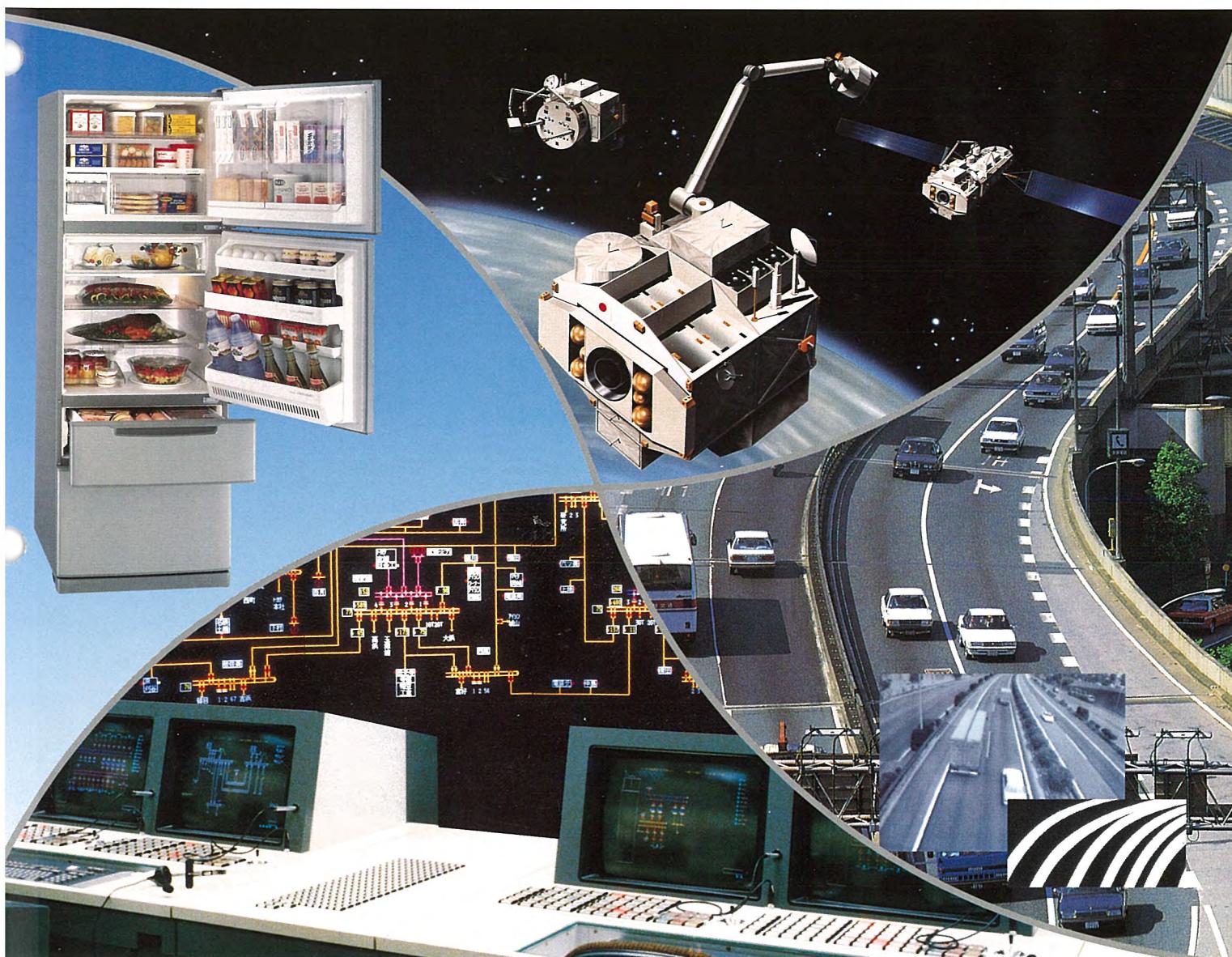


MITSUBISHI 三菱電機技報

MITSUBISHI DENKI GIHO Vol.66 No. 7

7
1992

計測・制御技術特集



計測・制御技術特集

目 次

特集論文

計測制御への期待—エネルギー社会よりエントロピー社会へ—	1
真鍋舜治	
計測・制御技術の展望	2
弘中一光	
計測制御におけるユーザーインターフェース	6
清宮忠昭・山脇克己・館 精作	
宇宙ロボットの制御技術	11
小山 浩・吉田憲正・井上正夫・山田克彦・田中健一・宮崎友宏	
電力系統制御・保護システム	16
野口秀夫・上塙康博・上田 広	
工業プラントの知的制御・エキスパートファジーツールと セメントキルン制御への適用事例	22
中村治雄・緒形 仁・竹垣盛一・石岡卓也・本野英明	
サーボ系のオートチューニング	27
岩崎隆至・森田 温	
次世代汎用インバータ“FREQROL-A シリーズ”	31
杉島栄一・岩崎政彦・今中 昌・小山正人・足立栄之資	
家電製品への知的制御技術の応用	38
大塚洋俟・鈴木浪平・皆川良司・杉本泰彦	
交通流画像計測	42
谷口博康・閑 明伸・古澤春樹・齊藤光夫	
半導体ウェーハの微細パターン検査	46
中嶋恵治・阪本雅彦・小坂宣之	

普通論文

クライアント／サーバシステム通信ソフトウェア	
—I(II)端末通信管理プログラム編—	51
田村敏之・岩田政春・茂木 浩・砂田英之	
クライアント／サーバシステム通信ソフトウェア	
—II(II)サーバ通信管理プログラム編—	55
田村敏之・安田秀朗・岡野信之・青山尚美・泉 佑市	
三菱新統合 OA システム	59
居駒哲夫・持田英男・有吉一雄・宮部 潤	
三菱新統合 OA システムを利用した	
中部電力(株)納め工事・資材・経理総合システム	65
大村孝史・丸山博義・白石俊介・伊藤友博	
鉄鋼プラントにおけるエキスパート技術を用いた操業支援システム	72
吉田幸彦・杉谷 稔・犬島 浩・島川博光・吉川幸司	
四国電力(株)讃岐閉鎖所納め自動巡視ロボット	76
竹中俊夫・竹下博志・森本広海	

特許と新案

数値制御加工機械の仕上面粗度設定方式、数値制御装置のバックラッシュ補正方法	87
給気口の構造	88

スポットライト

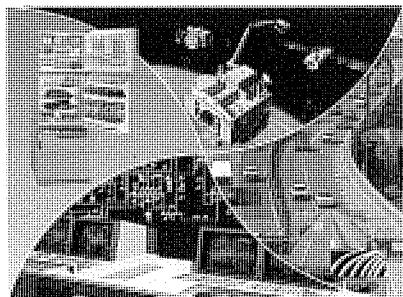
スルーザウォール形エアコン	82
CS／BS チューナ UT-C8000	83
高精細リアプロジェクター 70P-X3	84
自動車用 LAN コントローラ IC M64100TFP	85
B／NET 電力エネルギー管理システム	86
電気炉設備用電気計装統合システム	(表 3)

表紙

産業全般から家庭に至る非常に広い範囲で、システムや製品を高度化、高機能化する技術として計測・制御技術の重要性が増している。

当社においても、写真に示すような宇宙ロボット、道路交通システム、プラント監視制御システム、家庭用冷蔵庫などの広い分野の製品に適用されており、システムや機器、製品を高度化するための技術として、また、生産工程における生産性や品質を向上するための技術として、多くの技術者が研究開発に挑んでいる重要な技術である。

計測・制御技術の一層の発展により人にやさしく、地球上にやさしいシステムや装置の実現が期待されている。



三菱電機技報に掲載の技術論文では、国際単位“SI”(SI 第2段階(換算値方式)を基本)を使用しています。ただし、保安上、安全上等の理由で、従来単位を使用している場合があります。

アブストラクト

計測・制御技術の展望

弘中一光

三菱電機技報 Vol. 66 · No. 7 · P 2 ~ 5

すべての分野の基盤である計測・制御技術は、マイクロエレクトロニクスの発展によってデジタル化技術や情報処理技術などを高度化し、インテリジェントな機器やシステムを実現した。当社においても、計測・制御技術は宇宙機器から家庭用電気品までの幅広い分野で適用されており、システムや製品を高性能・高機能化する技術として重要な役割を果たしている。ここでは、当社における計測・制御技術の動向と最新技術を紹介し、今後の技術動向を展望する。

計測制御におけるユーザーインターフェース

清宮忠昭・山脇克己・館 精作

三菱電機技報 Vol. 66 · No. 7 · P 6 ~ 10

計測制御分野におけるユーザーインターフェースの歴史的変遷を述べるとともに、そこに用いられる新しい技術要素である“大画面表示”，“グラフィカルユーザーインターフェース”，“ハイパーメディア”について、その技術動向を紹介するとともに、プラント制御分野における応用事例を示す。

宇宙ロボットの制御技術

小山 浩・吉田憲正・井上正夫・山田克彦・田中健一・宮崎友宏
三菱電機技報 Vol. 66 · No. 7 · P 11 ~ 15

軌道上作業を行う宇宙ロボットの開発には、従来の人工衛星に必要とされた制御技術に加え、さらに幾つかの分野における要素技術の開発が必要となる。当社では宇宙ロボットの運動解析、遠隔操作系、地上試験装置、画像処理系の4分野を、核となる要素技術分野と考えて先行的な研究開発を実施している。また、このためのシミュレーションソフトウェア、評価試験装置も各種開発し、評価を行っている。

電力系統制御・保護システム

野口秀夫・上窪康博・上田 広

三菱電機技報 Vol. 66 · No. 7 · P 16 ~ 21

電力系統制御・保護システムの最近のインテリジェント化の動向について、自動化指向、業務支援指向、アプリケーション指向、ファームウェア指向の四つの断面から考察し、電力系統の計測制御の最前線に位置する変電所総合デジタル保護・制御システム技術、変電所運転保守支援システム技術をインテリジェント化技術の適用例として紹介する。

工業プラントの知的制御・エキスパートファジーツールとセメントキルン制御への適用事例

中村治雄・緒形 仁・竹垣盛一・石岡卓也・本野英明

三菱電機技報 Vol. 66 · No. 7 · P 22 ~ 26

複雑な特性をもち数学的モデリングが難しい工業プラントの知的制御の手法として、三菱電機㈱で開発したリアルタイム制御用エキスパートツールである ERIC (Extended Rule-based system for Intelligent Control) の紹介、制御ルール生成支援ツールとしての“数量化 I類”的紹介を行うとともに、三菱マテリアル㈱と三菱電機㈱が共同で開発してきたセメントキルン制御への適用例を、その効果とともに紹介する。

サーボ系のオートチューニング

岩崎隆至・森田 温

三菱電機技報 Vol. 66 · No. 7 · P 27 ~ 30

制御パラメータを自動的に調節するオートチューニングに関し、新しい方式を開発してサーボ系に適用した。この方式は、実際の機械と制御対象モデルとの応答の差からファジー推論によって制御対象を同定し、適切なパラメータを決定するもので、チューニングのための特定動作を必要としない実用的なものである。実験により、この方式の有効性を確認している。

次世代汎用インバータ“FREQROL-A シリーズ”

杉島栄一・岩崎政彦・今中 昌・小山正人・足立栄之資

三菱電機技報 Vol. 66 · No. 7 · P 31 ~ 37

当社が業界に先駆けて汎用インバータを発売して10年になる。今回、10年目の節目を迎える汎用インバータの新たな時代をひらく“FREQROL-A シリーズ”を製品化した。これは、従来インバータの欠点であった低速域でのトルク不足、モータ駆動時の騒音の改善に加え、小型化、操作性の向上を実現している。ここでは、この改善のために用いた磁束ベクトル制御、超低騒音化、インテリジェントパワーモジュール等につき解説した。

家電製品への知的制御技術の応用

大塚洋侯・鈴木浪平・皆川良司・杉本泰彦

三菱電機技報 Vol. 66 · No. 7 · P 38 ~ 41

当社は、自動化機能、快適性の充実などの動作に近づけた製品を提供する観点から、ファジー、ニューロ技術を中心とする知的制御技術を種々の家電製品に応用している。冷凍冷蔵庫(MR-C42Kほか)は、“学習ニューロ・ファジー”制御を導入して、複雑化する制御と操作性を両立させた。各家庭での冷蔵庫使用パターン、圧縮器の運転パターンを学習して庫内冷却制御・霜取り運転制御などを行い、食品の保存性等を高めることができた。

交通流画像計測

谷口博康・関 明伸・古澤春樹・斎藤光夫

三菱電機技報 Vol. 66 · No. 7 · P 42 ~ 45

道路上を走行する車両の速度、車間距離などの交通流を画像を用いて計測する交通流画像計測が注目されている。このほど、移動物体認識方式として、高ロバスト性を特徴とする DTT (Directional-Temporal plane Transform) 法を考案し、この手法を用いることにより、露天環境下に対応可能な交通流画像計測装置を開発した。本稿では、この装置の計測方式及びそのハードウェアについて述べる。

半導体ウェーハの微細パターン検査

中嶋恵治・阪本雅彦・小坂宣之

三菱電機技報 Vol. 66 · No. 7 · P 46 ~ 50

半導体ウェーハの微細パターン検査を目的に、走査型レーザ顕微鏡を用い、高分解能であること及び合焦点位置からのずれに従い明るさが急激に変化することを利用した、三次元的計測技術を開発した。この技術を応用し、GaAs FET の電極パターンを全自動で検査する装置を開発した。線幅情報と明るさ情報を同時に処理することにより、線幅 0.2 μm 級のパターンに対して、へこみなどの縦方向欠陥を含む検査が可能となった。

Abstracts

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 66, No. 7, pp. 27~30 (1992)

Auto-Tuning of Servo Motors

by Takashi Iwasaki & Atsushi Morita

A new algorithm that automatically optimizes servo motor control parameters has been developed and implemented. The algorithm involves using fuzzy inference techniques to identify the target equipment and set appropriate parameters using the difference between the observed equipment response and mathematical simulation models. These functions are performed automatically without requiring a specific sequence of test operations. Algorithm performance has been verified by implementation and testing.

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 66, No. 7, pp. 31~37 (1992)

FREQROL-A Series: Next-Generation General-Purpose Variable-Frequency Inverters

by Eiichi Sugishima, Masahiko Iwasaki, Akira Imanaka, Masato Koyama & Einosuke Adachi

Ten years have passed since Mitsubishi Electric pioneered commercial sales of general-purpose inverters. FREQROL-A Series, the corporation's newest line of general-purpose inverters, addresses such longstanding problems as insufficient low-speed torque while lowering motor drive noise, reducing equipment dimensions and improving operability. The article explains the techniques used to achieve these advances, including magnetic flux vector control, noiseless drive design and intelligent power modules.

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 66, No. 7, pp. 38~41 (1992)

Application of Intelligent Control Technology to Home Appliances

by Hiroshi Otsuka, Namihei Suzuki, Yoshiji Minagawa & Yasuhiko Sugimoto

The corporation is employing fuzzy logic and neurocomputer-based intelligent control technology to implement automation and convenience features for a number of household appliances. These approaches make it possible for an appliance to approximate the response of a human operator. The Model MR-C42K refrigerator-freezer introduces "neuro-fuzzy" control that simultaneously provides advanced control functions and easy user operation. The control system tracks the household usage and compressor operation patterns for the refrigerator and adjusts the cooling and defrost operations to extend the food storage life.

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 66, No. 7, pp. 42~45 (1992)

A Traffic Measurement System Using Image Processing

by Hiroyasu Taniguchi, Akinobu Seki, Haruki Furusawa & Mitsuo Saito

Much research is currently underway on using image-processing techniques to monitor such traffic parameters as vehicle speed and inter-vehicle distances. The authors propose a directional-temporal plane transform (DTT) method that recognizes moving objects and is highly robust. A traffic measurement system based on this method has been developed for outdoor use. The article introduces the traffic measurement method and its hardware implementation.

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 66, No. 7, pp. 46~50 (1992)

Pattern Inspection Technology for Semiconductor Wafers

by Keiji Nakajima, Masahiko Sakamoto & Nobuyuki Kosaka

A new method for inspecting the surface patterns of semiconductor wafers has been developed using a laser scanning microscope. A steep reduction in reflected light intensity vs. focal plane displacement gives the resulting images a quasi-three-dimensional appearance. This characteristic and high beam resolution make it possible to automatically inspect the fine gate patterns of GaAs FET devices. Processing of line width and light intensity information permits identification of many types of flaws including Z-axis defects (e.g. dents).

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 66, No. 7, pp. 2~5 (1992)

Perspectives on Instrumentation and Control Technology

by Kazumitsu Hironaka

Instrumentation and control technology is a foundation for many other areas of industrial development. As with other fields, the increased use of intelligent equipment and systems is being driven by the improved performance and lower cost of microprocessors and other semiconductor devices. Mitsubishi Electric's instrumentation and control technologies are being used in a wide variety of applications, from space exploration to home automation. Field-specific products are currently being developed with the help of greater interdisciplinary communication. The article introduces Mitsubishi technologies and products in this field, both commercially available and under development.

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 66, No. 7, pp. 6~10 (1992)

User Interface for Instrumentation and Control

by Tadaaki Kiyomiya, Katsumi Yamawaki & Seisaku Tate

The article reviews the historical development of user interfaces for instrumentation and control applications. Further, it discusses technical trends in large-screen display units, graphic user interfaces and hypermedia, and introduces several plant control applications.

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 66, No. 7, pp. 11~15 (1992)

Control Technology for Space Robots

by Hiroshi Koyama, Norimasa Yoshida, Masao Inoue, Katsuhiko Yamada, Ken'ichi Tanaka & Tomohiro Miyazaki

The development of space robots capable of performing in-orbit servicing operations will require basic technology advances in several fields to supplement existing control technologies. The corporation has identified four basic technology fields as core areas for a progressive R&D program: dynamic analysis, teleoperation systems, ground-test equipment and image-processing systems. It is also developing simulation software and evaluation and test facilities to support this work.

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 66, No. 7, pp. 16~21 (1992)

Control and Protection Systems for Electric Power Networks

by Hideo Noguchi, Yasuhiro Uekubo & Hiroshi Ueda

The article examines developments in control and protection systems for electric power networks from the perspectives of automation, operations support, applications and firmware. It introduces applications of state-of-the-art fully-integrated substation protection and control systems, and intelligent substation operation and maintenance-support technology.

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 66, No. 7, pp. 22~26 (1992)

Intelligent Control for Industrial Plants: Expert Fuzzy-Logic Tools and Applications to Cement Kiln Control

by Haruo Nakamura, Hitoshi Ogata, Morikazu Takegaki, Takuya Ishioka & Hideaki Motono

The mathematical modeling characteristics applied to industrial plant control are quite complex. The corporation has developed an extended rule-based system for intelligent control (ERIC), which employs the realtime control of expert tools. The article introduces the new control method and the control rule applied to create the support tool for the 'Quantitative Intelligence Class.' Also introduced is a cement kiln control application developed through the joint cooperation of Mitsubishi Materials Corporation and the corporation, and the effects of its employment.

アブストラクト

クライアント／サーバシステム通信ソフトウェア —(I) 端末通信管理プログラム編—

田村敏之・岩田政春・茂木 浩・砂田英之
三菱電機技報 Vol. 66 · No. 7 · P 51~54

PC-LAN の普及により、パーソナルコンピュータによる本格的な分散処理システムの構築が始まった。本稿では、クライアントサーバ型システムで、クライアント側の通信ソフトウェアである端末通信管理プログラムを開発したので報告する。このソフトウェアによりクライアント PC 上でホスト業務と PC-LAN 業務を統合することができる。OS として MS-Windows3.0 及びネットワーク OS として NetWare を採用している。

クライアント／サーバシステム通信ソフトウェア —(II) サーバ通信管理プログラム編—

田村敏之・安田秀朗・岡野信之・青山尚美・泉 佑市
三菱電機技報 Vol. 66 · No. 7 · P 55~58

PC-LAN の普及により、PC/WS 上に本格的な分散処理システムとしてのクライアント／サーバシステムが登場した。本稿では、このようなクライアント／サーバシステムとホストとの連係を図るサーバ側の通信ソフトウェアであるサーバ通信管理プログラムについて紹介する。これを用いて、通信サーバを構築することでホスト業務をクライアントに分散する。また、APPC 機能を用いて多様な接続形態を提供している。

三菱新統合 OA システム

居駒哲夫・持田英男・有吉一雄・宮部 潤
三菱電機技報 Vol. 66 · No. 7 · P 59~64

三菱新統合 OA システムは、電子キャビネット、電子メールとマルチメディア帳票処理機能を密接に連係させ、これらの機能を自動的に実行させる機能を付加することにより、各種業務処理の構築を可能とすることをねらいとしている。また、このシステムでは業務開発支援機能により、従来の COBOL 等によるアプリケーションプログラム開発に代わる新しいアプリケーション開発環境を実現している。

三菱新統合 OA システムを利用した 中部電力(株)納め工事・資材・経理総合システム

大村孝史・丸山博義・白石俊介・伊藤友博
三菱電機技報 Vol. 66 · No. 7 · P 65~71

中部電力(株)では、経営情報の早期把握、業務効率の向上を目指す高度情報システムの構築に当たって、“三菱新統合 OA システム”を利用して“工事・資材・経理総合システム”を構築し、平成 3 年 10 月から運用を開始した。本稿では、“工事・資材・経理総合システム”の中で、“三菱新統合 OA システム”的機能が果たす役割を、業務開発手法、業務処理の自動化手法、さらに完成した業務の実行イメージを通して紹介する。

鉄鋼プラントにおけるエキスパート技術を用いた 操業支援システム

吉田幸彦・杉谷 穣・犬島 浩・島川博光・吉川幸司
三菱電機技報 Vol. 66 · No. 7 · P 72~75

鉄鋼プラントの大規模・高機能化に伴いオペレーターの負担も増大している。この操業支援システムは、ラインからのデータを時系列的に処理し、内部にもつパターンとマッチングを図ることでプラントの状態を認識し、最適操業内容を判断、CRT 上に日本語でガイダンスを表示する。実プラントで、このシステムのプロトタイプの性能試験でも評価を得ており、経験の浅いオペレーターでもプラントの最適操業が可能となる。

四国電力(株)讃岐開閉所納め自動巡視ロボット

竹中俊夫・竹下博志・森本広海

三菱電機技報 Vol. 66 · No. 7 · P 76~81

電力設備における巡視点検業務の高機能化・安全性向上・省力化を目的として、ITV カメラ・赤外線カメラ・超音波マイクを搭載した移動式の自動巡視ロボットを開発した。この装置は開閉所構内を定期的に巡視し、絶縁不良によって発生するコロナ音や機器及び接続部の異常過熱を自動的に検知する。本稿では、四国電力(株)讃岐開閉所に納入した自動巡視ロボットの概要及び外観異常検出のための画像処理技術の開発状況について紹介する。

Abstracts

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 66, No. 7, pp. 65~71 (1992)

New Integrated Operations System for the Chubu Electric Power Co., Inc.

by Takashi Omura, Hiroyoshi Maruyama, Shunsuke Shiraishi & Tomohiro Ito

Mitsubishi Electric has employed its new integrated office automation system to implement a comprehensive system for construction projects, materials and accounting for the Chubu Electric Power Co., Inc.. This integrated system provides earlier availability of important operations data and improves the efficiency of clerical operations. The system has been in operation since October 1991. The article introduces the role of the newly unified office system within the integrated system. It describes the methodology used for the development and integration of the new functions, and the look and feel of the completed system in action.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 66, No. 7, pp. 72~75 (1992)

Expert Technology Applied to an Operations Support System for Steel Plants

by Yukihiko Yoshida, Minoru Sugitani, Hiroshi Inujima, Hiromitsu Shimakawa & Koji Kikkawa

The management of large, sophisticated steel plants places a heavy burden on the system operators. This operations support system processes information from the steel line in time-sequential fashion. It uses internal pattern-matching algorithms to identify the plant state and infer the optimum operations, which it displays (in Japanese) on a CRT screen. A prototype system has demonstrated excellent results during performance testing in an actual steel plant, where it has enabled inexperienced operators to make efficient plant-operation decisions.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 66, No. 7, pp. 76~81 (1992)

An Automatic Patrol Robot for The Sanuki Switch Station of the Shikoku Electric Power Co., Inc.

by Toshio Takenaka, Hiroshi Takeshita & Hiromi Morimoto

An automatic patrol robot equipped with a CCTV camera, infrared camera and ultrasonic microphone has been developed to provide a more advanced, safe and labor-saving means of inspecting power plant facilities. The robot periodically patrols the switch station, automatically checking for corona noise associated with insulation failure and over-heating equipment and connections. The article overviews a patrol robot delivered to the Sanuki Switch Station of the Shikoku Electric Power Co., Inc., and describes the state-of-the-art image processing techniques it uses for visual detection of operating abnormalities.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 66, No. 7, pp. 51~54 (1992)

The Client Software of a Client-Server System

by Toshiyuki Tamura, Masaharu Iwata, Hiroshi Mogi & Hideyuki Sunada

The wide availability of LAN equipment suitable for personal computer networking has made it practical to implement distributed processing strategies. The article reports on the client-side communications software of a Mitsubishi-developed client-server system. The software design allows communications between IBM main-frame computers and client-server machines on the NetWare system via the communications manager. The implementation environment is Microsoft Windows 3.0 running under NetWare.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 66, No. 7, pp. 55~58 (1992)

The Server Software of a Client-Server System

by Toshiyuki Tamura, Hideaki Yasuda, Nobuyuki Okano, Naomi Aoyama & Yuichi Izumi

The wide availability of LAN equipment suitable for personal computer networking has made it practical to implement client-server-type distributed processing strategies. The article introduces a client-server system and the server-side communications software. This software sets up a communications manager for the server that allocates host services to the clients. Many connection topologies are possible due to the use of advanced program-to-program communication (APPC) functions.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 66, No. 7, pp. 59~64 (1992)

A New Integrated Office Automation System

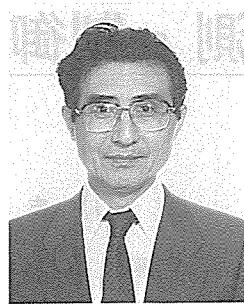
by Tetsuo Ikoma, Hideo Mochida, Kazuo Ariyoshi & Jun Miyabe

The new integrated office automation system introduced by Mitsubishi closely integrates an electronic document filing system, electronic mail and multimedia forms control with library functions, enabling the high-level implementation of many kinds of business processing operations. The development support tools of this system comprise a new applications development environment that supersedes conventional applications development in Cobol or other languages.

計測制御への期待

—エネルギー社会よりエントロピー社会へ—

東海大学 工学部
制御工学科
教授 真鍋 舜治



熱学・電磁気学に大きな足跡を残した天才物理学者 J.C. マクスウェルは、有名なマクスウェルの小鬼の命題を提示して、人間にとて本当に必要なものはエントロピーであってエネルギーではないことを示した。即ち、熱平衡している気体を貯えた二つの部屋をつくり、これらをつなぐ通路のドアの開閉を、気体分子の速度を見分けることができる小鬼に任せ、一方の部屋に速度の速い分子を、他の部屋には遅い分子を集めるようにすれば、二つの部屋に自然に温度差ができる、熱機関を動かせることができるというものである。

物質にせよエネルギーにせよ保存則が成立し、全体の量は増えも減りもしない。しかし、そのままでは人間にとて役にたたないので、これらから本当に必要なものを選別分離しなければならないが、このように選別が適切に行われると、エントロピーが低くなったという。この選別にはエネルギーを使って力づくでやる方法と知恵を働かせる方法があり、淡水化プラントを例とすれば、蒸発法は前者であるが、逆浸透膜法は後者の方向のものといえよう。選別を効率的に行うには、できるだけインテリジェントな“篩(ふるい)”を使えばよく、その極限がマクスウェルの小鬼付きドアといえよう。そしてこの小鬼は、気体分子の速度計測とドアの開閉制御という計測制御の仕事をしているのである。

計測制御技術は、人間の機能を代替する形で発展してき

た。典型的なものは、人間が不得意とする環境のもとで働くロボットであろう。不得意とする環境の一つに微小世界がある。現在、半導体製造技術の恩恵で微細物の加工が容易になってきた上に、複雑な制御機能も容易に実現できるようになったので、今や顕微鏡下で作業するマイクロマシンやマイクロロボットというものが、工学の次のフロンティアとして現れようとしている。

もちろん、最初の応用は医学と思われるが、やがてそれらは、化学反応のミクロな制御あるいはインテリジェント触媒といった形に発展していくかも知れない。インテリジェントな“篩”的働きで、今まで考えられなかったような化学反応が可能になるかも知れない。そしてこの技術の究極は、“植物の機能を代替する機械”であり、炭酸ガスと水と光から、炭水化物を作る光合成反応であろう。

今世紀末という言葉が流行しているが、色々な意味で文明が壁にぶつかっているのを感じる。工学の立場で言えば、人類にとって余り必要でないものはいくらでも作れるが、本当に必要なものを作る技術がないという手詰まりの状態ではなかろうか。人類にとって本当に必要なものは植物である。そして、その機能を実現できるようになったとき、初めて新しい地平が開かれるのではなかろうか。

そのためには、マクスウェルの小鬼達に大いに働いてもらわなければならない。マクスウェル先生には“On Governors”の論文以来、いつまでもお世話になるものである。

計測・制御技術の展望

弘中一光*

1. まえがき

計測・制御技術は、エレクトロニクスを始めとして、情報・機械・材料などの多くの技術を複合化、統合化した技術であり、具体的には人工衛星はもとより、鉄鋼・化学の大型プラント、ロボット、工作機械などの工業分野、自動車産業、オフィスの環境制御、個人住宅のホームオートメーションへと産業全般から家庭に至る非常に広い範囲に適用されている。さらに、今後の発展が期待されている新エネルギー・や生命化学、宇宙開発などの先端技術分野から、情報化社会や環境問題、アメニティ関連など我々の生活に密着した技術分野でも計測・制御技術が重要な役割を果たしており、ますます発展が期待されている。

当社においても計測・制御技術は、宇宙機器から家庭用電気製品までの広い分野でシステムや機器、製品を高度化する技術として、また生産工程における生産性や品質を向上させるための技術として、研究開発から製品設計、製造に至る多くの技術者がかかわっている重要技術である。

この特集号では、当社における計測・制御技術の動向と現状、及び今後の課題について述べる。

2. 計測・制御技術の動向

近年の計測・制御技術は、マイクロエレクトロニクスの発展によるデジタル化技術、情報処理技術などの出現で、飛躍的な成長・発展を遂げてきた。1960年以降の計測・制御技術とこれを支える技術の変遷を表1に示す。最近の計測・制御技術の発展経過をまとめると次のようになる。

- (1) アナログ方式からデジタル方式へ
- (2) 電気、機械からエレクトロニクス、メカトロニクスへ
- (3) スタンドアロンからシステム化、ネットワーク化へ
- (4) 自動化、最適化から知能化へ
- (5) 集中から分散へ
- (6) 機器制御からヒューマンファクターを含んだ制御へ
- (7) 一次元計測から二次元、更に

三次元計測へ

このような計測・制御技術の推移の背景には、以下に示す事項があげられる。

- (a) 高性能・低価格マイクロプロセッサの出現
 - (b) 高速・大容量・大パワーなどの半導体技術の進歩
 - (c) 分散処理を実現する通信・ネットワーク技術の高度化
 - (d) 新素材、微細加工技術によるセンサ、アクチュエータの高度化
 - (e) ソフトウェア・AI技術など情報処理技術の進歩
- 特にマイクロプロセッサは、計測・制御技術のテクノロジードライバとしての役割を果たし、計測・制御機器やシステムなどの小型化、高速・高精度化、分散化、低価格化などを実現した。

一方、新たにH∞などの理論も実用化されているが、理論やアルゴリズムの新規性に欠けているとも言われている。従来から提唱されていたファジー制御やニューロなどが、コンピュータのハードウェアやソフトウェアの技術進歩によって実用化されたことは、非線形問題を克服したことで評価されるが、計測・制御分野で画期的な新理論は少なく、理論面での開発が今後望まれるところである。

3. 当社における計測・制御技術の応用

当社の製品分野は、家庭用電気製品から自動車機器のような交通関連、電力システム、各種工業プラント、また、人工衛星まで広範囲にわたっているが、ほとんどの製品に計測・

表1. 計測・制御技術の変遷

	1960	1970	1980	1990	2000
計測制御技術	ガスレーザ 最適制御	半導体レーザ 多変数制御	半導体撮像素子 画像処理 半導体センサ 分散制御	パターン認識 ビジョンセンサ エキスパートシステム 分散制御	画像理解 センサフュージョン ニューラルネット 知能制御 ファジー制御
製品例・応用例	NC DC サポート	CNC マテハン	FA プログラマブルコントローラ AC サポート 監視制御システム 多関節ロボット	CIM ファジー制御放電加工機 自動車エンジン制御 運転・保守支援システム DD ロボット	次世代監視制御 知能ロボット
マイクロエレクトロニクス	トランジスタ マイクロプロセッサ DRAM メモリ	IC 4004	LSI 8080 8086 64K	VLSI 80286 256K 1M	ULSI i386 i486 4M 16M 64M

制御技術が関係している。

図1は、当社における計測・制御技術の樹を示したものである。理論や半導体などの基礎技術をベースに計測技術、パワーエレクトロニクス、モーションコントロール、民生機器制御、システム制御などの計測・制御技術が多くの製品や技術に関係している。ここでは、計測・制御の樹の分類に基づいて計測、パワーエレクトロニクス、産業・宇宙、民生・情報、システム・プラント制御の各分野における当社の計測・制御技術と応用製品の最近の状況を紹介する。

3.1 計測技術

当社の計測技術は、システムを構成するキー要素として開発されてきており、撮像素子のようなセンサデバイスから画像認識システムのようなセンサシステムまで含んでいます。表2は計測のための要素技術と主な製品を示す。

デバイスでは、赤外線撮像素子 IRCSD (Infrared Charge Sweep Device)、圧力センサ、超音波探触子などがあり、装置単体としては電力量計のような計器のほか、赤外線撮像装置、超音波探傷機、電磁流量計などがある。図2に赤外線撮像装置を示す。

センサシステムは、各分野ごとに顧客のニーズに合った技術を適用、開発しているが、交通流計測装置や侵入監視装置、劣化診断装置、鉄鋼用センサのような信号・画像処理技術による多次元的計測が中心である。これらは、マイクロコンピュータやDSP (Digital Signal Processor) の展開により、高度な信号・画像処理やエキスパートシステムでの推論等がリアルタイムで実現可能となり、各分野のシステムでの入力部としての役割を担えるようになってきたものである。今後は、この傾向がますます強くなり、幾つかのセンシングデータを統合判断するセンサフェージョン技術や画像理解、知能化技術など、人のもっている判断機能との結合による高度なシステム構築が求められる。

3.2 パワーエレクトロニクス

電力半導体やマイクロエレクトロニクスの技術進歩により、電気エネルギーを制御するパワーエレクトロニクス技術はキーテクノロジーの一つになっている。当社においても、インバータなど各種変換器、モータ制御を中心に重電分野から機器制御、そして家電分野の制御へと応用範囲が拡大している。

変換器では、IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) やGTO (Gate-Turn-Off Thyristor) に見られるように、デバイスの高速化、高耐圧・大容量化が進み、それらを用いて高周波数化することにより、効率改善や無停電を目的とした電源制御装置などの小型化、低騒音化が実現した。

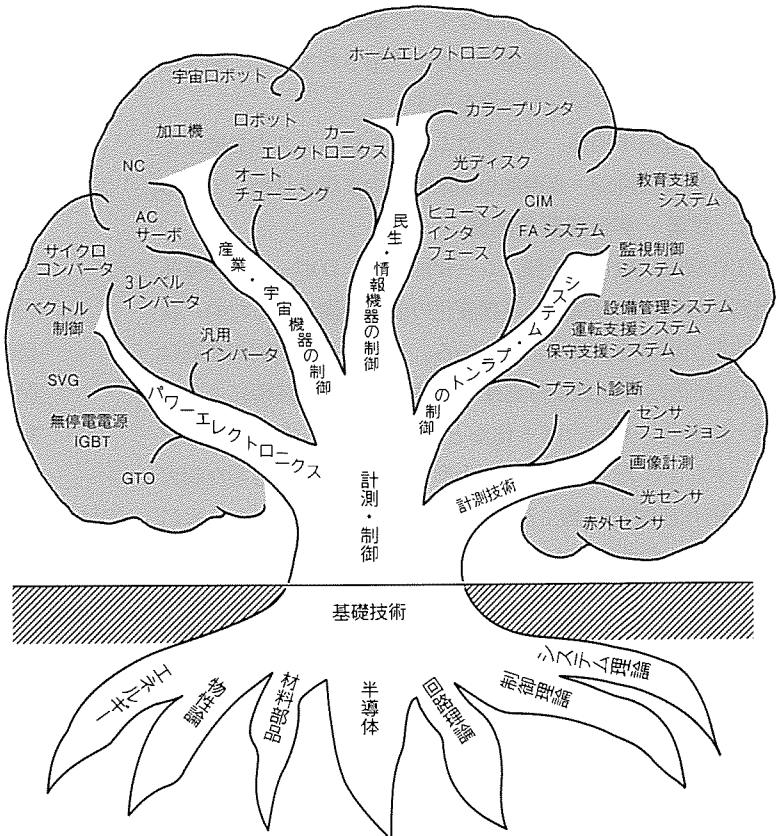


図1. 計測・制御技術の樹

表2. 計測のための要素技術と主な製品

要素技術	製品
半導体	IRCSD, 密着型リニアイメージセンサ, 圧力センサ, 自動車用加速度センサ, CO センサ, 臭気センサ, においセンサ
赤外線	放射計, 赤外線撮像装置
光・レーザ	自動車用燃料性状センサ, 車間距離計, レーザドップラ振動計, パイプ内面形状センサ, レーザ式変位計, レーザ式膜厚測定装置, 鋼板平坦度計, ねじ表面検査装置, 光ディスク用光ピックアップ
電磁波	レーダスピードメータ, レベル計, 地中埋設物探査レーダ, レーダ
放射線	蒸気発生器伝熱管漏えい検知モニタ
超音波	超音波探傷機, 超音波厚さ計
電磁気	電子式電力量計, インテリジェント電磁流量計, 自動車パワーステアリング用トルクセンサ
熱・流体	自動車用空気流量センサ
信号処理	劣化診断装置
画像処理	交通流計測装置, 侵入監視装置, 指紋照合装置, 鉄鋼用センサ(クロップ形状認識装置), カラープラウン管検査装置, IC外観検査装置, 半導体ウェーハ表面欠陥検査装置

パワーエレクトロニクス技術の応用によるモータ制御では、鉄鋼用サイクロコンバータや汎用インバータの小型化が行われ、また、急速に高性能化されたマイクロプロセッサやDSPを用い、ベクトル制御、3レベルインバータやスナバエネルギー回生のようなきめの細かい制御により、小型で、

かつ高機能・高性能・高効率なモータ制御装置を実現し、電鉄、昇降機、鉄鋼・工業用の分野で使用されている。図3には鉄鋼用サイクロコンバータを示す。

今後、電力半導体、マイクロエレクトロニクスの発展とともに、更に高性能・高機能な制御装置の実現を目指している。

3.3 産業・宇宙機器の制御

工作機械、放電加工機、レーザ加工機、ロボット等の産業機器では機械の高速化・高精度化の要求を満足するため、制御装置が重要な位置を占めている。当社の産業用制御装置は、NC技術の高度化による高速・高精度化や実装技術による小型・軽量化、ローコスト化などの達成によって常に業界をリードしてきた。加工部品の大型化・複雑化に対応した超大型形彫り放電加工機、高精度・高機能を追求するとともにローコスト化を実現したワイヤ放電加工機、体積比で従来の1/3に小型化したA1Sシリーズシーケンサ、ACサーボによる産業用ミシンの大容量機シリーズなどの開発は、計測・制御技術を中心とした幅広い技術力によるものである。

一方、放電加工機などの加工機械では、熟練作業者が加工する材料や状態に応じて加工条件を制御して所望の精度や形状を得ていたが、図4に示すファジー制御放電加工機は、熟練作業者のもつ勘や経験を装置に取り込み、熟練作業者と同等の加工を可能にした。また、NCサーボ系のオートチューニング方式は、取り付ける工作機械の特性に応じてNC制御装置の各種パラメータを作業者と同様に調整するもので、ファジー推論による同定法によって実現した。

このように、作業者不足が深刻な問題になっている製造現

場では、従来、人にしかできないとされていた熟練作業の機械化・自動化が求められており、ファジー制御などの知識制御技術の導入による装置の知能化、高性能化が望まれている。

来るべき宇宙利用の時代を迎えるため、宇宙機器に関する制御技術の開発要求が高まっている。当社では、従来の姿勢制御技術に加え、航法・誘導、ランデブ・ドッキング、ロボットなど宇宙を利用するという観点で多くの計測・制御技術の開発に取り組んでいる。また、宇宙という極限環境で高い信頼性と性能を発揮するための地上シミュレーション技術の開発にも注力している。早期の実用化が期待されている。

3.4 民生・情報機器の制御

家庭用電気製品の知能化を目指して、ニューロやファジー制御技術の適用が盛んである。当社においても冷蔵庫、洗濯機、ルームエアコン、オーブンレンジ、カラーテレビなど既に多くの製品にニューロ・ファジー制御技術を導入している。これらの製品は、センサ情報をもとに動作状況や制御量をファジー推論で決定・制御するもので、使いやすさ、省エネ、自動化などユーザーが満足する機能の達成を目指している。図5はインバータ制御のダイレクトドライブを採用した全自动洗濯機で、新しい駆動機構と制御技術で振動・騒音を低減し、ファジー制御によって衣類に合わせた洗濯・脱水も可能にした。

車社会の拡大に伴い、自動車の基本性能の向上と安全性や環境汚染問題への対応が自動車機器の技術課題となっている。電子制御が主流となってきた自動車は、エンジン部分のみでなく操舵やパワーステアリングなどに対する計測・制御技術の開発が盛んである。当社でも燃費向上のため希薄燃焼エンジン用の空燃比フィードバック制御システムを開発し、また非接触トルクセンサや圧力センサのような制御用センサなどの開発も行っている。

コンピュータ製品の小型化が進む中で光ディスクやフレキ

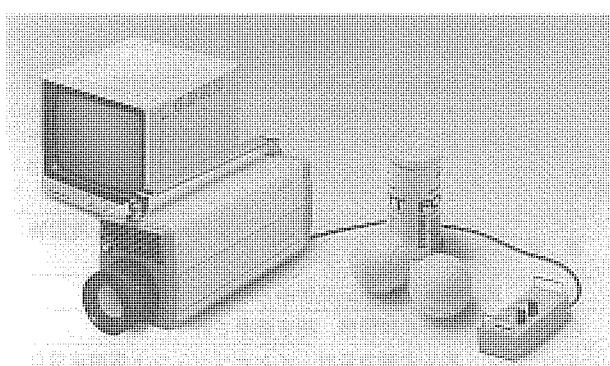


図2. 赤外線撮像装置 三菱サーマルイメージヤ IR-M500

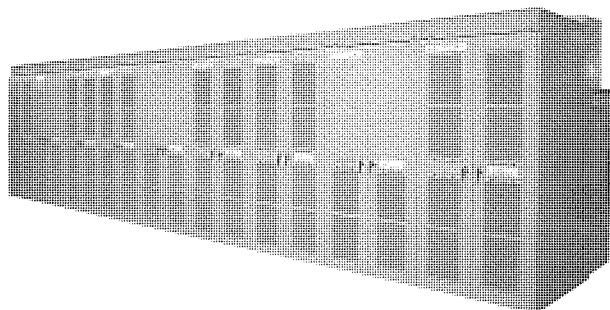


図3. 鉄鋼用サイクロコンバータ

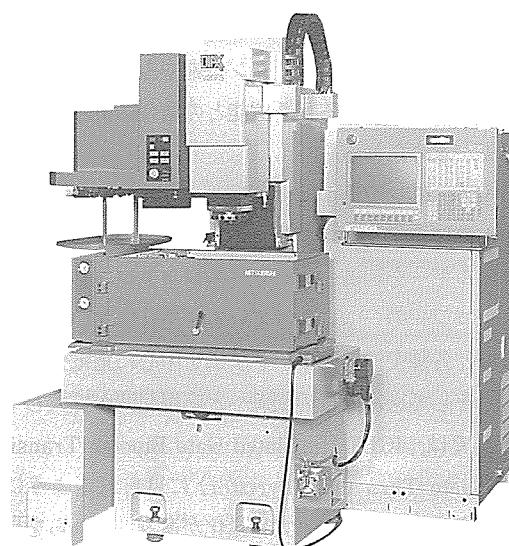


図4. ファジー制御放電加工機

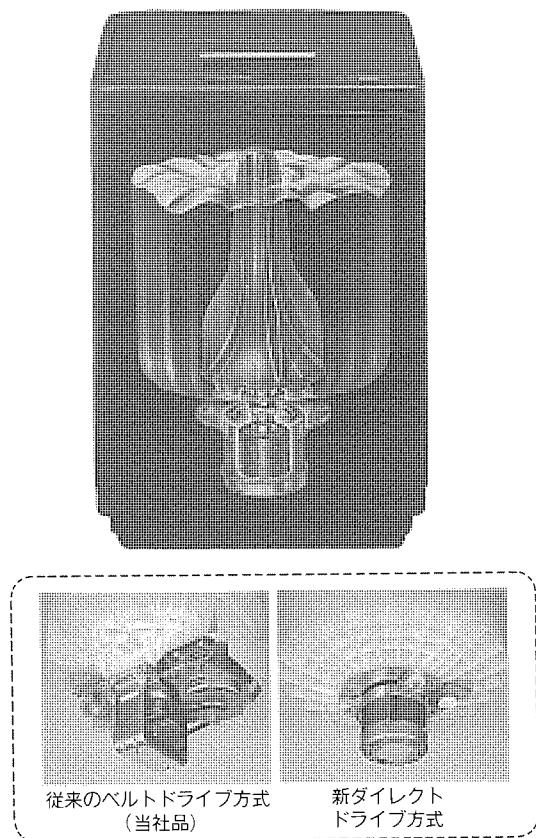


図5. ファジー制御ダイレクトドライブ全自動洗濯機

シブルディスクなどの情報機器に対しても小型化・高速化・大容量化などのニーズが強い。当社では大容量、高速アクセス化が要求される光ディスク装置に、オブザーバを用いて目的のトラックを高速で検索できるアクセス制御方式を開発し、制御技術による高速化を実現した。

3.5 システム・プラントの制御

電力、原子力、工業などのプラントシステムでは、対象ごとに高度な制御が行われ基幹産業を支えてきたが、従来のプラント運転・制御の高度化などとともに、人とシステムのかかわり合いに重点をおくことが求められている。

当社では、発電プラントで知識工学、シミュレーション技術、マンマシンインターフェース技術などを活用した総合ディジタル制御監視管理システムを開発しており、高度な各機器の運転制御のほか、異常診断や通常運転時の最適な運転操作、異常時の迅速な操作、保守時の効率的な操作などのガイドを可能としている。

知識工学はプラントの入力情報から運転状況を判断するために、またシミュレーション技術はプラントの状態予測を高速で行い、正常運転の確認や異常時の対応策策定に活用している。マンマシンインターフェースに関しては、今までは、グラフィックモニタ上に計器やスイッチなどを表示し、従来の操作盤の環境を提供してきたが、プラントの系統的な運転状態を操作員に分かりやすくグラフィカルに提示するようになっていている。

今後、さらにウインドウやハイパームディアなどの環境やAR (Artificial Reality) 技術の導入開発が進められ、人が実際のプラントの状況を手にとるような臨場感をもって操作することができるようなシステムやシミュレーション技術とマンマシンインターフェースにより、運転員の運用を支援するシステムなど人にやさしいシステムが求められている。

4. 今後の課題

これまで紹介したように、ハイテク化のキーテクノロジーの一つである計測・制御技術は、幅広い分野で適用されている技術であり、そのため課題も分野ごとに多様化している。現在のように計測・制御技術の適用分野が拡大するにつれ、新しい技術動向との融合が必要となっており、境界領域での技術確立が急務となっている。具体的には、以下に示す技術をいかに計測・制御技術に取り組むかが当面の課題である。

- (1) ファジーやニューロに代表される知識制御
- (2) LAN や MAP にみられる情報通信とネットワーク化
- (3) CAD/CAM にみられる制御と情報の統合化
- (4) ASIC に代表されるハードウェアのカスタム化
- (5) マンマシンインターフェース

計測・制御技術の目標すこころは、人間の五感に代わるセンサ、手足となるアクチュエータ、頭脳である AI 技術など人間のもっている能力に近い性能をいかに実現するかである。特に、人間の得意とする適応、学習、さらには協調、自己組織化といった知的機能を取り込むためには、人間のメカニズムの解明も重要である。この分野は、生物学、物理学及びシステム科学などの学際領域にあり、急速に進展しつつある。ただし、計測・制御分野への応用はまだ始まったばかりであり、これらの成果をどのように取り込んでいくかは今後の課題である。

5. むすび

計測・制御技術の現状と今後の課題について、当社の状況を中心に紹介した。計測・制御技術はすべての製品・技術にかかわる基本技術であり、今後の発展が広い分野から期待されている。当社においても、今後とも、計測・制御技術の動向に注目しつつ新技术の開発に努力を続け、人類・世界のために役立つ“人にやさしい技術”“地球にやさしい技術”的開発により、社会の健全な発展と成長に貢献していく所存である。これからも、関係各位の御指導、御助言をお願いする次第である。

平成3年は、計測自動制御学会発足30周年の記念すべき年であり、平成4年1月には創立30周年記念特集号が発行された。計測・制御分野の歴史を踏まえた今後の発展を期待し、この特集号で紹介した成果を始めとする当社の計測・制御技術が少しでも貢献できれば幸いである。

計測制御におけるユーザーインターフェース

清宮忠昭*
山脇克己**
館 精作***

1. まえがき

人間と機械又はシステムとの“出会い”となるユーザーインターフェースをとりまく技術の発展は目覚ましく、計測制御システムにおける重要な技術要素となってきている。その昔は、ランプ、スイッチが主体であったものが、CRT (Cathode-Ray Tube) を使うインターフェースが普通になり、そのCRTの使い方としても大画面、マルチウインドウ、マウスのような新しいツールが自由に使えるようになってきている。ここでは、ユーザーインターフェースはもはや人間とシステムとの“出会い”でなく、人間とシステムとの“対話”的な領域に入っているのである。

本稿ではこのような新しいユーザーインターフェース技術の当社における技術動向について、プラント制御における応用事例を中心に説明する。

2. ユーザーインターフェース技術の動向

計測制御システム、特に大規模プラントの集中監視システムにおけるユーザーインターフェースは、システムの自動化が進むにつれて、ますます重要になり、①“より早く”②“より分かりやすく”③“よりやさしく”的ニーズが高まっている。図1にその歴史的な面からのユーザーインターフェース技術の発達の状況を示すが、1970年度ごろまでは“より早く”伝えることに重点があり、ランプ、メータ、スイッチなどの機器とグラフィックパネルを中心としたインターフェースが提供されていた。

その後、プロセスコントロールコンピュータ技術の発展により、プラントの状態信号を計算機に取り込み、プラントの監視状態などを“より分かりやすい”形で、CRT画面上への表示ができるようになってきた。ここに、CRT主体のユーザーインターフェースの提供が可能になってきた。当初のCRTは20インチ程度の大きさのCRTが普通であったが、同時に複数の

人間で確認することができるよう大型画面での表示ニーズが高まっている。

これらのCRT主体のユーザーインターフェースはハードウェア指向であり、システムからユーザーへの定型化された情報伝達であったが、“よりやさしく”とのニーズにこたえるため、ソフトウェア指向のユーザーインターフェースが求められてきている。このため、パーソナルコンピュータ（以下“パソコン”という。）／ワークステーションにおけるユーザーインターフェース技術の活用が広く行われるようになってきた。この例としては、マルチウインドウといわれる複数画面を一つのCRTに表示する機能、又はGUI（後述）と呼ばれるマウス等を使ったユーザーインターフェース、画像データ、音声などを統合した複数のメディアを統合化するマルチメディアがある。

今後は、より高度なユーザーインターフェースを求めてマルチメディアデータを統合化するハイパームEDIA、それとともに、バーチャルリアリティ（人工現実感）と呼ばれている計算機上でのシミュレーション技術の適用が課題になっていくと思われる。

3. 大画面表示

3.1 大画面ディスプレイの動向

大型ディスプレイの代表的なものとしてCRT、液晶モジ

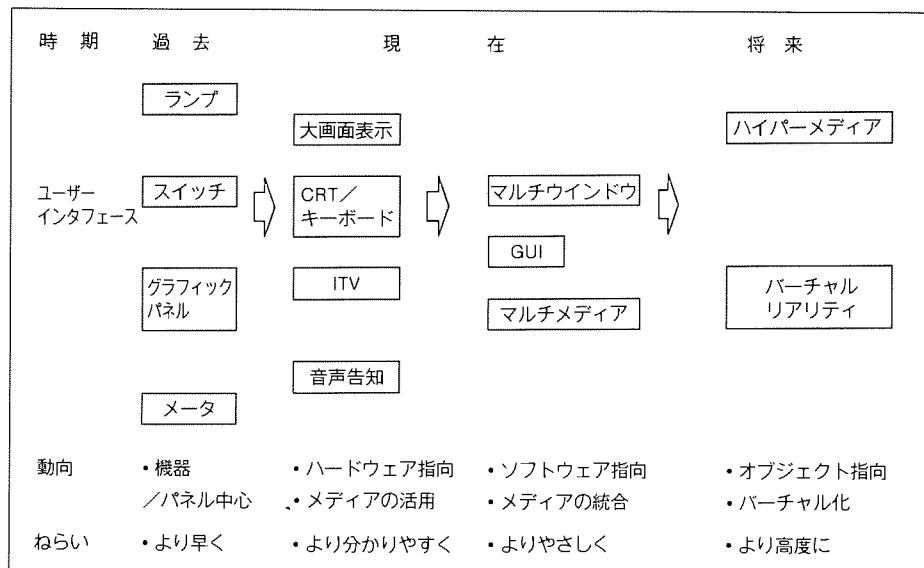


図1. 計測制御システムにおけるユーザーインターフェースの変遷

ュールを用いたビデオプロジェクタがある。

CRT 方式のビデオプロジェクタは、数年前まではコントラスト、鮮明度が低く、明るい環境下での使用が困難であることから普及しなかった。それが近年、レンズ、スクリーン等の光学系デバイス、及びCRT の性能向上により、高輝度、高精細化され、スクリーンサイズが70 インチのものでもオフィス等の明るい環境下で、十分な画像が得られるようになった。

また、オートスキャン機能の採用によって商用 TV からパソコン、エンジニアリングワークステーション (EWS) 等のコンピュータにも接続が可能になり、多種多様な用途で使われ始めている。

液晶方式のビデオプロジェクタは、小型・高解像度の液晶モジュールを用いてレンズによって画像を拡大投写する方式である。CRT 方式のビデオプロジェクタと比較して装置が小型・軽量であり、またスクリーンサイズの変更が容易であることから、ホームシアター用として普及しつつある。

また、液晶モジュールの画素数に限界があり、現状では商用 TV からパソコン程度の解像度であるが、将来的には材料技術、生産技術等の向上により、CRT と同レベルの解像度をもつ液晶ビデオプロジェクタが開発されるであろう。

3.2 CRT 方式と液晶方式の比較(表1)

3.2.1 CRT 方式

CRT 方式のビデオプロジェクタは、高輝度 CRT に表示する映像をレンズによって大型スクリーンに拡大投写する方式である。スクリーンサイズは40 インチから300 インチの超大型のものまで開発されている。

投写方式としては、40 インチから70 インチのものは、主にスクリーンの背面から投写する背面投写型で、透過型スクリーンとプロジェクタを一つの枠体に納めた一体型の、移動が可能な製品もある。100 インチから300 インチのものは、主にスクリーンの前面から投写する前面投写型でプロジェクタ本体を天井又は床に固定する。

解像度(分解能)は、1,280 × 1,024 ドット以上のものも対応でき、EWS 等の表示も可能である。

価格は商用 TV 専用のもので約50 万円から、パソコンや EWS まで対応できるもので約1,500 万円である。

表1. CRT 方式と液晶方式のプロジェクタの比較

	C R T	液 晶
スクリーンサイズ	40～300インチ	40～100インチ
投写方式	前面投写・背面投写	前面投写
設置方式	(床・天井)に固定	卓上に設置
表示可能なビデオ入力	商用 TV から EWS	商用 TV～パソコン
主な使用例	ホームシアター 会議 PR・イベント 監視・制御	ホームシアター
価格(万円)	50～1,500	50前後

3.2.2 液 晶 方 式

液晶方式のビデオプロジェクタは、数インチのTFT アクティブマトリクス方式による液晶モジュールにメタルハライドランプ等の光源を照射し、その透過光をレンズによって大型スクリーンに拡大投写する方式である。スクリーンサイズは40 インチから100 インチ程度まで投写可能である。

投写方式は、CRT 方式と比較して大幅に装置の小型・軽量化が可能であることから、8ミリ映写機のような卓上設置による前面投写型が主流である。

解像度(分解能)は、液晶モジュールの画素数に制約される。現状では640 × 480 ドット(31万画素)程度のものが実用化されており、パソコンレベルの表示は可能である。

価格はホームシアター用のものでは50万円前後で、CRT 方式の40 インチクラスに相当する。

3.3 大画面ディスプレイのプラントへの応用例

3.3.1 監視制御用大画面モニタ

電力系統の監視・制御設備で、系統監視用グラフィックパネルにビデオプロジェクタを並置したシステムが多くなってきた。

大規模監視・制御システムでは、制御用コンピュータのマシンとして複数のCRT とオペレーションパネルを用いて業務を分散化している。

ビデオプロジェクタには、個々のCRT に表示する文字、グラフ、系統図などを大画面表示し、情報を同時に複数の操作員に伝達することによって幅広い監視・制御を実現することを目的としている。また、監視用ITV カメラ、商用TV、VTR 等の接続が可能であり、多目的に活用できる。

3.3.2 投写式グラフィックパネル

発光ダイオード、数値表示器などを用いたモザイク型グラフィックパネルに代わるものとして、複数の70 インチビデオプロジェクタを組み合わせるマルチプロジェクションシステムを応用した投写式グラフィックパネル(図2)を実用化した。

従来のグラフィックパネルは、プロセスの系統変更などに伴ってモザイクの組替え、数値表示器の変更等、物理的な改

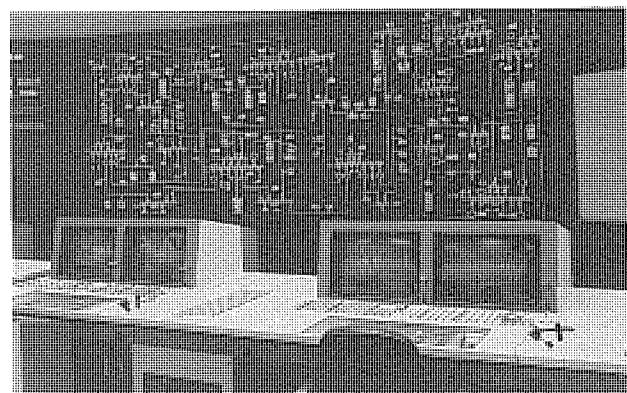


図2. 投写式グラフィックパネル

造が必要であった。

投写式グラフィックパネルは、コンピュータで作成した発光ダイオード、数値表示器、モザイクの絵柄に相当する画面をスクリーンに表示する方式であるため、ソフトウェアの変更によって容易にその画面構成を変更できる(図3)。

また、入力切替装置を使用し、監視用ITVカメラ、書画カメラ、VTR等の接続を可能にし、運転員全員に共通した情報を全スクリーンの中の1面に大画面表示することができる。

現状では、この投写式グラフィックパネルは、シミュレータ用として稼働しているが、将来的には信頼性向上、長寿命化等により、このようなソフトウェア切替式グラフィックパネルが、モザイク型グラフィックパネルに代わる次世代のグラフィックパネルとして実運用に使用されるものと思われる。

4. グラフィカルユーザーインターフェース(GUI)

4.1 GUIの出現

パソコン及びEWSは一人1台のコンピューティング環境の実現を目指して浸透してきている。ここでのユーザーインターフェースにはだれでも容易に扱え判断できる操作性と可視性が要求されている。これらの要求に対して、マウスとマルチウインドウ、ポップアップメニュー、アイコンボックス等の操作・表示方法を指向したGUIが開発されている。このオフィスワークを対象として開発してきたGUIがプラント監視制御における計測制御にも活用されるようになってきている。

4.2 計測制御システムにおける

従来のユーザーインターフェース

従来から計測制御システムでは“現場におけるプラント制御情報の収集と運転管理室における集中監視”という基本スタイルを踏襲してきた。運転管理室における集中監視は、おむね次のようになされてきた。

運転員はグラフィックパネル上のプラント状態表示を常時監視し、必要に応じてオペレータコンソールのキャラクタディスプレイを用いたシステム制御入力を行ってきた。ところが、グラフィックパネルのプラント状態表示範囲はパネルの

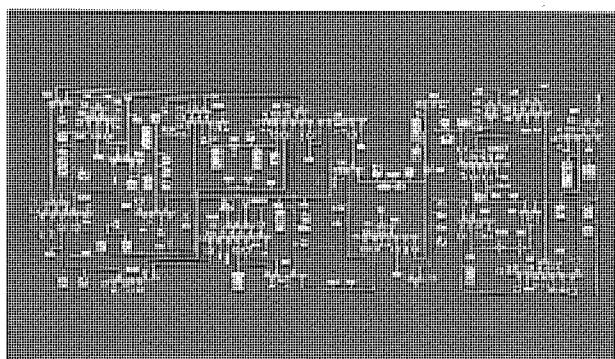


図3. 投写式グラフィックパネル表示画面

表示能力及びサイズ等各種の制約があるため、最近ではグラフィックパネルを包括的表示として用い、手元のディスプレイで詳細状態情報を得たいという要求が、一般的になりつつある。この結果、まずキャラクタディスプレイに簡易グラフィック表示が取り入れられ、その後高解像度グラフィックディスプレイの出現によって詳細グラフィック表示に発展して今日に至った。システムに対する入力の方法としては、オペレータコンソールには各種のコマンドスイッチパネルがあり、運転員のスイッチ選択で所望の入力画面が得られ、キーボードやライトペンによるデータ入力がなされてきた。

4.3 GUIの必要性

操作性と可視性に優れるGUIは計測制御システムの分野でも注目されてきているが、これは以下に記すシステム構築事例に見られるような必要性に基づいている。

- (1) 電力管理システムにおけるスケルトン表示、列車運行管理システムにおけるダイヤといった常時監視の必要な画面を表示しながら、操作用のウインドウを表示して、操作指示ができる。
- (2) 入力に応じてガイダンス表示やデータ選択メニュー表示が行えるため入力ミスを少なくすることができる。
- (3) 基本となる表示の上にガイダンス表示やデータ選択メニュー表示を行い、必要に応じてこれらを消去できるため、必要なデータを集約化した表示をすることができる。

以下、代表的な実施例について説明する。

4.4 GUIの活用事例

帝都高速度交通営団列車運行管理システムのマンマシンコミュニケーションを説明する。

(1) 概要

帝都高速度交通営団列車運行管理システムのマンマシンコミュニケーションは運輸指令所の指令操作卓で行われる。運転指令員は指令操作卓のモニタと運行表示盤を常時監視しているが、列車ダイヤが乱れた時には指令操作卓から適切なダイヤ変更入力をを行い、乱れの早期回復を図る。指令操作卓は3台のEWS(三菱エンジニアリングワークステーションME550)と通信機器で構成されている。3台のEWSは、1台をエキスパートシステムを応用した運転整理支援専用に用い、全く同一機能をもつ他の2台でシステム入出力とダイヤ等のモニタを行っている(図4参照)。

(2) ダイヤのモニタ表示と変更入力

図5はダイヤ変更画面を示す。ダイヤ変更画面では計画ダイヤと列車運行現場から収集した実績ダイヤを自動更新比較表示を常時行っている。同画面では自動スクロール・左右／上下スクロール・時間帯指定切り出し表示・時間帯／領域拡大等の画面制御機能をもつ。ダイヤ変更入力が行われる場合は右部の主メニューエリアからダイヤ変更項目が選択される。これに伴ってダイヤ表示の上に変更入力エリアがマルチウインドウ表示される。変更入力エリアには最初に入力すべき項

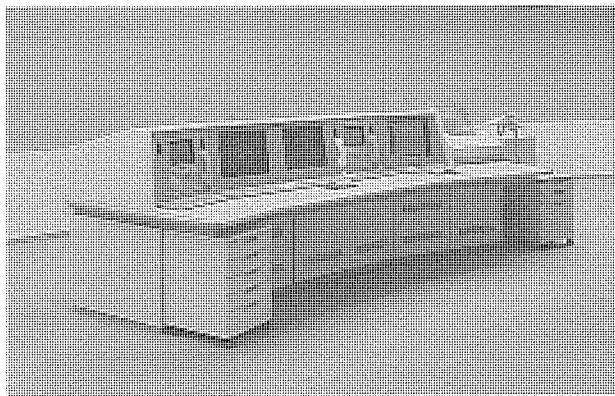


図4. 指令操作卓

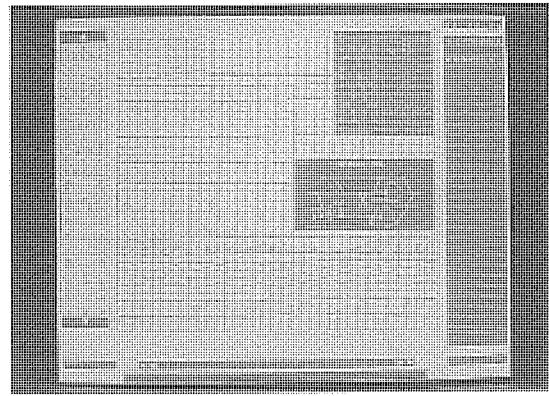


図5. ダイヤ変更画面

目が色替え（ブロックカーソル）表示されているので運転指令員は確実に該当項目の入力をマウスとキーボードを用いて行える。一項目の入力が終われば自動的に次項目のブロックカーソル表示がなされる。さらに入力に際して例えば使用番線の入力のように駅の構造が必要な場合は該当項目のブロックカーソルと同時に駅配線図ガイダンス表示がなされる。

（3）操作性・可視性・応答性

画面の操作性については先にも述べたとおり、運転指令員にとって最も重要なダイヤ表示を基に入力エリアを設けブロックカーソルとガイダンス表示の誘導を受けてデータ入力できるので、入力時間短縮・誤操作防止の観点から運用者に好評を得ている。また、画面切替え・データ入力の点ではEWSの標準キーボードを運転指令員が使いこなすにはかなりの熟練があるので、従来並みのコマンドスイッチと専用キーボードを設けて従来システムとの違和感なく操作可能としている。可視性については20インチフルグラフィックディスプレイを用いた多色表示と選択ダイヤの色替え表示等により、十分な可視性を得ている。ダイヤの込み入っている部分は、時間帯拡大・領域拡大等で対処できている。

応答性については、ホスト計算機のみならず各EWSにもダイヤをもたせていてダイヤ変更時はホストとEWSが連携して更新する“連携処理方式”としたため、ある端末からのダイヤ変更入力がホストと全EWS端末に短時間に反映され“クイックレスポンス”が得られている。

5. ハイパームディア

5.1 ハイパームディアの出現

ハイパームディアとは、“人間の知的活動を機械的に支援することにより、人間の能力を高める環境を作り上げる。”という目的を実現するために、文字・図形・イメージ・音などのいろいろなメディアの情報をそれらの特長を生かした形で相互の関連付けを行いながら統合して取扱いのできることをいう⁽²⁾。プラントの設備管理システムにおける人間の作

表2. 設備管理における人間の作業と使用メディア

作業項目	人間の作業	使用メディア
経年劣化による取替え	<ul style="list-style-type: none"> 過去の設備管理台帳による設備の検索 設備関係の図面類の確認（設備配置図、設備写真） 補修計画の策定 	<ul style="list-style-type: none"> テキスト、イメージ イメージ、画像、図形 テキスト
故障箇所の特定	<ul style="list-style-type: none"> 外観検査 音による識別 振動量による判定 	<ul style="list-style-type: none"> 画像 音 数字
補修記録	<ul style="list-style-type: none"> 補修日などの基礎データ記録 補修状況メモ 	<ul style="list-style-type: none"> テキスト、数字 イメージ

業と使用メディアを表2に示す。ここに示すように、人間は多種多様なメディアからの情報を得て、統合的判断を行い作業を実施している。

この設備管理システムは、補修履歴管理、補修品管理などのテキスト、数値を取り扱う台帳関係のシステム、設備図面を代表とするイメージを取り扱う図面関係のシステム、人間の経験として蓄積されていることの多い異常音、外観による異常判定システムなどから構成されている。これらのシステム間の関係付けは、人間が実施することとなっていた。

ここでは、使う人の立場ではなく、システムの構築のしやすさからシステムが構成されており、次のような問題が提起されている。

（1）設備管理の業務担当者にとっては、個々のシステムの使い方を覚え、それらを相互にうまく使い分け、使いこなすことに労力を強いられる。

（2）設備管理を行うために、どこを改善していいかということを考えるところに至るには、経験を踏み、一連の業務を関連付けてシステムを使いこなすことが必要とされる。

このような問題の解決を図るべくユーザーの立場に立った、ユーザーに“やさしい”インターフェース環境を提供していくものが、ハイパームディアシステムである。すなわち、ウィンドウやマウスを主体としたGUIを使い、図形・写真・イメージ・音などの多様なメディアを統一的に取扱い、かつそれらの相互関係を定義することができるようになっている。これにより、機械（計算機）を使いこなすことに頭を使うの

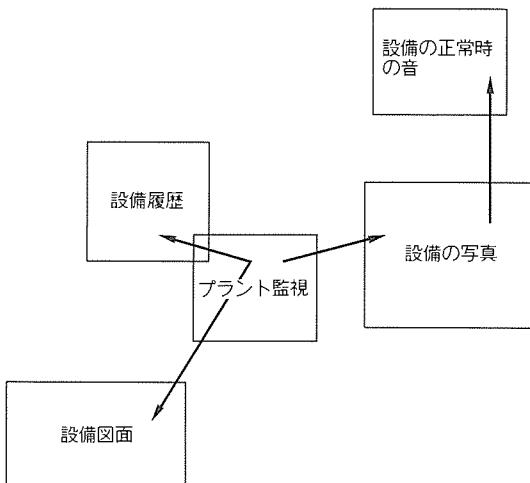


図6. 設備管理における各メディアの関連性

ではなく、機械(計算機)を自分の思考の道具とすることができるようになってきたことが、今までのシステムと大きく変わることである。

5.2 ハイパー・メディアの利用形態

前述の設備管理システムについての利用形態の概念を図6に示す。通常のプラント監視をしているときに、設備の異常があった場合を想定すると、故障推定箇所の設備をプロセスグラフィック画面から選択することにより、この対象とする設備の設備管理履歴、設備の写真、設備の図面等を同一CRT画面上のウインドウに表示できる。また、これらの関係はプロセスグラフィック画面からだけでなく、図面と写真との対応を定義しておくことにより、図面から対応の実物写真を表示することもできるようになる。

さらに、あらかじめ正常時の音、異常時の音をCD-ROMに記録しておくことにより、該当部分をクリックすることによって正常時の音、異常時の音など音の発生も可能であり、いろいろなメディアの情報を統合的に取扱が可能である。このCRT画面例を図7に示す。

6. むすび

“人にやさしいシステムの実現”という要求が強くなるな

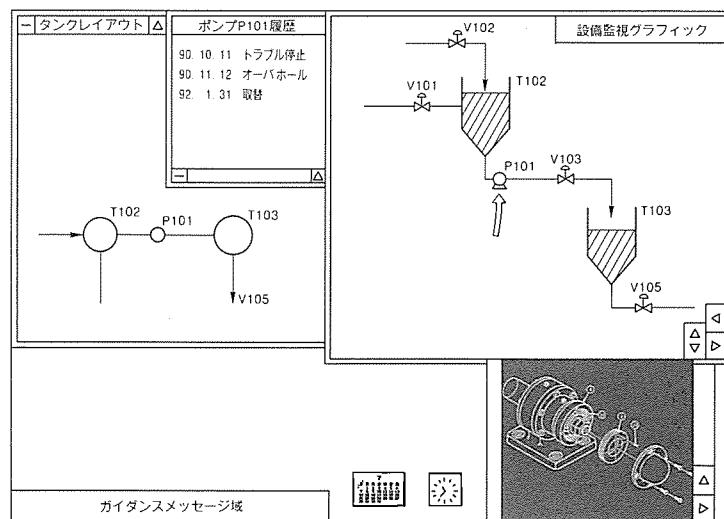


図7. ハイパー・メディア画面例

かで、計測制御システムにおけるユーザーインターフェースは今後ともますます重要性が増すことが予想される。このようなニーズ動向にこたえ更に“より早い”，“より分かりやすい”，“よりやさしい”ユーザーインターフェースを実現に向けて、より高度な技術が活用されてくるであろう。本稿でも説明したハイパー・メディア技術やバーチャルリアリティ(人工現実感)技術がこれら高度化に向けての中心技術になると思われる。

参考文献

- (1) 稲本 悅、清宮忠昭：CIMにおけるマンマシンインターフェース、計測と制御、30、No.12、1067～1072（1991）
- (2) Jacob Nielsen : Hypertext and Hypermedia, Academic Press (1990)
- (3) ニューオフィスシステム(NOS)に関する調査研究報告書(90-シ-1)，日本電子工業振興協会 (1990)
- (4) ニューオフィスシステム(NOS)に関する調査研究報告書(91-シ-1)，日本電子工業振興協会 (1991)
- (5) 家庭情報化マンマシンシステムに関する調査報告書(62-A-258)，日本電子工業振興協会 (1987)

宇宙ロボットの制御技術

小山 浩* 山田克彦***
吉田憲正** 田中健一+
井上正夫*** 宮崎友宏++

1. まえがき

マニピュレータを搭載して軌道上作業を行う宇宙ロボットは、今後の宇宙活動における重要性が高く、現在国内外でその開発が進められている。我が国では、今後の宇宙開発の基礎技術としての必要性の認識の下に1980年代の半ばから宇宙用ロボット技術に関する研究・開発が開始されており、1990年度からは宇宙開発事業団(NASDA)で、宇宙ステーション日本モジュール(JEM)に先立って、宇宙用ロボット技術の軌道上実験を技術試験衛星Ⅶ型を用いて実施する計画の検討が行われている⁽¹⁾。また、こうした検討作業と並行し、昨年度には宇宙ロボット実現に必要な各種要素技術の試験を実際の運用状態に近い環境で行うための地上試験装置(“宇宙ロボットテストベッド”)が同事業団によって筑波宇宙センター内に設置されている⁽²⁾。

これらの宇宙ロボットで行われる軌道上作業として、初期においては軌道上交換ユニット(Orbital Replacement Unit:ORU)の交換作業が、将来的には組立て、展開補助、実験補助、修理、バーシング(宇宙機の捕獲・けい(繫)留)及び浮遊物体の回収作業等が想定される。ここで、ORUとは内部に交換用のバッテリ、補給用の推薦等を搭載したモジュールを指す。

ところで、上記各作業を行うための宇宙ロボットは、その実現の仕方によって遠隔操作型、完全自律型の2種類に大別することができる。前者は地上からの人間の遠隔操作で作業を行う宇宙ロボットであり、第二世代の宇宙ロボット又は部分自律遠隔操作型の宇宙ロボットと呼ばれている。現在検討中の技術試験衛星Ⅶ型もこの範ちゅう(疇)に属するものである。これに対し、後者は高度な自律機能をもち、人間の介在が不要な宇宙ロボットであり、将来的に深宇宙等の人間の介在が不可能な場面での利用が想定される。

遠隔操作型及び完全自律型の宇宙ロボット実現のためには従来の衛星に必要とされた制御技術に加え、更に幾つかの分野における要素技術の開発が必要となってくる。当社では、以下の4分野を、核となる要素技術分野と考えている。

第1は宇宙ロボットの運動解析に関する分野である。マニピュレータを装着した宇宙ロボットは、マニピュレータの動作に伴って複雑な運動を発生する。したがって、宇宙ロボットを制御するためには、これらの複雑な運動を記述するための運動方程式の定式化がその前提となる。

第2の分野は遠隔操作型宇宙ロボットに関するシステム的検討である。遠隔操作型ロボットにおける基本的問題として宇宙ロボットと地上間のデータ通信時における数秒の時間遅れの存在、伝送可能な情報量の制限を挙げることができる。これらの制約条件の下における実用的な遠隔操作システムの検討がこの分野の主要課題である。

第3は宇宙ロボット用地上試験装置に関する分野である。宇宙ロボットの開発に際しては、最終的には無重力状態での実験・評価が可能な地上試験装置が不可欠となる。このための地上試験装置の検討及び先行的開発を実施しており、これまでにサーボテーブルを使用した宇宙ロボット用ハイブリッドシミュレータを開発している。

第4の分野は完全自律型宇宙ロボットへの適用を目標とした先行的研究である。完全自律型宇宙ロボットでは、自律機能の核となる情報処理系の構築が必ず(須)であり、その中でも画像処理の分野が最重要と考えている。具体的には、地上の作業用のロボットビジョン技術の適用の検討及び将来技術としてニューラルネットワークのマニピュレータ制御、画像認識、計測技術への応用を検討している。

本稿ではこれら各分野における当社の宇宙ロボット要素技術の開発状況を紹介する。

2. 宇宙ロボットの運動解析

2.1 概 要

地上の産業用ロボットと異なり、無重力空間で作業を行う宇宙ロボットではマニピュレータを動作させることによってマニピュレータを搭載した宇宙機本体の姿勢も変動するという問題が発生する。図1にその例を示す。このため作業中、宇宙機の姿勢を一定に保つ必要がある場合には、マニピュレータの動作による姿勢変動を考慮に入れた制御方式を開発することが必要となる。また、宇宙空間に浮遊している物体を把持するためマニピュレータ手先部を移動させる場合、手先部の移動のさせ方(手先軌道の設定の仕方)によって、宇宙機本体の姿勢変動量が異なってくることも明らかになっており、姿勢制御に対する負荷軽減の観点からも、姿勢変動量が最も小さくなる手先軌道の検討が要求される。

2.2 研究開発状況

上記の各課題検討に際しては、その前提としてマニピュレータをもつ人工衛星又は宇宙機の運動方程式を導くとともに、その効率的な計算法を確立することが必要となる。運動方程

式は、その使用法に対応してマニピュレータ制御方式検討への適用を目的とした運動方程式と、シミュレーション効率を重視した運動方程式の二通りの導出を行っている。

これらの運動方程式を使用し、マニピュレータの制御方式を検討した結果では、地上用のロボットで検討されているマニピュレータ手先の制御方式（分解速度制御、分解加速度制御等）が宇宙ロボットでも同様に効率良く行い得ることが明らかになっている。

また、マニピュレータの手先軌道の設定に関しても、運動方程式による解析の結果では、衛星本体の最終的な姿勢変動を抑えるためには円弧軌道が、また運動中の姿勢変動を抑えるためには、双曲線軌道が適していることが明らかになっている。図2に双曲線軌道の場合の姿勢変動例を示す⁽³⁾。

今後、マニピュレータ動作時の本体姿勢の変動を更に積極的に抑えるための制御方式を検討する予定であるが、基本的にはフィードフォワード制御を行うことで対応可能と考えている。

3. 宇宙ロボット用遠隔操作系

3.1 概 要

図3に遠隔操作型の宇宙ロボットの基本構成を示す。全体は地上系、軌道上系の二つの部分から構成されている。地上の操作者は通信回線を経由して軌道上から送られてきたモニタ画像等の各種情報を参照し、キーボード、マスタマニピュレータ等によって必要な指令を行う。地上からの指令は通信回線を経由して軌道上のスレーブマニピュレータ系に送出さ

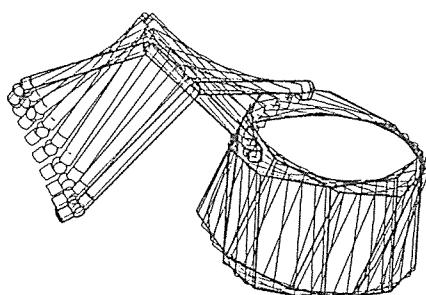


図1. マニピュレータ動作に伴う衛星本体の姿勢変動例

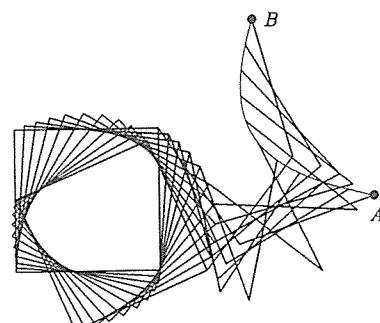


図2. 衛星本体の姿勢変動を最小化する

マニピュレータ軌道設定例

れ実行されるが、この際のマニピュレータ制御は軌道上側の制御系によって自動的に行われる。こうした遠隔操作型の宇宙ロボットで作業を行う際、問題となるのが先に述べた時間遅れ及び情報量の制限の存在である。したがって、地上の遠隔操作型ロボットに見られるような通常のマスタスレーブ系による作業の実施は困難となり、軌道上系への部分自律機能の付加を始め、操作性の劣化を補償するための何らかの方策が必要となる。

3.2 研究開発状況

上記問題への対応法としては、基本的に人間—計算機間、ロボット—作業対象物体間のインターフェース性、すなわちヒューマンフレンドリネス、ロボットフレンドリネスの向上を図ることが根本的に必要と考えており、このための機能検討を実施している⁽⁴⁾。

これまでの社内開発によって、ヒューマンフレンドリネス向上のためには軌道上系における物体把持時の位置合わせ誤差又は操作ミスを許容するための力制御方式の導入が、さらには地上系における予測画面の導入が有効であることが確認されている。また、ロボットフレンドリネス向上のためには、ロボット手先・作業対象物体の機構、及び作業シーケンス自体をロボットによって実行しやすい形態にデザインすることが有効であることが確認されている。

3.3 遠隔操作機能試験設備

上記機能の評価を目的とした宇宙ロボット用遠隔操作試験装置を開発している。全体構成を図4に示す。この装置はマスタマニピュレータ、スレーブマニピュレータ（6自由度型及び7自由度型）、視覚センサ（計測用及び手先カメラ）、画像処理装置及び制御用計算機から構成されており、マニピュレータはすべてDigital Signal Processor (DSP) によって制

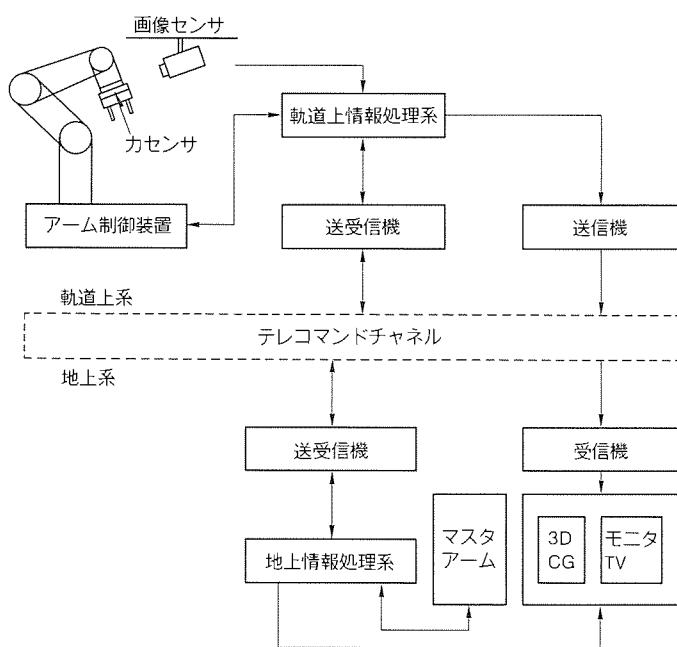


図3. 遠隔操作型宇宙ロボットの基本構成

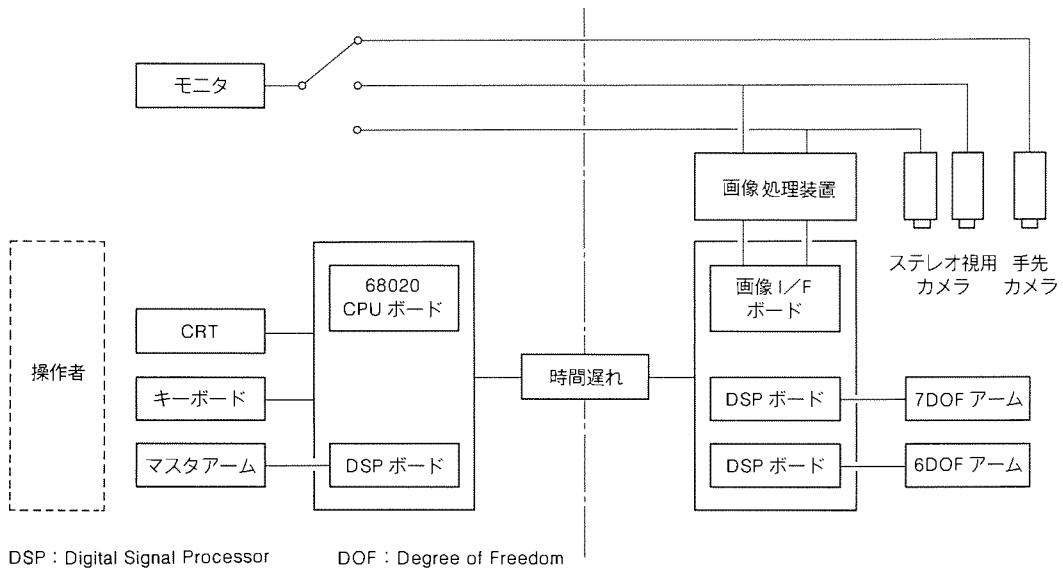


図4. 宇宙ロボット用遠隔操作試験装置の構成

御されている。

また、供試体にはこれまでにORU交換作業用のO RUユニット及び引き込み機構、双腕組立作業用のトラス供試体等を開発している。これらの供試体は上述したロボットフレンドリネスを重視し、遠隔操作による作業の容易性を考慮して、新たに開発したものである。具体的には、各機構間のラッチ部形状を工夫し、押す、引く等の単純な動作で作業が完結するよう構成されている。図5にはこの試験装置を使用したトラス組立実験の実施状況を示す。図中のトラス供試体ではトラス組立中は低剛性であるが、組立作業終了後にワイヤを利用した張力付加機構によって構造全体をリジッドにする機能が付加されており、ロボットによるはめ合い作業の容易性を確保している。

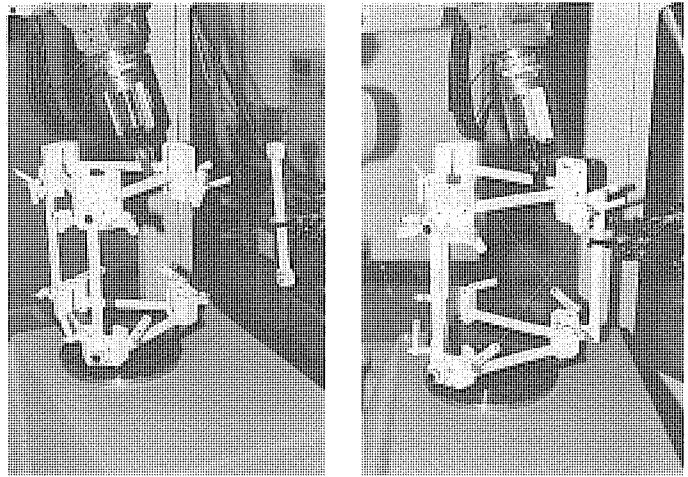
4. 宇宙ロボット用地上試験装置

4.1 概 要

地上の産業用ロボットに関してはこれまでの研究開発によって多くの技術的蓄積があるが、宇宙ロボットは無重力という特殊環境で使用されるため、単なる産業用ロボットの延長と考えることはできないので、解決しなければならない技術的課題が多い。こうした宇宙ロボットに関して行われている開発成果を最終的に検証するためには、無重力状態での実験・評価が可能な地上試験装置を開発することが不可欠となる。このため、当社ではマニピュレータを備え、マニピュレータの運動に伴う宇宙機全体の運動を模擬することの可能な地上試験装置を開発している⁽⁵⁾。

4.2 地上試験装置の構成

地上試験装置の構成を図6に示す。この試験装置は評価のための設備であるだけではなく、実験を通して開発が行える



(a) 部材の移送

(b) 張力付加

図5. 双腕マニピュレータによるトラス組立実験

ため、数値シミュレーションだけでは分からなかった新たな問題の発見や開発効率の向上が期待できる。

この試験装置では、比較的軽量でマニピュレータをもつ宇宙機が宇宙空間を浮遊するターゲットを捕獲する作業を対象としている。この試験装置はマニピュレータの運動やターゲットに作用する力を実際にマニピュレータを動作させて計測し、これらのデータを使用して宇宙機本体とターゲットに生じる運動を数値シミュレーションによって求め、サーボ機構を駆動して位置関係を表現する方式を採用している。

また、この装置ではターゲットの捕獲の模擬を主目的としているため、宇宙機本体とターゲットを併せた12自由度の運動を模擬するのではなく、相対的な6自由度運動のみを模擬している。

この試験装置は大きく分け、

- (1) 運動シミュレータ部
- (2) 試験装置制御用計算機部

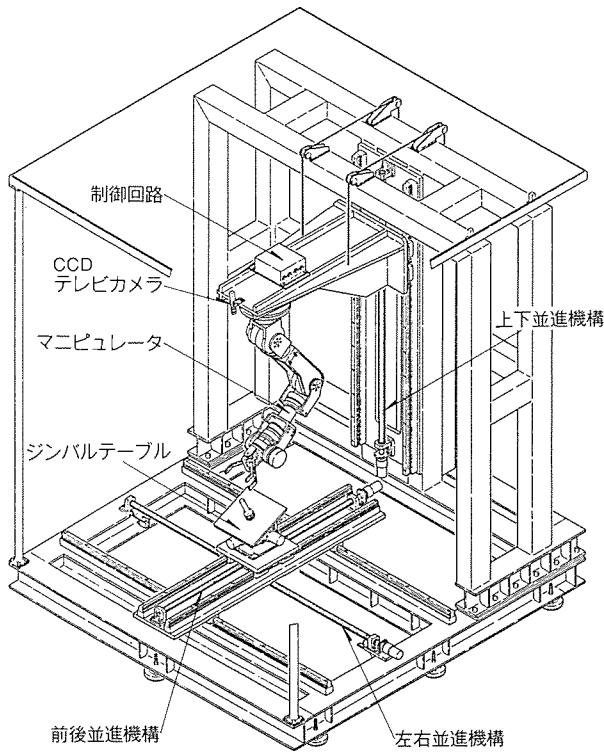


図 6. 宇宙ロボットモーションシミュレータ

(3) マニピュレータ制御計算機部

の3部分から構成されている。

運動シミュレータ部分は上下に運動するマニピュレータの取付台と、ターゲットに見立てた前後左右の並進と3軸回りに回転するジンバルテーブルから構成されている。また、使用しているマニピュレータは全長1mの7自由度型であり、手首には力覚センサをもっている。

試験装置及びマニピュレータは、それぞれ独立の計算機によって並列的に処理されている。この試験装置の計算機構成を図7に示す。

5. 宇宙ロボット用知覚処理系

5.1 概 要

完全自律型の宇宙ロボットでは操作者からの大まかな指示だけで、あらかじめ与えられた目的を達成するよう行動する機能が想定される。

このようなロボット情報処理系の実現を目的とし、先行研究の一環として神経回路網モデル（ニューラルネットワーク）で制御された自律型ロボットの開発を行っている⁽⁶⁾。これまでに、このロボットがその周囲を運動する物体を視覚系で認識し、行動計画系と運動系で制御されたマニピュレータによって運動する物体を捕獲できることをハードウェアを使用した試験によって検証している。

5.2 開 発 状 況

現在開発しているロボットシステムの構成を図8に示す。ここで、ロボットに与えられた作業は平面内を移動する物体

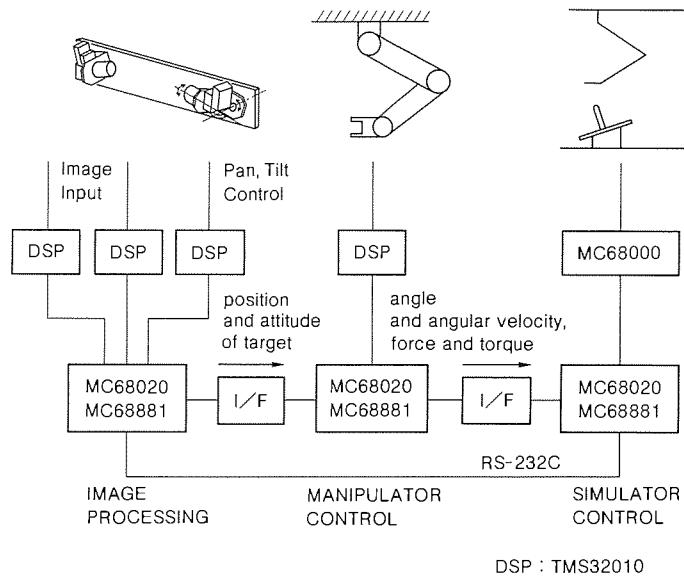


図 7. 宇宙ロボットモーションシミュレータの計算機構成

を視覚系で認識し、それをマニピュレータで把持することである。このロボットのニューロコントローラは図8に示すように視覚処理系、行動計画系、運動制御系の三つの処理系から構成されている。

視覚処理系はCCDカメラにより取り込まれた明るさの濃淡画像から神経回路網モデルを使用し、物体の位置・速度・形状を自動的に求めるための処理系である。この処理系をロボットの視覚処理系として使用するためには処理時間の問題を解決することが不可欠であり、このため、双方向型の神経回路網モデルを高速で計算することの可能な並列情報処理装置を開発している。この装置はDSPを演算素子としたサブユニットが多数結合されたニューロコンピュータであり、16台のプロセッサシステムを使用した場合、約23msで移動物体の位置・速度・形状を計算することができる。

行動処理系は視覚処理系からの情報に基づいてターゲットを捕獲するためのマニピュレータの手先軌道を求めるための処理系である。この情報処理系の神経回路網による構成法は今後の課題である。

運動制御系は行動計画系から出力された手先座標からマニピュレータの各関節角度を求める（逆キネマティクスを解く。）ものである。このシステムでは特異姿勢回避を考慮した逆キネマティクスモデルを神経回路網内に学習的に形成するアルゴリズムを使用して、逆キネマティクス問題を解いている。逆キネマティクス問題を解くためには3入力1出力の神経回路網を4個並列に並べて使用しており、処理時間は100μs程度である。このシステムの実験状況を図9に示す。

将来の完全自律型宇宙ロボットへの適用を目的とし、各部処理系の検討を引き続き実施する予定である。

6. む す び

宇宙ロボットの実現には、様々な分野にかかる基礎的研

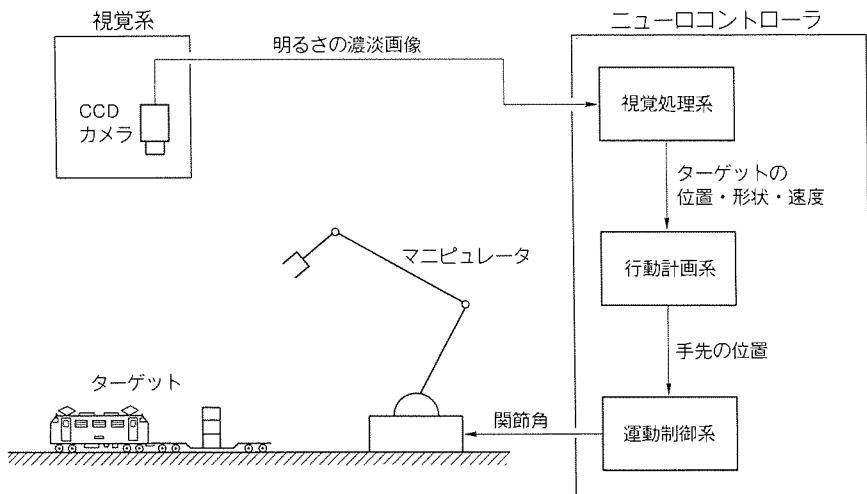


図8 ニューロコントローラを使用した自律型ロボットシステム

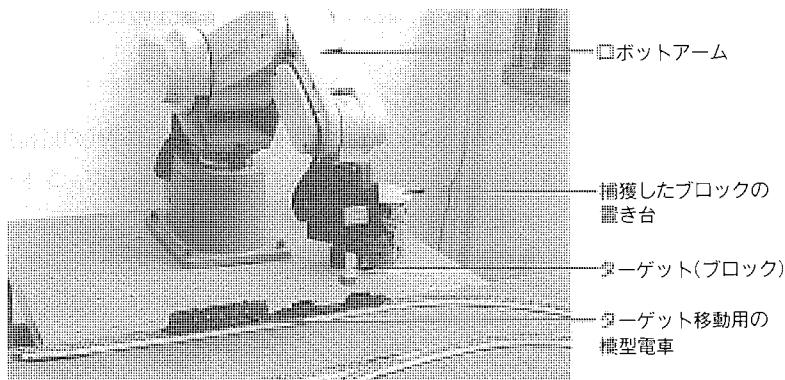


図9 ニューロコントローラによる自律型ロボット実験

究・開発の地道な蓄積が必要であり、本稿では制御の分野におけるその一端を紹介した。平成8年ごろには技術試験衛星Ⅶ型を使用した宇宙ロボット実験が想定されており、当社としてもこれまでに培ってきた技術成果を基に積極的に参画していくたいと考えている。

最後にこれまで宇宙ロボット技術に関し、格別の御指導を賜った宇宙開発事業団、科学技術庁航空宇宙技術研究所、文部省宇宙科学研究所及び通商産業省電子技術総合研究所の関係各位に深謝する。

参考文献

- (1) 河内正夫、吉田憲正、井上正夫：宇宙ロボット及びランデブドッキング技術、三菱電機技報、65, No. 10, 987～992 (1991)
- (2) 小山 浩、田畠裕幸、加藤重昭、吉田憲正：宇宙ロボットテストベッドの開発、第35回宇宙科学技術連合講演会講演集、3-4 (1991)
- (3) 山田克彦、土屋和雄：宇宙ロボットのハンドの運動軌道と本体の姿勢変動について、計測自動制御学会論文集、28, No. 3 (1992)
- (4) 小山 浩、吉田憲正、中川 潤、田畠裕幸、河端亨介、井上正夫、宮崎友宏：宇宙ロボット用制御システムの開発、電子情報通信学会宇宙航行エレクトロニクス研究会、230～233 (1988)
- (5) Shimoji, H., Inoue, M., Tsuchiya, K., Ninomiya, K., Nakatani, I., Kawaguchi, J. : Simulation System for a Space Robot using a 6 Axis Servo, Proc. XIth IFAC Symposium on Automatic Control in Aerospace, 131～136 (1989)
- (6) 田中健一、清水優子、土屋和雄：神経回路網モデルを用いたマニピュレータ実験、日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会、287～290 (1990)

野口秀夫*
上窪康博*
上田 広*

電力系統制御・保護システム

1. まえがき

現在電力エネルギーは我々の生活の基盤となっており、供給の安定性、品質向上に対する要求は高まる一方である。年々の需要の伸びに応じて設備の拡充・機能向上が図られるとともに、高品質電力供給を確保するためにエネルギー利用効率の向上が図られており、電力系統の資源・設備の迅速・的確な運用・制御がますます重要なものとなっている。図1に電力系統の運用・制御を行うためのシステムとして電力系統制御・保護の位置付けを示す。電力系統は発電端から需要端へ電力を運ぶ流通システムであるが、実際には面的な広がりをもつネットワークであり、制御・保護システムも階層化され相互に通信ネットワークで結ばれている。

本稿ではこの電力系統制御・保護システムの最近のインテリジェント化の動向を述べ、実施例の幾つかを紹介する。

2. 電力系統の制御・保護

2.1 基本機能

電力系統制御・保護に要求される機能を系統の状態と対応させて示したものが図2である。ここでいう制御は自動で行われる範囲のみに限定せず、運転員の操作を含み、次の三つに分類される。

(1) 予防制御

運転余裕の減少により、緊急状態に陥らないように制御を実施する。

(2) 緊急制御

事故等が発生して緊急状態になった場合、異常部分を保護装置によって自動的に切り離し、系統の安定化を図る制御を実施する。

(3) 復旧制御

緊急制御が行われた後、停電を含む復旧状態から目標系統に復旧させる制御を実施する。

系統の監視・計測は、広義のセンサによって監視情報を得る手段であり、制御のモードごとに表1のとおり必要な情報が分類される。

2.2 インテリジェント化

電力系統制御・保護システムは常にその時代の最新技術を導入してシステム化を図っている。インテリジェント化については次の四つの方向があげられる。

●自動化指向：従来からの高速化・高精度化の目的の機械化を更に押し進めたもの。究極には人間の行っている業務の最終判断をも代行するもの。

●業務支援指向：人間の業務を支援し、最終判断は人間に委ねるもの。

●アプリケーション指向：合目的的にシステム化することにより、機能を追求するもの。

●ファームウェア指向：共通基盤技術で複合化、統合化を図る。又は、マンマシン性の向上等を図るもの。

これらインテリジェント化の方向に着目して具体的なシステム例とその基盤になる技術を表したもののが図3である。

2.2.1 自動化指向のシステム

広域系統を制御するシステムにおける設備総合自動化は電力会社各部門の自動化システムを有機的に連係し、電力系統を一貫したオペレーションシステムで制御するものであり、より一層の電力の安定供給と運用業務の効率化を図ろうとするものである⁽¹⁾。この分野ではシステムの構成が垂直・水平機能分散から自律分散へと変化

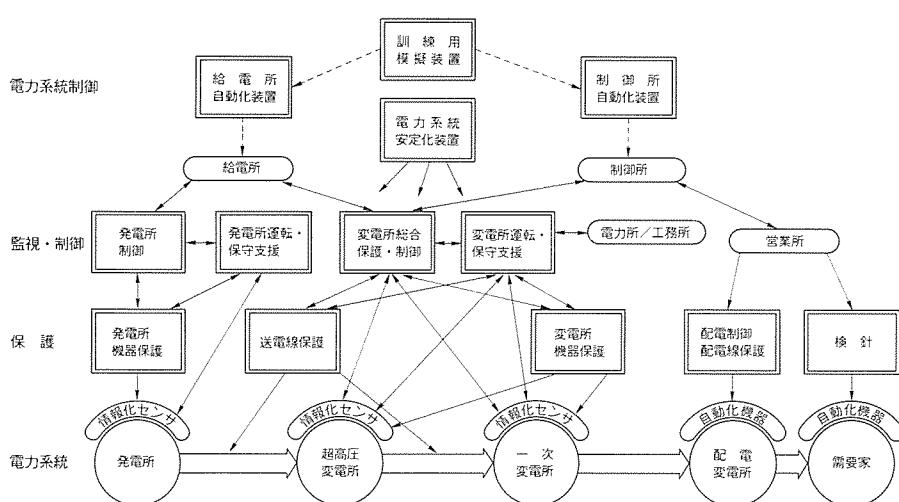


図1. 電力系統制御・保護の位置付け

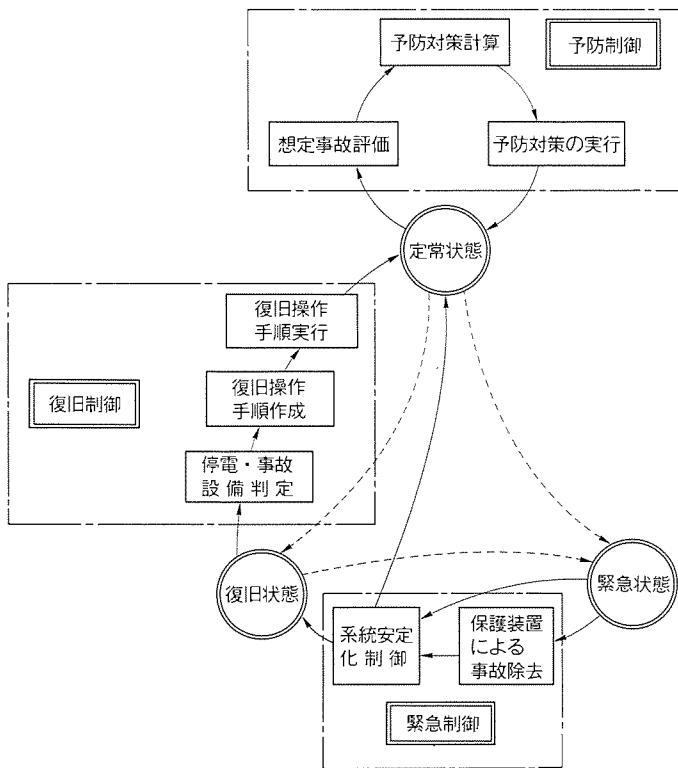


図2. 電力系統の状態と制御のモード

表1. 電力系統の監視・計測

項目	予防制御	緊急制御	復旧制御
電気量情報	◎	◎	○
系統接続情報	◎	○	○
機器情報	○	○	○
事故情報	—	○	○
記録情報	◎	○	○
計画情報	◎	○	○

注 ◎印: 必須情報

○印: インテリジェント化のために利用可能な情報

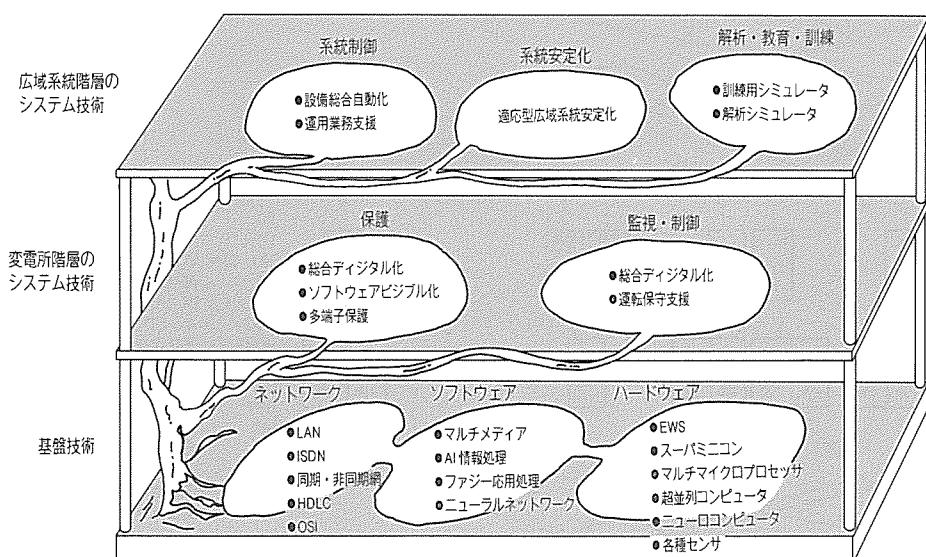


図3. 電力系統制御・保護におけるインテリジェント化システム

し、LAN や広域パケット網を使用したネットワーク、マルチメディア情報処理やワークステーションを使用した OA 处理、AI 情報処理を基盤技術としている。

2.2.2 業務支援指向のシステム

(1) 教育・訓練のための支援システムとして制御所・給電所の系統監視・操作・記録機能をもち、電力系統の静的・動的特性を実時間でシミュレーションする臨場感あるシミュレータが運転員の訓練に使われており、最近はよりリアルな模擬のため、保護装置の動作模擬を取り入れられている⁽²⁾。

(2) 系統運用計画、需給運用計画、系統解析、事故復旧等を統合支援するシステムがワークステーションを使用した水平分散ネットワークのもとに開発されている⁽³⁾。また、大規模な電力系統をリアルタイムで模擬し、未解明の現象解析や系統安定化装置などの機器試験に供する系統解析シミュレータの開発も行われている⁽⁴⁾。

(3) 変電所の運転・保守員の業務支援のためのシステムが求められている。ベテランといわれる人が経験をベースに行ってきた業務の領域であり、従来、システム化の遅れていた領域である。

2.2.3 アプリケーション指向のシステム

適応型系統安定化システムは事前に準備した想定事故パターンによる緊急制御を実施するのではなく、オンラインデータを利用して系統状態、事故条件に適応した最適な安定化制御を行おうとするものである⁽⁵⁾。当社が長年培ってきた系統解析における知見をもとにアルゴリズム化し、高性能のマルチマイクロプロセッサに搭載、PCM 伝送回線等で収集した広域データをもとに高速演算処理がなされ、安定化制御が行われる。

2.2.4 フームウェア指向のシステム

変電所総合デジタルシステムでは制御・保護システムを機器の単位で分散配置し、制御室と相互間を光 LAN で結合

し、情報のデジタル化によって工事・運転・保守面での簡素化、機能面での高度化・統合化を図っている。また、光ファイバを用いた PCM 伝送回線を利用し、同時刻性のある詳細データ入手することによって実現した多端子送電線保護⁽⁶⁾、メンテナンス業務を容易にするために「見えるソフトウェア“VISMAT”」(Visual Software Make and Test System, 当社商標) 機能⁽⁷⁾を搭載したシステム等がある。

以上の中から本稿ではイン

テリジエント化された変電所総合ディジタルシステムと変電所運転保守支援システムについて述べる。

3. 変電所総合ディジタルシステムと運転保守支援システム

3.1 変電所総合ディジタル保護・制御システム技術^{(8)~(11)}

近年の変電所保護・制御分野は、系統の複雑化に対応した高性能化、高信頼度化が求められるとともに、保守点検業務の省力化が必要になってきており、ディジタル技術を駆使した保護・制御システムが開発、実用化されてきている。ここでは前項で紹介されたインテリジェント化の方向に焦点を当てて変電所総合ディジタル保護・制御システムを紹介する。

図4に変電所総合ディジタル保護・制御システムの例を示す。このシステムでは、送電線・母線・変圧器等の現場機器近傍に端末装置を設置し、制御室に監視制御用CPU、テレコン、オシロ記録装置を設置した分散配置となっており、母線保護システムや制御システム等の機能ごとに独立したスター型の光LANで結合する構成となっている。各部の機能を表2に示す。以下、各機能がもっている特長について紹介する。

(1) 高精度化

VQ制御装置は電力系統の電圧維持のために系統の電圧、無効電力を入力とし、変圧器のタップチェンジヤ、調相設備を制御するが、500 kV 系統への適用を考えると、従来の計測精度である±1 %では5 kV の制御誤差が発生し、電圧維持性能が問題になる。VQ制御装置の場合はこの点を考慮し、

交流電圧入力にPT比誤差の補正、入力変成器の誤差補正など種々の補正をソフトウェアで行うことにより、総合精度0.2%の制御精度を得ている。これにより、きめ細かい電圧制御が可能となった。

さらに今後は、現在導入を検討している多ビットA/D変換を適用すれば、更に精度の高い電圧制御が可能になってくると考えられる。

(2) 高分解能化

変電所で発生する事象を発生順序に従ってデータ化する要求は従来からあり、イベントレコーダー、オシロ装置等で実現してきた。しかし、変電所の大規模化に伴って事象の点数が増加し、所定の分解能を維持することが困難になってきている。最近実用化されたシステムでは、32ビットマルチプロセッサを用い電気角30°ごとに全データ（最大2,000点のビットデータ）をサンプリングし、前回サンプリングデータと比較照合し、事象の発生の有無を5 msの分解能で検出可能としている。

今後のスイッチギヤの無接点化等の実用化により、より高い分解能が要求されると考えられるが、高速サンプリング（例として、電気角10°又は15°）の適用により、データサンプリング周期の短縮化を図り、より高い分解能が実現できると考えられる。

(3) 高信頼度化

ハードウェアの高信頼度化として、マルチプロセッサを構成する各CPUに自己診断機能を組み込み、自動監視と故障部位の明確化を図るとともに、監視情報をデータセーブ機能

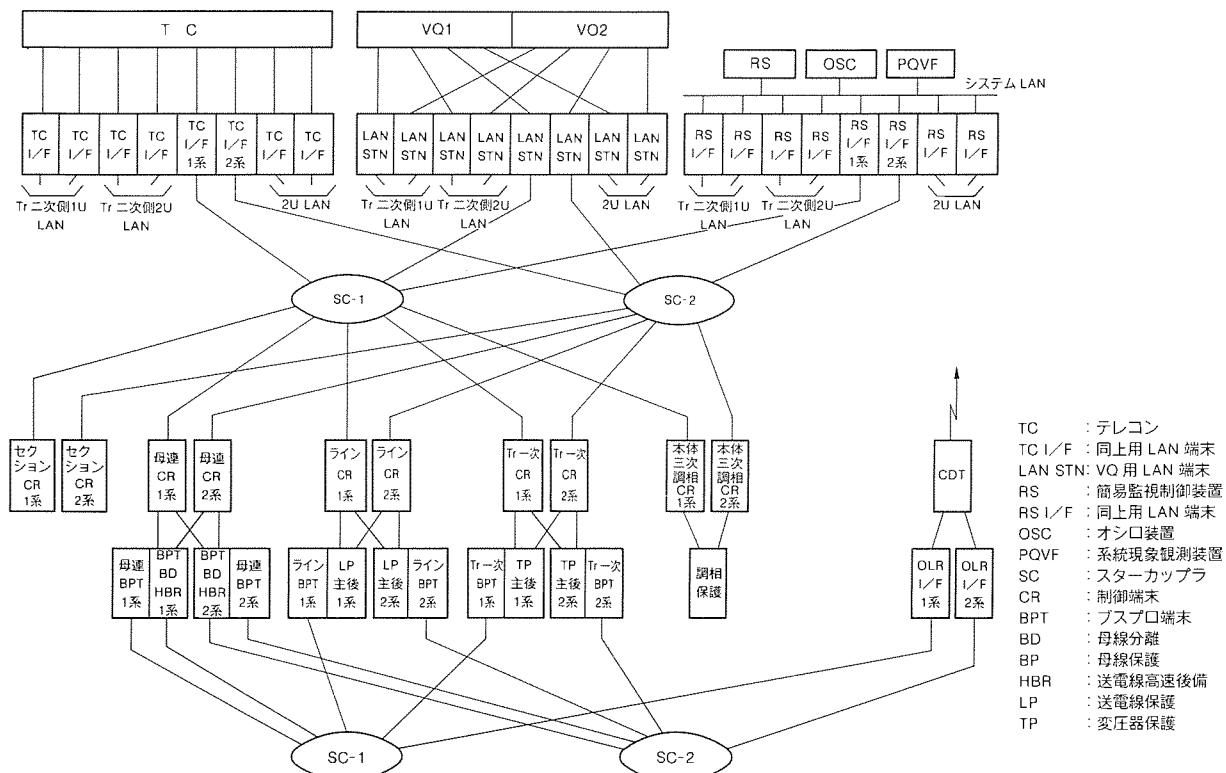


図4. 変電所総合ディジタル保護・制御システム

表2. システム各部の機能

項目	機能
テレコン	<ul style="list-style-type: none"> ・監視制御 ・計測表示 ・監視制御記録 ・計測監視処理 ・マクロ操作 ・数値制御
自動オシロ	<ul style="list-style-type: none"> ・自動オシロ(出力) ・記憶部制御(起動, 停止)
簡易監視制御装置	<ul style="list-style-type: none"> ・状態監視 ・保護リレーの整定 ・機器操作指令 ・故障点標定記録 ・保護リレー等の使用, ロック
分散型保護装置 (バスプロ端末)	<ul style="list-style-type: none"> ・送電線, 母線, 機器の保護 (AD 変換, 事故検出, 再閉路) ・保護リレーの自動監視 (常時監視自動点検) ・保護リレー整定 ・保護リレー使用, ロック ・保護リレートリップロック ・故障点標定
分散型制御装置 (制御端末)	<ul style="list-style-type: none"> ・計測データ作成 (AD 変換, I, V 実効値, P, Q, f 演算) ・同期検定 ・自動オシロ(データ記憶) ・データの編集, 伝送制御 ・機器操作 ・保護リレー等の使用, ロック(中継) ・母線無電圧検出 ・線路無電圧検出 ・欠相検出(母線) ・LS／ES インタロック(ソフトで作成)
電圧無効電力制御 (VQ)	<ul style="list-style-type: none"> ・電圧, 無効電力積分演算 ・制御対象選択 ・調相高速開閉制御

で凍結することにより、現象の診断も容易となるシステム構成としている。また、ソフトウェアの高信頼度化を実現するために、従来専門知識を必要とする計算機用語で作成されていたソフトウェアを、容易に理解できる図形形態で表現し、生産段階、試験段階での確認性を向上した方式“VISMAT”を適用している。さらに、ソフトウェアを機能単位にハードウェアで明確に分離する分散構成により、ソフトウェア規模の適切化、標準化を図るとともに、各プログラムごとに使用するメモリ領域の正常性を常時ハードウェア的に監視する機構を設けることにより、高信頼度化を実現している。

(4) マンマシン性の向上

システムの複雑化・高度化等によって現場技術者の業務の高度化・複雑化・業務量の増加がもたらされているが、取り扱いの容易性、保守の省力化を図るためにマンマシン機能の充実が必要不可欠になってきている。この要求にこたえるために操作表示機能をコンパクトに構成することにより、装置動作、時刻、各要素の表示など広範囲な情報を表示することができる。さらに、整定操作及び保守操作のガイダンス機能を組み込み、操作の簡便化とマニュアルレス化を図っている。

今後は、整定、表示点数の増加が予想され、従来の LED

を用いた表示では限界があること、ユーザーフレンドリ性が更に要求されることから、フラットディスプレイを用いたマンマシンインターフェースが実現されると考えられる。

(5) 変電所内共通データウェイの構築

従来の保護・制御システムにおけるデータのやりとりは金属ケーブルによる 1：1 結合が主流であったが、自動化の推進、運転保守の効率化を目的に新規システムが導入されるケースが多くなってきており、従来の方式では導入時の既設設備への影響が大きく、ともすれば導入の障害となるケースが多かった。この点に考慮し、変電所内の共通データウェイを構築することにより、どのようなシステムが導入されてもデータウェイに加入することによって必要な情報を授受できるシステムを実用化した。図4ではデータウェイとして 10 Mbps のトーカンパッシングバス型の光 LAN を用いている。この例では、電気角 60° でトーカンを一周させ、全端末のサンプリングの同時刻性を確保している。

(6) テレコンのインテリジェント化

従来のテレコンは、制御所と変電所間のデータをやりとりする、いわゆるケーブル機能のみをもっている構成であったが、プロセッサの能力向上によって下記のようなインテリジェント機能をもったテレコンが実用化されつつある。

- 従来の計測機能(常時伝送)に目標電圧監視処理、過負荷監視処理、潮流監視処理等監視機能を付加
- 従来の制御機能に、マクロ指令を個別指令に展開して制御するマクロ操作機能、作業設定部の制御出力をロックするソフト設定、数値データ(例として、電圧調整器制御の基準電圧値)を遠隔整定する数値制御機能を付加
- 従来の監視機能に、監視設定機能の付加
- 従来の表示機能に状態変化時の組合せ伝送、制御結果の判定、イベントレコーダー機能(SOE 機能)の付加
- 記録機能として、イベント記録・日報記録・テレコン状態管理・システム管理・マンマシン管理

3.2 変電所運転保守支援システム技術⁽¹²⁾

変電所の保護・制御システムへの計算機技術と高度通信技術の適用が前節で紹介したとおり定着してくると、システムの属性として“ソフトウェアの充実による全く新しい機能の実現”が期待される。旧来の機械式・トランジスタ式继電器が主流の時期には、変電所システムに新機能を追加することが、膨大な電気回路装置に取り組むことを意味したため、新しい概念の情報制御への期待はあっても、経済性などの理由で即座に展開することが困難であった。デジタル保護・制御システムが主流となった現在、

- 変電所のシーケンスの大部分がソフトウェアで形成される。
- 変電所の情報が光 LAN などの供給窓口で準備されている。

などの状況にあり、新機能の追加に当たっては、専用の情報収集ネットワークや出力ルートを構築する必要がなく、ソフトウェアを搭載するハードウェアと情報供給窓口とのインターフェースがあれば実現する可能性がある。システムのインテリジェント化に関するインフラが整備されたといえる。

一方、保護・制御システム分野へのコンピュータ技術導入が進んだとはい、最近までの主たる製品ソフトウェアの内部は、旧来の装置の機能を“離散的データ処理手法”に置換したものであった。言わば、保護・制御分野への計算機技術導入のための瀬踏みステージとして、デジタル化リプレースをまず実施するという一面をもっていたと考えられる。

永らく期待が存在しても、前述のとおり経済的・スペース的理由などで見送られてきた新機能が、設備のデジタル化リプレースが一巡したことを受けて、次なるステップとして実用的に着手可能なターゲットになりつつあると考えられる。一例として、変電所の支援システムを以下に紹介する。

(1) 変電所支援システム

1980年代後半から、電力会社では“○○支援システム”と表現される各種の“変電所業務のサポートに関する自動化装置”構築が計画されるようになった。支援システムの種類としては表3に示すものが提案されている。

表中の各種支援システム機能は、電力会社によってオンライン指向性や詳細機能として実行する内容が異なっている。また、実現する支援システムは、表の全アイテムをカバーするものではなく、適切規模の支援システム項目の複合形として設備化される傾向にある。

(2) 変電所運転支援システム

変電所運転支援システムは、従来から変電所監視制御装置で実施していた運転操作・状態監視・記録業務など、運転員が日常業務又は緊急時業務として実施する業務の支援自動化機能を具体化するものである。

近年、変電機器の高度化、系統運用の複雑化などますます運転員業務に専門性・熟練性が求められてきている。とりわけ系統故障発生時には、社会的影響の大きい広域停電状態に陥ることを回避するため復旧の迅速化が求められる。

しかし、系統故障の発生した部位を的確に検定する業務や、故障部位を残して健全系統部分を早急に復帰させる操作業務は、保護制御装置の膨大なシーケンスの正常さの確認行為や、操作手順の事前準備と個別の機器選択操作行為をち(緻)密に人手で実施していく必要があった。

変電所運転支援システムの当面の機能として、上記の迅速なシーケンス判定や

一連の操作を、系統故障の発生と同時に起動が掛かり、順次実行していく設備として具体化されつつある。

また、変電所でどのような現象が発生し、進行中であるかを豊富な画面情報に適切なインストラクションを混じえて随時運転員に提供することにより、運転員が総合的な判定業務に専念できる支援機能が合わせて求められている。

(3) 保守支援システム

運転支援システムの構築と並行して保守支援システムの構築が進められている。場合によっては、両者の情報収集用通信ルートやフロント処理プロセッサなどを共用したシステムでは運転保守支援システムと呼ばれたりしている。

保守支援システムは、変電所の主回路機器、すなわち変圧器・GIS・調相設備・かい(碍)子・避雷器などの保全情報を収集し、主回路機器に障害が発生する事前の兆候を捕らえて、オーバホールに持ち込み、障害に突入したと仮定した設備停止時間と必要コストを避けるものである。

このような目的で、従来は変電所の巡回員が機器の異臭・異音・汚損などの発生を機器周辺の巡回によってチェックし、機器の各種計測表示器の記録収集を行って上記の保全行為を実施してきた。近年、各種半導体センサが発達するとともに、予測保全アルゴリズム処理を光ファイバ結合のマイクロコンピュータを用いて機器近傍で実行する技術環境ができてきしたことから逐次システムの具体化が進められるようになった。

以上の構想のもとで現在、電力会社が構築を進めている次期変電所の総合監視・支援システムの一般形を図5に紹介する。

4. むすび

電力系統制御・保護システムのインテリジェント化について

表3. 支援システムの種類

運転支援システム	変電所の監視制御情報から、各種開閉器状態情報、変圧器タップ状態情報、保護リレー動作状況情報、各種軽故障情報等を入力し、系統故障発生時の適切処理内容を出力する。場合により、運転支援システム独自の制御操作を実施するもの。高度制御化が期待される。
保守支援システム	変電所機器に設備された各種の機器状態予測保全センサ(故障発生未然に設備の損傷を予測的にとらえる。)を用いて設備の運用継続是非を出力するとともに、処置方法を出力するもの。センサの高度検出化が期待される。
巡回支援システム	旧来、人間の手によって実施している定期又は臨時の巡回業務を機械化代行するもので、収集情報の処理自動化、収集業務自体の機械化など今後の発展が期待される分野。
保安支援システム	侵入者の検知や、自然環境による変電機器への異物の付着、設備のヒビ割れ、汚れなど視覚的にとらえることのできる情報による業務の支援である。機器の予測保全にも直接利用することが期待されている。
整定支援システム	保護リレーの各種整定業務には、膨大なバックデータと個々の整定操作業務が存在する。保護リレーの整定のためのアルゴリズムをベースに、今後総合情報結合によるオンライン整定が期待される。
解析支援システム	系統故障発生時に、装置の異常応動がなかったか、系統の変貌による新しい現象が発生していないか、など保護装置の入出力及び内部論理を照合して技術分析を実施するもので、今後の具体化が期待される。また、制御シーケンス自体が膨大化しているため、これの応動性解析という面でも期待されている。

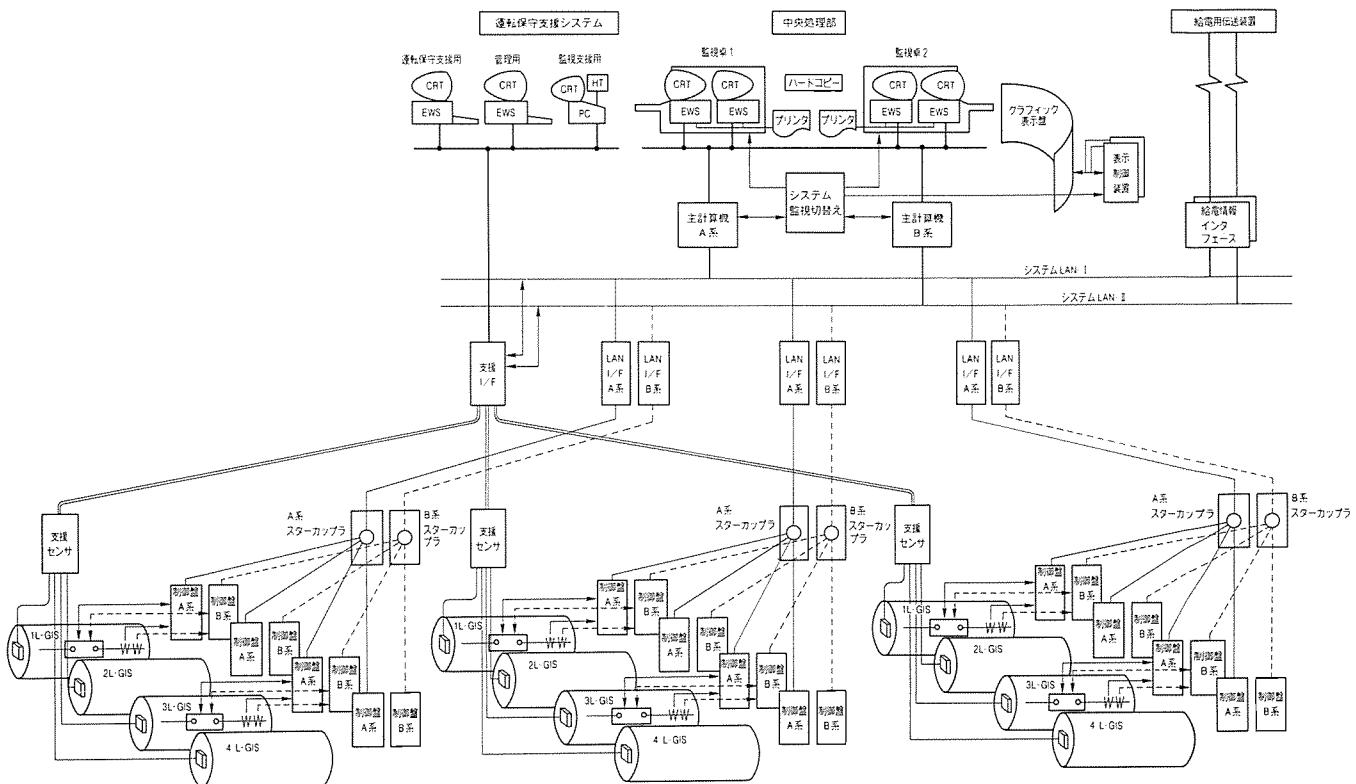


図5. 次期変電所の総合監視・支援システム構成

て現況と近未来の動向を述べた。これからは系統の多くのパラメータを入力し、制御・保護を実現するアダプティブな制御・保護システム、系統・設備の状況を診断・予測するニューロ、ファジーの応用システム、個人のレベル・環境に即応したカリキュラムを提供できる理解支援システムなども実用化されていくことと思われる。多様化、高度化するニーズにこたえて、高信頼度の制御・保護システムを構築していく所存である。

参考文献

- (1) 加藤正則, 飯塚 茂, 伊藤満夫, 中井幸夫, 糟谷武則: 東京電力(株)向け設備総合自動化店所給電所システム, 三菱電機技報, 61, No. 7, 561~566 (1987)
- (2) 市川嘉則, 佐藤今朝生, 湯沢源一郎, 香取英明, 黒川隆久: 電力系統運転操作訓練シミュレータの開発, 電気学会電力技術研究会, PE-91-38, 69~78 (1991)
- (3) 土井 淳, 福井伸太, 河野良之, 渡辺峰生: 電力系統運用業務支援システム, 三菱電機技報, 65, No. 3, 234~238 (1991)
- (4) 小島雪夫, 藤井 茂, 佐藤信之, 田岡久雄, 伊与田 功, 野口秀夫: ハイパーキューブ計算機を用いたディジタル型リアルタイム系解析シミュレータの開発, 電気学会電力技術研究会, PE-90-42, 53~62 (1990)
- (5) 野口秀夫, 合田忠弘, 中村正則, 長沢 宏, 押田秀治: 最近の系統安定化システム, 三菱電機技報, 63, No. 8, 619~623 (1989)
- (6) 細井真知夫, 松永完三, 光岡正隆, 中川欣之, 津久田尚志: 高抵抗接地系統用デジタル送電線保護装置, 三菱電機技報, 63, No. 8, 634~637 (1989)
- (7) 辻倉洋右, 大垣健二, 金子精二, 岡田上枝, 秋本吉則: 見えるソフトウェア《VISMAT》, 三菱電機技報, 63, No. 8, 615~618 (1989)
- (8) 大浦好文, 大橋信富美, 鈴木 守: 光LANによる変電所全ディジタル保護制御システム化の動向, OHM, 74, No. 9, 68~73 (1987)
- (9) 大橋信富美, 鈴木 守, 前田隆文, 吉田敬史, 柳瀬秀史, 安斎俊夫: 光LANを用いた変電所全ディジタル保護制御システム, 三菱電機技報, 62, No. 10, 885~890 (1988)
- (10) 大橋信富美, 前田隆文, 宮内隆男, 石井隆裕, 鈴木 愿, 柳瀬秀史, 安斎俊夫, 五島民生, 岩丸明史: 全ディジタル保護・制御システム, 三菱電機技報, 63, No. 8, 643~648 (1989)
- (11) 畑田 稔, 辻倉洋右, 東 信一, 鈴木 愿, 大垣健二, 細井真知夫, 大石哲久, 佐藤 廣: 保護・制御用32ビットマルチCPU基本システム《MULTIFLEX-32シリーズ》, 三菱電機技報, 63, No. 8, 611~614 (1989)
- (12) 熊野彰司, 坪内元孝, 合田忠弘, 竹垣盛一, 京本寿美恵: 変電所運転支援エキスパートシステムの開発, 人工知能学会研究会, SIG-KBS9003-9, 81~90 (1990)

工業プラントの知的制御・エキスパートファジーツールと セメントキルン制御への適用事例

中村治雄* 石岡卓也**
緒形仁* 本野英明***
竹垣盛一**

1. まえがき

工業プラントにおける制御では、制御目標から要求される望ましい応答を得るために制御対象を調整する制御システムをいかに設計するかを問題としている。制御理論では、この対象モデルを数学的に記述し、理論を展開していく。最近では非線形システム理論による制御系設計の研究も盛んではあるが、実用レベルでの制御系設計理論が確立されているのは、対象が線形集中定数システムの場合に限定されている。しかし、現実には対象モデルを本質的に線形システムとしては取り扱えないことが多い。例えば、セメントキルンの制御、鉄鋼プラントにおける高炉の非定常な操業の自動化がそうである。これらは対象の特性が本質的に非線形であったり、不確定性をもっていたり、また原理が十分には解明されていないというように多くの要因を含んでいる。これらの複雑なプラントでは、制御理論ではカバーしきれない局面でオペレータが操作に関与することにより、適切に運用されている。すなわち、オペレータのもつ“知識”的活用によってこのような複雑なシステムの多様な状況下での運用が可能となっている。

オペレータの知識には対象の特性に関する原理的知識から、経験的な異常診断、予知に関する知識、技能的な運転ノウハウまで様々なレベルがあり、これらは運転経験を重ねることにより、現実の問題解決に効率良く利用されている。このような知識は対象システムの複雑さゆえに理論化することはほとんど不可能である。

オペレータにゆだねられてきた領域も含め自動化する、又は操作を高度に支援することを考えるとき、オペレータやエンジニアのもつ様々な知識を活用することが最も有効と考えられる。

この知識情報を活用した制御として、三菱マテリアル(株)と三菱電機(株)が共同で、ファジー理論を用いたキルン制御システムの開発・適用を行ってきたので紹介する。このキルン制御システムには三菱電機(株)が開発したリアルタイム制御用エキスパートツール(Extended Rule-based system for Intelligent Control : ERIC)を使用している。

2. プロセス制御用エキスパートシェル ERIC

2.1 制御用シェルの概要

ERIC 内部は、図 1 に示すように、処理内容に対応したモジュール群によって構成される。

ERIC に対する知識ベースの入力は、文字形式のファイルを用いて行われる。ファイルに記述されたワーキングメモリやルールベースは、トランスレータによって内部データ構造に変換され、動的なヒープ領域等に割り付けられる。ERIC に読み込まれている知識ベースの表示や変数値の設定はモニタを通じて行われ、ERIC の内部データを入力ファイルと同じ形式で操作することができる。

ルールベースに基づく推論処理は、ルールインタプリタによって行われる。ルールインタプリタは、二値論理ルール処理とファジー推論の 2 種類の機能をもち、推論処理中にはルール内容に応じて両者が自動的に切り替わる。ERIC にはルールインタプリタの処理を時間管理するスケジューラが装備されており、リアルタイム制御に不可欠な特定処理の周期起動や複数ルールの並行処理を行うことができる。ルール処理におけるプロセスとの入出力は I/O テーブルを通じて行われ、必要に応じてワーキングメモリと I/O テーブルの間で変数値のやり取りが実行される。I/O テーブルはプロセスからの入力やプロセスへの出力を保持するために用いられ、0 次ホルダのような役割を果たす。

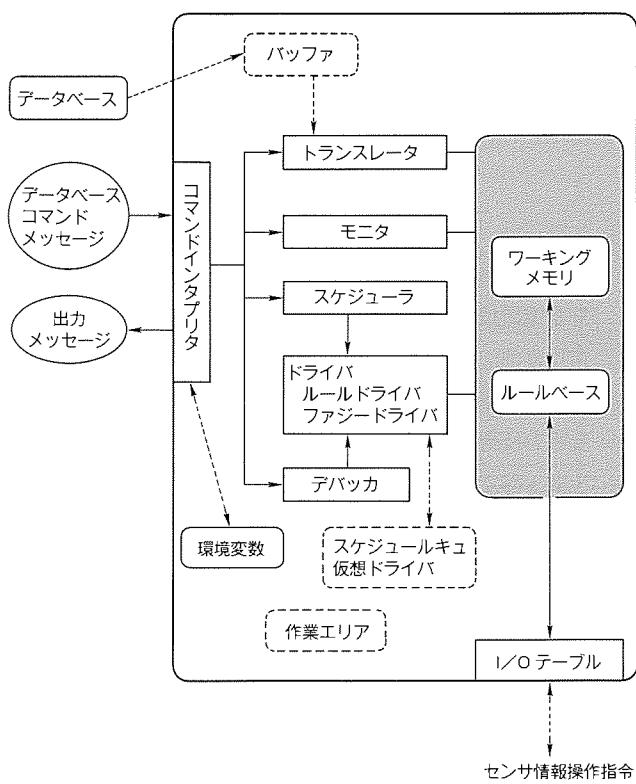


図 1. ERIC の構成

ルールベースの処理経過を検証する場合、デバッカを動作させることにより、ステップ実行やブレークポイントなどの操作が可能となる。ステップ実行時にはルール条件部の判定ごとに、ブレークポイント指定時には該当ルール条件の判定後に、ルールインタプリタの処理が中断され、コマンドインタプリタが呼び出される。これにより、ルール実行中にモニタコマンドを通じてワーキングメモリの値の確認や調整を行うことができる。

コマンドインタプリタは、キーボードなどからの入力に従って各モジュールを起動する。入力は文字列をインタプリットする形で処理され、キーボードからの入力に加えてコマンド記述ファイルや FIFO やメッセージ通信などの入力に対応している。このため、プロセス間通信を用いた様々なシステム構成が可能であり、リアルタイム OS 上の ERIC と EWS 上のユーザーインターフェースをネットワークで結合させるようなシステム構築も可能である。

以上のモジュール群から構成される ERIC の実行モジュールのサイズは 180 k バイト程度であり、実行時における ERIC 自身とスタックなどの合計が 250 k バイト程度であるため、16 ビット CPU + 1 M バイト RAM 程度の環境で推論処理を行うことが可能である。処理速度は、おおよそ 1 MIPS 当たりで 2,500 Logic/s・250 Fuzzy Logic/s であり、プロセス制御操作のような秒オーダーのリアルタイム処理に十分な高速性をもっている。

2.2 制御操作の知識表現

知識ベースは、変数値を構造的に管理するためのワーキングメモリと手続きをモジュール記述するルールベースで構成される。これらは、制御対象の構造をふまえた運転員の状況判断を記述することをねらいとしたものである。これらの知識表現方法と内部データ構造を以下に説明する。

(1) ワーキングメモリ

ワーキングメモリは、フレーム形式データを用いて制御・監視の対象となるシステムの構造をモデル化することを目的

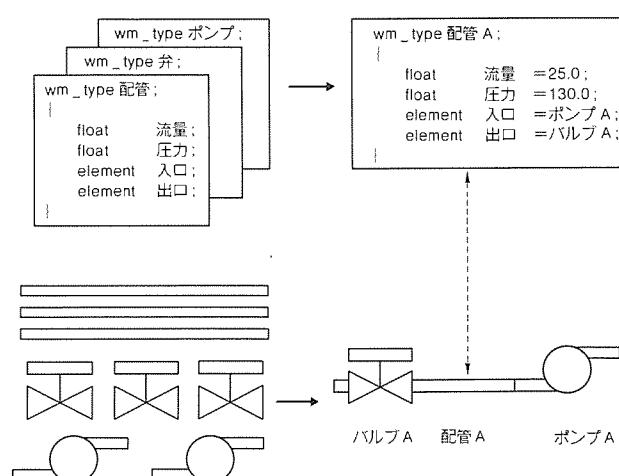


図 2. ワーキングメモリによるプロセス構成の記述

としている。このフレームデータの構造は、プロセス機器の種別に対応した状態量構成をモジュール表現するワーキングメモリタイプによって定義される。このデータ構造をもとにして、個別の機器を表現するためのワーキングメモリ要素が生成され、機器に関する状態量や操作量などの値を記述するのに用いられる(図 2)。

ファジー推論に用いられる“大きい”や“小さい”などのあいまい量は、メンバーシップ関数を記述するファジー変数として扱われる。言語的記述を用いる場合に様々な機器の状態量に対して同じ変数名が設定されることを考慮して、ファジー変数をワーキングメモリタイプの属性変数に対して定義される。

(2) ルールベース

プロセスに関する論理判断や変数操作は if-then 形式のルールベースによって記述される。複雑な状況判断をひとまとめのルールベースとして記述する場合、条件の組合せが膨大なものとなり、開発効率や保守性に欠ける問題がある。また、人間の行う運転操作は、まず大まかに状況を分類し、次に特定の状況に応じた詳細な対応を行うような階層的処理を用いていると考えられる。そこで、ERIC ではルールベースを記述するに当たって、個別の局面に対処するためのルールの組をルールセットとしてモジュール化し、ルールセットの階層構造化によって様々な状況に対処することにした(図 3)。

ルールセットの階層化は、実行記述中の r_fork() 関数によるルールセット呼出しによって行われる。この呼出し階層数は任意の値をとることができ、任意のルールセットから

手順

1. 現在の配管 A の流量を読み込む。
2. 流量の偏差が 1 割より大きいなら、ポンプ回転数の設定を計算し、ポンプの回転数を調整する。
3. 流量の偏差が 1 割より小さいなら、バルブ A の開度の設定を計算し、バルブ A の開度を調整する。

流量調整ルールセット → ポンプ A 設定ルールセット
→ バルブ A 設定ルールセット

```

rule_name 流量調整ルールセット {
    |control=while_1;
    |init_act={scan(配管 A.流量);}
    |rule1
    |if labs(配管 A.流量 - 配管 A.流量設定) / 配管 A.流量設定 > 0.1;
    |then |r_fork(ポンプ A 設定ルールセット);
    |out(ポンプ A.回転数);
    |rule2
    |if labs(配管 A.流量 - 配管 A.流量設定) / 配管 A.流量設定 <= 0.1;
    |then |r_fork(バルブ A 設定ルールセット);
    |out(バルブ A.開度);
}

```

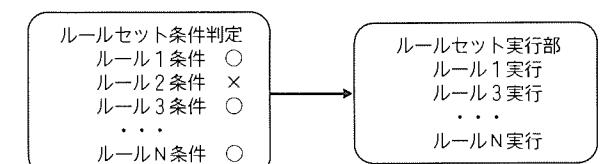
図 3. ルールセットの記述例

推論を開始することができる。また、トランスレータを通じたルールセットの追加や修正は、任意に行うことが可能である。このため、トップダウン的にもボトムアップ的にも知識ベースを構築していくことが可能であり、大規模ルールベースの開発におけるモジュール開発が容易となる。

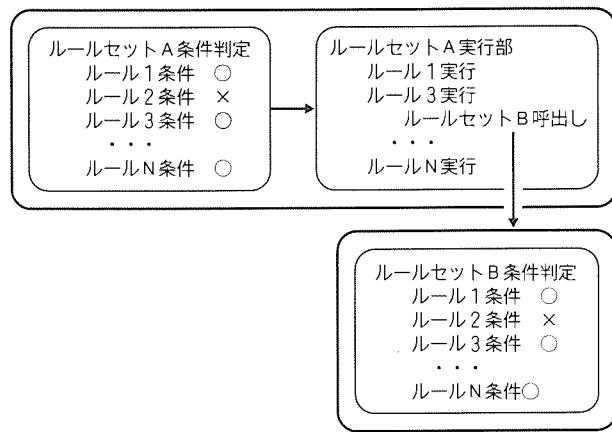
(3) 推論処理の概要

ルールインタプリタの推論動作は、図4に示すようなルールセットごとに“条件部判定”→“結論部実行”を単位とした処理で構成される。結論部にルールセット呼出し(`r_fork()`)が指定された場合、該当ルールセットにする同様な処理が行われる。この呼出しでファジールールセットが指定された場合、ルールインタプリタはファジー推論動作に切り替わり、ワーキングメモリにセットされた値を入力としたファジー推論・推論結果メンバーシップ関数のdefuzzy操作・defuzzyの値のワーキングメモリへの設定を一貫して実行する(図5)。

また、スケジューラ機能によって、複数のルールセットを並行処理する機能と各ルールセットの処理に関する時間管理を行う機能が実現される。これを用いて、サンプル値制御のような計算アルゴリズムを一定時間で繰り返す計算処理を行うことができる。並行処理はルールセットのif条件部の判定処理の前後を区切りとした複数ルールセットの時分割処理によって実現されており、各ルールセットにおけるルール条件部処理の整合性が考慮されている。また、時間管理機能は、ルールセットを一定時間間隔で繰り返すものである。リアルタイム制約のあるルールセットに対しては、処理時間が上限値を超過した場合に例外処理への切替えを行うことができる。



(a) ルールセットの処理手順



(b) ルールセット呼出しを伴う場合の処理手順

図4. ERICにおける推論処理

3. セメントキルンのファジー制御

3.1 キルンのファジー制御概要

キルンのファジー制御は、三菱マテリアル(株)横瀬工場のNo.2号キルンを対象に行った。ファジー制御にかかるハードウェアシステムの全体構成を図6に示す。ファジー制御用計算機として、MELCOM 70 MX 2600、工場制御用計算機 MELCOM 350-50 A 2350 及び調節計から構成されている。MX 2600では、前述のERICを使用した制御ルール、メンバーシップ関数などの知的制御部分と、後述するルール作成支援ツールである数量化I類が搭載されている。工場制御用

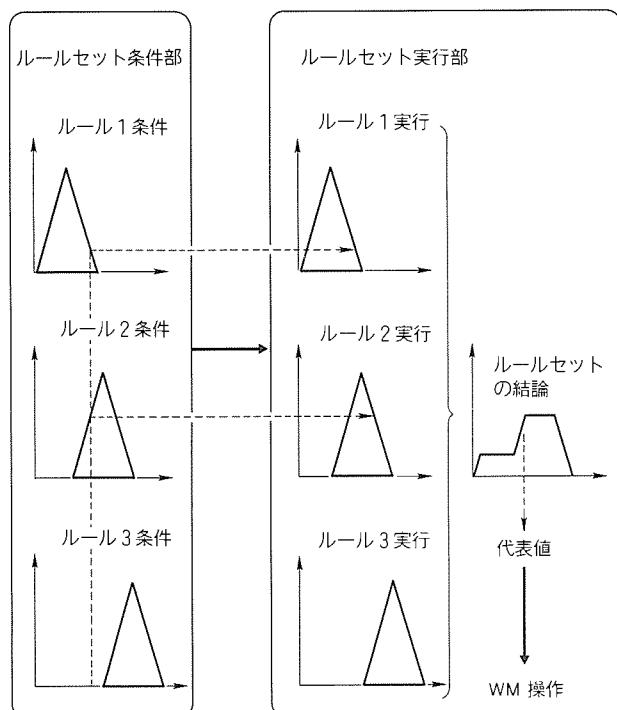


図5. ERICにおけるファジー推論処理

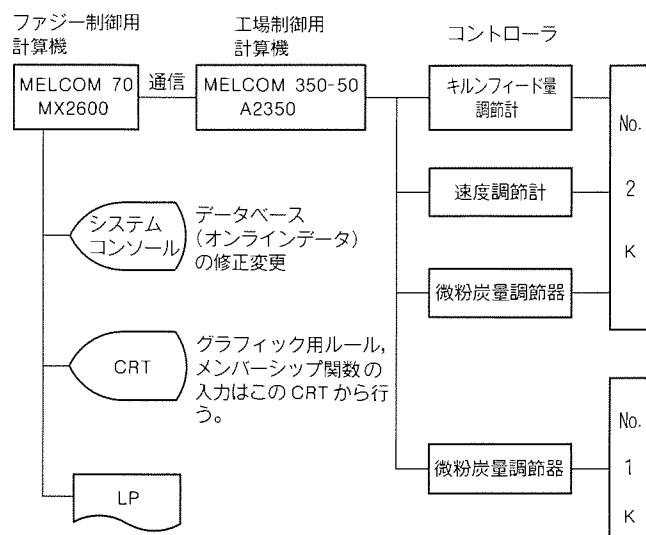


図6. ハードウェアシステム構成

計算機では、プロセス信号の正規化と、プロセス制御ループのデータベース化を行っている。

操作は、キルンフィード量、回転数、微粉炭量を対象として行っている。キルンの制御は、各種の制御量とその結果との関係が複雑に絡まり合う上、無駄時間が長く、効果が出てくる前に別の外乱が発生することが多い。そのため、ルールはキルンの状態を常に総合的に判断する状態判断するためのルールセット、定常時は不安定となる前兆を捕らえて安定化へともっていくルールセット、非定常時には適切な修復処置をするルールセットに分けて作成しており、約150のルールで構成されている。図7にルールの全体構成図を示す。

また、基準となる値は、オペレータが設定するが、基準値自動更新プログラムがあるため、変更頻度は少ない。

3.2 ファジー制御のルール生成

ファジールールを作成するに当たっては、運転知識についてオペレータからのヒヤリングを中心に行つたが複雑なプラントの操業をヒヤリングのみでルール化を行うには、次の二つの点で問題がある。

- (1) オペレータの操作知識は経験的に獲得しているものが多く、その規則性を表現するのは難しく、また個人差によるばらつきがある。
- (2) プラントの状態は時々刻々変化しており、このような状態変化に追従することは困難がある。

このため、オペレータのヒヤリングとともに、運転データを定常時・非定常時に分けて収集し、数量化I類による解析を併用してルールの作成を行った。オペレータは、プラントの操業状況から経験をもとにプラントの実状況を推定して近い将来の状況を予測し、所定の状態と予測の状態の差から必要とされる操作を行っている。これを外部から観察するならば、プラントの状態と最適な操作が1対1で対応していると考えることができる。

対象が線形であるならば、操作量と観測量に関する数多くのデータ収集を行って相互の関係を求め、線形回帰分析手法を用いて制御ルールを導き出せばよい。しかし、ファジー制御では対象システムは線形ではない。線形回帰分析の代わりに心理学・社会学などの分野で用いられてきた“説明する行動”(外的基準)が数量で表される“数量化I類”を使用し、各々の区間(カテゴリ)に対する関係を求めることが可能、これをもとにファジールールを生成することができる。

キルンO₂制御では、67分間の操業データとして、平滑O₂、O₂の傾き、電力量傾きなどを採取した。このデータをもとに“数量化I類”を使って解析した結果によってルールを生成し、人手による調整ルールとの比較を行った。その結果、16ルールのうち10ルールが生成可能であり、元のルールと同じ傾向を示し生成できなかった6ルールは、プラントの運転状況によって平滑O₂量がマイナス(目標値を下回る運転が実施されていなかった)のデータを入手できなかったためである(表1参照)。

また、微粉炭量の実測値と、この方式で生成したルールで計算した予測値との比較を行ったものを図8に示す。

3.3 キルン自動運転の評価

実機テストでは、ファジー制御による運転を5日間、ファジー制御を用いない運転を3日間行った。

キルンの安定度についてファジー制御による運転とオペレータによる運転の比較を試みるために、キルンフィード量、プレヒータ排ガス温度、NO_x濃度及びキルン電力について、1日の平均値と1時間の平均値を用いて24時間の標準偏差を求めてみた。その結果を表2に示す。この表からは標準偏差が、わずかながらファジー制御の方が大きいところもあるが、最後の2日間はオペレータによる運転と変わらない安定度であり、熟練したオペレータ並みではあるという結果が得られた。

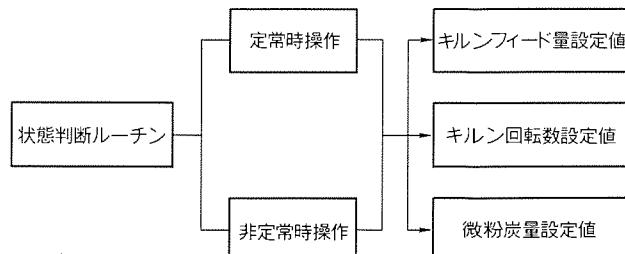


図7. ファジールールの全体構成

表1. “数量化I類” 解析によるルールと人手による調整ルールの比較

ルール No.	排ガス O ₂	電力量傾向 7分間	O ₂ の傾向 200秒間	O ₂ の傾向 10分間	導入前の 微粉炭制御	微粉炭制御	
						人手による ルール	解析による ルール
1	↗	↗	↗	↗	～↗	↗	↗
2	↑	*	↗	↗	～↗	↗	↗
3	↗	↗	*	*	*	→	→
4	↘	*	↘	↘	～↘	↘	データ無
5	↓	*	↘	↘	↓	↓	データ無
6	→	*	*	*	→	→	↘
7-1	↗	*	～↗	*	*	→	→
7-2	↗	*	*	*	↗	→	→
8-1	↑	*	～↗	*	*	→	→
8-2	↑	*	*	*	↗	→	→
9.10	↗・↑						データ無
11	↗	～↗	↗	↘	～↗	→	→
12	↑	*	↗	↘	～↗	→	→
13.14	↘・↓						データ無

注 ↗: 増加 ↑: 急増 *: 関連なし
↘: 減少 ↓: 急減

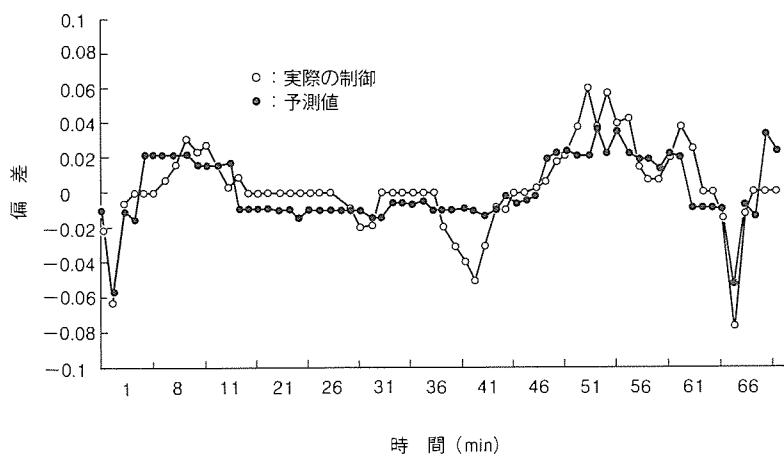


図 8. 微粉炭量制御の予測と実際

表 2. キルン安定度の比較

運転方式	フィード量		Pr 排ガス℃		キルン電力		
	平均	偏差	平均	偏差	平均	偏差	
ファジイ制御	1日目	95.2	3	99.7	3	98.1	14
	2日目	96.8	2	99.0	4	94.3	7
	3日目	82.7	2	96.2	3	78.7	11
	4日目	97.5	2	99.7	2	95.3	6
	5日目	99.0	2	98.6	4	96.2	8
従来方式	6日目	100.0	2	98.6	3	97.2	6
	7日目	100.0	2	99.0	3	95.7	9
	8日目	99.5	3	100.0	3	100.0	9

今回の報告はセメントキルンのファジー制御の適用であるが、ここで用いた ERIC は統合制御システム “MELTAS” の AI ステーションのリアルタイム OS 上に搭載されており、今後、他工程への適用も可能である。オペレータの仕事から細かな操作から解放され、より次元の高い判断業務へ移行する日も近いと考えている。

4. むすび

工業プラントにおける知的制御は、プラントの制御・自動化はもとより、プロセス診断、スケジューリングなど操業管

理にかかる広範囲な知的業務を支援する知的情報制御システムへと発展しつつある。

三菱電機も“統合制御システム MELTAS”を中心、AI シェル、ファジー推論、ニューラルネット等の技術開発を続け、システム計画から運転・保守に至るまでプラント全体の操業の高信頼化・高精度化・高知能化を目指した知的情報制御システムを構築していく所存である。

参考文献

- (1) 竹垣盛一、石岡卓也：知的制御システム、海文堂（1990）
- (2) 石岡卓也、竹垣盛一、大井忠：プラント制御用エキスパートシェル ERIC の推論処理手法、システム制御情報学会論文集、4, No. 8, 320~330 (1991)
- (3) 石岡卓也、竹垣盛一：階層分散ルールベースによる知的制御システムの構築、システム制御情報学会論文集、4, No. 11, 453~461 (1991)
- (4) 浜中俊二、藤村洋、但田昭司、杉尾敏子、塙野克己：変電設備保全支援システムの実変電所への適用、三菱電機技報、63, No. 6, 491~495 (1989)
- (5) 合田忠弘、京本寿美恵、竹垣盛一：時系列データに基づく変電所事故設備判定方式、電気学会論文誌 B, 110, No. 6, 475~484 (1990)
- (6) 前田陽一郎、竹垣盛一：ファジー推論を用いた移動ロボットの動的障害物回避制御、日本ロボット学会誌、6, No. 6, 50~54 (1988)
- (7) 森田温、今井祥人、野田哲男、丸山寿一、小林和彦：形彫り放電加工機のファジー制御、電気加工技術、13, No. 41, 25~31 (1989)
- (8) 小林健三、高木正博、竹内康晃、竹垣盛一、石岡卓也：リアルタイム制御機能を持つファジー エキスパートシステム構築支援ツール、三菱電機技報、63, No. 3, 248~251 (1989)

サーボ系のオートチューニング

1. まえがき

サーボモータを用いて機械を駆動するシステムは、FA機器を始めとして様々な分野で広く用いられている。このサーボモータを機械に取り付ける場合、機械の特性に応じてサーボモータの制御系（以下“サーボ系”という。）のパラメータを適切に設定する必要がある。この設定作業は、制御に関する専門知識が必要なため、通常、熟練作業者によって行われている。

オートチューニングとは、このパラメータ設定作業の自動化を目指した機能であり、近年の熟練作業者不足からますますその実用化が望まれている。このオートチューニングを実現することにより、サーボ系立ち上げ時の省力化が可能になり、専門知識のない一般ユーザーにも高性能なサーボ系が容易に利用できる。また、機械の経年変化等にも、オートチューニングを再実行することにより、簡単に対応できる。

本稿では、従来のオートチューニング方式に対する位置付けを踏まえながら、当社で開発したサーボ系のオートチューニング方式について述べる。この方式は、実際の機械と制御対象モデルとの応答の差をもとに機械の慣性モーメントの同定を行うものであり、往復運動等のチューニングのための特定動作を必要としない実用的なものである。

2. オートチューニングの考え方

2.1 従来のオートチューニング方式の分類⁽¹⁾

図1にオートチューニングの概念を示す。オートチューニング部は、未知の制御対象にコントローラを取り付けられた場合、制御対象やフィードバックループの入出力信号をもとにコントローラのパラメータを自動的に決定するものである。これまで提案されているオートチューニング方式は、主としてプラント制御のPIDコントローラを対象としたものが多いが、サーボ系もプラント制御と基本的に同じ構成の制御系であるため、オートチューニング方式としては共通に扱うこと

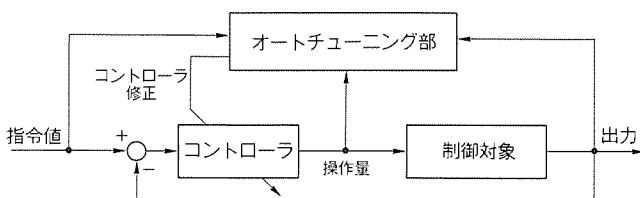


図1. オートチューニングのブロック図

ができる。

なお、本稿では図1に示したようなフィードバックコントローラのチューニングを対象としている。一般的には、例えばフィードフォワード部を含むような構成のコントローラもあるが、本稿に示す方式はこのような場合にも拡張できる。

表1は、オートチューニングの方式を、チューニングに用いるデータと、チューニングにおける手順によって分類したものである。この表のように分類することによって、それぞれのオートチューニング方式の位置付けが明確になる。

表1のI, IIは、調整に使用するデータの性質による分類である。すなわち、Iの特微量データとは、閉ループ系の出力から得られる制御性能評価値、例えばステップ応答時の立ち上がり時間、オーバシュート量等であり、IIの時間一周波数データとは、出力時系列データ又はそれをフーリエ変換したものである。一方、A, Bは制御対象モデルを陽にもつかどうかという、チューニングの手順に関する分類である。Aの直接調整とは、運転中のデータから直接コントローラゲインを調整していく方法であり、Bの間接調整とは、まずデータから制御対象モデル又はこれに相当するものを同定し、制御系設計法によりゲインを決定する方法である。

これまで提案されているオートチューニングは2種類の方々に大きく分けることができる。その一つは、表1の④に属するもので、時系列データを用いた同定・設計法である。この方式は、まず時系列データから制御対象の同定を行い、その同定結果をもとに一般的な制御系設計法により、適切なコントローラパラメータを決定する。この方式は、同定・設計という手順による一般性のある方式といえるが、信頼性のある同定結果を得るために、同定用信号を制御対象に印加するなどの通常運転とは異なる動作を制御対象にさせる必要がある。

一方、もう一つの方式は、表1の①に属するもので、特微量データから直接コントローラパラメータを修正する方式である。この方式は、実際の調整作業手順をそのまま自動化す

表1. オートチューニング方式の分類

データ	手順	A 直接調整	B 間接調整
I 特微量データ	①	③	
II 時間一周波数データ	②		④

ることを目標としており、熟練作業者から獲得した知識を用いる場合が多いことから、エキスパート法による方式ともいえる。この方式では、通常運転中の閉ループ系の入出力信号から特微量を抽出し、その特微量をもとに推論を行って徐々にゲインを修正し、最終的に適切なゲインを決定する。この方式は、通常運転中に閉ループ系の応答の改善の様子を確認しながらチューニングが可能であるという特長があるが、様々な制御対象に適用可能なルールを構築することが一般に困難であり、想定した以外の特性をもつ制御対象に対しては必ずしも満足なチューニング結果が得られるとは限らない。

したがって、特微量をもとに制御対象を同定し、制御系を設計するという表1の③に属するオートチューニング方式が提案できれば、通常運転中の信号を用いた一般性のある方式を実現できることになる。このような考えをもとに提案したオートチューニング方式について、次節に述べる。

2.2 ファジー推論による同定法を用いた

オートチューニング方式⁽²⁾

図2に、提案するファジー推論による同定法を用いたオートチューニング方式の構成を示す。この方式は二つの閉ループ系をもち、一方は制御対象を含む実際の制御系、他方は制御対象のモデルを含むオートチューニングのためのシミュレータである。それぞれの閉ループ系のコントローラは、同じ構造で同じパラメータの値をもつ同一のものである。このように構成した二つの閉ループ系は、制御対象と制御対象モデルのみ異なるので、同一の入力を加えた場合の応答の差は制御対象とそのモデルとの差異に起因するものである。

以上のことから、次のようにして特微量データに基づく同定・設計法が実現できる。まず、実際の制御系に対してある指令値が入力された場合、シミュレータにも同一の指令値を加え、両方の閉ループ系の出力からそれぞれ特微量を抽出する。これらの特微量を比較し、その差から制御対象モデルのパラメータのずれを推定するファジー推論を行い、モデルパラメータを修正する。次に、コントローラ設計部により、修正された制御対象モデルに最適なコントローラを決定し、二つの閉ループ系のコントローラを

変更する。指令値の入力ごとに以上の手順を繰り返すことにより、次第にコントローラが制御対象に適切なものに修正されて、オートチューニングが実現できる。

この方式の主な特長としては、以下のような点が挙げられる。

- (1) 一般的な制御系設計法を使用できるので、広い範囲の制御対象に適用できる。
- (2) 実際の制御系の動作中の信号をもとにチューニングが可能であり、チューニングのための特殊な入力を必要としない。

3. サーボ系への適用

3.1 サーボ系

前章で提案した方式を、サーボ系のオートチューニングに適用し、その有効性を実験で検証する。対象とするサーボ系のブロック図を図3に示す。図中、モータと記したブロックは、入力電圧から発生トルクまでのサーボモータの特性を示しており、 K_e 、 K_t 、 R 、 L はそれぞれ誘起電圧定数、トルク定数、電機子抵抗、電機子インダクタンスを示す。これらの定数を以下ではモータパラメータと呼ぶ。また、 J は取り付けられた機械の慣性モーメントとモータ回転子の慣性モーメントの和を表している。サーボ系における制御対象は、図のようにモータ特性を示す部分とモータに加わる負荷の慣性モーメントから構成されると考えてよい場合が多い。

一方、対象としたサーボ系のコントローラは、図3に示し

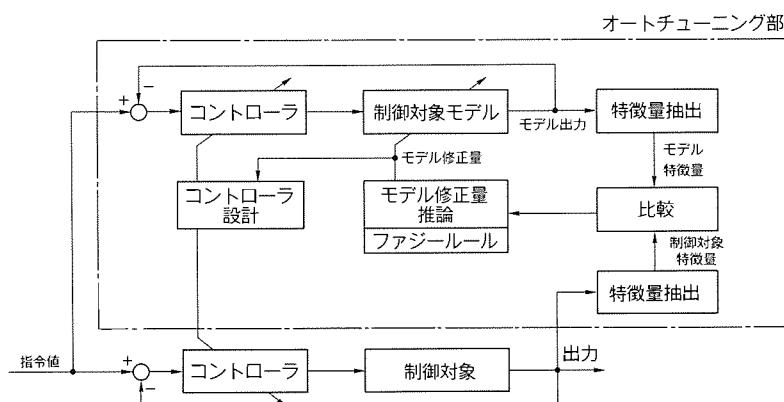


図2. ファジー推論による同定法を用いたオートチューニング

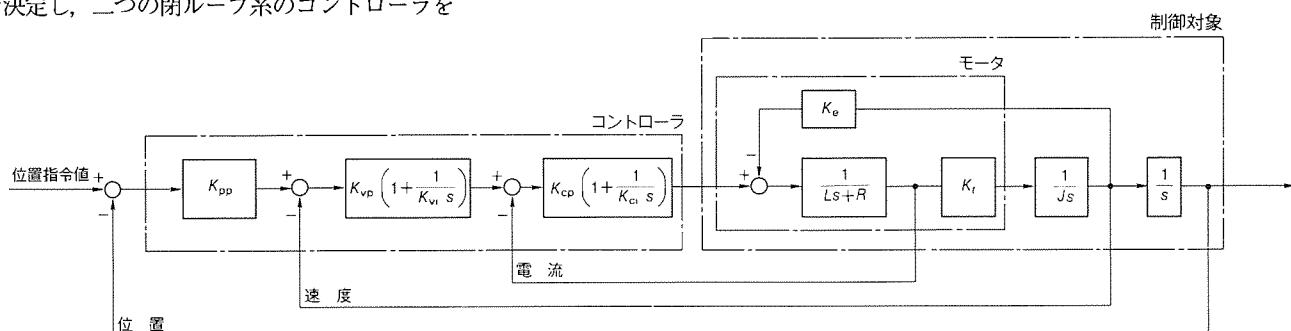


図3. サーボ系のブロック図

たように、電流・速度・位置のフィードバックをもち、それぞれにおいて PI 制御・PI 制御・P 制御を行うものが標準的である。図において、 K_{cp} , K_{ci} , K_{vp} , K_{vi} , K_{pp} はそれぞれ電流ループの比例及び積分パラメータ、速度ループの比例及び積分パラメータ、位置ループの比例パラメータを示す。これらを以下では制御パラメータと呼ぶ。また、図 3 には示していないが、このサーボ系のコントローラは、ソフトウェアサーボを行うためのサンプリング時間、PWM のスイッチングによる時間遅れ等の無駄時間に相当する特性を含んでいる。

3.2 オートチューニング方式

制御パラメータの調整は、前章に述べたように制御対象モデルの同定結果をもとに行なうことが望ましい。今回対象としているサーボ系では、図 3 に示したようにモータパラメータと負荷の慣性モーメントの値を知ることができれば、制御対象モデルを決定できる。

サーボ系におけるオートチューニングは、既知のモータを未知の機械に取り付けた場合の制御パラメータの決定を目標としている。すなわち、モータパラメータの値は既知のモータ特性としてあらかじめ与えられている。したがって、取り付けられた機械とモータ回転子の慣性モーメントの和を知ることができれば、制御対象モデルが把握できたことになる。そこで、前章で述べたファジー推論による同定法を慣性モーメントの同定に適用することにより、サーボ系のオートチューニングを実現する。

図 4 にこのサーボ系に適用したオートチューニング方式の構成を示す。図中、 J は実際の慣性モーメント、 J_m は慣性モーメントの予測値を示す。図 4 の上側の閉ループ（シミュレータ）のモータのブロックは、あらかじめ与えられているモータパラメータをもとに作成しており、実際のモータ特性とほぼ一致していると考えられる。したがって、図 4 の二つの閉ループ系は J_m と J のみが異なっているといえる。そこで、両方の閉ループ系の応答から抽出した特徴量の比較結果をもとに J_m を修正し、その修正のたびに制御パラメータを J_m に適したものに修正する。

同定のための特徴量は J と J_m の差異が顕著に現れるもの

が望ましい。図 3 のサーボ系では、電流・速度・位置の 3 種類の信号が検出できる。そこで、閉ループ系への入力から電流・速度・位置までのそれぞれの伝達関数について、 J と J_m のみが異なる二つの閉ループ系の間の比を計算すると、次のようになる（ただし、簡単のため、電流ループの応答は十分速いとし、速度ループは比例制御のみとしている。）。

入力 → 電流

$$\frac{(J/K_t) s^2 + K_{vp} s + K_{pp} K_{vp}}{(J_m/K_t) s^2 + K_{vp} s + K_{pp} K_{vp}} \cdot \frac{J_m}{J}$$

入力 → 速度・位置

$$\frac{(J/K_t) s^2 + K_{vp} s + K_{pp} K_{vp}}{(J_m/K_t) s^2 + K_{vp} s + K_{pp} K_{vp}}$$

これらの式から、 J と J_m の差は、速度・位置の信号には主に高周波成分にしか現れないが、電流信号には直流成分にも顕著に現れることが分かる。したがって、今回はファジー推論による同定のための特徴量として、ステップ状の位置指令値を入力とした場合の電流信号の時間積分を用いることとし、この特徴量と J_m の修正量の関係を表現するファジールールを用意した。ファジールールの具体的な例としては、“モデルの電流時間積分値が実際の値より小さければ、 J_m を大きくする。”等である。これらのルールを用いてファジー推論を行い、 J_m の修正量を決定する。

コントローラ設計部では、 J_m が修正された場合にその修正値に最適な制御パラメータを決定する。ここでは、慣性モーメント J_m の変化に対応できればよいので、修正する制御パラメータを K_{vp} と K_{vi} のみとした。 K_{vp} , K_{vi} は、制御対象モデル及びコントローラに含まれる無駄時間の大きさから、位相余裕を考慮して決定する方式を用いた。

ここで提案したサーボ系のオートチューニングの手順をまとめると次のようになる。

- (1) J_m の初期値をモータ回転子の慣性モーメントとし、その値をもとに K_{vp} , K_{vi} を決定する。
- (2) ステップ状の位置指令値入力をもつ。
- (3) 二つの閉ループ系の電流信号から特徴量を抽出する。
- (4) 特徴量の比較結果から J_m を修正する。

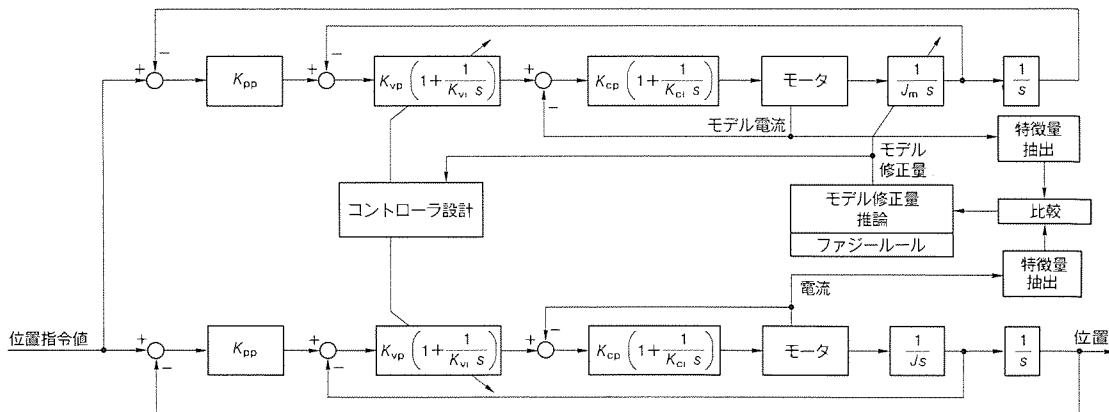


図 4. サーボ系へのオートチューニングの適用

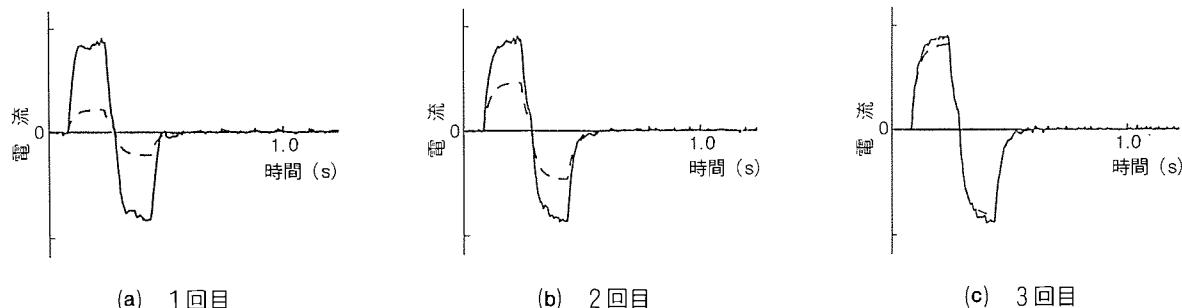


図5 チューニング実験結果

- (5) 修正された J_m に適した K_{vp} , K_{vi} を決定する。

(6) J_m の修正が行われなければオートチューニングシケンスを終了する。 J_m の修正が行われれば前記(2)に戻る。

4. 実験結果

提案した方式の有効性を実験によって検証する。実験はモータに慣性モーメントの異なる様々な負荷を取り付け、前章で述べたアルゴリズムによってオートチューニングを実施して、行った。

図5に実験における電流信号の変化の様子を示す。この結果は、モータ回転子の慣性モーメントの2.5倍の負荷をモータに取り付けた場合のものである。図の(a)(b)(c)はそれぞれ1, 2, 3回目の入力に対する電流信号(コントローラ内部の基準値で規格化したもの)を示しており、実線は実際のモータの電流値、点線は制御対象モデルの電流値を示す。1回目の入力に対する実際の電流値とモデルの電流値は、上述のように J_m の初期値をモータ回転子の慣性モーメントとしているため、大きく異なっている。この差は、電流データから抽出された特徴量の比較によって認識される。そこで、ファジー推論によって J_m の値が増加するように修正され、修正された J_m に適切な K_{vp} , K_{vi} が決定されている。2回目の入力後にも同様の修正が行われ、最終的に3回目の入力に対しては、実機とモデルの電流信号がほぼ一致した。したがって、この実験では、3回入力でオートチューニングが完了している。

表2に、モータに様々な負荷を取り付けた場合の J_m の最終的な収束値、すなわち慣性モーメントの同定結果を示す。左欄は実際の慣性モーメント J がモータ回転子に対して何倍の値をもっていたかを示し、右欄はそれぞれの場合における最終的に得られた値 J_m と実際値 J との比を示す。10%程度の誤差でほぼ正確な同定値が得られている。 K_{vp} , K_{vi} は、最終的にこの正確な同定値 J_m に対して適切な値に設定されているので、これらの実験では適切な制御パラメータが設定でききたと考えてよい。

なお、ここで示したような単純な負荷をモータに取り付けた場合だけでなく、実際の機械に対しても提案した方式によって実験を行い、良好な結果が得られている。これらのこと

表2. 慣性モーメントの同定結果

J J_{motor}	J_m J
1.0	1.00
1.5	1.06
2.0	1.05
2.5	1.10
3.0	1.10
3.5	1.04

注 J : 実際の慣性モーメント
 J_{motor} : モータ回転子の慣性モーメント
 J_m : モデルの慣性モーメント(最終同定値)

から、オートチューニングとしての提案した手法の有効性が確認できたといえる。

5. むすび

当社で開発したサーボ系のオートチューニング方式について述べた。このオートチューニング機能を搭載することにより、サーボ系に対してなじみの少ないユーザーにも、高速・高精度なサーボモータを容易に用いることができるようになると考えている。

本稿では、サーボ系の制御対象モデルを、慣性モーメントの同定だけで生成できるとした。しかし、実際のサーボ系では、例えば機械共振現象のように、より複雑な制御対象モデルが必要となる場合や制御対象にモデル化が困難な要因が含まれる場合がある。このような場合における対策についても現在開発を進めている。今後も、より高機能なオートチューニングの実現を目指し、開発を続けていく予定である。

参 考 文 献

- (1) 岩崎隆至, 森田 温: プラント用 PID コントローラの
ファジィオートチューニング, 平成 3 年電気学会全国大
会講演論文集, S. 10-5 (1991)
 - (2) Iwasaki, T., Morita, A. : Auto-Tuning Controller with
Fuzzy Identification, Proc. of the International Con-
ference on Fuzzy Logic & Neural Networks, 401~404
(1990)

次世代汎用インバータ “FREQROL-A シリーズ”^⑨

杉島栄一* 小山正人**
岩崎政彦* 足立栄之資***
今中 昌*

1. まえがき

業界に先駆けて汎用インバータ “FREQROL-E シリーズ” を開発以来 10 年が経過した。この間、当社は “FREQROL-K/F₂”, “FREQROL-Z シリーズ” と製品群を順次発売し、多様化しつつあるユーザーニーズにこたえてきた。

今回、10 年の節目を迎え、汎用インバータの新たなる時代をひら（拓）くべく、“FREQROL-A シリーズ” を製品化した。FREQROL-A シリーズは従来の汎用インバータを “性能” “機能” “使いやすさ” のいずれの面でもしの（凌）ぐインバータであり、従来の用途のみならず、今まで汎用インバータでは能力不足としていた用途にも用いることができ、汎用インバータの適用範囲の拡大に寄与するものと確信している。

ここでは、FREQROL-A シリーズの特長である駆動性能の向上、超低騒音化、小型化、操作性の向上につき、概要及びこれらを実現した新技術を中心に説明する。

2. FREQROL-A シリーズの概要

FREQROL-A シリーズは、200V 系及び 400V 系電源に合わせて、それぞれ 0.4~55kW の 15 容量、全 30 機種がラインアップされている。これらを総称して “FR-A 200 シリーズ” と呼ぶ。FR-A 200 シリーズは、駆動性能、機能及び使いやすさの点で、当社汎用インバータの中の最高峰に位置するもので、FA コンポーネントとして最適なインバータである。FR-A 200 シリーズは、電源電圧、容量によらず全シリーズが同一の設計思想、仕様で製品化されている。図 1 にシリーズの外観を示す。

2.1 特 長

まず、この節では、個別説明に入る前に、製品イメージを明らかにするために FR-A 200 シリーズの特長について、項目ごとに概要を述べる。

(1) 駆動性能の向上

従来、汎用インバータでは、出力電圧／出力周波数の比率をほぼ一定に制御する V/F 制御が用いられてきたが、低速回転時の出力トルク不足や負荷の大小による回転速度変動などの欠点があった。これらの欠点を克服するために FR-A 200 シリーズでは、誘導電動機の一次磁束を一定に制御できる磁束ベクトル制御（詳細は 3 章で説明する。）を適用した。

この磁束ベクトル制御方式と複雑な制御演算と高速に処理

できる 32 ビット DSP の採用により、1~60 Hz の運転周波数範囲で 150 %以上の高出力トルクを得ることが可能となった。さらに、過電流トリップを防止するための電流制限性能を改善した。その結果、高出力トルクとあいまって、加減速時間の短縮が可能となった。

(2) 超低騒音化

主回路素子として駆動回路、保護回路を内蔵し、従来の IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) に比べて損失の少ない IGBT インテリジェントパワーモジュール (Intelligent Power Module : IPM) を業界に先駆けて開発し、0.4~55 kW の全容量 “超低騒音” を実現した。

(3) 小型化の追求

IPM、大電流回路基板、プラスチックシャーシ、高性能冷却システムの採用などにより、大幅な小型化(取付面積が従来比で 1/2~2/3) を達成した。

(4) 操作性(使いやすさ)の向上

高機能とともに使いやすさを追求した。パラメータユニットに大型液晶画面を採用し、グラフィック表示、ヘルプ機能を採用することにより、マニュアルなしで使いこなせるほどユーザーフレンドリとした。また、インテリジェント機能により、ユーザーの機械に最適なパラメータをインバータ自身が自動設定する機能も一部盛り込んだ。

(5) 信頼性保守性・無人化対応の向上

長寿命化設計に加え、累積稼働時間表示、インバータトリップの事前予知機能プリアラーム機能を充実した。

また、プログラムコントローラやコンピュータとのリンクオプションなど、FA に対応した豊富な内蔵オプションをサ

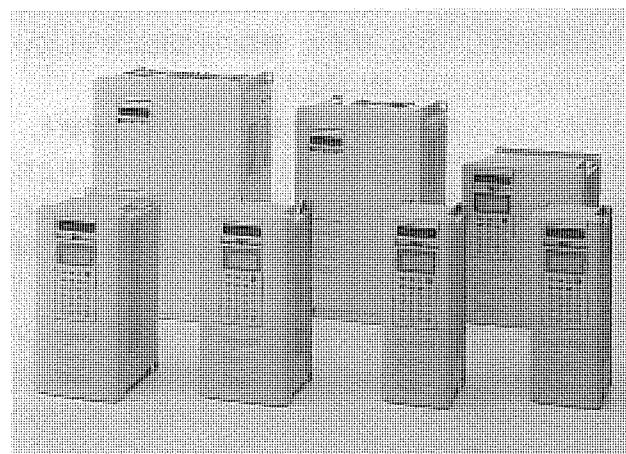


図 1. FR-A200 シリーズの外観

ポートしている。

(6) 互換性の配慮

端子記号、機能など従来のFREQROL-Zシリーズに対し、上位互換の思想を基本とした。

取付寸法に関しても従来機種との互換用アタッチメントも用意し、さらに従来のパラメータユニットも使用可能とした。

2.2 構成

図2にFREQROL-Aシリーズの回路構成を示す。制御回路は、32ビットDSP (Digital Signal Processor), ASIC, A/Dコンバータなどから構成されている。制御回路のプリント基板は、全面、面実装によってコンパクト化するとともに、電源電圧やインバータ容量によらず共用とし、標準化を図っている。また、パラメータユニットや機能拡張のためのインバータ内蔵オプションとはシリアル交信で接続される。

一方、主回路は、0.4~55kWまで全容量プリント基板で構成されている。特に従来、通電電流が大きくプリント基板配線を適用できなかつた大容量機にも、銅ファスナと称する中継端子をプリント基板にかしめ、バスバーと称する導体配線を施したことにより、プリント基板配線を適用している。これにより、生産性の向上、メンテナビリティの改善を図ることことができた。

このようにして、標準化された制御回路プリント基板と、IPMが搭載された主回路プリント基板をFPCケーブルと称する極めて効率的な接続ケーブルで接続し、回路は構成される。大容量になり制御電源容量の大きなものが必要な場合は、さらに電源基板を別に設けている。

また、きょう(筐)体は従来のアルミダイカストシャーシからプラスチックシャーシとし、絶縁距離による小型化的限界を打破するのに寄与している。また、この結果、軽量化にも寄与している。

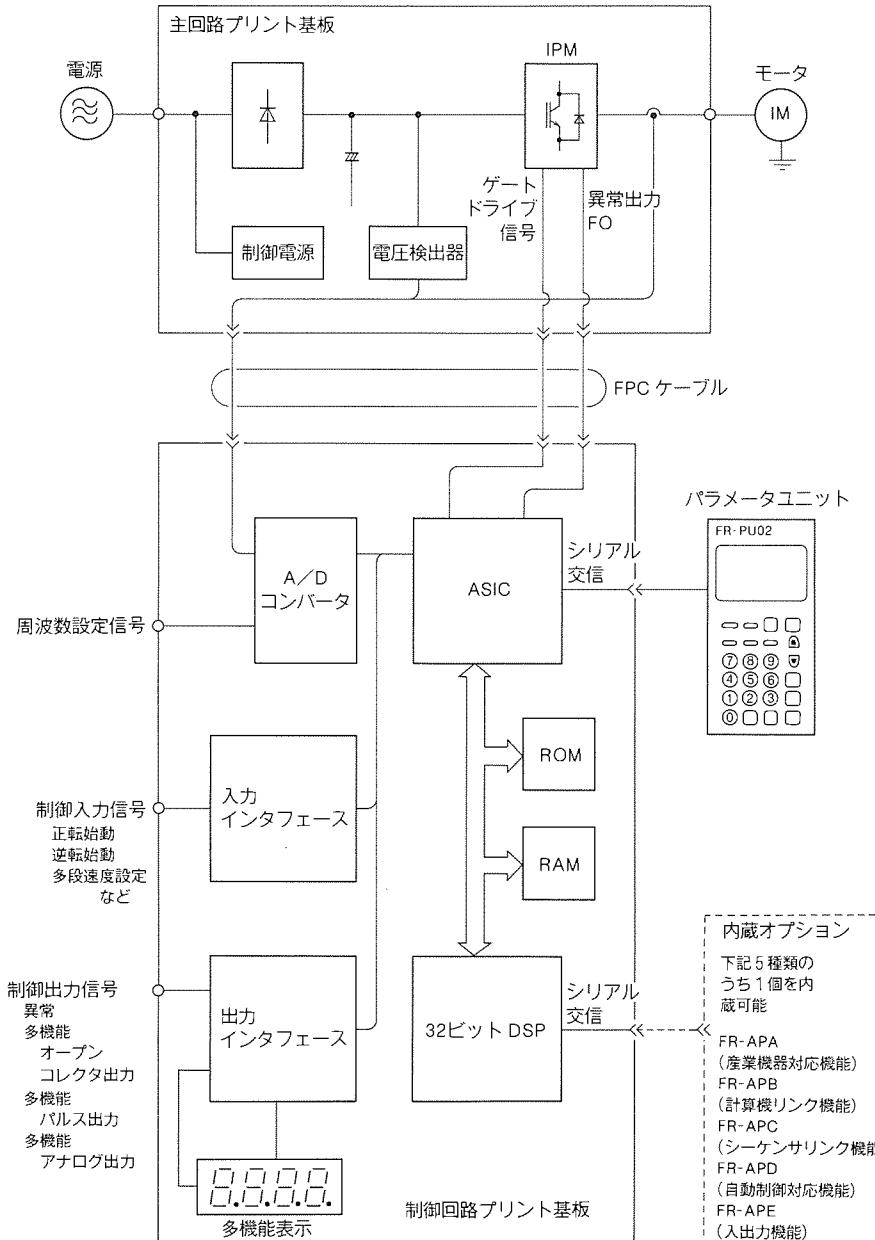


図2. FR-A200シリーズの回路構成

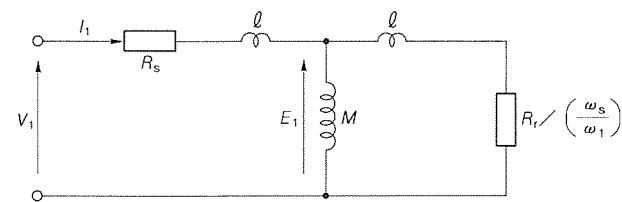


図3. 誘導電動機のT型等価回路

3. 駆動性能の向上と磁束ベクトル制御

3.1 V/F制御方式の問題点

汎用インバータの制御は、通常V/F制御が広く用いられている。これは、誘導電動機の負荷状態に関係なく、誘導電動機の端子電圧 V_1 とその周波数 f の比を一定に制御する開ループ型の制御方式である。この制御方式の特性を誘導電動

機のT型等価回路(図3)を用いて簡単に説明する。V/F制御では、 V_1 が小さくなる低周波域で、一次巻線抵抗 R_s と一次巻線漏れインダクタンス ℓ の影響によって、電動機内部の誘起電圧 E_1 が低下してしまう⁽¹⁾。この影響を補償するため、インバータの出力電圧 V_1 を低周波域で高めにしてトルクの増大(トルクブースト)を行っているが、実用上十分なトルクが得られるのは、V/F制御では6Hz以上である⁽²⁾。さらに、負荷トルクが変動すると、すべり角周波数 ω_s が変化するため、誘導電動機の回転速度も変動する。

この低周波域でのトルク不足を解消したり、負荷トルク変動による回転速度変動を抑制するための一制御方式として、ベクトル制御式が知られている。このベクトル制御方式は、すべり角周波数を制御するために、誘導電動機の実回転速度を検出するための速度検出器が必要である。ところが、この場合は、誘導電動機の回転速度を検出することなしに可变速制御ができるという汎用インバータの特長が損なわれてしまう。そこで、今回、前述した低速回転時のトルク不足や回転速度変動を解消するために、次に述べる磁束ベクトル制御を開発した。

3.2 磁束ベクトル制御方式

図4は磁束ベクトル制御のブロック図を示し、出力周波数及び出力電圧の計算方法を以下に述べる。

まず、インバータ出力電流 $i_u \sim i_w$ がDSPに取り込まれると、 $i_u \sim i_w$ を式(1)によって励磁相の電流 i_d とトルク相の電流 i_q に変換する（電流座標変換）⁽³⁾。

$$\begin{aligned}
 \begin{pmatrix} i_q \\ i_d \end{pmatrix} &= \sqrt{\frac{2}{3}} \begin{pmatrix} \cos \theta & \cos(\theta - 2\pi/3) & \cos(\theta + 2\pi/3) \\ \sin \theta & \sin(\theta - 2\pi/3) & \sin(\theta + 2\pi/3) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} i_u \\ i_v \\ i_w \end{pmatrix} \\
 &= \sqrt{2} \begin{pmatrix} \cos(\theta - \pi/6) & \sin \theta \\ \sin(\theta - \pi/6) & -\cos \theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} i_u \\ i_v \end{pmatrix} \dots \dots \dots \quad (1) \\
 \theta &= \int \omega_1 dt \\
 \omega_1 &\text{: 出力周波数}
 \end{aligned}$$

このトルク相の電流 i_q を用いて、負荷変動（トルク変動）に対する補正を式(2)で求める。

$$\omega_1 = \omega_1^* + K_1 i_q \quad \dots \dots \dots \quad (2)$$

ω_1^* ：目標周波数

$K_1 \ i_q$ ：すべり分補正項

次に、誘導電動機の一次電圧
 V_d (励磁相の電圧), V_q (トル
 フ相の電圧) は、不安定抑制項
 等を除いて、式(3)のように制
 御する。

$$\left. \begin{aligned} V_d &= K_2 i_d \\ V_q &= K_3 i_q + K_4 \omega_1 \end{aligned} \right\} \dots \quad (3)$$

$K_2 i_d$: 励磁分一次抵
抗補正項

$K_3 i_q$: トルク分一次
抵抗補正項

$K_4 \omega_1$; V/F 值

この電圧を $V_u \sim V_w$ に座標変換し、出力する。この方式の特徴は、一次巻線抵抗 R_s と一次巻線漏れインダクタンス ℓ による電圧降下分を加えた点にある。

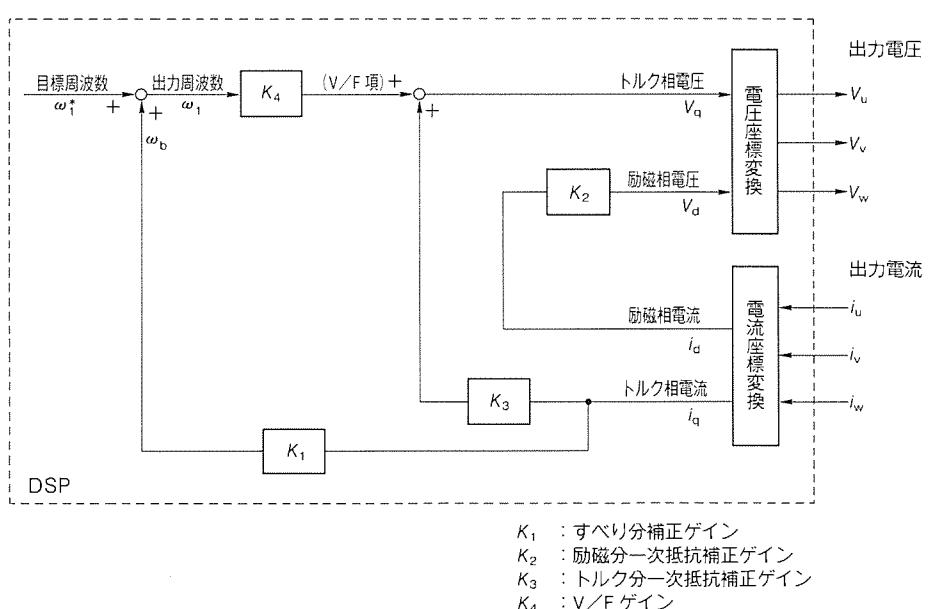
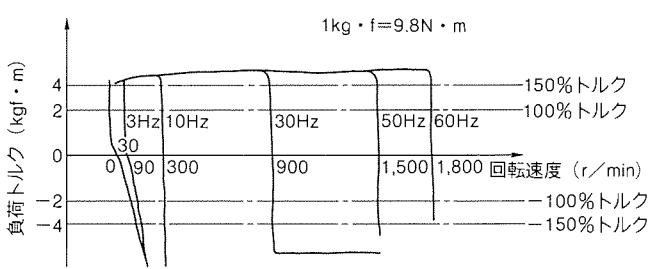


図4. 磁束ベクトル制御ブロック図



(a) 磁束ベクトル制御モード

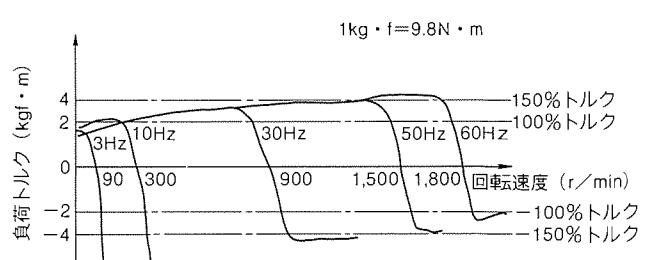


図5. 回転速度一負荷トルク特性

る。式(3)のように制御すると、 R_s と ℓ による電圧降下分を補償できるので、ギャップの磁束は常に一定に保つことが可能となる。つまり、この式はモータの一次磁束を負荷の大小に関係なく一定になるように電圧をトルク相と励磁相のベクトルに分解し、制御しているので、この制御を磁束ベクトル制御と呼んでいる。

3.3 試験結果

図5は、磁束ベクトル制御とV/F制御の回転速度-トルク特性の実測例である。磁束ベクトル制御では、1Hz運転でも150%トルクを出力しており、低速回転から高速回転までほぼ良好なトルク特性が得られている。また、すべりによる回転速度低下もほとんど発生しておらず、速度制御精度が大幅に向上了している。

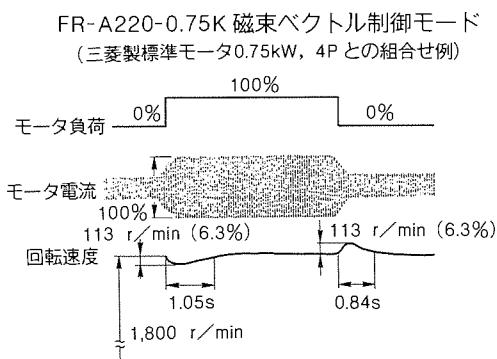
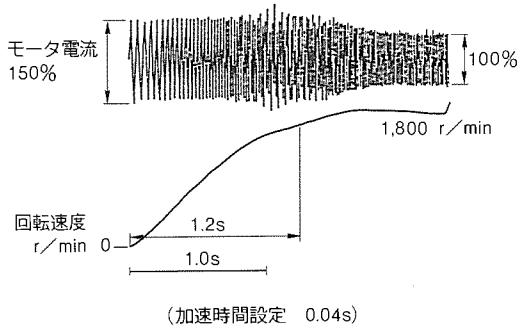


図6. インパクト負荷応答(100%インパクト負荷)



(a) FR-A220-0.75K 磁束ベクトル制御モード

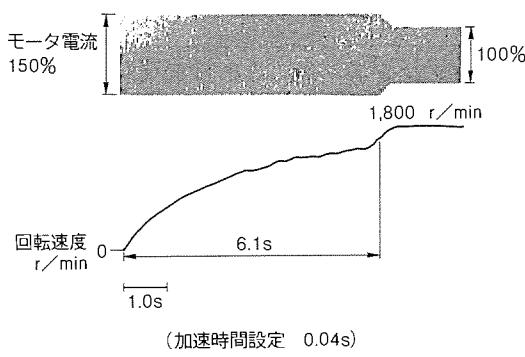


図7. 加速特性(100%負荷での加速特性)

図6に、磁束ベクトル制御において急激な負荷を取り切りするインパクト性負荷時の応答例を示す。モータに負荷がかかることによって流れる負荷電流を検出して、回転速度を一定に保つよう素早く応答している。

図7に、トリップレス性能(電流制限機能)の向上を示す例としてFR-A 200シリーズと従来のFR-Z 300シリーズの加速特性をあげる。FR-A 200シリーズでは、従来の汎用インバータでは得られなかつた定トルク加減速が可能となっており、この例でもFR-Z 300シリーズに比べて大幅に加速時間が短縮されている。

4. 超低騒音化技術とインテリジェントパワーモジュール(IPM)

4.1 超低騒音化技術

インバータでモータを駆動すると、出力電圧制御のためのPWM(Pulse-Width Modulation)により、変調周波数に起因した騒音がモータから発生する。この騒音を低減するには、PWMの変調周波数を高周波化し、人間の耳に聞こえ難くする方法が考えられる。これが高周波PWMである。FR-A 200シリーズは変調周波数を14.5kHzとし、モータ騒音を極めて低く抑えることができた。図8に従来のFR-Z 200シリーズと今回開発したFR-A 200シリーズのモータ騒音データを示す。変調周波数が約1kHzのFR-Z 200シリーズに比べて大幅に騒音レベルが低くなり、特に60Hzに着目すると、商用電源で駆動した時とそん(遙)色ないレベルにまで到達している。一方、低周波になるとモータの冷却ファンの風音も60Hz時より小さくなり、商用電源よりむしろ騒音は低くなる結果となっている。

このようにモータ騒音が超低騒音となったことから、人間が作業したり居住したりする環境に近い各種機械やファン、ポンプへの適用が一挙に拡大するものと思われる。

4.2 小型化

超低騒音を実現するには、主回路素子を高周波でスイッチングしなければならないが、スイッチング周波数が上がるほど主回路素子のスイッチング損失が増加し、冷却フィンが大

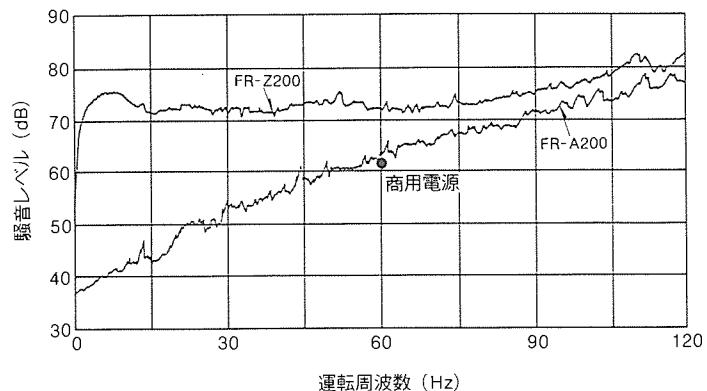


図8. モータ騒音特性(3.7kW, 4P, 無負荷運転時, A特性)

型化し、機器の小型化に相反する。しかし、小型化は市場の大きなニーズであり、FR-A 200 シリーズでは超低騒音を実現するとともに、これと相反する小型化にも挑戦し、従来の Z 200 シリーズに比べて取付面積で 1/2~2/3 の小型化を実現した。

これらを支えたのが、低損失の IPM とそれを冷却するシステムの技術革新である。また、プラスチックシャーシが小型化に伴う絶縁距離不足というボトルネックをブレークスルーしてくれたことも大きい。また、冷却システムは、冷却フィンとファンで決定づけられるが、コンピュータシミュレーションにより、最適なフィンの形状ピッチを算出し、製品化した。フィンピッチに微細間隔のものを開発し、フィンの大きさも従来比で 1/2~2/3 とし、機器の小型化に大きく寄与している。

4.3 IPM

超低騒音を実現し、機器の小型化を図るため、今回世界初の IGBT-IPM⁽⁴⁾を開発した。これは、高周波スイッチング用 IGBT と、その駆動回路・保護回路を一つのパッケージ内に収納した画期的なスイッチング素子である。特に損失に関しては、IGBT はオン電圧とスイッチング損失がトレードオフの関係にあることに着目し、15 kHz の高周波スイッチング時に最も損失が低下するよう新開発された次世代 IGBT を搭載し、従来の IGBT に比べて 30% 以上の低損失化を達成し、機器の大幅な小型化を可能とした。

IPM は 0.4~55 kW のインバータの容量に合わせ、200 V 電源用には耐圧 600 V で 10~600 A の 12 定格を、400 V 電源用には耐圧 1,200 V で 10~300 A の 8 定格を開発した。図 9 に IPM の外観を示す。大きさは IGBT が従来のバイポーラトランジスタに比べてチップ面積が小さくなること、内蔵回路用に専用モノリシック IC を開発して搭載したことから、IPM による機能の高集積化を行っても、従来の Z 200 シリーズの素子よりも小型化されている。

従来から高周波スイッチング用としていろいろな素子が提案されているが、いずれも高速なスイッチングのため駆動時のノイズによる誤点弧や、出力短絡した場合などの大電流時の保護が難しいといった問題があり、高周波化のネックとなっていた。これらの解決には素子から離れた制御回路で行う

場合、配線インダクタンスと高周波化とのかねあいから限界があり、チップ近傍で行なうことが理想であるが、いまだ製品化されたものはなかった。

今回開発した IPM はこの点に着目し、これらの問題をチップ近傍に配置された専用 IC によって素子自身が解決し、使用者は、電源と駆動信号、及び IPM 内部の保護回路が動作した時に出力される FO 信号のみ接続するだけで、高周波スイッチングが容易に行えるようにしたものである。図 10 に内部回路を示す。IPM は内蔵機能として、駆動回路と保護回路をもっている。保護機能には、過電流保護・短絡保護・過熱保護・制御電源電圧低下保護があり、それぞれ、過負荷になった場合、出力側を誤って短絡したり地絡させた場合、冷却ファンが故障するなどして冷却能力が低下し、温度上昇が過大になった場合、制御電源に異常が発生した場合など、

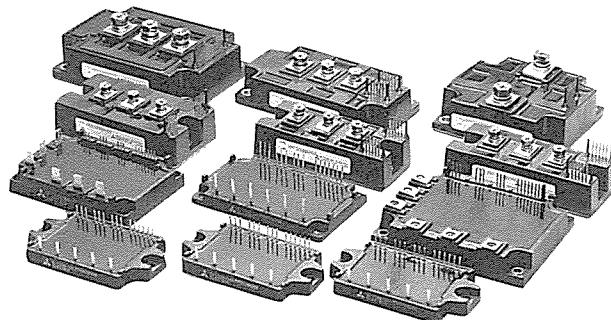


図 9. IPM の外観

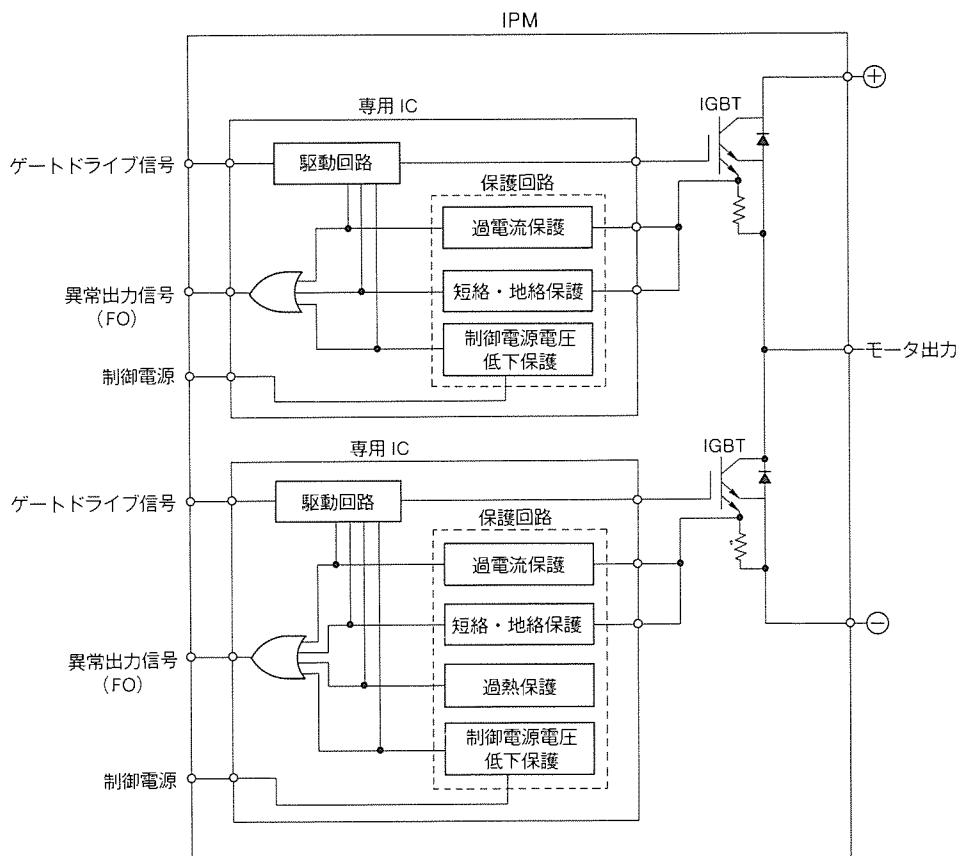


図10. IPM 内部回路

いずれも保護が行われ、素子の破損を防ぐ。

5. 操作性の向上とパラメータユニット

FR-A 200 シリーズでは、機能・性能の充実のほかに、ユーザーフレンドリの立場から、パラメータユニットの操作性、表示内容を質・量共に向上させた。このため、業界最大の見やすい液晶表示(13 文字 × 4 行)を用い、対話式で操作できるようにした。パラメータユニットの外観を図11 に示す。このユニットのポイントは、次の 3 点である。

- (1) マニュアルレスで操作できることを指向しており、パラメータの設定等、次に何を設定するかを画面で指示するよう

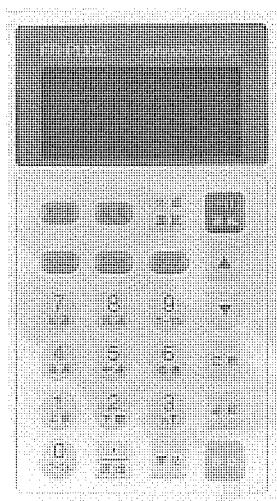


図11. パラメータユニットの外観

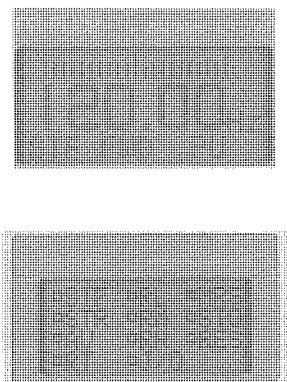


図12. 周波数モニタと端子

にした。

- (2) 中心にディジタル表示のモニタを、上部にバーグラフを配置し、一部アナログ感覚を残した。
- (3) インバータが動作しない理由を自己判断し、表示するトラブルシュートガイダンスを設け、即刻原因が調査できる機能を設けた。

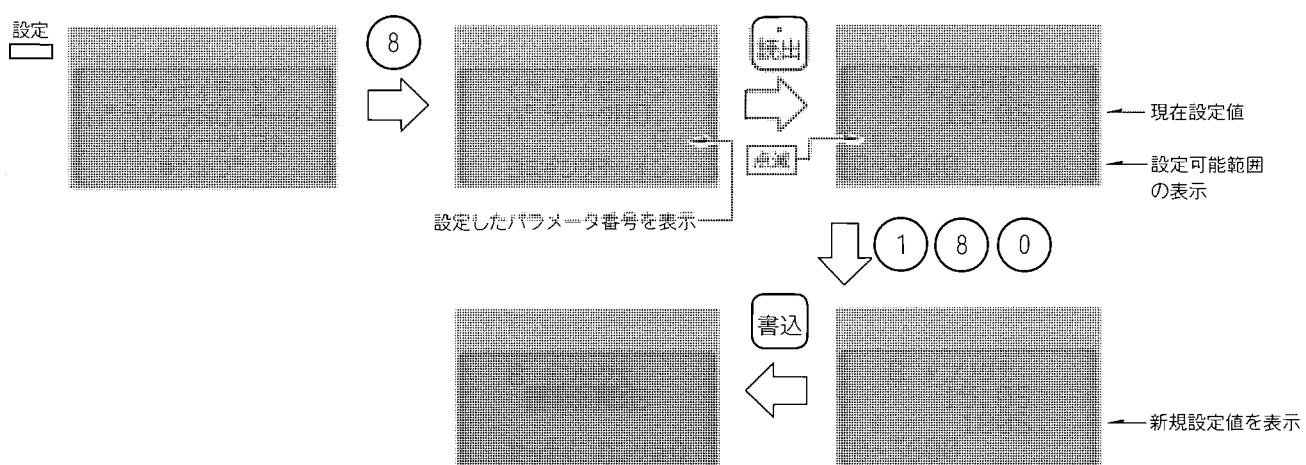
以後、各機能ごとに詳細を説明する。

まず、モニタモードでは、18種類のモニタ内容を選択によって表示することができる。図12 では、周波数モニタと端子を示している。特に端子モニタでは、信号到着をインバータの端子に合わせて表示しており、テスト等で端子をあたる必要をなくすることが可能となった。

次に、パラメータの設定モードについて説明する。このモードでも、液晶表示の豊富な情報量を生かして、すべて対話式により、パラメータが設定できるようにしている。設定の方法を図13 に示す。パラメータ No. のとなりに、内容を表示し、現在の設定値のほか、設定可能範囲まで表示するため、取扱説明書などを見ることなく設定できる特長をもっている。また、同図に示すようにヘルプキーにより、グラフ表示での設定も可能であるため、パラメータのイメージを具体的にとらえながら設定できる。

特に、設定範囲外の値を設定したときや、設定不可能な条件で書き込み作業を行ったときなど、個別に書き込み不可能であった制約条件を表示するようにしたので、ユーザーは書き込み不可能条件を考えることなく理由が即座に判明し、ユーザー

(例) パラメータ 8(減速時間設定)に180秒を設定する場合。(現在設定値は15秒)



(例) パラメータ 3(基底周波数)の場合。

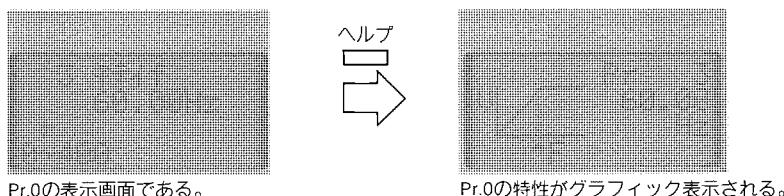


図13. パラメータ設定方法

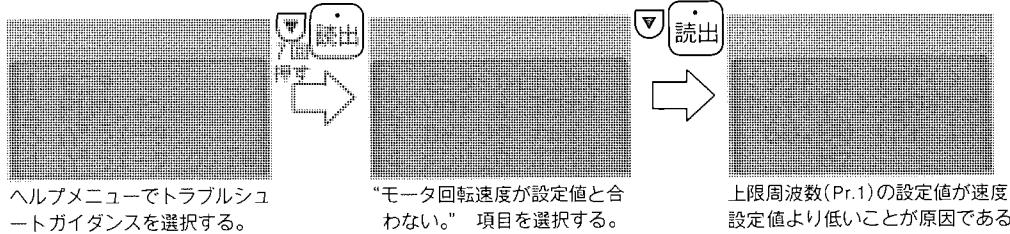


図14. パラメータユニットの実施例

に理解されやすい機能・操作性となっている。

さて、FR-A 200 シリーズでは、パラメータとして 160 種類あり、これらをすべて記憶することは一般的に不可能のため、ヘルプモードで、パラメーター一覧表を示すようにしている。その他工場出荷値からパラメータを変更したものについて値を表にして、客先で変更したパラメータを表示するようにしている。

最後に、第 3 の特徴としたトラブルシートガイダンスについて記す。この機能はユーザーがインバータを接続して運転しようとした場合、インバータの始動信号を入力しているはずなのに動作しない場合などに使用し、インバータが自己判断して、その原因を表示するようにしたものである。

ユーザーがインバータを運転した場合、不良と思う項目を、
 (1) モータ回転せず。
 (2) 速度が合わない(設定した速度まで上昇しない)。
 (3) 加減速時間が長い。
 (4) 電流が大きい(出力電流が過大である)。

の 4 項目に分け、調査できるようにした。これらの項目は、各支社、営業所のインバータ部門に特によく問い合わせのある内容を調査し、項目を決定した。各項目に対しては、発生原因となる調査項目をあらかじめ用意しており、調査時にこれらの項目を順次該当しないか調査し、原因が見つかった場合その内容をパラメータユニットに表示するようにした。

図14には、トラブルシートの“速度が合わない。”の項目を調査したときの例を示す。また原因是、設定周波数が上限値として設定した周波数(上限周波数)より上へ設定されているため、設定周波数 60 Hz まで上昇しなかったことを示している。この機能追加により、ユーザーはすぐに不具合点を判明し、問い合わせ時間等無駄が削減されることを期待している。

最後に、パラメータユニットの英文仕様を紹介する。パラメータユニットの画面は、カタカナによって記されており、海外輸出品に対しては不向きである。図15に英文版のパラメータユニットの外観を示す。これにより、輸出対応の場合でも、ユーザーに満足いただけるものと考えている。

このほかに、1 台のインバータのパラメータ設定内容を括して読み出し、他のインバータに一括書き込みするパラメー

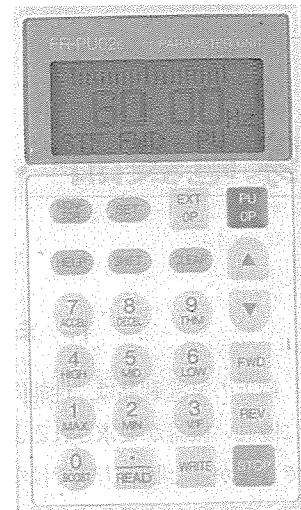


図15. 英文版のパラメータユニットの外観

タコピーユニット “FR-ARW” も準備している。

6. む す び

以上、次世代汎用インバータ FR-A 200 シリーズの概要及び特徴と、それらを支える新技術について紹介した。磁束ベクトル制御と 32 ビット DSP の採用で、駆動性能が大幅に向上したこと、また IPM の採用によって超低騒音化と大幅な小型化が達成できたこと、ユーザーフレンドリなパラメータユニットにより、従来にもまして高機能を実現しながら使いやすいインバータであることを述べた。このような特徴をもった FR-A 200 シリーズが、汎用インバータの適用範囲を広げていくことを切に望んでいる。

当社では、需要家各位の御指導と御協力を得ながら、今後とも汎用インバータの“性能”“機能”“使いやすさ”的向上と、高信頼性の追求を図るべく、より一層技術開発に取り組んでいく所存である。

参 考 文 献

- (1) 三菱電機(株)編：インバータ応用マニュアル、電気書院 (1985)
- (2) 玉井伸三、長野鉄明、大上政勝、栗山茂三、岩崎政彦、今中 晶：PG レスペクトル制御インバータ、三菱電機技報、64, No. 11, 896~900 (1990)
- (3) 杉本英彦、大野栄一：VVVF 電源で駆動される誘導電動機の非干渉制御とその特性、電学論 B, 104, No. 11, 781~788 (1984)
- (4) Majumdar, G., Uenishi, A., Yoshida, S., Ohshima, S., Arita, Y., Thal, E. : New Generation High Performance Intelligent Power Module Series, PCIM Europe '92 (1992)

家電製品への知的制御技術の応用

大塚洋俊* 杉本泰彦**
鈴木浪平**
皆川良司*

1. まえがき

最近の家電製品は、性能向上とともに快適さを指向し、人に優しい機器が要求されるようになった。定型的なことしかできなかった制御方式ではなく、状況に応じて制御を柔軟に変えられる方式の要求が増えつつある。

こうした背景、更には家電製品に適用され始めた多種多様のセンサとマイコン、LSIなどマイクロエレクトロニクスの進展・低価格化などの背景のもとに、今まで難しかった人のあいまい(曖昧)さを扱うなど定性的な情報を処理できるファジー制御が脚光を浴びるようになった。また、生体の脳における神経回路網をモデル化し、学習能力と並列処理などの特徴をもったニューラルネットワーク(ニューロ)技術を応用し、制御性能を向上する動きが急進展している。これらの技術は人間らしさをねらった技術といえ、家電製品への応用は人の思考に近づけた機能をもつ製品を提供することを意味する。

ここでは、当社のファジー、ニューロを中心とする知的制御技術の家電機器への応用を取り上げ、特に冷凍冷蔵庫への応用事例を詳しく述べる。

2. 知的制御技術応用の背景

白物家電機器は、伸び率年4%の市場を形成し、1995年には2兆8,000億円になることが予測されている。巨大で成熟した家電市場の安定成長を維持していくには、社会環境とライフスタイルの変化をとらえ、常に新しい技術の導入が必要である。

過去、家電の進化をエレクトロニクスの面からみると、トランジスタ、ICの電子制御の導入からマイコンを使用した制御、インバータに代表され能力調節のできるパワーエレクトロニクス制御、家電機器のシステム化へと進展してきた。1990年代の新しい技術は、ファジー、ニューロ、AIなどの知的制御技術と位置付けられる。

図1は、社会環境とライフスタイルの変化をとらえた機械(機器)とそれを使用する人間の関係を示しているが、これらを関連付けるヒューマンインターフェース技術が重要視されてくる。これを支える主要技術の一つが知的制御技術である。ファジー、ニューロ、AIの応用効果は、機器機能

を最大限に発揮させる操作容易性と自動化機能の充実、快適性、省エネルギーの促進を満足させ、さらに人間に近い機能を代行できるなどによる満足感を期待でき、個人の使い方や好みに合った、また合わせることができる知的家電機器を実現できる。

3. 知的制御技術の応用製品

3.1 ファジー制御技術

ファジー理論は、人間のもつ主観、言葉のもつ曖昧性を取り扱い、人間に近いマクロな判断が可能である。ファジー制御は、①メンバーシップ関数によって曖昧さを視覚化してとらえ、また制御ルールを人間に近い手法で表現できる。②全体では複雑な事象を単純な部分に分割して取り扱うことができ問題を解決しやすい。③推論のもつ補間機能により、複数の入力や指標・目的に基づいた結果の妥協点を求められると

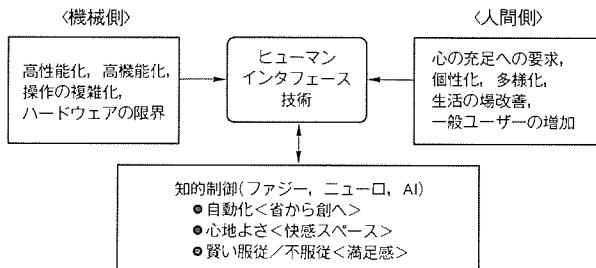


図1. 家電知的制御の位置付け

表1. ファジー、ニューロ技術の適用主要製品

機種	適用技術	特徴・内容
ルームエアコン	ファジー ニューロ	温感入力によって使用者の暑がり、寒がりを学習して設定温湿度の変化幅を決定。室内の温湿度、温度分布から必要な風向と風量を推論
冷凍冷蔵庫	ファジー ニューロ	1日の運転状態と扉の開閉回数パターンを学習して、運転制御パターンを選択。温度センサ、扉センサの情報から食品温度、着霜量をファジー推論し、圧縮機運転等を制御
石油ファンヒーター	ファジー ニューロ	使用者の好みを学習して設定温度のメンバーシップ関数の変化幅を決定。室温とその変化から部屋の大きさ、床、壁の暖まり具合を推論し、設定温度と暖房能力を決定
クリーナー	ファジー ニューロ	ブラシのしゃう(摺)動速度と距離から掃除動作を推論し、吸込力を制御、またブラシの摺動距離と周期の学習からパワーブラシの回転数を制御
全自動洗濯機	ファジー	アジャーテーラに加わる力の大きさから洗濯物の質と量を推論し、水位、洗濯時間、水流の強さを制御
カラーテレビ	ファジー	周囲光、視距離設定量に応じて画面のコントラスト、シャープネスを制御。BSアンテナの受信レベル、イコライジング設定量に応じて、シャープネス、ノイズリダクションレベルを制御

いう特徴をもっている。

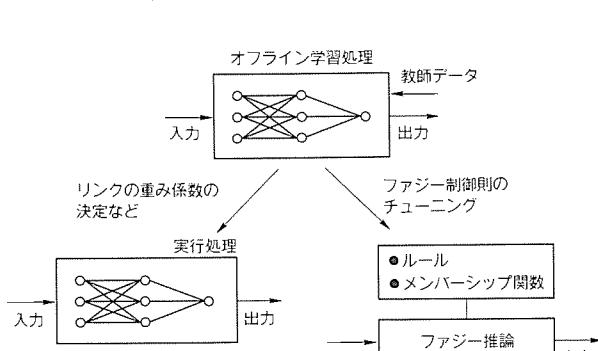
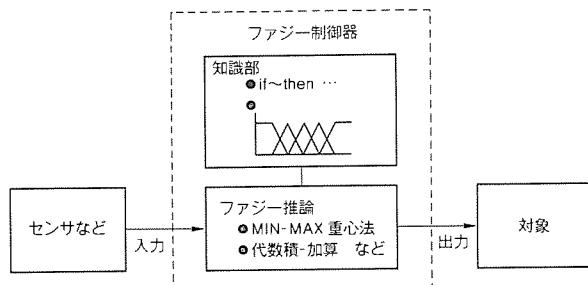
表1にファジーの特徴を生かし、人間のもつ経験やコツなどの知識を製品に搭載したファジー技術応用家電製品をニューロ技術応用家電機器とともに示す。ファジーの応用構成は、図2に示すように知識部と推論部でファジー制御器を構成し、センサなどの信号を入力としてファジー推論によって最適な制御出力と対象物の判断を行う。製品には複数のファジー制御器が用いられる場合が多く、知的センサ、条件設定部(ユーザーインターフェース)などに適用されている。ファジー制御器の実現手段は、現状では入出力数が少ないため、推論結果をROM化するテーブル参照方式が多用されている。

しかし今後は、入出力数の増加、学習的機能の付加による性能、機能の向上を目指してファジー推論演算を製品上で行う方式の採用が主流となる。

3.2 ニューロ技術

ニューラルネットワークは、生体の脳における神経回路網をモデル化したもので、学習能力・自己組織化・汎化能力・並列処理などの特徴をもっている。この特徴を生かすことで、①システムの入力、出力の詳細な対応論理が曖昧な事象の処理、②多数ある組合せなどの対応関係の処理が可能となる。ニューロ技術の応用家電製品(表1)は使用環境と使用者の動作をオフラインで学習し、この結果をもとに性能・機能を向上させる事例が多い。

家電機器で使用されるニューラルネットワークモデルはフィードフォワード階層形であり、学習則は教師データによって学習するバックプロパゲーションが多い。学習はワークステーションなどを用いたシミュレータで行い、複雑な入出



力の対応関係やネットワークリンクの重み付け係数を得ている。ニューロ技術は図3に示すように入出力の対応関係やファジー制御則の最適化に使用されている。

ニューロ実行処理の実現は、ニューロ学習での対応結果をROM化するテーブル参照を行う方式と、製品上でニューロ演算を行う方式が使用されている。

4. 冷凍冷蔵庫のニューロ・ファジー

4.1 応用の背景

近年冷蔵庫は、環境の変化から、大容量・多ドア化、多機能化が進展している。これに対応して、制御も冷蔵庫の能力を最大限に引き出すために年々複雑化し、使用者が使い方に合わせて選択できる補助機能も付加されている。

複雑化する制御と操作性を高次元で両立させるために、“学習ニューロ・ファジー”制御を導入することで、冷蔵庫の能力を最大限に引き出しながら使用者にとって使いやすい冷蔵庫を実現することができた。図4に“学習ニューロ・ファジー”制御を搭載した代表機種である“MR-C42K”を示す。

4.2 学習ニューロ・ファジー制御

(1) “学習ニューロ”

冷蔵庫の時間別の運転状態と使用状態を学習する。日々の運転パターンと使用パターンの学習・記憶により、各家庭での冷蔵庫の使われ方を記憶する。各家庭での冷蔵庫の使われ方からニューラルネットワークが先を予測しながら最適制御を選択する。

各家庭での運転パターンと使用パターンの組合せは、ほとんど無限であるが、この中から代表的な例でニューラルネットワークを学習させておき、学習以外のパターンの組合せでも最適な制御を選択する。

(2) “ファジー”

“学習ニューロ”で選択された制御と予測のつかない突発的な使われ方に対応して、安定した状態に素早く戻す。

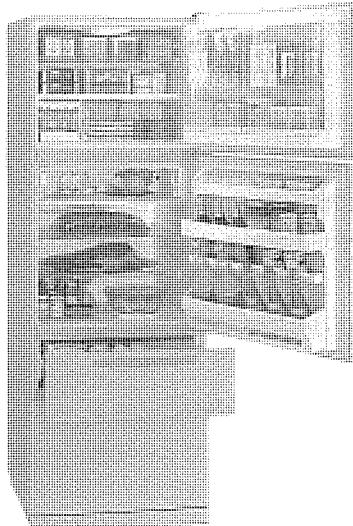


図4. 冷凍冷蔵庫 MR-C42K

図5に制御ブロックを示す。学習機能とニューロ技術を関連付けた“学習ニューロ”，“ファジー”が有機的に結び付いて、庫内の食品に対して最も良好な制御(運転状態)を行っている。

4.2.1 学習の方法

扉開閉回数の学習方法は、24時間を12ブロックに分け、そのブロックごとに扉の開閉回数をカウントし、1日分のデータとして記憶する。1ブロックの最大扉

開閉回数は、255回である。

さらに、このデータとは別に扉開閉回数の8日分の積算データを記憶する領域を設け、24時間ごとに移動平均によって更新する。すなわち、24時間経過した時点で8日分の積算データからその $1/8$ を減算し、その減算したデータに新たに1日分のデータを加える。

最新の積算データ ($D_{\text{sum}} + 1$) は、式(1)で算出される。

$$D_{\text{sum}} + 1 = \frac{(7D_{\text{sum}} + 8D_{\text{DAY}})}{8} \dots \dots \dots \quad (1)$$

D_{DAY} : 最新の1日分のデータ

そして表2に示すように、12ブロックの扉開閉回数を開閉回数の少ないブロックから順位付けを行い、扉開閉頻度に変換する。ただし、扉開閉回数が同じ場合は同じ順位とする。このように24時間経過ごとに上記の処理を繰り返し、常に最新の一日を含む扉開閉パターンが学習・記憶される。

また、圧縮機の運転パターンの学習方法は扉開閉回数の学習方法と同様に、ブロックごとに圧縮機運転時間のデータと8日分の積算データを記憶し、積算データは24時間ごとに更新する。

電源投入時は、平均的な冷蔵庫の使用パターンを設定して制御を行い、その後各使用パターンを学習・記憶していく。

4.2.2 ニュ一口演算方法

ここでは、霜取り運転の場合について述べる。

今回使用したネットワーク、及びリンクの各重み付け係数は、オフラインで事前に教師データを与えバックプロパゲーションによって学習させ、得られたデータを使用している。

ネットワークのモデルは、図6に示すように入力層($I_1 \sim I_{12}$)、中間層($M_1 \sim M_{12}$)、出力層($O_1 \sim O_{12}$)が、それぞれ12個のニューロンで構成されている。それぞれのニューロンからニューロンへの重み付け係数の学習に使用した教師データは、今までの開発の中で、経験的に理解している最適な霜取りタイミングをデータ化した。

学習した重み付け係数とニューラルネットに与えた入力データからマイコンの中でニューロ実行演算を行い、霜取りのタイミングを得る。

まず、圧縮機の累積運転時間が8時間に達した時のブロックから、次に累積運転時間が8時間になるブロックを圧縮機運転の学習データから推測し、その間を霜取り可能ブロック範囲とする。そのブロック範囲内で次の霜取りを行う最適ブロックを扉開閉頻度を入力としたニューラルネットワークで求める。この際霜取り可能ブロック以外には、扉開閉頻度の最高値を入力し出力をプロテクトする。

中間層の出力 ($M_1 \sim M_{12}$) は、入力層(扉開閉頻度)と各重み付け $W_{1(1,1)} \sim W_{1(12,12)}$ の積和演算を式(2)によって算出する。重み付け係数は、テーブル参照方式としている。

また、現在使用しているマイコンの演算命令の制約から計算に展開し、実際の演算を行っている。

次に、出力層の出力 ($O_1 \sim O_{12}$) は、式(3)に示すように積和演算を行った後にシグモイド変換を施している。

$$O_i = \frac{1}{1 + \exp(-M_{(1)})} \cdot W2_{(i,1)} \\ + \frac{1}{1 + \exp(-M_{(2)})} \cdot W2_{(i,2)} \\ + \dots + \frac{1}{1 + \exp(-M_{(12)})} \cdot W2_{(i,12)} \dots \quad (3)$$

シグモイド関数 $f(x) = 1 / (1 + \exp(-x))$ は、テーブル参照方式で求めている。

また、図7に示すようにシグモイド関数には以下の性質がある。

- (1) $(x, y) = (0, 0.5)$ で点対称
 (2) $f(x) + f(-x) = 1$

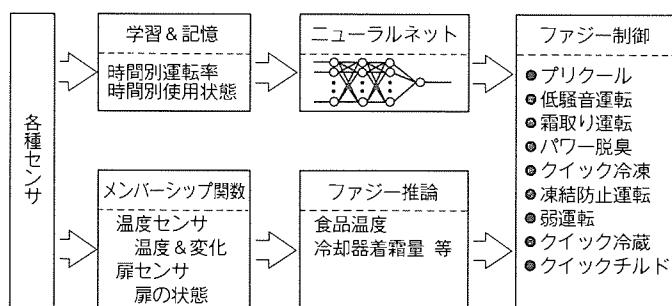


図5. 冷凍冷蔵庫の制御ブロック

表2. 各ブロックにおける扉開閉回数とその頻度の例

ブロック	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
開閉回数	3	4	5	0	8	8	2	9	8	15	2	11
開閉頻度	3	4	5	0	6	6	1	9	6	11	1	10

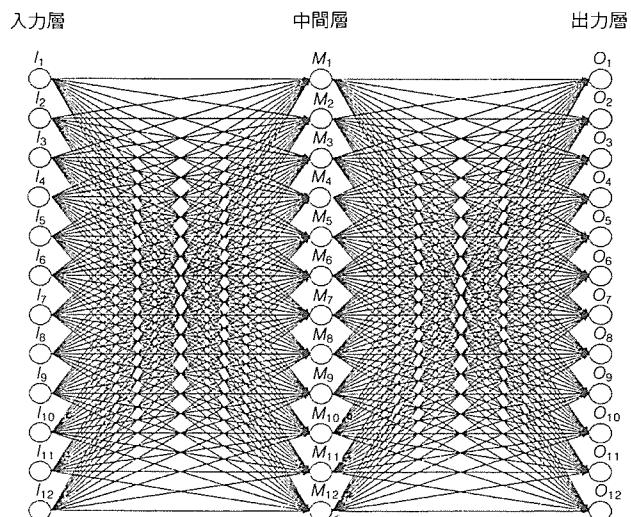


図6 液氷冷蔵庫のニューラルネット構成

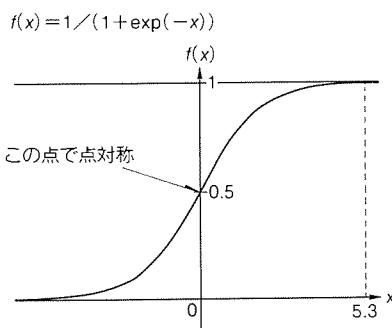


図 7. シグモイド関数

(3) $f(x)=1$

(ただし, $x \geq 5.3$, $f(x)$ は小数点第 3 位以下を四捨五入)

したがって, テーブルは, $f(0)$ から $f(5.3)$ までをもつことで, すべてのシグモイド関数の算出が可能となる。

また, 重み付け係数 $W1_{(1,1)} \sim W1_{(12,12)}$, $W2_{(1,1)} \sim W2_{(12,12)}$ は, 事前に学習したデータであり, テーブル数は 576 バイトとなる。

最終的には, 以上のように算出した出力層のデータにより, 霜取りを行うタイミングを決定する。

このほかに, プリクール運転, プリ脱臭運転, 低騒音運転については, 同一のネットワークに制御ごとに異なる重み付け係数を設定し, 入力層には扉開閉頻度を入力として同様のニューロ演算を行い最適な運転タイミングを決定している。

4.3 学習ニューロ・ファジー制御の効果

4.3.1 学習ニューロでの効果

(1) “霜取り運転”

冷蔵庫の圧縮機の運転パターンと使用パターンを学習し, 扉開閉頻度の少ない時間帯で, かつ冷却器の霜取りが必要な時間帯で霜取りを行うことで, 霜取りのタイミングと扉開閉の頻繁なタイミングが重ならず, 食品に与える影響を低減した。図 8 に示すように扉開閉のタイミングと霜取りタイミングをずらすことによって, 食品の温度上昇を約 2.2 ℃の改善効果を得ることができた。

(2) “プリクール運転”・“プリ脱臭運転”

冷蔵庫の使用パターンを学習し, 1 日の中で扉開閉頻度の多い時間帯の前で, 庫内を強力に冷却, 脱臭を行い庫内の食品の保存性及び脱臭能力を高めた。

(3) “低騒音運転”

冷蔵庫の使用パターンを学習し, 1 日の中で扉開閉頻度の少ない時間帯でファンの回転数を下げ, ファンから発生する騒音を約 1 dB 低減した。

4.3.2 ファジー制御の効果

(1) “クイック冷凍”・“クイック冷蔵”・“クイックチルド”

庫内にたくさんの食品を入れたときや氷を作るとき, 扉開閉が激しいときに自動的に急速運転となり, 扉の開閉による

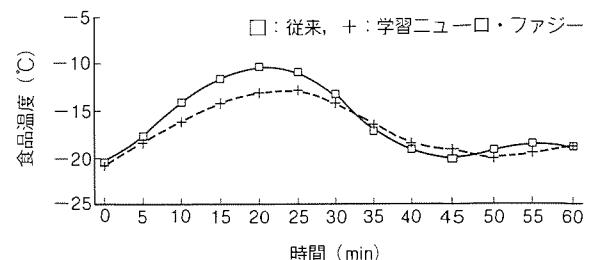


図 8. 霜取り時の温度上昇防止効果

庫内食品温度の上昇を低減した。

(2) “凍結防止運転”

冷蔵庫に食品等を投入したとき, 今まで入っていた食品の部分的な凍結や冷え過ぎを防止できた。

(3) “弱運転”

冬場で冷蔵庫を使用していないときには, 冷凍室の無駄な冷却を抑え, 省エネ運転を行い外気 11 ℃以下のときで 5 % の節電が可能となった。

以上のように, 冷凍冷蔵庫に学習ニューロ・ファジーを導入することにより, 従来にない特徴と使用者の使い方に合わせたきめ細かい制御を行うことが可能となった。

5. むすび

家電製品の知的制御技術応用の現状と, 冷凍冷蔵庫への応用事例を述べた。冷蔵庫はファジー, ニューロ技術と学習機能の有機的結合により, 冷蔵庫の使用パターンから霜取り運転や庫内を強力に冷やすなどの運転タイミングを決定し, 食品温度を安定に保つなど使用者にとって使いやすい冷蔵庫を実現した。

今後の家電製品は, ファジー, ニューロ, AI の知的制御技術を制御の核となる部分へ適用することによって性能を向上させ, また使用者の好み, 使用状況・環境に合わせられる学習, 適応機能の付加・充実により, 人に優しい家電機器へと発展が期待される。

参考文献

- 荒野吉也：人にやさしい家電機器，三菱電機技報，65, No. 8, 720~722 (1991)
- 塚本郁夫：新形態 5 ドアファジー冷蔵庫 MR-B 46 K, 三菱電機技報, 65, No. 8, 778~784 (1991)
- 森田 温, 岩崎隆至, 菅原作雄, 山口博志：今年の暖房はファジーが主役, エレクトロニクス, 35, No. 10, 52~56 (1990)
- 長田正史, 田口博識：ファジー制御を応用した掃除機, 日本ファジー学会誌, 3, No. 4, 82~85 (1991)
- 菅野道夫：ファジー制御, 日刊工業新聞社 (1988)

交通流画像計測

谷口博康* 斎藤光夫**
関 明伸*
古澤春樹*

1. まえがき

車社会の進展に伴い、交通事故・交通渋滞などの問題がより深刻化してきている。これらの弊害を緩和するために、様々なアプローチがなされているが、その中でも交通情報を収集し、交通制御や事故・渋滞・危険警告等の交通情報の提供を行う交通管制の重要度が高まってきている。この交通管制の実現には、走行車両の速度・車間距離などの交通流を計測するセンサが必要不可欠であるが、これまで主に用いられてきた超音波やループコイルなどは、基本的に地点計測であるため、センサの置かれている計測地点以外の情報を得るのは難しいという問題があった。

それに対し、空間計測可能なITVカメラをセンサとして用い、このITVカメラから得られる画像を処理して交通流を計測する交通流画像計測が注目されるようになり、トンネル内などの限られた場所で実用化が始まっている。さらに、動作領域を露天環境下へ広げるための努力も各所で行われているが⁽¹⁾⁽²⁾、天候や時刻による照度変化が大きいため、画像処理の基本となる車両抽出が安定して行えないため、実用化されている例は少ない。

当社は、先にトンネル内を対象とする交通流画像計測装置の開発を行って製品化した実績があるが⁽³⁾、これをベースに検討を重ね、新たに移動物体認識方式として、高ロバスト性を特徴とするDTT(Directional-Temporal plane Transform)法を考案し、この手法を用いることにより、露天環境

下に対応可能な交通流画像計測装置を開発した。本稿では、この装置の計測方式及びそのハードウェアについて述べる。

2. DTT法を用いた交通流画像計測

2.1 交通流画像計測における課題

交通流画像計測では、画像処理による車両認識が中心的課題となる。車両が認識されれば、その時点で車両の存在位置・存在時刻などのデータをもとに、各種の計測パラメータが計算される。車両の認識には、各シーンごとに車両の形状特徴を用いて車両候補を抽出し、抽出された複数シーンの車両候補を追跡処理(対応付け)することにより、同定する方法が一般的に用いられている。しかしながら、露天環境下では天候や時刻による照度変化が大きく、車両抽出が安定して行えないことも多く、そのため途中のシーンで追跡処理を打ち切ることになり、認識精度が低下するという問題がある。また、昼と夜とでは照度条件が大きく異なり、同一処理を行うのが困難なため、昼夜それぞれに対して処理を違える方法がとられているが、切り替えるタイミングが難しく、その前後の動作が不安定になるという問題もある。

2.2 DTT法概要

一般的の移動物体認識は前述の車両認識の例のように、各シーンごとの形状抽出が基本となる。それに対して、今回提案するDTT法は、ITVカメラから得られる画像を時系列に重ねて並べることによって得られる時空間データ(図1)を処理することを基本とする。DTT法は、認識対象となる移動

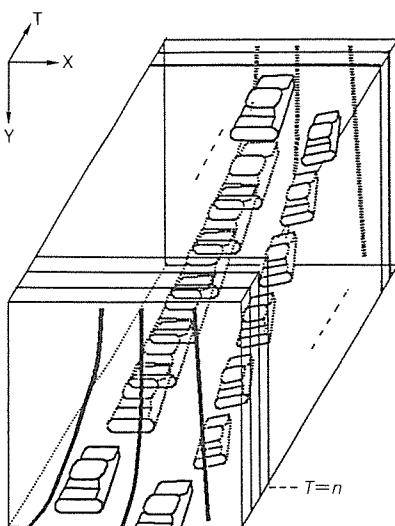
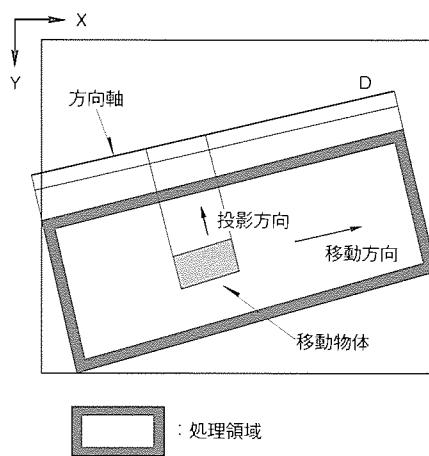
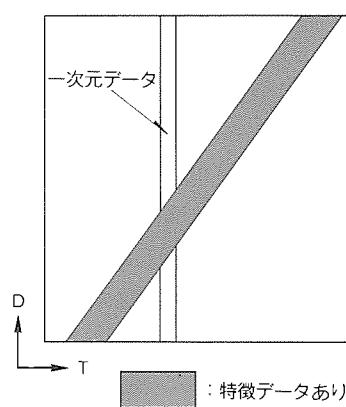


図1. 連続画像における時空間データ



(a) 一次元データ作成法



(b) DTT画像

図2. DTT法説明

物体が、空間上の1平面上をほぼ一定の方向に移動し、それを1台の固定カメラでぶかん（俯瞰）撮像する場合で、この時空間画像を方向軸・時間軸からなる平面上の二次元の画像（DTT画像）に変換する手法である。

変換方法は以下のとおりである。はじめに移動物体の移動範囲に応じた処理領域をX-Y平面（画像）上に設ける。次に、その処理領域内から、各シーンごとに輪郭などの移動物体の特徴データを抽出し、この特徴データを移動方向にほぼ平行な軸に投影することにより、それぞれ一つの一次元データを作成する（図2(a)）。最後に、この一次元データを時系列に並べることにより、二次元のDTT画像が得られる（図2(b)）。

投影方向（移動経路が直線でない場合には、それと並行な曲線上に投影。例えば渦巻も可）や投影する対象物の特徴データをうまく選択することにより、一定期間の移動物体の動きを二次元画像の領域（0でない値をもつ画素からなる图形）として表現することが可能になる。

このように、DTT法は時間情報を直接表現しているので、シーン間の追跡処理が不要になるとともに、データの補間処理等で信頼性の向上を図るために、形状依存度を低くすることが可能となり、耐ノイズ性が上がる。

DTT法を車両認識に適用した場合、車両抽出後の対応付けが不要になるとともに、昼と夜に対する処理を同一にすることが可能になる。

2.3 DTT法の道路画像への適用

図3に道路上を走行する車両の画像を示す。以下、車両が画像上で下から上にほぼY軸に平行に移動する場合で、DTT法を道路画像に適用するための方法について述べる。

- (1) 画面上に車両の移動経路に沿った処理領域を設定する。道路が2車線以上の場合は、車線ごとに処理領域を設け、それぞれ別々に処理する。
- (2) 車両と路面とを分離するため、車両の縦線成分を特徴データとして抽出する。この処理は、処理領域内の画像に対して、垂直微分フィルタを施し、その微分結果を適当なしきい値で2値化することによって行う。
- (3) Y軸を方向軸とし、上記の特徴データの水平方向投影を行い、一次元データを作成する。図4に垂直微分結果とその水平方向投影結果を示す。
- (4) 一次元データを適当なしきい値で2値化。
- (5) 上記(1)～(4)までの処理を複数シーンに対して行い、それぞれの一次元データを時系列に、横に並べる。

以上の処理でDTT画像が作成される。図5にDTT画像を示す。図において、横軸は時刻Tを、縦軸はY座標を表す。図のように、DTT画像では1台の車両の軌跡は、斜線で示される右に傾いた一つの領域（1の値をもつ画素からなる图形）として表される。領域の左端部分は車頭の軌跡を表し、右端部分は車尾の軌跡を表す。この領域の傾きから車両の速度が、また領域の間隔と速度から車間距離が求められる。

2.4 DTT画像からの車両抽出

DTT画像では、先に述べたように1台の車両の軌跡は、右に傾いた一つの領域として表される。また、車両の後部の軌跡は、他の部分に比べて安定しており、その軌跡は領域の右端部分に相当している。したがって、車両の抽出は車両の後部の軌跡を表す領域の右端部を一つの線分として抽出することによって行う。DTT画像では、外乱の影響により車両の特徴抽出が正常に行えなかった場合には、領域に欠けや穴が生じる。以下に、このような情報の欠落のある領域を含む

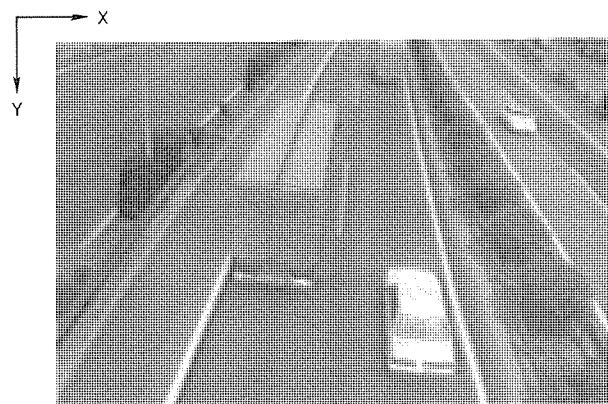


図3. 道路画像

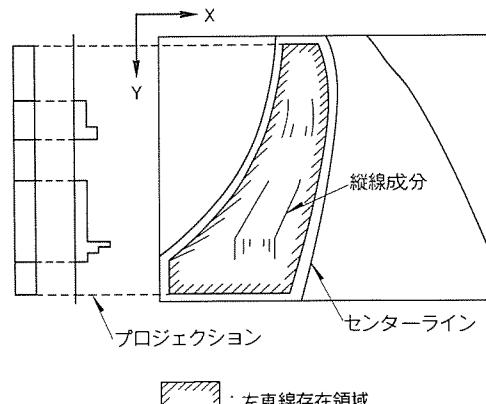


図4. 垂直微分と水平方向投影

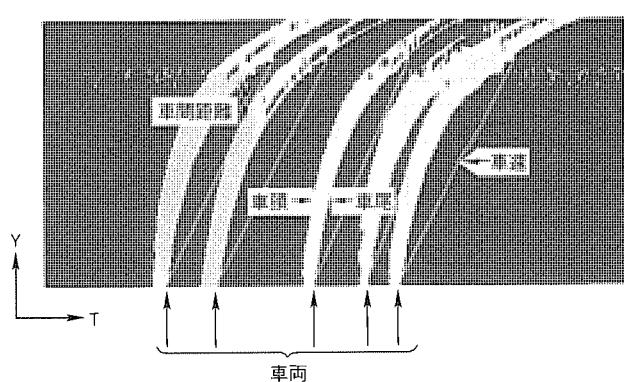


図5. 道路画像に対するDTT画像

DTT 画像から車両を抽出する方法について述べる。図 6 に車両抽出処理のフローチャートを示す。

穴埋めは、DTT 画像上の領域の欠けや穴を取り除き、車両の判定処理を容易にするために行われる。ここで用いられる穴埋め法は、車両を表す領域は右に傾くという特徴を利用する。また、車両の後部の軌跡を表す領域の右端部を一つの線分として抽出することから、最低限、領域の右側部分の形状を保存できればよいという前提を利用する。DTT 画像を左下の位置を始めとし、左から右へ、下から上へ順にアクセスする。そして、注目している画素とその両端の画素が共に 1 であるとき、その注目画素に隣接する真上の画素を 1 にするという処理を行う。この処理をすべての画素に行うことによって穴埋めが実行される。

線分要素抽出は、車両候補の線分の要素となる画素を抽出するもので、穴埋め後の DTT 画像の各領域の右側輪郭部を抽出する。DTT 画像を、左下の位置を始めとし、左から右へ、下から上へ順にアクセスする。そして、注目している画素の値が 1 で、かつその右隣の画素又は真下の画素が 0 であるとき、その注目画素を線分要素として抽出する。

線分抽出は、上記の線分要素を接続し、車両候補となる各線分の抽出を行う。抽出方法は、線分要素の書かれた二次元データ（サイズは DTT 画像のサイズと同じで、線分要素のある位置には 1 が、それ以外は 0 が書き込まれているとする。）を、左から右へ、下から上へ順にアクセスし、線分の始点となる 1 のデータを探索する。始点が得られれば、その始点が左下に位置する 3×3 のマスク領域を設け、その領域内で 1 のデータ（接続点）を探索する。接続点が得られれば、その接続点を基準点にして更に探索を続ける。接続点が存在しなければ最後の点が線分の終点となり、一つの線分抽出が終了する。これらの処理を線分要素がなくなるまで行い、得られた各線分のうち、長さが一定値を超えるものを車両候補線分として抽出する。

線分連結は、車両の候補となる一つの線分が、ノイズなどの要因で複数の線分に分割されている場合に、それらの線分を連結して、一つの線分に統合する。連結の可否は、2 本の直線の位置関係及び方向性によって判定される。

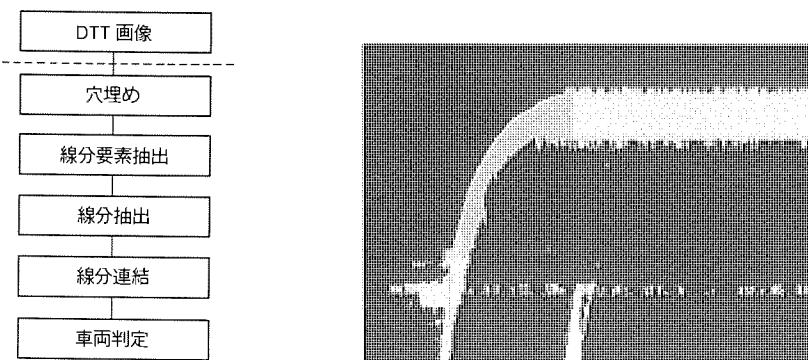


図 6. フローチャート

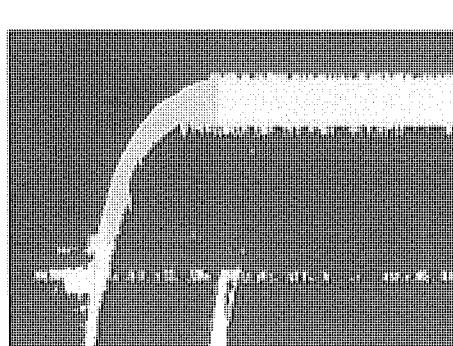


図 7. 車両が停止した場合の DTT 画像

最後に、上記までの処理で得られた各車両候補線分に対して、線分長、線分始点位置の情報を用いて車両判定を行う。線分長に対する判定条件は、DTT 画像の画像サイズに応じて設定する。線分始点位置を第 2 の条件として用いるのは、正常走行している車両は、画像の下から出現するという理由による。

2.5 各種計測項目

車両として判定された線分を用いて、車両の各種特微量計測を行う。線分の Y 座標に対する三次元位置を適当な方法で求める。線分の T 座標は、時間を表しているので、線分の始点座標 (ts, ys) と終点座標 (te, ye) から区間平均速度 sp は次式によって求めることができる。

$$sp = (ye - ys) / (te - ts)$$

また、車間距離は、二つの車両の時間差及び一方の車両の速度を用いて求めることができる。

さらに、DTT 画像上では車両が停止した場合には、水平に伸びる領域が生じることから、この水平領域の発生をとらえることにより、事故車を検出することができる（図 7），また車両の存在密度が大きくなった場合には、DTT 画像上の領域の面積比が大きくなることから、面積比の増大をとらえることにより、渋滞を検出することができる（図 8）。

3. ハードウェア

3.1 全体構成

DTT 法を用いた交通流計測装置のハードウェア構成を図 9 に、装置仕様を表 1 に、また装置の外観を図 10 に示す。

装置全体は、マスタ CPU・メモリ・外部記憶装置・画像表示部・入出力部・画像処理部・ITV カメラから構成される。

マスタ CPU は、マンマシンインターフェースに対する処理のほか、画像処理部からの処理データをもとに、5 分間平均交通量、5 分間平均速度などの統計処理を行う。

画像処理部は、1 カメラに対する処理が基本となり、装置 1 架では最大 8 カメラを同時に処理できる。画像処理部の構成は、画像入力処理部、DTT 画像生成部、DTT 画像処理部、スレーブ CPU からなる。DTT 画像生成部は毎フレームご

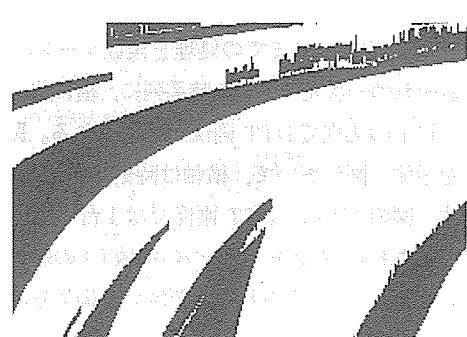


図 8. 渋滞が生じた場合の DTT 画像

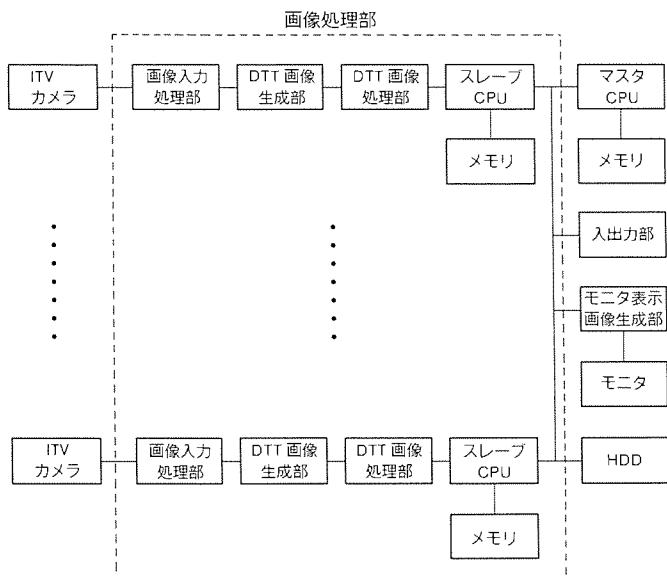


図9. ハードウェア構成

表1. 装置仕様

項目	仕様
システム構成	マスター CPU 高速度マイクロプロセッサ +高速度数値演算プロセッサ
	メモリ ROM 512K バイト, RAM 2M バイト
	外部記憶装置 HDD 20M バイト
	入出力部 キーボード, P/I/O, セントロニクス, RS-232C
	画像表示部 モニタ表示画像生成部, 9インチモノクロモニタ
	画像処理部 スレーブCPU(高速度マイクロプロセッサ +高速度数値演算プロセッサ) 記憶装置(ROM 512K バイト, RAM 2M バイト) 画像入力処理部, DTT 画像生成部, DTT 画像処理部
ITV カメラ	NTSC 方式 CCD カメラ
計測方式	DTT 方式
計測精度	± 5 % 以内
計測範囲	0 ~ 160km/h
計測対象車両	軽自動車以上
計測車線数	2 車線(最大 3 車線)
計測出力	(1) 交通流計測データ 交通量, 占有率, 速度, 車間距離等
	(2) 突発事象検知データ 事故, 停止, 滞留等

表2. 交通流画像計測装置実験結果

単位: 台

	状況	真値	測定値	備考
1	昼間・晴天	124	118	見落とし 6 誤カウント * 0
2	夜間・晴天	117	113	見落とし 5 誤カウント 1

注 *車両以外のものを車両と判定した。

とに、一つの一次元データを作成し、各一次元データを一定期間(数フレーム)蓄積してDTT画像を作成する。DTT画像処理部は、DTT画像生成部から送られてくるDTT画像に対して、穴埋め、線分要素抽出処理を行い、線分要素データを作成する。スレーブCPUは、DTT画像処理部から送

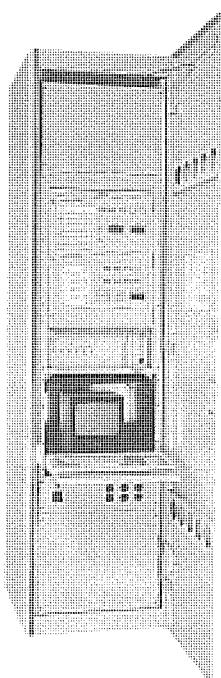


図10. 交通流画像計測装置の外観

られてくる線分要素データに対して、線分抽出、線分接続、車両判定を行い、車両が認識された場合には、その車両に対する各種計測を実行し、またそれと並行に事故車両や滞留の検知を行う。

3.2 実験結果

この装置を用いて車両の認識実験を行った。実験には、自動車専用道路上6.5mの高さにカメラを設置し、ふ(俯)角10°で撮像したシーンを用いた。測定状況は、昼間・晴天、夜間・晴天の2種類である。実験結果を表2に示す。表に示されるように、それぞれの測定状況に対して、車両認識率95%以上を達成している。このように、この装置は昼夜それぞれに対して高性能を実現していることから、露天環境下の使用に対して有効である。

4. むすび

交通状況を的確に把握したいという要求は、ますます高まってくることが予想される。このような要求にこたえるものとして、ITVカメラを用いた交通流画像計測は空間計測が可能である点から、今後、最も進展が期待される技術の一つである。

今回、当社が開発した交通流画像計測装置は、照度変化に対してロバストな独自の画像処理方式を用いることにより、露天環境下での使用に対して高性能を実現した。

今後、様々な環境下での評価を続け、性能の向上を図るとともに更に幅広いニーズにこたえるべく、交通流画像計測関連の装置開発を行っていく。

参考文献

- Blosseville, J. M., Krafft, C., Lenoir, F., Motyka, V., Beucher, S. : A Traffic Measurement System Using Image Processing Techniques, IEE Conference Publ., No. 299, 84~88 (1989)
- Inigo, R. M. : Application of Machine Vision to Traffic Monitoring and Control, IEEE Trans. on Vehicular Technology, 38, No. 3, 112~122 (1989)
- 関明伸, 古澤春樹, 谷口博康, 池端重樹: トンネル走行車両の画像計測方式, 計測自動制御学会第8回パターン計測部会研究会資料, 9~13 (1989)

半導体ウェーハの微細パターン検査

中嶋恵治*
阪本雅彦*
小坂宣之*

1. まえがき

半導体デバイスの微細化・高集積化の進展には目覚ましいものがある。半導体デバイスを代表するメモリでは、最小パターン線幅は、16 MDRAMで $0.5\text{ }\mu\text{m}$ 、次世代の64 MDRA Mで $0.3\text{ }\mu\text{m}$ に達する。また、マイクロ波通信機器のキーデバイスであるGaAsFET(電界効果型トランジスタ)のゲート部パターンの線幅は、既にクオータミクロン級に達している。

ウェーハプロセスで発生するパターン欠陥は、デバイスの歩留りに大きく影響するので、製造ラインではウェーハ表面の欠陥検査を各工程で行っている。微細化に伴い、この検査装置には微小な欠陥を検出するための高分解能のほか、深さ方向の状態を解析できる機能が求められている。

表面欠陥検査の代表的な装置は光学顕微鏡であるが、通常、分解能は $0.5\text{ }\mu\text{m}$ 程度であり、検出限界に近づいていると考えられる。

高分解能の計測ツールとしては、走査電子顕微鏡(SEM)が考えられるが、電子ビームによるチャージアップの問題や、真空試料室に入れる必要があるため取扱いやすさに難がある。また、微細な欠陥を光学的に検出する手段として、空間周波数フィルタリングを用いる方式⁽¹⁾があるが、DRAMのメモリ部分など繰り返しパターン部の検査に限定される。

今回、我々は走査型レーザ顕微鏡(以下“レーザ顕微鏡”という。)を適用したパターン検査技術を開発した。特徴としては、次の点が挙げられる。

(1) 通常の光学顕微鏡より高分解能であるレーザ顕微鏡を適用し、さらにレーザビーム径以下のパターンに対しては線幅補正をすることにより、 $0.2\text{ }\mu\text{m}$ 級の微細パターンの線幅計測ができる。

(2) パターンの線幅及びパターンの明るさの両情報をもとに三次元的な欠陥の判定を行うアルゴリズムを開発し、“へこみ”などの縦方向欠陥も検出できる。

(3) 検査速度向上のため、検査箇所の抽出・焦点合わせ、及び測長用のパターンエッジ部認識を含む画像処理部をハードウェア化し、処理の高速化を図っている。

この論文では、まず、面内及び垂直方

向分解能が共に高いというレーザ顕微鏡の特質を利用した三次元的計測方法について述べる。次に、この技術の適用例として、GaAsFETの電極パターンの欠陥検査装置を紹介する。

2. 微細パターン計測方法

この章では、パターンの線幅計測方法、へこみ計測方法及び微細パターン検査への適用について述べる。

2.1 レーザ顕微鏡

計測に用いるレーザ顕微鏡は、レーザスポットを試料上で走査し、その反射光を映像化する顕微鏡である。光学系として共焦点光学方式を使用しており、合焦点面以外の反射光はピンホールによってカットされるため、光学顕微鏡よりも焦点深度が浅く、コントラストの高い、解像度に優れた像が得られる⁽²⁾。図1にレーザ顕微鏡の光路例を示す。レーザ光が、音響光学偏光素子(AO素子)により、水平方向、ガルバノミラーによって垂直方向に走査され、試料からの反射光をCCDラインセンサで受光している。このセンサ信号は、走査に同期してモニタに二次元イメージとして表示される。

2.2 微細パターン寸法計測

微細なラインパターンに対し、レーザ顕微鏡で線幅の欠け、へこみの検査を行う場合を考える。前節で述べたように、レーザ顕微鏡の二つの大きな特徴として、光学顕微鏡よりも高分解能、焦点深度が浅いということが挙げられる。高分解能であるという特徴を用いて、光学顕微鏡よりも微細なパターンの線幅が、焦点深度が浅いという特徴を用いて試料の高さを変化させ、その信号強度が最大となる位置からパターンの高さが計測できる。しかし、クオータミクロン級のパターンに

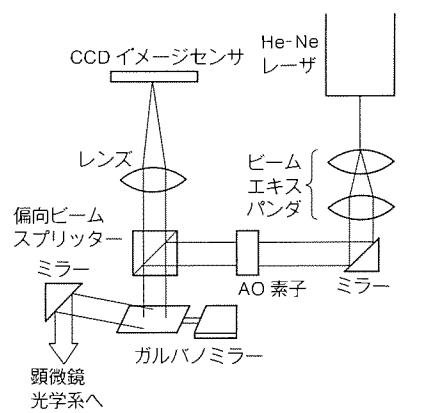


図1. レーザ顕微鏡の光路例(レーザテック社)

1LM11 カタログから抜粋

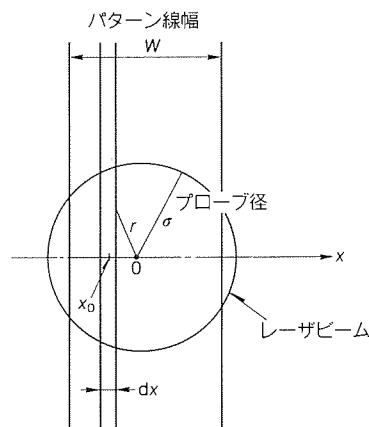


図2. レーザビームによる線幅計測

対し、欠けやへこみの欠陥検査を行うことを考えた場合、次のような問題点が生じる。

- (1) レーザ顕微鏡の分解能は光学顕微鏡に比べ高いが、線幅がレーザビーム径に近づくと、信号強度プロファイルに対しきい値を設定し、その間を線幅とするような方法(しきい値法)で計測すると、実際の線幅よりも大きな計測値を示すことになる。
- (2) パターンのへこみを検査するために試料の高さを変えると、検査時間が長くなる。

これらの問題点を解消し、高精度に欠けやへこみの欠陥を計測する手法について以下に述べる。

2.2.1 線幅計測

はじめに、しきい値法による線幅計測値と実際の線幅の関係を示す。レーザビームがガウスビームで、計測パターンの形状がステップ状であると仮定する。図2に示すような座標系をとると、座標 x_0 で得られる明るさ(信号強度) $I(x_0)$ は次式のようになる⁽³⁾。

$$I(x_0) = 2 \int_{x_0}^{\infty} \frac{r}{\sqrt{(r^2 - x^2)}} \exp(-r^2/2\sigma^2) dr \quad \dots \dots \dots (1)$$

線幅 W のパターンに対し、レーザビームを移動させたとき、各ビーム位置での反射信号強度は、ビーム中心に対してパターンが占める x 座標値での上式で表される信号強度を積分したものとなる。例えば、ビームがパターンの中心にあるとき、信号強度は、

$$I = 4 \int_0^{w/2} \left(\int_x^{\infty} \frac{r}{\sqrt{(r^2 - x^2)}} \exp(-r^2/2\sigma^2) dr \right) dx \quad \dots \dots \dots (2)$$

となる。

このようにして得られるパターン上の信号強度プロファイルから線幅計測値を得る。レーザビームの半値幅が $0.3\mu\text{m}$ 、線幅計測のしきい値が50%のときの、実際の線幅と計測線幅(計算値)の関係を図3(a)に示す。図で分かるように、パターン線幅が小さいとき、実際の線幅よりも大きな計測値が得られる。この図に示された関係をテーブルにもつことによって補正を行う。

ところで、図3(a)では、 $0.3\mu\text{m}$ (レーザビームの半値幅)より実際の線幅が小さくなると、線幅に対する計測線幅の変化率が小さくなり、補正の際、誤差が大きくなる傾向を示している。これは、線幅が0に近づいても、計測線幅は0にならず、ビーム形状で決まる値に近づくためである。一方、信号強度は線幅が0に近づくにつれて小さくなるため、線幅の変化を判定するためには、信号強度をとらえる方が有効と考えられる。

線幅に対するパターン中央の信号強度(明るさ)の関係は、前記の式(2)で求められる。このため、レーザビームの半値幅よりも小さい線幅に対しては、明るさと線幅の関係をテーブルにもつことによって補正する。図3(b)にレーザビーム

の半値幅が $0.3\mu\text{m}$ の場合の関係を示す。

以上の2種類の線幅補正法を半値幅 $0.3\mu\text{m}$ のレーザを用いて比較した(表1)。半値幅より小さい線幅の場合は、明るさによる補正を行った方がばらつきが小さくなり、逆に大きい場合は計測線幅からの補正を行った方がばらつきが小さくなることが検証でき、このような補正法が有効であることが分かった。

2.2.2 へこみ計測

パターンの高さは、レーザ顕微鏡の焦点深度が浅いという特徴、すなわち合焦点面から高さがずれると信号強度が急激に低下することを利用して、通常は試料を高さ方向に移動させ計測している。しかし、リアルタイムでパターンの検査を行うことを考えた場合、高さを各位置で変化させると時間がかかり問題となる。そこで、あらかじめパターンの高さと信号強度の関係を求めておき、これをテーブルにもつことにより、信号強度(パターンの明るさ)から高さを求める。図4にレーザ顕微鏡で実際に計測したパターンの高さと明るさの関係を示す。

2.3 微細パターン検査への適用

図5に示すようなラインパターンの欠けやへこみの検査を例に、前節に示した線幅計測とへこみ計測の適用法について述べる。検査はデジタル画像処理によって行うものとする。

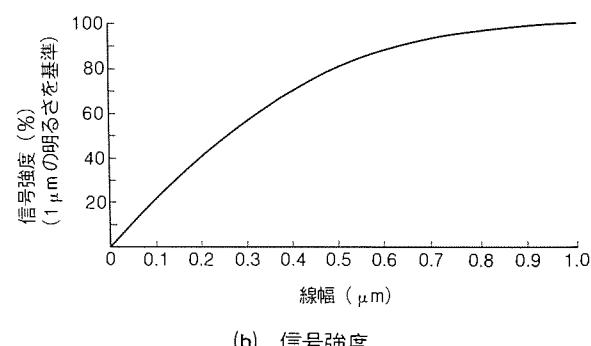
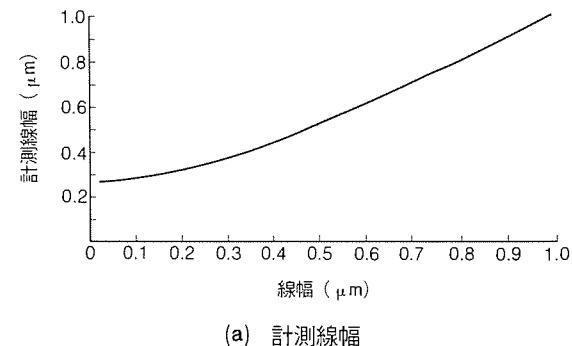


図3. 線幅と計測線幅／信号強度の関係

表1. 計測再現性(3σ)

単位: μm

計測対象	ゲート明るさ値から換算	LM測長値から換算
$\sim 0.3\mu\text{m}$	0.020	0.048
$0.3\mu\text{m} \sim$	0.037	0.019

まず、検査開始時、明るさから線幅、へこみに変換するテーブルは、それぞれ正規化された値になっているため、実際計測されるパターンの明るさ値（信号のAD変換値）に再設定する必要がある。このため、最初に得られる画像に対し、パターンの平均線幅とその線幅に相当するパターンの明るさを求める、これを基に変換テーブルを設定する。

このような前処理後、各画像で線幅計測を行なながら、欠陥を検出していく。以下、線幅計測、へこみ計測、それぞれの運用法について三つの場合に分けて述べる。

- (1) 非常に大きい（ビームの半値幅の3倍以上）線幅に対しては、正しい線幅が計測される。パターンの明るさが正常部より暗くなっている部分はへこみと判断する。
- (2) ビームの半値幅よりも大きく半値幅の3倍以内の線幅に対しては、計測線幅を補正することにより、実際の線幅を計測できる。へこみ量は、得られた線幅に相当する明るさを基準として、これとの違いから算出する。
- (3) ビーム半値幅よりも小さい線幅に対しては、計測線幅の換算精度が悪いため、明るさから線幅値を計測する。このため、へこみとの区別がつかなくなる。現在のところ、検査に適用する場合は、単に欠陥として検出している。さらに、へこみと欠けを区別するには、他の情報を用いて線幅を推定する必要がある。現在、線幅の推定法として、パターン幅・へこみの連続性や測長によって得られる計測線幅等を利用して、

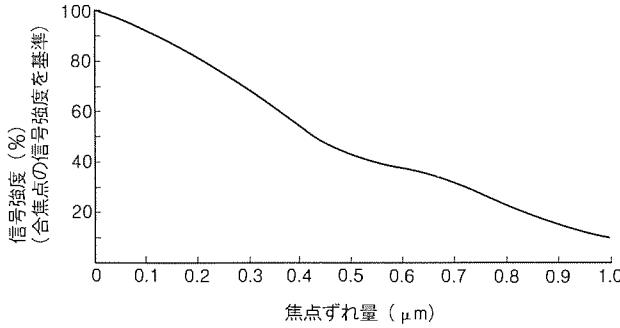


図4. 焦点ずれ量に対する信号強度変化

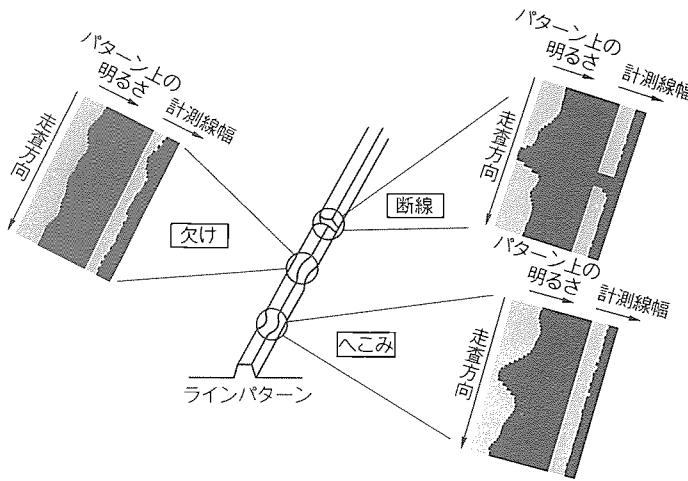


図5. ラインパターンの検査

要因を分離する方法を検討中である。

3. GaAsFET パターン検査装置

前章で述べた計測法をGaAsFETのゲート部パターンの検査に適用し、全自动の検査装置を開発した⁽⁴⁾。GaAsFETは、GaAs基板上のエピタキシャル膜上にソース、ゲート、ドレイン電極が形成され、ゲート電圧によってソース、ドレイン間のチャネル電流を制御するトランジスタである。高速・高周波動作が可能であるが、素子の低雑音化のためには、ゲート線幅を細くすることが有効で、現在、最小のもので約0.2 μmである。図6に各電極パターン上の欠陥例を示す。この章では、パターン検査装置の機能と構成、及び検査処理の概略について述べる。

3.1 装置機能

表2に検査仕様を示す。対象はローノイズタイプのGaAsFETで、2インチ、3インチ両方のウェーハに対応できる。検査項目としては、パターンの線幅、欠け、膨らみ、ゆがみ、へこみ等の欠陥判定評価のほかに、平均ゲート太さ、各電極間寸法等を計測する。検査時間は、200 μmゲート2本で構成されているパターンの場合、1チップ当たり15秒以内である。

カセットツーカセットによるウェーハ単位の全自动検査ができる、全数検査／抜取検査の両方に対応できる。また、前工程で電気テストが行われた場合、不良チップにマークが付加されるが、検査前にこのマークを認識する機能がある。その他、検査済みのウェーハのマップ情報を基に再度観察したいチップをレビューする機能、現物ウェーハを用いてパターンデータを教示する機能などがある。

3.2 装置構成

図7にシステムブロック図を、表3に装置諸元を示す。使用したレーザ顕微鏡は、光源としてHe-Ne(波長633 nm)を用いており、解像力は0.25 μmである。検査視野は、100倍の対物レンズ使用時に約50 μm×40 μmとなる。この場合、画像入力部の分解能は0.07 μm/画素となるが、濃淡画像データとして扱うことで、位置分解能は0.001 μmを実現している。

レーザ顕微鏡の焦点深度が浅い(100倍の対物レンズ使用時に約0.1 μm)ことから、合焦点のためには高精度の位置決めが要求されるので、Z軸は粗Z、精Zの二つのステージで構成した。粗Zステージは、ウェーハアライメント後の長ストロークの焦点合わせに、精Zステージは、検査時の高精度の焦点合わせに、それぞれ使用される。精Zステージは、合焦点を保つために高速性が要求されるので、圧電素子のアクチュエータを使用している。

ウェーハ搬送部は、2インチ/3インチ両ウェーハ共2カセット対応で、試料ステージにローディングする前に自動でオリフラ合わせを行う。試料台は多孔質セラミック製として、

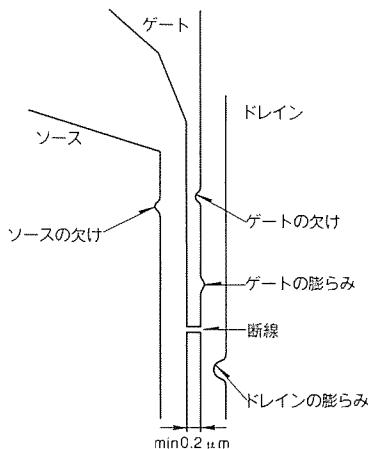


図6. パターン欠陥例

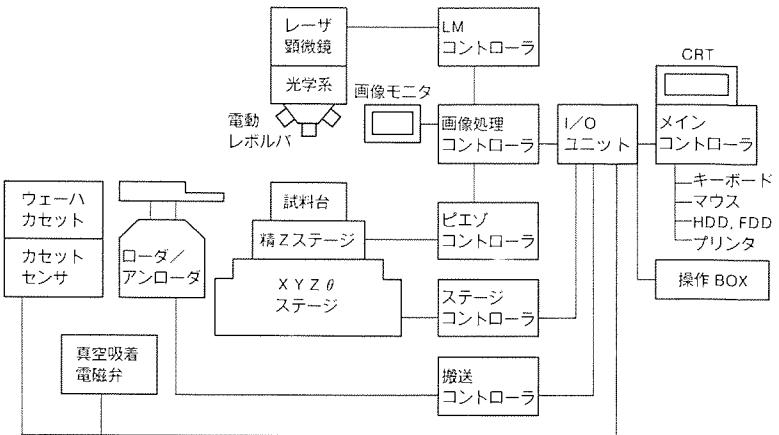


図7. システムブロック図

表2. 検査仕様

検査対象	ローノイズタイプGaAsFET(2インチ, 3インチウェーハ)
検査項目	①ゲートの欠け、膨らみ、ゆがみ、へこみ (ゲート線幅×1/3相当の異常を検出) ②ゲート-ソース、ゲート-ドレイン間の寸法 (0.25 μm以下の場合、不良とする) ③ソース、ドレインの欠け、膨らみ (1 μm以上の異常を検出)
検査時間	約15秒/チップ(200 μmゲート2本の場合)

あらゆる形状のウェーハを真空吸着できるようにした。

図8に装置外観を示す。

3.3 処理の流れ

図9に全自動検査処理の概略を示す。まず、ローダ／アンローダにより、ウェーハをカセットから取り出してオリフラ合せを行った後、試料ステージ上にローディングする。次に、ウェーハの回転角補正と基準位置認識を含むウェーハアライメントを行う。ウェーハアライメントでは、基準位置を決めるためにアライメント用マークを認識するが、画像計測部で投影ハードウェアを利用することによって、高速化を図っている(図10参照)。アライメント後、ステージは第1検査チップへ移動する。視野50 μm×40 μmを単位ショット(一つの画像処理単位)として、ゲート始点部からゲート終点部まで順次オーバーラップさせつつ欠陥検査を行う。画像を取り込んだ後、欠陥判定と次ショットへのステージ移動を並列して行うことにより、処理の高速化を図っている。図9に示したパターンの場合、2本のゲートの検査結果をもとに、チップ全体としてのグレード判定を行う。以下、同様に処理が繰り返され、予定した全チップの検査が終了すると、ウェーハが試料ステージからカセットにアンローディングされる。

次に、画像計測処理の流れを図10に示す。まず、レーザ顕微鏡からの映像信号をAD変換して、フレームメモリに記憶する。AD変換した信号は、同時に線画処理を行うため、エッジ検出処理部に入る。エッジ検出処理部では、処理の高速化のため、エッジ検出と得られたエッジ情報に基づくソ

表3. 検査装置諸元

画像計測部	光源		He-Ne レーザ	
	レーザ	解像力	0.25 μm	対物レンズ
	顕微鏡部		×5, ×10, ×20, ×50, ×100	
	画像処理部	フレームメモリ	760×512×8ビット (0.07 μm/画素)	
試料ステージ	5軸	分解能	X, Y 1.0 μm 粗Z 0.1 μm 精Z 0.02 μm θ 1/1,000°	
ウェーハ搬送部	2カセット装着可	ローダ／アンローダ, オリフラ合せ機		
表示部	レーザ顕微鏡画像モニタ, グラフィックモニタ(CRT), プリンタ			
寸法(mm)	本体部	約2,000(W)×2,200(H)×1,000(D)		
	制御部	約1,100(W)×1,800(H)×700(D)		

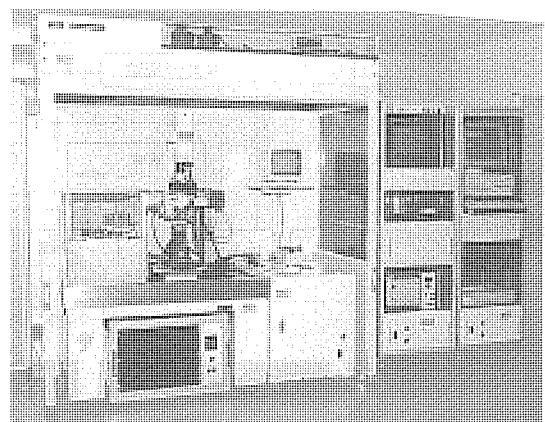


図8. 検査装置外観

ス、ドレインの位置認識をハードウェアで行っている。ソース、ドレインの認識は、あらかじめ教示されたソース、ドレイン間に相当するエッジを抽出することによって行う。この結果をもとにソース、ドレイン間にあるゲートエッジを認識し、さらに前章で述べたように計測線幅値と明るさを使って線幅補正を行いながら、欠陥判定を行っている。

3.4 装置性能

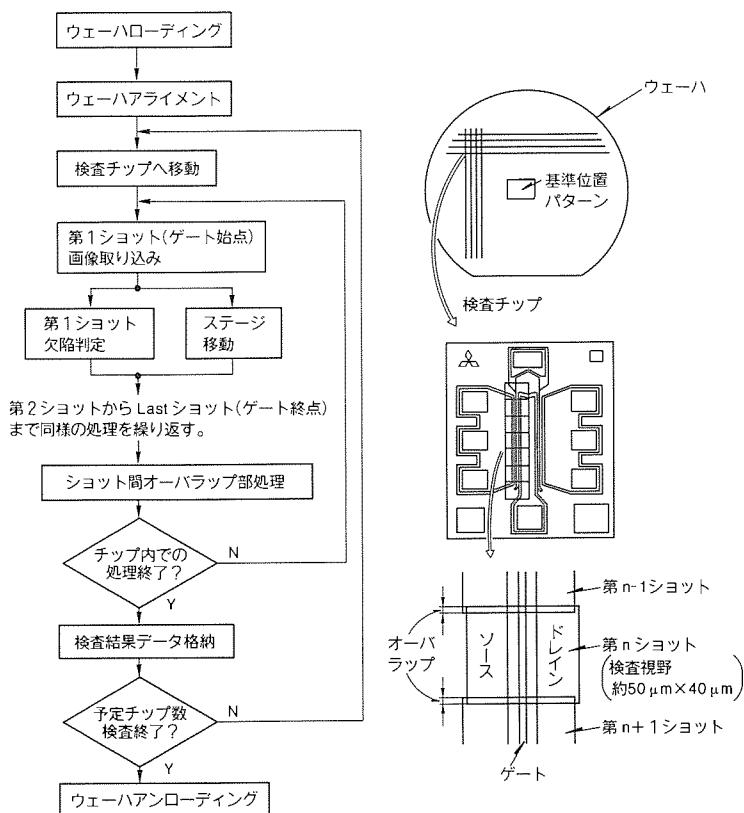


図9. 全自動検査の概略フロー

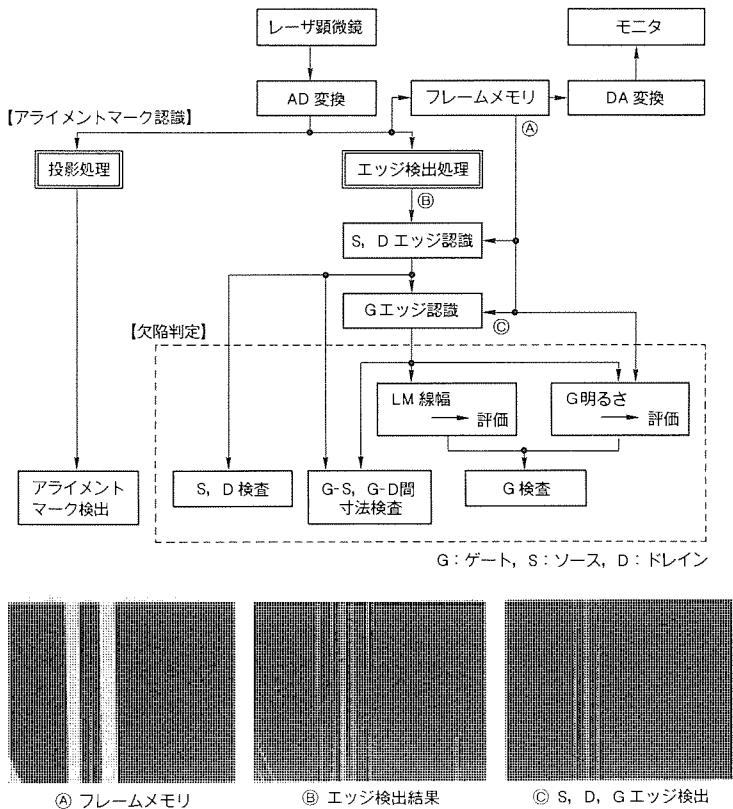


図10. 画像計測処理の流れ

表4. 線幅の計測再現性
単位: μm

測定ポイント	測定結果
1	0.175 ± 0.019
2	0.388 ± 0.019
3	0.537 ± 0.013

表5. へこみ量の計測再現性

測定ポイント	測定結果
1	0.08 ± 0.039
2	0.27 ± 0.068
3	0.35 ± 0.051

検査精度として、パターン欠け部における線幅の計測再現性を表4に、へこみ量の計測再現性を表5に示す。線幅計測時に約±0.02 μm 、へこみ計測時に約±0.07 μm の再現性が得られた。検査時間は、200 μm ゲート2本で構成されているパターンの場合、1チップ当たり約14秒となった。

4. む す び

レーザ顕微鏡の特徴を生かし、微細なパターンの三次元的な欠陥を計測する手法とその適用例として、GaAsFETの電極パターンを全自动で検査する装置について述べた。明るさ情報と線幅情報を同時に処理するアルゴリズムの開発により、深さ方向の欠陥のほか、レーザビーム径以下の微細なパターンの検査が可能となった。線幅計測時に±0.02 μm 、へこみ計測時に±0.07 μm の計測再現性が得られた。今後、更に検査の信頼性を高めるとともに、検査処理の高速化を図っていく予定である。

参 考 文 献

- (1) 田中 均、大重豊実、宮崎陽子、市村英男、友田利正：半導体ウェーハ表面欠陥検査装置、三菱電機技報、64、No. 11、943～948 (1990)
- (2) 大出孝博：レーザ走査顕微鏡の開発、日経サイエンス、20、No. 10、42～53 (1990)
- (3) Harker, K. J. : Use of Scanning Slits for Obtaining the Current Distribution in Electron Beams, Journal of Applied Physics, 28, No. 11, 1354～1357 (1957)
- (4) 阪本雅彦、中嶋恵治、小坂宣之、宮崎陽子、住吉政夫：GaAsFET微細パターン検査装置、システム制御情報学会、第3回インテリジェントFAシンポジウム予稿、35～36 (1991)

クライアント/サーバシステム通信ソフトウェア

—(I) 端末通信管理プログラム編—

田村敏之* 岩田政春* 茂木 浩* 砂田英之*

1. まえがき

近年のパソコンの急速的な高機能化及びNetWare^(注1), LANマネージャー^(注2)等のネットワークOSの登場に伴い, PC-LANと呼ばれるパソコンによるネットワークの導入が進んでいる。従来はスタンドアローン型の利用形態が中心であったパソコンが、このPC-LANで接続されることで、データベース、プリンタ等の資源の共有及び処理の分散を可能にし、クライアント/サーバコンピューティングが本格的に普及しようとしている。

端末通信管理プログラムは、こうしたPC-LANの環境下で、通信サーバ(ゲートウェイ)を介したホストコンピュータとの接続を可能にするとともに、PC-LANとの融合を実現したクライアント/サーバ方式の通信ソフトウェアである。

本稿では、端末通信管理プログラムの機能と特長及び構造を説明した後、クライアント側S/W(ソフトウェア)であるこの製品とゲートウェイ機能をもつサーバ通信管理プログラムを使用したシステム事例を紹介し、今後の課題を述べる。

2. 端末通信管理プログラムの特長と機能

2.1 端末通信管理プログラムの特長

端末通信管理プログラムの主な特長を以下にあげる。

(1) MS-Windows V 3.0^(注3)上で動作

他社に先駆けて日本語3270端末機能をMS-Windows V 3.0上でエミュレートした。これにより、ウインドウアプリケーションであるEXCEL^(注3)のほか、一太郎^(注4)等のDOSアプリケーションと同時に動作することができる。

(2) NetWareとの共存

イーサネット及びトーケンリングLANで、MS-Windows V 3.0上でNetWareと共にすることを日本で初めて可能にした。これにより、ゲートウェイ方式によるIBMホスト接続とPC-LANとの融合を実現し、ホストコンピュータとNetWareファイルサーバ及びプリンタサーバ等の資源を同時に活用することができる。

(3) クライアント/サーバシステムの実現

図1、図2のようなシステム構成を同一LAN上に複数構築することにより、資源の共有及び処理の分散を可能にする大規模なクライアント/サーバシステムを実現することができる。

2.2 端末通信管理プログラムの機能

端末通信管理プログラムで実現している主な機能を以下に示す。

2.2.1 通信サーバ接続機能

イーサネット上でNetWareによって構築されたPC-LAN環境で通信サーバ(サーバ通信管理プログラム)を介し、IBMホストコンピュータとLU(Logical Unit)分割方式によって接続する。端末と通信サーバとは、NETBIOSインターフェースを使用して通信している。

2.2.2 トーケンリング直結接続機能

トーケンリング上でMAXYゲートウェイ5274SR、又はIBM社3174通信制御装置等を介しIBMホストコンピュータとPU(Physical Unit)分割方式によって接続する。ゲートウェイとは、トーケンリングDLC(Data Link Control)インターフェースを使用して通信している。

2.2.3 回線接続機能

ゲートウェイ方式による接続以外にもSDLC(Synchronous Data Link Control), X.25, MELNET-B10^(注5)直結, ISDN(Integrated Services Digital Network)回線でIBMホストと接続できる。

製品は、接続方式によって次の二つがある。

(1) 端末通信管理プログラム(LANPACK)…上記2.2.1項,

2.2.2項の機能をもつ。

(2) 端末通信管理プログラム…上記2.2.3項の機能をもつ。

(注1) NetWareは、米国Novell社の登録商標である。

(注2) LANマネージャーは、米国マイクロソフト社の登録商標である。

(注3) MS-Windows, EXCELは、米国マイクロソフト社の登録商標である。

(注4) 一太郎は、ジャストシステム社の登録商標である。

(注5) MELNET-B10とは、伝送速度10Mbps, CSMA/CD方式のバス形LANである。

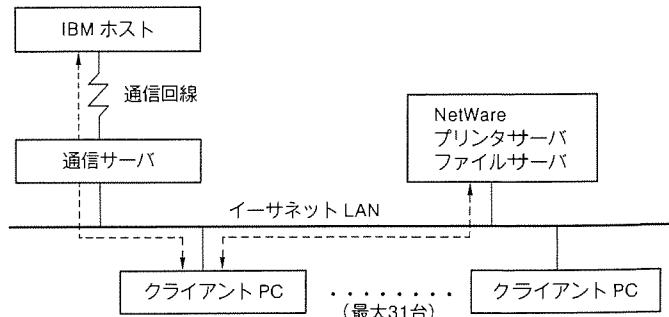


図1. イーサネットゲートウェイ(LU分割)方式

2.2.4 日本語 3270 端末機能

以下に示すとおり、従来の MAXY 端末エミュレータ 5370 JS と同等の機能をサポートしている。

(1) 多重端末制御機能

ホスト計算機との間で、最大四つのディスプレイセッションと、一つのプリンタセッションの合計五つのセッションを使用することができる多重端末制御機能がある。四つのディスプレイセッションは、それぞれに対応したウインドウをもっており、ウインドウ切替操作で自由に使用することができる。

(2) ファイル転送機能

IBM 社日本語 3270 PC 互換のファイル転送機能である。ファイル転送ユーティリティのウインドウ画面から、コマンド又はメニューによるパラメータ指定を行い、ファイル転送を行う。

(3) エミュレータ画面の切り張り機能

MS-Windows のクリップボードへのエミュレータ画面のデータ書き込み、及びクリップボードからのデータの読み込みによって、EXCEL 等の Windows アプリケーションとデータの交換ができる。

(4) アプリケーション間通信機能

ウインドウアプリケーションプログラムがホストアプリケーションプログラムと通信を実行できるように、次のような API (Application Program Interface) 機能を提供する。

- 画面データの読み取り／書き込み
- キーボード入力のシミュレーション
- 構造化フィールドデータの読み取り／書き込み
- システムラインの情報の読み取り

表1に各端末エミュレータの機能比較を示す。

3. 端末通信管理プログラムの構造

端末通信管理プログラムは、MS-Windows V 2.1 上で動作する MAXY 端末エミュレータ 5370JS のプログラム資産を、MS-Windows V 3.0 のエンハンスモードを使用すること

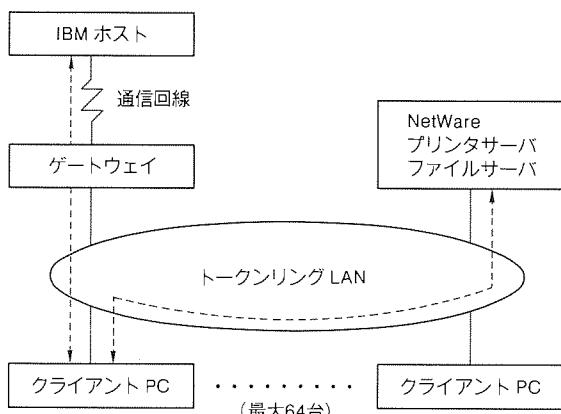


図2. トーケンリングゲートウェイ(PU 分割)方式

により生かしている。

3.1 MAXY 端末エミュレータ 5370 JS の構造

MAXY 端末エミュレータ 5370JS は、グラフィカルユーザーインターフェースに優れ、複数のアプリケーションが同時に実行できる MS-Windows 上で動作する。MS-Windows が使用するメモリ空間を確保するため、エミュレータは、三菱独自のメモリマップ機構を使用している。その機構及びそれを利用するためのドライバ類を三菱端末 OS 環境と呼んでいる。

図3に三菱端末 OS 環境を利用している MAXY 端末エミュレータ 5370JS の構造を示す。

MAXY 端末エミュレータ 5370JS は大きくスケジューラ部、本体部、Windows 側エミュレータモジュールに分けられる。

スケジューラ部は、通信ボードの制御及び Large Map と呼ばれるメモリバンクに存在する本体部と MS-Windows 側のスケジューリングを行っている。スケジューラ部は通常のメモリ空間に常駐しているが、通信制御装置の F/W (ファームウェア) とのインターフェースである 2ポートメモリをアクセスするために Small Map と呼ばれるメモリバンク領域を使用している。

本体部は、通信制御、画面制御及びプリンタ制御を行っており、エミュレータの中核部である。Windows 側エミュレータモジュール群とはエミュレータの API によりイベントの通知を相互に行っている。

Windows 側エミュレータモジュール群は、エミュレータ画面の表示、K/B (キーボード) 入力を制御する DSE (Display Session Emulator) を中心にファイル転送ユーティリティや API ライブラリ等によって構成されている。Windows 側エミュレータモジュール群は、エミュレータの API を用いて本体部から非同期事象の取得、画面データの読み取り／書き込み、K/B 入力シミュレーション等を行うことにより、ホストと通信を行っている。エミュレータの API は、三菱 OS 拡張メモリと呼ばれる領域を API バッファとして使用し、S/W 割り込みを発生させスケジューラに通知し、スケジューラが本体部をスケジュールすることによって処理される。

3.2 端末通信管理プログラムの構造

MS-Windows V 3.0 には、リアルモード、スタンダードモード及び 386 エンハンスモードという 3 種類の動作モードがある。端末通信管理プログラムは次の理由によって 386 エンハンスモードを使用している。

(1) 広大なメモリ空間

386 エンハンスモードは、仮想記憶によって最大 4G バイトのメモリ空間をもつためエミュレータと他のアプリケーションの同時動作が快適に実行できる。また、ネットワーク OS を導入したときのメモリの制約も緩和される。

(2) 仮想 8086 モード

386 エンハンスモードは、仮想 8086 モードによって複数

表1. 端末工ミュレータの機能比較

機能	機種		
		端末通信管理 プログラム	MAXY MS-DOS 5370JS
通信回線	専用回線	○	○
	加入電話回線	○	○
	DDX パケット網	○	○
	ISDN 網	○(Dch パケット網)	○(Dch パケット網)
	MELNET B10(直結)	○	○
画面表示	拡張カラー(7色)	○	○
	81けた目表示	×	×
	拡張強調表示	○	○
	文字表示属性	○	○
	グラフ表示	△	○
プリント	英小文字モード	○	○
	けい印字	○	○
	インサータサポート	○(CSF)	○(CSF)
	PRT-CTL モード	○	○
	ページプリンタサポート	○	○
附加機能	API	○	○
	ファイル転送	○	○
	WS-CTL モード	○	○
	トークンリング接続	○	○
	多重端末制御機能	○	○
その他	編集機能	×	○
	画面の切り張り機能	○	○
	画面の切り出し機能	○	○
	クラスタシステム	○	○
	OA パッケージとの共存	○	○

注 ○: サポート完, ×: サポート予定なし, △: サポート予定あり

の MS-DOS^(注6) アプリケーションが MS-Windows アプリケーションと並行動作が可能である。

三菱端末 OS 環境は MS-Windows V 3.0 そのままでは使用できないので端末通信管理プログラムは、386 エンハンスマードの仮想 8086 モードによる MS-DOS 空間(仮想 8086 マシン)とエミュレータ用の仮想ドライバを作成し、三菱端末 OS 環境を実現した。仮想ドライバは、386 エンハンスマードで H/W(ハードウェア)や OS のサービスを仮想化している。エミュレータが 386 エンハンスマードで動作するので MS-DOS アプリケーションとの並行動作が可能である。図4に端末通信管理プログラムの構造を示す。

仮想ドライバ(V 5370 D)は、メモリバンク機構を使用するときに発生する S/W 割り込みをインタセプトし、あたかも三菱端末 OS 環境が存在しているように動作する。本体部とスケジューラ部は同一の仮想 8086 マシンで動作させるようにし、API バッファは V 5370 D がプロテクトモードのアドレス空間にメモリアロケーションした領域にマッピングされている。通信ボードからの H/W 割り込み及び Windows 側エミュレータ群から発生するエミュレータの API の S/W 割り込みも V 5370 D がインタセプトし、スケジューラ部の存在している仮想 8086 マシンに対し割り込みをシミュレートしている。

(注 6) MS-DOS は、米国マイクロソフト社の登録商標である。

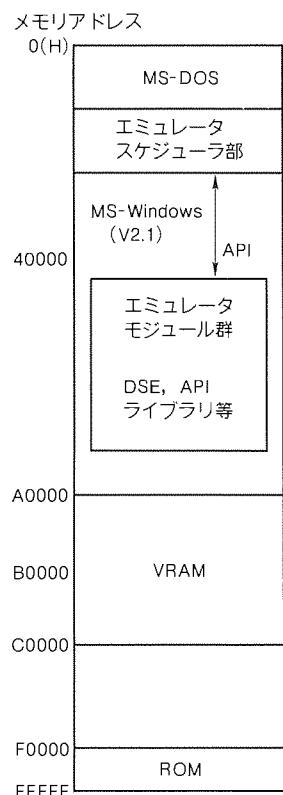


図3. MAXY 端末工ミュレータ5370JSの構造

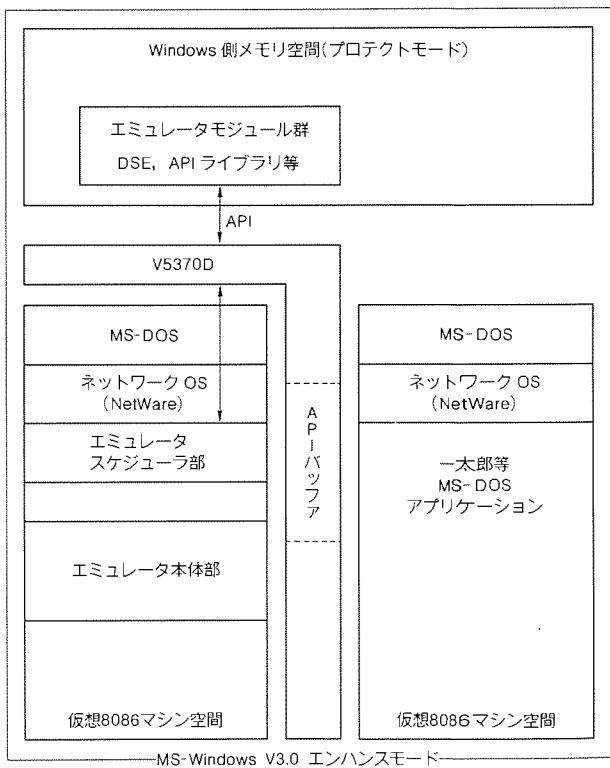


図4. 端末通信管理プログラムの構造

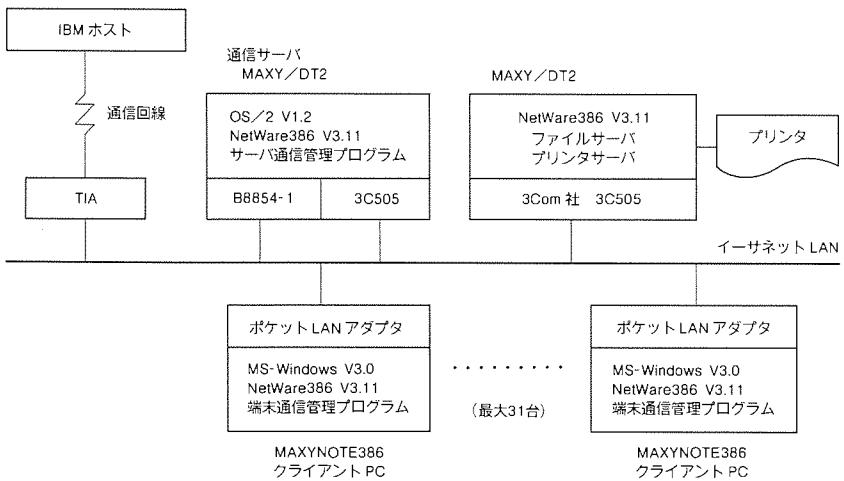


図 5 . システム構成

4. システム事例

端末通信管理プログラムとサーバ通信管理プログラムを使
用し、IBM ホスト接続をイーサネットによる PC-LAN 環境
下で実現したシステムの一例を紹介する。このシステムを構
築する際のユーザーの要求は、既に敷設済みのイーサネット
(MELNET-B 10) を使用し PC-LAN を構築すること、及び
同一 PC-LAN に接続されたマシンでの IBM ホスト接続と D
OS 上アプリケーションとの共存である。

図 5 のようにサーバ通信管理プログラムを TIA^(注7) 経由
の IBM ホストと MELNET-B 10 直結で接続する。それを通
信サーバとし、同一イーサネット LAN 上に最大 31 台のク
ライアント PC を接続し、通信サーバ経由で IBM ホストと
接続する。クライアント PC には MAXYNODE 386 を使用
し、MS-Windows V 3.0、NetWare、端末通信管理プロ
グラムを搭載する。この通信サーバ、クライアント PC に Net
Ware プリンタ／ファイルサーバを加えたシステムを同一
LAN 上に複数設置し、大規模なクライアント／サーバシス
テムを構築する。このシステムは、ホスト印字やエミュレー
タ画面のハードコピーを通信サーバに接続したプリンタ装置
だけでなく、同一 LAN 上の NetWare プリンタサーバへ印
刷することを可能にし、MS-Windows V 3.0 上でエミュレー
タを動作させたまま一太郎等の OA ソフトウェアを実行
し、プリンタサーバへの印刷、ファイルサーバへのアクセス
を可能にするなど、資源の共有、処理の分散を実現したク
ライアント／サーバシステムである。

(注 7) TIA (端末インターフェースアダプタ) とは、X.25 ホストと
MELNET-B 10 接続端末との通信を可能にするためのゲ
ートウェイ機能をもつ装置である。

(注 8) i386SL, i286 は、米国 Intel 社の商標である。

5. 今後の課題

(1) スタンダードモードでの動作

端末通信管理プログラムは、386 エンハ
ンスモードでのみ動作するため i386 SL
^(注8) マイクロプロセッサ以上の CPU を
必要とする。現在、i286^(注8) マイクロプロ
セッサを搭載した MAXY シリーズを使
用しているユーザーが多く、i286 マイク
ロプロセッサでも動作する端末通信管理
プログラムの要求があり、スタンダードモ
ードでも動作可能とする予定である。

(2) 当社ホストとの連係

当社ホストコンピュータとの連係のため
には端末エミュレータ M 4374 機能が必ず(須)である。PC-
LAN との融合の方法等を、今後の端末エミュレータ M 4374
の方向を含めて検討している。

(3) TCP/IP による接続

イーサネット上で現在最も利用されているのは UNIX 系
コンピュータによる TCP/IP プロトコルによる接続である。
端末通信管理プログラムでもゲートウェイを使用せずホスト
コンピュータと接続することが望まれており、tn 3270 等の
TCP/IP 接続機能を開発する予定である。

(4) 分散データベースへの対応

PC-LAN 上でクライアント／サーバ型データベースを構
築して、従来ホストコンピュータで行っていたデータベース
処理を分散処理させるシステムが増加している。PC 上のデ
ータベース処理業務プログラムが端末通信管理プログラムの
API 機能をデータベース言語から呼び出し、ホストコンピ
ュータのデータを取り込むようにすることを検討中である。

6. む す び

端末通信管理プログラムにより、ホストコンピュータとの
オンライン通信の端末機能と PC-LAN のクライアントとし
ての機能を 1 台のパソコン上で融合し、Windows V 3.0 上
での業務の統合を実現した。PC-LAN の普及により、分散
処理に対しての様々な要求が今後更に増加すると思われる。
今後は MAXY シリーズ、apricot シリーズを中心に、他社
PC までも含めたクライアント／サーバコンピューティング
を実現し、ますます多様化するユーザーニーズにこたえてい
く所存である。

クライアント/サーバシステム通信ソフトウェア

—(Ⅱ) サーバ通信管理プログラム編—

田村敏之* 安田秀朗* 岡野信之* 青山尚美* 泉 佑市*

1. まえがき

近年、コンピュータのネットワーク化が進み、パソコンやワークステーションには、様々な機能が要求されている。また、これらのパソコン同志を LAN で接続した PC-LAN と呼ばれるネットワークも広範に普及しつつある。

当社でも、クライアント/サーバコンピュータ apricot シリーズを市場に投入し、ノベル社の NetWare^(注1) やマイクロソフト社の LAN マネージャー^(注2) 等のネットワーク OS を搭載して PC-LAN の市場形成の一翼を担っている。

これらの流れの中で、ホスト主導の端末エミュレータだけでなく、パソコン同志のネットワークまでも統合した新しい通信ソフトウェアの需要が高まりつつある。当社では、PC-LAN 上の通信サーバ用ソフトウェアとして“サーバ通信管理プログラム”(OS/2^(注3) 上で動作) を、クライアント側通信ソフトウェアとして“端末通信管理プログラム”(Windows 3.0 上で動作) をそれぞれ開発した。

本稿では、通信サーバ用ソフトウェアである“サーバ通信管理プログラム”的特長及びその機能、またそのソフトウェア構造について記述し、最後にこの製品によるシステム事例を紹介する。

2. サーバ通信管理プログラムの特長と機能

2.1 サーバ通信管理プログラムの特長

(注1) NetWare は、米国 Novell 社の登録商標。

(注2) LAN マネージャーは、米国マイクロソフト社の登録商標。

(注3) OS/2 は、米国 IBM 社の登録商標。

表1. サーバ通信管理プログラム概要

項目	内 容
機種	MAXY シリーズ apricot シリーズ
オペレーティングシステム	MS OS/2 V1.2
ネットワーク OS	NetWare V3.11
通信媒体	専用線、電話回線 パケット交換回線 MELNET B10
通信プロトコル	SNA (LU6.2を含む) SNA/X.25
機能	①通信サーバ機能 (最大31台のクライアント接続可) ②日本語3270PC エミュレーション ③APPC 機能(verb を提供)

このたび開発したサーバ通信管理プログラムの特長としては次の3点があげられる。

(1) クライアント/サーバシステムの構築

本格的な LAN 時代に対応して PC-LAN 上のクライアント/サーバ型分散システムにおける中核と位置付けられる通信サーバ機能を提供する。通信サーバに“サーバ通信管理プログラム”を、そのクライアントに“端末通信管理プログラム”をそれぞれ導入して水平分散システムを構築する。

(2) マルチベンダー環境の提供

ますます多様化するユーザニーズに対応してホストとの接続性でマルチプロトコル化、マルチホスト化を実現し、マルチベンダー環境としての通信プラットホームを提供する。

(3) 業界標準の採用

動作環境としてオペレーティングシステムにはマルチタス

表2. APPC の機能比較

機能	サーバ通信管理プログラム APPC 機能
通信回線	SDLC IBM トーカンリングネットワーク X.25
会話	マップ式会話 基本的会話
サブプロセス	CNOS TP ^{*1}
verb	マップ式会話 verb 基本的会話 verb CNOS verb
保機 護密	セキュリティ ユーザー ID
セッション限度	30
TP の最大数	30
最小 RU サイズ	256
最大 RU サイズ	16,384
受信ペーリング限度	0~63
同期	確認なし 確認あり

○:サポート、×:検討中

注 *1 CNOS (Change Number of Sessions) TP とは、パラレルセッション時にセッション限度等の管理と制御を行うサービストランザクションプログラムである。この TP が使用する verb を CNOS verb という。

*2 大規模なシステムで機密保護は重要な機能である。今回、他機能のサポートを優先させたが、今後、検討・サポートしていく。

*3 同期確認とは、送信したデータをパートナーが正しく受信したかどうか確認を行う機能である。その確認を行うか、行わないかをユーザーが選択できる。

ク OS である日本語 MS OS/2 V1.2^(注4)を、ネットワーク OS には NetWare を、業界標準のプラットホームとしてそれぞれ採用することで拡張性や可搬性に富んだ柔軟なシステム構築を可能とする。

このように、サーバ通信管理プログラムとは、PC-LAN システムとホスト計算機とを有機的に結合するためのマルチベンダーな通信環境を提供する製品である。表1にサーバ通信管理プログラムの概要を示す。

なお、当社ホストとの連係については5章で記述する。

2.2 サーバ通信管理プログラムの機能

2.2.1 APPC 機能

APPC (Advanced Program to Program Communication) 機能は、プログラム間対等通信を実現するものである。APPC 機能が提供する機能には、次のようなものがある。

(1) 基本的会話^(注5) 及びマップ式会話

APPC 機能では、LU とアプリケーションとのインターフェースを—verb—という形で規定している。verb には、基本的会話 verb とマップ式会話 verb がある。基本的会話 verb のみを使用する会話を基本的会話、マップ式会話 verb のみを使用する会話をマップ式会話という。基本的会話で伝送されるデータは、汎用データ形式と呼ばれる形式になる。一方、マップ式会話では、自由なデータ形式のデータを送受信できるので、アプリケーショントランザクションプログラム^(注6)では、マップ式会話を用いることが多い。

(2) パラレルセッション

APPC 機能では、二つの LU 間の通信で、同時に複数の LU-LU セッションを確立することができる。このようなセッションをパラレルセッションという。当社で開発した APPC 機能では、同時に 30 個のセッションが確立可能である。

当社で開発した APPC 機能は、IBM PS/55 OS/2 拡張版 J1.2 のコミュニケーションマネージャー (CM) が提供する APPC 機能と同等の機能を提供することを目指している。表2に APPC 機能の機能一覧を示す。

2.2.2 3270 端末エミュレーション端末機能

サーバ通信管理プログラムの 3270 端末エミュレーション機能では以下に示す機能を実現している。

(1) 通信サーバ機能

この機能は、LU 分割方式のゲートウェイ (通信のサーバ) として最大 31 台のクライアント PC を接続でき、IBM 社の日本語 3270 PC の小規模クラスタシステムをエミュレートする。この機能での接続は、ネットワーク OS が提供する NETBIOS 機能を使用して実現している。

(2) 端末エミュレーション機能

以下の機能をサポートしている。

- ◎多重端末制御機能
- ◎プログラム式操作員機能
- ◎画面編集機能
- ◎アプリケーション通信機能
- ◎メニュー機能

なお、表3にこの端末エミュレーション機能と IBM PS/55 の CM (Communication Manager) での 3270 端末エミュレーション機能の比較を示すが、エミュレーション機能の面ではほぼ互角の機能を実現している。

3. サーバ通信管理プログラムの構造

3.1 APPC 機能のプログラム構造

サーバ通信管理プログラムで実現される APPC 機能のソフトウェア構造を図1に示す。図で PU 2.1 制御プログラム、

(注4) MS OS/2 は、米国マイクロソフト社の登録商標。

(注5) 会話とは、トランザクションプログラムとトランザクションプログラムの論理的結合をいう。

(注6) トランザクションプログラム (TP) とは、APPC 機能を使用する適用業務プログラムをいう。

表3. 3270 端末エミュレーション機能のエミュレーション比較

機能	機種	サーバ通信管理プログラム 3270機能	IBM PS/55 CM 3270機能
専用回線	○	○	○
加入電話回線	○	○	○
DDX パケット網	○	○	○
ISDN 緩	○(Dch パケット網)	○(Bch 回線交換)	○(Bch 回線交換)
MELNET B10(直結)	○	×	×
拡張カラー(7色)	○	○	○
81けた目表示	×	○	○
拡張強調表示	○	○	○
文字表示属性	○	○	○
グラフ表示	△	○	○
英小文字モード	○	○	○
けい線印字	○	○	○
インサータサポート	○(CSF)	○	○
PRT-CTL モード	○	○	○
ページプリンタサポート	○	○	○
API	○	○	○
ファイル転送	○	○	○
WS-CTL モード	○	○	○
トークンリング接続	△	○	○
多重端末制御機能	○	○	○
画面編集機能	×	×	×
画面の切り張り機能	×	○	○
画面の切り出し機能	×	×	×
クラスタシステム	○	○	○
OA パッケージとの共存	○	○	○

○: サポート完、×: サポート予定なし、△: サポート予定あり

LU 6.2 制御プログラムの二つが通信（プロトコル）の制御を行う APPC 機能の本体部である。このほかに通信機能の定義、起動／終了などを行うための通信マネージャーがある。

PU 2.1 制御プログラムはトーカンリング LAN, X.25, SDLC での各接続により、通信相手との間にリンクと呼ばれる論理的通信路を確立し、下位レベルの対等な接続を実現する。

LU 6.2 はこのリンク上にセッションを確立し、ユーザー TP からの verb に応じて TP 間の対等通信を制御する。このときの TP 間の会話の流れを図 2 に示す。以下はこの説明である。

- (1) TP から会話開始を要求する “ALLOCATE” verb が発行される。
- (2) LU 6.2 制御プログラムはこれに応じ相手との間で “BIND” というコマンドをやり取りし、セッションを確立する。ここで、“BIND” はどちら側から出してもよく、セッションの確立は対等な関係で行われる。
- (3) さらに、LU 6.2 制御プログラムは “ATTACH” というコマンドを送り、相手 TP をリモートに起動する。
- (4) こうして TP 間が接続された後、データの送受信が行われる。

- (5) 必要なデータの送信が終わったら、“DE ALLOCATE” verb が発行され、“UNBIND” コマンドによって不必要的セッションを終了する。

3.2 3270 端末機能のプログラム構造

3270 端末機能でのプログラム構造は図 3 となる。従来の OS/2 端末エミュレータとの大きな違いは、下位層でのネットワーク OS (NOS) サポートである^(注7)。現在はノベル社の NetWare を採用しており、クライアントサーバシステム内の通信サーバとして利用できる。通信サーバ機能では、クライアント PC (最大 31 台まで) とのデータのやりとりは NETBIOS インタフェースを使用しており、第三者ベンダー製品のサポートに柔軟に対応できる。また、広域網接続の手順については、これまでの OS/2 端末エミュレータと同様の手順が可能で、SDLC/X.25/M ELNET B 10 (直結) が使用できる。

つまり、通信サーバ機能は広域網からのホスト計算機のデータを受け取り、NETBIOS インタフェースによってクライアント PC へ渡す、LU 分割方式^(注8) の G/W (ゲートウェイ) 機能を実現している。

4. システム事例

このサーバ通信管理プログラムと、Windows 3.0 上で動作する日本語 3270 エミュレータ、端末通信管理プログラムとを組み合わせたクライアント／サーバシステムの例として図 4 のシステムを挙げる。

このシステムは、ホストコンピュータと通信サーバが通信回線で接続され、通信サーバと OA サーバの下に複数のクライアントが接続される。最大 31 台のクライアントマシンを接続することができ、大規模なクラスタ構成を構築することが可能である。

(注7) 下位層については OS/2 端末エミュレータ基盤整備(三菱電機技報, Vol.64, No. 6, 510~513 (1990)) を参照のこと。

(注8) LU 分割方式とは、ホストからは通信サーバのみが PU として認識され、クライアントはサーバが分配した LU を使用して通信を行う方式。これとは別的方式として、通信サーバと同様にクライアントも PU として認識される PU 分割方式もある。

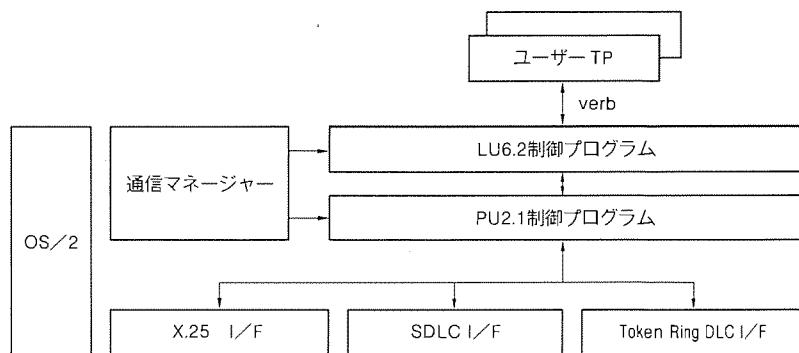


図 1. APPC 機能のソフトウェア構造

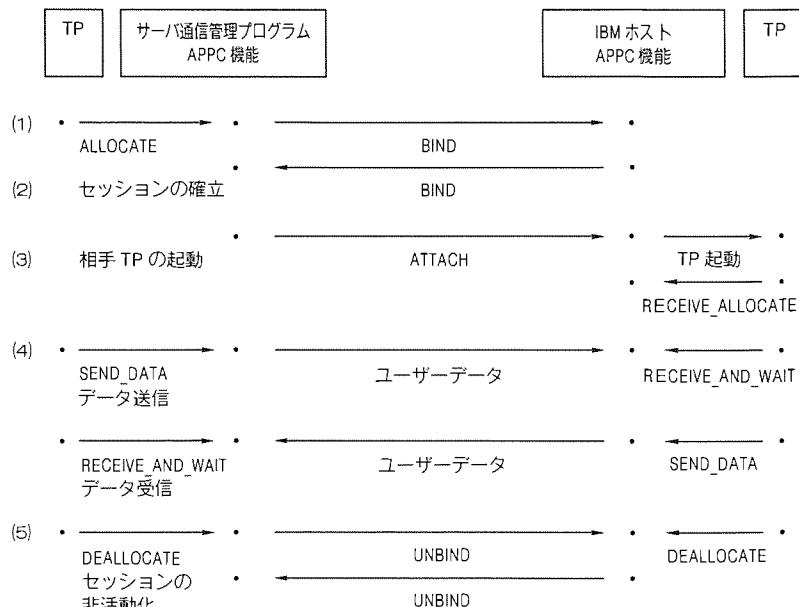
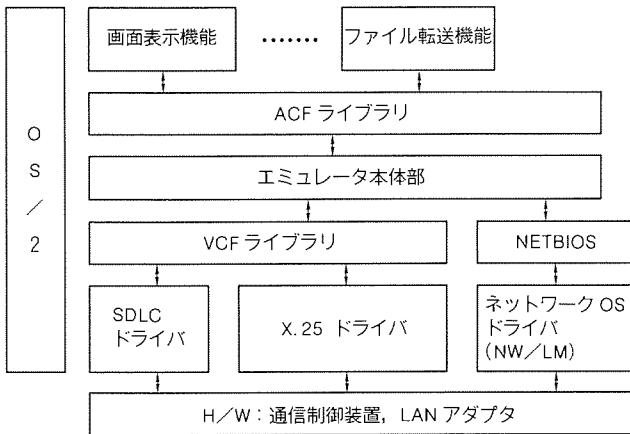


図 2. 会話の流れ



ACF : Application Communication Facility
VCF : Virtual Communication Facility

図3. 3270端末エミュレーション機能のソフトウェア構造

このシステムの特長として、1台のクライアントからオンライン処理によるホストとの通信を行う垂直コミュニケーションと、LANを用いたパソコン同志の通信を行う水平コミュニケーションの両方を活用できる。

また、ホストとのデータ連係が容易に実現でき、ホストから受信したデータをクライアント上のアプリケーションプログラムで加工し、OAサーバへのプリント出力やデータの受渡しが行える。

さらに、ホストインターフェースとしてLU 6.2を用いて、ホスト側のトランザクションプログラムと対等通信を行える。これにより、通信サーバとホストとの間でverbインターフェースを用いたアプリケーションプログラムを構築して、例えば、大容量のファイル転送やホストデータベースへのデータ更新等を行うことができる。

5. 今後の課題

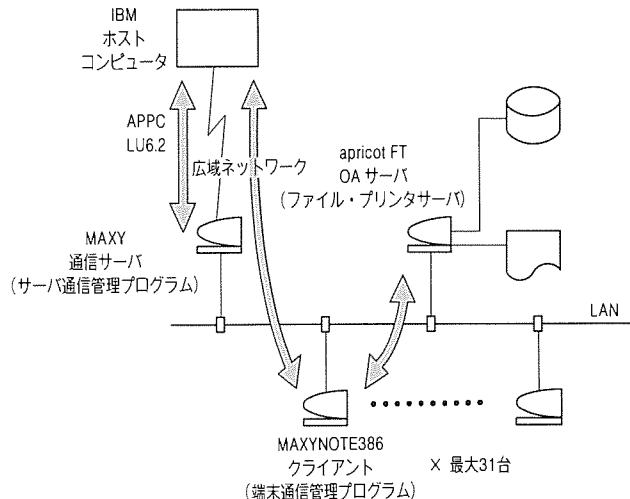
現状は端末エミュレータを発展させて、ネットワークOSと融合させて、通信サーバ機能を構築した段階であるが、今後、プリンタサーバとの結合等、PC-LANサーバとしての通信管理機能を充実させていくことが望まれる。

(1) 接続性の向上

高速・大容量の通信媒体としてISDN網が普及するにつれてホストとの接続性向上のためにISDN網への対応が望まれている。

(2) データベースとの融合

ホストコンピュータに構築する代わりに、PC-LAN上にデータベースを構築して部門サーバとして利用することが多くなっている。これらのデータベースを管理する機能として



注・矢印はデータの流れを表す。

図4. クライアント/サーバ構成

のデータベースマネージャーが必要である。

(3) UNIX^(注9)との共存

サーバOSとして現在OS/2を利用しているが、エンジニアリングワークステーションとの接続性を考慮して、UNIXをサーバOSとして採用している例も少なくはなく、今後の検討課題である。

(4) 当社ホストとの連係

当社ホストとの連係のためには、M4374エミュレータのサポートが必ず(須)である。しかし、現状ではPC-LANとの融合で、業界標準の採用(NetWare等)や第三者ベンダー製品のサポート等、まだまだ課題が多い。今後のM4374エミュレータの方向性も含めて4374エミュレーション機能についても検討している。

6. むすび

パソコン同志を有機的に結合したPC-LANシステムの出現により、企業におけるコンピュータシステムは、ますます分散処理化の傾向を強めている。このようなシステムにとってより広範なネットワークとの接続は、重要な位置を占めている。

今後、マルチベンダー環境に対応するゲートウェイやIBM社が提唱しているAPPc機能など、デファクトスタンダードなネットワークとの接続を実現し、マルチベンダー環境を提供していく。

(注9) UNIXシステムラボラトリーズ社が開発し、ライセンスしている。

三菱新統合 OA システム

居駒哲夫* 持田英男* 有吉一雄* 宮部 潤*

1. まえがき

近年、オフィスにおけるパソコン／ワークステーション（以下“PC／WS”という。）の普及やその高機能・高性能化が急速に進んでいる。また、LAN の導入によって従来スタンダードアロンだったPC／WS をネットワークで接続するユーザーも増えてきている。

このような背景のもと、従来スタンダードアロンのPC／WS やホスト計算機の専用端末で個々に行っていた処理を、優れたユーザーインターフェースをもつPC／WS 上の統一された操作環境で実行したいという要求が高まってきた。また、従来ホスト計算機集中型で構築されていた業務処理の一部をPC／WS に分散し、よりエンドユーザーに近いところで柔軟な業務開発を行えるようにしたいという要求も強まってきた（いわゆるダウンサイジングとエンドユーザーコンピューティング）。

このような環境を実現するのが“統合 OA システム”である。統合 OA システムは、基本的な機能として文書／帳票作成、電子キャビネット、電子メール、サーバデータの検索機能等をもち、統一された操作環境で文書／帳票作成や伝達・保管といったオフィスの一連の業務を実行可能とするシステム、さらにエンドユーザー自身がこれらの業務を作ることのできるシステムということができる。

本稿では、当社の新しい統合 OA システムである“三菱新統合 OA システム”を紹介し、さらにその核となる統合 OA 基本機能とマルチメディア帳票処理機能について、その内容を説明する。

2. 三菱新統合 OA システムのねらい

2.1 システムのねらい

従来の統合 OA システムは、統一された操作環境で各種 OA 機能を実現し、手操作による連係を可能とするものであった。三菱新統合 OA システムはこれを一步進め、電子キャビネット、電子メールと表計算、文章、グラフ、イメージを含む帳票を処理するマルチメディア帳票処理機能を密接に連係させ、これらの機能を自動的に実行させる業務自動化機能を付加することにより、通常の伝票業務に加え、予算計画等の作成・申請・審査・承認等の各種業務に対応することをねらいとしている。

業務自動化機能は、次の二つからなる。

◎帳票作成の自動化を行う“マルチメディア帳票の帳票レイアウト定義とマクロ機能”

◎電子キャビネット、電子メール等とマルチメディア帳票処理機能を連係させた作業の流れを定義する“手続きコマンド機能”

このシステムにおける業務アプリケーションの開発は、マルチメディア帳票処理機能で帳票レイアウト（定型フォーマット）と帳票入力操作の自動化を記述するマクロを作成し、次に全体の作業の流れを記述する手続きコマンドを作成することによって行う。これらは業務開発支援機能により、マクロ言語や手続きコマンドを全く知らないエンドユーザーでも PC／WS のユーザーフレンドリな環境（グラフィカルユーザーインターフェース）で対話的に行えるようになっている。

このように、このシステムは従来の COBOL 等によるアプリケーションプログラム開発に代わる新しい“アプリケーション開発環境”（業務構築環境）を目指したものである。

2.2 システムの概要

三菱新統合 OA システムの全体構成を図1に示す。

(1) PC／WS

日本語 MS OS／2^(注1)（以下“OS／2”という。）を搭載したパソコン（MAXY）又はマルチワークステーション（MWS）である。マルチメディア帳票の作成、電子キャビネットからの取り出し／保管、電子メールの送信／受信、サーバデータ（参照ファイル）の検索、ホスト計算機へのログオン、及びこれらの機能を組み合わせた業務の実行は、すべて PC／WS の統合 OA 環境のもとで行われる。

また、一部の PC／WS には A3 ページプリンタを接続し、同一支店・事務所内の各 PC／WS から共用プリンタとして使用できるようにしている（プリンタサーバ機能）。

(2) サーバ

オフィスコンピュータ“MELCOM 80”である。電子キャビネット、電子メール、検索用サーバデータ（参照ファイル）をもち、PC／WS からの要求に基づき処理を行う（ファイルサーバ機能）。また、ホスト計算機との通信機能をもち、広域メールやファイル転送の処理を行う（通信サーバ機能）。

(3) ホスト計算機

大型汎用計算機であり、ユーザーの全社的な情報を管理するとともに各支店・事業所ごとに配置されたサーバを統括す

(注1) MS OS／2は米国マイクロソフト社の登録商標。

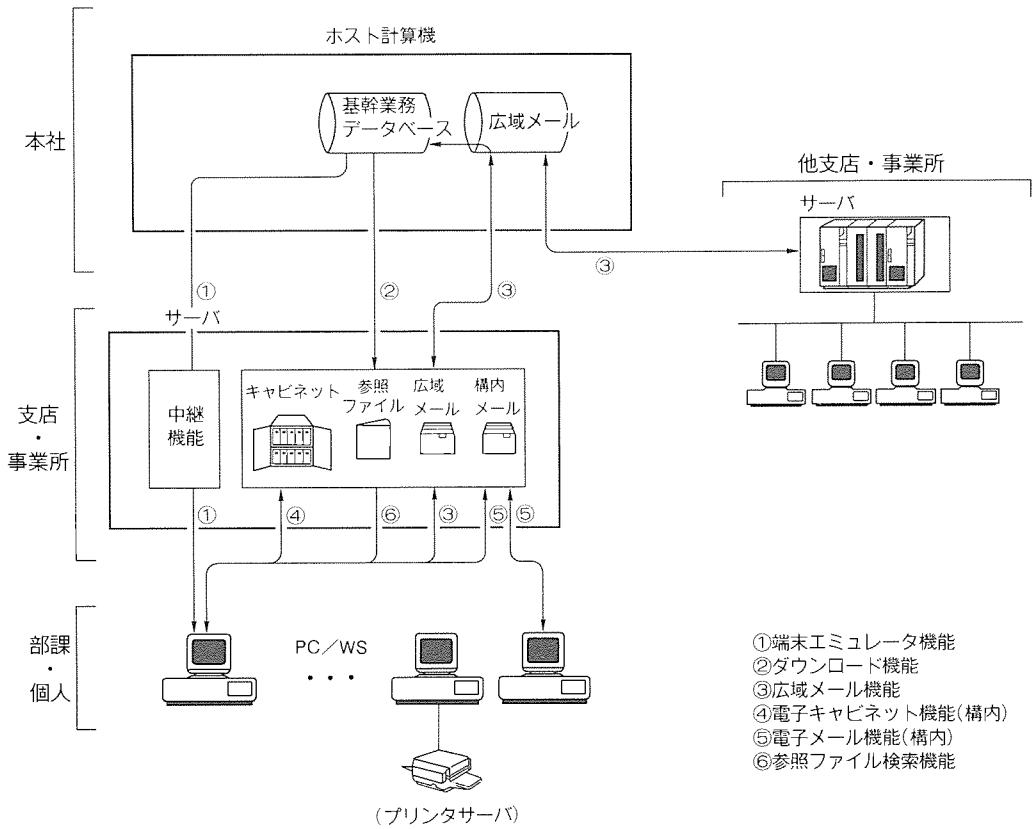


図1. システムの全体構成

る。サーバから送られてくる広域メールにより、基幹業務のデータベースを更新したり、基幹業務のデータベースから抽出した事業所関連のデータをサーバにダウンロードしたりする。また、PC/WSの端末エミュレータ機能とコピー・ペースト操作により、ホスト計算機の基幹業務データベースの検索結果データをPC/WS上の帳票に取り込むことができる。

3. 統合 OA 基本機能

3.1 構成

PC/WS上における統合OA基本機能のプログラム構成を図2に示す。この章では、この中の統合OAマネージャー、電子キャビネット、電子メールの機能について紹介し、最後にこのシステムの大きな特徴である手続きコマンド機能(統合OAマネージャー機能の一つ)について詳しく説明する。

3.2 統合 OA マネージャー

統合OAマネージャーは、各種のOAサービスを統合してユーザーへの窓口となるソフトウェアである。統合OAマネージャーとその上で動作する電子キャビネット、電子メール、帳票処理等のOAサービスは、すべてOS/2のGUI(Graphical User Interface)であるPM(Presentation Manager)の上に構築されており、マルチウインドウ機能/マルチタスク機能により、複数の処理を同時並行に実行すること

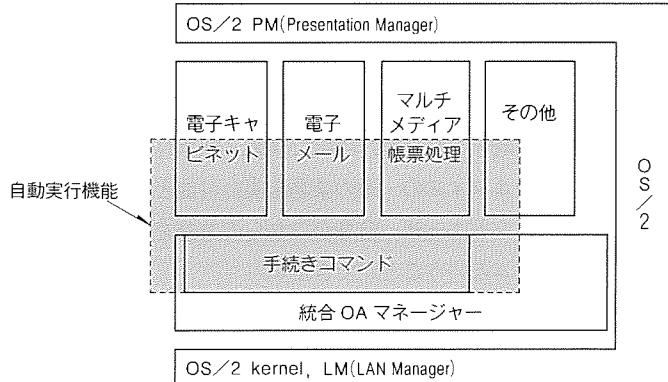


図2. 統合 OA 基本機能のプログラム構成

ができる。

統合OAマネージャーは、主として次の三つの働きをする。

(1) PC/WS上の文書の管理

PC/WSは個人の作業机に相当し、PC/WSのディレクトリ中のファイルは、引き出しにしまわれた文書又は机の上に広げられた文書に相当する。統合OAマネージャーの引き出し機能は、PC/WS上のファイル(文書)をこのような形で表現し、文書の一覧表示や複写/削除等ができるようになっている。引き出しで文書や帳票を選択すると、自動的に処理パッケージが起動され、文書/帳票の内容を見たり編集したりすることができる。また、ファイル(文書/帳票)に

は日本語の文書名やキーワード等の属性を付加することができ、日本語による一覧表示や検索が可能となっている。

(2) 各種OAサービスの実行

電子キャビネット、電子メール、帳票処理、サーバデータ(参照ファイル)検索等の各種OAサービスは、統合OAマネージャーのサービスウインドウから実行することができる。

(3) 業務の自動実行

あらかじめ登録しておいた業務の処理手順(手続きコマンド)を選ぶことにより、電子キャビネット、電子メール、帳票処理等の各種OAサービスを連係させた業務を自動実行することができる。手続きコマンド機能については、3.5節で述べる。

3.3 電子キャビネット

電子キャビネットは、PC/WSで作成した文書や帳票をサーバに効率良く保管するソフトウェアである。電子キャビネットでは、実際のオフィスと同じイメージで、文書をキャビネット/バインダ/文書の3階層で管理する。キャビネットは、会社の組織に従って部門用のキャビネット(部共用、課共用等)や個人用のキャビネットを定義することができ、アクセス権によるきめ細かいセキュリティ管理が可能となっている(図3)。

3.4 電子メール

このシステムの電子メールの特色は、メッセージのやり取りを目的とする一般のメール機能と異なり、実業務の文書送付に対応していることである。文書/表/グラフ/イメージを含んだマルチメディアの帳票をメールで送ることができ、またホスト計算機にメールを送ることによってデータベースを更新することができる。メールには、同一支店・事業所内のPC/WS間で文書送付を行う“構内メール”と、ホスト計算機や他の支店・事業所に文書やデータを送る“広域メール”がある。広域メールは他社製計算機とやりとりを行うため、国際標準であるOSI(開放型システム間相互接続)のMOTIS(Message Oriented Text Interchange System)のプ

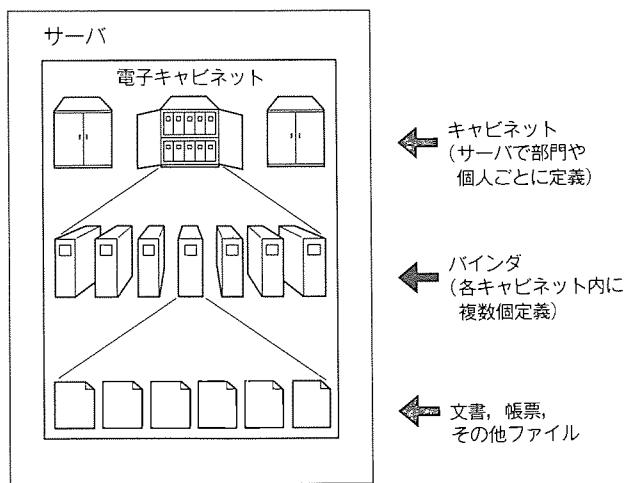


図3. 電子キャビネットの構成

ロトコルに準拠している。

3.5 手続きコマンド機能

3.5.1 特 徴

手続きコマンド機能は、先に述べた統合OAマネージャーの一つの機能である手続きコマンドインターフェースによって実現されている。手続きコマンドインターフェースは、OS/2 PM対応のプログラムであり、一つの手続き実行がウインドウをもつ一つのプロセスとして実行される。また、インタフェース方式をとっているため、手続きコマンドのコンパイル/リンクは不用であり、作成や修正後すぐに実行させることができる。

このシステムの手続きコマンドは次のような特徴をもっている。

- (1) 電子キャビネット、電子メール、マルチメディア帳票処理等に処理を要求するコマンドが用意されている。また、マルチメディア帳票処理については、手続きコマンドからマクロを自動起動することができる。手続きコマンドインターフェースと電子キャビネット、電子メール、マルチメディア帳票処理の各プロセスとのインターフェースは、OS/2のDDE(Dynamic Data Exchange)を使用したプロセス間通信によって実現されている。
- (2) IF, CASE, FOR, WHILE, CALLなど一通りの言語機能をもっている。
- (3) 標準のC言語インターフェースで、アプリケーションプログラムを呼び出すことができる。
- (4) メッセージ表示/入力、ファイル一覧表示/選択など、ウインドウ上で会話をを行うコマンドが用意されている。
- (5) ローカルやグローバルな変数、日付/時刻等の入った変数など、様々な変数や定数が使用できる。

3.5.2 手続きコマンドの作成

手続きコマンドはエディタによって直接作成することもできるが、手続き作成支援ユーティリティにより、ウインドウから対話的に作成できるようになっている(図4)。これによって、エンドユーザーは手続きコマンドの構文を全く知ら

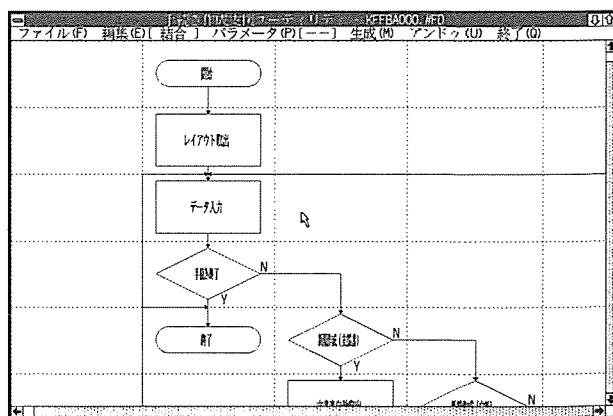


図4. 手続きコマンドの作成例

なくても、手続きの部品を組み合わせていくだけで業務開発ができる。

3.5.3 実行モード

手続きコマンドは、通常はウインドウとのインターフェースをもたずバックグラウンドで実行されるが、3.5.2項(4)述べたようなコマンドを使用することによって必要に応じて手続きからウインドウを表示することができる。

また、電子キャビネット／電子メールに処理を要求するコマンドでは、自動モード、ウインドウモード、半自動モードの3種類の実行モードが用意されている。自動モードのコマンドは、ウインドウ操作なしに指定の文書を指定のキャビネットから取り出したり、指定のあと先にメール送信したりするものであり、ウインドウモードのコマンドは、電子キャビネット／電子メールのウインドウをそのまま表示させ、すべて手操作で行わせるものである。

これに対し半自動モードのコマンドでは、手続きコマンドで指定されていない部分だけ電子キャビネット／電子メールのウインドウを呼び出してユーザーと会話する。例えば、半自動モードのキャビネットコマンドでは、指定された検索条件に合致する文書一覧ウインドウを表示し、取り出したい文書をユーザーに選択させることができる。同様に、半自動モードのメールコマンドでは、送信する文書とあと先のリストをコマンドで指定し、あと先一覧ウインドウからのあと先の選択のみをユーザーに行わせるといったことができる。

4. マルチメディア帳票処理機能

4.1 マルチメディア帳票処理プログラムの特徴

三菱新統合OAシステムの中で文書作成の機能を実現するのが、マルチメディア帳票処理プログラムである。マルチメディア帳票処理プログラムで作成する文書のことを“帳票”と呼ぶ。

マルチメディア帳票処理プログラムは、次のような特徴をもっている。

- (1) あらかじめ決められたフォーマットに従って帳票を作成する（帳票のサイズは1ページ当たり最大A3サイズ）。
- (2) 1枚の帳票に表、文章、ビジネスグラフ、イメージを混在させて表現することができる。
- (3) 既存の帳票の中から必要な部分を参照したり、転記したりして新たな帳票を作成することができる。
- (4) 帳票作成をあらかじめ決められた手順に従って自動的に実行することができる。これは後述のマクロによって実現され、このマクロはマクロ作成支援ユーティリティを使用して容易に作成を行うことができる。
- (5) 三菱標準のファイル(MELファイル)及びSYLKファイルを取り扱うことができるため、ホスト計算機やサーバのデータを活用することができる。

4.2 マルチメディア帳票処理プログラムの機能

前述の特徴を実現するため、マルチメディア帳票処理プログラムでは次のことを行っている。

4.2.1 帳票レイアウトとデータの分離

一般に業務においては、帳票のレイアウトや、帳票中に表がある場合の表中の計算式があらかじめ決められているが、帳票レイアウトとデータを別々に管理することにより、次のことを可能としている。

- (1) 業務設計者が帳票レイアウトを作成し、業務利用者はこのレイアウトに従い、データ入力して目的の帳票を作成することができる。
- (2) 帳票を作成する際に、業務利用者が勝手に又は誤って帳票レイアウトを変更しないように保護できる。

帳票レイアウトでは作成するデータごとに、データの種類、帳票上の位置、帳票上の大きさを指定し、これを“エリア”と呼ぶ。

エリアには表1の6種類があり、図5のように作成する帳票に応じてこれらのエリアを組み合わせて使用する。

帳票レイアウトに従ってデータを入力することにより、帳票を作成することができる。入力したデータは帳票レイアウトとは別のファイルに作成され、これを“帳票データ”と呼ぶ。この帳票データを作成する作業を“帳票処理”と呼び、帳票レイアウト、帳票データと帳票処理の関係は図6のとお

表1. エリアの種類

エリアの種類	機能
固定文字エリア	帳票のタイトル等、実際の帳票を作成する際には変更できない文字データを作成する。
文章エリア	文字データを作成し、いわゆるワープロの機能を実現している。
表計算エリア	表計算機能を実現し、他の表データやMELファイル、SYLKファイルのデータを参照して表データを作成する。
グラフエリア	表計算エリアのデータに従ってグラフデータを作成する。
イメージエリア	イメージスキャナからイメージを取り込んだり、そのイメージを加工してイメージデータを作成する。
バーコードエリア	バーコードの印刷を行う。

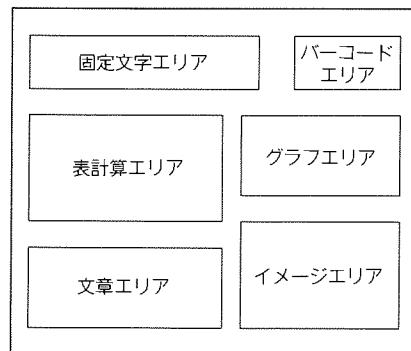


図5. 帳票イメージ

りである。

4.2.2 ページの考え方の導入

定型処理では、データ量が多くA3サイズで帳票数十ページ程度の処理が普通に行われるが、ページ単位に表計算処理を行うという考え方を導入して、以下のように効率良く処理を行うことを可能にしている。

- (1) 表計算の再計算範囲を1ページ内とすることにより、処理性能の向上とメモリ効率を良くしている。
- (2) 紙ベースの帳票と同じ感覚で操作できる。

4.2.3 帳票フォーマットの固定化

表計算エリアでは、行又は列の挿入／削除を行った場合に入力データだけを変更の対象とし、計算式などの属性は挿入／削除の対象にならないようにしている。これにより、次のような利点がある(図7の網かけ部分)。

- (1) 一般的なスプレッドシートで行又は列の挿入を行った場合は、挿入された部分は白紙の状態になり、そのままの状態では合計計算等が正しく行われない場合があるが、定型帳票を扱うマルチメディア帳票処理プログラムの場合は、挿入を行ってもあらかじめ決められた範囲で必ず正しい計算が行われる。
- (2) 一般的なスプレッドシートで行又は列の挿入／削除を行った場合は、挿入されたデータの後ろにある行又は列がそのまま繰り下がったり、繰り上がったりしてレイアウトが変更される場合があるが、定型帳票を扱うマルチメディア帳票処理プログラムでは全体のレイアウトが変わらない。

4.2.4 自動実行のためのマクロ

業務を自動実行させるために、各種のマクロを提供している。帳票を手操作で作成する場合と同様の機能をもった自動実行マクロがあり、帳票ファイルの入出力、表計算、文章編集等の処理を自動的に処理することができる。

4.3 マクロによる自動実行機能

マルチメディア帳票処理プログラムでは、手操作と同様の処理を自動的に実行することができる。自動的に実行させるための処理手順をファイルとして作成し、これを“マクロ”と呼ぶ。マクロは複数の“マクロ命令”によって構成されており、機能によって表2のような種類がある。

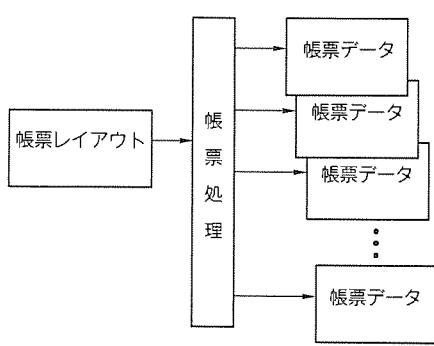


図6. 帳票処理

マクロはエディタによって直接作成することもできるが、マクロ言語を知らないエンドユーザーでもマクロ作成支援ユーティリティによりウインドウから対話的に作成することができる。

4.4 表計算機能

エリアの中で、特徴的な機能をもつ表計算について述べる。帳票レイアウト定義で表計算エリアを設定すると、エリア一つに対して一つの作業領域が設けられる。この作業領域を“カルクシート”と呼ぶ。

カルクシートは、4,095行×255列のマス目から構成されており、このマス目一つを“フィールド”と呼ぶ。各フィールドは図7のように四つの階層から構成されており、この階層を“ステージ”と呼んでいる。

(1) 入力ステージ

フィールドに入力されたデータが格納される。

(2) 式1ステージ、式2ステージ

フィールドに対して設定した式が格納され、入力データのチェックや複数フィールドの合計値や平均値等を求めることができる。

(3) マクロステージ

フィールドに対して指定した表計算マクロが格納され、フィールドにデータが入力されることによってマクロが実行される。

1フィールドがこのように構成されているので、式とマクロを組み合わせることにより、複雑な処理も定義できる。

また表計算では、決められた処理を行うための関数を使用することが可能で、表3のような内蔵関数がある。

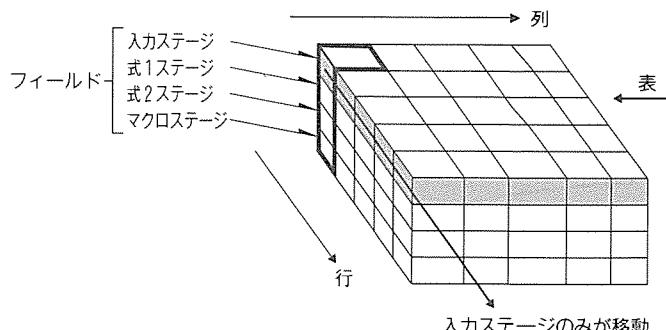


図7. カルクシート

表2. マクロの種類

マクロの種類	機能概要	マクロ数
B1マネージャマクロ	帳票の作成から印刷までを制御する。	29
帳票管理マクロ	帳票の作成・ページ操作・登録・印刷を行う。	24
表計算マクロ	表計算エリアのデータ入力・編集・計算処理を行う。	71
文章編集マクロ	文章データのコピー・カット・ペースト等を行う。	16
外部データ入出力マクロ	MELファイルの入出力と編集を行う。	17

表3. 内蔵関数の種類

関数の種類	機能概要	関数の数
文字列関数	文字列の検索、結合、変換等を行う。また、ASCIIコードやシフトJISコードから文字列への変換等を行う。	30
数学的関数	数値の四捨五入やMOD計算等、数値データを処理し、値を返す。	11
日付・時間関数	文字列の日付又は時間とシリアル値を変換する。	3
論理関数	論理式の演算(AND, OR), 条件式の判断(IF)等、論理式の計算をして論理値を返す。	11
特殊目的関数	フィールドの値の検索や参照、又はMELファイルの参照を行う。	21
統計関数	フィールドの平均値、合計を計算する。	2

帳票1

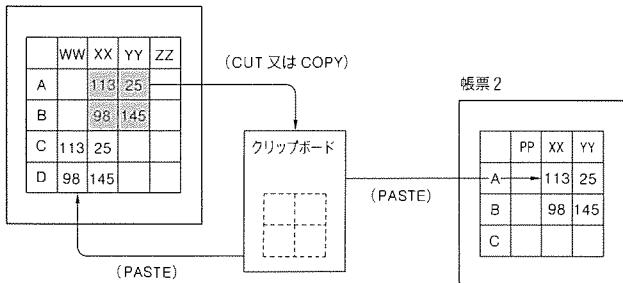


図8. クリップボード経由のデータ転記

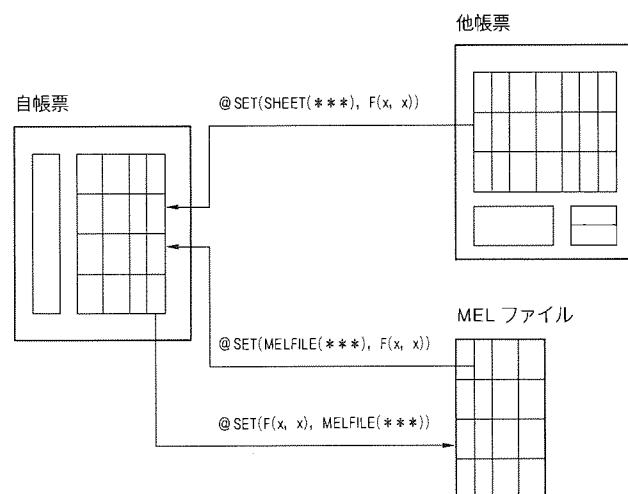


図9. マクロによる転記

4.5 データの参照／転記機能

マルチメディア帳票処理プログラムでは、エリア内やエリア間でデータの参照／転記を行うことができる。エリア間の参照／転記は別々の帳票間でも行うことができ、既存の帳票のデータを利用して新たな帳票を作成することができる。

データ参照／転記の方法には、大きく分けて次の3通りがある。

- ①クリップボード経由のデータ転記
- ②表計算の関数によるデータの参照
- ③マクロによる転記

(1) クリップボード経由のデータ転記

クリップボードを経由して、エリア内、エリア間、帳票間でデータ転記を行うには、図8のようにコピーとペースト(複写)、カットとペースト(移動)を使用する。

(2) 表計算の関数によるデータの参照

表計算には、他の表計算エリアやMELファイルのデータを参照する次のような関数が用意されている。したがって、他の表計算エリアやMELファイルのデータを計算式で使用することができる。

- SHEET()関数：同じ帳票内の他の表計算エリア、又は他の帳票の表計算エリアのフィールドの値を参照する。
- MELFILE()関数：MELファイルのデータを参照する。

(3) マクロによる転記

マクロ命令SET()を使用することによって、図9のようにエリア(帳票内、他の帳票内)やMELファイルのデータ転記を行う。

以上のような仕組みにより、マルチメディア帳票処理プログラムでは、定型帳票を効率良く作成することを可能としている。

5. むすび

三菱新統合OAシステムでは、マルチメディア帳票処理、電子キャビネット、電子メール等を連携して自動実行させることにより、PC/WS上に優れたユーザーインターフェースをもつ業務を構築可能とともに、プログラム言語が不必要なユーザーフレンドリな開発環境を実現した。

このように、このシステムでは当初の大きなねらいを達成することができたが、今後より一層発展させていくためには幾つかの課題が残っている。

- 手続きコマンドやマクロによる業務構築を更に簡易化し、より一層のエンドユーザーインテグレーションを推進する。
- このシステムで実現された“OA処理を連携させて業務を構築する技術及びその開発環境”を、第三者パッケージ中心のオープンな環境にも適用していく。

これらの課題に対して研究及び開発を重ね、より一層ユーザーインターフェースに対応できるシステムを提供していく所存である。

三菱新統合 OA システムを利用した 中部電力(株)納め工事・資材・経理総合システム

大村孝史* 丸山博義** 白石俊介** 伊藤友博***

1. まえがき

これまで、基幹系業務はホスト計算機上で処理され、ユーザーが接するワークステーションはダム端末として使われることがほとんどであった。ところが、近年、ワークステーションの処理能力が高まり、ホスト計算機上で行われていた処理を、ワークステーション上で実行させることができとなり、処理をホスト計算機とワークステーションに分散し、それぞれの計算機の特質を有効に利用した計算機システムが構築されるようになってきた。また、これまでの業務開発は、情報システム部門の担当者が行っていたが、より業務に熟知しているエンドユーザーにゆだねる傾向が出てきた。

このような世の中の流れを受けて、中部電力(株)では、経営情報の早期把握、業務効率の向上を目指す高度情報システムの構築に当たって、“三菱新統合 OA システム”(以下“統合 OA システム”という。)を利用して“工事・資材・経理総合システム”を構築し、平成 3 年 10 月から運用を開始した。

本稿では、工事・資材・経理総合システムの中で、“統合 OA システム”的もつ機能が果たす役割を、業務開発手法、業務処理の自動化手法、さらに完成した業務の実行イメージを通して紹介する。

2. 工事・資材・経理総合システムの概要

このシステムは、工事・資材・経理の各部門で発生する経営情報を部門を横断して一元管理することによって、重複業務の排除を行う。さらに、各部門で必要な情報が、迅速かつ正確につかめるようにし、きめ細かい管理の遂行を可能としたシステムである。各種申請資料、管理資料の作成・審査・承認など、ペーパーレス化を推進し、従来のホスト集中型の情報システムでは困難であった非定型的な事務処理業務の効率化、精度向上、統一された業務処理の実現を目的とする。図 1 に業務関連を示す。

2.1 統合 OA システムの位置付け

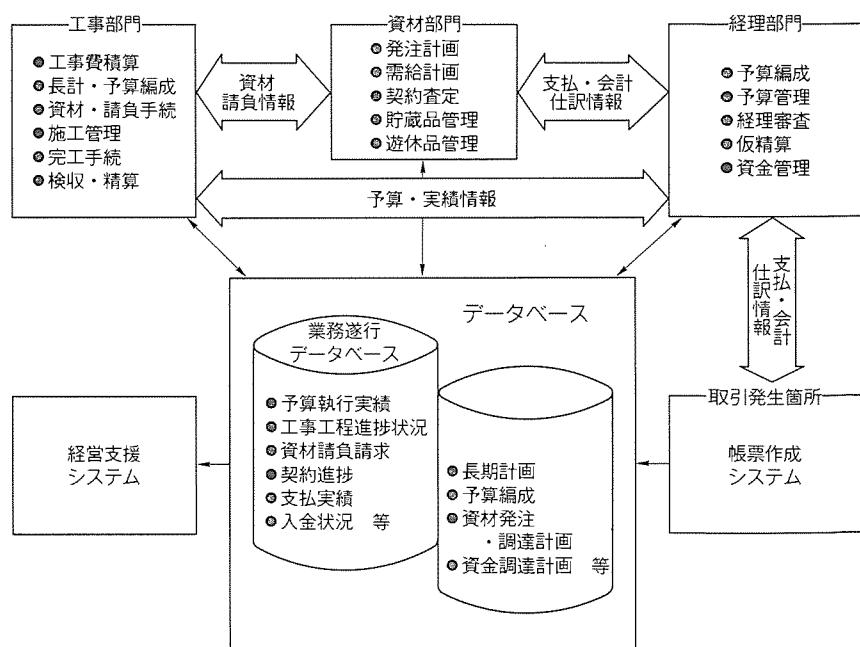
上記ねらいをもつシステムで、中核となるのが統合 OA システムである。ここでは、それが工事・資材・経理総合システムの中で果たす役割を説明する。例えば、工事管理業務では予算編成から精算に至るまで、各種の帳票類が工事・資材・経理部門にまたがって必要である。特に金銭、出納にかかる帳票については、それぞれの目的に応じて、各部門、部署で書き換える必要がある。統合 OA システムでは、情報を計算機内で管理し、各部門で必要な情報が利用できるようにし、ワークステーション上で行われる帳票作成業務の効率化と精度の向上を図ることができる。以下に、主な処理とその実現機能の概略を示す。

(1) 帳票の作成／自動転記

従来各部門、部署で書き換えていた同一項目は、ワークステーション内の帳票間で自動転記される。これによって、同一項目の重複入力を排除でき、他の必要な項目を画面から入力するだけで帳票作成ができる。これは、統合 OA システムのマルチメディア帳票処理機能によって行われる。

(2) ホストデータベースの活用

業務に必要なホストデータは、ホストエミュレータのオンライン機能によって検索可能であり、画面対応での転記操作



注 中部電力(株)「工事・資材・経理総合システムイメージ説明書」資料から抜粋

図 1. 業務関連

や自動転記により、作成中の帳票に取り込むことができる。

(3) 帳票のオンライン転送

作成した帳票は、ワークステーション画面からの指示によってオンライン転送ができる。これは、統合 OA システムの電子メール機能によって実現されている。電子メール機能によって同一事業所サーバに接続されたワークステーション間でのメール送受信や、別の事業所にあるワークステーションとのメール送受信が可能となる。

(4) 帳票の印刷

作成した帳票は、ワークステーション画面からの指示によって各ワークステーションで共用する共用プリンタ(最大 A3 サイズ)で印刷することができる。

2.2 システム構成

各事業所ごとに、事業所ごとのデータを管理するサーバ、実際の業務を行うワークステーション及び共用プリンタとしてのプリンタサーバが設置され、それらは Ethernet (米国ゼロックス社の登録商標) ベースの LAN で結ばれている。部門共通の標準データなどのシステム全体を管理するホスト計算機、他事業所サーバとは、通信網(専用線又はパケット網)を介して、OSI(開放型システム間相互接続)で接続されている。図 2 にシステム構成を示す。

3. 業務構築

ここでは、統合 OA システムを用いた業務構築について説明する。

3.1 統合 OA システムの機能概要

業務を構築するには、統合 OA システムの各機能を組み合わせて行う。図 3 に統合 OA システムの機能概念を示し、主な機能の概要を以下に説明する。

(1) 電子キャビネット機能

帳票(伝票)等のファイルサーバ(キャビネットバインダ)への保管・取出し。

(2) 電子メール機能

帳票(伝票)等の通信サーバ経由ホ

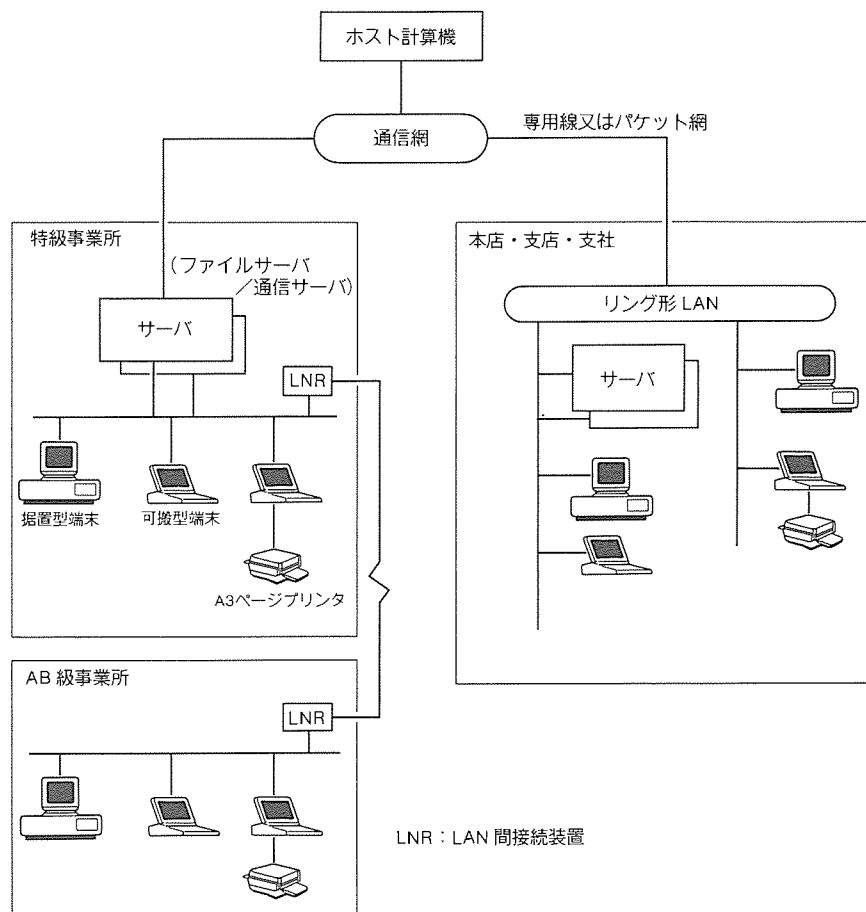


図 2 . システム構成

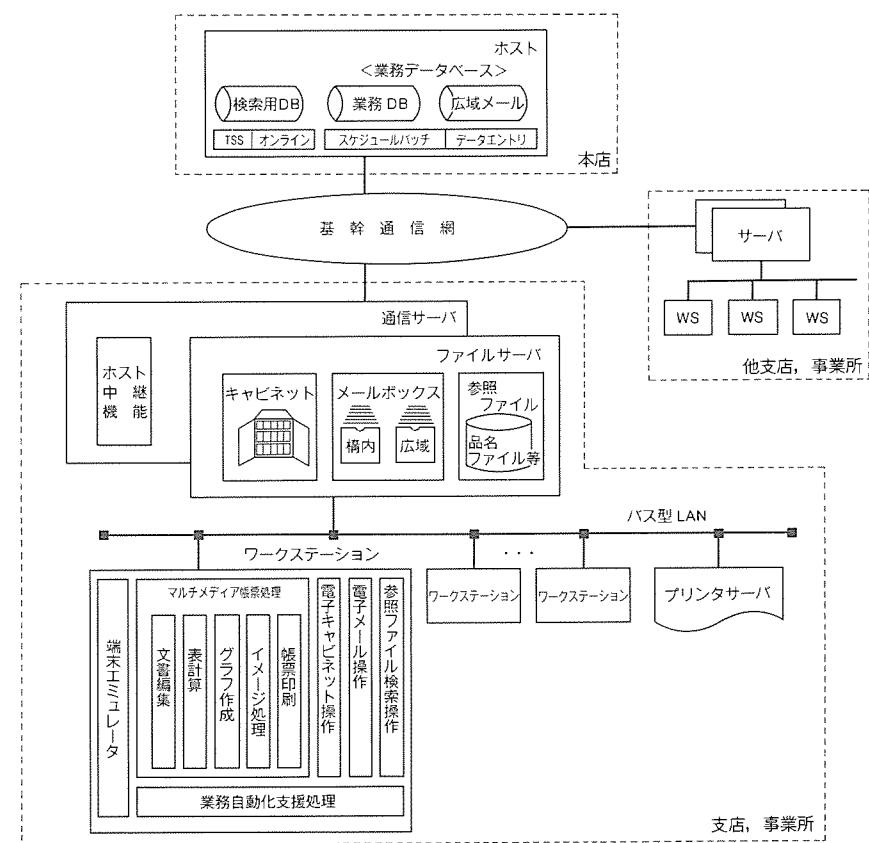


図 3 . 統合 OA システムの機能概念

スト登録／他事業所転送(広域メール)及び事業所内回付(構内メール)。

(3) 参照ファイル検索機能

ファイルサーバにある各種コードテーブル(品名表・箇所表)からの該当データの検索・取出し。

(4) マルチメディア帳票処理機能

文書・表・グラフ・イメージを含む帳票(伝票)の作成／印刷。

(5) 端末エミュレータ機能

ホストとのエミュレータによるオンライン処理。

3.2 統合OAシステムの自動化機能

(プログラミング機能)

業務は、3.1節で説明した機能をユーザーが手操作で連携することで実現できるが、自動化処理言語であらかじめ処理を記述しておくことによって、自動実行することもできる。

自動化処理言語には、作業の流れに関係する手順を記述するための“手続き言語”と、帳票(伝票)作成の効率化(自動化)を行うための“マルチメディア帳票処理マクロ言語”的二つがある。

(1) 手続き言語

帳票(伝票)作成準備(必要なファイルの取り出し)から帳票(伝票)作成、完成帳票(伝票)の保管・メール処理までの作業の流れを記述する。また、端末エミュレータの自動ログオン処理手順の記述も可能である。

(2) マルチメディア帳票処理マクロ言語

他参照帳票(伝票)からの自動転記、入力簡易処理(LOOK UP・メッセージ選択・参照ファイルいもづる転記)、エラー

チェック等の帳票(伝票)の入力操作自動化手順を記述する。

3.3 業務構築設計のパターン化

業務の自動化は、3.2節で説明した自動化処理言語を使うことによって実現可能であるが、製作工数の短縮・品質向上・操作性統一の観点から、工事・資材・経理総合システムの業務構築に当たっては、パターン化の概念を導入して行った。

以下にパターン化に当たっての要点を挙げ、説明する。

(1) 全体

作業の流れに関係する“手続き”処理部分と、帳票作成の効率化(自動化)に関係する“マクロ”処理部分の処理機能分担を明確にし、両者間でのデータ授受を簡略化する。これによって、開発の初期は作業の流れのみを自動化し、帳票作成は手作業で行うというような段階的な開発が可能となる。図4に業務自動化機能の全体を示す。

(2) “手続き”処理部分

業務でよく使用される処理を“基本パターン”として9つ用意し、これを基に作成する。それぞれの“基本パターン”は、処理の最小単位である“手続き部品”から構成されている。

拡張は、“基本パターン”に“手続き部品”を追加して行う。表1に基本パターン一覧を、表2に手続き部品一覧を示す。

(3) “マクロ”処理部分

帳票作成は、初期処理／入力処理／終了処理の三つの実行タイミングに分類することができる。マクロ処理として、業務でよく使用されるパターンを“マクロパターン”として8つ用意し、それぞれのタイミングで使い分ける。これによって、初めは初期／終了処理部分を自動化し、入力処理は手作

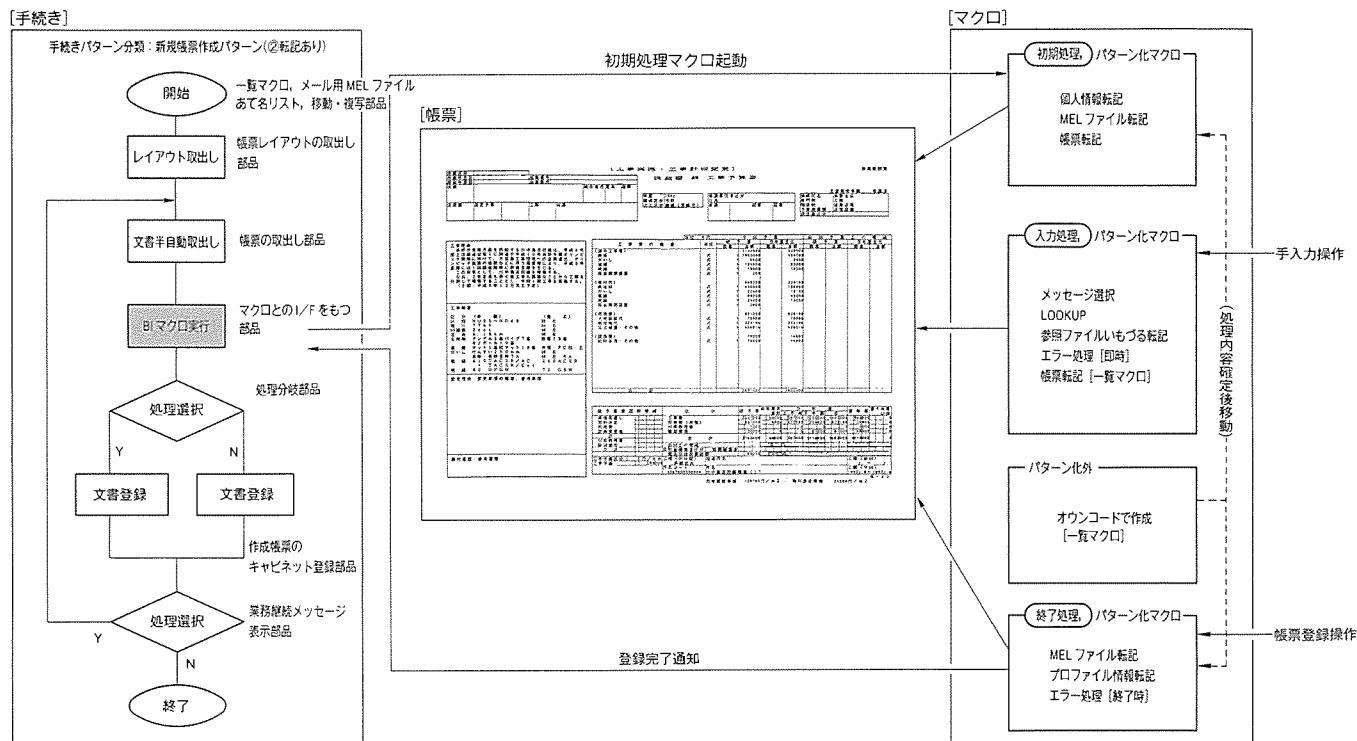


図4. 統合OAシステムの自動化機能の全体

表1. 手続き：基本パターン一覧

パターン種類	帳票作成パターン				メール処理パターン			印刷パターン	自動ログオン
パターン名	①新規転記なし	②新規転記あり	③修正転記なし	④修正転記あり	⑤バッチメール送信	⑥バッチメール受信	⑦ホストエラーメール受信	⑧バッチプリント	⑨F6650自動ログオン
パターンイメージ図									
処理内容	帳票の新規作成を白紙から行う。 参照帳票はない。 登録時完了・仕掛けの分割可能。	参照帳票の半自動取出し可能。 参照帳票から自動転記可能。 登録時完了・仕掛けの分割可能。	処理対象帳票の半自動取出し可能。 参照帳票ではない。 登録時完了・仕掛けの分割可能。	処理対象帳票の半自動取出し可能。 参照帳票の半自動取出し可能。 参照帳票から自動転記可能。 登録時完了・仕掛けの分割可能。	送信帳票取出しからメール送信まで自動バッチ処理。	メール取出しから帳票登録まで自動バッチ処理可能。 (すべて手操作)	ホストエラーメール受信を帳票プロファイル情報で行う。	印刷帳票取出しから印刷まで自動バッチ処理。	F6650自動ログオンを行なうために自動ログオンファイルを起動する。

表2. 手続き：部品一覧

部品分類	部品No.	部品名
メッセージ出力	1	メッセージ出力
	2	データ入力
	3	ファイル複写
W/S内ファイル処理	4	ファイル移動
	5	ファイル削除
	6	ファイル名取出し
キャビネット処理	7	レイアウト取出し
	8	文書登録
	9	文書自動取出し
	10	文書半自動取出し
	11	文書削除
	12	文書登録(上書きなし)
	13	あて名リスト取出し
マルチメディア帳票処理	14	マクロ実行
	15	帳票印刷
メール処理	16	広域メール自動送信
	17	広域メール半自動送信
	18	広域メール自動受信
	19	広域メール半自動受信
	20	広域メール削除
	21	構内メール自動送信
	22	構内メール半自動送信
	23	構内メール自動受信
	24	構内メール半自動受信
	25	構内メール削除
処理分岐	26	処理選択
	27	文字列比較による分岐
	28	ファイル存在比較による分岐
	29	キャビネット内の文書存在チェック
	30	メールボックス内のメール存在チェック
手続き実行	31	手続き実行
	32	端末エミュレータ起動
端子	33	開始
	34	終了

業という段階的な開発が可能となる。

(a) 初期処理…帳票を表示するまでに行なう処理。

参照帳票転記・個人情報転記等

(b) 入力処理…帳票表示中のユーザー手入力時に行なう処理。

LOOKUP・メッセージ選択・参照ファイル

ルいもづる転記・入力即時エラー処理等

(c) 終了処理…帳票登録時に行なう処理。

プロファイル情報転記・未入力チェック等

表3にマクロパターン一覧を示す。

3.4 エンドユーチューコンピューティング

業務構築は、3.3節で説明したパターン化により、効率的に行なうことができるが、統合OAシステムでは、より一層のエンドユーチューコンピューティングを目指し、エンドユーザーが自動化処理言語を知らない構築できる“業務自動化支援ツール”を用意した。

業務自動化支援ツール”には、“手続き作成支援ユーティリティ”と“マクロ作成支援ユーティリティ”的二つがある。

(1) 手続き作成支援ユーティリティ

使用したい手続きパターンに該当するフロー図ファイルを選択し、ユーティリティ上にフロー図を表示する。フロー図が完全でなければ、必要な部品を部品定義ファイルから呼び出して編集する。その後、各部品の必要パラメータを入力し、手続きファイルとして生成する。図5に手続き作成支援ユーティリティの概念を示す。

(2) マクロ作成支援ユーティリティ

使用したいマクロパターンに該当する原型スケルトンファイルを選択し、ユーティリティ上に表示する。その後、必要なパラメータを入力し、マクロファイルとして生成する。図6にマクロ作成支援ユーティリティの概念を示す。

パターン化とこのツールとを使用することで、工事・資材・経理総合システムの業務開発では、自動化処理言語のみを使用した場合に比べて、設計から開発までの作業量を40%程度削減することができた。

4. 業務実行イメージ

以上のような考え方によって構築された業務は、帳票を編集することを基本とし、その前処理、後処理の3段階によっ

て構成される。図7の業務実行イメージ図内に示す番号に従い、業務処理の実行の概要を説明する。

4.1 前処理

業務メニュー画面から処理対象とする業務を選択すると、ワークステーション上に帳票作成に必要な環境が準備される。これは、サーバのキャビネットからワークステーションの電子机に、必要なファイルをダウンロードすることによって実現される。ここで処理の流れを記述すると、以下のようになる。

- ①業務手順(手続きファイル)、帳票作成指示書(マクロ)

表3. マクロ: マクロパターン一覧

実行タイミング		
初期処理 [帳票表示まで]	入力処理 [帳票表示中の手入力時]	終了処理 [帳票登録時]
(4)帳票転記	(1)メッセージ選択	(5)MELファイル転記 ①帳票からMELファイルへの転記
(5)MELファイル転記 ②MELファイルから帳票への転記	(2)LOOKUP (3)参照ファイルいもづる転記	(7)プロファイル情報転記
(6)個人情報転記	(8)エラー処理[入力処理即時] ①文字スペース削除 ②文字有効桁数チェック ③文字有効データチェック ④数値範囲チェック ⑤年月日チェック (9)オウンコーディング	(8)エラー処理[終了処理] ⑥未入力チェック (9)オウンコーディング
(9)オウンコーディング	(9)オウンコーディング	

ファイル)を取り出す。

- ②作成する帳票のフォーマットを取り出す。
- ③業務ごとに定められた物品台帳、コードテーブル等の基準データ類を取り出す。
- ④帳票を作成するために参照する作成済み帳票を取り出す。ここでは、帳票作成の方法に応じて、流用元帳票を任意に選択することができる。

4.2 帳票編集処理

ここでは、作成する帳票に必要なデータを入力していく。入力の方法には、すべてを手で行うやり方、参照する既存データがある場合には、該当する機能を呼び出し、検索後転記するやり方等がある。必要に応じて、業務ごとに定められた集計等の計算処理を起動し、帳票を完成させる。以下に、一般的な帳票編集処理内容について述べる。実際の業務での適用例を図8に示す。

- ⑤ホストデータが必要な場合は、端末エミュレータを使用し、対象データを検索し、ホストからワークステーションの電子机に取り出す。
- ⑥既作成帳票のデータを作成帳票の該当箇所へ自動転記する。COP

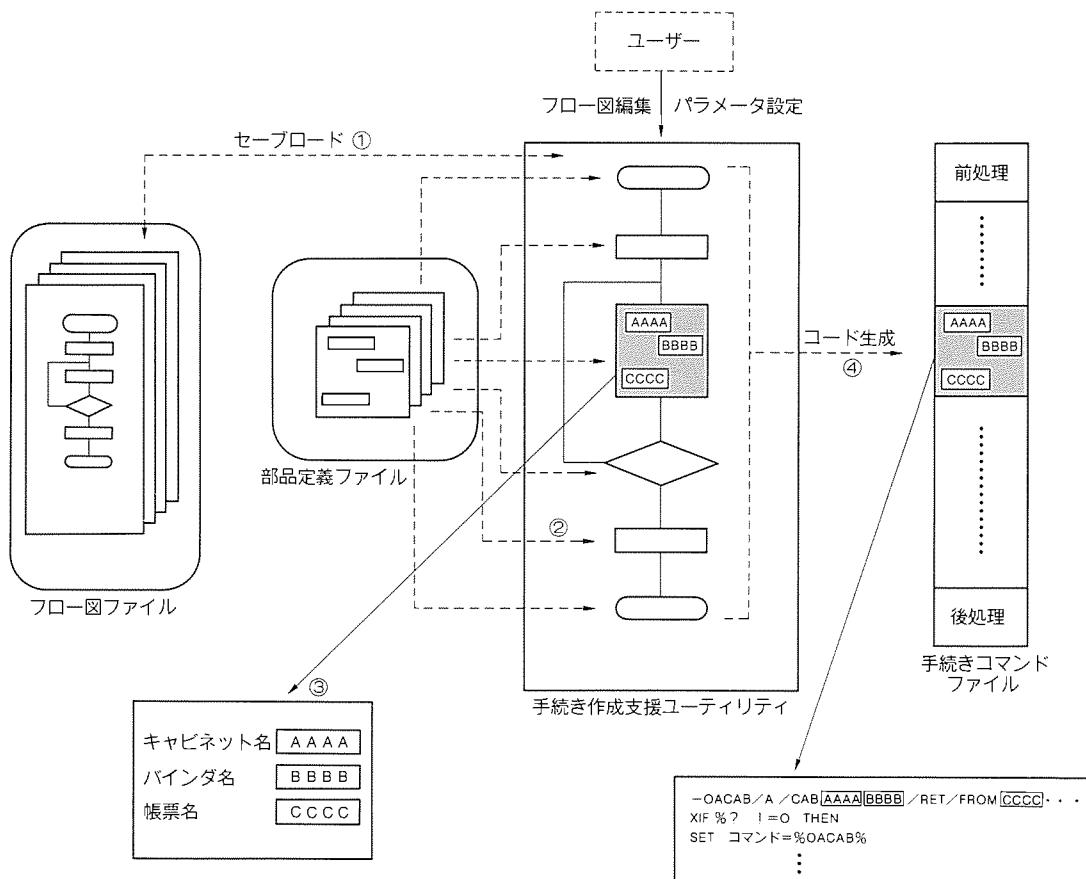


図5. 手続き作成支援ユーティリティの概念

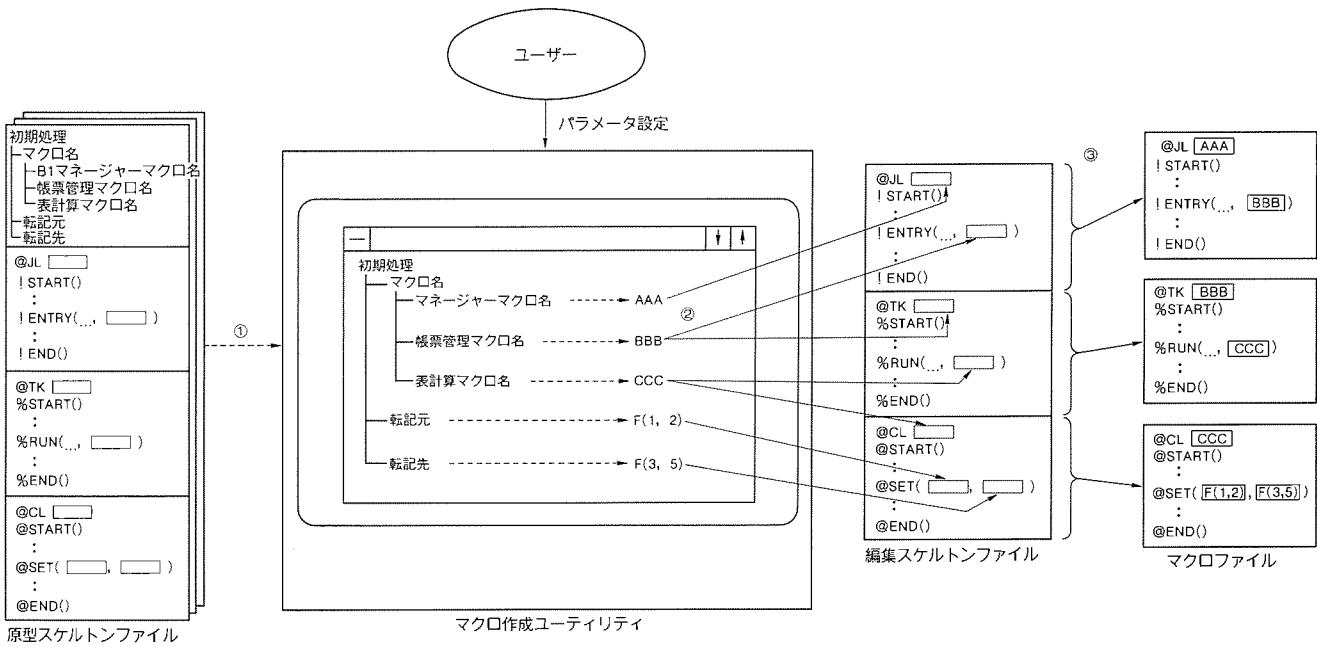


図 6. マクロ作成支援ユーティリティの概念

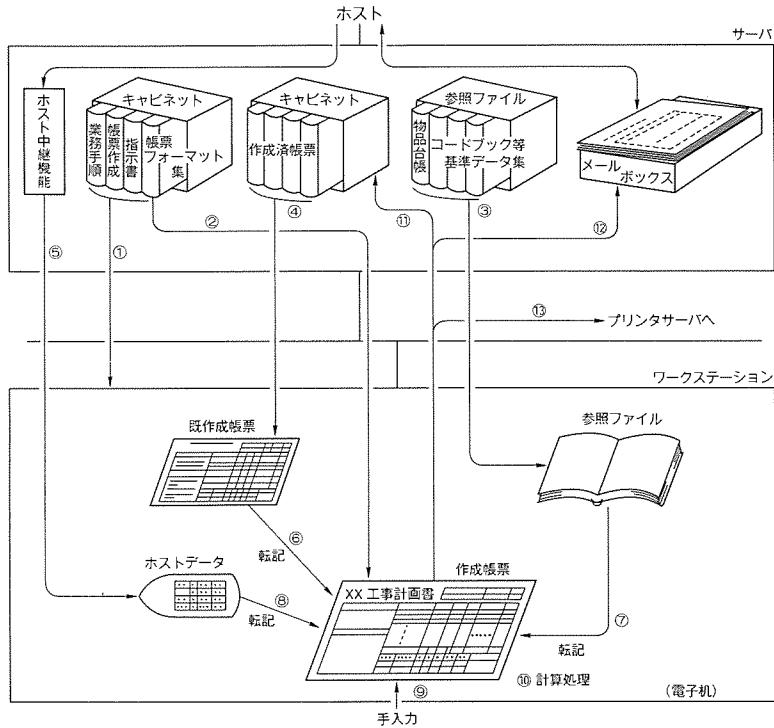


図 7. 業務実行イメージ図

Y & PASTE 操作で転記することもできる。

- ⑦参照ファイルデータの検索後、必要なデータを指定して、作成帳票の該当箇所へ転記する。指定方法には、該当する 1 レコードの複数項目を一括自動転記する（いもづる転記）方法や、該当の複数レコードを一括して自動転記する方法がある。COPY & PASTE 操作で転記することも可能である。図 9 に参照ファイルからのいもづる転記時の画面例を示す。
- ⑧前記⑤で取り出したホストデータを作成帳票の該当箇所へ COPY & PASTE 操作で転記する。

⑨手入力が必要な箇所へは、キーボードを使用してデータを入力する。該当データを選び（メッセージ選択方式による。）、選択入力することもできる。

図 10 に、メッセージ選択による入力／転記処理時の画面例を示す。

⑩データの入力が完了した後、計算処理を実施する。

以上のように、帳票編集時のデータ入力は、非定型に随时、処理機能を呼び出しながら、又は幾つかのまとまった処理を自動実行させることによって、行うことができる。

4.3 後処理

帳票完成後、作成した帳票の印刷／キャビネットへの格納／帳票データのメール送信等を実施し、後かたづけを行う。

⑪作成した帳票をサーバの作成済帳票キャビネットに格納する。

⑫他部門又はホストへ帳票の送付が必要な場合、メールボックスへ作成済みの帳票を登録する。

⑬作成した帳票の印刷が必要な場合、プリンタサーバへ印刷を要請する。

5. むすび

今後ワークステーションの能力はますます高くなり、ダウンサイジングの傾向が強まるものと考える。また、この傾向をより一層押し進めるためには、エンドユーザー自らが業務構築できる道具立ての、より一層の整備／基盤作りが肝心で

図8 帳票上での処理内容例：工事予算編成帳票

図9. いもづる転記を行っている画面例

品名の参照ファイルから該当レコードを検索し、そのデータを
1行取出します。帳票の品名フィールドで起動指示すると抽出
したレコードの複数項目が一括して帳票の該当フィールドに転
記されます。

ある。統合OAシステムを使用した業務システムは動き始めたばかりである。中部電力(株)の運用／保守等を通して、より良いシステムとなるように改良開発を推進する所存である。

F13(3)	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	1	21	3	4	5	6	7	8	9
1	総	予	算	要	因	別	増	減	
2					区				
3	単価見直し		100	工事費					
4	修正決定		-500	用地費(百					
5	用地買入		-500	竹帯修理費					
6	用地買入		-200	除却費用					
7	計画変更地		-5400	合					
8	計		-5400						
9	付帯修理費		-200						
10	除却費用		-5600						
11	合計		-5600	社会保険料金					
12				引損(未建物)					
13	T重車両区分			工種(中分類)					
14				第三者委託費					
15	工事単価		560	件名コード					
16			11716505359						
17									
18	仮工事単価		48千円/km						
19									
20									
21									
22									
23									

単価単価一覧

選択メニュー

C 千円/箇所

メニュー一覧

I 千円/km
A 千円/基
B 千円/径間
C 千円/箇所
D 千円/回数
E 千円/回km
F 千円/回
G 千円/組

当年
期下半期
003: 45500
000: 110
100: 1700
000: 1600

30: 120

元単価設
新規設定単価

実行 次項 前項 取消

図10. メッセージ選択を行っている画面例

帳票の工事単価区分のフィールドで起動指示すると工事単価データーブルの選択メニューが表示される。メニュー一覧を選択し、実行するとコード及び名称が帳票の該当フィールドに転記される。

最後に、統合OAシステムの適用に当たって、御指導、御協力いただいた関係者各位に深く感謝する次第である。

鉄鋼プラントにおける エキスパート技術を用いた操業支援システム

吉田幸彦* 杉谷 穣* 犬島 浩** 島川博光*** 吉川幸司***

1. まえがき

鉄鋼プラントは年々大規模化、高機能化が進んでおり、プラントの操業を制御するPLC(プラントコントローラ)もまたその能力を増強することにより、大部分を自動化している。しかし、その範囲は数式モデルによって記述できるものに限られており、例えば複数のプロセス量が複雑に相互干渉しているようなものについては、PLCでの制御にも限界があるのが現状であり、オペレータの経験に基づく操業が不可欠になっている。すなわち、プラントを運転するには熟練度の高いオペレータが常駐しなければならない。

このような問題の解決手段として、プラントの状態を的確に判断し、最適操業をオペレータにガイダンスする操業支援システムを開発し⁽¹⁾⁽²⁾、実プラントで行った性能試験でもその有効性を確認できたので紹介する。

2. 本エキスパートシステムの特徴

今回開発したエキスパートシステムの特徴として次のようなことが挙げられる。

(1) プロセス量をリアルタイムで収集

制御系にゲートウェイを経由して接続し、プラント内で発生する種々のプラント量をリアルタイムで収集することができる。このため、プラント状態の変化に対して瞬時に最適操業をガイダンスすることができる。また、エキスパートシステム自身がデータの収集を行うため(図1)、PLCに負荷を与えることもない。

(2) プラントの状態遷移認識ルール内にプロセス量の時間的变化を記述することが可能

これまでのエキスパートシステムの多くは、ある時点でのプロセス量について状況認識を行っているのみであり、プロセス量の時間的变化を認識させるには複雑なルールを記述する必要があった。このエキスパートシステムでは、ルール内にプロセス量の時間的变化を直接記述することができる。このプロセス量の時間的变化の記述を遷移パターンと呼び、これと各プロセス量の時間データ(時系列)の間でマッチングをとることで、プラントの状態遷移の認識が可能である。なお、このパターンマッチングは同時に複数のプロセス量を対象とすることもできる。

(3) 複数の推論機能の同時実行により、複雑な推論を実現

一連の推論を行う場合に複数の推論単位に分割し、各々を

独立して実行させた方が効率が良い場合がある。また、ルールの修正を行う場合でも、修正に該当する推論単位のみ変更すればよく、他のルールを変更せずに済む。さらに、ルールを追加する場合でも、推論単位で追加すればそれまで動作しているルールに影響を与えない。このような環境を実現するため、このエキスパートシステムでは推論単位を一つのタスクとして扱い、複数の推論単位を同時に起動する推論分散処理を可能な構造とした。また、これらの独立した推論単位タスク間でデータの送受信を行い、一つの推論機能の結果を他の推論機能の入力として使用するといった協調動作も実現可能である。

3. S/W(ソフトウェア)構成

図2はこのエキスパートシステムのS/W構成である。

3.1 通信モジュール

通信モジュールはエキスパートシステムと外部のインターフェースを行うためのものであり、リアルタイムにプロセス量をプラントから収集しているゲートウェイと接続することにより、プロセス量をプラントから得ることが可能となる。

このエキスパートシステムが起動されると、通信モジュールはゲートウェイに対してプロセス量の送信要求を行う。ゲートウェイがこの送信要求を受信すると定周期にプロセス量をサンプリングし、その結果を通信モジュールに送信する。

3.2 書記モジュール

書記モジュールは、通信モジュールがゲートウェイから受信したデータにタイムスタンプを付加することで、受信したプロセス量データを時間でハンドリングできる形に整理し、時系列データベースを作成する。

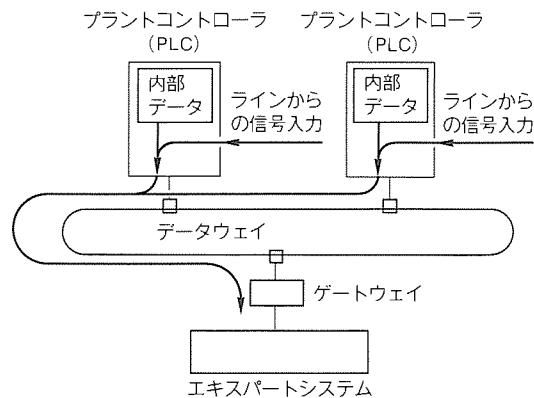


図1. 操業支援システムのハードウェア構成

また、時系列要求メッセージを受信すると、指定された期間のプロセス量の時系列を検索して要求元に返す。この時系列がパターンマッチングを行う対象となる。

3.3 専門家モジュール

専門家モジュールはエキスパートシステムにおける推論エンジンである。各専門家モジュールは推論の知識であるルールをもっている。専門家モジュールは、定期的に書記モジュールに対して時系列を要求するメッセージを送信する。また、書記モジュールからの応答であるプロセス量の時系列を受信すると、この時系列を自分のもつルール内の遷移パターンと比較し、プラントの状態遷移を認識する。受信したプロセス量の時系列が遷移パターンと一致した場合には、専門家モジュールは活性化し、オペレータに対してガイダンスを発することになる。専門家モジュールはエキスパートシステム内に複数個存在することが可能であり、各専門家モジュールは同時に活性化できる。このことにより、推論の分散処理が可能となる。

4. 状態遷移の認識方法

このエキスパートシステムの特徴として、プロセス量の時間的遷移を内部にもつ遷移パターンと比較することでプラントの状態遷移の認識を行えると述べたが、ここではその認識方法について述べる。

4.1 インスタンスと概念

プロセス量には各々変数名が与えられており、この変数を特徴変数と呼ぶ。また、変数の集まりは推論対象の状態を表しており、この変数の集まりをインスタンスと呼ぶ。概念には、特徴変数の型・名前・制限を記述している。制限とは特徴変数の値が属すべき範囲であり、特徴変数が制限外の値をもっているときこの値は破棄される。これは、サンプリング

されたデータの整合性を確保するためである。

4.2 場面と時系列

推論対象は時間の流れの中で様々な状態をとる。時間経過は時間軸によって計算機上に表現できる。期間 p は、時間軸上のある点を基準とした、開始点 t_s と終点 t_e をもつ時間軸上の区間である。すなわち、

$$p = (t_s, t_e)$$

と記述することができる。

場面 s は、期間 p とインスタンス I の組として表すことができ、 p における推論対象の状態の表現である。

$$s = (I, p)$$

場面 s は、期間 p においてインスタンス I が変化しないことを前提としている。場面 s は撮影時刻印付きの写真に例えられる。

時系列は、ある期間 q での推論対象の状態遷移を計算機上に表現する手段である。ここで期間 q は期間 p を複数含んでいるものとする。各期間 p には場面 s_i が対応づけられているとすると時系列 u は

$$u = (s_1, s_2, \dots, s_n)$$

と表現される。時系列 u は、場面という写真の連続であるビデオテープに例えられる。時系列 u の長さはその中の場面 s の個数で示される。

4.3 スケルトン

以上、プロセス量の状態遷移は、上述した場面 s と時系列 u によって表現できることを述べた。

次にスケルトンについて説明する。スケルトンには、概念スケルトンと時系列スケルトンがある。

概念スケルトンは場面 s 内で特徴変数がとるべき値の範囲を不等式による条件で記述される。したがって、この条件を満足するすべての場面 s がこの概念スケルトンに適合することになる。すなわち、概念スケルトンは、場面 s という写真の中からある特徴をもつものを検索するためのものである。

時系列スケルトンはプラントの状態遷移の特徴が、概念スケルトンとその概念スケルトンが満足される期間の組の並びという条件で記述される。したがって、この条件を満足するすべての時系列 u がこの時系列スケルトンに適合することになる。すなわち、時系列スケルトンはサンプリングされた時系列 u というビデオテープの中から各場面 s の特徴とその継続期間を用いて、ある特徴をもつものを検索するためのものである。

4.4 マッチング

このエキスパートシステムでは二通りのマッチングを行っている。

場面マッチングでは時系列スケルトン内にある概念スケルトンと各場面 s に存在するインスタンスを比較する。すなわち、場面マッチングはサンプリングされたインスタンスの中に概念スケルトンの条件を満足するものがあるかを検索する。

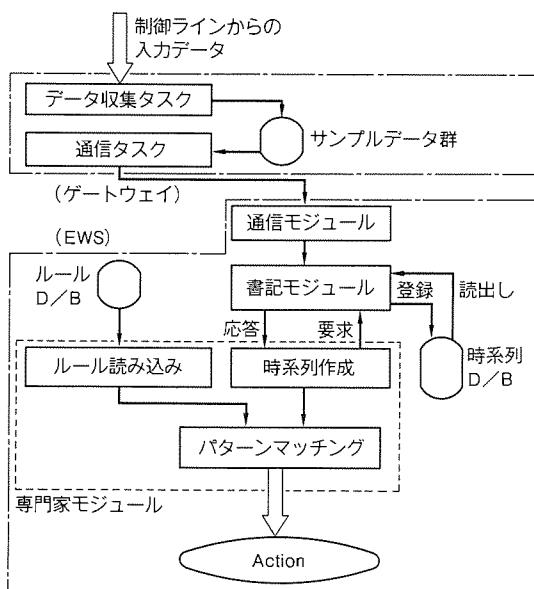


図2. エキスパートシステムのS/W構成

時間軸マッチングでは時系列スケルトンと時系列 μ を比較する。すなわち、時間軸マッチングはサンプリングされた時系列 μ の中に時系列スケルトンの条件を満足するものがあるかを検索する。

5. 応用例

このエキスパートシステムの開発に当たり、その有効性及び性能を実証すべく、某製鉄所の電気めっきコーティングライン (Electric Galvanizing Line : EGL) で、めっき状態を最良にするための操業支援システムとして導入し、フィールド試験を行った。その結果について報告する。

5.1 エキスパートシステムの導入背景

めっき状態を最良にするためには、多くのプロセス量が操作される。表1はそのうちの幾つかのプロセス量について、その設定値を修正してから実績値に反映されるまでにかかる時間と、さらにこれらの変化がめっき状態への効果として現れるまでの時間を示している。プロセス量の設定値を変更してからめっき状態に効果が現れるまでの時間をプロセス量の応答時間と呼ぶことにする。表1から分かるように各プロセス量の応答時間には大きなばらつきがある。

これらの応答時間の異なるプロセス量を扱う場合、操作が難しいのは応答が遅いプロセス量である。それは、設定値を変更してからその効果が現れるまでには応答の早いプロセス量の設定値を何度も修正しているので、応答が遅いプロセス量の影響が思わぬ形で現れることが多いからである。熟練オペレータは応答が遅いプロセス量と応答が早いプロセス量を協調させるルールを経験によって獲得しているが、経験の浅いオペレータはこの経験則をもっていないため製品の品質を下げてしまうことさえある。そこで、熟練オペレータのもつ経験則をエキスパートシステムに埋め込むことにより、経験の浅いオペレータでも熟練オペレータと同じ操作が可能となるように、プロセス量の状態遷移に合わせて適切な操作を指示するガイダンスを表示する形で操業支援を行った。

5.2 熟練オペレータのプロセス量制御とその補完

熟練オペレータに対する知識獲得作業の結果、次のようなルールに基づいて彼らはプロセス量の操作を行っていることが判明した。

- (1) すべてのプロセス量を同等に扱わず、応答時間の早いもの、中程度のもの、遅いものの3グループに区分している。

表1. 各プロセス量の応答時間

plant variable	difference in modification	feedback from modification		coating weight from feedback
		increment	decrement	
current density	any value	several(ms)	several(ms)	several(s)
line speed	any value	several(s)	several(s)	several(s)
pH	0.1	several(min)	several(h)	several(min)
temperature	1°C	several(min)	several decades (min)	several(min)
concentration	0.1mol/L	several(h)	several(h)	several(min)

- (2) 応答時間の早いグループ内のプロセス量は望ましいめっき状態を実現するために用いる。
- (3) それ以外のグループのプロセス量は、応答の早いプロセス量の実績値を補正するために用いている。

注目すべきは(3)である。熟練オペレータはめっき状態が望ましくなるよう応答の早いプロセス量を操作する。しかし、いかなるプロセス量にも設定できる値には限界がある。操作したいときに実績値がこれらの限界値に近ければそのプロセス量は操作できないという事態に陥ってしまう。したがって、適切な時期に応答の遅いプロセス量を操作して、限界に近いプロセス量の実績値を限界から離れる方向へ操作できる状態を作りだし、応答の早いプロセス量を補完しておくのである。このため、熟練オペレータはプロセス量の現在値をモニタしているだけでなく、時間の流れのなかでプロセス量の状態遷移が、ある傾向に合致するかどうか、ある操作から一定の時間が経過したときの期待された効果が現れたかどうかで、補完の機会を得ている。そこで、このエキスパートシステムの時間経過を含めたプロセス量の遷移状態が認識できるルールを導入することで、この補完の機会を判定しガイダンスを行う操業支援システムを構築した。

5.3 専門家モジュールの構成

図3に示すように、操業支援システムには三つの専門家モジュールが存在する。

Coating Control は、めっき状態が望ましくなるように、電流密度やライン速度 (鋼板の流れる速度) のような応答の早いプロセス量の設定のためのガイダンスを発する。

Primary Compensation は、応答時間の中程度のプロセス量の一つを操作するようガイダンスを発生し、応答時間の早いプロセス量の実績値を限界値から離れる方向へ操作できる状態を作り出し、もしそれに成功すれば、応答時間の早いプロセス量の実績を補正するようガイダンスを発する。

Secondary Compensation は、応答時間の遅いプロセス量の一つを操作するようガイダンスを発生し、応答時間の中程度のプロセス量を補完するためのガイダンスを発する。

6. 結 果

実プラントにこの操業支援システムを導入し、実験した結果について述べる。

実験に際して操業支援システムを意識しない (操業支援システムが発したガイダンスは見ない) 熟練オペレータが運転している状態で、操業支援システムが発したガイダンスと実際のオペレータの操作内容を比較することで、発生ガイダンス内容の有効性を検証した。その結果、操業支援システムの三つの専門家モジュールは操業期間中 (約 6 時間) で合計 539 回のガイダンス

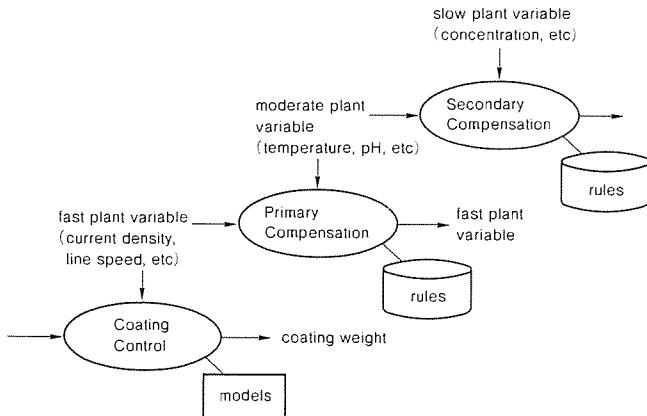


図3. 操業支援システムにおける専門家モジュール

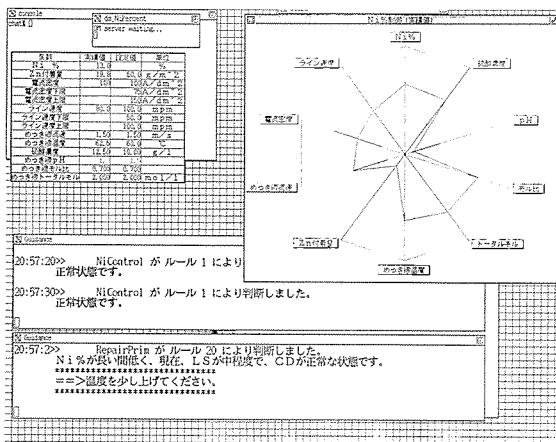


図4. 操業支援システムガイダンス表示画面

を発生した。そのうち、ガイダンスがいずれかのプロセス量の操作を指示したのは39回であった。ガイダンスがいずれかのプロセス量の操作を指示したときにオペレータが異なる操作をした、すなわち誤ったガイダンスは7回あった。また、ガイダンスがプロセス量の操作を指示していないときに、オペレータがいずれかのプロセス量の操作をした、すなわち操業支援システムがオペレータのとるべき操作をガイドできなかったのは4回であった。

よって、オペレータと同じプロセス量操作をガイダンスが指示した率、すなわちガイダンスの正答率は、

$$(39 - 7) / 39 \times 100 = 82.05 (\%)$$

であった。また、すべてのガイダンスに対してそれが誤っていた、すなわちガイダンスマス率は、

$$(7 + 4) / 539 \times 100 = 2.041 (\%)$$

であった。これらの数値はこの操業支援システムの実用性を証明するものである。

また、推論に要した時間については、専門家モジュールが通信モジュールからプロセス量を受け取り推論（マッチング）を行う時間は1/60秒以下、プロセス量の変化がプラント内で発生し、それについてのガイダンスがEWS上の画面に表示されるまでの時間は3秒程度という結果を得た。実際

のガイダンス表示画面を図4に示す。

7. 今後の課題

今回の操業支援システムでは、推論結果によってオペレータに対して操業ガイダンスを画面に表示するまでにとどめたが、将来的にはこのエキスパートシステムの推論部を用いて、プラントの状態を認識し、最適操業を選択、それに合わせて制御信号を発生する操業ロボットにまで発展させたい。そのためには、①プラントに対して制御信号発生が支障なく行えるだけの処理速度を確保する、②エキスパートシステムと既存のプラントコントローラを協調運転させる機構を組み込む、③エキスパートシステムのルール作成用マンマシンインターフェースの充実を図る、等が必要となるであろう。

8. む す び

以上のように今回開発したエキスパートシステムの概要と、これを用いて構築した操業支援システムの実プラントにおける検証結果について述べてきた。今回の開発を通して次のようなことが判明した。

(1) 熟練オペレータはプラントを操業する場合、経験に基づいていることが多い、この経験則をエキスパートシステムに埋め込める形にまで分析し、ルール化するまでに6か月を要した。日常意識せずに使用している熟練オペレータの経験則を分析し、ルールとして記述する機能がエキスパートシステムの導入において不可欠であり、これをどのように実現していくかが重要である。

(2) エキスパートをある問題に特化したものにした場合、ガイダンス表示方法や知識獲得機能は問題に適したものにすることができる。しかし、これではそれ以外の問題について流用することが難しく、推論対象ごとにエキスパートシステムを修正しなければならなくなる。逆に汎用性をもたせれば、システムが複雑化したり、きめの細かな支援が難しくなるといったジレンマがある。

しかしながら、鉄鋼を始め工業プラントでは品質及び歩留りの向上、省力化の実現手段としてエキスパートシステムには注目しており、メーカーに対する期待も大きいものがある。我々もこれまでコントローラの制御だけでは限界のあった分野に積極的にエキスパートシステムを導入することで期待にこたえていく所存である。

参 考 文 献

- Shimakawa, H. : Distributive Watch using Situation Recognition, Proc. of AI Simulation and Planing in High Autonomy System (1990)
- 島川博光、吉川幸司：時系列に関するポリモーフィズムを用いた運転支援システム、日本ソフトウェア科学会第8回大会論文集 (1991)

四国電力(株)讃岐開閉所納め自動巡視ロボット

竹中俊夫* 竹下博志* 森本広海*

1. まえがき

高度情報化社会の進展に伴い、電力の安全供給に対する社会的要請は一層厳しいものになっている。このため、変電機器の高信頼化や各種設備診断装置の開発導入が進められているが、日常の運転状況を現場で確認して事故の未然防止を図ったり、異常発生時に現場の状況を迅速に確認して適切な処置を行うなど、現場巡視業務の重要性も一層高まっている。

このような巡視点検業務は、人の視覚や聴覚による判断を必要とするため、これまで人手によって実施されてきたが、設備の大型化が進むなか、熟練技術者の確保が難しくなってきており、従来の点検精度を確保しつつ保守業務の効率化や安全性の向上を図るため、そのロボット化が期待されていた。

当社では、上記ニーズに対応して高機能センサを搭載した移動ロボットにより、巡視点検業務を自動化する技術の開発を進めてきたが^{(1)～(3)}、このたびその実用機を四国電力(株)の187 kV 讚岐開閉所に納入した。

本稿では、納入した装置の概要について紹介するとともに、今後の適用が期待される外観異常検出のための画像処理技術の開発状況について報告する。

2. システム計画

2.1 ロボット導入のねらい

ロボット導入の目的は、保守員による日常の巡視点検業務を代行すること及び緊急時に巡視支援を行うことにある、対象とする業務は次のとおりである。

(1) 日常巡視代行

定期的に出動して自動的に下記点検を行う。

- (a) 設備・機器の外観的な異常
- (b) 機器及び端子接続部の異常過熱
- (c) かい(碍)子等の絶縁不良に伴う異常コロナ音

(2) 緊急時の巡視支援

異常発生時に現場に急行して異常箇所の特定を行うため下記支援を行う。

- (a) 外観的な異常や火災の有無及び位置の確認
- (b) 地絡等に伴う残留熱や異常発熱の有無及び位置の確認
- (c) 現場での異常音の有無及び位置の確認

なお、この装置は別途導入される設備診断システムと常時インターフェースし、設備診断システム側で異常の発生した回線が特定されれば、その回線まで自動出動するものとした。

2.2 環境条件

ロボットは屋外で使用するものであり、全天候型とする必要がある。ただし、強風(20 m/s以上)及び積雪時には予想できない事態が発生することも考慮しなければならず、現段階では運用しないこととした。

2.3 方式選定

(1) 点検項目と対応センサ

前述の対象業務に対してロボット化を図るために、点検用センサとしてITVカメラ、赤外線カメラ、マイクロホン及び超音波マイクを搭載することとした。開閉所点検における点検項目と対応センサの関係を表1に示す。

(2) 移動方式

開閉機器は幅約40 m、長さ約350 mにわたって回線単位に並んでいるが、投資効率と緊急時のアクセス性の観点から、開閉所全体を外周上から点検する方式とし、全長750 mのU字型ルートとした。

表1. 点検項目と対応センサ

対象機器	検出事象	対応センサと検出レベル		
		ITV	赤外線カメラ	超音波マイク
G C B	碍子の割れ・欠け・汚れ 又は有害飛来物を検出	○	0～100°Cで過熱 又は相間温度差を検出	塩分付着0.1mg/cm ² に 相当するコロナ音を検出
	碍管絶縁不良	○		○
	端子部局部過熱		○	
L S	タンク局部過熱		○	
	碍子部絶縁不良	○		○
	接触部局部過熱		○	
母線	端子部局部過熱		○	
	碍子部絶縁不良	○		○
	端子部局部過熱		○	

移動方式は、走行ルート上から点検対象までの距離が20～40mと長いため、方位精度が得られて工事性やメンテナンス性に優れた地上レール走行方式とした。また、移動速度は緊急時のアクセス時間を10分以内(地絡による残留熱が検出できる時間)とすることを目標とし、ロボットの待機位置をルートの中央付近に置いたとき終端まで400m程度となることから、人的安全性なども考慮して、毎分60m(最大)に設定した。

(3) 給電方式

給電方式は、電源供給のためのケーブルやトロリーなどに伴うメンテナンスの問題を回避するためバッテリ式とし、待機位置で自動充電する方式とした。なお、バッテリ容量は日常巡視終了直後に緊急出動がかかっても対応できるように4時間定格とした。

(4) 通信方式

通信方式は、レールに沿って布設した通信ケーブルと移動ロボット側に設けたアンテナとの誘導結合により、映像信号と各種制御信号を多重伝送する近接結合方式とした。この方式は当社モノレール式⁽¹⁾で実績があり、走行時でも映像が乱れない安定した通信が可能である。

(5) 制御方式

制御方式は、操作パネルからの遠隔制御を応答性の良いシーケンサで行い、運転管理や各種支援機能をコンピュータが受け持ちシーケンサに指令する階層制御方式とした。この方式では、万一コンピュータが故障しても最低限シーケンサによる運用が可能である。なお、コンピュータには設備診断システムとのインターフェース性が良く、マンマシン機能の充実しているエンジニアリングワークステーション(EWS)を使用することとした。

3. 装置概要

上記システム計画に基づき製作した装置の概要を以下に示す。

3.1 システム構成と仕様

システム構成は図1に示すように、巡視ルートに敷設されるレール、点検用センサを搭載して巡視ルートを走行するロボット本体、非出動時にロボットを格納する待機ステーション、ロボットとの通信の中継を行う現場制御盤、オペレータのマンマシン用の監視卓、監視卓からの指令に基づきロボットを制御する中央制御盤から構成される。

この装置のシステム仕様を表2に、制御系の構成を図2に示す。以下、各構成機器の概

要を紹介する。

(1) レール

レールは標準の9kgレールを用い、感電防止のため50mごとに絶縁している。走行ルート上には、自動点検のための停止マークを各回線ごとに設け、高精度位置決めを可能としている。また、2本のレールの間には通信ケーブルを設け、ロボット下部に設けたアンテナとの近接結合によって通信する。

(2) ロボット本体

ロボット本体にはITVカメラ・赤外線カメラ・マイクロホン・超音波マイクの四つのセンサを搭載し、旋回装置によってほぼ全方位の点検を可能とした。カメラの横には600Wの照明を備え、夜間でも40m先の点検が可能である。なお、センサの位置は人間の目の高さを基準として1.5mに設定した。ロボット本体の外観を図3に、外形寸法とセンサの配置を図4に示す。ロボット本体は人の注目を浴びる要素が大き

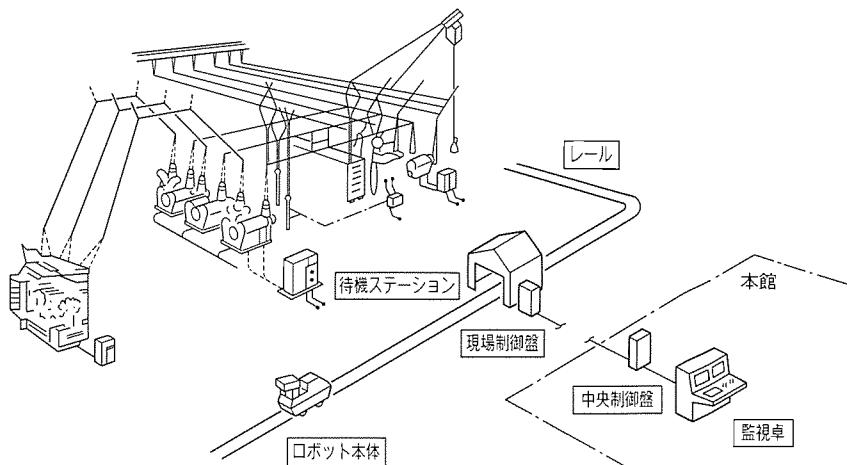


図1. システム構成

表2. システム仕様

移動システム	走行方式	地上レール式
	走行速度	60m/min(最大)
	停止精度	位置±0.5cm、方位±0.1°
搭載センサ	ITVカメラ	10倍ズームレンズ付きCCDカラーカメラ
	赤外線カメラ	電子冷却式
	超音波マイク	共振型セラミックマイク
	可聴音マイク	単一指向性ダイナミックマイク
照明	ハロゲンランプ	(150W×4灯)
	旋回範囲	左右各170°、上70°、下30°
	旋回速度	10°/s(最大)
通信システム	停止精度	±0.3°
	給電システム	バッテリ式(4時間定格)
	通信システム	近接結合式(移動ロボット～現場制御盤間) 光ファイバ式(現場制御盤～中央制御盤間)
運転モード	手動運転	(1)ジョイスティック操作 (2)コンピュータ支援モード
	自動運転	(1)定期巡視 (2)緊急出動

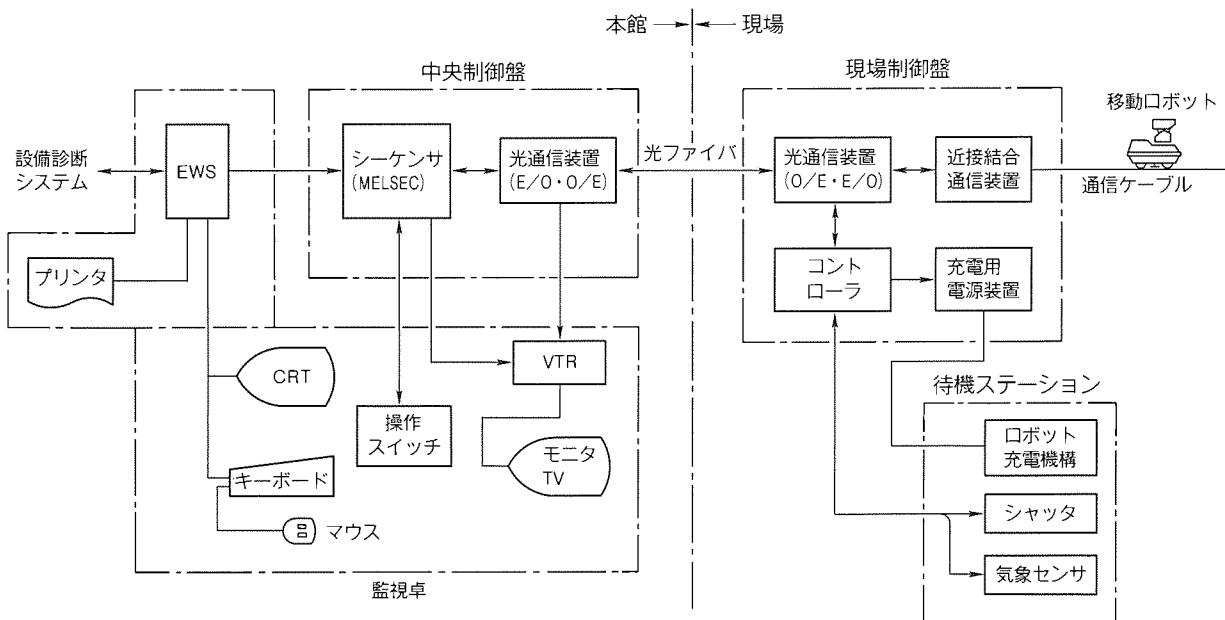


図2. 制御系統

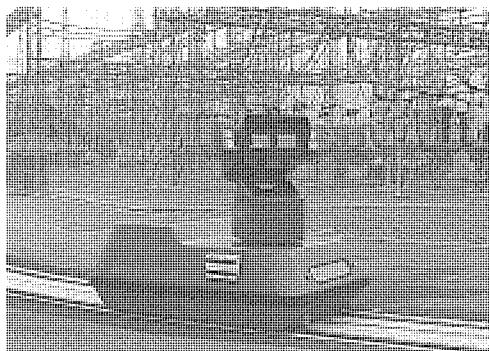


図3. ロボット本体

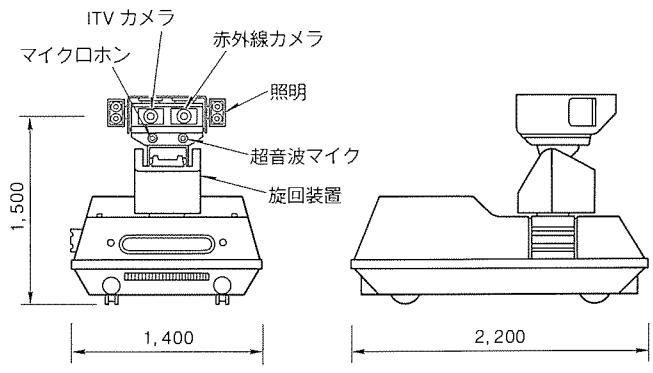
いので、軽快感・安定感のあるシンプルな形態とし、各コーナーに丸みをもたせて環境に調和するソフトで親しみやすいデザインとした。なお、走行ルートは人や車が通行することもあるため、安全対策として前後に赤外線式の障害物センサを設けるとともに、万一障害物センサが検知しなかった場合でも確実に停止するようにバンパー部に接触検知センサを設けた。

(3) 待機ステーション

待機ステーションは遠隔指令で開閉するシャッタを備え、非出動時にロボットを格納する。また、ロボットの帰還時にバッテリを自動充電する充電機構及びロボットの出動条件を設定するための気象センサ(温度・湿度・風速・降雨・積雪)を備えた。

(4) 現場制御盤

現場制御盤は中央制御盤とロボットとの通信の中継及び待機ステーションへの制御指令のインターフェースを行うもので、中央制御盤とは光ファイバで通信しており、ノイズに強く現場と中央の完全な絶縁を実現している。待機ステーションと現場制御盤の外観を図5に示す。



単位:mm

図4. ロボット本体の外形寸法及びセンサ配置

(5) 中央制御盤

中央制御盤にはシーケンサ“MELSEC”を収納し、監視卓の操作スイッチの入出力処理、EWSとのインターフェース、現場制御盤との通信などを行う。中央制御盤の外観を図6に示す。

(6) 監視卓

監視卓にはロボットの遠隔操作のための操作スイッチ及び表示灯、ロボットからの映像をモニタするモニタテレビ、モニタ映像を記録するVTR、ロボットの運転状況を表示するCRT等を備える。監視卓の外観を図7に、CRT表示画面内容を図8に示す。図8のように、CRTには走行ルートが表示され、ロボットの現在位置やカメラの方位が容易に把握できるようになっている。なお、今回のシステムでは制御所の騒音低減のためEWSと点検結果の出力用のプリンタは別置きとしている。

3.2 運転制御機能

この装置の運転操作は、オペレータの遠隔操作で運転され

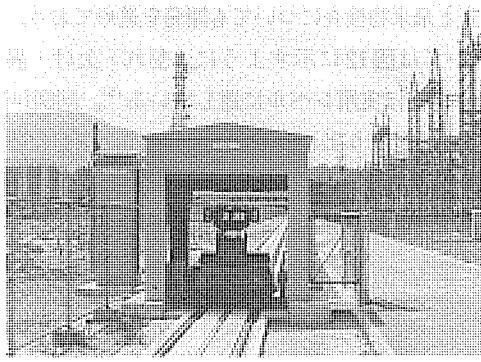


図5. 待機ステーション
及び現場制御盤(左側)

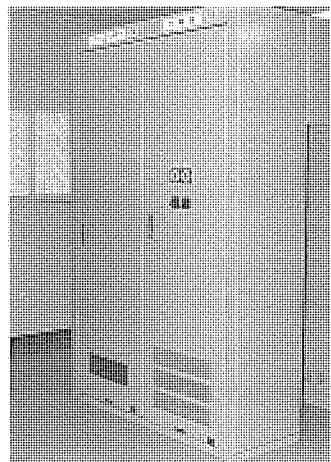


図6. 中央制御盤



図7. 監視卓

る手動モードと、EWSの管理下で全自動で運転される自動モードとがあり、通常は自動モードに設定されている。

3.2.1 手動モード

手動モードは操作パネルのジョイスティックにより、ロボットを出動させ、モニタ画面でITV映像・赤外映像をモニタしたり、マイクロホン・超音波マイクの音を聴いたり、レベル確認を行うものであるが、CRT画面の運転モード選択枠のボタンをマウスでクリックすることで下記EWS支援運転を行うことができる。

- (1) 移動：ロボットの出動位置と点検対象位置をマウスでクリックすることで自動的に目的位置に出動してカメラ方位を設定する。
- (2) 帰還：任意の位置から待機ステーションまで自動的に帰還し、バッテリを充電状態とする。
- (3) 教示：点検項目表の登録を行うもので、ロボットを出動させて点検内容を指定することで簡単に教示できる。
- (4) 巡視：点検項目表の指定項目及び全域の点検をいつでも実行することができる。

3.2.2 自動モード

自動モードには、毎日一定の時刻に出動して点検項目表の全項目を実行する定期巡回機能と、設備診断システムからの指令を受けて指定回線に出動する緊急出動機能がある。

(1) 定期巡回機能

定期巡回の時刻になると、CRTにメッセージが現れ、待機ステーションのシャッタが開いてロボットが出動、点検項目表を上から順に実行していく。点検は指定された位置で指定された方位にカメラをセットし、下記のうち指定された項目の検査を行い、基準値を超えている場合には警報を発する。

- (a) コロナ検査：超音波マイクの音圧レベルを基準値と比較
- (b) 過熱検査：赤外映像の画面内の最高温度を求めて基準値と比較
- (c) 相間検査：赤外映像の三相間の温度差を検出して基準

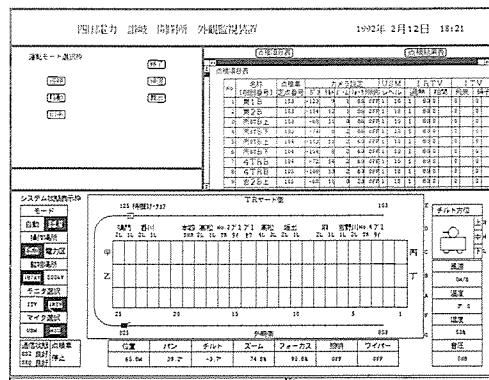


図8. CRT表示画面

値と比較

- (d) 碓子検査：ITV映像から碍子の割れ・欠け・汚れを検出
- (e) 飛来物検査：ITV映像を基準画像と比較して異物を検出

全点検項目を終了すると、ロボットは自動的に待機ステーションに帰還し、点検結果表をプリントアウトして作業を終了する。

なお、上記のうち(c)～(e)についてはITV映像の画像処理を必要とするためオプションとして開発中であり、現段階では(a)と(b)によって定期巡回を行っている。

(2) 緊急出動機能

この装置の上位には設備診断エキスパートシステムが接続されており、ここで事故・異常区間が特定されればロボットに対して緊急出動が指令される。ロボットは緊急出動指令を受けると直ちに出動し、指定位置に到着すると赤外線カメラにより、地絡による残留熱状況をとらえる。この間の状況はVTRに自動録画されるので、すぐに対応できない場合でも後で再生して地絡箇所の特定ができるなど無人運用に対応できる設計となっている。

4. 試運転結果

この装置は、平成3年3月に納入され、これまで約1年間運用されてきた。初期段階では、サーボ系の誤動作でまれに出動中に途中停止する現象が見られたが、対策後は順調に稼働している。ロボットの出動状況を図9に、ロボットによってとらえられたITV映像・赤外映像を図10に、点検結果表のサンプルを図11に示す。

なお、四国電力(株)では讃岐開閉所の500kVへの昇圧に伴い、自動巡視ロボットの2号機の導入が予定されており、1号機の試運転結果を反映して平成4年度末に納入し、平成6年度からロボット2台として本運用に入っていく計画である。

5. 画像処理技術の開発状況

この装置では、現在のところ異常の検出は超音波マイクと赤外線カメラのみによって行っているが、事故の未然防止の観点からはITV映像による異常の発見の実用化が期待される。当社では、画像処理によって現場の異常を発見する技術の開発を進めており、これまで蒸気漏れや現場指示計の自動読み取りなどに成功している⁽⁴⁾。この装置でオプションとし

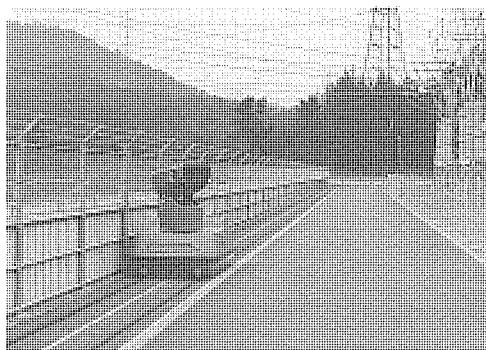
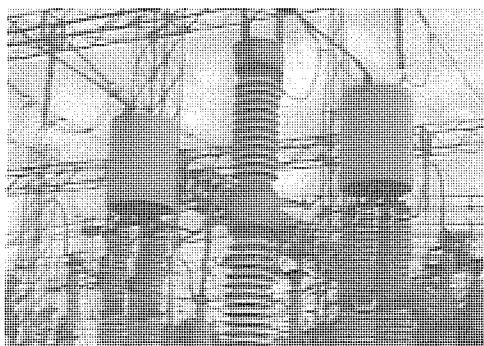
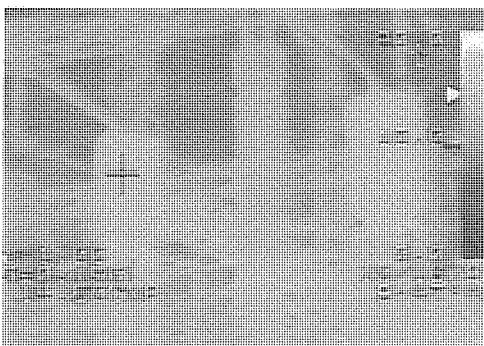


図9. 巡視中のロボット

ている碍子検査と飛来物検査についても開発を進めており、碍子検査については図12に示すように、割れ・欠け・異物・汚れ検出等はほぼ実用レベルに達している⁽⁵⁾。同図(a)は画面内の碍子の自動切り出し結果を示し、切り出された各碍子について、上下のヒダ間の相関をとることで、(b)(c)(d)のように異常検出が可能である。また、飛来物検査について



(a) ITV 映像



(b) 赤外映像

図10. ITV 映像及び赤外映像

No	名称 (機器番号)	点検車 定点番号	カメラ設定				USM レベル	IRTV		ITV		時刻
			パン	チルト	ズーム	フォーカス		過熱	相間	飛来	碍子	
1	東1B	103	-123	9	1	85	OFF	○	-10	○	43	
2	東2B	103	-104	12	1	86	OFF	○	-10	○	27	
3	丙BTB上	103	-68	11	0	86	OFF	○	-10	○	26	
4	丙BTB下	103	-74	8	8	87	OFF	○	-10	○	26	
5	丙BTB上	104	-103	11	0	60	OFF	○	-10	○	26	
6	丙BTB下	104	-104	8	8	47	OFF	○	-10	○	26	
7	4TRB	104	-72	13	0	60	OFF	○	-10	○	28	
8	4TRB	105	-108	13	8	42	OFF	○	-10	○	24	
9	吉2B上	105	-68	11	0	23	OFF	○	-10	○	23	
10	吉2B下	105	-74	10	0	23	OFF	○	-10	○	25	
11	吉2B上	106	-103	13	0	60	OFF	○	-10	○	26	
12	吉2B下	106	-102	7	0	60	OFF	○	-10	○	26	
13	吉1B上	106	-69	11	0	60	OFF	○	-10	○	37	
14	吉1B下	106	-74	8	0	60	OFF	○	-10	○	28	
15	吉1B上	107	-104	12	1	60	OFF	○	-10	○	26	
16	吉1B下	107	-104	7	1	60	OFF	○	-10	○	26	
17	空							○	-10	○	26	

図11. 点検結果表(プリンタ出力)

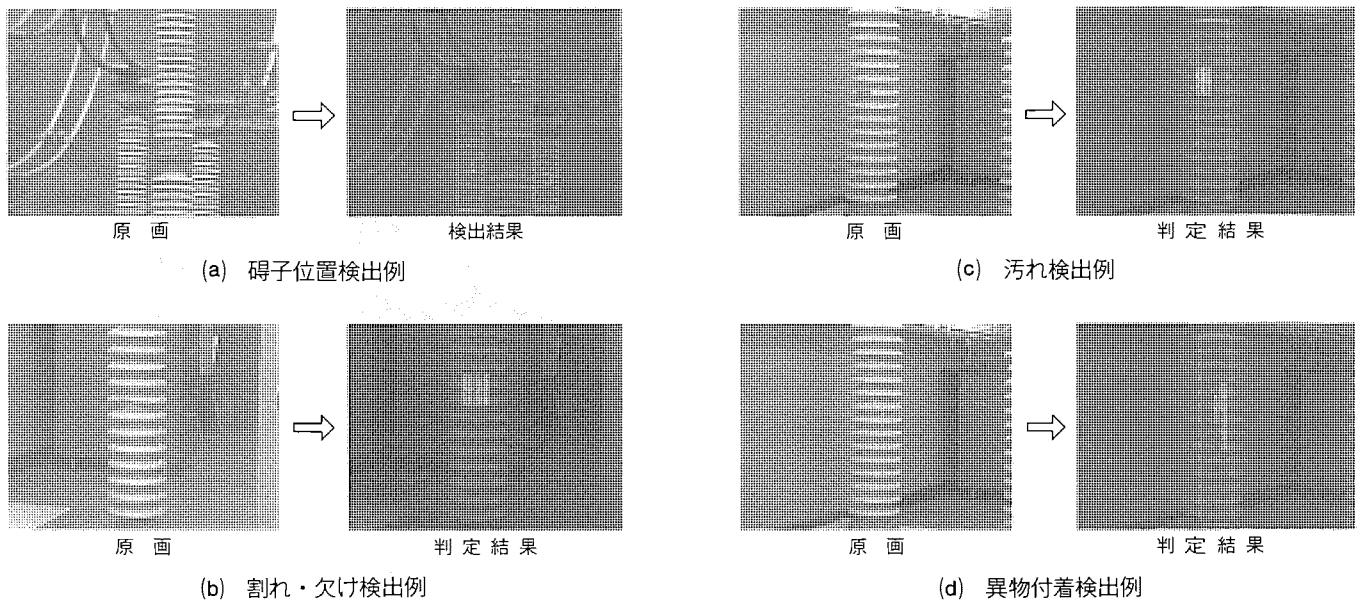


図12. 碓子検査事例

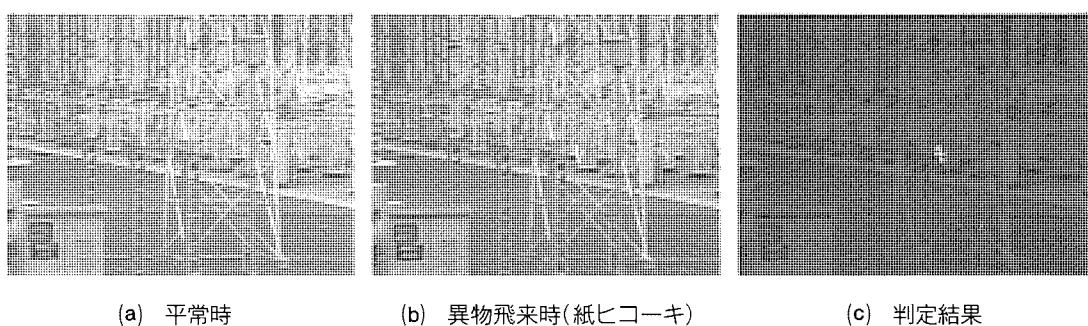


図13. 飛来物検査事例

も図13に示すように気象条件が一定であれば異物の検出が可能である。現在では、さらにある程度の気象変化に対応できるようにニューラルによる学習機能を開発中であり、今後実用化を図っていきたいと考えている。

6. む す び

以上、四国電力(株)讃岐開閉所に納入した自動巡視ロボットの概要について紹介した。この装置の特長は次のようにまとめられる。

- (1) 開閉所構内を定期的に巡視し、機器の過熱や絶縁不良によるコロナ音を自動的に発見する(無人運用可能)。
- (2) 設備診断システムからの指令により、異常発生箇所に自動的に出動してITV映像・赤外映像を記録するので、異常内容の特定が迅速・容易に行え、復旧時間の短縮化が図れる。

最後に、この装置の製作・据付けで御指導・御協力いただいた四国電力(株)本店変電課及び四国中央幹線建設所の関係各位に対し、深く感謝の意を表する次第である。

参 考 文 献

- (1) 青木紀彦、柏井潤一、山本郁夫、深田浩一、中山芳宣：原子炉格納容器内遠隔点検ロボット、三菱電機技報, 59, No. 10, 709~713 (1985)
- (2) 竹中俊夫、竹下博志、平野昌彦、八木康史：プラント自動巡視点検ロボットの開発(その1)、平成元年電気学会全国大会予稿集, 12-41, 1952 (1989)
- (3) 八木康史、小平紀生、竹中俊夫：プラント自動巡視点検ロボットの開発(その2)、平成元年電気学会全国大会予稿集, 12-42, 1953 (1989)
- (4) 竹中俊夫、大屋 正：巡視点検ロボット、三菱電機技報, 64, No. 3 (1990)
- (5) 広岡美和子、八木康史、川戸慎二郎：碍子検査用画像処理技術の開発、電子情報通信学会PRU研究会, PRU 90-56 (1990)

スポットライスルーザウォール形エアコン

ベランダのない集合住宅、独身寮、ホテル等においては、室外機の設置スペース不足の問題からエアコンの設置が困難な状況にあります。しかしながら集合住宅の着工戸数は、伸び率こそ鈍化しているものの着実に増加しています。こうした市場環境のもと、新タイプのハウジングエアコン、〈スルーザウォール形〉を開発、新発売しました。この背景には—(1)出窓下、外壁等のデッドスペースの有効利用要望。(2)新築需要に対するエアコンのインテリア性、エクステリア性向上の要求増大。(3)エアコン据え付け工事の簡易化の要求増加などがあり、上記のようなニーズに対応すると同時に、ハウジングエアコンの市場拡大を目的として今回開発したものです。

特長

◎コンパクトな一体型ユニット

高さ535mm、幅1150mm、奥行238mmのコンパクト設計になっています。

◎2WAYツインロータリコンプレッサー搭載

大好評の〈霧ヶ峰Fシリーズ〉と同じ2WAYツインロータリーコンプレッサーを搭載することで低振動、低騒音化を実現しました。

◎据え付け工事を大幅に簡易化

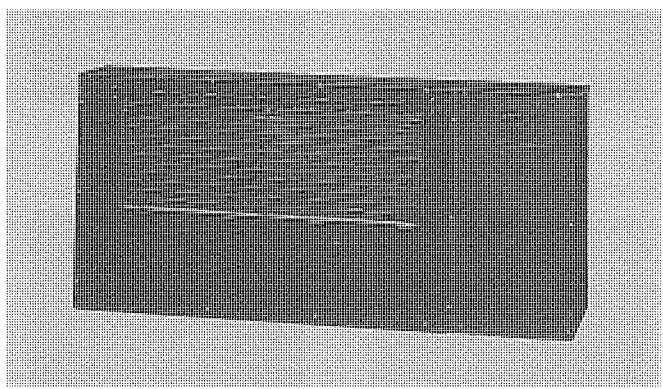
室内外一体型ユニットのため配管工事を必要としません。さらに建物完成後に室内側からユニットを据付栓に入れる方式ですので、サービス時にはユニットを引き出して室内で作業を行うことができます。

◎ワイヤレスリモコン搭載

わかりやすい液晶表示で、離れた場所から簡単に操作できます。また別売のK制御インターフェースを使用すればワイヤードリモコンも使用できます。

◎ハイスピード暖房

寒い朝などに便利なハイスピード暖房メカを搭載。スイッチオ



ンから1分間で40°Cの温風がお部屋を暖めます。またWキープ暖房で霜取り中でも暖かい温風を吹き続けます。

◎ナイトモード搭載

リモコンで切タイマーをONにすると自動的にナイトモードに移行。通常運転よりさらに静音化します。

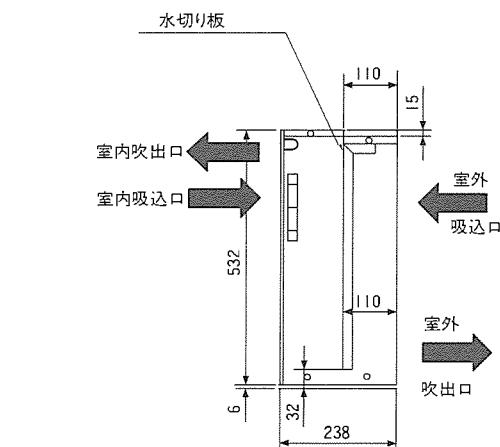
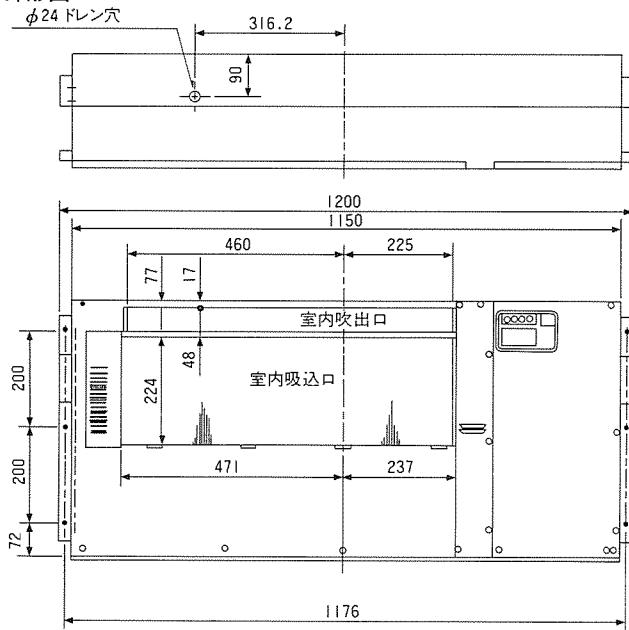
◎換気機能(排気方式)

室内外一体型ユニットが可能にした換気機能。お部屋の空気をリフレッシュします。

仕様

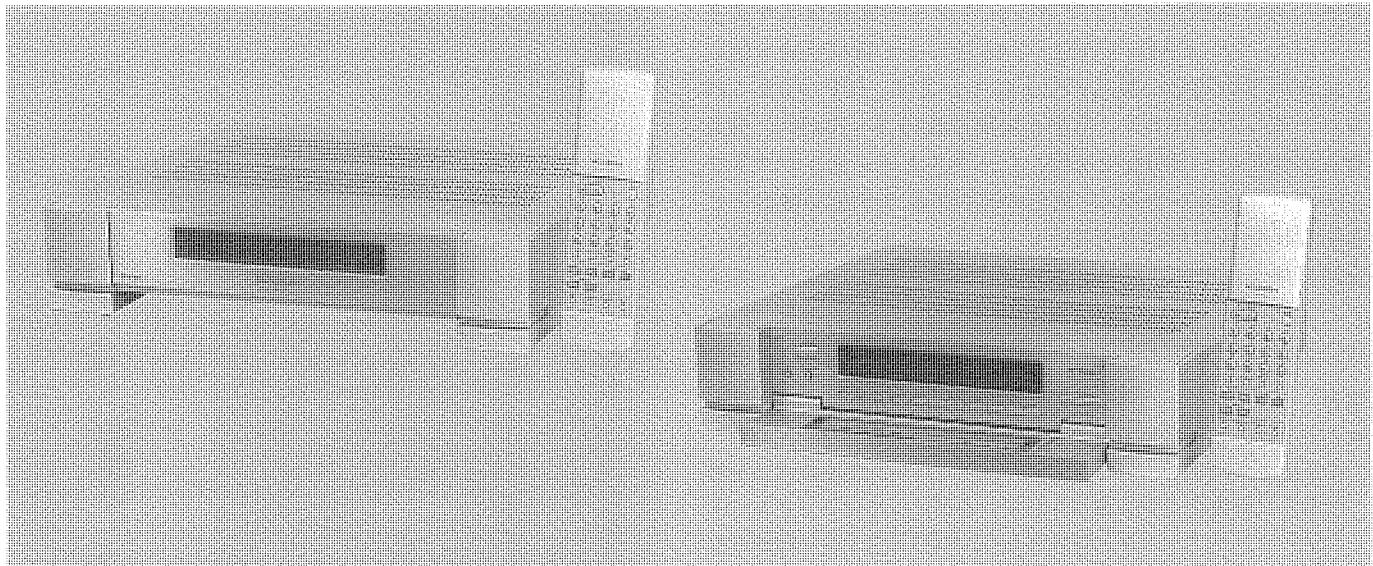
形名		MWTZ-2802S
能 力(kW)	冷房	2.8(0.6~3.1)
	暖房	3.8(0.6~4.8)
消 費 電 力(W)	冷房	1120(430~1350)
	暖房	1220(410~1660)
電 源	単相200V	
運 転 音(dB)	室内	39
	室外	49
外 形 尺 法(mm)	(H)535×(W)1150×(D)238	
製 品 重 量(kg)	59	

MWT-2802S 外形図



※本図は予告なく変更することがあります。

スポットライト CS/BSチューナ UT-C8000



スーパーバードB号、JC-SAT 2号を使った通信衛星(CS)により合計6chの新しいCSテレビ放送が開始され、放送衛星(BS)の4chと合わせ、衛星テレビ放送は確実に多チャンネル化へ移行しつつあります。<UT-C8000>は、こうした新しいメディアの動きにいち早く対応したものであり、スーパーバードで採用されているスカイポート方式のスクランブルデコーダを内蔵した、衛星放送を手軽に楽しめる、ハイクオリティなCS/BS高性能チューナです。

概略仕様

形名	UT-C8000
種類	CS/BSチューナ
電源	AC100V 50/60Hz
BSアンテナ入力	CS/BSアンテナ入力 2系統
偏波面切替制御	電気方式、メカニカル方式
映像出力	2系統
音声出力	3系統(内ダイレクト音声出力)
デジタル 音声出力	○
同軸	○
S映像出力	2系統
デコーダ入力	○
BSコントロール端子	CS/BSコントロール端子 ○
システム端子	○
ビットストリーム出力	2系統
検波入力	2系統
キードAFCパルス入力	○
外形寸法	42.5×9×39.7(cm)(幅×高さ×奥行)
重量	6.2kg
電源コードの長さ	2m

特長

- スカイポート方式スクランブルデコーダ搭載
スーパーバードで採用されたスカイポート方式のスクランブルデコーダを搭載、チャンネルごとの契約により番組を手軽に楽しめます。
- ドット妨害・色ダレを改善するエキスパートDCFII搭載
高精度Y/C分離によりクロスカラー、ドット妨害をさらに低減し、より緻密な映像を実現しました。
- ΣΔ(シグマデルタ)方式1ビットD/Aコンバータ搭載
微小レベルでのゼロクロス歪を原理的に解消。ディジタル音声を微妙なニュアンスまで忠実に再現します。
- 24chプログラムチャンネルメモリ、ダイレクト選局
BS/CSの豊富なチャンネルの中から、視聴するチャンネルのみをプログラムメモリ。将来の多チャンネル化に備え24ch分のメモリを搭載し、リモコンダイレクト選局を可能にしました。
- メニュー方式8プログラム予約
VTRによる予約録画を8プログラムまで可能としました。プログラムの設定は、メニュー方式による画面上で簡単設定を実現しています。
- JSBデコーダ対応コンパチリモコン
本機のリモコンで、JSBデコーダ、各社VTR、CTVの操作を可能とし、使いやすさをさらにアップしました。
- 受信状態をC/Nで表示
BSと比較して電波の弱いCSテレビ放送を受信するためには、アンテナの設置は重要なポイントです。本機では、受信状態を正確に把握できるようC/N表示を採用しました。
- 局名表示
受信しているチャンネルがどの番組か知るために、4桁までの英数字で局名を表示することを可能にしました。

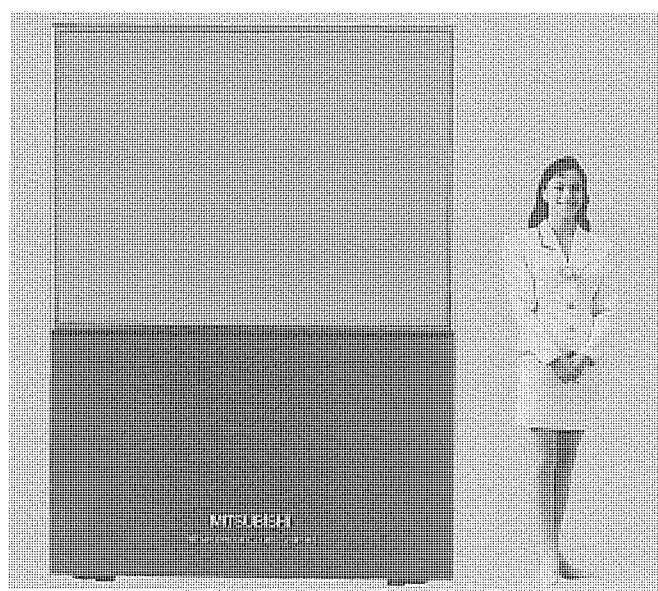
高精細リアプロジェクター

スポットライ 70P-X3

業務用途の高精細ビデオプロジェクターの需要は年々高まっており、特にCAD/CAM/CAE等にまで接続可能な幅広い走査周波数対応の製品が望まれています。70P-X3はこれらニーズに対応すべく、水平走査周波数15.6~75kHz、垂直走査周波数45~150Hzを実現、ワークステーションやグラフィックコンピュータから、通常のNTSCビデオ信号機器まで多様な接続への対応を可能としました。システムとしても、会議研修システム、監視制御システム、広報宣伝用マルチメディア画像システム、衛星通信遠隔教育システムなど、多彩な用途に使用できます。

特長

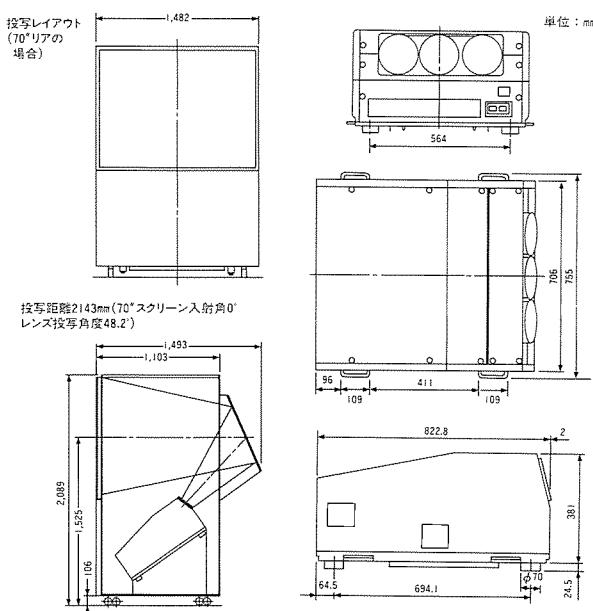
- ◎オートスキャン機能を搭載し、水平走査周波数15.6~75kHz、垂直走査周波数45~150Hzまでの異なる入力周波数信号を無段階で自動追従。現在使用されているほとんどのコンピュータ及びワークステーションはもちろん、HDTVなどの広範囲な信号源に対応可能です。また、世界のカラーテレビ方式NTSC・PAL・SECAMにも対応しています。
- ◎高輝度液冷管マルチステップフォーカス電子銃（静電・電磁）と8枚構成のハイブリッドレンズ（ガラス×6、プラスチック×2）の採用により、水平解像度1250本、垂直解像度1024本を実現。細かな文字や图形も鮮明に再現します。また、レンズにはダイクロイックコーティングを施し、色再現性にも優れています。
- ◎デジタル処理技術により、画面周辺のコンバーゼンスズレを大幅に低減、精密なライン表示を実現します。
- ◎RS-422/485端子を装備しており、各種コンピュータからの遠隔外部コントロールが可能です。
- ◎オンスクリーン機能を搭載し、調整内容を画面に表示、画面を見ながらのワイヤレスリモコンの操作により、従来よりも一層緻密な調整が行えます。



仕様

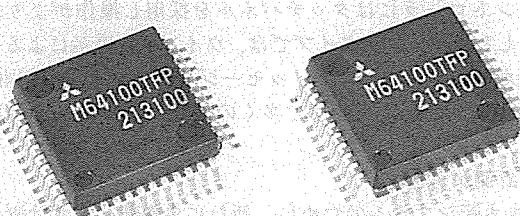
投写管	7形高輝度液冷管、マルチステップフォーカス電子銃(電磁・静電)70°偏光
光学系	F1.2, 8枚構成(ガラス6枚、プラスチック2枚)、ダイクロイックコーティング、オプティカルカッピング
スクリーンサイズ	70インチ(レンズキューラーレンズ、ブラックスクリーン)
視野角	水平約90°、垂直約30°
輝度	130ft-L
投写角度	48.2°
カラーフォーマット	NTSC, PAL, SECAM
電気系	解像度 水平 1250本(走査周波数 35kHz時) 垂直 1024本
走査周波数	水平 15.6~75kHz、オートスキャン 垂直 45~150Hz
インターレース	インターレース又はノンインターレース
コンバーゼンス	オートディジタル
入力	ビデオ(コンポジット) BNC (Vp-p同期負)
	ビデオ(Y/C) S端子/BNC(Y/C), Y信号、Vp-p同期負 C信号0.286Vp-p
	R G B アナログ BNCx2, RGB, H.VRGB信号、0.7Vp-p正極性、VH信号0.3~8Vp-p、正負極性
電源	(ON/OFF) セレクタ用コネクタを使用することにより可能
画面表示	英語表示
電源	ON/OFF 2キー方式
入力切替	COMP, Y/C, Input A, Input B, 4入力ダイレクト切替
映像メモリ	4メモリ
單色切換	Cut Off KeyでRGBを単独でOffできる
デジタルコンバーゼンス	Cent, Size, Line, Skew, Bow, Keystone, Pin Zone(41ポイント)
(16メモリ)	Set Up (0~7.5%) Contrast 0~100 Bright -50~50 Sharp -50~50 Tint -50~50 Color 0~100
リモコン機能	PAL Trap ON/OFF 色温度 White, Cut OffをRGB単独で調整 フォーカス スタビリング、ダイミックを調整 ブランギング Top, Bottom, Right, Left Bor, Rate300, 1200, 2400, 4800, 9600 インターフェースセット (RS-422) Parity Odd, Even, No Stop Bit 1~2 Size, Position
映像調整	RS-422/485によりリモコン機能。自己診断機能をコンピュータからコントロール可能。但し画面表示はなし。
イントラフェース	H-Stop, V-Stop, Fan-Stop, X-Prot, BEAM-Protを7セグメントLEDに故障原因を位置表示
自己診断機能	電源 AC100V±10%(50/60Hz) 消費電力 650W, 1.1kVA 外形寸法 W: 1482mm D: 1493mm H: 2089mm 重量 280kg(LVP-1200X3R: 97kg)
一般	付属品 ワイヤレスリモコン×1

*仕様はお断りにならない一部変更することがあります。御了承ください。

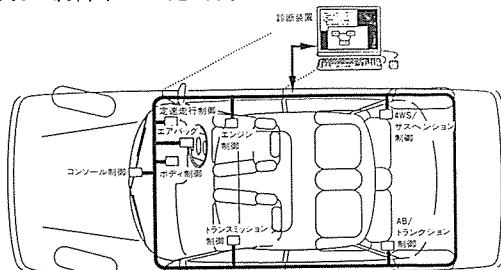


自動車用LANコントローラIC

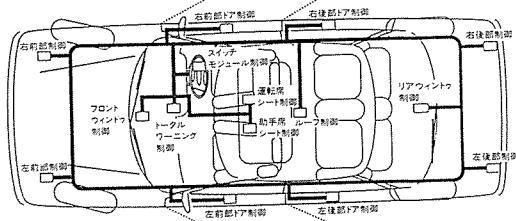
スポーツライド M64100TFP



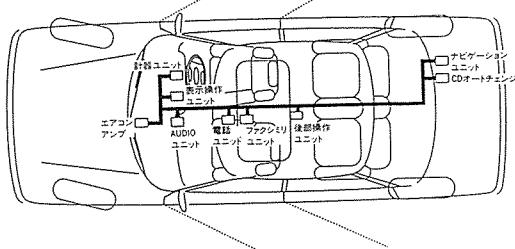
診断系、及び制御系LAN応用例



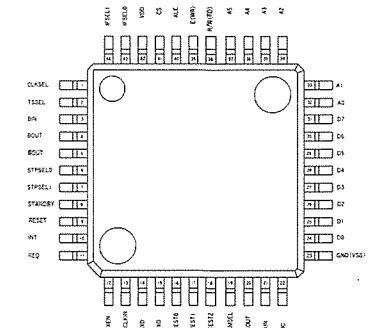
ボディ制御系LAN応用例



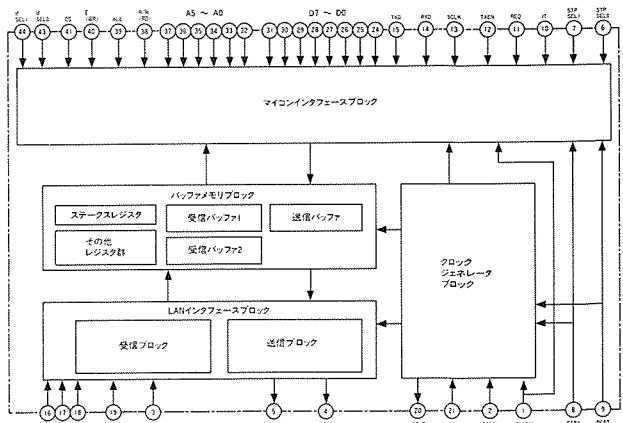
情報系LAN応用例



ピン配置図



ブロック図



現在、自動車には多くの電子部品ユニットが搭載されています。これらの電子部品ユニットを一つのLANシステムとして結び統合制御を行なうことにより、自動車の性能を向上させようとする開発が進んでいます。また、自動車の性能のみならず、自動車の安全性、排気ガスによる環境破壊に対する対策などに関心が高まっています。各電子ユニットの故障診断もその対策の一つです。これは外部の診断装置にて各電子ユニットの状態を診断し、異常の早期発見により安全性を確保すると共に、電子ユニットの劣化による環境への悪影響を防ごうとするものです。そのために各電子ユニットを結ぶ故障診断用LANシステムの開発及び装着が進められています。今回製品化しました「M64100TFP」は、CSMA/CDによるバス競合制御方式をサポートし、プロトコル制御及びフレームフォーマットはSAE-J1850に準拠した自動車用LANコントローラICです。自動車のオンボード故障診断システム(OBD)や、各電子ユニット間のデータ通信に適しています。

特長

- プロトコル制御はSAE-J1850準拠
(3バイトヘッダ、1受信ノード1バイトレスポンスマードをサポート)
 - CSMA/CDによる衝突検出及び優先制御
 - アドレスフィルタ機能により自己に送られてきたメッセージフレームのみ受信が可能。
 - 2種類の伝送レートを選択可能
(41.6kbps、125kbps)
 - PWM変調／復調機能内蔵
(ビットフォーマットはSAE-J1850準拠)
 - 1フレーム分の送信バッファ、2フレーム分の受信バッファを内蔵
 - 8ビットCRC符号器／復号器による誤り検出機能内蔵
 - レスポンス自動返送機能
 - 3種類のマイコンインターフェース
パラレル(2種類)インターフェース
クロック同期シリアルインターフェース
調歩同期シリアルインターフェース
 - 同報送信機能
 - アナライザ機能(LAN伝送路の全てのフレームを受信)
 - 各種送信／受信エラー検出機能
 - スタンドバイ機能
スタンドバイ状態からの復帰は、マイコン制御及びLAN伝送路の状態変化のいずれかにより可能。

スポットライ B/NET電力エネルギー管理システム

B/NET電力エネルギー管理システム(B/NETエネ管)は、データロガー・MICAMシリーズの豊富な実績と配電制御ネットワーク機器B/NETの技術を基に完成した全く新しいタイプの電力エネルギー管理システムです。B/NETエネ管は、電力エネルギー管理に必要な各種データをきめ細かく記録・監視するシステムで、従来のロガーの枠を超え、デマンド制御・力率制御・スケジュール制御やリモコン機器の個別発停など多くの機能を実現しています。

特長

●最大500点までの計測が可能

アナログ・パルス・接点入力・接点出力などの計測監視点数は最大点数の範囲内で自由に組み合わせできます。点数は、100点、300点、500点の各シリーズを品揃えし、規模に応じて最適な機器が選べます。

●各種制御が可能

スケジュール制御・デマンド監視制御・力率監視制御個別制御・グループ制御のほか、B/NETアナンシェータ、B/NETリモコンスイッチによる多箇所制御ができます。

●充実のマンマシンインターフェース

エネ管コントローラにはタッチパネルを採用し操作がより簡単になりました。パソコンタイプでは、ウインドウ表示によるメンテナンスガイダンスやヘルプメッセージなどを充実、系統図画面への各種データの直接表示など多くの使いやすい機能を実現しています。

●高度な計測が可能

B/NETエネ管システムのために、新たに多機能な電力計測コントロールユニット(B-MRU1)、4ch入力の温度計測コントロールユニット(B-TPU4)、デマンドコントロールユニット(B-DMU1)を準備しました。例えばB-MRU1では、電圧・電流・電力・無効電力・力率・周波数・高調波電流・電力量・無効電力量等の計測、及び上下限監視や最大値・最小値・トレンドデータ表示などが1台でできます。

●フロッピー記録が可能

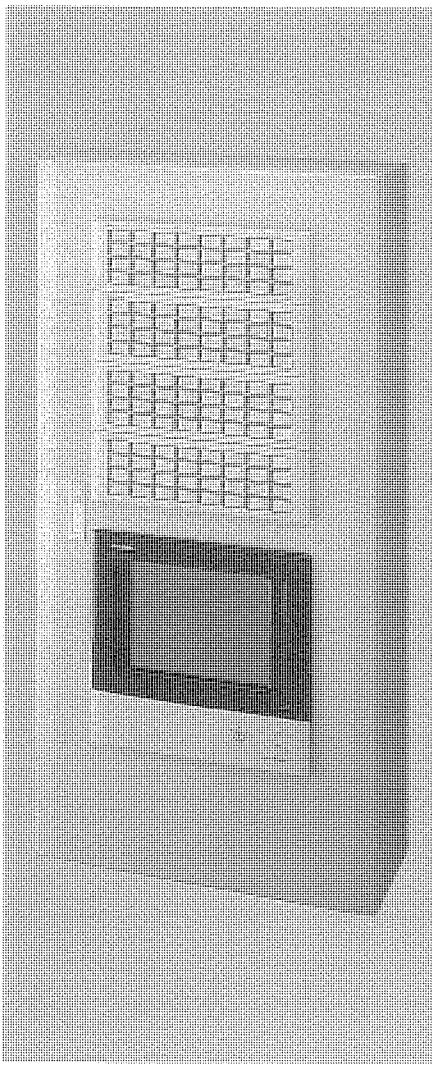
日・月報の各種データをフロッピーに記録できる機種を準備。モデルPでは、ロータス1-2-3*の汎用ファイル出力により、ユーザーご自身によるデータ解折も可能となります。(*ロータス1-2-3はLotus Development Corporationの商標です。)

●伝送線が共用可能

B/NET照明制御システム、B/NET自動検針システムなどと伝送線を共用できます。

(○:標準、△:オプション)

モ デ ル		S			F			P		
シス テ ヘム		B-ES100S	B-ES300S	B-ES500S	B-ES100S	B-ES300S	B-ES500S	B-ES100S	B-ES300S	B-ES500S
入出力点数		100	300	500	100	300	500	100	300	500
警報監視	状態	○			○			○		
	操作運転監視	○			○			○		
	発停失敗	○			○			○		
	上下限監視	○			○			○		
表示機能	系統図表示							○最大20枚		
	警報履歴表示	○モノクロ			○モノクロ			○カラー		
	警報発生状況表示							○		
	データ表示(接点、アナログ、パルス)	○モノクロ			○モノクロ			○カラー		
	デマンド表示	○モノクロ			○モノクロ			○カラーグラフィック		
	トレンド表示							○カラーグラフィック		
制御機能	発停制御(個別、グループ)	○			○			○		
	スケジュール制御	○			○			○		
	力率監視制御	○(8系統)			○(8系統)			○(8系統)		
	デマンド監視制御	○(8系統)			○(8系統)			○(8系統)		
補助機能	メンテナンスガイダンス							○		
	ヘルプ機能							○		
記録機能	警報記録	○			○			○		
	状態変化記録	○			○			○		
	発停/発停失敗記録	○			○			○		
	デマンド制御記録	○			○			○		
能	日月報記録	各最大 ○ 7枚	各最大 ○ 19枚	各最大 ○ 32枚	各最大 ○ 7枚	各最大 ○ 19枚	各最大 ○ 33枚	各最大 ○ 7枚	各最大 ○ 19枚	各最大 ○ 32枚
	警報状況清書記録							○		
	ハードコピー							○		
	設定値記録							○		
設定機能	システム登録	○専用設定器による			○専用設定器による			○		
	回路名称登録	○専用設定器による			○専用設定器による			○		
	日月報フォーマット登録	○専用設定器による			○専用設定器による			○		
	系統図登録							○		
	演算式登録							○		
	定数設定	○			○			○		
外部接続	上位伝送	△			△			△		
	フロッピー記録				○			○		
	汎用ファイル出力							○ ロータス1-2-3 テキストファイル		





特許と新案***

三菱電機は全ての特許及び新案を有償開放しております

有償開放についてのお問合せは
三菱電機株式会社 知的財産部外部
特許営業グループ Tel(03)3218-2137

数値制御加工機械の仕上面粗度設定方式 (特許 第 1592252 号)

この発明は、数値制御加工機械（以下“NC 加工機械”といふ。）の仕上面粗度設定方式に関するものである。

従来の NC 加工機械においては仕上面粗度設定の場合、作業者は指示書に従って主軸の送り速度及び主軸回転数を複雑な計算によって求めその値を入力しており、煩雑であるという欠点があった。

この発明による NC 加工機械は、このような欠点を解消するためになされたもので、図 1 の実施例に示すように、操作ボード (10) にディスプレイ用の CRT (12) が設けられ、その画面の下部には、面粗さ (μ)・三角記号等を参考にして定められた仕上面粗度のメニュー (14) を選択するためのキースイッチ (16) が設けられ、仕上面粗度のデータを入力する場合になると自動的に図 2 の仕上面メニューが表示され、所望の仕上面粗度が選定されると数値制御装置の所定の演算処理によっ

て、所望の仕上面粗度を得るための加工機械の主軸の送り速度及び主軸回転数が自動的に求められるように構成されている。

以上のようにこの発明によれば、所望の仕上面粗度を得るための加工機械の加工条件が自動的に求められるので、所望の仕上面粗度を自動的に設定することができる NC 加工機械を提供することができる。

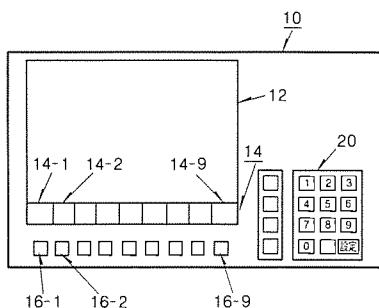


図 1

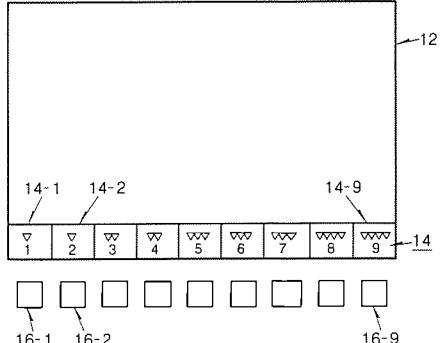


図 2

数値制御装置のバックラッシュ補正方法 (特許 第 1478807 号)

この発明は、工作機械に搭載された数値制御装置上で行うバックラッシュ補正方法に関するものである。

従来、数値制御装置によって行われる工作機械の加工時に生ずるバックラッシュの補正方法は、一定のバックラッシュ量を IC メモリ等に記憶し、早送りであれ、切削送り（低速送り）であれ、無条件に移動指令値に上乗せして、これを行っていた。しかしながら図 1 に示すように、機械側の歯車 (1) と送りモータ側の歯車 (2) の間には、低速送りを行いその後逆方向に移動させたときに生ずる通常のバックラッシュ量 α のほか、図 2 のように、高速送りを行いその後逆方向に移動させたときには、突き放し現象により、上記 α より少ないバックラッシュ量 ($\alpha - \beta$) が発生することがある。このため、同一のバックラッシュ補正量だけでは、突き放し現象が生ずる切換点で加工精度が低下する。

この発明は、かかる従来の欠点に鑑みてなされたもので、図 3 に示すように第 1、第 2 のバックラッシュ量、つまり α 及び $\alpha - \beta$ を記憶装置 M_1, M_2 に予め記憶しておく。そして、補正前の移動が切削送り（低速送り）か早送りかをそれぞれ判別回路 (11), (12) で判断し、制御回路 (13) 及びフィリップ

フロップ (14) を通じて、対応したバックラッシュ補正量を出力するようにしたものである。

以上のようにこの発明によれば、早送り／低速送りを併用する機械であっても正しい補正量でバックラッシュを補正できるので、加工精度の向上に寄与するものである。

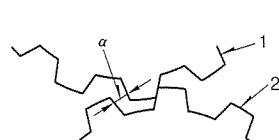


図 1

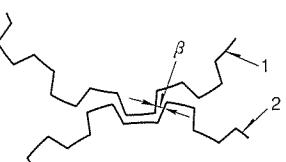


図 2

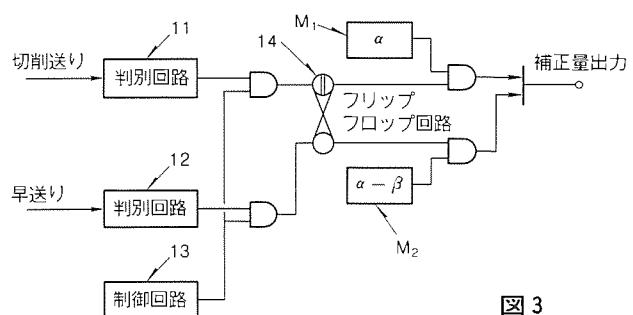


図 3



特許と新案***

三菱電機は全ての特許及び新案を有償開放しております

有償開放についてのお問合せは
三菱電機株式会社 知的財産部
特許営業グループ Tel/(03)3218-2137

給気口の構造 (特許 第1259926号)

この発明は、特に空気中の微粒子含有率を極めてわずかとしたクリーンルームに用いる給気口の構造に関するものである。

クリーンルーム用給気口は天井に設置されるため、従来の給気口はその直下では清浄な空気が供給されても直下以外では空気流が発生せず、室内で生じた塵埃の滞留が生じるため、図1に示すようなパンチングボードを用いた流体抵抗板(5)を設け攪乱作用により水平成分を発生させ、給気垂直成分と共に給気を行っているが、斜線で示す部分がデッドゾーンとなり空気流が発生せず、この部分へ帶電した微粒子が蓄積され、相互間の結合により大粒子となって落下し、製品へ付着する等の欠点があった。

この発明は、このような欠点を解消するためになされたもので、図2の実施例に示すように給気口(1)の吹出し側に給気口と間隔をもって流体抵抗板(5)を設け、その周囲にルーパー形の

発明者 福本隼明、伊藤一男、堀江和夫
整流板(14)を設けることにより、流体抵抗板によって攪乱された給気に、整流板によって水平方向と斜め方向成分を発生させ、流体抵抗板による垂直成分とともに、給気を四方に吹き出させ、拡散した空気流を発生させるものである。

以上のように、この発明によれば簡単な構造にもかかわらず、常に室内全域にわたり清浄な空気の供給が可能なクリーンルームの給気口を提供できる。

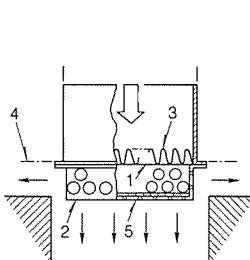


図1

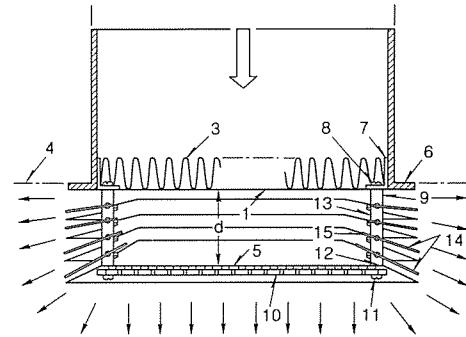


図2

〈次号予定〉 三菱電機技報 Vol. 66 No. 8 上下水道システム技術特集

特集論文

- 地球環境時代における水処理技術
- 上下水道システムにおける最近の技術動向
- 上水道総合管理システム
- 下水道総合管理システム
- 上下水道の監視制御システムと計装機器
- 上下水道における情報伝送システム
- レーダ降雨情報システム
- 上下水道システムへのAI応用

●上下水道における設備情報管理システム

- オゾン高度処理の設備計画と技術動向
- 農業水利施設総合管理システム
- 普通論文
- 三菱高速光LAN "MELNET R100" システム技術
- ISDNネットワーク接続サポート
- カラービデオプリンタ CP-11
- VTRの可動ヘッド用小型アクチュエータ
- 高速・高精度換気シミュレータ
- ファクシミリ用サーマルヘッドF, Qシリーズの量産技術

三菱電機技報編集委員会

委員長 山田 郁夫
委員 永田 譲蔵
〃 福岡 正安
〃 谷 豊文
〃 風呂 功
〃 大原 啓治
〃 松村 恒男
〃 名取 直幸
〃 吉岡 猛
〃 鳥取 浩
〃 岡田 久雄
幹事 長崎 忠一
7月号特集担当 実森 彰郎

三菱電機技報 66巻7号

(無断転載を禁ず)

1992年7月22日 印刷
1992年7月25日 発行

編集兼発行人	長崎 忠一
印刷所	千葉県市川市塩浜三丁目12番地 (〒272-01) 菱電印刷株式会社
発行所	東京都港区新橋六丁目4番地9号 北海ビル新橋 (〒105) 三菱電機エンジニアリング株式会社内 「三菱電機技報」 Tel.(03) 3437局2692
発売元	東京都千代田区神田錦町三丁目1番地(〒101) 株式会社 オーム社 Tel.(03) 3233局0641代、振替口座東京6-20018
定価	1部 721円 (本体 700円) 送料別 年間予約は送料共9,373円 (本体 9,100円)

電気炉設備用 スポットライ

電気計装統合システム

電気炉設備とは、スクラップを溶解させ、溶けたスクラップに各種副原料を配合し、溶鋼を得る設備であり、その中でもDCアーク炉はACアーク炉に比べ、各種原単位面などで優れており、近年注目を浴びている設備です。今回、そのDCアーク炉の制御システムを納入しましたので、以下にその概要を紹介します。

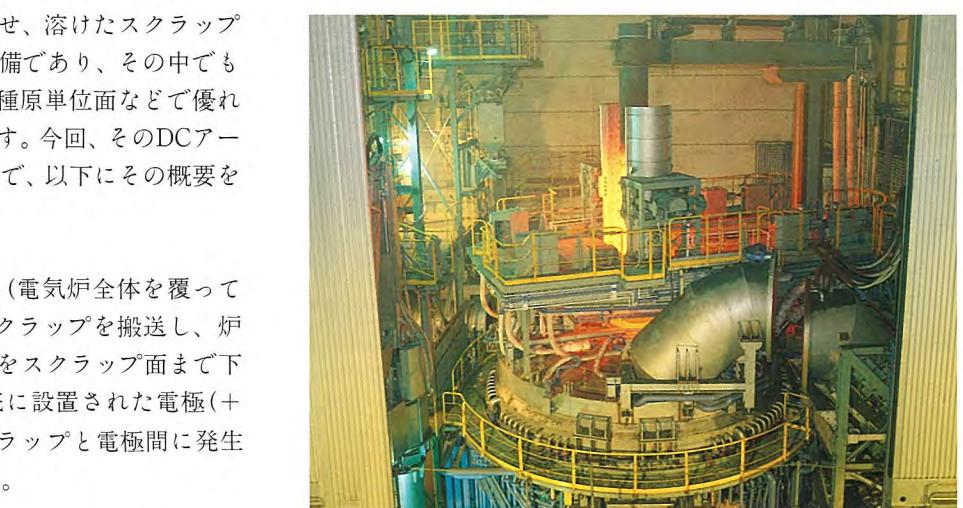
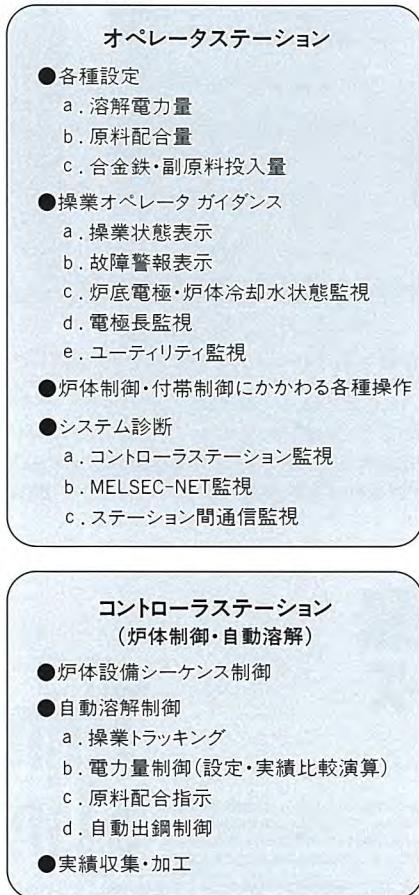
設備概要

スクラップヤードから、スカイハウス(電気炉全体を覆っているシャッター)内までクレーンでスクラップを搬送し、炉の中へ装入します。装入後、黒鉛電極をスクラップ面まで下降させ、この黒鉛電極(−極)と、炉底に設置された電極(+極)との間に直流大電流を流し、スクラップと電極間に発生するアークによる熱で溶解を行います。

電気計装統合システム

- 炉本体廻りの制御に要求される、高速シーケンス制御、DDC制御、演算処理を1台のコントローラで実行し、電気制御と計装制御の境界を完全になくすことにより、高い制御性を実現しました。
- 複雑な炉本体廻りの監視・操作において、電気計装統合画面、操作ウインドウへのタッチオペレーション、操作ガイドの充実により、監視・操作性を飛躍的に向上させました。

システム構成



特長

- 設備上、最も重要なポイントである電力投入制御において、出鋼コード及び操作状態により決定される電力投入パターンと、電力量実績値を比較・演算し、現在の溶解ステップを管理・制御することにより、最適な溶解特性での操業を可能としました。
- 自動出鋼制御(流出する溶鋼重量による炉体傾動角度制御)を始めとする徹底した自動化ソフトウェアにより、これまで危険とされてきた現場作業が不要となり、現場サイドの無人化を実現しました。
- 副原料投入設備を始めとした、付帯設備制御装置とのMELSEC-NETによるデータリンク及び、PIOインターフェースにより、電気炉設備全体を、中央のCRTで監視・操作することを可能としました。

