

# MITSUBISHI

## 三菱電機技報 Vol.70 No.10

特集 “鉄鋼プラント用電機品”

'96 10



## 特集 “鉄鋼プラント用電機品”

### 目次

#### 特集論文

鉄鋼プラント技術はこれから花開く 原島文雄	1
鉄鋼プラント用電機品の現状と展望 新野修平・三浦敬一	2
熱間圧延プラント用電機品 井関康人・吉田二三男・山中宣也・高見和伸	7
プロセスライン用電機品 高柳誠治・浜田茂治・矢野健太郎	11
鉄鋼プラント用可変速ドライブシステム 小山正人・左野祐二・琴野英徳・芹川一朗・横 是也	15
鉄鋼プラント制御用計算機システム 瀬名一生・中川 要・平塚紀嘉	21
鉄鋼プラント用コントローラシステム 平山光憲・高橋裕司・古澤伸元・干潟寛昭	29
鉄鋼プラント用制御モデル支援解析システム 下田直樹・若宮宣範・鶴田 誠・久保直博・嶋田 淳	33
鉄鋼プラント用溶接機と誘導加熱装置 宮田淳二・井上秋雄・大崎嘉彦・江口俊信・袖野恵嗣	38
鉄鋼プラント用センサ 植木勝也・杉山昌之・田中洋次・高嶋和夫	44
<b>普通論文</b>	
日本貨物鉄道(株)納めEF210形式直流電気機関車 桑村勝美・東村充章・坂根正道	50
apricot NET <ATM-LAN> 坂上 勉・塚本祐司・越野真行・東方敦司	56
インターネットEDI 赤星 徹・渡辺 靖・黒田淳司・地引尚史	61
三菱ネットワークセキュリティ暗号装置 “MELWALL3000シリーズ” 横山幸雄・青木 尚・後沢 忍・大越丈弘	66
DVD用ツインレンズ光ピックアップ 中村恵司・矢部実透・佐藤拓磨・渡辺教弘・平井伸明	71
CALS対応SGML文書管理技術 鈴木克志・今村 誠・藤井洋一・森口 修・丸田裕三	76

#### 特許と新案

「プロセス信号入出力装置」「接点接合方法」	87
「測定装置」	88

#### スポットライト

産業用計算機システム “MELCOM350-MR3000, M60/3000シリーズ”	82
ハンドドライヤ “ジェットタオル”	83
石油クリーンヒータ	84
1極サイズの2極ブレーカ分電盤用遮断器 BH-Cシリーズ	85
制御盤に最適な小型遮断器FAシリーズ NF・NV30-FA	86
FA用ソフトウェアパッケージ “品質管理ソフトウェアパッケージ(FAQCシリーズ)”	表3

#### 表紙

### 計算機, コントローラ, GTOインバータ ドライブ及びインテリジェントオンライン センサシステム

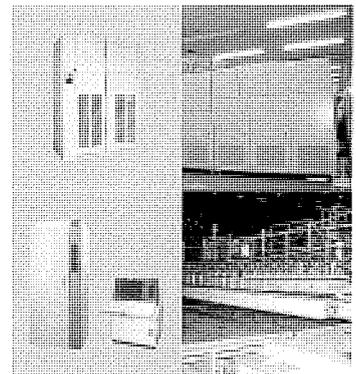
鉄鋼プラント用電機品は、プラント状態を監視・検出し、プラントを制御し、プラントを駆動することにより、鉄鋼プラントにおける新技術の具現化と製品品質の向上を図る中心的役割を担っている。

左上は、監視・制御システムの中核となる産業用計算機で、高信頼リアルタイムUNIXを搭載した最先端マシンMR3000シリーズを示す。

左下は、制御・操作・監視を具現化する主幹制御システムで、マルチCPU構成による柔軟な拡張性、ネットワーク結合による分散化、ソフトウェア生産性・保守性向上を実現したEIコントローラMELP LAC-750と、アメニティとイージオペレーションを徹底追求したOPS750を示す。

右上は、ドライブシステムで、高調波、無効電力を低減し、クリーン電源化と装置コンパクト化を実現した、世界最大の6インチGTO素子を適用した大容量GTOインバータシステムを示す。

右下は、制御情報源や監視・管理情報源としてプラント運転上不可欠なセンサで、厚板精整検査ライン用平坦度計を示す。



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

# アブストラクト

## 鉄鋼プラント用電機品の現状と展望

新野修平・三浦敬一

三菱電機技報 Vol.70・No.10・p.2~6 (1996)

鉄鋼プラントを構成する電機品の特長は、①高速・高機能かつ協調性が高いネットワーク・計算機・コントローラ・MMI(マンマシンインタフェース)の制御システムと、高機能・高精度センサ及び高度制御技術の適用による操作無人化、リアルタイムEIC(電気・計装・計算機)統合監視・操作環境の提供と製品品質向上、②GTOインバータを適用し高速応答・メンテナンスフリーな交流ドライブシステム及び電源力率が1で高調波が少なく環境にやさしいクリーン電源の実現、などである。

## 鉄鋼プラント用コントローラシステム

平山光憲・高橋裕司・古澤伸元・干潟寛昭

三菱電機技報 Vol.70・No.10・p.29~32 (1996)

鉄鋼分野における最新のコントローラシステムである“MELPLAC 750システム”を紹介する。

プロセス入出力(PI/O)データベースを共有可能なデータウェイ上でプロセス制御用計算機、プラント制御用コントローラ、マンマシンインタフェースによって構成された統合化システムの構成、機能、特長について述べる。

## 熱間圧延プラント用電機品

井関康人・吉田二三男・山中宣也・高見和伸

三菱電機技報 Vol.70・No.10・p.7~10 (1996)

熱間圧延プラントには、大規模かつ高度な制御システムに対応した最新の電機品を適用している。主機ACモータドライブには世界最大6インチGTOインバータを適用し、制御システムには、高速・大容量の統合制御ネットワークMDWS-600S1をバックボーンに、高速・大容量プラント制御コントローラMELPLAC-750、EIC統合マンマシンインタフェースOPS-750を適用している。

## 鉄鋼プラント用制御モデル支援解析システム

下田直樹・若宮宣範・鶴田 誠・久保直博・嶋田 淳

三菱電機技報 Vol.70・No.10・p.33~37 (1996)

鉄鋼プラント用制御モデルの制御不良診断、設備異常検知を目的とした解析支援システムを構築した。このシステムは、オンライン計算機と、ネットワーク接続されたオフラインコンピュータで構成され、オンライン側で短周期にサンプリング収集した大容量データをネットワーク転送して、データベースとしている。グラフィック分析ツールとオフラインシミュレータ機能によって、制御精度不良が起きたときに、その原因追究と分析解析とを高速かつ効率的に行うことが可能となった。

## プロセスライン用電機品

高柳誠治・浜田茂治・矢野健太郎

三菱電機技報 Vol.70・No.10・p.11~14 (1996)

鋼板に酸洗、焼鈍、めっき、塗装等の処理を行うプロセスラインにおいては、設備の大型化・高速化が進み、その電機品も大規模なシステムを構成するようになってきた。また、制御機能の高度化・省エネルギー対策も重要な課題となっている。

本稿では、最近のプロセスライン用電機品の特長と、既設プラントの新鋭化工事の概要を紹介する。

## 鉄鋼プラント用溶接機と誘導加熱装置

宮田淳二・井上秋雄・大崎嘉彦・江口俊信・袖野恵嗣

三菱電機技報 Vol.70・No.10・p.38~43 (1996)

最近の鉄鋼プロセスラインに使用されるシヤー内蔵形フラッシュ溶接機、母材板厚に近い溶接部が得られるマッシュシーム溶接機、特殊鋼の溶接に威力を発揮するレーザービーム溶接機の技術について紹介する。

また、鋼管用誘導加熱装置の適用事例を紹介するとともに、誘導加熱装置の開発・設計に電磁界・熱解析を有効に活用した事例を紹介する。

## 鉄鋼プラント用可変速ドライブシステム

小山正人・左野祐二・琴野英徳・芹川一郎・榎 是也

三菱電機技報 Vol.70・No.10・p.15~20 (1996)

GTO、IGBT等の大電力用素子の発展、及び電動機を含めたモータ制御技術の進歩により、圧延主機駆動から補機駆動まで電圧形インバータによる幅広いドライブシステムの構築が可能となっている。

ここでは、ドライブシステムとして、GTOインバータ、IGBTインバータ、圧延主機用電動機、補機用電動機に関して紹介する。

## 鉄鋼プラント用センサ

植木勝也・杉山昌之・田中洋次・高嶋和夫

三菱電機技報 Vol.70・No.10・p.44~49 (1996)

厚板圧延ラインにおける各種形状センサについて、鋼板搬送時の振動外乱を除去する微分処理及び形状復元アルゴリズムを開発した。この手法を要素技術として、平たん(坦)度計、クロップ形状計、キャンパ計等の安定した走間計測を実現した。

また、ハイブリッド探触子の開発により、直交する2方向のロール表面傷を高精度に検出するロール表面傷超音波探傷装置を実現した。

## 鉄鋼プラント制御用計算機システム

瀬名一生・中川 要・平塚紀嘉

三菱電機技報 Vol.70・No.10・p.21~28 (1996)

オープン化・ライトサイジング化指向の中、鉄鋼プラント向け制御用計算機システムもその潮流の中にある。本稿では、その技術動向、システム構築のコンセプトを述べる。リアルタイム性と高信頼性を確保し、かつオープン性を兼ね備えた産業用計算機MR3000シリーズの特長、実際のシステム構成例を紹介する。併せて、汎用EWSのシステム適用の留意点、課題、システム構成例を述べ、今後のシステム動向を展望する。

## 日本貨物鉄道(株)納めEF210形式直流電気機関車

桑村勝美・東村充章・坂根正道

三菱電機技報 Vol.70・No.10・p.50~55 (1996)

日本貨物鉄道(株)(JR貨物)では、直流平坦線における主力機であるEF65形式の後継機として、東海道線の1,300t列車けん引を可能とする直流機関車(EF210形式)を開発中である。

この機関車は、交流電動機を多軸駆動する直交変換インバータ制御方式とし、新造価格の低減と保守の簡易化を追求するとともに、運転状態や故障時の応急処置表示及び機器检修のバックアップ機能等を備えたモニタ装置を装備している。

# Abstracts

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 70, No. 10, pp. 29~32 (1996)

## A Control System for Steel Mills

by Mitsunori Hirayama, Yuji Takahashi, Nobuchika Furusawa & Hiroaki Higata

The authors introduce MELPLAC750, a integrated control system for steel production facilities. The system consists of a dataway with a common process I/O database for the process computers, plant controllers and man-machine interfacing.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 70, No. 10, pp. 2~6 (1996)

## The Present and Future Prospects of Electrical Equipment for Steel Mills

by Shuhei Niino & Keiichi Miura

Recent electrical equipment for steel mills is characterized by control systems incorporating high-speed, high-performance, advanced networks, computers, controllers and man-machine interfacing (MMI). The implementation of precision sensors and advanced control technologies has yielded unmanned operations and a comprehensive, integrated real-time electronics, instrumentation and computers (EIC) monitoring and control environment and improved product quality. Drive systems are moving toward GTO thyristor inverter-based AC drive technology that offers rapid response, low maintenance and clean power supplies with a power factor of 1; thus generating less reactive power and smaller high-order harmonic currents.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 70, No. 10, pp. 33~37 (1996)

## Control Model Analysis Support System for Steel Mills

by Naoki Shimoda, Yoshinori Wakamiya, Makoto Tsuruda, Naohiro Kubo & Atsushi Shigita

The authors have developed an analysis support system for steel mills aimed at supporting the diagnosis of insufficient tuning and facility malfunction detection in control models. The system consists of an online computer and an offline computer linked by a network. Data sampled at short intervals by the online computer is transferred to a database over the network. The use of graphic analysis and offline simulation tools support rapid and efficient analysis of insufficient precision and the underlying causes.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 70, No. 10, pp. 7~10 (1996)

## Advanced Electrical Systems for Hot-Rolling Mills

by Yasuto Iseki, Fumio Yoshida, Noriya Yamanaka & Kazunobu Takami

Mitsubishi Electric has developed advanced new products for large-scale, high-precision control systems of hot-rolling mills. The drive system for the main AC traction motors is implemented as a GTO thyristor inverter employing 6-inch diameter GTO thyristors, which are the world's largest. Data for the system is transported over the high-speed large-capacity MDWS-600S1 backbone. Control functions are managed by the MELPLAC 750 controller via the integrated OPS 750 man-machine interface for electronics, instrumentation and computers (EIC).

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 70, No. 10, pp. 38~43 (1996)

## A Welding Machine and Induction Heater for Steel Mills

by Junji Miyata, Akio Inoue, Yoshihiko Osaki, Toshinobu Eguchi & Keiji Sodeno

This article introduces a flash welder with a shear, a mash seam welder that provides a thickness nearly the same as the original material and a laser beam welder that is effective in welding special steels. An induction heater for steel pipe is also introduced along with the electromagnetic field analysis and thermal analysis techniques used to design the heater.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 70, No. 10, pp. 11~14 (1996)

## Advanced Electrical Systems for Processing Lines

by Seiji Takayanagi, Shigeharu Hamada & Kentaro Yano

The increasing scale and speed of processing lines for the acid-washing, annealing, plating and painting of steel plate requires larger and more sophisticated electrical systems that provide improved control performance and lower energy consumption. This article introduces the features of recent products for processing lines and describes retrofitting existing plants with advanced systems based on these products.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 70, No. 10, pp. 44~49 (1996)

## Sensors for Steel Mills

by Katsuya Ueki, Masayuki Sugiyama, Hiroji Tanaka & Kazuo Takashima

The authors have developed sensor systems to measure the shape of steel plate being formed on a rolling line. The differential processing technologies used in the sensor systems efficiently reduce the vibration noise during steel plate transport. These technologies are applied to implement stable measurement of flatness as well as crop and camber profiles of the steel plate. The development of hybrid ultrasonic sensors with sensing elements in two orthogonal directions has made it possible to inspect roll surface defects with accuracy.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 70, No. 10, pp. 15~20 (1996)

## Motor-Drive Systems for Steel Mills

by Masato Koyama, Yuji Sano, Hidenori Kotono, Ichiro Serikawa & Yoshinari Maki

Development of GTO thyristors, IGBTs and other power devices as well as advances in electric-motor control technologies have made it possible to configure a wide variety of voltage-controlled inverter drive systems for application in rolling-mill drives and auxiliary motor drives. This article introduces the application of GTO thyristors and IGBTs to rolling-mill drives and auxiliary motor drives.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 70, No. 10, pp. 50~55 (1996)

## AN EF210 Traction System DC Locomotive for Japan Freight Railway Corporation

by Katsumi Kuwamura, Mitsuki Higashimura & Masamichi Sakane

For the Tokaido Line of the Japan Freight Railway Corporation, Mitsubishi Electric has developed a new DC locomotive for the EF210 traction system which is capable of pulling a 1,300t train. The locomotive is a successor to locomotives based on the EF65 traction system and is intended for DC rail lines running on flat terrain. The locomotive features an inverter control system that is capable of multi-axle AC motor drive, a lower cost structure for new production, simplified maintenance, and a monitor unit which provides status monitoring, fault response display (including guidance to the train operator) and backup functions to support inspections.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 70, No. 10, pp. 21~28 (1996)

## A Computer System for Steel Mill Control Applications

by Kazuo Sena, Kaname Nakagawa & Noriyoshi Hiratsuka

Computers for steel mill control applications are undergoing "right-sizing" and a transition to open hardware and software systems. This article reports on technology trends and new system configuration concepts in this area. The Mitsubishi MR3000 Series computer systems combine the benefits of open architecture with enhanced reliability and realtime performance. Several application examples are introduced. The article also touches on system configuration issues using general-purpose workstations and future trends.

## アブストラクト

<p><b>apricot NET&lt;ATM-LAN&gt;</b>          坂上 勉・塚本祐司・越野真行・東方敦司          三菱電機技報 Vol.70・No.10・p.56～60 (1996)</p> <p>クライアント／サーバ システムが多くの企業に普及し、この中で、マルチメディア情報処理ニーズが高まり始めている。</p> <p>今回、Windows NTをサーバOSとしたクライアント／サーバ システムに適用できる、マルチメディア情報伝送に最適なATM-LANを低価格で構築可能とするapricot NET&lt;ATM-LAN&gt;を開発し製品化したので、その技術内容について述べる。</p>	<p><b>DVD用ツインレンズ光ピックアップ</b>          中村恵司・矢部実透・佐藤拓磨・渡辺教弘・平井伸明          三菱電機技報 Vol.70・No.10・p.71～75 (1996)</p> <p>一つの光ピックアップでDVD(Digital Video Disk)と従来のCD(Compact Disk)が再生可能なツインレンズ光ピックアップを開発した。当社が独自に開発した軸しゅう(摺)動回転方式の対物レンズアクチュエータを進展させ、DVD用とCD用の二つの対物レンズを一つのレンズホルダに搭載し、ディスクの種類に応じて選択して使用することにより、DVDとCDのそれぞれに最適な光スポットを形成し、互換再生を可能にした。</p>
<p><b>インターネットEDI</b>          赤星 徹・渡辺 靖・黒田淳司・地引尚史          三菱電機技報 Vol.70・No.10・p.61～65 (1996)</p> <p>商取引業務の電子化(Electronic Data Interchange: EDI)は、CII(Center for the Informatization of Industry)によるビジネスプロトコルの標準化を背景に、需要が伸びつつある。“EDIFOAS”は、普及の目覚ましいインターネットを利用し、TCP/IP(FTP)をベースにしてEDIを実現する製品群である。本稿では、インターネット上でのEDIシステム構築方針を示し、それを実現するEDIFOASの機能を紹介する。また、インターネットのセキュリティの課題にも言及する。</p>	<p><b>CALS対応SGML文書管理技術</b>          鈴木克志・今村 誠・藤井洋一・森口 修・丸田裕三          三菱電機技報 Vol.70・No.10・p.76～81 (1996)</p> <p>CALS(Commerce At Light Speed)において標準の構造化文書形式SGML(Standard Generalized Markup Language)を対象とした文書管理システムを試作した。既存紙文書からのSGML文書作成支援技術とSGML文書の全文検索技術により、大量のSGML文書登録とネットワークを介した文書交換や文書検索が可能になった。この結果、文書管理システムの用途を従来の局所的ファイリングから統合的情報管理へ拡大するための技術が確立された。</p>
<p><b>三菱ネットワークセキュリティ暗号装置          “MELWALL3000シリーズ”</b>          横山幸雄・青木 尚・後沢 忍・大越丈弘          三菱電機技報 Vol.70・No.10・p.66～70 (1996)</p> <p>インターネット及びイントラネットで安全な通信を行うための暗号装置“MELWALL3000シリーズ”を開発した。独自暗号アルゴリズムを実装した暗号LSIを搭載することで、高速暗号処理を実現した。また、高度なプロトコル制御により、安全性と使い勝手の両立、及び既存の端末設定や中継機器に影響を与えない高い透過性を実現している。</p>	

# Abstracts

**Mitsubishi Denki Giho: Vol. 70, No. 10, pp. 71~75 (1996)**

## **A Twin-Lens Optical Pickup for DVD Applications**

**by Keiji Nakamura, Mitoru Yabe, Takuma Sato, Norihiro Watanabe & Nobuaki Hirai**

Mitsubishi Electric has developed a twin-lens optical pickup capable of reading digital video disks as well as conventional compact disks. An original object lens actuator selects the appropriate lens for the type of disk in use by moving a holder containing both DVD and CD object lenses. The system forms an ideal laser spot for both systems, achieving dual compatibility.

**Mitsubishi Denki Giho: Vol. 70, No. 10, pp. 56~60 (1996)**

## **apricot NET: An Asynchronous Transfer Mode LAN**

**by Tsutomu Sakagami, Yuji Tsukamoto, Masayuki Koshino & Atsushi Toho**

Modern client-server systems for large enterprises need to satisfy requirements for multimedia information processing. This article introduces apricot NET, an inexpensive ATM LAN optimized for multimedia data transmission from WindowsNT based servers.

**Mitsubishi Denki Giho: Vol. 70, No. 10, pp. 76~81 (1996)**

## **SGML Document Management Technologies for CALS**

**by Katsushi Suzuki, Makoto Imamura, Yoichi Fujii, Osamu Moriguchi & Yuzo Maruta**

The authors report on a prototype document management system that implements the standard generalized markup language (SGML) protocol for commerce at light speed (CALS) applications. Integration of technology to support conversion from conventional paper documents to SGML documents and technology to search SGML databases have made it possible to archive large SGML document databases and exchange documents or perform searches via networks. Such systems promise to transform document filing applications from geographically localized systems to part of the larger enterprise information infrastructure.

**Mitsubishi Denki Giho: Vol. 70, No. 10, pp. 61~65 (1996)**

## **An EDI for the Internet**

**by Toru Akaboshi, Yasushi Watanabe, Junji Kuroda & Hisashi Jibiki**

Demand for electronic data interchange (EDI) based commercial transactions is growing now that business transaction messaging protocols have been established by the Japanese Center for the Informatization of Industry (CII). Developed by Mitsubishi Electric, EDIFOAS is a group of EDI products for Internet use based on TCP/IP and FTP protocols. This article reports on directions in Internet-based EDI systems and introduces the functions of the Mitsubishi EDIFOAS products. Internet security issues are also discussed.

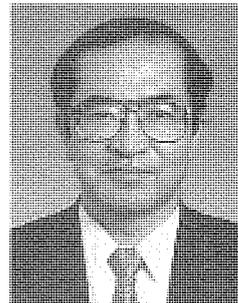
**Mitsubishi Denki Giho: Vol. 70, No. 10, pp. 66~70 (1996)**

## **The MELWALL 3000 Series Network Security System**

**by Yukio Yokoyama, Takashi Aoki, Shinobu Ushirozawa & Takehiro Okoshi**

Mitsubishi Electric has developed MELWALL 3000 Series firewalls to ensure the confidentiality of Internet use and intranet information systems. The equipment features a custom LSI that implements a proprietary encryption algorithm for rapid security processing. Advanced protocol control realizes both safety and ease of use in a highly transparent system that does not affect the settings of existing terminals or network equipment.

## 鉄鋼プラント技術はこれから花開く



東京大学  
生産技術研究所

教授 原島文雄

本年4月、韓国の新鋭鉄鋼プラントを見る機会があった。目を見張るような大規模な自動化工場であり、素人の私からみてもやや古くなった(?)日本の製鉄プラントに比べて圧倒される思いであった。韓国が日本の最も重要な友人としてみますます発展を続けていることは誠に喜ばしいことである。もう一つ驚いたことは、この工場の主要な技術者たちがすべて流ちょう(暢)な日本語をしゃべることである。理由を聞くと、圧延関係の主要設備はすべて日本からの輸入(この場合はM社)であり、その交渉のため日本語は必ず(須)とのことである。ご存じのように韓国の高級技術者の大部分はアメリカで教育を受けた人たちであり、かれらが日本語から勉強を始めて新鋭のプラントを建設した熱意にうたれるとともに、日本の技術者の英語べたを上回って日本の技術が高く評価されていることに感心した。

マルチメディアの時代を迎えて、製鉄業は日本においては必ずしも成長産業ではない。しかしながら、“鉄”は人類にとって最も基本的な材料であることは未来永劫間違いない。この最も重要な材料の製造技術において日本がこれからも従来どおり世界のリーダーであり続け、これを全世界に供給し続けることが、鉄鋼プラント技術の将来の一つ

の鍵であろう。

製鉄技術には更に大きな可能性がある。

製鉄業は、材料技術、機械加工技術、熱流体技術から始まってパワーエレクトロニクス、コンピュータコントロール、工場内LAN、可変速駆動、センサ技術、製造管理、品質管理などほとんどすべての技術分野において、素晴らしい貢献をしてきた。これらの技術がひとり製鉄業の中にとどまっていたは宝の持ち腐れである。製鉄業が最近半導体業界において成功しつつあるのは、一つの発展の形であろう。鉄鋼プラント技術は多くの技術分野を包含した総合技術である。鉄鋼プラント技術が真に人類の文化の発展に寄与するのはむしろこれからではないかと思われる。

科学技術は、人類が20世紀後半に創造した最高の文化である。21世紀がどのような社会になるかは私にとって定かではないが、我々が創りあげた科学技術を基礎として更に創造的な文化を発展させることは間違いない。鉄鋼プラント技術がその中核となることに最大の努力をばらうことは誠に夢のあることである。

鉄鋼プラント技術が、これからますます花開くことを願ってやまない。

# 鉄鋼プラント用電機品の現状と展望

新野修平\*  
三浦敬一\*\*

## 1. ま え が き

鉄鋼のプラントは、新技術の開発・発展において常に産業界の先導的役割を果たしてきた。近年は、海外各国における新鋭製鉄プラントの積極的建設及び品質・価格競争のグローバル化に伴い、新技術導入による絶え間ない製品品質向上とコスト競争力強化がなお一層求められている。

製造プロセスにおいては、溶鋼から熱延鋼板を直接製造するストリップ連続鑄造技術や、熱間圧延プロセスにおいて圧延材同士を接合し連続圧延するエンドレス圧延技術など、世界初の新技術が実用化段階に至っている。省人・省エネルギー・歩留り向上による生産コスト低減、ミニミルやインラインストリッププロセス (ISP) による設備コンパクト化、鉄鋼設備 CALS 研究によるエンジニアリングと調達コスト低減などの技術適用・展開も積極的に進められている。

鉄鋼プラント用電機品は、このような鉄鋼プラントにおいて、プラント状態を監視・検出し、プラントを制御し、プラントを駆動することにより、新技術の具現化と製品品質の向上を図る中心的役割を担っている。

最近の鉄鋼プラント用電機品の特長として、①高速・高機能かつ協調性が高いネットワーク・計算機・コントローラ・MMI (マン マシン インタフェース) の制御システムと、高機能・高精度センサ及び高度制御技術の適用による操作無人化、リアルタイム EIC (電気・計装・計算機) 統合監視・操作環境の提供と製品品質向上、②プラント運転方案とプログラムを完全一体化した高機能エンジニアリングツールによる操業・保守環境の革新的改善、③ドライブシステムに GTO インバータ交流ドライブシステムを適用し、高速応答でメンテナンスフリーなドライブシステム及び電源力率が1で高調波が少なく環境にやさしいクリーン電源の実現などがある。

本稿では、鉄鋼プラントの高度化に貢献する電機品の現状と今後の動向について概況を述べる。

## 2. 高度化を推進するアドバンスト制御

鉄鋼プラントでは、板厚・板幅・温度・形状などの製品品質精度向上、スキルフリー、サイズフリー、スケジュールフリー、高度自動化、無人化などの操業高度化が絶え間なく求められている。アドバンスト制御は、圧延理論・制御理論に基づいてプロセス現象を数式モデル化し、これをリアルタイ

ムに制御し、上記高度化に大きく貢献している。

アドバンスト制御は、鉄鋼プラントへの計算機自動制御の導入とともに実用化され、絶え間なく発展を続けてきた。最近の傾向としては、AI、ニューラルネットワーク、遺伝的アルゴリズム、ファジーなどの応用的制御技術を古典的理論では数式モデル化が困難であった分野に導入したり、従来の数式モデルと協調制御化して、制御精度向上や高度自動化を実現している。また、制御ゲイン・パラメータ同定など最適オートチューニング機能や、プロセスメタラジも大きく進展してきた (表1, 図1)。

今後更に品質精度向上及び高度自動化のニーズにこたえていくには、安定的な定常部での制御性能向上に加えて、先端部や速度変化・温度変化などが大きい非定常部にも対応した木目細かい制御へと発展していくことが不可欠である。このためには以下の項目が重要となつてこよう。

### (1) 制御モデルの高度化

先端非定常部の制御は、数式モデルを使ったフィードフォワード予測制御でいかに精度良く先端部プロセス現象を予測できるかに左右される。制御モデルを実際のプロセス現象により一層近づける高精度化のためには、ニューラルネットによる学習制御の適用など、制御モデルの高度化が重要である。

### (2) 非定常状態での制御性能向上

速度変動などの操業状態変化や温度変動などの鋼板特性変化にも、高速・高精度で追従できるフィードフォワードとフィードバックを併せた総合的制御の高度化が重要である。高速・大容量化する計算機性能の進歩を背景に、サンプリングデータを一括収集し、先端部・速度変化部・温度変化部など非定常部も含めた解析から、非定常部における制御性能を向上させることが必要である。また有限要素法 (FEM) など数値解析手法による三次元圧延解析を適用し、制御モデルを高度化することも重要である。

## 3. 高度化を実現する主幹制御システム

制御・操作・監視を具現化する主幹制御システムは、ワイヤードリレー回路とアナログ制御回路の構成から、分散形コントローラ、ネットワーク結合、CRTオペレーションの進歩に伴い、電気制御 (E)・計装制御 (I)・計算機制御 (C) を統合した EIC システムへと発展してきた。表2に制御システム機種の変遷を示す。

当社の鉄鋼用プラントコントローラ“MELPLAC”は、

業界に先駆けて開発したMELPLAC-50に端を発し、マルチCPU構成による柔軟な拡張性とネットワーク結合による分散化を特長としたMELPLAC-550を経て、さらに、高

速・大容量化、ソフトウェア生産性・保守性向上(図2)、EIC統合化を実現したEIコントローラMELPLAC-650/MELPLAC-750シリーズへと発展した。

表1. アドバンスト制御技術の変遷

西暦年 技術分野	1975	1980	1985	1990
板厚制御	ロール偏心制御	油圧圧下AGC	マスフローAGC ループ制御 ループレス制御	ループ非干渉多変数制御 絶対値AGC スタンド間板厚計
形状制御	形状設定制御		クラウン制御	エッジドロップ制御 形状フィードバック制御
板幅制御		粗AWC		サイジングプレス 仕上張力AWC
温度制御		加熱炉燃焼制御 巻取温度制御		
先端応用技術			加熱炉AI制御	熱延ループH <sub>0</sub> 制御 オートチューニング
制御技術の進歩	現代制御実用化 デジタルアドバンスト制御	多変数制御実用化	モデル予測制御	ニューロ制御 ファジー制御 プロセス監視故障診断システム

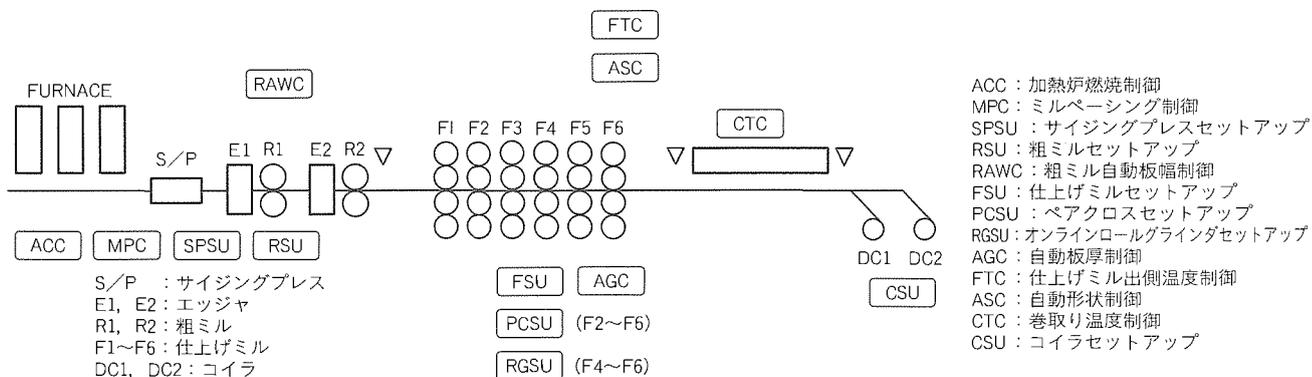


図1. 制御モデルの構成

表2. 三菱電機の鉄鋼制御システムの動向

	'77	'78	'79	'80	'81	'82	'83	'84	'85	'86	'87	'88	'89	'90	'91	'92	'93	'94	'95	'96	'97	'98	'99
Computer (Level 2)																							
MMI																							
Data-Way																							
PLC (Level 1)																							

情報制御領域では、当社独自のリアルタイム OS を搭載した M50/M60 シリーズに続き、高信頼リアルタイム

UNIX を搭載した最先端マシン MR3000 シリーズを市場に出した (図 3)。また、MMI 領域では、タッチオペレーションによって操作の電子化を促進した

OPS 60 に続き、EIC 統合情報監視制御、多機能インテリジェントマルチウィンドウ、大容量トレンド機能など、アメニティとイージオペレーションを徹底追求した OPS 650、OPS 750 を製品化した。

主幹制御システムの基幹ネットワークは、高速・大容量リアルタイム制御ネットワークとして MDWS 500 シリーズ/MDWS 600 S2 を開発し、さらに高速・大容量化と MMI の直接接続による大規模 EIC 統合システムを実現した MDWS 600 S1 へと発展した (図 4)。

さらに、近年の情報 LAN の進歩によって情報のオープン化のニーズが高まっており、MELPLAC-750 では TCP/IP 通信カードを開発した。また、計装分野では、フィールドネットワークの標準化が検討され、当社もフィールドバスメンバとして参画している。

今後、鉄鋼用基幹ネットワークにおいても、音声情報と画像情報が制御情報と統合的に処理され、オペレータへのリアルタイム/マルチメディア統合情報の提

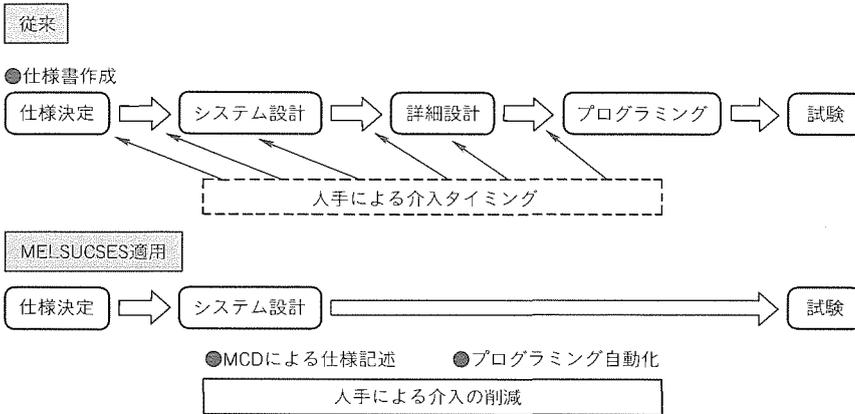


図 2. ソフトウェア生産フロー

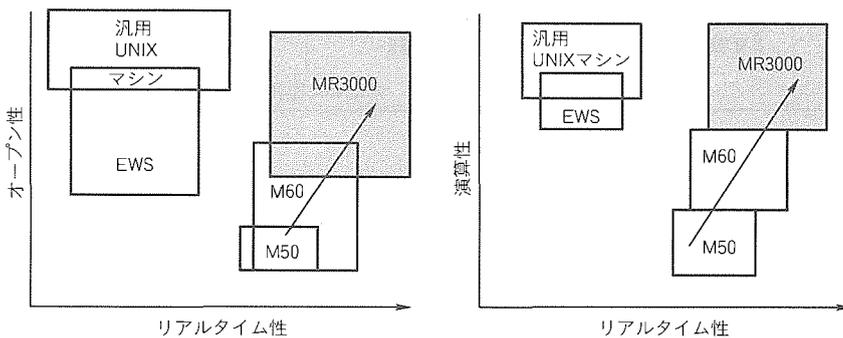


図 3. 高速大容量リアルタイムマシンの位置付け

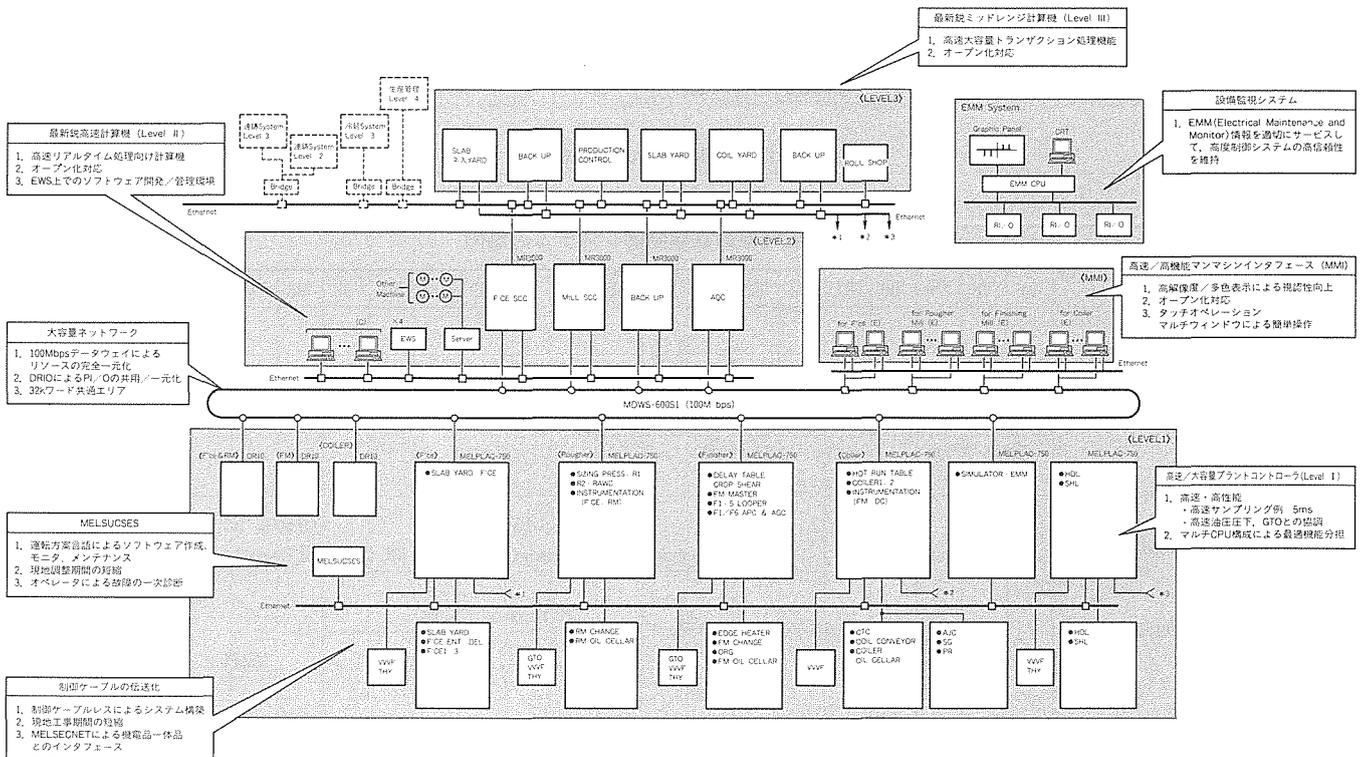


図 4. HOT STRIP MILL 制御システムの構成

供、遠隔地スタッフやエンジニアへの豊富な情報提供サービス等、情報制御システムとしての革新的発展が期待される。

#### 4. インテリジェント オンラインセンサ

センサは制御情報源や監視・管理情報源としてプラント運転上不可欠であり、今日それはプラントの運転助動的な検出・計測技術にとどまらず、圧延制御の高度化に伴い、制御モデルの構成要素として、よりインテリジェントなオンラインセンシングが要求されている。

センサを構成する検出デバイスは、1970年代以降固体化(半導体化)を始めとして高感度・高密度化を急速に実現し、それを支えてきた半導体技術の進歩は、同時に画像処理等の演算処理能力を飛躍的に高めてきた。これらを背景にして、今日のセンサ技術は、圧延鋼板の二次元的・三次元的形状や内部欠陥等のオンラインセンシングを可能にし、鉄鋼プラントにおける品質管理の自動化や圧延制御の高度化を加速する

要素技術としてますます重要性を増しつつある。

また、これからのプラントの高効率化は、制御対象の多様化や情報のマルチメディア化をベースに、より高度なセンサ技術を統合した多面的なシステム構築へと発展していくであろう。

#### 5. 高度化を支えるドライブシステム

鉄鋼プラントの駆動端として、ドライブシステムの制御応答性向上が、プラント制御性能及び製品品質向上に大切な役割を果たしている。

表3に、可変速駆動装置の歴史と将来動向を示す。可変速駆動装置の歴史はM-G方式による直流電動機の駆動に始まるが、最近では、GTO (Gate Turn Off Thyristor) や IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) などのインバータ主回路素子の進歩、及び交流電動機ベクトル制御技術の高性能化により、電圧型インバータによる交流可変速駆動

表3. 可変速駆動装置の歴史と将来動向

	1960年	1970年	1980年	1990年	2000年
制御装置	M-G	サイリスタレオナード	サイクロコンバータ トランジスタインバータ	GTO, IGBTインバータ	
電動機	直流電動機	直流電動機	誘導電動機 同期電動機	誘導電動機 同期電動機	

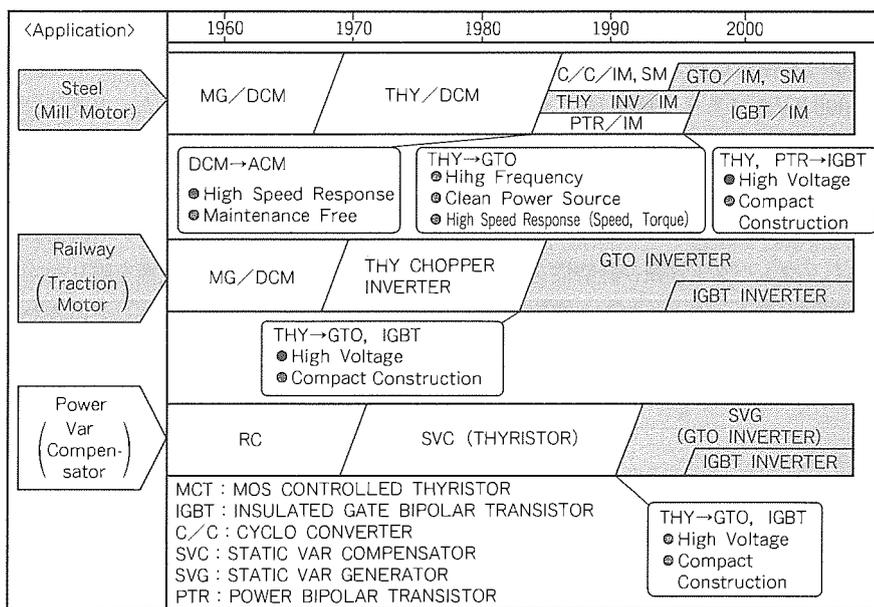


図5. 電力変換装置の歴史と将来

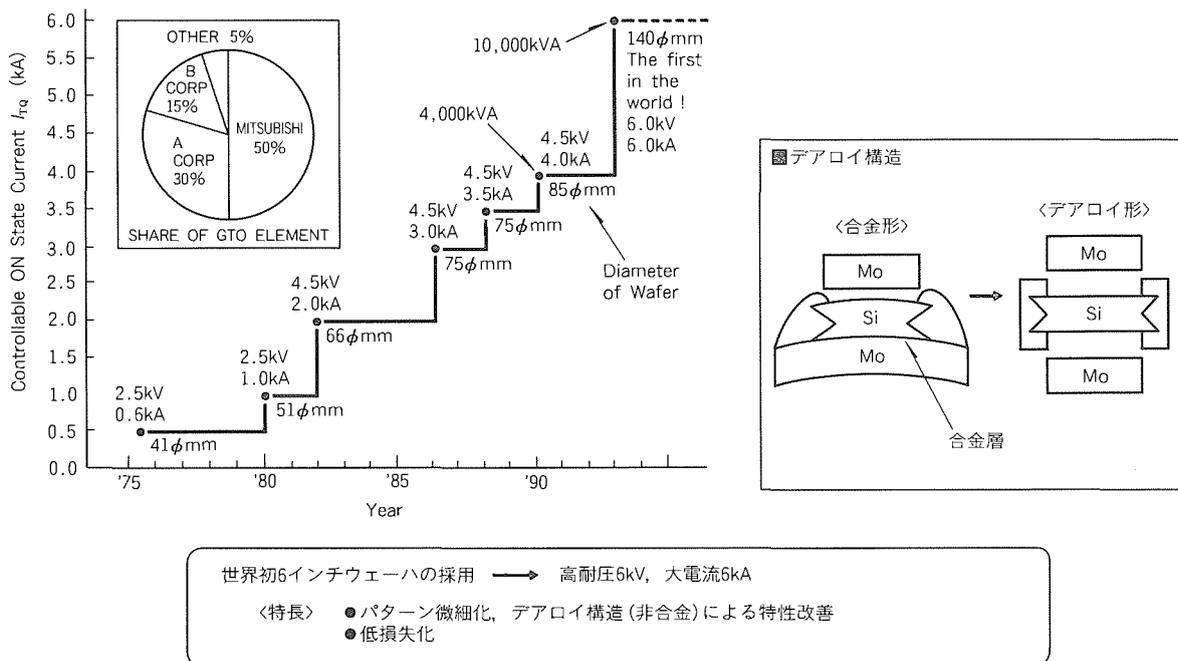


図 6. GTO素子の高耐圧大容量化の変遷

装置がドライブ装置の主流となっている。

大型主機ドライブシステムは、GTOインバータ+同期電動機による可変速駆動システムが主流となっており、同期電動機採用によるシステム効率向上及びGTOインバータによる制御性能向上を行っている。また、3レベルGTOコンバータの採用により、高調波と無効電力を低減し、クリーン電源化と装置コンパクト化を実現している。特に、世界最大の6インチGTO素子を適用した大容量GTOインバータシステムは、単機最大容量15,000kVAであり、熱延(粗,仕上げ),厚板ミルを始め大型主機ドライブシステムへの全面的適用を実現している。

中・小型補機ドライブシステムは、IGBTを使用したインバータ+誘導電動機で構成し、コンパクト性及び経済性を向上している。また、モータ制御方式にベクトル制御を採用し、高いトルク制御応答及び速度制御応答を実現している(図5, 図6)。

今後は、3.3kV IGBTなど高圧IGBTの出現により、IGBTの適用域が拡大されていくであろう。

## 6. む す び

鉄鋼プラント製品の一層の高品質化、製造プロセスの革新、生産の効率化に合わせ、鉄鋼プラント用電機品は更に高性能化・高機能化・コンパクト化が進んでいく。

この特集では、鉄鋼プラントの高度化を支える電機品の中でも特に、制御システム、ドライブシステム、高機能センサ、溶接機と誘導加熱装置について紹介する。

総合電機メーカーである当社の幅広い製品と技術を総結集して、パワーエレクトロニクス技術、マイクロエレクトロニクス技術と先進的制御技術を限りなく発展させ、鉄鋼プラントのますますの発展に貢献していきたい。

これからも関係各位の御指導、御協力をお願いする次第である。

# 熱間圧延プラント用電機品

井関康人\* 高見和伸\*  
吉田二三男\*  
山中宣也\*

## 1. ま え が き

熱間圧延プラントは、製鉄所における生産ラインの中核であり、最重要設備の一つである。大規模かつ高度な圧延設備と制御システムで構成されており、鉄鋼プラント技術の集大成の一つである。

三菱電機(株)では熱間圧延プラントの新設及び既設の新鋭化を数多く成し遂げ、順調な立上げに関係者の多大な評価を得ている。

以下に、最近の熱間圧延プラント用電機品の特長と、既設プラント新鋭化工事の概要を紹介する。

## 2. 駆動システム

最近の熱間・厚板圧延プラントに適用した特徴的な駆動システムの実績を以下に紹介する。

### (1) 世界最大6インチ GTOインバータの適用

- (a) AC 5,800 kW, 40/80 r/min (1995年稼働)  
日本国内某社厚板粗ミル
- (b) AC 6,000 kW, 75/130 r/min (1996年稼働)  
日本国内某社 Hot粗ミル

- (c) AC 6,000 kW, 35/80 r/min (1996年稼働)  
韓国 POSCO (浦項) No.2 Hot粗ミル
- (d) その他、下記プラントの主機ドライブに採用  
中国宝山鋼鉄 No.2 Hot (1996年稼働)  
韓国 POSCO (光陽) No.1 薄スラブ Hot (1996年稼働)  
韓国 HANBO STEEL No.2 Hot (1996年稼働)  
韓国 POSCO (浦項) No.1 Hot (1997年稼働予定)  
韓国 POSCO (浦項) No.3 厚板 (1997年稼働予定)  
ほか

### (2) 全ドライブ AC化 (主機 GTO)

- (a) 中国宝山鋼鉄 No.2 Hot
- (b) 韓国 POSCO (光陽) No.1 薄スラブ Hot
- (c) 韓国 HANBO STEEL No.2 Hot

## 3. 制御システム

### 3.1 制御システム構成

最新の熱間圧延プラントの制御システム構成例を図1に示

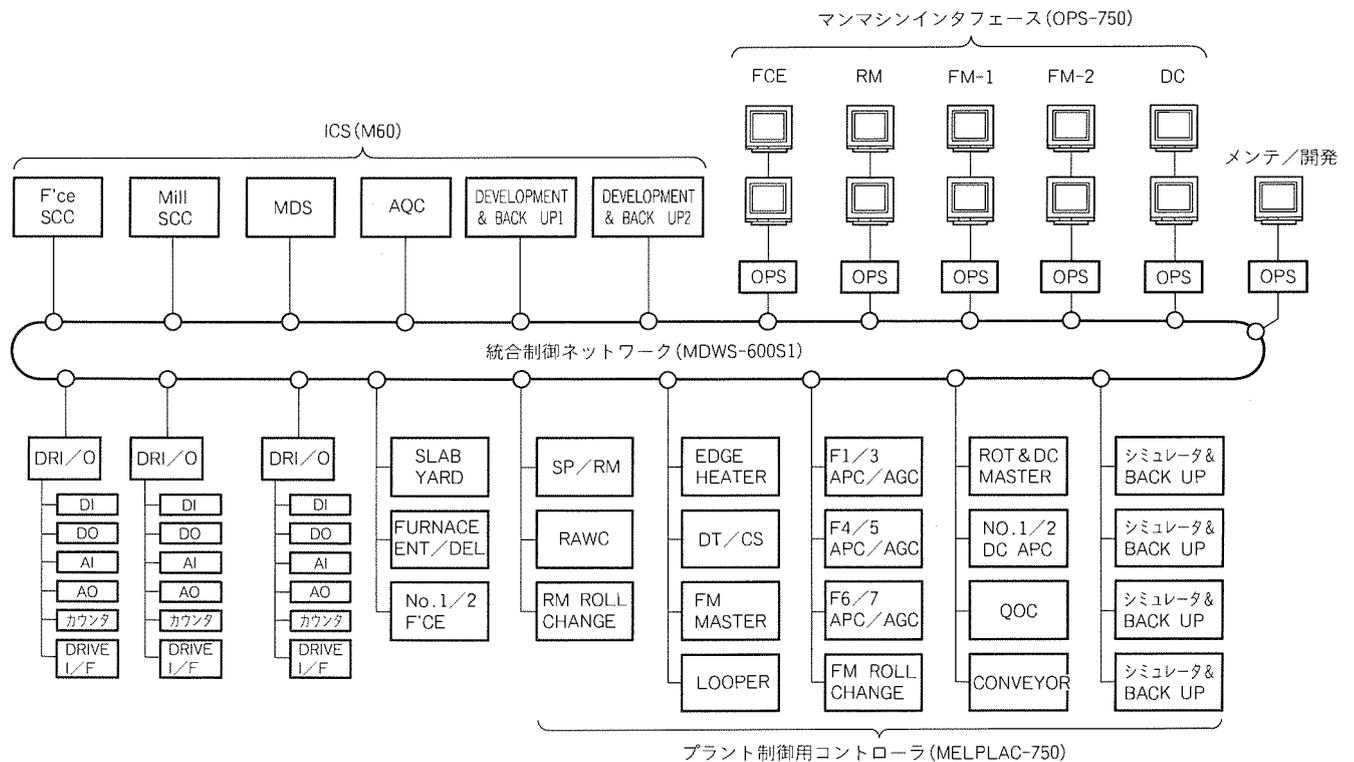


図1. 制御システムの構成

す。

このシステムは、プロセス制御用計算機 (ICS)、コントローラ (PLC)、マンマシンインタフェース (MMI)、データウェイリモート I/O (DRI/O)、及びそれらを結合する統合制御ネットワークなどで構成されている。

制御システムの特長を以下に紹介する。

- (1) 高速・大容量 (100 Mbps, 32kワード) 統合制御ネットワークにより、従来分かれていた ICS データウェイと DDC データウェイ及び監視用データウェイを統合している。これにより、従来分かれていた ICS 用 MMI と DDC 用 MMI が統合できるほか、情報の共有が容易に行える。
- (2) センサ、バルブ、操作器具、ドライブ等すべてのプロセス信号は、統合制御ネットワークに直接結合されたデータウェイリモート I/O (DRI/O) から入出力される。これにより、プロセス信号の共有、コントローラのバックアップが容易に行える。
- (3) 従来分かれていた ICS 用 MMI と DDC 用 MMI の統合により、統合化オペレーションを実現している。さらに、CRT タッチオペレーションの採用によって操作盤をコンパクト化し、オペレータの少数化を実現している。

### 3.2 プラント制御用コントローラ

#### 3.2.1 MELPLAC-750の特長

鉄鋼プラント制御のうち、熱延設備の制御は制御規模と制御性能において他のプロセス制御に比べて格段に高度なものを要求される。このような熱延設備の制御に適した制御システムを提供するため、前述の情報制御基本システムをベースに、新プラント制御用コントローラシステムを開発した。以下に、MELPLAC 750 システムの特長を紹介する。

- (1) 高速・大容量化による制御能力向上
  - 高速 RISC プロセッサ、専用演算プロセッサの採用 (ビット演算 0.2 μs)
  - メモリの大容量化 (プログラムメモリ 64k ステップ、データメモリ 128k ワード)
- (2) 集積度アップによる半導体部品点数の削減、カード枚数削減 (これに伴う接続部位の削減) による信頼性の向上
  - 従来機種 MELPLAC 550 と比較して、CPU ユニット数 1/5、CPU ユニット内カード枚数 1/4 に削減 (4 CPU マルチ構成時)

#### 3.2.2 プロセス入出力 (PI/O) の共有データベース化

すべてのプロセス入出力信号をデータウェイリモート I/O (DRI/O) としてデータウェイ (MDWS-600 S1) に接続することにより、データウェイ上の共通の PI/O データベースとして各ステーションからアクセスすることができるため、以下の特長を持っている。

- (1) コントローラ 1: N バックアップシステムが容易に構築でき、システムのダウンタイム (MTTR) を短縮できる。

- (2) オンラインシミュレーションシステムの導入により、コントローラソフトウェアの開発が容易になり、開発期間も短縮できる。

### 3.3 データウェイシステム

高速・大容量の三菱統合制御ネットワークシステム MDWS-600 S1 により、従来分かれていた SSC データウェイと DDC データウェイ及び制御用データウェイと監視用データウェイを統合している。ネットワークの主な特長を以下に示す。

- (1) 大規模システムに対応
  - 最大 126 ステーション接続
- (2) 相手先ステーションアドレスを意識しない N: N 通信
  - 分散プロセッサ管理システムにより、送信先機能 No. を指定するだけで N: N 通信が可能
- (3) 大容量・高速サイクリック通信
  - 32k ワードの大容量サイクリックメモリ
  - 1.7 ms/k ワードの高速レスポンス
- (4) 高信頼性
  - 中央同期ステーションがなく、自立性の高い分散システム
  - 伝送路二重化構成

### 3.4 MMI

最近の熱間圧延プラントでは、設備が高度化・複雑化する一方で、生産効率の向上とオペレータの省力化への要求は厳しい。このため、高度な制御技術の導入によって自動化率の拡大を図るとともに、従来、複数の運転室、複数のオペレータに分散していた MMI を集中的に配置する、いわゆる運転室統合とワンマンオペレーション化によるオペレータ少数化へのニーズが高い。

このような熱間圧延プラントにおける MMI は、以下の考えを特長として構築している。

- (1) CRT タッチオペレーションを主体とし、画面の階層化、ウィンドウ化によって必要な監視・操作を簡単に行えるようにする (図 2)。
- (2) デスクは、緊急を要するもの (非常停止押しボタンなど)、迅速性を要求するもの (レベリングなど) に限定し、コンパクトにする。
- (3) 少数操業を実現する場合、一つの運転室におけるオペレータ人数を、立上げ当初は複数人とし、漸次ワンマンオペレーションに移行する。したがって、オペレータの少数化や作業担当変更に対して柔軟性を高くする必要がある。また、一つの CRT が故障しても、他の CRT で直ぐに操業が継続できなければならない。このため、一つの運転室に配置される複数台の CRT は、同一の表示・操作機能を持つものとし、任意の CRT において任意の表示・操作を行えるようにする。

## 4. 既設熱間圧延プラントの新鋭化

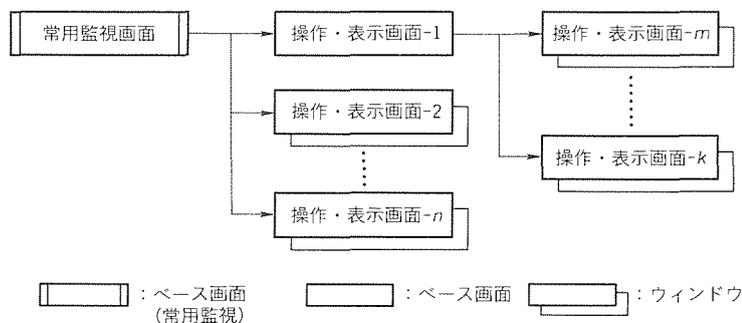
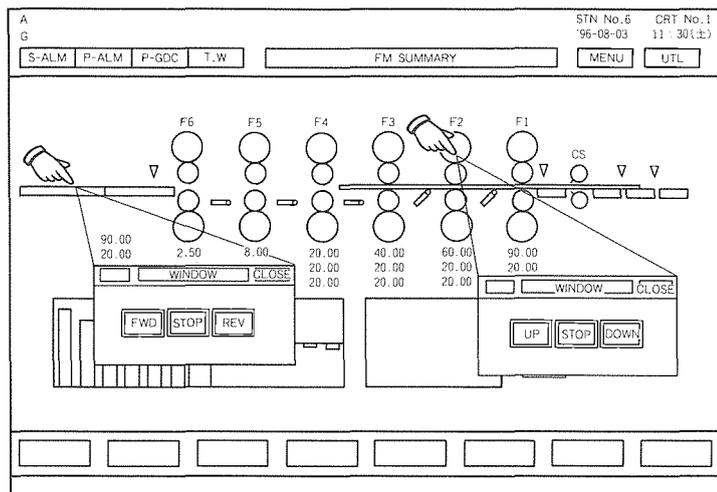


図 2. OPS画面の階層化, ウィンドウ化

圧延プラントは、最終製品の品質に対する自動車メーカや電機メーカなどのユーザからの厳しい要求にこたえるため、日々制御システムの改善が行われている。しかしながら、このような改善作業の積み重ねによってシステムの改善余地が少なくなった場合や、大規模な改善が必要となったときには、大規模な設備更新による新鋭化が必要となる。

熱間圧延プラントは製鉄所の生産設備の中核であるため、ライン停止は、上流・下流プラントに大きい影響を与える。設備の生産量を維持しつつ新鋭化工事を実施するため、定期的に行われている短期間のライン停止を複数回利用して順次改造する手法を採る。さらに、全体の休止期間を最短とし、かつそれぞれの休止期間後の立上げを円滑にすることを目的として、操業しながら新システムを調整できることを特長とする並行調整システムを構築する場合が多い。

以下に、熱間圧延プラントの新鋭化例を紹介する。

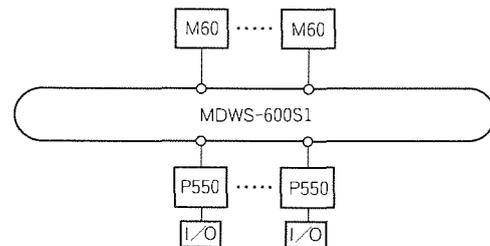
#### 4.1 新鋭化の概要

- (1) プラントコントローラの全面更新：MELPLAC-750
- (2) EIC統合MMI (OPS-750) によるCRTタッチオペレーションの導入と運転室操作盤のコンパクト化
- (3) 全PI/OのDRI/O化

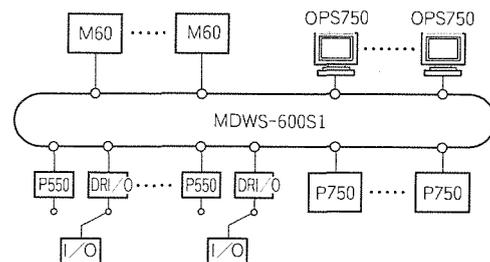
#### 4.2 システム更新方法

短期間で円滑に新旧システムを切り換えるために、以下の方法を用いた(図3)。

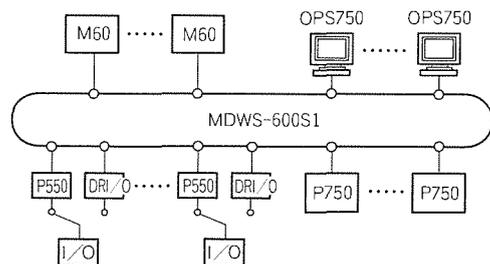
- (1) 既設PI/Oの流用



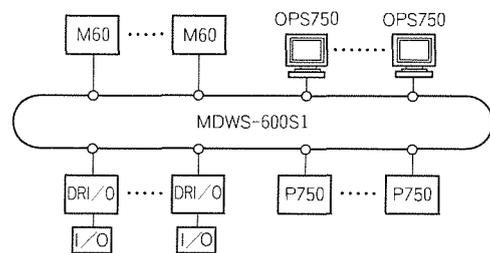
(a) 新鋭化前



(b) 過渡期(コールドランシミュレーション時)



(c) 過渡期(並行調整時)



(d) 新鋭化後

図 3. システム更新方法

既設MELPLACをDRI/O化することにより、既設PI/Oを流用し、ケーブル工事を最小限にした。

- (2) 既設ソフトウェアの流用

新設コントローラのソフトウェア(S/W)の製作には、既設コントローラのS/Wを新設コントローラのS/Wに自動変換するコンバータを用い、既設S/Wを最大限流用した。

- (3) コールドランシミュレーションの実施(図3(b))

定期的に行われる短いライン停止ごとに、新旧システムを切り換えてコールドランシミュレーションテストを行った。

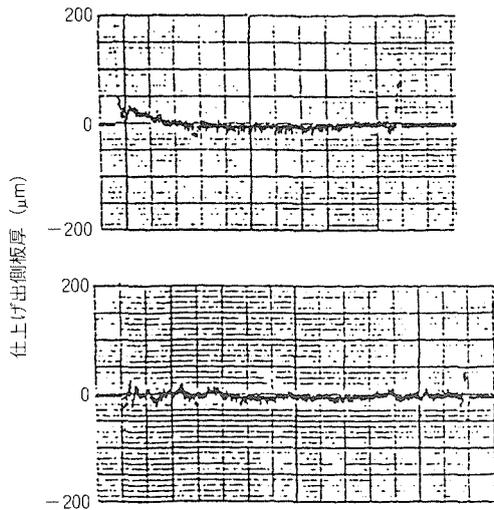


図4. 板厚計チャート例

切換え時間の短縮のため、既設 MELPLAC に DRI/O コントローラを組み込み、ワンタッチで切り換えられるようにした。

(4) プラントコントローラの並行調整の実施 (図3(c))

既設コントローラは、プラントの制御を行っている状態で、これらと並行に新設コントローラをデータウェイに接続して調整を行った。プロセス制御用計算機がコントローラに与える指令は、新設コントローラにも与えた。また、既設コントローラに入力される信号は、新設コントローラにも入力されるよう、既設のコントローラからデータウェイ経由でインタフェースした。

4.3 板厚精度向上

新鋭化においては、設備更新と同時に、制御機能のレベル

アップによる品質の向上を行うことが重要である。板厚精度は、熱間圧延プラントの品質の中でも特に重要なものの一つである。以下に、新鋭化における板厚精度向上の実例を紹介する。

板厚精度向上対策として、セットアップ誤差に起因する先端部の板厚オフゲージ長の短縮のため、絶対値 AGC 及び先端高速モニタ AGC を導入した。絶対値 AGC とは、学習機能によってゲージメータ板厚の精度を上げ、この板厚を真の板厚として目標板厚が得られるように圧下位置を修正する機能である。先端高速モニタ AGC とは、通常のモニタ AGC が仕上げ出側にある X 線板厚計と圧延スタンド間の材料搬送無駄時間のために応答性が低いという短所を補償するため、先端部の所定期間のみ高ゲインの比例制御を行うことによって応答性を上げ、モニタ AGC の収束時間を短縮する機能である。

上記機能の導入の結果、オンゲージ率が 97.3% から 1.6% アップの 98.9% となり、大幅に板厚精度が向上した。このときの仕上げ出側板厚計チャートの一例を図 4 に示す。

5. むすび

最近の熱間圧延プラント用電機品について、その特長を中心に紹介した。熱間圧延プラントでは、製品の高品質化及び省力化を実現するために、設備技術・操業技術・制御技術の面で更に進歩を遂げていくものと考えられる。

当社も、この分野における従来の実績と技術力を基盤として、今後とも世界の動向に注目しつつ、新技術・新システムの開発に努力し、最新鋭の熱間圧延プラントの実現に貢献する所存である。

# プロセスライン用電機品

高柳誠治\*  
 浜田茂治\*  
 矢野健太郎\*

## 1. ま え が き

プロセスラインは、圧延プラントで製造された帯状薄板（ストリップ）を、最終製品製造のために、酸洗い・焼鈍・めっき・塗装・切断等を行う設備の総称である。近年プロセスラインは設備の大型化・高速化が進み、プロセスライン用電機品も大規模なシステムを構成するようになってきた。また、設備の高付加価値化に伴って制御機能及び性能はより高度なものが要求されており、ワンマンオペレーションやランニングコスト低減のための省エネルギー対策も重要な課題である。当社はこれらの要求にこたえるために、新技術を駆使し、システム設計、電機品の製作を行っている。以下に、最近のプロセスライン用電機品の特長と、既設プラントの新鋭化工事の概要を紹介する。

## 2. 駆動システム

プロセスライン用駆動システムに全面的に交流可変速駆動システムを適用することにより、次のような効果を得ることができる。

### (1) メンテナンスフリー

DCモータのときは必ず（須）であった定期的な整流子及びブラシ部のメンテナンスが不要となった。特に高所又はアクセスしにくい所に多くのモータが設置されるプロセスラインではこの恩恵は大である。

### (2) せん（揃）速性の向上

ヘルパロールの多いプロセスラインでは、従来共通電源（サイリスタ）の下に多数のDCモータが接続される共通電源方式を採用していたが、個別制御が適用されることによってロール1本1本の特性に合致した制御が可能となり、従来に増して揃速性が大幅に向上した。

### (3) 省エネルギー

プロセスラインにはその負荷特性がモータリングとドラッキングのものがあ、これらを共通コンバータに接続することによって直流レベルでパワーのやりとりが行われ、DCドライブ時に比べて電源装置が小容量化された。

図1に示すようにT1～T4はストリップ張力で、 $T_1 < T_2$ 、 $T_3 > T_4$ の関係とする。矢印はパワーの流れ方向を示すもので、図の例ではNo.1ブライドルがドラッキングでパワーを電源側に返しており、No.2ブライドルがモータリングでパワーを電源側から支給している。これらの差し引

きでコンバータ容量が計算される。

また最近ではセンサレスベクトル制御システムをヘルパロールに適用する要求が高まってきた。当社もセンサレス制御を適用し、順調な稼働を見ている。大型プロセスラインではヘルパロールが1ライン当たり200～300台あるので、センサレス制御適用効果は大である。

## 3. 制御システム

### 3.1 制御システム構成

最新のプロセスラインの制御システム構成例として、連続焼鈍設備（Continuous Annealing Line：CAL、又はContinuous Annealing & Processing Line：CAPL）の制御システム構成を図2に示す。このシステムは6台のプラントコントローラ“MELPLAC-750”とその周辺装置及び各機器を結合するネットワーク等で構成される。この制御システムの特長を以下に紹介する。

### 3.2 プラントコントローラ

近年、ラインの高速化・高品質化、操業の省力化の要素から、鉄鋼プラント制御システムは大規模化・高速化・高機能化の要求が高まっている。プラントコントローラMELPLAC-750は、高速シーケンス制御・高級演算制御・フィードバック制御・バッチ制御などの電気/計装制御を同一のコントローラで実現し、客先のニーズにこたえている。主な特長は次のとおりである。

(1) 高速 RISC プロセッサ+制御専用プロセッサによる高速演算

(2) リモート I/O ステーションによる PI/O の最適配置、配線工事のミニマム化

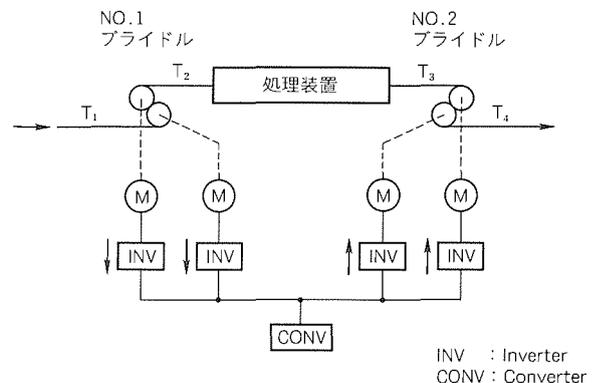


図1. 負荷特性によるエネルギーフロー

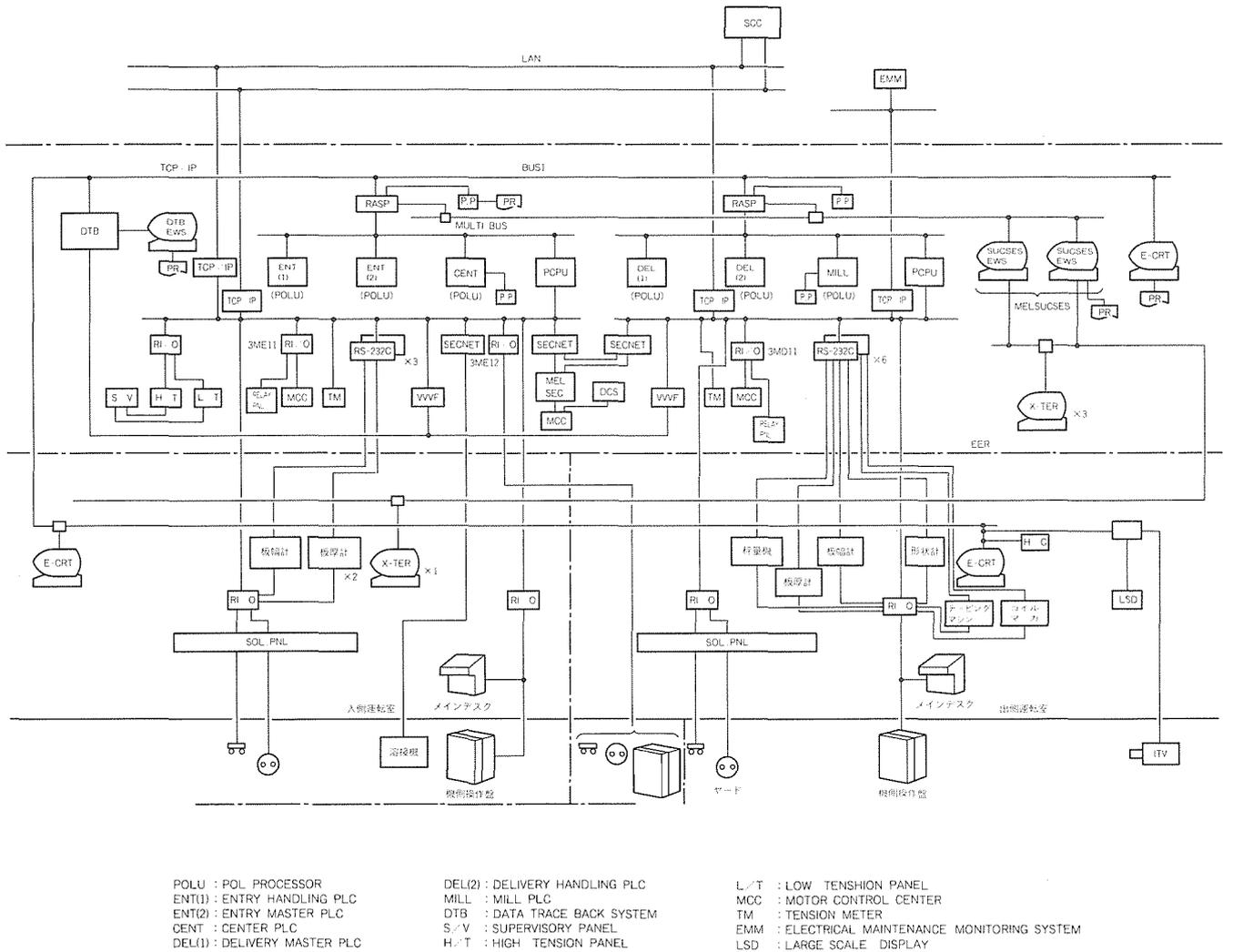


図2. 制御システム構成

POLU : POL PROCESSOR	DEL(2) : DELIVERY HANDLING PLC	L/T : LOW TENSION PANEL
ENT(1) : ENTRY HANDLING PLC	MILL : MILL PLC	MCC : MOTOR CONTROL CENTER
ENT(2) : ENTRY MASTER PLC	DTB : DATA TRACE BACK SYSTEM	TM : TENSION METER
GENT : CENTER PLC	S/V : SUPERVISORY PANEL	EMM : ELECTRICAL MAINTENANCE MONITORING SYSTEM
DEL(1) : DELIVERY MASTER PLC	H/T : HIGH TENSION PANEL	LSD : LARGE SCALE DISPLAY

(3) ソフトウェアのカプセル化による部品再利用の容易化、カプセル単位のオンラインメンテナンスの実現

(4) 自己診断機能の充実による信頼性向上

### 3.3 エンジニアリング支援ツール

プラントコントローラ MELPLAC-750用ソフトウェア開発・保守用支援ツールとして、エンジニアリングワークステーション“MELSUCSES”を適用している。その主な特長は次のとおりである。

- (1) 制御方案言語 (Macro Control Diagram : MCD) によって入力することでソフトウェアの自動生成が可能
- (2) 電機品リスト等プラント設備に必要な前情報を一元管理する電機品データベースの作成が可能
- (3) 標準ソフトウェアパッケージをサポート可能なため、ソフトウェア設計時間の大幅短縮が可能

### 3.4 マンマシンインタフェース

最近のプロセスラインでは、設備の高度化・複雑化製品の高品質化に相反してオペレータの少数化が強く要求されている。したがって、マンマシンインタフェース (MMI) の高度化・高速化は制御システムの中で重要性を増している。こ

の制御システムにおける MMI は下記の点を特長としている。

- (1) OPS (Operator's Station) として“OPS-750”を適用し、高レスポンス高性能化を実現した。
- (2) MMI として LSD (Large Scale Display : 当社製 LVP 型 70" ビデオプロジェクタ) を適用し、OPS-750 の持つ操業データ画面及び ITV (Industrial TV) によるプラントの状態を大画面上に一元表示することによって操業支援を充実した。
- (3) MELSUCSES で高レスポンス、制御方案言語によるモニタ機能が実現できるため、オペレータ用にプラント設備のモニタツールとして MELSUCSES の端末を適用した。
- (4) 単独機械設備 (溶接機、コイルマーキング装置等) の MMI として OPS-750 上に専用画面を設けることにより、MMI の一元化を図った。

## 4. 制御技術

### 4.1 張力制御 (炉内、ルーバ)

焼鈍炉設備を持つ CAL において、鋼板の炉内張力制御精度は鋼板の製品品質に大きく影響を及ぼす。

ここでは、炉 (Furnace) を含み、最も高精度な張力制御が要求される中央部について言及する。中央部においては、ラインの加速時に張力変動を発生しないように複数のロールの揃速性を保つことが重要で、当社では2自由度速度制御を用いて高精度な揃速性を実現している。また、ウェルダでの溶接やシヤーでの切斷時の影響が張力変動として中央部に伝搬しないように、焼鈍炉入側/出側のループタワーで張力制

御を行っている。これらの制御機能を図3に示す。

この結果、板厚0.2mmの低張力操業(設定250kg)においても、張力変動値±25kg以下の高精度な炉内張力制御を実現している。また、800m/minもの高速運転においても安定した操業を実現している。

#### 4.2 めっき制御( EGL, CGL)

めっき設備には大別して電気めっき設備 (Electrolytic

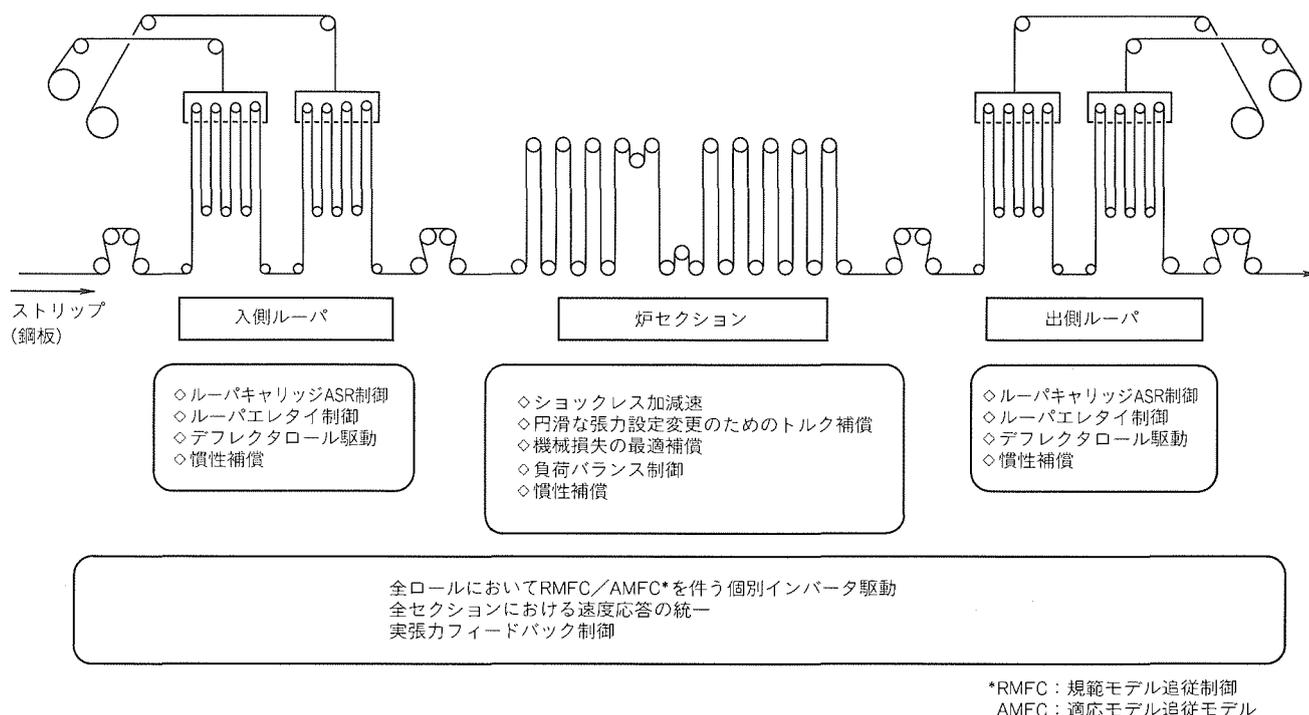


図3. 張力制御機能

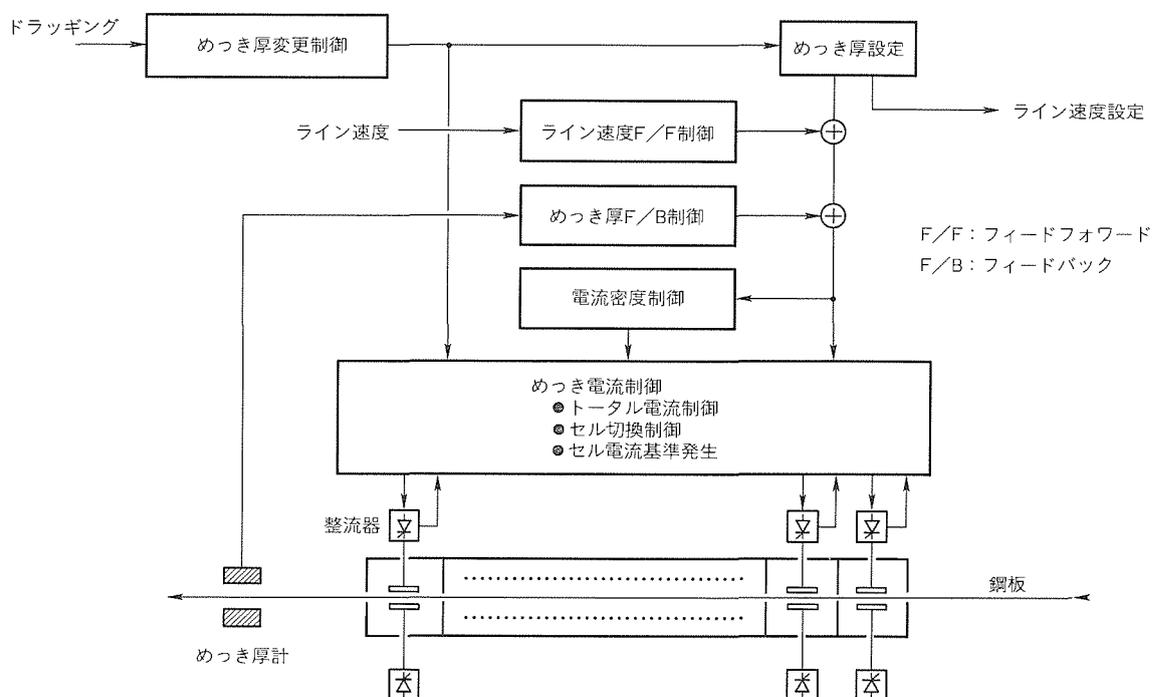


図4. 電気めっき厚制御

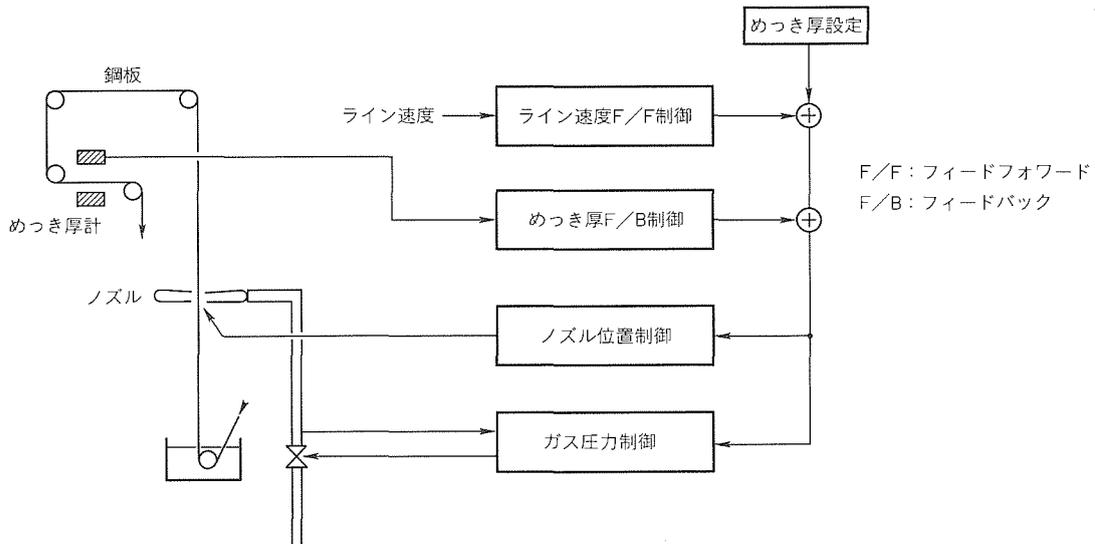


図5. 溶融めっき厚制御

Galvanizing Line : EGL, Electrolytic Tinning Line : ETL), 溶接めっき設備 (Continuous Galvanizing Line : CGL)がある。めっき設備において、めっき厚制御は製品品質上重要な項目である。また、電気めっき設備においては、めっき面の光沢を得るための電流密度制御、消費電力の省力化のため、又は電流密度制御とそれらを組み合わせた目的のセル数最適化制御が行われる。代表的なめっき厚制御のブロック図を図4、図5に示す。

### 5. 既設設備の新鋭化

新鋭化工事は7日間程度の比較的短期間のライン停止を複数回行い、生産量を落とすことなく順次改造を進めていく場合が多い。この場合には改造が長期間にわたり、また過渡的期間と状態を複数回経過し、そのための対応を必要とする。以下に最近の新鋭化例2件を紹介する。

#### 5.1 新日本製鐵(名古屋)ETLの新鋭化例

##### (1) 新鋭化の概要

- (a) ブライドル、リール等のメインドライブをM-Gからデジタルサイリスタレオナードへ更新した。
- (b) ヘルパロールドライブをM-GからVVVF(ベクトル制御)へ全面更新した。
- (c) 制御システムを磁気増幅器方式とリレーシーケンスからMELPLAC-650で更新し、EIC統合システムとなった。
- (d) めっき整流器も部分的に更新し(可飽和リアクトルの励磁回路)、新制御システムに対応できるようにするとともに制御精度の向上も図った。

##### (2) この工事の特長

今回の工事は電気設備の老朽化による近代化が目的である。そのために次のような更新を実施した。

- (a) 機械側への影響を最小限にするためにメインドライブ

はDCモータを流用した。ただし、ヘルパモータは揃速性・保守性の向上を優先させ、ACモータからDCモータに更新した。

(b) 制御システムをEIC統合型にし、リソースの共用を図るとともに、オペレーションも従来のハードウェア操作盤からCRTオペレーションに更新した。またエンジニアリングツールとしてMELSUCSESを導入し、エンジニアリング効率アップに寄与した。

#### 5.2 新日本製鐵(八幡)NO.1 CAL更新

##### (1) 新鋭化の概要

- (a) メインドライブ及びヘルパロールドライブをM-GからVVVF(ベクトル制御)に更新した。
- (b) 制御システムを磁気増幅器方式とリレーシーケンスからMELPLAC-650へ更新した。

##### (2) この工事の特長

オペレーションはハードウェアオペレーションであるが、将来、CRTオペレーションへ容易に切換え可能である。MELSUCSESを導入してエンジニアリング効率アップを図った。また、ヘルパロールドライブにセンサレスベクトル制御を適用して(CALラインでは初めての適用)、好調に稼働している。

### 6. むすび

プロセスライン用電機品についてその特長を中心に紹介した。プロセスラインは、より付加価値を高めるため、その製造方法の研究・開発が進められ、操業・制御の面においてより高度なものが要求されてくるものと考えている。

当社も従来の実績と技術を基盤に、今後の世界の動向を注目しつつ、最適な電機品、最適な制御システムの開発に努力し、ユーザ各位の要請にこたえていく所存である。

# 鉄鋼プラント用可変速ドライブシステム

小山正人\* 芹川一朗\*\*  
左野祐二\*\* 榎 是也\*\*\*  
琴野英徳\*\*

## 1. ま え が き

三菱電機(株) (以下“当社”という。)の交流可変速駆動装置は、直流可変速駆動装置で蓄積した制御技術を基に、1980年代にまず補機駆動装置用アナログベクトル制御インバータを適用し、ついでデジタル制御インバータを開発してきた。

デジタル制御電圧形インバータが交流可変速駆動装置として適用されるようになった背景には、主回路構成要素としてパワートランジスタの発達、及び素子の並列接続技術による大容量化技術の発展、並びにマイクロプロセッサを使用したベクトル制御による高性能モータ制御技術の達成などがある<sup>(1)</sup>。

最近では、IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor), GTO (Gate-Turn-Off Thyristor) 等の大電流・高電圧で自己消弧可能な素子の特性改善、及び3レベルPWM (Pulse Width Modulation) 制御技術の進歩<sup>(2)</sup>により、電圧形インバータによる圧延主機用大容量駆動装置が実現されている。

また、コンバータに関しては、3レベルGTO高力率コンバータの採用により、変換器が発生する高調波を減少し、さらに、無効電力を低減することによって無効電力補償装置を必要としないクリーン電源を実現している。

補機用インバータでは、IPM (Intelligent Power Module), IGBTを採用することにより、装置の小型化・高効率化を実現している。

一方、圧延主機用電動機・補機用電動機に関しては、強度解析・磁界解析等に最新の技術を適用し、交流可変速駆動に適した電動機設計を行い、高性能でかつ信頼性の高い電動機としている。

本稿では、鉄鋼プラントの製品品質向上に重要な要素である、交流可変速ドライブシステムとしての駆動装置及び電動機の最新技術について述べる。

## 2. 交流可変速駆動装置の適用

従来から、交流可変速駆動用の装置には、小容量域にトランジスタインバータ、中容量域に電流形インバータ、大容量域にサイクロコンバータを適用してきた。しかしながら、装置の小型化及び電源力率改善のため、中・小容量域にはIGBTインバータ、

大容量域にはGTOコンバータ/インバータ装置を採用するようになってきている。

図1に交流可変速駆動装置の適用マップを示す。800 kVAまでが2レベルIGBTインバータ、3,000 kVAまでが3レベルIGBTインバータ、20,000 kVAまでが3レベルGTOインバータの適用範囲となる。大容量GTOインバータを開発してきた結果、圧延機用で使用される6,000 kW, オーバロード225%まではGTOインバータでの適用実績ができた。また、10,000 kWを超える領域に関しても、GTOインバータを適用している。

表1にインバータ装置の仕様一覧を示す。2レベルIGBTインバータ及び3レベルIGBTインバータを適用する中・小容量域に関しては、サイリスタコンバータによる直流配電方式を採用してコンバータを共通とすることにより、システムの小型化を実現している。また、大容量域で使用される3レベルGTOインバータは、入力側を高力率コンバータとすることにより、高調波の低減、無効電力の低減など、電源環境の改善を行っている。

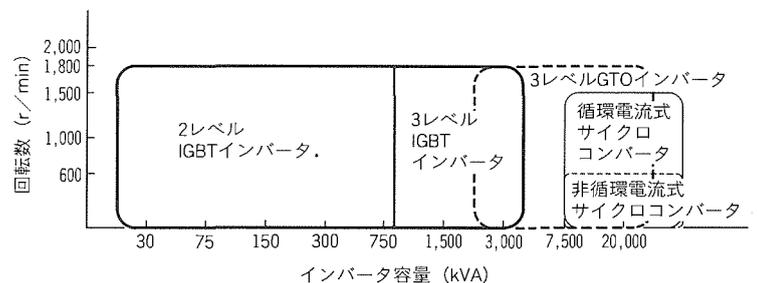


図1. 交流可変速駆動装置適用マップ

表1. インバータ仕様一覧

項目	2レベルIGBT	3レベルIGBT	3レベルGTO
入力電圧 (V)	300/600	1,220	2,100/3,300
出力電圧 (V)	210/420	840	2,400/3,600
出力周波数 (Hz)	~90	~60	~60
速度精度 (%)	0.01	0.01	0.01
速度制御範囲 (%)	0.5~100	0.5~100	0~100
速度制御応答 (rad/s)	60	60	60
電流制御応答 (rad/s)	500	800	600
界磁弱め範囲	1 : 5	1 : 5	1 : 5
トルクリップル (%)	0~1	0~0.5	0~0.5
電源側力率	0.74	0.74	0.98~1.0
冷却	風冷	風冷	水冷

### 3. GTOインバータ

圧延主機駆動装置としては従来サイクロコンバータを適用してきたが、6kV、6kAの6インチGTO又は4.5kV、4kAの4インチGTO素子を採用した3レベルGTOコンバータ/インバータ装置の開発により、4,000kVAから最大20,000kVAまで出力可能となり、従来サイクロコンバータが採用されてきた領域に対してGTOインバータを適用している。

表2に3レベルGTOインバータとサイクロコンバータの比較を示す。GTOインバータの特長は、高力率コンバータ方式の採用によって電源力率が1.0となること、高調波が低減できること、また高速回転の運転が実現できることである。

図2に3レベルGTOコンバータ/インバータ装置の主回路構成を、また図3に主回路盤の外形を示す。主回路はコンバータとインバータを同一のシーケンスで構成するとともに、主回路ユニットは各相ごとに同じユニットを採用してメンテナンス性の向上を図っている。また、冷却方式を水冷として装置の小型化を行っている。

### 4. IGBTインバータ

IGBTインバータは、800kVA以下を2レベルIGBTインバータ、800～3,000kVAを3レベルIGBTインバータによって構成している。IGBTインバータの特長は、効率の良いこと、及びコンパクト性である。これは、IGBTのゲート駆動が電圧型であるためであり、ゲートアンプの小型化を行うことにより、装置効率の向上、コンパクト化を実現

している。

2レベルIGBTインバータは、出力電圧が200V系と400V系に分かれており、小容量のインバータは最大8段積みとなる。また、2レベルIGBTインバータと3レベルIGBTインバータは、共に直流配電方式を採用することにより、装置構成をコンパクトにしている。図4に2レベルIGBTインバータ、図5に3レベルIGBTインバータの外観を示す。

### 5. 制御技術

#### 5.1 GTOコンバータ/インバータ制御システム

3レベルGTOコンバータ/インバータ装置の制御構成を



図3. GTOインバータ主回路盤の外観



図4. 2レベルIGBTインバータの外観

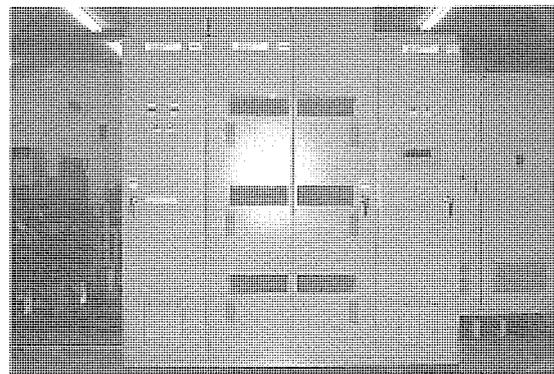


図5. 3レベルIGBTインバータの外観

表2. GTOインバータ,サイクロコンバータ比較表

項目	3レベルGTOインバータ	非循環電流方式サイクロコンバータ	循環電流方式サイクロコンバータ
出力電圧 (V)	3,600	2,500	2,500
出力周波数 (Hz)	~60	~20	~50
速度精度 (%)	0.01	0.01	0.01
速度制御範囲 (%)	0~100	0~100	0~100
トルクリップ (%)	0~0.5	0~2	≒0
電源側力率	0.98~1.0	0.55~0.65	0.4~0.6
電源高調波 (%)	~5	~30	~11

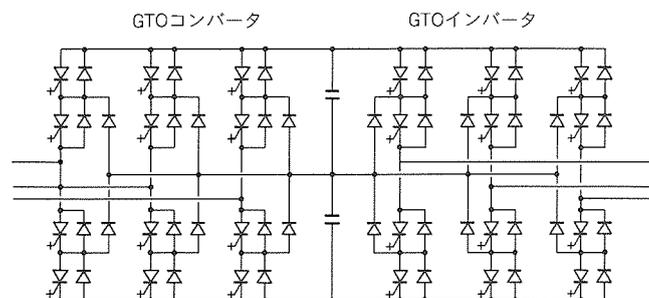


図2. GTOインバータ主回路構成

図6に示す。図は同期電動機を制御する場合の構成図である。電源のクリーン化を図るため、コンバータ側には高効率コンバータ方式を採用している。また、GTOのスイッチングロスを低減するために、スナバエネルギーの回生を行っており、高い装置効率を実現している。

装置の出力電圧の制御方式は空間電圧ベクトル3レベルPWM制御方式を採用しているため、高い出力電圧が得られ、なおかつ、低トルクリプル化が可能となっている。これにより、装置の大容量化と性能向上を図っている。

圧延主機用電動機制御に関しては、速度制御応答の向上、界磁弱め範囲の拡大等、性能向上に対する要求が大きくなっ

ている。これらの要求に対して、制御演算部には32ビットのマイクロプロセッサを採用することによって処理の高速化を行うとともに、磁束モデル制御の採用によってベクトル制御性能の改善を実施している。

図7に2レベルインバータと3レベルインバータの低速域と高速域の出力電圧の波形例を示す。3レベルインバータは、出力電圧のレベルが2レベルインバータよりも多くなるため、高調波の低減が可能となる。図8に4象限の運転波形を示す。スムーズな加減速特性が得られていることが分かる。

### 5.2 規範モデル追従制御

圧延機用可変速ドライブシステムでは、速度指令変化に対

する速度制御応答と負荷トルク変化に対する負荷応答が重視される。従来のPI (Proportional Integral) 速度制御では、駆動される電動機及び圧延機のイナーシャに応じて速度制御器のゲインを設定することにより、速度制御応答が調節される。その結果、負荷応答も自動的に決定される。しかし、負荷応答は上記イナーシャの影響を受けるため、速度制御応答を定めても負荷応答はイナーシャの値によって変化する。

例えば、複数台の電動機が駆動される仕上げ圧延機の場合、各電動機は速度制御応答は同一になるように調節される。このとき、鋼板か(嚙)み込み時のインパクトドロップ量はイナーシャ値に反比例するため、イナーシャが小さい圧延機ほどインパクトドロップ量が大きくなる。

このため、速度制御応答と負荷応答を独立に設定したい場合は、図9に示すような規範モデル追従制御 (Reference Model Following Control: RMFC) が有効である。この制御系は、電動機と圧延機で構成される機械系を

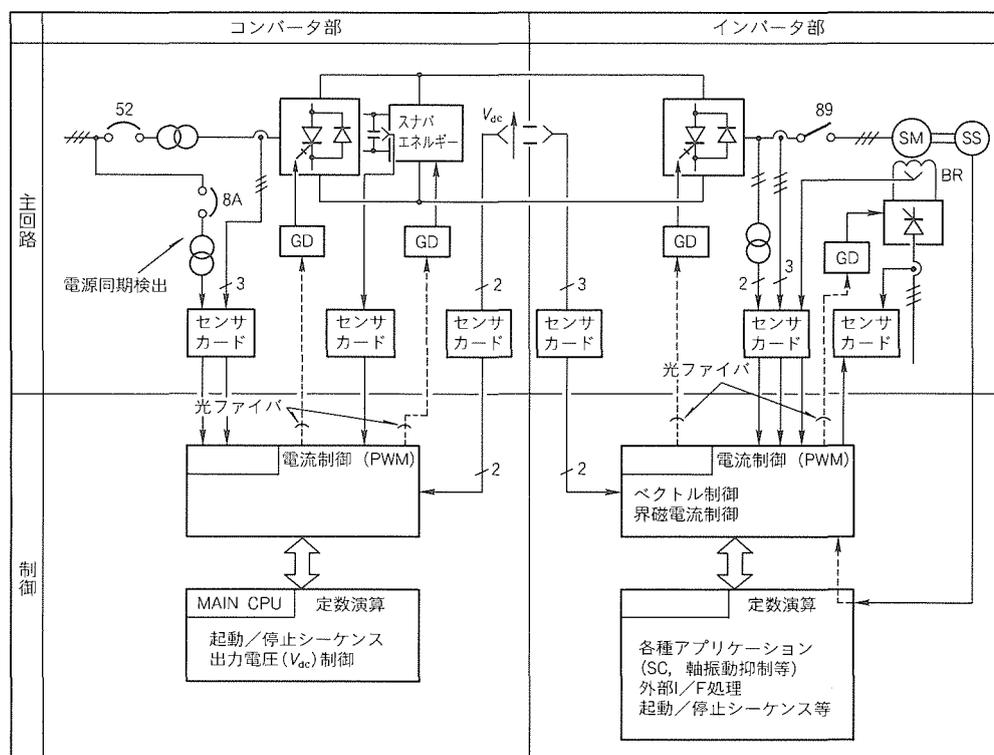


図6. GTOコンバータ/インバータの制御構成

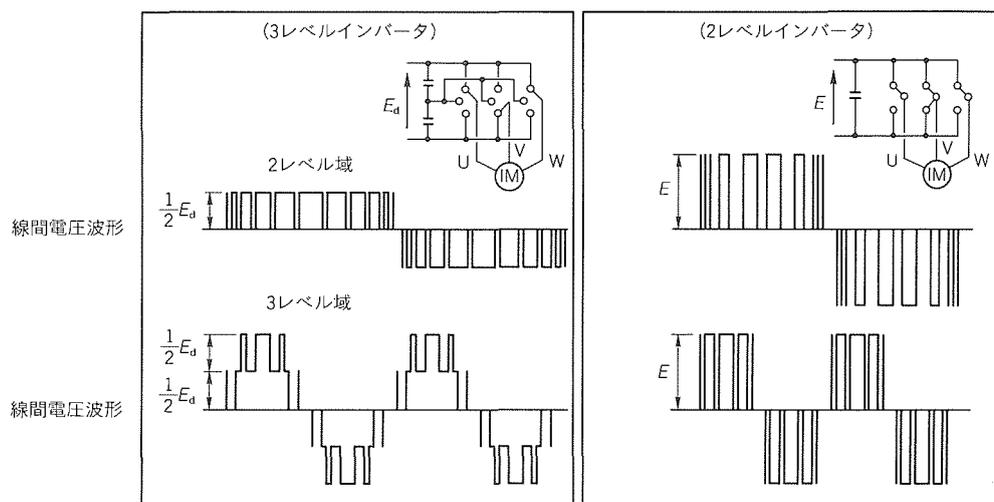


図7. 2レベルインバータと3レベルインバータの出力電圧波形

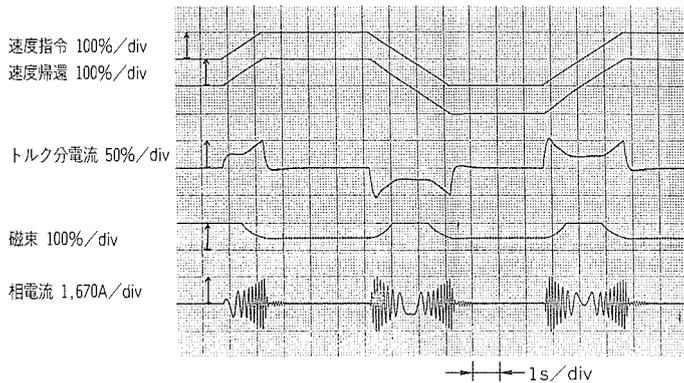


図8. 4象限運転波形

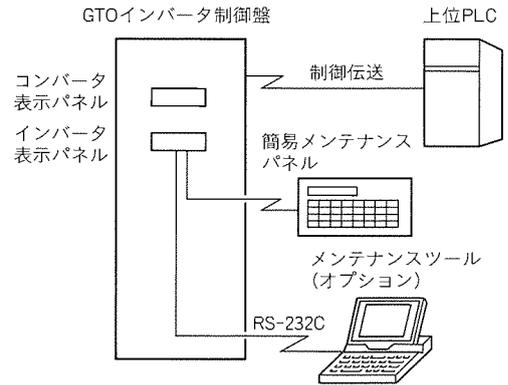


図10. インバータ監視システム

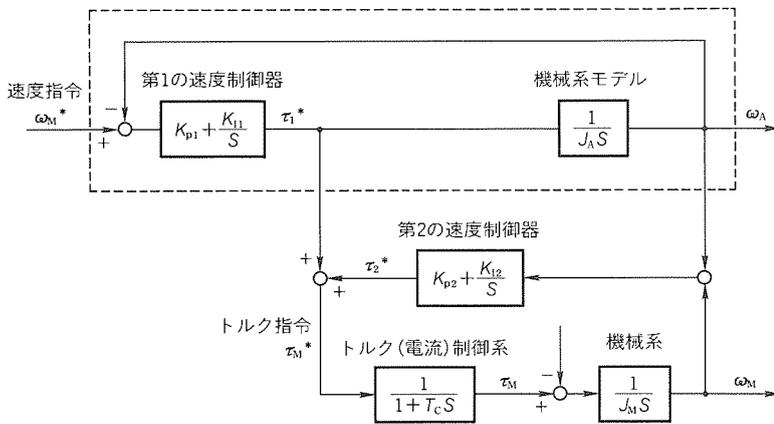


図9. 規範モデル追従制御系のブロック線図

制御対象として、この機械系を一つの積分要素で近似した機械系モデルと、第1及び第2の速度制御器で構成される。

機械系のイナーシャと機械系モデルのそれとが等しい場合、速度指令変化に対しては、電動機速度 $\omega_M$ と規範モデルから出力されるモデル速度 $\omega_A$ との応答が同じになる。したがって、速度制御応答は第1の速度制御器によって調整することができる。一方、規範モデルは負荷トルク変化の影響を受けないので、負荷応答は第2の速度制御器によって調整することができる。このように、この制御系では、二つの速度制御器のゲインを調整することにより、速度制御応答と負荷応答をそれぞれ独立に設定することができる。また、電動機速度 $\omega_M$ とモデル速度 $\omega_A$ との偏差を利用して、機械系のイナーシャをオンラインで同定することも可能である。

圧延機で問題とされる機械共振による軸ねじり振動は、第2の速度制御器によって抑制することができる。第2の速度制御器だけでは十分な振動抑制特性が得られない場合は、状態フィードバック制御などの、より高性能な振動抑制制御を併用することが望ましい。

### 5.3 保守システム

近年、鉄鋼分野においても、保守要員の削減と保守すべきシステムの増大により、異常発生時等の保守支援機能が重要となっている。GTOインバータ、IGBTインバータに関し

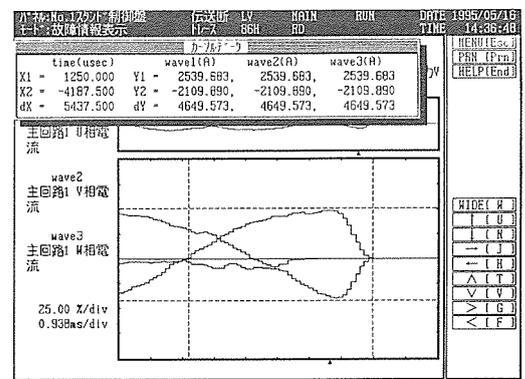


図11. トレースデータ出力画面例

ても、主回路・制御・冷却別の故障検出内容の細分化、故障発生時のトレース処理の二重化等により、故障診断機能・保守機能の充実を図っている。

図10にインバータ監視システムの構成を示す。光伝送によって上位コントローラと接続し、インバータ内部状態量、故障内容を送信することで上位システムでの監視機能を強化している。

メンテナンスツール(パーソナルコンピュータを使用)をRS-232C経由でインバータと接続することにより、制御用定数の管理、トレースデータの画面表示、試験運転、オフラインの定数のチューニング等を行っている。図11にトレースデータの出力画面例を示す。故障発生時の診断用データとして、非常に強力なツールとなっている。また、メンテナンスツールに吸い上げたデータは、電話回線で国内外に転送できるため、異常発生時の迅速な診断に役立っている。

## 6. 鉄鋼用交流可変速電動機

### 6.1 圧延主機用可変速同期電動機

同期電動機は力率1運転が可能であり、誘導電動機に比べて電源容量が小さい、小型軽量である等の利点を持っている。圧延機用電動機は、通常の電氣的過負荷耐力に加え、圧延材の噛み込み時の大きな衝撃トルクに耐える機械的強度が要求されるので、豊富な経験によって確立してきた技術の適用と

検証により、十分な信頼性を持った電動機としている。

図12に可逆圧延機用同期電動機の構造断面図を示す。

(1) 固定子コイル

固定子コイルは、固定子鉄心と一体となった状態で真空加圧含浸処理(当社ダイヤエポキシ絶縁システム)を行い、強固なものとし、圧延ごとの変動負荷に十分耐える構造としている。固定子コイル端部は、圧延ごとのヒートサイクルの繰返しによるコイルの伸びを吸収できる構造としている。

(2) 回転子形式

同期機の回転子には突極形と円筒形がある。圧延機用電動機では、圧延材の噛み込み時の過渡状態にダンパ巻線にダンピング電流が流れるため、ダンパ巻線の熱容量を大きくとれる突極形回転子を採用している。図13に突極形回転子構造の外観写真を示す。

(3) 界磁コイル

界磁コイルは、通電による界磁コイルの軸方向伸びに耐え

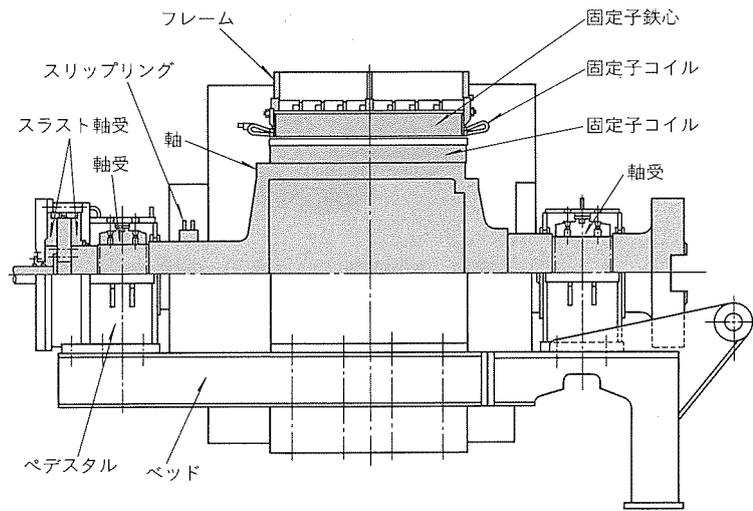


図12. 圧延機用同期電動機の断面構造

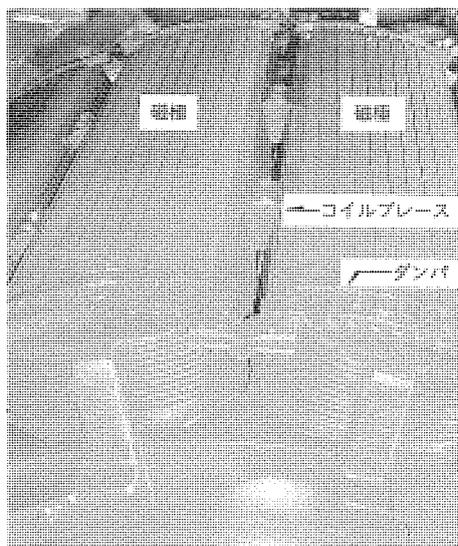


図13. 突極形回転子構造

る構造としている。また、界磁コイルと界磁コイルの間には、極間押さえ(コイルブレース)を設け、遠心力や衝撃力に耐えるようにしている。

(4) 軸系

電動機を含む圧延機駆動系においては、圧延時に加わる衝撃トルクによる過大軸トルクが発生する。当社では、実稼働している交流可変速ツインドライブの粗圧延機において、圧延時のトルク・振動・制御諸量・電気諸量を計測して統計処理を行うことにより、新設計に反映している。また、ツインドライブ状態での機械・制御系を連成したシミュレーションを行い、軸系全体としての最適設計を実施している。

図14に圧延材噛み込み時の軸系シミュレーション例として、ロールに衝撃負荷トルクが加わった場合の軸トルク及び電機子電流の過渡応答を示す。

6.2 圧延補機用可変速誘導電動機

近年、設備合理化の観点から、通風ダクト設備の必要な従来の管通風形に代わり、全閉自冷形の電動機を適用するケースが増加している。そこで、全閉自冷形を主体とする圧延補機専用可変速誘導電動機シリーズ(TMシリーズ)を開発した。このシリーズは、下記の特長を持っている。

(1) 各種冷却保護方式への対応

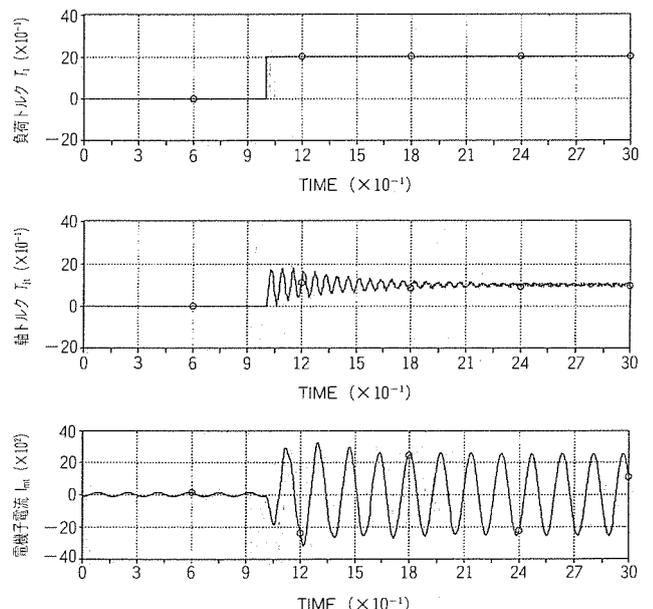
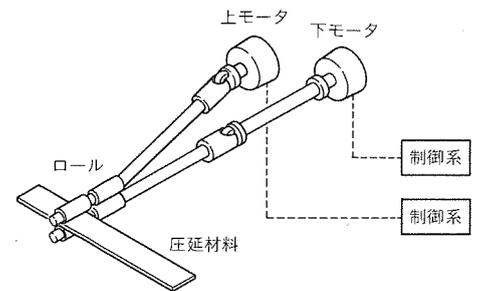
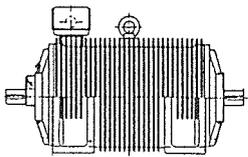
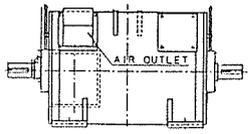
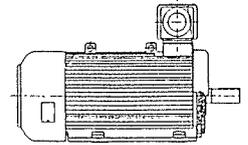


図14. 圧延材噛み込み時の軸系シミュレーション例

表 3. 圧延補機用可変速誘導電動機シリーズ  
(TMシリーズ)構成

冷却保護形式	形 名	外観図
全閉自冷形	TM-E	
開放(又は全閉) 他力管通風	TM-BD (TM-ED)	
全閉外扇形	TM-F	

各種冷却保護方式に対応できるように、全閉自冷形・他力管通風形・全閉外扇形をラインアップしている(表3)。

(2) コンパクト

コンパクト化全閉自冷形(図15)には、自然対流に適した縦フィンの採用によって冷却性能を向上させ、当社従来製品に対し、体積比で約80%(質量比約80%)とコンパクト化を図っている。

また、各用途ごとにトルク特性と負荷変動パターンに合致した最適設計を行っている。

(3) 高信頼性

用途、設置場所によっては電動機に衝撃振動が加わる。TMシリーズ電動機の開発に際しては、実稼働しているプラントの各用途の電動機について振動加速度の計測を行い、実際の衝撃振動レベルを把握するとともに、解析及び加振試験機による電動機各部の応力を測定して製品に反映し、衝撃振動に対して高い信頼性を確保している。図16に衝撃振動による応力の解析例を示す。

7. む す び

大容量自己消弧型素子を使用した主回路の多重化技術の蓄積により、交流可変速駆動装置として20,000kVAまでの電圧形インバータを開発してきた。電圧形インバータの採用によって高力率コンバータによるクリーン電源を実現すると

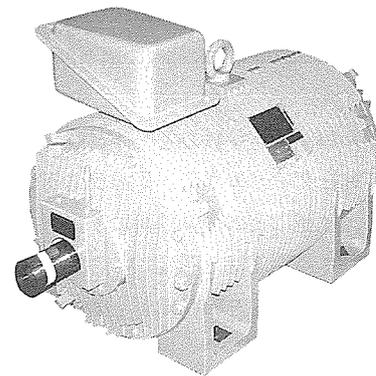


図15. 全閉自冷形電動機の外観

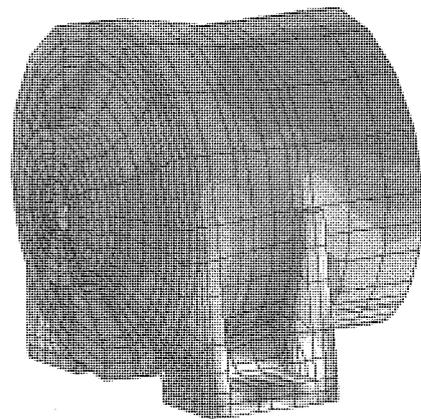


図16. 衝撃振動による応力の解析例

ともに、モータ制御構成を同一としているために保守性の向上が期待される。また、電動機は、中・小容量の補機モータから10,000kWクラスの圧延用主機電動機まで、最新の設計技術に基づいた電動機を採用している。今後、交流可変速装置として、ドライブ装置、電動機とも高い信頼性、最適の駆動システムとなるように、より一層の発展を目指す所存である。

参 考 文 献

- (1) 川畑隆夫, 小山正人, 藤井俊行, 打田良平: 3レベルインバータのソフトウェア変調法, 半導体電力変換研究会資料, SPC-92-24 (1992)
- (2) 山本国成, 轟 幸男, 岩永 忍, 小川晴毅, 小山正人: 交流可変速ドライブの鉄鋼プラントへの適用, 三菱電機技報, 64, No.12, 991~998 (1990)

# 鉄鋼プラント制御用計算機システム

瀬名一生\*  
中川 要\*  
平塚紀嘉\*

## 1. ま え が き

我が国の鉄鋼業は国際化の波を直接受けて、その競争力を維持・強化するために設備投資を含めて厳しい状況下にある。鉄鋼プラント設備をコントロールする計算機システムも、その適用領域別に適正なシステム構築を目指して、オープン化・ライトサイジング化指向が急速に進んでいる。トータルシステムの最適化の中で、制御用計算機システムも機能的により多様かつ広範囲になってきている。

従来からの必ず(須)機能であるリアルタイム性・高信頼性・保守性ととも、ハードウェア、ソフトウェアのオープン性を兼ね備えることが今後の方向として期待されている。プラント設備として稼働年数の長い鉄鋼分野では特にその要求は強い。

本稿では、鉄鋼プラント向け制御用計算機システムの動向、システム構築についてのコンセプト、産業用計算機MRシリーズとエンジニアリングワークステーション(EWS)それぞれについて、特長、構成例を紹介し、今後の動向について述べる。

## 2. 鉄鋼プラント向け制御用計算機システムの動向<sup>(1)</sup>

鉄鋼業は早くから計算機制御を導入し、'70年代から本格化した制御用計算機システムの普及と進展は、日本の産業のけん(牽)引として十分その力を発揮してきた。

図1は鉄鋼一貫プロセスの各工程の流れを示したものである。工程は三つに分かれ、順に生産される連続工程である。各プロセスごとに情報・制御システムが構築されており、各プロセス間もLANで接続されている。各工程はプロセスオートメーションとしてそれぞれ特徴があり、また、各プロセス内に階層化システムを組んでおり、上工程・下工程との連続化と、上位系・下位系との階層化を最適にするためシステム構築を行っている。

### 2.1 リアルタイム性と信頼性

鉄鋼プロセスを制御対象別に、その特徴、リアルタイム性及び信頼性について表1に示す。制御対象によって要求されるリアルタイム性及び信頼性のレベルが異なり、制御対象と

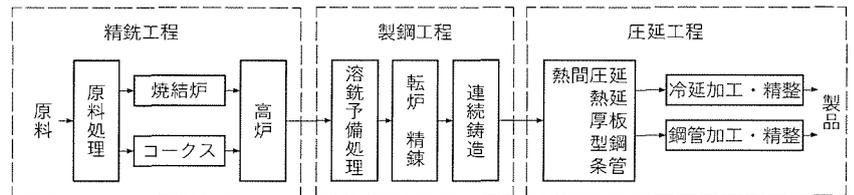


図1. 鉄鋼一貫プロセス各工程の流れ

表1. 制御対象別計算機処理の相違点

領域	大規模情報処理PA (高炉など)	大規模高速制御PA (熱延など)	中規模中速制御PA (連続焼鈍など)	精整, 物流, ヤード管理	支援系 (エンジニアリング, 操業, 保全)
特徴	<ul style="list-style-type: none"> <li>●粉粒体, エネルギー連続プロセス</li> <li>●製鋼: バッチプロセス</li> <li>●大容量情報処理</li> <li>●計装制御: 大</li> <li>●リアルタイム性: 高くない</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●熱間, 冷間圧延とも大規模かつ高速処理の要求大</li> <li>●各種制御モデル計算機能を含む</li> <li>●リアルタイム性: 特に高い</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●冷延鋼板の連続焼鈍, めっき, 表面処理ラインが主</li> <li>●リアルタイム性: 高(圧延より低い)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●精整: 切断, 手入れ等の精整処理</li> <li>●ライン間ヤード, コイル置場管理等の小規模</li> <li>●リアルタイム性: 高くない</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●オンラインデータ取込み</li> <li>●操業, 保全, 診断等の実績データ蓄積, 解析, シミュレーション処理</li> </ul>
信頼性	●24時間連続運転	●24時間連続運転 ●1:Nバックアップ構成サポート	●24時間連続運転 ●1:Nバックアップ構成サポート(システム規模による)	同左	—
リアルタイム性	●数秒~数分レベル	●割込み応答性: 数百μs以下 ●リアルタイムファイル	●割込み応答性: 数百ms以下 ●リアルタイムファイル	同左	—

PA: Process Automation

\*制御製作所

なるプロセスに対応したシステム構築が必要となる。

プロセス内でのシステム階層について表2に示す。ここでは、レベル1, 2, 3の各階層の機能レベル, リアルタイム応答性, ソフト駆動, 言語の相違を挙げている。機種選定に際し, リアルタイム性は重要な要素である。

2.2 従来型のシステム構築

上記システム要求仕様を満たすためには, リアルタイム性能にも優れ, 24時間連続運転の高信頼性と, 高可用性が不可欠であり, 計算機を代表として各制御機器は各メーカ独自の固有技術を駆使して設計・製作を行ってきた。例えば独自リアルタイムOS, ハードウェア(H/W)インタフェース, データウェイ等を使用し, そのシステムに要求される性能・精度・速度等の諸仕様を満たすために高性能, 高速化, 大容量化を図ってきた。

システム構築もB(ビジコン:生産管理計算機)・E(電気)・I(計装)・C(計算機)がそれぞれ集中・独立した構成で行われ, それぞれに高機能化が進められた。その反面, EIC間の機能重複, 端末数増加等の問題点も発生してきた。

2.3 EIC統合, 制御中心から情報・制御中心へ

'90年代に入って今までの制御中心の機能形態に加え, 更に上位生産管理系とのオンラインとリンク化, 上下工程とのデータ連続化により, 扱う制御・情報量は飛躍的に増加した。過度の集中化を避けるためにシステム構築方法も次第に機能分散化に向かい, 扱う情報を共有化し, EICを統合する方向に動き始めた。この動きに対する技術基盤はLANであり, 各機器のインテリジェント化がその普及を加速し, プロセス入出力(PI/O), マンマシンインタフェース(MMI)も共用によって統合されてきた。LANもその扱うデータ量及び速度によって汎用LANから専用高速LANまで階層を持ち, Ethernet<sup>(注1)</sup>タイプからFDDIタイプまで制御システムの用途によって各々使い分けられている。

扱うデータも従来の制御データのみならず各種操業の情報処理データをも含み, 情報系・制御系トータルのシステムへ

(注1) "Ethernet" は, 米国Xerox Corp.の商標である。

移行してきた。

2.4 支援系を含めたトータル情報・制御システムへ

このころから, 制御システムのオンライン基幹系のみならず, 各支援系システム(エンジニアリング支援, 操業支援, 診断支援, 保全支援, ソフトウェア開発支援等)とも接続し, プラントトータルの生産の最適化を図る情報・制御システムが要求されてきた。機能形態として部分的にC/S(Client/Server)型の構成も採用され始めている。上述の情報・制御システムの変遷を図2に示す。

従来から支援系システムはEWS, パソコン等の汎用機器を中心に構築されてきたが, 近年その使い勝手の良さや高いコストパフォーマンスのゆえに急速に普及してきており, 上記基幹系とのシームレスな融合が望まれている。

3. 鉄鋼情報制御における制御用計算機システム

3.1 システム構築のコンセプト

前章の動向を踏まえて実際にシステムを構築していくには, 様々な条件から最適の構成を組む必要がある。構築のコンセプトは, 図3に示すように, システム構築について"より幅広いソリューションの選択・提供"が可能なことである。すなわち, システムには基幹系システムとして位置付ける構成や, 支援系としてオープンシステムとして位置付ける構成, 又は徹底的なダウンサイジングを追求するシステムの構成等が必要となる。したがって, そのシステムに要求される様々な特質に合う最適な構成を構築していくことが重要になってくる。

基幹系システムには新たに開発した産業用計算機MRシリーズを, オープンシステムには汎用EWSとしてME/Rシリーズ又はMRシリーズ下位機を主機種として, 最適なシステム構築が行える。また, 両機種を共存させた統合システムの構築もシームレスに可能である。当社は豊富な経験に基づく鉄鋼向け制御用計算機技術を駆使し, 最適な構成を今後も提供し続けていく所存である。

3.2 産業用計算機MRシリーズによるシステム構築

表2. 鉄鋼情報・制御システムの階層と主な相違点

レベル3 ビジコン	生産管理コンピュータ	生産管理 応答: 数秒/数分レベル 駆動: メッセージ駆動 言語: 汎用言語COBOL
レベル2 プロコン	生産管理基幹LAN プロセス制御計算機	プラント操業管理 応答: 数十ミリ秒/数秒レベル 駆動: イベント割込み, 定周期スキャン 言語: 汎用言語FORTRAN, C
レベル1	プロセス制御LAN MMI PTR	電気PLC 機械駆動制御 応答: ミリ秒レベル 駆動: 高速スキャン 制御: シーケンス 言語: 専用ラダー
電気	計装	計装DCS 流体反応制御 応答: 秒レベル 駆動: 低速スキャン 制御: PID 言語: 専用タグ

MMI: マンマシン装置  
PTR: プリント装置

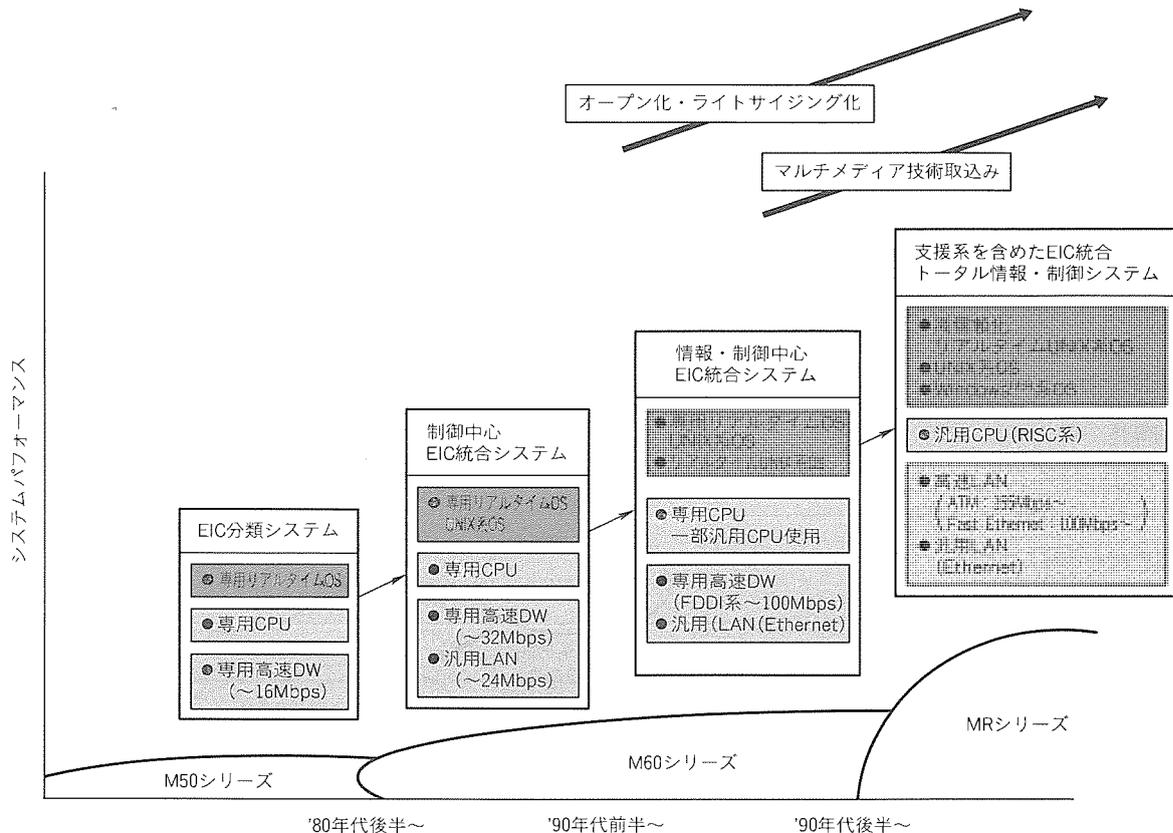
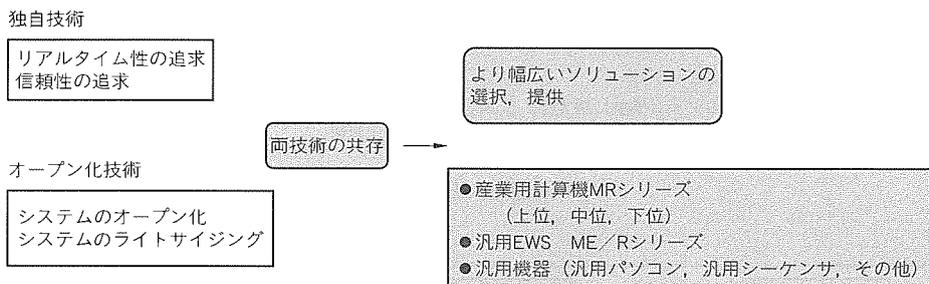


図2. 鉄鋼分野における情報・制御システムの変遷とMELCOM350シリーズの変遷



MR3000シリーズ概略ハードウェア仕様

モデル	MR3100	MR3200	MR3300	
基本処理装置	プロセッサ数	1		
	制御方式	RISC		
	性能(1プロセッサ当たり)	100MIPS	100MIPS	100MIPS
メモリ装置	記憶素子	16MDRAM		
	主メモリ容量	最大256Mバイト	最大256Mバイト	最大512Mバイト
	増設単位	64Mバイト		
入出力チャネル	種類	DMAチャネル、Cバスチャネル		
	オプションスロット数	2スロット+予基板2枚	6スロット	10スロット
固定ディスク装置	容量	最大14Gバイト	最大28Gバイト	
マルチポートディスク	容量	—	最大20.96Gバイト	

\*マルチプロセッサはオプション仕様

図3. 鉄鋼向け制御用計算機システムの取組

実際にEWSによるシステム構築を行い、既に実フィールドで運用されているシステムも存在するが、EWSシステムは後述する種々の制約条件によってその適用範囲は限られたものになっているのが現状である。したがって、多数の鉄鋼システムにおいてはオープン性を具備したプロセス計算機システムが必要とされており、その要求にこたえるために産業用計算機(MR 3000シリーズ)を開発した。これを使用した鉄鋼制御用計算機システムについて、以下に述べる。

### 3.2.1 MR3000シリーズによるシステム構築の特長

#### (1) リアルタイム性とオープン性の確保

MRシリーズは従来から使用されてきた実績のあるリアルタイム OS 思想を継承してリアルタイム応答性/システム解析性を確保し、POSIX 準拠リアルタイム UNIX<sup>(注2)</sup>によ

近年の計算機システムのオープン化・ライトサイジング化の急速な浸透により、従来のプロセス計算機によってシステム構築を行ってきた鉄鋼プラントに対しても、オープン化・ライトサイジング化の要求が出されるようになってきた。実

る優れたオープン性とソフトウェア(S/W)開発環境を提供している。これによって従来のプロセス計算機、EWSシステムでは成し得なかったリアルタイム処理とオープン性を両立させたシステム構築が可能となった。図4にMRシリーズに搭載した高信頼化リアルタイムUNIX(MI-RT)の応答性について、図5にそのオープン性について示す。

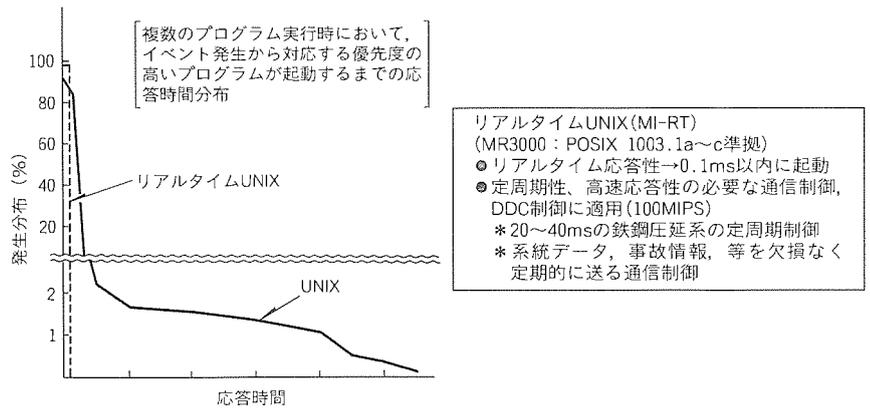


図4. リアルタイムUNIX(MI-RT)の応答性

(2) 高速演算性

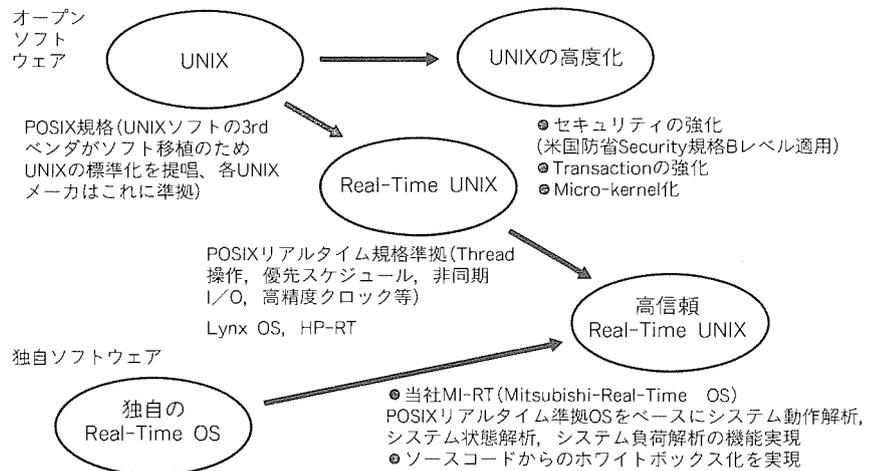
最先端の高速RISCプロセッサを搭載したプロセス計算機としては最高水準の演算性能を達成している。

(3) 信頼性(RAS機能)及び保守性の強化

連続稼働を前提として、下記機能の提供によってシステムの高信頼化、安定性を確保している

- 高信頼化 : 徹底したLSI化  
ミラーディスクの採用  
周辺機器に対するエラーリトライ

(注2) “UNIX”は、X/Open Co.Ltd.がライセンスしている米国及び他の国における登録商標である。  
(注3) “Windows”は、米国Microsoft Corpの商標である。



例 当社 OS60  
リアルタイム機能に加えて、システム動作解析、システム状態解析、システム負荷解析の機能を実現

図5. リアルタイムOSのオープン化

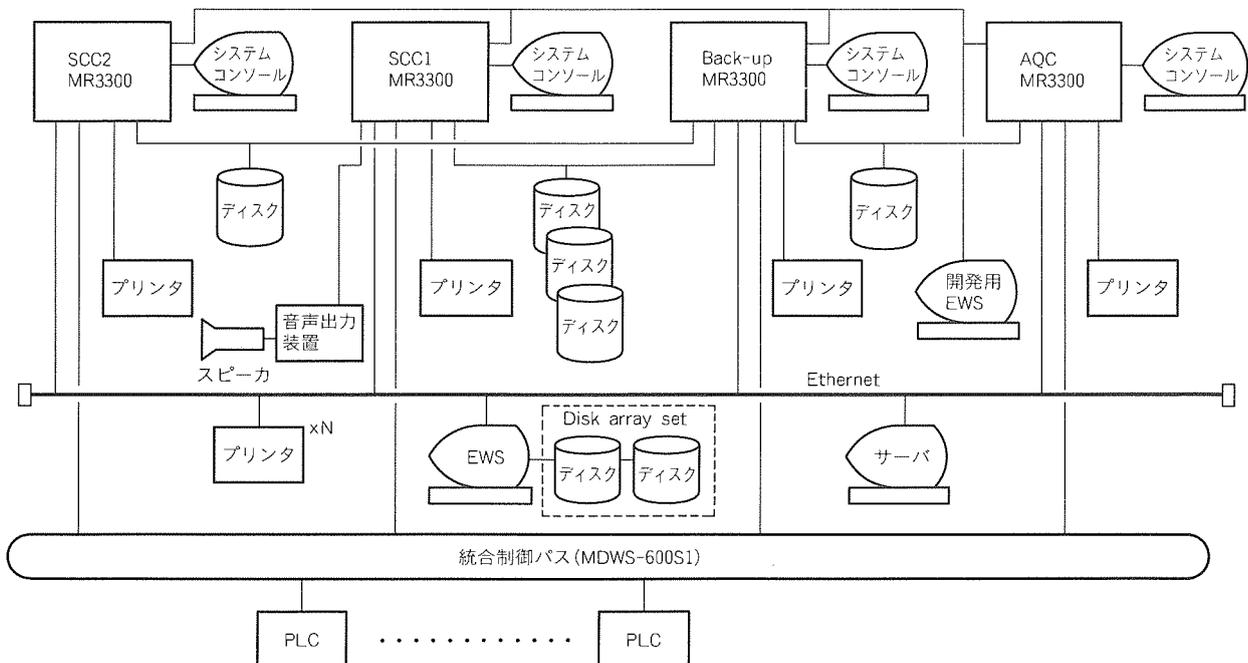


図6. 統合制御バスを使用したシステム構成例

- 連続運転性：カード活線挿抜可能 (MR 3300)  
イニシャライズ機能
- 保守性：デバイスに対するオンライン診断  
エラー情報保存

(4) システム構築の柔軟性

鉄鋼制御システムでは、上位計算機、下位 PLC、計装システムなどの異機種との接続が必要であるが、MR 3000 シリーズの持つ豊富なネットワーク機能を生かして自在にシステム構築ができるようになった。

例えばリアルタイム応答性が重視されるシステムに対しては統合制御バス (MDWS-600S1) を、オープン性重視のシステムに対しては Ethernet-LAN、ATM といった選択が可能である。そのほか、通信機能として、回線サーバを介して当社の制御用専用機器のみならず汎用機器との接続も容易に可能となった。図 6 に統合制御バス (MDWS-600S1) を使用した熱延システムの適用事例を示す。図 7 には Ethernet-LAN を使用した精整システムの適用事例<sup>(2)</sup>を示す。

3.3 EWS, パソコンによるシステム

構築及び課題<sup>(3)</sup>

最近の情報システムにおけるオープン化・ライトサイジング化の波を受けて、鉄鋼制御システムにおいても、従来のプロセス計算機一辺倒のシステム構築から、一部システムでは EWS やパソコンによるシステム構築が行われるようになってきた。

EWS, パソコンによるシステム構築は、オープンなプラットフォームによるほか、機種接続の容易性、優れた開発環境による S/W 生産性の向上、及びこれらに伴うコストダウン化など種々のメリットが得られる。しかし、プロセス計算機では標準的に具備されているリアルタイム性、RAS 機能、信頼性においては十分とはいえない。したがって、そのシステム構築に当たっては種々の注意が必要である。図 8 に鉄鋼圧延ラインの検査システムの適用事例を示す。

3.3.1 システム構成上の留意点

(1) UNIX の留意点の例

UNIX の特徴：適用時の留意点

- プロセスの多重起動が可能：  
多重プロセス間の排他制御が必要。  
できるだけ 1 プロセスで処理を行う。
- ディスク格納がチェーン方式：  
高レスポンスが要求されるプロセスはデーモンとする。
- ログファイルが増殖していく：

定期的なガーベッジ処理を組み込む。

- UNIX にもいろいろな系列バージョンが存在する：  
できるだけ標準機能で構築する。
- ディスクアクセスにメモリバッファを使用：  
重要データはローディスクを使用する。
- システムの時間変数が OS 起動後 800 日でリセット：  
800 日以内に一度、リセットが必要である。

(2) H/W の留意点

EWS, パソコンの信頼性そのものは長足の進歩を遂げ、鉄鋼システムの適用に対してもそれほどの障害にならないレベルになってきた。しかし、EWS やパソコンは瞬停に対する対策やシステム故障発生時の外部への通知機能が不十分なため、UPS 装置やシャットダウン装置の追加、外部装置への異常通知の仕組み、異常アラーム出力等を付加する必要がある。

(3) その他の留意点

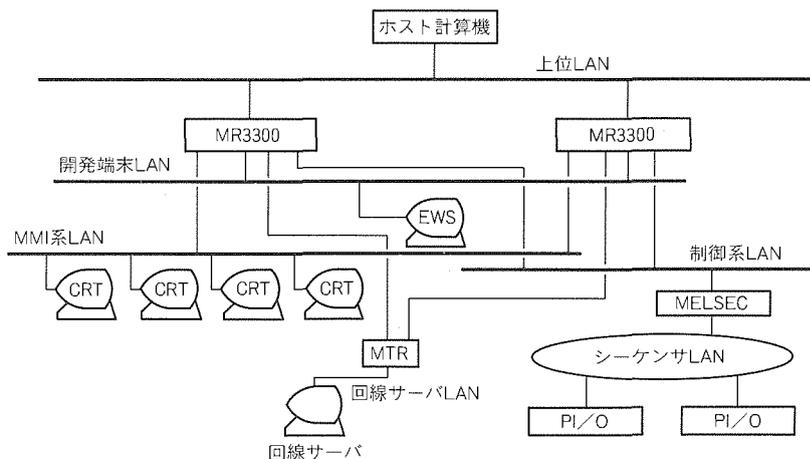


図 7. LAN (Ethernet) を使用したシステム構成例

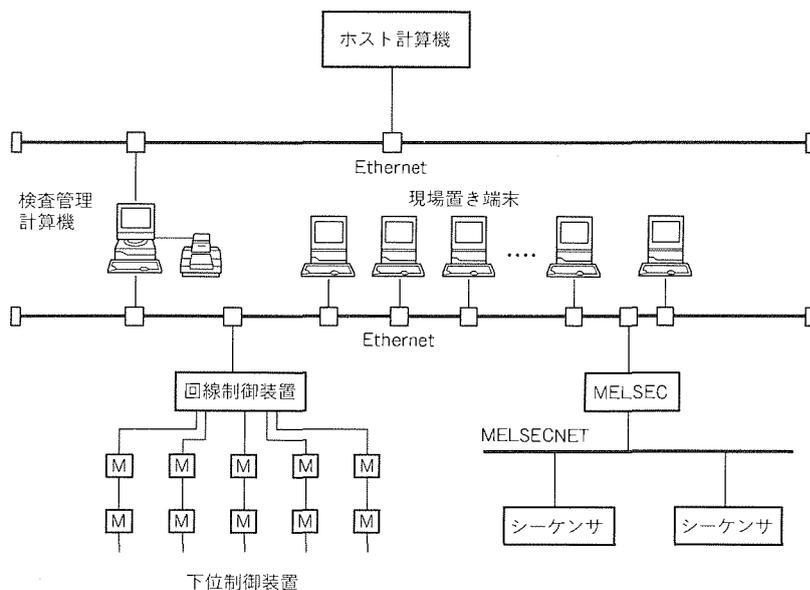


図 8. 検査システム構成例

LANの複数回線化、PI/O信号のMELSECによるメッセージ化処理によるLAN伝送負荷低減化、及び現場置き端末機器に対する防じん(塵)対策等が必要である。

3.3.2 課題

EWS, パソコンは今後も性能面(処理速度, 信頼性)での飛躍的な向上が期待でき, その適用範囲も順次拡大していくものと予想される。しかしながら, 現時点においてはEWS, パソコンによるシステム構築は, その信頼性・保全性から鉄鋼プラントにおいては一部のシステムにしか適用されていない。今後とも実フィールドからの情報をシステム構築に反映することにより, EWS, パソコンシステムの改善を図っていく必要がある。

3.4 各種標準デバイス接続による

トータルシステムの構築

業界標準インタフェースを使用してオープンな標準デバイスの接続が可能であり, これらは産業用計算機MRとEWSのME/Rの双方に使用される。周辺機器のダウンサイジング化に, 次の機器は強力な武器となる。

- Ethernet経由パソコンCRT及び汎用プリンタ
- PI/Oデータリンク, プロトコル付きRS-232C複数回線サポート回線サーバ(Ethernet経由)
- Ethernet経由多回線サポート(RS-232C, BSC), プロトコルコンバータ
- MELSEC PI/O接続
- MELSECNET経由グラフィックオペレーターミナル(GOT), 音声出力装置

3.5 S/Wシステム構築

S/Wシステムとして, 業務プログラム(アプリケーション

プログラム)はその実行機種に依存しない形態が望ましい。実行マシンの機種制約なくプログラムが組めればポータビリティの高いS/Wシステムが組める。

UNIXベースであるため, この要求は産業用計算機MRとEWS間では実現可能である。OSプラットフォームは異なっているが, 図9に示すように各ミドルウェアを介して, 機種に依存しないアプリケーションS/W構成を実現している。

3.5.1 鉄鋼ミドルウェア

鉄鋼ミドルウェアは, 鉄鋼アプリケーションS/Wが使用する共通的な機能を簡単なユーザインタフェースでプログラム製作ができることを目的として, 従来から提供されてきたものである。

3.5.2 鉄鋼ミドルウェアの特長

(1) 従来機種からの継承

従来機種から提供してきた鉄鋼ミドルウェアについては, 顧客が蓄積してきたS/W資産を生かすことを考慮して, アプリケーションインタフェース(API)を従来のものと同じとしている。

(2) 機種依存性のないS/W

鉄鋼ミドルウェアのS/W構成を機種に依存する部分としない部分に分け, そのインタフェースをミドルウェアインタフェース(MWI)として統一している。これにより, 機能ごとのMWIを開発することで各機種に鉄鋼ミドルウェアの適用が可能となっている。

また, 試験の効率化や製作量の縮小化によってコストの低減化が図られ, 品質も向上させることができる。

(3) オープン化など新ニーズへの対応

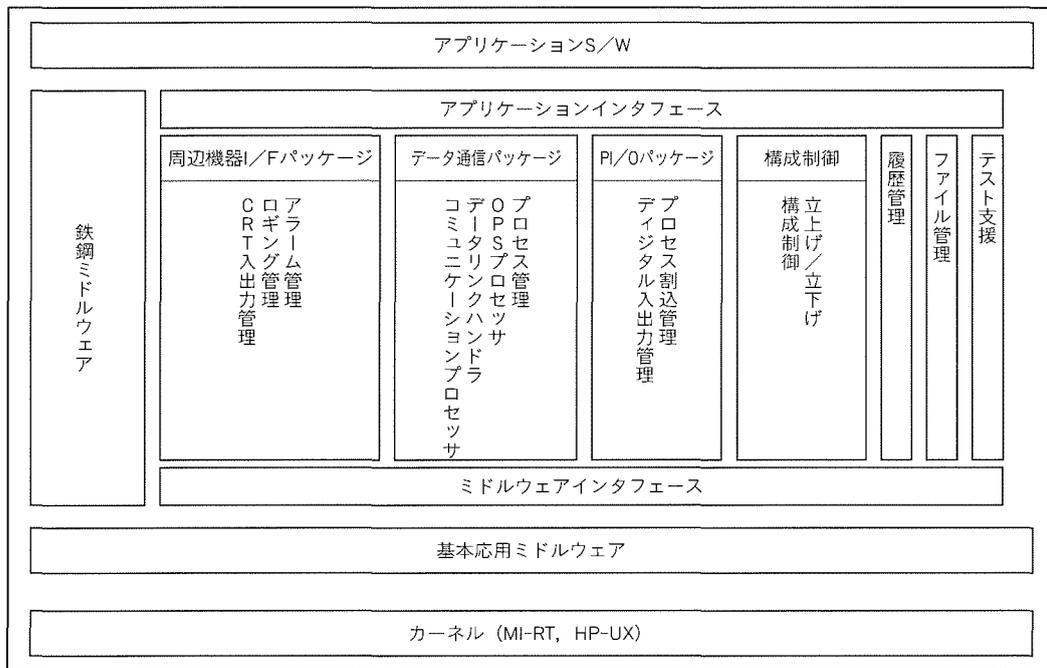


図9. システムS/W構成図

リアルタイム UNIX (MI-RT) の採用により, Ethernet を利用したネットワークによって機能分散が図られてマンマシン (パソコン CRT) やプロトコルコンバータ等インテリジェントなデバイスが適用できるようになり, それらに対応したミドルウェアの開発を行っている。

(4) 高信頼化

関数呼出しレベルでの動作履歴を取得するトレース機能を組み込むことで, トラブル発生時の解析性を向上させている。

(5) アプリケーションインタフェース

従来機種における S/W 資産流用を可能とするため, FORTRAN で記述された従来の鉄鋼アプリケーションと時代に即して取り入れられてきた C 言語による鉄鋼アプリケーションの両者をサポートするため, C/FORTRAN の両言語に対応したインタフェースを提供している。

4. 今後の鉄鋼システム動向

前章までに技術動向, システム構築及び構成例について述べたが, ここでは, 今後のシステム動向について展望する。

4.1 大規模高速制御基幹系システム

主に圧延系システムとして, 熱延, 厚板, 連続冷延等の基幹系システムは, 今後もリアルタイム性・高信頼性・保全性を確保していく必要がある。そして, 更にオープン化指向のインタフェース及び S/W を併せ持った高機能マシンが今後も必要であろう。

4.2 オープンシステムへのアプローチ

EWS, UNIX サーバをメインとしたオープンシステム

も今後は増加すると予想される。しかし, オープン化による利点はユーザ側にある反面, システムの負担は以前に比べて重くなっていく。エンジニアリング, そしてメンテナンスについては従来以上に負担が増えると予想される。内的要因よりも外的条件 (製造中止, 保守不可等) に左右される率が高い。基幹となるサブシステムには専用機器を使用し, その他を汎用機器でシステムを構成するアプローチも必要であろう。

4.3 既設更新システムへのアプローチ

'70年代から'80年代前半に導入された計算機システムは, かなりのシステムが現在も稼働中であり, 今後これらのシステムの老朽更新が予想される。各機器の寿命としてよりも機能拡張が不可となっているシステムが多く, 新規システムへのスムーズな移行が要求されている。当然, 更新及び移行費用を抑える必要がある。アプローチとして H/W, S/W の両面から各種ツールの整備が必要となってくる。

例えば,

- 既設データウェイ, PI/O 接続
- 言語変換ツール (既設 FORTRAN 系からの変換)

4.4 マルチメディア技術とネットワーク

オペレーションや保守支援機能として今後マルチメディア技術の利用は加速され, オペレータ, 保守員にフレンドリな GUI (Graphical User Interface) から更に MUI (Multimedia User Interface) へ広がっていき, システムのビジュアル化に大いに役立つであろう。音声・静止画・動画などのマルチメディア情報と従来の制御情報との結び付けが行われ, より分かりやすい操業へのアプローチが行われるであろう。

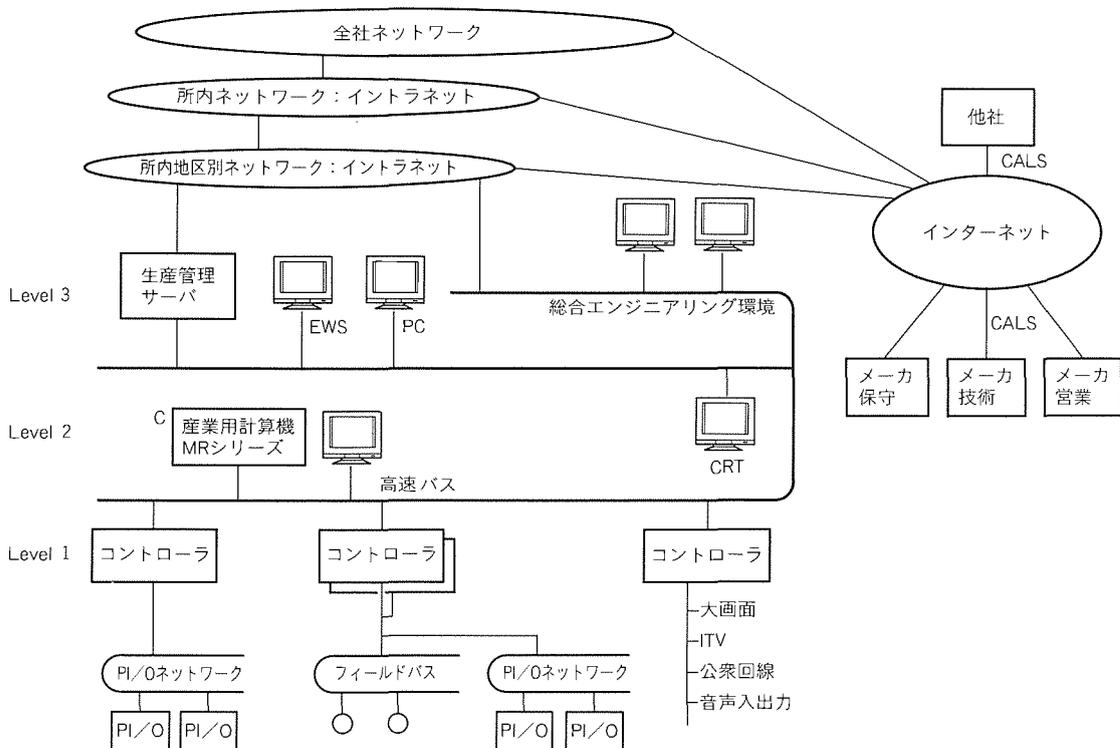


図10. インターネット, 所内イントラネットを含むトータルネットワーク構成

う。操業中の画像画面上に制御情報をスーパーインポーズして、操業に即した制御情報をオペレータが得られる。さらに、遠隔からの情報授受、又はモバイルな領域までシステムのカバーする範囲は広がってくる。その基盤となるのはネットワーク技術である。

制御情報もマルチメディア情報もネットワークを介して他機器と接続されるので、システム RAS と同等以上にネットワーク制御技術として QOS (Quality of Service) が重要になってくる。今後は、鉄鋼情報制御システム領域においても、インターネット及び所内システム間でのイントラネットが、各システムでの支援系サブシステムとして導入されるであろう。一部の端末はブラウザだけを搭載する NC (Network Computer) に置き換わることもあろう。各種 CALS による広範囲な情報の授受は、オンラインで各ネットワークを介して各情報制御システムにも強くかかわってくると予想される。上記の概略イメージを図 10 に示す。

### 5. む す び

以上、鉄鋼業向け制御用計算機システムについて、技術動

向、当社の取組及びシステム構築例、今後の動向をアーキテクチャを中心に紹介した。

リアルタイム性と信頼性、そしてオープン化指向を共存させた産業用計算機 MR シリーズを主機種とし、そのほか EWS を活用して、今後も多様化する鉄鋼プラント情報・制御計算機システム構築に最適ソリューションを提供し続ける所存である。

### 参 考 文 献

- (1) 中川 要, 落合 寛, 平塚紀嘉, 水野秀司, 瀬名一生: 工業分野における産業用計算機システム, 三菱電機技報, 70, No.7, 708~713 (1996)
- (2) 吉森文紀, 田中昌幸, 塩崎春生: 鉄鋼システムにおける LAN による機器接続と性能, 電気学会金属産業研究会資料, MID-96-16, 73~80 (1996)
- (3) 竹田圭二郎: EWS による鉄鋼制御システムの構築, 電気学会金属産業研究会資料, MID-95-20, 47~55 (1995)

# 鉄鋼プラント用コントローラシステム

平山光憲\* 千瀬寛昭\*  
高橋裕司\*  
古澤伸元\*

## 1. ま え が き

鉄鋼分野では、高度な制御システムを構築するために、従来のプロセス制御を中心とした制御システムに情報制御システムを統合化することが必要となっている。新プラント制御用コントローラシステム“MELPLAC 750シリーズ”は、プロセス入出力 (PI/O) データベースを共有可能なデータウェイ上でプロセス制御用計算機、プラント制御用コントローラ、マンマシンインタフェースの統合化を実現している。

また、EWSやパソコンの高機能化により、高位言語を駆使したエンジニアリング環境が適用されている。統合エンジニアリングツール“MELSUCSES”では、各種プラント情報の一元管理、及び目的別高位言語を用いた制御方案の作成からソフトウェアの自動生成、ソフトウェア及び統合制御バスに対する設定情報の転送、モニタリングなどを行うことができる。

本稿では新プラント制御用コントローラ MELPLAC 750 の特長と構築手法を紹介し、さらに鉄鋼分野におけるダウンサイジングとオープン化についても述べる。

## 2. 新プラント制御用コントローラシステムの特長

制御規模、制御性能において他のプロセス制御に比べて格段に高度なものを要求される鉄鋼分野の制御に適した制御システムを提供するため、新プラント制御用コントローラシステム MELPLAC 750 シリーズを開発した。図 1 に制御システムの構成例を示す。以下、MELPLAC 750 システムの特長を紹介する。

### 2.1 高性能コントローラ MELPLAC 750 の採用

- (1) 高速・大容量化による制御性能向上
  - (a) 高速 RISC プロセッサ+専用演算プロセッサによる高速演算 (ビット演算 0.2 μs)
  - (b) 電気制御 64 k ステップ (POL 言語)、計装 320 ループを実行可能
  - (c) マルチ CPU 構成 (最大 4 CPU) により、高速で最適な負荷分散、CPU 能力増強が可能
- (2) 構造化されたソフトウェア構成
  - (a) ソフトウェアのカプセル化・モジュール化によるトップダウン設計、部品化再利用の容易化
  - (b) カプセル、モジュール単位のオンラインメンテナンス可能

- (c) 従来機種とのソフトウェア継承性 (POL 言語)
- (3) 高信頼性・稼働率向上
  - (a) 高信頼性素子とカスタム LSI 採用による信頼性向上
  - (b) カードごと、ステーションごとに自己診断機能の充実
  - (c) 電源は並列運転によってバックアップ可能
- (4) 保守容易性
  - (a) バッテリフリーバックアップ付き大容量メモリ搭載によるメンテナンスフリーの実現
  - (b) 故障検出時、システム表示パネルに故障部位の表示を行い、最初に発生した重故障要因を表示するファーストフォールト機能
  - (c) メンテナンスツールでは、CPU カード内部の RAS 情報 (RAS テーブル、システムトレーステーブル) を表示し、カード単位の保守が可能
- (5) コントローラ 1: N バックアップシステムが容易に構築でき、システムのダウンタイム (MTTR) を短縮できる。また、データウェイ上に構築された分散プロセッサ管理システム (DPMS) によって各ステーション間の通信はネットワーク層から絶縁されており、コントローラのアプリケーションソフトウェアの移設が容易なシステムを実現している。
- (6) オンラインシミュレーションシステムの導入によってコントローラソフトウェアの開発が容易になり、開発期間も短縮できる。また、プロセス入出力信号はデータウェイ上の共通の PI/O データベースとして各ステーションからアクセスすることができるため、オンラインシミュレーションシステムの導入が可能である。

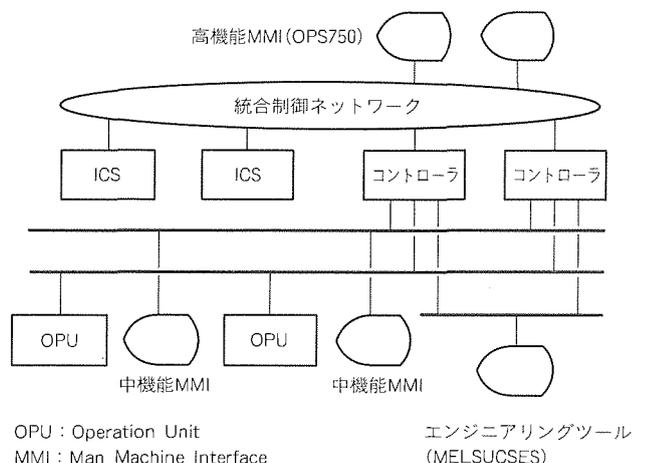


図 1. 制御システムの構成

2.2 ネットワーク

- (1) 高速・大容量リアルタイム制御ネットワーク (MDWS 600 S1)
  - (a) アプリケーションソフトウェアが相手局の物理アドレスを意識しないで通信可能
  - (b) 各ステーション共有のサイクリックデータメモリを超高速 (1.7ms/1kワード) で一斉更新
- (2) オープンネットワーク
  - (a) 汎用 TCP/IP 通信による中機能 MMI (Man Machine Interface) の接続
  - (b) 三菱汎用シーケンサネットワーク“MELSEC-NET”による標準オペレーションユニット (OPU) の接続

2.3 MMI

- (1) 高性能 EIC 統合 MMI (OPS 750)
  - (a) EIC 統合 MMI により、データウェイ上の計算機、コントローラ等の情報を集中監視、操作が可能
  - (b) 階層化されたシステム監視機能によってシステムの異常箇所を容易に特定可能
- (2) MMI のダウンサイジング
  - (a) 標準 OPU により、従来の操作デスク用スイッチをネットワークで構築可能
  - (b) 中機能 MMI により、高度な GUI (Graphical User Interface) を駆使した監視機能が実現可能

2.4 充実したエンジニアリング機能によって、操作性・保守性が向上

- (1) 基本言語 POL, DDC によるプログラム開発と保守
- (2) 目的別高位言語によるプログラム開発と保守

3. ネットワークの特長

鉄鋼制御システムのネットワークは、専用の高速・大容量リアルタイム制御ネットワーク (MDWS 600 S1) とオープンなネットワーク (Ethernet, MELSEC-NET) によって構成される。大規模システムでは、専用ネットワークのサイ

表 1. MDWS600S1の通信仕様

システム仕様	ステーション数	最大126
	ステーション間距離	最大2km (バイパス時4km)
	総延長	最大128km
	N : N 通信	50ms/2kワード/チャンネル (最大8チャンネル/ステーション)
サイクリック通信	高速	1.7ms/1kワード
	低速	30ms/16kワード
伝送仕様	伝送速度	100Mbps
	伝送路	光ファイバケーブル
	伝送路構成	ループ状
	多重化方式	最大トークン周回時間管理
	誤り検出	CRC検定
	誤り制御	再送/サイクリック訂正
	バイパス制御	自動/リモート/手動

クリック通信機能により、各プラントコントローラ間の共有データベースを構築している。

3.1 統合制御バス (MDWS600S 1)

MDWS 600 S1の通信仕様を表 1 に示す。

- (1) 100 Mbps 高速制御バス
  - (a) 国際標準規格 (FDDI 規格) 準拠の伝送方式による高速伝送
  - (b) 最大 126 ステーションの接続が可能で、大規模システムを構築可能
- (2) 豊富な伝送方式
  - (a) 分散プロセッサ管理システムにより、送信先機能 No. を指定するだけで自由に N : N 通信が可能
  - (b) 各ステーション共有のサイクリックデータメモリを超高速で一斉更新
- (3) 高信頼性
  - (a) 中央同期ステーションがなく、自立性の高い平衡分散システムを構築
  - (b) 伝送路二重化構成により、伝送路に障害が発生しても機能を継続
- (4) データウェイ リモート入出力 (DRI/O) による CPU, PI/O の最適配置メンテナンス機能
  - (a) 統合制御システム内に分散配置された PI/O を、各 CPU が自 CPU 内と同じ手続きでアクセスすることが可能
  - (b) 各種プロセスに適合した豊富な I/O レパートリを持つ
  - (c) 既設 PI/O はそのまま接続可能 (DRI/O 化時)

3.2 汎用 TCP/IP 通信

汎用 TCP/IP 通信専用カードは、MELPLAC と汎用機器を TCP/IP プロトコルのソケットインタフェースによって接続する。通常は以下に説明する N : N 通信方式を使用する。また、MMI として次節に述べる中機能 MMI を使用する場合には、以下に説明する MMI 通信方式を使用する。汎用 TCP/IP の通信仕様を表 2 に示す。以下、汎用 TCP/IP 通信の特長を述べる。

表 2. 汎用 TCP/IP の通信仕様

伝送仕様	伝送速度	10Mbps
	伝送方式	Ethernet
	伝送プロトコル	TCP/IP, UDP/IP
	トランシーバ	10BASE-5, 10BASE-2, 10BASE-T 選択可
N : N 通信	送受信バッファ	2kワード × 32チャンネル (4kワード × 16チャンネル)
	オープン方式	ACTIVE, PASSIVE 選択可
	ヘッダ情報	ヘッダ、ターミネータの設定可
MMI 通信	送受信バッファ	6kワード (14kワード)
	通信方式	MMI による送受信バッファリード/ライト

- (1) N : N 通信
  - (a) TCP/IPプロトコルを専用カードで処理することにより、CPU負荷を軽減可能
  - (b) ソケットオープン方式、N : N 通信ヘッダ情報を柔軟に選択可能
- (2) MMI 通信
  - (a) MMIによる送受信バッファリード/ライトを専用カードで処理することにより、CPU負荷を軽減可能
  - (b) 複数MMIとのインタフェース可能

### 3.3 MELSEC-NET通信

- (1) 標準OPUとの通信
- (2) 三菱汎用シーケンサMELSECシリーズとのインタフェース

MELSEC-NETの通信仕様を表3に示す。

## 4. MMIの特長

鉄鋼制御システムのMMIには、専用的高性能EIC統合MMI (OPS 750) とオープンなダウンサイジング機器がある。また、オープンなネットワークを使用したダウンサイジング機器は、OPUと中機能MMIから構成される。

### 4.1 高性能EIC統合MMI(OPS750)

- (1) 監視機能の統合化・高機能化
  - (a) 統合制御バス (MDWS 600 S1) 上の計算機、コントローラ等の情報を集中監視可能
  - (b) 統合制御バス (MDWS 600 S1) の各ステーションに

表3. MELSEC-NETの通信仕様

項目	NET	MELSEC-NET
伝送速度		1.25Mbps
Topology		二重ループ状
物理メディア		光
アクセス方式		polling/selecting
伝送距離		最大10km (ステーション間1km)
接続ステーション数		64
伝送フォーマット		HDLC準拠
誤りチェック		CRC検定

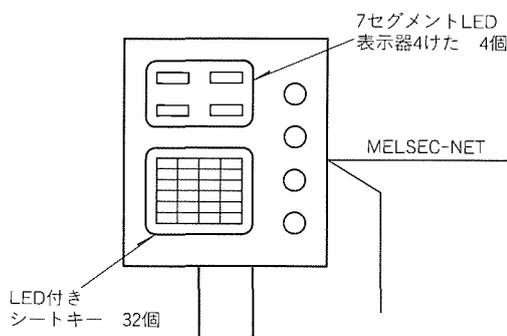


図2. オペレーションユニットの構成

- 組み込まれているRAS支援機能により、システム、ステーション、ユニットに階層化された監視
- (2) 各種標準機能・ユーザグラフィック機能による操作サポート
  - (a) アラーム監視機能・トレンド機能・計装機能などの各種監視機能を標準でサポート
  - (b) グラフィックビルダ・表形式ビルダによるプログラムレスな画面作成

### 4.2 OPUによる操作機能

OPUは操作盤の電子化を実現し、通信システムとしてMELSEC-NETを使用することによって分散配置することができる。OPUの構成を図2に、外観を図3に示す。以下、OPUの特長を述べる。

- (1) 標準操作パネルの適用
  - (a) シートキーとシーケンサの一体化により、操作パネルの標準化・電子化を実現
  - (b) スイッチやランプの配置、名板の変更などが簡単に可能
- (2) MELPLACとのインタフェースのネットワーク化
  - (a) MELSEC-NETの適用により、複数のOPUを分散配置することが可能
  - (b) 入出力カード及び外線ケーブルを大幅削減可能

### 4.3 中機能MMIによる監視機能

中機能MMIはWindows上に監視機能を搭載し、オープンなネットワーク (Ethernet) によってプラント制御用コントローラと接続することができる。以下、中機能MMIの特長を述べる。

- (1) PC/AT互換のハードウェアをベースに、MMI機能をWindows環境 (オープンプラットフォーム) に構築することにより、業界最先端技術を容易に取り込むことができる。
  - (a) OA用市販ソフトウェアの活用による情報処理機能との融合化
  - (b) 最先端GUIによる高度なプロセス監視機能を実現
- (2) Ethernetインタフェース機能により、他のOPS、パソコン及びEWSとの情報交換を容易に行うことができる。
  - (a) 同一Ethernet上に接続されている他のOPSの情報を参照可能
  - (b) NetWareによるパソコン、EWSとのデータ共有化が可能

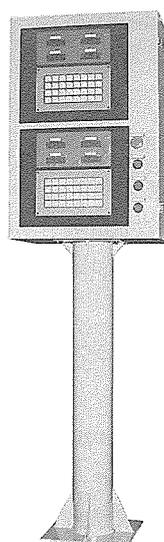


図3. オペレーションユニットの外観

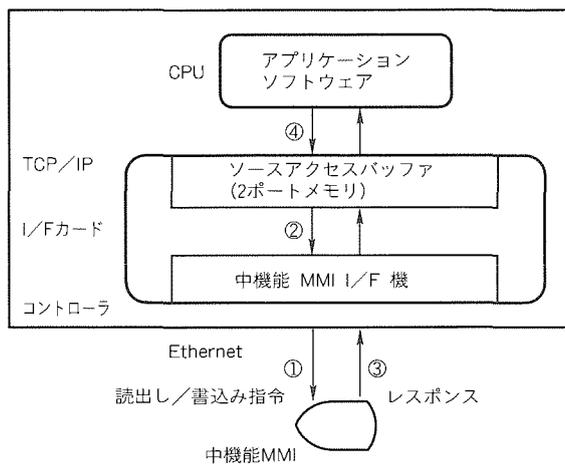


図4. コントローラと中機能MMIのインタフェース方法

(3) タッチパネルを使用することにより、キーボードレスで直感的な使いやすい操作環境を実現できる。図4にコントローラと中機能MMI間のインタフェース方法を示す。

- (a) 中機能MMIはTCP/IPカードに対してデータの読出し/書き込み指令を送信
- (b) 中機能MMI I/F処理は、上記指令内容に従ってソースアクセスバッファ内のデータの読出し/書き込みを実施
- (c) また、上記中機能MMI I/F処理は、処理結果を含めたレスポンスを中機能MMIに対して送信
- (d) コントローラCPUのアプリケーションは、上記TCP/IPカードの処理と無関係にソースアクセスバッファの読出し/書き込みを行うことが可能

## 5. エンジニアリングの特長

当社のエンジニアリングツールとしては、PP (Programming Panel) を準備している。また、統合エンジニアリングシステム“MELSUCSES” (Mitsubishi Electric Schematically and Universally Connected SE System) を鉄鋼分野を中心に適用している。

### 5.1 MELSUCSESの特長

MELSUCSESは、各種プラント情報の一元管理、及び目的別高位言語を用いた制御方案の作成からソフトウェアの自動生成、ソフトウェア及び統合制御バスに対する設定情報の転送、モニタリングなどを行うことができる統合エンジニアリングツールであり、以下のような特長を持つ。

- (1) ソフトウェアライフサイクル全般にわたる統合エンジニアリング環境の提供
  - (a) 制御方案言語“MCD” (Macro Control Diagram) を用いて運転方案をシンボリックに作成する機能
  - (b) 作成された運転方案に対し、ソフトウェア的な文法誤りを指摘する解析機能

- (c) MCDで作成された運転方案から制御用ソフトウェアへ展開する自動変換機能 (オートプログラミング機能)
- (d) MCDで作成された運転方案上へ各信号状態を表示する高速モニタリング機能
- (e) MCDで作成された運転方案上に各信号のメモリアドレスを印字するソフトウェアドキュメント出力機能
- (f) ソフトウェア実行環境設定及びコントローラへソフトウェアを直接転送するダウンロード機能
- (2) プラント電機品の情報一元管理環境の提供
  - (a) 電機品データ (仕様、保守情報等) の一元管理及び検索を行う電機品データベース機能
  - (b) 電機品リストを出力するドキュメント機能
- (3) 統合制御バスの情報一元管理環境の提供
  - (a) 各統合制御バスステーションへの設定情報の一元管理機能
  - (b) サイクリック伝送、N:N伝送信号を一元管理及び検索を行う統合制御バス情報データベース機能
  - (c) 統合制御バスデータのリストを出力するドキュメント機能

### 5.2 PPの特長

PPは基本言語POL、DDCで入力/デバッグ/モニタができるエンジニアリングツールであり、以下の特長を持つ。

- (1) PPのハードウェアはPC/AT互換であり、小型で可搬性の良いツールとなっている。したがって、事務所でのソフトウェア入力等のオフライン作業から、現場でのオンライン調整作業まで、柔軟に対応できる。
- (2) PPのソフトウェアとしては、現状、MS-DOSベースのものが主体であるが、Windowsバージョンの開発も鋭意進めている。
- (3) コントローラソフトウェアの大容量化に対応するために、複数のPPを1台のコントローラに接続することによるコンカレントエンジニアリングが可能である。また、複数PPを汎用LANで接続して共通のサーバステーションを設置することにより、ソフトウェアの一元管理及びグループエンジニアリングを容易に行うことができる。

## 6. むすび

現在、鉄鋼分野において高度な制御システムを構築するために、プロセスデータベースの統合、各種プラント情報の一元管理、コントローラソフトウェアの高位言語化などにより、プロセス制御と情報制御の統合化が行われている。これからは、計装制御言語なども含め、エンジニアリング環境の高級化・統合化を進め、保守性のより一層の向上を目指す方向にあり、当社もユーザの使いやすいシステムを構築するように努力していく所存である。

# 鉄鋼プラント用制御モデル 支援解析システム

下田直樹\* 久保直博\*  
若宮宣範\* 嶋田 淳\*\*  
鶴田 誠\*

## 1. ま え が き

鉄鋼製造業では製品品質向上化の要求が年々高まってきており、多品種生産への傾向とあいまって、より高精度な品質制御システムが必要とされている。熱間圧延プラントで製造される熱延鋼板を例にとると、板厚制御では品質精度の管理基準が製品目標板厚 $\pm 50 \mu\text{m}$ 以内から $\pm 30 \mu\text{m}$ 以内へと移行しつつあり、また板温制御では、製品鋼板全長に対して95%以上が製品目標巻取温度 $\pm 15^\circ\text{C}$ 以内に収まるような高精度の制御が要求されている。

従来、このような品質制御の現象分析や診断分析を行うには、まず一製品単位に一つのデータの形で計算機に収集蓄積されている実績データを解析して、グラフ化したりシミュレーション検証を行うなどのいろいろなアプローチの方法をとってきた。しかし、一製品内におけるもっと細かい範囲での分析を行うには、主にオンラインの制御状態のアナログ信号をグラフ出力化したアナログチャートなどの機器を使用することが多く、詳細な分析は人手に負う部分が多くなったり、実績管理が困難な面もあった。

近年、加速化する計算機性能の高速大容量化によって、データハンドリングの環境も向上し、大容量のデータファイルから高速に計算処理を行えるような計算機環境も実現できるようになってきている。

要求されるレベルの高精度な品質制御システムを開発して調整・維持管理を行うためには、制御状態の実績データ及び制御システムにおける計算過程などを時々刻々にサンプリング収集して蓄積保存する機能と、この大容量デジタルデータを利用して制御状態・製品品質・設備状況をきめ細かく分析ができるような支援システムが不可欠である。

本稿では、このような大容量データハンドリングシステムを利用した鉄鋼プラント制御モデルの解析支援システムについて、そのコンセプトを説明し、その適用事例の一つとして、熱間圧延プラントの巻取温度制御における制御モデル解析支援システムを紹介する。

## 2. 制御モデル解析支援システムの構成

### 2.1 ハードウェア構成

図1に制御モデル解析支援システムのハードウェア

構成を示す。

制御モデル解析支援システムは、オンラインの制御用プロセス計算機と、EthernetなどのLAN回線を通じてネットワーク接続されたオフラインコンピュータの上に構築される。大容量のデータを扱うため、オフライン上に構築することによって、オンライン計算機にほとんど影響を与えずに解析支援システムを利用することができる。このオフラインコンピュータには、大容量データを保存するディスクとそれを高速計算処理するCPUが必要である。しかし、マシンの信頼性についてはオンライン計算機ほど必要ではないことを考慮して、ワークステーション、又は最近ではパソコンをこのオフラインコンピュータとして十分に実用できるようになってきた。この解析支援システムのデータベースは、製品ナンバや製品サイズなどの製品情報データと、その製品に対するオンライン制御のアクチュエータ、センサからサンプリング収集された実績値などの制御実績データからなっており、これらのデータは、オンライン制御用プロセス計算機に保存されている大容量実績データファイルから、随時LAN回線を介してオフラインコンピュータに高速に転送されるようになっている。

### 2.2 ソフトウェア機能構成

制御モデル解析支援システムの主な利用目的として、以下が挙げられる。

#### (1) グラフィックチャートの高速再生

オンライン制御系に何らかの精度不良が生じた場合、その原因を調査するには、まずその精度不良が生じたときの実績

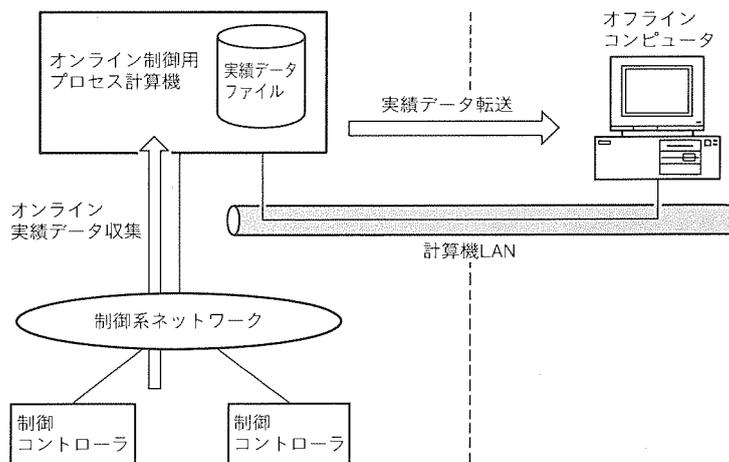


図1. 制御モデル解析支援システムのハードウェア構成

を表したアナログチャートなどを見て、その精度不良現象の内容を早急に把握し、分析する必要がある。それには、任意のタイミングで過去の制御実績を高速にグラフィック化再現処理できる機能が必要である。

(2) シミュレーションによる制御再現

精度不良を解析するには、その不良が制御系の問題に起因するものなのか、又は設備系の問題に起因するものなのかを分析する必要がある。そのためには、オンライン制御系と同等の制御シミュレーションをオフラインで実行することによってそのときの制御状態を再現し、実績と比較分析することで、上記両者の問題を区別する判断材料とすることができる。

上記利用目的に沿って、図2に制御モデル解析支援システムのソフトウェア機能構成を示す。

解析支援システムは、グラフィック分析ツールとオフラインシミュレータ機能から構成されている。グラフィック分析ツールは、サンプリング収集された実績データベースを基にして制御実績を高速グラフィック化再現する機能を持っている。オフラインシミュレータ機能は、オンライン制御系と同等レベルの制御シミュレーションを可能としている。そのシミュレータは、大きく分けて、制御系シミュレータと物理系モデルシミュレータとの二つから成り立っている。制御系シミュレータは、オンライン制御系における初期セットアップ予測制御と、フィードバック制御などのデジタル制御系と同等の制御シミュレーションを実現する。また、物理系モデルシミュレータは、制御対象に内在する物理現象を数式理論モデル化したものであり、オンライン制御系では、初期セットアップ予測制御において、制御対象における現象予測のためにもこの物理系モデルが使用されている。

3. 巻取温度制御への適用事例

次に、この制御モデル解析調整支援システムを熱間圧延プラントの巻取温度制御に適用した事例について述べる。

3.1 巻取温度制御の概要

図3に、熱間圧延プラントにおける仕上げ圧延機からコイラまでのライン設備と、巻取温度制御機能の概要図を示す。仕上げ圧延機を過ぎた熱延鋼板は、続くランアウトテーブルを移動する間に上下ラミナ設備からの水冷による冷却過程を経て、最終的にコイラに巻き取られる。鋼板の結晶組織は冷却温度や冷却速度によって変化する。巻取温度制御は、所要の製品品質を巻取り時に確保するために、所定の巻取温度を満たすように上記冷却設備を制御するものである。

巻取温度制御は、大きく分けて、初期セットアップ予測制御、修正セットアップ予測制御、フィードバック制御から構成されている。初期セットアップ予測制御では、熱延鋼板がランアウトテーブルに進入するまでに、所要の巻取温度までに冷却する最適なラミナ注水ON/OFFの初期設定パターンをあらかじめ計算する。巻取温度までの冷却過程を予測計算する際は、熱工学に基づいた水冷/空冷による温度降下量を予測計算する温度予測数式モデルを使っており、またその予測精度を向上するために、実績データに基づいた学習計算を行っている。修正セットアップ制御は、熱延鋼板がランアウトテーブル上を通過し始めてから、仕上げ圧延機出側温度計による温度実績値と鋼板の搬送速度実績値などから、再度セットアップ制御計算を行う機能である。計算の入力値の一部に実績値を使うことにより、予測制御がより現実の現象に合致した正確な計算値を出すことができ、設定精度が向上する。フィードバック制御では、ランアウトテーブル上、コイラ直前に設置された巻取温度計のセンサ実績をサンプリングし、この実績値を用いて目標の巻取温度からの偏差を最終的に是正するように最終バンクのラミナ注水を制御するものである。

3.2 巻取温度制御の解析支援システム

次に、制御モデル解析支援システムを巻取温度制御に適用

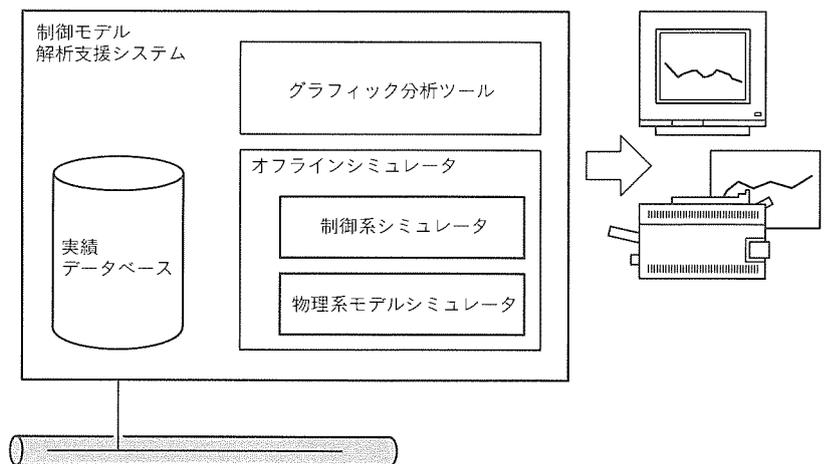


図2. 制御モデル解析支援システムのソフトウェア機能構成

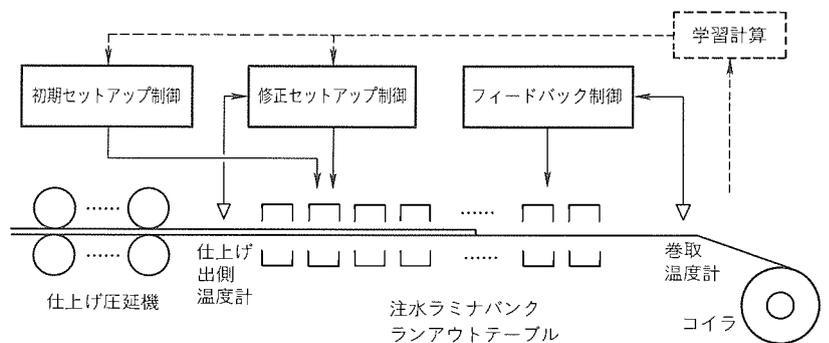


図3. 巻取温度制御概要

したシステムについて述べる。

(1) 冷却温度グラフィック分析ツール

冷却温度グラフィック分析ツールは、製品コイルのコイル全長にわたってサンプリング収集した実績データベースから、オンライン制御実績をアナログチャートの形式で再現する機能である。

図4にこの機能の動作フローを示す。まず、再生したい実績データの検索情報(日時、製品ナンバ、製品サイズ、精度など)を入力する。再生機能はこの検索情報を基に実績デー

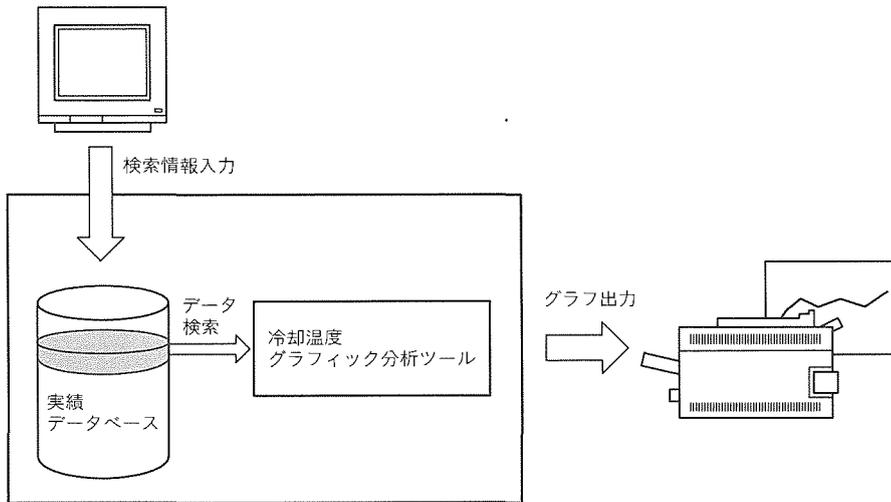


図4. 冷却温度グラフィック分析ツール動作フロー

タファイルを検索し、適合するコイル部分のサンプリング収集実績データを採取する。そしてグラフィックアプリケーションを用いて、デジタル的にサンプリング収集された実績数値データを、ビジュアル化したグラフチャートとしてダイレクトに高速出力する。

この出力例を図5に示す。出力グラフには、製品ナンバ、製品サイズ(板厚、板幅など)、製造日付・時刻、目標巻取温度、制御精度などをヘッダ情報として出力し、その下には仕上げ圧延機出側温度、巻取温度、鋼板搬送速度、コイラ巻取速度の、コイル全長にわたる実績のグラフが出力される。

オンライン制御系で冷却過不足などの制御不良が生じた場合、まず第一に不良状況を把握分析するために、この分析ツールによって鋼板全体にわたる細かい状況をダイレクトに分析することができる。また、今まで蓄積された実績データをさかのぼって分析することができるので、必要ときに必要なグラフだけを得ることができ、ペーパーレスの効果も期待できる。

(2) 巻取温度制御シミュレータ機能  
巻取温度制御に対応する制御系シ



図5. 冷却温度グラフィック分析ツール出力例

ミュレータは、各バンクのラミナ注水 ON/OFF パターン設定を決定するセットアップ予測制御と、巻取温度センサ実績を利用した最終バンクラミナ注水制御のフィードバック制御からなるオンライン制御系と同等の制御系ロジックから構成されている。物理系モデルシミュレータは、伝熱理論に基づいた水冷/空冷による温度降下量を計算する数式モデルを使って、ランアウトテーブルにおける鋼板の冷却現象をモデリング化している。そして、水冷モデルの熱流束係数を過去のオンライン実績データからの回帰計算などで求めることによって合わせ込みと調整を行い、これをシミュレータに使用することにより、現実のプラント現象を忠実に再現するようにしている。

こうして、現実のプラントの伝熱現象に合わせ込んだ物理系モデルシミュレータと、オンラインの巻取温度制御と同等のロジックを持つ制御系シミュレータとを合わせ込むことで、再現性の高いオフラインシミュレータを実現している。

図6にこのシミュレータの実行フローを示す。まず入力には、製品ナンバ、製品サイズ、製品目標巻取温度等のシミュレーションを行いたい製品情報を与える。これらの情報を基に、シミュレータのデータファイルから該当する製品に対する実績データベースを検索してくる。続いてこのデータを基にして、制御系シミュレータで初期セットアップ予測制御が実行され、初期の各バンクラミナ注水 ON/OFF パターンがシミュレートされる。続いて、サンプリング収集された実績データを順次入力し、フィードバック制御も含めたダイナミックシミュレーションを行う。この間、水冷や空冷による温度降下量は、物理系モデルシミュレータ側で常時計算を行っている。こうして、1コイル内の全長にわたるすべてのサンプリングデータにシミュレーションを実行していく。

図7にこのシミュレーションの実行結果のグラフ出力を示す。このグラフは縦軸に巻取温度、横軸にサンプリングカウントをとり、鋼板先端部が巻取温度計を通過してからの時間推移を表す温度時系列グラフを表しており、この中に巻取温度実績値と、巻取温度シミュレーション値の二本のグラフが出力される。巻取温度実績値は、オンライン制御時に巻取温度計からサンプリング収集された実績値を表しており、一方、巻取温度シミュレーション値は、上記オフラインシミュレータで得られたシミュレ-

ーション結果値を表している。この二本のグラフを比較検討することで、制御系のロジックやパラメータ等の妥当性を検討・確認することができる。

### 3.3 解析事例

次に、この巻取温度解析支援システムを利用した解析事例について述べる。

#### (1) 制御不良検知の例

図8は、精度が悪化したある製品コイルに関して、解析支援システムで出力した制御実績グラフィックチャートと、オフラインシミュレーションの結果を示したものである。これを見ると、コイル中央部に巻取り温度実績値が目標巻取温度より高い方向に大きく外れている部分があって、制御精度が悪化している。オフラインシミュレーションの結果を見ると、巻取温度シミュレーション値も同じ位置で同様に外れている。このオフラインシミュレーションは、実際のラミナ注水設定パターンと鋼板のランアウトテーブル上の搬送速度の実績に

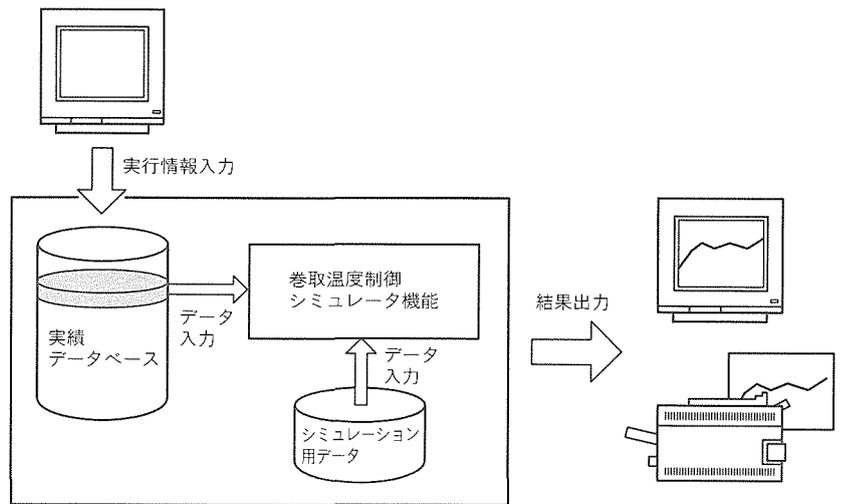


図6. 巻取温度制御シミュレータ機能動作フロー

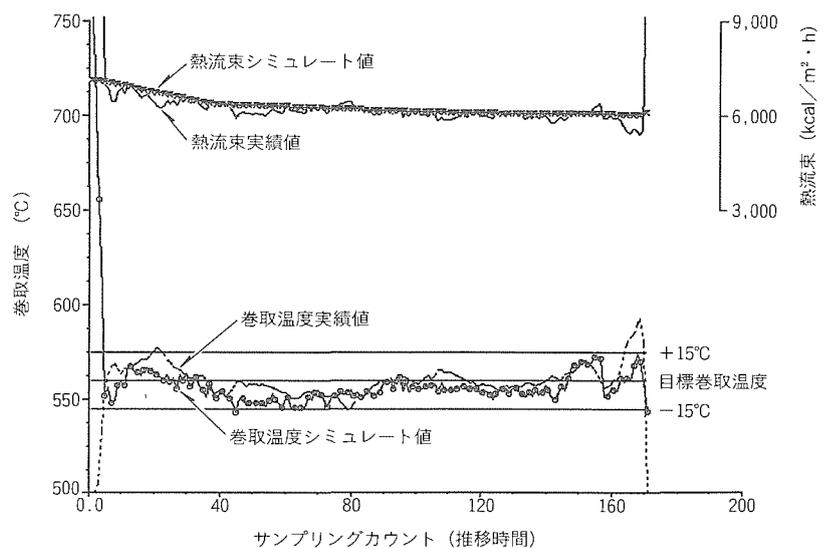


図7. 巻取温度制御シミュレータ機能出力例

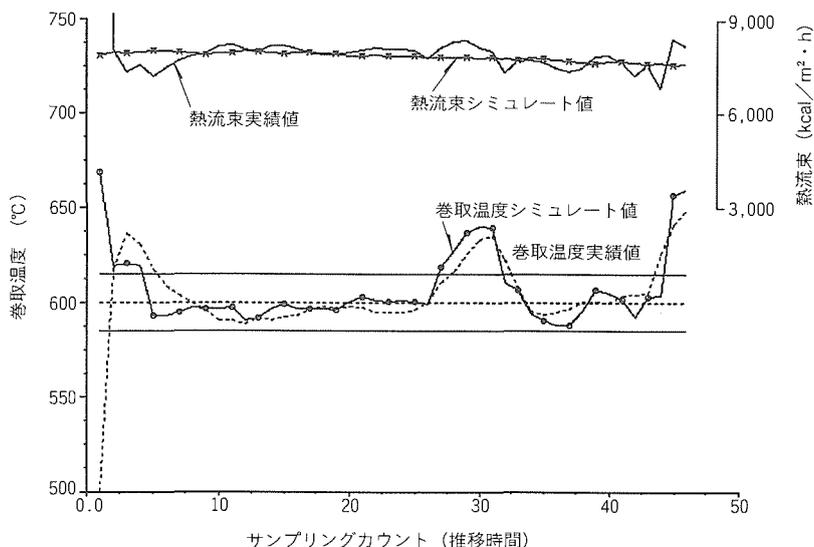


図 8. 制御不良検知の例

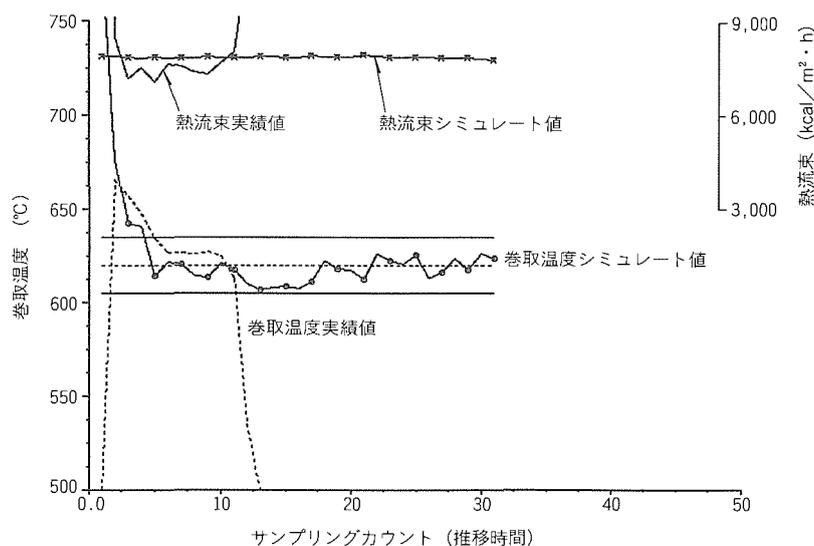


図 9. 設備異常検知の例

従って再計算したものである。オンラインでのセットアップ予測制御ではコイル全長にわたって目標巻取温度を満たすようにラミナ注水設定パターンを決定しているが、その設定パターンを使って同等のシミュレーションを行った結果が一部で大きく外れるということは、セットアップ予測制御時の条件どおりの制御がその後に行われていないことが予想できる。そこで、このときのセットアップ予測制御時における鋼板の搬送速度パターン条件と実際の速度パターンの実績データとを比較すると、セットアップ予測制御で用いた鋼板の搬送速度パターン上でのタイミングと、実際の速度パターン上での

タイミングとの間にずれが生じていたことが分かり、このためにセットアップ予測制御時のランアウトテーブル上での予測冷却時間と実際の冷却時間との差が大きくなり、予測制御で決定したラミナ注水パターンでは冷却不足が生じたことが分析された。

(2) 設備異常検知の例

図 9 は別の精度悪化の例で、巻取温度実績がコイル途中で急激に落ちている現象が見られる。一方、オフラインシミュレーションの結果を見ると、シミュレーション値の方は正常に目標値に追随している。すなわち、設定されたラミナ注水パターンと搬送速度実績からシミュレーションを行うと巻取目標温度を満たすのだから、制御上は問題がないことが分かり、この例は前記の制御不良によるものではないことが分かる。実際の巻取温度は目標値どおりになっていたことが予想されるので、この実績が急激に落ちるのは、この実績データそのものに何か異常が起きたと考えられる。これは設備異常の例であり、巻取温度計に計測不良が生じて実績値そのものが実物の温度とは異なっていたことが分かり、この異常設備の計測値を用いて計算し、精度が悪化したことが解明した。

4. むすび

ここではサンプリング収集の大容量実績データハンドリングシステムを利用した制御モデル解析支援システムについて、巻取温度制御に適用した事例について述べた。

要求される制御精度レベルを維持調整していくためには、従来の多数のコイルを母集団とした実績データレベルの解析に加えて、ここでみたように1コイル内の多数のサンプリング点を母集団とした実績データレベルの解析も行う必要がある。

このシステムは、大容量データハンドリングと高速処理も容易に行えるようになった現在のコンピュータ環境とあいまって実現されたものであり、今後は更に制御不良、設備異常に対する自動診断システムとして発展させていく所存である。

# 鉄鋼プラント用溶接機と誘導加熱装置

宮田淳二\* 江口俊信\*  
井上秋雄\* 袖野恵嗣\*  
大崎嘉彦\*

## 1. ま え が き

鉄鋼プロセスラインの連続化にとって、ストリップの接合装置としての溶接機は重要な設備である。その性能はラインの操業度(率)に大きな影響を与える。ここでは、ラインの溶接機に対する要求性能と、それに対応した溶接機の最近の技術動向について述べる。

また、鉄鋼プラントに誘導加熱装置を導入することによって、鉄鋼製品の品質を改善することができる。ここでは、鋼管への誘導加熱装置の適用事例の紹介と、誘導加熱装置を設計するに当たって計算機を使用した電磁界・熱解析をシートバーに適用した事例を紹介する。

## 2. 鉄鋼プロセスライン用溶接機

### 2.1 鉄鋼プロセスラインへの溶接機の適用事例

最近の鉄鋼プロセスラインへの主な適用事例を表1に示す。溶接機の選定は、ラインの要求性能を基に主に次の点を考慮して行われている。すなわち、

- ラインに通板される材料の鋼種、板厚
- ライン内の通板・処理に耐えられる溶接強度と継手形状

表1. 鉄鋼プロセスラインへの溶接機適用事例

プロセスライン名	溶接機適用事例
連続酸洗いライン(Continuous Pickling Line)	F, L <sub>1</sub>
連続冷間圧延ライン(Tandem Cold Mill)	F, L <sub>1</sub> , M* <sup>1</sup>
酸洗い・焼鈍ライン(Annealing & Pickling Line)	F, L <sub>1</sub> , M, S, A
電解清浄ライン(Electrolytic Cleaning Line)	M, LS
連続焼鈍ライン(Continuous Annealing Line)	M
連続亜鉛めっきライン(Continuous Galvanizing Line)	M
調質圧延ライン(Temper Mill Line)	M
テンションレベリングライン(Tension Levelling Line)	M
電気亜鉛めっきライン(Electric Galvanizing Line)	M
連続塗装ライン(Color Coating Line)	M
コイル準備ライン(Coil Preparation Line)	M
連続切断ライン(Continuous Shearing Line)	M, LS
その他	L <sub>2</sub> * <sup>2</sup>

備考

- (1) F : フラッシュ溶接機 L<sub>1</sub> : 厚板用レーザービーム溶接機  
L<sub>2</sub> : 薄板用レーザー溶接機 M : マッシュシーム溶接機  
LS : ラップシーム溶接機 S : スポット溶接機 A : アーク溶接機
- (2) 適用板厚 F : 1.2~6.6mm, L<sub>1</sub> : 1.2~6.6mm,  
L<sub>2</sub> : 0.1~0.6mm, M : 0.15~4.5mm  
LS : 0.15~4.5mm
- (3) \*1は、ステンレス専用ラインである。\*2は、珪素鋼板専用である。

- 許容される接続のための溶接時間
- ライン全体から計画される自動化のレベル
- 設備投資額と効果から考えて、より有利な溶接機であること

一般的に、フラッシュ溶接機、マッシュシーム溶接機、レーザービーム溶接機から選定されることが多い。

フラッシュ溶接機は、圧延前の厚板(板厚1.6~6.0mm)ストリップの連続ラインに適用される。フラッシュ溶接部の信頼性は高く、低炭素鋼ストリップにおいて、溶接部はそのまま圧延が可能である。

マッシュシーム溶接機は、圧延後の薄板(板厚0.15~3.2mm)ストリップの連続ラインに適用される。鉄鋼プロセスラインに採用されるマッシュシーム溶接法は、図1に示すように、他の溶接法に比較して高速溶接が可能で、かつ溶接部の仕上り継手形状が母材板厚にほぼ等しくなり、通板性に優れている。さらに、マッシュシーム溶接機は、低炭素鋼ストリップのみならずステンレスや一部のけい(珪)素鋼板のラインにも適用されている。

レーザービーム溶接機は、ステンレスや珪素鋼板用に適用され、効果を上げている。しかし、生産量の多い厚板低炭素鋼主体のラインに使用される試みもなされているが、表2に示すように、フラッシュ溶接機よりも接続時間が長いために効率的でない。しかし、1ラインで普通鋼の生産に加えて特殊鋼の生産の要求もあり、溶接機の選定が難しくなっている。この場合、下記の方法から選定される。

(1) フラッシュ溶接法の改善と通板技術のノウハウの確立によって、フラッシュ溶接機1台で対応する。

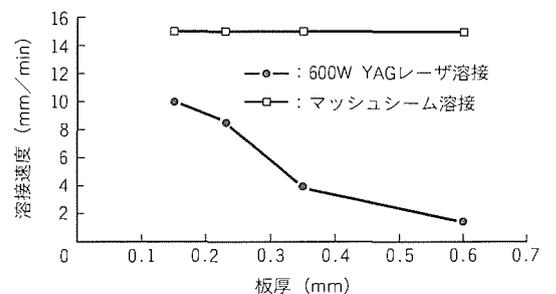


図1. マッシュシーム溶接と600W YAGレーザー溶接の溶接速度比較

表 2. レーザビーム溶接機とフラッシュ溶接機の  
接続時間の比較

	レーザービーム溶接機		フラッシュ溶接機 (NMW-C形)
	5kW	10kW	
機械動作時間 (s)	54	54	34
溶接時間 (s)	60	27	8
(溶接速度 m/min)	(1.7)	(4)	—
接続時間合計 (s)	114	81	42

注:

1. 被溶接材は板厚3.2mm, 板幅1,630mm, 低炭素鋼とする。
2. 後行ストリップが溶接機内で停止後, ライン通板開始までとする。ただし, ノッチャ, パンチャの時間は含まない。また, レーザビーム溶接機はビードトリミングを行わないものとする。

(2) フラッシュ溶接機とレーザービーム溶接機を直列に設置して, それぞれの長所を組み合わせて使用する。

(3) 上記(2)項の初期設備投資額を縮減し, 多鋼種の生産が可能なレーザービーム溶接機を1台設置する。

以下, 各溶接機の最近の技術動向について紹介する。

## 2.2 フラッシュ溶接機

従来形フラッシュ溶接機はストリップの位置決めをゲージバーに突き当てて行っていたが, 下記の問題があった。

- ストリップの幅方向に均一に突き当たらないために, 位置決め精度が一定にならない。
- そのために, 溶接開始前に突合せ状態を操作者が確認する必要があり, 自動化ができない。

そこで, 最近のフラッシュ溶接機は, 切断装置を内蔵することによって, これらの問題点を解決する場合が多い。三菱電機(株)が開発した最新鋭のフラッシュ溶接機(NMW-C)は, 1台のロータリシャーでストリップの尾端, 先端を同時に高速(60 m/min)で切断した後, 切断位置で溶接を行う構造を採用している。その結果, 溶接開始時高精度のストリップ突合せ状態を自動的に得られるようになる。

一般的にロータリシャーは, ギロチンシャーに比較して切断速度は遅い。しかし, NMW-Cに採用するロータリシャーはラインの外(駆動側)からラインの外(操作側)へ, シャーヘッドを高速で走行させて切断を行い, 溶接後, ライン運転中にシャーヘッドを原点へ復帰させるので, ギロチンシャーよりも短時間で切断できる。なぜなら, ギロチンシャーはロータリシャーに比較して大きい構造となるため, 切断後シャーフレームをラインの外へ出すのに時間がかかるためである。他の方法として, 溶接位置から離れた位置で切断後ストリップを溶接位置へ移動させる方式を採用する場合もあるが, 総合動作時間として, いずれもギロチンシャーの方が長くなる。

また, NMW-Cの場合, 次の特殊鋼溶接対策を行うことによって幅広い鋼種のライン内の通板が可能になる。

### (1) 油塗布溶接

ロータリシャーで切断時, 自動的に油をストリップ上に一

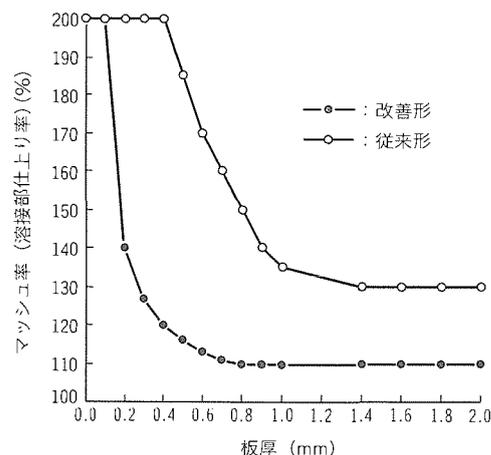


図 2. 溶接部仕上り率

定量塗布し, 溶接時にフラッシュ溶接部周辺を囲ったカバー内で油を燃焼させて酸素を除去する。これによって, 接合部への酸化物の介在を防止し, 特殊鋼の溶接性が改善される。この溶接システムは, 通常溶接と同じ時間で溶接ができる。

### (2) ポストアニール

このポストアニールは, 溶接とトリミング完了後, フラッシュ溶接機の電源を使用して, 硬化した溶接部を通電加熱によって焼鈍する。従来の溶接機は, 溶接を行う位置とトリミングを行う位置が異なっているため, 溶接部をトリミング位置から溶接位置(ポストアニール位置)へ戻す必要がある。しかし, ライン内でこの動作を行うことは困難なため, 普通, このポストアニールを使用することができない。一方, NMW-Cは溶接, トリミング, ポストアニールを同じ位置で行える構造としているため, 容易にポストアニールが適用できる。

## 2.3 マッシュシーム溶接機

スキンパスマイル, テンションレベラ等のロールへの傷の原因の一つは, 溶接部の板厚変動によって発生する。また, 溶接部をコイルに巻き込んだときに溶接部の厚みが母材より厚いと, その上に巻き込んだストリップが腰折れを起こして歩留りが低下する。したがって, マッシュシーム溶接の溶接部板厚を母材板厚に近づけることが重要な課題である。図 2 に最近の溶接機の溶接部仕上り厚さと従来機の比較を示す。この改善を可能にした主な技術は, 下記のとおりである。

(a) 溶接入熱による溶接部の温度変化によって発生するラップ量の変動をあらかじめ補正しておき, 幅方向に均一な小さなラップ量を得られるようにする。ラップ量を小さくすると, マッシュ率(溶接部板厚の母材板厚の割合)は1に近づく。

(b) 溶接部板厚と母材板厚が近づくにつれて, 接合部に流れない分流電流が増える。分流電流を小さく制限するために電極先端形状をR形とする。この電極先端寸法を常に一定寸法に保持する電極切削装置を装備する。

また、自動運転に関する配慮として、次の実施事例を紹介する。

(1) ストリップの斜め溶接対策

ストリップが溶接機に斜めに入った場合、従来、サイドガイドを使用してストリップがラインと平行になるように調整していた。しかし、ストリップの板厚が薄い場合(0.4 mm以下)、ガイドプレートでストリップの端面を押すために、ストリップの端部を損傷する等確実ではない。クランプ式の平行度調整装置を設置することによって薄いストリップでも確実に自動的にラインと平行に調整する装置が有効である。

(2) 自動電極高さ調整装置

下部電極の高さ調整不良が、溶接不良の原因になっている場合が多い。図3は、下部電極自動高さ調整装置である。レーザー変位計によって下部電極の上面を測定し、基準位置を自動的に保持できるようにした例である。

(3) 溶接結果のオンライン自動判定装置

溶接モニタの設置により、溶接機の機側に操作者がいなくても溶接の良否がほぼ判定できるようになる。溶接実行中に溶接速度、電極加圧力、溶接電流及び溶接部温度を検出してモニタ画面に表示するとともに、あらかじめ設定した上下限值と比較することによって溶接良否の判定を行う。

2.4 レーザビーム溶接機

レーザービーム溶接機は、溶接部の熱影響部が極めて小さいために、多種の特殊鋼の溶接が可能である。また、図4に示すように、レーザービーム溶接機は、同じ熔融溶接法に属するMAG溶接機に比較して高速溶接が可能である。そして、溶接部仕上り厚さが母材とほぼ同等にできるために、溶接部の余盛り処理時間の短縮を考慮すると更に入側セクションのダウンタイムの短縮が図れる。

三菱電機のレーザービーム溶接機は、精密な突合せギャップが確保できる機構と独自の発振器を組み合わせた総合システムで対応している。以下に実施技術の数例を紹介する。

(1) 計算機によるレーザービーム長距離伝送の最適設計

レーザービームは、直進性を持っているが、わずかの広

がりが発生する。このために、ストリップ幅が大きいと溶接位置によって溶接点のビーム直径の大きさが変化し、均一な溶接ができない。そこで、コリメーションミラーを設置して、溶接位置によってビーム直径が変わらないようにする。図5はコリメーションミラーの各種焦点距離の計算事例を示したものである。

(2) ビーム伝送系の長寿命化

従来、加工ヘッドに集光レンズを、ビーム伝送系にウィンドウを使用していたが、大出力化に伴い伝送光学部品の短寿命の問題があった。そこで、集光レンズの代わりに、放物面鏡及び伝送系のウィンドウをなくすことによって、発振器以降はすべてミラーを使用する。これによって、大出力の伝送時の光学機器の長寿命化に威力を発揮する。

3. 鉄鋼プラント用誘導加熱装置

3.1 鋼管誘導加熱の用途

我が国で用いられている鋼管の誘導加熱装置を用途別に整理してみると、①熱処理用、②熱間成型用、③表面処理用の三つに分類される。それぞれの中にどのようなものがあるかを図6に示した。これらはすべて、実際に稼働している設備である。

(1) ステンレス鋼管の固溶体化処理

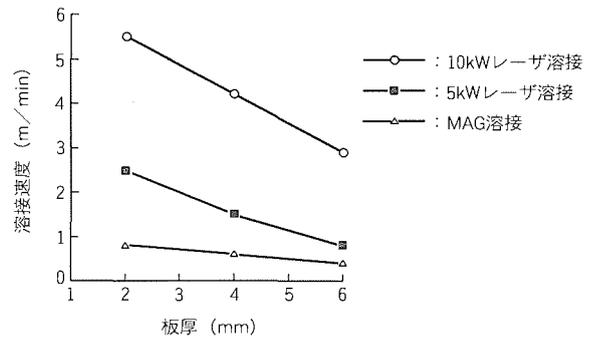


図4. レーザ溶接とMAG溶接の溶接速度比較

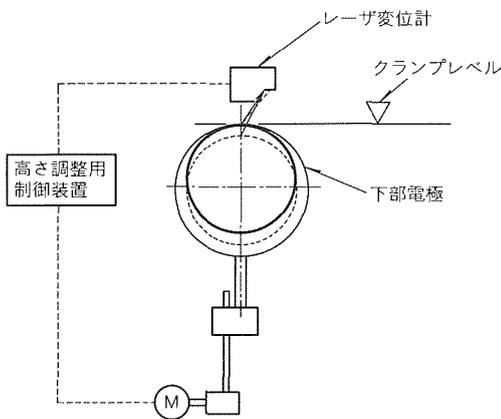


図3. 下部電極高さ調整装置

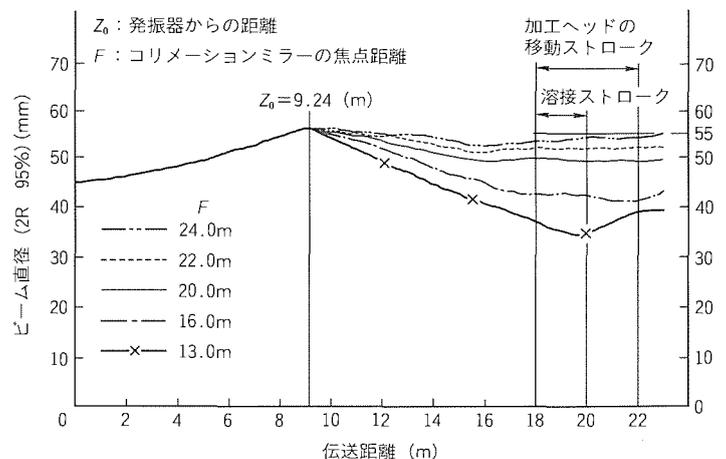


図5. ビーム伝送距離とビーム直径 (計算値)

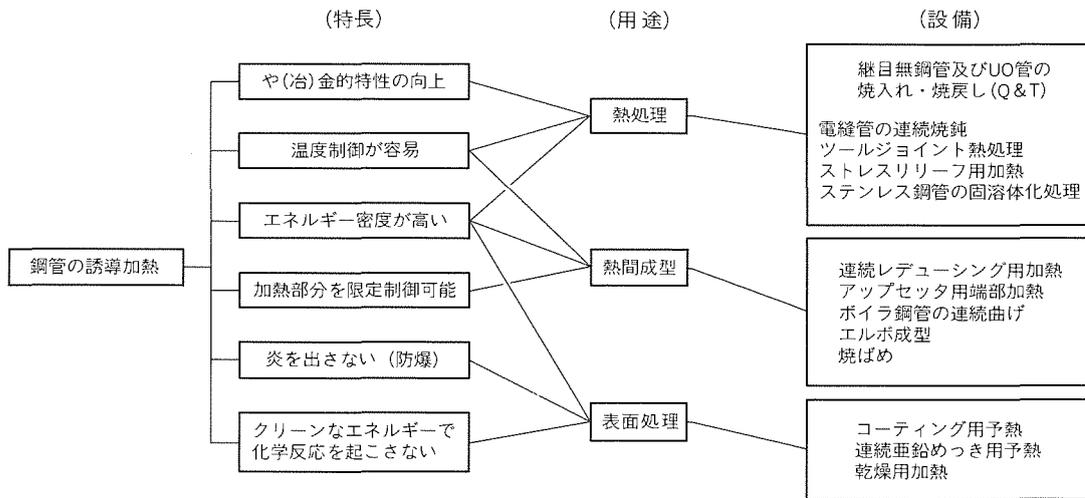


図6. 鋼管誘導加熱の特長と用途

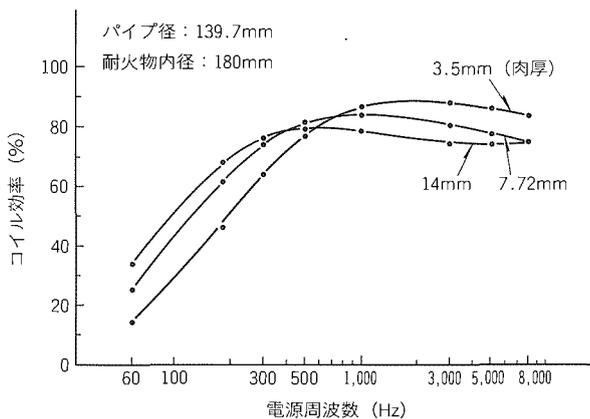


図7. 電源周波数とコイル効率 (非磁性領域)

一般にステンレス鋼管の固溶体化処理は、JISに記述してあり、加熱炉で熱処理温度に加熱後、炉から取り出し、急冷(水冷)を行うのが一般的である。納入実績ラインでは、ステンレス帯鋼を造管成形後、溶接、整形、誘導加熱、保温、急冷、直伸成形、切断の一連工程をオンライン上で行うことで、合理化・連続化を可能にしている。

オンラインで固溶体化処理を行うには、加熱後の保温(金属結晶粒拡散)時間をできるだけ短縮することが必要である。この対策として、従来方式の加熱温度に比べて少々高温(約50℃)にすることで、同一熱処理効果を得ることができる。

(2) 連続レデュース用加熱

多種多様の鋼種と寸法に対応して帯鋼から造管することは、手間のかかる方法である。合理化・高速化・連続化のすう(趨)勢から、限定した帯鋼で母管を造管後、熱間縮径成形を行うことで合理化が可能となる。母管を加熱する方法として燃焼炉が使用されていたが、設置スペース、長時間加熱による酸化スケールの発生、制御性が低い、炉の立上げ/立下げに長時間を要する等の不都合から、誘導加熱によって合理化が可能となる。初期投資額や送電能力上から問題がある場

合は、加熱炉の出口側に誘導加熱装置を設置して、省エネルギー化と制御性の向上を求めることができる。

(3) 連続亜鉛めっき予熱

造管後の表面に溶融亜鉛めっきを行う場合、めっき槽進入前に鋼管を予熱することは、浴槽温度低下の防止とめっき付着性改善、めっき膜強化につながる。鋼管表面の加熱による酸化防止のため、窒素雰囲気での加熱要望もある。

以上のような加熱目的、加熱雰囲気条件に対して、誘導加熱装置は、ライン速度と同期化をとることでラインの加減速にも対応でき、めっき浴槽への鋼管進入温度を一定にすることができる。

3.2 鋼管加熱用周波数

最適周波数は、各サイズについて、周波数と効率の関係をグラフ化し、コイル効率(コイルに投入される電力のうち鋼管で消費される電力の割合)の飽和に近づく近傍の周波数を選定する。管径139.7mm、肉厚3.5mm、7.72mm、14mmの場合の非磁性領域加熱(770℃以上の領域)における周波数とコイル効率を図7に示した。同じ外形寸法の鋼管でも肉厚が薄くなればなるほど、最適周波数は高くなる傾向にある。電源の変換効率は周波数が高くなればなるほど低下するため、周波数は、コイル効率だけでなく、電源の変換効率も考慮して総合的に選択する必要がある。以上は効率のみに着目した周波数の選定方法であるが、外面-内面間の温度差に制限がある場合には、その点からも周波数を考慮しなければならない。均熱化を図るには周波数を低くする必要があるが、そのためにコイル効率を犠牲にする場合もある。

3.3 最近の電磁界・熱解析技術

近年、計算機と解析ソフトウェア技術の進歩により、大規模モデルの電磁界・熱解析が短時間で精度良く実現できるようになってきた。このような背景を受け、誘導加熱装置の開発・設計において有効に活用している。

従来の電磁界解析は主に二次元場しか行えなく、ピレット

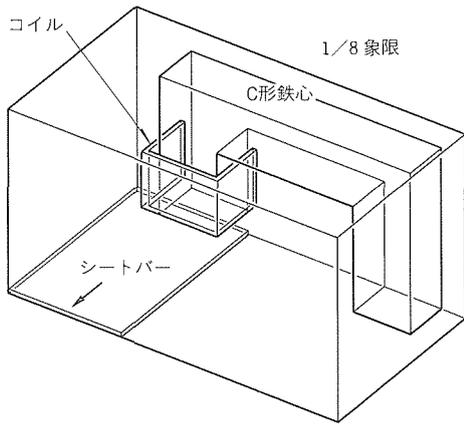


図8. C形エッジヒータ解析モデル

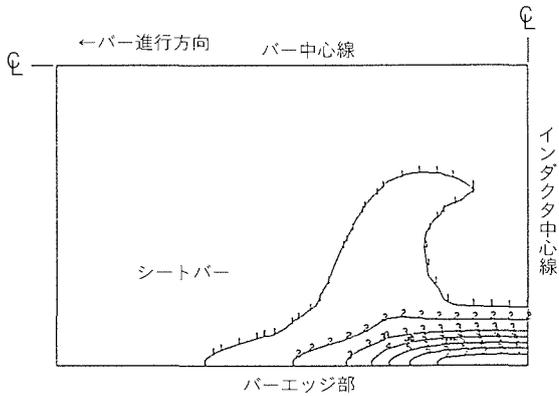


図9. バーの過電流密度分布図

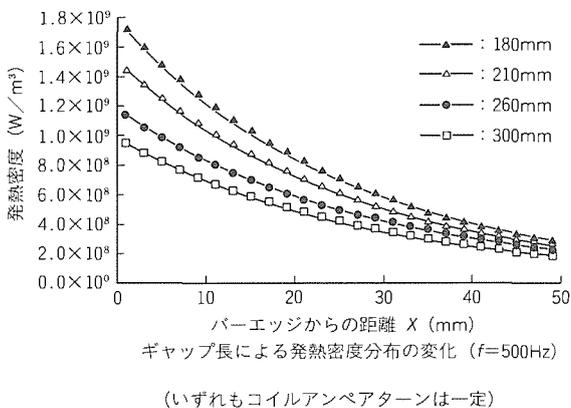
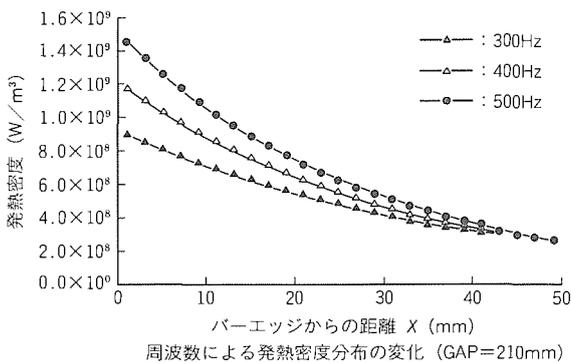


図10. バーエッジ部の発熱密度グラフ

やパイプといった軸対称モデルは扱えるが、エッジヒータやバーヒータといったタイプの解析は発熱の傾向とかを調べるレベルにとどまり、シートバーの総発熱量磁束量を求めることは非常に困難であった。

ところが最近の三次元解析ソフトの進歩によってそれも解消され、ほぼすべての形状の解析が可能となってきた。これは誘導加熱装置の開発においては非常に重要なことで、製品の最適加熱周波数、発熱分布が試験機を製作することなく短時間で確認できるほか、周囲金属のオーバヒート箇所の特定といった予防保全も行うことができる。

ただこうした開発は解析値と実際のデータとの比較の積重ねによって初めて行えることであり、ノウハウが必要であることは言うまでもない。熱解析の方は計算式自体が既知であることから解析手法に目新しさはないが、最近の傾向として、磁界解析や機械構造解析との連系解析を視野に入れたソフト作りがトレンドになっている。

以下に、C形エッジヒータと粗バー全体加熱ヒータの解析例を紹介する。

図8はC形エッジヒータ解析モデルである。モデルの対

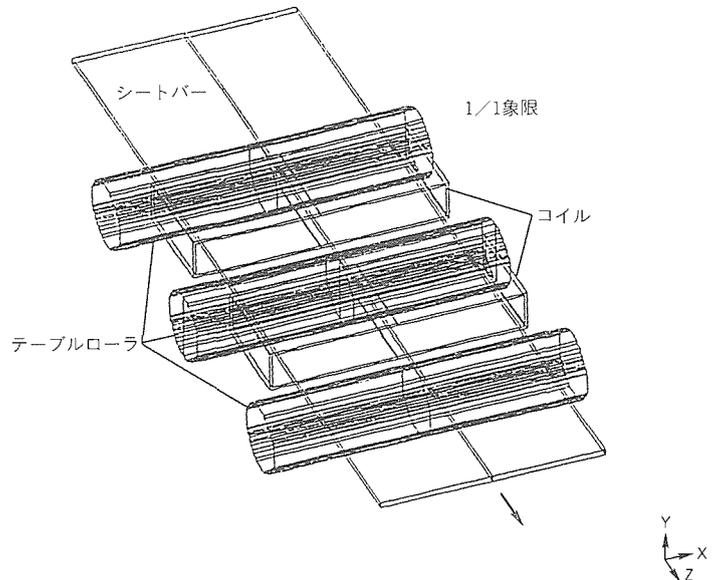


図11. 粗バー加熱ヒータの電磁界解析モデル

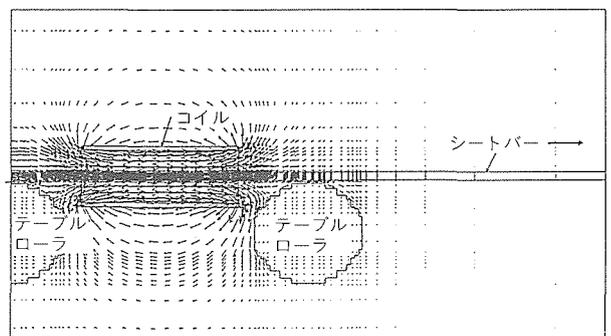


図12. 磁束密度グラフ図

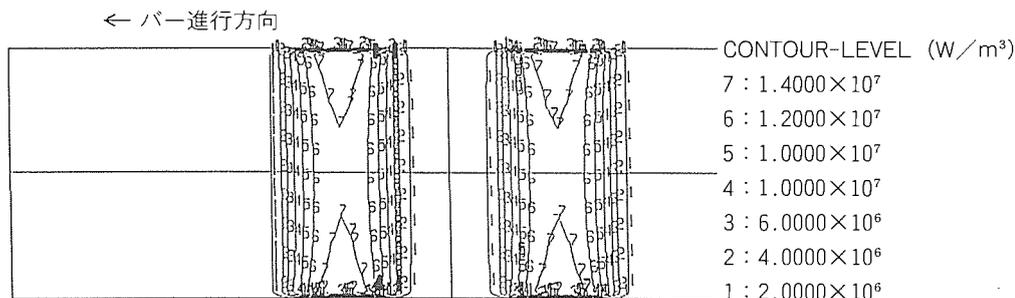


図13. 粗バーの発熱密度分布

称性によって1/8象限で解析を実施する。

図9はバーの渦電流密度分布図, 図10はバーエッジ部の発熱密度グラフである(解析結果)。

図11は粗バー加熱ヒータの電磁界解析モデルである。解析はモデルの対称性によって1/4象限で実施する。

図12はライン方向断面の磁束密度ベクトルを示す。解析方法は磁界解析によってバーの発熱密度を求め, この結果(図13)を基に熱計算を実施し, バーの昇温を算出する。

#### 4. むすび

連続化した鉄鋼プロセスラインの高操業率化にとって溶接機は重要な設備になっており, また, 鉄鋼プラントの製品の品質化の要求に伴い, 誘導加熱装置の応用はますます広がっていくものと思う。

ラインの仕様から溶接機や誘導加熱装置をどう適用すべき

か考えられている方にとって, 本稿が少しでも参考になれば幸甚である。

#### 参考文献

- (1) 大豆本正文, 北川 勉, 塚田光政, 内山憲一: 鉄鋼用溶接機と誘導加熱装置の現状と動向, 三菱電機技報, 64, No.12, 1022~1026 (1990)
- (2) Miyata, J., Kitagawa, T., Morikawa, K., Uomori, A., Myoi, Y., Uchiyama, T., Tanaka, M.: Application of Laser Beam Welding to Steel Processing Line, IIW DOC, IV-573-91, 1~21 (1991)
- (3) 新見明彦, 橋本学夫, 塚田光政: 鋼管用誘導加熱装置, 工業加熱, 19, No.5, 39~47 (1982)

# 鉄鋼プラント用センサ

植木勝也\* 高嶋和夫\*\*\*  
 杉山昌之\*  
 田中洋次\*\*

## 1. まえがき

鉄鋼プラントにおける圧延制御の高度化は、圧延中の板の状態把握に依存し、その情報の速応性と正確性が重要となる。

近年におけるセンシングデバイスやマイクロコンピュータの急速な進展は、オンライン計測の多様化を加速し、高速・高精度なインテリジェントセンサを実現しつつある。

また、鉄鋼プラントでは、各製造工程の特長に応じたセンシングの手法や信号処理上の工夫がなされている。ここでは厚板圧延ライン(図1)を例にとり、上流から下流に至る各種形状センサと、超音波を応用したロール表面傷センサについて紹介する。

## 2. 幅・長さプロフィール計

粗圧延機の入側又は出側において、圧延された厚板の幅及び長さを非接触で計測する。厚板は1,000℃前後の高温状態にあり、その放射される熱エネルギーをラインセンサカメラで撮像し、板端部のエネルギー変化率から板端部位置を演算する。ラインセンサの視野は、パルスモータによって高速回転する反射鏡を介して厚板表面上に形成され、図2に示すように、ライン状視野と直角方向に走査される。厚板が搬送状態であってもそのプロフィールを正確に計測するために、定められた間隔で形成される二つのラインセンサ視野を同時に反射鏡で走査させ、それぞれで検出した板端部位置の差分から、その時点ごとの厚板の傾きを計算し、傾き分を補正した真の板長さを演算する。

図3は、図2のカメラ構成を2組直交させて、

同様に反射鏡によるラインセンサの視野を走査させることで厚板の幅と長さを計測する場合を示す。

厚板の温度変化に追従するために、ラインセンサカメラの蓄積時間を制御するAGC機能を付加し、かつ、反射鏡の回転速度も任意に制御する機能を設けることにより、板温度の変化に対する広いダイナミックレンジを実現している。

また、バスライン上方約23mの高所からの計測に備えて、センサ部の除振機能及び水平維持制御機能を採用することにより、厚板走間時の振動外乱の影響を抑えて安定した走間計測を可能としている。

## 3. 仕上げ圧延機出側平坦度計

仕上げ圧延機によって薄く延ばされた板は、板幅方向の圧下量のアンバランス等により、図4に示す中伸び又は耳波等

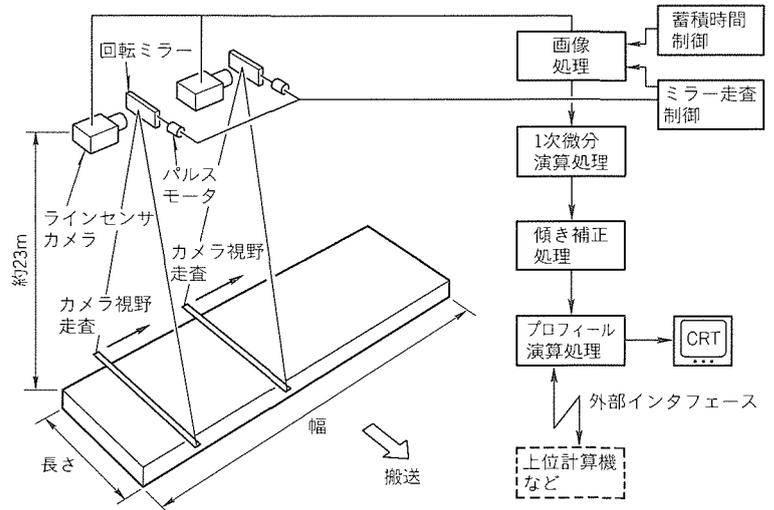


図2. 長さ計のブロック図

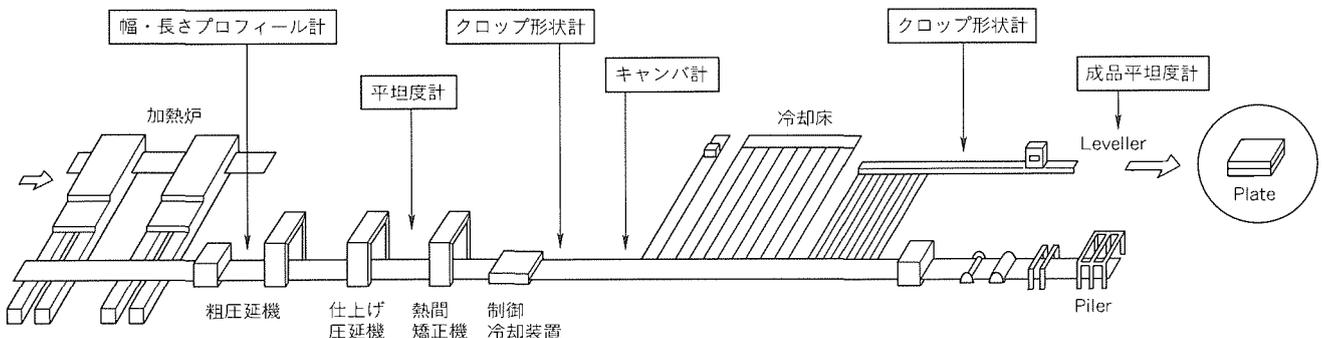


図1. 厚板圧延のモデルライン

の形状不良が発生する。この形状不良を、レーザ光照射によって非接触で計測する。図5に計測原理<sup>(1)</sup>を示すように、厚板に照射されたレーザスポット光をラインセンサカメラで撮像し、板の凹凸に対応してレーザスポット光の結像位置が変化する情報を読み取り、厚板表面の上下変位量を高速演算する。厚板の搬送による上下振動雑音は、板走行方向の2点間の計測点を差分を求め、板の伸び率のみを抽出する演算方式を採用して、効果的に除去している(ツインビーム方式)。

今、板波を $f(x)$ 、振動成分を $V(t)$ とすれば、測定した変位 $F(x, t)$ は式(1)として表される。

$$F(x, t) = f(x) + V(t) \quad \dots\dots\dots (1)$$

ここで式(1)を微分処理することで振動成分 $V(t)$ が除去される。

$$\frac{dF(x, t)}{dx} = \frac{df(x)}{dx} \quad \dots\dots\dots (2)$$

伸び率 $\beta$ は図3に示すように $\beta = \frac{S-L}{L}$ で表されるため、板波の弧長 $S$ を、走行方向2点間の変位差(微分情報) $dy$ から求めると、式(3)となる。

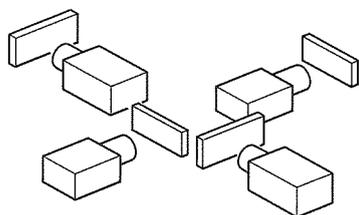
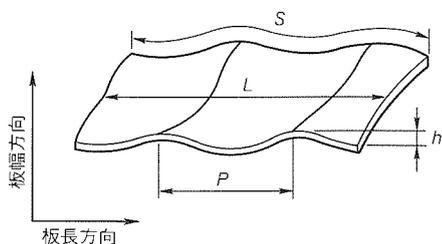
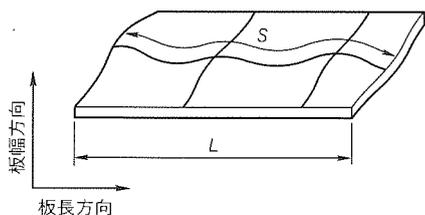


図3. 幅・長さ計のセンサ配置



伸び率 $\beta = \frac{S-L}{L}$      $P$ : 板波ピッチ  
 $h$ : 板波高さ

(a) 耳波形状



(b) 中伸び形状

図4. 形状不良と伸び率

$$S = \int_a^b ds$$

$$= \int_a^b \sqrt{(dx)^2 + (dy)^2}$$

$$= \int_a^b \sqrt{1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2} \cdot dx \quad \dots\dots\dots (3)$$

式(3)を伸び率 $\beta$ の式に代入すれば式(4)が得られる。

$$\beta = \frac{\frac{1}{2} \int_a^b \left(\frac{dy}{dx}\right)^2 \cdot dx}{\int_a^b dx} \quad \dots\dots\dots (4)$$

以上、ツインビーム間の差分値の積分処理から、板振動の影響を除去した伸び率 $\beta$ が求められる。

図6は、ツインビーム式レーザ変位センサを板幅方向に複数台配置して平坦(坦)度計を構成したシステムブロック図である。

#### 4. クロップ形状計

仕上げ圧延機で圧延された板の先端と尾端の平面形状は、図7のように異形状(クロップ)となり、有効となるシート材長の判定及び異形状部の最適切断情報として、この異形状

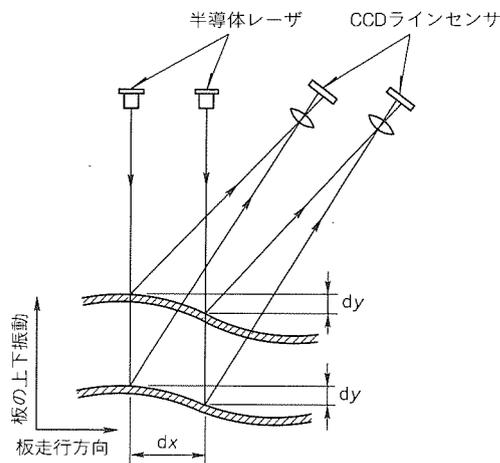


図5. ツインビーム式三角測量

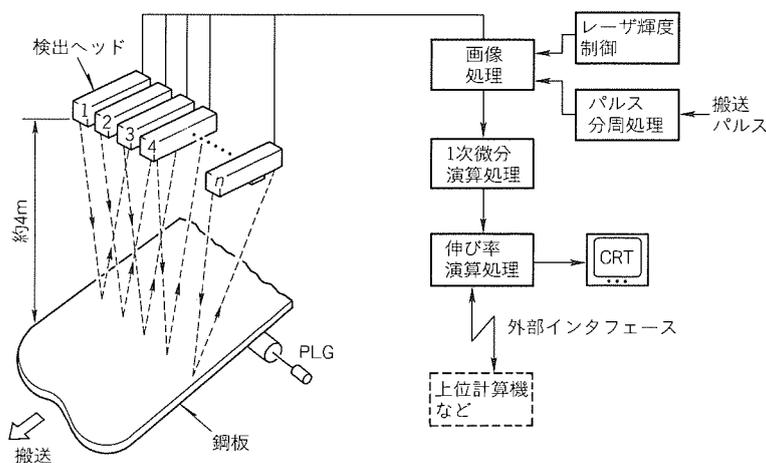


図6. 平坦度計のブロック図

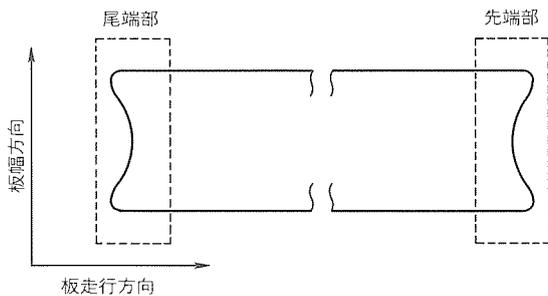


図7. 先端・尾端異形状

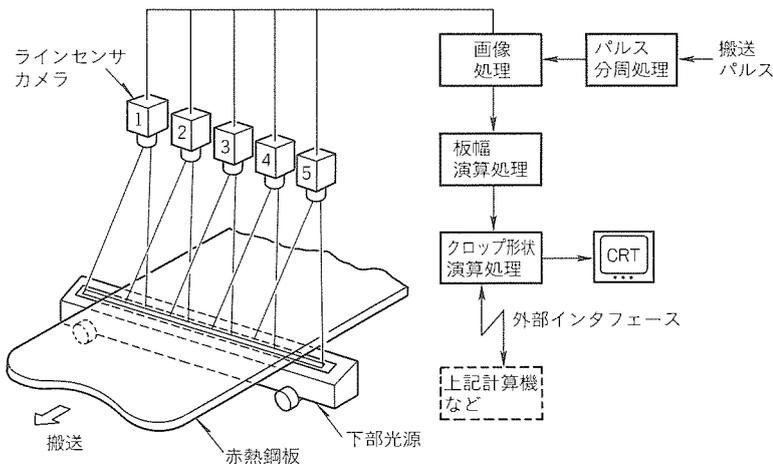


図8. クロップ形状計のブロック図

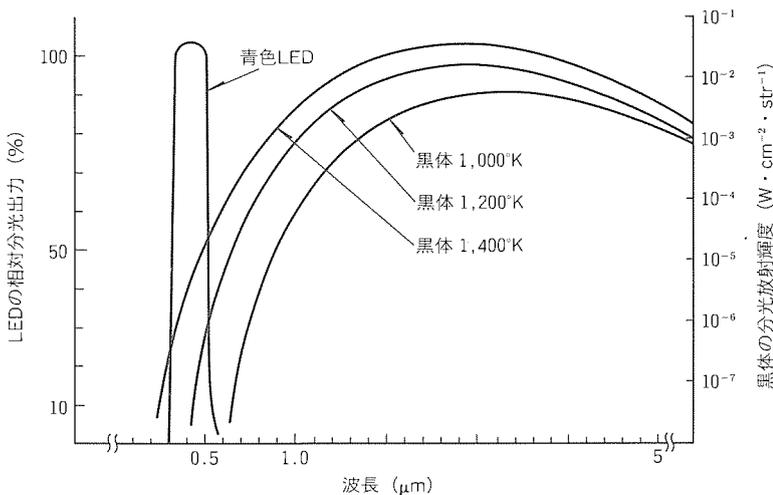


図9. 青色LEDの分光特性

部の二次元的認識が必要となる。クロップ形状計は目的に応じてラインの上流又は下流に設置され、板温度の条件によって自発光式又は下部光源式のいずれかが選択される。図8に下部光源式のシステム構成を示す。

板幅方向にライン状視野が形成されるようにラインセンサカメラを配置し、板が一定距離走行するごとに、ラインセンサカメラのビデオ出力をA/D変換しつつメモリに格納していく。下部光源からの光は板で遮光されて、板の透射像

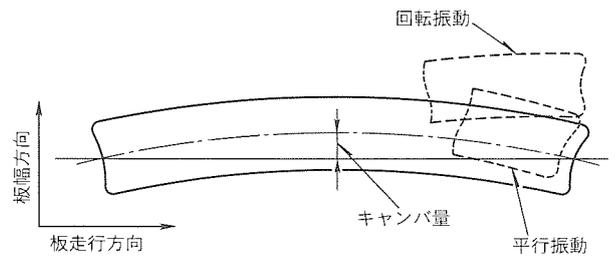


図10. 板キャンバと振動

(シルエット)に対応した複数ライン分のデータが得られる。それを画像処理して、雑音成分を除去して先端と尾端のクロップ形状を二次元的に認識する。

下部光源は、板の温度が高い個所でも適用できるように、青色高輝度LEDを採用している。そのため、図9に示すように、板の放射エネルギーに対してLEDの波長域が短く、高温材時でのS/N比が大幅に向上している。

また、板の先端と尾端のみの計測にとどめず板全長にわたって同様の計測をすることにより、板幅計としての機能も実現できる。

### 5. キャンバ計

仕上げ圧延機で圧延された板には、図10に示すような、キャンバと呼ばれる平面的なわん曲形状が生じる。これは採集すべきシード材の分留りに影響するもので、キャンバ形状のオンライン計測は、分留りの把握や、ひいてはキャンバを抑制する圧延制御等への情報として期待される。

板が搬送される時、走行方向に対して直角方向に移動する平行振動と、走行方向に対して回転する回転振動の二つの雑音成分が生じる。この二つの雑音成分を効果的に除去するために、板幅中心点の移動軌跡の二次微分処理を行っている。今、1台のラインセンサカメラで得られる板幅中心位置の計測データを  $F(x)$  とすれば、この中には板自体が持っているキャンバ形状  $f(x)$  に対して、平行振動  $V(t)$  と回転振動  $x \cdot R(t)$  が混在している。これを式で表すと式(5)となる。

$$F(x, t) = f(x) + R(t) \cdot x + V(t) \dots\dots\dots (5)$$

ここで、

- $x$  : 長手方向の板の位置
- $t$  : 板幅中心位置のサンプリング時刻
- $R(t)$  : 回転による板の傾き

式(5)を微分すると平行振動成分  $V(t)$  が除去される。

$$\frac{dF(x, t)}{dx} = \frac{df(x)}{dx} + R(t) \dots\dots\dots (6)$$

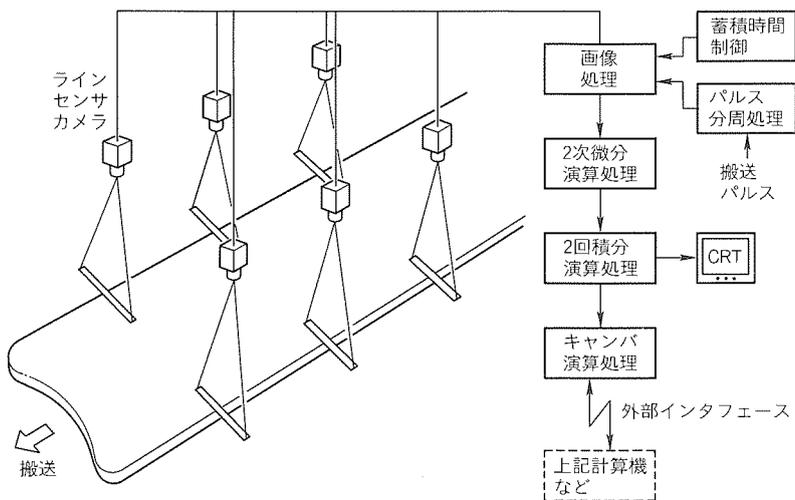


図11. キャンバ計のブロック図

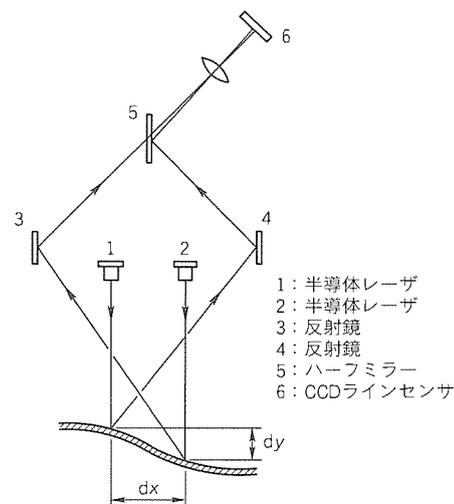


図12. 成品平坦度計の計測原理

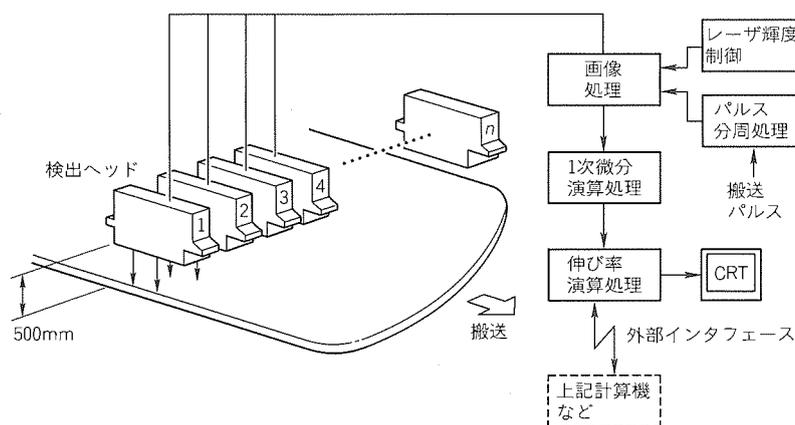


図13. 成品平坦度計のブロック図

この検査工程では、平坦度管理上、高精度・高密度な計測が要求される。計測原理は、仕上げ出側平坦度計と同じ三角測量方式を採用している。図12に計測原理を示す。走行方向に一定ピッチ離れた二つのレーザスポット光を2枚の反射鏡とハーフミラーを介して1台のラインセンサカメラ上に撮像する光学系を採用し、その組合せで構成されるレーザ変位計を板幅方向に多数配置し、高密度計測を実現している。搬送される板の上下振動雑音は、仕上げ圧延機出側平坦度計と同様に、ツインビームの差分演算処理によって除去している。

成品平坦度計では、板の伸び率以外に、板波の高さとピッチも管理しており、板の三次元形状の把握が可能である。図13に成品平坦度計のブロック図を示す。

さらに式(6)を微分すると、回転振動成分も除去される。

$$\frac{d^2 F(x, t)}{dx^2} = \frac{d^2 f(x)}{dx^2} \dots\dots\dots (7)$$

式(7)の演算結果から、板のキャンバ形状  $f(x)$  は、式(7)を2回積分することによって復元することができる。式(8)にそれを表す。

$$f(x) = \iint \left( \frac{d^2 F(x, t)}{dx^2} \right) dx \cdot dx \dots\dots\dots (8)$$

以上の計測原理に基づいたキャンバ計のシステム構成を図11に示す。ここで式(7)で示す2次微分処理は、走行方向に3台配置したラインセンサカメラによって計測された板中心位置データの2回差分値として得られる。この2次微分値から式(8)の演算処理を実行して、板のキャンバ形状  $f(x)$  を復元する。

### 6. 成品平坦度計

人手による出荷前の平坦度検査を自動化し、人による検査ばらつきや見逃しの防止及び生産効率の向上を図るために、通常、最終工程に設置される。

### 7. ロール表面傷用自動超音波探傷装置

各種鉄鋼製品の圧延工程で使用する圧延用ロールは、製品品質維持のため、定期的にロールショップで表面研削を行う等の保守が必要となる。

ここでは、ロール表面を研削した後に表面に残存する傷を検出するための自動超音波探傷装置の概要について述べる。

#### 7.1 探傷の原理

ロール表面の研削後に残存する表面傷は、研削液に含まれる研磨材や、と(砥)石の破片のかみ込み等によって発生する。傷の大きさは深さが0.1~0.2mm程度で、長さが1~2mm程度の非常に小さなものである。このような傷を検出する有効な手段として、一般的に超音波の表面波が利用されている。

表面波は平面や曲面の表面に沿って進み、かつ、表面から波長の2倍以上の深さにそのエネルギーのほとんどが含まれ

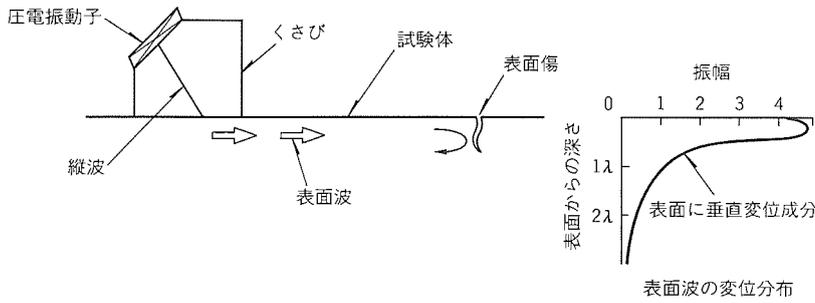


図14. 表面波の発生原理

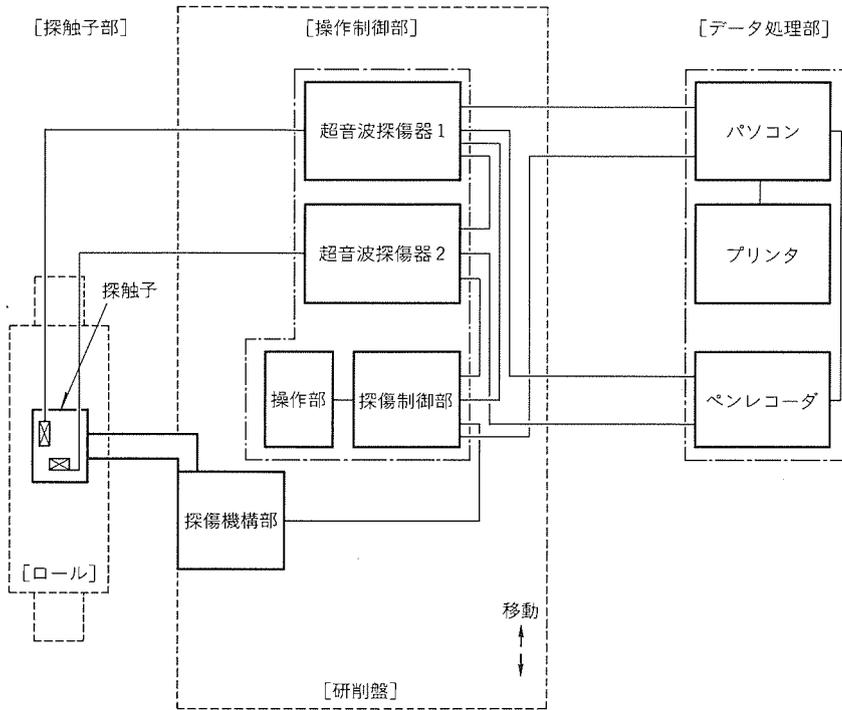


図15. ロール表面傷自動超音波探傷装置の構成

表1. 超音波探傷装置の主な仕様

項目	主な仕様
表面波探触子	2Z10×15S(軸長傷検出用)/2Z10×10S(円周傷検出用)複合探触子 周波数: 2MHz
超音波探傷器	UI-21型デジタル探傷器(表示器: 4インチカラー液晶)
操作部	A77GOT-CL-S5
探傷制御部	MELSEC AnSシリーズ シーケンサ
データ処理部	パソコン PC9801BA3 プリンタ MJ-900C ペンレコーダ 8K21-2-L
研削盤の条件	ロール回転数: 30r/min 軸長送り速度: 450mm/min
欠陥検出性能	深さ0.1mm, 長さ2mmの表面傷をS/N≥3で検出可
ロール端末探傷部	100mm未満

る性質を持っている<sup>(2)</sup>。一般的に表面波の発生は、図14に示すように、くさびを用いてくさびと試験体との境界面で超音波を屈折させる方法が用いられる。すなわち、圧電振動子が発生した超音波は縦波としてくさび中を伝搬し、試験体と

の境界面で横波の臨界角よりも少し大きな角度で超音波を入射させることにより、試験体中を表面波として伝搬する。

表面波は伝搬経路上の表面に油や水が付着すると著しく減衰し、付着状態が不均一な場合にはその不連続部で反射するため、表面波の伝搬経路上に探傷用の接触媒質(水や油)や研削液が残らないように処理することが不可欠である。

### 7.2 探傷装置の構成と主な仕様

従来のロール表面傷用自動超音波探傷装置は、ロールの軸方向の長さの傷を検出する機能があり、すなわち、超音波の送受信はロールの円周方向に行うのが一般的である。ここで紹介するロールの表面傷用自動超音波探傷装置は、ロールの軸方向、又は円周方向に長さを持つ2種類の傷を同時に検出できるものである。

この装置は、図15に示すように、大別すると既設の研削盤上に設置する超音波探傷器、操作制御部、探傷機構部、及び機側のデータ処理部から構成されている。また、各構成品の主な仕様について表1に示す。

### 7.3 探傷装置の特長

この装置は、既設のロール研削盤の大幅な改造をせずに容易に取り付けることができ、簡単な操作で自動探傷できることが特長である。各部の特長を以下に示す。

- (1) 超音波探傷器はA4サイズのデジタル探傷器の採用で小型化を実現
  - 見やすい4インチカラー液晶表示器の採用
  - 探傷データの保存機能がある
  - 2台の探傷器の同期運転が可能
  - 欠陥ゲートと音響結合モニタゲートの2ゲート方式で自動探傷装置に対応
  - 外部機器とのインターフェース機能を保有
- (2) 操作制御部はグラフィックオペレーションターミナル(GOT)の採用で

小型化と操作性の向上を実現  
●操作パネルの設計・製作が客先の要求に応じて容易にでき、スイッチやランプを使用しないために省スペース化を実現

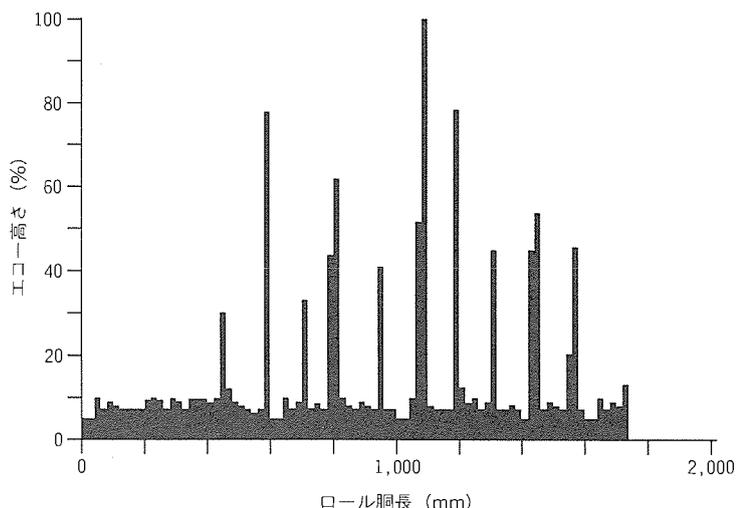


図16. アナログデータ例

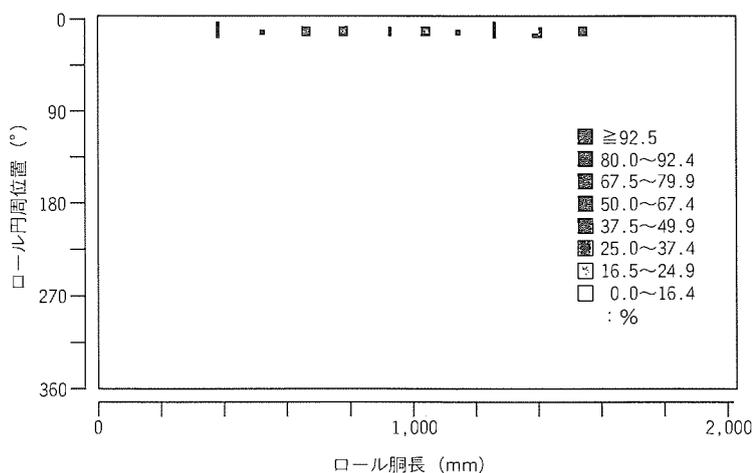


図17. Cスコープマップ例

- 操作はタッチ方式で、動作状況は色の変化で表されるため、操作性が向上
- (3) 探傷機構部は複合型表面波探触子の採用で軽量・小型化を実現
  - 探触子1個分のスペース内に2個分の機能(軸長傷探傷用と円周傷探傷用)を持たせた専用の複合型探触子を採用し、探触子ヘッド部の軽量・小型化を実現
- (4) データ処理部はパソコンとカラープリンタの採用で探傷結果の視認性を向上
  - 従来方式のペンレコーダ出力と同様のアナログ表示が可能(図16)
  - 傷の大きさに応じて色調を変えたカラーの断面表示が可能(図17)
- (5) ロール外径が変化しても探傷装置の段取替えは不要
  - 探触子ヘッド部は2軸のジンバル機構が備えられているため、ロール外径が変化しても探触子の姿勢を一定

に保持

(6) 高い欠陥検出能の実現

- 表面波の伝搬経路上の表面に探傷用の接触媒質を付着させないために水切りワイパとエアパーズを採用することで、深さ0.1mm、長さ2mmの表面傷をS/N比3倍以上で検出可能

(7) 既設研削盤と探傷装置との電氣的インタフェースの簡素化

- 研削盤の改造を最小限にするために、安全上必要な非常停止信号と、自動探傷開始指令となる砥石往復台車のスタート信号の授受のみロールの表面傷を検出するための検査装置は、ここで紹介した超音波探傷装置以外に、渦電流探傷方式や浸透探傷方式が実用化されている。これらの検査装置の中でも、超音波探傷装置は自動化が容易なこと、短時間(ロール一本当たりの検査時間はロール胴長が1,800mmの場合に約4分。)で検査が可能なこと、欠陥検出精度が優れていること、検査結果の保存性に優れている等の特長から、この分野における検査装置の主流になるものと期待されている。

8. むすび

厚板圧延ラインを例にとり、レーザ光とCCDカメラの応用による各種形状センサの事例を述べたが、共通する点は、走間計測における板の挙動による雑音成分を除去するアルゴリズムの効果がオンライン計測精度を左右することにある。基本的には瞬時計測データの微分処理の最適化であり、圧延ラインにおける板のダイナミックな解析データが開発の基礎となっている。

また、ロール表面傷検査装置では、直交する2方向の傷を一つの超音波探触子で検出できるようなハイブリッドセンサの開発により、ロール表面傷の統計的解析等が詳細にできるようになった。

今後とも鉄鋼プラントにおけるフィールド情報の収集に努め、更なるインテリジェントセンサの開発を進めていく所存である。

参考文献

(1) 高嶋和夫, 杉山昌之, 稲荷隆彦, 植木勝也, 西木和弘: レーザ距離センサ, 三菱電機技報, 60, No.5, 342~346 (1986)

(2) 日本学術振興会製鋼第19委員会: 超音波探傷法(改訂新版), 日刊工業新聞社 (1984)

# 日本貨物鉄道(株)納め EF210形式直流電気機関車

桑村勝美\* 東村充章\* 坂根正道\*

## 1. ま え が き

EF 65形式(製造初年、昭和40年)は、国鉄時代に最も多く製作された電気機関車であり、現在もJR貨物(株)の主力機として東北・東海道・山陽線の貨物輸送の大動脈を担っている名機であるが、平均経年26年を経ていることから、置き換えを検討する時期にきている。

一方、貨物輸送の増大と効率化にこたえるため、1,300t列車(コンテナ26両)のけん引を可能とする機関車の増備が必要となっている。

このような背景から、今後の直流平坦区の主力機となる新形式(EF 210、図1)機関車の開発を進めることとなり、試作機が本年3月に完成した。製作に当たっては、車体ぎ(艀)装と台車関係は川崎重工業(株)が担当し、システム設計と電機品を当社が担当した。

以下、この機関車の概要を紹介する。

## 2. 開発の基本事項

開発を進める上で前提としたコンセプトを以下に示す。

### (1) 新造価格の低減

次期主力機として課せられるJR貨物(株)の経営的要求事項である。次項の保守性向上を兼ね備えながら新造価格を節約するシステム仕様として、インバータ制御による交流電動機の高軸駆動方式を採用する。これにより、先行新型車(EF 200形式)の1軸式に比べ、インバータ装置を半減させている。



図1. 機関車の外観

### (2) 保守の簡易化

保守費の低減は、初期投資額の低減と同様、重要な課題である。先行新型車の開発以来、各新製機関車で目指してきたメンテナンスフリー化の要素に改良を加えるとともに、モニタ装置の検収支援機能、機器自動検査機能の充実によって保守作業時の省力化を更に推進する。

### (3) 地上側設備との協調

機関車出力を変電所の設備容量に見合ったけん引性能に設定するとともに、機関車の全入力電流を常時監視して制限値を超えずにフル能力を発揮するための制御や、起動及び事故時の突流電流で変電所をトリップさせないための考慮がなされている。もとより、信号通信設備へ悪影響を与えないための機器配置、構成とする。

### (4) 運転環境と操縦性の向上

表1. 主要諸元

機関車方式	インバータ制御方式直流電気機関車
電気方式	直流1,500V
軸配置	Bo-Bo-Bo
運転整備重量	100.8 t
最高運転速度	110km/h
主要寸法	
●車体長	18,200mm(連結面間)
●車体幅	2,887mm
●車体高さ	3,963mm
●固定軸距離	2,600mm
●動輪直径	1,120mm
機関車出力	
●1時間定格出力	3,390kW
●1時間定格引張力	199kN
台車	ボルスタレス式2軸ボギー台車
●軸箱支持方式	軸はり式
●車体支持方式	空気ばね式
●動力伝達方式	一段歯車減速つりかけ式
●歯車比	4.44(71/16)
制御方式	
●力行	パルス幅変調方式電圧形インバータ制御
●電気ブレーキ	パルス幅変調方式電圧形インバータ制御 1段抵抗ブレーキ式
ブレーキ	
●方式	電気指令式空気ブレーキ(発電ブレーキ併用) 片押し式ユニットブレーキ
主電動機	
●1時間定格出力	565kW
●定格電圧・電流	1,100V・385A
主変換装置	GTOサイリスタ式電圧形インバータ装置
●定格出力	1,467kVA×3
補助電源装置	静止形GTOチョップパ/IGBTインバータ方式
●定格出力	160kVA

運転室の機器配置等は、設計段階で機関士の意見を集約するとともに、各新型機関車の開発経験を反映し、運転環境と操縦性の更なる向上を図る。

### 3. 性能

最も速い貨物列車の最高速度は現在 110 km/h であるが、走行全体を平均すると 50～60 km/h 付近の速度域における頻度が高い。一方、1,300 t 列車をけん引して関ヶ原の連続勾配を登坂するためには、3,500 kW 強の機関車出力の維持が必要となる。EF 210 形式電気機関車の主要諸元を表 1 に示す。

そこで、EF 210 形式では 30 分定格という概念を採用し、1 時間定格出力を 3,390 kW、30 分定格を 3,540 kW と設定した。これにより中速域のバランス速度の向上を図った。

起動時の最大引張力については 30 t 以上とし、今後予定の勾配起動試験時において確認と調整を行う。

発電ブレーキは、踏面出力で最大 2,720 kW とし、1,300

t、10% 下り勾配における抑速ブレーキ力を発電ブレーキで全負担する能力としている。速度約 35 km/h 以上で作用開始する。

減速ブレーキ扱いでは、ブレーキ指令に対して発電ブレーキ力が不足する場合は、空気ブレーキが補足する方式としている。

### 4. 機器配置

形式図・全体機器配置を図 2 に示す。

機械室の車両限界を旧国鉄規格の“第 3 a 縮小限界”とやや小型サイズとし、東海道・山陽線の幹線はもちろん、中央線等への乗り入れも可能としている。

屋根は、機器の着脱を考慮し、2 分割で取り外し可能な構造としている。

機械室は、中央にインバータ装置と補助電源装置を配置し、これらの装置と主電動機の冷却風を 3 台の慣性分離フィルタを用いて供給している。外気から吸引される冷却風に含まれ

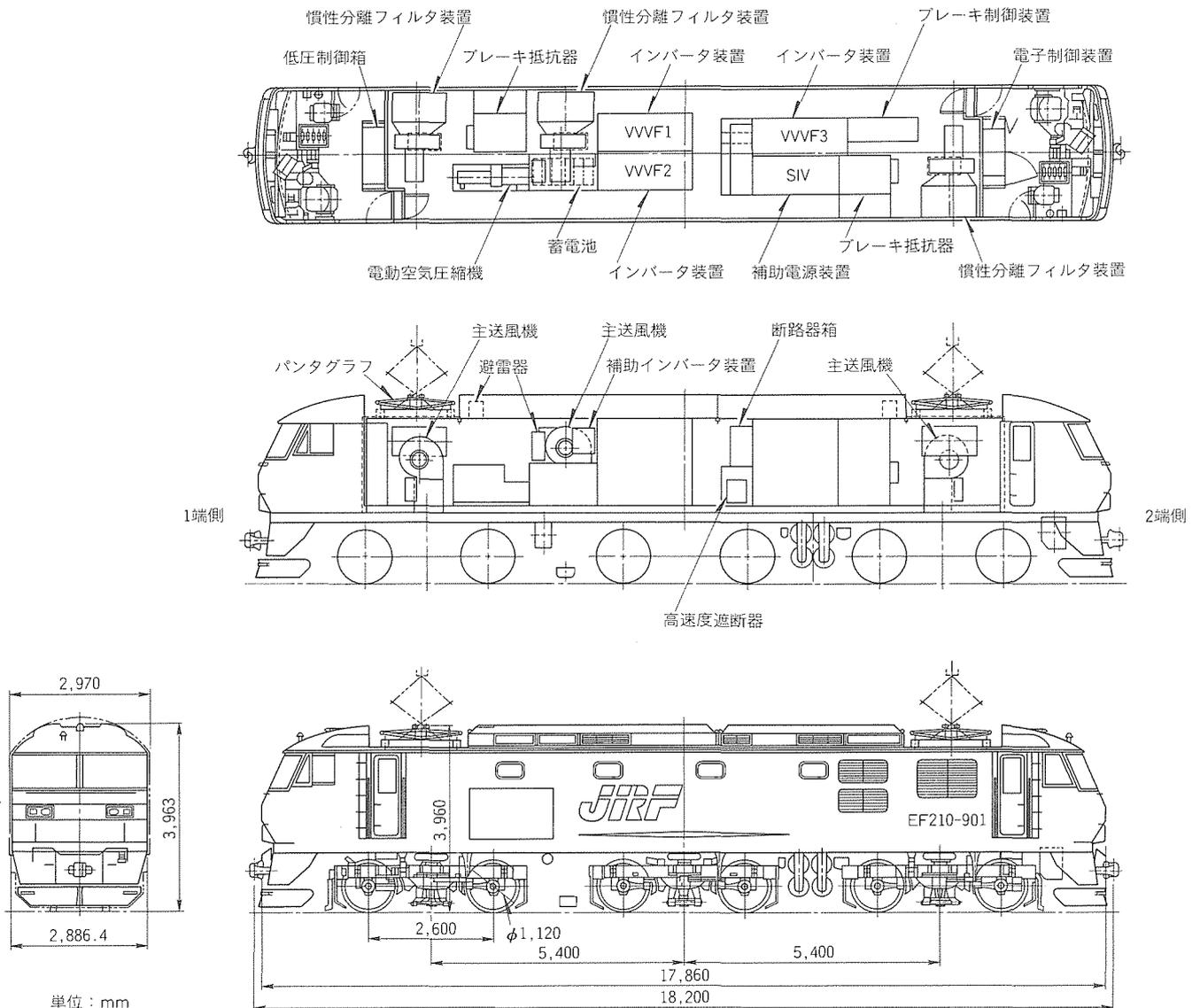


図 2. 形式図・全体機器配置

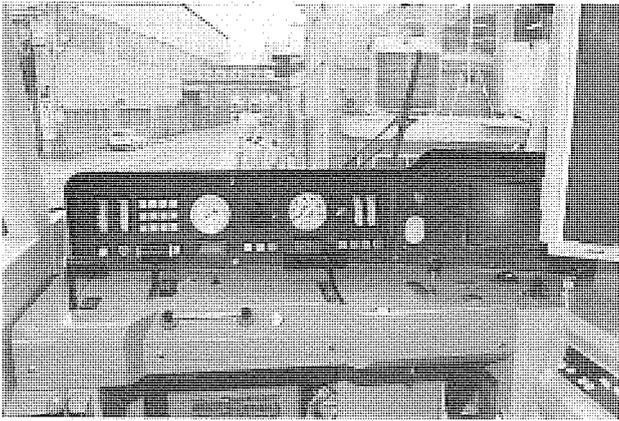


図 3. 運転台

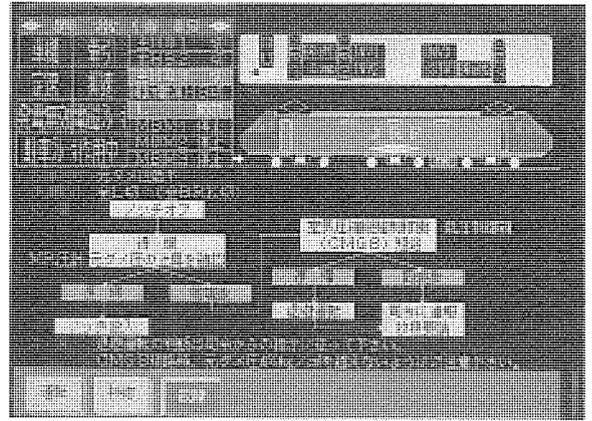


図 4. モニタ表示画面

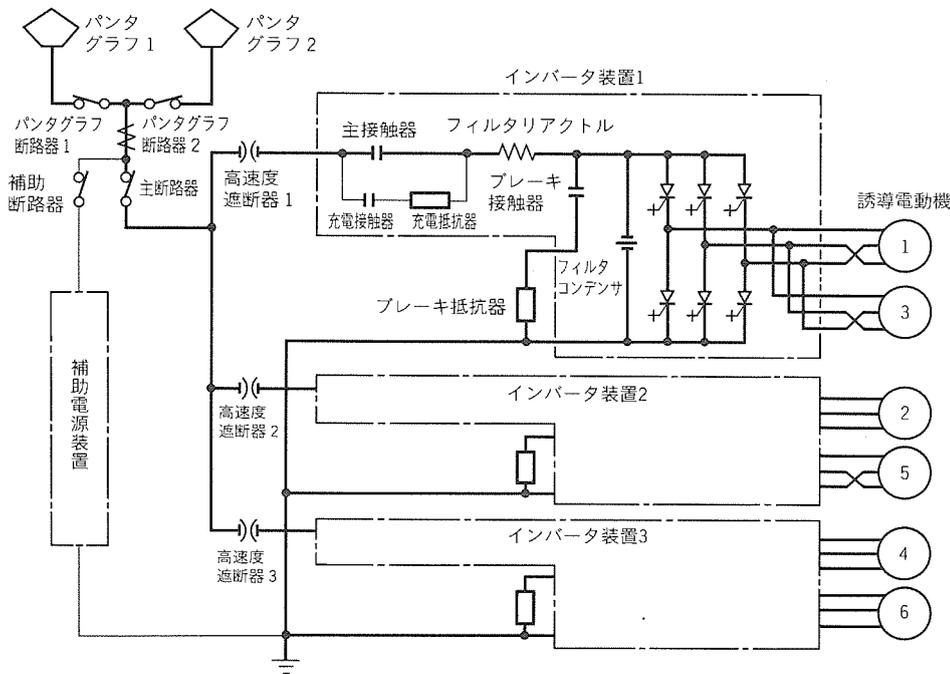


図 5. 主回路ツナギ図

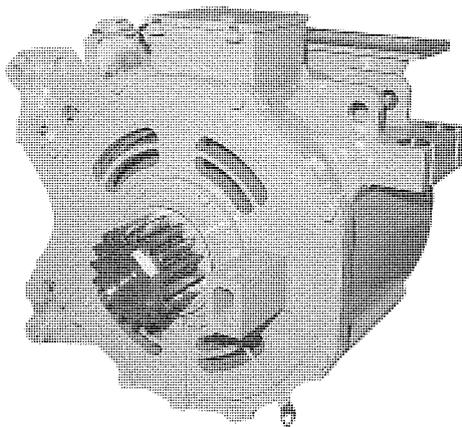


図 6. 主電動機

るじんあい(塵埃)はこのフィルタによって車外へ排出されるので、機械室のクリーン度が保たれ、保守性が高められる。

通路方式はZ形通路とし、インバータ装置と補助電源装置の前面に点検用の通路を設けることで、運転・検修時の扱いや、人の行き違い待避交差に配慮したものとなっている。

機械室にはこのほか、空気圧縮機、ブレーキ制御装置、発電ブレーキ用抵抗器箱等が配置されている。

運転室の背面は機器箱になっており、制御中枢である電子制御装置、低圧配電盤、保安装置等を配置している。

運転台(図3)は、ブレーキ設定器と一体形となったテーブル形マスコンを配置し、前面計器盤には、空気圧力計、速度計、電流・電圧計、TEスイッチ、

及び各種表示灯を機能的に配置している。また、右方に、運転状態、故障・異常時の応急処置マニュアル等を表示するモニタ表示器を配置している。モニタ装置には、検修支援機能、機器検査機能、試運転データ収集機能も備えている(図4)。

## 5. 機器の概要

### (1) 主回路機器

主回路ツナギ図を図5に示す。

架線からの直流電力をインバータ装置によって三相交流に変換し、主電動機である誘導電動機を駆動するインバータ制御方式である。1台のインバータ装置で2個の主電動機を駆動する多軸制御とし、各インバータ装置は3群独立制御される。

主電動機(図6)は、強制風冷式のかご形誘導電動機を採用し、1時間定格出力は565kWとなっている。最大起動ト

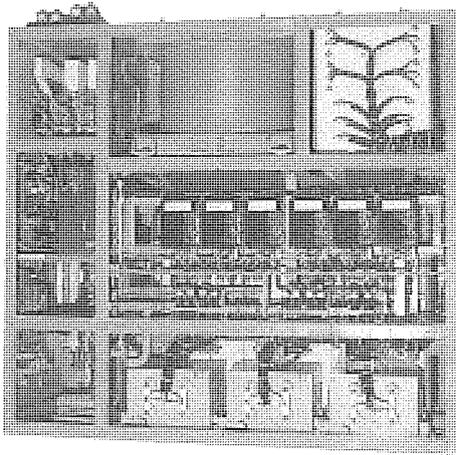


図7. インバータ装置

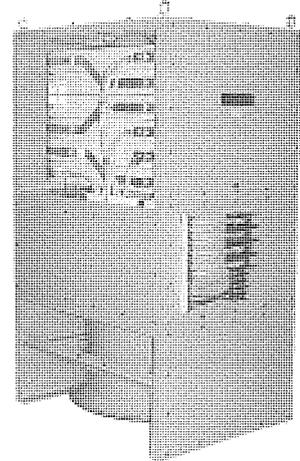


図8. 発電ブレーキ用抵抗器

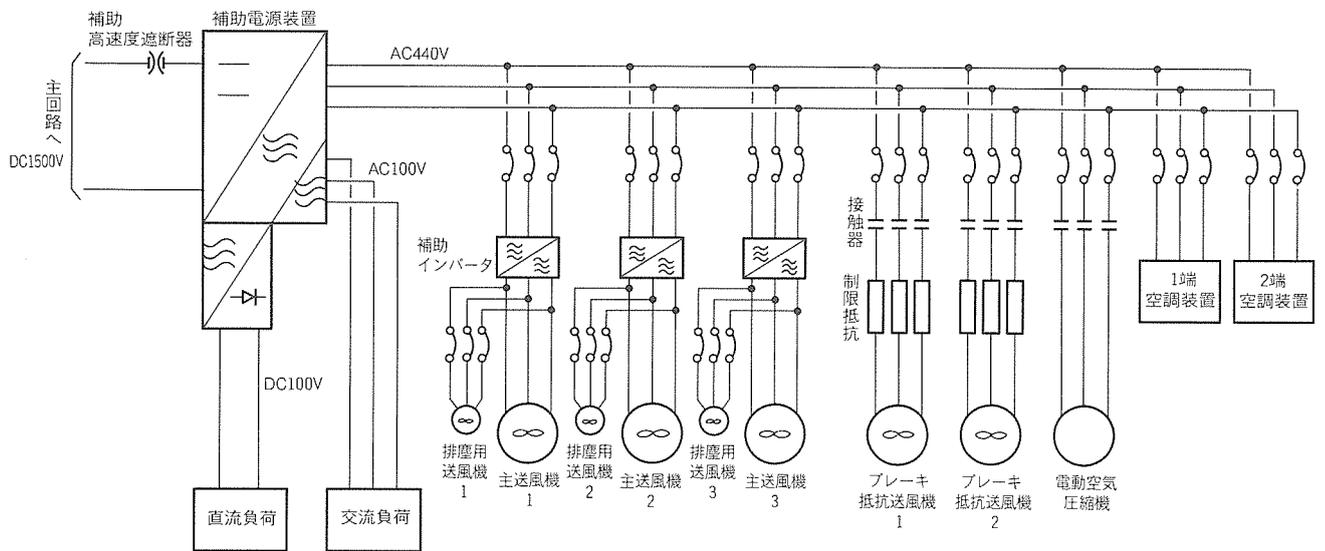


図9. 補助回路ツナギ図

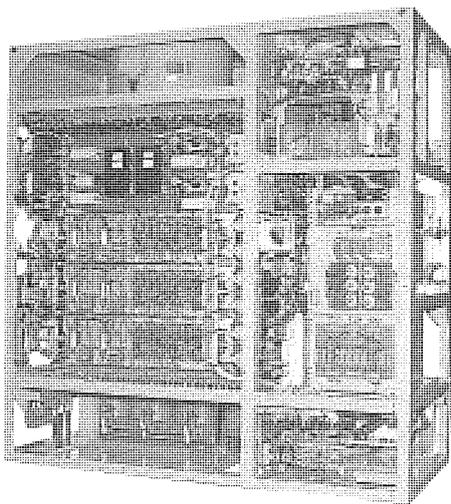


図10. 補助電源装置

ルクの確保と小型・軽量化に留意するとともに、主電動機を車軸に装荷するサスチューブにはコロ軸受を採用し、保守の

省力化を図っている。

インバータ装置(図7)は、4,000 Aの大容量素子を採用することで、単素子構成でかつ出力余裕の確保を実現した。また、在姿状態で素子交換ができるように構成上の配慮を加えるとともに、新開発の小型大容量タイプのオイルコンデンサを採用し、保守回帰との協調を図ったものとしている。

さらに、臙装構成の簡素化と誘導障害面を考慮し、主接触器、フィルタリアクトルを組み込んだ一体箱構造としている。

また、発電ブレーキ用抵抗器(図8)は、EF 500形式用をベースに電流定格の軽減を図り、熱的余裕と信頼度の向上を図っている。

## (2) 補助回路機器

補助回路ツナギ図を図9に示す。

直流き電方式では瞬時停電となるセクションが本質的にはないことや、パンタがダブル受電となり離線等の電力瞬断が極めて少ないことから、補助電源装置(図10)は、高効率、低騒音、小型・軽量、保守性に優れた静止形(SIV)を採用

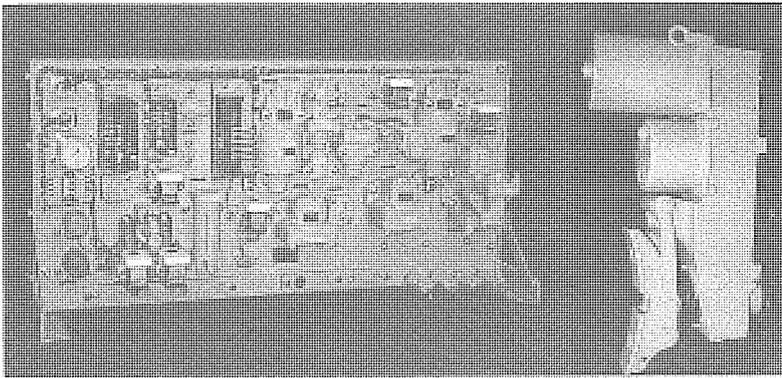


図11. ブレーキ制御装置とユニットブレーキ

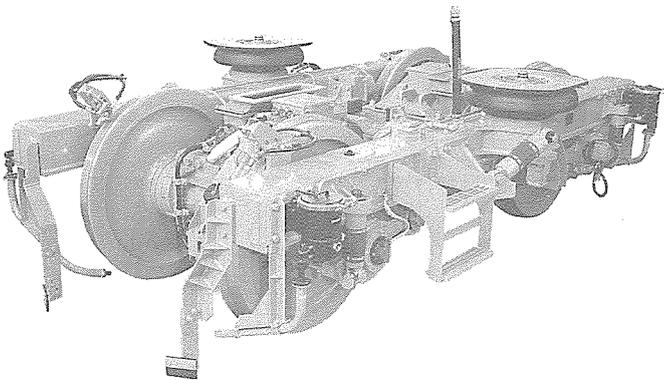


図12. 台車

した。

GTOチョップパ/IGBTインバータによる回路方式とし、三相/AC 440 V 負荷へ電力を供給するほか、降圧と整流によって AC 100 V 及び DC 100 V 負荷へ給電する。

主送風機は、主回路群に対応して3台搭載し、慣性分離フィルタ装置と組み合わせた。送風機電源には別個に補助インバータを設けて、送風機の回転数制御によって冷却風量の適正化と稼働騒音の低下を図ることとしている。

#### (3) ブレーキ装置

ブレーキ方式は、他の新型機関車と同じく、電気指令式空気/発電併用ブレーキ方式とする(図11)。この方式は、EF 200、EF 500形式が先駆となり、その後のDF 200形式で標準形にブラッシュアップされたものを踏襲した。さらに、機関車の停止ブレーキでは、ブレーキ指令に対して発電ブレーキ力が不足した場合、空気ブレーキを補足する演算方式としている。

基礎ブレーキ装置は、ユニットブレーキによる片押し式とし、保守の省力化を図っている。なお、中間台車用には、ばね作動による留置ブレーキの機構が内蔵されている。

#### (4) 台車

EF 500、DF 200形式と同じ構造のボルスタレス式2軸ボギー台車である(図12)。

空気ばねによる車体支持方式とし、動力伝達は心皿によっ

て行われる。軸箱支持は、軸はり式による弾性支持とし、高速安定性の向上を図っている。軸箱は、先行機関車の検修経験を反映し、軸受の着脱が容易となるよう構造に工夫を図っている。

## 6. 高制御技術

インバータのゲート制御部は、16ビットマイコンによる全デジタル化制御により、従来の機関車にない高機能な制御を実現している。

### (1) 高粘着制御機能

機関車の最重要課題は、いかに重い荷重列車を空転することなくスムーズに起動けん引することができるかである。

EF 210形式におけるインバータ制御による機関車の多軸駆動は国内初めてのことであり、既存のインバータ機関車の1軸制御に比べて粘着性能の面では相対軸の影響を受けるので不利となるが、次の高粘着技術を適用し対応している。

#### (a) 主電動機接続方式

2台の主電動機を並列駆動する主回路方式としたため、軸重移動補償を個々に行うことは不可能である。そこで、インバータ装置で並列駆動する対象を軸重移動量の近接した軸の主電動機同士の組合せとし、補償効果の効率化を図ることとした。すなわち、1-3、2-5、4-6軸の組合せとすることで、粘着上は約2%程度有利となる。

#### (b) 電流フィードバック方式

2台の主電動機を並列駆動する場合、主電動機電流のフィードバックは2台分の総電流を使用するのが通例であるが、1軸が空転した場合の瞬間的な電流の動きが外乱となって空転を助長する可能性がある。EF 210形式では、高粘着制御を引き出すため、個々の主電動機電流を検出して高位優先のフィードバック制御を行うこととした。

#### (c) 新方式空転再粘着制御

インバータ車の空転再粘着制御は、主電動機の回転周波数から変化量を検出して出力トルクを減少させることによる行のが一般的であるが、機関車ではトルクの低下を最小限に抑えることが大切となる。EF 210形式では、出力トルクの増減速度及び増減量を、主電動機の回転周波数の変化量に対する関数として制御することとした。制御概念を図13に示す。

これら適用技術の有効性については、今後予定される勾配・散水起動試験等で検証調整していくこととなるが、良好な結果をもたらすように努力していく所存である。

### (2) 定速度運転機能

長距離ノンストップ運転が主体の貨物列車の平均速度向上と運転操作の省力化のため、力行運転中に運転台のボタンを押すとその時点の速度を自動的に保つ定速度運転機能を持っている。力行及びブレーキハンドルを操作すると機能が解除

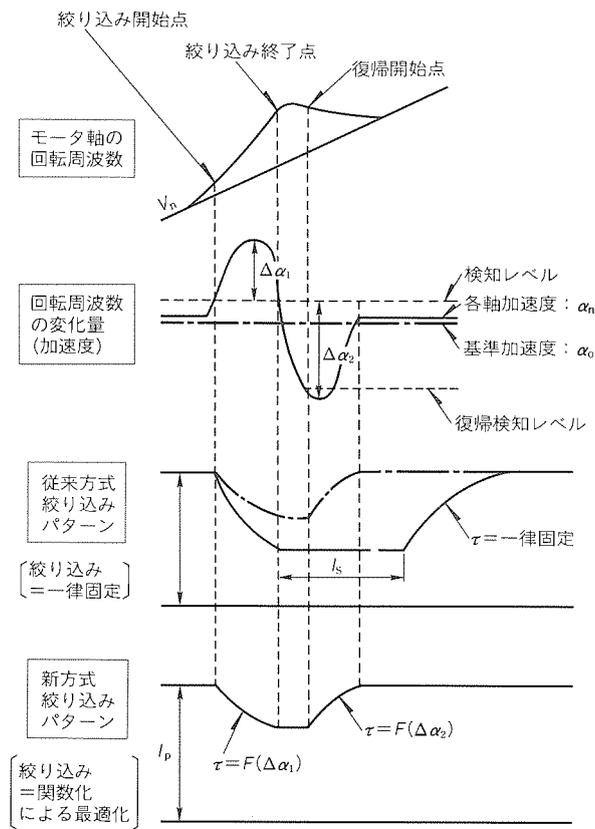


図13. 空転再粘着制御概念

され、ハンドル位置に従った運転に復帰するとともに、急な勾配変化等で目標速度より5 km/h以上実車速度が外れた場合は、表示灯が点滅して注意を喚起するようにしている。走行試験データを図14に示す。

## 7. むすび

今回開発した試作機は、平成8年4月から、JR貨物 新鶴見機関区を基地として基本性能の確認試験に入り、各種データを蓄積している最中である。そしてその後は、東海道・山

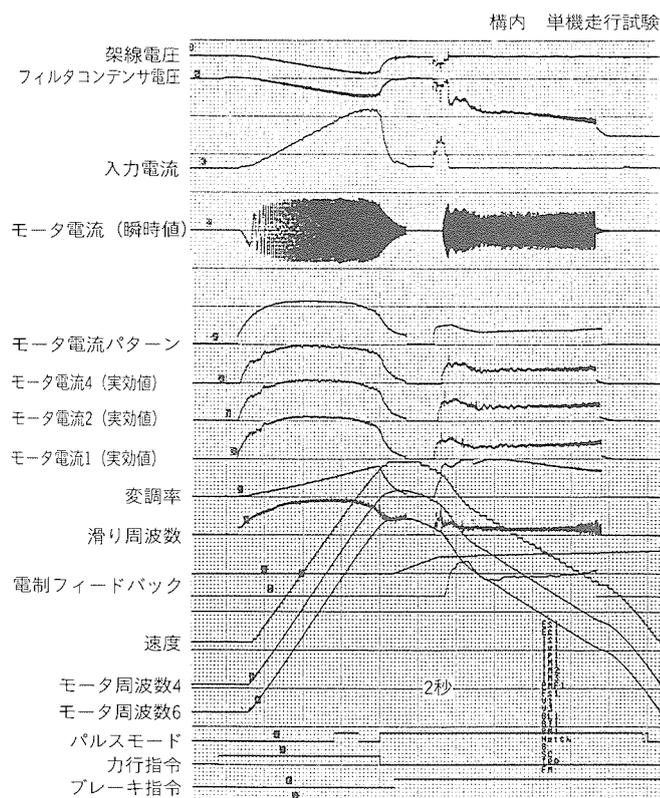


図14. 走行試験データ

陽線等の主要幹線の貨物輸送の主力機関車としての活躍が期待されている。

終わりに、このEF 210形式機関車の開発・設計・製作に当たり御指導・御協力をいただいた関係各位に対して、厚く感謝申し上げる次第である。

## 参考文献

中川哲朗：JR貨物EF 210形式直流電気機関車，Rolling Stock & Machinery, 17～18, (株)日本鉄道車両機械技術協会 (1996-5)

# apricot NET <ATM-LAN>

坂上 勉\* 塚本祐司\* 越野真行\*\* 東方敦司\*\*

## 1. ま え が き

クライアント/サーバ コンピュータシステム (以下“C/Sシステム”という。)が多くの企業に普及し、さらに、現在インターネット、イントラネットが話題となっている。

このような動向に対応し、C/Sシステムにおいても、動画・静止画・音声・文字などのマルチメディア情報処理のニーズが高まり始めている。マルチメディアアプリケーションは、その視覚の直感性から、今後C/Sシステムに急速に広がると予想される。

一方、これを支える通信技術も、時を同じくして大きく変革しようとしている。

圧縮技術の発展により、TV放送レベルの画像の伝送ならば、数Mbpsの通信速度で対応可能となった。それでも、現在普及している10Mbpsのメディア共有型のイーサネットでは、数台の端末へ画像を伝送するとネットワークが占有されてしまうことになる。

この問題を解決する手段として、スイッチ型のイーサネット製品が出始めている。しかしこれも、通信相手(アプリケーション)ごとに遅延の設定ができない、広域ネットワークとの親和性がない、などの課題を持っている。

一方、ATM (Asynchronous Transfer Mode: 非同期転送モード)は、高速、低遅延であり、かつ広域ネットワークとも親和性があり、マルチメディア情報通信において、最も期待される通信技術と言われている。

しかし、これまでATM製品は、我々の身近なC/Sシステムで活用するには、まだまだ高価であり、普及に至ってはいない。

そこで当社は、低コストでC/Sシステムに適用できるATM-LAN (Local Area Network)を開発した。

対象とするC/Sシステムは、普及が著しいWindows NT<sup>(注1)</sup>をサーバOS (Operating System)としたものであり、開発製品はATM-LAN構築のコアとなる小型デスクトップATM-LANスイッチ、Windows NT対応では初めてのLANエミュレーションサーバソフト、及びWindows NTとWindows 95対応ATM-LANアダプタである。以下に、このATM-LANの開発について述べる。

(注1) “Windows” “Windows NT” は、米国Microsoft Corp.の商標である。

## 2. 開 発 方 針

C/Sシステム対応のATM LANシステム開発に当たり、以下に示す5項目の実現を目標とした。

### (1) 動的接続性の確保

C/Sシステム対応のネットワークでは、通信時に自動的に通信パスの設定ができる、扱いやすい運用が必ず(須)である。今回のシステムでは、ATMフォーラムUNI3.1シグナリング手順をサポートすることで、通信コネクション設定の際、相手先端末のATMアドレスを指定するだけで、この動的接続が行えるようにした。

### (2) マルチキャスト、ブロードキャスト機能の実現

C/S型ビデオ オン デマンド、PC (Personal Computer) 版多地点テレビ会議システムでは、サーバからのマルチキャスト、ブロードキャスト機能は必須である。今回のシステムでは、ATMフォーラムで標準化されているポイント ツウ マルチポイント コネクション機能をサポートすることで、ネットワークのチャネルリソースを浪費せずにこの機能を実現するようにした。

### (3) 既存LANアプリケーションソフトウェアの取込み

ユーザは、既存LAN対応の多くのネットワークアプリケーションソフトウェア (以下“アプリケーション”という。)を保有している。そのため、既存LANアプリケーションをATM-LANに取り込むことが必須となる。今回のシステムでは、ATMフォーラムで標準化されている、ATMネットワーク上で既存LAN環境を仮想的に実現するための機能であるLANエミュレーションをサポートすることで、これを実現するようにした。

### (4) 端末ポータビリティの実現

ネットワーク内の端末運用性から、既存LANなどと同様に、ユーザが端末の接続ポートを変更してもネットワークが自動的にそれに対応できることが必要である。今回のシステムでは、ATMフォーラムで標準化されているアドレスレジストレーション機能をサポートすることで、端末がポートに接続されたタイミングで、端末のATMアドレスをネットワークに自動登録するようにした。

### (5) ATM-LANスイッチネットワークの構築

ネットワークを柔軟に構成したり多端末を収容するためには、ATM-LANスイッチを複数台接続することができる必要がある。今回のシステムでは、ATMフォーラムのス

スイッチ間プロトコルである PNNI (Private Network-to-Network Interface) の標準化が完全には収束していないため、簡素化された独自のインタフェースプロトコルを用いてこの実現を図った。

### 3. 小型デスクトップATM-LANスイッチ

#### 3.1 ハードウェア

C/Sシステムでのクライアント接続用をねらい、扱いやすく、かつ小型・低価格を目標に、配線方式が既存の10 Base-Tと同じUTP3 (RJ45コネクタ) ケーブルを採用したATM 25 Mbpsインタフェースを10ポートと、サーバや基幹ATM-LANスイッチへの接続用にATM 155 Mbpsインタフェースを2ポート標準装備した小型デスクトップATM-LANスイッチを、業界最小(高さ53mm, 幅350mm, 奥行き350mm)のキャビネットで実現した。ATM-LANスイッチの外観を図1に、仕様を表1に、ハードウェア構成を図2に示す。

#### 3.2 ファームウェア

##### (1) プロトコルスタック構成

端末インタフェースは、ATMフォーラムUNI3.1に準拠している。スイッチ間インタフェースについては、標準プロトコルとしてATMフォーラムPNNIがある。しかし開発時点ではその標準化が完全に収束していなかったため、今回の開発では、スイッチ間でSVC (Switched Virtual

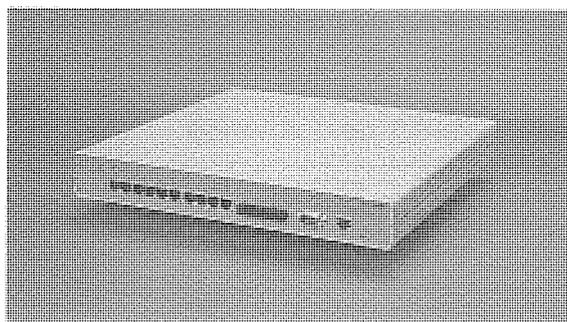


図1. ATM-LANスイッチの外観

表1. ATM-LANスイッチの仕様

収容回線数	11
転送速度	1ポート: 155Mbps 9ポート: 25Mbps 1ポート: 155/25Mbps(選択可)
サポートメディア	マルチモード光ファイバ(155Mbps) SC-2コネクタ UTP-3(25Mbps) RJ45コネクタ
サポートVCC数	25Mポート 62VC (VPI=0のみ) 155Mポート 512VC (VPI=0のみ)
接続制御	PVC/SVCサポート
管理機能	SVCはATMフォーラム UNI3.1に準拠 管理装置によるローカル管理
サポート規約	(RS-232C D-SUB25ピン) ATMフォーラム UNI3.1, PNNI(独自仕様)

Circuit) 接続が行える程度のSSCF (Service Specific Coordination Function), シグナリングをITU-T Q.2130, ATMフォーラムUNI3.1ベースの独自インタフェース(図3)とした。

##### (2) SVC (相手選択接続) 機能

ATMフォーラムUNI3.1準拠のシグナリング手順により、端末間に動的に、p-p (point to point=1:1) やp-mp (point to multipoint=1:N) (図4)の通信コネクションを設定する。

スイッチ対向の端末間SVC接続の処理シーケンスを図5に示す。また、スイッチ間のコネクション接続処理で、SETUPをあて(宛)先スイッチまで転送するメカニズムを図6に示す。

##### (3) アドレスレジストレーション機能

端末がATM-LANスイッチに接続された際、端末-スイ

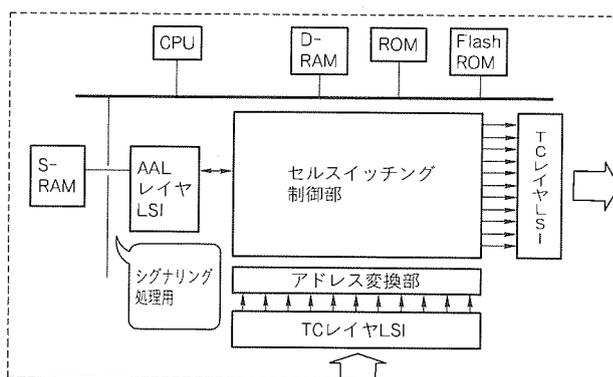


図2. ATM-LANスイッチのハードウェア構成

ATM-LANスイッチ		ATM-LANスイッチ
シグナリング (UNI3.1)	シグナリング (独自仕様)	
SSCF (ITU-T Q.2130)	SSCF (独自仕様)	
SSCOP (ITU-T Q.2110)	SSCOP (ITU-T Q.2110)	
CPCS5 (ITU-T I.363)	CPCS5 (ITU-T I.363)	
SAR5 (ITU-T I.363)	SAR5 (ITU-T I.363)	
ATMレイヤ	ATMレイヤ	
物理レイヤ	物理レイヤ	

図3. ATM-LANスイッチのプロトコル構成

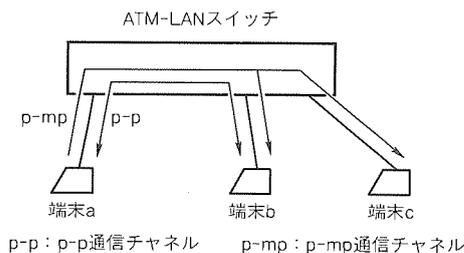


図4. p-p, p-mp通信

ツチ間で自動的に ATM アドレス情報の交換を行い、スイッチはその端末宛の SVC 接続要求があれば、その端末の新しい接続ポートに対してコネクション接続処理を行う (図 7)。

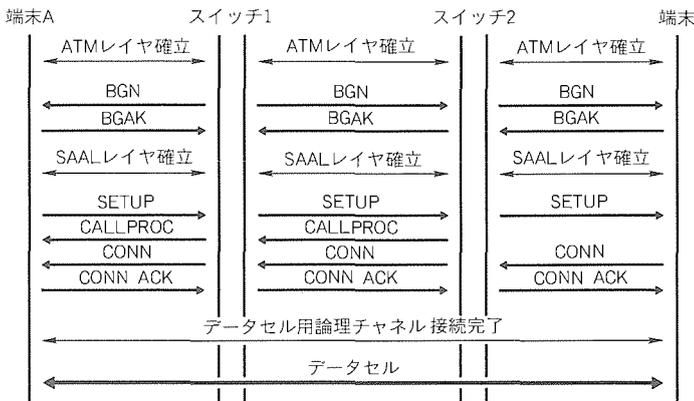
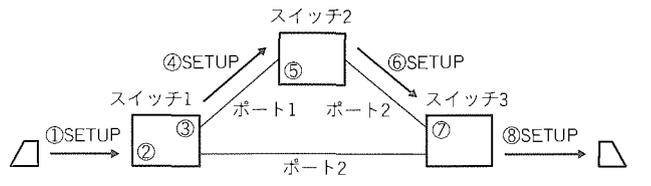


図 5. ATM-LANスイッチ対向の端末間接続



スイッチ1の経路情報テーブル

宛先スイッチ番号	第一出力ポート	第二出力ポート	第三出力ポート
2			
3	スイッチ1 ポート1	スイッチ2 ポート2	スイッチ3 ポートなし

- ②宛先アドレスから宛先スイッチ3を決定
- ③経路テーブルを参照し、スイッチ3への経路決定  
経路情報 (第一~三出力ポート情報) を設定したSETUP送信
- ⑤自スイッチからの出力ポートがあるのでそのまま転送
- ⑦自スイッチからの出力ポートがないので、宛先端末へ着信処理実行

図 6. スイッチ間でのSETUPメッセージ転送方法

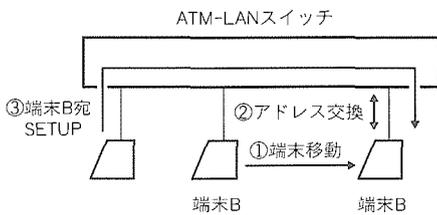


図 7. アドレスレジストレーション

#### 4. ATM-LANボードドライバ

今回開発した ATM-LAN ボードドライバ“apricot NET<AN 1000>”, “apricot NET<AN 2000>”の仕様を表 2 に, “apricot NET<LES/NT>”の仕様を表 3 に示す。ここでは, LAN ボードドライバの主要な機能の一つである, LAN エミュレーションを実装する際の技術的な課題を説明する。

##### 4.1 LANエミュレーション(LANE)

###### (1) イーサネットをエミュレートする際の課題

###### (a) MACアドレス-ATMアドレス変換

イーサネット上の各ノード (端末, ルータなど) の識別は MAC アドレスで行われる。一方, ATM 上の各ノードは ATM アドレスで識別される。したがって LANE では, MAC (Media Access Control) アドレスを ATM アドレスに変換する必要がある。

###### (b) マルチキャストパケットの処理

イーサネットは物理メディア共有型のネットワークであるため, ネットワーク上を流れるパケットはどのノードでも受信することができる。一方 ATM は, 電話のような一対一の通信方式である。そのため, エミュレートされている LAN (ELAN (Emulated LAN)) に参加しているすべてのノードが受信するべきマルチキャストパケットの処理に課題がある。

###### (2) LAN エミュレーションの実現

表 3. apricot NET <LES/NT> の仕様

項目	apricot NET <LES/NT>
動作環境	Microsoft Windows NT Server
準拠ATM規格	ATMフォーラム UNI3.1 ATMフォーラム LANエミュレーションVer 1.0
サービス機能	LAN Emulation Server (LES) Broadcast & UnKnown Server (BUS)
VCの仕様	PVC, SVC
構成可能なELANDメイン数	4

表 2. ATM-LANボードの仕様

項目	apricot NET <AN1000>	apricot NET <AN2000>
サポートOS	Windows 95, Windows NT	Windows NT
準拠規格	NDIS3.0/3.1, ATMフォーラムUNI3.1, LANエミュレーションVer 1.0	
接続インタフェース	SVC, PVC	SVC, PVC
サポートメディア	UTP-3 (25Mbps), RJ45コネクタ	マルチモード光ファイバ (155Mbps), SC-2コネクタ
VCC数/ATMボード	最大VCC数 64	最大VCC数 512
回線数	1	1
本体とのインタフェース	PCIバス (バスマスタDMA機能)	PCIバス (バスマスタDMA機能)
ボードサイズ	PCIハーフサイズ	PCIフルサイズ
LANエミュレーションクライアント	あり (ハードウェアバンドル)	あり (ハードウェアバンドル)
LANエミュレーションサーバ	なし	あり (オプション)

上で述べた課題を解決するため、ATMフォーラムのLANEを採用している。以下にその方式について述べる。

(a) MACアドレス-ATMアドレス変換

MAC-ATMのアドレス変換サーバを置く。各ノードは起動時にアドレス変換サーバに接続し、ELAN上の自分のMACアドレスとATMアドレスを登録する(図8の①)。アドレス変換サーバは、各ノードからの問合せに対してATMアドレスを応答する(図8の②)。各ノードは、応答を受信した後、ATMのシグナリングを使って目的とするノード宛に発呼する。

(b) マルチキャストパケットの処理

マルチキャストパケット処理のためのサーバを置く。各ノードは起動時にマルチキャストサーバに接続し、マルチキャストパケットはこのサーバに送信する(図9の①)。マルチキャストサーバは、受信したマルチキャストパケットを自分に接続されているすべてのノードに転送する(図9の②)。

4.2 ドライバの実装

今回開発したAN1000, AN2000のドライバでは、ATMフォーラムのLAN Emulation Over ATM Ver 1.0を実装した。以下に、今回の開発での実装方法を述べる。

(1) 構成

ドライバのソフトウェア構成を図10に示す。Dispatcher/擬似カーネルを除いて、各コンポーネント間の通信はすべてメッセージによる通信である。各コンポーネントと擬似カーネルの間は、通常のコール/リターンインタフェースである。擬似カーネル以外の各コンポーネントは擬似カーネルのタスクとして実装されている。以下に、各コンポーネントについて説明する。

(a) Dispatcher/擬似カーネル

Dispatcher/擬似カーネルはドライバ内の実行を制御

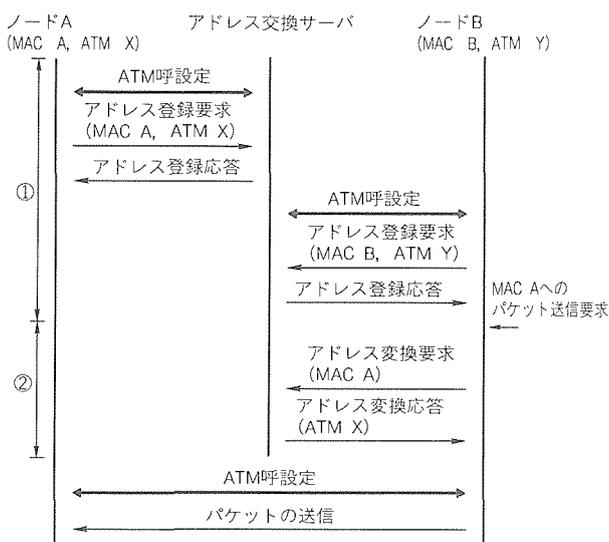


図8. アドレス変換

し、タスク間のメッセージのやり取りに責任を持つ。また、各タスクに対してメモリの割付け/解放やタイムなどの各種サービスを提供する。

(b) MIP

MIP (Media Interface Provider) は、NDIS (Network Driver Interface Specification) に従って OS とのインタフェースを担当する部分である。

(c) LM

LM (Layer Management) は、各タスクに初期化の指示を出したり、OSからドライバをリセットする指示を受けたときに、各タスクに資源開放の指示などを行う。

(d) LEC

LEC (LAN Emulation Client) は、LAN上で実際にデータの送受信をする端点である。4.1節で述べたノードに当たる。

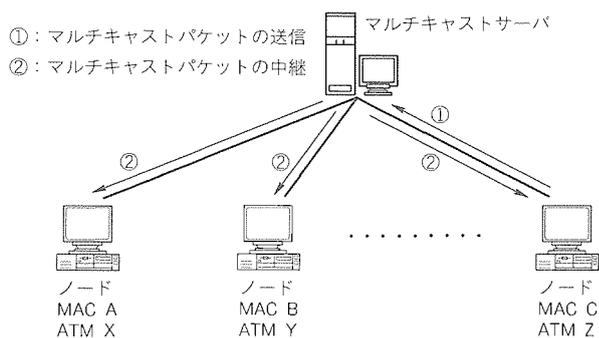
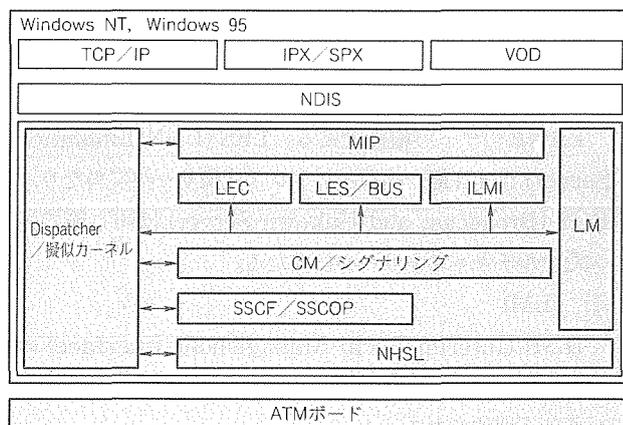


図9. マルチキャストパケットの中継



□ : 部分が今回の開発部分

- ATM : Asynchronous Transfer Mode
- NDIS : Network Driver Interface Specification
- MIP : Media Interface Provider
- LM : Layer Management
- LEC : LAN Emulation Client
- LES : LAN Emulation Server
- BUS : Broadcast and Unknown Server
- ILMI : Interim Local Management Interface
- CM : Communication Manager
- SSCF : Service Specific Coordination Function
- SSCOP : Service Specific Connection Oriented Protocol
- NHSL : Network Hardware Service Layer
- NIC : Network Interface Card

図10. ソフトウェア構成

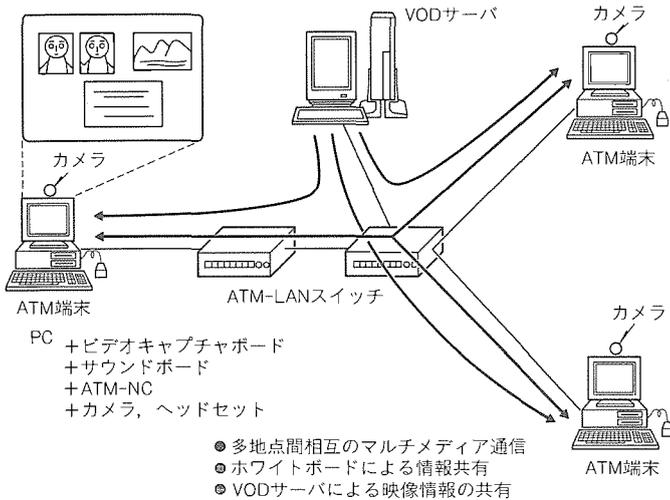


図11. マルチメディアアプリケーション利用例

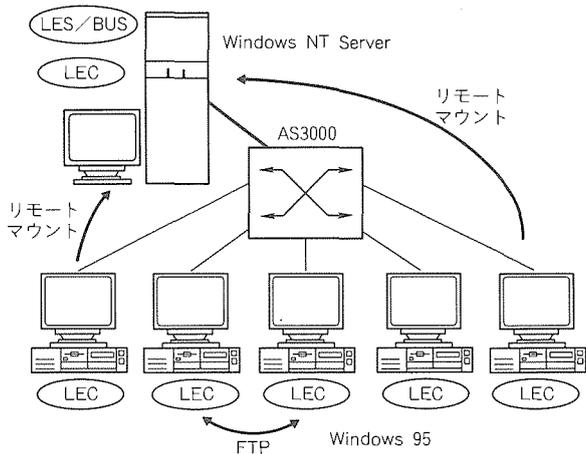


図12. ATM上での既存アプリケーションの利用

(e) LES/BUS

LANEのサーバ機能である。LES (LAN Emulation Server) は 4.1 節で述べたアドレス変換サーバに当たり、BUS (Broadcast and Unknown Server) は同じ節で述べたマルチキャストサーバに当たる。

(f) ILMI

ILMI (Interim Local Management Interface) の主な機能は、スイッチとの間でアドレスレジストレーションを行う機能である。

(g) CM/シグナリング

CM (Communication Manager)/シグナリングの機能は、LECとLES/BUSに対して、ATMでの発着呼など ATM 上での通信のためのインタフェースを提供することである。

(h) SSCF/SSCOP

SSCF/SSCOP (Service Specific Connection Ori-

(注 2) “UNIX” は、X/Open Co.Ltd. がライセンスしている米国及び他の国における登録商標である。

ented Protocol) は、シグナリングに対してスイッチとの間の信頼性のある通信路を提供する。

(i) NHSL

NHSL (Network Hardware Service Layer) は、ATM ボードを制御する。

(2) 特長

以下に、今回開発したドライバの特長を述べる。

(a) NDIS インタフェースの採用

今回の開発では、ドライバインタフェースとして、Windows NT, Windows 95 の標準ネットワークドライバインタフェースである NDIS 3.0 / 3.1 を採用した。OS や上位プロトコルスタックは、AN 1000, AN 2000 を単なるイーサネットボードとして認識することができる。したがって、既存のプロトコルスタックやその上位アプリケーションを、ATM の高速な通信路で利用できるようになっている。

(b) 擬似カーネルの採用

ドライバ内に各種サービスを定義した擬似カーネルを作成し、各コンポーネントを擬似カーネルのタスクとして実装した。このため、他の OS にドライバを移植する場合でも各タスクを改修する必要はなく、擬似カーネル部分を作成しなおすだけで対応できるようになっている。

(c) メッセージ通信方式

ドライバ内の各タスク間の通信は、すべてメッセージによる通信になっている。このため、各タスク間の独立性を確保するとともに、特に UNIX<sup>(注2)</sup> の Streams への移植性が良くなっている。

5. 利用形態

(1) マルチメディアアプリケーション利用例

C/S システムでのマルチメディアアプリケーションの一例を図 11 に示す。

(2) 既存アプリケーション利用例

既存アプリケーションを LANE で動作させた場合の例を図 12 に示す。ファイルのリモートマウントや FTP など、既存の LAN アプリケーションを ATM の高速な通信路上で利用できる。

6. むすび

以上、今回開発した C/S システム対応 ATM-LAN 製品の開発方針、技術的特長、利用例を述べた。この製品によって C/S システムでの ATM-LAN 構築が可能となった。

今後も、ATM フォーラムの規格化動向を見ながら、他社機との相互接続性確保など、よりユーザが扱いやすい ATM-LAN ネットワークを提供し、C/S システムでのより高度なマルチメディア情報処理ニーズにこたえていく所存である。

# インターネットEDI

赤星 徹\* 渡辺 靖\* 黒田淳司\* 地引尚史\*

## 1. ま え が き

近年、コンピュータとネットワークを利用して企業間の取引業務を電子化されたデータで行うEDI (Electronic Data Interchange) の標準化が進み、BPR (Business Process Reorganization) の一環として普及しつつある。

一方、情報システム分野では、近年、インターネットに対する関心が高まってきている。それは、インターネット接続プロバイダのここ数年の急激な増加傾向や、新聞紙上にをにぎわすインターネットの文字を見るにつけ実感されることである。また、企業内でインターネットを利用しようという“イントラネット”という言葉が注目されているように、情報システム構築において、各企業ともインターネット利用を積極的に考えるようになってきている。

また、ハードウェアの世界では、パソコン (PC) の高性能化・低価格化が進んできている。そのため、今まで汎用機でしか実現できなかったようなEDI業務をPCで実現することが可能となり、従来EDIシステムの導入を考えなかったような規模のユーザに対しても、十分導入を検討できる環境になったと言える。

このような状況に対応して、インターネットを利用したEDIの実現を可能にする“EDIFOAS” (EDI for Any Client Server System) についてその設計基本方針を述べた後、機能を紹介し、さらに、インターネット上でEDIを実現する際の課題とその解決方法について述べる。

## 2. EDIの現状

EDIとは、企業間の取引業務をコンピュータを利用して実現することである。これを実現するためには、データの電子化、取引のある両企業間でのデータフォーマットの共通化が必要である。

このデータフォーマットの共通化というプロセスにおいて、日本のEDIは、各企業グループや関連企業でデータフォーマットを独自に定めて、展開されてきた。この状況は取引が同じ企業グループや関連企業内だけであれば問題ないが、企業グループにまたがった取引を行おうとした場合、例えばどちらの企業グループのデータフォーマットで取引するかという問題が発生する。

このような問題を解決するために提案されているのが、業界間の取引を可能とするための標準CII (Center for the Informatization of Industry) シンタクスルールである。これは電子化する文書の書式を定めた、いわば文法を規定したもので、これに従うことによってCIIメッセージを解読できる両者間での電子データの交換が可能となる。

EDIFACT (EDI for Administration Commerce and Transport) は、ISOが制定した国際標準規格で、ANSI (American National Standards Institute) X 12はANSIが制定した米国標準規格である。

電子機器・石油化学・鉄鋼・建設・電力・住宅産業の各業界では、CIIの採用が決まっている。

一方、EDIで使用される通信プロトコルは一般に業界標準手順と呼ばれ、代表的なものに全銀協 (全国銀行協会連合会) 手順と流通業界のJCA (日本チェーンストア協会) 手順がある。

全銀協手順は、1983年に制定され、銀行との取引を規定したものである。銀行との取引ということで各企業ともこの手順のサポートは必要不可欠となり、多くの企業でこの手順を使用している。また銀行との取引以外でも、この手順を利用するケースが多い。

JCA手順は、1985年に制定され、流通業界で使用されている手順である。流通業務という関係上、導入する店舗数が非常に多いため、多くの企業で使用されている。

図1に、各業界の使用している標準メッセージの種類を示す。

しかしながらEDIは、通産省による積極的な普及推進にもかかわらず、まだほとんど普及していないのが現状である。その理由は幾つかあると考えられるが、EDIシステムを導入するためのコストの問題、それと複数企業間で接続するた

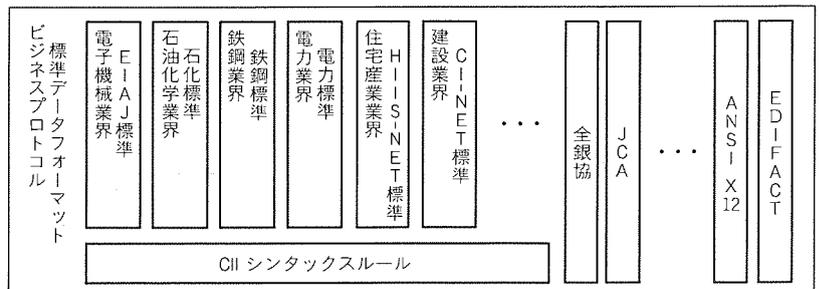


図1. 標準データフォーマットの現状

めのインフラの問題などがある。コストが重要な問題となる背景には、このEDIシステム導入の対象となる企業の7割強が中小企業であるということがある。数百万から数千万円のシステムを中小の企業が簡単に導入することは難しいからである。また、インフラとしてのネットワーク設備として新たに全銀やJCAとの通信設備を用意することも中小企業にとっては大きな負担となるため、導入の障害となっている。

このような状況を踏まえ、EDIFOASシリーズでは、PC一台で稼働する安価なEDIシステム“EDIFOAS for Windows”を製品レパートリとして整備している。また、ネットワーク接続としてインターネット接続を提供することによって、ネットワーク設備・通信費にかかわる低コスト化を実現している。この背景には、PCの低価格化・高性能化、インターネット環境の整備・発展が急激に進んできたという事実を見逃すことはできない。

### 3. インターネットでのEDI

#### 3.1 基本方針

この節では、インターネットを利用してEDIを実現するための基本方針を述べる。

##### (1) システム構成

システム構成を考えるに当たり重要なことは、EDIシステムに必要な機能が実装できることはもちろん、コストを抑え、小規模なユーザにも展開できることである。小規模のユーザとは、1日に1、2回の取引で、紙やファクシミリで、現状取引を行っているようなユーザを想定している。これを重要と考えるのは、日本のEDI化が遅れているユーザの7割がこのような小規模のユーザだからである。

システム構成としては、クライアント/サーバ コンピュータシステム (以下“C/Sシステム”という。)を基本とする。

サーバにはオープン性が高くサーバ機能として十分な能力を提供できるコンピュータを配置し、クライアントは、近年、性能と信頼性が向上してきたPCとする。それぞれのプラットフォームは、サーバがUNIX<sup>(注1)</sup>、UnixWare<sup>(注2)</sup>、Windows NT Server<sup>(注3)</sup>。クライアントはWindows 3.1<sup>(注3)</sup>、Windows 95<sup>(注3)</sup>とする。システム構成の概念を図2に示す。

##### (2) 通信プロトコル

通信プロトコルは、インターネットへの接続と既存EDIとの接続を考慮する必要がある。インターネットへ接続するためのプロトコルはTCP/IP (Transmission Control Protocol / Internet Proto-

col)、ファイル転送プロトコルはFTP (File Transfer Protocol) で実現する。インターネットを利用することで、各地に存在する取引先と個別に回線を結ばなくても簡単に接続が可能となり、また、コストもより少なくて済む。

なお、既存システムとの接続も考慮し、全銀協手順をサポートする。

##### (3) データフォーマット

2章で述べたように、今後のEDIは、CIIルールに基づいてデータ交換が行われる。したがって、CIIの標準メッセージを解釈したり、CIIの標準メッセージを作成するためのトランスレータを持つことが必ず(須)である(図3)。

##### (4) 周辺装置

システム構成の項でも述べたが、クライアント側のターゲットは小規模のユーザである。ファクシミリや紙による受発注業務に代わり、これらをPCで行う。検収・確認作業にはバーコード付き納品書が使われている場合が多く、そのためのプリンタ装置は必須のものとなる。また、取引企業間で定められた伝票に対応する必要がある。これには、イメージリダを使用したフォームオーバーレイの作成など、伝票設計が容易にできるような方式を採っており、以下のような出力を標準でサポートしている。

(注1) “UNIX”は、X/Open Co.Ltd.がライセンスしている米国及び他の国における登録商標である。

(注2) “UnixWare”は、米国Novell, Inc.の商標である。

(注3) “Windows NT Server” “Windows 3.1” “Windows 95” “Windows”は、米国Microsoft Corp.の商標である。

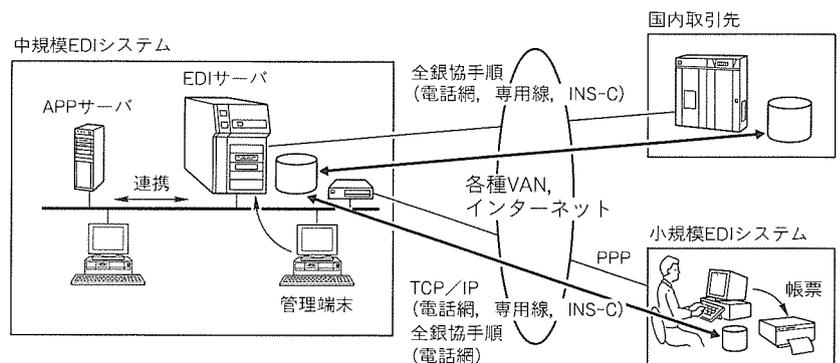


図2. システム構成の概念

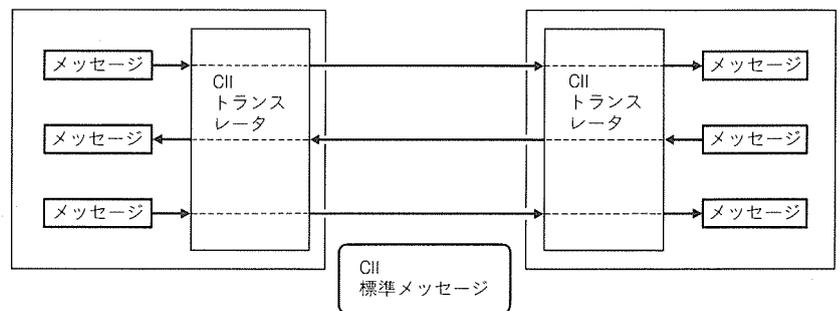


図3. トランスレータの概念

- バーコード出力
- 帳票伝票出力 (けい (罫) 線印字機能を持つ。)
- ラベル出力
- 複写伝票への出力

(5) 他の PC ソフトウェアとの連携

PC1台の EDI システムにおいては、利用者が使い慣れた表計算ソフトウェアやデータベース (DB) ソフトウェアで受注データの管理や加工ができる仕組みを用意する。PC上の OA ソフトウェアを生かし、データの活用を可能とする。

3.2 EDIFOAS の機能

ここでは、3.1 節で述べた基本方針に従って設計開発した EDIFOAS 製品の機能について述べる。

3.2.1 EDIFOAS サーバ

伝送プロトコルとして TCP/IP (FTP) が、全銀協が提供する EDI システムのサーバとして動作する。主な機能を以下に述べる。

(1) データ蓄積交換機能

(a) データの振分け/統合処理

サーバ内部に各取引先用にデータを蓄積する、いわばメールボックスを持つ。加入者が発信した取引データのあて(宛)先ごとに、見積依頼、支払請求などの情報区分単位の振分けと統合を行い、対応するメールボックスに蓄積・管理を行う。

(b) パートナチェック

加入者コードのチェックにより、加入者以外からの不正アクセス防止や、発信した加入者の取引先以外への誤送信を防止する。

(c) 集信データ蓄積管理

配信済みデータを保持し、リカバリのための再送を可能としている。

(2) 集配信スケジュール制御機能

CII メッセージを統合したファイルの集配信処理を、指定したスケジュールに従って実施する。スケジュールの種類は、即時・毎日・毎週・毎月・特定日に加え、取引先ごとにカレンダーを使用しての休日指定、ランダム指定ができる。

(3) 送受信ファイルの監視、履歴の照会・検索機能

送受信するファイルの状況監視及びその履歴を照会又は検索でき、集中的な運用管理が可能になっている。

(4) CII 標準フォーマット変換機能

CII 標準フォーマットとユーザデータとの間の変換機能を提供する。

(5) アプリケーションプログラム インタフェース

スケジュールや送受信ファイル情報の登録・変更・削除などを行う API (Application Program Interface) を提供し、様々なニーズに対応できるような環境を提供している。

スケジュール定義の設定、状況監視や運用管理の操作は、Windows<sup>(注3)</sup>の持つユーザインタフェースをベースにユーザフレンドリなものになっている。

3.2.2 EDIFOAS クライアント

伝送プロトコルとして TCP/IP (FTP) が、全銀協が提供する EDI システムのクライアントとして動作する。EDI クライアントは、コンピュータや PC に慣れていない人でも簡単に使用できることをねらいとしている。主な機能を以下に述べる。なお、図 4 に接続形態を示す。

(1) CII 標準フォーマット変換機能

CII 標準フォーマットとユーザデータの間の変換機能を提供する。ただし、この機能はメッセージの送受信の延長上で自動処理されるため、使用者は意識する必要はない。

(2) 受発注データ入力システム

使用者が画面の設計やデータ入力プログラムの作成をしなくても使用できるように、EDIFOAS for Windows は、受発注伝票形式のデータ入力画面を使用する CII 標準メッセージの定義に従って入力フィールドを自動的に生成している。この画面は、各フィールドの位置を再配置することで、カスタマイズすることができる。図 5 に入力画面例を示す。

(3) 伝票設計/印刷機能

伝票設計ユーティリティで作成したフォーマットに従って、送受信メッセージを伝票として印刷する。この伝票にはバーコードを含ませることもできる。さらに、ラベルプリンタを使用し、納品物に付けるラベルの印刷も標準でサポートして

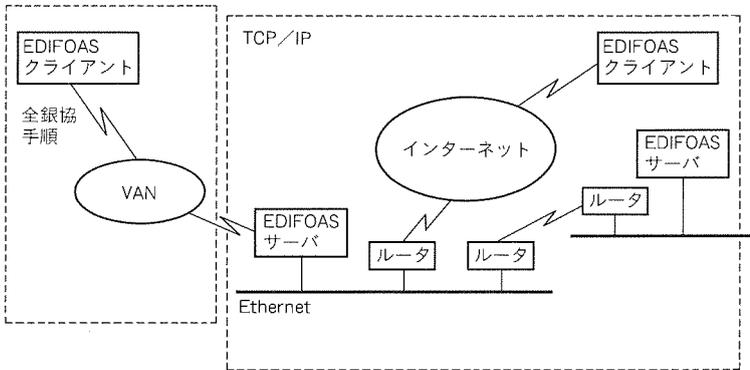


図 4. EDIFOAS for Windows の接続形態

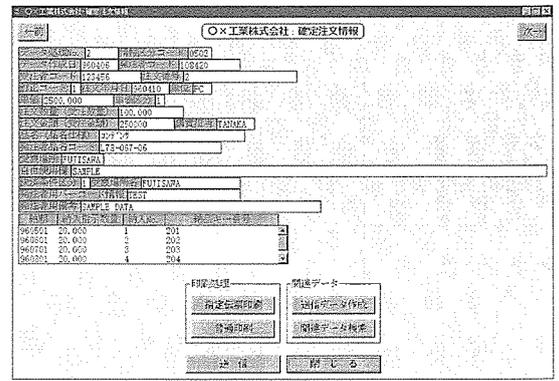


図 5. データ入力画面例

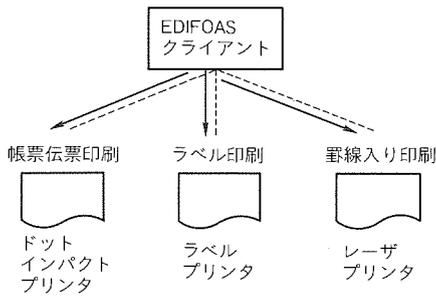


図 6 . 印刷機能の概念

発注者 〇×工業株式会社	納品番号 65569
受取場所名 TANAKA	注文番号 88880125
品名コード L78-0267-08	品名 54M用
出荷日 95-04-07	発注者備考 納入(予定)日 95-04-18
納期 95-04-25	注文数量 50
受注者用備考 comment1	納入指示数量 0
発注者使用欄	納入数量 50
	検査
	受入
	検査区分
	不台帳区分

発注者 三菱電機株式会社 (2) 96669  
E I A J 標準納品書

納品受付票

(3N) 366669 50.000  
 (3N) 4178-0267-08  
 (3N) 5 SAMPLE

受入数量

E I A J 標準納品書

図 7 . 標準納品書の印刷例

いる。図 6 に印刷機能の概念を、図 7 に標準納品書の印刷例を示す。

(4) メッセージ転送管理機能

メッセージの送達確認機能 (図 8), 自動転送のスケジューリング機能, 転送エラー時のリトライ機能, ログの採取など, メッセージ転送に関する各種機能を備えている。

(5) 業務システムとの連携

送受信メッセージを CSV (コンマ区切り) 形式ファイルとしてインポート/エクスポートする機能を提供している。これによって, EDI システム上のデータを表計算ソフトウェア等で加工, 集計管理することができる。逆に PC 上の DB ソフトウェアなどから EDI システムにデータを投入することも可能としている (図 9)。

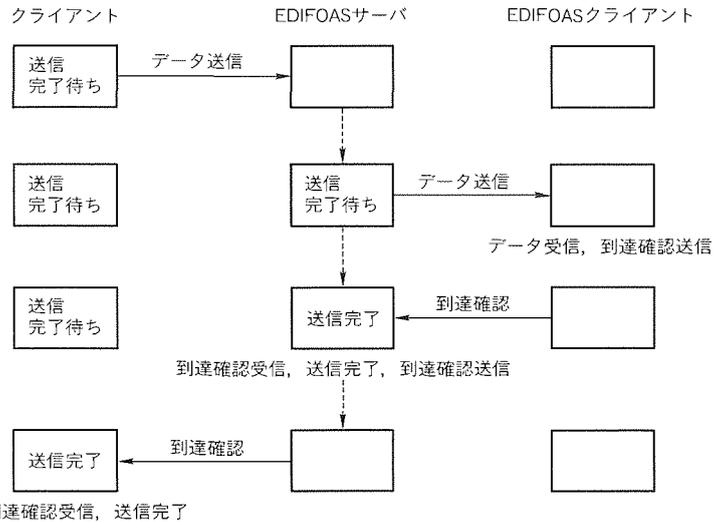


図 8 . メッセージの送達確認手順フロー

4. 今後の課題

この章では, インターネット上で EDI を実現する際の課題とその対応について述べる。

4.1 課題

2章で述べた EDI の現状を踏まえ, 3.1 節の方針に従って, インターネット上で EDI を実現するために必要な機能について述べてきた。

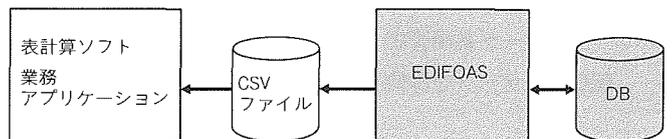
今後, EDI は, 業界メッセージの標準化の推進が力となり, 普及していくことは確実である。その中で, 今後の EDIFOAS に対する課題をまとめる。

(1) セキュリティ

インターネットを利用することは接続性やコストからみると非常に魅力的であり, EDI をインターネット上で実現することができれば EDI の普及が加速されることは十分に予測できる。しかしながら, インターネットで実現するためには, 解決しなくてはならない課題も抱えているのが現状である。

インターネットは, 単独の管理されたネットワークではなく, 複数のネットワークの集合体である。そのため, インターネット上でデータの送受信を行った場合, データの経路は特定できず, 例えばその中で, データの“盗聴”や“改ざん”な

(CSV形式ファイル出力機能)



(CSV形式ファイル入力機能)

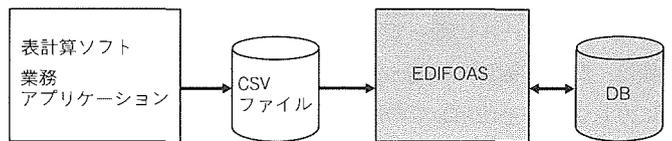


図 9 . CSV ファイル入出力機能

どが行われてもそれを特定することは難しい。また, データそのものは標準で扱われるデータであるため, その中身を容易に見ることが可能である。

(2) 海外との EDI

国内では CII メッセージが標準となっており, CII メッセージのサポートがすなわち高い接続性を持つことになる。ところが, 近年では海外に取引先を持つ企業が多くなり, 海外を含めた EDI システムのニーズが増えると考えられる。海外では EDIFACT が標準となっており, CII とは様々な点

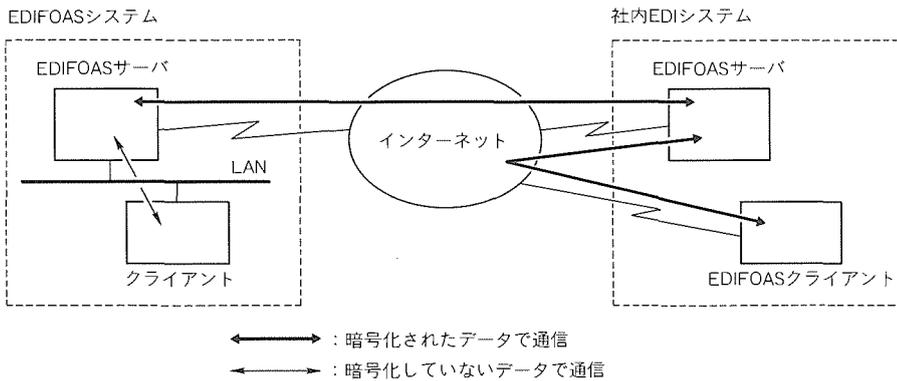


図10. 暗号を使った通信の概念

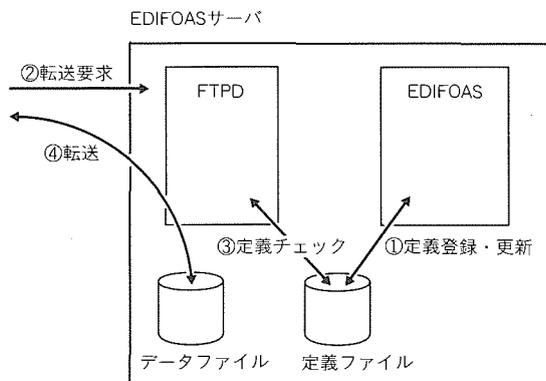


図11. FTPD機能拡張動作の概要

で異なっている。

#### 4.2 課題への対応

ここでは、4.1節で述べたインターネット利用の課題を考慮した製品であるEDIFOASシステムでの対応方法を述べる。

##### (1) セキュリティ

EDIFOASシステムでは、セキュリティ機能として以下の機能を実現する。

##### (a) 暗号化技術

インターネット内でのデータの盗聴や改ざんを防止するために、このシステムでは、当社の暗号化技術である“MISTY”を採用する。暗号化は、サーバー-サーバー間、サーバー-クライアント間での通信で実装する。図10に暗号を使った通信の概念を示す。

##### (b) ログイン手続き

通信相手先を特定するセキュリティチェックの手段とし

て、FTPデーモンであるFTPD (File Transfer Protocol Daemon)の機能拡張を行うことによって実現する。拡張機能としてFTPDは、ファイル転送の機能に加えてEDIFOASのシステム定義のチェックを実行する。これにより、EDIFOASシステムとしてアクセス権のないユーザの侵入を排除することができる。その動作概要を図11に示す。

- EDIFOAS動作環境として、相手先名やログイン名などを定義情報として登録しておく。
- ファイル転送の要求を受け取る。
- FTPDは、EDIFOASの登録情報を参照し、アクセス権のチェックを行う。
- ファイル転送を実行する。

というフローでセキュリティチェックを実現している。これにより、登録ユーザ以外からのアクセス拒否や、データ転送の拒否機能を付加することができる。

##### (2) 海外とのEDI

海外を含めたEDIシステムには、CIIトランスレータのほかにEDIFACTトランスレータが必須となる。この両者のトランスレータを、EDIメッセージ変換相手に応じて使い分ける。

## 5. むすび

インターネットはますます発展し、World Wideに展開されていく。様々な業務がインターネットを活用し、広がり、展開されていくであろう。EDIもその有力候補であり、その普及にインターネットは大きな力となるであろう。

インターネット技術、EDI標準化、グローバル化に対応し、“EDIFOAS”の完成度を更に高めていく所存である。

## 参考文献

- (1) 鍵和田 篤, 吉崎正幸, 三屋誓志郎, 二階堂秀治: “apricot” FTサーバにおけるビジネスネットワークの構築, 三菱電機技報, 69, No.5, 464~468 (1995)

# 三菱ネットワークセキュリティ暗号装置 “MELWALL3000シリーズ”

横山幸雄\* 青木 尚\*\* 後沢 忍\* 大越丈弘\*

## 1. ま え が き

WWW (World Wide Web) の登場に端を発したインターネットの急激な広がりには社会的ブームとまでになっており、その技術を企業内ネットワークに転用したイントラネットも急速に普及しつつある。このように、パソコンやワークステーションが広くネットワーク化されることによる情報の広がりや流通は、正にボーダレスの時代に突入している。

インターネットの素晴らしさは世界中の人々が対等に参加することができる点にあるが、そのような人々の中に悪意を持った者がいることもまた事実である。インターネットが学術研究的な目的を持っていた初期のころは、ハッカー（厳密にはクラッカー）も愉快犯的なものであったが、エレクトロニックコマースのプラットフォームや企業内通信網の一部として機能するようになった昨今では、金銭的な利害が発生し、より悪質なハッキング行為が行われるようになった。このような背景から、インターネットを企業活動として生かすためには、セキュリティへの配慮が欠かせないものとなっている。また、機密情報を含む各種情報の電子化が前提となるイントラネットにおいても、同様の配慮が必要ことは明らかである。

“MELWALLシリーズ”は、暗号技術を用いて通信フレーム内のユーザ情報部分を隠ぺい（蔽）することで、盗聴又は不正アクセスといった行為からネットワークを守ることができる。さらに、既存のユーザ資産を損なったりネットワーク設定に影響を与えない高度な透過性を提供しており、容易に導入できるように配慮されている。

さらに、暗号アルゴリズムとしては、米国標準暗号 DES (Data Encryption Standard) 以上の暗号強度を持つ当社独自開発による次世代秘密かぎ（鍵）暗号アルゴリズムを採

用している。

本稿では、MELWALLシリーズの特長、構成、適用分野について概要を紹介する。

## 2. 製品の特長と仕様

MELWALL 3000シリーズには、アダプタ型暗号装置 (A 3000)、集線型暗号装置 (H 3000)、及び鍵管理装置 (K 3000) がある。

アダプタ型暗号装置はイーサネットポートを二つ持ち、アクセスルータやハブ (Hub) と組み合わせたり、端末と一対一で設置するなどの幅広い使い方が可能である。外観を図1に示す。

集線型暗号装置はアダプタ型暗号装置の一つのイーサネットポートを 10 Base-T のハブとして拡張したもので、基本的な機能と特長は同じである。外観を図2に示す。

また、暗号の安全性を維持するためには暗号鍵（セッション鍵）の定期的な変更が不可欠であるが、鍵配送を遠隔から行ったり各種動作パラメータの設定を GUI (Graphical User Interface) で行ったりするためのツールとして鍵管理装置がある。これは、Windows NT<sup>(注1)</sup> パソコンの上で構築されている。

アダプタ型暗号装置と集線型暗号装置の仕様を表1に示す。また、鍵管理装置の仕様を表2に示す。

以下に、MELWALLシリーズの主な特長について述べる。

### (1) 独自開発の暗号 LSI の搭載

暗号処理部分の LSI 化と高速 RISC プロセッサの採用によってイーサネットのワイヤレート (10 Mbps) での暗号処理が可能となり、ユーザに暗号処理遅延を意識させない。これにより、遅延等に敏感なマルチメディアデータにも適用す

(注1) “Windows NT” は、米国 Microsoft Corp. の登録商標である。



図1. アダプタ型暗号装置の外観

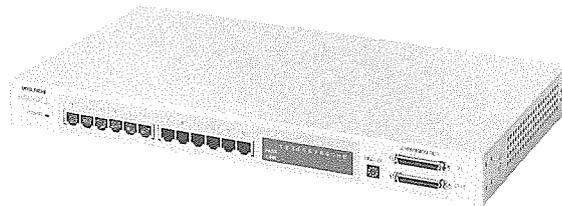


図2. 集線型暗号装置の外観

表1. 暗号装置の仕様

項目	仕様														
中継プロトコル	IP : 暗号, 平文, 廃棄のいずれかを選択 IPX : 暗号, 平文, 廃棄のいずれかを選択 その他: 平文, 廃棄のいずれかを選択														
バイパスフレーム	ブリッジ関連: スパニングツリーフレーム IP関連 : RIP, OSPF, ICMP, MELWALL管理フレーム IPX関連 : RIP, SAP (一部置換), Watchdog														
暗号アルゴリズム	独自秘密鍵暗号アルゴリズム (非公開)														
セッション鍵	1システム当たり32個 (=暗号グループ最大数)														
IP通信パス構成	集線型はハブポートごとに基本パス定義 (ただし, セッション鍵は共通) アダプタ型は装置当たり一つの基本パス定義 特例パスは装置当たり64個 (集線型では, 各特例パスをどのハブポートに適用するかの対応付けが可能)														
パス詳細属性	平文から暗号への方向での設定 その逆は対称条件となる														
	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>宛先IPアドレス定義</th> <th>アプリケーションフィルタ</th> <th>TCP設定方向フィルタ</th> <th>セッション鍵</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>基本パス</td> <td>設定不可 (いずれの特例パスにも当て まらないものに対応)</td> <td>ポート番号の個別指定は TCP/UDP各八つまで全 通過/全廃棄も可 該当しないフレームは破棄</td> <td>ポート番号ごとにOut/In /both 該当しないフレームは破棄</td> <td>32個の鍵から1個選択 集線型の場合, 鍵は共通にな る 透過設定も可</td> </tr> <tr> <td>特例パス</td> <td>一つの特例パスに一つのIPア ドレス。有効ビット長も共に 設定しサブネット表現も可能</td> <td>同上</td> <td>同上</td> <td>32個の鍵から1個選択 透過設定も可</td> </tr> </tbody> </table>		宛先IPアドレス定義	アプリケーションフィルタ	TCP設定方向フィルタ	セッション鍵	基本パス	設定不可 (いずれの特例パスにも当て まらないものに対応)	ポート番号の個別指定は TCP/UDP各八つまで全 通過/全廃棄も可 該当しないフレームは破棄	ポート番号ごとにOut/In /both 該当しないフレームは破棄	32個の鍵から1個選択 集線型の場合, 鍵は共通にな る 透過設定も可	特例パス	一つの特例パスに一つのIPア ドレス。有効ビット長も共に 設定しサブネット表現も可能	同上	同上
	宛先IPアドレス定義	アプリケーションフィルタ	TCP設定方向フィルタ	セッション鍵											
基本パス	設定不可 (いずれの特例パスにも当て まらないものに対応)	ポート番号の個別指定は TCP/UDP各八つまで全 通過/全廃棄も可 該当しないフレームは破棄	ポート番号ごとにOut/In /both 該当しないフレームは破棄	32個の鍵から1個選択 集線型の場合, 鍵は共通にな る 透過設定も可											
特例パス	一つの特例パスに一つのIPア ドレス。有効ビット長も共に 設定しサブネット表現も可能	同上	同上	32個の鍵から1個選択 透過設定も可											
	制限: 特例パスではブロードキャストを使用するアプリケーションは扱えない														
IPX通信パス構成	装置当たり一つのパスのみ。セッション鍵は独立に選択可														
ハブポート認証	集線型のとき適用 ローカルコンソールからアカウントとパスワードの入力 利用有無の選択可。認証猶予時間の調整可														
SNMP	集線型のときRepeaterMIBを提供														
統計情報	各通信パスでの廃棄フレーム数 ハブポート認証での不正イベント数														
LAN I/F	暗号側 10Base5又は10Base-T 平文側 10Base-T×1 (アダプタ型) 10Base-T×12 (集線型)														
寸法・質量	アダプタ型 (W)203×(D)240×(H)41 (mm) 2.5kg 集線型 (W)430×(D)240×(H)43 (mm) 3.5kg														

表2. 鍵管理装置の仕様

項目	仕様
プラットフォーム	apricot LS550シリーズ (予定) Windows NT 3.51 Workstation イーサネットアダプタ
セッション鍵配送	32個の鍵をパックし, 暗号装置に対して一斉配送 配送結果のログあり
パラメータ関連	GUIによる設定・編集 パラメータのローカルファイルへの保存及び読み出しが可能 パラメータの暗号装置からの読み出し (アップロード) 及び書き込み (ダウン ロード) が可能 表示形式の変更 印刷機能
暗号装置制御機能	セッション鍵の整合性チェック (チェックサムによる確認) パラメータ変更後の遠隔リブート指示 統計情報の収集
対象暗号装置	タイプによらず500台まで管理可能
接続場所	IPネットワークの任意の地点に接続可
装置セキュリティ	OSのセキュリティ機能を利用 (ログオンパスワード, ファイル許可属性)

ることが可能である。

- (2) 既存のアプリケーションソフトウェアに影響を与えない  
イーサネット上のフレームをキャプチャし, 暗号/復号変換するので, パソコンやワークステーション等のエンド端末

の設定には影響を与えない。別の暗号機構としてエンド端末内のIP (Internet Protocol) ソケットレイヤで暗号機能を実装するという規格 (Secure Socket Layer : SSL等) が出てきているが, これらを利用するには, 仮想端末 (TELNET) やファイル転送 (FTP) といったアプリケーションソフトウェアがそれらに対応するのを待たなくてはならない。  
(3) 既存のネットワーク機器に影響を与えない

フレームの暗号化範囲としてIPヘッダやIPX<sup>(注2)</sup>ヘッダは除外しているため, ルータ等に影響

を与えない。また, TCP/UDP<sup>(注3)</sup>のポート番号部分も暗号化しないので, 既存のファイアウォールやルータのパケッ

(注2) IPX (Internet Packet Exchange) : NetWareで使用されているプロトコルである。

トフィルタリング機能にも影響を与えない。さらに、ICMP, RIP, ARP<sup>(注4)</sup>といった本来のデータフレーム以外の制御フレームについては、透過的に中継することで、既存ネットワークの運用に影響を与えない。

(4) 平文端末との共存が可能

同一のイーサネットセグメント又はシステム内に暗号端末と平文端末が混在していても、互いの動作に影響を与えない。このことは一見当たり前のように思えるが、IPXプロトコルのようにクライアントからの接続要求に対して最も早く答えたサーバが接続処理を受け持つといった方式では、暗号クライアントに対して平文サーバが間違えて接続応答してしまうといった問題が生じる。MELWALLでは、独自の方策によってこれを解決するとともに、IPXルータへの透過性を維持し、暗号化IPXフレームのルーチングを可能にしている。

(5) 平文端末との安全な通信が可能

特例パスという概念により、特定の暗号端末と平文端末又は別のセッション鍵を用いて他の暗号端末との通信を可能としている。また、その際、各種パケットフィルタ機能を併せて使用することで、特例を認めつつ、セキュリティの低下を防ぐことが可能である。これについては3章で詳しく説明する。

(6) ポート認証による LAN 利用認証 (集線型のみ)

集線型暗号装置のハブポート (10 Base-T) を使用する際に、ローカルコンソールからポートごとに付けしたアカウン

(注3) TCP (Transmission Control Protocol) : IPの上に位置付けられるコネクション型トランスポート層プロトコルである。

UDP (User Datagram Protocol) : 同様のコネクションレス型のトランスポート層プロトコルである。

(注4) ICMP (Internet Control Message Protocol) : IPプロトコルの信頼性を補完するための制御プロトコルである。  
RIP (Routing Information Protocol) : IPパケットの経路情報をやりとりするためのプロトコルである。  
ARP (Address Resolution Protocol) : IPアドレスからMACアドレスを得るためのプロトコルである。

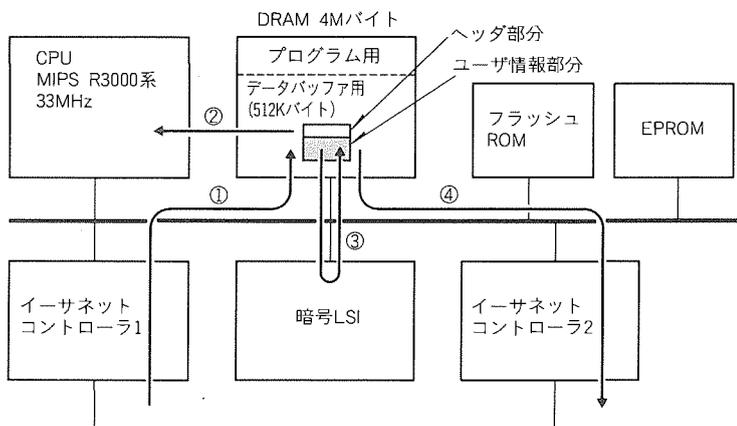


図3. アダプタ型暗号装置のハードウェア構成

トとパスワードを入力することで初めて通信可能となり、正規の利用者かどうかのユーザ認証を導入することができる。

既存のハブのセキュリティ機能には、ポートごとに登録されているMAC (Media Access Control) アドレスと合致するフレームのみを通過させるというものがあるが、ワークステーションの中にはMACアドレスさえ簡単に変更できるものがあるので万全と言うわけではない。

(7) 鍵管理装置による安全なりモート管理が可能

鍵管理装置と暗号装置との通信は、UDP上に独自に定義した暗号化管理フレームを用いることで安全性を確保している。この暗号化では、まずパラメータ情報部分を当社の秘密鍵暗号“MISTY”で高速に暗号化し、その鍵と認証用データを更に公開鍵暗号RSAで暗号化するというハイブリッド方式を用いている。これにより、セキュリティ強度と高速性を両立させている。

3. 構成と動作概要

アダプタ型暗号装置のハードウェア構成を図3に示す。以下でIPフレームの暗号化方向の処理フローの概要を説明する。また、通信パスの概念を図4に示す。

図3の①に示すように、イーサネットコントローラ1によって平文のフレームが受信されると、フレームはコントローラのDMA (Direct Memory Access) 機能により、DRAM中のデータバッファ領域に順次書き込まれる。

その後(図3の②)、中継処理をつかさどるファームウェアモジュールにより、プロトコル種別が判定される。IPフレームの場合、そのあて(宛)先IPアドレスが特例パスの宛先と一致するかを調べる。一致した場合は、該当する特例パスの設定に従って処理する。一致しなかった場合は、基本パスとして処理される。それぞれのパスでは、次にアプリケーションフィルタとして設定してあるTCP/UDPのポート番号に合致するかを検査し、合致しない場合は廃棄処理を行い、統計情報に記録する。さらに、TCPパケットの場合は、TCP設定方向フィルタとして、TCPヘッダ中のSYNビット

とACKビットを調べる。これにより、TCPコネクションの設定方向が分かり、合致しない方向からの設定は拒絶することができる。ここまでのチェックで廃棄されなかったフレームは、暗号化処理の段階で、指定されたセッション鍵でユーザ情報部分を暗号化するか、平文でそのまま中継することになる。

ファームウェアから、暗号化すべき部分の先頭と長さを暗号LSIに指定することで、DMAによって自律的に暗号化処理が行われる。この際、暗号化したデータは、平文データの上に上書きされる(図3の③)。

次に図3の④に示すように、暗号化が完了した

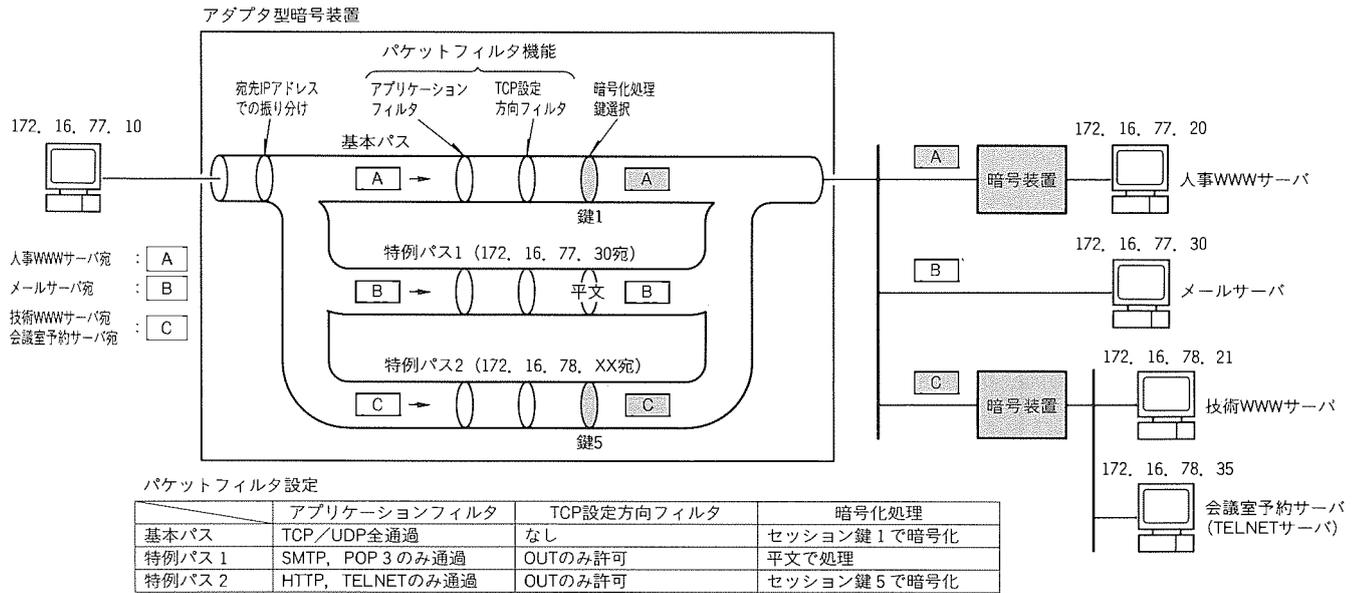
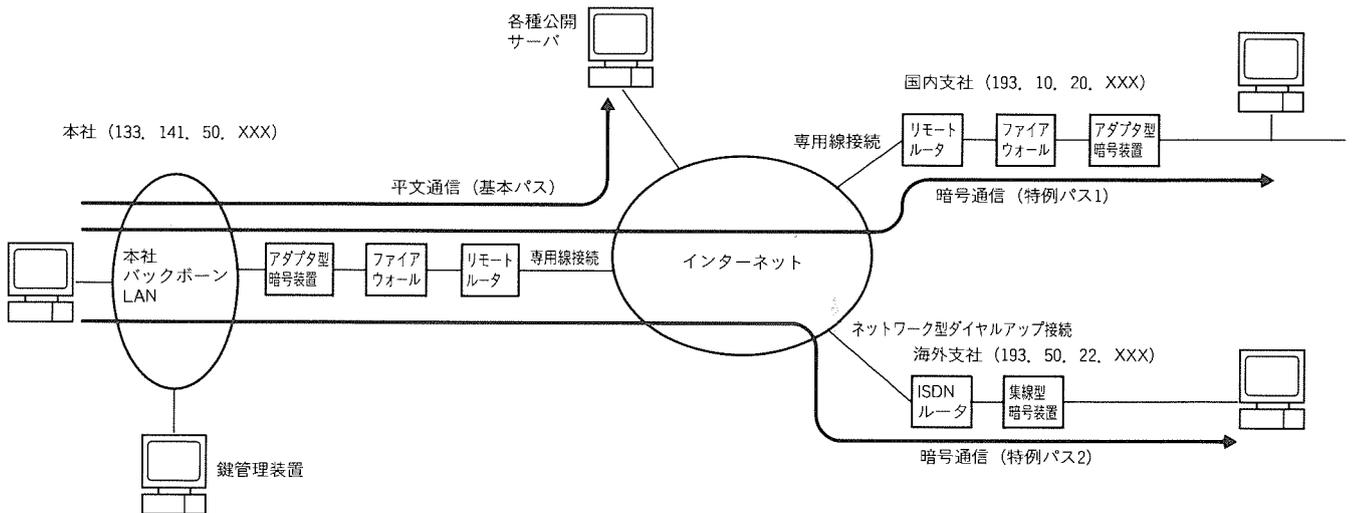


図4. 通信パスの概念



注：通信パスの定義は、本社のアダプタ型暗号装置からみた場合の例

図5. VPNの構築例

フレームは、イーサネットコントローラ2により、データバッファから読み出され、送信される。

以上のように、ハードウェア構成として、フレーム受信、暗号化、フレーム送信を通じて無駄なデータコピーが発生しないアプローチを採っており、高速処理に寄与している。

#### 4. MELWALLの適用分野と構成例

##### (1) VPNの構築

インターネットプロバイダのサービス料金の低価格化により、インターネットを企業内又は企業間ネットワークの中継パスとして利用する形態が進みつつある。この場合、暗号によるデータの隠蔽が要求される。このように、インターネットを取り込んだプライベート網構築をVPN (Virtual Pri-

vate Network) と言う。図5に示すようにMELWALLを用いることで、既存設備を有効に利用しつつVPNを構築することが可能になる。

VPNを構築すると同時に、当然インターネット上にある各種公開サーバ (WWWサーバ、AnonymousFTPサーバ等) にもアクセスしたいという要求がある。これに対しては、基本パスを平文設定とし、IPアドレスが不特定の通信は平文になるようにする。そして、特例パスで支社のサブネットを指定し、特定のセッション鍵で暗号化するように設定する。本社-国内支社間のパスと本社-海外支社間のパスでセッション鍵を同じにすることもできるし、異なるようにすることもできる。

##### (2) イン트라ネット上のセキュアネットワーク

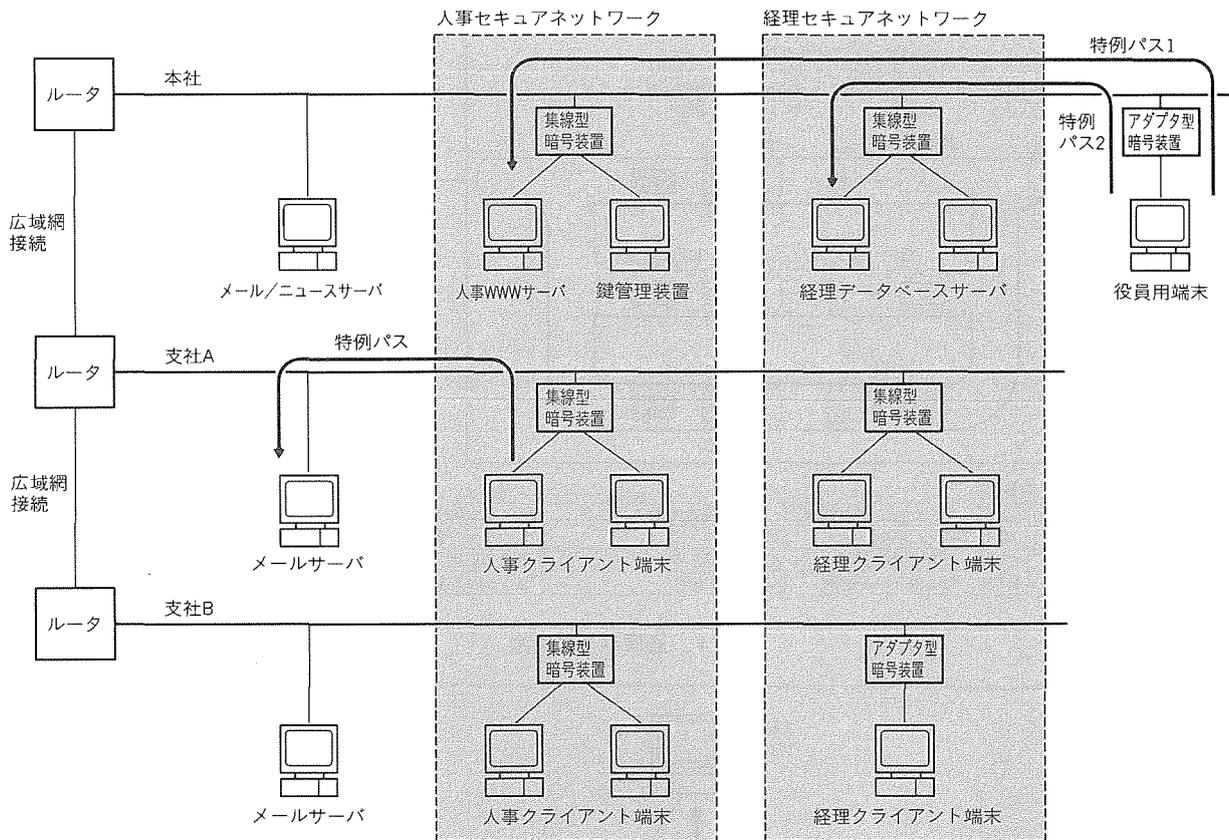


図6. セキュアネットワークの構築例

社内LANとして最も一般的なものはイーサネットであるが、これは媒体共有型（ブロードキャスト型の伝達）の特性を持っているため、他人宛のフレームも容易にモニタすることが可能である<sup>(注5)</sup>。そのため、人事や経理のような秘匿情報を扱う部門では特に注意が必要である。ただ、人事課員も常に秘匿情報を扱っているわけではなく、他部門との電子メールや電子掲示板も利用するため、単純にネットワークを分離してしまうのではなく、ネットワークは共通プラットフォームを利用しつつ、その上に安全な通信手法を築くことが現実的な方法である。これは、図6に示すように、MELWALLを用いて秘匿情報を扱う範囲の通信を暗号化することで可能となる。これにより、盗聴の防止と不正アクセスを無効にする効果が得られる。さらに、暗号化のためのセッション鍵を人事課用、経理課用といったように分けることで、それぞれの閉域暗号グループを構成することができる。これをセキュアネットワークと称している。図の例では、人事用と経理用で基本パスの鍵を変えることで、別々のセキュアネット

ワークを作っている。また、役員には、特例パスによって人事WWWサーバと経理データベースサーバの両方へのアクセスを可能としている。さらに、メールサーバやニュースサーバに対しては、特例パスを使って平文でアクセスするようになっている。この例ではパケットフィルタ設定は省略したが、適切な設定によって特例パスにおけるセキュリティホールを防止できる。

## 5. むすび

暗号技術を用いてインターネット及びイントラネットにおける盗聴防止・侵入防止を実現できる“MELWALL 3000シリーズ”を紹介した。

一般的に、セキュリティを強化すればするほどユーザの使い勝手を悪くすると言われているが、MELWALLでは、高度なプロトコル処理による各種機能により、セキュリティ強度と使い勝手が高い次元で融合されている。

今後も、Fast Ethernet対応やモバイル端末のためのリモートアクセス用ソフトウェア暗号製品などシリーズの拡充を進め、ネットワークセキュリティに関するトータルなソリューションを提供していく所存である。

(注5) ただし、端末一つがポート一つを独占するようなイーサネットスイッチのような形態ではその限りではない。

# DVD用ツインレンズ光ピックアップ

中村恵司\* 矢部実透\* 佐藤拓磨\* 渡辺教弘\* 平井伸明\*

## 1. ま え が き

マルチメディアシステムでは、静止画・動画などの大容量のデジタル画像情報が扱われる。大容量の情報が蓄積できるメディアとしてはCD-ROMが現在広く普及し、パソコンへの搭載が標準になってきている。しかしCDメディアの記録容量は640 Mバイトしかないため、十分な画質の動画を長時間記録することができず、更なる大容量のメディアが必要とされている。

DVD (Digital Video Disk) は、CDと同じディスクサイズで1面当たり4.7Gバイトと約7倍の容量を持ち、MPEG 2の画像処理技術による高画質の動画を2時間以上蓄積できるメディアとして提案されている。このDVDを用い、映画を対象としたビデオディスクプレーヤとして、また高密度CD-ROMとしての開発が進められている。

このようなDVDプレーヤ及びドライブは、既に普及している膨大な量のCDやCD-ROMに対して再生互換性があることが強く望まれる。ところがDVDとCDは大幅に記録密度が異なることから、光学的・機械的・電気的に異なる部分が多く、再生互換の実現は容易でない。

我々は、当社が独自に開発した対物レンズアクチュエータ方式である軸しゅう(摺)動回動方式を発展させ、DVD用とCD用の二つの対物レンズを一つの対物レンズアクチュエータに搭載し、ディスクの種類に応じて選択して使用する技術を開発した。その技術を用いて一つの光ピックアップでDVDとCDを再生できるツインレンズ光ピックアップを開発した<sup>(1)(2)</sup>。

## 2. DVDディスクの概要

表1にDVD規格と従来のCD規格の主な仕様の比較を示す。

DVDでは、記録容量を大きくするために、トラックピッチをCDの1.6  $\mu\text{m}$ から約半分の0.74  $\mu\text{m}$ へ、最短ピット長を0.834  $\mu\text{m}$ から0.4  $\mu\text{m}$ に短縮し、高密度化を図っている。

そのため、DVDを再生するためには、ディスク上での再生スポット径をCDに比べて小径化する必要がある。光スポット径は、光源の波長に比例し、対物レンズの開口数に反比例する。信号ピットを再生する条件として、光源である半導体レーザの波長は、CDの780 nmから635 nm又は650 nmに短波長化されている。また、対物レンズの開口数は、CD

の0.45から0.6に拡大されている。これによって集光スポット径はCDの約60パーセントとなる。

ディスクは、自身の成形誤差やディスクモータの取付誤差などにより、対物レンズから出射される光軸から傾くが、この傾きのためにコマ収差が発生し、集光スポット形状が劣化する。ディスクと光軸の傾きによる集光スポット劣化量は、対物レンズの開口数の3乗に比例し、ディスク基板の厚さに比例する。DVDでは高開口数の対物レンズを使用するため、同じ傾きが生じた場合、集光スポット劣化量はCDの約2.4倍となってしまふ。そこでDVDでは、ディスク基板の厚みをCDの半分の0.6 mmとし、傾きの許容量を実用的な範囲に確保した。

ところが、基板の厚みがディスクによって変わることは、光学的に再生互換にするという点で大きな障害となる。一般に、ディスク基板に集束状のレーザビームを入射させると、球面収差が発生し、レーザビームを1点に集光できなくなる。そのため、通常、光ピックアップでは、適用されるディスクの基板厚みに応じて球面収差が最小となるように、あらかじめ対物レンズ側で収差の補正をしている<sup>(3)</sup>。したがって、対物レンズが球面収差を補正できる基板と異なった基板厚みで使用されると、図1に示すように、レーザビームを1点に集光できなくなり、信号の読み取りが不能になる。そこで、異なる基板厚みを持つディスクに対して信号再生が可能な集光スポットを形成できることが、DVDとCDの再生互換をとる上でポイントとなる。

## 3. 再生互換方式

異なるディスク基板厚みのディスクに対して再生互換をとる方法として、以下のものが提案されている。

(1) DVDとCDそれぞれ専用の対物レンズを搭載した光ピ

表1. DVDとCDの主な仕様

	DVD	CD
ディスク径 (mm)	120	120
基板厚 (mm)	0.6	1.2
線速度 (m/s)	3.27	1.2
最短ピット長 ( $\mu\text{m}$ )	0.4	0.834
光源波長 (nm)	650/635	780
対物レンズ開口数	0.60	0.45
トラックピッチ ( $\mu\text{m}$ )	0.74	1.6
記録容量 (Gバイト)	4.7	0.64

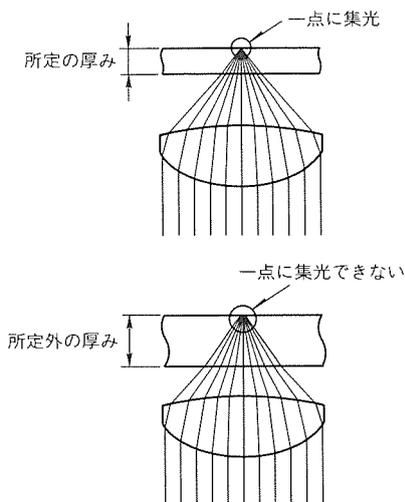


図1. 球面収差の原理

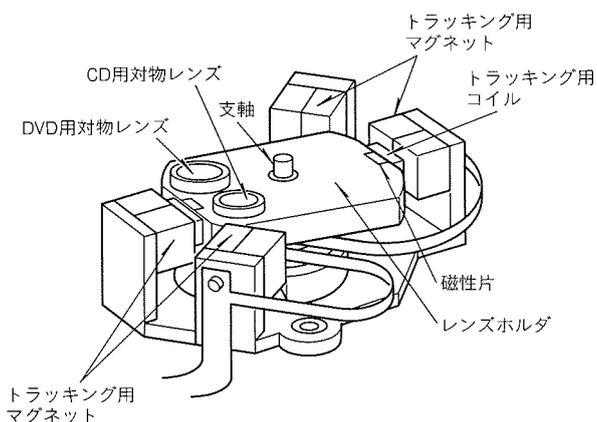


図2. 対物レンズアクチュエータの構成

ックアップを2個用いる。

- (2) DVDとCDそれぞれ専用の対物レンズを、1個の光ピックアップに搭載する。
- (3) ホログラム素子を用い、一つの対物レンズで二つの集光スポットを同時に形成する<sup>(4)</sup>。
- (4) 光路中にディスク基板厚みによる球面収差を打ち消すための補正レンズを挿入・排出する。
- (5) 光路中に液晶板を挿入し、ディスクの種類に応じて開口数を変換する。

これらの案に対して我々は、

- それぞれのディスクに対して専用の対物レンズを用いることにより、優れた再生信号を得ることができる。
- 専用の対物レンズを用いるため、光の利用効率が良い。
- 安価でコンパクトな形状の光ピックアップが実現できる。

という理由から、二つの対物レンズを一つの対物レンズアクチュエータに搭載し、ディスクの種類に応じてレンズを切り換えるツインレンズ方式を考案し、採用した。

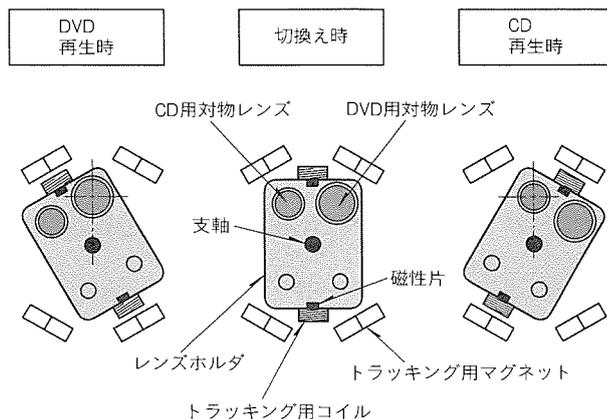


図3. 対物レンズ切換えの模式図

#### 4. 対物レンズアクチュエータ

光ピックアップは、回転するディスクの面振れとトラックずれに対して常に焦点とトラック位置を合わせるために、対物レンズを焦点方向及びトラック方向に駆動制御する対物レンズアクチュエータを備えている。

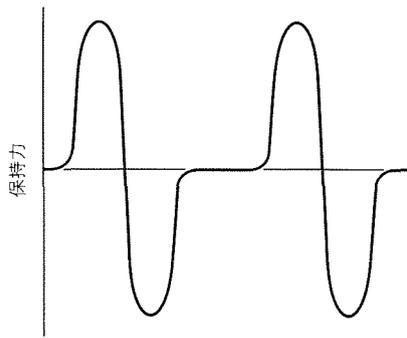
当社では、独自の軸摺動回転方式の対物レンズアクチュエータを開発し、これまで多くの光ピックアップに採用してきた<sup>(5)-(7)</sup>。軸摺動回転方式の対物レンズアクチュエータでは、レンズホルダの支軸から偏心した位置に、摺動方向と光軸が平行となるように対物レンズが設けてある。支軸に対して回動動作をすることによってトラック補正を、摺動動作をすることによってフォーカシング補正を行う。軸摺動回転方式対物レンズアクチュエータは、動作時に対物レンズの傾きや不要振動が発生しにくいという特長を持っている。

今回開発した対物レンズアクチュエータの構成を図2に示す。

DVD用とCD用の二つの対物レンズを一つのレンズホルダに支軸から等しい距離だけ偏心した位置に搭載し、再生するディスクの種類に応じて専用の対物レンズを選択するために、レンズホルダを支軸の回りに回動させる。対物レンズ切換えのための回動は、トラッキング補正用のコイルにキックパルスを加えることで行う。

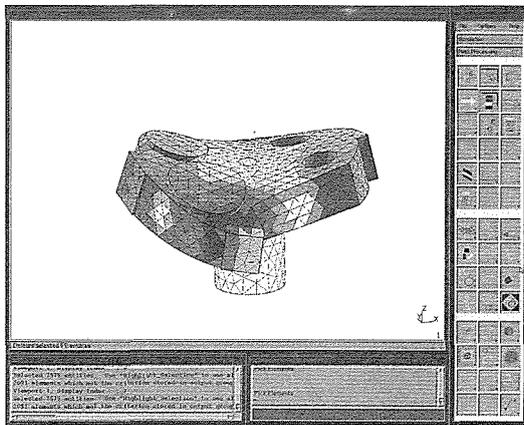
図3にレンズ切換えの模式図を示す。回動によって対物レンズが切り換えられる際に、常に対物レンズが入射光の光軸上に位置するように、レンズホルダのトラッキング方向の保持機構を設けた。レンズホルダ保持機構として、2極着磁されたトラッキング用マグネットに対向したレンズホルダ内に磁性片を設ける磁気的な方式を採用した。磁性片がマグネットの中心部に対向した位置に在るときに、系の磁気エネルギーが最も小さくなる。したがって、レンズホルダが回動するのに応じて、磁性片をマグネットの中央に引き戻そうとする保持力が発生する。

図4にレンズホルダの回動位置と保持力の関係を示す。こ

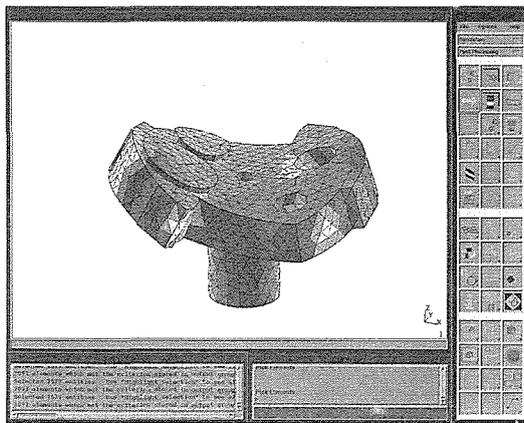


レンズホルダ回転位置

図4. レンズホルダ回転位置と保持力



(a) 一次の振動モード



(b) 二次の振動モード

図5. 振動モード解析結果

の磁気的な保持力は、フォーカシング方向にも同様の原理で作用する。

支軸はステンレス材の表面にフッ素系樹脂を約10 $\mu\text{m}$ の厚さでコーティングし、表面粗さを0.8 $\mu\text{m}$  R<sub>max</sub>に仕上げた。支軸と軸受のクリアランスは約10 $\mu\text{m}$ である。両者の間の摩擦係数は約0.3以下と小さな値であり、摩擦の影響はほとんど無視できる程度である。

対物レンズアクチュエータに要求される制御帯域は1

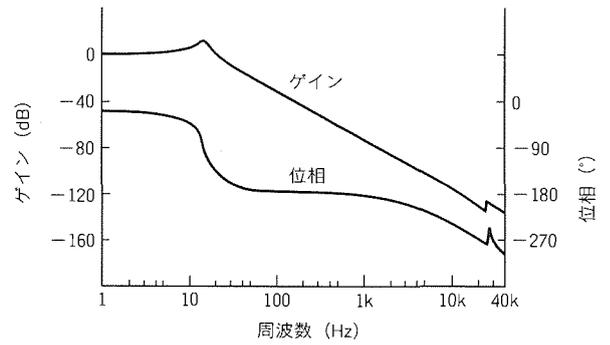


図6. フォーカシング周波数特性

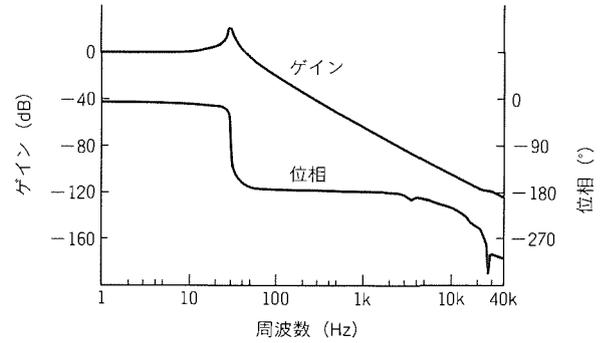


図7. トラッキング周波数特性

kHz以上であり、制御帯域の約10倍の周波数に大幅な位相変化や振幅の増大を伴う不要共振がないことが必要である。対物レンズを保持するレンズホルダには、比剛性の高いエポキシ系樹脂を採用した。有限要素法を用いた詳細な構造解析を行ってレンズホルダを含む可動部の最適な形状を決定し、不要共振周波数を20 kHz以上とし、制御帯域の一けた以上高い値に設定することができた。図5にソリッド要素を用いた可動部の曲げ振動モード解析結果を示す。

さらに、可動部の支軸を中心とするダイナミックバランスをとることにより、支軸と軸受との間のギャップに起因する不要共振を取り除いた。

詳細な解析の結果、対物レンズと駆動コイルを含めた可動部の質量は約1gと軽量化することが可能となった。図6にフォーカシング方向の、図7にトラッキング方向の周波数特性測定結果を示す。フォーカシング、トラッキング方向とも20 kHz以上まで不要共振のない良好な特性が得られている。

一方、駆動系はフォーカシング方向とトラッキング方向を分離し、相互干渉の少ない高効率駆動を実現している。トラッキング方向は2極着磁されたマグネットにく(矩)形状コイルを対向して配置し、フォーカシング方向は閉磁気回路に円筒状コイルを配置した。トラッキングマグネットは、DVD用とCD用の対物レンズが選択されたとき、それぞれ二つのコイルが中央に位置するように2か所ずつ計4か所配置した。可動部の軽量化と詳細な三次元磁界解析によって最適な磁気回路構造を実現した結果、フォーカシング方向、ト

ラッキング方向とも DVD 及び CD の高倍速回転に十分対応できる駆動力を得ることができた。

また、高密度化に対応するため、対物レンズアクチュエータ全体をタンジェンシャル方向及びラジアル方向に傾角調整可能な構造とし、対物レンズ出射光軸のディスクに対する傾き精度を確保した。

表 2 に今回開発した対物レンズアクチュエータの主な仕様を示す。

## 5. 光学系

図 8 に光学系の配置を、表 3 に今回開発した光ピックアップの主な仕様を示す。

ディスク面に集光スポットを形成するための対物レンズは、DVD 用はガラス、CD 用はプラスチックレンズを採用した。DVD 用の集光系には、波長が 635 nm の赤色半導体レーザー光源と、開口数が 0.6 の対物レンズを用いた。

従来の CD 用光ピックアップでは、波長が 780 nm の半導体レーザーが用いられている。そこで、波長が 635 nm の赤色半導体レーザーを用いても CD の再生互換が可能とするために、CD 用対物レンズの球面収差を赤色の波長域で最小となるようにし、開口数も最適化した。

センサ方式は、フォーカシングの信頼性が高く安価である非点収差法を用いた。また、トラッキングは、CD 用には 3 ビーム法、DVD 用には位相差法を用い、異なるトラックピ

表 2. 対物レンズアクチュエータの仕様

方式		軸摺動回転ツインレンズ	
対物レンズ	DVD	WD=1.78	
	CD	WD=1.6	
		フォーカシング	トラッキング
可動量 (mm)		±0.7以上	±0.5以上
コイル直流抵抗 (Ω)		6.1	7.3
1Hz感度 (mm/V)		3.9	0.9
200Hz感度 (mm/V)		0.028	0.022
共振周波数 (Hz)		14	30
高次共振周波数 (kHz)		20以上	20以上

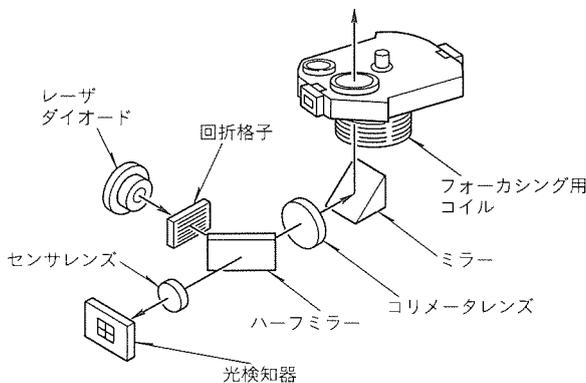


図 8. 光学系の配置

ッチのディスクに対してそれぞれ安定したトラッキング誤差信号が得られるようにした。

このほかに、再生時のレーザーノイズレベル抑圧のための高周波重畳回路を搭載した。また、再生信号品質確保のため、アンプ内蔵の光検知器を搭載した。

図 9 に DVD、図 10 に CD を再生したときのアイパターンを示す。いずれも良好な特性が得られている。

## 6. 光ピックアップ構造

光ピックアップベースには、信頼性の高いアルミダイキャストを採用した。調整が必要な回折格子とセンサレンズはプラスチック化によってホルダと一体に形成し、部品点数及び組立工数を削減した。

対物レンズアクチュエータや全体構造を最適化し、カート

表 3. 光ピックアップの仕様

項目		仕様
半導体レーザー	波長	635nm
対物レンズ	材質	ガラス/プラスチック
	開口数	0.6/0.38
センサ検出方式	フォーカシング	非点収差法
	トラッキング	位相差法/3ビーム法
光検知器		6分割光検知器
付属回路		高周波重畳回路

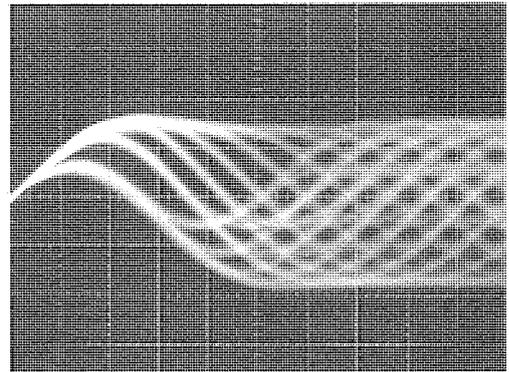


図 9. DVD再生信号アイパターン

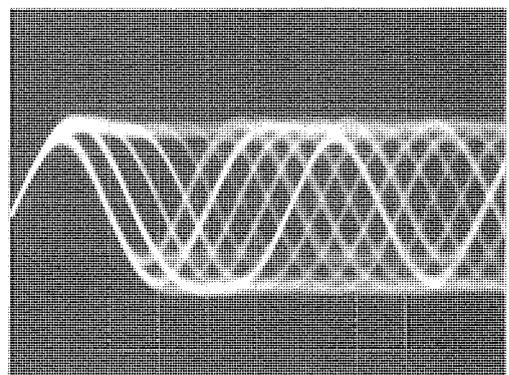


図 10. CD再生信号アイパターン

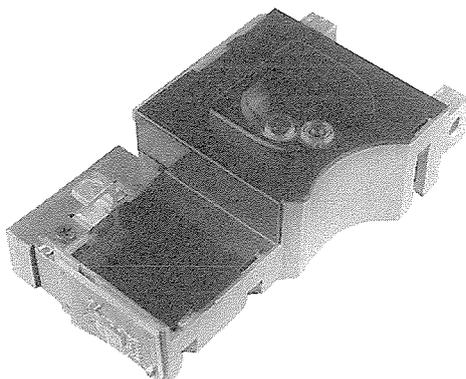


図11. 光ピックアップの外観

リッジにも対応可能で、ハーフハイトドライブを実現できる光ピックアップ形状を実現した。

図11に今回開発した光ピックアップの外観を示す。

## 7. むすび

一つの光ピックアップで高密度のDVDと従来のCDの再生が可能なツインレンズ光ピックアップを開発した。主な特長は以下のとおりである。

- (1) 当社が独自に開発した軸摺動回動方式の対物レンズアクチュエータを発展させ、DVD用とCD用の二つの対物レンズを一つのレンズホルダに搭載し、ディスクの種類によって選択することにより、DVDとCDの互換再生を可能にした。
- (2) 詳細な構造解析と磁界解析を行い、二つの対物レンズを保持しているにもかかわらず、小型で高剛性の対物レンズアクチュエータを開発した。また、磁気的な方式を用いて、二つの対物レンズが切り換えられても常に光軸上に位置するようにした。
- (3) 光学系の解析によって対物レンズ仕様を最適化したので、

それぞれのディスクに対して最適な集光スポットを形成でき、良好な再生信号特性を実現した。

- (4) 光学部品の配置を含めた最適な構造設計を行い、安価で小型の光ピックアップを実現した。

今後、光ピックアップの更なる小型化・高性能化を図るとともに、高密度で書換え可能な光ピックアップの開発、製品化を進めていく所存である。

## 参考文献

- (1) 篠田昌久, 中村恵司, 木目健治朗: ツインレンズ方式DVD用光ピックアップ, 光技術コンタクト, 133, No.11, 31~37 (1995)
- (2) 中村恵司, 宇多小路雄, 渡辺教弘, 矢部実透, 篠田昌久, 木目健治朗: DVD用ツインレンズ光ピックアップの開発, 信学技報, MR-95-25, 53~60 (1995)
- (3) 久保田重夫: 光ディスクにおけるアイパターンのジッター解析1~5, 光学, 12, No.6, 437~443 (1983), 14, No.2, 137~139, 140~143 (1985), 14, No.3, 219~221, No.4, 287~293 (1985)
- (4) Komma, Y., Nishiono, S., Mizuno, S.: Dual Focus Optical Head for 0.6mm and 1.2mm Disks, Optical Review, 1, No.1, 27~30 (1994)
- (5) 中村恵司, 木目健治朗, 江草尚之: 光ディスク装置用アクチュエータの非線形特性解析評価, 1991精密工学会秋期大会講演論文集, 1, No.1, 387~388 (1991)
- (6) 木目健治朗, 中村恵司, 江草尚之: 光ディスク装置におけるレンズアクチュエータの摩擦を考慮した評価, 精密工学会誌 58, No.6, 97~102 (1992)
- (7) 木目健治朗: CDキーパーツ/光ピックアップ, JAS Journal, No.8, 13~19 (1992)

# CALS対応SGML文書管理技術

鈴木克志\* 今村 誠\* 藤井洋一\* 森口 修\* 丸田裕三\*

## 1. ま え が き

米国に端を発したCALS (Commerce At Light Speed) の概念が、一昨年から我が国でも広く注目されるようになり、単なる図面や文書形式の標準化の側面を超えて、企業活動の効率化をねらいとした統合的情報管理の役割が期待されるようになってきた。すなわち、計算機ネットワークの急速な進展に伴い、大量の文書情報を適切に管理し、利用するための情報交換技術として期待されている。

CALSにおいては、文書をCALS標準のSGML (Standard Generalized Markup Language) 文書形式で電子化してファイリングすることによって、情報活用性が飛躍的に高まると考えられている。このメリットは、大別して二つある。一つは、情報を共有することによって部門内開発や生産の効率を向上することであり、もう一つは、情報を交換することによって社外を含む部門間の活動効率を向上することである。いずれも、ホワイトカラーの業務革新に結びつくものとして期待が高まっている。

筆者らは、文書情報を電子化して組織的に蓄積・利用するため、日本語処理技術を基盤とした文書管理の研究を行ってきた。この文書管理に対する要求は、上記の流れの中で、従来にない進んだ機能が要求されるようになってきており、それにこたえるため、SGMLを対象としたCALS対応文書管理技術を開発している。

本稿では、このたび試作したシステムについて、既存紙文書のSGML化技術やSGML文書の全文検索技術を中心に述べる。

## 2. CALS対応文書管理の概念

文書管理の概念自体はことさらに新しいものではないが、近年のネットワーク環境や電子メールの急速な普及に伴い、文書情報を管理することの重要性が一般に認知されるようになった。この環境変化につれて、文書管理に要求される機能も変容を遂げつつある。

従来の文書管理ソフトウェアは、部門内での特定範囲の図面や文書のファイリングが主体であったが、最近では、マルチメディア文書情報の管理機能や、広域ネットワークでの利用に適した文書検索や文書交換機能が要求されるようになってきている。

このニーズにこたえるため、構造化文書形式のCALS標準であるSGML文書を対象としたSGML文書管理システムの研究が盛んになっている。構造化文書を文書管理の対象とすることによって、文書の中に標準化された形式で内在される情報を利用して、ネットワーク上での広域な文書情報交換、きめの細かい検索と文書再利用、及びマルチメディアデータで構成されるハイパertextの作成等の進んだ機能が実現できる。

### 2.1 CALS

米国で生まれた情報交換のための国家戦略“CALS”が、日本やヨーロッパ企業の間にも広がりつつあり、企業間で設計図面やビジネスデータを交換できる新技術として民間においても期待が高まっている<sup>(1)</sup>。

米国の国防総省が兵器の品質改善とコスト削減のため調達の際の文書の電子化の統一規格を作ろうとして検討を始めた'83年ごろのCALSは、Computer-aided Acquisition and Logistics Supportであった。しかし、'90年代に入り、民間産業も、単なる情報の電子化だけではなく情報形式を標準化しオープンに共有するというCALSの本質に着目し<sup>(2)</sup>、現在ではCommerce At Light Speedの略と言われ、ビジネス活動を計算機ネットワークの利用によって高速(光速)に行うためのもろもろの意味を含めた言葉として使用されている。昨年5月にスタートした国家プロジェクトCALS技術研究組合(NCALS)の活動も本格化しつつある。

CALS推進に当たっては、情報インフラの研究・開発が必ず(須)である。情報をオープン環境の下で交換すること

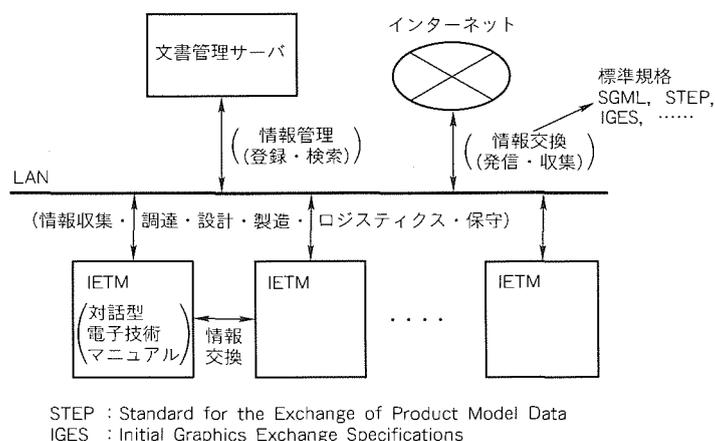


図1. CALSの代表的構成

が最大の目的であるが、そのための核となる技術が文書管理技術である。これを図1に示す。

## 2.2 文書管理

従来の文書管理は、局所的な部門利用のみに限定され、ネットワークを通じて広く組織的に使用されるケースはまれであった。しかし、パソコンとネットワークの普及により、電子メールや電子ニュースの情報が日常的にはん(汎)濫するような状況になり、電子化文書の量が飛躍的に増大した。

また、ISO 9000の浸透、PL法の施行等により、法的面又は危機管理の側面からの文書管理の需要が増大している。例えばISO 9000では、一元的文書管理が認証取得の重要要素とみなされている。

文書管理システムは、図面や文書などのデータを関係データベースによって管理する電子ファイリングシステムである。テキストファイル、イメージファイル、CALSデータなど、あらゆるデータファイルを登録し、検索することができる。多種多様なデータを一元管理することで、データ管理のコスト削減、ノウハウの共有化やスペースの削減が図れる。

文書管理システムの主な機能を示す。

### (1) 文書登録機能

- CADデータ、手書き図面、ワープロ文書、テキストデータ、イメージデータの登録
- アイコン操作による個別登録、バッチ処理による一括登録
- 登録時のフリーキーワード自動抽出と登録

### (2) 検索機能

- フリーキーワード検索、属性検索、全文検索

### (3) 文書管理機能

- 保管期限管理、廃棄催促通知、履歴管理、自動採番、旧版自動保存、改訂番号自動更新、検印、登録依頼、登録通知

### (4) オプション

- 文字認識利用の文書登録

図2に文書管理システムの構成を示す。

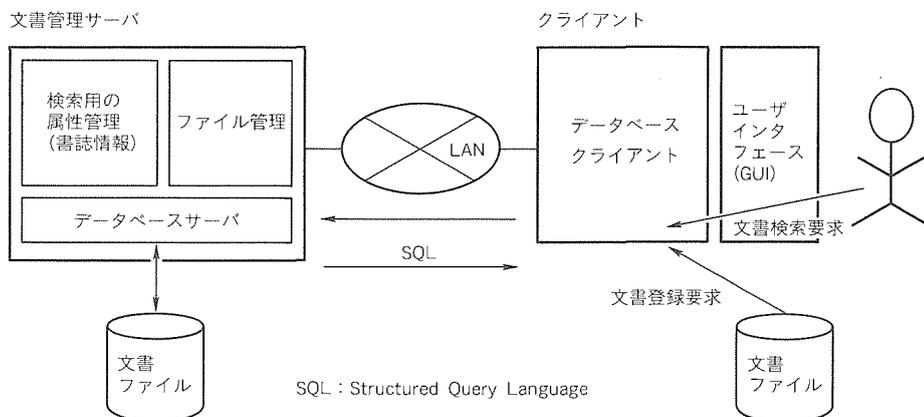


図2. 文書管理システムの構成

## 2.3 構造化文書 SGML と HTML

構造化文書とは、文書の中に構造を明示する記述を導入し、文書内容が持つ論理の構造(文書の論理構造)を明確に表現できるようにした文書のことを言う。文書の論理構造とは、通例は、章、節、段落、及び箇条書などからなる文書の一般的な階層構造のことを指すが、伝票類など定型性の強い文書においては、文書の用途ごとにあらかじめ定められた記述必須項目も論理構造の一部として定義される。

構造化文書の形式として、CALSではSGML(ISO 8879, JIS X 4151)が標準形式である。SGML文書では、文書型定義(Document Type Definition: DTD)により、いわゆるタグと呼ばれる印のようなものを用いて、文書の論理構造を木構造として形式的に定義する。図3にSGML文書の例を示す。

DTDの中で、木構造の満たすべき制約条件として、タグの名前や種類が設定される。例えば、ある種の製品カタログをSGML文書として作成する場合、“製品名”“機能”“特徴”や使用条件に関する項目を表すタグを設定できる。

このように、SGMLでは、应用到即した文書構造が定義でき、文書の内容(項目)をタグとして明示できるという大

```

<!DOCTYPE 製品 LIST SYSTEM "catalog.dtd">
<製品 LIST>
  <製品名>
    <名称>NewsMASTAR</名称>
    <品番>T8SW5150</品番>
  </製品名>
  <機能>NewsMASTARは、不特定多数の人と情報交換が可能なツールです。</機能>
  <ポイント>NewsMASTARは優れたGUIインタフェースにより、電子ニュースに詳しくない初級ユーザーでも簡単に電子ニュースの読み書きができます。</ポイント>
  <特徴>1.同時に不特定多数の人に情報を伝達できます。
  .....
</特徴>
  <構成図 FILE="batchDEMO.0003.0001.tif">
  .....
</製品 LIST>

```

図3. SGML文書の例

きな特長を持っている。

一方、タグ付き言語としてWebに採用され急速に普及したHTML (Hyper Text Markup Language) がある。HTMLはSGMLの1実現例 (厳密にはサブセットとはいわない。) である。SGMLはDTDによって定義される言語の総称であり、DTDをいろいろ記述することによっていろいろなSGML言語の例が定義可能であるが、HTMLは、HTML定義用の特定のDTDを持っている。

CALS対応の文書管理の対象として“なぜSGMLなのか、HTMLではいけないのか”という議論が最近盛んであるが、HTMLとSGMLの役割の違いを要約すると、

- HTMLは情報発信 (又はビューワ) のための文書記述言語
- SGMLは文書交換のための文書記述形式

ということになる<sup>(3)</sup>。

SGMLの最も重要な意義は、文書の論理構造を表現のメカニズムと切り離して記述できることにある。表現のメカニズムとは、ビューワやワープロによる画面への表示や印刷のことを指す。これによって、異なる文書処理系間での文書交換が容易になり、CALS標準に採用される理由となった。

## 2.4 CALS対応SGML文書管理システム

CALS対応SGML文書管理システムの構成を図4に示す。中心に位置するのはSGML文書サーバ (SGML文書データベース) である。入力系として、SGML文書作成ツールによって文書作成するパス、及び既存文書又はワープロ文書からSGML化するパス、というパスがある。出力系として、HTML文書に変換してWebのサーバとクライアント経由で検索するパスと、SGML文書検索ツールを介して直接検索するというパスがある。さらに、異なるDTDの間の文書交換を行い再利用するパスもある。文書の論理構造を規定するDTD作成の際には、DTD作成編集ツールを使うことができる。印刷表示を規定するのはDSSSL (Document Style and Semantic Specification Language) と呼ばれる規格である。DSSSLは規格化が遅れ、'95年末に規格書が完成した段階であるため、ツールの実用化が余り進んでいない。

## 2.5 SGML文書管理システムの課題

前節で述べたSGML文書管理システムには、以下のような多くの技術課題がある。

- (1) 既存文書からSGMLへの変換
- (2) SGML文書の変換と再利用, SGML - HTML変換
- (3) DTDの設計
- (4) SGML文書のオーサリング
- (5) SGML文書データベース
- (6) 表示 (ビューワ), 印刷
- (7) 検索

このうち、文書の内容処理に関連する未解決な課題は(1)と(7)であり、それ以外はSGMLのシステムの課題でありツールも多く出ている。そこで、この部分に3章と4章で述べる研究アプローチで解決を試みた。

## 3. 既存紙文書のSGML文書化

### 3.1 既存文書のSGML化の課題

既に大量の既存文書が存在する領域においてSGML文書管理システムを実用化する場合、既存文書をいかにSGML化するかが非常に重要な課題である。これには、

- (a) 紙文書の場合、OCRを利用して文書を電子化する場合
- (b) 電子化された文書の場合、タグ付けツールを利用してSGMLタグを付ける場合

とがある。(a)はさらに、

- (a-1) 文書画像の情報を利用してタグを自動的に付ける
- (a-2) いったんワープロ文書又はプレーンテキストにしてから(b)のタグ付けツールによってタグを付与する

という二つの手法があり、また(b)は、

- (b-1) ワープロの文書情報を利用した変換を行う
- (b-2) プレーンテキストを自然言語処理によってタグ付けする

という二つの手法が考えられる。

対象となる既存文書の性質に応じて使い分ける必要があるが、今回、特に大量のニーズがある定型性の強い文書に着目し、(a-1)の方法を採用した<sup>(4)</sup>。これについては、3.2節以降で詳しく述べることとし、ここでは、それ以外の手法の課題についてまとめておく。

(a-2)はワープロ文書化する手間が大きい、又は、プレーンテキストにするとレイアウト情報が欠落し、自動タグ付けに支障をきたす可能性がある、という問題がある。

(b-1)は有望な手法である。最近のワープロでは、タイトル、著者、章題などのスタイルを文書中に埋め込むことにより、フォントや文字の大きさを設定する機能を持っている。このスタイル機能を利用したワープロからのSGML文書への変換機能を提供する製品がある。この手法は、以下に述べ

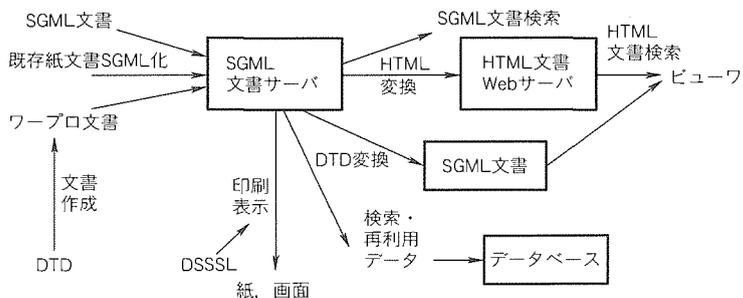


図4. SGML文書管理システムの構成

る幾つかの制約に注意する必要がある。

(i) ワープロが限定される

スタイル記述機能を持ったワープロにしか適用できない。

(ii) スタイルと文書タグとの対応付けを指定するのが手間である。

スタイルを利用した変換機能を使うには、どのスタイル名にはどの文書タグが対応するかをあらかじめ指定しなければならない。この指定は、DTD 専門知識が必要とされる

(iii) スタイルを指定するのが手間である

スタイルを利用した変換機能を使うには、ワープロ文書中にあらかじめスタイルの指定を行わなければならない。すなわち、ここはタイトル、ここは著者名、ここは章、ここは節ということを個々に指定しなければならない。また、スタイルの指定はスタイルと文書タグとの対応付け規則に則したものでなければならない。個々の文書に対するこの指定はそう容易な作業ではない。

(iv) スタイルの記述能力に限界がある

これは、最大の問題であるが、通常のワープロのスタイルの記述能力は、構造の入れ子が指定できず、SGMLの構造化の記述能力より低い。したがって、スタイルの指定では生成できない構造のパターンが存在する。この場合には後での編集が必要であり、人手を要する。

(v) 構造化の検証と、人手による編集が必要

現存する変換機能では、生成されたSGML文書がDTDを満足するかどうかを確かめる機能がない。したがって、現状では、SGMLパーザ(構文解析プログラム)等の機能を用いて構造化の検証を行った後、DTDを満たさない部分に関しては、人手修正が必要となる。

(b-2)は、現状ではプレーンテキストからSGML化する有用なツールが存在しないが、いわゆる自然言語処理技術の日本語文書解析を用いて文書内容を踏まえて自動タグ付けすることができる可能性があり、研究課題になっている。

### 3.2 既存紙文書のSGML化ツール

以上の検討に基づき、スキャナで紙文書を電子画像化し、文字認識ソフトウェアによって日本語部分を文字コード化して、さらにDTDに基づきSGMLタグを自動的に付与して構造化するシステムを試作した。

従来、既存文書の構造化に関連する研究としては、不定型フォーマットの文書画像処理に関する研究<sup>(5)</sup>や、文字コード化されたテキストを文字列処理することによって構造化する研究<sup>(6)</sup>がある。しかし、多

様な文書形式を自動的に構造化するための一般的手法や実用的ソフトウェアの開発は困難であった。

そこで、定型性の強い文書形式を対象にして、しかも使いやすいユーザインタフェースに重点を置くことにより、実用性の高いシステムを試作することにした。

### 3.3 システム構成

図5にシステム構成を示す。図の上半分はSGML化した新規文書に対する準備作業である。まず最初に、文書の論理構造を設計し、DTD言語で階層的に記述するDTD設計を人手で行う。DTDの設計後、文書画像上のレイアウトとDTDの対応付けを行う。この部分では、3.4節で述べるインタフェースを利用できる。例えば、画面で指示したく(矩)形領域の部分文字を文字認識してDTDのタグを付けることができる。この結果、文書画像-DTD対応表が出力される。

一度対応表ができると、各文書のSGML化が半自動的に可能となる。すなわちADF(Automatic Document Feeder)機能付きのスキャナから文書を読み込み、特定部分を文字認識してタグ付けされる。文字認識の誤った部分は修正インタフェースによって修正できる。対応表で指示された矩形領域は、少々大きさや位置がずれても、指定されたタグへの対応付けができるようになっている。

### 3.4 DTD対応付けインタフェース

既にある現実の文書を特定のDTDに対応付ける場合、必ずしも完全にDTDに合致するとは限らないので、GUI(Graphical User Interface)によって文書画像レイアウトとDTDとの対応付けを柔軟に行うための機能が重要である。DTD対応付けインタフェースは、GUIによって文書画像と文書の論理構造の対応を容易に指定できるという意味で他に類を見ないインタフェースであり、このツールの最大の特長である。図6に操作画面を示す。左側にフォーマット登録用のサンプル文書画像を、右側に論理構造に対応する木構造をそれぞれ表示する。サンプル文書画像中では、文字認識すべ

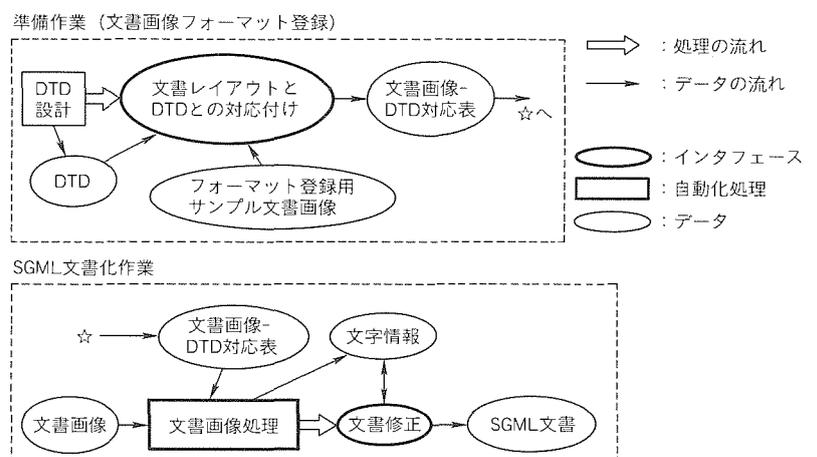


図5. 紙文書からのSGML文書登録システム構成

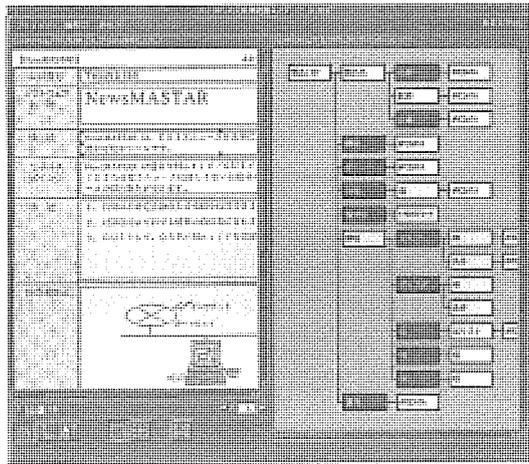


図 6. 文書画像・DTD対応付け操作画面

き矩形領域をマウスで指定できる。続いて、その領域を右側の木構造のどのタグに対応付けるかを指定する。

既存文書の性質として重視すべきことは、文書画像レイアウトとしても論理構造としても、必ずしも Well-formed でないという点である。そこで、DTD に準拠した文書化を保証するため、理想的な論理構造を右側画面の木構造であることを前提とし、木構造をなぞりながら左側画面での指定によって抽出可能な情報だけを拾い集める、という DTD-driven の処理にした。

これにより、①抽出した文字列情報を SGML 文書としてデータベース化する情報抽出ツールとしての利用や、②文書画像全体をイメージとし、検索に必要な部分のみを文字認識してタグ付け・索引化する文書画像ファイリングの登録支援ツールとしての利用が可能になった。

#### 4. SGML 文書の全文検索技術

##### 4.1 全文検索

次に文書検索機能について述べる。文書管理システムにおいて重要な機能に、全文検索機能がある。全文検索機能は、データ登録時に設定する著者や作成年月日などの書誌属性(キーワード)以外に、文書ファイル中の任意の単語や文字列で検索できるようにする機能である。

全文検索方式には、大別して2種類の方式がある。一つは、フリーキーワード自動抽出方式<sup>(7)</sup>であり、文書登録時に文書中の文を解析して単語を識別し、索引化する方式である。もう一つは、文字列検索方式であり、文字コード列を何らかの関数によって特定のコードに写像し、索引化する。後述する文字成分表型全文検索は後者に属する。いずれも対象言語に適したアルゴリズムを用意する必要がある。日本語の場合には、いわゆる自然言語処理の一つである単語の分かち書き(形態素解析)処理や、表記の揺れを扱うための用語辞書が必要である。

全文検索機能により、文書管理システムの用途は大きく拡

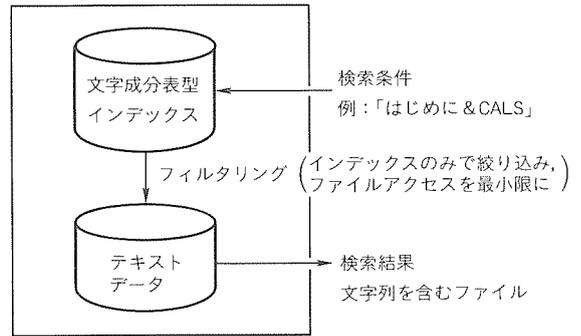


図 7. 文字成分表型全文検索方式

大した。例えば、データについて思い付いた単語を次々に入力し、対象文書を絞り込みながら検索することも可能である。

##### 4.2 文字成分表型全文検索方式

文字成分表型全文検索方式<sup>(8)</sup>は、文書の登録時に文書中に出現する文字に対するインデックス情報(文字成分表)を作成し、文書の検索時に、文字成分表にアクセスして、検索条件中に指定された文字列が存在する可能性のある文書だけを、実際の文書にアクセスせずに抽出する(これをここでは“フィルタリング”という。)方式である。これにより、ファイルアクセスを減らし、高速な全文検索が実現できる(図7)。

##### 4.3 SGML 文書への拡張

全文検索機能は、文書管理システムの利用が局所的な部門内に限られ、扱う文書の種類や量もそれほど多くない場合には非常に有効である。しかし、最近のネットワークの発展により、大規模文書管理への要求が拡大するにつれて、全文検索機能の不十分さが顕在化してきた。すなわち、広域的な利用の場合又は検索対象の文書量が非常に大量の場合、一つの検索要求に対して多数の検索結果が見付かり、それらから不要な検索結果(いわゆる検索のゴミ)を除きながら所望の文書を探す手間が大変である、という問題点である。そこで、文字成分表型全文検索方式を拡張し、構造化文書を検索可能とすることによって、構造化文書の持つタグを検索条件に利用できるようにした<sup>(9)</sup>。

全文検索では、複数の検索文字列の and (文書中に同時出現)又は or (文書中にいずれか出現)の組合せによって検索条件を設定するが、各文字列の文書中における出現箇所が指定できないという問題がある。そこで、SGML 文書のタグを検索条件中で指定できるようにするため、以下の3種類の拡張を行った。これにより、例えば、「<章>の<タイトル>が“はじめに”であり、その<章>の中に、“CALS”を含む文書を検索する」のような複雑な条件による全文検索が実現できるようになった。

###### (1) タグに対するインデックス情報の追加

文字列と同様に、タグに対しても文字成分表にインデックスを登録する拡張を行う。

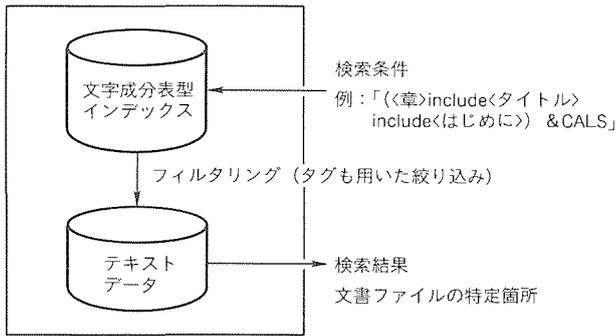


図 8 . SGML 文書検索方式

(2) 検索条件式の記述形式の拡張と全文検索結果の拡張

検索条件式にタグを付加できるようにした。そして、従来の全文検索結果の値は一般に文書ファイル識別子であったが、文書の中の部分文字列を求めるようにし、検索条件の解釈 (and/or 論理演算) を文字列の集合演算に拡張した (図 8)。

(3) インターネットへの対応

文書管理サーバにインターネットで標準的な WWW (World Wide Web) クライアントから利用できるようにするためのインタフェースを用意し、文書管理システムをインターネット対応を考慮したイントラネットの位置付けで使えるようにした。

5. む す び

CALS 対応 SGML 文書管理システムの概念と、二つの重要技術について紹介した。このうち、SGML 文書作成支援機能は、当社エンジニアリングワークステーション上の図面文書管理システム FilingMASTAR シリーズにおいて、ソフトウェアツール OCRKIT の製品名で既に実用化されている。

今後は、更に高度な検索技術や文書処理技術を開発し<sup>(10),(11)</sup>、間近に迫った我が国の本格的な CALS 時代に備えるため、文書管理システムの高機能化を図っていく所存である。

参 考 文 献

- (1) 米国生まれの CALS が日欧で普及の兆し, Computer World Today (1995-8-3)
- (2) OLE と MS Network が狙う情報網の制覇, 日経バイト, (1995-8)
- (3) 今村 誠: SGML と HGML のすみわけ, 情報処理学会テクニカルコミュニケーション研究グループ, 1996 年 1 月 17 日パネル討論会 (1996)
- (4) 森口 修, 今村 誠, 丸田裕三, 鈴木克志: 既存紙文書から SGML 文書への変換システムの試作, 情報処理学会第 52 回全国大会, 講演論文集分冊 3, 311 ~ 312 (1996)
- (5) 東野純一, 藤澤浩道, 中野康明, 江尻正員: 矩形領域の集合表現に基づく知識表現言語 FDL と文書画像理解への応用, 電子通信学会技術研究報告, 86, No.95, 11 ~ 20 (1986).
- (6) 土井美和子, 福井美佳, 山口浩司, 竹林洋一, 岩井勇: 文書構造抽出技法の開発, 電子通信学会論文誌, D-II, J76-D-II, No.9, 2,042 ~ 2,052 (1993)
- (7) 望月泰行, 藤井洋一, 鈴木克志, 丸山冬樹: 技術文書標題からのキーワード抽出, 情報処理学会第 48 回全国大会, 講演論文集分冊 3, 107 ~ 108 (1994)
- (8) 藤井洋一, 望月泰行, 鈴木克志, 丸山冬樹: 全文検索システムにおける文字成分表の作成手法, 情報処理学会第 48 回全国大会, 講演論文集分冊 4, 159 ~ 160 (1994)
- (9) 藤井洋一, 今村 誠, 高山泰博, 森口 修, 鈴木克志: 文字成分表型全文検索システムの SGML 文書検索への拡張, 情報処理学会第 52 回全国大会, 講演論文集分冊 3, 315 ~ 316 (1996)
- (10) 高山泰博, 鈴木克志: 自然言語事例ベースの仕様書文解析への応用, 情報処理学会第 52 回全国大会, 講演論文集分冊 3, 25 ~ 26 (1996)
- (11) 鈴木克志, 藤井洋一, 望月泰行, 丸山冬樹: 全文検索における例文検索, 情報処理学会第 48 回全国大会, 講演論文集分冊 3, 89 ~ 90 (1994)

産業社会のインフラの構築を担う情報制御システムは、高度化するプラント監視制御、広域化する情報制御などの多様な分野から高度な機能・性能が求められており、この情報制御システムの中核である産業用計算機としてMELCOM350-MR3000シリーズを発売しました。さらに、電力分野向けにMR3000シリーズをベースにし、発電制御用高機能専用言語の搭載と多様な高信頼度システムへの対応を図ったMELCOM350-60/3000シリーズも併せて発売しました。

#### 特長

##### ●リアルタイムシステムの実現

リアルタイム性を重視したMR3000シリーズは、PA-RISCチップを採用し、POSIX準拠のUNIXに三菱電機独自開発のリアルタイム機能を付加したMI-RT(当社独自のOS名称)の搭載により、UNIX OSの持つオープン性を生かした業界最高0.1msのリアルタイム性(当社従来比3倍以上)と100MIPS以上の高速演算性(当社従来機種比10倍以上)を実現しました。

##### ●高信頼化

徹底したLSI化とシステムバスにFuturebus+を採用したハードウェアの高信頼性、またOS状態表示・負荷情報表示・各種トレースによるシステムの解析性向上、データ共有装置による二重系システムの実現、さらにオンラインメンテナンス機能などによって保守性に優れた高信頼度システムを実現できます。

##### ●S/W生産性

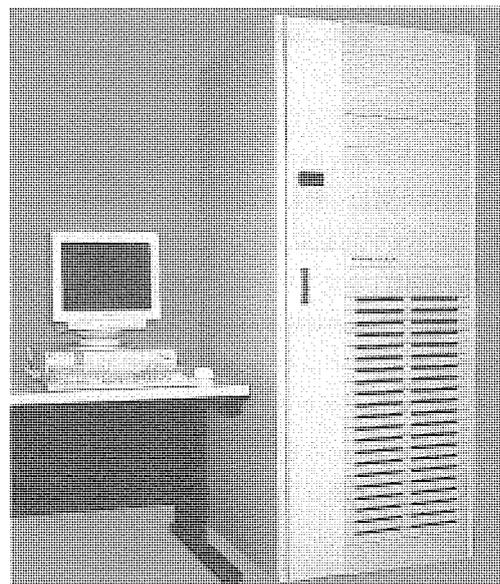
豊富なミドルウェアの充実とともに操作性の良いSoftBenchによる開発環境をME/Rシリーズ上に提供し、分散開発環境での高いソフトウェア(S/W)生産性を実現しています。

##### ●制御用ネットワークによる分散システム

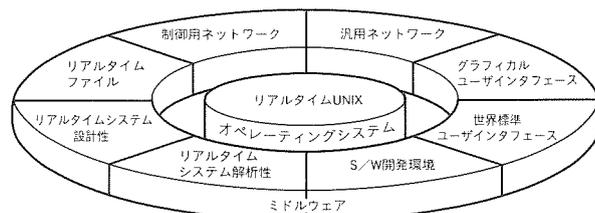
汎用のLAN以外に制御用LANとしてATM方式をベースに優先度制御、サイクリック伝送等の機能を追加した高信頼リアルタイムネットワークシステムを用いて、高度分散システムの構築ができます。

##### ●S/Wプラットフォームの共通化

オープン性を追求した業界標準UNIX OS “HP-UX” を搭載した“MELCOM350-MU3000シリーズ”, 当社製EWS “ME/Rシリーズ” とのS/Wプラットフォームの共通化により、各用途に最適なシステム構築を可能にしています。



計算機外観



#### ハードウェア仕様

モデル*	MR3300	MR3200	MR3100
性能	100MIPS	100MIPS	100MIPS
キャッシュ容量	256Kバイト	256Kバイト	256Kバイト
主記憶容量	最大512Mバイト	最大256Mバイト	最大256Mバイト
固定ディスク	最大28Gバイト	最大28Gバイト	最大14Gバイト
IOスロット数	10スロット	6スロット	2スロット

\*M60/3000シリーズも同様

#### ソフトウェア仕様

OS	MI-RT	
ファイルシステム	分散リアルタイムファイル	
ネットワーク	TCP/IP, NFS, HDLC, BSC	
図形処理/GUI	X Window V11R6	
ライブラリ	プロセス入出力ライブラリ, プリンタライブラリ, 音声告知ライブラリほか	
評価解析ツール	状態表示ツール, 負荷状況収集ツール, トレースツール, ソース用デバッガ	
S/W開発用 基本S/W (ME/Rシリーズ上)	言語	FORTRAN77拡張, C
	開発環境	SoftBench, E-VECTER(CRT画面データ生成ツール)

# スポットライト

# ハンドドライヤ “ジェットタオル”

アメニティ空間の快適化が望まれる中、“短時間乾燥”“優れたコストパフォーマンス”“非接触乾燥”等を実現した三菱電機の“ジェットタオル”は、お客様へのサービス性向上を重要視している、パチンコ店等の商業遊技施設やホテル、デパート、飲食店を始め、衛生性を重視する食品工場などで幅広く採用いただいております。このたび、設置性及び使い勝手を改良した“カウンタトップシリーズ”を発売いたしました。以下に、その特長を述べます。

## 特長

### (1) 設置性の改善

従来の壁掛け方式から台置き方式に変更し、洗面台等のカウンタ部に簡単に設置できるようにいたしました。カウンタがない場合には、従来同様、壁掛け方式での取付けが可能です。

### (2) 使い勝手の改善

これまでのジェットタオルは手を水平に開いて乾燥していましたが、今回、手を縦に入れる方式に変更することで人間の自然な動作に合わせることができ、より使いやすさが向上いたしました。

### (3) 5～10秒のスピード乾燥

“高速ジェット風”による水滴吹き飛ばし方式により、乾燥時間を従来の温風乾燥方式の約30秒と比較し、約5～10秒と大幅に短縮いたしました。

### (4) 優れたコストパフォーマンス

ペーパータオル、布タオルと比較した場合、補充・交換が不要となり、極めて経済的です。1日当たり400人の使用を想定すると、ペーパータオルに比べて約12,000円/月の節約になります。

#### ●費用算出条件

ジェットタオルはJT-KB10Aを使用

10秒/回使用、常時通電、電気料金は23円/kW・hとする

本体償却条件は、5年間償却、年3%複利とした

ペーパータオル

紙は1回当たり2枚使用すると仮定、費用は、80銭/枚とした

共通条件

1か月25日使用、メンテナンスに要する人件費は含まない

### (5) 衛生的な非接触、全自動運転

両手を入れて、ゆっくり引き出すだけで簡単に乾燥できます。

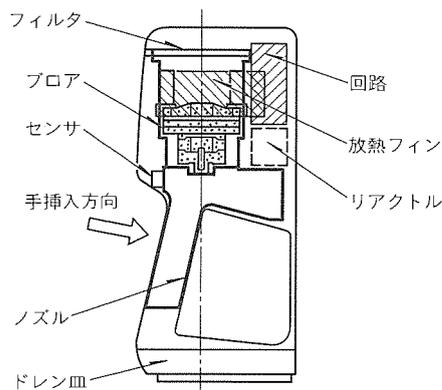
## 仕様

型名	電圧 50Hz・60Hz	定格電流 (A)	消費電力 (W)		モータ種類	安全装置	電源コード (m) (連結端子 種類も同様)	ドレン皿 (L)	外形寸法 (mm)	質量 (kg)
			強	弱						
JT-KB10A	■単相100V 50Hz・60Hz	10.9/11.0	1,030/1,040	510/510	交流	温度 ヒューズ	1.5m	1.1	高さ 幅 奥行 620×240×230	13.5
JT-KC10A	■単相100V 50Hz・60Hz	11.4/11.4	1,090/1,080		整流子モータ	過電流 差動電流				13

注 JT-KC10Aについて  
 ・弱運転モードはありません。  
 ・ブラシ摩耗によってモータ交換が必要な場合、交換に要する費用は有償となります。



ジェットタオルの外観



構造図

従来の温風式ハンドドライヤのような手もみ動作は不要です。また、非接触、全自動運転のため、衛生的です。

### (6) 楽々メンテナンス

乾燥時に吹き飛ばされた水滴は、本体下部のドレン皿に回収されます。定期的に捨てていただくだけで、ゴミ箱周辺が見苦しくなることはありません。

### (7) 使用頻度で選べる2タイプ

使用頻度の高い場合はブラシレスモータタイプを、使用頻度が低い場合（100人/日以下が目安）はコストパフォーマンスの優れた整流子モータタイプをお選びください。

# スポットライト 石油クリーンヒータ

1970年(昭和45年)に三菱電機が開発したFF式(強制給排気式)温風暖房機“クリーンヒータ”は、室内の空気を汚さず高効率・高能力の本格暖房機として、北海道・東北地方を中心に高い評価を得ております。

FF式温風暖房機は安全・清潔で大能力暖房が可能であることから、広いリビングや居間と食堂の続き部屋など居室の長時間暖房に最適であり、換気の手間の要らない快適暖房機として、子供からお年寄りまでだれもが簡単に安全に操作できることが必要です。

こうした状況に対応して、クリーンヒータは、先進の快適性制御システムを搭載し、壁際にぴったり納まる薄形コンパクトデザインで、各部屋・各用途に応じて機種ぞろえの充実を図っています。今回は燃焼制御の幅を広げて温風の途切れを少なくするとともに、壁サーモセンサの採用によって快適性の向上を図りました。また、操作パネルの改良によって操作性も向上させました。

## 新製品の特長

### (1) 燃焼制御幅拡大によって省エネルギーと快適性向上を実現

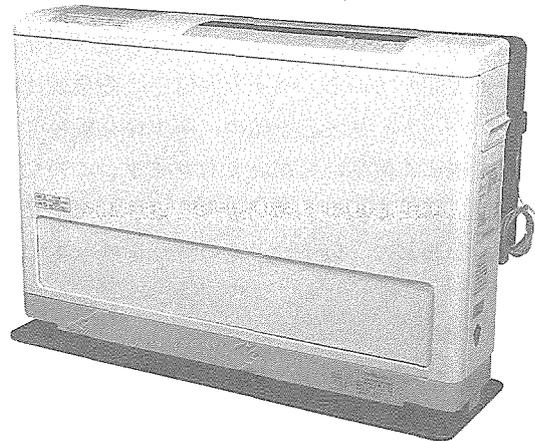
バーナの改良により、VKB-621Gタイプは100%から35%まで燃焼制御の幅を広げました(従来品VKB-601Fタイプは100%から44%まで)。これによって温風の途切れが少なく余分な燃焼を抑えるとともに、低騒音化を図り、快適かつ経済的な暖房を実現しました。

### (2) 操作部分改良によって操作性が大幅に向上

操作は見やすい簡単ボタン操作で、操作ボタンと表示ランプが上下一対となるように配置しました。また、温度表示と時計表示を別個にしましたので、分かりやすく扱いも簡単になりました。

### (3) “壁サーモセンサ”による快適室温制御

壁サーモセンサが壁面近傍の温度を検知することにより、室内温度と壁面温度の関係を的確にとらえながら室温制御を行うため、室内を快適な体感温度に保ちます。



石油クリーンヒータの外観

### (4) 奥行き250mmの薄形コンパクトデザイン

奥行きわずか250mmと、壁際にぴったり付けられる薄形でインテリアにフィットするデザインです。

### (5) 使い勝手が更に向上

#### ●低め運転

燃焼量・騒音が低めの運転で、タイマ運転と連続運転が選択できます。

#### ●2セット入タイマ

平日と休日のように起きる時刻が異なるとき、運転開始時刻を2パターンセットできます。

#### ●バックアップメモリ

停電時には、タイマ時刻、設定温度等を記憶します。

#### ●クイック点火

あらかじめクイック点火ボタンを押しておけば、運転スイッチを入れてから約30秒で点火します。

など新しい機能が搭載され、使い勝手が更に向上しました。

## 仕 様

(50/60Hz)

形 名	暖房出力 (kW)	燃料消費量 (ℓ/h)	消費電力 (W)	騒音 (dB)	質量 (kg)	油タンク	外形寸法 (高さ×幅×奥行き)
VKB-621GTD	6.23~ 2.19 /OFF	最大	最大消費電力(点火時)	最大	28.5	内蔵	600×700×250
VKB-621GD		0.699	530/530	41/43	24.5	別置き	535×700×250
VKB-621G		最小 0.245	燃焼時消費電力 43/48	最小 23/23			
VKB-501GTD	4.95~ 1.98 /OFF	最大	最大消費電力(点火時)	最大	28.0	内蔵	600×700×250
VKB-501GD		0.556	530/530	39/39	24.0	別置き	535×700×250
VKB-501G		最小 0.222	燃焼時消費電力 36/35	最小 23/23			

# 1極サイズの2極ブレーカ 分電盤用遮断器 BH-Cシリーズ

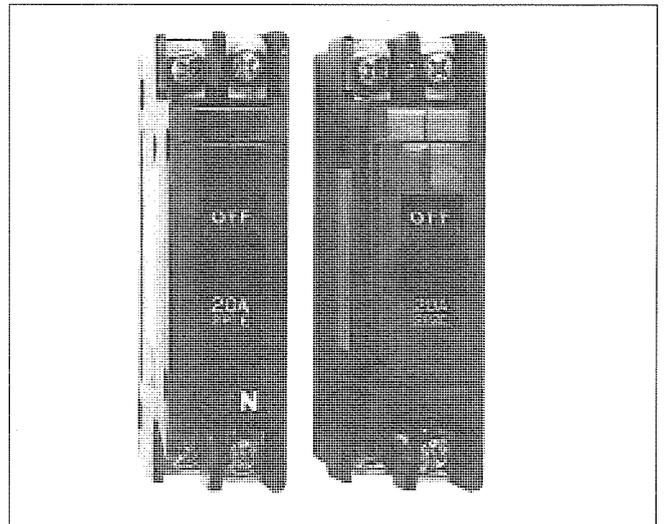
産業用分電盤の分岐回路遮断器としてご愛顧いただいております分電盤用ノーヒューズ遮断器BHシリーズに、このたび、1極サイズの2極遮断器(2P1E, 2P2E)を品ぞろえし、シリーズの拡大を図りました。

この遮断器はJIS協約サイズの1P品(幅25mm)を2極遮断器としたもので、盤の小型化と配線作業の効率化が図れます。また、取付寸法・パネルカット寸法は従来のBHと互換性を持たせております。

- BH-C1形：ニュートラルスイッチ機能を配線用遮断器と一体化した機能的なブレーカです。
- BH-C2形：2極2素子を1極サイズに収納したコンパクトなブレーカです。

## 特 長

- (1) 分電盤の小型化に貢献します。
  - 従来の2極品を1極サイズ(25mm幅)に集約したことにより、盤の小型化を可能にします。
  - 既存の盤サイズでより多くの回路を構成することも可能となります。
- (2) 配線作業の簡素化が図れます。
  - 配線用遮断器にニュートラルスイッチ機能を一体化したことで、結線時の2心電線のまた裂き作業を不要にします。
  - 電線の材料節約と、廃材の削減を可能にします。



BH-C1

BH-C2

- (3) 誤配線の防止に役立ちます。
  - ニュートラルスイッチを不要にしたことにより、配線時の回路番号合わせが不要となり、誤結線を防止し、配線の信頼性が向上します。
  - 配線用遮断器とニュートラルスイッチの開閉を同時に行えるので、ニュートラルスイッチの入り/切り忘れがなくなり、給電の信頼性が向上します。
  - メガリング等の回路点検作業が容易にできます。

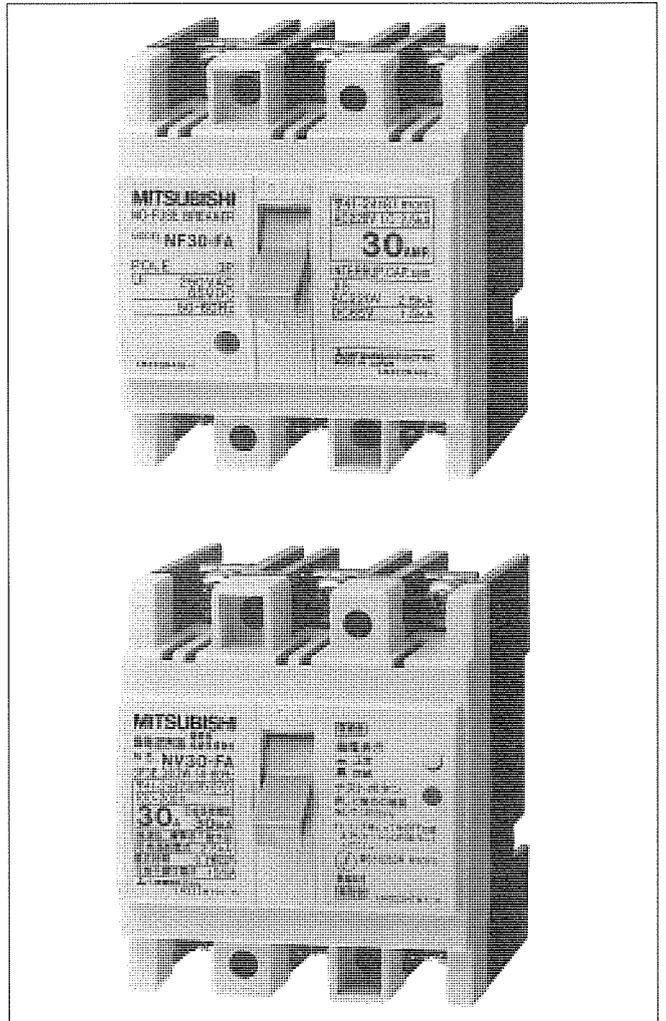
## 仕 様

形 名	BH-C1	BH-C2
アンペアフレーム	50AF	
極数・素子数	2極1素子	2極2素子
定格電流 (A)	30・20・15	
基準周囲温度 (°C)	40	
定格電圧 (AC V)	110	265
定格遮断容量 (kA)	AC110V 5	AC265V 2.5 AC110/230V 5
外形寸法図	LN800A241	
動作特性曲線	LN850A111	
温度補正曲線	LN850A112	
端子ネジ	電源側：圧着端子用P・ナベネジ	M5×10
	負荷側：圧着端子用セルフアップネジ	M5×10
	適合圧着端子	R2.5-R5.5-5 8mm <sup>2</sup> 用圧着端子 8-5S(NTM社)、8-5A(CAMP社) 8-5SCB-9(JST社)
	最大接続導帯	幅10mm以下 厚さ2.3mm以下
適合電線サイズ	単線	φ1.6, φ2.0
	より線	2~8mm <sup>2</sup> (注)8mm <sup>2</sup> 電線は圧着端子を必ずご使用下さい
外部付属装置	ロックカバー、ハンドルキャップ、取付け板	
適用規格	電気用品取締法・JIS C 8370-1991	
引外し方式	熱誘-電磁	
標準付属部品	取付け爪(2個)	

制御盤における省スペース化・省力化のニーズに対応し、制御盤用小型遮断器FAシリーズをラインアップしました。業界最小寸法による盤設計の容易さ、IECレール標準取付けによる取付作業の簡便さを実現しました。

## 特長

- (1) 制御盤の小型化に貢献
  - 遮断器の縦寸法をミニチュアリー用ソケットの縦寸法72mmに統一(業界最小)したため、同一ダクト間にミニチュアリー・電磁接触器等と並べて取り付けることができ、無駄なスペースがなくなります。
- (2) 制御盤の作業簡素化に貢献
  - IEC35mmレール(DINレール)に標準で取付けできます。
  - 表板取付けが可能、裏からのナット締付けが不要です。
  - 裏面配線が可能な端子構造になっています。
- (3) 制御盤に最適な機能搭載
  - ノーヒューズ遮断器はAC/DC共用です。
  - 漏電遮断器は高調波・サージ対応ICを搭載していますので、インバータ負荷にも適用できます。
  - 警報スイッチ(AL)、補助スイッチ(AX)に縦形リード線端子台(SLT)が取付け可能(オプション)です。
- (4) 制御盤に適した斬新なデザイン
  - カバー上部を従来の平面から曲面としました。
  - カバーの色を従来の黒から白系(アイボリー)の明るいデザインとしました。



## 仕様

### ●ノーヒューズ遮断器

フレームA	30		
型名	NF30-FA		
定格電流(A) (基準周囲温度 40°C)	15 20 30		
極数	2   3		
定格絶縁電圧(V)	AC	230	
	DC	45	
定格遮断容量(kA) IEC 3870	AC	100V	—
	DC	230V	2.5*
外形寸法 (mm)	a	40	60
	b	72	
	c	57	
	ca	73.5	
表面積製品質量(kg)	0.14   0.2		
接続方式	表板取 圧着端子用		
付属品	警報スイッチ(AL)	○	
	補助スイッチ(AX)	○	
	警報スイッチ(AL)+補助スイッチ(AX)	—   ○	
	縦形リード線端子台(SLT)	○	
選別	とってロック装置(LOC)	○	
	端子カバー(TC-S)	○	

\*定格電流5A品の定格遮断容量は1.5kAとなります。

### ●漏電遮断器 高調波・サージ対応形

フレームA	30		
型名	NV30-FA		
相線式	1φ2W	3φ3W	1φ3W 1φ2W
極数	2	3	
定格電圧 AC(V)	105 / 110 両用		
定格電流(A) (基準周囲温度 40°C)	15 / 10 / 15 20 30		
高感度 動作時間(分以内)	0.1		
漏電表示方式	幅種式ボタン		
定格遮断容量(kA) IEC 3871	AC	415V	—
		230V	2.5*
外形寸法 (mm)	a	40	60
	b	72	
	c	57	
	ca	73.5	
表面積製品質量(kg)	0.16   0.22		
接続方式	表板取 圧着端子用		
付属品	警報スイッチ(AL)	○	
	補助スイッチ(AX)	○	
	警報スイッチ(AL)+補助スイッチ(AX)	—   ○	
	縦形リード線端子台(SLT)	○	
選別	とってロック装置(LOC)	○	
	端子カバー(TC-S)	○	

\*定格電流5A品の定格遮断容量は1.5kAとなります。



# 特許と新案 \* \* \*

三菱電機は全ての特許及び新案を有償開放しております

有償開放についてのお問合せは  
三菱電機株式会社 特許センター  
Tel/(03)3218-2174

## プロセス信号入出力装置 (特許 第1672663号, 特公平3-34085号)

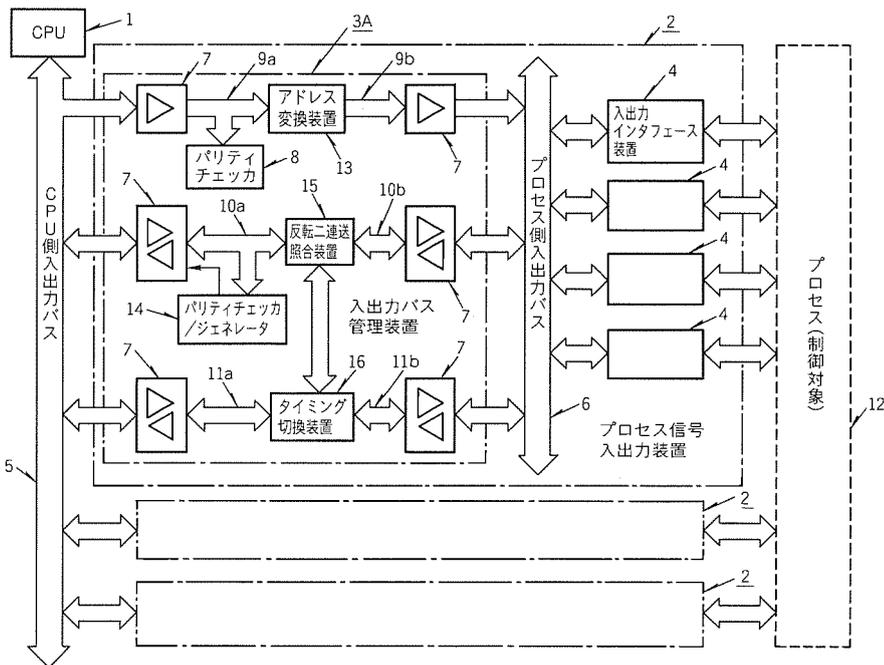
発明者 喜多信次, 藤井信明

この発明はプログラマブルコントローラのプロセス信号入出力装置に関するものである。

従来のプロセス信号入出力装置は、プロセス側入出力バスとCPU側入出力バスは同一のもので、アドレス幅も同じだけ必要であり、故障検出方法も同一にしなければならず、故障検出のためのハードウェア規模、又はCPUの負荷(アクセス頻度)の増大、故障発生時にその要因となる箇所が不明確であるという問題点があった。

この発明にかかわるプロセス信号入出力装置は、CPUから出力されるアドレスの幅を変換するアドレス変換装置(13)と、CPUから出力されるデータのパリティチェック等を行うパリティチェッカ/ジェネレータ(14)と、入出力信号インタフェース装置に対する読み込みデータ及び書き込みデータとこのデータの反転データをチェックする反転二連送照合装置(15)とからなる入出力バス管理装置を備えたものである。

この発明によれば、プロセス側入出力バスのバス幅を削減し、入出力インタフェース装置の回路構成が簡略化され、なおかつCPUのバスアクセス頻度を上げることなく故障検出能力を向上することができ、安価で信頼性の高いプロセス信号入出力装置を得ることができる。



## 接点接合方法 (特許 第1592242号, 特公平2-15976号)

発明者 町田一道, 斎藤 貴

この発明は、ろう材、フラックスを用いずに無欠陥の接合部と、良好なフィレットを得ることのできる接点接合方法に関するものである。

従来の接点は、台座にろう付けされていた。このため、フラックスが不可欠で、後洗浄を必要とし、作業無人化の大きな障害になっていた。また、ろう付け作業に伴う温度上昇等により、台座の強度劣化及び台座の軟化によるばね性と疲労特性の劣化などの問題も抱えていた。

この発明は、この点にかんがみてなされたもので、図1の実施例によって説明する。接点(1)と台座(3)とを電極(6, 7)間に挟持し、水(14)とアルコール(16)の両方を滴下した後、電極(6, 7)間を加圧・通電する。これにより、水及びアル

コールのそれぞれの特徴的な作用の両効果を相乗的に発揮し、図2のごとく圧接部(18)の状態及び溶出金属(9)の形状とも、満足のできる良好な接触子を安定に得ることができる。

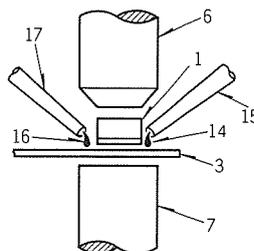


図1

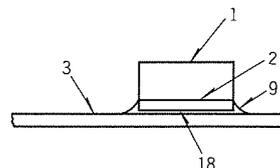


図2



# 特許と新案\*\*\*

三菱電機は全ての特許及び新案を有償開放しております

有償開放についてのお問合せは  
三菱電機株式会社 特許センター  
Tel(03)3218-2174

## 測定装置 (特許 第2055995号, 特公平7-85076号)

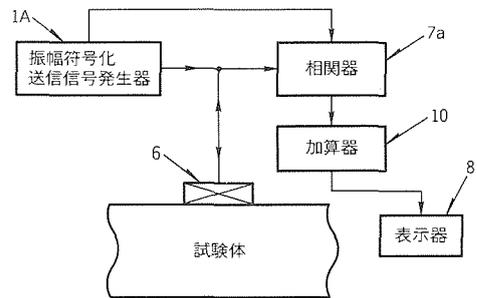
この発明は、超音波、電磁波などの波動を用い、高分解能で高SN比(信号対雑音比)が得られるパルス圧縮方式を採用した測定装置に関するものである。

従来のこの種の測定装置では、送信信号の変調に用いる長さが有限な系列として、レンジサイドローブを零にできる相補系列が用いられていた。しかし、相補系列は、系列の長さが限られたものしか存在しないという問題があった。

この発明は上記の問題点を解決するためになされたもので、レンジサイドローブを零に保ったまま、系列の長さの選択の自由度を大きくできる測定装置を得ることを目的としたものである。上記の相補系列は同じ長さを持つ二つの系列からなっているが、発明者は、同じ長さを持つ四つ以上の偶数個の系列からなり、かつ個々の系列の自己相関関数を加算するとサイドローブが零になる系列が存在することを見いだした。この系列は相補系列が存在しない系列長において存在する。図に実施例を示す。個々の系列を用いてそれぞれ変調した複数個の送信信号を順次繰り返して発生し、超音波探触子(6)

発明者 和高修三, 三須幸一郎, 永塚 勉, 小池光裕を励振する。エコーを超音波探触子(6)で受信し、個々の送信信号にそれぞれ対応する個々のエコーを、それぞれ、相関器(7A)で相関処理して個々の圧縮パルスを得る。これらの圧縮パルスを加算器(10)で加算することによってレンジサイドローブを相殺し、レンジサイドローブが零の圧縮パルスを得る。

この発明は、レンジサイドローブを零にできるとともに、所望の信号対雑音比と送信信号の継続時間に対応する測定不能時間の選択自由度を拡大できるなどの効果がある。



〈次号予定〉三菱電機技報 Vol.70 No.11 “昇降機・ビルシステム・ビル設備”

### 特集論文

- 昇降機・ビルシステム・ビル設備特集に寄せて
- 昇降機・ビルシステム・ビル用電源設備・大型映像の現状と展望
- 中低速乗用エレベーター“グランディ”のモデルチェンジ
- 新ホームエレベーター“WELL ウェルファミリー”
- ニューラルネット応用群管理システム“AI-2100N”
- エレベーター用フルカラー新塗装システム“MEL ART”
- エレベーター専用エアコン
- 昇降機オーダ設計ネットワークシステム

- 三菱統合化ビルオートメーションシステム“MELBAS”及び三菱ビル遠隔管理サービスシステム“メルセントリー”
- 個人識別端末の充実したビルセキュリティシステム
- 非常電話機能を組み込んだ三菱ビル内通信システム“MELSTAR”シリーズ
- パワーマネジメントソリューション対応無停電電源装置
- ビル用自家発電設備のデジタルコントローラ
- 戸田競走場納め映像情報トータルネットワーク
- 蓄熱空調システム

<p>三菱電機技報編集委員 委員長 山本 彬 委員 永田 譲蔵 河内 浩明 宇治 資正 内藤 明彦 上杉 豪 山本 延夫 磯田 悟 前田 信吾 畑谷 正雄 才田 敏和 鈴木 軍士郎 鳥取 浩 下村 寛士 幹事 宇田川 雅彰 10月号特集担当 吉田 二三男</p>	<p>三菱電機技報70巻10号 (無断転載を禁ず) 1996年10月22日 印刷 1996年10月25日 発行</p> <p>編集兼発行人 小林 保雄 印刷所 千葉県市川市塩浜三丁目12番地 (〒272-01) 菱電印刷株式会社 発行所 東京都港区新橋六丁目4番地9号 北海ビル新橋 (〒105) 三菱電機エンジニアリング株式会社内 「三菱電機技報社」Tel. (03) 3437局2692 発売元 東京都千代田区神田錦町三丁目1番地 (〒101) 株式会社 オーム社 Tel. (03) 3233局0641代、振替口座東京6-20018 定 価 1部721円(本体700円)送料別</p>
---	---

## FA用ソフトウェアパッケージ

# スポットライト

## “品質管理ソフトウェアパッケージ(FAQCシリーズ)”

三菱電機では豊富なシステム実績に基づくFAノウハウをパッケージに集約し、信頼性と操作性に優れたシステムを提供しています。

今回、当社が製品化したFA用ソフトウェアパッケージの中から最新の“品質管理ソフトウェアパッケージ”を紹介いたします。

このソフトウェアパッケージFAQCシリーズは、製造工程の品質管理から製造履歴管理、設備安全管理、出荷後のクレーム管理まで、工場の品質管理業務をトータルにサポートし、製造品質の安定、及び業務の効率化を図ります。

### 特長

#### (1) 体系化された品質データの管理を実現

部品材料の受入検査データから出荷後の市場クレーム情報までを体系的にデータベース化し、ISO9000シリーズ認証取得へ向けた品質データの管理が可能となります。

#### (2) 強力な製造履歴検索機能

部品材料から、それを使用して製造された製品の製造番号を検索したり、製造番号から、それを製造していた設備や作業員、作業手順、部品材料ロットなどの製造条件、及びそのときの製造品質状況を、過去にさかのぼって検索することができます。

#### (3) リアルタイムな品質監視が可能

製造工程の品質状況が管理図やパレート図でリアルタイムに表示されるとともに、品質異常を管理図の限界値や連の傾向を自動的にチェックして、異常が認められればアラームとして通知します。Cp値も同時にチェックし、工程能力の状態を分かりやすく表示します。

#### (4) 非定型なデータ分析のための統計解析機能

非定型なデータ分析のための統計解析ツール(Xbar-R管理

### 動作に必要な環境

FAコントローラ	MELSEC-LMシリーズ ※汎用パソコン(DOS/V機)対応も開発中
最小稼働メモリ	主メモリ16Mバイト以上(32Mバイト以上を推奨)
ハードディスク空き容量	フルインストールで15Mバイト以上
CRT解像度	1,024×768ドット
基本ソフトウェア	Windows NT 3.51
応用ソフトウェア	Microsoft ACCESS2.0, EXCEL5.0

- “Windows NT”“Microsoft ACCESS”“EXCEL”は、米国Microsoft Corp.の商標です。

### FA用ソフトウェアパッケージ

機能対応 ソフトウェアパッケージ	工程管理パッケージ
	データロガーパッケージ
	稼働監視パッケージ
	工場監視制御パッケージ
	MELSECNETネットワーク管理パッケージ
アプリケーション 開発支援ミドルウェア	モニタリングツール
	EXCEL通信サポートツール
	ゲートウェイツール

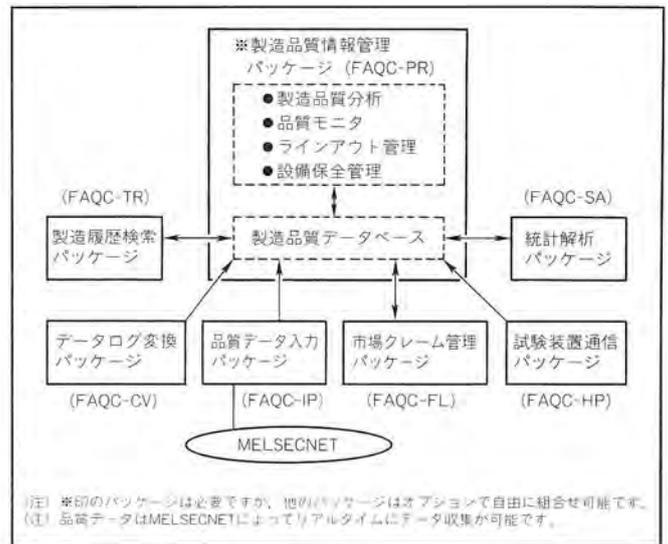
図、P管理図、Pn管理図、パレート図、ヒストグラム、散布図)を用意し、ユーザが自由にグラフを定義して使用できます。

#### (5) 柔軟なシステム

スタンドアロン形式による小規模な構成から、クライアント/サーバ形式による中・大規模な構成まで柔軟に対応でき、お客様の規模にフィットしたシステムを構築することが可能です。

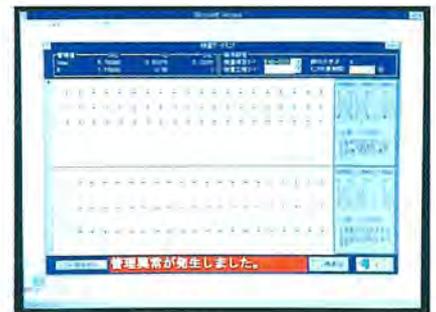
今回紹介の製品以外にも、現在製品化完了のソフトウェアパッケージがありますので併せて下表に紹介いたします。

### パッケージ構成



### 画面イメージ

#### ● 品質モニタ例



#### ● フィールド不良パレート図例

