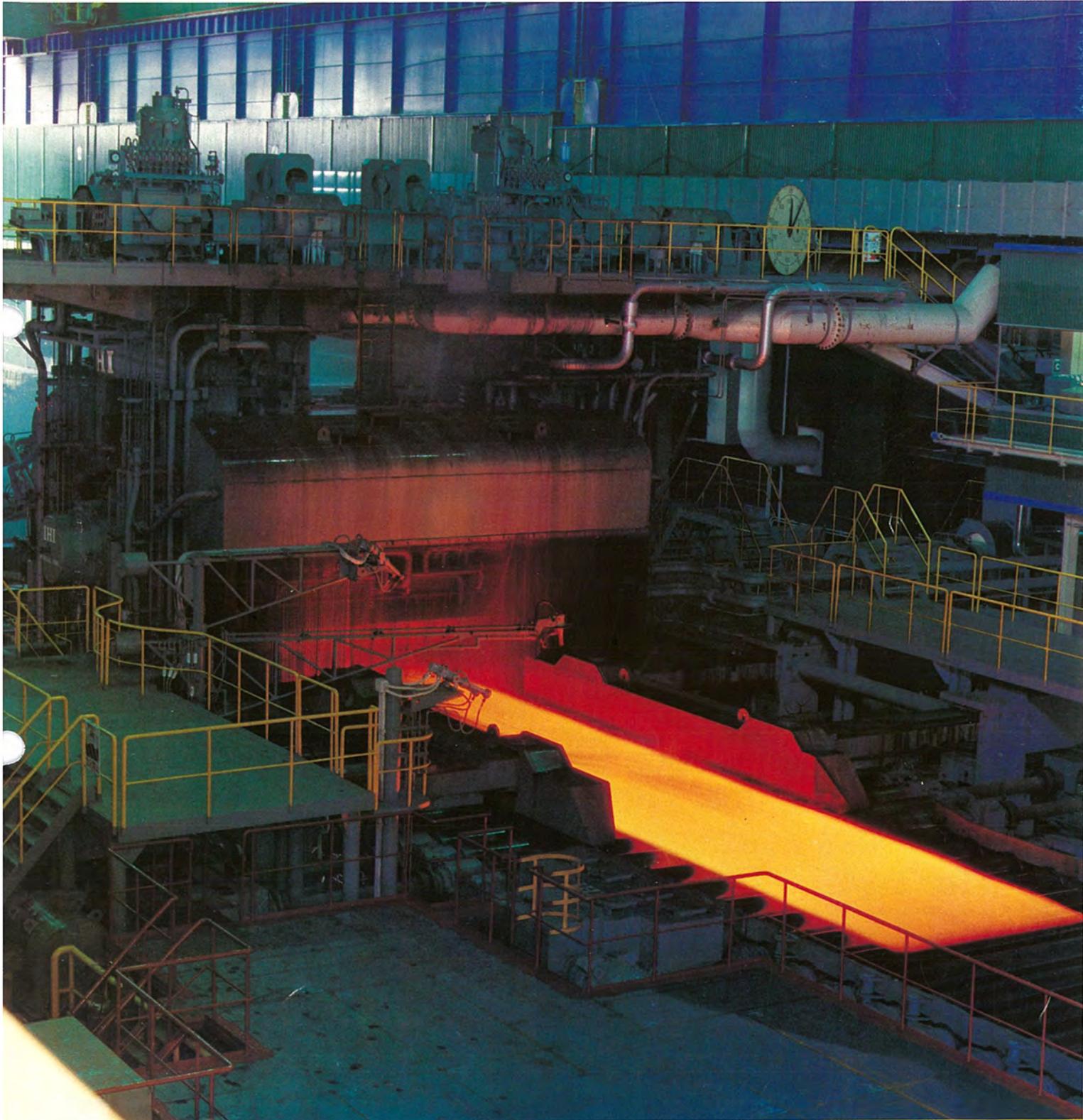


# MITSUBISHI DENKI GIHO

# 三菱電機技報



Vol.54 No.2

鉄鋼プラント電機品特集

 未来を開発する  
三菱電機

**2**  
1980

# 三菱電機技報

Vol. 54 No. 2 FEBRUARY 1980

## 鉄鋼プラント電機品特集

### 目次

#### 特集論文

熱間圧延プラント用電機品	中島興範・山口尚彦・山本安行・小寺嘉一・竹内詔夫	1
冷間圧延プラント用電機品	大場宏一・上住好章・下田道雄	6
プロセスライン用電機品	松尾元幸・松山功武・手塚彰夫・片山夏信・三田喜久	11
製鉄製鋼設備電機品	小平道徳・石雅彦・加賀宏明・春川康彦・小櫃亮二	15
鉄鋼ヤードの自動運転システム	首藤佑吉・伊藤善丈	20
鉄鋼プラントにおける分散制御システム	今道周雄・稲本 惇・川崎宗男・三品英二・山本 修	25
圧延機駆動用電動機の機械的諸問題	林 昌宏・坂本正行・小西和成	30

#### 普通論文

新形高頻度開閉回路用 CLS 形高圧大容量限流ヒューズ	岩崎行夫・今泉三之・森貞次郎・近田敏之・藤尾和克	37
トリプル方式映像システム	糸賀正己・高田 豊・洞井宏之・三橋康夫・丹羽喜一	42
IC フォトマスクの品質向上	坂下 健・金滝行道・森田 功・伊藤和男・板坂隆史	46
超高速漢字プリンタシステム	柴田信之・内田雅幸・鈴木文雄・畑中靖通・平野昭夫	50
32K ビット紫外線消去形 EPROM	上田 修・張問寛一・鍋谷 弘・佐藤 茂・西本章	55
北海道電力(株) 新冠揚水発電所におけるデリヤ形ポンプ水車・発電電動機の水中共動試験	鳥村勇志・上山 正・林 重雄・河野 明・三谷一見	59
《MELCOM350-50》工業用計算機システム モデル A2500	武藤達也・長沢一嘉・村木克己・大野陽吉	64

#### 特許と新案

電力制御装置, 自動故障検出装置付真空スイッチ, 電子ビーム装置		
当社の登録新案一覧		73
スポットライト		69
カーラジオ・カーステレオ 12W オーディオパワー IC, けい光灯 IC スタータ《ルミクイック》, IC スタータ《ルミクイック》付けい光灯器具, 電動トルクコントロールレンチ, UHV用ガス絶縁開閉装置(GIS) (表-3)		

## FEATURING ELECTRICAL EQUIPMENT FOR THE STEEL INDUSTRY

### CONTENTS

#### FEATURED PAPERS

Electrical Equipment and Control Technology for Hot-Strip Mills	Okinori Nakashima et al.	1
Electrical Equipment for Cold-Strip Mills	Koichi Oba et al.	6
Electrical Equipment for Metal-Process Lines	Motoyuki Matsuo et al.	11
Electrical Equipment for Iron- and Steel-Making	Michinori Kobira et al.	15
Automatic Control Systems for Steel Yards	Yukichi Shuto & Yoshifumi Ito	20
Distributed Control Systems in Iron and Steel Plants	Chikao Imamichi et al.	25
Mechanical Problems Affecting Rolling-Mill Drive Motors	Masahiro Hayashi et al.	30

#### GENERAL PAPERS

The New Type CLS High-Voltage Current-Limiting Fuses for High-Frequency Switching Circuits	Yukio Iwasaki et al.	37
A Triple Imaging System	Masami Itoga et al.	42
Improvements in the Quality of IC Photomasks	Takeshi Sakashita et al.	46
A High-Speed Non-Impact Kanji Printer System	Nobuyuki Shibata et al.	50
A 32K-Bit UV-Erasable PROM	Osamu Ueda et al.	55
Submerged Starting Tests of a Deriaz Pump-Turbine	Yushi Shimamura et al.	59
The MELCOM 350-50 Model A2500 Process-Control Computer System	Tatsuya Muto et al.	64

### 表紙

#### 厚板圧延設備

当社が最近納入した大規模圧延設備用電機品である3基の熱間帯鋼圧延機用電機品と2基の厚板圧延機用電機品の1つ、日本鋼管(株) 扇島製鉄所の厚板圧延設備である。

上記のすべての制御システムは、DDC レベルまでの分散化が行われ、プログラマブルコントローラを応用した高速・高精度の制御システムとなっている。これらの実績を基に、さらに新制御技術、新制御機器の開発が遂行され、省エネルギー・新圧延方式の実用化のために、各方面からの多大の期待をいただいている。

### COVER

#### Electrical Equipment for Plate Mills

Among Mitsubishi Electric's recent deliveries of large-scale rolling-mill equipment is equipment for three hot strip mills and one of the two plate mills at Nippon Kokan's Ogishima Steel Works. The high-speed, high-precision control systems for all this equipment are distributed to the DDC level, and use programmable controllers.

On the basis of this experience we are developing new control technology and apparatus of greater energy efficiency, which is attracting great interest throughout the industry.

## アブストラクト

### 熱間圧延プラント用電機品

中島興範・山口尚彦・山本安行・小寺嘉一・竹内詔夫

三菱電機技報 Vol.54・No.2・P1～5

最近の熱間圧延プラント用電機品及び制御技術について紹介する。製鉄技術は省エネルギー、省力、高品質の新しい時代に入っている。特に省エネルギーのための低温高速圧延など、電機制御技術にも次々と新しい課題が生まれており、本文では時代のすう勢に対応した電動機、サイリスタ、自動制御について述べている。

### 鉄鋼ヤードの自動運転システム

首藤佑吉・伊藤善文

三菱電機技報 Vol.54・No.2・P20～24

我が国鉄鋼業は各種業界の中でも新鋭技術を駆使している最たるものであるが、ヤードの自動運転（無人化）は実施された例がなく、技術革新の残されたものの1つであった。今回、国内で初めてクレーン制御装置、誘導無線装置及び工業用計算機を有機的に結合させヤードの自動化に成功したのでこれを紹介する。

### 冷間圧延プラント用電機品

大場宏一・上住好章・下田道雄

三菱電機技報 Vol.54・No.2・P6～10

最近の冷間圧延プラントは、設備の大形化、高速化だけでなく、省資源、省エネルギー等も含む、より多様化した要求が叫ばれ、これに対応して電機品も、より高度な性能を持つ機器及び応用技術が望まれている。本文では、こういった多様化したニーズに答えるべく開発、実用化されている当社電機品の現状と特徴をその制御システムの構成、及び中核たる各種制御方式、直流電動機について紹介する。

### 鉄鋼プラントにおける分散形制御システム

今道周雄・稲本 惇・川崎宗男・三品英二・山本 修

三菱電機技報 Vol.54・No.2・P25～29

鉄鋼プラントにおいて分散形制御システムを考える場合に、分散形と同時に階層構成を意識せずには考えられず、また分散ということにしても、分散したインテリジェンスの有機的な結合を常に考慮する必要がある。この論文では、これらのことを念頭に分散形制御システム構成の思想を具体的なシステムの構成において論ずる。更に分散形システムの論理的な構成としてセンサベースなど分散形システムに不可欠の支援システムについても記述する。

### プロセスライン用電機品

松尾元幸・松山功武・手塚彰夫・片山夏信・三田喜久

三菱電機技報 Vol.54・No.2・P11～14

鉄鋼には多数のプロセスラインがあり、当社は多数の電機品を納入している。最近のプロセスラインは、製品付加価値を高めるために、高速化、大形化、複合化が行われてきている。電機品もこれらの要望に答えるため、高度化してきており、最適な制御システムを構成する必要がある。本文は最新プロセスライン用電機品の制御システム構成と、特長ある制御要素の概要及び、電機品について述べた。

### 圧延機駆動用電動機の機械的諸問題

林 昌宏・坂本正行・小西和成

三菱電機技報 Vol.54・No.2・P30～34

高速・大容量化時代を迎え、過酷な仕様に耐え、需要家のニーズに適した電動機を実現するには、電気性能はもちろんのこと、電気トルクとは無関係に誘起される過大なトルクに対し、十分な耐力を具備させる必要がある。本文では、圧延電動機に必要な諸性能のうち、テーマを機械的諸問題にしぼって直流機、同期機、サイリスタモータに共通な問題として述べるとともに、それをいかに構造に反映させているかを紹介する。

### 製鉄製鋼設備電機品

小平道徳・石 雅彦・加賀宏明・春川康彦・小櫃亮二

三菱電機技報 Vol.54・No.2・P15～19

最近の製鉄製鋼設備用電機品について、その動向を概観する意味で、製鉄原料、焼結、高炉及び製鋼の各工場に分けて、その制御システム中、最近開発又は応用されている新しい技術に焦点をあてて紹介するとともに、これらの設備においてプロセス制御レベルを担当するプログラマブル ロジック コントローラ(PLC)の特色ある応用例について述べる。

### 新形高ひん度開閉回路用CLS形高圧大容量限流ヒューズ

一ヒューズの繰返し過電流寿命について

岩崎行夫・今泉三之・森貞次郎・近田敏之・藤尾和克

三菱電機技報 Vol.54・No.2・P37～41

最近、受配電設備の信頼度向上の要求が増し、限流ヒューズの寿命劣化による停電の防止が強く望まれているが、今回、ヒューズの劣化機構の解明を行い小形で、しゃ断容量63kA、定格電流M400A(7.2kV3,000kW用)、繰返し過電流特性30,000回の高性能電力ヒューズを開発した。製品の性能と、寿命劣化機構追求のため行った材料試験やモデル試験の結果を報告するとともに、劣化機構についての考察を併せ述べる。

# Abstracts

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 54, No. 2, pp. 20~24 (1980)

## Automatic Control Systems for Steel Yards

by Yukichi Shuto & Yoshifumi Ito

Although the steel industry is among the most technologically advanced of Japan's industries, there were no fully automated (unattended) yards in existence. The article describes the first example in which crane controllers, inductive radio data transmission equipment and computers have been functionally integrated to effect full yard automation.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 54, No. 2, pp. 1~5 (1980)

## Electrical Equipment and Control Technology for Hot-Strip Mills

by Okinori Nakashima, Yoshihiko Yamaguchi, Yasuyuki Yamamoto, Yoshikazu Kotera & Norio Takeuchi

Steel-making is entering a new age of energy saving, manpower efficiency and higher quality. Particularly in the low-temperature, high-speed rolling required for greater energy saving, a rash of problems of control technology have arisen. The article discusses electric motors, thyristors and automatic control systems that are responsive to these trends.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 54, No. 2, pp. 25~29 (1980)

## Distributed Control Systems in Iron and Steel Plants

by Chikao Imamichi, Atsushi Inamoto, Muneo Kawasaki, Eiji Mishina & Osamu Yamamoto

Consideration of distributed control systems for iron and steel plants inevitably involves simultaneous attention to the hierarchic structure, and must also take into account the functional integration of distributed intelligence. Based on these factors, the article discusses the philosophy of system construction using actual examples, and touches upon the theoretical structure of DCSs, in terms of the sensor base and other essential support systems.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 54, No. 2, pp. 6~10 (1980)

## Electrical Equipment for Cold-Strip Mills

by Kochi Oba, Yoshiaki Uezumi & Michio Shimoda

Recent increases in the scale and rolling speed of cold-strip mills, coupled with pressures for resource- and energy-efficiency, have meant a diversification of demand requiring more sophisticated electrical equipment and application technology. The paper describes the electrical equipment developed by Mitsubishi Electric in response to these requirements, along with the structure of control systems and the various control methods on which they are based, and the DC motors used.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 54, No. 2, pp. 30~34 (1980)

## Mechanical Problems Affecting Rolling-Mill Drive Motors

by Masahiro Hayashi, Masayuki Sakamoto & Kazunari Konishi

As plants of higher speed and larger capacity are designed, electric motors must provide not only superior electrical performance but also ample resistance to the excessive torque that is generated independent of electrical torque. The article confines itself to the mechanical aspects of performance required in mill motors, discussing problems that are common to DC, synchronous, and thyristor motors, and describing how this is reflected in motor construction.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 54, No. 2, pp. 11~14 (1980)

## Electrical Equipment for Metal-Process Lines

by Motoyuki Matsuo, Isamu Matsuyama, Akio Tezuka, Natsunobu Katayama & Yoshihisa Mita

The iron and steel industry involves a wide variety of process lines, for which Mitsubishi Electric has manufactured many kinds of electrical equipment. In recent years, larger, higher-speed, compound process lines have been developed to increase the value added to products. To meet these demands, higher-speed equipment has been required, incorporating the most suitable control systems. The article describes the configuration of the latest process-line control systems, control devices of particular interest, and electrical equipment.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 54, No. 2, pp. 37~41 (1980)

## The New Type CLS High-Voltage Current-Limiting Fuses for High-Frequency Switching Circuits

by Yukio Iwasaki, Mitsuyuki Imaizumi, Teijiro Mori, Toshiyouki Chikada & Kazuyoshi Fujio

The growing demand for distribution apparatus of higher reliability requires the elimination of power outages due to the aging of current-limiting fuses. As a result, studies have been carried out to clarify the mechanism of fuse aging, leading to the development of compact, high-performance fuses with an interrupting capacity of 63kA, a rated current of M400A (for 7.2kV, 3,000kW applications), and a repeated overload capacity of 30,000 times. The article describes product performance, reports on the results of the material tests and model tests that clarified the aging mechanism, and presents a discussion of the aging mechanism itself.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 54, No. 2, pp. 15~19 (1980)

## Electric Equipment for Iron- and Steel-Making

by Michinori Kobira, Masahiko Ishii, Hiroaki Kaga, Yasuhiko Harukawa & Ryoji Obitsu

In presenting an overview of electrical equipment for iron and steel plants, the article deals separately with materials, sintering, blast furnaces and steel-making, with special emphasis on new developments and applications of control system technology. It also presents several interesting applications of programmable logic controllers at the process-control level in these facilities.

## アブストラクト

### トリプル方式映像システム

糸賀正己・高田 豊・洞井宏之・三橋康夫・丹羽喜一  
三菱電機技報 Vol.54・No.2・P 42～45

VHS方式VTRにおいて世界で初めてPAL/SECAM方式放送の録画再生並びにNTSC方式録画テープの再生を可能にした映像システムを開発した。このシステムはVTRとTVとの組合せで放送方式の検出、必要回路、メカニズムの切換えをすべて自動的に行い、使用者は単にカセットテープを入れて再生レバーを押すだけで全方式再生可能という操作の自動化をも徹底的に追求したシステムである。この論文はこのシステムの概要を述べたものである。

### 32Kビット紫外線消去形EPROM

上田 修・張間寛一・鍋谷 弘・佐藤 茂・西本 章  
三菱電機技報 Vol.54・No.2・P 55～58

電氣的書込み、紫外線照射消去可能なEPROMは、近年、高密度化、高速化、高性能化が進み、価格の低下に伴い飛躍的な市場の拡大をみせている。今回開発したEPROMは、メモリ容量が4,096×8ビット、5V単一電源、アクセスタイム最大450nsで、消費電力は通常動作時最大787mW、非選択時は通常動作時の半分である。この製品の回路構成、動作特性、信頼性などについて述べる。

### ICフォトマスクの品質向上

坂下 健・金滝行道・森田 功・伊藤和男・板坂隆史  
三菱電機技報 Vol.54・No.2・P 46～49

集積回路製造の際に用いるフォトマスクを高品質に製造し、かつその品質を維持するには、材料の特性、製造法及び使用法が重要である。従来フォトマスク製造あるいは使用の際に、フォトマスクのパターン形成部が、静電破壊現象によって部分的に欠落し、品質・寿命を低下させていた。この報告では、静電破壊現象の防止対策として、導電性膜を形成したフォトマスクの試作結果と課題を述べる。

### 北海道電力(株)新冠揚水発電所における デリア形ポンプ水車・発電電動機の水 中始動試験

島村勇志・上山 正・林 重雄・河野 明・三谷一晃  
三菱電機技報 Vol.54・No.2・P 59～63

北海道電力(株)の次期揚水プラントとして計画されている高見発電所では始動時間の短縮と設備の簡略化をねらい、始動時に吸出し管内の水面を押し下げることなく水中でポンプ水車を始動する水中始動方式の採用を検討している。この規模の揚水プラントとしては世界最初の計画であり、万全を期すためポンプ水車が同じデリア形である新冠発電所実機を用いて水中始動試験を実施し、高見発電所に採用できる見通しを得たので、その概要を紹介する。

### 超高速漢字プリンタシステム

柴田信之・内田雅幸・鈴木文雄・畑中靖通・平野昭夫  
三菱電機技報 Vol.54・No.2・P 50～54

電子計算機の出力行データが、広く一般的に用いられるようになり、見やすさの点から漢字の印字できるプリンタの要求が近年急激に高まってきている。

当社では、昭和47年から電子写真方式による漢字プリンタを開発、販売し、機種拡充に努めてきたが、今回、新たにレーザ技術を用いた超高速漢字プリンタシステムを開発した。本稿では、この超高速漢字プリンタシステムの概要と、その特長について述べる。

### 《MELCOM350-50》工業用計算機システム モデルA2500

武藤達也・長沢一嘉・村木克己・大野陽吉  
三菱電機技報 Vol.54・No.2・P 64～68

《MELCOM350-50》シリーズの最上位機種モデルA2500は工業用計算機として的高速処理性、拡張性はもとより、ソフトウェアの生産性/保守性をも十分に配慮した高性能プロセッサである。本文ではその開発意図と特長、高性能を実現したアーキテクチャ、使いやすいソフトウェアシステム、工業用計算機としての諸機能及びシステム構成例について述べる。

# Abstracts

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 54, No. 2, pp. 55~58 (1980)

## A 32K-Bit UV-Erasable PROM

by Osamu Ueda, Hirokazu Harima, Hiroshi Nabetani, Shigeru Sato & Akira Nishimoto

Read-only memories that can be programmed electrically and erased by exposure to ultraviolet rays, with their improved density, speed and performance at lower costs, have generated a dramatically enlarged market. The article describes the circuit configuration, operating characteristics and reliability of an EPROM that offers a  $4096 \times 8$ -bit memory capacity, a single 5V power supply, an access time of 450ns (max.) and a power dissipation of 787mW (max.) while operating and half that on standby.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 54, No. 2, pp. 42~45 (1980)

## A Triple Imaging System

by Masami Itoga, Yutaka Takata, Hiroyuki Doi, Yasuo Mitsuhashi & Yoshikazu Niwa

This is the first VHS video tape recording system that combines recording and playback of material broadcast in the PAL/SECAM systems with playback of NTSC taped material. The system, which comprises VCR equipment and a TV receiver, detects the broadcast system in use and automatically carries out the circuit and mechanism switching required. The user need only load the cassette and press the PLAY lever to obtain playback of material recorded under all systems. The article presents a general description of the system.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 54, No. 2, pp. 59~63 (1980)

## Submerged Starting Tests of a Deriaz Pump-Turbine

by Yushi Shimamura, Tadashi Ueyama, Shigeo Hayashi, Akira Kawano & Kazuakira Mitani

In planning for their pumped-storage power plant at Takami, the Hokkaido Electric Power Co., Ltd. is considering the adoption of submerged starting, in which the water level in the draft tube is not lowered, with the objective of reducing starting time and simplifying the equipment. This is the first such attempt in a pumped-storage facility of this size, and in order to test its feasibility, submerged starting tests were carried out on the pump-turbine, also of the Deriaz type, now in service in the Shinkan plant. The article presents the promising results obtained from the tests.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 54, No. 2, pp. 46~49 (1980)

## Improvements in the Quality of IC Photomasks

by Takeshi Sakashita, Yukimichi Kanetaki, Isao Morita, Kazuo Ito & Takashi Itasaka

The crucial points in obtaining and maintaining high quality in the photomasks used in IC fabrication are the properties of the materials used, the method of manufacture, and the conditions of use. In the past, photomasks have suffered partial destruction during manufacture and use as a result of corona discharge erosion, resulting in quality degradation and shortened life. The article discusses the problems encountered in the manufacture of prototype photomasks, provided with electrically conductive films to eliminate this phenomenon, and the results obtained.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 54, No. 2, pp. 64~68 (1980)

## The MELCOM 350-50 Model A2500 Process-Control Computer System

by Tatsuya Muto, Kazuyoshi Nagasawa, Katsumi Muraki & Yokichi Ono

The Model A2500, the top of the MELCOM 350-50 series, is a high-performance processor that provides high-speed data processing and expandability, combined with careful attention to software productivity and maintainability. The article outlines the design philosophy and features of the A2500, describes the architecture that accounts for its high performance, the easy-to-use software system, the system's functions as an industrial computer, and introduces typical system configurations.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 54, No. 2, pp. 50~54 (1980)

## A High-Speed Non-Impact Kanji Printer System

by Nobuyuki Shibata, Masayuki Uchida, Fumio Suzuki, Yasumichi Hatanaka & Akio Hirono

With Japan's rapidly proliferating use of computers, there has been a strong demand for the convenience provided by printers capable of handling the *kanji* (Sino-Japanese ideographs) commonly used in writing.

As early as 1972, Mitsubishi Electric marketed an electrophotographic *kanji* printer, and has since increased the range of models available. The new high-speed, non-impact printer, by contrast, uses laser technology. The article gives a general description of the new printer system, and discusses some of its features.

# 熱間圧延プラント用電機品

中島興範\*・山口尚彦\*\*・山本安行\*\*・小寺嘉一\*\*\*・竹内詔夫†

## 1. ま え が き

熱間圧延プラントの電機品は、第3世代、すなわち高度成長時代から次の第4世代、すなわち低成長経済への移行に伴う省資源、省エネルギー、高信頼性、無保守化の時期に完全に入ったと言える。特に省力化、省エネルギーの観点から電機品に課せられる要求は一段と高範囲となり、ハードウェア、ソフトウェアともますます奥深く、高度な技術が必要となってきた。当社でもこの傾向に対応すべく数年来、新技術の研究開発を行い実用化をはかっている。

ここでは、熱間圧延プラントにおける最近の電機品及び制御技術についての一端を紹介する。

## 2. 熱間圧延プラント用電機品の技術動向

エネルギー多消費形製鉄プラントの中でも、特に多量のエネルギーを消費する熱間圧延プラントにおける省エネルギー要求は日一日と強まり、製造工程合理化に対する要求と併せて電機品にも大きな変革をもたらしつつある。これらの要求とそれに対応する新技術、技術の流れを図1.にまとめ、主要技術を次章以下に概説する。

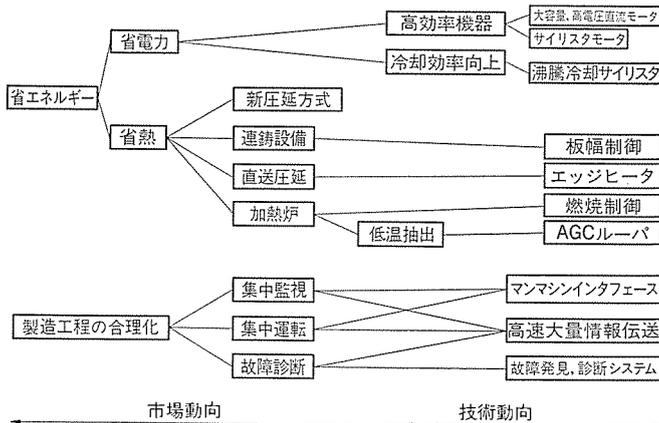
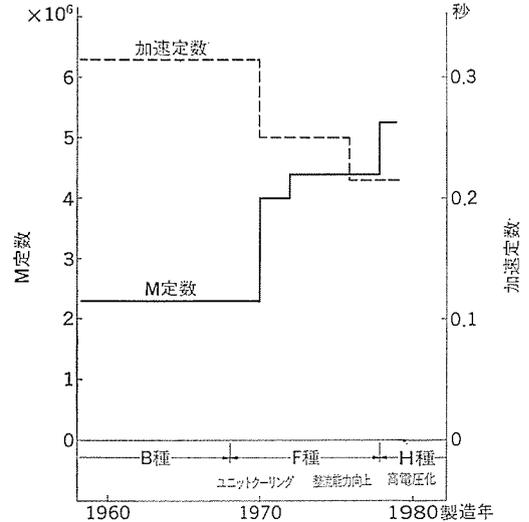


図1. 熱間圧延プラントにおける市場動向と技術動向

## 3. 直 流 電 動 機

省エネルギー指向等の産業環境の変化は、熱間圧延機駆動用直流電動機の技術に対してもステップ的な刺激を与えており、軽量化・高信頼性・高効率化と技術開発の進展は急激である。これらの一部は、すでに本誌にも紹介した<sup>(1)~(6)</sup>。

特に著しい成果は、大形電動機に対するH種絶縁システムの確立であり、約10年間続いたF種絶縁の時代からH種へ移行した点であろう。単に耐熱区分の高い絶縁材料の使用にとどまらず熱伝導率の向上やプロセス面での改善を含み、耐クラック・耐メグ低下など品質面の向上も実現された。また、実際の圧延時のデータをもとに研究されたねじ(振)り振動やTAF(トルク増幅率)など機械的耐力についても、今や当社の設計基準として確立されている。電子計算機を



注) M定数は熱間非可逆連続ミル、加速定数は熱間可逆ミル(4500kW, 40/100rpm級)に対する数値である。

図2. 熱間圧延用直流電動機のM定数と加速定数

駆使した設計技術も大幅に進歩し、整流解折や冷却風の流れ・温度分布の研究などから得られた結果は、構造や寸法の改善、新材質の採用に生かされている。こうした技術開発の成果は単機製作限界の拡大、GD<sup>2</sup>の低減という形でも示され、需要業界への寄与も多大と自負している。M定数は〔定格出力(kW)〕×〔最高回転速度(rpm)〕×〔界磁弱め比〕で表され、機械強度、整流、温度の直流機の3要素を総合した製作限界の指標である。図2.にM定数と加速定数の年代的推移を示す。年々のM定数の増大は、単電機子で製作可能な範囲の広がりを示している。加速定数は、定格負荷で電動機単体を基底速度まで加速する時間に相当し、GD<sup>2</sup>の低減とともに小さくなる。

最新技術の適用例は、韓国浦項綜合製鉄(株)向け厚板ミル(1977年)及びホットストリップミル(1979年)用主電動機である。これらは、端子電圧1,200Vを適用した初めての例であり、高電圧に対応して少極数の新しいわく(枠)番構造で製作した。特に、後者は通風冷却構造の改善と合わせてH種プリレグ絶縁の適用によって15~20%の冷却効果の向上を工場試験で確認し、今後の軽量コンパクト化への指針を得た。また、仕上スタンド電動機はすべて2重電機子構造(図3.参照)であり、F6スタンプ用は高速大容量でM定数が5.24×10<sup>6</sup>(2×4,200kW, 1,200V, 191/488rpm)となり、国内での最大級の記録である。

以上のように、従来の設計のポイントは、信頼性向上とともに製作コストの低減に向けられていた。例えば、絶縁階級を上げ冷却効果を向上させて得られた温度的な余裕は巻線の電流密度や電気装荷を高めることで電動機の軽量化をはかり、それが設備コスト低減となり需要家にも歓迎されてきたわけである。ところが上例のように軽量コンパクト化は直流機の効率低下を招くこともある。圧延用主電動機

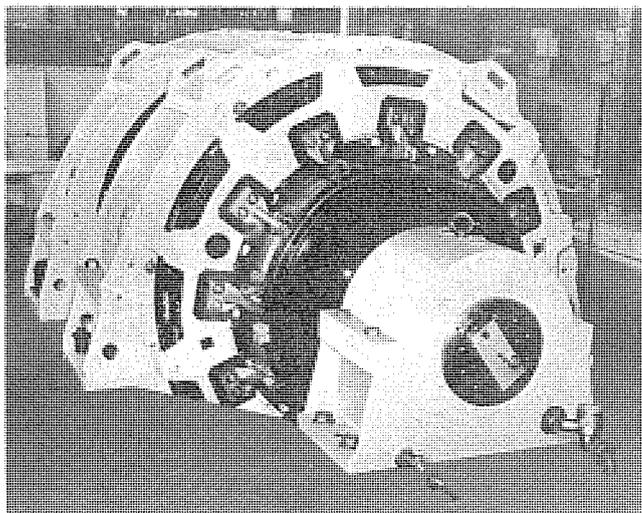


図 3. 熱間圧延機仕上 スタンド用直流電動機

の場合、全損失のうち直接負荷損（主に巻線抵抗損）の割合が大きく、熱間可逆ミルで85%以上、非可逆連続ミルで約70%である。実際の圧延では過負荷使用が多く、直接負荷損は負荷電流の2乗に比例するので損失の増加は急激である。昨今のエネルギーコストの上昇により、運転コストの低減のために損失を減らすことが重要な問題となっている。したがって、当社では高効率特性をもった圧延用電動機の製作に当たり、十分運転コストなどを考慮して設計にあっている。

#### 4. サイリスタモータ

サイリスタ可変周波数電源と同期電動機を組合せたサイリスタモータ駆動システムは、主に保守の観点から直流電動機駆動システムの代替駆動システムとして注目されている。サイリスタモータには直流電動機にみられる製作限界がこの種の範囲ではないので単機大容量、高電圧化が容易に実現でき効率向上が期待できる。圧延機用として開発された直流多相CS形サイリスタモータは、図4.に示すようにコンバータ部とインバータ部をおのおの12相整流回路で構成し、電動機のトルク脈動及び電源系統の高調波電流を低減し、力率を向上させている。また、電機子反作用の補償は主界磁巻線と補償界磁巻線を使用することにより、制御性能を直流機と同等程度まで向上させることが可能となった。

#### 5. サイリスタ

圧延機用電動機と同様に、サイリスタ装置も高電圧化により電力損失の低減及び装置の小形化が進められてきたが、更に信頼性向上及び小形化のために大容量素子が採用され、最近では4,000 V 1,500 A, 2,500 V 2,500 A 定格の素子が製品化され使用しはじめられている。このような大容量素子の冷却には、冷却効率の点から液冷(水冷・油冷)又はフロン沸騰冷却が採用されるが、最近ではフロン沸騰冷却

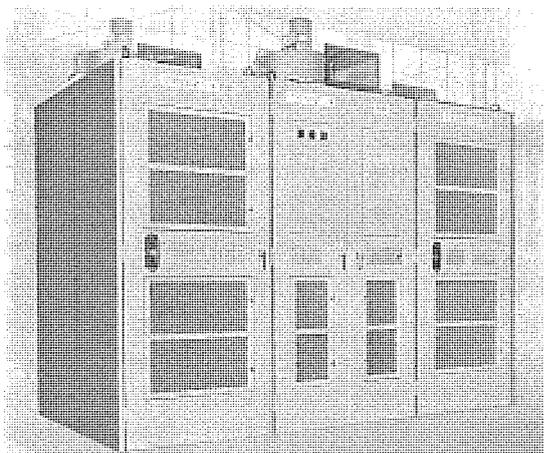


図 5. 2,961 kW, 1,200 V, 2,350 A サイリスタ装置 (気中フィン方式フロン沸騰冷却)

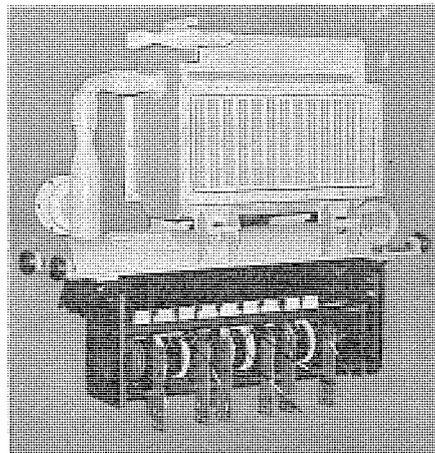


図 6. 気中フィン方式フロン沸騰冷却ユニット

の製造技術の進歩により、保守性・冷却系のランニングコスト、信頼性の面で優れた気中フィンをもったフロン沸騰冷却方式が採用されるようになった。

また主機サイリスタ装置において、限流リアクトルを省略して省電力・省スペースを実現するとともに、CLASS-1 相当の保護を保証するため、新方式の回路を採用している(図4., 図5., 図6.)。

表 1. 各種冷却方式の比較

	風冷方式	油冷方式	水冷方式	フロン沸騰冷却方式
設置条件	空調室	モートルーム	モートルーム	モートルーム
冷却系の保守	多 (クーラ・サイリスタファン)	多 (油クーラポンプ)	多 (水クーラポンプ 純水装置)	少 (凝縮器ファン)
冷却系の信頼性	良 (クーラダウンでも運転続行可能)	・故障時のダウンタイム大	・故障時のダウンタイム大 ・長期間使用後の電食・水あか	良
サイリスタ盤の騒音	80~85 ホン	70~75 ホン	70~75 ホン	75~80 ホン
冷却系のランニングコスト	大	中	中	小

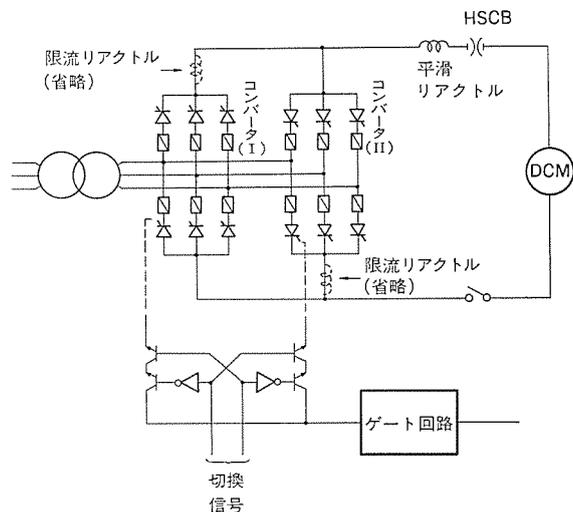


図 4. 限流リアクトルを省略したサイリスタ装置の系統図

## 6. 自動制御

### 6.1 制御システム

製造工程合理化を目指し、最近の熱間圧延プラントではシステムの集中運転・集中監視・故障診断の充実等の要求が高まっている。これに対応する制御システムの1例を図7.に示す。このシステムの特徴を列記すると次のようになる。

- (1) コントローラ間、コントローラ-計算機間データ伝送への電気又は光データウェイの採用。
- (2) CRT・キーボードによる集中運転・集中監視。
- (3) 監視・診断用計算機及びプロセッサの導入。
- (4) プラントとのインタフェースの一元化。

### 6.2 AGC (自動板厚制御装置)

最近のエレクトロニクス技術の進歩、中でも、マイクロプロセッサ、半導体メモリ等のLSIの出現は、鉄鋼業における各種生産プロセスの制御技術にも大きな影響を与えている。熱間圧延プラントの制御においても、仕上スタンドDDC主幹制御、DDCAGC、DDCループ等高精度・高性能の制御が実現され、また省エネルギー対策としてスラブ加熱温度

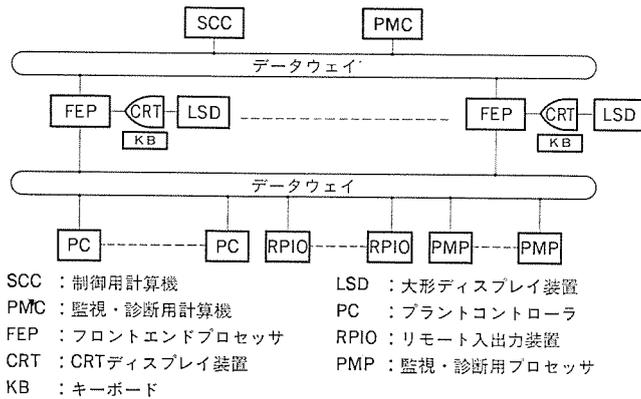


図7. 熱間圧延プラント制御システム

表2. AGCの特長

AGC	特長	効果
ロールフォース AGC	非線形ミルスプリング式の採用 可変ゲイン (ミル定数, 塑性係数, チューニングファクタ)	ゲージメータ式精度向上 最適応答性
フィードフォワード AGC	板厚外乱と温度外乱との分離	AGC 高速化 スキッドマーク偏差の除去
フィードフォワード+ロールフォース AGC	フィードフォワード, フィードバック AGC の併用	負荷バランスの保持
X線モニタ AGC	可変ゲイン 非線形ゲイン 非整数階数制御系	AGC 高速化 湿度降下による板厚偏差除去
先端板厚制御	板厚偏差と温度偏差との分離による圧下設定	先端板厚精度向上
張力 AGC	圧延速度ループトルクの2変数制御	ループ角の安定
最終スタンド AGC	ロールベンディングとの協調	モニタ高速化 形状精度向上
M, Q 推定	オンラインデータによる M, Q 推定	AGC ゲイン最適化 絶対厚精度の向上
ロール偏心除去制御	偏心パターンのオンライン検出	板厚精度の向上 ループ角の安定
バックラッシュ補償	バックラッシュによる位相遅れ補償	AGC 高速化

の低下、スキッドマークの増大、圧延速度の高速化は AGC の制御性能に対する要求を一段と厳しいものにしてている。これらに対処するため新しく開発した AGC の特徴を表2. にまとめる。

### 6.3 ループ制御

省エネルギーによるスラブ低温加熱、生産性向上のための高速圧延は仕上ミルのループ制御系に対する外乱を増加させ、また高品質・多品種小ロット生産を行うために、ループ制御によるストリップ張力・ループ高さの制御精度に対する要求も一段と厳しくなっている。ループ制御に関して、既に

- (1) ソフトタッチ制御。
- (2) 圧延スケジュールに応じた最適制御ゲインの設定。
- (3) 機械共振系の改善。
- (4) ダイナミックマスフロー制御。

などの開発を行い、実プラントに導入し大きな成果をもたらしている。

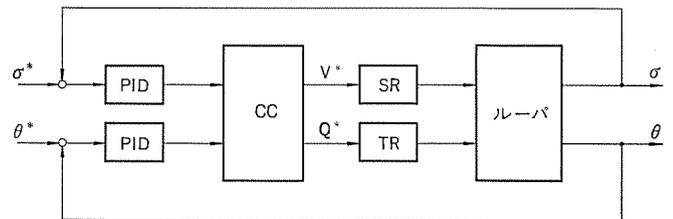
今回上記に加えて

- (1) 低慣性電動ループによるループ動特性の向上。
- (2) ルーパトルク・ループ加減速トルク検出によるストリップ張力の動的検出。
- (3) ストリップ張力・ループ高さの非干渉多変数制御方式の採用。
- (4) ミル特性・圧延条件による動的最適制御ゲインの設定。
- (5) ダイナミックサクセシブ制御。

によって、ループ制御の応答性、制御精度の飛躍的な向上を図った。

### 6.4 板幅制御

成品精度及び成品歩留り向上のために板幅制御精度の向上が望まれ



- $\sigma^*$  : 張力基準  
 $\sigma$  : 張力  
 $\theta^*$  : ループ角度基準  
 $\theta$  : ループ角度  
 $V^*$  : 制御出力 (ミル速度基準)  
 $Q^*$  : 制御出力 (ループトルク基準)  
 CC : クロスコントローラ  
 SR : ミル速度制御系  
 TR : ループトルク制御系

図8. 非干渉多変数ループ制御系

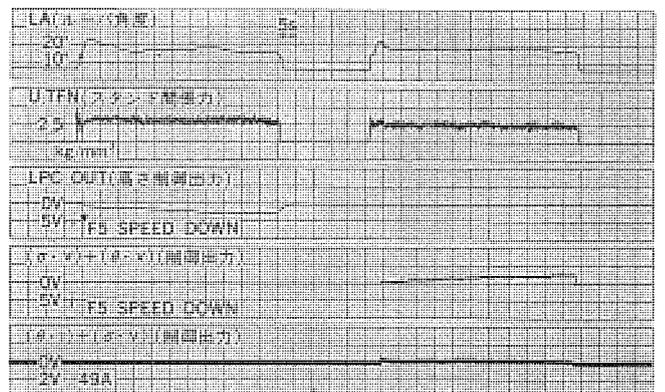


図9. 非干渉多変数制御実測例

ており、一方、連続鋳造による造塊率の増大に伴って単一スラブ、多サイズ圧延が指向されつつあり、粗圧延機における強力幅圧延が要求され、ますます板幅制御が重要となってきている。

(1) 板幅変動要因

ホットストリップミルにおける板幅変動要因としては

- (a) 鋼板温度変化(スキッドマークやサーマルランダウン)によるエッジ幅圧下量の変動。
- (b) スタンド水平圧下において、幅方向への塑性の流動による幅拡がり、及びエッジ圧下時に発生するドッグボーンによる幅もどり。
- (c) スタンド間張力による幅変動。

がある。これらの変動要因を考慮して次のような高精度の板幅精度の板幅制御システムを構成している。

(2) 制御システム構成

(a) 粗圧延機における制御(RAWC)

(i) エッジ開度プリセット機能

鋼板がか(噛)み込む前に、圧延の3次元解析や実験結果に基づいた板幅制御モデルを用いて成品目標板幅となるように各スタンド、各エッジ出側目標板幅を求め、板幅変動要因を考慮して各エッジ開度を予測計算しプリセットする。なお板幅・圧延荷重・開度等の実測値に基づいて板幅制御モデルの学習を行い制御精度の向上を図っている。

(ii) エッジフィードバック/フィードフォワード制御

AGCと同様にエッジの圧延荷重及び開度によりゲージメータ式を用いてエッジ出側板幅偏差を求め自分自身のエッジ開度を制御する。一方、今後ますます高速圧延が指向されスキッドマーク周期もこれに伴って速くなるので、前段エッジ出側板幅偏差を当該エッジにおいてフィードフォワード的に制御することにより高速応答性を確保している。

(iii) スタンド間張力制御

エッジとスタンド間及びクロスカップルのスタンド間において、鋼板にかかる張力が変動するとエッジ出側板幅やスタンド出側板幅が変化する。張力の変動をなくし目標張力に制御するために、圧延荷重と圧延トルクを用いて張力を算出することができる新しい張力制御システムを導入する。一方スタンド間における張力による幅変化は張力値とスタンド間移送時間の関数であり、積極的に張力を制御変数として板幅制御を行うことを検討している。

(b) 仕上圧延機における制御(FAWC)

仕上スタンドには通常エッジは設置されていない。しかし、仕上

前半スタンドにおいては、鋼板温度が1,000°C前後と比較的高く、また板厚も厚いので、スキッドマークやサーマルランダウンにより幅変動を生ずる。したがって、板幅精度をよくするためには、仕上圧延機においても何らかの板幅制御を行う必要があり、粗圧延機と同じくスタンド間張力による板幅制御ループを備えている。

6.5 走間板厚変更圧延制御システム

連続圧延機において、1本の圧延材について圧延状態のまま、その成品板厚を変更する走間板厚変更圧延は、完全連続な冷間圧延機において実施の例がある。近年の連続鋳造設備の増加に伴うスラブサイズの均一化・単重増大傾向に対し、多種多様な成品寸法の実現のため、熱間仕上圧延機においても走間板厚変更圧延技術は次のような多くの効果が期待できる。

- (1) 注文外成品・ロット余剰材の減少。
- (2) 加速後圧延の速度のままで板厚変更するため、生産性向上。
- (3) 1スラブから複数サイズの成品を圧延するため、通板時作業の軽減・ミスロール等トラブルの減少。

特に多品種少量生産の圧延ラインでその効果は大きい。

スタンド間張力値を直接検出する冷間タンデムミルと異なり、熱間仕上圧延機において、通常はループ機構による張力制御を行うため、板厚変更に伴うスタンド間マスフロー量の変化を十分な速さで吸収制御し、板切れ・ループ発生・形状不良等を発生せず、安定状態のままで、できるだけ短時間内に板厚変更完了することが重要である。その重要性にかんがみ、新日本製鐵(株)八幡製鉄所と共同で以下に述べる技術を開発した。まずこの圧延制御を実施するため、次の技術が重要であると考えられる。

- (1) 板厚変更における各スタンド圧下率の最適配分。
- (2) 圧下率変化、マスフロー量変化を吸収する速度修正。
- (3) ダイナミックサクセシブコントロール。
- (4) 板厚変更点測長とトッキング。
- (5) 圧延温度、巻取温度、コイル制御の機能を損なわないこと。

上記技術に関して計14件の特許を共同出願中である。

(1)はあらかじめ指定された出側板厚変更を実施するのに、連続スタンドの各圧下位置変更量の組合せは多数考えられるが、このうち各スタンド間でのループについて、マスフロー量変化を最小とするものは一意に決定する。このように選定された各スタンドでの圧下率変化配分によって、特定スタンド周辺にマスフロー変化が集中することなく、修正のための負荷集中もなく、過大張力、ループ発生をも防ぐことができる。図11.に各スタンドでの板厚変化配分の例とシミュレーションにより確認したスタンド間張力値の変動を示す。この方式を導入、実圧延した結果、板厚変更による張力値変動、ループ角度変動はすべてのスタンド間ループについて均一化することが可能となり、板切れ、ループ発生を起こすことなく、急激な板厚変更が実施でき、移行部板長さは非常に短く、経済性を損なうこともないことが確認された。

(2)は板厚変更のための各スタンド圧下位置変更、圧下率変化がスタンドに及ぼす入側板速度・出側板速度変化を吸収し、ループ量変化が起こらないように、圧延速度修正を行うものであり、新日本製鐵(株)と三菱電機(株)の共同特許である新圧下補償(DMC:ダイナミックマスフローコントロール)を更に拡張的に発展させたものである。単純に、圧下位置変化のみに追従して速度補償する従来方式より優れた方式であり、通常のスكىッドマーク外乱に対してはもちろんのこと、板厚変更に必要な圧下位置、板厚の大幅な変化にも精度よく動作し、ループ・

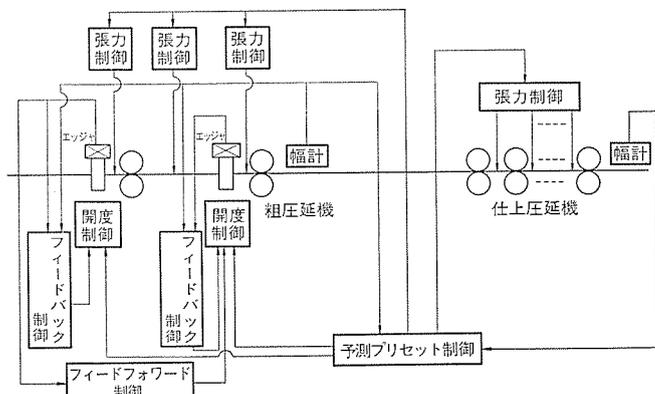


図 10. 板幅制御システム

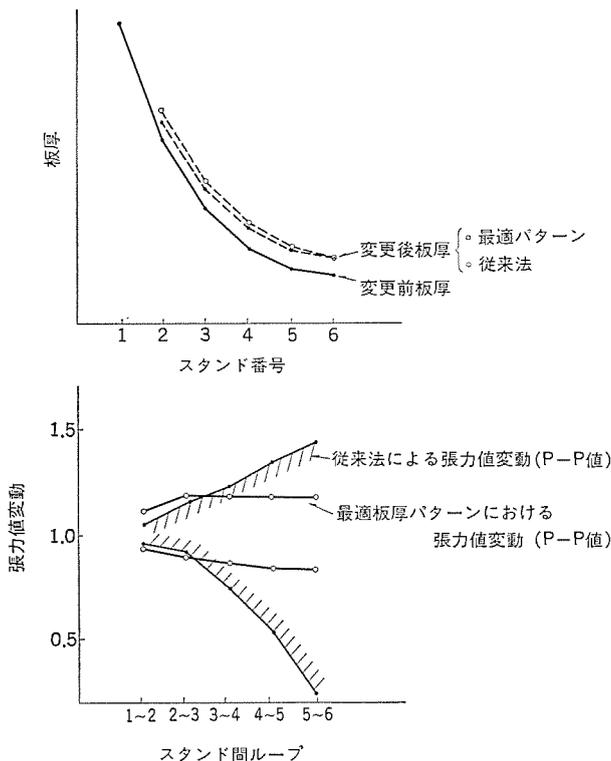
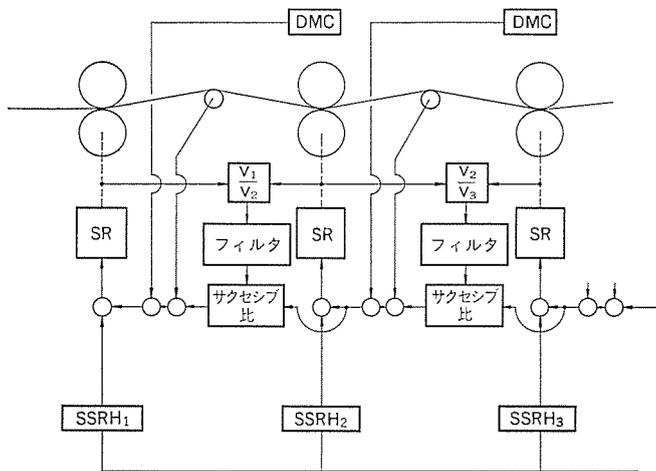


図 11. 走間板厚変更による板厚及び張力変動



DMC：ダイナミックマスフロー制御  
SR：スピードレギュレータ  
図 12. ダイナミックサクセシブコントロール

角度・スタンド間張力の振れはごくわずかであることが確認された。

(3)更に連続圧延機における速度制御機能で重要な役割を果たしているサクセシブコントロールについても板厚変更点の前後であらゆる隣接スタンドの速度比が順次変化するため、固定した速度比を用いる従来のサクセシブコントロールでは、十分な機能が期待できず、新たな外乱ともなり得るものである。この点について図 12. に示すように、ダイナミックサクセシブ制御を導入することによりサクセシブ速度制御の係数をマスフロー安定時での各スタンドの圧延速度の比として刻々変化させることで機能を改善した。

以上の各技術を有効に組合せた走間板厚変更圧延制御システムの試験圧延を実施した結果、良好に動作することが確認された。またこの制御システムは、仕上圧延機制御の他の機能とも十分に協調可能なものであり、ループ動作、板幅精度、形状制御等に何ら影響を与え

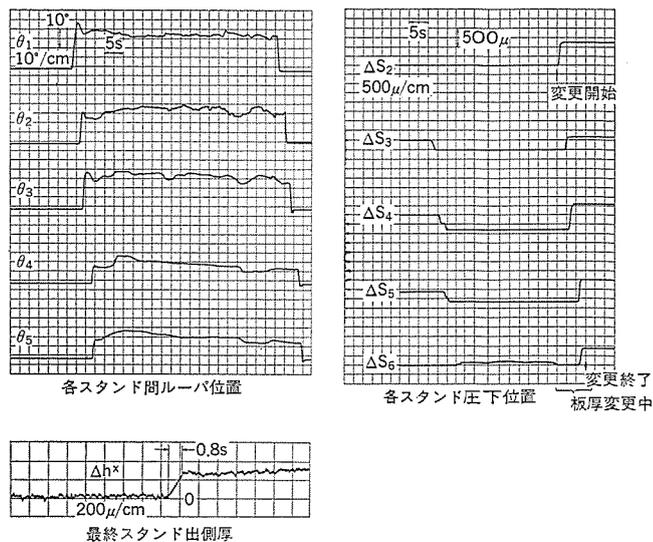


図 13. 走間板厚変更圧延実測例

ることなく安定に板厚変更圧延が可能となった。図 13. は圧延速度を下げずに仕上出側板厚を約 20% 変更した場合の実測チャートであり、各スタンドとも約 0.8 秒で圧下位置変化し、マスフロー制御機能の動作によりループ角度の振れはごくわずかであり、安定な板厚変更圧延が実施されていることを示すものである。更に板厚精度、形状精度を落とすことなく走間にて実施する板幅変更圧延についても可能であり、大きい効果が期待できるものと考えられる。図 13. に走間板厚変更時の圧下位置、ループ位置、厚み偏差の実測チャートを示す。

## 7. むすび

マイクロコントローラ、データ伝送の応用など、システム機能・構成面等で、日進月歩、急激な変革が続く一方、制御機能・操作機能面でも省力、省エネルギー思想の変遷、多様化が見込まれる。今後の圧延プラント用電機品及び制御システムは、このような変化に十分対応し、単一機能、単一思想ではなく多目的用途に耐えられるようなフレキシビリティが要求されるが、今後とも世の動向に注目しつつ新技術の開発と実現に努力したい。

最後に、走間板厚変更圧延制御システム等の実圧延試験にあたって、ご指導、ご協力いただいた新日本製鐵(株)の関係各位に深く感謝する次第である。

## 参考文献

- (1) 林ほか：最近の圧延機駆動用電動機の動向，三菱電機技報，51，No. 8，p. 501 (昭 52)
- (2) 小山ほか：圧延機駆動系におけるねじり振動に関する諸問題，三菱電機技報，48，No. 2，p. 209 (昭 49)
- (3) 阪部ほか：直流機の整流現象理論，三菱電機技報，51，No. 10，p. 691 (昭 52)
- (4) 佐々木ほか：直流機の通風冷却解析，三菱電機技報，51，No. 10，p. 701 (昭 52)
- (5) 藤原ほか：静電粉体塗装の直流機への応用，三菱電機技報，50，No. 9，p. 474 (昭 51)
- (6) 平林ほか：回転機用新プリプレグ絶縁，三菱電機技報，52，No. 11，p. 784 (昭 53)

# 冷間圧延プラント用電機品

大場 宏一\*・上住 好章\*・下田 道雄\*

## 1. ま え が き

最近の冷間圧延機は、設備の大形化、高速化による生産性の向上及び製品品質の向上には著しいものがあるが、これらに加えて省エネルギー化、省力化、また保守性の向上への要求も以前に増して強くなっている。当社においてもこれらの要求に答えるべく新技術の開発、実用化を行い、これまでに納入した電機品は数多く、現在好調にか(稼)働中である。図 1. に当社電機品の特徴及び利点を示す。

以下当社の冷間圧延用電機品の一端として、全体制御システム、各種制御方式、圧延用直流電動機、及び冷間圧延用ダイナミックシミュレータについて、その概要を述べる。

## 2. 全体制御システム

冷間圧延プラントにおいて要求される機能を下記する。

- (1) 圧延 コイル 情報の伝達及び コイルトラッキング
- (2) コイル 情報をもとにした圧延 スケジュール の計算

- (3) 各種 DDC 機能の制御定数の オンラインチューニング
- (4) 各種圧延 データ の ロギング
- (5) スケジュール 計算に基づく圧下位置、圧延速度のプリセット
- (6) 各 スタンド 速度の加減速などを制御する主幹制御機能
- (7) 入・出側 ハンドリングシーケンス
- (8) 自動通板 シーケンス
- (9) ロール 組替 シーケンス
- (10) AGC (自動板厚制御)
- (11) 油圧圧下制御
- (12) ロール 偏心制御
- (13) 形状制御
- (14) 入側自動減速、尾端定位置停止
- (15) オイルセラシーケンス
- (16) 直流電動機速度制御
- (17) 交流補機電動機制御

これらを経済性、信頼性、保守性、情報伝達量及び方式、各種制御

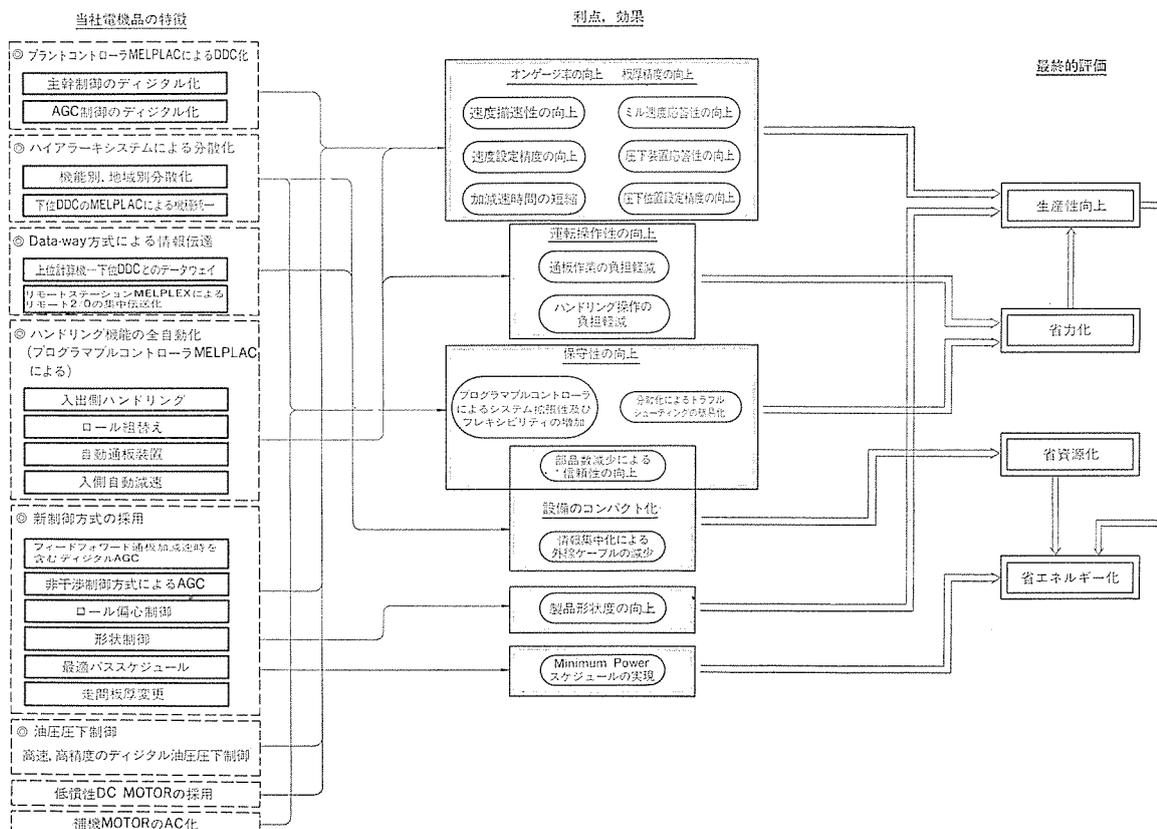


図 1. 当社電機品の特徴と利点

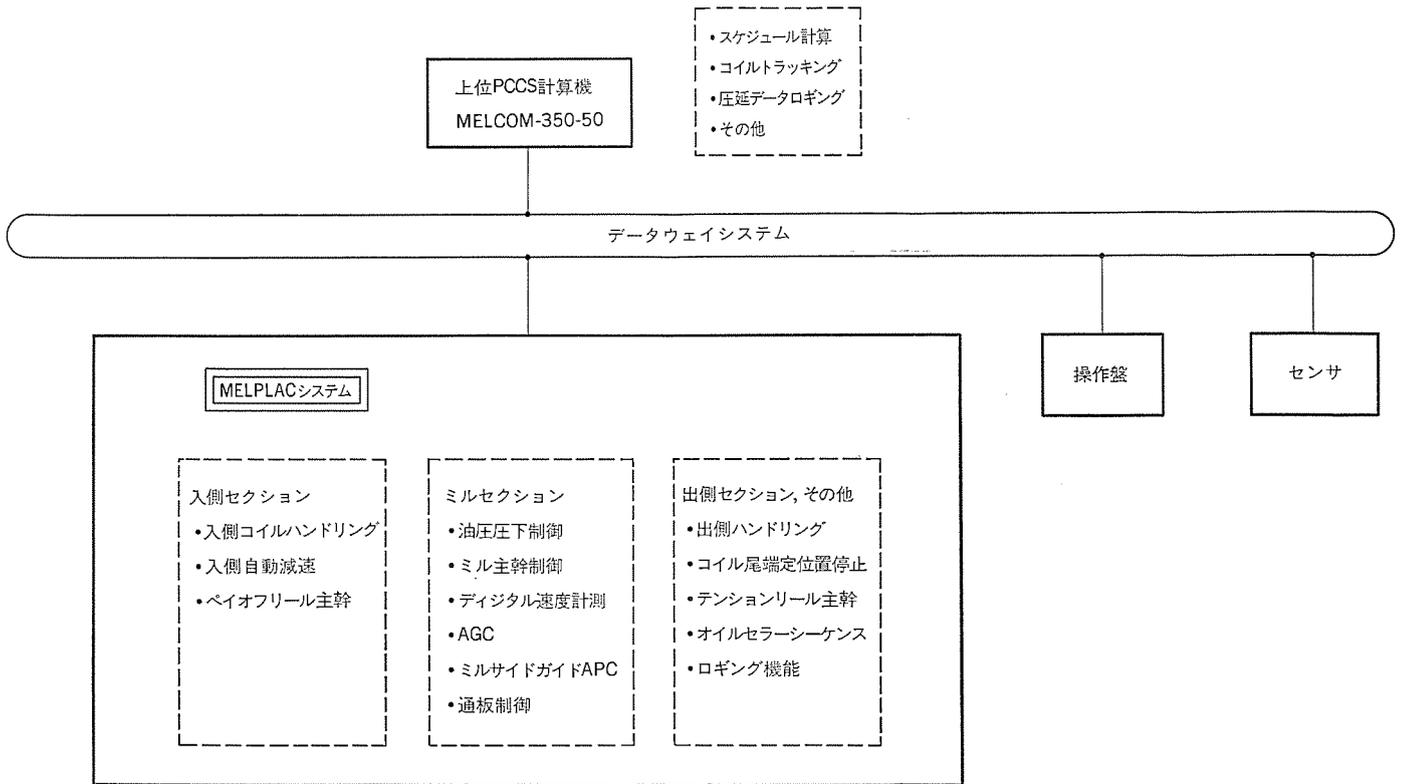


図 2. 全体制御システム

装置の デューティ を考慮して、制御系の構成、適用機器の種類を決定せねばならない。当社では、圧延情報の伝達、トラッキング、及びスケジュール計算等の操業条件の設定、計算を行う部分は多量の情報量の処理の必要から PCCS (Process Control Computer System) 用計算機《MELCOM 350-50》を採用し、下位 DDC (Direct Digital Control) 機能、ハンドリングシーケンス機能をすべてプログラマブルなプラントコントローラ《MELPLAC-50》で行い、その下に末端の電動機速度制御系などのユニットコントロール部を配置するという、ハイアラキシステムを構成している。このシステム構成の利点は以下のとおりである。

- (1) 情報量の多少、制御装置のデューティを考慮した最適システム構成が実現できること。
- (2) 保守性、経済性を考慮して適切な機能の分散化と情報の集中化とを行っていること。
- (3) 下位 DDC 機構、シーケンス制御機能をすべて《MELPLAC》により機種統一したこと。
- (4) すべてプログラマブルコントローラで構成しているため改造、追加などのシステムの拡張性がありフレキシビリティに富んだシステムであること。
- (5) 下位 DDC 機能は従来のミニコンピュータと違ってペーシックプログラムのない容易なプログラミングで処置でき、上位の計算機とは異なったレベルで操作できること。
- (6) 上位計算機との情報伝達また下位 DDC 間、及びローカルなプロセス入出力との情報交換を必要に応じて時分割多重伝送方式を適用して外線ケーブルの減少を図っていること。

なお PCCS 用計算機システムに関しては本紙記載の論文「鉄鋼プラントにおける分散形制御システム」を参照されたい。

### 3. 各種 DDC 制御

当社は主幹制御、統括制御、板厚制御、その他シーケンス制御のデジタル化を図ってきたが、プラントコントローラ《MELPLAC》の完成によりこれらの機能をすべて同一機種で DDC 化することが可能になった。以下に主として冷間圧延機の制御機能の中核となる制御について記す。

#### 3.1 主幹制御

主幹制御の機能は、各スタンドのスピードコン、加速パターン、最高圧延速度、通板しり(尻)抜速度、リール張力などの各種基準信号の生成及びサクセング制御、リールコイル径サーボ制御等を担当するものである。冷間圧延の場合は各スタンドの張力変動、板破断対策、及び通板尻抜作業の円滑な運用などの厳しい要求に答えねばならない。この主幹制御に対し従来は演算部分にアナログ演算器を、ロジック部分は制御リレーあるいは IC・NAND ロジックを適用してきた。しかしながら《MELPLAC》により全演算は DDC 化、プログラム化し演算器のドリフトの除去、設定時間の減少、高精度の設定、複雑高級演算の実現ができ、基準信号の精度としては 0.05% 以下、制御のサンプリング周期は全スタンドで 30 ms を実現している。

この DDC 化により従来複雑な回路構成をもった制御が容易に、かつ高精度で実現できた。

(1) 2重 MRH 方式 : 通板作業の能率化のために先行材の尻抜けと、後行材の通板とをラップしてできるようにミル全体速度を決めるマスタロスタット MRH を 2 台設け、それぞれの MRH を切替える方式。

(2) 最大トルクリール制御 : 同一の電動機容量で加減速パワーを有効に利用するためリール電動機の界磁を回転数が基底速度を超えるとき初めて界磁を弱め、常にリールモータの出し得る最大トルクが利

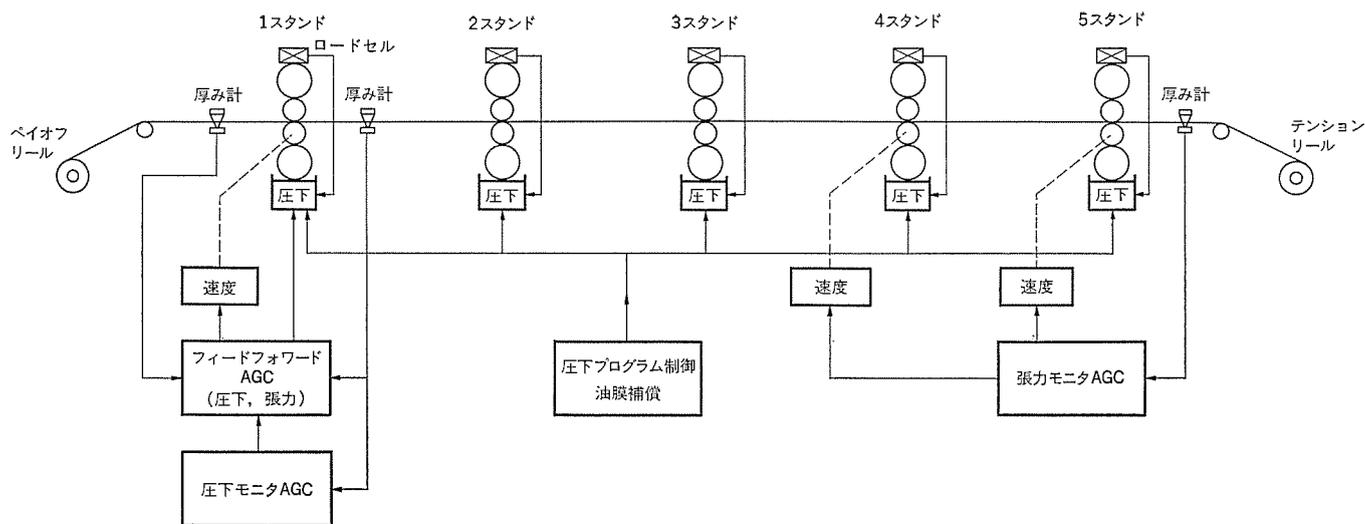


図 3. AGC システム

用できるようにし、スタンドの変加減速率制御と併用したリール制御方式。

(3) 変加減速率制御：基底速度以下では加速率を高め、弱め界磁範囲では加速率を抑え加速電流を一定とし、上記最大トルクリール制御と合わせて加減速率を引上げる制御方式。

(4) クッションスタート・ストップ：停止-通板-加速-減速-戻抜けをスタンド間の張力変動、あるいは板破断を生ずることなく円滑に行うようにスタート・ストップ時の速度指令を滑らかにする。

(5) インパクトドロップ補償：圧延材が圧延機にか(噛)み込む時の急激な負荷変動による速度低下を補償する機能。

### 3.2 AGC (自動板厚制御)

従来 AGC については数多くの解析、検討がなされており、その性能もある程度満足し得る成果を挙げている。しかし年々その要求も厳しくなり、それに対応する新技術が望まれている。当社は後述するダイナミックシミュレータによる解析、実フィールドでの結果を通して、AGC システムの新制御方式の確立と、それを有効にする AGC の DDC 化を行ってきた。

#### (1) AGC の最適なシステム構成

冷間圧延における AGC 機能は多々あり、これらをいかに有機的に結合するかは重要なことである。この点に関してシミュレータを用いて解析、検討を行った。その結果図 3. に示すような AGC システム構成を確立した。各機能の制御量、応答性を考慮し、上流スタンドでは主として圧下、下流スタンドにおいては張力を制御することを原則とし、またフィードフォワード制御の採用とそれに対するモニタリングとの効果的な結合を考慮したものである。

#### (2) 非干渉制御方式

多スタンド圧延では各スタンドの板厚、前後方張力、ロール開度等が相互に干渉しつつ圧延がなされる。したがって、制御を行う場合でも、これらの干渉により制御の有効性が阻害される。すなわち、単一入出力だけを考慮する制御側で AGC を行っても最適制御とはならず、制御動作時の非干渉化の実現は AGC 性能向上の大きな手段となる。図 4. に非干渉化 AGC のシミュレーション結果を示す。ここでは通常の BISRA 制御に対して非干渉補償ループを追加した例であり、板厚外乱 100  $\mu$  を加えた際の応答を示している。非干渉化 AGC は十分ダンピングがきき、整定時間も短いことがわかる (特許申請中)。

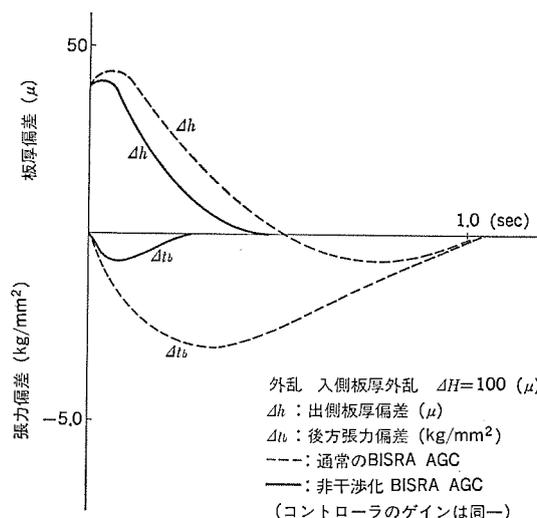


図 4. 非干渉化 AGC の効果

#### (3) 通板、加減速時の板厚制御

通板、戻抜け時には全張力が確立していないため、圧延定常時とは異なった圧延状態となり、その間の製品は厚肉のオフゲージとなる。このため通板時にはロール開度を定常時より小さくすることが行われるが、通板作業の噛み込みトラブルを生じやすい。この点を考慮して、通板、戻抜け時の張力確立の状況に応じてプログラム化されたロール開度の動作とその動作によるゲージ、張力のバランスを各スタンドのロール開度及び速度の調整によって同時に行う SPC 制御 (Screw Position Program Control) を採用している。

一方、加減速時には軸受油膜厚み、摩擦係数の変化が生じ、また低速域においては、板厚検出装置がロール直下に取付けられないために生ずる検出遅れ時間が大きいことにより十分な板厚精度が得られない。これに対して、フィードフォワード制御の採用、精度のよい油膜補償、摩擦係数補正の採用等により可及的速やかに製品板厚をオンゲージさせるようにしている。

#### (4) AGC ゲインのオンライン修正

AGC を円滑に行うには、その閉ループゲインを適正にする必要がある。しかし、その制御ループには圧延機及び圧延材料が介在するため、

圧延ロールの粗度、圧延材の材質、寸法による関数としてループゲインを決めねばならない。当社では、特定スタンドの入出側板厚偏差と圧下シリンダの移動量からその影響係数を測定、かつこれらを最小2乗法で統計的に処理し、AGCのループゲインをオンラインで修正する方法を試みている。

### 3.3 油圧圧下制御

冷間圧延機の高速、高応答性への要求は、圧下装置に対しては従来の電動圧下方式から油圧圧下方式への変換を促した。当社においてもこれまで多数の油圧圧下装置の制御を手がけてきた。その制御装置のハードウェアとしては、演算増幅器とリレーロジックに代わってマイクロプロセッサが採用されつつある。当社は、制御装置として《MEL-PLAC》を用いてDDC化を実現した。冷間圧延機用としては現在製作中を含めて22スタンドの実績を持ち、この内3スタンドが《MEL-PLAC》によりDDC化している。

このDDC化に当たっては、油圧圧下装置の要求する高速応答性を得るため高速の演算処理が必ず(須)条件であり、機能に要求されるデューティからその処理を最適に配分処理するとともに、全体的なスケジュールリングを行いサンプリング周期5msを確保した。これにより従来のアナログ制御と同等の応答性とDDC化による高精度を得ている。

### 4. 形状制御

冷間圧延における製品品質としては、ストリップ長手方向の板厚精度とストリップ形状(耳のび、中のびなどの鋼板の平たん(坦)度)の良否との2つの要素があるが、形状に関してはこれまでに有効な自動制御技術の確立には至っていなかった。その原因は主として圧延時にオンラインで形状を精度よく検出する装置がなかったことと、形状に影響を及ぼす因子の数が多く、複雑な因果関係が存在することであろう。当社は、精度のよい非接触式鋼板形状検出装置の製作実績を累積する一方、実フィールドにおける形状影響因子の長期間の測定、解析を実施し、独自の形状制御方式を確立しつつある。その特徴は以下のとおりである。

- (1) 圧延条件に応じて最適なベンディング量、ロールクーラント量の初期設定計算を行う。
  - (2) 圧延中は形状信号を非対称成分、2次関数成分、その他に分割して、非対称成分は圧下レベルング制御を通じて修正、2次関数成分はロールベンディングによって修正、その他をロールクーラントのゾーン制御で修正する。
  - (3) クーラントゾーン制御は、ワークロールだけでなくバックアップロールのクーラントをも制御する。
  - (4) クーラントゾーン制御は基本的には各ゾーンのクーラント弁を開閉させ、その開閉周期によって制御する。
  - (5) 圧延状況の変化、特に圧延による温度上昇を推定し、圧延進行に従って目標とすべき形状パターンを推移させつつ制御する。
- この方式を決定するに当たっては、ロールたわみの計算モデル、ロールの熱分布計算モデルを作成し、その解析結果を基にした。

### 5. 完全連続式圧延機

圧延コイル1本ごとの通板作業そのものをなくすためにパイオフロール、圧延機間にルーパとウエルダを設け連続的に圧延を進める完全連続式圧延機の採用は、内外を問わず増加するものと考えられる。更に、CPLなどの他のプロセスラインとの連続化も考えられ、この方式はこ

れからの設備の方向を示すものとして注目されよう。当社は完全連続式圧延機の電機品の実績を持つメーカーとして、更に進んだ技術を提供すべく努力している。その1例として、走間スケジュール変更に対しては変更点減速と走間スケジュール変更動作を同時に行う方式を開発した。これによる生産量の増加は、スケジュール変更1回当たりストリップ長で500m近くにもなる。

### 6. 圧延用直流電動機

圧延用直流電動機はこのプラントの性能を左右する重要な電機品であり、機械的、電氣的に過酷な使用に対処せねばならない。以下に冷間圧延主機用の直流電動機とそれに付属する回転数検出器のオーバハングPGについてその概要を記述する。

#### 6.1 圧延用直流電動機

この用途の電動機には中形標準SL形直流機とそれを越える仕様、定格トルク6~15ton・m(1,200~3,000kW)までのMP形直流機を適用している。両タイプ共にJEM-1157-2に準拠し、永年の豊富な製作経験をもとに最新の設計、工作技術を駆使した直流機である。この直流機は

- (1) H種絶縁の採用
- (2) 小形、軽量、低慣性
- (3) 整流能力の向上
- (4) ねじり振動トルクを考慮した堅ろうな構造

を基調とした設計を行い客先のニーズに答えている。このため特にSL形では

- (a) フラケット形軸受と多角形フレーム構造によるコンパクト化
- (b) H種真空加圧含浸の採用

MP形直流機では

- (a) 剛性ベットの採用による本体、軸受台の一体送付、据付け
- (b) H種ラジアル絶縁の採用

を行っている。

#### 6.2 高性能オーバハングPG

電動機の回転速度を検出するPG(Pilot Generator)は、その性能によって電動機速度制御系の性能を左右する。特に、圧延機用電動機では高精度、低リップルのPGが必要である。この圧延機用電動機のPGとして高性能の新形オーバハングPGを開発、実用化した。このPGは

- (1) 温度ドリフト ±0.5%
- (2) 直線性 ±0.1%
- (3) 電圧リップル(Peak to Peak) 0.08%

の高性能を有している。

### 7. ダイナミックシミュレータ

冷間圧延においては各スタンドの圧延荷重、ロール開度、入出側の板厚、前後方の張力、その他機械的諸因子、制御装置特性等の諸因子によって影響され、それらが相互に干渉しあう形で動くのが圧延のメカニズムである。したがって、制御系の構成、設計に当たってはこのメカニズムをは(把)握した上で行わねばならない。特にDDCの進歩とその採用により、複雑高度な演算を高精度、高速度で処理し得るようになった現在、このことは必要である。

当社は冷間圧延機のミル圧延特性、材料特性、制御系の動特性を解析し、各特性数学モデルをつくり、あらゆる状態における冷間圧延機の総合静動特性を模擬できるシミュレータを開発した。このシミュ

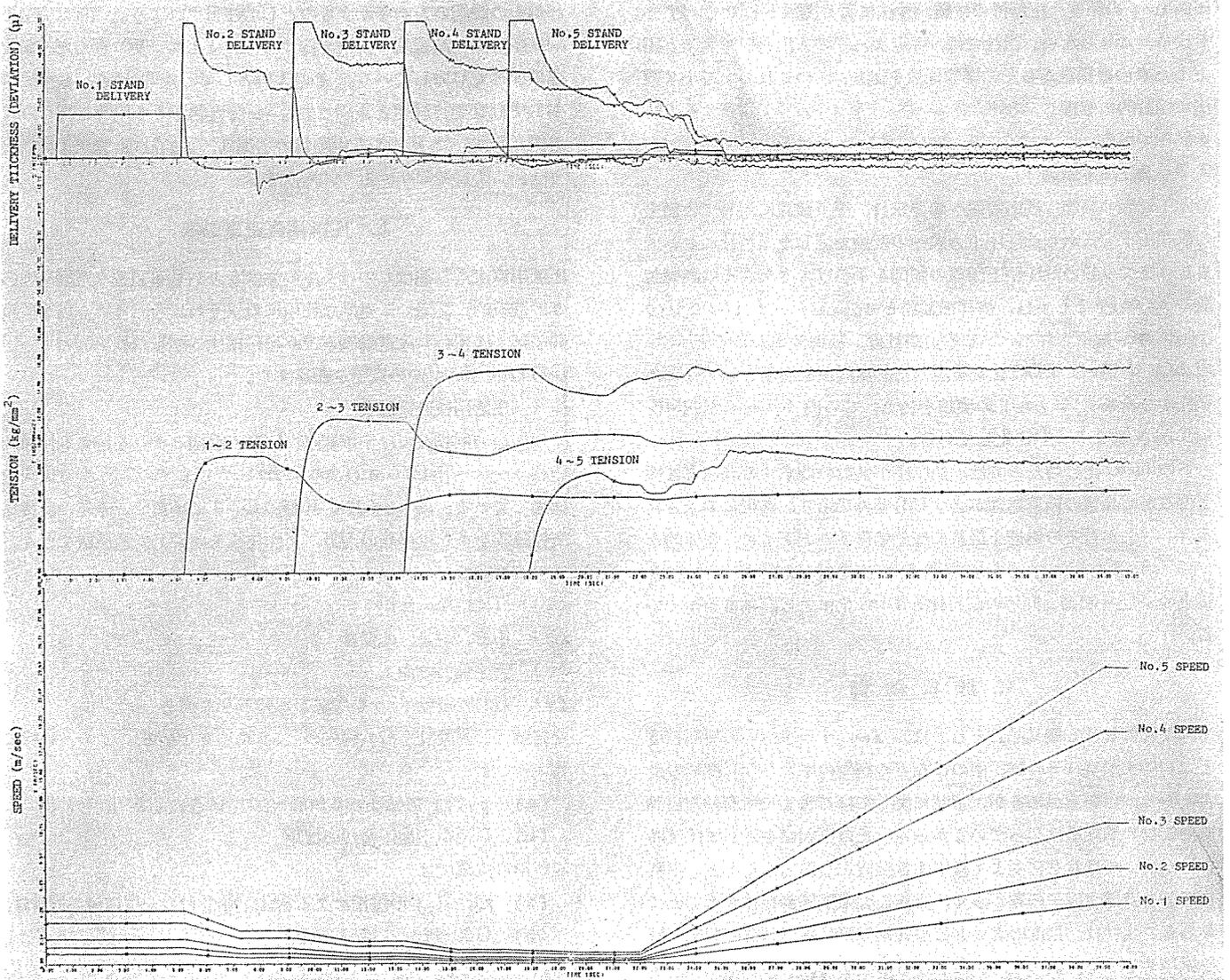


図 5. ダイナミックシミュレータによるシミュレーション例

レータの特徴は

- (1) 最新の圧延理論の成果をとり入れている。
- (2) 従来のモデルでは、シミュレートするのが困難であった通板、戻り、加減速時の圧延状況をも知ることができる。
- (3) 主機電動機、油圧下装置、電動下装置等、シミュレートされる装置について細部まで検討したモデルを作成している。例えば、電動機についてはその界磁制御部、速度制御系の電流ループ、電圧ループ、各種リミッタ、垂下特性等の細部まで、現実を忠実に反映している。
- (4) 圧延特性、ミルモータ駆動系、AGC、主幹制御部等個々の機能がブロック化され、組込まれているのでプラントの規模、シミュレーションの目的に応じて任意に適切なシミュレーションが可能である。
- (5) 制御系に関しては、設計基準値を指定するだけで各制御定数を計算するプログラムがあり、また、圧延スケジュールの初期設定計算プログラムもあり、任意の圧延状況を簡単に指定し、シミュレートすることができる。
- (6) 各スタンドのロール開度、速度、板厚等の因子の相互の影響を

任意の圧延状態で計算し、影響係数行列という形で数値化する機能があり、最適制御系構成の設計の手段とすることができる。

## 8. むすび

以上冷間圧延機用電機品の特徴について記述したが、ここ数年の進歩の傾向は、マイクロプロセッサの進歩とその採用による DDC と、制御システムにおける情報の集中化と機能の分散化、及びそれに合わせた制御の質の向上をめざした制御方式の実現であろう。このことは、冷間圧延を始めとする鉄鋼プラントの分野において、省力化、省資源化、省エネルギー化、高品質化がいち早くさげば、これを実現すべく対応してきた結果であるとも言える。

当社は総合電機メーカーとしてこのような技術進歩の動向に沿って、鉄鋼プラントのニーズに答えるべく新技術、新製品の開発、実現に一層努力する所存である。

最後にこれらのシステムの採用とご指導を賜った製鉄会社をはじめ関係者各位に深く感謝する。

# プロセスライン用電機品

松尾元幸\*・松山功武\*・手塚彰夫\*・片山夏信\*・三田喜久\*

## 1. ま え が き

鉄鋼あるいは非鉄金属を圧延機により圧延して帯状薄板（ストリップ）を製造の後、最終製品製造のためにストリップを炉の中で連続的に通過させて焼鈍する処理、ストリップ表面にめっきを施したりその他種々の表面処理工程を施す処理、そして最終顧客向けにストリップを切断する処理を施す設備。これらの設備をプロセスラインと呼んでいる。そして生産を合理化して、おのおのの設備は製造工程を連続作業化を行うために種々の機械が設置され、これらは現在、主として直流電動機により駆動されている。

近年プロセスラインは、設備の複合化・大形化・高速化により、一層付加価値を高める製造設備を志向している。当社は電機品についてもこれら製造設備に対応し、顧客の要望に答えるべく新技術を駆使し、システム設計を行い、電機品の製造を行っている。重要な点は、多彩なシステムとしてのノウハウの必要性が増大し、複雑化してきた設備に対応する必要がある。そのためにハードウェアは、信頼性と性能のより一層の向上と、保守の省力化が強く要望されている。

当社はこれら要求にこたえるべく、新システムを採用して好評を博している。その代表的な技術内容は、次のとおりである。

(1) ライン主幹総括制御をプログラムコントローラ《MELPLAC》を使用し、ソフトウェアにより実行している。使用するハードウェアは、はん(汎)用性を持ち、標準化しているため、部品数と種類の削減、無接点化に伴う信頼性の向上、故障率の低下並びに精度の向上を実現している。

(2) 主たるシステム構成は、プロセスコンピュータとプラントコントローラにデータリンク並びにリモートI/Oを採用し情報の集中化と機能の分散化を行っている。プロセスコンピュータとプラントコントローラ間は、情報の移動量が最小となるように機能割付けを実施し、プラントコントローラとライン間は、リモートI/Oによる並列多重伝送方式を採用して、システムの信頼性向上と、制御ケーブルの減少を図ることができる。

(3) 炉を有するプロセスラインの、プライド駆動用電動機は、炉の能力を基準とした操業すなわち、単位時間当たりの生産重量が一定となるように運転される。これらプライドルール用駆動電動機に、自動界磁弱め制御を導入することにより、設備の能力を下げることなく、電動機容量を低減させ平均力率を改善させ設備容量の最適化を図っている。

以下、当社のプロセスライン用電機品のシステム構成、主な制御機能概要、使用電機品の概要を紹介し、設備計画の参考に供したい。

## 2. 制御システムの構成

### 2.1 電機品の構成

先にも記したとおり、プロセスラインではストリップを連続処理するプロセスが多い。ストリップに一定張力を与え、せん速運転を行うために、その制御性能の良さから直流電動機が駆動用電動機に多く使用されている。プロセスラインの電気制御技術としては、この直流電動機をい

かに性能よく制御し、ストリップ処理のために最適な運転を行うかという1つの命題が与えられている。更にそれぞれのプロセスラインにおいて、いかなる加工処理を行うかにより各種電機器が必要である。

当社は、プロセスラインの心臓となるべきすべての電機品を製作している総合電機メーカーである。これら電機品を使い、より使いやすく、信頼性の高いプロセスラインとなるように制御システムを構成させている。設備の多様化、複合化に対応し電機品の規模も大きく複雑になってきているが、当社のプロセスライン用電機品における制御システムの基本的な考え方は、電機品の信頼性と保守性の向上及び高度なシステムへの適応性を維持・向上させることである。従来のプロセスラインの制御機能は、おのおののハードウェアで分割された構成より成り立っていたが、現在ではプロセスラインの主幹・総括制御部分をソフトウェアで実行し汎用性をもったハードウェアを適用し、標準化された機器を使用し部品数の削減に成功している。この用途に三菱プラントコントローラ《MELPLAC》を使用している。また制御システム構成に際しては機能を満足したうえ、設備費用が最小となるようにするのは言うまでもないが、機能・信頼性・応答性・保守性を検討し、機能に対するハードウェアの割付けを行っている。

### 2.2 全体制御システム

プロセスラインの制御機能を階層的に整理してみると

(1) 操業条件を設定するための計算を行ったり、生産状態を記録し監視する生産監視制御。

(2) 設定値を用いて、それに合致させて運転するためのライン速度基準・張力基準等を作るライン主幹制御。

(3) 運転員の指令に基づき、各種インタロックを組合せて各機械を制御する総括制御。

(4) 基準信号を受けて、各駆動機械を制御するレギュレータ制御の4部に区分できる。またこれらの制御機能を応答速度、取扱情報量、保守性、調査時の立上り時間を十分考慮し、情報移動量、プロセスインタフェースを最適化することを勘案すると、(a)上記(1)の機能は集中化が必要であり大量の情報量を記憶処理する必要性から、独立した計算機、あるいはプラントコントローラで実行させている。大形のプロセスラインでは制御用計算機（例えば《MELCOM 350-50》）を採用している。

(b)上記(2)、(3)の機能は、情報量は(1)に比し少ないが、計算ひん度、処理速度は高速なものが必要であり、プロセスインタフェースが設備機器とよく合っており、言語体系もよりプラント向きなPOLをもつプラントコントローラにより実行させ、かつ情報交換の多い機能群をまとめるために機能設備の地域別（例えば入側、中央、出側というように）に対応した機能の分散化を行っている。(a)の機種とコントローラ間はデータリンクされて、情報の交換を行うことができる。更にプラントコントローラと、プロセス間には時分割多重伝送方式のリモートI/Oとして《MELPLEX》を適用し制御ケーブルを大幅に削減できる。このシステムはローカルステーションをプロセスライン全域に分散設置し、

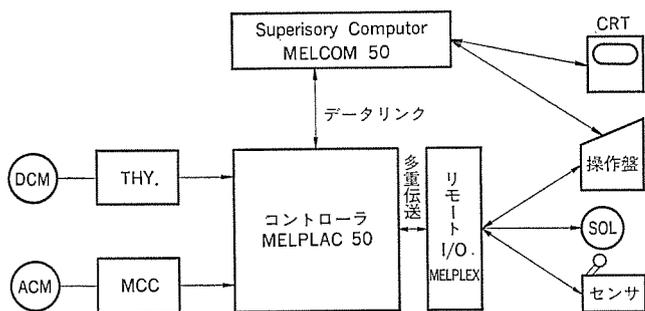


図 1. 制御システム概念図

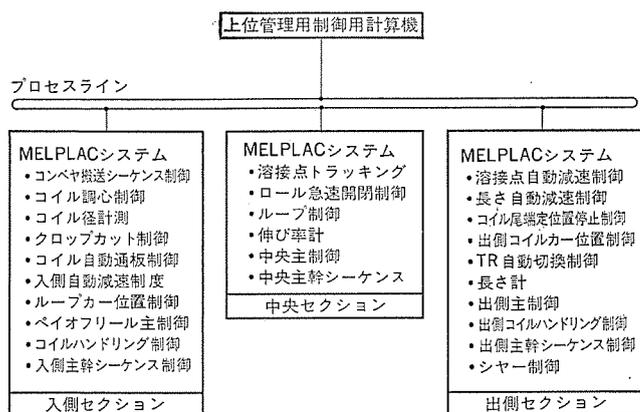


図 2. プロセスラインにおける《MELPLAC》自動制御システム適用機能例

操作盤のスイッチ類、検出器、電磁弁類と結び、ローカルステーションの間を 21 対のケーブルで接続し《MELPLEX》メインステーションに信号を送るようになってい

る。(c)上記(4)項は従来より主としてサイリスタレオナード装置のように、専用かつ標準化したレギュレータを採用している。以上説明したシステム構成内容を示すと図 1. のような概念になる。また上位管理用計算機とプラントコントローラの関係並びにプラントコントローラにより実行される機能の関係を図 2. に示す。

### 2.3 主幹制御システム

当社はプロセスラインにおいて 1974 年以來、主幹制御、総括制御、その他のシーケンス制御まですべてのコントロールのプログラム化を実施している。当初はシーケンス制御装置《MELSEC》並びに四則演算制御装置《MELMIC》を使用してこれら主幹、総括制御のソフトウェア化を行ってきたが、プログラマブルプラントコントローラ《MELPLAC》の出現により、1つの機種によりシーケンス制御と四則演算が可能である。《MELPLAC》はプロセスラインの全体制御システムの中核として、その持つ性能を十二分に発揮している。このシステムの特長は、

- (1) 標準的ハードウェアを使用するため部品の種類が従来より削減でき、機能的にはソフトウェアにより実行するため部品数が減少でき信頼性も向上している。
- (2) 制御のソフトウェアはプロセスラインの機能を十分考慮してユニット化、パッケージ化を完成しており、これらは蓄積財産として業界に貢献しているものである。
- (3) 現地試験調整段階において、新しい問題点の解決のために従

- 入側セクション速度基準設定
- コイルダイササーボ
- 慣性補償

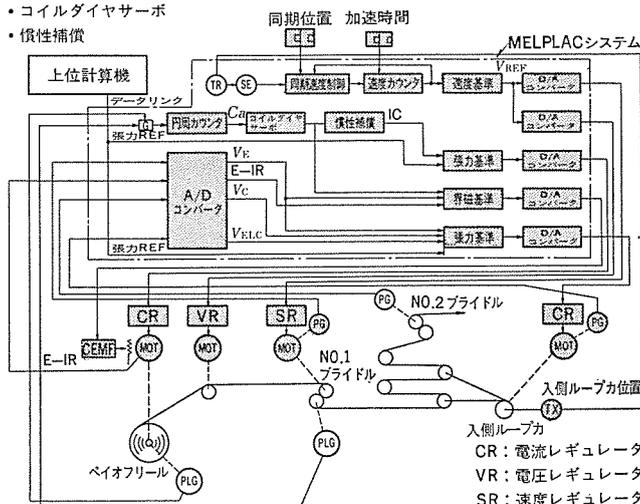


図 3. プロセスラインにおける入側セクション DDC 主幹制御システム

来の方式に比べ修正変更の自由度が大きい。

(4) 上位計算機との情報交換方式が従来の方式と比較して、容易である。

図 3. に 1 例として、プロセスラインにおける入側セクションの DDC 主幹制御システムのブロック図を示す。

### 3. 基本的制御要素の概要

プロセスラインにおける基本的な制御要素は、以下のものに大別される。

- (1) ラインの速度設定
- (2) 自動速度制御
- (3) 定張力巻取制御
- (4) 直接張力制御
- (5) ループ制御
- (6) ヘルパドライブ
- (7) 自動化

プロセスラインの種々の条件によっては、上記の制御をすべて必要とするとは限らないが、以上の各制御が主なものである。

3 章では、上記の制御のうち(2)、(3)、(5)、及び(7)の各項について最近の特色ある応用例を説明する。

#### 3.1 炉のあるラインの自動速度制御

焼鈍ラインのように設備の中央に、炉のあるプロセスラインでは中央セクションの処理量 (t/h) が一定になるように運転されることが望ましい。すなわち、薄板厚の場合は速度を上げ、厚板の場合は速度を下げて運転することが必要である。

この場合、板厚に対して張力は比例の傾向にあるから、自動界磁弱め制御を適用すれば、合理的なシステムが構成できる。

自動界磁弱め運転時のモータ間のロードバランスは以下のプライドルの制御の例のように、自動的にロードバランスをとるべきシステムが適用されている。この制御により、必要以上に大きな電動機容量の選定は不要となり、ラインの省エネルギー化、電源の高力率化を実現している。

図 4. に、処理量一定の場合の必要電動機容量の選定の概念を、また図 5. に上記制御方式のブロック図を示す。

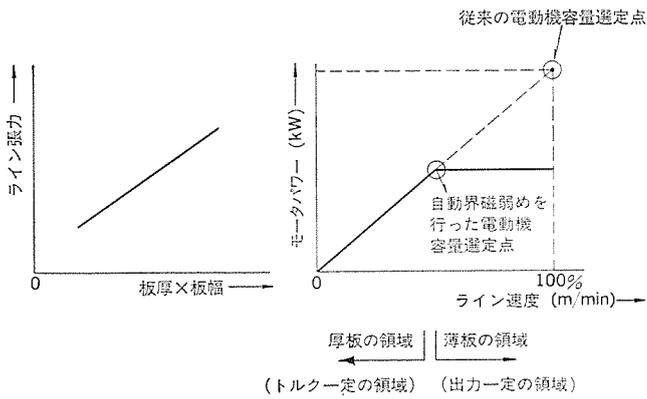


図 4. 処理量一定の場合の必要電動機容量

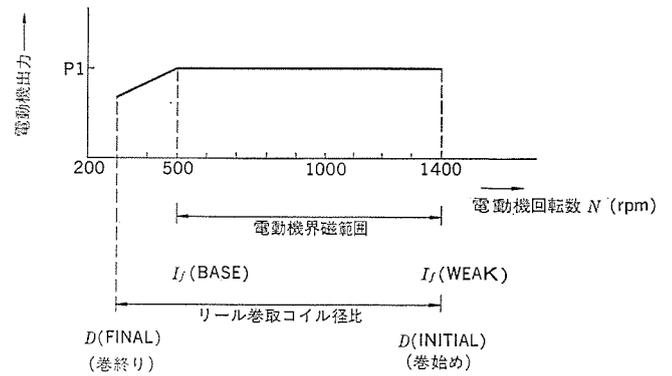


図 6. 回転数と出力の関係

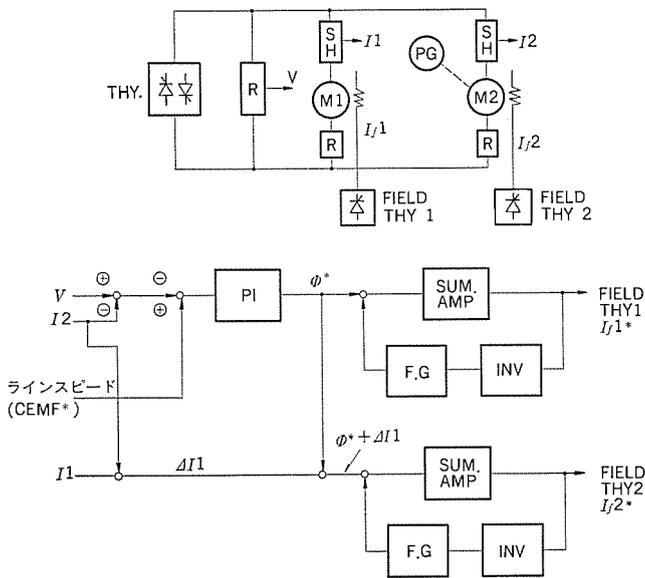


図 5. プライドル自動界磁弱め（ロードバランス付き）制御ブロック図

### 3.2 定張力巻取制御

プロセスラインではコイルの巻もどし、巻取りの作業は必要不可欠であり、作業性と他の理由から、巻もどしも巻取りも、その張力を一定にすることが要求される。

制御上からは、巻もどしも、巻取りも原動機が、発電機又は電動機となるだけの違いで同一である。原理を一言で説明すれば、定電流制御を行っている制御系の電動機界磁を巻取径に応じて変化させるものであるが、実際には、これに各種の補償コントロールが加えられている。

例えば、モータ主回路電流を補償する制御として、(1)加減速時の過渡状態の張力を一定に保つための慣性補償制御、(2)コイル巻始めの張力を強めるテーパー張力制御、(3)ストリップのペンディングロス、その他の機械的損失をコイル径に応じて補償する機械損失補償制御、等があげられる。

3.2 節ではテーパー張力制御の応用として、巻取コイル径比が電動機の界磁範囲より広い場合のリール制御を紹介する。

一般的に言って、コイルの巻終わりでは、コイルの巻始めほど巻取張力は必要とされない。したがってコイル巻取径比を  $D_{(INITIAL)}/D_{(FINAL)}$  とすると、界磁範囲、 $I_f \cdot \text{BASE}/I_f \cdot \text{WEAK}$  を次のように対応させられる。

$$\begin{cases} I_f \cdot \text{WEAK} : D_{(INITIAL)} \\ I_f \cdot \text{BASE} < D_{(FINAL)} \end{cases}$$

したがって、巻終わりに近づき、コイル径が  $D_{(FINAL)}$  に到達する前に界磁電流はその最大値 ( $I_f \cdot \text{BASE}$ ) に至ってしまう。しかしながらこの時、定電流制御を行ったまま、界磁電流を  $I_f \cdot \text{BASE}$  に保てばリール径が  $D_{(FINAL)}$  に近づくにつれて、電動機端子電圧がコイル径の増加に伴い電圧が下がり、電動機出力が低下しながら運転される。したがって自動テーパー張力制御を行ったことになる。図 6. に回転数と出力の関係を示す。「巻終わり テンション 減少可」という条件を効果的に生かしたものであり、電動機わく番選定及び設計上から、経済的なシステムになり特筆すべき事項である。

### 3.3 ループ制御

プロセスラインのループはその使用目的によって、ループ量や、その制御方法が異なってくる。

#### (1) ルーカ/ルータワーの制御

ルーカ/タワーの移動時の張力変動対策として次のような制御を適用し、著しい効果をあげている。すなわち、テンションルーの入、出側のセクションの速度信号を用い、いずれかのセクションが加減速を行っているような過渡状態においては、ルーカの制御系を速度制御系とし、定常状態になれば電流制御とする方式である。

#### (2) フリールー及びカタリコントロール

フリールーの制御には、空中のものには光電式、液中のものには、電磁式ルー検出器が用いられる。一般的に言って、ルーの深さのスパンに対する比が小さくなる程、系の安定度が低下し高速ラインでの制御の困難さが報告されてきた。この深さ/スパンの比の小さいものの例として、連続酸洗ラインの酸タンクカタリコントロールがあげられる。

この制御系は、上記のルー自体の物理的安定度の低さの外に、液中であることに起因するライン加減速時におけるストリップの“泳ぎ”がルーの見かけ上の高さを変動させ、制御を難しいものになっている。この不都合状態を改善するために、ルー貯蔵量をパルス発信機でとらえ、これを一定にする制御が適用されている。

酸タンクの入、出側プライドルにパルス発信機を設け、その入、出側のパルス列の差を積分して、ストリップ量をは(把握)する。この量を所定の量と比較し、常に一定となるように、入側のプライドルに速度補正信号を与える。この場合電磁ルー検出器は、ラインスタート時のカタリ高さの初期値を検出することだけに使用し、定常状態では、上述のデジタルコントロールによりストリップ量が制御される。したがって、電磁ルー検出器だけに頼る従来の方法におけるストリップの泳ぎに

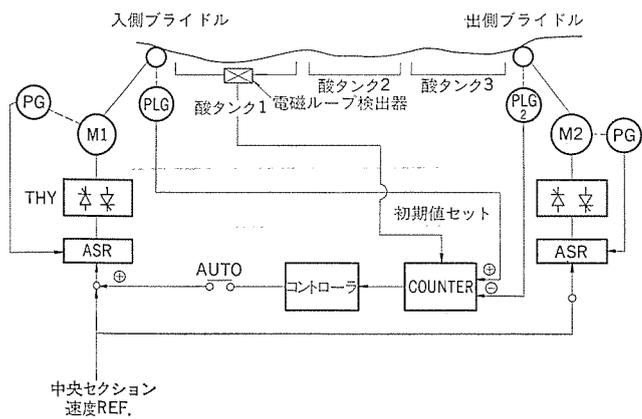


図 7. 酸タンクループコントロールブロック図

より制御困難が解消され安定したループ制御が実現できる。図 7. に制御ブロック図を示す。

### 3.4 自動化

最近の省力化、省エネルギー化の必要性から、プロセスラインはより高速化、多処理一本化の傾向にある。これに対し、制御面からは、マイクロコントローラによるラインの DDC 化により、より高度な制御技術が高信頼性を持って得られるようになってきた。

以下に主な自動化設備の例を列挙する。

- (1) 入側コイル幅、高さ調心
- (2) 入側自動減速及び自動停止
- (3) 入側ストリップ先端尾端の溶接機での自動停止
- (4) 溶接点トラッキング及び関連自動制御
- (5) 出側自動減速(溶接点・長さ・重量の各モード)
- (6) テンションリール自動尾端停止
- (7) シングルシートクラシファイア
- (8) シャーパイラ自動高さ制御
- (9) その他

なお、これらの自動化には、当社は多くの標準ソフトウェアを準備している。

## 4. プロセスラインの電機機器

プロセスラインでは、直流電動機をはじめ種々の電気機器を使用している。ここでは当社の直流電動機、溶接機及び溶融亜鉛めっき用セラミックポットの特長を説明する。

### 4.1 直流電動機

プロセスライン駆動用電動機は、高精度のせん速と広範囲の速度制御が必要なため、直流電動機が適用されている。当社は JEM-1170 の規格に準拠して、NEMA 規格を参考に標準仕様を作成し、一般工業用直流電動機《スーパーライン SD III》系列と《スーパーライン SM II》系列を製作している。《スーパーライン SD III》は脈動電流の多いサイリスタ電源を考慮し、磁路に完全積層構造を採用しており、外形寸法、 $GD^2$  値を小形化している。《スーパーライン SM II》は積層多角形方のヨークとし、これも SD III と同様に外形寸法、 $GD^2$  値を従来機に比べて大幅に低減しており、サイリスタ電源に対する平滑リアクトルは必要としない設計となっている。絶縁はいずれも F 種を標準としている。

### 4.2 溶接機(ウエルダ)

プロセスラインにおいて、連続作業を行うためには溶接は必要不可欠である。当社では、シームウエルダからフラッシュパットウエルダ、更にステンレス鋼の高速溶接機としてプラズママーク溶接機など特色ある各種プロセスライン用溶接機を製作している。溶接機の一部シーケンスをライン制御用コントローラに組込んで、最適なシステム構成とすることもできる。最新式 NMW 形フラッシュパット溶接機は、ストリップのハンドリングを十分に解析して機械構造を開発してある。また溶接電源には、半導体式インバータを用いた(矩)形波電源を供給することにより、溶接品質が向上し、溶接時間が短縮できる。この結果、溶接作業時間は従来形に比較し約 1/2 に短縮できるという特長を持ち、好評を博している。

### 4.3 セラミックポット(低周波誘導炉)

当社は、溶融亜鉛めっきライン用のセラミックポット(低周波誘導炉)を製作している。誘導加熱の周波数は商用周波を用い、1次コイルの入力回路にサイリスタを使用し、セラミックポットの温度制御を行っている。加熱コイル自体は単相負荷であるため、3相の各相間にバランスがとれるように接続するか、3相平衡装置を設けるかして、3相電力がバランスするように配慮している。また各加熱コイルには並列にコンデンサを入れて、力率改善を行っている。炉体の耐火物には、当社独自の開発によるキャスト耐火物を使用し、長寿命であることを最大の特長としている。

## 5. 将来への展望

国内では経済安定成長期を迎え、世界的にはオイルエネルギー価格上昇の一途をたどっており、省エネルギー、省力化という言葉がさげばれて既に久しい。鉄鋼生産過程の最終工程としての一翼を担うプロセスラインにおいても、省エネルギー、省力化の要求は強い。この実現のためには飛躍的な新技術の研究開発の必要性もさることながら、既存の技術を基礎とするきめ細かな詰めが必要である。当社はたえずこのための努力を続けているが、近い将来実現すべき問題として次の事項を考えている。

(1) プロセスラインは、設備の性質から全体が細長い構成になっており、外線ケーブルはこう長が非常に長く、全設備の中に占める投資比率が大きい。《MELPLEX》などの採用によりケーブル削減を志向しているが、更に遠方 I/O ステーションと既に開発済みのデータウェイ M DWS-500 の使用を推進していく。

(2) 今回 3.1 節で紹介した電動機容量の最適化のように制御方式により、省エネルギーあるいは投資額の削減に寄与できる応用技術を開発し実施していく。

(3) プロセスラインヘルパー電動機の交流化を行い、保守整備の省力化に寄与する。

以上が近い将来への展望である。

## 6. むすび

プロセスラインは、今後も更に研究がなされ、より付加価値を高めるための設備建設が進められると考えている。当社はプロセスラインの心臓となるすべての電機品を製作している総合電機メーカーとして、今後ともユーザー各位の要請に答えて期待に添いたいと考え努力を続けている。

## 1. ま え が き

製鉄製鋼のプロセスは広範囲な設備群の集合であり、制御される設備機器も多種多様である。これら設備群とそれを制御する電機品も時代のすう勢として環境保全、省資源、省力、製品の高品質化のため高度、複雑化を指向している。本稿では、最近の製鉄製鋼設備用電機品の動向を概観する意味で、製鉄原料、焼結、高炉及び製鋼の各工場に分けて、その制御システム中、最近開発又は応用されている新しい技術に焦点をあてて紹介するとともに、これらの設備においてプロセス制御レベルを担当するプログラマブルロジックコントローラ(PLC)の特色ある応用例について述べる。

## 2. 製鉄原料工場

### 2.1 積山形状検出装置

積山形状検出装置は、希望する積山の切出開始地点をCRT上で指示すれば、2台のITVを使用した三角測量法によって、リクレーマーム先端のホイールを切出地点に高精度で自動的に軟着地させる装置である。三角測量によるホイール部の水平旋回及び垂直ふ(俯)仰距離の3次元測距(特許出願中)に超音波検出器による近距離測距を併用した全天候形のシステムであり、衝突防止、山切れ検出機能などを付加して、すべてマイクロプロセッサで制御する。この装置により省力化、運転作業性と切出効率の向上が期待される(図1参照)。

### 2.2 コンベヤ総括制御

#### (1) 始点-終点制御

制御されるコンベヤ群の最上流機器と最下流機器の2点を選択する

ことにより、その中間のコンベヤ群は自動的に選択し、原料を切出口から目的地まで輸送するものである。従来、各系統ごとに運転停止スイッチを設けていた方式に比べ、操作スイッチの数が減り運転方法がシンプルとなる。この制御はPLCによるが、更に計算機からの系統運転指令とも結合する。

#### (2) トラッキング制御

コンベヤ上の原料の所在点を、ある輸送距離単位ごとに、常時追跡し監視しておく方式で、(a)コンベヤ上の異種原料混載防止、(b)輸送時間の短縮(コンベヤ上の原料払出後に次の原料の輸送を開始する従来方式に比べ、原料払出時間が不要)、(c)しょう(秤)量装置と組合せて高精度在庫管理が可能、などの利点がある。

## 3. 焼 結 設 備

### 3.1 交流可変速システム

焼結脱硫、脱硝設備用昇圧送風機や焼結クーラ排熱回収用送風機などは大容量電動機駆動で、高速領域での回転数制御が要求される。このような用途には、巻線形誘導電動機の2次電力を電源に返還回収して省エネルギーを図る静止セルビウスシステムが適する。図2は最近当社が納入した脱硝設備用の昇圧送風機用静止セルビウスシステムで、機械軸系の固有周波数が高速域において電動機の発生する6sfの脈動トルクと共振する懸念があるため、電動機2次側を12相のカスケード方式とし、電動機の脈動トルクを12sfとして機械系と電気系との共振を避けたことを特徴としている。

### 3.2 排ガス処理

環境問題については多くの努力が払われている。排ガスについては、亜硫酸ガスなどの排出許容基準が定められて、常時監視されるとともに、基準内となるよう各設備が運用されている。このため、亜硫酸ガス(SO<sub>2</sub>)、窒素酸化物(NO、NO<sub>2</sub>)などのガス濃度測定器が種々出現しており、当社でも煙道ガス測定器を製作し多数の納入実績がある。焼結工場においても煙道ガス測定器が設置され排ガスの常時監視が行われているが、ここでは排ガス処理設備への煙道ガス測定器応用システムについて述べる。なお、制御装置

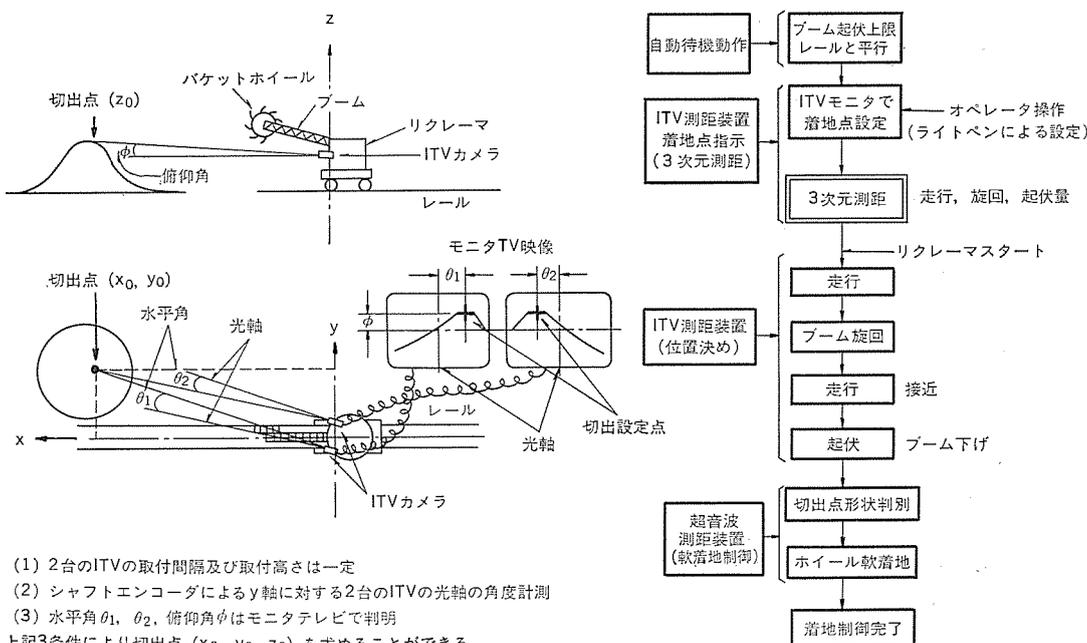


図1. 積山形状検出装置原理説明図

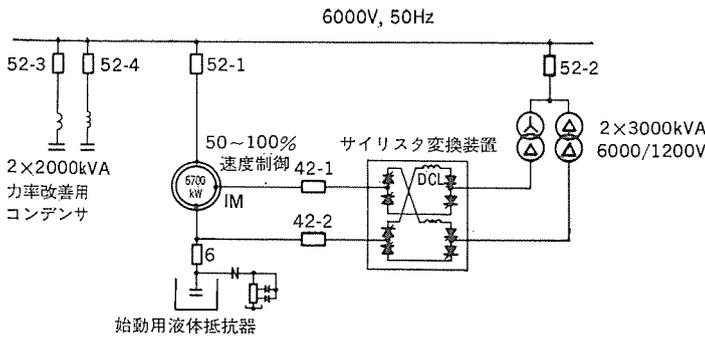


図 2. 静止セルビウスシステム単線図

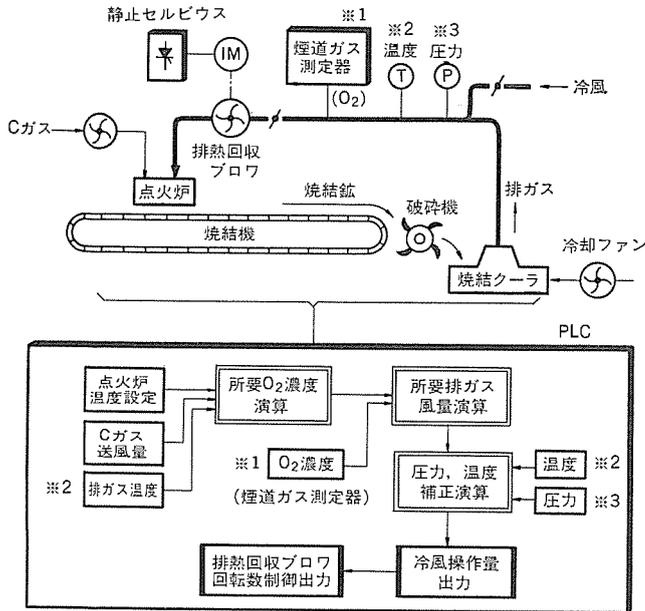


図 3. 焼結クーラ排熱回収排ガス制御システム図

には PLC を採用して DDC 制御を行う。

(1) 焼結クーラ排熱回収

焼結クーラの排熱を点火炉燃焼効率向上のために利用するとともに、高熱粉じん(塵)を含んだ排ガスの再燃焼を行う設備で、省エネルギーシステムでもある。煙道ガス測定器により、クーラ排ガスと外部取り入れの空気による混合ガス中の酸素濃度を計測し、温度及び圧力条件を加味して、点火炉が要求する所要排ガス風量を決定する。この排ガス風量は冷風量操作と排熱回収ブロウの回転数制御により確保する。従来、排熱回収ブロウの回転数制御と冷風量操作は排ガスの温度をパラメータとして行われているが、このシステムは燃焼パラメータとして煙道ガス測定器による酸素濃度を付加することにより、点火炉の最適風量制御が可能となる(図3.参照)。

(2) 脱硫、脱硝設備の還元剤添加量制御

焼結設備の排ガスは昇圧ブロウによって脱硫、脱硝設備へ導かれ、加熱炉で昇温された後、還元剤が添加される。更に反応器内の触媒と接触することにより化学反応が行われ、対象ガス成分が除去された後に大気へ放散される。還元剤添加量は排ガス内の対象ガス量に対応すべきである故、まず昇圧ブロウの回転数により排ガス総流量を算出する。次に、煙道ガス測定器による NO、NO<sub>2</sub> あるいは

は SO<sub>2</sub> の検出濃度より、各対象ガスの絶対量を演算し、これに圧力及び温度による補正を行って還元剤の必要添加量を決定し、最終出力として還元剤添加弁の操作量を制御する。これにより、還元剤の最適添加量制御が可能となる。

4. 高炉工場

4.1 高炉送風機用電動機のサイリスタ始動方式

当社は高炉送風機用電動機の始動方式として、従来多くの MG 低周波同期始動方式の実績を有しているが、昭和 50 年に納入した 52 MW 同期電動機始動用 10 MW、11 kV のサイリスタ装置はこの種のサイリスタシステムとしては世界初のものであった。引き続いて昭和 52 年には 57 MW 同期電動機始動用として、14.5 MW、11 kV のサイリスタ装置を納入した。いずれも現在順調にか(稼)働しており、当社では高炉送風機用電動機にはサイリスタ始動方式を標準としている。

(1) サイリスタ装置の構成と動作

サイリスタ装置は交流電力を直流に変換する順変換器と、直流電力を電動機の回転数に応じた周波数の交流電力に変換する逆変換器より構成しており、逆変換器は電動機軸端に取付けた分配器からの信号により制御し同期電動機をいわゆる無整流子電動機として始動させる。同期電動機は約 10 分間で同期速度近辺まで加速した後、加速制御回路にせん(揃)速装置からの信号を付加し、電動機の周波数が電源の周波数よりも 0.1 Hz だけ高くなるように高精度揃速制御を行う。電動機側と電源側の位相差が予定値に達すると主しゃ断器を投入し、電動機は電源に併入される。サイリスタの 1 次、2 次しゃ断器はサイリスタ電流を零にした後、開となり始動完了となる(図 4. 及び図 5. 参照)。

(2) サイリスタ始動の特徴

この方式は従来の MG 方式に比べ、次のような特徴を有する。

- (a) 加速中の同期外れがない。
- (b) 速度精度抜群のため過速度の心配なく揃速制御が良好。したがって同期併入時のラッシュ電流がほとんど無い。
- (c) 静止機器であるゆえ摩擦部分がない。
- (d) MG 方式に比べ静止機器のため基礎が簡単。

4.2 炉頂圧発電

省エネルギー対策として脚光をあびている炉頂圧発電設備は、高炉ガスのもつ圧力エネルギーによってタービンを回し、それに直結された発電機によって、高炉ガスのもつエネルギーを電気エネルギーとして回収するものである。発電機としては同期発電機(SG)又は誘導発電機

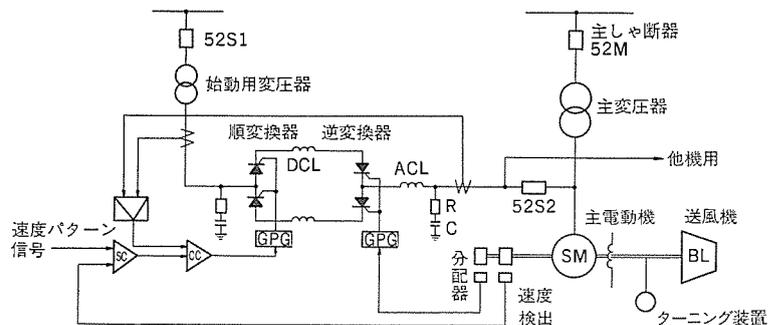


図 4. 同期電動機のサイリスタ始動方式

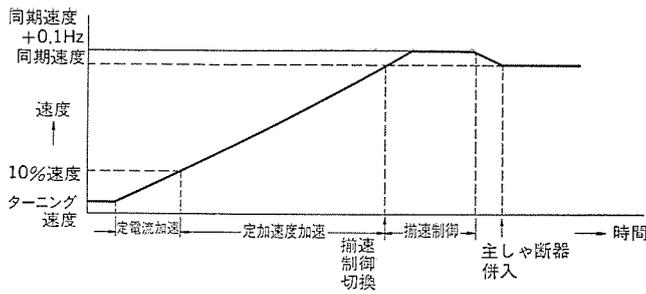


図 5. サイリスタ始動の加速パターン

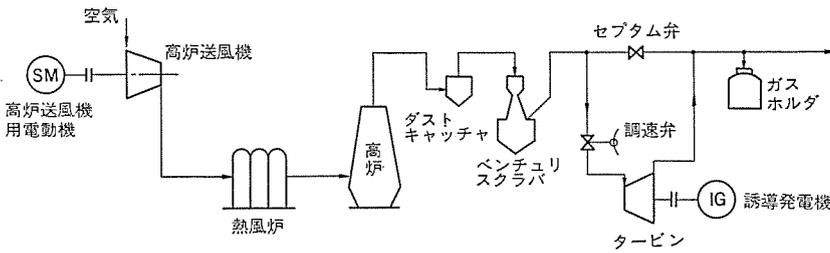


図 6. 高炉炉頂圧発電設備図

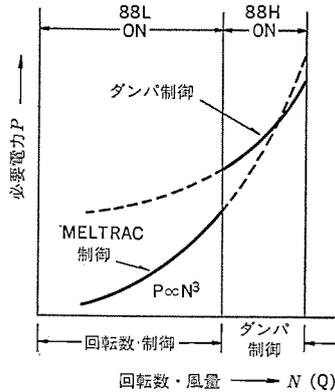


図 7. 《MELTRAC》による風量制御

(IG) が考えられる。SG は単独、並列運転が自由であり、また励磁量の調整などにより系統電圧の調整が可能である。一方、IG の場合は単独での発電はできず系統の力率を低下させることにはなるが、製鉄所のように電源系統が大きい場合はさほど問題とならず、SG に比べ(a)小形軽量、(b)安価、(c)保守容易、(d)励磁装置がないため機器構成が簡単で原動機出力の変動にも関係ない、などの特徴を有するので今後の使用拡大が期待される。当社は昭和 53 年にこの設備用として、16,500 kW、2 極の世界最大級の IG を製作納入している (図 6. 参照)。

#### 4.3 《MELTRAC》システム

このシステムは交流電動機の 1 次側に可変電圧可変周波インバータ (VVVF) を設置し、その出力電圧、周波数をある一定の関係で制御することによって電動機の回転数を制御するものである。このシステムの最適なる適用は、送風機のように所要動力が回転数の 3 乗に比例し、しかも運転時間の大部分が低風量域であるような場合である。したがって、高炉炉床集塵、

コークス炉集塵、転炉 2 次集塵、転炉 OG 装置などの送風機に最適である。高風量域では商用電源とダンパ制御を併用し、低風量域では VVVF 制御とすれば、低風量域での必要電力は非常に小さくなる ( $P \propto N^3$ ) ため VVVF の容量も小さくてすむ。すなわち、《MELTRAC》システムを採用すれば、大きな省電力が可能となる (図 7. 参照)。

## 5. 製鋼工場

### 5.1 転炉傾動、ランス制御

製鋼工場において中枢となる転炉、ランス設備はその性質上、電機品に対しても信頼性があり、かつ非常時のバックアップ設備が考慮される。転炉傾動については、炉 1 基につき電動機 4 台駆動で 3 台でも連続運転可能な方式が一般的である。傾動角制御はランス昇降制御と同じく PLC による DDC 制御を行う。プロセス制御レベルを分担する PLC は上位レベルの計算機と結合し、傾動角、ランス位置などの制御指標を受信し設備の制御を実行する。非常時のバックアップ装置は、予備用サイリスタ装置と

停電時のバッテリー装置及びリレー制御装置を骨子とし、通常時の制御装置と合わせて 2 重化システムを構成する (図 8. 参照)。

### 5.2 真空脱ガス

真空脱ガスは鋼中に含有された水素、窒素、酸素の除去を目的としたものであるが、DH 法及び RH 法は主に転炉と組み合わせられ、極低炭素鋼製造のための真空脱炭、高級鋼の成分、温度の微調整などかなり多目的に使用され、その設置が増加している。その設備系統を区分すれば DH 法、RH 法ともに、合金鉄輸送、合金鉄切出添加、真空排気、水処理及び取なべ(鋼)昇降移動の各系統に大別される。これら全系統は PLC で制御され、合金鉄添加の秤量切出しは DDC 制御となるが、1/200 以内の秤量切出精度要求を満足させるため、PLC は高速演算機能を有しなければならない。また、多数のバルブ制御を伴う真空排気、水処理系統では所定のシーケンス通りにバルブ類が動作しない場合、PLC のソフトウェアによりそれを検知し、警報、印字する設備異常診断機能を付加する (図 9. 参照)。

### 5.3 溶銑脱珪

転炉の製鋼能力を上げるため溶銑中のけい(珪)素分を低下させることが有効とされ、溶銑脱珪設備が設置されはじめた。高炉から出銑された溶銑は混銑車で製鋼工場へ運ばれ溶銑レードルに移載される

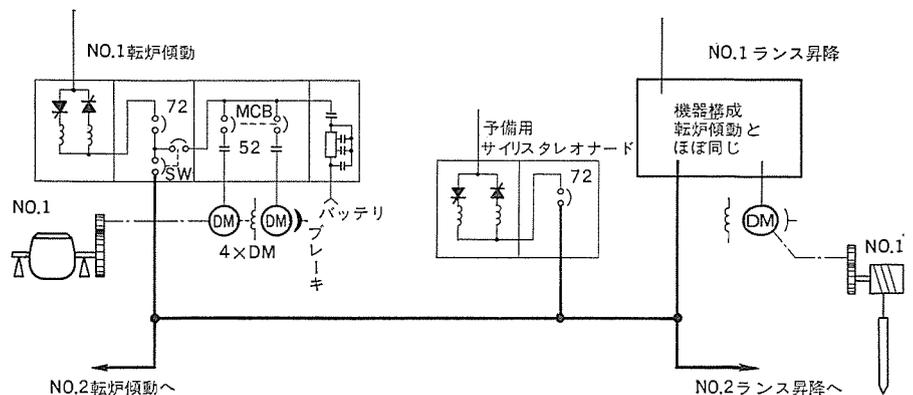


図 8. 転炉傾動、ランス電機品システム図

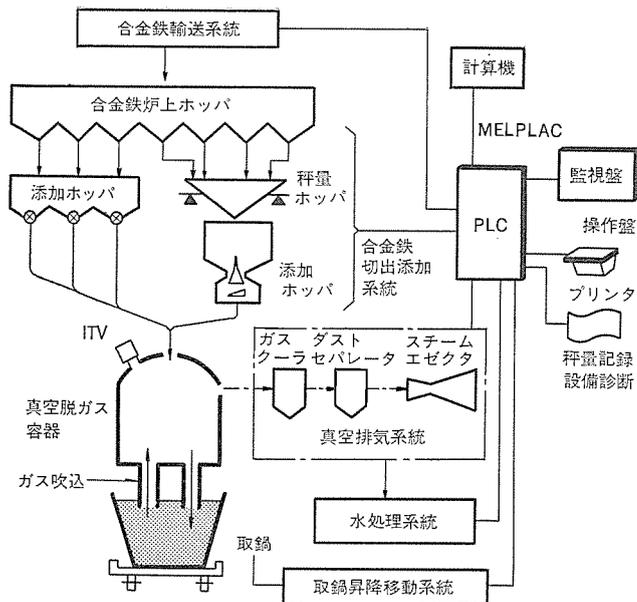


図 9. RH 真空脱ガス設備制御構成図

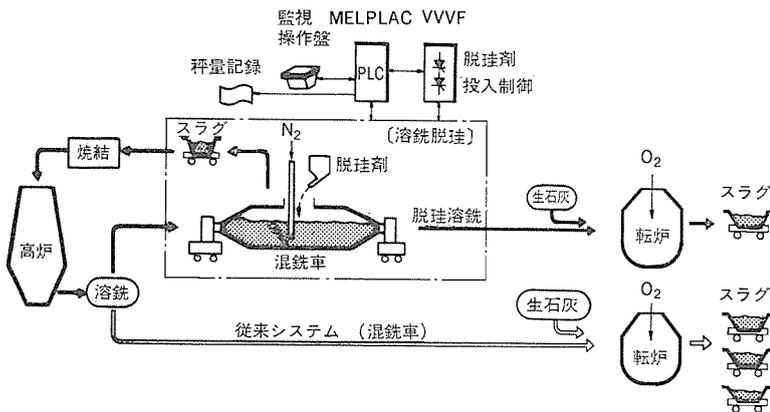


図 10. 溶銑脱銑設備制御構成図

が、この設備は溶銑のレードルへの移載前に混銑車内の溶銑を脱銑するものである。この設備は PLC で制御を行うが、脱銑剤の秤量ホッパへの連続補給と投入量制御が重要であり、DDC 制御となる。脱銑剤の連続補給は、空量の秤量ホッパを探索して輸送コンベヤの自動発停を行う方式とコンベヤのトラッキング制御により行う方式とがある(図 10. 参照)。

#### 5.4 取鍋スライディングノズル制御

取鍋スライディングノズルは造塊設備において、取鍋内の溶鋼を鑄型へ注入する差動式開閉装置であり、溶鋼の流量及び流速を決定するためにも重要な装置である。従来、この装置には油圧式が採用されてきたが、操作、安全及び保守性の面から電動式へ移行する傾向にある。以下に電動式スライディングノズル用電機品の特徴について述べる(図 11. 参照)。

##### (1) 耐熱形機器の採用

約 1,600°C の溶鋼を対象とするため、電動シリンダ、差動トランス、コネクタなどの取鍋への取付機器は耐高温形が要求される。

##### (2) 安全対策の完備

通常は電動機と PLC により制御するが、開放注入防止のためバックアップ用としてエアモータ及びリレー制御による手動回路の 2 重化装備が要求される。

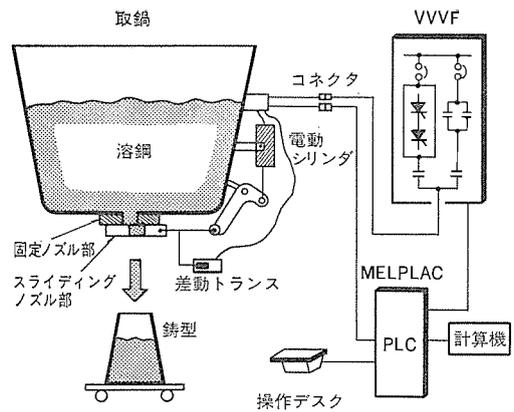


図 11. 取鍋スライディングノズル制御構成図

#### (3) 高精度の開度位置決め制御

差動トランスによるノズル開度値(温度センサ入力により PLC で温度補正を行う)及び取鍋内溶鋼秤量値を入力として高速演算機能を有する PLC で DDC 制御を行うことにより、注入溶鋼の高精度流量及び流速制御が可能となる。基本的な開閉制御は、開度設定値と現在値によるフィードバック制御である。また、ノズルの位置ずれ対策として開度現在値を自動補正するとともに、開閉動作のタイムチェックを行う。

#### (4) 可変速制御装置の採用

電動シリンダ用駆動モータとしてメンテナンスが容易で堅牢な交流かご形誘導電動機を採用し、その制御装置としては急激な加減速、可逆運転などに高速応答可能な電流形インバータ方式の VVVF 制御装置が最適である。

#### (5) 計算機制御の導入

計算機から制御情報を PLC へ入力し、PLC による最適流量及び流速演算を行うことにより、手動介入なしで最適自動開閉制御が可能である。

### 6. PLC によるプラント制御システム

製鉄製鋼各工場の制御システムは階層制御方式に構成されており、その最下位レベルに位置するプロセス制御を担当するコントローラとして、当社の《MELPLAC》シリーズを典型とする PLC が適用される。プロセス制御レベルの従来形制御装置が、リレー盤、ワイヤードロッグ形 IC 制御盤、DDC ミニコンなどで構成されるのに対して、PLC はこれらの機能を包含し更に制御機能高度化の要求に答えるものである(図 12. 参照)。

#### 6.1 信頼性の向上とバックアップシステム

PLC 固有の信頼性は制御素子の LSI 化により従来方式に比べて向上しているが、偶発故障発生にどのように対処するかという観点からのシステム設計は重要である。この点から PLC のバックアップシステムの考えが生まれるが、その思想は人間及び設備に対してフェイルセーフであることと操業ダウンタイムの極小化にある。PLC のバックアップについて次のことを考慮している。

##### (1) 非常停止回路は外部ハードウェアでバックアップする。

(2) 重大故障検出から機器停止に至らしめる、いわゆる絶対インタロック回路は外部ハードウェアでバックアップする。

(3) CPU (電源及びメモリを含む)の故障バックアップとして CPU の 2 重化システムの採用を検討する。2 重化システムの考え方には、例えば自動及び主幹制御レベルを PLC で負担し、手動制御レベルを

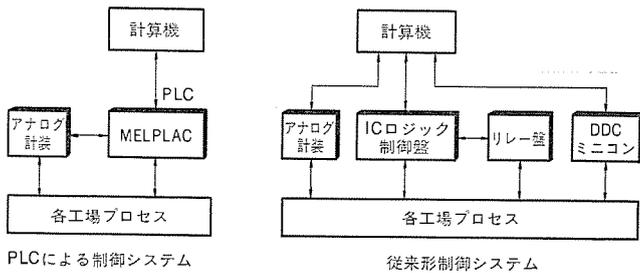


図 12. PLC 及び従来形制御システム 構成図

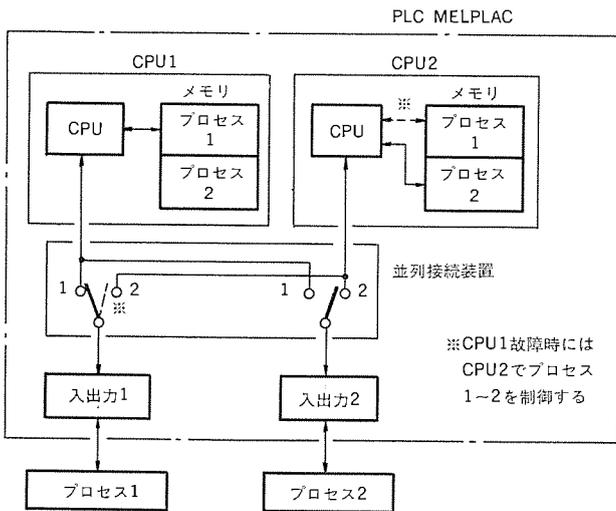


図 13. PLC の CPU 2 重化システム例

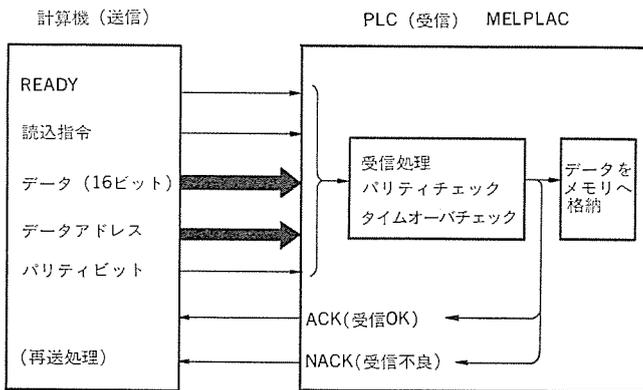


図 14. 計算機から PLC への データリンク 方式例

リレー制御装置で分担するという、制御レベルで区分した異種の制御装置を適用するという考えが底流にある。しかし最近では、このようなリレーシーケンスによる大規模なバックアップシステムよりは、PLC 個々の信頼性の向上に伴い同一 PLC で手動制御レベルまで制御し、制御システムの簡略化とハードウェア部品数減少の効果によりシステム信頼性の向上を図る傾向にある。すなわち、プロセス制御レベルでの全面的な PLC の適用に当たって CPU の 2 重化によるバックアップを検討するのであるが、その適用はプロセスの要求を満足する方向で各設備ごとに検討すべきものである。図 13. は CPU 2 重化システムの 1 例を示すものである。

(4) システム故障検知の充実を図る。プロセスの誤作動及び誤操作の検知は、PLC のソフトウェア設計により、ある程度実現できるものであり、この検知情報を基に操業ダウンタイムの縮減が可能であるようなシステムとするよう考慮せねばならない。

## 6.2 計算機とのデータリンク方式

PLC の分散化制御システムの場合、計算機と PLC のデータリンクはデータウェイを介して行われることが多い。ここでは、計算機と PLC のそれぞれのプロセス入出力を介して、直接データリンクを行う方式について述べる。

PLC 《MELPLAC》シリーズは、ソフトウェアの柔軟性を生かして、計算機が要求するデータリンク方式に合致させることが可能であるが、PLC はプロセス制御が第 1 の分担範囲であり、計算機とのデータリンクのために PLC のプログラム容量の多くを使用することは得策ではない。この点から PLC のデータ受信処理は割込処理を避け、PLC 個々の繰返しサイクリック演算時間に合致した処理としてシミュレーション化することが望ましい。また、通信データは BCD 化するなどして、メンテナンス上有利となるようにする必要がある。図 14. に計算機から PLC への 1 例を示すが、この例図では PLC が発信側となる場合も同等であるので図示しない。

## 7. むすび

以上、製鉄製鋼用電機品の最近の動向を概観する意味で、各工場ごとの特徴ある制御システムについて述べた。設備の高度、複雑化指向に呼応して電機品もその制御機能の向上と、より優れたシステムの開発が必要である。当社は総合電機メーカーとして、電動機、計算機、プラントコントローラなどはもとより、本稿で紹介した積山検出装置及び煙道ガス測定による排ガス処理制御システムなどの新しい技術分野にも努力を続けて、ユーザー各位の要求に答えたい。

(昭和 54-11-22 受付)

## 参考文献

- (1) 佐竹 隆 氏：最近のクレーン自動化システムの動向，三菱電機技報，50，No. 4 (昭 51)
- (2) 羽深 隆 氏：三菱煙道ガス測定器 SA-401 形，三菱電機技報，50，No. 8 (昭 51)
- (3) 藤井 隆 氏：高炉送風機駆動用同期電動機のサイリスタ始動方式，三菱電機技報，50，No. 4 (昭 51)
- (4) 栗田 隆 氏：三菱 TRAC システム(風水力機器の省エネルギー運転方式)，三菱電機技報，53，No. 4 (昭 54)
- (5) 石 隆 氏：転炉副原料合金鉄輸送投入設備への《MELPLAC》50 の適用，三菱電機技報，52，No. 3 (昭 53)
- (6) 岩永 隆 氏：プラントコントローラ《MELPLAC》10，三菱電機技報，53，No. 2 (昭 54)
- (7) 真鍋 隆 氏：プラントコントローラ《MELPLAC》50 の方式とソフトウェア，三菱電機技報，51，No. 3 (昭 52)
- (8) 渡辺 隆 氏：鉄鋼業分野における工業用計算機システム，三菱電機技報，52，No. 9 (昭 53)

## 1. ま え が き

クレーンは3次元搬送機であることや、用途の万能性からあらゆる業種に広く利用されているが、特に重量物を扱う製鉄所内の搬送ではクレーンが重要な役割を占め一構内の設備総数が数100台にのぼることも珍しくない。

昭和30年代以降、我が国鉄鋼業における省力化、無人化のための設備新鋭化は目覚ましくこれが急成長の主因になったことは周知のとおりであるが、その盛んな時期を経て今日までクレーンの運転は旧態のまま取残されている。近年、鉄鋼業をとりまく周辺条件は原燃料費や人件費の高騰、環境管理に関する社会的配慮など、より厳しさを増しておりそれへの対応として新たな合理化手段が求められている。

クレーンに関していえば4直制の工場では1台当たり4～8名の要員を必要とするが特に多数のクレーンが集まっているヤードではクレーンの要員比率の高さがクローズアップされており、とりあえずは玉掛作業者の節減などのかたちでヤード操業の合理化がなされてきた。昭和51年、我が国某製鉄所では新熱延工場建設にさいし近代化から取残されていたスラブヤードとコイルヤードを無人化することに決定した。当社はそのヤードの自動運転システムを受注し昭和54年初頭に完成をみたのでこの機会にヤード自動運転システムの概要を紹介する。

自動運転システムの開発課題はクレーンの無人化であった。自動化ヤードでは台車やコンベヤの無人運転技術も重要であるがこれらは既に実績もあり、また流用可能な新技術も完成している。しかしクレーンに関しては限定された仕様で少数の実施例があるのみであった。むしろクレーンの無人運転は安全性への危ぐから技術開発への取組姿勢は一般に消極的であった。特に重量物搬送ではさ細なミスが重大な損壊や危険につながるおそれがあるのでクレーンは厳重な安全監視のもとに運転されるのが常である。無人運転はすなわち盲目運転であって従来の常識からすれば安全確保への懸念が大きく、無人化へ

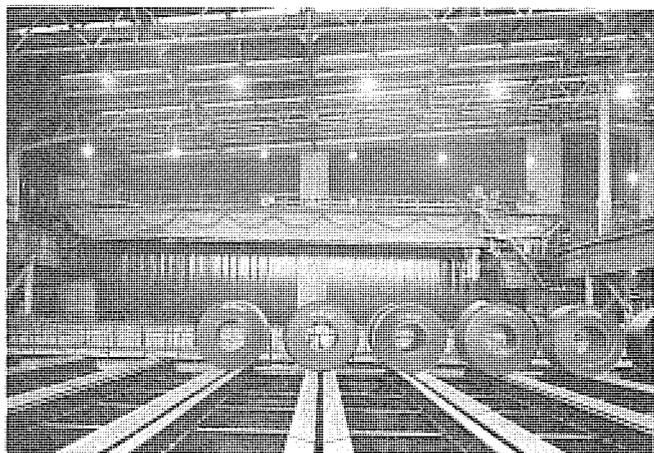


図1. ヤードクレーン

の大きな障害になっていた。幸いにも当社は早くからクレーン制御の将来像をいち早く察知し自動化機器の開発に心がけていたので今回のヤード自動化の要請に答えることができた。

本文では以下にクレーンの無人運転を中心に記述する。ただしヤード自動化は群制御技術、移動体通信技術、ヤードレイアウトの合理的設計等の相乗の効果で達成されたものであることを付記しておく。なおクレーン用システムコンポーネントのハードウェアに関する記述は本誌昭和51年4月号に掲載されているので本文では意識的に省略した。

## 2. 鉄鋼ヤード

製鉄所内のヤードには原料貯蔵を目的とした原料ヤード、生産調整を目的とした中間ヤード、出荷調整を目的とした成品ヤードとがある。原料ヤードは後2者とは使用するクレーンのタイプも異なり、また制御方式も異なるので本文の範囲から除外した。

中間ヤード、成品ヤードのいずれも形態は平置倉庫で通常5～10台の天井走行クレーンが設備されている。

我が国の鉄鋼業は大形新鋭設備による量産効果を追求する一方、多品種少量の注文形態に依っているので成品ロットは量産志向に反して小さく、これらの小ロットを集合して大形設備を有効利用するにはきめ細かい操業管理を行わねばならない。

ヤードは大形化、複雑化した一貫ラインの中にあつて生産調整や出荷調整を目的に運営されるもので、置場という静的なイメージでなく、より動的な機能をもつものである。従来形ヤードでは貯蔵容量の大きさと調整機能を備えているが合理化を意図したヤードでは経済的貯蔵量で調整機能を満たさねばならない。

ヤード機能の下面は丁度一般自動倉庫が物の流通経路の核に位置して複雑な物流をコントロールするのに似ている。しかし他面、

- (a) 貯蔵機能よりも調整機能が重視される。
- (b) 前後プロセスから与えられる搬出入要求に即応する。
- (c) 最大40トンにも及ぶ重量物を取扱うので安全面での高い信頼性が必要。

の諸点で一般自動倉庫と相違する。

## 3. 自動運転システムの基本思想

ヤード合理化の目標は、

- (a) 徹底した省力化
- (b) 調整機能の向上
- (c) 即応性の向上

である。自動運転システムは以上を実現する有効な手段でなければならない。

まず省力化に関しては搬送機の自動運転装置と群制御計算機を適用してヤード内の全搬送機を無人で運行せしめヤードから作業員を完全に排除する。ヤードの運営は中央の監視員1名で十分である。

調整機能や即応性の向上にはヤード操業のリアルタイム性を強化する。このためには

(a) ヤードと上位管理部門は情報的に直結すること。

(b) 種類の異なるヤード作業を時分割的に実行できること。が必要である。この2点により作業実施のタイミングが適正化されてヤード運転効率が向上し、結果として貯蔵量の縮減、調整機能の向上、即応性の向上が期待できる。

今回納入した自動運転システムは群制御計算機の上にヤード管理用計算機を設け、両者をオンラインデータリンクで一体化したので管理用計算機のスケジューリング機能と群制御計算機の作業実行機能が有機的に結合してヤード運転効率の向上に役立っている。今回の例では、貯蔵量が従来形に比し半減している。

その他、設計の基本となった事項を挙げると下記のごとくである。

(1) 置場番地

貯蔵は原則としてフリーロケーション方式とした。番地割付けの最小単位は10mmである。クレーンは平面2次元のいかなる番地にも10mmピッチで停止可能である。

(2) クレーン停止精度

累積誤差を安全値に抑えるため停止精度を±10mmとした。

(3) クレーンの位置検出ピッチ

前記(1)及び(2)項より横行、走行とも2.5mmとした。

(4) つり(吊)荷の振止対策

機械的固定装置を設けることにした。安全上の制約からクレーンは移動中その吊具を必ず上限に保持することにしたので機械的方式でも構造が簡単になり電気制御による方式よりも単純性、信頼性の点で優れている。

(5) クレーン構造部の剛性改善

天井走行クレーンはその構造上、走行中に生ずるひずみ(歪)やたわみが大きくクレーンの位置決めの際の障害となる。この対策として制御上では加速度(減速度)制限の機能をもった駆動制御装置を採用したが、あわせてクレーンガーダの補強やサドルとガーダの結合部を強化する改善を行った。

(6) クレーン斜行の防止

走行レールと車輪フランジ間のギャップのため制動時にクレーンが斜行する傾向にある。この現象はやはり位置決めの際に障害となるので走行レールの側面に接触するサイドローラを設けて斜行の防止を図った。

(7) クレーンのインテリジェンシ化

制御機能と判断機能を有するコントローラをクレーンにとり(搭)載し、自動運転に必要な制御はすべて機上で処理する方式とした。この方式は即応性と論理性を必要とする位置決め制御や安全自己診断に有効であり、更に分散制御形のシステム構成を可能にしたため信号伝送系の責務を軽減することができた。

(8) クレーンの仕様

スラブヤードクレーン 形式 天井走行クレーン  
吊荷重 36トン

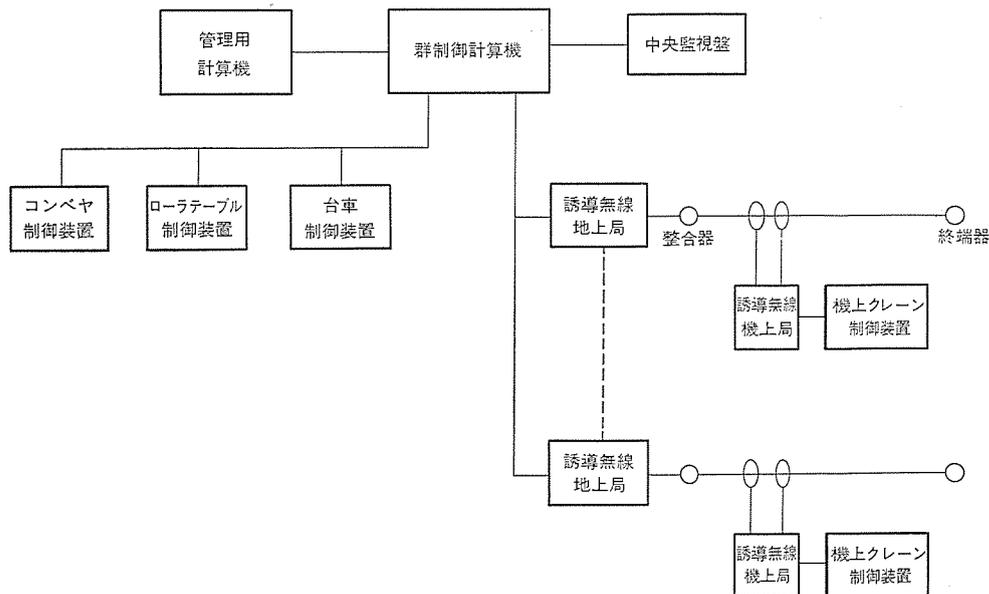


図 2. システム構成図

コイルヤードクレーン	揚程	5m
	スパン	9.5m
	走行速度	80m/分
	巻上速度	20m/分
	吊具	リフティングマグネット
	形式	天井走行クレーン
	吊荷重	36トン
	揚程	5m
	スパン	37.5m
	走行速度	90m/分
	横行速度	63m/分
	巻上速度	16m/分
	吊具	水平リフタ

(9) システム構成

自動運転システムは図2.に示すように次の3つのサブシステムで構成した。サブシステムの概略機能を付記する。

(a) 搬送機制御装置

群制御計算機の指示に従って作業の1サイクルを忠実かつ正確に実行する。

(b) 移動体通信装置

群制御計算機とクレーン制御装置間の信号交信を行う。

(c) 群制御計算機

各搬送機制御装置に指示を与え、かつ作業実績を収集する。加えてヤードの効率的運転をはかる。

以下クレーンを重点に各サブシステムを説明する。

4. サブシステムの説明

4.1 クレーン制御装置

4.1.1 システム構成とその特長

図3.にスラブハンドリング用リフティングマグネット付天井クレーンのシステム構成を示す。図に示す機器はすべてクレーン上に搭載し、地上の群制御計算機よりの作業指示を信号伝送装置を介して受信し、一連の自動運転シーケンスを実行して指定された位置から指定された位置にス

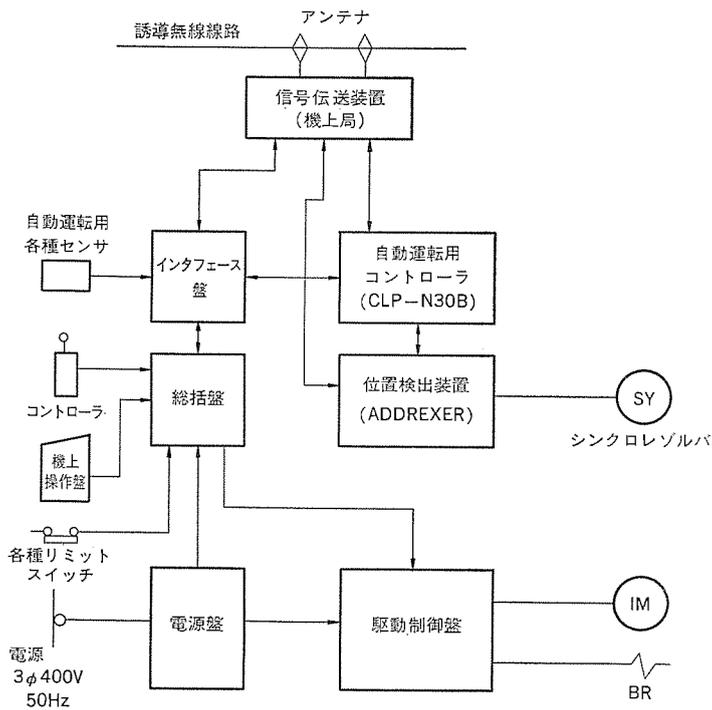


図 3. 無人化クレーンシステム構成図

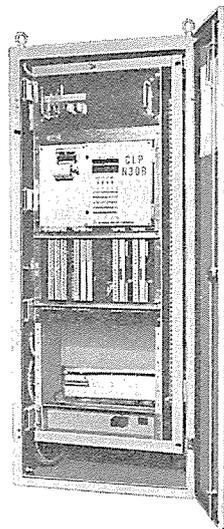


図 4. クレーンローカルプロセッサ (CLP-N30B)

ラブを移送する。またクレーンの運転状況を地上に返信し地上での監視やトラッキングを可能にしている。

このシステムの特長を以下に記述する。

(1) マイクロプロセッサをクレーン上に搭載していること  
このシステムの中核となる自動運転用コントローラとしてマイクロプロセッサ (CLP-N30B) を機上に搭載している。この CLP-N30B に、地上システムとデータの通信、作業シーケンスの実行及び運転状態の監視とエラーメッセージの出力等の各機能をもたせることにより、円滑な作業シーケンスの実行、安全性の向上、故障発生時の保守性の向上等をはかっている。図 4. に CLP-N30B を示す。

(2) 高精度な位置検出と無段階速度方式位置決め制御  
三菱絶対位置検出装置 ADDREXER を用いて、2.5 mm

ピッチで 150 m までの絶対位置検出を ±3 mm の精度で行っている。また ADDREXER 制御部に組込まれたマイクロプロセッサによって、位置フィードバックをかけた加減速度一定の無段階速度方式の位置決め制御を行いサイクルタイムの短縮を図っている。

(3) 駆動制御装置にサイリスタによる 1 次電圧制御を採用  
駆動制御方式として巻線形交流電動機のサイリスタによる 1 次電圧制御方式 (CR-B 制御, DS 制御) を採用し応答性のよいスムーズな加減速を行っている。

(4) 停電時の非常運転が可能

スラブを吊った状態で停電になった場合、バッテリー電源による非常運転を行い、所定の位置にスラブを降ろすることができる。

(5) 十分な安全対策と環境対策

運転の安全性チェックや他機とのインタロック等十分な安全対策をとっている。またクレーン上は振動、ノイズ、周囲温度の面で非常に悪環境下にあるのでそれらに対する対策を十分施している。

(6) 保守性の向上

ハードウェアの自己診断機能の充実、並びにソフトウェアによる各種故障診断を行い故障発生時の復旧を容易にしている。

#### 4. 1. 2 位置検出及び位置決め制御

##### (1) 位置検出

クレーンの横行、走行の位置検出は、図 5. に示すように、クレーン軌道に沿ってラックを敷き、ピニオンにギヤを介して取付けられたレゾルバ移相機によりピニオンの回転角度を検出することにより行っている。また巻上げ、コイルリフタの位置検出は、駆動軸にギヤを介してレゾルバ移相機を取付けその回転角度を検出することにより行っている。

位置検出装置仕様	横、走行用	巻上げ、リフタ用
(a) 検出ピッチ	2.5 mm	5 mm
(b) 検出可能距離	150 m	20 m
(c) 総合精度	±3 mm	±6 mm
(d) 応答速度	0.22 ms	0.22 ms

##### (2) 位置決め制御

クレーンの横、走行の位置決めを行わせる場合、図 5. に示すよう

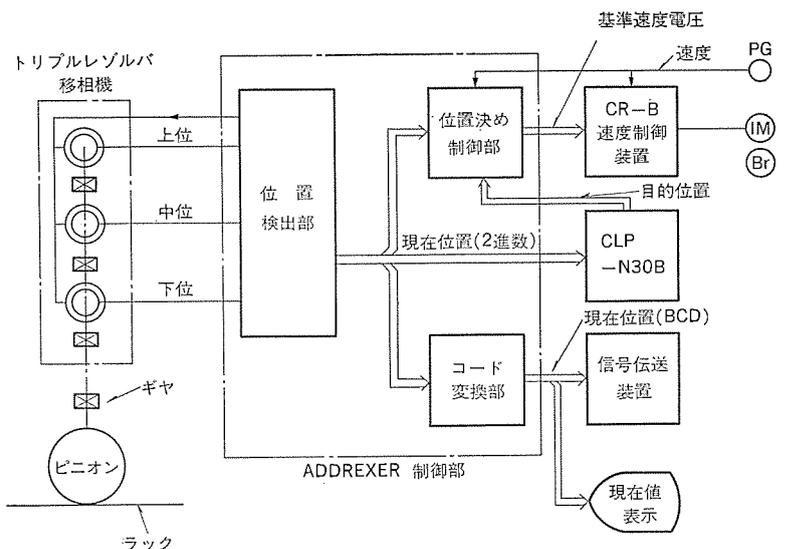


図 5. 位置検出及び位置決め装置ブロック図

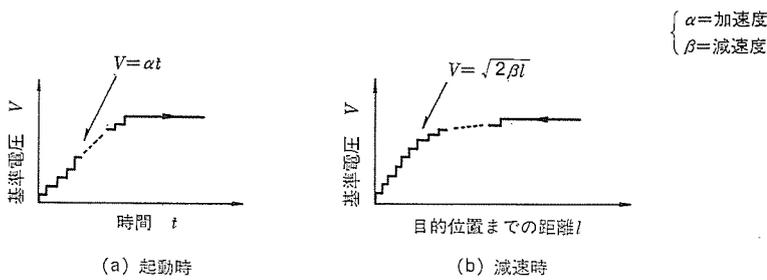


図 6. 基準速度電圧

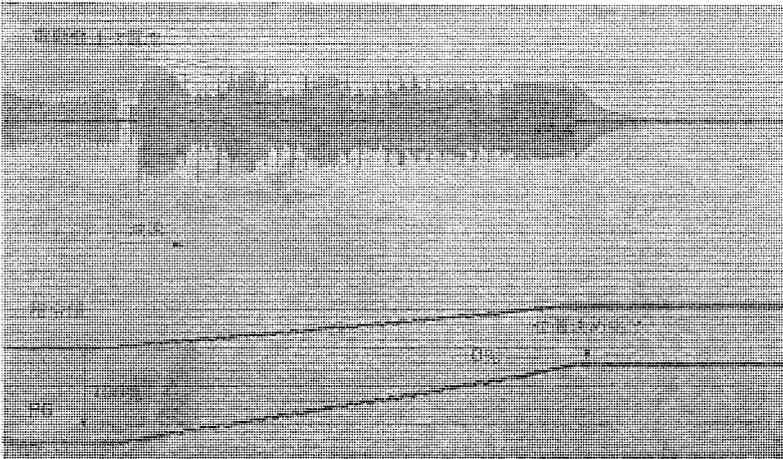


図 7. 位置決め時の減速特性

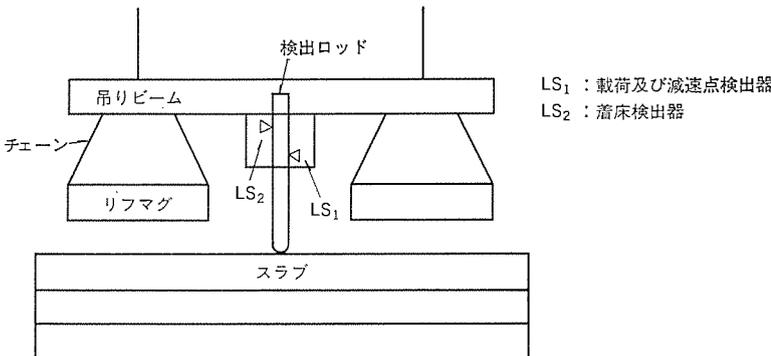


図 8. リフティングマグネット用センサ

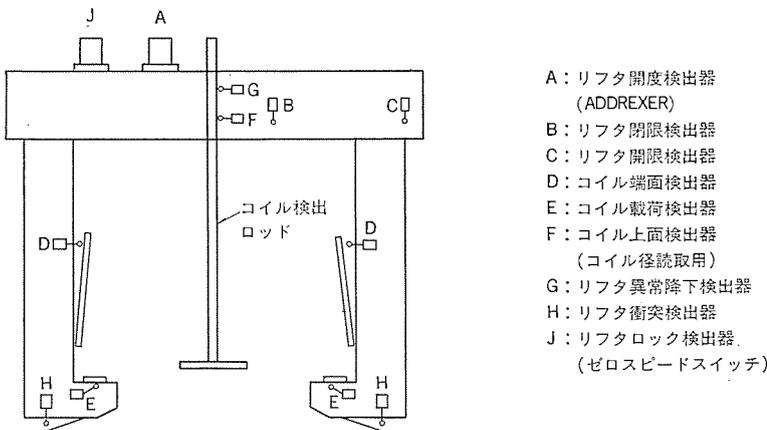


図 9. コイルリフタ用センサ

に、自動運転コントローラ (CLP-N 30 B) より目的位置が ADDREXER の位置決め制御部に与えられると、この位置決め制御部は、ADDREXER 自身が検出した現在位置との比較演算を行い、所定の基準速度電圧を CR-B 速度制御装置に出力してクレーンの位置決めを行わせる。

上記の基準速度電圧波形を図 6. に示す。起動時には、図(a)に示すように、時間に比例して上昇する電圧が、減速時には、図(b)に示すように、目的位置までの距離  $l$  と基準速度電圧  $V$  との関係が  $V = \sqrt{2\beta l}$  ( $\beta$  は減速度) となるような基準速度電圧が与えられる。このようにして減速、停止時、目的位置までの距離に応じた速度に制御するので円滑で高効率な位置決めを行うことができる。図 7. に位置決め時の減速特性を示す。

#### 4. 1. 3 自動運転コントローラの機能

自動運転コントローラ (CLP-N 30 B) の機能を以下に列記する。

- (1) 地上との信号受信
  - (a) 指令データの受信
  - (b) 指令データの合理性チェック、サムチェック
  - (c) 運転状態の送信
- (2) 自動運転シーケンスの実行
- (3) 運転状態、リミットスイッチの監視
  - (a) 各運転動作時間監視
  - (b) シーケンスステップとリミットスイッチとの組合せによるリミットスイッチの監視
  - (c) ADDREXER とリミットスイッチの組合せによる相互監視
  - (d) リミットスイッチの動作順監視
  - (e) ADDREXER 位置データによる運転領域監視

#### 4. 1. 4 吊具用センサ

スラブハンドリング用リフマグ付天井クレーンのリフマグ用センサ類を図 8. に、またコイルハンドリング用リフタ付天井クレーンのコイルリフタ用センサ類を図 9. に示す。両図のような各種センサにより安全でかつスムーズな自動吊上げ、自動吊下げを可能にしている。

#### 4. 1. 5 異常時の処置

自動運転中に何らかの異常が発生した場合には、ただちに運転を中断し異常の種類を地上に報告する。また機上には詳細な異常内容の表示やエラーメッセージの印字を行い復旧を容易にしている。

なお吊上げ、吊下げ位置の指示誤りや搬送物重量データが地上トラッキングデータと不一致のような場合には、地上からの指示により運転の変更を行うこともできる。

#### 4. 1. 6 ハードウェアへの配慮

クレーン上は、振動、ノイズ面で非常に悪環境下にあるためそれらに対する対策や、安全性、保守性向上のため、ハードウェアに対し下記の配慮を払っている。

##### (1) 振動対策

実測データをもとに振動仕様を、振動  $MAX 1.5 G$  (10~30 Hz)、衝撃  $3.5 G$  に設定し、プリント板、ユニット類を堅固にして共振周波数を高くしたり、ユニット類の取付方法を改善するなどの対策をとっている。

## (2) ノイズ対策

CLPやADDREXERのノイズ対策として、電源ライン、入出力ラインよりの侵入ノイズに対するノイズ耐量の強化や、信号線と強電線との分離など外部配線方法に対する配慮や、接地方法に対する配慮等をはらっている。なお接地は、クレーン本体を仮想アースとみなし、信号グラウンド、フレームグラウンド、強電グラウンドを別々にして1点接地する方法をとっている。

## (3) CLP-N 30 B ハードウェア 故障診断

CLPの故障診断は原則としてカードごとに行っている。

メモリチェック方法としては、パリティチェック、無効アドレスチェック及びタイムチェックがある。バスチェックとしては、入出力データラインの折返しチェック及びタイムチェックがある。またプロセス入出力カードのチェックとしてカードごとのパリティチェックを行っている。なおプログラムのロード、ダンプ用には携帯しやすい小形カセットMT装置とミニインプリンタを使用している。

## (4) 安全対策

他機とのインタロック、運転領域チェックや速度チェックなど安全に関するものは、ソフトウェアによるチェックとリレーシーケンスによるチェックを2重に行い安全性を高めている。

## 4.2 移動体通信装置

群制御計算機とクレーン制御装置間の信号の伝送を行うものであり、密結合形誘導無線装置を採用した。この方式の特長は、

### (a) コンポーネント化

信号伝送に必要な制御はすべて伝送装置内で処理することにした。そのため伝送の時間遅れを別にすれば電線を経由して信号を伝送するのと同様の簡便さで利用できるようになっている。

### (b) クリーンアウトプット

サイクリック伝送とCRC誤り検知方式を組合せて正しい受信結果のみを出力するので伝送の信頼性が高まっている。

### (c) 1対1構成

システムダウンを起こさない配慮として1対1構成をとった。またこのことによって信号伝送速度を低く抑えられるので対ノイズ性も向上している。

以下に伝送仕様を簡単に紹介する。

伝送速度 2,400 bps

伝送方式	全2重 常時サイクリック
変調方式	FSK
誤りチェック	CRC

なお、誘導無線装置の詳細は本誌昭和47年9月号を参照されたい。

## 4.3 群制御計算機

群制御計算機はヤード内の全搬送機を統括制御する目的のもので、当社の工業用計算機《MELCOM 350-7》を採用している。前述のように、この計算機は上位はヤード管理用計算機、下位は各搬送機と情報的に直結しており、情報はリアルタイムに交換するので管理系と従動系が群制御計算機を介した情報のホットラインで一体化したシステム構造になっている。そのため要求された搬出入作業の即時実行が容易となる。また、アイドルタイムのない効率的運転が可能になる。例えばクレーンが台車と連れ作業を行う際にもクレーンに待ち時間が生ずるようならばその間に別種の作業をそう(挿)入することもできる。

群制御計算機は自動運転システムの中核をなすのでCPU及び周辺機器制御装置はデュープレックス構成となっている。

## 5. む す び

本文の前半で述べたようにヤードの自動化は単に搬送機を無人運転するのが目的ではなく、搬送作業と情報処理を機械化することによってヤード機能のレベルアップをはかるものである。

鉄鋼業にとってヤード自動化は残された合理化手段のうち有効なもの1つである。しかし今回のように新設ヤードを自動化するケースはまれであり、むしろ従来形ヤードを自動化ヤードに改造することが今後の主題になるであろう。この場合の最大の問題は改造期間中ヤードを休止させねばならないことで、おそらく不可能に近い。できるだけ短い休止期間で改造を完了する作業ノウハウの開発が必要である。

完全無人化に進む前段階としてオペレーションガイダンスシステムの適用も考えられる。これはクレーン運転室に作業情報の伝達器を設け、その伝達器を通じて中央の管理部門が与える指示に運転手を従属せしめる形態のものである。省力効果は期待できないが、ヤードのリアルタイム性強化には有効である。

# 鉄鋼プラントにおける分散形制御システム

今道周雄\*・稲本 惇\*・川崎宗男\*\*・三品英二\*\*・山本 修\*\*

## 1. ま え が き

鉄鋼プラントの制御システムを取り上げて考えてみると、次のような大きな特徴をもっていることが分かる。

- (1) 制御システムが広域に広がっている（～数km）。
- (2) 制御システムはいくつかのサブシステムに分割して考えられるが、サブシステム間の干渉は常に存在する。
- (3) 高級で複雑な制御が要求されしかもプラントの応答は速い。
- (4) タンDEM圧延機の制御に代表されるように多変数制御システムを構成する。

これらの特徴のすべては分散形制御システム構成へと要求がつながっていくことになる。更に言えることは、鉄鋼プラントの分散形制御システムを考える場合には単に制御のためのインテリジェンスが分散しているということではなく、それらのインテリジェンスが有機的に結合されたものでなくてはならない。

一方、鉄鋼プラントにおけるシステムのもう1つの別の側面は、製鉄所全体のいわゆるトップマネージメントのレベルから生産管理システムのレベル、プラント制御のレベル、ローカル制御のレベルに至るまで計算機システムとしてのハイアラキが多く製鉄所において既に構築されているという事実である。このため制御システムの構成もこのハイアラキの前提のもとで考える必要があるわけであり、そこにハイアラキ形分散制御システム<sup>(1)</sup>を考える必然性が生まれてくることになる。この論文でも分散形制御システムとして常にハイアラキ形を考えることになる。

当社では鉄鋼プラントにおける分散形の制御システムを早くから手がけており、既にいくつかの成果を上げてきている。当社の分散形制御システムの中心をなすものは、

- (1) 《MELCOM 350-50》シリーズ

1ボードCPUのA2010から超高性能のA2500に至るまでの豊富なシリーズ化されたCPUレパートリーと一貫したシリーズ化の構想

- (2) 《MDWS-30/MDWS-500》の高速データウェイシステム

- (3) 《MELPLAC-50/10》のプラントコントローラ

という3つの柱となるハードウェアとそれらのハードウェアを有機的に結合させる分散形制御用のソフトウェアシステム<sup>(2)</sup>である。

これからのこの分野における技術動向に目を向けてみれば、今後の分散形制御システムの将来は更に大きく発展していくであろうことがうかがえる。それらの技術動向の主だったものは以下のとおりである。

- (1) 計算機のシリーズ化の促進とパワーアップ：計算機システムのハード・ソフト両面からのパワーアップについてはここで改めて論ずることでもないであろうし、またシリーズ化についても今後更に強化されていくことになるであろう。

- (2) 光データウェイに代表されるデータ伝送技術の革新：光データウェイの実用化に伴い10Mビット/秒、30Mビット/秒から更に100Mビット/秒の高速のデータ伝送への発展がみこまれている<sup>(3)</sup>。

- (3) パケット伝送・HLDC等データ伝送の体系化：これらの体系化によりデータ伝送の範囲は飛躍的に広がりしかも伝送効率・伝送の信頼性の向上も果たされることになる。

- (4) プラントコントローラのインテリジェンスの向上：マイクロコンピュータ技術の革新によりプラントコントローラとしての処理能力の向上・メモリ容量の拡大・入出力処理能力の向上が着実に実現されている。またCPUのマルチ化もシステム性能向上に大いに寄与することであろう。

- (5) 分散形ソフトウェアシステムの体系化：現在計算機システムとして存在している分散形のソフトウェアシステムの体系は更に整備され機能が向上するとともにこのソフトウェアの体系がプラントコントローラのレベルにまで拡大されていくことが期待される。

この論文では、以上述べたように今後の発展の予想される鉄鋼プラントにおける分散形制御システムについて、今までのこの分野における実績を踏まえ更に将来的な展望を加味して当社としての考え方を述べるとともに将来あるべきシステムの姿についても模索する。

## 2. システムの構造<sup>(2)</sup>

鉄鋼プラントにおいては、計算機システムとしてのハイアラキが構築されており、そこに分散形の考えが導入されてきてハイアラキ形の分散形制御システムの構造をもつようになってきたということは既に述べたとおりである。ところが、分散形の流れはハイアラキにおける上位レベルからのものと下位レベルからのものと2つの流れがある。すなわち、上位レベルからの流れとは従来集中化方式をとりつづけてきた計算機システムが分散化の傾向を強めてきているということであり、下位レベルからの流れは逆に集中化の流れといえることができる。すなわち、従来各制御ループごとに1つの制御装置というように細かく分散していた制御機能がプラントコントローラというインテリジェンスの中にいくつか集中して存在するようになり、更にそれらプラントコントローラ間あるいはプラントコントローラと計算機システム間でちょう(稠)密なデータ交換が必要になってきたわけである。

したがって、図1.に示すように鉄鋼プラントにおいて分散形制御システムを考える場合には、上に述べた2つの流れを融合した形でシステム構造の再編成がなされることとなる。ここでこの2つの流れの組合せにより、図2.に示すような3つの基本的なパターンが存在し得ることとなる。

〈パターンI〉 計算機システムとしての分散化の傾向(トップダウンの傾向)が強いもので、プラントコントローラのレベルが存在しないシステムがこれにあたる。

〈パターンII〉 プラントコントローラとしての分散化の傾向(ボトムアップの傾向)が強いもので、計算機システムとしての分散は経済性の面から問題のあるシステムに対して適用される。

〈パターンIII〉 パターンIとパターンIIが融合した構成であり、鉄鋼プラントにおいても特に大規模な分散形制御システム、例えばホットストリップミル向けのシステムに対して考えられるものである。ここでは、メインプロセッサに対してフロントエンドプロセッサを設け計算機システムとしての

\* コンピュータシステム工場 \*\* 制御製作所

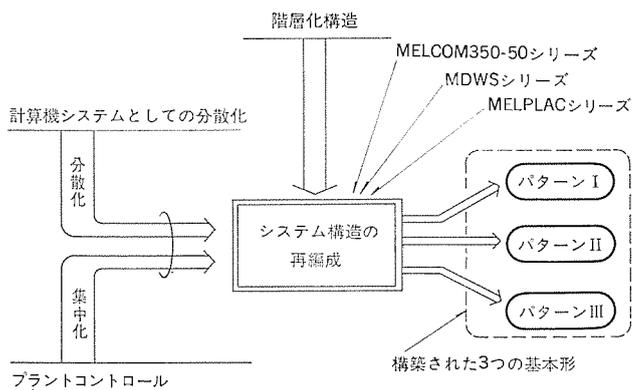
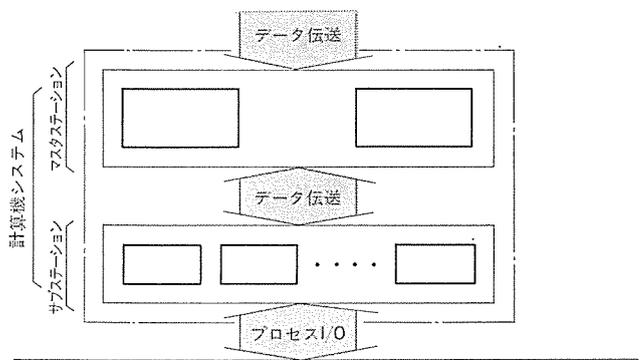
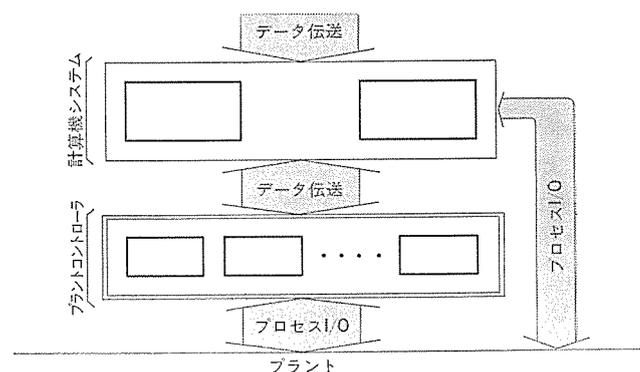


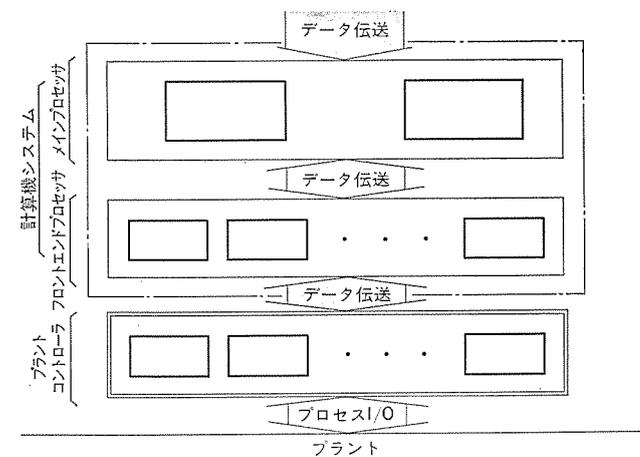
図 1. 分散形の3つの基本形の構築



(a) パターンIの構造



(b) パターンIIの構造



(c) パターンIIIの構造

図 2. 分散形制御システムの3つの基本形

分散化を図ることとなるが、この間は高速チャネル結合による高速なデータ伝送が準備される。フロントエンドプロセッサには、センサベース・周辺機器制御など定型処理機能のほか、アドバンスDDCなどいわゆるハイレベルコントロールの機能を持たせることが可能となる。

### 3. 物理的な構成

#### 3.1 《MELCOM 350-50》シリーズ<sup>(4)</sup>

工業用コンピュータとして《MELCOM 350-50》シリーズは他に例をみないシリーズ化のすすんだシステムであり、階層構造と分散形構造のいずれに対しても最適なシステム構成を可能にするものである。従来このシリーズは、上位からA2400・A2300・A2100という構成であったが、最上位機種として最も高性能なA2500を加え、更に下位機種としてA2050と1ボードCPUであるA2010を加え、シリーズ化が一段と強化された<sup>(4)</sup>。このシリーズに含まれる各機種の処理速度(A2400を1とする)と最大メモリ容量との関係をプロットしたものが図3.であるが、この図はシリーズ化の思想を顕著に表したものの1つである。

2.章ではコンピュータシステムの分散の形式は1つとしてモデル化したしたが、実際にはここに2つの形式がある。その1つはデータウェイ結合の分散形の形式であり、他の1つは共通メモリあるいは高速のデータ伝送

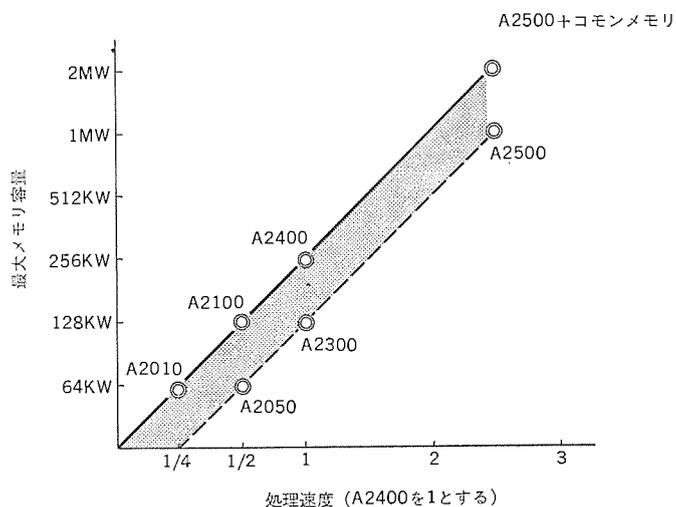
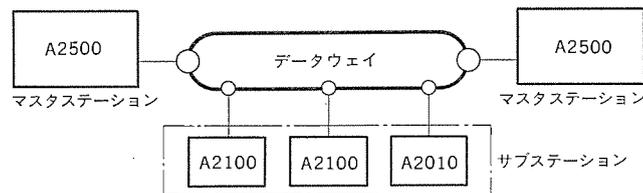
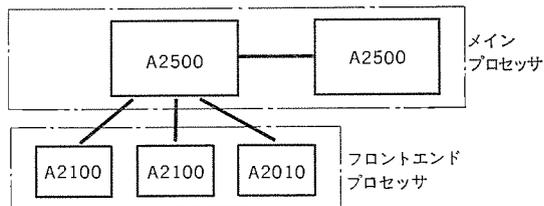


図 3. 各機種の処理速度と最大メモリ容量



(a) 分散方式I



(b) 分散方式II

図 4. 《MELCOM 350-50》シリーズにおける分散方式

手段を用いた結合である。この2つの形式をモデルでは図4.のよう  
に表すことができる。更にはこの2つの形式の共存した形式も可能  
であり大規模システムの構造に対応できる。

### 3.2 《MELPLAC》シリーズ<sup>(7)(8)</sup>

プラントに直結した制御機能を実現する装置としてのプラントコントローラ  
に対して(1)高速処理性、(2)高位言語によるソフトウェア比低減、  
(3)保守性重視の専用機能を備えること、の要求には強いものがある。  
《MELPLAC》シリーズはこのような要求に答えるべく製品化  
されたものである。

このシリーズは分散される制御機能の処理能力によって系列化され  
ているが、主な特長を示すと(1)制御専用言語の採用により自立性  
の高い言語体系を有する。この言語体系はシーケンス制御・DDCの  
どちらも容易に扱え、かつデータ中心の考え方に基づいているため  
単純なフローで構造的なプログラムの作成を可能としており、制御機  
能の分散が容易に実現できる。(2)マイクロプロセッサ、非破壊形不揮  
発メモリ、カウンタタイマ機構の独立プロセス直結形入出力、各部診断機  
構など分散形制御システムを構成するのに十分信頼性の高いハードウ  
ェアを提供できる。(3)《MELPLAC-50》は特に高速応答性を要す  
るダイナミック制御の適用が考慮され、自動板厚制御、ループ制御、リ  
ール制御などの制御性能を十分満足する高速処理能力を有している。  
(4)小形可搬なデバッグツールにより現場で保守が容易にできる。(5)  
制御用データウェイとのリンク可能でフレキシビリティの高い分散形制  
御システムが実現できる。

### 3.3 データウェイ《MDWS》シリーズ<sup>(3)</sup>

三菱データウェイ《MDWS》のシリーズは、計算機間の結合用として  
《MDWS-30》及び光モデムを用いる《MDWS-30S》、センサベース用  
として《MDWS-5》、そして制御用データウェイ《MDWS-500》によ  
って構成されている。

分散形制御システムを構成することを目的とした《MDWS-500》は  
(a)コンピュータ支援形の分散形制御に適合する1:N通信(階層間)、  
(b)専用機能コントローラで構成されるDDC分散形制御に適合した  
N:N通信(階層内)、更に(c)分散した操作、センサ信号等プロセス  
制御信号の共有、1次元化に適合したサイクリック通信を一元的に可  
能とした制御用のデータウェイである。そ

の主仕様は表1.に示すとおりである。また《MELPLAC-50》と《MDWS-  
500》の組合せによる分散形制御システムの構成を図5.に示す。

### 3.4 システム構成例

ホットストリップミルにおける総合的な分散形制御システムの構成のモデルを示した  
ものが図6.であるが、これは2章のシステム構造の「パターンⅢ」に相当する  
モデルである。物理的な構成としてここでは、《MELCOM 350-50》シリーズの  
A2500/A2100をそれぞれメインプロセッサ/フロントエンドプロセッサとしその間を  
高速のデータ伝送チャネルによって結合し計算機システムとしての機能分散を図  
っている。プラントコントローラのレベルは《MELPLAC-50》によって構成し、  
《MELPLAC》間及び《MELPLAC》と

計算機システムとのデータ伝送をデータウェイによって実現している。こ  
のシステム構成における機種などについてまとめたものが表2.であ  
る。

## 4. 論理的な構成

分散形制御システムでは物理的に分散した各処理装置にシステムの制  
御機能と処理が分散していることとなるが、論理的構成は各処理装

表1. 《MDWS-500》主仕様

シ ス テ ム 仕 様	ステーション数	MAX 127
	ステーション間距離	MAX 1 km (バイパス時 2 km)
	総延長	MAX 128 km
通 信 形 体	階層間(計算機~コントローラ間)	1:N通信
	階層内(コントローラリモートI/O相互間)	N:N通信 サイクリック通信
伝 送 仕 様	伝送速度	3 MBPS/6 MBPS
	伝送路	同軸ケーブル 5C2V 又は光ファイバ(オプション)
	伝送路構成	ループ状
	多重化方式	時分割チャンネル多重化方式
	誤り制御	16次CRCによる再送
	バイパス機能	自動/リモート/手動

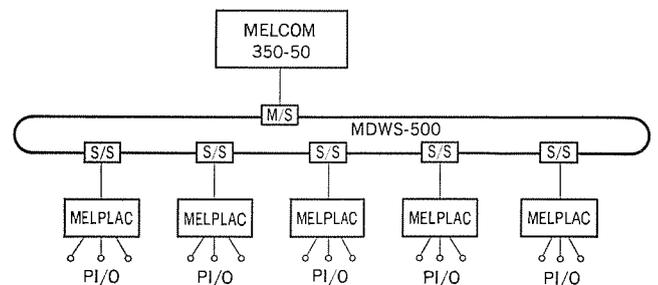


図5. 《MELPLAC-50》と《MDWS-500》による分散形制御システムの構成

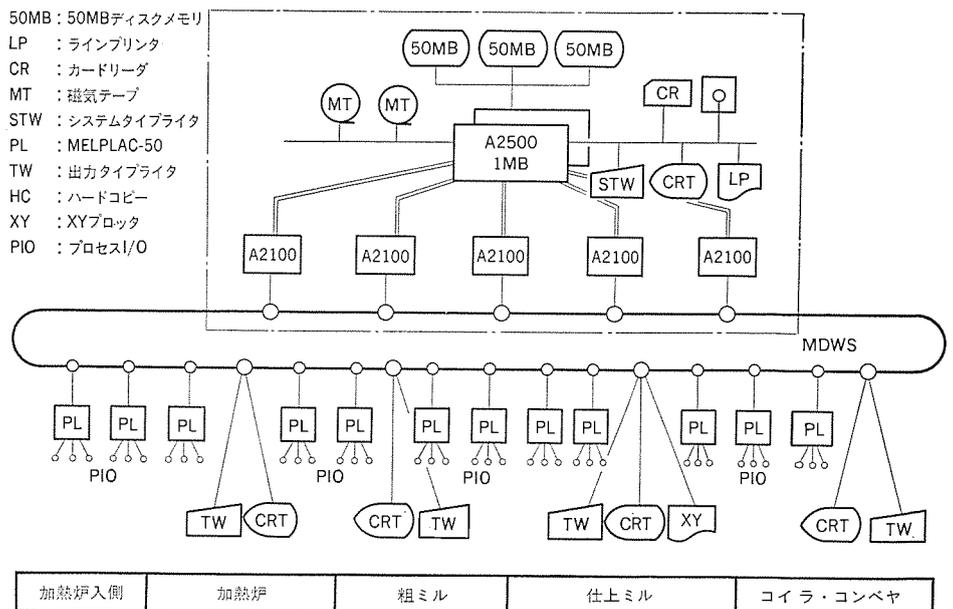


図6. ホットストリップミルにおける総合分散形制御システム

表 2. ホットストリップミル 総合分散形制御 システムの構成

区 分	機 種	結 合	主 な 機 能
計算機システム	メインプロセッサ	A 2500	<ul style="list-style-type: none"> <li>・高速チャンネル結合</li> <li>・ディスククロスコール</li> <li>・ライントラッキング</li> <li>・数式モデル制御</li> <li>・操業管理</li> <li>・バッチジョブ</li> </ul>
	フロントエンドプロセッサ	A 2100	<ul style="list-style-type: none"> <li>・高速チャンネル結合</li> <li>・MDWSシリーズ</li> <li>・周辺機器制御</li> <li>・センサベース</li> <li>・ローカルトラッキング</li> <li>・ハイレベルコントロール</li> </ul>
プラントコントローラ	MELPLAC -50	<ul style="list-style-type: none"> <li>・MDWSシリーズ</li> <li>・プロセス入出力</li> <li>・シーケンス制御</li> <li>・DDC</li> <li>・モータバルブの駆動</li> <li>・センサベース</li> </ul>	

( ) 内はバックアップの台数

置からみて一体化されたものであることが望まれる。すなわち、ある処理装置上に置かれたアプリケーションプログラム、あるいは処理装置を操作するシステムメンテナンスマンからみて分散形システムの構成を意識せずにシステムの各リソースをアクセスできることが必要である。この傾向は特に上位側からのリソースのアクセスに対して要求が強く、既にこの要求を満足するソフトウェアの体系ができ上がっている<sup>(6)</sup>。

#### 4.1 センサベースの構築

分散形システムの構成において最もメリットの大きい点の1つは、プロセス入出力を地域的にローカルに分散されることによりプロセス入出力のための信号ケーブルが極端に削減できる点である。これにより中央の計算機には計算機室の極めてローカルなプロセス入出力を除き全廃されることとなった。分散形のセンサベースマネージメントシステム（以下ではSBMSと略す）はこのようにデータウェイなどの伝送手段を用いて分散されたプロセス入出力を直結のプロセス入出力と同じアクセスモードでアクセスでき、しかも物理的なアドレスなどを全く意識せずに論理的なアクセスを可能にするものである。またシステムに入る信号は、各項目につき1点（接点増幅等により2点以上システム入力することがない）としそのリソースを各処理装置で共有することを可能にする。

図7は従来計算機システムの中で実現していたSBMS<sup>(5)</sup>をプラントコントローラのレベルまで拡大した総合SBMSの構成図である。ここでは、プラントコントローラからの物理的なデータを論理的なデータに変換し、メインプロセッサの主メモリに送り込む処理をフロントエンドプロセッサに

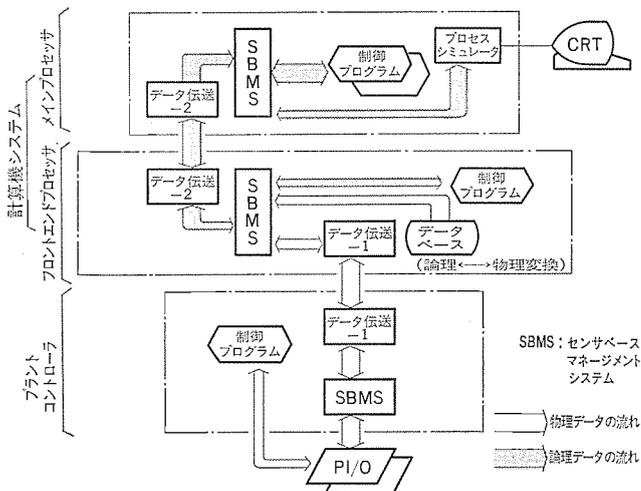


図 7. センサベースマネージメントシステムの構成

表 3. センサベースとイベントコントロールシステムにおける応答性とデータ伝送量

	応 答 時 間		論理入出力 点 数	データ伝送量	
	定 義	時 間		時間ごと	(1s 当り)
センサベース	入出力のスキューニング周期	100 ms	200	2.0 KW	6.0 KW
		200 ms	500	1.0 KW	
		500 ms	1,000	2.0 KW	
		1.0 s	1,000	1.0 KW	
イベントコントロールシステム	イベント発生から上位側タスク起動まで	50 ms 以下	1 ビッチ (=60s) 当り 500 イベント	注 1) 0.1 KW	

注 1) イベントごとの必要伝送量 (オーバーヘッド) を 20 ワードとしている

置きそのためのデータベースを設けている。SBMSはプロセス入出力のデータとしてのアクセスに対するものであるが、割込入力信号によるイベントあるいはシステム異常時のイベントの伝送に対してはイベントコントロールマネージメントシステムが準備される。これはシステムに発生する種々のイベントを統一的に処理し伝送することを目的としたものである。

鉄鋼プラント特に圧延プラントにおいてセンサベースを設計する場合に問題となるのは、応答時間（スキャン周期）とデータ伝送量である。ホットストリップミルの制御を例にとり応答時間とデータの伝送量についてモデルケースで計算したものが表3である。

#### 4.2 システムの保守支援システム

地域的に分散された各機器に対する独立した保守を考えるだけではシステムとしての保守は不可能であるか、あるいは非常に保守としての効率が低下する結果を生ずる。このため分散形のシステムにおいても常にシステムとしての保守、すなわち集中化された形での保守を考えそれに対する支援システムを考える必要があることになる。

まず、ハードウェアの保守を支援するシステムとして、プラントに分散した各ハードウェア機器のハードウェア上のステータス信号・異常信号をシステムの信号ラインとは別の信号ラインによって中央の保守センタに伝送しシステムの総合監視及び制御を可能にする支援システムはシステムのハードウェア面からの保守に対して極めて有効である。図8はデータウェイによるシステム総合監視の構成を示したものであるが、ここでは監視盤の中に総合監視のためのインテリジェンスを含むこととしてい

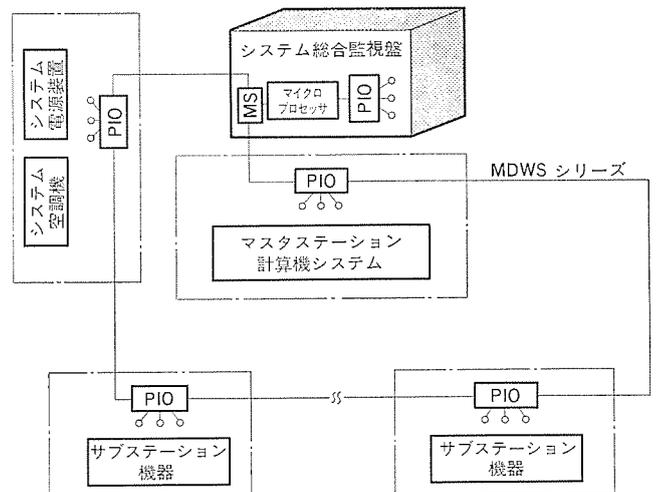


図 8. データウェイを用いたシステムの総合監視盤

## 5. む す び

鉄鋼プラントにおける計算機システムを含めた分散形制御システムは、今後も分散化と集中化の両方の傾向が同居しながら発展していくと考えられる。この方向を決定していく要素としては、まずユーザーからの分散形システムに対するニーズであり、次に計算機システムとプラントコントローラ及びそれらを結合するデータウェイ等のハードウェア技術と更にそれらを支援するソフトウェア技術の開発ということが言える。このような変化に対応して分散形制御システムの構成の物理的なパターンと構成するハードウェア、あるいは階層間の機能分割の考え方は大きく変遷していく

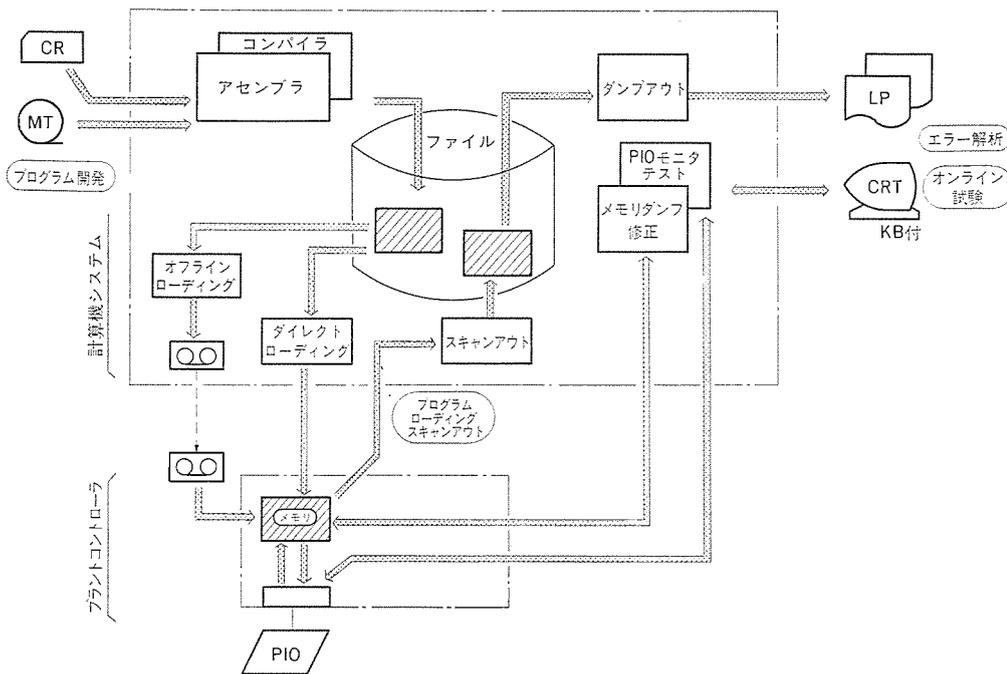


図 9. 分散形システムにおけるソフトウェア保守支援システム

る。

次にシステムのソフトウェア面からの保守を考える。分散形システムではインテリジェンスが分散すること、すなわちソフトウェアが分散することとなる。この分散されたソフトウェアの保守に対しては、プログラミンパネル等によるローカルなツールが準備されているが、ソフトウェアの規模が大きくなるとソフトウェア上の保守についても中央の計算機室において効率のよい周辺機器と保守支援ソフトウェアによって行えることが必ず(須)条件となっている。またこの保守支援システムは計算機システムのレベルにとどまらずプラントコントローラのレベルまで拡大している。図9はこのような考えのもとに構成されたサブステーション接続の計算機、及びプラントコントローラに対するソフトウェア保守支援システムを表したものである。

### 4.3 周辺機器の共有

既に計算機システム内では分散形の周辺機器コントロールシステムが構築されているが、プラントコントローラレベルからの周辺機器へのアクセスについては今後考えていく必要がある。プラントコントローラには通常の場合CRT等の周辺機器を直接接続することはないと考えてよいが、限られた情報についてプラントオペレータとのマンマシンインタフェースのためプラントコントローラからの周辺機器のアクセスは必要となっている。このために、計算機システムのもつ周辺機器コントロールシステムの中にプラントコントローラからのアクセスのルートを組み入れることになる。

ことが考えられるが、ハイラーキ形の分散形制御システムの構築に対する基本的な思想、例えば「機能の分散・情報の集中」といった思想は恒久的なものと考えられる。

### 参 考 文 献

- (1) 成田ほか：分散制御システムの構成、計測と制御，18，No. 3 (昭54)
- (2) 渡辺ほか：鉄鋼業分野における工業用計算機システム，三菱電機技報，52，No. 9 (昭53)
- (3) 橋本ほか：工業用データウェイシステム，三菱電機技報，53，No. 10 (昭54)
- (4) 武藤ほか：《MELCOM 350-50》工業用計算機システム—モデルA 2500—，三菱電機技報，54，No. 2 (昭55)
- (5) 加藤ほか：MELCOM 350-50における論理プロセス入出力システム，第19回情報処理全国大会 (昭53)
- (6) 池山ほか：MELCOM 350-50における分散型システム・サポート・ソフトウェア，第19回情報処理全国大会 (昭53)
- (7) 千葉ほか：プラントコントローラ《MELPLAC-50》ハードウェアシステム，三菱電機技報，51，No. 3 (昭52)
- (8) 真鍋ほか：プラントコントローラ《MELPLAC-50》方式とソフトウェア，三菱電機技報，51，No. 3 (昭52)

# 圧延機駆動用電動機の機械的諸問題

林 昌宏\*・坂本正行\*\*・小西和成\*\*\*

## 1. ま え が き

高速、大形化の新鋭圧延設備において、その高生産性を維持するには、駆動用圧延電動機的能力を最大限に発揮させることが不可欠な条件の1つである。

そのため、最新の設計・工作技術の総力を結集して、過酷な使用に耐えつつ単機大容量化を図る不断の努力を続けている。

電動機には、電気的・機械的にバランスのとれた信頼性の高い能力を具備させる必要がある。後者の機械耐力については、とくに近年、問題がクローズアップしてきた。

すなわち、電動機が発生する電気トルクとは無関係に、機械側からの衝撃により、駆動軸系に誘起される過大な機械トルクの存在が認識され、電動機は当然ながら、この過大トルクに耐える必要に迫られた。

この機械的条件は、用途により異なるがいまだオーソライズされたものはない。したがって当社は、独自で現地実測及び理論解析を行い、機械耐力の基準を定めて設計計画時に反映させている。

以下本文では、電動機に必要な諸性能のうち、直流機、同期機、サイリスタモータに共通な機械的諸問題にテーマをしばって述べるとともに、その予防策として構造に反映させている内容につき紹介する。

## 2. 機械的諸問題(1)~(7)

### 2.1 ねじり振動

過去10数年における国内外の圧延用主電動機の機械的事故の多くは、分塊圧延、厚板圧延に代表される双電動機駆動の軸系に集中している。また、これらの事故例のうちほとんどのものは軸を含む回転子部に集中しており、特に、電機子スパイダ、軸、整流子ライザに多く発生している。これらの事故の多くは、鋼材かみ込み時の衝撃力と、それにより誘起されるねじり振動に起因したものと考えられる。

このねじり振動に関する研究としては、1950年代後半に既に西ドイツの文献で紹介されているが、圧延時のトルク測定程度のものであった。本格的にその研究が進められたのは、1960年代の後半である。1964年に米国GE社製分塊圧延用の双電動機駆動において、直流電動機は2重電機子形であったが、その前後電機子間のカップリングキーが運転中にゆるんだ。当初は、すえ(据)付時の不適切なキーフィットが原因と考えられていた。しかし、キーフィットの修復後翌年に再び同様の事故が発生したことから、ねじり振動によるトルク増幅の調査が開始された。

#### 2.1.1 ねじり振動による軸トルク

電動機と結合されたミル駆動軸系において、鋼材がロールにかみ込まれるとその衝撃により全軸系で構成される質量-ばね系にねじり振動が誘起され、機械的軸トルクが発生する。このトルクは、電気トルクとは無関係に発生し、そのピーク値は電気的トルクの数倍に達することがある。

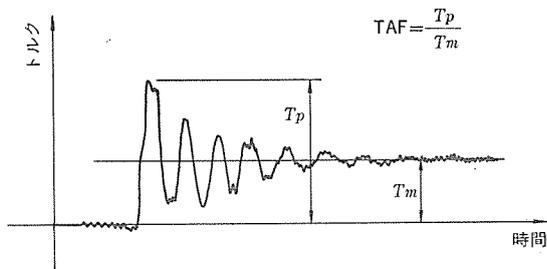


図 1. 圧延時の軸トルク波形

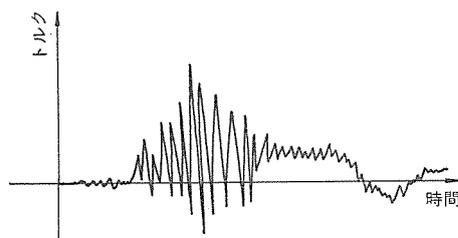


図 2. (a) 軸トルク波形

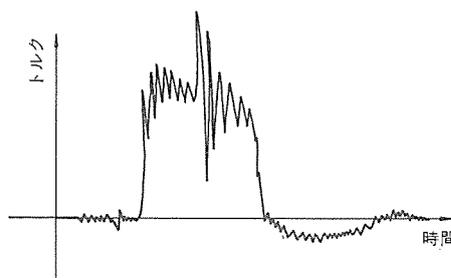


図 2. (b) 軸トルク波形

ねじり振動により増幅されたピークトルクと、系に加えられた平均圧延トルクとの比は TAF (トルク増幅係数……Torque Amplification Factor) と呼ばれ、軸系のねじり振動の大きさを表すときに使用されている。図 1. に示すような振動波形は、正常な圧延時に現れ比較的容易に理論解析ができる。ところが、何らかの原因で非線形要素が刺激されると図 2. (a), (b) に見られるような振動波形が起こることがある。この非線形要素にはユニバーサルカップリング部のスリップパタルのクリアランスや、ギヤ部のバックラッシュなどがあり、それらに対しロールスリップやチャタリングによってパルス状の入力トルクが印加される。図 2. (a) は、かみ込み前にバックラッシュが開いて振動を起こしたものである。図 2. (b) は、タンデム圧延時に Mid-pass-slip と称して圧延途中で後続のインゴットが追突して起きた波形である。

これらの波形の形状は千差万別であり、満足な解析結果はまだ得られていない。その理由としては、圧延上の諸条件やロールスリップやバックラッシュに関する現地測定データを得る方法、バックラッシュの機構の再現性が困難なためである。

以上のように、ねじり振動問題は理論解析だけで検討することは困難であり、現地実測データの助けを借りる必要がある。

軸トルクの測定は、一般に FM テレメータが用いられているが、スリップリング式を用いる方法もある。また、当社で開発した後述の位相差式のトルク測定装置は、種々の特長を有し、長期間の測定に適している。

当社が過去数年間に実測したデータを表 1. に示す。これらのデータはいずれも通常の圧延状態において、1～3日間測定したもので、1パス中のピークトルクをとり出したものである。長期的に採取したデータは、一般に、正規分布することが知られており、データのばらつきを調べるため、統計処理を行っている。

表 1. ピーク軸トルク実測値 (出力軸)  
データは出力軸電氣的トルク 100% に対する %

圧延	出力 (kW)	最大値	平均値	標準偏差	変動係数	データ数
		P (%)	$\bar{x}$ (%)	$\sigma$ (%)	$\sigma/\bar{x}$	
分塊	2×2,800	304	154	43.6	0.28	124
	2×3,350	228	140	36.3	0.26	222
	2×2,250	331	195	57.7	0.3	150
	3,750	372	142	25	0.18	292
	2,250	200	94	39	0.41	105
厚板	4,500	263	104	51.3	0.49	214
	2×3,200	304	188	41	0.22	80
	5,000	303	101	50	0.5	157
熱間連続仕上	2×4,000	325	165	80	0.48	191
	2×3,750	228	156	34.7	0.22	147
棒鋼	3×3,000	210	134	41.6	0.31	40
	900	64	57.5	4.1	0.07	18
※熱間粗	10,000	480	377	40.4	0.107	75
※	5,200	654	563	133	0.236	137

※ 同期電動機駆動

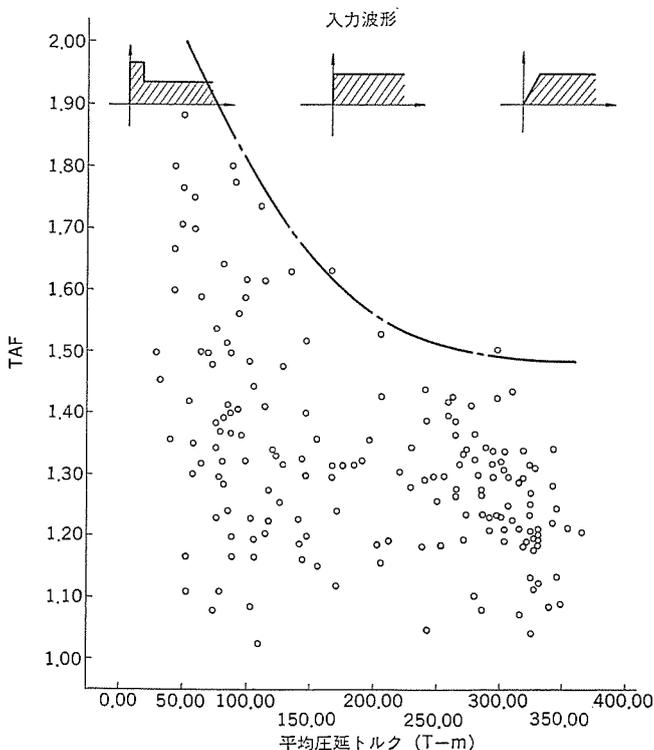


図 3. 平均圧延トルクと TAF (分塊圧延)

きを調べるため、統計処理を行っている。

表 1. によると、通常圧延時のピークトルク値は、熱間可逆圧延で 300～400%、熱間連続仕上圧延では 200～250% となっている。同期電動機では 800% を超えるものも計測されている。負荷変動の大きさを調べる変動係数  $V_L$  は下記で表される。

$$V_L = \frac{\sigma}{\bar{x}}$$

$\sigma$ : 標準偏差

$\bar{x}$ : ピークトルク 平均値

$V_L$  の値は表 1. のように熱間可逆圧延では 0.2～0.5、熱間連続仕上圧延では 0.2～0.3 であり、前者の負荷変動が大きいことがわかる。

トルク測定から、平均圧延トルクと TAF の関係を記入すると図 3. のようになる。平均圧延トルクの増加にともない、TAF が減少する傾向を示しているのは、平均圧延トルクの大小によりロールへ加わる入力の波形が異なるためと推定している(図 3. の入力の波形図参照)。しかし平均圧延トルクが大きいために、ピークトルクの絶対値は大きい。軸系に機械的問題を引き起こすのは、このピークトルクであり、これらの集積データやひん度分布は、圧延電動機の高信頼度設計や疲労計算に役立つ。

### 2. 1. 2 整流子ライザの振動

整流子ライザの折損事故は、分塊圧延用直流電動機のように、ライザの高さが比較的長く、かつ、ねじり衝撃負荷の大きい電動機に発生する可能性がある。鋼材かみ込み時の衝撃やねじり振動、ロールのスリップによるミルのチャタリングやバックラッシュによる異常振動により、ライザは共振又は加振される。

ライザに加わる角加速度を  $\dot{\omega}$  とすると

$$\dot{\omega} = \frac{T}{GD^2/4g} \quad (\text{rad/s}^2)$$

$T$ : 軸トルク (kg·m)

$GD^2$ : 電動機の  $GD^2$  (kg·m<sup>2</sup>)

$g$ : 重力加速度 (m/s<sup>2</sup>)

この角加速度により、ライザには図 4. のように矢印方向の力が発生する。実測トルクより計算した  $\dot{\omega}$  の値を表 2. に示す。

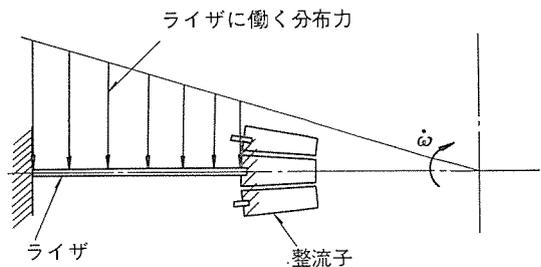


図 4. 整流子ライザの負荷状態

表 2. 整流子ライザに働く角加速度 ( $\dot{\omega}$ ) 実測値

圧延	出力 (kW)	最大値	平均値	測定位置	備考
		(rad/s <sup>2</sup> )	(rad/s <sup>2</sup> )		
分塊	2×3,350	94.3	57.9	負荷側電機子	トルクより計算
	2×2,800	120.1	61	"	"
	4,100	60.3	35.1		直接測定
熱間連続仕上	2×3,750	38	26	負荷側電機子	トルクより計算
	3×3,750	52.3	28.2	"	"

表 3. 整流子ライザの固有振動数実測値

区 延	出 力 (kW)	振動数 (Hz)	ライザ寸法 長さ×幅×厚さ (mm)	備 考
分 塊	4,100	81	460×32×2.4	加振テスト
”	3,750	43	460×32×2	運転時実測
熱間連続仕上	3,750	72	522×26×2.8	加振テスト
”	3,330	65	522×28×2.6	”

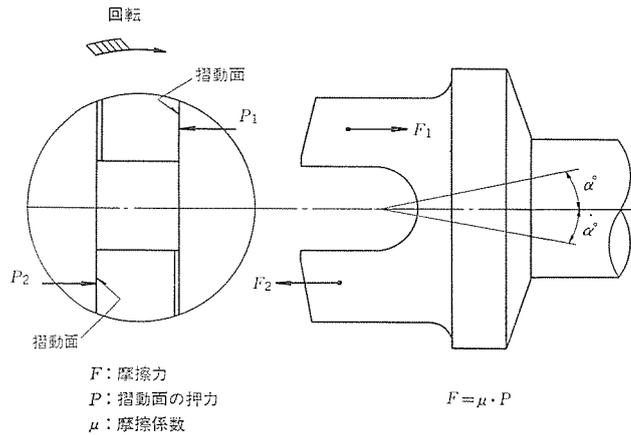


図 5. スリップメタルのスラスト力発生機構

分塊区延の最大値は 60~120 rad/s<sup>2</sup>, 熱間連続仕上区延では 35~55 rad/s<sup>2</sup> であり, 前者の  $\omega$  が高いことがわかる。

次に, 軸系のねじり振動の周波数とライザの固有振動数との共振現象について, 現地における実測と, 実機を使ったねじり加振テストにより振動解析を行った結果を表 3. に示す。ライザの固有振動数は低く, 軸系のねじり振動数の領域 (10~150 Hz) に入っているので, 設計時点で十分な対策が必要となってくる。

### 2.2 スラスト

ロールが鋼材をかみ込んだときに発生する衝撃は, 軸系のねじり振動の加振源としてだけでなく, 軸系へスラスト力としても加わる。特に, 双電動機駆動の軸系では, 上・下スピンドル軸に迎角 ( $\alpha^\circ$ ) をつけ, ユニバーサルカップリングを介して電動機と結合しているために, このカップリングのスリップメタル部では, 常にしゅう (摺) 動作用が起きている。この摺動部は図 5. のように 180° 対角位置に 2 箇所あるが, 両方の摺動部の潤滑状態にアンバランスがあるので 1 回転に 2 回の軸方向スラスト力を発生する。なお, 両方の摺動面の摩擦係数が等しければ理論上, スラスト力は発生しない。

そのほか, 発生する回数は非常にまれであるが, スピンドル軸の折損, ロールネックやユニバーサルカップリングの破断などにより, 電動機側へ過大なスラスト力がかかることがある。その力は, 軸方向に限らず, あらゆる方向に発生し, その大きさは数 100 トンを越えることがあり, 軸受台がずれたり, 最悪の場合, 回転子と静止部とが接触することがある。これらのスラスト力は測定が困難なため実態は (把) 握はむずかしく, 事故の結果より, その値を推定しているのが実情である。

### 2.3 加速度

鋼材かみ込み時に発生する衝撃による加速度 (G 値) も電動機にとって重要である。この G 値により, 電動機を構成するあらゆる部分が加振されて, 時として疲労破壊へ結びつくことがある。G 値の測

表 4. 衝撃による加速度 (G 値) の実測値

区 延	出 力 (kW)	方 向	加 速 度 (G 値)		測 定 位 置
			最 大 値	平 均 値	
分 塊	4,100	円 周	4.59	2.92	d=φ 1,630
		軸 長	0.85	0.57	
”	2×3,350	円 周	5.28	3.01	d=φ 2,210
		軸 長	0.84	0.43	
厚 板	4,500	円 周	3.2	1.9	d=φ 1,900
		”	3.52		d=φ 2,081
”	5,000	”	6.6	1.69	d=φ 1,775
		軸 長	1.6	0.5	
分塊立ロール	3,000	円 周	3.12	1.69	d=φ 1,440
		軸 長	0.44	0.2	
冷間連続	2×1,320	円 周	1.36	0.82	d=φ 606
		軸 長	0.15	0.1	

定は, 運転時に, FM テレメータを使って行うことができる。表 4. に当社で実測した結果を示す。

## 3. 構造設計上の対策

### 3.1 ねじり振動の検討

設計計画時に, 電子計算機を用いて, 機械系と電気制御系を組合せたプログラムにより, ねじり振動のシミュレーションを行う。機械系は多自由度ねじり振動系の運動方程式を解き, 電気制御系は電動機制御系ブロック線図に基づき解析する。軸系に非線形要素のバックラッシュが含まれる場合にも解析が可能ないようにしてある。

また, 制御系との共振を避けるために, ねじり振動数について検討しておく必要がある。一般に, 機械系の 1 次ねじり振動の共振周波数は, 制御系のクロスオーバー周波数の 3~3.5 倍以上離れているのが望ましい。ただし, 電機側のみで解決できない場合は, 機械側に軸径変更を依頼することがある。

以上のようなトルク増幅の理論的解明と, 軸トルク測定結果の統計的処理に基づき, 更に, 長年にわたる実績を加味して, 表 5. に示す電動機の機械耐力の基準を設定している。

また, 鋼材かみ込み時に発生する衝撃による加速度 (G 値) につ

表 5. 電動機出力軸の機械耐力の基準 (いずれも, 電氣的トルク 100% に対する値)

	熱間可逆区延	熱間連続区延	冷間連続区延	負荷のひん度
常用機械耐力	6.0	5.2	4.5	10 <sup>7</sup> 回以上
非常用機械耐力	8.4	7.3	6.3	2×10 <sup>4</sup> 回以下

表 6. 衝撃値基準 (G 値)

		軸方向加速度	垂直方向加速度	回転方向加速度
熱間可逆	回 転 部	2	2+1 (自重)	3 (2,000φ で)
	静 止 部	1	1 (自重)	0
熱間連続	回 転 部	1	1+1 (自重)	2 (2,000φ で)
	静 止 部	0	1 (自重)	0
冷間区延	回 転 部	0	0	0
	静 止 部	0	1 (自重)	0

いても、現地における実測値をもとに表 6. に示す衝撃値基準を設けている。

これらの基準値を外力とし、2 次元や 3 次元の有限要素法を駆使して、電機子スパイダなどのトルクフローや応力解析を行うとともに、材料疲労強度面においても十分な実験と検討を重ねて強度評価を確立している。

溶接に関しては、破壊力学に基づく応力拡大係数を導入したので、寿命推定の確度が向上した。

以上で検討した諸条件に耐えるため、電動機の各部は次のように構造上の考慮をはらっている。

### 3. 2 直流電動機

#### (1) 電機子スパイダ

電機子スパイダは、用途に応じて、その構造を変えている。

熱間可逆圧延のように条件のきびしい用途に対しては、図 6. のように、ディスク板を主とし、ねじりに対する強度向上をはかり、軸との結合は信頼度の高い焼ばめ方式を採用している。また、電機子コアとの結合には、ダブルキー方式を採用して可逆する振動トルクに十分耐えうる構造としている。

非可逆の用途に対しては、図 7. のように、放射状に取付けたアーチを主体としている。電機子コアとの結合は、回転による遠心力、コアとスパイダとの温度差による伸び、電磁力などを考慮して、トルク伝達に十分な焼ばめと、ピン結合方式とを併用している。

#### (2) 軸

通常、軸材としては切欠感度が低く、耐衝撃性の高い鍛鋼を使用す

るが、高強度が要求される場合には、合金鋼を使用することがある。ただし、合金鋼は平滑材の疲労強度は上がるが、切欠感度が高いため、実質の疲労強度が上がらない場合があるので、切欠効果が大きくなるように形状を考慮する必要がある。

また、カップリングは、キーレス構造を採用し、焼ばめによる面圧によってトルク伝達を行う。それは、キーみぞ(溝)による切欠効果と、焼ばめによる圧入効果の相乗作用を防止して、軸やカップリングの強度を高めるためである。また、可逆の双電動機駆動において単電機子形の場合の軸は、カップリングと軸を一体にした作り出しフランジ構造を採用するケースが多い。

#### (3) 整流子

整流子の締付けには、強化ボルトを使用して信頼度を上げ、かつ整流子長が長い場合は、締付ボルトの中央部を整流子スパイダ部で支持させている。

#### (4) 整流子ライザ

整流子ライザは、その長さや断面形状によっては、固有振動数が低くなることもある。一般に、軸系のねじり振動数は、低次から高次まで、幅広く分布し、可逆の双電動機駆動の軸系では、10~150 Hz にわたっている。したがって、その値にライザの固有振動が共振するおそれのある場合には、ライザ間に間隔片を入れて、その固有振動数を上げて共振を避ける。

また、必要により、ライザ高さの中間点を、電機子スパイダ部より支持したり、整流子との接続部がろう付けによりなまるので、その部分にエポキシ系材料をそう(挿)入して、振動の支点をなまし部分から離すなどの手段を講ずる。

#### (5) 電機子コイル

電機子コイルは熱による応力、回転による遠心力のほか振動衝撃が加わる。電機子コイルは、溝内に収納するので、まず絶縁はコイルの熱的な伸縮に追随し、かつ、絶縁破壊を起こさないように、低い縦弾性係数のエポキシプリプレグ絶縁を採用している。更に、溝内の所定位置に電機子コイルを確実に固定させるため特に挿入法に工夫をこらしてある。

#### (6) 均圧コイル

均圧コイルを整流子ライザ部に配置すると、ライザの振動の影響をうけやすいので、原則として、十分な空間のある反整流子側に取付けて、強固に保持する方式をとっている。この位置はまた保守、清掃にも都合が良い。

#### (7) 軸受

軸系に発生する衝撃やスラスト力は、軸受にも伝わる。スラスト力は、用途、駆動方式、トルクなどにより異なるが、いずれの場合にも、十分なスラスト耐力を持たしている。

更に、熱間可逆圧延の双電動機駆動方式では、軸方向に発生するスラスト振動を吸収するため、電動機の反駆動側軸端に、振動ダンパと称する油ダンパを設けている。図 8. に示すように、ダッシュポットの原理を応用したもので、長年の実績を有している。

これとは別に、スピンドルなどの破損から発生する過大なスラストに対しては、特に軸受の横移動を防止するため、図 9. に示すサイドキーを設けたりする。

### 3. 3 同期電動機<sup>(8)</sup>

軸やスパイダなどは直流電動機と同様であるが、それ以外に次のような考慮をはらっている。

#### (1) ファン及び回転子コイルの接続線

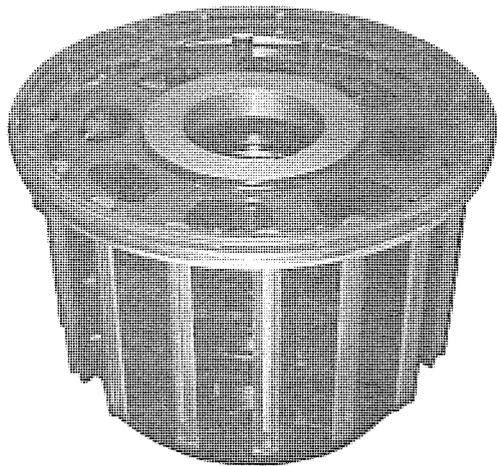


図 6. 可逆圧延用直流電動機の電機子スパイダ

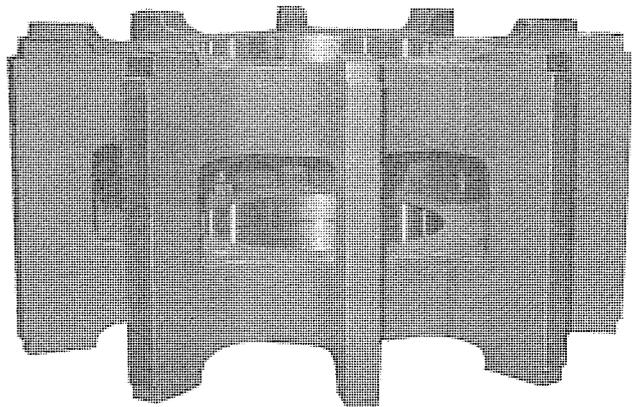


図 7. 非可逆圧延用直流電動機の電機子スパイダ

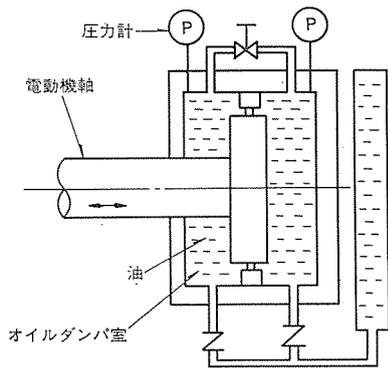


図 8. 振動ダンパ原理図

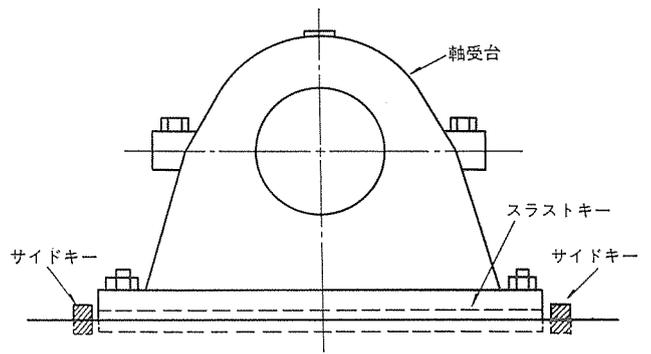


図 9. 軸受台 サイドキー

ファンや回転子コイル接続線は、それら自身の固有振動数を軸系の固有振動数より離し、共振現象が起こらないようにするとともに十分な剛性を持たせている。

#### (2) 磁極

磁極は従来、かご形始動巻線付きの積層鉄心が用いられていたが、最近、よりがん丈な塊状磁極方式が使用されつつある。この方式は、任意の始動特性が選べないという欠点はあるが、無負荷始動の圧延機駆動用としては問題なく、また、空げき(隙)が必然的に大きいので、界磁表面損も少なく、効率は、積層鉄心方式とほとんど変わらない。

#### 4. 今後の課題

ねじり振動問題は、解析方法などかなり進んできたが、圧延法案などとの関連が多いため解析だけに頼ることはできず、現地測定データの集積が必要である。長期の測定データが集積され、トルクひん度分布がより明確になれば、設計上、信頼工学的に取扱うことが可能で、圧延法案に即した設計が行え、電動機はより信頼性の高いものとなる。

これらのデータを得るため、当社では位相差方式の軸トルク監視装置(実用新案申請中)を開発した(図10.参照)。従来の方式に比べ、耐ノイズ、安定度がよく、非接触形のため、信頼度、耐久性が優れている。

#### 5. むすび

需要家のニーズに適合した信頼性の高い圧延主電動機を目指して努力している内容につき、機械的な問題とその設計対策を紹介した。更に、幅広いデータの集積と解析を進め、より合理的な設計条件の確立に努める。

圧延用主電動機としては、今後とも直流機、同期機、更に新顔としてサイリスタモータが使用されようが、いずれの機種に対しても、遅滞なく最新機械技術を反映させるので、必ずやご期待に沿うものと

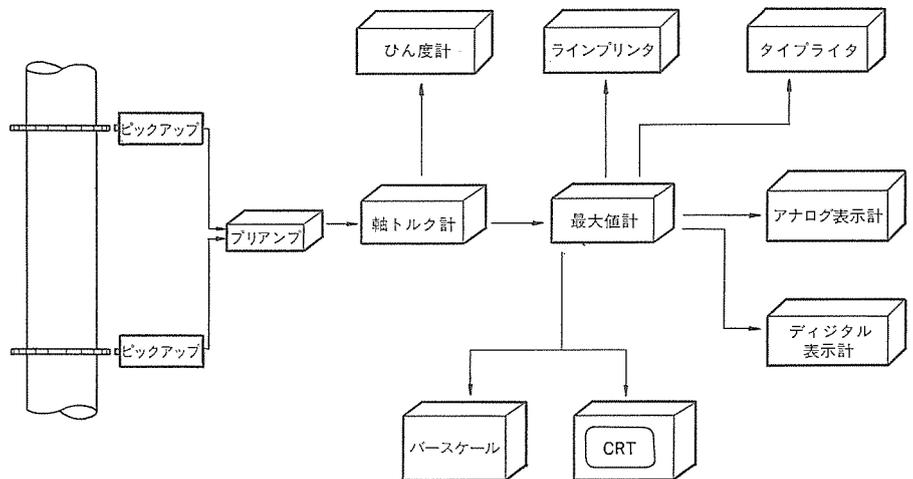
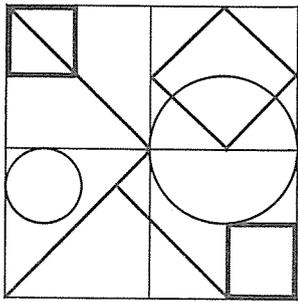


図 10 軸トルク監視装置

確信する。

#### 参考文献

- (1) Ergebnisse von Betriebsuntersuchungen an Blockstra Ben, Stahl und Eisen (Oktober, 1957)
- (2) Torque Amplification and Torsional Vibration in Large Reversing Mill Drives, Iron and Steel Engineer (May, 1969)
- (3) 小山ほか：圧延機駆動軸系におけるねじり振動に関する諸問題, 三菱電機技報, 48, No. 2 (昭49)
- (4) 林ほか：最近の圧延機駆動用電動機の動向, 三菱電機技報, 51, No. 8 (昭52)
- (5) 竹下ほか：圧延機のねじり振動の解析, 日本機械学会論文集(第1部), 42, No. 361 (昭51-9)
- (6) 竹下ほか：圧延機軸系のねじり振動, 日本機械学会講演論文集, No. 770, 3 (昭52-4)
- (7) 東覚ほか：同期電動機駆動軸系の過渡現象のデジタルシミュレーションによる解析, 三菱電機技報, 53, No. 3 (昭54)
- (8) 福本ほか：同期電動機の最近の動向, 三菱電機技報, 53, No. 8 (昭54)



# 特許と新案



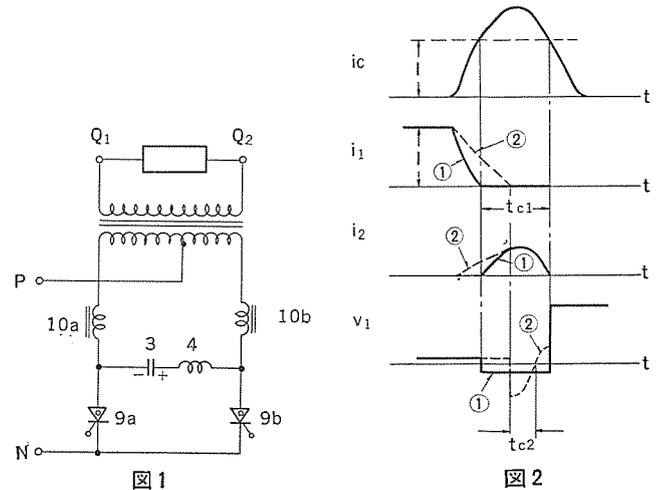
## 電力制御装置 (特許第 885481 号)

発明者 赤松昌彦

この発明は、図 1 に示すように、直流入力端子 P、N と出力端子 Q<sub>1</sub>、Q<sub>2</sub> との間で導通制御され、互いに異なる電位を上記出力端子に与える少なくとも 2 つの逆導通サイリスタ(9a)、(9b)を有し、互いに区別された磁心に巻線された可飽和リアクトル(10a)、(10b)を上記逆導通サイリスタ(9a)、(9b)のおおのに直列接続し、更に上記のおおの逆導通サイリスタに対して転流インダクタンス(4)と転流コンデンサ(3)との振動的パルス電流を逆方向に与えて消弧する手段を備えた電力制御装置である。従来の同種電力制御装置にあっては、逆導通サイリスタ(9a)、(9b)の代わりにサイリスタとダイオードとの逆並列回路が用いられ、また可飽和リアクトル(10a)、(10b)の代わりに主回路に直列に限流リアクトルがそう(挿)入されていた。このような従来装置にあっては、サイリスタ及びダイオードのおおのの素子にリード線インダクタンスその他のインダクタンスが存在し、これを無視できないため、サイリスタの逆バイアス時に図 2 の点線②のように、サイリスタ電流  $i_1$  の減少が大幅に遅れ、このためサイリスタの逆電圧印加が遅れるとともに、ダイオードに電流  $i_2$  が流れている期間中にサイリスタ電圧  $v_1$  が順方向に転じてしまう。したがって逆バイアス時間は理想値  $t_{c1}$  からその約 1/2 の値の  $t_{c2}$  に減少し、ひいては所要転流パルス電流  $i_c$  が増大して転流損失が大きくなる欠点があった。また従来装置にあっては、限流リアクトルが大容量となり回路損失が大きくなる欠点があった。

これに対しこの発明では逆導通サイリスタを用いるので、サイリスタ部とダイオード部とが同一ウエハ内に形成されかつ平板電極で短絡されているので、両部で形成される閉ループインダクタンスが極めて小さく

なる。このため図 2 に示した逆バイアス時間が理想値  $t_{c1}$  にほぼ等しくなり、所要転流パルスが減少して素子の損失及び転流損失が小さくなる効果を有する。また可飽和リアクトルを各逆導通サイリスタに直列接続し、それを選択的に飽和させて使用しているため、大容量の限流リアクトルが不要になって回路損失を減少させることができるとともに、消弧のための逆バイアス期間中のリアクトル蓄積エネルギーが減少し、一層の転流損失の軽減を図ることができる効果を有する。



## 電子ビーム装置 (特許第 788877 号)

発明者 上山善司・安永政司

この発明はプラズマ電子銃を用いた電子ビーム装置の改良に関するもので、特に電子銃の出力を自動制御化したときに安定に動作するようにした電子ビーム装置を提供しようとするものである。

電子銃の出力は電子銃室内のガス圧力に大きく左右されるため、電子銃室内の圧力を調整し電子銃出力を一定に保持するということが電子ビーム装置にとって最重要視される。

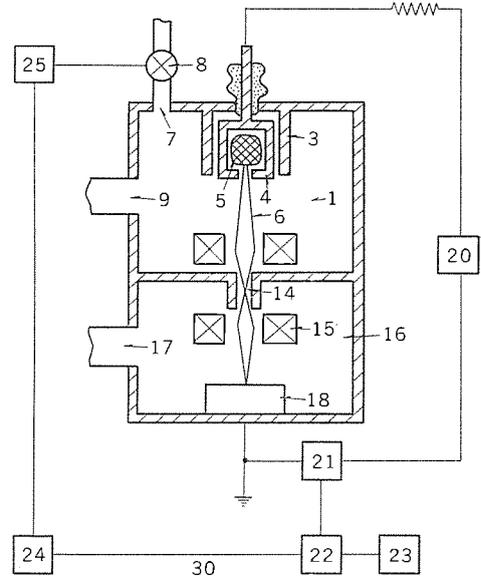
図において、(1)は電子銃室、(3)はシールド電極、(4)はウエネルト電極、(5)はプラズマ陰極、(6)は電子ビーム、(7)は電子銃室に供給するガスの導入口、(8)は導入するガス量を調整するためのリ

ーク弁、(9)は電子銃室に設けられた排気口、(14)は流体コンダクタンスの小さいカナル、(15)は電子ビームの焦点を調整するための集束レンズ、(16)は電子ビームを被加工物へあてるための作業室、(17)は作業室内の気体を排気するための排気口、(18)は被加工物、(20)は電子銃に高電圧を印加するための高圧電源、(30)は電流検出器(21)、比較増幅器(22)、標準信号器(23)、増幅器(24)及びリーク弁閉閉機構(25)によって構成される自動調整装置で、プラズマ電子銃の陰極電流を計測しこの陰極電流を所定値に保つようにリーク弁(8)の開度を調節する。

# 特許と新案

上記のように構成される電子ビーム装置において、電子銃を動作させる場合、ガス導入口(7)から電子銃室(1)に流入するガスは排気口(9)を介して排気される。ところで、カナル(14)の流体コンダクタンスは小さくしてあるため、電子銃室(1)から作業室(16)に流れるガス量は排気口(9)から排気される量に比べれば十分小さいので、電子銃室(1)内の圧力はガス導入口(7)から供給される量と、排気口(9)から排気されるガス量でバランスが保たれる。一方、電子ビーム照射中、作業室(16)内で発生する不純ガスの大部分は排気口(17)から排気され、上記のごとくカナル(14)のコンダクタンスは小さくしてあるので作業室(16)から電子銃室(1)に流れる不純ガスは少なく、電子銃室(1)に及ぼす影響はほとんどない。したがって、この発明における電子ビーム装置では、作業室(16)で電子ビーム照射中に発生する不純ガスによる電子銃への影響は小さく、また電子銃室(1)内の圧力が超過状態となっても排気口(17)から即時に排気されるため、電子銃は安定に自動調整装置(30)で制御される。しかも作業室(16)内で発生する不純ガスは直接電子銃に影響を及ぼさないから、排気口(17)に接続される排気装置は大容量のものを必要としない。

以上の説明からも明らかなように、この発明における電子ビーム装置は、電子ビームを物質に照射することによって生ずる不純ガスの影響を受けず、安定かつ連続的に動作させ得るものである。



## 自動故障検出装置付真空スイッチ (特許 第 759575 号)

発明者 青木伸一

この発明は真空スイッチの改良に関し、固定又は可動の接続端子の過熱を招く種々の故障を自動的に検出することを目的とする。

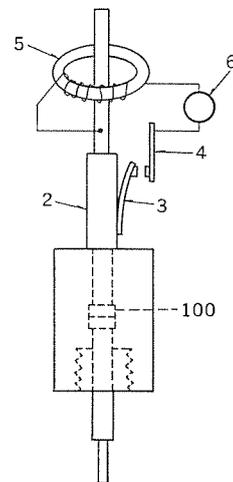
真空スイッチ管の真空劣化をはじめ真空スイッチに関する種々の故障を事前に検出して使用者に警報を与える手段を内蔵させることは、真空スイッチの安全性を確保する点で重要である。

この発明はかかる観点にたち、真空劣化が真空スイッチの固定又は可動接続端子の温度上昇を生じさせることに着目し、この温度上昇を検知し、この検知信号に基づいて上気真空劣化をはじめこの温度上昇を招く種々の故障を事前に察知できるようにしたものである。

このような発明を図により具体的に説明する。(3)は固定の接続端子(2)に熱的に接続されたバイメタルからなる第1の熱動素子であり、(4)はこの第1の熱動素子(3)と1対の接点を形成する第2の熱動素子である。これらの熱動素子、固定の接続端子(2)、変圧器(5)の2次巻線、警報用ラザ(6)により回路を形成している。この回路は、通電中における真空スイッチ管の接続端子の温度上昇が規定値内であれば熱動素子が互いに離れているため開放されるが、もし、温度上昇が規定値を超えた場合第1及び第2の熱動素子が接触するため閉成され警報用ラザから警報信号が発せられる。この警報信号により使用者は事前に故障を察知することができる。なお、上記回路は正常時開放で故障時閉成するように形成したが、この逆

に形成することもできる。

以上述べたこの発明によれば、真空スイッチ管の真空劣化をはじめ接続端子の接触不良、シャ断の失敗などをも検知、警報することができる。



# 新形高ひん度開閉回路用CLS形高压大容量限流ヒューズ —ヒューズの繰返し過電流寿命について—

岩崎行夫\*・今泉三之\*\*・森貞次郎\*\*\*・近田敏之\*・藤尾和克\*

## 1. ま え が き

限流ヒューズはその優れた限流性能から、経済的で優秀な保護装置として需要が急増しているが、高压電動機回路や、溶接機を2次側に接続する変圧器回路などに使われている限流ヒューズは、過電流の繰返しで劣化し、誤溶断を起こす場合がある。

当社では、この現象について研究を行い、その研究結果をもとに繰返し過電流特性を向上させた新形高ひん度開閉回路用限流ヒューズを新たに開発したので、これらの結果及び考察について報告する。

## 2. 限流ヒューズの寿命劣化実験

### 2.1 限流ヒューズの寿命劣化現象

限流ヒューズの、溶断電流以下の過電流の繰返しによるエレメントの破断現象を寿命劣化<sup>(1)</sup>と称し、その要因として、銀エレメントの(1)通電加熱による結晶粒の粗大化と粒界のぜい(脆)弱化、(2)膨脹収縮の繰返しによる変形・疲労、(3)消弧剤などとの摩耗損傷、があげられている。この現象は新 JEC 規格 201<sup>(2)</sup>に、繰返し過電流特性として規定されたが、現状では劣化機構はほとんど不明で、劣化検出法も確立されていないので、その機構解明の実験を行った。

### 2.2 銀エレメントの高温による物理的性質の変化

銀線が無拘束で700°C以上に加熱されると機械的性質の急激な低下や非可逆的な抵抗変化などが生ずると言われている<sup>(3)</sup>が、銀線限流ヒューズに、溶断電流の95%電流(推定エレメント温度700°C以上)

を、0.2秒から10分以上通電しても、ヒューズ抵抗は変化せず、溶断特性も変わらないことが多いので、400°C 1hで焼鈍した0.4mm径銀線の高温における性質を詳しく調べた。

#### (1) 機械的性質の変化

図1、図2に高温加熱後の室温における引張り強さ、伸び、繰返し曲げ回数を示す。引張り強さは700°C加熱までは大差なく、900°C 500時間加熱でもまだ60%程度は残っている。伸びも900°C 500時間加熱で12%残っており、繰返し曲げも600~900°Cでほぼ一定である。図3は高温における引張り強さで、温度とともに低下するが保持時間の影響は100時間までわずかである。

この結果は、「銀線の加熱による機械的性質は、ある特定臨界温度を境にして極端に変化することはない」ことを明らかにしている。

#### (2) 電気的性質の変化

図4に高温加熱による抵抗値の見かけの変化率を示す。700~900°Cで10時間以上加熱すると漸増するが、900°C 500時間加熱でも変化は10%以下である。この抵抗変化も下記の、銀表面の蒸発による荒れ(実効断面積の減少)に基因しており、その断面積減少を

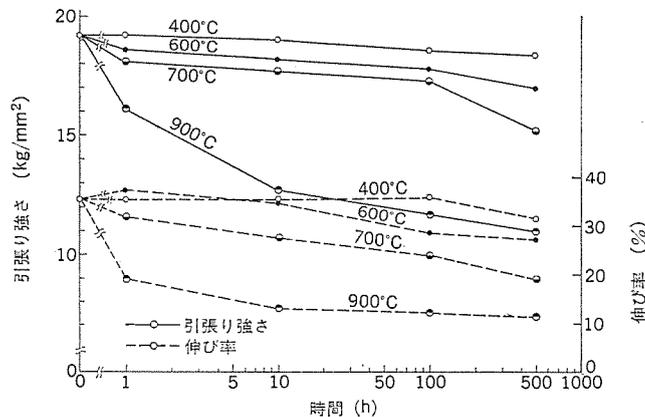


図1. 加熱による銀線の機械的性質の変化

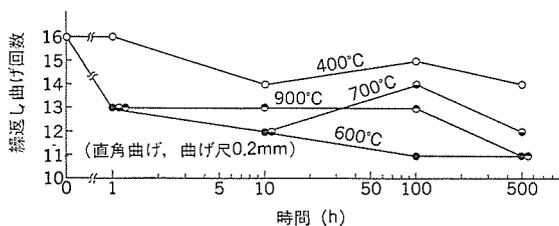


図2. 加熱による銀線の繰返し曲げ値の変化

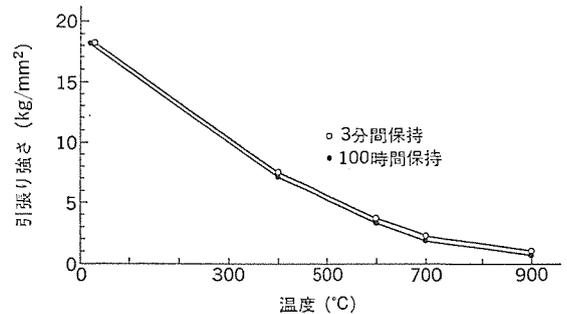


図3. 銀線の高温引張り強さ

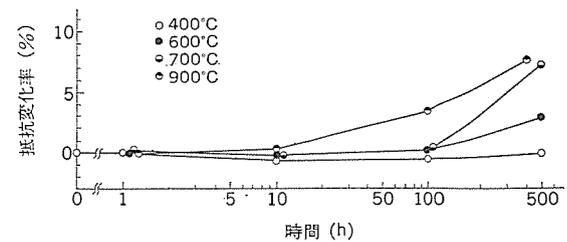


図4. 加熱による銀線の抵抗変化

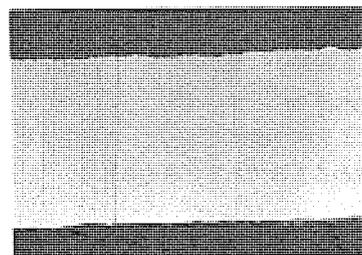


図5. 加熱後の銀線断面

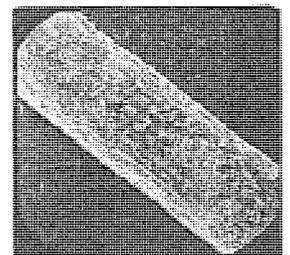


図6. 加熱後の銀線表面

表 1. 各種ヒューズによる繰返し過電流試験結果

記号	ヒューズの構造		溶断電流 (電流-時間)	通電条件	破断負荷率 (300回)	寿命劣化温度(C) (250回温度)
	エレメント 形状	張り方 消弧剤				
A	ノッチ (*)	らせん けい砂	30A-0.2秒	0.2秒通電-10秒休止	0.93	588
B	丸	直線 なし (空中)	8.5A-10分	10分通電-30分休止	0.92	840
C	丸	らせん けい砂	13.2A-10分	10分通電-30分休止	0.90	572
D	ノッチ	直線 けい砂	30A-0.2秒	0.2秒通電-10分休止	0.83	536
E	丸	直線 けい砂	35A-0.2秒	0.2秒通電-10分休止	0.79	516
F	丸	直線 けい砂	16.6A-10分	10分通電-30分休止	0.68	450

(\*)ノッチ法径13×長107mm (○)ノッチ形球 (●)らせん(15回, エレメント長265mm)

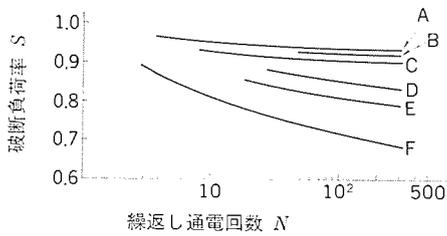


図 7. 繰返し破断 S-N 特性

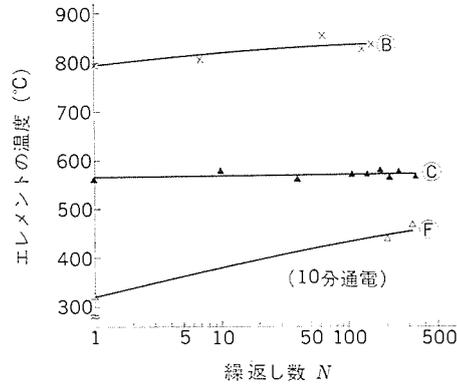


図 8. 繰返し回数-温度特性

補正すれば「銀線の加熱による抵抗値の変化はほとんど生じない」ことが確認された。

(3) 金属組織と表面荒れの観察

図 5. に 900°C 500 時間加熱の銀線断面組織を示す。結晶粒は成長しているが結晶粒界や粒界の 3 重点に空孔やき裂は見られない。

図 6. は 900°C 400 時間加熱の銀線表面の走査形電子顕微鏡 (SEM) 写真で著しく荒れているが、深さは 10 μm 程度である。

2.3 銀線モデル限流ヒューズの繰返し過電流特性

0.26 mm 径の銀線 エレメント を使った各種 モデル 限流 ヒューズ により、300 回程度の繰返し過電流試験を行い、構造や通電条件と破断回数との関係を調べた、その結果を表 1. 及び図 7. に示す。

その際、1 回目通電時に感温塗料で、エレメント中央部の温度を推定し、以後エレメント抵抗値の変化から求めた平均温度の 1 回目値との差をそれに加え、それをその回数におけるエレメント中央部温度と仮定した。ここに負荷率<sup>(6)</sup>、寿命劣化温度は次による。

$$\text{負荷率} = \frac{\text{通電時間中の試験電流値}}{\text{同じ通電時間中の溶断電流値}}$$

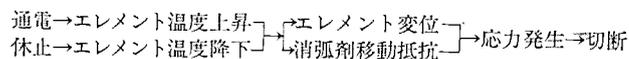
$$\text{寿命劣化温度} = \text{エレメント中央部の破断寸前温度 (推定値)}$$

(1) ヒューズ構造と熱応力の影響

同一線径ヒューズでも、エレメントの形状・張り方・消弧剤の有無などの、ヒューズの構造によって 300 回で破断する負荷率は大きく相違する。例えば

- 消弧剤無しヒューズB > 消弧剤有りヒューズF
- らせん張りヒューズC > 直線張りヒューズE
- ノッチ付ヒューズD > ノッチ無しヒューズA

となる。これは、通電・休止により次の機構でエレメントに発生する熱応力がヒューズ構造によって変わるためであると考えられる。



(2) 寿命劣化温度

エレメント温度と回数の関係を調べた。その 1 例を図 8. に示すが各試験条件共に、(a)らせん張りヒューズは回数に伴いほとんど上昇しない。(b)直線張りヒューズは初期温度が低く回数とともに上昇するの傾向となっている。しかし破断寸前に急騰することはなかった。

このことから 250 回通電のエレメント温度を寿命劣化温度と名付け、表 1. に示した。この温度はヒューズの構造や通電条件により変化し、例えばけい砂無しヒューズBと、けい砂入りヒューズA、Cとは、負荷率はほぼ同じであるが劣化温度は大きく相違し、ヒューズB は 840°C (従来銀の劣化温度と推定されていた 600°C をはるかに超えている)

と非常に高い。これは、エレメント温度は寿命劣化に対し重要な因子であるが、それからだけでは寿命劣化は予測できず、消弧剤の拘束条件や熱伝達が大きく影響することを示している。

(3) 通電時間の影響

同じ構造のヒューズでも通電時間が長くなると破断負荷率は

10 分通電ヒューズE

> 0.2 秒通電ヒューズF

となり、累積通電時間に依存するクリープ的損傷もうかがえる。

(4) 劣化エレメントの金属組織

図 9. は、ヒューズF の破断直前の断面組織図で、熱疲労による粒界移動やすべりによって生じたき裂の伝ば(播)状況を表している。図 10. は、ヒューズD の破断部表面の 1,100 倍 SEM 写真で、繰返しによって階段状に生じた疲労特有のすべり線(右上部)やけい砂食みが認められおうとつ(凹凸)の少ない低



図 9. 破断直前の断面 (10分-369回)

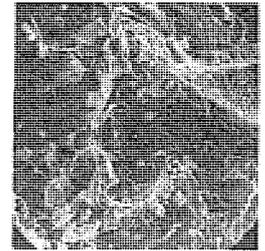


図 10. 破断部の表面 (0.2秒-302回)

表 2. エレメントの構造

種類 (形)	形状	張り方
P	丸線	直線
Q	帯	同上
R	Vノッチ帯	同上
S	同上	らせん
T	同上	ジグザグ

### 3. 限流ヒューズの寿命劣化機構

#### 3.1 破壊条件式

以上より、寿命劣化はエレメントの温度上昇や材料強度だけを単独に扱っては解けず、全体を広い意味での熱疲労現象としては(把)握する必要があるので、限流ヒューズの繰返し寿命破壊条件式として、破壊は次の各因子による損傷が、劣化の過程においてある限度値に達したときに生ずるとして次式を提唱する。

$$\phi = \phi_f + \phi_c + \phi_{gb} + \phi_v + \phi_{is} + \phi_{ga} + \phi_{ac} \dots (1)$$

ここに  $\phi_f$ : 疲労損傷 (繰返し回数依存)

$\phi_c$ : クリープ損傷 (累積通電時間依存)

$\phi_{gb}$ : 結晶粒粗大化, 粒界移動やすべりなどの粒界脆化

$\phi_v$ : 銀原子の蒸発による損耗

$\phi_{is}$ : エレメントと消弧剤との相互作用による変形・摩耗

$\phi_{ga}$ : 酸素や水素ガスの吸収による脆化

$\phi_{ac}$ : オゾン硝酸性ガスや腐食性ガスによる損傷

なお、この外にエレメントの材料欠陥(表面傷, 不純物, 空孔など)が、各因子による損傷を加速させる作用をする。

#### 3.2 寿命劣化因子の作用領域

式(1)の諸因子は、当然重なり合って作用するが、その性質上効果

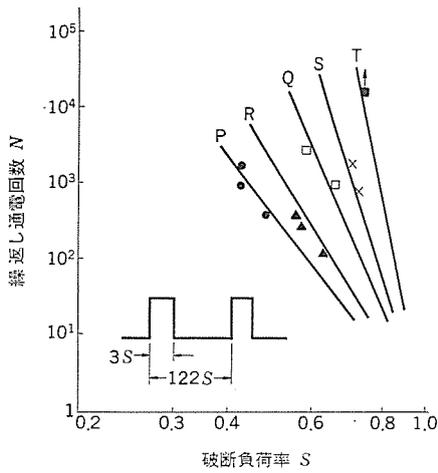


図 11. 破壊 S-N 特性

サイクル疲労の特徴を示している。

#### 2.4 銀線、銀帯モデル限流ヒューズの繰返し過電流特性

表 2. のエレメントをもつ限流ヒューズに一定条件の電流を流し、構造と破壊回数-負荷率との関係を調べた<sup>(6)</sup>。図 11. に結果を示すが、

T形 > S形 > Q形 > R形 > P形

となり、T形が最も長寿命特性を示した。新形 CLS 形ヒューズにはこのT形(ジグザグ曲げ, Vノッチ銀帯)を採用している。

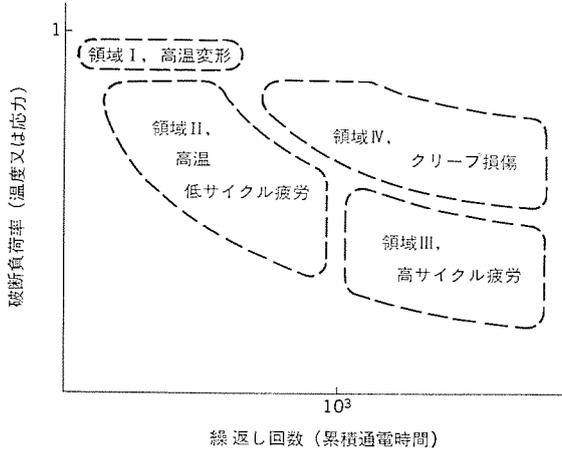


図 12. 限流ヒューズの寿命劣化機構

表 3. 寿命劣化に影響する諸項目(ヒューズ構造のみ)

条 件	項 目
ヒューズ構造	ヒューズエレメント <ul style="list-style-type: none"> <li>材質 (膨張係数, 抵抗率, 強度, 延性, 熱伝導率)</li> <li>形状 (線, リボン, 長さ, 線径)</li> <li>ノッチ                             <ul style="list-style-type: none"> <li>有無</li> <li>形状 (丸, V)</li> <li>ノッチ部の断面積比率</li> </ul> </li> <li>張り方 — 直線ら旋(径, ピッチ), ジグザグ(角度, ピッチ)</li> <li>その他 — 材料欠陥(不純物, 表面さす, 空孔)</li> <li>熱処理条件(結晶粒度)</li> </ul>
	消弧剤 <ul style="list-style-type: none"> <li>材質 (熱伝導率, 比熱, 密度, 膨張係数, 硬度)</li> <li>粒 度 (粒径, 粒度分布)</li> <li>形 状 (尖鋭, 球状)</li> <li>固形剤 (有無, 材質)</li> <li>その他 (体積, 充填率, 含有水分)</li> </ul>
その他	<ul style="list-style-type: none"> <li>ヒューズ筒                             <ul style="list-style-type: none"> <li>材質 (熱伝導率, 比熱, 密度, 膨張係数)</li> <li>形状 (径, 長さ, 肉厚)</li> </ul> </li> <li>磁 器 棒                             <ul style="list-style-type: none"> <li>材質 (熱伝導率, 比熱, 密度)</li> <li>形状 (星形, エッジ部の角アール, 径, その他)</li> </ul> </li> <li>端 子                             <ul style="list-style-type: none"> <li>材質 (熱伝導率, 比熱, 密度, 膨張係数)</li> <li>体積</li> <li>形状</li> </ul> </li> </ul>

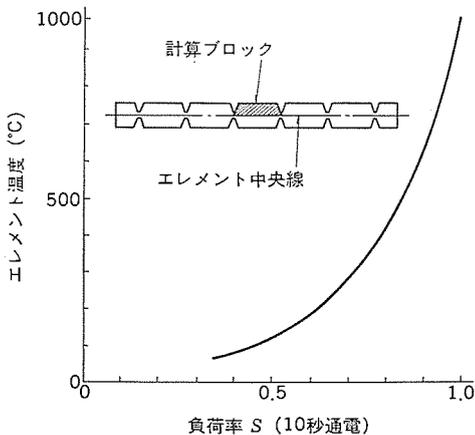


図 13. 最高温度 - 負荷率曲線

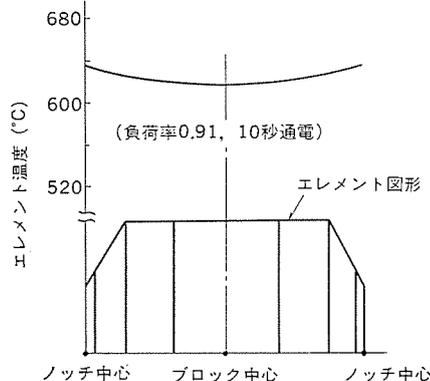


図 14. 中央線部温度分布

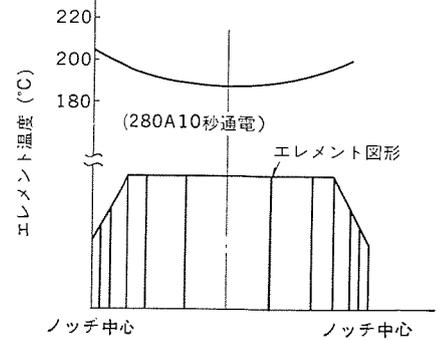


図 15. モデルエレメント温度分布 (計算値)

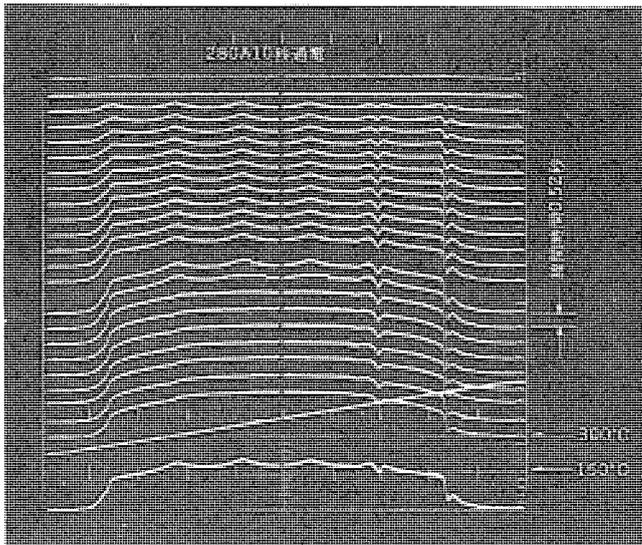


図 16. モデルエレメント 中央線部温度変化

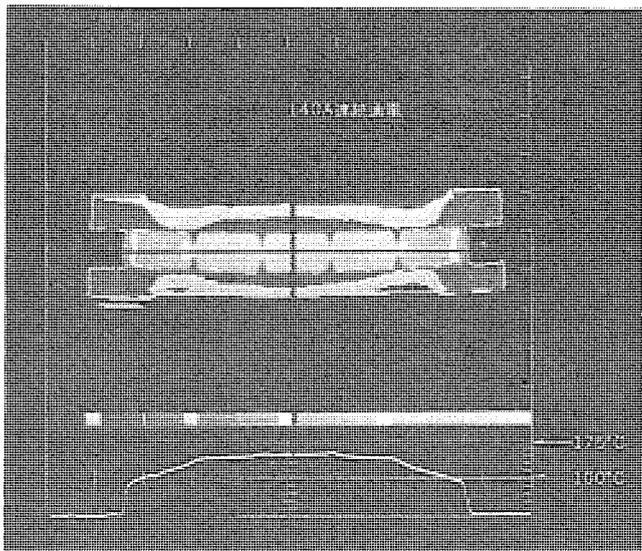


図 17. モデルヒューズ 温度分布

的に作用する領域は異なるので、各領域別に主要要因になると考えられる因子を1つ取り出し、図 12. に示した。長寿命ヒューズを製作するためには、高負荷率・多回数の領域の研究が重要である。

### 3.3 寿命劣化に影響する諸項目

ヒューズの繰返し寿命を検討する場合に考慮すべき具体的項目をあげると、表 3. のようにヒューズの全範囲にわたる膨大なものになる。しかも各項目は複雑に相互作用を行い、一概にその影響(重要)度を決定できないことが多い。これがヒューズの寿命劣化現象を簡単に解明できない原因となっている。

### 3.4 エレメントの温度上昇

複雑な繰返し寿命解明の大きなかぎと考えられる、エレメントの温度上昇値について調査した。

#### (1) Vノッチ帯エレメントの計算機による計算値

消弧剤中に入っている、Vノッチ銀帯エレメントについて図 13. の斜線入り1ブロックを取り出し、これを8分割し、熱回路網法で計算した。その結果を図 13., 図 14. に示す、また、解析用拡大モデル気中エレメントの温度上昇も計算し図 15. に示した。

#### (2) 拡大モデル気中エレメントによる実験

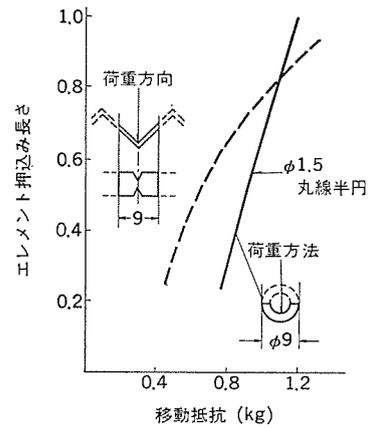


図 18. エレメント移動抵抗 (モデル実験値)

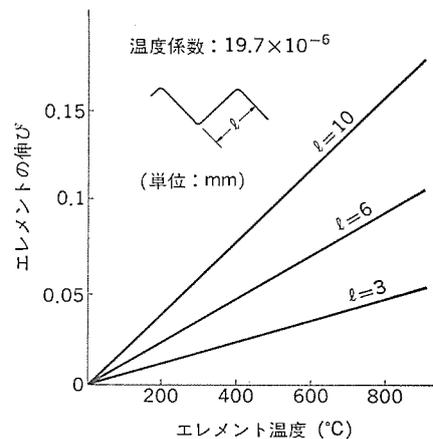


図 19. ズグザグエレメントの1ブロック当たりの高温伸び (計算値)

計算結果を実証するため、3倍拡大銅エレメントをけい砂なしで、半割チューブに入れ、熱電対を使わず、サーモビューワ(赤外線温度測定装置)で測定した。その一部として、280 A 10秒通電時のエレメント中央線部の温度変化プロットを図 16. に示すが計算値図 15. とよく合致している。なお参考として上記拡大モデルヒューズに140 A 連続通電したときのヒューズ筒全体の測定結果を図 17. に示すが、ノッチ部と非ノッチ部との温度差は±2.5°C程度である。

#### (3) Vノッチエレメントの温度上昇(まとめ)

(a) 数秒以上の通電では、負荷率0.9でもノッチ部の、非ノッチ部よりの温度上昇値は非常に低く、ほとんど無視できる。

(b) 低負荷率における温度上昇値は、ノッチなしとほぼ同一。

(c) 10秒以上通電時ノッチ部で発生する熱は非ノッチ部に効果的に吸収され、ノッチ部の局所的な温度上昇は抑制されている。

などが確認され、Vノッチによる悪影響は見られなかった。

### 3.5 砂中エレメントの移動抵抗

次に、応力発生の変因である消弧剤中のエレメントの移動抵抗についてモデル実験をした。その一部を図 18. に示すが、短いピッチでズグザグに折り曲げられたVノッチエレメントは、温度上昇による変位が図 19. に示すように少ないので、移動抵抗も条件によっては、丸線ら旋巻きより少なくなることが判明した。

### 3.6 破断寿命の予測

ヒューズの製造上、どのような構造のものが長寿命か、小数回(短時間)特性から多数回(長時間)寿命が推定できないか、また、使用

上通電条件の変化でその寿命にどんな影響を与えるのかなど、その破断寿命の予測はヒューズ技術上に極めて重要であり、それを実現するのに先の 3.1 節, 3.2 節などの追求に努めているが残念ながら現在、いまだ発表できる段階に至っていない。「基本的には、実製品を実使用条件で実験する以外にない」というのが実状である。

#### 4. 新形 CLS 形ヒューズ

##### 4.1 構造

このヒューズは、図 20. に構造を示すが、先の研究結果をもとに、優れた特性をもつ連続 V ノッチ 銀帯 エLEMENT を全長にわたってジグザグに折り曲げ、並列に配置している。この V ノッチは、動作過電圧を抑制し限流しゃ断性能を格段に向上させながら通電時の温度上昇を低く抑さえ負荷通電能力を飛躍的に増加させる寸法としており、またジグザグの折り曲げは通電・休止の度ごとに生ずる ELEMENT の膨脹・収縮を全長に一樣に分布させて、その変位を極小にするとともに、その変位による消弧剤中のヒューズELEMENT の移動抵抗を低減して、材料の疲労を減少させ繰返し過電流特性の向上に大きな効果をあげている。

##### 4.2 定格・性能・寸法

表 4. に主な項目を示すが、非常に小形でしゃ断容量は対称分実効値 63 kA と大きく、負荷容量も 1 本の筒で定格電流 M 400A、適用電動機容量 7.2 kV で 3,000 kW と大きい。繰返し過電流特性については後述するが、30,000 回以上の性能をもっている。

##### 4.3 繰返し過電流特性

図 21. に代表的試験結果として、3.6 kV, 7.2 kV の M 200 A の

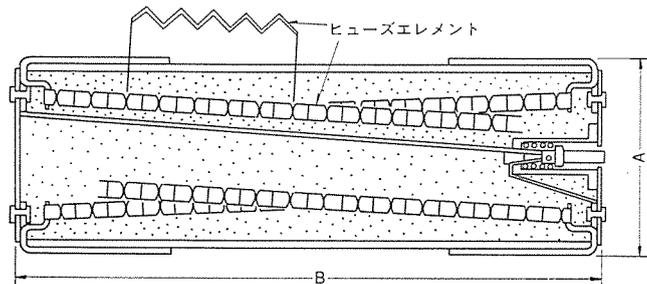


図 20. 新形 CLS 形ヒューズの構造図

表 4. 新形 CLS 形ヒューズの定格・性能・寸法

定格電圧 (kV)	定格電流 (A)		外形寸法	最大しゃ断 $I^2t \times 10^4$ (A <sup>2</sup> s)	ワット損 (W)			
	M	C			50%	100%		
3.6	M 20	C 15	60	200	2.4	0.94	3.7	
	M 50	C 35			13	2.0	8.4	
	M 100	C 70			85	3.4	14	
	M 150	C 100	77	200	100	5.8	27	
	M 200	C 130			170	9.0	39	
	M 300	C 200			620	13	59	
7.2	M 400	C 300	87	250	1,100	16	77	
	M 20	C 15			60	310	2.4	1.8
	M 50	C 35	13	4.1			18	
	M 100	C 70	38	9.1			41	
	7.2	M 150	C 100	77	350	100	13	63
		M 200	C 130			170	19	97
		M 300	C 200			620	22	110
		M 400	C 300	87	450	1,100	30	150

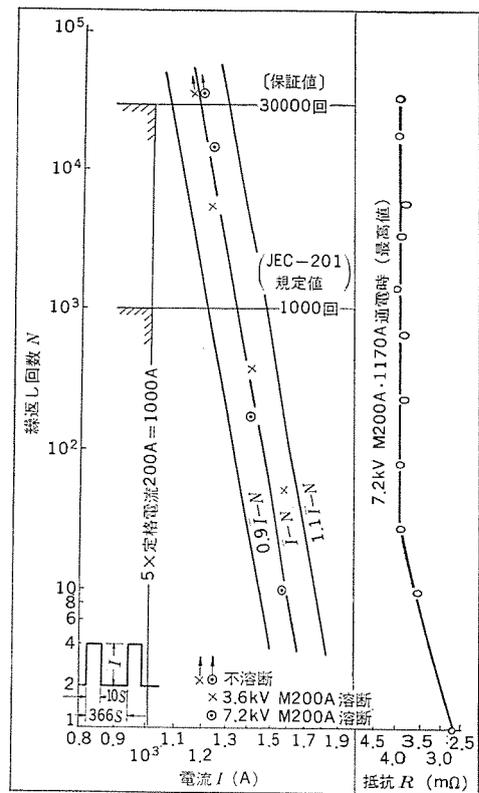


図 21. 繰返し過電流特性曲線

I-N 曲線を示すが、1,150 A (定格電流×5.8) - 35,000 回不溶断となっている。抵抗 - 回数特性も図 21. に併記したが 35,000 回までその値は変わらず、抵抗法によるヒューズ寿命の推定の困難さを再確認した。

##### 4.4 特長

- (1) 国内最小の寸法で国内最大の、63 kA のしゃ断容量、M 400 A の定格電流、7.2 kV で 3,000 kW の負荷容量をもつ。
- (2) 高ひん度繰返し過電流性能、30,000 回をもつ。
- (3) 密閉形で無音・無放出の、動作表示付きである。
- (4) 限流効果が大きく、高速度しゃ断する。

#### 5. む す び

V ノッチ 銀帯 ELEMENT は、その形状上機械的に弱く、繰返し過負荷特性に疑問を投げかける意見もあったが、繰返し過電流性能は、単純に ELEMENT の形状のみからでは決められず、ELEMENT の配置を含めたヒューズ全体の構造設計で決定されるものであることが、要素解析、製品試験から実証され、小形で高繰返し性能をもつヒューズの開発に成功した。

今後、更に解明をすすめ、寿命予測まで可能にしたいと考えている。

#### 参 考 文 献

- (1) 広瀬ほか：昭 46 電気学会全国大会, No. 915
- (2) JEC-201 (1977) 電力ヒューズ
- (3) 伊藤ほか：富士時報, 50, No. 12, p. 671 (昭 52)
- (4) JISC-2530 (1968), p. 5
- (5) 太田ほか：昭 45 電気学会関西支部大会, G 3-52
- (6) 近田ほか：昭 53 電気学会関西支部大会, G 3-65

# トリプル方式映像システム

糸賀正己\*・高田 豊\*・洞井宏之\*・三橋康夫\*・丹羽喜一\*

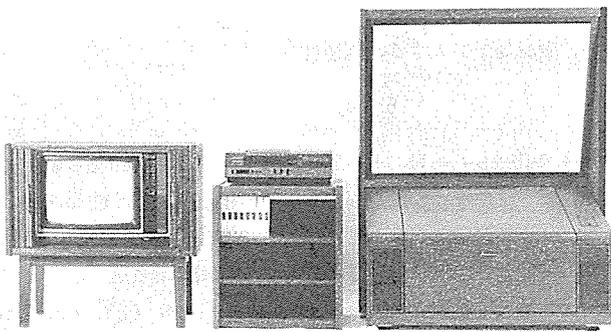
## 1. ま え が き

世界のカラーテレビジョン放送方式は大別して、英国、西独、豪州等の採用する PAL 方式、仏、東独、ソ連等の SECAM 方式、米国、日本等の NTSC 方式がある。それら放送を録画する場合、それぞれの方式専用の VTR が必要である。

一方、イラン、イラクとクエート、クエートとサウジアラビア、東西両独等、隣国が異なった放送方式を採用している国境付近は、両国の放送電波が受信できるいわゆる DUAL 方式と呼ばれる、例えば PAL/SECAM 両方式受信機に対する需要があり、現に市販されている。また、VTR に対しても、DUAL 方式が要求されている。

家庭用 VTR が本格的な動きを始めたのは昭和 52 年であり、当社が採用している VHS 方式欧州規格が統一されたのがその年の 10 月であった。中近東を中心にテレビの放送内容も未だ乏しく、一般の娯楽施設も未発達という条件下で VTR に対する需要は強いものがあり、同時に米国より NTSC 方式で録画されたソフトテープが流入し、上記 DUAL 方式に更に NTSC 方式の再生機能を持つ、いわゆる TRIPLE 方式の VTR に対する需要を喚起している。

昭和 53 年 12 月に他社に先んじて世界初の PAL/SECAM 方式の録画再生並びに NTSC 方式の再生を可能にした TRIPLE 方式映像システム (TRIPLE 方式 VTR、モデル HS-210 Q、TRIPLE 方式カラーテレビ、モデル CL 208 QT、TRIPLE 方式プロジェクションカラーテレビ、モデル VS-500 Q) を開発し昭和 54 年初より中近東、西独などに出荷を開始したので概要を報告する。



## 2. TRIPLE 方式映像システムの特長

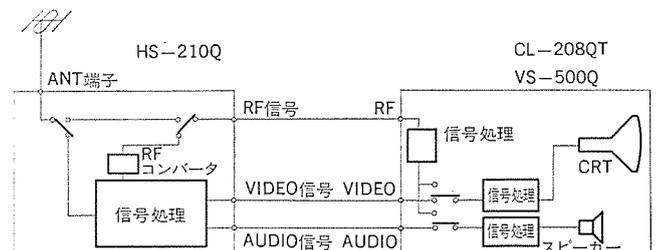
このシステムは異なる方式の録画再生を可能にするという一大特長とともに、使用者の立場に立った操作性、すなわち方式切換えなどの完全自動化がある。以下特長を列挙すると、

- (1) PAL 放送、SECAM 放送の 3 時間までの録画再生並びに NTSC テープの再生ができる。
- (2) PAL/SECAM 放送の録画は受信放送の方式を自動検出し録画回路を自動的に切換える。

- (3) 録画テープの再生は、PAL/SECAM/NTSC 方式のいずれで録画されているかを自動検出し、テープスピード、ドラム回転数、色再生回路等を自動的に切換える。
- (4) 録画テープの記録方式が NTSC 方式であるか否かを判別し、その結果を VTR から TV へ判別信号として授与し、TV において垂直周波数や色再生回路の自動切換えを行う。
- (5) 録画テープの再生又は録画中のモニタを行うときは、優先的に自動割込みが TV 側での受信チャンネルに無関係に、VTR 側の操作だけで行える。
- (6) TRIPLE 方式テレビ受像機は単独で PAL/SECAM 方式の受信が可能で、しかも一般の DUAL 方式 VTR や PAL、SECAM、NTSC それぞれ単方式 VTR のモニタとしても使用できる。
- (7) TRIPLE 方式 VTR は単独で PAL/SECAM 放送の録画再生ができ、しかも RF コンバータを内蔵したことにより一般の DUAL 方式受像機や、PAL、SECAM 受像機と組合せて使用することもできる。
- (8) 受信放送方式、再生テープ録画方式はモード表示ランプに表示される。
- (9) TRIPLE 方式 VTR、TV 共に当社の従来の PAL 方式 VTR、TV と同じ大きさにコンパクトにまとめている。
- (10) その他通常の、裏番組録画、留守録画、タイム録画、ポーズ、アフレコ等の機能を有している。

## 3. システムの構成

HS-210 Q と CL-208 QT、VS-500 Q は、RF-RF 結合並びに VIDEO、AUDIO-VIDEO、AUDIO 結合ができる。このシステムにおいては VIDEO、AUDIO 結合が優先的であり、TV で、ある番組を見ながら他番組を VTR に録画する、いわゆる裏番組録画の時のみ VTR 側で手動切換スイッチにより RF-RF 結合で放送信号の授受を行う。RF ケーブルで伝送される信号は、PAL 方式又は SECAM



状態	AUDIO信号	状態	VIDEO信号
PAL/SECAM 録画、再生		裏録中	
NTSC 再生		再生中 又は モニタ中	

図 1. トリプル方式映像システム全体ブロック図

方式でヨーロッパチャンネル4に相当する信号であり、音声キャリアは5.5 MHzである。ビデオケーブルで伝送される信号は、PAL、SECAM又はNTSC方式準拠の複合映像信号と、再生中又はモニタ中であることを示す割込信号であり、オーディオケーブルで伝送されるのはAUDIO信号と方式がNTSCであるか否かを示すモード判別信号とである。

### 3.1 各放送方式の違いとシステムとしての対応

このシステムの構成上留意した各放送方式間の差異を表1.に示した。

このシステムにおいては前記のように、PAL/SECAM方式の録画再生とNTSC方式の再生がすべて自動で行われるという大きな特長があり、これを実現するためには各放送方式を検知してVTRでは

テープスピード、ドラム回転数、カラー信号処理系、等々を自動的に切換え、また、カラーテレビ側では

垂直周波数、カラー信号処理系、等々

を切換える必要がある。また、それぞれの方式判別には

(1) NTSC方式とそれ以外についてはフレーム周波数

(2) PAL方式とSECAM方式については、バースト信号(ラインアサート信号)周波数

表 1. 各放送方式の違い

項目	PAL方式	SECAM方式	NTSC方式	
TV	バースト(ID)信号周波数	4.43 MHz	4.25 MHz, 4.41 MHz	3.58 MHz
	垂直周波数	50 Hz	50 Hz	60 Hz
	水平周波数	15,625 kHz	15,625 kHz	15,734 kHz
	1フレーム走査線数	625本	625本	525本
VTR	テープ速度	23.39 mm/s	23.39 mm/s	33.35 mm/s
	ドラム回転数	1,500 rpm	1,500 rpm	1,800 rpm
	色低域変換方式	ヘテロダイン	カウントダウン	ヘテロダイン
	色信号記録周波数	626.953 kHz	$f_0/4$	629.371 kHz
	記録変換搬送	CH.1 一定	—	CH.1 $+90^\circ/H$
	色信号位相	CH.2 $-90^\circ/H$	—	CH.2 $-90^\circ/H$
	バースト信号プリエンファシス	—	—	6 dB
	ビデオトラック幅	0.049 mm	0.049 mm	0.058 mm
	ビデオ信号	W-PEAK 4.8 MHz SYNC-TIP 3.8 MHz	W-PEAK 4.8 MHz SYNC-TIP 3.8 MHz	W-PEAK 4.4 MHz SYNC-TIP 3.4 MHz
	FM搬送周波数	—	—	—
方式採用国例	クエート 西独 英 オーストラリア	サウジアラビア イラン イラク 東独	米 カ 台 日 国 ナ ダ 湾 本	

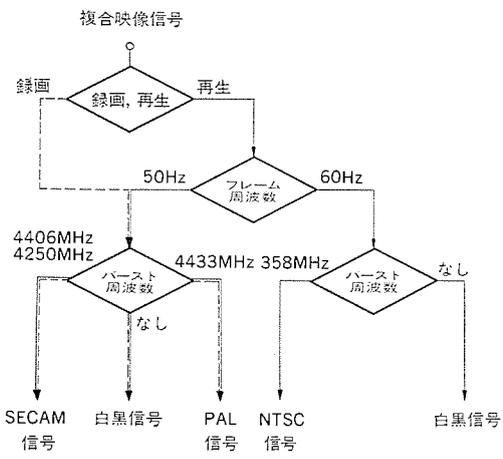


図 2. 信号判別フローチャート

を判別基準に選び、図 2. のフローに従って判別を行っている。

### 3.1.1 方式の判別

#### (1) 記録時

VTR側

(a) VTRのメカニズムをコントロールする信号により記録モードになっていることを検知し、ドラム回転数とテープスピードを強制的に、それぞれ1,500 rpm, 23.39 mm/sに固定する。

(b) 水平同期信号のバックポートにあるバースト信号又はID信号をAPC又はFM検波し、PAL方式かSECAM方式かを判別し、その結果によりカラー信号処理系の出力ゲートを開けたり閉じたりする。

CTV側

(a) VTRより受けるモード判別信号はLレベルであり、垂直周波数を50 Hzに固定する。

(b) VTRと同様手法により方式判別を行い、カラー信号処理系の選択を行う。

#### (2) 再生時

VTR側

(a) 再生中のテープに書込まれたコントロールパルスを計数し記録されている信号方式がNTSCか否かの判別を行う。

(b) 方式判別の結果により、ドラム回転数とテープスピードをそれぞれの方式値にする。

(c) カラー信号処理系の選択にあたっては、  
i. NTSC方式のときは、(a)の判別結果でNTSC信号処理回路だけが活性化され、SECAM/PAL信号処理系は非動作状態となる。  
ii. NTSC方式でないとの判定が得られたときは、記録時と同様バースト(ID)信号により、カラー信号処理系の選択を行う。

CTV側

(a) VTRより受けるモード判別信号はNTSC方式のときHレベル、PAL/SECAM方式のときはLレベルであり、それにしたがって

i. NTSCのときは、垂直周波数を60 Hz、PAL/SECAM方式のときは50 Hzにする。  
ii. 垂直幅を垂直周波数に従い適正となるよう切換える。  
iii. 色信号処理系は、NTSC方式を活性化するか又はPAL/SECAM系を活性化する。

(b) カラー信号処理系の選択にあたっては、  
i. モード判別信号がHレベルのときは前項iii.によりNTSC回路のみ動作状態となる。  
ii. モード判別信号がLレベルのときは記録時と同様バースト信号(ID信号)により、PAL方式かSECAM方式かの選択を行う。

### 3.2 このシステムのブロック図

このシステムは基本的には図 1. に示したようにVTRとTVという大きな2ブロックに分割される。それぞれにつき順次内部のより小さなブロック図を掲げてその概要を示す。

### 3.3 HS-210 Qのブロック(図 3.)

VTRは大きく分けると一般的には

- (1) デッキ部
- (2) メカニズムコントロール部
- (3) 電源部
- (4) TV共通部(チューナ, VIF, 選局部, 等々)

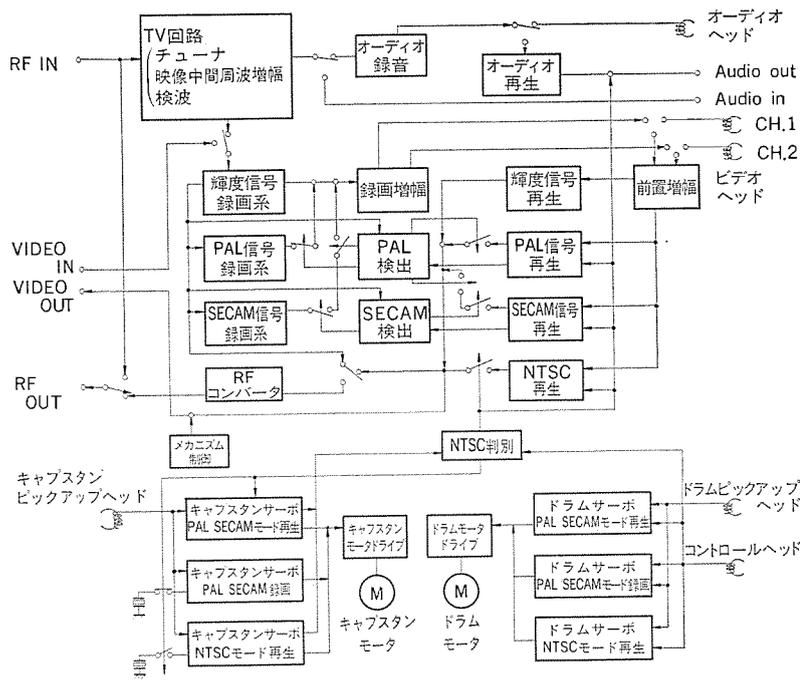


図 3. HS-210 Q のブロック図

- (5) 信号処理部 (Y信号, カラー信号, 音声信号)
- (6) サーボコントロール部
- (7) 表示, コネクション, 意匠, スイッチ, タイマ, 等々であるが, TRIPLE方式の場合には上記に更に
- (8) 方式判別ブロック (NTSC, PAL, SECAM)
- (9) 方式切換ブロック
- (10) 判別信号処理ブロック

等が追加されており, (5)の信号処理部の中のカラー信号処理, (6)のサーボコントロール部, (7)の表示等々は, このシステムでは新しい回路の追加変更など, 従来回路とは異なる回路構成となっている。従来と同じ回路構成をとるブロックの概要は他論文に譲るとしてここでは方式判別, 切換処理等について更に詳細な説明を加える。

### 3.4 方式判別, 切換処理

#### 3.4.1 NTSC方式とPAL/SECAM方式

NTSCとそれ以外の方式の判別は再生時のみ行われ図4.に示されている。基準発振ブロックはNTSC方式に対する水晶発振器3.58MHzと, PAL/SECAM方式に対する2.51MHzの2つの発振器を持ちキャプスタンサーボ回路を通してテープスピードを制御している。方式判別にはこの基準発振器を分周した信号と, コントロールヘッドより読

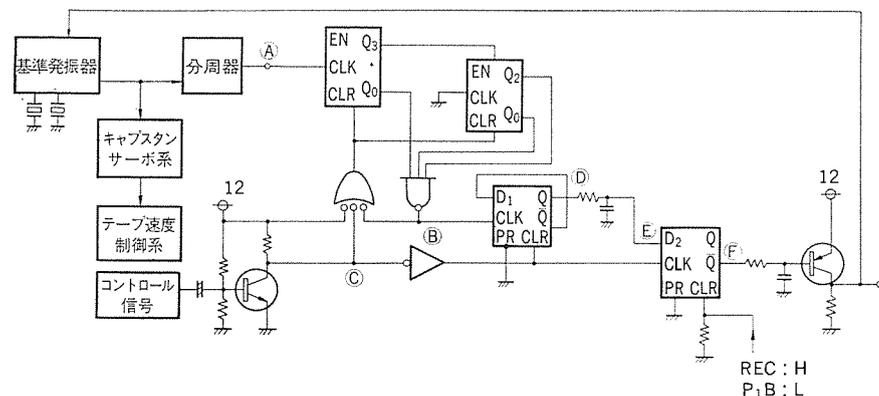


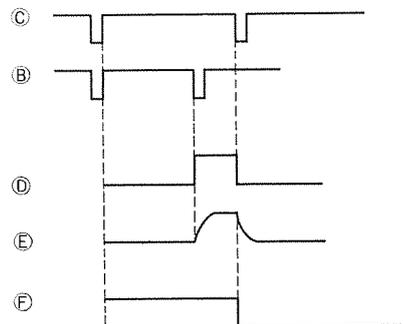
図 4. NTSC方式判別回路図

出したコントロール信号周波数とを比較することにより行う。記録テープの方式とテープスピードの組合せは4通りあるが, これら4つの場合に応じて比較器に加わる周波数を表2.に示す。表より明らかなように基準信号周波数をこのように設定すれば, PAL/SECAM方式で記録されたテープのコントロール信号は, テープ速度がNTSCのときであれPAL/SECAM方式のときであれ常に基準信号周波数よりも高く再生され, 逆にNTSC方式で記録されたテープは常に低く再生される。したがって, 基準信号に対して, 再生されたコントロール信号の周波数が高いか低いかによって再生テープが何方式によって記録されているかを判別できる。テープがNTSC方式で記録されているときのタイミングチャートを図5.に示す。点Bには, 基準水晶を分周しNTSC方式のときには32.87Hz, PAL/SECAM方式のときには23.04Hzのパルスが発生し, 点CにはNTSC方式のとき30Hz, PAL/SECAM方式のとき25Hzのコントロールパルスが発生する。基準周波数の分周用カウンタはパルス周期が短いB点パルスでCLRされる。これら

- パルスは次のD-FFに供給されD点にはBパルスによるパルスがCパルスでCLRされるまで保持される。このDパルスはRCの時定数回路を通してCパルスとタイミング合わせを次段のD-FFに供給される。この結果F点はNTSCのときLレベルを保持する。一方, PAL/SECAM方式で記録されたテープのときは, Cパルスが基準周波数の分周カウンタをCLRするためB点にパルスが発生せず, 結果としてF点はHレベルを保持する。これらの判別結果を使い,
- (a) 基準水晶発振器
- (b) 録画再生時のスイッチングポイント時定数

表 2. 比較器に加えられる信号周波数

再生テープ速度	各周波数 PAL/SECAM テープ	リファレンス信号 23.04 Hz	NTSC テープ 21.04 Hz
PAL/SECAM 速度 23.39 mm/s	25.00 Hz	23.04 Hz	21.04 Hz
NTSC 速度 33.35 mm/s	35.64 Hz	32.87 Hz	29.97 Hz



	(A)	(B)	(C)	(F)
NTSC	2663Hz	32.82Hz	30Hz	L
PAL/SECAM	1867Hz	23.02Hz	25Hz	H

図 5. タイミングチャート

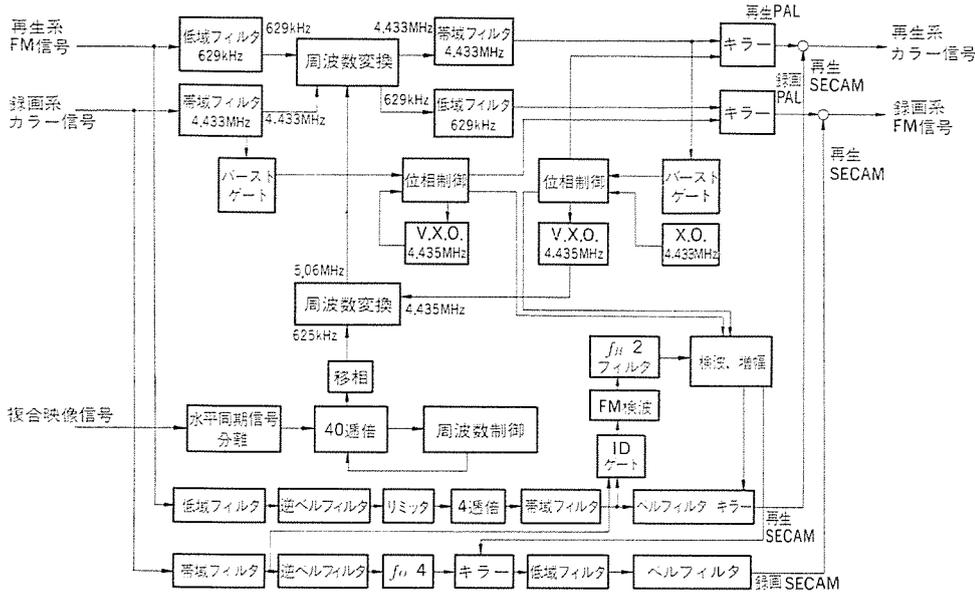


図 6. PAL/SECAM 方式判別ブロック図

う(挿)入されているバースト信号, 又はアイデント信号により判別している。図 6. のブロック図に示す。すなわち録画状態のときは低域変換前の信号, また再生状態のときは PAL/SECAM 方式共にベースバンドへの変換を行った後の信号のバックポーチ部の信号を抜き取り PAL 回路においては APC 検波, SECAM 回路においては FM 検波(中心周波数は 4.33 MHz)を行い両回路で共に方式判別を行う。ノイズなどによる誤判断がなければ KILLER と称する信号通過帯域内ゲートを正しく開閉するが, ゴーストや弱電界信号等々, 信号の劣化が激しいときには, 判別回路が誤判断し, 両回路共に自分のゲ

ートを開き誤った方式で変換された信号が発生する可能性がある。このため, 耐ノイズ性の強い APC 方式による判別結果で SECAM 信号のゲートを閉じるよう工夫されている。

### 3.5 カラーテレビ CL-208 QT のブロック図 (図 7.)

放送電波を受信しているときは, VTR より VIDEO, AUDIO 信号とそれに重畳された割込信号や方式判別信号が入ってこないため, 図 7. のスイッチ A は自動的に RF 信号受信可能となっている。また映像信号帯域, 垂直周波数, NTSC と PAL/SECAM 色回路はすべて, PAL/SECAM 方式, 50 Hz 系に切換わっている。この時は VTR の色判別と同様に, 各色復調回路で判別し, その判別信号により色復調回路の出力スイッチ C にて自動的に切換わっている。

VTR の再生信号を受信する場合は, VTR より VTR 再生時の信号を受信すると同時に, 再生信号をモニタしたいという割込信号を受け, スイッチ A は VTR よりの VIDEO, AUDIO 信号を受信するよう切換わる。受信信号が NTSC 方式のときは, AUDIO 信号に重畳された DC 成分を検出し, スイッチ B が切換わり映像帯域, 垂直周波数, 色回路は NTSC モードとなる。

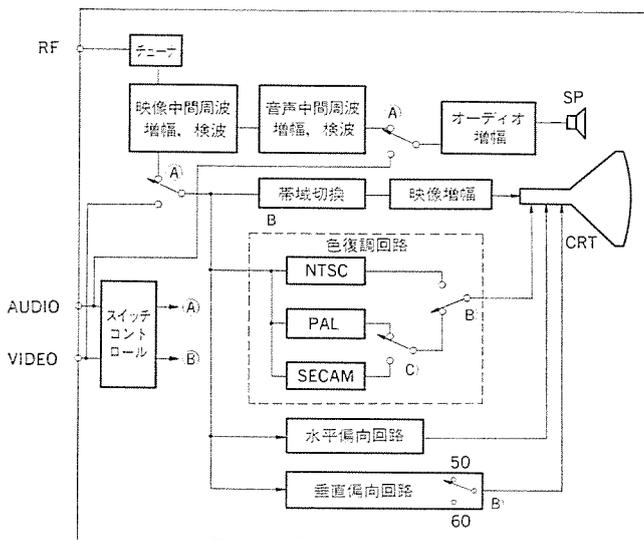


図 7. CL-208 QT のブロック図

## 4. む す び

以上, TRIPLE 方式映像システムについて述べたが, テレビ放送方式は, 放送波の帯域, 変調方式, 音声キャリア周波数, 水平垂直同期信号周波数, 色方式, チャンネル割当周波数等, 各国ごとに異なる要素が多い。また, 各国により機器に対する安全性要求, 例えば, 安全規格や不要ふく(輻)射規格が異なり, 更に電源電圧, 電源周波数, アンテナ接続端子形状, インピーダンス等々, それぞれの仕向先の要求に合致した機器を作り上げてゆかねばならない。この TRIPLE システムも, これら困難な条件を克服し, クェート, サウジアラビア, 西独, シンガポール等に出荷し, また, 日本, 英国, 香港等へ地域向けサンプル出荷を完了している。今後も更に研究, 改善を重ね, より安く, 高性能でかつ, より魅力ある商品として世界中で利用される“トリプル方式映像システム”へと発展させてゆきたい。

- (c) ドラムサーボ サンプリグ位置
  - (d) キャプスタンサーボ サンプリグ位置
- を NTSC 方式とそれ以外で切換えている。またこの判別信号は TV に送るため AUDIO 出力信号に抵抗分割して重畳する。色信号処理系については, 信号処理の基本形態は PAL 方式と NTSC 方式は同一であるため,
- (a) VXO 水晶発振器
  - (b) 基準水晶発振器 (XO)
  - (c) フェーズシフトブロック (移相, くし形フィルタ)
  - (d) バースト信号 6 dB 補正
  - (e) 周波数変換用セラミックフィルタ
- を切換えている。
- ### 3.4.2 PAL 方式と SECAM 方式
- PAL 方式と SECAM 方式の判別は水平同期信号のバックポーチにそ

# ICフォトマスクの品質向上

坂下 健\*・金滝行道\*・森田 功\*・伊藤和男\*・板坂隆史\*

## 1. ま え が き

近年、半導体集積回路の集積度の増大、パターン の微細化は目ざましく、チップ当たり集積度は年間2倍の割合で高くなってきており、一方、パターンサイズも量産レベルで3~4 $\mu\text{m}$ 前後のパターン形成が行われている。

これら集積度の増大、パターン の微細化を実現するために半導体基板に所望パターンを形成する原版であるフォトマスクに対しても高品質化の要求が一段と厳しくなっている。

フォトマスクはガラス基板の上にクロム薄膜あるいは感光乳剤などのパターン形成材料がコーティングされたものであり、これら材料の品質・特性はフォトマスクの品質・耐久性などを左右するので極めて重要である。

このフォトマスクの製造あるいは使用の際に、フォトマスクのパターン形成材の一部が、静電破壊現象により欠落あるいは消滅することがあった。

この静電破壊現象によって発生した欠陥は、フォトマスクの品質・寿命を低下させるばかりでなく、半導体集積回路の信頼性・歩留りにも大きく影響する。

本文では、フォトマスク製造の密着焼付けの際あるいは処理プロセス中で発生する静電破壊現象の防止策として、導電性膜を形成したプレートを用いてフォトマスクを試作した結果、フォトマスクの品質・寿命などを飛躍的に向上できることを確認したので報告する。

## 2. フォトマスクの製造プロセス

### 2.1 フォトマスクの製造方法

代表的なフォトマスクの製造プロセスの概要を図1.に示す。

半導体集積回路の設計図面は、対話形図形処理装置を用いて座標の入力処理を行い、図形の修正、設計ルールチェックを終えて、作図用磁気テープが作られる。

この作図用磁気テープに従って光学的パターンジェネレータを駆動し、通常、素子原子の5~10倍の大きさのパターンを有するマスタレティクルを製作する。

次に、マスタレティクルを用いてステップアンドリピートカメラにより、1/5~1/10倍に縮小して繰返し露光することによって、チップを多数配列したマスタマスクを製作する。

このマスタマスクを原版として用い、複製されたものがワーキングマスクである。

これらのフォトマスクを高精度・高品質に製造するためには、材料、装置、製造プロセス、環境等の条件を十分に制御する必要がある。

### 2.2 フォトマスクの材料

フォトマスクの製造に使用する材料は、ハードサーフェスプレートとエマルジョンプレートとに大別される。

ハードサーフェスプレートは、一般にソーダライムガラス基板を、平面性・平滑性を持たせるために研磨し、金属あるいは金属の酸化物を

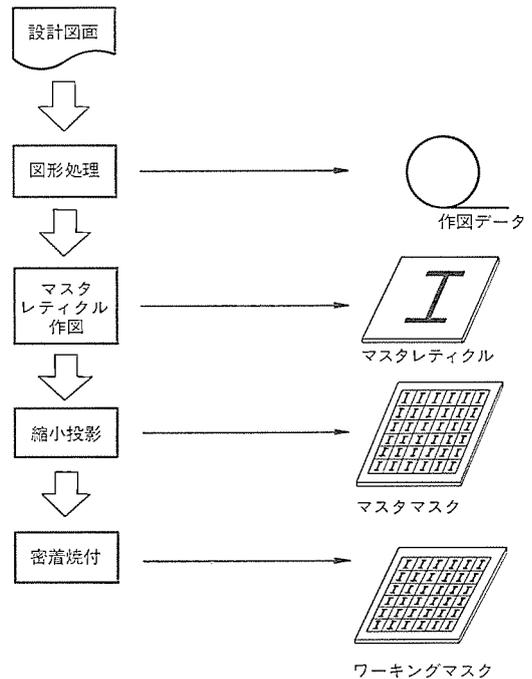


図1. フォトマスクの製造プロセス

表1. 市販の低反射クロムプレートの特性

項目	メーカー A	B	C
光学濃度	3.0~3.9	2.5~2.9	2.7~3.5
表面反射率	8%以下 (436nm)	5%以下 (405nm)	5%以下 (405nm)
ピンホール規格	2 $\mu\text{m}$ 以上 0.1個/cm <sup>2</sup> 以下	2 $\mu\text{m}$ 以上 0.3個/cm <sup>2</sup> 以下	2 $\mu\text{m}$ 以上 0.2個/cm <sup>2</sup> 以下
ウェット エッチング性	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> Ce(NO <sub>3</sub> ) <sub>6</sub> +HClO <sub>4</sub> 45s	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> Ce(NO <sub>3</sub> ) <sub>6</sub> +HClO <sub>4</sub> 30s	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> Ce(NO <sub>3</sub> ) <sub>6</sub> +HClO <sub>4</sub> 60s
膜の構造			

数100~数1,000Åの厚さにスパッタ又は蒸着法などにより付着させる。この金属あるいは金属の酸化物は、ガラス基板に対する付着力が大きく、ピンホールが少なく、機械的・化学的に安定であり、実用上十分な光学濃度が得られるなどの条件を満足する必要がある。一般に、クロム、酸化クロム、酸化鉄等が使用されている。このプレートは、膜が強硬で、パターンのエッジクオリティがよく、薄膜であるため微細パターンが形成できるなどの特長を有している。通常、反射を抑制する目的で、クロム膜の上に酸化クロム膜を積層した低反射クロム

プレートが多く使用されている。市販の低反射クロムプレートの特性を表1.に示す。

一方、エマルジョンプレートは、一般にソーダライムガラス基板の上にハロゲン化銀乳剤を3~6 $\mu\text{m}$ の厚さに塗布したものである。

解像力は2,000本/mm以上と言われるが、パターンが銀粒子の集合体で形成されているため、実用上3~4 $\mu\text{m}$ 幅のパターン形成が限界である。このプレートは、ハロゲン化銀乳剤の感度が高いうえ、製造プロセスが簡単であり、安価であるなどの特長を有するが、パターン形成材料層の支持体がゼラチンであるために耐久性が小さく、プレート自体の欠陥密度が高いなどの欠点がある。

### 2.3 フォトマスクとウエハ露光方式

フォトマスクを用いて、シリコンウエハにパターン転写する方法には、非接触で行う露光方式と接触させて行う露光方式とがある。

前者には、プロジェクション露光法、プロキシミティ露光法がある。この露光方式においては、フォトマスクは、接触による損傷を受けないので、洗浄処理を行うことにより繰返し使用が可能であり、通常、低反射クロムプレートを用いたマスタマスクを使用する。

後者は、接触による損傷が根本的に避けられないので、マスタマスクより安価なワーキングマスクを使用する。このワーキングマスクは、品質維持から適当な回数だけ使用した後廃棄する。ワーキングマスクの材料としては、低反射クロムプレートあるいはエマルジョンプレートがあり、要求精度・プロセス条件等により材料を選択する。

## 3. フォトマスクの静電破壊

MOS ICに代表されるように、半導体集積回路素子の静電破壊現象は周知であるが、同様な静電気による障害現象が、フォトマスクの製造あるいは処理プロセス中で発生している。

### 3.1 静電破壊現象の要素

静電破壊現象は、フォトマスクの密着焼付けの際あるいは洗浄処理の際に発生する。

#### (1) 密着焼付け

密着焼付け作業においては、低反射クロムプレートを用いたマスタマスクとパターン転写されるプレート、すなわち低反射クロムプレートあるいはエマルジョンプレートとを真空密着させて露光し、露光後プレート間を大気圧にもどして引き離す。この密着・分離の際、摩擦により帯電し、低反射クロムプレートを用いたマスタマスク上のパターンが損傷を受ける。

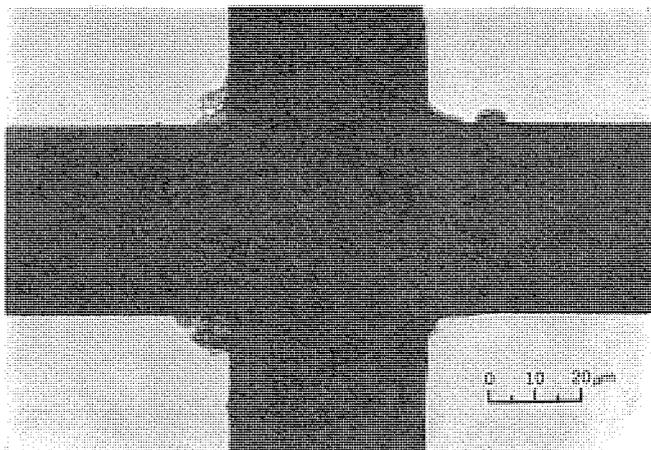


図2. 密着焼付けによって静電破壊したパターン欠陥の例

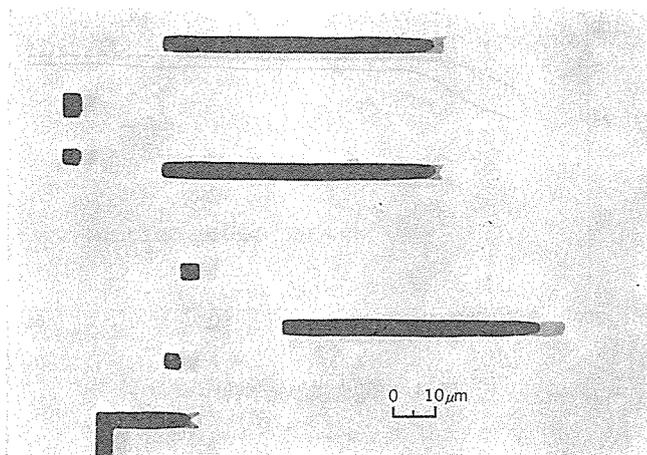


図3. 高圧純水洗浄によって静電破壊したパターン欠陥の例

#### (2) 洗浄処理

低反射クロムプレートを用いたマスタマスクあるいはワーキングマスクは、使用することにより異物が付着するので、洗浄処理する必要がある。

洗浄処理のうち、高圧純水洗浄装置を用いた場合問題がある。この装置は、ノズル孔より最大3,000 psi (210 kg/cm<sup>2</sup>)の圧力でフォトマスクの表面に純水を吹き付け、付着異物を除去する。この際に、フォトマスクと純水との衝突により帯電<sup>(1)</sup>し、フォトマスク上のパターンが損傷を受ける。

また、ナイロンブラシの回転による摩擦を利用するスクラブ洗浄装置においても、同様の現象がみられる。

これらの処理により、フォトマスク上のパターンが静電破壊した代表例を図2.、図3.に示す。

### 3.2 静電破壊の防止策

前述の静電破壊現象を防止する方法として、以下が考えられる。

- (1) 室内の湿度を高くする。
- (2) クリーンベンチやスプレーガンにイオンナイザーを取付ける。
- (3) フォトマスクに導電性膜を付着させる。

(1)は、室内の湿度を60%以上にすれば効果があるといわれている<sup>(2)</sup>が、フォトマスク製造装置にさびを発生させたり、製造プロセスの制御が困難である。

(2)は、処理中のフォトマスクに直接作用していないため効果が小さい。

このように実施上不都合な点が多く、根本的対策は取れないのが実情であった。

ここでは、設備の導入が不要で、製造プロセスの変更が少なく、容易に実施できる方法として(3)を検討した。

## 4. 導電性膜付フォトマスク

フォトマスクの静電破壊を防止して、その品質・寿命を改善し、半導体集積回路素子の信頼性・品質・性能・歩留りの向上をはかる必要がある。この方法として局所に静電気を発生させないために、導電性膜を付着した低反射クロムプレートを用いた。

導電性膜付低反射クロムプレートは、ガラス基板の上に導電性膜を形成し、この膜の上にパターン形成材料としてクロム膜及び酸化クロム膜を積層した構造である。導電性膜は、一般にIn又はSn等の酸化物を蒸着又はスパッタ法により形成されるが、ここでは導電性膜としてよく用いられているIn<sub>2</sub>O<sub>3</sub>蒸着膜を採用した。

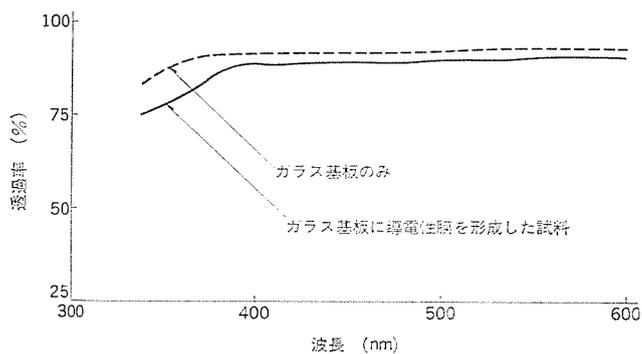


図 4. 導電性膜の光学特性

導電性膜の光学特性を、ガラス基板と対比して図 4. に示す。紫外光に対する透過率は、436 nm で 89 % であり、導電性膜の形成により約 3 % の吸収増があるが、この程度の吸収は、実用上問題とならない。

フォトリソは、導電性膜付低反射クロムプレート上にシロプレ社製フォトリソ AZ-1350 を塗布し、露光・現像後 プラズマ エッチング法によってパターン形成材料のクロム膜及び酸化クロム膜をエッチングして製作した。

## 5. 耐久性の評価

フォトリソの静電破壊の防止効果と耐久性を、密着焼付けと洗浄処理作業で評価した。

洗浄処理については、フォトリソの用途及び種類により種々の方法が取られている。その主な方法は、次のとおりである。

- (1) 高圧純水による洗浄
- (2) レジスト 剥離液による洗浄
- (3) ナイロンブラシ や布による スクラブ 洗浄
- (4) 酸・アルカリによる洗浄

ここでは、代表的な(1)及び(2)の方法について評価した。

### 5.1 評価方法

4 章の方法により導電性膜付低反射クロムプレートで製作した マスタマスクを、自動欠陥検査機 (日本自動制御社製) で指定 サイズ (2 μm) 以上の欠陥を検出しておき、密着焼付け及び洗浄後再度欠陥検査を行い、初期の欠陥に対する欠陥数の増加を調べた。

#### (1) 密着焼付けに対する耐久性

密着焼付けする プレートとして、エマルジョン プレートを使用した。これは、プレート自体にガラス片などの付着が多く、またシリコンウエハへのパターン転写を終えると廃棄されるので多くのワーキングマスクを必要とし、マスタマスクからの転写回数も多く、過酷な使用状態となるからである。ULTRATECH 社製コンタクトプリンタにより密着焼付け使用後のマスタマスクの欠陥の発生状態をみた。

#### (2) 高圧純水洗浄に対する耐久性

ULTRATECH 社製プレートクリーナーにより、ここでは、2,000 psi (140 kg/cm<sup>2</sup>) で洗浄した場合の洗浄回数に対する マスタマスクの欠陥の発生状態をみた。

#### (3) レジストはく(剥)離液洗浄に対する耐久性

フォトリソの剥離及び洗浄処理液として、OMR 用剥離液 #502 (東京応化工業社製) を使用した。剥離及び洗浄に効果的な、カタログに記載の推奨温度は、100~130°C であり、ここでは、液温 110±5°C で浸し(漬)時間に対する マスタマスクの欠陥の発生状態をみた。

## 5.2 結果と考察

### (1) 密着焼付けに対する耐久性

耐久性を従来の低反射クロムマスタマスクと比較した結果が図 5. である。低反射クロムマスタマスクは、10 回の密着焼付けにより、すでに静電破壊によるかなりのパターン欠陥の発生がみられた。導電性膜付低反射クロムマスタマスクは、250 回の密着焼付けにおいても静電破壊によるパターン欠陥の発生は全くみられず、耐久性が大幅に向上し、明らかに静電破壊防止の効果があることがわかった。

ここで、密着焼付けの際発生するフォトリソの帯電がどの程度であるか、STATIC 社製 224 C 形静電気メータを用いて測定した。低反射クロムマスタマスクとエマルジョンプレートとの密着・分離では、低反射クロムマスタマスクは -1,000~-500 V、エマルジョンプレートは +500~+1,500 V を示した。一方、導電性膜付低反射クロムマスタマスクとエマルジョンプレートとの密着・分離では、エマルジョンプレートは前者と同程度の電圧を示したが、導電性膜付低反射クロムマスタマスクは測定器の最小レンジで読取れない小さな値であった。これは、導電性膜の効果と考えられる。

なお、上記の値は、周辺環境条件及びフォトリソのパターンの形状・図柄に支配されていることも考慮しておかなければならない。

### (2) 高圧純水洗浄に対する耐久性

耐久性を従来の低反射クロムマスタマスクと比較した結果が図 6. である。低反射クロムマスタマスクは、30 回以上の洗浄で図 3. に示すようなパターン欠陥が発生した。一方、導電性膜付低反射クロムマスタマスクは、300 回の洗浄でもパターン欠陥の発生はなく、耐久性が大幅に向上していることが明らかであり、導電性膜の効果が確認できた。

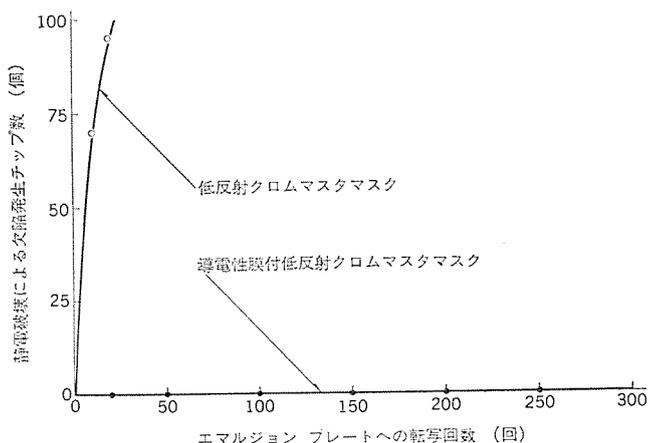


図 5. 密着焼付けに対する耐久性

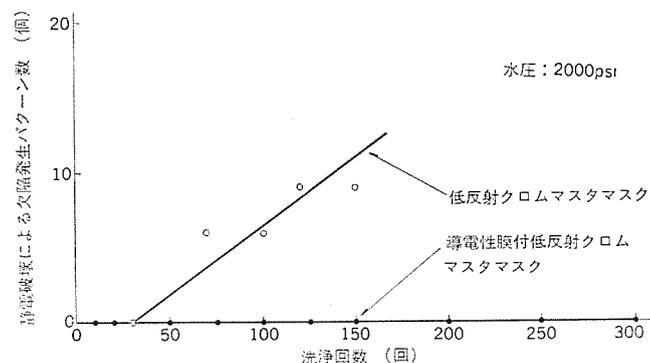


図 6. 高圧純水洗浄に対する耐久性

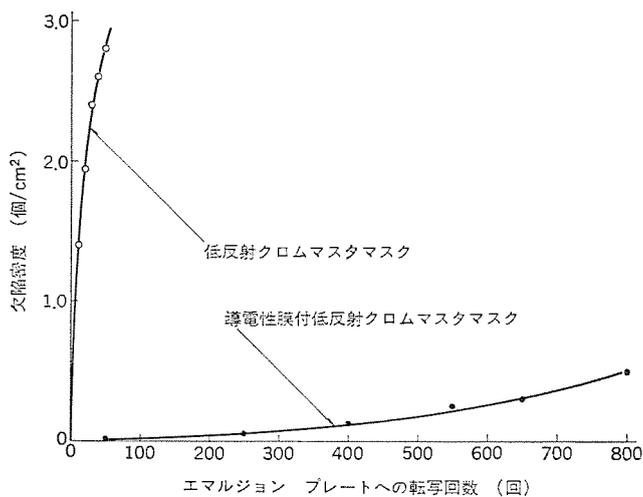


図 7. 欠陥増加の推移

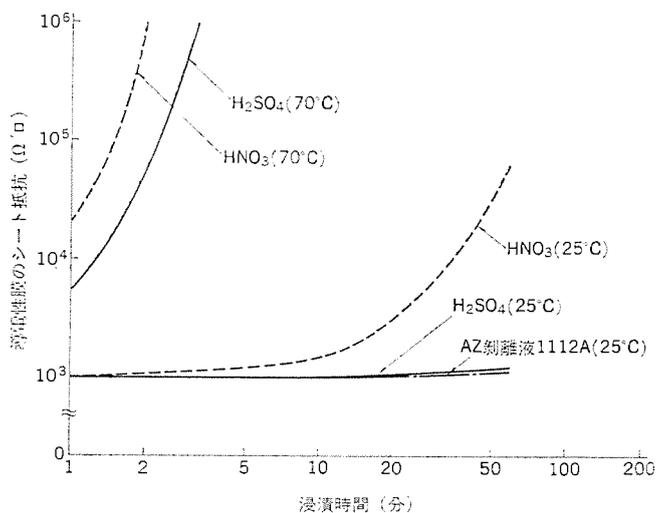


図 8. 導電性膜の耐薬品性

### (3) レジスト 剥離液洗浄に対する耐久性

従来の低反射クロムスタマスクと導電性膜付低反射クロムスタマスクのいずれも、浸漬時間が20hまでは、パターン欠陥の発生は認められなかった。実際の洗浄では、1回の浸漬時間は5~10minくらいが適当であり、20h浸漬では120~240回の洗浄に相当し、実用上問題ないことが確認できた。

更に、所定数のエマルジョンプレートに密着焼付けした後、マスクを洗浄するこれら一連の作業を繰返し行った場合の欠陥増加の推

移を調べた。すべての欠陥を含む欠陥増加の推移を図7.に示す。導電性膜付低反射クロムスタマスクの欠陥は漸増傾向を示すが、静電破壊現象は認められなかった。欠陥の多くは密着焼付けの際、エマルジョンプレート上に付着したガラス片などにより受けたクロム膜及びガラス基板の損傷である。したがって、導電性膜付低反射クロムスタマスクは、ガラス片などによって発生した欠陥の増加により寿命が決定されるが、従来の低反射クロムスタマスクに比較し飛躍的に寿命が改善されている。

また、導電性膜の耐薬品性として、酸・アルカリ処理についての評価を行った。その結果を図8.に示す。常温では硝酸を除き短時間の洗浄処理は可能であるが、加熱処理では急激に導電性膜が溶解して膜減りを起こし、その結果抵抗値が増大して導電性効果が失われる。このように、耐薬品性、特に酸処理について制限があり、これらの改善について今後検討を進める必要がある。

## 6. む す び

フォトマスクに欠陥を発生させる静電破壊現象の防止策として、導電性膜付低反射クロムプレートを用いたフォトマスクに関する検討の結果、以下の結論を得た。

- (1) 静電破壊によるパターンの欠落・消滅防止に非常に有効である。
- (2) フォトマスクの製造プロセス・装置の変更を必要とせず、寸法精度も従来と変わらない。
- (3) フォトマスクの洗浄は、レジスト剥離液と高圧純水による方法で異物を除去でき、洗浄効果がある。
- (4) 酸による洗浄は、導電性膜が溶解するので難しい。

導電性膜付低反射クロムプレートを用いたフォトマスクは、じんあい(塵埃)などが静電的に付着しにくく、たとえ付着しても除去が容易である。更に、電子線によるパターン描画精度の向上あるいは電子線による直接観察ができる<sup>(3)</sup>などの多くの利点がある。

今後、パターンの微細化・品質の向上などに非常に有効な材料として期待される。  
(昭和54-9-12受付)

## 参 考 文 献

- (1) W. H. Kroeck, et al.: Removal of Particulate Contamination from Hard-Surface Photomasks by Various Cleaning Techniques, KODAK Microelectronics Seminar, 26 (1977-10)
- (2) 小牧: 電子時計, 電子技術, 21-3, 56 (昭54)
- (3) 右高, 水上: 電気通信学会技術研究報告, ED 78-98, 53 (昭53)

# 超高速漢字プリンタシステム

柴田 信之\*・内田 雅幸\*・鈴木 文雄\*・畑中 靖通\*・平野 昭夫\*

## 1. ま え が き

当社では、計算機処理の端末として、また大量の漢字を使用する漢字情報処理の出力機器として、昭和47年から漢字プリンタの開発製作に取組み、この間市場の要求と発展に対応し、機種拡充に努めてきた。54年1月このシリーズに、更に高速印字を可能とする「M8290-1 三菱超高速漢字プリンタシステム」を発表、発売した(図1.)。

この超高速漢字プリンタシステムは、超高速ラインプリンタとして使用できるとともに、同様のイメージで漢字を取扱える設計となっている。また適応する漢字コードには、昭和53年1月制定の「情報交換用漢字符号系 JIS C-6226」を採用している。

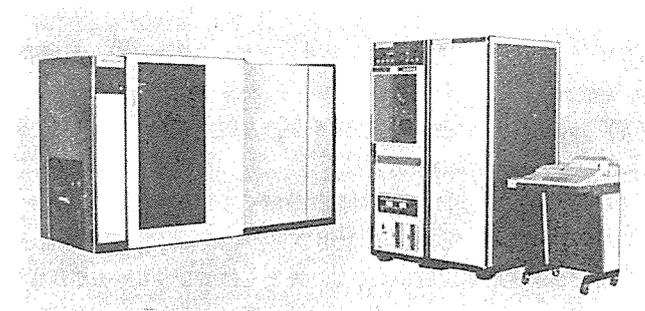


図 1. M8290-1 超高速漢字プリンタシステム

## 2. システムの概要

M8290-1 三菱超高速漢字プリンタシステムは、超高速漢字プリンタ、コントローラ装置及びフォントメモリ装置から成り、超高速漢字情報処理システムを構成する。

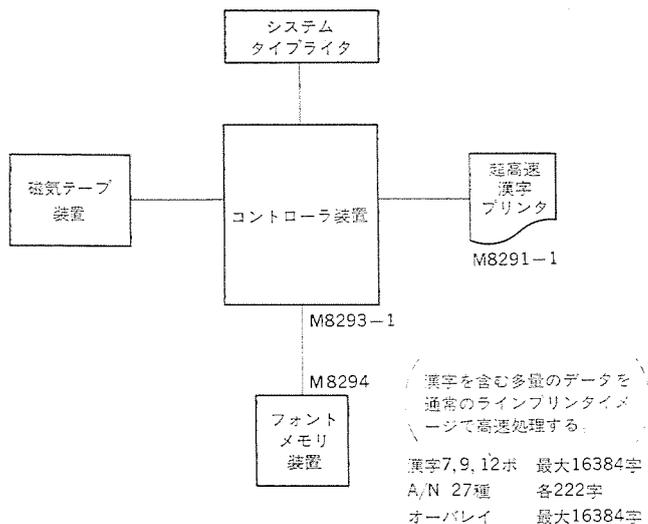


図 2. M8290-1 超高速漢字プリンタシステム 構成図

このプリンタは、文字の大きさにインチ系を採用することにより、漢字の帳票を通常のラインプリンタイメージで取扱える点を特長とし、かつレーザ露光による乾式電子写真方式により、1分間に5,250行の印字速度を持つ超高速漢字プリンタである。

また、漢字コントローラ装置は、《MELCOM70》計算機システム(以下M70と呼ぶ)を組込むことにより、印字・制御データを高速で処理することができ、豊富なソフトウェアと相まって次章以降に示す多くの機能を遂行するものである。フォントメモリは、多数の字種と字体が準備されていて、業務により必要な構成を任意に選定できる拡張性のあるシステム設計となっている。

図2. にシステムの構成図を、表1. にこの超高速漢字プリンタシステム

表 1. M8290-1 超高速漢字プリンタシステムの主要仕様

番号	項目	仕様	備考																				
1	印字方式	レーザビームによる乾式電子写真方式																					
2	印字速度	5,250行/分(6行/インチ) 7,000行/分(8行/インチ) 10,500行/分(12行/インチ)																					
3	文字品質	24×24ドット(約7ボ) 30×30ドット(約9ボ) 40×40ドット(約12ボ)																					
4	文字ピッチ	5字/インチ(英数字10字/インチ) 6字/インチ(英数字12字/インチ) 7.5字/インチ(英数字15字/インチ)																					
5	印字数/行	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">漢字</th> <th colspan="2">A/N</th> </tr> <tr> <th>CPI</th> <th>印字数</th> <th>CPI</th> <th>印字数</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>5</td> <td>68</td> <td>10</td> <td>136</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>81</td> <td>12</td> <td>163</td> </tr> <tr> <td>7.5</td> <td>102</td> <td>15</td> <td>204</td> </tr> </tbody> </table>	漢字		A/N		CPI	印字数	CPI	印字数	5	68	10	136	6	81	12	163	7.5	102	15	204	CPI: 行中1インチ 当りの文字数
漢字		A/N																					
CPI	印字数	CPI	印字数																				
5	68	10	136																				
6	81	12	163																				
7.5	102	15	204																				
6	印字書体	明朝体漢字																					
7	印字字種	(1) 漢字 : JIS C6226-1978 第1水準(標準) 222字/モジュール (2) 英,数字,カナ : 27文字セットより、任意に最大4モジュール選択可 (3) グラフィック : 外字処理 (4) OCR : OCR-B-FONT(標準)	最大増設可能文字 各16,384字  最大増設可能文字 16,384字																				
8	印字用紙	スプロケット穴付、一般連続用紙(Z紙)																					
9	紙幅	165~400mm(6.5~15.8インチ)																					
10	紙厚	55~135kg(坪量64~157g/m <sup>2</sup> )																					
11	プリプリント用紙	使用可能																					
12	フォームオーバーレイ機能	可能	デジタルオーバーレイフロッピーディスク方式																				
13	入力磁気テープ	記録密度:1,600bpi トラック数:9トラック テープ長:2,400フィート																					
14	電源	プリンタ:AC200V約16kVA コントローラ:AC200V約4.5kVA	電力変圧器付属																				
15	寸法	(幅) (奥行) (高さ) プリンタ:2,440 943 1,500(mm) コントローラ:610 940 1,800(mm)																					
16	重量	プリンタ:約1,200kg コントローラ:約300kg																					

△の主要仕様を示す。

### 3. システムの特長

- (1) レーザ露光と乾式電子写真方式とにより240ドット/インチの分解能を持つきれいな書体の漢字が高速に印字できる。
  - (a) 10,500行/分(12LPI: Line/Inchの時)
  - (b) 7,000行/分(8LPIの時)
  - (c) 5,250行/分(6LPIの時)
- (2) 一般のラインプリンタの代用として使用できる。
  - (a) 英数字だけをプリントする場合は、一般のラインプリンタイメージ(Spool Tape Format)をそのまま使用できる。
  - (b) 漢字の文字ピッチは英数字の2倍であり、帳票設計が簡単である。
  - (c) 行ピッチは6, 8, 12LPIが選択でき、文字ピッチは英数字の場合10, 12, 15CPI(Character/Inch)が、漢字の場合は5, 6, 7.5CPIが指定できる。
  - (d) 1行には、10CPIの場合136けたまで印字できる。
- (3) 操作性がよい
  - (a) 業務記録が1日の時刻とともに記録できる。
  - (b) 発生エラーの記録とリカバリーの指示がシステムタイプライタに表示される。
  - (c) 任意の位置のデータを検索プリントできる。
- (4) 普通紙(上質紙)が使用できる  
薄手(55kg)から厚手(135kg)までの普通紙が自由に使用でき、したがってプリプリント用紙も使用できる。
- (5) 豊富な機能が準備されている
  - (a) 使いやすいデジタルオーバーレイと、その一部修正機能が準備されている。
  - (b) 便利なコピー機能(2枚~254枚の任意選択)とその一部修正機能を持つ。
  - (c) フォントメモリ増設機構(漢字7, 9, 12ポイント): 最大16,384字まで増設可能。
  - (d) デジタルオーバーレイメモリ増設機構: 最大16,384字まで増設可能。
- (6) 標準漢字コードは、JISコードである。

### 4. ソフトウェア

この漢字プリンタシステムのソフトウェア体系は、図3.に示す次の3体系、すなわち、制御プログラム、データ、ユーティリティプログラムに分類される。

#### 4.1 制御プログラム

M8290-1装置内部の主制御には、M70を使用している。次章以降

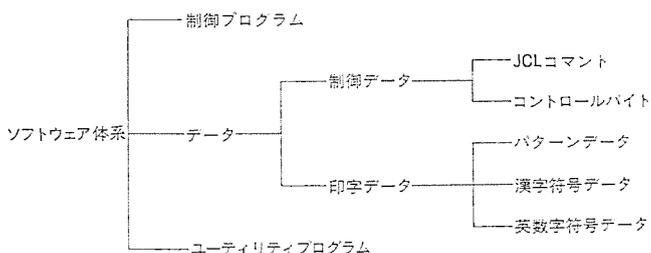


図3. ソフトウェア体系

で述べる各機能(M70から見ればデバイスとなる)を制御するのが、このプログラムの役割である。プログラムはM70オペレーティングシステムRDOSに、このサブシステムに必要な制御プログラムを登録したもの(システムゼネレーションと呼ぶ)であり、プログラム名を“SKLDOS”と言う。

SKLDOSの主な役割には、次のようなものがある。

- (1) JCL(Job Control Language)データの受け付け、解説及び設定。
- (2) 各デバイス(主として、コントローラ及び漢字プリンタ)へのCCW(Channel Control Command)の形成及び転送。
- (3) 割込信号の受け付け、解説及び制御。

CCWは、M70のプログラムチャンネルによりコントローラに転送され、コントローラでこれを解説し、M70側に、相当するデータを要求し、転送を開始する。コントローラは、制御コードと印字データを分離し、印字データをプリンタ側に送り、印字を行う。M8290-1のCCWの構成を、図4.に示す。

	15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0
CCW+0	COMMAND                      DEVICE
+1	BUFFER ADDRESS
+2	不使用
+3	DATA COUNT

図4. CCWの構成

表2. JCLコマンド

区分	コマンド名	概略機能
オペレータコマンド	PAUSE	プリントの一時停止
	RESTART	中断していたプリントの再開
	JSKIP	ジョブの強制終了
	TEST	テストパターンへの印字
	INPUT	JCL入力デバイスの指定
	SKIP	ファイルサーチを行う
	INDEX	項目サーチを行う
	PAGE	ページサーチを行う
	BLOCK	ブロックサーチを行う
	LISTER	LISTER機能指定
	TIME	時刻の初期指定
ジョブエンタイトルコマンド	JOB	ジョブの開始を宣言する
	EOJ	ジョブの終了を宣言する
	PRINT	プリント開始指定
	SELECT	A/N文字パターンの指定
	MODE	プリントモード(漢字又はA/N)の指定及び縮刷り指定
	TFR	データ転送の指定
	CLEAR	デバイスのクリア
	LABEL	ラベル指定
	OLFORM FORMAT OLEND	オーバーレイフォーマット作成
	ADDR(BDDR)	オーバーレイ用文字パターンの登録
	KADDR(KBDDR)	オーバーレイ用けい線パターンの登録
	BURST	バースタの指定
	FUNCTION	以下のデータがファンクションデータであることを示す
FLDINT	フロッピディスクシートを初期化する	
FLDDLE	フロッピディスクよりファイルを削除する	
FLDCND	フロッピディスクをコンデンスする	

#### 4.2 データ

図3.でも示したように、データは、制御データと印字データに大別される。制御データは、このシステムを有機的に作動させるために必要な制御情報から成り、それぞれJCLコマンドとコントロールバイトに分類する。表2.にJCLコマンドの1例を示す。

デバイスの設定条件の入力にはJCLを使用するが、通常の印字では数種類のコントロールバイトを使用するだけで、データが作成できる大きな特長がある。

次に、印字データについて述べると、印字データはパターンデータ、漢文字符データ及び英数字符号データに分類される。

パターンデータは、印字に必要な文字のパターン情報を数個又は多量に並べたもので、文字の属性(文字サイズ、番地)とパターンから形成している。したがって、フォントマスタ、外字パターン、及びオーバーレイ書式用パターンは、このFORMATに従ってフォントメモリにローディングする。

また、漢文字符データは、2バイト(JIS C-6226の規格)で形成している。今後、ますますJIS漢字コードの普及化が考えられるので、強力なユーティリティサポートプログラムとともに、M8290-1漢字プリンタシステムの利用価値は高いと言える。一方、英数字符号データは、1バイトによりEBCDICコード、及びASCIIコード系の両方が活用できるように配慮しており、センター業務には最適と言える。標準でサポートする英数字セットを表3.に示す。

更に、オーバーレイ書式データの符号コードの体系も、JIS漢字コード体系と全く同等であり、目的とする業務単位に作成された漢字コード及びパターンをローディングすることができる。

#### 4.3 ユーティリティプログラム

ユーティリティプログラムは、これまでに発売のファミリー機種(M8220, M8240, M8250, M8260)で得た豊富な経験を反映して作成したもので、入力から出力編集及び文字情報ファイル管理に至るまで体系化している。図5.にユーティリティプログラムの体系を示す。この図の中

表3. 英数字パターンの種類

No.	パターン名	名 称	字 体	サイズ (ピッチ)
1	G 10	ゴシック 10 ピッチ	ゴシック体	10
2	G 12	ゴシック 12 ピッチ	ゴシック体	12
3	G 15	ゴシック 15 ピッチ	ゴシック体	15
4	G 15 C	ゴシック 15 縮小タイプ	ゴシック体	15
5	G 10 U	ゴシック 10 ピッチアンダスコア	ゴシック体	10
6	G 12 U	ゴシック 12 ピッチアンダスコア	ゴシック体	12
7	G 15 U	ゴシック 15 ピッチアンダスコア	ゴシック体	15
8	G 15 CU	ゴシック 15 ピッチ縮小アンダスコア	ゴシック体	15
9	O 10	OCR 体 10 ピッチ	OCR 体	10
10	O 12	OCR 体 12 ピッチ	OCR 体	12
11	O 15	OCR 体 15 ピッチ	OCR 体	15
12	O 15 C	OCR 体 15 ピッチ縮小タイプ	OCR 体	15
13	O 10 U	OCR 体 10 ピッチアンダスコア	OCR 体	10
14	O 12 U	OCR 体 12 ピッチアンダスコア	OCR 体	12
15	O 15 U	OCR 体 15 ピッチアンダスコア	OCR 体	15
16	O 15 CU	OCR 体 15 ピッチ縮小アンダスコア	OCR 体	15
17	OK 10	カタカナ 10 ピッチ	OCR 体	10
18	OK 12	カタカナ 12 ピッチ	OCR 体	12
19	OK 15	カタカナ 15 ピッチ	OCR 体	15
20	OCRA	OCR-A	JIS規格 OCR-A	10
21	OCRB	OCR-B	JIS規格 OCR-B	10
22	OCRK	OCR-K	JIS規格 OCR-K	10
23	F 10	けい線 10 ピッチ		10
24	F 12	けい線 12 ピッチ		12
25	F 15	けい線 15 ピッチ		15
26	T 10	明朝 10 ピッチ 1	明朝体	10
27	T 20	明朝 10 ピッチ 2	明朝体	10

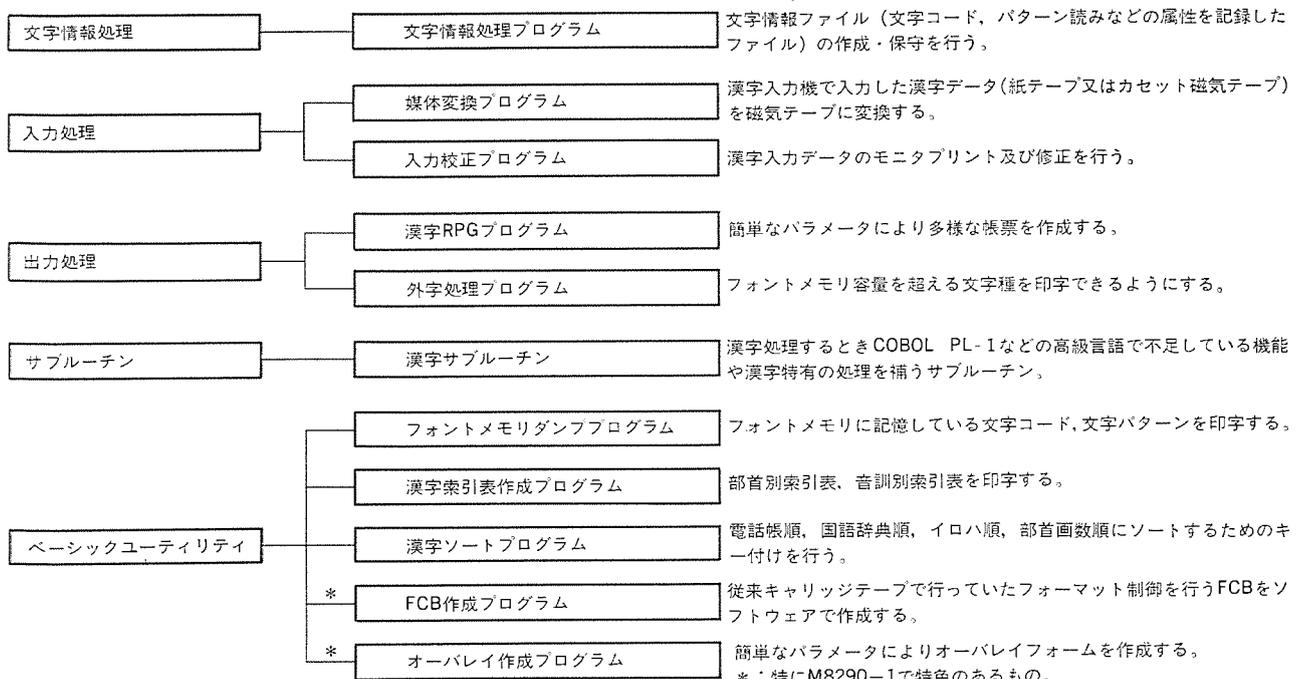


図5. ユーティリティプログラム

で\*印以外のものは、これまでの、上記ファミリ機種で採用してきたものであるが、FCB作成プログラム及びオーバーレイ作成プログラムは新しく体系化したものである。

FCB作成プログラムは、従来キャリッジテープで行っていたフォーマット制御FCBを、ソフトウェアで作成するものである。

オーバーレイ作成プログラムは、特に重要なプログラムで、手法として以下の2通りを標準で用意している。

(1) M70のSKLD-OSを使用して作成する方法。

(2) HOST計算機を使用して作成する方法。

前者は、表2.のオーバ

レイフォーマット作成用コマンドで作成するもので、1文字ごとの正確な書式パターンを作成するのに適し、HOST計算機に負荷をかけない利点がある。具体的には、7ボ、9ボ、12ボの各サイズごとにローディングされている文字パターンを、上述のコマンドにより、任意位置に移動させ、目的とする書式パターンを得るものである。この時、けい線は、KADDR (KBDDR) で自動付加される。

一方、後者は、オーバーレイコンパイラを用いることにより、書式をページ単位で任意位置に割付けていく方法である。この方法によると、プログラムは、位置と文字を指定することにより、割付けが自動的に行われるので、作業が非常に簡単に行われるのである。

#### 4.4 オンラインサポートプログラム

M8290-1は、標準では、オフラインサブプリンティングシステムを構成するが、《MELCOM-COSMO 700》とは、標準でオンラインサブシステムの構成が可能である。

### 5. 漢字コントローラ

漢字コントローラは、高速度印字に対応するため、かずかずの特徴のある回路で構成し、かつ多機能を履行するために、M70を組込むことにより、ハードウェアの負担を軽くするとともに、ソフトウェアによるはん(汎)用性豊かな、操作性に重点を置いた設計となっている。

図6.に漢字コントローラの信号の流れをブロック図で示す。

#### 5.1 入力データの処理

入力データは、前述のように、プリントデータと制御データがあり、プリントデータは磁気テープより入力するが、制御データは、磁気テープ、システムタイプライタ、ペーパーリーダーから入力することができる。

プリントデータは、プリンタ出力の印字1行を1レコードと定め、1レコードの先頭はVFC (Vertical Format Control) がある。これによりプリントの縦位置を制御し、行中の文字の大きさや、間隔はSCP

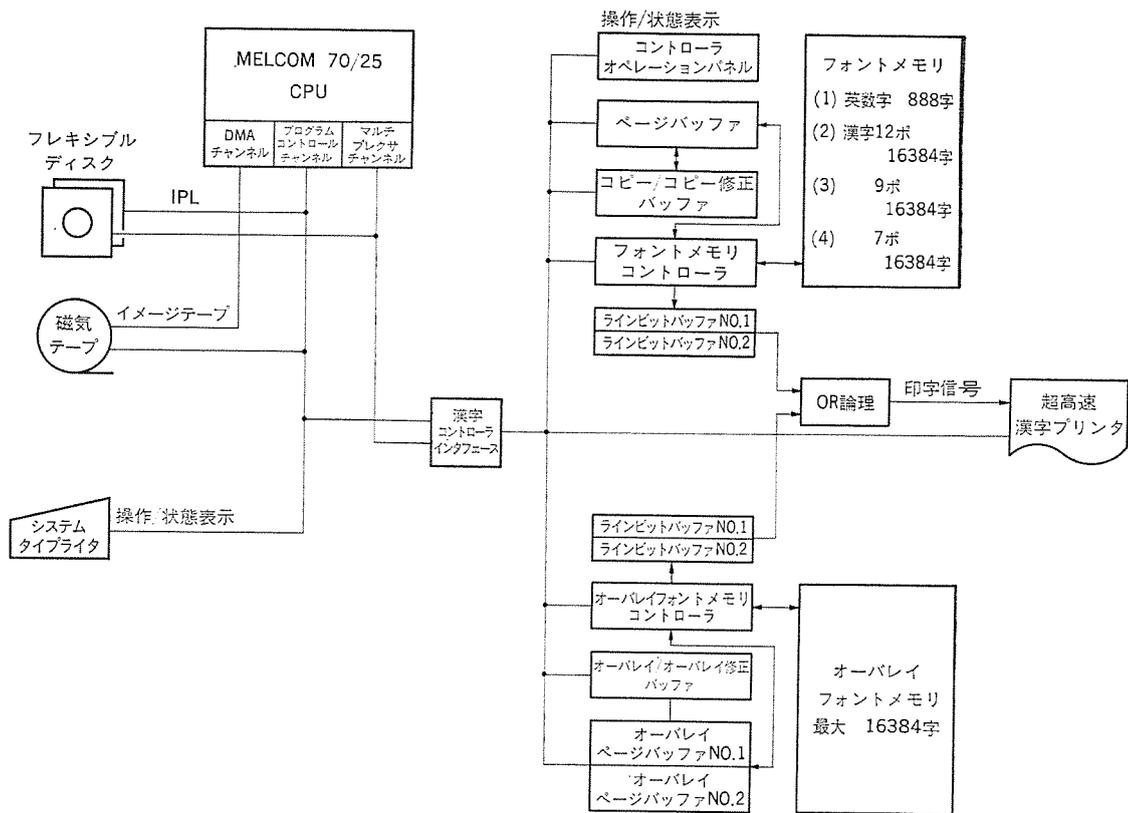


図6. 漢字コントローラブロック図

(Select Character Pattern) により指定される。

磁気テープで読出されたプリントデータは、フロッピーディスクからの種々のプログラムとフォーマット指令によりM70で編集し、このデータを1ページ単位でページバッファに蓄える。

ページバッファの印字データは、1行単位でラインビットバッファに移される。この時、1行内のデータは、所定の文字サイズとパターンに相当するフォントパターンビットとして、ラインビットバッファに蓄える。ラインビットバッファは、高速印字のためダブルバッファ形式とし、2個を順次切換え連続印字を行う。

また、プリンタへの出力は、縦方向5ビット単位で文字パターンを並列転送し印字する。この時、5.3節に述べるオーバーレイからの文字パターン、又は、けい線パターンも同期して出力され、プリンタにおいては、プリントデータに重ねてオーバーレイが印字可能となる。

#### 5.2 コピー及びコピー修正機能

コピー機能は、ページバッファに蓄えられたオリジナルページの1ページを繰返しプリンタへ送るもので、コピーコントロール回路でコピー枚数を指定することにより2枚から254枚までの任意の枚数を指定印字するものである。

コピー修正機能は、オリジナルページを除くページに対し、一部修正を行うもので、修正データをコピー修正バッファに転送し、ページバッファ内のデータと交換しながら読出すことにより行う。

修正データは、行、カラム、及び修正データから成り、印字データはページバッファ内のデータの行、カラムの単位で修正データに置換されたものが印字されることになる。

#### 5.3 オーバレイ及びオーバーレイ修正機能

オーバーレイは、磁気テープより入力されるプリントデータとは別に、オーバーレイバッファに登録されたデータを、プリントデータに重ねて印字するものである。オーバーレイバッファは2個存在し、それぞれ1ページ分のデータを

蓄えることができる。各パツファへのデータのロードはフロッピーディスクにより行う。このため複数のコピーに対しては、オーバレイ1、オーバレイ2を組合せて使用でき、かつ、それぞれのオーバレイはコピー修正と同様にオーバレイ修正パツファの修正データにより、部分的修正も可能である。

#### 5.4 その他の機能

上記の機能回路の外に、ラインプリンタ用紙への印字をA4版の用紙に縮小する縮刷機能がある。この機能を用いると、英数字においては、文字サイズ：15 CPI、行間隔：12 CPIに固定し、漢字の場合には、文字サイズ：9ポ、行間隔：8 LPIに固定する。また、プリントデータを途中から印字する種々のサーチ機能や、帳票によっては不必要となる文字間隔を無くす左詰め機能がある。

### 6. 漢字プリンタ

漢字プリンタは、一般に計算機の周辺機器として使用されるラインプリンタと比較して、漢字の持つ特質、すなわち文字パターンが複雑であることから、その印字分解能が高いこと、大量の印字を行う目的から、ランニングコストを低くする意味でプリント用紙に普通紙が使用できる、必要性がある。

上記の観点から、このプリンタには乾式電子写真方式を採用し、また、高速印字のため、従来のOFT(Optical Fiber Tube)方式による露光をHe-Neレーザー光線に置き換えて、240ドット/インチの分解能と、5,250行/分(6 LPI)の印字速度、換言すれば14.6インチ/秒の超高速印字を可能としている。

#### 6.1 乾式電子写真方式

乾式電子写真方式の概要を、図7を用いて説明する。図において感光材に電荷を与え(帯電)、次に文字情報を光にて与える(露光)、感光材の特殊な性質(電荷が光エネルギーにより消失する性質)により情報を電氣的潜像の形で形成する。この状態で現像工程を経ることにより、先の電氣潜像部に電荷を持ったトナーが付着し、可視像を形成する。この像は、他方から送られてくるプリント用紙と合致し、感光材の可視像がプリント用紙(普通紙)に移し替えられる(転写)。ここで要求する情報がプリント用紙に記録されたことになるが、この状態ではプリント用紙に静電的に付着しているにすぎないので、これ

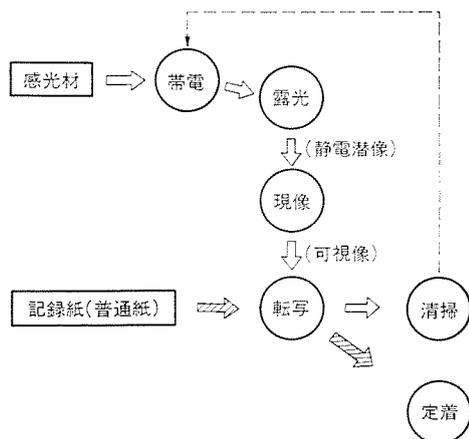


図7. 乾式電子写真方式の印刷プロセス

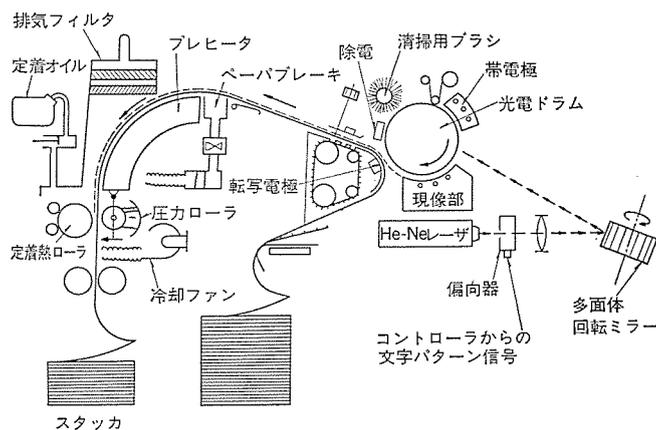


図8. 超高速漢字プリンタの概念図

に熱を加え融着固定(定着)の後、プリンタから出力する。

一方、転写工程を経た感光材は、転写による残留トナーを清掃し、最初の帯電工程にもどり、感光材は複数回繰返し使用される。

#### 6.2 超高速プリンタの構成

この漢字プリンタの概念図を図8に示す。このプリンタの印字プロセス上の特長は、前述したように、要求される印字情報をレーザー光により与えている点にある。すなわち、従来の漢字プリンタでは、それをOFTにより与えていたが、この場合には縦ラスタ(情報を縦方向に走査することにより順次、行方向に移動する)による種々の機能拡張の利点を持っていたが、その光量制限(光量を上げると焦点変化、分解能の低下をきたす)により印字速度をある程度以上に上げられない面を持っていた。この高速化の制限を、この漢字プリンタではレーザー光を使用することにより解決していることに大きな特徴を持っている。

### 7. む す び

今後、電子計算機による事務処理が一般化するのに従い、ますます我々の生活は計算機とのかかわり合いが深くなることは明白である。

一方、漢字かな混り文は、我々日本人にとって日常の情報伝達媒体であって、見やすさ、理解のしやすさは、従来の英数字やカタカナに比べはるかに優るものであり、漢字プリンタに対する要望は急激に高まっている。特に銀行、証券会社、保険会社、市役所の業務のように多数の顧客、会員、従業員、住民の住所・氏名データを常に更新し、計算機により処理し、定期的に印字する業務、図書館や情報センターの文献サービスや情報検索業務、電力、ガス会社での業務管理に幅広く活用されていくことが期待される。

なお、このシステムは、日本ユニパック(株)と共同開発したもので、開発に当たって協力いただいた関係者の方々に深く感謝の意を表するものである。

#### 参 考 文 献

- (1) 柴田ほか：高品質を目的とした漢字情報処理機器，情報処理，16，No. 12 (昭50)
- (2) 山内ほか：三菱電機技報，49，No. 5，p. 395，(昭50)

# 32Kビット紫外線消去形EPROM

上田 修\*・張間 寛一\*・鍋谷 弘\*・佐藤 茂\*・西本 章\*

## 1. ま え が き

電氣的に書き込みができ、紫外線照射によって消去可能な EPROM (Erasable and Programmable Read Only Memory) は、使いやすさと市場での実績をもとに、最近飛躍的な発展を示している。

本来、EPROM は、マイクロプロセッサシステムのデバッグ用 ROM として出現したものであるが、高密度化、高性能化が急ピッチに進み<sup>(1)</sup>、価格も急激に低下したため、現在では、マイクロコンピュータだけでなくキャッシュレジスタ、POS、各種家庭電気製品、娯楽機器などさまざまな分野で活用されつつある。当社では、p チャンネル形のメモリ容量 2K ビットのものをも 5 年前に市場に出して以来、n チャンネル化によりアクセスタイム、集積度の飛躍的向上を見せた 8K ビット (M5L2708 K/S)、更に、5V 単一電源化により、より使いやすくなった 16K ビット<sup>(2)</sup> (M5L2716 K) と次々に市場へ供給している。

本稿では、今回、更に 2 倍の容量を持つ 32K ビット EPROM (M5L2732 K) を開発したので、その製品概要、回路構成、動作と特性及び信頼性について紹介する。

## 2. M5L2732 K の製品概要

今回開発した 32K ビット EPROM M5L2732 K の主な特長は次のとおりである。

### (1) 大容量

32,768 ビットのメモリ容量を持ち、4,096 語×8 ビット構成となっている。

### (2) 5V 単一電源動作

読出し動作が、+5V の単一電源で行えるため使いやすい。

### (3) 高速動作

アクセスタイムは、最大 450 ns である。

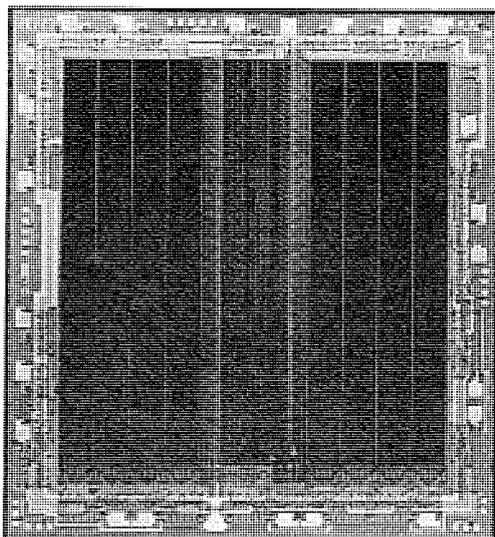


図 1. M5L2732 K のチップ写真

### (4) 低消費電力

消費電力は、通常動作時に最大 787 mW であり、非選択時には、通常動作時の半分近くまでパワーダウンすることができる。

### (5) 簡単な書き込み方法

$V_{PP}$  端子に 25V を印加する以外は、すべて TTL レベルの信号でよい。任意のアドレスに任意の順序でプログラムが可能である。

### (6) 2本のコントロール信号

多数のメモリを OR 接続して使用する場合、チップイネーブル端子  $\overline{CE}$  とアウトプットイネーブル端子  $\overline{OE}$  の 2 信号でコントロールするためデータバス上でのタイミングの取り方が容易である。

図 1. に M5L2732 K のチップ写真を示す。

## 3. メモリトランジスタの構造及び特性

M5L2732 K で用いているメモリトランジスタの断面図を図 2. に示す。これは、n チャンネルダブルシリコンゲート技術によるものであり、構造及び動作原理から FAMOS (Floating gate Avalanche injection Metal Oxide Semiconductor) と呼ばれる。2層ゲート構造で上側のゲートは、コントロールゲートと呼び外部から電圧を印加することができる。コントロールゲートの下にはフローティングゲートがあり、シリコン酸化膜の絶縁膜に完全に囲まれている。

書き込みは、フローティングゲートへ電子を注入することにより行われる。電子の注入方法について以下に述べる。

ドレイン ( $V_D$ ) にプラスの高電圧を印加すると p 形基板との間になだれ降伏が起こる。なだれ降伏により生じた電子の中でシリコン酸化膜の障壁を超えることのできるものがフローティングゲートに注入される。ここで、コントロールゲートに高電圧が印加されていると容量的に結合しているフローティングゲートへより効果的に注入される。

フローティングゲートに電子が注入されるとソース・ドレイン間のチャネルを形成するためのコントロールゲートのしきい値が高くなる。読出し電圧をコントロールゲートに印加した場合、電子が注入されていなければ、チャネルを形成し導通するが、電子が注入されれば、非導通のままとなる。図 3. はその様子を示す電圧-電流特性である。

注入された電子は、約 0.1 ミクロンの絶縁性のよいシリコン酸化膜に

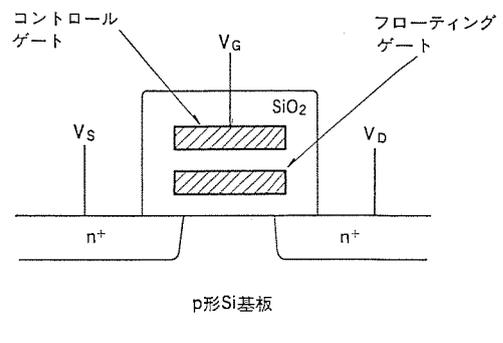


図 2. FAMOS 構造

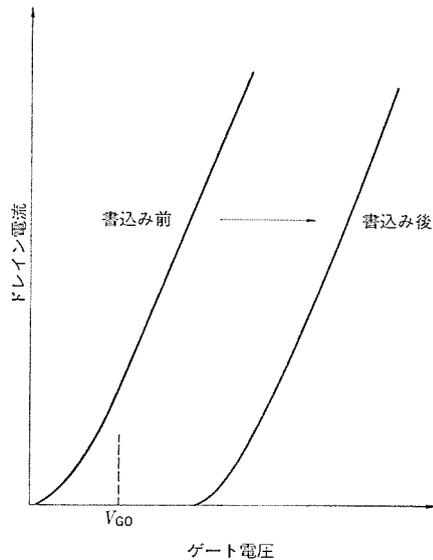


図 3. メモリトランジスタのしきい値電圧の移動  
( $V_{Go}$ : 読出し時ゲート電圧  
縦軸, 横軸の単位は任意スケール)

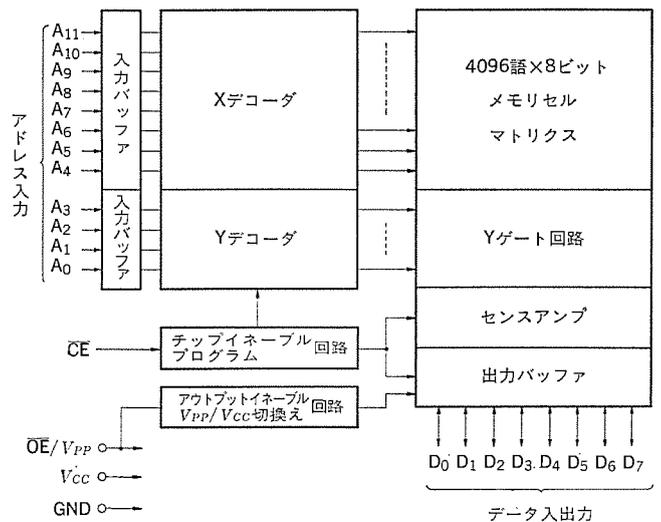
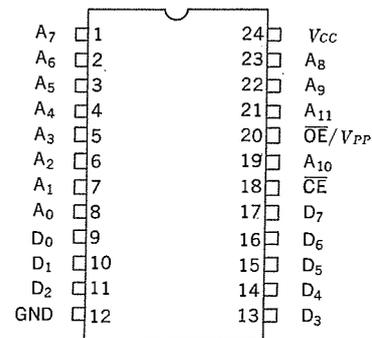


図 4. M5L2732K のブロック図



(単位: V)

モード	端子名	CE/PGM	OE/V <sub>PP</sub>	V <sub>CC</sub>	データ入出力
読出し選択		V <sub>IL</sub>	V <sub>IL</sub>	5	出力
読出し非選択		V <sub>IL</sub> ~V <sub>IH</sub>	V <sub>IH</sub>	5	フローティング
スタンバイ (パワーダウン)		V <sub>IH</sub>	V <sub>IL</sub> ~V <sub>IH</sub>	5	フローティング
プログラム		V <sub>IH</sub> から V <sub>IL</sub> への パルス	25	5	入力
プログラム ベリファイ		V <sub>IL</sub>	V <sub>IL</sub>	5	出力
プログラム禁止		V <sub>IH</sub>	25	5	フローティング

図 5. M5L2732K のピン配置及び各モードにおける入出力信号

閉まれたフローティングゲートに保持され、不揮発性メモリとして働くことになる。

消去は紫外線を照射することにより行われ、紫外線のエネルギーを得たフローティングゲート内の電子は酸化膜のエネルギー障壁を超えて逃げて行く。FAMOS形のパッケージが窓付きとなっているのはこのためである。この窓の材質は、石英ガラス又は、紫外線透過ガラスである。

#### 4. M5L2732Kの回路構成と動作

##### 4.1 回路構成

M5L2732Kは、4,096×8ビット構成のEPROMである。表1.に従来のデバイスと比較したM5L2732Kの特徴を示すが、2K、8K及び16Kもすべて8ビット構成である。紫外線消去形EPROMはマイクロプロセッサシステムの修正用ROMとして出現し、マイクロプロセッサの発展とともにその実績を得てきた。M5L2732Kの回路構成のブロック図を図4.に示す。メモセルは8個のブロックに分かれており、データの入出力は、これらのブロックに接続されたD<sub>0</sub>~D<sub>7</sub>の端子より並列処理される。アドレスはA<sub>0</sub>~A<sub>3</sub>の列デコーダ入力とA<sub>4</sub>~A<sub>11</sub>までの行デコーダ入力に分けられる。結局、メモリは2<sup>4</sup>(=16)列×2<sup>5</sup>(=256)行×8ブロックに配列されている。

表 1. 各種 EPROM の比較

メモリ容量 (ビット)	2K (256×8)	3K (1,024×8)	16K (2,048×8)	32K (4,096×8)
形名	M5L1702AS	M5L2708KS	M5L2716K	M5L2732K
チャンネル形	p形	n形	n形	n形
チップ面積	14.2 mm <sup>2</sup>	17.8 mm <sup>2</sup>	19.3 mm <sup>2</sup>	22.5 mm <sup>2</sup>
アドレスアクセスタイム (MAX)	1 000 ns	450 ns	450 ns	450 ns
消費電力 (MAX)	600 mW	800 mW	525 mW	787 mW
ビットあたりの消費電力	0.3 mW	0.1 mW	0.03 mW	0.02 mW
使用電源	+5, -9 V	+5, -5, +12 V	+5 V	+5 V

A<sub>0</sub>~A<sub>3</sub>はデコードされた後メモセルのドレインにつながる列選択用トランジスタのゲートに入る。A<sub>4</sub>~A<sub>11</sub>のほうはメモセルのコントロールゲートに接続される。また列選択ゲートでコントロールされるデータラインはセンスアンプ、出力バッファへと接続されている。

チップ面積の中で上述のアドレス回路、デコーダ回路、データ回路及びメモセルが大部分を占めるが、残りのごくわずかの部分に、それらをコントロールする重要な回路がある。すなわち、チップイネーブルプログラム回路とアウトプットイネーブル回路である。前者は、チップの非選択時のパワーダウンや書き込み時のプログラムパルスをコントロールする回路で、後者は、出力をフローティング状態にする出力コントロール回路とV<sub>PP</sub>/V<sub>CC</sub>電源切換回路である。

16Kビットから32Kビットへのメモリ容量拡張に際して、アドレスピンがもう1本追加される必要がある。16Kビットのとき、既に全ピン使用されているので同じ24ピンパッケージに収めるには、いずれか

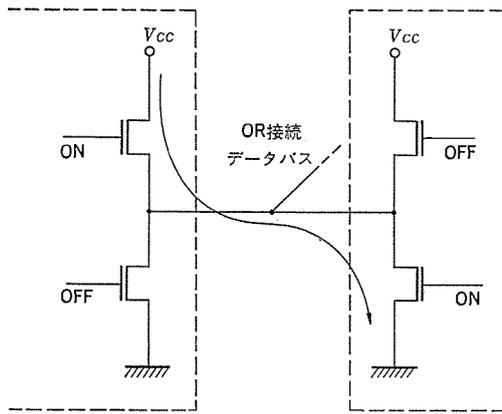


図 6. メモリを OR 接続した場合のバス競合

のピンで機能の共用を考えなければならない。図 5. に M5L2732 K のピン配置及び各動作モードにおける入出力信号の一覧表を示す。M5L2732 K では、 $\overline{OE}$  の信号ピンと  $V_{PP}$  の電源ピンを共用し、16 K ビット時の  $V_{PP}$  端子 21 ピンに  $A_{11}$  を当てている。この方式によると  $\overline{CE}$ 、 $\overline{OE}$  のコントロールピンは、2 本のままであり、メモリを OR 接続して用いる場合非常に使いやすい。これを図 6. で説明する。2 個以上のメモリをデータバスを介して OR 接続して用いる場合、1 本のコントロール信号ピンだけでチップの選択、非選択をすれば前の選択チップの出力がフローティング状態になるまでに次の選択チップが有効状態になる場合が生ずる。そのために図 6. に示す矢印のラインを通し、過剰電流が流れたり、電源にノイズを生じたりする。また、選択アドレスが変わったときに、アドレス変化前後のデータがバスで混乱する場合が生ずる。以上の問題をバス競合と呼んでいるが、このバス競合は、 $\overline{CE}$  をチップ選択信号として、 $\overline{OE}$  を読出し信号として 2 ラインコントロールにより避けることができる。なお、上述の  $V_{PP}/V_{CC}$  電源切回路は、 $\overline{OE}$  と  $V_{PP}$  を共用したために必要となった新しく加わった回路である。

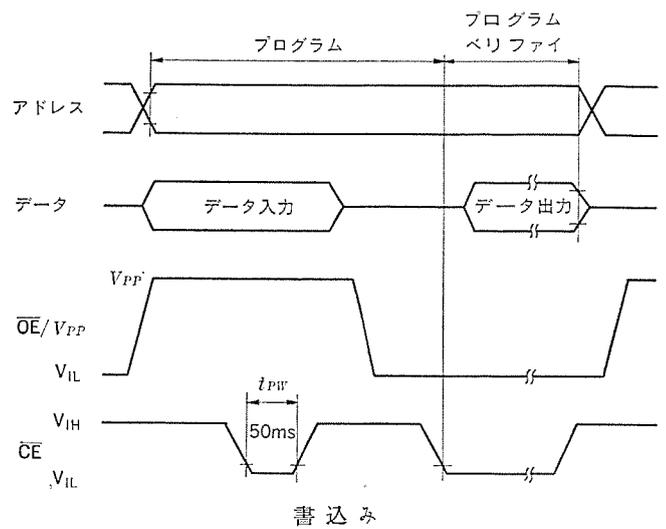
メモリ容量を 2 倍に拡張する場合、単純にメモセルとデコーダ部分を拡張するとチップ面積が 2 倍近くになってしまう。チップ面積が大きくなるとウエハ当たりの良品チップの取れる割合（歩留り）が悪くなる。したがって、メモセル及びデコーダ部を少しでも小さくする必要がある。マスク、ウエハプロセス技術の向上により最小パターン寸法は小さくなっているが EPROM の場合次に述べる制限が存在する。書込み時に高電圧を印加するためソースやドレインを形成している  $n^+$  拡散間の突き抜け現象が生ずるなど高電圧を用いるがための寸法制限である。そのため、高電圧がかかる場所以外でパターン縮小するとともに、高電圧に耐え得るプロセス技術の改良を図っている。今回の M5L2732 K のチップ面積は、約  $22.5 \text{ mm}^2$  であり、M5L2716 K と比較して 17% のチップ面積の増加で、メモリ容量を倍増することができた。

#### 4.2 M5L2732 K の動作と特性

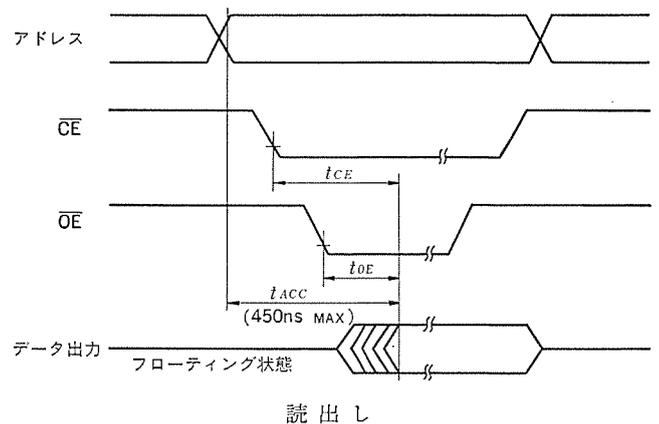
M5L2732 K の動作には、書込み、読出し、消去がある。以下各動作について説明する。図 7. に、読出し及び書込み時のタイミング図を示す。

##### 4.2.1 書込み

最初の状態及び消去後のビット情報は“1”であり、書込みにより“0”とすることができる。書込みは、 $\overline{OE}/V_{PP}$  端子を  $25 \pm 1 \text{ V}$  にし、 $A_0 \sim A_{11}$  端子でアドレスを選択、 $D_0 \sim D_7$  端子でデータを設定後、



書込み



読出し

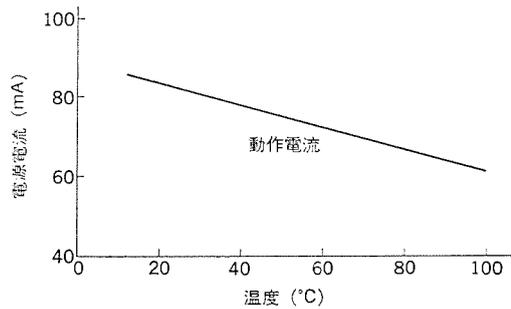
図 7. 書込み及び読出しのタイミング図

$\overline{CE}$  端子に TTL レベルの 50 ms アクティブ Low のパルスを印加することにより行われる。このプログラムパルスは、M5L2716 K のとき、Low から High のパルスであったのに対し、M5L2732 K ではアクティブ Low となっている。プログラム電圧  $25 \pm 1 \text{ V}$  という値は、効率及び周辺回路の耐圧を考慮して決定されており、素子の保護のためにも、特に 26 V を超えることのないように注意する必要がある。プログラムパルスの幅は、数 ms ですでに書込みの飽和が起こるが、余裕を持たせて 45~55 ms と規定している。プログラムは任意のアドレスに任意の順番に 1 プログラムパルス印加するだけでよい。したがって、全アドレスをプログラムするには約 3.5 分を要する。

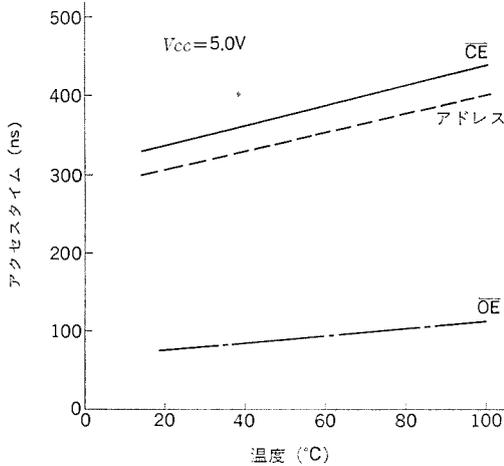
M5L2732 K は、M5L2716 K と比較するとプログラム方式は同じであるが、プログラムパルスがアクティブ Low と逆になっていること、また、プログラムベリファイのタイミングを  $\overline{OE}$  ではなく、 $\overline{CE}$  で取らなければならないということである。プログラムベリファイのタイミングは、図 7. に書込みのタイミングと一緒に示してある。

##### 4.2.2 読出し

読出しモードにするには  $\overline{CE}$  を“L”  $\overline{OE}$  を“L”にすればよい。この状態でアドレスを入力するとデータが読出される。アクセスタイムは最大 450 ns である。読出し時の消費電力は、最大 787 mW であり、ビットあたりの消費電力は表 1. からわかるように 0.02 mW で 16 K ビットのときより更に小さくなっている。更にチップを選択しないときは  $\overline{CE}$  を“H”にしてスタンバイ（パワーダウン）モードにすることがで



(a) 電源電流の温度依存性



(b) アクセスタイムの温度依存性  
図 8. M5L2732K の動作特性

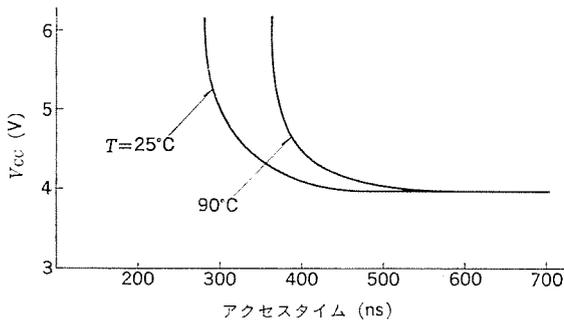


図 9. アドレスアクセスタイムの  $V_{cc}$  依存性  
(温度  $T=25^{\circ}\text{C}$ ,  $90^{\circ}\text{C}$ )

き、この場合、消費電力は半分近くまで減少する。出力はスリーステートが可能で、 $\overline{\text{CE}}$ 、 $\overline{\text{OE}}$  のどちらか一方又は両方を“H”にすることによりハイインピーダンス(フローティング)状態にでき、メモリをOR結合して拡張するとき便利である。

図 8. に読出し時の動作特性として、(a)に電源電流の温度依存性、(b)に  $\overline{\text{CE}}$ 、 $\overline{\text{OE}}$  及びアドレスからのアクセスタイムの温度依存性を示す。更に、図 9. にアドレスアクセスタイムの  $V_{cc}$  依存性を示す。

#### 4.2.3 消去

消去はチップに紫外線を照射することにより行われる。消去の度合は、光の強さと照射時間の積すなわち照射量に依存する。例えば、

2,537 Å の波長を持つ 10 W の紫外ランプで 2.5 cm の距離なら 15~20 分の照射で十分である。PROM ライタで消去を確認できる程度には、数分でよいが誤動作を誘発させないため、必要時間の 5 倍以上かけるようにしたい。また逆に、太陽光やけい光灯など紫外光を含む光の下で使用する場合、消去される可能性があるためこれらの光をカットするシールでガラス窓を覆う必要がある。

### 5. M5L2732K の信頼性

EPROM は、上述のように(1)書込みに高電圧を印加し、なだれ降伏という物理現象を利用している、(2)消去到紫外線を照射する、といったように通常の MOS 集積回路と異なった特殊な現象を用いている。そのため、情報の保持特性や書換えによる劣化などには、特別に注意する必要がある。

書込まれた情報の保持特性や書込み消去の繰返しによる特性の劣下に対する信頼性に関しては、初期の 2 K ビットの製品時から実使用上問題がないとされている。また、8 K、16 K ビットと移行するにつれ書込み電圧の低下、書込み方式の簡略化、製造プロセス技術の改良がなされ、高温保存、連続動作などのテスト、スクリーニング方法も充実してきた<sup>(3)</sup>。M5L2732K は、メモリ構造、製造プロセスが M5L2716K とほとんど同じであり、集積度が高くなっても、上記信頼性項目に対しては、実使用上全く問題はない。

EPROM の信頼性に対して、もうひとつ重要なことは、使用者に規格を守るように注意していただきたいということである。書込みは高電圧を印加するため特に注意する必要がある、電圧値、タイミング、方式の規格を完全に満たしている書込器を用いることが重要である。

### 6. む す び

紫外線消去形 EPROM は、書換え可能で融通性があるため、信頼性の向上に伴い急激な需要を示すようになった。更に、高密度化、高性能化が急ピッチで進み、価格も低下するに従い飛躍的な発展を示し、現在ではメモリ分野の一角にまで成長した。

今回開発された EPROM (M5L2732K) は、メモリ容量が、32 K ビットで“より大容量なもの”という要望に答えたものである。

EPROM は、マイクロプロセッサの発展に伴い成長してきたがマイクロプロセッサでは、16 ビット CPU など高速化されたものが出現している。また、低消費電力化の要求も一段と高まっている。今後の課題として、大容量化はもちろんのこと、高速化、低消費電力化をはかり、更に使いやすいものを市場に供給したいと考えている。

#### 参 考 文 献

- (1) J. J. Barnes, J. L. Linden and J. R. Edwards: Solid-State Electronics, 21, p. 521 (1977)
- (2) 張間, 松尾, 鍋谷, 安東, 松田: 三菱電機技報, 53, No. 7, p. 487 (昭 54)
- (3) 松田, 張間, 石田: 日経エレクトロニクス, No. 216, 7-9, p. 121 (昭 54)

# 北海道電力(株)新冠揚水発電所における デリア形ポンプ水車・発電電動機の水中始動試験

島村 勇志\*・上山 正\*\*・林 重雄\*\*\*・河野 明<sup>+</sup>・三谷 一晃<sup>++</sup>

## 1. ま え が き

北海道電力(株)の次期揚水プラントとして計画されている高見発電所では、始動時間の短縮化と設備の簡略化をねらい、画期的な水中始動方式の採用を検討している。

この方式は、ランナベーン の角度制御により水中回転損失を小さくできるデリア形ポンプ水車の特質を生かしたもので、この計画の万全を期すため、北海道電力(株)と三菱電機(株)及び三菱重工業(株)とが共同し、ポンプ水車が同じデリア形である新冠発電所のポンプ水車・発電電動機を用いて水中始動試験を実施し高見発電所に採用できる見通しを得たので、その概要を紹介する。

## 2. 水中始動方式と空中始動方式

揚水プラントに使用される可逆式ポンプ水車に直結される大容量発電電動機の始動方式として、①制動巻線始動方式(自己始動方式)、②同期始動方式、③直結電動機始動方式、④サイリスタ始動方式、が考えられるが、いずれの方式を採用するとしても始動装置の容量を低減する目的から、始動時には吸出管内に圧縮空気を給気し水面を押し下げてポンプ水車の反抗トルクを最小に抑えるよう留意されているのが通常である。これに対しデリア形ポンプ水車にあっては図1.に示すようにランナベーン の角度を制御することができ、始動期間中はこれを全閉にすることにより反抗トルクを最小にすることができるので、吸出管内の水面を押し下げることなく水中でポンプ水車を始動することが考えられる。

この結果、吸出管内の水面押し下げ及び排気に要する時間が不要になるため、揚水始動時間が大幅に短縮できるほか水面押し下げ用空気圧縮装置やガイドベーン 漏水排水弁を省略できるなど設備の簡略化も期待できる。図2.に水中始動方式を採用したときの揚水運転

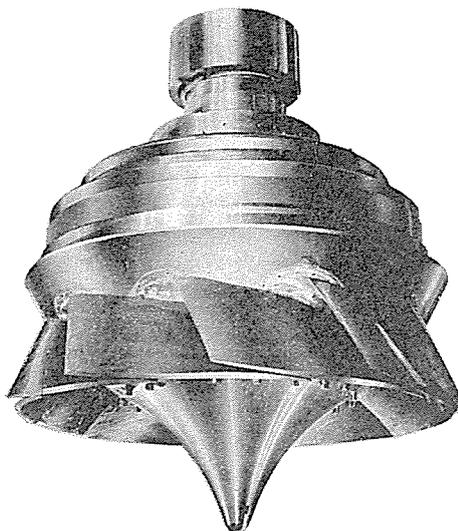
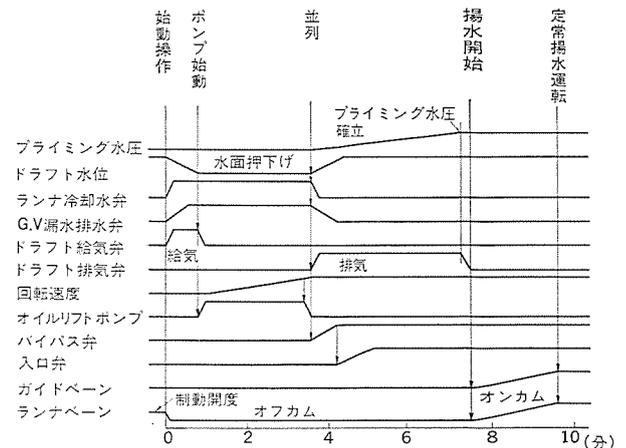
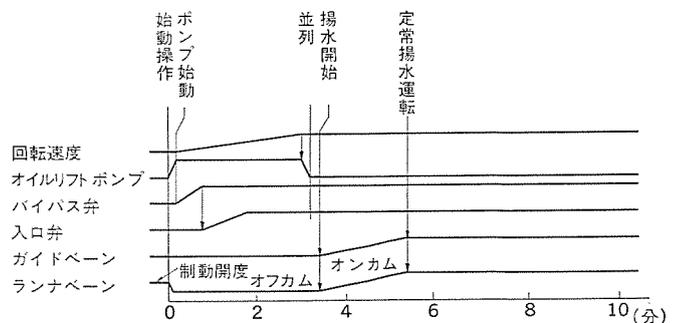


図1. デリア形ポンプ水車のランナベーン



(a) 空中始動の場合



(b) 水中始動の場合

図2. 揚水運転始動チャート

始動チャートを従来採用されてきた空中始動の場合のチャートと比較して示す。

## 3. 水中始動試験

### 3.1 新冠発電所の概要

水中始動試験に使用した新冠発電所のポンプ水車の仕様は次のとおりである。

形式	立軸デリア形ポンプ水車
設計要項	
水車運転時	
有効落差 (m)	117/100/66.5
水車出力 (MW)	103/103/41
回転速度 (rpm)	231
ポンプ運転時	
全揚程 (m)	122/102/73
ポンプ入力 (MW)	102/102/94.5
回転速度 (rpm)	231

また図3.に新冠発電所の単線接続図を、更に表1.に発電電動機及び主変圧器の主要定格事項を示す。

電動機の始動方式には経済性や操作の簡便さ、更には系統にあたる電圧変動の影響などを検討の結果0.4E(5.28kV)の低減電圧による制動巻線始動方式が採用されている。

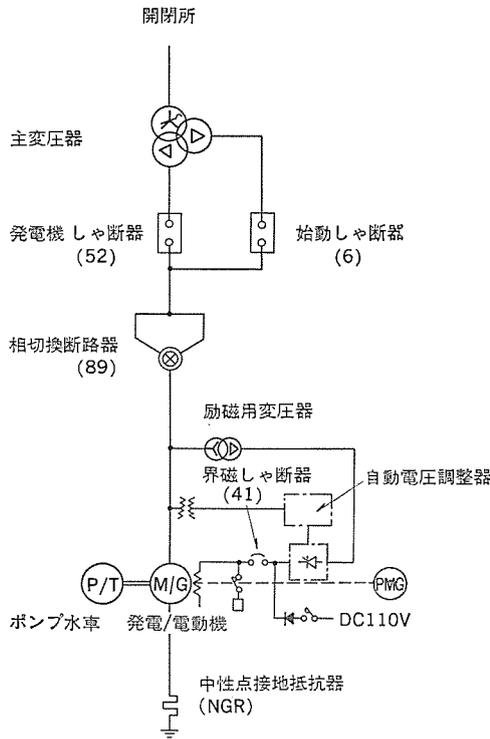


図3. 新冠発電所の単線接続図

表1. 新冠発電所納め発電電動機及び主変圧器の定格事項

発 電 機 動 機	形 式 準かさ形回転界磁全閉内冷形		
	発 電 機	出 力 (kVA)	105,000
	電 圧 (kV)	13.2	
	電 流 (A)	4,592	
	力 率 (%)	95	
	周 波 数 (Hz)	50	
	回 転 数 (rpm)	231	
	無 抱 束 速 度 (rpm)	497	
	は ず み 車 効 果 (t-m <sup>2</sup> )	4.432	
	励 磁 方 式	サイリスタ励磁	
電 動 機	入 力 (kW)	102,000	
	電 圧 (kV)	13.2	
	電 流 (A)	4,571	
	力 率 (%)	100	
	周 波 数 (Hz)	50	
	回 転 数 (rpm)	231	
	励 磁 方 式	サイリスタ励磁	
	始 動 方 式	低減電圧(5.28kV)制動巻線始動 低減電圧同期引入後全電圧切換	
主 変 圧 器	形 式 特別3相送油風冷・LRT付		
	容 量 (kVA)	1次 105,000 kVA 2次 105,000 kVA 3次 75,000 kVA (10分間)	
	定格1次電圧 (kV)	187	
	定格2次電圧 (kV)	13.2	
	定格3次電圧 (kV)	5.28	
	結 線	入-△-△	
	周 波 数 (Hz)	50	
	LRT タップ	2.125 kV, 17点	

### 3.2 水中始動試験の内容

水中始動試験では次の項目について実測を行った。

(1) ポンプ水車の空中及び水中における回転損失  
定格速度で回転中のポンプ水車の回転損失は、全電圧同期併入後の電動機入力より電動機の損失を差し引くことにより求める。また、定格速度以下で回転中のポンプ水車の回転損失は上記試験に引きつづき、同期しゃ断器(#52)開放後の減速曲線より

$$P_L = 2.74 \times GD^2 \times n \times \left( -\frac{dn}{dt} \right) \times 10^{-3} \quad (\text{kW})$$

ここに  $P_L$ : ポンプ水車及び発電電動機の回転損失  
 $n$ : 回転速度 (rpm)  
 $GD^2$ : はずみ車効果 (t-m<sup>2</sup>)  
 $t$ : 時間 (s)

にて計算する。

なお、この計算式はポンプ水車が空中あるいは水中いずれで回転している場合にも適用できる。

(2) 電動機出力

電動機の出力は通常の空中始動により電動機始動を行い、その経過を精密な加速曲線として実測し、これより

$$P_M = 2.74 \times GD^2 \times n \times \frac{dn}{dt} \times 10^{-3} + P_L \quad (\text{kW})$$

ここに  $P_M$ : 電動機の出力 (kW)

にて計算する。

(3) 水中始動試験

上述の試験のあと、実際に吸出管内の水面を押し下げることなく電動機始動(いわゆる水中始動)を行い、加速途中のプライミング水圧の上昇やポンプ水車及び発電電動機の振動などを実測する。このとき入口弁及びガイドベーン排水弁の“開”“閉”状態の差異による影響も調査する。このあと実際に界磁しゃ断器(#41)を投入し同期引入れを行い、同期引入れ時及び全電圧切換え時に生ずる問題点を明らかにする。

### 3.3 水中始動試験の結果

#### 3.3.1 ポンプ水車の回転損失

定格速度で回転中のポンプ水車の回転損失を表2.に示す。

#### 3.3.2 電動機出力

図4.に始動時の電動機出力及び固定子電流を示す。これより電動機出力は電動機端子電圧のほぼ2乗に比例することが確認できた。更に水中始動を行った場合でも電動機出力がポンプ水車及び発電電動機の回転損失と等しくなる時の電動機回転速度は、始動電圧が0.44Eのときに約230rpm(0.4%すべり)となり、界磁しゃ断器(#41)を投入し励磁をあたえることにより十分に同期引入れできる領域まで加速できることが確認できた。

表2. ポンプ水車のランナ内水温上昇と回転損失

No.	ポンプ水車	入口弁	ガイドベーン 漏水排水弁	ランナ内水温 上昇	ポンプ水車の回 転損失
1	空 中	全 閉	全 開	—	1,380 kW
2	水 中	全 閉	全 開	0.2 deg	10,700
3	水 中	全 閉	全 閉	0.6	10,100
4	水 中	全 開	全 閉	0.3	10,100

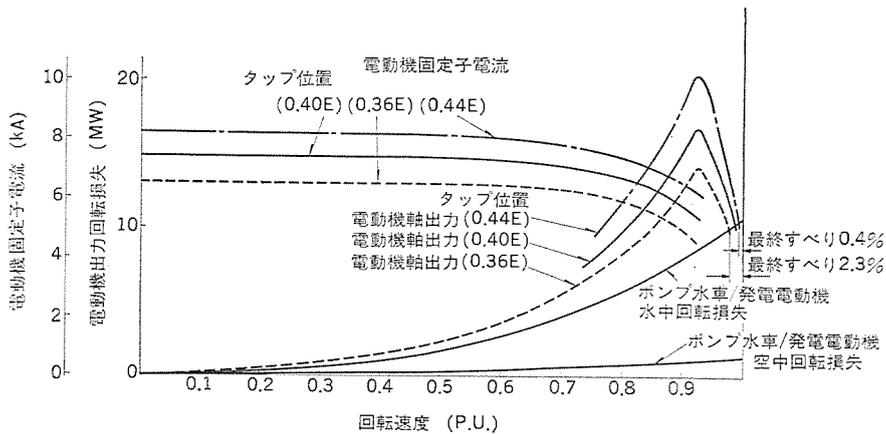


図 4. 始動時の電動機出力及び固定子電流 (新冠発電所母線電圧 195 kV のとき)

### 3.3.4 同期入れの最適時期

電動機がその同期速度よりやや低い回転速度で回転しているとき、界磁しゃ断器 (#41) を投入し励磁をあたえることにより同期入れすることができる。このときの同期入れが可能なすべりの限界は

$$S < \frac{242}{n_0} \sqrt{\frac{P_m}{GD^2 \times f}} \times 100 \quad (\%)$$

ここに S: すべり速度

$n_0$ : 定格回転速度 (rpm)

$P_m$ : 同期トルク (同期 kW)

f: 周波数 (Hz)

にてあたえられる。

このとき界磁しゃ断器 (#41) の投入が早すぎる場合にはすべりの大きい状態から同期引入れられるため電氣的及び機械的な衝撃が大きくなる。また、反対に遅すぎる場合には電動機の実効効果のため界磁の位相が固定子電流のつくる回転磁界の位相と 180 度異なった状態で同期引入れられる可能性がある。

### 3.3.5 水中始動時の加速途中の運転特性

水中始動時の加速途中のポンプ水車及び発電電動機の振動やプライミング水圧の上昇の状態を確認するため、実際に水中始動試験を行った。この水中始動試験に際しては下記の手順によった。

(1) 始動瞬時の系統じょう (擾) 乱を小さくするため始動電圧は空中始動時と同じ 0.4 E (5.28 kV) とした。

(2) 電動機速度が上昇するにつれて電動機の固定子電流は漸次減少するので、回転速度が約 140 rpm まで上昇した時点より主変圧器のタップ切換器を変化させ、電動機の固定子電流が始動初期と同程度になるよう始動電圧を上昇させ最終的には 0.44 E (5.81 kV) とすることにより電動機出力を増加させた。

(3) 電動機の回転速度が約 226 rpm (2% すべり) に達したとき界磁しゃ断器 (#41) を投入し、界磁電流を急速に立上げて同期入れを行った。

図 6. に水中始動試験の結果を示す。始動途中のポンプ水車及び発電電動機の振動が非常に静かであると同時に、プライミング水圧も非常に滑らかに立上がることが確認できた。

### 3.3.6 全電圧切換時間

発電電動機はひとまず低減電圧にて同期引入れしたあと、全電圧に切換えるため始動しゃ断器 (#6) を開放しポンプ水車の回転損失により減速させ、主変圧器の 2 次巻線と 3 次巻線との位相差 60 度遅らせる必要がある。この位相を遅らせるに要する時間は、従来の空中始動時と比較してポンプ水車の回転損失が大きくなっているため非常に短くなる。この位相を遅らせるに要する時間は

$$t = \sqrt{\frac{4H \times P}{f \times P_L}} \times \frac{\theta}{360^\circ} \quad (\text{s})$$

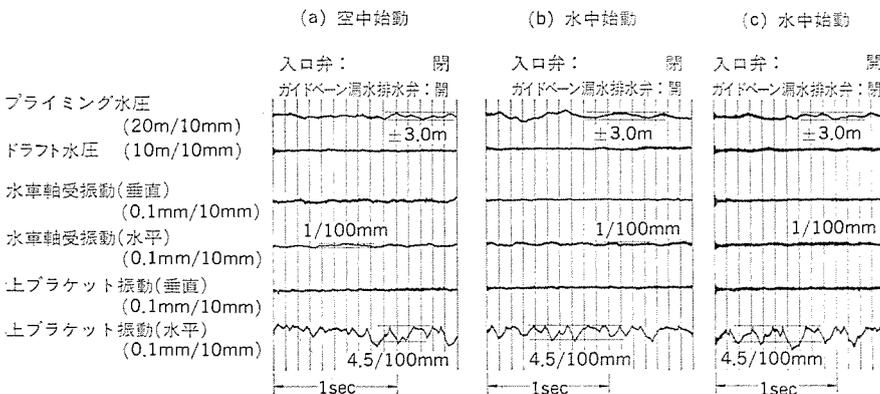


図 5. ポンプ 縮切運転時の水圧脈動及び機器の振動

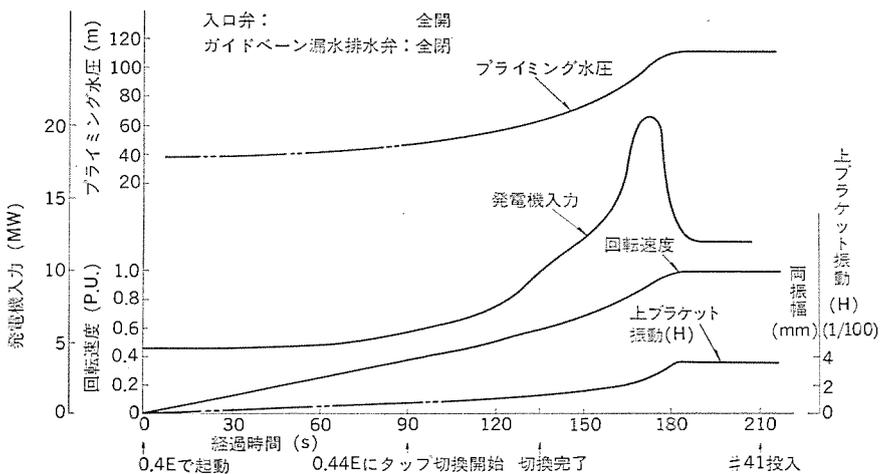


図 6. 新冠発電所納め ポンプ水車・発電電動機水中始動試験 (母線電圧 195 kV のとき)

### 3.3.3 入口弁及びガイドベーン漏水排水弁の影響

ポンプ水車を水中で始動したとき、入口弁及びガイドベーン漏水排水弁の“開”“閉”状態の差異がランナ内の水温上昇やポンプ水車の回転損失及び振動などのポンプ縮切時の運転特性にどのような影響をあたえるかを調査するため、運転条件を変えて行った一連の試験結果を表 2. 及び図 5. に示す。

入口弁及びガイドベーン漏水排水弁とも“開”“閉”いずれの状態にあってもポンプ縮切時の運転特性には有意差はなく、水中始動を採用する場合には入口弁及びガイドベーン漏水排水弁とも省略できる見通しを得た。また、ポンプ水車及び発電電動機の振動も非常に静かで、空中始動時と比較してもまったく差はなかった。



おける水中始動試験を行ったとき、新冠発電所母線電圧が定格電圧より10%弱高かったことなど系統電圧の変動をも考慮し、電動機は前節に述べたとおり0.44E(5.81kV)にて始動したあと電動機が定格速度の約40%速度まで加速した時点より主変圧器に設置された負荷時タップ切換器による昇圧を開始し、約48秒後には0.48E(6.34kV)まで上昇させる方式を採用することが望ましい。

#### 4.3 全電圧切換え時の系統電圧降下

全電圧切換え時の系統電圧降下は1機無限大母線モデルを用いてシミュレーションを行いながら検討した。結果を図9.に示す。これより低減電圧時の励磁量初期値を0.8P.U.(無負荷定格電圧発生に要する励磁量を1.0P.U.とする)に、更に発電電動機の励磁装置頂上電圧を5.0P.U.に選定し発電電動機の励磁電流を急速に立上げれば全電圧切換え時の系統電圧降下は約6%程度(静内発電所66kV母線において)におさまることが確認できた。

また低減電圧時に万一受電端開放という事態が生じた場合、電動機の励磁量が大きいため主変圧器高圧側端子における電圧上昇が14%にもなる。このため主変圧器には過電圧リレーを設け、ただちに始動しゃ断器(#6)を開放し主変圧器を保護できるように配慮する必要がある。

#### 4.4 全電圧切換え時の電力動揺

一方全電圧切換え時の系統電圧降下を抑える目的で電動機の励磁量を増加すると、回転子の位相が系統母線電圧に完全に同期化するまでの短時間のあいだ振動するために生ずる電力動揺が大きくなる。このため4.3節で述べたと同じ励磁量初期値及び励磁装置頂上電圧という条件のもとで検討したところ、電圧動揺は約38%であった。

### 5. 水中始動方式の採用による利点

前節までに検討した始動シーケンスを図10.に示す。静内発電所66kV母線の電圧降下を約6%程度まで許容すればこの方式による水中始動の採用が可能であることが確認できた。この結果を高見発電所に適用することにより、次のような利点が期待できる。

- (1) 揚水始動時の吸出管内の水面押し下げ及び排気が不要となるため、揚水始動時間(始動操作より揚水開始まで)はわずかに3分15秒を要するのみで、新冠発電所の場合に比較して半分以下に短縮できるので、系統運営上の効果は非常に大きい。
- (2) その結果揚水待機運転の必要がなくなり、運転制御方式が大幅に簡単になる。
- (3) ガイドベーン漏水排水弁が不要となり制御及び構造が簡単になる。
- (4) 水面押し下げ用空気圧縮装置が不要となり制御も簡単になる。
- (5) 更に、これらの運転制御方式の単純化及び補機類の省略により、ポンプ水車及び発電電動機全体の信頼度を向上させると同時に保

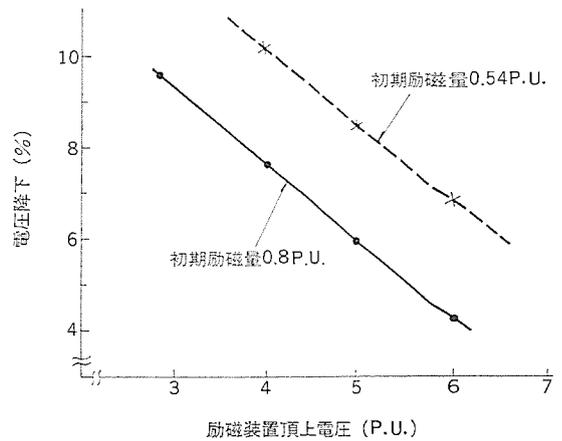


図9. 全電圧切換え時の系統電圧降下(静内発電所66kV母線)

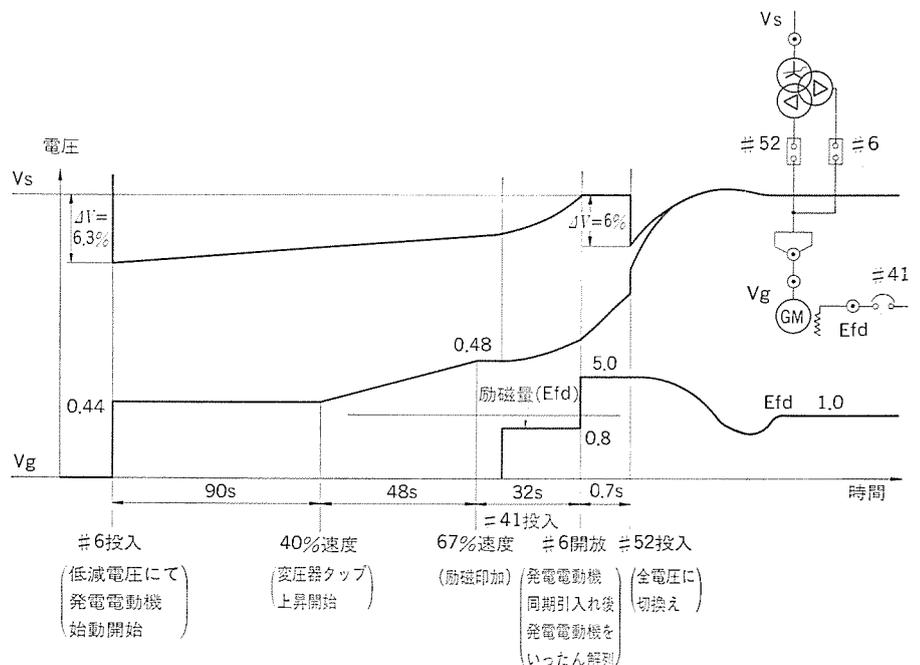


図10. 水中始動シーケンス

守に要する労力を大幅に軽減できる。

### 6. むすび

以上に述べたとおり、新冠発電所納めポンプ水車及び発電電動機を用いた水中始動試験により、水中で始動する場合のデルタ形ポンプ水車の性能及び特質、並びに発電電動機の始動特性を明らかにするとともに、揚水始動時に電力系統に及ぼす影響についても定量的には(把握)することができた。更にこの結果をもとに高見発電所に、制動巻線によって始動される100MVA級の本格的揚水発電所としては世界ではじめて水中始動方式を採用する場合に検討すべき諸問題についても考察し、ただちに実現できる始動方法を示した。

今後とも水中始動方式の適用範囲を更に拡大すると同時に、より使いやすい揚水発電機器の実現に努力したい。

# 《MELCOM350-50》工業用計算機システムモデルA2500

武藤達也\*・長沢一嘉\*・村木克己\*・大野陽吉\*

## 1. ま え が き

工業用計算機が実用化されるようになってから、既に10数年を経過する。初期の段階では、石油化学、電力、鉄鋼などの基幹産業のごく限られた用途に使用されてきたが、現在では、半導体技術の目ざましい発展とソフトウェア生産における高位言語の普及に支えられ、工業用計算機の有用性が工業全般のいろいろな分野で立証されるようになった。社会全体のオンライン化が進む中で、工業用計算機の需要も着実に伸びている。当社は昭和50年以来、《MELCOM 350-50》(以下M50シリーズ)として、モデルA2400、モデルA2300、モデルA2100の3機種を相次いで発表してきた<sup>(1)(2)(3)</sup>。

これらは、工業用計算機の分野において最も早く大容量主メモリを装備し、また高いスループットとRAS機能を装備しているため、電力、鉄鋼、水処理、交通、一般工業などの各市場分野で広く利用されている。しかし最近工業用計算機の使用範囲の拡大に伴い制御の分散、情報の集中処理の傾向がますます増大していることから、上位計算機に対してリアルタイム性能の向上、ソフトウェア生産性向上のための高位言語の使用、大容量データの高速処理など、より高いスループットの実現が要望されている。こうした時代の要請にこたえて、当社は、M50シリーズの最上位機としてモデルA2500を開発し機種系列の強化を図ったので、以下にその概要を紹介する。

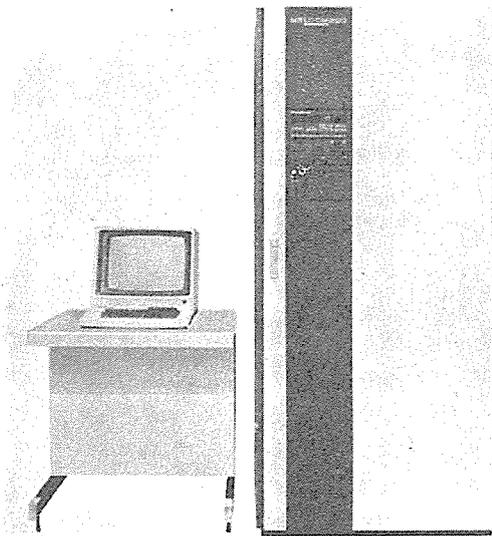


図1. 《MELCOM 350-50》A2500 プロセッサ

## 2. 開発意図と特長

工業用計算機はその導入の目的によって、図2.に示すような4つの階層のいずれかのレベルに位置づけられ利用されている。最近のように制御の分散と情報の集中化が進む傾向において、これらの各

表1. A2500 プロセッサ仕様

主メモリ	
素子	MOS-IC
サイクルタイム	650 ns/8 B
最大容量	32 MB
実装最大	2 MB
増設単位	256 KB
ECC	有
メモリ保護	キー/ロック方式
バックアップ	バッテリー
コモンメモリ	
接続CPU	8台
他は主メモリに準じる	
プロセッサ	
データ形式	ビット/ビット・ストリング バイト/バイト・ストリング 論理データ 固定小数点データ 16/33 ビット 浮動小数点データ 32/64 ビット
アドレス変換レジスタ	マップ方式(16組) 16+2個 ハードウェアスタック有
命令数	250
演算時間	
固定小数点加算(RR)	200 ナノ秒
固定小数点乗算(RS)	980 ナノ秒
浮動小数点加算(RR)	700 ナノ秒
浮動小数点乗算(RX)	1,200 ナノ秒
バススループット	
メモリバス	12 MB/秒
チャンネル	
最大種別	7本 MPX/ICA SEL/IFA SIA/CLA
諸機能	
アドレスサーチ	READ/WRITE/EXEC
ウォッチドックタイマ	2レベル
ブランチトレース	4レベル
不正命令チェック	有
アドレスオーバーチェック	有
特権命令チェック	有
W. C. M	有

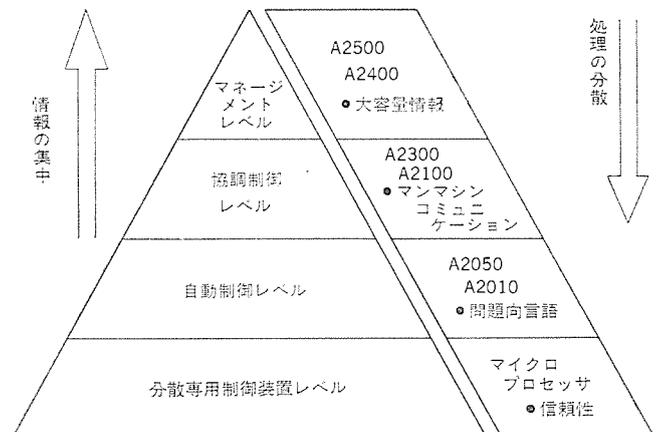


図2. 工業用計算機機能階層

レベルを単に1～2機種でカバーしようとするのは、処理能力や経済性の面から好ましくなく、当社は、ユーザーに対してそれぞれのレベルに適した機種を用意して、コストパフォーマンスのよいシステムが組めるように、M50シリーズの機種系列の強化をはかっている。

また、工業用計算機の適用されるシステムは長年にわたって継続的な拡張が行われることから、その間のユーザーの重要なノウハウがソフトウェアとして蓄積されている。当社はこれらのノウハウを継続して活用できるよう「ソフトウェアの互換性の維持」を重視し、エンドユーザー指向を基本思想に工業用計算機を開発している。

モデルA2500では、この基本思想の上に立ち最新のハードウェア、ソフトウェア及びファームウェア技術を駆使して大容量かつ高速の演算処理を実現した。その主な特長は下記の点である。

#### (1) 200ナノ秒の加算

ソフトウェア生産性の高い高位言語の積極的な利用を促進させるために、工業用計算機としては画期的な演算速度（加算：0.2 $\mu$ s浮動小数点加算：0.7 $\mu$ s）を実現した。演算速度が速いため高位言語でプログラミングしても、従来以上にリアルタイム性能の高いシステムの構築が可能となる。

#### (2) 32メガバイトの論理空間

情報の集中処理、取扱うデータの大量化の傾向に対処するために32メガバイトのデータ論理空間による大容量データ処理を可能とした。また主メモリは2メガバイト実装可能としシステムの大形化や将来のシステム拡張に十分対処していけるものとした。

#### (3) 高速メモリバス

応答性もさることながら、システムの多様化、データの大量化に備え、入出力スループットの増大をはかる必要がある。このため、64ビットのメモリ読出し幅を採用した12メガバイト/秒の高速メモリバスにより、主メモリと入出力装置との間の高速データ転送を可能とした。

これら、A2500の高性能化を実現した技術的背景、アーキテクチャ、ソフトウェアシステム、そして工業用計算機としての諸機能及びシステム構成例について以下に述べる。

### 3. ハードウェア

#### 3.1 高い性能

工業用計算機のうちでも、さきに述べたマネージメントレベルに位置付けられる計算機には、応答性もさることながら、扱うデータの大量化、制御演算の高級化、情報処理の高度化などが要求される。最近の計算機を見ても、LSI化されるハードウェア、大容量化するメモリ、CRT表示の文字情報から画面情報への移行など、こうした傾向を裏書きしている。

一般に、計算機の性能は、加算、乗算などの単純な基本命令の実行速度だけで評価されるものではなく、中央演算処理装置（以下CPU）、メモリとプロセス入出力装置、各種周辺機器との相互のデータ交換方式にも大きな影響を受ける。このような観点から、A2500に採用された高性能化技術のいくつかをここに紹介する。

##### 3.1.1 独立チャネル

ミニコンが工業用計算機の主流であった時代には、プログラムチャネルと呼ばれる方式によってCPUと入出力機器例えばタイプライタとのデータ交換を行ってきた。この方式によれば、たとえ、1文字の転送でも数10ステップのプログラムが必要であり、CPUへの妨害も無視できなかった。この改善策として、入出力を扱うプログラムをマイクロプログラム化することでCPUへの影響をできるだけ少なくすることが試

みられた。

A2500では、工業用計算機の扱う情報量の増大傾向に対処し、従来のM50に採用されてきた入出力多チャネル方式に加え、合計7本の各チャネルにはマイクロプロセッサを用いることにより、CPUとは独立して入出力の制御を行わせる方式を採用、CPUに対する妨害をなくした。

過去、当社のM50シリーズが高い評価を受けてきた理由の1つに、チャネルの有効性を挙げることができる。

##### 3.1.2 64ビット幅のメモリアクセス

個々のチャネル専用のプロセッサとCPUが同時にメモリをアクセスすると競合がおこり、一方が待たされる。しかしこの競合は、メモリアクセスの回数を低減する工夫で、ひん度を少なくすることができる。A2500では、入出力装置から送られるデータをいったんチャネルのバッファメモリで受け、64ビットの単位にまとめてから主メモリに転送している。すなわち一連の文字データを入力する場合、チャネルで8文字分集めてから主メモリに書込むので、アクセス回数は大幅に減少される。

##### 3.1.3 命令キャッシュ

計算機の処理能力向上の新しい技術の1つとして、命令キャッシュがあり、A2500にもこれを採用している。

CPUで実行する命令を、その命令を処理する以前に主メモリからキャッシュに取込み、既に取り込んである前の命令が、キャッシュからCPUに送り込まれて実行される仕組みになっている。つまり、命令の先取りの形で演算が順次実行される。したがって、もし、主メモリにおいて競合があっても、CPUの演算に支障はなく、キャッシュに取込まれるタイミングが多少遅れることである。CPUの処理能力は、命令キャッシュの採用により図3.に示すような効果が期待されている。図中、横軸はディスクの並列動作台数を、縦軸はCPUの演算処理能力をそれぞれ示す。ここで、入出力のないときのCPUの能力を100%としている。

##### 3.1.4 関数プロセッサ

CPUにおけるプログラムの演算処理時間を短縮するには、全プログラムの実行時間に占める割合が高くかつ、共通的なプログラムをいかに高速化するにかかっている。過去、A2400の応用プログラムとして作成したいくつかの代表的なプログラムをプログラムアナライザにより調べた結果、関数計算に多くの時間を費やしていることがわかった。今後、多くの関数計算が取り入れられることを予想し、A2500には関数サブルーチンのハードウェア化のために関数プロセッサを採用するこ

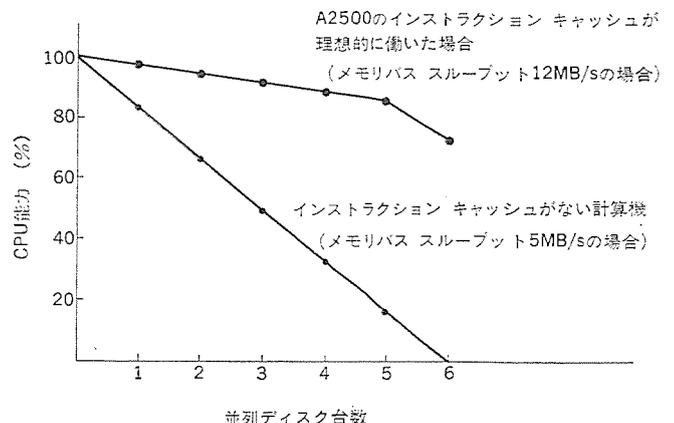


図3. 入出力によるCPUの妨害

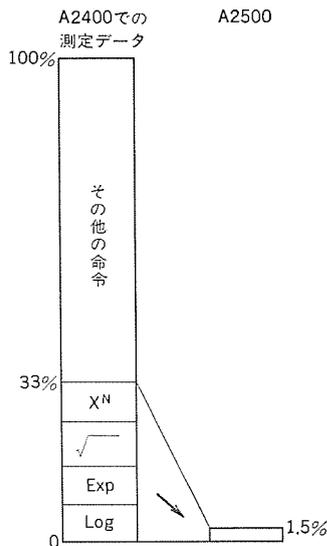


図 4. 関数プロセッサの効果  
ホットストリップミルスケジュール計算プログラムの命令  
実行時間分布と関数プロセッサによる改善

とにした。

例えば、32ビット、浮動小数点の正弦関数 (sin) は、わずか 10 マイクロ秒以下で計算され、A 2400 での サブルーチン 処理に比して実に 20 倍の高速化を達成したことになる。

図 4. は、圧延プロセスにおけるスケジュール計算が、いかに高速化されたかを示している。

### 3. 1. 5 スタックアーキテクチャ

工業用計算機は、その用途から見ても浮動小数点の演算を行うことが多い。例えば、圧延ラインのスケジュール計算、発電プロセスにおける性能計算がこれに該当する。A 2500 に、ハードウェアスタックを導入したのはこのためである。単なるデータの収納だけでなく、スタック内でも簡単な四則演算が可能である。

このスタックの有効な利用により、主メモリのアクセス回数を減じ、また、効率的なソフトウェアの作成も可能となる。

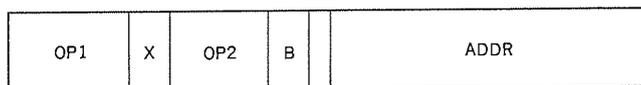
### 3. 2 メモリの大容量化

最近の工業用計算機の 1 つの傾向として、扱うデータ量の増大がある。半導体技術の進展に伴うメモリ価格の低下、CRT 上での高度な図形処理、データベースの採用などがこの傾向に拍車をかけている。一方、構造化プログラミングに代表される新しいプログラム技術は、プログラムのモジュール化を促進させている。すなわちプログラムを個々に見てみた場合、ロジック部はコンパクトであるが、データ部は大きな領域を必要とする傾向にある。この傾向に対処するため A 2500 では次のアーキテクチャを採用した。

#### 3. 2. 1 32 メガバイトの論理空間

16ビットの計算機では、主メモリが 64K 語を超えると直接アドレスできない難点がある。ほんの数年前までは、主メモリ容量が 64K 語を超えるシステムはほとんど考えられなかったことである。

これをマップ変換のような手法で処置したのでは、オーバーヘッドに時間を食い、必ずしも効率的ではない。A 2500 では、32ビットのベースレジスタを置き 64K 語を超えるデータ領域の直接アドレッシングを可能にした。この命令形式を図 5. に示すが、命令語のオペランドとインデックスレジスタとベースレジスタの内容の和 32ビットのうち、下 24ビットが有効なアドレスとして使用される。



OP1, 2: 命令種別  
X: インデックスレジスタ指定  
B: ベースレジスタ指定  
アドレスは {ADDR+(X)+(B)}  
によって計算された 32ビットの  
下位 24ビットを有効とする

図 5. A 2500 基本命令形式とアドレス計算法

### 3. 2. 2 大容量の補助メモリ

過去の工業用計算機の補助メモリは、ドラムが長い間主流を占めてきたが、扱うデータ量の増大、データの保存、常時使用されない多くのプログラムの保管などの要請から磁気テープ、磁気ディスク、その取扱いの簡便さからカセットテープ、フレキシブルディスクに至るまでレパートリーの中に加えられるようになった。A 2500 には、前記各種のメモリのほかに 300 メガバイトの大容量ディスクを装備できるように設計している。

### 3. 3 柔軟性

工業用計算機の応用分野の広がり、そして情報と制御のオンライン化がますます進む中で、あるプラントでは上位と下位の、また、あるプロセスではその前後のプロセスの計算機同志の結合が重要な機能の 1 つになっている。

#### 3. 3. 1 計算機結合チャンネル

M 50 シリーズの他のプロセッサとの結合を容易にするため A 2500 には計算機結合チャンネルを備えている。従来の計算機間の情報伝信には、例えば、半 2 重方式のデータリンクがよく使用されてきた。しかし、計算機からの伝送要求に対し、しばしば送受信間での競合を起し、その応答性に問題があった。

A 2500 の計算機結合チャンネルは、全 2 重方式で、高速、大容量のデータ伝送を可能としており、これに結合される他の M 50 シリーズの計算機に対し、直接、主メモリのデータを読み書きできる機能を与えている。

このことは、A 2500 を中心に、複合計算機システムを容易に組上げることができることを意味する。

#### 3. 3. 2 コモンメモリ

2 重系あるいは負荷分担など複数台の計算機から構成されるシステムでは、個々の計算機が共通のデータを共用することがしばしば起こる。M 50 シリーズでは、コモンメモリを 1 つの特長としてきたが、A 2500 は、最大 8 台の計算機を 1 つのコモンメモリによって結ぶことができる。また、プログラムの作成を容易にするため、コモンメモリは特別のメモリであることを意識することなく、主メモリと同様に扱うことができる。このように A 2500 には、主メモリ、コモンメモリ共、同じアクセスの方法が適用できるばかりでなく、32 メガバイトの論理空間上どこでも自由に指定できる機構を導入した。

### 3. 4 信頼性

工業用計算機は通常 24 時間運転が常識であることから、そのか(稼)働率の高いこと、万一、故障が発生しても修復が迅速に行えることが強く要請されてきた。ハードウェアの信頼性の向上は、故障率の低い部品を使い、より少ない部品でハードウェアシステムを構成するのが基本原則である。A 2500 では、その豊富な機能を実現するために、マスタスライス LSI を採用した。この LSI には、DSA (Diffusion Self-Aligned) MOS<sup>(4)</sup> を用い、600 ゲード相当の回路を備えており、演算処理は高速で、かつ、低電力消費が特色である。

### 3.4.1 主メモリの自動縮退

主メモリ1ビットの誤りは、自動的に訂正のできるECC(Error Checking & Correction)機構により対処する。もし、主メモリに2ビット以上の故障が発生した場合、その故障部分を含む1K語のメモリは、ソフトウェアにより使用禁止区域に指定され、この部分のプログラムを別の空きメモリに再配置(ダイナミックメモリ管理)し、システムの運転を継続する。従来のリロケーションレジスタ方式では故障部分を含む使用不可領域が、ある1つのプログラム全体の大きさになってしまったり、時には、メモリモジュールの交換が必要であったのに対し、上の方法によればシステムとしてのMTBFの向上が一層期待できる。

また、カードの活線そう(挿)抜によるオンラインメンテナンス、アドレスサーチ、ブランチトレースといったソフトウェアデバッグ用諸機能を備えるなどA2500には、総合的な信頼性の向上にいろいろな配慮を行っている。

## 4. ソフトウェア

計算機システムの価格のうち、ソフトウェアの占める割合は近年とみに上昇を続け、ハードウェアの価格の低減と裏腹にその比重は一層高まってきた。A2500では、ハードウェアの高性能化に歩調を合わせ、ソフトウェアの面でも、その製作、保守を重視した幾つかの配慮を払っている。

### 4.1 オペレーティングシステム(OS)

A2500のOSは、約10年前に発表した《MELCOM 350-30》以来の伝統の上に立ち、M50シリーズのすべてのソフトウェアの集中管理が可能であり、オンラインでの性能や機能の拡充、バックグラウンドジョブ機能の強化をはかっている。

すなわち、A2500のOS(TSOS-G)は、従来のM50シリーズのOS(TSOS系)に、次のサポート機能を拡張し、ユーザープログラムの開

発支援を強化した。

(1) 大容量ディスクファイルのテキストエディタによるプログラムソースの作成・変更。

(2) 日付けや改定回数が各プログラムモジュールごとに自動的に記録・更新できるプログラム世代管理。

(3) オンラインで大容量ディスクファイルの再編成、再配置のできるファイルシステムと、データを効率よく処理するファイルアクセスメソッド。

また、主メモリ管理では、ページング方式を採用し主メモリを1K語単位に分割、メモリ上でプログラムを適宜、空きメモリに配分する方法により、主メモリの利用効率を上げている。

ユーザープログラムによるスーパーバイザの破壊防止とシステムの信頼性向上のため、A2500では、スーパーバイザをユーザーの論理空間の外に配置し、ユーザープログラムによるスーパーバイザ領域のアクセスを回避した。

### 4.2 言語

A2500において、従来の工業用計算機には、その例を見ない程高速化をはかった大きな理由は、高位言語の利用増大に対処し、十分な余裕をもたせることにあった。M50シリーズには、従来からCONFORM(FORTRAN言語)を利用してきたが、更に、ESPRIT(PL/1形言語)が適用でき、ユーザーの構造化プログラミングに対応できる。

### 4.3 パッケージソフトウェア

A2500に適用するソフトウェアは、OSから応用プログラムにいたるまで図6.に示すよう幅広く用意している。各種応用分野や使用目的に合った標準パッケージの利用は、ソフトウェアの生産性や品質の向上につながる。例えば、高密度CRTの画面処理パッケージVIPPS(Virtual Picture Processing System)には、画像処理における画面の移動、拡大、縮小組合せ、変更、トレンド表示などいろいろな機能をサポートするサブルーチンを用意している。

また、画面情報は、CRTキーボードからメンテナンスが可能で、充実

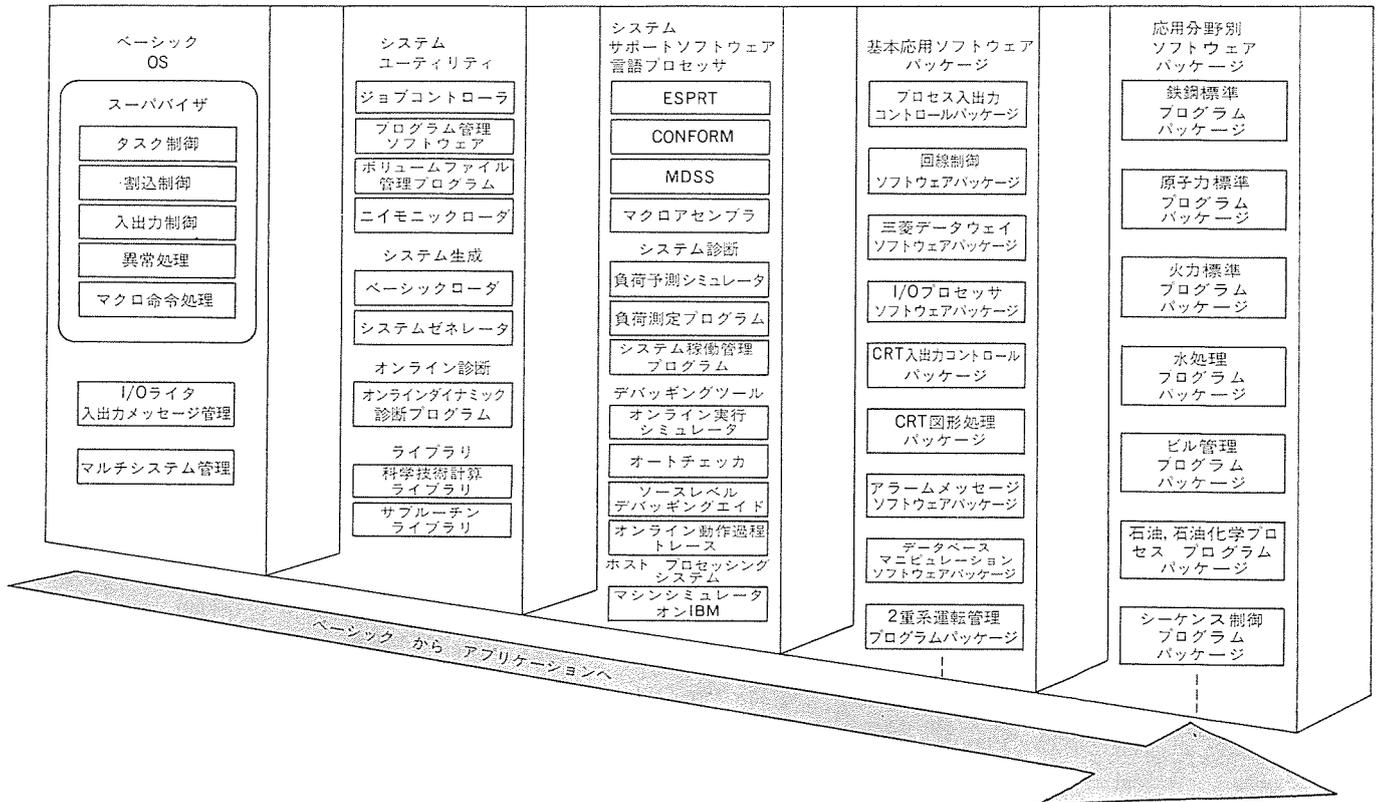


図6. M-50シリーズのソフトウェア構成

したマシン コミュニケーション がはかれる。

## 5. システム構成例

M50シリーズは、既に百数十台の受注・出荷実績をもち、発電プラント制御、電力系統制御、鉄鋼プラント制御をはじめ、自動車工業における生産管理、水処理プラント、ビル管理などに広く応用されている。応用されるシステムの規模や機能に応じ、より柔軟なシステム設計が可能となるよう、既存の機種に加えてA2500の開発を進めてきた。ここに、2～3の応用例を紹介する。

### 5.1 高信頼化2重系システム

図7は、高信頼化とオンラインでの拡張性に重点を置いた2重系システムの例で、ある電力系統制御に適用される。CPUだけでなく、コモンメモリ、ディスクも2重化しており待機系でのプログラムの変更と追加、CRT画面のメンテナンスなどが可能で待機系で十分テストを実施の上、主系・待期系を切換え、主系のプログラム変更を行うことができる。

### 5.2 広域分散処理システム

制御や情報処理が広域に分散、配置されたシステムとして図8の例がある。フロントエンドプロセッサ（以下FEP）には、例えば、複数台のA2100が利用され、中央のA2500とは三菱データウェイMDWS30で結ばれ、相互の情報交換を行う。このシステムでは、ローカルな閉ループ制御やデータ処理は、FEPに任せ、総合的なシステムの監視・制御・管理を中央に集中している。また、FEPのプログラムローディング、データの改廃なども中央で一括管理できる。鉄鋼や水処理プラントに、この種の応用例が見られる。

### 5.3 高スループット複合計算機システム

A2500は、前に述べたように計算機結合チャンネルを備えているので、複合計算機システムを容易に組むことができる。通常のプロセス入出力、周辺装置の入出力など定形的な機能は下位の計算機に、そして高速

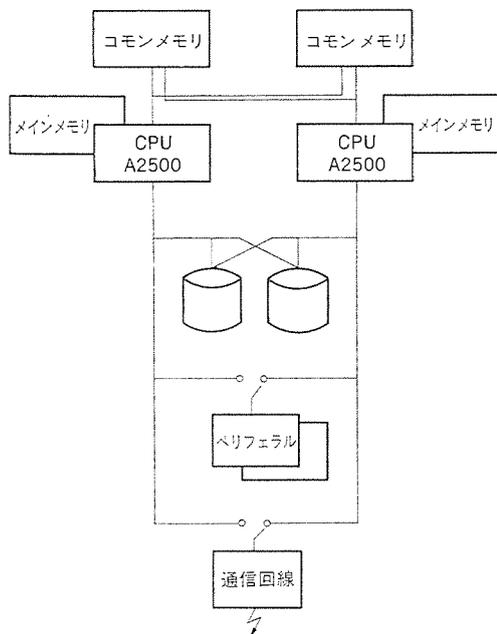


図7. 高信頼化2重系システム

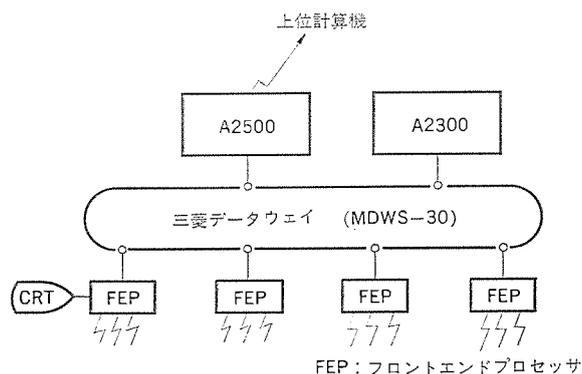


図8. 広域分散処理システム

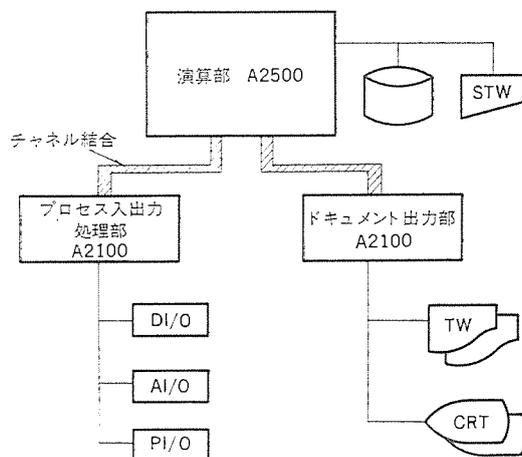


図9. 高性能複合計算機システム

演算、大容量ファイル、バックグラウンドジョブなどは上位のA2500に集中させ、それぞれの計算機のもつ性能を有効に利用する。

## 6. むすび

M50/A2500は、32ビットのアーキテクチャと最新の技術を結集させ、一方では約10年前に発表し、長く、多くのユーザーに愛用されてきたM30の歴史と伝統を受継いで発展させた最新鋭工業用計算機システムである。

これまでの当社のユーザーは無論のこと、工業のあらゆる分野でM50シリーズの愛好ユーザーが増えることを念願し、今後も工業用計算機の発展に、たゆまぬ努力と研さんを積む所存である。

### 参考文献

- (1) 米沢ほか：《MELCOM》350-50 工業用計算機システム、三菱電機技報、52, No. 3 (昭53)
- (2) 長沢ほか：《MELCOM》350-50 A2100 システムコンポーネントプロセッサ (SCP)、三菱電機技報、53, No. 2 (昭54)
- (3) 紺田ほか：ソフトウェア生産と《MELCOM》350-50 ソフトウェアシステム、三菱電機技報、52, No. 3 (昭53)
- (4) 田中、中野：DSAMOS マスタスライス LSI、三菱電機技報、52, No. 11 (昭53)

## カーラジオ・カーステレオ用 12WオーディオパワーIC

三菱電機ではこのたび、カーラジオ・カーステレオ用に12WオーディオパワーICを開発、量産販売を開始しました。カーステレオ、カーラジオ等の車載用オーディオ機器は、高性能を得るためますます高性能化が進み、またセットの複合化に伴い、より一層の省スペースが要求されています。このような動向に対処するために開発したこの製品(M51516L)は、12Wの高出力低周波電力増幅と信号ミューティング回路を、超小形の9ピンプラスチックモールド、SILパッケージに内蔵したもので、外付部品点数がわずか3点でセットが組める、超小形高出力のオーディオパワー用ICです。現在市販中の車載用オーディオ機器では中間の出力を持つカーコンポやカーステレオに適し、またカーラジオ(モノラル)の大出力タイプにも使用できます。

### 特長

#### ● 12Wの高出力

従来このクラスのOTLパワーICでは、電源電圧13、2V、負荷4Ωで、6Wが理論的なパワーの限界でした。M51516Lでは、この限界を超えるため、アンプを2個内蔵し、それらをBTL接続することにより、外付部品を減らしつつ12Wの高出力を得ることができました。

#### ● 信号ミューティング回路内蔵

この機能により、カーステレオなどでテープ早送り・巻き戻しの際、音を消すため従来行っていたような、プリアンプあるいはパワーアンプの電源をON/OFFする必要がなくなりました。制御端子を接地するだけで簡単にON/OFFすることができます。

#### ● 外付部品点数はわずか3点

外付部品は——

##### ● 47μFの電解コンデンサ1点

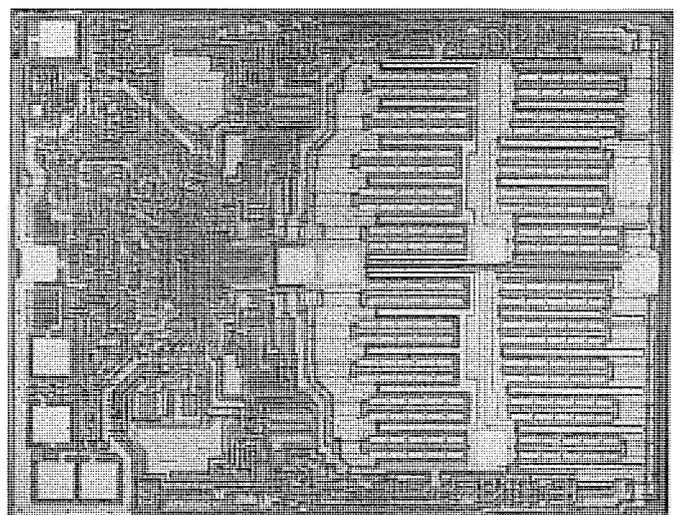
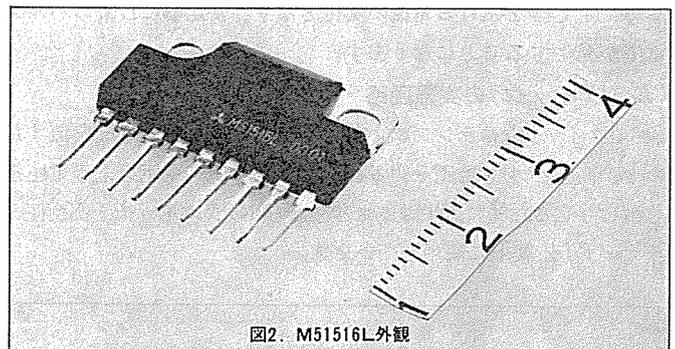
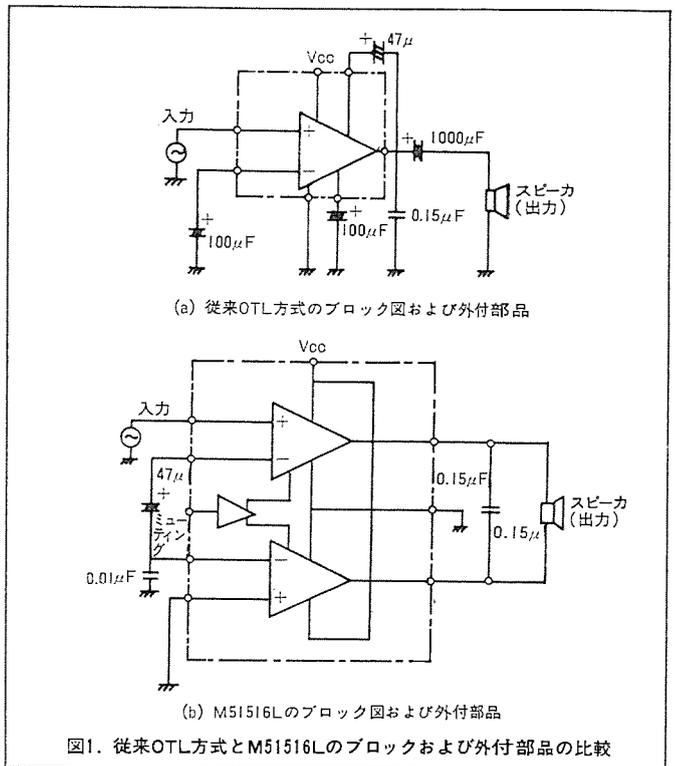
● 0.15μFおよび0.01μFのポリエステルフィルムコンデンサ各1点の合計3点です。このためスペースの大幅な削減とセットのコストダウンを図ることができます。従来のOTL方式との外付部品比較図をご覧ください。

#### ● 9ピンプラスチックモールドSILパッケージ

超小形でありながら、低熱抵抗のパッケージに封入していますので、外付部品の少ないことと相まって、超小形パワーアンプが構成できます。

### 電気特性(V<sub>CC</sub>=13.2V、R<sub>L</sub>=4Ω)

記号	項目	測定条件	データ	単位
P <sub>o max</sub>	出力電力	THD=10%	12	W
THD	全高調波歪率	P <sub>o</sub> =4W	0.2	%
G <sub>v</sub>	電圧利得	P <sub>o</sub> =4W	54	dB
P <sub>in</sub>	入力抵抗	P <sub>o</sub> =4W	30	KΩ
I <sub>cco</sub>	無信号時電流	無信号時	80	mA



# スポット ライト

## 蛍光灯の速点灯が可能な 初のIC化蛍光灯スタータ《ルミクイック》

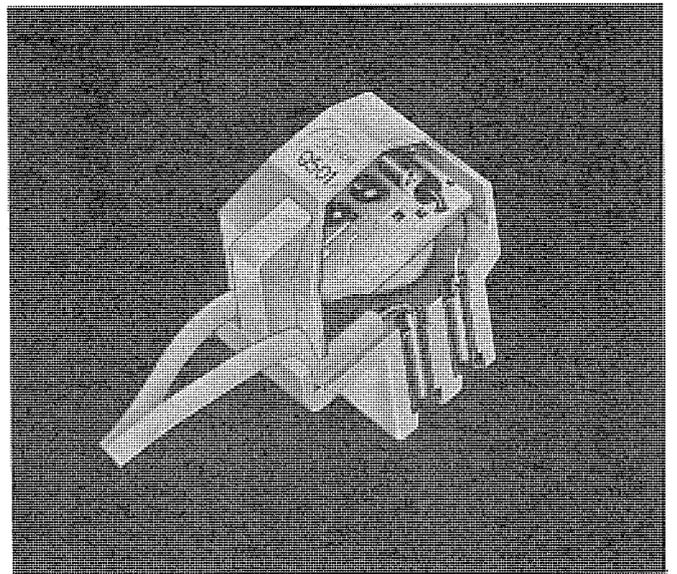
現在、蛍光灯スタータとしてはグロースタータが最も広く用いられていますが、始動時間が長い、寿命が短いなどの欠点があり、低価格でしかも始動時間の短いスタータの実現が望まれていました。このため回路構成が簡単になる、チタン酸バリウム等の強誘電体磁気を用いたパルス発生回路が従来から考えられていましたが、今回、三菱電機と東京電気化学工業との共同開発により、蛍光灯スタータとして実用に供せられるチタン酸バリウムを主体とした非直線性誘電体素子（以下、素子）と点灯回路の開発に成功し、世界初のIC化蛍光灯スタータを《ルミクイック》のペットネームで55年2月より発売を開始しました。

### 《ルミクイック》のパルス発生原理

《ルミクイック》に使用する素子の特性は、素子に印加される電圧が飽和電圧 $E_s$ （約80V）以下の電圧では通常のコンデンサと同様に電圧値に比例した電荷が素子に蓄えられますが、飽和電圧以上になると蓄えられる電荷が飽和します（図-1）。すなわち、素子の電圧が飽和電圧に達すると素子に流入する充電電流は急激に0となります（図-2）。ここで素子と安定器（インダクタンス）は直列に接続されていますから（図-3）、素子への充電電流の急激な変化は、即時、安定器を流れる電流の変化となり、安定器に $L \frac{di}{dt}$ のパルス電圧が発生することになります。

### 《ルミクイック》の実際回路

《ルミクイック》はランプフィラメントを暖める予熱電流を流すためと、高圧パルス電圧を得る目的で素子に飽和電圧以上の電圧を急激に与えるために、半導体スイッチ（PNPNスイッチと高耐圧ダイオード）を素子に使用しています。



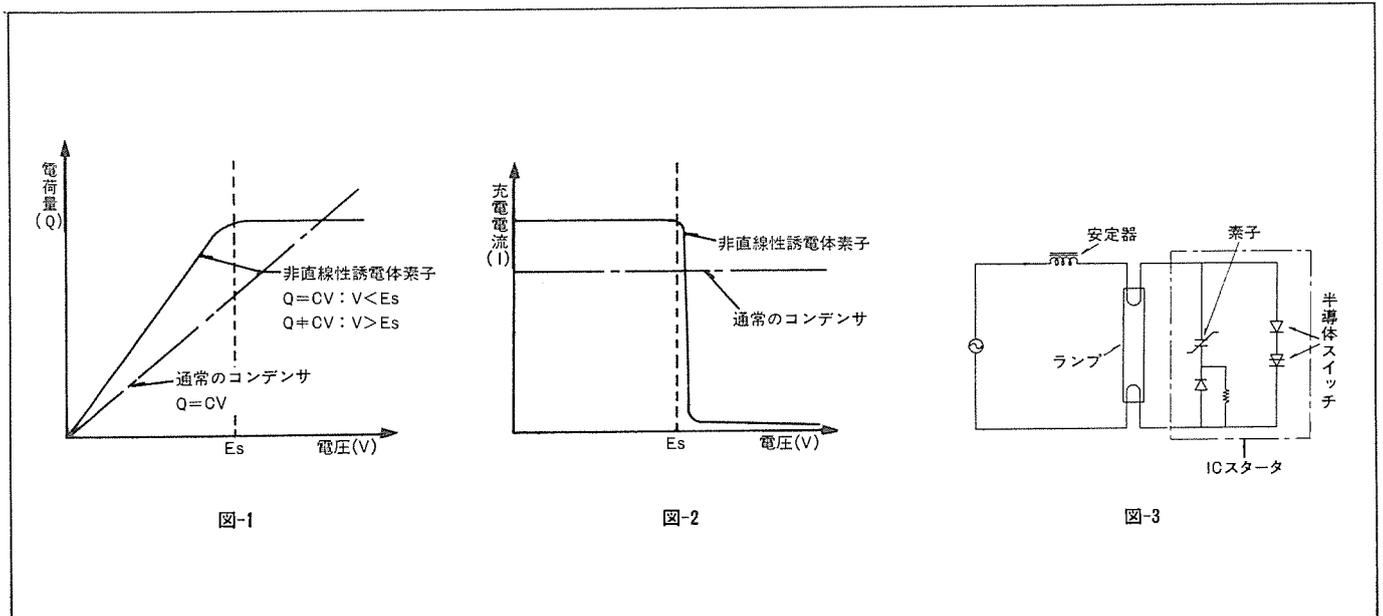
蛍光灯用ICスタータ《ルミクイック》を内蔵した円形蛍光灯用ソケット

### 《ルミクイック》の特長

- 従来の電子スタータがパルストランス、コンデンサと半導体スイッチの3点から成っていたのに比べ、パルストランスが省略できるので大幅にコストダウンが可能になりました。
- 大形のパルストランスがないのでIC化が初めて可能になり、円形蛍光ランプのソケットに組込めるまで小形になりました。

### 《ルミクイック》の種類

10・20W用、15・30W用、32W用、40W用の計4種類があります。

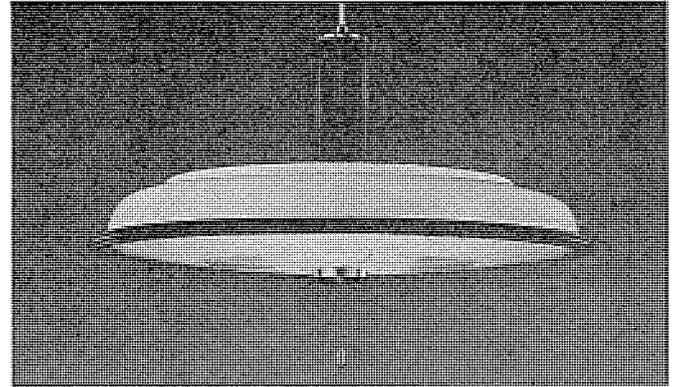


# スポット ライト

## すぐつく蛍光灯

## ICスタータ《ルミクイック》つき蛍光灯器具

三菱電機ではこのたび、「すぐつく蛍光灯」、世界初のICスタータ《ルミクイック》つき蛍光灯器具を発売しました。従来、蛍光灯のスタータにはグロースタートやラピッドスタートが広く用いられていましたが、グロースタートは点灯時間が長く、グローランプの寿命が短く、ひんばんに交換する必要があり、ラピッドスタートは専用の大形の安定器と専用ランプが必要となり、価格が高くなる欠点がありました。それらを一挙に解決したのが、ICスタータ《ルミクイック》です。なお、今回発売した新商品は、シャンデリア4、吊下形11、ミラーブラケット9、防湿形ブラケット3、合計27機種です。



(70W)FCK-7055CP-WLQ ¥26,000  
他にセードの色、オレンジ、緑、やまぶき色があります。

### 特長

#### ● 始動時間が短い

グロースタートの器具は、点灯時間が早くても2秒以上かかるのに対し、この器具は0.2秒から0.8秒で点灯します。

#### ● スタータの寿命が長い

ICスタータ《ルミクイック》の寿命は、照明器具の寿命といわれている7年から10年は十分に機能します。従って、グロースタートのようにグローランプを交換する必要がありません。

#### ● 暗い場所でもすぐに点灯

グロースタートの器具は、真暗な場所では点灯しにくい点灯に時間がかかるという欠点がありました。《ルミクイック》なら、どんなに真暗な所でも何ら影響なく速点灯します。

#### ● 小形軽量

ICスタータ《ルミクイック》は、非直線性誘電体素子(特殊なセラ

ミックコンデンサ)と他の半導体とをハイブリッドIC化し、小形軽量としました。このような特長から、円形蛍光ランプのソケット内にコンパクトに収納することができました。

#### ● 使用ランプ

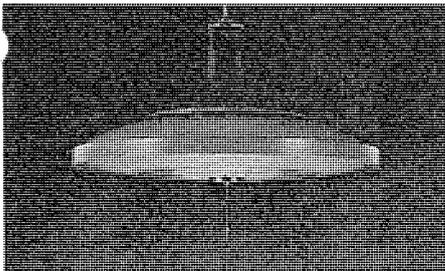
グロースタートの器具と同様に、グロー、ラピッド、どちらのランプでも使用できます。

#### ● スマートなデザイン

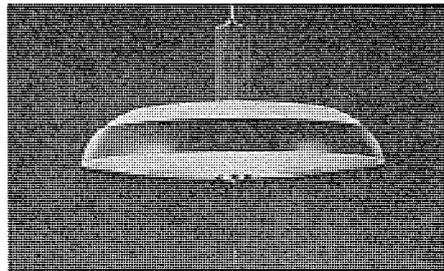
吊下形器具は、筒の中に鉄心を埋め込んだ筒形安定器を開発し、従来の器具に較べ薄形が可能となり、現代の生活空間にフィットしたスマートなデザインが生まれました。

#### ● 本体とセードは分離構造

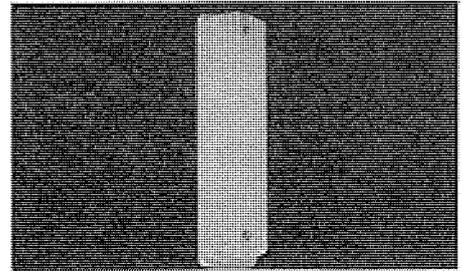
吊下形器具は本体部分とセード部分が分離できる構造のため、セードは水洗でき、梱包は小形になりました。



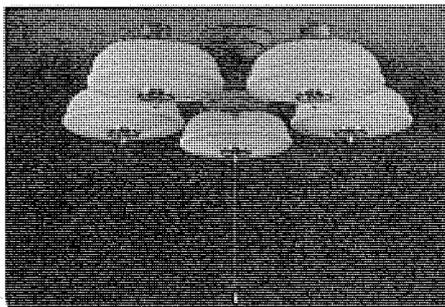
(70W)FCK-7054CP-DLQ ¥19,800  
他にセードの色白、緑色があります。



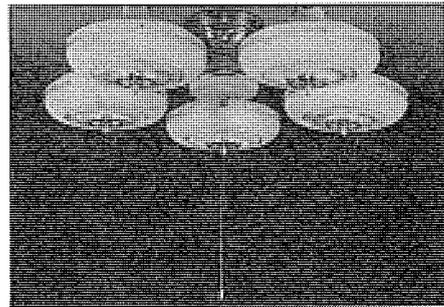
(70W)FCK-7056CP-GNLQ ¥29,500  
他にセードの色白、オレンジ、銀色ヘアラインがあります。



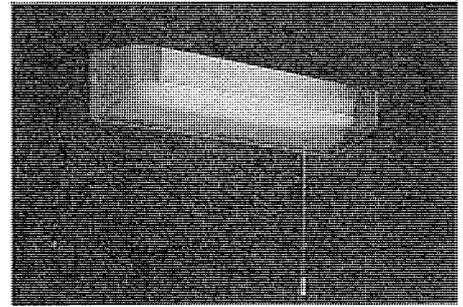
(10W)FV-W1791LQ ¥3,350  
他に15W、20Wがあります。



(150W)FCX-3775LQ ¥69,000  
他に4灯用があります。



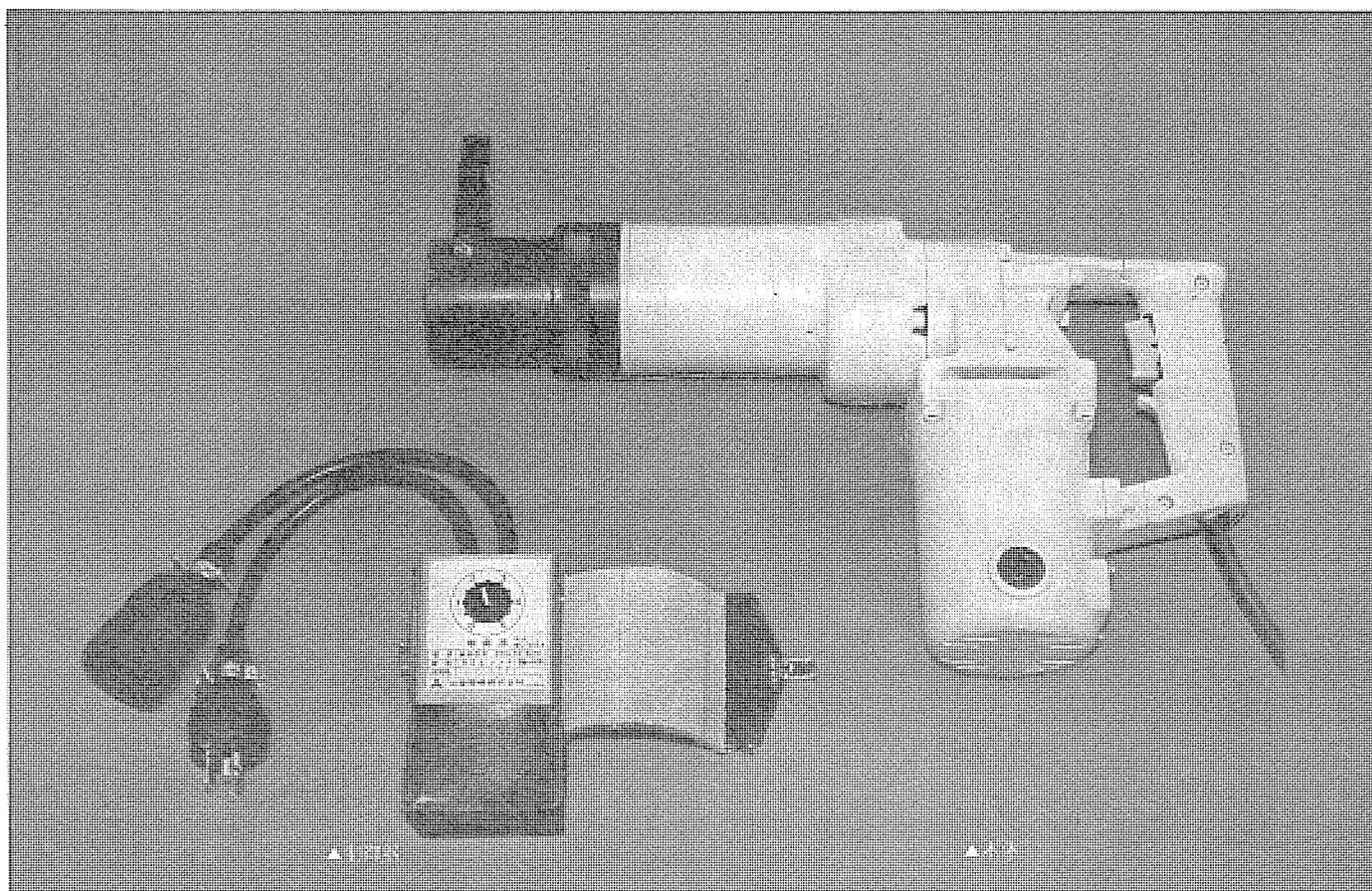
(150W)FCX-3785LQ ¥83,000  
他に4灯用があります。



(10W)FV-1781-DLQ ¥3,200  
他に端板の色緑、白色、15W、20Wがあります。

ボルト締付力を自由にコントロールできる

## 三菱電動トルクコントロールレンチ



三菱電機では、鋼構造接合用ハイテンションボルト締付機として、電動インパクトレンチをすでに発売していますが、低騒音、締付トルクのコントロールが容易に行える締付機器に対する市場の強いニーズに対応するため、このたび電動トルクコントロールレンチを開発・発売しました。インパクトレンチのような騒音もなく、ダイヤル操作ひとつで30kg-mから90kg-mまで、自由に締付トルクをコントロールすることができます。

### 特長

- 制御器のダイヤル操作でボルトの締付力が自由にコントロールできます。
- モータの回転力で静的に締付けますので、インパクトレンチのような騒音がありません。
- 二重反力減少機構を採用していますので、ナットとソケットの結合が容易です。また締付時の反力に対して安全性を高めています。
- レンチ本体はL字形の作業のしやすい形状です。
- 制御器は電源の近くに置けるので、作業も移動も楽に行えます。
- 3芯ケーブルを使用しているため、断線等の故障が少なく、延長ケーブルの使用も容易です。
- 携帯に便利なスチールケース付きです。

### 仕様

形名	容量	電源	全負荷電流	無負荷回転速度	トルク	重量	付属品
TW-90A	ハイテンボルト M16~M24 F10T	単相交流 200V (100V) 50-60Hz	9.5A (20)	11RPM	30~90kg-m	9.5kg	制御器 1 ソケット(M22) 1 反力受け(M16~M24) 各1 スチールケース 1 3Pプラグ・コネクタ 1組

当社の登録実用新案

登録番号	名 称	考 案 者	登録番号	名 称	考 案 者
1187234	湿潤装置	山下紀夫	1189506	換気扇取付枠	鈴木欽三
1187235	遠隔制御列車の電動機電流表示装置	吉村元由	1189507	電機器具等の包装装置	木村善昭
1187236	直流安定電源の内部インピーダンス可変回路	伊藤幸司	1189620	電気調理器	鶴谷嘉正
1187237	密閉形電動圧縮機	遠藤 誠・山城芳裕	1190590	電気掃除機の排気装置	加藤 悟・南日国伸
1187238	小形電動機	伊藤 博	1190591	コントロールセンタ	町野康男・松原 徹
1187239	車両の制御装置	{三橋英一・太田幹雄 亀田康幸	1191720	接触細リード線付半導体装置	{池川秀彰・八原俊彦 星加春幸
1187240	回路しゃ断器の可調整熱動引外し装置	三原寿信	1191721	電磁粒子式クラッチの冷却装置	小林良治
1187241	密閉形電動圧縮機	田中 満・星野義明	1191722	自動同調装置	{中田昌和・木村英雄 清瀬信吾
1187242	高周波加熱器の加熱箱	慶野長治・小野清隆	1191723	テレビジョンカメラ用調整試験装置	伊藤修孝・山際豊行
1187243	電子レンジ	慶野長治・小野清隆	1191724	貫通端子	堤 長之
1187244	樹脂成形用型	{吉田 進・須崎 涉 草川英昭	1191725	誘導コイルの締付構造	永原 毅・忍 正寿
1187245	冷蔵庫の柵装置	高橋克己・丸山哲朗	1191726	回転電機の取付足	小川栄治
1187246	空気調和機	柴田 実	1191727	半導体装置	貞森将昭
1187247	冷暖房装置	根岸宣匡・小南 貢	1191728	板端子	竹下重樹・織田利之
1187248	故障電流検知装置	杉中輝明	1191729	電気自動車の制御装置	{諸永茂雄・戎子良雄 曾我高明・池田 清
1187249	直流増幅器	今泉 巽	1191730	エレベータのかご室	谷口道夫
1189326	絶縁軸受	宇都宮弓輝・甘粕忠男	1191731	配線用回路しゃ断器の取付装置	中本勝博
1189327	絶縁軸受	宇都宮弓輝・足立 覚	1191732	液体抵抗器	岡崎泰治
1189328	車両用電動発電装置	猪崎国男	1191733	電気機器のキャップの取付装置	森上桂吾・佐藤邦彦
1189329	歩進装置の駆動回路	野尻 勇	1191734	張力制御装置	浅野哲正・柏原正信
1189330	電力調整回路	来村 俊・小野英世	1191735	ガス弁装置	牛越 諒・中村 進
1189331	平型絶縁母線	{西崎俊一郎・寺谷 宏 玉置明信・清水良夫	1191736	ヘアカーラのクリップ	小川 昇・鳥山建夫
1189332	送信機の自動電力制御回路	{片山泰一・河野実則 来村 俊	1191737	余剰電力用採暖器具	{中村富家・慶野長治 後藤完二
1189333	時限保持スイッチ	達富康夫・才田敏和	1191738	余剰電力用採暖器具	{中村富家・慶野長治 後藤完二
1189334	電気掃除機	長嶺 元・高橋 豊	1191739	グリス溜め取付装置	本多 勉
1189335	半導体装置の冷却装置	飯田隆彦	1191740	金属体検出装置	吉山裕二・渋谷博司
1189336	引違い扉の自動閉止機構	市原輝彦・長尾吉彦	1191741	自己復旧形限流素子付電気開閉装置	杉尾憲一
1189337	放熱板の取付装置	久野 功・渡辺 進	1191742	自己復旧形限流素子付電気開閉装置	杉尾憲一
1189338	膨張形 スパイラルシュータ	{木名瀬武男・猪熊 章 樋口昭義	1191743	同軸形 ロータリジョイント	大屋忠敬
1189339	半導体装置の冷却装置	岡 久雄・上野 潔	1191744	電気かみそり	{増田三郎・丸山 泰 熊田泰治
1189340	電気機器の冷却装置	鹿野義郎	1191745	磁気ヘッド装置	広木 勉
1189341	ショックダイナモメータ上の試験車のタイパンク検知装置	松崎輝治・関井次男	1191746	電気かみそり	小川 昇
1189342	芯上下擺動装置	川 渕 勇	1191747	電器取付装置	魚住幸男
1189344	半導体装置	吉野一博	1191748	AM検波回路	満田 浩
1189345	非線形光波発生装置	岡田和夫	1191749	圧縮ガス絶縁母線	{西川国治・永見晴彦 稲村彰一
1189346	ファクシミリ装置	泉 信行・朝日照夫	1191750	収塵装置付電気かみそり	{鶴谷嘉正・熊田泰治 宇佐見忠
1189504	油入電器のコイル	{松原彰雄・白神十九一 富樫義弘	1191751	ヘアカーラ加熱器	鳥山建夫
1189505	冷蔵庫筐体	林 八郎・早川孝紹	1191752	電気掃除機	長 領 元

登録番号	名 称	考 案 者	登録番号	名 称	考 案 者
1191753	電気かみそり	熊田泰治	1191821	温度調整装置	{中村勝男・鶴谷嘉正 大沢和夫
1191754	電気かみそり	熊田泰治	1191822	変流器の保護装置	佐藤辰夫・森下彦三
1191755	電気かみそり	熊田泰治	1191823	テーププレーのヘッド高さ調整装置	和田庄次
1191756	電気かみそり	熊田泰治	1191824	真空掃除機	榊道治
1191757	限時装置	榊道治	1191825	真空掃除機	榊道治
1191758	収塵装置付電機かみそり	熊田泰治	1191826	半導体薄片破碎工具	小倉正久・辻哲郎
1191759	ヘアードライヤー	川合輝一・小池利男	1191827	圧電トランス	{平野昌彦・大野克弘 高田良雄・漆原善一
1191807	密閉形電動圧縮機の熱動継電器保持装置	池田文雄	1191828	燃焼器	熊谷健司
1191808	空気調和装置の台板	鈴木太八郎・高橋克己	1191829	制限開閉器	飯田博
1191809	電気かみそり	熊田泰治	1191830	空気調和機の窓取付装置	鈴木太八郎・高橋克己
1191810	トランジスタ式直流安定化電源回路	小林型弘	1191831	排煙装置	浅野忠
1191811	電気掃除機	高橋豊	1191832	空気調和機のドレン排出装置	富樫健二
1191812	電気掃除機の集塵装置	高橋豊・鈴木勝栄	1191833	天井扇の落下防止装置	井口武夫
1191813	電気かみそり	熊田泰治・島弘三	1191834	レンジフード	林悦二
1191814	安全装置	川合輝一・小池利男	1191835	半導体ウェファ分割装置	山本勇・藤沢正人
1191815	押締め式端子装置	岩澤清	1191836	半導体素子測定装置	{川崎文雄・川名昇 佐藤栄隆
1191816	電気掃除機の集塵装置	福田興司	1191837	キャビネット	木下剛
1191817	温度調節器	渡辺進	1191838	吸排気管取付装置	{安田幸夫・可知弘充 木下康司
1191818	電気掃除機の塵落とし装置	福田興司	1191839		
1191819	制動装置	滝沢義知			
1191820	電気自動車の制御回路	綿谷晴司			

〈次号予定〉 三菱電機技報 Vol. 54 No. 3 固体絶縁と材料特集

特集論文

- エポキシ注型絶縁物の交流耐電圧特性
- 高電圧用注型絶縁材料の耐熱性の改善
- 変圧器への注型絶縁物の適用
- 新しい電気絶縁用液状ゴムとその変流器への適用
- 屋外機器用エポキシ注型絶縁物の長期信頼性
- 高電圧発電機絶縁の経年変化

普通論文

- スピーカーのネットワーク用インダクタのひずみ低減

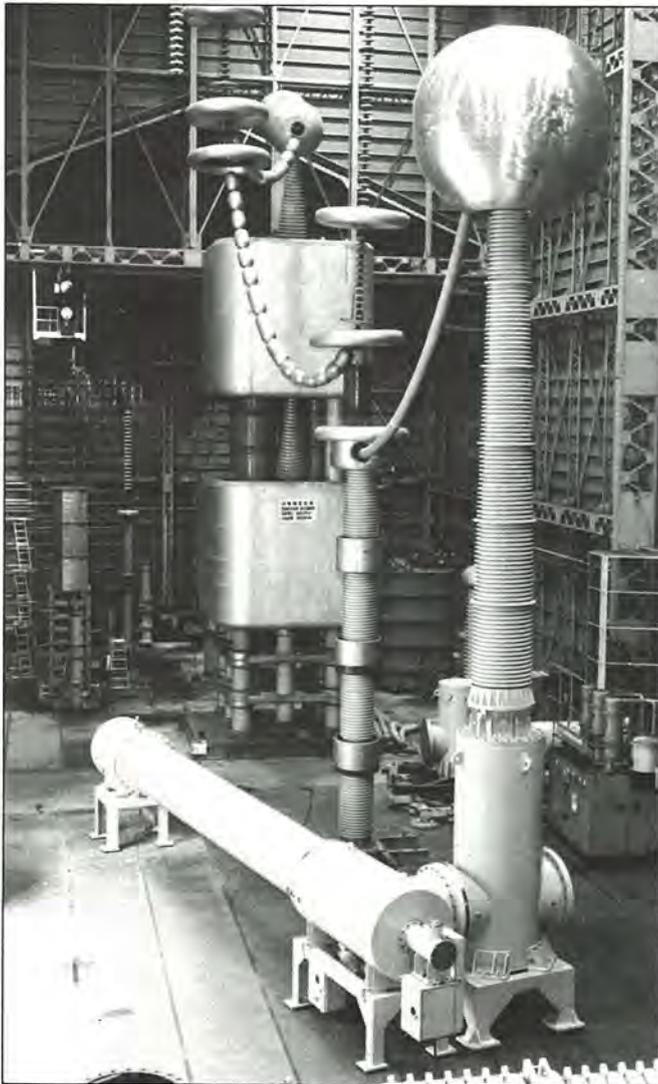
- 大容量送油風冷式変圧器用新形冷却器と低騒音冷却扇
- シエラレオーネ納め国際衛星通信用小形地球局
- 大容量タービン発電機の軸受
- 大出力棒状熱陰極形電子ビーム溶接機
- 電圧両用形 IC 化漏電しゃ断器
- 農林水産省納め香川用水集中管理システム
- マイクロ波用静電誘導形トランジスタの電気的特性
- 2,000 m 深海潜水調査船用電機品

<p>三菱電機技報編集委員</p> <p>委員長 喜連川 隆</p> <p>副委員長 浦徳太郎</p> <p>“ 後藤正之</p> <p>“ 増淵悦男</p> <p>“ 葛野信一</p> <p>“ 三輪進</p> <p>“ 高月一</p> <p>“ 瀬原田三郎</p> <p>“ 高橋広光</p> <p>“ 忍足博</p> <p>“ 武田克己</p> <p>“ 清田浩</p> <p>“ 福家章</p> <p>“ 常任委員 的場徹</p> <p>“ 齋藤春雄</p> <p>“ 委員 徳山長</p> <p>“ 樋口昭</p> <p>“ 神谷友清</p> <p>“ 橋爪基</p> <p>“ 福井三郎</p> <p>“ 土井貞春</p> <p>“ 川井尚</p> <p>“ 小野勝啓</p> <p>“ 幹事 本間吉夫</p> <p>“ 足立健郎</p> <p>“ 2号特集担当 東海林恵二郎</p> <p>“ 衛藤護</p> <p>“ 渡辺聰</p>	<p>三菱電機技報 54 巻 2 号</p> <p>(無断転載を禁ず)</p> <p>昭和55年2月22日 印刷</p> <p>昭和55年2月25日 発行</p> <p>編集兼発行人 本間吉夫</p> <p>印刷所 東京都新宿区市谷加賀町1丁目12番地</p> <p>大日本印刷株式会社</p> <p>発行所 東京都千代田区大手町2丁目6番2号 (〒100)</p> <p>三菱電機エンジニアリング株式会社内</p> <p>「三菱電機技報社」Tel. (03) 243 局 1785</p> <p>発売元 東京都千代田区神田錦町3丁目1番地 (〒101)</p> <p>株式会社 オーム社書店</p> <p>Tel. (03) 233 局 0641. 振替口座 東京 20018</p> <p>定 価 1部 400 円送料別 (年間予約は送料共 5,200 円)</p>
--	---

## 将来の交流1,000KV級(UHV)送電時代をひらく UHV用ガス絶縁開閉装置<GIS>

三菱電機では、将来のUHV送電時代にそなえ、UHV送変電機器ならびにシステムの研究・開発を積極的に進めています。さきに完成したUHV用試作変圧器に引き続き、UHVに対する絶縁技術の確立をめざして、現在、UHV特別委員会機器部会で検討されている絶縁レベルを考慮した絶縁性能を有するガス絶縁開閉装置の試験モデルを試作しました。試験モデルは、絶縁スペーサをはじめとして断路器・接地装置・母線により構成され、主にUHV相当の高電圧における検証を主眼として、高電圧化・大形化を実現したものです。このうち

絶縁スペーサは当社でも最大級の注型絶縁物ですが、72KVから550KVまでの約30,000枚に達する絶縁スペーサの製作実績をもとに設計・製造された信頼性の高いもので、ガス絶縁機器の基盤となるものです。この絶縁スペーサの機械的試験等各種性能の確認をはじめとして、各試作機器は雷インパルス等の絶縁性能試験および充電電流開閉試験、温度試験等の諸試験を完了し、引き続き試験用変圧器と直結して長期絶縁性能・実用性能の検証を行う予定です。



### 試作機器

断 路 器	直線一点切り、空気操作
接 地 装 置	手動操作
母 線	相分離形

### 定格表

定 格 電 圧(KV)	1100/1200
定 格 電 流(A)	8000(12000)
定 格 短 時 間 電 流(KA)	50
定 格 ガ ス 圧(kg/cm <sup>2</sup> ・20℃)	4
警 報 ガ ス 圧(kg/cm <sup>2</sup> ・20℃)	3

