

# MITSUBISHI

## 三菱電機技報 Vol.68 No.4

特集 “工業プラント情報制御システム”

'94 **4**



## 特集 “工業プラント情報制御システム”

### 目次

#### 特集論文

工業プラント情報制御システム特集に寄せて 橋本伊織	1
工業プラント情報制御システムの現状と展望 新野修平・櫛原潤一	2
統合情報制御システム “MELTAS 450/650” 中村修一・高橋裕司・一枝圭祐・中原敏明	7
IA ソリューションウェア 成松明俊・札本淳司・巻田幸司	12
反応プロセスにおける今後の制御システム 清宮忠昭・竹垣盛一・長田典子・仲矢秀雄	18
食品工場のトータル情報制御システム 小谷 彰・阿部恭久・中井洋之・平林恵司	23
紙パルプ工場向けトータル情報制御システム 中道章三・椎本靖雄	29
ユーティリティ用情報制御システム 伊藤信之・安東安隆	34
自動車工場における生産システム 白倉忠晴・東 順一・高畑浩史・柳 一也・小林博文	39
個産型加工組立産業向け IA システム 安居院憲彰・深田浩一・阿部恭久・吉村友剛・木戸規昭	44

#### 普通論文

定期券発行機 “MELPAS-G” 筒井英市・畠中富美男・貝賀俊之	52
東京電力(株)新榛名変電所実証試験設備用 1,050 kV 3,000/3 MVA 変圧器 (UHV 変圧器) 山形芳文・三浦良和・玉置栄一・富永雅久・岸 章夫・新海 拡	57
GM 式 4 K 冷凍機付き MRI 用超電導マグネット 松本隆博・中川修一・吉村秀人・長尾政志・稲口 隆	63
ファイル転送自動管理システム 二階堂秀治・富川哲司・吉崎正幸・吉田 稔	68
フレームリレー交換装置 “MELPAX 6000” 菊地信夫・長谷川勝也・谷口 順・吉良廣文・西門 裕	73
156 Mbps 光映像伝送装置 小猿康敬・菅野裕子・丹治秋人・菅野典夫	78

#### 特許と新案

「文字入力装置」「高周波用電磁リレー」	85
「磁気記録装置」	86

#### スポットライト

民間製造業向け統合情報制御システム “MELTAS”	83
SF キュービクル	84
小型産業用ロボット “MELFA E シリーズ”	(表 3)

#### 表紙

#### 三菱統合情報制御システム “MELTAS”

工業プラント情報制御システムを構築する基幹ハードウェアとしての“MELTAS”は、10 Mbps × 2 チャンネルの EIC 制御バスを中心に、オペレータステーションとして OPS 650、450 の 2 機種、また、コントローラとして EI 650、450 の 2 機種を持ち、プラント規模に対応して最大 64 ステーションまで EIC バスに接続できるフレキシブルなシステム構築が可能になっている。

この“MELTAS”を中心に、各種計算機などの情報系システムとは、汎用・オープンな方式で接続され、また、フィールド側とはリモート I/O・シーケンサ “MELSEC” などと接続され、工場トータル情報制御システムが構築される。



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

## 工業プラント情報制御システムの現状と展望

新野修平・機原潤一

三菱電機技報 Vol.68・No.4・p.2～6 (1994)

製造業は経済のグローバル化の進む中で、市場動向に迅速に柔軟に対応し、国際競争力のある高付加価値製品を生産する知識集約形企業への変革に迫られている。この中で、生産活動の基盤である生産システムはいかにあるべきかを、当社が目指す知的統合生産システム（IA システム）のコンセプト、それを支える情報と制御と人間の融合を促すシステム技術、及びシステムアーキテクチャを中心に展望する。

## 紙パルプ工場向けトータル情報制御システム

中道章三・椎木靖雄

三菱電機技報 Vol.68・No.4・p.29～33 (1994)

紙パルプ製造業では、多様化する市場ニーズ、シェア確保に対応して多品種少量生産、製品の高付加価値・高品質化の確保など複雑化する生産計画・操業に加え、更なる企業耐力強化のための合理化・省人化から工場トータルのシステム化が進められている。

本稿では、このような動向に対してトータルシステムの中核となり、操業管理・運転支援・自動化などプロセスに立脚した統合情報制御システムの適用例について紹介する。

## 統合情報制御システム “MELTAS 450/650”

中村修一・高橋裕司・一枝圭祐・中原敏明

三菱電機技報 Vol.68・No.4・p.7～11 (1994)

当社は、EIC 統合化時代の先べん(鞭)をつけた統合情報制御システム “MELTAS” を昭和63年に発売以来、民間製造業の生産システムに対して数百セットを適用してきた。この間のマーケットニーズの変化/技術動向を踏まえ、平成5年に “MELTAS 新シリーズ” を完成し、販売を開始した。本稿では、その開発コンセプトと主な特長を述べる。

## ユーティリティ用情報制御システム

伊藤信之・安東安隆

三菱電機技報 Vol.68・No.4・p.34～38 (1994)

オイルショックを経て、我が国の省エネルギー施策はかなりのレベルに達している。しかし、近年の目まぐるしく変化する環境に対応するため、更なる省エネルギーだけでなく、省力化、ユーティリティの安定供給を目的に、点在化する設備の統合化及び生産情報と連携した高度なトータルシステムが強く求められている。

本稿では、システムの具体的な導入例を紹介することにより、その特徴を述べる。

## IA ソリューションウェア

成松明俊・札木淳司・巻田幸司

三菱電機技報 Vol.68・No.4・p.12～17 (1994)

IA ソリューションウェアは、製造業が目指す高度な統合生産システムである IA システムを構築するユーザーに、当社が提供するエンジニアリングノウハウ、及びノウハウをソフトウェアパッケージ化した機能ツール群である。プロセスデータベース/解析システム、高度操業支援システム、操業/工程最適化システム、設備保全/保全支援システムを機能ツール群として開発済みである。

## 自動車工場における生産システム

白倉忠晴・東 順一・高畑浩史・柳 一也・小林博文

三菱電機技報 Vol.68・No.4・p.39～43 (1994)

今回、工場内のオープンネットワークを基盤として生産情報とライン制御までの工場全体の生産システムを最適化、自動化の一元構想のもとで、統合化を行うことを基本思想とした自動車生産システムを完成させた。本稿では、自動車生産システムの最新事例として車両組立ライン、エンジン組立ライン、完成車検査ラインを通して、人とシステムが調和した人の意志決定を支援する統合生産システムへの取組を、システム構築、機能分散の考え方などを中心にその特長について紹介する。

## 反応プロセスにおける今後の制御システム

清宮忠昭・竹垣盛一・長田典子・仲矢秀雄

三菱電機技報 Vol.68・No.4・p.18～22 (1994)

反応プロセスにおける種々の制御システムの課題を展望し、その中で、特に重合反応プロセスにおける品質制御システムについて述べる。感性に基づいた品質を因子分析法、ニューロ感度解析などの方法により、測定可能な物理化学的に測定できる特性値に展開する。この物理化学的特性値をもとに、温度・圧力などの操業値を制御する方法として、モデル予測制御、ニューラルネットワークによる多変数制御について説明する。

## 個産型加工組立産業向け IA システム

安居院憲彰・深田浩一・阿部恭久・吉村友剛・木戸規昭

三菱電機技報 Vol.68・No.4・p.44～51 (1994)

個産型加工組立産業における生産管理は、量産型と異なる特徴がある。オーダー単位でまとめることや、製品群や部品群をセットして組み立てるために、物と情報の一元管理が必要で、リアルタイムに状況把握することが重要である。従来、人手で補ってきたこれらの領域に計算機システムが導入されつつあり、特に現場で使いやすい、ホストと粗結合させたクライアント/サーバ方式のシステムが用いられている。現場部門での要望、具体的な機能、使われ方を中心に事例に即して紹介する。

## 食品工場のトータル情報制御システム

小谷 彰・阿部恭久・中井洋之・平林恵司

三菱電機技報 Vol.68・No.4・p.23～28 (1994)

工場トータルシステムが叫ばれる昨今、多品種少量生産の対応が迫られている食品分野におけるシステム適用事例として、森永製菓㈱のチョコレート原液製造工場のシステムを紹介する。この新工場では、全社 CIM 化システムの一貫として、従来、人中心であった操業形態から徹底した設備自動化・搬送自動化そして操業計画の自動化を実施した。その結果、1直2名体制で24時間連続操業を可能とし、省力化率と運用効率の大幅アップを実現させたものである。

## 定期券発行機 “MELPAS-G”

筒井英市・畠中富美男・貝賀俊之

三菱電機技報 Vol.68・No.4・p.52～56 (1994)

電車・バス連絡定期券の発行や発券時間の短縮など、時代のニーズを考慮した新型定期券発行機 “MELPAS-G” を開発した。MELPAS-G の特長は、ヒューマンインタフェースを追求した新しいデザインで、省スペース（従来比25%減）、黒単色印刷6秒/赤黒2色印刷10秒の高速発券、黒赤独立の印刷ヘッドの採用による転写リボン使用効率の向上、2ホップと手差し印刷機構により複数種の券用紙の取り扱い可能、旧券・磁気書込みエラー券の自動回収による省力化と誤発売防止、などである。

# Abstracts

Mitsubishi Denki Giho: Vol.68, No.4, pp.29~33 (1994)

## An Integrated Automation Control System for Paper Manufacturing Facilities

by Shozo Nakamichi & Yasuo Shiinoki

The article introduces an integrated automation control system for paper manufacturing facilities that performs central functions of operations management, operations support and automation. The system meets needs for small-lot multivariant production, higher product quality, tighter operations planning, labor savings and cost efficient plant operation.

Mitsubishi Denki Giho: Vol.68, No.4, pp.2~6 (1994)

## The Current State and Future Trends in Information and Control Systems for Industrial Plants

by Shuhei Niino & Jun'ichi Ichihara

The liberalization of international trade restrictions is creating a global economy in which manufacturers must quickly adjust to changes in regional markets. The pressure to compete is driving industry toward technologically advanced high-value-added products and processes capable of supporting them. The article surveys trends in manufacturing systems with a focus on Mitsubishi Electric's intelligent automation systems, systems technologies that integrate information, control and user-interface functions, and system architectures.

Mitsubishi Denki Giho: Vol.68, No.4, pp.34~38 (1994)

## An Integrated Automation Control System for Power Plant Applications

by Nobuyuki Ito & Yasutaka Ando

Japan has adopted impressive energy-conservation measures in response to the oil crises of the 1970s. However, there is strong demand for measures that not only save energy but also reduce staffing requirements and stabilize services. These measures include integration of geographically distributed facilities and an advanced total system that makes use of manufacturing data. The article introduces a practical example of such a system.

Mitsubishi Denki Giho: Vol.68, No.4, pp.7~11 (1994)

## The MELTAS 450 and 650: Integrated Information Control Systems

by Shuichi Nakamura, Yuji Takahashi, Keisuke Ichieda & Toshiaki Nakahara

Mitsubishi Electric has sold several hundred of its MELTAS integrated information control systems to private-sector manufacturers since the ground-breaking technology was released in 1988. A new MELTAS series was introduced to the market in 1993. The new systems incorporate changes that reflect evolving market needs and technical trends. The article reports on the development concept and main features of the new series.

Mitsubishi Denki Giho: Vol.68, No.4, pp.39~43 (1994)

## A Production System for Automobile Manufacturing Facilities

by Tadaharu Shirakura, Jun'ichi Higashi, Hiroshi Takahata, Kazuya Yanagi & Hirofumi Kobayashi

The corporation has implemented a production system for automobile manufacturing facilities employing a facility-wide open network. The system integrates production data management, line control and other functions, realizing automation and optimization. The article introduces the configuration, distributed design, and features of this system. It describes recent applications to a body assembly line, engine assembly line, and finished vehicle inspection line. The system incorporates decision-support tools to assist line personnel.

Mitsubishi Denki Giho: Vol.68, No.4, pp.12~17 (1994)

## Solution Software for Integrated Automation

by Akitoshi Narimatsu, Junji Fudaki & Koji Makita

The corporation has combined its engineering and software packaging know-how to develop integrated automation (IA) software that provides a set of function tools to assist in the construction of IA systems by users. The tools developed include a process database system, data analysis system, advanced operation-support system, operation and process optimization system, and facility maintenance support system.

Mitsubishi Denki Giho: Vol.68, No.4, pp.44~51 (1994)

## An Integrated Automation System for Small-Scale Fabrication and Assembly Lines

by Kensho Agui, Koichi Fukada, Yasuhisa Abe, Tomotake Yoshimura & Noriaki Kido

Small-scale fabrication and assembly lines differ from mass-production systems in several important ways. Production runs are frequently intended to fill a single order. Realtime material and information management is required to track the product or component kits and assess current production status. Computers are being introduced to perform these functions, particularly as client-server systems linked to the factory host computer. The article describes factory needs, and introduces system application examples.

Mitsubishi Denki Giho: Vol.68, No.4, pp.18~22 (1994)

## A New Control System for Reactor Processes

by Tadaaki Kiyomiya, Morikazu Takegaki, Noriko Nagata & Hideo Nakaya

The article overviews various control system issues for reactor processes, and deals specifically with quality control systems for polymerization processes. Techniques such as factor analysis and neural network analysis make it possible to evaluate subjective aspects of product quality, thereby expanding the range of measurable characteristics available for quality control purposes. The article also describes multivariable control techniques using model-predictive control techniques and neural networks.

Mitsubishi Denki Giho: Vol.68, No.4, pp.52~56 (1994)

## MELPAS-G: Commutation-Ticket Issuance System

by Eiichi Tsutsui, Tomio Hatakenaka & Toshiyuki Kaiga

The corporation has developed the MELPAS-G commutation-ticket issuance system with faster operation and support for rail-to-bus transfers. The new system has an advanced user interface that reduces space requirements by 25% compared to previous equipment. Separate black and red ribbons with separate print heads improve ribbon utilization, while printing a single-color pass in 6s and a two-color pass in 10s. Two hoppers and a manual feed allow handling of several pass sizes. The system can read old passes or passes with magnetic strip errors, and issue a new pass, reducing operator input time and preventing input errors.

Mitsubishi Denki Giho: Vol.68, No.4, pp.23~28 (1994)

## An Integrated Information Control System for Food Processing

by Akira Kotani, Yasuhisa Abe, Hiroyuki Nakai & Keiji Hirabayashi

The article introduces an integrated information control system for chocolate syrup production at Morinaga Seika. The system completely automates the factory equipment, transport, and operation planning functions, which previously required human intervention. The factory can now operate around the clock with a supervisory staff as small as two, reducing labor expenses and raising operating efficiency. Morinaga Seika installed the system under a company program to convert its entire manufacturing operations to CIM technology.

## アブストラクト

### 東京電力(株)新榛名変電所実証試験設備用 1,050kV 3,000/3MVA 変圧器(UHV 変圧器)

山形芳文・三浦良和・玉置栄一・富永雅久・岸 章夫・新海 広  
三菱電機技報 Vol.68・No.4・p.57~62 (1994)

21世紀初頭の我が国初の1,000 kV 送電に向けて、東京電力(株)新榛名変電所構内での実証試験用として単相1,050 kV 3,000/3 MVA 変圧器を製作し、平成5年10月に出荷した。1,000 kV 変圧器は、これまでの500 kV 器で培った技術に加え、高電圧部の電界緩和対策や多重バリヤ絶縁リードの採用など、1,000 kV として開発した絶縁技術を適用したほか、製造全般にわたって徹底したクリーン化工法を採用して完成した。

### フレームリレー交換装置 “MELPAX6000”

菊地信夫・長谷川勝也・谷口 順・吉良廣文・西門 裕  
三菱電機技報 Vol.68・No.4・p.73~77 (1994)

LAN 間接続などの高速データ通信に適した通信方式として、フレームリレーが注目されている。フレームリレー交換装置“MELPAX 6000”は、フレームリレーの各種標準で規定される通信機能やふくそう(輻輳)制御機能などを提供するほか、従来のパケット通信機能も提供し、パケット網からフレームリレー網へ容易に移行できる。また、データ処理 LSI によって高速なフレームリレー処理を実現している。本稿では、MELPAX 6000 の特長、仕様、機能等について述べる。

### GM 式 4 K 冷凍機付き MRI 用超電導マグネット

松本隆博・中川修一・吉村秀人・長尾政志・稲口 隆  
三菱電機技報 Vol.68・No.4・p.63~67 (1994)

GM 式 4 K 冷凍機を搭載して、液体ヘリウムが蒸発しない MRI 用超電導マグネットを世界に先駆けて製品化した。従来の MRI 用超電導マグネットは年間1,000 ℓ 程度の液体ヘリウムが蒸発し、年2回程度液体ヘリウムを補充する必要があった。本機の完成により補充が7~10年間は不要になり、省資源に役立つとともに、液体ヘリウムの入手が困難な国への MRI 装置の普及が図れ、医療の普及と発展に貢献できる。GM 式 4 K 冷凍機付き MRI 用超電導マグネットの構造と特性について述べる。

### 156 Mbps 光映像伝送装置

小猿康敬・菅野裕子・丹治秋人・菅野典夫  
三菱電機技報 Vol.68・No.4・p.78~82 (1994)

素材品質の映像(NTSC)信号1chと音声信号4chを伝送でき、同期デジタルハイアラーク(SDH)網を利用して多様な映像伝送システムが構築できる156 Mbps 光映像伝送装置を開発した。

この装置は、映像信号に対して60 dB 以上の高 S/N を、音声信号に対しても DAT 並みの高品質を達成した。また、SDH インタフェース LSI や光モジュールの適用により、小型・低消費電力化を実現した。

### ファイル転送自動管理システム

二階堂秀治・富川哲司・吉崎正幸・吉田 稔  
三菱電機技報 Vol.68・No.4・p.68~72 (1994)

ホスト計算機とクライアント/サーバに分散配置した各々のアプリケーションプログラムを簡便に連携させる通信ミドルウェアのニーズが高くなっている。当社で実現している FOAS (File Transfer Operation with Auto Schedule) は、システムの運用を自動的に、かつ業務を円滑に遂行するためのミドルウェアである。

最近、当社サーバに搭載された UnixWare 上に FOAS のサポートを新規に行ったので、その開発方針及び実現方式について紹介する。

# Abstracts

Mitsubishi Denki Giho: Vol.68, No.4, pp.73~77 (1994)

## MELPAX6000: Frame-Relay Switching Equipment

by Nobuo Kikuchi, Katsuya Hasegawa, Jun Taniguchi, Hirofumi Kira & Yutaka Nishikado

Frame relays are being used for high-speed data transmission in such areas as interconnections between LANs. The MELPAX6000 frame-relay switching equipment provides communication functions and congestion management functions in compliance with established frame-relay standards. It also provides packet switching functions, allowing packet networks to be easily switched to frame-relay networks. Data processing LSIs realize high-speed frame-relay processing. The article introduces the features, specifications and functions of the MELPAX6000.

Mitsubishi Denki Giho: Vol.68, No.4, pp.57~62 (1994)

## A 1,050kV, 3,000/3MVA UHV Transformer for Extended Qualification Testing at Tokyo Electric Power Co.'s Shinharuna Substation

by Yoshiyumi Yamagata, Yoshikazu Miura, Eiichi Tamaki, Masahisa Tominaga, Akio Kishi & Hiromu Shinkai

Mitsubishi Electric delivered a 1,050kV, 3,000/3MVA transformer to Tokyo Electric Power Co.'s Shinharuna Substation for extended qualification testing in October 1993. The transformer was fabricated using several enhancements to previous 500kV technology including electric field relief measures on the high-tension side, leads with multilayer barrier insulation, and clean-room manufacturing in all stages of production. The technology marks a step towards megavolt power-transmission systems envisaged for the 21st century.

Mitsubishi Denki Giho: Vol.68, No.4, pp.78~82 (1994)

## 156Mbps Fiber-Optic Video Transmission Equipment

by Yasutaka Kozaru, Hiroko Sugeno, Akihito Tanji & Norio Kanno

Mitsubishi Electric has developed 156Mbps fiber-optic video transmission equipment capable of transmitting one channel of quality raw NTSC signal with four audio channels. The equipment allows the flexibility to construct a video transmission system by interconnecting with synchronous digital hierarchy (SDH) network. The video signal has a signal-to-noise ratio of better than 60dB, and the audio signal quality is equivalent to DAT. The use of SDH-interface LSIs and integrated optical transceivers has led to the development of compact components and low power consumption.

Mitsubishi Denki Giho: Vol.68, No.4, pp.63~67 (1994)

## MRI Superconducting Magnets with GM-Cycle 4K Refrigerator

by Takahiro Matsumoto, Shuichi Nakagawa, Hideto Yoshimura, Masashi Nagao & Takashi Inaguchi

Mitsubishi Electric has developed the world's first commercial superconducting magnets for MRI applications using a GM-cycle 4K refrigerator that prevents evaporation of the liquid-helium coolant. Typical MRI superconducting magnets lose 1,000 liters of liquid helium annually to evaporation losses, and require refilling every six months. The new system requires no refilling for 7-10 years, which conserves helium resources and makes MRI technology available for health care in nations without commercial liquid helium supplies. The article introduces the magnet construction and features.

Mitsubishi Denki Giho: Vol.68, No.4, pp.68~72 (1994)

## An Automated File Transfer Management System

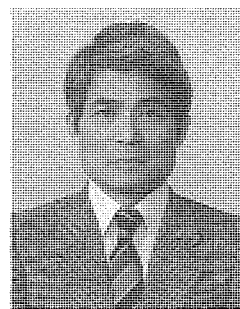
by Hideharu Nikaide, Tetsuji Tomokawa, Masayuki Yoshizaki & Minoru Yoshida

Needs are growing for telecommunications software capable of linking a mainframe and the various applications and programs in distributed client-server environments. Mitsubishi Electric has developed FOAS (file-transfer operation with automatic scheduling) software that performs smooth and automatic transfers. The article reports on the development policy and implementation method of its FOAS support, which runs under UnixWare on the corporation's recent workstations.

## 工業プラント情報制御システム特集に寄せて

京都大学工学部  
化学工学教室

教授 橋本 伊織



次世代の生産システムの在り方について各方面で活発に議論されるようになって、かなりの年月が経過している。21世紀が目前に迫った現在、この間の議論を乱暴に集約すれば、次の三つのキーワードで特徴づけられるのではないだろうか。

一つ目は、地球環境の問題である。地球を有限のものとして認識せざるを得ない問題が次々と顕在化してきており、21世紀においてはクリーンプロダクションシステムの創造を目指した地球環境協調型の生産・消費システムを構築していかなければならないことである。

二つ目は、経済活動そのものの在り方が、一国だけを世界から切り離して展望できなくなっており、ますますGlobalizationの方向に進まざるを得ず、同時にリエンジニアリング指向が強まってくる点である。

三つ目は、人間が働くということに喜びを感じられる生産技術、Human oriented engineeringとでも呼ぶべき技術体系の創造であろう。オートメーションが、人間を単純労働から解放し、生産活動の合理化、安全性向上に大いに役立ってきたことは明らかである。しかし、生産現場から人間を排除するという単純な無人化指向ではなく、本来人間が持つ生産活動に従事する喜びを真に感じられる生産システム・生産技術を創り出すことが必要になってこよう。

次にもう少し短期的な課題について考えてみると、化学産業においても、変種変量生産、マーケットニーズへの即応性、グローバル化への対応が更に求められることから、生産システムに要求される条件としての柔軟性が今以上に重要になってくる。パイプレスバッチプラントに見られるように、工程そのもののフレキシブル化、工程そのものは固定されていても、運用によって生産システムとしての柔

軟性を確保するための、知的スケジューリングシステムを内包したCIMシステムの導入は不可欠となっている。

また、これからの化学産業はSpeciality chemicalsに、よりウエートをかけて国際競争力を確保していかなければならず、生産サイドでは品質の問題が、よりクローズアップされることになる。柔軟性と品質が重要なキーワードとなる時、これらを可能にするための条件として、次の3点が挙げられよう。

- (1) プロセスプラントを取り巻く情報処理のより高度化を目指すCIMの更なる推進
- (2) 品質の安定化・高品質化を可能にするIntelligent operation systemの構築
- (3) 異常診断というよりはむしろプラントの健康診断を自動的に可能にするシステムをも含めたOptimal maintenance systemの構築

ここでもう一步踏み込んで情報制御システムの技術的課題を考えてみると、コンピュータ・情報技術発展とあいまって、情報の統合化は大に進んだと言えよう。しかし、生産管理・運転管理・設備管理を含めて、トータルに生産システムを生かしていくために必要な様々な意志決定のサポートについては、分散型の制御システムが導入されているといっても、まだまだ自律分散というには不十分である。意志決定を分散し、かつ自律的に行い、しかも全体として、システムの最適性を損なわないようにできる情報処理システムの開発には、本来意志を持たないサブシステムに“神の手”ならぬなんらかの仕掛けをいかにして構築していくかが、情報制御システムの更なる発展のためには不可欠な研究課題となってこよう。

# 工業プラント情報制御システムの 現状と展望

新野修平\*  
櫛原潤一\*

## 1. ま え が き

21世紀を間近に控えた今、製造業は大きな転換に迫られている。すなわち、経済のグローバル化が進む中で市場動向に迅速に柔軟に対応し、国際的に競争力のある高付加価値製品を生産する知識集約形の製造業への変革の必要性に迫られている。また、地球環境保護の問題をはじめ、資源、エネルギー問題にも真剣に取り組む必要がある。さらに近年、製造業人口の減少と高齢化及び労働時間の短縮等の問題とあいまって、製造業の職場が働く人間にとって魅力的であり、かつ創造性を発揮できる場となることを目指し、生産システムと人間のかかわりあい、いままで以上に重視されてきている。これらのいずれをとっても、製造業はいまだかつて経験をしたことのない問題を抱えながら、21世紀に向けて大きく変貌しようとしている。

これらの環境の中で、製造業の生産活動の基盤である生産システムはいかにあるべきなのかを、当社が目指す知的統合生産システム (Intelligent Integrated Automation System: IAシステム) のコンセプト及び技術を変えながら、システムメーカーとして展望したい。

## 2. 製造業の課題

製造業は、市場の変化に対応して以下のように生産方式を変えてきた。すなわち、1970年代までの経済成長期の市場規模拡大を背景に、作れば売れる“プロダクトアウト”の時代から、1980年代の経済成熟期を背景に、望む物を作る“マーケットイン”の時代に移行し、それに伴って生産方式も少品種多量生産から多品種変量生産へと変化してきた。また、その中でも1990年代に入り、世界的に資本及び製品の流動性が増す中で、製品の国際競争力が必要とされてきている

(表1)。

この環境の変化の中で、製造業の品質、コスト、納期への取組姿勢も以下のように変わってきている。

(品質) 消費者に十分満足してもらえる高付加価値製品の迅速な開発、生産及び積極的な品質作り込み

(コスト) 生産活動全般にわたる効率化・最適化によるコストミニマムの追求

(納期) 市場と直結した在庫レスの短納期変種変量生産

これらを実現するためには、生産システムの高度化と同時に、生産活動の質の向上による知識集約形の製造業への転換が必要である。

例えば、通産省が提唱しているIMS (Intelligent Manufacturing System) では、全生産活動においてシステムを智能化・自律化し、これらの自律したシステムが相互に協調しあい、さらに人間の創造性を発揮できるシステムと人間との好ましい関係を築きつつ、全体を統合する生産システム作りの必要性を訴えている。

## 3. 次世代生産システムの動向

前章の製造業の課題に対し、当社では“受注から出荷までのすべての生産活動において、有限の生産資源 (設備・原材料・エネルギー・人) を効率的にフレキシブルに運用でき、しかも生産にかかわる情報の有効活用によって人間の知的活動を支援し、企業の発展を促す統合生産システム”を“知的統合生産システム (IAシステム)”と称し、各製造業の生産システムの開発に取り組んでいる。この章では、このIAシステムのコンセプトを実現するために重要な次の三つのテーマ、

- 情報と制御の融合
- システムと人間の調和
- インテリジェントエンジニアリング

表1. 市場と生産方式の変遷

時 代	1960年代	1970年代	1980年代	1990年代
	高度成長時代	低成長時代	成熟時代	グローバル時代
	プロダクトアウト		マーケットイン	
市 場	作れば売れる		売れるものを作る	望むものを作る
生 産 方 式	少品種多量生産、見込生産		多品種変量生産、受注生産	
品 質	品質のばらつきをなくす		高品質製品で差別化	
コ ス ト	装置大型化・自動化によるコストダウン		トータル最適化によるコストミニマム化	
納 期	多量生産による安定供給		JIT生産による短納期化	
生産システム	自動システム		統合生産システム	知的統合生産システム



について、将来の技術動向を交えながら考えを述べる。

### 3.1 情報と制御の融合

情報と制御の接続は、CIM(Computer Integrated Manufacturing) 構築の出発点であり、今までにも様々な方法で接続されてきた。近年ではシステムのオープン化及びデファクトスタンダード化が進展し、可接続性は保証されるようになってきた。この環境下で情報系と制御系は必要な範囲でデータベースを共有し、必要なタイミングとレスポンスで双方から自由にアクセス可能なシステムが実現しつつある。このシステム上で生産に関する“量の制御”と“品質の制御”のための、P (Plan), D (Do), C (Check), A (Action) のサイクルを密に回す必要がある。

#### (1) “量の制御”のためのPDCA サイクル

需要変動に柔軟に対応し、見込み生産方式から受注生産方式に近づけ、生産リードタイムの短縮及び在庫の極小化を実現するためには、プロセス制御サブシステムの上に次の二つのサブシステムを持つ必要がある。

##### (a) 生産計画サブシステム

販売、物流システムからの生産指示に基づき製造工程ごとの生産計画を立案し、また生産実績管理をする等、工場及びプラントのマクロの生産管理をつかさどるシステム

##### (b) 操業計画サブシステム

生産計画サブシステムからの製造指示に基づき、製造プ

ラントのリアルタイムの稼働状況を踏まえて最適スケジューリング問題を解き、操業計画を立案する操業の効率化・最適化をつかさどるシステム

生産システム内で生産計画及び操業計画の二つの情報サブシステムとプロセス制御システムを融合させ、各々週単位又は日単位のマクロ PDCA サイクルと、リアルタイムにプロセス状況を踏まえ、生産計画と実際のプラントの稼働状況とのギャップを埋め、操業の最適化を行うミクロ PDCA サイクルの二つの閉ループを回すことにより、フレキシブルな生産システムが構築できる(図1)。

#### (2) “品質の制御”のためのPDCA サイクル

製品の国際競争力を確保するために製造業は、品質のばらつきの低減だけでなく、もっと積極的に品質を作り込み、付加価値の高い製品を生み出す必要に迫られている。従来のプロセス制御では大半が、温度・圧力・流量等のプロセス変数をフィードバック制御する方式であり、その設定値はオフラインのラボデータや品質情報からオペレータが経験に基づいて変更する方式であった。したがって、量の制御はリアルタイムにフィードバック制御ができて、品質制御に関してはオープンループに近い状態になっていた。品質に関してもフィードバック制御するためには、品質とプロセス状態変数との関係を解明する必要がある。ユーザーの要求する品質は、既存のセンサで計測できるものばかりでなく、感覚的又は感

性に根ざした定性情報として与えられることも多い。この品質に関する定性情報を物理、化学特性値に置き換え、さらにプロセスの状態変数との関係を定量的に明らかにするモデル化、すなわち品質モデリングが必要である。この品質モデリングができて初めて、ユーザーの要求する品質がプロセス状態変数(温度・圧力・流量等)の望ましい設定値という形で提供されることになる(図2)。

また、光沢・色彩・表面形状等の定性情報の計測システムとして、光計測技術やニューロ技術を駆使した感性計測システムの実用化に期待が高まっている。このように品質を解析してモデル化する情報系とフィードバック制御系が融合し、また新計測システムの実用化により、初めて品質のPDCA ループが回り、品質制御することが可能となる。

### 3.2 システムと人間との調和

産業革命以来の技術の進歩は、生産システムの自動化の歴史であると見ることもできる。しかしここにて、自動化による省人化を進めるとともに、生産システムが人間の意志決定支援をし、人間の創造力を生かして企業活動の進化を促す、生産システムと人間とのか

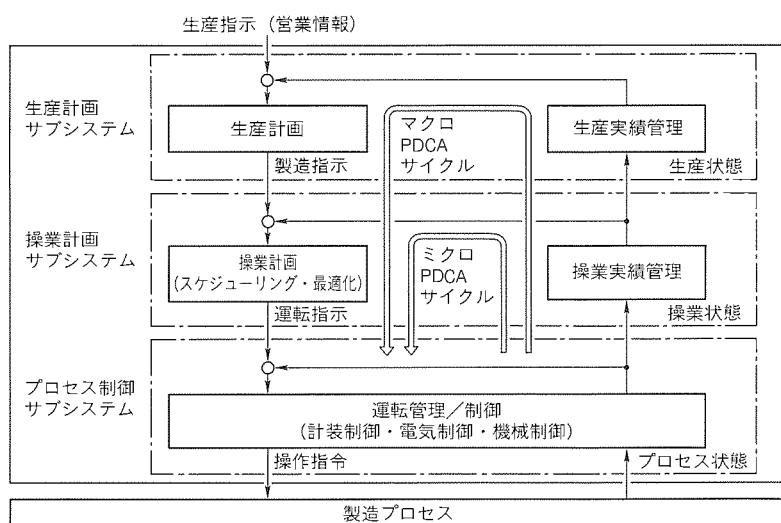


図1. “量の制御”のためのPDCAサイクル

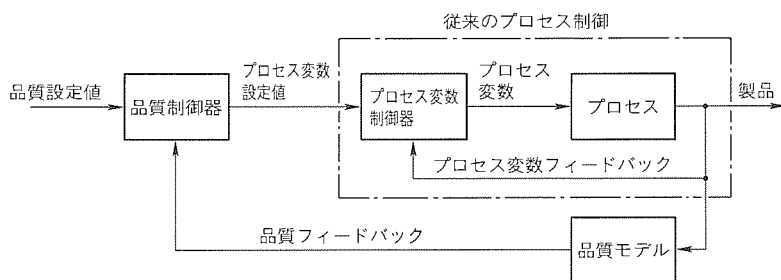


図2. “品質制御”のシステム構成

かわりが、今まで以上に重視されてきている。

また、シーズ的には計算機やワークステーション技術、マンマシンインタフェース技術、データベース技術、通信技術、マルチメディア技術等が目覚ましい発展をしており、当社のIAシステムでもこれらの技術を駆使し、意志決定支援システムを内包した次世代生産システム、すなわち人間中心システム“Human Centered System”の構築を目指している。以下に四つの切り口から今後の発展方向について説明する。

#### (1) 生産プロセスの進化を促す支援システム

生産プロセスの進化、すなわち製品の高品質化、歩留り・効率の向上、非定常運転の自動化による省人化、及び省エネルギー・省資源等のプラント全体の最適化を図るためには、まずプロセス状態を注意深く観察、把握し、それらを基に操業の改善を実施していく必要がある。正に、これらの改善を可能にするのが人間の知的活動であり、それを支援するシステムが望まれている。このためには、生産プロセスのデータを蓄積、データベース化しておき、目的対応に様々な角度からプロセス状態を管理、解析、診断することが重要である。もちろん、これらのシステムは設計当初から必要なデータが決められるわけではなく、必要に応じ稼働中にビルダーで登録するだけでソフトウェアを作らなくても自由に欲しいデータを収集・蓄積・情報処理できるプロセスデータベースシステムにしておく必要がある。この支援システムにより、人間とシステムが対話をしつつ生産プロセスの進化を図っていく活動が可能になる(図3)。

#### (2) 現象事前把握を可能とするシミュレーションシステム

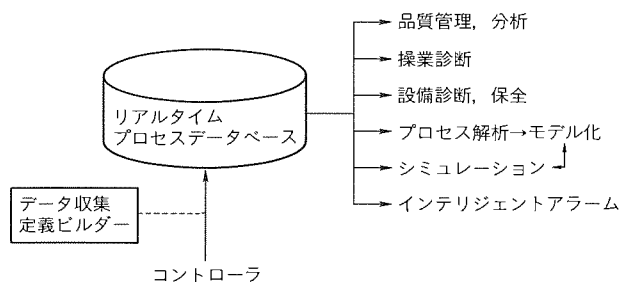


図3. プロセスデータベースシステム

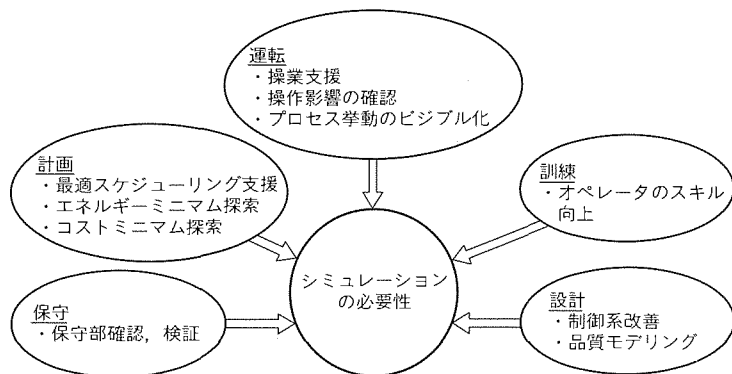


図4. シミュレーションの必要性

人間は生産計画、操業計画又は運転をするとき、将来の状況を経験を踏まえて先読みしつつ、ケーススタディをし、対処方法を決定している。ただし、プラント及びシステムが複雑化してきており、一つのアクションが多方面に影響を及ぼし、多数の制約条件下で組合せ問題を考えるケースが多くなってきている。これを解決する一つの方法は、従来から用いられている条件を徹底的に数式化し、線形計画法や非線形計画法によってシステムが最適解を見付ける方法があるが、それですべてのケースを完全に包含することは難しく、またシステムが複雑大規模化し、人間にとってシステムはブラックボックス化してしまい、フレキシブル性の乏しいシステムになってしまう。これらの欠点を補いプラント及びシステムの透明度を上げ人間とシステムが協調を図るためには、今後シミュレーションシステムを幅広く活用していく必要がある。すなわち、現状のプロセス状態を反映し現象を事前に把握することを可能とするシミュレーションシステムにより、操業支援や計画支援、エネルギーの最適化、複数プロセス間にまたがる全体の最適運用、又はオペレータのスキル向上のための訓練等が可能となる。

例えば、各ユニットのマテリアルバランス、ヒートバランスモデルを内包したブロックをつなげることにより、トータルプラントの挙動をシミュレーションできる技術、電源系統の電力潮流をスケルトンとインピーダンスマップを入力すればシミュレーションできる技術、設備データベースと操業ルールベースを持ちラインの生産状況と在庫量をシミュレーションする技術等、ユーザーフレンドリなシミュレーション技術が開発されており、今後ますます、現象を事前に仮想現実感を持って示すシミュレーションシステムの必要性が高まってくる(図4)。

#### (3) 異常予知保全システム

自動化が進めば進むほどオペレータの作業は監視業務主体となり、操作としてはプラントの異常時又はスタートアップ、シャットダウン時の操作など、非定常時操作が主になってくる。また、自動化が進んでも設備には寿命があり、保守要員の現場パトロールによる異常発見又は異常予知の活動は重要な業務として依然残っている。これらの業務は常にヒューマンエラーの危険性が潜み、また自動化の進展により操作機会が少なくなるほど、その危険性が高まる。

自動化・省人化が進む中でこれらの状況に対し、システムは、人間の活動をもっと緊密に支援していく必要がある。従来のDCS(Distributed Control System)は、一次検出された個別のアラームのみの警報、表示にとどまっており、後はオペレータの状況判断と回避操作にゆだねられている。今後はアラームにならない異常微小兆候まで含め、一次検出だけでなく、状況判断までシステムがサポートしたインテリジェントアラームシステムが必要となってくる

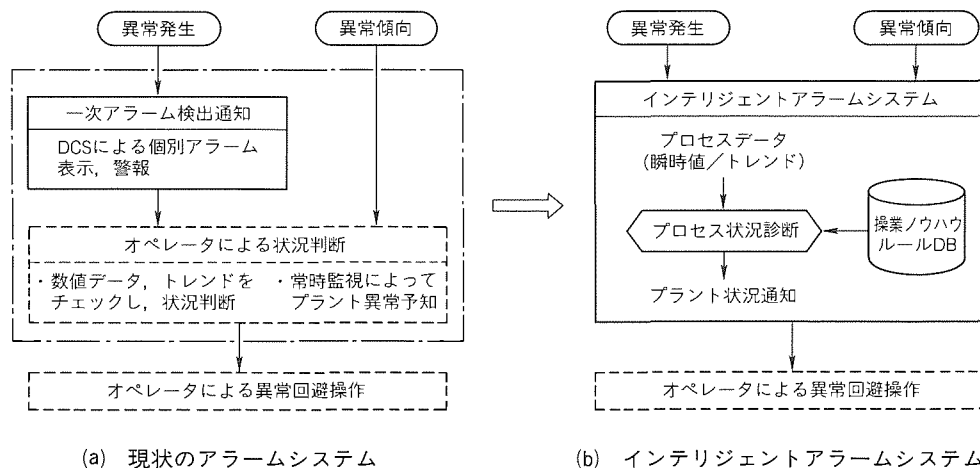


図5. アラームシステム

(図5)。

例えば、トレンドデータから測定ノイズ等を除去して特徴を抽出し、オペレータが判断しているプラント操業ノウハウのルールベースを基に、どの部分が異常になっているかまで推定するエキスパート技術の活用が有効である。また、基本的なユニットごとのマテリアルバランス、ヒートバランス等はシステムが常にチェックして監視することも重要である。

次に、保守要員の現場パトロール作業の軽減のためのシステム化もこれからの課題である。人間は五感をフルに働かせており、光応用技術等によってこれらを代替するシステムのフィールドへの適用が始まっている。従来からある回転機の振動解析による診断以外に、例えば蒸気漏れ、油漏れ、局部加熱等を検出する光応用センサ、設備の騒音を診断する音響処理システム等である。また、これらの複合センサを点検ロボットに搭載して巡回するシステムも現れており、広域にわたるプラントを経済性を考慮しつつ診断するシステム開発が今後の課題である。

#### (4) プロダクションエンジニア支援システム

少人数でプラントの運転、保守、操業管理、及び生産プロセスの改善活動を効率良く実施するためには、従来、オペレータ、スタッフ、保守員が各々持っていた業務の壁を取り払い連携を深め、協同作業をしつつ各々が多能工化する必要がある。この流れの中で、オペレータもプラントの運転だけでなくコストミニマムで高品質の製品を作り出し、同時に操業管理や設備保全を行う、プロダクションエンジニアへと発展していくものと思われる。したがって、プロダクションエンジニアの活動を支援し、また生産に携わる人の協同作業がしやすいシステムのマンマシンインタフェース(MMI)環境が必要となっており、MMIは以下の方向へ発展していくものと考えている。

- 全体の操業状態や、品質及びコスト等も含んだ新運転指標を把握できる、直感的で分かりやすい操作環境(オブジェクト指向のマクロ表現、ウインドウ表示、バーチャルリアリティ等)

- マクロ化表現だけでなく、プラントの理解を深め更に保守を容易にするシステムの挙動表示(例えば、計装フロー図表示等)
- 協同作業環境を目指したマルチメディアをサポートした大型集中ディスプレイ

### 3.3 インテリジェントエンジニアリング

エンジニアリング業務は、システム導入時はもちろんのこと、増改造、保守の局面でも非常に重要な位置を占めている。システムが高度化・大規模化していくに従って、ますますこの重要性が増してきている。当社のIAシステムでもインテリジェントエンジニアリングと称し、以下に重点をおいてエンジニアリングの高度化に取り組んでいる。

- (1) ソフトウェア技術者だけでなく、だれでも理解できるドキュメント(計器リスト、計装フロー図、フローチャート等)からソフトウェアを自動生成できること。
- (2) 上記ドキュメントでオンラインモニタリング及びデバッグができ、ソフトウェアの計画、設計・製作、試験のトータルの生産性を上げることができること。
- (3) ソフトウェアの部品化、再利用が容易に図れること。
- (4) 異常処理等を正常時処理と分離して逐次追加していくことができること。

これからは、このエンジニアリングの高度化は必要不可欠のものになると考えている。

一方、システムが高度化・大規模化するほど、運転、保守員もプラントの理解を深める必要があり、また異常時も的確にアクションをとることが要求されてくる。したがって、前述のエンジニアリングと運転業務、保守業務を結合し、運転、保守局面で計装フロー図やフローチャートでシーケンスの動きや異常処理シーケンスの動きを見ながら運転、保守することにより、システムの透明度が上がり運転、保守の質の向上が図れる。

## 4. 次世代生産システムのアーキテクチャ

前章では、システム機能面から最新のシステム構築技術に

ついて記述したが、ここではIAシステムのアーキテクチャについて将来動向を展望する。

工場全体システムは、個々のプラントのシステムの自律性を保ちながら、互いに協調をとる必要があり、図6に示すシステム構成が基本となる。

プラント対応のシステムは、システム内での密結合が要求されるシステムであり、E(電気制御)、I(計装制御)、C(計装機)、M(機械制御)が共通のシステムバス上に統合され共通のMMIを持っており、規模、機能に応じてスタンドアロンシステム(コントロールステーションとMMIが1台ずつ)から大規模システムまでビルディングブロック方式で構築できる。

#### (1) コントローラ

フィールドとのインタフェースはネットワーク化され、プロセス入出力装置はすべてフィールドに点在するようになり、コントローラ本体はコンパクト化されていく。コントローラは、信頼性確保のため二重化構成がとれ、電気・計装制御をつかさどり、ひと昔前には計算機でしかできなかったリアルタイムな高級演算制御等も実現できるようになる。エンジニアリングの高度化により、計装フロー図、フローチャート等のドキュメントベースでソフトウェアの製作、試験ができ、このエンジニアリング環境は汎用のワークステーション(WS)又はパソコン(PC)上に築かれ、コントローラと1対1接続、又はシステム全体に共通で接続することができる。

#### (2) マンマシンインタフェース

タッチパネル付きディスプレイ、大画面ディスプレイ等を使用し、Ethernet<sup>(注1)</sup>を介して計算機、WS、PC等の情報処理システムと情報の授受により、高度な操作環境を提供することができる。

また、このシステムは他のシステムに対してオープン化されており、EthernetやFDDIによる統合制御用LANを介しデータの通信及びデータベースの共有が可能である。この統合制御LANを介して、個々のプラント対応のシステムがつながり、統括プロコン等によって全体のプラントの協調や最適化を図ることができる。また、必要に応じて統合マン

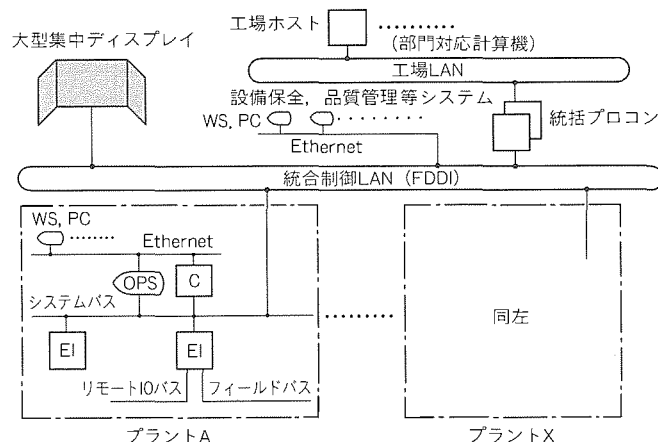


図6. IAシステム構成

マシンインタフェースを設けることができる。

## 5. む す び

以上、製造業の直面している課題を踏まえ、次世代生産システムのあるべき姿を、機能面とアーキテクチャ面から述べてきた。次世代生産システムを考えると、単に計算機、制御コントローラ、MMI、ネットワーク等のシステム技術を進化させるだけではなく、制御技術、モデル化技術、シミュレーション技術、データベース技術等のソフトウェア技術、及び計測システム技術等、総合的な技術が必要である。

当社でも、IAシステムの構築を目的として、総合電機メーカーの技術を結集し、三菱統合情報制御システム“MELTAS”を中心に、各製造業のニーズを実現する機能ソフトウェア(IAソリューションウェア)及び計測システム技術の開発に積極的に取り組んでおり、製造業とともに理想の生産システム構築に向けて努力していく所存である。

## 参 考 文 献

- (1) 橋本伊織：オペレーションとプロセス制御，化学工学，57，No.5（1993）
- (2) (財) 国際ロボット・FA技術センター：IMSセンターパンフレット（1993）
- (3) 櫛原潤一：DCSからCIMへーIAシステム構築技術ー，'92計装制御技術会議（1992）

(注1) “Ethernet”は、米国Xerox社の登録商標である。

# 統合情報制御システム “MELTAS 450/650”

中村修一\* 中原敏明\*\*  
高橋裕司\* 一枝圭祐\*\*

## 1. ま え が き

近年、急激に進んでいる社会環境の変化、経済のグローバル化により、製造業ではマーケットニーズの多様化、経済成長の鈍化と円高基調の定着に加え、製造業人口の減少と高齢化、総労働時間の短縮等の快適な労働環境の要求に直面しており、市場動向に迅速、かつ柔軟に対応し、競争力のある高付加価値製品を生産できる高度に統合された生産システム、すなわち CIM 構築の必要性に迫られている。

この CIM 化の流れの中で、DCS (Distributed Control System) は大きく変わろうとしている。すなわち、狭義の DCS (従来のプロセス計装制御システム) から広義の DCS (計装、電気、機械制御システムを統合し、さらに計算機との関係をより緊密化したシステム) へと発展を始めている。

## 2. IAシステム

民間製造業において、その生産システムの CIM 化を進めるに当たり、当社では生産の原点である製造プロセスノウハウを起点として、すべての生産活動の最適化を図っていくことを基本としており、このような統合生産システムを IA システム (Integrated Intelligent Automation System) と称し、民間製造業の各分野でユーザーニーズにマッチしたシステム作りに取り組んでいる。

この IA システムは、図 1 のように機能的に以下の 3 階層に分けて構築することを基本としている。

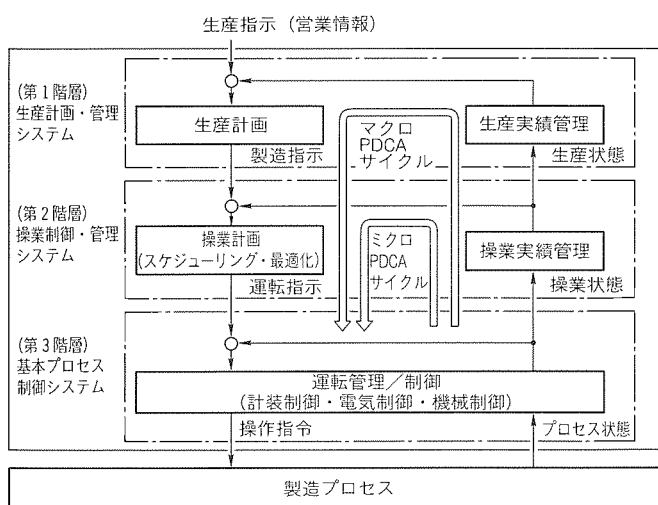


図 1. IAシステム機能構成

### (1) 第 1 階層…“生産計画サブシステム”

販売、物流計算機からの生産指示に基づき、製造工程ごとの生産計画の立案及び生産実績管理、品質管理、設備管理等の管理機能をつかさどる階層。

### (2) 第 2 階層…“操業・品質管理制御サブシステム”

生産計画システムの製造指示に基づき、製造ラインのリアルタイム状況を加味しつつ、効率的に製造スケジュールを立案する最適操業計画機能、プロセス制御の最適化のためのプロセス解析機能や数式モデルや AI (Artificial Intelligence) 等を利用したアドバンスト制御機能等、操業の効率化や最適化及び品質の制御をつかさどる階層。

### (3) 第 3 階層…“基本プロセス制御サブシステム”

計装制御、電気制御、機械制御等の製造プロセスを安全に精度良く操作・制御する階層。

状況の変化に即応できる意志決定プロセスまで内包した統合情報制御システムを構築するためには、これら三つの階層を有機的に結合することが必要である。すなわち、生産計画レベルのマクロの PDCA サイクルと操業制御・管理レベルのミクロの PDCA サイクルを密に回すことができる。

### (4) マクロ PDCA サイクル

需要変動に柔軟に対応していくために、見込み生産方式を受注生産方式に近づけ、生産リードタイムの短縮及び在庫の極小化を行う生産計画サブシステムを頂点とした中・長周期の閉ループ。

### (5) ミクロ PDCA サイクル

リアルタイムのプロセス状況を踏まえ、生産計画と実際のギャップを埋め、操業の最適化を行う操業・品質管理制御サブシステムを頂点とした短周期の閉ループ。

これが IA システムの基本的なシステム構築の考え方であり、上記の 3 階層の統合化と特に第 2 階層目の充実が重要である。

## 3. “MELTAS” の特長

IA システムの中核システムとして位置付けられ、EIC (Electrical・Instrumentation・Computer) 統合化時代の先べん (鞭) をつけた統合情報制御システム MELTAS は、昭和 63 年から現在に至るまで民間の製造プラントに対し、数百システムが適用されている。ダウンサイジングやオープン化の潮流を踏まえた上で、小規模から大規模プラントまでユーザーニーズにきめ細かく対応できるよう、次のコンセプト



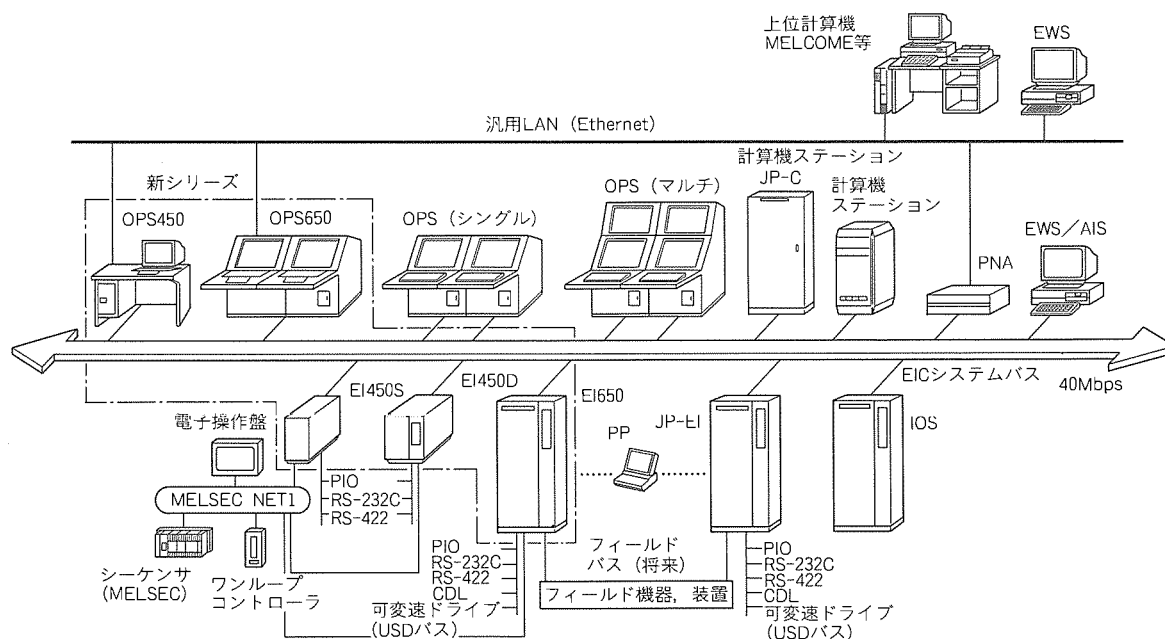


図2. MELTASシステム構成

トの下にMELTAS新シリーズの開発を行った。

#### (1) システムの連続性

既存MELTASと新シリーズMELTASとは、同一のEICシステムバスに接続可能とし、さらにアプリケーションレベルでの接続性を保証している。したがって、例えば新OPSから既存JP-EIのタグの操作やパラメータの設定を可能としている。

#### (2) ソフトウェアの互換性

新MELTASでは、既存MELTASのソフトウェア（S/W）財産の継承を可能とするために、アプリケーションS/Wの上位互換を保証している。したがって、既存JP-EIのS/Wや既存OPSの画面は、新シリーズ上で実行可能である。

#### (3) 操作環境の統合化

従来のパネルオペレーションと同一感覚のCRTオペレーションを実現することにより、メーカーや文化（電気・計装・計算機）によって生じるオペレーションの違いを吸収することができる。

#### (4) システム内情報のオープン性

汎用ネットワーク上の汎用計算機（パソコンやEWSも含む。）に対し、論理名（タグ／ラベル名）によるアクセスやFTPやNFS等の汎用プロトコルにより、MELTAS内のプロセスデータを通信アプリケーションS/Wフリーで提供できる。

図2に新MELTASのシステム構成を、また図3には新MELTASの外観を示す。MELTASの特長を次に述べる。

### 3.1 統合化ネットワーク

(1) 基幹バスとしては、高信頼性と高速リアルタイム性を確保し、システムの拡張に対して柔軟性が要求される。EICシ

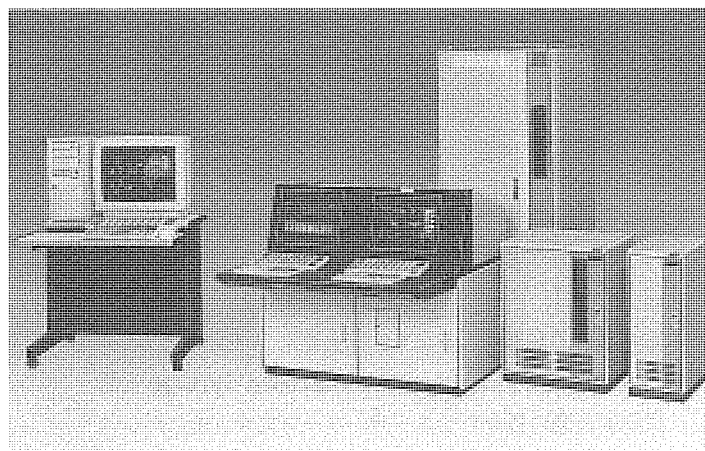


図3. MELTASの外観

ステムバスは、最大40Mbps（標準20Mbps）の伝送速度を持ち、親局を必要としないバランス型ネットワークである。EICシステムバスは冗長化構成が可能で、しかもバス異常時の自動縮退／復帰機能を持つ高信頼アーキテクチャである。機能・規模にフィットするキーコンポーネントをEICシステムバス上にプラグインするだけで容易にシステムが構築できる。

(2) コントローラ間の通信としては、銘柄データ通信等のように指定局（又は全局）に対し、同時性を保証しながら大量のデータを一括送信する通信方式、各コントローラが管理するリアルタイムなプロセスデータ（例えばセンサ信号等）を他コントローラと共用できる通信方式が必ず（須）である。このため、MELTASでは、前者の通信に対してN:N通信（2,048バイト／メッセージ）を、後者の通信に対してはサイクリック通信（32kバイト／チャンネル）をサポートしてお

り、いずれも通信アプリケーション S/W フリーでの通信を実現している。

(3) 汎用ネットワーク (例えば Ethernet<sup>(注1)</sup>) 上の汎用計算

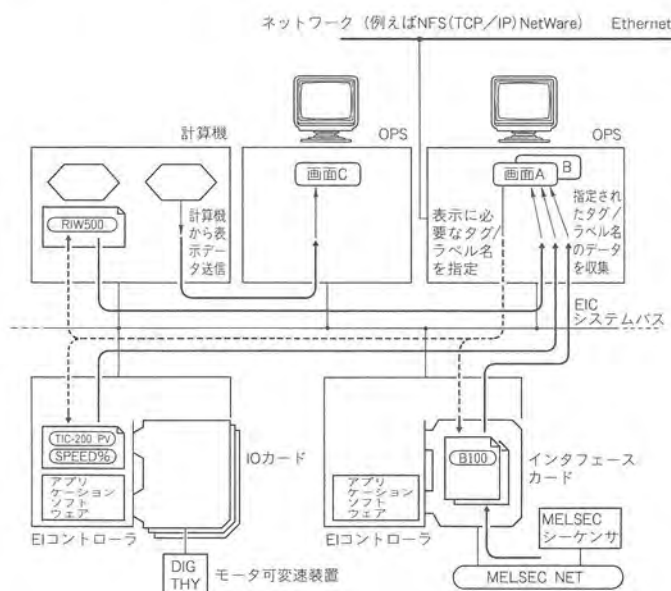


図4. MMI統合化概念



図5. 統合画面例



図6. イメージキーウインドウ例

機 (パソコンや EWS を含む。) は PNA (Peripheral Network Adapter) を介して EIC システムバスに接続することができ、MELTAS 内のプロセスデータを論理名 (タグ/ラベル名) で自由にアクセスすることができる。これにより、システムのオープン化を図っている。

### 3.2 インテリジェントオペレーション

(1) MELTAS では、これまで電気・計装・計算機・機械で個々に持っていたマンマシンインタフェースを統合化するために、図4のように MELTAS 内の隅々まで、通信アプリケーション S/W フリーで OPS から自由にデータアクセスできる。

(a) EIC システムバス上の各ステーション内で使用されている論理名 (タグ/ラベル名) を直接指定するだけで、該当データがアクセスできる。

(b) EI コントローラを介してバス直結されているシーケンサ (“MELSEC”) についても、そのビット/数値データ、入出力デバイス情報、システム情報等が、EI コントローラのアプリケーション S/W の介在なしに OPS から自由にアクセスできる。

(c) 計算機用のマンマシンインタフェースとしては、上記のようなデータアクセス以外に、計算機が独自で画面制御可能なモードもサポートされており、アプリケーションの内容やユーザーニーズにより、選択して使用することができる。

(2) OPS は、中小規模用途としてデスクトップタイプの OPS 450 と大規模用途としてコンソールタイプの OPS 650 とがあり、特に OPS 650 は 1,472 × 1,152 (ドット) の業界随一の高精細表示で、今後の情報密度アップの要求にこたえている。複数の既存画面 (指定エリアの縮小可能) を組み合わせて1枚の画面を仕立てる統合画面機能もサポートされており、従来4 CRT で表示されていた内容が1 CRT でカバーできる。統合画面例を図5に示す。

(注1) “Ethernet”は、米国Xerox社の商標

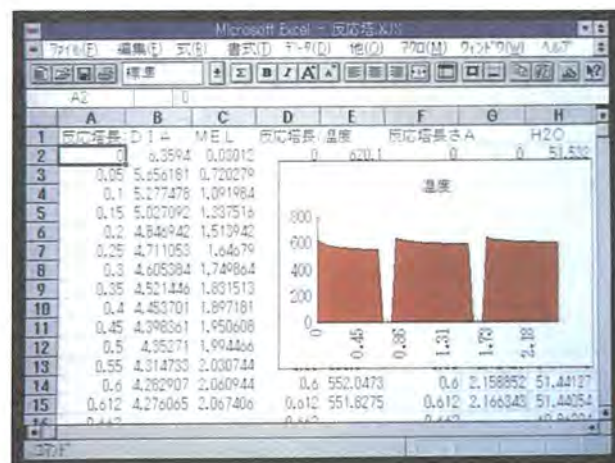


図7. Excelによるプロセスデータ表示例

(3) 新 OPS のタッチパネルは、これまでの光学式から超音波式に切り替えることにより、パネルオペレーションの操作感覚に近づけて操作性の向上と誤操作低減を図るとともに、通常の CRT オペレーションをすべてタッチ操作でカバーしている。

- (a) 画面／ウインドウの呼出し／消去／移動操作
  - (b) グラフィック画面のスイッチオン／オフ操作やデータ設定箇所の指定操作
  - (c) 標準画面の計器 (タグ) のモード切替え・確認操作／S V, MV 操作／速度切替操作
  - (d) トレンドグラフの時間軸／工学軸の拡大／縮小／移動、ペンのアップ／ダウン等の表示仕様の変更操作やトレンド収集対象 (タグ／ラベル) の変更操作
- (4) 表示ランプや照光式押しボタンはもとより、切替スイッチやスライダーなどパネル用器具を模擬したイメージキー機能のサポートにより、従来のパネルオペレーションと同一感覚で CRT オペレーションができる。イメージキーウインドウを使用した画面例を図 6 に示す。
- (5) ステータスタグ (スイッチ計器) やイメージキー等タッチ操作は、必要に応じてカバー付き操作／2 アクション操作機能が選択して付加でき、誤操作防止に寄与している。
- (6) OPS 上で市販のパソコンツール (DOS/V 対応) が動作可能である。したがって、Lotus1-2-3<sup>(注2)</sup> や Excel<sup>(注3)</sup> など市販のスプレッドシートにより、OPS 内のプロセスデータ (トレンド／イベント履歴等) を表示・集計・帳票出力することができる。また、製造設定データも上記のツールから設定して最終的にコントローラやシーケンサまでダウンロードすることができる。さらに、DDE<sup>(注3)</sup> (Dynamic Data Exchange) を使用することにより、Windows<sup>(注3)</sup> 上の Excel 等でリアルタイムにタグ／ラベルなどのプロセスデータを表示できる。画面表示例を図 7 に示す。
- (7) 過去、現在の情報から近未来予測／複合アラームなどの知的判断機能、状況にフィットした最適操作ガイダンス機能等、高度操業支援まで含めたインテリジェントオペレーションは、これらの機能を Ethernet 上の PC や EWS に分散配置し、TCP/IP<sup>(注4)</sup> や NetWare<sup>(注5)</sup> など市販のネットワークを利用することにより、OPS のパフォーマンスを損なうことなく実現できる。

### 3.3 プロセス制御

(1) プロセス制御を行う電気計装 (EI) コントローラは、中小規模用としてデスクサイドタイプの EI 450 と、大規模用としてキュービクルタイプの EI 650 とがある。これらはい

(注 2) “Lotus 1-2-3” は、米国 Lotus Development Corp. の登録商標

(注 3) “Excel” “DDE” “Windows” は、米国 Microsoft Corp. の登録商標

(注 4) “TCP/IP” は、米国 Texas Instruments, Inc. の登録商標

(注 5) “NetWare” は、米国 Novell, Inc. の米国での登録商標

ずれも必要に応じて EIC システムバス、CPU、電源、RIO (リモート IO) バス、アナログ入出力カードの冗長化構成が選択できる。

(2) EI コントローラの入出力ユニットや入出力カードは、オンライン着脱が可能であり、またその S/W もオンライン変更が可能であるので、操業を止めることなくシステムの増設／改修が可能である。

プロセスとのインタフェースは、RIO (プロセスとの電気計装入出力ユニット)、デジタルサイリスタ/VVVF、MCC (Motor Control Center) 等の電気制御用ドライブ機器、機械制御に使用されるシーケンサ MELSEC などフィールドとのインタフェースは専用の伝送路 (光、電気) で EI コントローラと接続可能であり、制御設定データ、フィールドデータ以外にシステム情報までアクセスすることができる。

### 3.4 インテリジェントエンジニアリング

#### 3.4.1 計装仕様書記述言語

プラント／プロセスエンジニアやオペレータが普段から使い慣れている機能仕様書 (計器リスト、計装ループ図、フローチャート) を入力するだけで S/W が自動生成される。また、これらは機能仕様書単位での部品化が可能で、標準化及び同種プラントへの流用が図れる。さらに、プロセスの動作状態や S/W の実行状態を機能仕様書上でオンラインモニタリングやステップ実行ができるため、S/W のデバッグ効率アップが期待できる。

(1) 計装フィードバック制御機能仕様書記述言語

<ILFC (Instrumentation Loop Function Chart) >

計器リスト、計装ループ図などの仕様書記述から S/W へのダイレクト展開ができ、また記述した仕様書イメージにより実行状態のオンラインモニタリングができる。メーカーや機種に依存するエンジニアリング項目を極力排除し、OS や S/W 言語を意識せずに高度な計装フィードバック制御機能が記述できる。通常のプラントでは、単一ループで閉じて制御機能が記述できる計器が全体の約 8～9 割を占めている。このように、簡単な制御機能はタグ一覧表による FIF 登録のみでエンジニアリングが完結できる。ここで登録される計器種別 (マクロファンクション) としては、標準計器とユーザー計器とがある。標準計器は PID 調節計器／指示計器などアナログ計器と同様の計器レパートリをサポートしている。ユーザーオリジナルな計器は、ファンクションブロックを組み合わせてユーザー計器として登録し、標準計器同様の取扱いができる。計器リスト、計装ループ図 (範囲指定が可能)、ユーザー計器、ユーザーファンクションブロック単位での部品管理ができる。図 8 には計装ループ図の画面例を示す。

(2) 計装シーケンス制御機能仕様書記述言語

<ISFC (Instrumentation Sequence Flow Chart) >

フローチャート (FC) 形式の仕様書記述から S/W へのダイレクト展開ができ、また記述した FC イメージにより、実

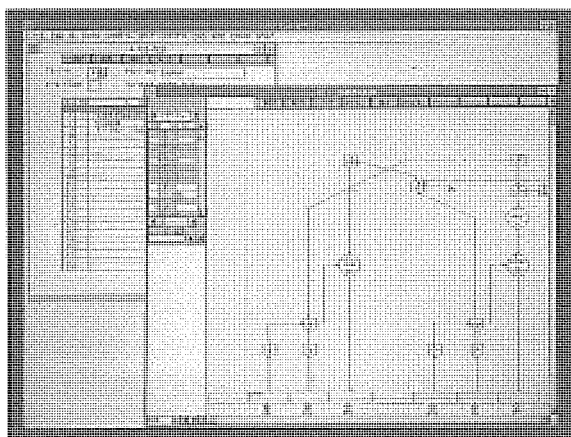


図 8. 計装ループ図例 (ILFC)

行状態のオンラインモニタリングができる。FC シンボル (S B) としては、日ごろな (馴) 染みある基本的なものだけに抑え、これ以外に異常処理/手動介入処理などの追加機能をアクセサリとして部品化している。FC 作成時には SB にアクセサリを付加し、その組合せにより、表現できる機能にバリエーションをもたせている。シーケンスフロー決定の進度に合わせて、逐次エンジニアリングが可能ないように設計されている。すなわち、正常 (異常) 時の基本フロー決定後に、異常処理/イリーガル処理/手動介入処理などを逐次追加したり、処理の組替えが容易に行える。

また、ディシジョンテーブルなどでは表現できなかった同時並行処理が 1 枚の FC で記述できるほか、計装シーケンス特有の制御機能 (アンサバックやインタロックチェックなど) を標準機能としてサポートしている。FC にはメイン/サブ/異常処理 FC があり、階層化された S/W 構成を可能としており、また各 FC ごとに部品化が可能である。図 9 にはフローチャートの画面例を示す。

### 3.4.2 エンジニアリング環境

既存/新シリーズ MELTAS のいずれも、ターゲットシステムを必要とせず、汎用パソコン (AX 仕様, DOS/V 仕様) をプログラミングパネル (PP) として使ってエンジニアリングすることができる。PP は EI コントローラと接続して、実行モジュールのダウンロードやオンラインデバッグができるほか、OPS 上に築かれた PP 機能でも同一の作業が

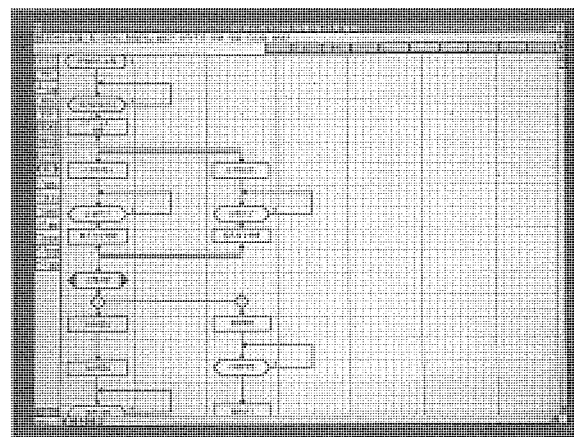


図 9. 計装シーケンスフローチャート例 (ISFC)

可能である。さらに、PP や OPS を Ethernet 上に接続し、TCP/IP や NetWare など市販のネットワークを利用することにより、ネットワーク上の複数端末 (PC/EWS) から同一エンジニアリング DB やプリンタを共有でき、大規模システムにおけるエンジニアリング環境が容易に構築できる。

### 3.4.3 S/W の上位互換性

既存 JP-EI の S/W や OPS の画面は、新シリーズ MELTAS 上で実行できるため、既存 MELTAS の S/W 財産が継承できる。ただし、EI 450 や OPS 450 は、既存のものに比べて、ループ点数や画面枚数などボリュームを制限した仕様としているため、この範囲内での互換性を保証している。また、OPS 650 は既存のものに比べて 4 倍 (縦 2 倍, 横 2 倍) の表示密度であるため、新 OPS 内の専用ツールによるコンバージョンを施すことにより、既存のグラフィック画面が使用できる。

## 4. む す び

IA システムの中核に位置付けられる MELTAS 新シリーズの特長について述べてきた。

今後、製造業では高度に、より統合化した、より使いやすいシステムへの要求が高まってくるものと思われる。当社も、今後とも先端技術を積極的に取り込み、製造業とともに理想の統合生産システムの構築に向けて努力していきたい。



# IAソリューションウェア

成松明俊\*  
 札木淳司\*  
 巻田幸司\*

## 1. ま え が き

厳しい経済環境にある現在、製造業における生産システムの高度化に対する要求は非常に高まっており、実現すべきシステムは複雑化している。また、システムの経済性についての評価も従来以上に厳しくなっており、高度なシステムをいかに効率的に構築するかが大きな課題となっている。

当社では、製造業が目指す高度な統合生産システムをIAシステムと称し、各分野でシステム作りに取り組んでいる。IAシステムのコンセプトは次の三つの項目から構成される。

- (1) システムの機能モデル(図1)
- (2) 統合制御システム“MELTAS”を中心とするシステム構成コンポーネント群
- (3) システム構築のためのエンジニアリング

このうち(3)は、システム構築のノウハウに相当する部分であり、当社ではこのノウハウ及びノウハウをソフトウェアパッケージ化したものをIAソリューションウェアと名付け開発を進めている。

以下に、IAソリューションウェアの概要と適用例を紹介する。

## 2. IAソリューションウェアの概要

### 2.1 コンセプト

製造業ユーザーが抱える生産システムに対する課題を解決する高度化・統合化したシステムを効率的に構築するために

は、プロセスノウハウ・システムエンジニアリングノウハウに基づく技術が必要である。当社がユーザーに提供する、この問題解決のためのノウハウのことをIAソリューションウェアと呼ぶ。

ノウハウは無形の技術であるが、これらのノウハウをできるかぎり具体化(マニュアル化・ソフトウェア化)・製品化し、技術者の技術とともにユーザーに提供するのがIAソリューションウェアである。

### 2.2 構 成

IAソリューションウェアは、システムエンジニアリングとソリューション機能ツール群から構成される。以下これらについて説明する。

#### (1) システムエンジニアリング

IAシステム構築のためには、現状の調査・分析から始まり、システムの企画・開発・試験・運用・評価・保守に至るシステムのライフサイクル全般にわたる様々な作業が必要である。当社では、これまでの豊富な工業プラントシステム構築の経験に基づき、各フェーズでの作業・サポート・教育をユーザーに提供している。

#### (2) ソリューション機能ツール群

プロセスノウハウをソフトウェア化した製品群のことをソリューション機能ツール群と呼ぶ。

ソリューション機能ツール群は、IAシステムのすべての機能階層、及び計装機、OPS、コントローラ等のシステムを構成するすべての情報制御装置上で単独、又は相互に連携

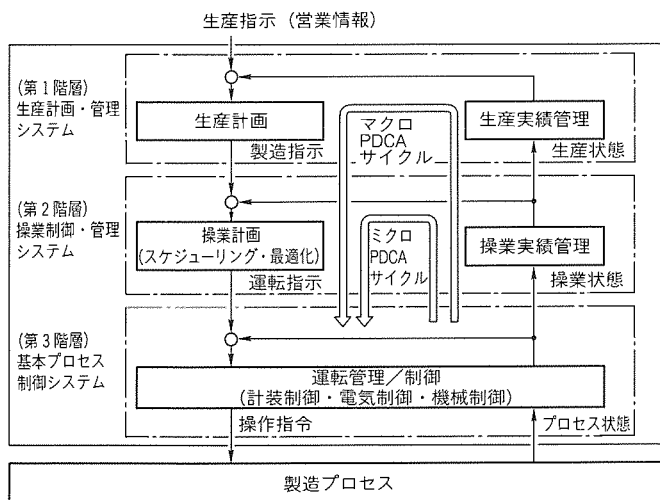


図1. IAシステムアーキテクチャ

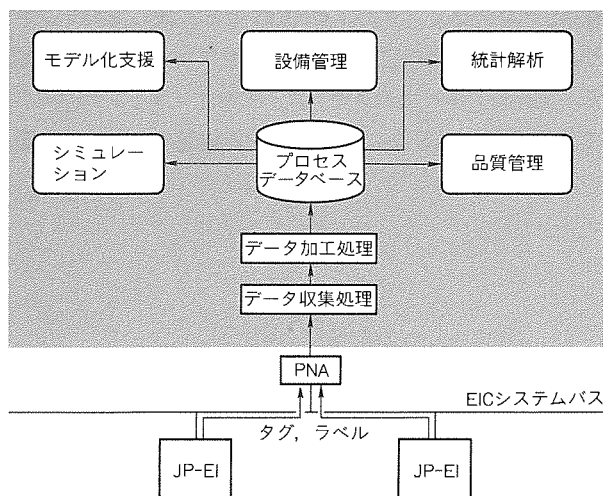


図2. プロセスデータベース及びデータ解析のシステム構成



をとって目的の機能を実現するソフトウェア群である。

## 2.3 主な適用分野

IA ソリューションウェアは、製造業の生産システム全般に適用されるが、今後の製造業の課題として以下の三つの項目が特に重要と考え、重点的に開発を進めている。

### (1) 品質制御

これまでオペレータの勘と経験に頼っていた品質の制御を、品質のモデル化(モデリング)を行い、ロバスト性の高い(強い)最適化制御の手法により、過渡時も含めた安定な品質制御を目指すものである。

### (2) 量の制御

経済性と生産のフレキシビリティを追及するため、原単位の低減、多品種変量生産への対応、銘柄変更時のロス低減等、歩留り向上によるコストミニマム化を目指すものである。

### (3) 設備保全

大量の設備データによる設備の管理・診断等から予防保全を行い、プラントの稼働率を高めるとともに、管理の高度化によって設備保全要員の省人化を目指すものである。

以上の項目の機能的な中心は、IA システム機能モデルの中の操業支援サブシステムである。したがって、ソリューション機能ツール群は、操業支援サブシステム部分を重点的に開発を進めている。

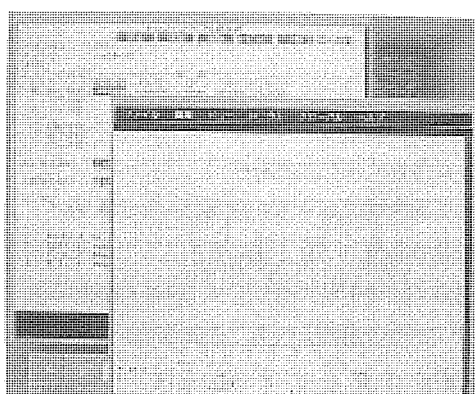


図 3. データ解析結果の例

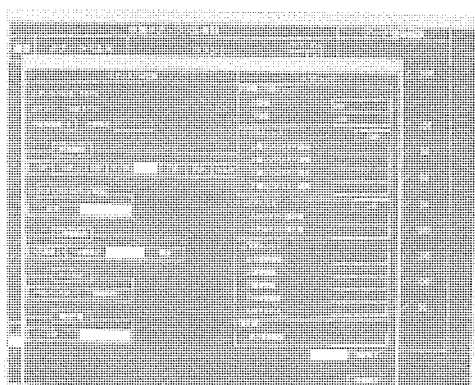


図 4. データ加工処理定義画面

## 3. ソリューション機能ツール群の事例

### 3.1 プロセスデータベース/解析システム

#### 3.1.1 概要

従来の安定操業、高稼働率の確保から更に前進し、収率向上、エネルギー原単位低減を目指した操業方法、及び制御方法の最適化を目指すためには、プロセスデータの注意深い観察・解析などが必要不可欠であり、解析・管理・制御に活用できるデータベース(プロセスデータベース)がソリューション機能ツール群の中核となる。

プロセスデータベースは、プロセスの時系列データを構造化して蓄積したデータベースであり、制御コントローラとの接続によるデータの自動収集、データの蓄積、及び各種アプリケーションからの自由なアクセス機能を持つ連続プロセス向けプロセスデータベースシステム及びプロセスデータ解析システムを実現した。

#### 3.1.2 構成及び機能

図 2 にこのシステムの構成を示す。このシステムは、MELTAS システムに接続される制御コントローラ“JP-EI”，データベースの保存元である EWS，及びその間に位置する“PNA”(ペリフェラルネットワークアダプタ)で構成される。ここで、PNA は EWS と MELTAS システムとを接続するためのデータ送受信/変換機能を主に行っている。このシステムの主な特長は次のとおりである。

#### (1) タグ・ラベル名でのアクセス

MELTAS システムのデータアクセス手段として、タグ又はラベルという論理名を使用することができる。

#### (2) データ加工処理

単に MELTAS システムのデータを収集・蓄積するだけでなく、そのデータに対して次のようなデータ加工を施し、データベースに格納することが可能である。

- 単位変換処理
- 工学値変換処理
- 補正計算処理
- 各種入力条件チェック処理

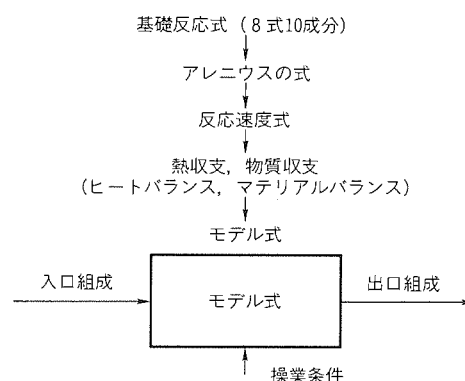


図 5. 反応モデル演算シミュレータの概念

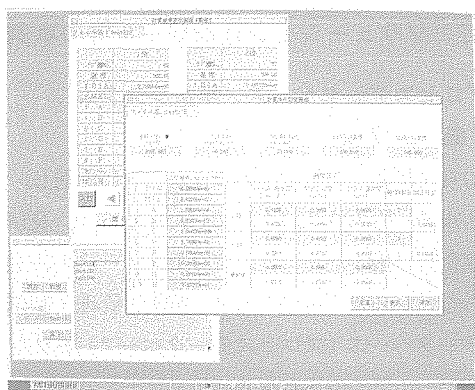


図 6. 反応モデル演算シミュレータの画面例(1)

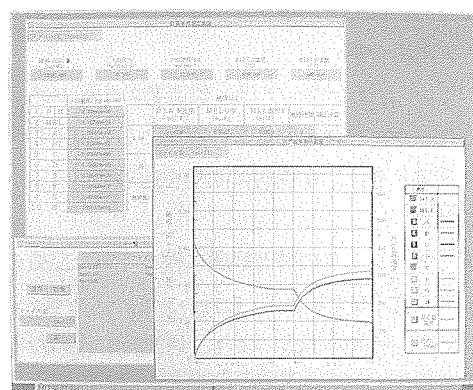


図 7. 反応モデル演算シミュレータの画面例(2)

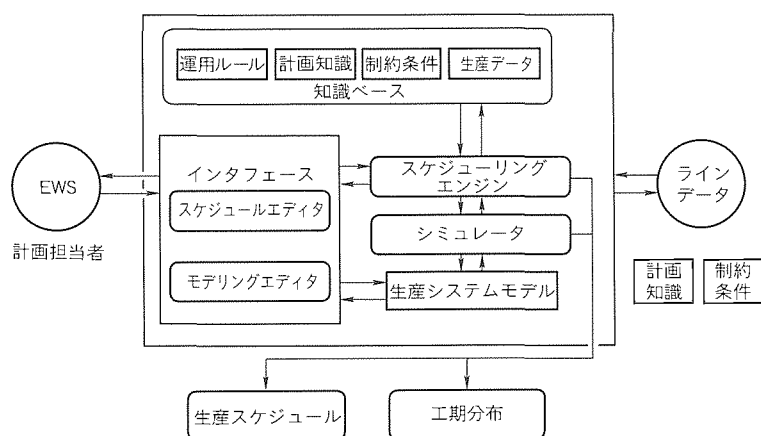


図 8. FPSSのシステム構成

#### ●各種フィルタリング処理

#### (3) 汎用リレーショナルデータベースの使用

上記でアクセスしたデータは、汎用リレーショナルデータベースに蓄積するため、各種サービス機能(多重条件付き検索、データ切り出し・加工、分散環境等)を利用することができる。

#### (4) 多彩な解析環境

解析手段として、幅広い分野で適用されている汎用解析ソフトウェア“SAS”<sup>(注1)</sup>を使用しているため、SASが提供する多くの解析手法が利用できる(図3)。

#### (5) 使いやすいユーザーインターフェース

SAS とのインターフェースを含め、GUI を用いた使いやすいユーザーインターフェースを提供する(図4)。

### 3.2 高度操業支援システム

プラントの大規模化・高度化・自動化の進展に伴い、オペレータのプラント掌握範囲が拡大し、また非定常時(スタートアップ、シャットダウン)や緊急時の的確な操作がますます重要になってきている。これらのニーズに対して一次検出のアラームだけでなく状況判断までシステムでサポートできるインテリジェントアラームや、オペレータの訓練及び操業

支援を実現するシミュレータがあるが、ここでは化学プラントにおけるプロセス反応モデル演算シミュレータについてその一実施例を示す。

この演算シミュレータは、2段の反応塔を持つ吸熱反応プロセスの基礎反応式(8式10成分)から作ったスタティックモデルで、操業条件(原料流量、温度等)を与えることにより、反応生成物の組成を計算するものである(図5)。

反応プロセスで難しいのは、触媒の特性が同一でなく時間とともに徐々に劣化していくことである。このシミュレータでは、モデル式で使用しているアレニウスの式の中に触媒の活性定数を盛り込んでおり、フィールドデータでその定数を補正できるようにしてあり、短期間(1~2週間)はその触媒の活性定数を用いて各種シミュレーションができるところに特長があり、さらに次の特長を持つ。

(1) そのときの反応モデルが簡単に作成できる。

(2) 各種操業条件でのシミュレーションが容易に行える。

●操業条件変更時の製品組成(収率、転化率等)

●同一の製品組成(収率、転化率等)を得るための操業条件

●最大の収率、転化率等を得るための操業条件

(3) MELTAS と接続することにより、操業条件がタグ又はラベルという論理名で容易にアクセス可能である。

(4) 短時間でシミュレーション結果を演算できる。

図6、図7に反応モデル演算シミュレータの表示例を示す。

### 3.3 操業/工程最適化システム

#### 3.3.1 概要

需要の変動に合わせ、多品種の製品を効率良く生産するために、販売側からの指示(いつまでに、なにを、いくつ)をもとに、具体的な設備の稼働スケジュール(どの設備を、どの順序で)を設備、運用の制約条件のもとで作成するシステムとしてFPSS(Flexible Production Scheduling System)をEWS上に開発した。また、スケジュールされた内容により、実際にプロセスに対して制御を行う手段とし

(注1) “SAS”は、SAS Institute Inc. の登録商標である。

で銘柄管理／バッチ制御パッケージを OPS, JP-EI 上に開発した。

### 3.3.2 FPSS の構成及び機能

図 8 に FPSS のシステム構成を、また図 9, 図 10 に画面例を示す。FPSS の主な機能は次のとおりである。

#### (1) モデリング機能

製品 (品種) に対する加工の工程や加工を行う設備等を登録し、生産システムをペトリネットモデルで表現する。

#### (2) シミュレーション機能

モデリング機能で作成した生産工程に対して工程選択手法

の変更や仕掛りの変更を行い、シミュレーションを実行する。また、システムの内部では時刻を時々刻々更新しながら、工程を装置に割り付け、スケジュールデータを作成する。

#### (3) スケジュール評価機能

グラフによる視覚的評価指示が、計画担当者の迅速なスケジュール評価を支援する。

### 3.3.3 銘柄管理／バッチ制御パッケージの構成及び機能

図 11 に銘柄管理／バッチ制御パッケージの機能フローを示す。このパッケージの主な機能は次のとおりである。



図 9. FPSS画面例(1)

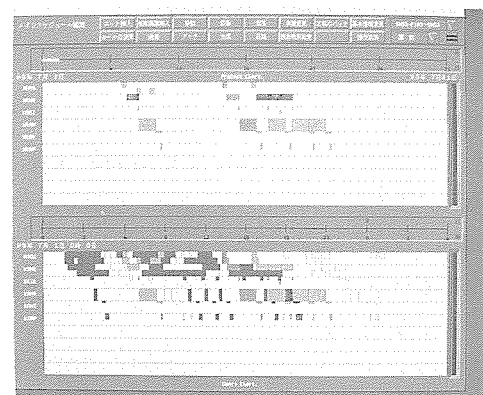


図10. FPSS画面例(2)

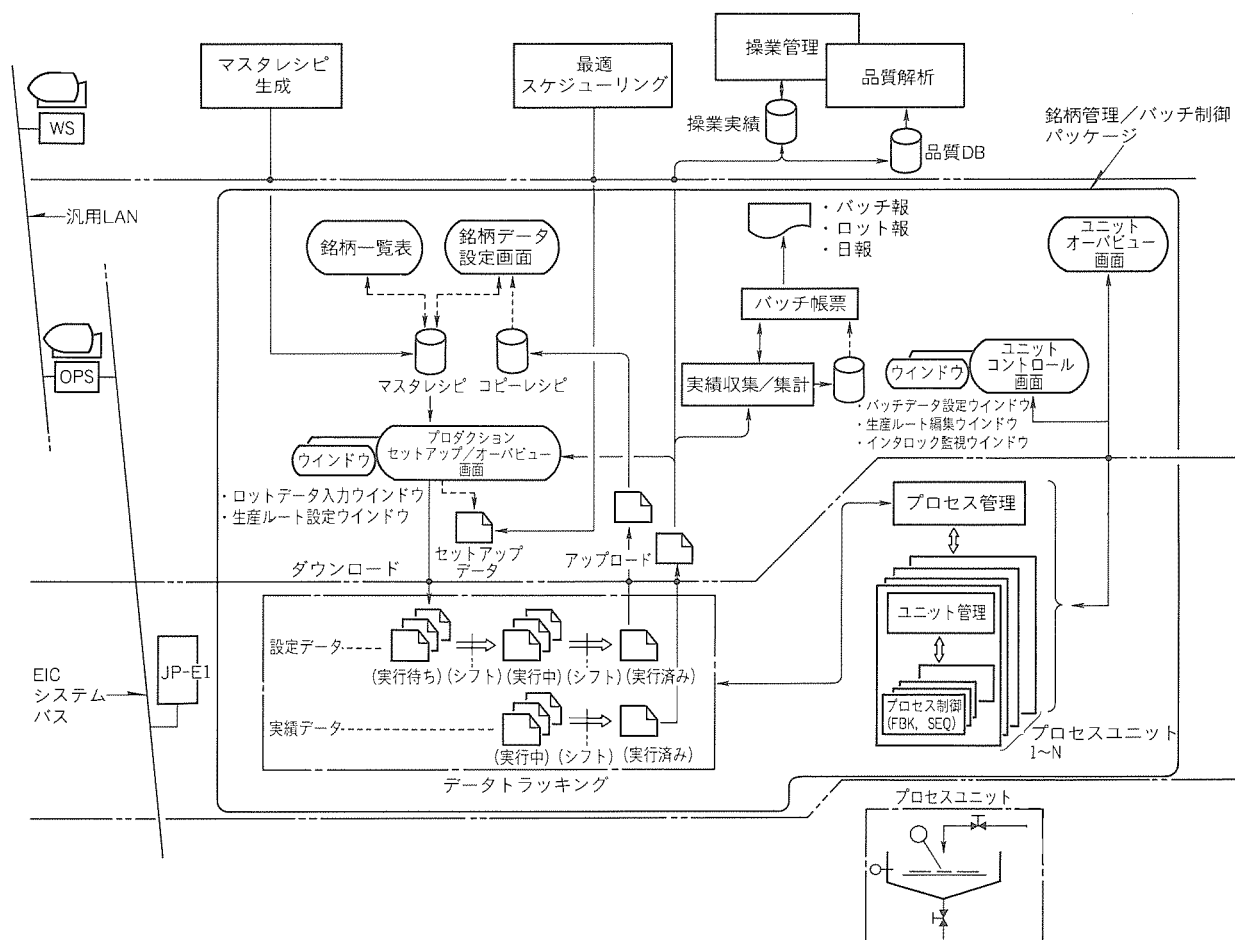


図11. 銘柄管理／バッチ制御パッケージの構成

図12. 銘柄一覧

図13. 銘柄データ設定画面

#### (1) 銘柄及びレシピ (処方せん) の登録・変更

- (a) 銘柄一覧機能として現在登録されている銘柄の一覧表示を行う。また、編集機能として新規銘柄の追加、不要銘柄の削除、登録済み銘柄の移動や削除が可能である (図12)。
- (b) 銘柄一覧から任意の銘柄を指定することにより、そのレシピ内容を表示し、さらに同画面からレシピの設定・変更が可能となる。
- (c) 制御コントローラから OPS に対し、実行済みのロットデータが送信され、その一部が実績データとして登録され、同画面からその実績データの内容表示やマスターデータへの格上げ登録が可能である (図13)。

#### (2) プロダクション管理

- (a) 生産順にロットデータ (ロット No., 銘柄, サブデータ, 生産ルート等) を設定し、指定のデータをコントローラへ転送することができる。さらに、バッチ (生産) 進ちょく (捗) 状況を合わせて表示することができる。
- (b) バッチ/ロット対応で実績収集及び集計処理を行い、バッチ報/ロット報/日報をプロダクションログとして出力する。

#### (3) ユニット監視・操作

- (a) プロセスユニットの一覧表示を行い、各ユニットごとのバッチ (生産) 進捗状況を合わせてユニットオーバビュー画面に表示することができる。
- (b) ユニットオーバビュー画面、又はプロセスフロー画面からのワンタッチ操作で指定されたプロセスユニットのユニットコントロール画面を呼び出すことができる。ユニットコントロール画面では次の操作が可能である。
  - (i) 工程シーケンスの監視・操作 (モード、スタート/ストップ/スキップ等)
  - (ii) 現/次ロットデータの表示・設定変更
  - (iii) 次ロットから現ロットへのデータシフト操作
  - (iv) 次のプロセスユニットへのロットデータ転送操作
- (c) 関連インタロック監視画面へ容易に展開できるため、シーケンスの渋滞時のトラブルシューティングに活用できる。

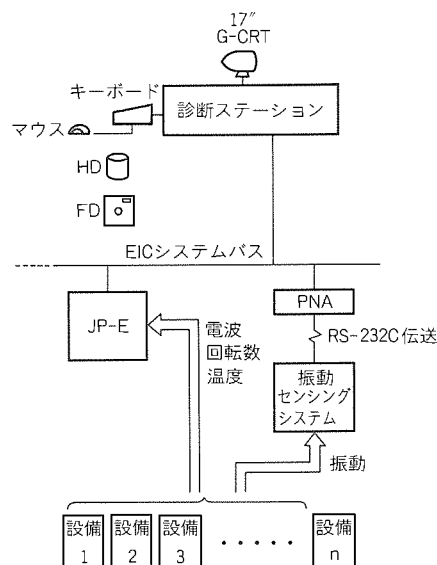


図14. DIAG-11システム構成

#### (4) プロセス管理/ユニット管理/プロセス制御

- (a) プロセス管理機能としてロットごとに定義された生産ルートに従い、プロセスユニット間のロットデータ (設定データ、実績データ) のトラッキングを行うとともに、実行済みロットに関しては所定のタイミングで OPS へアップロードすることができる。
- (b) ユニット管理機能としてプロセス管理から受けたロットデータに従い、工程シーケンスの実行順序を決定し、該当する単位シーケンスを順序起動させ、調節計器へのセットポイントコントロールを行うことができる。

### 3.4 設備保全/保全支援システム

#### 3.4.1 概要

プラントの自動化の進展に比べ、設備のメンテナンスの自動化・省人化が遅れている。また、システムが大規模、複雑化し、故障の原因究明に費やされる時間が増加傾向にある。これらのニーズに対して設備診断ノウハウを知識ベースとした設備自動診断システム“DIAG-11”(DIAGNOSIS-11)を実現した。

#### 3.4.2 DIAG-11の構成及び機能

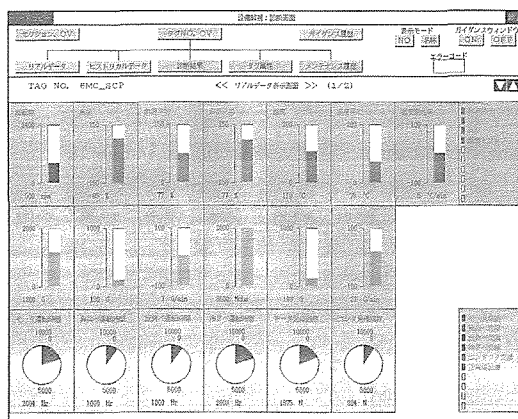


図15. DIAG-11画面例(1)

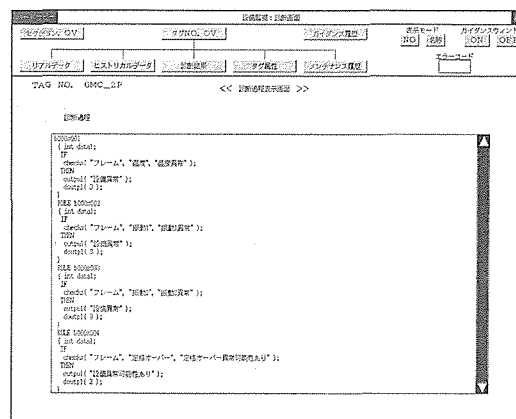


図16. DIAG-11画面例(2)

図14にシステム構成を、図15、図16に画面例を示す。DIAG-11の主な特長は次のとおりである。

(1) 高速な診断

高速汎用推論エンジン (MELEXCEL) の採用により、毎秒500ルールの診断が行える。

(2) 診断ノウハウ (知識ベース) 構築の容易化 (FIF (Filled in Form) 化)

(a) プロセスデータ (電流・回転数等) の加工処理 (偏差・変化率・平均・積算等) をソフトウェアレスで定義し、所見項目を作成することができる。

(b) 診断内容/総合診断内容は、会話型 FIF 形式により、ソフトウェアレスで容易に定義できる。

(3) 強力な設備監視・診断環境

設備診断はもとより、設備監視機能を強化した。

(a) 複数の設備の運転状態/診断結果がオーバビュー画面の色替え表示により、一括監視することができる。

(b) 設備個々の状態監視は、リアルタイムデータ表示画面のバー/円/ステータス/FFT 表示により、直感的監視が可能となった。

(c) 設備個々の時間的推移は、ヒストリカルデータの時系列/相関表示が可能であり、診断ノウハウを整理する上で必要な機能となる。

(d) 設備データ (ハードウェア仕様、保全情報) は、設備ごとに保存データ画面に登録することができ、ワンタッチで必要データが検索できる。

(e) 過去のメンテナンス履歴の登録/表示は、メンテナンス整理画面によって確認できる。

(f) 設備ごとに発生した診断結果メッセージが表示され、同メッセージをマウスでクリックすることで、診断内容を表示できる。

#### 4. む す び

IA システムの構成要素である IA ソリューションウェアのコンセプトと事例について述べた。

今後とも、製造業における生産性、品質の向上に寄与すべく、さらに機能の強化及び適用範囲の拡大を図っていく所存である。



# 反応プロセスにおける 今後の制御システム

清宮忠昭\* 仲矢秀雄\*  
竹垣盛一\*\*  
長田典子\*\*\*

## 1. ま え が き

化学プラントに代表される反応プロセスの制御では、安全・安定を第一に、温度・圧力などを制御する1入力1出力のPID制御を基本に制御が行われていた。また、大規模連続プロセスでは、収率MAXなどを目的関数とする多変数制御も実現化されつつある。

一方、バッチプロセスでは、スタートアップ、シャットダウンなどの自動化、多品種生産のための銘柄をワンタッチで切り替える銘柄管理なども実施され、CRTオペレーションとあいまって、生産性の向上を図ってきた。

しかしながら、厳しい企業競争の中で、より一層の歩留りの向上、品質の安定化、フレキシビリティの向上などが求められており、制御システムとしても新たな対応が必要である。本稿では、そのうち重合反応を例にとった品質制御システムを中心にその考え方を説明する。

## 2. 反応プロセスの特徴と制御システムへの課題

反応プロセスは、その爆発性、万一ダウンした場合復旧に時間がかかるなどの理由により、安全・安定を第一に制御システムが構築されてきている。

1975年に導入が始まったDCS(Distributed Control System)においても、高信頼性システム実現のための冗長化システムと、使いやすいCRTオペレーションを中心にシステムが構築されてきた。また、個々のシーケンスの自動化、PID制御を基本とするアドバンスト制御の適用とあいまって、プラントの集中監視を実現し、生産の効率化を図ってきた。

一方、近年の国際競争力の激化、消費者ニーズの多様化、人口の高齢化などは、生産システムに対しても変ぼう(貌)を求めてきている。

そのため、安全・安定に運転するだけではなく、より厳しい企業競争に勝ち抜くためには、表1に示すとおり、安全性を基本に、生産性の向上、品質の安定維持、生産へのフレキシビリティの充実が必要であり、制御

システムとしてもこれらに対応した形での従来の狭義の制御の概念から踏み出して、情報との統合、設備管理など多方面への対応が必要となってきている。

一方、今後の日本の化学産業をみると、国際分業の進展とともに、従来のような汎用製品中心の生産から特殊品の比重が増加すると思われ、多品種生産へのフレキシビリティの向上、品質への高度な要求が増え、これへの対応が急務となる。

## 3. 高分子重合反応品質制御システムについて

### 3.1 システムの考え方

ここでは、一例として高分子重合反応プロセスの品質制御システムについて考えてみる。高分子重合反応プロセスによって生産される製品としては、ポリエチレン、ポリプロピレンなどの樹脂製品があるが、これらは同一の製造条件で生産しても、原料組成の変化などにより、製品品質がばらつくことが多く、また、ユーザーの要求品質も様々であり、多品種の生産が求められている。さらには、近年の汎用樹脂品から特殊品への生産シフトの傾向は、品質に対しての要求も従来のような物理化学的に測定可能な特性値(分子量分布、密度など)だけでなく、光沢、透明性、ツヤなどの感性に根ざした定性的な情報として与えられることも増えてきている。これらの感性的な品質は、重合反応の後の加工処理工程での問題として対処されてきたケースが多かったが、重合反応時でのかくはん(撹拌)の状況などが品質に影響を与えるものもあり、重合反応としてもこれらの考慮が必要になってきている。

表1. 反応プロセスへの今後の課題と制御システムへの要求

反応プロセスにおける課題	制御システムへの要求
安全・安定操業	<ul style="list-style-type: none"> <li>●高信頼性システム</li> <li>●シミュレータによる教育システムの充実性</li> </ul>
生産性の向上 <ul style="list-style-type: none"> <li>●プラント運転の統合化・省人化</li> <li>●省エネルギー</li> <li>●労働力の変化への対応</li> <li>●運転原単位の減少</li> <li>●多品種化対応</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●運転支援(アラームリダクション、運転ガイド)の充実</li> <li>●最適化運転(プラント単位、工場単位、ユーティリティ)</li> <li>●高度制御によるプラントの安定化、自動化の推進</li> <li>●設備診断システム、保安システムの充実</li> <li>●フィールド周りを含めた自動化の進展</li> <li>●スタッフ業務支援(スケジューリングなど)</li> </ul>
品質の安定維持 <ul style="list-style-type: none"> <li>●高付加価値製品への対応強化</li> <li>●品質の安定</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●エンドポイント品質制御</li> <li>●品質管理機能の充実</li> </ul>
生産へのフレキシビリティ <ul style="list-style-type: none"> <li>●設備のマルチパーパス化</li> <li>●納期変更への対応の容易性</li> <li>●品種改変への容易性</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●情報システムとの融合</li> <li>●制御システムの拡張・変更の容易性</li> <li>●高度制御への変更の容易性</li> <li>●システムのオープン化と他機器との接続の容易</li> </ul>

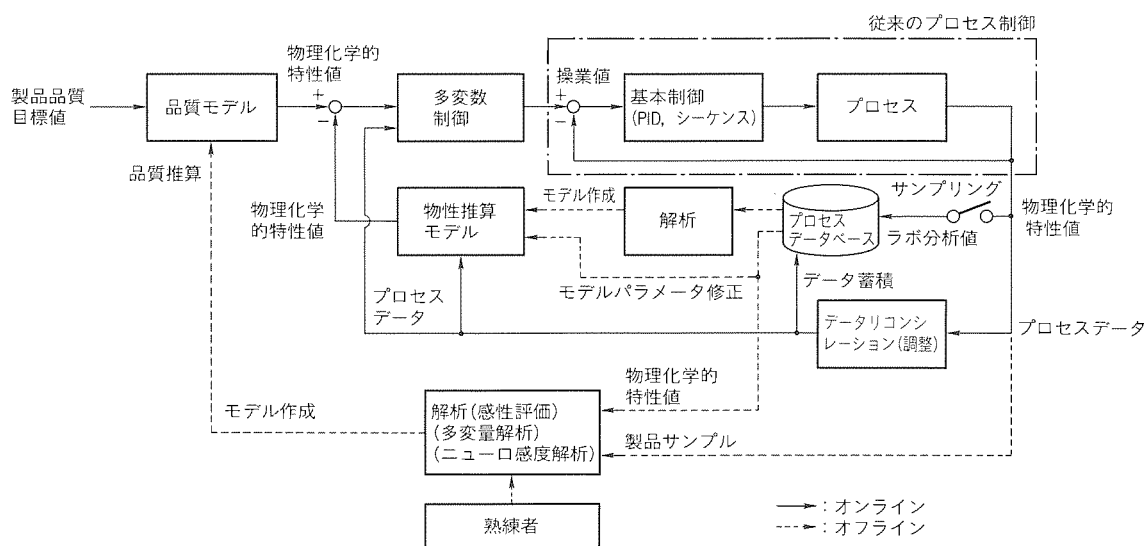


図1. 品質制御システムの概念

これらの感性的な品質を含んだものを制御目標値としたときの品質制御システムの概念を図1に示す。図において製品品質目標値として定義された感性的な品質データは品質モデルにより、測定可能な物理化学的特性値に展開される。また、この物理化学的特性値とプロセスデータを基に、モデル予測制御、学習制御などの多変数制御により、実際に制御可能な温度などの操業値に展開される。ここでの品質モデルの作成については、製品サンプルを基に、熟練者による製品の感性評価を行い、これと物理化学的特性値との関係付けを行い、実現される。

一方、運転中のプロセスデータは、測定に含まれる誤差を減らすために、物質収支・熱収支などの測定変数相互間の関係式から誤差の修正（データリコンシレーション）を行い、そのときのラボ分析値とともにプロセスデータベースに保管・収納される。これらの蓄えられたプロセスデータを基に、各種解析を行い、物性推算モデルを作成する。このモデルの作成には、プロセス反応工程の反応理論などから物理モデルを作る方法、プロセスの入出力データからの動特性モデルを作る方法、又はそれらを組み合わせて実現する方法がある。

また、多変数制御に使用する制御パラメータは、触媒の劣化などのように時系列的に変化するものに対しては、パラメータ修正機能を持つ。

ここでは、特に品質モデリングと多変数制御について説明する。

### 3.2 品質のモデリング

品質データとプロセス変量との間の関係を求める方法として、今までにカルマンフィルタを用いた方法などが提案されているが、ここでは、光沢・ツヤなどのような“品質”という定性的な情報を、なんらかの物理化学的 특성量で定量的に表現する方法として、感性工学的な手法を用いて、熟練者の潜在的な要因を明確化したり、各要因が品質の判断に寄与す

る度合の定量化を行うことについて述べる。

まず、例えばSD法（セマンティックディファレンシャル法）に基づいて、光沢・伸びといった品質に関する用語（評定用語）を集め、実際の製品を用語を用いて評価してもらい（評定実験）、結果に対して因子分析法を適用すれば、品質の判断にかかわっている主要な因子とその寄与率が判明する。

次に、判明した主要な因子を参考にして、物理化学的変数を決定する。因子分析の結果、因子と評定用語との相関値が得られているので、その値を参考にして、例えば平均分子量・粘度・粒径などの計測可能な物理化学的変数を推測することができるようになる。

このとき、推測した変数が適当であるかどうかを確認するために、仮の検査データ系を構築する。複数の検査データの候補から適当な検査データを選択するには、例えばニューロ感度解析の方法を使う。この方法は、図2に示すような階層型のニューラルネットワークを用いて行う。製品をサンプリングし、計測して得られる複数の検査データ信号をニューラルネットワークの各入力ユニットに与え、一方でそのときの熟練者による品質の判断をニューラルネットワークの出力層から与え、通常の学習処理を行う。そして、学習が済んだ後のニューラルネットワークの重み係数を利用して、各入力ユニットに関する偏微分値、すなわち感度を計算する。感度の低い入力ユニットは、品質の判断に寄与しないと考えられるため、そのユニットに対応する検査データは必要ないと判断される。

このようにして、品質を計測する検査データを決定していくと、最終的に品質に関する情報と物理化学的変数（計測手段も含まれる。）との対応付け、すなわち品質モデルが生成される。この方法は、ある程度試行錯誤的にならざるを得ないが、前述の因子分析の細分化と感度解析による因子の選択とを組み合わせることによって、これまで定量化が難しいと

されていた品質という感覚的な指標の定量化が可能になる。

### 3.3 多変数制御

前述の品質モデリングの方法によって、製品の品質とその物性値 (物理化学的変数) の間の関係が明らかになり、製品の品質を決定する物性値データを制御目標値として、温度・圧力などのプロセスの状態変数を制御することによって品質の制御が可能になる。ここでの物性値データを制御するためには、反応プロセス特有な次のような点に配慮した多変数制御が必要である。

- (1) 非線形性が大きい。
- (2) 制御変数間での相互干渉性が大きい。
- (3) 制御できる複数変数と測定できない外乱がある。

そのための制御方式として、連続プロセスなどプロセスの動特性が測定できるようなものに対応するモデル予測制御と、バッチプロセスなどのようにプロセスの動特性を測ることが難しく、バッチの結果を反映しながら次のバッチへの設定条

件を決めるようなものに使うニューラルネットワークを用いた学習制御とについて説明する。

#### 3.3.1 モデル予測制御

##### (1) 概要

モデル予測制御は1970年代にフランスとアメリカで、ヒューリスティックな制御方式として発展し、国内においてもプロセス産業を中心に適用が急速に進んでいる。

これは、デジタルコンピュータの著しい機能向上、小型化、低価格化による、従来のアナログ計装からデジタル計装への変換と歩調を合わせたものとなっている。モデル予測制御が注目を浴び、種々のプラントに適用されてきた理由として、次のことが挙げられる。

##### (a) 制御アルゴリズムの概念の理解のしやすさ

制御アルゴリズムの設計に用いられているモデルが応答モデルであることから直観的な理解がしやすく、実プラントでの調整が行いやすい調整パラメータを持っている。

(b) 操作量に関する制約を制御アルゴリズムに簡単に取り込める。

(c) ロバスト性 (堅ろう (牢) 性) に富んでおり、プロセスモデルの誤差があっても安定に動作する。

(d) 無駄時間系・干渉系に有効である。

(e) 従来システムとの相性が良い。

制御システムの安定性、異常処理系に対処するため、従来の下位制御系 (PID 制御) は残し、それらへの目標値 (セットポイント) を与える多変数制御系が実現できる。

##### (2) モデル予測制御のアルゴリズム

モデル予測制御のアルゴリズムの概念を図3を用いて説明する。

(a) 現時点までの操作量と現サンプル時点でのプロセス出力を起点としたプロセスの数式モデルを用いて、現在以降の有限期間のプロセス入力が、制御したい出力にどのように影響するかを予測する。

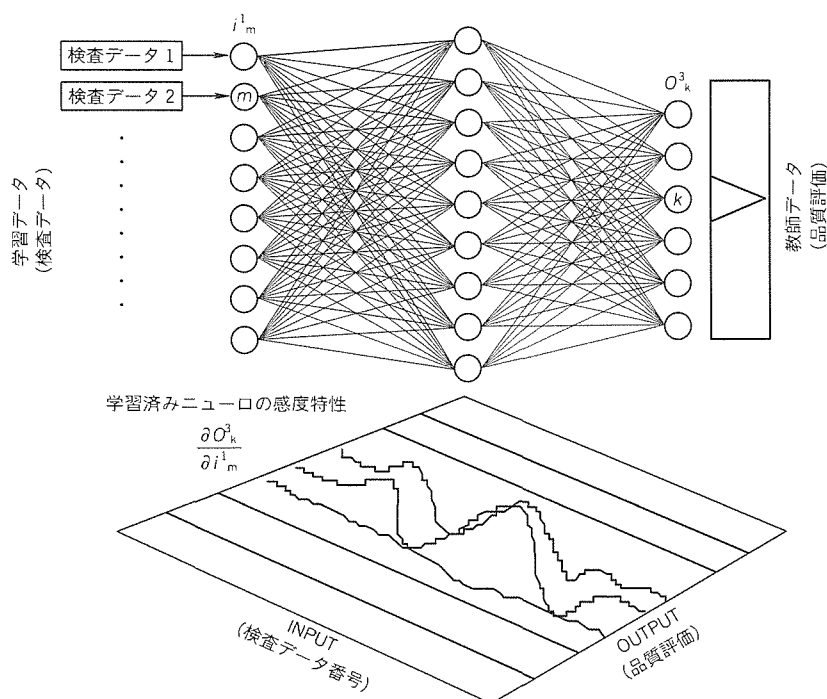


図2. ニューロ感度解析

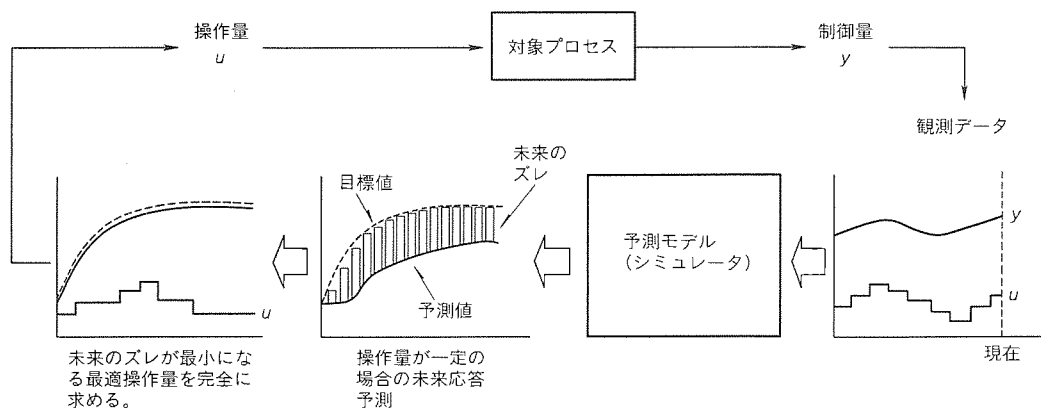


図3. モデル予測制御のイメージ

そのモデルとしては、プロセスのインパルス応答やステップ応答を離散化したものがよく用いられる。

(b) 未来の有限期間のプロセス出力が出力の目標値に一致するようにプロセスの挙動を評価関数によって評価し、その最小化によって、現在以降の操作量を決定する。通常二次形式評価関数が用いられる。

(c) サンプルごとに得られる観測値を利用するため、実際に使用するプロセス入力制御アルゴリズムで計算された操作量のうち次のサンプル時点までとし、サンプル時点ごとに(a)及び(b)を繰り返していく。

### (3) モデル予測制御の機能

連続プロセスにおける品種変更操作時では、設定値変更を単にステップ状の変更をするのではなく、ある設定パターンに基づいた設定変更に対する高い追従性が要求されている。

反応モデルを精度良く作ることが難しく、モデルが出来たとしても、モデル化した定常点とは異なる点での運転や、原料の組成の変化などのため、モデルと実際のプロセスの動きの食い違いへの補正が必要になる。

これらの問題に対してモデル予測制御は、外乱予測機構を組み込み、プロセスのみならず外乱自身をモデル化してシステムの中に取り込むことにより、設定値の種々の変更に対して追従性を良くしている。

プロセス同定の誤差に対するロバスト性についても、対象プラントの真値と同定によって得られたモデルの次数や定常ゲインがずれている場合でも、一つの調整パラメータによって安定化できることが明らかにされている。モデル化において、プロセスゲインの同定誤差がある場合のシミュレーションを行い、図4に示すように系が安定に制御されていることを確認した。

干渉系についても自然な形で非干渉化が行われている。例えば、2入力2出力系において一つの被制御量の設定値を一定に保ったまま、他方の設定値を変更する。図5に示すシミュレーション結果からも設定値を一定に保った被制御量の変動が少なく、非干渉制御が実現されていることが分かる。

### 3.3.2 ニューラルネットワークによる学習制御

バッチプロセスでは、反応途中での反応状態検出が難しいためバッチが終了したときに、そのバッチでの物理化学的特性値の結果を目標品質と比較して、次バッチへの各操業値目標値を修正することがよく行われる。また、製品グレードが変わったり、原料品質が変わるような場合においても、各操業値目標値の修正が必要となる。

ここでは、順逆モデルと呼ばれる図6に示す方法で実現する。まず、操業値と物理化学的特性値との入出力特性をまねた順モデルをニューラルネットワーク(同図の $NN_1$ )で構成する。ネットワークの入力には、温度・圧力・触媒量などの操業値を用い、出力には製品物理化学的特性値(必要であれば、原料条件も追加する。)を用いる。学習を繰り返し、次にこの学習後の順モデルをプロセスのエミュレータとして使用し、逆モデル用のニューラルネットワーク(同図の $NN_2$ )の学習を行う。

このようにして生成したネットワークは、プロセスの逆モデルの特性(物理化学的特性値などを入力すると操業値を出力する。)を持ち、プロセスのコントローラとして利用可能となる。これにより、各操業値の制御が可能となる。このとき、プロセスの非線形性が強いような場合には、品種のグレードに応じて、幾つかのネットワークを準備して必要なネットワークを選択することも可能である。また、触媒の劣化のように時間的に変化を伴う場合は、適宜ネットワークの再学習を行うことで対処できるようになる。

## 4. 実現アーキテクチャ

上記のようなモデルの作成、データ収集、蓄積、解析、多変数制御などを実現するためのアーキテクチャとしては、①

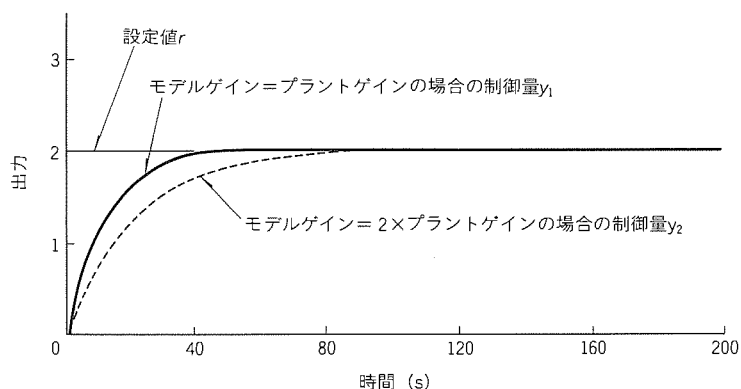


図4. モデル誤差のある場合のシミュレーション結果

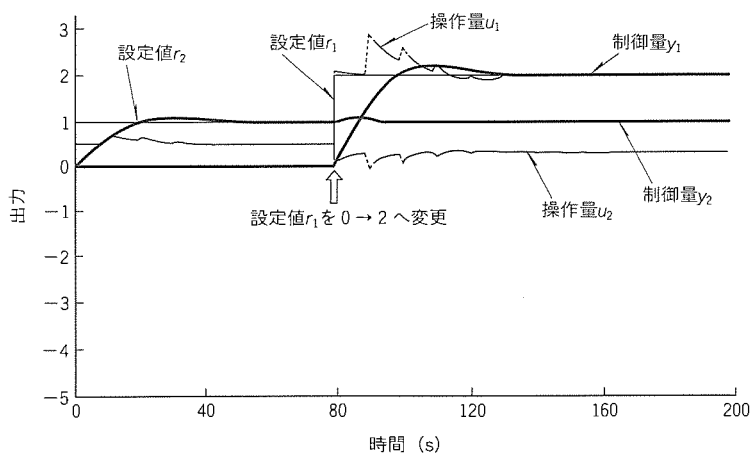


図5. 干渉プロセスへのシミュレーション結果

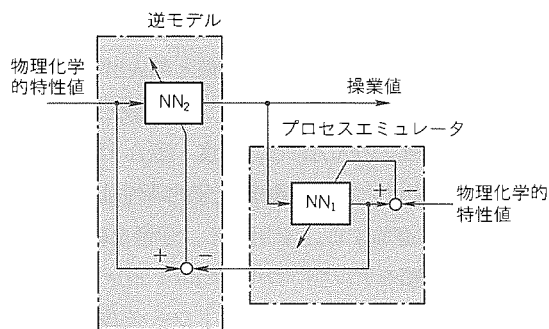


図6. ニューラルネットワークによる制御概念

高信頼性, ② データ収集, 最適化制御などオンラインユースでのリアルタイム性の確保, ③ 各種汎用ソフトウェア (解析, マンマシン技術など) の流用性を保証したプラットフォームの確立, が重要になってくる。

そのための実現アーキテクチャを図7に示す。このシステムは, 制御ネットワークの1ノードとしてリアルタイムサーバが接続され, EWS (Engineering Work Station) はEthernetを介してリアルタイムサーバと接続される。

EWSでは, リアルタイムサーバからプラントデータ (現在・過去) を取り込み, これをデータベースに格納し, 種々の解析, モデリング, 多変数制御系設計, シミュレーションなどを行う。また, 制御系設計の結果をリアルタイムサーバにダウンロードする。

リアルタイムサーバ部分では, 制御ネットワークを介してプラントデータをリアルタイムで収集・加工し, 主メモリ及びディスク上に時系列データ, 又はイベントデータとして蓄積するとともに, EWS上のアプリケーション (クライアント) からの要求に応じて, これらの蓄積されたプラントデータを配送する。データリコンシレーションもデータ前処理の一環として実施する。また, EWSからダウンロードされる制御系パラメータを設定し, 多変数制御を実行する。このリアルタイムサーバは, 最新のリアルタイムコンピューティング技術を基に設計されており, データ収集から多変数制御まで, リアルタイムデータサーバで実行されるすべてのオンライン処理のリアルタイム性 (デッドラインまでに処理を完了する。) を保証する。

## 5. む す び

今までは, 安全を前提として, いかに効率的に生産するか最も大きな課題であったが, 今後は特殊品への対応力強化が大きな課題になりつつある。そのためには, ユーザーの要

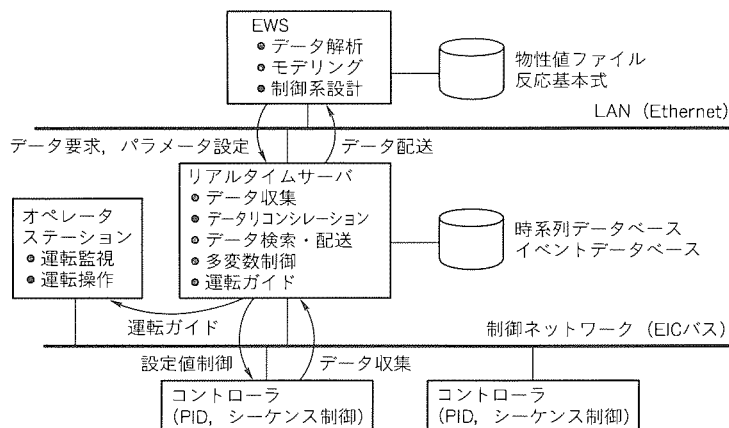


図7. 高度制御実現アーキテクチャ

求品質をキチンと定義し, そのデータと品質の物理特性を結び付け, さらにそれらを定量的な管理, 制御へと結び付けていくような新しい制御システムの確立が重要であると考え。

そのためには, 従来は制御に使われるだけであった各種プラントデータの蓄積・保管・解析ができるような環境に整備し, より永続的に高度に発展できるシステムを基に, ユーザーの問題を解決していきたい。今後とも, ユーザー各位のより一層の御支援をお願いしたい。

## 参 考 文 献

- (1) 橋本伊織: プラントオペレーションとプロセス制御, 化学工学, 57, No.5, 315~319 (1993)
- (2) Lines, S., Hartlen, D., Paquin, F. D., Treiber, S., Tremblay, M., Bell, M.: Polyethylene Reactor Modeling and Control Design, Hydrocarbon Processing, 119~124 (1993-6)
- (3) 大嶋正裕, 橋本伊織: モデル予測制御の理論的な展開, SICE 第4回制御理論応用部会研究会 (1992)
- (4) 西谷紘一: モデル予測制御の応用, 計測と制御, 28, No.11 (1989)
- (5) 長田典子, 亀井光仁: 感性計測技術を適用した真珠品質評価システムの開発, SICE 記念センシングフォーラム, 17~22 (1993)
- (6) Shimakawa, H., Ohnisi, H., Mizunuma, I., Takegaki, M.: Acquisition and Service of Temporal Data for Real-Time Plant Monitoring, 14th IEEE Real-Time Systems Symposium (1993)



# 食品工場のトータル情報制御システム

小谷 彰\* 平林恵司\*\*  
阿部恭久\*  
中井洋之\*\*

## 1. ま え が き

最近の食生活は、グルメブームを反映して非常に多様化し、製品の高品質化・個性化・即納化が強く望まれる時代となっている。製菓業界においても、エンドユーザー別に品種を多種少量生産で対応する必要に迫られている。チョコレート製品でもその傾向が顕著に現れ、最終製品のチョコレートの品種増加に伴って原液の品種銘柄も増加傾向をたどっている。このニーズに対応し、将来のCIM化システムの一步としてチョコレートの原液工場にIAシステム(Integrated Automation System)を導入、このたび稼働を開始した。

ここにシステムの計画から稼働までを振り返り、その目標とした最新鋭の原液工場のシステム事例を紹介する。

## 2. 原液工場の概要と工程別運用の特徴

チョコレートの原液工場は基本的に四つの工程ゾーンから

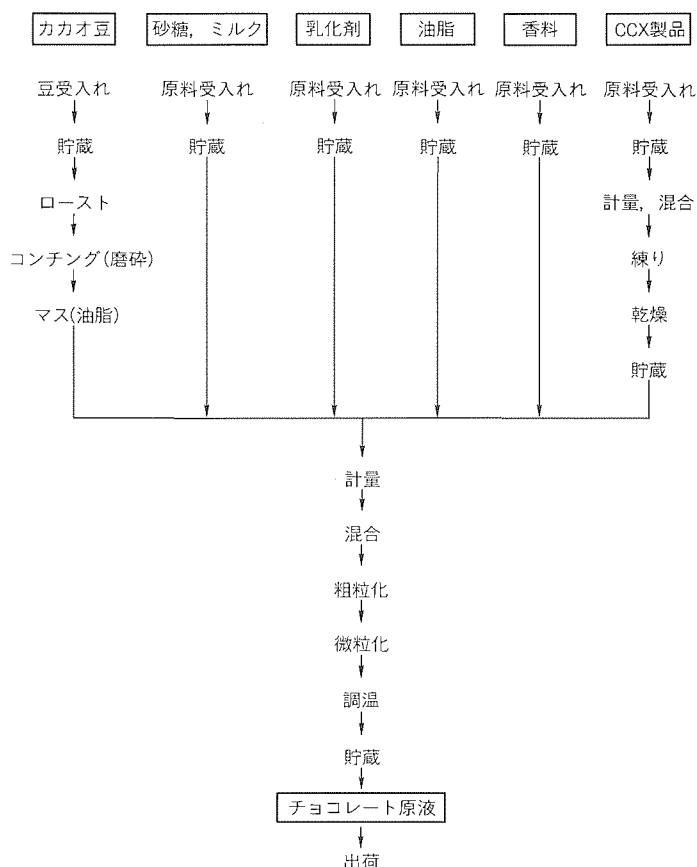


図1. チョコレート原液製造の概略フロー

成り、下流工程の成型工場に対する原料供給の使命を持っている。生産形態は、月単位の見込生産に日々の製造予定変更を柔軟に組み入れて、市況の動きに対応しながら運営されている。また、製造ラインは生産効率を上げるために機械設備及び搬送設備を水や油脂で洗浄することなしに次製品を製造している。それゆえに、同一設備に流す前製品と次製品の間には制約事項(コンタミ<sup>(注1)</sup>、色の濃さ、油脂含有量等)を多数抱えている。

### 2.1 工場の概要

今回の工場は次のような規模で、概略フローを図1に示す。

- 日産量 72トン
- 生産種類 ホワイト系とブラウン系 約100種
- 操業形態 24時間連続操業
- 主な設備

コンチェ <sup>(注2)</sup> 4トン用	1式
1トン用	1式
ミキサー	1式
ロール	4式
油脂投入	1式
立体倉庫	1式
立体加温庫	1式
無人搬送車システム	1式
モノレールシステム	1式

### 2.2 工程運用の特徴

#### (1) 原料受入工程

外部からの原料・材料の受入れを行う。また、原液の主原料である単品マス<sup>(注3)</sup>の製造を行う。この工程ゾーンの特徴は、あらかじめ計画されている月次生産計画に基づいて原料の買い付けがなされ、原液の製造順序の変更に対して常に対応できることを目標として運用される。

#### (2) 原液製造工程

下流成型工場からの原液品種の要求に対応して原液を製造する。工程的には約12時間程度をコンチング(磨砕)に要するため、遅くとも前日には仕込みを開始しておく必要がある。下流工程からの要求は、市況の変動に関連して日々予定変更がなされ、このために使用コンチェの割り振り・製造順序の

(注1)“コンタミ”とは、コンタミネーションのことである。

(注2)“コンチェ”とは、原液の原料を液状にコンチング(磨砕)する設備である。

(注3)“マス”とは、チョコレート原液のベースとなるカカオ豆の油脂である。

入替え・原料の手当てが工程計画の重要なポイントとなる。

### (3) 原液出荷工程

コンチングの完了した原液を原液ストレージタンクや加温庫に保管し、成型工場からの要求によって順次出荷コントロールを行う。タンクや加温庫のコンテナの数量は限られており、長く格納せずに短期間で回転させる必要がある。この工程は、前製品と次製品の制約事項を満足しながら保存期間を1日以下にして回転を高めることが運用のポイントである。

### (4) CCX<sup>(注4)</sup>製品製造工程

原液の原料の一つである CCX 製品を原液製造予定に従って製造する。この工程は、同一ラインでホワイト用とブラウン用の両方を製造するためにその段取り替えの回数と時間をミニマムとなるように、CCX 製品の製造順序を決定する。省力化と製造効率を上げるためにも段取り替えの回数を減らし、生産ロットを大きくすることが工程運用のポイントである。

## 2.3 システム導入の背景と目標

このシステムは、前述の工程運用の特徴を考慮した上で、新工場として次のような目標を設定した。

### (1) 省力化

最新の自動化設備を導入し、原料の補給や設備の監視・遠隔制御を十分に活用してオペレータ2名/直の運用を目標とする。

(注4) “CCX”は、Cooked Chocolate X-methodの略である。

### (2) 計画変更に対する柔軟性

製造中のコンチング情報や原料の在庫情報をベースにして、急に発生する飛び込みの予定変更に対して製造可否の判断を行うため、いろいろなケースに基づいたシミュレーションを実施し、計画の変更判断を即座に回答できるようにする。

### (3) 品質管理の強化

使用原料の配合実績を始めとして製造中の温度条件や品質情報を自動でデータ収集し、ロット単位の情報として自動保存する。食品製造という特徴から必要なときに検索したい条件に合致する対象ロットを割り出し、トラブルフォローや調査を迅速に行えるようにする。

### (4) システムの拡張性

チョコレート需要動向により、将来設備の増設や変更、システムの機能追加等に対して現状を大きく変更することなく対応できるように拡張性を持ったものとする。

## 3. 具体的システムの概要

### 3.1 システムの規模

工場としての規模は、ホワイト系とブラウン系の原液を24時間生産できるもので、これを以下のようなシステム機器で運用している。

- 製造管理用コンピュータ 1式(端末4台)
- 製造順序計画シミュレータ EWS 1式
- 現場作業指示端末 3台

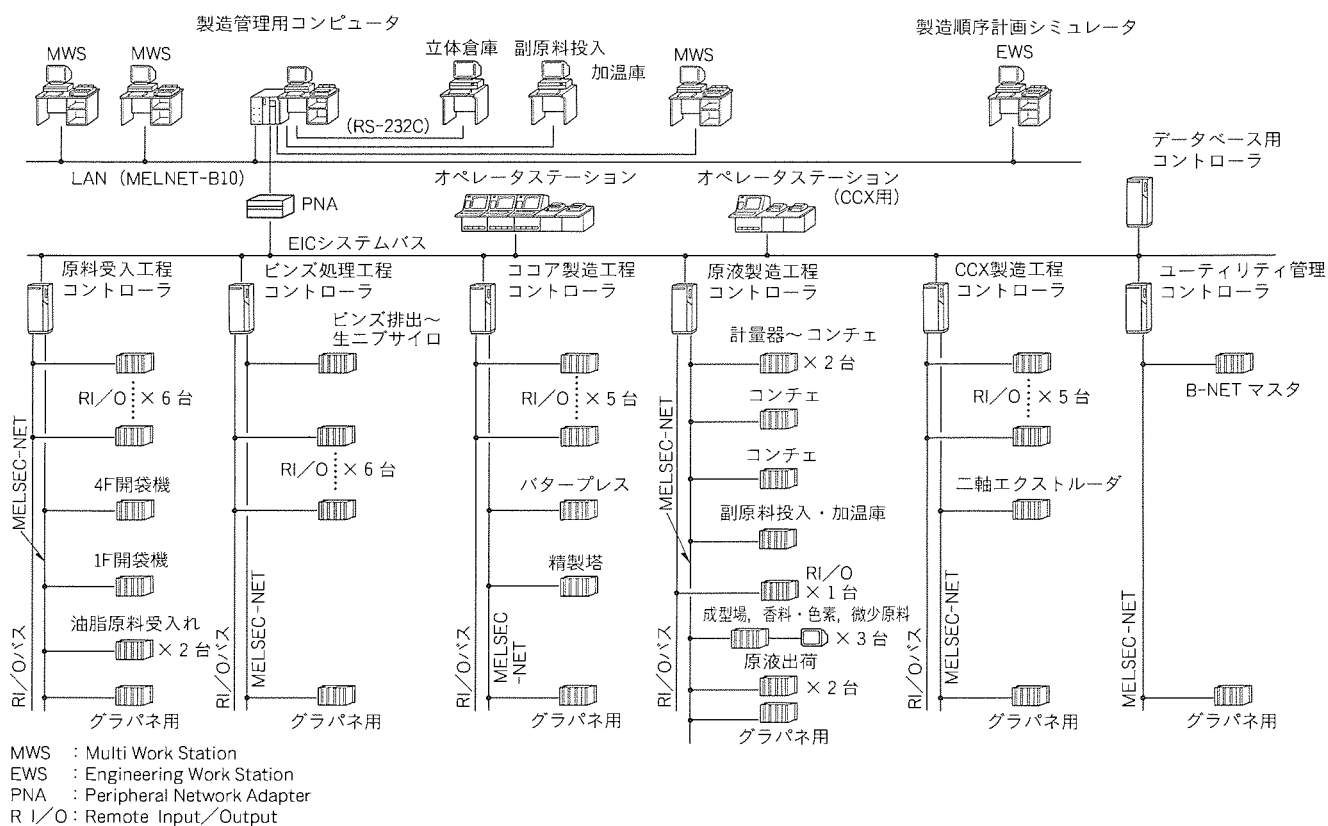


図2. システム構成

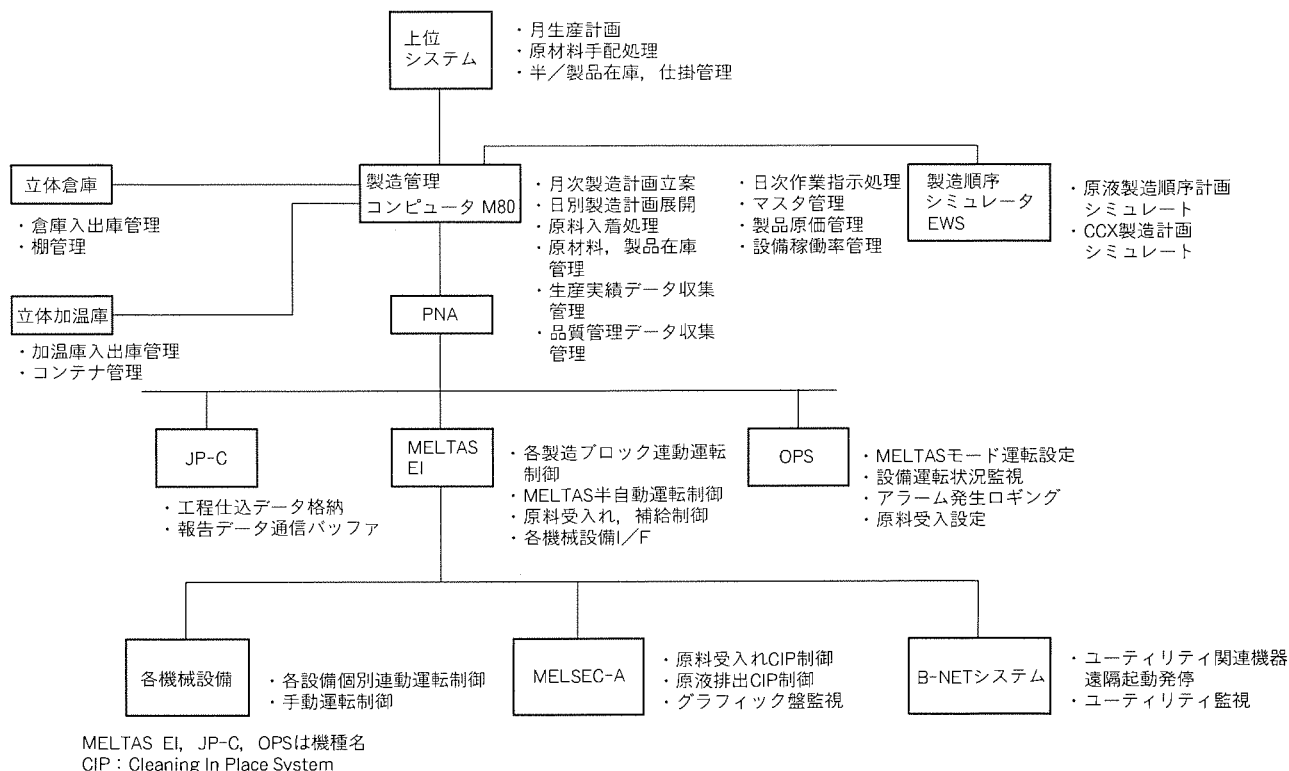


図3. 機能分担

- ライン総括制御コントローラ 7台
- ユーティリティ監視装置 1式

### 3.2 システム機能とハードウェア構成

IAシステムとしてのハードウェア(H/W)構成は次のような階層で構成(図2)されており、機能分担を行っている(図3)。

#### (1) 全社情報システム

全社のネットワーク情報を管理し、販売物流・月単位の生産計画・原料手配等の処理を行う。本社ではホストが稼働しており、工場には端末を設置。

#### (2) 製造管理用コンピュータ

工場の小日程製造計画と製造指示・実績管理など現場に密着した情報処理を実施。

#### (3) 製造順序計画シミュレータ

EWSによる近未来の製造予定の立案チェック・製造完了予測等を実施。

#### (4) 運転監視装置(オペレータステーション)

各設備から上がるデータを中央操作室で一括監視、手動介入で小人数による運転を実現。

#### (5) ライン総括制御コントローラ

各ライン間の移動・搬送制御装置と専用機設備をネットワークで接続し、ロットごとの制御指示を実施。

#### (6) 設備制御シーケンサ

ライン総括制御コントローラの指示に基づいた制御を行い完了報告を実施。

#### (7) ユーティリティ管理システム

工場で使用されるユーティリティの使用量データを収集管理。

### 3.3 各機器ごとの機能

#### 3.3.1 製造管理用コンピュータ

製造管理用コンピュータはMELCOM 80/GS 400を適用し、工場の製造情報管理を行っている。主な機能項目は以下である。

本社のホストとは公衆回線で接続し、月次の製造計画(大日程)・製造条件を受信し、製造完了報告・原料の受払実績について報告を行っている。製造に必要なものは基本的にこのコンピュータで運用されている。

- 月次製造計画→日別計画展開
- 日次製造順序指示
- 製造条件管理
- 原料、半製品在庫管理
- 原料使用量チェック(手配アラーム)
- 製造条件実績管理
- 設備稼働率管理
- 日報、月報処理
- 製品原価計算処理
- ユーティリティ管理

#### 3.3.2 製造順序計画シミュレータ

製造に関して順序に制約があり、日々の計画決定に対して順序計画の立案と変更指示に対する現状の条件が変更可能か

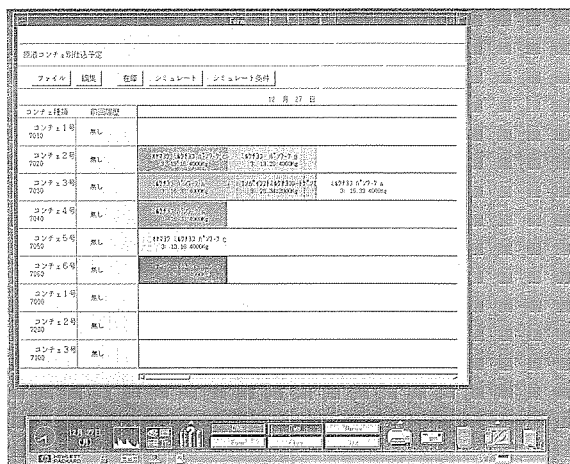


図4. 仕込み予定シミュレーション画面例

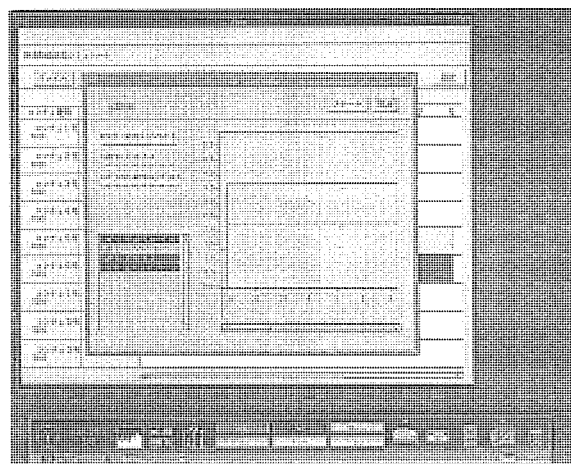


図5. 製品(原液)在庫推移シミュレーション画面例

どうかをEWSでシミュレートしている。これは、操業中の当日から7日間の近未来について計画変更するとどういふ問題が発生するかを、オペレータが入力する幾つかの案に対してチェック条件を加味しながらガイダンスと時間軸での製造状態予測・製品在庫推移の予測を提示することにより最適の判断を下せる運用支援を行っている(図4、図5)。

主な条件チェックとして次のものが項目として登録されている。

- 原料在庫量チェック
- 製造時間条件チェック
- 設備制約条件チェック
- 製品グレードチェック

### 3.3.3 運転監視装置

監視制御としては、統合計装システム MELTAS シリーズを用いて大工程ごとにコントローラを配置して各設備を統括コントロールしている。OPS (Operator Station) モニタは、中央操作室と CCX 操作室に合計4台配置され現場の情報は集中して把握でき、工程別コントローラや MELCOM 80 とバス接続を行って情報の一元化を図っている。

また、中央操作室にはCRTによるモニタ以外に全体が一目で分かるグラフィック盤を配置し、小人数でのプラントの運転をやりやすくしている(図6)。

### 3.3.4 ライン総括制御コントローラ

プラントに使用される設備は多岐にわたり、その大半が輸入品である。これらの設備制御装置とのインタフェースにシーケンサネットワーク (MELSEC-NET II) を活用している。このネットを大工程単位で張り、設備間のインタロックの受け渡しや現場端末の表示情報、そして設備の持つアラーム情報を中央で把握している。

### 3.3.5 設備制御シーケンサ

海外機械メーカーを始め各々の設備には MELSEC-A シリーズのシーケンサを標準採用し、ライン総括コントローラからの製造指示 (レシピ指示) に基づいて運転される。運転

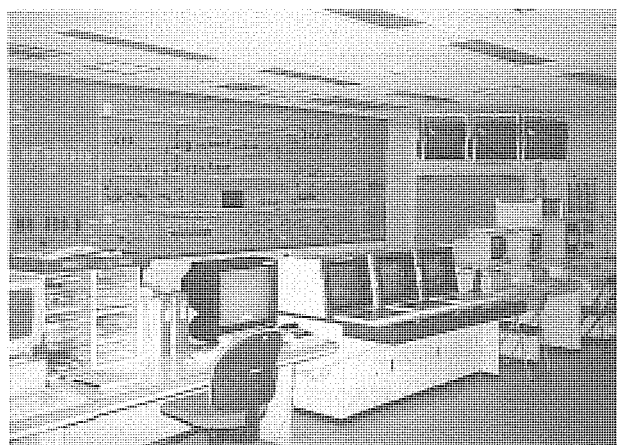


図6. 中央監視操作室風景

モードは自動と単独のモードがあり、中央からの総括指令のほか現場でのモード介入を可能としている。また、設備が運転中はトレンド監視用のデータを出力し、運転完了した時点で製造中データと完了報告を行っている。

### 3.3.6 ユーティリティ管理システム

工場内の受配電設備、動力設備、給排水設備等の発停・監視には配電制御ネットワーク機器 B/NET を活用し、B ネットマス局経由でユーティリティ使用実績データの収集を行っている。この使用実績に原材料費、労務費、諸経費を合算して製品製造実績データとの間で月単位での製品別の原価計算を実施している。

## 4. システムの特徴

### 4.1 階層化システムによる信頼性向上と

#### 短期間立ち上げの実現

この工場は24時間操業の工場であり、コンチングに12時間程度かかることから制御機能レベルを幾つかに分けて階層化システムを組んでいる。この階層単位で運転モードを設けている。

- MELCOM80, EWS からなる計算機情報制御階層

→ 総合計算機自動運転

●MELTAS による総括制御階層

→ 総合連動半自動運転Ⅰ

●各機械設備システムによる連動制御階層

→ 設備連動半自動運転Ⅱ

●各機械設備単独制御階層

→ 設備単独手動運転

#### (1) システムバックアップ

運転モードを上記の4段階準備しており、それぞれ上位のモードでの運転に異常が発生した場合、下位モードでの運転が可能となっている。また、各設備ごとに運転モードを運転中に変更しても運転が継続されるようになっている。したがって、ある設備が自動運転を継続できない場合には、その設備だけ切り離しをして操業を維持することが可能である。

#### (2) 段階的立ち上げ

全体システムにはいろいろなメーカーが関係し、一気に立ち上げるのは事実上不可能である。また、機械自体も新しい試みを抱えているため階層別に立ち上げを行い、段階的な試運転を可能としている。

#### (3) 分散と統合

全体をハンドリングする計算機システムと設備制御とは通常機能分散と機能統合のバランスによって良いシステムが構成できる。今回は製造順序計画シミュレータと製造管理用の計算機をH/W的に別々に配置し機能分割を実施している。これはシステムの要求仕様がどんどん変化する部分と仕様のあまり変わらない安定運用する部分を分離(分散)した一例である。また、複数台のコンチェをホワイト系、ブラウン系を含めて同一のシーケンサネットワーク上に接続し、管理情報だけではなく制御情報の一括把握を行うなど機能面での統合を実施している。

### 4.2 制御基準情報の集中管理と制御分散の徹底

#### (1) シーケンサとDCS

制御システムとしてMELSECシーケンサと計装制御システムMELTASを組み合わせている。これは、各機械は海外メーカー製が多数ありこれらは設備制御を含めたシステムとして納入されるため、それらのメーカーとはMELSECネットによってリンクし、制御情報のやり取りを行っている。また、タンクの温度や原料・単品マスの製造など国内調達の機械設備についてはDCS(Distribute Control System)マシンで直接制御を実施している。

設備単位でクローズした機械の多い食品プラントとして最も立ち上げのしやすい現実的な方法を採用した。

#### (2) マスタデータの管理

マスタデータは一元管理を原則とし、製造管理コンピュータで管理している。ただし、制御上のマスタデータについてはレスポンスを早めるためMELTASシステムのデータベースコントローラ上にも保存格納し、各コントローラの要求

に応じて出力するようにしている。一元化管理を維持するために上位コンピュータで管理運営され、修正があったときは即座に制御システムのデータベースコントローラに伝送されて常に同一のデータとなるように設計されている。

### 4.3 集中監視による小人数オペレーション

#### (1) 中央での全点監視

中央での小人数のオペレーションを有効にするために、各設備の個々の細かな状態まで中央操作室の1か所で監視している。これにより、アラームの内容を詳細に把握でき、迅速に対処している。

#### (2) グラフィックパネルとの併用

プラント全体が一望できるグラフィックパネルを設置して運転状態が一目でかつ直感的に把握できる。詳細データは手前にあるOPSのCRT上に情報が提供されており、オペータはこのOPSにより手動介入が可能となっている。

#### (3) 各機械マンマシンの集中化

中央操作室に各設備の単独運転用マンマシンを集中設置し、プラント異常で設備を手動にしたり、切り離しや擬似信号の発生は中央操作室内で処置可能としている。

### 4.4 機能別最適H/Wによる拡張性と保守性の向上

#### (1) 製造計画とライン制御の機能分け

製造に関連する情報と制御をそれぞれ分離し、考え方をスッキリさせている。製造計画と収集されたデータは製造管理用コンピュータでデータ処理し、リアルタイムで時々刻々に製造することは制御コントローラに役割を分担させている。これら両機能はバスで接続され、全体としては統合された運用を実施している。

#### (2) 人の判断との共存

日々の製造計画の立案にMELCOM80本体とは別にEWSを設置し、複雑な条件合致をチェックさせている。順序計画の変更はその時点の条件をチェックするだけで一義的に決まるような単純なものではなく、ある決められた操業条件により自動展開をした後、シミュレーション結果をCRT上にビジュアルな方法で人に訴えている。これは視覚的に時間の流れによる各設備の運転予定やタンクの在庫量の推移を見せることにより、最終的には人(オペレータ)の判断をやりやすくさせている。計画立案という高度な要求機能に対して自動化する部分と人による判断とを共存させている。

## 5. 効果と今後の課題

今回、システムについては当初目標に対しておおむね実現できたと考えている。これにより従来の人が中心の操業から無人に近い自動運転へと工場概念も変化するであろう。

また、定量的なデータのハンドリングや条件の見直しにより、専門的な業務を通常の業務へと見直していく方向が見えた点も大きい。ただ、ラインを自動化するために従来の操業形態や管理データの体系を大きく変化したため、運用面で

従来気付かなかった改善の必要な要素が発見され、これについては今後の課題と感じている。

## (1) 小人数による運転化

この工場は1993年4月にしゅん(竣)工した後、順次操業度を上げてきており、設備として安定稼働に入る1993年末から2名オペレーション体制の運用が始まっている。現在、当初の効果がでているかの検証段階に入っている。小人数による運転という点では製造計画立案や実績報告の業務に毎日半日以上要していたものが1時間足らずと格段に減り、他部門からの照会のレスポンスが上がるなど本来のメリットが得られている。反面、微少原料の供給やクリーナのチェック等設備をベストに維持する業務はあまり減ってはいない。プラントの安定維持にかかる手間を削減していくことが今後の最少人数運転や無人運転への課題となっている。

## (2) 工期の短縮化

従来、工場の建設については、輸入機械が多く工期も長がかかるものが多かった。特に機械を据えた後のI/F(インタフェース)チェックの時間には日数を要した。今回、シーケンサのネット<sup>(注5)</sup>を利用することで設備単体調整後のシステムI/F試験は設備単位で見れば数日もかからず極めて短時

(注5)“シーケンサのネット”は、シーケンサ間の通信をサポートする専用ネットワーク(MELSEC NETリンク)である。

間で終了した。プラントもの場合、立ち上げに要する項目はI/F関係であるといっても過言ではない。

## (3) 製造情報のビジュアル化

食品製造業において製造情報が保存されビジュアルに把握できることは重要なことである。そのために使われる労力はばかにならない。今回システムでは製造順序計画だけでなく製造情報が制御システムから自動的に収集されかつ保存されることで品質管理の面からも大きな効果が期待できる。

## 6. む す び

現在、いろいろな分野でCIMが叫ばれているが思想先行型のものが多く、現実のプラント運用や製造現場では理想と現実のはざ(狭)間で苦勞している。今回システムにおいても当初計画をすべて現実化しようとした場合に多々問題が発生したが、現状の業務を別の角度から見直し、最終的には当初の目的を達成することができた。振り返って見れば、“本当の意味で人に優しく人間らしいオペレーションとは何か”、“システムの構築のしやすさとは何か”という点がシステム計画の根幹にあることを再認識した。これからもオペレータにやさしいシステムを目指したい。

今回このシステム構築に当たり、ユーザー部門である工場製造課からいろいろな援助をいただいてシステムを立ち上げることができたことに対して感謝の意を表する。



中道章三\*  
椎木靖雄\*

## 1. ま え が き

製造業では、ここ十数年来プロダクトアウトの時代（少品種多量生産）からマーケットインの時代（多品種適量生産）に移行し、多様化する市場環境の変動にフレキシブルに対応できる生産体制の確立が叫ばれている。それに呼応して生産システムも、PA (Process Automation) の時代から工場全体の最適化を目的とする CIM (Computer Integrated Manufacturing) の時代へと向かっている。

紙パルプ産業でも同様に“紙パルプ CIM”すなわち“ミル  
ワイドシステム”構築への検討が始まっており、幾つかの導  
入事例も見られるようになってきている。

ここでは、ミルワイド化の一つの基盤技術となるプロセスサイドの作業管理・プロセス制御の統合情報制御システムについて紹介する。

## 2. 統合情報制御システムの適用

## 2.1 統合情報制御システムの構築

紙パルプ工場は、図 1 に示すように部門・工程が広範囲にわたっている。また、製造プロセスでは、パルプ工程～調成・抄紙工程まではパルプ・薬品等の液体を扱う化学工業の連続プロセスに似た形態をとり、抄紙工程で紙として巻き取られた後の仕上工程では、裁断・加工・包装が行われる組立加工業に似たディスクリートプロセス的な形態をとる。このような紙パルププラントにおいて、市場ニーズからプロセスに対しては次のような項目が要求される。

- リアルタイムの操業状況の把握
- 生産計画変更への追随
- 半製品・製品の品質情報トラッキング管理による不良品の除去，歩留り向上及び要因分析
- 工程・部門間のバッファ，ストック品の縮減等，最適経済運用
- 各部門操業データの精度アップ

これらの要求に対して、各工程・プロセスで行われてきた自動化システムのみでは、各分野・各工程間情報のリアルタイム性・同期性がとれず、またニーズの多様化による情報の柔軟性がない等限界があり、ミルワイド化を推進する上での一つの障害となっていた。統合情報制御システムは、各工程・各分野のシステム間をネットワークによって高速か

つ柔軟に結合し、プラントの隅々までの情報を統合的に管理・制御可能とさせるものである。

## 2.2 統合情報制御システムの位置付け

調成・抄紙工程を例とした統合情報制御システムの構成概要を図2に示す。ミルワイドシステム構築のために各種コンピュータシステムを利用する中で、統合情報制御システムは同図の操業管理・制御システムに適用される。

従来この範囲のシステムは、計装制御システム・駆動制御システム・機械制御システム・計算機制御システムと、各々専用のコンピュータ、プログラマブルコントローラ等で独立して構成され、プロセス I/O や汎用インタフェース (RS-232C 等) を利用して各システム間の情報インタフェースをとってきており、システム構築上その情報はかなり制限されたものであった。

統合情報制御システムでは、各システム間、各工程間がネットワークによって有機的に結合でき、プロセスからの生産・品質情報等が状況に応じ、リアルタイムかつ柔軟にハンドリング可能となる。

### 3. 統合情報制御機能

### 3.1 システムの特徴

各工程の自動化・最適化を目的とした統合情報制御システムの構築例を図3に示す。フィールド側の制御システム・機器については、汎用性の高い当社シーケンサを使用したネットワーク (MELSEC-NET)、プロセス制御データはシステムの基幹となる高速・高信頼性の統合制御システムバス (EIC バス)、また管理データは上位、他システムとのオープン性を持たせ、汎用性のあるイーサネット通信を介して行う階層化構成のネットワークシステムとなっており、従来プラントメーカーでクローズされていたフィールド側のシス

プラントの特長																		
広範囲なプロセスを持つ製造ライン (連続プロセス→ディスクリートプロセス)																		
動力				パルプ製造				調成	抄造	仕上げ				倉庫	ラボ			
用排水	蒸気	自家発電	受電	調木	蒸解	洗浄	漂白	回収	—	—	レリーラ	コーター	スーパ	ワインダ	カット	包装	—	—

図1. 紙パルプ工場プロセス概要

また、図3で示した各工程、プラントの統合情報制御システムをシステムセルとして、工程、プラント間の情報の一元

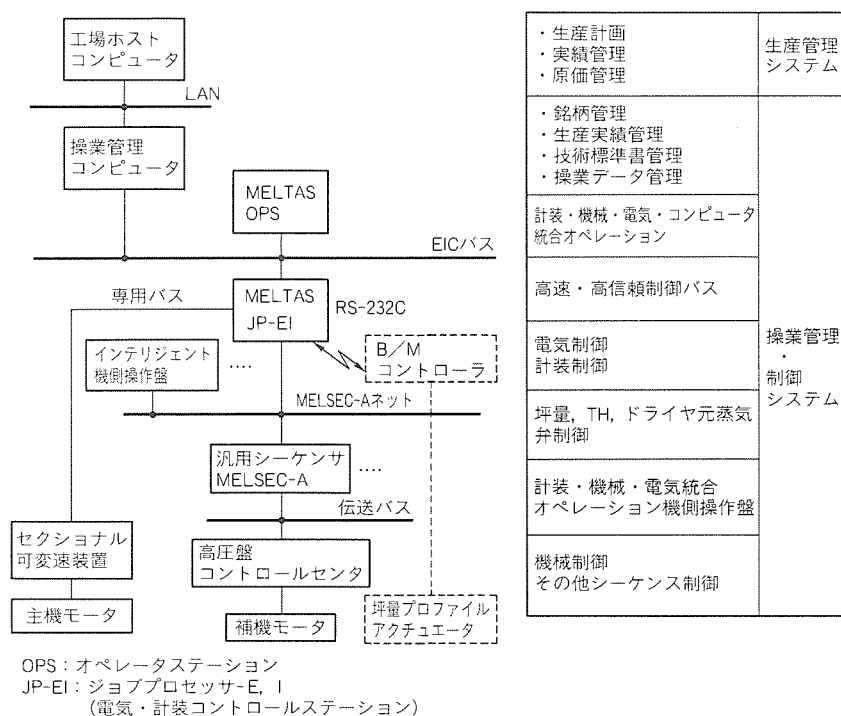


図 2. 統合情報制御システム構成概要

化、ミルワイド化を目指したシステムの構成概念を図4に、工程間のトータルシステム構成を図5に示す。

この統合化システムでは、バッチ処理 I/F を主体として行う LAN と、リアルタイム性を重視した高速制御用 LAN の 2 種類を準備し、各セル間を有機的に結合している。

この高速制御 LAN により、リアルタイムに各プラントの稼働状況の把握が可能で、すき(抄)出し・抄止め・紙切れ・銘柄変更・原料レベル等に対応したタイムリーな工程間の最適運用が実現できる。

### 3.2 工場ホストコンピュータ機能

統合情報制御システムでは、リアルタイムにプロセス状況及び制御工程の状況を踏まえ、生産計画と実績とのギャップを埋め、操業の最適化を行うために操業管理コンピュータが設置されており、工場ホストコンピュータは生産計画を中心に、外的・内的要因による変動に対して柔軟に対応していく、生産計画・原価・在庫・所要量管理等のマクロ的な生産管理システムで、生産指示に関する役割についていえば、小日程計画立案までを行い、作業指示書は操業管理コンピュータで実施することとしている。

工場ホストコンピュータでの機能概要

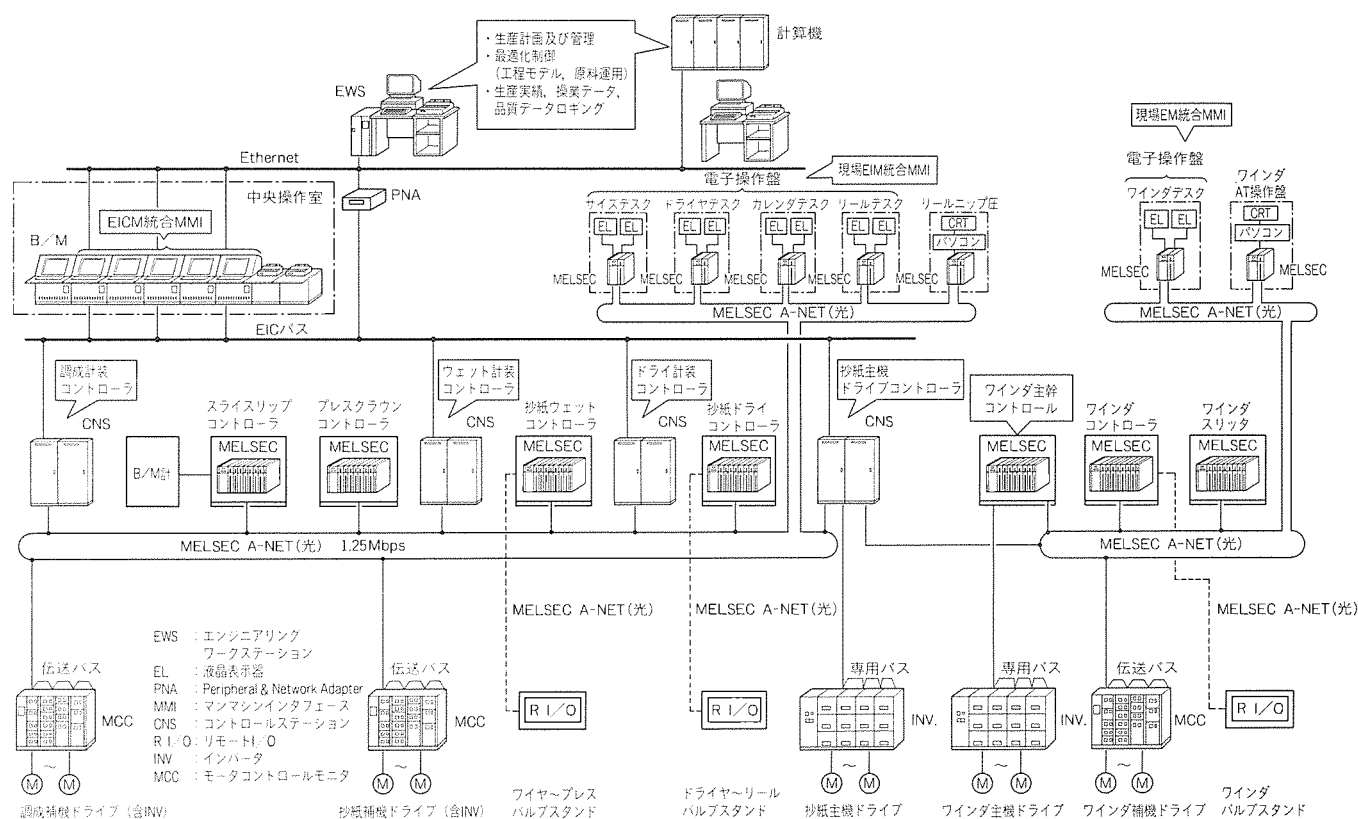


図3. 統合情報制御システム構成例

を図6のブロック図に示す。

### 3.3 操業管理コンピュータ機能

プロセス側のコンピュータとして、生産指図、操業データ管理、品質データ管理、実績データ管理、トラッキング制御等を行い、操業管理制御システムの頂点として、ミルワイドシステムの中核として位置付けられる。

以下に抄紙・仕上工程での機能概要を、図7に機能ブロック図を示す。

#### (1) 工場ホストコンピュータとの通信機能

- 月次抄順予定表、抄順明細書及びスケジューリングデータの受信

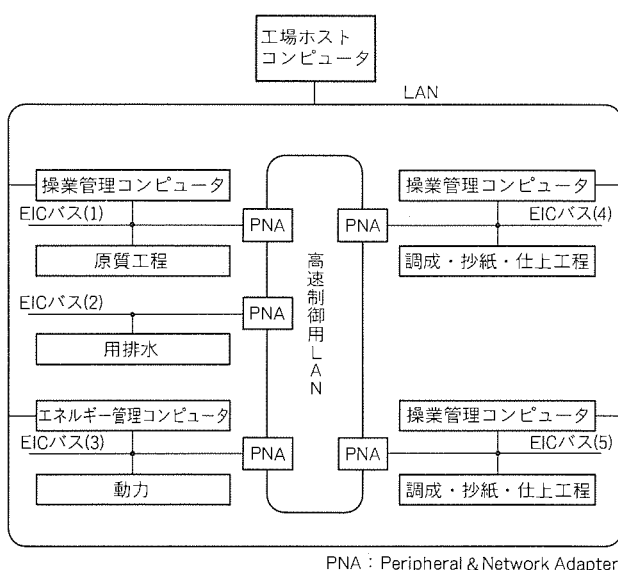


図4. トータルシステム構成-1

- スケジューリング変更報告
  - 各工程生産実績及び原料・薬品などの使用量報告
- #### (2) スケジューリング変更機能
- リアルタイム監視諸条件（進ちょく（抄）状況）及び設備稼働状況、上流工程及び塗料室の諸条件により、スケジューリング変更が必要となった場合、生産シミュレーション機能によってその機能を補佐する。
  - バッチスケジュール、薬品調合スケジュール、原料調整スケジュール、巻取ロール出来高スケジュールを最適とするとともに、工程部門間の仕込量、段取り作業、人員管理の効率化及び切替タイミングの最適化を図る基本データとする。
- #### (3) 技術標準書管理機能
- 銘柄対応の各工程技術標準書の登録・削除・変更を行う。
  - 抄順明細書の次銘柄の生産指図及び技術標準データをCRTに表示する。
- #### (4) 操業データ・品質データ管理機能
- 操業データ収集及びファイリング
  - 抄順明細書の次銘柄の生産指図・技術標準データに合わせて、前回生産した同一銘柄の操業データをCRTに表示する。
  - リアルタイムに得られる品質データ及びラボから入力されるオフライン品質データを、ロットNo.、リールNo.をキーに関連付けたものとし、ファイリングを行う。
  - 技術解析支援（統計処理・相関・平均・分散・散布図

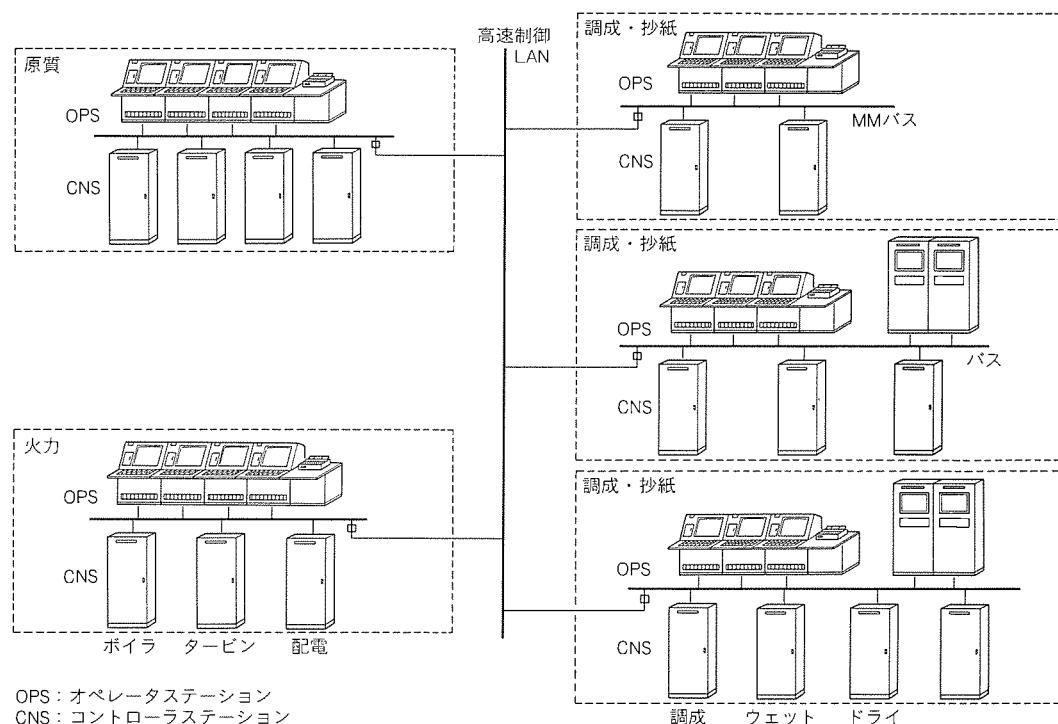


図5. トータルシステム構成-2

など) ツールを使用してのデータ解析により、将来の最適化制御へ向けての技術データ収集を可能としている。

(5) 銘柄変更設定制御

- 銘柄対応の技術標準書及び前回操業データを表示、オペレータ判断で設定変更を可能とし、各工程の銘柄替信号をもとに自動設定制御を行う。

(6) 生産実績管理

- 各工程の生産実績をリアルタイムに収集し、各管理項目に従って行う。
- 生産計画に対する生産進捗管理制御を行う。

(7) 帳票機能

- リアルタイムに収集した生産実績及び操業データをフォーマット化し、直報・日報・銘柄報等の帳票出力を行う。

(8) トラッキング制御機能

- DIB (データインデックスブロック) によるリアルタイムトラッキング方式により、M/Cから倉庫までのリールのトラッキング制御を行い、各工程生産実績・品質データとの関連付けを行い、以下の自動設定及び表示を実現している。

トラッキング方式はFIFO (ファーストイン、ファーストアウト)、フリーアクセス方式の2種類を準備しており、設備に対応して自由に選択可能で、また各センサ等異常時用として、トラッキング修正機能及び手動歩進機能も持っている。

＜自動設定制御及び情報サービス機能＞

- 各工程に滞留するリール情報の表示を行う。
- 前工程の欠点、補修位置及び情報をトラッキングし、操業の参考及び仕上工程ドライブコントローラの補修減速制御機能に対する自動設定を行う。
- 前工程の全巻取長及び巻取径をトラッキングし、仕上工程ドライブコントローラの残紙長制御機能、ダイヤサーボ制

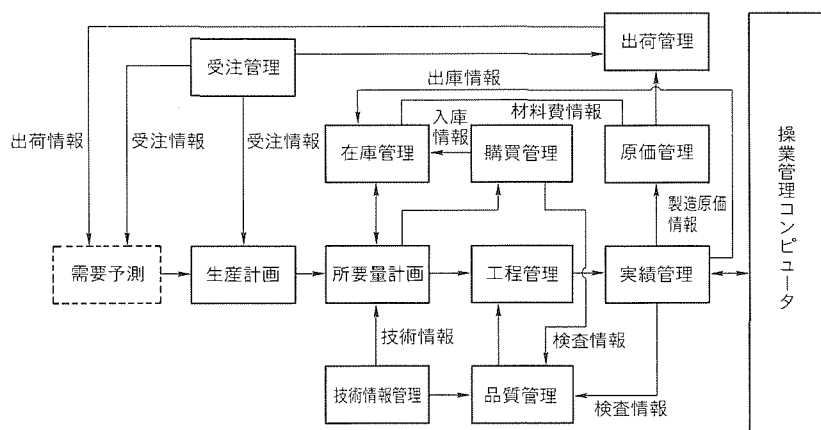


図6. 工場ホストコンピュータ機能ブロック図

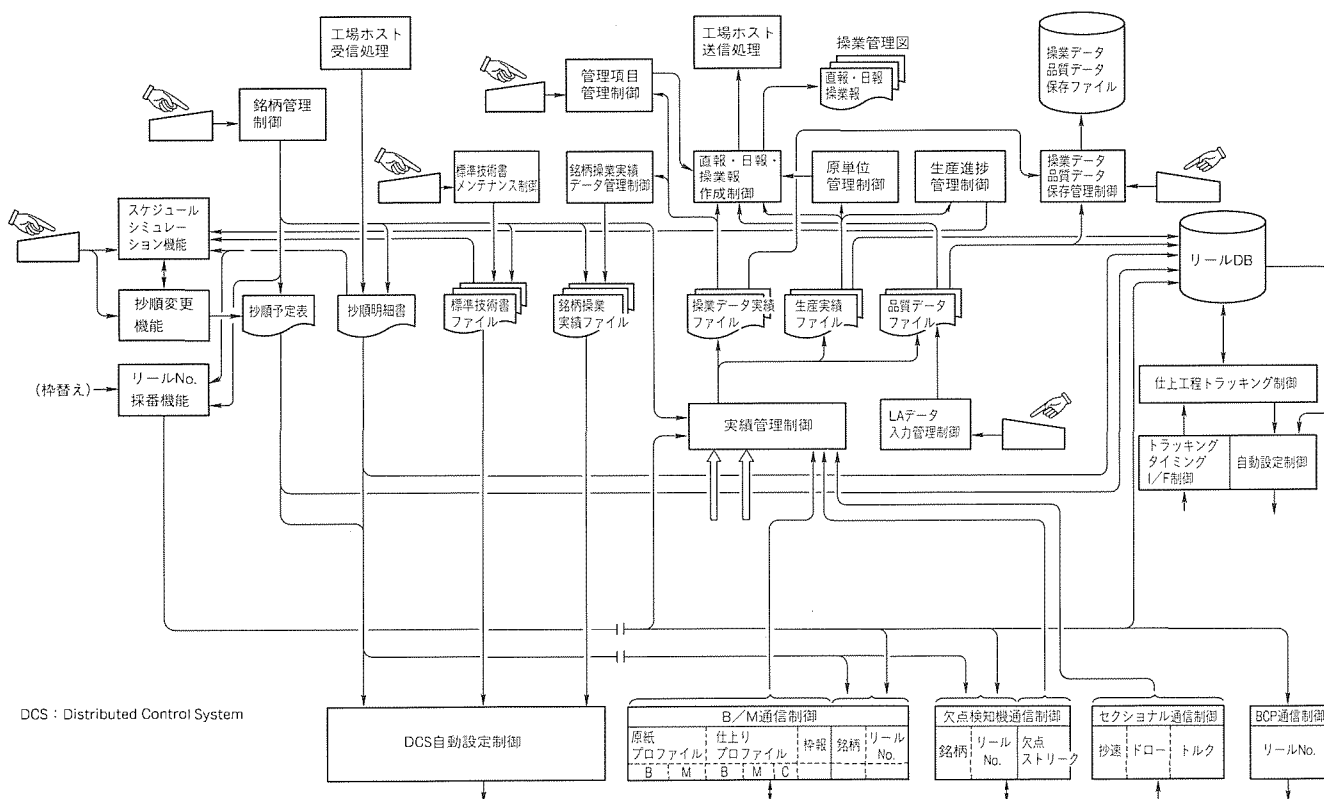


図7. 操業管理コンピュータ機能ブロック図

御機能の初期値設定として巻戻長、巻戻径の自動設定を行う。

(d) 仕上ワインダに移載されたジャンボリールに対する仕上小巻リールの巻取長を演算して、仕上ワインダドライブコントローラの定尺巻取制御機能に対しての自動設定を行う。

(e) 仕上ワインダに移載されたジャンボリールに対する仕上小巻リールの丁取り寸法及び丁取り順を、スリット位置決めコントローラに対して設定する。

(f) リールの抄紙機操作側位置をトラッキングし、欠点・補修位置及び情報、B/M プロファイルデータ表示の際のオペレータへの表示を行う。

(g) 抄紙機 B/M 品質データ（プロファイル及び枠報データ）をトラッキングし、仕上工程での操業の参考表示を行う。

(h) 印字機・包装機・ラベラ・カット等の各仕上工程の装置に対しての自動設定を行う。

### 3.4 運転・監視制御システム

各システムの有機的な結合により、以下の運転・監視制御の統合化が実現された。

#### (1) 運転監視の統合化

従来別々の CRT に頼らざるを得なかった計装、機械、電気、コンピュータの監視・操作を同一 CRT 上に統合して表示することにより、運転員の目的に合った、より高度な情報の提供が可能となっている。

#### (2) 制御操作の集中化

機側で必要であった操作の自動化、遠方化（自動シーケンスの充実及び監視機能の充実）を極力図り、制御・操作の集中、及び省力化・省スペース化を実現している。

#### (3) 監視・チェック機能の充実

従来は、各々の制御システムで個別に監視され、別途統合させるためのアナンシェータが設置されたり、発生した履歴を時系列的に突き合わせながらチェックが行われていたが、今回のシステムではアラームガイダンス、イベント履歴、インタロック表示、異常チェックモニタ、自動シーケンス状態

表示機能等が統合化されたことにより、異常現象発生に対し、関連設備に対応した発生場所及び原因が迅速に把握でき、操業効率・保守性が向上した。

#### (4) 機側操作盤の統合化

各機側操作盤は、タッチオペレーションが可能な表示器を搭載したインテリジェント操作盤を採用し、フィールド側シーケンサネットワークに接続することにより、計装・機械・電気の統合化オペレーションが可能となるとともに、機側においても必要に応じ、プラント全体の状況確認、ガイダンス表示等多くの情報を得ることが可能となり、集中監視室での監視・操作と調和のとれたシステムを実現、また大幅な省スペース化が図れる。

### 3.5 システムの今後の展開

トータルシステム、最適化、ミルワイド化は短期間に実現されるものではなく、段階的に状況を踏まえ完成されていくものであり、紹介のシステムについてもいまだネットワーク化による情報収集・データベース化の基盤が整備された段階であり、今後更に高度・安定な製紙を実現するため、収集された品質及び操業データを基に技術解析支援ツールを使用し、各種統計処理、相関の把握等を行うことで最適運用化が検討されていく形となる。また、各工程間もリアルタイムな情報ネットワークにより、エネルギー・ユーティリティも含めた最適運用が検討されようとしている。

## 4. む す び

統合情報制御システムの紙パルプ工場への適用として、抄紙・仕上工程での導入例を紹介した。紙パルプ産業は厳しい環境下の中、より効率化・省人化・高品質化を目指し、トータル情報システムを完備してプロセスデータベース化の推進等により、操業支援・設備保全・プロセスの最適化等トータル管理システム化の方向にある。各工程・システムを有機的に結合できる統合情報制御システムの出現により、これらのシステム思考が急速に加速されていくと確信する。

この背景を受けて、当社は今後もユーザー本位のシステム化、支援機能の充実に努めていく所存である。

# ユーティリティ用情報制御システム

伊藤信之\*  
安東安隆\*

## 1. ま え が き

今、産業界は企業競争の厳しい中、高度情報化時代に生き残るため、生産システムに対して受注から出荷に至るまでのすべての生産活動において、有限の生産資源（設備・原材料・エネルギー・人・情報）を効果的に運用できる高度に自動化された生産システムの構築が期待されている。

このような背景のもと、エネルギー、ユーティリティ管理・制御も生産システムの一部門として位置付け、設備、エネルギー、ユーティリティ、人、情報を効率的にフレキシブルに運用できる統合システムを高度自動化の新しい概念として、事務部門、製造部門、工務部門などと密接な連携を取ったIAシステム（Integrated Automation System）作りに取り組んでいる。

生産システム内でのユーティリティ管理の位置付けを図1に示す。エネルギー、ユーティリティ管理システムは、電気制御（E）・計装制御（I）の領域が混在し、発生と消費が複雑にからみあったエネルギー供給及び点在する諸設備の最適運用管理、小人数オペレーション&メンテナンスを実現するには、統合化及び計算機制御（C）の導入や他部門とも密接な連携をとる必要があり、ここにE・I・C統合化の実現が強く

求められている。

ここでは、三菱統合制御システム MELTAS を基幹ハードウェア（H/W）として、

- (1) 投入エネルギー、ユーティリティのミニマム化
- (2) 横断的管理による要員の省力化
- (3) 統合設備運用によるエネルギー、ユーティリティの効率的活用

を目指した統合制御システムについて紹介する。

## 2. エネルギー、ユーティリティ管理の動向

昭和48年に始まった第1次オイルショックや昭和54年の第2次オイルショックを経て、我が国の省エネルギー施策は、かなりのレベルに達している。特に産業界では、省資源・省エネルギーが即、製品価格競争力に反映されることから、エネルギー、ユーティリティの有効利用は、生産性向上の一環として積極的に取組が行われてきた。

鉄鋼、石油精製、製紙など大規模工場では、従来から蒸気タービンを用いた自家発電設備を持ち、電気と熱をトータルに考えたエネルギーの有効利用を図っている。その他の産業でもコージェネレーションの積極的採用を図りつつあり、熱電併給システムによるエネルギーの有効利用を図ろうとしている。

工場で消費されるエネルギーは、石炭・石油・電力・ガスといった購入物と、生産プロセス又は回収プロセスで発生する各種ガス・蒸気・電力といった副生物がある。

また、負荷変動要因としては、季節、昼夜及び多品種適量生産、JIT（Just in Time）生産への対応を背景とした生産設備の操業条件、生産計画の変更があり、これらの発注と消費は複雑にからみあっており、“やり繰り”という言葉に代表される状況を脱していないのが現状である。

今日、企業競争の厳しい中、エネルギー、ユーティリティ管理・制御は、更なる省エネルギーだけでなく、省力化、ユーティリティの安定供給を目的に、点在する諸設備の統合化及び生産情報との連携による高度なトータルシステムへと変（貌）しようとしている。

エネルギー、ユーティリティ管理の動向を図2に示す。

## 3. エネルギー、ユーティリティ管理

### 3.1 PDCAサイクルの確立

従来のシステムでは、あらかじめ決められた状況に対して

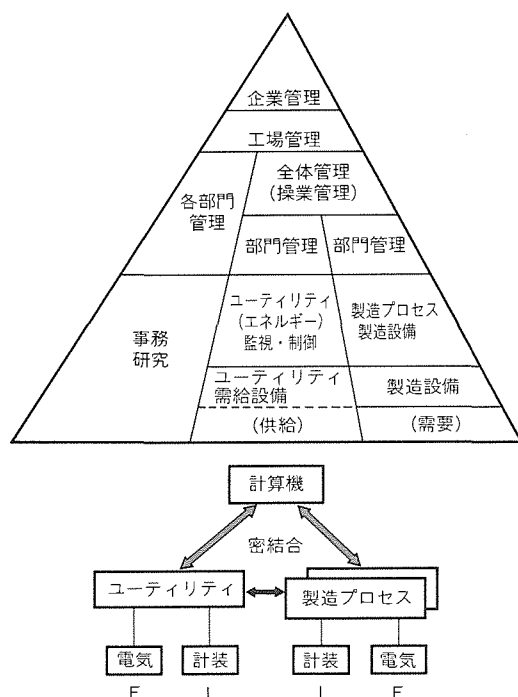


図1. ユーティリティ管理の位置付け



は、アルゴリズム化された自動化はうまくいくが、予測できなかった状況に対しては、人が介在して意志決定を行う必要があった。特にエネルギー、ユーティリティ管理・制御は、発生と消費が複雑にからみあっており、負荷変動も激しく運用に多くの労力を必要としていた。

これは、システム内に状況判断、リアルタイム需給予測及び意志決定の自動化まで含んだ P (Plan), D (Do), C (Check), A (Action) のサイクルが確立していなかったからである。

IA システムは、計画、実行、調整、実績管理を有機的に結合し、PDCA のサイクルを確立して密に回すことにより、状況の変化に即応できる意志決定プロセスまで内包した統合システムである。

### 3.2 IAシステム

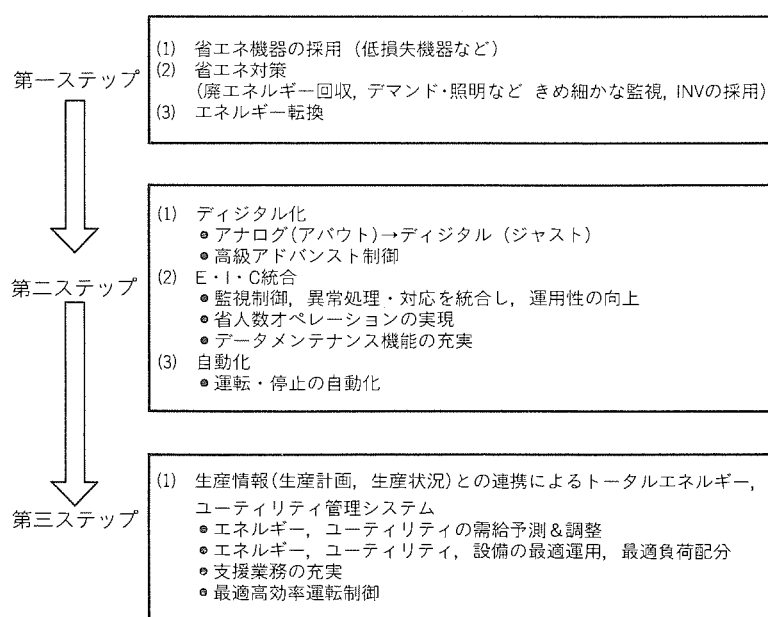


図2. エネルギー、ユーティリティ管理システムの動向

第一階層	工場ホストコンピュータ (汎用コンピュータ)	<p>&lt;生産計画・管理システム&gt;</p> <p>販売・物流計算機からの生産指示に基づき、製造工程ごとの生産計画の立案を行い、同時に回収系の所要量計画、エネルギー、ユーティリティの需給計画を立案する。また、実績管理、コスト管理、原単位管理などの管理機能をつかさどる階層</p>
第二階層	エネルギー、ユーティリティ管理センターコンピュータ (プロセスコンピュータ)	<p>&lt;操業制御・管理システム&gt;</p> <p>生産計画システムのエネルギー、ユーティリティ需給計画指示に基づき設備のリアルタイム状況及び製造工程のリアルタイム状況を加味しつつリアルタイムに需給予測を行い、効率的に運用方法を立案する最適負荷配分演算、最適運用計画機能、及びアドバンストコントロールによるリアルタイム最適運転化機能等、操業の効率化や最適化をつかさどる階層</p>
第三階層	統合化コントローラ	<p>&lt;制御・監視システム&gt;</p> <p>計装制御、電気制御、機械制御など各種設備を安全に精度良く操作・制御する階層</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>監視</li> <li>遠隔操作</li> <li>実績データ収集</li> <li>系統運転</li> <li>自動制御</li> </ul>

図3. IAシステム機能構成

エネルギー、ユーティリティ部門での IA システムは、図3に示すように機能的に3階層に分けて構築することを基本とする。IA システムコンセプトを図4に示す。

#### (1) マクロ PDCA サイクル

生産計画を中心に、外的、内的要因による変動に対して柔軟に対応して、エネルギー、ユーティリティのコストミニマム、使用量最小化を目指したバランスシミュレーションを行う需給計画システムを頂点としたロングスパンの PDCA サイクル。

#### (2) ミクロ PDCA サイクル

リアルタイムにプロセス状況及び製造工程の状況を踏まえ、需給計画と実際のギャップを埋め、操業の最適化を行う操業制御システムを頂点とした PDCA サイクル。

### 3.3 機能構成概要

エネルギー、ユーティリティ管理・制御システムの機能構成概要を図5に示す。

#### (1) 需給計画・運用計画

工場ホストコンピュータでは、営業所や販売会社から本社を經由して集められた受注情報に基づいて、設備に見合った製造単位に整理し、納期別にグループ化されて生産効率、段取り替え回数が最適となるように生産計画が各ステージごと（長期・中期・短期）に行われる。

生産計画に対応して、銘柄ごとに持つ技術標準書（コスト、設備能力、操業データ等）からエネルギー、ユーティリティの所要量を算出し、コストミニマムで最適な需給計画・購入計画・配分計画を立案する。

また、計画書から算出されたコストと実績から算出されたコストを比較し、各部門に対して操業指標やアラームの提示を行う。

#### (2) 需給予測、最適運転制御

プロセスコンピュータでは、工場ホストコンピュータからの操業指図書に従い、各種実績や操業データをリアルタイムに収集したプロセスデータベースの情報や解析結果に基づきタイムリーな需給予測を行うとともに、各種設備の最適運転制御及びエネルギー、ユーティリティの最適運用制御を行う。

#### (3) プロセス制御・監視

広域に点在する諸設備に対して、分散制御、アドバンスト制御、統合化オペレーションを実現する。

#### (4) “MELTAS”の位置付け

IA システムの中核である制御・監視シス

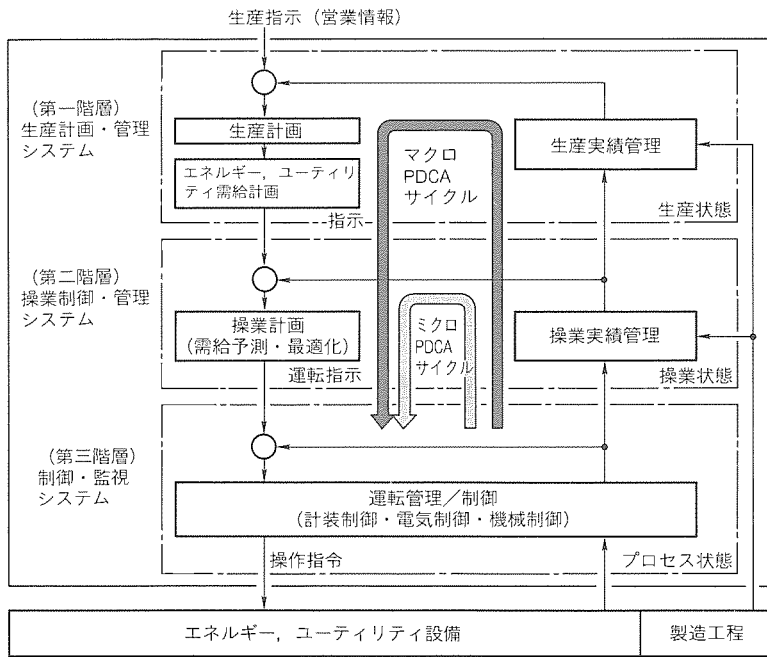


図 4. IAシステムコンセプト

テムを構成するのが三菱統合制御システム M ELTAS である。MELTASは、プロセスの制御に必要な電気制御 (E), 計装制御 (I), 機械制御 (M) の機能を、特性、規模に応じてシンプルに、フレキシブルに、高度・高性能な最適システムを構築できる統合システムで、プロセス操業管理、制御及びプラント情報処理の統合化・高度化を実現する。

#### 4. 統合化オペレーション

ネットワーク技術、システムビルドアップ技術を駆使して、各システムを有機的に結合することにより、オペレーションの統合化及びアメニティオペレーションを実現し、エネルギー、ユーティリティ監視センターの集中オペレーション機能の充実を図る (図 6)。

##### 4.1 監視・操作の集中化

広域に点在する各種設備の機側で必要であ

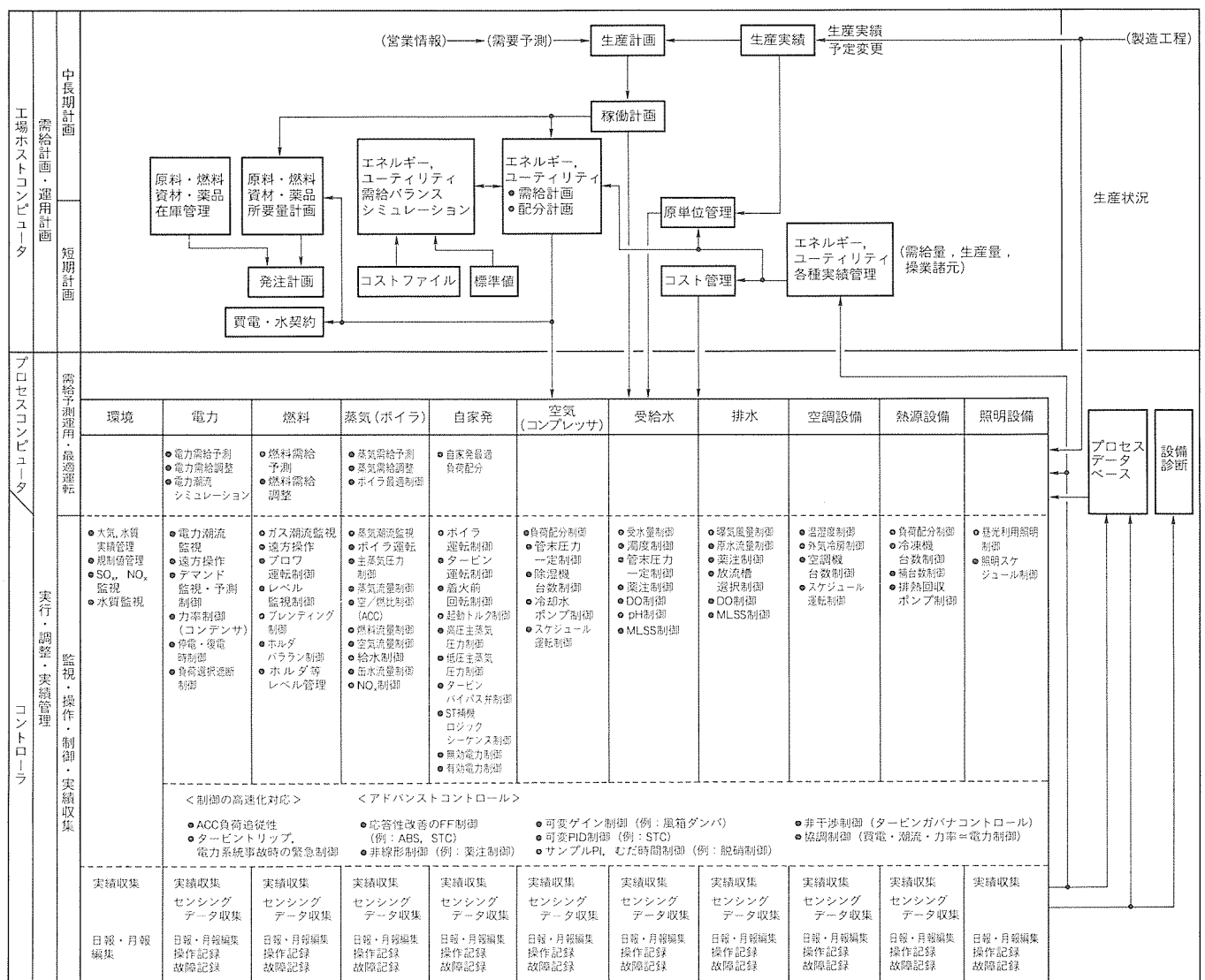


図 5. 機能構成概要

った操作を極力自動化・遠方操作化(自動シーケンス制御の充実及び監視機能の充実)を図り、監視・操作の集中化及び省力化を実現する。

#### 4.2 運転・監視の統合化

(1) 従来、別々のマンマシンインタフェースに頼らざるを得なかった電気、計装、機械、計算機の操作・監視を統合化することにより、運転員の目的にマッチした、より高度で最適な情報及び操業環境を提供する。

(2) CRT 化が進みオペレーションの高度化、最適化が図られているが、各システムごとに多種のマンマシンインタフェース装置が設置されているのが現状である。タッチ操作や各種ウィンドウ機能など操作の簡便化が図られているが、ますます広域化・複雑化するプラントに対して、オペレータの精神的な負担は多大なものとなっている。各システムを有機的に結合して、マンマシンインタフェース装置の統合化を図ることにより、オペレータに“やさしい”操作環境を提供する。

#### 4.3 監視、チェック機能の充実

従来は、各システムが個別に行っており、ユーザー側でこれらの情報を統合して判断、対処を行っていたが、各システムを有機的に結合して統合化し、全体モニタ、自動シーケンス状態表示し、異常チェックモニタ、イベント履歴機能(アラーム、ガイダンス、オペレーション操作履歴、エンジニアリング操作履歴)、アラームサマリ、ヒストリカルトレンド等により、異常現象発生に対して関連設備に対応した発生場所及び原因を迅速に把握、対処が可能な環境を提供し、保守性及び操業効率の向上を図る。

#### 4.4 機側オペレーションのインテリジェント化

各機側操作盤は、タッチオペレーションが可能な EL (Electro Luminescence) 表示器を搭載したインテリジェント操作盤を採用した。機側オペレーションのインテリジェント化を図ることにより、統合化のメリットを集中監視センターだ

けでなく、機側オペレーションに対しても最大限生かし、高度化・アメニティ化を実現するとともに、機側操作盤の省スペース化を図る。

- (1) 統合化による運転員の目的にマッチしたオペレーション
- (2) 全体状況を把握した機側オペレーションの実現
- (3) 機側操作に各種ガイダンス、アラームサマリ等の情報提供

### 5. MELTAS H/W基本構成

エネルギー、ユーティリティ設備に投入するコントローラは、プラントの特質上、ノンストップシステムの要求が強く、高信頼性はもとより、定期点検や保守が確実にし、段階的設備投資に耐え得るシステムが必ず(須)条件となっている。

MELTAS は、同一制御システムバス上に E・I・C 各種コントローラ及びオペレータステーションがプラグイン方式で簡単に接続でき、その時々規模、機能に応じてビルディングブロック方式にフレキシブルにシステムの拡張が行える。

また、対象プラントに対応して、以下 H/W の冗長化システムを適用することが可能である。

#### 5.1 シングル構成(図7)

- (1) OPS : シングル構成
- (2) EICバス: 二重化(自動縮退・復帰)
- (3) JP-EI : CPU, 電源, 内部バスシングル構成
- (4) I/O : 汎用シーケンサ MELSEC による分散
- (5) A-NET : 二重化, ループバック

#### 5.2 二重化構成-1(図8)

- (1) OPS : 相互バックアップ
- (2) EICバス: 二重化(自動縮退・復帰)
- (3) JP-EI : CPU, 電源, RIOバス, AI/O 制御ループ二重化構成
- (4) その他 I/O : 汎用シーケンサ MELSEC による分散

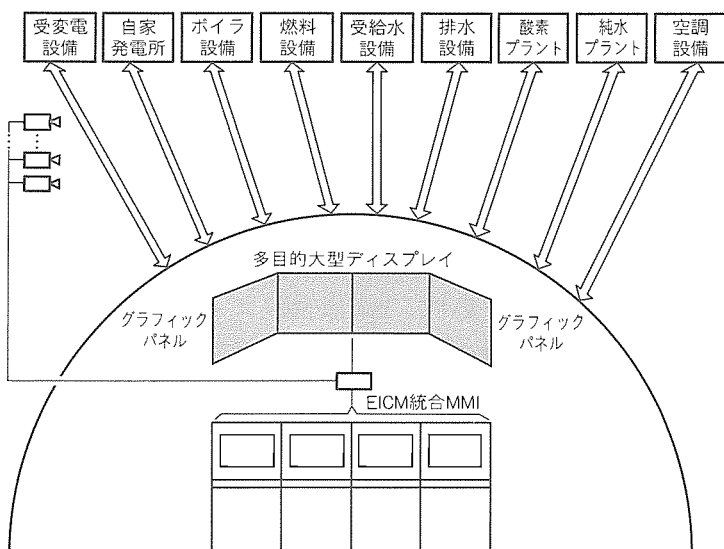


図6. エネルギー、ユーティリティ監視センター

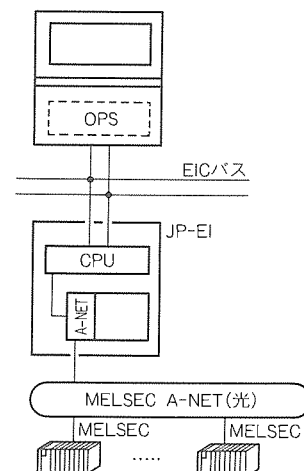


図7. シングル構成

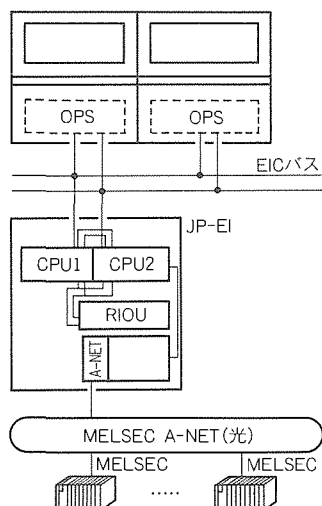


図 8. 二重化構成-1

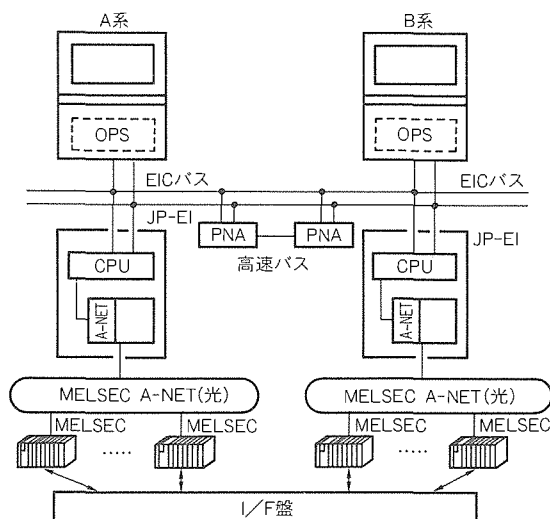


図10. 二重化構成-3

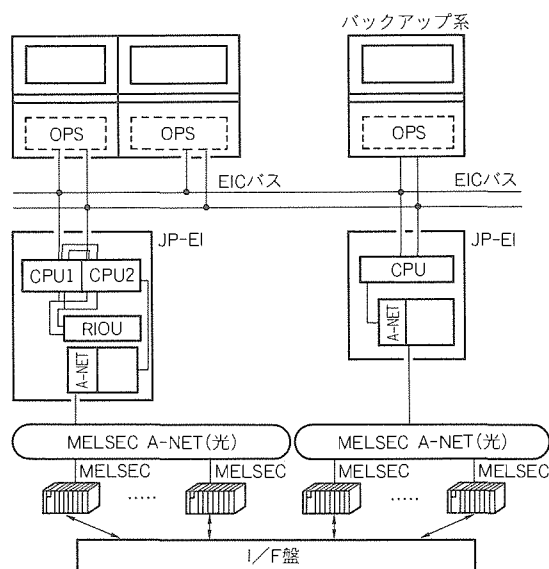


図 9. 二重化構成-2

(5) A-NET : 二重化, ループバック

### 5.3 二重化構成-2 (図 9)

- (1) OPS : 相互バックアップ+バックアップ系<sup>(注)</sup>
- (2) EICバス : 二重化 (自動縮退・復帰)
- (3) JP-EI : CPU, 電源, RIOバス, AI/O 制御ループ  
二重化構成  
バックアップ系はシングル構成
- (4) その他 I/O : 汎用シーケンサ MELSEC による分散  
+バックアップ系

(注) バックアップ系は, 最低限必要な機能のみ取り込み。

(5) A-NET : 二重化, ループバック+バックアップ系

### 5.4 二重化構成-3 (図10)

- (1) OPS : シングル構成, 完全二重系 (A, B系)
- (2) EICバス : 二重化 (自動縮退・復帰), 完全二重系 (A, B系)
- (3) JP-EI : CPU, 電源, 内部バス共にシングル構成, 完全二重系 (A, B系)
- (4) I/O : 汎用シーケンサ MELSEC による分散, 完全二重系 (A, B系)
- (5) A-NET : 二重化, ループバック, 完全二重系 (A, B系)
- (6) A, B系切替え : PNA 経由高速バスを介したイコライズ機能で切替えがスムーズに行える。  
待機系では状態監視を可能とし, 操作出力は無効。

## 6. む す び

ユーティリティ用情報制御システムの具体的な導入例を紹介した。エネルギー、ユーティリティ管理・制御は、より最適化を目指し、高度自動化・トータルシステム化の方向にあり、確立されたシステムアーキテクチャと高機能で強力なシステムバスを基盤とする高信頼性、フレキシブルな統合制御システムの出現により、運転・監視制御の最適化及び最適運用制御が可能となり、これらが急速に加速されていくと確信する。

この背景を受けて、当社は今後もユーザー本位のシステム化、支援機能の充実に努めていく所存である。

# 自動車工場における生産システム

白倉忠晴\* 柳 一也\*\*  
東 順一\* 小林博文\*\*\*  
高畑浩史\*\*

## 1. ま え が き

自動車産業では、納期短縮、多品種少量生産の拡大、低価格化といった市場ニーズや、労働時間短縮、労働環境改善などの社会的要求に対応するため、開発・生産・販売物流における情報と物の流れを有機的に結合して経営資源を一貫してフレキシブルに効率良く運用するための CIM (コンピュータによる統合生産) への展開が積極的に推進されている。

このような市場環境を背景に、工場内のオープンネットワークを基盤として生産情報とライン制御までの工場全体の生産システムを最適化、自動化の一元構想のもとで統合化を行うことを基本思想とした自動車生産システムを完成させた。

本稿では、自動車生産システムの最新事例として車両組立ライン、エンジン組立ライン、完成車検査ラインにおけるアセンブリラインコントロールシステム (以下“ALC”という。)を通して、“人とシステムが調和した統合生産システム”への取組を、システム構築、機能分散の考え方などを中心にその特長・機能・構成について紹介する。

## 2. 生産システム導入の目的

生産システム導入の目的を次に整理する。

- (1) 短納期化への対応
  - 生産車種、生産量の変化への柔軟、迅速な対応
- (2) 快適な職場環境作り
  - 労働時間短縮を補う無人運転の拡大
  - 直接、間接作業の総合的な効率化・省力化
- (3) 品質水準の維持、向上
  - 製品個別の出荷品質情報のきめ細かな把握
  - 製造品質推移のリアルタイムな把握
- (4) 設備稼働率の維持、向上
  - 設備単位の非稼働要因のリアルタイムな把握
  - 計画的な設備予防保全

## 3. 自動車工場生産システムの基本思想

### 3.1 自動車生産システムの基本思想

本稿での自動車生産システムの対象範囲としては、図1の自動車 CIM 概念に示すエリア、セルレベルを対象範囲としている。

図2は自動車生産システムの機能モデルである。従来の生産指示、生産実績管理の ALC 機能から、生産進度に基

づいた生産序列計画 (Plan)、作業指示・設備監視制御 (Do)、生産実績・品質稼動情報管理 (Check)、生産序列計画変更・設備予防保全 (Action) といったマクロな PDCA サイクルでのフィードバックを行っている点が特長である。

生産ラインで発生する生産実績、品質情報、設備稼動情報等の各種データをリアルタイムに把握してフィードバックすることにより、人の意志決定を支援して素早い対応を行い生産の最適化・効率化を実現することを基本思想としている。

次に自動車生産システム構築上でポイントとなる基本思想を以下に整理する。

- (1) 生産情報とライン制御の統合化
  - 生産情報の一元化とライン制御機能の分散化
  - 生産情報管理の集中化とマンマシンツールの充実
  - ライン操業におけるマクロな PDCA サイクル化
- (2) リアルタイム性の確保
  - 高速なネットワーク構成
  - 最適なトラッキング方式と機能分散
- (3) 24時間稼働への対応
  - 生産システムの安定稼働
  - 異常時の早期復旧のための簡便な運用、手順、操作
- (4) システム運用の一元化、容易化
  - ネットワーク、システムの稼動状況監視の一元化
  - 計算機と制御機器の簡便な立ち上げ/立ち下げ運用
  - ライン操業とシステム間の運用のマッチングの容易化

### 3.2 自動車生産システムの基本要件

自動車生産システムを構築する上で、ALC 計算機システムに要求される基本要件について述べる。

各工場ごとに規模やシステム化の対象範囲、製品の違いによって生産システムへのニーズが異なるため、各工場の特徴に基づいた要件を設定してシステム構築を行った。

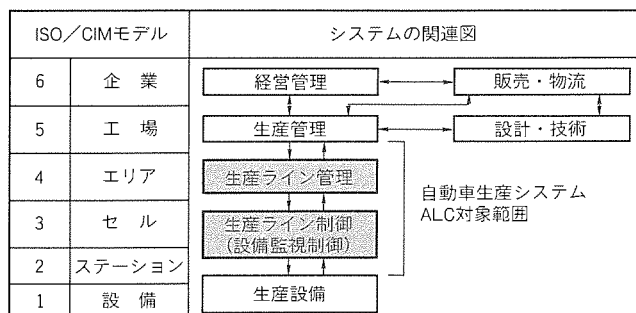


図1. 自動車CIMの概念

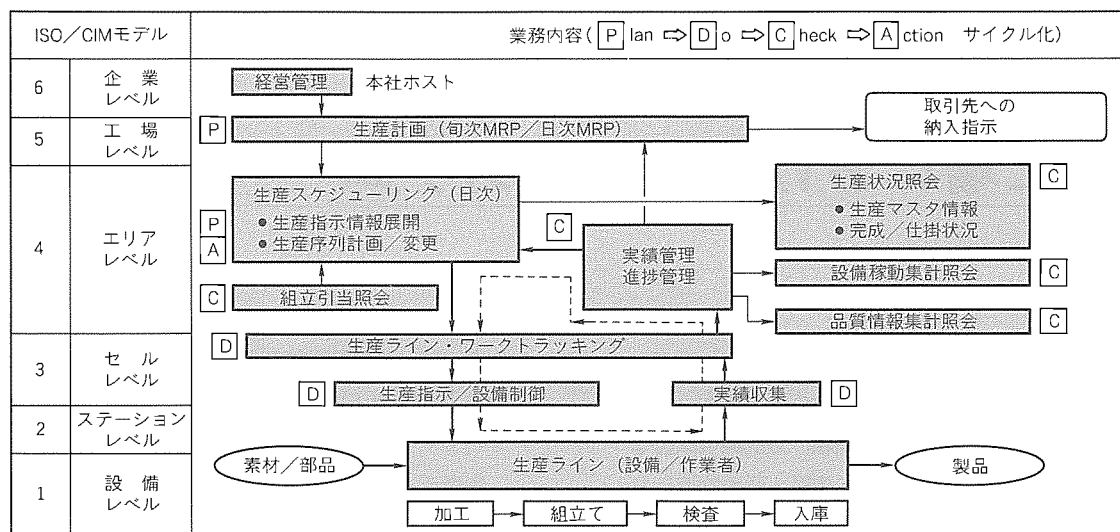


図2. 自動車生産システムの機能モデル（エンジン生産ライン）

(1) 信頼性

異常時の早期復旧，安定稼動を前提とした24時間稼動の高信頼システムの実現，現場設置機器の耐環境性

(2) 応答性

設備制御，作業指示端末入出力のピーク負荷時におけるリアルタイム処理の応答性確保

(3) 拡張性

生産ラインの変更，業務拡張，現場端末の移設増設に対応したシステム拡張の柔軟性，容易性

(4) オープン環境での接続性

工場ホスト，現場の各種自動化設備，現場端末，協力工場との異機種間における容易な接続

(5) システム開発変更の容易性

次に，これまで述べた自動車生産システムの基本思想，基本要件に基づく機能分散や危険分散の考え方を，最新システム構築事例の特長・機能・構成を通して紹介する。

#### 4. システム構成と機能概要

##### 4.1 車両生産システムの事例

###### 4.1.1 システムの特長

###### (1) システムの信頼性向上

ALC 計算機の機能分散をすることによる危険分散，及び ALC ラインコンピュータ本体の二重化によって信頼性向上を図った。システムの基幹となる工場バックボーン LAN は FDDI (Fiber Distributed Data Interface) を採用し，ループバック，バイパス機能によって異常時の影響を局所化して信頼性向上を図った。

###### (2) 機能分散による負荷分散と操作性向上

マンマシン機能と，生産に直結したリアルタイム機能の ALC 計算機を分散してピーク時の負荷を平準化した。

マンマシン機能は，MELCOM 80 (以下“M80”という。)を採用し簡易言語プログレスIIや開発支援ツール PRODUC

E，また非定型の生産情報の画面検索・帳票処理がプログラムレスで可能な第四世代言語 EDUET の活用により，操作性と生産性の大幅な向上を図った。

リアルタイム機能は，MELCOM 350-60 (以下“M60”という。)を採用し，従来集中処理を行っていた各現場ラインの端末・設備とのリアルタイムな入出力処理を各現場用パソコンへ分散することにより，リアルタイム性の向上と負荷の分散を図った。

###### (3) オープン環境でのシステム構築

TCP/IP<sup>(注1)</sup>を採用して各生産現場のデータをリアルタイムに収集して一元管理している。また，他社パソコンとの異機種間接続のインタフェース機能を提供している。

###### (4) 生産システム構築を強力に支援するミドルウェア

自動車生産システムの構築を支援するミドルウェア (ALC サポート S/W (ソフトウェア)) により，ユーザーインタフェースを標準化・容易化して多様化するオープンシステム環境上でのユーザーのソフトウェア開発効率の向上を図った。

###### 4.1.2 システム構成

図3に乘用车生産システム構成を示す。ALC 計算機は，M80とM60で構成される。M60は二重系で，クロスコールディスク，コモンメモリ方式によって情報を共有化している。照会端末 MAXY から M80，M60，工場ホストの各生産情報の照会変更がエミュレータ切替えによって可能である。現場の各種端末機器・設備は，現場用パソコン MAXY に接続され，LAN 経由で M60 (A 系) と通信している。

###### 4.1.3 ソフトウェア構成

ソフトウェア構成について図4に示す。このシステムは，工場全域に敷設された LAN 上での各計算機の機能分散と生産情報の一元化を実現するため，オープンネットワークをプラットフォームとして伝送手順や各種現場端末との複雑なや

(注1) “TCP/IP” は，米国 Texas Instruments, Inc. の登録商標である。



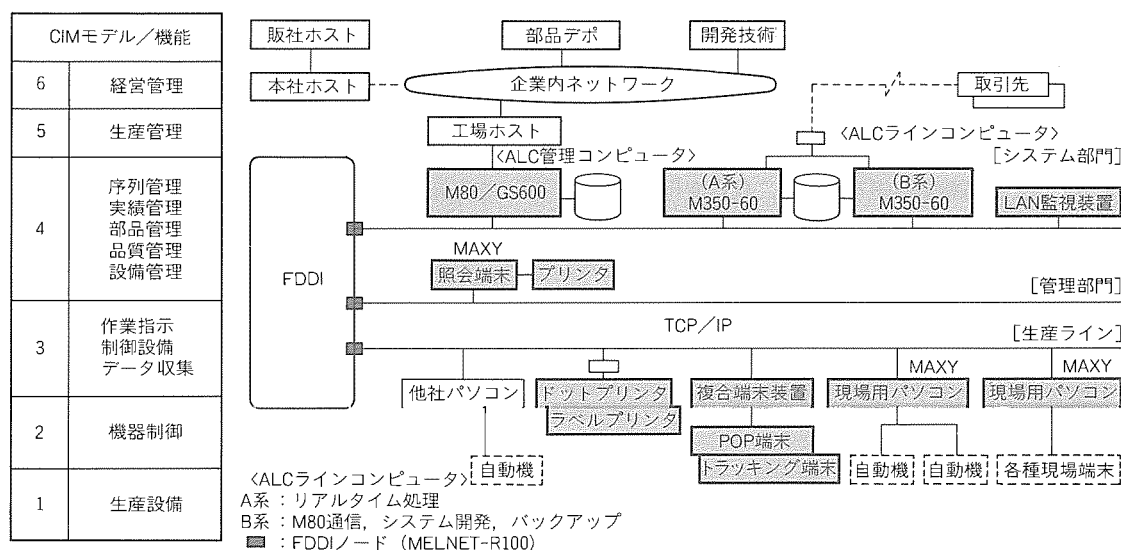


図3. 乗用車生産システム構成

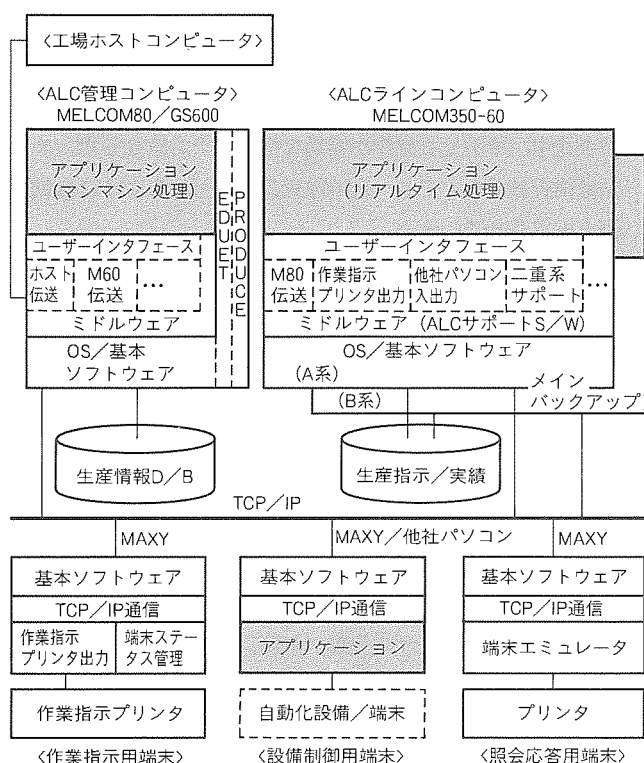


図4. 乗用車生産システムのソフトウェア構成

り取りを意識しなくても生産システムの構築を可能とするミドルウェア (ALC サポート S/W) を提供している。

ALC サポート S/W の目的は次の4点である。

- (1) ALC 基本機能の標準化による開発コスト低減
- (2) 複雑化する分散システム環境での開発の容易化
- (3) リアルタイム性能を考慮した ALC 構築ツールの提供
- (4) 異機種間接続のインタフェースツールの標準化

## 4.2 エンジン生産システムの事例

### 4.2.1 システムの特長

#### (1) 生産情報の一元化

加工・組立ラインの生産計画情報, ライン稼働情報, 製品

品質情報, 設備情報をコンピュータで一元化して統合処理を行うことによって高品質, 高生産性を図っている。

#### (2) マルチベンダ環境での強力なネットワーク構築

システムを3階層化し, その階層間を高速ネットワーク (TCP/IP, MAP, MELSEC-NET) で有機的に結合しラインに直結したりリアルタイム性と, 階層間の情報の一元化, 統合化を実現した。

#### (3) ICメモリ採用による分散制御方式の生産システム

ラインの先頭で, 個々のエンジンの加工・組立指示に必要な生産指示・制御データを組立パレットの IC メモリ (8K バイト) に書き込み, 各工程で必要なデータを FA コントローラやシーケンサがリード/ライトすることにより, 生産指示, 設備制御, 品質情報収集を実現している。

### 4.2.2 システムの機能概要

ICメモリを採用した分散制御方式での生産自動化と, 生産活動において人の判断を支援する各機能について述べる。

#### (1) 生産指示データの作成

個々のエンジンが, 組立ラインに投入されるごとに工場ホストから受信した組立序列により, ミニコンで組立指示情報を展開して組立指示データを作成し, FA コントローラから IC メモリに書き込み処理を行う。

#### (2) 作業員への組立作業指示

各工程で必要とする IC メモリの組立指示データを FA コントローラで読み取り, あらかじめ上位ミニコンからダウンロードされたマスタ情報に基づいて, 作業員が組立作業で必要とする組立指示データに編集して CRT 端末やラベルプリンタへリアルタイムに出力する。

#### (3) 設備の自動制御

各設備では, IC メモリの組立指示データをシーケンサで読み取り, 自動機への部品切出し, 設備制御を行う。

#### (4) 製品の品質管理

各自動機からインラインでの品質データを収集して IC メ

モリに書き込み、組立完成後の入庫時に運転装置の製品検査結果と共に上位ミニコンへ送信し、品質情報の解析と製品ごとの出荷品質記録を行う。

#### (5) ライン稼働管理

FA コントローラで設備稼働状況を監視し、状態変化があれば上位ミニコンへ送信してサイクルタイム、稼働率などの集計表示、また設備ごとの非稼働要因分析を行う。

#### (6) 部品供給指示

組立ラインの序列に基づいて、各組立ラインサイドへの部品供給指示を部品管理部門のプリンタへ印字する。

#### (7) 加工序列計画

所要量、生産仕掛、生産条件により、組立ラインの生産進捗と同期した各加工ラインの効率的な加工序列計画を直ごとに作成して、FA コントローラへ生産指示を行う。

#### (8) 生産情報照会変更

各現場、管理部門に設置された CRT 端末から、ミニコンの生産情報(マスタ情報、生産進ちょく(捗)状況、稼働状況、品質情報、完成状況)をリアルタイムに照会し、管理帳票出力や生産状況に応じて序列変更などを行う。

#### 4.2.3 システム構成

図5にエンジン生産システム構成を示す。エンジン ALC システムを3階層化し、各階層間を TCP/IP, MAP, MELSEC-NET で結合している。加工・組立ラインを統合管理する生産ライン管理ミニコンとして、M80/GS600を採用し、中間のFA コントローラとして組立ラインには各種生産指示データの編集を行う MELIAC を、加工ラインには多数の設備制御監視を行う LM7500を防じん(塵)仕様の架に収納して現場設置した。各ラインの設備は MELSEC-A によって制御される。

#### 4.3 完成車検査システムの事例

##### 4.3.1 ラインの概要

完成車検査ラインは、ぎ(機)装ラインの後工程に当たり、“外観装備品検査”のような目視検査や、“サイドスリップ”“排ガス”“足回り検査”“ブレーキ”等の各検査工程を検査員が完成車を運転しながら移動し、テスト機器による自動検査を実施した後、完成車検査成績表に検査結果を出力して可否判定を行う。

##### 4.3.2 システムの特長

###### (1) エリアレベルの分散システム

ショップ別の分散システムとして、検査マスタを上位計算機からダウンロードして自動計測、目視検査を実施し、検査結果を自動集計する。部門ごとに独立に導入が可能。

###### (2) 検査項目の追加/変更へのフレキシブルな対応

オプション部品や新車種に対する検査項目の追加/変更をプログラムを変更することなく柔軟に対応して完成車検査成績表へ反映可能とした。

###### (3) 人にやさしい検査システム

目視検査は、検査箇所を検査車両の仕様に合わせてグラフィック画面の絵で分かりやすく指示する。検査結果の入力は検査途中、軍手でも操作が容易な押しボタン式とした。また、熟練検査員でなくても一定の検査品質が可能なように自動計測を充実させている。

###### (4) マルチベンダ環境での強力なネットワーク構築

完成車検査システムを構成するFA コントローラ間を、TCP/IP、計測制御設備とFA コントローラ間を MELSEC-NET で接続してリアルタイムな自動計測と検査結果の収集、編集、結果出力機能を実現している。

##### 4.3.3 システムの機能概要

###### (1) マンマシン処理FA コントローラ

上位計算機からの検査データを受信し、編集後リアルタイム処理FA コントローラへダウンロードを行う。また、初期設定で、シーケンサの追加/削除、完成車検査成績表のレ

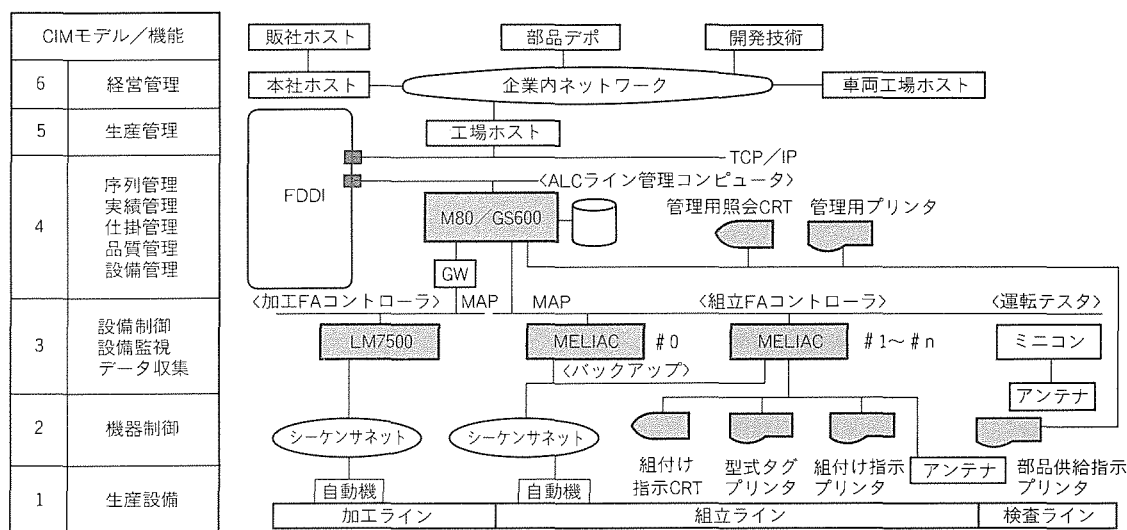


図5. エンジン生産システム構成

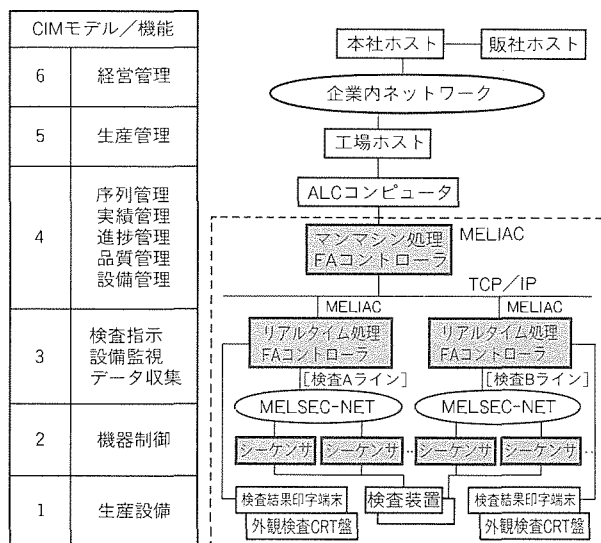


図 6. 完成車検査システム構成

アウト変更等を柔軟に行うことができる。

#### (2) リアルタイム処理 FA コントローラ

トラッキングを実施し、検査工程からの要求で基準値を各シーケンサへ転送する。各工程の検査実績の収集や検査結果は検査完了時にラベルプリンタへ印字を行う。

#### (3) シーケンサ

検査データの基準値を受信して表示し、各検査工程でのテストから収集したデータと比較して合否判定を行い、検査結果を検査対象車両ごとに編集して上位のリアルタイム FA コントローラへ送信する。

各シーケンサからの設備稼働情報は、マンマシン処理 FA コントローラで編集してモニタ表示される。

#### 4.3.4 システム構成

図 6 に完成車検査システム構成を示す。

#### 4.4 艤装(組立て)ライン生産指示システムの事例

##### 4.4.1 ラインの概要

塗装ライン以降、検査ラインに至るまでの艤装(組立て)ライン内の“タイヤ組付け”“バンパー組付け”“ガラス組付け”“シート組付け”等の自動化工程と、“ワイヤハーネス”等の作業員組付け工程とが混在した、自動車を最終的な形に組み上げるラインであり、全体で約150工程から成る。

##### 4.4.2 システムの特長

###### (1) セルレベルの分散システム

艤装ラインの自動化による作業環境改善を目的として組立ロボットの導入によるフレキシブルな生産指示システムを構築した。自動化対象ラインごとに独立に導入が可能。

###### (2) 新車種へのフレキシブルな対応

生産性向上、車種の変更に伴うライン編成(工程)の見直

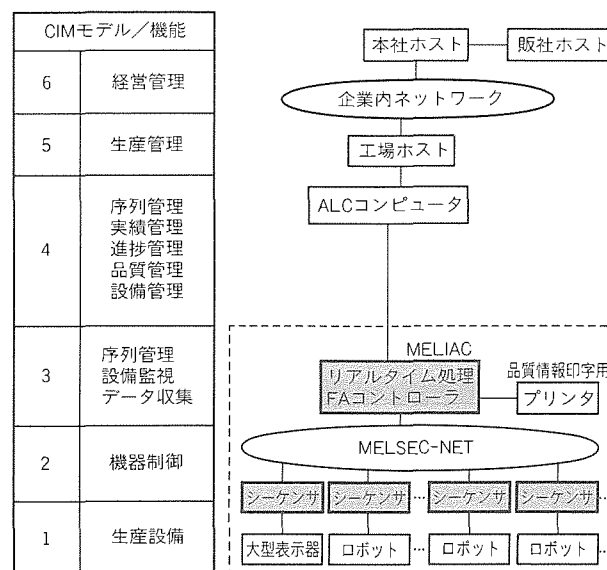


図 7. 艤装ライン生産指示システム構成

しに対応して制御可能な最大設備数の範囲で柔軟に対応可能なソフトウェア構成となっている。

#### 4.4.3 システムの機能概要

上位計算機から生産序列データをタクトごとにダウンロードし、艤装ラインの制御シーケンサに対して自動化設備への組付け指示、又は人への部品指示を行う。各工程の作業完了時に作業実績を収集して作業異常の有無を判定する。

#### 4.4.4 システム構成

図 7 に艤装ライン生産指示システム構成を示す。

### 5. む す び

今回完成した自動車工場生産システムを通して、人とシステムの調和を目指し、人の生産活動を支援する生産システムの一端を紹介した。従来の自動化は、ライン制御主体の自動化であったが今後はオープンネットワークを基盤として、情報と制御を統合して人の意志決定を支援する生産システムが望まれている。

今後は、オープン環境をプラットフォームとしたネットワークの活用とミドルウェアの充実がシステム構築上不可欠と考え、新システム構築に向けて努力する所存である。

最後に、この自動車生産システムの計画から完成に至るまで、ユーザー関係各位の多大な御指導、御協力をいただいた。ここに改めて感謝の意を表する次第である。

### 参 考 文 献

- (1) 河本晴夫, 安居院憲彰, 安部 勉, 白倉忠晴: 自動車工場における FA システム, 三菱電機技報, 61, No. 4, 293 ~ 296 (1987)

# 個産型加工組立産業向けIAシステム

安居院憲彰\* 吉村友剛\*  
深田浩一\* 木戸規昭\*\*  
阿部恭久\*

## 1. ま え が き

量産型の生産方式については、既に数多くの成功事例が発表され、統合システムの構築についても、ある程度方法論も確立され、実用期に入ってきたといえる。ところが、個産型の生産形態をとる製造現場では、様々な矛盾を抱えたまま、人の力でなんとかやりくりしてつじつまを合わせているのが現状ではないだろうか。この領域にも統合システムのメリットが生かせる道があるはずである。

この論文では、このような観点から個産型製造業に対する統合システム (Integrated Automation System : IA) のアプローチについて事例を挙げて紹介する。

## 2. 個産型生産方式における問題点と解決のポイント

### 2.1 生産形態のいろいろ

一般に製造業は量産型と個産型に分けられる。家電製品のように製品を先に設計して製作し、店頭に並べて販売するという量産型のものと、まず顧客からの注文を受けて、それに合った製品を製作し、販売する個産型とに分けられる。また、販売形態によって見込生産と受注生産という分類もなされている (図1)。

通常、見込量産、受注個産という組合せになるが、規格品よりも自分たちの価値感に合ったものを求める市場に合わせた多品種化の動きの中、さらに昨今の情勢から製品在庫の圧縮が求められ、見込みの部分を見直し、限りなく受注生産に近づける努力がなされており、当社でも順次確定方式へのチャレンジがなされている。

この動きの中で、自動車生産ラインは正に量産にもかかわ

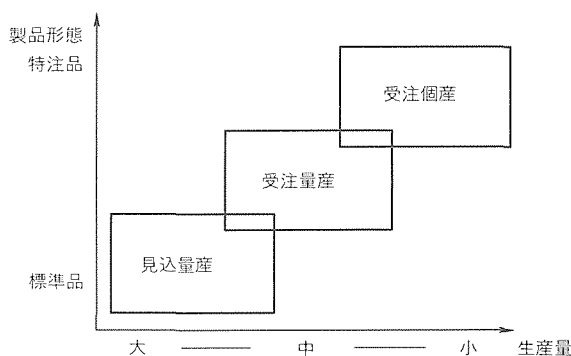


図1. 生産形態のいろいろ

らず、すべての製品は受注情報と1対1に結びついた受注量産型の生産方式を実現している。

また、個産型といえども、1個1個を手作りで作っているわけではなく、その中をよく見てみると共用部品の製作などはロットとしてまとめて生産し、量産型の技術を適用している部分もある。

この論文では、個産型の技術要素として特に製造現場部門での管理システムについて、どう考えていけば良いかについて述べる。

### 2.2 個産型の特徴

個産型の具体例として、プラント用制御盤の製造工場をイメージしながら論を進めたい。

まず、受注があって、顧客名、オーダー番号、製品仕様が表示される。個別プラント対応で、制御盤の面数は異なり、CPUカード、周辺機器のコントロールカード、プロセス入出力カードなどを組み合わせてユニットに収納し、盤に組み付けるため、注文内容に同じものはほとんどない。次に、客先要求仕様を展開した図面をオーダーごとに作る。その図期 (図面製作の期限) の設定がなされる。次に、部品手配に当たってもストック部材やオーダーごとの購入部材が必要で、購入品注文書の発行とその工程フォローが必要となる。

また、これらの設計計画部門は市場対応に分かれており、各部門から共通製造部門、ここではプリント基板工場と盤組立工場に対して、何を何個いつまでに作れという手配書 (伝票) が出される。

その後、現実の生産遂行に当たって、製造現場では部品の入着遅れや、不具合による手戻りなど生産阻害要因が発生し、各工程間の調整作業も必要になるため、各工程ごとに工程管理者がいて、負荷状況を把握し、優先順位を加味し、ともすれば経験と勘と交渉力を駆使して納期に合うよう、調整を行っている。

一方、販売側からは顧客のオーダーの進ちょく (捗) 状況や納期の照会があるが、いったん、各製造現場に伝票を渡すと、後の工程進捗は現場管理となっているので、そのたびに工程管理者が調査して回答している。

また、製造現場ではスタンドアロンのパソコンを使って各部門の製作総数量の把握や種類別の集計をし、トレンドをみて設備投資や工程分割の参考にするなどの管理業務を行っている。

### 2.3 解決のポイント

これらの現状の問題点を解決するための着眼のポイントを整理すると次のようになる。

#### (1) 物と情報の一元管理

伝票ベースの管理をやめて、計算機によるオーダー情報と直結した生産指示・進捗把握・実績管理・現物管理・リスクシューリングなどのできる生産情報管理システム。

#### (2) リアルタイム進捗状況把握

従来、伝票を集めて一括処理するバッチ処理では、タイムラグが生じて判断を狂わせるおそれがあるので、その都度処理するようにする（発生時点情報吸い上げ方式）。

#### (3) 工程間の物の流れの全体把握

工程ネックが見付かるので、その解消策を講ずる。

#### (4) 管理メッシュを細分化して、物の流れの全体把握

少ない投資で管理メッシュの細分化を図り、収集した情報を様々な角度から解析分析することにより、きめ細かな改善につなげる。

### 3. 現場に求められているもの

#### 3.1 現状分析

一般に生産管理システムはトップダウンで作られ、現場ユーザー部門のニーズを情報システム部門の担当者が聴取し、システムに組み込むという形で進められてきた。機能追加等についても、現場ユーザー部門から要求仕様書を作って依頼し、システム部門のスケジュールの中に入れて製作してもらうことになる。

そのため、例えば端末の使い方を現場のニーズに合わせて簡単に変更をしたいといった場合でも、その手続きに時間がかかることが多い。また、集中型の大規模システムを追加変更することになるので、膨大なシステム体系の見直しが必要で開発期間も長く、コスト高になりがちである。このため、要求している機能のコストパフォーマンスが低くなってしまう、設備投資の抑制が求められている昨今の情勢では実現しづらい。

#### 3.2 シーズ技術の進展

そこで、クライアント／サーバシステムの適用を考える。ホストシステムとはゲートウェイでつなぎ、ホストのデータをサーバへ取り込む。そして、スタンドアロンで使っていたパソコンをネットワーク化する。ネットワーク技術は、信頼性・機密保護・高速性において十分実用可能なレベルに達している。“三菱クライアント／サーバコンピュータ apricot シリーズ”や“NetWare”<sup>(注1)</sup>がある。

また、パソコンの追加であれば費用はあまりかからず、業務用に汎用パッケージを利用することによって、コストパフォーマンスは飛躍的に向上する。さらに、パソコンのパッケージの変更であれば、現場の作業員、工程管理者、スタッフで十分対応でき柔軟なシステムが組み、使い勝手の良いシステム

(注1) “NetWare”は、米国Novell, Inc. の米国での登録商標である。

テムにしていけることができる。特に、システムの変更についても、全体システムに影響を与えることなく実施できる点は重要である。実績データについては、サーバ上のデータをゲートウェイ経由でホストへ返信するため、ホスト側への負担はほとんどかけずにクライアント／サーバシステムが付加できる。

#### 3.3 製造現場における必要条件

製造現場では、事務処理用のクライアント／サーバシステムとは違って、次のような特徴がある。

(1) 現場からの情報を集める手段が必要である。例えば、最も単純には伝票に印刷してあるバーコードを読ませることにによって物を特定することができる。また、自動化されたマシンがあれば、そのマシンコントローラとインタフェースすることにより、実績情報・加工情報・組立情報・品質情報などをやりとりすることができる。

さらに、人が中心に作業している現場においては、POP (Point of Production) 端末としてタッチパネル式の電子表示盤を設けることにより、作業指示をタイムリーに表示したり、製品の実績や機械の異常内容を入力したりできる。これらは、すべてリアルタイムに情報を取り込むためのものであり、作業者に大きな負担をかけずに、伝票を入力していたときよりはるかに正確に情報を取り込むことができる。ただし、製品現場環境に耐える機種を選定する必要がある。

(2) 工程管理者や作業員が扱うパソコンは、定型業務となるので使い勝手が良いように、必要なデータを分かりやすく表示したり、誤操作を防ぐために色使いを変えたりなど画面作りに工夫をこらし、現場の意見によって改善を加えていく必要がある。また、システムを使っていくうちに、こんな画面も欲しいという要求も現場から出され、次々と機能の拡充が図られる必要がある。

(3) 管理スタッフが扱うパソコンでは、主に非定型業務を行い、自由にデータを取り出し、グラフ化したり、管理指標に置き換えたり、他のデータとの相関をとったりと様々な角度から検討が加えられる支援機能が必要である。さらに、このパソコンは従来のホストとの接続も可能でホストの端末エミュレータにもなり、ホストデータの参照変更も可能とする必要がある。こうすれば、従来ホスト端末としてしか考えていなかったCRT 端末が、パソコンにすることによって、自分たちの道具として自由に使いこなせることとなる。しかも、パソコンソフトウェアの領域であれば、自分たちで改善改良も可能なので自分好みの画面と操作性を持たせることができる。

(4) データはホストにあるデータベースだけでなく現場の生のデータも同時に扱える必要がある。こうすれば、製造部門における生産技術上の諸問題を解決していくための、元ネタが豊富に利用可能な状態になり、この中から、幾らでも自分たちの腕次第で改革が可能である。これこそ現場の人たちの望んでいたものであり、それが意外に簡単に実現できるよう





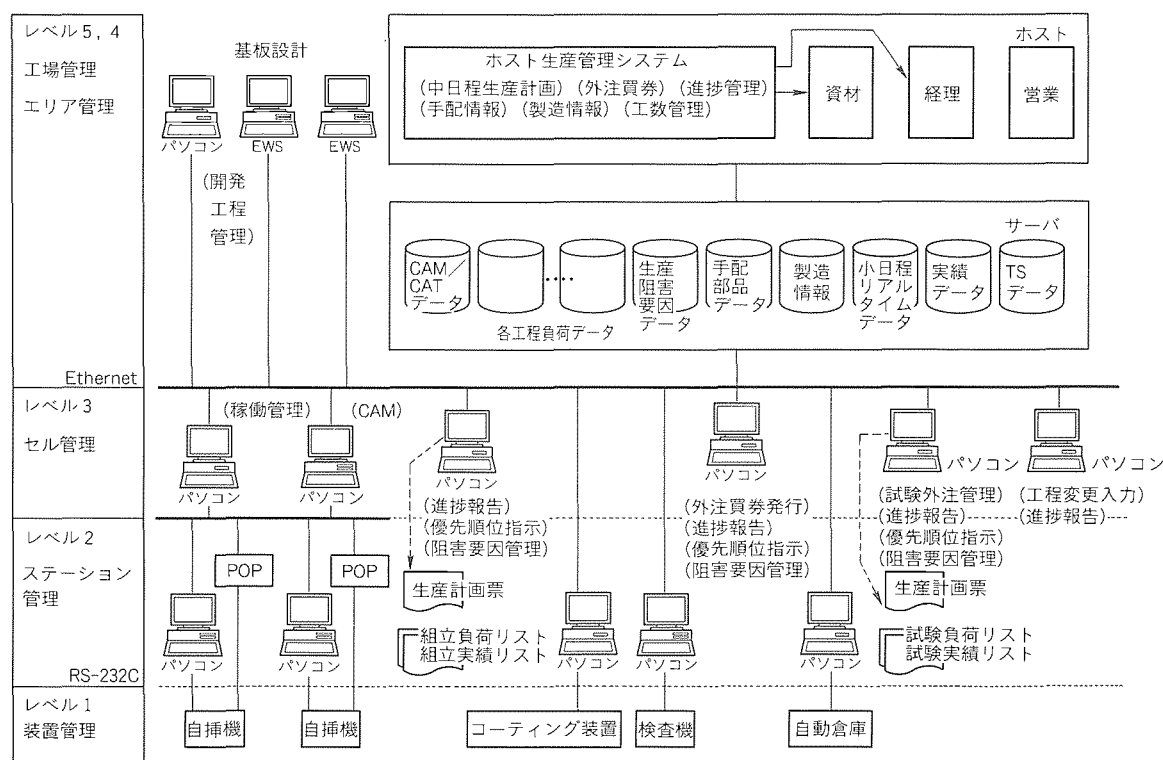


図3. PARISシステムイメージ

(4) 基板設計CAD用技術LANと工場幹線LANとを接続し、設計情報の共用化、オンライン転送を実現する。

## 4.2 PARISのコンセプト

### 4.2.1 PARISの位置付けとねらい

- (1) 生産工場の競争は、物作りの競争だけでなく、運営の良否まで含めた競争に移りつつある。
- (2) 物と情報の同期化について、FA、FMSライン（物作りの自動化）、生産状況・進捗状況のモニタリングなど運営・管理・改良するのは“人”であり、人の意志決定が正確に速やかにできる情報支援を行う。
- (3) システムの有機結合について、このシステムの目的はお互いに必要な情報を得て、お互いの業務の迅速性、予測性、柔軟性、異常対応性、データ活用等に変革をもたらそうとするものである。
- (4) 注文主の要求に合わせ、なおかつ稼働率や生産性を上げるという両立しにくい課題をうまく調整する。
- (5) 間接工数の低減を図る。
- (6) 組立優先順位の決定について、自動山崩し方式による、能力に合った実現可能な年月日時分を指示内容とする計画を生産現場に負担をかけず、かつ管理業務を増やすことなく個人技（職人芸）を脱皮して全体としてのシステム化のルール作りを行う。
- (7) 変化に対応する現場アクション機能として、全体を同期させ、異常が起きたら早く拾って対処する。

また、計画を変更しなくて済むシステムを望んでしまうが、これは誤りで、計画を楽に変更できるシステムを目指す。図

4にPARISシステム構成を示す。

### 4.2.2 生産管理系機能の機能構成概要

#### (1) リアルタイム工程管理基本部

ホストの持つ製造情報、中日程を新システムのデータベースに登録し、apricotがホストと同等の情報を持つことを可能とする。ホストから受ける工期を基にして中間工程の完了工期を自動設定する機能。新システムでの詳細管理ポイントの目標完了工期の設定の自動化。各工程の完了報告を受け付け、報告内容のチェック、完了報告によるデータベースの更新を行う機能を開発し、進捗管理ポイントの詳細化（6→15）。新システムの持っている進捗情報をホストへ転送し、データ書き込み処理を行う機能。各工程での手持ち負荷を工数によって管理する機能。緊急レベルと工期を基にした着手優先順位の指示を行う機能。等を実現している。

#### (2) 生産阻害要因統合管理

部品に依存する生産阻害要因（欠品、破損など）を各部門間共通のデータベースによって管理する機能。

#### (3) PLD (Programmable Logic Device) 書き込み工程管理

PLD書き込みの負荷管理、実績管理、作業の着手コントロールを図る機能。

#### (4) 基板開発工程管理

台帳管理であった基板開発の受付・進捗・品質管理のデータベース化。実績集計作業の自動化。

#### (5) 部品払出し自動倉庫稼働システム。

#### (6) 自挿機CAMシステム。CADデータのオンライン転送。

#### (7) ICT (In Circuit Tester) のCATシステム。

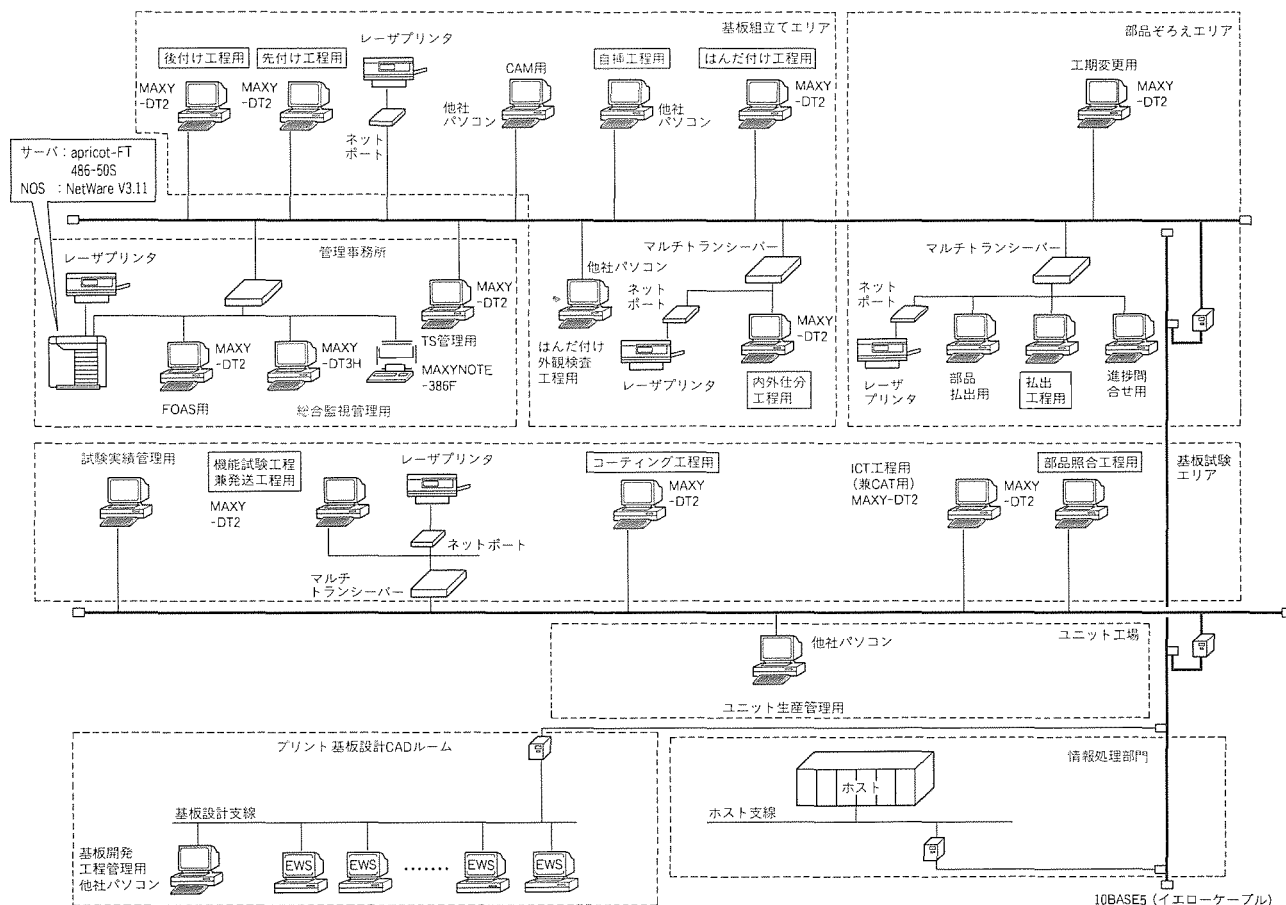


図4. PARISシステム構成

### 4.3 今後の展開

生産管理システムとして機械化のハードルは越えたので、定式化・共通化のハードルに挑む。管理リストの自動作成、DS(標準日数)管理、工期遵守率管理、さらに広域LANによる外注管理、下流工程であるユニット工場・板金工場へのシステムの拡大、部内経営情報とのリンク、資材システム・原価システムとのリンク、営業部門への情報支援、など発展拡大させていく計画になっている。

## 5. 制御盤組立工場資材物流システムの事例

### 5.1 システムの必要性

制御盤組立1個流生産方式を推進するに当たり、組立ライン自体の整備により、工数低減・工期短縮に著実に成果を上げてきているが、部品供給面での環境が未整備であり、次のような問題点があった。まず、資材入着時点でのオーダーまとめ保管と投入後の組立班でのキittingの2階層の仕分け作業があり、資材ハンドリングや確認作業に負荷がかかっていた。また、図面を参照して手書きでキittingリストを作成しなければならず、多大な労力を必要とする上に実際の手配情報と一致しない部分もあり、キitting作業時点にも確認作業によるロスが多い。さらに、ラインサイドキittingに当たって、品ぞろい確認や現品確認などの手間が大きく、工作部門に負荷がかかった。図5に盤組立工場に

おける資材物流システムの業務フローを示す。一括投入のためラインサイドに部品がかたまり、組立作業に支障をきたしていた。このため、従来の手配から投入までの物の流れに正確に対応した情報システムの構築が必要であった。

### 5.2 システムの概要

設備としては、スタックークレーン方式の自動倉庫を導入し、キittingストッカーとして使う。情報システムとしては、キittingストッカーを管理し、制御するため入庫状況データベースとキitting情報データベースを持つ apricot F/Tサーバを中心にネットワーク上に運用支援パソコン、キitting情報編集用パソコン、自動倉庫制御用パソコン、入庫指示パソコン、出庫指示パソコンをクライアントとして接続したクライアント/サーバ方式を採用している。

#### 5.2.1 改善内容

- (1) 従来、人手でオーダーごとにまとめ保管していたが、キittingストッカー入庫時に自動的にオーダー別に仕分けることによって確認作業を軽減し、余分な資材ハンドリングを排除できた。
- (2) 従来、複数オーダーをまとめ手配するため、キitting作業時に正味必要数が分からず多大な調査時間がかかっていたが、このシステムでは、まとめ前の状態に分割した検査票を自動作成してオーダー別に入庫し、円滑なキitting

が可能になった。

- (3) 従来、キittingリストは完全な手書きで作成に手間がかかっていたが、ホスト上の手配データを利用して簡単な編集作業で作成可能になった。
- (4) 従来、現品とキittingリストとの照合に手間がかかっていたが、コンテナの収納内容ごとにキittingリストを作成し、照合の手間を省いて作業を効率化できた。
- (5) 従来、工程内での負荷管理に手間がかかり、作業着手時

期が最適化できないため納期や仕掛け上問題があったが、二次計画として工程内の着手管理や進捗管理のシステムを行い、統合的な工期短縮や仕掛け削減を目指している。

### 5.2.2 処理の流れ

- (1) キittingリスト編集処理 (各組立班端末処理)  
ホストから伝送される手配データ (運用支援パソコンがホストとのデータ授受を行いサーバに登録する。) は、部品単位にまとめられているため、組立作業に合わせて図面対応に

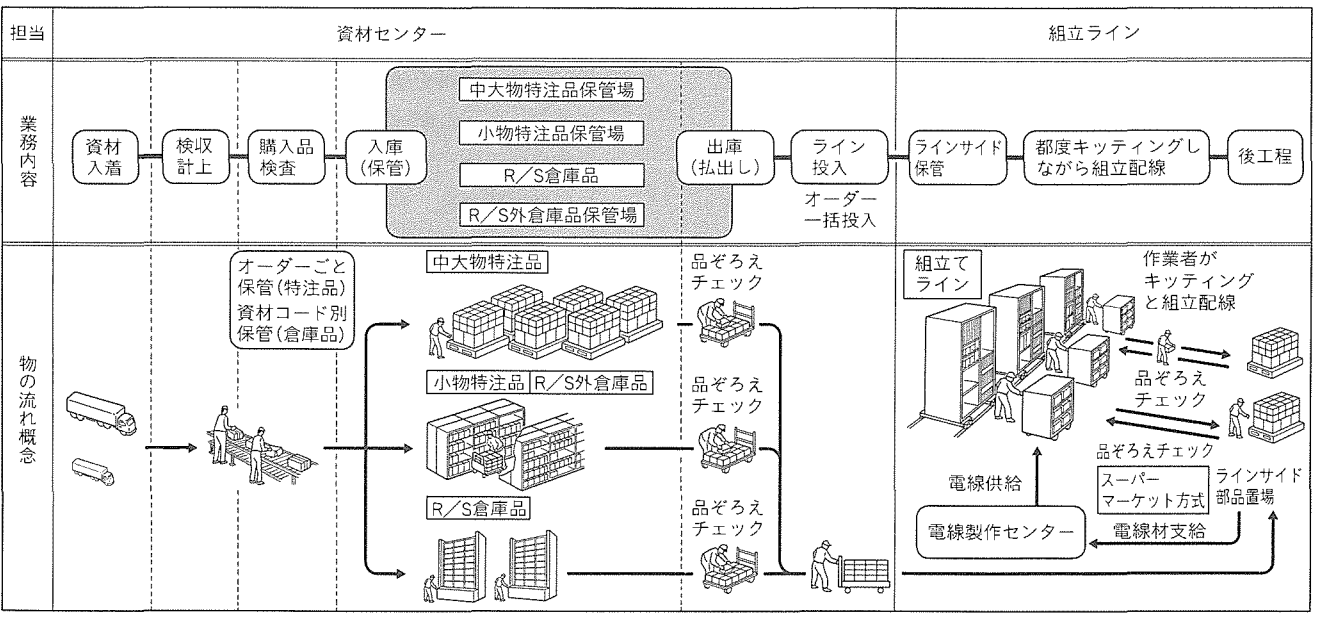


図 5. 盤組立工場における従来の業務フロー

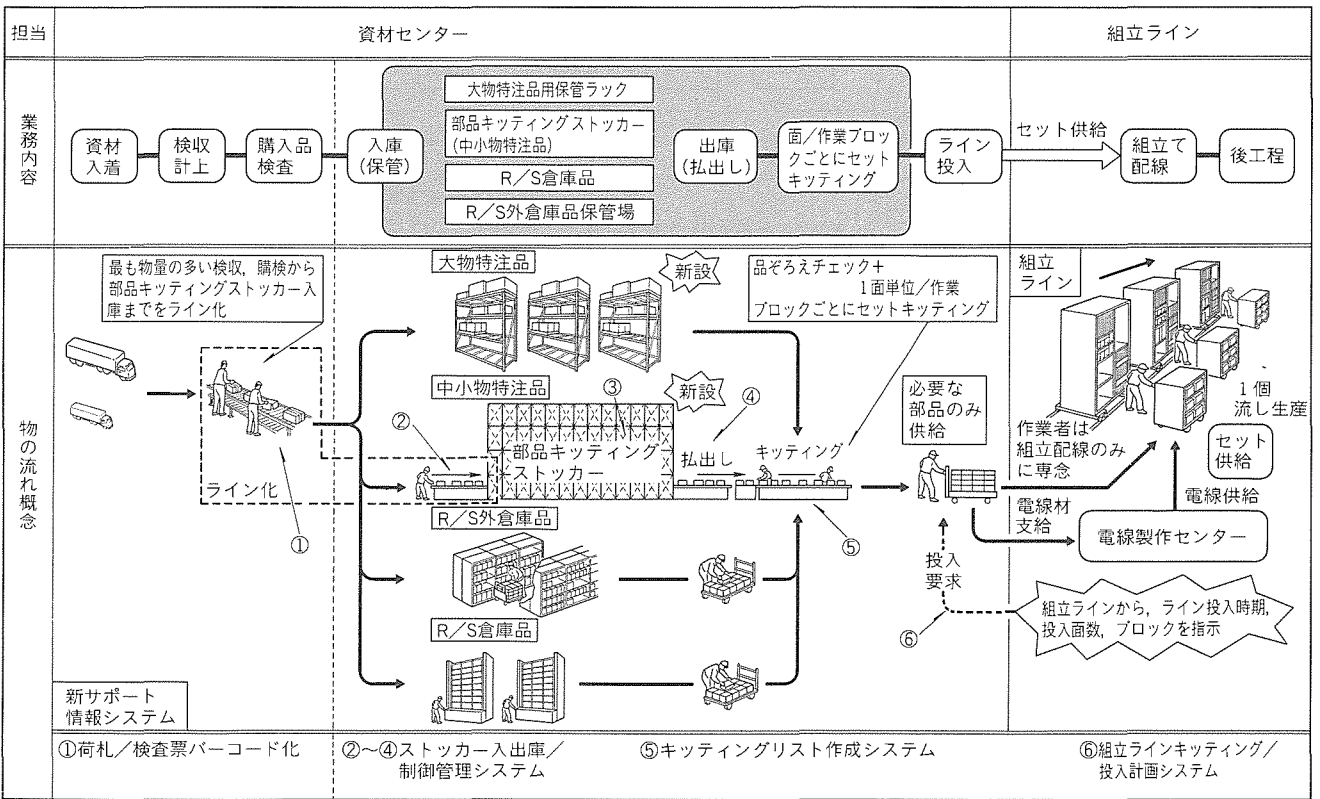


図 6. 資材物流システム導入後の業務フロー

編集しなおす(キitting情報編集用パソコン)。

## (2) 入庫処理(自動倉庫入庫側端末処理)

受入検収時点にホスト端末で出力された検査票に表示されたバーコードを読んで入庫作業を行い、キittingストッカーにオーダー単位で保管する。キittingストッカーとの情報のやりとりは自動倉庫制御パソコンが行う。

## (3) 投入依頼(各組立班端末処理)

各組立班は、組立日程の7日前に資材担当に対して資材の投入依頼を行う。依頼はユニット単位に指定可能とし、工作サイドでの資材停滞を防ぐ。また、ホストに投入指示を知らせる。生産台数・作業ステージ単位にラインへの投入指示を行う。作業計画の作成を行う。

## (4) キitting計画(自動倉庫出庫側端末処理)

キitting担当者は、指定された投入指示を確認してキitting作業を行う日程を決定する。

## (5) キitting(自動倉庫出庫側端末処理)

対象オーダーの全資材を出庫してキittingリストに従って仕分け作業を行う。翌日以降に投入するものはキitting完了状態で再度キittingストッカーに入庫し、保管

する。

## (6) 投入(自動倉庫出庫側端末処理)

キitting完了状態で保管されている資材を投入指示日程に従って出庫し、各組立班に払い出す。

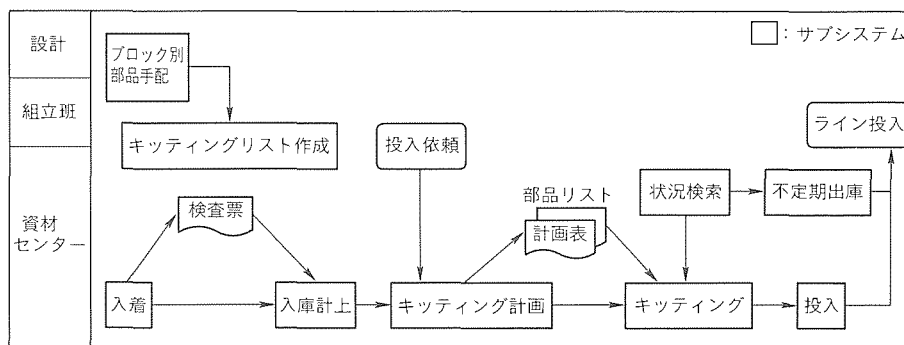
これらの流れを図6に示す。

## 5.2.3 基本機能

このシステムのシステム概要と業務項目と基本機能について図7に示す。また、全体のシステム概念を図8に示す。

## 5.3 今後の展開

個産型制御盤組立工場の合理化展開として、個産型でも準量産に近い機種を選定して、“1個流し生産方式”を推進してきた。今回の資材物流システムの構築でキittingリスト作成のEDP化、部品のセット供給化が可能となり、本来の個産機種でも、1個流し生産が可能となった。今後の展開として、各協力工場への拡大(キittingリストの促進、部品キット済み供給)、管理指標の自動編集による工場操業形態の徹底的改善(資材調達期間、倉庫内停滞期間、投入時の品ぞろえ率)、さらに図面・作業要領書レスの作業教示システム構築、などの拡充計画がある。



業務項目	サブシステム	基本機能
<ul style="list-style-type: none"> <li>●ブロック別キittingリスト作成</li> <li>●投入依頼</li> </ul>	キittingリスト作成	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 設計の部品手配情報を基に、組立班で端末機により追加、変更ができる。</li> <li>2. 端末機により、ブロック別部品ぞろえの確認後、投入依頼ができる。</li> </ol>
<ul style="list-style-type: none"> <li>●入着計上(検査票出力)</li> </ul>	入着	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 1品で複数のオーダー及び残品がある場合は各々に1部検査票を発行する。</li> <li>2. ストッカーに入庫するか否かを表示する。</li> <li>3. ストッカーに入庫できない大物特注品もストッカー内と同等の管理ができる。</li> </ol>
<ul style="list-style-type: none"> <li>●特注品保管</li> </ul>	入庫計上	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. オーダーごとにまとめて保管ができる。</li> <li>2. 複数オーダーを入庫する際入れ間違いを防止する。</li> </ol>
<ul style="list-style-type: none"> <li>●オーダー別キitting計画</li> </ul>	キitting計画	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 日別計画表及び投入予定表が出力できる。</li> <li>2. 日別工数及び負荷率が分かる。</li> </ol>
<ul style="list-style-type: none"> <li>●ブロック別セットキitting</li> <li>●セットキitting後の保管</li> </ul>	キitting	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. バケットごと及びブロック別キittingリストが出力できる。</li> <li>2. オーダーごとに一括してバケットを出庫できる。</li> <li>3. セットキitting後再入庫できる。</li> </ol>
<ul style="list-style-type: none"> <li>●払出し</li> </ul>	投入	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ブロック別に投入指示に合わせて出庫できる。</li> <li>2. 大物特注品もストッカー内と同等の管理ができる。</li> <li>3. 特定のバケットを必要時出庫できる。</li> </ol>
<ul style="list-style-type: none"> <li>●緊急払出し</li> <li>●他オーダー借用</li> </ul>	不定期出庫	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 特定部品が出庫できる。</li> <li>2. 特定部品が他オーダーから借用できる。</li> </ol>
<ul style="list-style-type: none"> <li>●停滞品調査</li> </ul>	状況検索	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 停滞オーダー、バケットが分かる。</li> </ol>

図7. システム概要と基本機能

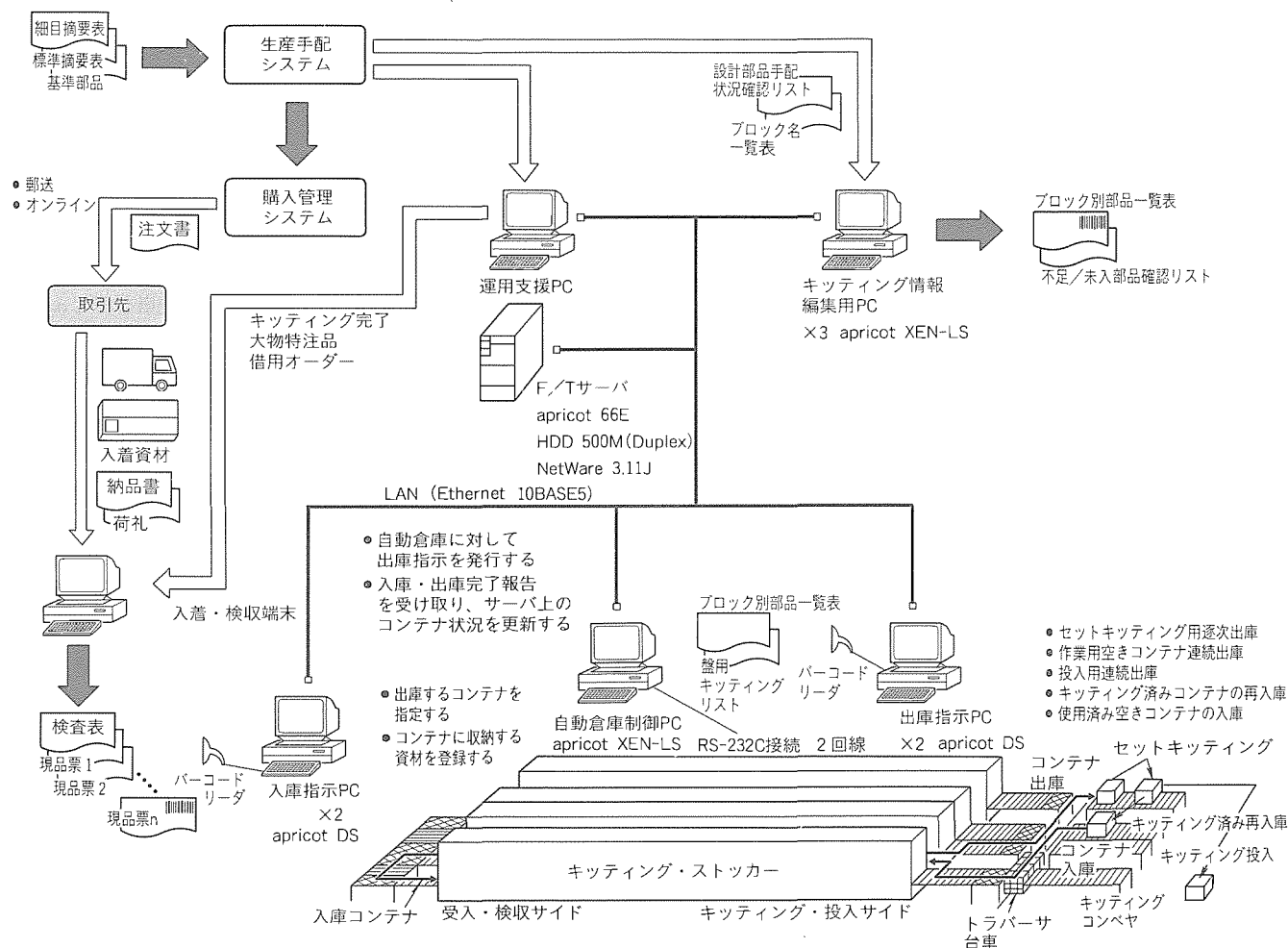


図 8 資材物流システムイメージ

## 6. む す び

この論文では、個別受注の製造システム全体を網ら（羅）しているわけではなく、その中における共通部門として、受注量産型に近い製造形態になっている部門での事例を述べたにすぎない。現場情報の入出力については、設備機械のマシンコントローラとの連携や、無人化ライン制御を担当する F A コンピュータと連携するなど、製造部の全スパンにわたって自動化の孤島を統合化し、物と情報を一元管理すること

も重要である。今後は、上流の設計情報と製造現場とがもっと緊密に結び合うようになると考えられCADや文書管理を行うEOAシステムと生産管理システムとの統合も必要になってくる。

いずれにしても個産型の方が情報に対する重要性が高く、効率の良い生産、更に戦略的な生産を目指すためにも統合システム化・IA化の動きはますます進展するものと確信しており、21世紀に通用するシステム構築に向けて注力していく所存である。

# 定期券発行機 “MELPAS-G”

筒井英市\* 畠中富美男\* 貝賀俊之\*

## 1. ま え が き

1972年の定期券発行機の初号機納入以来、20年の歳月が経過し、その間の技術革新は目を見張るものがある。特に近年のパーソナルコンピュータや小型プリンタの性能の向上は目覚ましく、一夜にして従来機が旧式になるといった製品の発表も相次いでいる。

今回開発した定期券発行機“MELPAS-G”(図1)は、最近のパーソナルコンピュータで主流となっている32ビットマイクロプロセッサを主制御部に使用し、表示部には大型液晶ディスプレイを、操作装置にはタッチパネル付き液晶ディスプレイを採用するなど、その先端技術を採用したものである。また、コンパクトな形状やフラットな操作卓など、デザイン面でも新しい作業環境をコンセプトとし、ヒューマンインタフェースを追求したもので、既設ユーザーの更新需要にも十分対応できる装置である。

## 2. 装 置 概 要

### 2.1 装 置 仕 様

新型定期券発行機 MELPAS-G の主な仕様と、当社従来機 MELPAS-F との比較を表1に示す。表に示すように、従来機よりも小型で高機能を実現したものである。

### 2.2 特 長

MELPAS-G は次の特長を持っており、市場のニーズにこたえられる装置となっている。

#### (1) 新しいデザインとコンパクトな外形

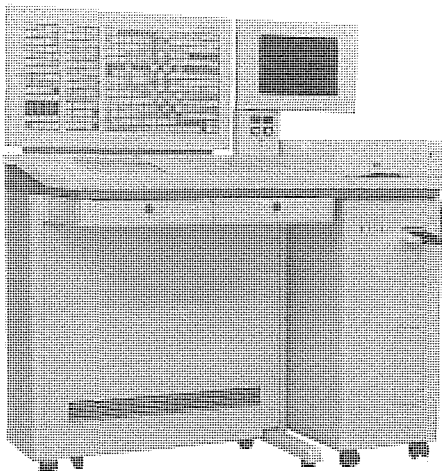


図1. 定期券発行機MELPAS-Gの外観

角度の変えられる表示器やフラットな操作卓などヒューマンインタフェースを追求した新しいデザインを採用し、外形も高密度化した制御部等によって従来機より一回り小さくなっている(床面積比75%)。

#### (2) 少ない消費電力

制御回路や発券機構部の省電力化により、従来機と比べて半分以下の低消費電力を実現した。

#### (3) 高密度印刷と券面仕様の柔軟性

印刷密度を8ドット/mmの高密度とし、横形券・縦形券に標準で対応し、標準文字の拡大/縮小を補正付きで実現する制御回路を内蔵しているので、文字の大きさも各種取り扱いが可能である(図2)。

#### (4) 券面の高速2色印刷

黒赤2色独立の印刷機構を持ち、高速な2色印刷を実現している。

#### (5) 見やすい設定表示

設定表示器にはバックライト付き10インチ液晶ディスプレイを採用し、通常の表示は倍角・4倍角などの拡大文字を使用して見やすい設定表示を実現した。

#### (6) 複数の券用紙対応

発券機構部内に2個の用紙ホッパを持ち、用途により2種類の券用紙に対応でき、また、取り扱いが少ない特殊な券種の場合には、発券機構部の券出口から券用紙を挿入することによって挿入した券用紙に印刷が可能な手差し券印刷機構を装備しているので、複数の券用紙の取り扱いが可能である。

#### (7) 各種磁気情報への標準対応

CJRC規格(日本鉄道サイバネティクス協議会・出改札システム委員会制定)の磁気記録(以下“エンコード”という。)方式のうち、自動改札用のNRZ-1式/FM式、及び購入情報用のMFM式(0同期有/無、2トラック/4トラック)に設定を変更することで対応できる。

#### (8) エラー券回収機構内蔵

従来機では、発券後のエラー表示を見て係員の判断で廃券にしていたエンコードエラー券を自動的に廃券しスタックに回収する機構を内蔵しているため、エラー券を誤って発売することがないように配慮している。

## 3. ハードウェア

MELPAS-Gは操作装置と発券装置で構成されている。全体の構成を図3に示す。

表 1. 新型定期券発行機の主な仕様

項 目		新型機(MELPAS-G)の仕様	従来機(MELPAS-F)の仕様
外形寸法 質 量		幅1,000×奥行700×高さ1,180 (mm)	1,100×850×1,200 (mm)
		約260kg	約350kg
電 源		AC100V±10V, 50/60Hz±0.5Hz	待機時: 1.0kVA以下
		消費電力: 待機時, 発券中とも0.5kVA以下	発券時: 2.0kVA以下
主 制 御 部		CPU 32ビットマイクロプロセッサ	8ビットマイクロプロセッサ
		主メモリ 4 Mバイト	64 kバイト (オプション256 kバイト)
		ハードディスク 40Mバイト	16Mバイト
操 作 部	操作ボタン等	乗車経路設定用 ボタン式: 420ボタン (自照式)	336ボタン
		OTS式: 背照式液晶 102ボタン×32ページ	スクリーンシート 192ボタン×18ページ
	表 示	条件設定用 127ボタン (うち115自照式)	98ボタン (うち85自照式)
		電源入/切 締切等 4 ボタン	同 左
発 券 部	設定表示器	係員キースイッチ (識別番号付き)	
	カレンダ表示	設定表示器 背照式液晶表示器 40文字×25行	EL表示器 20×12
		(倍角文字表示可能)	倍角表示不可
記 録 部	赤色LED表示器	2けた×15日分	2けた×8日分
		3色LED16個	単色LED16個
	状態表示器	一括コード表示3けた (赤色LED表示器)	一括コードは3けたデジタル
			スイッチ設定
客 用 表 示 器	印刷方式	感熱転写 黒赤2色印刷可能 8ドット/mm	黒赤色 6ドット/mm
		券用紙 樹脂系定着レス転写インク対応	ワックス系定着インク対応
	給紙方式	オートホッパ方式 (1ホッパ1,000枚×2ホッパ)	1ホッパ1,000枚対応
		転写リボン 詰め替え式カセット式 (黒色用, 赤色用)	黒赤千鳥ロール状連続リボン
総 合 性 能	磁気エンコード	高保磁力NRZ-1 MFPM 計12トラック	
	旧券回収箱	約500枚収容	旧券回収スタッカ約20枚分
		エラー券スタッカ 約20枚収容	エラー券回収機能なし
オンライン伝送	申込書プリンタ	感熱転写式 カセットリボン (黒色) 使用	
		プリンタ装置 ドットインパクト式 136けた 2 P感圧連続紙対応	同 左
	客用表示器	券面記録方式も対応可能	
客 用 表 示 器	モデム	V.26 bis 2,400bps	同 左
		中継器 最大3分岐接続可能	
	客用表示器	蛍光表示管式 16けた×2行 (カナメッセージ表示可能)	LED表示器 7けた
総 合 性 能	発券時間	スタート後約6秒 (自線内乗換えなしにて)	スタート後10秒以下
		旧券読取時間: 約4秒 (旧券挿入後次操作可能まで)	約9秒程度

注 同一ユーザー向け仕様の比較

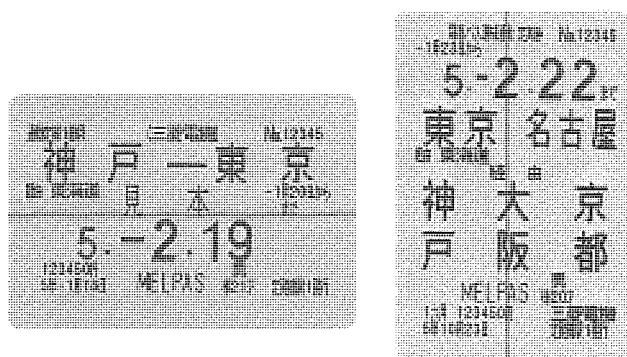


図 2. 券面印刷見本

### 3.1 操作装置

操作装置は、発券のために必要な情報を入力する、発券データを発券装置に伝送する、売上げデータを電話回線を通じてホストコンピュータに伝送する等の機能を持つ。

以下に操作装置の特長について説明を行う。

#### (1) 高速な演算のできる制御部

制御部は、乗車運賃や乗車経路の有効性を高速で演算するために32ビットマイクロプロセッサを搭載している。また、

将来の拡張性を考慮して AT ハーフサイズ基板の拡張スロットを2本持っている。

#### (2) 操作性の良い経路設定盤

経路設定盤は乗車経路や経由駅の設定を行う部分である。MELPAS-Gでは、420個の照光式スイッチをマトリクス状に配置し路線地図を構成することで、係員の経路設定に対する操作性の向上を図っている。

#### (3) 視認性の高い設定表示器

設定表示器には640×480ドットのバックライト式液晶ディスプレイを使用している。この液晶ディスプレイは係員の操作性を考慮して大型 (10 インチ)、高いコントラスト比 (18.0)、広い視角特性 (ふ (俯) 角10度、仰角35度) といった特長を持つものを採用している。

### 3.2 発券装置

発券装置は操作装置からの発券データに従い、熱転写方式で券面印刷を行うとともに自動改札情報などをエンコードする機能を持つ。

以下に発券装置の特長について説明を行う。

#### (1) 自由度の高い券面レイアウト



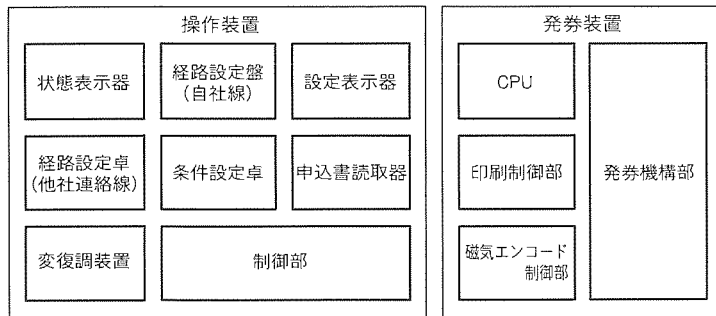


図3. 構成図

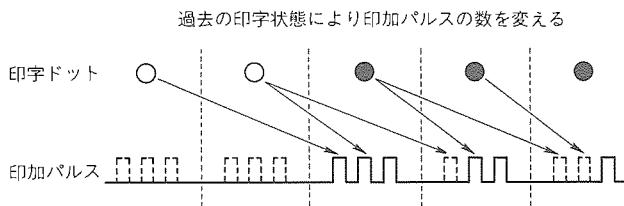


図4. 熱履歴制御

定期券の印刷文字レイアウトは顧客によって異なる。こういった要求に柔軟に対応できるよう、発券装置のCPUは32×32ドットの基本フォント(ゴシック体)を拡大・縮小・回転する機能を持っている。この機能の実現のためにREC(Resolution Converter)と呼ばれる専用LSIを使用しており、拡大処理における斜め線のスムージングや、90度単位の回転、鏡像処理を高速に処理することができる。

#### (2) 高速で明瞭な印刷

MELPAS-Gでは高速で明瞭な印刷を行うために、印刷制御部には熱履歴制御回路を設けた。熱履歴制御回路は図4に示すように、印字するドットに対して用紙搬送方向の過去2ドットの印字履歴に対応した印加パルスを与えることで、サーマルヘッドの蓄熱による印字劣化を防止している。また、一枚発券するごとにサーマルヘッドに取り付けられたサーミスタで温度を検知し、印加パルス幅の調整を行っている。

#### (3) 消費電力を小さくした磁気エンコード制御部

一般に、高保磁力券に対してCJRC規格に準じた磁気書込みを行う場合、磁気ヘッドには1トラック当たり800mA程度の電流を流す必要がある。従来機は、磁気ヘッドへの電流制御を制限抵抗による定電圧方式で行っていた。MELPAS-Gでは、汎用のステッピングモータ用ドライバICを使用してPWM(Pulse Width Modulation:パルス幅変調)チョップ方式により定電流駆動を行っている。これにより、従来機に比べて大幅な低消費電力化を実現している。

### 3.3 発券機構部

今回開発した発券機構は4個のモータで駆動し、すべて2相ステッピングモータを使用した。従来機種種のACモータより制御性に優れているステッピングモータの採用により、エラー券回収、旧券及び手差し券処理を可能にしている。また、券搬送経路の短縮及び券搬送速度制御の最適化により、

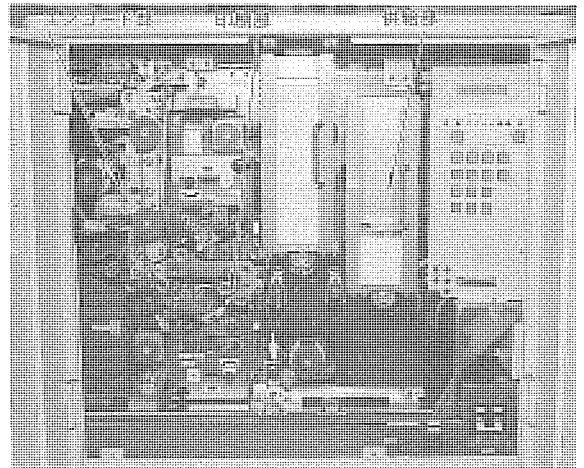


図5. 発券機構部

発券時間をスタート後約6秒(当社従来比約4秒減)を達成した。

発券機構部は、供給部、印刷部及びエンコード部に大きく分かれる。図5に発券機構部概略を示す。

#### (1) 券供給部

券供給部は券用紙を1枚ずつ印刷部へ供給する。券用紙を1,000枚装てん(塊)可能なホッパを2個装備しており、それぞれ独立に券供給を行える。供給機構は、ゴムローラによる送り出しとゲートにより、券用紙を1枚ずつ送り出す方式を採用している。

#### (2) 印刷部

印刷は熱転写方式で、2色印刷が可能である。従来は黒インクと赤インクが交互に配列された転写リボンを一つのサーマルヘッドに2度通過させて2色印刷を行っていたため、黒印刷のみの場合は赤の転写リボンが無駄になっていた。今回は黒印刷と赤印刷を独立したユニットにして転写リボンの無駄を無くした。

券用紙の全幅にわたって均一な印刷を行うためには、サーマルヘッドはプラテンローラの全幅に対し均一に接触させる必要がある。そのため、サーマルヘッドの支持機構は、プラテンローラにヘッドが密着するようフレキシブルな構造とした。

また、転写リボンの交換を容易にするため、転写リボンのカセット化を行った。

#### (3) エンコード部

券用紙の磁気面へ磁気情報の書込み及び読取りを行う。ここでは、エンコードのジッタ(パルスのタイミングのずれ)をいかに小さく抑えるかが設計上のポイントになる。従来は、ACモータ駆動で速度安定のため搬送系には十分な慣性負荷と搬送距離を持たせていた。しかし、最近の小型化や発券時間の短縮への要求、券用紙の回収機能など搬送経路の複雑化に対応するため、今回、搬送距離の最短化、負荷の大幅な軽減を実施し、駆動はステッピングモータを採用した。

ジッタを生じさせる主な原因としては、モータのフラッタ、部品の寸法誤差及び券用紙のローラ・ガイド・磁気ヘッド等への衝突が考えられるが、特に券用紙の衝突によるところが大きい。対策として、ガイド形状・ピンチローラ圧・磁気ヘッドとパッドローラのギャップを実験により最適化し、ジッタをCJRC規格の許容差内に抑えた。

## 4. ソフトウェア

### 4.1 ソフトウェアの開発目標

MELPAS-Gのソフトウェア開発においては、処理の分散化によるハードウェア資源有効活用により、総合性能向上を達成すること、データのメンテナンス性を向上することを主要な目標とした。

MELPAS-Gのような定期券発行機は専用の窓口に設置され、専門の係員が購入客と対面して操作するため、慣れた操作に追従する操作性、設定から発券完了までの総合性能が高いことが要求される。今回、高性能な32ビットマイクロプロセッサを装備した処理装置の性能を生かしたソフトウェアを作成し、これらの要求を満足することが、従来この面で一步譲っていた競合他社機への対抗上においても不可欠といえる。

また、定期券発行機は納入後の使用期間が長く、その間の交通状況の変化によって機能変更・機能追加によるプログラム改造やデータ改造が必ず発生する。定期券発行機のこのような特性から、プログラムやデータのメンテナンス性の向上も、総合的な競争力の向上のために必要な事項である。

そこで、上記目的に即したソフトウェアを開発するための基本的方針を次のように定めた。

#### (1) マルチタスクによる性能向上を意識した処理の分割

32ビットマイクロプロセッサに対応したリアルタイムマルチタスクオペレーティングシステムを採用し、係員操作の空き時間を有効に活用して、操作性や発券時間などの総合的な性能を向上させるようなソフトウェア構成とする。

#### (2) 独立性の高いモジュール分割

ソフトウェア機能を分割する際に、共通ファイルや共通データによるデータ結合を極力少なくし、結合度の低いモジュール間通信による結合となるようにする。

#### (3) 汎用パソコン上のデータメンテナンス環境構築

定期券発行機の長期間のデータメンテナンスに対応できるよう、定期券発行機の実機上で使用する印刷文字や駅・経路・運賃等のデータの生成を、汎用のパソコン上で行えるよう汎用・専用のソフトウェアツール類をまとめた環境を構築する。

### 4.2 ソフトウェアの構成

MELPAS-Gのソフトウェアは、実機上のオペレーティングシステム(以下“OS”という。)上で動作し定期券発行機としての主要動作を制御するプログラム、OSとは独立のハードウェア診断プログラム、及びサポートツールとしてのデ

ータメンテナンスプログラムに分類される(図6)。

#### 4.2.1 OSと、OS上で動作するプログラム

OSとOS上で動作するプログラムは、図に示すように、大きく次の六つの部分から構成される。

##### (1) OSシステム部

OSシステム部は、リアルタイムマルチタスクオペレーティングシステムの核になるデバイスに依存しない部分で、アプリケーションプログラムやユーティリティ等が発行するシステム要求の処理の流れを監視するスーパーバイザと、自分が受け持つリソースを制御し、デバイス分類ごとにデバイスドライバとの標準インタフェースを提供するリソースマネージャーから構成される。

以下のプログラムは、スーパーバイザからリソースマネージャーのいずれかのもとに制御される。

##### (2) OS標準ドライバ

OSが提供する標準的な入出力デバイスを制御するプログラムで、ハードディスクやフロッピーディスクを制御するディスクドライバ、設定表示用液晶ディスプレイを制御するディスプレイドライバ、発行記録印字用プリンタを制御するプリンタドライバなどがある。

##### (3) 専用ドライバ

定期券発行機としての専用ハードウェアを制御するプログラムで、発券部を制御するドライバ、条件設定卓・駅ボタンを制御するドライバ、ホストとの通信を制御するドライバ、料金表示器を制御するドライバなどがある。

これらのプログラムにはそれぞれにリソースマネージャーに管理されるドライバ本体部分と、サブCPUでハードウェアを直接制御するファームウェア部分がある。

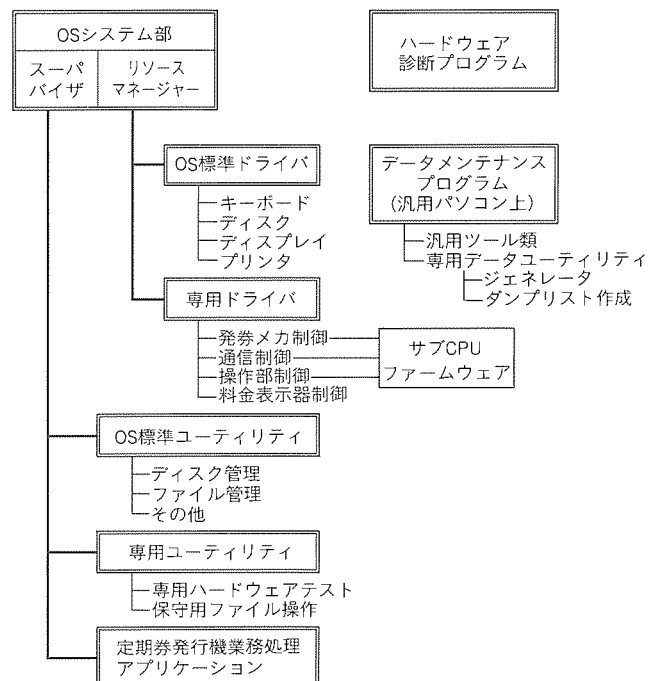


図6. ソフトウェア構成

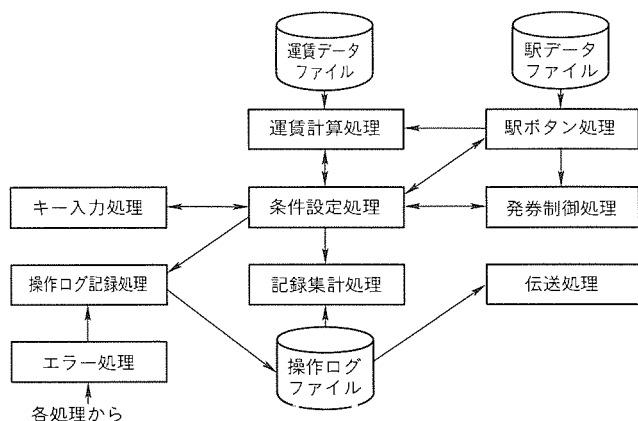


図 7. アプリケーションソフトウェア関連図

#### (4) OS 標準ユーティリティ

OS が標準的にサポートするユーティリティ群で、ファイルの複写・比較・削除などを行うファイル管理ユーティリティ、ディスクの複写・比較・バックアップなどを行うディスク管理ユーティリティなどがある。

#### (5) 専用ユーティリティ

定期券発行機の実機上のサポートツールで、発券部や操作卓などのテストプログラム、エラーログや操作ログなどのファイルを操作するプログラム等がある。

#### (6) 定期券発行機業務処理アプリケーション

定期券発行機の各種業務機能を実現するためのプログラムであり、機能別にキー入力処理・条件設定処理・駅ボタン処

理・運賃計算処理・発券制御処理・操作ログ記録処理・記録集計処理・伝送処理・エラー処理の 9 モジュールに分割されており、一部を除きモジュール間通信でデータの交換を行っている (図 7)。

#### 4.2.2 ハードウェア診断プログラム

メモリ・ディスク・ディスプレイ及びプリンタなどのハードウェア機能を OS と切り離れた状態で診断するプログラム群で、トラブル発生時の障害切り分けや、定期保守点検などに使用するものである。

#### 4.2.3 データメンテナンスプログラム

定期券発行機の実機上で使用するデータを汎用のパーソナルコンピュータ上で生成・確認するための専用ユーティリティや、エディタ、データベースなどの汎用ソフトウェアで、定期券発行機の長期間のソフトウェアメンテナンスの中核となるプログラム群である。

## 5. む す び

今回開発した新型定期券発行機“MELPAS-G”は、ハードウェア、ソフトウェアともフレキシビリティがあり、処理能力も将来の新規仕様にも対応できるよう余裕を持ったものとなっている。今後も、顧客の満足度を一層高めるため、更なるニーズを先取りした製品の開発に努力を行う所存である。

終わりに、今回の装置の開発に当たって、ご指導を賜った大阪市交通局の関係各位に深く感謝の意を表する。

# 東京電力(株)新榛名変電所実証試験設備用 1,050kV 3,000／3 MVA変圧器(UHV変圧器)

山形芳文\* 三浦良和\*\* 玉置栄一\*\*\* 富永雅久\*\*\* 岸 章夫\*\*\* 新海 拓\*\*\*

## 1. ま え が き

電力需要の増大に対応する電力の安定供給に向けて、東京電力(株)では21世紀初頭に我が国初の1,000 kV送電開始を計画しており、現在、この計画に沿って1,000 kV変電機器の開発を進めている。

その送電開始に先立ち、機器の諸性能・信頼性・運転保守性について十分な検証を行うため、東京電力新榛名変電所構内で、1,000 kV変電所機器と同一設計の機器(変圧器・GIS)を使つての実証試験を平成7年度から予定している。三菱電機(株)では、この実証試験で使用する1,000 kV変圧器一相分を製作して納入した。

この論文は、実証試験用1,000 kV変圧器(実証器)の製作に先立ち、巻線絶縁・リード絶縁を検証した巻線絶縁モデル及びリード絶縁モデル、さらに、実証器の一部(1/2相)を試作した0号器などを含め、実証器の仕様及び構造検討と製作から検証試験完了までを紹介する。

## 2. 定格及び仕様

### 2.1 1,000kV変圧器の基本仕様

1,000 kV変圧器の基本仕様を表1に、概略外形を図1に示す。

1,000 kV変圧器は、従来の500 kV変圧器と同様

に、中性点電圧切替え方式の単相単巻変圧器で製作する。

変圧器の基本仕様は、以下の検討を行い選定した。

- (1) 一次及び二次容量は送電容量を考慮してバンク容量を3,000 MVAとし、三次容量は系統上必要な最大調相容量から、一次・二次容量の40%(1,200 MVA)を選定した。
- (2) 三次定格電圧は、従来の500 kV変圧器と同じ63 kVでは三次容量の増加に伴い大電流になり、三次側に接続される機器が大型化するため147 kVを採用した。
- (3) 電圧調整幅は、系統の必要運転電圧から±7%とし、タップ切替え時の1タップ電圧(ステップ電圧)が大きくなりないように、タップ点数は27点を採用した。

表1. 1,000kV変圧器の基本仕様

項 目		仕 様
特 性	形 式	外鉄形、単相単巻変圧器、送油風冷式(負荷時電圧調整器付き)(65ホン)
	電 圧	一次 1,133.6~1,050(定格)~986.6/ $\sqrt{3}$ kV 二次 525/ $\sqrt{3}$ kV 三次 170.4~147(定格)~129.2 kV
	電圧調整幅	±7%(タップ点数 27点)
	容 量	一次/二次/三次 $\frac{3,000}{3}/\frac{3,000}{3}/\frac{1,200}{3}$ MVA
	インピーダンス	18%(一次-二次, 3,000/3 MVA基準)
試験電圧	輸送分割数	本体2分割(1相2タンク構造)
	交流試験(一次)	1.5E(1時間)~ $\sqrt{3}$ E(5分)~1.5E(1時間)
	雷インパルス試験	一次:1,950 kV/二次:1,300 kV

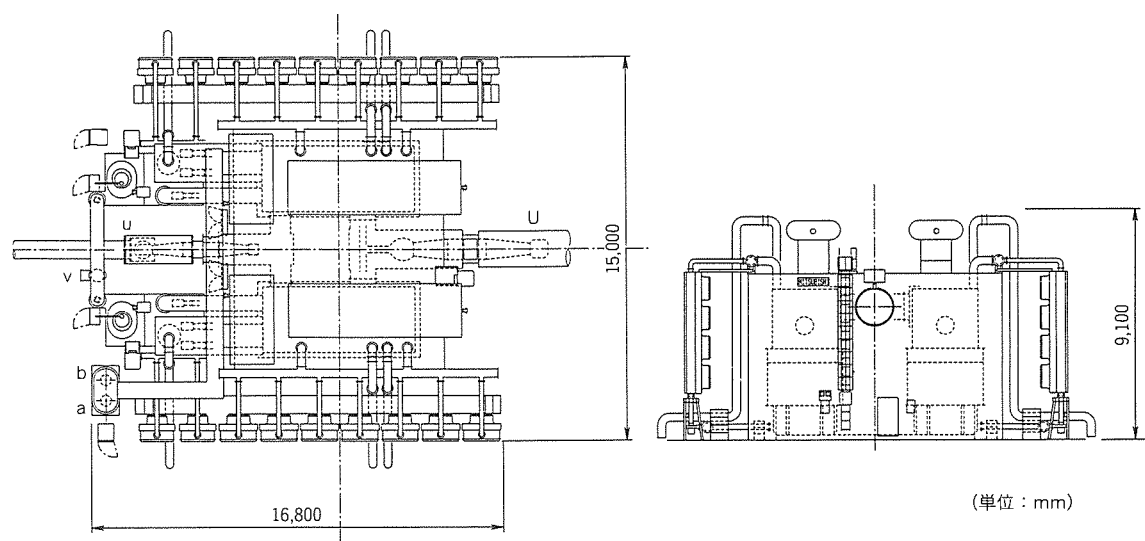


図1. 1,000kV変圧器の外形

- (4) インピーダンスは、電力系統の安定度、系統事故時の短絡電流抑制、及び変圧器の経済性の面から18%を選定した。
- (5) 1,000 kV 変電所は山岳地に建設されるため、重量物である変圧器は、鉄道及び特殊大型トレーラーで輸送する。

このため、変圧器本体は、鉄道輸送時の寸法制約やトレーラー輸送時の重量制限を満足するように、分割輸送方式を採用した。

- (6) 交流耐電圧試験については、運転期間中に発生する過電圧と機器の絶縁特性から、長時間試験として1.5E(1時間)～ $\sqrt{3}$ E(5分)～1.5E(1時間)を実施し、試験中は無部分放電であることを確認する(ただし、 $E=1,100/\sqrt{3}$  kV)。

雷インパルスの試験電圧は、種々の系統解析による過電圧レベルを考慮して、一次は1,950 kV、二次は1,300 kVを選定した。

## 2.2 1,000kV変圧器のこれまでの開発経緯

1,000 kV 機器開発は、昭和53年から57年にかけて、UHV送電特別委員会及び機器部会の中の変圧器部会において基本仕様・概念設計・絶縁設計・試験電圧などに関する検討が行われた。

三菱電機における1,000 kV 変圧器の開発は、昭和48年ごろから始まり、昭和52年に試作器(プロト器)を外鉄形で製作し、昭和53年から54年にかけて各種試験を行った後、昭和55年から約一年半かけて長期課電試験を行った。

当時開発された技術は、その後の500 kV以下の変圧器に適用され、コンパクト化・高効率化に大いに寄与した。

## 2.3 1,000kV変圧器の基本構造

1,000 kV 変圧器と500 kV 変圧器の、基本仕様及び構造についての比較を表2に示す。

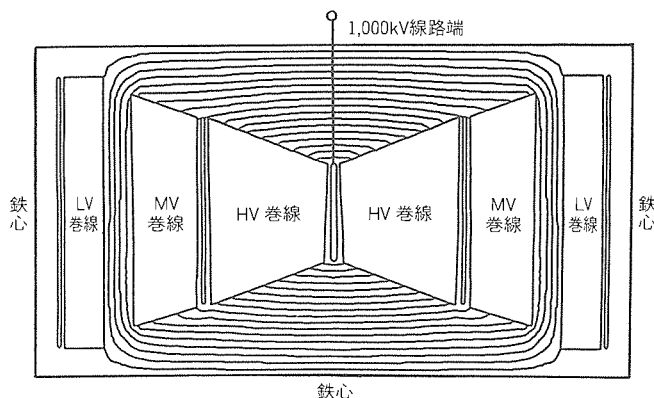


図2. つづみ形絶縁の等電位線図

## (1) 変圧器構成

1,000 kV 変圧器は500 kV 器に比べて電圧・容量共に2倍になるため、輸送を考慮して一相を2分割した2タンク構成とする。

すなわち、同一電圧で1/2容量(1,500/3 MVA)の変圧器を2台製作して並列に接続する方式である。したがって、1タンク当たりの容量は、500 kV 器と同じになる。

## (2) 熱的特性

定格容量は500 kV 器に比べ2倍になるが、一群当たりの容量は67%、パーセントインピーダンスによる磁気エネルギーは86%に減少するので、熱設計については従来技術が適用可能である。

## (3) 機械的特性

1,000 kV 変圧器是一群当たりの容量が減少し、インピーダンスは増加するため、短絡時の発生電磁機械力は500 kV 器に比べ小さくなる。したがって、機械設計についても従来技術で十分対応可能である。

## (4) 絶縁特性

外鉄形変圧器の絶縁は、主絶縁・コイル絶縁・リード絶縁に大別される。

表2. 基本仕様・構造の比較

	500kV変圧器	1,000kV変圧器	500kV器との比較
形 式	単相単巻変圧器	同左	同一
定格容量	1,500/3 MVA	3,000/3 MVA	2 倍
仕 様	定格電圧	一次 二次 三次	約 2 倍
	インピーダンス	14%	18%
	試験電圧	交流 インパルス	1.7倍 1.5倍
構 造	鉄心構造	額縁形単相鉄心構造	同左
	巻線構造	つづみ形交互配置 (1相4群)	つづみ形交互配置 (1/2相6群)
	タンク構成	1相1タンク	1相2タンク 並列接続方式

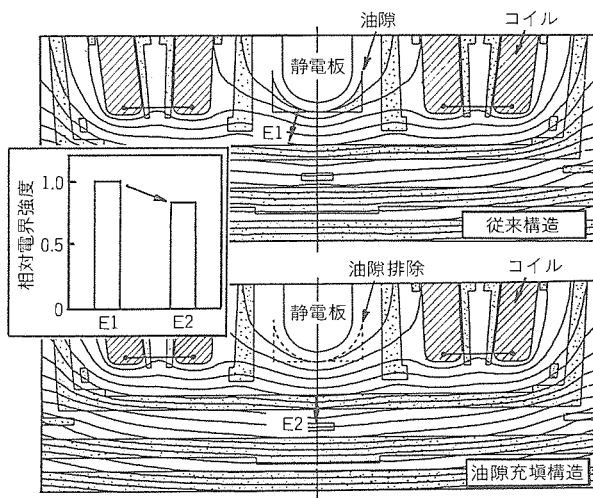


図3. 静電板近傍の絶縁構造

特に、主絶縁（鉄心とコイル間との絶縁）については、500 kV 変圧器よりも定格電圧・試験電圧が増加するので、電圧に比例して絶縁寸法を大きくすると輸送が困難となる。

そこで、1,000 kV 変圧器では、これまでの試作器や試験用変圧器で得られた絶縁開発技術成果を基に、電界解析精度の向上及び試験電圧に対応した絶縁構造の改善により、絶縁寸法の縮小を図る。

### 3. 1,000kV変圧器の技術開発と開発モデル

1,000 kV 変圧器を製作するのに先立ち、各種の開発モデルを製作して検証した。

今回製作した開発モデルのうち、主なものを下記に示す。

- (1) 巻線絶縁モデル（実証器の1/6相に相当）
- (2) リード絶縁モデル（実証器のリード構造を模擬）
- (3) 0号器（実証器の完全1/2相に相当）

#### 3.1 巻線絶縁モデル

1,000 kV 変圧器の巻線は、その断面が1,000 kV 線路端を中心にして左右対称の“つづみ形絶縁”を採用する。

つづみ形絶縁は、巻線と対地間の電界分布が平等電界に近いいため、1,000 kV 線路端の電界集中がない絶縁構造である。図2に、つづみ形絶縁の等電位線図を示す。

1,000 kV 変圧器で用いるつづみ形絶縁の絶縁性能を検証するため、巻線絶縁モデルを製作した。

巻線絶縁モデルの主な特長を以下に示す。

- (1) 一次・二次巻線は1,000 kV 変圧器と同一設計のつづみ形絶縁とし、励磁用として三次巻線を持つ単巻変圧器で製作した。
- (2) 実証器の1/6相（1つづみ構造）を実規模で製作し、絶縁検証に加え工作性の検証も可能なようにした。
- (3) 交流過電圧試験時には、1,000 kV 線路端に油・油ブツ

シングを取り付け、タンク埋込形にすることにより、部分放電測定時の外部ノイズの発生を無くした。

従来から、高電圧で使用する変圧器については、つづみ形巻線配置を適用し、線路端に設けた静電板は端部の曲率を大きくして電界の緩和を図っている。

今回の1,000 kV 巻線絶縁モデルでは、静電板近傍のくさび状の油げき（隙）の部分に絶縁紙を充てん（填）し、油隙を無くすことで、局部電界の集中を無くした。

また、油隙の部分放電開始電界（ $E$ ）は、ギャップ長（ $d$ ）を短くすると上昇することから、巻線絶縁モデルでは油隙を細分化し、しかも、電界集中の小さいアース側から大きい巻線側に近づくにつれて油隙の間隔が小さくなるように絶縁物を配置した。図3に、1,000 kV 線路端の静電板近傍の絶縁構造を示す。

巻線絶縁モデルの検証試験は、巻線抵抗・変圧比・インピーダンス等について低電圧で確認した後、交流及び雷インパルス過電圧試験を実施し、設計値どおりであることを確認した。図4に、完成した巻線絶縁モデルの外観を、表3に、その試験結果を示す。

#### 3.2 リード絶縁モデル

1,000 kV リードを絶縁紙のみでテーピングすると絶縁寸法が大きくなるため、多重バリヤ絶縁構造を採用して絶縁寸法を縮小した。

多重バリヤの構成は、3.1節で述べた  $E$ - $d$  カーブを適用して、絶縁物の表面電界から必要油隙寸法を決定した。リードバリヤの表面電界は内周側よりも高くなるため、内周側は外周側に比べて油隙長を短くしている。図5に、多重バリヤリードの構成と  $E$ - $d$  カーブを示す。

表3. 巻線絶縁モデルの試験結果

試験項目	試験結果
長時間交流耐電圧試験	953kV（1時間）～1,100kV（5分）～953kV（1時間） 無部分放電であることを確認
交流過電圧試験	1,100kVの1.5倍の性能を確認
雷インパルス試験	一次：1,950kVの1.5倍の性能を確認 二次：1,300kVの1.6倍の性能を確認

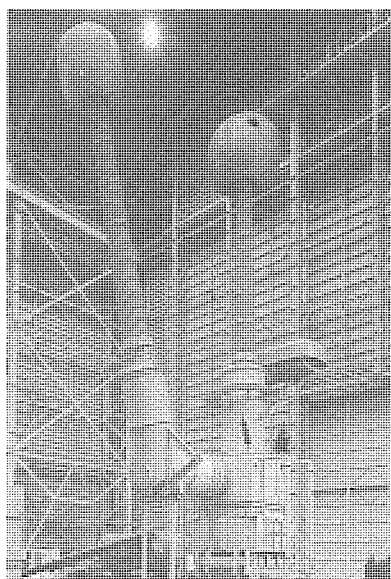


図4. 巻線絶縁モデルの外観

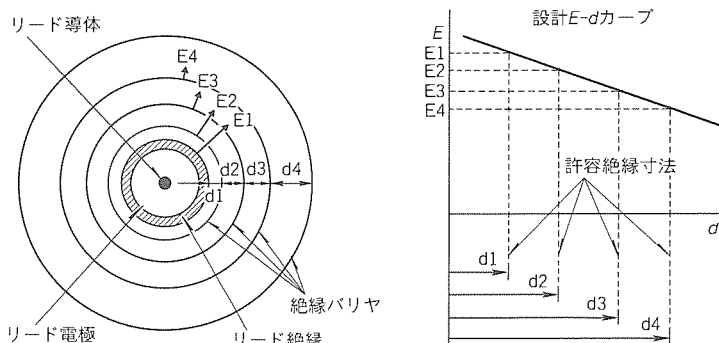


図5. 多重バリヤリード構成

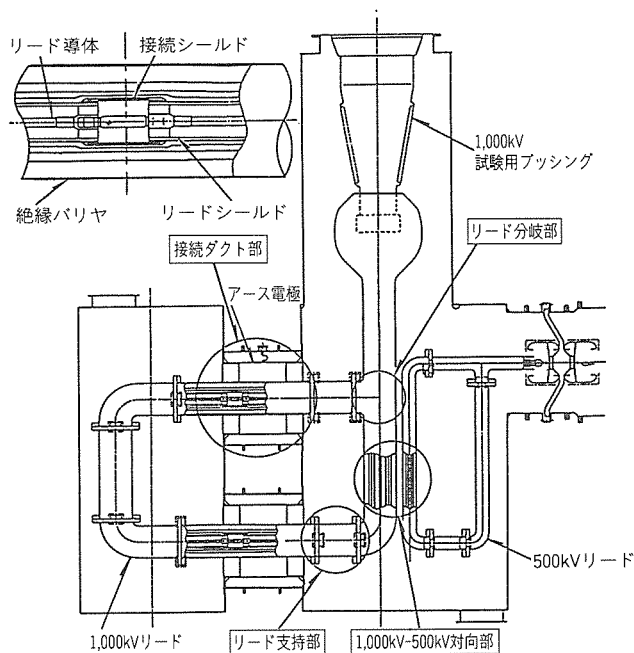


図 6. リード絶縁モデル

表 4. リード絶縁モデルの試験結果

試験項目	試験結果
交流過電圧試験	一次：1,100kVの1.5倍の性能を確認 二次：550kVの1.6倍の性能を確認
雷インパルス試験	一次：1,950kVの1.5倍の性能を確認 二次：1,300kVの1.7倍の性能を確認

電流を流すリード導体は、大口径のアルミ製のリードシールド内を通す構造とすることで、リード導体の表面電界の集中による影響を無くした。図 6 に、リード絶縁モデルの平面図を示す。

リード絶縁モデルは、次の検証が行えるようにした。

- (1) リード接続部：接続部の絶縁性能及び工作性の検証
- (2) リード分岐部：分岐部の絶縁性能の検証
- (3) 1,000 kV-500 kV リード対向部：リード対向部の絶縁性能の検証
- (4) リード支持部：リード支持用絶縁物の絶縁性能の検証

表 4 に示すように、リード絶縁モデルの試験結果は、設計値を十分満足するものであった。

### 3.3 0 号 器

1,000 kV 変圧器の製作に先立ち、その1/2相を0号器として製作した。

0号器は実証器と同一設計・同一構造とし、設計の妥当性・

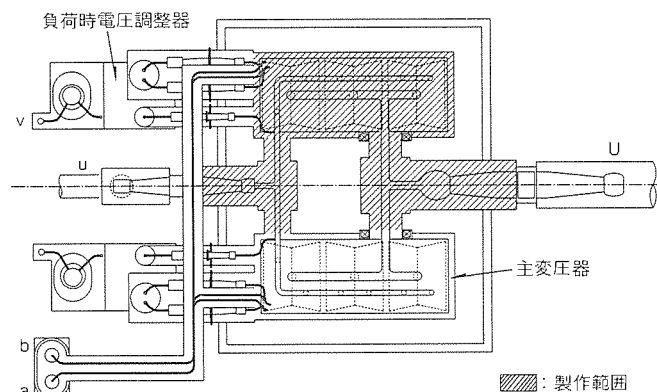


図 7. 0号器の製作範囲

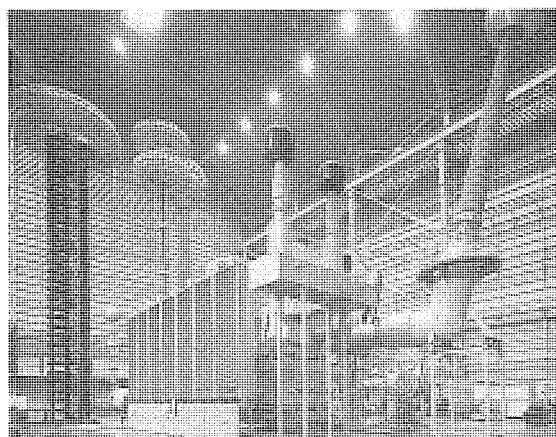


図 8. 0号器の外観

表 5. 0号器の検証試験結果

検証項目	試験結果
①一般特性試験 (変圧比、巻線抵抗、損失、インピーダンス等)	●設計値と差異のない結果が得られ、問題ないことを確認した。
②特殊試験 ●流動帯電試験 ●長時間過励磁試験 ●長時間温度上昇試験	●1.1E、150%油流量でも静電気発生量が十分小さいことを確認した。 ●1.1Eで異常な振動、騒音もなく問題のないことを確認した(試験時間24h以上)。 ●110%電流で異常過熱もなく、油中ガス分析結果もすべて良好であった(試験時間24h)。
③その他 (移行電圧、周波数応答、サージインピーダンス)	●系統計算、解析回路で用いる変圧器定数を測定結果から得ることができた。
④絶縁限度試験 (交流過電圧試験、インパルス過電圧試験)	●試験電圧に対して十分余裕があり、ほぼ設計どおりであることを確認した。
⑤据付け・輸送検証 ●据付け検証 ●輸送検証	●想定した組立精度内で2タンク間の接続が行えることを確認した。 ●輸送時の振動・衝撃に対して十分な強度を持っていることを確認した。

絶縁性能・熱的性能・機械的性能などの諸特性に加え、各種の特殊試験を実施して総合性能について検証し、さらに、工作性・製造設備の性能についても検証した。

図 7 は、0号器の製作範囲を示した平面図、図 8 は、完成



した0号器の外観である。

0号器の検証は一般特性試験及び特殊試験を実施した後、巻線の絶縁に対する限界を確認するため、絶縁限度試験を行った。

検証試験のうち特筆すべき試験は、次のようなものである。

(1) 流動帯電試験は、課電状態(110%励磁)で、油流速を定格の1.5倍にした上で、さらに、巻線の漏れ電流が最大となる油温度での過酷試験を実施した。

(2) 長時間温度上昇試験では、一次巻線の最大電流の1.1倍を24時間通電し、変圧器内部構造物の温度やタンク温度を測定した。

(3) 絶縁限度試験は、一次及び二次巻線について、交流及び雷インパルスを交互に印加した。交流耐電圧試験は過電圧を5分間、雷インパルスは全波とさい断波とをそれぞれ3回ずつ印加した。

(4) 現地での1,000kV変圧器の据付けは、2分割した本体とそれぞれの上部タンクを接続ダクトを介してドッキングする。このときの作業性(寸法管理・防じん(塵)防湿管理を含む。)や作業手順を確認するため、据付け検証(タンク間接続作業)を現地と同じ作業方法で実施した。

(5) 1,000kV及び500kV接続ダクトは、現地での組立作業の簡素化のため、接続リードとブッシングを内蔵して輸送する。そこで、輸送時の衝撃による接続リードとブッシングの健全性の確認のため、1,000kV接続ダクトについて、トレーラーによる新榛名変電所までの実走行試験(走行距離：往復約1,700km)を実施した。0号器の各種検証試験の結果を表5に示す。

0号器の各種検証試験結果はすべて良好であり、1,000kV変圧器の設計及び製作に対する妥当性が検証でき、以降の実証器製作に向けて何ら問題のないことが確認できた。

#### 4. 1,000kV変圧器(実証器)の製作

##### 4.1 実証器の設計内容

実規模モデル(巻線絶縁モデル、リード絶縁モデル、0号器)及び、これまでの1,000kV機器開発で得られた技術を十分に反映して実証器を製作した。図9に、1,000kV変圧器の構造を示す。

実証器には1,000kV側の電圧を調整するため、負荷時電圧調整器(LVR)を1/2相(1タンク)当たり1台(計2台)設置し、タップ差による通電も可能とした。

LVRのタップ巻線と主変圧器(MTR)の中性点、LVRの励磁巻線とMTRの三次巻線は、油中貫通ブッシングを

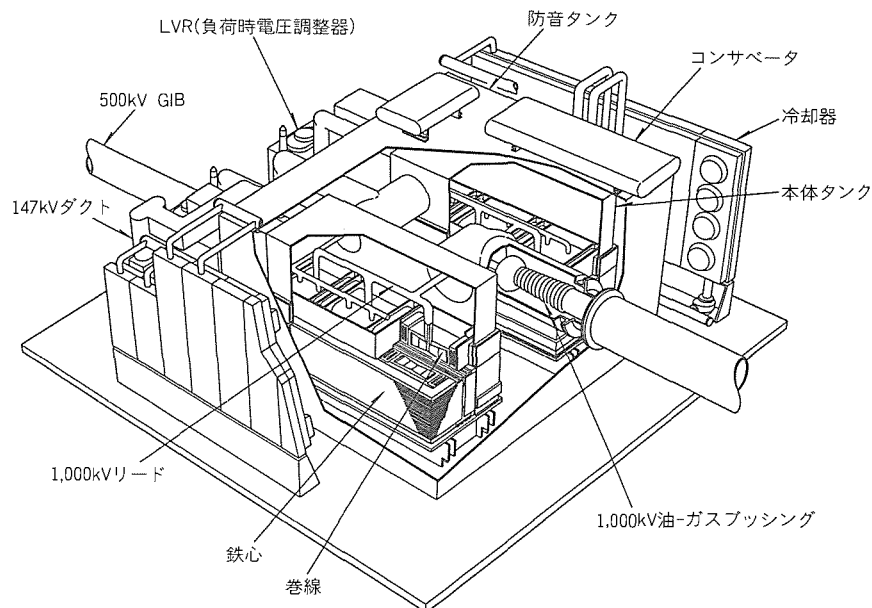


図9. 実証器の構造

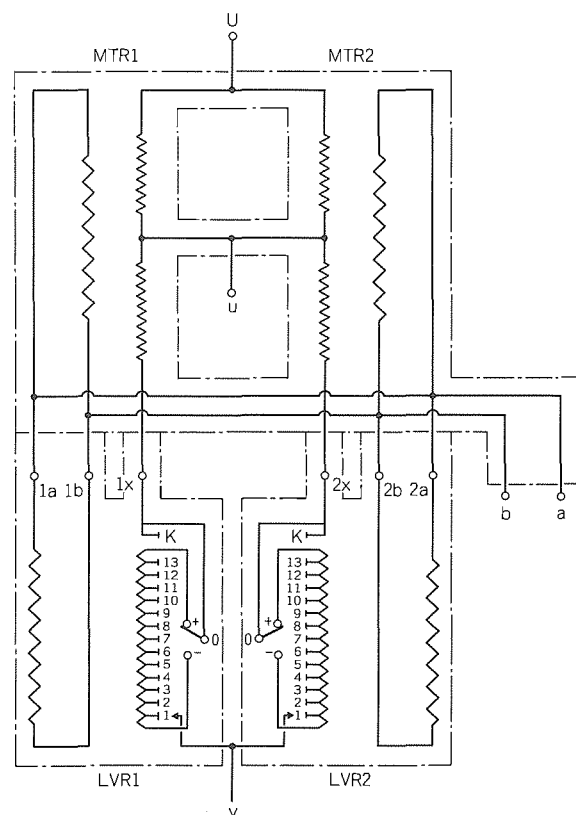


図10. 実証器の結線図

介して接続し、MTRとLVRの絶縁油は互いに分離する構造とした。

実証器の騒音仕様は65ホンであるため、MTRは銅板製の遮音壁で覆う構造を採用した。図10に、実証器の結線図を示す。

##### 4.2 実証器の製作

過去に製作した絶縁モデルの試験結果によれば、絶縁油中の混入異物の排除や油中じんあい(塵埃)の低減によって部

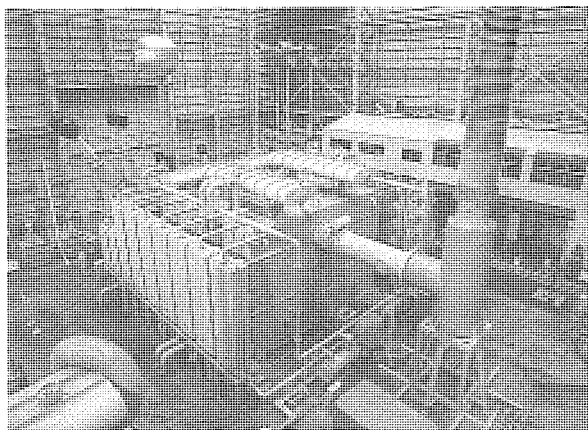


図11. 実証器の外観

分放電開始電圧のバラツキが少なくなり、加えて放電開始電圧が上昇する結果が得られている。

そこで、実証器については、変圧器の製作工程全般にわたって品質管理を強化して、絶縁性能及び信頼性の向上を図った。

実証器の製作に当たって、異物管理を徹底するため下記のような設備を導入した

- (1) CO<sub>2</sub>レーザ切断装置
- (2) コイルグループ組立用クリーンルーム
- (3) リード組立用クリーンブース
- (4) タンク内作業用前室
- (5) 乾燥空気洗浄装置
- (6) 絶縁油高精度ろ(濾)過装置

#### 4.3 実証器の試験

実証器の工場試験は、通常の試験項目に加え、新榛名変電所構内での長期課電試験を考慮して、タップ差通電試験を実施した。

新榛名試験場でのタップ差通電試験は、500 kV側から受電して、それぞれのLVRのタップ電圧に差を持たせることにより変圧器に循環電流を発生させて、課電及び通電を同時に行う。

工場試験では、500 kV側から電源を接続して現地と同じ

試験をすることは設備上困難である。そこで、変圧器の三次側から147 kVの電圧を印加して、最大のタップ差条件で長時間試験を実施した。

通常試験及びタップ差通電試験いずれの試験結果も良好で、0号器で得られた試験結果と同等であり、1,000 kV変圧器の実用化に向けて何ら問題のないことが検証できた。図11に、今回製作した実証器の外観を示す。

1,000 kV変圧器は試験終了後、海路千葉県市原港まで運ばれ、その後、鉄道及びトレーラーを使って全行程で約1か月かけて実証試験場である新榛名変電所まで運ばれた。

その後、工場と同じ方法で遮音壁や冷却器等の付属品を取り付け、GISと組み合わせた状態で長期課電試験を実施する。

## 5. む す び

1,000 kV変圧器の完成により、我が国初の1,000 kV送電の実用化に向けての第一歩を踏み出した。

今後、この1,000 kV変圧器で検証された種々の技術を500 kV以下の変圧器にも適用することで、なお一層の信頼性と合理性の向上が可能となった。

最後に、実証器の製作に当たり終始御指導をいただいた関係者各位に深く感謝の意を表する。

## 参 考 文 献

- (1) 田邊 愈：100万V昇圧に向けた技術開発・建設について、平成5年電気学会電力・エネルギー部門大会，575 (1993)
- (2) 唐木繁一，濱田 浩，青野一郎，細川 登：1,000 kV外鉄形変圧器の部分モデル検証，平成5年電気学会電力・エネルギー部門大会，578 (1993)
- (3) 山形芳文，田中晃司，岸 章夫，新海 拓：1,000 kV外鉄形変圧器の0号器検証，平成5年電気学会電力・エネルギー部門大会，579 (1993)
- (4) 1,000 kV外鉄形変圧器 0号器の完成，三菱電機技報(スポットライト)，67，No.8 (1993)

# GM式 4 K冷凍機付きMRI用超電導マグネット

松本隆博\* 中川修一\* 吉村秀人\*\* 長尾政志\*\*\* 稲口 隆\*\*\*

## 1. ま え が き

磁気共鳴イメージング装置(Magnetic Resonance Imaging System: MRI)は、生体組織中に存在する水素原子核の磁気共鳴現象を応用した人体の断層撮影装置である。この装置は“コントラストが高い生体組織の画像が得られる。”“任意の断層を撮影できる。”“放射線による被ばくがない。”等の特長があり、X線CT(X-ray Computer Tomography)に勝る新しい画像診断装置<sup>(1)(2)</sup>として急速に普及している。当社ではMRIが普及し始めた初期からMRI用超電導マグネットを製作し、システムメーカーに納入してきた。

GM(Gifford-McMahon)式冷凍機は保守周期が長く、信頼性が高いという特長を持つ冷凍機<sup>(3)(4)</sup>である。従来、この方式の冷凍機ではヘリウムを液化できないと言われてきたが、当社では1988年に、世界で初めてGM式冷凍機によるヘリウムの液化に成功した。

当社は、このヘリウム液化能力を持つGM式冷凍機(以下“GM式4K冷凍機”という。)を搭載した、液体ヘリウムを

消費しないMRI用超電導マグネットを完成した。このGM式4K冷凍機付きMRI用超電導マグネットをMRIシステムに使用することによって、省資源に役立って維持費の安いシステムが提供でき、また、液体ヘリウムの入手の困難な国においても利用することが可能となる。

ここでは、今回完成したGM式4K冷凍機付きMRI用超電導マグネット及びGM式4K冷凍機の特性について紹介する。

## 2. MRI用超電導マグネットの構造と冷却方式

開発したMRI用超電導マグネットは、GM式4K冷凍機を搭載したもので、表1の主要諸元を示すように液体ヘリウムの消費がなく、高均一で時間変動が小さい強い磁場を発生するものである。

図1にMRI用超電導マグネットの全体写真を示し、また、構造を図2に示す。MRI用超電導マグネットは超電導コイルを液体ヘリウムによって冷却する構造である。液体ヘリウムは、極低温で非常に蒸発しやすく、また高価なために、クライオスタットと呼ばれる断熱容器に貯液している。クライオスタットは、真空槽と輻射シールドからなる高性能な真空断熱容器になっている。その構造<sup>(5)</sup>はふく(輻射シールドの冷却方式によって、図3の(1)液体窒素冷却式、(2)シールド冷凍機式、(3)4K冷凍機式に分類され実用化されている。各方式の特徴は次のとおりである。

### (1) 液体窒素冷却式

表1. MRI用超電導マグネットの主要諸元

項 目	仕 様
冷凍機	GM式4K冷凍機
液体ヘリウム消費量 (ℓ/h)	0
磁場強度 (T)	1.0
磁場均一度 (ppm/40cmDSV)	± 5
磁場安定度 (ppm/h)	0.1
寸法 (W×L×H (mm))	1,820×1,745×1,830

注 液体ヘリウムはメンテナンス時に若干蒸発するが、7～10年間補充を必要としない。

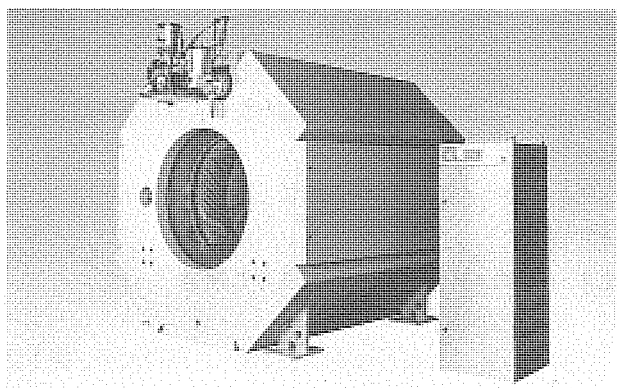


図1. GM式4K冷凍機付き超電導マグネットの外観

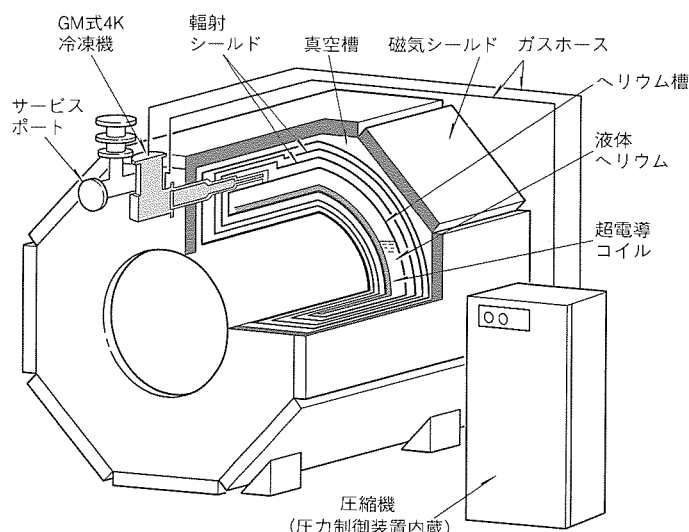


図2. GM式4K冷凍機付きMRI用超電導マグネットの構造

冷却方式		寒剤消費量	特徴
1	液体窒素冷却	液体ヘリウム 0.5 ℓ/h 液体窒素 1.0 ℓ/h	初期の冷却方式 寒剤の消費が多い
	液体窒素槽 サービスポート 真空槽 輻射シールド 液体ヘリウム槽		
2	シールド冷凍機	液体ヘリウム 0.1 ℓ/h	現在主流の冷却方式 寒剤の補給が必要
	シールド冷凍機 サービスポート 真空槽 輻射シールド 液体ヘリウム槽		
3	4 K 冷凍機	液体ヘリウム 0 ℓ/h	これからの冷却方式 寒剤の補給が不要
	4 K 冷凍機 サービスポート 真空槽 輻射シールド 液体ヘリウム槽		

図 3. 超電導マグネットの冷却方式の比較

初期の MRI 用超電導マグネットに用いられていた構造で、輻射シールドを液体窒素で冷却する方式である。この方式は液体ヘリウムと液体窒素の消費量が多く、今日では MRI 用超電導マグネットとしては製作されなくなった。

## (2) シールド冷凍機式

現在の MRI 用超電導マグネットに用いられている構造で、二つの輻射シールドを GM 式冷凍機によって冷却する冷却方式である。この方式では液体ヘリウムを 0.05 ～ 0.15 ℓ/h 程度消費し、1 年間で 100 万円相当程度の液体ヘリウムを消費する。

## (3) 4 K 冷凍機式

今回開発した MRI 用超電導マグネットに採用した方式で、二つの輻射シールドと液体ヘリウム槽を 1 台の GM 式 4 K 冷凍機によって冷却する方式である。この方式では、液体ヘリウムを消費しない超電導マグネットとすることが可能となる。なお、これまでに輻射シールドを冷却する GM 式冷凍機と液体ヘリウム槽を冷却する J-T (Joule-Thomson) 弁を持つ 4 K 冷凍機を用いた液体ヘリウムを消費しない MRI 用超電導マグネットの例があったが、構造が複雑で価格が高くなり、普及しなかった。

# 3. GM 式 4 K 冷凍機

## 3.1 GM 式冷凍機の動作原理

GM 式冷凍機の動作原理を図 4 に示す。GM 式冷凍機は、圧縮機で圧縮したヘリウムガスを膨脹機で断熱膨脹させることによって冷却する。GM 式冷凍機の冷凍サイクルは、次の 4 行程から構成されている。

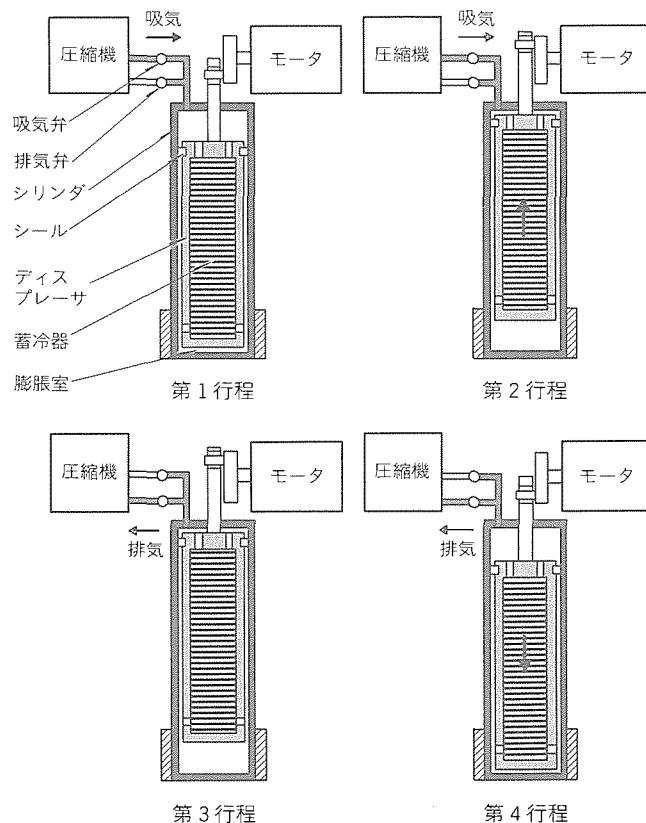


図 4. GM 式冷凍機の動作原理

表 2. 冷凍機の冷凍能力と到達温度

ステージ	熱負荷 (W)	到達温度 (K)	
		仕様値	実測値
1 段	50	75	67.5
2 段	3	20	16.8
3 段	0.15	4.2	4.0

第 1 の行程：膨脹機の膨脹室の容積が最小のとき排気弁を閉じるとともに、吸気弁を開き、高圧のヘリウムガスを圧縮機からシリンダに導く。

第 2 の行程：膨脹室が最大になるまでディスプレイサを引き上げる。この時、高圧のヘリウムガスは蓄冷器を通り、冷却されながら膨脹室に入る。

第 3 の行程：吸気弁を閉じるとともに排気弁を開き、膨脹機のヘリウムガスを圧縮機の吸気圧力まで膨脹させる。この時、膨脹室で寒冷が発生する。

第 4 の行程：ディスプレイサを押し下げる。この時、膨脹室のヘリウムガスは蓄冷器を冷却しながら自らは昇温し、圧縮機に戻る。

この冷凍サイクルを繰り返すことによって、極低温まで冷却する。

## 3.2 GM 式 4 K 冷凍機の冷凍能力と構造

### (1) 冷凍能力

GM 式 4 K 冷凍機の各段の冷凍能力と到達温度を表 2 に示す。

### (2) 構造

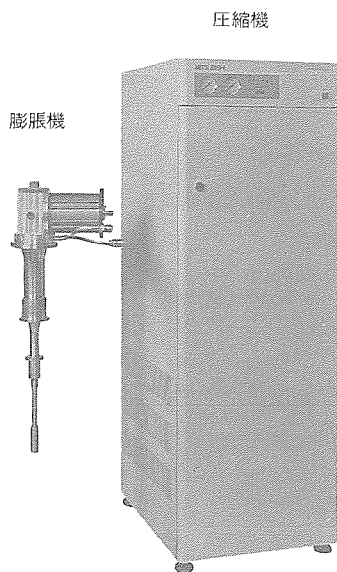


図 5. GM 式 4 K 冷凍機の外観

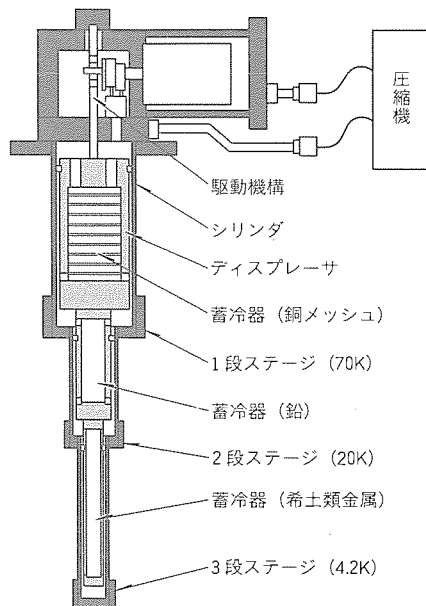


図 6. GM 式冷凍機(膨脹機)の構造

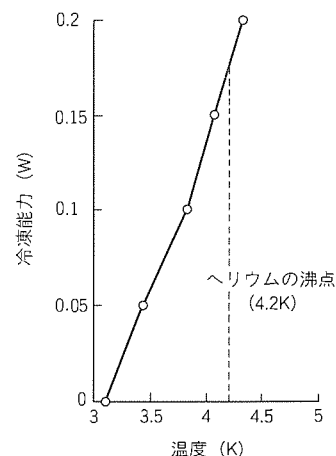


図 7. GM 式 4 K 冷凍機の冷凍能力

GM 式 4 K 冷凍機の外観を図 5 に示す。GM 式 4 K 冷凍機は、膨脹機と圧縮機から構成されている。膨脹機は、MRI 用超電導マグネット用に開発したもので、図 6 に示すように、クライオスタットの二つの輻射シールドと液体ヘリウム槽を冷却するために 3 段のステージを持っている。各段のステージは、シリンダ、ディスプレーサ及び蓄冷器から構成され、蓄冷器には蓄冷材が充てん（填）されている。各段のディスプレーサは連結され、駆動機構によってシリンダ内で往復運動する。

### (3) 蓄冷材

従来の GM 式冷凍機は、蓄冷材として 1 段に銅メッシュ、2 段に鉛玉が用いられてきた。2 段の蓄冷材に使用している鉛玉は 10 K 以下の極低温になると比熱が非常に小さくなり、蓄冷材の機能を果たさなくなる問題があり、このために、到達温度は 10 K 程度であった。GM 式 4 K 冷凍機は、3 段の蓄冷材に 10 K 温度付近で磁気転移によって比熱が大きくなる希土類金属 ( $\text{Ho}_{1.5}\text{Er}_{1.5}\text{Ru}$ ) を使用することによって、ヘリウムの液化温度 (4.2 K) 以下に冷却することが可能となった。

### 3.3 GM 式 4 K 冷凍機の単体性能

GM 式 4 K 冷凍機の単体性能試験は、MRI 用超電導マグネットに取り付けることを想定し、負荷特性、設置角度による影響、及び磁場による影響について測定した。

#### (1) 負荷特性

GM 式 4 K 冷凍機の負荷特性試験結果を図 7 に示す。GM 式 4 K 冷凍機単体の冷凍能力は、図に示すように 3 段ステージで到達温度が 3 K であった。また、ヘリウム液化温度における冷凍能力は 0.15 W 以上を発生し、MRI 用超電導マグネットに必要な冷凍能力を満足することができた。

#### (2) 設置角度による冷凍能力への影響

天井高さの限られた病院に設置される MRI 用超電導マグネットは、高さを低くする必要がある。そのために、MRI 用超電導マグネットに取り付けられる膨脹機は水平に設置されることが多い。図 8 に膨脹機の 3 段ステージを下して垂直に設置した状態から水平に設置した状態まで変化させて、測定した設置角度による冷凍能力への影響を示す。設置角度を水平にした場合には、3 段ステージで 0.15 K の温度上昇がみられた。水平時にはシリンダとディスプレーサ間のすき（隙）間に発生する対流によって冷凍能力の低下が生じるので、隙間を極力小さくすることにより影響を小さくした。

#### (3) 磁場による冷凍能力への影響

MRI 用超電導マグネットに GM 式 4 K 冷凍機を取り付けたとき、希土類金属で磁性体でもある 3 段の蓄冷材と駆動機構のモータが磁場の影響を受ける。図 9 に 3 段蓄冷材部分の磁場の強さによる影響を測定した結果を示す。冷凍能力は 0.8 T (テスラ) 程度まで影響がないことが分かった。

## 4. GM 式 4 K 冷凍機付き MRI 用超電導マグネット

### 4.1 MRI 用超電導マグネットの構成

#### (1) 構成

MRI 用超電導マグネットの構成は、図 2 に示すように、MRI 用超電導マグネット本体、GM 式 4 K 冷凍機の膨脹機と圧縮機、及び液体ヘリウム槽の圧力制御装置（圧縮機に内蔵）から構成されている。

#### (2) 超電導マグネットの構造

超電導マグネットの構造は、図 2 に示すように、超電導コイルを内蔵した液体ヘリウム槽、クライオスタットの真空槽と二つの輻射シールド、及び輻射シールドと液体ヘリウム槽を冷却する GM 式 4 K 冷凍機から構成されている。

#### (3) 膨脹機取付け構造

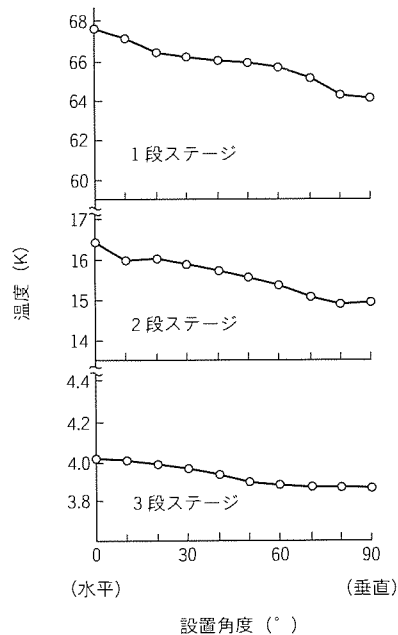


図 8 . 設置角度による冷凍能力への影響

膨脹機は、MRI 用超電導マグネットの端面に設けた膨脹機取付け用シリンダに挿入する構造である。膨脹機取付けシリンダは、先端が液体ヘリウム槽に配管接続され、また、1 段と 2 段のステージ部分が二つの輻射シールドに各々熱接続されている。膨脹機取付けシリンダに挿入された膨脹機は、1 段と 2 段のステージで膨脹機取付けシリンダを介して、二つの輻射シールドを冷却するとともに 3 段のステージで液体ヘリウム槽を冷却する。

#### (4) 圧力制御装置

液体ヘリウム槽は、負圧になると空気が侵入して凍結し配管が閉そく（塞）する恐れが高くなるため、圧力が常に正圧となるように圧力制御している。圧力制御は、膨脹機の 3 段ステージに埋め込んだ小さなヒータ及び液体ヘリウム槽と排気管に取り付けた圧力センサにより、液体ヘリウム槽圧力と大気圧との圧力差が一定になるように制御している。

## 4.2 試験結果

GM 式 4 K 冷凍機の運転結果を図 10 に示す。今回の測定では、液体ヘリウム消費量・膨脹機の 1 段、2 段、3 段の各ステージ温度・液体ヘリウム槽の圧力・ヒータ出力を測定した。

### (1) 液体ヘリウム消費量

MRI 用超電導マグネットは、GM 式 4 K 冷凍機の運転により、液体ヘリウムの蒸発がない安定した状態を維持することができた。

### (2) ステージ温度

膨脹機のステージ温度は、1 段ステージが 60 K、2 段ステージが 18 K、3 段ステージが 4.2 K 程度で、安定した特性が得られた。

### (3) 液体ヘリウム槽圧力

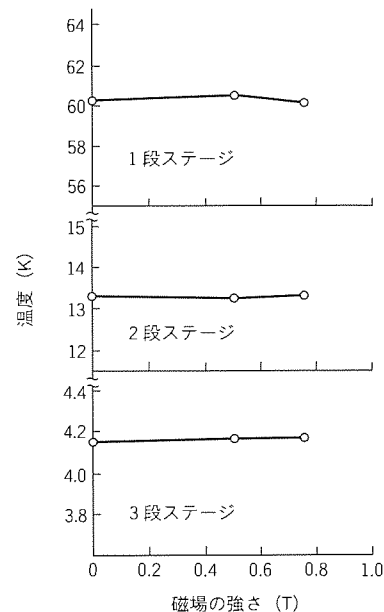


図 9 . 磁場による冷凍能力への影響

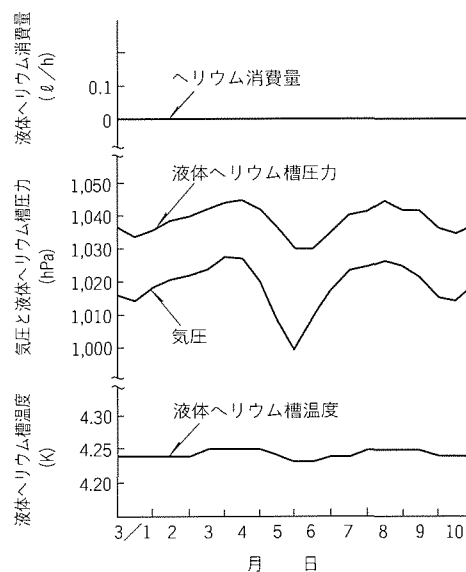


図10. GM式 4 K冷凍機の運転結果

(液体ヘリウム消費量,  
気圧と液体ヘリウム槽圧力,  
温度)

液体ヘリウム槽圧力は、GM 式 4 K 冷凍機の 3 段ステージに取り付けたヒータによって冷凍能力を調節し、大気圧より 20 hPa 高い圧力になるように制御しており、大気圧力に連動して正常に動作する結果が得られた。

### (4) ヒータ出力

圧力制御に必要なヒータ出力はイメージングしない状態で 0.06 ~ 0.09 W 程度で、イメージング時に発生する傾斜磁場コイルによる渦電流発熱量約 0.02 W (アクティブシールド付き傾斜磁場コイルの場合はほぼ 0 W) を差し引いても GM 式 4 K 冷凍機の冷凍能力に余裕があることが分かった。

### (5) 磁場による影響

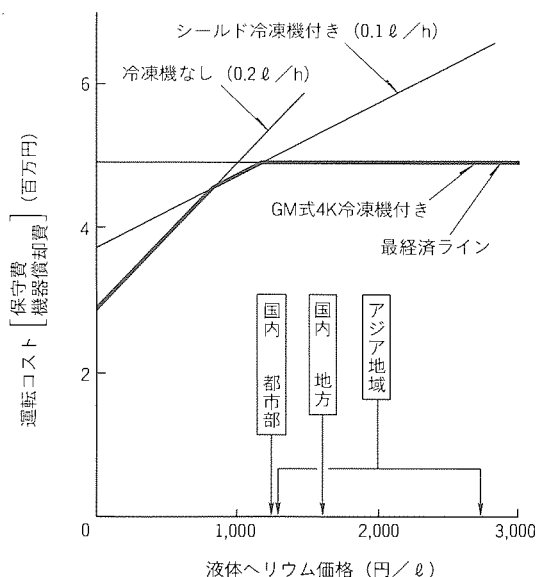


図11. 冷却方式による経済性比較

今回開発したMRI用超電導マグネットのGM式4K冷凍機は、磁場の影響を受けない位置を選定して取り付けました。その結果、GM式4K冷凍機の持つ能力を十分発揮することができました。

#### 4.3 MRI用超電導マグネットの経済性評価

今回製作したGM式4K冷凍機付き超電導マグネットと、従来の超電導マグネットとの、費用対効果の経済性比較を行った。その結果を図11に示す。アジア地域など液体ヘリウムの入手が難しく、液体ヘリウムコストが高い地域は、経済的に非常に大きなメリットが発生することが分かる。国内では最近液体ヘリウムを安く入手できるようになったが、それでもGM式4K冷凍機付き超電導マグネットが従来機より経済性が高く、液体ヘリウムの補充が不要になり、維持管理が容易になる。

## 5. むすび

超電導マグネットに必要な不可欠であるヘリウムはほとんどがアメリカで産出されており、資源の量も限られている。また、液体ヘリウムは蒸発しやすく、入手にくい地域も多い。

今回開発に成功した液体ヘリウムを消費しないGM式4K冷凍機付きMRI用超電導マグネットは、超電導マグネットを使用したMRIシステムの持つ問題を解消する画期的なものである。また、液体ヘリウムの補充が不要になったことにより、超電導マグネットの維持管理が容易になり、経済性の面からも安価にすることが可能となった。この超電導マグネットによって高度な医療の普及と発展に貢献することが出来る。

## 参考文献

- (1) 菅 寿郎, 渡辺次男, 武智盛明, 荻野 治, 山田忠利: 磁気共鳴イメージングシステム用超電導マグネット, 三菱電機技報, **60**, No.5, 337~341 (1986)
- (2) 渡辺次男: 磁気共鳴用イメージング用超電導マグネット, 電気学会誌, **106**, No.10, 23~26 (1986)
- (3) Yoshimura, H., Nagao, M., Inaguchi, T., Yamada, T.: Helium Liquefaction by a Gifford-McMahon Cycle Cryogenic Refrigerator, Rev. Sci. Instrum., **60**, No.11, (1989)
- (4) 吉村秀人, 長尾正志, 稲口 隆, 森津一樹, 松本隆博: 小型ヘリウム冷凍機技術, 三菱電機技報, **66**, No.5, 506~508 (1992)
- (5) 森津一樹: MRI診断装置, 冷凍, **63**, No.733, 95~100 (1988)



# ファイル転送自動管理システム

二階堂秀治\* 富川哲司\* 吉崎正幸\* 吉田 稔\*

## 1. ま え が き

近年、UNIX<sup>(注1)</sup>マシンやパソコンをネットワークに接続し、処理を分散して接続するクライアント／サーバシステムの構築が増えつつある。特に、既設のホスト計算機とネットワークをそのまま利用し、各計算機を適材適所に配置して使いやすいシステムを構築するライトサイジングの方向に進む傾向がある。また、このような環境においては、分散配置した各アプリケーションプログラムを簡便に連携させるための通信ミドルウェアが要求されている。

当社においても、そうしたニーズにこたえるため、ホスト計算機とクライアント／サーバシステムを連携したミドルウェア製品として、FOAS (File Transfer Operation with Auto Schedule) を開発した。

この論文では、まず FOAS の基本機能について述べ、次に当社計算機のサポート状況、そして最近クライアント／サーバコンピュータ apricot シリーズ FT サーバに搭載した UnixWare<sup>(注2)</sup> 上の FOAS について、その開発方針・実現方式について具体的に説明する。また運用例として、FOAS を構築する上で中心的計算機であるホストコンピュータ EX シリーズと FT サーバを例に紹介する。

## 2. 基 本 機 能

### 2.1 FOASの特長と機能

ホスト計算機に蓄積された基幹データを各部門システムで活用するためには、各部門システムで必要なデータをダウンロードし、部門データベースを構築することが必要である。しかも、これらのデータは、定期的にホストから供給することで、お互いのシステムが一体感を持って運用できる連携機能が要求される。そして、この連携機能を利用することで、より円滑な業務が実現できる。以下に FOAS の運用に有効な機能を示す。

- (1) ホストデータベースの抽出から部門データベースへの反映までの一連の定型処理が、事前に設定したスケジュールに基づき自動的に実行される。
- (2) ホストオペレータ又は部門オペレータ主導によるデータの自動集配信が可能である。
- (3) ホスト側とサーバ側の両方でのファイル転送に付帯する

(注1) “Unix” は、Unix System Laboratories, Inc. が開発し、ライセンスしているオペレーティングシステムである。

前処理／後処理機能が自動的に起動できるため、利用者業務との連携に便利である。

- (4) サーバの自動電源オン／オフ機能を組み合わせることにより、夜間での無人運転も可能である。

### 2.2 FOASのネットワーク構成

ライトサイジングとマルチベンダ化の進む中では、高い相互運用性が求められる。FOAS は、オープン化時代の分散処理環境に適したホスト計算機とサーバ環境でのデータ交換を、様々なネットワーク環境で実現している。

- (1) 通信媒体として LAN (Local Area Network) 及び広域網 (専用線、ISDN 回線) をサポートし、また、通信プロトコルとして業界標準の TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol) 及び SNA (Systems Network Architecture)/LU6.2<sup>(注3)</sup> を採用しているため、幅広いネットワークの構築が可能である。
- (2) LAN 環境でのファイル転送には、TCP/IP の FTP (File Transfer Protocol) を利用しているため、高速かつ大量のデータ転送が可能である。
- (3) 広域環境では、パフォーマンスの高い SNA/LU6.2 プロトコルのサポートに加え、データ圧縮によって高性能なファイル転送を実現している。

図1に FOAS のネットワーク構成について示す。

### 2.3 FOASのサポート状況

当社計算機における FOAS サポート状況を表1に示す。最初は、当社の汎用計算機 EX とサーバ (NetWare<sup>(注4)</sup>) との間で TCP/IP をベースに開発し、そして、SNA (広域) 及びサポート機種種の拡大を行い、現在に至っている。

### 2.4 FOASの運用形態

ホスト計算機とクライアント／サーバシステム間を FOAS で連携することにより、各部門で処理できるデータは各部門へ転送してから処理できるため、ホスト計算機中心のシステムの長所とクライアント／サーバシステムの長所を共に生かした運用が可能である。

以下に、このような運用に有効な FOAS の主な機能を示す。

- (1) 部門主導型ファイル転送機能

分散処理システムは、各々の部門に合った処理システムの

(注2) “UnixWare”は、米国UNIVEL社の登録商標である。

(注3) “SNA/LU6.2”は、米国IBM Corp.の登録商標である。

(注4) “NetWare”は、米国Novell, Inc.の登録商標である。

構築を目的としている。FOAS では、部門の業務処理内容に適切なファイル転送管理ができるため、分散処理システムの長所がより有効に引き出せる。

## (2) ホスト主導型ファイル転送機能

ホスト主導型ファイル転送は、ホスト計算機上でオペレーションを行い、各部門にデータ転送を行う機能である。また、転送の前後にホスト計算機側のバッチジョブ、トランザクションを起動させたり、サーバ側のアプリケーションを起動するなど、各部門側との連携処理が可能である。

## (3) ホスト管理型ファイル配信機能

ファイル配信機能を利用することにより、広域網に接続された多数のクライアント／サーバシステムに対し、同時にファイル配信を行うことが可能であり、ホスト計算機でデータ

を集中管理するようなシステムでは有効な機能である。

## (4) ファイル自動転送機能

クライアント／サーバシステムとホスト計算機間で、指定の日時にファイル転送を行う機能であり、事前に相手計算機名、ファイル名、転送日時などを簡単な操作で指定するだけで、ファイルを自動転送できる。

## (5) サーバの電源自動投入／停止

自動電源システムと組み合わせることによって、サーバの電源オン／オフを含めた自動データ交換処理システムを構築できる。

## 2.5 FOASの運用方法

ここでは、FOAS の運用方法として、ホスト計算機のファイルをサーバ側にダウンロードする場合を例に説明する。

まず、事前準備として以下の作業が発生する。

### (1) ホストアプリケーションの作成

ホスト計算機の基幹データベースからダウンロードするデータを抽出するためのアプリケーションプログラムを、ホスト計算機に用意する。プログラムの起動は、次に示す前処理機能を利用して、サーバ主導で実行することも可能である。

### (2) 前処理／後処理コマンドファイルの作成

ホスト計算機とサーバとの間でファイル転送する場合には、いろいろな付帯作業が発生する。例えば、ホスト計算機のファイルをクライアント／サーバ側にダウンロードしても、文字コードやファイル形式などが違いそのままでは使えないため、コード変換やデータ形式変換といった作業が必要である。

FOAS では、これらの付帯作業を前処理／後処理という形でコマンドファイルとして登録しておくことにより、ファイル転送の前後でこれら付帯作業を実行することができる。

なお、この論文ではコード変換、データ形式変換などのサービス機能についての説明は割愛する。図2 に一般的な利用方法を示す。

### (3) オペレーションの登録

オペレーションの登録とは、ファイル転送及び前処理／後処理の詳細内容を定義することであり、相手計算機名や転送方向、モードなどを端末から会話的に設定する。

### (4) スケジュールの登録

スケジュールの登録とは、オペレーションの実行日時や実行間隔を定義することであり、指定は特定時刻だけでなく、週次・日次・月次・即時実行が選択可能である。

### (5) スケジュールの実行

以上、アプリケーションプログラムの作成や各種定義などの事前準備を完了させ、スケジュールを投入する。この後は、定義内容に従い自動的に実行されるため、実行

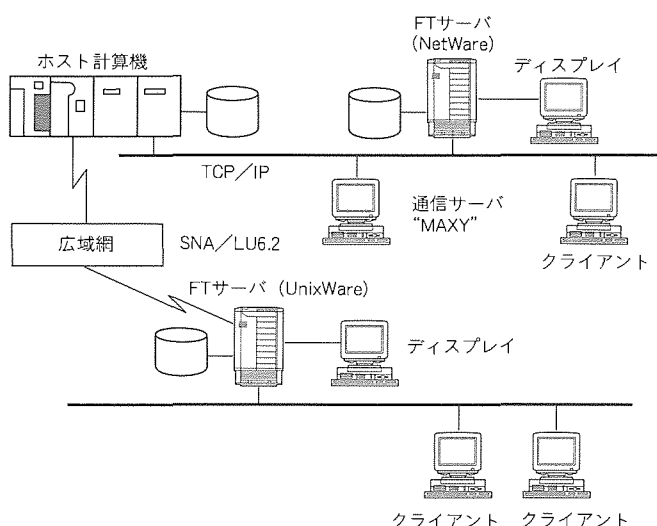


図1. FOASのネットワーク構成

表1. FOASサポート一覧

(94/4 現在)

機種/OS	EX900	EX800/900	apricot FTサーバ	
	MVS	GOS	NetWare	UnixWare
通信プロトコル				
TCP/IP版	○	○	○	△
SNA版	○	×	△	○

(注1) ○：サポート △：開発中又は予定あり ×：未サポート

(注2) NetWareでシステムを組む場合は、通信サーバとしてMAXYが必要(図1)。

(注3) EX800/900：当社汎用計算機

MVS：Multiple Virtual Storage

GOS：Global Operating System

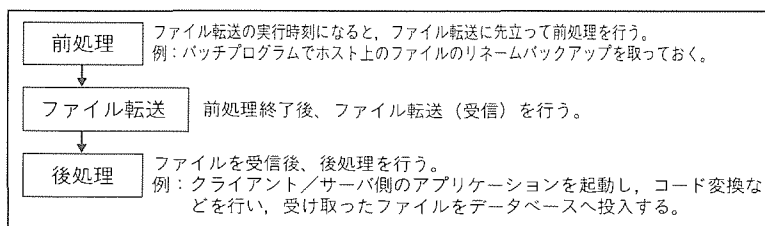


図2. 前処理／後処理の実施例

結果だけを確認すればよい。流れとしては、まず最初に、オペレーション登録で設定した前処理がスタートし、ホストアプリケーションプログラムがリモート起動され、サーバに必要なデータがデータベースから抽出される。そして引き続きメインであるファイル転送が行われ、そのデータをダウンロードする。

### 3. UNIXでの開発方針と実現方法

三菱クライアント／サーバコンピュータ apricot/FTサーバでは、従来の NetWare 版に加え、UnixWare 版を発表した。これに伴い、この上で動く FOAS の開発を行った。この章では、UnixWare 版における開発方針及び実現方式について紹介する。

#### 3.1 開発方針

##### (1) ユーザー要求の高い SNA 版 FOAS を優先サポート

ホスト計算機としては EX 900 シリーズ (MVS (Multiple Virtual Storage)) 又は IBM メインフレームを第一ターゲットとし、既設のネットワーク環境をそのまま利用でき、導入／運用費用の安価な SNA 版 FOAS を優先的に開発することにした。なお、主な基本仕様について表 2 に示す。

##### (2) SNA/LU6.2 手順のサポート

通信プロトコルとして、プログラム間の対等通信を実現する SNA/LU6.2 手順を採用することにした。この結果、従

来の LU 2 (端末エミュレータ経由) 上でのファイル転送に比べ、より高い性能が達成できた。

##### (3) MNA-P の対等ファイル転送手順を採用

SNA/LU6.2 上のファイル転送手順として、実績のある当社の統合ネットワーク MNA-P (Multi-shared Network Architecture-Packet) のサービス機能である対等ファイル転送手順を採用した。また、そのロジックを三菱エンジニアリングワークステーション ME から流用し、開発効率や信頼性を向上させた。

##### (4) TCP/IP 版 FOAS についても十分考慮

この後、開発を予定している TCP/IP 版 FOAS についても十分考慮に入れ設計することとし、連続性のある開発が実現できるようにした。

##### (5) 他 UNIX 計算機にも簡単に移植可能

また、UNIX の移植性の高さにより、この開発での成果は効率良く三菱エンジニアリングワークステーション ME/R シリーズなどに移行できる。

#### 3.2 実現方式

##### (1) FT サーバから直接ホスト計算機に接続可能

NetWare 版では FT サーバ上に通信プログラムを動作させる方法は行っており、FT サーバ上ではファイルサーバ、プリントサーバ、データベースサーバといった専用の業務を集中的に処理させ、FOAS のような通信処理は三菱 AX パーソナルコンピュータ “MAXY” 上で動かし、MAXY を通信サーバとして処理させる方式を採用している。また、FOAS 開発当初における FT サーバの CPU パワーでは、通信サーバを利用した方が、システム全体の性能は高いと判断したからでもある。

一方、UnixWare 版では、通信サーバのような設備を利用するのではなく、より経済的なシステム構築を可能とするため、通信ドライバから FOAS プログラムまですべてを FT サーバ上に開発し、直接ホスト計算機に接続できるようにした。

##### (2) 最大 64 kbps の通信速度をサポート

ファイル転送には高速性が要求されるため、通信回線として ISDN の回線交換接続をサポートし、最大 64 kbps の高速通信を実現している。

##### (3) データ圧縮機能のサポート

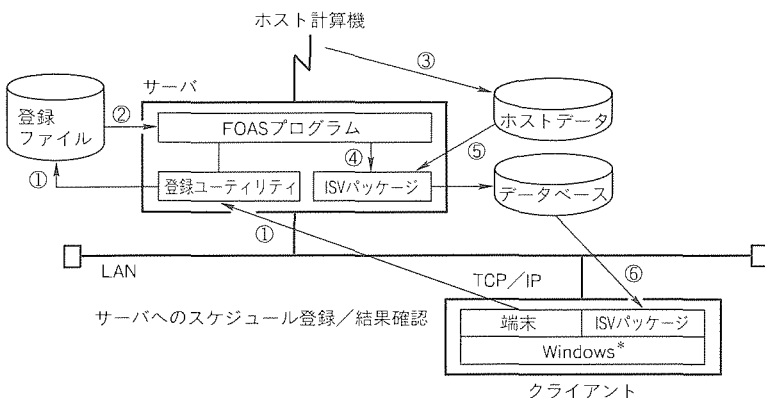
また、MNA-P の対等ファイル転送手順を採用したことによりデータ圧縮機能が働き、平均で 30 % の性能を向上させており、通信コストの削減にもなっている。

##### (4) 自動リカバリ処理をサポート

広域網では LAN に比べ回線の品質が劣る

表 2. SNA版FOASの基本仕様

適用通信回線	専用通信回線 (～19.2kbps)
	公衆通信回線 (～64kbps) (ISDNターミナルアダプタによるINS64回線交換接続)
通信回線数	最大 2 回線
伝送制御手順	SNA/SDLC二次局
サポート LU タイプ	LU6.2



- ① オペレーション/スケジュール定義の作成/登録…ユーザー操作
- ② スケジュール時刻でのオペレーション実行……………FOAS
- ③ オペレーション定義に従ったファイル転送……………FOAS
- ④ 後処理によるISVパッケージの起動……………FOAS
- ⑤ データベースの更新……………ISVパッケージ
- ⑥ クライアントからのデータベースアクセス……………ユーザー操作

注 \* “Windows”は、米国Microsoft社の商標である。

図 3. FOASを利用した業務フロー

ので、エラー発生時は設定されたリトライ間隔及びリトライ回数に従ってエラーリカバリを行っている。これにより、信頼性の高い転送を確保している。

#### (5) ISV パッケージとの組合せ

今後、UnixWare 上には多数の ISV (Independent Software Vendor) パッケージが搭載されてくるが、FOAS と ISV パッケージを組み合わせることにより、ユーザーに使い勝手の良い業務が可能である。

図 3 はクライアント及びサーバ上のデータベースとして ISV パッケージを使用した例であり、さらに、FOAS と組み合わせ、ホスト計算機上のデータベースから定期的にデータを抽出し、サーバ上のデータベースを更新するフローを示している。

### 4. システム運用例

システム運用例として、本社と各営業所間での売上状況のデータ交換及び各営業所から生産工場への出荷指示を定期的に行い、運用させている例を紹介する。

#### (1) 午前 4 時 (ホスト夜間バッチ起動：図 4)

本社ホスト計算機のバッチジョブが起動され、各営業所へ配信する最新の売上状況データをホスト基幹データベースから抽出後、必要に応じてサーバのデータベースで取り扱えるファイル形式にデータ変換を行い、配信ファイルを作成する。

#### (2) 午前 6 時 (ファイル受信：図 5)

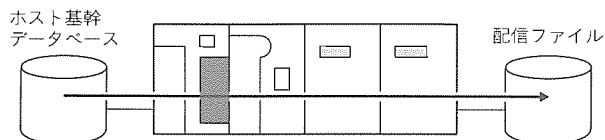


図 4. ホスト夜間バッチ起動

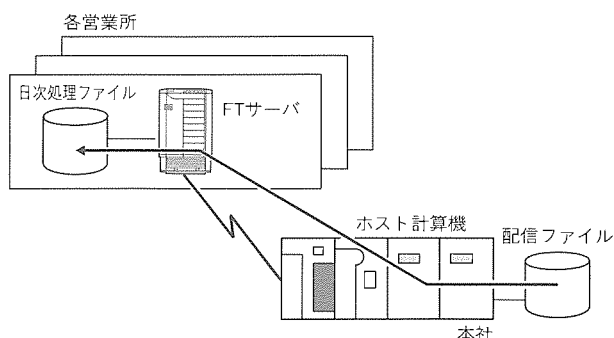


図 5. ファイル受信

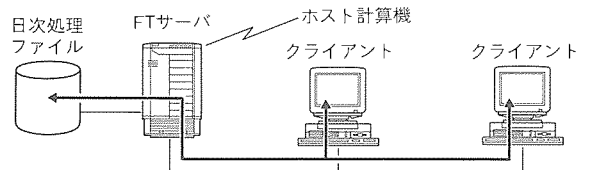


図 6. 最新データの確認/入力

自動電源システムによって各営業所の FT サーバの電源がオンとなり自動的に起動される。その後、FOAS がホスト計算機の配信ファイルをサーバ側にダウンロードし、受信したファイルは必要に応じてコード変換を行い、サーバ上のデータベースに格納する。

#### (3) 午前 9 時 (最新データの確認：図 6)

サーバに格納されているファイルは、すぐに 1 日の業務データとして使えるようになっており、クライアントから簡単に売上状況などの情報をアクセスすることができる。

#### (4) 午後 6 時 (最新データの入力：図 6)

各営業所へ帰社した営業マンは、その日の売上データ及び生産工場へ指示するための出荷データをクライアントから入力し、サーバのデータベースを更新する。

#### (5) 午後 10 時 (ファイル送信：図 7)

日中に処理された業務データがサーバに格納されているので、FOAS が、このファイルをホスト計算機へアップロードする。

#### (6) 午後 11 時 (ホストデータベース更新：図 8)

本社のホスト計算機のバッチジョブで、営業所から受け取ったデータを処理し、ホスト計算機のデータベースを更新する。

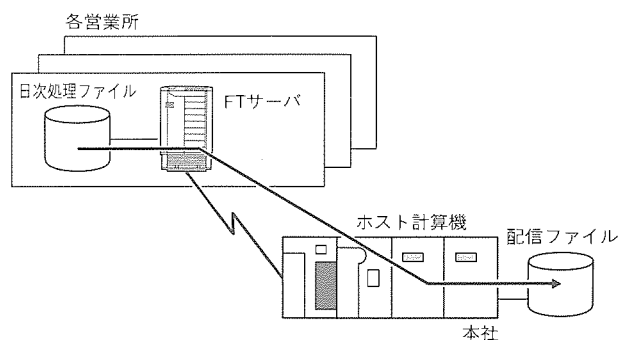


図 7. ファイル送信

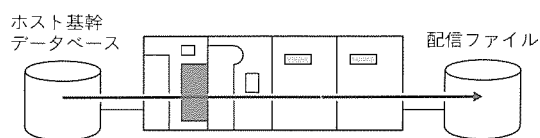


図 8. ホスト計算機データベース更新

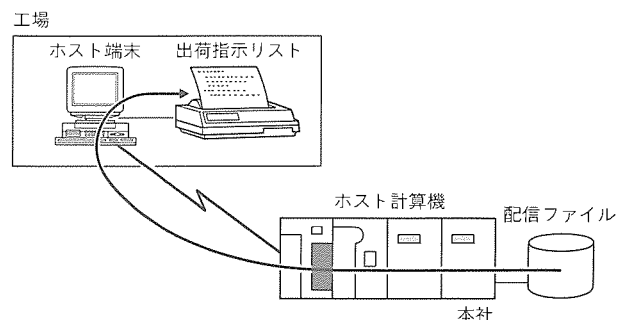


図 9. プリント出力

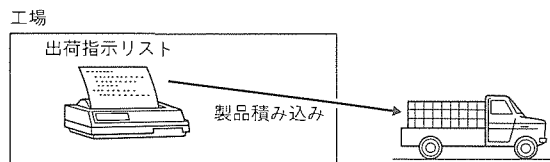


図10. 製品運送

(7) 午後11時(プリント出力：図9)

また同時に、生産工場へ指示するための出荷データを工場にあるプリンタへ出力する。

(8) 午後11時(クライアント／サーバシステム)

一方、クライアント／サーバシステムでは、FOASの自動シャットダウン機能及び自動電源システムによってサーバが自動的に停止し、電源がオフされ、1日の業務を終える。

(9) 翌午前8時(製品運送：図10)

本社ホスト計算機から出力された出荷指示リストをもとに、指示された製品をトラックに乗せ、顧客へ運送する。

## 5. む す び

以上、当社の通信ミドルウェア FOAS の基本機能、及び UnixWare における開発方針と実現方式を中心に紹介した。FOAS は転送するデータ量に関係なく、常にファイル転送

をベースにホスト計算機とクライアント／サーバシステムを連携する方式であり、手軽に使い、自由度も高いので、ホスト計算機とクライアント／サーバシステム間における十分かつ有効な業務連携システムが実現できる。

クライアント／サーバの普及は緒についたばかりであるが、今後広く普及し使いこなされていくにつれ、例えば、“少量のデータを頻繁に転送する場合は、ファイル転送ではなく、アプリケーションプログラム間での連携をしたい”、“オペレータを介さずにスケジュールを自動的に投入したい”などのより高度なユーザーニーズも出てくると思われる。

FOAS は、このような高度なユーザーニーズにも基本的に対応できるような技術的考慮を設計時に行っており、今後は FOAS をより一層使いやすいシステムとするため努力していきたい。

## 参 考 文 献

- (1) 足立 肇, 五味仁志：FTP 自動管理システム, MTC 技報 (三菱電機東部コンピュータシステム(株)), 8, 51 ~ 55 (1993)
- (2) ホストと C/S システムとの連携機能を大幅に強化, MVS 用 FOAS も登場, MELCOM EX News, No.24, 6 ~ 7 (1993)

# フレームリレー交換装置 “MELPAX6000”

菊地信夫\* 長谷川勝也\*\* 谷口 順\* 吉良廣文\*\* 西門 裕\*\*

## 1. ま え が き

近年、コンピュータシステムのダウンサイジングが進み、LANによって複数のワークステーションやパソコンを結合した分散処理環境が増加している。それに伴い、広域ネットワークによるLAN間接続などの高速なデータ通信の要求が高まっている。

現在、広域通信にはパケット交換網や専用回線などが使用されている。しかし、最大でも64kbps程度の公衆パケット交換網では速度的な問題があり、また、バースト性があるデータ通信に対しては専用回線接続では回線効率が悪く、さらに、複数の対地間を専用回線で接続するにはコスト的に問題がある。このような広域のLAN間接続などの高速データ通信に適した通信方式として、フレームリレーが注目されている。フレームリレーは、伝送路の高品質化を背景として実用化された技術であり、データの送達確認やフロー制御などを省略してプロトコルを簡略化し、高速なデータ転送を実現する。

アメリカやカナダなどにおいては既にフレームリレーサービスが開始されており、国内においても幾つかの公衆フレームリレーサービスが開始され、又は予定されていることもあり、今後の普及が期待されている。

当社は、このような広域ネットワークによる高速なデータ通信の要求にこたえるために、高速パケット交換装置“MELPAX 5000”をベースとして、フレームリレー端末に加えて従来のパケット端末も同時に収容できるフレームリレー交換装置“MELPAX 6000”を開発した。

本稿では、MELPAX 6000の特長、装置構成、仕様及び機能について述べる。

## 2. MELPAX6000の特長

フレームリレー網の基幹装置となるMELPAX 6000には、以下のような特長がある。

### (1) フレームリレー端末と高速X.25パケット端末の混在収容

1.5Mbpsまでのフレームリレー端末に加えて、1.5Mbpsまでの高速X.25パケット端末を混在収容することが可能である。そのため、既存のX.25パケット端末及びホストはそのまま使用しながら、新しいフレームリレー端末を導入することができる。したがって、既存システムを有効利用しながら、

パケット交換網からフレームリレー網へ経済的に移行することが可能である。

### (2) データ処理LSIによる高速なフレームリレー処理

フレームリレー処理のうち、ユーザーデータフレームの転送処理は、ファームウェア制御のデータ処理LSIによって行う。このデータ処理LSIは、送信用と受信用の2種類のファームウェアによってそれぞれ送信処理と受信処理を互いに独立に並行して実行できるため、フレーム転送処理の高速化を実現し、装置内転送遅延時間を大幅に短縮している。

### (3) 高速な網内中継処理

X.25パケットデータもフレームリレーデータと同様に、交換装置間の転送はフレームリレーに準じた独自の中継方式によって行うため、高速に網内中継処理が行え、遅延時間が短縮される。

### (4) 冗長構成による高信頼化

装置管理部の二重化及び回線制御部の $N+1$ 予備化によって、冗長構成を持たせて高信頼化を実現している。

### (5) 小規模から大規模まで最適なネットワーク構成が可能

ビルディングブロック形式による16回線単位のユニットごとの装置構成が可能で、1ユニット構成での小規模ネットワークから、複数ユニットで1局を構成し中継線で結合した大規模ネットワークまで、ニーズに合わせたネットワークを構成できる。

### (6) ネットワークの保守運用が容易

局ごとにローカル保守コンソールを接続することによって、監視・試験機能が実現でき、大規模ネットワークの場合は、網管理装置を組み合わせることによって、ネットワーク全体の監視・制御・試験・加入者/網構成データ設定が可能となり、保守運用が容易になる。

## 3. 装置構成と仕様

### 3.1 装置構成

MELPAX 6000は、装置の中核として、装置の監視・保守運用・網運用管理・網制御を行う装置管理部と、回線単位で機能し、呼制御・端末回線制御・中継制御を行う回線制御部の二つの処理部から成り立っている。これらの処理部は装置としての高信頼化を図るため、図1に示すとおり、装置管理部は完全二重化、回線制御部は $N+1$ 予備化( $N$ :最大8)という冗長構成をとっている。さらに、電源部についても二重化構成をとり、信頼性を高めている。

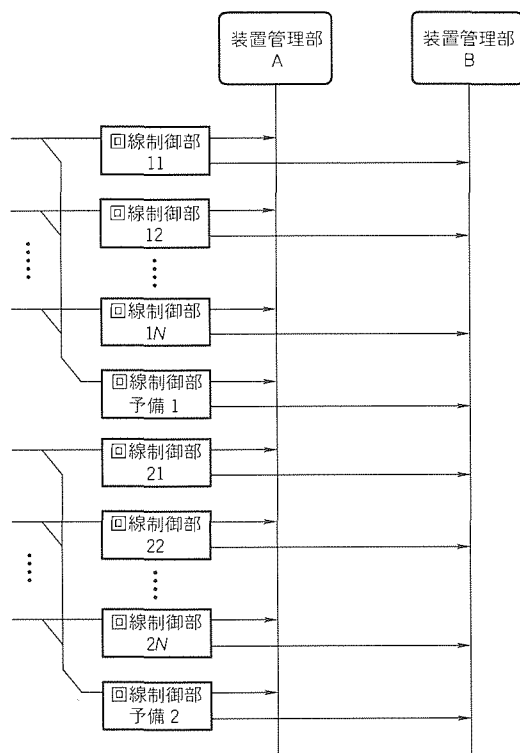


図1. MELPAX6000の冗長構成

### 3.2 装置仕様

表1の装置仕様に示すように、MELPAX 6000ではフレームリレー、X.25パケットとも1.5Mbpsの高速回線収容を実現し、加えて、フレームリレーでは10,000フレーム/秒、X.25パケットでは5,000パケット/秒の処理能力を実現している。

また、MELPAX 6000ではビルディングブロック形式を採用し、16回線単位のユニットごとに装置を構成できることから、1ユニット単独の架構成とすることも、1架2ユニットの構成とすることもできる。さらに、拡張架を増設することによって1局当たりの端末回線数を最大142まで増やすこともできる。図2に1架1ユニット構成時のMELPAX 6000の外観を示す。

### 3.3 通信サービス仕様

MELPAX 6000は、フレームリレー端末とX.25パケット端末との混在収容を可能にし、フレームリレー端末間及びX.25パケット端末間の通信をそれぞれ同時に行うことが可能である。それぞれの通信サービス仕様について、表2にフレームリレーの仕様を、表3にX.25パケットの仕様を示す。

フレームリレーでは、FECN(順方向明示的ふくそう(輻輳)通知ビット)とBECN(逆方向明示的輻輳通知ビット)による端末への輻輳通知、輻輳や障害を端末に通知しフレーム廃棄を防止する役割を持つCLLM(統合リンクレイヤマネジメント)メッセージの送出といった、フレームリレーの標準仕様をサポートしている。一方、X.25パケットでは、ロングパケット通信、代表番号接続を始めとするサービス機

表1. MELPAX6000の仕様

項 目	仕 様
収容回線数	中継回線：最大8 端末回線：最大142
回 線 速 度	中継回線：192kbps～1.536Mbps 端末回線：9.6kbps～1.536Mbps
回線インタフェース	V.24, V.35, X.21, I.431 (オプション) RS-449, 高速デジタル線インタフェース
収容プロトコル	フレームリレー：TTC JT-Q.922-A パケット：ITU-T X.25 (80年版, 84年版)
性 能	フレーム リレー
	処理能力：10,000フレーム/秒 同時接続呼数：2,048
性 能	パケット
	処理能力：5,000パケット/秒 同時接続呼数：1,984
概 略 寸 法	1,100(H)×800(W)×800(D) (mm) (1ユニット構成) 2,100(H)×800(W)×800(D) (mm) (2ユニット構成)
電 源	AC100V (二重化)
消 費 電 力	1.8kVA (1ユニット構成) 3.6kVA (2ユニット構成)
環 境 条 件	温度：0～40℃ 湿度：30～85%

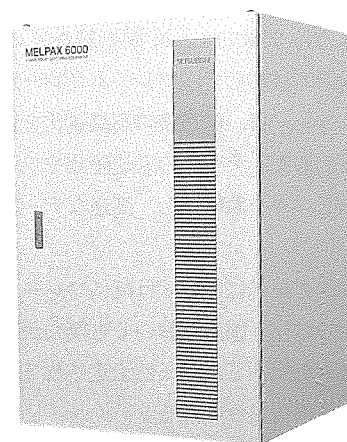


図2. MELPAX6000の外観

能をサポートしている。

フレームリレー端末間通信とX.25パケット端末間通信を同時に行えることから、例えば、X.25パケット端末はそのまま使用しながらLAN間通信をフレームリレーで行うなど、新たにフレームリレーを導入するという形で、既存のパケット交換網をフレームリレー網へ容易にかつ経済的に移行することができる。

## 4. 機 能

### 4.1 通信系機能

MELPAX 6000では、通信系機能として端末間通信機能と網内中継機能を備えている。これらの機能は、装置管理部と回線制御部とで以下のように処理を分担して実現している。

#### (1) 装置管理部

呼の接続と輻輳・障害の管理を行う。



表 2. MELPAX6000通信サービスの仕様 (フレームリレー)

項 目		仕 様
基本サービス	通 信 形 態	PVC
	最大情報フィールド長	4,350オクテット
	アドレス長	2 オクテット
	DLCI値の範囲	16～991 (このうち128DLCIのみ同時使用可)
	輻 輳 通 知	FECNビット 輻輳時“1”に設定 BECNビット 輻輳時“1”に設定
付加サービス	C I R	サポート
	DEビット	CIR超過時“1”に設定
	統合リンクレイヤマネジメント (CLLM) メッセージ	以下の場合に送出 ●網/相手故障 ●軽輻輳 ●重輻輳
	PVC状態確認	以下の標準に準拠 JT-Q933-A ITU-T Q933-A ANSI T1.617-D

PVC : パーマネントバーチャルサーキット

DLCI : データリンクコネクション識別子

FECN : 順方向明示的輻輳通知

BECN : 逆方向明示的輻輳通知

CIR : 認定情報速度

DE : 廃棄可能表示

表 3. MELPAX6000通信サービスの仕様 (X.25パケット)

項 目		仕 様
基本サービス	通 信 形 態	PVC, VC (バーチャルコール)
	最大パケット長	4,096オクテット
	同時使用論理 チャンネル数	124論理チャンネル/回線 (1,024オクテット以下) 62論理チャンネル/回線 (4,096オクテット以下)
	ウィンドウサイズ	7 (256オクテット以下) 2 (4,096オクテット以下)
付加サービス	主なサポート機能	●代表番号接続 ●グループ閉域接続 ●着信課金 ●デフォルトスループットクラス選択 ●ファストセレクト ●スループットクラスネゴシエーション

## (2) 回線制御部

回線種別に対応したデータ (パケット/フレーム) 処理、データ転送及び輻輳・障害の監視と制御を行う。

回線制御部は、立上げ時に回線種別に対応したソフトウェアとファームウェアを選択することによって、同一のハードウェアで異なる回線種別に対応することができる。

回線制御部内のデータ (パケット/フレーム) 処理の流れは、図 3 の①～⑥に示すように 6 通りに分類される。①と②はデータ処理 LSI によってデータ処理を行い、③～⑥はデータ処理 LSI とソフトウェアによってデータ処理を行う。

ここで、データ処理 LSI には、比較的単純で高速性が要求される機能を実行させ、ソフトウェアには、複雑だが高速性はさほど要求されない機能を実行させるというように、機能分担を行う。さらに、それぞれが並行して処理を行うこと

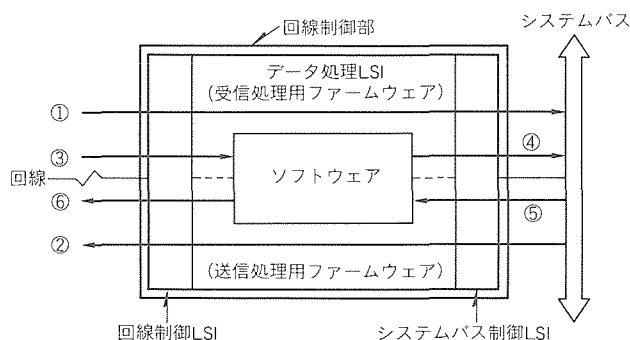


図 3. 回線制御部内のフレーム (パケット) 処理の流れ

によって、装置全体としての高速処理を実現している。

ここでは、フレームリレー端末間通信機能、X.25パケット端末間通信機能及び網内中継機能について、回線制御部の機能を中心に述べる。

## 4.1.1 フレームリレー端末間通信機能

フレームリレー端末間の PVC (Permanent Virtual Circuit) 接続による通信を実現する。また、FECN, BECN による端末への輻輳通知、CLLM メッセージによる障害・輻輳通知や、PVC 状態確認手順の実行など表 2 に示す各通信サービスを提供する。

フレームリレー端末回線を収容する回線制御部内のフレーム処理の流れは、フレームの種類によって異なる。データフレームについては図 3 の①と②の流れで行い、PVC 状態確認手順のためのフレームは③と⑥、CLLM メッセージによる故障・輻輳通知は⑥の流れで行う。このように、データフレームについては、データ処理 LSI によってすべての処理を行うことによって高速なフレーム処理を実現している。

ここで、データ処理 LSI とソフトウェアは、以下のよう

## (1) データ処理 LSI による機能

- 回線制御 LSI とシステムバス制御 LSI をハンドリングし、フレームの送/受信を実行する。
- 回線から受信したデータフレームの DLCI (データリンクコネクション識別子) を更新する。
- 入力トラヒックの監視を行う。
- 輻輳状態に応じて、FECN と BECN を設定する。
- 統計情報のカウントを行う。

## (2) ソフトウェアによる機能

- 各 PVC の状態を管理し、PVC 状態確認手順を実行する。
  - CLLM メッセージを作成し、端末に PVC 状態を通知する。
  - データ処理 LSI の処理に必要な情報を、テーブルインタフェースによってデータ処理 LSI に通知する。
- 端末への輻輳通知の様子を図 4 に示す。障害の通知は、図

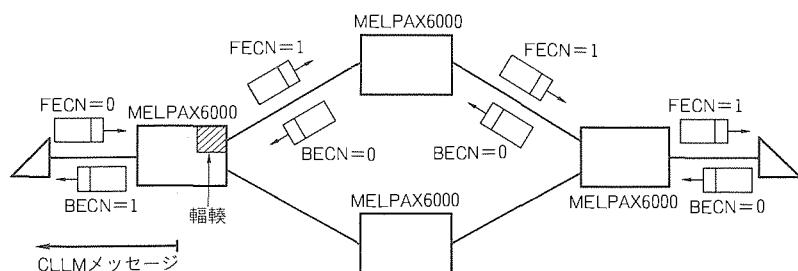


図4. 輻輳通知の様子

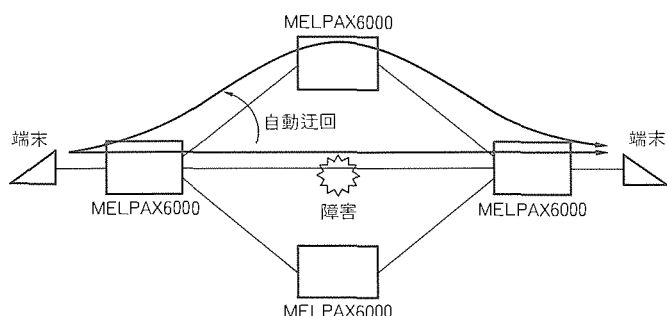


図5. 自動迂回

のCLLMメッセージと同様に、端末を収容する局が行う。

#### 4.1.2 X.25パケット端末間通信機能

X.25パケット端末間のPVC又はVC(Virtual Call)接続による通信を実現する。

X.25パケット端末回線を収容する回線制御部内のパケット処理は、図3の③④及び⑤⑥の流れで行う。

ここで、データ処理LSIとソフトウェアは、以下のよう  
に機能分担を行っている。

##### (1) データ処理LSIによる機能

(a) 回線制御LSIとシステムバス制御LSIをハンドリングし、パケットの送/受信を実行する。

##### (2) ソフトウェアによる機能

(a) 網内の障害及び輻輳状態の監視・制御を行う。

(b) パケットレベルの処理を行う。これによって表3に示す各サービスを実行する。

(c) 統計情報のカウントを行う。

#### 4.1.3 網内中継機能

網内の中継は、X.25パケットデータもフレームリレーデータと同様にフレームリレーに準じた独自の方式によって行う。これは、DLCIに相当する情報を含む中継ヘッダを両データに共通的に付加し、この中継ヘッダの情報に基づいて中継処理を行うことによって可能となる。

中継回線を収容する回線制御部内のフレーム(パケット)処理は、図3の①と②の流れで行う。すなわち、データ処理LSIのみによる高速な中継処理を実現している。中継処理に関するデータ処理LSIとソフトウェアの機能を、それぞれ以下に示す。

##### (1) データ処理LSIによる機能

表4. 管理系機能一覧

監視	装置状態監視 回線状態監視 発着局間中継経路監視
統計	統計データ収集
試験制御	障害ログ収集 回線折り返し試験 回線トレース 回線閉塞/閉塞解除
加入者/網構成データ設定	加入者データの設定/変更 網構成定義の変更

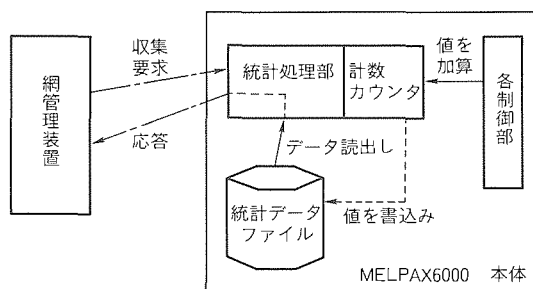


図6. 統計データの流れ

(a) 回線制御LSIとシステムバス制御LSIをハンドリングし、フレーム(パケット)の送/受信を実行する。

(b) 中継回線から受信したフレーム(パケット)の中継ヘッダの情報を更新し、中継処理を行う。

(c) 網内管理情報は、他のフレーム(パケット)より優先的に中継処理を行う。

(d) 統計情報のカウントを行う。

##### (2) ソフトウェアによる機能

網内全局の協調によって、以下の機能を実現する。

(a) 網内の障害・輻輳状態を監視し、状態変化があった場合は網内の全局に通知する。

(b) 網内の状態に応じて、図5に示すように自動的に迂回路を選択する。

#### 4.2 管理系機能

MELPAX 6000では、管理系機能として、監視・統計・試験制御・加入者/網構成データ設定の各機能を備えている。これらの機能は、ローカル保守コンソール又は網管理装置“MELPAX 7200”を使用することで実現可能である。ローカル保守コンソール又は網管理装置で実現できる管理系機能を表4に示し、以下にその機能について述べる。

##### 4.2.1 監視機能

MELPAX 6000では、ローカル保守コンソールを利用して保守コンソール接続局の運転状態や障害状態、接続回線状態を監視することができる。また、大規模ネットワークの場合は、網管理装置を用いることによって、ネットワーク全体の状態監視を行うことができる。

ローカル保守コンソール又は網管理装置は、オペレータのコマンド指示によって、指定された局へ状態監視要求パケッ

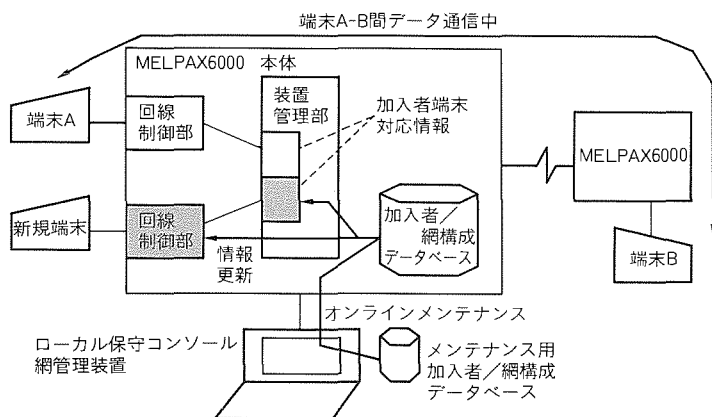


図7. 加入者／網構成データ設定機能の実現構成  
(新規加入者端末登録の例)

トを送信する。MELPAX 6000 は、この状態監視要求パケットを受信すれば、応答パケットを作成・送信する。ローカル保守コンソールや網管理装置は、応答パケットを受信して、パケット内の情報から運転状態や障害状態を認識し、オペレータに対し画面表示で監視結果を知らせる。状態監視によって取得できる情報は以下のとおりである。

- (1) ユニット状態（電源状態、FAN 状態を含む。）
- (2) 装置管理部の運転状態
- (3) 回線制御部の運転状態、輻輳状態
- (4) 回線種別、回線状態
- (5) 発着局間中継経路状態

#### 4.2.2 統計機能

MELPAX 6000 の統計機能では、回線ごとの送受信フレーム数・パケット数など、ネットワークの利用状況及び負荷状況を表すトラヒック統計、及び輻輳による廃棄フレーム数や輻輳発生回数など障害発生・復旧状態を把握するための障害統計を収集・保存する。

図6に統計データの作成から収集までの流れを示す。MELPAX 6000 の回線制御部など各制御部では、フレーム（パケット）の送／受信など事象発生時に、内部で持っている計数カウンタを加算し、定時刻ごとに計数カウンタの統計データを統計データファイルに書き込み、保存する。保存された統計データは、網管理装置からの収集要求パケットに対する応答パケットとして網管理装置に送信される。

#### 4.2.3 試験制御機能

ローカル保守コンソールや網管理装置で障害発生を検知した場合、障害箇所を特定するための切り分け機能の役割を果たすのが試験制御機能である。

MELPAX 6000 で実現している試験制御機能を、以下に示す。

#### (1) 障害ログ収集

障害発生状況や障害の原因となる事象発生状況をログデータとして作成・保存し、ローカル保守コンソールや網管理装置から収集要求を出すことによって収集される。

#### (2) 回線折り返し試験

折り返し点を設定しデータの送／受信試験を行うことによって、障害の発生箇所を切り分ける。

#### (3) 回線トレース

回線上を流れるフレーム及びパケットをトレースデータとして記録することによって、論理的な接続を確認する。フレームリレーの DLCI や X.25 パケットの論理チャネル指定でのトレースも可能である。

#### (4) 回線閉そく（塞）／閉塞解除

回線を指定して、その回線に対し物理リンク、データリンクの切断及び確立を行う。回線閉塞から一定時間後に閉塞解除する自動閉塞解除機能もある。

#### 4.2.4 加入者／網構成データ設定機能

MELPAX 6000 では、ネットワークを構成する装置情報又はネットワークに接続される加入者端末についての情報を、他ユーザーの通信に影響を与えることなくメンテナンスすることができる。

加入者／網構成データメンテナンスは、図7の実現構成に示すように、ユーザーがローカル保守コンソール又は網管理装置で行うオンラインメンテナンスの方法によって行う。この方法では、MELPAX 6000 はメンテナンス対象の回線制御部の情報及び装置管理部のメンテナンス対象端末対応の情報のみを更新するため、他ユーザーの通信に関係なく加入者／網構成データのメンテナンスができる。

## 5. む す び

以上、MELPAX 6000 の仕様、機能等について述べた。

情報通信ネットワークは、今後ますます広域化・高速化すると予測される。そのためフレームリレーの利用範囲も拡大され、今後の広域データ通信の主流になると考えられる。

また、フレームリレー網は、一般の企業データ通信ネットワークのみならず、電力や公共分野など広域に分散したシステム間の通信が重要となる分野の通信ネットワークにも適している。

このように、多様な利用分野が考えられる広域フレームリレー網であるが、この基幹装置となる MELPAX 6000 も新しい機能の実装や周辺の機能拡張などによって、一層充実した装置にしていく所存である。

# 156Mbps光映像伝送装置

小猿康敬\* 菅野裕子\* 丹治秋人\* 菅野典夫\*

## 1. ま え が き

現在、テレビ放送の映像素材伝送や衛星ビデオ通信の足回り回線等へ適用できる高品質映像伝送に対する要求が高まっている<sup>(1)</sup>。このような要求に対しては、従来から中継・分配による画質劣化のないデジタル伝送方式の映像伝送装置が開発されてきた。これらの装置は、映像信号1chを約100～130Mbps<sup>(2)</sup>で伝送する。また、長距離伝送を目的として、従来の非同期デジタルハイアラキー4次群(97.728bps)に接続できる装置も開発されている<sup>(3)</sup>。

しかしながら、最近の放送機器の高性能化に伴う高品質映像を劣化なく伝送するには、これまでの映像伝送装置の性能では不十分になってきた。また、映像用のA/D変換器も高精度化し、高速動作の10ビットA/D変換器も容易に入手できるようになり、より高品質な映像伝送装置の開発が期待されている。

一方、次世代の通信網である広帯域ISDNにおいては、映像伝送サービスが重要なメニューの一つになっており、同期デジタルハイアラキー(Synchronous Digital Hierarchy: SDH)に準拠した映像伝送方式の検討も進められている<sup>(4)</sup>。SDH網の基本構成であるSTM-1(Synchronous Transport Module Level-1)フレームでは、約140Mbpsの映像データを伝送できるので、従来の非同期デジタルハイアラキー4次群で伝送するよりも高品質な映像伝送が可能

になる。

そこで今回、SDH網のアプリケーションの充実及び高品質映像伝送を目的として、156Mbps光映像伝送装置を開発した。この装置は、映像信号に対し60dB以上の高S/Nを、音声信号に対してもDAT(Digital Audio Tape)並みの高品質を達成した。以下にこの装置の特長、装置概要及び伝送特性について報告する。

## 2. システム構成

156Mbps光映像伝送装置は、映像(NTSC)信号1chと音声信号4chが伝送できる。特に映像信号は、素材品質の映像伝送ができるので、放送局間又は放送局-スタジオ間などの映像素材伝送にも適用できる。図1にこの装置とSDH網を利用して構築できる基本的な映像伝送システム構成例を示す。このシステム構成例の特長は、SDH網を介してこの装置を接続することにより、使用用途に応じて長距離映像伝送システムが容易に構築できる点にある。送信装置は、映像信号と音声信号をPCM符号化し、伝送フレームにPCM符号化データを多重化し、電気/光(E/O)変換して光ファイバ伝送路に信号を送出する。

受信装置は、SDH網を介して入力される光信号を光/電気(O/E)変換した後、伝送フレームからPCM符号化データを多重分離し、映像信号と音声信号を復号する。

図2にこの装置の外観を、表1に主要諸元を示す。

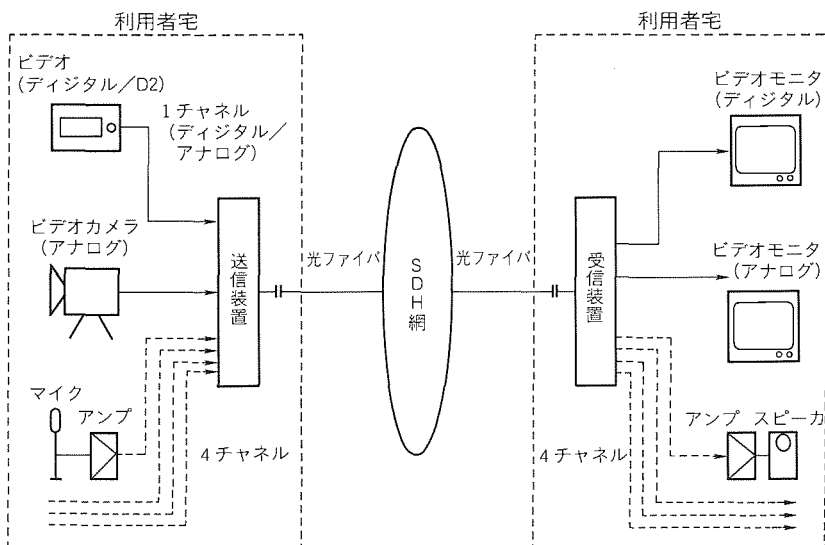


図1. 映像伝送システム構成例

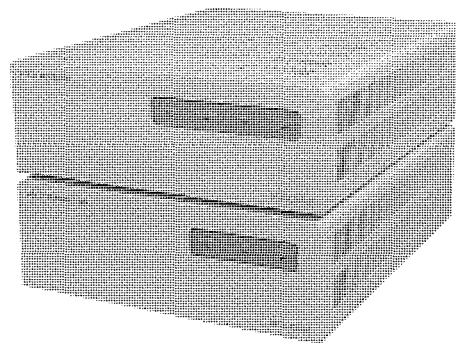


図2. 装置外観  
(上: 受信装置,  
下: 送信装置)

### 3. 特 長

以下にこの装置の特長を示す。

表1. 主要諸元

	項 目	条 件
伝 送 路	伝 送 速 度	155.52Mbps
	伝送路符号	スクランブルド2値NRZ信号
	波 長	1.31±0.05 μm
	消 光 比	13dB以上
	光送信電力 (平均)	-3~-+3dBm
	最大受光電力 (平均)	-17dBm以上
	最小受光電力 (平均)	-35dBm以下
映 像 信 号	入出力信号	NTSC方式ベースバンド信号, 又はデ ィジタル映像信号 (D2フォーマット)
	信 号 帯 域	6 MHz
	入出力インピーダンス	75 Ω (不平衡)
	標本化周波数	14.31818MHz
	量子化ビット数	10bit/Sample
音 声 信 号	入出力信号数	4 ch
	信 号 帯 域	20Hz~20kHz
	入出力インピーダンス	600 Ω (平衡)
	標本化周波数	48kHz
	量子化ビット数	16bit/Sample
筐 体	消 費 電 力	送信60W, 受信51W
	寸 法	110 (H) × 300 (W) × 365 (D) (mm)

#### (1) 高画質・高音質

伝送・中継分配時に品質劣化のないディジタル伝送方式を採用し、システム構成に依存しない高品質な映像・音声を提供できる。また、特に高品質が要求される映像素材伝送への適用を想定し、量子化ビット数を10ビットとし、60dB以上の高S/Nを達成した。

また、20kHz帯域の音声4chを16ビット量子化し、DATと同等の高品質な音声伝送を実現した。

#### (2) デジタル映像収容可能

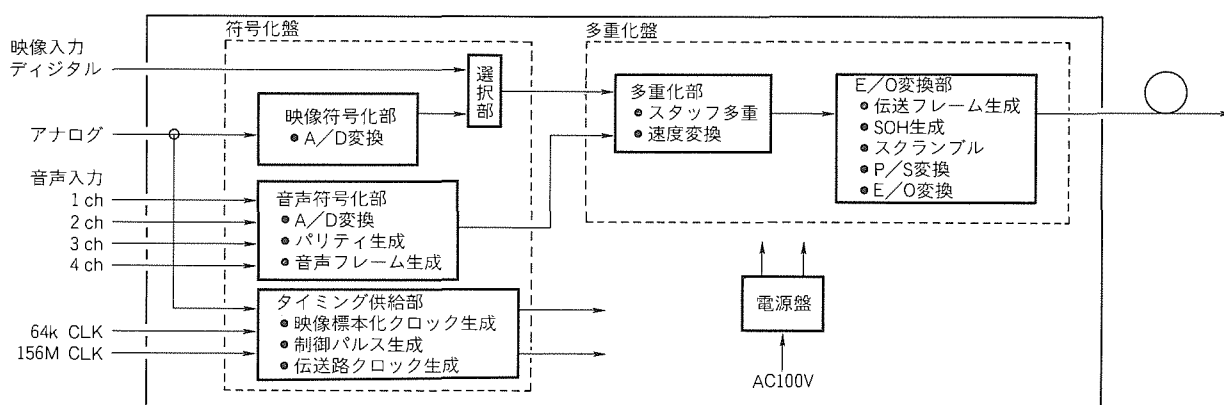
ディジタルVTR等のディジタル映像機器の特長を十分に生かすため、D2規格ディジタル映像信号を直接収容できる構成とし、機器間接続時の画質劣化を無くした。

#### (3) SDH準拠

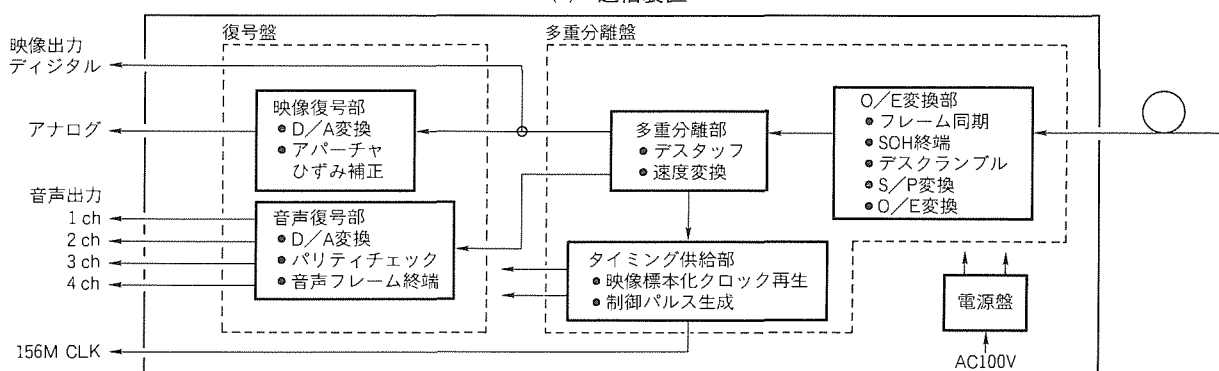
伝送路インタフェースは、ITU-T (International Telecommunication Union-Telecommunication Standardization Sector) 勧告のSDHインタフェースのSTM-1に準拠している。そのため、SDH網を利用した映像伝送システムが容易に構築できる。

#### (4) 小型・低消費電力

SDHインタフェースLSI<sup>(5)</sup>及びIC化光送受信器モジュールの適用によって装置の小型化・低消費電力化・高信頼化を実現した。



(a) 送信装置



(b) 受信装置

図3. 装置構成

## 4. 装置概要

### 4.1 装置構成

図3にこの装置のブロック構成を示す。この装置は、送信装置と受信装置から構成される。以下に、各装置の構成及び動作概要について述べる。

#### (1) 送信装置

送信装置は、符号化盤・多重化盤・電源盤から構成される。

符号化盤は、映像符号化部・音声符号化部・タイミング供給部・選択部から構成される。

映像符号化部では、アナログ映像信号を副搬送波に同期した映像標準化クロックで量子化ビット数10ビットにA/D変換し、映像符号化データを生成する。

音声符号化部では、音声信号を送送路クロックに同期したクロックで量子化数16ビットにA/D変換し、音声符号化データを生成する。さらに、音声符号化データは、将来機器間インタフェースとして採用が予想されるデジタル音声の収容を考慮し、マルチフレーム構成の音声フレーム内に収容される。

タイミング供給部では、アナログ映像信号の映像標準化クロックを生成し、装置内発振器から伝送路クロックを多重化盤へ供給する。装置内発振器は、自走発振だけでなく外部装置からのクロック(64kHz/155.52MHz)に従属同期できる。

選択部では、アナログ映像信号又はD2規格デジタル映像信号のいずれかを選択する。

多重化盤は、多重化部とE/O変換部から構成される。

多重化部は、映像符号化データをスタッフ多重し、音声フレームとともにSTM-1フレームの所定の位置に多重化する。また、スタッフ情報及び映像信号入力断情報もSTM-1フレームに多重化する。

E/O変換部では、伝送路の運用・保守に必要なSOH(Section Overhead)を生成し、スクランブルを行い、STM-1伝送フレームを構成する。

さらに、155.52Mbpsの電気信号を光信号に変換し、光ファイバ伝送路へ送出する。

#### (2) 受信装置

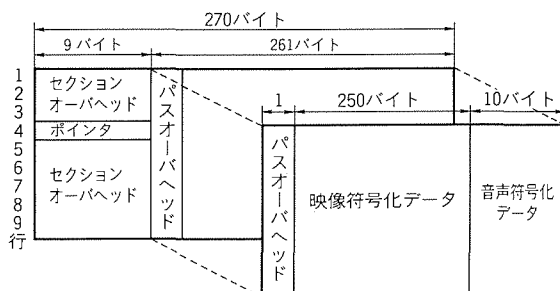


図4. STM-1フレーム構成

受信装置は、多重分離盤・復号盤・電源盤から構成される。

多重分離盤は、O/E変換部・多重分離部から構成される。

O/E変換部では、光ファイバ伝送路からの155.52Mbpsの光信号を電気信号に変換し、STM-1フレームの同期確立後、デスクランブルしてSOHの終端を行う。

多重分離部では、STM-1フレームから映像符号化データをスタッフ多重分離するとともに音声フレーム、スタッフ情報、映像入力断情報も多重分離する。

タイミング供給部では、伝送フレームから各データを多重分離するのに必要な制御パルスを供給し、スタッフ情報を基に映像信号処理クロックを再生する。

復号盤は、映像復号部・音声復号部から構成される。

映像復号部は、映像符号化データをD/A変換し、アパーチャひずみ補正を行い、映像信号を復号する。

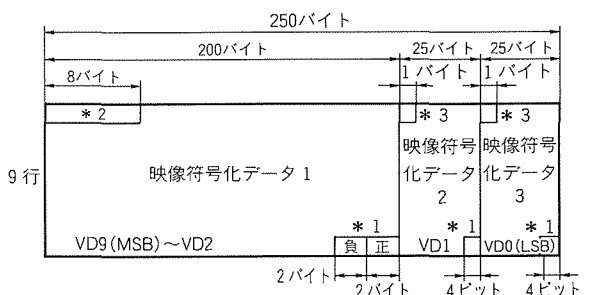
音声復号部は、音声フレームから音声符号化データを分離し、D/A変換して音声信号を復号する。

### 4.2 フレーム構成

#### (1) STM-1フレーム構成

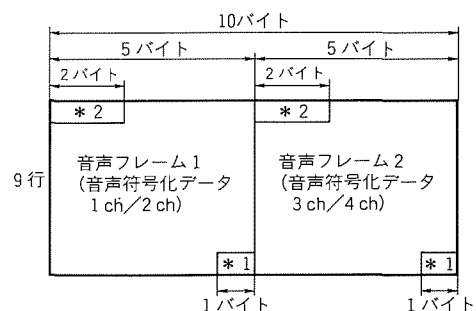
図4にSTM-1フレーム構成を示す。フレーム構成は、ITU-T勧告G707, G708, G709に準拠している。1フレームは270バイト×9行であり、フレーム周期は8kHz(125μs)である。

STM-1フレームは、網の運用・管理情報を伝送するオーバーヘッドと情報を伝送するペイロードから構成される。映像符号化データと音声符号化データは、それぞれペイロード



注\*1: スタッフ領域(第9行目)  
\*2: 映像符号化データ制御情報1(第1行目)  
\*3: 映像符号化データ制御情報2(第1行目)

図5. 映像符号化データフレーム構成



注\*1: スタッフバイト  
\*2: 音声符号化データ制御情報

図6. 音声符号化データフレーム構成

の所定の位置に配置される。

## (2) 映像符号化データフレーム構成

図5に映像符号化データフレーム構成を示す。映像符号化データフレームは、映像符号化データ制御情報と映像符号化データから構成される。映像符号化データ制御情報は、スタッフ情報と映像信号入力断情報から構成される。

映像符号化データは、映像信号の量子化ビット数(10ビット)とSDHインタフェースLSIの並列処理数(8ビット)の制約により3か所に分散配置した。これにより高速動作回路を削減し、低消費電力化を実現した。

## (3) 音声符号化データフレーム構成

図6に音声符号化データフレーム構成を示す。音声符号化データフレームは、音声符号化データを2chごとにブロック化した。さらに、将来普及が見込まれるディジタルオーディオインタフェースに対応できるよう各ブロックごとに音声フレームを構成した。

図7に音声フレーム構成を示す。音声フレームは、1サブフレームで音声符号化データ1サンプル分のデータを収容し、2chで1フレームを構成する。さらに、192フレームを1ブロックとするマルチフレーム構成とした。また、音声符号化データフレームには、音声フレームと伝送フレームが非同期でも収容できるよう、スタッフバイトと音声符号化制御情報の領域を設けた。音声符号化制御情報にはスタッフ情報を配置した。

## 4.3 符号変換方式

### (1) 映像符号化方式

映像信号の符号化方式は、直線PCM符号化方式とした。標準化周波数は、副搬送波周波数に同期した14.31818MHz(副搬送波周波数の4倍)とし、量子化ビット数は10ビットとした。

### (2) 音声符号化方式

音声信号の符号化方式は、直線PCM符号化方式とした。標準化周波数は、伝送路クロックに同期した48kHz、量子化ビット数は16ビットとした。

また、A/D変換方式として48kHzの64倍オーバーサンプリング方式を採用した。

## 5. 伝送特性

### 5.1 ジッタの画質に与える影響

ディジタル伝送系を利用して映像伝送システムを構成する際には、一般に再生クロックジッタが画質を劣化させることが知られている<sup>(6)</sup>。このジッタは、受信装置で映像信号を復号したとき搬送色信号に位相変調を与え、再生画像に位相妨

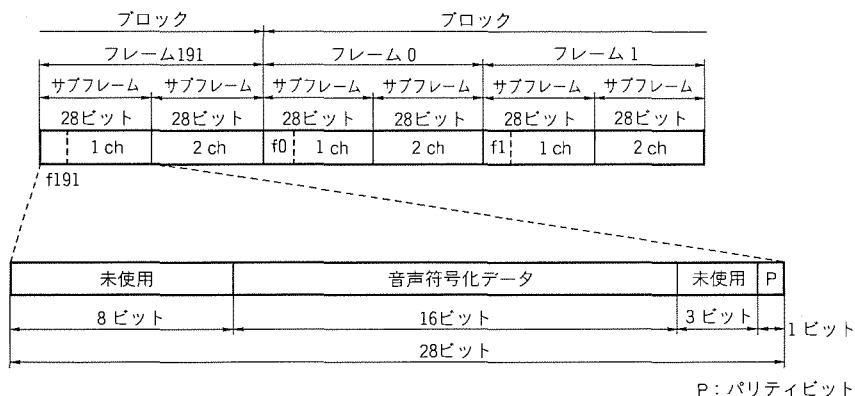


図7. 音声フレーム構成

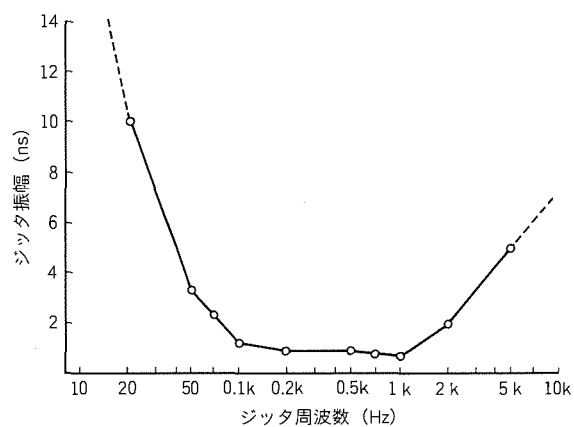


図8. 検知限ジッタ振幅測定結果

害・振幅妨害となって現れる<sup>(7)</sup>。特に、この装置で採用した量子化ビット数10ビットのA/D、D/A方式では、従来の8ビットA/D、D/A方式と比較してその影響が特に顕著に現れることが予想される。

そのため、この装置で発生する再生クロックジッタが画質に与える影響を明らかにした。

図8に、カラーバー信号に対する検知限ジッタ振幅の測定結果を示す。ジッタ周波数によって検知限ジッタ振幅の値は異なるが、検知限ジッタ振幅の最小値は、0.7 ns<sub>p-p</sub> (−40 dB: 0 dB = 1/14.31818 MHz)であった。

この値は、8ビットA/D、D/A方式の検知限ジッタ振幅<sup>(8)</sup>と比較して6 dB以上も小さく、S/Nが高くなった分、ジッタの影響が大きくなったことが分かる。

次に、この装置で発生する再生クロックジッタを測定した。ディジタル伝送系では、スタッフ率が変化すると再生クロックジッタも変化することが知られている<sup>(9)</sup>。スタッフ率は、標準化クロック周波数と伝送路クロック周波数の相対値で決定される。この装置の標準化クロック周波数の安定度は、EIA (Electronics Industries Association) の同期信号規格(RS-170 A)にマージンを加えて±10 ppm以内とした。また、伝送路クロック周波数の安定度は、±20 ppm以内とした。

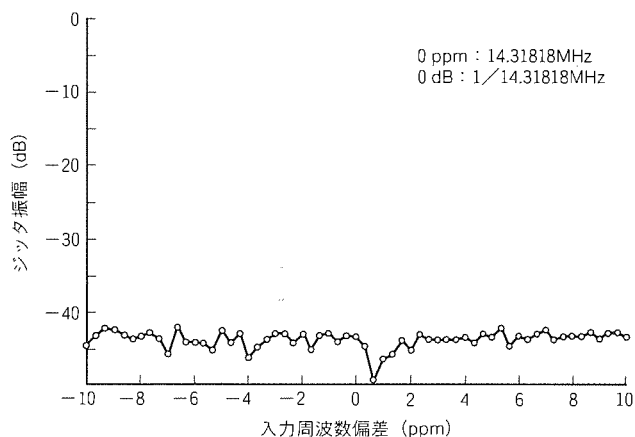


図 9. 再生クロックのジッタ振幅

伝送路クロック周波数を 155.52 MHz  $\pm$  20 ppm, 標本化クロック周波数を  $\pm$  10 ppm の範囲で変動したときの再生クロックジッタ振幅について評価を行った結果, 再生クロックジッタ振幅は -42 dB 以下であった。

図 9 に評価結果の一例を示す。図は, 伝送路クロック周波数を 155.52 MHz とし, 標本化クロック周波数を  $\pm$  10 ppm の範囲で変動したときの再生クロックジッタ振幅である。

以上の結果から, 再生クロックジッタ振幅は検知限ジッタ振幅以下であり, クロックジッタの画質への影響はないと考えられる。さらに, 再生した映像信号を主観評価した結果, ジッタによる画質劣化はなく良好な画質を得た。

## 5.2 伝 送 特 性

表 2 にこの装置の伝送特性 (送信装置・受信装置対向) を示す。各評価項目に対し目標値を満足する良好な結果を得た。

## 6. む す び

LSI 化により小型, 経済化した 10 bit/sample の高品質映像伝送が可能な SDH 準拠映像伝送装置を開発した。この装置は, 2 地点間伝送だけでなく, SDH 網を利用した中継・分配など多様な映像伝送システムの要求に対して柔軟に対応することができる。

## 参 考 文 献

- (1) 杉田裕次: 映像時代を支える映像伝送サービスとテレビジョン中継サービス, NTT 技術ジャーナル, 29 ~ 31 (1992-3)

表 2. 伝送特性

項 目		目 標 値	測 定 値
映 像 信 号	利得周波数特性	$\pm 0.5$ dB 以内	+0.2 dB 以内 -0.3 dB
	雑音特性 (無評価)	60 dB 以上	61 dB
	波形特性		
	ライズタイム	0.2 $\mu$ s	0.13 $\mu$ s
	ラインスロープ	2.5% 以下	1.5%
音 声 信 号	フレームスロープ	5.0% 以下	0.6%
	非直線性ひずみ特性		
	微分利得 (DG)	1% 以下	0.9%
	微分位相 (DP)	1° 以下	0.7°
	入出力間利得	$\pm 0.5$ dB 以内	+0.3 dB 以内 -0.5 dB
音 声 信 号	利得周波数特性	$\pm 0.5$ dB 以内	+0.1 dB 以内 -0.4 dB
	ノイズレベル (無信号時)	-70 dBm 以下	-74.5 dBm
	全高調波ひずみ率特性		
	対入力レベル	0.05% 以下	0.03% 以下
	対入力周波数	0.05% 以下	0.04% 以下
音 声 信 号	チャンネル間漏話特性	-74.0 dB 以下	-85.0 dB
	対映像遅延差	$\pm 4.0$ ms 以下	2.3 ms

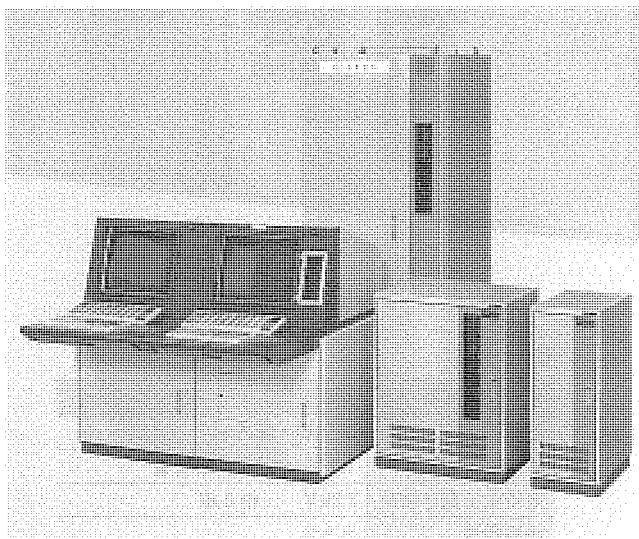
- (2) 松下 究, 一番ヶ瀬 広, 菅野典夫, 新福 建, 大島一能, 北山忠義: 卓上型デジタル画像光伝送装置, 昭和 63 年春季信学全大, B-711 (1988)
- (3) 丹治秋人, 松下 究, 本島邦明, 北山忠義: 400 Mbit/s デジタル光画像伝送装置, 信学技報, OCS 88-49 (1988-10)
- (4) 大藤景三, 桑田豊史: SDH 準拠の高品質映像伝送方式, 平成 3 年春季信学全大, B-716 (1991)
- (5) 久保和夫, 田中広之, 飛田康夫, 竹内良祐, 部谷文伸: SDH 155.52 Mb/s インタフェース用 LSI チップセット, 平成 4 年春季信学全大, B-787 (1992)
- (6) 結城皖曠: PCM 伝送系ジッタの CTV 信号への影響, 信学論, 57-A, No.4, 287 ~ 294 (1974)
- (7) 小林幸雄: PCM 伝送系ジッタのテレビ信号に及ぼす影響, 信学論, 58-A, No.2, 89 ~ 96 (1975)
- (8) 丹治秋人, 松下 究, 北山忠義: 400 Mb/s デジタル画像光伝送装置におけるジッタの検討, 平成元年春季信学全大, B-733 (1989)
- (9) 大竹孝平: スタッフ同期多重変換系のジッタ特性, 信学論, 58-A, No.8, 538 ~ 545 (1975)



# スポットライト

# 民間製造業向け統合情報制御システム“MELTAS”

E(電気)・I(計装)・C(計算機)統合化時代の先鞭(鞭)をつけたMELTASは、昭和63年の発売以来、民間製造業の生産システムに対し数百セットを適用してきました。この間のマーケットニーズの変化や技術動向を踏まえ、平成5年にMELTAS新シリーズを完成しました。



MELTAS新シリーズ外観

## 特 長

### (1) 機能・規模にフィットするMELTASシリーズ化

#### ●機能・規模にベストフィットするシリーズ化

OPS650/450, EI650/450

#### ●新設・既設MELTAS間でシステムの連続性、ソフトウェアの上位互換性、操作性の統一性の確保

### (2) 高信頼・多機能バス

#### ●最大40Mbpsの高速大容量

#### ●サイクリック/N:N/同報通信機能

#### ●自動縮退・自動復帰機能の標準サポート

#### ●Ethernet上の汎用パソコンやワークステーションから、MELTAS内の論理変数(タグ、ラベル)名でプロセスデータのアクセスが可能

### (3) 高度オペレーション

#### ●通常のCRTオペレーションはすべてタッチパネル操作でカバー。これによりキーボードのシンプル化が実現

#### ●イメージスイッチキー機能により、従来の操作器具と同一感覚でプロセスの監視操作が可能

#### ●OPSで市販のパソコンツールが実行可能

#### ●Ethernetインタフェース(I/F)サポートにより、OPS内のプロセスデータを情報系へ容易に提供

### (4) パワフルなプロセス制御

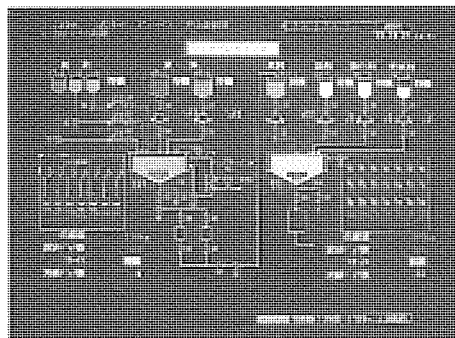
#### ●既設同様、EI650/450のいずれにも必要に応じてCPU・電源・EICシステムバス・IOバス・AIOカード等の冗長化構成が可能

#### ●機能に応じて、任意に実行周期が決定可能

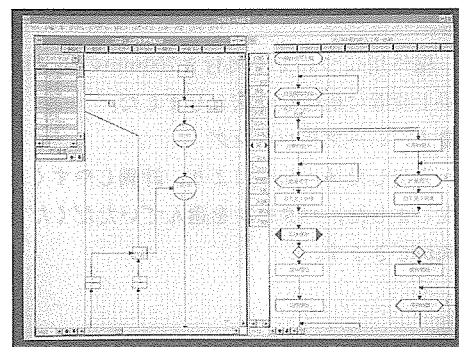
### (5) インテリジェントエンジニアリング

#### ●エンジニアリングには、汎用パソコン(AX, DOS/V)を使用しており、ターゲットマシンは不要

#### ●計装仕様書記述言語により、仕様書(ループ図, フローチャート等)作成のみでソフトウェアへの自動展開、仕様書でのオンラインモニタリングが可能



オペレーション画面



計装仕様書記述言語

## 概略仕様

		概略仕様	
		大規模用	中規模用
EICシステムバス	性能	最大40Mbps (標準20Mbps)	
	接続台数	最大64ステーション	
	通信機能	サイクリック通信, N:N通信, 同報通信	
	冗長化	自動縮退/自動復帰機能	
	冗長化	OPS650	OPS450
OPS	形態	オペコン型	デスクトップ/オペコン型
	メインユニットサイズ	(H)441×(W)221×(D)114 (mm)	—
	サポートCRT台数	2 CRT	1 CRT
	CRTサイズ	21"	14"/20"/21"
	CRT密度	1,472×1,152	736×576
	タッチパネル	超音波	×(14"/20"/21") 超音波 (20"/21")
	リモート設置	—	—
	マウス/トラックボール	—	—
	Ethernet I/F	—	—
	オペレーションメインキーボード	(W)360×(D)180 (mm)	—
	OPEキーボードサイズ	オペレーションサブキーボード (W)160×(D)160 (mm)	—
	サポートタグ点数	最大13,296点/OPS	最大5,024点/OPS
	トレンド収集点数	リアルタイムトレンド 256点/OPS ヒストリカルトレンド 2,048点/OPS	リアルタイムトレンド 256点/OPS ヒストリカルトレンド 896点/OPS
	収集周期	リアルタイムトレンド 1, 2, 3, 4, 5, 6, 10, 20, 30 (秒) ヒストリカルトレンド 1, 2, 3, 4, 5, 6, 10, 20, 30 (分)	リアルタイムトレンド 1, 2, 3, 4, 5, 6, 10, 20, 30 (秒) ヒストリカルトレンド 1, 2, 3, 4, 5, 6, 10, 20, 30 (分)
	蓄積容量	リアルタイムトレンド 3,400点/ポイント (56.6分~28.3時間) ヒストリカルトレンド 2,800点/ポイント (48時間~120日)	—
EIコントロールステーション	EI650		EI450
	形態	キュービクル	デスクサイド
	サイズ	(W)800×(H)1900×(D)180 (mm)	EI450S(W)315×(H)800×(D)550 (mm) EI450D(W)630×(H)800×(D)550 (mm)
	冗長化	—	—
	RIO, MELSEC NET I/F RS-232C I/F	—	—
	その他のインテリジェントカード	VSDバス 別途カード	—
	POL	32Kステップ	16Kステップ
	SCOL	384チップ	64チップ
	DDC	ループタグ 320タグ ステータスタグ 640タグ	ループタグ 128タグ ステータスタグ 320タグ
	DDC	ループタグ 320タグ ステータスタグ 640タグ	ループタグ 128タグ ステータスタグ 320タグ

# スポットライト ビル用高圧受電設備 SFキュービクル

前面操作、前面保守構造のビル用薄形高圧受電設備“F Fキュービクル”を昭和55年に業界に先駆けて発売して以来14年が経過し、この間に蓄積してきたお客様のニーズ及び製造技術を結集し、このたび“SFキュービクル”を開発しました。SFキュービクルは好評をいただいているFFキュービクルを中小容量受電設備に特化させ、屋外仕様のメニューアップ及びオイルレス化を図り、更にコンパクトにした製品です。

## 特 長

### ●コンパクトサイズ

前面操作・前面保守で、制御回路を各々の主回路にマウントした各盤制御方式とし、奥行き700mmを実現しました。ビルの限られたスペースの中での効率的な配置が可能です。

### ●オイルレス(不燃化)

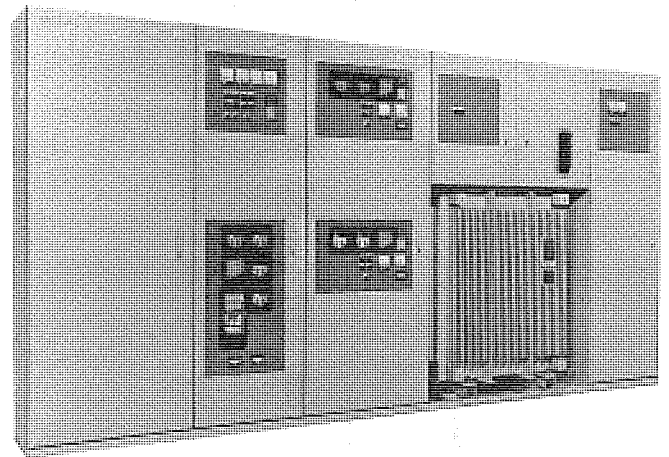
配電用変圧器に不燃性のガス絶縁変圧器を業界に先駆けて標準採用し、安全性を高めています。

### ●屋外薄形盤

屋外用についても奥行き700mmの超薄形を実現し、ビルの屋上設置に最適な寸法としました。

### ●イーザープランニング

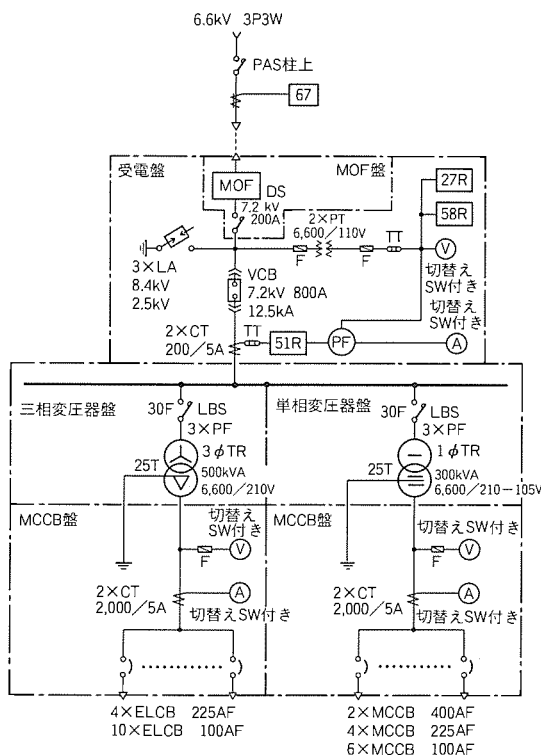
充実したメニューにより、計画しやすく、しかも短納期を実現しました。パターンを選んでいただくだけで、受電設備の計画ができます。



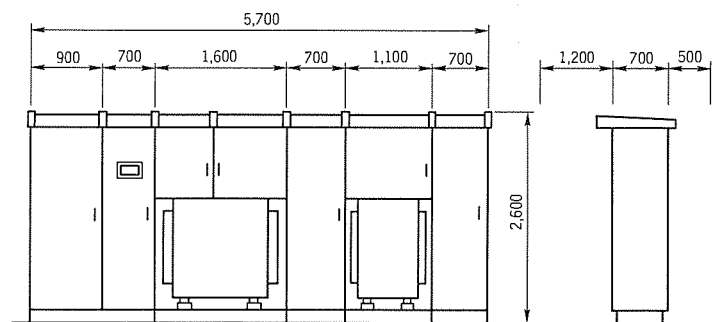
屋内用SFキュービクル外観

## 仕 様

項 目	仕 様
形 式	屋内形・屋外形
適 用 回 路	6 kV 1 回線CB受電
定格電圧及び相数	7.2kV 三相 3 線
絶縁階級	6 A号
定格周波数	50/60Hz
定格短時間耐電流	12.5kA 1 秒 ガス絶縁形 3φ3W 6,600/210V
配電用変圧器	500, 300, 200, 100kVA 1φ3W 6,600/210-105V 300, 200, 100kVA



屋外用SFキュービクル外形寸法図



単位：mm



# 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 知的財産渉外部  
特許営業グループ Tel/(03)3218-2137

## 文字入力装置 (特許 第1484452号)

この発明は、漢字など多字種の文字を入力する文字入力装置に関し、特に漢字認識装置において誤読や読取不能が発生した場合の文字入力方式に関するものである。

従来この種の装置は、音訓入力などの入力装置を用いていたので、文字の類似度が考慮されず、その結果、操作性に問題があった。

この発明は、文字認識装置の認識結果を用いて文字入力を行うことを特徴とし、誤読や読取不能が発生した場合の文字入力操作性を改善することを目的とする。すなわち、図1はこの発明の実施例にかかわる処理フローであり、入力時に入力手段(1)を通じて、文字認識手段(2)から入力されるべき文字に最も似た文字が文字セット記憶手段(3)に記憶された文字セットの中から選択され、文字表示手段(4)に表示される。この時、入力すべき文字と選択された文字が一致する場合にはそのまま出力され、一方、不一致のときは同等類似度の範

発明者 前田陽二、南部 元

囲内に定められた対応文字セット記憶手段(5)から対応文字セットを表示し、指示・選択手段(6)を通じて入力すべき文字が選択される。図2に、対応文字セットの一例を示す。

以上のようにこの発明によれば、類似度の等しい範囲内に定められた対応文字セットを表示させ、そこから文字選択を可能にしたので、認識手段の誤読による入力ミスが防止でき、操作が容易になるという利点がある。

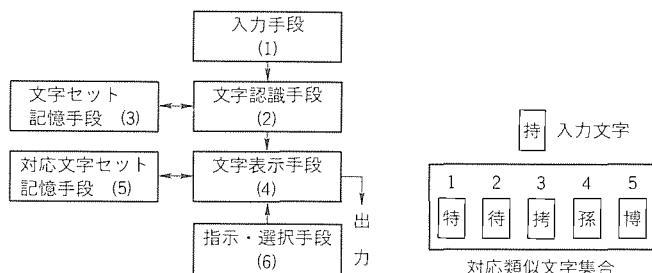


図1

図2

## 高周波用電磁リレー (特許 第1301252号)

この発明は、高周波回路を切り換えるために用いる高周波用電磁リレーに関するものである。

従来、高周波回路を切り換えるための電磁リレーとしては同軸リレーが使用されているが、形状が大きく高価であった。また、形状が小さく安価な一般の電磁リレー(図1)を高周波回路の切換えに使用すると、接片や端子のリードインダクタンスのために図2に示すように高周波側の挿入損失が多いという欠点があった。

この発明は、上記従来の欠点を解消するためになされたもので、図3に示す切換え部の構造を持ち、端子(2)、(3)、(4)のシールドケース(1)を貫通する部分に各端子を取り囲むように誘電体(2b)、(3b)、(4b)を設け、これらの誘電体をメタラ

発明者 小野英世

イズ部(2c)、(3c)、(4c)でシールドケース(1)にそれぞれはんだ付けすることによりインダクタンス補償素子、例えば貫通形コンデンサ(2A)、(3A)、(4A)を形成し、さらに接地端子(5)としてシールドケース(1)を利用するように構成される。図4は、このように構成されたこの発明にかかわる電磁リレーの挿入損失に対する周波数特性を示すもので、特に高周波領域における挿入損失が軽減されている。

以上のようにこの発明によれば、接片又は端子リードのインダクタンスを補償する素子を電磁リレーに内蔵したので、高周波での挿入損失の少ない小型で安価な高周波用電磁リレーを提供できる。

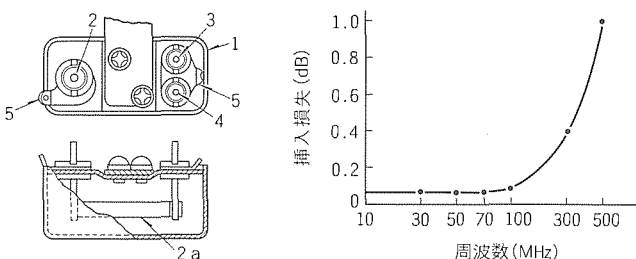


図1

図2

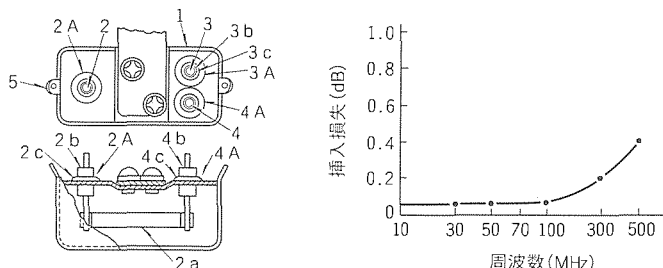


図3

図4



# 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 知的財産渉外部  
特許営業グループ Tel (03) 3218-2137

## 磁気記録装置 (特許 第1708677号)

発明者 加茂正義, 佐々木 肇

この発明は、磁気ディスク装置の記録情報をアナログ信号として再生し、そのアナログ信号のピーク点を検出してデジタルパルスに変換するデータ弁別回路を備えた磁気記録装置に関するものである。

従来、磁気ヘッドから再生される正負極性のアナログ信号のピーク時間位置を検出するために、GCR(Group Code Recording)方式と呼ばれるものでは外来雑音の影響等を除去する必要上、データウィンドウパルスを発生させてデータパルスとの論理積をとることにより、データ弁別を行っていた。しかし、この方式ではデータの高密度化が進むとデータパルスがデータウィンドウパルスの中に入らなくなるという欠点があった。

この発明は、上記の欠点を除去すべくなされたもので、データウィンドウパルスから固定ウィンドウパ

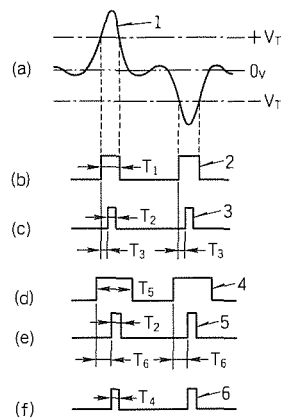


図 1

スを発生させて確実なデータ弁別を可能にした点に主な特徴がある。すなわち、図1に示すように、GCR方式と同様に、(a)のアナログ信号(1)から(b)のデータウィンドウパルス(2)を、微分回路により(c)のデータパルス(3)を発生させる。その後、この発明の特徴である(d)の固定ウィンドウパルス(4)を生成し、(e)に示すデータパルス(3)を所定時間遅延させた遅延データパルス(5)を発生させてこれらの論理積をとり、目的とする弁別データパルス(6)を得るものである。図2にこのための回路構成を示す。

以上のようにこの発明によれば、磁気記録情報が高密度化しても、GCR等の変調方式の信頼性を著しく高めることができるという効果がある。

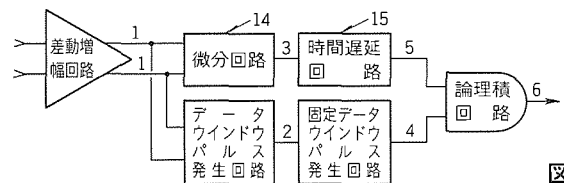


図 2

<次号予定> 三菱電機技報 Vol. 68 No. 5 特集 “冷凍・空調—よりよい環境をめざして—”

### 特集論文

- 冷凍・空調特集に寄せて
- 冷凍・空調の現状と展望
- 空冷式水蓄熱ユニット
- 液冷媒噴射式シングルスクリュウ圧縮機のシミュレーション技術
- ビル用エアコン “シティマルチ” PLHY-LK シリーズの低騒音化
- マルチ型パッケージエアコンにおける高効率自律分散制御
- 分流コントローラのアルミ製プレート型熱交換器
- 床置ビルトイン形ロスナイ

- 都市型住宅用サニタリー・リビング換気システム
- “パノラマアイ”を搭載したルームエアコン
- HFC-134a 対応ロータリ圧縮機及び搭載冷蔵庫
- HCFC-141b 発泡冷蔵庫用断熱材/内箱材料
- 大型冷蔵庫用ツインメカ横置ロータリ圧縮機

### 普通論文

- データ構造変換クラスライブラリ生成ツール
- 情報通信システム分野におけるサービスの体系化
- 広域監視制御システム “MELFLEX III” シリーズ

### 三菱電機技報編集委員

委員長 田岡恒雄  
委員 永田譲蔵 鈴木幹雄  
都築 鎮 大井房武  
尾関龍夫 江頭英隆  
福田哲也 松村恒男  
畑谷正雄 才田敏和  
鈴木軍士郎 鳥取 浩  
幹事 長崎忠一  
4月号特集担当 富永善治

### 三菱電機技報68巻4号

(無断転載を禁ず)

1994年4月22日 印刷  
1994年4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)  
三菱電機印刷株式会社  
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  
「三菱電機技報社」 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

# スポットライト

# 小型産業用ロボット “MELFA Eシリーズ”

“MELFA Eシリーズ”は、小型ロボットのベストセラー“ムーブマスターシリーズ”の豊富な導入実績（昭和50年以来、累計2万台出荷）をもとに、更に性能アップを望むユーザーニーズにこたえ、当社の最新技術を駆使した本格的な小型産業用ロボットです。

“Eシリーズ”は、低価格ながら、ACサーボ・絶対値エンコーダを採用し、このクラスではトップレベルの高速性と高精度を実現しました。また、従来の“ムーブマスターシリーズ”に比べて、6軸仕様を新たに追加し、5軸仕様では不可能だった複雑な作業へのロボットの導入を可能にしました。

ロボットの市場ニーズは、“人手作業の置き換え”を基本に、組立て・加工・検査・マテハン・シーリング・箱詰め・はんだ付け作業など、多種多様にわたっており、今後は、単純作業から、より複合化・知能化を要求される傾向にあります。“Eシリーズ”は、これらの幅広いニーズに適用できる本格的な小型産業用ロボットです。

## 特 長

### ●用途に対応した機種バリエーション

6軸仕様の“RV-E2”，5軸仕様の“RV-E3J”，切削油などの汚れた雰囲気の中でも使用可能であり3K作業や機械加工用途に最適な耐環境性を向上した“RV-E3JM”の3機種をシリーズ化し、用途に合わせて機種選択ができるようにした。

### ●クラス最高の高速、高精度を実現

本体は、CAEと構造解析を活用するとともに、ダイカスト

アームを使用し、軽量化を図った。また、コントローラのメインCPUには、32ビットRISCプロセッサを搭載し、高速処理化を図った。これにより、このクラスでは最高の高速性と高精度を実現した。

### ●コンパクトで高機能なロボットコントローラ

コントローラは、コンパクトサイズながら、各種汎用パソコンとの通信機能があり、最大で入力64点／出力48点の周辺機器との入出力機能や、用途に合わせて機能を付加するための拡張スロットを3ポート有するなど高機能を実現した。また、三次元円弧補間とパレタイズ機能を持っているため、シーリングや箱詰め作業への導入が容易である。

### ●高信頼性と保守性の向上

ロボット本体は、全軸の駆動部に防じん（塵）形オイルシールを使用したので、悪環境での寿命が飛躍的に向上した。また、ACサーボモータを採用しているため、ブラシ交換が不要となり、保守が容易となった。

### ●使いやすさを追求

操作面では、ティーチングボックスを使用し、現場で容易にプログラムの作成やデバッグ作業ができる“ティーチングブレーバック方式”と、オフラインでプログラミングができる“パソコン使用のムーブマスターコマンド方式”を選択可能であり、より使いやすくなった。

### ●人への優しさと安全性の追求

本体の配線配管は、完全内装するとともに、落ち着いた色調と、曲面を多用した柔らかな外観形状に仕上げ、人との親和性と安全性を確保した。

## コントローラ仕様

項 目		仕 様
機種／型式		CR-E116
経路制御方式		PTP制御、CP制御
制御軸数		同時5軸又は6軸
CPU		メインCPU（32ビットRISC） サーボCPU（DSP）
主な機能		関節補間、直線補間、三次元円弧補間 パレタイズ、割込みコントロール、条件分岐 サブルーチン
プログラム容量		計2,000点（48kバイト）
プログラム本数		最大31本
プログラム作成		パソコン及びティーチングボックス
外部 入出力	汎 用	入力20点、出力16点 （最大増設入力20点、出力16点）
	専 用	汎用入出力にユーザーにて割付け
インタ フェース	RS-232C	1ポート（パソコン用）
	RS-422	1ポート（ティーチングボックス用） 拡張スロット数 3（標準用1、オプション用2） ハンド用スロット 1
周囲温度		0～40℃
周囲湿度		45～85％
電源		単相AC200V±10％、50／60Hz、3kVA
接地		第三種接地
構造		自立据置形
外形寸法		約(W)422×(D)510×(H)210 (mm)
本体質量		約265N{約27kgf}

## ロボット本体仕様

項 目	仕 様		
形式	RV-E2	RV-E3J	RV-E3JM
構造	垂直多関節形		
動作自由度	6	5	5
駆動方式	ACサーボモータ		
位置検出方式	アブソリュートエンコーダ		
アーム到達半径 (mm)	621	630	630
最大合成速度 (mm/s)	3,500	3,500	3,500
定格負荷 (N{kgf})	19.6{ 2 }	29.4{ 3 }	29.4{ 3 }
位置繰返し精度 (mm)	±0.04	±0.04	±0.04
周囲温度 (℃)	0～40	0～40	0～40
本体質量 (N{kgf})	約353{36}	約324{33}	約334{34}

