

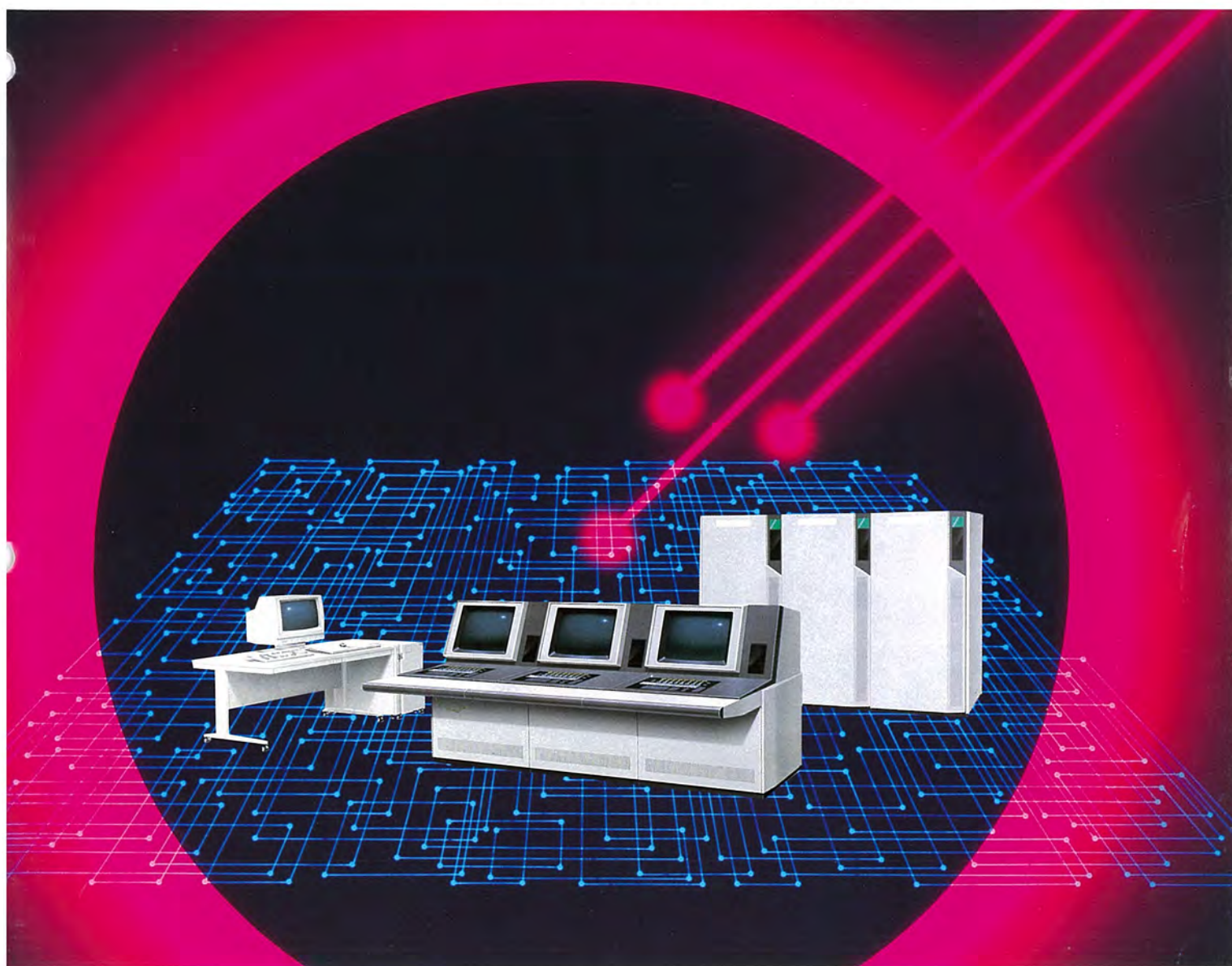
MITSUBISHI

三菱電機技報

MITSUBISHI DENKI GIHO Vol.63 No.5

5
1989

三菱工業用統合制御システム特集



三菱工業用統合制御システム特集

目次

特集論文

三菱工業用統合制御システム特集に寄せて……………	1
大島榮次	
製造業におけるIAシステムの現状と動向……………	2
兵頭太郎	
統合制御システム《MELTAS》……………	5
片岡猪三郎・香川栄一・古屋健司	
統合制御システム《MELTAS》のマンマシンインタフェース……………	13
江上憲位・小川 出・岩崎俊郎・一枝圭祐	
統合制御システム《MELTAS》のエンジニアリング支援……………	18
菊地原博夫・中原敏明・成原弘修・東 健次	
統合制御システム《MELTAS》のアドバンスト制御……………	23
前田和男・小寺嘉一・横原潤一・本野英明	
統合制御システム《MELTAS》の石油化学分野への適用……………	30
幸山和正・松本公雄	
統合制御システム《MELTAS》の食品分野への適用……………	34
小川賢治・内田 努	
統合制御システム《MELTAS》の製紙分野への適用……………	39
伊藤信之・篠原昌人・中道章三	
統合制御システム《MELTAS》の鉄鋼分野への適用……………	43
山中宣也・中村修一・坂本房義	

普通論文

北海道電力㈱気象情報処理システム……………	49
勢登行紘・富原喜宣・流郷忠彦・水谷哲夫・川村行延	
電力系統事故復旧支援エキスパートシステム……………	53
湯木 勝・浜野正幸・渡辺 進・山西麻雄・福井伸太	
三菱新型トラベーター……………	57
柴田勝美・北村茂治	
カラービデオ コピープロセッサ……………	61
和田隆吉・千葉和弘	
高性能光通信用単一モード半導体レーザ……………	65
渡辺 斉・大倉裕二・武本 彰・吉田直人	
3～5μm帯赤外線光学装置の低雑音化……………	69
田治米 徹・若林 諭・森本幸博・玉川恭久・伊東 尚	
CVDプロセスの気相・界面反応……………	73
松井安次・結城昭正・森田訓子・星之内 進	

特許と新案

半導体集積回路装置、マイクロ波集積化リング変調器……………	81
遠方監視制御装置の親局装置……………	82

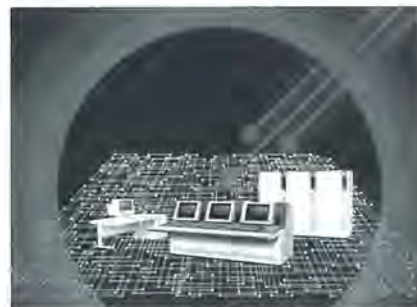
スポットライト

三菱単相送風機専用速度調節器 ファンインバータ……………	77
衛星通信用連接符号化モデム……………	78
三菱クレーン用交流操作ブレーキZB-G, RB-G, MB-Gシリーズ……………	79
32ビットマイクロプロセッサG _{MICRO} M32ファミリ……………	80
三菱音声出力装置VO-01形……………	83
三菱端末機用非常用発電装置〈MCG-T形シリーズ〉……………	84
三菱中容量CVCF装置《MELUPS-8700M, 8700T》……………	85
三菱統合制御システム《MELTAS》……………	86
三菱FAライン用レーザ式変位計シリーズ……………	(表3)

表紙

三菱統合制御システム《MELTAS》

《MELTAS》は、シングルアーキテクチャ思想で作られた電気制御ステーションJP-E, 計装制御ステーションJP-I, 計算機制御ステーションJP-Cの各コントローラと共通なマンマシンインタフェースをプラント規模、制御対象に応じてビルディングブロック方式で自由に結合することによりE.I.Cの統合化を実現するEIC統合制御システムです。



アブストラクト

製造業におけるIAシステムの現状と動向

兵頭太郎

三菱電機技報 Vol.63・No.5・P2～4

製造プロセスに立脚した総合的生産システムをIAシステムと称するが、昨今の需要の高度化・多様化・流動化に対応した製造業の高付加価値化と多品種適量生産を推進するIAシステムについてその重要性和システム機能の動向と課題について述べる。

統合制御システム《MELTAS》の石油化学分野への適用

幸山和正・松本公雄

三菱電機技報 Vol.63・No.5・P30～33

石油化学分野では、産業構造、需要構造の急激な変化に対応するため、①高度安全運転、②省人、省力化を目指した超自動化運転、③最適生産システム、④フレキシブル生産システムの追求が行われている。統合制御システム《MELTAS》は、生産活動の基盤である操業管理・制御システムにおける電気、計装、計算機機能を有機的にかつ効率よく結合でき、効率的なプラント運転を可能とする。本稿では、《MELTAS》の構築例と効果について紹介する。

統合制御システム《MELTAS》

片岡猪三郎・香川栄一・古屋鍵司

三菱電機技報 Vol.63・No.5・P5～12

製造業における自動化が単なる“機械化”から“システム化”へ、更に“統合化”へと発展している。そのパラダイムをIA (INTEGRATED AUTOMATION) という共通な言葉でとらえ、それを実現するものが、三菱統合制御システム《MELTAS》である。それは、プロセス制御に必要な機能、電気(E)・計装(I)・計算機(C)を有機的に結びつけ、効率重視の最適運営が図られ、しかも柔軟な設備計画のもとで増殖的投資効果を産み出すもので本稿ではそのコンセプト、全ぼう(貌)を説明する。

統合制御システム《MELTAS》の食品分野への適用

小川賢治・内田 努

三菱電機技報 Vol.63・No.5・P34～38

食品分野では消費者ニーズの多様化により、①多品種適量生産を効率的に実現、②製品の変更に柔軟に対応、③より一層の安定した品質の確保、が可能な制御・管理システムへの要求が強い。当社では、食品分野での実績を踏まえ、統合制御システム《MELTAS》を核にしたシステム例を構築したので紹介する。このシステムでは、多品種適量生産に合わせて、制御と管理の機能分担の最適化を図り、システム構築の容易化を押し進めている。

統合制御システム《MELTAS》のマンマシン インタフェース

江上憲位・小川 出・岩崎俊郎・一枝圭祐

三菱電機技報 Vol.63・No.5・P13～17

電気・計装・計算機の統合化は、マンマシン インタフェースに対して、機能向上と規模の拡大を要求する。《MELTAS》では、三者三様であった機能を統一思想のもとで統合化し、またユーザーフレンドリ性を徹底追求し、監視・操作点数を拡大することでこたえている。その結果オペレータの管理範囲が拡大して、省力化・省人化が実現でき、ユーザーの様々な要求にも柔軟に対応できるようになった。

統合制御システム《MELTAS》の製紙分野への適用

伊藤信之・篠原昌人・中道章三

三菱電機技報 Vol.63・No.5・P39～42

近年の紙・パルプ製造業は、目まぐるしく変化する環境に対応するため、自動化、最適化、ミルワイド化が積極的に検討され、導入も活発に行われている。このような動向に対して当社は、確立されたシステムアーキテクチャと強力なバスを基盤とした統合制御システムを開発した。

本稿では、調成・抄紙工程での統合制御システムの具体的な導入例を紹介するとともに、その特徴を述べる。

統合制御システム《MELTAS》のエンジニアリング支援

菊地原博夫・中原敏明・成原弘修・東 健次

三菱電機技報 Vol.63・No.5・P18～22

従来、アプリケーション システム対応に個別に存在したエンジニアリング支援環境を、《MELTAS》では、“統一化と共用化”の基本思想により統合化を図った。この統合化エンジニアリング支援環境でのアプリケーション システムに対応したコンポーネント (JP-C, JP-EI, OPS) ごとに、その支援言語、支援環境 (セルフ、リモート) 及び支援ツールについての機能・特徴の概要を紹介する。

統合制御システム《MELTAS》の鉄鋼分野への適用

山中宣也・中村修一・坂本房義

三菱電機技報 Vol.63・No.5・P43～48

鉄鋼分野では近年の厳しい市場環境の中で、製品の高品質化、高付加価値化を最小限の設備投資で実現するというニーズを背景にして、従来各系ごとに独立していた電気・計装・計算機の各システムの有機的結合に対する期待が高まっている。ここでは、統合制御システム《MELTAS》の鉄鋼分野への適用について、その適用効果と焼結、熱延加熱炉、連続焼鈍ラインなどの具体的適用事例を紹介し、併せて今後の展望について述べる。

統合制御システム《MELTAS》のアドバンスド制御

前田和男・小寺嘉一・樫原潤一・本野英明

三菱電機技報 Vol.63・No.5・P23～29

近年、プラント制御の分野で多品種適量生産、トータル最適化に加えて非定常運転の自動化などへの柔軟な対応が求められている。当社では、これらのニーズに答え、従来のDDC制御から前進し、モデル制御・最適化制御はもとよりAI、ファジィなどヒューリスティック制御も取り込み最新のシステム・計算機技術を駆使した統合制御システム《MELTAS》を開発した。本稿は、それらの実用化システム例を踏まえ、基本的な動向と展望について述べる。

北海道電力㈱気象情報処理システム

勢登行紘・富原喜宣・流郷忠彦・水谷哲夫・川村行延

三菱電機技報 Vol.63・No.5・P49～52

北海道電力㈱に納入した気象情報処理システムでは、(財)日本気象協会から提供される各種気象情報と、北海道電力社内観測する雷情報、電線着雪情報などをオンラインで集配信し、災害の予知・初期対応に威力を発揮している。中央給電指令所や北海道内各地の端末装置では、70インチビデオプロジェクトアやカラーハードコピーなど多彩なカラー表現で情報を利用することができる。

Abstracts

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 63, No. 5, pp. 30 ~ 33 (1989)

The Application of a MELTAS Integrated Automation-Control System to a Petrochemical Plant

by Kazumasa Koyama & Kimio Matsumoto

Driven by the need to meet severe fluctuations in the supply of petroleum and the demand for petrochemicals, the petrochemical industry is taking special steps to implement safe, precise plant operation, extended automation (saving labor and reducing personnel requirements), optimized production systems, and flexible manufacturing systems. The MELTAS system efficiently and organically links the monitoring and control of electrical equipment, instrumentation, and computer functions, realizing comprehensive plant-operation control. The article describes the successful application of a MELTAS system to a petrochemical plant.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 63, No. 5, pp. 2 ~ 4 (1989)

The Situation in Integrated Automation-Control Systems for Industry

by Taro Hyodo

Extended production-control facilities integrating multiple, automated manufacturing processes are referred to as IA systems. These systems are capable of supporting small-batch production of many product variants, including high value-added products, so that they can help industries meet market demand for more sophisticated products, wider variety, and greater adaptability within the production cycle.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 63, No. 5, pp. 34 ~ 38 (1989)

The Application of the MELTAS Integrated Automation-Control System to the Foodstuff Industry

by Kenji Ogawa & Tsutomu Uchida

The foodstuff industry must implement sophisticated supervisory-control systems to achieve efficient small-lot production of many product variants, the flexibility to adapt to product variations, and wider safety margins in order to meet diversifying consumer needs safely. The article describes a MELTAS system installed in a food-processing plant, where it implements small-lot production of diverse products, optimizes distribution of control and supervisory functions, and simplifies the plant organization.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 63, No. 5, pp. 5 ~ 12 (1989)

The MELTAS Integrated Automation-Control System

by Isaburo Kataoka, Eiichi Kagawa & Kenji Furuya

The MELTAS system provides the capabilities to implement process control by organically combining management of electrical, instrumentation, and computer functions. Flexibly designed and supportive of efficiency-oriented management, MELTAS systems multiply the utility—and therefore the real value—of existing production facilities. The article describes the concepts and implementation of the MELTAS system.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 63, No. 5, pp. 39 ~ 42 (1989)

The Application of a MELTAS Integrated Automation-Control System to Papermaking Plants

by Nobuyuki Ito, Masato Shinohara & Shozo Nakamichi

The paper and pulp industry has passed through a period of dramatic changes marked by the study and adoption of measures for environmental protection, automation, optimization, and increased mill widths. The MELTAS system features a standard system architecture and an effective high-capacity I/O bus. The article introduces the application of a MELTAS system to the pulp-mixing and papermaking processes.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 63, No. 5, pp. 13 ~ 17 (1989)

A Man-Machine Interface for the MELTAS Integrated Automation-Control System

by Noritaka Egami, Izuru Ogawa, Toshiro Iwasaki & Keisuke Ichieda

This man-machine interface manages the extended electrical, instrumentation, and computer functions that comprise the MELTAS system. MELTAS and its user interface were designed to be user friendly while simultaneously offering the ability to supervise and control large number of nodes. The interface extends the operator's range of control, saving labor and lowering personnel requirements. It also may be customized to suit specific needs.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 63, No. 5, pp. 43 ~ 48 (1989)

The Application of the MELTAS Integrated Automation-Control System to Iron and Steel Plants

by Nobuya Yamanaka, Shuichi Nakamura & Fusayoshi Sakamoto

The iron and steel market has been highly competitive for several years, forcing manufacturers to seek methods of raising product quality, manufacturing high value-added products, and achieving the maximum output from the minimum facility investment. Consequently, there is a large market for IA systems such as the MELTAS, which integrates the necessary electrical, instrumentation, and computer functions in single architecture. The article describes the successful introduction of a MELTAS system into sinter plants, reheating furnaces of rolling mill, continuous casting lines, and other processes, and comments on the system's future prospects.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 63, No. 5, pp. 18 ~ 22 (1989)

Engineering Support for the MELTAS Integrated Automation-Control System

by Hiroo Kikuchi, Toshiaki Nakahara, Hironobu Narihara & Kenji Azuma

Engineering-support environments—usually separate for each application system they help to implement—have been integrated in the MELTAS system. The environment provides a language and tools (JP-C, JP-EI, OPS, etc.) for management, in both local and remote-control modes. The article introduces the functions and features of this environment.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 63, No. 5, pp. 49 ~ 52 (1989)

A Meteorological-Data-Acquisition and Processing System for the Hokkaido Electric Power Co.

by Yukihiro Seto, Yoshinobu Tomihara, Tadahiko Ryugo, Tetsuo Mizutani & Yukihiro Kawamura

The article reports on this on-line system that integrates information from the Japan Weather Association with data on thunderbolt alerts and icing up of power lines from the company's own meteorological observation network. The system is already on line, receiving information and forecasting potential service disruptions and disasters. Information is displayed in color by 70" video-projection system or 14" CRT linked to terminals at the central power dispatching center and other locations in Hokkaido.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 63, No. 5, pp. 23 ~ 29 (1989)

Advanced Control Applications of the MELTAS Integrated Automation-Control System

by Kazuo Maeda, Yoshikazu Kotera, Jun'ichi Ichihara & Hideaki Motono

Plant-control technology must cope with the problems of manufacturing small lots of many different product variants, optimizing total operations, and automating processes and equipment at irregular intervals. R&D at Mitsubishi Electric has made an upward transition from simple direct-digital control (DDC) to model control, optimization control, and AI control techniques involving fuzzy or heuristic logic. The MELTAS system combines these advanced control techniques with the latest computer and systems technology. The article reports on applications of the system, summarizing its trends and prospects.

アブストラクト

電力系統事故復旧支援エキスパートシステム

湯木 勝・浜野正幸・渡辺 進・山西麻雄・福井伸太

三菱電機技報 Vol.63・No.5・P53～56

近年、電力系統の事故様相が複雑化するとともに、事故地域も広範囲化してきており、人手による事故復旧方法では、現状以上の供給支障時間の短縮は難しくなっている。このため、関西電力㈱と三菱電機㈱は給電運用者が迅速・適切な判断・処置がとれるAI技術を導入した電力系統事故復旧支援システムを開発した。今後は、神戸地方給電所で試運用を開始する。本稿ではシステム概要と支援実行例について述べる。

高性能光通信用単一モード半導体レーザ

渡辺 斉・大倉裕二・武本 彰・吉田直人

三菱電機技報 Vol.63・No.5・P65～68

ギガビット級光通信網の光源に使用可能な単一モード半導体レーザとして、当社独自の構造をもつDFB-PPIBHレーザを開発した。結晶成長法にMOCVD法を用い、新しい回折格子制御技術を導入することにより大幅に諸特性を改善し、1.5 μ m帯で最大光出力77mWを得ている。また、寄生容量を低減して高速変調特性を向上した高速DFBレーザを開発した。さらに、最小しきい値3.1mAの極低しきい値DFBレーザを開発し、無バイアス高速伝送の可能性を示した。

三菱新型トラベーター

柴田勝美・北村茂治

三菱電機技報 Vol.63・No.5・P57～60

長距離交通機関のターミナルへのアクセス手段として、動く歩道がクローズアップされている。当社は三菱新型トラベーターとして、従来より幅が400mm広い1600形をラインアップした。1600形は実質の輸送能力が向上するほか、カートや車いすの移送にも便利である。これに合わせ、安全性や意匠デザインの向上も図ったのでこれらを紹介する。1600形については、既にシンガポール チャンギ国際空港及び「横浜みなとみらい21」会場で稼働中である。

3～5 μ m帯赤外線光学装置の低雑音化

田治米 徹・若林 諭・森本幸博・玉川恭久・伊東 尚

三菱電機技報 Vol.63・No.5・P69～72

二次元固体撮像素子を用いた3～5 μ m帯赤外線撮像装置の低雑音化を図るため、①射出瞳をコールドシールドの開口と一致させた開口整合光学装置と、②残留反射の少ない3層反射防止膜を開発した。これらによって装置内部からの熱放射やレンズ表面での反射による不要赤外線を抑制し、環境温度の変化や太陽光の直射下においても信号対雑音比の劣化が少ない赤外線撮像装置を実現可能とした。

カラービデオ コピープロセッサ

和田隆吉・千葉和弘

三菱電機技報 Vol.63・No.5・P61～64

近年の映像機器の発展に伴い、銀塩写真や印刷に対抗できる品質を持つフルカラー ハードコピーの要求が増大している中で、当社はカラービデオ コピープロセッサを製品化した。この製品は、色再現性に優れた昇華法を採用し、フルカラー、高画質はもちろん、豊富な入出力インタフェース、広汎な画像ソースに対応できるオートスキャン画像メモリの採用など、数多くの特長を持っている。本稿では、高画質達成のための工夫点を中心に、本機の構成、原理について概説する。

CVDプロセスの気相・界面反応

松井安次・結城昭正・森田訓子・星之内 進

三菱電機技報 Vol.63・No.5・P73～76

プラズマや紫外線を利用したCVD (Chemical Vapor Deposition) 法が、半導体をはじめとする薄膜の成膜に広く用いられている。本報では、アモルファスシリコン (a-Si:H) の水銀増感光CVDによる成膜を例にとり、気相や薄膜表面でどのような反応が生じているかを解説する。SiH₃やSiH₂などのラジカルの表面吸着による膜堆積と、HやHgHなどによる膜表面からのシランガス (SiH₄) 引抜き反応がダイナミックに生じていることが分かった。

Abstracts

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 63, No. 5, pp. 65 ~ 68 (1989)

High-Performance Single-Longitudinal-Mode Laser Diodes for Optical Communications

by Hitoshi Watanabe, Yuji Okura, Akira Takemoto & Naohito Yoshida

The Corporation has developed a distributed-feedback p-substrate partially inverted buried-heterostructure laser-diode light source to support gigabit data rates in optical-communication networks. This LD was fabricated using metal organic chemical-vapor deposition processes. A new corrugation-control technique has dramatically improved many of the laser's performance parameters, yielding a 77mW maximum output in the 1.5 μ m band. The Corporation has also developed a DFB laser with reduced parasitic capacitance and excellent high-bit-rate modulation characteristics, as well as a low-threshold-current DFB laser (3.1mA) that may lead to high-bit-rate modulation with zero bias.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 62, No. 5, pp. 53 ~ 56 (1988)

The Implementation of a Real-Time Expert System for a Restoration Guide in a Power-Dispatching Center

by Masaru Yuki, Masayuki Hamano, Susumu Watanabe, Asao Yamanishi & Shinta Fukui

It takes substantial time for even a veteran operator to manually pursue a power-system recovery because of the scope and complexity of the recovery operations. This system, developed for the Kansai Electric Power Co., enables rapid fault recovery with improved decisions. The system is now operating in the Kobe Dispatching Center. The article describes the system, giving examples of its operation.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 63, No. 5, pp. 69 ~ 72 (1989)

Noise Suppression in the 3~5 μ m Spectral Region of Infrared Optical Systems

by Toru Tajima, Satoshi Wakabayashi, Yukihiro Morimoto, Yasuhisa Tamagawa & Sho Ito

The optical system of this low-noise 3~5 μ m-band focal-plane-array thermal imager features an exit pupil coincident with the aperture of a cold shield, and a newly developed three-layer antireflection coating with low residual reflection. The optical system has reduced or eliminated much of the radiation from the system interior and from the lens surfaces. The optical system makes it possible to implement high S/N thermal imagers that tolerate ambient-temperature changes and can operate in direct sunlight without significant S/N degradation.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 63, No. 5, pp. 57 ~ 60 (1989)

A New Travator

by Katsumi Shibata & Shigeharu Kitamura

Travators are "moving sidewalks" that close up the distances in sprawling metropolitan transportation terminals. The Corporation has developed a new line of travators that are 1,600mm wide, 400mm wider than their broadest predecessors. The wider size allows the travators to carry more traffic—including carts and wheelchairs that were excluded from narrower models. Other improvements increase the travators' safety and refine their esthetic design. The travators have been installed in Changi International Airport, Singapore, and are being installed at the Minato Mirai 21 convention center in Yokohama.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 63, No. 5, pp. 73 ~ 76 (1989)

Homogeneous and Heterogeneous Reactions in the CVD Process

by Yasuji Matsui, Akimasa Yuuki, Noriko Morita & Susumu Hoshinouchi

Chemical-vapor deposition (CVD) processes employing plasma and ultra-violet light are widely used to fabricate semiconductors and thin films. The authors have elucidated the mechanisms of the homogeneous and heterogeneous reactions that occur during growth of an amorphous silicon film (a-Si:H) by a mercury-vapor photosensitized CVD process. We found that the deposition and incorporation into the film of precursors such as SiH₃ and SiH₂ competes dynamically with the SiH₄ abstraction reaction by H and HgH.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 63, No. 5, pp. 61 ~ 64 (1989)

A Color Video Copy Processor

by Ryukichi Wada & Kazuhiro Chiba

The Corporation has developed a color video copy processor to meet the need for high-quality hard copies of video images. A sublimation-dye thermal-transfer process with excellent reproducibility achieves high-quality, full-color hardcopy images. A complete range of I/O interfaces linked with an autoscanner function and video memory enables utilization of many kinds of image sources. The article describes the technology used to realize the high-quality color reproduction, including the equipment's basic configuration and operating principles.

三菱工業用統合制御システム特集に寄せて

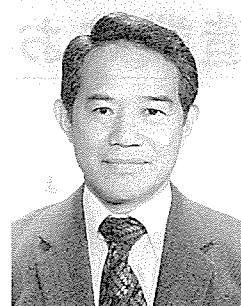
産業革命に始まったいわゆる近代産業の技術進歩の歴史は、自動化の足跡であるとする事も出来る。しかも、それは形を変えて幾つかの波として押し寄せてきている。

ジェイムスワットの蒸気機関の発明に象徴される産業革命そのものが、動力の自動化の実現であったし、その後、内燃機関あるいは電動機などが発明されて、動力を必要とするほとんどの設備は自動化されている。産業用の設備は言うに及ばず、自動車のような乗り物、さらには日常生活における、例えば洗濯機から髭剃りに至るまで、様々な道具の動力が自動化されている。

第一の動力の自動化の波に続いて実現した第二の波が作業の自動化である。こうした波は、ある時期に完結するといった性質のものではなく、現在までも続いて色々な作業の自動化が進められてはいるが、その兆しは動力に引き続いてかなり早い時期に現れた。自動織機が開発された時、労働の機会を失い、自動化に反対した人々が、夜陰に乗じて織機を破壊した、いわゆるダッタイト運動が起こったのは、作業の自動化が始まった頃の出来事であった。現在でも、ロボットあるいはFA化といった名前は異なっているが、これまで人間が手作業で行ってきた仕事がどんどん自動化されている。

第三の自動化の波は、運転の自動化である。自動制御理論が見事に体系化された数学的表現を用いて打ち立てられ、いわゆる無人運転が実現しているシステムは数多い。servoという言葉は、ラテン語のservusに語源を持つ奴隷という意味であり、自分の言う通りになるということで象徴的である。例えば、スペースシャトルなどはその極端な例であり、打ち上げから着陸まで完全に計算機によって制御され、たとえ異常が起きてもそれすらほとんどが計算機によって対処するようになっている。生産システムについても、最近では無人化工場の実現に向けての研究が盛んに行われている。

東京工業大学
資源化学研究所
教授 大島榮次



第四の波は、意志決定の自動化ということが出来よう。意志決定は人間の主体的な活動であるので、その自動化とは奇異に響く言葉ではあるが、意志決定の内容にも高度なものから単純なものまで様々な種類がある。意志決定すなわち判断のメカニズムは、幾つかの判定基準に照らして総合的に結論を出すことであるから、判定基準が客観化されていれば、計算機にそれを代行させることが出来るはずである。最近の計算機の急速な発展によって、例えば人口知能といった方法によって、従来は人間が知識や経験をもとに判断を下していた作業が、自動化されようとしている。

さて、こうした技術の展開の中で、石油化学を始めとするいわゆる装置産業のプラントのオペレーションは、一段と自動化が進み、無人化が実現するのだろうかを見ると、現実には必ずしもそうではない。分散型制御システムが導入されても、依然として現場での最大の関心事は省力化である。プラントオペレーションにおいて人間の最も重要な役割は異常時の対応であると考えられており、異常診断の自動化の研究もかなり進んでは来ているが、実用化にはまだ程遠い状態である。

その最も大きな理由は、自動制御系がその機能を果たすのに必要なレベルにまで、設備の信頼性が達していないことにある。極端に言えば、設備に故障がなければ異常診断の機能も必要では無くなることになる。人間が長い年月の間に蓄積してきた経験によって行っている異常診断を完全な形で自動化することは非常に難しく、ソフトウェアによる合理化の努力に加えて、これからの自動化には設備管理技術の質を向上させる努力が前提であると言える。

今後の運転管理、生産管理、設備管理をトータル的に考える統合制御システムへの発展に期待したい。

製造業におけるIAシステムの現状と動向

兵頭太郎*

1. ま え が き

近年、経済情勢、国際情勢などの環境条件の変化に伴い、需要の多様化は目覚ましいものがある。製造業においても同様に、プロセスイノベーションとプロダクトイノベーションの発展は目覚しく、製造業の設備投資は、従来の生産量拡大追求のための設備投資とは内容的に異なってきた。

製造業において主たる価値を付加する製造プロセスは、質的には需要の高度化・多様化に対応した高付加価値化を志向し、量的には流動的な需要量に対応した可変生産量を志向している。この課題を解決するためには、製造プロセスの制御システム、操業システムを含む生産システムの高度化が必要となる。

当社は、このような製造プロセスの需要に立脚した総合的生産システムをIAシステム (Integrated Automation Systems) と称して、製造業のプロセスイノベーションとプロダクトイノベーションに取り組んでいる (図1)。

2. 製造プロセスの現状

我が国の産業は、原材料たる天然資源のほとんどを海外に依存しているが、その原材料に各種の製造設備で付加価値をつけて最終製品として国内外の需要にこたえている。これらの各種製造設備は、その製造プロセスの主たる付加価値機能により、“反応”、“加工”、“組立て”に大別できる。

“反応”を主たる付加価値とする製造プロセスでは、原材料は反応工程を経て製品となるが、主製品が複数存在したり、副産物的製品もあり、基本的に材料“1”が製品“N”に展開される製造構造といえる。しかも、反応現象は相の変化を伴うから、プロセス対象体は流体・気体であることが多く、生産効率上からも連続処理方式が最適生産方式とされる。

“加工”を主たる付加価値とする製造プロセスでは、材料は無機・有機的に加工する工程を経て製品となるので、基本的に材料“1”は加工されて製品“1”となる製造構造が多い。この分野はプロセス対象体は固体が多いが、個別的に、しかもロットで処理するため、生産方式としてバッチ処理方式が採用される。

“組立て”を主たる付加価値とする製造プロセスでは、複数個の材料 (部品) を無機的に組み立てあげる工程を経て製品となるので、基本的に材料 (部品) “N”が組み立てられて製品“1”となる製造構造である。プロセス対象体は固体であり、流れ作業によるディスクリート処理方式が基本の生産方式となる。

上記いずれの分野においても、製造設備は操業するために作業者を必要とし、製造プロセスは、外乱に対してプロセスを適正に維持する自動制御機能が必要とする。自動制御機能を制御方式によって“計装制御”、“演算制御”、“シーケンス制御”に分類すれば、“反応”分野では計装制御、“加工”分野では演算制御、“組立て”分野ではシーケンス制御が各々基本制御方式となっている (図2)。

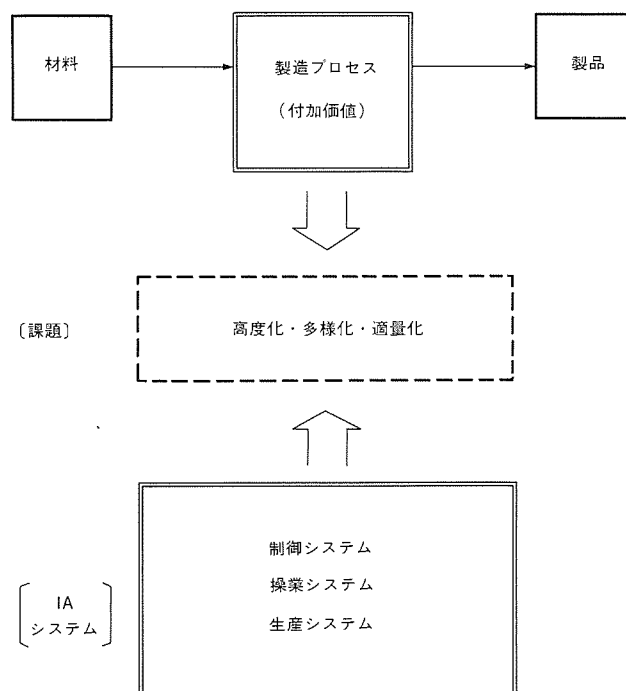


図1. 製造プロセスとIAシステム

	製造プロセス		
付加価値	反応	加工	組立て
製造構造	1-N	1-1	N-1
生産方式	連続処理	バッチ処理	ディスクリート処理
基本制御	計装制御	演算制御	シーケンス制御

図2. 製造プロセスの分類

また、作業者と関連の深いマンマシンインタフェース方式は、“反応”分野では被制御対象を直接監視できないのでCRT (Cathode Ray Tube) オペレーション方式が主流となり、“組立て”分野では被制御対象は直接監視が可能のため固定画面的な操作盤方式が主流と

なっている。“加工”分野は、“反応”分野と“組立て”分野との中間に位置しており、各々独自の作業性の上で発展した。

各分野で基本となる制御方式、マンマシンインタフェース方式などが異なるために、各独自の制御システムアーキテクチャが展開されている。しかし、付加価値当たりの材料費・労務費（加工費）・経費の和を最小値にし、さらに高付加価値化と可変生産量化を追求する生産システムのアーキテクチャは、基本制御方式などに違いはあっても、各分野ともに共通の目的を持っている。したがって、製造設備・製造プロセスの高度操業・高度制御を目的とするIAシステムの概念は、各分野の生産活動の中で重要な役割を占めるものであり、その導入実現が望まれている。

3. IAシステムの動向

製造設備は、その製造プロセスに対応した制御と設備を運用する操業とによって成立するが、それらを一元化した製造プラントシステムを自動化構想のもとで情報制御システムとして構築することが重要である。このように一元化されたトータルシステムをIAシステムと称している。そのIAシステムの機能は、オンライン機能として、

- 運転管理機能
- 生産管理機能
- 設備管理機能

があり、これらの機能は一元化して運用する必要がある。また、オフライン機能としては、

- エンジニアリング支援機能

があるが、これらを一体化し、システムとして機能するところにIAシステムの特長がある。

(1) 運転管理機能

製造設備の運転は、その運転状況によって次のように大別できる。

- 定常時運転
- 非定常時運転
- 異常時運転

定常時運転は、運転条件が一定している状態であり、所定の設定値に対し、種々の外乱にも関係なく、制御系が正常に動作している状態を維持していればよい運転状態である。ここでは、自動制御性能、すなわち各種の制御ループ内の制御精度と制御応答性の向上が追求されている。

しかし、重要なことは、設備の生産条件を製造プロセスの運転条件に変換し、運転条件からプロセスの制御条件である所定の設定値に変換する作業を自動化することにある。このためには、操業の数式化モデルと製造プロセスの数式化モデルが必要であるが、生産に直結した製造プロセスの数式化モデルが基本となるので、一般にプロセスモデルと称して、実現の段階にある。

非定常時運転は、起動時、停止時あるいは設定変更時のように運転条件が一定でない状態で、作業者の判断・操作が重要となる運転状態である。同時に、製造する製品の品質及び生産効率も低下する可能性を持つ状態であり、製品の多品種適量化の傾向にあっては、この非定常時運転の機会も多くなる傾向にある。

主としてこの問題を解決するために、最適制御化と称して操業データ、プロセスデータ、制御データ、製品データなどの数多くのデータを収集し、そして解析するデータベースの操業情報機能の強化が行われているが、これらのデータはプロセスモデルの確立のため

の必要条件である。したがって、それらのデータから数式化されたプロセスモデルを持ち、その仮想製造プロセスの上で過渡期の非定常時をシミュレーションして、プロセスの状況を予測しながら、製造プロセスに各種の設定値を与える方式、すなわちプロセスモデル方式が注目されている。しかし、理想プロセスモデルの確立は、数式化手法のみでは不十分なことが多く、知識工学的技術手法の導入で補完する必要がある、知識工学の実用化が望まれる。

異常時運転とは、不測の異常発生時の応急対策運転で、非定常時の運転とは異なった対応が要求される。第一は人身も含めた安全対策であり、第二は正常機能に回復するための作業である。これらは、安全管理、設備管理と関係する機能もあるが、異常時対策としては異常時運転機能が優先する。

他に及ぼす影響の少ない軽故障の場合は、定常・非定常時運転用プロセスモデルの活用が可能であるが、一般的には時間的問題と異常の波及を最小限にとどめるために、別の異常時運転用モデルの確立が必要となる。そのモデルは、製造プロセス機能の回復の自動化問題も含めて、まだ多くの課題がある。

(2) 生産管理機能

生産管理とは、生産計画のことであり、生産計画とは需要量（受注量）に見合った生産量を効率的設備運用によって生産することである。したがって、設備の効率運用とともに生産計画値と生産実績値との一致が重要である。効率的設備運用の目的は、生産に必要な費用を最小化することで、ユーティリティ管理領域を含んで、製造コストの低減化のためには、製造プロセスの把握が基本となる。

計画値と実績値の一致は、生産量をパラメータとした製造プロセスに立脚した生産計画モデルを持つことによって成り立つが、この生産計画モデルは、運転管理機能で述べたプロセスモデルとほぼ同一のものである。製品の品種の変更、需要の変動などの外乱要因が大きくなりつつあるとき、これらの課題を解決するためにもプロセスモデルは必要欠くべからざるものとなる。

(3) 設備管理機能

設備管理の目的は、設備の健全状態を維持することであり、

- 異常箇所の早期発見
- 経年劣化の予測

が主テーマである。

異常箇所の早期発見のための自己診断機能として、個々の装置・機器類にはインテリジェンス化が図られ、ネットワーク化による診断結果の伝送技術も進歩し、実用化されつつある。

予防保全を目的とした設備の経時変化、装置・機器類の経年劣化に関する研究は多く行われており、成果も上がりつつあるが、未知の部分が多い。このような設備診断技術は、データベースによる解析技術によるところが大きいので、今後の研究開発に期待されている。上記とは質的に異なるが、ハードウェアの共通化、ソフトウェアの共用化、データベースの一元化なども設備管理的に見れば、予防保全策の一つとして有効である。設備の管理は治療側に志向しやすいが、予防側の対策が必要であることは言うまでもない。

将来、設備管理機能は、保守（安全）の自動化を目的として発展するものと期待されている。

(4) エンジニアリング支援機能

製造プロセスは、付加価値を生む源泉であるが、社会の需要にこたえるべく製品の付加価値化と製造の合理化を志向して、製造プロセスの開発・改善を行わねばならない。そのために、各種データ

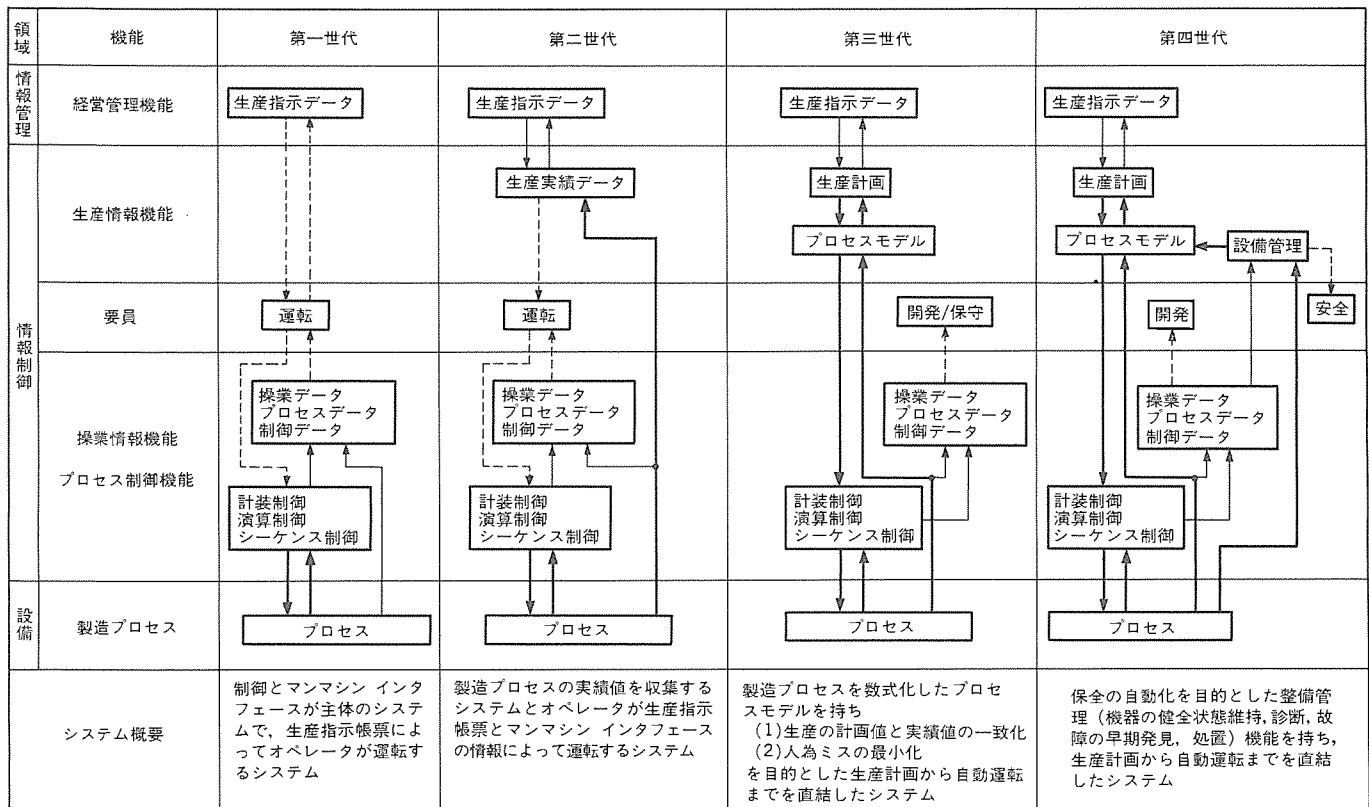


図 3. IAシステムの変遷

を提供する機能がエンジニアリング支援機能である。

科学の進歩は人間が創造するもので、機械が創造するものではないが、機械は必要な種々のデータを整理して人間に提供し、人間の創造に役立てることはできる。

操業情報機能として、数多くのデータを収集する必要性は既に述べたが、このデータベースを製造プロセスの開発改善にも活用することが重要であり、ここに開発要員としての人間の役割が存在する。したがって、製品の高付加価値化と生産効率化のためのデータ処理法に工夫を要するものの、オフライン機能として、その役割は更に重要性を増している（図 3）。

4. IAシステムの課題

自然科学的進歩は、装置・機器などの機種性能の向上に寄与してきた。また、社会科学的進歩は、管理・運用などのシステム機能の向上を促してきた結果、それらを支援するIAシステムの対象範囲は広域化し、システムそのものも高度化・複雑化して、自動化率の向上を果たした。しかし、作業者の介在を許さぬところまでには至っていないし、設備関係の事故は絶無になっている訳でもなく、解決すべき課題は多い。

その解決策をプラントの運用に携わる作業者の教育、作業基準の完備、保守点検の強化などに求めているが、異常事態の経験をする機会は少なくなり、熟練者の養成は困難な状況にある。

これらの背景の中で、IAシステムの課題は、

- 人間は誤判断・誤操作の可能性を持っていること。
- 装置は有限の寿命を持っていること。

に起因する問題を解決することにより、IAシステムは、その役割の一端を果たし得るものである。

5. む す び

IAシステムの重要性をシステム機能面から、動向をまじえて述べた。特に、各機能ともに共通して関係するプロセスモデルは、制御領域のみならず製品の高度化・多様化・可変生産量化、ユーティリティ管理を含むコスト低減化、そして高付加価値化に重要な役割を果たすシステムで、今後、その成果が待たれるものである。

当社では、このIAシステムの構築を目的として三菱統合制御システム《MELTAS》を開発した。その機器性能、システム機能について評価いただき、それらが製造業の生産システム、すなわちIAシステムの発展のために、いささかでも寄与できるものと確信する。

統合制御システム《MELTAS》

片岡猪三郎*
香川栄一**
古屋鏡司**

1. ま え が き

製造業における自動化というパラダイムは、単なるスタンドアロンでの“機械化”から、製造ラインでのマルチ制御分散化へ、一方かかわり合う情報も、単一の制御を促す信号情報から、運転情報・生産情報へと、つまり点から線・面へと広域に結び付きを拡大する“システム化”へと移り、更には、それらの結び付きを密にし、トータルからみて、効率重視、最適運営が図られる“統合化”へと発展している。

その発展は画一的な大量生産から、多様化・個性化という市場ニーズに柔軟に対応できる多品種適量への生産形態と高付加価値化・高品質・高パフォーマンス化に根ざした差別化への要請にこたえるものであるといえる。

また、自動化を促進するアプローチも変化の激しい市場環境に即応できるよう、中長期の企業経営施策（トップダウン）に基づく全体構想を描き、現実に即した段階的柔軟な設備投資（ボトムアップ）の継続的展開での、増殖的投資効果を産み出すことがハイリスク、ハイリターンを背負う時代に突入した今こそ重要であろう。

本稿では、製造業における自動化のパラダイムを、IA (Integrated Automation) という共通ニーズでとらえて展開する統合制御システム《MELTAS》の基本理念と概要について紹介する。

2. システムコンセプト

統合制御システム《MELTAS》は、製造プロセスの制御に必要な電気制御 (E)・計装制御 (I)・計算機制御 (C) の機能をプロセスの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当社の統合システム名であり、製造業にお

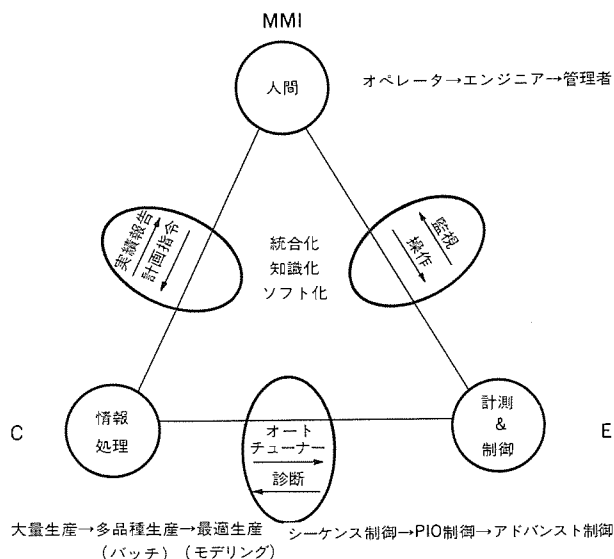


図1. システムの機能と役割

ける自動化パラダイムとしてのIAを実現する具体的システムである。

2.1 プロセス環境と課題

従来プロセスの中で、それぞれ独自に役割を遂行し発達してきたEICは、システム構築上、機動性・操作性・保守性・発展性の向上の面から三者の有機的結合、密なる結合の要求が高くなってきている。情報の集中化、制御の分散化というシステムの基本構想を軸にしながら製品の生産リードタイムの縮減と製品原単位のコスト及び品質の競争力が激化する市場背景のもとで統合化をベースに、知識化・ソフト化という更に最適化効率重視の環境整備へと進むと予想される。

図1に《MELTAS》における統合システムでののかかわり合う機能の役割とそれらの相互作用を示す。構成は、プロセスという実モデルのリアルタイム電気制御（論理制御）・計装制御（ループ制御）を担当するジョブプロセッサEIと、それらの高度な協調制御、及びモデリング、シミュレーション機能を担当するジョブプロセッサC、更にはジョブプロセッサEICを統轄し、運転監視、生産管理、操業管理を担当するMMI (Man Machine Interface) から成る。このMMIにかかわり合う人間とは、操業運転者としてのオペレータ、生産性・製品品質の計画、実績の技術評価、作り込みを担当するエンジニア、さらに生産・操業にかかわる人・金・物・情報の経営資源管理を行うマネージャーである。人間（オペレータ、エンジニア、マネージャー）はMMIを介してジョブプロセッサEICに任意に介入（操作・指令）し、その状態値の把握及び推理を可能とする。つまり、自動制御だけでは手に負えない複雑な制御、人間のヒューリスティックな経験則に基づいた学習制御など、今後要求が増すと予想される高度な最適化に対応できるシステム作りをこの統合システムでは可能にしてゆくものである。

今後の方向として、プロセスラインではプロセスのホワイトボックス化の探求と、各種意思決定のための高度な情報生成を支援すること、更には効率的なシステム インテグレーションの構築をより容易に、よりスピーディに、より正確に、より高度に、より広範囲にをモットーにこの統合システムで実現することが重要であると考えられる。また、このアプローチにより結果的にはこの統合システムの発展は最も精巧な制御要素である生体機能をモデルとし、各ジョブプロ

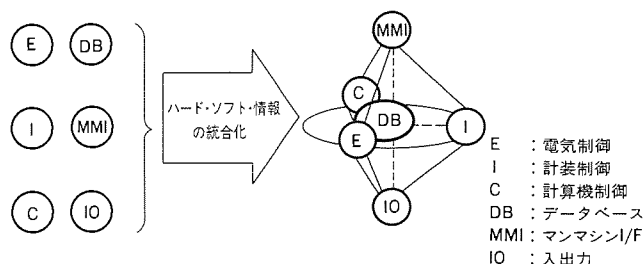


図2. 各機能の統合形態

ロセッサの自己組織化の拡大と知識化・知能化の推進を図りながら、それぞれの役割能力を高め継承することにより、製造プロセスの部分的最適化から全体的最適化を継続的に、かつ加速的に実現するという当社の理想とする平衡分散制御システムをより高度に実現することになる。それらの各機能の関係は図2のように表現することができる。つまり、各機能が独立分散配置による疎結合の関係(分散機器)から有機的平衡分散設置による密結合(ジョブプロセッサ)へと結合形態が変わることを示す。その改革はハードウェア、ソフトウェア、情報の結合化により実現されるものである。

以上のような見通しのもとで

- (1) 付加価値を高める施策
- (2) 実行効率を高める施策

という二大施策を自動化のターゲットとして統合化を進めるもので

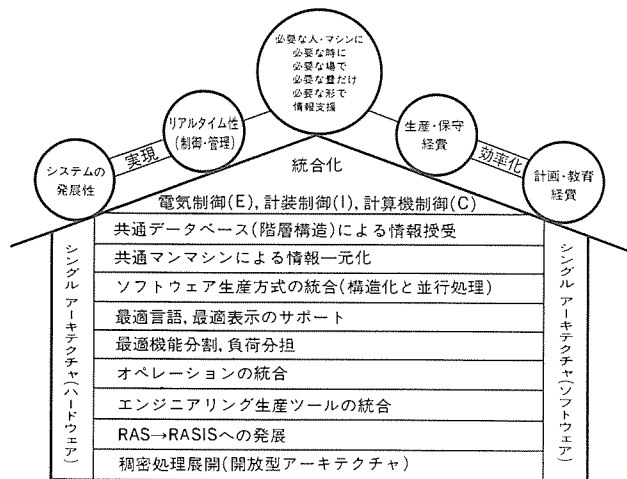


図3. 統合化のアプローチ

ある。

2.2 統合化施策

EICの統合化といっても、その施策には当然影響を及ぼすパンとその展開するステップがあることは言うまでもない。《MELTAS》の統合化アプローチを図3に示す。大きくは、次の四つの視点からの統合化展開を進めている。

- (1) シングルアーキテクチャ(ハードウェアとソフトウェアの統合)
- (2) 共通リソースの一元化アクセス(階層化が図られた共通データベース)
- (3) 共通MMIでの情報一元化管理(シングルウィンドウによる情報)

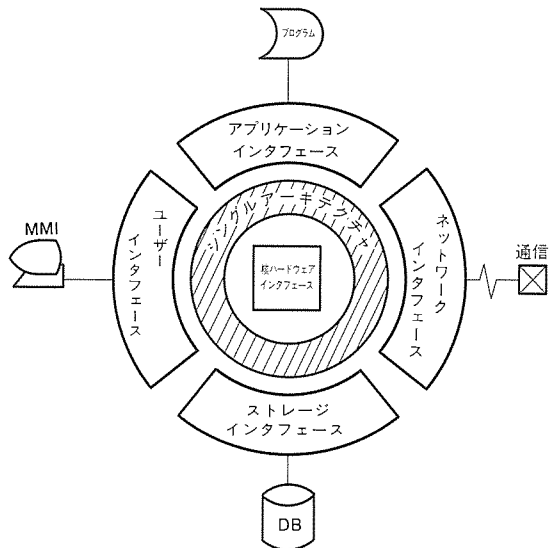


図4. シングルアーキテクチャ

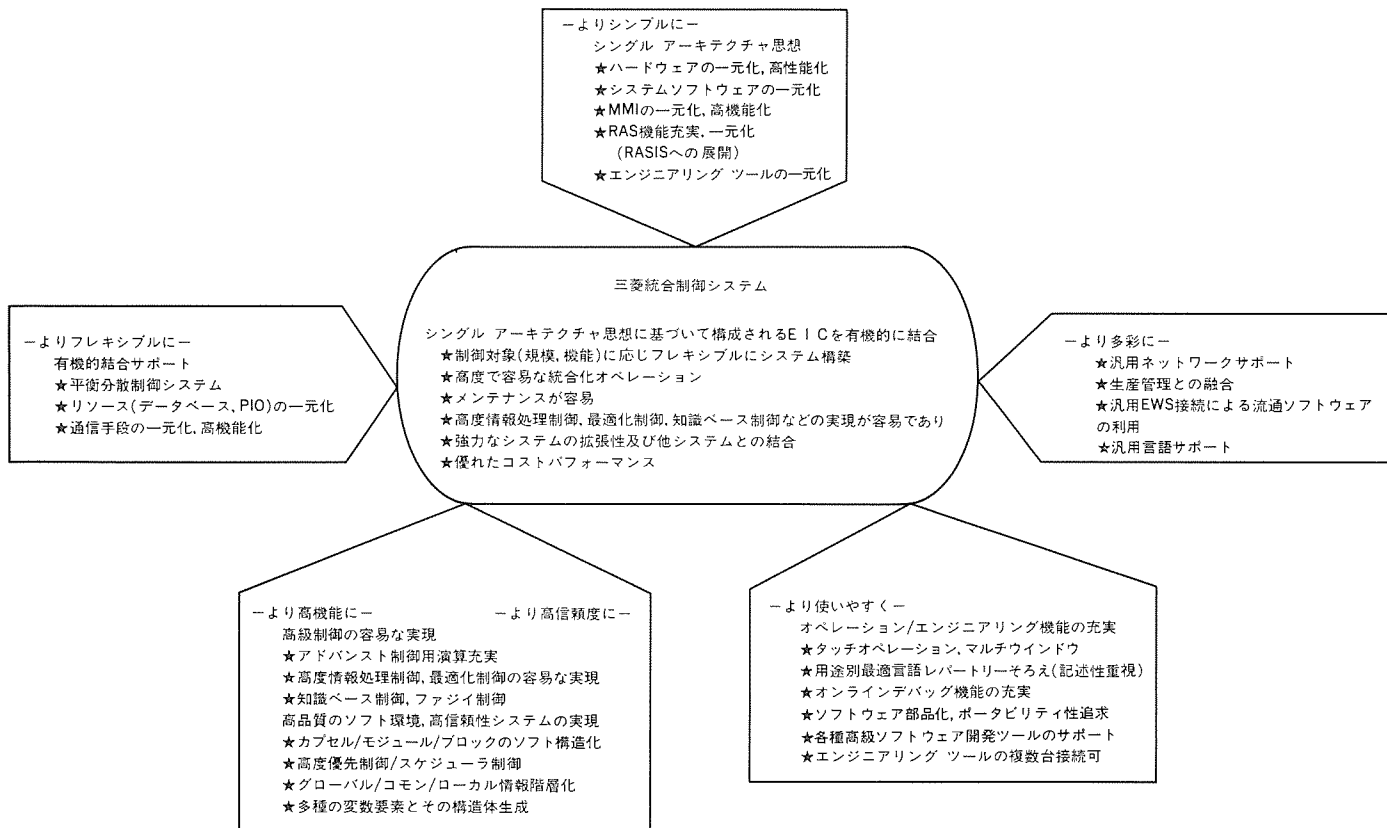


図5. 統合制御システムのコンセプト

構造化と統合オペレーション)

(4) 多彩で柔軟なシステム拡充に対応できるちゅう(稠)密処理(開放型アーキテクチャを基盤としたデファクトスタンダードとオリジナリティの整合)

上記(1)により《MELTAS》では、EIC間の境界を取り払うことができ、システムソフト、システムバス(通信)、32ビットプロセッサ、RAS (Reliability Availability Serviceability) 機能、冗長機能の高度化を通してシステムをシンプルな構成でフレキシブルに高性能・高信頼度に構築できる。

この施策は基本的に、核ハードウェア インタフェース、ユーザーインタフェース、アプリケーション インタフェース、ネットワークインタフェース、ストレージ インタフェースの標準化を強力に図ることから実現するものであり、今後の継続的システム開発を進める上で強力な武器に成ると考えている。それらの関係は図4のようにまとめることができる。

上記(2)により《MELTAS》では、EICという各独立した機能をそれぞれ最適な言語で記述し、それを共通のデータベースで結合でき、しかもそれらの構造化が階層的に図られており従来のソフトウェア環境に比べ、格段高い信頼度・保全度を実現できる。それがRASからRASIS (RAS & Integrity Security) への拡大展開の一要因ともなっている。

言語としては、大衆性・記述性・生産性・効率性・移植性の面からの検討を加え、電気制御・計装制御には専用言語を、計算機制御には汎用言語 (FORTRAN, C, PL/M, リアルタイムBASIC) をサポートし、さらにユーザー側で任意に定義追加できるユーザーマク

ロ言語も利用可能であり、用途に合ったマルチ言語及びプログラムレス ユーティリティを準備している。プログラムは下位のモジュールから上位のカプセルまで、情報はタグ、ラベルをベースにローカル情報からグローバル情報まで、階層的に、領域的に構造化が図られ、さらに多種のデータ定義・構造定義も可能で、ソフトウェアの構造化・記述性に富み、生産性・保守性の面で大いに威力を発揮することができる。

また、上記(3)により《MELTAS》では、EICという各独立した機能を共通のMMIで結合でき、強力なエンジニアリング環境と必要情報を必要時に、必要な形で、容易に取り出せる高度でフレンドリーな表示・操作を提示するものである。

インテリジェント化マルチウインドウ、スクロール、タッチオペレーションなど豊富なサービス機能を持ち、またEICの操作監視の一元化、更にはソフトウェアの開発保守が容易にできるMMIとして多目的に利用できる。

上記(4)について、《MELTAS》の開発理念としてユーザー側からみて付加価値をいかに生み出さうか、という価値観からの考察と継続的な開発展開をする上での発展性・効率の面での技術史観からの考察とをベースに何を専用として、何を汎用とすべきかをシステムティックに研究調査し決定している。

以上(1)~(4)の統合化施策を背景として展開する具体的システムコンセプトの全体概要は、図5のようにまとめることができる。

3. システム構成と特長

三菱統合制御システム《MELTAS》においては、各種の構成機器

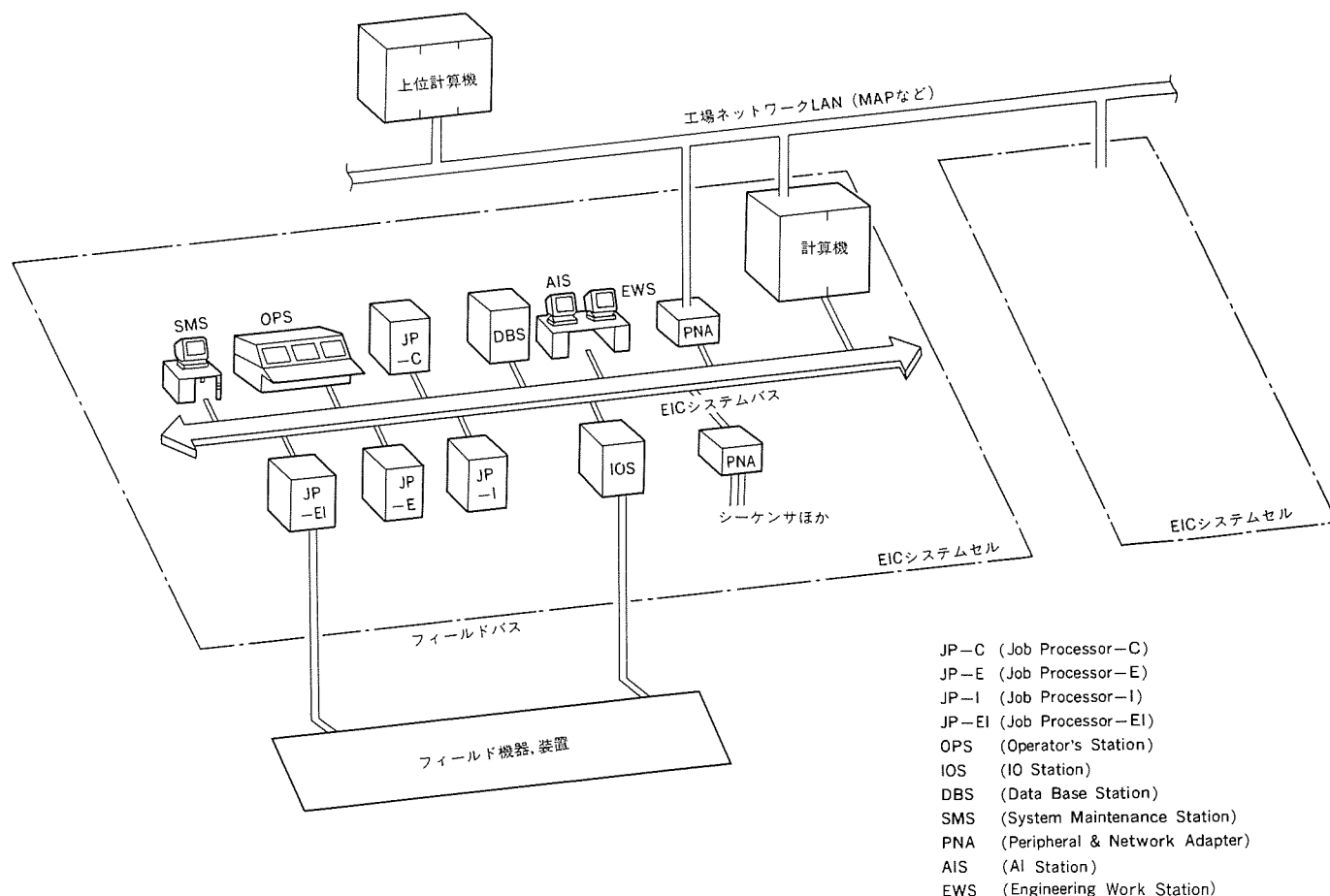


図6. 統合制御システムの構成

表 1. 統合制御システムの特長

	E (電気制御)	I (計装制御)	C (計算機制御)
アプリケーション	ディスクリット制御 高速シーケンス・演算制御	連続プロセス制御 バッチプロセス制御	プロセス最適化制御 プロセス情報処理／制御 操業支援、設備診断など
言語	EI用 マルチ言語 ○シーケンス制御／演算制御用……POL (Problem Oriented Language) ○構造化プログラム用……SOL (Skelton Oriented Language) ○工程遷移型制御用……SCOL (Sequential Control Oriented Logic) ○計装制御用……DDCマクロ		汎用言語 (FORTRAN, PL/M, C, BASIC) + セミベシックソフトウェア + ライブラリ + エキスパートツール
	EIC言語間の有機的結合サポート ○各言語アプリケーション モジュール間のリンク ○システム内のデータをTAG, ラベルでアクセス ○機能単位にマクロ言語化 (ユーザー登録) しマクロ間接続でソフトウェア作成		
	ハードウェアの進化に左右されない言語体系 ○中間言語の導入		
システムサポート	平衡分散制御システムサポート ○ロケーションを意識せずアプリケーション モジュール間通信及びリソース、デバイスアクセス可能 ○故障時の縮退運転と復旧時のオンライン自動復帰 ○機能追加やシステム拡張時、稼働中のシステムに影響を与えず、オンラインデータによるテスト、デバックが可能		
	MMIの一元化、高機能化 ○EICの操作、監視の一元化 ○マルチウィンドウ、大画面スクロール ○タッチパネル オペレーション		
	EICエンジニアリング一元化 ○EICのソフトウェア開発・保守ツールの一元化 ○メンテナンスの一元化 ○RASの一元化		
ハードウェア	高性能32ビット マイクロプロセッサ		
	各コンポーネントのハードウェアを共通化 (CPU, PIO)		
	全二重化、最小部分二重化可能		
	高機能高密度CRT		

群を分散配置し、各々の役割をになう。これらの機器をEICシステムバスにより有機的に結合することにより、機能分担・統合化を行いながら全体として協調のとれた制御システムを構築することができる。図 6 にシステム構成図を、表 1 にシステムの特長を、表 2 にシステムの主な仕様を示す。

3.1 機能の分担と統合

《MELTAS》の対象機能範囲は、上位に位置付けされる情報処理／制御機能、操業管理機能、そしてプロセス／機器を直接コントロールする制御機能である。これらの機能は、各機能間の独立性の確保が要求される制御機能（電気制御、計装制御など）とシステム全体の統合、連携を要求される操作・監視・支援機能（マンマシンシステム、各種エンジニアリングなど）に大別される。このような特徴を持つ各機能を実現するにあたり、システム計画から運用、メンテナンスに至る各段階におけるシステムへの要求を以下に示す。

3.1.1 システム計画、設計ステージ

(1) プラント全体として最適なシステム設計ができるよう、各コンポーネント間のインタフェースの制約に煩わされることなく、各プロセッサに最適機能分割が図れること。

(2) システム全体でリソースの共用化がなされ、信号ルートなどを考えることなく自由にシステム設計ができ、またシステム拡張も容易にできること。

(3) システム全体でマンマシン インタフェースが共用化されており、最少の機器 (CRTディスプレイ、プリンタなど) で自由に最適な設計ができること。

3.1.2 ソフトウェア設計ステージ

(1) システム全体に対し、一元化されたエンジニアリング ツールにより効率良いソフトウェア設計ができること。

(2) 各機器間の通信ソフトウェアの設計が極めて容易で、分散された機器間と内部データのコミュニケーションを意識しないで済むこと。

3.1.3 運転ステージ

マンマシン インタフェースでのシステム共用化により、プラント全体の状況把握及び操作が自由に行えること。

3.1.4 メンテナンスステージ

(1) 可能な限りハードウェア、ソフトウェアが共通化されており、メンテナンスが容易に行えること。

- (2) システム全体の故障監視が容易に行えること。
- (3) ソフトウェアの一元管理とメンテナンスツールの一元化が図れること。

以上の項目を満足させるため《MELTAS》は、以下に示すような各種方式を採用している。

3.2 システムリソースの一元化

《MELTAS》では、次の機能によりシステムリソースの一元化に
対応している（図7）。

表 2. 統合制御システムの主な仕様

コンポーネント		仕	様
EICシステムバス		総ステーション数	64ステーション
		伝送方式	光／電気 サイクリック／メッセージ／同報通信
		伝送速度	10Mbps 最大40Mbps (10Mbps×4)
		システムTAG数	20,000TAG
OPS		ハードウェア	32ビット マイクロプロセッサ 20インチ フルグラフィックCRT (タッチパネル付き)
		アプリケーション画面	512画面
CNS	JP-C	ハードウェア	32ビット マイクロプロセッサ 主メモリmax 8Mバイト ディスクmax 120Mバイト
		言語	FORTRAN,C,リアルタイムBASICなど
	JP-EI	ハードウェア	32ビット マイクロプロセッサ
		制御ステップ数	32k step
		制御ループ数	256ループ
		IO点数	DI/O 4,096点／4,096点 AI/O 256点／ 256点
IOS		ハードウェア	32ビット マイクロプロセッサ
		IO点数	DI/O 4,096点／4,096点 AI/O 256点／ 256点
DBS		ハードウェア	32ビット マイクロプロセッサ ディスク max120Mバイト
PNA		ハードウェア	32ビット マイクロプロセッサ 各種LANインタフェース

- (1) 平衡分散サポートシステム (図 8)

アプリケーション ソフトウェアは、EICシステムバスで接続された各ステーション内の分散データベース及び分散デバイスに対し、自ステーション内に存在する場合と同様の手続でアクセスすることが可能である。これにより、システムリソースの一元化を行いつつ、更にデータ保護を図り危険分散を実現している。

- ## (2) 高速サイクリック通信

各プロセッサのサイクリック データメモリに、一定周期の同報通信を高速で行うことにより、一斉にデータ更新を行う。これにより、EICシステムバスで接続された各ステーションが保持するサイクリックデータメモリは、システム全体に共有される共有メモリとして各ステーションの内部メモリと同様の手続でアクセス可能となり、システム内のリアルタイムデータが扱える。高速サイクリック通信の概念を図9に示す。

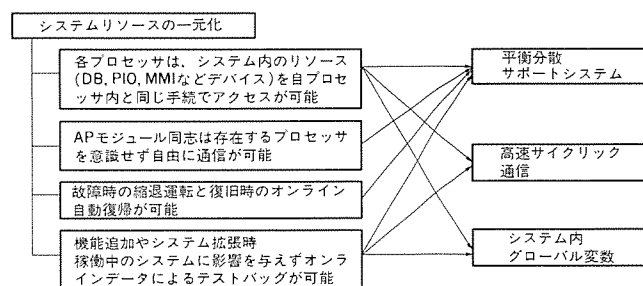


図7. システムリソースの一元化

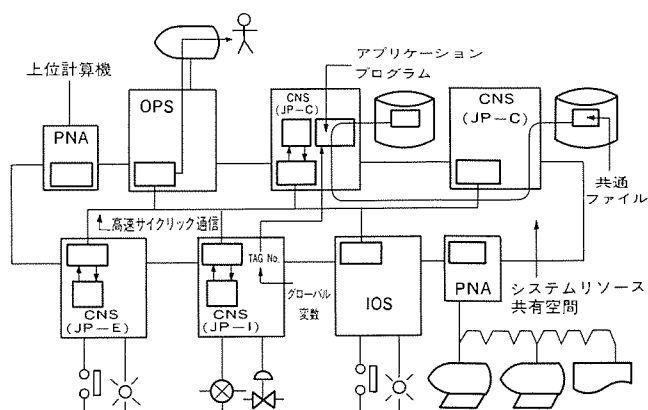


図 8. 平衡分散サポートシステム

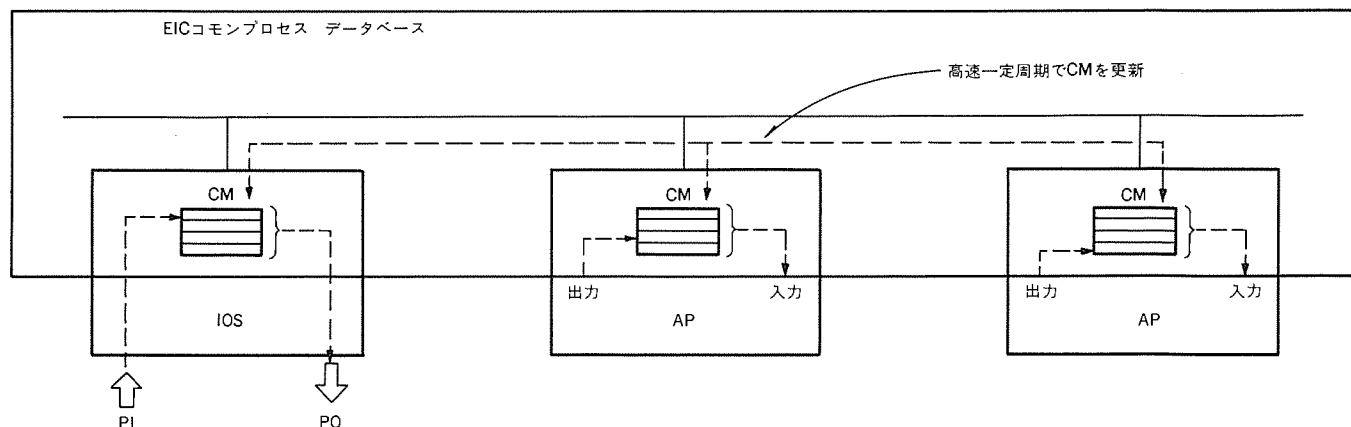


図 9. 高速サイクリック通信

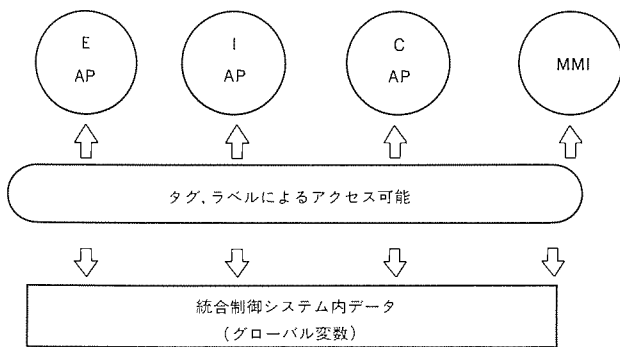


図10. システム内グローバル変数

上記機能を実現するに当たって中核となるEICシステムバスは、通信を意識しないで実現するための分散不可視型一元化データベースが可能な通信となっている。高速サイクリック通信とメッセージ通信を同一バス上に実現しているが、より高速性が必要な場合及び冗長性を必要とするシステムにおいては、高速サイクリック通信とメッセージ通信とを別々のバスに分離することも可能である。

次にEICシステムバスの特長を示す。

- (a) バランス型ネットワークアーキテクチャの採用により、マススレーブ関係のないネットワークとなっており、各プロセッサ群の自律性、独立性が高いシステムを構成できる。
- (b) 伝送速度は、10Mbps（最大4chで40Mbps）の高速伝送が可能で、サイクリック型、会話型、同報通信型のサポートにより各種データ伝送に対し最適な伝送方法が適用可能となっている。
- (c) 二重化／冗長化が柔軟に構成でき、万一の伝送システムの異常に対してバックアップが可能である。

(3) グローバル変数

システム内でユニークな変数として、グローバル変数の概念を導入した。従来、計装制御分野で使用していたタグ名称及び電気制御分野で使用していたラベル（共通プロセス入出力など）が示すデータ又はデータ群をグローバル変数と呼び、アプリケーションプログラムから自由にアクセス可能である（図10）。

(4) 共通プロセス入出力

各ステーションに実装されたアプリケーションプログラムから共通にアクセスされるプロセス入出力に対しては、IOステーション（IOS）経由で高速サイクリック通信により伝達される。

3.3 マンマシン インタフェースの統合

操業・監視機能としてのマンマシンは、対象機能範囲が従来制御機能のみでなく、より上位機能である情報処理／制御機能、操業管理機能にわたるため、マンマシンインタフェース（MMI）に対しても各機能を統合化させ、プラント全体の運用状態を的確に把握し管理スパンの拡大及び柔軟な対応が必要となる。あわせて、設置スペースの縮小化、オペレータの少人数化も実現する必要がある。《MELTAS》のMMIを統合化の観点からみた特徴を以下に示す。

E機能が要求するMMI機能の特徴は、物流のトラッキング表示に代表されるように実物と合ったリアルタイムな表示が必要となる。すなわち、制御を実行するコントローラ側とマッチした表示レスポンスが要求される。一方、I機能が要求するMMI機能としては、制御対象とする系が比較的時定数が大きいので、時間経過に対応した制御対象の変化を簡単に把握できる機能と、多量のデータの加工・蓄積及び高度なサービス支援機能が要求される。さらに、C機能が要求

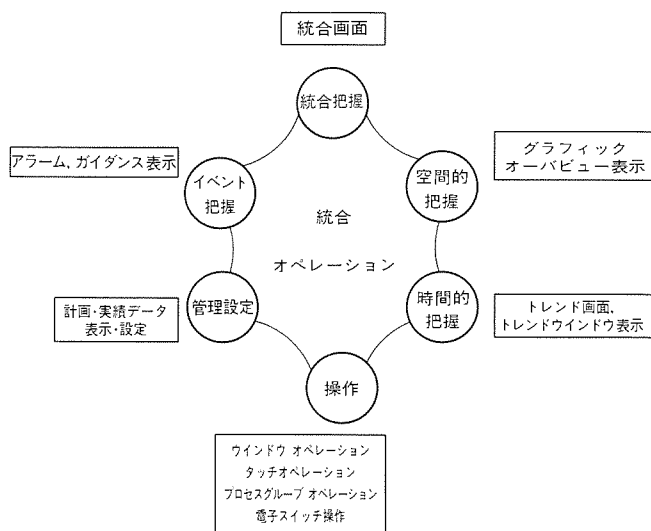


図11. マンマシンインタフェースの一元化

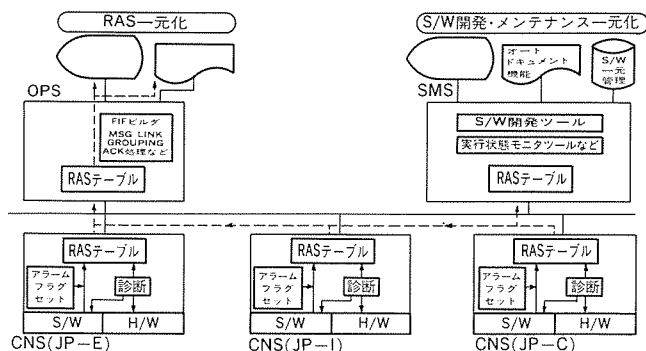


図12. エンジニアリングの一元化

するMMI機能はジョブプロセッサ（又は計算機）の内部に存在するデータをジョブプロセッサ（又は計算機）側から送信することにより、大容量のデータを加工しディスプレイ端末に表示する機能が主である。《MELTAS》のオペレータステーション（OPS）においては、MMIのハードウェア性能を向上させることにより、E機能の要求する高速性とI機能の要求する高機能性を満足させた。さらに、高速ウィンドウ表示機能により、従来C機能がディスプレイ端末に表示していたのと同様の感覚で表示することも可能となっている。

また、EICシステムバスに接続された各コンポーネントの故障情報を1台のOPSで一元的に表示することができる（RAS機能の一元化）ため、オペレータは、プラント全体の運用状態を的確に把握することができ、管理範囲の拡大及び柔軟な対応が可能となる。

統合化オペレーションを支える各種基本機能を図11に示す。

OPSでは、プラント全体の窓としてあらゆる情報が授受できるよう、多次元情報の融合把握と直観的に操作できる機能との調和を図っている。さらに、大規模化に対応してEICシステムバスの高速性とOPSのハイパフォーマンスアーキテクチャにより高速表示・応答が可能となっている。

OPSの主な特長を以下に示す。

- (1) 標準CRT（20インチ）に加え、大型CRT（37インチ）の接続も可能でプロセス非定常状態におけるオペレータ以外の多数での同時監視、グラフィック表示、ITV、VTRとの切替えが可能となっている。
- (2) 複雑な操作手順をなくすために、タッチオペレーションの実現

と画面切替えの複雑さを解消するためにウィンドウ オペレーションを提供している。

- (3) ユーザー自由度の向上のための複数の機能を持つユーザー定義キー、アプリケーション プログラムからの要求を受け付けるコミュニケーションキーなどの採用により操作性の向上を図った。
- (4) プロセス異常などに連動した最適ウィンドウと画面の自動表示により早期対処が可能となっている。

3.4 エンジニアリング支援機能の統合

プラント運営の高機能化及び多品種適量生産に対応した短期間での操業切替えなどから支援機能の向上と統合化が望まれている。この際ターゲットシステムから独立した環境下でもシミュレーションができるよう考慮し、機能確認・検証が可能でなければならない。また、高機能なメンテナンス機能により、実運用段階に入ってからプログラムの変更、監視機能の変更、制御パラメータの変更などが容易に行え操業運転の向上が期待されている。これら支援機能の実現に当たっては、従来のOPSに用意されていた機能をシステム規模に対応して専用のシステムメンテナンス ステーション (SMS) で統合可能とした(図12)。一方、システム規模によっては経済性を考慮して従来どおりのOPSでもこの機能を実現できるよう考慮している。この場合、操業内容によっては複数ステーションに分散配置することも可能である。

主な機能としては、システム全体の構成定義を行うためのシステム エンジニアリング機能、オペレータ ステーションの画面作成並びに各種定義を行うためのビルドメンテナンス機能、シーケンス制御プログラム、計装制御プログラム及び計算機制御プログラムを作成定義するためのコントローラ ステーション エンジニアリング機能などが用意される。このほかに、BASICサポート機能とこれらのエンジニアリングに対するセルフドキュメント機能も用意されている。

3.5 プロセス制御機能の統合

従来はシーケンス制御、演算制御機能と計装制御機能とは機能分離されていたが、システムリソースの一元化、共用化が実現できるのに対応してより制御機能の融合化、効率化を図るために、同一プロセッサで両機能が実現できるよう統合化をした。これにより、高速シーケンス処理と計装制御処理を並列に処理でき柔軟性のある高

機能な制御が可能となる。もちろん、システム運用上、シーケンス制御機能と計装機能を分離独立させた方が有効な場合には、複数台のプロセッサに分散配置することも可能である。また、ジョブプロセッサEI (JP-EI)、ジョブプロセッサC (JP-C) 共に共通のリアルタイム マルチタスクOSと平衡分散サポートシステムとを実装することにより、各プロセッサ間の通信手順を統一化している。

言語に関しては、JP-EI用としてコントロール用マルチ言語(図13)を採用している。コントロール用マルチ言語は、シーケンス制御、演算制御を自由かつ簡易に記述することを特徴とする問題向き制御言語POL (Problem Oriented Language)、構造化されたプログラミング方式と図形表現で記述することを特徴とする図式表現制御言語SOL (Skelton Oriented Language)、工程遷移型制御を簡単に記述することを特徴とするSCOL (Sequential Control Logic)、計装制御機能をマイクロファンクション及びその組合せでサポートするDDCマクロファンクション言語から構成される。さらに、ユーザーがマイクロファンクション ブロックを組み合わせる自由によりユーザーマクロファンクションを定義することができる。

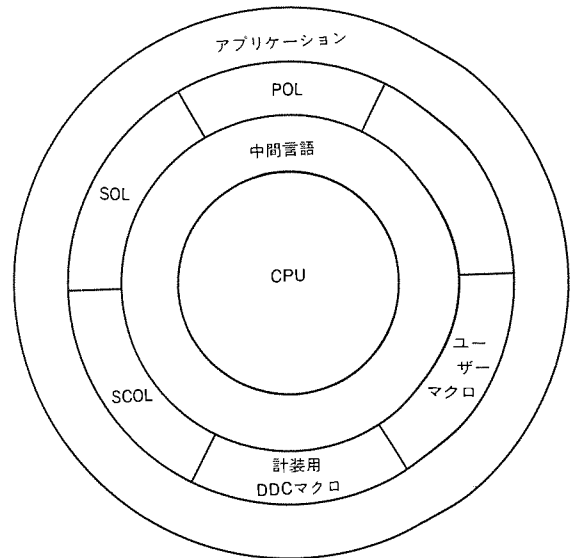


図13. コントロール用マルチ言語

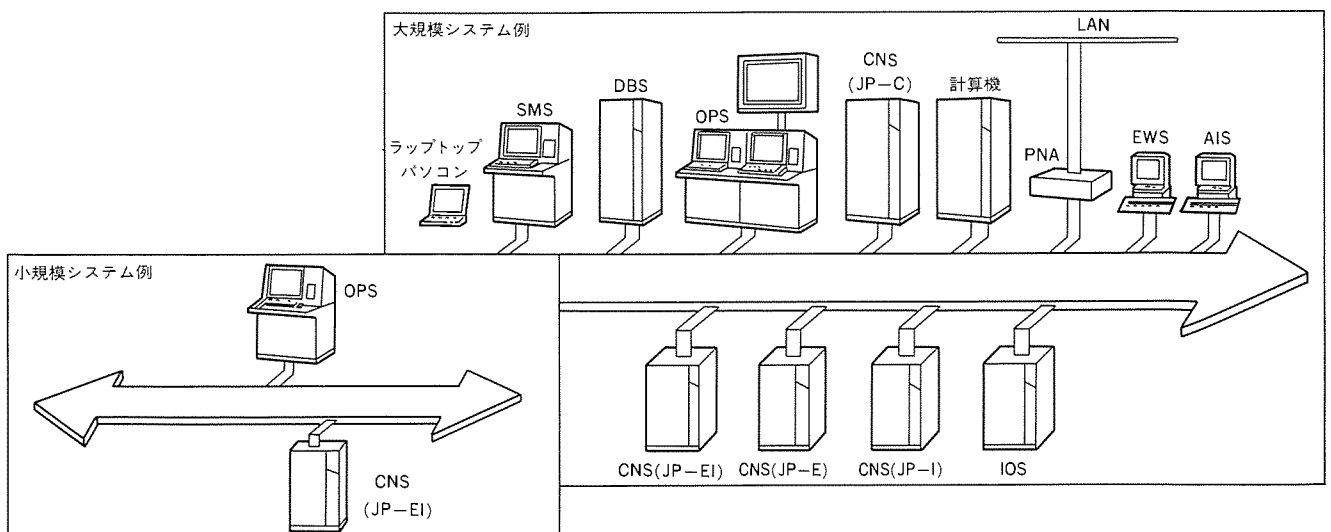


図14. システム構成例

	コンベンショナル システム	統合制御システム
システム構成		
システム計画	①各系間I/F制約大 ②データ二重持ち、PIOバウ取りなど考慮 ③マンマシンがそれぞれに必要 ④システム拡張設計の作業量大で複雑 ⑤高機能化設計が難しい	①各系間I/F制約無し ②リソース共用化し最適分散配置可 ③最少の機器でマンマシン統合化設計可 ④システム拡張設計容易 ⑤高機能化設計容易
ソフトウェア開発	①各系ごとに独立したツール必要 ②各系間通信ソフトウェアボリューム大	①一元化エンジニアリング ツールで開発 ②各系間通信ソフトウェアボリューム小
操業	①各系ごとにマンマシンが独立し プラント全体の状況把握、操作に制約有り	①プラント全体の統合化オペレーションが容易
メンテナンス	①各系ごとに個別メンテナンス技術、ツール必要 ②各系ごとに予備品必要 ③システム全体のRAS把握困難	①共通のメンテナンス技術、ツールで対応可 ②予備品最少化 ③システム全体のRAS把握容易

図15. 統合制御システム導入の効果

4. システム展開指向

4.1 システム規模に応じた展開

三菱統合制御システム《MELTAS》は、大規模なシステムにも容易に適用できることはもちろん、小規模のシステムに対しても十分対応できるよう考慮されている。その一例が、電気制御 (E)、計装制御 (I) を同一ハードウェアで同時に実行 (共存) させることができる JP-EI である。また、マンマシンシステムである OPS には、リアルタイム BASIC 言語で記述されたアプリケーション プログラムがバックグラウンド ジョブとして実行できる。これらの特長を生かすことにより、小規模の統合化システムを、1 台の OPS と 1 台の JP-EI の組合せで構築できる。

また、大規模システムの場合は、各コンポーネントをビルディングブロック方式により必要に応じて必要台数用意し、EIC システムバスに接続することにより構築する。このような構成の場合、SMS をメンテナンス専用マシンとして導入することにより、システム稼働中のシステム変更作業を効率的に実施することができる。また、他系システムとの接続が要求される場合は、ペリフェラル ネットワークアダプタ (PNA) を使用して汎用 LAN (Local Area Network) などを経由して対応する。

システム規模による各システム構成例を図14に示す。また、統合制御システムを導入することにより、従来システムに比べてその効果をまとめると、図15に示すように種々の効果が期待できる。

4.2 今後の展開

生産設備の情報化への加速、及び各種標準化の動向に対処するた

め、今後はエンジニアリング ワークステーション (EWS) やエキスパートツールとしての AIステーション (AIS) との連携が不可欠となる。そのため、《MELTAS》においては、EWSに代表される汎用ツールを EIC システムバスに接続することにより、ユーザーの保有する標準パッケージを使いやすくするとともに、プラント制御における制御モデル、最適生産パターンを決定する各種シミュレーション モデルなどを専用に実行する特殊コンポーネントを JP-C を核として構成することを考えている。

また、既に稼働している当社のコントローラ、計算機に対しても EIC システムバスを介して接続することにより、既設製造ラインとの親和性／互換性を確保しながらシステムを拡張・発展させていく。

5. む す び

三菱統合制御システム《MELTAS》について、その基本理念及びシステム概要・特長について述べた。

製造ライン、制御システムの基幹コンポーネントとして EIC はそれぞれ個別に成長・発展を遂げてきたが、今、工場あるいはプラント全体の IA 化の潮流の中で、EIC 統合化は一つの新たなシステムソリューションを提示するものととらえることができる。さらに、今後は上位の生産管理・経営管理のシステムとも有機的に結合し、協調化・融合化を図りながら EIC はますます進化・発展していくと確信する。

今後とも、最新の将来の技術動向を見据え、多様化するユーザーニーズにこたえ得る製品・システムを提供できるよう努力していく所存である。

統合制御システム《MELTAS》の マンマシン インタフェース

江上憲位* 一枝圭祐*
小川 出**
岩崎俊郎*

1. ま え が き

プロセス制御分野におけるマンマシン インタフェース (MMI) は、取扱い対象となる情報が時々刻々と変化し、かつ量が多いため、従来より大きな機能を課せられている。さらに、近年のニーズの多様化に伴う多品種適量生産傾向は、制御システム、MMI、オペレータのすべてに対し、より高度で複雑なことを要求している。しかし、社会環境は省力化傾向にあり、人の作業に対する高度化・複雑化の要求は、自動化を加速させ、人間と制御システムの仲介役であるMMIの役割をますます増大させている。

また、従来はプロセスの中で、それぞれ独自に役割を遂行し発達してきた電気制御(E)、計装制御(I)、計算機制御(C)は、システム構成上、機動性・操作性・保守性・発展性の向上面から3者を有機的に結合させ、全体として最適効率を生み出す統合化へと進んでいる。MMIには機能の統合化、装置の共通化により、省力化・省人化の効果が期待されている。

一方、近年のマイクロプロセッサ、カスタムLSIなどのハードウェア技術、オペレーティング システム (OS) などのソフトウェア技術、通信技術は、MMIの高機能化・高性能化要求を満足させている。

本稿では三菱統合制御システム《MELTAS》におけるMMIの開発思想と機能について述べる。

2. マンマシン インタフェースの課題と開発コンセプト

MMIが追求すべき最も重要な課題は次のとおりである。

(1) MMIの統合化

EIC^(注1)ごとに分散配置されていたMMIを、通信路につながるすべての装置と有機的に情報交換できるとともに、機能を統一化して装置を共通化し、オペレータの管理範囲を拡大させ、省力化・省人化・省スペース化を可能とすること。

(2) ユーザーフレンドリー性の追求

オペレータの負担をできるだけ軽くし、人の持つ高度な判断力を活用するため、システムから人への情報伝達に対しては、CRT・音声を使い、人間が最も判断しやすい形にして、的確かつ迅速に伝達すること。また、人からシステムへの指令・情報の伝達に対しては、自然で安易な操作が行え、操作ミスの発生を防止すること。

(3) 拡張性・融通性の確保

制御システムの大規模化・複雑化に伴い、プラントの運転も高度化・拡大化する傾向にあるが、それに適応できる機能と容量を持っていること。

以上のような課題に対し、《MELTAS》では統合オペレーション機能でこたえている。そのキーとなる開発コンセプトは次のとおりである。

- (1) EICオペレーション機能の統一化と保守情報の一元管理。
- (2) 図形・グラフ・数値・文字などを使ったプロセス情報表現法の追求などによる情報伝達・認識の迅速化と的確化。
- (3) キーオペレーション、表示中画面の機能を補足・強化するウィンドウ オペレーション、直感的で分かりやすいタッチオペレーションによる操作性の追求。
- (4) ヒューマンエラーに対する十分な配慮。
- (5) タグ、アラーム、ガイダンスの登録点数の拡大。

オペレータ ステーション (OPS) は、オペレーション機能を担当する統合化MMIであり、以下その機能とキーアーキテクチャについて紹介する。

3. 統合オペレーション機能

EICの統合化によりオペレータに要求される管理範囲は、今後ますます拡大される傾向にある。したがって、負荷軽減のためにEICのオペレーション機能の統一は不可欠であるが、表1に示されるようにEIC各分野のMMIに対するニーズはそれぞれ異なっている。したがって、オペレーション機能の統一化に際し、監視・操作ともに量的・質的な十分な配慮が必要である。

《MELTAS》における統合オペレーション機能の実現に当たって、次の項目がポイントとなった (図1)。

- (1) 各プロセスごとの詳細な状態が把握できること (空間的把握)。
- (2) アラーム、ガイダンスといったイベント発生時の状況が、オペレータに迅速かつ確に伝わること (イベント把握)。
- (3) 時系列的にプロセス変化が認識でき、データのトレースができること (時間的把握)。
- (4) ヒューマンエラー、非定常操作に対して十分な配慮がなされ、人間の思考にマッチした一貫性のある操作手順を提供すること (操作性)。
- (5) 管理・設定の機能に対し柔軟に対応できること (管理機能)。
- (6) 質の異なる情報を同一画面に表示できること (統合把握)。

以上の要求に対する《MELTAS》の対応について、以下に説明する。

3.1 空間的把握

Eの監視・操作は、任意フォーマット画面 (グラフィック画面) が中心である。その作画は、タブレット又はエンジニアリング キーボードから対話式に行える。可変データに対する表示色、表示形態、表示条件の設定は、すべてFIF (Fill-In-the-Form) 形式で行われ、プログラミングに対する知識は一切不要である。高解像度CRT (736×560ドット、32色)の採用及び2倍サイズの大画面のサポートにより、プラント全体を1枚の画面で監視することが可能である。任意フォーマット画面は、OPS 1台当たり最大512ページまで登録可能であり、1画面当たりの登録点数は大幅に拡大されている (1,800点/画面)。また、照光式スイッチ盤の代替として電子スイッチ画面

(注1) EICは、電気制御、計装制御、計算機制御をまとめて略したもの。

表 1. 電気・計装・計算機のマンマシン インタフェースの差異

	データ更新 の高速化要求	画面表示 の高速化要求	設定／操作 の高速化要求	表示データ 容量	機 能	ジョブプロセッサ の性格
電 気	大	大	大	小	データ更新速度確保のため比較的簡素	データ配置固定常時スキャン制御主体
計 装	中	大	大	中	相当大きな機能まで標準化されている	同 上
計 算 機	小	中	中	大	端末としての使用が主である	データ配置変動イベント駆動型動作

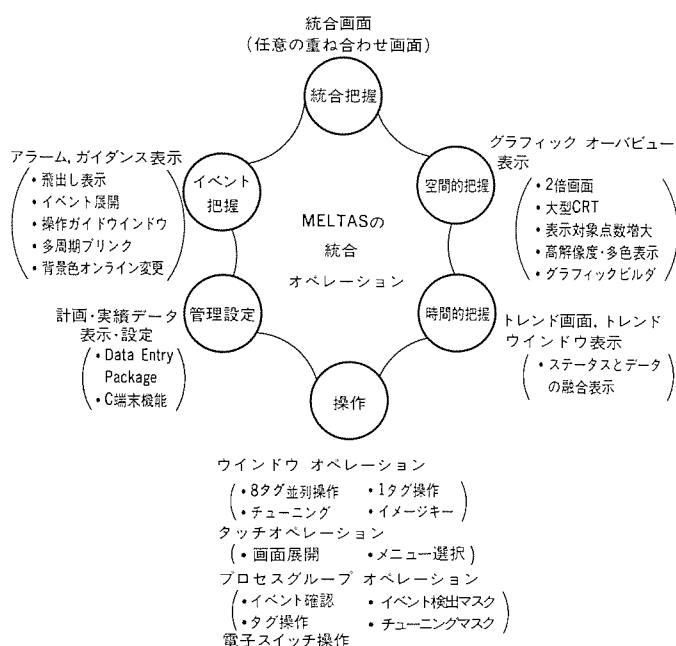


図 1. 《MELTAS》の統合オペレーション

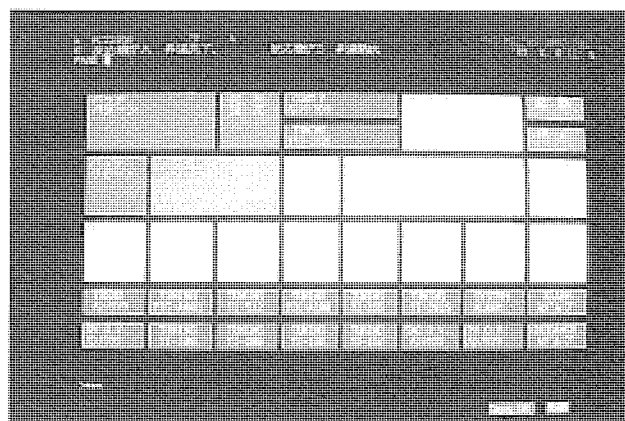


図 2. 電子スイッチ画面

常時のデータ解析などに非常に有効な手段となっている。E用に0.1秒程度の周期の収集が可能な超高速トレンドを用意している。

3.4 操 作 性

操作における重要な要素の一つは、ヒューマンエラーに対する配慮である。《MELTAS》ではオペレーションに対するモードを2分割(OPEモード、LOCKモード)し、LOCKモードでは任意の操作・設定を禁止することができる。ロックをかける対象は自由に定義できる。

キーボードでバルブなどのON/OFF操作を行う場合のヒューマンエラー対策としては、従来のカバー付きスイッチを模擬した2段階オペレーションをサポートしている。さらに、現場で保守点検中のループに対してCRTからの操作を禁止する“札掛け機能”(図 3)もサポートされている。

一方、操作性向上という観点から、タッチオペレーションとウィンドウ オペレーションをサポートしている。タッチオペレーションは制御システムに対し、指令操作する場合や次に表示したい画面に切り替える場合に、最も簡単で直感的な手段を提供する。指令操作の場合、タッチオペレーションではタグの選択までとし、最終指令はキーボードからとすることで、誤出力防止を図っている。また、画面切替えに関してはワンタッチ切替えの外に、タグをタッチした後のキー入力で、任意の画面に移行することもできる。ウィンドウ呼出しもタッチオペレーションで自由に行える。

現在表示中の画面を補佐するウィンドウとしては、非正常操作などに有効な8タグウィンドウ、デジタル設定も可能な1タグウィンドウ、グラフィック画面表示中でもパラメータの調整ができるチューニング ウィンドウ、画面展開(表 3)・ガイダンス表示・アプリケーションプログラムの起動などをユーザーが自由に定義できるイメージ ファンクションキー ウィンドウなどの8種類が準備されている。図 4、図 5に8タグウィンドウ、イメージ ファンクション

(図 2)を標準装備している。

Iの監視・操作用としては、任意フォーマット画面のほかに、表 2に示される各種の標準オペレーション画面がサポートされている。プロセス状態を概略的に把握できる各種オーバビュー画面から、詳細情報をつかめるポイント操作画面まで階層的に網羅されている。

Cに対しては、ジョブプロセッサC(JP-C)内にデータ配置固定エリアを持たせることにより、EI用のオペレーション機能がそのまま適用できるよう配慮されている。

3.2 イベント把握

アラーム、ガイダンスなどのイベントが発生した場合、その情報はOPS内部に記憶され画面上部に最新の情報が表示される。イベントは、表示色・プリック周期・背景色・警報音などによって重要度、種別を容易に認識できる。さらに、音声出力装置を併用することによって、より確実で質の高い監視・操作を実現することが可能である。また、プラントのスタートアップ、シャットダウン時などに発生する不要なアラーム検出をマスクすることができる。

JP-Cのアラーム、ガイダンスに対しては、JP-Cが能動的に送信するイベントメッセージをOPSで受信して表示できるようアラーム・ガイダンス機能を付加している。

3.3 時間的把握

データの履歴を記憶し表示する機能として、トレンド機能がサポートされている。数値情報とビット情報の混在表示、収集周期の異なるデータの同時表示、任意時刻での数値表示が標準装備され、異

表 2. 統合オペレーション機能仕様

項 目	仕 様
タグメッセージ数	13,280点/ops <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="border-left: 1px solid black; padding-left: 5px; margin-left: 10px;"> タグ : 4,000 アラームメッセージ : 6,160 ガイダンスメッセージ : 3,120 </div> </div>
標準オペレーション画面	タグナンバ オーバビュー データ オーバビュー PVオーバビュー DVオーバビュー コントロールパネル パラメータ チューニング トレンドオーバビュー トレンドグラフ アラームディスプレイ プロセス アラームディスプレイ システム アラームディスプレイ ガイダンス ディスプレイ プロセスガイダンス ディスプレイ オペレーション メンテナンス
任意フォーマット画面	最大512ページ, 表示点数1,800点/画面, 18,000点/ops
ウインドウ	1タグ ウインドウ 8タグ ウインドウ トレンドウインドウ チューニング ウインドウ イベント ウインドウ アラーム ステータスウインドウ 札掛け用ウインドウ イメージ ファンクション ウインドウ
言語	リアルタイム マルチタスク BASIC C言語 FORTRAN
グラフィックレポートジェネレータ	グラフ, 図形, 数値, 表を用いた帳票を出力可能

表 3. 画面展開

表示情報 (タグナンバ, タググループ, メッセージ, グラフィック) タッチによる展開
画面表示履歴によるトレースバック, トレースフォアによる展開
ユーザー ファンクションキーによる展開
標準キーによる展開
ウインドウからの展開
アプリケーション プログラム要求による展開

キー ウインドウの表示例を示す。

3.5 管理機能

JP-Cが管理機能を担当する場合にはC端末機能が有用である。OPSはあらかじめ定義したJP-Cの端末としてデータ表示・キー入力に使用できる。また、OPSでは管理・設定の機能をサポートできるよう標準パッケージが用意されている。例えば、バッチプロセスなどにおける設定画面の作成を支援するために、データエントリ パッケージが用意されており、これはプログラミングに手間のかかるカーソル制御、入力データの書式とレンジのチェックなどをサポートしている。

3.6 統合把握

EICの統合化により、同一画面上にEICの各情報を表示する必然性が生じてくる。プロセスの状態を監視しながら(EI), データ設定を

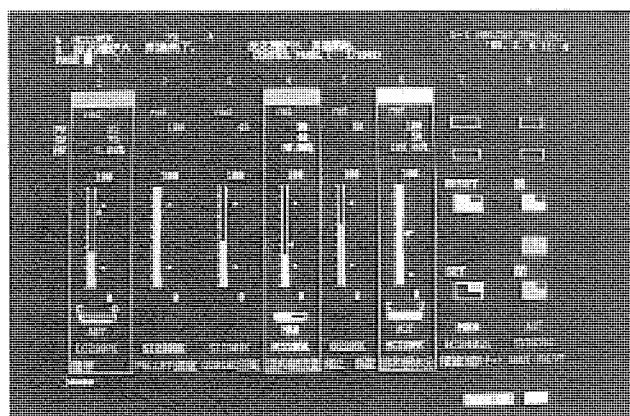


図 3. 札掛け機能

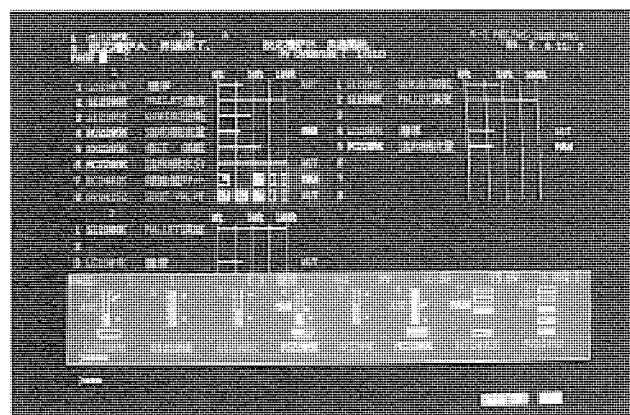


図 4. 8タグウインドウ

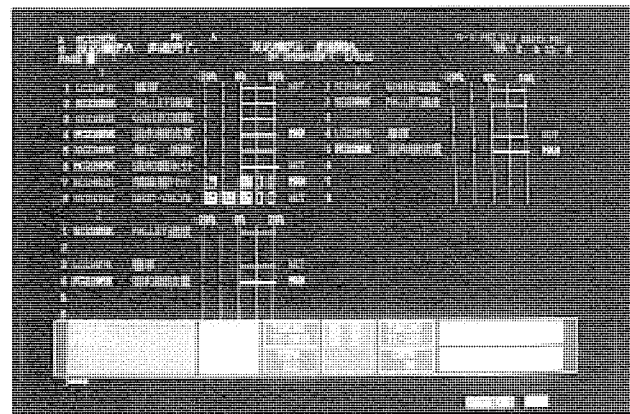


図 5. イメージ ファンクションキー ウインドウ

行う(C)のような場合はもちろん、プロセスのモデル計算や、シミュレーション演算により状態を推測し、画面表示するような場合も、高度に加工されたCのデータと生データに近いEIのデータを同一画面上に表示する必要がある。統合画面は、このようなニーズにこたえるために用意されたもので、すべての画面を自由に組み合わせて表示することを可能としている。図 6 に例を示す。

3.7 レポートジェネレータ機能

従来の帳票は、数値羅列型印字のため、データの瞬時判断が容易とはいえず、また標準の帳票機能には、印字フォーマットなどにも制約が多く、ユーザー対応にアプリケーション ソフトウェアを製作しなければならないことが多かった。

そこで、以上のような問題を解決するため、次のようなねらいを持って、グラフィックレポート ジェネレータを開発した。

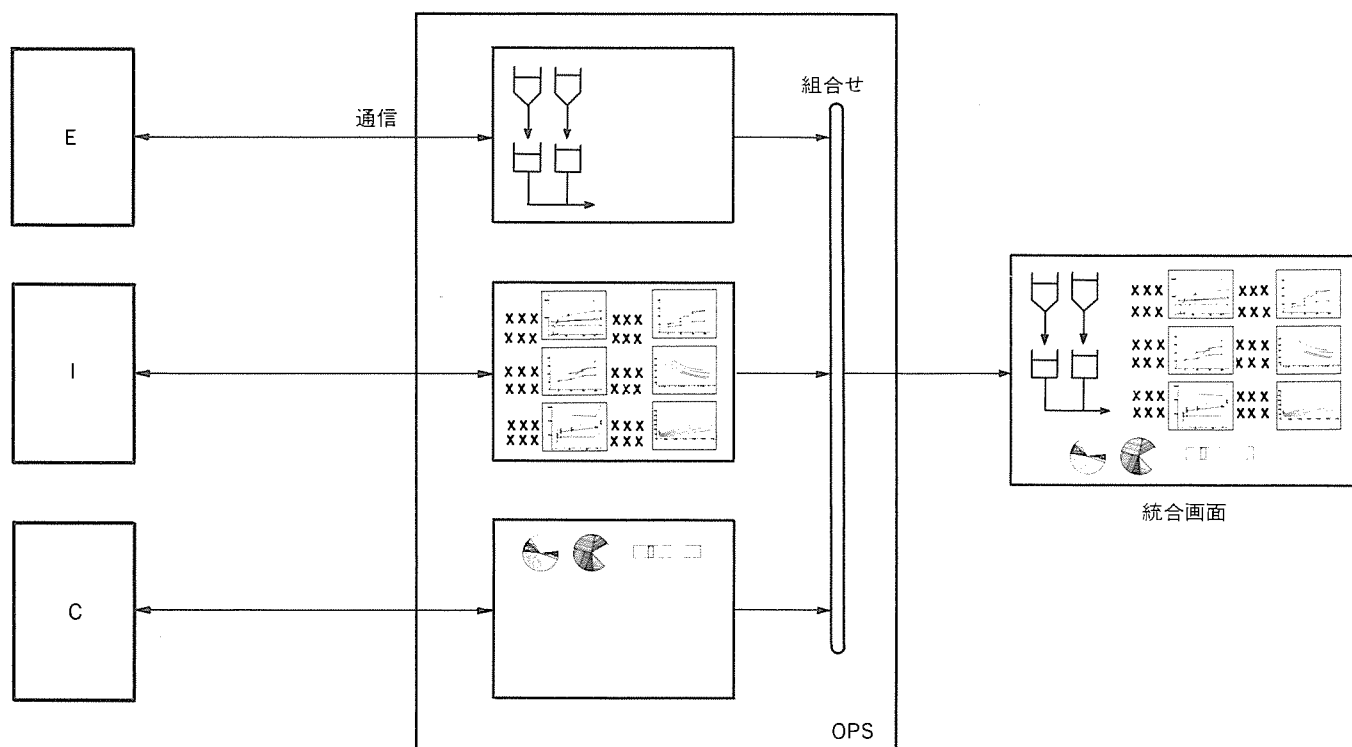
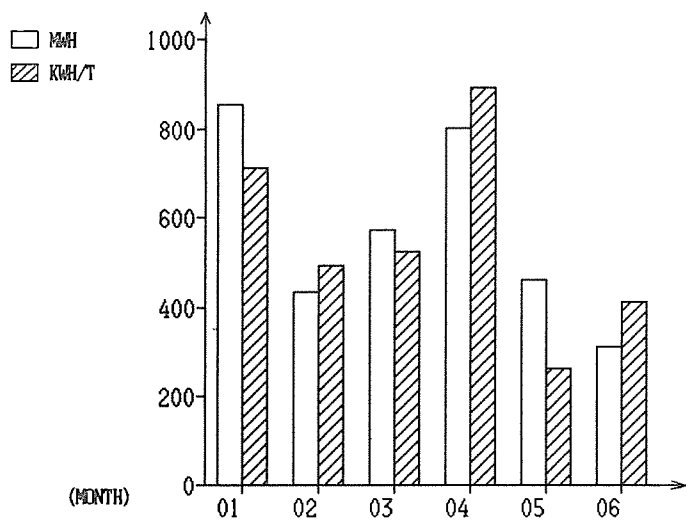


図6. 統合画面例

※日報ダイジェスト

	生産量	Aボイラ			Bボイラ						発電量	原単位
		蒸 気		KG/T	蒸 気		KG/T	熱 水		KG/T		
		T / D	T/D		℃	T/D		℃	T/D		℃	
1	3003	170	290	56		207	12	356	169	118	51180	17.0
2	2754	169	291	61	36	207	13	326	169	118	49644	18.0
3	2959	169	289	57	38	207	12	351	169	118	50652	17.1
4	0	0		0	0		0	0		0	0	0.0
5	4968	286	288	57	237	226	47	618	161	124	121524	24.4
計	13684	794		58	350		25	1651		120	273000	19.9



受電	10993	*100KWH
発電	2990	*100KWH
送出	2694	*100KWH
原単位	19.6	KWH/T
	19.6	%
発電	0	*100KWH
送出	-4	*100KWH
	0.0	%
	19.6	%

1A	20:30	1B	20:30
2	20:30		
3	20:30		
4	0:00	4	0:00
5	20:30	5	18:59
TG	20:30		

図7. グラフィックレポート ジェネレータ印字例

- (1) グラフ、図形、数値データ、表などによる多様な表現を可能にして、帳票結果を見やすくすること。
- (2) 比較的簡単なものは、ユーザーサイドでも作成できるよう、すべてソフトレスで定義でき、複雑なものに対しても柔軟に対応できること。

このようなねらいを実現するために、次のような機能を用意した。

- (1) 収集データの指定、データ加工をするための演算式はFIFで設定。
- (2) 文字・図形などの固定パターンは、グラフィック画面作成と同様に対話式で作成でき、またプリントアウトするデータの指定、数値表示・グラフ表示などの表現形態、印字タイミングはFIFで設定。このとき、生データもプリントアウト可能。
- (3) また、アプリケーション ソフトウェアで補足可能。このとき数値データ・グラフなどのプリントアウトに際し、グラフィック ライブラリを使え、その作業負荷を小さく抑えている。

図7にプリントアウト例を示す。

4. マンマシン インタフェースのキーアーキテクチャ

EのMMIは、制御対象が高速なため、データ更新の高速性に対する要求は厳しい。一方、IのMMIは制御対象が比較的時定数が大きいので、データ更新に対しては電気制御ほどの高速性を要求しないが、ユーザーでのアプリケーション プログラムの作成を軽減するために標準ソフトウェアの機能充実が要求される。そこで、EIを統合化するためには、Iの標準ソフトウェアを装備し、かつEの高速性を実現する必要が生じる。さらに、制御システムが複雑・大規模化するに従って、MMIの機能が増大し、高速性が阻害される。したがって、高速性の追求は、MMIのアーキテクチャのキーポイントである(表4)。

(1) CPU、通信

CPUの性能を最大限に引き出すため、メモリへのアクセス方式について新しいアーキテクチャを採用することにより、処理の高速化が図られた。

また、10MbpsのEICシステムバスボードを最大4枚まで実装でき、高速通信を実現できる。

(2) CRT描画

描画プロセッサのハードウェア性能を向上させ、かつコマンド体系をプロセス監視用に簡素化したため、大多数の画面がキー入力後0.5～1秒で表示可能となった。

(3) ウィンドウ制御

プロセス監視に使用するウィンドウは、データをリアルタイム表示しなければならないため、ミクロに見ると描画対象となるウィンドウを高速に切り替えながらデータ更新する必要がある。そのため、ウィンドウの切り替え周期が短くなると、切替わりのオーバーヘッドが高速表示の妨げとなる。この解決策として、ウィンドウ制御のフ

表4. MMIのキーアーキテクチャ

CPU部	DRAM 8Mバイト SRAM (バッテリバックアップ) 時計機能内蔵
通信制御部	10Mbps EICシステムバス 最大4ポート
CRT制御部	CRT画素密度 736×560 表示色 32色 プリンキング速度 高速、中速、低速の3速 2倍画面 文字フォント (半角)8×8, 8×16, 12×24, 16×32 (全角)16×16, 24×24, 32×32 —JIS第2水準漢字までサポート ユーザー開放セグメントエリア 1Mバイト
OS	リアルタイム マルチタスクOS

ームウェア化と独自のハードウェア アーキテクチャを採用し、切り替わりオーバーヘッドを無視できるレベルに抑えた。

(4) リアルタイム マルチタスクOS

MMIに関連したOSとしてUNIX^(注2)があるが、タスクのスケジューリングがラウンドロビンタイプのため、リアルタイム性を追求したシステムには不向きである。また、近年リアルタイム性を強化したリアルタイムUNIXも種々提案されているが、応答性に関しては、数ミリ秒程度のため、いまだ適用が困難である。《MELTAS》ではリアルタイム性の確保と、他の制御コンポーネントとのOSの統合化とから高機能かつ高性能なリアルタイム マルチタスクOSを採用している。

(注2) UNIXオペレーティング システムは、AT&Tのベル研究所が開発し、AT&Tがライセンスしている。

5. む す び

以上紹介したMMIは、統合制御システム《MELTAS》の基幹を成し、各種ジョブプロセッサと組み合わせ、高機能で使いやすくコンパクトな制御システムを構築することができる。

今後、プロセス制御システムの高度化への要求に伴い、MMIもより高機能化、更には知識工学応用の方向に向かうことは必至である。このような高度な情報処理技術を、より使いやすい形でユーザーに提供することは、MMIの進むべき方向である。そのため、今後ともより一層の自己研さんに努め、ユーザーニーズにこたえていく所存である。

統合制御システム《MELTAS》の エンジニアリング支援

菊地原博夫* 東 健次*
中原敏明**
成原弘修*

1. ま え が き

エンジニアリング支援機能は、アプリケーション システムと密接な関係にあり、対応するシステムごとに独自の歴史の上に構築され成長してきたものである。これは、統合環境のエンジニアリング支援についても、その歴史的背景に根ざしたシステム構築が必要であることを示唆している。

三菱統合制御システム《MELTAS》のエンジニアリング支援環境の開発においては、「機能を融合し不可分な一体機能としての統合（統一化）」と、独立した機能の共通支援装置による統合（共用化）」という基本思想に基づいてエンジニアリング支援の統合化を図っている。

電気制御(E)と計装制御(I)については、統一化による統合を行い、エンジニアリング支援機能の向上を図った。さらに、計算機制御(C)、AI、マンマシン インタフェースについては、共用化による統合を行い、作業の進捗に応じて支援装置の自由な組合せを可能としている。

本稿では、統合化エンジニアリングの概念、及び個々のエンジニアリング支援の機能・特徴についてその概要を述べる。

2. 統合化エンジニアリングについて

2.1 アプリケーション システムとエンジニアリング支援

アプリケーション システムは、市場ニーズの多様性と変化に迅速に対応するために、制御システムへ次のようなエンジニアリング支援を期待している。

- (1) ユーザー アプリケーション ノウハウの蓄積・機密保持や、アプリケーション システムに対する保守能力の維持のため、ユーザー自身によるシステム構築・ソフトウェア設計の容易性。
- (2) アプリケーション システムの機能拡充や変更に伴うユーザー自身による改造・保守の容易性、及びその際の稼働中アプリケーション システムへの影響の極小化。
- (3) アプリケーション ソフトウェア設計・改造作業・試運転などの期間の短縮化。
- (4) ハードウェア同様、ソフトウェアも重要なシステム構成要素であるというユーザー意識の定着の中で、信頼性の高いアプリケーション ソフトウェアの実現。

2.2 統合化エンジニアリング支援の開発思想

《MELTAS》では、前述のユーザーニーズを満足するために、エンジニアリング支援の容易性・高効率性・高信頼性を、次の開発思想に基づいて実現している。

(1) 豊富な用途別最適エンジニアリング ツールの提供

統合化システムでは、適用するアプリケーション システムに応じて電気制御・計装制御・計算機制御・マンマシン インタフェース・AIなどの種々の機能が共存しており、これらの個々について図1に示すように、用途別に最適な言語・ツールで支援し、更にこれらをネットワークによる共有化データで、有機的に結合することができる。

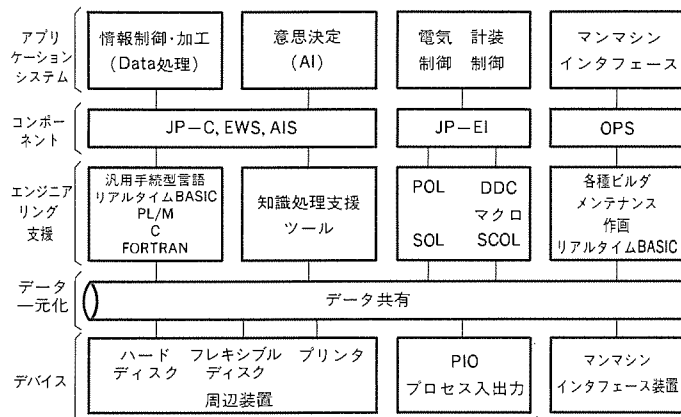


図1. エンジニアリング支援の位置付け

(2) プログラムレス エンジニアリングの拡大

エンジニアリングの手段は、極力プログラムレスを目指しており、空欄記述方式、メニュー選択方式、会話方式などの採用によってエンジニアリングを容易にしている。

また、プログラミング言語としては、電気制御・計装制御向け用途別高位言語やPL/M, C, FORTRANなどの汎用手続型高位言語や、より一般的なBASICをリアルタイム化して提供している。

(3) 分散化エンジニアリング

エンジニアリング環境は、特定のコンポーネントに限定することなく、オペレータステーション(OPS)、ジョブプロセッサC(JP-C)、AIステーション(AIS)などのターゲットマシン上でのセルフエンジニアリング、及びネットワークに対するオンライン、オフラインに影響されないエンジニアリングが可能であり、これにより、ターゲットマシンに制約されることなく、エンジニアリングの分散並行作業が実現でき、高効率を図れる。また、システム全体のエンジニアリングを統括するシステムメンテナンスステーション(SMS)の活用により、ソフトウェア量の増加に対処することができる。また、ソフトウェア設計は、ターゲットマシン以外にも、ラップトップパソコン上でも可能であり、ハードウェア生産・試験・設置工事などとは分離したオフライン設計環境を実現している。さらに、これをジョブプロセッサEI(JP-EI)に直結した場合は、オンラインプログラミングツールとしても使用できる。

(4) ビルディングブロックによるエンジニアリング

用途別最適言語や各種のデータ定義、ソフトウェア製作・試験は、機能ごとに細分化したものを積み上げていくビルディングブロック方式が可能であり、アプリケーション ソフトウェアの構造化設計を推進することができる。

(5) アプリケーション ソフトウェアの部品化・標準化手段

アプリケーション プログラムやデータ定義からは、各コンポーネントのハードウェア上のアドレスを意識することなく、システム全体にわたる統一されたユーザー定義のラベルやタグの論理名での指

定が可能であり、ソフトウェアの可読性・可搬性を向上させている。さらに、JP-EIの各種用途別最適言語では、ユーザー マクロファンクション（マイクロファンクションの任意の組合せによる一つの命令群をユーザーマクロと呼ぶ）で、使用頻度の高い機能を実現することにより、アプリケーション ソフトウェアの部品化・標準化を推進し、信頼性・効率の向上を図ることができる。

3. エンジニアリング支援（JP-EI）

コントローラにおいては、従来からメーカーごと、機種ごとの制御専用言語によるサポートが行われてきたが、アプリケーション ソフトウェアの増大とユーザー自身のソフトウェア設計・保守などのニーズに伴い、従来とは異なった対応を迫られている。これに対し、JP-EIでは、電気制御・計装制御など用途別に複数の制御専用言語表現をサポートし、ユーザー自身がアプリケーション システムごとに最適な言語表現を選択使用又は混在使用して、制御機能の実現を図れるようにしている。また、ソフトウェアの増大に対しては、論理変数であるタグやラベルの導入、構造化言語サポート、マクロファンクション登録などソフトウェアの部品化・標準化手段を用意している。

以下にJP-EI支援の主な機能について説明する。

(1) タグ、ラベルによるプログラミング

JP-EIには、大きなコントローラを小さなコントローラの集まりとして扱う“カプセル”と呼ぶ仮想コントローラの機構を導入し、プログラミングの容易化を実現している。同時に物理アドレスを意識しない論理的な変数としてタグ、ラベルを導入し、一層の容易化を図った。タグは、グローバル変数と呼ぶシステム内のプロセスデータを、各コントローラから共通にアクセス可能とする変数である。ラベルは、各コントローラ内のデータをアクセス可能とする変数であり、カプセル間の共通データを扱うコモン変数と、カプセルごとに独立したデータを扱うローカル変数が利用できる。これらの概念によって、ソフトウェアの標準化・部品化・分割製作を可能としている（図2）。

(2) コントロール用マルチ言語

この言語は、実現したい制御機能ごとに記述性を重視した各種問題向けの最適言語レパートリを用意し、同一コントローラ上で共存して使用可能としている。また、各言語はハードウェアからの独立性を保つために、共通の中間言語を介してハードウェアと結合し、ハードウェアの進歩に影響を受けにくい構造としている（図3）。

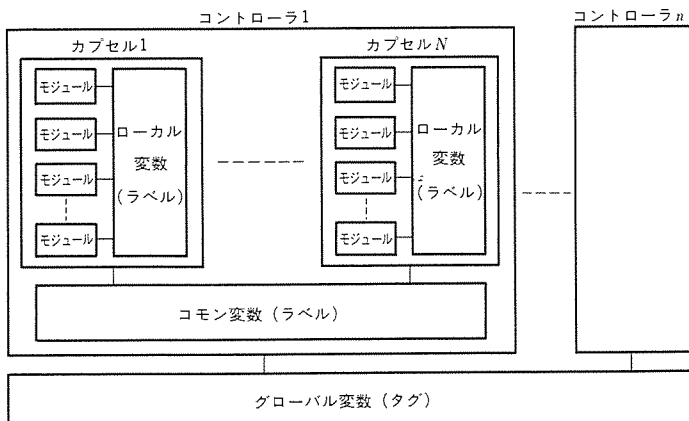


図2. タグとラベル

以下にコントロール用マルチ言語を構成する各言語の概要を示す。

POL（Problem Oriented Language）は、当社工業用コントローラで最も実績のある言語で、高い記述自由度を持ち、多様なアプリケーション システムに対応できる。図4に表記例を示す。

SOL（Skelton Oriented Language）は、図・表・式により視覚的に理解しやすく表現し、プログラム作成過程での誤りを極力少なくし、プログラムの品質向上とメンテナンス性向上を主眼とした高級言語である。図5に表記例を示す。

SCOL（Sequential Control Oriented Logic）は、ステップ進行型のシーケンス制御に使用する表現で、ディジションテーブルの一種で、DO・CHECKテーブルに“1”、“0”のパターンを、またJMPテーブルに分岐先ステップ番号を記入するだけでプログラムでき、プロセスの進行状況、入出力状態、アラーム状況などを一目でテーブルで監視することができる。図6にSCOLの表記例を示す。

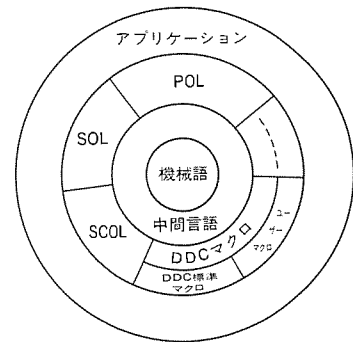


図3. コントロール用マルチ言語

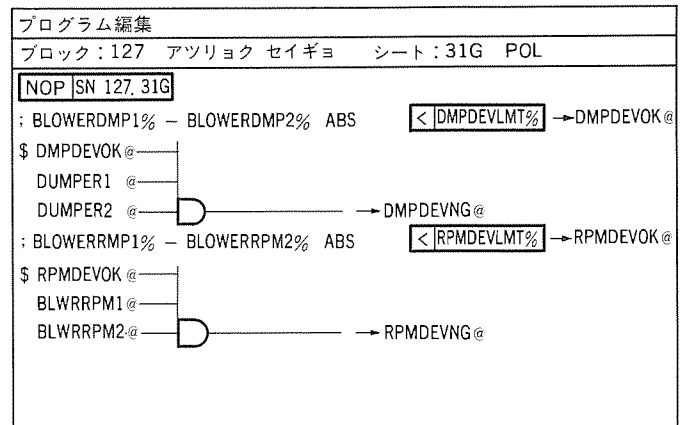


図4. POL表記例

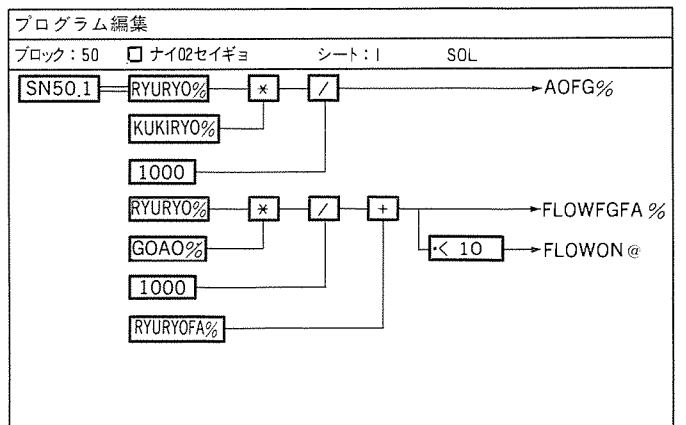


図5. SOL表記例

SCOL データ編集			01 02 0304 05 06 07 08 09101112 131415 16 17 18 19 20																	
テーブル 123 ミキサー昇温工程																				
インストラクション		コメント																		
D01	VALVE1.O1	OPEN-1	0	0	0	0														
O2	VALVE2.O2	OPEN-1	0	0	1	0	0													
O3	PGS-001.AUT		0	0	0	1	0													
O4	TASK1@		0	0	0	0	1													
O5	ALM1@	工程異常	0	1	0															
O6	TBL1BF@	軽故障	1																	
C01	VALVE1.I1		1	1	1	1														
O2	VALVE2.I2		1	1	1	1														
O3	TIC-001.PV>200.0	温度上昇異常				1	0													
O4	LEVELSW@		0	1	1	1														
O5	PBSW@	押ボタンスイッチ	1																	
O6																				
J01	TBL1B4@	正常	4	3	5	6	7													
O2	TBL1BE@	VTBL1BD@ 異常				2	2	2												
O3																				
O4																				
			ステップタイマ	0	0	0	1	10	50											
			テーブルタイマ 1	0	0	0	0	0	0											
			テーブルタイマ 2	0	0	0	0	0	0											
C>>>.....																				

図 6. SCOL表記例

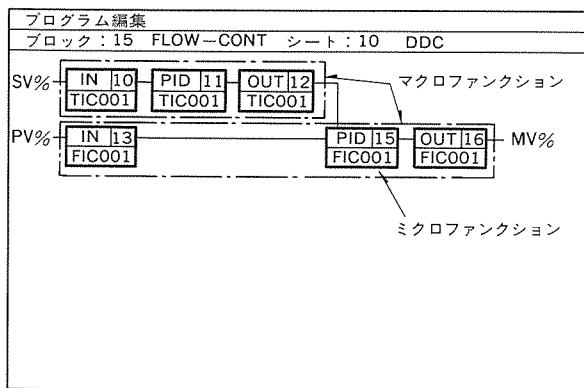


図 7. DDCマクロ表記例

DDCマクロは、計装制御で頻繁に使用される機能要素としてのミクロファンクション、ミクロファンクションの標準の組合せで構成される計器相当の標準マクロファンクション、及びユーザー自身がミクロファンクションを自由に組み合わせて追加可能なユーザーマクロファンクションの結線により、簡単に所望の制御機能の実現が図れるようにしたものである。図 7 に表記例を示す。

4. エンジニアリング支援 (JP-C)

JP-Cは、《MELTAS》の中での情報制御を統括するコンポーネントであり、サポートするアプリケーション システムは多岐にわたる。このため、リアルタイム・マルチタスク機能を持つ基本システムソフトウェア (OS) に、分散プロセッサシステム環境及び分散デバイス環境 (データ一元化) の拡張を図り、分散プロセッサ・リアルタイム・マルチタスク支援環境を提供している。

4.1 情報制御・加工支援

この支援機能は、FORTRAN, C, PL/Mといった汎用手続型言語と、リアルタイムBASICを利用可能とし、セルフ エンジニアリング (セルフ環境)、及び分散環境を利用したリモート エンジニアリング (リモート環境) を支援している。

(1) セルフ環境

ターゲットマシン又は単一マシン上で、ソフトウェア開発における製作段階から試験段階までの全ステージを実現可能としている。

(2) リモート環境

ソフトウェア開発段階でのソフトウェア一元化管理を可能とするもので、マスタプロセッサ (ソフトウェア データベース) を複数のスレーブプロセッサにより共有し、ソフトウェア資源の共用化、バージョン管理の一元化が可能となる。マスタプロセッサには、SMS

を適用するが、JP-C自身を利用することもできる。

FORTRAN言語については、上位工業用計算機との互換性を持った言語開発を計画しており、これによって上位計算機を含めたエンジニアリング支援の統合化を実現する (図 8)。

4.2 意思決定 (AI) 支援

意思決定支援としては、物流制御やスケジューリングなどの複雑な組合せ・割付けプロセス、計装制御におけるシステムの立上げ・立下げ時のような数式モデル化困難なプロセス、設備診断・保守などの領域に対するソフトウェア開発を効率化するオンライン リアルタイム性を備えた知識処理システムを提供する。

このシステムは、IF_THEN型のプロダクション システム、あいまい性を取り扱うファジィ推論、Dempster-Shaferの理論などを可能とするリアルタイム推論機構部と、マンマシン インタフェース部から構成される。各部は同一プロセッサ上にも、独立したプロセッサ上にも配置可能となっている。特に、マンマシン インタフェース部は、高級高度で柔軟なマンマシンを実現するため、OPSや専用端末化したパソコン、エンジニアリング ワークステーション (EWS) を利用可能である。

推論機構の出力 (推論結果) は、分散環境を経由し、任意のステーションから参照できる。このため、OPSへ自由に加工して表示することができる。これらのシステム コンフィギュレーションは、FIF化したツールを用いて、容易に行うことができる (図 9)。

5. エンジニアリング支援 (OPS)

(1) 空欄記述方式 (FIF: Fill in the Form)

マンマシン インタフェース機能のうち、アラーム ガイダンス検出やタグなどの割付け、オペレーション画面構成、ファンクションキー操作機能などは、図10に示すように、ユーザーが適用アプリケ

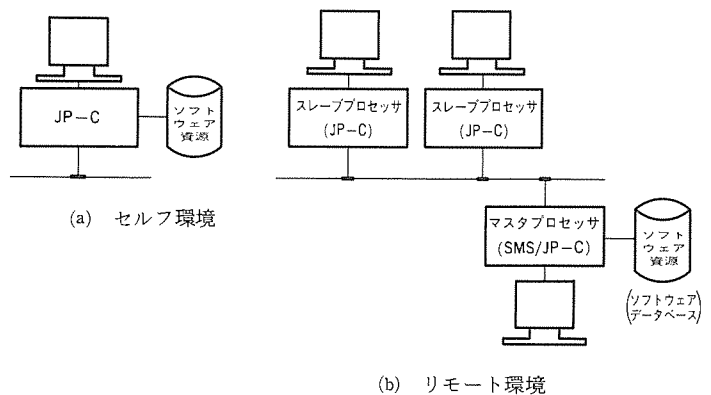


図 8. JP-Cエンジニアリング支援

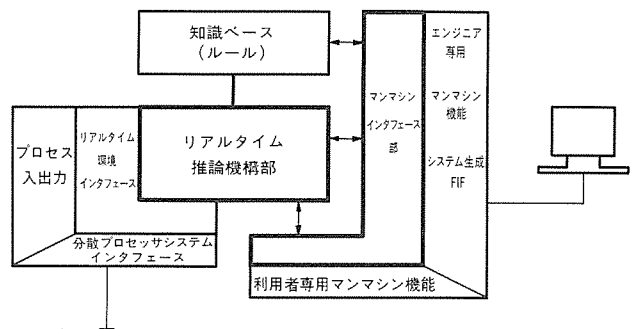


図 9. 意思決定支援

PFキーファンクション定義				
PAGE 1				
PFキー NO.	コメント	ロック モード	ファンクションNO.	表示基準点 X Y
1	銘柄設定画面	L	APLS-123	10 5
2	トレンドグラフ		TRGS-48	
3				
4				
5	TIC-53計器図		CNTW-1	20 8
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				

>>PIC-3.....

図10. 空欄記述(FIF)方式OPSエンジニアリング画面

ーションシステムに応じて、データをエンジニアリング画面内表形式の該当空欄に定義するのみで実現でき、容易性を追求している。

この方式では、定義済みデータのコピー、編集、ページ単位での一括コピー、削除など、データ入力作業に付随する各種の編集操作を実現しており、設計作業の効率化を図るとともにヘルプ機能の充実により、入力データのレンジ・メニュー・用途を必要に応じて表示し、初心者にも容易に作業ができる環境を提供している。

(2) CAD方式の作画機能

アプリケーション対応のグラフィック画面は、あらかじめ画面フォーマットを描いたワークシートをタブレット上に置き、それをなぞりながら対話形式で、完成後の画面イメージのままでの作画が簡単に行える。また、作画機能も画面表示の一部分を部品(セグメントファイル)として標準化し、作業効率向上を図ることができる。セグメントファイルの種類と作画手順を図11に示す。

(3) オペレーション メンテナンス機能

OPS上でのエンジニアリング機能のほとんどは、エンジニアリング専用ストロークキーボードでエンジニア又はプログラマを対象として行われるが、ファンクションキー操作機能割付け、標準画面の画面構成、計器図配置など、オペレーション上の操作性に関するデータ定義のエンジニアリング機能は、オペレータがプラント操作中に任意に変更可能なよう、オペレーション用専用シートキーボードからでも変更できる。これにより、オペレータ自身がプラント操作手順に最適なシステムへと改良することができる。ただし、操作中に定義済みデータの変更が許されないアプリケーションシステムの場合には、機能ごとに定義データの表示確認のみ可能とし、データ変更が不可能なように、セキュリティ機能も考慮されている。

6. デバック保守支援

アプリケーションシステムの円滑・早期な立上げ、容易な改造・

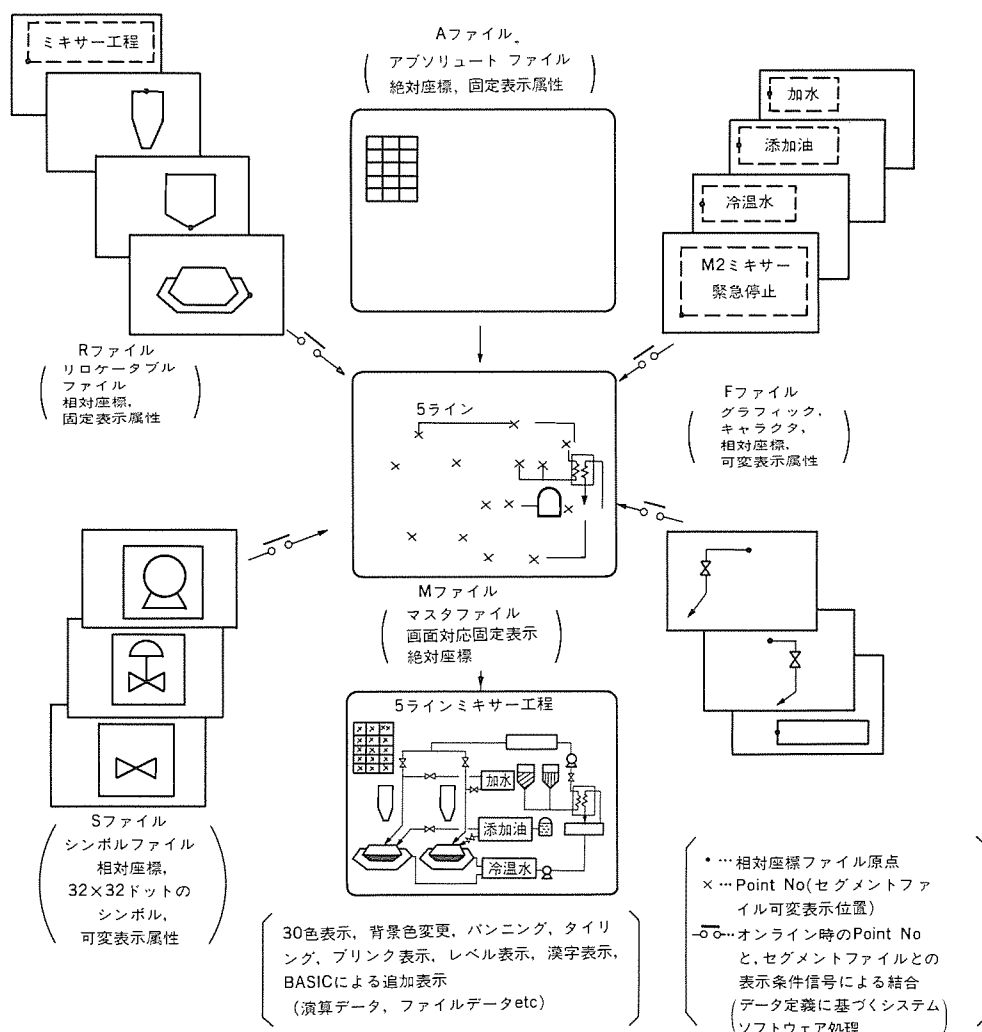


図11. 作画構成

表 1. デバック保守支援機能 (JP-EI)

No.	機 能	内 容
1	変数※のモニタ	変数の内容のリアルタイム時系列表示とオンラインデータ設定が可能
2	変数のトレンド記録	変数の内容をリアルタイムにトレンド記録する。トリガ条件設定, 実行周期同期可
3	パラメータチューニング	DDCループパラメータの内容の計器・トレンド・数値表示とオンライン設定が可能
4	変数のサーチ	プログラム実行状態での指定変数のアクセスポイントのサーチ
5	モニタプログラム	プログラム実行状態のリアルタイムのモニタ
6	ステッププログラム	ステップ実行, ブレークポイント実行及び実行結果の表示
7	モジュールガイダンス	モジュール状態(RUN/STOP, 故障など)の表示とRUN/STOP操作
8	エラーガイダンス	故障管理情報(現在値・履歴)の表示とモジュール実行履歴表示
9	シュミレート I/O	プロセスI/O(実I/O)をワード単位にイメージI/O指定が可能
10	ファイル転送	プログラミングツールとJP-EI間でのプログラム情報のロード/セーブ
11	メンテナンス	ドキュメント出力, ディスクファイル メンテナンス, バックアップなど

注 ※印 変数はタグ, ラベルなどの論理的な変数を意味する。

表 2. デバック保守支援機能 (JP-C)

No.	機 能	内 容
1	メモリ参照変更	オンライン リアルタイムでの主記憶内容の表示変更
2	イベントトレース	プログラムの実行履歴(各種イベント)のオンライントレース, リアルタイム表示
3	エラートレース	プログラム実行中での各種エラーのオンライントレース, リアルタイム表示
4	イベントシミュレーション	プログラムの起動条件のイベント(メッセージ)を模擬的に発生させる。
5	負荷率測定	CPUの負荷状態を測定する。
6	主記憶転送	主記憶と補助記憶間でのデータのセーブ, ロード, ベリファイ

保守, 故障に対する迅速・的確な対応という, ユーザーの永年にわたるニーズを満足するためには, 充実したデバック保守支援環境の整備が不可欠である。《MELTAS》では, 支援装置とジョブプロセッサが一体となって, 次のような機能の充実を図っている。

(1) RASの一元化

システムに接続されているすべてのコンポーネントのRAS情報をSMS, OPSから監視可能とし, RASの一元管理を行い保守の容易化を図っている。

(2) デバック保守の統合化

《MELTAS》では, 各ジョブプロセッサ対応に, 豊富なデバック保守支援機能を備えている(表 1, 表 2)。これらの支援機能は, プログラミングツール (JP-EI用), システムコンソール (JP-C用) といった, 各ジョブプロセッサ直結のセルフ エンジニアリング支援装

置の上で実現されるとともに, リモート エンジニアリング支援としてSMS, OPS上で統合されている。また, セルフ エンジニアリング支援装置を分散環境に接続することによって, リモート エンジニアリング支援としてのデバック保守を行うことができる。

(3) ソフトウェアの分割デバック

ジョブプロセッサで実行される大容量のアプリケーション ソフトウェアを, 機能単位に分割し, 複数のリモート エンジニアリング支援装置によって分割デバックすることが可能である。特に, JP-EIについては, プログラムはカプセルという単位ごとに独立した環境で実行されており, デバック作業についてもカプセルごとに, それぞれ独立した支援装置によって, オンラインで並行して行うことが可能である。

(4) システムエラーの局所化

JP-EIでは, アプリケーション ソフトウェアの追加・改造などの変更を行い, 実行・デバックする際には, エラーフリー機能を利用することにより, 変更ソフトウェアで発生したエラーを局所化し, 他の稼働中アプリケーション ソフトウェアに影響を与えないよう考慮している。この場合, あらかじめエラーフリーとプログラミングされたカプセルの実行中に, 万一システムエラーが発生した場合においては, 当該カプセルのみSTOPし, 他のカプセルは継続して実行される。

(5) オンラインモニタ機能の充実

JP-EI専用の支援機能として, プログラム 1 命令ごとの実行結果 (アキュムレータ, 変数データ) をリアルタイムにトレースするモニタプログラム機能や, 変数データを指定トリガ条件成立までプログラムモジュールの実行周期ごとにトレースする変数のトレンド記録機能など, オンラインモニタ機能の充実を図っている。

(6) 扱いやすいプログラミングツール

プログラミングツールには, ラップトップパソコンを採用し, コンパクトで可搬性を重視したものとしている。さらに, 日本語コメントの導入, マルチウインドウ機能による豊富なガイダンス情報の提供により, 初めてのユーザーでも容易に扱うことが可能である。

7. む す び

制御システムは, アプリケーション システムの多様な要求への対応のために, 機能の高度化・複雑化が, またシステムの高信頼性の維持のために, 機能の分散・階層化が進められており, この傾向は今後ますます強まるものと予測される。

《MELTAS》エンジニアリング支援では, これらにこたえるために, 前述のような各種の手段を実現しているが, 今後とも各システム コンポーネントの機能・性能を十二分に発揮し, アプリケーション システムに最適な統合システムの構築・維持が, 容易に行えるようエンジニアリング支援の機能強化に, 一層努力を続けていく所存である。

統合制御システム《MELTAS》の アドバンスト制御

前田和男* 本野英明**
小寺嘉一*
榛原潤一*

1. ま え が き

プロセス制御における最適化・高度化は、その適用範囲と適用手法の両面でますます多様化しつつ着実に普及し始めているが、その大きな推進力の一つに計算機技術のめざましい進歩があげられる。統合制御システム《MELTAS》は、正にこれらプロセス制御の最適化・高度化の要求に対し、プロセス制御に密着し、使いやすく高機能な計算機システム環境を提供している。本稿では、計算機を中心としたアドバンスト制御の動向を述べ、適用事例を紹介する。

2. アドバンスト制御の動向

2.1 アドバンスト制御

近年、製造業では企業間競争の激化の中で、

- 高付加価値製品の多品種適量生産
- 省エネルギー・省資源・運転効率などのプラントトータルの最適化
- 非定常運転まで含めた自動化（超自動化）

の追求に全力を注いでいる。これに伴いプロセス制御システムにおいて、従来のループ制御及びDDCレベルのアドバンスト制御から前進し、モデル制御や最適化制御などの計算機を駆使したアドバンスト制御への積極的な取組がなされ始めている（図1）。

これらのプロセス制御システムの最適化・高度化への取組は、以下の二つの動きに分類できる。

(1) 数式モデル制御、最適化制御

プロセストータルの最適化（省エネルギー、省資源、運転効率、品質の向上）を目的として、プロセスをブラックボックスとしてとらえるのではなく、プロセス内部のメカニズムや各状態の因果律を推定・把握して、積極的にプロセスを制御するモデル制御や最適化

制御の導入が進んでいる。

(2) AI、ファジィ応用、運用解析支援などの補完によるハイブリッド制御

品種替えやスタートアップ、シャットダウンなどの非定常運転の自動化及び理論（数式化）と実際のギャップを埋めることを目的として、数式モデル制御や最適化制御を、AIやファジィ制御で補完するハイブリッド制御の適用も活発化している。

表1に各分野におけるアドバンスト制御の適用事例を掲げる。

2.2 プロセス制御用計算機

アドバンスト制御の普及のためには、プロセスと密着した高機能で使いやすい計算機が存在が不可欠である。統合制御システム《MELTAS》はこれらの要求に答えるべく、下記のシステム環境を備えている。

(1) プロセス制御と有機的に結合した計算機

EIC^(注1)システム内のリソース（DB、PIOなど）やMMI^(注2)の一元化をした平衡分散システムの一員として、高速情報処理制御能力を持った高機能な計算機をラインアップしている。

- 32ビットMPUによるジョブプロセッサC
- 工業用スーパーミニコン《MELCOM 350/60シリーズ》

(2) リアルタイム プロセスデータの自由なアクセス環境

アプリケーション ソフトウェアは、通信を意識しないでリアルタイムでプロセスデータを自由にアクセスできる環境を提供している。

- 高速サイクリック通信
- 論理名（タグ、ラベル）によるデータのアクセス
- 分散データベースのサポート

(3) 最適化制御支援ソフトウェア群

(注1) EIC：電気制御(E)、計装制御(I)、計算機制御(C)

(注2) MMI：マンマシン インタフェース

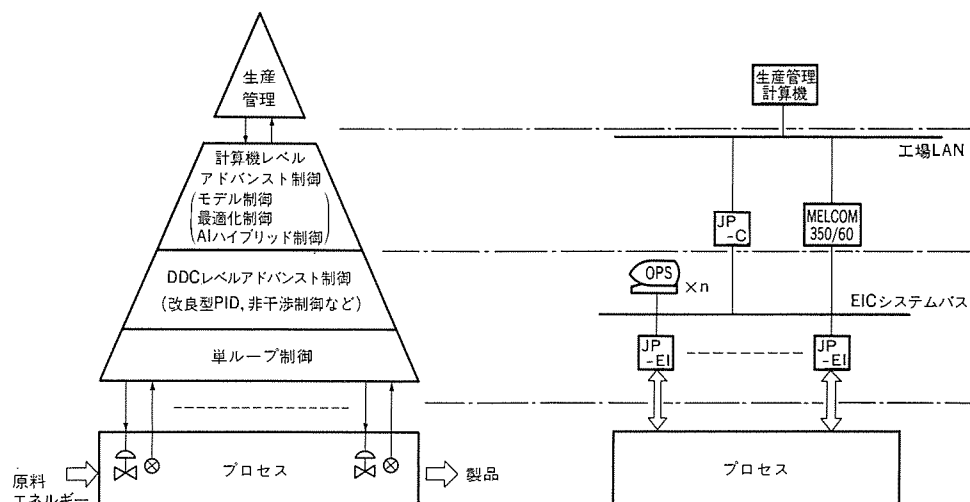


図1. プロセス制御システムの階層構造

表 1. 各分野でのアドバンスト制御応用

対象プラント	モデル制御	最適化制御	AI・ファジイ応用	運用解析支援
鉄鋼プラント	圧延機形状制御 圧延荷荷配分制御 ループレス張力制御 仕上板温度制御 板幅制御システム	加熱炉燃焼制御 形状セットアップ計算 圧延スケジュール計算 ミルベージング制御	炉温度設定制御 電機故障診断 板取り制御	連続圧延機シミュレータ 加熱炉シミュレータ 圧延形状シミュレータ
紙パルププラント	蒸解かま最適制御 調整しょう紙制御	最適切断制御 抄き替え最適化制御	板取り決定 電機設備診断	コータ・タンクシミュレータ
食品プラント	貯蔵室温度分布制御 仕込工程スケジュール制御	原料ブレンド制御	発酵制御 サイロ運用制御 製品ライン速度制御	タンク運用シミュレータ
化学プラント	重合反応器	エチレン分解炉最適制御	反応器反応抑制制御 精留塔組成制御	――
セメント、ガラスプラント	――	キルン燃焼制御 溶解炉燃焼制御	原料ミル、製品ミル制御 原料ルート、製品ルート制御	生産量予測支援
ユーティリティプラント	薬注制御 汚水ポンプ予測制御 汚泥総量制御 消化プロセス制御	送配水計画 水処理プロセス管理 汚泥トータル管理 送配電計画	薬注制御 雨水ポンプ制御 水処理プロセス診断 故障診断 電力系統異常診断	管網解析 開水路網解析 活性汚泥プロセス解析 消化プロセス解析 自家発電用運用解析

- データ解析、テスト/シミュレーション支援ソフトウェア
- 最適化制御支援ライブラリ群
- オンラインAI、ファジイ制御ツール

3. オンラインモデル制御

実プラント運転の高度化、多様化する製品仕様に従従し、あらゆる運転状態を通じて省エネルギー、省人操業を可能とするため、プロセス数式モデルの精度良い実現がなされ、プロセス運用目的に応じた効率良い自動運転が実現されている。

産業プラントにおいては、対象モデルを現象の理論式と、大量の実績データ収集解析を通じて得られるモデル式が不可欠であり、計算機による全自動運転が大きな効果を実現している。

3.1 加熱炉燃焼制御

この制御システムは、連続的に加熱炉から抽出される目標温度の異なる鋼材の抽出温度を精度良く制御するばかりでなく、それに要するエネルギーを最小にするという目的を持っている。この制御システムは、また加熱炉内に存在する鋼材温度が測定不能なため、加熱に必要な時間（1～3時間）鋼材温度を計算する予測モデル内蔵のフィードフォワード制御が主体である。システムの基本構造は、図2に示すような機能から構成されており、①炉内温度分布計算、②鋼材温度分布計算が、フィードフォワードのかなめとなる予測モデルである。特に炉内温度分布計算モデルは、熱バランス方程式に基づく非定常の非線形方程式をニュートン法を用いて解いている。③最適昇温曲線計算機能は、非線形方程式で構成されている炉温・鋼材温度計算機能を初期値付近で線形化を施す線形計画法による計算を、繰り返し適用することにより燃料流量を最少とする昇温曲線をオンラインで決定している。制約条件・評価関数は、次に示すようなものである。

- (a) $\theta_{Li} \leq \theta_{out} \leq \theta_{Lu}$ (抽出温度制約)
 (b) $\Delta \theta_{out} \leq \Delta \theta_{max}$ (鋼材内部温度差制約)
 (c) $\theta_{gLi} \leq \theta_{g1} \leq \theta_{gLu}$ (炉内温度分布制約)
 (d) $W_{jL} \leq W_j \leq W_{jU}$ (流量制約)

$$\Phi = \sum C_j W_j \cdot \Delta t_j \rightarrow \text{最小} \quad (\text{燃料流量最少})$$

現在稼働中のシステムでは、上記制約条件の数は、32個である。

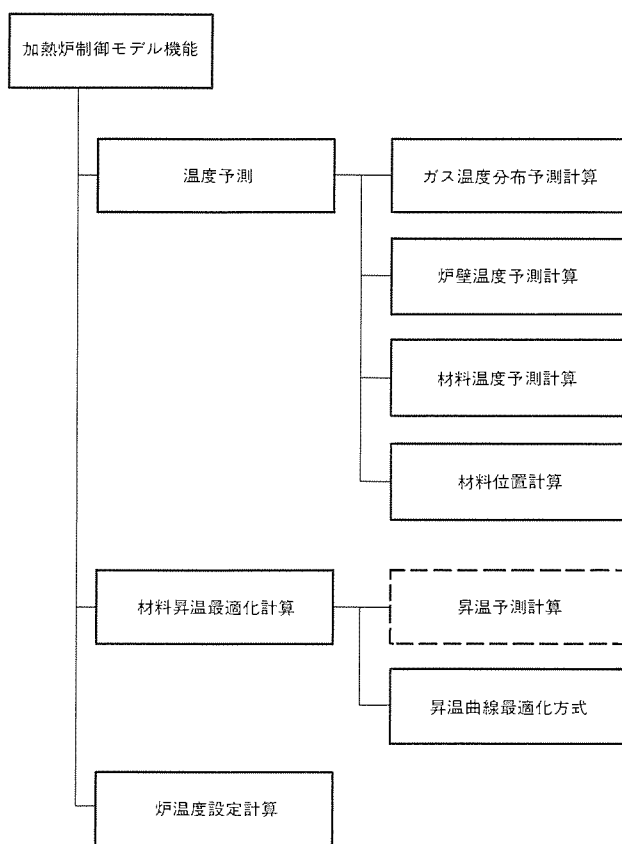


図2. 加熱炉燃焼制御のモデル制御

図3は、上記最適化を実施している例であり、手動設定のときに比べて10%の省エネルギーを実現している。

3.2 圧延スケジュール計算モデル

このモデルは、鋼材の圧延現象に関する理論研究の成果を利用した数学モデルにより、各材料ごとに変動する製品仕様・加工仕様に適合した圧延機の設定作業を完全に無人化・自動化するものである。

設定項目として各圧延スタンドの速度設定、ロール圧下位置設定、各圧延機への負荷配分比率、スタンド間張力値設定のほか、製品形状実現のためのベンディング圧力値設定、材料温度確保のための加速運転指令設定まで含まれている。あらゆる設定計算は、上記のモデル式を駆使した計算機機能により実現している。このため極めて

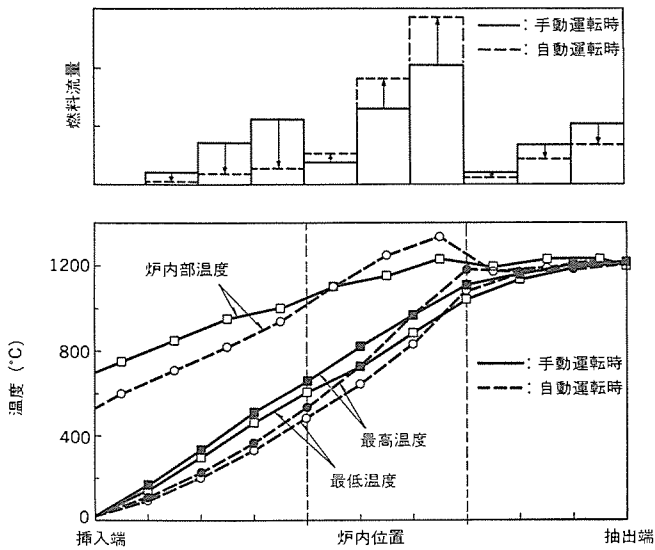


図3. 炉内温度分布制御

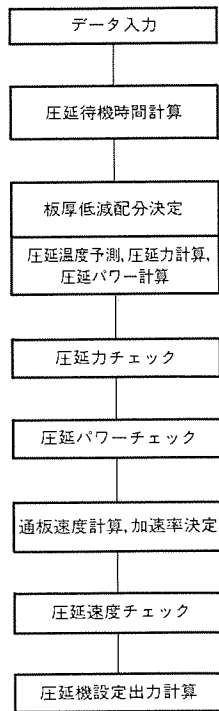


図4. 仕上圧延機に対する設定計算処理

少数の運転要員により高い生産性が確保された。

高精度の現象モデル式を用いているため、特殊鋼、特殊仕様材についてもきめ細かい対応が可能となっている。

仕上圧延機に対する設定計算処理の一例を図4に示す。過去の圧延履歴・実績評価に基づく学習制御機能により、モデル式精度を更新し、常に極めて高い製品精度と高い歩留り向上に貢献している。

多数の圧延スタンドにより構成される連続圧延機の構造上の特徴を利用して、同一材の前段での計算予測値と実績値を比較することにより、後段での結果を予測し材料の後段スタンドへのメタルイン以前に再度設定修正するダイナミック再設定機能により製品先端部での板厚・板幅寸法精度を更に向上させることができています。図5に仕上ミルダイナミック セットアップ制御の概念フローを示す。

3.3 流入量予測によるポンプ制御

このシステムは、雨水時の急激な流入下水量的変化に対応して、ポンプ井水位を適正な水位に保つため、ポンプ運転を自動化するものである。この手法では、まず流入下水量の推定や予測を流入きよ

前段スタンドデータ採取完了後

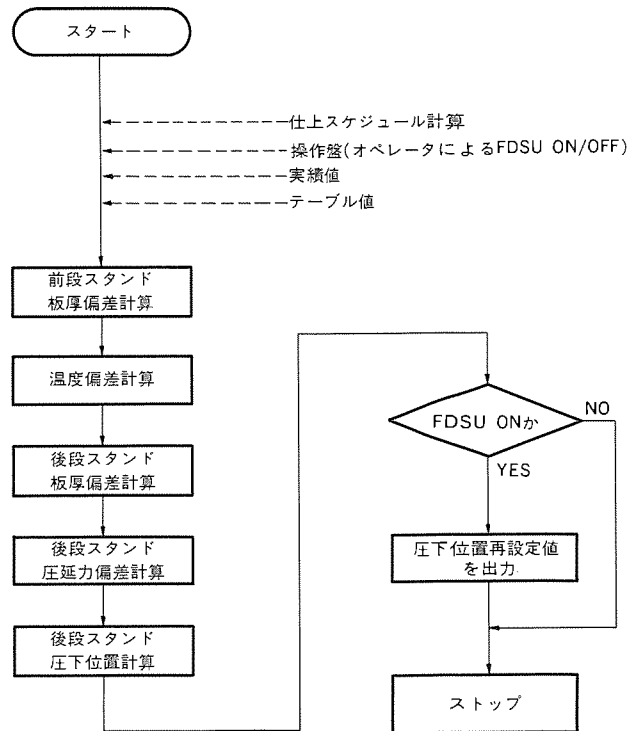


図5. 仕上ミルダイナミック セットアップ制御 (FDSU計算フロー)

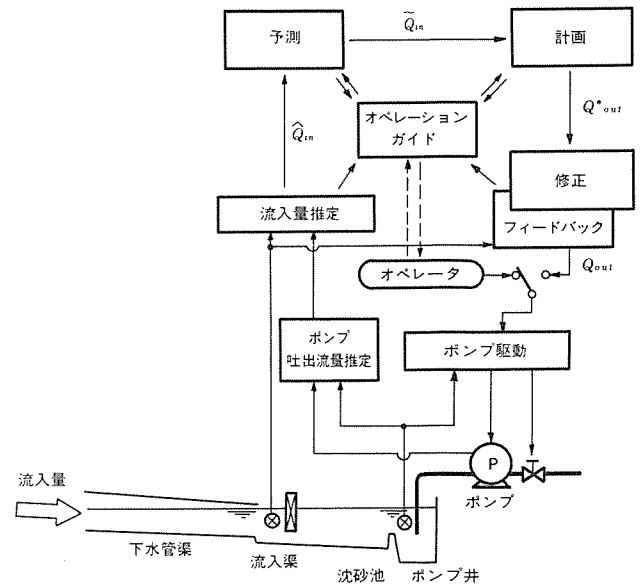


図6. 流入量予測ポンプ制御の制御構造

(渠)の水位と水位に連動しつつ、ダイナミックに変化する流入渠の水面積並びにポンプ揚水量から逆推定モデルや自己帰帰モデルを用いて行う。次に、この予測量を用い適切な水位を保つべく数理計画法を用いポンプ揚水量を定めることができる。ところが、このポンプ揚水量計画のままでは、流入下水量の予測誤差分に依じて水位が計画水位からずれることになる。この水位のずれを除くため、水位フィードバック機能を付加し最適レギュレータの形で実現している。下水流入量推定・予測、ポンプ揚水量計画及び制御に至る制御構造をブロック図の形で示すと図6のようになる。この制御システムにより、従来困難であった流入渠やポンプ井の水位の適正化を図ることが可能となった。

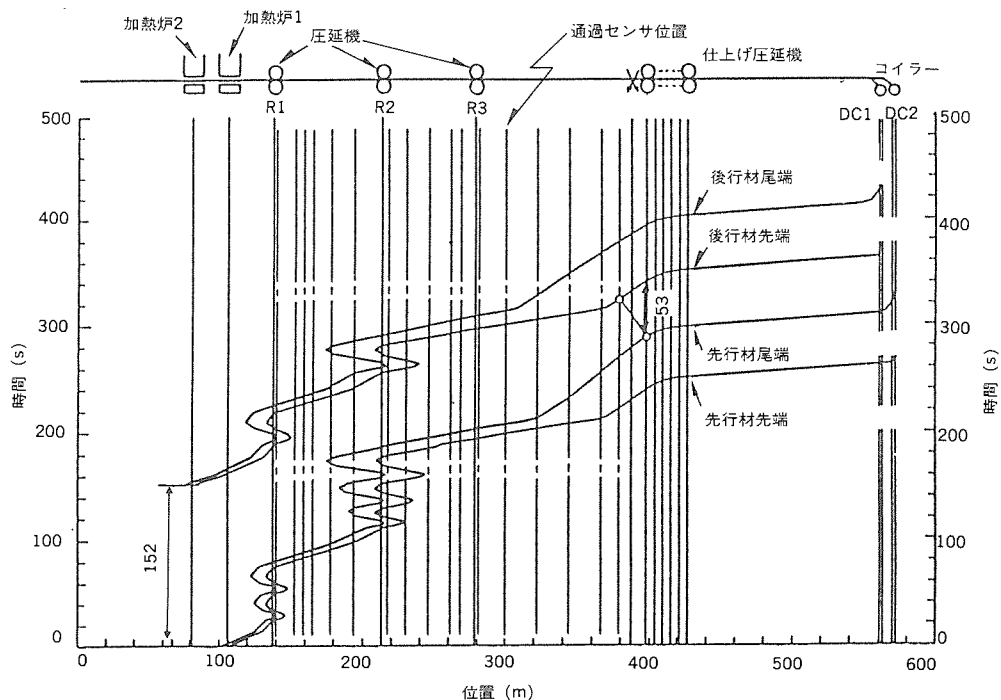


図7. ミルペーシング タイムチャート

4. 操業・工程最適化制御

製品の多様化、多品種化が進行していく中で、いかに市場の要求にジャストインタイムな生産対応が可能な生産システムを構築していくかが重要なことで、これを人手に頼らずに自動化する操業・工程最適化制御が普及しつつある。この最適化制御は、マクロの生産計画を下に、プロセス制御に密着して、設備利用率maxあるいはエネルギーminなどの最適化を実現する操業・工程を解き下位プロセス制御システムに自動設定するものである。以下に様々なフィールドで適用されている操業・工程最適化制御システムを数例紹介する。

4.1 ミルペーシング制御

鉄鋼プラントの棒材・板材製造プロセスにおいて、加熱炉操業と圧延ライン生産の協調を取り、高い生産性を達成するため、ライン上での鋼板の円滑な搬送を図るため加熱炉におけるスラブ抽出タイミングの決定と直送圧延材のライン上での通過時刻を制御するものである。

事前に知りうる粗圧延スケジュール、仕上圧延スケジュール計算結果により、圧延ライン上での材料搬送タイムスケジュールを予測し、設備能力・先行材との位置時間関係を把握して、次行材の進行をコントロールしている。

各材料の進行予測計算の結果を図7に示す。この制御システムにより、極めて高い生産性の向上を図ることができた。

4.2 タンク最適運用

食品及び薬品工業などでは、多数の反応タンクや貯蔵タンクを持ち、これらタンク間の輸送やブレンディングを行いつつ中間製品及び最終製品を生産している。近年、多品種適量生産傾向が強まる中で、これら多数（有限）のタンク群を最適運用する必要性が高まっている。図8に、タンク最適運用システムの構成図を示す。このシステムは、生産計画に基づきプロセス予測モデルを駆使し、最適タンク運用計画を実施するシステムであり、下記特長を備えている。

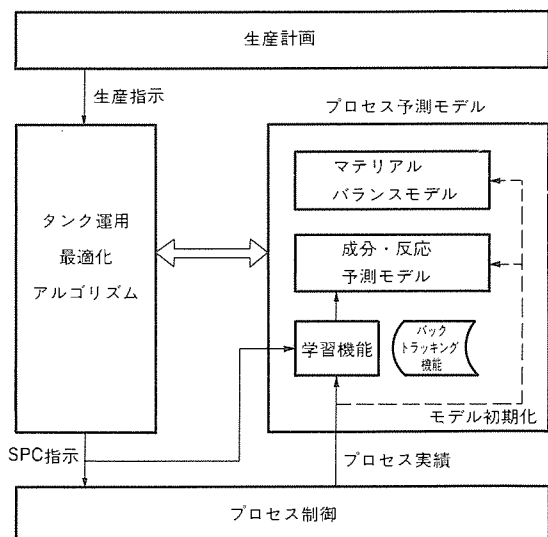


図8. タンク最適運用システム

- (1) 多品種適量生産に対応した設備利用効率最大のタンク運用
- (2) 最適化アルゴリズムとプロセス予測モデルを分離しており、プロセスの改造及び品種の増加への対応が容易
- (3) 成分・反応予測モデル及びその学習機能を備えており、品質まで含めたタンク最適運用計画が可能

4.3 工場エネルギー最適負荷配分

複数台の自家発電ユニットを持つ工場では、工場トータルエネルギーのミニマム化を目指した各ユニットの経済運用が求められる。この最適解は、電力と蒸気のデマンドが与えられたとき、各ユニットに許容される蒸気・電力の上下限值、電力会社からの買電契約値などを制約条件とし、買電電力料金と各ボイラユニットの燃費の和を評価関数とする最小値問題として非線形計画法（NLP）を用いて求めることができる。

つまり、 n 個の非負の変数 x_k をもつ m 個の等号制約（式(1)）と l 個の不等号制約（式(2)）下で目的関数（式(3)）を最小とする x_k の組合せを探索する。

$$F_i(x_i) = 0 \quad (i=1, 2, \dots, m) \quad \dots\dots\dots(1)$$

$$G_i(x_i) \geq 0 \quad (i=1, 2, \dots, \ell) \quad \dots\dots\dots(2)$$

$$H(x) = \sum_{k=1}^n E_k x_k \quad (k=1, 2, \dots, n) \quad \dots\dots\dots(3)$$

x_k は各ユニットの蒸気量や出力であり、式(1)の等式制約は電力バランス、蒸気バランスなどであり、式(2)の不等号制約は電力・蒸気の上下限条件などである。また、 E_k は費用係数（買電・燃料の単価）である。これらの制約条件をもつ最適化問題は、等号条件式及び不等号条件式のそれぞれにラグランジュ乗数を用いて、制約条件のない新たな目的関数（ラグランジュ関数 $J(x \cdot \lambda \cdot \gamma)$ ）をつくることができる（式(4)）。

$$J(x \cdot \lambda \cdot \gamma) = H(x_k) + \sum_{j=1}^m \lambda_j G_j(x_k) + \sum_{i=1}^{\ell} \gamma_i F_i(x_k) \quad \dots\dots\dots(4)$$

式(4)の条件のない目的関数は、さらに共役こう配法により $J(x, \lambda, \gamma)$ を最小とする x_k の最適組合せを探索する。これらの演算は数分周期で行われ、解はそれぞれのユニットの目標値としてコントローラに与えられる。この最適負荷配分により、燃費の1～2%の削減が期待できる。

4.4 大規模送水系統計画システム

広域に分散された配水池及びポンプ場からなる大規模送水系統では、ポンプ動力費の節減、漏水の削減、配水池のバッファ機能のフル活用、ポンプ運転切替回数の最少化などを考慮して運用の最適化が求められる。ここでは、日量150万tの水輸送を行っている送水系統において、十数%の電力費削減と約10%の計画作業の効率化を達成した送水計画手法について紹介する。この例では、①朝6時の配水池の満水、②ポンプ流出流量の最少化を選んで定式化している。ポンプ群は、台数運転されており離散値しか取り得ないため、線形整数計画法となり、分枝限定法を用いて解を求めている。この手法は、通常膨大な計算時間を要するが、準最適解で十分であるので計算時間の短縮化を図っている。計算例を図9に示す。

5. AIやファジイ理論の応用

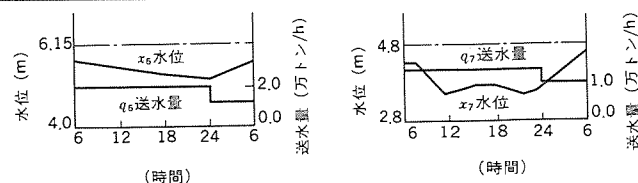
アドバンスト制御は、近年AIやファジイ理論などヒューリスティックアプローチを採用し、“インテリジェント化”に向けて大きく変貌しつつある。ここでは、産業分野における適用例を紹介する。

5.1 AIを導入した加熱炉制御

今まで加熱炉制御では、高度な数式モデルを使用して、ある評価関数の基で最適化計算を実施し制御を行ってきた。しかし、近年の多品種適量生産の時代になり最適化の目標関数が操業形態により多様に変化すること、圧延工程でのトラブルなどの緊急操業時の対応、システムのレベルアップ性の向上などを目的として、今までの高度な数式レベルを前処理として、種々の操業ノウハウをルールベースとするエキスパートシステムとを組み合わせた加熱炉制御システムを開発し、オンラインでの実施を行っている。このエキスパートシステムは、特に操業オペレータに開放することを目的とするため、いわゆるAI言語を知ることなく、図10に示すようなCRT画面の指示に従ってルールの改良・追加が可能となるルールエディタを持っている。このシステムにより、品質に応じた最適化計算時間の短縮化並びに緊急時の迅速な対応が可能となった。

5.2 水プラント運用支援システム

水システム分野の運転管理においては、これまで熟練運転員や水質専門職員に依存するところが多かった。最近このノウハウを取り



(a) 第6池の水位と送水量 (b) 第7池の水位と送水量
図9. 最適ポンプ制御流量と配水池水位

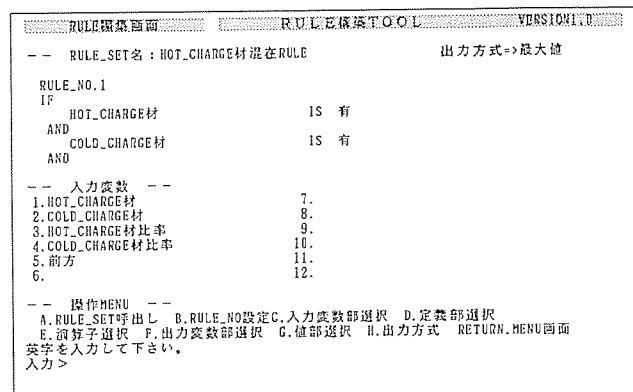


図10. AI応用加熱炉制御のCRT画面例

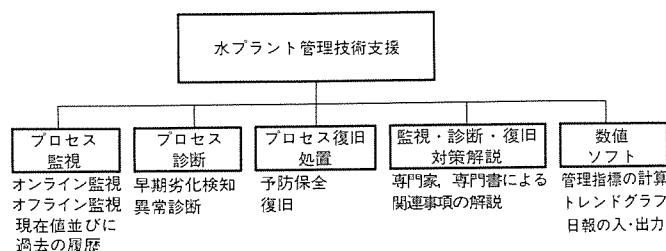


図11. 水プラント管理技術支援システムの構成

込んだエキスパートシステムによる自動化に対する要求が強まってきた。当社では数年前から送配水を始め、ポンプ・水処理の各制御並びに設備診断の実用化システムを納入し、現在順調に現場で稼働している。図11は、水処理プロセス診断支援システムの例である。このシステムは、トレンドグラフなどによるプロセス監視、ルールや診断木によるプロセス診断・復旧、監視や診断手順に対する解説、数値シミュレーションなどの数値解析機能を持っている。このシステムにより、水質管理レベルの向上ならびにプラント異常時の迅速な対応を図ることができる。

5.3 セメントキルン制御におけるファジイ制御の適用

セメント製造プロセスの制御で中心になるのは、焼成工程でのキルン制御である。主として石灰石と粘土を粉砕・混合して半製品であるクリンカを作る。このキルン制御では、従来から自己回帰モデル制御が試みられているが、現実には熟練オペレータによる経験と勘が判断のより所になっている。これは、キルンを制御対象としてみた場合、無駄時間及び時定数の長い系であり、内部で起こっている複雑な反応を外からは観察する手段がなく、モデリングが現実と異なっていると推察される。さらに、外乱の起こり方も複雑であり、この外乱に対しモデリングを行うことは事実上不可能であった。このため、キルン制御に対してファジイ制御の適用を試みている。

ファジイ推論については、状態評価ファジイ推論のみではなく、再帰型ファジイ推論も合わせて適用している。この再帰型ファジイ推論は、単なる状態から推論を実施するのではなく、評価用のメンバーシップ関数から不満足度を定義し、常にこの不満足度を最少にするよう制御する学習機能をもったファジイ推論である。

この状態評価型推論と、再帰型推論とを組み合わせることにより、安定性の高い（再現性のある。）制御が実現できている。

6. 運用解析支援

既に紹介してきたように、多くのプラントプロセスの通常運用時の自動化・管理制御機能は、極めて高いレベルで実用化されてきた。しかしながら、制御システム開発業務・運用中システムの運用変更にかかわる技術検討・運用中システムの詳細動作検討業務における関係エンジニアの負担は依然として大きいといわざるを得ない。

このエンジニアリング業務を支援するコンピュータ機能に大きな期待がかけられる。エンジニアリングワークステーションあるいは実機バックグラウンドジョブとして処理することにより、システム開発工期の短縮、運用方式開発業務の負担軽減のほか、運転要員教育訓練機能をも兼ね備えることが可能となる。

6.1 圧延ロールのサーマルクラウン シミュレータ

鋼板圧延における板の形状は、圧延ロールのプロフィールとベンディング力によって変化する。圧延ロールは、材料の加工熱、摩擦熱の発熱条件とクーラントの冷却条件の差によって熱膨脹し、この熱膨脹プロフィールをサーマルクラウンと称す。サーマルクラウンは、このように圧延パススケジュールなどの影響を受けるため圧延中に時々刻々変化する。このシミュレータは、この形状制御で重要な要素技術であるサーマルクラウンの予測・解析を支援するものであり、機能として、①熱間・冷間圧延可能、②ゾーンクーリング／ヒーティング解析、③板厚分布、温度分布解析などを持っている。また、結果は、数値表現のみでなく、図12に示すようなグラフィック表現が可能となっている。このシミュレータを使うことにより、サーマルクラウンの解析作業に要する計算時間を大幅に短縮化できるとともに形状制御の制御性の向上を図ることができた。

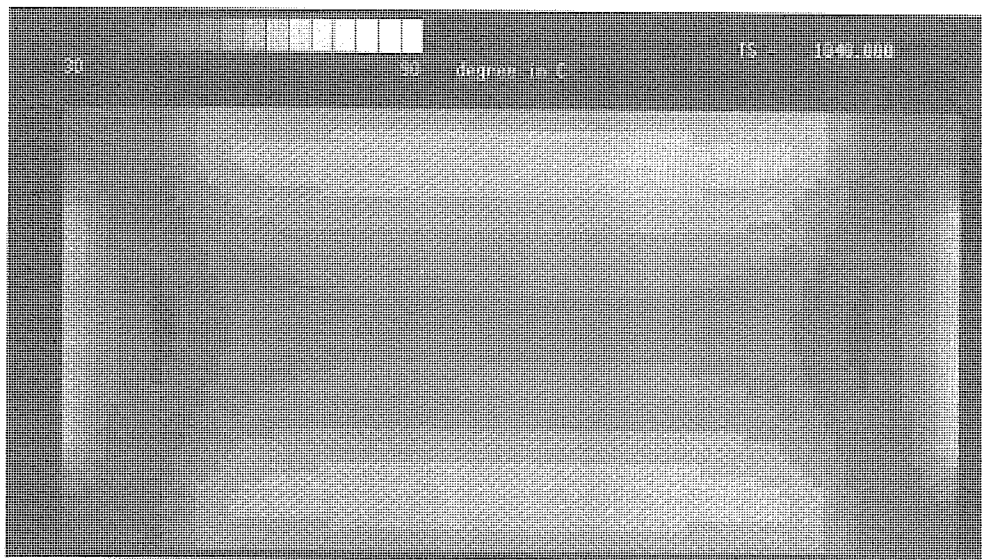


図12. 圧延ロール内部温度パターンとロールプロフィール

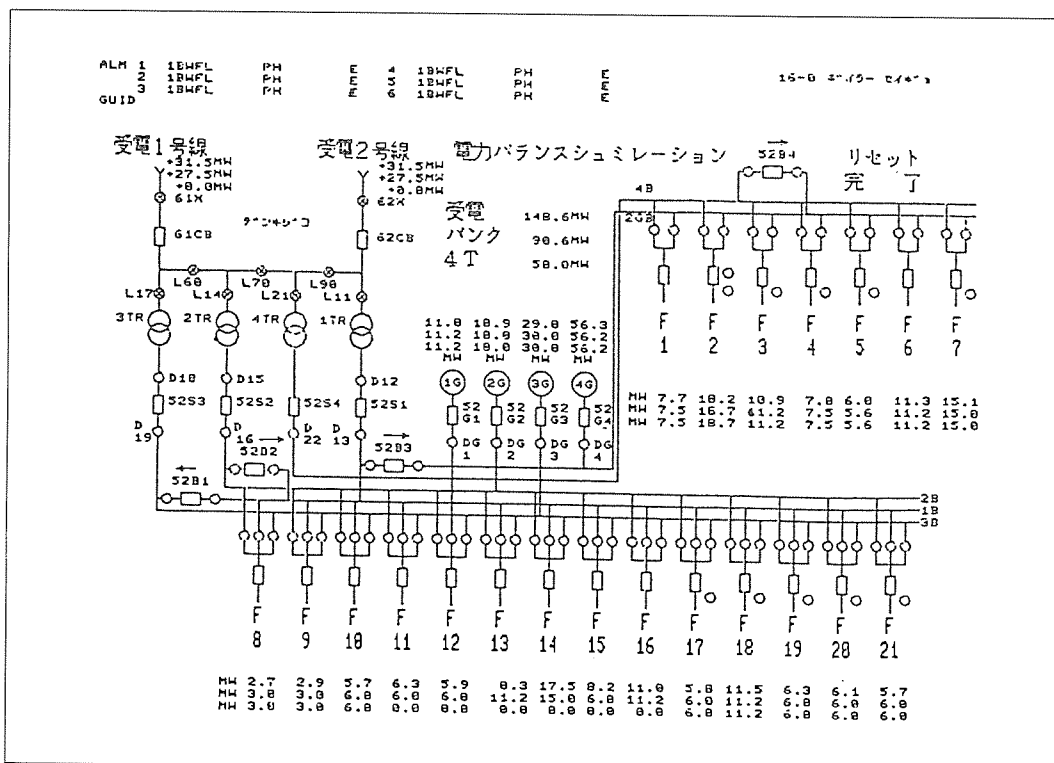


図13. 電力バランス シミュレーション例

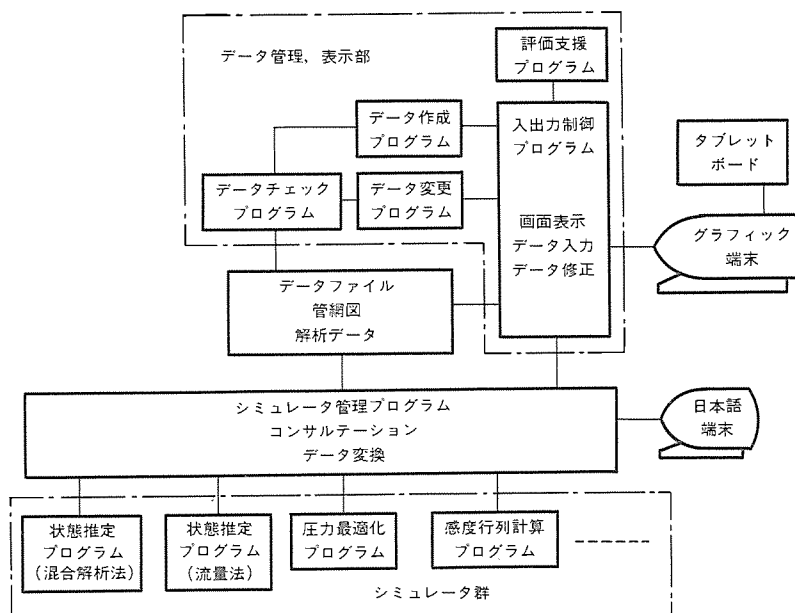


図14. 配水ネットワーク解析支援システムの構成

6.2 自家発電プラント運用シミュレーション

このシミュレータは、自家発電プラントの過渡時の最適な運転・対応則を求めるために用いられる。工場内の自家発電プラントにおいては、プロセスが定常状態にあるときは、蒸気も電力もそれぞれにバランスを保ち平衡状態にある。ところが、何らかのイベント（事故）あるいは操作により、この平衡状態がくずれると、このバランスはくずれ過渡状態を経た後、新たな平衡状態をつくりだす。場合によっては平衡状態を保てないまま、それぞれの機器の保護インタロックにより、プロセス全体が停止に至ることがある。このために、イベント発生時にボイラ・タービン・発電機が、どのような状態を経て平衡状態に至るのかシミュレートしており通常は下記の3モードを実施している。

(1) ボイラ停止

ボイラを通常停止・あるいは緊急停止した場合の蒸気及び電力バランス シミュレーション。

(2) 設備（プロセス）停止

工場設備を停止した際の蒸気及び電力バランスのシミュレーション。

(3) 電力系統事故

電力系統に事故が発生した際の、遮断すべき電力フィードの算出及び遮断実行後の電力・蒸気バランスのシミュレーション。

これらのシミュレーション演算は、リアルタイムデータ及び手動入力データのいずれを使っても実現でき、結果は画面上に表示される。図13に電力バランス シミュレーションの結果例を示す。図中のデータは3段で表示され、それぞれ現状（リアルタイム）のデータ、

シミュレーションに使用したデータ、シミュレーションの結果データを示している。このシミュレータにより、プロセスの過渡時の対応則のマニュアル化や、プラントの迅速な安定化が可能となった。

6.3 配水ネットワーク解析支援システム

配水管理システムの設計や配水制御の問題は、ますます大規模かつ複雑化しつつある。これに対応して各種の新しい解析手法によるシミュレータが必要とされる。ここでは、これらの配水ネットワークの解析作業を容易かつ効率的に行い、操作者の負担を低減することを目的として実用化された配水管網解析支援システムを紹介する。図14に示すように、システムは状態推定・圧力最適化・感度行列計算などの解析シミュレータ、評価支援、データ作成、コンサルテーションなどのプログラム群の連合形式により構成し、管理プログラムにより総合的に管理している。このシステムにより管網解析作業において、シミュレータ運用知識の修得、データの作成のような事前作業や解析結果の解説といった二次的な作業における操作者の負担は大幅に軽減された。

7. む す び

アドバンスト制御は、プラントの自動化はもとより、プロセス診断、スケジューリングなどプラント操業管理にかかわる広範囲な知的業務を支援する情報処理も含んだ情報制御システムへと発展しつつある。当社も“統合制御システム”を中核に、高度なLSIや通信技術を駆使しシステム計画・設計・ソフトウェア開発から運転・保守に至るプラント全体の制御機能の高信頼化・高精度化・高知能化を目指し、理想のシステムに向けて開発を続けていく所存である。

統合制御システム《MELTAS》の 石油化学分野への適用

幸山和正*
松本公雄*

1. ま え が き

装置産業の代表と言える石油化学工業は、エチレンプラントに代表される基幹プロセスと数多くの誘導品プロセスとが有機的に結合されたコンビナートを、経済的にかつ最大能力で連続稼働させるべく自動化を推進してきた。すなわち、安全安定操業・省人・省力・省資源を命題として、プロセスコンピュータ（ICS）、デジタル制御システム（DCS）などを積極的に導入している。一方、最近の円高、NIESにおける石油化学工業への進出、原料及びマーケットニーズの多様化など、産業構造、需要構造の変化は、石油化学工業に大きな影響を及ぼし、既存設備の一層の合理化、多品種適量生産への対応、新規事業への進出など、企業構造の迅速な変革を促している。

本稿では、大規模連続プロセス及び中小規模バッチプロセスの特徴、さらに上述のような状況下において生産活動の基盤である制御システム（プロセス操業管理・制御システム）に課せられている課題を紹介するとともに、統合制御システム《MELTAS》の適用と効果について述べる。

2. 石油化学プロセスの特質と課題

2.1 化学プロセスの設備構成

化学プロセスは、運転形態、設備の規模、製品の種類にかかわらず、おおむね図1に示すように、

- (1) 原料入荷から出荷までの製造設備
 - (2) 製造設備へ電力・水・蒸気・計装用空気などを供給するユーティリティ設備
 - (3) 製造設備からの排液・排気・廃棄物の処理設備
- から構成され、製造設備は更に下記のように細分される。
- (1) 原料の入荷・貯蔵設備
 - (2) 反応条件に合わせた原料の調製、不純物や触媒毒成分の除去などの原料前処理工程
 - (3) 前処理された原料を特定の反応条件の下で製品に転化させる反応工程
 - (4) 反応生成物から目的の製品を分離、精製するとともに、未反応成分を回収する後処理工程（分離・精製・回収工程）
 - (5) 製品の貯蔵・出荷設備

一方、化学プロセスは、その運転形態により、大きく連続プロセスとバッチプロセスに分類され、上記の各設備、工程間の相互関係には大きな相違がある。

2.2 大規模連続プロセスの特徴と課題

エチレンプラント、各種モノマープラントなどの汎用中間原料品製造プロセスにおいては、下流プロセスへ低コストで品質の均一な製品を安定供給するため、連続プロセスの形態が採用され、またスケールメリット追求の結果、設備規模の大型のことが多い。

大規模連続プロセスに関しては、表1に示すように、

- (1) 取り扱う原料・製品・中間原料の多くが、危険物であることが多い。
- (2) 製造設備内に、中間タンクがほとんどない。
- (3) 反応条件により、後処理工程から反応工程への未反応成分のリサイクルフローを伴うプロセスがある。
- (4) 反応工程で発生する大量の反応熱を動力源として回収することが多い。このため、製造設備と動力系が密接に結合される。
- (5) 高温・高圧・相の変化など、厳しい運転条件が多い。
- (6) 以上の諸点と工程が複雑なことから、部分的不調、トラブルがプラント全体の不調、危険に結びつきやすい。

などの特徴があるため、安全かつ安定な運転がすべてに優先する課題であり、工程単位の定常運転の自動化レベルは非常に高いものとなっている。一方、スタートアップ、シャットダウン、異常状態発生時などの非定常運転に関しては、

- (1) 定常状態と同じく各工程間のバランスの確保が重要である。
 - (2) 上流側からの逐次スタートアップ、反応器のヒーティングアップなどのため、スタートアップに長時間を要するものが多い。
 - (3) プラントは1～2年の長期連続運転であり、起動・停止の頻度が低いため、経験の蓄積は少ない。
 - (4) 万一トラブルが発生して適切な処理がなされなかった場合には、プラントの全面停止、人身事故といった経営基盤そのものを揺るがすことになりかねず、更には下流プロセスにまで損害を及ぼす。
- などから、自動シャットダウンシステムが整備されており、また熟練したオペレータの勘や経験に頼ることも多い。

また、最近の情勢として、原料、製品が多様化するとともに、製品の品質の一層の向上と均一化が要請される傾向にあり、特に大規模連続プロセスにおいては、生産効率の向上のため、表1に示すように、

- (1) 安全、安定運転の一層の徹底
 - (2) 非定常時運転の自動化を含めた超自動化運転の追求
 - (3) プロセスの複雑化、オペレータの少数化傾向下での運転・保全業務の極少化
 - (4) 原単位の低減、品質の向上及び均一性の確保を目指した最適生産システムの実現
- などが、大きな課題となっている。

2.3 バッチプロセスの特徴と課題

合成樹脂、染料、界面活性剤などの製造プロセスに関しては、原料、製品の種類が多く、複雑な反応プロセスを伴うとともに、各製品に対する需要量も比較的少ないことから、多品種適量生産に適したバッチプロセスの形態をとっているものが多い。

バッチプロセスに関しては、表2に示すように、

- (1) 多品種の製品を生産することが多く、生産計画の必要性が高い。
- (2) 反応工程、後処理工程では、時間の経過とともに仕込み、かく（攪）拌、温度変更、抜き出しといった各種の操作がシーケンシャルに行われる。

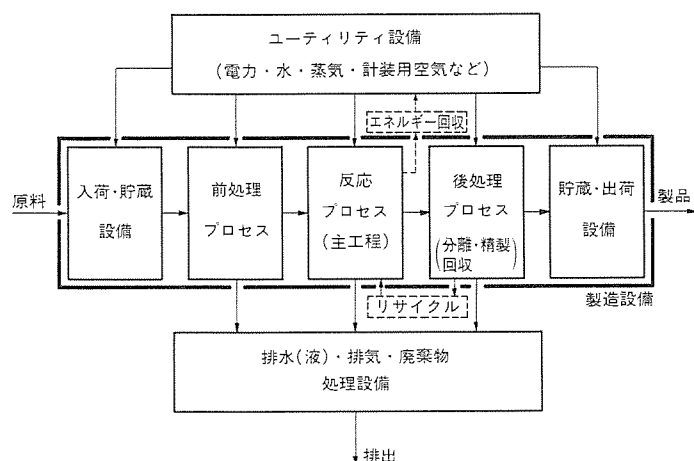


図1. 化学プロセスの設備構成

(3) 各設備、各工程は、自己完結型のものが多い。

など、連続プロセスとは異なり、過渡運転が主体となっているため、シーケンス制御、タイムスケジュール制御などの自動化が重要である。一方、複数の反応や後処理を行うことが多く、製品銘柄ごとに仕込み量・温度・時間などの運転条件や運転工程も異なるという特徴がある。したがって、各工程ごとのスケジュール管理とともに、前後工程との運転時間及び処理量のマッチングのための製造設備全

体のスケジュール管理が重要であるが、複雑な反応工程が多く、過渡状態が主体のため、オペレータの介入、手動操作に頼ることが多い。

また、最近の傾向として、製品のライフサイクルの短縮化、製品の多様化などが進んでおり、そのため製造設備、運転条件、運転経路などの変更頻度が高くなってきている。したがって、バッチプロセスに関する課題として、

- (1) プロセス、運転方法の変更に柔軟に対応できるフレキシブル生産システムの構築
 - (2) 各工程の運転情報と生産管理情報の統合による最適生産システムの確立
 - (3) 生産管理や誤操作防止のための自動化
 - (4) 品質の向上、過渡状態の制御の自動化のための高度な制御の実現
- などが挙げられる。

2.4 制御システムへのニーズ

装置産業におけるトータルシステムは、対象となるプロセスの規模・特徴により若干の違いはあるが、一般に生産管理機能、操業管理機能、運転管理機能、プロセス制御機能から構成される場合が多い。

大規模連続プロセスにおいて、合理化、省資源、省エネルギーな

表1. 連続プロセスの特徴と課題

プロセスの特徴	自動化のポイント	制御システムへの要求
<ul style="list-style-type: none"> ● キープラントが多い ● 大型プラント、しかも一系列のことが多い ● 誘導品連産型、事故の影響、損失が大 ● 可燃性ガス・危険物を大量に扱う ● 高温・低温・高圧・真空・相の変化など厳しい条件 ● プロセス内にバッファがほとんどない 	<ul style="list-style-type: none"> ● 安全性の確保、向上 (信頼性、冗長性、保安、設備管理インタロック、ループごとのマニュアル操作切離し) 	<ul style="list-style-type: none"> ● 高信頼性システム (部品レベルからの信頼性向上) ● 設備管理 (保安、設計、工事ドキュメントの一元化) ● 設備診断、保安管理
<ul style="list-style-type: none"> ● 長時間連続運転 ● スタートアップが長時間 ● 計器監視・現場パトロールが多い 	<ul style="list-style-type: none"> ● 運転の高度化 (超自動化(安全・安定運転、非定常時、異常時の自動化・支援、原料多様化への対応)、運転支援、訓練シミュレータ故障診断、異常予測) 	<ul style="list-style-type: none"> ● 運転管理制御範囲の拡大 ● プラントの性質、規模に応じた最適なコンフィギュレーション可能 ● プラント統合運転 → 情報量増大、計器室の統合 ● フィールド自動化
<ul style="list-style-type: none"> ● エネルギー多消費型 ● 製造プロセスとエネルギー系の一体化 ● リサイクルフローを伴うことがある ● 最近、原料の多様化、製品品質制御の要求 ● 対象はほとんど流体 ● プロセス内は分子レベルの自然現象であり、制御は環境条件制御が主体 	<ul style="list-style-type: none"> ● 最適生産 (最適化制御 → 原単位の向上、品質の向上、均一性の確保、原材料・エネルギーの節減、品質制御) 	<ul style="list-style-type: none"> ● 運転支援 (異常予知、運転操作支援、訓練シミュレータインテリジェント アナシエーションインテリジェント インフォメーション) ● 最適化制御 ● アドバンスド制御 ● プロセス解明への強力なサポート ● システム運用効率化

表2. バッチプロセスの特徴と課題

プロセスの特徴	自動化のポイント	制御システムへの要求
<ul style="list-style-type: none"> ● 装置規模が比較的小さいことが多い ● 多品種適量生産 ● 生産計画、工程管理が複雑 ● プロセス、運転方法の変更が多い ● 製品、銘柄の変更が多い ● 下流側にディスクリット プロセスをもつことが多い ● 多数の槽が必要 ● オペレータ介入、手動操作が多い ● フィールド操作が多い ● 複雑な反応プロセスが多い ● 過渡状態が主体 ● 製品品質の向上、均一化 	<ul style="list-style-type: none"> ● 操業計画、操業条件の最適化、自動化 (スケジューリング、原料配分) ● フレキシブル生産システム (プロセス、運転処方の変更に対応) ● ディスクリット プロセスとの統合制御 ● 多目的バッチシステムの構築 ● 省力化のための自動化 (生産管理、誤操作防止のための自動化、手動操作の削減、自動化範囲の拡大、最適化、運転支援、故障診断、フィールド操作の自動化、レポート機能の強化、ハイパフォーマンスCRTオペレーション) ● 最適生産 (過渡状態の制御に対応できるアナログ制御とシーケンス制御の融合、品質制御) 	<ul style="list-style-type: none"> ● 操業計画、操業条件決定のシステム化 ● 運転管理制御範囲の拡大 ● プラントの性質・規模に応じた最適なコンフィギュレーション可能 ● 運転支援 ● 最適化制御 ● アドバンスド制御 ● 小規模、多品種適量生産プラント対応のローコスト・ハイパフォーマンス制御システム構築 ● フィールドの自動化 ● システム運用の効率化

どで大きな成果を達成している従来のシステム構築例を、以下に紹介する。

- (1) ハードウェア構成としては、工場レベルの生産管理には汎用コンピュータ、プラントレベルの生産管理及び操業管理にはICS、運転管理及びプロセス制御にはDCSを適用した三階層システムが採用されている。
- (2) 各階層間は、ネットワークや専用回線で接続され、下位機能に向かうほどシステム間は密接に結合されている。
- (3) DCSは、基本的な制御とマンマシン インタフェース機能を主として担当するとともに、ICSはリアルタイム性及び信頼性を確保しながら、プロセス解析・制御・異常診断・運転支援・日単位の生産管理までを担当し、DCSとICS両者の機能分担を明確にした信頼性の高いシステムとしている。
- (4) 多様なニーズに対応できるように、ハード、ソフト両面での柔軟性、拡張性を確保している。

上記の例は、2.2節に記載した大規模連続プロセスに関する課題を実現可能なトータルシステムを検討する上で、非常に示唆に富むものと言える。すなわち、DCSの計算機機能を向上させ、規模によってはICSの担当している各機能を分割して処理する計算機ステーションとオペレータステーション (OPS) 及びコントローラステーション (CNS) とを大容量高速リアルタイム ネットワークで結合した統合制御システムにより、大規模連続プロセスに関する課題の実現が可能になるものとする。

バッチプロセスに関しては、前述のとおり、操業管理機能、運転管理機能、プロセス制御機能個々において連続プロセスと大きな相違があり、各機能を実現する機種の性能、特徴に違いはあるが、バッチプロセスにおける課題の実現に対しても、統合制御システムは大きく貢献するものと容易に想像される。

3. 統合制御システム《MELTAS》の適用と効果

統合制御システム《MELTAS》は、ハードウェア、ソフトウェア共ビルディングブロック方式を採用しており、対象プロセスの規模・特徴に応じて、生産活動の基盤である制御システムを、シンプルにコストパフォーマンス良く構築できる。図2に、大規模連続プロセス及びバッチプロセスへの適用例を示す。なお、同図において、各ステーション数は、対象プロセスの規模により決定される。以下に、システム構成の概要と期待される効果の一部を紹介する。

3.1 大規模連続プロセスへの適用

統合制御システムでは、2.4節で紹介した従来のシステム構築とは異なり、シングルアーキテクチャ思想により操業管理、運転管理及びプロセス制御が統合的に実現できる。すなわち、工場レベルの生産管理には汎用コンピュータ、プラントレベルの日単位の生産管理、操業管理及びプロセス制御には《MELTAS》を適用し、汎用コンピュータと《MELTAS》とは、汎用ネットワークで接続した構成をとる。

計算機機能は、ジョブプロセッサC (JP-C) で実現し、知識情報処理を必要とするプロセスに対しては、AIステーション (AIS) を付加できる。なお、JP-Cの能力を越え、かつ1ステーションにクローズした計算機機能が必要とされる場合には、システムバスにICSを接続することも可能である。

プロセス制御に関しては、電気制御機能の必要度に応じて、ジョブプロセッサI (JP-I) 又はジョブプロセッサEI (JP-EI) を適用す

る。なお、複数ステーションで共用するプロセス入出力信号が多い場合には、IOステーション (IOS) を適用する。

3.2 バッチプロセスへの適用

計算機機能にはJP-Cを適用し、プロセス制御に関しては、特にシーケンス制御、計装制御、演算制御の有機的な結合が必要ことから、JP-EIを適用する。なお、比較的規模の小さなプロセスやディスクリット プロセスの装置個々に対しては、シーケンサを適用する場合が多い。このような場合には、シーケンサ ネットワークを下位に接続することも可能である。

3.3 《MELTAS》適用による効果

3.3.1 操業管理機能

最適生産システムの実現のためには、プロセスの状況のリアルタイムかつ的確な把握とプロセスの特性を十分に把握した上での制御が不可欠である。化学プロセスに関しては、単なる古典制御型の制御方式では十分な効果が得られない場合もあり、現代制御理論、数理計画モデル、確率モデルなどによる新しい制御方式の適用が試みられており、一部実用化されつつある。そのため、操業管理機能に適用される計算機に対しては、上記の応用ソフトウェアの移植が容易な環境の提供を強く要求されている。

JP-Cは、オペレーティング システム (OS) として、リアルタイム性に優れ、数多くの実績を持つリアルタイム マルチタスクOS、言語としては普及度の高いC、FORTRANを採用し、応用ソフトウェアの移植性・生産性・高速処理に関し、十分な配慮がされている。また、IF-THEN型のプロダクション システムやファジイ推論などが可能なオンライン リアルタイム型の知識処理システムも持ち、AISとして、知識ベース制御、ファジイ制御、更には設備診断・運転支援・異常診断・品質管理・操業スケジューリングなどに利用できる。

さらに、10Mbps、最大40Mbpsのシステムバスに接続された各ステーションにおいては、システム内に分散配置されたデータベース、デバイスを、自ステーション内に存在する情報をアクセスする場合と同一の手続きでアクセスできるとともに、各ステーションにおいて他のステーションへの開放を宣言したグローバル変数に対しては、すべてのステーションからタグ、あるいはラベルで自由にアクセス可能である (システムリソースの一元化)。

したがって、JP-C、AISには、最適生産システム実現のための情報管理機能の構築環境が十分備わっていると言える。

3.3.2 運転管理機能

プロセスの統合化運転が推進されるにつれて、オペレータの管理範囲は拡大し、増大する情報の的確な把握と確実な操作が、ますます重要になってきている。《MELTAS》のOPSは、統合化オペレーションを実現するために、上述のシステムリソースの一元化機能により、システムバスに接続された各ステーションに容易にアクセスし、プロセス情報・制御情報・操業管理情報などをシングルウィンドウで表示可能とするとともに操作が統一でき、さらに、

- (1) 視認性、誘目性の優れたCRT表示機能、及び単なる表形式のみならず図形、グラフなども混在して印字できるグラフィック レポートジェネレータ機能の搭載
- (2) タッチオペレーション、ウィンドウ オペレーションの全面的な採用
- (3) 標準画面、応用画面間の垣根を越えるイベント、タグ、時系列に対応した画面展開機能の装備

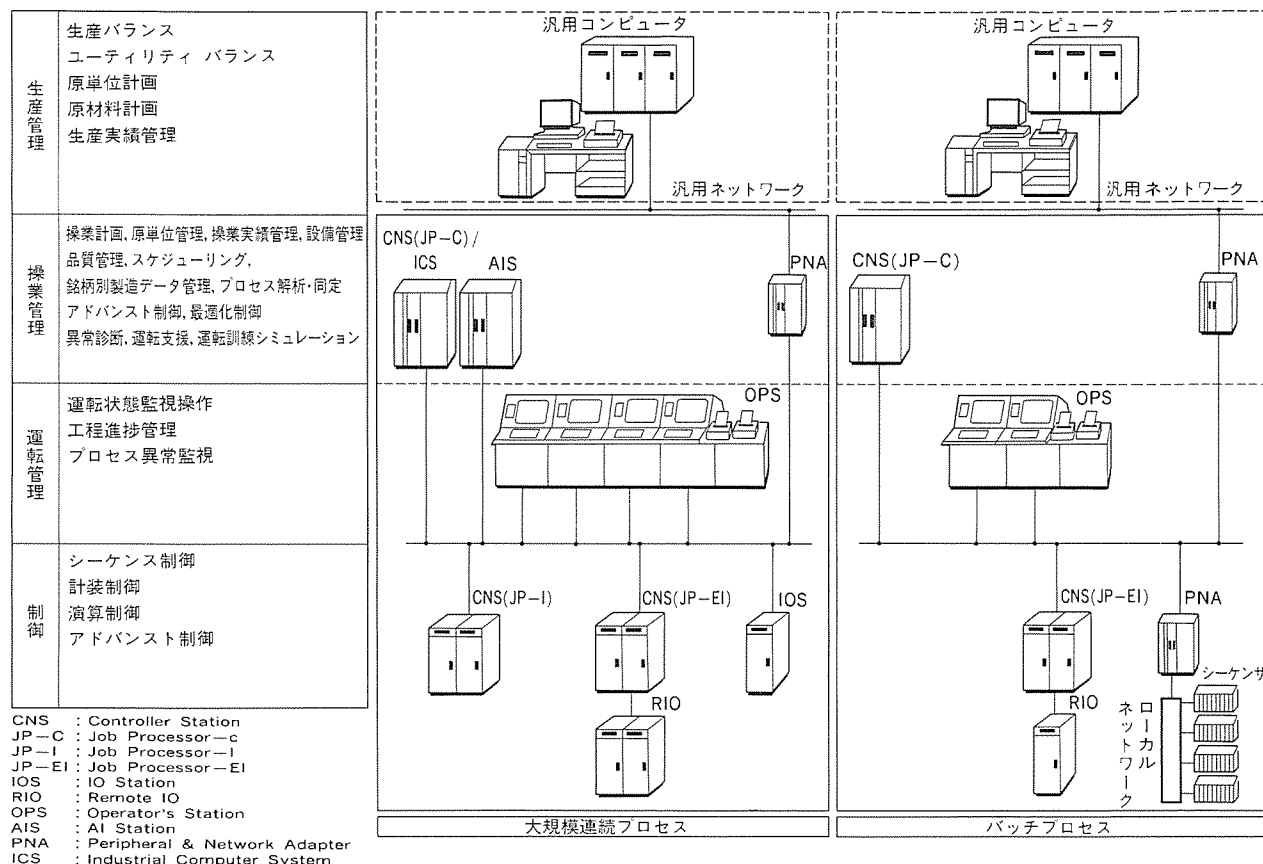


図 2. 統合制御システム《MELTAS》の適用例

(4) 複数のオペレータによる同一画面の監視が容易な大型CRTの適用

などにより、オペレータの情報把握、操作を協力的に支援できる。

また、プロセスの増設・改変に対して柔軟に対応可能とするため、オペレーション機能は機能単位にまとめられ、画面、レポートのフォーマット作成にはCRT対話方式、表示データ、印字データの登録には空欄記述方式（FIF方式）を全面的に採用している。

さらに、《MELTAS》では、シングルアーキテクチャ思想を徹底して、ソフトウェア開発、メンテナンス、RASの一元化など、エンジニアリングの一元化を図るとともに、エンジニアリングツールとして、OPS、システムメンテナンスステーション(SMS)などをレポートリ化し、システムの効率的な運用を可能としている。

3.3.3 制御機能

電気制御にはJP-E、計装制御にはJP-Iを適用し、特にバッチプロセスのようにシーケンス制御と計装制御の融合した制御が必要とされる場合には、JP-EIを適用する。なお、システムリソースが一元化されているため、制御機能の複数のJP-E、I、EIへの危険分散、地域分散と制御機能全体の協調が容易に両立できる。また、JP-E、I、EIとJP-C、さらに必要に応じてAISを組み合わせることにより、各種のアドバンスト制御やプラント全体のスケジュール制御などが、実現可能である。

JP-E、I、EIには、各制御機能ごとに記述性を重視し、さらにタグあるいはラベルでデータアクセスができる問題向言語が搭載されている。各ステーション内のプログラムは、機能単位に複数のカプセルに分割でき、カプセルごとに起動、停止、メンテナンスが可能である。また、各カプセルは、複数のモジュールに分割でき、プログラムの構造化設計を容易にしている。一方、変数に関しては、全ス

テーションに共通なグローバル変数、各ステーション内のカプセル間でのみ共用できるコモン変数、各カプセル内のモジュール間でのみ共用できるローカル変数など、階層的な管理が行われる。このようなプログラム、変数の階層管理機能は、装置ごとのリピート性が高い連続プロセスや、プロセス及び運転方法の変更が頻繁に行われるバッチプロセスには非常に有効である。

4. む す び

以上、石油化学工業分野に課せられている課題と、統合制御システム《MELTAS》の適用による効果について紹介した。10Mbps、最大40Mbpsのシステムバス上にシステムリソースの一元化機能を搭載し、さらにシングルアーキテクチャ思想、シングルウィンドウ思想を徹底的に追求した統合制御システム《MELTAS》は、石油化学工業における

- (1) 安全・安定運転の一層の徹底
- (2) 超自動化運転の実現
- (3) 運転・保全業務の極少化
- (4) 最適かつフレキシブルな生産システムの実現

などの課題の実現に、大きく貢献するものと信じる。今後共ユーザー各位の御指導を賜り、ユーザーフレンドリなシステムを構築し提供していく所存である。

参 考 文 献

- (1) 小河：化学プラントの計装ソフトウェアその機能と開発の動向、計装、31, No.2 (1988-2)
- (2) 中森ほか：装置FA実践マニュアル、社団法人日本能率協会 (1986-11)

統合制御システム《MELTAS》の 食品分野への適用

小川賢治*
内田 努**

1. ま え が き

近年、エレクトロニクス技術の驚異的ともいえる進歩に伴い、生産効率の向上、原料歩留りの向上、省資源、省エネルギー、省力、品質の安定化を目標としたプロセス（工程）ごとの自動化が実現されつつある。しかし、最近の社会的要求は、工場の生産形態を消費者の多様化するニーズに対応した多品種適量生産方式に変化させ、生産性を低下させる要因となっている。このため、プロセス（工程）側の自動化を基本ベースとして、各工程間、操業部門間相互、更には生産管理部門までを統合して、工場トータルとして、生産量・品質・コストの最適化を図るシステムが求められている。

この論文では、制御の基本要素である電気制御（E）、計装制御（I）、計算機制御（C）を統合することにより、このようなニーズにフレキシブルに対応できる統合制御システム《MELTAS》を中心とした食品分野でのシステム構成例について紹介する。

2. 食品産業の動向

食品産業では、昨今の消費者のライフスタイルの多様化、個性化によるニーズの多様化や、他社との競争激化による製品差別化の強化のために、製品品種の増大、多様化、製品の高付加価値化、高品質化が求められており、また製品のライフサイクルの短期化による品種改廃頻度の増加という問題が発生している。これと、新鮮さが必要、季節商品が多いという食品特有の事情が加わり、生産形態を、従来の生産した製品を消費者に購入していただくという見込生産による（PRODUCT OUT）少品種多量生産方式から、消費者の要求している製品を必要なだけ生産するという受注生産による（MARKET IN）多品種適量生産方式へ変革する気運が高まっている。

このためには、図1のように全社の機構において、製造（工場）、販売（営業所、卸店、小売）、マーケティング（本社）間の情報及び物の流れを迅速化し、消費者ニーズにマッチした製品をタイムリーに最適供給しうる体制を整える必要がある。また、工場においても、現状の生産実績を反映させながら、本社からの生産指示を1台1台の個々の機械の運転指令にまでブレイクダウンさせた形で、工場を運転できるシステムが求められている。

3. 食品産業における制御システムへの要求機能

3.1 食品プロセスの特徴

食品工場の生産活動の仕組みは図2の構成をとっている。プロセスから見ると、化学などの装置産業に似た形態をとり、配合、発酵などに代表されるコンティニユアス プロセスと、包装機、充填機などの専用機械から構成されるディスクリート プロセス、さらにこれらのプロセスにエネルギーなどを供給するユーティリティ プロセスから成っている。主なプロセスの特徴を表1に示す。食品工場は、このように性格の異なる複数のプロセスから構成されることが

多い。

最近の食品工場では多品種適量生産が主流となり、かつ、製品が食物ということから、その銘柄管理・品質管理は重要な要素である。そのため、製品のロットNo.対応の厳密な管理が要求され、また、タンクや配管の洗浄、殺菌という食品特有の工程が入り、これらのことから制御が複雑、大規模化する傾向にあり、味覚・色合いなどのように人の勘に頼る要素が残る部分が多々ある。

管理面での特徴的なこととして、酒類に関しては税務報告が必要であり、厳密な実績管理が必要になっている。

ユーティリティの面では、食品加工のために加熱・冷却・殺菌などで湯、蒸気、ブラインなど多量のエネルギーを使用する。また、設備を洗浄することによって、出てくる排水には製品である食品の残さ（渣）が混じるため、その排水処理は環境保護上重要であり、製品に使用する水は、それが製品となるため、用水設備の管理も重要である。

3.2 制御システムへの要求機能

食品産業の最近の生産形態である多品種適量生産方式を実現するためには、工程ごとの自動化では限度があり、図3に示すように生産リードタイムの短縮を重視した工場トータルとしての制御・管理の最適化を図っていく必要があるが、そのために次のようなことが要求されている。

- (1) コンティニユアス プロセス～ディスクリート プロセス～ユーティリティ プロセスの情報の統合一元化
- (2) アドバンスド制御の実現
- (3) 制御と管理情報の統合一元化による最適生産
- (4) 品種改変に即応できる制御・管理システム
- (5) システムの安全性、信頼性の確保

4. 統合制御システムの適用

食品プロセスの工場トータル制御・管理システムを、統合制御システム《MELTAS》主体に構築する場合の例を図4に、その機能構成を図5に示す。機能階層は大きく、生産管理・操業管理・運転管理・制御に分かれ、制御レベルに近づくほどリアルタイム性が要求され、情報は分散されて、かつ具現化された生データとなる。生産管理レベルに近づけば、情報は集中し、集約化された加工データ主体となるが、取り扱う時間幅が増えるため情報量は増大する。統合制御システムでは、それらを考慮したシステム構成となっている。

4.1 統合制御システムの位置付け

工場トータル制御・管理システムの中で統合制御システム《MELTAS》は、工場を動かし、製品の品質・工程進捗・コストに最も大きな影響を与える操業管理、運転管理、制御システムを担当する。工場全体の生産管理は、情報LAN（Local Area Network）に接続された生産管理コンピュータで行われる。また、情報LANは広域ネットワークにも接続され、本社・営業所と接続される。ディスクリート プロセスの個々の機械制御は個別のシーケンサで行わ

表 1. コンティニユアス プロセスとディスクリート プロセスの特徴

	コンティニユアス プロセス	ディスクリート プロセス
生産上の特徴	<ul style="list-style-type: none"> ●液体／粉体取扱いが主 ●設備はバブル、ポンプ、タンク、配管が主 ●バッチプロセスが主 	<ul style="list-style-type: none"> ●個体取扱いが主 ●設備は専用機械が主 ●品種切替えのための段取り作業が必要なが多い。
制御機能	<ul style="list-style-type: none"> ●制御周期は比較的ゆっくりとしたもの（数100ms～1s）でよいものが多い。 ●工程単位の制御システムが多い。 ●シーケンス制御と計装制御との融合が必要とされるケースが多い。 	<ul style="list-style-type: none"> ●制御周期は数十～数百msの比較的高速な応答性が要求される。 ●機器単位の制御システムが多い。 ●計装制御との関連は少ないことが多い。
マンマシン	<ul style="list-style-type: none"> ●対象プロセスは自動化しやすく、集中型のマンマシン インタフェースが要求されることが多い。 〔計装／電気系の融合〕 〔CRTの多重化システム〕 	<ul style="list-style-type: none"> ●ハンドリング、検査などの問題により、人間の介入が必要であり、バーコードリーダ、現場CRTなどが要求される ケースがあり、機側操作が必要なケースが多い。
データ処理	<ul style="list-style-type: none"> ●対象工程の銘柄設定、運転記録が要求されるケースが多い。 	<ul style="list-style-type: none"> ●個々の機器ではなく、ライン全体としての管理が必要になることが多い。

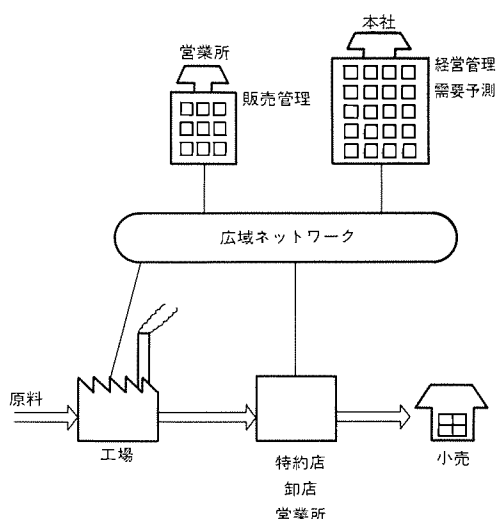


図 1. 食品産業における物と情報の流れ

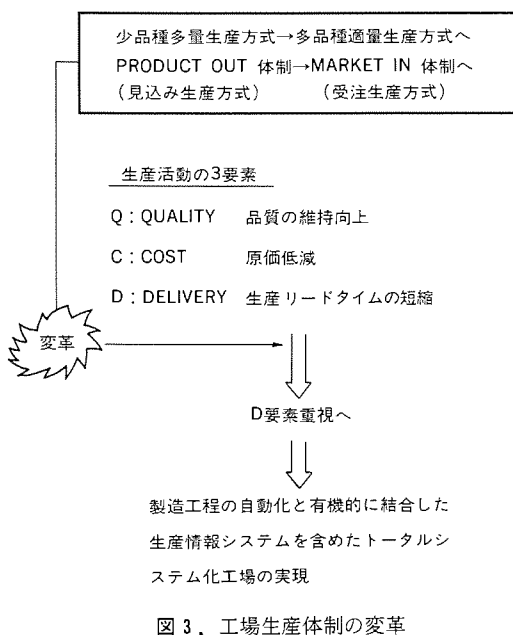


図 3. 工場生産体制の変革

れ、そのデータはローカルネットワークを経由して統合制御システム内に取り込まれる。

以下、各機能レベルごとにその適用の概要を紹介する。

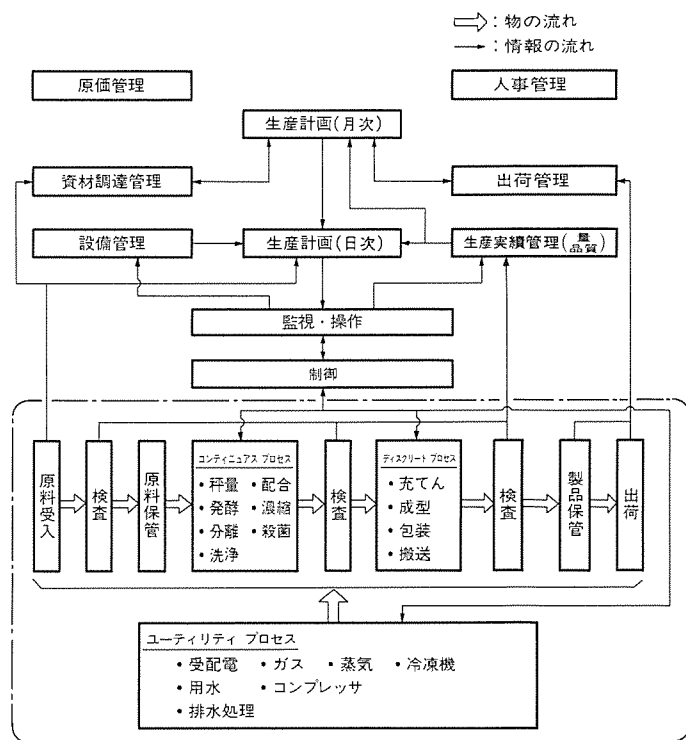
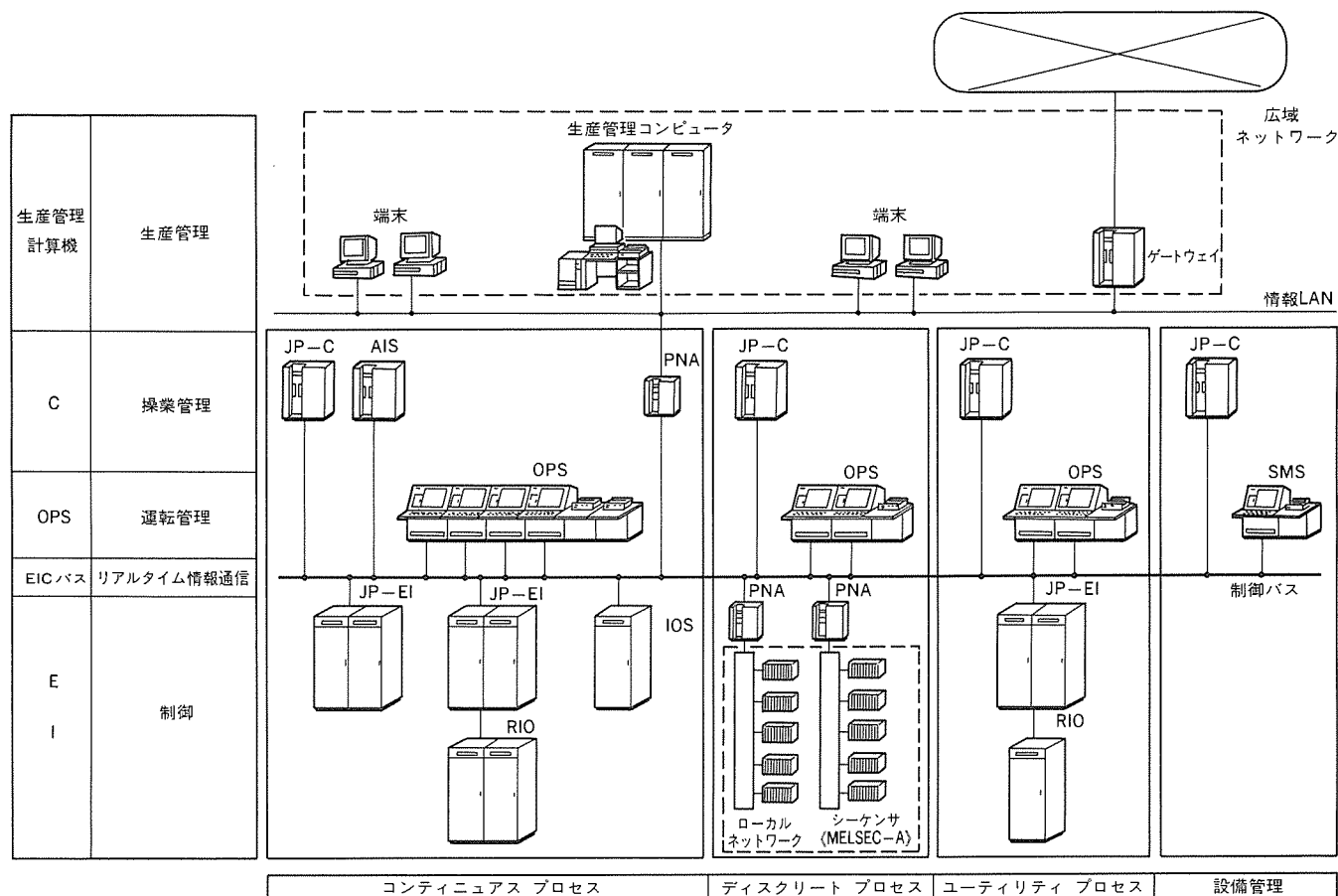


図 2. 食品工場の生産活動の仕組み

4.2 生産管理

生産管理は、統合制御システムの上位に位置し、工場全体を対象にして行うレベルである。生産計画では、営業セクションからの販売・物流情報と、本社からの全社経営計画情報をもとにした生産指示を受けとり、工場内の設備の状況、原料・半製品・製品の在庫量及び品質、製造に必要なリードタイムなどをもとに最も効率的に生産できる製品の銘柄と量を決定する。また、生産計画をもとに原材料の調達・在庫管理、製品の出荷管理が行われる。生産実績では生産状況を量、品質の両面から把握する。また、生産実績をベースにした原価管理も行われる。

このシステムは、図 6 に示すように操業管理システム、運転管理／



OPS : オペレータ ステーション
 SMS : システムメンテナンス ステーション
 JP-C : ジョブプロセッサ C (Cコントローラ ステーション)
 AIS : AIステーション
 JP-EI : ジョブプロセッサ EI (EIコントローラ ステーション)
 PNA : ペリフェラル&ネットワークアダプタ
 IOS : IOステーション (共通IO)
 RIO : リモートIO

図4. 統合制御システムの構成例

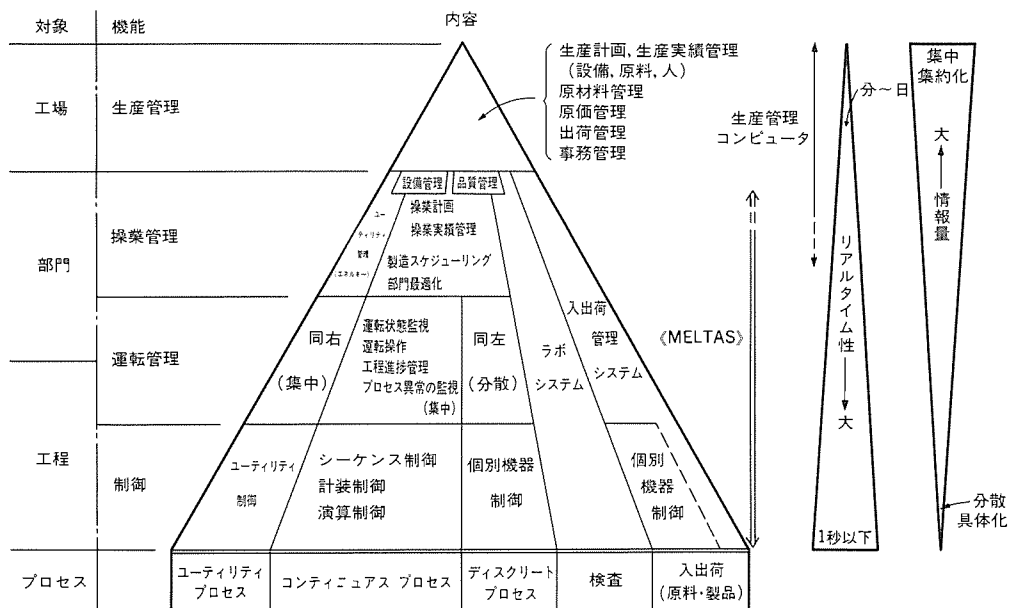


図5. 機能構成

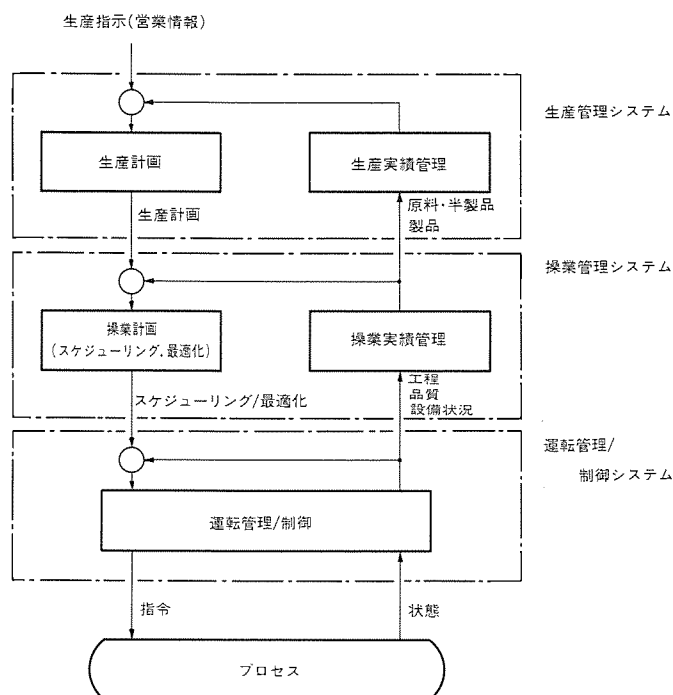


図6. 計画・管理の機能構成

制御システムと密接に関係し、計画に関しては、上位から順に生産計画、操業スケジューリング／部門最適化計画、運転指令というように具現化され、実績に関しては、下位から、機器動作状態、工程進捗・品質・設備状況など部門レベル製造実績把握、原料・半製品・製品の量と質の管理というように集約化された形になる。また、それぞれのレベルで実績に対する計画の修正機能を持つ。

4.3 操業管理

操業管理は、統合制御システムのジョブプロセッサC（JP-C）が担当するレベルである。

ここでは、生産管理レベルからの生産計画指示によりプロセス対応で操業計画を立て、その実績を管理する。また、AIステーションの接続により、ファジィ制御、アドバンスト制御、知識ベース制御などの高級制御が可能になり、各プロセスの最適化、品質管理、設備管理、運転支援に利用可能である。

(1) コンティニューアス プロセス

コンティニューアス プロセスでの操業管理システムは、生産スケジュールからの使用設備系列の決定や、洗浄・殺菌の工程を考慮した製品製造順序の決定、同一原料が複数タンクにあるときの生産計画からのシミュレーションによる次使用原料タンクの決定、製品銘柄に対する各原料成分を考慮した最適原料比率の決定、発酵制御へのAI技術の応用、味覚など直接測定できない品質の管理基準を得るために、設備の稼働実績からのモデル演算による品質推定などに応用できる。

(2) ディスクリット プロセス

ディスクリット プロセスでは、機械個々のシーケンサとデータリンクさせ、図7に示すように生産計画からのデータ及び設備データをもとに各機械の稼働スケジュールと能力設定を行い、また各機械からの動作状態データから、製品・資材のトラッキング処理及び製品品質と設備稼働状況の変化傾向を把握する。これにより、①機械間のバランスのとれた最適稼働、②品種切替時、オペレータにびん（壺）・缶・箱・ラベルなどの変更の事前作業ガイダンスを与え、また、各機械へ稼働条件を自動設定でき、スムーズな品種切替えが可

能、③生産状況のリアルタイム把握、④故障発生時、スケジューリングへフィードバックすることによる生産ロスの最小化が可能となる。

(3) ユーティリティ プロセス

食品工場では各ユーティリティの使用量は、製造側の作業内容により大きく変動するので、製造側の生産スケジュールに合わせて、ユーティリティ各設備の効率を考慮した最適運用計画を立てる。

4.4 運転管理

運転管理は、統合制御システムのオペレータステーション（OPS）が担当するレベルである。

OPSはCRT、プリンタ、音声出力装置などで構成され、設備の運転状態の監視・操作及び工程の進捗監視、異常状態の表示とそれに対するガイダンス、操業スケジューリングなどの管理情報の表示を集中して行う。

従来は、個々の制御システムごとに別個のCRTを置き、オペレータが使い分けるといった操作形態が主であったが、統合制御システムでは、シングルウィンドウ思想により、異なるプロセスの情報（横方向）や制御と管理情報（縦方向）を統合化し、オペレータは定位置を動くことなく、オペレーションが可能になる。これにより中央操作室の集中がより高いレベルで可能になり、省力化に結び付く。

4.5 制御

制御は、統合制御システムのジョブプロセッサEI（JP-EI）が担当するレベルである。

JP-EIでは、電気制御（E）、計装制御（I）が融合され、1台のコントローラ上で可能になっている。それぞれのソフトウェアは、シーケンス向言語、計装向言語に特化された専用言語で記述でき、かつ、そのデータは言語を意識しない同一タグでアクセス可能であり、データの一元化が図られている。また、ハードウェアが統一されているため、エンジニアリング、メンテナンスの一元化が可能となる。

JP-EIの大容量のデータメモリを使用したトラッキング処理が可能であり、制御レベルでのロット管理の高精度化が可能である。また、各プロセスの制御システムは、EICバス^(注)で直結されているため、データリンクが容易であり、互いのプロセスの制御情報を利用した設備全体の最適運転も可能である。さらに、制御の危険分散、地域分散のために、複数のコントローラで制御しても、システムリソースの一元化、タグベースでのアクセスによりソフトウェアの作成、変更が容易である。

(注) EICは電気制御、計装制御、計算機制御をまとめて省略化したものである。

4.6 統合制御システムの主要機能

4.3節～4.5節に記載した機能を実現するのに有用な統合制御システムの主要機能を次に示す。

(1) 制御ソフトウェアの構造化

食品プロセスでは、その入出力点数が1万点程度になることもあり、複数台のコントローラで制御されることが多いが、統合制御システムではプロセスデータへのタグによる一元的アクセスが可能であり、どのステーションにおいても自局入出力のイメージでソフトウェアの作成が可能である。また、1台のコントローラ内においても、図8に示すようにプログラムはカプセル及びモジュールという単位で構成され、カプセル間でのプログラムの実行状態、変数の管理、メンテナンスが個別に行えるため、制御ソフトウェアの構造化に有効なツールとなる。

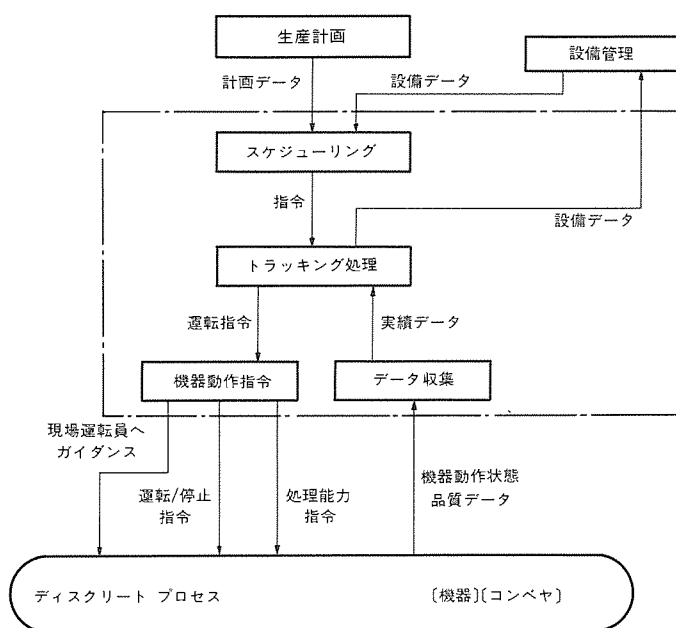


図 7. ディスクリート プロセスの協調制御

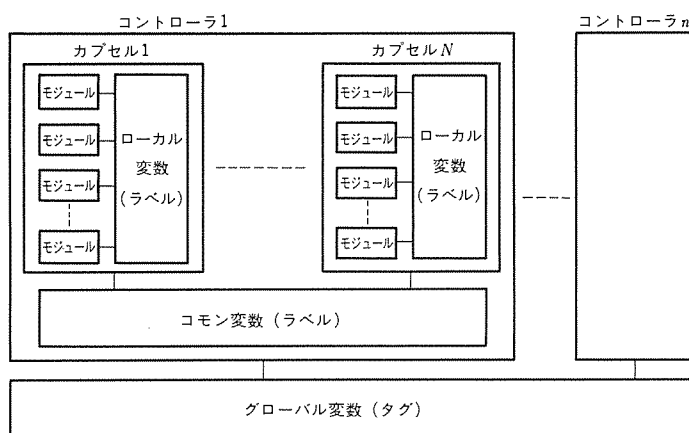


図 8. JP-EIのプログラム構成

(2) システムリソースの一元化

EICバスに接続される各ステーションでは、システム内に分散配置されたデータベース、デバイスをあたかも自ステーション内にある情報のように同一手続きで使用できるため、システムリソースの一元化をしつつ危険分散を図った平衡分散システムを容易に構築できる。これにより管理と制御の密結合が図られる。

(3) 高級制御の実現

EICバスに接続されたJP-Cは、JP-EIとデータが一元化され、リアルタイムマルチタスク機能を持つ基本システムソフトウェア (OS) 上で各種高級演算が可能であり、JP-EIと協調をとった演算制御を行うことができる。また、AI支援として、オンライン リアルタイム性を備えた知識処理システムを持ち、IF-THEN型のプロダクション システムやファジィ推論などが可能である。

5. EIC統合による発展

統合制御システムの導入によって以下の機能の実現、強化が可能になる。

(1) 部門間協調のとれた工場トータルの最適生産システム。

(2) 製造スケジューリングの実施と、製造の各段階における製品の量と品質のトラッキング機能の強化による最適操業の実施、及び製品の高品質化、更には計画の動的変更の実現。

(3) 最適化制御、高度情報処理制御を利用し、無人化を目指した超自動化システムの実現。

(4) 品種改変に対して再構築の容易なシステム。

6. む す び

食品分野においては、今後も更に製品の多品種化、及び新品種の開発、旧品種の廃止がより以上の頻度で行われていくようになり、かつ、新品種の開発から市場投入までの短期化、また、品質の微妙なコントロールが要求されるであろう。このような要求に対して、生産管理システムまで含めた統合制御システムは、その制御と管理の一元化により高度な要求にこたえていくことができるものである。

今後ともユーザー各位の御指導のもとに、より使いやすいシステムを提供していく所存である。

統合制御システム《MELTAS》の 製紙分野への適用

伊藤信之*
篠原昌人**
中道章三*

1. ま え が き

近年の紙パルプ製造業は、要素技術、特にエレクトロニクス技術の驚異的ともいえる進歩（コンピュータ、高速マイクロプロセッサ応用技術、ネットワーク技術、データベース技術、CRTディスプレイ、パワーエレクトロニクス技術など）を背景にプロセス（工程）ごとの自動化・デジタル化が急速に実現されつつある。

一方、近年の目まぐるしく変化する環境下において、生産計画・操業はますます複雑化する方向にあり、調木・パルプ製造・薬液回収・しょう（抄）紙・仕上工程と広範なプロセス形態をとっている製紙プロセスから、競争力のある製品品質及びコストを作り出すために、計画・操業・品質・原料・ユーティリティなど様々な工場内の情報の一元化、最適化、各工程の同期化、連続化が強く求められている。

ここでは、ミルワイドシステム化でのプロセス側のかなめである電気制御(E)、計装制御(I)、計算機制御(C)の統合制御システムについて紹介する。

2. EICのミルワイドでの位置付け

2.1 ミルワイドシステムの構築

紙パルプ製造業では、工場の生産管理、品質管理、運転操作、自

動制御システムなどのコンピュータトータルシステムを総称して、ミルワイドシステムと呼び、各ユーザーで盛んに構築機運が高まっております。幾つかの導入事例も見られるようになってきた。

ミルワイドシステムの要求は、多様化する市場ニーズ、高品質の要求、他産業との競争、海外からの輸入攻勢などの過酷化する経営環境の中で生き残っていくには、従来の少品種大量生産型を目指した単一工程ごとの自動化だけでは、もはや限界があり、今後はマーケットイン指向に基づいた組織を越えた工場全体、更には会社全体のプロセス、制御、操業、管理の最適化を図り、フレキシブル、高品質、高効率生産体制を実現することにある。

2.2 紙パルププロセスの特徴

ミルワイドシステム構築の際に要求される機能構成について図1に示す。紙パルププロセスにおいては、原質・調成の工程は、パルプ・薬品などの流体を扱う化学工業の連続プロセスに似た形態をとり、抄紙工程で製紙された後は、スーパー、ワインダ、カッター、コーターなど各種の仕上機械により最終製品を目指して、裁断・加工・包装されるディスクリートプロセスの形態をとる。このように、連続プロセスとディスクリートプロセスの混在した工程であるため、次のような特徴がある。

つまり、上流工程では、抄紙機などの大型機械で大ロットで生産するのが効率良く、下流工程ではエンドユーザーの多様なニーズ

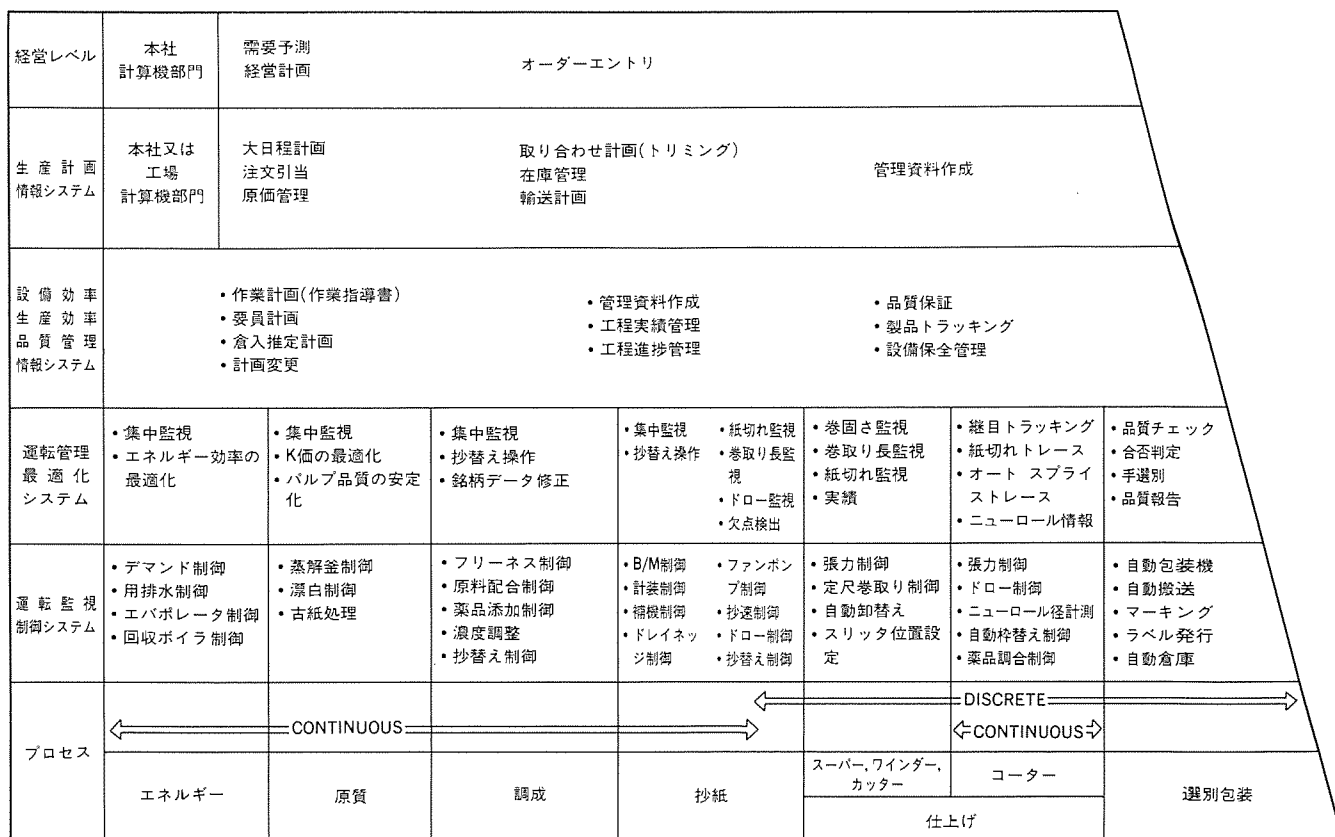


図1. ミルワイドシステムの機能構成

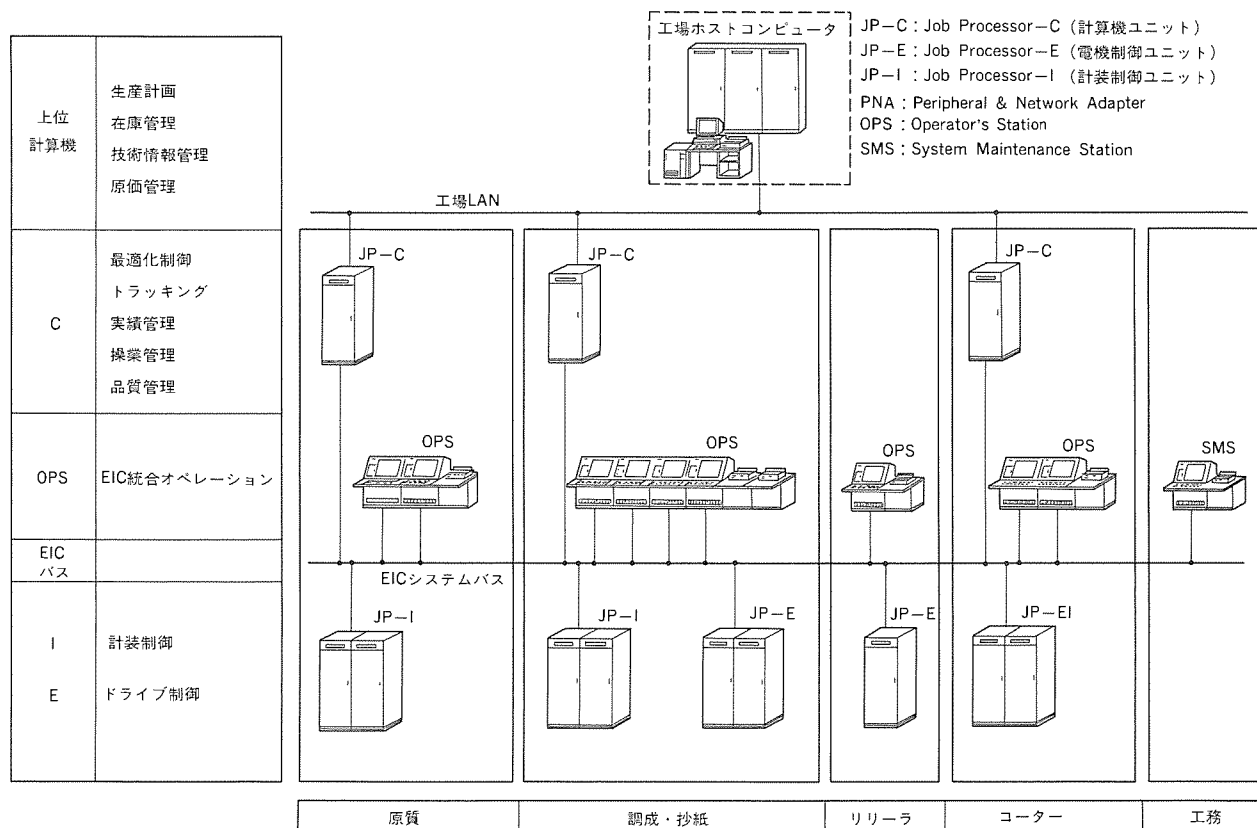


図2. ミルワイドシステムの構成概念

に対応して多品種適量生産に対応しなければならないので、銘柄変更の段取り替え、機側操作などの複雑な運転に対応しなければならない。また、扱う情報量は、ロットナンバー、品質、実績など、上流から下流に向かって仕上工程を進むにつれて急速に増加するという特徴がある。

さらに、制御機能も計算機制御、計装制御、駆動制御、シーケンス制御など各種の機能が要求され、統合制御システムがその機能を存分に発揮できる。

2.3 統合制御システムの位置付け

ミルワイドシステム構築のために、各種のコンピュータシステムを利用する中で、統合制御システムは、図1の運転管理最適化システム、運転監視制御システムに適用される。

この範囲のシステムは、従来は計装制御システム、駆動制御システム、汎用シーケンサなどの各種のマイクロプロセッサ応用製品やプロセスコンピュータを、それぞれの部分に適用し、各系間のインタフェースをゲートウェイやプロセスI/Oを利用して接続して、複雑なシステムを構築してきた。

統合制御システムでは、エネルギー、原質、調成、抄紙、仕上げ、選別の各工程をアーキテクチャの統一された高機能マイクロプロセッサで、最少最適なシステムを構築することができる。

3. EIC統合制御システムの特徴

各工程の自動化・最適化を目的としたEIC統合制御システムをシステムセルとして、工程間の情報の一元化、階層化を目指したミルワイドシステムの構成概念を図2に示す。プロセスデータは、EICシステムバス、管理データは工場LANにより階層構成となっている。

以下、調成・抄紙工程での統合制御システム導入例を述べる（図3）。

3.1 工場ホストコンピュータ機能概要

(1) 受注管理

営業所や販売会社から本社を経由して工場のホストコンピュータに集められた受注情報は、抄紙機などの設備に見合った製造単位に整理し、生産計画立案のための情報とする。

(2) 生産計画

生産計画は、製品別、納期別にグループ化され、抄紙機ごとにパターン化された受注情報をもとに耳効率、段取り替え回数が最適になるように取り合わせ計算（トリミング アルゴリズム）を行い、大日程計画を作成する。

(3) 所要量計画

大日程計画と銘柄ごとにもつ技術標準情報からオーダーごと、日ごとの原材料、エネルギー使用量、倉入推定、輸送能力の計画を立案し、資材関係は更に有効在庫との照会を行い、発注ロットに分解して手配計画を立案する。

(4) 小日程計画

大日程計画から旬単位の中日程計画を再作成し、さらに日々の小日程計画の立案を行う。

(5) 実績管理

製造プロセスの生産実績データに基づき、各種実績統計を作成し原価、品質管理情報の提供を行う。

3.2 操業管理コンピュータ(ジョブプロセッサC: JP-C)

(1) 作業指図

従来方式では、工場ホストコンピュータで小日程計画立案後、作業指示書に展開していたが、製造側の進捗状況、設備稼働状況、上流・下流工程の状況、操業状況などの諸条件により、時々刻々変化している生産形態とのマッチングが必ずしもとれていないといえず、この種の問題が双方の信頼関係にも影響しかねないという状況もある。

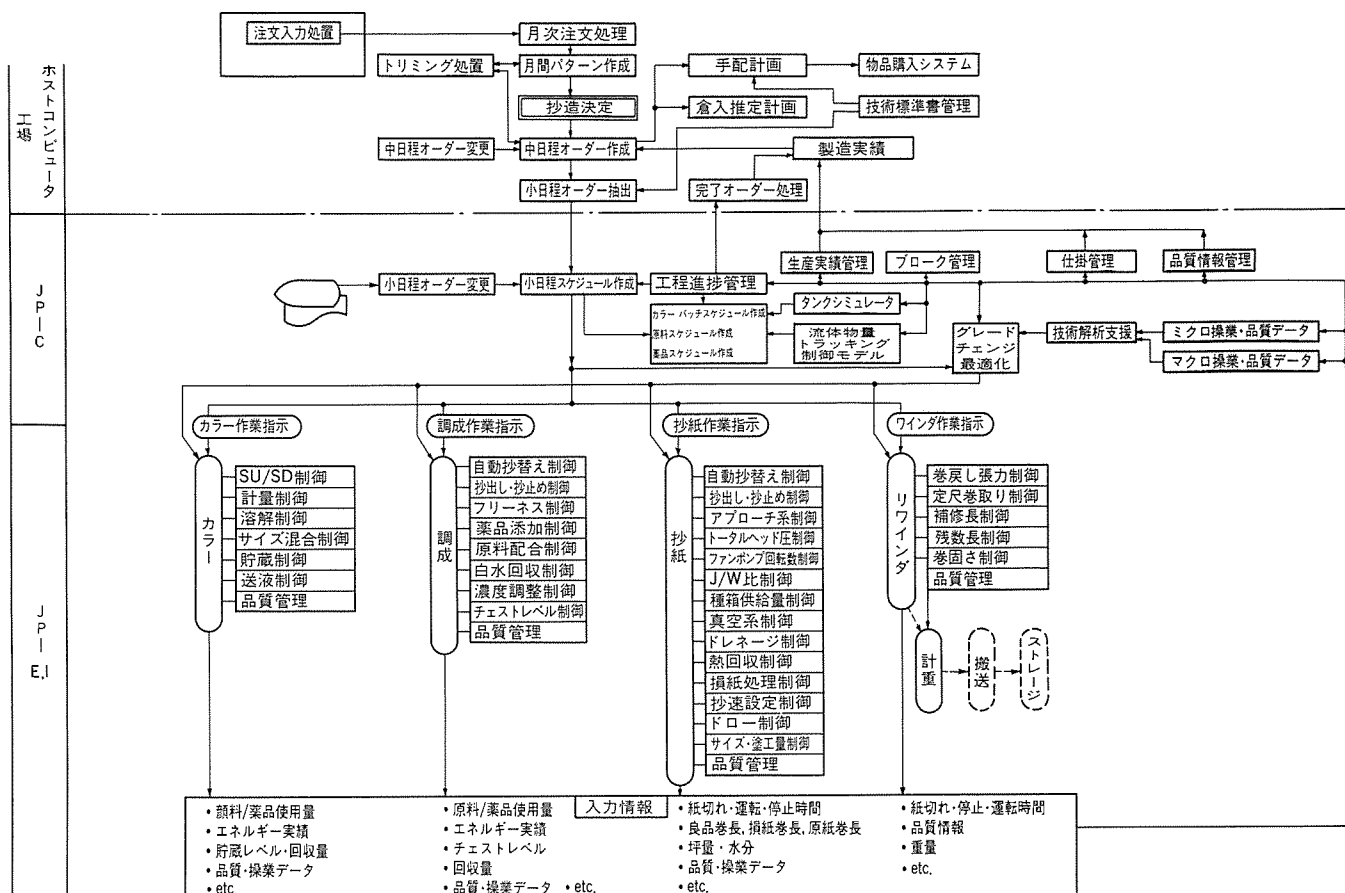


図 3. 調成・抄紙トータルシステムの制御機能構成

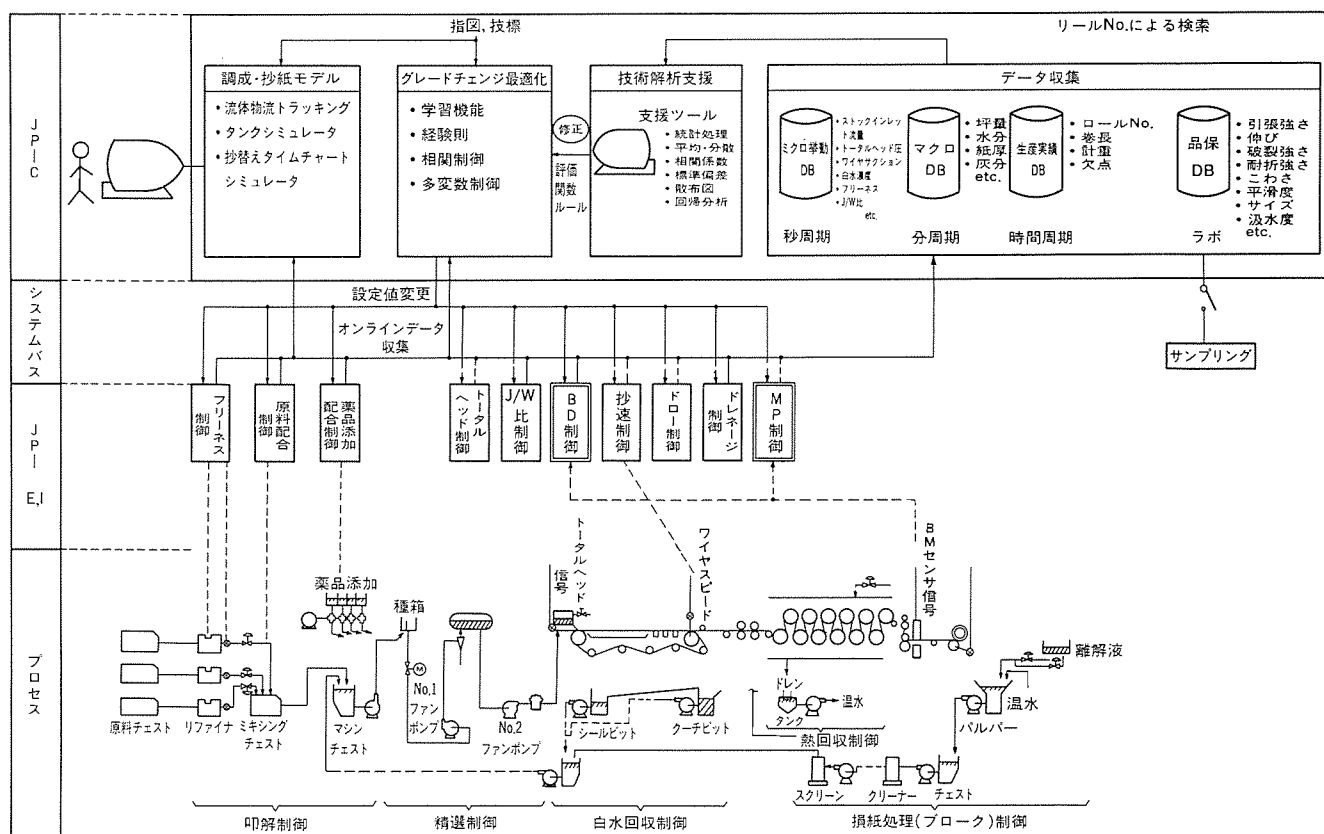


図 4. 調成・抄紙最適制御システム

った。

統合制御システムでは、工場ホストコンピュータは、小日程計画立案までとし、製造側の操業管理コンピュータ(JP-C)において、リ

アルタイム監視している諸条件をもとに、小日程計画を再作成する機能を持たせ、その支援ツールとして生産シミュレータを付加している。この結果をタイムリーに工場ホストコンピュータへ報告す

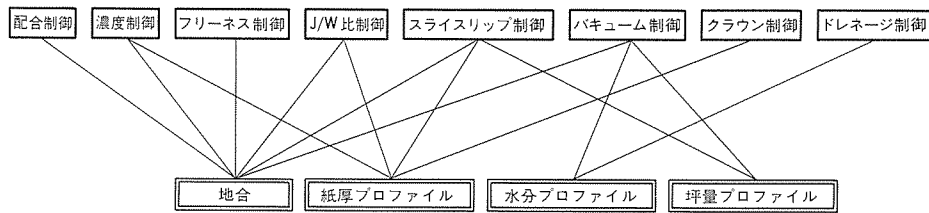


図5. 品質と代表的な制御との相関

るとともに、オペレータに対して作業指示書として展開している。

(2) 工程・部門間スケジュール作成

小日程計画をもとに、リアルタイムに把握している進捗状況、操業状況などの諸条件により、生産シミュレータ、タンクシミュレータ、流体物量トラッキング制御モデルなどの支援ツールを利用して、カラーバッチスケジュール、薬品スケジュール、原料スケジュール、巻取ロール出来高スケジュールを作成し、工程・部門間の仕込み量、段取り作業、人員管理の効率化、最適化及び切替タイミングの最適化を図り、上流・下流工程との同期化、連続化を実現している。

(3) 生産実績収集

製造プロセスの実績データをリアルタイムに収集し、生産実績、ブロック、仕掛け、品質データを管理する。

(4) 調成・抄紙最適制御

プラントの最適化という言葉は従来から広く使われているが、紙パルプ産業では、省エネルギーの観点からエネルギー運用の最適化が広く知られており、現在、積極的に導入されつつある。これは、蒸気、電力などの設備をそれぞれ独立に運転するのではなく、生産計画にマッチしたエネルギー所要量計画に合わせ、ボイラであれば台数、負荷配分制御、電力であれば自家発・買電のバランスなどを考慮して、エネルギーコスト最小制御を行う。

これに対して、調成・抄紙工程では品質を維持し、高度安定な製紙を実現する最適制御システムが中心となる(図4)。

計装コントローラ、坪量・水分コントローラにより、安定操業時の品質の維持が行われているが、これとて、品質と制御との相関は図5に示すように、各々が複雑な干渉関係にあり、また、紙パ特有のセンサの信頼性の問題もあって、すべてが定量的に把握された上で制御されておらず、経験則部分もかなりある。たとえば、安定操業とはいえ、品質としては季節変動や号機別の差異が生じているのが現状である。

さらに、すき(抄)出し・抄替えの過渡時となると、水分・坪量計のセンシングとアクチュエータ部分の分単位の時間遅れなどの問題により、所定の抄出し・抄替え時間終了時の目標銘柄品質への到達確度はかなり低い。

現状から一步発展させ、高度安定な製紙を実現するための第1ステップとして、品質及び操業データを高速リアルタイムに収集、一元化管理し、技術解析支援ツールを使用して各種統計処理を実施し、相関を定量的に把握する。この場合のデータベースは、季節変動を考慮して1～2年間の大容量となる。品質及び操業データは、サンプリング周期で区分すると、生産実績に対応した時間周期データ、坪量・水分センサのセンシング周期に同期した分周期のマクロデータ、抄出し、抄替えの過渡時の秒周期のミクロ挙動データとなる。

統合制御システムでは、EICシステムバス上に接続された各プロセッサのデータは、平衡分散サポートシステムにより一元管理されており、各工程のデータは、ロットNo、リールNo、時間などをキー

に全プロセッサから容易にアクセスできる。

第2ステップとして、これらの相関・係数を使用して、学習機能、相関制御、多変数制御、AIなど豊富に準備されている機能を駆使して最適化制御を行う。

3.3 電気・計装制御(ジョブプロセッサEI:JP-EI)

(1) 最適・最小システム

電気・計装・機械・補機の各コントローラは、既にデジタル化が進み、現在積極的に導入されつつある。これらを、ばらばらに配置するのではなく、それぞれを統一されたアーキテクチャでできた構成要素をビルディングブロック方式に組み合わせることにより、CPUや通信を全く意識しなくてよいインタフェースが可能となり、重複機能のない調成・抄紙の最適・最小システムを構築することができる。

(2) 制御ケーブルレス化の発展

現状は、各制御システムごとにネットワーク化が進んでいるが、統合制御システムでは、更に電気・計装・機械間のインタフェースすべてがネットワーク化されることになる。また、今後計装フィールドバスの規格化が行われると制御ケーブルの削減へと発展していく。

3.4 運転監視制御システム(オペレータステーション:OPS)

(1) 運転監視の統合化

従来、計算機・電気・計装・機械・補機制御システムの監視操作はそれぞれ個別のマンマシンインタフェースを持ち、最適なマンマシンインタフェースとは言えなかった。これを同一OPSに統合して、しかも制御システムごとではなく、プロセスに対応した統合を行うことにより、運転員の目的にマッチした、より高度な情報を提供することができる。

(2) アナシエーションの統合化

アナシエーションも従来は、各々の制御システムが個別に行っており、ユーザー側でそれを統合して別にアナシエータを準備していた。この場合も詳細展開は、個別のアナシエーションシステムに頼らざるを得なかったが、これを同一OPSで統合化してアナシエーションが可能となり、対応及び原因究明を迅速・確実に行うことができる。

4. む す び

統合制御システム《MELTAS》の製紙分野への適用として、調成、抄紙工程での具体的な導入例を紹介した。

紙パルプ産業は、より最適化を目指し、自動化、トータル管理システム化の方向にあるが、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統合制御システムの出現により、運転監視制御の最適化が可能となり、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。

統合制御システム《MELTAS》の鉄鋼分野への適用

山中宣也*
中村修一*
坂本房義**

1. ま え が き

鉄鋼プラントは、産業界の中でも最も早くからプラント自動化を目指して工業用計算機(C)、電気制御用型プログラマブルコントローラ(E)、計装制御用分散制御システム(I)などが積極的に導入されてきた分野であり、規模に応じてこれらを組み合わせた種々の制御システムが実現されてきた。そして、システムの大規模化、高速化、高機能化に伴い“管理情報の集中と制御の分散”を基本思想として、各系ごとに閉じた形で、いわゆる“階層型分散化制御システム”を構成するに至っている。

一方、近年の厳しい市場環境の中で、鉄鋼各社は製品の高付加価値化、高品質化と多品種適量生産への対応に注力しており、設備の最適操業化、省力化、高信頼化などをコストミニマムで実現することが強く求められている。

このような背景のもと、鉄鋼プラントにおいても電気・計装・計算機の各制御システムをシングルアーキテクチャの基に統合し、各系間の機能重複を排した最適機能分担とフレキシブルで拡張性に富んだシステム構築を可能とする統合制御システムへの期待が高まってきた。

本稿では、これらを踏まえ、統合制御システム《MELTAS》の鉄鋼分野への適用について、幾つかの代表例を挙げてその適用効果を説明するとともに、今後の展望について述べる。

2. 鉄鋼分野におけるEIC統合化のニーズと効果

2.1 鉄鋼プラントプロセスのニーズ

鉄鋼プラントは工程別に大別すると、

- (1) 高炉・焼結に代表される製鉄・製鋼設備
 - (2) 薄板・厚板から型鋼・棒線までの熱間／冷間圧延設備
 - (3) 薄板の各種表面処理・焼鈍を行うプロセスライン設備
 - (4) 上記(1)～(3)の原料・半製品・製品の輸送・貯蔵・出荷設備
- などに分類され、プロセスは連続・バッチ・ディスクリットと多様で、その規模も様々である。これらの多様なプロセスを眺めると、
- (1) 製品品質の向上と製品多様化への対応（高付加価値化）
 - (2) 操業・保守両面での省力化・無人化
 - (3) 設備の高信頼性・高稼働率の維持
 - (4) 設備投資経済性（コストパフォーマンス）の徹底追求

といったニーズが共通項として浮かび上がってくる。以下ではこれらのニーズに対し、統合制御システム《MELTAS》の適用によって具体的にどのような効果が期待できるかについて述べる。

2.2 C-EIによるアドバンスト制御の実現

鉄鋼プロセスは、他のプラントに比べて一般的に高速応答を要求されるケースが多く、従来の制御システムでは材料ごとの初期設定を統括計算機で行い、実際の閉ループ制御はその設定値に基づいて下位DDC (Direct Digital Controller) が行う、あるいは本来の数学モデルに対し、DDCで実行可能な簡易モデルに置き換えて行うとい

った方法が多く採用されてきた。一部の大規模システムでは、計算機をDDC的に用いる場合もあるが、コストメリットの点でこうした適用が可能な例は比較的少ない。最近のアドバンスト制御においては、リアルタイム性を要求される高級演算・データ処理とアクチュエータに対する高速応答の両立が必ず(須)であるが、従来システムではこのニーズに十分こたえているとは言い難い。

《MELTAS》のジョブプロセッサC (JP-C) とジョブプロセッサEI (JP-EI) を適用すれば、システムバスを介してC-EI間のリソースが一元的に扱え、さらにC-EI間的高速データ授受が可能となる。これにより、閉ループ制御においてもC-EI間で最適機能分担を考慮した効果的なアドバンスト制御システムが、コストパフォーマンス良く構築できる。これらの実例を焼結における原料配合制御、熱延加熟炉におけるスラブ搬送制御などで後述する。

また、最近注目を浴びている知識ベース制御、ファジイ制御を取り入れることも可能である。

2.3 シングルウィンドウ環境による省力化の実現

操業、保守、更にはエンジニアリングにおける省力化・省人化はプラントのランニングコスト低減のなかなめである。最近の操業では、CRTオペレーションが普及しつつあるが、従来のCRT装置は個別の制御装置対応に必要であり、例えば典型的な鉄鋼プラントの運転室では各系のマンマシンインタフェース(MMI)が相互の関連なく並置されるといった例も珍しくない。このため、①操作員の必要とする機能対応のプラント情報が複数のCRTで、ばらばらにしか表示されない、②警報の表示やそれに対する操作員の対処も各MMI固有の思想と方式が複数混在する、③操業上必要なCRT台数が多くなり設置スペース、操作員数共に大きくなる、などの問題が指摘されていた。

これに対し、統合制御システム《MELTAS》の提供するシングルウィンドウ環境下では、

- (1) システム全系のリソースが一元化された論理名で扱える。
- (2) E, I, C各系の情報を同一CRTの同一画面上で扱える。
- (3) マルチウィンドウ機能による重要情報の集約化表示が可能。
- (4) プラント操作に対し各系間の共通化、統合化が可能。

である。これにより、トータルCRT台数の削減、操作員への負荷軽減が図れることから、より少人数で、より統一された操作により効率的な作業が期待できる。

同様に保守の観点からは、システムトラブルに対しハードウェア基本コンポーネントの共用化、PIO(プロセス入出力)の共用化を図り、システムRAS(Reliability, Availability, & Serviceability)機能の一元化を実現しているため、トラブルシューティングが容易となるばかりでなく、予備品の共通化による保守品の削減も可能となる。

さらに、《MELTAS》においては、保守のみならずエンジニアリングの領域までこのシングルウィンドウ環境を徹底させた。もとより《MELTAS》においては、従来システムの持つ各系間のインタフ

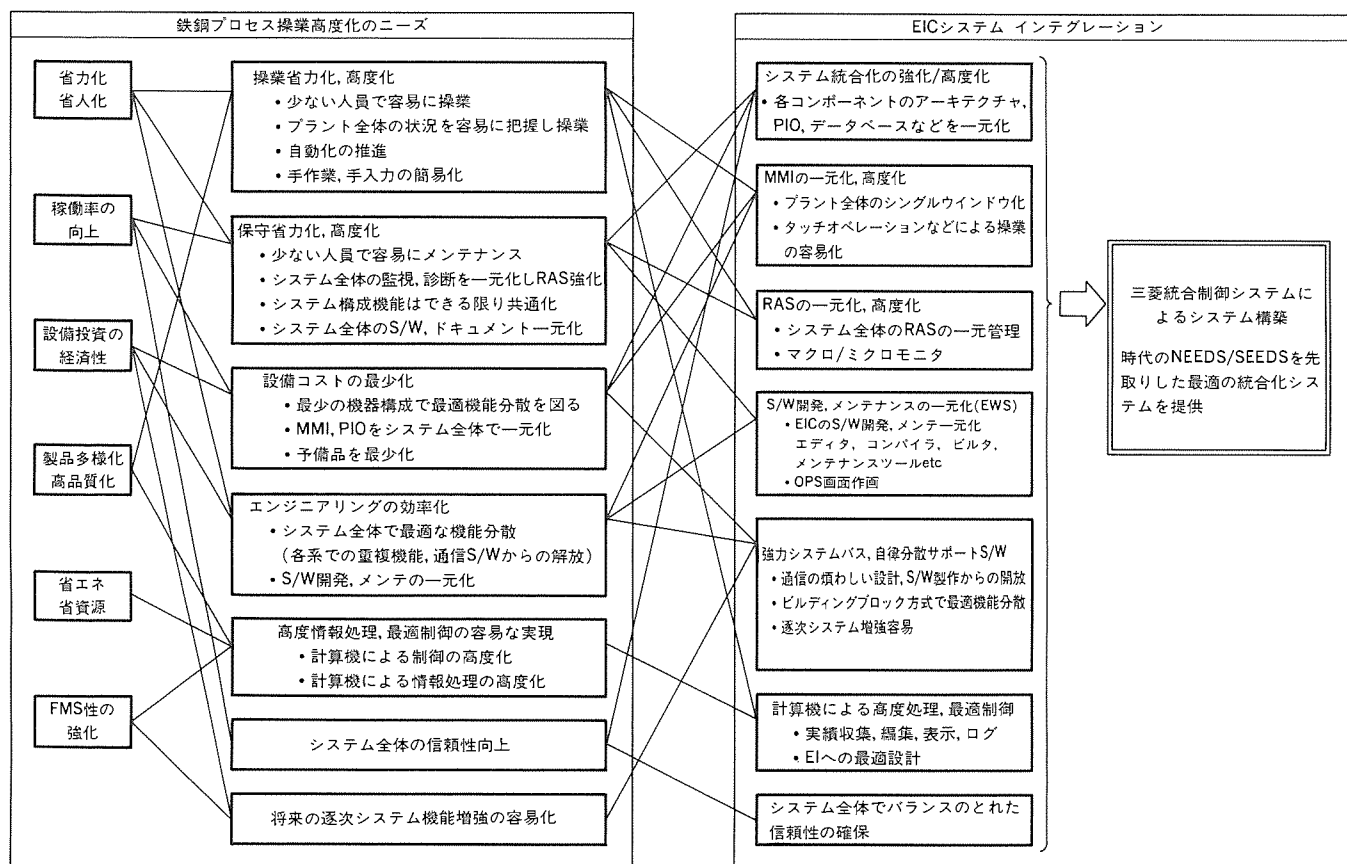


図 1. 鉄鋼プロセスにおけるEICの適用効果

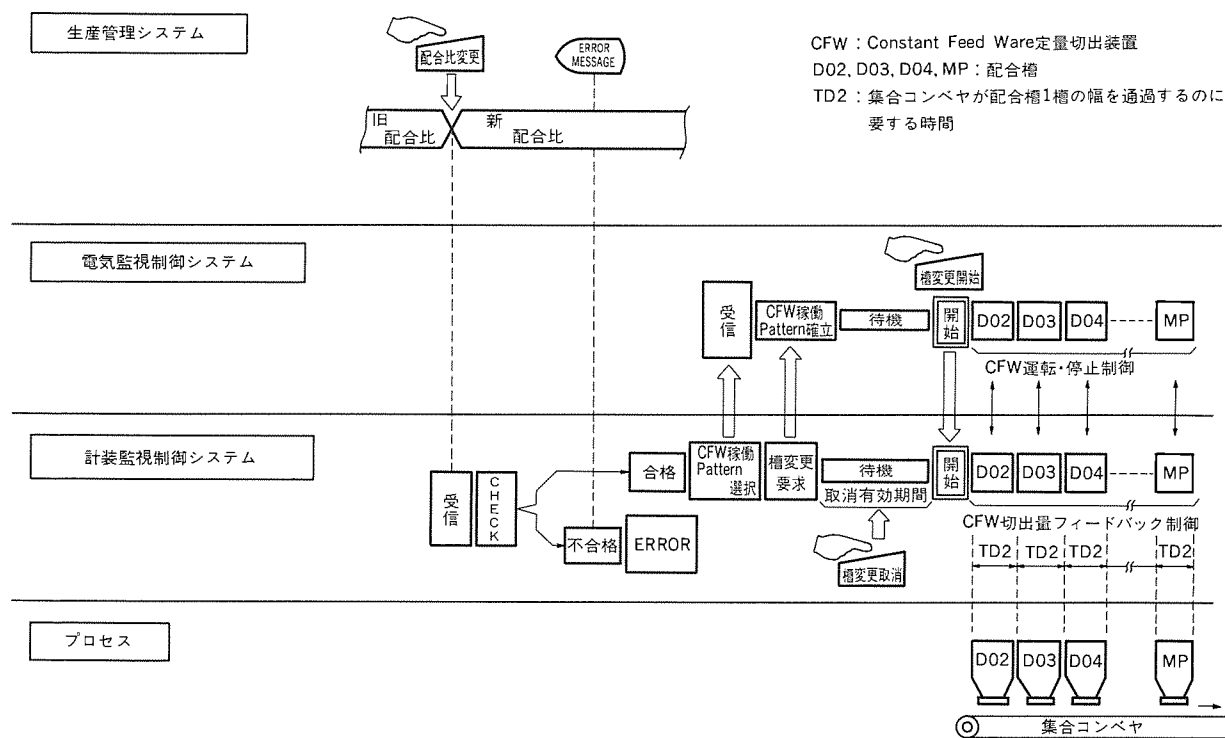


図 2. 焼結設備原料配合制御の概念

エース (I/F) 上の制約にとらわれず、制御機能のパフォーマンスのみに注目して重複のない最適機能分担が実現できるが、このソフトウェア開発を統合化されたE, I, C共通のMMIであるシステムメンテナンスステーション (SMS) 上で可能としている。鉄鋼プラントにおける大規模システムでは、数十台にものぼるE, I用コントロ

ーラを必要とするが、これらのコントローラの総ソフトウェア量は数十～数百k stepのレベルに達する。

従来からE, Iレベルのソフトウェアに対する一元管理の必要性が指摘されてきたが、実用的なシステムとして実稼働している例は少ない。近年、制御の高級化によりこれらのソフトウェアが飛躍的に

表 1. 製鉄・鉄鋼主要設備の代表的制御項目

設備名称	制 御 項 目	
原料処理設備	○搬送機器シーケンス制御	○始点—終点制御
	○原料配合制御	○原料槽レベル制御
	○原料トラッキング制御	
コークス設備	○搬送機器シーケンス制御	○装入、窯出スケジュール制御
	○原料配合制御	○移動機械自動走行制御
	○原料トラッキング制御	○炉燃焼制御
焼結設備	○搬送機器シーケンス制御	○層厚レベル制御
	○原料配合制御	○点火炉燃焼制御
	○原料トラッキング制御	○パレット速度制御
高炉設備	○搬送機器シーケンス制御	○炉頂装入シーケンス制御
	○原料配合制御	○熱風炉、燃焼・切替制御
	○原料トラッキング制御	○送風流量制御
転炉設備	○搬送機器シーケンス制御	○転炉傾動制御
	○原料配合制御	○ランス、サブランス位置制御
	○原料トラッキング制御	○送風流量制御

増大するに伴って、この要求は一層強いものとなっている。《MELTAS》のSMSでは、①システム全基のソフトウェア管理、②ダウンロード、アップロード、③マルチ言語サポート、④豊富なエディタ機能、⑤オートドキュメント機能、などソフトウェアの変更・追加が頻繁に行われる鉄鋼プラントにとって、理想的な開発・管理環境が提供できる。

2.4 構造化ソフトウェアと分割立上げ調整

一般に鉄鋼プラントでは、システムの立上げ調整はE、I、C各系が同一時期に実施される例は、まれであることから、JP-EIにおいては、機能単位ごとの分割立上げが可能でなければならない。すなわち、機能単位ごとの調整が既にオンラインしている他の機能に影響を与えることなく独立して行える必要がある。

この要求にこたえるため、《MELTAS》のJP-EIでは従来プログラ

マブルコントローラのような単一プログラムの周期実行ではなく、全体プログラムをカプセルと呼ばれる構造化された複数の機能単位に分割し、このカプセルごとに独立してプログラム実行制御(RUN/STOP)を可能にした。これにより、ユーザーはプログラム全体を意識することなく、必要とされる機能のみを対象に調整が可能である。また、JP-EIでサポートされているコントロール用マルチ言語では、従来のハードウェアアドレスを意識したソースだけでなくラベルによるプログラムが可能であるため、高いポータビリティが期待でき、前述の実行制御機能と合わせ、短時間でのスムーズな立上げに大きく寄与するものである。

以上、《MELTAS》の一般的な適用効果を幾つの特徴について説明した。図1にこれらのまとめを示す。

3. 製鉄・製鋼プロセスへの適用

製鉄・製鋼プロセスは、焼結、コークス、高炉及び転炉設備などから構成されており、なかでも最重要設備である高炉は、鉄鉱石・コークス・石灰石などの原料を炉頂から装入し、熱風を炉下部から吹き込んで、溶銑を生産するプロセスである(表1、図2)。

高炉操業における課題として、

- (1) 高炉は、固体(原料)、液体(溶銑)、気体(ガス)の3相が同時反応する複雑なプロセスであり、大量データを基に炉内状況を時系列的に解析、把握することが困難でオペレータの経験に頼るところが大きい。このため、高品質化、均一化を目的とした操業技術の標準化と伝承を推進する必要がある。
- (2) 配合演算に基づきリアルタイムに、切り出し量制御、添加水制御算を高精度に実行し、最終製品の高級化に寄与する必要がある。

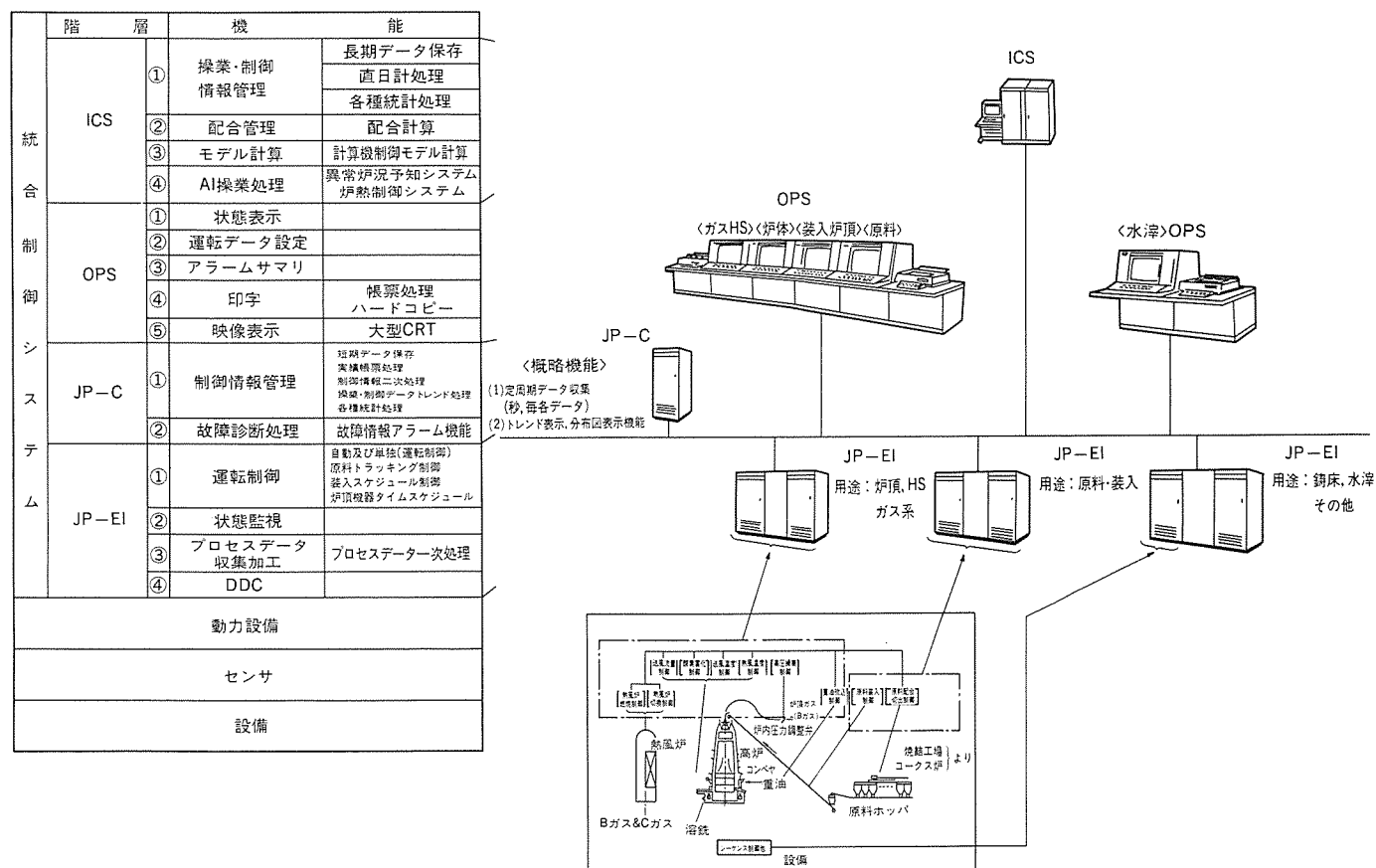


図 3. 高炉設備EICシステムの構成

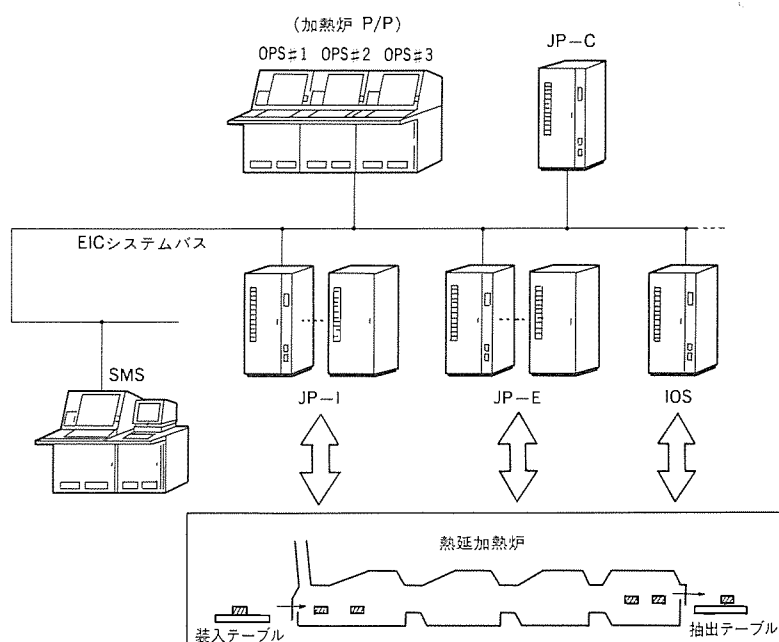


図5. 熱延加熱炉EICシステムの構成

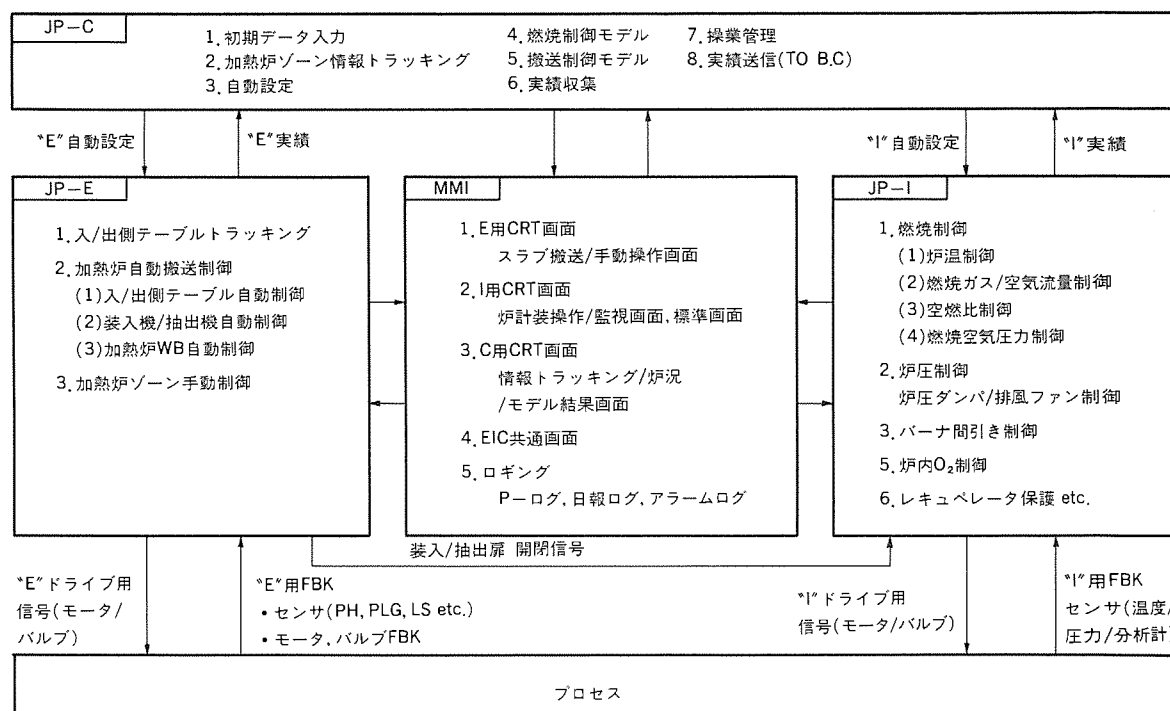


図6. 熱延加熱炉EICシステムの機能分担

定が可能であるため、オペレータへ効果的な操業・監視画面が提供でき、オペレータの負荷の軽減が期待できる。

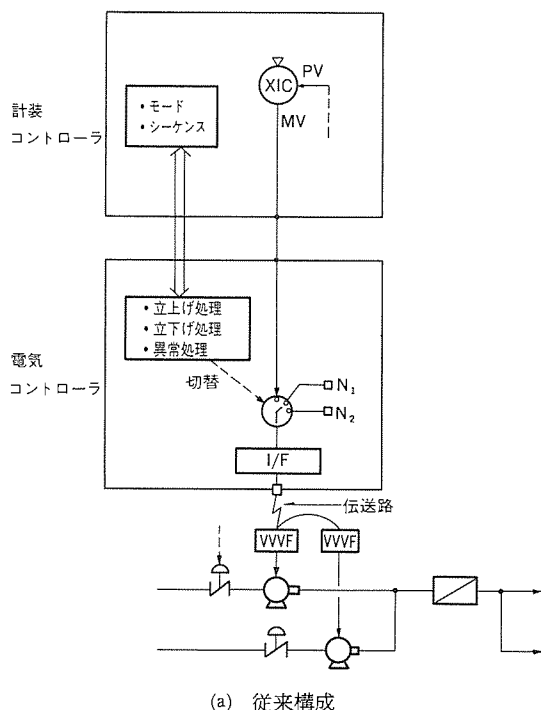
ところで、上述の操業要求を満足するためには、制御の高級化が必要である。しかしながら、従来は、DDCレベルでのアドバンスト制御に限定していたため、問題解決には限界があった。これに対し《MELTAS》では、EICコントローラがバス直結され、しかも平衡分散サポートシステムによりハードウェアや通信を意識せずに、C-E・C-I上にモデル制御・最適化制御が容易に構築できるため、上記課題に対しても最適なプラント操業が図れる。加熱炉燃焼制御モデルは、これまでもICS (Industrial Computer System) 上での実績があるが、このモデルをJP-C上にトランスファーすることにより、コストパフォーマンスが高く、しかもプロセス制御と密着したアドバ

ンスト制御が期待できる。

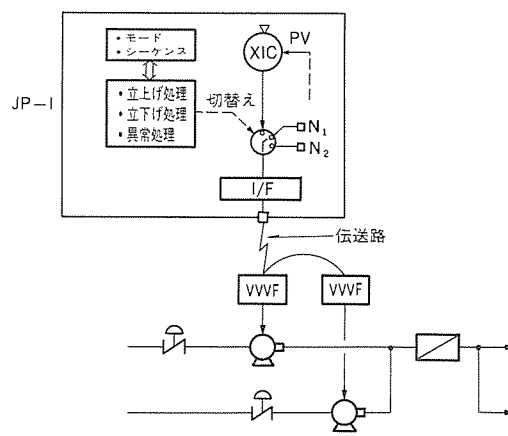
また、これまで排風ファン/燃焼ブロワ用のVVVF制御は図7(a)のように、電気/計装コントローラにまたがって制御ループを構成しているケースが多々見受けられる。《MELTAS》では、EIコントローラが同一アーキテクチャで構成されているため、図7(b)のように、一つのコントローラ内で制御ループを閉じることができ、ソフトウェア開発・スタートアップ、メンテナンス上著しい効果が期待できる。さらに、従来、電気コントローラのみが取り扱っていたデジタル駆動系の伝送環境がEIコントローラで共用できるため、建設コストの低減が可能である。

4.2 連続焼鈍炉設備への適用

連続焼鈍炉は、入側・中央・出側の三つのセクションから成り、



(a) 従来構成



(b) 《MELTAS》による構成

図7. 排風ファン、燃焼ブLOW用VVF制御構成例

POR (ペイオフリール) から入側ループまでを入側セクション、焼鈍炉内を中央セクション、BR (ブライドルロール) からテンションリールまでを出側セクションと称している。入側セクションでは、PORから払出されたストリップの先端と、先行しているストリップ尾端とをウェルダ上で溶接した後、電気洗浄ラインで洗浄し、マスタコイル溶接時のバッファエリアである入側ループを通して炉内へ入る。中央セクションは、マスタコイルごとに設定されるヒートパターンに沿うようストリップ板温を制御する。出側セクションは、BRで炉から下流側へ引張り、ループ、スキップスミル、トリマーを経て、テンションリールで巻き取られる。

熱延加熱炉トラッキングは、在炉スラブの低速多量のトラッキング処理であるのに対し、連続焼鈍炉では、溶接点の高速トラッキング処理が必要とされる。この制御システムの解決すべき課題としては、

- (1) マスタコイルごとに設定されたストリップのヒートパターン (炉内所定位置通過時の板温を規定した温度パターン) と一致するようストリップの温度を昇降させる。
- (2) 溶接点が通過するときには、その前後でヒートパターンが変わるが、炉温制御系の時定数、ストリップ熱伝ば (播) の時定数により、溶接点周辺では実際の板温とヒートパターンとの偏差が大きくなり、品質低下を招くこととなる。このような溶接点周辺の歩留り向上を図る必要がある。
- (3) 所定の生産量をキープする。

OPSに関しては、前述の熱延加熱炉EICシステムと同様の適用メリットが期待できる。また、アドバンス制御に関しても、ヒートパターン変更時、あるいはストリップサイズ変更時に、所定の生産量をキープ (速度低下を最小に抑え) しつつ、実板温とヒートパターンとの偏差を極小化する最適制御モデルが、ハードウェアを意識せずにEICコントローラ上に容易に構築できるため、上記課題に対し有効な環境を提供できる。

5. む す び

以上、鉄鋼分野における《MELTAS》の適用について述べた。従来から鉄鋼プラントの制御システムにおいては、高速性、耐環境性、ヘビーデューティ性などを考慮した業界最高水準の性能を要求されることが多く、適用されるハードウェアも鉄鋼向けを意図して開発されたものが中心であった。

一方、近年のマイクロプロセッサ技術、ネットワーク技術、ソフトウェア技術の急激な進歩は、汎用ハードウェアの驚異的な性能向上をもたらし、一昔前では考えられなかったシステムを現実のものとしつつある。統合制御システム《MELTAS》は、そのアーキテクチャの革新性、従来の鉄鋼専用ハードウェアでも実現し得ていなかった種々の高級機能とあいまって、正にそのせん (尖) 兵と言うべき存在である。

もちろん、鉄鋼分野においてEIC統合化システムが普及していくためには、単なるハードウェア性能面だけでなく、これをハンドリングする技術担当部門の対応も大きな課題の一つとなろう。すなわちユーザー・メーカー共に計画から保守に至る全フェーズで、従来は独立していたこれらの技術担当部門のクロスオーバーがこれまでに必要とされるに相違ない。

しかしながら、IA (Integrated Automation) と呼ばれる工場全体の生産最適化が産業界の潮流となりつつある中で、その基盤たるプラント制御システムがEIC統合化へ向かっていくことは、鉄鋼プロセスにおいても、今後の必然的な技術トレンドである。

シングル アーキテクチャを提唱する《MELTAS》の適用領域を拡充していくためには、これからの一層の性能向上と、ハードウェア及びソフトウェアのメニューそろえが不可欠であることは言うまでもない。

今後、各フィールドでの適用実績をもとに、ユーザーニーズにこたえたシステム構築を目指して、より一層の努力を続けてゆきたい。ユーザー各位の御理解と御指導を切にお願いする次第である。

北海道電力(株)気象情報処理システム

勢登行紘* 富原喜宣* 流郷忠彦** 水谷哲夫** 川村行延***

1. ま え が き

電力会社における気象情報の導入には、大きく二つの効果が期待できる。

一つは設備の効率的な運用である。電力需要を左右する要因には産業活動や社会的行事以外に、気温・湿度・日照などの気象条件が大きな影響を与えることがある。また、水力発電所上流域の降雨量を把握することにより、水資源の有効活用を図ることができる。

もう一つは自然災害の事前予測である。電力設備は、厳しい自然環境にさらされており、落雷や電線への着雪が事故に結びつく場合があるため、これらの状況を正確に把握しておくことが必要である。

北海道電力(株)では上記目的のため、以前から気象官署発表の情報を入手していたが、電話やFAXなど人手に頼る方法のため、時間遅れが大きかった。今回、三菱電機(株)が製作・納入した気象情報処理システムは、最近、(財)日本気象協会北海道本部(以下、気象協会と記す。)がオンラインサービスを始めた気象情報と、北海道電力社内で観測している気象情報を収集・処理するものである。以下に、その概要を紹介する。

2. システム構成

この章では、北海道電力(株)の社内気象情報収集設備、気象協会経由で入手する情報の概要、今回納入した設備のハードウェアについて説明する(図1)。

2.1 社内情報の収集

現在、社内で観測している情報は、雷情報、電線着雪情報、雨量情報の3種類である。

このうち、今回このシステムに導入するのは、雷情報のうち落雷位置標定装置(LLS)情報であり、他の情報は伝送系の整備に応じて順次導入予定である。なお、これらの社内情報の内容は、以下のとおりである。

“雷情報”には、“落雷位置情報”と雷雲の接近状況を把握するための“襲雷情報”がある。前者の観測に“落雷位置標定装置”、後者の観測に“雷センサ”を設置している。

“電線着雪情報”は、送電線への着雪状況を監視するもので、電力線搬送通信回線の受信レベルの低下を測定する“電搬ラインロス”と、送電線張力の許容値オーバーを検出する“ロードセル”の情報から電線着雪防止回線の構成など予防運用の判断に活用している。

“雨量情報”は、水力発電所を効率的に運用するために必要な情報で、水力発電所上流域、貯水池周辺に設置したロボット雨量計で情報を収集している。

2.2 社外情報の収集

社外情報には、気象衛星“ひまわり”の雲画像や天気図などの画像情報、地震の震度やアメダス観測値などのコード化された情報、週間予報、気象概況など文章表現の情報があり、情報の発信元は異なるが、すべて気象協会を経由して入手する。

2.3 ハードウェア構成

北海道電力(株)で導入した気象情報処理システムは、中央給電指令所(以下、中給と記す。)に設置する装置と、系統制御所、集中制御所、主要発電所、ダム管理所(将来)などに設置するリモート端末で構成される。

(1) 中央演算処理装置

このシステムで扱うすべての情報の集配信を行う32ビットミニコン《MELCOM70 MX/3000II》(以下、MX3000と記す。)で、中給に設置している。主な仕様を表1にまとめる。

(2) 気象盤

中給では、全道の電力系統の状態を監視するため、大型の系統表示盤を設置している。これに隣接して、気象情報を表示するため、背面投射型70インチビデオプロジェクタ(スクリーン有効面積1,422mm×1,066mm)を内蔵した気象盤を設置した。このプロジェクタには、このシステムの気象情報を表示する以外に、切替えにより他設備のビデオ信号を接続可能で、系統表示盤の補助的な役割も果たしている。気象盤上部には、道内各支庁の警報・注意報の発令状況を監視するための表示器を備えている。

(3) 中給ワークステーション、リモート端末

中給に設置したワークステーションと、系統制御所などに設置したリモート端末は、ほぼ同じハードウェア構成である。主メモリ3MバイトのマルチワークステーションM3305、4,096色表示の14インチカラーCRT、80字/秒(高速モード使用時)の漢字プリンタ、カラーハードコピーなどで構成する。特にカラーハードコピーは、CRT画面を印字する際に拡大・回転・任意の色変換などが可能で、カラー画像による表示が中心の気象情報では有効な記録方法である。表2に主な仕様を示す。

3. システムの機能と特長

3.1 集配信機能

すべての情報はMX3000で受信し、一部の情報を蓄積するほか、端末の画面表示に必要なものは、中給ワークステーションと最大30台のリモート端末に配信する。リモート端末設置場所により必要な情報が異なる場合にも対応できるよう、リモート端末10台を1グループとし、グループごとに配信情報を選択することが可能である。

このシステムのCPU(MX3000)は一重系であるが、気象協会からのデータ受信機能に関しては、中給ワークステーションでバックアップできる。MX3000が定期点検などで停止した場合、気象協会からの受信回線は中給ワークステーションに直結され、通常の配信データとして画面表示などに利用するほか、バックアップデータとして蓄積しておき、正常復旧時にはMX3000経由でリモート端末に配信する。各送受信回線の伝送路仕様を表3に示す。

3.2 情報の種類と蓄積量

受信情報の種類と、リモート端末で画面表示するために蓄積するデータ量を表4に示す。MX3000では、将来、雷発生確率の予測、降

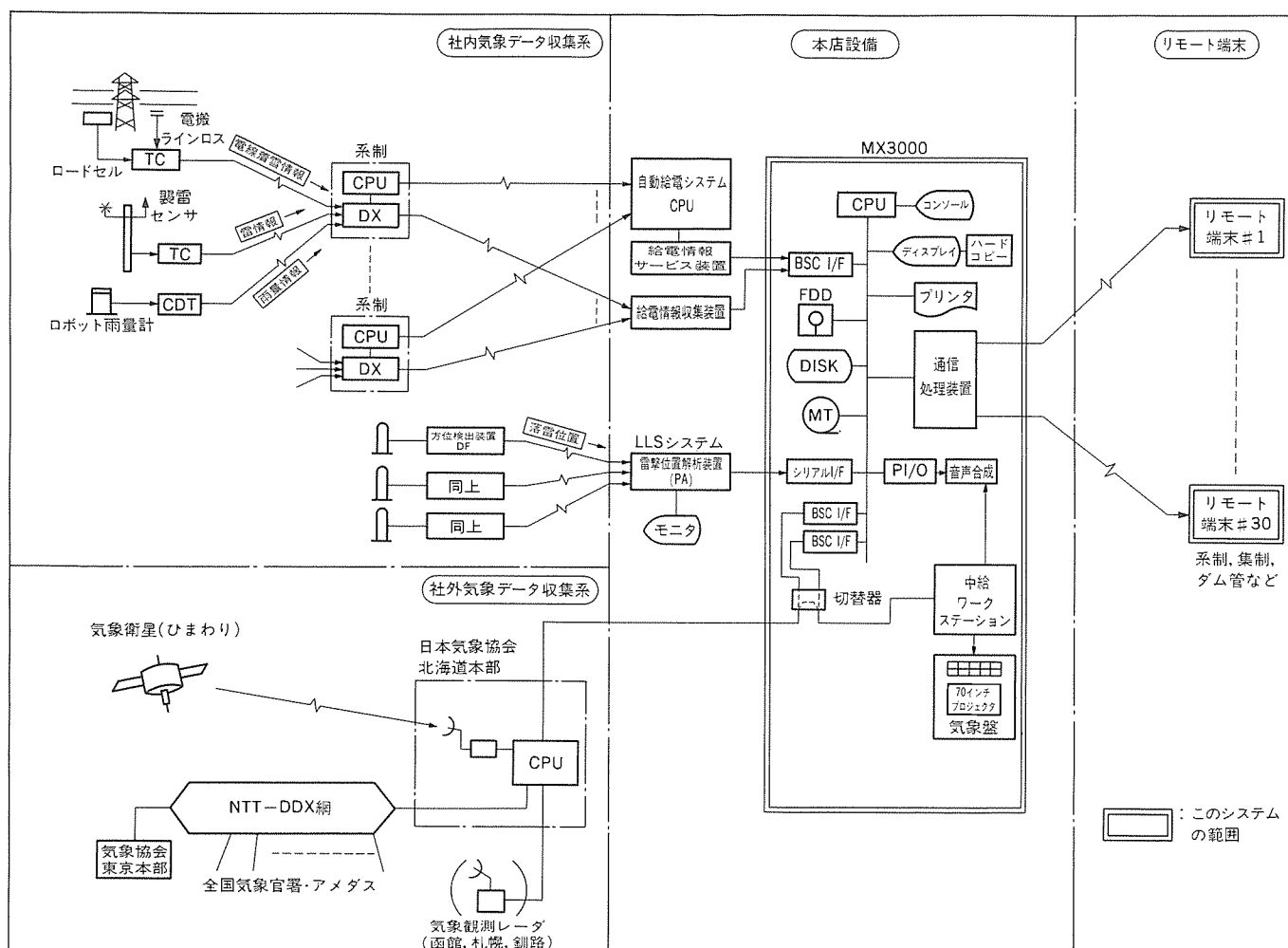


図1. 気象情報処理システムの全体構成図

表1. 《MELCOM70 MX/3000II》の概略仕様

機 器	仕 様
主記憶装置	・記憶素子：MOS-IC ・容 量：8Mバイト
キャッシュメモリ	128Kバイト
固定ディスク	142Mバイト×2
フレキシブルディスク	1Mバイト×2
磁気テープ装置	・テープ幅：1/2インチ ・テープ長さ：2,400フィート
ディスプレイ装置 (M4381-N)	・14インチモノクロCRT ・漢字JIS第1水準 ・ハードコピー装置付き
プリンタ (M2238)	・印字速度：ANK180字/秒 漢 字 60字/秒 ・漢字JIS第1水準

表2. カラーハードコピー“G500A, B350”の機能

印字方式	ライン型熱転写方式 イエロー、マゼンタ、シアンの順次重 ね印字によるカラープリント
ドット分解能	縦・横共9.45ドット/mm
最大印字幅	2,048ドット/217mm
階調印字	最大4,096色
画面読込み時間	約4秒
連続印字	最大99枚
色変換	カラー8色を任意に色変換可能
印字位置	反転、拡大、回転が可能

表3. 伝送路仕様

回 線	仕 様		
	伝送制御手順	伝送速度	伝送路
気象協会	BSC制御手順	9,600bps	専用線
給電情報サービス装置	BSC制御手順	9,600bps	専用線
給電情報収集装置	BSC制御手順	2,400bps	専用線
LLS	無手順	2,400bps	専用線
中給ワークステーション	BSC制御手順	9,600bps	専用線
リモート端末	BSC制御手順	2,400bps	専用線

雨量・河川流量予測などを行う際の基礎資料となるデータを蓄積し、1か月単位で磁気テープに保存する。

MX3000が受信するデータのうち、気象協会からのデータには編集・加工などは行わず、そのままリモート端末に配信するが、社内データについてはMX3000で以下の処理を施して配信する。

(1) LLS (Lightning Location System: 落雷位置標定装置)

雷雲の活動が活発な場合、短時間に多数の落雷が予想される。このため、MX3000で受信データを一時的に蓄積し、1分ごとに端末に配信することにより伝送所要時間、端末での処理時間の短縮を図っている。

(2) 電搬ラインロス

5分周期で受信するデータをスケール変換した後、各測定点の警報レベルを付加して配信する。この警報レベルは、MX3000で変更できるので測定装置の変更、警報レベルの見直しがあっても自動的に新しい警報レベルがダウンロードできる。

(3) ロードセル、製雷情報

表 4. 受信情報の種類とリモート端末での蓄積期間

	情 報	対象地点地域	観測・通報時刻	蓄 積 期 間
社 外 デ ー タ	地上実況	道内22地点	3時間ごと、 毎時(臨時)	30日間
	アメダス	道内227,青森1地点	毎 時	36日間
	地 震	国内56地点	地震発生時	36日間 過去1時間の 最大震度
	津波注意報警報	全国18区	気象台発表時	36日間 各地の最新状態
	台風位置	発生から消滅まで	3時間ごと、 毎時(臨時)	最新10台風ごとの 10日間
	電力気象雷雨	道内23, 東北2	発雷時, 終雷時	3日間 最新350件のデータ 各地点の最新状態
	注意報・ 警報(コード)	道内41地域	気象台発表時	38日間 各地域の最新状態
	短期予報(カナ漢) 週間予報(カナ漢) 季節予報(カナ漢) 注意報警報(カナ漢) 雷雨警報(カナ漢) 気象情報(カナ漢) 地震情報(カナ漢) 津波情報(カナ漢) 気象状況(カナ漢) 協会メール	道内15地方 道内7地方 道内全域 道内41地域 道内6官署 道内全域 道内全域 道内全域 道内全域 道内全域 道内全域	06,09,12,18,21時 毎 日 10日,20日,月末 気象台発表時 気象台発表時 気象台発表時 気象台発表時 気象台発表時 05,11,17,22時 随 時	1日間 (7官署) 最新1電文(7官署) 最新15電文 最新15電文(9官署) 最新15電文(6官署) 最新15電文 最新15電文 最新15電文 1 日 最新15電文
	地上天気図	日本付近	03,00,15,21時	3日間
	地上予想天気図	日本付近	17時	最新1データ
社 内 デ ー タ	気象衛星図 (ひまわり)	日本付近	毎 時	3日間
	高層天気図	日本付近	09, 21時	3日間
	落雷情報(LLS)	全 道	落雷発生時	3日間
	ロードセル情報 (将来)	56地点	2分ごと	最新100電文 各地点の最新状態
タ	電線ラインロス (将来)	109地点	5分ごと	3日間
	襲雷情報 (将来)	8地点	2分ごと	3日間

変電所に設置している遠方監視装置からのデータを2分周期で収集し、発生↔復旧の変化があった場合のみ該当データを端末に配信する。

なお、(2)、(3)については、今後伝送系の整備に応じてこのシステムに導入予定である。

3.3 中給ワークステーション、リモート端末の表示画面

画面表示速度を短縮するため、表示に必要な気象データ、パラメータはすべて各端末の固定ディスクに蓄積している。また、リモート端末の操作方法はできる限り簡略化し、画面の切替え、時刻設定をはじめ、すべてマウスで操作できるようにした。

表示画面は、単に配信情報をそのまま表示するだけでなく、複数の関連情報を1枚の画面に表示したり、履歴表形式に変換して出力するなど運用方法を十分考慮した表現にした。表示色はカラー8色表示を基本としたが、ひまわり雲画像のみ白黒16階調の表示とし、カラーハードコピーでも8色↔多色の切替えにより、それぞれ表示画面どおりのコピーができる(図2、図3、図4)。

3.4 注警報出力

(1) 注警報発令状況の表示

気象盤上部の表示器に道内14支庁の気象注意報・警報発令状況と、特に重要な雷、大雨、電線着雪、津波に関連する警報を表示する。また、特定の警報が発生した場合、音声メッセージによる通報も行う。

(2) 電文受信確認用チャイム

アメダス、ひまわり画像、天気予報などは定時配信データであるため、運用者は配信時刻をあらかじめ知っているが、注警報の発令/解除、雷情報、地震・津波情報など発生の都度、気象協会から送信される情報は、配信時刻を事前に知ることができない。このため、



図 2. リモート端末画面例(注警報発令一覧)

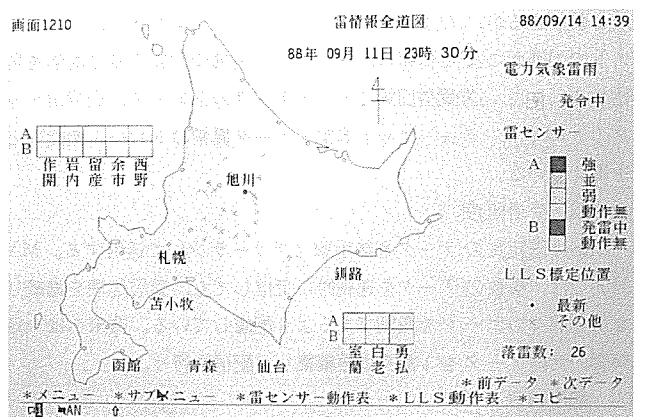


図 3. リモート端末画面例(雷情報)

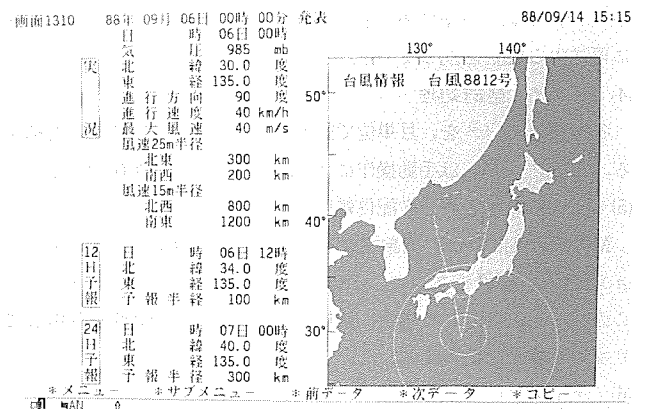


図 4. リモート端末画面例(台風情報)

各端末で情報種別、対象地域を指定し、該当電文受信時にチャイムを鳴らせる機能を持っている。

(3) 注警報受信一覧

中給ワークステーション、リモート端末では定時配信以外のデータを受信した場合、受信時刻、データ種別、発表官署などを履歴ファイルに蓄積しており、異常気象時に各気象官署での注警報発令の有/無などを確認できる。

3.5 再 送 機 能

リモート端末又は伝送路が障害状態から復旧した場合、注警報、津波注警報、ロードセル、襲雷情報などの最新状況をMX3000から自

動的に再送する。また、手動操作により、週間予報、気象概況などカナ漢字電文の再送が可能で、各気象官署発表の最新情報をリモート端末に再送する。

4. ソフトウェア構成

4.1 MX3000のソフトウェア

MX3000の標準OSであるOS60/UMXをリアルタイム環境で使用しており、アプリケーションプログラムのほとんどはFORTRAN77で開発した。合計71個のタスクで構成され、機能的には回線インタフェース処理、LLS受信、配信処理、ファイル格納、バックアップ処理、ディスプレイ表示などに分類できる。各処理の概要は次のとおりである。

(1) 回線インタフェース

通信手順はBSC (Binary Synchronous Communications) 手順である。受信データは、基本的には最大4Kバイトのテキスト単位で端末に配信するが、ひまわり、天気図などデータ量が多く、複数テキストで1画面になる情報は、全テキスト正常受信完了後に配信を開始する。また、送受信回線ごとに生データのトレース、送受信ヘッダのトレース、フォーマット異常・データ異常のトレース機能などを備えている。

(2) LLS受信処理

LLSは固定長のデータを無手順（フリーラン）で送信する。MX3000では、複数のデータを連続的に受信しても、受信処理を継続しながら個々のデータを識別できるよう配慮している。端末へは一定期間の受信データを1電文に再編集し、配信を行う。

(3) 配信処理

中給ワークステーション、リモート端末への配信を行う処理で、配信キューに格納されたデータをテキスト単位で配信する。端末/伝送路が障害状態から復旧した場合、注意報・警報の発令状況やロードセル、襲雷情報の最新状態など特に重要なデータを自動的に再送する機能を持っている。

(4) ファイル格納処理

各種受信データを、月単位で固定ディスク上のファイルに格納する。このファイルは手動操作により、磁気テープに保存できる。

(5) バックアップデータ配信処理

MX3000停止中は、気象協会からのデータを中給ワークステーションで受信・蓄積している。MX3000が中給ワークステーションからこのデータを受信した場合、正規のデータ配信の空時間を利用してリモート端末に配信する。

(6) ディスプレイ表示処理

蓄積データを日報・月報形式で表示する。また、気象協会などから受信したデータのうち、端末へ配信するデータの指定や、編集方法の変更などが可能である。

4.2 中給ワークステーション、リモート端末のソフトウェア

拡張日本語コンカレントCP/M-86をOSとして、BASIC、COBOL、アセンブラ言語によりアプリケーションソフトウェアを開発した（図5）。

(1) 送受信タスク (COBOL)

リモート端末ではMX3000と、中給ワークステーションではMX3000及び気象協会とデータの送受信を行うタスクである。

中給ワークステーションでは、受信電文のヘッダ部によりいずれから発信されたかを識別する。気象協会から直接受信する場合は、

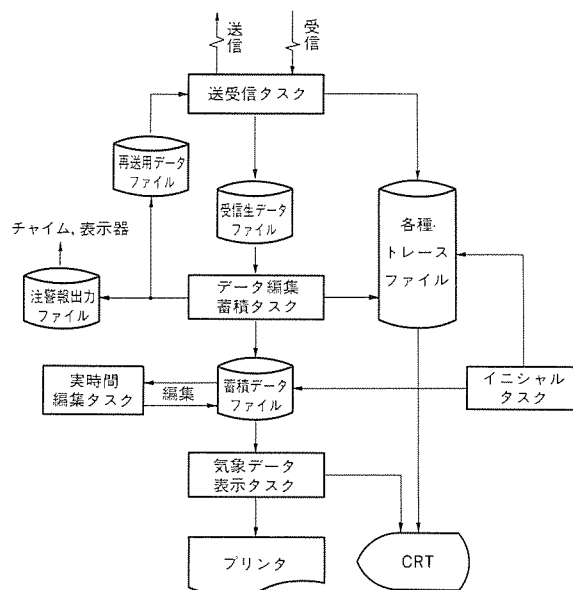


図5. 中給ワークステーションのソフトウェア構成

バックアップデータとしても蓄積しておき、回線接続が正常に戻った時点でMX3000に送信する。MX3000同様、送受信トレース、フォーマット異常トレース機能を持っている。

(2) データ解析タスク (COBOL+アセンブラ)

受信した電文を解析後、表示用データとして固定ディスクへ蓄積する。表示タスクで過去のデータを検索する時間を短縮するため、定時配信でないデータは30分を1区間として蓄積している。また、電文解析結果に応じてチャイム出力、注警報出力を行う。

(3) 画面表示タスク (BASIC+アセンブラ)

マウス入力により必要なデータを固定ディスクから収集し、CRT表示を行う。通常は500msに1回マウス入力の有/無をチェックしており、その他の時間は他の処理にCPU資源を開放し、トータルの処理能力向上を図っている。

気象衛星ひまわりの雲画像や天気図は、帯域圧縮形式で蓄積しており、しかも1画面分のデータが圧縮形式で最大約100Kバイトと大量である。表示時間を短縮するため、このデータをアセンブラで展開し、表示用メモリに直接書き込んでいる。

5. 将来機能

現在降雨量の監視は、気象協会から提供されるアメダスと自社のロボット雨量計に頼っているが、近い将来、函館・札幌・釧路の気象レーダからの情報を取り込むことにより、海上を含めたより広範囲な降雨量の把握が可能となる。さらに、雷や電線着雪など直接被害に結びつくものは社内データの蓄積、事故統計、気象協会からの資料提供などをもとに予測手法を開発していくことが可能である。

6. むすび

北海道電力㈱で導入した気象情報処理システムを紹介した。これまで各部所で独自に入手していた情報や気象官署が発表する各種情報をオンラインで集中管理できるため、幅広い気象情報を正確かつ迅速に伝達できるようになった。特に、地震・津波情報や落雷情報など即時性を要求される情報については、これまでのFAXや電話など入手に頼る伝達手段に比べ短時間で情報が得られ、運用上大きな効果が期待できる。

電力系統事故復旧支援エキスパートシステム

湯木 勝* 浜野正幸* 渡辺 進** 山西麻雄** 福井伸太**

1. ま え が き

近年、電力系統の事故様相が複雑化するとともに事故地域も広範囲化してきており、人手による事故復旧方法では現状以上の供給支障時間の短縮は難しくなっている。このため、関西電力㈱と三菱電機㈱は、給電運用者が迅速・適切な判断・処置が取れるAI技術を導入した電力系統事故復旧支援システムを開発した。今後、神戸地方給電所で試運用を実施する。

このシステムは、地方給電所自動化システムとオンライン結合したエンジニアリングワークステーションにより、給電運用者の事故時の復旧操作を支援するリアルタイムエキスパートシステムである。

以下に、事故復旧制御へのエキスパートシステム適用の必要性を述べ、その具体システムの概要と事故復旧支援の実行例を紹介する。

2. 事故復旧制御への適用

電力系統の事故復旧制御は、系統操作要項と実務を通して体得した系統運用知識をベースに、高度な知的判断を駆使しながら経験豊かな運転員が人手により実施しているのが現状である。しかし、電力系統の巨大化・複雑化により、給電所運転員への負担は心理的要因も加わり、ますます過大となっている。また、事故の発生頻度は年々減少してきており、育成に長期間の訓練と経験を要するベテランの運転員が得難くなってきている。

一方、事故復旧制御の計算機による自動化は、平常時の系統監視などの予防制御に比較して遅れている。この原因としては、復旧制

御自体がアルゴリズム化しにくいためと考えられる。こうした難点を克服する一つの有力なアプローチとして、エキスパートシステム適用の検討を進めてきた。

電力系統事故復旧支援システムが持つべき条件を以下に示す。

(1) 電力系統の状況認識と理解

システムは、事故時における電力系統の状況を的確に把握できなければならない。例えば、給電所で事故時に得られる伝送系を通じてのオンライン情報や運用者からのオフライン情報まで多種多様な形式の入力情報を受け、それらの情報の意味を正しく認識し、電力系統の状況を正しく理解できる必要がある。

(2) 復旧のための問題解決と方針立案

システムは、認識した電力系統の状況変化に対して的確な行動が取れなければならない。例えば、電力系統に供給支障や過負荷設備が発生していれば、現状の電力系統の状況に照らし合わせて自己の目標、すなわち供給支障や過負荷の解消を達成する問題解決を行い、復旧方針を立案し、その方針どおりに復旧操作を実行できる必要がある。

(3) 環境適応と最適化（学習能力）

システムは、過去の事故に対して行った復旧のための問題解決・行動及び電力系統の状況変化への対処などの経験を蓄積させ、それに基づいて状況認識・理解と問題解決・方針立案を無駄な試行をできるだけ少なくして最適化したり、過去に遭遇しなかった環境変化（電力系統の状況変化・事故など）に対しても適応できなければならない。

以上の条件を満足するには、システムは多種多様のオンライン情

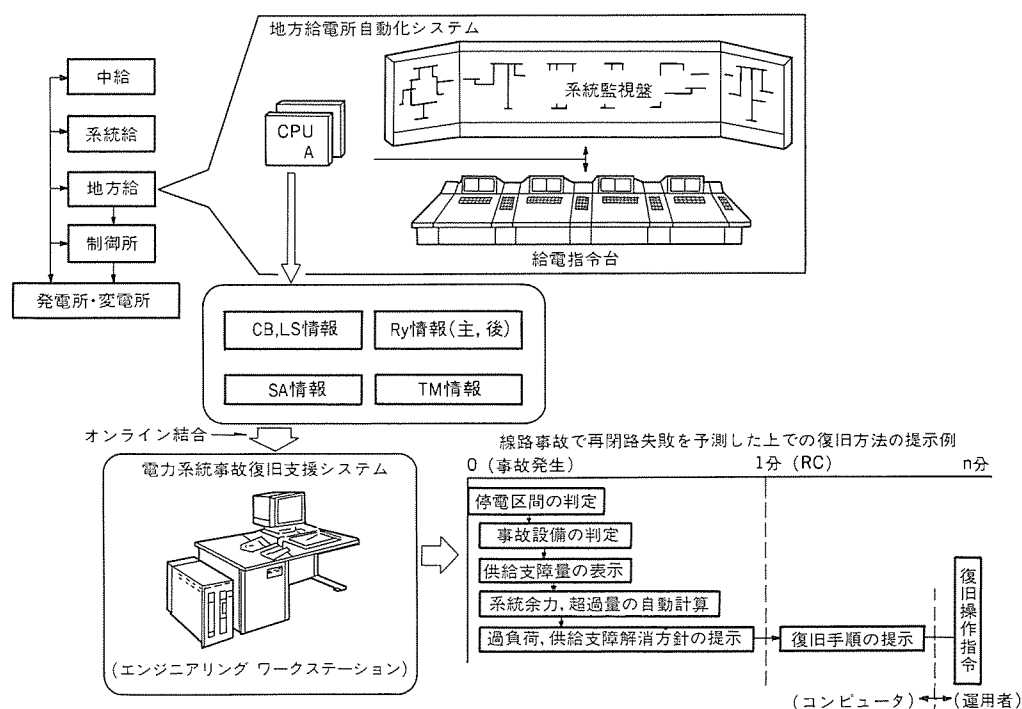


図1. システム構成

報やオフライン情報に柔軟に対応して、現在、運転員が行っている思考プロセスに合わせた膨大な数の内部状態を持つ必要がある。したがって、システムを従来の手続き型処理言語でそのまま実現すると、事故復旧過程における複雑・膨大な内部状態間の制御をすべて明確に記述しなければならないとなり、アルゴリズム化することが困難になる。一方、エキスパートシステムは、与えられた目標、すなわち系統の復旧という目標へ至る操作手順を探索する過程で、事前に準備された専門家の持つ系統復旧固有の知識を利用して、目標への探索をガイドする。この結果として、複雑・膨大な内部状態間の制御を実現することができる。この考え方は、数理計画法でも一部採用されているが、利用できる知識は数量的に表現できるものに限られている。これに対してエキスパートシステムでは、定量的に表現しにくい知識も積極的に活用できるようになっている。

事故復旧制御では、系統運用上の規定など定量化しにくい知識がかなり重要な役割を果たしている場合が多い。したがって、知識表現は状況を数量的に評価するのではなく、パターン表現し「ある状況では、これこれの行動を行え。」と指示する方式となっている。例えば、定量的に表現しにくい操作規定の文書内容もそのままの形で表現できる。このため、効率的で形式的なアプローチが可能となる。

3. システム概要

以上のような考え方に基づいて開発された電力系統の事故復旧支援エキスパートシステムについて概要を以下に述べる。

3.1 システム構成

このシステムは、図1に示すように地方給電所のコンピュータシステムとオンライン結合して、リアルタイムで運転員に事故時の運用を支援するものであり、次の特長がある。

- (1) 大規模系統（約120の電気所・主要特高需要家）の実事故発生後、1分以内に復旧方針を提示する。
- (2) ベテラン運転員の系統運用知識を知識ベース化することにより、現実 に即した復旧支援を迅速かつ適切に実行する。
- (3) エンジニアリングワークステーション上で復旧支援を実行することにより、地方給電所自動化システムへの影響を最小限に抑えて復旧支援の高速化を実現している。

3.2 システム機能

オンラインとオフラインの二つの運転モードを持っている。オンライン運転モードでは、表1に示すように実系統での事故発生時、事故設備の判定、復旧方針の立案、復旧操作のガイダンスを行うことができる。また、オフライン運転モードでは、仮想的に事故を設定することにより、運転員が復旧方針の立案、復旧操作など事故時の対応を学習することができる。

表1. オンライン運転モードにおける機能

機 能	内 容
系 統 監 視	① 状態・事故検出
	② 充電電判定
	③ 過負荷・供給支障判定
復 旧 ガ イ ド	① 事故設備判定
	② 復旧方針立案
	③ 復旧操作ガイダンス
マシンマン インタフェース	① 系統図・メッセージ表示
	② 復旧ガイド結果の確認・修正
	③ 復旧ガイド結果の記録

3.2.1 システム監視機能

- (1) 状態・事故検出
伝送系からの事故情報などのオンライン情報と地方給システムで運転員が設定した設備の作業停止情報などのオフライン情報を検出する。
- (2) 充電電判定
トリップ遮断器及び電圧の有／無情報を基にして、事故で停電した区間を判定する。
- (3) 過負荷・供給支障判定
事故により発生した過負荷設備及び供給支障電力値を判定する。

3.2.2 復旧ガイド機能

- (1) 事故設備判定
保護リレー（主保護・後備保護）の動作情報を基に事故で停電した設備の中から、事故設備を判定する。
- (2) 復旧方針立案
 - 過負荷解消方針立案…健全系統内で過負荷が発生している場合、発電電力の調整、系統切替、負荷電力の制御などにより過負荷を解消する復旧後の系統状態を立案する。
 - 供給支障解消方針立案…供給支障が発生している場合、試充電、系統切替、負荷電力の制御などにより、系統に過負荷を発生させず供給支障を最小化する復旧後の系統状態を立案する。

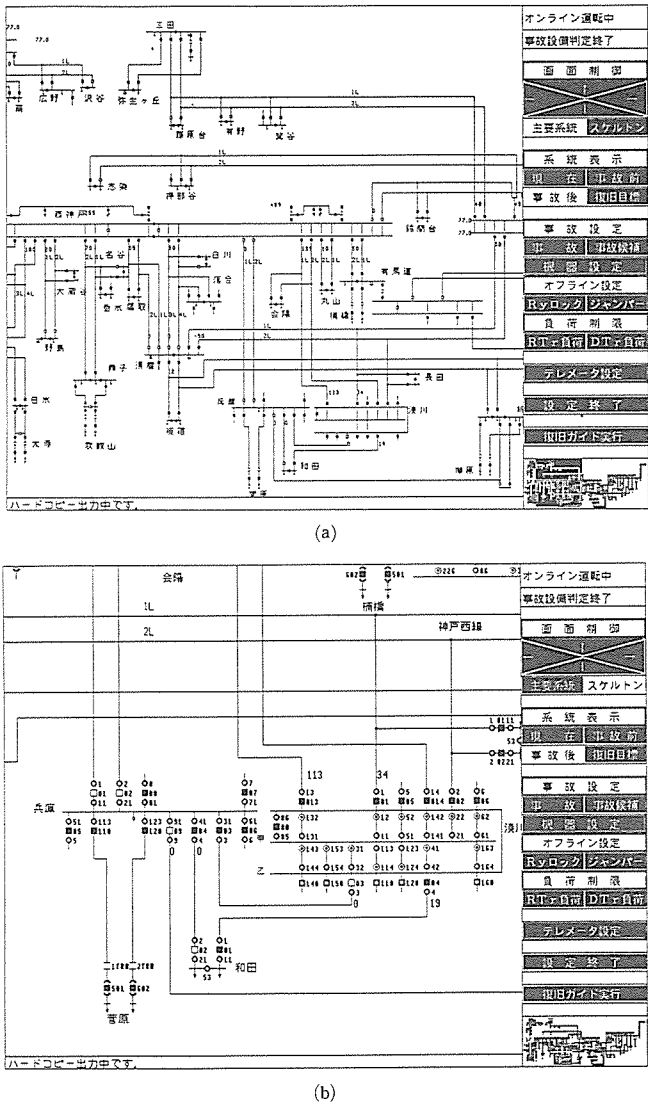


図2. 系統図の表示例

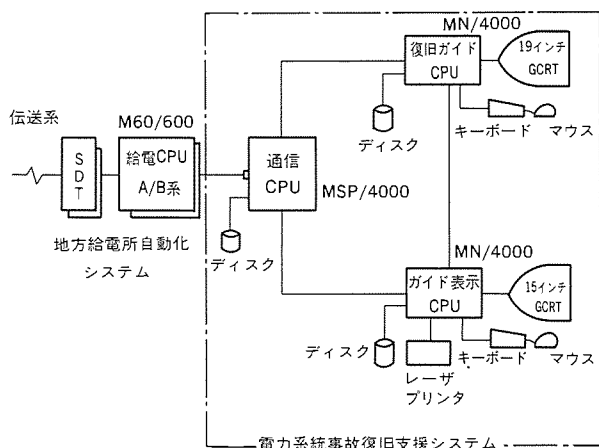


図 3. ハードウェア構成

表 2. 各CPUの処理内容

CPU名	処 理 内 容
通信CPU	系統監視機能
復旧ガイドCPU	復旧ガイド機能 (事故設備判定, 復旧方針立案) マンマシンI/F機能 (系統図表示)
ガイド表示CPU	復旧ガイド機能 (操作ガイダンス) マンマシンI/F機能 (メッセージ表示, 記録出力)

(3) 復旧操作ガイダンス

復旧方針立案で作成した復旧後の系統と現在の系統を比較し、復旧後系統に到達するために現時点で必要とする復旧操作を逐次作成する。

3.2.3 マンマシン インタフェース機能

(1) 系統図・メッセージ表示

事故前／事故後、現在／復旧後の系統状態を全系一括又は任意の部分系統で表示する。また、事故設備判定、復旧方針立案、復旧操作ガイダンスの結果や復旧ガイドの過程をメッセージで表示する(図2)。

(2) 復旧ガイド結果の確認と修正

復旧の過程で、運転員が復旧ガイドの結果に対して、CRTにより内容の確認・修正を行う。

(3) 復旧ガイド結果の記録

復旧ガイドの結果をレーザープリンタへ自動的に出力する。

3.3 ハードウェア構成

図3にハードウェア構成、表2に各CPUの処理分担を示す。3台

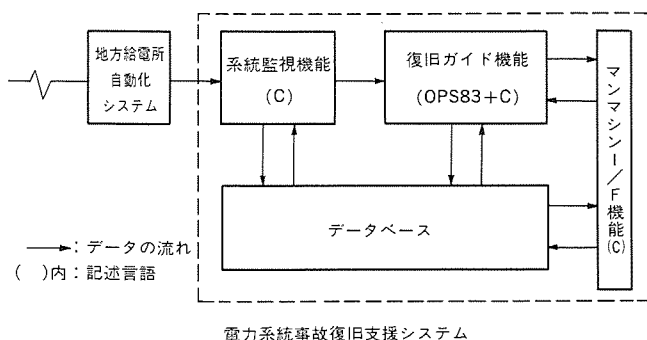


図 4. ソフトウェア構成

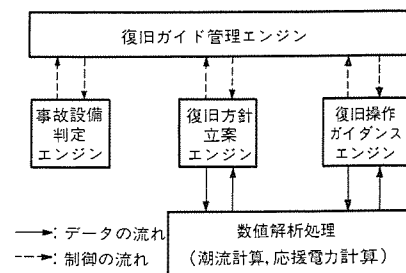


図 5. 知識ベースシステムの構成

のCPUはリング型LANで結合しており、系統監視、復旧ガイド、マンマシン インタフェースなどの各機能を分散処理してシステム全体の処理性能の向上を図った。また、通信CPUは地方給電所自動化システムとGPIB (General Purpose Interface Bus) で結合し、オンライン情報の高速転送を図っている。

3.4 ソフトウェア構成

図4にソフトウェア構成を示す。復旧ガイド機能は、高速推論が可能なプロダクション システム記述言語と、数値解析を得意とする手続き言語(C言語)で記述している。事故設備判定・復旧方針立案・復旧操作ガイダンスは、約500個のルールと約200個の関数で表現した。

3.5 知識ベースシステムの構築

(1) 復旧ガイド知識の獲得

復旧に関する知識獲得は、地方給電所の夏期事故対策集及び過去に起こった重大事故の中から代表的な約100ケースを抽出し、復旧のシミュレーションを運転員と行うことにより実施した。その結果、各事故に共通した復旧の考え方を抽出してそれを基本的な知識とした。また、基本的な知識では扱えないような特殊ケースに対しては、その事故固有の復旧知識を抽出した。

(2) 知識ベースシステムの構成

知識ベースシステムは、図5に示すように四つの推論エンジンと電力系統の数値解析処理で構成する。

復旧ガイド管理エンジンは、他の三つの推論エンジンの開始／終了を制御する。例えば、復旧操作の実行で遮断器の開閉不能が判明した場合には、復旧方針立案エンジンへ制御を移すことにより、復旧ガイドを途絶えることなく実行する。事故設備判定・復旧方針立案・復旧操作ガイダンスの各推論エンジンは、それぞれ診断型、計画型、制御型の知識ベースを持ち、知識ベース全体のメンテナンス性の向上と推論の高速化を図った。また、これらの知識ベースと推論エンジンに対して共通の基本構造と推論手順を与えて、知識ベースの統一的な理解と追加・修正の容易さを実現した。

(3) 知識ベースの基本構造

復旧ガイドの各過程は、幾つかのステップから構成されており、各ステップでは、その目標を達成するためにオンラインやオフラインの情報収集と推論を集中的に行う。上位ステップでの推論のため

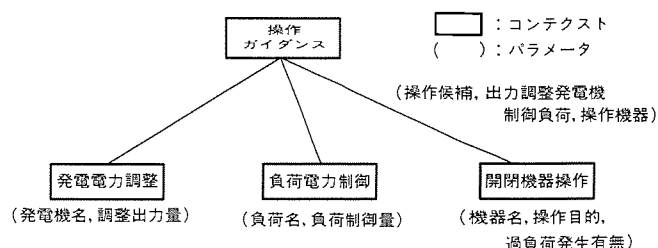


図 6. 復旧操作ガイダンスのコンテキストツリーとパラメータ

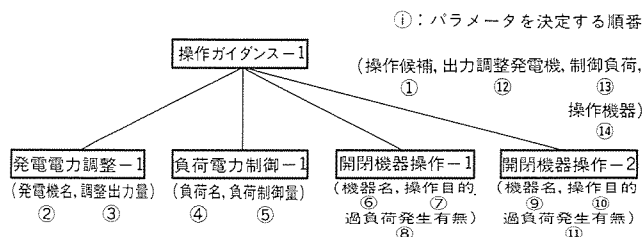


図7. 推論実行により生成されるコンテキストツリー

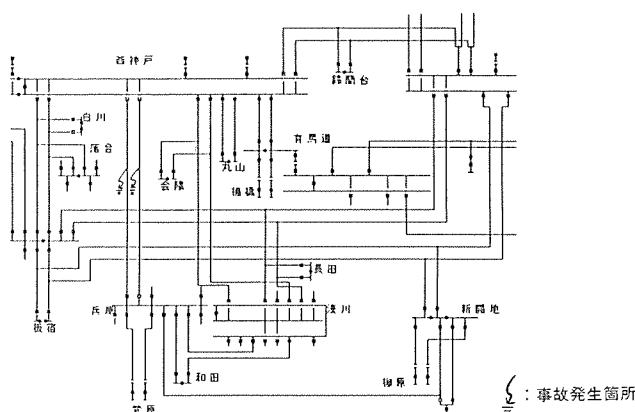


図8. 送電線の2回線事故例

に下位ステップの結論やデータを必要とする場合は、下位ステップでの処理を終えてから上位ステップでの推論を再開する。この知識ベースでは、このような推論過程をコンテキストという概念により表現した。

様々なタイプのコンテキストは、復旧ガイドの各ステップに対応する。例えば、事故設備判定における処理の流れとして停電範囲の確定、動作リレーの保護範囲確定、事故設備の絞り込みがあるが、これらの各処理ステップをコンテキストとして表現した。

復旧ガイドの進行に応じて生じる各コンテキストの上下関係は、コンテキストツリーという木構造で実現した。一つのコンテキストの処理は、そのコンテキストの処理内容を表現するすべてのパラメータを決定して完了する。

具体例として、復旧操作ガイダンスのコンテキストツリーとパラメータを図6に示す。操作ガイダンスの対象は、発電電力調整、負荷電力制御、開閉機器操作の三つのコンテキストで表現する。例えば、発電電力調整のコンテキストの処理は、パラメータである発電機名と調整出力量がすべて決定した時点で完了する。

(4) 推論手順

前節で述べたコンテキストツリーは、各コンテキストのパラメータを決定していく静的な順序関係を与えている。推論は各コンテキストのパラメータを決定していくことにより行われ、図6の静的なコンテキストツリーから図7に示す具体的なコンテキストツリーを動的に生成する。操作ガイダンス-1のパラメータである四つの操

[事故設備判定結果]		線路短絡	事故発生
兵庫線 1 L		線路短絡	事故発生
兵庫線 2 L		線路短絡	事故発生
[事故時オンライン情報]			
5 / 20	13 : 15	西神戸 s/s	77 短絡主保護
5 / 20	13 : 15	兵庫線 1 L	77 短絡主保護
5 / 20	13 : 15	西神戸 s/s	
5 / 20	13 : 15	兵庫線 2 L	
5 / 20	13 : 15	兵庫 s/s	01 短絡
5 / 20	13 : 15	兵庫線 1 L	
5 / 20	13 : 15	兵庫 s/s	02 短絡
5 / 20	13 : 15	兵庫線 2 L	
[供給支障発生状況]			
大和電機	36.5 MW		
三菱電機神戸	14.4 MW		
兵庫 s/s	28.6 MW		
菅原 s/s	20.6 MW	D T R B	20.6 MW
		R T R B	28.6 MW

図9. 事故状況メッセージ

[操作ガイダンス]			
負荷送電	淡川		
兵庫淡川線 1 L	C B 03	I N	電流確認
負荷送電	和田		
兵庫和田線 1 L	C B 02	I N	電流確認
[操作ガイダンス]			
ループ投入	和田		
兵庫和田線 1 L	C B 02	I N	潮流確認 位相差 -0.1°

図10. 復旧操作ガイダンス

作候補から下位のコンテキストとして、発電電力調整、負荷電力制御と二つの開閉器操作を作成している。これらの下位コンテキストの中から操作の優先順位及び系統の信頼度を考慮して現時点でガイダンスすべき復旧操作を選択し、操作ガイダンス-1の出力調整発電機、制御負荷、操作機器の各パラメータに転送する。

以上により、各コンテキストのパラメータはすべて決定し、1回の復旧操作ガイダンスは終了する。

3.6 復旧ガイドの実行例

送電線2回線事故(図8)が発生したときの事故状況メッセージを図9に、復旧操作ガイダンスを図10に示す。処理時間は、事故設備判定から復旧方針立案までが約20秒、1回の復旧操作ガイダンスが約5秒であり十分なりリアルタイム性を実現できた。

4. む す び

以上、エキスパートシステムの事故復旧制御への適用と電力系統事故復旧支援システムについて紹介した。このシステムは、今後1年間のフィールド試験で実事故に対する復旧支援の有効性と信頼性を評価していく予定である。

最後に、このシステムの開発に御指導・御協力いただいた関係各位に感謝の意を表する次第である。

参 考 文 献

- (1) 松本ほか：知識情報処理の電力システムへの応用，三菱電機技報，60，No.9（昭61）
- (2) 湯木ほか：給電所事故復旧ガイドのためのリアルタイムエキスパートシステム，電力技術研究会（昭63-7）
- (3) 湯木ほか：系統制御分野におけるエキスパートシステムの応用，電気評論（昭63-12）

三菱新型トラベーター

柴田勝美* 北村茂治*

1. ま え が き

近年、大量輸送機関及びその施設が見直されつつある。例えば、旅客機の大型化や旅客数の増加による空港設備の拡大・充実、都心における新交通システムや大深度地下鉄の計画、高齢化社会へ向けての弱者対策施設などがあげられる。動く歩道は、こうした航空機、鉄道などの交通機関へのアクセスの手段として、博覧会などの会場内輸送手段として、あるいはショッピングセンターにおけるカート利用者の階間連続輸送手段として、その使命を果たしてきた。当社はトラベーター⁽¹⁾⁽²⁾を、昭和46年に大阪阪急梅田駅に設置したのを皮切りに、新東京国際空港、池袋副都心連絡通路、南海難波駅、松山空港、サウジアラビアリヤド国際空港など、内外の諸施設に納入してきた。

一方、動く歩道のスピードアップ、輸送能力の向上の要望があり、近距離交通機関としての地位を確立するため、研究開発が盛んである。当社はこれらの要望にこたえるため、従来の1200形、900形に加えパレット幅を400mm広げた1600形（ワイドパレット型）トラベーターを開発した。この開発に合わせ、1200形、900形トラベーターについてもモデルチェンジし、1600形と同様に安全性の向上と意匠デザインの充実を図ったのでこれらを紹介する。

2. 新型トラベーターの特長

2.1 ワイドパレット型トラベーターによる輸送能力の増強

従来の1200形トラベーターの公称輸送能力は、1パレット（幅約1m、長手方向0.4m）当たり2人が乗るものとして、下式で与えられる。

$$\text{公称輸送能力 (人/時)} C = v \times 60 \times 2 / d \dots\dots\dots(1)$$

ここで、 v ：トラベーター速度（m/分）

$$d$$
：パレットピッチ（m）=0.4

したがって、速度40m/分のトラベーターの公称輸送能力は12,000人/時となる。現実には、到着時間を早くするため、トラベーター上を歩いて通行する利用者が多い。人の歩行速度が4～5km/時なのに比べ、トラベーターの速度が時速2.4km（40m/分の場合）程度と遅いことが原因である。トラベーター利用の際は、非常停止時の転倒防止から手すりを持って乗ることが前提であるが、多くのトラベーターの場合、特に水平型においてはあまり危険が感じられないことから、トラベーターの上を歩行しているのが実情である。歩行する場合、人の専有面積は、文献によると0.36m²/人程度と考えられる⁽³⁾。これは、人の前後間隔を約0.72mと仮定しているので、前述の0.4mごとに2人並んで乗ることに比べ少ない。また、実際の輸送人員を調べた結果も公称輸送能力に対し60%弱である⁽⁴⁾。これらから、輸送能力の実力は公称輸送能力に比較して小さいと思われる。

トラベーターの輸送能力を向上させるためには、人の密集を防ぐため入り口部を広くとるか、スピードを上げるか、トラベーター自

身の幅を広くするのが有効である。しかし、入り口のみを広くとることは物理的に難しい。速度を大幅に上げることは、乗り降り時の速度を遅くする必要から可変速型動く歩道が実現しない限り難しい。しかし、可変速型動く歩道は諸外国で研究されているが、試作段階であり、安全面の問題も克服し実用化した例はまだない。当社のワイドパレット型は、こうした輸送力増強の三つ目の手段に着目して開発された。

1600形の公称輸送能力は、1パレット当たり3人が乗るとして16,000人/時としている。従来のタイプは、公称輸送能力に対し、現実の輸送状況は少ないが、1600形は乗り込み口自体が広いので公称能力に近い輸送能力が期待できる。これに伴い、乗り込み口での混雑も緩和される。また、幅が広いので歩行者の追越しが可能となり、トラベーターの降り口までの到着時間が短縮される。表1に従来の1200、900形と比較した基本仕様を示す。

2.2 車いす、カートの利用が容易

設置される場所によっては、車いす使用者やカート使用者もトラベーターを利用する。例えば、空港のチェックイン カウンターにアクセスするような設置例では、空港用の大型カートがよく使用される。

この場合、従来の1200形ではカートが乗り込んでしまうと一般利用者は追越しができず、その結果、降り口までの到着時間が短縮できなくなる。ワイドパレット型では図1に示すようにカートを搭載

表1. 三菱新型トラベーターの基本仕様

項 目	1600形	1200形	900形
公称欄干幅 (mm)	1,600	1,200	900
総 幅 (mm)	1,946	1,550	1,220
スカート幅 (mm)	1,406	1,010	680
トラス幅 (mm)	1,896	1,500	1,170
傾斜角度 (°)	0～3	0～12	0～12
公称輸送能力 (人/時)	40m/分 30m/分	16,000 12,000	12,000 8,000
		9,000	6,000

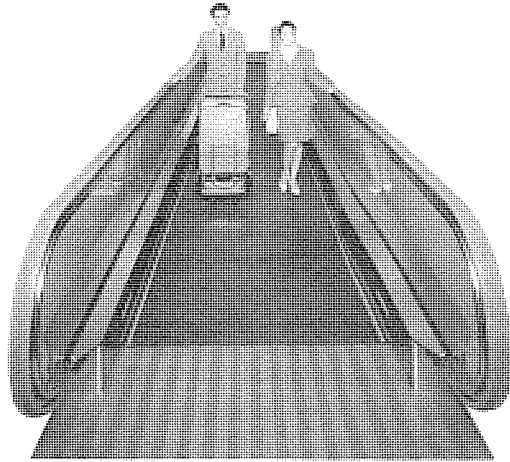


図1. ワイドパレット型トラベーター

*稲沢製作所

した場合でも、その横を楽に通抜けができ、人の流れもスムーズである。車いす利用者が乗り込んだ場合も同様である。

2.3 安全性の向上

ワイドパレット型トラベーターにはカートなどキャスター類を搭載するケースが増えると予想されるので、パレットのクリートピッチをエスカレーターに比べ15%小さくし、キャスター類が溝に落ち込みにくくした。また、キャスター類の乗り降りを容易にするため乗降口のくし（櫛）部分の傾斜をゆるやかにした。

可動体と非可動体との接点であるスカートとパレットのすき間に注意を喚起するため、パレット両端に黄色のプラスチック製のデマケーションラインを設けた。

2.4 意匠デザイン

欄干デザインを中心とする意匠デザインは、エスカレーター業界として初めて通産省グッドデザイン選定商品に選定された当社Jシリーズエスカレーター⁽⁵⁾に合わせ、完成度を高めた。

3. 法規及び規格

動く歩道に関する国内規定は、建設省告示⁽⁶⁾として昭和56年に制定された。この中で、手すり間の距離は1.2m以下とすることが決められている。したがって、当社ワイドパレット型トラベーターは性能評定を取得し、建設大臣の認定を受けることになっている。一方、BS-CODE⁽⁷⁾ (BS-5656…ヨーロッパ統一規格EN115と内容は同一である。)、ANSI-CODE⁽⁸⁾には1600形を認める明確な規定がある。ANSI-CODEでは表2に示すように、速度と傾斜角度によってこれを制限している。すなわち、速度42m/分以下で傾斜角度4°以下の場合に認められている。BS-5656では8.1.3項にパレットの幅は580mm以上1,100mm以下の規定があるものの、例外条件として、傾斜角度6°以下の場合に限りパレット幅の制限を設けていない。したが

表2. ANSIによる最大パレット幅の規定

速度(m/min) 傾斜角(°)	$v < 27$	$27 < v \leq 42$	$42 < v \leq 54$
$0 \leq \theta \leq 4$	無制限	1,524mm	1,016mm
$4 < \theta \leq 8$	1,016mm	1,016mm	1,016mm
$8 < \theta \leq 12$	1,016mm	1,016mm	禁止

注 最小パレット幅：559mm

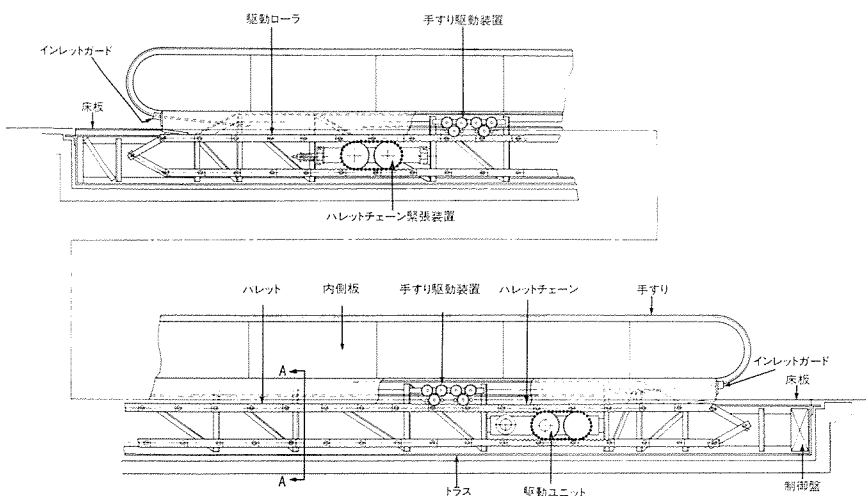


図2. 駆動機構

って、ワイドパレット型トラベーターはこれら世界の主要な規定に適合している。

4. 新型トラベーターの構造

(1) 駆動機構の概要

従来の当社モジュラー型エスカレーター⁽⁹⁾の駆動機構をベースに、機長、傾斜角度、パレット幅に応じて駆動ユニットを1個又は複数個設けている。駆動ユニットは、エンドレスのリンクとかみ合っており、リンクに取り付けたパレットを移動させている。エスカレーターと異なり、トラベーターでは、端部にリンクテンション装置を装備しリンクにわずかな初期張力を与えている。初期張力を与えることにより、パレット反転の周期に一致した振動の発生を防止し、乗り心地を向上させている。トラベーターの両端は、同一構造のパレット反転装置を装備している。往路側レールと帰路側レールの間隔をリンクピッチに一致させ、レールに乗った前後のローラーで反転中のローラーの自由度を規制して反転させている。これにより、反転部の所要スペースの縮小が図れる。図2に駆動機構の概要を示す。

(2) 手すり駆動機構

トラベーターの機長、傾斜角度に応じて1個又は複数個の手すり駆動ユニットを設けている。手すり駆動ユニットへは、モジュラーエスカレーターと同じようにリンク上のラックからピニオンを介して動力伝達している。したがって、任意の位置に手すり駆動ユニットが配置できるため、特に長い機長のトラベーターでもその数を増やすことによって、手すりに十分な駆動力を与えることができる。

一方、駆動方式は駆動シーブや手すりの初期張力を必要とするシーブ駆動式に比べ、手すりパスもシンプルで初期張力が不要なローラ駆動方式を採用している。

(3) 案内レール

ワイドパレット型は、1パレットに3人利用できることを前提にして設計しているため、1パレットにかかる重量は従来の1200形ベースの構造に比べ重くなる。レールの剛性、強度を確保するため図3のようなフォーミング成型の特殊専用レールを使用している。レールの側面はローラをガイドできるよう工夫されている。この専用レールの採用で、レールの精度も向上し乗り心地も改善された。

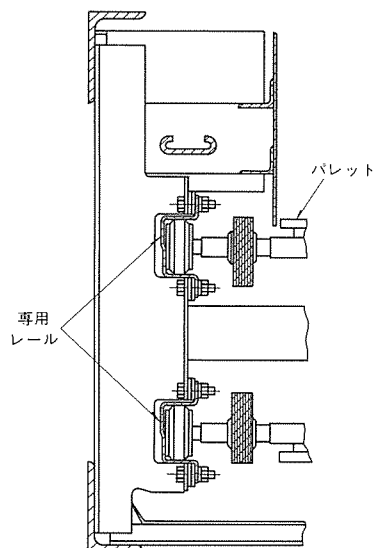


図3. レール構造 (A-A断面)

(4) フレーム構造

フレーム構造は、増加した利用者の荷重をできるだけ少ない数の中間支持台で支えるため、トラス材料を強化した強固な設計となっている。しかも、反転部分に駆動機などを持たないため、トラスは全長にわたり同一深さでシンプルである。

(5) パレット構造

新型トラベーターはエンドレス状のリンクを採用しているため、パレット間のピッチは、反転部においても、傾斜型の場合の曲部においても変化しない。これを利用し、パレットの取り付けは図4のように簡単な構造となっている。パレットの一方は軸に回転固定されているが、他方はわに（鰐）口で軸をはさみこんでいる。

ワイドパレット型トラベーターのパレットは、従来の1200形の二つ割りのパレットの中間に追加パレットを配置した3枚のアルミニウムダイカストで構成されている。それらは補強でつながれ、1枚のパレットに形成されている。このパレットの剛性、強度はBS-5656のパレット強度基準に準じ、静たわみ試験と疲労試験に合格している。

5. トラベーターの消費電力

トラベーターの消費電力は、エスカレーターに比べメカニカルロスの占める割合が大きいく。特に、水平に近づくほどこの傾向は強くなる。したがって、メカニカルロスを減らすことが省エネルギーに大きく影響する。新型トラベーターは、モジュラーエスカレーターと同様の低騒音型のヘリカル減速機を使用し、メカニカルロスを減らしている。一般的にトラベーターの所要電力 K (kW) は次の式で与えられる。

$$K = \left[\frac{W \cdot B \cdot L \cdot v \sin \theta}{60 \times 102 \times \eta} + \frac{W \cdot B \cdot L \cdot \mu_1 v}{60 \times 102 \times \eta} \right] \times f + \frac{w \cdot n \cdot \mu_2 v}{60 \times 102 \times \eta} + \frac{2Rv}{60 \times 102 \times \eta} + \alpha v \quad (2)$$

ここで、 L ：機長（近似的に基点間距離）(m)

θ ：傾斜角度(°)

v ：速度 (m/分)

n ：パレット数（5 L に相当）

η ：減速機効率

f ：公称輸送能力に対する乗り込み率

w ：パレット系自重 (kg/リンク)

B ：パレット幅 (m)

W ：乗客荷重 (kg/m²)

R ：手すり走行ロス (kg)（実験的に L 又は H の2次式）

μ_1, μ_2, α ：係数

式中、第1項は乗客を上下方向に運ぶエネルギー、第2項は乗客を横方向に運ぶエネルギー、第3項はパレット系の回転エネルギー、第4項は手すり駆動エネルギー、第5項はその他の修正項である。この基本式をもとに、実験により各係数が決まる。図5に1600形トラベーターの消費電力の目安を示す。

6. レイアウト

モジュラー駆動方式によれば、かなりの長い機長まで製作可能であるが、非常時、トラベーター上からの退避など、利用上の使い勝手から、200m程度以下の機長を、乗り継ぎ距離10m程度で直列にレイアウトするのが望ましい。図6に水平型の基本レイアウトを示す。両端にスプロケット駆動機構を持たないため、トラベーター外形が設置部全長にわたり同一深さになっているのが最大の特徴である。

前述のように機長が長くなっても、同じ駆動ユニットと手すり駆動ユニットを増設するだけでよく、大型の駆動ユニットをそのために開発する必要がない。したがって、トラベーターの外形寸法も同じで、設置される建築物の計画や構造が簡単になるメリットがある。

7. 新型トラベーターの実例

以上述べてきたように、ワイドパレット型トラベーターの出現により、駅舎間の水平移動や、国際空港などで大きな荷物を持った乗客の近距離移動の輸送力増強が期待される。当社では、既にシンガポールチャンギ国際空港でこのワイドパレット型トラベーターを20台受注し、既に出荷が完了している。また、国内においては「横浜みなとみらい21」のプロジェクトで4台受注しオープンしている。

7.1 チャンギ国際空港の例

両サイドに延びるウイングの中に並列に2本レイアウトされ、速度45m/分で運転される。20台のワイドパレット型トラベーターと2台の1200形トラベーターを含め総延長は約1.3kmに及ぶ。また、このトラベーターには焦電型センサを組み込んだ自動運転方式を採用しており、利用者がいないときは停止する。特に、国際空港のイメージ・オフィス内ではトラベーター利用が旅客機搭乗時、到着時に限られるため、瞬時輸送能力が高く省エネルギーが図れる自動運転装置付きのワイドパレット型トラベーターは有効であろう。また、デザインはJシリーズエスカレーターを踏襲したステンレスデッキボードと柱なし透明ガラスタイプを採用しており、シンガポールの玄関にふさわしいデザインである。

7.2 「みなとみらい21」会場の例

国内においては、「横浜みなとみらい21」プロジェクトの一環として、JR桜木町駅から博覧会会場に至るペDESTリアンデッキに総延長約230mで2列計4台のトラベーターがレイアウトされ、駅からの

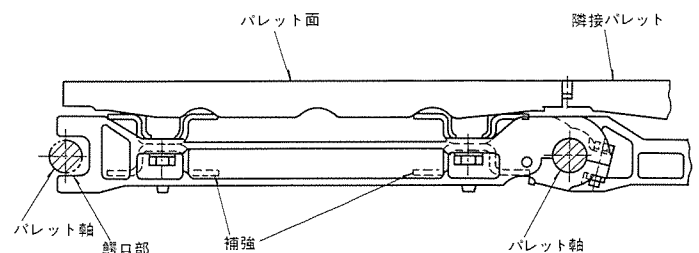


図4. パレット取付部

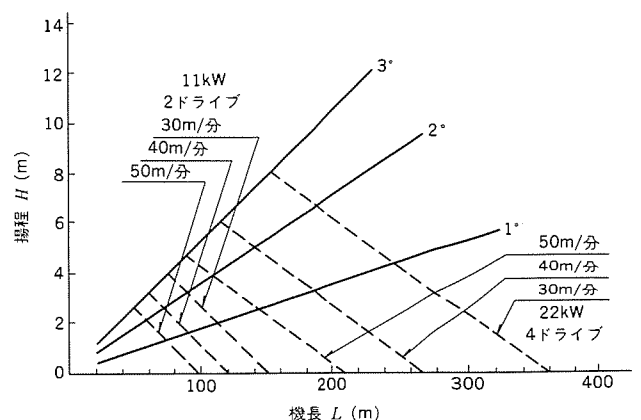
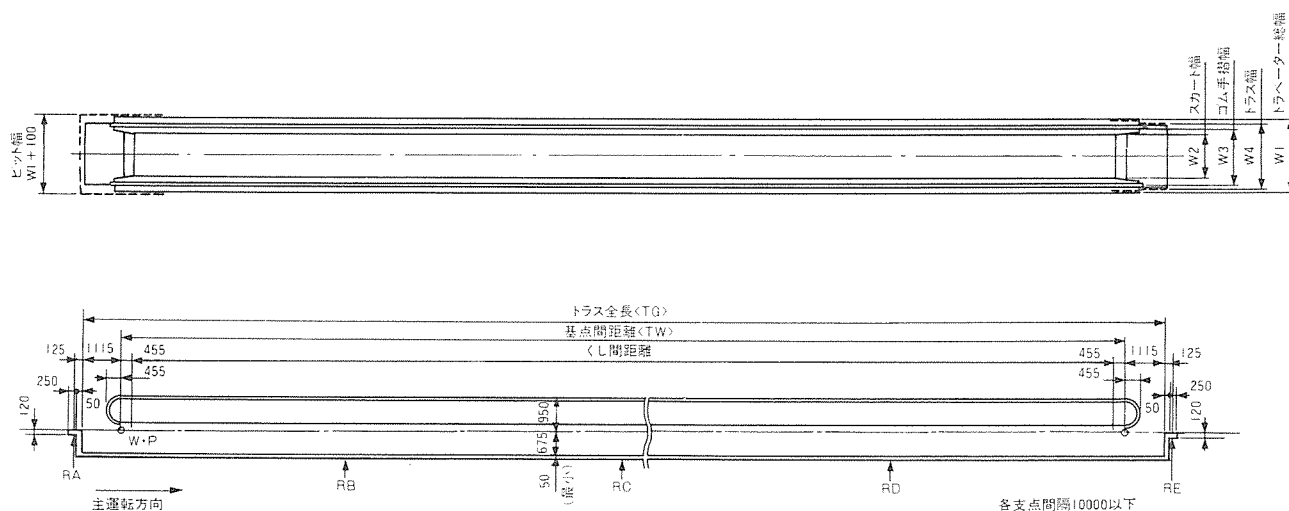


図5. 1600形トラベーターの機長・揚程・傾斜角度・速度とモータ出力の関係



●モータ容量

形名	速度(m/分)	有効長さ
		50m 100m 150m 200m
1600TP	30	75 150
	40	5.5kW×1 55 5.5kW×2 110 5.5kW×3 165 5.5kW×4
1200TP	30	95 190
	40	70 140
900TP	30	120
	40	90 180

(注) 有効長さは、くし間距離を示す。

●外形寸法

単位：mm

形名	1600形	1200形	900形
W1	1946	1550	1220
W2	1406	1010	680
W3	TP形 1656	1260	930
	TS形 1676	1280	950
W4	1896	1500	1170

TP形：不透明形

TS形：透明形

図6. 水平型基本レイアウト

利用者の導線になっている。このトラベーターは40m/分と20m/分の2段変速運転が可能であり、車いす使用者などが利用する場合には速度20m/分に速度を落とすことができる。変速は自動緩変速とし、0.3m/秒以下の加減速度で変速される⁽²⁾。緩変速には可変電圧可変周波数制御（インバータ制御）を使用している。また、このトラベーターには先行するトラベーターが停止したとき、乗り継ぎ部での人の密集を防ぐため、後続のトラベーターも自動的に停止させる連動停止装置が装備されている。地震時P波をキャッチし停止させる地震感知停止装置も装備され、これらの装置が作動した場合は、急停止による利用者の2次災害を防ぐため、インバータ制御装置による緩停止を行う。デザインは屋外型であることと、不特定多数が利用することを配慮して、ステンレスパネルタイプとしている。

8. むすび

既に日本国内に動く歩道が出現し約20年経過したが、これまでその設置台数はそれほど急激な伸びは示していない。これは、近距離交通機関として役割を担うには実際の輸送能力が低かったことも一

因と考えられる。この点を向上させたワイドパレット型トラベーターの需要拡大が期待できる。今後とも、近距離交通機関の一端を担うトラベーターの研究開発を進める所存である。

参考文献

- (1) 鬼頭，浅野：三菱電機技報，41，No. 7，p.946（昭42）
- (2) 中谷：三菱電機技報，46，No.12，p.1402（昭47）
- (3) John J. Fruin：PEDESTRIAN Planing and Design（1971）
- (4) 岡田ほか：建築と都市の人間工学（昭52）
- (5) 横田ほか：三菱電機技報，61，No.11，p.35（昭62）
- (6) 建設省告示第1110号：路段を有しないエスカレーターの構造基準を定める件（昭56）
- (7) British Standard BS-5656：Safety Rules for the Construction and Installation of Escalators and Passenger Conveyors
- (8) American National Standard Institute，A17.1 Part IX：Moving Walk（1983）
- (9) 鬼頭ほか：三菱電機技報，53，No. 8，p.618（昭54）

カラービデオ コピープロセッサ

和田隆吉* 千葉和弘**

1. ま え が き

ハードコピーとしてカラープリンタが脚光を浴び出したのは、当社“テレビプリンタ”発表の前年の昭和57年頃からで、それ以後主としてOA用途にカラープリンタの製品化が進んでいる。その中でも記録した画素が階調を持たない、色数も8～16色程度のカラープリンタの製品化が先行してきた。熱溶融型熱転写方式に代表されるこのタイプのカラープリンタは、文字、図形からなる事務・技術情報をコンピュータなどから出力させる端末装置として使用されることが多く、用紙サイズはA4・A3版が必要とされ、装置自体も比較的大きい。これに対し、近年のコンピュータグラフィックの多階調化、多色化、電子スチルカメラの製品化などに伴い、銀塩写真やカラー印刷に対抗できる印画品質を達成しようとするフルカラープリンタの要求が急速に高まり、製品化の動きが昭和60年頃から始まった。

これらフルカラープリンタは、画像信号を入力とするカラービデオプリンタとしての性格をもち、各種カラー化方式により、種々の製品が紹介されている。このような市場環境の中で、多用途のビデオプリンタとして好評のモノクロームタイプの“ビデオコピープロセッサ”（以下、VCPと称す。）SCT-P60、P70シリーズに続いて、映像・情報機器分野でのハードコピーのカラー化要求にこたえるべく、当社は“カラーVCP”SCT-CP100（図1）を製品化した。その製品化に当たり、フルカラー、高画質化はもちろん、豊富な入出力インタフェースや一層の機能の充実を中心に開発の重点をおいたが、その主要なものを次に示す。

(1) 高画質化への工夫

- 多彩な中間調表現が可能な昇華性染料による昇華熱転写方式の採用
- RGB系三原色からYMC系三原色への色変換処理の工夫
- 昇華熱転写方式に適したサーマルヘッド駆動方式の採用
- 新たに開発したドラム形プラテン方式メカによる色合わせ精度の正確なプリント

(2) 多様な機器への対応

- 入出力端子群の充実

- PLL制御のオートスキャン機能を備えたフレームメモリの採用

(3) 豊富な付加機能の採用

上記の点を中心に当社“カラーVCP”の特長・原理・構成について以下に述べる。

2. カラーVCPの高画質達成への工夫

ハードコピーの画質を決定する主要要素は、画素密度、階調再現性、色再現性、印画する際の色合わせ精度である。これらの点をカラーVCPでは、いかに処理しているかについて概説する。

2.1 カラーVCPの印画方式

表1は、現在実用化されているフルカラービデオプリンタの各種方式を比較したものである。カラーVCPは、印画品質、プリンタメカユニット部のコンパクト性、保守性、価格、ランニングコストなど、ハードコピー機に要求される表1の種々の要素を考慮して、前述のように昇華性染料の熱転写方式を採用している。この方式は、面積階調（疑似階調）による顔料を用いた熱溶融型熱転写方式などと異なり、直接画素ごとに階調を持たせられる濃度変調が可能で、高画質、高解像度のプリントが実現できる。

図2は、面積階調と濃度変調における階調表現の原理図である。この図は16階調の例であるが、面積階調では1画素を4×4のドットマトリクスで構成するために、1画素ごとの階調制御が可能な濃度変調に比べて4倍のドット密度の印画素子が必要となる。これは濃度変調にとって、印画素子密度を上げずに高解像度のプリントを得るという点で非常に有利である。図3は本機の印画部の原理図で、下記を主要構成とするカラーVCPの濃度変調による印画は、次のように行われる。

- カラーシート
- 記録紙
- サーマルヘッド
- ドラム形プラテンローラ

画素ごとの映像信号レベルに応じて、パルス幅変調されたドライブ電圧が、サーマルヘッドの発熱素子に加えられ、熱エネルギーに

表1. 各種カラービデオプリンタ

カラー化方式	名 称	印画素子	記 録 紙	色 材	階調方式	標準 画素密度 ドット/mm	画質	価 格	
								本体	ランニング
熱 転 写 方 式	溶 融 型	サーマルヘッド	普通紙	顔料、ワックス	面積階調	4	△	○	◎
	昇 華 型	↑	PETコーティング紙	昇華性染料	濃度変調	6～8	◎	○	○
	通 電 型	電極ヘッド	普通紙	顔料、ワックス	面積階調	4	○	○	◎
インクジェット方式	オンデマンド	↑	↑	水性インク	↑	10～16	○	△	◎
	連続ジェット	インクノズル	↑	↑	↑	10～16	○	△	◎
光 学 式	CRT再撮像	モノクロCRT	インスタント カラーフィルム	銀塩乳材	濃度変調	16以上	◎	○	△

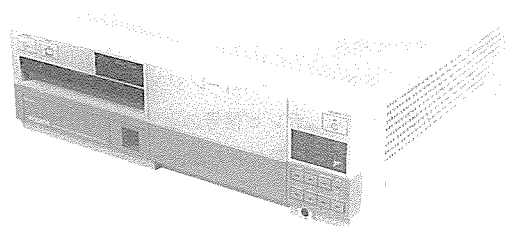
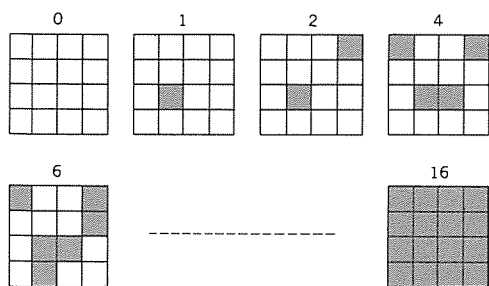
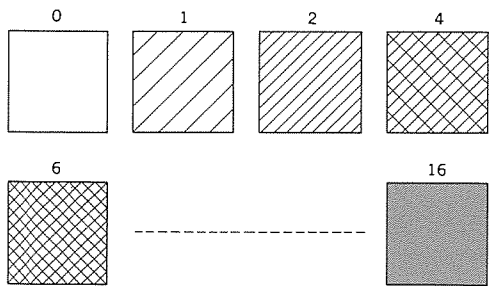


図1. “カラーVCP” SCT-CP100の外観



(a) 面積階調 (網点式)



(b) 濃度変調による階調

図 2. 階調方式の比較

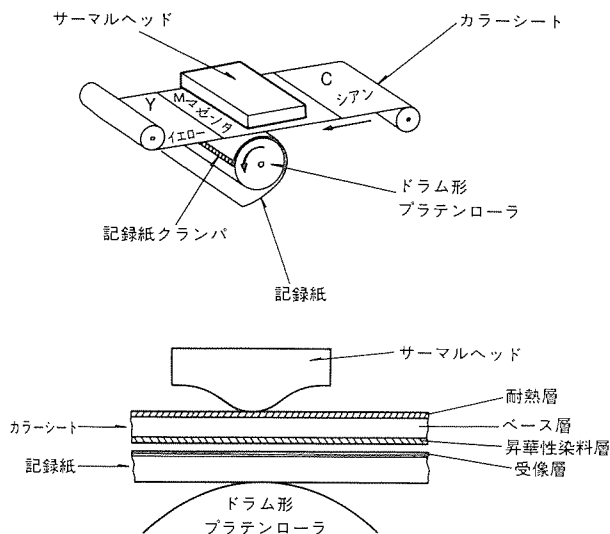


図 3. 印画原理図

変換される。この熱エネルギーは、カラーシートの昇華染料層を加熱し、加熱された染料は昇華（気化）して記録紙表面の染料受像層に転移し、そこで元の染料に固化する。サーマルヘッドから与えられる熱エネルギーに応じて昇華・転移する染料の量が変化するので、画素ごとの階調制御（濃度変調）が可能になる。図 3 でのカラーシートは、厚さ数 μm のポリエステルフィルムベースに減色法三原色イエロー（Y）、マゼンタ（M）、シアン（C）の順に昇華性染料を塗布したもので、背面は耐熱処理層が施されている。

記録紙は、厚さ約 $190\mu\text{m}$ の合成紙ベース上に数 μm の染料受像層が塗布されたもので、この層の中で昇華した各染料が固化するため、特にラミネートなどの後処理を施さなくとも、表面の光沢性、保存性は十分である。また、記録紙にはプリント画像の品位を損なう印画後のカールを少なくする処理も施している。これらの標準記録紙の外に、OHPなどの用途に透明フィルムを用いた記録紙も使用可能である。カラーシートは、100プリント分をカートリッジに収め、使用済みシートの交換を容易にするとともに、記録紙は専用カット紙とし、両者をペーパーシートセットとして供給している。

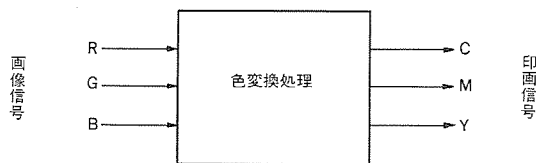


図 4. 色変換モデル

2.2 色変換及びサーマルヘッド印画処理

本機では、すべての映像信号は後述するように、RGB信号に変換後、そのレベルに応じてサーマルヘッドが駆動され、印画が行われるが、その前にRGB画像信号は、減色法の三原色YMCの印画信号に変換される。この色変換の概念は図 4 で示されるが、一般には次のようなマトリクスで表される演算式となる。

$$\begin{pmatrix} C \\ M \\ Y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} D_{00} & D_{01} & D_{02} \\ D_{10} & D_{11} & D_{12} \\ D_{20} & D_{21} & D_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix} \cdots \cdots (1)$$

理想的なYMC染料では上記マトリクスの要素は対角のみで、単純な形になり、変換は容易にできるが、一般には染料は濁り成分を持っているのでマスクングと呼ばれる処理が必要である。また、中間濃度レベルの変換では、印画信号側に必要以上の墨成分が生じ、出力画像の輝度低下をきたすのでこの補正処理も必要である。これらを達成するため、本機の色変換は、RGB画像信号を無彩色成分と有彩色成分に分離する手段、その成分ごとにテーブル変換で最適なYMC染料の濃度信号を求める手段、それらの合成加算手段とで構成されている。

この変換法は、動作が4ステップで完了する点、テーブルを構成しているROM容量が少なく済むなどの利点がある。一方、色変換後のサーマルヘッド駆動では、ヘッドに形成した640個の発熱素子を5ブロックに分割して省電力化駆動する方式を採用した。このとき、1主走査線を複数のサブ走査線で形成する多重熱転写駆動法を採用することにより、発熱素子のブロックとブロックの境界部に発生する、サブ走査方向の白すじ、濃度むらを視覚的に除去した。図 5 は、プリント時間を一定にしたときのサブ走査線数と白すじの発生状況を示したものである。同図からサブ走査線数は、4以上であることが望ましい。また、多重熱転写は、効率良く染料を昇華、転移させて高印画濃度を得ることが可能で、本機では最大反射濃度約2.0のプリント画像を達成している。

本機で使用しているサーマルヘッドは、有効印字長100mm、ドット密度6.4ドット/mmの薄膜型、部分グレイズヘッドである。このサーマルヘッドでは、発熱素子の抵抗値ばらつきを抑え、さらに発熱素子に図 6 のようなスリットを設けて、等価的に1画素を2ドットで構成するようにしているので、きめの細かい良好な画像が得られる。

2.3 YMC 3 色、色合わせ精度

印画部で画質に影響する重要な要素に、レジストレーション、YMC 3 色の色合わせ精度がある。テレビ信号のようなアナログ画像では、このレジストレーションに裕度があるが、コンピュータグラフィック画像では、精度はより厳しく、値としては最大1/2画素ピッチ程度が要求される。本機では、カラーシートの3色重ね合わせ印画過程で、記録紙のスイング動作がなく、原理的に位置精度上有利なドラム形プラテンメカユニット（図 3 参照）を採用し、さらに印

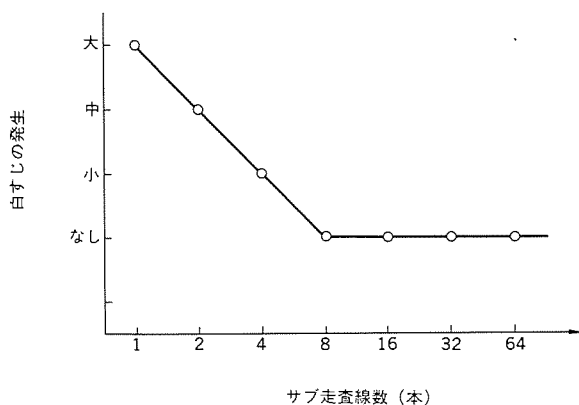


図 5. 白ずし発生状況

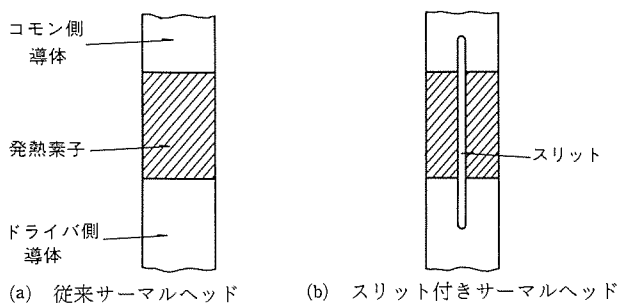


図 6. サーマルヘッド発熱素子(1ドット)

画中にドラムの一端に記録紙を固定するクランプ機構を設けることにより位置精度の向上を図っている。その結果、色合わせ精度約80 μ mを確保している。

3. カラーVCPの構成

カラーVCPは、図7に示すように10個のブロックで構成されているが、以下にその主要部について説明する。

3.1 映像信号入力処理部

本機はプリント用映像信号として、次の五つの信号を扱っている。

- (1) NTSCコンポジット映像信号
- (2) Y/Cセパレート映像信号
- (3) RGBアナログ信号
- (4) RGB TTL信号
- (5) PARALLEL DATA信号

(1)は最も基本的な信号でカラーテレビ、VTRなどで使用される。(2)は、最近話題になっている高解像度VTR (S-VHS) 用の信号で、これによればドット妨害のない、高画質のプリントが得られる。

これらの信号は、次段のコンポジット映像信号処理部で、RGB信号に復調され、A/Dコンバータ段へ入る。(3)、(4)は、主としてパソコンで扱われる信号である。パソコンは近年グラフィック機能が充実し、多色・多階調、また高解像度、ノンインタレース表示が主流となり、水平・垂直走査タイミングも通常のテレビ信号とは異なっている。水平周波数、表示ドットクロックの高いこれらの信号でも本機は後述の同期サンプリングによるオートスキャン機能により、高画質プリントが可能である。(5)は、パソコン用プリンタでは主流であるセントロニクス準拠のインタフェースで、これにより、コマンド転送による本機のコントロール、独自のプロトコルによる画素データ転送モードでのグラフィックプリントが行え、システム化に有効である。

3.2 映像信号のサンプリング、量子化

前段からのRGB信号は、A/Dコンバータでデジタル信号に量

子化されるが、この量子化手法により画質が大きく影響される。すなわち、テレビ信号のようなアナログ映像信号では、サンプリング定理に従えば十分な画質が得られる。一方、パソコンのようなデジタル機器の映像信号は、一つ一つの画素が内部のドットクロックにより作られ、水平・垂直各走査において縦横、整然と配列したものである。VCP側でドットクロックに相当するものを発生し、映像信号に同期してサンプリングすればサブナイクスト サンプリングでも画素欠けのない、忠実な出力が得られる。本機では図8のような構成のPLLサンプリングクロック発生回路を使用し、入力映像信号に同期した安定なサンプリングクロックを得ている。入力信号に応じて、サンプリングクロックを数MHzから30MHzまで可変できる。サンプリング後、RGB各信号は、6ビット(64階調)に量子化される。

3.3 画像メモリ、メモリ入出力信号処理

画像メモリは、RGBそれぞれについて1フレームメモリで構成されている。各色6ビット、最大画素容量、640×598ドットである。A/Dコンバータで量子化されたRGB信号は、本機のメモリボタンを押すと、リアルタイムでフレームメモリに書き込まれるが、RGB-TTL信号は、A/Dコンバータを経ず直接書き込まれる。フレームメモリ内の画素配列は、水平・垂直方向とも入力信号のタイミングに応じて可変できるように構成している。プリント画像の水平方向ドット数、垂直方向ライン数を自由に、映像信号に応じて設定することが可能である。同期サンプリングと合わせて、この機能を本機ではオートスキャンと称しているが、種々の機器と簡単な操作で接続できる本機能は、汎用ハードコピー機として非常に有効である。

3.4 D/Aコンバータ、モニター信号出力部

フレームメモリに書き込まれた画像データは、書き込み時と同じレートで読み出され、D/Aコンバータで元のアナログ信号に変換され、モニター画像信号として本機から出力される。RGB-TTL信号のみは、D/Aコンバータを経ず、直接出力される。これらのモニター画像信号の内容がプリントボタンを押せば、そのままプリント画像として出力されることになる。したがって、プリントの前にCRTなどで画像の内容を静止画として確認できるので、プリントの失敗を防ぐなどの便利な機能としてモニター出力は有効である。

一方、モニター画像にはスイッチ操作により、画像の明るさ、コントラスト、色相、色ゲインなどの調整レベルを示す表示がスーパーインポーズして表示され、シフトボタンにより設定、調整が可能で、プリント画質を最適に調整する上で、操作性の良いものとなっている。

3.5 YMC色変換部

前述のようにこの段では、画素ごとにフレームメモリから読み出されたRGB映像信号が、YMC印画信号にラインメモリを用いて変換される。同時に二次元デジタルフィルタにより、アパーチャ補正も行われる。また、本機はモノクロームタイプの昇華染料を使用して、モノクロプリントが可能であるので、輝度情報の印画信号もYMC信号と同時に出力される。これらの印画情報が、印画スピードに合わせてサーマルヘッドへ送られ、約70秒で画像が形成される。

3.6 その他

本機のメカコントロール、印画のための電気回路コントロール、ユーザーによる操作ボタン、リモコンの解説、指令などのシステムコントロールをすべて1個のマイコンで処理させている。ソフト容量は約30Kバイトである。本機はハード、ソフト面の合理的な分担、

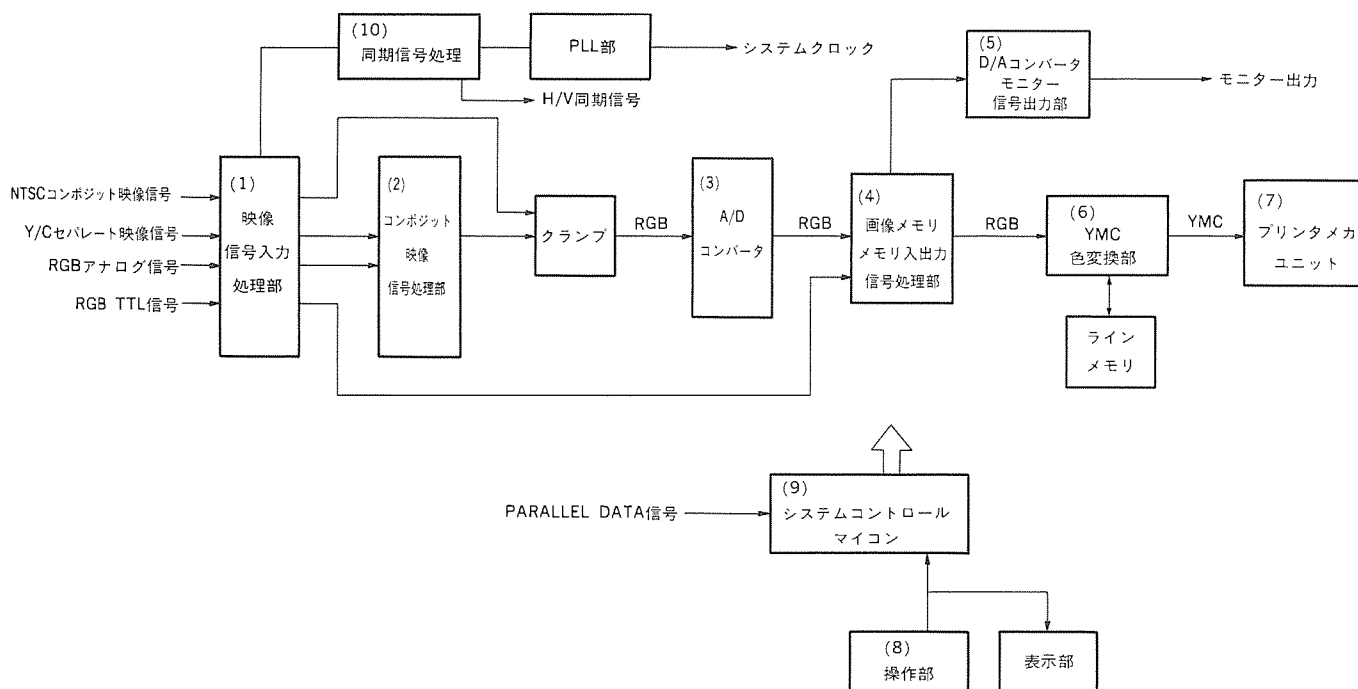
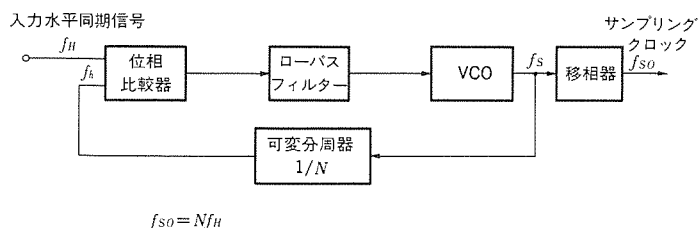


図 1. カラーVCPの基本ブロック図



$$f_{s0} = Nf_H$$

図 8. サンプリングクロックの生成

新開発のプリンタメカユニット, LSIなどによって, 多岐にわたる入力映像信号, 多種の印画仕様に対応しつつ, コンパクトな構成にまとめているが, 表 2 にカラーVCPの主な仕様を示す。

4. む す び

近年の映像機器における画像の高精細度化に伴い, 通常のテレビ信号とは同期タイミングの異なる映像信号が市場に登場, 普及しつつある。業務用機器においても同様である。本機はこれらの映像信号のハードコピーにも対応すべく, 種々の新技術を採用して開発されたもので, フルカラー ハードコピーの利用分野が本機により一層拡大するものと期待される。一方, テレビ信号を扱う民生分野では, VTR, ビデオムービーの普及に従って, カラーハードコピーへの関心, 需要は高まりつつある。これらにこたえるための今後の課題としては,

- (1) ランニングコストの低減
- (2) プリント時間の短縮
- (3) 装置の小型化・低価格化

などが挙げられるが, これらを達成していけば, カラービデオプリンタはますます発展, 普及していくであろう。

表 2. “カラーVCP” SCT-CP100の仕様

形 名	SCT-CP100	
記録方式	昇華性染料熱転写方式	
印画品質	階調	YMC各色64階調
	画素数	640(H)×598(V) 最大
	印画サイズ(mm)	100×75(NTSC標準時)
印画時間	カラー	70秒/画面
	モノクローム	35秒/画面
画像メモリ	RGB 1フレーム	
記録材料	カラーシート	カートリッジ式(Y.M.C)
	記録紙	専用カット紙
入力信号	NTSCコンポジット映像信号	(BNC)
	Y/Cセパレート映像信号	(S端子)
消費電力	RGBアナログ信号	(BNC, D SUB-15P)
	RGB TTL 信号	(DSUB-9P)
	PARALLEL DATA信号	(36P)
消費電力	130W	
外形寸法(mm)	424(横)×125(高)×415(奥行)	
重 量	12.5kg	

参 考 文 献

- (1) 大野：ハードコピー化技術の動向, テレビジョン学会誌, 37, No. 7 (1983)
- (2) 大西ほか：熱転写記録を使った多階調画像の記録, 電子通信学会技術研究報告, IE83-5(1983-4)
- (3) 江頭, 和田：テレビプリンタ, 三菱電機技報, 58, No. 9 (昭59)

高性能光通信用単一モード半導体レーザ

渡辺 斉* 大倉裕二* 武本 彰* 吉田直人*

1. ま え が き

長距離光通信網は、既にギガビット級の大容量通信の時代を迎えつつあり、情報伝送の需要は今後も飛躍的に高まると予想される。また、大容量化に加えて中継器コストの観点から無中継伝送距離の長距離化も光通信システムに要求される仕様の一つである。

こうした大容量、長距離光通信システムの光源には、光ファイバの伝送損失が最小となる $1.5\mu\text{m}$ 帯に発振波長をもつ単一モード半導体レーザが必要不可欠となっている。単一モードとは、レーザ発振スペクトルが単一であることを表しており、このスペクトルの単一性が伝送距離を大きく伸長させる要因となる。しかし、従来の半導体レーザではスペクトルが通常マルチモードのため、伝送パルス波形が光ファイバ中での分散により劣化してしまい、長距離伝送には向かない。そこで、デバイス構造的に様々な工夫をすることにより、単一モード半導体レーザが実現されているが、その中で現在実用的に最も有望なものは、活性層近傍に回折格子を設け、回折格子の周期で発振波長を制御する分布帰還型 (Distributed Feedback: DFB) レーザである。

我々は、DFBレーザに独自のP-substrate Partially Inverted Buried Hetero structure (PPIBH) 構造を導入したDFB-PPIBHレーザの開発を行ってきた⁽¹⁾⁽²⁾。本稿では、新たに結晶成長法に有機金属気相成長 (Metal-Organic Chemical Vapor Deposition: MOCVD) 法を用いたDFB-PPIBHレーザの製法・特性について示す。また、光通信システムの大容量化に対応するために開発した高速DFB-PPIBHレーザについても述べる。さらに、極低しきい値DFB-PPIBHレーザを紹介し、その無バイアス変調による高速伝送の可能性についても言及する。

2. MOCVD法によるDFBレーザの製法と特性

2.1 製 法

従来のDFBレーザは、レーザ活性層の結晶成長に液相成長 (Liquid Phase Epitaxy: LPE) 法を用いていたが、LPE法は製法が簡便である反面、活性層厚の制御性、均一性に欠ける面があった。一方、MOCVD法は、層厚の制御性、均一性、界面急峻性が高い上、

量産性にも優れるため、高性能なDFBレーザを作製する結晶成長法として望ましい。以下に開発を進めてきたMOCVD/LPEハイブリッド成長による $1.5\mu\text{m}$ DFB-PPIBHレーザの製法と特性について述べる。

図1にPPIBH構造を持つDFBレーザの構造を示す。このレーザの製法は、まずP型InP基板上にバッファ層、活性層、ガイド層をMOCVD法により成長させ、二光束干渉露光法でピッチ $2,400\text{\AA}$ 、深さ 400\AA の回折格子をガイド層上に形成させる。その後、再びMOCVD法により回折格子上にクラッド層を成長させる。エッチングにより幅 $1\mu\text{m}$ のメサを形成した後、LPE法を用いてメサの両側にn-p-n-p電流ブロック層 (PPIBH構造) を成長させる。最後に通常のメタライズ工程で電極を形成し、長さ $300\mu\text{m}$ にへき開する。ブロック層の成長は、従来のLPE法のみによる製法と同じであるが、これは、メサ内へのブロック層の成長にはLPE法の方が容易であること、厳密な層厚の制御が要求されないことなどの理由による。

活性層厚は、効率の向上のためには薄い方が良いが、薄すぎる場合には発振しきい値が急激に増大するため、最適値は $0.09\mu\text{m}$ 程度である。 $0.09\mu\text{m}$ 程度の層厚の厳密な制御は従来のLPE法では困難で、MOCVD法により初めて可能になったものである。また、回折

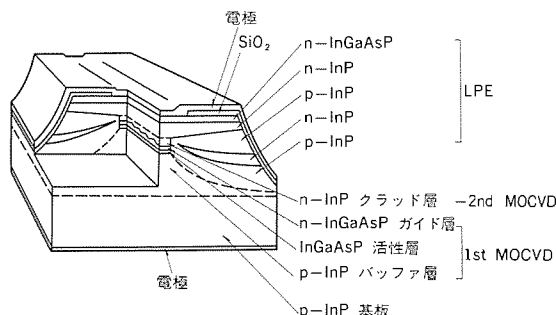


図1. DFB-PPIBHレーザの構造

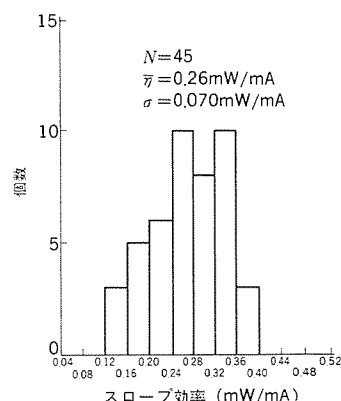


図2. スロープ効率の分布

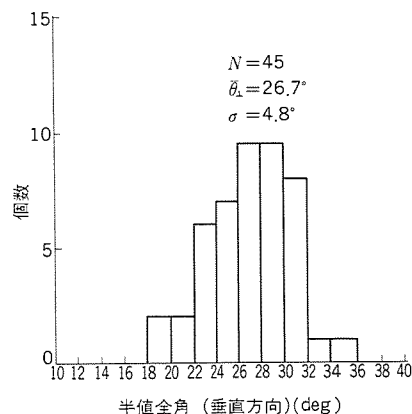


図3. 出射ビームの半値全角 (垂直方向) の分布

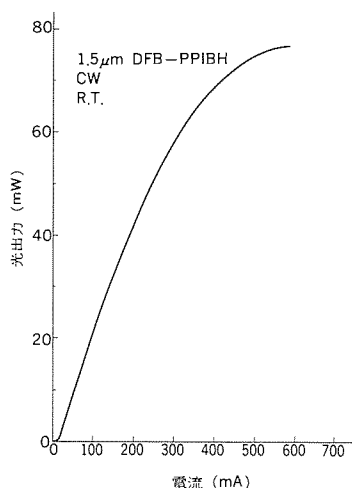


図4．電流－光出力特性

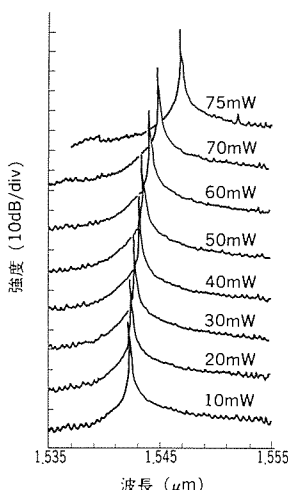


図5．発振スペクトル

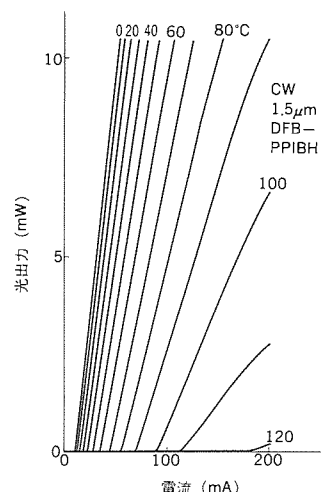


図6．電流－光出力特性の温度依存性

格子土への成長にMOCVD法を用いるため、回折格子のメルトバック（被成長面がオーバグロース中に溶け出すこと。）が少なくなり、回折格子の高さが制御しやすくなっている。

2.2 特性

前節で述べたMOCVD/LPEハイブリッド成長によるウェーハから任意に45個を取り出したDFB-PPIBHレーザについてその特性を調べた。これらの素子のしきい値電流の平均値は15.6mA（最小値9.8mA）で、LPE法のみで作製した素子と同程度である。図2に測定した素子のスロープ効率の分布を示す。平均値は0.26mW/mA（最大値0.39mW/mA）で、LPE法の場合に比べ、35%の向上を得ている。図3に、結晶成長面に対して垂直方向の出射ビームの半値全角の分布を示す。平均値は26.7°で、LPE法の場合に比べ、約13°狭くなっている。この理由は、MOCVD法を用いることにより活性層厚を薄くできたことと、アンチメルトバック層が不要になったため、こうした狭いビームのレーザでは、光ファイバとの結合効率が大幅に向上すると期待される。また、MOCVD法を用いたため層厚の均一性が向上し、ウェーハ内の発振波長のばらつきは約2nm程度と従来の2/5に改善されている⁽³⁾。

2.3 1.5μmDFBレーザの高出力特性

MOCVD/LPEハイブリッド成長したDFBレーザは、高効率化、狭出射ビームなどの特性の向上が得られることを前節で述べた。さらに、熱抵抗を下げて温度特性を良くするために素子の共振器長を500μmに引き開いた。この素子の電流－光出力特性を図4に示す。室温において、しきい値15mA、スロープ効率0.24mW/mA、最大光出力77mWであり、非常に優れた高出力特性を示している。この出力値は、現在までに報告されている1.5μmDFBレーザの最大光出力52mWの約1.5倍である⁽⁴⁾。図5に発振スペクトルの光出力依存性を示す。75mWまで安定に単一軸モード発振をしており、いずれもサイドモード抑圧比は35dB以上である。図6は電流－光出力特性の温度依存性である。最高発振温度120°Cで、90°Cまで10mW以上の光出力が得られており、非常に良好な温度特性を持っている。

2.4 バリア層付きDFBレーザ

DFBレーザの構造的特徴は、活性層近傍に高さ数百Åの回折格子を持つことであり、DFBレーザの特性の良否は回折格子の高さに大きく依存する。したがって、安定して特性の良好な素子を得るためには、ウェーハ面内での回折格子高さのばらつきを抑えるとともに、常に最適で一定の高さの回折格子を得る技術確立する必要がある。

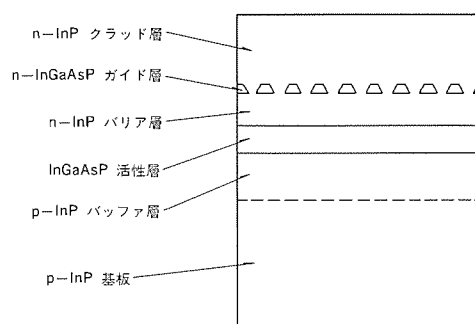


図7．バリア層付きDFB-PPIBHレーザの断面構造図

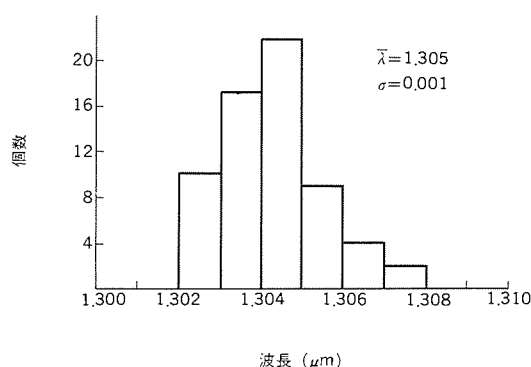


図8．発振波長の分布

しかし、従来の方法では数百Åの回折格子の高さを制御することは非常に困難を伴う。そこで我々は、新たにバリア層付きDFBレーザを提案し作製した。図7にその断面構造図を示す。バリア層は、従来のガイド層と活性層の間に挟み込まれたInP層で、この方法によれば、回折格子の高さは常にガイド層厚で制御されることになる。したがって、ガイド層厚を一定としておけば、再現性の良い回折格子が得られることになる⁽⁵⁾。

この方法を用いて作製した素子は、特性のばらつきが大幅に低減されている。特に図8に示すように、ウェーハ内の発振波長のばらつきは1nmまで低減されており、これは2.2節で示したMOCVD法を用いて発振波長のばらつきを抑えた従来構造の素子の更に1/2となっている。

3. DFBレーザの高速変調特性

2.4Gbpsなどの光通信システムの大容量化に伴い、DFBレーザの高速変調特性の向上が必要である。DFBレーザの活性層は、本質的にはダイオード構造であり、変調特性はいかに効率良く活性層に信号を入力できるかに依存する。しかし、図1に示すように活性層の近傍にはブロック層が存在し、このブロック層はDC電流成分はブロックするが、高周波成分は接合容量を介してリークしてしまう。また、素子の上面全体には、電極及び絶縁層が形成されており、ここで構成されるMIS (Metal-Insulator-Semiconductor) 容量を介しても信号がリークする。したがって、高速変調を可能とするためには、これらの寄生容量を極力低減しなければならない。ここでは、一つの方法として素子上面の電極面積を狭小化することにより寄生容量を低減した。

図9に寄生容量を低減した素子のSEM像を示す。上面の電極は給電用の金ワイヤを取り付けるボンディングパッド部分以外は取り除かれており、この素子のMIS容量は7.9pFで、これは従来の素子のMIS容量の2/3に低減されている。図10に電極面積を狭小化した実際の素子の小信号周波数特性を示す。光出力5mWで遮断周波数5GHz以上、10mW時で4.3GHzが得られている⁽⁶⁾。

低い光出力時において周波数特性に現れるピークは、半導体レーザ特有の現象で、注入キャリアと共振器内の光子との共振現象に起因するものである。この現象は、パルス変調時には緩和振動として現れる。緩和振動は、変調特性に様々な悪影響を及ぼすため、実使用時の光出力レベルで伝送速度よりも十分大きな共振周波数を持つ

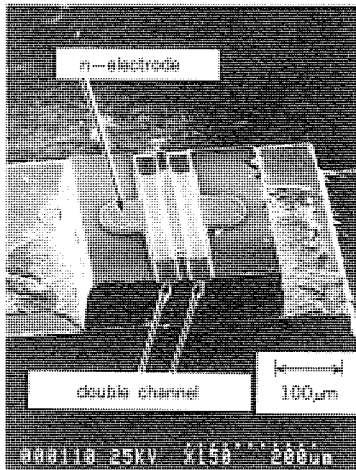


図9. 高速DFBレーザのSEM像

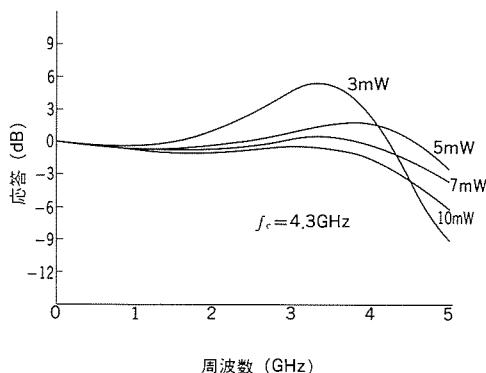


図10. 周波数応答特性

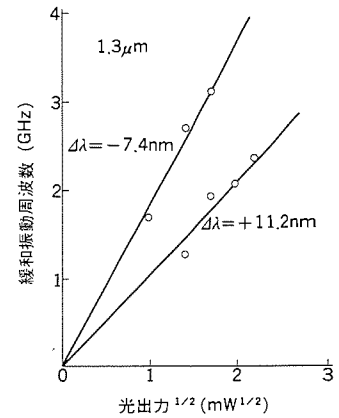


図11. 光出力-緩和振動周波数特性 ($\Delta\lambda = \lambda_{\text{DFB}} - \lambda_{\text{利得ピーク}}$)

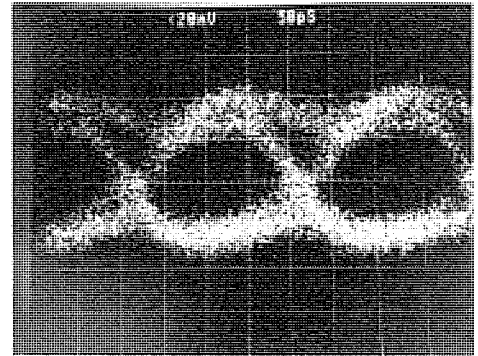


図12. 5 Gbps NRZ変調時のアイパターン

必要がある。この共振周波数、すなわち緩和振動周波数 f_r は次式で表される。

$$f_r = 1/2\pi \times \sqrt{\frac{\partial g}{\partial N} \cdot S_0 / \tau_p} \dots\dots\dots (1)$$

ただし、 S_0 は光子密度、 τ_p は光子寿命、 $\frac{\partial g}{\partial N}$ はレーザの微分利得を表す。 f_r を向上させるためには、これらのパラメータの内いずれかを变化させる必要がある。我々はレーザ活性層の利得曲線のピーク波長とDFBモードの発振波長を意図的にずらすことによるデチューニング効果⁽⁷⁾⁽⁸⁾により微分利得の向上を図り、 f_r の増大を得た。図11にデチューニング量(利得曲線のピークとDFB発振波長をずらす量)を変えた場合の光出力と緩和振動周波数の関係を示す。明らかにDFBの発振波長を利得曲線のピーク波長の短波長側にした方が大きな f_r が得られており、光出力5mW以上では $f_r = 4$ GHz以上である。

図12に、寄生容量を低減し、デチューニングを行った素子の5 Gbps, NRZ疑似ランダムパルス変調時のアイパターンを示す。十分なアイ開口をもつ良好な光出力波形が得られた。パルス応答特性の立ち下がり時間は120psで、駆動パルスの立ち下がり時間90psを基に算出すると、レーザの立ち下がり時間は80psとなり、小信号周波数特性の遮断周波数に対応する。これらの結果から、パルス変調においても十分な高速性を持っているといえる。

4. 極低しきい値DFBレーザ

半導体レーザは、しきい値をもつデバイスであるために、無バイアス状態で高速変調を行うと、レーザ発振が生ずるまでの発振遅れ時間が問題となり、実際の光伝送は不可能となる。しかし、発振し

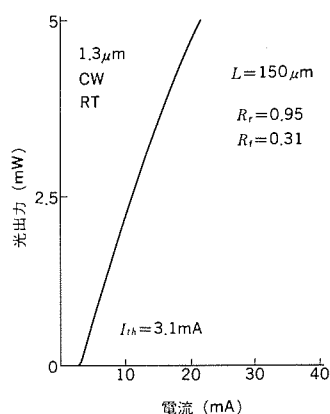


図13. 極低しきい値DFBレーザの電流－光出力特性

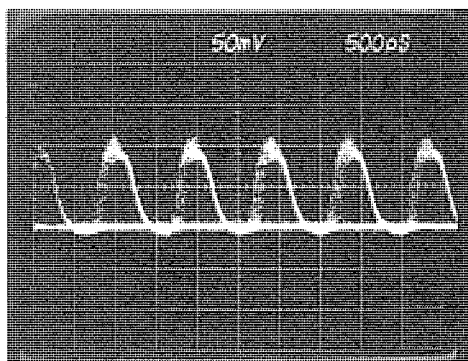


図14. 1 Gbps RZ無バイアス変調時のアイパターン

きい値が大きく低減されれば、無バイアス駆動によるギガビット級の伝送が可能になると考えられる。また、消費電力の低減という観点からも望ましい。この章では、我々の開発した極低しきい値DFBレーザを紹介し、無バイアス高速変調による伝送の可能性について検討する。

極低しきい値DFBレーザを実現するためには、レーザ端面反射率、共振器長、回折格子の結合定数などが最適化されなければならない。さらに結晶成長における界面の急峻性、層厚の均一性が要求される。実際の素子作製には2章で示したMOCVD/LPEハイブリッド成長を用い、構造パラメータは理論計算からほぼ最適と考えられる値に設定してある。図13に極低しきい値レーザの電流－光出力特性を示す。共振器長 $150\mu\text{m}$ 、前面反射率31%、裏面反射率95%の素子において、室温連続動作で最小しきい値 3.1mA が得られた⁽⁹⁾。この値は、現在までに報告されたFP (Fabry-Perot) 型を含むすべてのInGaAsP/InP系レーザの中で最小の値である⁽¹⁰⁾。この素子のサイドモード抑圧比は35dB以上であり、安定な単一軸モード発振が得られている。

半導体レーザを無バイアスで変調した場合には、前述したように発振遅れ時間が問題となるが、この発振遅れ時間は、一般に入力パルス幅の20%以下に抑えられていないと伝送時の符号誤り率に影響

を与えるとされている。したがって、1 Gbps以上の高速伝送を行う場合には、発振遅れ時間を 0.2ns 以下に抑える必要がある。理論計算によれば、しきい値電流約 15mA の半導体レーザは通常用いるパルス変調電流 40mA で発振遅れ時間が 1ns 程度となり、ギガビット級の高速伝送は不可能である。これに対し、しきい値電流が約 3mA の場合には発振遅れ時間は 0.12ns となり、しきい値電流の低減が発振遅れ時間の低減に非常に有効であることが分かる。図14に極低しきい値DFBレーザの無バイアス1 Gbps RZ疑似ランダムパルス変調時のアイパターンを示す。アイ開口の大きな良好なアイパターンであり、パターン効果によるジッタも少ない。また、このときの発振遅れ時間は、 0.18ns と十分に短くなっている。この結果、極低しきい値レーザは、無バイアス下での1 Gbps RZ変調の伝送が十分可能な範囲にあると考えられる。

5. む す び

我々が開発を行ってきたMOCVD/LPEハイブリッド成長によるDFB-PPIBHレーザの製法、特性、及び高速DFBレーザ、極低しきい値DFBレーザについて述べた。これらの特性からDFB-PPIBHレーザは、ギガビット級の大容量、長距離光通信システムの光源として十分な機能を備えていると結論づけられる。

今後もより高性能化、高機能化に向けてDFBレーザを開発していく必要があるが、具体的には現在、活性層に量子井戸構造を導入したMQW (Multiple Quantum Well) -DFB-PPIBHレーザ、波長チューニング機能を備えた波長可変型DFBレーザなどを開発中である。MQW構造は、高速変調特性の向上に非常に効果が大きく、スペクトル純度が高くなることも知られており、また波長チューニング機能は将来のコヒーレント通信において必要不可欠な機能である。その他、より大容量化のためには直接変調を用いる必要のない外部変調器の導入も検討する必要がある。これら高機能な要素を取り入れたDFB-PPIBHレーザは、今後も長距離・大容量光通信システムの光源として十分な役割を果たすと期待される。

参 考 文 献

- (1) 柿本ほか：長距離光通信用単一モード半導体レーザ，三菱電機技報，61，No. 9，p.10 (昭62)
- (2) A. Takemoto et al. : Electron. Lett., 23, p.1352 (1987)
- (3) 柿本ほか：電通学会予稿集，C-143 (昭63)
- (4) K. Kamite et al. : Electron Lett., 23, p.941 (1987)
- (5) 川間ほか：応物学会予稿集，6a-ZC-3 (昭63)
- (6) 渡辺ほか：電通学会予稿集，C-147 (昭63)
- (7) H. Nishimoto et al. : J. Lightwave Technol., LT-5, p.1399 (1987)
- (8) K. Kamite et al. : J. Quantum Electron., QE-23, p.1054 (1987)
- (9) D. E. Tsang et al. : J. Lightwave Technol., LT-5, p.300 (1987)
- (10) 大倉ほか：信学技報，OCS88-15 (昭63)

3 ~ 5 μm 帯赤外線光学装置の低雑音化

田治米 徹* 若林 諭* 森本幸博** 玉川恭久** 伊東 尚**

1. ま え が き

赤外線撮像装置は、0.1K程度の微小な温度差を検出することが要求されるため、二次元に検出素子を配列したフォーカルプレーンアレーによる高感度化⁽¹⁾⁽²⁾と光学装置の低雑音化が重要な課題で、その開発が各所で進められている。光学装置で問題となる雑音としては、①光学系鏡筒からの熱放射、②レンズや鏡筒での反射や散乱によるフレアやゴースト、③口径食、④シェーディング、⑤ナルシサスなどがある。特に赤外領域は、可視領域に比較して観測対象のコントラストが非常に低いため、野外の厳しい温度環境や太陽などの外乱にさらされた条件下で装置を使用すると、これら雑音の影響が顕著に現れ、装置としての性能が著しく劣化する。信号対雑音比性能に優れた赤外線撮像装置を実現するためには、これら雑音の抑制が素子の感度均一化とともに必ず(須)の要件である。

本稿では、光学系鏡筒からの熱放射を遮断するため検出器に取り付けられているコールドシールドの開口部を開口絞りとする開口整合光学装置と、レンズ面での反射によるフレアやゴーストを抑制するため、残留反射の少ない反射防止膜を開発したので、それらについて報告する。

2. 開口整合光学装置

2.1 動作原理と装置の基本構成

初めに、従来の光学装置(以下、非整合光学装置と呼ぶ。)において、光学系とコールドシールドによって光学系鏡筒からの熱放射の影響をどのように受けるかを述べる。図1に示すように、非整合光学装置では信号光束がコールドシールド開口面を通過する領域が入射角により異なる。このため、全入射角にわたって信号光にケラレを生じさせないようにコールドシールドの開口径を決めると、例えば像面中央の検出素子では図1に示すように斜線を施した部分から鏡筒の放射光が入射し、検出素子の飽和や雑音の増加を招く。

これに対して開口整合光学装置は、図2に示すように幾つかの構成法があるが、いずれにおいても信号光束の広がりを決める開口絞りをコールドシールドの開口と一致させたものである。このため、フォーカルプレーン上の各検出素子はコールドシールドの開口を通して鏡筒を見ることがなく、鏡筒から放射される不要な赤外線が検

出素子に入射することを防ぐことができる。

図2(a)は、従来の光学系の開口絞りをコールドシールドに置き換えた例であり、開口絞りの後方にレンズがある。このタイプは光学設計の自由度が高く、かつレンズも冷却されるため低雑音化に有効であるが、冷却器の熱負荷が増すのが欠点である。同図(b)は開口絞りを光学系射出側外部に配置した例である。同図(a)の構成とは逆に、光学設計は制約を受けるが上に述べた冷却上の問題はない。このタイプは、入射光束のレンズ通過領域が入射角により大きく異なるためレンズ有効径が大きくなるが、全長を短くする際に有効である。同図(c)は対物レンズとリレーレンズとで構成した例である。リレーレンズは、対物レンズにより結ばれた目標像をフォーカルプレーン上に再結像する作用と、対物レンズの開口絞りの像(射出瞳)をコールドシールド開口面上に結ばせる作用を持っている。このタイプは、光学系の全長は長くなるが、対物レンズの径が小さくて済む点が有利である。

なお、以上は屈折系の場合について説明したが、反射系の場合についても同様に考えることができる。ただ、反射系の場合には一般

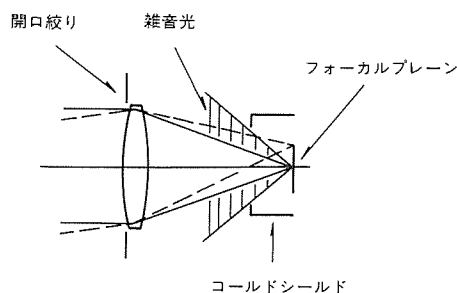


図1. 非整合光学装置の構成

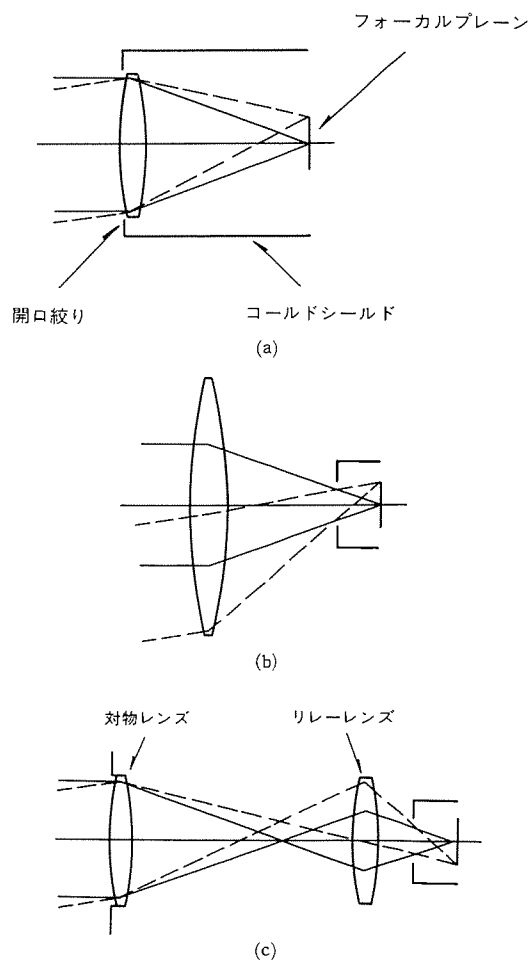


図2. 開口整合光学装置の構成

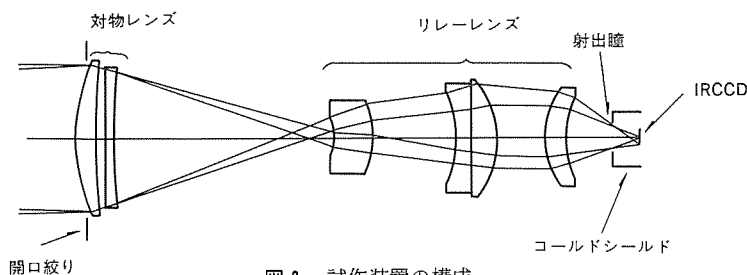


図 3. 試作装置の構成

表 1. 開口整合光学装置の緒元

光学系		検出器	
波 長 帯	3~5 μ m	素子	SiPtショットキーバリア
F 数	1.2	カットオフ波長	5.6 μ m
焦 点 距 離	77.5mm	量子効率係数	0.15eV ⁻¹
画 角	6°	素子受光面積	2.87 $\times 10^{-6}$ cm ²
平均透過率	78%	飽和電子数	6.5 $\times 10^4$ 個/画素
		信号積分時間	1/60秒

に反射鏡の中央部を使用しないので、その部分からの熱放射を防ぐことが必要である。

2.2 試作装置の構成と性能

今回は外径寸法上の制約から図 2 (c) に示すタイプのものを試作した。図 3 に試作した開口整合光学装置の詳細を、表 1 に諸元をそれぞれ示す。光学系は 2 枚組み対物レンズと 4 枚組みリレーレンズから成り、それぞれ色収差を補正するため材料として Si と Ge を組み合わせている。なお、組立公差などを考慮してコールドシールドの開口径を射出瞳径より小さく設定している。検出器は 256 \times 256 素子 PtSi ショットキーバリア IRCCD を用いた⁽³⁾。

開口整合の効果を評価するために、レンズと鏡筒の温度上昇に伴う検出素子出力の変化を測定した。結果を図 4 に示す。開口整合光学装置と比較するために、図 1 に示した非整合光学装置に相当するコールドシールドを製作し、これを試作光学系と組み合わせて非整

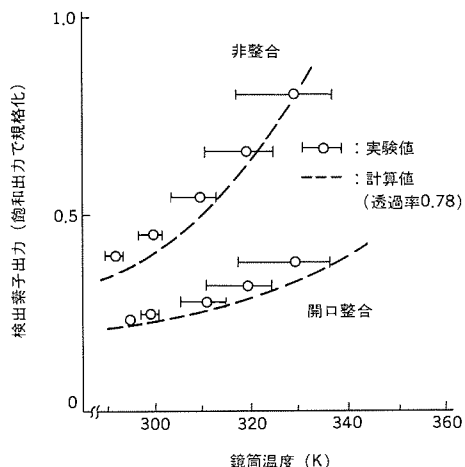


図 4. 像面中央の検出素子出力の鏡筒温度依存性

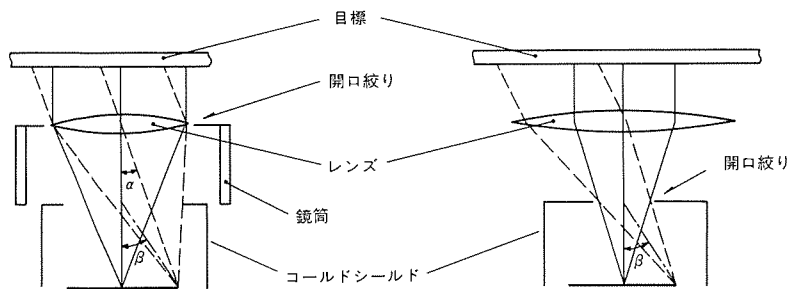
合の場合を模擬した。装置の視野全域は、表面を黒色つや(艶)消し塗装したアルミニウム板で覆った。なお、装置から放射された赤外線がアルミニウム板で反射して検出器に入射することを抑制するため、アルミニウム板と装置は 1m 離して設置した。図中の横線は、鏡筒外部に軸方向に等間隔に取り付けた 5 個の熱電対でモニタした温度範囲を示している。図中に示した破線は、光学装置を図 5 に示すようにモデル化したときの、式(1)と式(2)で表される検出素子の出力 V_s の計算値である。

(1) 開口整合光学装置の場合

$$V_s = A_d R \{ \tau N(T_i) + \epsilon N(T_1) \} \Omega_s \cos^4 \beta \quad \dots\dots\dots (1)$$

(2) 非整合光学装置の場合

$$V_s = A_d R \{ \tau \{ N(T_i) - N(T_1) \} \Omega_s \cos^4 \alpha + N(T_1) \Omega_c \cos^4 \beta \} \quad \dots\dots\dots (2)$$



(a) 非整合光学装置

(b) 開口整合光学装置

図 5. 光学装置のモデル

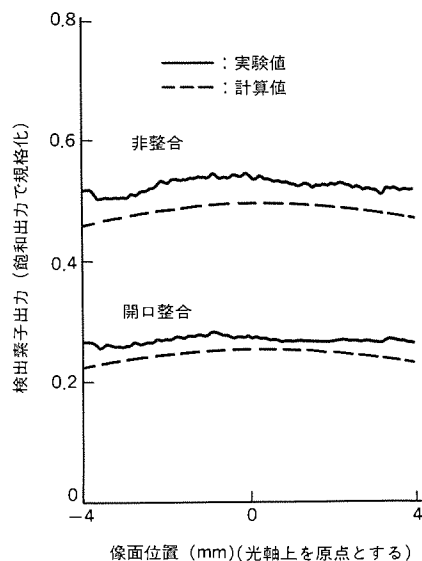


図 7. 検出素子出力の空間分布 (鏡筒温度 310K)

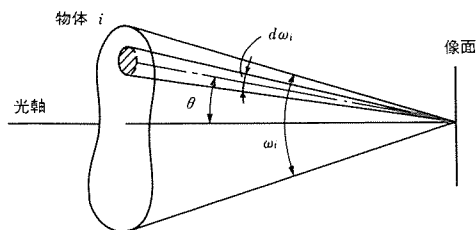
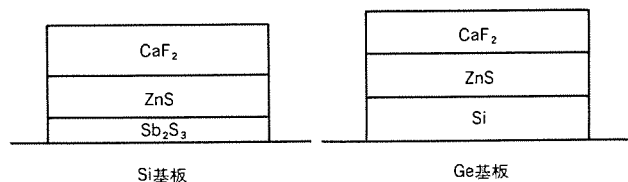


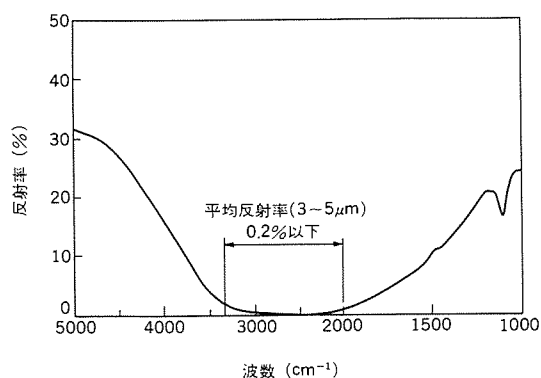
図 6. Ω の説明図



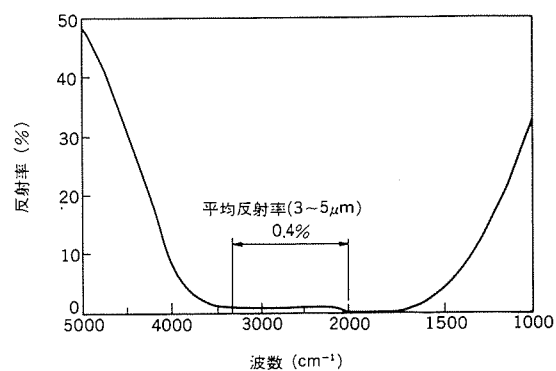
(a) Si 用 3 層膜

(b) Ge 用 3 層膜

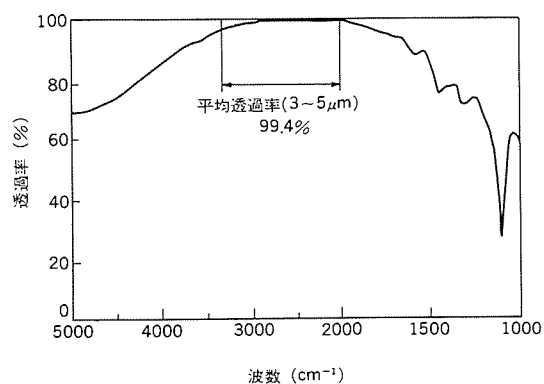
図 8. 3 層反射防止膜の構成



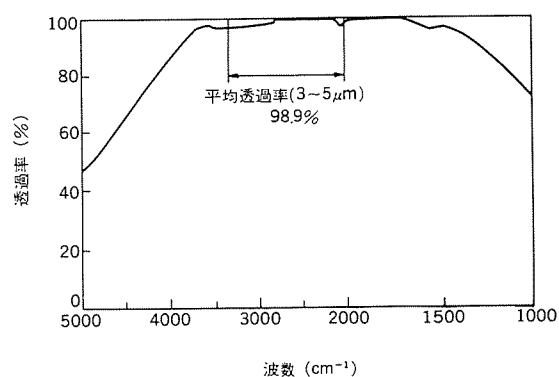
(a) Si用3層膜の分光反射特性



(c) Ge用3層膜の分光反射特性



(b) Si用3層膜の分光透過特性

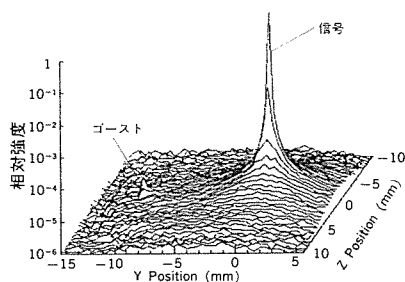


(d) Ge用3層膜の分光透過特性

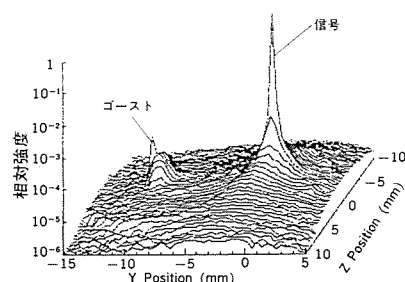
図9. 3層反射防止膜の光学特性

ただし、 T_l は目標温度、 T_1 はレンズ・鏡筒温度、 $N(T)$ は温度 T の黒体の $3\sim 5\mu\text{m}$ 帯における放射輝度、 τ 、 $\varepsilon (=1-\tau)$ はレンズの透過率と放射率、 A_d は素子受光面積、 R は感度である。また Ω_i は、図6に示すように像面中央位置から物体 i の微小部分及び全体を見込む立体角をそれぞれ $d\omega_i$ 、 ω_i とし、 $d\omega$ の中心線と光軸のなす角を θ とすると、

$$\Omega_i = \int_{\omega_i} \cos\theta \, d\omega_i \quad \dots\dots\dots (3)$$



(a) 信号とフレアの像面強度分布 (今回開発した反射防止膜)

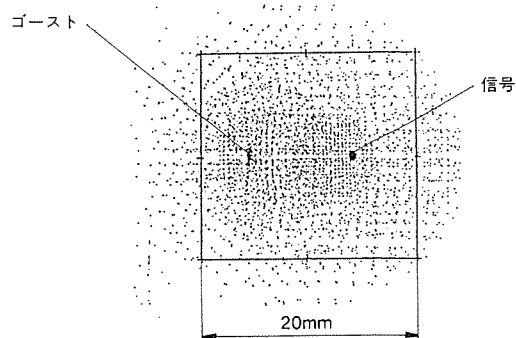


(b) 信号とフレアの像面強度分布 (改修前の反射防止膜)

で表される量であり、 Ω_s と Ω_c はそれぞれレンズ開口、コールドシールド開口に対応する。

図4から非整合の場合は、レンズ・鏡筒からの熱放射が共に像面に到達するため温度上昇とともに急激に出力レベルが上昇するのに対し、開口整合の場合には増加量が少ないことがわかる。ただし、鏡筒温度とともに検出素子出力が少し増加しているのは、レンズ表面での反射やレンズ内部からの放射が無視できないためである。図4から、300K以上において開口整合の場合の出力は非整合の場合の約 $1/2$ であるので、検出素子がショット雑音限界であるとすれば、光学装置を開口整合とすることにより雑音等価温度差NETDを約 $1/\sqrt{2}$ に改善できる。

図7に鏡筒温度が310Kのときの検出素子出力の空間分布の測定結果及び式(1)~(3)による計算結果を示す。測定結果は、検出素子の



(c) スポットダイアグラム

図10. 信号とフレアの像面強度分布とスポットダイアグラム ((c)におけるく形は、(a), (b)における測定範囲と一致する。)

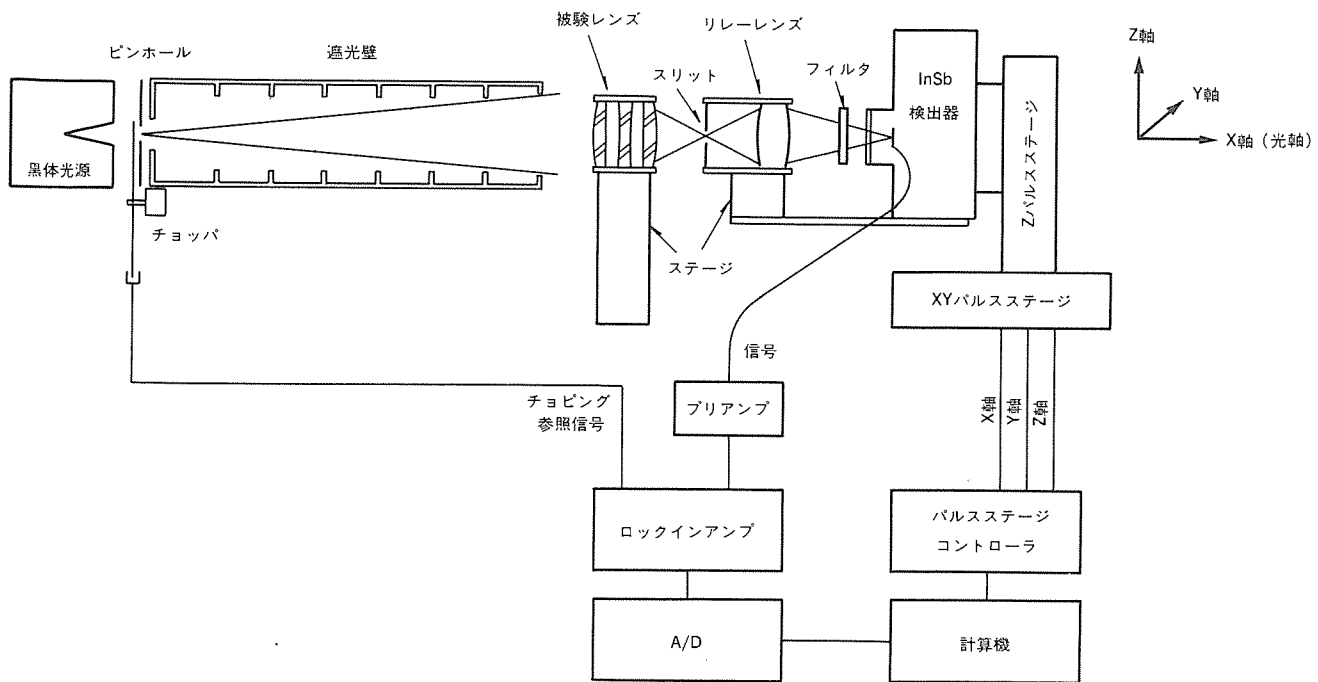


図11. フレア測定系の構成

固定パターン雑音を除去していないため、ばらつきが大きいですが、光学装置を開口整合とすることによりシェーディングの抑制にも効果のあることがわかる。

3. 反射防止膜

3.1 構成

光学系のフレアとしては、①レンズ面間での多重反射によるもの、②レンズ表面や鏡筒での散乱によるものがある。赤外線装置としては、上記①によるゴーストが、あたかもその方向に物体が存在するかのように誤った情報を与えるため特に重要な問題となる。信号に対するゴースト強度の比 I_g/I_s は次式で表される。

$$\frac{I_g}{I_s} \approx r_g^2 \times \frac{A_d}{A_g} \dots\dots\dots (4)$$

ここで、 A_d 、 A_g は検出器の受光面積とゴーストの像面での面積、 r_g はレンズ一面当たりの反射率である。ゴーストを抑えるためには、ベンディングによりレンズ形状を変え、像面でのゴーストをぼかし A_g を大きくするか、レンズ面での反射を抑え r_g を小さくすることが必要である。しかし、前者の方法は収差補正の観点から制約を受けることが多く、ゴースト低減のためには残留反射の少ない多層反射防止膜の開発が重要である。

ここでは、 $3 \sim 5 \mu\text{m}$ 帯で多用されるSiとGe用に残留反射の少ない3層反射防止膜を開発した。膜の構成を図8に示す。設計では、 $3 \sim 5 \mu\text{m}$ 帯での平均反射率が最も小さくなるように膜厚と膜材料を選定した。

3.2 光学特性とフレアの評価

製造は真空蒸着法によった。Si及びGeの透過特性と反射特性について測定した結果を図9(a)～(d)に示す。ただし、反射特性には平板二面の反射を含んでいる。 $3 \sim 5 \mu\text{m}$ 帯における一面当たりの平均反射率と平均透過率は、それぞれSiで0.2%以下と99.4%、Geで0.4%と98.9%である。また、低温域(−54℃)と高温域(71℃)のヒートサイクル試験及び湿度試験(50℃, 95%)の結果、はく(剝)離

やクラックを生じず、また反射特性と透過特性のいずれにも変化は観測されなかった。

上記のような特性をもつ反射防止膜をレンズに蒸着し、光学系のフレアを評価した。図10(a)に $3 \sim 5 \mu\text{m}$ 帯での信号とフレアの像面強度分布の測定結果を、図11に測定系を示す。測定では黒体の温度を1,000℃、ピンホール径を3 mradに設定し、 $0.4\text{mm} \times 0.4\text{mm}$ の受光スリットを像面上で $20\text{mm} \times 20\text{mm}$ の範囲走査した。比較のために、一般的に用いられている反射防止膜を同じ光学系に蒸着した際の測定結果を図10(b)に示す。同図(c)は、レンズ間の多重反射を2回まで考慮したときの同図(b)に対応する像面でのスポットダイヤグラムである。今回開発した反射防止膜によって、信号に対するゴースト強度の比は $3 \sim 5 \mu\text{m}$ 帯で 5×10^{-6} となり、顕著に現れていたゴースト強度を約1/20低減できた。

4. む す び

開口整合光学装置と残留反射の少ない反射防止膜を開発し、光学系鏡筒からの熱放射による固体撮像素子出力の増加を55℃で従来の約1/3に、またレンズ面での多重反射によるゴースト強度を約1/20にそれぞれ低減した。これらによって、環境温度の変化や強力な太陽の直射光が入射しても、信号対雑音比の劣化が少ない撮像装置が実現できる。

参 考 文 献

- (1) 瀬戸ほか：512×512 IRCSD撮像装置，三菱電機技報，62，No.5，p.65（昭63）
- (2) 木股ほか：512×512画素シリコン・ショットキバリア赤外イメージセンサ，テレビ学技報，14，No.4，p.19（昭62）
- (3) M.Kimata, et al.: 256×256 Element Platinum Silicide Schottky-Barrier Infrared Charge-Coupled Device Image Sensor, Opt. Eng., 26, No.3, p.209 (1987)

CVDプロセスの気相・界面反応

松井安次* 結城昭正** 森田訓子*** 星之内 進***

1. ま え が き

半導体の高集積化を契機として、薄膜形成プロセスの低温化、低損傷化が重要な技術課題として浮上してきている。半導体以外のデバイスでも、高性能化やコンパクト化を実現するため、新しい機能を持った薄膜を低温下でかつ高速に形成できるプロセスを待望する声が高まっている。

これまで成膜法としては、段差被覆性（ステップカバレッジ）が良い、緻密な薄膜が得られる、高融点金属の薄膜も容易に得られるなどの実用面での特長から、CVD（Chemical Vapor Deposition）法が多用されてきた。しかし、CVDの励起エネルギーとして熱やプラズマが用いられてきたため、デバイスが高温にさらされたり、機能表面が帯電粒子の衝撃により損傷を受けるという欠点があった。これらの問題を解決する一方法として、紫外光やレーザーを励起エネルギーとする光CVD法が注目され、太陽電池の反射防止膜などへの適用が検討されている⁽¹⁾。

光CVD法は、反応の選択性と空間分解能に優れているため、広範な用途が期待されている。しかし、現実には所望の機能を持った薄膜を信頼性よく得ようとする、ガス種、ガス流量、反応室の形状と圧力、光強度分布など数多くの成膜パラメータを最適化する必要がある。各パラメータの組合せを逐一実験していたのでは膨大な時間が必要となるので、シミュレーションによって、可能性の高い組合せを選び出しておくのが重要となる。このシミュレーション技術は、まだ十分確立されたものとはいえないが、我々はいち早くその重要性について着目し、種々のCVDプロセスの解析を行い、複雑な反応過程の理解を進めてきた。ここでは、反応場が比較的単純な水銀増感光CVD（ Hg^*CVD ）を対象として、シランガスを用いたアモルファスシリコン（ a-Si:H ）膜の反応シミュレーションを行った結果について報告する。まず、気相反応と表面反応に対するモデルを構築し、次にこのモデルを用いて、たい（堆）積膜速度に及ぼす反応室圧力や光照射強度分布の影響などについて検討した。

2. 反応プロセスのモデル化

2.1 水銀増感光CVD法

反応装置の構成例を図1に示す。真空ポンプ（RP）で数Torr程度に減圧された反応室は、水銀だめから供給された水銀蒸気（ Hg ）で満たされている。上方の窓から、低圧水銀灯の紫外光（ $\lambda=253.7, 184.9\text{nm}$ ）を照射すると、水銀の一部は光を吸収して活性な励起状態（ $\text{Hg}^*, {}^3\text{P}_1$ ）になり、シランガス（ SiH_4 ）を分解する。反応素過程の模式図を図2に示す。初期分解により、生成された水素原子（ H ）やラジカル類（ $\text{SiH}_3, \text{SiH}_2$ ）は気相中で二次反応を起こしながら、拡散や対流により基板表面へ輸送される。基板上での吸着・反応・脱離などの表面反応を経由して、 Si 成分を含むラジカル類が膜中に取り込まれたり、 H_2 が膜から放出されてくる。以下ではガス濃度変化や成膜速度などの各種計測結果を利用して、原料ガスの分解、ラジ

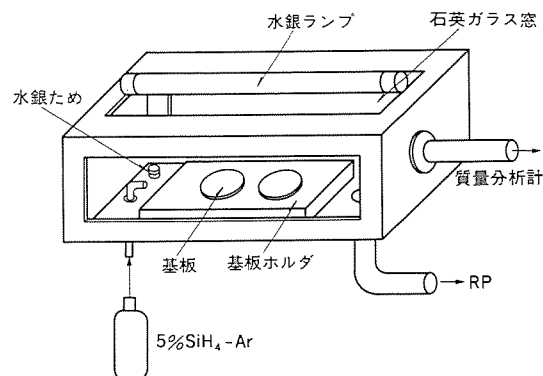


図1. 水銀増感光CVD法の反応装置

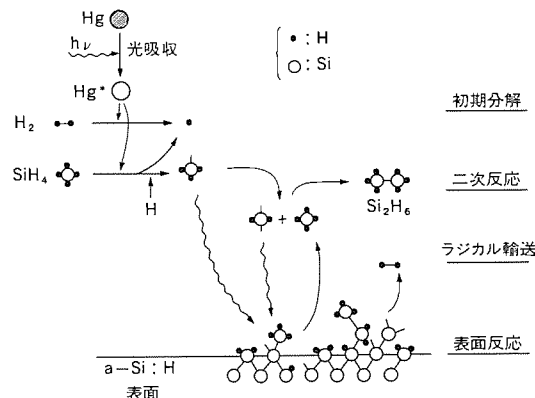


図2. a-Si:H 成膜プロセスの模式図

カルの輸送と二次反応、及び表面反応を数値シミュレーションにより定量的に解析していく。なお、初期分解反応以外については、プラズマCVDや他の光CVDにも利用することができる。

2.2 気相反応モデル

SiH_4 ガスを用いた Hg^*CVD 中のガス成分変化はNiki&Mains⁽²⁾によって詳細に測定されている。彼らは内径30mm、長さ160mmのVycorガラス中の SiH_4 と Hg 蒸気（10Torr, 25°C ）の混合気体に低圧水銀灯の光を照射し、質量分析計により Si_2H_6 , Si_3H_8 , H_2 の挙動を測定した。その結果を図3に示す。なお、破線は H 原子の保存を仮定して算定した SiH_4 及びその減少量の1/2（ $A \equiv -1/2 \Delta[\text{SiH}_4]$ ）を示す。この図から示される、① Si_2H_6 の生成量が A より小さい、② Si_3H_8 が時間遅れなく、 Si_2H_6 とほぼ同時刻に生成される、という特性を説明できるように21種の素反応から成る反応プロセスを抽出した。今回考慮した反応及び反応速度を表1に示す。

熱化学データや二次反応及びその速度定数の詳細は他で報告⁽³⁾しているので、ここでは簡単に述べる。紫外光（ $h\nu$ ）を吸収して励起された Hg^* によるシランガスの解離反応（ $r-3$ ）によって分解が開始する。生成した H 原子は、水素引き抜き反応（ $r-7$ ）により H_2 と SiH_3 を生成する。反応の進行に伴って H_2 の濃度が高くなると Hg^* による H_2 の分解反応（ $r-2a, b$ ）が重要となってくる。比較的生命の長いラジカル SiH_3 は反応（ $r-16a, b$ ）により、 SiH_2 , Si_2H_4 のラジカルを形成し、これらが親ガス SiH_4 と反応し（ $r-11a, 14$ ）、順次高次シラン $\text{Si}_n\text{H}_{2n+2}$ （ $n=2-4$ ）を形成していく。さらに、これらの高次

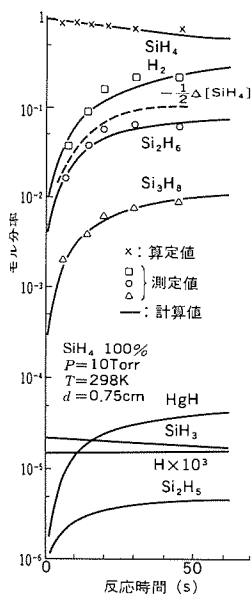


表 1. 反応プロセスと反応速度定数 $k = Ae^{-E/RT}$ ($\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$)

Reactions	A	E/R
(r-1) $\text{Hg} + h\nu \rightarrow \text{Hg}^*$		
(r-2a) $\text{H}_2 + \text{Hg}^* \rightarrow \text{H} + \text{HgH}$	7.7×10^{13}	0
(r-2b) $\text{H}_2 + \text{Hg}^* \rightarrow \text{H} + \text{H} + \text{Hg}$	3.3×10^{13}	0
(r-3) $\text{SiH}_4 + \text{Hg}^* \rightarrow \text{SiH}_3 + \text{H} + \text{Hg}$	5.1×10^{13}	0
(r-4) $\text{Si}_2\text{H}_6 + \text{Hg}^* \rightarrow \text{Si}_2\text{H}_5 + \text{H} + \text{Hg}$	1.2×10^{14}	0
(r-5) $\text{Si}_2\text{H}_6 + \text{Hg}^* \rightarrow \text{Si}_2\text{H}_5 + \text{SiH}_3 + \text{Hg}$	1.8×10^{14}	0
(r-6) $\text{Si}_4\text{H}_{10} + \text{Hg}^* \rightarrow \text{Si}_2\text{H}_5 + \text{Si}_2\text{H}_5 + \text{Hg}$	2.4×10^{14}	0
(r-7) $\text{SiH}_4 + \text{H} \rightarrow \text{SiH}_3 + \text{H}_2$	1.7×10^{13}	1,250
(r-8a) $\text{Si}_2\text{H}_6 + \text{H} \rightarrow \text{SiH}_4 + \text{SiH}_3$	1.0×10^{14}	1,500
(r-8b) $\text{Si}_2\text{H}_6 + \text{H} \rightarrow \text{Si}_2\text{H}_5 + \text{H}_2$	2.0×10^{14}	1,500
(r-9) $\text{Si}_3\text{H}_8 + \text{H} \rightarrow \text{Si}_2\text{H}_6 + \text{SiH}_3$	1.0×10^{14}	1,500
(r-10) $\text{Si}_4\text{H}_{10} + \text{H} \rightarrow \text{Si}_2\text{H}_6 + \text{Si}_2\text{H}_5$	2.0×10^{14}	1,250
(r-11a) $\text{SiH}_4 + \text{SiH}_2 \rightarrow \text{Si}_2\text{H}_6$	2.1×10^{12}	1,000
(r-11b) $\text{SiH}_4 + \text{SiH}_2 \rightarrow \text{Si}_2\text{H}_4 + \text{H}_2$	7.3×10^{12}	3,000
(r-12) $\text{Si}_2\text{H}_6 + \text{SiH}_2 \rightarrow \text{Si}_3\text{H}_8$	3.7×10^{13}	2,000
(r-13) $\text{Si}_3\text{H}_8 + \text{SiH}_2 \rightarrow \text{Si}_4\text{H}_{10}$	3.4×10^{13}	2,000
(r-14) $\text{SiH}_4 + \text{Si}_2\text{H}_4 \rightarrow \text{Si}_3\text{H}_8$	2.7×10^{13}	2,000
(r-15) $\text{Si}_2\text{H}_6 + \text{Si}_2\text{H}_4 \rightarrow \text{Si}_4\text{H}_{10}$	2.0×10^{13}	2,000
(r-16a) $\text{SiH}_2 + \text{SiH}_3 \rightarrow \text{SiH}_4 + \text{SiH}_2$	1.8×10^{13}	0
(r-16b) $\text{SiH}_3 + \text{SiH}_3 \rightarrow \text{Si}_2\text{H}_4 + \text{H}_2$	1.2×10^{12}	0
(r-17) $\text{Si}_2\text{H}_5 + \text{Si}_2\text{H}_5 \rightarrow \text{Si}_2\text{H}_6 + \text{Si}_2\text{H}_4$	1.0×10^{13}	0

図 3. 化学種の濃度変化の測定値と計算値の比較

シランもまた、 Hg^* による分解 (r-4 ~ 6) や水素の引き抜き反応 (r-8 a ~ 10) を受けて反応は進行していく。

2.3 表面反応モデル

水素を含むラジカルが拡散により基板表面に近づくと、一部のラジカルは吸着し膜中に取り込まれ、 Si 膜となり、水素は水素分子となって表面から脱離していく。この表面反応は、膜の堆積速度、膜中の H 濃度、気相中の H_2 濃度を決定する要因となる。ラジカル吸着速度 k_{ad} は、

$$k_{ad} = \beta(i) \times (10^7 RT / 2 \pi M_i)^{1/2} [i] \quad (1)$$

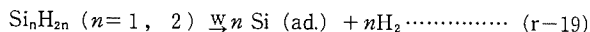
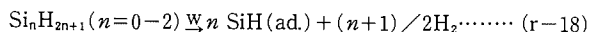
と表され、堆積速度を見積る際には付着係数 β (= (吸着量) / (表面への衝突量)) の算定が重要である。ここで R , T , M_i , $[i]$ はそれぞれ気体定数、ガス温度、ラジカル i の分子量、基板表面のモル濃度を示す。 Hg^*CVD では SiH_3 が主吸着種となり、その吸着量は気相中の SiH_3 濃度と $\beta(\text{SiH}_3)$ によって決定される。 $\beta(\text{SiH}_3)$ 及びその他のラジカル付着係数については、Perrinら⁽⁴⁾やSchmitt⁽⁵⁾の実験をもとに次の値を用いた。

$$\beta = (\text{SiH}_3) = \beta(\text{Si}_2\text{H}_5) = 0.1, \quad (2)$$

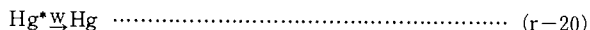
$$\beta(\text{H}) = \beta(\text{SiH}_2) = \beta(\text{Si}_2\text{H}_4) = 1.0, \quad (3)$$

なお H_2 , SiH_4 , Si_2H_6 などの安定成分は、付着しないものとしている。

膜中の H 濃度は、ほぼ基板温度で決まると考えられ、Scottら⁽⁶⁾は常温近傍では~50%と報告している。そこでラジカルが表面で吸着した後、基板温度に見合った水素分を残し、他は脱離していくと仮定して次のような表面反応を考える。



ここで(ad.)は膜表面に吸着されることを示す。励起状態の Hg^* は拡散で基板に達すると、その表面で基底状態に戻る。



計算手法及び反応場のモデル化については、他で報告⁽⁷⁾してあるのでここでは省略する。なお、光強度 $I(h\nu)$ と Hg 濃度は反応空間に均一に分布していると仮定し、 SiH_4 の分解速度からそれらの大きさを見積った。

3. 反応プロセスの解析

3.1 初期の反応

上記モデルを用いた結果を図3に示し、Niki&Mainsの計測⁽²⁾と比較した。温度 T , 圧力 P , 比表面積 $d = V/S$ (V : 反応室体積, S : 表面積)は彼らの実験条件に倣っている。実線の計算結果と測定値のよい一致は、今回用いた反応プロセスが妥当であることを示している。 H , SiH_3 の各ラジカルは、光照射後短時間 (~ 10^{-3}s) で一定値に達するが、 Si_2H_5 , HgH は比較的ゆっくりと増加していく。反応の進んでいく様子は2.2節で述べたとおりである。図4に反応開始40秒後の各化学種の基板からの高さ方向の空間分布を示す。 SiH_4 , Si_2H_6 などの安定化学種は吸着しないため平坦な分布を示すが、 SiH_3 , Si_2H_5 は基板上に吸着するため基板近傍で濃度が急減する。化学種の空間分布を計算できることが、今回のプログラムの大きな特徴の一つである。

水銀濃度、光強度を一定にしたときの比表面積 d の反応プロセスに及ぼす影響について計算した結果を図5に示す。 d が0.75より大きいと SiH_4 の減少率及びそれに比例した SiH_3 の濃度変化は d の影響をあまり受けないが、 d が小さくなると($d=0.2$) SiH_3 の表面への吸着割合が多くなり、気相中の SiH_3 濃度が低下し、反応 (r-16 a, b) が抑制される。そのため、 Si_2H_6 , Si_3H_8 濃度は低下するが、逆に吸着が多くなるため膜からの H_2 の放出は増大する。なお、Niki&Mainsの条件は $d=0.75$ であるので以上のような表面反応の影響は少なく、気相プロセスで十分説明できる。図6に SiH_4 が5%分解した時点での d の変化に対する堆積速度を示す。ここで d が大きくなるということは反応体積全体が大きくなることを意味し、分解ガス量が増加するため堆積速度が d に比例して増大することが期待される。しかし、実際には主吸着種である SiH_3 が気相中で Si_2H_6 , Si_3H_8 のような安定化学種に変換されるため、 $P=10\text{Torr}$ では、 $d > 1\text{cm}$ で堆積速度は飽和してしまうことが分かる。

高速、高効率成膜のためには、安定な高次シランが形成される気相反応を抑制し、吸着可能なラジカル濃度を上げ、それによって表面反応が促進されるような実験条件の設定が重要であろう。

3.2 後期の反応

Tachibanaら⁽⁸⁾は内径8mmの石英管での Hg^*CVD における計測で、 SiH_4 の減少率が反応後期に飽和していく傾向を観察している。図3においても同様な傾向があり、さらにAustin&Lampeら⁽⁹⁾も同様な結果を得ている。彼らはいずれもこの飽和現象が窓の曇りによ

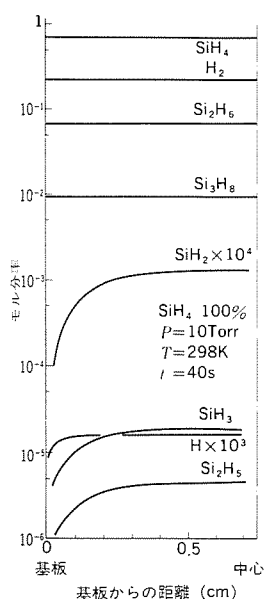


図4. 化学種の濃度分布

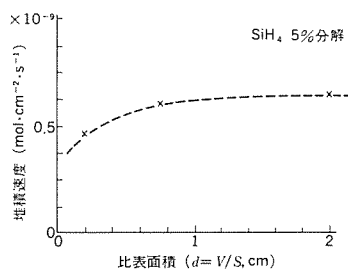
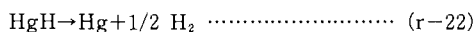
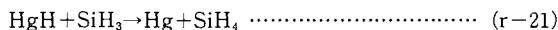
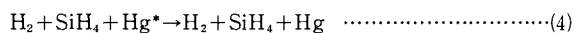


図6. 比表面積 d と堆積速度の関係

る紫外光の透過率の低下に起因するものではないことを示し、 H 、 SiH_3 などの活性種による膜中 Si 成分の引き抜き反応で説明しようとしている。しかし、図3に示したように H 原子濃度は時間的にほぼ一定であり、 SiH_3 は時間経過とともに減少していくため SiH_4 の飽和現象を説明できない。また、 H 、 SiH_3 ラジカルが反応に重要な役目を担うプラズマCVDではこのような飽和傾向は見られない⁽¹⁰⁾⁽¹¹⁾。以上のことより、反応途中より濃度が増大し、しかも Hg^* CVDに特有のラジカルである HgH に注目し基板表面での次の反応を考えた。



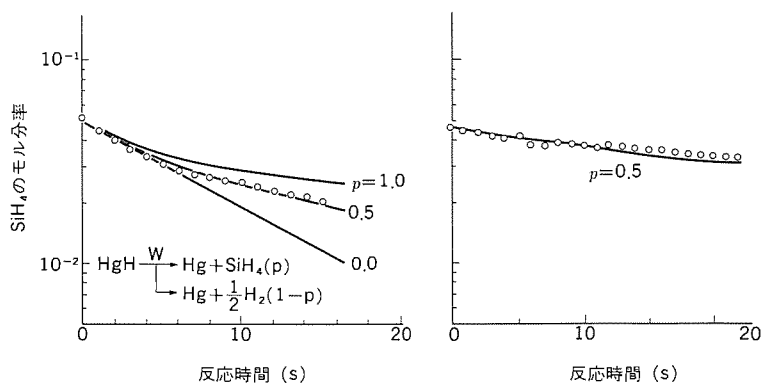
反応が進んだ後期では H_2 が増加するため、(r-2a) (r-21) を考慮するとオーバーオールな反応は、



となり、 Hg^* は単に H_2 により失活してしまう。見掛け上 SiH_4 の分解速度が低下することになり、飽和現象を説明できよう。すなわち、(r-2a)で生成された HgH は基板まで拡散していき、一部は膜表面から SiH_4 を引抜き (r-21)、残りは基板上で (r-22) により分解する。(r-21) と (r-22) に分岐する割合 ($p = k_{21} / (k_{21} + k_{22})$) をパラメータとして、 SiH_4 の時間変化を計算した結果を図7(a), (b)に実験結果⁽⁹⁾と比較した。 $p = 0$ では SiH_4 の減少率の飽和現象は見られないが、 $p = 0.5$ では測定結果とよく一致し、飽和現象を説明できることが分かる。つまり、基板へ拡散してきた HgH の半分は膜中から SiH_4 を引抜き作用を持ち、後期の反応を考える上で重要である。

4. シミュレーション

以上の反応モデルを基に、実装置レベルの反応プロセスの評価と



(a) 5% SiH_4 -Ar $P=7.1$ Torr (b) 5% SiH_4 -4% H_2 -Ar $P=8.9$ Torr

図7. SiH_4 の分解速度の飽和現象

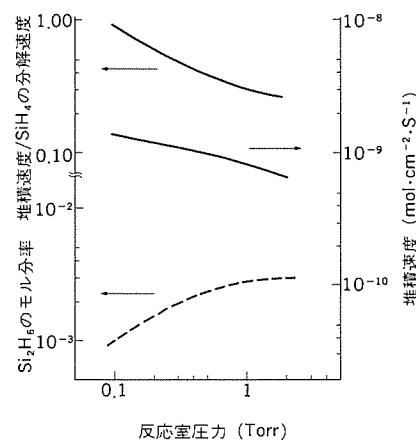


図8. 膜堆積効率の圧力依存性

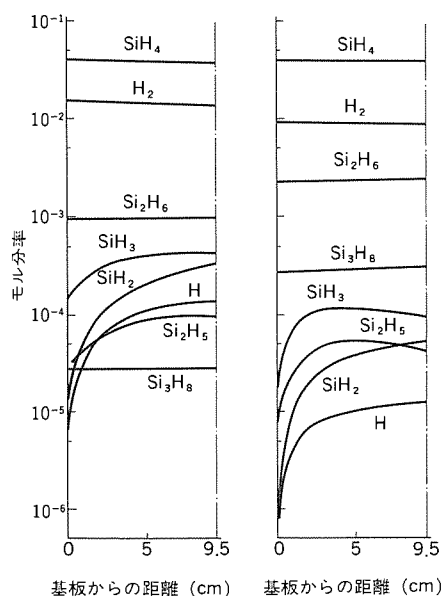
予見を行った例を示す。反応容器は、既に図1に示した形状で低圧水銀灯の光は上部の照射窓（石英ガラス製）を通してほぼ均一に反応容器内に照射される。原料ガスはAr希釈の5% SiH_4 である。水銀灯から基板までの距離は約10cm、基板から上方の照射窓までは約9.5cmである。基板はヒータにより500°Cまで加熱することができる。水銀灯は反応容器内のガス導入部近くにあり、暖められた水銀蒸気が容器内に均一に分布する。なお、上部の照射窓はホンプリンオイルを塗布してあり、膜の堆積、 Hg などの付着は無視できると考える。

反応プロセスの評価については、反応室圧力、光強度、光強度分布、基板温度などの効果について検討したが、ここでは成膜の高速化に対し、興味ある結果の得られた反応室圧力と光強度分布について紹介する。

4.1 反応室圧力の効果

まず最初に光強度を一定にし、ガス圧 ($P=0.1 \sim 2$ Torr) を変化させたときの膜形成プロセスについて検討した。図8に SiH_4 が20%分解したときの堆積割合 $R_{d-d} (= \text{堆積速度} / (SiH_4 \text{の分解速度}))$ 及び堆積速度を示す。圧力が高いほうが供給される SiH_4 の絶対量は多いが、光強度が一定の場合には SiH_4 の分解量はほぼ同程度である。しかも、高圧では拡散速度が遅いため反応 (r-16a, b) による重合反応が進み、 Si_2H_6 に代表される重合成分の濃度が増大するため堆積速度は低下してしまう。したがって、ガスの有効利用のためには低圧の方が望ましい。

図9(a), (b)に $P=0.1, 0.5$ Torrでの化学種の空間分布の計算例を示す。 SiH_4 の分解率は20%であるが、低圧の方が Si_2H_6 などの重合成分の濃度が低く、一方 SiH_2 、 SiH_3 などの吸着ラジカルの濃度が高



(a) $P=0.1$ Torr (b) $P=0.5$ Torr

図9. 反応室圧力を変えた場合の化学種の濃度分布

表2. 光照射法の違いによる堆積速度への効果 (SiH_4 20% 分解時)

	発散	一様	集光
R_{d-d}	0.22	0.34	0.37
堆積速度 ($\text{mol} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)	6.0×10^{-10}	8.9×10^{-10}	1.0×10^{-9}

くなっており、効率の良い膜形成ができることが分かる。しかし、 $P=0.1$ Torrでは、吸着種 SiH_3 , Si_2H_5 の基板表面での濃度が高くなってきている。これは、圧力が低いため拡散速度が十分大きく、反応によって形成された吸着種が基板方向にすみやかに移動するが、付着確率が低いため表面での吸着が律速となってきたためである。すなわち、高压ではラジカルの拡散速度が、低压では膜への吸着速度が成膜の律速条件になっていることが分かる。

4.2 光強度分布の影響

低压水銀灯の強度は空間的に不均一であり、しかも反応ガスにも吸収される。そのため、水銀灯の光強度の分布に従って励起種 Hg^* の分布も変化することになる。そこで、光強度分布が SiH_4 の分解や膜堆積速度に及ぼす効果を評価した。図10(a), (b)に圧力 1 Torr, ガス温度 298K, 基板温度 423K の条件で光照射法を変化させて計算を行った場合の結果を示す。光強度は、照度計で測定した結果 (図11, ×印) を直線近似したもの、及び全光量を一定にして一様及び集光したと仮定したものについても計算を行っている。図10(a)はガス成分の時間変化であり、(b)は SiH_4 が 20% 分解したときの空間分布を示す。 SiH_4 の分解速度は、光照射法を変えてもほぼ一致しているが、 Si_2H_6 , Si_3H_8 のような重合成分は発散した光のほうが集光した場合よりも濃度が高く、 H_2 は逆になっている。 SiH_3 , H などの吸着化学種は集光した場合では中心より下方で生成速度が大きく濃度が高くなるが、基板近傍では吸着のため濃度が急減するという分布を示している。すなわち、集光した光を照射すると基板近くで SiH_4 の分解が促進され、 SiH_3 などの吸着種が基板方向に拡散・吸着しやすく膜堆積速度が上昇し、 Si_2H_6 のような重合成分が生成しにくく考えられる。 SiH_4 が 20% 分解した時の堆積効率 R_{d-d} 及び堆積速度を表

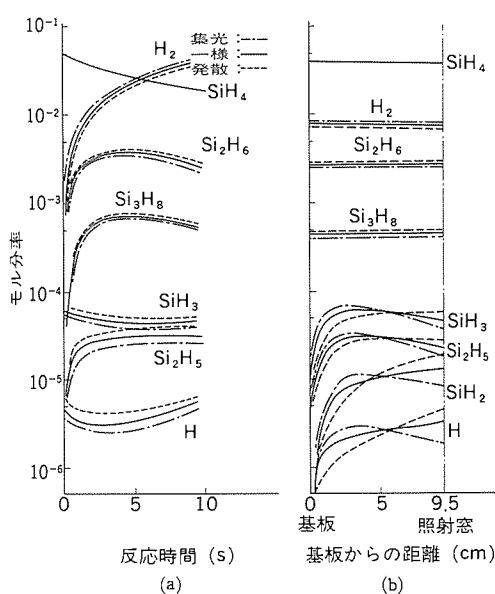


図10. 光照射条件を変えた場合の化学種の濃度の時間変化及び濃度分布

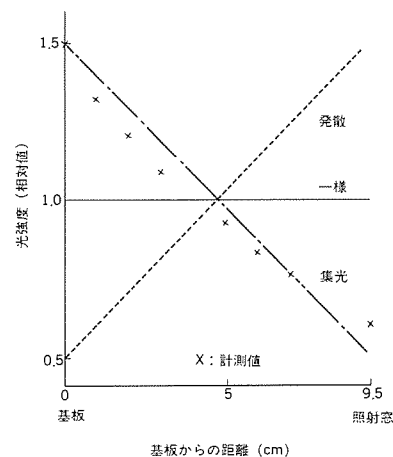


図11. ランプ強度の距離依存性

2に示す。基板近傍での光強度が高い程膜形成を効率良く行えることが分かる。

5. む す び

以上、 Hg^*CVD における反応プロセスが非定常一次元モデルで十分シミュレーションできることが分かった。その結果、気相反応と表面反応の関係及び表面反応に及ぼす比表面積、圧力の影響を明らかにした。

今回報告した反応シミュレーションプログラムの特徴は、反応室の形状や圧力、さらにガス種や基板温度などのパラメータを変化させた場合の膜堆積速度やガス成分変化が定量的に予測できることにある。今後は基板加熱により生じる浮力や渦を含めた流れの三次元的取扱いへこのモデルを拡大し、実際の成膜装置における膜厚分布や膜質の不均一の改善等に役立てていく予定である。さらに、紫外レーザー光を用いた光CVDやプラズマCVDの解明に今回のプログラムを適用し、CVDプロセスに及ぼす気相・界面反応の役割を明らかにし、成膜条件の最適化及び装置化に利用していきたいと考えている。

参 考 文 献

- (1) 高山：日経マイクロデバイス, No.24, p.41 (1987-6)
- (2) H. Niki and G. J. Mains: J. Phys. Chem., **62**, p.304 (1964)
- (3) Y. Matsui et al.: Jpn. J. Appl. Phys., **26**, p.1575 (1987)
- (4) J. Perrin, et al.: Proc. E-MRS Conf., p.17 (1986-6)
- (5) J. P. M. Schmitt: J. Non-Cryst. Solids., **59/60**, p.649 (1983)
- (6) B. A. Scott, et al.: Appl. Phys. Lett., **40**, p.973 (1982)
- (7) A. Yuuki, et al.: Jpn. J. Appl. Phys., **26**, p.747 (1987)
- (8) K. Tachibana, et al.: J. Phys. D: Appl. Phys., **20**, p.28 (1987)
- (9) E. R. Austin and F.W. Lampe: J. Phys. Chem., **81**, p.1134 (1977)
- (10) K. Tanaka, et al.: Proc. 7th Int. Symp. Organosilicon Chemistry, Kyoto, (Horwood, London, 1984)
- (11) N. Hata, et al.: Jpn. J. Appl. Phys., **25**, p.108 (1986)

三菱単相送風機専用速度調節器

スポットライト〈ファンインバータ〉

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

特長

●風量無段階制御

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

●低騒音化を実現

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

●広範囲な組合せ機種

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

●50Hz地区でも60Hzの能力

50Hz地区でも、60Hz相当の風量・静圧を得ることができます。

●充実した付属機能

①別売の手元リモコン(FS-01RC)が接続できます。

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

③電動シャッターとの連動運転が可能です。

④外部制御端子を用いることにより、センサ等による自動運転が可能です。



仕様

形名	FS-100A	FS-400A
電源	単相AC100V 50/60Hz	
出力電流	0.15~1.0A	0.15~4.0A
出力容量	15~100VA	15~400VA
周囲条件	温度 -10℃~40℃ 湿度90%以下	
振動	0.5G以下	
製品重量	1.9kg	
制御方式	近似正弦波PWM制御、電圧周波数制御方式	
出力電圧範囲	単相13.3V~100V(入力AC100Vのとき)	
出力周波数範囲	22~60.5Hz(V/F切換スイッチが3のとき)	
周波数精度	±2.5%	
V/Fパターン	3通り切換	
過負荷耐量	110%~150% 2分間(過負荷保護機能による)	
加速・減速時間	26V/秒	
保護機能	過電流・過負荷・過電圧・不足電圧・過熱・回生保護	

スポットライト 衛星通信用接続符号化モデム

近年、衛星通信は国際通信からVSAT (Very Small Aperture Terminal: 超小形地球局) などのビジネス用途に適用範囲を拡大しつつあり、地球局の通信装置にはますます小形化・経済性が求められています。特に、アンテナの小形化に伴う受信信号電力の減少を克服して、高いシステム性能を実現することが望まれています。このたび開発した「連続符号化モデム」は、接続符号化方式という強力な誤り訂正方式を用いた変復調装置です。主要部はLSI化によって小形化されています。今後のビジネス用小形衛星通信地球局において大きな威力を発揮するものです。

特長

- 誤りが極めて少なくデータ伝送に適合する伝送品質
畳込み符号化・ビタビ復号とリードソロモン符号による符号化・復号とを組合せて実現する接続符号化方式を採用、受信信号のビット誤りが強力に訂正されるようになりました。例えば、雑音が多く50ビットに1ビットの割合で含まれている受信信号誤りを、約1億ビットに1ビットの割合にまで減少させることができますので、データ伝送に適合する優れた伝送品質が得られます。
- 瞬断などの極めて少ない安定動作
変復調部は、受信信号電力と雑音電力の比(CN比)が約0dBと非常に低くても安定して動作するように改良されています。
- LSI化による小形化
符号化部と復号部は、回路規模削減などの新しいアルゴリズムを用いてLSI化され、小形化されています。

主要諸元

情報伝送速度	32kbit/s
誤り訂正符号化方式	連続符号化方式
内部符号	畳込み符号(符号化率 $R=1/2$) ビタビ復号
外部符号	(146, 130)短縮リードソロモン符号による符号化・復号
変復調方式	2相PSK変調、同期検波

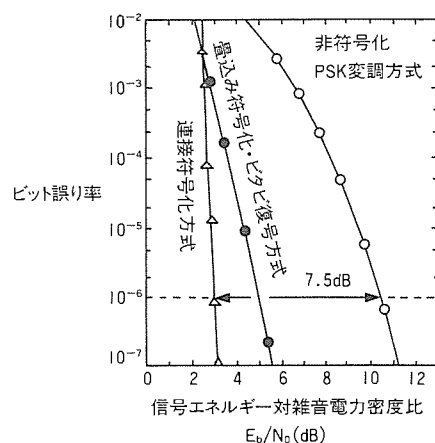
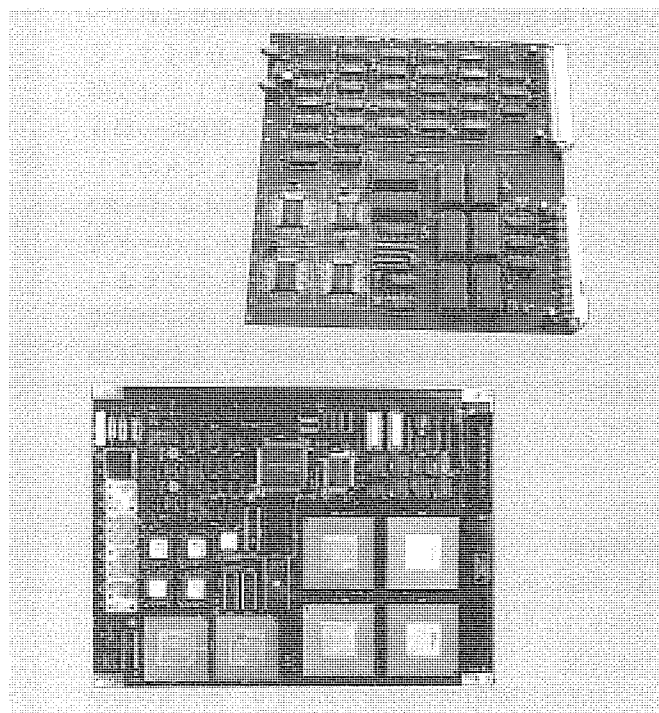


図2 ビット誤り率特性

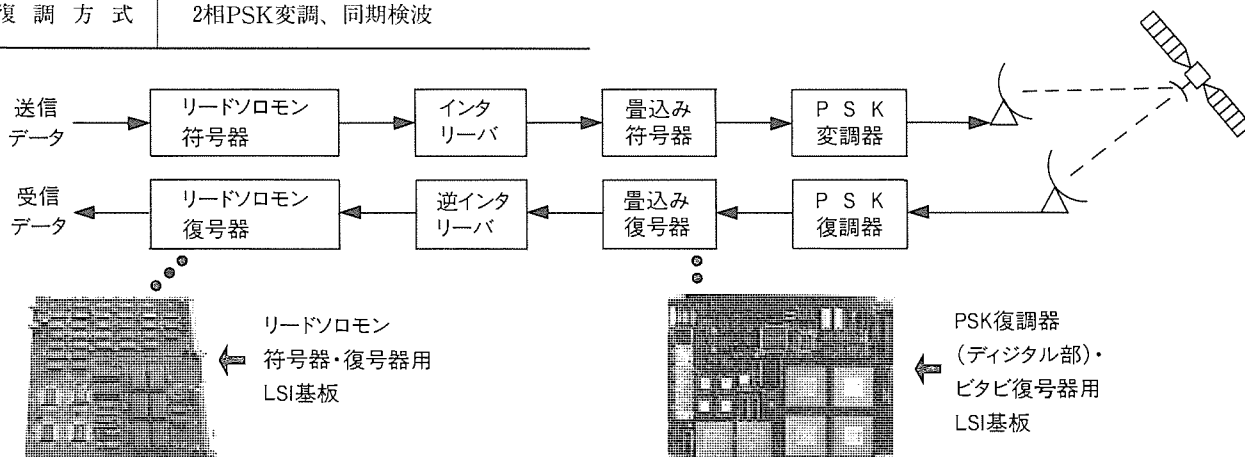
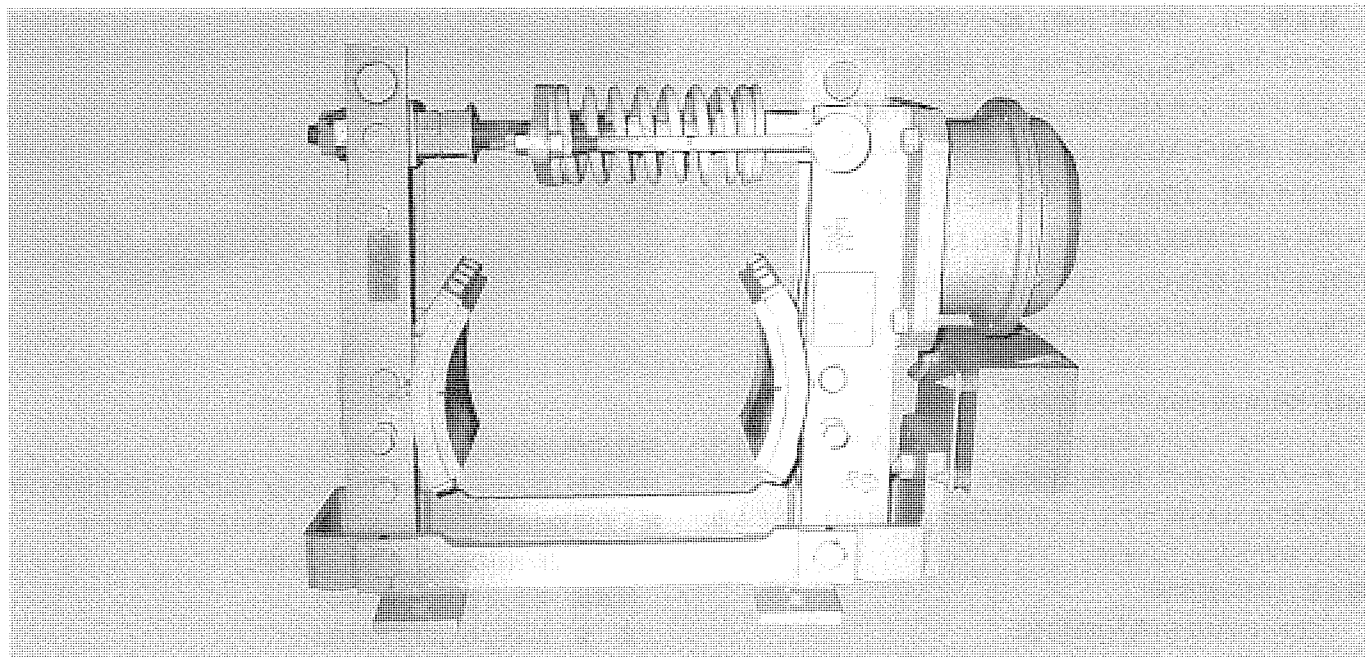


図1 連続符号化モデムの構成

三菱クレーン用交流操作ブレーキ スポットライト ZB-G RB-G MB-Gシリーズ



使いやすさを第一に考え、最新技術を駆使して多くの特長を新たに盛り込んだ、新形交流操作ブレーキ“Gシリーズ”(ZB-G、RB-G、MB-G)が完成しました。(平成元年4月1日より発売)

特長

●コンパクトな設計

前シリーズに比べ寸法比で85%、重量比で65%へと減少。据付・保守時の取扱いが一段と容易になりました。なお前シリーズとの互換性を有するよう取付寸法は同一としています。

●自動調整機構の採用

ドラムとライニングの上下スキマ調整が不要になりました。

●公害対策の推進

ノンアスベストライニングをオプション仕様として新たに追加しました。

表1 ZB-G形交流操作ブレーキ定格一覧表

ブレーキ 形 名	最大定格制動トルク(kg m)		許容制動容量 (kg m/min)
	50Hz	60Hz	
ZB-132G	6.7	5.4	3,060
ZB-160G	21.2	17	4,600
ZB-180G	30	24	7,400
ZB-200G	40	32	7,400
ZB-225G	53	42.4	11,200
ZB-250G	80	64	12,700
ZB-280G	132	105.6	17,200
ZB-315G	212	169.6	21,900

表2 RB形押上機ブレーキ 定格一覧表

ブレーキ 形 名	最大定格制動トルク (kg m)	許容制動容量 (kg m/min)
RB-132G	6.7	3,060
RB-160G	21.2	4,600
RB-180G	30	7,400
RB-200G	40	7,400
RB-225G	53	11,200
RB-250G	80	12,700
RB-280G	132	17,200
RB-315G	212	21,900
RB-355G	400	25,400

表3 MB形押上機ブレーキ 定格一覧表

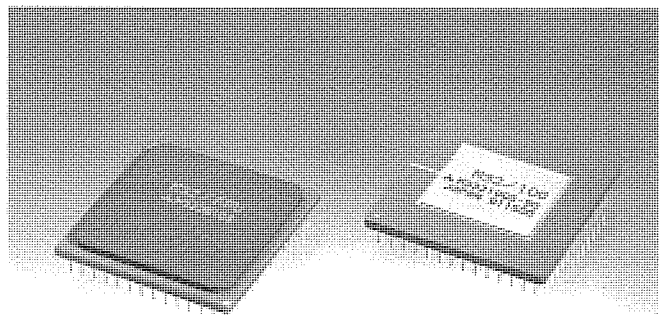
ブレーキ 形 名	適用電動機(40%ED)	
	わく番号	出 力
MB-160G	160M 160L	5.5、7.5 11kW 6P
MB-180G	180L	15kW 6P
MB-200G	200L	22kW 6P
MB-225G	225M	30kW 6P
MB-250G	250M	37、45kW 6P
MB-280G	280L	55kW 8P
MB-315G	315M	75、(90)kW 8P

32ビットマイクロプロセッサ G_{MICRO}M32ファミリ

スポットライト M32/100およびM32/FPUの製品化

三菱電機では、TRON*仕様に基づく新世代の32ビットマイクロプロセッサG_{MICRO}M32ファミリを開発しており、既にマイクロプロセッサM32/200、周辺LSIであるM32/IRC、M32/DMAC、M32/TAGMおよび開発サポートツールを製品化しています(表1、2参照)。このたび新たに M32ファミリマイクロプロセッサM32/100を開発しました。また、周辺LSIであるM32/FPUを製品化し、ファミリ製品の充実を図りました。

*TRON: The Realtime Operating system Nucleusの略。



M32/100(M33210GS/FP-20)の特長

コストパフォーマンスの向上を狙った実記憶のみサポートするマイクロプロセッサで、FA等の制御機器の分野に適しています。また、将来的にはASICコアとしての周辺機能の付加を行うことも意図した設計となっています。

- 性能(20MHz動作時)
 - ・EDN 4.5MIPS(最大10MIPS)
- TRON仕様
 - ・M32/200、300**とのソフトウェアの互換性あり。
- 高速処理
 - ・5段のパイプライン。
 - ・実行頻度の高い分岐命令に対する分岐予測処理。
 - ・ビットマップ処理関連命令が強化されマルチウィンドウ処理を高速に実行可能。
- OSのサポート
 - ・4レベルリング保護によるソフトウェア管理。
- 高級言語向き命令セット
 - ・多様なアドレッシングモード
 - ・異種サイズデータ間演算

M32/FPU(M33281GS-20)の特長

M32/FPU(Floating point Processing Unit)は、IEEE規格に準拠した浮動小数点演算を高速に行うためのプロセッサです。

- 性能(M32/200の結合、20MHz動作時)
 - 加減算 0.5 μ 秒(IEEE全精度)
 - 乗算 0.45 μ 秒(IEEE単精度)
 - 除算 1.5 μ 秒(IEEE単精度)
- 高速処理
 - ・M32/200、300**との密結合
 - ・3段のパイプライン
- IEEE754規格に準拠
 - ・32、64、80ビットの浮動小数点演算、例外処理の準拠。
- 関数演算
 - ・18種類の関数命令
- グラフィック関連命令
 - ・ベクトル、マトリックスに有効な内積演算命令。
 - ・クリッピング処理用の領域判定命令。

表1 M32ファミリ製品一覧(LSI)

	形 名	機 能	トランジスタ数	プロセス	パッケージ
M P	M33210GS/FP	M32/100 MPU	約30万	1.0 μ m 2Al	135PGA 160QFP
	M33220GS	M32/200 MPU	約73万	1.0 μ m 2Al	135PGA
	M33230GS**	M32/300 MPU	約90万	1.0 μ m 2Al	179PGA
U	M33300GS**	M32/100 ASIC	約36万	1.0 μ m 2Al	未定
周 辺 L S I	M33241GS	DMAコントローラ	約38万	1.2 μ m 2Al	179PGA
	M33242SP/J	割り込みコントローラ	約9200	1.2 μ m 2Al	64SDIP 68PLCC
	M33243GS	タグメモリ	約22万	1.0 μ m 2Al	64PGA
	M33281GS	M32/200、300用FPU	約55万	1.0 μ m 2Al	135PGA
	M33245GS**	M32ファミリ用CCM	~120万	1.0 μ m 2Al	135PGA

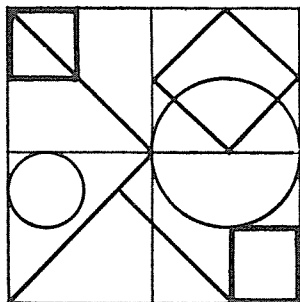
**は開発中

表2 M32ファミリ製品一覧(開発サポートツール)

ク ロ ス ソ フ ト	ア セ ン ブ ラ	評 価 ・ 開 発 用 ボ ー ド	M P U ボ ー ド (32/200)
	リ ン カ		フ ァ イ ル ボ ー ド
	ラ イ ブ ラ リ ア ン		L A N ボ ー ド
	C コ ン パ イ ラ		シ リ タ ル I / O ボ ー ド
	シミュレータ/デバッグ		メ モ リ ボ ー ド

ホスト環境はVAX/VMS

サードパーティからもサポート予定
(VAX/VMSはDEC社の登録商標です)



特許と新案 有償開放

有償開放についてのお問合せ先 三菱電機株式会社 知的財産渉外部 TEL (03) 218-2139

半導体集積回路装置 (特許第1393675号)

発明者 下西 和博

この発明は、絶縁ゲート形電界効果トランジスタのような絶縁ゲート形電界効果半導体素子における入力保護回路の改良に関するものである。

すなわち、図1に示す如く、高比抵抗のp形半導体基板(1)の主面に選択的に夫々抵抗体(20)、ソース領域(3)及びドレイン領域(4)を構成する低比抵抗のn形半導体領域を形成すると共に、半導体基板(1)の表面上にソース領域(3)とドレイン領域(4)にわたって形成されたゲート酸化膜(5)上に多結晶シリコン又はアルミニウムからなるゲート電極(6)を形成し、これらにより絶縁ゲート形電界効果トランジスタ(7)を構成する。一方、p形半導体基板(1)の第1の主面に形成されたn形半導体領域(19)の表面部に低抵抗のp形半導体領域(20)を形成し、このp形半導体領域(20)をエミッタ、n形半導体領域(19)をベース、p形半導体基板(1)をコレクタとする縦形バイポーラトランジスタ(21)を構成する。

以上のように、半導体基板内にこの基板をコレクタとする縦形のバイポーラトランジスタを構成し、信号入力回路にそのエミッタを接続し、そのベースへ与える電圧によって過大入力をクランプするようにしたため、入力信号が逆極性のときにはトランジスタは遮断されて、半導体基板へキャリアが注入されることがなく、ダイナミ

ック回路の集積回路に用いても基板に注入されるキャリアによる従来の誤動作が基板を接地電位に保ったまま回避できる。

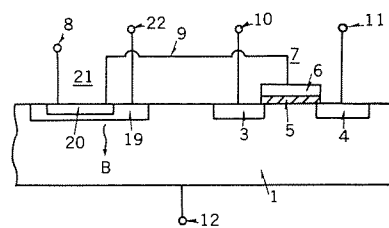


図1.

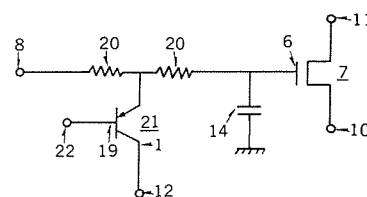


図2. (図1の等価回路図)

マイクロ波集積化リング変調器 (特許第1375637号)

発明者 飯田 明夫, 小木曾 弘司, 武田 文雄

この発明は、マイクロストリップ線路及びスロット線路を用いて構成し、かつ小形化したマイクロ波集積化リング変調器に関するものである。

図1において、(3)はマイクロストリップ線路で構成されたバランで、テーパ状の地導体(8)、ストリップ導体(9)、低域阻止用キャパシタ(10)及び約1/4波長の高インピーダンス線路(11)により構成されている。また、(13)はスロット線路、(14)は高インピーダンススロット線路、(15)はスロット線路(13)とマイクロストリップ線路との変換部、(6)は端子である。以上のように構成されたものにおいて、端子(5)から入力したマイクロ波の搬送波は、正バイアスの時(0相時とする)には図2のように伝搬する。一方、負バイアスの時(π 相時とする)には図3のように伝搬するので、0相時に比べて位相が逆転し、0- π 位相変調ができる。このとき、導線(12)の長さが等しいため、位相誤差は周波数に関係なくほぼ0とすることができる。また、伝送線路の形状が対称であるので、ダイオードのリング回路部での反射も等しく、振幅偏差を周波数に関係なく、ほぼ0とすることができる。更に、スロット線路とマイクロストリップ線路との電界の方向が90°ずれているため、両線路間ではマイクロ波の電力が直接に結合することがなく、したがって周波数に関係なくアイソレーションを高くす

ることができる。

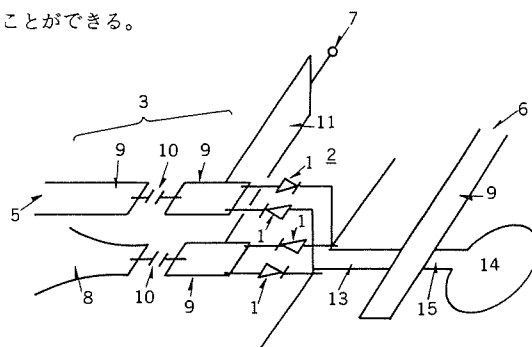


図1.

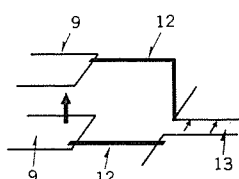


図2.

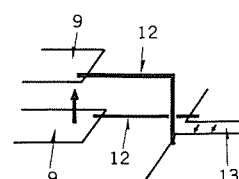


図3.

遠方監視制御装置の親局装置 (特許第1468352号)

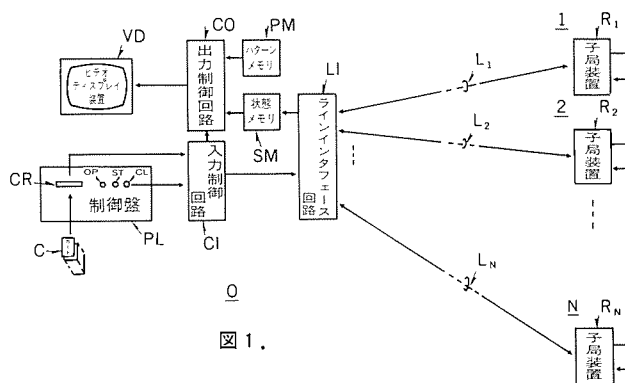
発明者 山中 彪生

この発明は、変電所などに用いられる遠方監視制御装置の親局装置に関するものである。

すなわち、図示の装置において、各子局装置 R_1, R_2, \dots, R_N は常時被監視制御機器の状態やテレメータのデータを入力し伝送路 L_1, L_2, \dots, L_N を介して親局 0 に伝送し、親局ではラインインタフェース LI がこれを受けて状態メモリ SM に伝え、状態メモリ SM はこれを受けて内容を更新、記憶する。操作員がある子局のある機器を制御したい場合には、該当機器のカード C を選んでカード読取装置 CR にかけると、子局名、機器名に対応する符号がカード読取装置 CR により読取られ、入力制御回路 CI を介して出力制御回路 CO に伝えられ、出力制御回路 CO はパターンメモリ PM 及び状態メモリ SM の記憶の内容によりビデオディスプレイ装置 VD に該当機器とその関連機器の表示を行う。操作員が選択を確認して、制御スイッチ OP (開), ST (停止), CL (閉)の何れかを押すと、入力制御回路 CI 及びラインインタフェース回路 LI 、伝送路 L_1, L_2, \dots, L_N の何れかを介して子局 R_1, R_2, \dots, R_N の該当局に制御信号が伝送され、該当子局はそれを受けて符号チェック、復号化を行い該当機器に制御命令を発する。

以上の如く、この発明によれば監視、制御とも固定のハードウェ

アにより行うことができ、操作も極く簡単で、機器選択もカードにより各機器1対1の対応で行えると共に、保安鎖錠に際しては該当カードを封印するとか、作業員自身が持つて行く等保安上も好適な装置構成及び体制をとることが可能となる。



〈次号予定〉三菱電機技報 Vol.63 No. 6 インテリジェントビルシステム特集

特集論文

- インテリジェントビルシステム特集に寄せて
- 当社インテリジェントビルシステムのコンセプトと今後の展望
- ビル管理システム統合化のコンセプト
- 企業サイドからのオフィス環境論
- 三菱防犯用分散型キーレスシステム
- ビル情報拠点としてのPBXシリーズ化-ES1400Mの開発-
- インテリジェントビルにおける昇降機
- 配電制御ネットワーク機器〈B/NET〉
- パッケージエアコンのインテリジェントビルへの対応
- 情報センターの機能と運営体制
- 軽子坂MNビル「インテリジェントロビーシステム」

●JBPオーバル向けインテリジェントビルシステム

- 森林公園マンション群管理システム
- 丸の内リニューアルビル群管理システム

普通論文

- 火力発電CAIシステムの試作検証
- 変電設備保全支援システムの実変電所への適用
- マルチタイミング ストアード方式オートトラッキング ディスプレイモニタ
- 長共振器を用いた $1.3\mu m$ 長波長高出力半導体レーザ
- 熱応力解析に基づいた多層プリント配線板の最適設計
- ヒートパイプ式均熱ロール
- 樹脂封止型半導体素子における界面はく離の新しい評価方法とその適用

三菱電機技報編集委員

委員長	鶴田 敬二
委員	峯松 雅登
〃	福岡 正安
〃	堀切 賢治
〃	風呂 功
〃	村田 豪
〃	藤井 学
〃	紅林秀都司
〃	高橋 誠一
〃	鳥取 浩
〃	柳下 和夫
幹事	長崎 忠一
5月号特集担当	片岡猪三郎
	香川 栄一

三菱電機技報63巻5号

(無断転載を禁ず)	1989年5月22日 印刷
	1989年5月25日 発行
編集兼発行人	長崎 忠一
印刷所	東京都新宿区榎町7 大日本印刷株式会社
発行所	東京都港区新橋六丁目4番地9号(〒105) 三菱電機エンジニアリング株式会社内 「三菱電機技報社」Tel.(03) 437局2338
発売元	東京都千代田区神田錦町三丁目1番地(〒101) 株式会社 オーム社 Tel.(03) 233局0641(代), 振替口座東京6-20018
定価	1部721円(本体700円)送料別 年間予約は送料共9,373円(本体9,100円)

スポットライト 三菱音声出力装置VO-01形

音声出力装置は、従来からプロセスアラームのアナウンス、オペレータガイダンス用のメッセージなどに使用されていましたが、メッセージ数が少ない、音質が良くない、ホストインタフェース方式が汎用的でない、メッセージの長さが固定であるなど、使いにくい面が数々ありました。今回発売した音声出力装置VO-01形はこれらの問題を解決し、しかも手軽に使用できるように汎用化したものです。

特長

- 長時間(最大510秒)、多チャンネル(最大250種類)の録音、再生が簡単に行えます。
- 1メッセージの長さが自由に設定できます。
- マイクやカセットテープから簡単に録音できます。
- ADPCM(適応差分パルスコード変調)方式により、自然な声を再生します。
- 半導体メモリにより任意の音声を瞬時に発声します。
- インタフェースは接点、RS-232Cおよびキーボードが用途に応じて選択できます。
- 音声データはバッテリーバックアップにより長期間保持できます。
- 優先メッセージインタフェースにより、緊急時の発声も容易に行えます。

用途

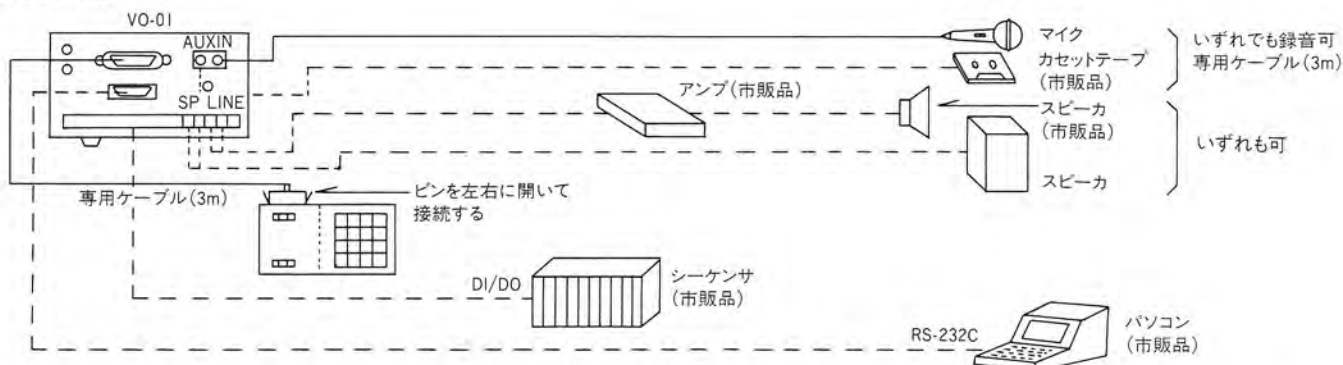
- プロセスの異常警報、処理ガイダンス
- 生産ラインの作業指示
- 検査ラインの検査報告
- ビル防災システム、地域防災システム
- 催物会場での展示品説明
- パソコン、端末の操作ガイダンス
- 構内放送

機能

本装置は次の3通りの機能があります。

- ① 録音
 - マニュアル録音
 - オート録音
 - フルオート録音
- ② 再生
 - キーボードによる
 - RS-232C+優先メッセージ接点入力(キーボード取りはずし)
 - 接点入出力+優先メッセージ接点入力(キーボード取りはずし)
- ③ 消去
 - チャンネル消去
 - 全チャンネル一括消去

機器の接続



機能仕様

音声録音入力	マイク入力ジャック1点(-70dB, 10kΩ)ミニプラグ3.5φ 補助入力ジャック1点(-20dB, 10kΩ)ミニプラグ3.5φ
音声出力	外部スピーカ出力1点 5W(8Ω) 外部アンプ出力1点0.3Vpp(600Ω)
メッセージ数	最大250点
録音/再生時間	トータル最大510秒
音声/デジタル変換方式	ADPCM(適応差分パルスコード変調)方式 8kHz, 4bit
音声帯域	300~3400Hz
ホストインタフェース	●RS-232C 1点 D-SUBコネクタ(25ピン) ●接点入力: DC24Vトランジスタまたはドライ接点 データ8点+ストロブ1点 優先アナウンス入力1点 接点出力: DC24Vトランジスタまたはリレー(0.1A) ビジー1点
音声データ保持	バッテリーバックアップ(1年)

一般仕様

電源電圧	AC100V+10%, -15%
周囲温度	0°C~45°C
周囲湿度	20%~85%(結露無)
絶縁耐圧	AC100V入力側 フレームグランド間 AC1500V 1分間
耐圧ノイズ性	AC100V入力側 フレームグランド間 1000V 800ns
耐震動性	0.3G(動作時), 10G(輸送時)
消費電力	44W

三菱端末機用非常用発電装置 スポットライト〈MCG-T形シリーズ〉



現在の情報化社会では、事務処理の一層のコンピュータ化が進んでいます。これに伴い、計算センターと各支店の端末機とがオンラインで結ばれ、情報処理が迅速に行われるようになってきました。そこで問題となるのは、停電によって業務が停滞することです。停電にそなえ、端末機が要求する高品質電源の発電装置が必要となります。〈MCG-T形シリーズ〉は、既存機種の端末機用単相発電装置〈MCG-A形シリーズ〉に加え、1台の発電装置で端末機用としての単相電源と、業務に必要な三相電源とを同時にとりだせる、現代のニーズに応えたタンデム式発電装置です。〈MCG-T形シリーズ〉は、30kVA～80kVAを標準機種として、過去の実績をもとに信頼性の高い製品となっています。

特長

●すぐれた特性を発揮します

単相発電機は高品質電源として端末機の厳しい要求特性を充分に満足する、すぐれた特性を持っています。(表1参照)

●コンパクト性にもすぐれています

単相発電機と三相発電機とを同一軸に配置することで、1台の発電装置によって、端末機用としての単相電源と、業務上最低必要な、シャッターや揚水ポンプなどの三相電源とを同時に供給するコンパクトな発電装置です。

●パッケージタイプで据付けが容易です

発電機駆動用エンジン、タンデム式発電機、制御装置、燃料タンク等を組込んだパッケージタイプで、据付けが容易に行なえます。

●非常に静かになりました

パッケージタイプで完全防音・防振対策を行っていますので、機側1mでの平均騒音値が75ホン(A)と非常に静かです。

表1 単相特性

特 性		三菱端末機用 発電装置特性	コンピュータ 要求特性
電圧変動	整定時	±2%	±5%
	瞬 時	±5%	±10%
周波数変動	整定時	±0.2%	±0.5%
	瞬 時	±0.5%	±1.0%
波 形 歪 率		5%以内	5%以内

瞬 時(50%負荷急変)

表2 主要諸元

形 名		MCG-30T	MCG-40T	MCG-50T	MCG-60T	MCG-70T	MCG-80T
項 目		30	40	50	60	70	80
総 出 力 (kVA)*1		単相100／200 3相200(50Hz)／220(60Hz)					
電 圧 (V)		単相3線 3相3線					
回 路 方 式		単相0.9 3相0.8					
力 率		50／60					
周 波 数 (Hz)		3000／3600 1500／1800					
回 転 数 (rpm)							
発 電 機	形 式	単相三相タンデム形同期発電機					
	励 磁 方 式	静 止 自 励					
エ ン ジ ン	形 式	水冷・ディーゼルエンジン					
	始 動 方 式	セルモータ					
燃 料	燃 料	軽 油					
	燃料タンク容量(ℓ)	95					
ジ ン	燃料消費量(ℓ /Hr)	14.0	19.0	21.0	25.0	27.0	30.0
	バッテリー(鉛HS形)	24V 80AH			24V 120AH		24V 150AH
充 電 器	電 圧	自動充電式					
	電 流						

注) 1.*1の総出力は、単相出力と三相出力の和を表わす。

2.三相出力の標準は10kVAです。但しオプションとして総出力の50%以下まで対応可能です。

三菱中容量CVCF装置

スポットライト 《MELUPS-8700M, 8700T》

三菱電機では従来より主回路半導体素子にBiMOS(バイモス：Bipolar transistorとMOSFETの複合素子)を採用した、単相出力7.5～30kVAのCVCF《MELUPS-8400M・8400T》を販売してご好評を得ています。このたび発売を開始した《MELUPS-8700M・8700T》はBiMOSインバータ方式による三相出力の中容量機種で、コンパクト、低騒音などの特長に加え、三相個別瞬時波形制御による低歪、高速応答、三相不平衡に強いなど、コンピュータを始めとして自動化機器や通信機器など各種の負荷にマッチした特性を実現しました。特に20kVA以下《MELUPS-8700M》では、10分用メンテナンスフリー形蓄電池を内蔵し、省スペース化を図るとともにコンピュータルームや事務所への設置をしやすくしています。また使いやすさを重視した高機能デジタルモニタリングシステムを標準装備し、操作性・保守性を一段と向上しました。

特長

- コンパクト……20kVA以下(MELUPS-8700M)をバッテリー内蔵形としたのを始め、大幅なコンパクト化を実現しました(20kVA当社従来比47%)。
- 低騒音……オフィス設置を考慮した画期的な低騒音運転特性としました(20kVAで55ホン以下)。
- すぐれた出力特性……コンピュータなどの歪電流負荷の場合にも出力電圧は正弦波に制御され、0→100%負荷急変に対しても、出力電圧変動±5%と理想的な出力特性です。
- 三相不平衡に強い……極端な三相負荷不平衡(線間に単相負荷のみをとった場合)にも、電圧不平衡±1%以下と負荷不平衡を気にせずに使うことができます。
- デジタルモニタ……デジタル計測や操作ガイダンスなど、日本語による各種のモニタリング機能を標準装備しています。



主要諸元

項 目		MELUPS-8700M				MELUPS-8700T		
定格出力容量(kVA)		7.5	10	15	20	30	40	50
交 流 入 力	相 数	三相3線						
	電 圧	200、210V						
	周 波 数	50または60Hz						
交 流 入 力	相 数	三相3線						
	電 圧	200、210V						
	周 波 数	50または60Hz(入力周波数と同一)						
蓄 電 池	形 式	小形シール鉛蓄電池(内蔵)				シール鉛蓄電池(別置)		
	保 持 時 間	10分				5分または10分		

製品シリーズ一覧表

形 式		出力容量(kVA)				1	3	5	7.5	10	15	20	30	40	50	75	100	125	150	200	250	300	400	500	600	750
		入力相数	出力相数	蓄電池																						
商用周波数(50／60Hz)	常 時 インバータ 給 電	8400S	単相	単相	内蔵	○	○	○																		
		8400M	単相	単相	内蔵				○	○	○															
		8400T	三相	単相	別置					○	○	○	○													
		8300	三相	単相	別置			○	○	○	○	○	○	○	○	○	○									
		8700M	三相	三相	内蔵				○	○	○	○														
		8700T	三相	三相	別置								○	○	○											
		8600E	三相	三相	別置								○	○	○	○	○			○	○	○	○	○	○	○
	常時商用給電	8200	単相	単相	内蔵		○																			
	400Hz出力	4600	三相	三相	別置											○	○		○							

制御対象に応じフレキシブルにシステム構築ができる

スポットライト 三菱統合制御システム《MELTAS》



最近の制御システムでは、従来の単なる生産設備の自動化・省力化から、さらに一步進んだ短納期化、多品種適量生産、高付加価値生産などを目的とした、工場全体としての効率的生産、高品質生産を実現するためのシステムが求められています。これに対応するため三菱電機は、電気制御：E(Electric control)、計装制御：I(Instrumentation control)、計算機制御：C(Computer control)をビルディングブロック方式で結合・統合することにより、工場全体の最適生産システムを制御対象に応じてフレキシブルに構築できる新しい概念の制御システム、三菱統合制御システム《MELTAS》を開発しました。《MELTAS》は、シングルアーキテクチャ思想(同一ハードウェア、同一基本ソフトウェア)で作られた電気制御ステーションJP-E(シーケンス制御など)、計装制御ステーションJP-I(プロセス制御など)、計算機ステーションJP-C(情報処理・設備診断など)の各基本コントローラを、プラント規模・制御対象に応じてビルディングブロック方式で自由に結合することにより、E,I,Cの統合化を実現する本格的なEIC統合化制御システムです。また、従来はE,I,C個別のマンマシンインタフェースで行っていたプラント全体の状況把握、操作を1台で自由に行えるEIC統合化オペレータステーション、最大64ステーションまで接続できる高性能ネットワークシステムなどが準備されており、操作性、メンテナンス性、拡張性に富んだシステムを容易に構築できます。

特長

●シングルアーキテクチャ思想で作られたコントローラ群

- ①ハードウェアのアーキテクチャをできる限り統一することにより、OSおよび通信機能などの各種基本ソフトウェアを一元化し、操作性・メンテナンス性・システム拡張性を向上させています。
- ②ソフトウェアにより、E機能とI機能を1台のコントローラ上で実行することもできるため、E・I機能のみの小規模プラントにも容易に適用できます。

●EIC統合化オペレータステーション

- ①1台のオペレータステーションで各コントローラのデータあるいは故障情報を同一画面に表示でき、データ設定も自由にできるため、オペレータの負荷が軽減できます。
- ②ウインドウオペレーション、タッチオペレーション機能により、特別な操作手順によらないで簡易に操作できます。

●コストパフォーマンスの高いネットワークシステム

- ①1チャンネル当たり10Mbpsの伝送速度を有する伝送路を最大4チャンネルまでサポートできるため、システム規模に応じて最適なチャンネル数が選択でき、コストパフォーマンスの高いネットワークが構築できます。
- ②複数チャンネルの場合、一方の伝送路が故障しても、他の正常な伝送路を使用して縮退運転(一つの伝送路を共用してチャンネルを構成)が行えます。

●適用対象に適した各種言語のサポート

- ①電気・計装制御用として、POL(シーケンス制御、算術演算制御の記述)・SOL(構造化されたプログラミング方式を採用した図形表現形式での記述)・SCOL(工程遷移形制御の記述)・DDCマクロファンクション(計装制御用標準機能の記述)の各言語が使用できます。
- ②計算機制御用として、FORTRAN・C・ASM・PL/M・リアルタイムBASICが使用できます。

三菱FAライン用 スポットライトレーザ式変位計シリーズ

高精度タイプ

MD-1211形

汎用タイプ

MD-2211形

(新製品)



コントローラ

SD-1211-80

SD-1211-40

SD-1211-15

検出ヘッド



コントローラ

SD-2211-80

(新製品)
SD-1211-40H

検出ヘッド

入出力ユニット
MD-2261

SD-2211-40

三菱電機では、物体の寸法・形状・振動をレーザ光により、非接触で測定するFAライン用のレーザ式変位計〈高精度タイプMD-1211形〉と〈汎用タイプMD-2211形〉を発売中です。被測定物の表面にレーザビームを照射、三角測量の原理を使って測定します。いずれもマイクロプロセッサを内蔵、受光量変化に高速で追従できる性能を有しています。また高精度で、温度安定性にすぐれていますので、条件の厳しいFAラインに適しています。5月よりこの2つの新製品を加え、シリーズの充実を図りました。

■高精度タイプMD-1211-40H形

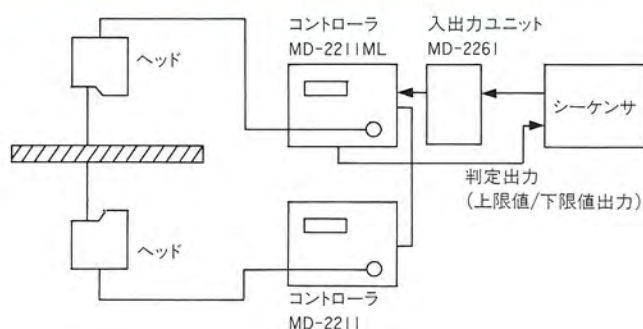
仕様

項目	ヘッド形名		SD-1211-40H
	コントローラ形名		MD-1211-40H
性能	光源	半導体レーザ波長780nm	
	ビームスポット	約0.6mm×0.3mm	
	作動距離	40mm±0.5mm	
	測定範囲	10mm(±5mm)	
	直線性	±5μm	
	繰返し性	±2μm	
能力	温度ドリフト	ヘッド	±1μm/deg
		コントローラ	±0.5μm/deg
	サンプリング周波数	10kHz	
入出力	平均回数	1回、8回、64回、512回の切換え	
	変位(厚み)表示	符号付き4桁デジタル表示(LED)	
	アナログ出力	±5V/測定範囲(電流容量5mA)	
	外部インタフェース	パラレル/RS-232C	
	制御出力	オープンコレクタ(MA×40V、100mA)	

独自の光学技術により、被測定面での表面性状の影響による非直

線性誤差や測定値のバラツキを大幅に減少させた新形ヘッドSD-1211-40H(従来当社製品比約1/3~1/2)を使用します。特に測定に高精度が要求される用途や、表面の光沢等により測定が難しい面などに威力を発揮します。

■多品種ラインの管理にMD-2211ML/MD-2261形 多品種厚み管理の例



レーザ式変位計MD-2211MLと入出力ユニットMD-2261を組合せることで、上(下)限値を15種類まで登録でき、外部信号により選択できます。この機種を用いて、多品種が流れるラインの管理値(上下限値)をシーケンサで簡単に自動切換できるようになりました。