

MITSUBISHI

三菱電機技報

MITSUBISHI DENKI GIHO Vol.60 No.9

9
1986

知識情報処理特集



知識情報処理特集

目次

特集論文

第5世代コンピュータプロジェクトの狙い……………	1
淵一博	
知識情報処理の現状と動向……………	2
田中千代治	
三菱AIワークステーション《MELCOM PSI》……………	6
鷹取東朋・益田嘉直・川上孝仁・池田守宏・中島 浩	
オブジェクト指向論理形言語Extended Selfcontained Prolog……………	11
川上孝仁・吉田 正・上田高純・近山 隆	
エキスパートシステム構築ツール「Ext Kernel」……………	15
辻 秀一・梁田和彦・進藤静一・清水広之・藤田 博	
知識情報処理の電力システムへの応用……………	19
松本啓之亮・河野良之・福井伸太	
知識情報処理の鉄鋼システムへの応用……………	23
今道周雄・小林健三・南里 要・佐々木道雄	
列車故障診断エキスパートシステム……………	27
西内信実・成戸昌司・池端重樹	
知識情報処理の宇宙分野への応用……………	31
木下親郎・荻野 徹	
知識情報処理技術のOAへの応用……………	36
和田信義・島田ひとみ・近藤省造・太細 孝・川村光弘	

普通論文

FAコントローラ《MELSEC-LM》……………	40
中野宣政・杉山 彰・大西作幸	
新しい発光素子を用いた軽量・薄形ディスプレイシステム	
《オーロラビジョン マークII》……………	47
岩田修司・須山 勉・寺崎信夫・二石俊一・原 善一郎	
高速多機能漢字プリンタM8340……………	52
畑中靖通・内田雅幸・味岡 学・一宮節夫・富崎正道	
高速大容量512KビットEPROM……………	56
外山 毅・香田憲次・安藤伸朗・中島盛義・小松正幹	
4ビットマイクロコンピュータM50720とその開発サポート装置……………	59
久保博司・亀井達也	
特許と新案……………	68
空気調和機の室外ユニット	

スポットライト

高画質・高機能カラーテレビ《Fine Square 2000シリーズ》	
〈28C862形, 21C662形〉……………	62
空調換気扇排湿用ロスナイ〈ドライスルー〉VL-700P……………	63
店舗セキュリティシステム……………	64
三菱RA（レストラン・オートメーション）システム……………	65
長波長シングルモードファイバ用光可変減衰器……………	66
オンスクリーン表示機能付周波数センサマイクコンピュータ	
M50442-×××SP……………	67
三菱ビデオテックスダウンロードシステム……………	69
三菱トランジスタ式無停電電源装置MELUPS-8000シリーズ……………	70
拡散炉ウェハ・ハンドラ……………	(表3)

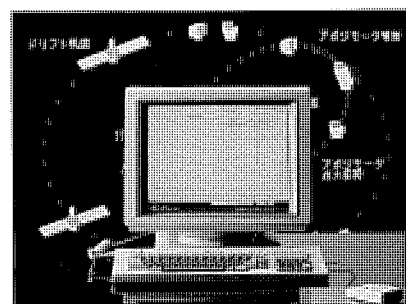
表紙

エキスパートシステム表示例

知識情報処理は、通産省による第5世代コンピュータプロジェクトやエキスパートシステムの実用化により研究開発・商用化が活発となり、今後多くの分野に浸透し高い成長が予測されている。

当社は第5世代コンピュータプロジェクトに積極的に参画し、その成果として世界で初めて代表的な人工知能向け言語であるPrologを直接実行するAIワークステーションMELCOM PSIを商品化した。

表示は、MELCOM PSIを用いて人工衛星のテレメータデータを解析して故障診断を行うエキスパートシステムの一例を表示したものである。



アブストラクト

知識情報処理の現状と動向

田中千代治

三菱電機技報 Vol.60・No.9・P2～5

知識情報処理は長年人工知能の研究として進められてきたが、1982年我が国の第5世代コンピュータプロジェクトの発足以来世界で注目を浴び、情報処理の先端分野として活発な研究開発が行われており、今後市場も大きく成長しようとしている。

この論文では、知識情報処理の意義やこの技術の基本となる知識表現について解説し、本誌特集で採録した当社におけるAIワークステーション、知識情報処理の応用例など各論文の要点を記述する。

知識情報処理の電力システムへの応用

松本啓之亮・河野良之・福井伸太

三菱電機技報 Vol.60・No.9・P19～22

高度情報化社会の進展に伴い、電力の果たす役割は、ますます重要になっている。その結果、電力システムの運用、計画技術のより一層の高度化が求められているのが現状である。当社では早くから、知識情報処理をこのような新しい時代の電力システムの中核的技術と位置づけ、研究開発を進めているが、本稿では系統運用、系統計画及び教育訓練の各分野における知識情報処理応用システムを具体的に紹介する。

三菱AIワークステーション《MELCOM PSI》

鷹取東朋・益田嘉直・川上孝仁・池田守宏・中島 浩

三菱電機技報 Vol.60・No.9・P6～10

三菱AIワークステーション《MELCOM PSI》は、(財)新世代コンピュータ技術開発機構を中心に進められている第5世代コンピュータプロジェクトの前期成果物であるPSI(パーソナル逐次形推論マシン)をベースに当社製品として改良したものであり、今後飛躍的に成長の期待できる知識情報処理に適したAIワークステーションである。本稿では《MELCOM PSI》の概要、特長及び性能などについてハードウェア、ファームウェア、ソフトウェアの面から紹介する。

知識情報処理の鉄鋼システムへの応用

今道周雄・小林健三・南里 要・佐々木道雄

三菱電機技報 Vol.60・No.9・P23～26

鉄鋼業の情報システム化は既に30年の歴史をもち、人工知能の応用は、このような広範な計算機の利用状況を基礎として、各社で積極的な導入検討が行われている。当社のコンピュータ納入の豊富な経験を生かした、製鉄業における応用を中心に、AI応用の各種検討及び実績につき紹介する。まず、当社の人工知能応用システムの特長を、次いで、Prologをオンライン制御へ適用した例を、更に設備診断システムについても述べる。これらの技術は、製造業一般への適用にも当てはめることができる。

オブジェクト指向論理形言語 Extended Selfcontained Prolog

川上孝仁・吉田 正・上田尚純・近山 隆

三菱電機技報 Vol.60・No.9・P11～14

Extended Selfcontained Prologは、論理形言語Prologをもとにオブジェクト指向の考え方で機能を拡張した新しい言語であり、三菱AIワークステーション《MELCOM PSI》のシステム記述言語である。この言語は、クラス/インスタンスの概念によるプログラムのモジュール化機能、クラスの多重継承などの特長をもち、システム記述だけでなく、知識情報処理にも適している。本稿では、これらの特長とともに、プログラミング例について述べる。

列車故障診断エキスパートシステム

西内信実・成戸昌司・池端重樹

三菱電機技報 Vol.60・No.9・P27～30

列車主要機器の異常を車上のマイコンでオンラインリアルタイム診断するエキスパートシステムを開発した。このシステムは、機器の信号を常時監視し、異常が検知された場合には機器を迅速かつ自動的に診断するとともに、異常原因や処置方法などを乗務員に知らせることを目標としている。この論文では、これまでに試作したパソコン《MULTI 16》上の診断システムの知識表現や推論方法などについて述べる。

エキスパートシステム構築ツール《Ext Kernel》

辻 秀一・梁田和彦・進藤静一・清水広之・藤田 博

三菱電機技報 Vol.60・No.9・P15～18

特定分野のエキスパート(専門家)が持つ知識をコンピュータ上に移植し、人間の専門家と同様な種々のコンサルテーションを行うエキスパートシステムの構築を支援するツール《Ext Kernel》を開発したので、その特長、機能などについて述べる。このツールは専門家の知識を入力してゆく過程をサポートする機能と、利用者への推論過程の説明やシステムデバッグの機能とを実現しており、これにより効率良く容易にシステム構築を行うことができる。

知識情報処理の宇宙分野への応用

木下親郎・荻野 徹

三菱電機技報 Vol.60・No.9・P31～35

宇宙分野への人工知能応用の一環として、エキスパートシステムを応用した例を紹介する。宇宙基地/フリーフライヤの運用管制エキスパートシステムと、衛星試験エキスパートシステムの試作システムを、推論マシンとミニコンピュータを接続したシステムで作成し、機能の確認と評価を行った結果、及び展望について概説した。そして、エキスパートシステムの宇宙分野への応用は有効であり、実用化の見通しが得られたことを示した。

Abstracts

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 60, No. 9, pp. 19 ~ 22 (1986)

The Application of Knowledge Engineering to Power Systems

by Keinosuke Matsumoto, Yoshiyuki Kono & Shinta Fukui

The increasing use of information-oriented equipment has raised the importance of having stable, uninterrupted power supplies, creating the need for more sophisticated power-system operation and planning technology. The Corporation has long been developing the fundamental knowledge-information processing technology required for such new-generation power systems. The article introduces applications of this technology in the fields of system operation, system planning, and education and training.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 60, No. 9, pp. 2 ~ 5 (1986)

An Overview of Knowledge-Information Processing

by Chiyoji Tanaka

Knowledge-information processing has received widespread attention since the Japanese government announced the Fifth-Generation Computer Project in 1982. Long considered as a branch of artificial-intelligence research, this field has now become an extension of conventional information processing, with intensive studies underway and rapid marketing of applications expected in the near future.

This overview of the special issue discusses the significance of knowledge-information processing and outlines the fundamental technology of knowledge representation. Application examples of knowledge-information processing on the Mitsubishi AI workstation are also discussed.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 60, No. 9, pp. 23 ~ 26 (1986)

The Application of Knowledge-Engineering Techniques to the Iron and Steel Industry

by Chikao Imamichi, Kenzo Kobayashi, Kaname Nanri & Michio Sasaki

Information systems have already been employed in the iron and steel industry for three decades. Computer equipment has been used to perform a wide range of tasks, and AI systems are being rapidly introduced. The article introduces various research and commercial applications of AI systems, which have been developed based on the Corporation's extensive experience in developing and installing computer systems for the iron and steel industries. The article opens by describing the features of Mitsubishi AI application systems, then discusses the adaptation of Prolog to on-line control and equipment-diagnostics. All of these technologies are applicable to general manufacturing.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 60, No. 9, pp. 6 ~ 10 (1986)

The MELCOM PSI, an AI Workstation

by Harutomo Takatori, Kanae Masuda, Takato Kawakami, Morihiro Ikeda & Hiroshi Nakashima

The MELCOM PSI is a commercial version of the personal sequential inference machine (PSI) developed by the Corporation for the Fifth-Generation Computer Project of The Institute for New Generation Computer Technology (ICOT). The market for such artificial-intelligence workstations is expected to grow rapidly as knowledge-information processing penetrates business and industry. The article introduces the hardware, firmware, and software of the MELCOM PSI, describing their features and overall system performance.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 60, No. 9, pp. 27 ~ 30 (1986)

An Expert System for Train-Equipment Diagnosis

by Nobumi Nishiuchi, Masashi Naruto & Shigeki Ikebata

The Corporation has developed a real-time on-line on-board diagnostic system to detect malfunctions in principal train equipment. This microcomputer-based expert system constantly monitors the signals from the target equipment. When a malfunction is detected, the cause is swiftly pinpointed and reported along with appropriate countermeasures to the train crew. The article describes experimental diagnostic systems developed on the Mitsubishi MULTI 16 personal computer, including their knowledge representation and inference method.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 60, No. 9, pp. 11 ~ 14 (1986)

Extended Self-Contained Prolog: An Object-Oriented Language for Logic Programming

by Takato Kawakami, Tadashi Yoshida, Takasumi Ueda & Takashi Chikayama

Extended Self-Contained Prolog is a new Prolog-based logic programming language with extended object-oriented functions. Used as the system-description language for the MELCOM PSI workstation, it features program modularizing based on class/instance concepts, multiple inheritance of class, etc., making it suitable for knowledge-information processing as well as system description. The article discusses these features with the aid of several programming examples.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 60, No. 9, pp. 31 ~ 35 (1986)

The Application of Knowledge-Information Processing to Space Programs

by Chikao Kinoshita & Toru Ogino

The article introduces an example of an expert system developed for use in space programs. Experimental operation-control systems for space stations and free flyers, and expert systems for satellite testing were produced by connecting an inference machine with a minicomputer. The system functions were then tested and evaluated, with excellent results. This success indicates the suitability and effectiveness of expert systems for space applications, and the test systems can be viewed as forerunners of commercial applications.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 60, No. 9, pp. 15 ~ 18 (1986)

Ext-Kernel: A Software Tool for Building Expert Systems

by Hidekazu Tsuji, Kazuhiko Yanada, Seiichi Shindo, Hiroyuki Shimizu & Hiroshi Fujita

Ext-Kernel is an expert-system development-support tool designed to facilitate the transfer of specialized knowledge in various fields from human experts into computer-based systems capable of providing similar consultation capabilities. It consists of tools to support entry of expert knowledge, and to debug and explain the inference to the user, implementing an efficient and easy-to-use system.

アブストラクト

知識情報処理技術のOAへの応用

和田信義・島田ひとみ・近藤省造・太細 孝・川村光弘

三菱電機技報 Vol.60・No.9・P36～39

知識情報処理技術が、どのようにオフィスの情報システムに応用されるかを考察した。具体的な例として、筆者らの開発した見積りシステムACEについて述べた。このシステムは《MELCOM PSI》上のエキスパートシステム開発ツールであり、対話性と、表操作のユーザーインタフェースに特長がある。広い範囲の見積り業務に適用が可能と考えられるが、事例としては、大形回転機の見積り業務を取り上げ、応用を試みた。

高速多機能漢字プリンタM8340

畑中靖通・内田雅幸・味岡 学・一宮節夫・富崎正道

三菱電機技報 Vol.60・No.9・P52～55

M8340は、LEDアレー採用の乾式電子写真方式の漢字プリンタであり、高印字品質、高速印刷（6行/インチで最大3,420行/分）及び小形化を実現した。オーバーレイ、コピー、縦書横書、水平スキップ機能などのほか、オプション付加によりイメージ、グラフなどの印書が可能である。更に用紙のオートローディング機構採用、トナーカートリッジ化、ユニットのコンパクト化など、操作性、保守性、信頼性向上を目的として種々細かい配慮がなされている。

FAコントローラ《MELSEC-LM》

中野宣政・杉山 彰・大西作幸

三菱電機技報 Vol.60・No.9・P40～46

最近の産業界は、生産ラインの各種機器を統合して一つのFA（ファクトリーオートメーション）システムを構築する動きが盛んである。これら階層分散形FAシステムを構成する要素として、当社PC《MELSEC-Aシリーズ》用FAコントローラ《MELSEC-LM》を開発したので、この位置付け、ハードウェアとソフトウェアの概要及びユーザー言語、三菱工業用リアルタイムBASIC（M-IRTBII）について紹介する。

高速大容量512KビットEPROM

外山 毅・香田憲次・安藤伸朗・中島盛義・小松正幹

三菱電機技報 Vol.60・No.9・P56～58

電氣的に書込みができ、紫外線照射により消去可能なEPROMは、幅広くマイクロプロセッサシステムなどに応用され、年々使用数が増加しており、大容量化、高速化の要求も大きくなっている。今回筆者らは、最新の微細加工技術を用いて最大アクセスタイム200nsの読出し特性をもつNチャネル512KビットEPROMを開発した。本稿では、製品概要、技術的特長、動作諸特性などについて紹介する。

新しい発光素子を用いた軽量・薄形ディスプレイシステム《オーロラビジョン マークII》

岩田修司・須山 勉・寺崎信夫・二石俊一・原 善一郎

三菱電機技報 Vol.60・No.9・P47～51

大型映像表示システムの市場は、科学万博一つくば'85を契機に一層活発化してきた。このような背景の中で、当社では従来にない新しいタイプの屋内向け大画面表示装置の開発に着手し、その製品化に成功した。成功のかぎは、表示品質のよい新しい発光素子の開発、表示・駆動法、及びスクリーン構成法の開発、ファッション性を重視したデザインの導入による。この新しい軽量・薄形の大画面表示装置は、《オーロラビジョン マークII》としてデビューする。

4ビットマイクロコンピュータM50720とその開発サポート装置

久保博司・亀井達也

三菱電機技報 Vol.60・No.9・P59～61

CMOS4ビットマイクロコンピュータM50720とその開発サポート装置について紹介する。優れたコストパフォーマンスを実現するために、①最大限にダイナミック回路を採用、②ROMの語長は9ビット構成、③プログラムカウンタのスタックは専用レジスタ方式を採用、等の特長を持っている。今後、M50720をベースにして、応用分野別に、各種の周辺回路をオンチップ化した製品をシリーズ展開して行く予定である。

Abstracts

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 60, No. 9, pp. 52 ~ 55 (1986)

The M8340, a High-Speed, Full-Function *Kanji* Printer

by Yasumichi Hatanaka, Masayuki Uchida, Manabu Ajioka, Setsuo Ichimiya & Masamichi Tomisaki

The M8340 *kanji* printer employs an LED array in a dry-type electro-photographic system to realize high-quality printing at high speed (3,420 lines per minute max. at six lines per inch) and compact size. In addition to standard overlaying, copying, top-to-bottom and right-to-left printing, and line-skip functions, options are available for image and graphics printing. To improve printer operability, maintainability, and reliability, the M8340 employs an automatic paper feed, toner cartridges, and compact construction techniques. The many special features reflect exceptional attention to detail.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 60, No. 9, pp. 36 ~ 39 (1986)

The Application of Knowledge Engineering to Office Systems

by Nobuyoshi Wada, Hitomi Shimada, Shozo Kondo, Takashi Dasai & Mitsuhiro Kawamura

Studies have been conducted into the application of knowledge-information processing in office-information systems. The article describes one such example, the ACE cost-estimation system, developed by the authors. This system, which runs on the MELCOM PSI expert-system development-support tool, features interactive operation and a menu-driven user interface. The system is described as suitable for a wide range of cost-estimate applications, and an example is given of cost estimates for large-scale rotary equipment.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 60, No. 9, pp. 56 ~ 58 (1986)

A High-Speed, High-Density 512K-Bit EPROM

by Tsuyoshi Toyama, Kenji Koda, Nobuaki Ando, Moriyoshi Nakajima & Masamiki Komatsu

Electrically programmable ultraviolet erasable EPROMs are widely used in microcomputer equipment. Rising annual usage has spurred demand for larger capacity and high operating speeds. In response to these needs, the authors have employed the latest fine-processing techniques to develop a 512K-bit n-channel EPROM with a maximum read access time of 200ns. The article reports on this new device, describing its technical features and operating characteristics.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 60, No. 9, pp. 40 ~ 46 (1986)

The Development of the MELSEC-LM Integrated Line Controller

by Nobumasa Nakano, Akira Sugiyama & Sakuyuki Onishi

Recently, manufacturing plants have been organizing various kinds of production-line equipment into integrated factory-automation (FA) systems. To assist in the configuration of structured distributed FA systems, Mitsubishi Electric has developed the MELSEC-LM integrated line controller for use with MELSEC-A Series personal computers. The article outlines the development background and the hardware and software features. It also includes an introduction to the Mitsubishi Industrial Real-Time BASIC user-application language (M-IRTBII).

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 60, No. 9, pp. 59 ~ 61 (1986)

The M50720 4-Bit Microcomputer and Its Support Tools

by Hiroshi Kubo & Tatsuya Kamei

The article introduces the M50720, a 4-bit CMOS microprocessor and its development-support tools. The M50720 maximizes use of dynamic circuitry, employs a 9-bit ROM word length, and adopts a dedicated program-counter stack to achieve outstanding cost performance. A future series of devices based on the M50720 will include on-chip peripheral circuitry designed for a variety of specific applications.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 60, No. 9, pp. 47 ~ 51 (1986)

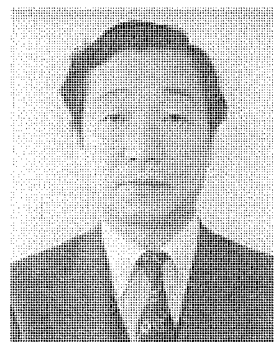
The Development of the Diamond Vision Mark II with a New Lighting Element

by Shuji Iwata, Tsutomu Suyama, Nobuo Terazaki, Shun'ichi Futatsuishi & Zen'ichiro Hara

The 1985 International Exposition at Tsukuba, Japan, stimulated a boom in the market for large-screen video-display systems. To meet diversifying needs, Mitsubishi Electric has developed and commercially produced the Diamond Vision Mark II, an entirely new and highly successful large-screen video-display system for indoor use. Several factors involved in the success of this product include a new lighting element offering improved display quality, new display-drive and screen-configuration methods, and sleek, attractive designs. It is also lightweight and features a narrow profile. This large-screen display system has already made its debut in Japan.

第5世代コンピュータプロジェクトの狙い

(財)新世代コンピュータ技術開発機構研究所長 工学博士 淵 一 博



第5世代コンピュータプロジェクトは昭和57年に(財)新世代コンピュータ技術開発機構が設立され、開発に着手し、現在前期の3年間で終り中期計画の開発に入っている。このプロジェクトは90年代から21世紀にかけての人工知能を支える適切なコンピュータシステムを用意したいということで始められたものであり、近未来的な目標でなく非常に高い目標をかかげている。

ところでここ数年の間にAIビジネスブームが起こってきた。AIが一つの産業となっていくのは我々の当初の見通しであったが、世の中で騒がれているために第5世代プロジェクトとの関わりが見えなくなった面がある。現在のAIビジネスというのは、主としてソフトウェアの形で蓄積されてきたAI技術をツール化して、それをベースにエキスパートシステムなどにより応用分野に実際に使ってみようという動きである。しかし現在のやり方では結局はあまり大きな応用システムを動かすことはできず、このままでは調査会社等の出しているAIビジネスの予想はいきすぎになってしまうと思われる。現在のものは機能がまだ不足である。しかし機能をあげようとするマシンがネックとなる。単にスピードをあげるとかメモリを増やすというようなアプローチでは問題がある。このような問題に対処するため、幅広く興行が深いAIのための新しい土台を作っていこうというのが第5世代コンピュータの狙いである。

コンピュータが人間にとって本当に優秀な支援者となるためにはAI的な機能を実現する必要があるが、このAI機能の表面的な質をあげるためには、裏で膨大な量的に大量の計算パワーを使わなければならない。これは人間が行っている知的処理が、脳の中で大量の情報処理をしていることを思えば不思議でもない。実際の処理を行っていく上では現在の1,000倍位のパワーでも足りない。ここから並列処理がどうしても不可欠ということがでてくる。

しかし並列処理が実現したとしても、それをどのように使うのかという問題がある。この間をつなぐのが論理的な推論操作である。すなわち、AI的応用の高度化のために論理的な推論操作を基本操作として考えていこうということである。AI的でない応用も論理的推論レベルに構成し直すことにより実現するが、問題は現在のコンピュータは推論をベースに設計されている訳ではなく、論理的な推論をさらに分解して原始的な基本操作のレベルまで分解して実行している。すなわち、論理的推論はソフトウェアでカバーしているため効率

が悪い。第5世代プロジェクトでは論理的推論を基本操作とする並列型推論マシンが狙いの中心である。ここを目指しつつハードウェアを作り、その上にのるソフトウェアを作つてうまくつなぎあわせて展開していこうとしている。

ところで本プロジェクトの計画を立てる時に論議の一番の中心は当然研究テーマであったが、研究するに当たって強力な研究上のツールとかインフラストラクチャが大事であるという議論があり、自分たちなりにそういうツールを設計しようではないかということになった。これが逐次型推論マシンPSIである。従って位置づけとしてはPSIは第5世代プロジェクトの目標そのものではなく目標を達成するためのツールである。しかし優秀なツールであるとすれば、広く関連するようなところに使ってもらえるという考えも最初から持っていた。ただ当時の状況としては、まずそういうマシンができるのか、ハードウェアは仮にできたとしても、ちゃんとツールとして使うためのOS的なソフトウェアまで含めてできるのかなどという意見がたくさんあった。しかしながら幸いなことに、いろいろなグループの全体的な協力でPSIマシンもできたとSIMPOSというOSもできた。すなわちパイプロダクトとして製品化するようなものができてきた。これは国家プロジェクトの研究としては珍しいことであろう。

現在第5世代プロジェクトは並列推論マシンという方向への本格的な第一歩を踏み出しているところであり、また具体的な応用問題も手がけ始めている。ただ応用問題は範囲が広いので基本技術の開発に有用であるような問題をとり上げ、ハードウェアや基本ソフトウェアへのフィードバックをかけるような形で展開している。しかしプロジェクト内部で手がけられる問題は限定される。幸いなことにAIブームで世間の関心も高く、現在のAI応用であるならばPSIは有効であり、十分な可能性を持っている。そのようなものをパイプロダクトとして提供できることは我々のプロジェクトが世の中にAI経験の蓄積を促すことができるということであり、我々がそのフィードバックを期待してもギブ&テイクではないかと思う。

本文は昭和61年2月26日三菱電機(株)の情報処理技術部会の知能情報処理専門部会が主催した淵 一博 博士の講演会の要約である。

1. ま え が き

約25年の歴史をもつ人工知能は、長い間基礎研究として進められてきたが、1977年E. A. Feigenbaumによる知識工学の提唱や1982年我が国の第5世代コンピュータプロジェクトの発足以来世界で注目を浴び、今や情報処理の先端的分野として活発な研究開発が行われ、また、これらの成果が知識情報処理として実用化、商用化が始まり今後大きく成長すると期待されている。

人工知能、知識情報処理の関係を図1. に示したが、人工知能は、人間の持つ知識や思考などの知的機能を手本とし、これと類似な機能を機械的に実現することといえ、また、知識情報処理は、人工知能の研究で得られた成果を基礎とし、計算機で取り扱えるよう知的機能をアルゴリズム化し、高度な各種の問題に応じられるようシステム化を図ることと言えるであろう。

当社における人工知能の研究は、1979年にDEC社の2020を中央研究所に導入したことで本格的に着手した。以来、1982年からスタートした第5世代コンピュータプロジェクトへの参画、列車の運転整理⁽¹⁾、電力系統の解析支援⁽²⁾など基礎技術からエキスパートシステムに至る広範囲の研究開発を実施している。

本誌特集では、知識情報処理の意義、知識表現形式、三菱AIワークステーション《MELCOM PSI》、知識情報処理の代表的な応用であるエキスパートシステム関連などについて紹介する。

2. 知識情報処理の意義

知識情報処理はマスコミなどで大きく取り上げられ、今後高い成長が予測されているが、ここでなぜこのように注目を浴びているのかを

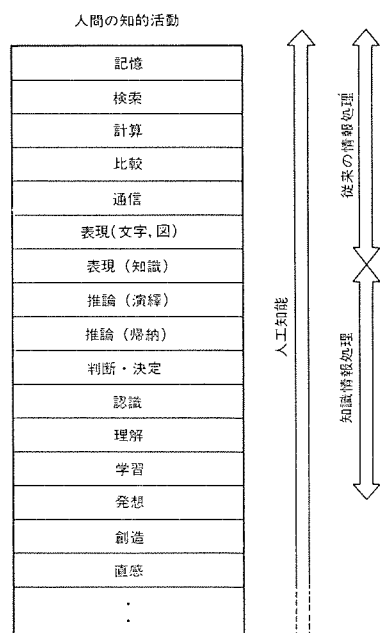


図1. 知識情報処理の位置付け

ニーズ及びシーズ面から考察してみる。

情報処理の対象には、図2. に示すように、産業・社会システムのような物中心のシステムと流通や金融、OAのような情報中心のシステムが考えられる。

現在に至る工業化社会における物中心のシステムの目的は、生産量の拡大による大量生産であり、このため、各種の製造、検査設備の導入とこれらの装置の制御や自動化が中心であった。しかし、現在のように日常的な物が充足しこれらの一層の需要が見込めないより高度な工業化社会においては、生産の合理化、高付加価値化による多品種生産が必要となり、多品種生産のための設計や複雑、大規模となったシステムの計画や運用、管理、保守、教育訓練などが重要となってきている。これらの課題は従来専門知識をもつ人間が処理してきたが、要員の確保、知識の伝承、高効率化などからエキスパートシステムへの期待が高まってきている。

一方、情報中心のシステムにおいても、汎用コンピュータ、オフコン、パソコンなど個々のハードウェアはほぼ充足状態となり、通信とコンピュータによる高度情報化社会において、従来の定型的な人事や在庫管理、技術計算などの集中処理より、解析や合成を行う各種の設計、予測や判断を行う意思決定などの非定型処理、情報の発生源で処理を行う分散処理へと移行し、これらの処理過程で数値や文字のみならず音声や自然言語、図形、画像など様々なメディアを取り扱うことが必要となってきている。また、これらの処理の多くはソフトウェアで実現されるため、ソフトウェアが複雑化、大規模化し、ソフトウェアの生産性向上が重要な課題となってきている。これらの非定型処理の多くは明確なアルゴリズムが存在せず人間のもつ知識や試行錯誤による推論が必要のため、知識情報処理の導入が不可欠となってきている。また、音声や自然言語理解、図形画像認識・理解やソフトウェアの生産性向上のためのプログラムの再利用、検証、変換、合成、ソフトウェア機能の一部のハードウェア化などこれらの分野においても推論と知識による、より高度な処理への期待は非常に大きくなっている。

一方、シーズ面から考えると、まず第一に半導体の急激な進歩により価格が大幅に低下し高機能、高性能化が可能になったこと、第二にコンピュータ・キタクトにおいて、ノイマン形の逐次処理より、データフローやリダクションなど各種の並列処理方式が提案され、ある程度の試作評価が可能になってきたこと、第三に長年の人工知能研究の成果として知識情報処理に適した言語LISPやPrologが開発され、知識表現や知的探索手法などを含むエキスパートシステムの枠組が提示され、その有効性が実証されたことにある。また最近では、第5世代コンピュータプロジェクトにおいて広範囲な知識情報処理技術の研究が進められ、逐次形推論マシンPSI⁽³⁾や自然言語理解のための言語CIL⁽⁴⁾の開発など多くの成果を上げている。

このように知識情報処理は、ニーズ、シーズ面から注目を得、世界で活発な研究が行われているとともに、これらの成果を利用した実用化、商用化が急速に行われ、一つの新しい市場を形成しようとしている。

産業、社会システム（物中心）
電力、公共、交通、製造などの分野

情報システム（情報中心）
流通、金融、OA、CADなどの分野

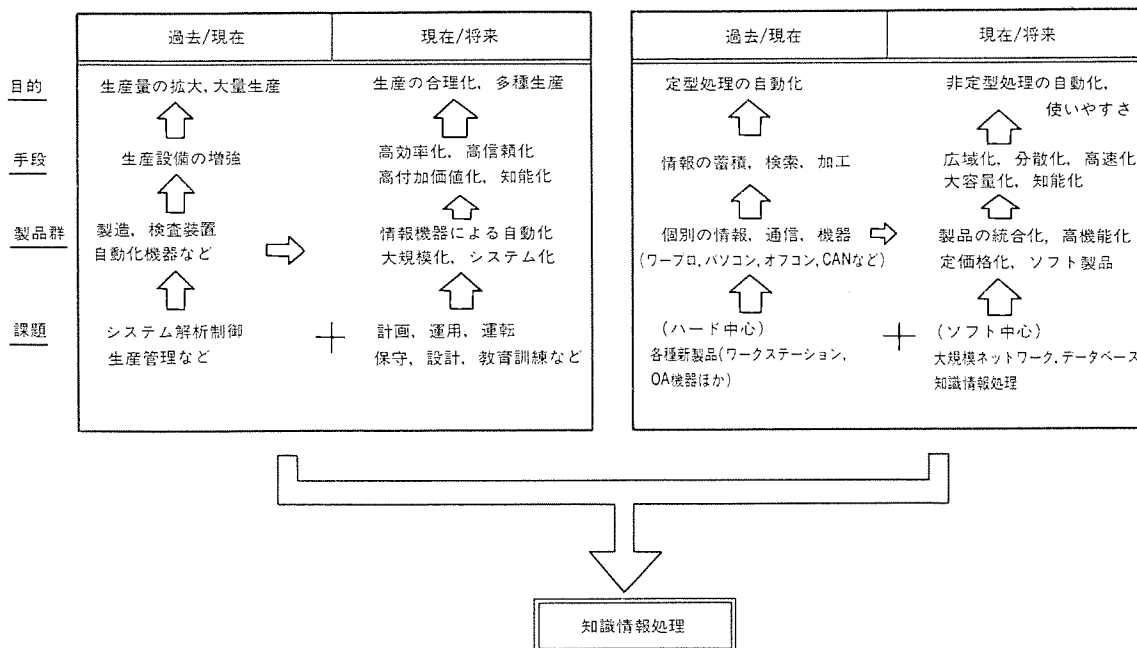


図 2. 知識情報処理の意義

しかしながら、人間の持つ知的能力と現在可能な知識処理機能には大きなギャップがある。典型的な例として人間の持つ膨大な常識の取扱い、学習の基本となる帰納推論(注 1)、人間が大局的に認識する各種の画像や三次元物体認識など多くの未解決な問題がある。逆に、現在実現されているものは、制約された知識表現、演えき(譯)推論(注 2)、これらの処理を比較的容易に記述できる言語とそのコンピュータであると言えるであろう。

3. 知識情報処理と知識表現

知識情報処理技術の構成は、いまだ明確に定義されていないが、応用技術も含め図 3. のように表すことができる。図 3. から知識情報処理の核となる項目は、推論・問題解決、知識ベース、知的インタフェース、知的プログラミング、知識獲得で、これを中心にそれぞれに対する方式、アルゴリズムがあり、また、これらを実現するハードウェアやソフトウェアがある。図 3. の破線の円内は方式、アルゴリズムを示し、外円はこれらによるハードウェア、ソフトウェアを表している。円の外側は応用技術で、この代表的なものがエキスパートシステムであり、他に機械翻訳、文章や図形読取り、知能ロボットなどがある。

当社は、図 3. に示した知識情報処理技術の構成に従い各要素技術の研究開発を研究所・製作所群が連携して実施しており、一部は製品として市場に提供している。

この章では、知識情報処理技術の基本となる知識表現について簡単に紹介する。

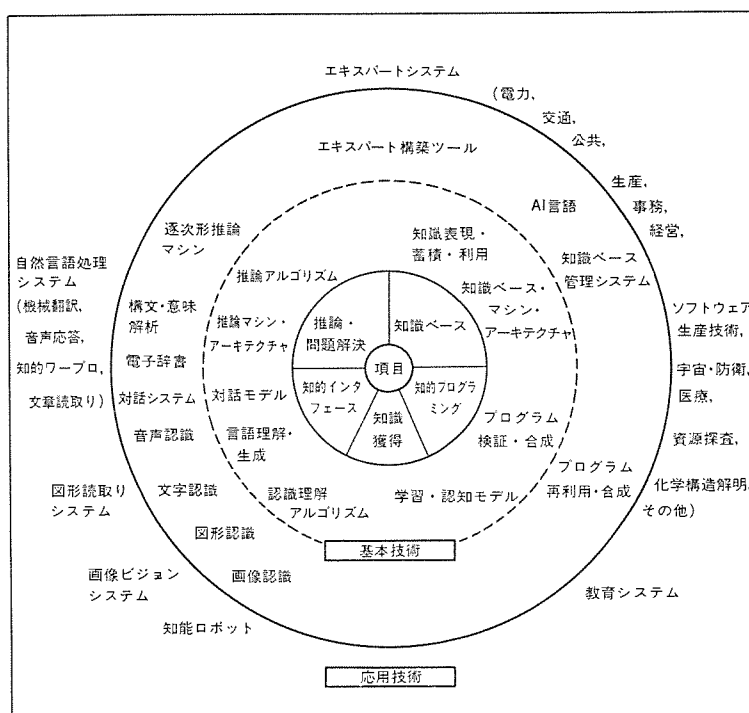


図 3. AI 技術の構成

3. 1 知識表現形式の性質

複雑で構造化された知識を表現するためには、次の四つの性質をそなえる必要がある⁽⁵⁾。

①表現の正確さ—ある特定分野で必要となるすべての知識を表現できる能力。②推論の正確さ—推論された新しい知識に対応する構造を作り出すために表現構造を操作する能力。③推論効率—最も望ましい方向に推論機構を働かせるように、新しい情報を知識構造に組み込む能力。④獲得効率—新しい情報を容易に獲得する能力。

(注 1) 与えられた個別的な事実や規則から、これらを満足するより広い一般則や表現を導くこと。

(注 2) ある一般則や個別的事実が与えられたとき、この一般則より適応範囲の狭い事実、表現を導くこと、三段論法が典型。

これらの能力をすべて達成する知識表現はまだ現れていないが、今までに開発されている代表的な知識表現方式は次のとおりである。

3.2 フレーム⁽⁶⁾

我々人間は、対象、場所、状況などについての過去の経験を基にして推論を行っている。すなわち、人間は何か新しい物事を理解するのに、記憶の中にあるフレームと呼ばれる枠組の中から関連するものを選び出し、現実の物事と対比させて、新しい情報を枠組につけ加えていく。

フレームはこのような概念に基づき形式化されたもので、対象や対象間の関係・事実を表す宣言的知識の記述に適するが、手続き的な知識も付加手続きの形で組み込むことができる。また、フレームの階層化や、あるフレームの属性をその下位のフレームに引き継ぐ継承の性質を実現する機能も持っている。

3.3 プロダクションシステム⁽⁷⁾⁽⁸⁾

人間の認知のモデルとして提案されたもので、現在最もよく利用されている形式である。プロダクションシステムは、if〈条件〉, then〈実行〉(又は〈行動〉)形式のルールの集合で知識を表現し、推論は、目標の状態とマッチする実行部を持つプロダクションルールを選びその条件部によって探索する後向き(back ward)推論と、初期状態とマッチする条件部を持つプロダクションを選びその実行部によって探索する前向き(forward)推論の二つの方式がある。プロダクションシステムは手続き的知識の表現に適しており、ルールの追加が容易のためモジュール性が高いという特徴をもっている。本誌特集の「Ext Kernel」はこの方式によるエキスパートシステム構築ツールである。

3.4 述語論理⁽⁹⁾

記号論理学は命題論理と述語論理に大別できる。命題論理では、「太郎は人間である」や「大阪は日本の首都である」などのように

真偽の判定できる文を命題といい、命題を \wedge (かつ)、 \vee (あるいは)、 \rightarrow (ならば) で結合したものや、命題にて (否定) をつけたものも命題であり、これらの命題を取り扱う論理を命題論理という。命題論理に更に変数と、 \forall (すべての) と \exists (ある) の論理記号を追加し、 $\forall x p(x)$ (すべての x について $p(x)$ が成り立つ) や $\exists x p(x)$ (ある x について $p(x)$ が成立する) などの命題を扱えるようにしたものを述語論理という。例えば、

$$\forall x[\text{computer}(x) \rightarrow \text{trouble}(x)]$$

は、すべてのコンピュータ x は故障すると解釈する。このように、変数の出現を述語の引数にしか許さないものを1階の述語論理、述語(上記の p)の部分を変数にし、 $\forall p p(A)$ の表現を許すものを2階の述語論理という。

述語論理式は一定の変形規則によって \forall, \exists を除去することで、次の形式にまとめられる。

$$B_1; B_2; \dots B_n \leftarrow A_1, A_2, \dots A_m$$

これは「 A_1 かつ A_2 かつ $\dots A_m$ が成り立つならば、 B_1 又は B_2 又は $\dots B_n$ が成り立つ」ことを意味する。このように変形した論理式を「節形式」と呼び、左辺が0又は1個のものを「ホーン節」と呼ぶ。

Prolog は、このホーン節を対象とした言語である。Prolog の特徴は、ユニファイケーション機能(変数を含む二つのデータ構造体を、その中の変数に適当な値を与えることによって同一のパターンにする機能)、推論機能(三段論法)、バックトラック機能(与えられた問題に対する解を探索する過程で、解が得られない場合や、他の解を得るため後戻りする機能)である⁽¹⁰⁾。Prolog の詳細は本誌掲載「Extended Selfcontained Prolog ESP」を参照のこと。

このような性質から Prolog は、How を求める手続き言語に対

し、what (問題を順序に関係なく記述すること) を定義する宣言形言語であり知識情報処理に非常に適した言語となっている。第5世代コンピュータプロジェクトでは述語論理を核として研究を行っており、Prolog の並列性に着目し Concurrent Prolog⁽¹¹⁾ や GHC⁽¹²⁾ の研究を進めている。また、従来低調であった米国でも述語論理が見直され非単調論理⁽¹³⁾ など多くの研究が進められている。

ここで、非単調論理とは、通常の論理では公理(すなわち知識)によって証明された定理は常に正しいし、また、公理が完全であれば新しい定理の発見はない。非単調論理は、不完全な情報(公理)の場合、公理(知っている事実)の増加が定理(それから証明できる事実)の増加を意味しないことを体系化した論理で、この論理では、例えば「すべての鳥は空を飛べるが、飛ばない鳥もいる」が表現できるところに特徴がある。

4. コンピュータによる知識情報処理

知識情報処理を取り扱うコンピュータとして、パソコンや汎用コンピュータなど現状のコンピュータと、LISP や Prolog を専用に実行する専用のコンピュータがある。前者には IBM や DEC 社の汎用コンピュータ、後者には LISP 専用の米国 SYMBOLICS 社の 3600 シリーズ、Prolog を基本とした当社の AI ワークステーション

表 1. 知識情報処理の基本及び応用技術の具体例

	エキスパートシステム		
	設 計	運用・運転	診 断
応用技術	<ul style="list-style-type: none">LSI設計支援機械設計支援工程設計支援電動機見積支援	<ul style="list-style-type: none">列車運転整理電力系統計画支援原子力発電プラントマンマシンシステム上下水通運用管理鉄鋼プラント運用管理宇宙基地運用管制	<ul style="list-style-type: none">原子力プラント診断列車故障診断エレベーター保守診断ロボット故障修復開閉器故障診断鉄鋼プラント保守診断人工衛星診断
基本技術	機械翻訳 知能ロボット		
	プログラム検証・変換・合成 対話システム 並列推論、並列述語論理形言語(KLI)、知識ベース管理システム(Kappa) 見積りシステム構築ツール エキスパートシステム構築ツール「Ext Kernel」 オブジェクト指向ビジュアルモデリングシステム(VEGAMS)、ルール形方言語(IAL) Extended Self contained Prolog(ESP)、Prolog、LISP MELCOM PSIオペレーティング & プログラミングシステム(SIMPOS)		
コンピュータ	MULTI 16、MELCOM PSI、M70/MXシリーズ、EXシリーズなど		

ョン《MELCOM PSI》がある。

《MELCOM PSI》やその基本となる言語 Extended Selfcontained Prolog (略称 ESP), 《MELCOM PSI》上で動くエキスパートシステム構築ツール「Ext Kernel」を本誌特集で記述しているがその概略は以下のとおりである。

(1) Extended Selfcontained Prolog(ESP)

ESP は、第5世代コンピュータプロジェクトで開発された新しいAI向け言語で、Prolog が持つ試行錯誤による推論機能に、知識の階層的表現やプログラムのモジュール化を可能とするオブジェクト指向機能を加え、更に、オペレーティングシステムなどのシステムソフトウェアを記述するための機能をもつ汎用的な高水準AI言語で、ESPにより実用レベルの大規模知識情報処理システムを開発することができる。

(2) 《MELCOM PSI》

従来のコンピュータが持つノイマン形アーキテクチャを拡張し、データと属性をセットにしたデータ構造をもつタグアーキテクチャを採用し、また、大容量の主記憶(80Mバイト)やメモリプロセス管理のファームウェアサポートによって、大形計算機並の推論処理機能(約40KLIPS)を実現している。また、オペレーティング&プログラミングシステム(SIMPOS)はすべてESPで記述され、日本語による優れた対話機能や豊富なツール、ライブラリなど効率の良いプログラム環境を提供している。

(3) 「Ext Kernel」

プロダクションシステムの方式をとっており、「もし……ならば、……である」という日本語による知識表現や構造的な知識の表現が可能で、また推論動作の検証や修正、説明などシステムのデバッグ、実行、改良に豊富な機能を提供している。

5. 知識情報処理の応用例

知識情報処理の応用は広範囲にわたるが、当社では、電力や宇宙など様々な分野で知識情報処理の応用を試みている。本誌特集では、知識情報処理の典型的な応用例であるエキスパートシステムを中心に取り上げた。ここではその要点を記す。

(1) 電力システム

電力システムの計画や運用のため、従来から潮流計算などの解析的手法やOR手法を用いてきたが、これらに加え、知識情報処理に基づき運転員の専門知識を取り入れた系統計画、系統運用及び電力システムの教育訓練システムについて記述する。

(2) 鉄鋼システム

鉄鋼プラントへの適用にはライン制御、操業支設備の保守管理などが考えられるが、この論文では、述語論理形言語Prologのオンライン制御への適用の場合の特徴と問題点を考察し、具体的な熱間圧延機における設備診断システムについて記述する。

(3) 宇宙分野への応用

宇宙基地における各種の運用管制、人工衛星追跡管制などこの分野に対する知識情報処理の期待は非常に大きい。この論文では、宇宙基地/フリーフライヤの運用管制と衛星試験エキスパートシステムの試作を《MELCOM PSI》とミニコンピュータ《MELCOM 70 MX/3000》を接続したシステムで作り、機能の確認とその評価結果などについて述べる。

(4) 列車機器故障診断

最近列車の主要機器の電子化の動きが著しいが、これらが故障すると故障の発見、修理に多くの時間が必要となってきた。この論

文では、列車主要機器の異常を車上のマイコン《MULTI 16》で、オンラインリアルタイムで診断するエキスパートシステムの試作について述べる。

(5) OAシステム

OAへの応用は潜在的には数多く考えられるが、具体的なシステムの報告は比較的少ない、この論文ではOAシステムへの適用について考察し、《MELCOM PSI》を用いた、装置の見積り作業を行うエキスパートシステムの試作とその大形回転機への適用について述べる。

以上本誌特集で記載する論文の要点を記したが、当社においては、AI向けコンピュータ、言語などの基本技術、応用技術の研究開発を幅広く実施しており、これらの代表的なものを表1.に示す。

6. む す び

知識情報処理の市場は今後大きく成長するとはいえ、我が国ではまだ端緒についたばかりである。成長の予測されるエキスパートシステムにおいても知識を構築するには専門家の協力が必要であり、その知識をブレークダウンし体系化することが困難なことや、知識の追加・更新に伴う保守の問題、エキスパートシステム構築のための開発環境など様々な問題が存在している。しかし、この研究が世界で活発に行われている状況から新しい手法、技術が提案、開発され、現状のシーズ指向からニーズ指向へと変化し、新世代情報処理として大きく成長していくと信じている。

この研究開発に際し、数々の御支援、御指導をいただいた(財)新世代コンピュータ技術開発機構の渕一博所長始め室長の各位に厚く感謝する次第である。

参 考 文 献

- (1) 駒谷ほか：列車運転整理支援システム-ESTRAC-III-, 電気学会, システム・制御研究会資料, SC-85-15, 21/30 (昭60)
- (2) 松本ほか：知識情報処理の電力システムへの応用, 三菱電機技報60, No. 9 (昭61)
- (3) 横井ほか：論理型言語を機械語として実行する逐次型推論マシンとそのOS, 日経エレクトロニクス, p. 173 (昭59-11-5)
- (4) K. Mukai: Unification over Complex Indeterminates in Prolog, ICOT, TR-113 (1985)
- (5) E. Rich, 広田, 宮村訳：人工知能I マグロウヒルコンピュータシリーズ p. 242 (1980)
- (6) 辻：知識表現と推論制御, 情報処理, 26, No. 12, p. 1479 (昭60)
- (7) 小林：プロダクションシステム, 情報処理, 26, No. 12, p. 1487 (昭60)
- (8) 日経コンピュータ別冊：AI(人工知能)：実用化の夜明け, p. 73, p. 313 (昭60-11-11)
- (9) 中島：論理に基づく知識の表現, 情報処理, 26, No. 12, p. 1512 (昭60)
- (10) 太細ほか：Prolog 入門, 啓学出版, p. 10 (昭60)
- (11) E. Shapiro: A Subset of Concurrent Prolog and Its Interpreter, ICOT TR-003 (1983)
- (12) K. Ueda: Guarded Horn Clauses, ICOT TR-103 (1985)
- (13) D. McDermott, J. Doyle: Non-Monotonic Logic I, Artificial Intelligence 13, p. 41 (1980)

三菱AIワークステーション《MELCOM PSI》

鷹 取 東 朋*・益 田 嘉 直*・川 上 孝 仁*・池 田 守 宏*・中 島 浩**

1. ま え が き

通産省が推進する第5世代コンピュータプロジェクトを契機として、AI (Artificial Intelligence, 人工知能) の実用化開発が急速な盛り上がりを見せているが、当社はこのたび AI の研究開発に最も適した本格的三菱 AI ワークステーション《MELCOM PSI》を開発した。

この製品は、第5世代コンピュータの研究開発を推進している(財)新世代コンピュータ技術開発機構(略称 ICOT: Institute for New Generation Computer Technology)が中心となって開発したパーソナル逐次形推論マシン PSI (Personal Sequential Inference Machine) を、当社が製品化したものである。PSI は、Extended Self Contained Prolog (以下、ESP と記す) をシステム記述言語とする知識情報処理向きの推論マシンである。

本稿では、《MELCOM PSI》の概要、特長及び性能などについてハードウェア、ファームウェア、ソフトウェアの面から紹介する。

2. 《MELCOM PSI》の意義・特長

第5世代コンピュータプロジェクトは、1982年から始まったが、その影響によりエキスパートシステム、機械翻訳など、AI の実用化開発が急速な盛り上がりを見せている。その盛り上がりとともに使いやすいコンピュータとして高度の記述能力を持つ AI 向け言語、効率良いプログラム開発環境、AI 向け言語を効率よく実行するハードウェアを併せ持つ AI 向けコンピュータが要求されるようになってきた。そして従来のコンピュータでは実現の難しいこれらの機能実現を目指して開発されたのが、三菱 AI ワークステーション《MELCOM PSI》である。

この製品は使いやすい AI ワークステーションとして次のような特長をもっており、AI システムの開発、実行に最適の環境を提供できる。

(1) AI 向け高水準言語 ESP

ESP は第5世代コンピュータプロジェクトで開発された新しい AI 向け言語で、Prolog が持つ試行錯誤による推論機能に、知識の階層的表現やプログラムのモジュール化を可能とするオブジェクト指向機能を加えた言語である。ESP により実用レベルの大規模 AI システムの開発を効率良く行うことができる。(本誌 p. 11 掲載論文に詳細有り)

(2) エキスパートシステム構築ツール「Ext Kernel」

「Ext Kernel」の主な特長は、「もし……ならば……である」というルール形式による知識表現に基づき、前向き推論や後向き推論が可能であることや、すべて日本語による簡潔で自然な知識表現が可能であることが挙げられる。(本誌 p. 15 掲載論文に詳細有り)

(3) 優れた対話機能

マルチウインドウにより、ユーザーは複数のプログラムに対して同時に動作状況を監視したり並行して操作が可能である。また、本格的な日本語処理機能、ビットマップディスプレイによるイメージ、グラフの自由な表現などユーザーの使いやすさを追求した対話機能を実現している。

(4) 効率のよいプログラム開発環境

強力なスクリーンエディタ、デバッガ、インタプリタなどの開発ツールがあり、

これらは統合化されており相互に呼出しが可能である。また、ESP のオブジェクト指向機能により、データベース管理されているモジュールは、必要に応じてユーザーが利用可能である。これらの開発環境は、“ラビッドプロトタイピング”を可能とした。

(5) 大形計算機並の処理能力

従来のノイマン形アーキテクチャを拡張し、データと属性をセットにしたデータ構造を利用するタグアーキテクチャを採用し、更に大容量主記憶によって大形計算機並の推論処理機能を実現している。

3. ハードウェア

《MELCOM PSI》は、知識情報処理に最も適したプログラム言語である Prolog を拡張した ESP を、高速に実行することを目的として開発された。したがって、そのハードウェアアーキテクチャには、従来の計算機とは異なる幾つかの特長がある。その中でも特に重要なものは、タグアーキテクチャの採用と、メモリアクセスの効率化である。本章では、これらの特長を中心に《MELCOM PSI》のハードウェアの概要などについて述べる。

3.1 概 要

《MELCOM PSI》は、図 1. 及び図 2. に示すように、本体と各種入出力機器から構成される。本体には、主記憶、CPU、各種入出力機器の制御装置、固定ディスク及びフレキシブルディスクが格納されている。

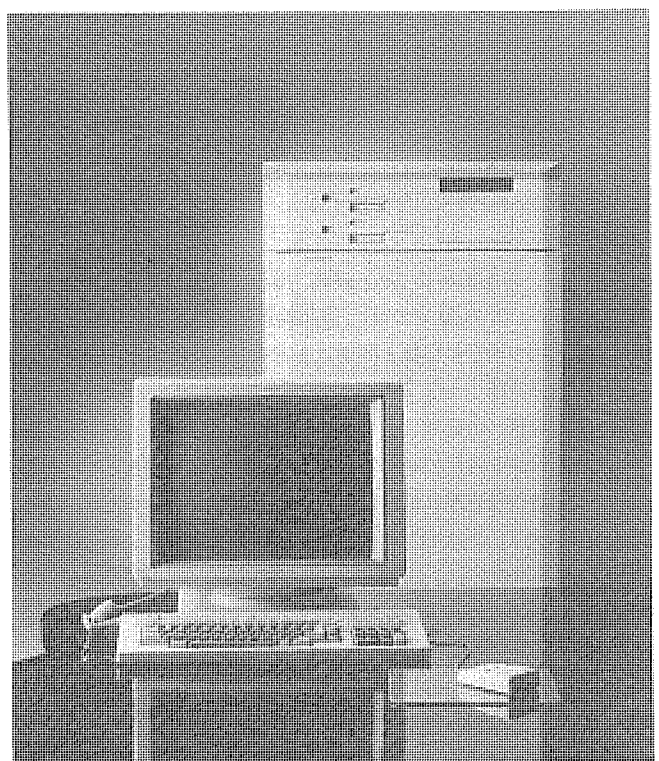


図 1. 《MELCOM PSI》の外観

主記憶は、1ワードが40ビットであり、最大16Mワード(80Mバイト)の大容量記憶空間を実現している。CPUは、メモリ制御部、演算処理部及び制御部からなり、各部は40ビット幅の内部バスで結ばれている。メモリ制御部では、論理アドレスから物理アドレスへのアドレス変換と、8Kワード(40Kバイト)の容量を持つキャッシュメモリの制御を行う。演算処理部では、Prologと同じ構造を持った機械語であるKLO(Fifth Generation Kernel Language Version-O)をマイクロプログラムにより直接実行する。マイクロ命令は、1ワードが64ビットであり、16Kワードの容量を持つ制御記憶に格納される。制御部では、マイクロプログラムの順序制御や、入出力バスの制御、割込みの制御などを行う。

入出力機器は、ビットマップディスプレイ、マウス、キーボード及びプリンタが標準装備されている。ビットマップディスプレイは、1,280×960ドットの解像度を持ち、画面上に多数の小画面を表示する機能(マルチウィンドウ機能)を備えている。この機能により、プログラムの編集、コンパイル、デバッグなどの作業に応じた画面を幾つも表示することができ、プログラム開発の効率が大きく向上する。

3.2 タグアーキテクチャ

Prologのデータ操作の基本はユニフィケーションであり、従来の言語との大きな違いの一つでもある。Prologで取り扱う変数は、値が定まっていない状態(未定義状態)を持ち、このような変数には任意のデータを格納することができる。例えば、プログラムの流れによって、ある場合は整数を、またある場合は配列のような構造体を、同じ変数に格納することができる。値が定まった変数どうしのユニフィケーションでは、二つのデータが同じ形であること(例えば整数と整数、構

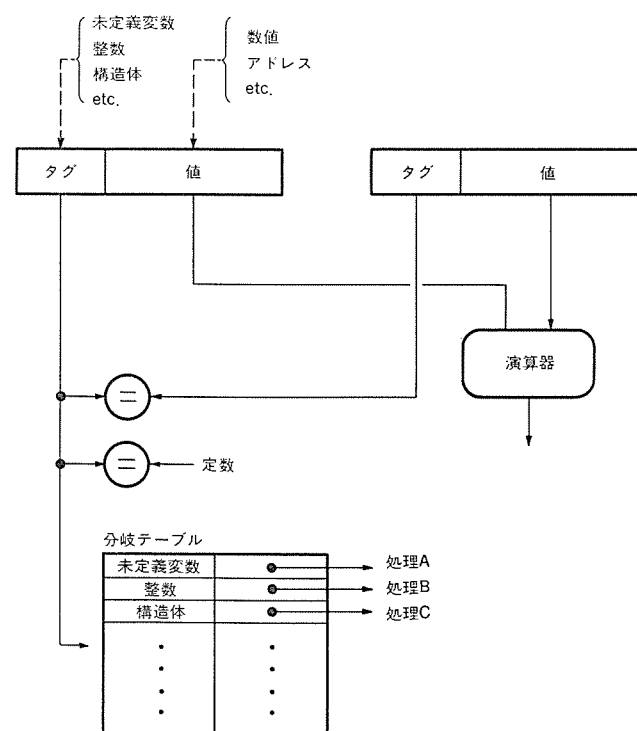


図 3. タグアーキテクチャ

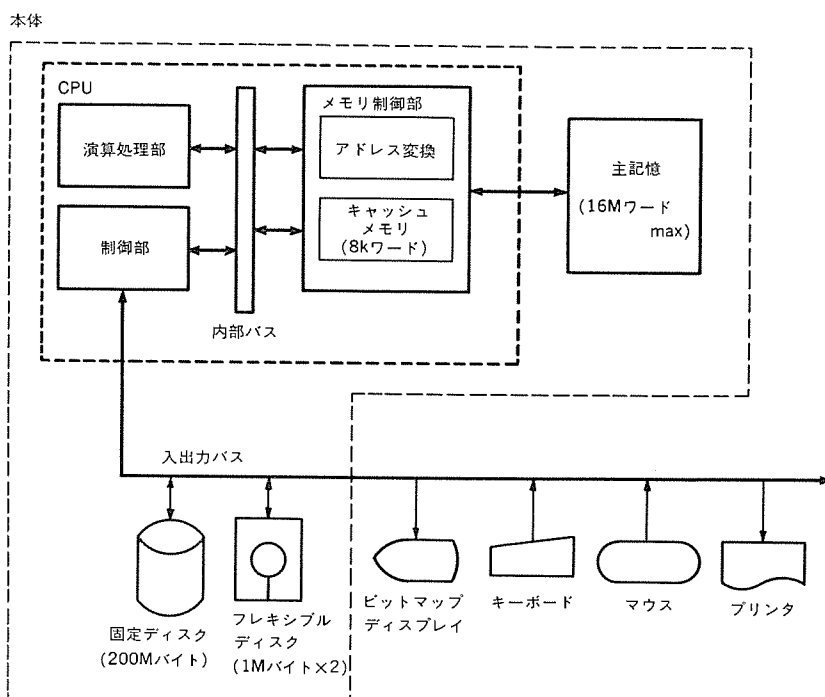


図 2. ハードウェアの構成

造体と構造体など)と、同じ値であることが要求される。

《MELCOM PSI》では、変数が未定義か否かや、データの形が何であるかを高速に判別するために、タグアーキテクチャを採用している。すなわち、図3.に示すように、すべてのデータはその値(数値やアドレス)を示す32ビットのフィールドのほかに、データの形が何であるかを示す8ビットのタグを持っている。したがって、主記憶やレジスタ

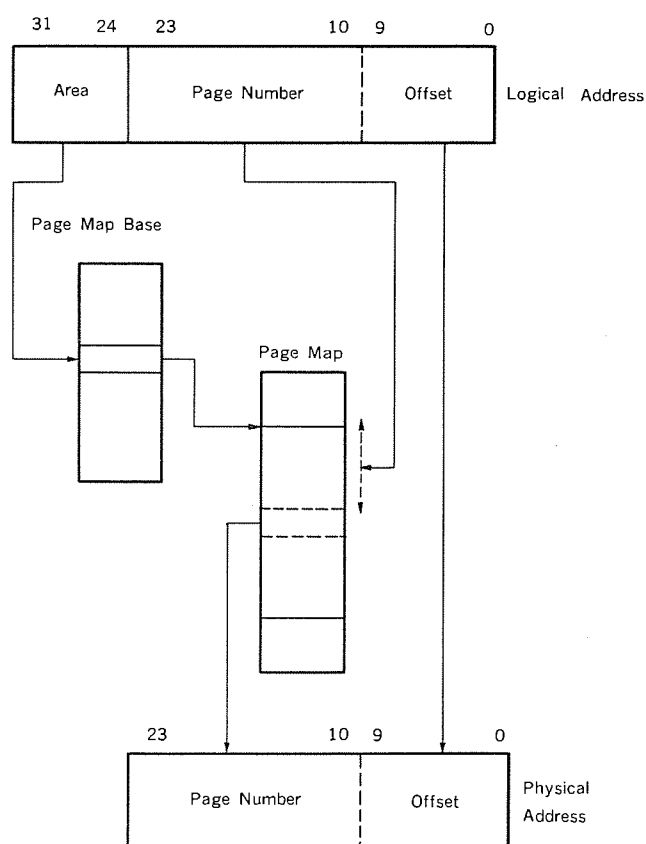


図 4. アドレス変換方式

は 40 ビットの構成となっている。また、CPU の内部バスも 40 ビット幅にするとともに、値の部分の演算とタグの判別を同時に行うことができるように構成されている。

タグの判別のためには、二つのデータのタグの一致検出と、タグと定数の一致検出を行う機構を備えており、マイクロプログラムの条件分岐に用いられる。また、タグが示すデータ形によって異なる処理を実行するために、テーブル参照による多方向分岐機構も備えている。これらの機構は、ユニフィケーションをはじめとする Prolog のデータ操作の高速化に、大きく貢献するものである。

3.3 メモリアーキテクチャ

Prolog の特長の一つであるバックトラックや、木構造などの複雑な構造を持つデータの動的生成を実現するには、複数のスタックを使用しなければならない。従来の計算機の処理系では、連続した記憶空間にスタックを分散して配置していたが、この方法は実行速度や主記憶の利用効率の面で、様々な問題があった。

《MELCOM PSI》では、論理記憶空間をエリアという独立したセグメントに分割し、一つのスタックに一つのエリアを割り当てる方式を採用している。図 4. に示すように、32 ビットの論理アドレスの上位 8 ビットがエリアの識別に用いられる。また、論理アドレスから物理アドレスへの変換は、ページマップベースとページマップの 2 段階のテーブル参照により行われる。

この方式により、個々のスタックの伸縮に応じた物理記憶の獲得や解放を動的に行うことができ、物理記憶の利用効率を高くすることができる。また、記憶管理はテーブル操作により実現されるので、実行時のオーバーヘッドを大幅に軽減することができる。

4. ファームウェア

《MELCOM PSI》のファームウェアはマイクロインタプリタとも呼ばれ、核部、組込み述語部、オペレーティングシステム（以下、OS と記す）インタフェース部などから構成される。図 5. にマイクロインタプリタのモジュール構成を示す。マイクロインタプリタは合計約 15 K ステップ（120 K バイト）から成り、CPU の制御記憶中に格納されている。以下本章では機械語 KLO の特長、マイクロインタプリタの概要、性能などについて述べる。

4.1 機械語 KLO の特長

(1) Prolog ライクな高レベル言語

KLO はユニフィケーション、推論、バックトラックといった論理形言語の実行機能を持つ高レベル言語である。データベース操作など一部を除いて Prolog とほぼ同じ言語仕様を持ち、更に以下に述べるような機能拡張がなされている。

(2) 強力な実行順序制御機能

KLO では Prolog の持っている他の選択肢を切り取る“カット”の機能を拡張し、自クローズを呼び出したクローズから更に逆上った先祖の選択肢までを、カットできる機能を追加している。またバックトラック発生時のみにあらかじめ指定した述語を起動する機能(On_Backtrack)や、変数に値が束縛されたときに指定した述語を起動する機能(Bind_hook)などの、実用的な処理系として必要な機能が追加されている。

(3) OS サポート機能

メモリ管理、プロセス管理などの OS ルーチンを記述するため、基本的な操作を、組込み述語として持っている⁽⁴⁾。

(4) ESP サポート機能

システム記述言語 ESP の高速化のために、ESP のメソッド呼出し及び

スロットアクセスの機能を組込み述語として持っている。

(5) 表形式の内部表現

KLO は、KLO コンパイラにより、表形式の内部表現に変換される。後述するマイクロインタプリタは、この表形式の内部表現を順次読み出ししながら実行する。

4.2 マイクロインタプリタの概要

(1) 核部

核部はインタプリタの中核部の意味で、基本制御部とユニフィケーション部からなっている。基本制御部は述語の呼出し、リターン、バックトラックなどの処理を行う部分である。KLO の実行は 4 本のスタックを使用して管理している。主に変数セルを格納するローカルスタック、グローバルスタック、制御情報を格納するコントロールスタック、バックトラック時に変数値を未定義状態に戻すためのトレイルスタックと目的別に使い分けられている。図 6. に基本制御部の概略処理フローを示す⁽⁵⁾。

ユニフィケーション部は Prolog 特有のパターンマッチングであるユニフィケーションを行う部分である。タグアーキテクチャを活用し高速化が図られている。

(2) OS インタフェース部

OS インタフェース部は、OS 処理の一部を分担する形でプロセス切替処理、割り込み処理、及び物理メモリの割当ての処理を行っている。プロセスはプログラム実行の一つの単位であり、63 プロセスを独立に実行することができる。プロセス切替処理では KLO の全実行環境の切替を行う。

(3) 組込み述語部

組込み述語部はシステムの基本的操作、使用頻度の高い操作を中心に選定された約 170 種の組込み述語からなっている。算術、論理演算、比較、タイプチェック、ストリング操作、入出力、実行順序制御、OS サポー

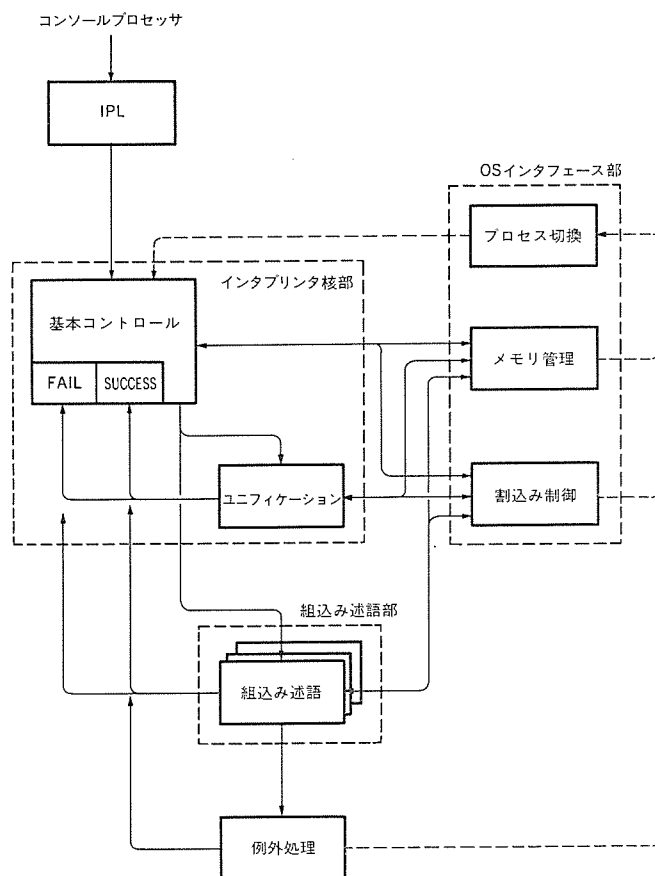


図 5. マイクロインタプリタモジュールの構成

ト、ESP サポート などがある。

4.3 性能評価

マイクロインタプリタは初版完成以後、評価試用を行いながら改良を重ねてきている。表 1. に Prolog 処理系の性能測定時によく用いられる Prolog コンテストのプログラムのうち、幾つかの測定値を示す⁽⁶⁾⁽⁷⁾。比較のために DEC 社の大形計算機 2060 上の処理系 DEC-10 Prolog の実行速度及び速度比を示す。DEC-10 Prolog は Prolog の実用的処理系として評価の高いものであるが、《MELCOM PSI》は

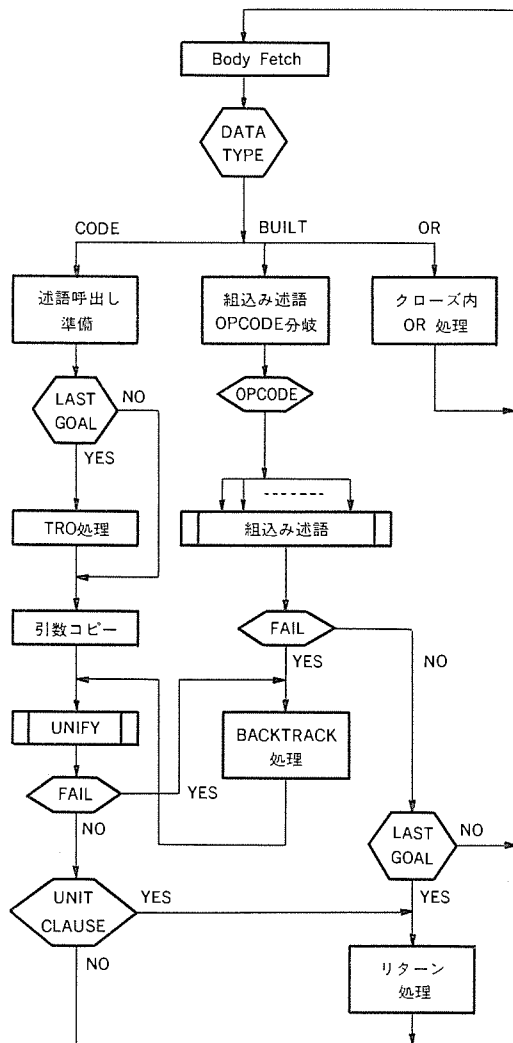


図 6. マイクロインタプリタ 基本制御部の概略処理フロー

表 1. ベンチマークテストの測定結果

Test Program	PSI (ms)	DEC (ms)	DEC/PSI
Nreverse (30 elements)	13.6	9.43	0.70
Quick Sort (50 elements)	15.2	14.6	0.96
Tree Traversing (40 times cons)	51.7	61.1	1.18
Lisp Interpreter (Tarai 3)	4,024	4,360	1.08
Lisp Interpreter (Fibonacci 10)	369	402	1.09
Lisp Interpreter (Nreverse)	173	194	1.12
8 Queens (1 solution)	96.9	97.5	1.01
8 Queens (all solutions)	1,570	1,580	1.01
Reverse Function	38.2	41.7	1.09
Slow Reverse (6 elements)	99.4	89.0	0.90

注 DEC: DEC 2060 上の DEC-10 Prolog

パーソナルマシンでありながら、それと同等の性能をもっている。

5. ソフトウェア

5.1 特長

《MELCOM PSI》のソフトウェアは、AI ワークステーション 向きに設計され、以下のような特長をもっている。

(1) ESP による システム 記述

論理形言語をもとにオブジェクト指向の考え方を取り入れた新しいプログラミング言語 ESP により、すべてのソフトウェアが記述されている。ESP は、クラス、多重継承のプログラムのモジュール化機能をもち、この言語で記述することにより、ソフトウェア全体が見通しやすく、かつ、効率的に構築することができる。

(2) 優れた マンマシンインタフェース

ビットマップディスプレイ、マウスを用いたマルチウィンドウシステムをソフトウェアの基本部に組み込み、優れたマンマシンインタフェースを実現した。

(3) 統合化された プログラム 開発環境

マルチウィンドウシステムの上にエディタ、ライブラリアン、デバッガなどのソフトウェアをプログラミングシステムとして統合し、AI ソフトウェア開発のための快適な環境を提供している。

5.2 構成及び概要

ソフトウェアは、オペレーティングシステム、プログラミングシステム、基本応用システムの3種類からなっている。その構成を図 7. に示す。

5.2.1 オペレーティングシステム

(1) カーネルスーパーバイザ

ハードウェア資源を管理し、プログラムの実行に必要な機構や環境を提供する。プロセスの生成やスケジューリングなどのプロセス管理、プロセス間通信、実行環境の設定、各種のエラーを統一的に処理する機構などの機能を果たす。

(2) 入出力メディアシステム

論理的な入出力機能を提供するシステムであり、ウィンドウシステム、ファイルシステムの二つからなっている。

ウィンドウシステムは、一つのディスプレイ画面上に複数の論理的な端末

MELCOM PSIのソフトウェア

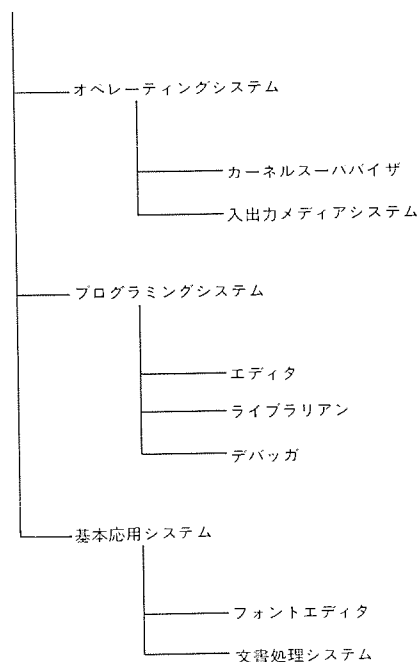


図 7. ソフトウェアの構成

を設定して制御する マルチウィンドウ の機能を提供する。ユーザー はウィンドウシステム のもつクラスを自由に継承して (組み合わせて)、独自の ウィンドウ を定義、使用することができる。

ファイルシステム では、レコード 構造のない バイナリファイル と固定長レコード 形式の テーブルファイル をサポートする。ディレクトリ は木構造をしており、ファイル はパス 名で指定する。

5. 2. 2 プログラミングシステム

(1) エディタ

EMACS の長所を多く取り入れたマルチウィンドウベースのスクリーンエディタである。豊富なコマンドが用意されており、文字・単語・行・ページなどの単位で編集を行うことができる。また、プログラム編集用のコメント処理、英文テキスト編集用の大文字・小文字変換、編集の範囲を限定するコマンド、自動セーブ・モードなどの機能がある。更に、システム組込みのカナ漢字変換機能を用いて、ローマ字のカナ、漢字への変換、メニューによる漢字の候補の選択、文章の一括変換などができる。

(2) ライブラリアン

プログラム (クラス) のソースやオブジェクトを管理する。クラスの登録、コンパイル、クラス間の継承/参照関係の解析、システム内にあるクラスの名前による検索、述語の名前による検索などの機能がある。

(3) デバッガ

プログラムの実行モデルとして、Prolog の Box Control Flow モデルを拡張したものを用い、ESP プログラムのデバッグを支援する。プログラムの述語単位のステップ実行、トレース、引数情報の詳細な表示、オブジェクトの内容表示などの機能をもっている。

5. 2. 3 基本応用システム

(1) フォントエディタ

フォントエディタは、ウィンドウに表示される文字のパターン (フォント) を編集するプログラムである。種々の大きさ、形状をもつ新しいフォントを作成したり、既存のフォントの修正、表示文字の検索などを行うことができる。

(2) 文書処理システム

カナ漢字変換機能、文書編集/レイアウト機能、プリント出力機能などから構成され、マルチウィンドウやマウスを利用した使いやすい文書処理機能を提供する。

これらのソフトウェアは、それぞれのウィンドウに対して入出力を行い、マルチウィンドウシステムのもとで同時に実行させることができる。

図 8. にプログラミングシステムを実行しているときの様子を示す。

6. む す び

以上、《MELCOM PSI》の概要及び特長などについて紹介した。

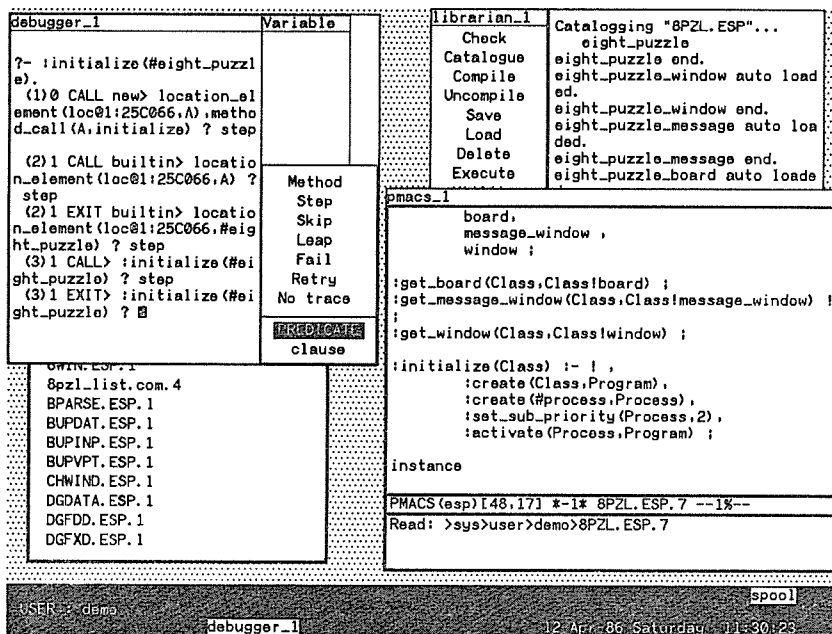


図 8. プログラミングシステムの実行

最近 AI に関する実用化開発が急速に脚光を浴び始めているが、このワークステーションは正に AI にふさわしいものとして期待されている。今後は更に性能、機能の充実を図るとともに、この AI ワークステーション自体のコンパクト化を予定している。

最後に、PSI の開発に際して御指導をいただいた関係各位、特に ICOT 第四研究室内田俊一室長をはじめとする PSI 関係者に深く謝意を表す次第である。

参 考 文 献

- (1) 内田：知識情報処理ワークステーションの研究開発—逐次型推論マシン SIM の開発とその機能—, Computer Today, No. 8 (昭 60-7)
- (2) 横井ほか：論理型言語を機械語として実行する逐次型推論マシンとその OS, 日経エレクトロニクス (昭 59-11)
- (3) 中島ほか：逐次型推論マシン ψ のハードウェア・コンソール・プロセッサの構成と機能—, 情報処理第 29 回全国大会 (昭 59-9)
- (4) 池田ほか：逐次型推論マシン ψ のファームウェア—割込み処理とプロセス管理—, 同上
- (5) 中島ほか：逐次型推論マシン ψ のファームウェア—基本制御部—, 同上
- (6) 山本ほか：論理型言語 ESP のプログラム特性評価, Logic Programming Conference '85 (昭 60-7)
- (7) 奥野：第 3 回 LISP コンテストと第 1 回 PROLOG コンテストの課題案, 情処学会記号処理 28-4 (昭 59)

オブジェクト指向論理形言語 Extended Selfcontained Prolog

川上孝仁*・吉田 正*・上田尚純**・近山 隆***

1. ま え が き

Extended Selfcontained Prolog (ESP と略称されることが多い) は、論理形言語 Prolog をベースに、オブジェクト指向の考え方に基づくモジュール化機能を取り入れた新しいプログラミング言語である。この言語は、三菱 AI ワークステーション《MELCOM PSI》のシステム記述言語であり、(財)新世代コンピュータ技術開発機構で開発・設計された。Prolog はユニフィケーション、バックトラックなどの人工知能プログラム向けの高度な機能を持っているが、副作用を持つ変数や、プログラムのモジュール化機能がないため、大規模なソフトウェアやシステムプログラムの記述には適さない。

そこで、Extended Selfcontained Prolog では、Prolog のもつこれらの弱点を補うため、オブジェクト指向の機能を追加した。このため、Extended Selfcontained Prolog は、システムの記述だけでなく、エキスパートシステムや自然言語処理などのプログラムの記述もできる知識表現言語ともなっている。

2. Extended Selfcontained Prolog の特長

2.1 論理形言語 Prolog

はじめに論理形言語 Prolog について概説する。Prolog は「ホーン節」と呼ばれる述語論理の一形式に基づくプログラミング言語であり、そのプログラムはクローズの集まりからなっている。クローズには下記の3種類がある。

- | | |
|---------------------------------|------|
| ① P . | (事実) |
| ② $P : -Q_1, Q_2, \dots, Q_n$. | (規則) |
| ③ $?-Q_1, Q_2, \dots, Q_n$. | (質問) |

ここに、 P , Q_i は述語と呼ばれ、1 個の述語名に任意の個数の引数(変数又は定数)の並びを、カッコでくくって付加した形式をとる。「:-」の左側をヘッド、右側をボディ、そしてボディの各要素 Q_i をゴールと呼ぶ。

①はボディのない形で、「 P は無条件に正しい」を意味する。②は「 $Q_1 \sim Q_n$ が正しければ P は正しい」あるいは「 P を満足するために $Q_1 \sim Q_n$ を満足せよ」という意味である。③はヘッドのない形で、「 $Q_1 \sim Q_n$ は同時に正しいか」又は「 $Q_1 \sim Q_n$ をすべて満足せよ」を表す。

③の形式の質問を与えることにより、プログラムの実行が始まる。Prolog プログラムの実行の過程は以下になる。

- (i) 質問のボディの最初のゴール(述語)を取り出す。
- (ii) 取り出した述語と同じ述語名、同じ引数個数のヘッドを持つ事実又は規則を探し、引数同志を対応づける。
- (iii) 対応づけできる事実、規則がなければ、一つ前のゴールに戻り、(ii)以下を実行する。

前のゴールがなければ、プログラムの実行は失敗する。

(iv) 事実があって引数の対応がつけば、次のゴールを取り出し、(ii)以下を実行する。次のゴールがなければ、プログラムの実行は成功する。

(v) 規則があって引数の対応がつけば、その規則のボディのゴールを取り出し、(ii)以下を実行する。

このように Prolog のプログラムは、ゴールを規則によって変換しながら実行されてゆく。(ii)における述語の探索と引数の対応づけを、ユニフィケーションといい、(iii)において、前のゴールに戻ることをバックトラックという。Extended Selfcontained Prolog はこのユニフィケーションとバックトラックを基本的な実行メカニズムとして備えている。

2.2 オブジェクト指向機能

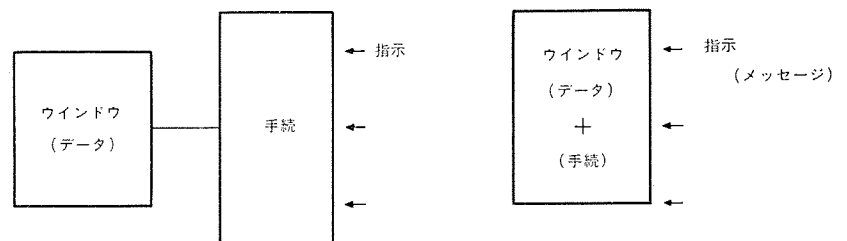
(1) オブジェクト指向の考え方

オブジェクト指向とは、一つのプログラミングスタイルであり、プログラムを作成する過程において「オブジェクト」(「対象」あるいは「実体」)を中心にプログラミングを進めてゆく手法のことである。この手法に基づくプログラミングをオブジェクト指向プログラミング、プログラミング言語をオブジェクト指向言語という。

プログラムは、人間の思考の結果(概念やアルゴリズムなど)を含めた実世界にあるものをコンピュータ内部に写像したものと考えることができる。オブジェクト指向プログラミングは、実世界にあるものを、できるだけ自然にコンピュータ内部に表現する、という視点から生まれてきた考え方である。

オブジェクト指向プログラミングでは、プログラムはオブジェクトの集まりからなっている。各オブジェクトは自律性をもっており、オブジェクトとオブジェクトとの間でメッセージを交信しながら処理を進めてゆく。具体的な記述形式としては、オブジェクトはデータと手続きを一体化したものと考えることができる。

オブジェクトの例として、ビットマップディスプレイ上のウィンドウがある。ウィンドウは文字や図形を表示したり、あるいはその位置やサイズ、表示状態などをプログラムからの指示で変更したりできる。従来のプログラミング手法では、ウィンドウをデータの集合で表現し、外の手続きからそのデータの値を変更することでウィンドウへのこれら操作を実現する。これに対してオブジェクト指向プログラミングでは、ウィンドウはデータ及びその手続きを一体化したものと実現される。ウィンドウに



(a) 従来の言語での実現方式 (b) オブジェクト指向にそった実現方式

図 1. ウィンドウの実現方式の比較

対して「文字を表示せよ」、「位置をどこどこに移動せよ」などの指示をメッセージとして与えることで、ウィンドウはこれらメッセージに対応する手続きをその内部で起動することにより、要求された指示を実行する(図1.)。

(2) クラスとインスタンス

前述のように、プログラムはオブジェクトの集合として構成されるので、個々のオブジェクトを記述すればよい。しかし、オブジェクトとして属性の同じものが複数個存在する場合がよくあり、このとき個々のオブジェクトごとにプログラムを記述するのは無駄である。このため、オブジェクト指向言語では、同じ属性、振る舞いを持つオブジェクトをひとまとめにして、クラス(class)として記述する。クラスは、それに属するオブジェクトの枠組を定義するものであり、プログラム作成の単位となる。クラスに対し、個々のオブジェクトをインスタンス(instance)と呼ぶ。

プログラムは、複数個のクラスの集まりとして構成されることになる。プログラムの実行に際しては、まず各クラスから必要な個数のインスタンスを生成することから始まる。以後、生成されたオブジェクトがメッセージを交信しあうことでプログラムは実行されてゆく。

(3) メソッド

オブジェクトは外からメッセージが与えられると、そのメッセージの内容に従って、ある機能を果たす。内部的には、オブジェクトはメッセージを受け取ると、そのメッセージに対応した手続きを起動することで定められた機能を実現する。このメッセージに対応した手続きのことをメソッド(method)と呼ぶ。

メソッドには、クラスに対するメッセージ(例えば、インスタンスを生成するなど)の処理手続きであるクラスメソッドと、インスタンスに対するメッセージの処理手続きであるインスタンスメソッドとがある。

(4) スロット

オブジェクト(クラス、インスタンス)は、スロットと呼ばれる状態変数を持つことができる。スロットの値は変更することができ、クラスの持つスロットをクラススロット、インスタンスの持つスロットをインスタンススロットと呼ぶ。クラススロットは、例えば有限個のインスタンスしか生成できないよ

うなクラスで、生成済みのインスタンスの数を記憶しておくような場合などに用いる。

(5) 継承

クラスからオブジェクトを複数個生成する方式により、同じ属性をもつ個々のオブジェクトについて記述する手間を省略しているが、継承の機能はクラスの記述自体を更に簡素化するための、プログラム再利用機能である。異なるクラスを複数個定義する際に、部分的に共通性のあるところを取り出して独立したクラスとしてくり出そうとするものである。

あるプログラム中で、カナリヤとペンギンとシェパードについてクラス定義する場合を考える。一つの方法は、各クラスごとにその属性を記述することである。しかし、共通する属性をくり出すことで、記述の労力を減らすことができる。カナリヤとペンギンは共に鳥類であるので、鳥類として共通な属性をクラスとして別に定義しておく。カナリヤのクラス定義では、クラス・鳥類の定義をそのまま流用し、その中で記述されていないカナリヤ特有の属性(色が黄色い、よい声で鳴くなど)のみを記述する。更に、シェパードまで考慮の対象を拡大すると、シェパードはほ(哺乳)乳類であり、鳥類と哺乳類は共に動物であるので、動物として共通する属性をクラス・動物として定義する。クラス・鳥類とクラス・哺乳類のクラス定義はクラス・動物の定義内容を流用し、それ以外の属性についてのみ記述すればよい。

継承には単一継承と多重継承との2種類がある。単一継承は、クラス定義の際、1個だけの定義済みのクラスを継承することをいう。上記の例は単一継承の例である。この例から分かるように、単一継承は単純な(汎用の)クラスからより複雑な(特殊な)クラスを定義していくのに適している。多重継承は、クラス定義の際、複数個の定義済みクラスを継承することをいい、部品となるクラスを幾つか定義しておき、これら部品クラスを組み合わせて完成品を作る場合に使用する(図2.)。

Extended Selfcontained Prolog は、これらオブジェクト指向の機能をもっており、複雑な処理を簡明にかつ少ないステップ数で記述できるという特長がある。

2.3 意味ネットワークの記述

既に述べたスロット、継承の機能を用いて、Extended Selfcontained Prolog で知識表現の一形式である意味ネットワークを容易に表現することができる。

クラス・カナリヤがクラス・鳥類を継承するとき、クラス・カナリヤは、クラス・鳥類のメソッドをすべて受け継ぐ。更にクラス・カナリヤで、独自のメソッドを定義することにより、クラス・カナリヤのメソッドは、クラス・鳥類のメソッドと自分のメソッドとの合併集合となる。これは、意味ネットワークのIS_A関係を表現している(図3.)。

A_PART_OF関係は、スロットを用いて実現される。例えば、鳥類が二つの羽を持つということを記述する場合を考える。まず、クラス・羽を定義する。次に、二つのスロットを持つクラス・鳥類を定義し、その二つのスロットには、それぞれクラス・羽のインスタンスを格納する。こうして「二つの羽を持つ鳥類」というクラスが定義される(図3.)。

3. 言語仕様

3.1 項

Extended Selfcontained Prolog のプログラムは「項」を基本要素として構成される(図4.)。

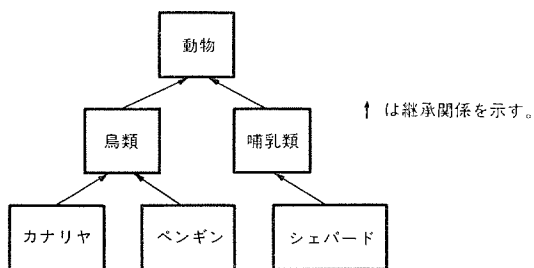


図2. 継承を利用したクラス定義(単一継承)

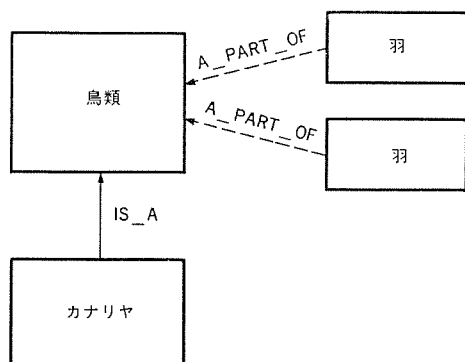


図3. IS_A関係とA_PART_OF関係

			例			
		{	アトム	abc		
	{		アトミックリテラル	{	整数	123
				浮動小数点数	1.03	
				論理変数	Variable, _var	
			ストリング	"string"		
項	{		ベクタ	{a,b,c}		
			複合項	f(X,1)		
			演算子適用項	X=Y+1		
			リスト	[1,a,X]		
			"(*項)"	(1.2+X)		

図 4. 項 の 分 類

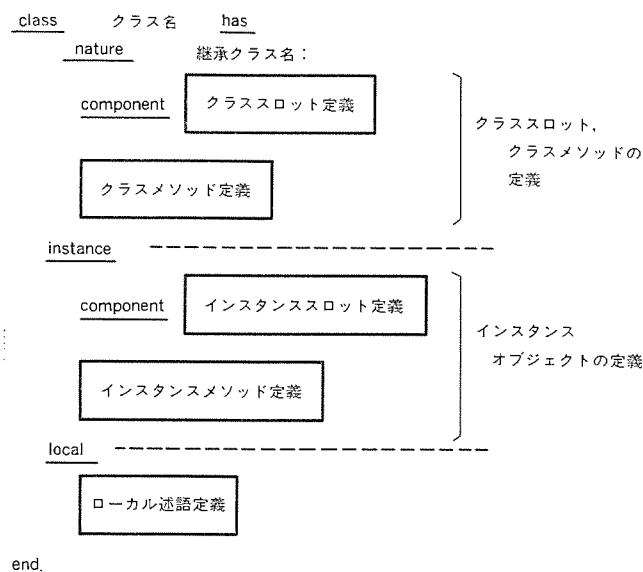


図 5. クラス 定義の形式

アトミックリテラル は、アトム、整数、浮動小数点数からなっている。論理変数は、大文字又は「_」で始まる英文字の列であり、ユニフィケーションにより値をもっている。ストリングは整数を一次元的に並べた構造体、ベクタは項を一次元的に並べた構造体である。複合項は、1 個の述語名 (又は、ファンクタ) と任意個の引数で構成され、述語又は複雑なデータ構造の表現に用いられる。演算子適用項は、0~2 引数の複合項の別の表現であり、ファンクタを演算子として記述したものである。

3.2 クラス定義

Extended Selfcontained Prolog のプログラムはクラス定義を単位として構成される。クラス定義は次の要素からなる (図 5.)。

- ・ クラス名
- ・ 継承クラス名
- ・ クラススロットとクラスメソッド
- ・ インスタンススロットとインスタンスメソッド

アンダーラインのある単語は、言語仕様で定めているキーワードである。クラス定義は class で始まり end. で終る。nature で継承するクラス名を記述する。instance までの間に定義されるスロット及びメソッドは、それぞれクラススロット、クラスメソッドとなる。instance 以後のスロット、メソッドは、それぞれインスタンススロット、インスタンスメソッドとなる。メソッドの定義形式は基本的に Prolog のクローズと同じであるが一部拡張してある。local から以降の所にローカル述語を記述する。これは Prolog のクローズと同じ形式であり、クラスメソッドやインスタンスメソッド

例
abc
123
1.03
Variable, _var
"string"
[a,b,c]
f(X,1)
X=Y+1
[1,a,X]
(1.2+X)

例
: method_name(Object,arg_1,..., arg_n)
: -goal_1,goal_2,..., goal_m;
ここで、
method_name: メソッド名
Object: オブジェクトを受取るための変数
arg_1,...,arg_n: 引数
goal_1,...,goal_n: ゴール列。ローカル述語、組込み述語、メソッド・コールのいずれかを記述できる。

図 6. メソッド 定義の形式

メソッドのボディ部から呼び出されてクラス定義内だけで使用される。

メソッドは、述語名の前に「:」が付き、ローカル述語と区別される。ヘッドの第1引数はオブジェクト (クラス又はインスタンス) を受け取るための変数として使用し、ヘッドの第2引数及びそれ以降の引数はメソッド呼び出し側との間でデータの受け渡しを行うためのパラメータとして使用する (図 6.)。

一方、これら定義したメソッドの呼び出しは、メソッド及びローカル述語のボディ部で記述する。記述形式は上記メソッド定義形式でのヘッド部と同じである。プログラムの実行時のメソッド呼び出しは、次のような手順で処理される。

- 第1引数で指定されているオブジェクトにメソッド名と引数を渡す。
- オブジェクトは渡されたメソッド名で指定されるメソッドを、やはり渡された引数の値を使用して実行する。
- メソッドの実行結果を出力用引数に返し、オブジェクトの処理を終了する。

この一連のメソッド呼び出しの処理は、Prolog のユニフィケーションの機構と、ほとんど同じである。すなわち、Prolog のゴールとヘッドとのユニフィケーションにおいて、述語名の代わりに (オブジェクト+メソッド名) を使用したと考えればよい。

4. プログラミング例

図 7. は、クラス standard_io_window を継承して新しいウィンドウのクラス moving_window を定義したプログラムを表す。クラス standard_io_window には、インスタンス (ウィンドウ) を生成する 3 引数のクラスメソッド: create と、以下のインスタンスメソッドが定義されている。

- : activate.....ウィンドウをディスプレイ画面に表示する。
- : select.....ウィンドウを入力可能とする。
- : putlウィンドウに文字列を表示する。
- : gettウィンドウから入力する。
- : set_position.....ウィンドウを移動する。
- : putcウィンドウに文字を表示する。

クラス moving_window では (図 8.), これらのメソッドを用いて新

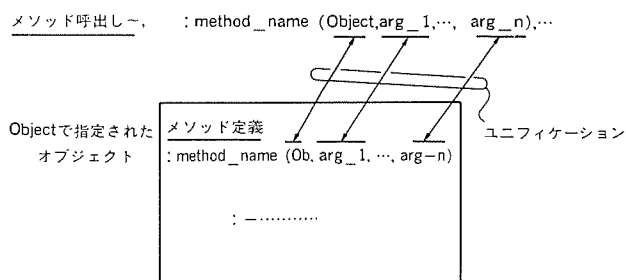


図 7. メソッド 呼び出しの処理

```

class moving_window has
  nature standard_io_window :

  :create(CLASS, Window) :-
    :create(CLASS, [size(400,200), position(0,0),
      title("moving window")], Window),
    :activate(Window) :

instance

  :move(Window) :-
    :select(Window),
    :putl(Window, "Input X"),
    prompt(Window),
    :gett(Window, X),
    :putl(Window, "Input Y"),
    prompt(Window),
    :gett(Window, Y),
    :set_position(Window, X, Y) :

local
  prompt(Window) :-
    :putc(Window, #">") :

end.

```

図 8. クラス moving_window のクラス定義

しいインスタンスメソッド: move を定義している。このメソッドではウィンドウから移動先の座標 (X, Y) を入力して、そこへ自らのウィンドウを移動するという処理が記述されている。クラス定義の中でローカル述語 prompt は、プロンプト文字「>」をウィンドウに表示する処理を記述しており、インスタンスメソッド: move のボディーの中で呼ばれている。クラス moving_window のインスタンスを生成した(図9.)後、インスタンスメソッド: move を実行すると図 10. のようになる。

5. む す び

以上, Extended Selfcontained Prolog のオブジェクト指向言語としての特長, 言語仕様, プログラミング例について解説した。Extended Selfcontained Prolog は, 三菱 AI ワークステーション《MELCOM PSI》とともに既に製品化され, 第5世代コンピュータプロジェクト関連の研究開発をはじめとして, 知識情報処理の広い研究開発分野において使用されつつある。今後, その利用の拡大に伴い, この言語の有用性がますます明らかになってゆくものと信ずる。

御指導いただいた, 内田俊一室長をはじめとする(財)新世代コンピュータ技術開発機構の関係各位に深く感謝の意を表す。

参 考 文 献

- (1) T. Chikayama : ESP Reference Manual, ICOT Technical Report TR-044 (1984)
- (2) T. Chikayama : Unique Features of ESP, Proc. of FGCS '84, p. 292 (1984-11)

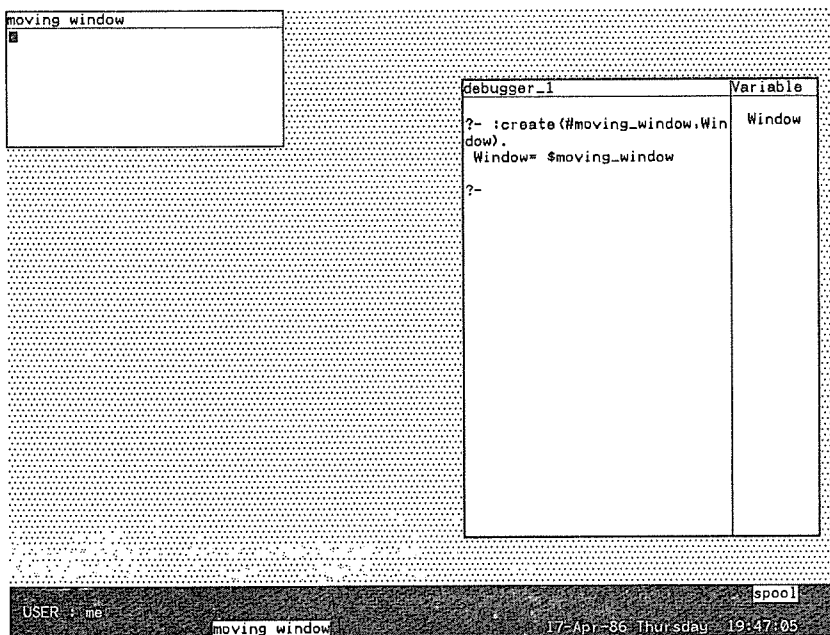


図 9. クラス moving_window のインスタンスの生成

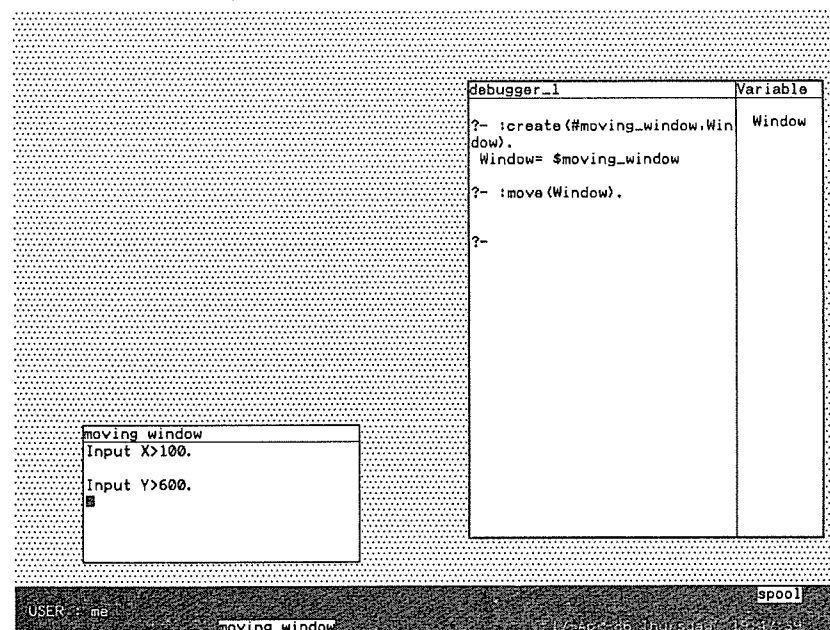


図 10. インスタンスメソッド: move の実行によるウィンドウの移動

エキスパートシステム構築ツール「Ext Kernel」

辻 秀一*・梁田和彦**・進藤静一***・清水広之***・藤田 博***

1. ま え が き

人間の知的機能を支援する人工知能(AI)の一分野である「エキスパートシステム」が、今大変注目をあびている。これは特定分野のエキスパート(専門家)が持つ知識をコンピュータ上に移植し、人間の専門家と同様な種々のコンサルテーションを行うシステムである。このシステムを開発するには、知識表現、推論制御、知識獲得支援などの諸機構が必要であり、これらの諸機構については種々の研究が行われている⁽¹⁾。これらの研究成果をもとにしてエキスパートシステムを構築するに際しては、LispやPrologなどの人工知能用言語を用いるにしても、その構築には多大な労力を必要とする。そのため、エキスパートシステムの開発・構築を支援し、簡便にシステム構築が行えるツールが種々開発されている⁽²⁾⁽³⁾。

この論文で紹介する構築ツール「Ext Kernel」(EXT)もその一つである。EXTは三菱AIワークステーション《MELCOM PSI》上で実現され、使いやすい種々の支援機能を持っている。

2. 特 長

エキスパートシステム構築ツールEXTの特長は、以下のようである。

(1) 日本語による分かりやすい知識表現

専門家(又は知識エンジニア)は、「もし……ならば、……である」というルール形で、すべて日本語を用いて知識を入力することができるので、知識内容が理解しやすく、容易にエキスパートシステムが構築できる。

(2) 簡潔で自然な知識表現

構造的表現形式を用いて知識のユニット化(スキーマ定義)が行えるので、知識の簡潔で自然な表現が可能である。またスキーマ間の階層性の定義も容易に行える。

(3) 高度な知識表現能力

ルールの中でオブジェクト指向言語であるESP*プログラムを記述できる

*: ESP (Extended Self-Contained Prolog) は《MELCOM PSI》の言語である。

利用者

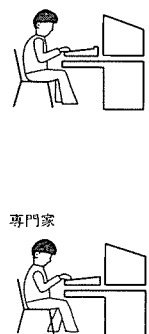


図 1. 「Ext Kernel」の概念図

ので、高度にきめ細かく知識を表現できる。

(4) 効率的で容易なシステム構築

専門家の知識を入力してゆく過程をサポートする機能(EXPRESS)、利用者による実行制御の介入や推論過程の説明やシステムデバッグのサポートなどの機能(EXPLAIN)を、ビットマップディスプレイのマルチウィンドウ上に実現した。知識の入力からデバッグ、推論実行、検証までを同一画面上の各ウィンドウで行え、効率良く容易にシステム構築が行える。

(5) 高速な推論実行

《MELCOM PSI》マシンの機能を最大限に引き出しているため、高速に推論を実行し、実用的なシステム構築が可能である。

3. 機 能

EXTシステムの概念図を図1に示す。図に示すように、EXTの機能は専門家の知識を入力してゆく過程を支援するEXPRESSと、推論過程を説明したり知識の検証をサポートするEXPLAIN及び推論エンジンとに分かれる。

まず始めに、知識表現、推論方式について説明した後に、EXPRESS, EXPLAINのユーザー機能について述べる。

3.1 知識表現

知識ベース内の知識データはルールとスキーマの2種類で表され、この節ではこの2種類の表現仕様について説明する。

3.1.1 ルール

EXTでは、推論はプロダクションルールに基づく三段論法により行われ、(プロダクション)ルールは、「もし……ならば、……である」(IF～, THEN～)という形で表される。

図2に示したルールの表現例(日本語表現とEXT記号表現)にあるように、ルールは「ルール名」と、条件部である「左辺」(もし……ならば)と、動作部である「右辺」(……である)とからなる。このルールによる推論動作の基本原理は次のようである。すなわち、作業領域(WA)が確保されて、この中に幾つかの作業領域要素(WAE)が入っており、ルールの左辺の内容とWA内のWAEとで

```

姿勢軌道制御系チェック：；                                ;ルール名
  チェックが要の姿勢軌道制御系があり                      ;左辺
  チェックが済で状態が正常のセンサ1があり
  チェックが済で状態が正常の電子回路があり
  チェックが済で状態が正常のバルブ駆動回路があり
  window (W) がある
  ならば
    1のチェックは済とし                                    ;右辺
    1の状態は正常とし
    !*, : new_line(W), : put_string(W, "姿勢軌道制御系正常");
  
```

(a) 日本語表現 ルール

```

姿勢軌道制御系チェック：；                                ;ルール名
  姿勢軌道制御系へチェック：要、                          ;左辺
  センサ1へ(チェック：済、状態：正常)、
  電子回路へ(チェック：済、状態：正常)、
  バルブ駆動回路へ(チェック：済、状態：正常)、
  window (W)
=>
  1へチェック：済                                          ;右辺
  1へ状態：正常
  !*, : new_line(W), : put_string(W, "姿勢軌道制御系正常");
  
```

(b) EXT記号表現 ルール

図 2. ルールデータの例

パターンマッチング（照合）が行われ、適合すると右辺の動作が実行されて WA 内の WAE が変更される。

ルールの表現形式の詳細について述べると、左辺は更に「条件要素」又は「ESP 述語」の集まりからなる。条件要素は作業領域要素（WAE）と照合されるパターンである。条件要素には、肯定条件要素と否定条件要素とがある。左辺のすべての条件要素が WA に有り、かつすべての否定条件要素が WA に無いとき、この左辺は WA に適合するといわれ、WA に適合したルールでは右辺の動作が可能となる。右辺は動作と呼ばれる命令の列からなり、この動作内容としては、WAE の生成、WAE の削除、WAE の変更の 3 種類のほかに、ESP 述語によって表される動作がある。

3.1.2 スキーマ

EXT で用いられる作業領域要素（WAE）は、以下のような単純 WAE か複合 WAE かのいずれかであり、スキーマは複合 WAE にて用いられる対象データであり、階層化、構造化して定義することができる。

(a) 複合 WAE：幾つかの「属性名」とその「属性値」を持つ「スキーマ」からなっている。

例 電子回路 A [チェック：済、状態：正常]

ここで、「チェック」と「状態」は属性名であり、「済」と「正常」は属性値である。

(b) 単純 WAE：スキーマ、属性を持たないものである。

例 window (W)

スキーマを定義することにより、EXT で用いられる複合 WAE をあらかじめ定めることができる。スキーマは、スキーマ名、スーパスキーマ名、属性名、属性値とからなる。ここで、スーパスキーマとはスキーマの上位にあるものであり、以下に述べる属性の継承とルールの継承とに関係している。

(1) 属性の継承

スキーマ A がスキーマ B のスーパスキーマであるとき、スキーマ A の属性はすべてスキーマ B に継承される。属性の継承性により、スキーマ間で重複する属性をスーパスキーマでひとまとめに定義しておけば、それらを個々のスキーマで定義する必要がなくなるので、スキーマを簡潔に記述できる。一つのスキーマに対して、スーパスキーマは複数個あってよい。

(2) ルールの継承性

スキーマ A がスキーマ B のスーパスキーマであり、スキーマ A を含むルール集合を {Ra} とする。このとき、{Ra} における個々のルール内のスキーマ A がスキーマ B に継承され、その結果新たなルール集合 {Rb} が作られる。{Rb} は {Ra} の各要素（ルール）の各々に対し、A のスキーマの部分をも B のスキーマに書き換えることによって得られる。

3.2 推論方式

推論は、作業領域（WA）、ルール領域（RA）、制御系の 3 個の部分により行われる。WA には作業領域要素（WAE）が入っており、WAE には単純 WAE と複合 WAE とがある。RA にはルールが入っており、一つのルールは、ルール名、左辺（条件部）、右辺（動作部）からなる。

制御系は、次の「照合-動作」サイクルを繰り返すことにより、推論を実行させる。

(1) 照合（マッチング）

WA の現在の状態に適合する左辺を持つルール（複数個の場合もある）を収集する。適合するルールがない場合には、サイクルの実行は

(ルール領域)

$$P, Q \Rightarrow A \text{ (R1)}$$

$$P, R \Rightarrow B \text{ (R2)}$$

$$Q \Rightarrow R \text{ (R3)}$$

(作業領域)

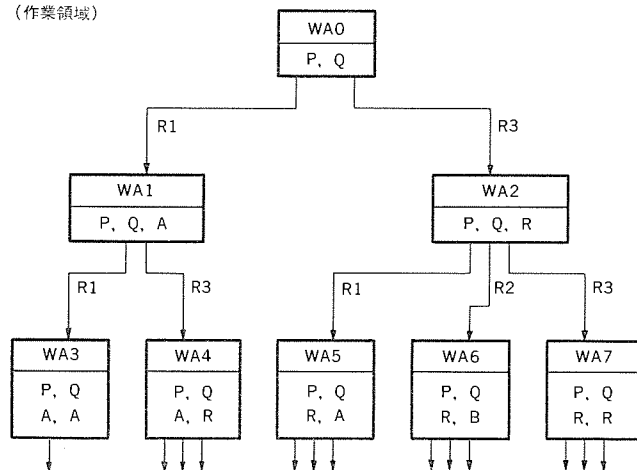


図 3. 推論処理動作の説明

停止する。

(2) 選択（コンフリクトレゾリューション）

適合した複数個のルールから 1 個を選択する。

(3) 動作（アクション）

選択されたルールの右辺を実行する。

(4) (1)へ戻る。

制御系の動作例を図 3. に示す。ルール領域（RA）には 3 個のルール R1, R2, R3 があり、作業領域（WA）の初期状態は要素 P, Q からなるものとする。ルール R1 の解釈は「WA に P 及び Q があれば、要素 A を WA に加えよ」である。実行に関しては、まずステップ (1) で時刻 0 での WA である WA0 に適合する左辺を持つルールを収集すると、ルール R1 と R3 が選ばれる。次にステップ (2) で適用するルールをどちらか一方に決める。ルール R1 を選んだ場合、ステップ (3) で WA に A が付加され、WA0 は次の時刻 1 での WA である WA1 へ変化する。ルール R3 を選んだ場合、同様に WA1 は WA2 へ変化する。以下、ルールが適用されるたびに WA は変化してゆく。

3.3 ユーザー機能

EXT のユーザー機能は、EXPRESS, EXPLAIN であるが、マルチウィンドウによる作業環境、メニューの多用化、メッセージの日本語化などの採用により、分かりやすく、使いやすいユーザーインタフェースを提供している。

3.3.1 EXPRESS

EXPRESS は、専門家の知識をルールやスキーマの形で入力してゆく過程を支援するもので、その機能は以下のようである。

(1) ルールの生成・変更

これは、SIMPOS**が提供するエディタ「Pmacs」機能を用いて、日本語又は EXT 記号で表現されたルールを生成・変更するものである。日本語表現ルールと EXT 記号表現ルールとは相互に変換することができる。

(2) スキーマの生成・変更

これは、構造表現された知識データであるスキーマの生成・変更を行

**：SIMPOS は《MELCOM PSI》のオペレーティングシステム (OS) である。

うもので、マルチウィンドウ上で分かりやすく対話的に操作できる。

(3) ルール／スキーマ 間での無矛盾 チェック

生成したルールにおいて、スキーマが未定義なものを検出し、ユーザーへ知らせる。このように、ルールとスキーマとの不整合を早い時期に検出することにより、システムのデバッグ効率が向上する。

(4) ルール 及び スキーマ 情報の表示

作成したルールについて、ルール名称一覧及び関連ルール一覧や、あるスキーマのスーパースキーマなどの、ルールやスキーマを生成・変更していく上で必要となる種々の情報を、マルチウィンドウ上に表示する。

(5) ルールデータ 変換

スキーマ継承によるルールの生成や、ルールデータの推論実行形式への変換などを行う。

EXPRESS のユーザーインタフェースは、エディタ「Pmacs」を除いて、

表 1. スキーマエディタの コマンド と 機能

コ マ ン ド 名	機 能
ロ ー ド	編集/生成したいスキーマセットをスキーマ内部ファイルからロード
セ ー ブ	スキーマエディタで現在編集中のスキーマセットの内容をスキーマ内部ファイルに書き込む
ス キ ー マ	これから編集しようとするスキーマを画面に表示
ス ー パ ス キ ー マ	スーパースキーマの追加/削除
属 性	属性の追加/削除、属性名の変更
属 性 値	属性の初期値の表示/変更
ス キ ー マ 削 除	スキーマセットからスキーマの削除

表 2. ブラウザの コマンド と 機能

コ マ ン ド 名	機 能
フ ァ イ ル 変 換	ルールファイルからルールセットファイルへの変換
ル ー ル 拡 張	スキーマ/ルールの内部表現から拡張ルールへの変換
コ ン バ イ ル	拡張ルールから実行形式への変換
ロ ード ファイル	大域的情報表示の対象となるスキーマ/ルールセットファイルのロード
フ ァ イ ル 名 一 覧	既存のスキーマ/ルールを格納するファイル名の一覧表示
ル ー ル 名 一 覧	ロードファイルによりロードされたファイル内のルール名一覧表示
ス キ ー マ 名 一 覧	ロードファイルによりロードされたファイル内のスキーマ名の一覧表示
ル ー ル 情 報	ロードファイルによりロードされたファイル内のルールの内容、継承情報の一覧表示
ス キ ー マ 情 報	ロードファイルによりロードされたファイル内のスキーマの内容、階層関係の一覧表示

表 3. EXPLAIN の コマンド と 機能

コ マ ン ド 名	機 能
制 御 変 更	衝突ルール選択モードの指定、実行モードの指定、トレース情報の選択
状 態 変 更	現時点での作業領域の状態を過去のある状態に戻す、又は初期化する
作 業 領 域 変 更	現時点での作業領域の状態に対し指定した要素を追加/削除する
推 論 過 程 本 表 示	現時点までの推論過程をツリー構造で表示する。更に、各推論過程での作業領域の内容を表示する

「スキーマエディタ」と「ブラウザ」とからなる。

(1) スキーマエディタ

スーパースキーマ、属性、属性値に対して、生成、追加、削除、変更などの操作を行うことにより、スキーマの生成、修正を行うものである。スキーマエディタで利用できるコマンド及びその機能を表 1. に示す。またスキーマエディタにて操作している画面例を図 4. に示す。

(2) ブラウザ

ブラウザは、ルール／スキーマ間での無矛盾チェック、ルール及びスキーマ情報の表示、ルールデータ変換などの機能を提供するもので、利用できるコマンド及びその機能を表 2. に示す。

3. 3. 2 EXPLAIN

EXPLAIN は、推論過程をユーザーに説明したり、知識の検証をサポートするためのものであり、その機能は以下のようである。

(1) 実行制御の指定

複数個のルールの左辺が作業領域要素 (WAE) と適合した場合の、ルールを選択するための方法 (衝突ルール選択方法) が、メニューにより対話的に指定できる。また、動作モードとして、通常 (ノーマル) 以外に、1 ルール実行ごとに対話起動が入るステップモードや特定のルールが動作した後に中断するスパイモードなどがある。更に各種トレース出力モードを設定できる。

(2) 検証機能

上記のノーマル、ステップ、スパイなどの各種動作モードを用いて、更に作業領域 (WA) 内の作業領域要素 (WAE) の変更や指定ルールか

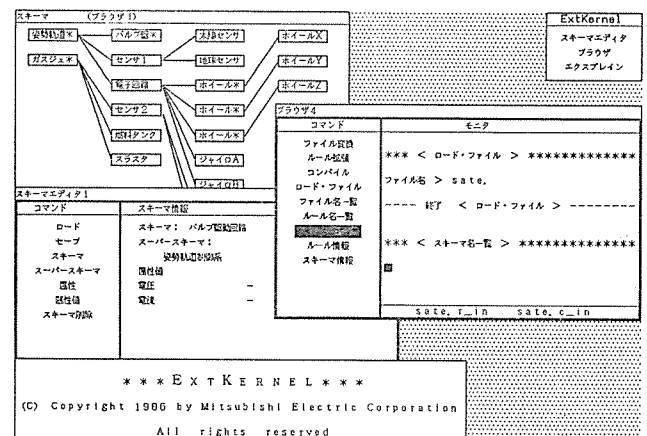


図 4. EXPRESS 画面表示例

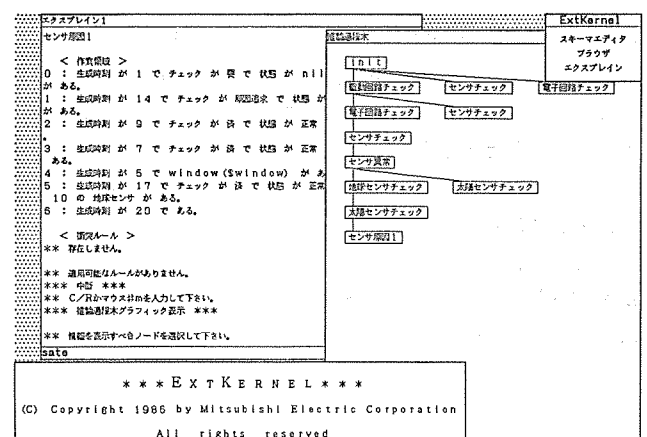


図 5. EXPLAIN 画面表示例

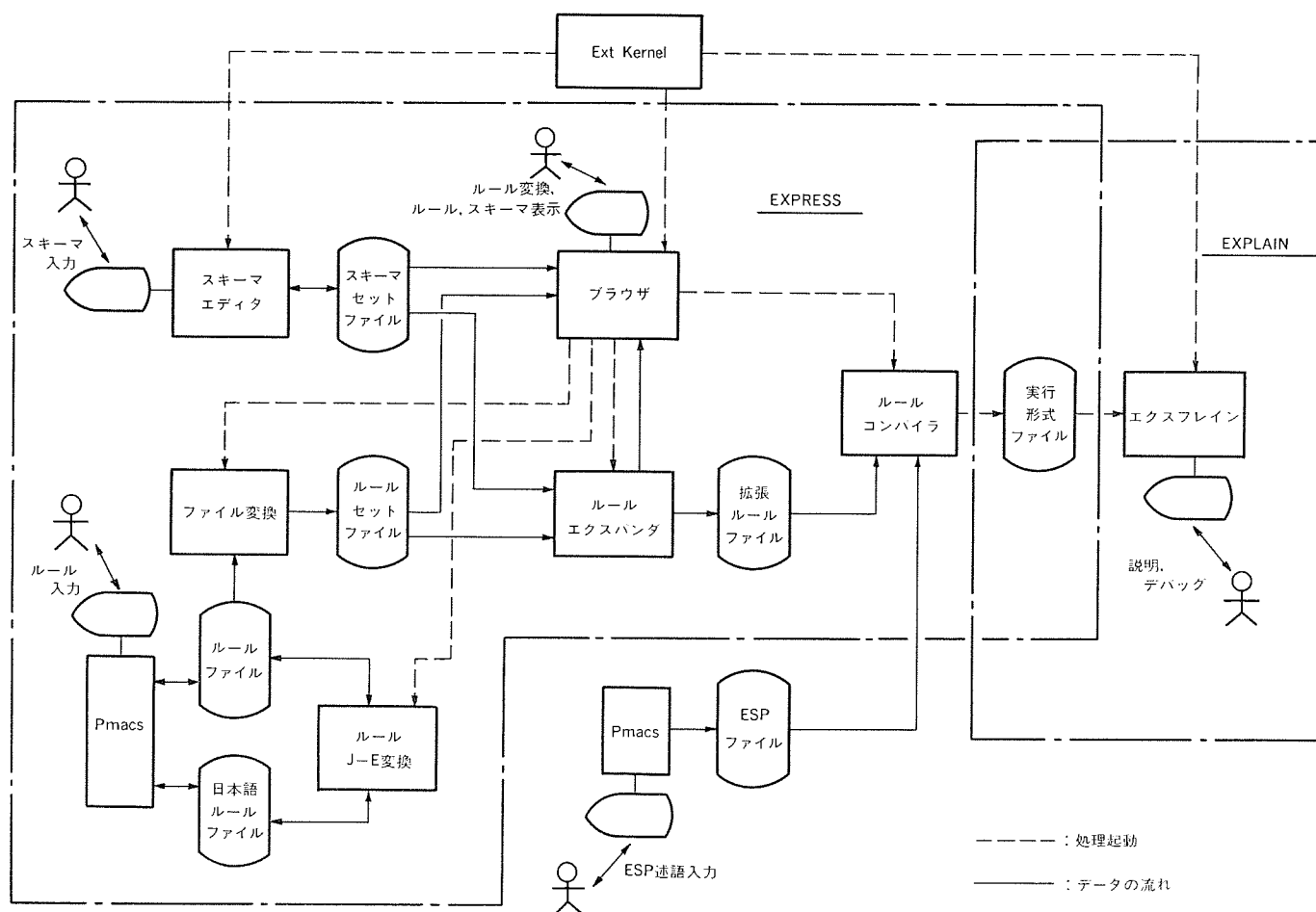


図 6. 「Ext Kernel」のソフトウェア構成

らの再実行などを用いることにより、容易にデバッグや検証を行うことができる。

(3) 説明機能

どのようにして推論結果を導いたかという推論過程や、なぜそのようになったかについてユーザーへ提示する。

EXPLAIN で利用できるコマンド及びその機能を表 3. に示す。また、EXPLAIN で推論を実行中の画面例を図 5. に示す。

4. ソフトウェア構成

(1) 動作環境

EXT は、AI ワークステーション《MELCOM PSI》上に実装されており、使用言語は《MELCOM PSI》のユーザー言語の ESP である。ESP は Prolog にオブジェクト指向の考えを導入した言語であり、プログラムはモジュラリティの高いものとなっている。EXT は PSI の OS である SIMPOS の機能を利用することにより、①マルチプロセス環境、②マルチウィンドウ、ポップアップメニュー、マウスを駆使した快適なユーザーインタフェースを実現している。

(2) 構成

図 6. に EXT のソフトウェア構成を示す。EXT はスキーマエディタ、ブラウザ、エクスペレインの三つの大モジュールからなる。これらは各々独立の

プロセスとして働き、ユーザーはメモリの許す限り上記 3 種類のモジュールを、任意のときに、任意個、起動/終了させることができる。

5. む す び

エキスパートシステム構築ツール「Ext Kernel」を開発したので、その機能、特長などについて述べた。

「Ext Kernel」は、プロトシステムから実用システムにわたり、産業分野、医療分野、オフィス分野などの種々分野のエキスパートシステム構築に大いに役立つものと期待している。

今後は、エキスパートシステム構築ユーザーからの要求を反映して、在来計算機との接続機能を含め、より一層の機能、性能の向上を図る考えてある。

参 考 文 献

- (1) 特集：知識工学，情報処理，26，No. 12 (昭 60)
- (2) F. Hayes-Roth, D. A. Waterman, D. B. Lenat : Building Expert Systems, Addison-Wesley (1983)
- (3) 澤本：PSI 上のエキスパートシステム開発支援ツール，第 5 世代コンピュータシステムに関するシンポジウム (昭 61-5)

1. ま え が き

近年、電力系統の大規模・複雑化に伴い、電力エネルギーの安定かつ経済的供給に対する社会的要請は更に高まってきている。そのため電力会社では高度なエレクトロニクス関連技術を導入し、業務の機械化、設備運用の自動化などを推進するとともに、高度情報通信システムの形成などにより、経営の効率化を展開している。

電力会社の技術部門においても、計算機による機械化・自動化が図られているが、その対象業務は数値計算の比率が高いもの、あるいは比較的論理判断が明確なものに限定されている。したがって、今後更に計算機による機械化・自動化のレベル向上と対象業務の拡大を図るためには、現在人間が行っている高度な知的情報処理を計算機上で実現させることが不可欠となる。

このような背景のもとに、従来、自動化が困難とされてきた電力系統の運用・計画・保守業務の分野に対し、近年、実用化が期待されている知識情報処理技術を適用した自動化システムの研究開発が盛んに進められている。

本稿では、計算機機種として、スーパーミニコン、EWS、パソコンを想定し、人工知能の応用分野であるエキスパートシステムのアプローチを適用した電力系統の運用業務自動化システム、計画業務自動化システム、及び運用・保守業務の効率化・省力化のための教育訓練システムについて紹介する。

2. 系統運用システム

給電所では、周波数制御、運転監視など平常時の監視制御の自動化は進んでいる反面、事故時の対応は運転員に頼っているのが現状である。これは平常時に比べて事故時の監視制御機能が、アルゴリズム化しにくいとと考えられる。こうした難点を克服する一つの有力なアプローチとして、運転員が保有する専門的知識をもとに復旧制御用エキスパートシステムの開発を進めている。

2.1 事故設備の判定⁽¹⁾

事故発生時には復旧制御に先立ち、ま

ず、事故設備の判定が行われる。運転員の事故設備判定の推論過程を実現するため、保護リレーシーケンスの構造と機能を知識ベースに表現し、推論機構に観測データ間の矛盾検出と矛盾解消を行うメカニズムを組み込んでいる。保護リレーシーケンスは論理回路でモデル化されており、停電時に観測値が与えられる。次にモデル化された、すべての論理素子と、すべての接続関係を表現した各端子間の論理式を用いて、観測値を初期値として、推論を繰り返し実行し事故設備に

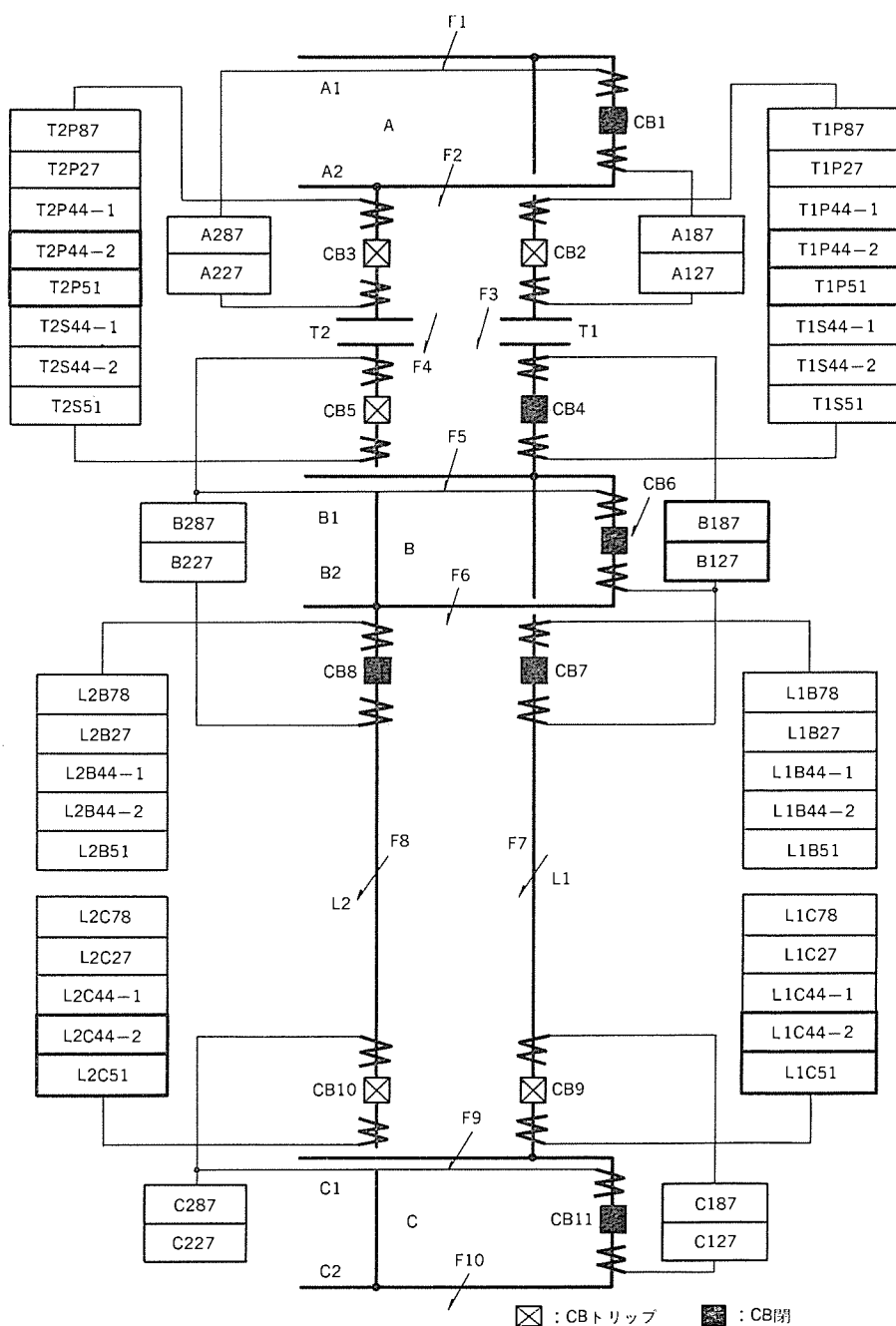


図 1. 事故直後の観測データ

対応する論理変数の値を求めようとするものである。

もし、すべての論理素子が正常に動作しておれば、矛盾は検出されずに事故設備が推定される。一方、ある論理素子が故障しておれば矛盾が検出され、この矛盾の生じた箇所を手掛りにし、この矛盾を解消することで故障素子を推定する。これにより、遮断器の誤不動作を検出し、事故設備を推定する。

図 1. は変圧器 T 1, T 2, 送電線 L 1, L 2 の太枠で囲んだ各後備保護装置の動作と遮断器 CB 2, CB 3, CB 5, CB 9, CB 10 のト

リップが観測されたケースを示している。論理素子でモデル化された保護システムの表現を推論することにより、事故は母線 B 1 で発生し、遮断器 CB 4, CB 6, CB 7 が誤不動作したことが正しく判定されている。

2. 2 復旧系統の決定⁽²⁾

事故設備が確定すれば、復旧制御は復旧系統の決定に移る。復旧制御にはマニュアルなど文書化された知識のほか、各電気所の長年にわたる運転経験から結晶化された知識が活用されていると思われる。

こうした知識をマニュアルや運転員からルールとして抽出した例を次に示す。

- ・ R 1 「もし、ある母線が充電されておらず、かつ故障もしていないならば、その母線は復旧する必要がある」
 - ・ R 2 「もし、ある送電線が充電しており、かつ復旧パターンが 1 か 2 であれば、その送電線による復旧は許容できる」
 - ・ R 3 「もし、ある母線が停電前に送電線から受電していたならば、その送電線による母線復旧のパターンは 1 である」
 - ・ R 4 「もし、ある母線が停電前に送電線から受電していなければ、その送電線による母線復旧のパターンは 2 である」
- 現実の系統に対して試作されたシステムでは、約 100 個のルールで二次系統の復旧知識がほぼ表現できるようである。

エキスパートシステムの手法を復旧制御に適用する場合、上で述べたようなヒューリスティックな問題解決の部分と、潮流過負荷チェックのようなアルゴリズム的な数値解析の部分とをうまく接続する必要がある。このため、推論機構に数値解析プログラムと知識ベースをリンクする機能を追加している。

図 2. (a) の二次系統では破線で囲まれた部分に停電が発生しているが、この系統に上記知識ベースを適用すると最終復旧系統として図 2. (b) の実線で囲まれた解が得られる。

このシステムにはユーザーに対する説明機能が付いている。一つは WHY コマンドであり、他の一つは HOW コマンドである。ユーザーの WHY 入力に対して、システムは実行しようとしたルールを出力することによって推論過程を部分的に説明してくれる。これに対して HOW コマンドは、実際に実行された推論のパスをユーザーに示すことができる。従来の電力系統制御のソフトウェアは、ユーザーからみてブラックボックスであったといえる。これに対し、知識工学シス

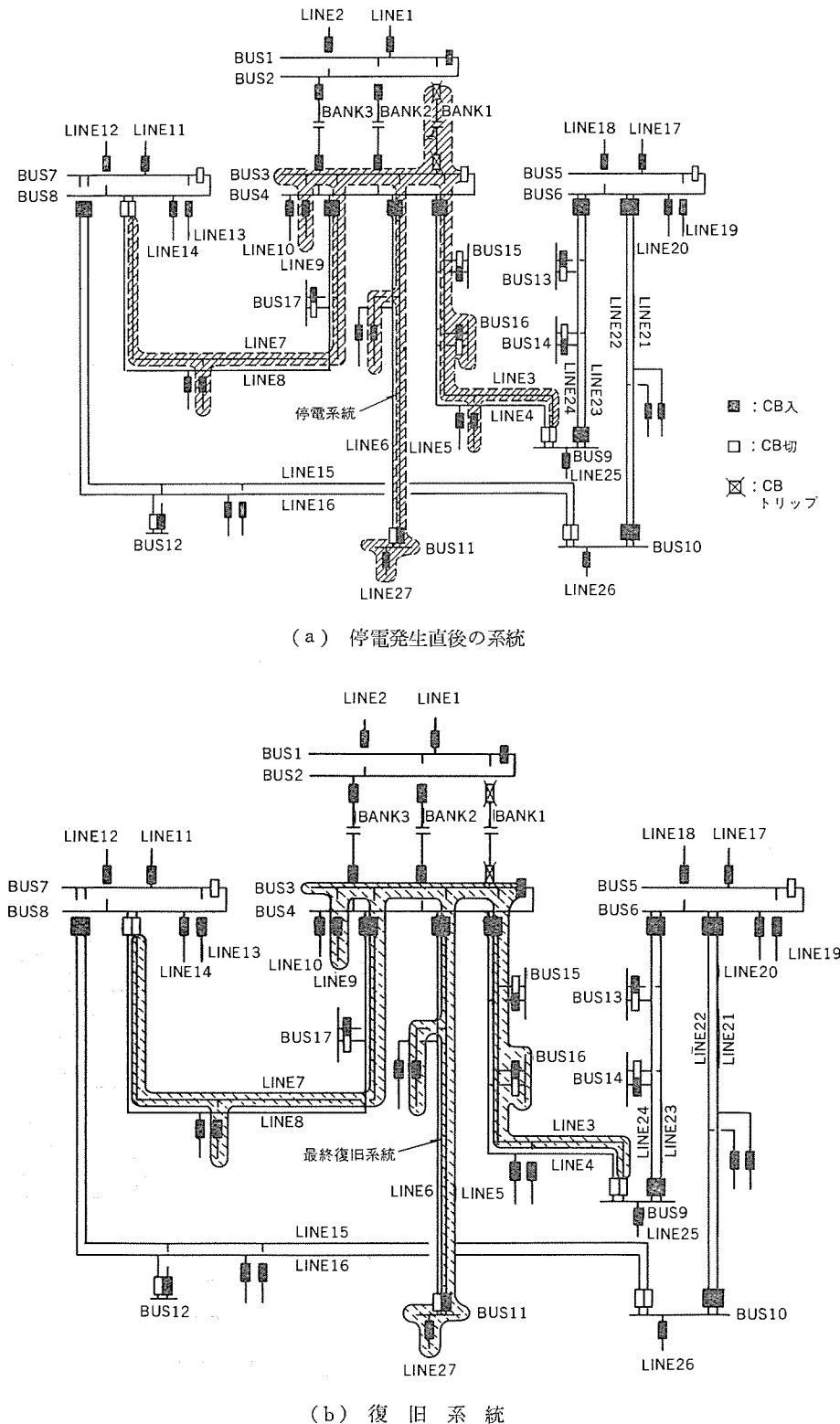


図 2. 復旧系統の決定例

DEM はシステム自体どのような知識を活用して解を導いたかを説明できる点で知的である。こうした知的能力は、系統復旧、要員訓練に代表される新しいシステムにとり重要である。なぜなら、ユーザーが計算機の結果を検証したり、逆に計算機から知識を修得することが容易になるためである。

3. 系統計画システム

電力系統の運用計画、設備計画においては、潮流計算、短絡計算、故障計算、安定度計算、固有値計算、最適設備建設計算など解析学、OR 手法に基づくアルゴリズム中心のプログラムが多数開発され、広く実用化されている。

電力系統の計画には、数年から 20 年先の電力需要予測に基づいて発電所や送変電設備の建設計画を立てる系統計画と、翌日から数年先の既存設備の運用計画とがある。いずれも、建設や運用コストの経済性、系統の安定性、事故に対する信頼性などが評価される。こうした計画作業の業務分析を行うと、解析計算自体に要する時間よりも入力データの作成、計算結果の分析、報告書作成などの知的処理とデータ処理に時間がかかっており、また計画者の熟練度により計画の質、作業効率が、大きく変わることがわかる。個々の解析プログラムは存在しても、それをどのようにうまく使いこなすかは計画者の能力にかかっているといえる。そこで各解析プログラムと計画者の間に、知的支援機能と対話形グラフィックス機能とからなるインタフェースを設け、系統計画を支援するシステムの開発を進めている⁽³⁾。

系統計画における知的支援機能として、①解析結果の診断、不都合箇所の改善案の提示、②入力データの妥当性の検査、③解析プログラムの使用に関するコンサルテーション、④全体的な計画立案の支援などがある。以下、系統計画で代表的な潮流パターン設定における支援例を示す。

潮流パターン設定は、具体的には過負荷一有効電力と電圧異常一無効電力の二つの側面に分けて行う。過負荷については、過負荷送電線の流れ込み側の発電機出力を下げ、流れ出し側で同じだけ上げることで調整を行う。電圧異常については、近くの ShR、SC、発電機 AVR 設定値、又は変圧器タップを調整することにより行う。潮流パターン設定で用いる代表的ルールを次に示す。

- ・ P 1 「もし、過負荷送電線があり、かつその潮流流出側の発電機が原子力機でなく、かつその発電機出力を上げる余裕があれば、過負荷を解消するに足るだけその発電機出力を上げる」
- ・ P 2 「もし、母線電圧が定格の範囲より高ければ、近くの操作余裕のある分路リアクトルを増すか、発電機の無効出力を下げるか、あるいは近くの変圧器のタップを下げる」
- ・ P 3 「もし、発電機無効出力が定格より大きいならば、その発電機の AVR 設定電圧を下げる」

図 3. は EWS 上に実現した計画支援システムを用いて解析した発電機 54 機、261 母線、289 ブランチの系統に対する初期潮流解析を示している。送電線過負荷と母線電圧異常が系統図上に表示されている。図 4. は、上記システムの潮流パターン設定支援の知識ベースを適用して得られた過負荷解消のための出力再配分案である。現在、同システムには潮流解析用に約 100 個のルールが入っており、過負荷解消案の作成が約 2 分、電圧異常の解消についても同じく約 2 分で行える。更に、安定度解析、短絡解析用などの知識ベースを引き続き開発中である。

系統計画にエキスパートシステムを用いる利点として、①それぞれの系

統固有の特徴、運用方針に基づいた知識が多いので、計画者の経験的知識を用いることにより、柔軟な計画が立てられること、②計画知識を人間にわかりやすい形（ルール、フレームなど）で表現できるため、増設や定検などにより常に変化を遂げる系統において知識ベースの修正・保守が容易となること、③説明機能によりブラックボックス化が防げ、教育用としても活用できること、が挙げられる。

4. 教育訓練システム

今日の電力プラントやシステムでは、年々高信頼度化、自動化が進んでいる。今後ともこの傾向は加速されていくであろう。このような状況を運転員からみると、日常的な起動・停止操作の自動化による労力の軽減という大きなメリットがある反面、一方ではプラント事故の経験不足などによるとみられる事故時の運転技能の低下というデメリットが危惧されている。そこで、こうした事態に対処する手段として、運転員の技能、知能面の質的向上を目的とする教育・訓練システムの必要性が高まってきている⁽⁴⁾。

運転員の技能面の向上を目的としては、従来から訓練用シミュレータが大いに活用されてきている。緊迫した臨場感の下に、極めて実務に沿った形で運転技能を修得することができる点に大きな特徴がある。一方において、知能面のレベルアップを行い、プラントの理解を高めておくことも重要である。こうすることにより、不測の事態が発生しても十分に対応できる能力を身につけることができる。前者

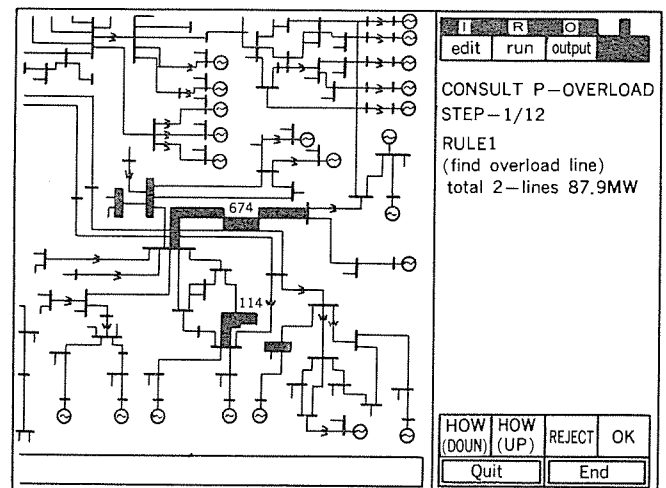


図 3. 初期潮流解析における過負荷送電線と電圧異常母線

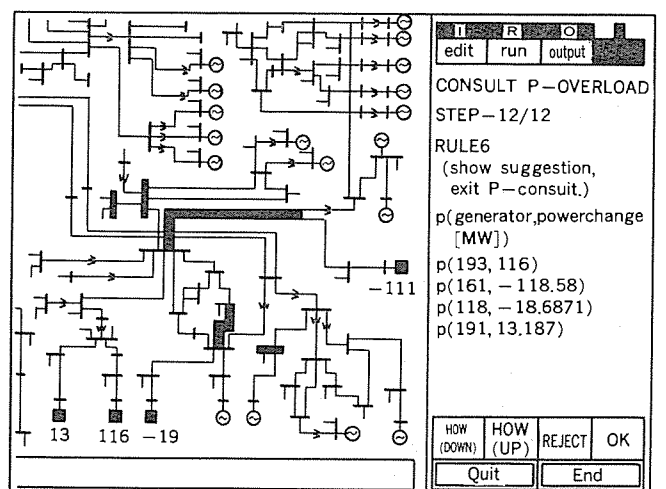


図 4. 過負荷を解消するための発電機出力の再配分案

は主として訓練が目的であるのに対し、後者は教育志向といえよう。

このような教育システムの試みとして開発された、映像メディアを利用したプラント係要員教育用ビデオマニュアル⁽⁵⁾を以下に述べる。ビデオマニュアルの目的は、係要員対象機器設備の物理的構造、係要員箇所、係要員作業などの情報を理解しやすい形で係要員に提供し、実機の係要員箇所とリンクした係要員作業手順のイメージを係要員の心の中に形成することである。ビデオマニュアルのシステム構成を図5.に示す。ビデオディスクにはプラント制御装置の係要員に関連する装置、カード基板、係要員作業、係要員作業を理解する上で必要な用語などの説明がビデオ映像として記録されている。コンピュータは教育を進めていく上で、テキストの文字やグラフィックスの生成、ビデオ映像フレームの選択及び係要員用知識ベースによるガイドを制御している。

システムを起動すると、まず機器係要員のための情報として図5.のように実機の映像と指示文が同一テレビ画面上に表示されてゆく。このときユーザーは指示文に現れる次の事柄に関する知識を、直接その部分を指で触れることにより映像として得ることができる。

- (a) 係要員指示文中に現れる言葉の意味 (what)
- (b) 係要員指示文中に現れる制御装置要素の位置 (where)
- (c) 係要員指示文中に現れる係要員操作・動作の方法 (how)

例えば、『カード A 16 の点 TP 1 の信号をオシログラフで観測し……』という係要員指示文に対して、where、カード A 16 の順に指で触れればカード A 16 へ連続的にズームインしてゆく映像とカード A 16 を示す矢印が画面に表示され、カード A 16 の位置を知ることができる。同様に how、観測と触れれば係要員がオシログラフを用いて観測している様子が画面上にビデオ映像として再現される。このように、ユーザーが係要員マニュアルを学ぶ時に浮ぶ疑問に対して、即座に画像や映像を用いて説明することができ、あくまでもユーザーのペースで修得できるのが特徴である。

ここで、プラント要員の教育訓練への知識情報処理の応用という観点から、その可能性を考えてみる。実務に従事しているプラント要員の振る舞いには、次のものがあると言われている。

- (1) Skill-based なもの (技能的振る舞い)
- (2) Rule-based なもの (マニュアルなどに基づく振る舞い)
- (3) Knowledge-based なもの (動作原理などに基づく振る舞い)

現在、実用化されている多くの訓練用シミュレータは、(1)、(2)の振る舞い、先のビデオマニュアルは、(2)の振る舞いの強化を目的とする支援システムである。(2)の振る舞いはプロダクションシステムの考え方やマッチする部分が大きく、最も有効な分野である。例えば、Rule-based な振る舞いをプロダクションで記述すれば、エキスパートシステムにみられる推論の説明機能 (why, how) を組み込んだ教育訓練システムが作成できる。(3)の振る舞いをどのように計算機上に実現するかは今後の大きな課題ではあるが、動作原理の理解の根本は発生する事象間の因果関係の説明にあることに着目し、知識工学的接近によりイベントシミュレーションを行うのも一つのアプローチであろう。

5. む す び

以上、電力会社の技術部門において知識情報処理技術を適用した電力システムの運用・計画・保守業務の自動化、効率化を実現する具体的なシステム例を紹介した。今後、電力分野では、高度な知的情報処理システムが知識による推論技術、推論計算に適した計算機アーキテクチャ、及び大規模かつ広域データベース技術の発展とあいまって、本格的な実用期を迎えると考えられる。しかし実用化に際しては、更に検討

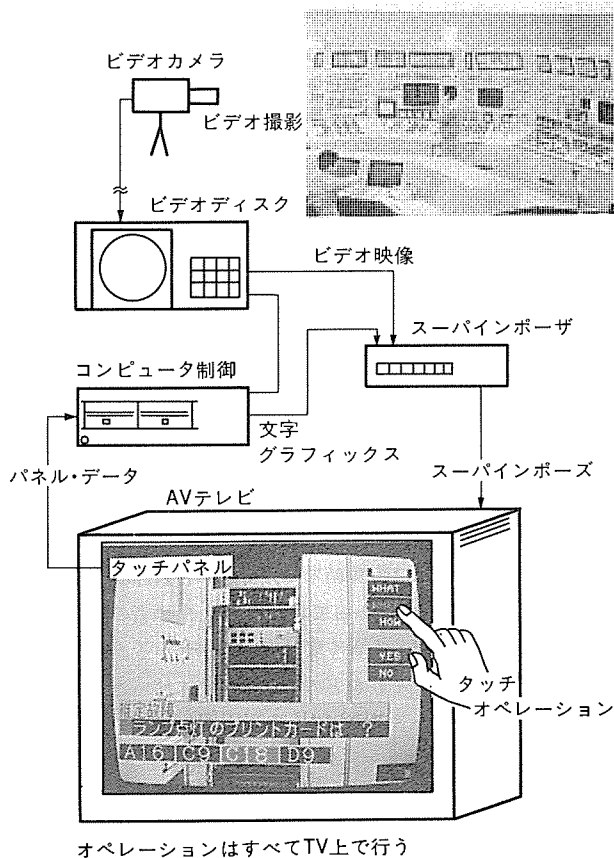


図5. ビデオマニュアルのシステム構成

を要する幾つかの技術課題が存在する。

運用制御システムのような、オンラインリアルタイム向けの高速推論方式の開発がまず急がれる。プロダクションシステムでは、Rete アルゴリズムなどが知られており、当面はこうした方式の実用化が期待される。

また、rule induction 技術などが知られているが、知識ベースに具現化されるルールをいかにして獲得するか、も大きな課題である。更に知識が多くなった場合、知識ベース全体の整合性をどうとるか、すなわち知識ベースの拡張に伴い、新しい知識を矛盾なく取り込むことと、古い知識の消去など、知識ベースの成長を維持・管理する truth maintenance 技術が必要となる。

最後に実用化システムとして重要なのがユーザーインタフェース技術である。特にアドバンスコンピュータグラフィックスを駆使した入出力方式の開発が期待される。

(原稿受付 昭和61-6-2)

参 考 文 献

- (1) 和気ほか：保護リレーシステムの構造と機能に基づく事故設備の判定，電学論 B, 104, No. 10, p. 655 (昭59-10)
- (2) 松本ほか：知識ベースに基づく電力系統復旧方式の決定法，電学論 B, 103, No. 3, p. 175 (昭58-3)
- (3) 河野ほか：電力系統解析支援エキスパートシステムの開発，電学論 B, 105, No. 8, p. 705 (昭60-8)
- (4) 煤孫ほか：給電技能訓練用大規模シミュレータ，電学誌, 105, No. 1, p. 27 (昭60-1)
- (5) 植田ほか：新しいメディアを用いた係要員支援システムの開発，電力技術研究会, PE-85-101, p. 39 (昭60-7)

知識情報処理の鉄鋼システムへの応用

今道周雄*・小林健三*・南里 要*・佐々木道雄*

1. ま え が き

鉄鋼業の情報システム化は既に30年の歴史をもち、販売、製造分野に重点をおきながら進められてきたが、今やあらゆる分野に浸透してきている。コンピュータの整備状況は、昭和59年1月1日現在42社にビジネスコンピュータ455台、プロセスコンピュータ1,433台及び小形コンピュータ1,408台である⁽¹⁾。特に、当社の得意とする圧延・精整ラインの分野では、プロセスコンピュータの利用技術レベルは高く、高性能・高生産性操業はコンピュータの利用技術なしには達成されなくなっている。

鉄鋼業における人工知能（以下、AIと記す）の応用は、このような広汎な計算機の利用状況を基礎として、各社で積極的な導入検討が行われている。主な分野として、下記のことを挙げるができる。

(1) ラインの制御への適用

人手による介入を、しばしば必要とする複雑なラインの制御への適用と、保守性・生産性向上を目指した高級言語の適用

(2) 操業支援への適用

既に高度なレベルでの自動化が進んでいるが、更に無人化操業や高品質成品のための操業などへの適用

(3) 設備の保守・管理への適用

電気・機械設備の24時間保守体制のサポートへの適用

(4) エンジニアリング部門への適用

CAD/CAMを含め各種の設計/解析作業への適用

以下では、当社のコンピュータ納入の豊富な経験を生かした、製鉄業における応用を中心に、AI応用の各種検討及び実績につき紹介

する。2章では当社の人工知能応用システムの特長を、3章ではPrologをオンライン制御へ適用した例を、4章では設備診断システムについて述べる。これらの技術は、製造業一般への適用にも当てはめることができる。

2. 当社の人工知能応用システムの特長

当社のAI応用システムは、その工業用計算機を基本に構成されるが、その特長は下記のとおりである。

(1) 32ビットスーパーミニコン《MELCOM 70 MX/3000》（以下、MX/3000と記す）やICS(Industrial Computer Control System)用計算機である《MELCOM 350-60/500》（以下、M60/500と記す）及び《MELCOM 350-60/300》（以下、M60/300と記す）の上に、推論形・論理形言語であるPrologを搭載し、この計算機をデータ処理や制御用に使用すると同時に、AIの応用にも使用することを可能にしており、これによりAIの実用化を容易にしている。

(2) MX/3000などのスーパーミニコンの上に、エキスパートシステム(ES)構築ツールを搭載しており、これを利用して簡単に知識支援システムを組み上げることができる。

(3) MX/3000などのスーパーミニコン上のESツールに知識を組み込み、計算機診断システムや設備診断システムを構築することが可能である。

(4) (財)新世代コンピュータ技術開発機構(ICOT)で開発され、当社が製品化した三菱AIワークステーション《MELCOM PSI》をスタンドアロン、又はMX/3000やM60と接続して推論エンジンとして用い、エキスパートシステムを構築することが可能である。

応用分野別にシステム構成を検討すると表1.のようになる。すなわち、AI研究開発用システムから製造業向け大規模オンライン制御用システムまでを、《MELCOM PSI》のスタンドアロンシステムから、《MELCOM PSI》とMX/3000とを接続したシステム、更にはMX/3000やM60の大規模システムなどの多様な形態で提供可能である。

3. Prologのオンライン制御への応用

筆者らはProlog言語の特質から、ある特定の分野の計算機システムにPrologを適用して生産性及び保守性を向上させることを検討してきた。既に発表しているとおり、Prolog言語により、ドキュメント量及びプログラムのコード数は約1/3に削減され、また全体の人工の観点からは約60%に削減される⁽²⁾。一方、筆者らの経験から制御用計算機の応用プログラムの約50%は、Prolog言語に適した論理的記述である。このような観点から、論理形言語Prologの広範囲な適用を推奨している。

3.1 Prologについて

通常の言語FORTRANが処理手順をそのまま記述する手順指向形言語であるのに比べて、Prologは論理を記述するのに適した論理記述形言語であり、また何を記述したいかをそのまま記述できる。

Prolog言語の特長は、基本機能として、

表1. AI応用分野別応用形態

各種分類 応用分野	応用形態		
	MELCOM PSI スタンドアロン	MELCOM PSIと M60/MX (M60はオペレータI/F)	M60/MX (PROLOG搭載)
	PSI BMD	他系 PSI BMD M60/MX CRT CRT PIO	他系 M60/MX CRT CRT PIO
(1) 人工知能システム 研究開発用	◎	—	○
(2) 製造業・非製造業向け コンサルテーション システム用	◎	◎	○
(3) 製造業向け 操業支援システム用	△	◎	◎
(4) 製造業向け(小規模) オンライン制御用	—	—	◎
(5) 製造業向け(大規模) オンライン制御用	—	◎	○

* コンピュータシステム 製作所

- (1) 事実の登録が可能。
 - (2) バックトラック機能。
- を処理系がもっていることである。

ユーザーからこれをみた場合、

- (1) 事実の登録ができる。
 - (2) 事実に関する各種問い合わせができる。
 - (3) 規則の登録ができる。
 - (4) 規則と事実を組み合わせた推論ができる。
 - (5) ロジック（論理）の記述に適している。
 - (6) データベースの取扱いが容易である。
 - (7) 日本語の記述（仕様）に極めて類似した形でプログラム化が可能である（日本語との親和性が高い）。
 - (8) FORTRAN に比べ、組込み述語の機能が強力であり、プログラムをコンパクトに作ることができる。
 - (9) フローチャートまでの落とし込みは必要ない。このため仕様書の削減が可能である。
- などの特長をもっている⁽²⁾、更に、当社の Prolog-R は、下記の特長をもっている⁽³⁾。

- (1) プロセス入出力を直接行うことができる。
- (2) M4328 フルグラフィック CRT に出力できる。
- (3) FORTRAN プログラムを FORK できる。
- (4) 日本語（漢字、かな）が使える。
- (5) 2進数、16進数、浮動小数点数が取り扱える。

3.2 Prolog 言語の適用性と Prolog によるコーディング例

3.2.1 生産性向上の観点

Prolog 言語のもつ論理記述形言語の特長を生かして実現できるプログラムのコンパクト性の利点が、生産性向上に役立つと考えられる。すなわち、

- (1) データベース、ファイルの定義が不用（簡単）。
- (2) ファイルアクセスが簡単。
- (3) DIMENSION や COMMON の定義が不用。
- (4) 条件チェック (IF...THEN..., ELSE...) の記述が簡単。
- (5) 自動的に探索して解を求めてくれる。

等々の特長から、同一内容を記述した場合、ライン数は FORTRAN の 1/2~1/4 となる⁽²⁾。

3.2.2 保守性向上の観点

Prolog プログラムによるライン数の削減による保守性の向上は、生産性の向上と密接な関係にある。すなわち、ボリュームの減少は保守性の向上をもたらすことが期待できる。

一方、「日本語の記述に極めて類似した形でプログラム化が可能」、「フローチャートレベルまでの仕様書の落とし込みが不用」の利点から、Prolog プログラムにより維持保守性が向上することが期待できる。

- (1) 日本語 Prolog によるプログラムは、日本語による仕様書と合わせて理解しやすいドキュメントとなる。
- (2) 修正する場合、既設プログラムの理解が易しいため、修正に要する時間が短い。また、フローチャートが不用であるため、ドキュメント更新の時間が少ない。
- (3) 論理の独立性を保つことが可能であり、プログラムの修正が容易となる。

この観点からも、Prolog はどのようなプログラムにも適用が可能である。

3.2.3 論理記述形言語の観点

論理を記述することができる、とは一体いかなる意味をもつか考えてみたい。事物間の関係や事物の性質や意味が正しいか、正しいないかを表すことを論理的記述といえる。

例えば、

- (1) クレーン1が正常である。
- (2) コイル2が幅広コイルである。
- (3) クレーン3がコイル4を搬送中である。

等々はすべて論理的記述である。

それに反し、

- (4) $X = X + 1$ や
- (5) DO 100 I=1, 10
- (6) $F(X) = X^2 + X^2 + 10$

などは手続き形記述である。

上記の論理的表現を Prolog と FORTRAN で記述する比較を試みる。

3.2.4 プログラム例

図1., 図2., 図3. に極めて簡単な例であるが、Prolog と FORTRAN プログラムの比較をしてみた。図でも明らかなように、Prolog によるコード数は FORTRAN の 1/3 以下であることが分かる。更に図3. において、FORTRAN プログラムの場合、クレーン NO(*N) を求めることしかできないが、Prolog プログラムの場合は、*N=2 が使用可か問い合わせるようにも使える。FORTRAN の場合、この目

PROLOG	FORTAN
① クレーン状態(1, 正常) 又は クレーン正常(1)	CRNFLG(1)=1 但し DIMENSION CRNFLG (10) や CRNFLG=1 正常 =0 異常 などを別途定義しておく必要がある。

図 1. プログラム 例一1

②コイル幅(2, 幅広)	CLWID(2)=2 DIMENSIONや定義は①と同じく必要
--------------	------------------------------------

図 2. プログラム 例一2

クレーン使用可(*N)：－ クレーン状態(*N, 正常), クレーン動作(*N, 待機中).	SUBROUTINE CRNPRM (ERRFLG) DIMENSION ... COMMON ... DO 100 I=1, IMAX IF(CRNFLG(I), NE, 1) GOTO 100 IF(CRNFL2(I), NE, 0) GOTO 100 N=I GOTO 200 CONTINUE ERRFLG=1 RETURN CONTINUE ERRFLG=0 RETURN END
100	
200	

図 3. プログラム 例一3

的のために別途のプログラムを作る必要がある。

上記のように極めて簡単な論理の例についても Prolog の優位性は大きい。少し複雑なプログラムにおいては、論理の重なりが 10 ぐらいとなるが、このような場合、FORTRAN では極めて錯そうしたプログラムとなり、Prolog の優位性が強くなることが分かる。

3. 2. 5 論理記述形言語の適用性

既に述べたとおり、Prolog 言語の論理記述形言語としての優位性は明らかとなった。それでは、実際にどのような種類のプログラムに適用するのが適切であろうか。

一般的なプログラムの種別ごとに、それらのプログラムの

- (1) 論理的表現 (多いもの◎, ○印) (加点)
- (2) 数式処理 (多いもの×, △印) (減点)
- (3) 応答性 (要求大のもの△印) (減点)

を評価し、それらの合計を表 2. に総合評価した。すなわち、Prolog は、(1)論理的表現に適するが、数式処理の多いものや応答性を要求されるものは除く考えで検討した。この結果、論理的モデルや操業支援、管理に最適であることが分かる。

表 2. Prolog の適用プログラム

No.	プログラム種別	論理的表現	数式処理	応答性	総合評価	具体例
1	初期データ入力	○	△		△	
2	トラッキング	◎		△	○	クレントラッキング、ヤードマッピング
3	設 定	○			○	
4	シーケンス制御	◎		△	○	クレーン・台車の制御
5	数式モデル	○	×		△	
6	論理的モデル	◎			◎	ヤード運用、クレーン管理
7	CRT 表示		△			
8	ロギング		△			
9	データ収集	○	△			オペレータ支援
10	操業支援・管理	◎			◎	
11	システム構成制御	○		△	△	

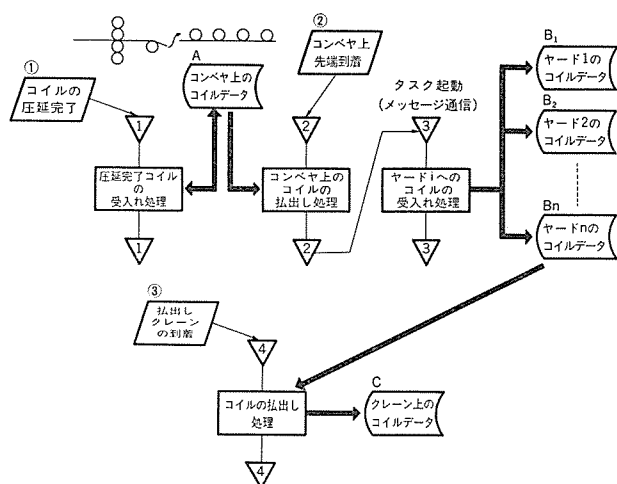


図 4. Prolog の実用例 (多重世界の例)

3. 3 協調的 Prolog 言語による多重世界の実現

上述のような Prolog 言語の特質から計算機システムに Prolog を適用して生産性及び保守性を向上させることを検討してきた。しかるに、現在実用化されている Prolog の処理系では、一面でフラットな世界しか実現できず、実用上問題があったが、MX/2000, MX/3000 に搭載の Prolog-R は下記のようなリアルタイム向きの機能を付与し、大幅に拡張したことにより、Prolog 言語を実際的な応用に使用することが可能となったと考える。

- (1) タスク化が可能であり、多重世界を実現できる。
- (2) Fortran タスクと Prolog タスクの相互起動が可能である。
- (3) Fortran サブルーチンを Prolog に組み込むことができる。
- (4) Fortran 系のファイルを Prolog からアクセスが可能である。
- (5) Prolog タスク間の共通の述語形データベースが構築でき、相互にデータの送受信可能である。
- (6) 起動が短時間に可能である。
- (7) GC(ガーベジコレクション/コンパクション)が必要ない高速 ASSERT/RETRACT が用意されている。

●応用例

一つの典型的な例において、上記の特性がいかなる効果をもたらすか考察してみる。図 4. において、ヤードは圧延された各種の仕様のコイルをその仕様及び後工程の種類に応じて保管するものであり、そのためにコンベヤ及びクレーンがそれらの受入れ及び保管の作業を行っている。一方、このヤードから後工程の払出し要求に応じて、クレーンなどがコイルを払い出してゆく。

通常このような処理を行うプログラムは FORTRAN で書かれ、各々の処理を行うタイミングごとに小さなプログラム(タスクと呼ぶ)に分割される。この場合、各々のプログラム間のデータのやり取りのために、共用ファイル若しくはテーブルが作られ、異なるタスク共通にアクセスが可能である。しかるに、通常の Prolog では一面でフラットな世界しか実現できないので、このようなマルチタスクのプログラムが相互に干渉しながら動作するようなプログラムを実現することは全く不可能であったが、MX/3000 上の Prolog-R では実システムに適用するために必要な下記の特性を備えている。

- (1) Prolog プログラムの多重世界への分割
- (2) 多重世界間の共通データベースと、データベースアクセスのインタロック
- (3) 多重世界間の動作の制御とメッセージ通信
- (4) 同一プログラムでの複数データベース対応で共通の処理

これらの特性を利用して、近々実用化システムの適用が予定されている。

4. 設備診断システム

製鉄所は典型的な設備集中形の産業である。特に、その高生産性を誇る熱間圧延機は、機械-流体-電気-コンピュータを含む複雑かつ高度なシステムである。当社は、この熱間圧延機の電気-制御系に多くの実績を持っている。熱間圧延機的全設備に関し、設備の診断の観点からシステム構成図を描くと図 5. となる。図において、設備との対応で、検出端、前置データ処理装置と計算機での機能を結びつけている。

計算機の機能としては、診断名-診断内容-診断方法の対応づけを行っている。現在各製鉄所では、前置データ処理装置までを自動化し、これで収集されたデータは、人手により解析されているが、徐々にこれらのデータの前処理や診断に AI (エキスパートシステム) の技術を用いて自動化/高度化しようとする試みがある。ここでは、前

向き プロダクションシステムによる電気設備診断エキスパートシステムの概要につき紹介する。

多様な装置群から構成される大規模なプラントにおいて、故障が発生した場合、その故障原因を発見するためには膨大な数の検査を要するので、計算機による故障診断システムが不可欠となってきた。しかし、不均質な構成要素からなるシステムの故障部位を同定する最適なアルゴリズムを作ることは困難である。そこで、プラントの保守要員の経験則を知識ベースに取り込んだ、故障診断エキスパートシステムを製作した(図6.)。

診断対象は、プラントの電気設備などで、ある構成要素での異常が、入出力関係を通じて他の構成要素に伝達されるようなシステムとした。このようなシステムでは、各構成要素の入力及び出力を検査することで、その構成要素の正常/異常が判定できる。しかし、構成要素数が多くなった場合には検査の数が増加するために、構成要素をグループ化してシステムを階層化し、その階層の各レベルで前述の検査を適用する。

この診断システムの利点は次のようになる。

- ・知識ベースの内容が日本語であるので可読性が高い。
- ・システムの構成要素の検査順序が各構成要素の故障確率などを知らなくても決定できる。
- ・システムの構成の変化に対して容易に対応できる。
- ・保守要員の経験則をデータベースに持っているので、チューニングや設備の変更の際知識ベースを変更する必要がない。また、そのために知識ベースに汎用性がある。

5. む す び

当社の計算機システムを扱うコンピュータシステム製作所におけるAI応用の状況について説明したが、AI技術自体これからの物であり、ユーザーの方々とともに実用化に向けて努力してゆきたい。

参 考 文 献

- (1) (社)日本鉄鋼連盟情報システム：統計からみた鉄鋼業のコンピュータ利用の概要，鉄鋼界，34-9 (昭59)
- (2) 丸山ほか：Prolog-R のオンライン制御への適用と評価，計測

自動制御学会第4回知識工学シンポジウム (昭61)

- (3) 芥川ほか：産業応用向けに拡張したProlog，三菱電機技報 58, No. 6 (昭59)

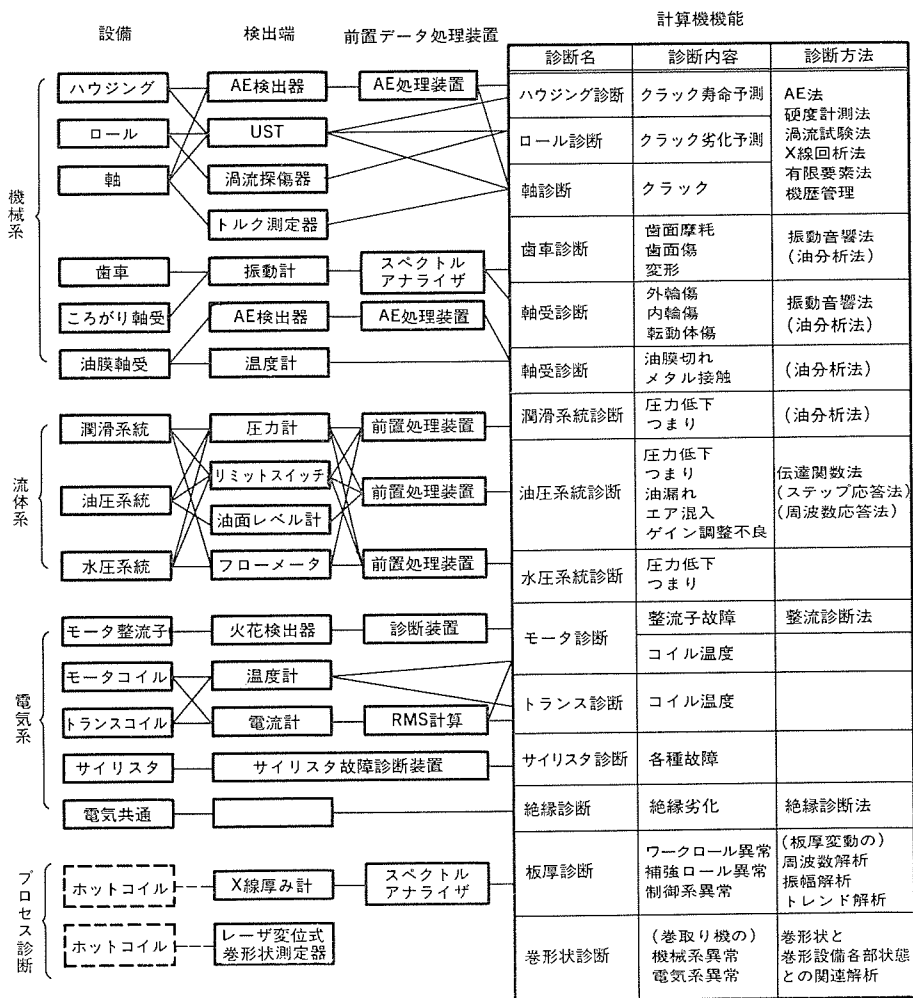
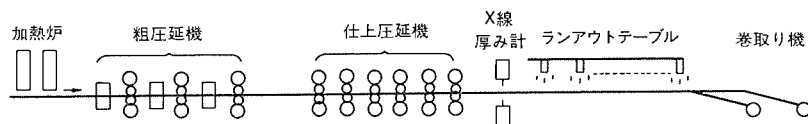


図 5. 熱間圧延機設備診断

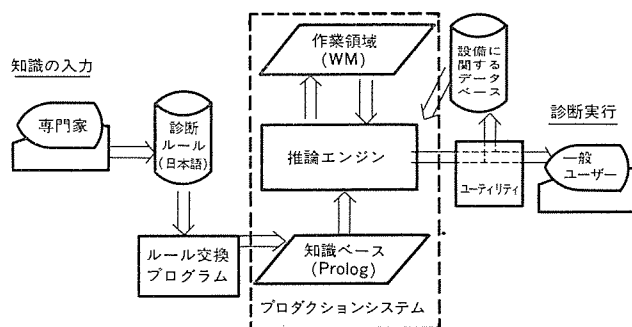


図 6. 電気設備診断システムの構成

1. ま え が き

最近の列車では、チョップ装置、インバータ装置、ブレーキ装置、ATC（自動列車制御）装置など主要機器の電子化の動きが著しい。機器の電子化が進むにつれ信頼度それ自体は向上するが、一度故障が発生すると故障箇所の発見と原因究明に多くの時間が必要となる。実際、保守に要する時間のうち、約 3/4 がそのために費やされている。

このような理由から、列車の中にはモニタリング装置を装備したものが増加しつつある。この装置は主要機器を常時監視しており、異常発生時には乗務員に通報するとともに、機器の信号データを記録するシステムである。異常発生時の信号が記録されるため、偶発的な性格が強い電子機器の異常の原因究明が容易になるという利点がある。その一方で乗務員への通報には、処置の指示が含まれているものがあるとはいえ、詳細な診断に基づくものではない。そのため、本線上で従来以上に適切な処置ができるまでには至っていない。もし、異常が発生した時点で迅速かつ正確な診断と処置の指示ができれば、車両交換による入庫の機会を減らし、ダイヤの混乱を最小限に抑えることも可能となる。

そこで筆者らはモニタリング装置の高機能化の試みとして、異常発生時に得られた信号データをオンラインリアルタイムで診断する、マイコン上のエキスパートシステム（以下、ES とよぶ）を開発した。本稿では、これまでに当社のパソコン《MULTI 16》上に試作したチョップ診断システムの概要について述べる。

2. システムの概要

我々が目標とするシステムの構成を図 1. に示す。波形メモリは異常発生直前及び直後の主要機器の電圧、電流、リレー接点などの信号を数秒間にわたって記録する。この範囲は現行のモニタリング装置では異常が検知された（つまり何らかの警報が発せられた）時刻の 3.5 秒前から 1.5 秒後までである。記録されたチョップ異常信号の例を図 2. に示す。診断システムはマイコン上に実現され、信号の記録が終了した直後に起動される。知識ベースは診断に必要な知識の集積であり、後述するように異常事象間の因果関係が主体である。推論エン

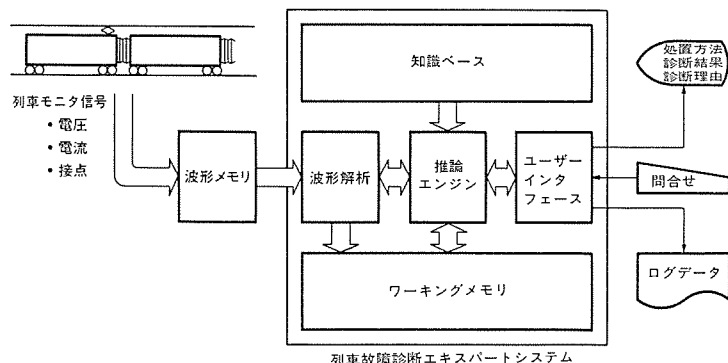


図 1. システムの構成

ジンはこの知識を用いて診断を行うのみならず、システム全体の制御も行ふ。ワーキングメモリは波形の解析結果や推論の途中結果を一時的に記憶し、またユーザーインタフェースはシステムと乗務員の情報交換をユーザーフレンドリな形式で行う。

現在、過去の営業運転時に発生した実際の波形データをオフラインで入力してファイルとし、これを読み込んで性能評価を行っている。このようにした理由は、実車を用いた試験は容易には行えず、評価に時間がかかり過ぎるためである。なお、このシステムではマイコンによるリアルタイム診断を可能にするため、知識表現や推論機構、信号の解析方法をシンプルにして高速化を図った。記述言語は BASIC であり、診断に要する時間は最大約 20 秒である。

3. 信号の取り込みと解析

3.1 波形メモリの動作

正常時には波形メモリは常に稼働しており、最新の 5 秒間の波形を記憶している。モニタリング装置の異常検知回路（図 1. には示されていない）は、異常を検知すると 1.5 秒後にトリガ信号を出し、波形メモリの書き込み動作を停止させる。その結果、異常検知の 3.5 秒前から 1.5 秒後の信号がメモリに残ることになる。以上が現行のモニタリング装置の動作である。目標システムでは、トリガ信号は診断システムの起動も行ふ。

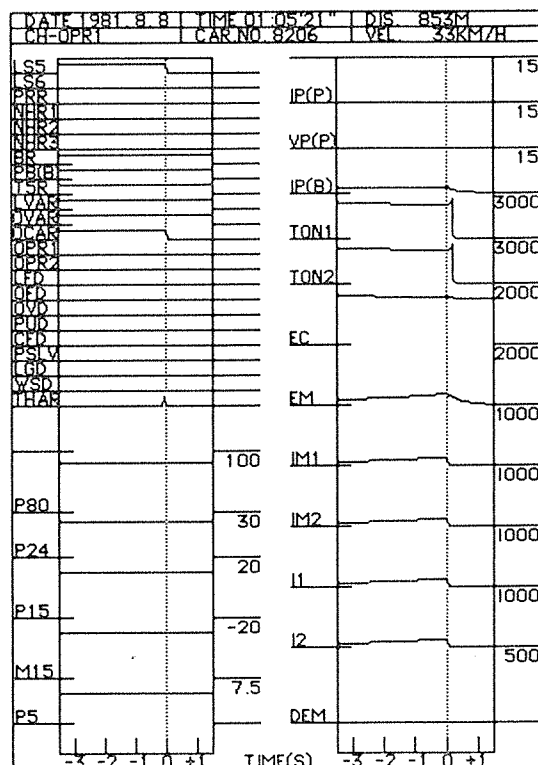


図 2. 記録された異常信号データの例

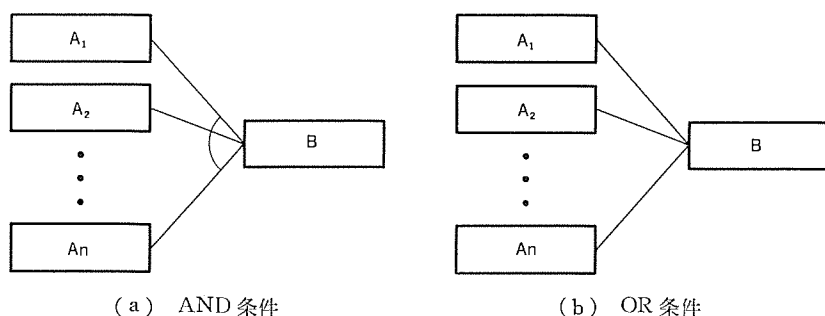


図 3. 事象の発生条件の表現方法

3.2 信号の解析

デジタル信号は初期値と変化時刻により完全に記述でき、その意味の解釈は知識ベースの知識に基づいて推論エンジンが行う。したがってデジタル信号解析プログラムの役割は、単にこれらの値を抽出することだけである。

アナログ信号の解析という、まずFFTやスペクトル、統計などの言葉が連想される。しかし、このシステムが扱う信号を診断するには、このような精密な解析よりもピークの有無、増加か減少かといった大ざっぱな形態解析の方が重要であるし、それで十分である。このことは診断の高速化という点からも都合がよい。具体的には簡単な基準に照らしての二値化であり、例えば信号 $f(t)$ 及び $g(t)$ に対して次のような基準を設けている。

- (1) $f(t)$ が、あるしきい値を越えているか（過電流の検出など）。
 - (2) $f(t)$ の減少速度が、あるしきい値を越えているか（架線電圧急減の検出など）。
 - (3) $f(t)$ が $g(t)$ より大きい（過大モータ起電力の検出など）。
- このような二値化の結果、その真理値が時系列として得られ、後はデジタル信号と同様に処理することが可能となる。

全信号（特にアナログ信号）を無条件に解析すると、解析結果が使用されない場合もあり得るので時間の浪費となる。このシステムでは、診断を行う推論過程で信号解析が必要になったときに初めて解析ル



図 4. 節点属性の表現方法

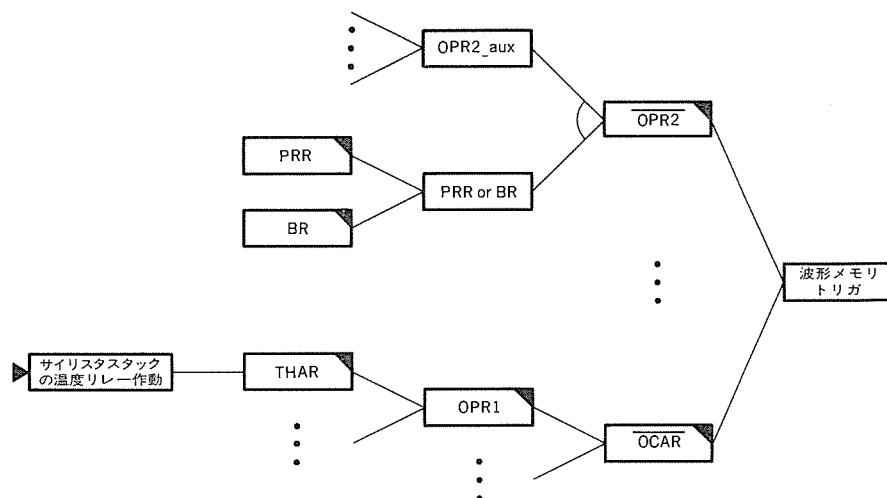


図 5. AND-OR グラフによる知識ベースの一部

ーチンが起動されるようになっている。

4. 診断知識の表現

診断知識は異常事象間の因果関係が主体となる。このような知識の表現には、従来から AND-OR グラフが用いられてきた。このシステムの構築においては、獲得した知識を整理するための外部表現として、この AND-OR グラフを少し拡張して用い、コンピュータ内部ではそれをフレームで表現するようにした。

図 3. に AND-OR グラフによる因果関係の表現方法を示す。図中、節点（く形で図示）は事象を、リ

ンク（直線で図示）は因果関係の存在を示している。異常は左から右へと伝ば（播）する。つまり、あるリンクの左側に書かれているのが原因事象、右側に書かれているのが結果事象である。また、ある事象 B が複数の原因 A_1, A_2, \dots, A_n を持つ場合、その結合条件には AND 条件（図 3. (a)）と OR 条件（図 3. (b)）がある。前者はすべての原因が発生した場合にのみ事象 B が発生し、後者は少なくとも一つの原因が発生した場合に B が発生する。

実際にオンライン診断を行うためには、因果関係の知識だけでは不十分で、観測される信号が異常事象とどのように対応しているかという知識も必要である。そこで筆者らは、グラフの節点に属性を与えるという方法で AND-OR グラフを少し拡張して用いている。現時点では次の 2 種類の属性が与えられている。

(1) 可観測

事象の中には、それに直接関係する信号が波形メモリに記録されているものと、そうでないものがある。ここでは前者を可観測な事象と呼ぶことにする。診断を行うときに、ある事象が発生しているか否かは、それが可観測ならば関連の信号を解析することで確認できるが、不可観測な場合にはその原因事象を調べなければならない。可観測な事象を表す節点は、図 4. (a) のように表示する。

(2) ゴール

現在の知識の範囲内で、発生した異常の根本原因とみなし得る事象であり、図 4. (b) のように表示する。ゴール節点は原因枝を持たないが、逆は真ではない。

これらの属性が診断の際にどのように用いられるかは次章で説明する。どちらの属性も持たない節点は、推論エンジンにとっては単なる AND-OR 合成のための中間節点として扱われる。

図 5. に AND-OR グラフで表現した知識ベースの一部を示す。これは次の知識を表現している。

“PRR 又は BR 信号がアクティブである間に OPR2_aux の原因事象のいずれかが発生すると OPR2 信号が立ち下がり、波形メモリをトリガする。また、サイリスタスタックの異常高温により温度リレーが作動した場合（これは異常の根本原因の一つである）には、THAR, OPR1 の立ち上がり及び OCAR の立ち下がりを経て波形メモリがトリガされる。以上の信号のうち OCAR, OPR1, OPR2, THAR, PRR, BR は波形メモリに記録され

ている。”

5. 推論方法

5.1 電源異常の取扱い

診断知識の中でも、電源異常に関する知識は、他の知識とは異なった性格を持っている。前章で述べた診断知識は電源電圧が正常であることを暗黙の仮定としており、その下で回路の一部に発生した異常の影響がどのように伝播するかを記述している。したがって電源電圧が異常な場合にはこの仮定が崩れてしまい、一般の診断知識は使えなくなってしまう。そこで電源異常に関する知識は、例えば“+5V電源が異常ならば、デジタルIC回路に関する診断知識は無効である”という形で表現されることになる。このような知識は他の知識に言及しており、メタ知識と呼ばれる（メタxとは“xに関するx”の意味である）。電源以外に、気温や湿度などの環境条件に関する知識もメタ知識として扱うべきであることは言うまでもない。

メタ知識を扱うには、知識表現や推論方法にそれなりの工夫が必要となる。しかし、このシステムでは単純化を図るため、メタ知識として電源異常のみを非知識工学的な方法で扱っている（図6.）。システムは通常の知識による診断に先立って電源電圧のチェックを行い、異常が確認された場合には単にその旨を表示して停止する。

5.2 異常波形の記録漏れの対策

図2.と図5.を注意深く比較すると、矛盾があることに気がつく。図5.によればTHARの発生後OPR1が発生するはずであるが、

図2.ではそうになっていない。実はOPR1は発生していたのであるが、信号のサンプリング間隔より短いパルスであるために、波形メモリに記録できなかったのである。波形に異常が現れていないことで探索グラフの枝刈り（解に到達する見込みのない探索の禁止）をしてしまうと、このような場合には診断に失敗してしまう。

このシステムでは診断の信頼性向上のために、異常検知信号（異常が検知されると発生するデジタル信号）は全部調べるようにしている。異常検知信号の数はあまり多くない（チップでは16）ので、このような網羅的方法でも大した時間の浪費にはならない。

5.3 推論方法の概要

図6.に推論方法の概略フローを示す。5.1節で述べたように最初に電源電圧チェックが行われ、異常があればその旨を表示して停止する。正常ならば通常知識による診断が開始される。まず診断結果リストRと探索待ち行列リストQが初期化される。Rは診断中に異常原因の候補であると結論された（つまり探索によって到達し得た）ゴールを記憶しておくためのリストであり、初期値は“空”である。

診断過程はAND-ORグラフの縦形探索として実現され、Qにはその開始節点が初期値として与えられる。一般には単一の探索開始節点を用いることが多い。しかし、このシステムでは5.2節に述べたことを考慮して、全異常検知信号名をQの初期値として与えている。こうすることにより、ある節点から縦形探索を行った後に調べ残した異常検知信号があれば、それを開始節点として再び縦形探索が行われる。

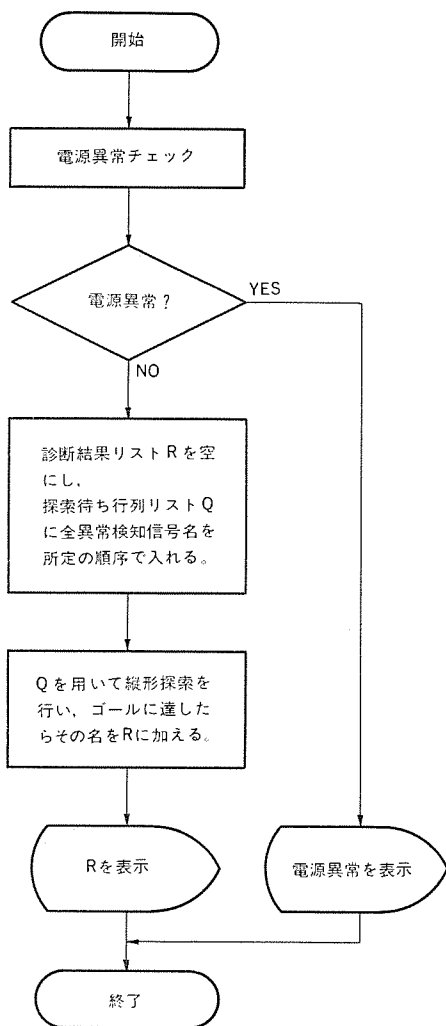


図6. 診断の概略フロー

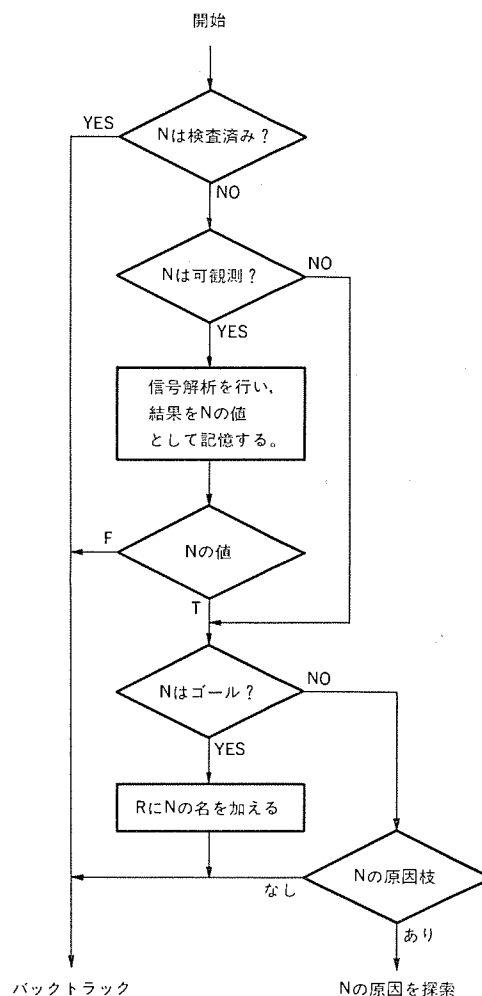


図7. 事象Nの生起チェックフロー（探索プログラムの一部）

個々の節点を検査するための手順を図 7. に示す。グラフの探索では木の探索と異なり、同じ節点に二度以上出会う場合がある。そのため、現在注目している節点 (Nとする) が既に調べられているか否かのチェックを最初に行わなければならない。もし、検査済みならばバックトラック (後戻りして別の節点を探索) する。次に、Nが可観測かどうかを調べる。もし可観測ならば、Nに関連する信号解析ルーチンを起動し、処理結果 (異常が確認された場合には True, そうでなければ False) をNの値として記憶する。そしてその値がFであった場合には、Nの原因を調べる必要はないのでバックトラックする。逆に値がTであった場合、又は不可観測事象の場合には次の処理が行われる。もしNがゴールならば、これを考えられる異常原因の候補の一つとして診断結果リストRに入れ、バックトラックする。ゴールでなければ原因枝があるかどうかを調べ、あれば更に探索を進め、なければバックトラックする。

6. 実行例

この章では、図 2. の波形を診断する場合を例に取ってシステムの動作を説明する。まず電源異常の有無を確認するために、電源電圧波形 (P 80, P 24, …, P 5) を調べる。いずれも許容範囲内にあるので、そのまま通常の診断を開始する。以下、図 5. に沿って探索過程を説明する。探索待ち行列Qの初期値を (\overline{OCAR} , OPR 1, THAR, …) とする。

(1) Qの最初の要素は \overline{OCAR} であるから、この節点から縦形探索が開始される。 \overline{OCAR} は可観測なので信号が解析され、異常が発生していることが確認される。

(2) 探索は OPR 1 へと進み、ここでも信号が解析されるが、OPR 1 の異常発生は否定されてしまう (図 2.)。 \overline{OCAR} の他の原因も調べられるが、すべて正常と結論され最初の探索は失敗する。

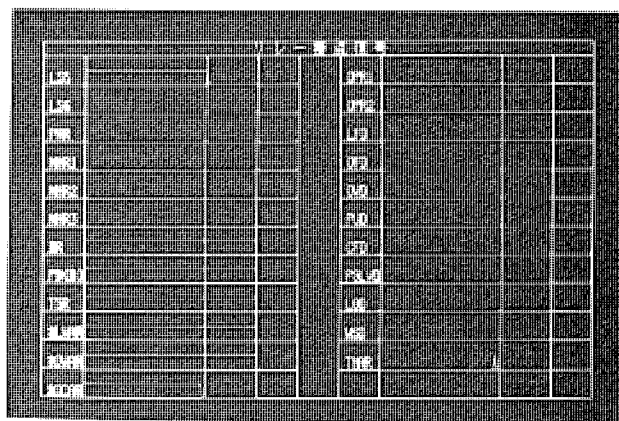
(3) 次にQから ORR 1 が取り出されるが、既に調べられているため次の THAR を取り出し、そこから縦形探索を開始する。THAR の波形には異常が認められ、探索は次の “温度 リレー 作動” へと及ぶが、これはゴールなのでその名が診断結果リストRに入れられる。ほかにバックトラックすべき枝がないので、この探索は終了する。

(4) 以下同様に、Qの残りの節点から縦形探索が開始されるが、いずれも失敗し、最終的にRの中身は “温度 リレー 作動” のみとなる。これが診断結果として表示される。

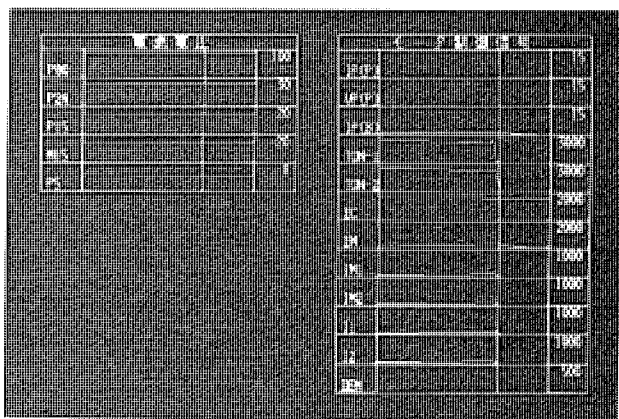
図 8. は、《MULTI 16》上のシステムで、図 2. の波形を診断したときの画面である。モニタリング装置がチョッパに関して記録している信号は 40 点もあり、これらを同時に 1 枚の画面に表示することはできないので、23 点のデジタル信号 (図 8. (a)) と 17 点のアナログ信号 (図 8. (b)) に分けて表示している。白黒写真なのでわかりにくいですが、診断の結果、異常伝播に関与したとみなされる信号は赤で、その他の信号は緑で表示されている。これらの画面に続いて、確認された波形の異常と最終的な診断結果 (異常原因の候補) が表示される (図 8. (c))。

7. む す び

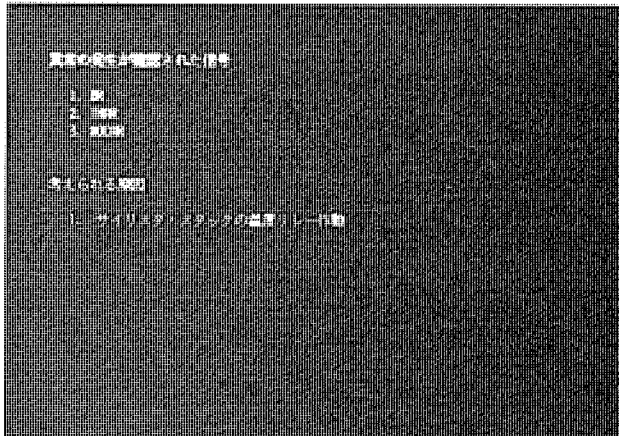
以上、列車故障診断 ES について述べた。今後保守の重要性が増すにつれて、機器・設備診断 ES へのニーズも高まってくるものと予想される。今後も実用化に向けて知識ベースの充実、推論エンジンの改良、説明機能の追加などを行ってゆく予定である。



(a) デジタル 信号



(b) アナログ 信号



(c) 診断結果

図 8. 《MULTI 16》による診断例

参 考 文 献

- (1) 西内ほか：列車異常診断 エキスパートシステム、第 11 回 システムシンポジウム 講演論文集, p. 29 (昭 60)
- (2) 西内ほか：列車故障診断 エキスパートシステム、第 4 回知識工学シンポジウム 資料, p. 39 (昭 61)
- (3) 六藤ほか：鉄道車両用 モニタリングシステム、三菱電機技報, 54, No. 7 (昭 55)
- (4) 芦谷ほか：鉄道車両におけるマイクロコンピュータの応用、三菱電機技報, 57, No. 9 (昭 58)

1. ま え が き

宇宙分野への知識情報処理の応用は、多岐にわたる様々なシステムが考えられるが、ここでは人工知能の一環であるエキスパートシステムに関して、宇宙分野の各種システムへの適用について概要を紹介する。

従来のデータ処理コンピュータに加えて、専用の推論マシンも登場し、エキスパートシステム構築の環境は、ハードウェア、ソフトウェア共に大きく変化しつつある。宇宙分野でも、米国を中心とする各国、各機関の協力による宇宙基地計画が発表されて以来、エキスパートシステムの宇宙基地などへの応用研究も盛んになり、我が国でも各方面で研究開発が進められている。

このような時期に、この分野での当社の技術の一端を紹介し、宇宙開発関連部門をはじめとして、関係方面への御参考に供する。

2. エキスパートシステムの応用分野

宇宙分野の各種システムは、他の分野と同様に、今後ますます大規模、複雑多岐にわたるシステムへ発展していくことは必至である。これらの高信頼性を要求されるシステムを、人手により完全に管理・運営するには、おのずと限界があり、機械化の一環としてエキスパートシステム導入の必要性がクローズアップされている。

しかし、どのようなエキスパートシステムを構築すると、宇宙分野の各種システムに対して有効であるかは未知数であり、今後の研究開発の成果によるところが大であるが、現時点では、次に示す宇宙分野への応用が有効と考える。

- ・ 宇宙基地内の各種運用管制
- ・ フリーフライヤ／プラットフォームの運用管制
- ・ 各種宇宙実験
- ・ 人工衛星の試験、運用訓練
- ・ フライトデータ処理／評価
- ・ ミッション／システム解析
- ・ 運用管制シミュレータ
- ・ 人工衛星追跡管制
- ・ 通信制御
- ・ リモートセンシング

これらの分野に応用されたエキスパートシステムは、地上での各種専門家の負荷の軽減と判断の支援などを行うシステムとして有効であるばかりでなく、宇宙基地内などの宇宙での限られた専門家に対する支援システムとしても、大いに役立つものと期待されている。

3. エキスパートシステム適用例

エキスパートシステムを宇宙分野へ適用するに当たっては、何が有効であるかを十分に見極めてから実用化に入ることが重要である。

しかるに、知識工学分野の本格的な研究は始まったばかりであり、現時点では理論研究だけでこの回答を得ることはできず、実験研究的なアプローチが必要とされている。そこで、当社では実験モデルと

してのエキスパートシステムの応用試作システムを作り、機能の確認と評価を実施し、エキスパートシステムの宇宙分野への有効性について検討した。以下にその概要を紹介する。

3. 1 宇宙基地／フリーフライヤ運用管制エキスパートシステム

3. 1. 1 運用管制の概要

図1. に示す宇宙基地やスペースシャトルの周囲を編隊飛行して、各種観測や宇宙実験を行うフリーフライヤ（大型人工衛星の一種）の計画がある^{(1),(2)}。これら宇宙基地などからフリーフライヤを運用管制するためには次に示す各種機能が必要となる。

- ・ 軌道・姿勢決定／予測
- ・ 軌道・姿勢マヌバ計画、実行、モニタ（ランデブー、ドッキングも含む）
- ・ ミッション機器／バス機器のハウスキーピング、チェックアウト
- ・ テレメトリ／コマンド系データ処理
- ・ ミッション機器／バス機器の運用計画、自動運用の指示とモニタ
- ・ 飛行交通管制
- ・ データ中継衛星との通信、データ伝送／受信
- ・ 地上局との通信、データ伝送／受信
- ・ マヌバ緊急対策、不具合診断／処置など

これらの運用管制業務を宇宙基地内の限られた専門家で対処するには、おのずと限界がある。そこで、省力化／自動化を目指して、各専門家の負荷の軽減や判断の支援を行うエキスパートシステムが必要となる。

3. 1. 2 エキスパートシステム

(1) 試作システムの構成

宇宙基地内に設置され、フリーフライヤの運用管制を行うエキスパートシステムを含む全体システム構成例を図2. に示す。この図に示す機能を確認し評価するために、地上実験モデル（パイロットモデル）を試作した⁽³⁾。

試作システムのハードウェア構成は、図3. に示すように、従来形データ処理マシンとしての汎用スーパーミニコンピュータ《MELCOM MX/3000》とエキスパートシステム用として、推論専用の三菱 AI ワークステーション

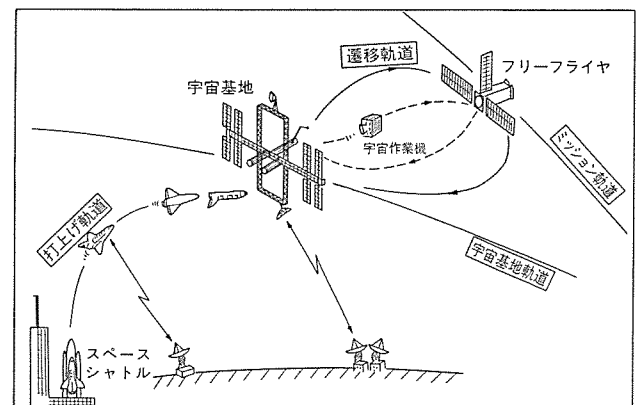


図 1. 宇宙基地計画の概念図

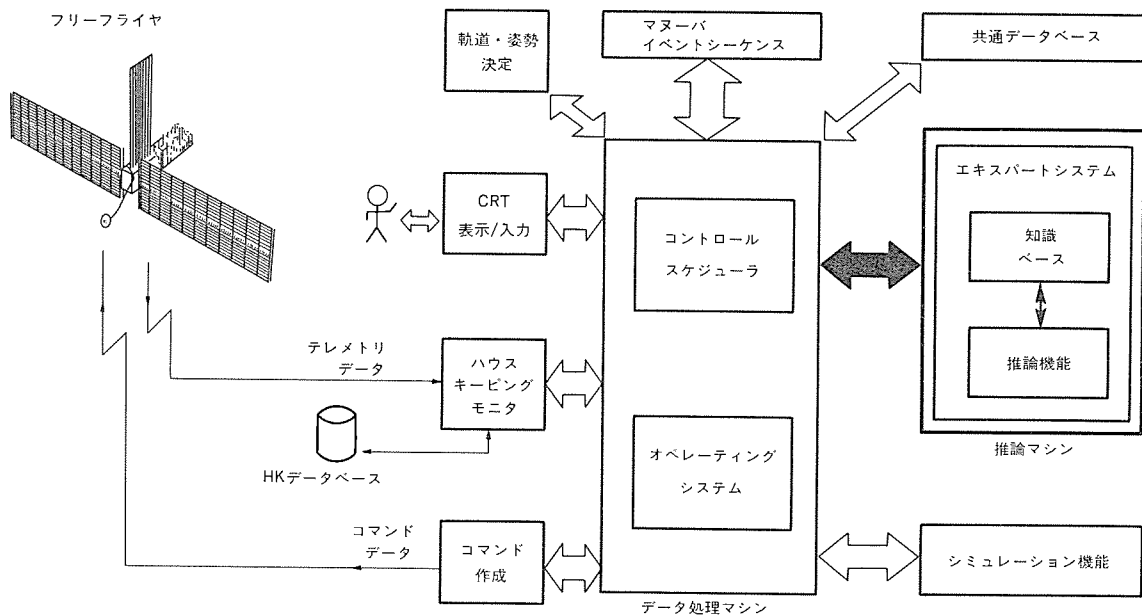


図 2. 宇宙基地／フリーフライヤの運用管制システム

ョン《MELCOM PSI》とを接続した。このようなハイブリッド形を採用したことによりこのシステムの一番の特長がある。これは宇宙分野特有の多種多量データの高速オンラインデータ処理と、高速データ診断の必要性から、このようなデータ処理マシンと推論マシンとで得意分野の処理を分けて行う機能分担を行った。

データ処理マシン側では主として、電気推進なども含む飛行軌道のシミュレーションと、フリーフライヤの各種テレメトリデータ処理を行う。そして推論マシン側では、主に処理済みのテレメトリデータの診断と飛行軌道マヌーバ診断及び不具合対策立案を行うシステムとした。

(2) 専門知識の抽出と整理

エキスパートシステムを構築する場合に、エキスパートシステムの知識ベースに入れるべき専門知識(ここでは、宇宙基地やフリーフライヤの運用管制に関する専門家の持っている知識)が一番注目すべき問題である。各専門家が長年の経験や学習によって得たノウハウを含む専門知識を、いかに上手に専門家から抽出し、分類整理して、知識ベースとして推論マシン上に構築して行くかが重要ポイントとなる。今回の試作では、図 4. に示す「エキスパートシステム知識情報」カードに各専門家からの知識情報を記入し、分類整理して使用した。このカードにはルール記入欄が設けてあり、知識ベース中でルール化された内容と、当初の知識情報との対応が可能になるように工夫されている。

(3) 知識のルール化

分類整理した知識をエキスパートシステム構築用ツール「EXT KERNEL」を使い、ルールプログラムに変換して知識ベースを構築する。知識ベース中のルールプログラムは、一例を図 5. に示すように、プログラムの中でルール内容を直接日本語で表現することが可能である。したがって和文ワープロを使う感覚でルールプログラムの作成が

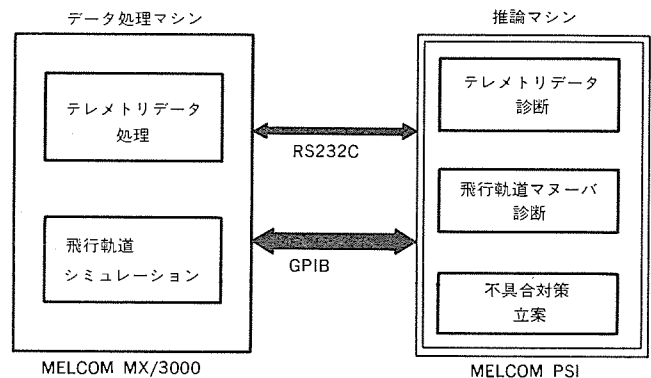


図 3. 試作システムのハードウェア構成と機能ブロック

EXPERT SYSTEM 知識情報				分類	A-1
専門家知識情報		専門家	所属	名前	入手日付
<p>タイトル：フリーフライヤ状態モニタ(遷移軌道投入時)</p> <p>(1) Sun Angleが±30°以内ならば投入姿勢は正常である。</p> <p>(2) ±30°以外ならば緊急姿勢制御を実施して、±30°以内に入れる。(太陽電池発電能力に関係する)</p> <p>→緊急姿勢制御コマンドの作成、</p> <p>姿勢制御シミュレーション実施、コマンドの確認</p> <p>→緊急姿勢制御手順の表示</p>					
ルール					

EXPERT SYSTEM知識情報				分類	A-2
専門家知識情報		専門家	所属	名前	入手日付
<p>タイトル：フリーフライヤ状態モニタ</p> <p>(1) Sun Angleとそのノミナル値との差が5°以内ならば正常</p> <p>(2) 5°以上ならば投入姿勢に異常が発生している可能性が高い。</p> <p>→姿勢決定結果が得られるまで待ち。</p> <p>入手後投入姿勢の確認を行う。</p>					

図 4. エキスパートシステム知識情報抽出例

でき便利である(詳細は本誌 p. 15「エキスパートシステム 構築 ツール EXT KERNEL」を参照)。

(4) システム 系統図の作成

推論マシン上で推論の実行過程や、各種診断の状況をグラフィック表示させると、専門家と推論マシンとの対話がスムーズになり便利である。この試作システムでは、フリーライターのシステム/サブシステムの系統図を作り、推論マシン側のビットマップディスプレイ上に表示させルールプログラムと連動させて、診断過程などが系統図上に表示されるよう工夫した。マルチウインドウ表示が可能であり、必要な系統図を呼び出し、不具合箇所の診断状況をグラフィック表示できるため有効である。オブ

ジェクト指向論理形言語 ESP を使ったこれらのグラフィックプログラム例を図 6. に示しているが、クラス単位でモジュールの定義ができ、和文表現も可能であるので、この種のシステム系統図作成及びルールプログラムとの結合も簡単にできて有利である。

(5) 診断実行

データ処理マシン側での2進-10進数変換や、各工学値単位への変換及び編集処理されたテレメトリデータは、通信回線(RS 232C 又は GP IB)経由で推論マシンへ渡り、テレメトリデータ値に基づく各種診断が実行される。

図 7. の診断/対策フローに示すように、推論マシン上のシステム系

統図を使い各種診断過程と対策案を表示する。そして、対策案を実行したときの計算機シミュレーションは、データ処理マシン側で実行され事前に確認しておく。最後に、専門家による最終判断に基づき対策の実行が行われ結果が表示される。

推論マシン側の診断画面例を図 8. に示す。この図で、右側のウインドウにデータ処理マシン側から送信されたテレメトリデータの内容の一部が表示されており、下側のウインドウは診断結果や対策などを表示して、専門家との対話を行う画面となっている。更に診断トレースも可能であり、ルールの照合状況や、ワーキングメモリ内の各要素名なども図 9. に示すようにウインドウ表示が可能であり、診断根拠などを調べるときに便利である。

3.2 人工衛星試験エキスパートシステム

従来の人工衛星の試験装置には、ミニコンレベルの汎用データ処理コンピュータが導入

```
rule010::
attitudel.
window4 (Ws).
window3 (Wr).
window2 (Wq).
window1 (Wg).
data (Data).
[*, :transfer (Wg, 380, 70, 380, 70, 200, 20, reverse)].
[*, :set_title (Wq, "***** 軌道投入姿勢の診断を開始します *****").
: set_title (Wr, " [ 診断結果 ] ").
: set_title (Ws, " [ 対策 ] ").
: activate (Wr).
: activate (Ws).
: activate (Wq).
: read (Wq, C).
: transfer (Wg, 70, 330, 70, 330, 148, 20, reverse)].
[*, :set_title (Wq, "質問 : 太陽照射角 (Sa) は+-30度以内ですか?").
: activate (Wq).
: write_lines (Wq, "テレメトリデータ (MX3000 ==> PSI) : Sa=").
: read (Data, "Sa", Sa).
: get_floating_number_string (#symbolizer, Sa, 4, Sa_string).
: write_lines (Wq, Sa_string).
: write_lines (Wq, "[ 実行キーを入力して下さい ] ").
: read (Wq, C).
[*, (Sa < -30.0 ; Sa > 30.0)]

==>
-- 1.
[*, :set_title (Wq, "***** 軌道投入姿勢系に異常が発生しました *****").
: activate (Wq)].
[*, :write_line (Wr, "太陽照射角 (Sa) が+-30度より大きいので太陽照射角は異常です").
: write_line (Ws, "緊急姿勢制御を実施し、太陽照射角を+-30度以内に下さい").
: demo_t1 (#demo_t1, Wg)].
[*, :transfer (Wg, 900, 70, 900, 70, 100, 20, reverse)].

rule020::
attitudel.
window4 (Ws).
window3 (Wr).
window2 (Wq).
window1 (Wg).
data (Data).

[*, :set_title (Wq, "質問 : 太陽照射角とその基準値との差 (S
: clear (Wq).
: clear (Wr).
: clear (Ws).
: activate (Wr).
: activate (Ws).
```

図 5. ルールプログラム例

```
class graph has
: graph (G, Wg) :-
: create (#font, ">sys>font>kanji_16, font", Font1).
: create (#font, ">sys>font>kanji_28, font", Font1).
: create (#essential_window, [position (0, 0), size (1200, 690)].
: set_label_flag (Wg, off).
: activate (Wg).
: draw_rectangle (Wg, 0, 0, 1200, 690).

% For Titles
: draw_string (Wg, 360, 20, "人工衛星診断", Font1).
: draw_string (Wg, 900, 20, "三菱電機株式会社").

% For Injec-Att
: draw_rectangle (Wg, 380, 70, 200, 20).
: draw_string (Wg, 400, 70, "軌道投入姿勢診断中", Font1).

% For Nutation
: draw_rectangle (Wg, 380, 100, 200, 20).
: draw_string (Wg, 400, 100, "ガスジェット系診断中").

% For Tank-Temp
: draw_rectangle (Wg, 380, 130, 200, 20).
: draw_string (Wg, 400, 130, "姿勢軌道制御系診断中").
: draw_rectangle (Wg, 170, 70, 170, 70).
: draw_string (Wg, 190, 70, "トランスミ
: draw_rectangle (Wg, 170, 100, 170, 100).
: draw_string (Wg, 190, 100, "ガスケット系診断中").
: draw_rectangle (Wg, 170, 130, 170, 130).
: draw_string (Wg, 190, 130, "姿勢軌道制御系診断中").
```

図 6. グラフィックプログラム例

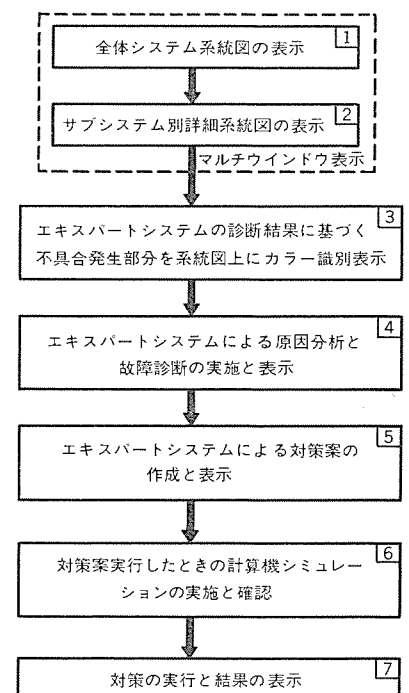


図 7. 診断/対策フロー

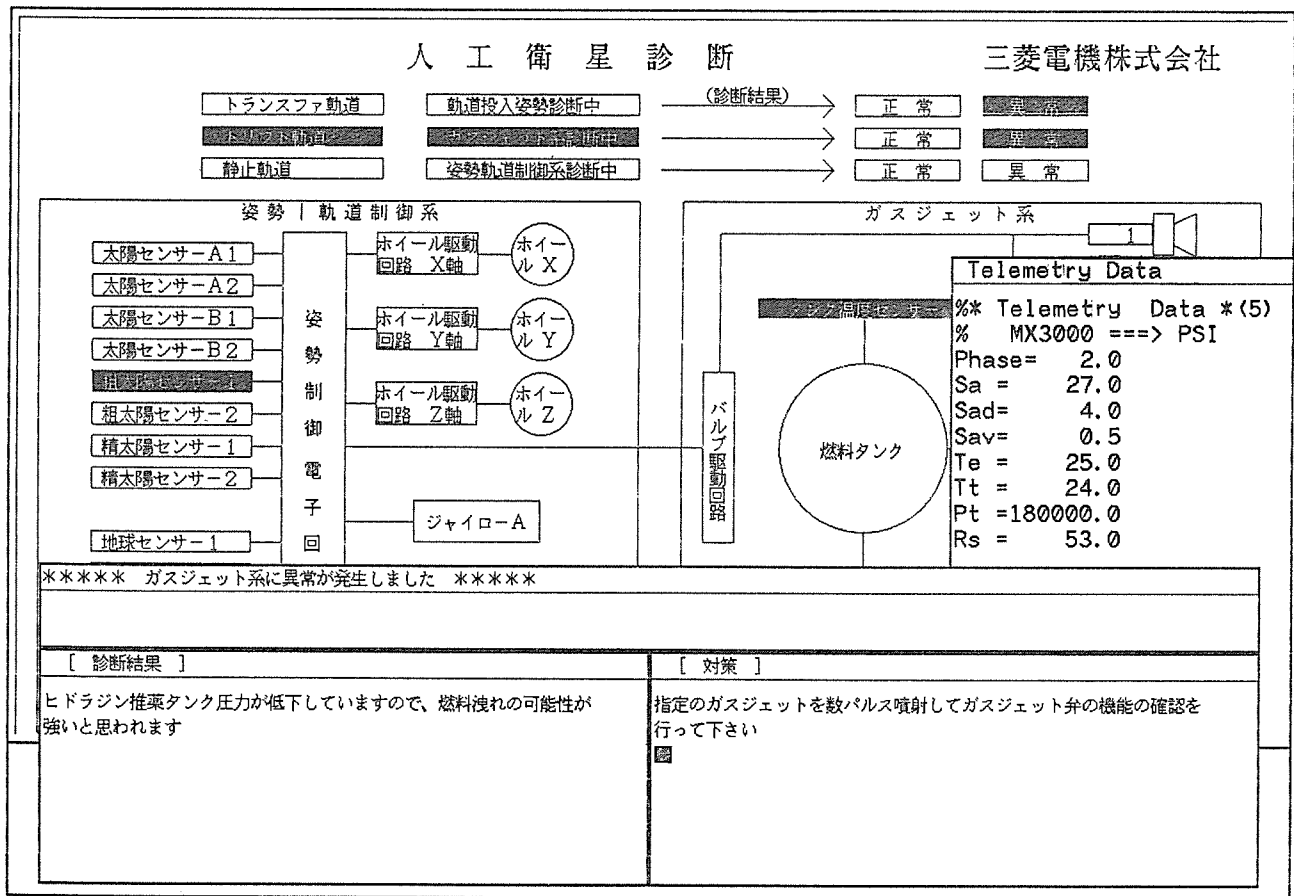


図 8. 診断画面例

され、試験データ処理に関しては機械化されている。しかし膨大な試験データの診断に関しては、人手に頼っているのが現状であり、多数の人工衛星専門家を必要とする。そして各専門家が設計時の図面や設計データと比較して、試験データの良否の判定を行ったり、不具合箇所の推定を行う作業に要する時間も手間も膨大となる。そこで、従来のデータ処理マシンにデータ診断用推論マシンを接続して、試験データの診断を自動化／省力化し、試験期間の短縮を図り、信頼性を向上させる目的で、試験用エキスパートシステムの導入を検討した。地上及び宇宙基地内での人工衛星の試験装置にエキスパートシステムを適用する例を図 10. に示す。この図に示すように、従来形のデータ処理マシンと推論マシンとを組み合わせるとこの試験装置の特長を以下に示す。

(1) 試験の自動化／省力化と試験期間の短縮

試験データの診断用エキスパートシステムの導入により、運用要員や試験専門家の負荷の軽減や判断の支援を行い、試験の自動化／省力化を促進する。

(2) 高速 オンラインデータ処理の実現

データ処理マシンと推論マシンの機能分担によるデータ処理／診断の高速化を実現する。

(3) ソフトウェアの開発、機能改修／拡張の容易性と信頼性の向上
知識ベース中のルールを成長、多様化し、データ処理ソフトウェアの多機能化を図ることにより、このシステムは各種人工衛星の試験装置として利用できる。

前記した 3. 1. 2 節の試作とほぼ同様なハードウェア構成で試作システムを作り、機能確認と評価を行った結果、同様に有効な結論を得ており、今後実用化レベルへ発展させて試験の自動化／省力化、信

頼性の向上、機能拡張の容易性などの推進が期待できる。

4. 評価と展望

3 章で紹介した試作システムによるパイロットモデル実験により、以下に示す確認と評価が得られ将来への展望が開けた。

- a) 推論マシン側の診断用知識ベースを、今後更に拡張、充実させていくことで、実用に十分耐え得るものに成長する見通しを得た。
- b) エキスパートシステムの試作品や、デモンストレーション用のモデルを作る上では、ルール数も少なく単純であるため、推論マシン側の CPU メモリ容量や処理速度はあまり問題とならない。しかし実用化レベルでは、ルール数もけたはずれに増え、内容也多岐にわたる。更にルールプログラム形態も、プロダクションルールのみでなく、フレーム形との混在や、より人間の頭脳に近い知識表現が新しく必要となる。したがってそれらに応じて、実用化レベルでは、知識ベースに必要な CPU メモリも増大し、推論マシン側の CPU メモリは今回使用した推論マシン《MELCOM PSI》レベル (80 MB) が必要となり、推論処理速度も高速なものが要求される。
- c) 実運用時での緊急事態発生時などにおいて、原因分析をして冷静なる判断が早急に要求される場合、これらのエキスパートシステムは各専門家の判断支援システムとして大いに役立つシステムに成長することが期待できる。

5. む す び

宇宙分野への知識情報処理の応用は始まったばかりであり、今後特に、エキスパートシステムの宇宙分野への応用に関する研究開発に期待が寄せられている。

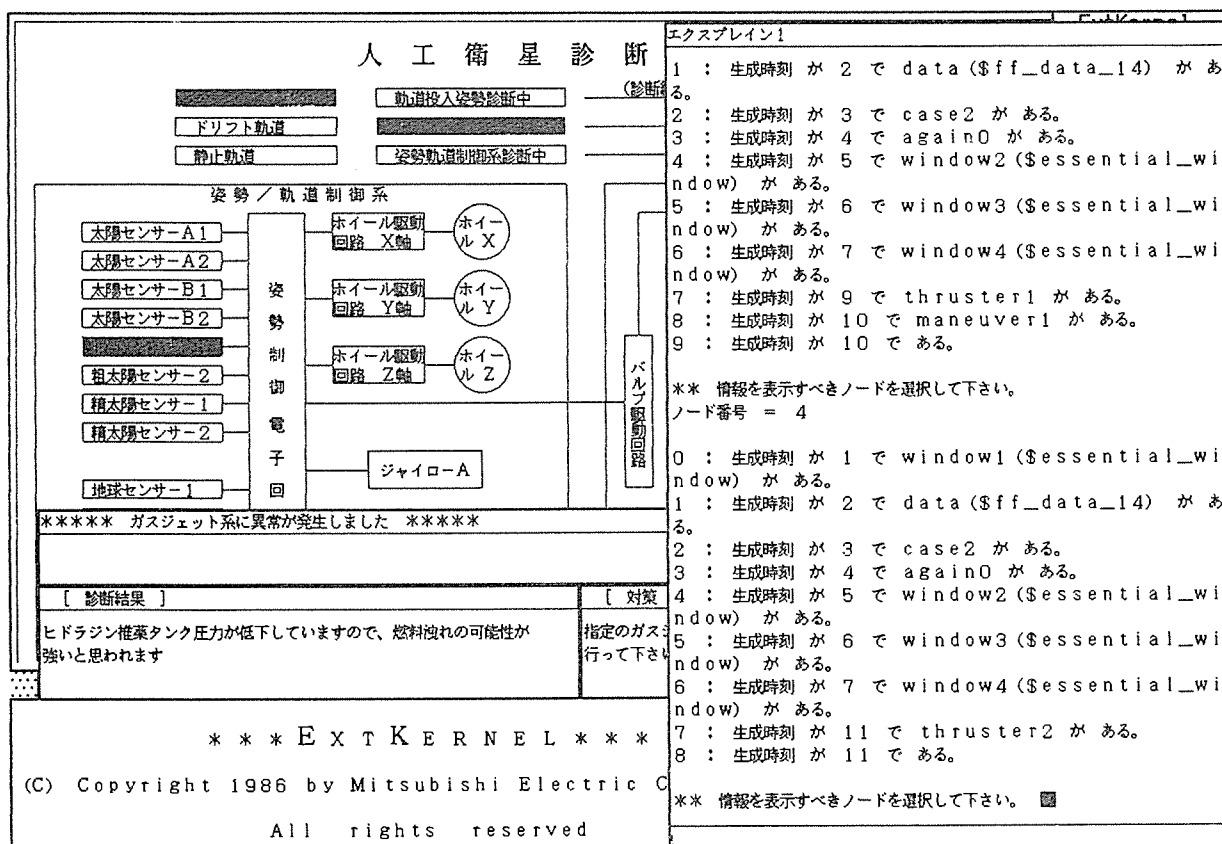


図 9. 診断 トレース 画面例

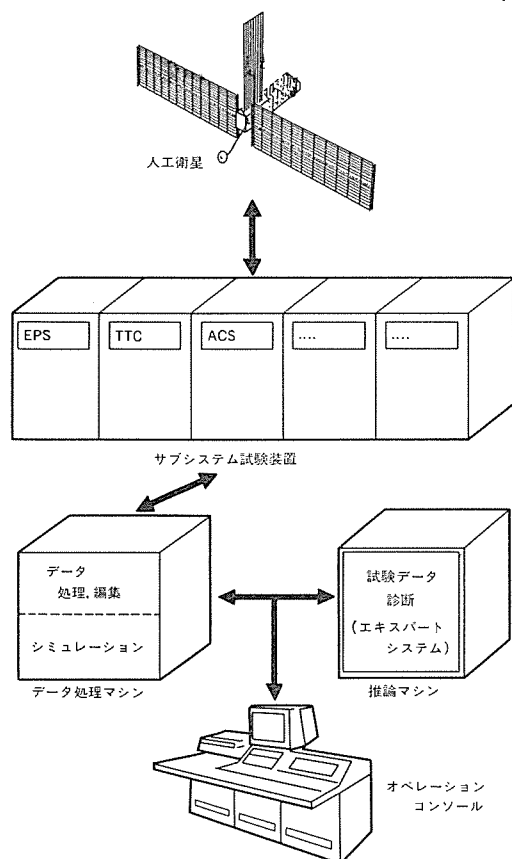


図 10. 人工衛星試験 エキスパートシステム

しかし、エキスパートシステムといえども、おのずと限界があり、専門家に取って代われるものではなく、専門家の支援システムとして有効に作用するとの認識が必要である。最終的な判断や決断は、人間の担当すべき領域と考えるのが当然であろう。

したがって、従来形のデータ処理マシンと専用の推論マシンとの有機的な結合と機能分担の実現、そしてこれらのマシンと、人間の頭脳との役割分担がうまく調和したシステムの実現こそ、今後の宇宙分野のみならず、すべてのシステムに要求されるものとする。

参 考 文 献

- (1) NASA : Space Station Program Description Document, Book 6 Systems Operations Document (1983-10)
- (2) M. Nagatomo, K. Kuriki, K. Tsukahara : Orbital Operation of Co-orbiting Spacecraft with a Space Station, IAF-84-42 (1984)
- (3) 荻野ほか : スペース・ステーション/フリーフライヤへの人工知能の応用, 第29回宇宙科学技術連合講演会講演集2D14 (昭60-10)

1. ま え が き

エキスパートシステムは、知識工学の成果のなかで最も実用に近いものとされる。近年、エキスパートシステム構築用ツールが商用化されたために、エキスパートシステムが実用水準に達したとの印象を与えている。しかし、エキスパートシステムの能力は、推論方式よりもむしろ知識そのものに依存するので、知識の抽出と実装の体系的方法を得ることが、実用技術に向けての重要な課題として残されている。その取組方としては、応用分野に依存せずに一般的に議論する方法と、応用分野を限定して個々の分野ごとに議論する方法とが考えられる。実用システムを作るときは、すべて分野依存が理想的であるが、時間的・経済的にそれは合理的方法でない。両者を折衷することが現実的選択であり、すなわち、ある程度特化したツールと、そのツールを用いて知識を実装するための方法論とを用意してゆく、という方法が提案される。

この論文では、オフィスにおける知識情報処理技術の応用として見積り業務のエキスパートシステムについて報告する。その準備として、次の2章では、オフィスにおける知識情報処理技術の課題を整理し、見積りシステムの位置づけを明確にする。3章では見積りシステムの、知識の分析方法・ツール・応用事例について報告する。

2. オフィスにおける知識情報処理技術の課題

OAの課題はオフィスにおける生産性の向上であり、そのために、まず業務そのものを合理化し、更に作業に最適な環境を提供することが必要である。

従来のOAシステムが合理化してきたのは定型的業務であるが、実際には非定型的業務のほうが合理化の効果が大きい。このような非定型業務は、専門知識をもった作業者の能力に頼ることになるが、人事異動などによって職場がその専門作業者を失う場合、専門知識や技術も散逸してしまう。このような専門知識は文書化するよりもエキスパートシステムとして、すぐに利用できる形で伝承することが有効であり、この方法によって同時に、非定型業務を合理化することができる。次の章で述べる見積りシステムも、この目的で開発されたエキスパートシステムである。

さて、人間の動作特性に適合する作業環境の要件は、従来、人間工学において検討されてきた。今後新たに問題意識を持つべきであるのは、人間の心理的特性と環境との適合である。例えば、最近ではソフトウェアシステムを作業環境とすることが多いが、そのマンマシンインタフェースに知識情報処理技術を応用し、作業者のものの考え方に適合する環境を構築する試みが行われている。ここでは例として、対話システムKCM⁽¹⁾を取り上げて説明する。KCMは、図1.に示すように、ユーザーとデータベース検索を目的とする対話を行うシステムであり、第5世代コンピュータ関連技術開発の一環として新世代コンピュータ技術開発機構からの委託によって開発され、《MELCOM PSI》上で稼働している。ユーザーとは、制限をつけた日本語文を用いて対話し、代名詞・接続詞・省略表現の使用が可能である。図2.に

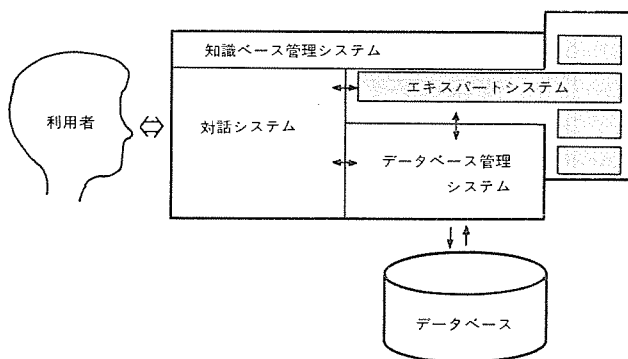


図1. 対話システムKCMの位置づけ

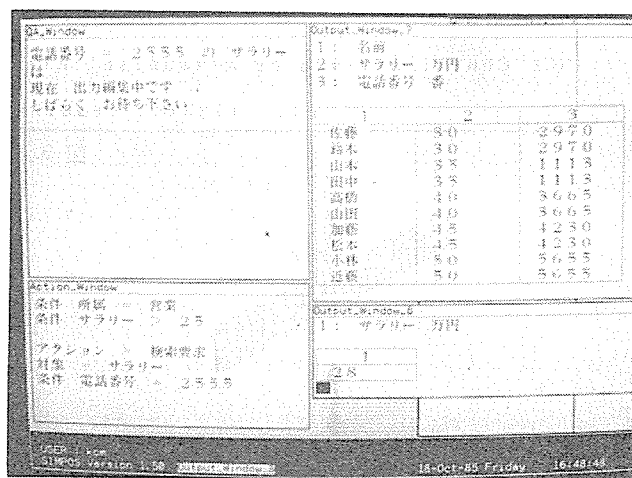


図2. KCMの対話例

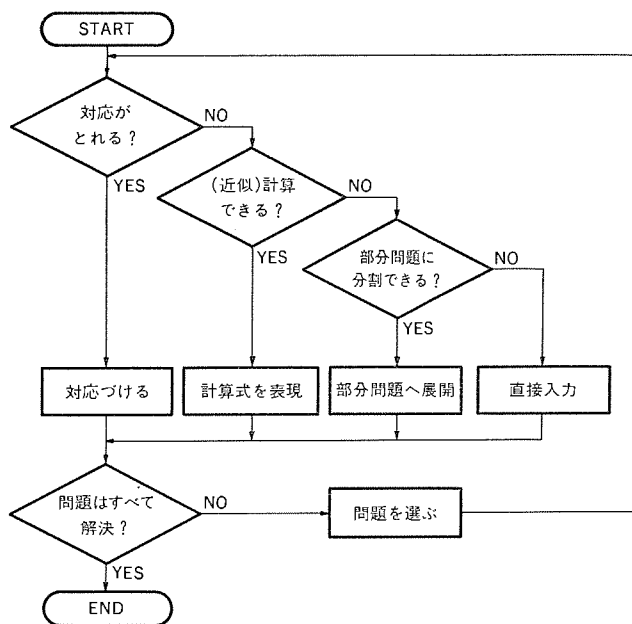


図3. 見積りにおける問題の展開方法

KCMの対話例を示す。この例では、キーボードからローマ字で入力された文を、図では左上のウィンドウに示すように解釈して対話し、左下のウィンドウに示すデータベース検索情報を抽出している。これにより、右のウィンドウに示す検索結果を得ている。このほか、話題の転換を認識したり、検索結果を説明するなどの機能がある。

このほかには、マルチメディア情報の統合的利用のために、意味情報を生成・処理する必要があり、知識情報処理技術の応用が期待される。例えば、書類の文字読取りの認識率を向上するために、また、音声認識でのあいまい性を低減して候補を絞るために、などの多くの目的で知識情報処理技術が応用されつつある。

3. 見積りシステム

知識情報処理技術を応用したオフィスシステムの実例として、見積りシステムを取り上げる。見積り業務のうち、標準化が容易で定型的な分野の業務は、これまでも表計算プログラムなどによって合理化されてきた。しかしながら、複雑であったり、専門知識を要するような業務は定型化が困難であるために、従来のオフィスシステムでは十分な合理化が達成できなかった。このような非定型業務に対し、エキスパートシステムを導入する試みとして、見積り業務のエキスパートシステムについて報告する。

この章において、議論は以下の順序で行う。まず、見積り業務を分析し、知識をモデル化する。次に、このモデルを受けて、見積りという目的に特化したエキスパートシステム開発ツールを提案する。特定分野の応用システムは、このツールを用いて知識を実装してゆくことによって実現することとなり、その実例として、大形誘導電動機の見積りシステムについて報告する。

3.1 見積り知識モデル

あらかじめ正確に知ることの困難な必要経費・所要時間などを、概算したり予測したりすることを見積りという。実際の業務では、ある程度正確な結果を得る必要があり、そのため、問題はより正確に扱いやすい部分問題に分割され、部分的に見積った結果を積算することによって全体の結果を求める、という方法をとる。部分問題への展開は再帰的に行われ、全体では階層的な構造を形作る。この過程をアルゴリズムとして表現すれば、図3.のように表現することができる。図4.に示すように、この過程で生成される、問題の構造についての知識を、見積りの枠組みと呼ぶことにする。

見積りにおける部分問題の解決は、積算に必要な項目の値を決定してゆくという形をとるが、そのために、対応する実績値を調べた

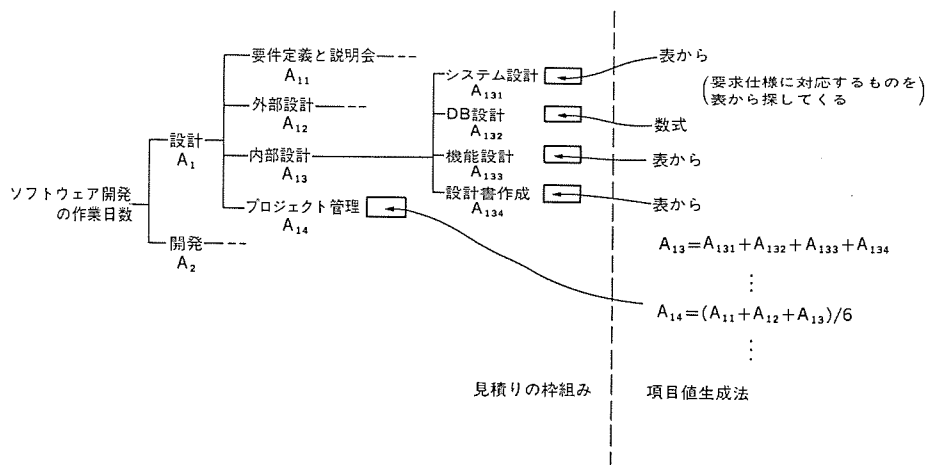


図 4. 見積りの知識表現モデル

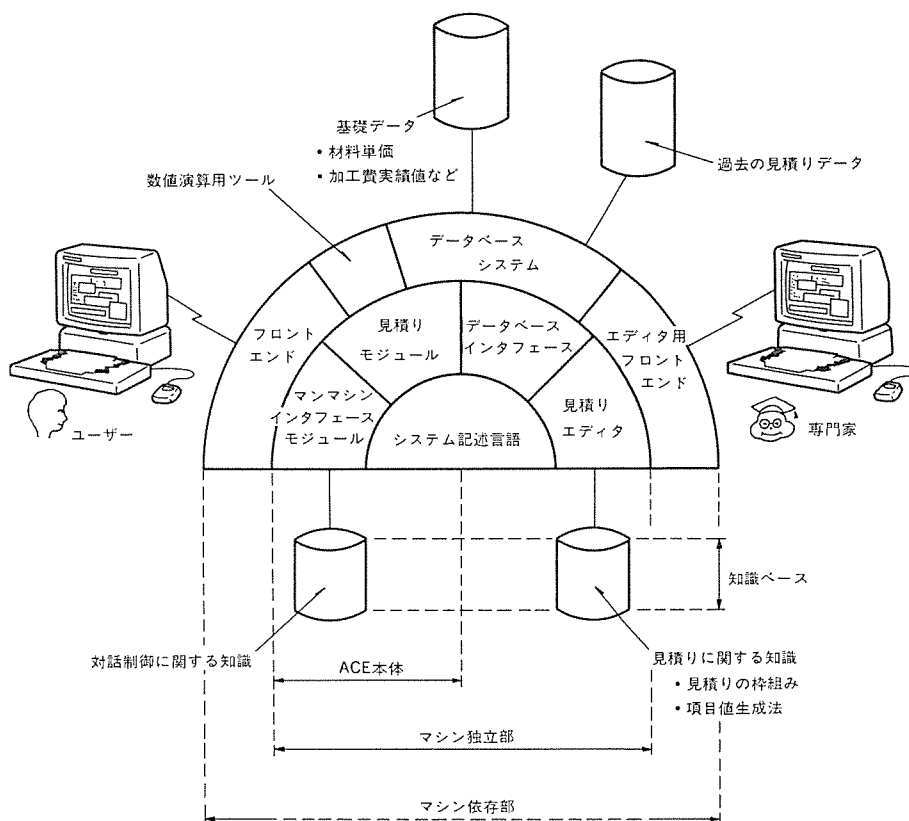


図 5. ACE の構成

り、理論式や経験的近似式を適用したりする。図4.に示すように、枠組みの中の項目値を求めるときに用いられる知識を、項目値生成法と呼ぶことにする。

このように、見積りにおいて用いられる知識は、枠組み・項目値生成法の2種類によってモデル化できる。

さて、一般には、部分問題の解決方法が一通りとは限らないし、部分問題間に相互の拘束条件が存在することがあり、こういった場合には、複数の解候補を評価して最終的な結果を求める。また、最終的な結果が先に与えられて、それから逆に部分問題に解を与えるという形の見積りもある。この過程を筆者らは、わりふりと呼んでいる。これら二つの過程には試行錯誤が伴い、その試行錯誤は、ある評価基準によって最適と評価される解を求めるための、探索過程としてモデル化できる。

3.2 見積りツール

見積り知識モデルに従って抽出された知識を利用し、見積りを合理化・自動化するためのソフトウェアシステム、ACE について述べる。ACE は基本的に表操作システムであり、対話性を重視していることと、エキスパートシステムの実行環境として機能することが特徴である。現在の ACE は《MELCOM PSI》上に実現され、図 5.

に示す構成となっている。ACE では、見積りの枠組みに対応して複数の表を構造化したものを手法と呼んでいる。手法は、見積り計算モデルと呼ばれるものに相当し、枠組みと項目値生成法のうち数式で表現されたもので構成される。手法を知識として抽出し、保守するために専用のエディタが用意されている。

数式以外の表現を必要とする項目値生成法は、ルールとして知識ベース内に記述される。ルールの条件部では、ある項目の値を決定するのに必要な項目を宣言する。すなわち、必要な項目の値がすべて決定されると、実行部が呼び出され、その項目値が決定されるということである。ACE は、内部的には、ある項目値が決定したときに、それによって計算が可能になる式と、発火できるようになるルールを探して実行している。これによって、項目値が連鎖的に決定・変更されるといふ、波及効果をシミュレートできる。ここで、ルールで用いられる項目と、手法の定義の際に表のなかに定義した項目とは同一のものであるために、表を作業記憶とする前向き推論システムとみなして、エキスパートシステムを開発することもできる。個々のルールは、PSI のプログラミング言語である ESP のローカル述語として定義されるので、実行部では ESP の言語処理系や、OS である SIMPOS の機能を利用できる。

さて、専門家は経験的ノウハウを用いて、アドホックに問題解決を行う。このノウハウは必ずしも整理された知識として自覚されず、抽出することが困難である。それゆえ、従来の知識利用の方法では、システムにこの問題解決能力をもたせることは困難である。ACE では、専門家の操作履歴を格納し、必要なときに検索・再利用することで、非専門作業者がシステムを利用して達成される作業能力を、結果的に専門家の作業能力に近づけてゆくことを試みている。これは簡単な暗記学習といえる。

図 6. に ACE の実行例を示す。この例では、項目値の変更を行っている。

3.3 回転機見積りシステム

ACE を応用して開発している、回転機（大形誘導電動機）の見積りエキスパートシステム IM について述べる。回転機は、仕様の組合せが複雑であるために、見積り作業を定型化しきれず、現状では設計技術者の作業を必要としている。この作業を自動化し、設計者を開発に専念させるといのが、エキスパートシステム導入の動機である。

回転機見積り業務を情報処理という視点から分析した結果、図 7. が得られ、IM はこの業務の内容に対応した構成で実現されている。IM では仕様入力作業の効率を考えて、専用のサブシステム（フロントエンド）を用いており、入力作業のほぼすべてがメニューのセレクトの

メッセージ ウインドウ
データが必要です。

コントロール
入力消去
HELP
コマンド実行 CANCEL
終了

コマンドメニュー
移動
検索
プリント
手法表示
わりり
保存
複写
式変更
表選択

項目名	単位	項目値	項目名	単位	項目値
直接材料費	千		温度上昇限度	℃	100
加工費	千		周囲温度	℃	40
直接経費	千		規格		国内
工場原価 F C	千		定格		連続
WC I F C	千		定格回転数	r p m	989
製作所原価 WC	千		一次電圧	A	150
引合先		甲社	効率	%	95.7
納入先		乙社	(75%負荷時)	%	95.6
形式		' F 5 K T '	(50%負荷時)	%	94.8
わく番		500	力率	%	86.7
鉄心外径	mm	836	(75%負荷時)	%	84.5
鉄心長	mm	850	(50%負荷時)	%	77.7
重量	t o n		停動トルク	%	230
製作所原価 WC	千円		起動トルク	%	70.6
用途		ポンプ	起動電流	%	478
台数		1	スリープ		H_C 42'
出力	KW	1300			
極数		6			
同相回転数	r p m	1000			
電圧	V	6000			
周波数	H z	50			
外形図形式		全形図			
軸受形式		軸受形式			

入力バッファ
入力してください=

入力終了

図 6. ACE の実行例

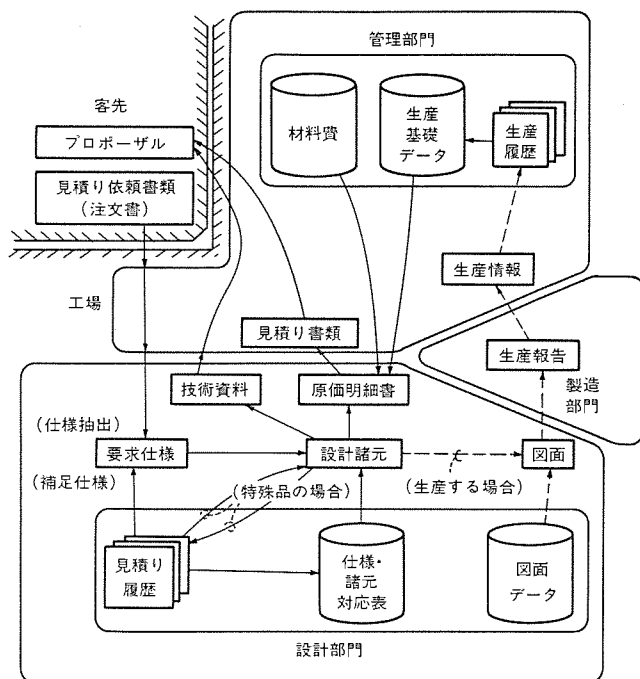


図 7. 回転機見積り業務

ルート項目	引合先	必須項目
引合先	乙社	用途
納入先	1986	台数
形式		出力
規格		極数
水質		電圧
水温		周波数
特殊地		回転子
温度上限		構造
周囲温度		全開外周
標高		屋内
		F D F

追加項目メニュー	追加項目
自前 D Z	軸受: スリープ
スラスト	
防護	
軸受	
冷却	
S. ヒータ	
D. 冷却材	
R. T. D.	
サーモカップル	
サーモスタット	
サーミスタ	

状態: 入力して下さい

消去 検索 終了

図 8. IM の実行例（仕様入力ウインドウ）

みで完了する。その実行例を図 8. に示す。また、見積り案件の書類には明示的に記載されないが、暗黙的に補足されなくてはならない仕様があり、これを非専門作業者が補足することは困難である。IM では専門作業者の過去の見積り履歴を検索し、仕様を再利用することで、非専門作業者でも補足仕様を得られるように配慮してある。図 9. は履歴情報の検索例である。それまでに入力された仕様を拘束条件として履歴を検索し、適切な履歴があれば、図のようにフロントエンドの入力情報として引用することができる。図 10. に IM の見積り結果を示す。ここで用いられた知識は開発中の新機種の回転機のものである。

このほかに、回転機見積り業務では、原価表、特性表という書類を必要とするために、IM にはプリンタ出力の機能が用意され、既に実際の業務に用いられている。

4. む す び

オフィスの業務への知識情報処理技術の応用について述べ、実例として見積りシステムについて報告した。

見積りシステムは、オフィスの非定型業務を合理化するためのエキスパートシステムとして位置づけられる。ここで用いられるツールは、見積りという目的に特化されたものではあるが、特定業務に依存せず、汎用であり、適用業務の知識を実装することで、その業務の見積りシステムを開発することができる。

見積りシステムの今後の課題は、スプレッドシート形ツールとして汎用化することである。スプレッドシート（表計算プログラム）は定型的な帳票業務の作業効率を向上し、非定型的業務では意思決定に伴う試行錯誤のためのシミュレーションシステムとして機能する。しかし、帳票業務を十分に合理化するには、専門作業者の意思決定に頼っていた作業を、非専門作業者にできる業務とするために自動化ないし合理化する必要がある。また、スプレッドシートはオフィスに広く普及しており、そのユーザーインタフェースの形式は、ユーザーにとって慣れ親しんだものといえる。この形式を基本的に踏襲することにより、新システムに対するユーザーの違和感を軽減し、使いやすいシステムを実現できると考えられる。今後の OA において、知識情報処理技術は様々な形で応用されてゆくと思われる。その試みとしての見積りシステムにより、応用の方法の一つ提案することができたと思う。

引合先	納入先	年度	ルート	規格	材質	水温	特殊地	温度上昇限度	周囲温度	最高	用途	台数	
甲社	丙社	1987	船橋	梱包なし	NEMA	河川水					ミキサ	2	
甲社	丙社	1987	船橋	梱包あり	NEMA	工業用水					ポンプ	4	
甲社	乙社	1987	船橋	梱包あり	NEMA	工業用水					ポンプ	2	
甲社	乙社	1986	国内			海水			50		コンプレッサ	1	
甲社	乙社	1986	国内			海水			50		コンプレッサ	4	
甲社	乙社	1986	国内			海水			50		コンプレッサ	1	
甲社	丙社	1986	船橋	梱包なし	NEMA	河川水				1000	ミキサ	2	
甲社	丙社	1986	船橋	梱包あり	NEMA	工業用水					ポンプ	5	
甲社	丙社	1986	船橋	梱包あり	NEMA	工業用水					ポンプ	1	
甲社	乙社	1986	国内			海水			50	20	500	コンプレッサ	2

データベースの現在の状態 : 入力して下さる。 履歴データベース 件数 : 10 (1~10) 項目数 : 75 (1~13) 引用 終了

追加項目メニュー	追加項目
負荷GD2 スラスト 防振 軸受 始動 S、ヒータ D、温度計 R、T、D サーモカップル サーモスタット サーミスタ	

状態：検索中 消去 検索 終了

図 9. IM の実行例（履歴データベースの利用）

見積り結果			
項目名	項目名	項目名	項目名
引合先	甲社	温度上昇限度	℃ 100
納入先	乙社	周囲温度	℃ 40
形式	'F5KT'	規格	国内
わく番	500	定格	連続
鉄心外径	mm 836	定格回転数	rpm 989
鉄心長	mm 850	一次電流	A 150
重量	ton	効率	% 95.7
製作所原価WC	千円	(75%負荷時)	% 95.6
用途	ポンプ	(50%負荷時)	% 94.8
台数	1	力率	% 86.7
出力	KW 1300	(75%負荷時)	% 84.5
極数	6	(50%負荷時)	% 77.7
同期回転数	rpm 1000	起動トルク	% 230
電圧	V 6000	起動トルク	% 70.6
周波数	Hz 50	起動電流	% 478
外殻保護形式	全閉外扇	軸変形式	スリプ
回転子形式	カゴ	外形寸法図	'H_C42'
絶縁種別	'FDF'	見積りNo.	

コントロール

入力消去
HELP
コマンド実行CANCEL
終了

コマンドメニュー

値入力
移動
検索
プリント
手法表示
わりふり
保存
複写
式変更
表選択

入力終了

図 10. IM の実行例（見積り結果）

参 考 文 献

- (1) 宮地ほか：話題管理機能を持つ対話システムの試作，情処学会，知識工学と人工知能研究会 38-7（昭 60）
- (2) 伊草ほか：コンサルテーション・システム ACE の設計，第 28 回情処学会全国大会（昭 59）
- (3) 近藤ほか：見積りコンサルテーション・システム ACE における知識の利用，第 29 回情処学会全国大会（昭 59）
- (4) 和田ほか：機械製品見積り業務の支援環境について，第 32 回情処学会全国大会（昭 61）

1. ま え が き

近来、我が国における産業構造の重点が、加工・組立産業へ移行し、また、同産業内におけるFA（ファクトリーオートメーション）が進展するに伴い、その制御用キーコンポーネントとしてのプログラマブルコントローラ（以下、PC という）は着実にその需要を伸ばし、NECA（日本電気制御機器工業会）統計によれば、昭和58年度558億円、59年度734億円、60年度は827億円（但し出荷ベース）に達する規模となってきた。

当社は既に昭和60年来、16ビットマイクロプロセッサを内蔵したPCとして、《MELSEC-Aシリーズ》を新たに発売しているが、これは従来当社品に比べ、各種データ処理を約1けた高速化し、PCの応用の高級化傾向に備えたほか、専用の高速ネットワークを備え、対象システムの大形化、統合化、高レスポンス化といった傾向に対応し、これからのFAコンポーネントとしての必要機能・性能の作り込みがなされたものである。

これら新PC《MELSEC-A》（以下、PC-Aという）の機能をフルに発揮させ、応用システムの上記傾向に更にこたえるため、システム階層上はPCの上位に位置し、PCの統括制御を行い、情報制御をつかさどるFAコントローラ《MELSEC-LM》（以下、コントローラLMという）を新たに開発した（図1.）。これは、ユーザー言語として、三菱工業用リアルタイムBASIC M-IRTBII（以下、M-IRTBIIという）をもち、最大64タスクまでのリアルタイムマルチタスクを高速に処理・実行する、16ビットマイクロプロセッサ内蔵のコントローラであり、当社PC《MELSEC-Aシリーズ》用グラフィックプログラミングパネルA6GPP（以下、GPPという）とハードウェアの共用、IOモジュールの共用、PC設置環境と同一の環境性能などを特長としている。

本稿では、まず当社のPCコントロールシステムの機能、構成、特長と、その中におけるFAコントローラの位置付け、役割を述べる。次いで、FAコントローラとしてのコントローラLMの構成、仕様、特長を述べ、更にユーザーアプリケーション言語として開発した三菱工業用リアルタイムBASICのフルコンパイラ版M-IRTBIIとそのシンボリックデバッグについて

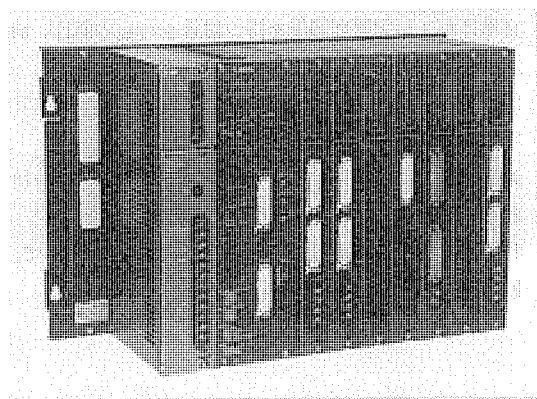


図 1. コントローラ LM の外観

て紹介し、最後にシステムをつなぎとしての各種ネットワーク及び回線の機能、特長を述べる。

2. FAコントローラの当社PCコントロールシステム内位置付け

2.1 三菱PCコントロールシステム

昨今のFAへのPC応用システムは、ますます大規模化・高機能化の様相を示し、専用の高速ネットワークを介した、いわゆる階層分散構成をとり、制御の自律分散化と管理データの集中化がその大勢となってきた。それらに対応する当社のFAコントローラを中核とするPCコントロールシステムの機能構成図を図2.に示す。

図2.の機能構成図において、下位層はマシン対応のシーケンス制御、計測制御をその内容とし、その中にはデジタルPID制御、位置決め制御など高度なものも含まれ、いずれもPCにより制御される。中間層は、下位層の統括制御を製造ライン対応で行い、上位層に位置するFAコンピュータと下位層マシン制御との間の中継ぎとしてのバッファリング機能も持っている。すなわち、この中間層は下位層のPCへ作業指令をリアルタイムに与え、かつPCからのデータに基づき、ライン監視、運転モード制御、工程監視、品質データ採集記録、異常、故障対応処理、PCプログラム及び各種パラメータのアップ・ダウンロードなどを行う。上位層は、FAコンピュータによる情報管理の階層であり、中間層のFAコントローラからのリアルタイム報告データに基づき、複数ラインにより構成されるショップとしての生産管理、工程管理、在庫管理、品質管理などが行われる。

当社のPCシステムの特長は、これらの各階層における機能分担が、

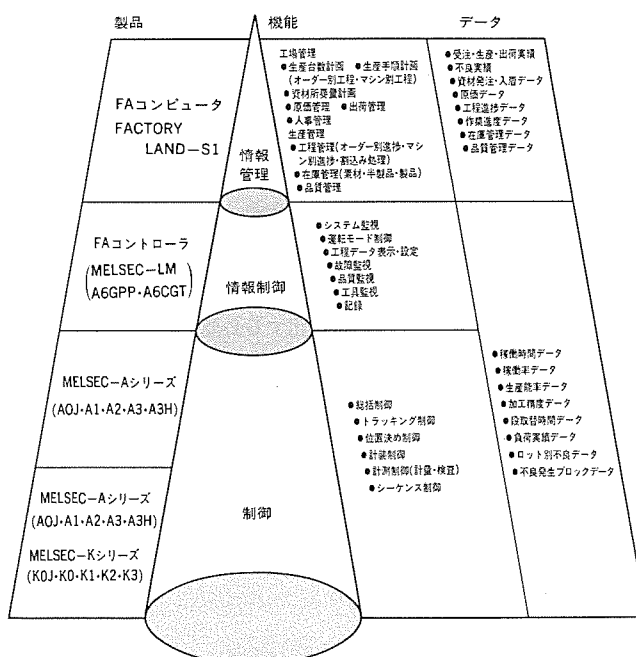


図 2. 三菱PCコントロールシステムの機能構成

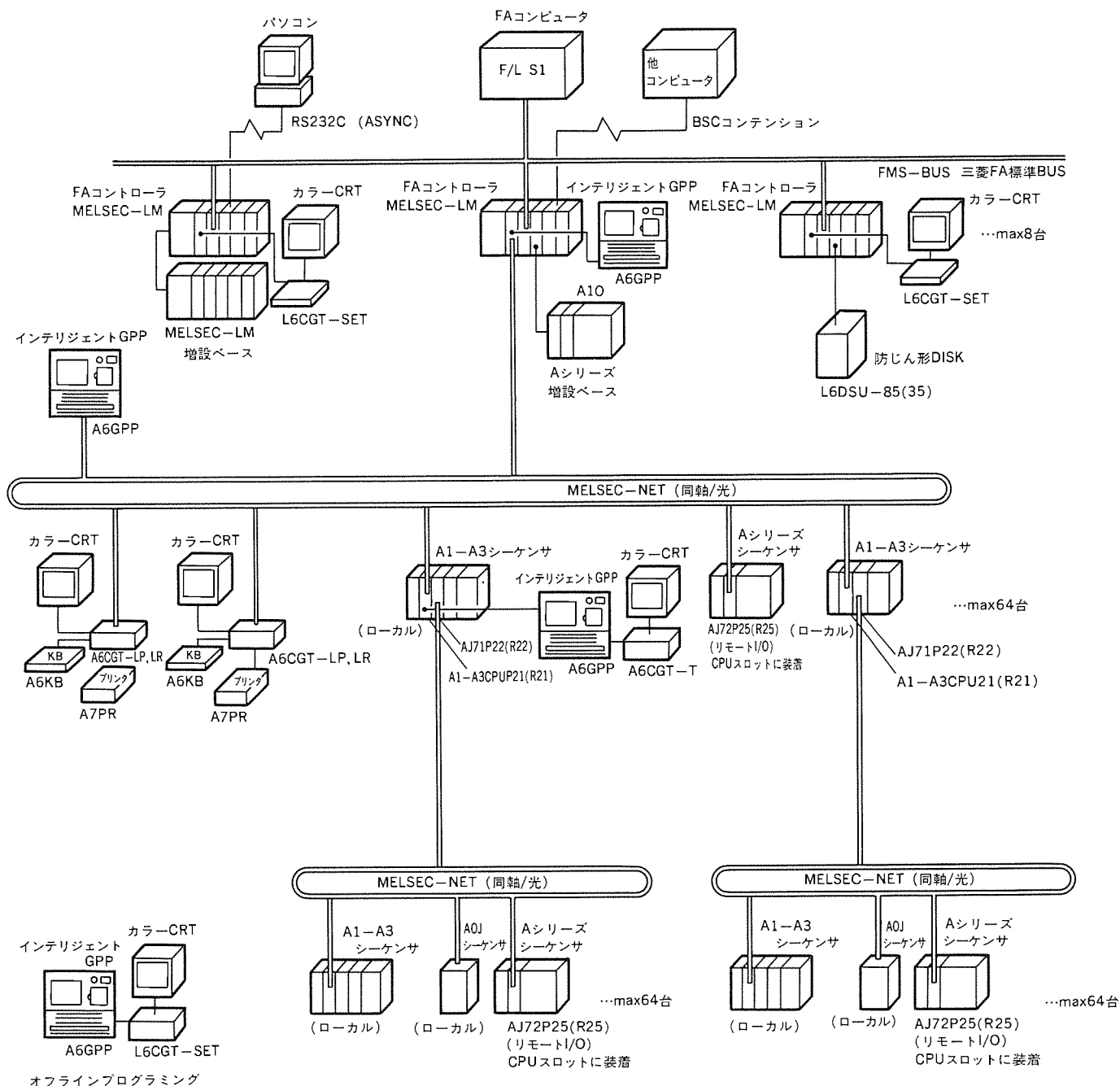


図 3. 三菱 PC コントロールシステムのハードウェア構成

よいまとまりをもって、段階的に処理・実行され、それらが、いずれかの階層に集中されることのないように、各階層の構成機器及びそれらを接続するネットワークの機能、性能が設定されていることにある。また、このことは、上位層故障時の下位層による縮退運転及び全体システムの段階的、部分的立上げと結合が容易であることも意味している。

図 3. に当社の PC システムのハードウェア構成を示す。最上位の FA コンピュータ《FACTORY LAND-S1》は、上流 LAN としての、当社トークン方式バス形ネットワーク FMS バスを介して、最大 8 台までのコントローラ LM と接続する。更にコントローラ LM は、リング形 PC 専用ネットワーク《MELSEC-NET》(以下、PC-NET という)を介して、PC-A 又は現場設置カラーグラフィックターミナル A6 CGT (以下、現場 CGT という)を最大合計 64 台接続する。

また、各 PC-A は、それぞれの個別の PC-NET を介して、それ

ぞれ PC-A と現場 CGT を最大合計 64 台接続することができる。以上のような階層分散構成により対象とするシステムの特長、規模に合わせて、最適な構成を採用することができる。また、この PC-NET の機能として、GPP を直接か、PC-A、又はコントローラ LM を介し接続することにより、PC-NET に接続される各 PC-A のシーケンス動作モニタリング、シーケンスプログラムのアップ・ダウンロードが可能となる。

2.2 コントローラ LM の実行機能

コントローラ LM は、前節で説明した中間層に要求される機能を実現することができる。すなわち、

- (1) FMS バスを介し、FA コンピュータからのコマンドファイルを受信し、また実行済みの実績データをリアルタイムに送信する。
- (2) FMS バスを介し、最大 8 台までの FA コントローラ間での相互データファイルの転送、制御メッセージの送受信を行う。

(3) PC-NET を介して、最大 64 台までの PC-A とコントローラ LM 間で、最大 1,024 点×16 ビットのリンクレジスタ及び最大 1,024 点×1 ビットのリンクリレーのサイクリックフレッシュを行い、制御監視データとして用いる。

(4) PC-NET を介して、PC プログラム及び各種パラメータデータのアップ・ダウンロードを行う。

(5) 現場 CGT への監視画面表示データの送出、現場オペレータからのキーボード、各種入力媒体を介して入力されるデータの読取りを行う。

以上の各機能は、M-IRTBII により書かれたアプリケーションソフトウェアにより、すべて実行・制御可能であり、GPP にてコンパイルされ、コントローラ LM 上で実行される。

3. コントローラ LM のハードウェア

コントローラ LM のハードウェア構成を図 4. に、各ユニットのハードウェア仕様を表 1. に示し、その特長を以下に説明する。

(1) 小形・低消費電力

記憶素子に 256 K ビットスタティック RAM を採用し、高集積度化を行うとともに、論理素子に H-CMOS を採用し低消費電力化を図っている。この結果、9 cm (幅) × 16.6 cm (奥行) × 30 cm (高さ) の CPU ユニットに、CPU、周辺シリアル入出力 2 回線、及び最大 864 K バイトの主メモリを実装し小形化している。また、上記主メモリの停電時保持能力は、単三リチウム電池を使用して、累積 100 日以上を達成している。

(2) ユニット組合せによるシステム構築

電源、CPU のほか、各種入出力インタフェース装置を、個別のユニットに収納することにより、応用システムの用途・規模に応じて、必要なユニットを最大 15 ユニットまで選択実装可能としている。

(3) 通信インタフェース

中間層用 FA コントローラとして必要な各種通信インタフェースをレポートリーとして準備している。

- | | |
|------------------------|---------|
| (a) RS 232-C 回線インタフェース | 最大 8 回線 |
| (b) BSC 回線インタフェース | 最大 2 回線 |
| (c) FMS バスインタフェース | 最大 1 回線 |
| (d) PC-NET インタフェース | 最大 2 回線 |

(4) 補助メモリ装置

工場フロア的环境を考慮し、防じん形きょう(筐)体に収納した 20 M バイトのハードディスク、及び 8 インチ又は 3.5 インチフロッピーディスクが使用可能である。また、高速性・耐環境性を要求される用途のために、スタティック RAM を使用した 960 K バイトの半導体補助メモリも使用可能としている。

(5) マンマシンインタフェース

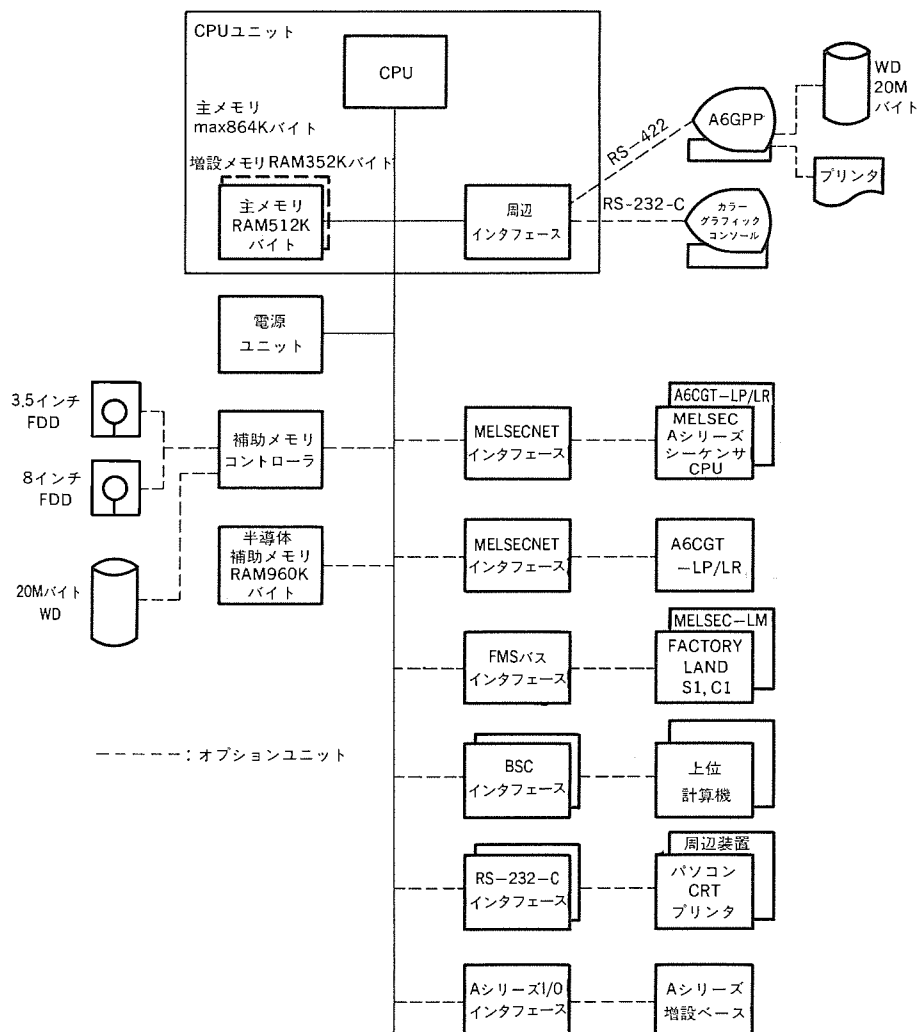


図 4. コントローラ LM のハードウェア構成

CPU ユニットには、16 けたの英数字表示器を装備し、通常は時刻表示又はシステム状態表示を行い、ユーザープログラムからのメッセージ表示にも切換使用できる。また、かな一漢字変換機能付きのカラーグラフィック CRT 及び日本語プリンタを接続でき、分かりやすいマンマシンインタフェースを実現している。

(6) プロセス入出力ユニット

PC-A シリーズ用の各種入出力ユニットを、その増設ベースに装着し、専用のインタフェースユニットを介してコントローラ LM に接続し、そのプロセス入出力として使用する。

4. コントローラ LM のソフトウェア

コントローラ LM のソフトウェア構成を図 5. に示し、その特長を以下に述べる。

(1) オフラインプログラミング

ユーザーの使用するプログラミング機能を GPP に搭載し、以下の効用をみている。

- (a) コントローラ LM 本体が運転中であっても、GPP を使用することにより、ソースの修正、コンパイルをオフラインで行うことができる。
- (b) 複数台のコントローラ LM 用プログラム開発を 1 台の GPP で可能とし、また、PC-A シリーズ用プログラム開発にも兼用できる。
- (c) コントローラ LM 本体から、プログラミング機能を削除することに

表 1. コントローラ LM の各ユニットのハードウェア構成

分 類	ユ ニ ッ ト 名	仕 様	最大ユニット数(／ベース)
電 源	電源ユニット	入 力 AC 35~132 V, AC 170~264 V 出 力 5 V 12 A	1
ベ ー ス	基本ベース	電源+CPU+オプション最大7ユニットまで	1
	増設ベース	電源+オプション最大8ユニットまで	1
	A シリーズ増設ベース	電源+入出力ユニット最大5/8ユニットまで	1
C P U	CPU ユニット	C : P U : i 8086+8087 ク ロ ッ ク : 8 MHz 主 メ モ リ : 512 K バイトバッテリバックアップ 100 日間 時 計 機 構 : 無停電時計 設 定・表 示 (秒 単位) 周 辺 I/F : L 6 CGT (RS-232-C) I/F A 6 GPP (RS-422) I/F エ ラ ー 検 知 : ウォッチドグエラー, メモリパリティ エラー, メモリプロテクトエラー ユーザデータ : ユーザデータのクリア有無の指定 バ ッ ク ア ッ プ 可 能 16 け た 表 示 器 : 時刻表示, エラー内容表示	1
	増設主メモリカード	増設主メモリ RAM 352 K バイト (CPU ユニットに内蔵)	1
補助メモリ	防じん形ディスク装置	ハードディスク 5 インチ (20 M バイト) + フロッピディスク 8 インチ × 1	いずれか 1
		ハードディスク 5 インチ (20 M バイト) + フロッピディスク 3.5 インチ × 1	(別置)
	補助メモリコントローラ	防じん形ディスク装置のコントローラユニット	1
	半導体補助メモリユニット	RAM 960 K バイトバッテリバックアップ 100 日間 (2 ス ロット占有)	1
通 信 イ ン タ フ ェ ース	FMS パスインタフェース	伝 送 路 : 同軸ケーブル総延長 1 km 又は光ファイバケーブルスターカブ ラと各局間 500 m 通 信 形 態 : N : N (N は最大 9) デ ー タ 信 号 速 度 : 500 Kbps ス テ ー シ ョ ン 数 : 優先局 1 非優先局 8 ポ ー ト 数 : 1 ユニット当たり 1 ポート	1
	BSC インタフェース	適 用 回 線 : RS-232 C 伝 送 制 御 方 式 : コンテンション 伝 送 制 御 コ ー ド : EBCDIC 伝 送 ブ ロ ッ ク 長 : 最大 1,024 バイト デ ー タ 信 号 速 度 : 外部クロック時 1,200~19,200 bps 内部クロック時 2,400~19,200 bps ポ ー ト 数 : 1 ユニット当たり 1 ポート	2
	MELSEC-NET インタ フェース	伝 送 路 : 同軸ケーブル ステーション間 500 m 又は光ファイバケーブル ステーシ ョン間 1 km 接 続 形 態 : ループ形式 (二重) デ ー タ 信 号 速 度 : 1.25 Mbps ス テ ー シ ョ ン 数 : 親局 (LM) 1, 子局 (A シーケンサ 及び A 6 CGT) 64	1
		ス テ ー シ ョ ン 数 : 親局 (LM) 1, 子局 (A 6 CGT の み) 64 その他は上記と同一	1
	RS-232-C インタフェース	伝送フォーマット : 無手順/DC1~4 (デバイスコント ロールコード) デ ー タ 信 号 速 度 : 600~9,600 bps ポ ー ト 数 : 1 ユニット当たり 2 ポート	4
プロセス入 出力インタ フェース	A シリーズ I/O インタフ ェース	A シリーズ増設ベースとの接続用インタフェース入出力 合計で最大 512 点まで	1

より、限りある主メモリエリアを、リアルタイム制御に特化して有効に使用できる。

(2) 工業用リアルタイム BASIC フルコンパイラ 版の搭載

従来のリアルタイム制御用言語としては、アセンブラ、C、FORTRAN などが一般に使われてきたが、言語としての習得が難しく、特にアセンブラは開発効率の上で問題があった。これに対しパソコン用アプリケーション言語として、ポピュラーな BASIC にリアルタイム機能を付加した IRTB (Industrial Realtime BASIC) のフルコンパイラ版 M-IRTB II

を開発し搭載している。

(3) リアルタイムシンボリックデバッグの搭載

通常、フルコンパイル方式では、プログラムのデバッグには、コンパイラにより出力されたアセンブリリストやメモリマップ、リンクリストなどを参照し、機械語レベルで行う必要があったが、M-IRTB II では、コンパイラのソースプログラムで直接デバッグできるシンボリックデバッグを開発し搭載している。

5. 三菱工業用リアルタイム BASIC M-IRTB II

M-IRTB II は、ANSI-59 で規定された工業用リアルタイム BASIC、IRTB に準拠し、これに日本語処理機能などを付加したものである。全体構成を図 6. に示し、その特長を以下に述べる。

(1) 高速処理

リアルタイム制御では、処理の高速性が要求されるが、M-IRTB II はフルコンパイラ方式であり、従来当社のプリコンパイラインタプリタ方式 M-IRTB に比べ、平均 7 倍、四則演算では 20 倍の高速性を実現している。

(2) 64 アクティビティの並行処理

M-IRTB II ではアプリケーションプログラムを、最大 64 個の並行実行モジュール (IRTB では、これをアクティビティと呼ぶ。以下、アクティビティという) として記述し、これを同処理系により実行制御する。アクティビティ数を大きく取れることにより、プログラムのモジュール化、簡易化に効果がある。

(3) スケジューリング

リアルタイム制御における制限時間内応答性を確保するため、アクティビティの優先実行レベル付け (最大 128 レベル) と、それを基にした実行スケジューリング機能を持っている。また、同一優先レベルのアクティビティ間では、一定時間の実行ごとに切り換えていく、いわゆるラウンドロビンスケジューリングを併用する。更にセマフォのリザーブ/リリースによる共用メモリ、周辺装置などの排他制御が可能である。

(4) ネットワークを介してのアクティビティの起動
FMS パスを介しての特定メッセージの受信により、その付帯機能として、任意のアクティビティの起動 (又は待ち状態からの解放) 制御ができる。また、PC-NET を介しての特定のリンクリレーの状態変化 (0→1) に起因させ、任意のアクティビティの起動などの制御ができる。

(5) ポートドリブン方式

アクティビティと、外部 (他のアクティビティも含む) とのデータのやりとりは、すべて何等かのポートを定義し、それを介して行う、いわゆるポートドリブン方式をとっている。アクティビティ間のデータ通信は、メッセージポートを介し、また、外部プロセスとはプロセスポートを介し行う。また、この構成は、各種ネットワークをアクティビティからアクセスする方式に関しても拡張適用されており、FMS パスへのアクセスは、メッセージポートへのアクセスと同様に扱われる。また、PC-NET へのアクセスも、

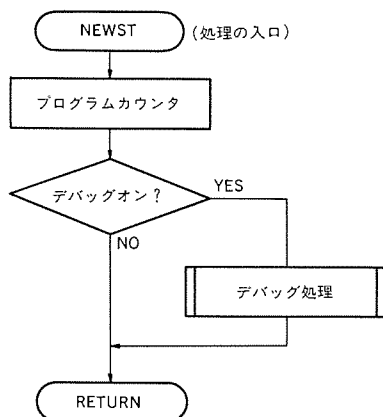
三菱電機技報・Vol. 60・No. 9・1986

```

;10380 K% = 0
;10380: CALL NEWST → NEWステートメント
MOV AX, 00000H
WORD PTR ?Ki, AX
;10390 K% = K% + 1
;10390: CALL NEWST → NEWステートメント
MOV AX, WORD PTR ?Ki
ADD AX, 00001H
INTO
MOV WORD PTR ?Ki, AX
;10400 A% = K% / K% * K% + K% - K%
;10400: CALL NEWST → NEWステートメント
MOV AX, WORD PTR ?Ki
CWD
IDIV WORD PTR ?Ki
IMUL WORD PTR ?Ki
INTO
ADD AX, WORD PTR ?Ki
INTO
SUB AX, WORD PTR ?Ki
INTO
MOV WORD PTR ?Ai, AX

```

(a) コンパイル例



(b) NEW ステートメント処理

図 7. M-IRTBII デバッグの処理方式

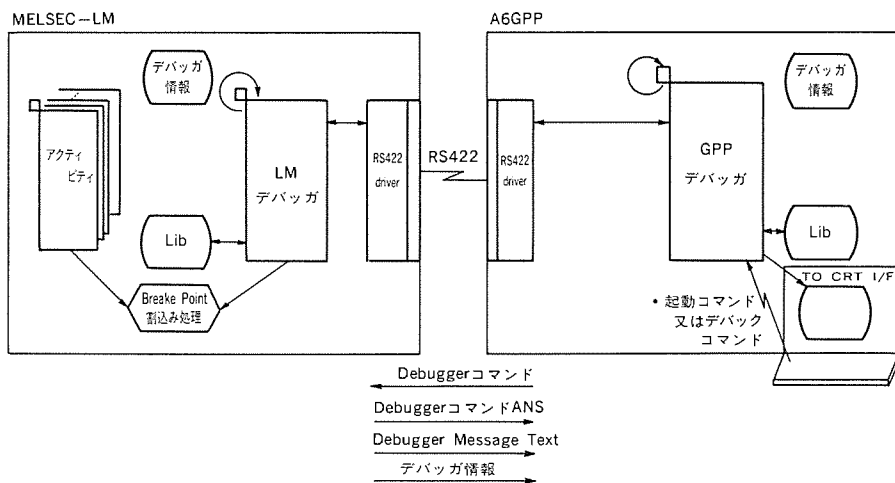


図 8. M-IRTBII デバッグの構成

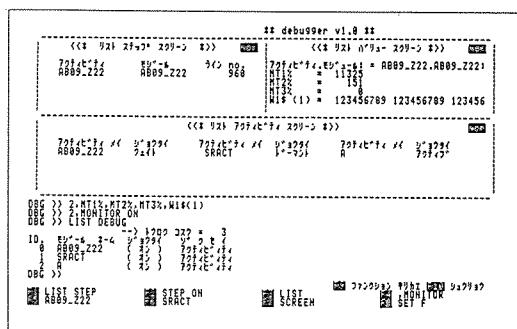


図 9. M-IRTBII デバッグの画面例

ている。

PC-NET の伝送方式は、PC コントロールシステムとして要求される制御信号のレスポンスを保証しながら、同時に CRT 出力メッセージなどの伝文送受信を実現するために、以下のサイクリック伝送とトランジェント伝送の組合せによって伝送サイクルを構成している。サイクリック伝送は、1回の伝送サイクルで必ず全 PC の入出力情報を更新し、トランジェント伝送は、1回の伝送サイクル中で送受信する最大バイト数を制限している。これにより、大量のトランジェント伝送メッセージが発生した場合でも制御信号のリアルタイム性は保証される。また、トランジェント伝送においても、全 PC に対する伝送サービスが、平均的に実行されるような受付制御が行われる。

(1) サイクリック伝送機能

サイクリック伝送機能としては、コントローラ LM と前記ローカル PC との間に仮想的な共同記憶領域としてリンクリレー (B: 最大 1,024 点, 1 ビット 1 点) とリンクレジスタ (W: 最大 1,024 点, 16 ビット 1 点) を実現するとともに、このコントローラ LM とローカル PC、及びコントローラ LM と前記リモート PC との間で、各接続 PC のプロセス入力 (X: 最大 2,048 点, 1 ビット 1 点) とプロセス出力 (Y: 最大 2,048 点, 1 ビット 1 点) の定期的更新をサポートしている。

(2) トランジェント伝送機能

トランジェント伝送機能としては、基本的にコントローラ LM のアクティビティやシステムプログラムからの送受信要求により、ローカル PC の有するタイマ、カウンタなどの内部デバイスの読出し・書込み、RUN・STOP・PAUSE などの制御、及びシーケンスプログラムのダウンロード・アップロード

を行うとともに、現場 CGT との交信により、同 CRT への表示、同キーボードからの入力をサポートをする。

7.2 FMS バス

FMS バスは、コントローラ LM と FA コンピュータ《FACTORY LAND》、及び他のコントローラ LM とのメッセージのトランジェント伝送を可能としているバス形 LAN である。FMS バスは、メッセージポートをアクティビティからのアクセスポイントとし、各装置内の同一番号のメッセージポート間に論理的に多重化された通信路を形成する。メッセージポートとしては、各装置ごとに送信用・受信用各々 254 ポートをサポートしており、指定の装置内の指定のメッセージポートへのメッセージ送信、及び指定のメッセージポートからのメッセージの受信を行うことができる。

7.3 その他の通信機能

コントローラ LM の RS 232 C 回線 (最大 8 回線) のそれぞれの通信プロトコル、ボーレート、ビット構成は可変であり、M-IRTBII によるアクティビティの機能として実現し設定する。また、上位計算機とのインタフェースとしては、現在最もポピュラーな、BSC (Binary-Synchronous-Communication) 回線 (最大 2 回線) が使用できる。BSC 回線では、通信プロトコルは、ファームウェアとして、コントロールユニットに内蔵されており、ボーレートはユニット上のスイッチにより設定される。

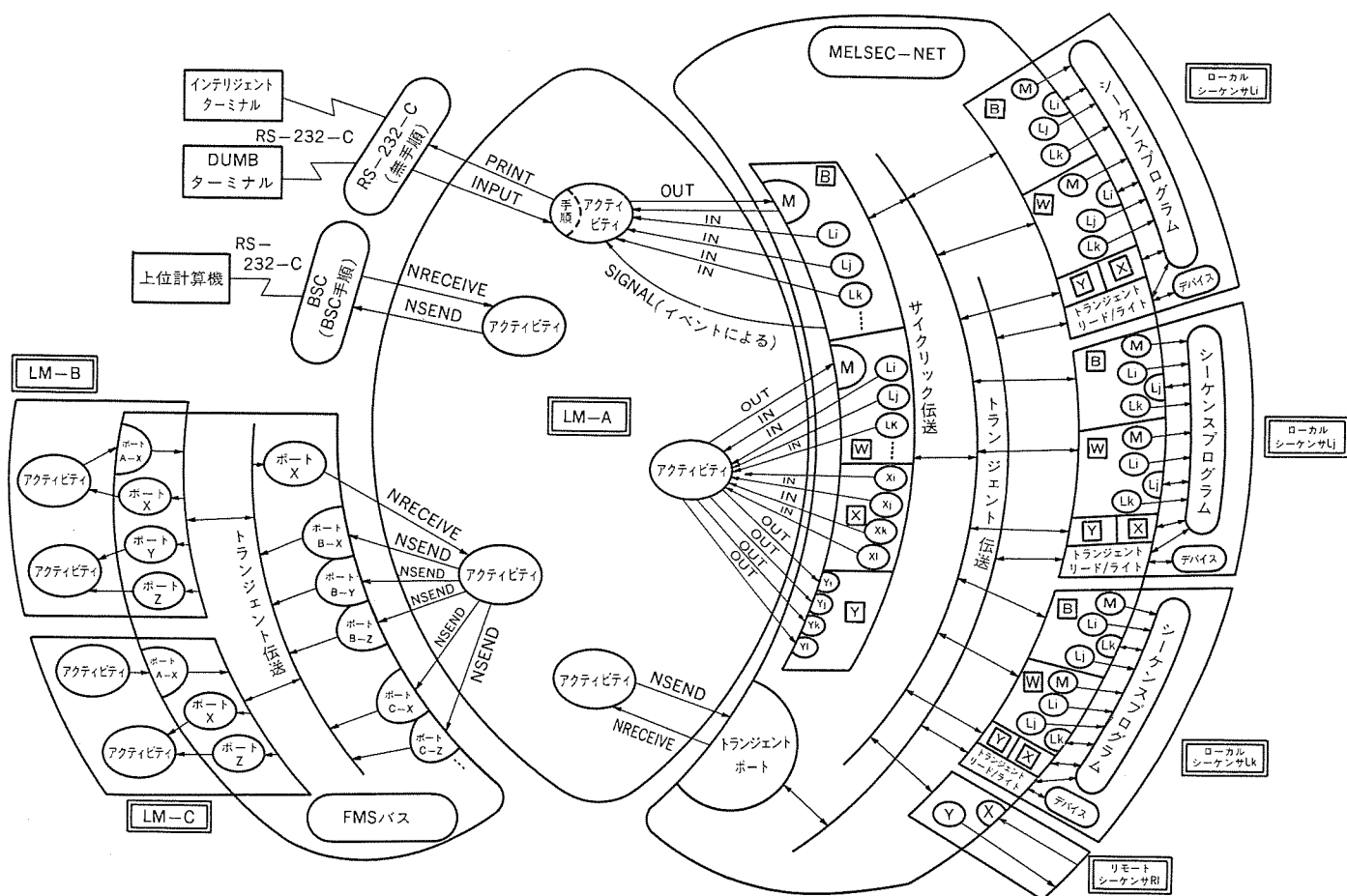


図 10. コントローラ LM の通信環境

8. む す び

《MELSEC-LM》は、当社 PC 《MELSEC-A シリーズ》対応の FA コントローラとして、真にユーザーフレンドリーな製品を目標として、企画し開発されたものである。それは、従来のユーザー言語 M-IRTB の性能向上を目指した、フルコンパイラ版の開発及び従来品への日本語処理、グラフィックス、外部サブルーチン、リンクプログラムなどの新機能の追加、及

びプログラムの動作モニタリングなどのデバッグ機能の充実などにより大幅に前進したものと確信している。

今後はファイルサポート機能の充実、FA 用専用言語の搭載、パッケージソフトウェアの充実、また FA 用統一 LAN として脚光をあびている MAP ネットワークへの接続などを検討し、真にユーザーフレンドリーな製品に向けての改良を加えていく所存である。

新しい発光素子を用いた軽量・薄形ディスプレイシステム 《オーロラビジョン マークII》

岩田 修司*・須山 勉**・寺崎 信夫***・二石 俊一***・原 善一郎***

1. ま え が き

大多数の人々に映像・文字図形画情報を表示する大画面表示装置は、当社をはじめとして各社が製品化に力を入れている^{(1)~(4)}。この中で、屋外競技場などを対象とした当社の《オーロラビジョン》は、全世界で使用されており、大形カラー表示装置の代名詞に至るまでに発展してきた。一方、屋内形は従来から各種方式による表示装置が開発・製品化されており、各方面において利用され発展しつつある。筆者らは、これら屋外用、屋内用のそれぞれの長所を生かした、新しいタイプの屋内向け表示装置の開発に着手し、製品化に成功したので、その概要を報告する。

この表示装置は《オーロラビジョン マークII》とよび、軽量 (1,300 kg) かつ薄形 (25 cm) のもので、従来の《オーロラビジョン》で評価された表示品質をもち、スクリーンサイズは縦 2.88 m、横 3.84 m を標準とする表示装置である。

2. 軽量・薄形大画面表示装置の誕生

2.1 市場分野からみる開発のねらい

大画面表示装置の市場は、表示画面の寸法などから図 1. に示すような分野に分類できよう。ここで筆者らは、体育館、コンベンションセンターに取り付け利用する市場が大きいことに着目し、ここに開発のねらいをおいた。これを図に示すと、斜線に示すように屋外用と屋内用の丁度中間に存在する位置に対応して示すことができる。この市場への進出は、従来の表示装置では以下に示すような点で難しく、潜在的な需要の発掘ができない状態である。

- (1) 屋外で用いられる単一画素の表示管を適用した場合は、高い表示品質が得られるものの、画素ピッチ・重量・コストの点で限界がある。
- (2) 液晶を用いる表示装置は、複数画素をモジュール化し、画素ピ

ッチ、コストの点で優位にたつが、観衆が分散するところに用いるものでは、視野角の大きさなどに懸念が残る。

(3) 投写形表示装置は、画素ピッチ、コストの点で優れるが、投写空間が必要であること、輝度が低いため周囲の明るさに影響を受けやすいことなどにより、設置場所の制限を受ける。

そこで、表示画像に視野角の制限がなく、画面寸法が 2~4 m (縦方向) 程度の軽量・薄形で低価格の表示装置が出現すれば、新たな市場開拓が期待できる。

2.2 開発のポイント

以上の市場要求に対し、ポイントを下記の点において開発に着手した。

- (1) 新発光素子の開発 (新しく開発した発光素子は、フラットマトリクス CRT とよぶ)
- (2) 階層化した回路構成による新制御方式の開発
- (3) 保守方法と部品の取り付けに工夫をした一体化構造の開発
- (4) ファッション性を重視した意匠デザイン
- (5) 運用 (オペレータ) 支援機能、プロダクション支援機能を強化し、更に将来に向けての表示システムのネットワーク化にも対応した設計

以上の項目を実現して、従来にない軽量・薄形の屋内形大画面表示装置《オーロラビジョン マークII》を誕生させた。

3. 特徴と仕様

この章では、《オーロラビジョン マークII》の特徴を表 1. に示す既存《オーロラビジョン》との仕様比較表に基づいて説明する。

(1) 高密度表示

単位面積 (m²) 当たり 4,452 画素と従来の《オーロラビジョン》に比べ約 9 倍の画素密度をもつため、精細なカラー表示が可能となっている。

(2) 近距離表示

表示画素間隔が従来の《オーロラビジョン》に比べ、1/3 と小さくなり、このため視認距離が 10~15m (以上) と大幅に短縮されている。

(3) 広視野角表示

発光を表示素子の前面にて実現していること、十分な発光輝度によりシェダー (外部の入射光よけ) を不要としていることにより、あらゆる角度から見ても画質劣化のない美しいカラー画像の表示が実現される。

(4) TV 並の色再現性とスムーズな映像の表示

一般の TV に用いられている蛍光体を、高速電子ビームにて励起発光させているので色再現範囲は TV 並にとれる。また、画面の表示は 1 秒間に 60 回更新されるので、動きのある画像においてもスムーズな映像が表示できる。

(5) 高輝度表示

輝度は 1,300 nit (TV の約 5 倍の明るさ) が得られており、これにより周囲が明るい場所においても美しい映像を楽しむことができる。

(6) 低消費電力

平均電力が 6 kW と非常に小さい。この値は、従来の《オーロラビジョン》の 1/10 以下である。これにより既設電源設備の利用が可能とな

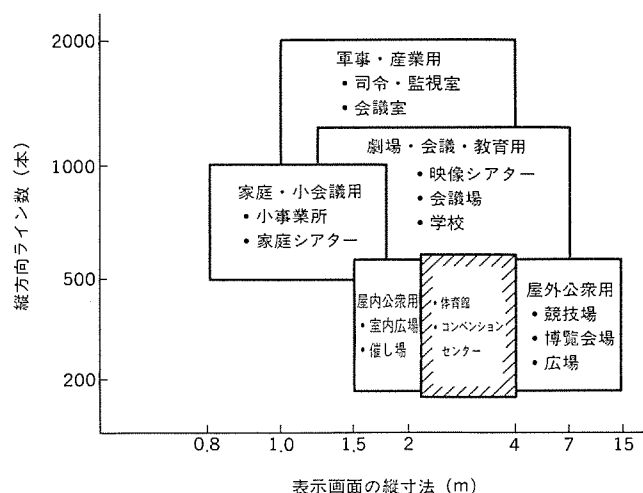


図 1. 大画面表示装置市場分野

り、設置場所の選択及び設置工事を容易にすることができるとともに、重量が1,300 kgと類をみない軽さを実現している。これにより、既存のビル・デパート・屋内競技場などに簡単に取付けが可能となる。

(7) 軽量・薄形化

スクリーンの奥行きが25 cmと薄く、スリムな形状であるとともに、重量が1,300 kgと類をみない軽さを実現している。これにより、既存のビル・デパート・屋内競技場などに簡単に取付けが可能となる。

(8) 長寿命

発光素子の発光原理が通常のTVと同じであり、8,000時間以上の寿命を保障している。

(9) 前面メンテナンス

スクリーンの構築から発光素子の交換まで、すべての作業が前面から行える構造体を成しており、保守、点検を効率よく迅速に行うことができる。

4. 装置概要

図2.に《オーロラビジョン マークII》のスクリーン構成図を示す。この構成の基本的な設計は、量産性に富んだ構成であること、据付け場所を選ばない構造であることを主眼においている。以下、その基本構成について述べる。

4.1 スクリーン制御方式

《オーロラビジョン マークII》は、軽量・薄形のコンパクトな構造であり、スクリーンを構成するきょう(筐)体内に表示装置としての全機能が集約される。したがって、スクリーンは単に発光素子、あるいはその駆動回路を含むユニットの集合ではなく、機能的に、あるいは構造的にも特有の階層構造に従って統合されたシステムとなる。

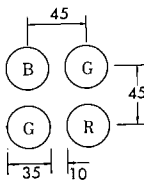
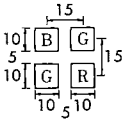
図3.にスクリーンの機能ブロックを階層構造に従って示す。16個の発光素子からユニットが構成され、更に8個のユニットからモジュールが構成される。更にモジュールを積み重ねることによってスクリーンブロックが構成され、このスクリーンブロックを配列することによってスクリーンが構成される。このような階層構造に従って効率的に機能を分担するとともに、それぞれの簡素化を図ることによってスクリーンの軽量・薄形化を実現している。更に各階層の機能と、それぞれの信号に伝送方式を規定することによって、スクリーン制御方式そのものに汎用性をもたせているため、将来の各種表示装置がこの方式の機能ブロックとして制御できる。

図4.に各機能ブロックの有機的接続を示す。表示装置としての基本的機能は、各モジュールが備える信号処理部(モジュールコントローラ)をもっており、スクリーン制御方式は、モジュールコントローラがもつフレームメモリへ映像信号を効率的に伝送する伝送機能と、モジュールコントローラにおける表示制御機能に分けることができる。

(1) 伝送機能

スクリーンに入力された映像信号は、所定のデジタル信号に変換され、スクリーンバスへ送り出される。この信号は、標準TV信号に同期したデジタル信号である。このような高速データをフラットケーブルを介して直接各モジュールへ伝送することは困難である。そこでこのデータを

表 1. 既存《オーロラビジョン》との仕様比較表

	オーロラビジョン (DVL-55TB)	オーロラビジョン マークII (DVII-200)	比率	備考
発光方式	CRT	フラットマトリクス CRT		
絵素構成 (mm)				
1㎡当たり画素数 (ドット)	492	4,452	1 : 9	
視認距離	50m以上	映像15m以上 文字10m以上	1 : 0.3	
視認角度 (水平) (垂直)	±60° ±25°	制限なし*1		*1 前面にスクリーンを遮るシェードなどがないため可能
応答性	TV相当	TV相当		応答が良い
表示速度 (フィールド/秒)	60	60		
表示階調	64	64		
最大面輝度 (nit)	2,500	1,300		
色温度 (K)	9,300	9,300		演色が良い
システム消費電力 (kW)	66	6	1 : 0.09	省エネ
システム発熱量 (kcal/h)	51,350	3,000	1 : 0.06	省エネ
据付け環境 (屋内) (屋外)	○ ○	○ △		
寿命 (h)	10,000以上	8,000以上		
スクリーンサイズ (m)	10.13×7.8	3.84×2.88		
スクリーン面積 (㎡)	79.0	11.0		
スクリーン画素数	224×172 (38,528)	256×192 (49,152)		
外形寸法 (m)	12.2×8.7×2.44	4.46×3.1×0.25		薄い
重量 (kg)	42,000	1,300	1 : 0.03	軽い

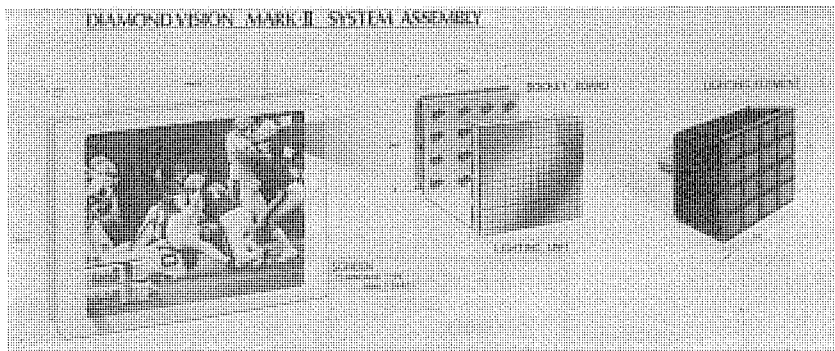


図 2. スクリーン構成図

正確に伝送するために、スクリーンを複数のスクリーンブロックに分割し、スクリーンバスにはそれぞれに対応してバッファメモリを設ける。バッファメモリはこの高速データを低速に速度変換するとともに、信号線数削減のため、データ及びアドレスを時分割多重し、各スクリーンブロックへ伝送する。各モジュールはこのアドレスを検出して所定のデータを受信し、フレームメモリへ書き込む。

(2) 表示制御機能

モジュールコントローラは、フレームメモリに書き込まれたデータを読み出し、特有の信号処理を施し各ユニットへ伝送する。ユニットではこのデータを

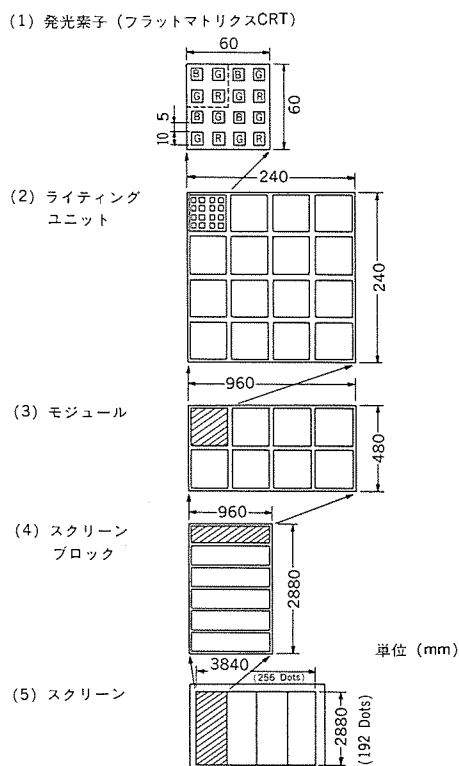


図 3. スクリーンの階層的構成

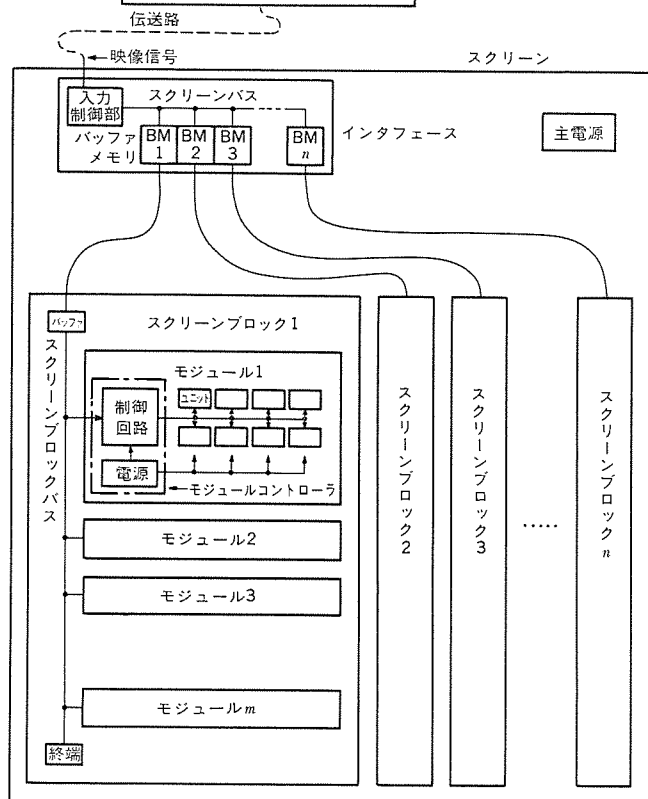
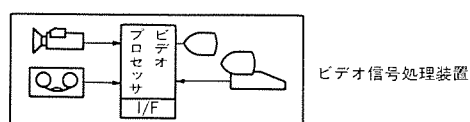


図 4. 機能ブロックの接続

を各発光素子に対応して配列し、64階調の時間幅で表示を制御する。

このようにスクリーンに入力された映像信号は、各階層ごとに逐次

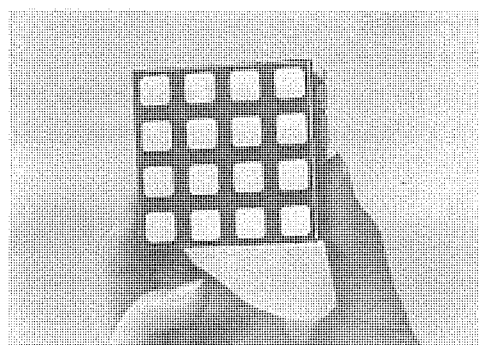


図 5. フラットマトリクス CRT

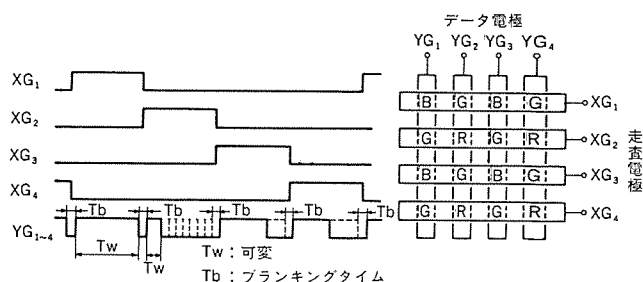


図 6. フラットマトリクス CRT の制御

所定の信号処理が施され、映像として表示される。このとき、各階層の制御回路、あるいは階層間を接続する信号線が最小となるように考慮されている。

4.2 新発光素子 (フラットマトリクス CRT)

発光素子はスクリーンの最も重要な構成要素であり、スクリーンの軽量・薄形・低価格化のためには、発光素子自身がこのような目的に適したものであることはもちろん、発光素子を制御するために必要な周辺回路もごく単純な構成になることが必要である。フラットマトリクス CRT は、このように素子自身の性能とともに、周辺回路の簡素化を考慮して開発された新しい発光素子で、CRT の発光原理と蛍光表示管の製造技術が応用されている。

(1) フラットマトリクス CRT の構造

フラットマトリクス CRT は図 5. に示すように、1 素子内に 16 画素が格子状に配列された複合 CRT である。多数配列しても一様な画素ピッチが得られるように構造的に工夫されている。表示面には鮮明なフルカラー表示を行うため、カラー TV と同等の色度をもつ RGB 3 種類の蛍光物質が使用されている。

(2) フラットマトリクス CRT の制御

直交する 2 種類の電極によって表示を制御する方式は、ドットマトリクス形の蛍光表示管、あるいは液晶などのパネルディスプレイで見られるダイナミック駆動法である。図 6. に各電極に印加される信号のタイミング及び表示との関係を示す。走査電極にはデューティ比 1/4 で駆動信号が逐次周期的に印加され、データ電極には対応する映像信号の振幅に比例した時間幅の信号が印加される。このとき両電極の交点に対応した画素の表示が制御される。《オーロラビジョン マーク II》においては、ちらつきのない滑らかな表示を得るために、TV 信号の 4 倍の速度で走査し、4 通りの 16 階調画像の重ね合わせによって 64 階調の表示が得られる。このようなダイナミック駆動により周辺回路が大幅に削減され、1 枚のプリント基板に、この駆動回路と発光素子の実装が可能となった。これがユニット構造を単純化し、更にスクリーンの軽量・薄形化を実現している。

4.3 スクリーン構成

4.3.1 ライティングユニット

ライティングユニットは、フラットマトリクスCRTをマトリクス状に16個並べてユニット化したものである。このライティングユニットの特長及び仕様を次に示す。

(1) 特長

(a) フラットマトリクスCRTに取り付けられたプラグ及び制御基板に設けられたソケットにより、組立て及びメンテナンスが極めて容易に行える。

(b) プラグに設けられた特殊なピンにより、フラットマトリクスCRTの挿入力は小さく引抜力はその2倍となり輸送中の振動でも外れることはない。

(c) 背面に設けられたロック付きコネクタにより信号及び電源接続がワンタッチで行える。

(d) 制御基板と補強板とを効果的にねじ止めすることにより、組立て及びメンテナンス時の外力にも耐えうる強固なものとなった。

(e) 高電圧配線部を露出させないように補強板で覆ったので、安全上も問題なく使用できる。

(2) 仕様

外形寸法：縦240mm×横240mm×奥行104mm（フラットマトリクスCRTを含む）

重量：3.2kg（フラットマトリクスCRTを含む）

外観：図2.による

4.3.2 モジュールコントローラ

モジュールはライティングユニットを最大8個制御するものである。このモジュールコントローラの特長及び仕様を次に示す。

(1) 特長

(a) 表示制御部及び電源部を備えており、この装置1台だけでも最低限の映像表示が可能となっている。

(b) 機能集約化による部品数の削減及び軽量化設計により、極めて軽く、薄く、かつ強度的にも安定である。

(c) すべての部品は表面取付けとし前面メンテナンスを容易にしている。

(2) 仕様

外形寸法：縦420mm×横890mm×奥行90mm

重量：9.5kg

4.3.3 スクリーン本体

スクリーンは、ライティングユニット192個で形成される。スクリーン本体はその奥に前述のモジュールコントローラ24台を機能的に配置して取り付けた奥行25cmの薄さのものである。主な特長は次のとおりである。

(1) 組立配線完成状態で上下2台に分割する構造とし、輸送を簡素化するとともに現地組立てを極めて容易にした。

(2) 薄形のため取付けはすべて背面にて取り合う。

(3) 取付ボルト締付作業は背面、正面どちらからでも可能とした。

(4) 外線ケーブル引込みは背面、側面、底面のどちらからでも可能とした。

(5) 前面からすべてのメンテナンスができる構造とした。

図2.にスクリーン本体の外観を示す。

4.4 ファッション性を重視したデザイン

デザインの基本的なコンセプトは、映像表示の機能面と設置環境の条件とから、それらに相応した考えに基づいている。

(1) 1面タイプのデザインコンセプト（図7.参照）

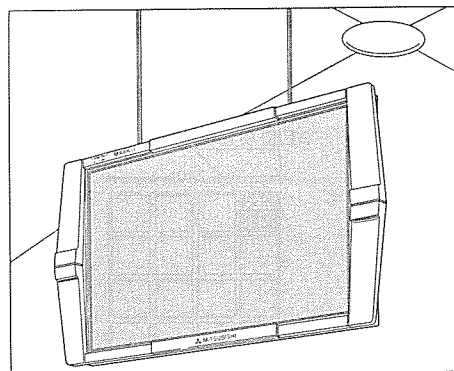


図7. 1面タイプの外観図

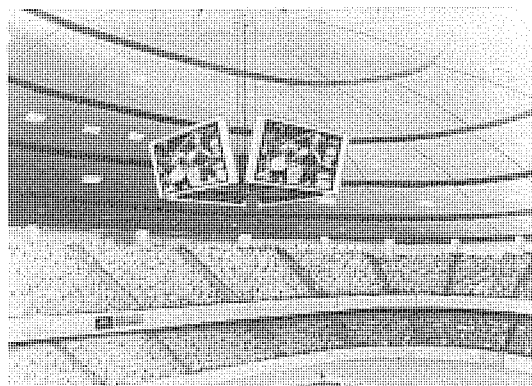


図8. 4面タイプの外観図

薄形を実現した構造により、大画面表示装置としては、従来にない薄さを強調したデザインである。親しみやすく印象的な装置とするため、本体から独立して樹脂成型によるエスカッションを設けて、ファッション性を強く主張したデザインである。

(2) 4面タイプのデザインコンセプト（図8.参照）

表示装置の全周に情報を提供するため、設置される空間に融合し、しかも高い視認性をもつ逆四角錐台を基本とするデザインである。軽快で信頼のできる装置の実現のため、金属と樹脂を組み合わせるパネル状構成で、頭上にあっても威圧感がなく、精度感あるデザインである。

(3) ロゴタイプのデザイン

《オーロラビジョン》「2世」として、基本のロゴタイプを継承している。《オーロラビジョン マークII》の書体と色彩には、本機の特長である「ハイテック」並びに「軽快」のイメージを強調した表現を採用した。

5. システム構成

5.1 据付け環境からみたバリエーション

従来の大型表示装置は重量が10トン以上もあるため、設置場所に制限があり、その配置と表示サービス範囲に合わせて画面サイズを決めていた。屋内用としては、更に設置条件は厳しくなり、狭い搬入口、広い視野角（上下左右）、表示部取付け及びコントロールルームスペースの確保などを考慮する必要がある。これらの制限を緩和し、既存建屋の補強・改造を不要とし、少しでも多くの場所に設置できるよう（吊り下げ方式での取付けが可能な重量と構造及び薄い表示装置が実現できた。スクリーン部の軽量・薄形化の実現により、1面体でも多面体でも見やすい位置に自由に取り付けられ、更に広告ボードの付加も容易であるため事業面でのサポートも同時に実現している。図

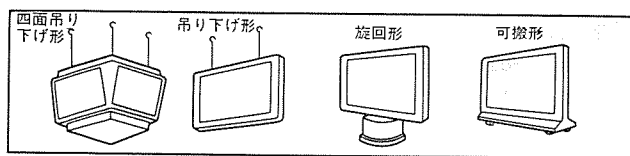


図 9. 《オーロラビジョン マークII》の設置形態

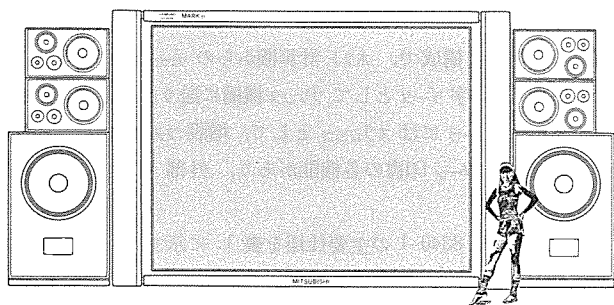


図 10. 《オーロラビジョン マークII》のシステム例

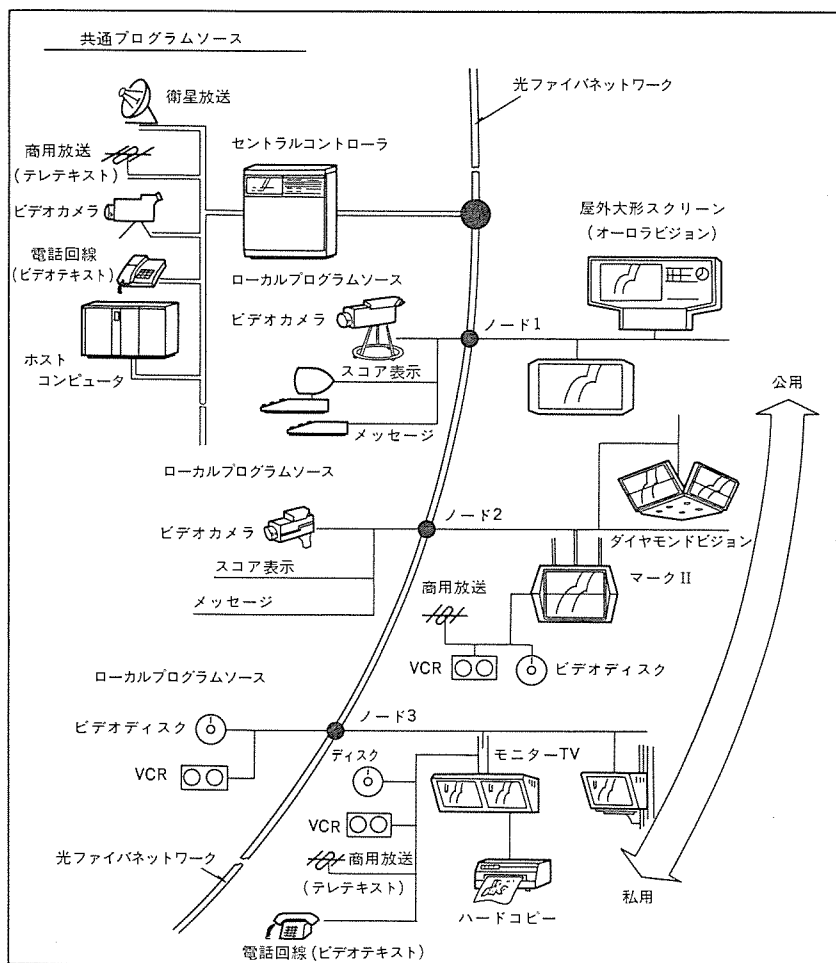


図 11. ネットワークを含んだ複合表示システム

9. はこのような特長を生かした設置形態を示す。

また、図 10. は当社製スーパーワフター (D-80: 口径 80 cm) による驚異の重低音がでるスピーカーと組み合わせたもので、この世界最大の音映像一体スパコンポは新しいスタイルのシネマ映像サービスとして期待される。

5.2 ネットワークを含んだ複合表示システム

最近の大形カラー映像表示システムの需要として、設置場所ごとに最適なサイズや種類の表示装置を設置し各々を統合化ネットワークにより表示制御するものが増えており、情報化社会の進歩により今後更にこの傾向は強まるものと思われる。ネットワークを含んだ複合表示システムでは、下記の点に注意して構成を検討する必要がある。

(1) 大画面表示装置は、数百、数千の観衆に同時に同一の情報をサービスするため、公共性や速報性のある内容が求められる。

(2) 小画面(モニターテレビ相当)では、表示内容の選択権を持った個人又は小人数へのサービスを対象とするため、差別化や有料化した情報を要求に応じてサービスできる機能が必要となる。

《オーロラビジョン マークII》は、設置場所や用途により、上記(1)、(2)どちらにでも対応でき、スタンダードでも運転可能な構成になっている。図 11. はネットワークを含んだ複合表示システムの概念図である。

6. む す び

1980 年に世界で初めて大形カラー映像表示システムを製品化して以来、世界中で様々な用途で使用された経験と最新の技術により今回の《オーロラビジョン マークII》が生まれた。今後表示装置として更に性能が向上するよう開発を進めていくとともに、複合表示ネットワークとしても機能強化することにより、人と社会に情報を伝える夢のある製品として育てていきたい。

最後に、《オーロラビジョン マークII》の開発にあたり、御指導いただいた関係各位並びにフラットマトリクス CRT の開発・製造に関し御協力いただいたノリタケカンパニーリミテド 殿及び伊勢電子工業(株)殿に深く感謝の意を表する次第である。

参 考 文 献

- (1) 巨大画面カラーディスプレイシステム, TV 技報, IPD 49-3
- (2) 液晶ディスプレイモジュールを用いた大画面ディスプレイ, TV 技報, ED 742, IPD 82-3
- (3) 大型映像表示装置(アストロビジョン), TV 技報, IPD 76-2
- (4) ソニーの高解像度 新型ジャンボトロン, 放送技術, p. 78 (昭 61-1)

高速多機能漢字プリンタM8340

畑中靖通*・内田雅幸*・味岡 学*・一宮節夫*・富崎正道*

1. ま え が き

近年、コンピュータの技術革新に伴い、出力機としてのプリンタも目覚ましい発展をしつつあり、プリンタに対してはコンピュータ規模に見合った機能、性能、価格が要求される。今回、これらの要求事項を可能な限り取り入れ、露光源としてLED (Light Emitting Diode) ヘッドを採用したコストパフォーマンスの高い、高速多機能漢字プリンタM8340を開発完了し、昭和61年4月から販売を開始したのでその概要を紹介する。

2. システムの概要

漢字プリンタM8340は、系列としてM8340-1があり、自社汎用コンピュータ《MELCOM EXシリーズ》などに接続可能なオンライン接続用の出力装置で、1分間に最大3,420行の印字速度を持ち、LEDプリンタとしては市場最高速の乾式電子写真方式のプリンタである。図1.にその外観を示す。

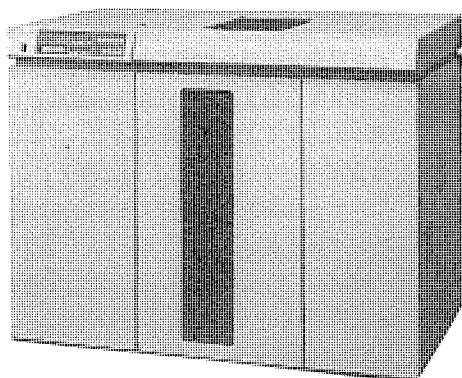


図 1. 漢字プリンタM8340の外観

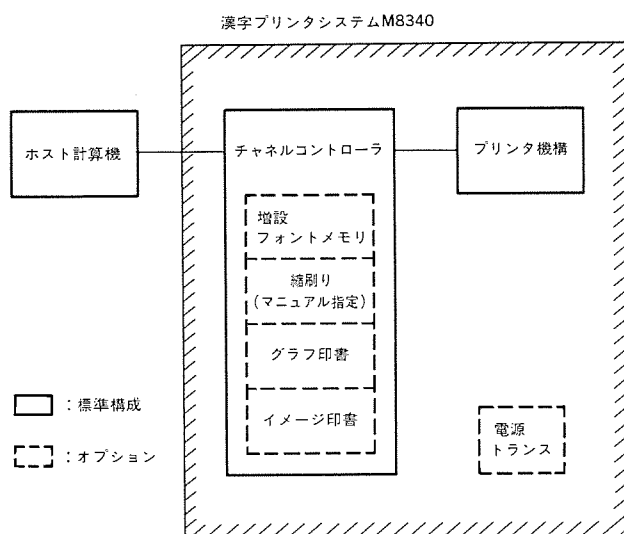


図 2. システム構成

図2. はシステム構成で、ホスト計算機からのデータはチャンネルコントローラで制御後、印字データとしてプリンタ機構に送り出され印字される。チャンネルコントローラにはオプションとして、増設フォントメモリ、縮刷り、グラフ印書及びイメージ印書の各機能があり、外部オプションとして電源トランスがある。

M8340及びM8340-1の主要仕様を表1.に示す。両者の相違は主として印字速度、オーバーレイ処理方式及び制御データによる書式制御機能にある。

3. システムの特長

(1) 高速印字用の15インチサイズLEDヘッドの製品化
LEDヘッド採用により、

(a) 全固体化、電子走査化が可能となり、小形化、信頼性及び保守性を向上することができた。

(b) 240ドット/インチの分解能をもち、6行/インチで、2,200あるいは3,420行/分の高速鮮明な印字ができる。

(2) 操作性の向上

(a) 用紙のオートローディング及びスプライシング機構の採用により面倒な紙セットを解消できた。

(b) トナーのカートリッジ化により手を汚さないでトナー補給ができた。

(c) スタッカテーブルを自由に上下でき、引き出すこともできる。

また、折り畳み寸法は、操作パネルからワンタッチで操作できる。

(3) 普通紙への印字

紙厚55~135kgの普通紙へ静かな運転で印字できる。

(4) 豊富な機能を準備

チャンネルコントローラを組み込むことにより、

(a) オーバーレイ印書、縦横変換、コピー、コピー修正、外字処理、水平スキップ、サフィックス印字及びジョブ区切りマーク印字ができる。

(b) 最大収容文字数はテキスト系、オーバーレイ系ともに各16,384字まで拡張できる。

(c) 最大31描画分のグラフ印書ができる(オプション)。

(d) FAXGⅢデータ(MH/MR圧縮方式)及び非圧縮データが扱えるイメージ印書が可能である(オプション)。

(e) 約75%の縮刷り(マニュアル指定)ができる(オプション)。

(f) 複数のマイクロプロセッサの分散処理方式採用により、診断の容易化を実現した。

4. チャンネルコントローラ

チャンネルコントローラは、ホスト計算機からデータを受信し、ドットパターンに変換後、プリンタ機構へ送り出す役割を持ち、そのブロック図を図3.に示す。大別して、メインプロセッサ部、入力データ処理部、印字出力データ処理部及びグラフ・イメージデータ処理部により構成され、メインプロセッサの制御下に2台のサブプロセッサを配し、並列分散処理による高速/高機能化とともに、機能拡張性向上及び電子部品削減による

表 1. 主 要 仕 様

項 目		仕 様		備 考
		M 8340	M 8340-1	
1. 印 字 方 式		LED アレーを用いた乾式電子写真方式		
2. 印 字 速 度 (行/分)		3,420 (6 行/インチ) 4,560 (8 行/インチ) 6,840 (12 行/インチ)	2,200 (6 行/インチ) 2,930 (8 行/インチ) 4,400 (12 行/インチ)	
3. 文 字 の 大 き さ (ポ)		漢 字 : 7, 9, 12, 24	漢 字 : 7, 9, 12 半 角 : 9, 12	
4. 印字ドット密度 (ドット/インチ)		縦/横とも 240		
5. 文 字 間 隔 (字/インチ)		漢 字 : 2.5, 5, 6, 7.5, 10 英数字 : 10, 12, 15	漢 字 : 5, 8, 10 半 角 : 10, 16 英数字 : 10, 12, 15	
6. 行 間 隔 (行/インチ)		漢 字 : 3, 6, 8 英数字 : 3, 6, 8, 12	漢 字 : 4, 6, 8, 12 英数字 : 4, 6, 8, 12	
7. 書 式	(1) オーバレイ印書	デジタル方式, 最大 31 種	イメージ方式, 最大 255 種 GⅢ 圧縮方式 (MH)	オプション
	(2) グラフ 印 書	グラフ標準ソフトウェア CORE 準拠方式	グラフ標準ソフトウェア GKS サ ブセット方式	オプション
	(3) イメージ印書	非圧縮又は GⅢ 圧縮データ (MH/MR 圧縮方式)		オプション
	(4) 縮 刷 り (マニュアル指定)	可	—	M 8340 はオプション
	(5) そ の 他	縦書/横書, コピー, コピー修正, 外字処理, 水平スキップ, サフ ィックス印字, ジョブセパレーションマーク印字, いずれも可		
	—	—	組文字, 分割文字, 半角文字指定, A/N 書体指定, 繰り返し文字指 定, 強調, いずれも可	
8. 最大印書幅 (インチ)		テキスト/グラフ/イメージ系 : 13.6		
		オーバーレイ系 : 14.6	オーバーレイ系 : 14.8	
9. 紙 質		普 通 上 質 紙		特殊紙 : 条件付き
10. 用 紙 形 状		両端スプロケット穴付き折り畳み用紙		
11. 用 紙 厚 (kg)		55~135		
12. 紙 幅 (インチ)		7~18		
13. 折りたたみ寸法 (インチ)		7~14		
14. 用 紙 給 紙		オートロード方式, スプライシング機能有り		
15. ト ナ ー 補 給		カートリッジ方式		
16. 入 力 電 源		三相 3 線式又は三相 4 線式, 50/60 Hz AC 200/208/220*/240*/380*/415* V±10 %		* 印 外付き電源ト ランス要
17. 消 費 電 力 (kVA)		9.5	6.5	
18. 寸 法 (mm)		1,495(W)×830(D)×1,210(H)		
19. 重 量 (kg)		690		

高信頼性をねらっている。以下各部について、この装置の特長を踏まえその概略を説明する。

4. 1 メインプロセッサ部

ホスト 計算機からのデータ及びオペレータ指示により、各部の動作の総合管理及び FDD ユニット制御を行う。メインプロセッサには、汎用マイクロプロセッサ (16 ビット並列処理, クロック 10 MHz, IEEE 796 仕様) を採用している。電源投入時、このプロセッサの ROM 化プログラムにより各プロセッサの制御プログラムは、FDD ユニットからロードされる。グラフ印書 (オプション) 使用時は、グラフページバッファ用メモリが付加される。

4. 2 入力データ処理部

ホスト 計算機からのデータ受信制御 (チャネルインタフェース/データチェック制御), 変換テーブルによる入力文字コードから物理文字コードへの変換及び印字出力データ処理部へのデータ送出手続きを行う役割を持っている。サブプロセッサには、高速データ処理コントローラ (DPC) が使用され、サイクルタイム 400 ns, データ長 20 ビットで、読出し・演算・シフト・書き込み・制御パルス出力処理を行う。この制御プログラムは、1 命令 32 ビット構成で、16 KW の RAM に収納されている。

4. 3 印字出力データ処理部

入力データ処理部からデータを受け取り、各種バッファメモリ、フォントメモリへ書き込む入力処理と、前述バッファメモリから読み出したデータから、ドットパターンを得てプリンタ機構へ送り出しする出力処理を受け持っている。

ここでは特に高速処理が要求されるため、サブプロセッサによる処理とランダムロジック回路処理を必要に応じ役割分担させている。サブプロセッサとして、入力データ処理部と同様高速データ処理コントローラ (DPC) を使用し、異なる制御プログラムをロードしている。ランダムロジック回路は、印字速度・文字の大きさ・書式制御仕様により左右され、M 8340 と M 8340-1 とでは、その回路構成は異なる。

(1) テキストデータ出力処理

漢字文字コード及び英数字 (AN) 文字コードは、文書 (テキスト) に使用され、ページバッファへ書き込まれる。このバッファから取り出されたデータを基にして、フォントメモリから文字パターンを読み出し、縮小/回転 (縦書)/拡大回路にてパターン変換後、制御データ指定の印字位置にドットパターン編集し、ラインビットバッファに書き込まれる。ラインビットバッファは、チャネルコントローラとプリンタ機構の速度整合を行うバッファで、テキストデータイメージを収納しており、その出力はプリンタ機構へ送られる。

コピー機能が定義されている場合は、ページバッファ内のオリジナルページが指定ページ分繰り返しラインビットバッファへ書き込まれる。コピー修飾機能が定義されている場合、ページバッファから読み出したデータを、コピー修飾バッファの内容で部分修正しながら処理を行う。

データ内の制御データには、

- ・水平スキップ……………文字の書き出し位置指定機能
 - ・サフィックス印字 ……文字の右上/右下にサフィックス文字を印字する機能
 - ・縦書……………漢字文字の 90° 回転印字機能
- がある。M 8340-1 では、更に次の機能を持っている。
- ・組文字……………続く漢字 2 文字を半角 2 文字にて縦書する機能
 - ・強調……………アンダーライン・サイドライン・消し込み機能
 - ・文字枠間隔指定機能
 - ・英数字 (AN) 書体指定
 - ・分割文字……………1 文字を 2 行又は 4 行にまたがり印字する機能
- (2) オーバレイデータ出力処理
- けい線などの固定帳票フォーマットを文書 (テキスト) と重ね合わせて印

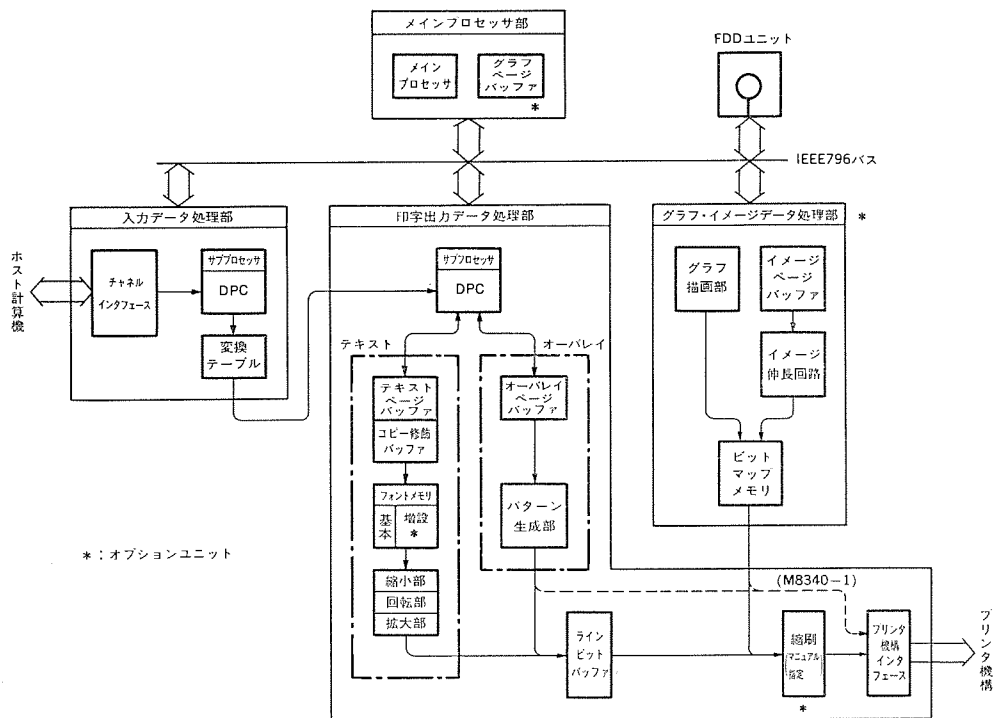


図 3. チャネルコントローラのブロック図

字するオーレイ機能によって、データはオーレイページバッファに収納され、M8340とM8340-1ではデータ仕様が異なるため、ハードウェア構成と処理方式は次のようになる。

M8340では、データが文字コードと制御コードで、パターン生成部はフォントメモリであり、処理方式はテキストデータと同一になる。一方M8340-1では、データが圧縮データのため、パターン生成部はイメージ伸長回路になり、その出力はラインビットバッファの出力(テキスト)と重ね、プリンタ機構へ直接送られる。イメージ伸長回路は、1ドット160nsの伸長速度を持っている。

4.4 グラフ・イメージデータ処理部

グラフページバッファのグラフコマンド及びイメージページバッファのイメージデータをビットパターン展開し、ビットマップメモリ(1ページ分の容量を持つバッファメモリで、高速化のため2面構成)に書き込む処理を行う。1ページ分全データのビットパターン展開が完了すると、メインプロセッサ部は印字起動をかけ、ビットマップメモリとラインビットバッファを同時に読み出し、重ね合わせてプリンタ機構へ送る。グラフコマンドとイメージデータは仮想印字面単位で規定され、同一ページ内にそれぞれ複数個存在又は混在が可能であり、相互の重なりはビットマップメモリ上にて重畳される。

(1) グラフデータ出力処理

グラフページバッファのグラフコマンドから変換された内部グラフコマンドをメインプロセッサ部から受け取り、グラフ描画部のグラフコントローラによりビットパターンが展開される。グラフコマンドには、線分・円・多角形・文字列などを描く出力コマンド、中塗りパターン・線種などを指定する属性コマンドがある。

(2) イメージデータ出力処理

イメージページバッファのイメージデータを専用LSIによるイメージ伸長回路により、ビットパターンが展開される。

(3) その他の機能

フォントメモリ非常駐の文字を印字する外字処理にて、データを送る前に、あらかじめ該当文字のフォントパターンをロードしておくプリロード方式に加え、データ内の非常駐文字をホスト計算機に報告し、その後、該当文字のフォントパターンをロードさせるオンデマンド方式も採用し、ホスト計算機の負荷を大幅に軽減させた。

診断/保守機能として、電源投入時の自己診断、オンライン診断コマンド、メンテナンスパネルからの診断コマンド、障害発生時のデータ及び各プロセッサ情報の保存処理などがあり、信頼性/保守性の向上を図った。

5. プリンタ機構

プリンタ機構の概念図を図4.に、電気的ブロック図を図5.に示す。プリンタ機構は印字機構と用紙搬送機構に分かれる。各機構について、この装置の特長を踏まえて概要説明する。

5.1 印字機構

(1) 印字方式

カルソニ法による乾式電子写真方式を採用している。すなわち、チャネルコントローラからの印字データは1ラインごとに変換されたLED光となり、帯電極にてチャージされた光電ドラムの表面を露光し潜像を作る。潜像は現像部でトナーを吸引して可視像となり、転写部にて用紙に転写される。その後、用紙は定着部を通過することによりトナーを用紙に融着させる。この間にドラム表面はクリーナーブラシ、除電ランプなどにて清掃され次の露光にそなえる。

(2) 帯電部

コロナ帯電を行っているが、帯電直後に光電ドラム表面電位センサを設置し、帯電電位を一定に保つように電流制御をしている。これにより、ドラム感度のばらつきや劣化の印字品質への悪影響を最小限に食い止めることができる。

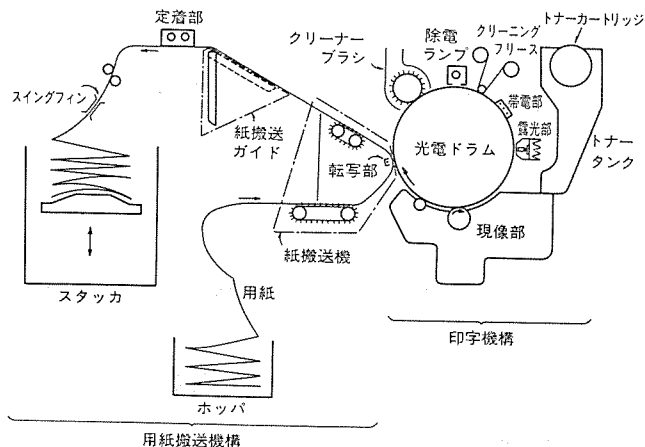


図 4. プリンタ機構の概念図

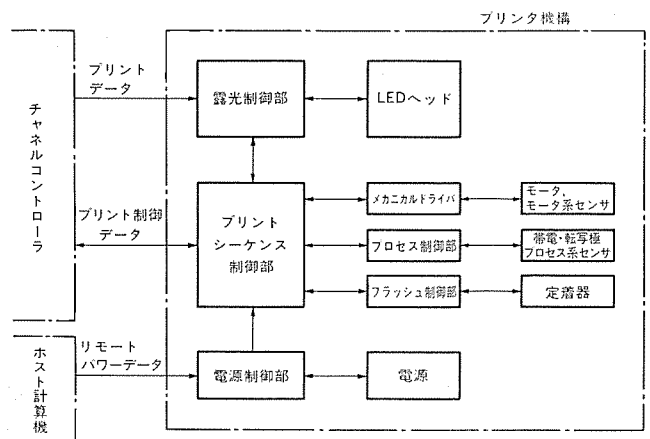


図 5. プリンタ機構のブロック図

(3) 露光部

LEDヘッドの採用により、レーザやOFT (Optical Fiber Tube) 露光のような複雑な機構、電気回路を必要としなくなった。LEDヘッドの特長を(a)～(d)に示す。

(a) 小形 (490 mm(W)×55 mm(D)×47 mm(H)) にした。

(b) ドライバICごとに光出力の補正回路を設け均一な発光を出せるようにした。

(c) LEDチップの高出力化とともに、メタル基板、ヒートパイプ強制空冷採用による放熱性向上を図り、発光量を向上させた。

(d) 感温センサを備えたLEDドライバICに温度補正回路を内蔵し、温度変化による発光量を定常化した。

なお、印字濃度の選択はLEDの発光時間を変えることで行っている。

(4) 現像部

2成分系現像剤を使用する磁気ブラシ反転現象である。かくはん性向上のためにかくはん軸を2軸とし、現像機内にトナー濃度センサを設置し、印字濃度を一定に保つよう、トナー補給制御している。また現像剤飛散対策として回収軸を設け、プリント停止時に自動的に駆動する。

(5) 清掃部

転写後、光電ドラムはクリーナーブラシで残留トナーが除去され、除電ランプで除電される。かき落とされたトナーは、サイクロンフィルタ及びクリーナーバッグで回収される。サイクロンフィルタ設置により、クリーナーバッグの交換周期を大幅に延ばすことができた。

(6) 定着部

2本のキセノンランプによるフラッシュ定着方式を採用している。省電力化のほかに、熱による用紙変形を抑えることにより、搬送性、スタッキング(用紙折り畳み)性の向上を図っている。

5.2 用紙搬送機構

(1) 紙搬送機

(a) 用紙のオートローディング(自動給紙)

用紙セットはトラクタカバーをあけて用紙幅にトラクタ幅を合わせ、両

側計4個のスプロケットピンに用紙をかけてカバーを閉じ、印字又はフィードスイッチを押すだけで自動的にスタッカまで用紙を搬送する方式で、用紙セットが簡便化される。なお、手動給紙モードも備えている。

(b) スプライミング

用紙の終了を検出するとプリンタは自動停止し、そのまま用紙排出するか、あるいは次の用紙の始端をテープでつなぐか(スプライミング)の選択ができる。

(2) 紙搬送ガイド

用紙の始端あるいは終端が定着部の前にさしかかる際、紙搬送ガイドが橋渡しの役目をし、用紙搬送ジャムを未然に防ぐ働きをする。このガイドはホッパに紙セット時は下がっており、操作の邪魔にならない構造となっている。また橋渡し時はベルト駆動により紙がスムーズに流れる配慮がされている。

(3) スタッカ

折りミシヨ目同期したスイングフィン及び回転パドルにより、スタッキングミスを軽減することができる。なお、折り幅及びスイングフィンの同期は、操作パネルのスイッチ設定により自動的に行える。またスタッカテーブルは手元スイッチで自由に上下駆動でき、最下段にすれば手前に引き出せる構造となっている。

6. む す び

今後、計算機の事務処理が進むにつれ、ますます従来のインパクト方式ラインプリンタに代わるノンインパクトプリンタの必要性が増大してくるであろう。プリンタ速度も低速から高速まで、用途により使いわけが進むと思われる。LEDヘッド使用のプリンタは従来のレーザあるいはOFT使用のプリンタで果たせなかった小形化に一つの方向性を与えるものと確信する。今後は更に小形化、高信頼性及び低速から高速までの汎用性を実現していく予定である。

なお、今回の開発にあたって、ご協力いただいた関係者の方々に深く感謝の意を表するとともに、LEDヘッドは当社商品研究所で開発し、通信機製作所で製作したものであることを申し添える。

高速大容量512KビットEPROM

外山 毅*・香田 憲次*・安藤 伸朗*・中島 盛義*・小松 正幹*

1. ま え が き

半導体メモリの集積度は、約1年半で2倍というハイスピードで大容量化が進んでいる。EPROM (Erasable and Programmable Read Only Memory) は、電氣的に書き込みができ、紫外線照射により消去可能な不揮発性メモリで、幅広くマイクロプロセッサシステムなどに応用されている。当社においても2Kビットに始まり、現在64K⁽¹⁾、128K⁽²⁾、256K⁽³⁾ビットの容量のEPROMを開発し市場に供給している。

今回筆者らは、最新の微細加工技術と回路設計により、最大アクセスタイム200nsの読出し特性をもつNチャネル512KビットEPROM M5L27512Kを開発した。M5L27512Kは、64K、128K、256KビットEPROMと読出し時のピン互換性があり、システムの機能を更に向上させることが可能である。

ここでは、高速大容量512KビットEPROM M5L27512Kの製品概要、回路技術、動作諸特性などについて紹介する。

2. 製品概要

今回開発したNチャネル512KビットEPROM M5L27512Kの主な特長は次のとおりである。

- (1) 大容量512Kビット : 65,536ワード×8ビット構成
- (2) 高速アクセスタイム : 最大200ns M5L27512K-2
- (3) 低消費電力 : 読出し動作時最大525mW
スタンバイ時最大210mW
- (4) 低い書き込み電圧 : 12.5V
- (5) 高速書き込み方式採用
- (6) 標準28ピンDIL (Dual in Line) パッケージ

512KビットEPROM M5L27512Kのピン接続図を図1.に示す。256KビットEPROMと比較して、1ピンのV_{PP}が最上位アドレス信号A₁₅となり、22ピンのOEがV_{PP}を兼ねOE/V_{PP}信号となる。

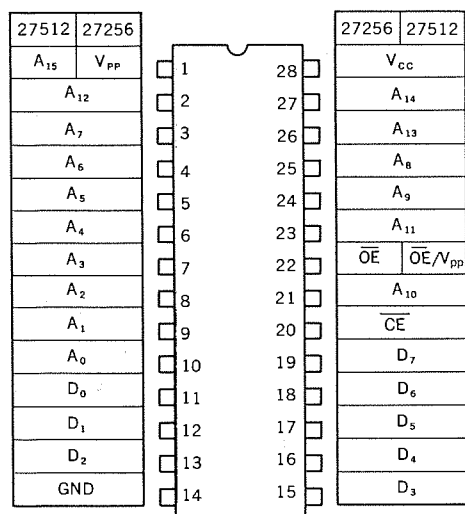


図1. 256KビットEPROMと512KビットEPROMのピン接続図

20ピンのOEは、256KビットEPROMと同様にプログラム制御信号を兼ね備えている。

3. 回路構成及び技術的特長

3.1 回路構成

512KビットEPROMのブロック図を図2.に示す。512Kビットは65,536ワード×8ビットで構成されており、データ入出力は8ビット(D₀~D₇)からなる。64Kワードの選択には、16本のアドレス信号(A₀~A₁₅)を必要とし、アドレス信号の下位6本(A₀~A₅)はメモリアレーの列選択をするYデコーダに、上位10本(A₆~A₁₅)はメモリアレーの行選択をするXデコーダに、

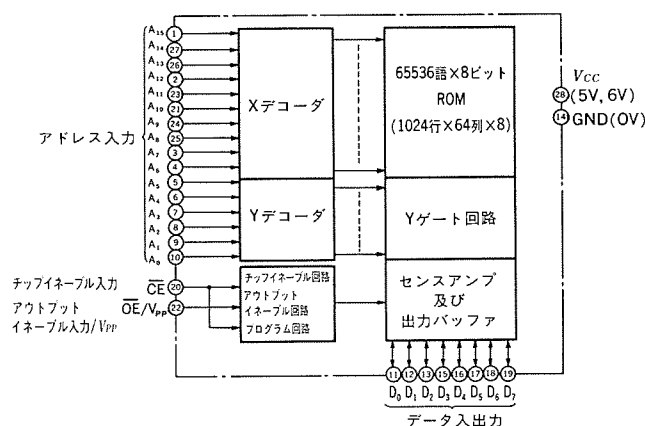


図2. M5L27512Kのブロック図

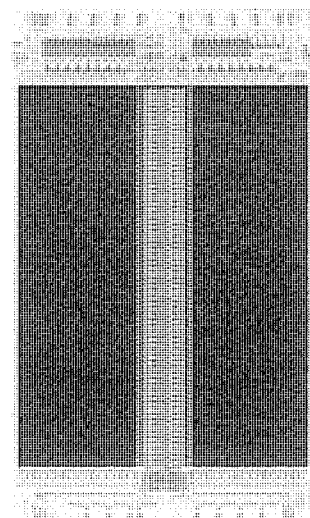


図3. 512KビットEPROM M5L27512Kのチップ写真

表1. 技術的ポイント

- | | |
|--|----------------------|
| ○縮小投影露光及びひ素のイオン注入によるソースドレインの形成 | ⇒ 1.8μm MOSトランジスタ |
| ○0 V _{th} トランジスタ | ⇒ 低消費電力 |
| ○差動センスアンプ回路 | ⇒ 高速アクセス、広い動作範囲 |
| ○V _{PP} 昇圧回路及びV _{PP} /V _{CC} 切替回路 | ⇒ OE/V _{PP} |
| ○書き込み時ワード線昇圧 | ⇒ 高速かつ深い書き込み |
| ○リダクション回路 | ⇒ 歩留向上 |

する X デコーダにそれぞれ振り分けられる。制御信号は、読出し時チップの選択、パワーダウンを制御し、書込み時にはプログラム信号となるチップイネーブル信号 (\overline{CE}) と、読出し時データ出力回路を制御し、書込み時には電源 V_{PP} となるアウトプットイネーブル/ V_{PP} (\overline{OE}/V_{PP}) の 2 本からなる。電源は、書込み時には 6 V の V_{CC} 電源と 12.5 V の V_{PP} 電源で動作し、読出し時には 5 V の V_{CC} 電源のみで動作する。

3.2 高集積化技術

512 K ビット EPROM は、既に大きな市場実績のある 256 K ビット EPROM との書込み条件 (V_{PP} 電圧、高速書込み方式など) のコンパチビリティを考慮して、メモリトランジスタのチャネル長、ゲート酸化膜厚な

どの基本的寸法は同じにしながら、縮小投影露光、異方性ドライエッチングなどの最新微細加工技術を用いて、メモリセルサイズを $6 \times 6 \mu\text{m}^2$ から $5.5 \times 5.25 \mu\text{m}^2$ に縮小している。また、EPROM は書込み時に高電圧を印加するため、プログラム回路の主要部分には、高耐圧 MOS トランジスタを使用し、 V_{PP} 絶対最大定格 14 V が得られている。

図 3. に 512 K ビット EPROM M5L27512 K のチップ写真を示す。チップサイズは、 $4.6 \times 7.48 \text{ mm}^2$ であり、当社 256 K ビット EPROM に比べて面積で 1.5 倍のチップサイズに 2 倍の容量を集積している。

3.3 回路技術

512 K ビット EPROM は、低消費電力、高速アクセス、高速書込みなど

の高性能化が表 1. に示した技術的ポイントを用いて達成されている。低消費電力化として、しきい値電圧がほぼ 0 V の $0 V_{th}$ トランジスタを周辺回路のロード側に用い、チップイネーブル信号、アドレス信号及びデコード信号で、このトランジスタを制御することで動作時及びスタンバイ時の電源電流を減少している。

高速アクセスのためには、負荷容量の大きい X デコーダ系の信号をアドレス信号で分割し、各々の信号に対する負荷容量を減らすとともに、ブートストラップ回路により充電能力を向上させ高速化を図っている。また、センスアップ回路も、128 K、256 K ビット EPROM で使用し実績のある差動形センスアップ回路を採用し、高速アクセスと広い動作範囲を得ている。

512 K ビット EPROM は、 \overline{OE} 信号が電源 V_{PP} を共用しているため、読出し時には \overline{OE} として入力リレーがなく、書込み時には電圧降下なく内部に V_{PP} 電圧を伝える必要がある。そのため、内部に V_{PP}/V_{CC} 切換回路とこれを制御する V_{PP} 昇圧回路を設け \overline{OE}/V_{PP} を実現している。また、 V_{PP} 昇圧回路は X デコーダ系にもあり、書込み時には、ワード線を約 14 V まで昇圧し、高速かつ深い書込みが実現されている。

M5L27512 K は、当社の EPROM として、初めてリダンダンシ回路を内蔵している。4 行 2 列の予備のメモリが各データごとに配列されており、欠陥メモリセルをウェーハテスト時点で予備のメモリと置換することにより高い歩留を得ている。リダンダンシ回路によるチップ面積の増加分は約 4 % である。

4. 動作諸特性

4.1 読出し特性

読出しは、 \overline{CE} と \overline{OE}/V_{PP} を “L” レベルに設定し、アドレス信号 ($A_0 \sim A_{15}$) を入力するとデータ出力 ($D_0 \sim D_7$) に記憶内容が現れる。アクセスタイムは、アドレス、 \overline{CE} 、 \overline{OE} の 3 種類が定義され、各アクセスタイムの電源電圧依存性を図 4. に、周囲温度依存性を図 5. に示す。標準条件における各アクセスタイムは、アドレスアクセスが 140 ns、 \overline{CE} アクセスが 150 ns、 \overline{OE} アクセスが 45 ns といずれも高速であり、M5L27512 K-2 では最大アクセスタイム 200 ns が実現されていることがわかる。

4.2 書込み特性

書込みは、消去状態 “1” のメモリセルに電子を注入して書込み状態 “0” にすることで、 V_{CC} を 6 V、 \overline{OE}/V_{PP} を 12.5 V に設定し、アドレス信号 ($A_0 \sim A_{15}$) とデータ入力信号 ($D_0 \sim D_7$) を与え、 \overline{CE} を “L” にすることで書込みが行われる。書込み方式は、256 K ビット EPROM と同じ高速書込み方式⁽³⁾を採用している。フローチャートを図 6. に示す。

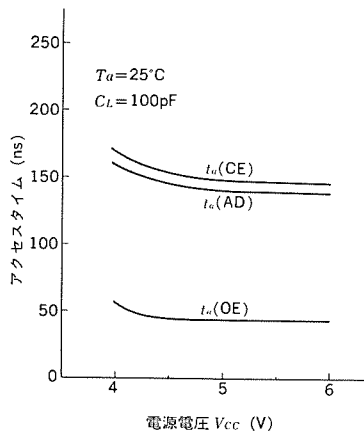


図 4. アクセスタイムの電源電圧依存性

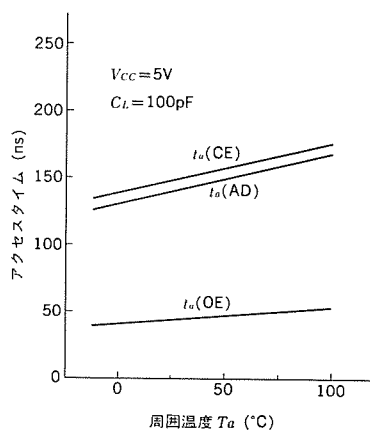


図 5. アクセスタイムの周囲温度依存性

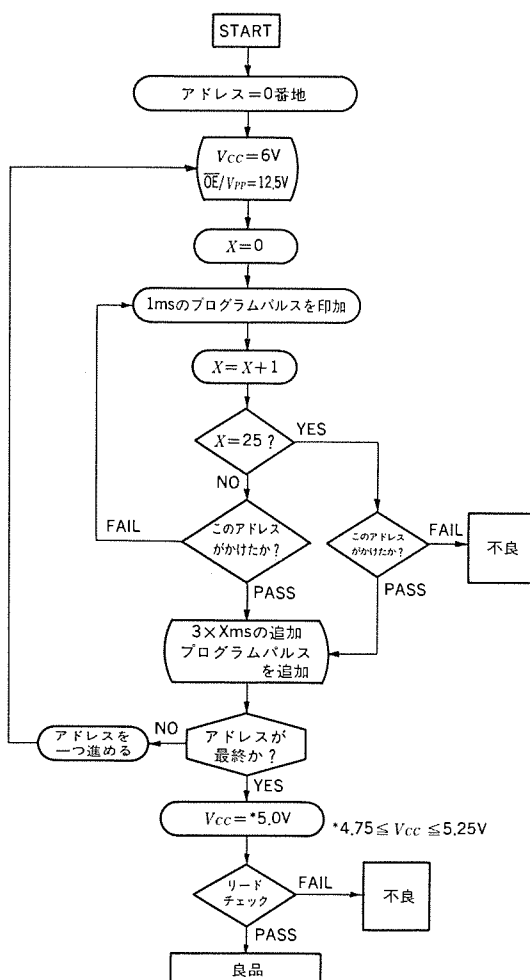


図 6. 高速書込み方式のフローチャート

まず、 V_{CC} を 6 V、 \overline{OE}/V_{PP} を 12.5 V にし、アドレスを 0 番地に設定する。 \overline{CE} に 1 ms のプログラムパルス印加した後、 \overline{OE}/V_{PP} を “L” に設定し、読出し可能かをチェックする。読出しが OK でないときは、再度 \overline{OE}/V_{PP} を 12.5 V に設定し、 \overline{CE} に 1 ms のプログラムパルス印加と読出しチェックを繰り返し、OK になるまでの累積印加パルス数の 3 倍を追加プログラムパルスとして印加する。この一連の書き込みを最終番地まで繰り返し、全アドレスの書き込み完了後、 V_{CC} を 5 V にして読出しを行う。

ここで留意すべき点は、 V_{PP} 電源が \overline{OE} 信号と共用されていることである。書き込み時には \overline{OE}/V_{PP} を V_{PP} に設定し、書き込みできたかをチェックする読出し時には “L” にする必要がある。したがって、高速書き込みをより高速に行うには、EPROM プログラムにおいて \overline{OE}/V_{PP} の立ち上がり、立ち下がり速くするなどの検討が必要である。

4.3 DC 特性

動作時及びスタンバイ時の電源電流の電源電圧依存性を図 7 に、周囲温度依存性を図 8 に示す。標準条件における動作時電流 (I_{CC2}) 及びスタンバイ時電流 (I_{CC1}) は、それぞれ 38 mA、14 mA と N チャンネル EPROM としては極めて少ない。

図 9 にデータの出力電圧 (V_{OH} , V_{OL}) の出力電流 (I_{OH} , I_{OL}) 依存性を示す。規格上 1 TTL コンパチブルであるが、十分な電流駆動能力をもっている。

4.4 消去特性

EPROM を消去するには、書き込みによりフローティングゲートに蓄えられた電荷を、2,537 Å の波長の紫外線を照射して放出すればよい。消去状態では、出力データは “1” になる。図 10 に 512 K ビット EPROM の消去特性を示す。約 4～5 分で全ビット消去されるが、書き込み及び読出し動作の安定を図るためには下 $15 \text{ W} \cdot \text{s}/\text{cm}^2$ の照射エネルギー量、つまり $12,000 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ の光強度の下で 20 分程度の十分な消去が必要である。

5. 信頼性

EPROM で最も重要な信頼性は記憶保持である。メモリの FAMOS (Floating Gate Avalanche Injection Metal Oxide Semiconductor) 形トランジスタの基本的構造、寸法は、既に実績のある 256 K ビット EPROM と同様のものを採用し、実使用上 100 年以上の記憶保持が期待できる。

また、書き込み後の EPROM を太陽光や蛍光灯下に放置すると、それらの光の中に含まれる紫外線によって不用意に消去される可能性がある。特に太陽光下では 1～2 日で消去される。通常使用時には、紫外線をカットするシールでガラス窓を覆う必要がある。

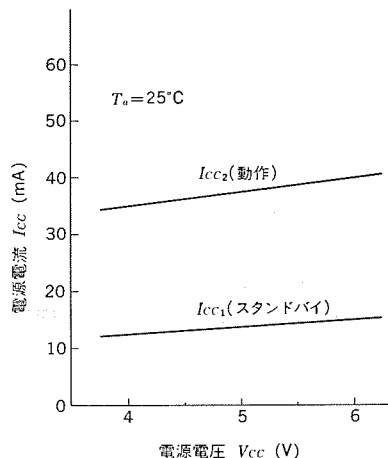


図 7. 電源電流の電源電圧依存性

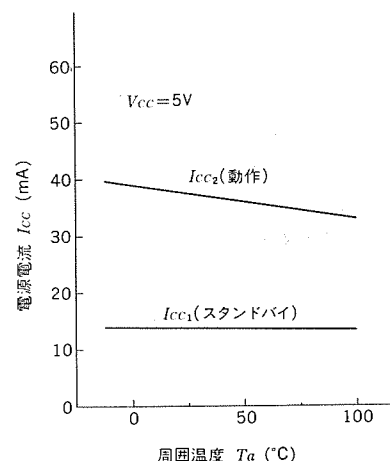


図 8. 電源電流の周囲温度依存性

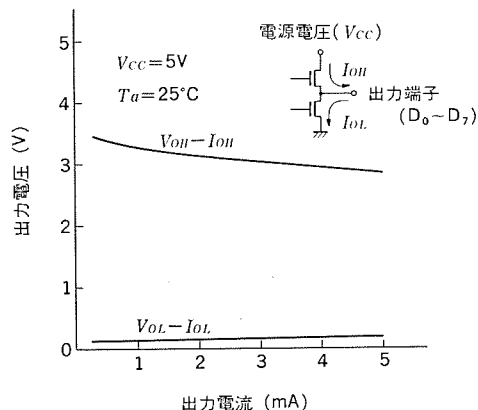


図 9. 出力電圧—電流特性

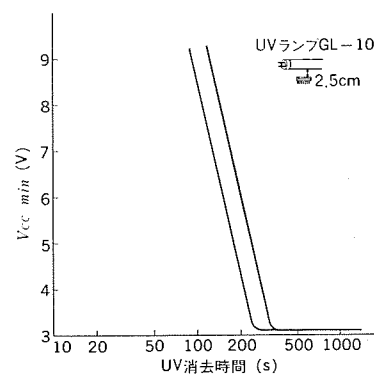


図 10. M5L27512K の消去特性

6. むすび

マイクロプロセッサシステムのプログラムデバッグ用として出現した EPROM は、大容量化、高速化が進み、幅広く種々の製品に組み込まれている。今回開発した 512 K ビット EPROM M5L27512K は、256 K ビット EPROM の上位互換性があり、市場のニーズに十分こたえることができると考える。更に、高速アクセスのニーズにこたえるため、最大アクセスタイム 150 ns の読出し特性をもつ 512 K ビット EPROM を、近い将来製品化する予定である。

今後も EPROM の大容量化、高速化は急ピッチで進められるが、1 M ビット EPROM からは、多種多様な製品が登場する。現在、当社では、32 ピンタイプを 2 機種、40 ピンタイプを 1 機種開発中であり、近い将来製品化する予定である。また、1 M ビット EPROM 以上の製品は CMOS となり、高速化、低消費電力化が更に進むことになる。

参考文献

- (1) 外山ほか：三菱電機技報，56，No. 4，p. 276 (昭 57)
- (2) 外山ほか：三菱電機技報，57，No. 11，p. 795 (昭 58)
- (3) 山本ほか：三菱電機技報，59，No. 9，p. 672 (昭 60)

4ビットマイクロコンピュータM50720とその開発サポート装置

久保 博 司*・亀井 達 也*

1. ま え が き

CMOS 4ビットマイクロコンピュータM50720は、M50721、M50723ほか《MELPS 720シリーズ》のコアとして開発されたが、この《MELPS 720シリーズ》は、昭和58年1月の発売以来、広範囲のユーザーから好評を得ている《MELPS 760シリーズ》の高機能、高速版としての位置付けを持っている。《MELPS 760シリーズ》は、ゲートの置き換え、又はサブコントローラとして使用できるだけでなく、それまでコストの面からマイコン化が困難であった市場へのマイコンの導入を可能にした。しかし、発売以来3年が経過し、性能向上を求める声が強くなっている。これにこたえるために、M50720を開発した。

本稿ではM50720について、開発の背景と回路上の特長、性能面での特長、品種展開計画及び開発サポート装置を紹介する。

2. M50720 開発の背景と回路上の特長

最近の4ビットマイクロコンピュータ（以下、4ビットマイコンと称す）の展開をみると、大容量のROM、RAMを搭載し、ROM、RAM及びI/Oが同一アドレス空間上に配置されていて、更にCPUデータバスが8ビット幅であるものが多く開発されている。それらは8ビットマイコンと同じアーキテクチャを採用することによって、4ビットマイコンの高機能化を図ろうとするものである。これに対し、M50720は、それほどの高機能を必要としないが、コスト要求の強い市場に対応しようとするもので、優れたコストパフォーマンスを持っている。設計にあたっては、使用動作周波数及び電源電圧範囲を十分考慮しながら、最大限にダイナミック回路を採用することにより、トランジスタ数の大幅な削減とパターン効率の向上を実現した。そのため、全ピン数が42ピンと多いにもかかわらず、 $3.7 \times 3.8 \text{ mm}^2$ のチップ（図1.）に収めることができ、コストパフォーマンスが向上した。論理回路としては、マルチプレクサ部分を図2.（a）に示すようなダイナミック回路としたことに特徴がある。

この回路はクロック $\phi 1=0$ のとき、OUTPUTを1にプリチャージし、その後 $\phi 12=1$ の期間に、入力（A～D）を読み込む回路である。こ

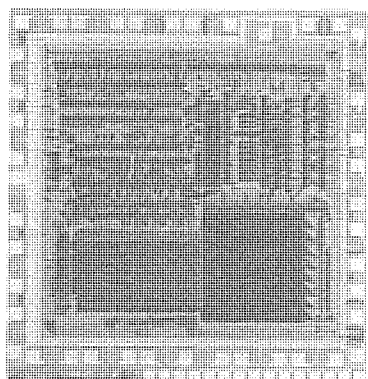


図 1. 4ビットマイクロコンピュータM50720のチップ拡大写真

の回路では、Pチャネルトランジスタは一つしか必要でないため、スタティック回路に比べて、トランジスタ数を大幅に削減できるとともに、図2.（a）中の破線で囲った部分が、パターン上、アルミ配線領域の中に形成できるためパターン面積の有効利用が図れ、パターン効率が向上した。なお、アーキテクチャとしては、ROM、RAM及びI/Oが各々異なるアドレス空間に配置されるハーバード・アーキテクチャを継承している。

3. M50720 の性能面の特長

- （1）ROM 2K語×9ビット
- （2）ROM 使用効率の良い命令セット
- （3）プログラムカウンタ専用スタック（4レベル×11ビット）
- （4）高速動作・高速処理
- （5）低消費電力モード（パワーダウンモード）

以下、上記の（1）～（5）項とその他について順に説明する。

3.1 プログラムメモリ（ROM）

プログラムメモリは1語が9ビットで構成され、2K語までのプログラムを格納できる。また、テーブル参照命令により、プログラムメモリ領域の一部を変換テーブルとしても使用可能である。2K語のプログラムメモリ領域は、16ページからなっており、各ページは128アドレスで構成されているが、ページはオートインクリメントされるので、ページにまたがったプログラム作成が可能である。

3.2 命令セット

上記のように、プログラムメモリは1語が9ビット構成であるので、その9ビットによって番地指定できるインストラクションマップのアドレス空間が、1語が8ビット構成である場合に比べて2倍になる。このため、M50720では全命令63命令中、57命令が1語命令となっており、ROM使用効率の良い命令セットとなっている。更に、1ワードジャンプ命令により、128アドレスごとのページ内ジャンプが可能であるほか、1ワードサブルーチンコール命令により、固定サブルーチンページの128アドレスをアクセスすることができるなど、効率の良いプログラムの作成が可能である。

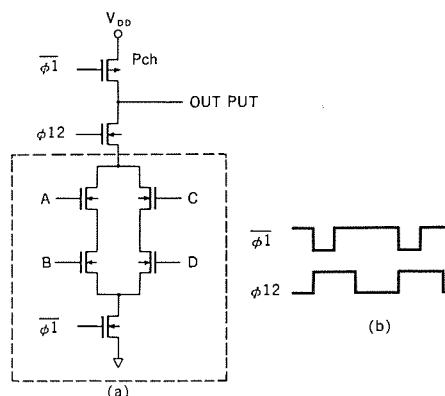


図 2. （a）ダイナミック形マルチプレクサ回路 （b）クロック波形

3.3 プログラムカウンタ専用スタック

プログラムカウンタは、4レベル×11ビットの専用スタックを持っている。したがって、サブルーチンコールやベクタ割込み時、1命令サイクルで退避を完了する。このため、データメモリ(RAM)の一部をスタック領域として使用し、プログラムカウンタを、4ビット若しくは8ビット(8ビットマイコンの場合)単位で、数サイクルに分けて退避させるRAMスタック方式に比べ、高速処理が実現される。

3.4 高速動作・高速処理

全命令63命令中、54命令が1命令サイクルで実行され、残りの命令も、テーブル参照命令(3命令サイクル)以外は2命令サイクルで実行される。また、CMOS 2.5μmルールの採用により高速化が可能となり、命令サイクルは2μsである。このため、高速動作・高速処理が実現される(命令サイクル1μs品も発売を予定している。昭和61年2月現在)。

3.5 低消費電力モード(パワーダウンモード)

パワーダウンモードとは、RAM及びリセット制御回路を除く、マイコンの全回路の電源供給を停止するモードで、プログラムによりこのモードに入り、入力端子であるCE端子に“H”レベルを加えると、リセットアドレスである0ページ0番地から実行を開始する。このとき、内蔵フラグ(Pフラグ)をプログラムによりセンスすることで、パワーオンリセットとの判別をする。このモードにより消費電力を大幅に低減することができる。

- パワーダウン時の消費電流 : 1μA (標準)
- 通常動作時の消費電流 (2MHz時) : 1.2mA (標準)

3.6 M50720の性能概要のまとめ

- 基本機械語命令数.....63
- 命令実行時間.....2μs(1語命令, 2MHzのとき)
- メモリ容量 ROM.....2,048語×9ビット
- RAM.....128語×4ビット
- タイマ タイマ1.....9ビットタイマ(固定分周)
- タイマ2.....8ビットタイマ/イベントカウンタ
- 割込み機能.....3要因(外部, タイマ1, タイマ2)1レベル

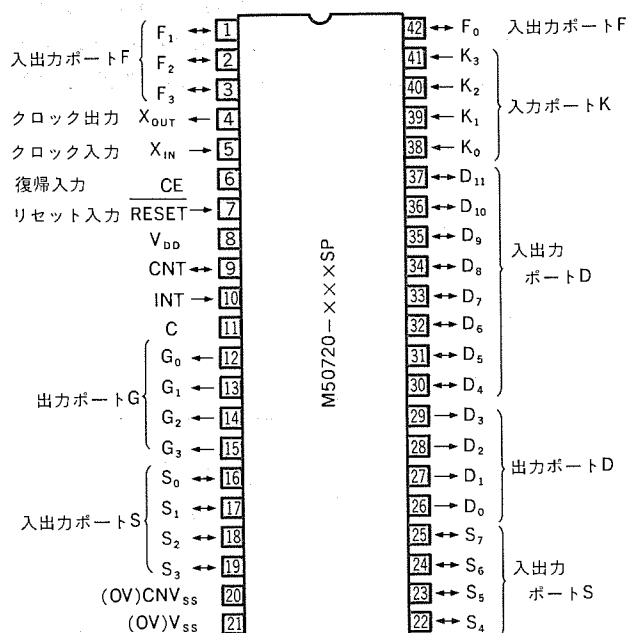


図 3. M50720-xxSPピン接続図(上面図)

表 1. 命令セット一覧

分類	命令記号	語数	サイクル数	分類	命令記号	語数	サイクル数	分類	命令記号	語数	サイクル数
レジスタ間転送命令	TAB	1	1	演算命令	SZC	1	1	サブルーチンコール	BML pa	2	2
	TBA	1	1		CMA	1	1		BMLA pa	2	2
	TAY	1	1		RAR	1	1		RT l	1	1
	TYA	1	1		SB j	1	1		RT	1	2
	TEAB	1	1		RB j	1	1		RTS	1	2
	TDA	1	1		SZB j	1	1				
RAMアドレス命令	LXY x, y	1	1	比較命令	SEAM	1	1	入出力命令	CLD	1	1
	LZ z	1	1		SEA n	2	2		CLS	1	1
	INY	1	1		T2 AB	1	1		SD	1	1
	DEY	1	1		TAB 2	1	1		RD	1	1
					TVA	1	1		SZD	1	1
					TWA	1	1		OSAB	1	1
タRAM転送・レジスタ間命令	TAM j	1	1	タイマ操作命令	SNZ 1	1	1		IAS i	1	1
	XAM j	1	1		SNZ 2	1	1		OFA	1	1
	XAMD j	1	1						IAF	1	1
	XAMI j	1	1						OGA	1	1
									IAK	1	1
演算命令	LA n	1	1	ブランチ命令	B a	1	1	割込み命令	EI	1	1
	TABP p	1	3		BL pa	2	2		DI	1	1
	AM	1	1		BA a	2	2		SNZ 0	1	1
	AMC	1	1								
	An	1	1		BLA pa	2	2		NOP	1	1
	SC	1	1						POF	1	1
	RC	1	1		BM a	1	1		SNZP	1	1

表 2. 記号の説明(表 1. 用)

記号	内容
A	4ビットのレジスタ(アキュムレータ)
B	4ビットのレジスタ
E	8ビットのレジスタ
R	8ビットのタイマ2オートリロードレジスタ
V	4ビットのレジスタ
W	2ビットのレジスタ
X	2ビットのレジスタ
Y	4ビットのレジスタ
Z	1ビットのレジスタ
1	タイマ1
2	タイマ2
D	12ビットのポート
F	4ビットのポート
G	4ビットのポート
K	4ビットのポート
S	8ビットのポート

- サブルーチンネスタイング.....4レベル
- 入力(ポートK).....4本
- 入出力(ポートD, F, S).....20本
- 出力(ポートG, D).....8本
- タイマ入出力(ポートCNT).....1本
- RAM保持機能(低消費電力モード)

42ピンシュリックプラスチックモールドDILパッケージに収めた場合のピン接続図を図3.に示す。

3.7 命令セットの概要(ニーモニック)

命令セットを機能別にまとめたものを表1., 表2.に示す。8ビットデータの転送を実行する命令として次の六つがある。

- (a) TABE
- (b) TEAB

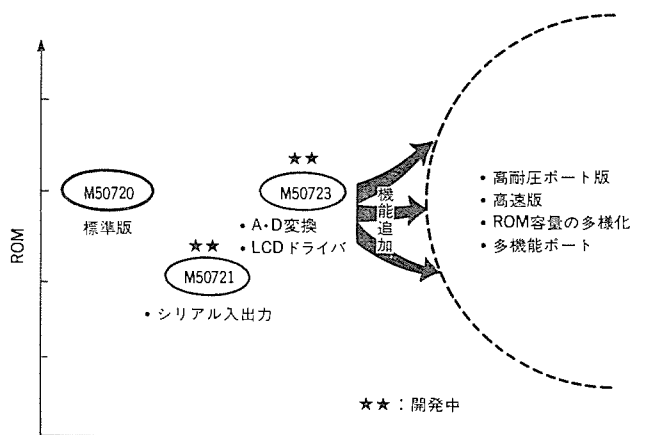


図 4. 《MELPS 720 シリーズ》展開計画の系統図

- (c) TAB 2 (d) T 2 AB
(e) TABP (f) OSAB

TABE 及び TEAB はレジスタ A, B とレジスタ E 間で、また、TAB 2 及び T 2 AB はレジスタ A, B とタイマ 2 間で 8 ビットデータを転送する命令である。TABP はテーブル参照命令で、レジスタ A, B にプログラムメモリ (ROM) コードの下位 8 ビットをロードする。OSAB はレジスタ A, B の内容をポート S に出力する。したがって、TABP と OSAB を組み合わせること、数字表示が容易に実現される。

4. 品種展開計画

M 50720 をベースに、応用分野別に A/D, シリアル I/O, LCD コントローラ/ドライバ, FLD コントローラ/ドライバなど、各種の周辺機能をオンチップ化した製品を展開して行く予定である。図 4. はシリーズ展開計画を系統的に示したものである。このほか、各品種にビジーバックを取りそろえる予定である。

5. 開発サポート装置

4 ビットマイクロコンピュータは低価格であるため、幅広い応用分野で利用される可能性をもっている。このため、M 50720 の開発サポート装置は、多くのユーザーの開発要求に対応できるように、容易に入手できる市販のパーソナルコンピュータを使用している (デバッグだけをスタンドアロンで動作させることもできる)。

現在、パーソナルコンピュータで最も多く使用されている 8 ビットマイクロコンピュータ用オペレーションシステム CP/M^{T.M.}, 16 ビットマイクロコンピュータ用オペレーションシステム CP/M-86^{T.M.} 及び MS-DOS^{T.M.} の 3 種類のオペレーションシステムでのソフトウェア開発を可能とすることにより、ユーザーで使用されているパーソナルコンピュータの 9 割以上のシステムで M 50720 のソフトウェア開発を行うことができる。図 5. に三菱電機パーソナルコンピュータ《MULTI 16 II》を使用した M 50720 開発システムの構成例を示す。以下に、このシステムを構成する製品について簡単に説明する。

5.1 クロスアセンブラ

M 50720 用クロスアセンブラは、パーソナルコンピュータ上で M 50720 用機械語データとデバッグ時に使用するシンボルデータを作成する。

5.2 デバッグ装置

M 50720 用デバッグ装置は、以下の三つの製品から構成され、パーソナルコンピュータ上でのシンボリックデバッグ機能を提供する。

- ・デバッグ本体 PC 4000 E

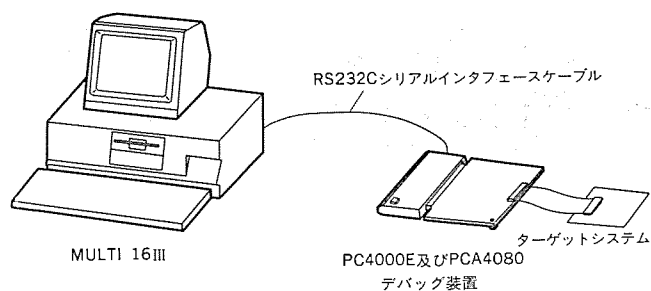


図 5. 《MULTI 16》を使用した標準的なサポート装置の構成例

表 3. SDT 720 コマンド一覧

・プログラム・エリア・コマンド	
A (ssemble)	1 行単位でアセンブルを行います。
D (ump)	メモリ内容を 16 進数で表示します。
E (rase check)	ROM のイレース・チェックを行います。
F (ill)	メモリの指定範囲に、一定のデータを書き込みます。
G (o)	プログラムの実行を開始します。ブレークポイント設定可能。
I (nput)	オブジェクトの内容を、PC 4000 に転送します。
L (ist)	プログラム・メモリの内容を逆アセンブルします。
M (ove)	メモリ内容のブロック転送を行います。
O (utput)	PC 4000 のメモリをファイルに格納します。
P (ass)	ブレーク・カウンタを表示、変更します。
R (ead)	ROM 内容を PC 4000 のプログラムメモリにロードします。
S (et)	メモリの内容を表示、変更します。
T (race)	プログラムの実行とステータス表示を行います。
U (ntrace)	プログラムを指定命令数だけ実行します。
V (erify)	プログラム・メモリと ROM の内容の一致テストを行います。
W (rite)	プログラム・メモリの内容を、ROM に書き込みます。
X (examine)	レジスタ内容を表示、変更します。
Z (reset)	ターゲット CPU を、リセットします。
? (help)	SDT 720 のコマンド一覧表を表示します。
・内部 RAM エリア・コマンド	
DI (ump)	メモリ内容を 16 進数で表示します。
FI (ill)	メモリの指定範囲に、一定のデータを書き込みます。
MI (ove)	メモリ内容のブロック転送を行います。
SI (et)	メモリの内容を表示、変更します。

- ・ M 50720 専用基板 PCA 4080

- ・ シンボリックデバッグソフトウェア SDT 720

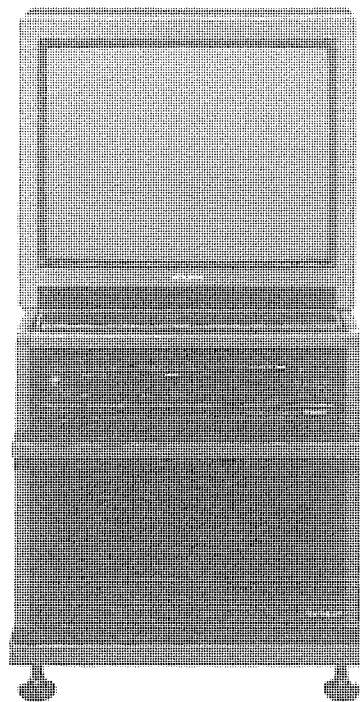
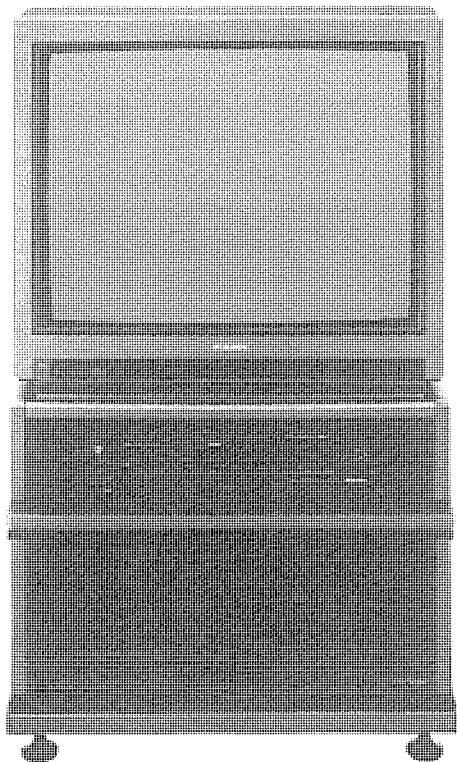
デバッグ本体とパーソナルコンピュータは、RS 232 C 規格のシリアルインタフェースで接続するため、ほとんどのパーソナルコンピュータに内蔵されているシリアルインタフェースをそのまま使用できる。SDT 720 のコマンドは、表 3. に示すように CP/M-86 に標準装備されているデバッグソフトウェア DDT 86 を拡張したコマンド体系となっており、4 ビットマイクロコンピュータに慣れていないユーザーにも簡単に使えるものとなっている。

以上のほかにも、近年ミニコンピュータからパーソナルコンピュータに至るまで広く使用されている UNIX^{T.M.} 系のオペレーションシステムのサポートも開始しており、より多くのユーザーからの要求に対応できるようサポート体制の充実を図っている。

6. む す び

以上紹介したとおり、M 50720 は優れたコストパフォーマンスを持っており、開発サポート装置も整備されたものである。また、M 50720 をベースにして、応用分野別に最適な品種を順次開発して行く予定である。

T. M., CP/M, CP/M-86 は、デジタルリサーチ社の商標である。MS-DOS は、マイクロソフト社の登録商標である。UNIX はベル研究所の商標である。



カラーテレビの購入動機、要因に〈高技術〉〈楽しさ〉〈遊び感覚〉といった要素がクローズアップされるようになってきました。これはVTRやビデオディスク等が急速に高画質化、多機能化していくに伴ってカラーテレビの使われ方、楽しみ方が変化していることを示す現象で、VTRやディスクのソフト充実はこうした傾向に拍車をかけています。市場のこのような状況に対応し、このたび、当社独自の特長をもった〈高画質〉、〈高機能〉のカラーテレビ《Fine Square 2000シリーズ》を新発売しました。

特長

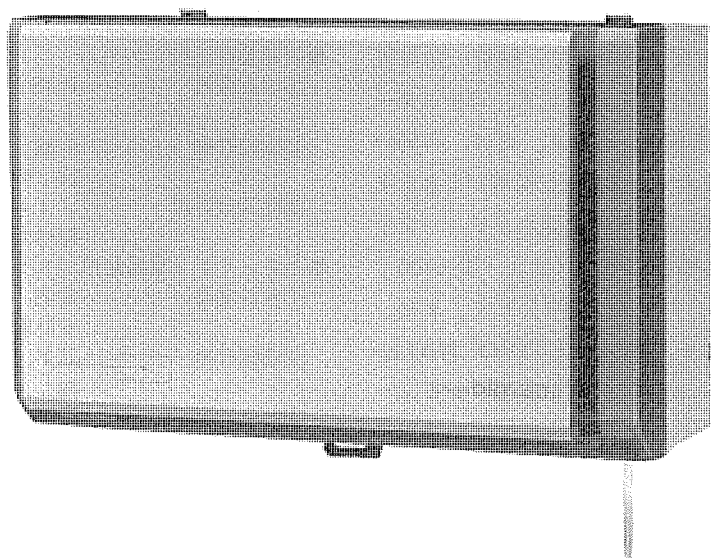
- 目に新鮮な美しさ
- 水平解像度560本(ビデオ入力時)&鮮明2000文字表示の高画質。
 - ①ファインピッチブラウン管の採用によりキメ細かな映像を実現。
 - ②新ティントフェースブラウン管はブラウン管のガラス面を黒くし、外光の反射を抑え、コントラストのはっきりした深みのある画像を生み出します。
 - ③新蛍光体の採用により、色の再現範囲を高め、高純度な映像を生み出します。
 - ④広帯域クシ形フィルター、広帯域映像回路、PLL同期検波、高性能偏向回路など鮮明画像をつくり出すための技術を満載。
- リモコンでテレビの角度を左右に回転
- AT(オートターン)機構
リモコンでテレビ本体を左右各15度回転できる三菱独自の便利な機能です。離れた位置から見やすい真正面の画像が楽しめます。
- 画面に創った映像をそのままアウトプット
- P(プロデュース)端子
VTRやカメラを使った映像プレイ、VTRのダビングなどのテレ

ビの新しい使い方を提案する、三菱だけの新しいメリットです。次の5つの付加メリットを内蔵していますので自分の映像世界を創作することができます。

- ①カラーコレクト機能
- ②エンハンサー機能
- ③映像合成機能
- ④ビデオメモ機能
- ⑤マイクミキシング機能
- 新デジタルリモコン
 - ①デジタルコントロール機能…映像、音声各機能をリモコンで調整できます。
 - ②ストップウォッチ機能…10時間まで表示、ビデオ編集に便利。
 - ③タイトル番号表示機能…11ケタの数字で日付などを表示します。
- 豊富なAV端子群
テレビの関連機器とのシステムアップに便利な端子を装備。
 - ①AV出力4系統(3端子)
 - P(プロデュース)出力 ■ビデオ出力 ■テレビ出力
 - オーディオ出力(リモコンで音量可変)
 - ②AV入力3系統(4端子)
AV入力は入力別AV調整メモリ機能付です。
 - ③ダブルRGB端子(21P、8P)を装備。

主要仕様

形名	28C862	21C662
外形寸法 (cm)	H57.3 W64.0 D47.9	H46.0 W50.0 D47.0
重量 (kg)	41.6	25.0
消費電力 (W)	145	125
スピーカー (cm)	10×15 2コ	10×15 2コ
音声出力 (W)	5 + 5	5 + 5



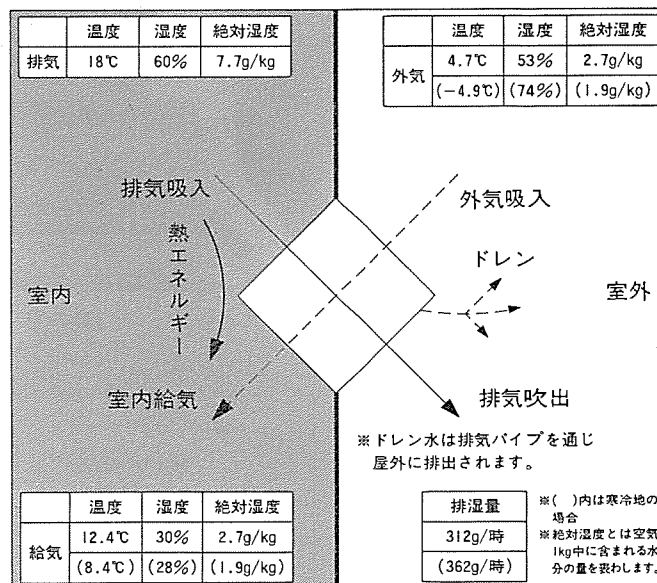
排湿用ロスナイ<ドライスルー>は、結露の原因となる室内の多湿な空気を適切な風量で外に排出し、できるだけ室内温度を下げずに乾燥した新鮮な外気を室内にとり入れて室内の湿度を下げます。冬期、結露から住宅を守り、さらに健康を守る排湿用ロスナイです。

特長

- 窓を閉めきった状態において、ファンを運転するだけのわずかな維持費（消費電力20W）で排湿と換気ができます。
例えば、排湿量試算例にもありますように、冬期、室内18℃ 60%、室外4.7℃ 53%の平均的な条件において、1時間約312gの水分量を室外に排湿することができます。毎日12時間運転しても、1カ月の維持費はタバコ1箱分ですみます。
- 内蔵されている熱交換器（プラスチック製）により、冷たい外気を暖めて取り入れますので、室温を低下させることはありません。
- 本体前面のパネルがスライド式となっており、ワンタッチ操作で開閉ができ、シャッターとパネルの機能を兼ねており、運転停止時の外気侵入を防ぎます。
- 取付は一般の換気口（200×150mm角穴）に簡単に取り付けられます。また取付金具P-700TK（別売部品）の使用により1パイプ（φ100）取付も可能です。
- 専用の湿度スイッチP-01HS（別売部品）により自動運転が可能となり、効率よく結露の発生を防ぐとともに、維持費の節約も図れます。

湿気を発生する例	一般的発湿量のめやす
開放形ストーブから出る(2,000~3,000kcal/時 燃料:灯油)	250~400g/時
洗濯物から出る	1600g/時
人間から出る(大人)	31~104g/時(20~24℃)
炊事場から出る	200~900g/時

※一般家庭(4人家族)での1日の発湿量は、約5~9kgもあります。(当社調査)



●排湿量計算例

排湿量試算（室温、湿度18℃、60%外気温度、湿度4.7℃、53%）
 $W = 1.2\text{kg/m}^3 \times 52\text{m}^3/\text{時} \times (7.7\text{g/kg} - 2.7\text{g/kg}) = 312\text{g/時}$

特性

形名	給排	周波数(Hz)	ノッチ	消費電力(W)	風量(m³/時)	温度交換効率(%)	騒音(ホン)	重量(kg)
VL-700P	強制同時給排	50	強	18	52	58	36	5.4
			弱	11.5	38	65	29	
		60	強	20	52	58	36	
			弱	12.5	36	67	28	

店舗セキュリティ・システム

店舗セキュリティ・システムは、レストラン、クリーニング店などのガス、電気、水道の需要家に対して、検針・防災管理・器具管理を提供するものです。また、ドア、シャッター等の施錠監視により防犯管理も備えています。更に、店舗の来店客に対しては、POSターミナルによる売上管理ができます。システム構成は図の通り、店舗事務所に店舗コンピュータとし・MULTI-16Ⅲを設置し、店頭POSターミナル・T-6100とオンライン接続した販売管理システムが稼動します。また、同時に、セキュリティI/Oプロセッサ・FACTORY MATE-UM88Bと接続され、メーター、センサ情報が店舗コンピュータで一元的に管理されます。更に、店舗での異常検知情報等はオンラインで外部保安センターに通知することが可能です。

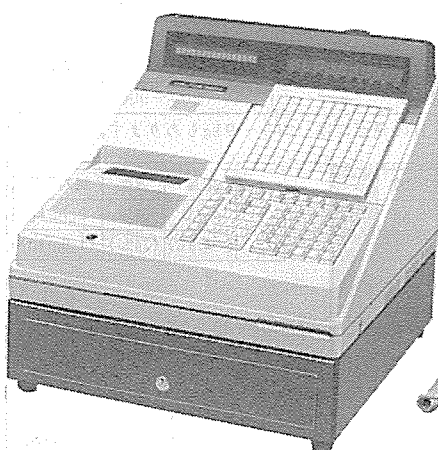
主な特長

●店頭業務処理システム

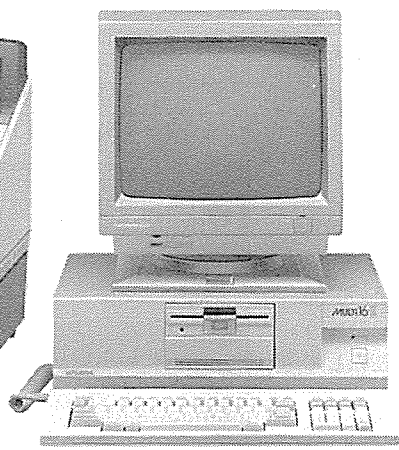
- ①店頭業務……………POSターミナルによる売上登録、レシート発行、クレジット処理を行います。
- ②販売管理……………店舗コンピュータで売上報告、ABC分析、時間帯分析を処理します。
- ③従業員管理……………タイムカードの設置・接続により給与計算や効率的要員管理を可能とします。

●セキュリティ業務処理システム

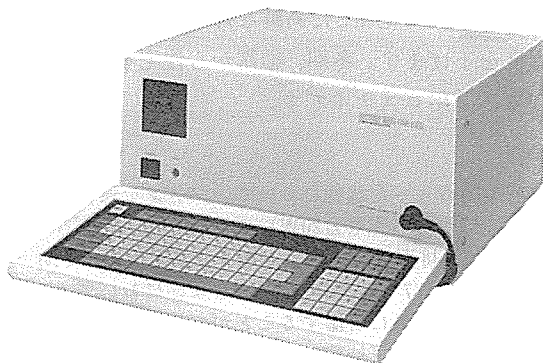
- ①検針業務……………電気、ガス、水道の自動検針が行え、料金計算も可能です。
- ②防犯管理……………ドア、シャッターの施錠状態の変化を監視し、通知します。
- ③防災管理……………火災感知器、ガス漏れ検知器あるいは厨房内の指定設置センサによる異常加熱を監視し、ブザー警報・メッセージ印字を行います。
- ④ガス機器状態監視…厨房内のレンジ、トースト、オーブン、炊飯器の点火回数、稼働時間を監視します。



POSターミナル

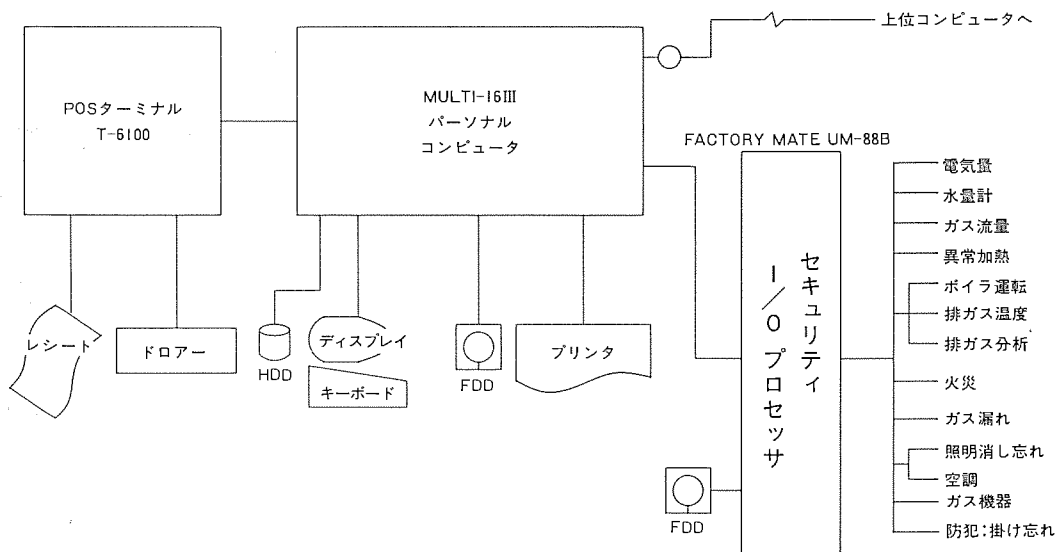


MULTI-16Ⅲ



FACTORY MATE

システム構成図



スポット ライト

三菱RA(レストラン・オートメーション)システム

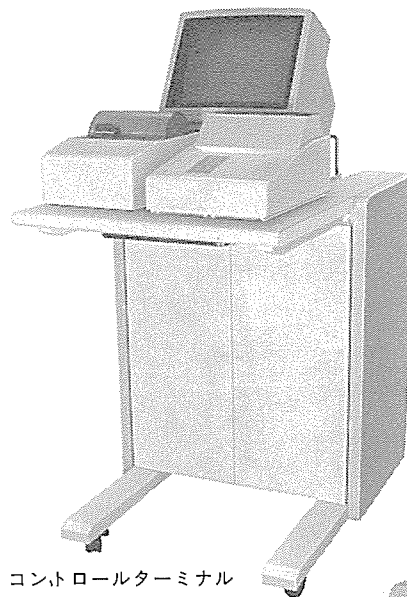
三菱RA(レストラン・オートメーション)システムは、チェーンレストラン店舗でのオーダー受注から厨房への調理指示、POSによる会計に至る店舗業務及び、各種事務処理を総合的にコントロールする本格的レストランシステムです。

お客様の注文メニューを客席フロアに設置されたオーダーターミナルより入力すると、即座に厨房ターミナルに調理指示(CRT表示)され、調理完了と同時に配膳ターミナルに配膳指示(CRT表示)されます。会計は、三菱POSターミナル<MEL POS T-7300>により、スピーディーなチェックアウトが可能です。T-7300は、CRTを搭載したプログラマブルで、しかも高性能なPOSターミナルであり、レジ会計処理はもちろん、各種I/Oターミナルを総合的にコントロールする機能を有しています。

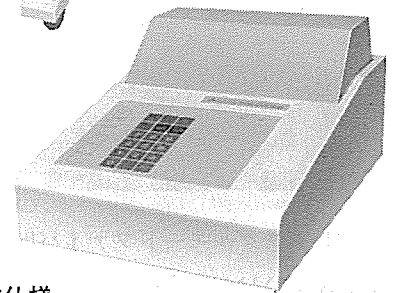
また、店舗事務所に設置された店舗コンピュータ<MULTI16 III>では、POSより店舗での各種売上情報をオンラインで収集し売上・発注管理を行います。その他タイムレコーダとの接続による勤怠管理や仕入・棚卸等各種事務処理が可能です。

特長

- 厨房への調理指示が時間監視され、経過時間で青・黄・赤・ブリンクと警告されます。
- 配膳時はテーブルNOにより該当する全メニューが判り、配膳指示がワゴン色で行え、また、できあがった料理は、さめないように時間監視もされています。
- チェックアウトはテーブルNO入力のみでスピーディーな対応が可能です。
- 店舗事務ではタイムレコーダ接続による勤怠管理も処理されます。
- 店舗コンピュータより営業中随時店舗の売上情報(メニュー別)を問合せることができます。



コントロールターミナル

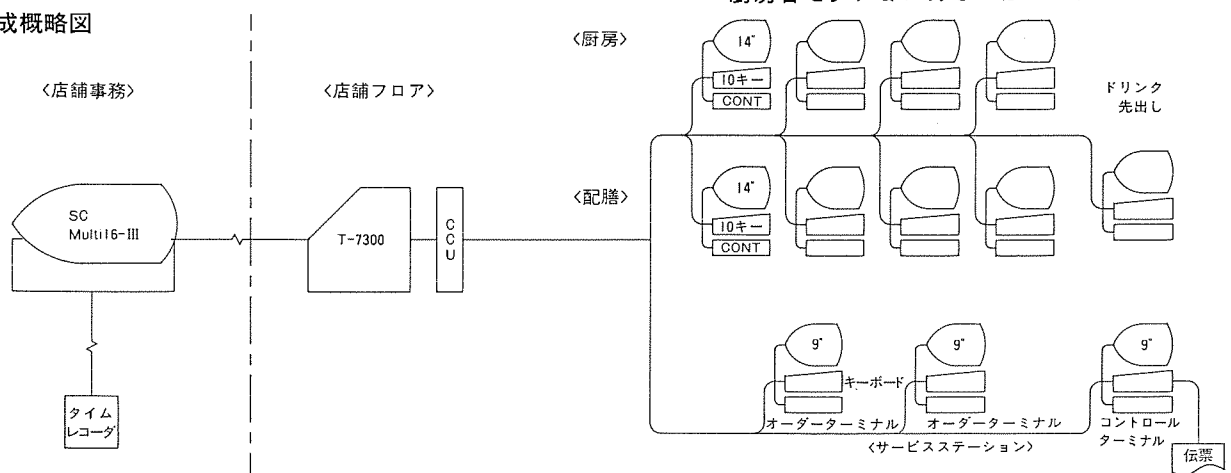


オーダーターミナル

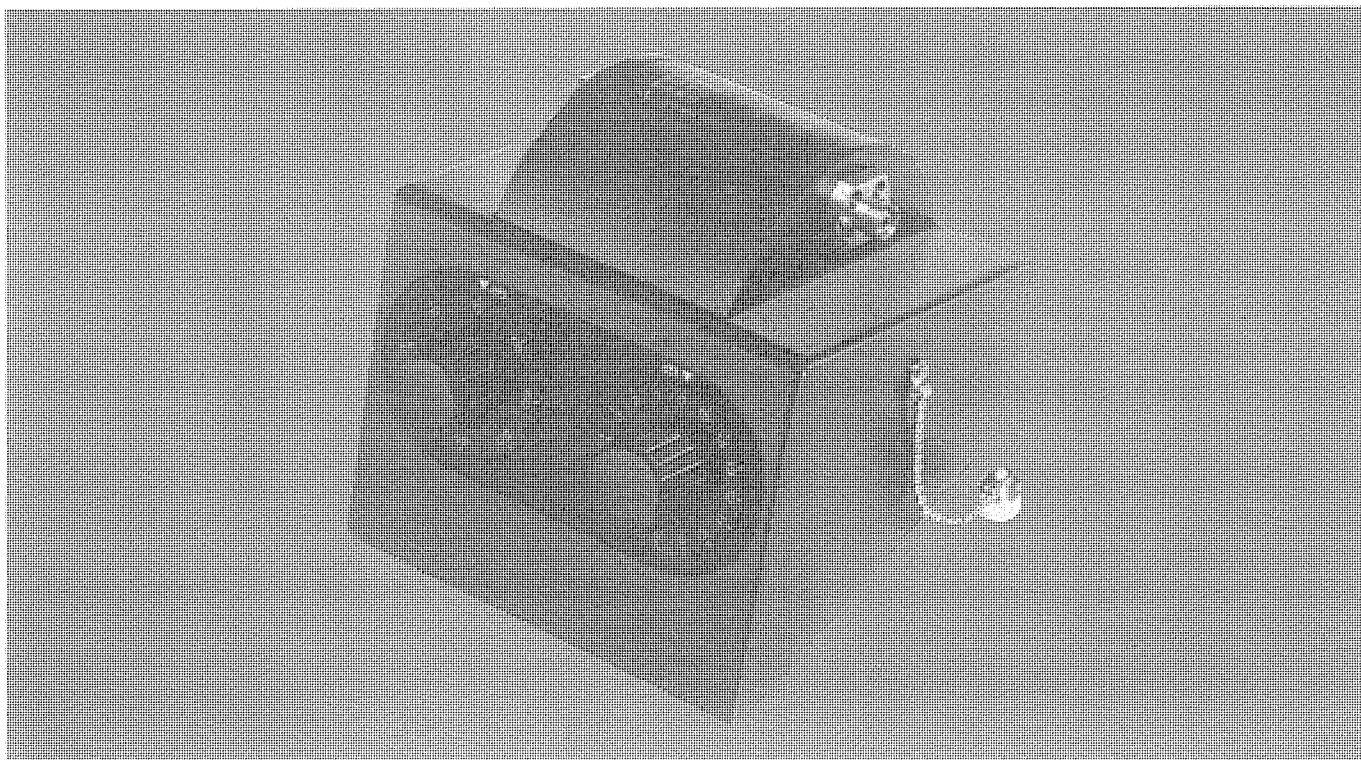
レストラン向T-7300基本仕様

項目	諸元
部門管理数	15部門(日計、累計)
単品(メニュー)管理数	200メニュー(日計、累計)
テーブル管理数	350テーブル
税・奉仕	各1種
取引種類	現金、売掛、クーポン、クレジット
インライン接続台数	コントロールターミナル MAX 1台
	オーダーターミナル MAX 3台
	厨房、配膳ターミナル MAX 12台
FDD記録データ	精算データ
SCとの通信仕様	伝送速度 1200BPS
	伝送手順 BSCコンテンション
	適用回線 特定

システム構成概略図



長波長シングルモードファイバ用 光可変減衰器



長波長シングルモードファイバ用光可変減衰器〈形名FA70-VL-N(S)〉は、長波長(1.3/1.5 μ m)帯のシングルモードファイバ伝送路において、光減衰量を0～75dBの範囲で連続可変でき、また無限大に設定することもできます。

減衰量は、金属薄膜蒸着した0～60dBの10dBステップのフィルタと0～15dBの連続フィルタとにより設定する構成になっており、内部での多重反射はフィルタを傾斜させる等の対策を施し、防止しています。シングルモードファイバプラグとの接続点における反射や接続損失を減少させるため、レセプタクルはPC研磨(凸球面研磨)したフェルールを内蔵し、フェルール端面の清掃が簡単に行えるような構造になっています。

特長

- 低挿入損失です。(3dB以下)
- 反射防止の対策が施してあります。(反射減衰量24dB以上)
- コネクタの着脱再現性に優れています。
- 取扱いが容易です。
- 小形、軽量です。

仕様

項 目		特 性
使 用 波 長		1.3/1.55 μ m
最 大 減 衰 量		75dB
最 大 損 失 ^{注1)}		3dB以下
微 調 つ ま み(連続可変)		0～15dBまで連続
粗 調 つ ま み (ステップ可変)	10dB	10 \pm 1.0dB
	20dB	20 \pm 1.0dB
	30dB	30 \pm 1.5dB
	40dB	40 \pm 2.0dB
	50dB	50 \pm 2.0dB
	60dB	60 \pm 3.0dB
	∞	65dB以上
適 合 光 コ ネ ク タ		FC形(NTT仕様)
温 度		0～40 $^{\circ}$ C
寸 法、重 量		87H、105W、117Dmm、約1kg

注1) SM-10(モードフィールド径10 μ m)光ファイバによる。

スポットライト

オンスクリーン表示機能付

周波数シンセサイザマイクロコンピュータ M50442-×××SP

近年、TVやVTR等の選局システムは、ますます高機能化が進んでいます。三菱電機では、CMOSオリジナルマイクロコンピュータシリーズの一環として、チューニングシステム専用4ビットマイクロコンピュータを積極的に開発・拡充し、ご好評をいただいています。

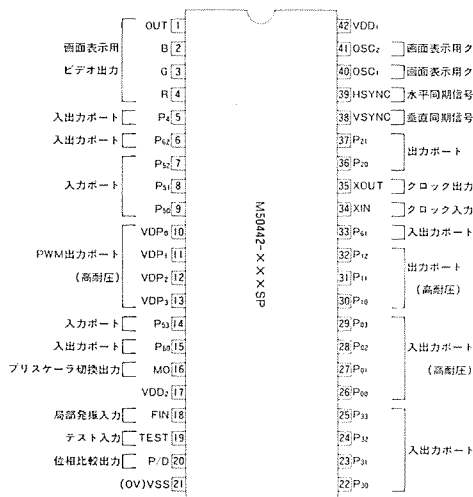
ここにご紹介するM50442-×××SPは周波数シンセサイザ用マイクロコンピュータで、オンスクリーン表示機能、PLL回路等を内蔵しています。

また、タイマ機能の充実や、各種周辺機能の内蔵により、高機能なシステムをより低いコストで実現することが期待できます。

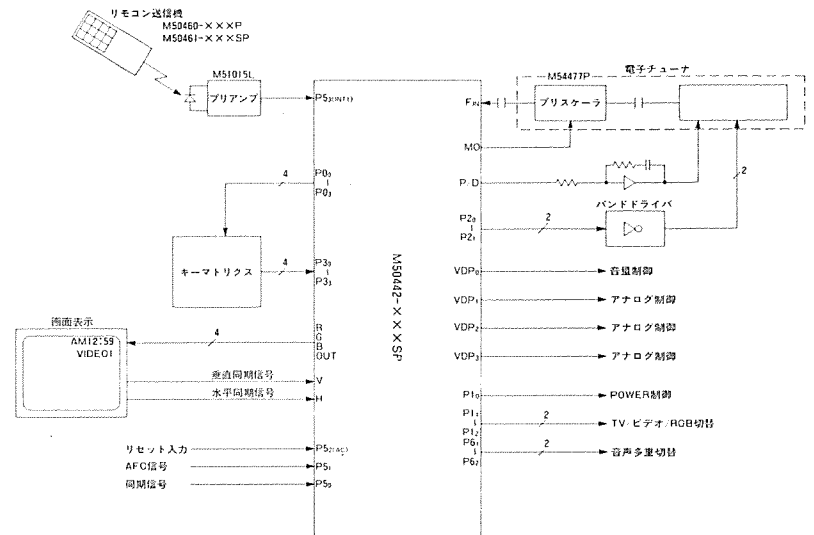
M50442-×××SPは、1ワードが9ビット長構成の命令体系になっており、効率の良いプログラミングが行えます。

下図にM50442-×××SPのピン接続図と、それを用いたシステムの応用例を示します。

ピン接続図



システム応用例



特長

● オンスクリーン表示機能内蔵

16文字×2行のオンスクリーン表示機能を内蔵しています。文字の大きさは、行単位で4種類の選択が可能となっています。また、表示文字は64種類まで指定できます。1文字は6×7ドットの構成となっており、4×6ドットのラウンディング機能を有しています。また、文字単位で最大7色までの色指定が行えます。

● タイマ機能の充実

3本のタイマ(タイマ1、タイマ2、タイマ3)を内蔵しています。これらのタイマはそれぞれ独立で使用でき、さらにタイマ1とタイマ2については連動させて1本のタイマとして使用することもできます。また、タイマ2とタイマ3はカウントソースとして内部クロックと外部クロックの選択ができ、正確な時間生成が行えます。

● PLL回路内蔵

プログラムにより、パルススワロー方式と固定分周方式の選択ができます。また、PLL基準周波数については、パルススワロー方式、固定分周方式ともに7種類の選択ができます。

● 各種周辺機能内蔵

- ・ AFC電圧判定用3ビットA-Dコンバータ
- ・ 同期信号判定用8ビットバイナリアップカウンタ
- ・ アナログ量制御用6ビットD-Aコンバータ(4本)
- ・ LED駆動用高耐圧ポート(7本、最大20mA)

● スタンドバイ機能

RAMをバックアップし、低消費電力を実現します。

仕様

項 目	特 性
データ処理方式	4ビット並列演算方式
内蔵メモリ	ROM
	4096語×9ビット
RAM	RAM
	128語×4ビット
割 り 込 み	4レベル(外部2本、タイマ3本)
基本命令実行時間	2μS(4MHz クロック時)
消費電力	動作時
	9mW
スタンバイ時	20μW
パ ャ ケ ー ジ	42ピンシュリンクDILパッケージ

空 気 調 和 機 の 室 外 ユ ニ ッ ト (実用新案 第 1531515 号)

考 案 者 三 石 保 雄

この考案は空気調和機の室内ユニットの組立構造に関するものである。

一般に、室内ユニットには圧縮機、凝縮器、送風用ファンモータ並びにこれらの付属電気品の取付け室が設けられているが、この考案はこれらの内装品の配置並びにその取付け構造について配慮したものである。すなわち、図に示すように底板部(9)と垂直壁(10)のL形に折曲形成された基台(1)、この基台に仕切壁(11)で画成された電気部品取付け室を設けるとともにその一側底板部(9)上に載置された圧縮機(2)と他側垂直壁(10)に沿って凝縮器(6)を配設している。そして上記基台(1)の垂直壁(10)の上縁部(8)と底板部(9)に腕部(4)の上下両端をそれぞれ固定し、この腕部の中央に上記凝縮器(6)に対応して送風用ファンモータ(5)が取付けられている。

以上のように構成しているので、基台それ自体にそれほど大きな強度をもたせる必要がなく、したがって基台を軽量の薄形鋼板の成形品などで製作することが可能となり、製作コストの低減と軽量化による据付け工事の簡素化を図ることができる。

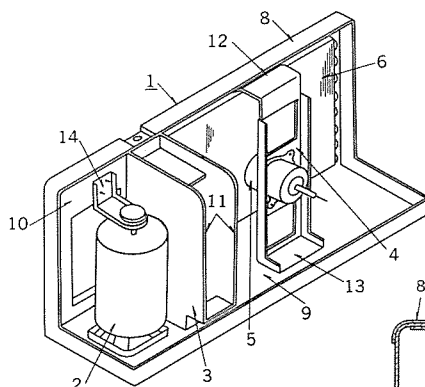


図 1

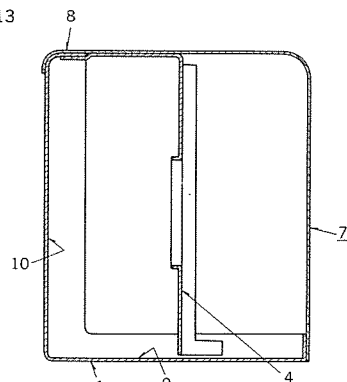


図 2

〈次号予定〉 三菱電機技報 Vol. 60 No. 10 情報通信ネットワーク特集

特集論文

- 情報通信ネットワークの現状と展望
- ネットワーク設計支援手法
- 三菱電機グループ企業内情報通信システム“MIND”の建設
- 分散処理ネットワークシステム
- メッセージハンドリングシステム
- パケット交換ネットワーク
- ローカルエリアネットワーク《MELNET シリーズ》
- 衛星通信システム

● ビデオテックスシステム

● テレビ会議システム

普通論文

- 実験データ解析を支援する会議形研究自動化システム
- LCDコントローラ内蔵ワンチップマイコン《MELPS 740 シリーズ》M 50930-×××FP
- パソコン電話機
- 海外向け新形自動車電話移動局装置
- 温度調節機能付き除湿機 RFH シリーズ

三菱電機技報編集委員

委員長	鶴田 敬二
委員	峯松 雅登
"	松村 充
"	三 道 弘明
"	高橋 宏次
"	藤井 学
"	三 輪 進
"	郷 鉄 夫
"	高橋 誠一
"	杉岡 八一
"	木戸 一之
幹事	岡田 俊介
9号特集担当	田中千代治

三菱電機技報 60 巻 9 号

(無断転載を禁ず)

昭和 61 年 9 月 22 日 印刷
昭和 61 年 9 月 25 日 発行

編集兼発行人	岡田 俊介
印刷所	東京都新宿区榎町 7 大日本印刷株式会社
発行所	東京都千代田区大手町 2 丁目 6 番 2 号 (〒 100) 菱電エンジニアリング株式会社内 「三菱電機技報社」Tel. (03) 243 局 1767
発売元	東京都千代田区神田錦町 3 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 500 円送料別 (年間予約は送料共 6,700 円)

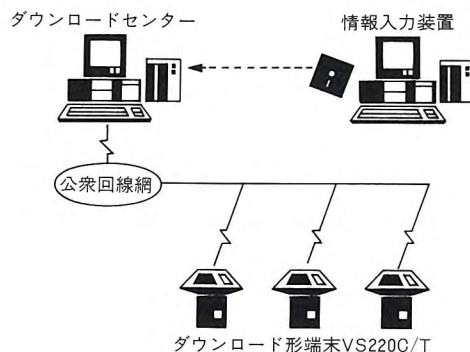


ダウンロード機能付スタンドアロン端末

高度情報化を推進するニューメディアとして、ビデオテックスは今、注目を集めています。三菱電機はこうした社会情勢に応じて各種ビデオテックスを製品化しています。

ここにご紹介する「ビデオテックス ダウンロードシステム」は、街頭の情報ボックスとして、販売促進ツールや公共情報サービスなどに有効なシステム。パソコンを使った情報センターと街頭やビル内に設置した端末機を電話回線を使って複数接続し、端末機のデータベースを更新しながら端末機の利用者につねに最新のデータを提供します。ランニングコストの低い、効果的なシステムとして、ご好評いただいています。

機器構成



基本仕様

●センター構成

CPU	三菱パーソナルコンピュータ マルチ16Ⅲ(モノクロ)
ディスプレイ	12インチ グリーンディスプレイ
キーボード	JIS配列
記憶装置	8インチ標準フロッピーディスク
プリンタ	英数仮名 132字/行 漢字 88字/行
内蔵カードなど	増設メモリー(256KB) RS-232C接続ケーブル
インテリジェントモデム	自動発信、1200bps(公衆回線)
OS	日本語 CP/M-86
ソフトウェアパッケージ	ダウンロードセンター制御プログラム

●センター機能

送信モード	スケジュールに則った自動送信モード、任意に送信する臨時送信モード、BSC準拠
端末画面変更	端末画面情報の更新と削除
端末画面データ管理	画面番号収集、空エリア照会、画面アクセス回数照会
管理ファイル更新	電話帳ファイル、スケジュールファイルの登録/更新
端末管理台数	80端末

●端末構成

端末制御	三菱パーソナルコンピュータ マルチ16-Ⅲによるソフトウェア制御(日本語コンカレントCP/M)
画面蓄積容量	約1.6MB
回線制御	自動着信、1200bps(公衆回線)
表示能力	248×204ドット、8色2階調
プリンタ	オートカッター機構付、モノクロプリンタ

●端末機能

回線制御機能	自動データ受信、データ更新、BSC準拠
表示機能	キャプテンランク2相当
検索機能	端末蓄積画面をキーボードにて検索 ワンタッチ検索、スタート検索、目次検索、取消、後退

三菱トランジスタ式無停電電源装置 MELUPS-8000シリーズ



情報ネットワーク時代に向け、コンピュータ・通信システムをはじめ、OA・POS・FAなどのあらゆる市場にマッチした小形・高効率・高信頼性のトランジスタ式無停電電源装置（CVCF装置）の新シリーズを発売しました。

このMELUPS-8000シリーズは、表に示すシリーズで構成されています。その心臓部であるインバータに大容量高性能トランジスタを搭載すると共に、国際的に広く使用されているフロート式整流器やサイリスタスイッチとコンタクタとを組合せたハイブリッド形バイパス切替などの回路構成を採用しています。

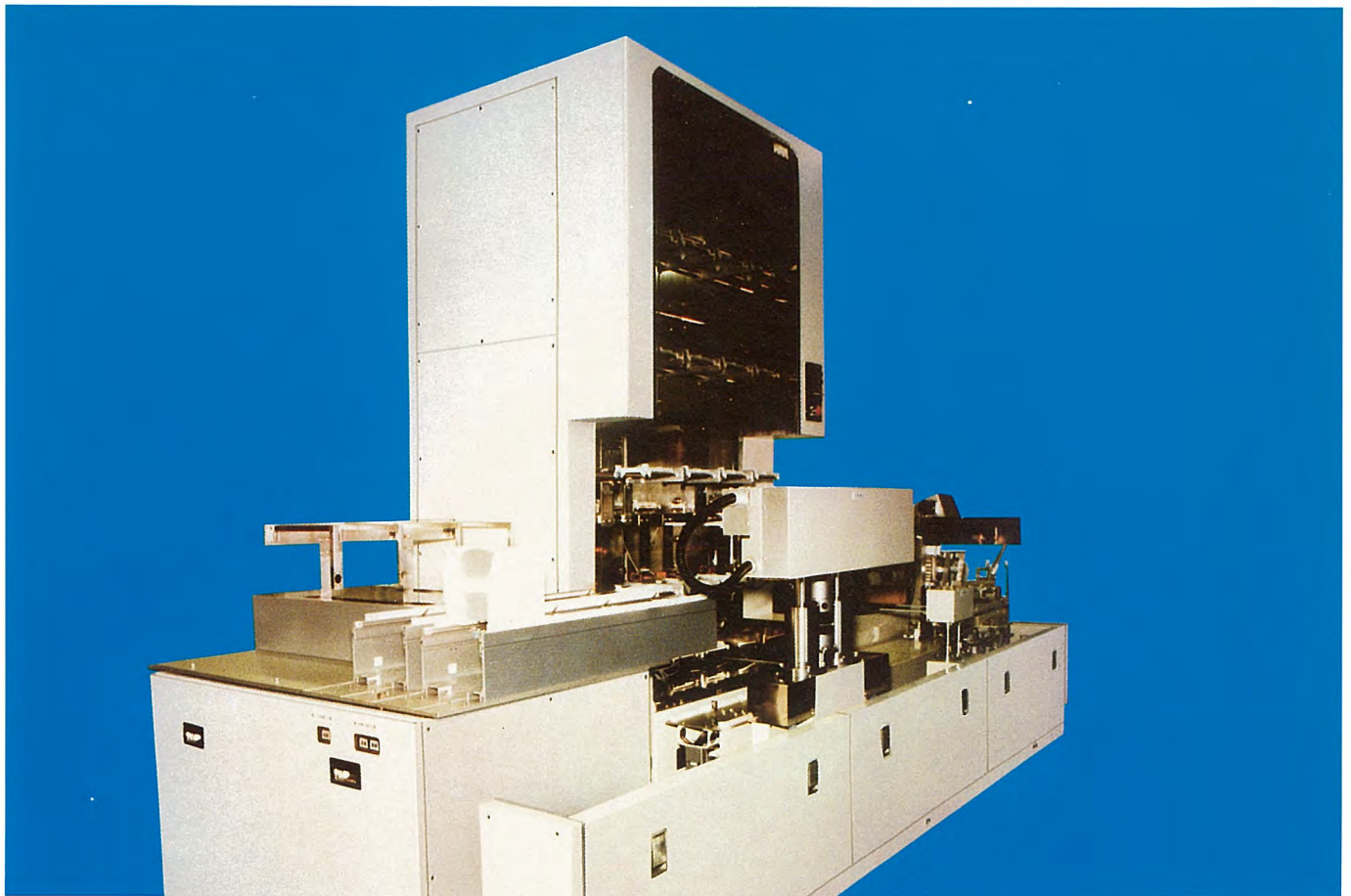
特長

- 小形
当社従来機種に比べ、約50%の大きさに小形化しました。また、盤の前面から保守できるため、裏面の保守スペースは不要です。
- 高性能
当社従来機種に比べ、効率は2～3%向上、騒音は5 db低下しています。
- 高信頼性
優れた回路方式と、部品点数の削減、厳選された認定部品の使用により、一段と信頼性が向上しています。
- 電源・負荷との協調
負荷側での短絡事故を素早くクリアして、コンピュータなどの運用に影響を与えない方式や交流入力への高調波を低減させる方式を採用し、入力から負荷までCVCFシステム全体として電力の供給信頼度向上と協調を一層図りました。

MELUPS-8000シリーズ

シリーズ名	出力	用途
MELUPS-8100	単相 0.5～3kVA 100V 50または60Hz	OA、POS、FA、各種端末など
MELUPS-8300	単相 5～50kVA 100～110V 50または60Hz	情報システム、プラント計装、FA、ビル管理システムなど
MELUPS-8600	三相 30～750kVA 200～220V 50または60Hz	中・大型コンピュータ、通信、情報システム、放送、トンネル照明など

（注）400Hz出力MELUPSも製作しています。

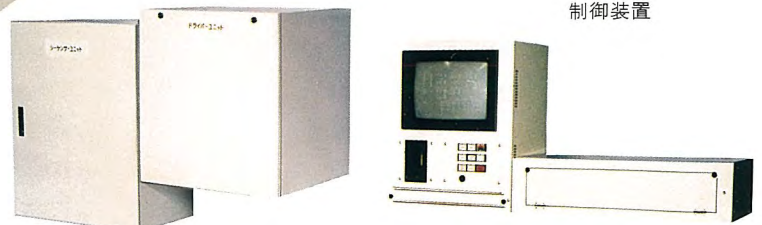


機械装置

この装置は、半導体ウエハ製造ラインにおける拡散炉システムの自動化装置であり、無人搬送車から拡散炉までの工程を自動化し、カセットから石英ボートに、あるいは石英ボートからカセットに高速にウエハを移し替えることができます。クリーンルーム内での生産効率を向上させるため徹底的な発塵対策を行い、歩留まり向上に大きく寄与しています。また本装置は、FAラインに組み込まれた情報処理システムとリンクし製造装置のオンライン化が可能となります。

特長

- ウエハ移し替え部はころがり転動方式で1枚ずつ移し替える枚葉式を採用しています。
- 石英ボート上のウエハ配列パターンは複雑なウエハ配列でも、CRT上で簡単にキーインすることができます。
- 主要駆動部はステッピングモータによるフィードバック制御を行っているため高速送りおよび高精度位置決めが可能です。



制御装置

基本仕様

ウエハサイズ	5インチまたは6インチ
処理能力	100枚/10分
清浄度	ウエハの移動部位の周囲100mm以内は 0.5 μ 以上の粒子が $10\text{個}/\text{ft}^3$ 以内

制御機能

- リアルタイムモニタによるマルチタスク管理
- ロット管理(チューブ選択、ストッカ棚管理)
- モニタ機能(ストッカおよびウエハカセットのステータス)
- 各機械定数およびチューブ選択優先度の設定
- 電源断時のバックアップ機能および再スタート機能
- ウエハ配列パターンの設定