
事実上の業界標準COBOLである。ANSI85規格に準拠しており、国内で最も普及しているLEVELII COBOLの後継製品である。フルスクリーンタイプのデバッガであるANIMATORをサポートしており、デバッグが用意に行える。また、ホスト計算機のCOBOLとの互換性が高い。

(2) RM/FORTRAN

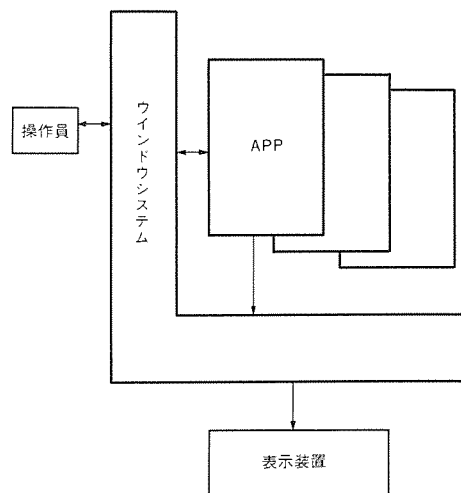
ANSI77フルセット規格に準拠している。RM/Forteというプログラミング環境をサポートしており、履歴管理や、メニューによるコマンドの起動などプログラム開発が容易に行えるようになっている。また、ホスト計算機のFORTRANとの互換性も高い。

(3) M-BASIC plus (V)

従来から“マルチワークステーション”《MAXY》でサポートしているM-BASIC plus (IV) の後継製品である。プレゼンテーションマネージャーの機能を容易に利用できるユーザーインタフェースを提供するとともに、操作性の向上を図っている。



(a) 従来型アプリケーション



(b) ウインドウシステムにおけるアプリケーション

図 5. アプリケーションの構成

これらの製品のほか、Cオプティマイジング コンパイラ5.1、マクロアセンブラ5.1もサポートしている。また、当社製品だけではなく一般に流通している言語ソフトウェアも利用できるのも、ユーザーはニーズに合った言語でMS OS/2の特長を引き出すプログラムを作成することができる。

6. む す び

MS OS/2は生まれたばかりであり、普及には若干の時間を要するものと思われる。しかし、MS-DOSでは解決できない問題を解決するOSであることは明かであり、近い将来MS-DOSと並ぶ事実上の標準となることは確実である。そのような流れの中で、当社としては統合OAソフトウェアなどMS OS/2の機能を駆使した製品を今後開発し、ますます多様化するユーザーニーズにこたえて行く予定である。

座席予約システム“ワークステーション応用事例”

中川雄次* 津久井敏己***
桐淵信男**
野津エア***

1. ま え が き

航空会社の初期のCRS (Computer Reservation System: 座席予約システム) は、自社の座席の予約情報管理を目的としたものであり、その中で使用されてきた端末は予約機能のみの専用端末であった。

専用端末として代理店に設置されてきた端末は、昨今、航空会社間の顧客獲得競争が激化するにつれ、CRSの機能拡張、端末のインテリジェント化をセールスポイントにして、その設置台数を増加させることが必要となってきた。航空会社の収益が、旅行代理店における端末設置台数に大きく左右されるからである。自社の座席予約・発券にとどまらず、他社の座席予約・発券、海外のホテル、劇場、レンタカーなどの予約や豊富な旅行情報の提供によっていかにサービスを向上させるか、また、端末自体に機能を付加することによっていかに旅行代理店にサービスを提供できるかが端末設置競争の争点となってきた。こうした背景下、日本航空㈱と三菱電機㈱が共同で開発したCRS端末は、1988年9月から本稼働に入っている。

以下では、日本航空㈱のCRSシステム(以下、AXESSシステムという。)の概要と開発したCRS端末(以下、AXESS端末という。)の機能について紹介する。

2. 日本航空のAXESSシステム

2.1 今までの旅行代理店向けシステム

従来の旅行代理店向けCRSは、非常に高速なレスポンスを保つための仕組みを基本としたオペレーション オリエンテッドなシステムであり、次の問題を抱えていた。

- (1) 専門家向けの端末システムである。
- (2) 日本語処理ができない。
- (3) 代理店のOA化を含めシステムの拡張性がない。

これらの課題を解決し、今後の顧客獲得・端末設置競争に打ち勝つ強力な武器として今回、AXESSシステムを開発・導入することとなった。

2.2 AXESSシステムの特長

AXESSシステムの構成を図1に示す。また、AXESS端末の外観を図2に示す。AXESSシステムは、システムの拡張性・利便性を追求し、ホストネットワーク、端末共に多くの面で最新のアーキテクチャを採用した。

(1) マルチホスト、マルチセッション

SNA4.4^(注1)のネットワーク環境下で、1台のAXESS端末から業務に応じて複数ホスト、複数アプリケーションの同時アクセスを可能とした。また、将来のホスト、端末両者のアプリケーション拡張に道を開いた。

(2) ネットワーク管理機能(CMC)の導入

ネットワーク管理機能(CMC^(注2))を導入することにより、AXESSシステムを中心とした日本航空㈱のネットワークの拡張性・信頼性、

ホストシステムの負荷軽減を図った。AXESS端末は、日本全国の旅行代理店を中心として大規模な端末展開を予定している。

(3) 日本語処理の実現

SNAの採用、端末側の各種日本語対応ソフトウェア(MS-DOS^(注3)、MS-WINDOWS^(注4)、端末エミュレータ“5370JS”)の装備により、CRSとしては世界で初めて日本語処理を実現し、旅行代理店への日本語による各種情報サービスの提供を図っている。

(4) 旅行代理店の利便性向上

端末側では、マルチウィンドウ機能、複数画面モード、入力ガイド機能、オフィス機能、ファンクション機能及び代理店顧客管理機能を実現し、旅行代理店の人々にとって使いやすいものとするとともに、パソコンとして利用可能な、パソコンモードの提供により、代理店自身がOA化を推進する各種ツールを提供している。

(注1) SNAは、IBM社のネットワークアーキテクチャである。

(注2) CMCは、IBM社のネットワーク管理システムである。

(注3) MS-DOSは、マイクロソフト社のオペレーティングシステムである。

(注4) MS-WINDOWSは、マイクロソフト社のウィンドウシステムである。

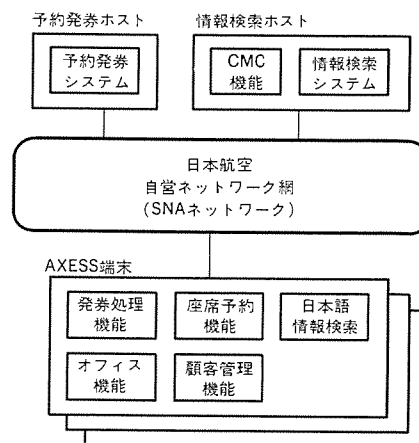


図1. AXESSシステムの構成

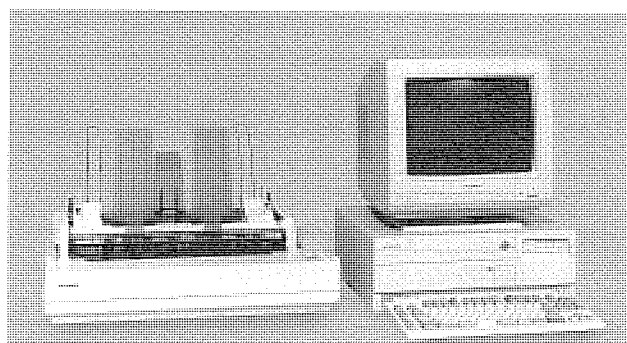


図2. AXESS端末の外観

3. AXESS端末

3.1 ハードウェア構成

AXESS端末のハードウェア構成を図3に示す。この端末は、AX機^(注5)をベースとして開発したものである。

(1) CPU・メモリ

CPUには、i80386(16MHz)を採用、メモリは基本として3.6Mバイトを実装しており、最大7.6Mバイトまで増設が可能である。

(2) RS-232Cインタフェース

標準の2チャンネルに拡張部1チャンネルを付加した計3チャンネルが基本構成であり、国際線発券機、国内線発券機、代理店業務支援パソコン(DS-1)が接続される。拡張部は最大4チャンネルまでが増設可能である。

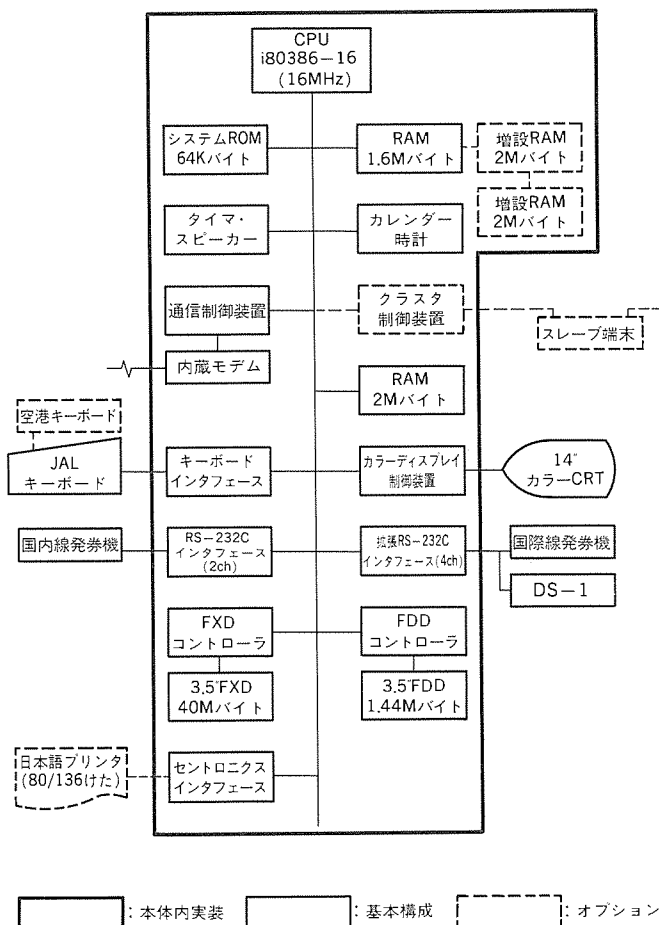
(3) キーボード

キーボード配列を図4に示す。キーボードは、汎用性を持たせつつ、座席予約・航空券発券などの業務用の刻印を施したJALキーボードとしている。また、これに空港キーボードを取り付けることによって国内の空港コードがワンタッチで入力可能となる。

(4) 通信制御装置

マスタ端末として動作する端末には、通信制御装置が実装され、また、クラスタを構成する各端末にはクラスタ制御装置が実装される。クラスタ構成は、マスタ端末を含めて最大8台までの端末が接続可能である。

(5) 固定ディスク装置、フレキシブルディスク装置



□ : 本体実装 □ : 基本構成 □ : オプション

(注5) AX機は、世界的な標準となっているIBMのパソコン“PC/AT”をもとに、同様の機能を継承しながら日本語対応をほどこしたパソコンである。

図3. ハードウェア構成 (マスタ端末の場合)

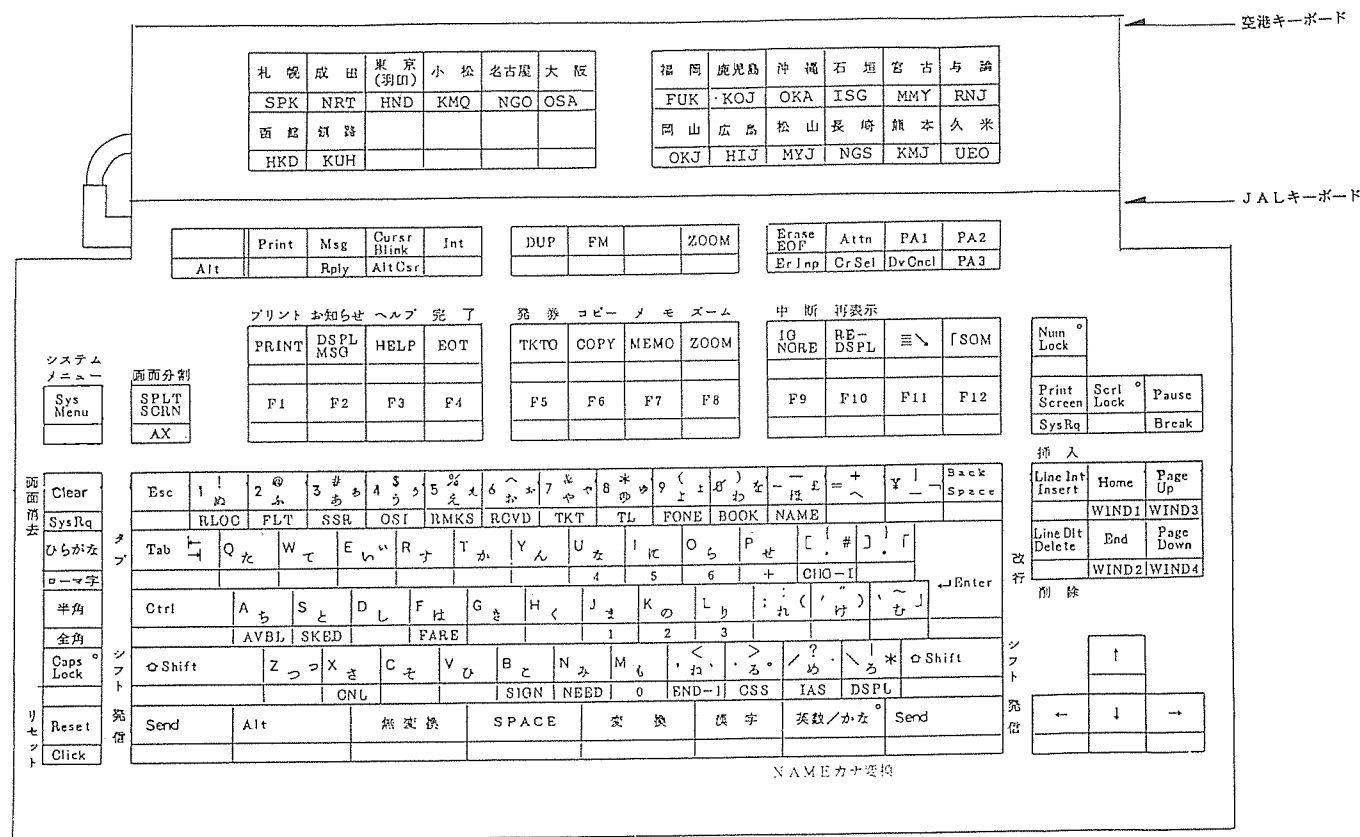


図4. キーボード配列

固定ディスクは、40Mバイトを二つのパーティションに分割し、30MバイトをAXESS端末としての領域とし、残り10Mバイトをパソコンとしての領域としている。フレキシブルディスク装置は、3.5インチ1.44Mバイトを1台内蔵している。

3.2 ソフトウェア構成

ソフトウェアの全体構成図を図5に示す。このソフトウェアの動作上の特長は以下のとおりである。

(1) 疑似マルチタスク処理

シングルタスクであるMS-DOSの下でAXESS端末スケジューラを動作させることにより、①ホストコンピュータとの通信処理、②マスタ端末—スレーブ端末間の通信処理、及び③アプリケーションプログラムの処理を並行して動作させることが可能となる。

(2) アプリケーションのマルチタスク

MS-WINDOWSは、その環境下で動作するアプリケーションが使用するメモリ、CRT画面、キーボードなどをリソースとして管理する。

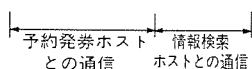
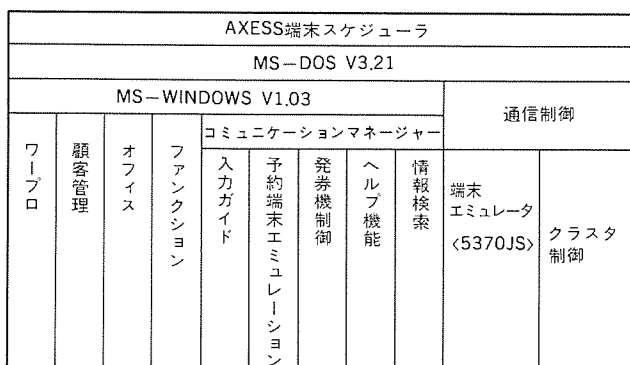


図5. ソフトウェア構成

アプリケーションは、MS-WINDOWSから「メッセージを受け取る。」というかたちで制御を渡されて処理を開始し、処理の終了後はMS-WINDOWSに制御を戻して次のメッセージ待ち状態になる。一方、MS-WINDOWSは、アプリケーションから制御が戻された後はメッセージ待ちとなっている他のアプリケーションに制御を渡す。以上のようにして、複数のアプリケーションを並行して動作させることが可能となる。

(3) ホストコンピュータとのマルチセッション

端末エミュレータ“5370JS”は、ホストコンピュータとの間の四つのディスプレイ・セッションと一つのプリンタ・セッション、計五つの論理ユニットをサポートしている。各々のユニットは、独立したタスクとして動作する。

3.3 アプリケーション機能

アプリケーションの機能一覧を図6に示す。機能は、大別するとオンラインモード（予約発券オンラインモード・日本語情報検索オンラインモード）とローカルモードに分かれており、ローカルモードは更にワープロモード、顧客管理モード、パソコンモードに分かれている。

以下に各モードにおける機能について示す。

(1) オンラインモード

ホストコンピュータとの通信による座席・ホテルなどの予約、航空券発券、情報検索、ホストコンピュータからのプリンタ出力といった旅行代理店の基幹業務モードである。この中では、業務をサポートするための顧客ファイル検索、カレンダー、電卓などのオフィス機能やファンクション機能も用意されている。

予約画面では、1画面／2画面／4画面／ズーム画面のモードを

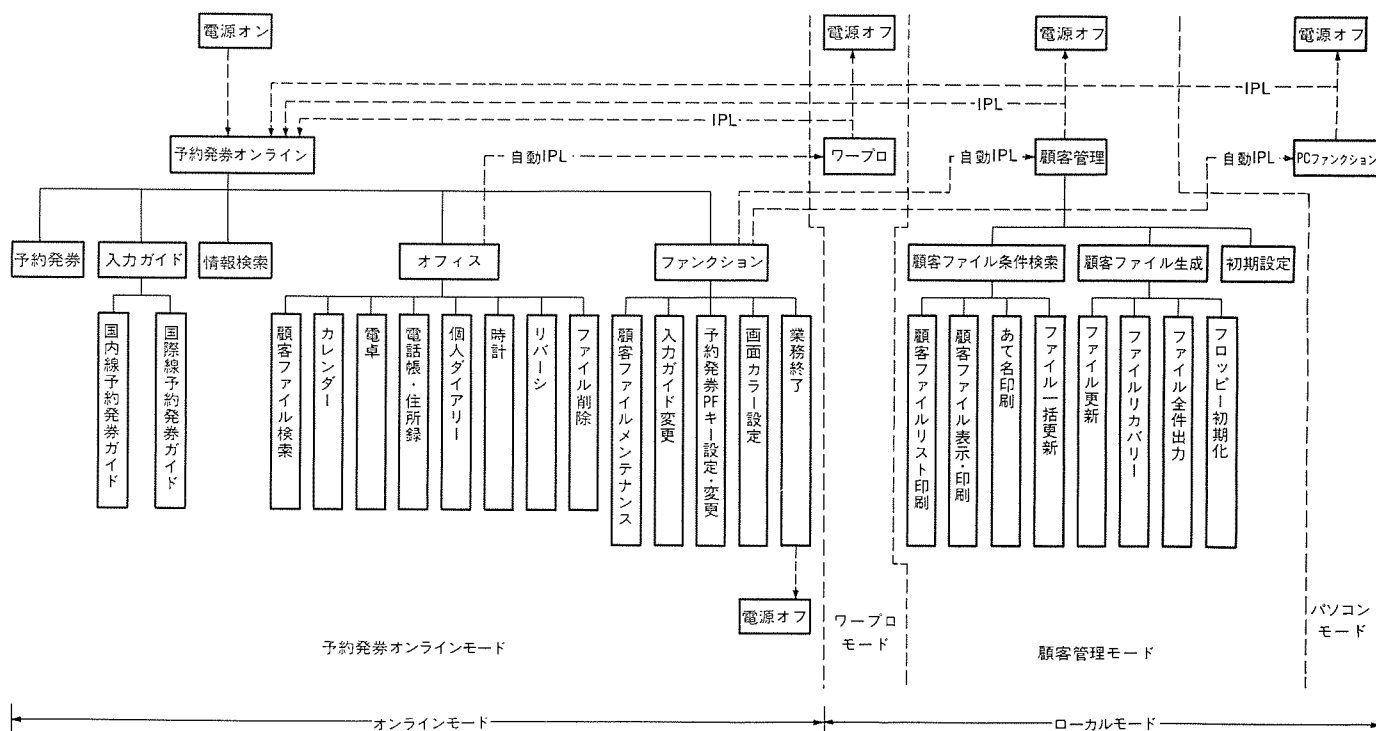


図6. AXESS端末の機能一覧

WINDOW=1 予約発券 (A-AS)

17 APR 88

メニューバー

ウィンドウ1

ウィンドウ2

システムライン

図7. 2画面モード表示例

メニューバー

ウィンドウ1

ウィンドウ2

ウィンドウ3

ウィンドウ4

システムライン

図8. 4画面モード表示例

WINDOW=1 情報検索

メニューバー

ウィンドウ1

ウィンドウ2

ウィンドウ3

ウィンドウ4

システムライン

図9. 情報検索画面例

サポートしており、用途に応じた使い分けが可能である。2画面モードの画面例を図7に、4画面モードの画面例を図8に示す。

情報検索画面では、メニュー選択方式で日本語データベースを検索（ダイレクト検索も可能）して、海外旅行情報・海外パッケージツアー案内など最新情報を紹介する。情報検索画面例を図9に示す。

(2) ワープロモード

ワープロソフトが起動され、旅行代理店における文書作成をサポートする。

(3) 顧客管理モード

旅行代理店個々の顧客情報ファイルの生成、維持管理を行う。登録された顧客情報は、オンラインモードにおいてファイルから必要情報を取り出して使用することによって業務の迅速化、省力化に力を発揮するほか、顧客へのサービスや顧客情報の分析に利用されている。

(4) パソコンモード

通常のパソコンとして動作するモードであり、利用者はパソコンとして自由に活用することができる。また、AXEES端末はAX機をベースとして開発されているので、AX機用に開発された市販のパッケージソフトウェアもサポートされている。

4. む す び

現在のCRSは、航空業界の激しい競争の中にあって複合化、統合化された旅行総合システムとしてサービスを向上させてきた。提供する情報の量の増加と質の向上に加え、端末の機能による差別化は今後も端末設置・顧客獲得競争における争点となるであろう。特に端末に関しては、その差別化は始まったばかりであり、①多機能・多目的、②高速化、③小型軽量化、④代理店業務支援システムの強化など更に進んだ端末が出現してくることが予想される。この傾向は、AXESS端末もまた例外ではなく、今後更に発展を続け、米国などの強力なCRSにも十分対抗できていくものと確信している。

AIワークステーション《MELCOM PSI II》

池田守宏*
梁田和彦*
吉永俊郎*

1. ま え が き

知識情報処理のシステム開発には、プロトタイピング方式による試行錯誤的方式が有効である⁽¹⁾。これは知識情報処理が、あらかじめ処理手順の確立されていない問題を扱い、知識の追加、削除を頻繁に行う必要があるためである。このため、マンマシンインタフェースに優れ、高度な推論性能を持ち、プロトタイピングに適した人工知能(AI)ワークステーションが必要とされる。

したがって、AIワークステーションは一般のワークステーションの要件に加えて、

- AI向け高位言語の高速実行
- AI向け高位言語の十分な開発支援環境
- AIシステム構築支援環境(AIツール)
- 大規模実用システムへのハードウェア拡張性

などが要求される。

当社では、通産省の推進する第5世代コンピュータプロジェクトの成果を利用し、1986年にAIワークステーション《MELCOM PSI》を、1987年に同《MELCOM PSI II》を製品化してきた。さらに、昨年《MELCOM PSI II》の性能、機能を向上させた新モデルを発表している(図1)、(図2)。

このモデルは、ハードウェアの見直しによりマシンクロックを上げ、ベンチマークプログラムappendで430KLIPS(Logical Inference Per Second)の性能を達成している。また、カラーマルチウインドウ、TCP/IPネットワークなどを新たに追加したほか、オペレーティングシステム、AIツールもバージョンアップされ、開発支援環境が一層強化された⁽¹⁾⁽²⁾。

本稿では、初めに、高速推論の基本となっているハードウェアアーキテクチャの概要を述べ、続いてバージョンアップにより追加、改良された開発支援環境の主な点を紹介する。

2. 高速化技法

《MELCOM PSI II》は、知識処理言語ESP(Extended Self-contained Prolog)を高速に実行する。ESPは、Prologにオブジェクト指向の機能を組み込んだもので、記述性が高くシステムの開発効率を高めることができる。反面、Prolog特有のユニフィケーション、バックトラック、またオブジェクト指向のためのオブジェクト間メッセージ通信といった、大きな処理を実行時に行う必要があり、一般のワークステーションなどでは速度の遅さが問題となる。

そこで、このマシンでは、ハードウェアの設計段階からESPの高速化に的を絞って、特徴ある各種技法が採り入れられ、コンパクトなハードウェアにもかかわらず前記性能が実現されている。以下、その主なものについて述べる。

2.1 タグアーキテクチャ

ESPでは変数は型を持たず、実行時に代入されたデータタイプによってあとの処理が変わる。このため、汎用のマシンではデータ

タイプを記憶するために、値とは別の一語を用意したり、一語の中に値とデータタイプを詰め合わせて記憶することが必要になる。このような形式ではデータタイプの判定も遅くなる。

このマシンでは、主記憶及びレジスタの各語に、値部の32ビットとは別に8ビットのタグを設け、データタイプを格納する。また、その判定のために、専用のハードウェアを用意している。タグはユニフィケーションをはじめ、ESP実行の各段階で高速化のために利



図1. 《MELCOM PSI II》の外観

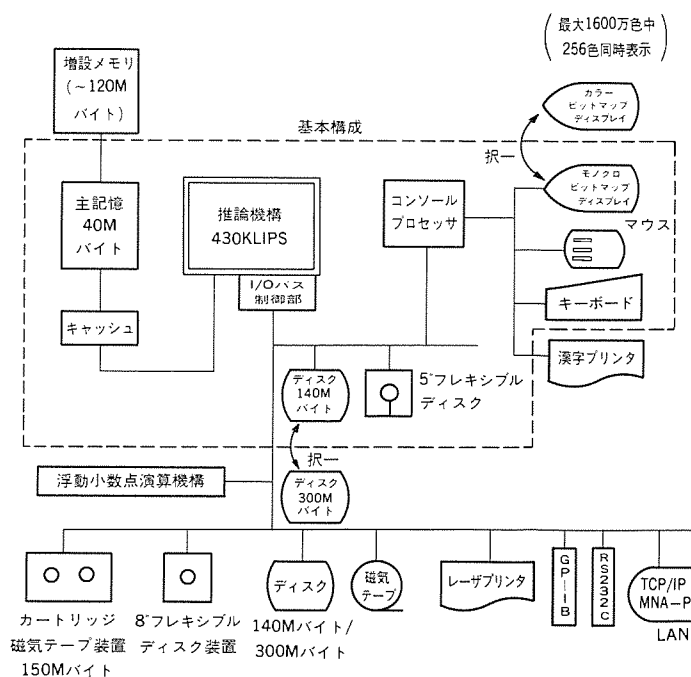


図2. 《MELCOM PSI II》のシステム構成

用される。例えば、述語の呼出し時に、引数のデータタイプを見て複数の候補の中から、成功の可能性のあるものだけを選ぶクローズインデキシングや、組み込み述語の不正引数チェックなどがある。

タグアーキテクチャの有効性を確認するために、動作時のマイクロ命令レベルの分岐を調べた結果では、約40%はタグを使用した条件分岐となっており、その採用が有効であることが分かる。

2.2 メモリアーキテクチャ

(1) 複数スタック向けメモリ管理

ESPの実行には、独立に伸縮する3本のスタックを使用する。従来のマシンでは、連続したメモリ空間を分割して割り当てているが、スタックの伸びを正確に予測することは難しく、効率的なメモリの割当てができなかった。

そこで、このマシンでは、アドレス空間をエリアと呼ばれるセグメントに分割し、各スタックごとに一つのエリアを使用する。各エリアの物理メモリは、実行時に必要に応じて割当て及び回収が行われスタックの伸長、縮小に対応した効率良いメモリ管理を行うことができる。

(2) 大容量主記憶

ESPのような知識処理を行う言語では、実行時に中間的な結果を保持するために大容量のメモリを必要とする。このマシンでは大容量の主記憶を実装して、ページングなどのオーバーヘッドなしに高速メモリアクセスを実現している。これは、特に全メモリ空間をスweepする必要のあるガーベッジコレクション(不要となった中間結果などを取り除いて、メモリを再利用する。)処理の高速化に有効である。

最大主記憶容量は、160Mバイト(32M語)で、40Mバイト(8M語)の容量を持つ大容量メモリユニット4枚で構成される。大容量メモリユニットは、1枚のプリント基板(310mm×290mm)上に1Mビットチップを、高密度実装(両面実装)して実現している。

2.3 機械命令セット

《MELCOM PSI II》は、Warrenの提案した仮想マシン(WAM)⁽⁵⁾の命令セットを拡張した命令セットを持つ(表1)。ESPプログラムは、この命令列にコンパイルして実行される。

WAMは、レジスタ上での引数処理が基本で、コンパイラによるレジスタ割り付けの最適化などによって不要な命令を除き、実行速度を上げることができる。このマシンでは、さらに以下に述べる命令を追加して一層の高速化を図っている⁽⁴⁾⁽⁶⁾。

(1) 複合化命令

コンパイル後の命令列を調べると、ある命令の組合せが頻繁に現れる。そこで、これを一つにまとめて新しい命令を設定した。これによって命令コード量の縮小と、高速化が行われる。例えばリストのユニフィケーションの場合、大規模プログラムのコンパイル結果では約半分がこの複合化命令に置き換わっている⁽⁷⁾。

(2) if_then系命令

複数の選択肢から一つを選択する場合、バックトラックに備えてバックトラック用のフレームをスタックに積む。この処理は多くのステップを要し、実行速度低下の大きな要因である。ところが、図3に示すプログラムでは、せっかく積んだバックトラックフレームを使わないまま後のカットで取り去ってしまう。

そこで、if_then系と呼ばれる命令を設け、このようなプログラムでは、バックトラックフレームの生成を抑止している。オペレーティングシステムSIMPOS II(後述)のような決定的な処理が多い場

表1. 機械命令の種類

種 類	内 容
* get系命令	レジスタ上の引数とのユニフィケーションを行う命令
* put系命令	レジスタ上に引数をロードする命令
* unify系命令	構造体の要素のユニフィケーションを行う命令
* 述語呼出し系命令	述語呼出しの命令、環境フレームをスタックに積む命令/削除する命令
* 選択肢選択系命令	バックトラック フレームをスタックに積む命令/削除する命令/修正する命令
* インデキシング命令	クローズイン デキシングによって選択肢を選択する命令
カット系命令	カット、リモートカット(レベル番号付きカット)用命令
オブジェクト呼出し系命令	ESPオブジェクトを動的に呼び出す命令
実行順序制御系命令	apply, raise, succeedなどの命令
複合化命令	幾つかの命令をまとめて1命令化した高速化用命令
if_then系命令	選択肢選択を高速化するための命令
組み込み述語用命令	演算, ストリング操作, 入出力などのための組み込み述語用命令

注 *印がWAMで提案されている命令

choice (X, Y) : - integer (X), X > 0, !, p (Y).
choice (X, Y) : - integer (X), X < 0, !, p (Y).
choice (X, Y) : - integer (X), X = 0, !, p (Y).

図3. if_then系命令適用のプログラム例

合に特に有効で、実際6%程度の高速化が達成された⁽⁷⁾。

3. 開発支援環境

《MELCOM PSI II》が、提供している開発支援環境の全体像は、既に参考文献(1)に示されている。本稿では、その後追加・改良された機能を中心に、個々の開発支援システム、ツールについて述べる。

3.1 SIMPOS II

SIMPOS IIは、資源管理、実行管理を行うオペレーティング システムと、効率良いプログラム開発を支援するプログラミング システムが統合され、プロトタイピングに適した開発環境を実現している。図4にSIMPOS IIの階層構造を示す。

SIMPOS IIは、すべてESP言語で記述され、ESPのオブジェクト指向の考え方に基いて高度にモジュール化されている。SIMPOS IIを構成する各プログラムモジュール(クラス)は、すべてライブラリによって統一的に管理され、クラス間での継承関係、クラスの動的呼出しが行える。これを利用してユーザーは、SIMPOS IIの持つ機能を、自由に組み込んで使用できる。

継承利用の一例として、SIMPOS IIデバッガの編集機能を説明する。デバッガはプログラムの実行、トレースを管理するサブシステムであるが、これは同じくSIMPOS IIのスクリーンエディタPmacsの機能を継承して組み入れてある。このため、デバッガウインドウに表示されたトレース結果を、ウインドウ上で任意に編集して保存できる。

SIMPOS IIは、改良が進められ現在B00版がリリースされている。以下、新たに追加された機能のうち主なものを紹介する。

(1) ネットワーク機能

ワークステーションとして、ネットワーク機能は重要である。特にAI専用機では、ネットワークを介して従来型のマシンと接続し、ハイブリッド型のシステムを構築することが要求される。このような要求にこたえるために、TCP/IPプロトコルとMNA-Pプロトコ

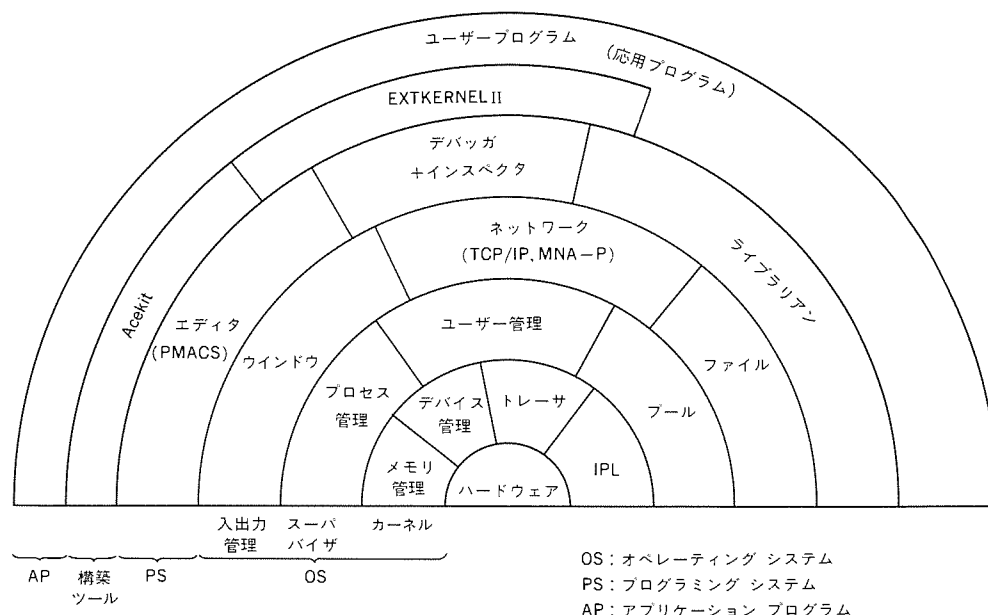


図 4. SIMPOS II の階層構造

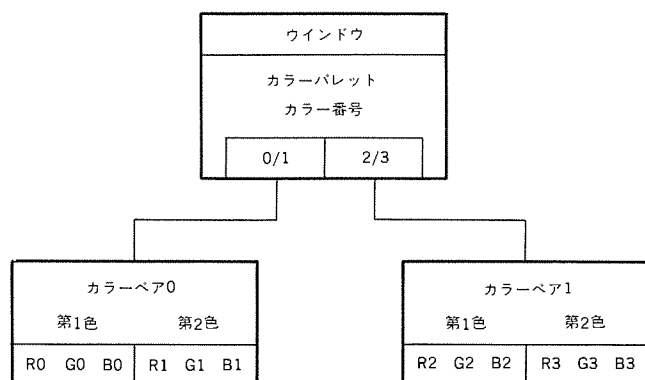


図 5. カラーパレットとカラーペアとの関係

ルをサポートした。

TCP/IPは、UNIX^(注)、EWS(エンジニアリング ワークステーション)の世界で標準的なプロトコルである。このプロトコル上の応用プログラムとしては、FTPとTELNETが使用できる。FTPは、計算機間でのファイル転送、ディレクトリ操作を行うプログラムである。また、TELNETは、他計算機へのリモートログイン機能であり、SIMPOS IIのウィンドウの一つが他計算機の端末として使用できる。

MNA-Pは、当社の標準ネットワーク プロトコルであり、汎用機からオフコン、端末まで統一されたネットワークの構築が可能となっている。このプロトコル上の応用プログラムとしては、対等型ファイル転送機能が使用できる。

これらネットワーク機能も、ESPのオブジェクト指向の利点を生かして、簡潔なユーザー インタフェースとなっている。用意されているネットワーククラスのインスタンス オブジェクトを生成し、そのオブジェクトに対してメッセージを送り、定義されている通信用の述語(connect, send, receiveなど)を呼び出せばよい。

(注) UNIXは、AT&Tのベル研究所が開発したオペレーティング システムで、AT&Tがライセンスしている。

(2) カラー ウィンドウシステム

SIMPOS IIは、他のワークステーション同様、マルチ ウィンドウシステムをベースに高度なマンマシン インタフェースを実現している。新バージョンで追加したカラーマルチ ウィンドウシステムには次のような特長がある。

- (a) 各ウィンドウは、自分専用の表示色を独自に設定できる。
- (b) 親子(孫)ウィンドウ間では、表示色の共有ができる。
- (c) カラーウィンドウは、モノクロウィンドウとプログラム互換性を持つ。

これらは、以下に述べるカラーパレット、カラーペアを導入して実現している。

カラーウィンドウは、自分の表示色を管理するテーブルとしてカラーパレットを持ち、その中に2色1組で実際の色を管理しているカラーペアを複数持っている。このカラーペア中の2色が、互いに反転色の関係となっており、カラーペアを1組しか持っていないウィンドウがモノクロウィンドウと定義される。

なお、プログラムでの色指定はカラーパレット上のカラー番号で行われる。また、このカラーパレットを共有することにより、親子ウィンドウ間の表示色の共有が実現されている。カラーパレットとカラーペアの関係を図5に示す。

3.2 EXTKERNEL II

EXTKERNEL IIは、エキスパートシステムの開発、構築を支援し、容易にシステム構築が行える汎用的なエキスパートシステム構築ツールである。

知識表現として、宣言的な知識表現に向いているスキーマ(フレーム)、手続的な知識表現に向いているルールの両表現をサポートしている。推論方式としては、前向き推論、後向き推論とをサポートしている。図6に示すように、全体を統括するメタルールからサブタスク用のルールセットとして、前向き、後向きの複数のルールセットが起動でき、事実データ、スキーマと合わせて、種々の推論が行える。メタルール及び前向きルールセットは、作業領域を用いた推論を行う。

行性能の向上を図った。ルールの書き方、作業領域の内容により異なるが、従来と比較し5～8倍の性能向上が図られた。

EXTKERNEL IIは、今後も、ルールセットの多階層化、マルチターミナルからの利用、グラフィックスとのリンクやATMS⁽⁸⁾などを考慮した仮説推論機構の追加を予定している。

3.3 Acekit

Acekitは、スプレッドシートに知識処理を適用し、表という知識表現方法をもつエキスパートシステム構築ツールである。Acekitでは、すべての知識を「階層的に構造化された表」と「その表の中の項目間に成立する関係」として表現する。項目間の関係は式、ルールによって表現する。図7に示すように、知識を表という単位で扱い、問題解決機構を表操作の中に組み込む。各表を部品とした部分問題の解決を“part-of”関係の階層構造を介して全体問題への解決へとリンクする。つまり、Acekitでは、表を必要なだけ定義し、各表の項目の間に式、ルールという関係をつけ、各項目に値を入力することで、知識ベースを組み立てていくことになる。

Acekitに最近追加した機能について、以下に簡単に紹介する。

3.3.1 わりふり推論

従来のAcekitでは、表を作業記憶とみなし、式、ルールを用いた前向き推論（順方向推論）のみをサポートしていた。しかし、例えば、見積り作業などで総額を減らして、再見積りを行いたいような場合でも、個々の入力からやり直す必要があり、不便であった。そこで、この順方向推論に加え、ユーザーが入力した過去のデータや値などをもとに、ユーザーが定義した式やルールと矛盾なくその逆方向に推論を行う“わりふり推論”の機能を追加した。

(1) 式のわりふり推論

式のわりふり推論とは、図8に示す表において、〈総計〉＝〈材料1〉＋〈材料2〉＋〈材料3〉という式が定義されていたときに、総計の値を変えれば、それに伴い、材料1～材料3の値も自動的に変わるといった機構である。つまり、わりふり推論を行う前のその式に関連する値（過去のデータ）をもとに、新たに入力された値に対して矛盾が生じないように、値を分配するのが式のわりふり推論である。値を分配する方法には、次の3種類がある。

(a) 比例配分

過去のデータに対して、同じ比率で値をわりふる（図8(b)）。

(b) 比例指定配分

ユーザーが指定した比率で、過去のデータに対して、増加又は減少した値をわりふる（図8(c)）。

(c) 均等配分

過去のデータに対して、増加又は減少した値を均等にわりふる（図8(d)）。

(2) ルールのわりふり推論

ルールのわりふり推論は、わりふり推論を行うルールに関連する項目に設定された値候補（その項目に設定できる値をユーザーが定義）を用いて行う。値候補のあらゆる組合せの中から、ルールが定義された項目に入力された値と矛盾のない値を選んでわりふるのがルールのわりふり推論である。

この機能を用いることにより、例えば、見積り作業などで総額を減らして再見積りを行うようなことは容易に行え、表をインタフェースとした種々のアプリケーションに対して応用用途は広いと考えられる。

3.3.2 関数のサポート

式、ルールに用いる関数はユーザーが任意に定義できるが、ユーザーの負担を軽くするため、平均、総和などの基本的な関数はシステムの組み込み関数として提供する。

3.3.3 操作性改善

Acekitの操作は、表操作が中心であり、その使い勝手がシステムとしてのポイントとなる。最終ユーザーの負荷を考え、できるだけ少ないオペレーションで操作できるようにした。例えば、従来は項目の選択を1項目ずつ行う必要があったが、範囲指定できるようにした。

Acekitは、従来の汎用エキスパートシステム構築ツールに比べ、よりユーザー寄りのインタフェースを提供しており、現在、多くの方々から好評を得ている。

4. む す び

以上、《MELCOM PSI II》の重要なポイントである高速化技法と、開発支援環境について述べた。高速化技法については、採用したアーキテクチャをその評価結果を交えて紹介し、また開発支援環境については、最新版で追加された機能を中心に述べた。

このマシンは既に発売後約2年を経過し、多くのユーザーの方々の支持をいただいている（応用例の一部は、本誌“エキスパートシステム特集”に記載されている。）。これらユーザーの方々の声を大きな財産とし、今後とも当社情報電子研究所をはじめとする社内各研究所の協力を得て、製品の改良、開発に注力していく考えである。

参 考 文 献

- (1) 平塚ほか：知識処理のソフトウェア開発支援環境，三菱電機技報，62，No.10（昭63）
- (2) 吉田ほか：PSI-IIの性能評価(3)，情報処理学会第35回全国大会（昭62）
- (3) 中島ほか：PSI-IIの性能評価(1)，情報処理学会第35回全国大会（昭62）
- (4) 京ほか：LSI化高性能AIワークステーション《MELCOM PSI II》，三菱電機技報，62，No.2（昭63）
- (5) D.H.D Warren：An Abstract Prolog Instruction Set，TR309，SRI（1983）
- (6) 中田ほか：高水準言語計算機の命令セットアーキテクチャ，情報処理，29，No.12（1988）
- (7) 立野ほか：PSI-IIの機械命令セット評価，情処研報，89，No.9（1989）
- (8) de Kleer，J.：An Assumption-based TMS，Artificial Intelligence 28，p.127（1986）

ワークステーションとオープンネットワーク

芥川 哲雄*
多々良 浩司*
村田 篤*

1. ま え が き

計算機は、もはや1台のみで業務を行うことは少なく、必ずネットワークを使い、その他の計算機と通信をしながら業務を行う。このような計算機ネットワークで注目されていることのひとつが、大型計算機に比べて処理能力は劣るが価格の安いワークステーションをネットワーク化して分散システムを構築することにより、その能力の数倍、数十倍の業務を行わせることである。このときこのネットワークシステムを正しい設計思想で構築することが、そのシステムの処理能力を最大限に引き出し、システムの発展性と永続性を確保することになる。

どのようなネットワークシステムを構築するかは、いろいろなアプローチの方法があるが、この論文では今後の分散システムの典型となるワークステーションのネットワークシステム構築の考え方について説明する。

2. オープンネットワークの考え方と流れ

近年のワークステーションとそれらを結びつけるローカルエリアネットワークの発達により、従来のホスト集中型のシステムから分散システムへの移行が現実のものとなってきた。

従来は、図1左のように表示制御をするだけの端末と処理能力を持ったホスト計算機を、回線により接続して業務処理を行うものが普通の形態であった。ワークステーションの発達は、従来の端末のレベルに業務の処理能力を持たせることになり、資源の分散化が可能となり、さらにホスト計算機と高速なローカルエリアネットワークで接続することにより、資源の共有化が可能となった(図1右)。また、使いやすさの面から見ると、例えばホスト計算機に接続された端末では十分なユーザーインタフェースを提供できなかったが、ワークステーションではその能力の一部をユーザーインタフェースの向上に割くことができ、ユーザーの操作性が飛躍的に向上するといったことが挙げられる。ホスト計算機とワークステーションが各々処理能力を持っているため、各々が目的とする処理に対して力を入れることができるからである。更には、計算機のアーキテクチャからその目的にそって設計することができるため、性能や価格な

どの面からもユーザーの要求にこたえることができる。

したがって、分散システムは、その構成要素(ワークステーション、ローカルエリアネットワーク)の発達だけではなく、ユーザーの要求にこたえるためのシステムであるといえる。

このときの分散システム構築に対して、システム設計者が考慮しなければならない大きな問題は、この分散ネットワークシステムを排他的なものとするか、開放的なものにするかである。排他的なシステムとは、特定のメーカーの接続仕様によりネットワークシステムを構築するものであり、その結果それ以外のメーカーの計算機をそのネットワークシステムへの接続を困難にするものである。開放的なシステムとはその逆であり、特定のメーカーの接続仕様によらない、すなわち標準機能の設定した標準や市場の実質的標準の接続仕様によりネットワークシステムを構築することにより、どのメーカーの計算機もそのネットワークシステムに接続できるものである。

分散システムは、ネットワークに接続された各計算機が各々の得意とする処理を分担して行うことが目的であり、そこに接続される計算機は目的とする処理や業務を得意とする計算機を特定のメーカーによらないで選択できることが必要である。したがって、システムの発展性は世の中の技術進歩の恩恵をうけるべきであり、あるメーカーの製品戦略に左右されることは避けなければならない。

また、排他的システムを基盤としてマルチベンダーに対応可能な分散システムを構築しようとする、同じ機能を果たすための各々のメーカーの接続仕様が存在し、異なる接続仕様のものを通信させるためには、その組合せの数だけの技術開発及びシステム管理が必要となる。また、システム設計に対しても制限をうけることが多い。しかしながら、開放的なシステムを基盤とする分散システムは、特殊な技術開発やシステム管理を必要としなくても構築可能であり、また世界的規模でシステム構築の技術を進歩させており、多くのメーカーがその接続仕様のシステムをサポートする製品を開発するため、排他的システムに比べてシステム設計に対して制限をうけることが少ない。

したがって、分散システムの設計に対しては開放的なシステムを基盤とすることが望ましく、それがマルチベンダーによるオープンネットワークと呼ばれるものである。

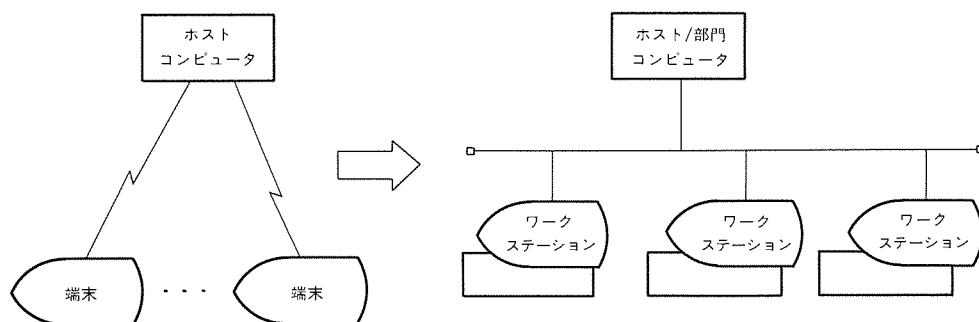


図1. ネットワーク構成の移行

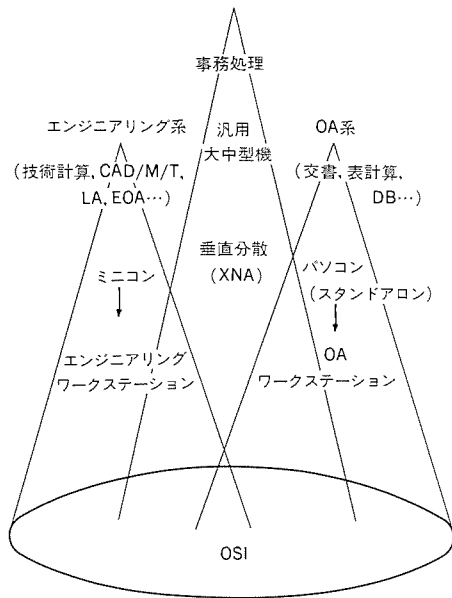


図2. 各市場の概念

このオープンネットワークへの解決として世界的な規模で取り組んでいるのが、OSI (Open Systems Interconnection) である。OSIは、国際標準化機構(ISO)で審議し、規格化されているものでありすべての計算機が同一の接続手順により、ネットワークシステムを構築可能とするものである。しかしながら、規格化はほぼ終わりつつあるものの、これからOSI製品が市場に投入されるため、OSIが広い分野にわたり分散システムの構築基盤となるためには、あと数年を待たなければならない。

したがって、現在、オープンネットワークを構築する方法としては、市場の実質的標準(De facto Standard)によるシステム構築を行うことになる。市場を大きく分類すると図2に示すように、汎用大中小型機を主体とする事務処理系市場、OAワークステーションを主体とするOA系市場、エンジニアリングワークステーションを主体とするエンジニアリング系市場とに分類できる。事務処理系市場におけるネットワークシステム構築は、将来的にはOSIを指向としているとはいえ、現時点では各社固有の接続仕様(XNA)を基本としているため、オープンネットワークのシステム構築は難しい。OA系市場とエンジニアリング系市場は、そのネットワークシステム構築に対してオープンネットワークに対応しており、したがってここでは大きな二つの流れとして、OA系ネットワークシステムとエンジニアリング系ネットワークシステムに分けて、各々のオープンネットワークに対する考え方と当社の取組について説明する。

3. OA系システムにおけるオープンネットワーク

事務処理環境において最も注目されているのは、パソコン/ワークステーションなどの小型機と集中データベースを抱える大型機とを連動させた“分散処理システム”(又はマイクロメインフレームリンク)である。ところが現実には、各メーカー独自の製品系列が生み出されており、結果的に“排他的システム”をユーザーに提供している傾向がある。この章では、OA系システムにおけるオープン

●MS, MS-DOS, MS-NETWORKS, MS OS/2は、米国マイクロソフト社の登録商標である。
●UNIXは、米国AT&T社ベル研究所で開発したソフトウェアの各称である。
●X-Windowは、米国マサチューセッツ工科大学(MIT)の登録商標である。

表1. パソコン/ワークステーションの使い方(ネットワーク機能)

項番	分類	内容	備考(現状)
1	スタンドアロン型	パソコンを単独で使用。ネットワーク化されていない。	現時点でもスタンドアロンは非常に多い。
2	端末型	計算機のTSS端末/オンライン端末として使用。	ホストとの通信は、ホスト(つまり、メーカー)のネットワークアーキテクチャに依存。
3	パソコンLAN型	数台~数十台のパソコンをLANで接続し、資源共有(ファイル共有、プリンタ共有、プロセス間通信)を行う。部門内の業務処理環境の低価格化、高機能化をねらう。	LAN内の通信方式は、メーカーのネットワークアーキテクチャ(過去の財産)に余りとられない。むしろ、コストパフォーマンスや世の中の標準化動向を追求。
4	マイクロメインフレームリンク型	上記2, 3の機能を発展させ、処理=分散(パソコン側)/データ=集中(ホスト側)を実現する。	高度な分散処理スタイルであるが、メーカーごとの戦略により、現在は“排他的システム”として実現している。

ネットワークの流れと当社の取組を、パソコン/ワークステーションを中心とした観点から概説する。

3.1 パソコンにおけるネットワークの流れ

パソコン/ワークステーションの使い方(ネットワーク機能)は複雑になってきている(表1)。ユーザーの希望、メーカーの戦略ともマイクロメインフレームリンク型のネットワークが最終目標であり、表1の2と3の形態を融合しながら4の形態へ進む。しかし、ここ数年のレンジで見ると、パソコンLAN型のネットワーク形態が重要となってくる。それは、下記の理由による。

- (1) ユーザーにとって、コストパフォーマンス上のメリットが直接的に享受できる。
- (2) 処理の分散を行うためのメカニズム(プロセス間通信や管理機能)を内蔵している。これにより、マイクロメインフレームリンク型への移行のための機能的な基盤となる。
- (3) LAN (Local Area Network) による接続形態に非常によくマッチしている。
- (4) オープンネットワークへの、はっきりとした流れがあり、マルチベンダー指向に対して一つの解決になってくる。

3.2 パソコンLAN型ネットワークの技術的特徴

パソコンLAN型ネットワークというのは本文章内での定義であり、主として資源共有を目的とするパソコン系のLANシステムを指すこととする。パソコンLAN型ネットワークの特徴は以下のとおりである。

- (1) LAN媒体
市場においては、IEEE 802.3 (10 BASE 5) 及びIEEE 802.5に準拠した製品が事実上の標準となっている。
- (2) 機能
ファイル共有、プリンタ共有などを提供している。ただし、「資源がローカルにあるかリモートにあるかの判断をOS内部で行う。」というネットワークOS化が実現されている一方、資源の排他制御、障害対策、運用管理機能、マルチベンダー性などが不足している。
- (3) ホストとの接続性

ホスト計算機を含めたシステム構築機能は、あまり整備されていない。具体的には、パソコン以外との資源共有までを可能にする機能や、パソコンLANを介してホストとの端末制御を行う機能などである。

3.3 OA系システムにおけるオープンネットワークへの流れ

パソコンLAN型ネットワークは、オフィスシステム全体の流れを

表2. MS OS/2 LAN Managerの特長

項 目	説 明	備考 (MS-DOS との比較)
サーバ/ワークステーションの同時実行	◇OS/2のマルチタスク環境を生かし、サーバ/ワークステーション両機能を、1台のパソコン上で動作可能としている。(サーバ:資源を供給するマシン、ワークステーション:資源供給を受けるマシン) ◇これにより、ネットワーク上の資源の活用が図れる。	◇MS-DOSでは、一時にはどちらか一方しかできなかった。
ファイルサーバ(FS) プリンタサーバ(PS) 非同期通信サーバ(CS)	◇資源共有の機能である。ネットワークを意識させない、標準入出力機構で実現している。 ◇従来のMS-DOS用LAN (MS-NETWORKS)との互換性を考慮してある。	◇MS-DOSとの互換性
プロセス間通信	◇名前付きパイプ(Named Pipe)機構が導入された。これは、従来のパイプ機構を拡張し、ネットワークを意識せずに、他のステーションとのプロセス間通信機能を提供するもの。	◇新機能
リモートプログラム実行	◇他のサーバステーション上のプログラムを実行させる機能。	◇新機能
セキュリティ管理	◇サーバに対する多数のアクセスが存在する環境下でのセキュリティ管理が導入された。	◇新機能
ネットワーク管理	◇ネットワークリソースの利用状況を保持する機能、ネットワーク障害に対する追求やリカバリを容易にするためのエラーログ機能、アラート機能などが強化された。	◇機能強化

支配するには至っていなかったが、最近の技術進歩を背景に流れが変わろうとしている。従来のパソコンLAN型ネットワークの欠点を取り除き、かつオープン性にも着目したものが登場してきた。これが“MS OS/2 LAN Manager (以下、LMという)”である(表2)。パソコンにおけるマルチタスクOSの標準がMS OS/2となりつつある中で、多数のMS-DOS機、MS OS/2機が混在するネットワーク環境を強力に支援する基盤として、LMが実質的な標準となってきた。

さらに、LMはパソコンの世界の標準にとどまらず、UNIXの世界まで広がろうとしている。これは、LMのサーバ機能をUNIXマシン上に構築しようというものである。

以上のような動向により、LMがオープンネットワークとしての資質を持つ標準になりつつある。ただし、ユーザーの最終的な要望は、マイクロメインフレームリンク型ネットワークにおけるマルチベンダー性である。やはり、OSIがその解決になると考えられ、現在は過渡的な状況であるといえる。したがって、OA系ネットワークにおける“オープンネットワーク”の進化は、次のようなステップになると考えられる。

- (1) 部門内LANネットワークは、LMを基盤として標準化が進む。一方、部門内LANからホストへの接続は、メーカー独自方式に従う。
- (2) マイクロメインフレームリンク型の分散処理システムに対しても、徐々にOSIによるオープンネットワーク化が進む。

3.4 当社の取組

当社では、これまで述べたような認識に基づきOA系ネットワークの開発を進めている。

(1) 考え方

オープンネットワークを追求することにより、ユーザーのマルチベンダー指向にこたえる。この基盤の上に、ユーザーの求めるシステムを構築していく。

(2) パソコン/ワークステーション

第一歩として、MAXYシリーズ/マルチワークステーションシリーズに“MS OS/2 LAN Manager”を製品提供していく予定である。

(3) 部門プロセッサ

《MELCOM 80シリーズ》を始めとする“部門プロセッサ”に対しても接続性を確保していくことにより、ユーザーの要望・規模・機能・性能に応じたシステムを構築することを可能にしていく予定である。当社の部門プロセッサをサーバマシンとし、当社/他社のパソコンをユーザーインタフェースとしたオープンネットワーク(部門内LANシステム)の提供をターゲットとしていく。

(4) マイクロメインフレームリンク

上記“部門内LANシステムにおけるオープンネットワーク”を基盤とし、これと当社ネットワークアーキテクチャ“MNA-P”(Multi-shared Network Architecture-Packet)とを融合させていくことでユーザー要望にこたえる。“OSI化の流れ”に対しても適合した製品を提供していくことで、OA系ネットワークの今後のオープンネットワーク化に対応する。

4. エンジニアリング系システムにおけるオープンネットワーク

エンジニアリング系システムの特徴として、システムの機能を目的として計算機を購入するのではなく、そのマシンの特徴的な機能(グラフィック処理、計算処理、ソフトウェア開発など)を目的として計算機を購入することが多いため、ほとんどの場合マルチベンダーのマシン構成となることが挙げられる。したがって、オープンネットワークに対する要求度も高く、TCP/IPと呼ばれるエンジニアリング市場での実質的な標準であるネットワーク機能により、オープンネットワークを実現している。TCP/IPとは、狭義には米国国防総省(DoD)の定めたネットワークプロトコルのことであるが、一般的にはファイル転送などのアプリケーションも含めたネットワーク機能のことを表す。米国では、TCP/IPプロトコルをサポートする広域網が存在するが、日本ではそのような広域網の発達は遅れ、主にローカルエリアネットワークを主体にして発展してきた。

TCP/IPをベースとするネットワークで提供されるサービスは2種類のものに分けられる。一つは、ネットワークのアプリケーションとして、従来からあるファイル転送のようにネットワークを意識したもの、ファイルサーバなどのようにネットワークを意識しないトランスペアレントなものである。各々について、代表的なものを幾つか説明する。

4.1 ネットワークを意識するもの

ユーザーが通信を意識して、又は目的として行うものである。従来のホスト集中型システムにおいて、ホスト計算機間においても使われるものであり、伝統的なネットワーク機能といえる。

(1) ファイル転送

通信する相手を指定して、ディスクの中のファイルを送受信するものである。ファイルを転送してその先の計算機において業務を行うことになる。

(2) リモートログイン

従来の端末のイメージである。相手先の計算機の指定をして、以後そのワークステーションは相手計算機の端末となる。

(3) 電子メール

エディタなどで作成したテキストを別のワークステーションのユーザーに送るものである。各々のユーザーが使うワークステーションからメールの発信と受信が可能である。

4.2 ネットワークを意識しないもの

ワークステーションからネットワークに接続されている計算機の機能を意識しないで、あたかも自分の使っているワークステーションが持っている機能として使うものであり、より高度な分散システムが構築可能となる。これには、高速通信可能なローカルエリアネットワークが必要不可欠である。

(1) ファイルサーバ

ネットワーク上の計算機のファイルをあたかもそのワークステーションのファイルとして扱うものである。アプリケーションは、ローカルのファイルの処理と何ら変わるところはない。

(2) プリントサーバ

各々のワークステーションが個々にプリンタを持たなくても、1箇所のプリンタを共有可能となる。また、いろいろなタイプのプリンタをその出力目的により選択して出力可能である。

(3) CPUサーバ

CPUの実行処理自体も分散するものである。別の計算機でコマンドを実行してその結果をもらう方法や、プログラムのサブルーチンの単位で別々の計算機で実行する方法などがある。

どちらのサービスも、マルチベンダーのオープンネットワークにて動作するために、サービスを実現するためのすべてのネットワーク上のやりとり（プロトコル）が統一されていることは当然のことである。TCP/IPが実質的標準としての位置を確保した理由は、パークレー版のUNIXがオペレーティングシステムとして標準的にTCP/IPをサポートしたことが挙げられるが、オープンネットワークで使われているすべてのサービスが組み込まれていたわけではない。エンジニアリング系のオープンネットワークが発展している理由としては、同一のオペレーティングシステム上に組み込まれた同一のネットワークインタフェースがあることを特徴として、メーカーが開発したネットワーク機能を、オープンネットワーク実現のために他のメーカーに販売することや、仕様（プロトコル）を公開することを行っているからである。また、ユーザーやメーカーが開発したネットワーク機能をオープンネットワーク実現のためパブリックドメインとして配布しているからである。そして、このことがエンジニアリング系ネットワークの特徴として挙げることができる。

これらのネットワーク機能がマルチベンダーにより供給され、オープンネットワークを構築するとき解決しなければならない問題が二つある。一つは、開放的システムの構築はいろいろなメーカーの機種を含めたネットワーク構築、運用、メンテナンスを行う必要がある。特に、オープンネットワークシステムでは、異なったメーカーの計算機がネットワークを介した動作を行うため、なにかの問題

が発生した場合は個々のメーカーが各々の計算機のみに着目するとなかなか早期の問題解決が難しくなる。もう一つは、これらのネットワーク機能はネットワーク構築の共通基盤であり、実際の業務は更にこの基盤の上にアプリケーションシステムが構築されるわけであるが、業務が分散システムとし成り立つ設計をしなければならないことである。間違った設計を行うと、業務の分散度が低くなりせっかくのオープンネットワークが生かせないことになる。

当社は、マルチベンダーによるオープンネットワークの重要性を認識しており、TCP/IP及び先に述べたサービスの機能をスーパーミニコン“MXシリーズ”、AIワークステーションPSIとエンジニアリングワークステーション“MEシリーズ”に装備している。これらの問題に対しては、高度なシステム構築技術と経験が必要であり、当社はシステム設計の段階からマルチベンダーによるオープンネットワーク構築を想定しているため高いレベルでの業務の分散システムが構築可能であり、運用、メンテナンスについての対応もシステム全体に対して考え、対応している。

オペレーティングシステムは、UNIX SYSTEM V、ウインドウシステムはX-windowというように、ネットワークのみならずすべてにおいて業界標準を追求しており、高いレベルでのエンジニアリング系オープンネットワークシステムを構築するための方法を常に追求している。

5. むすび

以上、当社のワークステーションにおけるオープンネットワークへの取組について、基本的な考え方、及びOA系システム、エンジニアリング系システムへの取組について述べてきた。

オープンネットワークへの真の解決として、OSIという形で標準化の努力がなされている。当社でもOSI規格の検討／作成に対して国際的な貢献をしているとともに、OSI製品の開発を継続している。

一方、社会全体にOSI規格によるオープンネットワークが浸透していく方向であることは間違いないが、現在は過渡的な状況であり、すべての製品をOSIにより接続するには、もう少し社会的な成熟を必要とする。こうした状況の中で現実的な解決となるのが市場の実質的標準（Defacto Standard）である。当社は、OSI化社会の到来に備えつつ、市場の多様な要求にこたえるために、OA系システム、エンジニアリング系システムの両面から実質的標準の取込を図っている。こうした方向により、ユーザーの“オープンネットワーク”に対する要望にこたえていく。

三菱単相送風機専用速度調節器

スポットライト〈ファンインバータ〉

有圧換気扇など産業用送風機では、低騒音化が進められる一方、速度調節を無段階で行う要望が高まりつつあります。そのような中で、現在、単相送風機用速度調節器としては安価な位相制御方式のものがありますが、これらは運転時の騒音や振動が大きくなり、送風機の低騒音化に逆行したものでした。新発売の単相送風機専用速度調節器〈ファンインバータ〉FS-100A形・FS-400A形は、高キャリア周波数インバータ方式を採用して、モータからの発生音を最小限におさえました。さらに別売の温度コントローラや本体内部蔵の外部制御端子により、センサ等による自動運転も可能です。また有圧換気扇用の電動シャッター連動端子を備えるなど、高級化・高機能化そしてシステム化志向の速度調節器となっています。

特長

●風量無段階制御

風量は速度調節つまみにより無段階(約20~100%)に変えられ、大幅な省エネになります。

●低騒音化を実現

高キャリア周波数正弦波PWM制御方式により、商用電源駆動時に匹敵する低騒音化を実現しました。

●広範囲な組合せ機種

ファンモータに合ったV/Fパターンに設定しているため、組合せ機種が多く複数台運転も可能です。

●50Hz地区でも60Hzの能力

50Hz地区でも、60Hz相当の風量・静圧を得ることができます。

●充実した付属機能

①別売の手元リモコン(FS-01RC)が接続できます。

②別売の温度コントローラ(FS-01SC)と接続することにより、全速運転から停止までを温度センサで自動制御できます。

③電動シャッターとの連動運転が可能です。

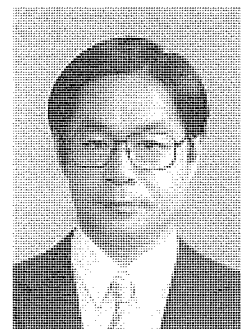
④外部制御端子を用いることにより、センサ等による自動運転が可能です。



仕様

形 名	FS-100A	FN-400A
電 源	単相AC100V 50/60Hz	
出 力 電 流	0.15~1.0A	0.15~4.0A
出 力 容 量	15~100VA	15~400VA
周 囲 条 件	温度 -10℃~40℃ 湿度90%以下	
振 動	0.5G以下	
製 品 重 量	1.9kg	
制 御 方 式	近似正弦波PWM制御、電圧周波数制御方式	
出 力 電 圧 範 囲	単相13.3V~100V(入力AC100Vのとき)	
出 力 周 波 数 範 囲	22~60.5Hz(V/F切換スイッチが3のとき)	
周 波 数 精 度	±2.5%	
V / F パ タ ー ン	3通り切換	
過 負 荷 耐 量	110%~150% 2分間(過負荷保護機能による)	
加 速 ・ 減 速 時 間	26V/秒	
保 護 機 能	過電流・過負荷・過電圧・不足電圧・過熱・回生保護	

AIとエキスパートシステムの今後の展開



東京工業大学助教授
大学院総合理工学研究科
工学博士 小林 重信

人工知能及び知識処理技術の応用であるエキスパートシステム（以下、ESという）の研究開発は日本の産業界において着実な発展を遂げ、実用化例も数百を数えるに至っている。ES的接近は、従来の数理的方法あるいはソフトウェア技術では取扱いが困難であった悪定義・悪構造問題への技術的突破口を開いた点に意義がある。

ESの開発は実用化期に入ったといわれているが、これはESを構築するための方法論的、技術的な基盤が確立したことを意味するものではない。ES開発の実態は極めて試行錯誤的、ケーススタディ的であり、解決すべき技術的課題を数多く抱えているのが現状と認められる。本稿では、ESの現状と将来について小論を述べたい。

ESの産業界における応用は、解析型問題（解釈・診断・制御）から合成型問題（計画・設計）へとシフトしつつある。これは解析型問題領域におけるESが確立されたことを示すものではなく、むしろこの領域におけるES的接近の限界が指摘され、ESのより適切な応用領域として合成型問題が認識されるに至った経緯による。以下、各応用領域ごとにES的接近の課題を考察することとしよう。

解釈問題領域では、音声・画像などの認知が中心的課題である。ESが基盤とする知識処理技術は認知処理をトップダウン的に制御するには有用であるが、ボトムアップ的な処理には適していない。この部分については事例からの学習に基づくニューラルネットの接近に任せ、両技術の適切な融合が今後の中心的課題と考えられる。

診断はESの開発及び技術的蓄積も多い問題領域であるが、実用化の観点からは難しい領域でもある。理由は診断の性能を100%に近づけるためには、知識ベースを大規模化する必要があり、コスト的に引き合わないからである。知識ベースの規模をある水準に留め、例外処理は事例ベース

推論に委ねる方式を検討する時期にきている。

制御は解釈・診断を内包する複合問題領域である。この領域では、ES的接近はファジィ的接近と競合する。ファジィ制御の本質は、事例に基づくアクションの補間であり、技能処理が要請される制御問題には適している。ES的接近は時間遅れが大きい非線形系に対し適しており、両接近法の守備範囲は次第に明確になるであろう。

計画問題領域では、スケジューリングを中心にESの実用化が進んでいる。比較的少数の探索制御知識によって効率的に近似解を導くことから、ES的接近が有用な領域である。制御知識によってガイドされる探索は計画事例を生成するので、これを再利用する枠組みを付与すれば、性能を段階的に向上させることが期待できる。

設計とは、代替案の生成・解析・評価／検証・修正の繰り返しである。このサイクルにおける設計者の問題解決過程を観察すると、探索的側面に加えて、仮説に基づいて推論を展開する意思決定的側面、過去の設計事例を参照する再利用的側面、設計活動を通じて制御知識を獲得する知識獲得的側面がある。特に、後の2つの側面を支援するAI技術として事例ベース推論と説明に基づく学習をESに付与することが設計問題領域におけるこれからの課題とみられる。

ESの今後の応用を考える場合、周辺技術であるニューロやファジィとの間での役割の分担並びに協調を考えていく必要がある。また、これまでのESは専門家から獲得した知識ベースとその上での演繹的推論を基本的な枠組みとしてきたが、これからは知識化される以前の情報である事例集合を活用するための事例ベース推論並びに事例を知識に一般化するための学習機能を取り込んでいく必要があることを指摘してむすびとする。

エキスパートシステム実用化の現状とその展望

田中千代治*
今道周雄**
小林健三**

1. ま え が き

この展望では、この特集で取り上げられたエキスパートシステムの実用化の現状をふまえ、それらにおける種々な問題点、課題などを抽出し、さらに実用化によるメリット、適切な応用分野などを述べて、今後のエキスパートシステム利用における方向を定めたい。

エキスパートシステムの実用例は、特に製造業で多く見られるが、その中でも特に診断、工程計画、操業支援の分野が多い。これらのエキスパートシステムは、LISP、PROLOGなどのAI向き言語や汎用エキスパートシステム構築ツールを使用して作成されていた段階から、メーカーの提供する問題向きの専用シェルを用いることにより、以前に比べて容易に構築することができる段階を迎えていることが大きな特徴であり、主としてこの環境に関して論じる。

2. エキスパートシステム実用化の現状

エキスパートシステムの技術は既に研究の段階を経て、最終ユーザーが開発し、実際上の効果を出す実用化の方向に向かっており、多くの実用例が紹介されている。そこでこの展望では、この特集号に載せられている論文に沿って、製造業における実用化の状況と今後の開発の方向を紹介するが、他の業種においても同じくあてはめることができると考える。

2.1 実用化の進む応用分野⁽¹⁾⁽²⁾

AIセンターによるAIビジョンの調査結果⁽¹⁶⁾からも明らかなように、全産業の中でAIに対する期待が高く、取組の盛んな業種は加工組立産業、次いで公共サービス業である。いわゆる製造業や、電力・原子力などのプラントを持つ業種などである。このような業種を中心に考えると、図1に示すように、実用化が進んでいる応用分野は故障診断が首位となっている⁽¹⁾。しかし、日本電子工業振興協会などの調査では図2に示すように、

- (1) プラントの最適操業支援、制御
- (2) プラント故障診断
- (3) 工程計画、スケジューリング
- (4) プラントの監視、異常予知

の順でユーザーの要求が強い⁽²⁾。我々の商談の実績でも同様のよう傾向がある。

これらの傾向から、故障診断などは初歩的な対象としては適切であるが、エキスパートシステム化の効果が発揮しにくい応用分野であると考えられる。一方、プラント最適操業、計画や設計分野は対象として、より困難な分野であるが、設備の有効利用など直接的な効果が期待できる点で実用化システムとしての実施例が多いと考えられる。

2.2 実用化開発の経緯

ここでは、これらのエキスパートシステムの開発の経緯を復習してみたい。

- プロトタイプシステムの開発から開始する。

やはり、エキスパートシステム開発は、プロトタイプシステム(以下、プロトとよぶ。)の開発から開始するのが適している。なぜならば、エキスパートシステムの仕様の決定、効果の評価、知識の検証などは、プロト開発により初めて確認することができ、これを行うことにより更に実用化システムを開発するに当たって効果の見通しや、目標の設定が可能となる。

- プロト開発で蓄積したノウハウを実用化へ利用し展開する。

プロトの開発は何も上記のような目的ばかりではない。ハードウェアとツールを提供するメーカーと共同でプロトを開発することにより、今までこのようなシステムの開発経験のないユーザーでもこの開発を通して開発ノウハウの蓄積、開発方法論の確立、社内K.E.

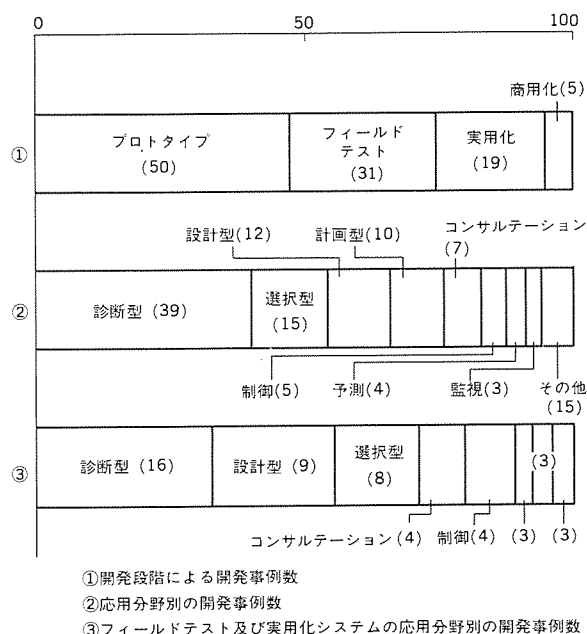


図1. 応用分野別の開発事例数

(日経AI, 1988年1月18日号付録から引用)

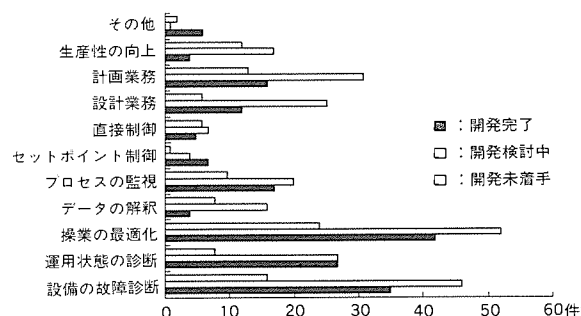


図2. 開発段階による応用分野別の開発事例数

(社)日本電子工業振興協会、工業用計算機システムに関する調査報告書、昭和63年3月から引用)

(知識エンジニア)の育成などが可能となる。これらの経験、知識により、ユーザー自らで実用化システムの設計などが可能となり、さらに実用化システムの効果がより適切に予測できるようになる。一方、プロトタイプシステムで構築されたシステム(ルールなど)は大部分が実用化システムの一部分として利用することも可能であり、効率的な開発が可能となることが多いことも利点である。

2.3 エキスパートシステムの利点

エキスパートシステムによりどのような利点が得られるのであろうか。上記で述べた製造業において現実的に期待できる効果には、次のようなものが挙げられる。

- (1) 業務ノウハウの抽出、蓄積、保存
- (2) 工程の効率化、適正化、ジャストインタイム化
- (3) 安定した操業、効率的な操業

一般的に、専門家を不要とするのがエキスパートシステムの最大の効果であると言われているが、専門家の持つ知識をすべて計算機の上に実現することは多大な努力(すなわち費用)を要する。それゆえ、専門家を完全に代替できるようなシステムを構築するよりも、専門家の実施している業務を分析し、これの100%代替をねらうのではなく、全般的な工程の短縮や、業務の均質化などをねらうのが効果的であると考えられる。また、専門家の業務ノウハウを抽出し、ドキュメントの形でまとめ、保存できることも効果の一つである。これには、K.E.の知識獲得に関する技術が役立つと言われている。

設備投資の盛んな製造業においては、同業間の競争が激しく、他社に比較していかに良質で、顧客の要求にあったものを、短期間で適正なタイミングで提供するか(ジャストインタイム)が課題で、これを満たすことが他社との差別化、ひいては受注の拡大、業績の向上につながっている。現在、効率的な工程の計画は専門家により可能であるが、専門家の数が限定されているため、効果の向上は難しい状況にあるメーカーも多い。それゆえに、最高レベルの専門家に比較すると多少劣る面がありうるが、専門家から抽出したノウハウに基づいて製造工程の計画を行うエキスパートシステムは効果を十分に期待できるシステムである。

また、エキスパートシステムの導入により、全般的に操業が安定・均質化し、専門家の効率的な操業が非専門家にも可能となることも大きな効果と一般的に認められている。

3. 実用化への技術基盤の整備

このような大きな効果が期待できるエキスパートシステムを実用化するためには、技術基盤の整備が必要である。第一はハードウェアであり、第二はソフトウェア、第三はシステム構築技術である。

3.1 ハードウェア基盤の整備

エキスパートシステム向けのハードウェアは、専用機から汎用機へ移行していると言われている。しかし、汎用機でもエキスパートシステムは構築できるが、例えばメインフレーム上で実用化AIシステムを開発・実行させると性能上、使用上の制約(高価なBDP用の計算機を専用するわけにはいかない。)や、操作性の問題がある。また、汎用のワークステーションでは、実用レベルのシステムが要求する推論処理能力に耐えうるかの事前評価が重要である。一方、実際のプラントと接続して故障診断や、プラント監視などを実施する場合は、このようなプラントの特殊な要求に適合した計算機が必要となる。

また、小さな主メモリでも仮想記憶を採用するなどにより、エキ

スパートシステムを実行できるが、このような場合実行性能が劣り、実用に支障を来すことも考えられる。それゆえ、実用化エキスパートシステムを開発する以前に、このような点を考慮し、機種選定の十分な検討が必要であろう。ただし、少ないルールのシステムでは大きな主メモリは必要ではないし、実行性能に関してもパソコンでかなりのことができることも事実であるので、使用目的に合わせた機種の選定が重要である。

当社では、システムの要求に合わせて対応可能なように、エキスパートシステムなどのAIシステム構築に適したハードウェアとして以下のものをそろえている。

(1) 専用AIワークステーション《MELCOM PSI II》⁽³⁾⁽⁴⁾

専用AIワークステーション《MELCOM PSI II》はAI専用機として、推論性能の高さ、主メモリの大きさから実用的な、大規模エキスパートシステムまでを実現できる機種として適している⁽¹²⁾。

また《MELCOM PSI II》の特徴として、そのシステム記述言語ESP(Extended Self-contained Prolog)の有用性がある。簡易なAIシステムから本格的なシステムまで、ユーザーの要求に応じて十分な機能・性能を発揮し、AIシステムを容易に実現することができるなどの特長を備えている。

(2) オンライン使用向けのスーパーミニコン《MELCOM 70 MXシリーズ》⁽⁵⁾⁽⁶⁾

実用レベルのシステムを目指すときに、高い推論性能と同時に要求されるのが、既存機能のシステムとの親和性である。特に製造業における計画や故障診断などの種々な応用分野においては、切実なものはオンライン特性であろう。すなわち、プラントと接続してオンラインでデータを採取し、これらのデータの前処理を実施した後、推論システムにより結論を出すことが要求される。このような要求にこたえることができるのが、三菱電機スーパーミニコン《MELCOM 70 MXシリーズ》上のオンラインプラント監視用のシステムであり、これにAIワークステーション《MELCOM PSI II》を必要に応じて接続するなどにより、種々な目的に適合したシステムの構成が可能である。

(3) 異なる機種間の展開

プロトタイプシステムの開発と、実用化システムの実行環境とが同一の機種で行われる必要はなく、各々適した機種で実施することは一般的に行われていることである。当社でも異機種間での移行性、展開を可能としている。すなわち、AI言語ではProlog系の言語で統一し、エキスパートシステム構築支援ツールでは機種間でほぼ統一した言語表現仕様を持つ“EXTKERNEL”を使用することにより、小規模のシステムの開発をパソコン上で実施し、規模の拡大に伴って機種を変更して、最も適した機種上で実行するなどの展開が可能である。この展開の一例を図3に示す。

3.2 ソフトウェア基盤の整備

ソフトウェアの整備に関しては、ユーザーの目的に応じた種々な要求があり、その要求を満たすためにツールが用意されつつある。汎用のエキスパートシステム構築支援ツールに関しては、かなりの程度の要求を満たしているが、応用分野別のドメインシェルに関しては今後整備が進むと言えよう。どのような分野別のシェルが必要であるかに関しても、かなりの討議が必要であり、各メーカーで検討が進んでいる。当社では、スケジューリング、故障診断、OA用のツールに関して整備を行っており成果が出始めている。

(1) スケジューリング向けエキスパートシェル⁽¹³⁾

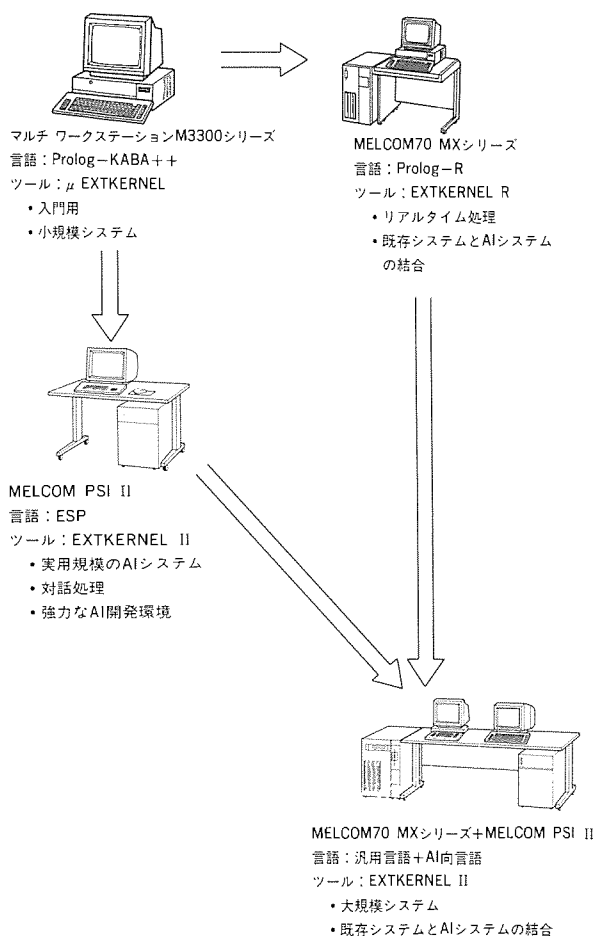


図3. AI応用システムの機種間の展開方法

(2) 故障診断用のエキスパートシェル⁽¹⁴⁾

(3) OA業務向けのハイパーメディア⁽¹⁵⁾

当社では、図4に示すように順次分野を広げて開発し、製造業全般を対象として分野別のシェルを開発している。

3.3 システム構築技術⁽⁷⁾⁽⁸⁾

エキスパートシステム構築技術に関しても、その困難さが開発者

に認識されてきたため、これを支援するツールの要望が高くなっていく。今後これらの整備が進むと、一般ユーザーが問題を特定した後にエキスパートシステムを構築するに要するかなりの作業を削減することができ、これによりエキスパートシステムの構築がより容易になる。

この分野での特殊なツールとして、当社の提供する“統合ファジィ制御ソフトウェア(FCSS)”がある⁽⁶⁾。これは、ファジィ制御を実現するためのルールを生成する作業を支援するツールであり、これを利用することによりユーザーがファジィルールの生成を行い、これを調整していくことがより簡便にできるようになった。

4. 問題点と今後の課題⁽⁹⁾

このようにプロトタイプシステムから実用化システムの開発へとエキスパートシステムの開発レベルが進んでいる中で、幾つかの問題点が指摘されている。開発担当者から指摘を受ける問題点として下記の項目がある。

- (1) 経済的観点から効果が十分に評価できない。
- (2) 従来型のシステムに比べて開発に要する工数が大きい。
- (3) 開発に技術的な困難を伴う。

これらの問題点の幾つかは一面的な見方のものもあるので、これらを詳細に検討してみたい。

4.1 経済性の検討

経済性で十分にペイしないとの指摘は、

- (1) 経済的な効果が把握しにくい。
- (2) 省力化の利点が少ない。

ということと同じであろう。省力化の効果が見えないというのは、専門家を100%代替するためのシステムの構築は多くの人工を要するため、その専門家を置き換えられたとしても費用対効果比は低いと考えられる。しかし、それよりももっと積極的にこのようなシステム構築により得られるメリットを確認するべきであろう。すなわち、2.3節でも述べたように、現在の製造業における厳しい競争に打ち勝つために、スケジューリング エキスパートシステムが製造工程計画を効率的に立案しているなどがよい例である。

また、開発に要する工数に関しては、今までの筆者らの経験から、エキスパートシステムの構築に当たり、

- 1ルール当たり10～20時間の開発工数が必要

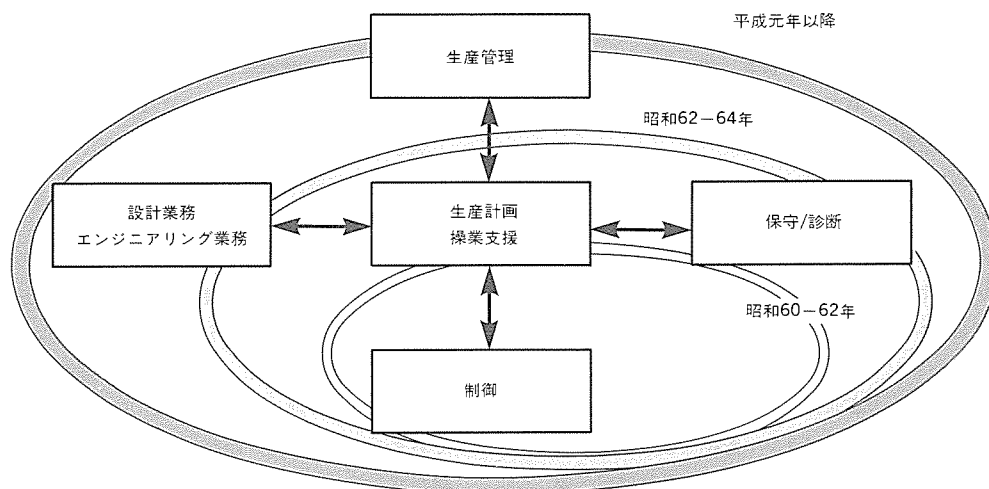


図4. 製造業における分野別ドメインシェルの展開

である。しかし、同じような問題を従来型の言語で製作する場合に比較して、作成するドキュメント、コード量などで約1/3となり、総合的な所要時間は約50-60%で済むことが確認されている。このように、上記の所要時間は専門家からの知識の獲得（従来は要求仕様書の作成などに要する時間）などの時間も含んでいる。また、エキスパートシステムが実現しようとしているのは、専門家の行っている業務の全面的な代替であるのに対し、従来型のシステムはあくまでも人間に対する判断基準を提供する支援機能であり、達成の要求度合いが大きい。このようなことを考慮するならば、上記の1ルール当たり10~20時間の工数は決して大きくはない。このような時間を掛けて実施してペイするような業務を選択することが肝要であろう。

4.2 技術的な問題点

経済性の問題の次に重要なのは技術的な問題点である。すなわち、エキスパートシステムの構築は、技術的な難度が高いということである。しかし、従来の計算機システムでも、効率的にシステムを構築できるためには多くの経験が必要としていた。特に、エキスパートシステムで指摘される問題点は次の項目であろう。

●知識獲得の作業が大切であり、高度な技術者が必要

すなわち、エキスパートシステム構築の第一ステップである、専門家から業務の知識を獲得し文書化することの技術的高度さである。しかし、このことは何もエキスパートシステムに限ったことではなく、顧客の要求仕様書をどのように作成するかに関しては多くの方法が提案されていることから分かつとおり、従来の計算機システムでも同様に重要で、高度な技術が必要である⁽¹⁰⁾⁽¹¹⁾。

エキスパートシステム特有の問題点として挙げられることは、

●問題に適したエキスパートシェルが有効

ということであろう。それはエキスパートシステム構築の困難さ、有効性を認識したうえで、これを効率的に構築することを可能とするために、提案されているのがこのような問題別のエキスパートシェルである。

4.3 今後の発展の方向

製造業を中心とした実用化の方向は、このまま継続すると考える。しかし、従来と同様な方法で開発が行われるとは思われない。新しい技術を取り入れて行く業界の常として、技術が提供できるあらゆる可能性を追及して行くのがその方向であろう。

最適な開発方向、開発方法として、提供されなければならない点を挙げる。

- (1) 知識獲得、整理の方法論
- (2) 知識獲得支援ツール
- (3) 実用化システムに適したハードウェア
- (4) 既存のシステムと結合し、統合したシステムを構築できるシステム

このような要求に対して、当社はどのような役割を果たして行けばよいのであろうか。当社は総合電機メーカーであり、多くのユーザーとともに歩んできている。そして、これらのユーザーからの種々な、高度な要求に応じることが必要である。そのため、下記のような

形態のサポートを主として行っていきたい。

- (1) システム一括としてのサービスの提供
- (2) KEサポートの提供

当然、このようなサポートを必要としないユーザーに対しては、ハードウェア、ソフトウェアのみの提供も可能であるが、今までの開発の経緯を考えると、上記のようなサービスの提供が必ず(須)であると考ええる。また、当社では、種々な大規模システムを提供してきており、このようなシステムのユーザーに対しても、このシステムを最も良く、効率的に運用して行くためのサポートが必要である。これらのサポートの提供も当社の提供すべきサービスであると考ええる。

一言で言って、“共同で開発してメリットを”である。すなわち、上記のようにユーザー自身で開発するだけではなく、第一段階としては、信頼のおけるメーカーと共同でシステムを開発し、この経験を生かして、第二段階の実用化システムの開発を進めるのが最も妥当な進め方であると考ええる。

参 考 文 献

- (1) 日経AI, 1988年1月18日号付録
- (2) (社)日本電子工業振興協会：工業用計算機システムに関する調査報告書(昭63-3)
- (3) 平塚, 秋田：知識処理のソフトウェア開発支援環境, 三菱電機技報, 62, No.10(昭63)
- (4) 池田：AIワークステーション《MELCOM PSI II》, 三菱電機技報, 63, No.7(1989)
- (5) 今道, 小林：知識情報処理の鉄鋼システムへの応用, 三菱電機技報, 60, No.9(昭61)
- (6) 小林, 高木：リアルタイム制御機能を持つファジィエキスパートシステム構築支援ツール, 三菱電機技報, 63, No.3(1989)
- (7) 滝：知識獲得支援技術, 計測と制御, 27, No.10(1988)
- (8) Walters, John R.: Crafting Knowledge-Based Systems, John Wiley & Sons(1988)
- (9) 小林：知識システム技術の現状と将来, 計測と制御, 27, No.10(1988)
- (10) Mind-SA: Method of INformation systems Design for Systems Analysis, 株式会社Nixリサーチセンタ(1988)
- (11) Rule Master, Radian Systems
- (12) 日本情報処理開発協会編, 知的情報処理システムに関する調査研究報告書(1989)
- (13) 及川, 水野：加工・組立工程スケジューリング エキスパートシステム, 三菱電機技報, 63, No.7(1989)
- (14) 内原, 高橋：プラント運転支援リアルタイムエキスパートシステム, 三菱電機技報, 63, No.7(1989)
- (15) 竹内ほか：知識メディアステーションによる新形態の知識処理, 三菱電機技報, 63, No.7(1989)
- (16) ICOT-JIPDEC AIセンター：AIビジョン, 日本経済新聞社(1987)

貯炭場繰り計画型エキスパートシステム

鳥居聖也* 味酒安志*
井上慎一* 上條亀八郎**
倉本 新* 竹内康晃***

1. ま え が き

コークス工場の貯炭場は、大型船により運ばれてくる石炭をコークス炉で消費される前にストックするヤードであり、その取扱量や貯蔵量はきわめて大きい。貯炭場繰り作業は、これら入着炭を貯炭場のどこに配置（積付け）するかを決定するスケジューリングの問題である。従来、次の理由でシステム化が困難とされ、エキスパートの経験・勘といった人間の判断により取り扱われてきた。

- (1) ヤード内の石炭は数十種類に及び、計画では形状の定まらぬ巨大な量を、風雨などの気象条件、石炭の性状条件、数基の作業機械の運転条件などを満足したバランスのとれた積付けの決定を行う必要がある。
- (2) スケジューリングは、ある期間でスムーズに積み付けられても、次の期間で、その積付け位置がネックになるといったことがあり、対象期間によって内容を変える必要がある。また、タンカーの入着の変動に合わせても、やはり計画を変える必要がある。
- (3) 計画の良否の判断基準は、貯炭スペース管理、荷役管理、コークス生産管理、コークス操業管理（繰揚げ管理）各々の立場で異なる。さらに、これらの状況により、バランスを考えた計画にする必要がある。
- (4) いかなる場合でも貯炭できないことはなく、手段も複雑で組合せ的問題も含んでいる。

この論文では、この貯炭場繰り作業に対してエキスパートの知識をモデル化し、操業ノウハウを利用した計画支援エキスパートシステムのプロトタイプを完成したので紹介する。

2. 貯炭場設備とエキスパートシステムの目的

2.1 貯炭場設備

貯炭場の設備概要を、大型船から入着した石炭がコークス炉に入るまでの流れにそって説明する。図1、図2に示すように、原料炭岸壁に入着した石炭は、アンローダクレーン(U.C)、レベル ラフティングクレーン(L.L.C)のバケットでつかまれ、受入コンベヤに載せられる。コンベヤに載った石炭は、指定されたコンベヤの系統により、1貯から7貯までの積付け位置に運ばれ、スタッカー(ST)と呼ばれる作業機械により台形柱状に積み付けられていく。コークス原料としてコークス炉に運ばれる石炭は、ホイールクレマ(WR)と呼ばれる作業機械で積付け山から払出コンベヤに載せられ（持込作業）、配合槽にストックされた後、配合槽下のコンベヤ上で任意のコークス銘柄用にブレンドされる。ブレンド数は十数種に及び、このため貯炭場の石炭銘柄の数を多くしている。三菱化成㈱坂出工場は、製鉄用コークス専業工場で多くのコークス銘柄を生産しており、そのたびごとの銘柄切替えが持込作業を複雑にしている。

STラインとWRラインは、ヤードで作業が交錯しないように互い違いになっているが、7貯のスタックリクレマ(SR)だけは、両機能を兼ねているため、7貯の作業だけは、積付け、持込作業の調

整が必要になる。

貯炭場繰り作業は、石炭入着から貯炭場に積付けするまでの単純な作業だが、入着炭の石炭条件、荷役効率、消費稼働効率などの条件が絡みあって、計画全体として見ると組合せ的に膨れ上がり、計画作成は複雑なものとなっている。

2.2 貯炭場繰り作業の積付け方法

積付けの形態として、図3に示すように次の方法がある。

- (1) 新規山積付け
空スペースに、台形柱状の一山を作る積付け方法。
- (2) かぶせ山積付け
空スペースと既にある積付け山に、かぶせるように積付けし、既設の炭山と合わせて台形柱状の一山を作る積付け方法。
- (3) 転送依頼実施
三菱化成㈱坂出工場の貯炭場は、社内の別の場所の炭もあるため、石炭のまま出荷される積付け山（転送炭）がある。定期的に転送されるが、これを意識的に活用し、スペースを拡張する方法。
- (4) 持替え実施
既にある積付け山の一部又は全量を貯炭場内の別のスペースに移しスペースを拡張する方法。
- (5) その他

これらを条件に合うように、荷役効率、消費などのバランスと各々の組合せで積付け位置を決定する。

2.3 エキスパートシステムの目的

貯炭場繰り作業は、石炭の発じん(塵)性、流出性などの性状条件、季節による気象条件などに合致する空スペースを探し出し、その中から荷役効率、コークス生産のための石炭消費、WR稼働効率などの条件のバランスを考慮して、エキスパートが専門の知識と経験から、最適と思うスペースを探し出し、積付けが決定される。完全に、人間の経験・勘といったスキルに依存した操業が行われている。

貯炭場内の石炭は、どれも任意に持込み(消費)されることを前提としており、コークス生産管理の立場から見ると、貯炭配置が生産計画のベースとなっている。

システムの開発の目的は、次のことが挙げられる。

- (1) 経験的作業基準のシステム化による操業管理技術の整理
 - エキスパートの知識の有効活用
 - 操業の知識化
- (2) エキスパートの計画作成支援
- (3) 将来の状況の変化に応じてメンテナンスができる柔軟なシステムの実現

このシステムでは、エキスパートの思考フローに従って、知識のモジュール化を行い、エキスパートのモデル化を図った。

また、エキスパートシステムの導入の効果として、次のことが挙げられる。

- (1) システム化により、エキスパートの経験的操業管理の標準化と伝承が図られる。

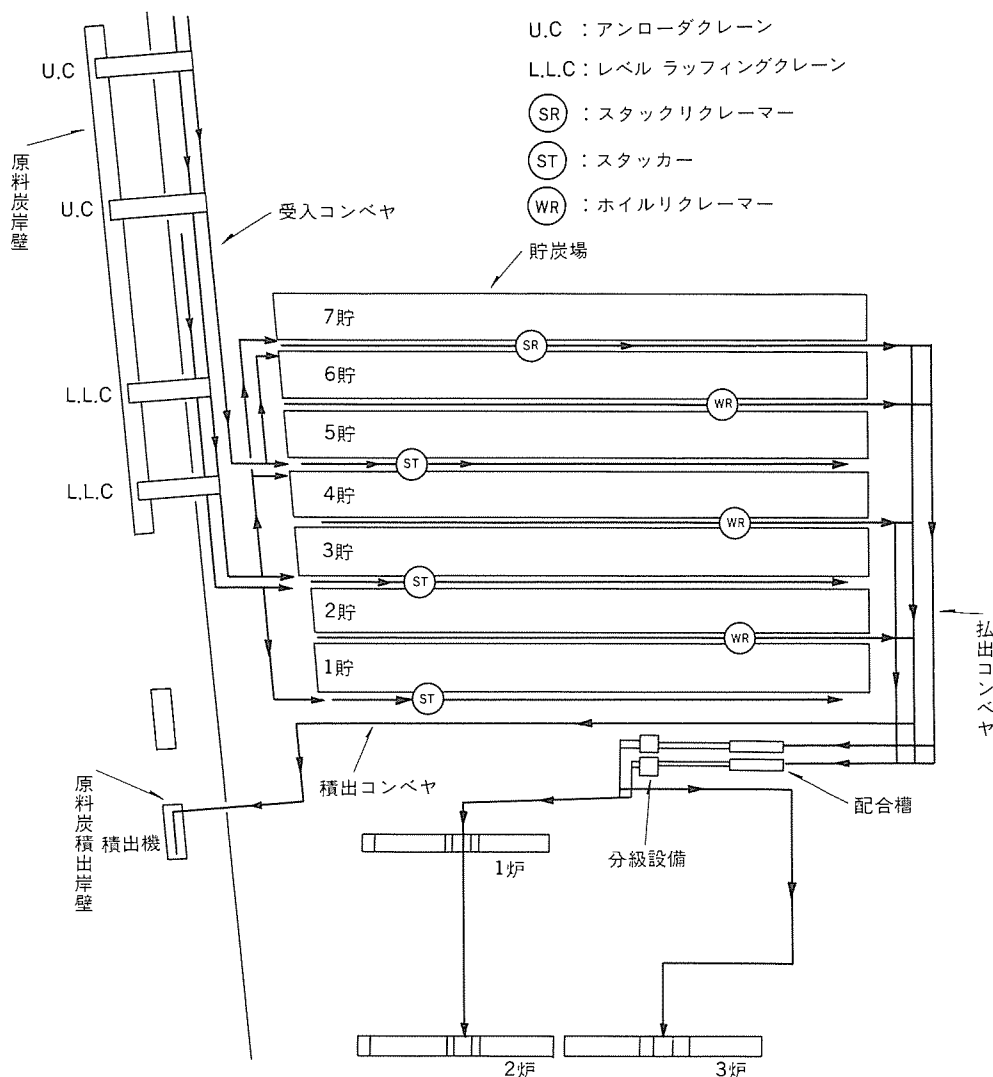


図 1. 設備配置図

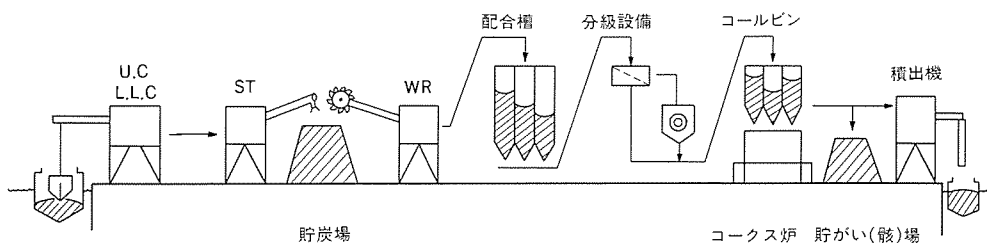


図 2. 石炭・コークスフロー

- (2) 貯炭効率, 滞船の回避など, タイミングをとらえる機会を見失わないで計画がたてられる。
- (3) システムの制御と知識の切離しにより, 機能の可視化に容易に対応できる。
- (4) ルールのモジュール分割でシステムの管理, 拡張への容易な対応ができる。
- (5) モジュール分割で, 無駄なルールへの探索がなくなり, 高速化が図られる。
- (6) 1銘柄ごとに思考過程が表示できるため, 細かい操業管理が行われる。

3. 貯炭場繰り作業への知識工学の導入

3.1 知識の獲得の方法

当初, システム開発担当者は, 作業に対しての知識はなく, 作業基準書の解説, エキスパートのインタビューを行った。作業基準書は, 操業のポリシー, 原則が多く教科書的な記述となっていて計画にはすぐに使えなかった。エキスパートは, この基準書をベースに知識, 経験から実状に合うように細かくモディファイを加えた知識とヒューリスティックな知識により計画を行っている。

このため, エキスパートのモデル化をねらい, システム開発担当者は, “弟子入りの手法” で, エキスパートが常識と考えている前提条件, そこに隠れた知識 (対象の専門知識), 操業ルール (エキスパートの経験的知識) などを抽出した。

このときのインタビューは, ポイントについて質問しないとノウハウなどの高度な知識を効率良く引き出すのが難しい。これに対して, システム開発担当者は, インタビュー後に今まで知っていた知識

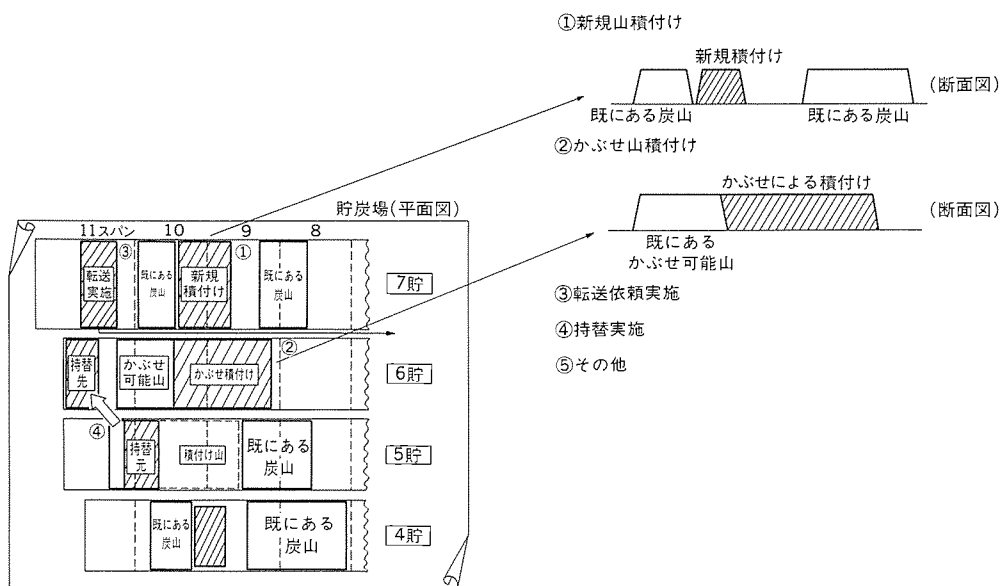


図 3. 貯炭場繰り作業の積付け方法

を使ってハンドシミュレーションで計画を自身で作成し、その不明点を次回インタビューする方法を採った。この方法により、かなり

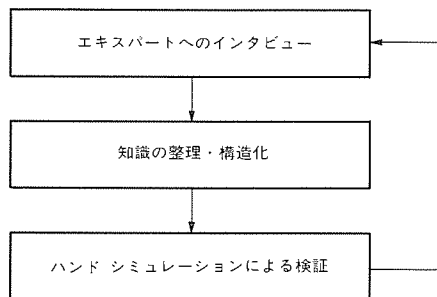


図 4. 知識獲得の学習的方法

効率的に高度な知識を引き出すことができ、次のことが分かった(図 4)。

- (1) 不明確な事柄が、なにかがはっきりし、インタビューで更に深い知識が抽出できた。
- (2) ハンドシミュレーションで、知識の検証もできた。
- (3) システム開発担当者自身が、エキスパートと同じことを行うためエキスパートの思考フローであるメタ知識も明確となった。

今回行ったインタビューとハンドシミュレーションによる方法は、知識獲得の学習的方法であり、エキスパートからの知識獲得に有効な方法であることが分かった。

3.2 知識の表現

抽出した知識は、プロダクションルールの表現にブレイクダウン

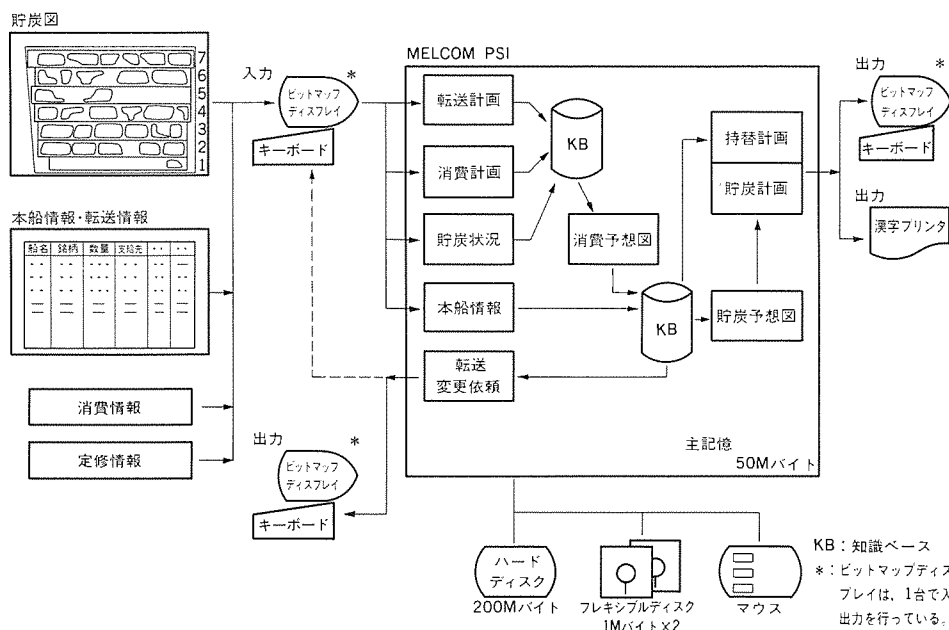


図 5. ハードウェア構成及び処理概念

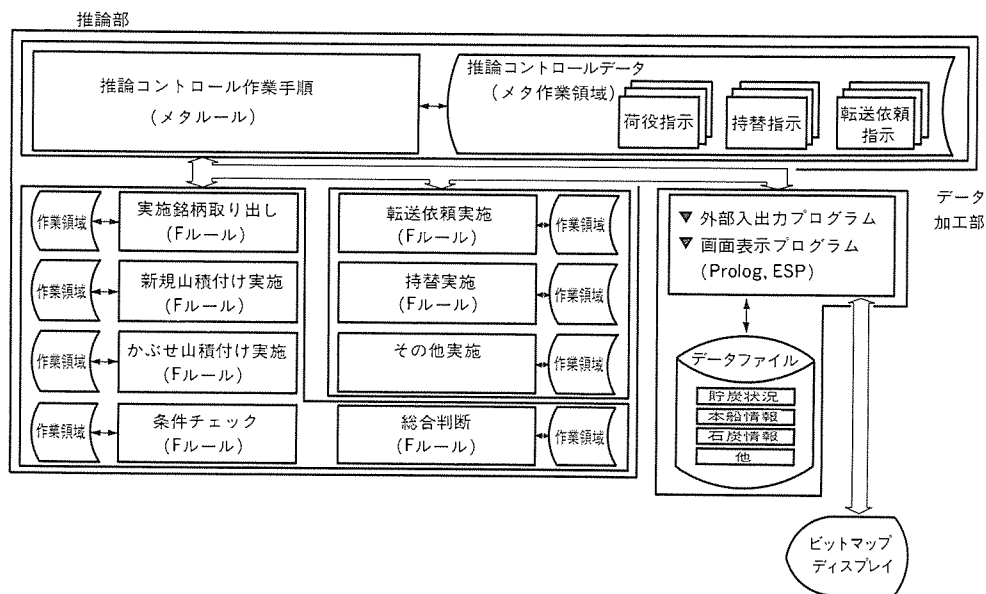


図 6. ソフトウェア構成

した。推論の速度、メンテナンスの関係から、データ処理をESP言語 (Prolog+オブジェクト指向の言語) の関数とし、知識をEXTKERNEL (ES構築ツール) で記述したプロダクションルールと使い分けをした。これにより、EXTKERNELでは日本語表現もでき、ルールの記述は分かりやすいものとなった。

3.3 システムの構成

(1) ハードウェア

プロトタイプのため、《MELCOM PSI》のスタンドアロン構成とし、入力はいすべて手入力とした。使用方法を含めた全体の構成は、図 5 のようになっている。

(2) ソフトウェア

ソフトウェアの構成は図 6 のように、システムの制御を行うメタルール、個別の知識ルール群をモジュール化した前向きルール、データ処理、グラフィック処理を行うESP関数群で構成されている。推論を含めた全体の制御は、メタルールにより行われる。システムの規模は、表 1 のようになった。

(3) マンマシン インタフェース

入力、出力ともグラフィック画面で行われ、図 7、図 8 に示すように、マルチウインドウ機能を活用しオペレータに分かりやすい画面になっている。

4. 推論方法とシステムの評価

4.1 処理フロー

図 9 に示すように、システムスタート後、初期処理で固定ディスク上にある情報データを、主メモリ上のプーリストとして展開し、初期メニューがグラフィック上に開かれる。初期メニューから、その下にある画面メニューに展開され、各入力画面に展開する階層構造になっている。入力画面ではデータを手動で修正し、計画に必要な情報を与える。

メニューの計算開始により、メタルールの制御で、図 6 のように分割されたルールモジュールでの推論が開始される。データをスキーマの型に変換し (図10)、各ルールモジュールに割り付け推論を実行する。一つのルールモジュールで積付けが決定できないと、次のより深い知識の方向へ探索が進むようにメタルールで制御している。

表 1. システムの規模

ルール数	580ルール
関数	150 (4,100ステップ)
画面数	27

また、この間、どのモジュールで推論が行われているか推論過程がグラフィック上に表示され、推論結果の説明機能を持っている。推論終了後、出力画面に展開され、貯炭予想図、荷役指示などが表示される。ここで、オペレータが結果を修正したければ、積付け位置を指定し再び推論させることで、それを考慮した結果を出力するシミュレータの機能も持っている。

4.2 推論の特徴

本船情報の一つの銘柄ごとに、積付け方法、位置を逐次探索していく方法を採用している。問題の縮小化を図り、その中でヒューリスティックルールにより解を決定していく問題分割法に属するといえる。

全体の動きは、メタルールで制御された分割モジュール内でデータ駆動型の前向き推論を行っている。各モジュールに分割したなかで、ルールマッチングによる探索がバックトラックなしで行われる構造のため、大規模な組合せ探索が回避される。バックトラックがなくてもうまくいくのは、解の選択自由度が大きいためであると思われる。

さらに、積付け山のデータは、現実には様々な形状があるため表現が難しいが、過去の実績を積付け山の有効長に最小二乗近似した大きさで表現する方法を採用した。これにより、積付け山量の計算の省力化が図られた。

4.3 システムの評価

推論結果を実際の操業と比較し、エキスパートの実施結果とほぼ同等の結果が得られ、納得のいく評価を得た。

プロトタイプとしては2.3節の目的を満足し、計画作成作業の時間短縮への可能性もあり、エキスパートの計画支援については、実用レベルのシステムへ展開できることが確かめられた。反面、更に結果の精度を上げるために、追加ルールの抽出が必要であることも指摘された。

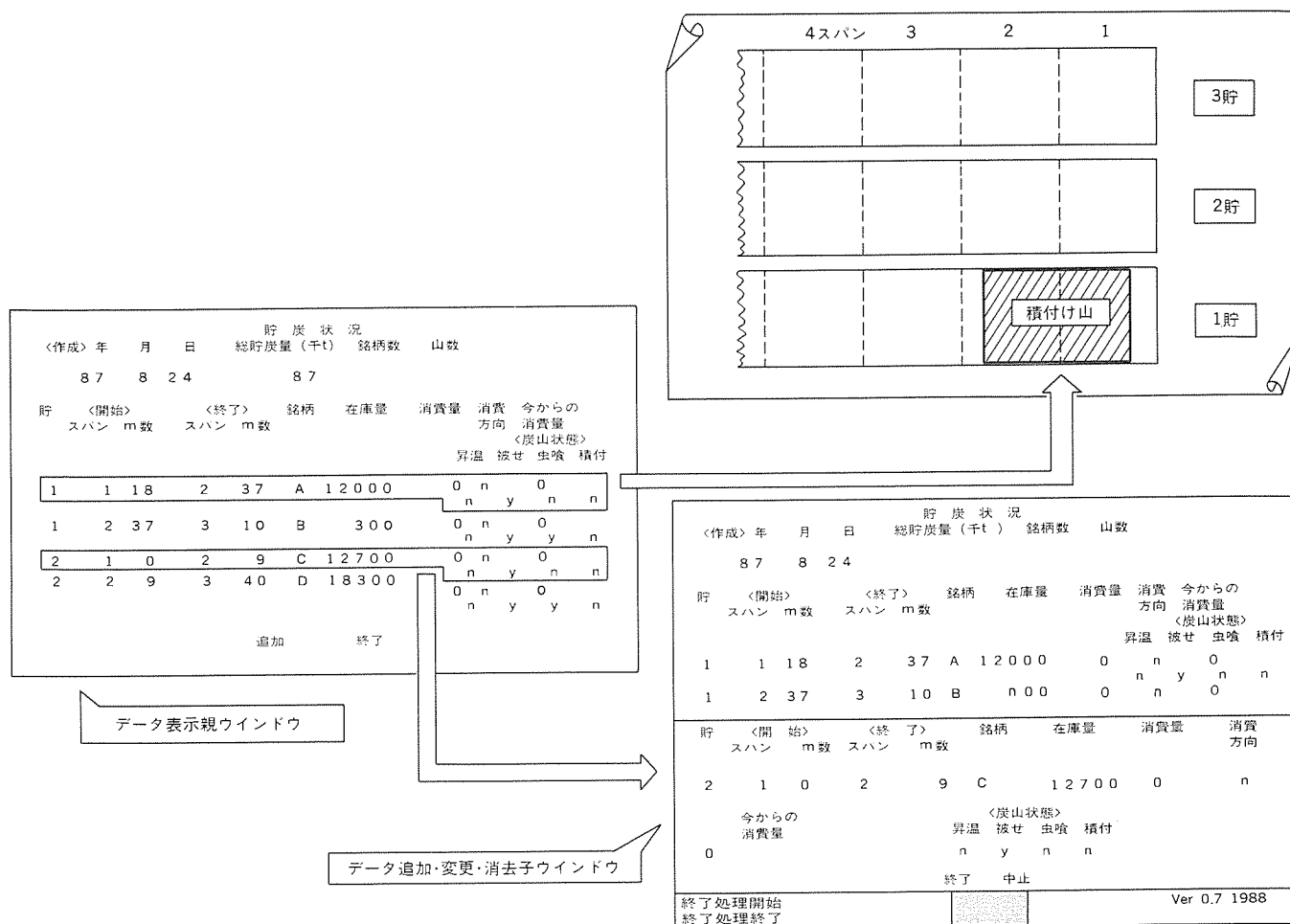


図7. 入力画面の表示例 (貯炭状況)

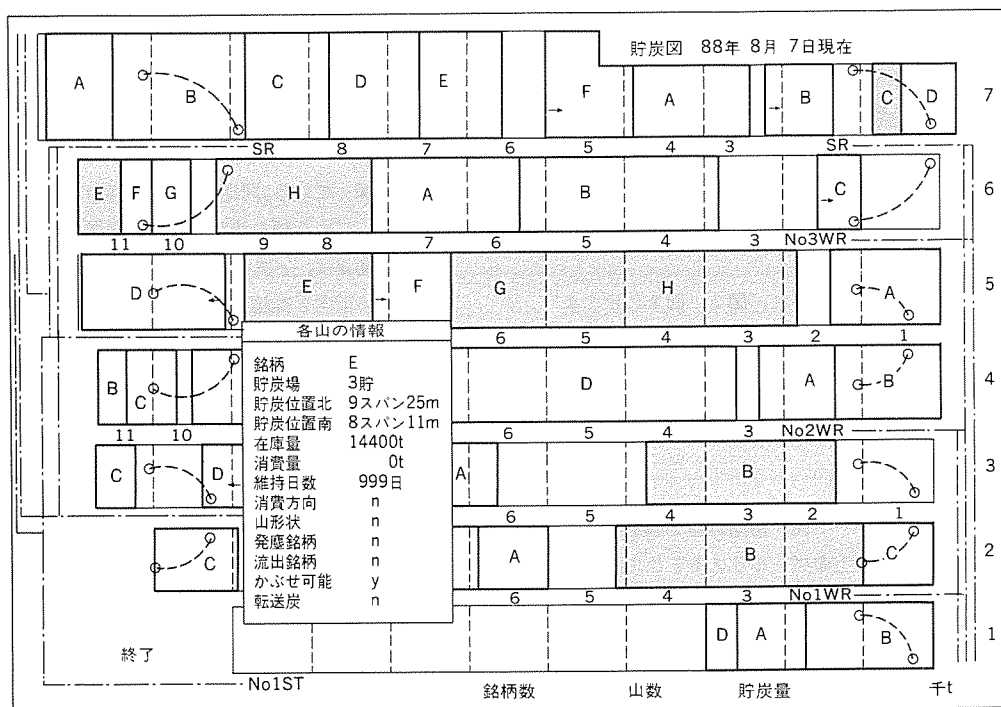


図8. 出力画面の表示例 (貯炭予想図)

5. 今後の課題

このシステムをプロトタイプから実用レベルのシステムに引き上

げるためには、次のことが検討課題となる。

(1) 追加ルールの効率的な抽出

エキスパートのすべての知識を引き出すのは、容易なことではな

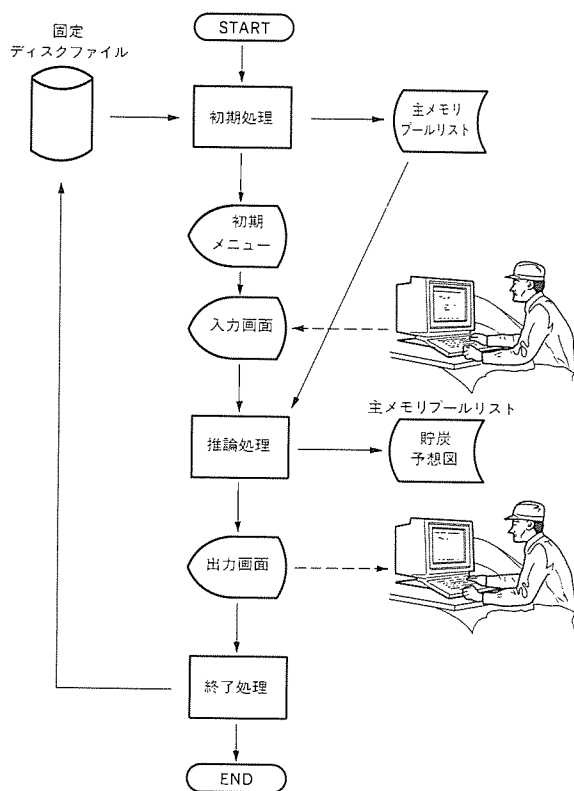


図9. 処理フロー

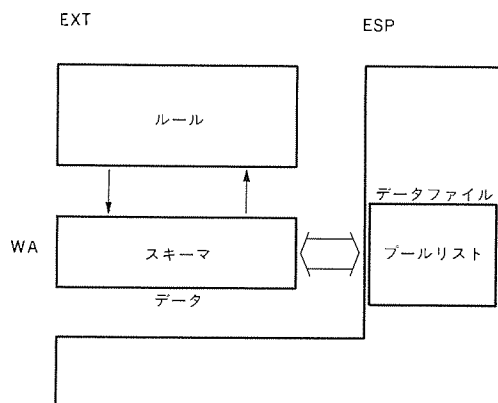


図10. ファイルからWAへの展開 (ESP→EXT)

い。システムの精度が上がるほど深い知識が要求され、なかなか抽出し難くなる。これは、エキスパートのモデル化の宿命ともいえる。ただ、少しでもエキスパートに近づくためには、ルールの効率的な抽出・追加が必要である。

(2) 検証での追加ルールの学習的抽出

このシステムでは、図11のようにシステム検証で学習的な運用の方法を取り入れ、指摘されたケースでのルールを抽出し、システム

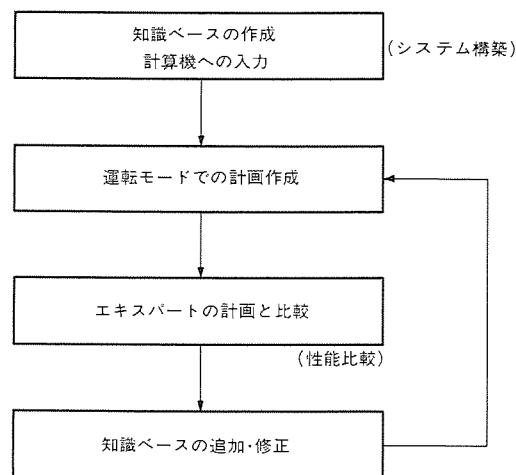


図11. システム検証での学習的な運用方法

への追加を行っていった。局所的なルールの抽出には有効であるが、なんらかの総合的な方法で取り進める必要がある。

(3) 探索評価方法の検討

実際の操業では、あらゆるケースがあるため、人間のように柔軟な対処は難しい。より良いシステムとするため、効率的な探索評価方法の検討を、あらゆる方面から進めていく必要がある。

6. む す び

知識工学的なアプローチは、知識獲得、知識の構造化など、まだ確立された手法がなく今回のシステムでは手さぐりで行ったが、従来の手法では解決の難しい問題への適用には、有効であることが立証できた。また、システム開発については、データベース、知識ベース、画面処理、アプリケーションのほとんどをユーザーで作ることができ、AIシステムの“からくり”を知ることができた。今後の本格化での機能追加、拡張などへの柔軟な対応が、ユーザーでできるようになった。

コークス工場は、作業機械などのバッチプロセスと、ガス精製、タール精製の連続プロセスの双方が共存する製造設備であるが、総合的なFA化を目指してコンピュータ化が図られている。この中で、生産活動のより高度な自動化、省力化実現のため、知識工学の応用がどんどん展開されていくと考える。

最後に、このシステムの開発に御協力いただいた三菱化成(株)、菱化テクノ(株)及び三菱電機(株)関係者各位に厚く感謝の意を表する。

参 考 文 献

- (1) 湯井ほか：高炉プロセスの操業監視支援における知識システムの応用、計測と制御、26, No.8 (1987)
- (2) 小林：知識工学の基礎と応用(6)、計測と制御、24, No.9(1985)

加工・組立工程スケジューリング エキスパートシステム

及川和彦* 佐藤裕介***
水野 裕*
増山素子**

1. ま え が き

人工知能の一つの分野であるエキスパートシステムは、現在診断問題、計画問題、設計問題などいろいろな問題に対して適用されているが、最近では計画・設計問題のシステム化のニーズが高い。その中でも計画問題の代表的な問題であるスケジューリングに対して、エキスパートシステム手法を適用した。今回は、スケジューリング問題に特化したスケジューリング専用シェルとこのシェルを用いた応用事例として、ある製造会社が行っている加工・組立工程の日程計画立案業務を対象とした製造工程スケジューリング エキスパートシステム プロトタイプを紹介する。

2. スケジューリング問題

2.1 現状とエキスパートシステム化への課題⁽¹⁾⁽²⁾

スケジューリング問題は、「限られた複数の資源(機械、人材など)が与えられたときに、これらにある評価に基づいて時系列的に割り当てる問題」といえる。スケジューリング問題は、従来工程立案の専門家に依存する部分が多く、コンピュータシステム化が難しい問題であり、今まではOR (オペレーションズ リサーチ) 手法を適用するケースが多かった。しかし、問題を数式化して表現するOR手法ではよく整理された良構造の問題に対しては有効であったが、実際の業務は必ずしも良構造の問題だけでなく悪構造の問題も多い。今回エキスパートシステム手法を採用することにより、実際の問題に即したスケジューリング システムを構築するとともに、専門家の持っている知識に基づいた柔軟な計画立案を可能とすることができた。スケジューリング問題の本質は組合せ問題であり、解の爆発的な組合せが発生する。このため、エキスパートシステム化への課題は、効果的な解の探索知識を用いることにより解の爆発的な組合せを防ぎ、実時間内に解を導くことといえる。

2.2 エキスパートシステム化で期待できる効果

- (1) 専門家のノウハウに基づく効率的な工程計画を立案する。
- (2) 計画立案業務の省力化ができる。
- (3) 計画立案結果の質的な均一化ができる。
- (4) 将来のシステム拡張に対し、従来の方法より少ない変更で対処できる。
- (5) 専門家の業務ノウハウをエキスパートシステム内に保存することにより、専門家の判断の知識を再現することができるので、初心者も利用するときでも専門家の判断を利用できる。

3. スケジューリング専用シェル

スケジューリング問題に特化したエキスパートシステム構築ツールとして、計画立案順序決定や解の探索知識などスケジューリング業務の汎用的な機能をまとめたのが、スケジューリング専用シェルである。ユーザーは、このスケジューリング専用シェルが提供している機能の上に、ユーザーの業務に特化した知識ベースを構築する

ことにより、容易にユーザーの業務にあったスケジューリング エキスパートシステムを構築できるというメリットがある。

3.1 特 徴

スケジューリング専用シェルは、次のような特徴がある。

- (1) 製造ラインのあらかじめ与えられた量産品向けの製造計画を対象としている。
- (2) 人間が計画立案のネックとなる部分から計画を立てるのと同様に、効率の良い順序で計画を立案する。
- (3) 与えられた評価範囲にある解(実用解)を求めた時点で計画立案を終了する。
- (4) 論理型言語Prologにオブジェクト指向を取り入れたESP^(注1)言語によって記述されているので、プログラムのモジュール化によりプログラムの部品化・再利用が容易であり、保守性・拡張性に優れている。
- (5) 部品化されたモジュールを入れ替えることにより、異なった計画問題に対応できる。
- (6) 汎用エキスパートシステム構築ツールを部分的に使用し、経験的知識をプロダクションルールとして記述できる。

(注1) ESP (Extended Self-Contained Prolog) は、《MELCOM PSI II》の言語である。

3.2 処理概要

シェルの処理概要図を図1に示す。シェルは、大きく分けて次の三つの機能に分かれる。

(1) 計画順序の決定

計画順序には二つあり、各ジョブの立案順序と一つのジョブに含まれる各工程の立案順序である。計画順序の決定は、納期・総作業量などから各ジョブ及び各工程の評価を行うと同時に、作業ネックに関する知識を用いることにより決定される。シェルでは問題をネックとなる部分から解く方式を採用し、最も解が存在している可能性が高いと考えられるところから解の探索を行う。

(2) 解の探索

解の探索は、一つのジョブの各工程の製造時刻を定めることである。一つのジョブの各工程の製造時刻は、ジョブの製造開始可能日や納期、ジョブが持つ工程の関係などにより、最早時刻と最遅時刻の間で決定される。各工程の製造時刻は、既に他のジョブに割り当てられていないところに割り当てられる。解の探索は、ルールの形によって与えられた知識によって決定される。この知識は、シェルが標準的に用意しているが、ユーザーが独自にルールによって記述することもできる。

(3) 評価

シェルでは、解の探索で決定されたジョブの製造時刻を作業の冗長度などの評価値で評価し、その結果修正を必要とする場合には評価を悪くする要因を判断して計画の順序を変更し、既に計画された部分で修正がある場合にはそのジョブの割当てを解除して、再び解の探索を行うように構成されている。

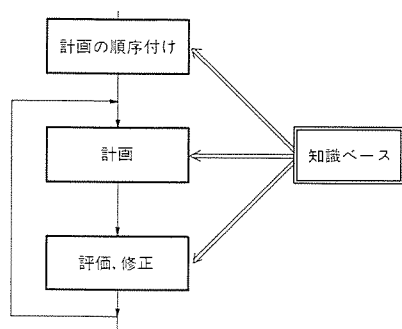
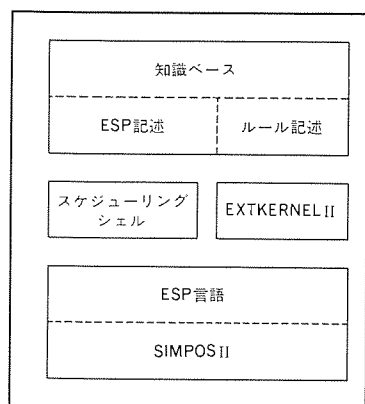


図1. スケジューリング問題専用シェル概念



スケジューリング シェル：スケジューリング問題専用シェル
 EXTKERNEL II : エキスパートシステム構築ツール
 ESP言語 : フログラミング言語
 SIMPOS II : オペレーティング システム

図2. ソフトウェアの構成

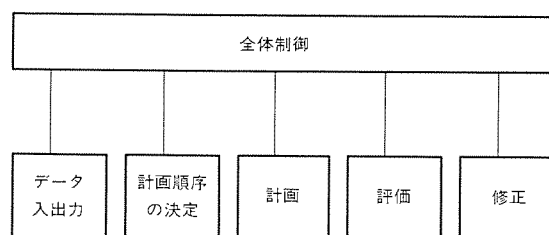


図3. スケジューリング問題専用シェルのモジュール構成

3.3 基本構成

スケジューリング専用シェルは、AI専用ワークステーション《MELCOM PSI II》上に構築し、使用言語としてESP言語及びエキスパートシステム構築ツール“EXTKERNEL II”を用いている。ルール表現が可能なユーザーの経験的な知識については、“EXT-KERNEL II”を用いてプロダクションルールで記述し、一般的知識で計算式により定式化が可能な部分はESP言語で記述することができる。ソフトウェア構成図を図2に示す。

スケジューリング専用シェルのモジュール構成は、全体統括部と3.2節(1)～(3)の機能を行う複数の機能モジュールにより構成されている。図3にモジュール構成図を示す。

4. 製造工程スケジューリング エキスパートシステムの概要

スケジューリング専用シェルを用いた事例として、多品種少量受注生産を行う製造工程スケジューリング エキスパートシステムを紹介する。製造工程スケジューリング エキスパートシステムは、大

日程の生産計画立案業務を対象とし、将来5年間分の製造計画を週単位で立案する。システムの開発には、エキスパートシステムの標準的な開発技法であるプロトタイプ開発手法を用いている。第1ステップとして対象業務の範囲を限定したプリプロトタイプを開発し、第2ステップとして開発したのが今回紹介するプロトタイプである。プロトタイプは、実用システムを構築するための評価版として位置付け、実際に行っている規模を対象とし、できるだけ段取り替え期間を短縮するため製品種別の似たものを連続的に製造する計画を立案することを目標として製作された。

4.1 製造工程の概要

(1) 製造品目・受注形態

製造品目は、1種類だが細かい仕様の違いにより30品目程度になる。客先での製品の製造は完全な受注生産であり、大日程計画の立案は将来の受注をある程度予測して行っている。受注単位をオーダーと呼ぶ。

(2) 生産形態

原材料は、製品の納期より数か月前に手配し入手できるようにしている。製品の製造は、最終製品と製造工程の間で製造される中間製品の各貯蔵量が限られているので、原材料の入手日から製造終了予定日の間で製造終了予定日に間に合うように最遅計画でスケジュールを立案する。

(3) 製造工程／製造ライン

製品の製造工程は、大きく分けて五つの工程からなる。第1工程から第3工程までが主製品の製造を行い、第5工程で付随した部品の製品を製造する。第4工程で第3工程の部品と第5工程の部品を組み立てる。製造ラインは、第1工程から第4工程までが2ライン、第5工程が1ラインであるが、第1工程から第4工程までのラインは製造装置の関係から製品の種類によっては特定のラインにしか流せない場合がある。製品は、原材料を投入されたラインで一貫して製造される。製造ラインの概略工程を図4に示す。

4.2 システムの概念

図5に製造工程スケジューリング エキスパートシステムの概念図を示す。スケジューリング専用シェルを中核とし、今回の業務に特化した知識を知識ベースとして構築した。知識ベースは、設備などの制約条件と計画順序決定／解探索ルールから構成される。

4.3 システムの機能

システムの主な機能は、以下のとおりである。機能構造を図6に示す。

(1) 操業条件設定機能

- 各工程の製造可能開始日を設定する。
- 生産能力を設定する。

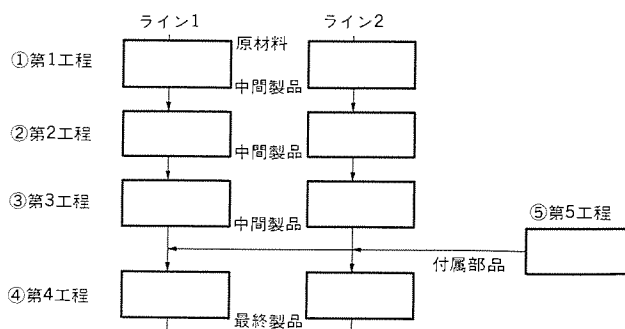


図4. 製造ラインの概要

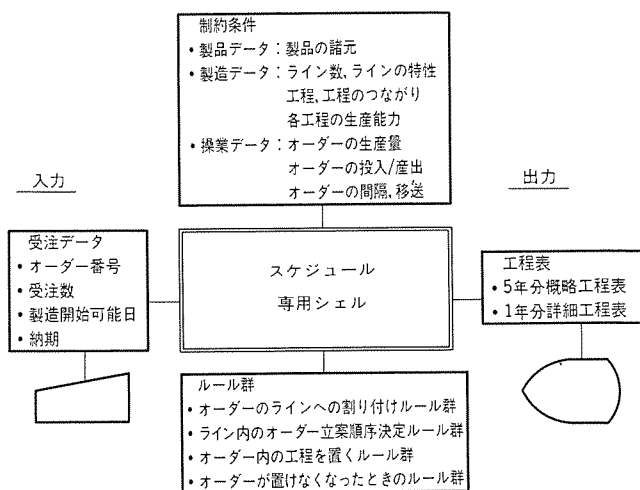


図 5. 製造工程スケジューリング エキスパートシステム の概念

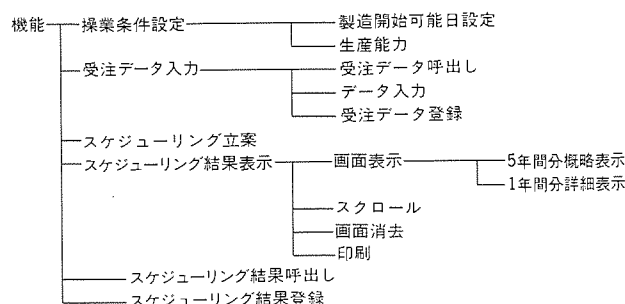


図 6. 製造工程スケジューリング エキスパートシステム の機能構造

(2) 受注データ入力機能

5年間分のスケジューリングすべきデータを入力する。受注データは、ファイルに保存でき再利用可能である。

(3) スケジューリング機能

実行中にオーダーのラインへの設置・変更の過程を表示しながらスケジューリングを行う。

(4) スケジューリング結果表示機能

- 5年間分の結果の概略を表示する。
- 1年間分の結果の詳細を表示する。
- スケジュール表を印刷する。

(5) スケジューリング結果呼出機能

ファイルに格納されたスケジューリング結果を呼び出す。

(6) スケジューリング結果登録機能

スケジューリング結果をファイルへ登録する。

4.4 制約条件・ルール

4.4.1 制 約 条 件

(1) 工程間の移送期間

各工程では中間製品の貯蔵量が限られているので、前の工程で加工された中間製品はロット単位で検査されすぐに次の工程に送られ加工される。ロットが前工程で加工を終了してから次工程で加工が開始されるまでの期間を移送期間と呼び、各工程間ごとに移送期間の上限と下限が定められている。

(2) 段取り替え期間

異なる製品の材料を加工する場合は、各工程で機械の段取り替えを行う必要がある。この期間は、前後する二つのオーダーで使用する材料の関係により期間が定められている。

4.4.2 ルー ル

ルールは、大きく分けて次の四つのルール群に分類される。ルール群の処理フローを図 7 に示す。

(1) オーダーのラインへの割り付けルール

5年間分のオーダーを製造ライン 1 又は製造ライン 2 のどちらかで製造するかを決定するルール群である。

(2) ライン内のオーダー立案順序決定ルール

製造ライン単位でオーダーを生産する順序を決定するルール群である。

(3) オーダー内の工程を置くルール

オーダーの各工程での製造開始/終了日を決定するルール群である。

(4) オーダーが置けなくなったときのルール

オーダーを各工程に置くルール群が失敗したときに、次善のスケジュールを作成するためのルール群である。工程が置けなかった原因を評価し、その情報をもとに(1)又は(2)のルール群を再起動する。

(1)から(4)のルールのうち(1)は新規に作成し、(2)から(4)のルールは

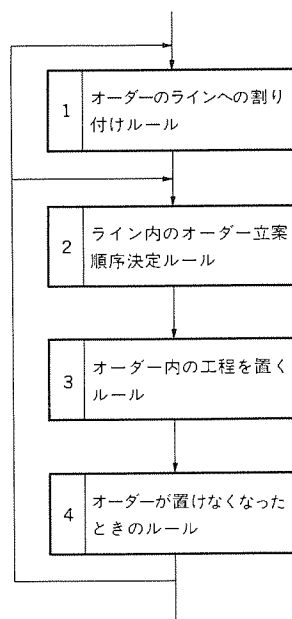


図 7. ルール群の起動

受注情報入力表					
次頁	前頁	新規	登録	呼び出し	終了
製品名	ロット番号	ロット数	製作開始可能日	納期	
Z 6 9	0 7	9 2	9 1 / 0 7 / 0 2	9 1 / 1 2 / 3 1	
R 5 6	0 7	6 4	9 1 / 0 7 / 0 2	9 1 / 1 2 / 3 1	
C 9 4	0 7	6 4	9 1 / 0 7 / 0 2	9 1 / 1 2 / 3 1	
P 4 5	0 7	5 2	9 1 / 0 8 / 0 2	9 2 / 0 1 / 3 1	
P 5 7	0 7	5 2	9 1 / 0 8 / 0 2	9 2 / 0 1 / 3 1	
M 6 2	0 7	4 0	9 1 / 0 8 / 0 2	9 2 / 0 1 / 3 1	
W 2 4	0 7	9 2	9 1 / 1 2 / 3 0	9 2 / 0 6 / 3 0	
L 1 4	0 7	5 8	9 2 / 0 4 / 0 1	9 2 / 0 9 / 3 0	
C 5 3	0 8	4 8	9 2 / 0 4 / 0 1	9 2 / 0 9 / 3 0	
M 7 6	0 8	6 0	9 2 / 0 4 / 0 1	9 2 / 0 9 / 3 0	
M 6 2	0 8	5 2	9 2 / 0 4 / 0 1	9 2 / 0 9 / 3 0	
Z 7 7	0 8	6 8	9 2 / 0 4 / 0 1	9 2 / 0 9 / 3 0	
C 0 8	0 8	6 8	9 2 / 0 4 / 0 1	9 2 / 0 9 / 3 0	
Z 6 9	0 8	6 8	9 2 / 0 6 / 0 1	9 2 / 1 1 / 3 0	
R 5 6	0 8	4 8	9 2 / 0 8 / 3 1	9 3 / 0 2 / 2 8	
C 9 4	0 8	5 2	9 2 / 0 8 / 3 1	9 3 / 0 2 / 2 8	
Z 7 7	0 9	6 8	9 2 / 0 8 / 3 1	9 3 / 0 2 / 2 8	
P 4 5	0 8	5 2	9 2 / 0 8 / 3 1	9 3 / 0 2 / 2 8	
R 5 6	0 9	9 2	9 2 / 1 0 / 0 1	9 3 / 0 3 / 3 1	
P 5 7	0 8	4 0	9 2 / 1 2 / 0 1	9 3 / 0 5 / 3 1	

図 8. 受注入力ウィンドウ

エレベーター設計（機器選定・レイアウト） 支援エキスパートシステム

勝山恒吉* 吉田元紀**
内藤明彦*
大西喜八郎**

1. ま え が き

エキスパートシステムの実用化が、各方面で盛んに行われている。この報告では、エレベーター設計を支援するエキスパートシステムを開発したので、その背景・構成・実現方式・特長について述べる。このシステムが取り扱う業務は、顧客の要求仕様に応じてエレベーターを構成する機器を選定し、それらを建物の限られたスペースに三次元的にレイアウト配置するという業務で、一種の見積設計である。この業務に対して、当社のAI向けワークステーション《MELCOM PSI II》上で、エキスパートシステム構築ツールAcekit及びPSIのAI記述用言語ESP（Extended Self-Contained Prolog）を用いて構築した。

2. 背 景

最近のオフィスビルやマンションなどの建物は、ほかにはない付加価値を持たせることが不可欠となってきた。そのため、インテリジェント化などの利便性を追求するとともに、美しさ、イメージ向上をねらって、高級化、差別化した建物が次々と出現してきている。この多様化する建物に対応するため、顧客のエレベーターに対する要求も、機能、デザインの両面で複雑になってきている。例えば、建物の利用可能スペースを最大限に取ろうとすれば、エレベーターを取り付けるスペースが狭く限られたものになる。あるいははり（梁）が突出した昇降路になり、エレベーター機器の取付けの妨げになったりする。このような様々な要求仕様に対して、構造面のみならず、法規面、経済面、安全面を考慮しつつ、図1に示すようなエレベーターシステムを構成する機器をいかに選定し、いかに配置するかが問題となる。

一方、建築工法、設備の改良が進み、建設工期の短縮化傾向も著しいものがある。それに伴って、顧客のビル設備計画に対し、商談発生時から顧客の要求に迅速にこたえる必要があり、人の流れを考慮する交通計算に基づくエレベーターの台数・速度・容量などの提示と建物のエレベーター収納スペースの複雑さを考慮したレイアウト図を提示している。しかし、これらの検討には、エレベーターを構成する個々の機器に関する設計ノウハウを理解した熟練技術者が多くの手間をかけている。それゆえ、この業務の効率化・自動化を図れば、エレベータービジネスにおける多くの需要に対して短期間でこたえられることが期待できる。

3. 構 成

このシステムは、図2に示すように機器選定システムとレイアウトシステムの二つのサブシステムから構成される。機器選定システムの知識ベースには、機器データ（適用範囲・条件など）や選定ルールが定義されている。また、レイアウトシステムの知識ベースには、機器データ（形状・寸法など）やレイアウトルールが定義されている。両システムは、それぞれ、それらを利用して推論を行って

いる。

システム全体の流れは図3に示すように、まず、客からの要求仕様（速度・定員・積載・建物の条件など）を入力値として選定を行う。次に、その選定結果（機器の型名など）と要求仕様を入力値としてレイアウトを行う。

4. 機器選定システム

4.1 概 要

顧客からの要求仕様に対して、エレベーターシステムを構成する機器（巻上機・おもり・レール・ロープなど）の型名・サイズ・径などの選定を行う。選定の規則は、ほとんどプロダクションルールで記述できる。しかし、選定を行う際の仕様項目、選定基準値（軸荷重、安全率など）又は選定項目が多様で、かつそれらが有機的に関係づけられるという理由から、ツールとして当社の知的スプレッドシート“Acekit”を用いた。これは、図4に示すようにすべての知識を“階層的に構造化された表”と“その表の中の項目間に成立する関係”として表現する。項目間の関係は、数式でも規則でもよい。知識を表という単位で扱い、問題解決機構を表操作の中に組み込む。

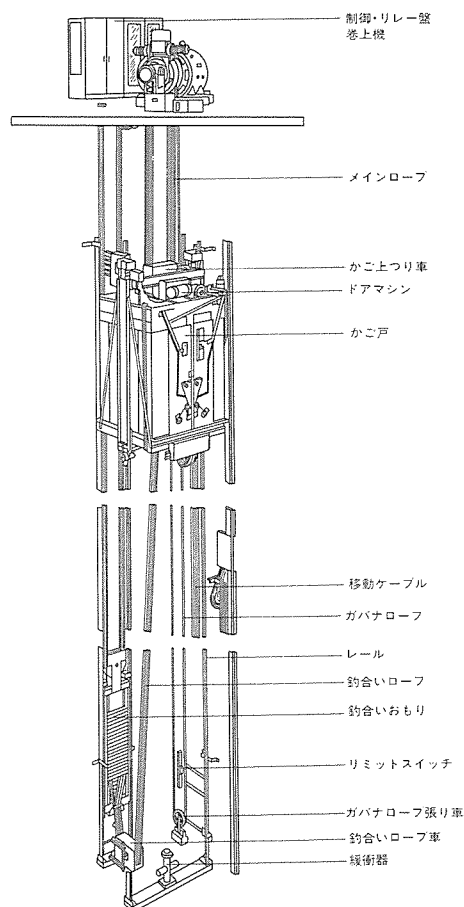


図1. エレベーターシステムの概要

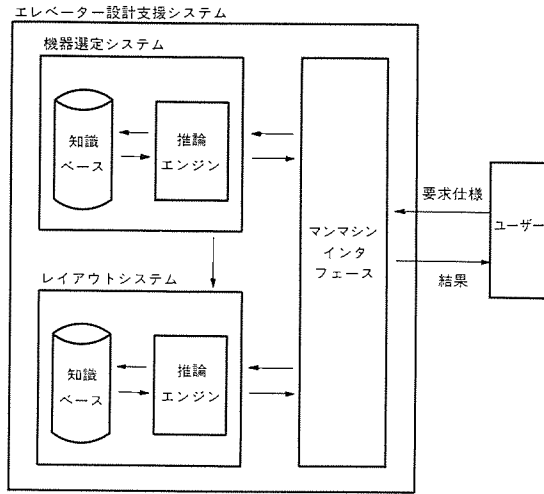


図2. エレベーター設計支援システムの構成

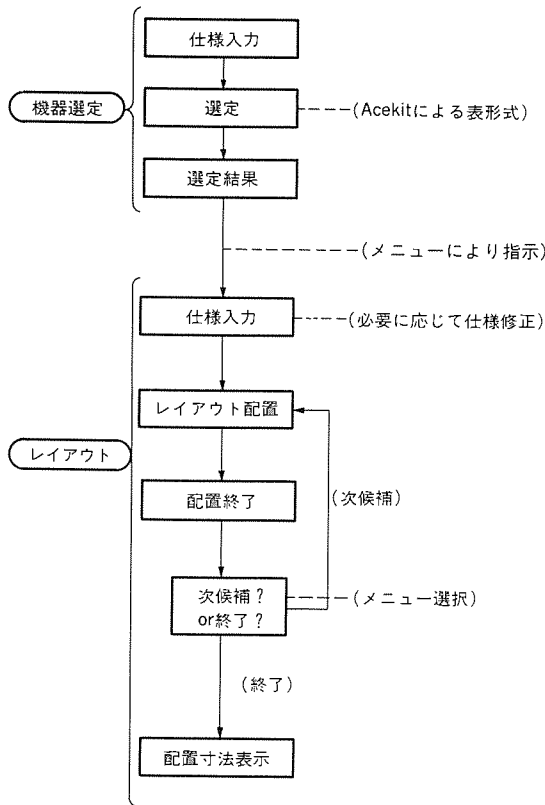


図3. システムの流れ

機器選定システムは、仕様入力項目をまとめた仕様入力表と選定項目をまとめた選定結果表がある。また、各機器につき1枚の表と選定に必要な項目(軸荷重、かご自重など)につき1枚の表を持っており、総数50枚となる。図5に示すように必要となる表だけを表示し、他の表は消去しておく。選定後、その詳細を知りたいときに他の表を参照する。

ある表の一つのますめ(セル)の値を決定するルールは、プロダクションルールで定義されており、他のあらかじめ定義された複数のセル(使用変数)の値がすべて入力、変更又は決定されたとき(すなわち、値が未入力の状態のセルがないとき)、起動され推論を行う(データ駆動型前向き推論)。このとき、定義されたすべてのルールが起動され、波及的に処理が進む。図6は機器の選定ルール例を示

〈ルール例〉

機種がDで、CAPがEで
かご自重がFのとき、負
担荷重はBとする。

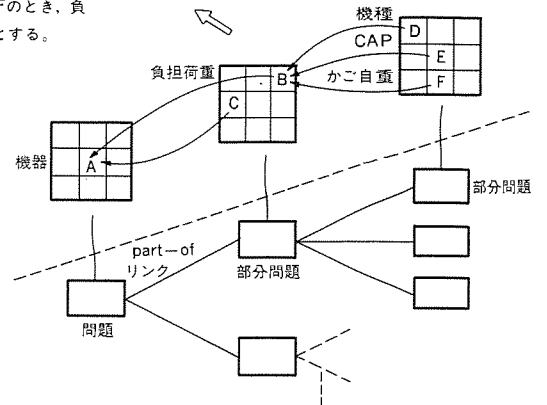


図4. Acekitにおける知識と問題の階層構造

している。

4.2 特長

“Acekit”は表形式のインターフェースを持つが、これはセル、ルールなどを自在に追加・修正・削除することができる。これにより、例えばエレベーター機器の機種の変更や新機種に対しても柔軟に対応できる。

また、“Acekit”は、履歴の記憶とその再利用を行う機能を持つ。このシステムではこの機能を用いて、過去に使用したデータを物件ごとに記憶し、一部の項目値の指定による検索を可能にした。例えば、「昭和63年度、海外向けの物件のうち機種がA、速度がBで、選定結果として巻上機がCに選ばれたもの」などに対してである。また、検索結果に対して一部項目値を修正して流用することにより、選定作業の効率化を図ることができる。

5. レイアウトシステム

5.1 概要

レイアウトシステムは、顧客からの要求仕様(建物の高さ、スペースなど)と機器選定システムの出力結果を入力項目とする。エレベーターシステムを配置すべき建物のスペースは狭く限られたもので、その中にいかに機器群を収めるかが問題となる。それゆえ、各機器の機能・安全面・経済面・取付条件・保守条件を考慮してレイアウトを行う。

この三次元的なレイアウト問題に対して、図7に示すようなモデル化を行った。すなわち、実作業において設計者が行うのと同様に、機械室平面・昇降路平面・地下室(PIT)平面の三平面に切り分け、各平面間の関係づけを考慮しながら平面ごとに二次元的なレイアウトを行う。

平面間の関係づけ(制約条件)は、ロープやレール又は機能的な条件から定義づけられる。

また、各平面における二次元的レイアウトは、

- (1) 機器が相互に干渉しない。
 - (2) 各機器の機種に応じた取付寸法、メンテナンス寸法を確保する。
 - (3) 機器の機能が十分果たせるような適切な配置を行う。
- などの制約条件を考慮する。

このとき、例えば機械室平面において制約条件を満たしたレイアウトをしても昇降路平面において不具合(機器の干渉など)が生じてしまっているといけない。図8は各機器(群)の関係づけを示している。この図で分かるように、一つの機器の位置をずらすと他の機器

三菱電機技報・Vol. 63・No. 7・1989

```

class layout has
nature as_program,
sousa.output, data, input, sousa_m, sousa_p,
instance
attribute win_mes;
: test1 (Obj) :-
  Obj!mode_number:=1,
  : set_menus (Obj, Key_sm),
  Obj!gov_k_ropes_k:=8,
  : create_background (Obj, Win_back),
  : window (Obj),
  : heimen_set (Obj), !,
  Obj!win_mes:=0,
  : kago_set (Obj, p1),
  : rail_and_omori_set (Obj, p1),
  : show (Obj!win_k),
  : machine_set (Obj),
  : gov_k_set (Obj),
  : gov_o_set (Obj),
  : buffer_set (Obj),
  XX=Obj!heimen_XX,
  YY=Obj!heimen_YY,
  : konpen_rope_set (Obj),
  : test1_ending (Obj, XX, YY),
  : kill (Win_back);

```

図9. ESPソースプログラム例

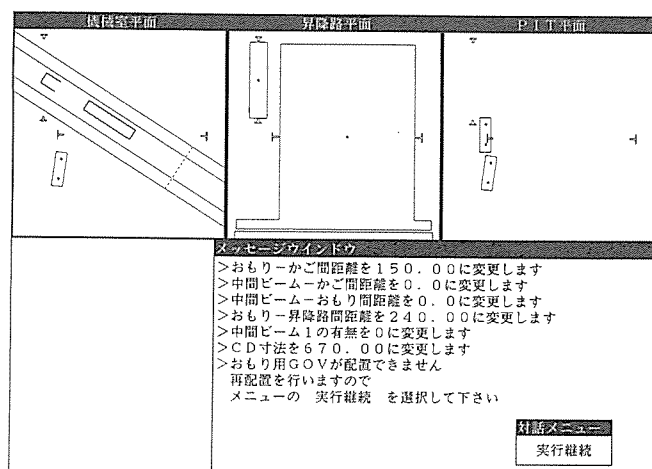


図10. 対話の画面例

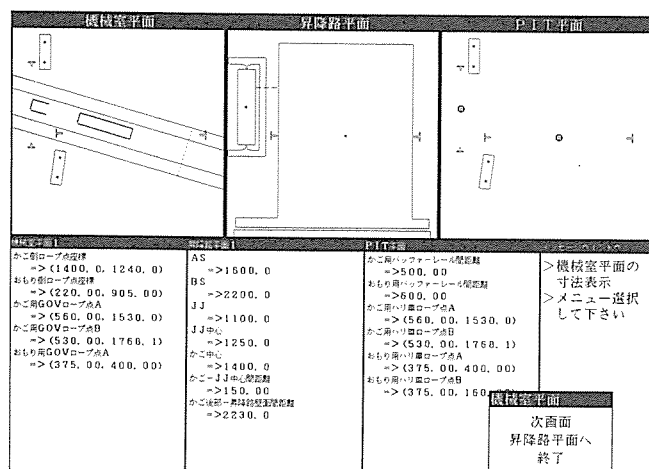


図11. 寸法算出の画面例

れを記述しており、その中で、各機器の配置命令を順次実行するように定義している（: kago_set, : machine_setなど）。

レイアウトシステムは入力値として、各機器の型名や径やサイズ（“EM-2400”, “径12mm”, “194×150×6×9”など）が与えられるので、これをもとにデータファイルを参照し各機器の形状・寸法を定義する（ただし、機器の形状はく(矩)形としている。）。

出力例を図10に示す。機械室平面・昇降路平面・PIT平面をウィンドウにして並べ、各平面のレイアウトをそれぞれ行う。ウィンドウの枠は壁面に相当する。与えられた条件のもとで、個々の機器を一つずつ配置していくが、不具合が生じると機器の位置・寸法・形状など許された条件、範囲で変更を試みる。

具体的には、

- (1) かごは、床面積一定ならば幅寸法と奥行き寸法は変更してよい。ただし、ドア装置は固定し、かつ操作盤の取付スペースは確保する。
- (2) おもりは、重量が一定であれば、縦、横、長さを変更してよい。
- (3) 調速機は、適切配置位置4箇所のうち、いずれかに配置する。

などがある。

また、このシステムの持つ対話機能は、システムがレイアウト処理を試行錯誤的に進めていく際、機器の配置がうまくいかないときの不具合情報やそれに対して何をどれぐらい変更して処理を進めるかといった情報を表示し、ユーザーはそれを確認しながら処理を進める。

レイアウトが完了後、ユーザーはそのレイアウト結果に決定するか又は次候補を求めるかをメニューにより指示する。

“次候補”を選択すると、制約条件を満たす他のレイアウト配置を求める処理に移る。また、“終了”を選択するとそのレイアウト結果の詳細な寸法を算出する（図11参照）。

6. 評価と展望

このシステムを、業務の行われている現場に持ち込み、専門家の手によるフィールドテストを行った。

そして、必要機能として、

- (1) ユーザー要求を対話的に受け入れ、機器の配置順序やレイアウト操作の優先順位づけ、又は制約条件の固定が自在にできる。
- (2) レイアウトから機器選定へのフィードバック（配置がどうしてもうまくいかないときは、機器選定をやりなおす。）。
- (3) 保守・運用が可能な構造を持つ（機種の新規や新機種の対応）などの課題を明確化した。

今後、これらの機能を実現し、より柔軟で高度な支援を行うシステムを構築する。

7. むすび

当社の人工知能 (AI) 向けワークステーション《MELCOM PSI II》上に開発したエレベーター設計（機器選定・レイアウト）支援システムを紹介した。

参考文献

- (1) Sandra Marcus, Jefferey Stout, John McDermott : VT-An Expert Elevator Designer That Uses Knowledge-Based Backtracking, AI MAGAZINE, SPRING (1988)
- (2) 勝山ほか：エレベータ設計支援システム，電子情報通信学会春季全国大会 (1989)
- (3) 和田ほか：Acekit：知的スプレッドシート構築ツール，情報処理学会第35回全国大会 (1987)

知識メディアステーションによる 新形態の知識処理

竹内彰一*
和気朝臣*
清水広之*

1. ま え が き

知識メディアステーションは、知識を扱う能動的メディア“知識メディア”を目指したものである。知識メディアステーションは、ルール形式に限らず表や文書などの多形態の知識を扱い、それらの知識の整理、体系化を促進し、また蓄積された知識に基づく問題解決を行うことなどにより知的作業を多角的に支援する。本稿では、知識メディアステーションの特徴と概要について述べ、その適用例として高電圧電動機に対する絶縁診断を支援するシステム、及び汎用構造解析プログラム（NASTRAN, ABAQUS）を利用した構造解析計算業務を支援するシステムについて紹介する。

2. 知識メディアとは

人間にとって知識を表現する方法としては、論理式やルールのような形式以外に、文書・表・グラフ・図形といった様々な形態のものが考えられる。知識を保存するメディアとして従来、本・書類・フィルム・テープなどのメディアがあった。これらは、記録内容を忠実に再現するだけという意味で受動的なメディアである。

今日では、計算機を多形態の知識を蓄積するメディアとして利用しようという大きなトレンドがあり、ワードプロセッサやパーソナルコンピュータ上の文書処理、DTP、データベースソフトなどにその具体例を見ることができる。これらのメディアは知識の記録、再現のほか、それを対話的に加工する能力があり、それゆえ従来のメディアよりも能動的であるといえる。しかし、これらのメディアは、蓄積しているものの内容を理解しておらず、それゆえ知識を扱うメディアとはいえず、むしろ情報^(注1)メディアと呼ぶべきである。

知識は、相互作用により新たな結論や矛盾を導き出すという意味で生きている。知識処理とは蓄積された知識を活用し、計算機が自動的に又は人間を支援して、新たな知識を生み出すことを可能とするものである。知識^(注2)メディアは、このような知識処理技術を用いて、正に知識を扱えるよう情報メディアの能動性を高めたものである。知識メディアは、知的作業における人間の記憶能力や問題解決能力を増幅するメディアであり、究極的には人間と機械の高度な知的協同作業の実現を目指している⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾。

3. 知識メディアステーションの特徴

3.1 従来の知識処理システム構築用ツールの問題点

エキスパートシステム構築ツールなどの従来の知識処理システム構築用のツールには次のような問題点がある。

(1) 知識として扱われる表現形式が限定されている

ルールなどの特定の形式による表現のみを知識として扱い、図・

表・文書などの表現を知識ベースに格納する対象として考慮していない。

(2) 知識の整理、体系化をサポートしていない

従来のツールは推論処理中心であり、多様な知識を様々な角度から検討し関連付け、整理、体系化していくという極めて本質的な知識処理作業をサポートしていない。

(3) 知識及び作業の管理が十分でない

知識、作業の管理が不十分なため、作業はそれぞれ孤立したものとなり、知識も応用ごとに閉じたものとなり、汎用化が難しい。

3.2 知識メディアステーションの特徴

知識メディアステーションは、前述した従来ツールの問題点を解消したものであり、次のような特徴により従来にはない新しい形態の知識処理を可能とする。

(1) 知識ベースのハイパーメディア化⁽⁶⁾

ルールなどの計算機で解釈可能な知識以外に、文書・表・図などの多形態の知識を格納できるよう知識ベースを拡張し、ハイパーメディア化した。これにより、マニュアルや教科書などを知識ベースに格納でき、さらに人間のもつ未整理のメモ・文書類を、リンクを用いてハイパーメディア化して関係付けし、整理、体系化できるようになった。

(2) 推論とハイパーメディアの融合

推論の中でハイパーメディア化された知識を参照することが可能になったため、推論の途中又は結果の提示時において、ハイパーメディア化されたマニュアルや教科書中の適切な記述を引用して表示することができるようになった。この記述及びこれにリンクされている他の知識を適宜参照することにより、ユーザーは多様な知識を必要なだけ得ることができるようになる。

(3) マルチメディア対応の標準入出力シート

文書・表・グラフ・図形などのマルチメディアに対応した専用のシート（ウィンドウ）を標準で備えており、これらを用いることにより、文書や表からデータを取り込んで推論したり、また推論結果を自動的にグラフや図形などのマルチメディア表現で出力したりすることが容易にできるようになった。

(4) 柔軟な対話型問題解決環境を提供

問合せ形式で対話的に問題解決のための条件を与えることができ、問合せ、知識の追加、修正に対し推論結果の変化を即座に分析できる。また、様々な推論機構の内部情報も提供でき、必要に応じ対話的にハイパーメディアを用い関連知識を参照、活用できる。

(5) デスクトップ思想に基づく作業環境の管理

利用される知識、問合せ、推論機構の内部情報などを作業環境として保存・再現でき、デスクトップ思想に基づき複数の作業環境を管理している。したがって、複数の作業を同時に行ったり、作業の中断・再開を容易に行える。知識はハイパーメディアにより管理されており、知識ブラウザにより視覚的に知識体系を把握することができる。

(注1) 情報：あることがらについての知らせ。

(注2) 知識：知られている内容。認識によって得られた成果。

(広辞苑より)

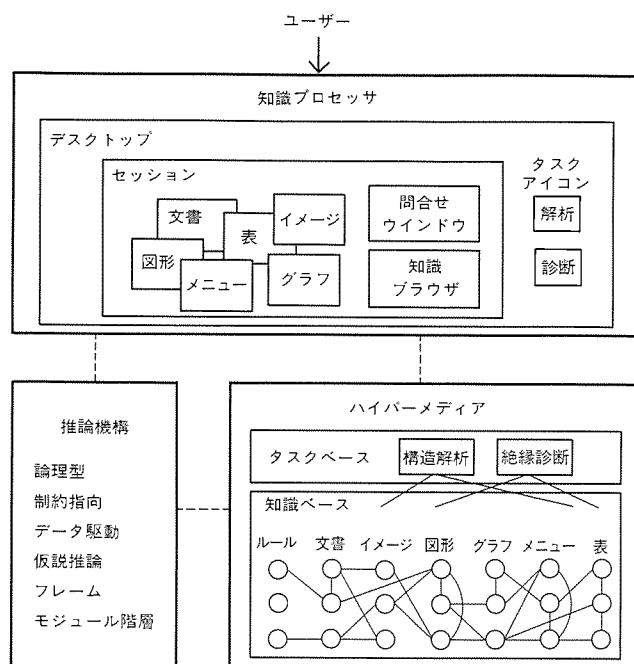


図 1. 知識メディアステーションの構成

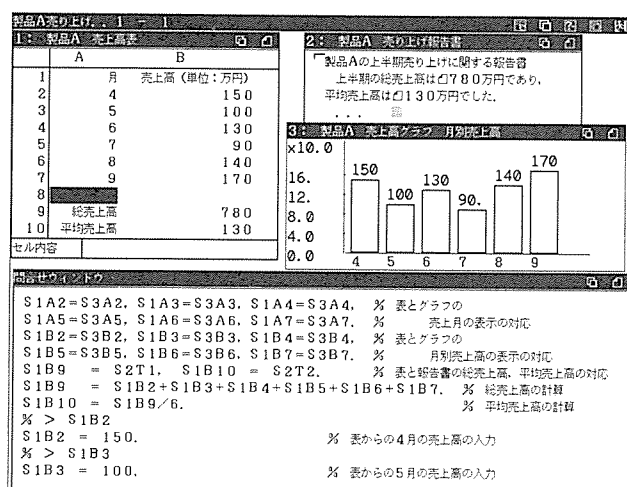


図 2. 知識の連動の例

4. 知識メディアステーションの概要

知識メディアステーションは、問題解決を行う推論機構、ユーザーとのインタフェースとなる知識プロセッサ、知識を体系化するハイパーメディアから構成される（図1）。

4.1 推論機構

推論機構の特徴を以下に示す。

- (1) Prologと同様なデータベース機能
- (2) 属性リストによるフレーム表現
- (3) 継承機能を備えた知識の階層的モジュール化
- (4) 制約指向による宣言的な知識の記述
- (5) 制約条件についてのデータ駆動推論
- (6) 制約条件による仮説推論

エキスパートシステムにおけるルールのように、計算機が解釈可能な知識については、宣言的に表現できるよう制約指向論理型言語を採用した。ここでは、その代表的特徴である制約条件 (Constraints) について説明する。

制約指向プログラミングの基本の一つは、通常の実行順序とは切

り離されて管理される制約条件の導入である。制約条件の実行タイミングは、条件判定が可能になったときで、データが不十分なため判定できないときは評価が保留される。したがって、制約指向プログラミングでは、実行順序を特に意識せずに問題の記述を行えるという利点がある。次の制約条件が用意されている。

- (a) 非等価 (= / =) (b) 否定 (not)
(c) 方程式 (=) (d) 不等式 (<, >, =, <, > =)
(e) 有限領域 (domain) (f) 起動条件付き述語

有限領域制約とは，解の値域を有限領域集合で表し，解の値をその集合内のいずれかの要素に限定するものである。例えば，変数 X のとりうる値が整数 1, 2, 3, 4, 5 のいずれかである場合には，その有限領域制約は $\text{domain}(X, [1, 2, 3, 4, 5])$ で表される。

保留中の制約条件については、前向き推論が行われる。その結果、解や矛盾やより強い制約条件が導き出される。このような制約条件は、Active Constraints⁽⁴⁾と呼ばれる。例えば、有限領域制約と不等式制約に対しては次のように前向き推論が行われ、新たな制約が導き出される。

$$\begin{array}{ccc} \text{domain}(X, [1, 2, 3, 4, 5]) & \xrightarrow{\text{前向き推論}} & \text{domain}(X, [1, 2, 3]) \\ X \leq 4 & & \end{array}$$

4.2 知識プロセッサ

知識プロセッサは、ハイパーメディアや推論機構の機能を活用し、柔軟な問題解決作業環境を提供するユーザーインタフェースであり、次のような特長を持つ。

- (1) 多形態の知識を取り扱う。
- (2) それらの知識をハイパーメディアにより体系化し活用できる。
- (3) 知識を基に推論を実行し、その結果を知識に反映できる。
- (4) 上記の作業を一つの環境として保存・再現できる。
- (5) 複数の作業環境を保存、管理できる。

知識プロセッサは、セッション、タスク、デスクトップに大別される。セッションは、問題解決を行う実際の作業場で、上記(1)～(3)の作業環境を提供する。タスクは、セッションの任意の時点での状態を保存したもので、起動により登録時の作業環境を再現できる⁽⁴⁾。デスクトップは、セッションやタスクを管理するものである⁽⁵⁾。

4.2.1 知識の連動

多形態の知識は、それぞれ専用のシートを用いて作成・編集されるが、ある知識の内容の修正により、推論機構が駆動され別の知識の内容も自動的に修正されることを知識の連動と呼ぶ。シートの中で連動の対象となる領域をエントリと呼ぶ。例えば、表の値、文書の一部、棒グラフの高さなどがそれであり、これらのエントリを推論機構が使う変数と関連付けておくことにより、表の値を変えれば、それに連動して文書中の値や棒グラフの高さなどが自動的に変化する。この連動機構により、シートに対する入出力はエントリと変数の関連付けを行うだけで済み、特別なプログラミングは不要となる。

知識の連動の例を図2に示す。S1A2, S2T1, S3B2などはエントリに対する変数であり、報告書(文書)ではS2T1, S2T2が総売上高、平均売上高の表示に対応し、グラフではS2A2～S2A7が売上月の表示、S2B2～S2B7が売上高の棒グラフの高さに対応する。問合せウインドウに示されているように、各エントリに対応する変数間の関連付けを行い、総売上高、平均売上高の計算式を記述しておくことにより、表からの月別売上高の入力、変更に応じて計算が行われ、売上高棒グラフの高さ、表や報告書の総売上

高、平均売上高などが自動的に変化する。

4.2.2 対話型問題解決環境

知識プロセッサでは、推論機構を有効に活用し、対話的な問題解決環境を提供するために各種ウィンドウを用意している。

問合せウィンドウは、Incremental Query⁽⁵⁾を拡張した対話型問合せ機構を導入したもので、スクリーンエディタによる柔軟な問合せ編集機能を持つ。ユーザーは、マルチメディア表示された解を見て、欠けていた制約条件を問合せウィンドウから追加して、解がどう変化するかを容易に見ることができる。制約指向の特徴である保留中の制約条件を表示するのが、保留条件ウィンドウである。保留条件を分析し、さらに強い制約を与えることにより、対話的に解を絞り込んでいくことができる。

4.2.3 作業環境の管理

作業環境をタスクとして保存し再現できる機能には、次のような利点があり、従来にない柔軟な知的作業環境を提供してくれる。

- 自動的に作業環境を整え作業内容を忠実に再現してくれるので、作業の中断、継続が容易に行え作業効率が高まる。
- もとのタスクを破壊することなく、複数のセッションを展開できるので、同じ内容の作業環境から複数の異なる作業を並列に進めることができる。
- 基本的な作業環境を充実させておけば、それを編集するだけで別目的の仕事にカスタマイズできる。

4.3 ハイパーメディア

知識の整理、体系化支援機能として、ハイパーテキスト⁽⁶⁾のマルチメディア版であるハイパーメディアを提供する。ハイパーテキストは、従来のファイルシステムのようにテキストを線型に並べるのではなく、リンクによりネットワーク状に結合できるもので、テキストの一部からリンク先のテキストを容易に参照できる。ハイパーテキストは文書のみを対象とするが、ハイパーメディアは文書以外に、表・グラフ・図形などの様々な知識を対象とするものである。

4.3.1 知識の関係付け（オーサリング）

知識の連動でのエン트리と同様、ハイパーメディアでもリンクの端点となる知識の一部又は全体のことをエン트리と呼ぶ。マウス操作により、エントリを設定し、始点又は終点として指定することにより、簡単にリンクによる知識の関係付け（オーサリング）を行うことができる。リンクには次のような特長がある。

- (1) 双方向性：始点、終点にかかわらず双方向に知識を参照できる。
- (2) 多重性：一つのエントリに対し複数リンクを設定できる。
- (3) エントリ値の置換、等価機能：文書間のリンクでは両端のエントリ中の文字列を置換したり、同一にしたりできる。
- (4) タスク起動リンク：タスクにもリンクを接続でき、追跡によりタスクを起動できる（図3）。

4.3.2 知識管理

セッション内での作業が別のセッションに影響しないよう、通常、知識はセッションごとにローカルなものとして管理されている。しかし、ある作業で用いる知識が別の作業でも必要となることは頻繁に起こる。そこで、知識をグローバルなものとして別のセッションでも参照可能とするのが知識登録であり、知識単体だけでなく体系化された複数の知識をリンクとともに一括して登録できる。知識体系は静的ではなく、知識の追加・削除により動的に変化するが、そのような変更はある作業では必要のないこともある。そこで登録知

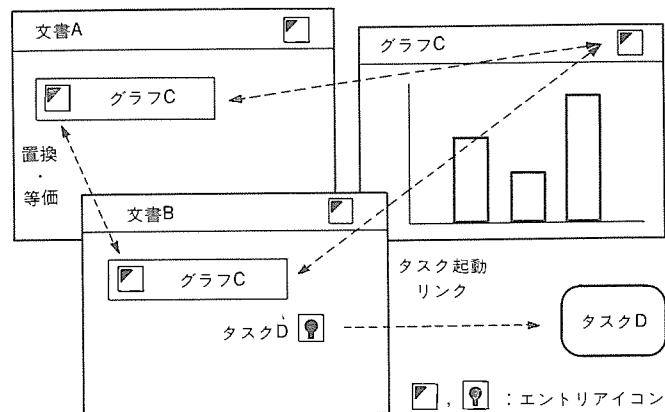


図3. 知識の関係付け

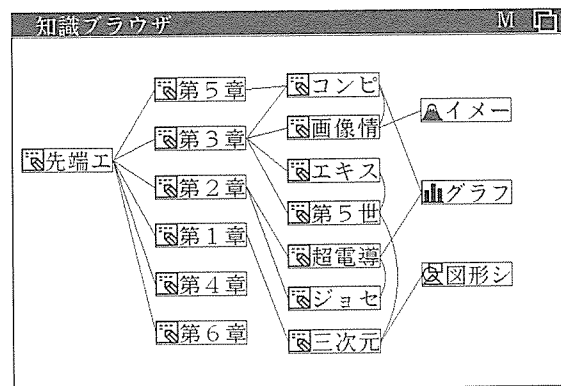


図4. 知識ブラウザ表示例

識体系の保護のため登録知識、リンクはバージョン管理されている。

知識体系が複雑化していくと全体の管理が難しくなる。そこで、知識体系を視覚化し、把握しやすくするため知識ブラウザを用意した。知識ブラウザでは、ネットワーク構造をもつ知識体系をキーとなる知識をルートとして疑似ツリー表示する。ルートとなる知識は任意に変更可能で、様々な角度から知識体系を把握できる。知識ブラウザでは知識名をノードとしており、マウス操作で知識の表示、消去、関連付け、登録を行うことができ、知識の体系化が簡単に行える（図4）。

5. 知識メディアステーションの適用例

知識メディアステーションを用いることにより、従来の知識処理システムにはない全く新しい形態の知識処理を行うことができる。その適用例として、現在開発中のシステムについて説明する。

5.1 高電圧電動機用絶縁診断支援システム⁽⁷⁾

高電圧電動機用ポリエステル絶縁方式については、実機データの統計処理に基づいた絶縁診断法が確立されている。このシステムは、この方法を用いた絶縁診断支援システムである。測定された絶縁特性値を入力とし処理を行い、等価運転年数グラフ、最も寿命を支配している絶縁特性の実験データ図、推定寿命と対策を含めた絶縁診断報告書などの掲示を行うことにより絶縁診断を支援する。なお、このシステムは、当社生産技術研究所との共同開発によるものである。

このシステムの特長を以下に示す。

- (1) 絶縁パラメータと残存BDV、余寿命の関係を一次式で自然に記述でき、これにより等価運転年数、余寿命の推定を容易に行える。
- (2) 等価運転年数グラフ、絶縁特性実験データ図、絶縁診断報告書

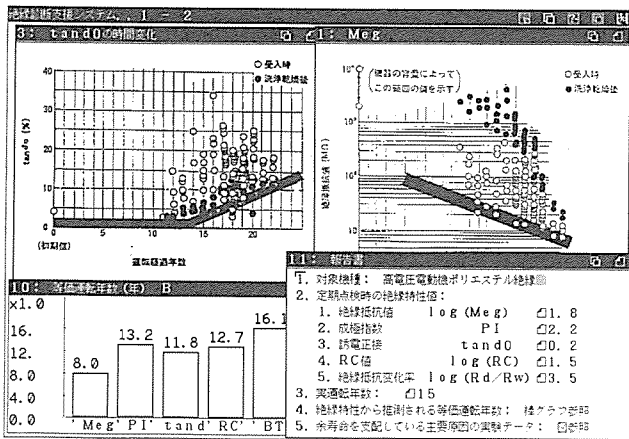


図5. 高電圧電動機用絶縁診断支援システムの画面例

の内容は知識の連動により、入力の変更に応じて自動的に変化する。

(3) 既存の絶縁特性の実験データ図をイメージシートにより簡単に入力でき、ハイパーメディアにより過去の実験データ図やその説明文などの実験に関する様々な知識を関連付け、体系化し蓄積できる。また、報告書やグラフ中のそれぞれの絶縁パラメータは、関連する実験データ図にリンクされており、推定された等価運転年数グラフを基に関連する実験データ図、実験説明などを参照、分析しながら、絶縁診断を行うことができる(図5)。

5.2 構造解析支援システム⁽⁸⁾

このシステムは、汎用構造解析プログラム(NASTRAN, ABAQUS)を用いた解析計算業務を支援するものである。解析種別、解析対象の構造特性、材料特性などの解析内容の入力により、指定解析プログラムへの適用性の検討を行い、もし適用不可ならば解析内容の代替による計算可能な解析モデルの提示、適用された代替ルールの説明、また注意が必要な場合はプログラム使用上のノウハウなどの表示を行う。そして、プログラムへの入力データ作成に関する付加的な質問を行い、最終的に入力データリストを出力する。なお、このシステムは、三菱重工業㈱において開発されたシステムを、知識メディアステーション上で再構築したものである。

このシステムの特長を以下に示す。

- (1) 解析内容を特定するための知識体系は階層構造になっており、これをハイパーメディアを用いて実現している。したがって、リンクをたどることにより、上位・下位の解析内容記述を自由に参照できる。また、解析内容記述、付加質問、ノウハウには詳細な説明文、説明図などがリンクされており、これらの知識を適宜参照することにより、構造解析や支援システムの背景にある知識を学習することができる。
- (2) 解析内容を特定するための知識は、メニューで表現されており項目選択により簡単に解析内容を入力でき、その変更に応じて代替案説明、ノウハウ、解析モデルなどの推論結果が自動的に変化する(知識の連動)。また、表示された推論結果を見て解析内容の一部を変更し、またその結果を見るということが繰り返し何度でもできるため、所望の解析モデルを容易に得ることができる。
- (3) 推論ルールは起動条件付き述語を用いて、ワーキングメモリは属性リストを用いて実現されている。したがって、解析内容未入力時にはルールはすべて保留されており、解析内容の入力によりデータ駆動形式でルールが起動されるため推論処理が効率的である。

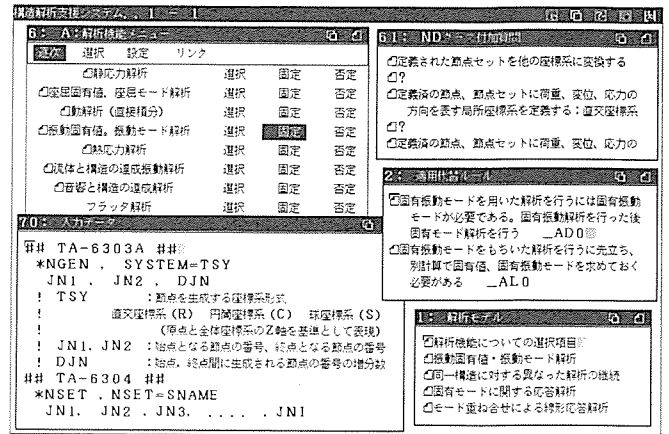


図6. 構造解析支援システムの画面例

- (4) 解析の種類に応じてカスタマイズしたタスクを用意しておくことにより、特定用途向けの構造解析支援システムが容易に作れる。
- (5) 解析作業を行うタスクとルール編集作業を行うタスクは別々のタスクであり、解析作業を行いながら別のセッションでルールを編集することができる。したがって、ルールの修正結果を即座に見ることができるため、ルールのメンテナンスが容易に行える(図6)。

6. むすび

従来の知識処理システムに代わり、多様な知識を蓄積・活用し、知的作業において人間の知識処理能力を増幅するメディアが望まれている。知識メディアステーションは、推論機構とハイパーメディアとを融合し、柔軟な対話型問題解決環境を提供することにより、多様な知識を扱う能動的メディアを目指したものである。

最後に、応用システムを共同開発していただいた三菱重工業㈱関係者各位に感謝の意を表す。

参考文献

- (1) M.Stefik: The Next Knowledge Medium, THE AI MAG-AZINE, 7, No.1, p.34 (1986)
- (2) A.Kay, A.Goldberg: Personal Dynamic Media, COMPUTER, p.31 (1977-3)
- (3) 和気ほか: 知識メディアステーション(1)~(6), 情報処理学会第37回(昭和63年後期)全国大会, p.1246 (1988)
- (4) M.Dincbas, P.Van Hentenryck et al.: The Constraint Logic Programming Language CHIP, Proc. of the Int. Conf. on FGCS, p.693 (1988)
- (5) M.H.Van Emden, M.Ohki, A.Takeuchi: Spreadsheet with Incremental Queries as a User Interface for Logic Programming, New Generation Computing, 4, No.3 (1986)
- (6) J.Conklin: Hypertext: An Introduction and Survey, IEEE Computer (1987)
- (7) 木村ほか: PSI-IIによる高圧回転機絶縁診断エキスパートシステム, 電気学会電気絶縁材料研究会予稿, EIM-88-74(1988)
- (8) M.Tanaka et al.: An Expert Consultant System for Structure Analysis, The 3rd int. conf. on Computer Applications in Production and Engineering (1989-10)

プラント運転支援リアルタイム エキスパートシステム

内原正一*
高橋 勇*

1. ま え が き

最近の火力発電プラントは、大規模かつ複雑なシステムであり、多様な状況変化に応じて、安全かつ最適に運転するためには、高度な運転技術が必要になってきている。一方、既設の発電設備は、経年劣化が進む中で、DSS（毎日起動・停止）などの過酷な運用をしいられ、電力の安定供給や出力調整、燃焼管理や経済運用などに関して、その運転技術を向上させる必要が生じてきた。そのためには、運転知識を質・量ともに拡充していくことはもちろんのこと、これらの知識を活用しての迅速な判断ができることが重要であり、あわせて経験豊富なベテランオペレータの技術を効率良く伝承することが不可欠である。近年、進歩の著しい知識工学を応用したエキスパートシステムが、各方面で実用化すべく進められているが、電力分野でも前述の課題を実現するための知的ツールとしてその適用が望まれている。このような背景の中で、当社は東京電力㈱との共同研究で火力発電プラントを連続監視し、異常の検知、原因の究明を行って対応操作ガイドを提示する火力発電プラント運転支援エキスパートシステムの開発を進めている。ここに、診断問題に有力な定性推論を応用した柔軟な診断と時々刻々と発生する推論要求を、リアルタイムに処理する推論制御機構を実現したので以下に紹介する。

2. ハードウェアシステム構成

このシステムは、図1に示すように推論処理専用のAIワークステーション《MELCOM PSI II》と32ビット オンラインデータ処理用計算機《MELCOM70 MXシリーズ》又は《MELCOM350-60シリーズ》を接続したハイブリッド構成により、推論処理のみでなく高速オンラインデータ処理、音声入力、タッチオペレーションなどの高度なオペレータ インタフェースを可能としている。データ処理計算機では、プロセス入力装置やデータウェイを介してのプロセスとのインタフェース、CRT表示やタッチパネル、音声入出力装置を使ったオペレータ インタフェース、プロセス状態の異常検知などの処理を行い、推論処理用計算機ではデータ処理計算機から送られたデータに基づき、異常現象の緊急度評価、応急操作（一次対応操作）の導出、原因究明処理、最終対応操作（二次対応操作）の導出などの処理を行っている。ハイブリッド構成を採用している理由は以下のとおりである。

(1) 高速推論の必要性

火力プラントのように、大規模な対象の診断や運転支援のエキスパートシステムに搭載される知識ベースは、2,000～10,000ルールと予想され、これを高速処理するためには高速のCPUと大容量メモリが必要である。支援のためのCRT表示やプロセス入力処理などのデータ処理を実時間でいながら、これだけの推論処理を従来型の計算機であるプロコンやミニコンで行うとすれば100Mバイト級の主メモリと10～15MIPSのCPU能力が必要であり、かなり大型の計算機を使用することになる。

(2) 最適機能分散による高機能化

プロコンやミニコンなどの従来型計算機は、処理速度や言語、OSのサポートの面で数値処理を主体としたデータ処理に適しているが、推論などの知識処理の性能は専用機に比較するとかなり劣っている。

逆に知識処理専用で作られた新しいアーキテクチャの計算機は、数値処理などは速くないが推論処理については従来型の計算機の5～10倍程度の能力を発揮する。したがって、両者を組み合わせて各々の能力が生かせるような機能分散ができればコストパフォーマンスを向上させることができる。

(3) 運転員に親和性が高く信頼性の高いマンマシンの実現

CRT表示を主体とするオペレータ インタフェースは、プラントの運転員にとって最も重要なものであるが、知識処理専用機で使用しているワークステーション系のディスプレイやマウスなどのポインティング デバイスは、まだまだ受け入れられにくく、その意味では従来から制御・監視に使われてきたオンラインCRTの方が親しみやすく使いやすいので、従来型の計算機で処理するのが適切と思われる。

3. システムの機能

プラント運転支援エキスパートシステムは、プラントの主機及び補機の異常や自動制御系の異常などに起因するプラント異常現象を早期に検出し、原因を究明するとともに速やかに安定運転状態に回復させるための適切な操作ガイドを提示することにより運転員を支援し、総合的なプラント運転稼働率を向上させることを目的とし、以下に示す機能を持っている。図2に機能関連図を示す。

3.1 データ処理機能

(1) プロセスデータ入力とデータ シミュレーション

実プロセスに接続する場合は、プロセス入力装置を介してアナログ信号やデジタル信号を入力して、工学値変換などを行う。また、プラントから切り離れた状態で知識を評価する場合には、あらかじめ用意された異常シミュレーション データを発生させる。

(2) 推論用データ作成

プロセスから入力されたデータ又はシミュレーション データを用いて、推論に使用する定性的データ（推論データ）を作成する。定性的データは絶対値の度合、変化の方向と度合、変化の特徴の3種類のデータから構成される。

(a) 絶対値の度合

各プロセス値ごとに、あらかじめ設定された上限・下限のしきい値と現在値を比較することにより、3種類のデータ（大きい、普通、小さい）に変換する。

(b) 変化の方向と度合

各プロセス値ごとに、一定時間内の変化率を計算し、変化率の符号と、あらかじめ設定された上限・下限のしきい値と変化率の絶対値を比較した結果から7種類のデータ（速く増加、普通に増加、ゆっくり増加、一定、速く減少、普通に減少、ゆっくり減少）

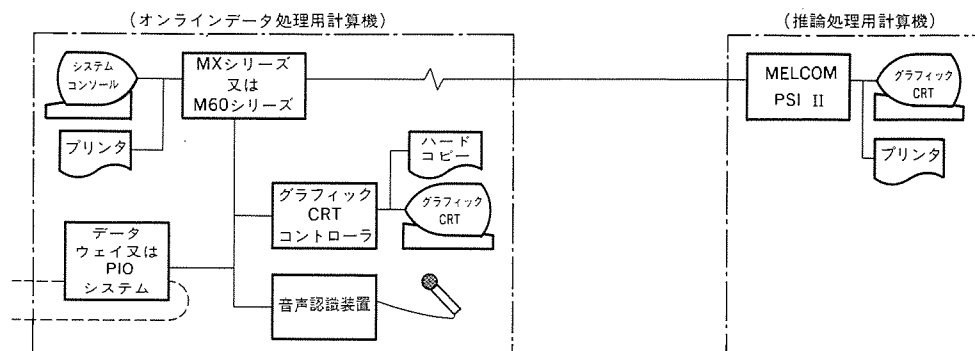


図1. ハードウェアシステム構成

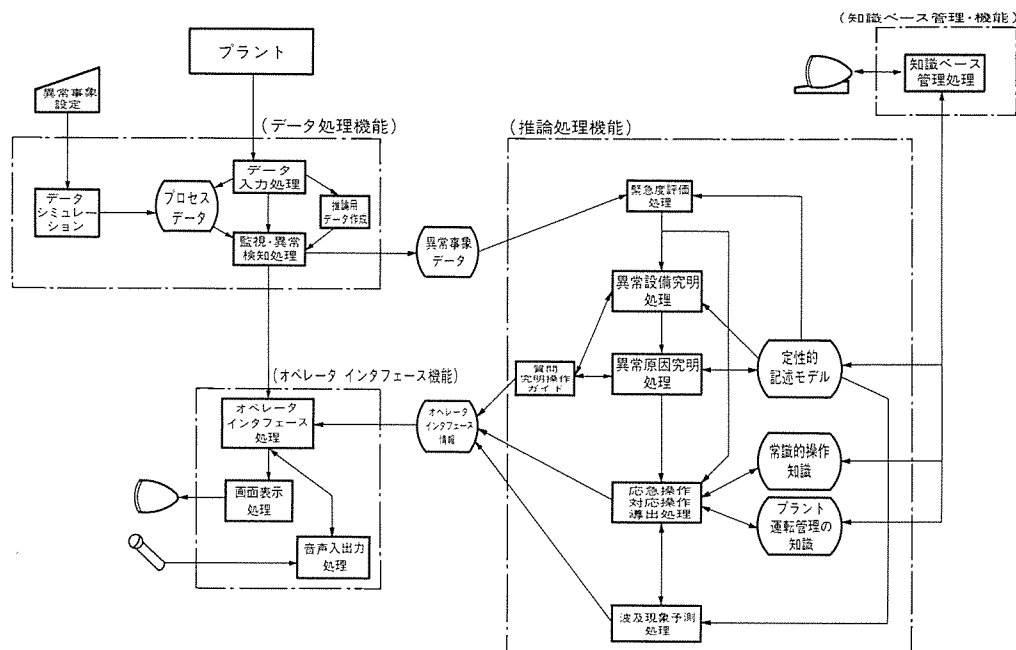


図2. 機能関連図

に変換する。

(c) 変化の特徴

各プロセス値ごとに、一定時間内の変化の傾向を監視し、あらかじめ設定された論理判断基準により、5種類のデータ（ハンチング、急激に、直線的に、一次遅れ的に、ステップ的に）に変換する。

(3) プラント異常状態の検知

このシステムは、警報が発信した場合だけでなく主要プロセス値の負荷に対する期待値と現在値との偏差が許容範囲を逸脱した場合にもプラント異常と判断する機構を設け、異常徴候の監視ができるようになっている。

3.2 推論処理機能

(1) 緊急度評価

発生した異常現象により、緊急度を評価する機能である。

(2) 応急操作導出

検知された異常現象のうち緊急度の高いものについて、現象に対応した応急操作を導出する。

(3) 異常設備の特定

検知された異常現象の要因となっている異常設備を、推論により導出する。

(4) 異常原因の特定

特定された異常設備について異常となった原因を推論する。原因の究明のために操作を行い、その結果により原因をしばらく込む必要がある場合は原因究明のための操作を導出する。

(5) 対応操作の導出

特定された原因について対応操作又は対応処置を導出する。

(6) 質問応答機能

非観測データを使用しなければ異常設備の特定や異常原因の特定ができない場合は、質問を発し、運転員により入力されたデータを用いて推論を更に続行することができる。

(7) 推論の制御

緊急度評価推論、応急操作導出推論、異常原因究明推論、対応操作導出推論の処理順序や優先処理、並列処理などの制御を行う。

3.3 オペレータインタフェース機能

3.3.1 プラント状態監視機能

異常が検知されたことや、その時のプラント状態を確認するためのCRT表示機能である。画面表示例を図3～図5に示す。

(1) 集合警報表示

プラントシステムをいくつかの系統に分割し、各々をシンボル化したものを警報窓として集合表示したもの。異常が検知されたプロセス値が含まれる系統の窓の表示色を変えることにより、どの系統に異常があったかを運転員に知らせることができる。

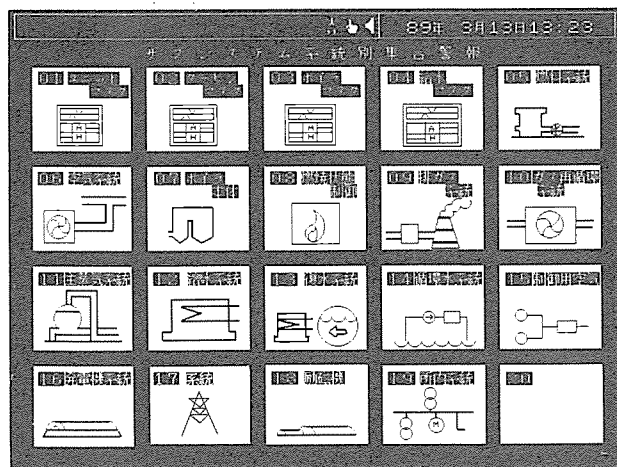


図3. 画面表示例 (集合警報表示)

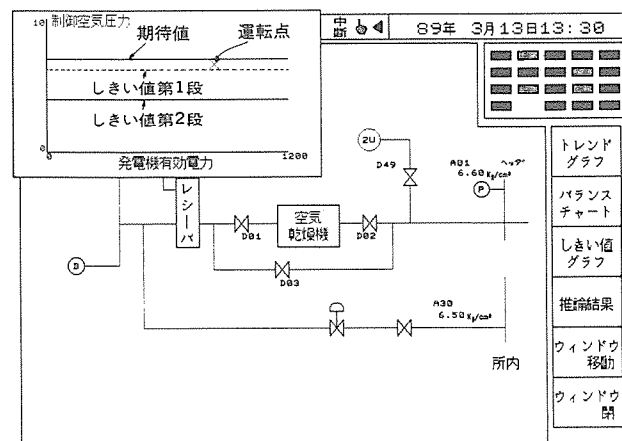


図4. 画面表示例 (しきい値表示)

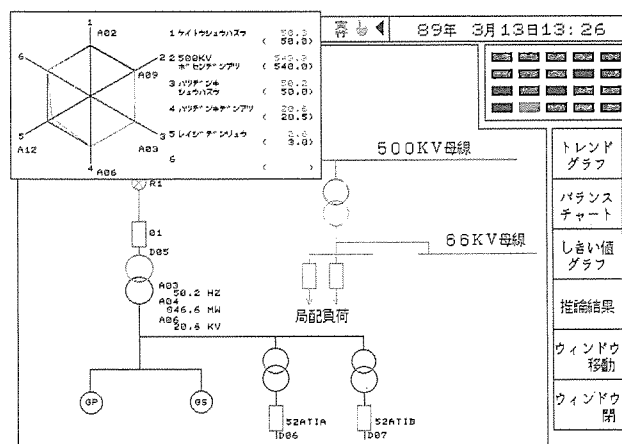


図5. 画面表示例 (バランスチャート表示)

(2) しきい値表示

期待値からの逸脱を監視するために設けた2段のしきい値を、負荷に対する関数グラフとして表示し、あわせて現在の運転点を表示して異常現象を確認するものである。

(3) システム図表示、トレンド表示、バランスチャート表示など

従来からプラント監視の目的で使われている表示機能で、分割されたプラントモデルや異常現象に関連したプロセス情報を提供する。

3.3.2 推論結果表示機能

推論処理用計算機で推論された結果として、以下の項目をCRTに

表示する。画面表示例を図6に示す。

(1) 異常現象と推論の段階

異常を検知した時刻、異常現象名、推論の段階、緊急度を表示する。

(2) 異常設備、異常原因

異常原因究明推論の結果、導出された異常サブシステム又は異常設備の名称と異常原因を表示する。

(3) 応急操作、対応操作

検知された異常現象に対する応急操作、導出された異常原因に対する対応操作又は対応処置を表示する。

(4) 波及現象

波及現象予測推論で予測された警報の名称を表示する。

3.3.3 対話機能

運転員との対話機能として以下のものがある。

(1) 原因究明操作ガイドと操作結果確認通知

異常原因を特定するために、原因究明操作ガイドをCRT表示及び音声出力により提示し、運転員は当該操作を行った後、現象変化が表れたことを確認したことをタッチ操作によりシステムに通知する。

(2) 質問応答機能

異常設備又は異常原因を特定するために、非観測データを使用しなければならない場合はCRT表示及び音声出力により、運転員に質問し、タッチ操作又は音声入力による運転員の応答を受け付ける。

(3) 推論根拠説明機能

リクエストにより推論根拠の説明文を表示する。説明文の形式は、図7に示すように固定的な表現と推論により得られた情報を合成したものである。

4. システムの特長

このシステムは、異常の検知方式、推論の方式、推論の制御、マンマシンインタフェース方式に、従来の診断エキスパートシステムにはない以下の特長を持っている。

4.1 異常検知方式

従来の診断システムは、プラントの異常検知信号として警報接点入力を使用し、これをトリガとして推論を開始するものが多く、警報が発生するまでは異常の徴候が表れても何ら運転員を支援することができなかった。このシステムは、前にも述べたように主要プロセス値の負荷に対する期待値と現在値の偏差を監視し、偏差が許容範囲を逸脱したときにもプラント異常と判断して運転員に異常徴候を通報できるため、警報発生に先立って運転員を支援するための情報提供が可能である。

4.2 推論方式

このシステムは、異常の検知から最終対応操作ガイダンスに至るまで幅広い支援を行うため、図2の推論処理機能部に示すように運転員の行動モデルに基づいて推論プロセスを分割し、各々のプロセスに適した推論機構と知識ベースを設けるマルチ推論方式を採用している。これにより、異常の状況に応じて推論機構の駆動順序の変更や中止などの制御が可能となっている。図8に推論処理部のソフトウェア機能構成を示す。

以下に、このシステムの推論方式の中で特筆すべき定性モデルによる推論、緊急度評価推論と波及現象予測、複数警報発信時の支援について述べる。

(1) 定性モデルによる推論

従来の診断エキスパートシステムの多くは、プロダクション システムをベースにしており、FT図などに整理された原因と現象の因果関係をルール化して異常状態のモデルとし、これと実システムでの事象のパターンマッチングにより原因を導出する方式を採用している。この方法は、実現が容易で分かりやすい利点があるが、大規模な系では故障とその波及に関する知識をすべて網羅した知識ベース

中断				年	月	日
異常現象	現象	推論の段階	緊急度			
13:22	給電指令装置故障ANN	異常設備特定	大			
13:21	UF R動作ANN	異常設備特定	大			
異常設備	推論根拠					
1 系外または人為的操作	異常現象に関連する全ての設備を調査しましたが、異常がみつかりませんでしたので、系外または人為的操作に起因する異常の可能性が考えられます。					
異常原因						
対応操作						
1 加減弁操作し発電機周波数を0 Hzに調整せよ						

系統図
 質問応答
 突明操作
 対応操作
 波及現象
 推論根拠
 音声入力
 要求
 確認
 完了

図 6. 画面表示例 (推論結果表示)

(推論根拠説明)

(1)装置名は 上記データ名 に影響を与えるため、調査し
その異常を確認しました。

(2)装置名が正常であれば
 データ1 が 特性1 で
 データ2 が 特性2 で
 .
 データM が 特性M
 のとき
 データN が 特性N
 であるはずだが、現在は現在値となっており、異常と判断しました。

図 7. 推論根拠説明形式

の作成が困難であることや、新たに追加した知識が以前の知識と矛盾を生じないかどうかの評価できないという欠点がある。

このシステムは、このような欠点を補うために、対象プラントを複数のサブシステムに分割し、個々のサブシステムの正常時のふるまいや特性を、定性的にモデル化し、現実の事象との不一致を検出して該当サブシステムが異常であることを診断する方法を採用している。この方法によると、プラントの系統図や設備の仕様、特性など有形の知識が利用できるため、ベテラン運転員でなくても、該当分野の知識を持つ人であれば知識の獲得がある程度客観的に行えるという利点がある。図 9 に知識の獲得整理の手順を示す。

また、このシステムは、異常サブシステム内の異常原因をルールベース型式の知識で診断できる機構を持つため、適切な大きさにサブシステムモデルの分割を行えば、定性モデルによる大まかな診断からルールベースによる詳細な診断へと段階的に推論を行うことができ、原因が特定できなくても異常設備が分かれば柔軟な対応操作支援が将来期待できる。

(2) 緊急度評価推論と波及現象予測

4.1節で述べた方式で異常が検知されると、最初に緊急度評価推論が起動され、その結果、緊急度が大きであると推論されると当該異常現象に対する応急操作ルールがマッチングし、応急操作が導出される。緊急度が小の場合は、定性的記述モデルによる原因究明推論が駆動され、異常サブシステム (異常設備) が特定され、続いて詳細異常原因が特定されて、原因に対する対応操作又は処置のルールがマッチングして対応操作又は対応処置が導出される。

緊急度評価は、中央制御盤の警報をヒューリスティックに分類して、設備損傷と発電支障に結びつきやすいものから順に緊急度が高いとし、これと次に発生すると予測される警報の至近度から決定されるようになっている。発生警報の予測、すなわち波及現象の予測は、図10に示すように異常現象 (この例では、現在発生している警報) から警報回路のモデルにより警報発生 の要因となるプロセスモデルを導出し、そのモデルを起点として前向きに探索することにより行う。

緊急度評価に使用する警報としては、中央制御盤の警報で十分で

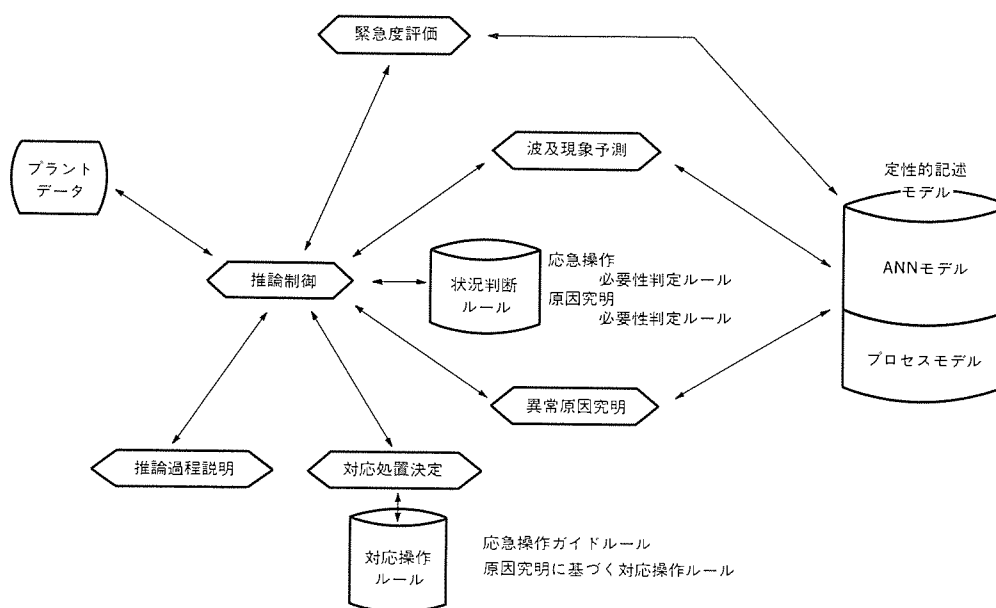


図 8. 推論処理部のソフトウェア機能構成

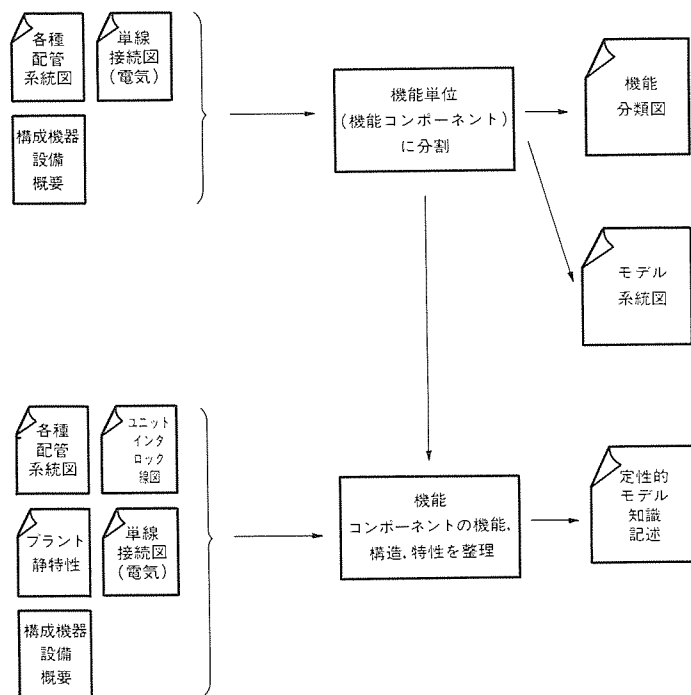


図9. プラントの機能、構造、特性に関する知識の獲得

しているので複数の警報が確認された場合でも、警報の発生順序や組合せに関するヒューリスティックな知識を必要とせず、個々の警報に対し独立に探索を進め、原因を究明することが可能である。また、導出した異常サブシステム名が既にそれまでに判明していれば、詳細原因特定のための推論を省略して次の警報について探索を行うため、処理の重複を避けることができるようになっている。また、複数の警報が時間遅れを持って発生した場合でも、最初の警報で次に発生する警報が予測できるため、予測した警報が発生した場合に原因究明推論を省略することも可能であり、推論効率を向上させることができる。

4.3 推論制御方式

このシステムは、プロセスを連続的に監視し、非同期に発生する状態異常に対してその都度推論を行ったり、推論の重複を避けて推論効率を上げるために以下のような推論制御を行っている。

(1) 緊急度評価処理の優先

原因究明推論では、運転員との対話や原因究明のための操作結果を確認後にその結果を入力することがあるが、その間に新しい異常が検知されると、その現象の緊急度評価や応急操作の導出処理を優先又は並行して行うことができる。

(2) 重複推論の回避

異常現象名が前回と同じ場合は、推論を再度実行すると効率が悪いため新たな推論は行わず、異常現象名が異なる場合でも異常サブシステムが同じであれば異常の原因特定処理は行わないようにして、推論の重複を避け推論の効率を向上させている。

5. む す び

以上、人工知能技術の応用例として火力発電プラント運転支援エキスパートシステムについて紹介してきたが、エキスパートシステムそのものが従来の制御監視システムと異なり、ユーザーの入れた知識がその能力を左右することや、知識ベースが不完全な状態から出発し、その育成にユーザーとメーカーの一体となった努力が必要であることから、実プラントへの本格適用には、現状各電力会社ともに慎重を期しているようである。しかしながら、今日のように新設プラントが大規模かつ複雑になり、計算機による自動化が進んでくると、ますます、システムの挙動が分かりにくくなるので計算機が故障したときでも対応ができるようなものにしていかなければならない。

本稿で紹介したプラント運転支援エキスパートシステムは、診断型のリアルタイムドメインシェルとして実用レベルにあり、知識ベースを対象プラントごとに特化させることによって、火力発電プラントに限らず、原子力発電プラント、公共・工業プラント、化学プラントなどの連続プロセスにも適用可能である。終わりに、このシステムの開発にあたり、御指導いただいた東京電力㈱を始め、関係各位に感謝の意を表する。

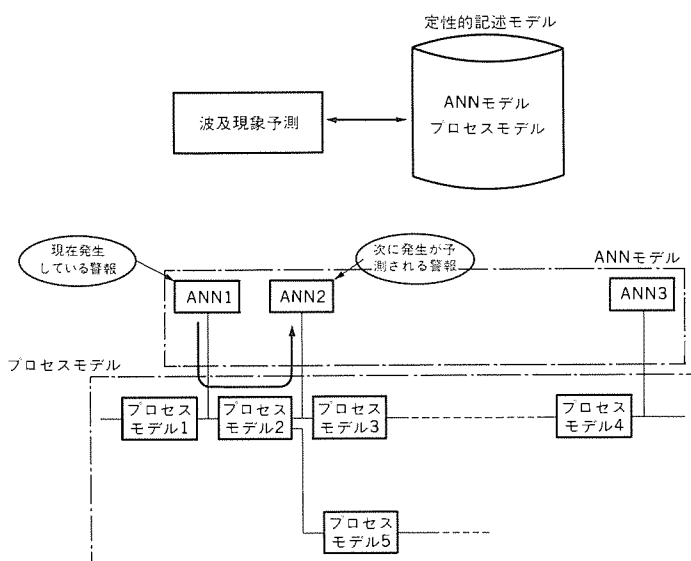


図10. 波及現象の予測 (ANN: 警報回路)

あるが必要に応じて仮想警報を知識として記述することができれば、更に適切に緊急度が判定できるので、緊急事態発生時の支援を充実させることが可能である。

(3) 複数警報発信時の支援

このシステムは、原因究明推論の中核である対象モデルとしてフレームの概念から成る定性的記述モデルとそのネットワークを使用

原子力発電プラント マンマシンシステム (MMS) I

—全体システム—

榊田征也* 北村哲男+
田中光雄** 増井隆雄++
荻野敬迪***

1. ま え が き

現在、我が国の原子力発電プラントは、36基、発電設備容量2,805万kW(昭和63年末現在)と、総発電電力量の約32%に達し、安定したエネルギー供給源として、電力供給の中核的地位を占めるに至っている。今後、原子力発電の比重が高まり、またシステムが大規模化ないしは高度化するにつれて、その信頼性及び安全性がますます重要となってくる。

三菱電機㈱、三菱重工業㈱及び三菱原子力工業㈱は、共同で通商産業省補助事業「原子力発電プラント マンマシンシステム開発」を昭和59年度から推進しており、昭和61年度にその概念設計(フィージビリティ スタディ)を完了し、引き続き昭和62年度から実用化システムの開発を5か年計画で実施中である。現在(平成元年2月)までに、このシステムを実現するための要素技術開発(代表的な要素技術につき、この特集のMMS IIで紹介する。)を実施したが、この論文ではそれらを含めシステム全体及びフィージビリティ スタディの一環として実施したミニモデル検証を紹介することとしたい。

2. システムの概要

2.1 開発の背景

原子力発電の比重が高まるにつれて、負荷追従運転など運転の一層の高度化が必要となることが予想され、また米国スリーマイル島原子力発電所及びソ連チェルノブイリ原子力発電所の事故などからかんがみ、原子力プラントの安全性、信頼性をなお一層向上させるためには、運転員が経験と知識に基づいて行っている判断・操作の機能を、強化・補完する運転支援システムを開発することが望まれている。

このような背景をもとに、最近の計算機利用技術、人間工学の進歩を積極的に取り入れ、運転員が行っているプラントの状態把握、運転管理などの思考過程を計算機化することにより、人間に近い推論・判断を可能とする原子力発電プラントMMSを開発することになった。

2.2 開発方針

MMSの最終開発目標は、原子力発電所の運転信頼性及び運転操作性のなお一層の向上であり、これを達成するために、下記の運転支援機能を備えたMMSとする。

(1) 通常時運転支援

起動、停止時や負荷追従時における柔軟な運転支援。

(2) 異常時、事故時運転支援

異常、事故の早期検知・原因同定、及び安全停止のための適切な操作ガイドの提供。

(3) 保守支援

プラント構成機器の保守時の隔離範囲の推定、操作手順生成などに関する支援。

(4) 最適運転監視

上記の各種支援結果を運転員が的確に把握し、また、知りたい内容を適切に質問、理解できるマンマシン インタフェースの提供。

このため、MMSの開発では、上記の機能を実現する技術を開発するほか、

(1) 各支援技術の統合化を行う全体システム統合化技術

(2) MMSの有効性、実用性を検証・評価するためのシミュレータによるシステム検証・評価も行う。

表1に、実用化システムの開発スケジュールを示す。なお、この開発に先立ち、昭和59年度～61年度の3年間にわたり、概念設計(フィージビリティ スタディ)を行い、MMSの基本概念を策定した。

3. システムの機能

MMSの機能は、

(1) 通常時運転支援機能

(2) 異常時、事故時運転支援機能

(3) 保守支援機能

(4) これらの機能を実現するためのマンマシン インタフェース機能をつかさどる最適運転監視機能

の四つに大別される。図1に、これらの機能の相互関連を示したMMSの機能構成図を示す。

3.1 通常時運転支援機能

(1) 計画監視支援機能

設備利用率の向上のためには、計画外の原子炉停止が発生しても、早期に起動して定格出力に早く戻すことが可能のように発電所の能力を確保しておくことが望ましい。このMMSでは、原子炉が停止された場合に、停止前の各種条件に合わせて原子炉の最適な起動手順を探索し、その起動方法を計画したり、原子炉の起動時にあつては計画した手順に従って運転されていることを監視するとともに、計画どおりでない場合又は不具合が発生して予定どおりに運転できない場合には、回避運転などへ移行できるよう運転員を支援する。

(2) 運転点検支援機能

手動で原子炉を起動・停止する場合、運転員は予測を含む高度な運転操作技術を要求され、作業負担は少なくない。このため、プラントの運転状況、運転自動化装置の進捗状況や予測情報を提供することにより、運転員の負担を軽減することが望ましい。

負荷追従運転、AFC/GF運転時には主要なプロセスパラメータが恒常的に変動するので、適切な監視支援機能を提供し、運転員の負担を軽減する必要がある。また、自動化プラントの場合には、ブラックボックス化を防ぎ、誤操作を防止するための監視操作支援が必要である。運転管理基準や適切な状況判断に基づくプラントシステム、装置、計装などの機能健全性の点検(例えば、サーベイランステスト)や補機の予備機のローテーション管理は、運転員の重要な役割であり運転管理業務の中心であるが、複雑な場合には適切な管理支援機能が必要となる。このMMSでは、これらの支援機能をもたせる。

表 1. 実用化システムの開発スケジュール

技術開発項目	年度	昭62	昭63	平元	平2	平3
1. 全体システム統合化技術		総合計画				
		共通ソフトウェア設計・製作		改良		
		共通ハードウェア設計・製作			改良	
2. 通常時運転支援技術		プロトタイプ検討				
(1) 計画監視支援技術			システム設計			
(2) 運転点検支援技術			システム製作		改良	
3. 異常時・事故時運転支援技術		プロトタイプ検討				
			システム設計			
			システム製作		改良	
4. 保守支援技術		プロトタイプ検討				
			システム設計			
			システム製作		改良	
5. 最適運転監視技術		プロトタイプ検討				
			システム設計			
			システム製作		改良	
6. シミュレーション技術			モデル開発			
			システム設計・製作		改良	
7. システム検証・評価			基本計画			
			実施計画			
			試験・評価			

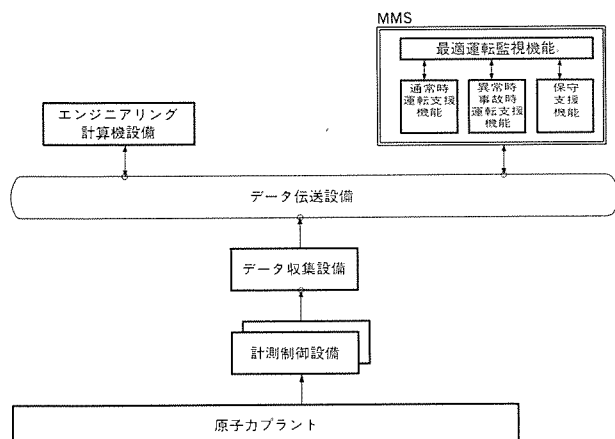


図 1. MMSの機能構成とプラント設備関連図

3.2 異常時・事故時運転支援機能

今後、原子力発電の供給割合の増加とともに、より一層の信頼性を維持・発展させていくためには、従来にも増して機器故障などに起因する異常の早期検知と適切な対応操作をガイドする支援システムが必要となる。

異常の早期検知、診断ガイド技術については、既知の想定事象のうち原子炉スクラムに至る事象を対象にインストラクションシステムとして開発を進めてきたが、このMMSではこれらの事象を含み、より広範囲の事象についてもその対象とする。これらの故障、異常について大規模なプラントデータベースを構築し、刻々と変化するプラント情報をオンラインで入力しプラント状態を評価する。

その結果に基づき、異常の原因を同定し、観測によって得られたプラント情報を基に時間的変化の傾向を解釈し、運転制限条件、アラームレベルなどに対する余裕を評価する。さらに、必要に応じて推定・予測のためのシミュレータを用い、非観測データの推定、機器入出力信号の期待値計算、各種プラント情報の変化の予測などを行い、これらを総合し、異常の拡大を防止するために必要な運転操作ガイドを提供する。

3.3 保守支援機能

プラント運転中に発見された不具合を修復するために、必要な機器の隔離、機器の保守手順などを運転員に与えること及び操作があらかじめ定められたとおり実施されていることを確認・監視することによって、安全かつ迅速に保守ができるよう支援する。

3.4 最適運転監視機能

原子力プラントにおける運転員の業務は多種多様であり、異常時、事故時における複雑な意志決定においては心理的負担も大きい。したがって、運転員の要求を柔軟に受け入れ、運転員の思考過程に沿った適切な情報を理解しやすい形で提供できる最適運転監視システムは、監視・操作の信頼度を高める上で極めて重要である。この最適運転監視システムでは、プラントの運転状況、運転員との対話の背景や履歴に応じてシステムへの質問が迅速かつ正確に入力できるように、タッチパネル上の選択メニューの動的な制御機能や言葉による入力情報から運転員の質問内容を理解するようにする。

また、運転員の認知モデル(プラント運転に関する機能イメージ)や経験的知識を用いて、運転員の意志決定プロセス(運転目標の決定→注意の焦点推定→注意の焦点の絞り込み→結論の導出)と整合性をとり、運転員の挙動・プラント状態などから、運転員が何をどのように考えているかを推定し、それに適合した情報を決定する。

さらに、マンマシン性に優れ、運転員との親和性に富む情報表現環境を実現し、運転員が理解しやすい形に情報を編集し提示する。

4. システムの構成

図2にMMSのシステム構成を示す。MMSを構成する各機能については前章で述べたが、これらの機能を実現するためのシステムは、プラントデータ編集管理システム、運転操作判断システム及び最適運転監視システムの三つのサブシステムから構成される。

(1) プラントデータ編集管理システム

マンマシンシステムが人間に近い推論及び判断を行うためには、プラントの設計、運転に関する明文化された知識やデータとともに専門家が長年の経験により獲得したノウハウをプラントデータベースとして蓄える必要がある。このシステムは、プラントに関するデータ、ノウハウなどをプラントデータベースとして蓄積するためのものであり、プラントデータの入力機能及び入力されたプラントデータの管理・編集機能を持っている。

(2) 運転操作判断システム

運転中のプラントの運転状況を評価し、プラントデータ編集管理システムからの知識データを用いて、プラント状態に異常が生じた場合、その異常を検出し、その原因を同定し、プラント状態推移を予測し、適切な操作ガイドを提供する機能を持っており、前章で述べた通常時運転支援、異常時・事故時運転支援及び保守支援を実現する。

(3) 最適運転監視システム

人間の認知特性と調和のとれた高度な視認性、操作性を持つマン

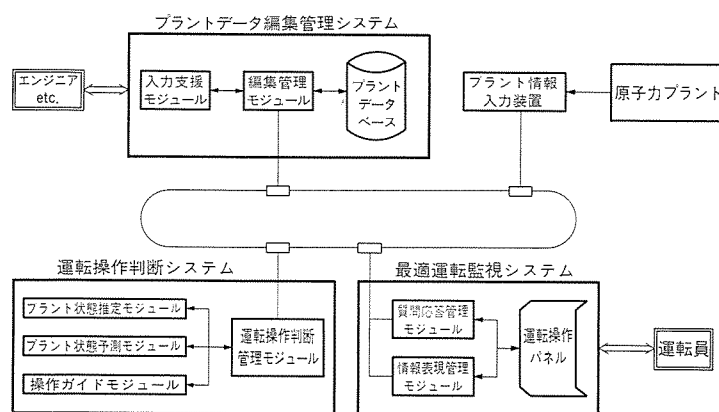


図 2. MMSの構成



図 4. ミニモデルの操作パネルの外観

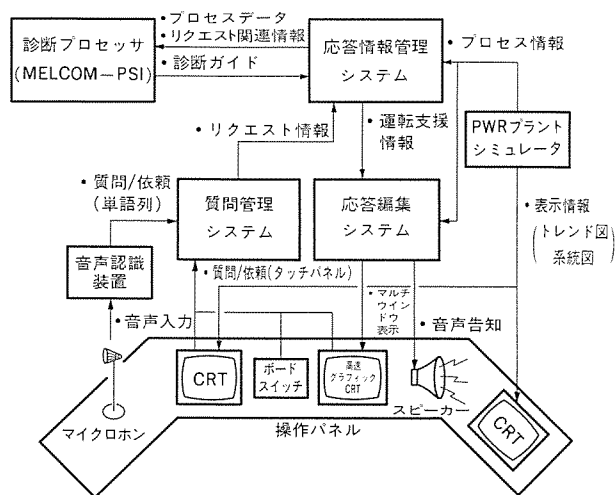


図 3. ミニモデルのシステム構成

マシン インタフェースによって、運転員による高度な運転監視を可能とするシステムである。すなわち、運転員の認知過程や意思決定の分析に基づき、運転員の意図、目的と協調のとれた知的対話機能を持つとともに人間とシステムとのインタフェース部には大型画像表示、グラフィック表示、音声入出力など最新の情報表現技術を活用する。

5. ミニモデル検証

前章で述べた三つのサブシステムのうち最適運転監視システムの開発では、人間の感覚、知覚、認知特性との調和が研究課題となっているため、各要素技術個別の検討のほかに、これらを統合したサブシステムとしての機能評価及び他のサブシステムとの情報インタフェースについても検討する必要がある。

最適運転監視技術の概念設計段階におけるこれらの問題を解決するため、対象範囲を限定したミニモデルを試作し、システム機能の評価検討を行った。

5.1 ミニモデルの機能構成

ミニモデルのシステム構成を図 3 に、また、操作パネルの外観を図 4 に示す。運転員と親和性のある円滑な対話を実現するために、マンマシンデバイスとして、タッチパネル、音声認識装置（実時間で約300単語のマッチングが可能）、音声応答装置及び高速カラーグラフィック表示装置などを採用した。検証においてはPWRプラントシミュレータを用いて、実際のプラント運転に近い状態で性能評価

を行った。

ミニモデルは、質問管理システム、応答情報管理システム及び応答編集システムの三つの要素システムから構成した。以下に、各要素システムの機能を説明する。

(1) 質問管理システム

このシステムは、運転員とシステムとの緊密で円滑な対話を支援するものであり、運転員の要求を入力するためにタッチパネルなどからの指示入力に加えて、音声入力も採用することにより、コミュニケーション チャンネルの多様化を図った。

音声入力は、まず発話を構成する単語が識別され、運転員とシステムとの対話の流れ、単語の意味などに基づいて発話の意味理解が行われる。発話の内容がシステムにとって理解できないときには、システムから運転員に質問が提示されるようになっている。音声認識装置、タッチパネルなどから入力される運転員の要求は、一括して質問管理システムで管理しており、単にトレンドや系統図を表示する要求であれば、このシステムが直接出力する。

(2) 応答情報管理システム

このシステムは、プラント重要機能モデル（プラントの健全な運転を維持するための諸機能を階層的に表したモデル）や運転員の持つ経験的知識を用いて運転員の挙動、対話の履歴、プラント状態などから運転員の意図を推定し、これに適合した情報を決定するものである。このため、運転員の挙動から運転員の注意の焦点がどこにあるのか、又はプラント状態からどこに注目すべきかを推定する機能（注意の焦点推定機能）、推定した注意の焦点について詳細なプラント状態評価を行う機能（注意の焦点絞り込み機能）、絞り込まれた結果から運転員へ提供する適切な情報を決定する機能（提供情報決定機能）の三つの機能から構成される⁽¹⁾。

(3) 応答編集システム

このシステムは、応答情報管理システムが設定した情報の枠組みに従い、提示情報を運転員が理解しやすい形に編集し出力する。画面表示には高速カラーグラフィック表示装置を用いて、運転員の認知モデルに対応して階層化された抽象的の画面を表示する。表示画面は、目標・機能・制御・機器の4階層のウィンドウとして管理されており、情報の重要度に応じて出力ウィンドウの制御が行われ、運転員が最も注意を集中している画面が自動的に選択される。また、タッチパネルを用いて運転員は、関連情報へ容易にアクセスすることもでき、緊急性や注意喚起を要するときは、画像だけでなく音声によっても情報の提供を行う。

表 2. ミニモデルのシステム動作例

試験名	蒸気発生器細管破断事故(漏えい量: 34t/h)		
プラント事象	運転員のリクエスト(音声による)	警報(画面上と音声) ……④ 運転員リクエストへの回答(画面上)	階層化画面上で強調されるウインドウ ……⑤ 及びガイダンス ……⑥
●100%出力運転中			⑤ 出力運転状態維持
●細管破断事故発生			
●「加圧器圧力低、後備ヒータ入」警報発信		④ 加圧器圧力低、後備ヒータ入発生	⑥ 加圧器圧力制御機能が低下しています。 ⑤ 圧力制御
	●加圧器圧力示せ。 ●圧力検出器故障発生か？ ●遮し弁動作状態示せ。 ●水位示せ。	●加圧器圧力は***kg/cm ² です。 ●加圧器圧力検出器は正常です。 ●加圧器遮し弁は閉です。 ●加圧器水位は***%です。	⑤ 圧力維持に努めなさい。
			④ 加圧器水位制御機能が低下しています。 ⑤ 水位制御
●「加圧器水位偏差大」警報発信		④ 加圧器水位偏差大発生	⑥ 充てんポンプ追加起動しなさい。
●「加圧器圧力低」警報発信		④ 加圧器圧力低発生	⑥ RCSバウンダリ維持機能が低下しています。 ⑤ 一次系バウンダリ確保 ●放射線モニタ画面が自動表示 ⑥ SG細管に漏えいが発生しました。 (SG細管漏えい箇所がフリッカする。)

5.2 ミニモデルによる検証試験

PWRプラントシミュレータを用いて、ミニモデルがプラントの動き及び運転員の挙動に対していかに応答するか試験した。評価対象として選定したケースの中で、一例として蒸気発生器細管破断事故(漏えい量34t/h)のケースについて表2にまとめた。

(1) 事故発生

蒸気発生器細管漏えい事故が発生すると、急激に圧力が低下して警報が発信するとともに、制御動作として加圧器後備ヒータが自動投入される。

(2) “加圧器制御圧力低/後備ヒータ入”警報発信

応答情報管理システムは、この警報をトリガとして“注意の焦点推定処理”によって、この時点で注意を払うべきプラント機能群(ここでは「圧力制御」)を割り出す。さらに、“注意の焦点絞り込み処理”によって、収集すべき情報(ここでは、検出器の健全性確認、制御系の健全性及び関連事象の発生の可能性など)を明らかにし、直ちにこれらの情報の提供を診断システムへ要求する。

蒸気発生器細管破断事故時などには、事象の進展とともに新たな情報が次々得られ、そのたびに“注意の焦点推定処理”と“注意の焦点絞り込み処理”によって注意の焦点を絞り込んでいく。

(3) 注意の焦点決定

現在、運転員が目すべき注意の焦点を「圧力制御」と決定したことにより、ガイダンス「加圧器圧力制御機能が低下しています。」と「圧力制御」の階層化画面が表示される。同時に、関連情報として「圧力制御・棒グラフ」を自動表示する。

(4) 運転員による情報収集

これらに並行して運転員自身もプラント状態を把握するため、機器の状態確認やプロセス量などの情報収集を行うことができる。例えば、音声で「圧力検出器故障発生か？」と質問した場合、診断システムの診断結果を用いて、「加圧器圧力検出器は正常です。」という答が表示される。

(5) 事象の進展

さらに、事象が進展し対応操作が必要と判断され、操作ガイダンス「圧力維持に努めなさい。」が自動表示される。

(6) 新たな警報発信

“加圧器水位偏差大”警報が新たに発信され、操作ガイダンスとして「充てんポンプ追加起動」が出力される。また、注意の焦点は、「圧力制御」から「水位制御」に移動する。

(7) 注意喚起

応答情報管理システムから一次系漏えい発生の可能性があるとして、ガイダンス「RCSバウンダリ維持機能の低下」が出力され、関連情報として補助画面に放射線モニタが表示される。

(8) 原因判明

この時点で診断システムが“蒸気発生器細管漏えい”を同定したことにより、ガイダンス「蒸気発生器細管に漏えいが発生しました。」を表示するとともに、階層化画面上で漏えい箇所がフリッカする。

診断結果は、その確信度に応じて「可能性あり。」「発生と考えられる。」「発生している。」など文章表現を変えている。

5.3 ま と め

ミニモデルを用いた上記のような種々のケーススタディから、最適運転監視システム内の各機能と各機能の実行に必要な知識の枠組み及び診断システムを含めた諸システム間のインタフェースなどは、適切なものであることが明らかになった。

6. む す び

以上、原子力発電プラント マンマシンシステムの概念設計研究の結果として、システムの概要、機能、構成及びミニモデルによる要素技術の検証について報告した。

今後は、この成果を踏まえて更に新しい技術開発を鋭意進めることにより、原子力発電プラントにおける次世代型マンマシンシステムの早期実現に取り組む所存である。

最後に、この開発にあたり、御指導いただいた通商産業省はじめ関係各位に対し、深く謝意を表する次第である。

参 考 文 献

- (1) 藤井ほか：原子力発電プラント マンマシンシステム (MMS) II—マンマシンシステムの要素技術一、三菱電機技報, 63, No. 7 (1989)

原子力発電プラント マンマシンシステム (MMS) II

—マンマシンシステムの要素技術—

藤井光彦* 石川 泰**
寺下尚孝* 須山 勉***
佐伯 昭* 梁田和彦*

1. ま え が き

原子力発電所運転員の判断・操作を支援し、運転信頼性と稼働率の向上を目指す高度マンマシンシステムを実現するためには、最新のAI技術などを駆使した新しい技術開発が必要である。

本稿では、マンマシンシステム実現のために不可欠である要素技術の中から以下の四つの技術について詳述する。

- (1) 運転員の思考モデリング技術：運転員の思考プロセスを推定し、診断結果などの運転支援情報を運転員に分かりやすく提供する。
- (2) 診断技術：プラント運転時における異常の早期検知及び異常原因の同定を行う。
- (3) 音声認識技術：運転員とシステムとの音声による対話をスムーズに行うため発話内容を理解する。
- (4) プラントデータ編集管理技術：このシステムで使用するプラントに関する知識、運転員の持つ知識などの構築・編集を支援する。

なお、ここで述べる各要素技術は、フィジビリティ試験として実施したミニモデルに適用され、マンマシンシステム適用への有効性が確認された。

2. 運転員の思考モデリング技術

運転員にとり、使いやすく親和性に富んだ知的マンマシンシステムを実現するためには、運転員の思考プロセスを理解し、それに基づく情報提供機能を計算機上に実現することが不可欠である。この機能を具現化するため、下記の技術課題を認知科学的見地から検討を進めている。

(1) 運転員の思考モデル（運転員モデル）構成法

運転員がプラントを運転する際に抱いているプラントの機能イメージ（メンタルモデル）及び運転経験や訓練などを通じて得た経験的知識に基づく運転員の思考プロセスのモデリング。

(2) 運転員モデルに基づく提供情報決定技術

運転員の認知タスクモード（運転員がプラント状態に応じて行う原因同定、予測、対応操作などのタスクを実施するモード）に適合した情報を決定する機能。

2.1 運転員モデルの位置付け

運転員モデルのマンマシンシステムにおける位置付けを図1に示す。運転員モデルを備えた応答管理システムは、質問理解システムからの運転員とシステム間の対話履歴と運転操作判断システムからのプラント詳細情報を基に、運転員がどのような情報を必要としているか判断し、異常原因、操作ガイダンスなどの運転支援情報及びそれらの情報提示の優先度などを決定する。また、運転員が監視している領域が、監視しなければならない領域から著しく逸脱した場合には注意喚起する必要があるため、運転員の思考プロセスをいかにモデル化するかが重要な要素となる。応答管理システムからの情報は、CRTなどの各種出力デバイスを管理する情報表現管理システムに送られ、運転員が理解しやすいかたちで運転員に提供される。

2.2 運転員の思考プロセスのモデル化（運転員モデル構築手順）

心理学、認知科学などの研究分野での人間の思考・認知行動の内的機構に関する研究成果の調査、分析を実施した。さらに、PWRプラントシミュレータを利用した実験から、プラント異常時・事故時における運転員の認知タスク分析及び思考プロセスの構造の分析を実施することにより、運転員認知行動のモデル化を検討した。

この結果、運転員はプラント機能特性を抽象化、階層化したメンタルモデルに変換することにより理解しており、異常が発生すると、運転経験や訓練などから得た知識を用いて、プラントを適切な状態に維持、回復させていることが明らかとなった。これらの知見に基づき、プラント重要機能モデルと運転ヒューリスティック知識ベースからなる運転員モデルを構築した⁽¹⁾。

2.3 運転員モデルの構造

2.3.1 プラント重要機能モデル

運転員が実施する対応及びプラント機能・設計などの情報を整理体系化して、運転員自身が身に付けているプラントに対する機能イメージを抽象化し、階層構造として具現化したものである。

階層の最上位に対応する機能は、運転員が達成すべき運転上の最も重要な目標、すなわち、各種運転状態維持又は安全性維持である。最上位の機能を維持するための運転上の副目標が、その重要度に従って目標の下位側に運転操作と関連付けて展開している。これらのモデルは、三つのプラント運転モード（出力運転、温態停止及び冷態停止）に対応して用意される。

プラント重要機能モデルの一例を図2に示す。この例では、運転目標が出力運転を継続することであり、これを維持するための諸機能（以下、各機能をユニットと呼ぶ。）がプラントレベルから機器／設備レベルまで重要度の高い順に展開されている。各ユニット間を結ぶ線は、ユニット間に機能的な関係があることを示している。

2.3.2 運転ヒューリスティック知識ベース

運転員によって行われる認知行動は、大枠として、異常検知、プラント状態の大まかな把握、異常原因同定／予測を含むプラント状態の詳細評価、運転操作手順決定及び手順実行の各タスクからなる。

この知識ベースは、上記タスクを遂行する上で必要となる問題解決の手順や方法論に関するもので、主に運転員の運転経験や訓練から得られたプラント運転ノウハウ、運転員の行動様式及び設計の経験を通じて得られた知識をルール化したものである。異常徴候をとらえるためのルール、異常徴候から問題領域を絞り込むためのルール及び運転タスク選択に関するルールなどから構成される。これらのルールにより、膨大な知識処理が求められる異常時・事故時にも、正確、かつ迅速で効率的な問題解決が可能となる。

ヒューリスティックな知識は、あいまいな情報や場合によっては正確さを欠くこともあり、この知識ベースに格納されたルールの一部には確信度を与えている。

このため、実行処理では確信度の結合計算が取り扱えるよう設計している。

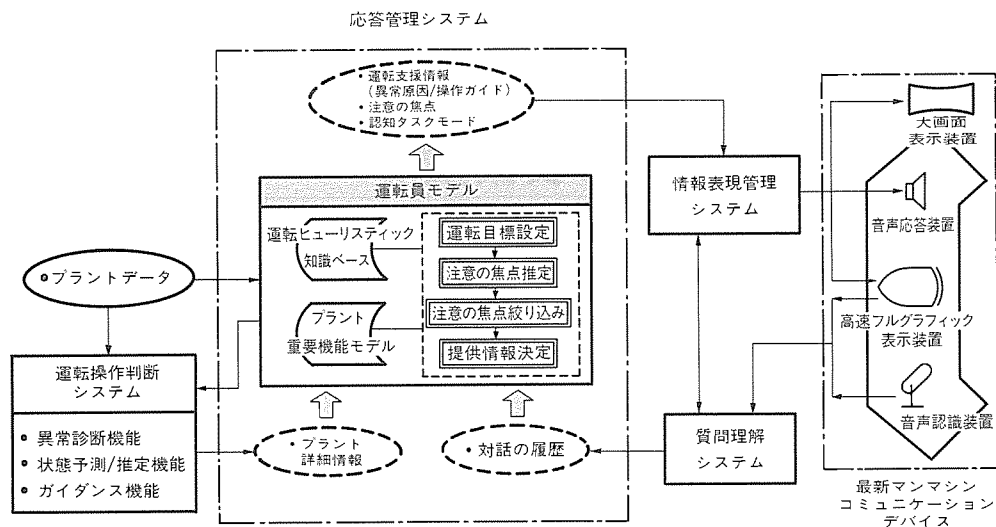


図 1. マンマシンシステムにおける運転員モデルの位置付け

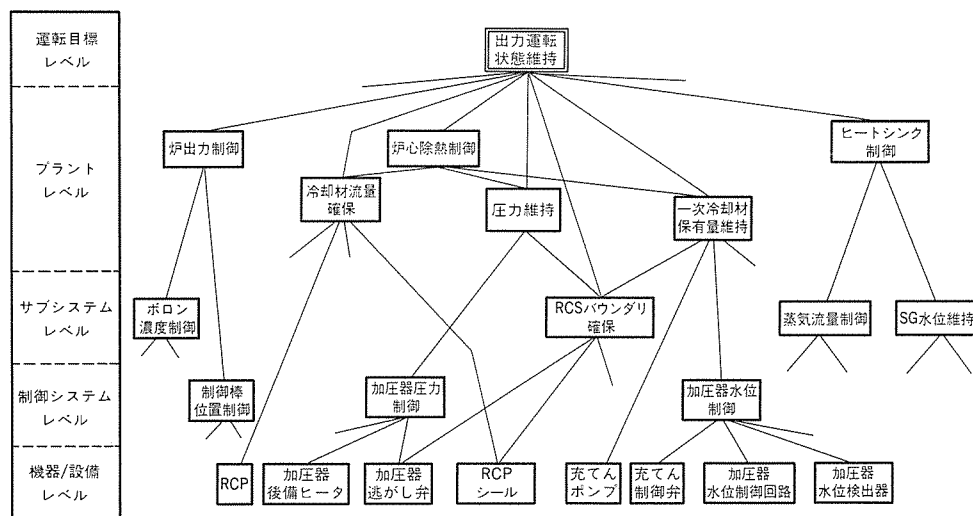


図 2. プラント重要機能モデル (出力運転状態維持の一例)

2.4 推論機構

推論の実行処理方策は、次のとおりである。

(1) 運転目標設定

プラント状態量や運転員の対話情報などからプラント運転目標を設定するとともに、各運転目標に対応する三つのプラント重要機能モデルの中から最適なモデルを一つ選択する。

(2) 注意の焦点推定

運転員が注意を払うべき、あるいは実際に注意を払っていると考えられるプラント重要機能モデル上のユニットの集合を、注意の焦点と呼んでいる。ここでは、プラント状態から運転員が注目すべきと推定される領域と、運転員とシステムとの対話情報から運転員が実際に注目していると推定される領域を対比させながら注意の焦点の粗い範囲を推定する。

(3) 注意の焦点絞り込み

推定された注意の焦点に含まれるプラント重要機能モデルの各ユニットの詳細評価を実施し、焦点領域を絞り込む。このとき、システムが設定した注意の焦点領域と運転員が実際に注目している領域とが著しく食い違った場合、注意喚起する。次に、絞り込まれたユニットの重要度や異常原因が既知か否かなどの情報を基に、運転員の認知タスクモードを推定する。

(4) 提供情報決定

推定された運転員の認知タスクモードに則した形式で、絞り込まれたユニットに関する情報を整理する。次に、提供すべき情報の質、抽象度、重要性(緊急性)、情報間の相互関連性などに基づいて運転員への提供情報を決定する。

2.5 情報提供方式への適用

情報提供の枠組みとしてこのモデルを使用することにより、運転員のプラント機能イメージに則した情報表現が可能となる。また、注意の焦点絞り込み結果などを用いることにより、運転員の思考プロセスに則した情報提供も可能となる。このため、マルチウィンドウを駆使した階層化画像表示はこれらを実現するために有効であり、音声応答を取り入れることにより、より理解しやすいものとなる。

3. 診断技術

この診断法では、プラントの状態を定量的に模擬した結果とその観測値を比較することにより異常を検知し、その異常の原因・影響及びプラントの挙動を定性的に模擬したモデルにより推定する方式を採用している。本稿では、診断の基本となるモデル化方式、診断方式、診断用知識ベースを説明し、最後にこの方式を適用した例を示す。

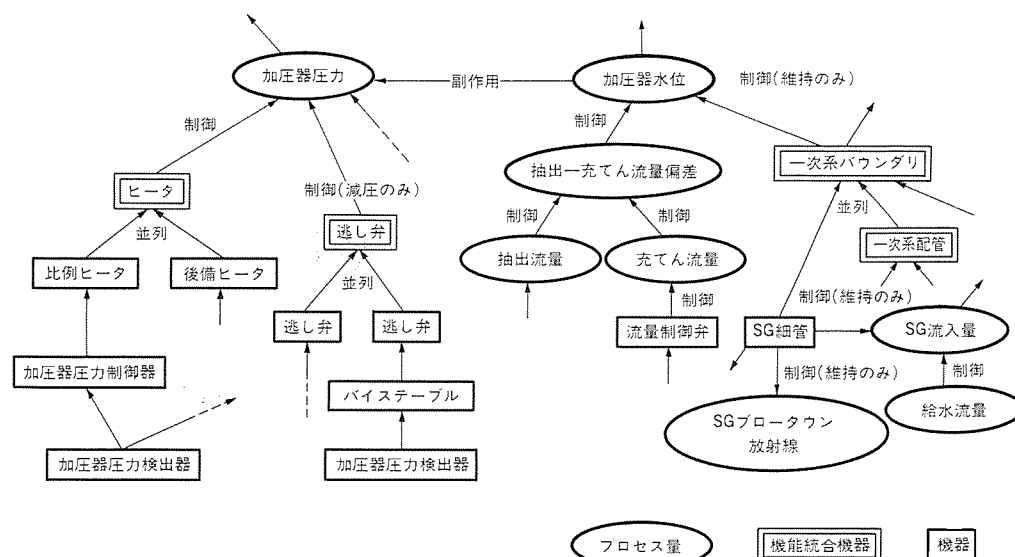


図 3. 定性モデル例

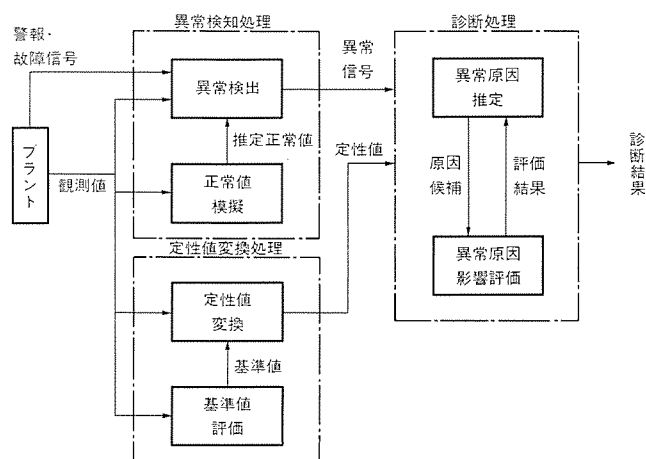


図 4. 機能構成

3.1 プラントモデル

この診断法での定性的、定量的プラントモデル化の考え方を説明する。

3.1.1 定性モデル

定性モデルは2.3.1項で説明したプラント重要機能モデルに、診断処理に必要な情報を付加したモデルで、以下の属性のものをノードとしたセマンティックネットワークにより表したものである(図3)。

- (1) プロセス量(観測量ではないが、質量、運動量、エネルギー保存則を評価するためのプラント挙動判断上重要なパラメータも含める。)
- (2) 制御系機器(プラントの挙動に影響を与える配管などの構造物も含める。)
- (3) 同一の機能を持った機器をまとめて考えた機能統合機器(安全上多重化されている機器など。)

ノード間の結合子の意味は、その両端のノードの属性により次のように決まる。

- (1) プロセス量間: 物理原則に則った関係。この関係には、制御を目的とした関係とそうでないもの(副作用)の関係がある。
- (2) プロセス量と機器間: 機器の動作のプロセス量への影響。
- (3) 機器間: 実プラントの信号の流れ。

- (4) 機器、機能統合機器間: 統合した機能とその構成機器との関係。

3.1.2 定量モデル

定量モデルは、プラントの過渡状態も含めた正常状態(正常値)を求めるモデルと、プラントの各運転モードでの定常状態(基準値)を求めるモデルからなる。正常値の推定は、ノードの属性により次の二つのモデルを用いて行う。

- (1) プロセス量の正常値を求めるプラントシミュレーションモデル
- (2) 制御系機器の正常値を求める規範モデル

3.2 診断方式⁽²⁾

この診断法は、プラントの異常検出処理と異常原因推定処理で構成される。図4にこの診断法の機能構成を示し、以下にその各機能を説明する。

3.2.1 異常検出処理

プラントからは、その状態量と警報などの異常検出結果が得られる。この処理では、以下の場合を異常として検知する。

- (1) プラント状態量からその正常値を定量的に推定し、それと実プラントの状態に有意な偏差が発生した場合。正常値は、3.1節で説明したプロセス量のプラント全系の模擬による推定と制御系機器の規範モデルによる推定を併用する。
- (2) 異常検出信号の中で故障発生を直接検出する信号が発生した場合。

3.2.2 診断処理

異常検出処理で検知された異常に合わせた原因推定法を実行する。ここでは、プラント観測値と基準値から得られるプラントの定性値をもとに、以下に説明する推論を実行する。

上記(1)の規範モデル法、及び(2)により異常が検知された場合は、その異常信号検出点が故障の発生した機器となる。この故障影響を、定性モデルに記述された制御機器間の信号の流れ、機器とプロセス量・プロセス量間の影響の及ぶ方向に沿って確認(異常原因影響評価)することによって、故障診断の精度の向上を図っている。

プロセス量の異常が(1)で検知された場合、その異常が何らかの機器の異常から影響が伝ば(播)してきた結果と考え、異常伝播の可能性のある経路を定性モデル上で逆にさかのぼ(遡)る(異常原因推定)ことで異常原因の候補を挙げる。この異常原因候補の中から、プ

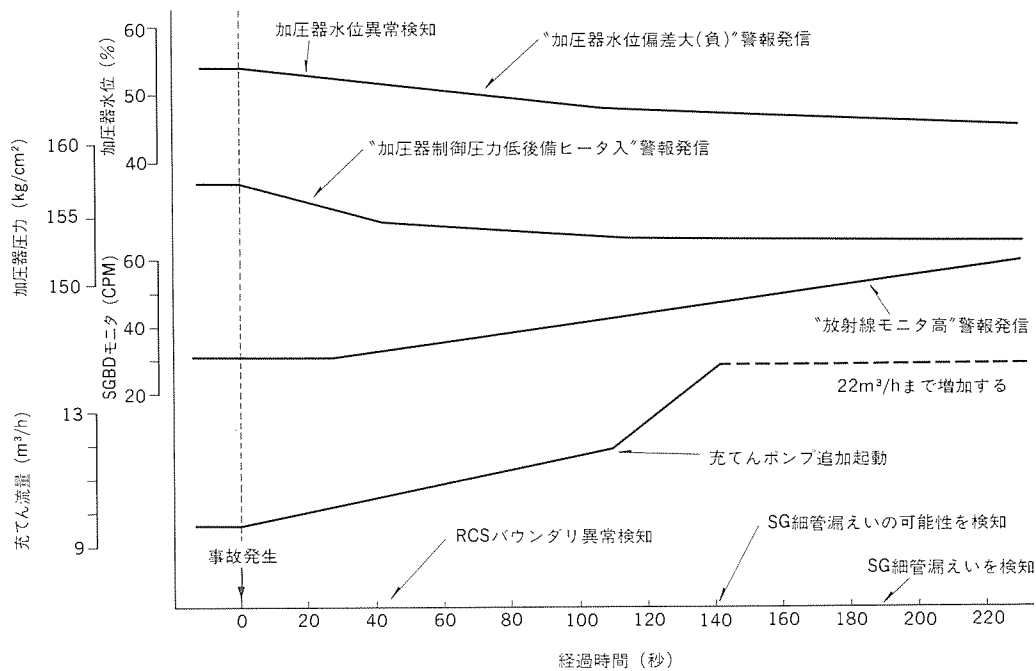


図5. 蒸気発生器細管破断（漏えい量34t/h）時のプラントパラメータの動き

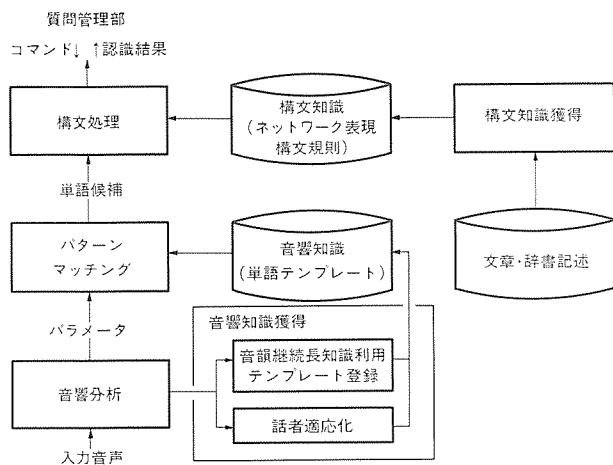


図6. 連続音声認識システムの概要

ラントに影響が確認できるものを異常原因として推定する。

また、機器に与えられた機能を利用し、本来機能すべき機器が動作しないという付随故障の検知、プロセス量の状態変化に対する制御機器の動作説明などを実行する。

3.3 知識ベース

この診断方式では、以下の知識ベースを使用している。

(1) 対象プラントの固有特性

定性モデルのノードを単位としたフレームにより表現する。フレームのスロットに定性モデルのノードの属性、結合関係を格納する。また、定量モデルを決定する情報もこのフレームに含めて格納する。フレーム内のデータの表現は、プラント診断に関する言語辞書を用意し、これに登録された知識で表現する。

また、定量、定性モデル用の知識を一括して一つのフレームに格納し、これから各処理向けに知識ベースを生成、編集することにより、知識の整合性を維持する方式をとっている。

(2) 定量処理実行手続

異常検知処理で実行する定量評価処理用の手続の知識である。こ

の知識には、ノードの接続関係、入力出特性、設計データなどを参照する手順、処理実行手続などがある。

(3) 診断手続

異常発生を検知する手続、検知された異常から原因を推論する手続などの知識がある。

3.4 処理構成

この方式は、定量処理と定性処理を併用しており、これを実現する構成として、それぞれの処理に適した専用処理マシンを使用した。定性処理は、記号処理マシンPSI上のオブジェクト指向言語ESPで実現した。

記号処理マシンの実時間処理系への適用で問題になるガベージに対しては、それがユーザー定義の処理内部では蓄積しないような機構としている。その一つとして、診断中に動的に蓄積される可能性のある情報を前もって分析し、その情報を格納するエリアをWMのエリアとしてあらかじめ確保し、処理中にはそのWMの情報の入出力を管理してガベージを蓄積しない機構とした。

3.5 実行例

プラントを約200の機器ノード、約20のプロセス量ノードで模擬し、SG（蒸気発生器）細管漏えい、加圧器圧力制御系故障などを対象として診断方式の評価を実施した。図5にSG細管漏えい発生時のプラントパラメータと診断結果を示す。この例では、加圧器水位の低下を検知し、その原因経路として充てん・抽出流量の偏差減少、又はRCSバウンダリの異常を仮定し、さらに詳細な原因候補（充てん流量の減少、SG細管の異常など）からSG細管漏えいを異常原因として推論した結果を示している。

4. 音声認識技術

人間にとり、最も自然な情報伝達手段である音声を、マンマシンインタフェースとして用いたいという要求は強いものがあり、連続音声認識技術に対する期待が高まっている。対象を限定しない自然会話の理解は極めて困難な問題であるが、プラント運転支援システムのように、分野が限定され、またシステム構築時に対象とする入

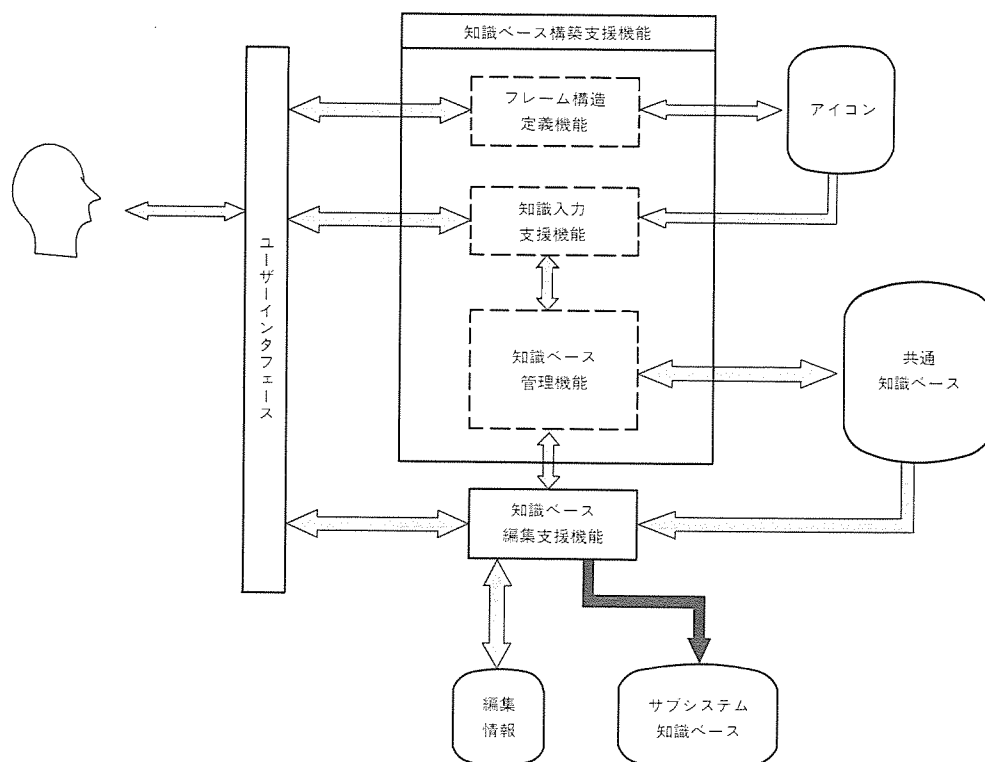


図7. プラントデータ編集管理システムの構成

力文章を限定しようような業務（タスク）に用いる場合、対象タスクの知識を有効に利用することで実用的システムを構築することが可能である。このようなタスク依存型の、連続音声による対話システムの構築を目指し、連続音声認識システムを開発した。このシステムは、語彙(彙)500単語までの連続音声認識を実時間で実行、さらに対象語彙・構文セットの切替え機能を用いれば、総語彙8,000単語という規模のタスクを扱うことも可能である。

図6にシステムの概要を示す。システムは、音響分析を行う音響分析部、単語テンプレートとのマッチングを行うパターンマッチング部、構文処理を行う構文処理部から構成されている。

4.1 音響分析部

音響分析部では、入力音声の分析が行われる。DSP（デジタル信号処理プロセッサ）により、実時間で人間の聴覚特性を考慮した高精度な音響パラメータが抽出される。

4.2 パターンマッチング部

(1) パターンマッチング

連続音声認識の基本認識単位として単語を用いることは、原理が簡単で高い認識率が期待でき、対象とするタスクがそれほど大きくない場合に有効である。このシステムでは、単語を基本認識単位とし、登録されている単語テンプレートと入力音声間の非線形時間軸伸縮マッチングを、最大500単語まで実時間で処理する。マッチングの結果、音響的類似度があるレベル以上のものを単語候補として、その類似度、検出された時間軸上の位置情報を決定する。

(2) 単語テンプレート

パターンマッチングに用いる単語テンプレート、すなわち音響的知識ベースは、対象となる各単語を離散発声したパターンから作成されるが、離散発声された単語と連続発声中の単語との音響的相違を考慮する必要がある。ここでは、特にその音韻継続長の相違について、連続発声中の各音韻の継続時間長を統計的に調べ規則化し、

離散発声されたパターンの韻頭及び語尾の音韻長を、決められた長さになるように切り出すテンプレート作成方式を開発し、高い認識率を得ている⁽³⁾。

また、話者適応化機能を持ち、異話者のテンプレートを数十単語程度の少数の学習用単語の発声で適応化することも可能である。この機能は、同一話者における音響特徴の経時変化や、生理的変調に対しても有効であり、認識率の低下を防ぐことができる。

4.3 構文処理部

(1) 並列化構文処理方式

パターンマッチング部で得られた単語候補について構文知識を適用し、構文的に正しい単語列を生成する。構文処理の処理量は大きなものであり、このシステムでは複数のマイクロプロセッサを用いる並列処理を行っている。並列処理方式としては、処理が生成される単語候補に依存するため、あらかじめ処理を並列化するのではなく、制御プロセッサが複数の構文処理プロセッサに対して、生成された単語候補についての構文検定を動的に割り付ける方式としている。構文処理プロセッサは、割り付けられた単語候補が、その時点までに生成されているそれぞれの文章候補に対して、構文的、時間的に接続可能かを検定し、新たな文章候補を生成していく。この方式によれば、並列化効率は極めて高く、また制御プロセッサが、文章候補がある上限の数以上にならないよう音響的類似度の高い候補文章についてのみ構文処理プロセッサに検索を行わせるため、実時間処理が可能になった。

(2) 構文規則

構文処理で用いられる知識ベースは、日本語の一般的な文法規則を表現するものではなく、対象タスクに現れる文章を表現するタスクに依存した単語接続関係の知識である。構文に関する知識ベースはネットワークで表現され、システムの構築時に、受理しうる文章を与えることで生成される。基本的にはすべての文章を網羅し与え

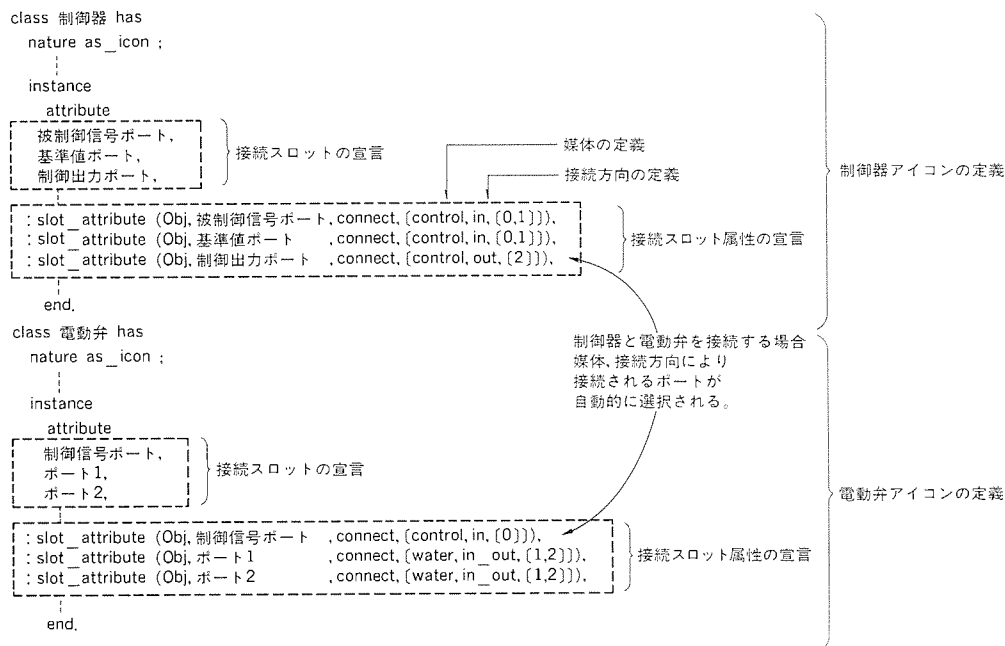


図 8. 接続を定義するスロットの例

必要があるが、これを効率的に行うため、省略記号や単語のカテゴリ表現を含む文章記述、カテゴリ情報を記述した単語辞書記述からネットワークを自動生成する機能を持っている。これにより、簡便な記述で構文知識を獲得することができ、対象文章の変更なども極めて容易に行うことができる。

5. プラントデータ編集管理技術

原子力発電プラント マンマシンシステムで使用する知識は、プラントを構成する機器の種類、機能、動作その操作要領、プラント内での機器配置、運転員の持っている経験的な知識など、多くの種類からなる。かつ、対象である原子力発電プラントが大規模であるので、その量も膨大なものとなる。したがって、これらの知識ベースの入力・保守などを支援するシステムの開発が必要である。また、機器及びプラントの構造に関する知識は、診断システムや操作ガイダンスシステムなどのサブシステムで共通に使用する基本的な知識であり、サブシステム間の知識ベースの一貫性を維持するためにも、支援システムにはこれらの知識を一括管理し、ここからサブシステムの知識ベースを編集する機能が必要である。

プラントデータ編集管理システムは、これらの要求に基づき開発を進めているもので、図 7 に示すようにプラント知識ベース構築を支援する機能、及び共通の知識ベースからサブシステム向け知識ベースへの編集を支援する機能を持つ。

5.1 知識ベース構築支援機能

原子力発電プラントに関する知識ベースを構築するには、効率のよい入力支援機能の実現と、現在既にドキュメントとして存在する種々の形態の知識を自然に計算機上に構築できること、及びその表現も記号・テキストなどを可能な限り忠実に再現することが望まれる。特にプラントの構造を記した系統図などの図面は、プラントエンジニアや運転員がプラント運転や保守等の業務遂行において常に参照する最も基本的な知識であり、これらの図面形態を知識ベース

構築におけるインタフェースとして採用することが知識の入力・保守・管理に有効である。知識ベース構築支援機能は、系統図に書かれている機器などをフレームで記述し、これを示すアイコンを用いて知識ベース構築及び管理を支援するものである。

(1) フレーム構造定義機能

アイコンが持つスロット・機能の設計を支援するものである。フレームを用いて対象をモデル化するには、対象を分析し共通する特性を持った抽象化モデルを導入して適切な階層化を行うことが、知識の管理・入力の効率化などに有効である。フレーム構造定義機能は、スロット・機能の継承に関してモデルの階層化を支援する機能を持ち、ユーザーはアイコンの追加・削除、継承関係の定義を表示された階層構造図上で容易に実施できる。

(2) 知識入力支援機能

フレーム構造定義機能により、作成したアイコンを用いてプラント知識ベースの構築を支援する機能である。プラントの系統図などの図面で書かれている知識を入力するための図形入力支援機能、各アイコンにその特性データを与えるためのデータ入力支援機能、及び運転要領などの知識の入力を支援するルール入力支援機能がある。

図形入力支援機能は、ノードとリンクで表せる知識の入力を支援する。例えば、系統図の知識ベースは、ユーザーが機器を表すアイコンを引用しその接続関係を与えることで構築される。接続の定義は、マウスで接続したいアイコンを指定することで実施できる。アイコンには接続を定義するスロットに媒体・方向などの属性が与えられており、接続は指定されたアイコン間の属性により接続可能なスロットを探索して、一意に決まる場合は自動的に行い、複数の候補がある場合はメニューを表示して選択させることにより行う。接続を定義するスロット構造の例を図 8 に示す。図に示す制御器と電動弁と接続する場合は、接続スロットから制御出力ポート及び制御信号ポートがそれぞれ自動的に選ばれ、電動弁と他の弁を接続する場合にはポート 1、ポート 2 が接続可能でこれらがメニュー表示さ

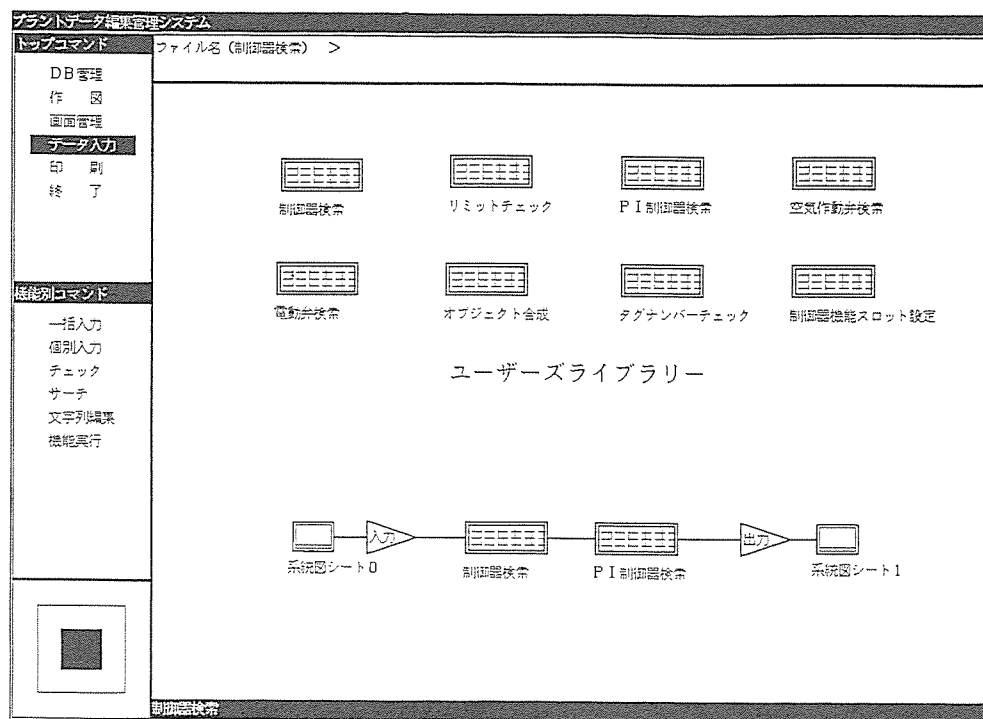


図 9. 知識ベース編集支援機能インタフェース

れる。

データ入力支援機能は、スロットにデータを入力するときのタイプミスなどを可能な範囲で排除する支援機能である。スロットによっては、それに格納されるデータの値に制限があるので、ユーザーはこれをあらかじめスロットに与えておく。データ入力支援機能は、入力時にこれを参照してチェックする機能、メニューから選択させる機能を持つ。

ルール入力支援機能は、テキストの形式で表される知識ベースの構築を支援する。これには、運転要領書の記述形式の入力も考慮し一般に言われる If..then 形式のルールに限定せず、人間になじみのある表形式のインタフェースを採用している。この機能は、表の上での項目の追加・削除・移動など柔軟性のあるデータ操作機能を持つ。

(3) 知識ベース管理機能

構築された図面形式、又はテキスト形式の知識ベースを現状で整理されたドキュメントの体系に合わせて階層的に管理する機能である。これにはシートと呼ぶ CRT 上の 1 枚の画面をシートアイコンに対応させ、あるシートの中に幾つかのサブシートアイコンを持たせることにより階層的な管理を実現している。また、各シート間の関係を定義するリンクアイコンを導入することにより、知識ベースの階層を上下することなく関連した知識ベースへのアクセスを高速に実現している。

5.2 知識ベース編集支援機能

知識ベース構築支援機能を用いて構築した知識ベースは、プラントの設計・運転・運用に関する知識が一般的な形式で記述されている。この中には、各サブシステムで使用する知識とあるサブシステムでは不要な知識とが混在する。したがって、各サブシステムの知識ベース構築にはシステム構築者が必要な知識を検索引用して、各サブシステム向けの知識ベースに編集することが必要である。編集

支援機能は、編集の内容を記述する簡易記述とこれを記述したアイコンを組み合わせる編集可能とするアイコンック プログラミング環境を提供する。ユーザーは、簡易記述をフレーム名、スロット名、スロット値の組合せで編集機能ごとにフィルタアイコンに記述し部品化する。所要の知識ベース構築は、図 9 に示すようにユーザーが作成した部品をユーザーズライブラリーとして蓄積し、この中から必要な編集機能を引用して入力となるシートアイコン及び出力となるシートアイコンとを結ぶことにより行われる。

6. む す び

原子力発電プラント マンマシンシステム開発の一環であるミニモデルを実現した要素技術を紹介した。今後は、これらの要素技術の深化、拡張とともにガイダンス技術、予測技術などの開発も進め、これらを統合した高度なマンマシンシステムを実現し、その早期実用化を目指す予定である。

最後に、技術開発に当たり御指導いただいた通商産業省及びその他関係各位に対し、深く謝意を表す次第である。

参 考 文 献

- (1) M.Fujii, et al.: Application of a cognitive model to man-machine interfaces for nuclear power plants, International ENS/ANS Conference on Thermal Reactor Safety "NUC-SAFE 88", Avignon-France (1988-10)
- (2) 佐伯ほか: 知識工学を用いた統合化診断システムの検討, 昭和 61 年度東京大学弥生研究会「知識工学の原子力分野への応用に関する研究会報告書」(1987)
- (3) 石川ほか: 音韻過渡区間テンプレートを利用する連続単語音声認識, 日本音響学会講演論文集昭和 63 年 10 月号 (1988)

スポットライト 最近の新交通システム

三菱電機は、昭和56年に我国初の新交通システム用電機品を納入して以来、静かで、より安全・快適な都市形交通機関の実現に努力しています。このたび新交通システムの普及を目的として、関係官庁の指導のもとに設定された「標準化仕様」第1号である横浜シーサイドライン(平成元年7月開業)、さらに神戸六甲アイランド(平成2年開業予定)の新交通車両に主要電機品を納入し、ここに直流および交流き電方式に対する製品の標準化系列を実現しました。未来形の都市形交通機関としてマイクロコンピュータの応用により、運転制御やモニタ機能の充実を図り、より乗心地のすぐれた車両を目指しています。



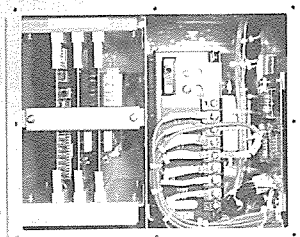
横浜新都市交通線1000形車両

運転制御の方式

●定速運転装置

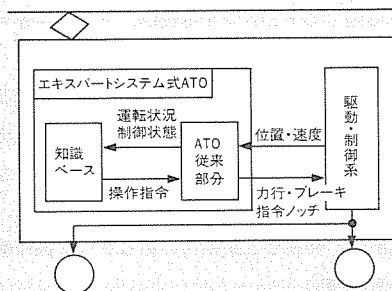
乗務員がマスコンを「定速」の位置に操作すれば、勾配変化があっても、定められた速度で車両を走行させる運転指令装置です。

- ①特別な地上設備を必要とせずに、低コストで定速運転を可能とします。
- ②運転の画一化、運転時分の短縮および乗務員の負担を軽減します。
- ③定速追従精度は、約±3km/hです。



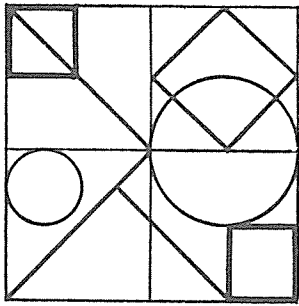
●エキスパートシステムATO(自動運転装置)

従来のATOでは、一定の速度パターンに追従させるだけの制御であったため、熟練運転士による手動運転に比べると乗心地の点で劣っていました。そこで熟練運転士(エキスパート)のノウハウを知識ベース化することで、加減速度変化がなめらかで乗心地のよい制御を可能としました。また知識ベースを順次、修正、追加していくことで知識は成長しつづけ、より優れた運転制御を実現できます。



仕様

車 両 形 式		ゴムタイヤ式電動車両	
性	自 定 員	約11t/両	
	案 内 方 式	側方向案内式	
能	最高運転速度	60km/h	
	加 速 度	3.5km/h	
	減 速 度	常用3.5km/h/s、非常4.5km/h/s	
救済推進能力		最急勾配にて満車—満車状態で推進押上げ可能	
保 安 方 式		自動列車制御装置(ATC) 列車検知装置(TD)	
運 転 方 式	ワンマン	定速運転装置	
	無人化	自動運転装置(ATO)	
電 気 方 式	直流750V		交流3相 600V
主 電 動 機	直流分巻電動機 100kW 6個/5両		直流分巻電動機 約110kW/両
制 御 方 式	回生ブレーキ付、主回路および 界磁チョップ式		サイリスタ位相制御
ブレーキ方式	電気指令式電磁直通ブレーキと回生ブレーキ併用 保安ブレーキ、バネ式駐車ブレーキ		



特許と新案 有償開放

有償開放についてのお問合せ先 三菱電機株式会社 知的財産渉外部 TEL (03) 218-2139

台車のブレーキ装置 (特許 第1406690号)

発明者 古賀 教隆

この発明は、例えばコンベアラインから直角方向にワークを移送するためのトラバース台車に設けられるブレーキ装置に関するものである。

すなわち図において、両側に設けられる制動装置(20)は、2本の軸(24)(24')、ハンドル(25)(25')、歯車(26)(26')、カム板(27)(27')及びブレーキ板(28)から構成され、制動圧力調整装置(29)は、カム板(27)(27')と支え棒(31)との間に設けられ、またストッパ装置(32)は、レバー(33)(33')、ストッパ部材(35)とから構成されている。ハンドル(25)(25')には、これを常時上方に引き上げるようにトラバース台車(21)との間にばね(36)が設けられており、歯車(26)(26')は、他の軸(24)(24')に固定した歯車とかみ合い、一方のハンドル(25)の作動によって、他の側の軸(24')を異方向に同一角度だけ回転させる。カム板(27)(27')は、リンク(30)、継手(38)を介して制動圧力

調整装置(29)にピン連結され、該調整装置(29)の他端は、トラバース台車(21)に設けられた支え金(39)のガイド穴内を車輪(4)の軸心に向かって滑動し、その先端にブレーキシューを有するブレーキ板(28)が固定して設けられている支え棒(31)に連結されている。トラバース台車(21)に設けられた下限ストッパ(37)は、カム板(27)(27')、リンク(30)、継手(38)間の各連結ピンが、軸(24)(24')の軸心と車軸(23)の軸心とを結ぶ線上にきた場合に、ハンドル(25)(25')が当接するように設けられている。

このように構成されているため、台車における両側車輪のブレーキ装置の作動を、台車のいずれか一方の側だけから作動させることができ、作業員のコンベアラインの乗り越えや、迂回を必要とせず、したがって作業の危険性の大幅減少、及び作業効率の大幅向上が可能となる。

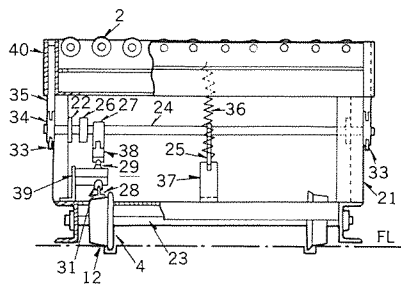


図1. (一部断面概略正面図)

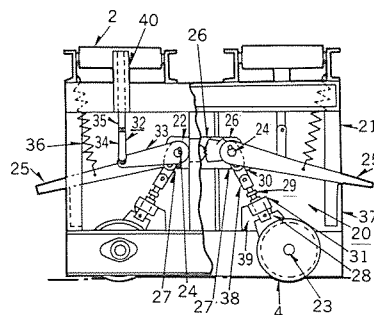


図2. (右側面一部断面図)

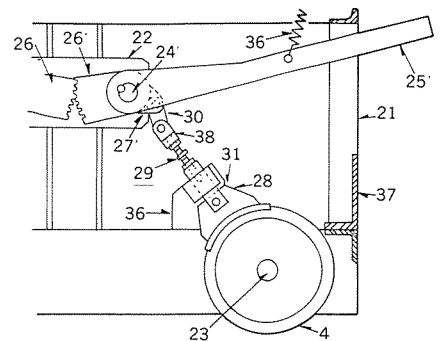


図3. (未制動状態のブレーキ部分の拡大図)

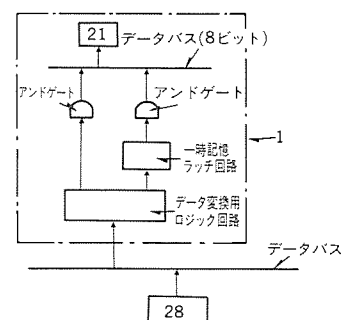
マイクロプロセッサを応用した演算装置 (特許 第1323986号)

発明者 片岡 猪三郎, 江上 憲位

この発明は、マイクロプロセッサの周辺に更にロジック回路を追加して元のマイクロプロセッサとは全く別の処理装置とするようにした、マイクロプロセッサを応用した演算装置に関するものである。

すなわち、図はこのマクロPC (プログラムカウンタ) をマイクロプロセッサのSP (スタックポインタ) にして、RET (サブルーチンリターン) 命令を実行したときのデータの流れを説明するためのもので、ラスト イン ファースト アウトスタックの退避エリアを外部の主記憶装置(28)内を持つマイクロプロセッサ(21)を用いて、このマイクロプロセッサ(21)と別の動作をさせる専用プロセッサ(1)において、上記マイクロプロセッサ(21)のスタックポインタ (SP) を専用プロセッサ(1)のプログラムカウンタ (PC) として利用し、かつ上記マイクロプロセッサ(21)のサブルーチンのリターン命令で上記専用プロセッサ(1)の命令のフェッチとデコード動作をするようにした。

したがって、この発明では、マクロPCをマイクロプロセッサのSPに定め、マイクロプロセッサのRET命令あるいはRET命令とJMP命令のみでマクロ命令の取込み、解読 (各マクロ命令を実行、処理するマイクロプログラムへの分岐)、マクロPCの更新が行えるため、CPUの処理が非常に高速となる。



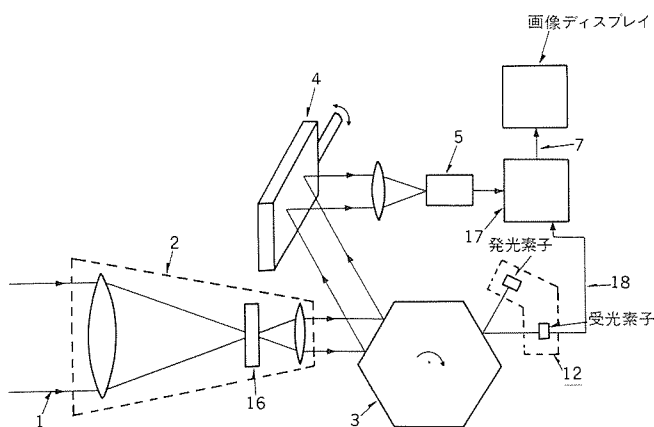
赤外線撮像装置 (特許 第1394086号)

発明者 山下 純一郎, 佐伯 利一, 近藤 倫正

この発明は、回転多面鏡をスキャナとして用いる赤外線撮像装置に関するものである。

一実施例を示す図において、赤外線検出器(5)が受信する赤外光は、外部の情景より入射する入射赤外光(1)もしくは受光光学系(2)内の結像面に設けられたレタイクル(16)より生ずる赤外光で、これらのうちどちらが入射するかは、回転多面鏡(3)、振動鏡(4)の組合せで構成されるスキャナの向きによって決まる。回転多面鏡(3)の回転によって赤外線検出器(5)に入射赤外光(1)が入射し始める直前に赤外線検出器(5)が見るレタイクル(16)面上には回転多面鏡(3)が走査する方向とは直交方向に直辺を持つ、二本の互いに平行な、異なった温度に制御されたスリット状のパターンが設けられている。反射率補正映像信号増幅器(17)は、レタイクル(16)上のこの2つのスリット状のパターンに対応した映像信号レベルの差を回転多面鏡(3)の各反射面の反射率の相違によらず一定となるように各走査線ごとに映像信号(7)に対する利得を自動的に制御する。回転多面鏡(3)の回転を検出するセンサ(12)の出力は、レタイクル(16)により生ずる赤外光が赤外線検出器(5)に入射するタイミングを与えるために分離ゲート信号(18)として反射率補正映像信号増幅器(17)に供給される。

以上のように、この発明は、受光光学系内に設けたレタイクルの像に対応した映像信号レベルの変化に応じて映像信号増幅器の利得を変化させるために、各反射面で反射率の異なる回転多面鏡をスキャナとした場合においても、輝度ムラのない表示画像が得られる。



〈次号予定〉三菱電機技報 Vol.63 No. 8 電力系統保護・制御技術特集

特集論文

- 電力系統保護・制御技術特集に寄せて
- 電力系統保護・制御技術の歩みと最新の技術動向
- 電力系統解析技術とシステム
- 保護・制御用32ビットマルチCPU基本システム《MULTIFLEX-32シリーズ》
- 見えるソフトウェア《VISMAT》
- 最近の系統安定化システム
- 脱調予測制御システム
- 基幹系統用PCMデジタル電流差動リレー装置
- 高抵抗接地系統用デジタル送電線保護装置
- デジタル母線保護、変圧器保護リレー装置

●全デジタル保護・制御システム

普通論文

- 電総研TPE-1 RM15逆磁場ピンチ核融合実験装置 (前編)
- 電総研TPE-1 RM15逆磁場ピンチ核融合実験装置 (後編)
- 京浜急行電鉄(株)納め電車線用フライホイール発電電動機
- 製鉄原料・焼結工場管理制御システム
- G4ファクシミリのためのMHS準拠メッセージ交換システム
- 高速・高機能化1MビットダイナミックRAM
- 16MビットダイナミックRAM

三菱電機技報編集委員

委員長	山田 郁夫
委員	峯松 雅登
〃	福岡 正安
〃	尾崎 博規
〃	風呂 功
〃	村田 豪
〃	松村 恒男
〃	紅林 秀都司
〃	高橋 誠一
〃	鳥取 浩
〃	柳下 和夫
幹事	長崎 忠一
7月号特集担当	沢井 善彦
	小林 健三

三菱電機技報63巻7号

(無断転載を禁ず)		1989年7月22日 印刷
		1989年7月25日 発行
編集兼発行人	長崎 忠一	
印刷所	東京都新宿区榎町7 大日本印刷株式会社	
発行所	東京都港区新橋六丁目4番地9号(〒105) 三菱電機エンジニアリング株式会社内 「三菱電機技報社」Tel.(03) 437局2338	
発売元	東京都千代田区神田錦町三丁目1番地(〒101) 株式会社 オーム社 Tel.(03) 233局0641(代), 振替口座東京6-20018	
定価	1部721円(本体700円)送料別 年間予約は送料共9,373円(本体9,100円)	

新形トランスデューサ スポットライト T-51・T-101シリーズ (電力用・計装用・周辺用)

トランスデューサは、交流の電流・電圧・電力などを入力してこれに比例した直流を出力する電力用と、温度・流量・位置などの工業計測量の直流変換やアイソレーションを行う計装用およびその他の周辺用があります。これらは電子計算機のインターフェイス、データロガーや集中計測搬送テレメータの入力、各種制御器、操作器の制御信号の処理用に幅広く使用されています。このたび開発した新形トランスデューサは、電力用(精密級)、計装用、周辺用シリーズ20機種58形式をフルラインアップし、小形、軽量化、高精度化および安全性、取扱い性の改良を図ったものです。



特長

●小形モジュール化(T-51、T-101)

外形寸法を2種類に統合し、小形・軽量化を実現しました。(当社従来比：1/3～2/3取付面積)

●安全性の向上(T-51、T-101)

難燃性樹脂の採用、隔壁バリアによる端子間の絶縁強化および通電部分を保護するためのワンタッチ式端子カバーを標準装備しています。

●電源表示ランプ付(T-51H、T-101H、S)

動作状態を示す制御電源表示ランプ(LED：赤色)を採用しました。

●配線作業が向上(T-51、T-101)

入出力端子はセルフアップ端子ねじの採用により、配線作業が向上しました。プラスドライバー、マイナスドライバーのいずれも使用できます。

●豊富なバリエーション

電力用に加えて、計装用、周辺用シリーズをラインアップ。各種の計測・計装システムがアプリケーションできます。

●精度アップ(電力用：精密級)

階級を0.25級に精度アップしました。

●前面パネルのモデルチェンジ(T-48)

ラック取付にスパン、ゼロ調整機能を付加し、全機種機能アップを実現しました。

●取付方式は4タイプ

標準仕様で次の4種類の取付ができます。(T-51、T-101)

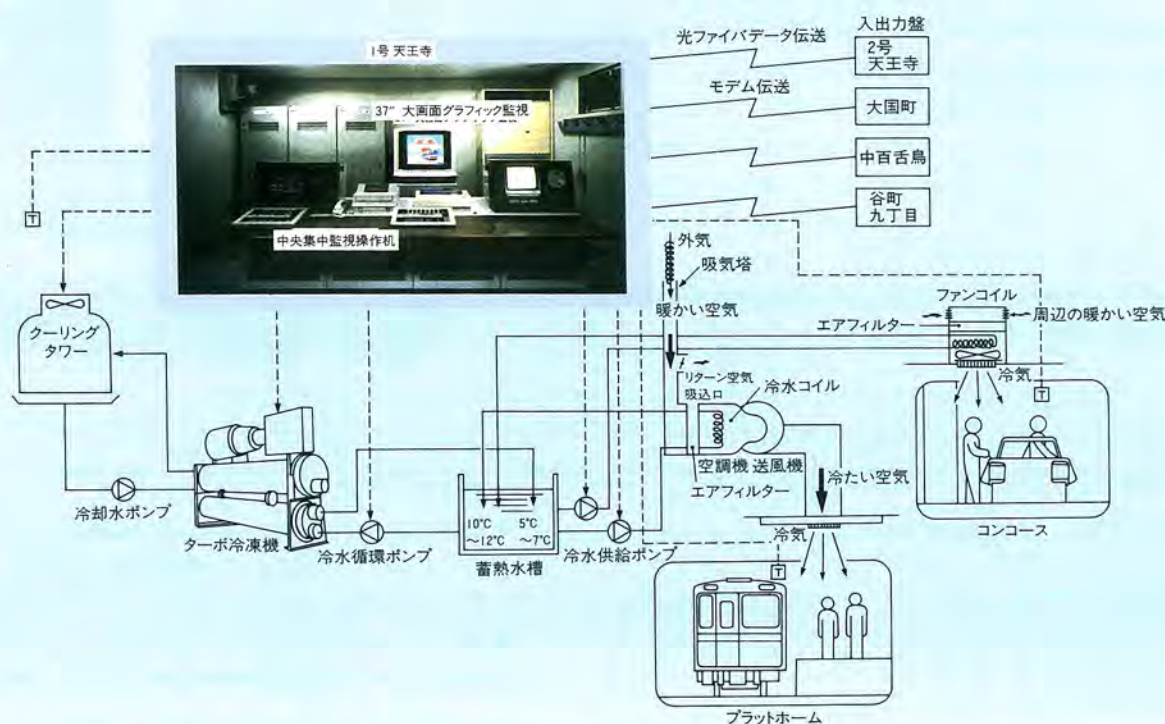


仕様(○新発売・●発売中)

品 名 形 状			電 力 用							計 装 用											周 辺 用												
			交 流 電 流	交 流 電 圧	電 力	無 効 電 力	位 相 角	力 ・ 率	周 波 数	電 圧 位 相 角	D C レ ベ ル	D C リ ー バ ス	ア イ ソ レ ー タ	高 速 ア イ ソ レ ー タ	リ ミ ッ タ	A C ／ D C	加 算 器	温 度 （測 温 抵 抗 体）	温 度 （熱 電 対）	D C ／ パ ル ス	パ ル ス ／ D C	ポ テ ン シ ョ メ ー タ	一 次 遅 れ	デ マ ン ド	ア ラ ー ム セ ツ タ	交 流 電 流 デ マ ン ド	（中 時 限） 交 流 電 圧 デ マ ン ド	潮 流 検 出 付 流	漏 電 電 流	電 圧 （上 昇 低 下） 器	フ イ ル タ		
箱 形	T-51 シリーズ T-101 シリーズ	Kシリーズ （普通級）	●	●																													
		Hシリーズ （普通級）	●	●	●	●	●	●																									
		Sシリーズ （精密級）	○	○	○	○	○	○	○																								
ラ ッ ク 取 付 形	T-48 シリーズ	Kシリーズ （普通級）	○	○						○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	●	
		Hシリーズ （普通級）	○	○	○	○	○	○																									
		Sシリーズ （精密級）	○	○	○	○	○	○	○																								
											○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	

スポットライト 最新地下鉄環境制御システム

設備概要



これまで三菱電機では、香港地下鉄1期工事にて環境制御システムをフルターンキー工事にて受注し、昭和53年に世界初の地下鉄駅舎とトンネル部を含めた一括空調を行うクローズドシステムを完成、環境制御システムのコンセプトを確立しました。それに引き続き、香港地下鉄2期工事、3期工事、海底トンネルおよびシンガポール地下鉄1期工事、2期工事においても環境制御システムのコンセプトを実証し、発展させてきました。この香港とシンガポールの実績を生かし、昭和63年、大阪市交通局の地下鉄1号天王寺駅に、統合制御システム《MACTUS 620》を採用した最新の地下鉄空調制御システムを完成しました。

大阪市交通局の地下鉄御堂筋線天王寺駅向けとして納入した地下鉄駅舎冷房監視制御システムは、継電器盤などを中心とした従来形の制御システムを廃し、CRTオペレーションを持つ《MACTUS 620》を採用。御堂筋線天王寺駅で既設4駅(中百舌鳥、大国町、谷町九丁目、谷町線天王寺)を含めた5駅分の中央集中監視制御を実現しました。

従来のグラフィックパネルに匹敵する大形の37インチインテリジェントカラーディスプレイモニターとオペレータコンソール上の20インチCRTを併用することにより、監視・運転・操作・監理に必要な情報を見やすく表示できるようにしました。

また、既設4駅のうち谷町線天王寺駅とは光ケーブルを用いたリモート I/O 遠隔入出力盤との信号伝送を、また他3駅(中百舌鳥、大国町、谷町九丁目)とは、長距離のため専用の信号伝送装置《MELFLEX 220》を使用したモデム間伝送を行うことにより、各種情報を御堂筋線天王寺駅で一括把握できるようにしました。制御に関しては、年間スケジュール制御、最適蓄熱槽演算制御やインバータ制御などを採用し、完全な全自動省エネルギー運転を実現しました。年間スケジュール制御とは、5月～10月の冷房運転期間中のあらかじめ

め設定されたスケジュールに基づき、全自動で運転、停止を行う制御です。また蓄熱槽演算制御とは、ピーク時に備え、あらかじめ最大蓄熱を行うため、スケジュール設定された運転開始時刻、停止時刻、蓄熱容量ならびに負荷量等の要素をもとに演算を行い、最適制御を可能とするものです。インバータ制御は、クーリングタワーおよび冷水供給ポンプに適用しています。

また監視操作は、《MACTUS 620》のオペレーションキーボードの標準機能用キーおよび標準装備の32個のファンクションキーを有効に活用し、監視操作性を向上させています。リアルタイム処理による各種計測データおよび各機器の状態の一元管理を行うとともに、日報、月報、イベント記録印字、アラーム印字ならびにトレンドデータ画面のハードコピーの自動化を行っています。各駅毎に分散している各種情報をブロック毎にまとめて集中監視することにより、大幅な省力化と情報の一元化による保守業務の効率化を実現しました。

さらに非常に有効な機能として、運転注意機能を採用しました。これは、重大故障に至る前に《MACTUS 620》の判断によりオペレータに注意を促すためのものです。20インチCRT上に10秒サンプリングにて運転注意発生までの20分間分のトレンド画面が自動的に表示されるとともに、自動的にカラーハードコピーを打ち出します。また37インチCRTにはこの運転注意が発生した駅のグラフィック画面が自動的に表示されます。これらのデータをフロッピーディスクに残すことにより、後日の詳細検討に役立てることができ、この運転注意機能は故障解析に効力を発揮します。今後、ますます快適性・安全性を要求される地下鉄に対し、今回既設駅の統合化を達成したこの大阪市交通局地下鉄御堂筋線天王寺駅のシステムは、今後の地下鉄環境制御システムのモデルとなることでしょう。

インバータエアコン用 スポットライト ローターリー圧縮機系列



KHVシリーズ



RHVシリーズ



NHVシリーズ

より快適な空調へ、エアコンはますますその質的發展を求められています。なかでもインバータエアコンは、そうしたトレンドとともに着実に需要を広げています。三菱電機ではこのたび、インバータエアコンに対応するロータリー圧縮機を系列化して、エアコン用ロータリーシリーズを充実しました。50余年の実績に培われた圧縮機の総合技術力により誕生した、高性能・高品質のインバータ用ロータリー圧縮機系列です。

特長

●ワイドバリエーション

0.5kW～1.9kWまでの機種揃えにより、特にルームエアコン用の幅広いニーズにお応えします。シリーズ構成はKHV形、RHV形、NHV形の3シリーズです。

●高信頼性を追求した開発コンセプト

低速から高速まで安定した運転と、信頼性のある圧縮機を目標

に開発しました。小形から大形のルームエアコンおよびパッケージエアコンまで幅広く適用いたします。

●小形・軽量タイプ

エアコンのコンパクト化のニーズにお応えします。

●高効率・低騒音

圧縮機構部とモータ(駆動部)の最適設計により、高効率で低騒音の圧縮機になっています。エアコン効率を総合的に向上させるため、特に運転頻度の高い50～80Hz周波数帯の効率を良くしています。また、軸受摺動部や吐出ガスのエネルギー損失の低減等、細部にわたる改善により高効率を実現しています。さらに広い駆動周波数範囲に対しての低騒音化を図っています。

●安定した品質

最新の技術を結集した製造設備により、安定した品質のインバータエアコン用ロータリー圧縮機を提供いたします。

仕様

機種		KHV104F	KHV127F	RHV135F	RHV154F	RHV207F	NHV41F
項目							
公称出力	[kW]	0.5	0.6	0.65	0.75	1.0	1.9
行程容積	[cc]	10.4	12.7	13.5	15.4	20.7	41.8
運転可変周波数	[Hz]	30～150	30～150	30～130	30～130	30～110	30～90
冷凍能力 [kcal/h]	60Hz	1,780	2,130	2,360	2,630	3,620	7,730
	90Hz	2,790	3,500	3,830	4,270	5,690	11,880
	(30Hz)	(780)	(960)	(1,070)	(1,160)	(1,640)	(3,240)
外形寸法 (高さ×径)	[mm]	242.6×112.2φ	242.6×112.2φ	229.9×128.7φ	229.9×128.7φ	264.9×128.7φ	365.0×167.5φ
重 量	[kg]	9.3	9.3	13.1	13.7	14.4	29.4
適用エアコン [×100kcal/h]	冷	22～25	25	25～27	28	35	80～105
	暖	31～32、34～37	34～37	35～38	36～41	52	86～116

注)・冷凍能力はASRE-T条件における測定値です。

・機種により外觀が異なる場合があります。