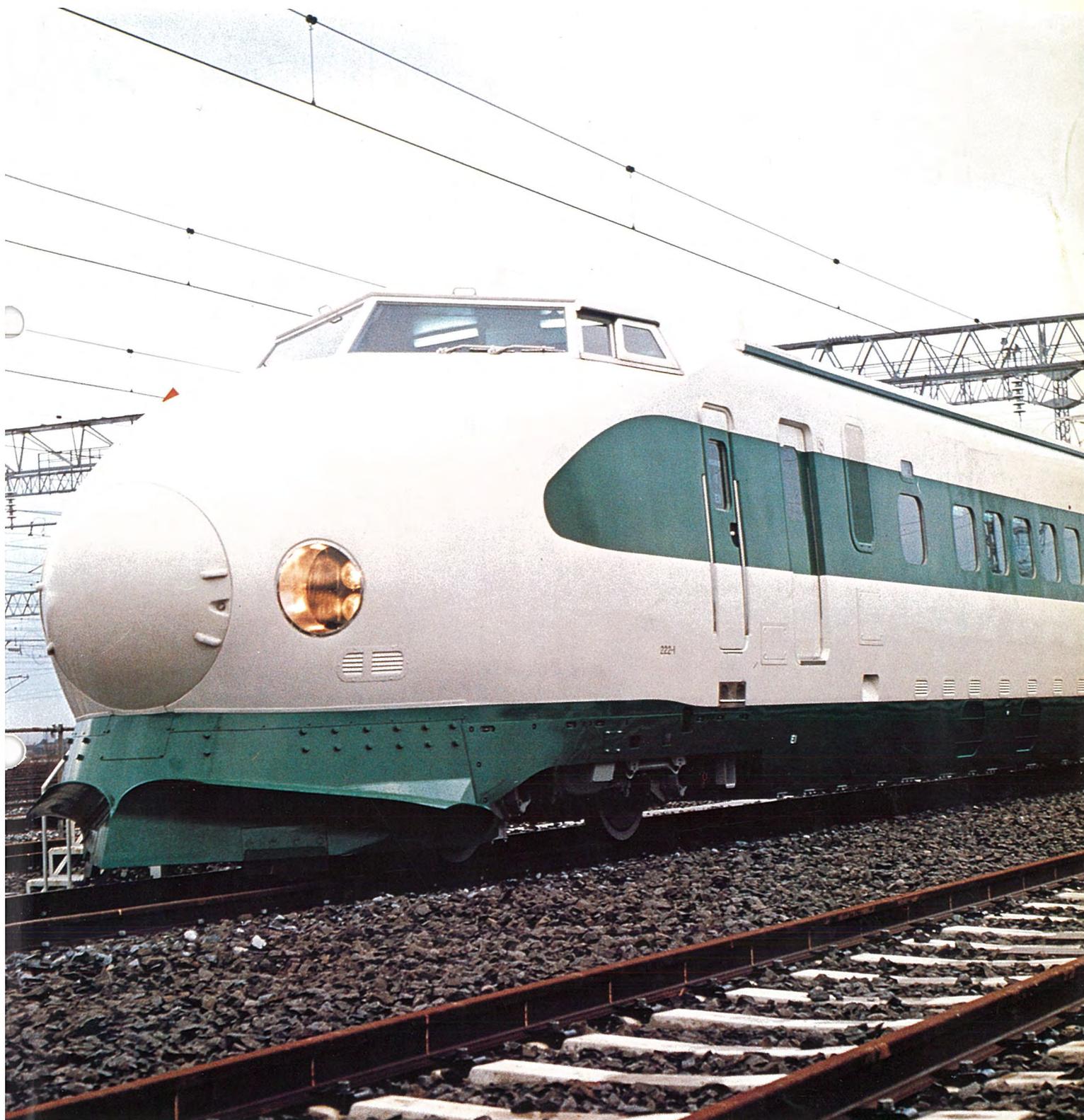


# MITSUBISHI DENKI GIHO

# 三菱電機技報



Vol.55 No.4

交通特集



4  
1981

# 三菱電機技報 Vol. 55 No. 4 1981

## 交通特集

### 目次

#### 特集論文

東北・上越新幹線向け200系電車用電機品.....	1
植田幸雄・遠藤道忠・米畑 謙・藤沢秀光・平松義治	
東北・上越新幹線向け変電所連動システム.....	6
村川亮三・玉田 猛・中川秀人・片桐哲朗	
車両用大容量3相インバータ.....	10
太田幹雄・田原 先・三金敏雄・松浦 清・湯屋俊一	
インバータによる車両用無整流子電動機駆動システム.....	13
太田幹雄・田原 先・加我 敦・宗行満男・小尾秀夫	
路面電車用高性能な主電動機と制御装置.....	19
三橋英一・宗行満男・田原 先・栗野敏昭	
福岡市高速鉄道建設局納め事故電流波形伝送装置.....	23
中須暉雄・赤塚和禧・矢野哲雄・有村慎一	
地下鉄車両用冷房装置.....	29
浜崎信義	

#### 普通論文

乗車券印刷発行機《MELPAS-I》.....	35
村戸健一・大倉忠廣・鈴木英次・小林正孝	
日本郵船向け《MELCOM 70》コンテナターミナルコントロールシステム.....	40
石原正勝・間仁田俊行・鈴木宗樹	
住友金属工業(株)製鋼所向けエネルギー管理用《MELCOM 350-50/A2300》.....	45
計算機制御システム	
永田治雄・田原章博・杉原弘章・小宮啓介	
Lバンドレトロディレクティブアレーアンテナの試作.....	50
太田堯久・水沢丕雄・小野 誠・手塚雅之・沼崎 正	
大形電力機器のエアベアリングによる新しい現地据付搬送.....	55
篠塚和男・中本栄一・水上 徹・森田精貞・片岡武司	
電子ビーム露光技術.....	60
加藤忠雄・渡壁弥一郎・加藤高秋・中田秀文・柏木 忠	
高速リングバスを利用した計算機ネットワークシステム.....	65
池田克夫・海老原義彦・沢井善彦・新沢 誠・瀬戸秀輝	

#### 特許と新案..... 33

IC化蛍光灯スタータ  
 空気調和機の凝縮装置  
 回転式圧縮機

#### 当社の登録実用新案一覧..... 5, 32, 72

#### スポットライト

電子見積機《クイック》.....	69
《ダイヤトート》カセットテープデッキ DT-6形.....	70
《ダイヤトーン》リニアトラッキングレコードプレーヤー LT-5形.....	71
けい光ランプ《ルピカソフト》.....	(表3)

## 表紙

### 200系新幹線電車

日本国有鉄道は、東北・上越新幹線に投入される200系電車のうち、雪試験及び乗務員訓練用車両を製作したが、この新しい電車には、エレクトロニクス技術を大幅に採り入れるとともに耐寒耐雪構造の強化を図っており、更にアコモデーションに新しい設計が盛り込まれている。当社は、この電車にとう(搭)載される主変圧器、主整流装置、主電動機など多数の電機品を製作した。



## アブストラクト

**東北・上越新幹線向け200系電車用電機品**  
植田幸雄・遠藤道忠・米畑 謙・藤沢秀光・平松義治  
三菱電機技報 Vol.55・No.4・P1～4

日本国有鉄道では、東北・上越新幹線の開業をひかえて、新しいタイプの200系電車を完成した。この電車は、電機品の容量増大、耐寒耐雪構造、力行時にはサイリスタによる連続位相制御、ブレーキ時にはバーニャチョッパによる発電ブレーキ制御の適用や、高調波電流の低減、騒音低減対策、省力化、操作性の向上など、さまざまな最新技術が折込まれている。当社は、この電車に積載する主変圧器、主整流装置、主電動機など多数の電機品を製作した。

**路面電車用高性能な主電動機と制御装置**  
三橋英一・宗行満男・田原 先・栗野敏昭

三菱電機技報 Vol.55・No.4・P19～22

高性能な鉄道車両が続々と生産される現状にあっても、路面電車には特有の技術があるとして、開発の必要性が論じられている。

当社は開発委員会に参画し、路面電車に適した主電動機とチョッパ制御装置を開発して実用に供し、小形軽量な構造や滑らかな加減速、早い応答、安定に作用する回生ブレーキなどの特性に対して好評を得たので仕様、構成、特性、走行試験結果について紹介し参考に供したい。

**東北・上越新幹線向け変電所連動システム**  
村川亮三・玉田 猛・中川秀人・片桐哲朗  
三菱電機技報 Vol.55・No.4・P6～9

東北・上越新幹線に納入された変電所連動システムは、「相隣連動システムの導入」、「連動論理盤(シーケンサ)の採用」の2大特長を持った従来の配電盤のイメージを一新するシステムである。

このシステムでは、①相隣連動による保安機能の向上&自動系構成機能、②目的制御方式による操作性の向上、③自動検定及び保全データの自動収集による保全業務の省力化、④盤設置スペースの縮小化などを実現している。

**福岡市高速鉄道建設局納め事故電流波形伝送装置**

中須暉雄・赤塚和禧・矢野哲雄・有村慎一

三菱電機技報 Vol.55・No.4・P23～28

最近、電鉄変電設備の保守の省力化に伴い、事故データの自動収集が必要になってきた。福岡市高速鉄道建設局に納入したこの装置は、従来の事故電流波形記録装置に伝送機能を付加し、事故電流波形の遠隔計測を行うものである。計測量は1変電所当たり8量とし、4変電所の同時観測ができるようになっている。本文ではこの装置の構成・特長などについて紹介する。

**車両用大容量3相インバータ**

太田幹雄・田原 先・三金敏雄・松浦 清・湯屋俊一

三菱電機技報 Vol.55・No.4・P10～12

車両冷房化の普及に伴い大容量で、かつ高性能、メンテナンスフリー、低騒音などの特長を有する静止形インバータの完成が望まれていた。

当社は、数多くの納入実績を有する中容量インバータの技術を基礎に高性能回路方式、冷却構造の開発を進め自然冷却方式による大容量インバータを完成させた。本文では装置の仕様、回路方式、機器構成及び試験結果について概説している。

**地下鉄車両用冷房装置**

浜崎信義

三菱電機技報 Vol.55・No.4・P29～31

日本の旧来の第3軌条方式地下鉄はトンネルと車両のすき(隙)間が狭く、冷房装置からの排熱処理の問題と室外熱交換器冷却風のショートサーキットの問題で、車両冷房による乗客への冷房サービスは、実施されなかった。最近では、地上の通勤電車並びにバスの冷房普及で、第3軌条方式地下鉄の冷房化も社会的要求が高くなってきた。

本文では、このような要望にこたえて開発し製品化したこの第3軌条方式地下鉄用ユニットクーラーCU74形、CU75形の概要を紹介する。

**インバータによる車両用無整流子電動機駆動システム**

太田幹雄・田原 先・加我 敦・宗行満男・小尾秀夫

三菱電機技報 Vol.55・No.4・P13～18

省エネルギー車両として、チョッパ制御・直流電動機駆動システムが広く実用化されている。一方、省エネルギー効果に加えて、より一層のメンテナンスフリー化及び粘着性能の向上を目指したVVVFインバータ制御・誘導電動機駆動システムが注目されている。

このほど、機関車用として650kWの誘導電動機2台とDC1,500V用インバータ装置、更には低床式車両用に160kWの1モータ2軸駆動方式の誘導電動機2台とDC750V用インバータ装置を開発した。

**乗車券印刷発行機《MELPAS-I》**

村戸健一・大倉忠廣・鈴木英次・小林正孝

三菱電機技報 Vol.55・No.4・P35～39

中長距離の乗車券、急行券などの料金券、定期券などの乗車券類を窓口にて効率よく印刷発行する万能形の印刷発行機について報告する。

本機は、従来使用している同種の機器と異なりマイクロコンピュータに8インチの固定ディスクを接続し、券面印刷に感熱印刷方式を採用したコンパクトでインテリジェント性の高い出札端末機である。

この論文は、乗車券印刷発行機の概要、ハードウェア、ソフトウェアの全般にわたって述べる。

# Abstracts

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 55, No. 4, pp. 19~22 (1981)

## A High-Performance Traction Motor and Controller for Light Rail Vehicles

by Eiichi Mitsuhashi, Mitsuo Muneyuki, Susumu Tahara & Toshiaki Awano

In response to the continuing need for specific technologies to develop light rail vehicles, Mitsubishi Electric has developed a traction motor and a chopper controller suitable for LRV use, and has demonstrated their practicality. These are attracting widespread attention for their compact and light construction, smoothly adjustable speed, quick response, and stable regenerative braking. The article introduces the design, construction, and features of the motor and controller, and discusses the operation-test results achieved by this equipment.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 55, No. 4, pp. 1~4 (1981)

## Electrical Equipment for the Type 200 Electric Cars of the Tohoku Joetsu Shinkansen

by Yukio Ueda, Michitada Endo, Yuzuru Yonehata, Hidemitsu Fujisawa & Yoshiharu Hiramatsu

The Japanese National Railways (JNR) recently completed manufacturing these new electric cars. A variety of modern technologies were used for such achievements as increased-capacity electrical equipment, cold- and snow-resistant construction, continuous thyristor phase control during operation, and dynamic vernier chopper brake control. Type 200 railcars also feature significant reductions in harmonic currents and noise, labor saving, and improved operational functions. For use in these electric cars, Mitsubishi Electric manufactured various kinds of electrical equipment, such as the main transformers, main rectifiers, and traction motors.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 55, No. 4, pp. 23~28 (1981)

## Fault-Current Wave-Transmission and Recording Equipment for the Fukuoka Municipal Subway System

by Teruo Nakasu, Kazuyoshi Akatsuka, Tetsuo Yano & Shin'ichi Arimura

Recent trends toward reduced maintenance for railway power-supply devices have given rise to the need for automatic fault-data accumulation. The fault-current wave-transmission and recording equipment delivered by Mitsubishi Electric to the Fukuoka Express Railways Construction Bureau enables remote telemetering of fault-current waves by means of a transmission function added to the conventional fault-current wave recorder. Simultaneous observation of four substations and a telemetering capacity of eight per substation was achieved. The article discusses the configuration and features of this equipment.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 55, No. 4, pp. 6~9 (1981)

## A Railway-Substation Sequence-Control System for the Tohoku and Joetsu Shinkansen

by Ryozo Murakawa, Takeshi Tamada, Hideto Nakagawa & Tetsuro Katagiri

Linking a railway substation to a sequence controller (sequencer), this system is significantly superior to conventional power switchboards. The main features include: easier maintenance thanks to the close contiguity of the sequencer and the substation and automatic power-supply control, improved operating ease by means of purposive control, reduced maintenance workloads by means of built-in automatic checks and maintenance-data collection, and savings in space required for the system.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 55, No. 4, pp. 29~31 (1981)

## An Air Conditioners for Subway Use

by Nobuyoshi Hamasaki

Since the small clearance between the tunnel walls and cars of the conventional third-rail subway creates problems, including difficulty in dissipating heat from air conditioners and "short circuiting" of the condenser-cooling airflow, air conditioning has not generally been provided to passengers. However, recent trends toward the proliferation of air conditioners in railway commuter cars and buses have created a demand for air conditioners in third-rail subways as well. The article focuses on the Type CU74 and CU75 unit coolers for third-rail subways developed and marketed by Mitsubishi Electric to meet this demand.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 55, No. 4, pp. 10~12 (1981)

## A High-Capacity Three-Phase Inverter for Rolling-Stock Air Conditioning

by Mikio Ota, Susumu Tahara, Toshio Mikane, Kiyoshi Matsuura & Shun'ichi Yuya

Static inverters with a variety of functional improvements including higher capacity, improved performance, maintenance-free operation, and noise reduction can be effective in responding to the growing demand for rolling-stock air conditioning. Based on our most advanced medium-capacity inverter technology, Mitsubishi Electric has completed a high-capacity, naturally cooled inverter system employing a high-performance circuit and cooling structure. The article describes the specifications, circuit, and configuration of the system, and provides details of the test results.

Mitsubishi Denki Giho. Vol: 55, No. 4, pp. 35~39 (1981)

## MELPAS-I Ticket-Issuing Apparatus

by Ken'ichi Murato, Tadahiro Okura, Eiji Suzuki & Masataka Kobayashi

The article reports on multipurpose ticket-issuing apparatus for use at ticket counters that issue a variety of tickets, such as middle- and long-distance tickets, express tickets, fare-adjustment tickets, and commutation passes. These compact and highly intelligent ticket-issuing machines make use of an eight-inch fixed-disc-based micro-computer and thermal printing. A general description of the ticket-issuing apparatus and details of its hardware and software are given.

Mitsubishi denki Giho: Vol. 55, No. 4, pp. 13~18 (1981)

## An AC-Motor Propulsion System with an Inverter for Rolling Stock

by Mikio Ota, Susumu Tahara, Atsushi Kaga, Mitsuo Muneyuki & Hideo Obi

DC motor-propulsion systems for energy-saving rolling stock have come into widespread practical use. In addition to energy savings, VVVF inverter control and an induction-motor propulsion system are attracting widespread attention as a means of achieving maintenance-free operation and improved adhesion characteristics. Mitsubishi Electric has developed two 650kW induction motors and a 1,500VDC inverter for use in an electric locomotive, and for railcars with a low floor, a one-truck one-motor drive system with two 160kW induction motors and a 750kVDC inverter.

## アブストラクト

### 日本郵船(株)向け《MELCOM 70》コンテナターミナル コントロールシステム

石原正勝・間仁田俊行・鈴木宗樹

三菱電機技報 Vol.55・No.4・P40～44

大量・高速・一貫輸送を実現するコンテナ時代を迎えた現在、コンテナターミナルは海上と内陸を結ぶ輸送の接点であり、国際物流の拠点として非常に重要な役割を果たしている。本システムは、このターミナル内のコンテナを効率的に管理することを目的として、日本郵船(株)と共同で開発されたものであり、《MELCOM 70》のもつコンピュータネットワーク機能、DMS-70によるデータベース機能を十分に活かした物流情報システムである。

### 大形電力機器のエアベアリングによる新しい現地据付搬送

篠塚和男・中本栄一・水上 徹・森田精貞・片岡武司

三菱電機技報 Vol.55・No.4・P55～59

大形変圧器などの電力機器をすべ(据)付現地に輸送したあと、据付基礎までの搬送は従来からコロびき作業によって行われる。コロびきは多くの器材、作業員、時間を要するうえ、方向転換なども困難である。この短所を改善するため圧縮空気を利用したエアベアリングによって浮上させ、東京電力(株)新富士変電所で500kV、750MVAの大形変圧器(170トン)の据付搬送を実施し好結果を得た。この新しい据付搬送方法の内容について報告している。

### 住友金属工業(株)製鋼所向けエネルギー管理用《MELCOM 350-50/A2300》計算機制御システム

永田治雄・田原章博・杉原弘章・小宮啓介

三菱電機技報 Vol.55・No.4・P45～49

最近、エネルギーの有効利用がますます重要になっている。このシステムは、エネルギー消費量の多い製鋼所のトータルエネルギー管理をめざしたシステムで、エネルギー管理、負荷管理、種々の監視制御などの機能を有している。そして、これらの機能によって、電力設備や動力供給設備(圧水、圧空、受排水、循環水、蒸気、酸素、ガスなどの設備)の最適運用を図り、製鋼所全域におけるエネルギーの有効利用に役立てている。

### 電子ビーム露光技術

加藤忠雄・渡壁弥一郎・加藤高秋・中田秀文・柏木 忠

三菱電機技報 Vol.55・No.4・P60～64

VLSIの開発には、電子ビーム露光技術は不可欠な技術となってきた。この状況を踏まえ電子ビームによる高精度の微細パターン露光技術の開発を行い、256KダイナミックRAMの開発を可能とした。本稿では、電子ビームによる高密度無欠陥マスクマスク及びマルチレチクルの製作とサブミクロン加工についてその試作結果を述べる。

### Lバンドレトロディレクティブアレーアンテナの試作

太田堯久・水沢丕雄・小野 誠・手塚雅之・沼崎 正

三菱電機技報 Vol.55・No.4・P50～54

アンテナの主ビームを自動的に制御して常に対向波源の方向へ向けておくことができるレトロディレクティブアレーアンテナの移動通信への応用の1つとして、海事衛星通信船舶局用アンテナを想定しLバンドで動作するレトロディレクティブアレーアンテナを試作した。諸特性を測定した結果、対向波源に追従する良好な動作が得られていることを確認できた。また、2方向から電波が到来した場合の動作特性についても実験と計算により検討した。

### 高速リングバスを利用した計算機ネットワークシステム

池田克夫・海老原義彦・沢井善彦・新沢 誠・瀬戸秀輝

三菱電機技報 Vol.55・No.4・P65～68

高速リングバスを利用した計算機ネットワークシステムについて、システムの概念及び新しいネットワークアーキテクチャについて報告する。このシステムでは、計算機システムの資源が各サブシステムとして、高速リングバス上に分散配置され、任意のサブシステムからこの資源を共用利用する新しいネットワークシステムを開発した。また、高性能で、高信頼度の伝送路を使用するために、これに適したネットワークアーキテクチャを設定した。

# Abstracts

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 55, No. 4, pp. 55~59 (1981)

## A New System for Moving Large Electric Equipment by Air-Film Transporters

by Kazuo Shinozuka, Yoshikazu Nakamoto, Toru Mizukami  
Kiyosada Morita, & Takeshi Kataoka

Hauling over rollers has previously been used to move such large items of electric equipment as transformers to their base after transportation to the installation site. However, since such hauling requires auxiliary equipment, many workers, a great deal of time, and presents great difficulties, Mitsubishi Electric developed a method that moves electric equipment on air-film transporters using compressed air. By this method, Tokyo Electric Power succeeded in transporting a 500kV, 750MVA transformer weighing 170 tons at their Shin-Fuji substation. The article focuses on the new system for transferring such large items of electric equipment with air-film transporters.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 55, No. 4, pp. 40~44 (1981)

## A MELCOM 70 Container-Terminal Control System for Nippon Yusen K.K.

by Masakatsu Ishihara, Toshiyuki Manita & Motoki Suzuki

With containers now an indispensable element of large-scale, rapid, integrated transportation, the container terminal fills an important role as a distribution base for international trade. Mitsubishi Electric has developed, in cooperation with Nippon Yusen K.K., a physical-distribution information-processing system using the network architecture of the MELCOM 70 computer system and the DMS-70 database management system, which is contributing to a highly efficient container-terminal control system.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 55, No. 4, pp. 60~64 (1981)

## An Electron-Beam Exposure Technique

by Tadao Kato, Yaichiro Watakabe, Takaaki Kato, Hidefumi Nakata  
& Tadashi Kashiwaki

Electron-beam exposure techniques are becoming indispensable to the development of VLSI devices. In developing these techniques, Mitsubishi Electric has produced a 256K dynamic RAM based on a high-accuracy fine-pattern exposure technique using an electron beam. The article describes trial manufacturing results, including the fabrication of high-density zero-defect master masks and multi-reticles as well as details of the submicron process.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 55, No. 4, pp. 45~49 (1981)

## An Energy-Management System with a MELCOM 350-50 Model A2300 Computer for Sumitomo Co., Ltd.

by Haruo Nagata, Akihiro Tahara, Hiroaki Sugihara  
& Keisuke Komiya

The effective utilization of energy resources is a problem of increasingly critical importance. The system described is designed to control the overall energy consumption of steel plants and is capable of energy control, load control, and various monitoring functions. These capabilities enable the most effective operational modes to be determined for electric power and various kinds of supply equipment—i.e., those providing pressurized water, pressurized air, drainage, water circulation, steam, oxygen, and gas—thereby optimizing overall steel-plant efficiency.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 55, No. 4, pp. 65~68 (1981)

## A Computer Network Using High-Speed Ring-Bus Internal Connections

by Katsuo Ikeda, Yoshihiko Ebihara, Yoshihiko Sawai, Makoto Shinzawa  
& Hideki Seto

The article gives a general description of the new network and reports on new network architecture. Thanks to apportionment of the computer-system resources on a high-speed ring bus as individual subsystems, the resources are available for common use by the subsystems connected to it. New network architecture has also been developed to use high-performance, highly reliable transmission lines.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 55, No. 4, pp. 50~54 (1981)

## A Trial Model of an L-Band Retrodirective-Array Antenna

by Takahisa Ota, Motoo Mizusawa, Makoto Ono, Masayuki Tezuka  
& Tadashi Numazaki

An L-band retrodirective-array antenna capable of automatically maintaining a beam direction opposite that of the source has been developed experimentally as a candidate for shipboard use in satellite communications. Characteristics tests have shown the antenna to perform satisfactorily in tracking an oppositely positioned source, and a study was made of the antenna's performance when receiving incident signals from two different directions.

# 東北・上越新幹線向け200系電車用電機品

植田幸雄\*・遠藤道忠\*・米畑 譲\*\*・藤沢秀光\*・平松義治\*

## 1. ま え が き

日本国有鉄道は、東北・上越新幹線に投入される新しいタイプの200系電車のうち、雪試験、乗務員訓練用電車を製作した。

この電車は、961形試作電車及び、962形試作電車によって開発された、種々の新しい技術の成果が折込まれている。

以下、200系電車で当社が製作した主要電機品の内容を紹介する。

## 2. TM 202 形主変圧器

### 2.1 仕様・諸元

TM 202 形主変圧器は、初シリコン油とポリアミド絶縁物を主たる絶縁物とした特別A種絶縁を採用した変圧器であり、現行新幹線に比べ容量では約140%になっているのに対し、重量では約93%と小形軽量化を図っている。主な仕様・諸元を表1.に示す。また、主変圧器外観を図1.に示す。

表 1. TM 202 形主変圧器の仕様・諸元

形 式	TM 202 形、連続定格、外鉄形、送油風冷式、シリコン油入、無圧密封式、抑制用交流リアクトル内蔵
相数、周波数	単相、50 Hz
容量、電圧、電流	1次 2,350 kVA, 25,000 V, 94 A 2次 2,100 kVA, 518 V×4, 259 V×2, 810 A 3次 250 kVA, 370 V, 676 A
絶縁階級、試験電圧	1次線路側 車両用 30号 AC 42 kV 10分 インパルス 175 kV 1次接地側 車両用 1号 AC 4 kV 1分 2次側 車両用 3号 AC 10 kV 1分 3次側 車両用 1号 AC 4 kV 1分
絶縁種別	特別A種 (ポリアミド絶縁物使用)
温度上昇限度	巻線 125°C (抵抗法) 油 85°C (温度計法) 基準周囲温度 25°C

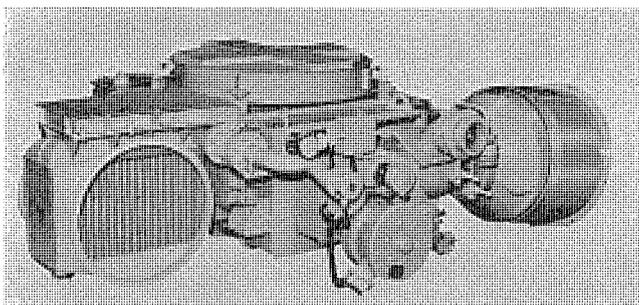


図 1. TM 202 形主変圧器外観

### 2.2 構造及び特長

#### (1) 誘導障害対策巻線配置

サイリスタ制御車では、変圧器のリアクタンスが主回路定数として車両性能に及ぼす影響が大であるが、この変圧器は2次巻線を不等6分割にするとともに、力行特性を考慮しつつ誘導障害が極力小さくなるような巻線配置を採用している。

#### (2) 低圧 フラッシング

低圧フラッシングは、1次接地側も含め計15本の中心導体を耐熱エポキシ樹脂製端子板に一体成型して、小形軽量化を図った。

#### (3) 900 mmφ 大口径 コンサバータ

金属ベローズコンサバータは、温度上昇限度の引き上げによる応動量の増大に対応し、かつ軽量化を図るために、従来の有効径 600 mmφ×2個から有効径 900 mmφ×1個とした。

#### (4) 保守、点検部品の集中化

部品の保守点検を車両の片側のみで行えるよう保守、点検部品の集中化を図った。

### 2.3 生産体制の確立

この主変圧器の生産へ向けて、品質の安定及び確保は最重要な責務であるが、当社では従来の工作技術を堅持するとともに、新たに次のような工作技術を導入するなどして、生産性の向上、品質の安定を図っている。

#### (1) 油浸タイプポリアミドボードの採用

新たに開発した油浸タイプのポリアミドボードを採用することによって品質の安定及び生産性の向上を図っている。このポリアミドボードは素材ポリマーを直接厚手のボードへ成形するもので、油含浸性に優れ、成形性が良く、電気的、機械的強度が良好である。

#### (2) マイクロ波加熱によるポリアミドボード成形加工

上記ポリアミドボードの品質の安定と生産性の向上を図るために、新たに開発したマイクロ波加熱装置を導入し、防じん(塵)ふんい気中でのポリアミドボードの短時間成形技術を確立した。

## 3. RS 202 形主シリコン制御整流装置

### 3.1 特長

この装置は、サイリスタ、ダイオード混合ブリッジの位相制御によって主回路電圧を制御し、主電動機を駆動するのに用いられ、先に製作したRS 920形、RS 926形及びRS 202 X形主シリコン制御整流装置の開発成果を踏まえ、更に量産化を指向したもので、次のような特長を有している。

#### (1) 不等6分割巻線制御

電圧比で1:1:2:2:2:2に不等6分割された主変圧器2次巻線は、各々混合ブリッジに接続され、バーニヤ制御方式により直流出力電圧の連続制御が行われる。この方法により等価10分割制御相当の制御特性が得られ、高調波電流の低減及び力率の改善を図っている。

#### (2) 平形大容量素子と電流形故障検出器

サイリスタ及びダイオードは大容量の平形素子を各アーム1Pで使用する

ので、主電動機せん(閃)絡電流と素子故障電流が接近して、ヒューズによる保護が困難なため、主変圧器2次巻線の過電流を検出し、直ちにサイリスタゲートシャ断をする。また、電流の正負通電期間の不平衡検出により、サイリスタの通弧、失弧も検出するようにした。

### (3) 気中形フロン沸騰冷却風冷式の採用

フィン内部のフロン沸騰冷却で外部に置かれた素子の冷却を行う気中形フロン沸騰冷却風冷式が採用され、その優れた冷却特性と大容量素子の使用により、本体の小形軽量化を図るとともに、素子が浸漬形に比べて容易に交換できるようにした。

### (4) 素子保護用非直線抵抗の採用

素子の転流サージの抑制、サージ電圧上昇率の抑制並びに開閉サージの抑制は主に素子用CRフィルタが分担し、過大サージ電圧の波高値抑制を主に非直線抵抗が分担することによりAC側フィルタ回路を小形軽量化した。

### (5) 耐雪、耐水性の強化

耐雪、耐水性の強化のため、充電部はすべて密閉箱内に収納し通風路及び箱外と分離した。

## 3.2 仕様

この装置の主な仕様を現行新幹線用主シリコン整流装置仕様と合わせて表2.に示す。

## 3.3 構造

この装置の外観を図2.に示す。写真右側の電動送風機に対して凝縮器通風路が並列となるように3組の整流ユニットを中央部に収納し、

表 2. RS 202 形主整流装置の仕様・諸元

形 式	RS 202 形	RS 201 形	
方 式	不等6分割混合ブリッジ バーニヤ連続位相制御	ダイオードブリッジ	
定 格	容 量	2,014 kW	1,627 kW
	直 流 電 圧	1,900 V	1,660 V
	直 流 電 流	1,060 A	980 A
素子構成	サイリスタ	CSI 1000-25(FT 1000 A-50) 1S×1P×2A×6B=12	—
	ダイオード	SI 1600-25(FD 1600 A-50) 1S×1P×2A×6B=12	SI 800-25(FD 1000D-50) 6S×1P×4A×1B=24
冷 却 方 式	気中形 フロン沸騰冷却風冷式	強制風冷式	
外 形 寸 法	2,400 L×1,552 W×765 H	2,733 L×800 W×800 H	

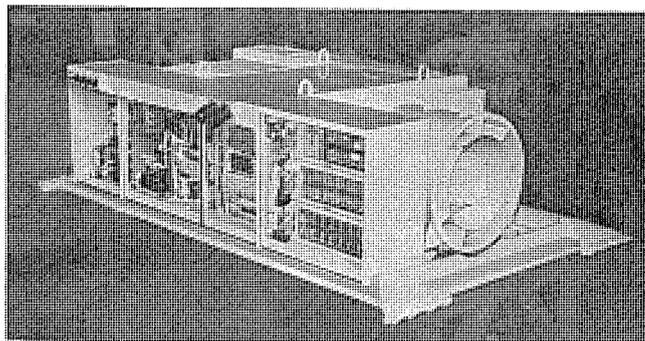


図 2. RS 202 形主整流装置外観

写真左側奥の空気取入口からの冷却風は凝縮器を冷却した後、電動送風機より排出される。手前の点検面右側には、バーニヤ制御装置、ゲート回路及び故障検出器の各トレイを収納し、中央には制御電源ユニット、同期電源を配し、左側はDCCT、DCPTと直流出力端子部を設けている。また、裏側の点検面にはCRフィルタ用コンデンサ及び非直線抵抗素子が配され、直流出力端子部の反対側には交流入力端子箱が設けられ、全体として小形軽量で保守点検が容易な構造となっている。

## 4. MT 201 形主電動機

### 4.1 概要

主電動機は現在の東海道・山陽新幹線電車に使用されているMT 200 B形主電動機(185 kW)を基本として設計されているが、多雪地帯走行による雪害対策のため、雪分離機能を持った冷却用送風機を備えた他力通風式とし、また保守の簡易化にも重点の置かれた主電動機となっている。

表 3. MT 201 形主電動機の仕様・諸元

形 式	MT 201
方 式	脈流直巻補極付き、界磁10%永久分路
主 極 数	4
通 風 方 式	開放他力通風式
装 架 方 式	台車装架式
動 力 伝 達 方 式	可とう歯車継手式
車 輪 径	910 mm (新製)
歯 車 比	2.17
連 続 定 格	230 kW, 475 V, 530 A, 2,200 rpm
脈 流 率	60%
周 波 数	50×2 Hz
風 量	14 m <sup>3</sup> /min
絶 縁 種 別	F種 (無溶剤エポキシ樹脂)
高 速 試 験 回 転 数	3,650 rpm
最 高 端 子 電 圧	700 V
絶 縁 耐 力 試 験 電 圧	5,000 V

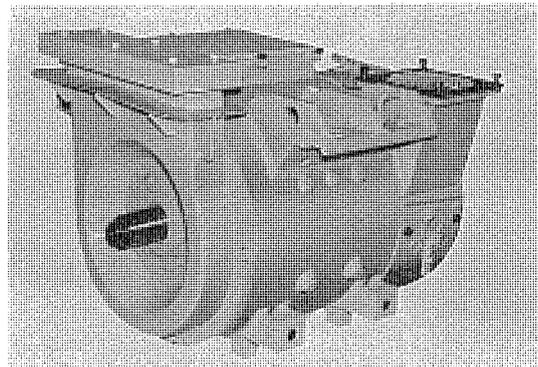


図 3. MT 201 形主電動機外観

容量は急勾配及び長大トンネルでの走行という条件に対処するため 230 kW に増大されている。

#### 4.2 要目

主電動機の形式及び定格を表 3. に示し、外形を図 3. に示す。

#### 4.3 特長

(1) MT 200 B 形主電動機より鉄心長を 20 mm 伸ばすことにより出力、トルクともに約 25% の増加を図っている。

(2) 雪害対策及び保守の簡易化から次のような技術を取入れている。

##### (a) 他力通風方式の採用

他力通風方式の採用により、主電動機の騒音源であった自己ファンがないので、主電動機の騒音レベルは大幅に低減している。

##### (b) 耐雪形排風オオイの採用

冷却風吐出口から雪、水が浸入しないよう、また、風圧損の少ない構造とした。

##### (c) 端子箱方式の採用

口出線部は端子箱方式とし、ぎ装配線の取付け、取外しが容易にできる構造となっている。

##### (d) 長尺ブラシの採用

68 mm の長尺ブラシを採用し、電車走行距離 30 万 km の無保守化を図っている。

##### (e) 軸受寿命の延長

2 重のグリースポケットを有した端フタを使用し、また防水効果を高めるため、ラビリンスを強化した構造としてあり、電車走行距離 90 万 km の無保守化を目標としている。

### 5. IC 202 形主平滑リアクトル

#### 5.1 概要

主平滑リアクトルは、特に小形・軽量を目的として製作されたものである。このため、強制風冷式を採用するとともに、従来は 1 個の鉄心に 1 個のコイルを巻いたリアクトルを 2 台使用していたものを、同一の鉄心に 2 個のアルミコイルを磁氣的に和動結合するように巻いて、

表 4. IC 202 形主平滑リアクトルの仕様・諸元

形 式	IC 202
方 式	内鉄（オープンコア）形 2 コイル和動式
冷 却 方 式	乾式他力通風式
絶 縁 種 別	F 種（無溶剤エポキシ樹脂）
定 格	連 続
インダクタンス	7 mH（2 コイル 530 A 通電時） 3 mH（2 コイル 930 A 通電時）
電 流	2 コイル - 530 A
回 路 電 圧	1,900 V
脈 流 率	60%
周 波 数	50 × 2 Hz
風 量	40 m <sup>3</sup> /min
絶縁耐力試験電圧	5,000 V

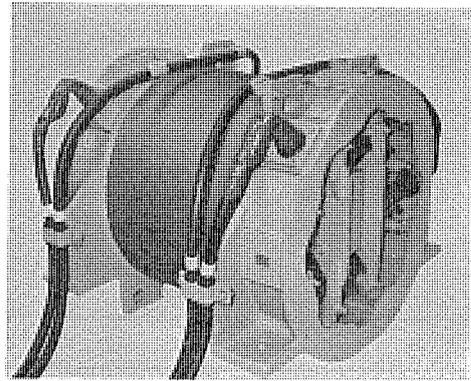


図 4. IC 202 形主平滑リアクトル外観

従来の 2 台分を一体化している。また、排風側コイルは転位を行って循環電流損を低減し、両コイル間の温度バランスを良くしている。また、コイルはすべての部分に対し絶縁が施されるとともにわく(枠)鉄心、コイルなどは、エポキシワニスで一体真空空浸して絶縁の強化を図っている。

なお、リアクトルには、脈動の大きな電流が流れるため、リアクトルの洩れ磁束によって周囲機器への悪影響がないように十分な配慮が払われている。

#### 5.2 要目

主平滑リアクトルの形式及び定格を表 4. に示し、外形を図 4. に示す。

### 6. CH 2 形チョップ制御装置

#### 6.1 概要

このチョップ制御装置は、発電ブレーキ時に主抵抗器の一部に並列に接続され、抵抗値を連続的に変化させるバーニヤチョップ制御するものである。この制御によって抵抗進段時の電流ピーク値を抑え、かつ粘着パターンに沿ったブレーキ力を得ることができ、滑走の機会を少なくする工夫がなされている。この装置はサイリスタスタック、転流リアクトル、転流コンデンサ、可飽和リアクトル、電動送風機、補充電装置、電流制御装置などで構成されており、耐雪構造、装置の小形軽量化及び保守の容易化に力点が置かれている。

#### 6.2 制御方式

(1) 発電ブレーキ時の主回路構成は図 5. に示すように主電動機 4 台を直列接続しカムステップを 7 ステップ有し、バーニヤチョップにより各ス

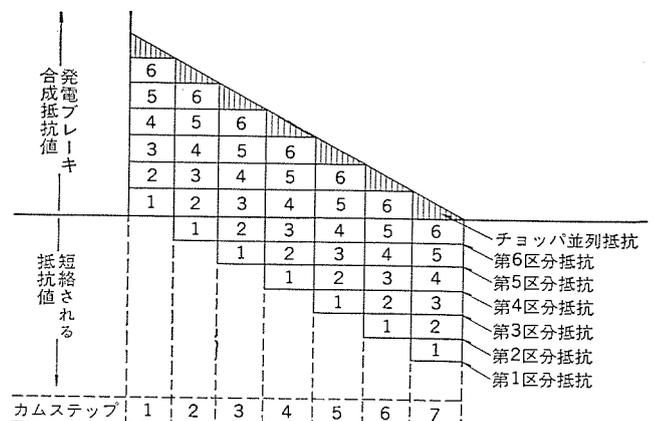


図 5. カムステップと発電ブレーキ抵抗値の関係

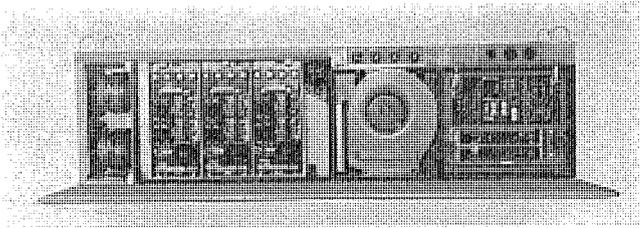
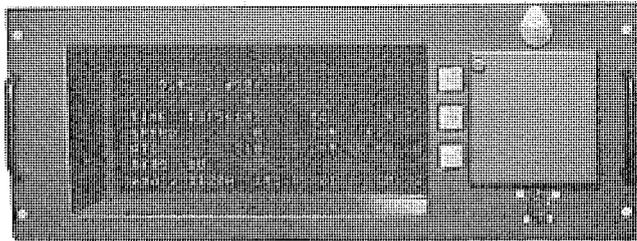


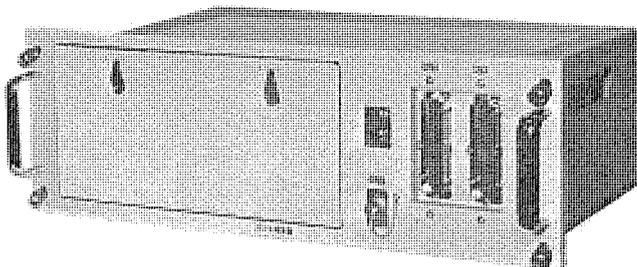
図 6. CH2 形チョップ制御装置外観

表 5. モニタ装置の主要諸元

項 目	主 要 内 容
中 央 装 置	CPU M5L8085A (インテル 8085A 相当) メモリ容量 ROM 72K バイト RAM 12K バイト 時刻・キロ程・車速カウント機能内蔵
端 末 器	CPU M5L8085A (インテル 8085A 相当) メモリ容量 ROM 4K バイト RAM 2K バイト
表 示 器	プラズマディスプレイ (256文字)
伝 送 回 路	FS 変調による直列データ伝送 伝送速度 9.6KBPS (中央装置—端末器間) 1.2KBPS (中央装置—列車無線間) 伝送線 (送信/受信) 2 対
入 出 力 点 数	中央装置 デジタル入力 74 点 速度発電機入力 1 点 端末器 デジタル入力 64 点, 出力 11 点 アナログ入力 6 点



(a) モニタ表示器



(b) モニタ端末器

図 7. モニタ装置外観

テップ間で抵抗値を連続的に変化させるため、抵抗進段時に発生するピーク電流が抑制されるので、粘着性能の向上が期待される。

(2) 200 A 以下の電流でも制御できるように別電源による補充電

装置を設けチョップの転流を可能にしている。

### 6. 3 機器構成

(1) 耐雪構造として、遠心分離式雪切装置付電動送風機及びサイリスタ回路の3重絶縁方式を採用した。3重絶縁はサイリスタスタック単体での絶縁—サイリスタスタックの FRP (ガラス繊維強化プラスチック) 絶縁枠への取付け—絶縁枠をエポキシが(碍)子による箱枠への取付けによって実現している。またカバー部分は2重パッキン構造となっている。

(2) 小形軽量化としては、カバー類をアルミ化したのをはじめ、箱枠—機器ハリを一体構造にした方式をとるなどの工夫が取入れられている。

(3) 保守の容易化のために、主回路の着脱を容易にするよう高圧コネクタを採用するとともに、電流制御装置はトレイ化している(図6)。

### 7. MON-1 形モニタ装置

日本国有鉄道では新幹線電車のモニタリングシステムとして 962 形電車、925 形電車で試作開発され、この 200 系電車から本格的に生産されることとなった。

この装置は運転士、乗客、車両検査員に対し、種々の情報提供を行うものである。

モニタ装置の機能は次のとおりである(表 5., 図 7.)。

#### (1) 運転補助

通常の運転状態においては、キロ程を表示する。また、車両故障の発生時には、何ユニットのどの機器が故障したかを示し、故障機器の開放操作を行った場合には、開放確認を行うことができる。更に、運転士の操作によってモニタ表示画面の内容を列車無線を経由して地上の列車集中制御装置(CTC)に転送することができ、これは運転中の車両から CTC に対し指示を求めるときの車両情報の伝達に使用する。

#### (2) 乗客サービス

車内放送用制御器(7号車)、速度表示器(9号車ビューフェ)に対し、列車番号・キロ程・走行速度のデータを提供する。

#### (3) 車両保守

車両に故障の発生した場合、その機器名は運転状態とともにこの装置に記憶もされており、車庫に帰った後に読出器でとり出せるようになっている。また、仕業検査、交番検査及び全般検査時の車両機器の動作チェックもこの装置を利用して行うことができる。

### 8. む す び

以上、200 系電車の主要電機品の概要について述べた。

これらの電機品は、単体試験や総合的な組合せ試験並びに、試験線での現車走行試験においても、計画どおりの特性・性能を満足することが確認された。

最後に、これらの機器の設計・製作に当たって、多大な御指導、御援助を賜った日本国有鉄道殿の関係各位に深く感謝する。

### 参 考 文 献

- (1) 谷野：962 形試作電車，電気鉄道，33，No. 5
- (2) 柿沼：962 形試作電車，電気車の科学，32，No. 4
- (3) 永岡ほか：961 形用電機品，三菱電機技報，47，No. 12 (昭 48)

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
1225696	機器の据付調整装置	酒井 滝夫	1226775	圧縮機	大石 善堂
1225697	アイソレータ	折目 晋啓・紅林秀都司	1226776	半導体素子測定装置	木下 剛
1225698	ホィスト	森山 正勝	1226777	圧縮機用吸入弁	南 恒彦
1225699	冷蔵庫	西郷 勝	1226778	時定数回路	榎田 征也
1225700	引き違い戸の施錠装置	今井 純英	1226779	自己復旧形電流制限装置	{原文 吾・落合温之 原田辰己
1225701	ダンパー 制御装置	{根岸 宣匡・藤田 喜助 小南 貢	1226780	空気浄化天井 ユニット	酒井 勝正
1225702	手すりベルト 導入部の警告装置	伊藤 弘道	1226781	空間の特定部分の雰囲気を清浄 に保つ装置	酒井 勝正
1225703	エスカレータ、移動する歩道等の安全装置	伊藤 弘道	1226782	換気扇	井口 武夫
1225704	車輻用暖房装置	市村 伸男	1226783	感温 スイッチ	荒居 徹
1225705	電圧変動防止装置	石井 武彦	1226784	温度調節装置	大竹 操・鳥山 建夫
1225706	放電加工装置	大矢広太郎・浦田 哲郎	1226785	ウオタークーラー のこし網	柴田 実
1225707	半導体装置	半谷 公弘・入江 英之	1226786	管の接続装置	菊地 俊男・金井 正一
1225708	二方向放電加工装置	{佐藤 国彦・石川 倫廉 榎原 敏充	1226787	貯蔵液位標示装置	府川 允彦
1225709	同期電動機の起動装置	一ノ瀬 与三郎	1226788	プレス 用 2 段式 バックガイド	林田 健治
1226312	ジュースー	{服部 信道・岩田 尚之 杉田 信	1226789	端子台用文字板	柳堀 純一郎・川瀬 寿一
1226750	エレベータ 表示装置	池田 紀吉	1226790	端子台	恒川 正男・杉山 鉄男
1226751	冷蔵庫	{冲本 政夫・辻 幹夫 杉山 悦朗	1226791	移動式油 タンク	木名瀬 武男・矢野 勇
1226752	電気あんま器	川合 輝一	1226792	マンコンベヤ の安全装置	鬼頭 勝巳
1226753	回転式圧縮機	越桐 喜一	1226793	ヘッドライナー 等の安全装置	川合 輝一
1226754	配電盤	野村 聰	1226794	水路付乾式潜水形電動機のフレーム 構造	山本 作衛・鳥居 良久
1226755	振動式部品供給機の電源回路	松井 隆治	1226795	コークス 炉作業機械の位置決め装 置	今堀 信彦
1226756	開閉器	飯田 博・小平 建夫	1226796	遠心送風機の羽根車	村岡 正隆
1226757	部品選出装置	浅野 哲正	1226797	ダスト 堆積防止装置	坂本 一郎
1226758	電解 コンデンサ 保持装置	佐藤 忠雄	1226798	回転電機の端子箱	中村 真夫・南 喜代志
1226759	パルス 発生装置	余村 信雄	1226799	放射線照射装置	{津田 栄一・山本 明 三富 至道
1226760	エレベータ の運転装置	兼松 豊・林 龍三	1226800	密閉形 シャッター 装置	井口 武夫
1226761	エアフィルタ 汚染自動警報装置	山田 昌明	1226801	風向板の二重首振装置	今井 純英
1226762	エレベータ 用冷房装置の凝結水排水装置	門村 勝・桜井 宏	1226802	半導体測定装置	木下 剛
1226763	エレベータ のかご室手すり 取付装置	桜井 宏	1226803	渦電流 プレーキ	中野 修
1226764	浮動磁気 ヘッド	東山 昇	1226804	半導体薄片移動用案内板	藤沢 正人・草野 裕次
1226765	浮動磁気 ヘッド 支持装置	東山 昇	1226805	主回路盤面断路形閉鎖配電盤	池田 曠吉
1226766	建築作業用 エレベータ のつり合鎖装置	駒場 章雄	1226806	送風機	{長嶺 元・川合 輝一 岡部 勇
1226767	電気機器用中継端子盤	桜井 信捷・日比野 浩一	1226807	送風機	長嶺 元・川合 輝一
1226768	接続端子	岡戸 弘行	1226808	電気機器用台車のカバー鎖錠装置	中島 義博
1226769	絶縁 リング 成形用金型	水野 隆司	1226809	オンデレイ 駆動回路	橋本 春夫・茂木 充
1226770	位置検出装置	今堀 信彦	1226810	マンコンベヤ の低速駆動装置	山田 孝義
1226772	自動車の速度制御装置の保安回路	{都留 之舒・浜田 有啓 清水 修	1226811	マンコンベヤ 欄干部の安全装置	{江崎 茂・村田 茂 石田 松彦
1226773	電動圧縮機	高田 宏	1226812	エスカレータ の踏段	浅野 勝
1226774	給電 ブス	大垣 健二	1226813	風向調整装置	木南 勤
			1226814	マンコンベヤ の安全装置	石田 松彦
			1226815	エスカレータ の移動踏み段	浅野 勝

# 東北・上越新幹線向け変電所連動システム

村川 亮三\*・玉田 猛\*・中川 秀人\*・片桐 哲朗\*

## 1. ま え が き

今回、東北・上越新幹線に納入した変電所連動システムは、日本国国有鉄道技術研究所が開発した新しい制御理念に基づく「相隣連動」の導入、及び「シーケンス(連動論理盤)」の採用により、電鉄変電所の新しい制御方式を実現したシステムである。

このシステムでは、「相隣連動」により保安機能の向上及び系統事故時の自動系構成を実現し、かつ「シーケンス導入」による高度な制御機能(目的制御)により、き電開始・停止時の複雑な操作を単純化し、操作員の負担を軽減している。また、自動点検や保全に必要なデータの自動収集を行うことにより、保全業務の省力化を図っている。

この論文ではこのシステムについて、特長的な機能とその構成の概要について述べる。

## 2. き 電 系 統

新幹線のき電系統は、変電所(以下SSと略す)、き電区分所(以下SPと略す)、補助き電区分所(以下SSPと略す)などの電気所(以下ポストと略す)により構成されている。き電系統における各ポストの配列及び機器構成の代表例を図1.に示す。

図1.は正常き電の例を示し、SSにて1Rより受電し上下タイ断路器が投入され、11F、13FでSPまで上下一括き電を行っている例である。12F、14Fは各々11F、13Fと相互予備器となっている。

## 3. 機 能

### 3.1 相隣連動

#### 3.1.1 相隣連動の基本

総合制御指令(上り方面き電せよ/下り方面き電せよ等)により、

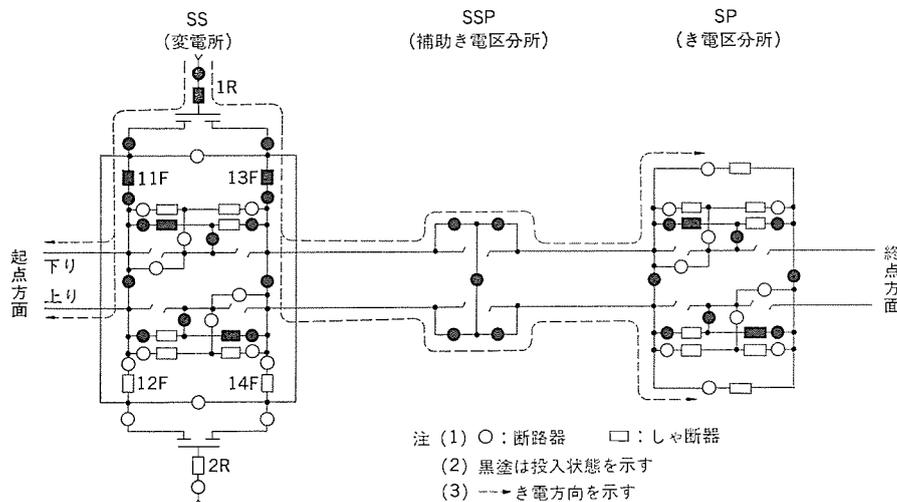


図1. き電系統図

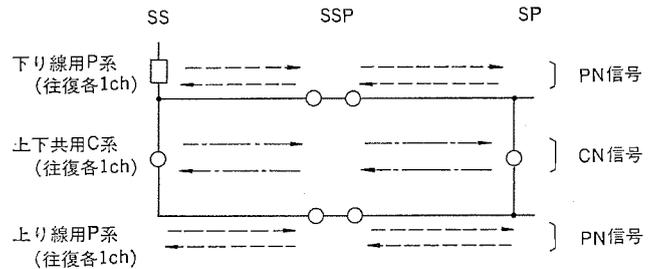


図2. 相隣信号配置図

き電構成を実現するためには、隣接するポストと連動しつつ、自ポストの連動を進めることが必要となってくる。このように、隣接ポストと協調をとりながら実施する一連のシーケンス制御を相隣連動と呼び、その基本は「両隣のポストのき電構成上の能力と、自己のき電構成上の能力をつき合わせて、相互干渉により自動的に上級からのき電指令に対応したき電系統を構成する」ことにある。

相隣連動を実現するため、隣接ポスト相互間で図2.に示すPN信号(加圧許可信号)とCN信号(救電信号)の授受を行う。PN信号はとなり合うポスト間で区間の加圧許可を意味する信号であり、CN信号はき電端末から電源に向けて発信する、き電の流れを一方方向に規定する信号である。

#### 3.1.2 相隣連動の機能

##### (1) 保安機能

(a) 自ポスト内に限らず、ポストが連鎖した状態のき電系統に自動的に追従して加圧禁止区間を設定することができ、かつ人間が加圧禁止を解除するまで連続的に加圧禁止を続け誤加圧を防止する。

(b) ポストが連鎖した状態のき電系統において、き電の方向を1方向に規定し、これによりポスト間のき電混触を防止する。

(c) 機器制御に必要な無加圧条件を機器のあるポストで自動的に設定する機能を有し、これにより断路器開閉時に出合いがしらによる誤加圧を防止する。

##### (2) 系統構成機能

上級からのき電区間の指定により、連動論理盤と協調し、ポスト内の機器の順序投入及びポスト相互にわたるき電系統の再構成を行う機能を有する。これにより目的制御が可能となった。

正常時、及びSS受電停電時の相隣信号の動きを図3.に示す。

#### 3.1.3 相隣連動の効果

(1) 保安度が向上する。

相隣連動のいくつかの保安機能により、最終的に最末端の保安が保証される。ポストに

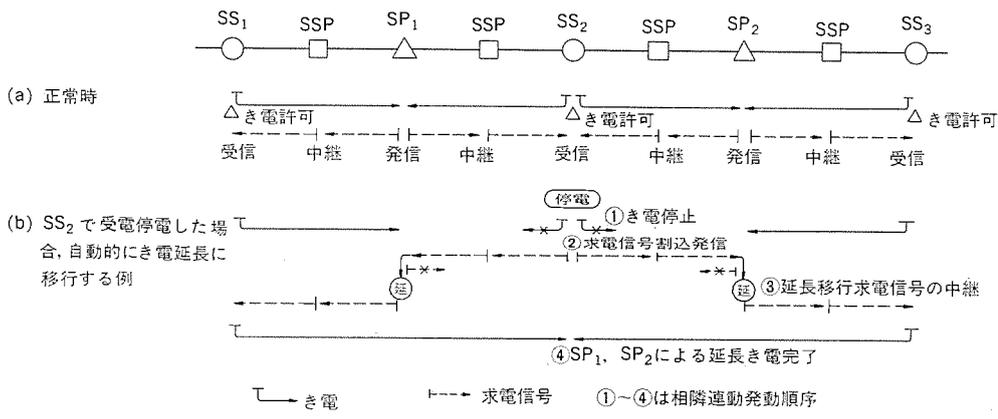


図 3. 相隣連動 CN 信号の自動系構成例

おける自動連動回路や上級の自動化回路のミス、また操作員の操作ミスなどによる混触、設備破壊のおそれなくなり、これにより自動化回路や操作員の保安責任が軽減される。

(2) 自動化が可能となる。

系統構成機能により、遠制又は操作盤からの制御出力を機能制御出力とすることができ、以降の系統構成は相隣連動が実行し、系統故障時は許された範囲内で自動系移行ができる。すなわち、ローカル系における自動化が可能となり、遠制装置などの上級設備や、操作員の負担が軽減される。

### 3.2 目的制御

目的制御とは、目的とする系統構成をいくつかの総合制御指令の組合せにより、相隣連動と協調をとりながら実現する制御方式である。従来の個別制御方式（しゃ断器、断路器を1台ずつ制御して目的とする系統を構成する制御方式）と比較して、操作性が格段に向上するメリットがある。

#### 3.2.1 総合制御指令の種類

##### (1) 受電指令

受電する回線を指定する指令で1号受電、2号受電の2種類があり、この指令により変圧器2次断路器の制御まで行う。

##### (2) き電指令

き電線の加圧関係を制御する指令で、各上下回線別に相対する双方のポストに与えられる。これにより上下タイ断路器が、き電指令の有無により制御された後、き電が開始される。

##### (3) 延長指令

延長系統構成に関する指令で、SSでは受電指令「入」なら同相き電に、「切」なら母線延長構成となる。SPでは、き電延長構成となる。

##### (4) 延長方向選択指令

延長系統構成を行うとき、延長する方向を定めておく指令。

##### (5) つなぎ制御指令

ポストを中心として起点側と終点側のき電線を、電車が力行して通過できるように連絡する機器に関する主回路構成を“つなぎ”という。この指令で、切換連動又は中セクション加圧用断路器を制御し、“つなぎ”を構成又は解除する。

##### (6) タイ制御指令

き電上下タイ断路器を制御する指令で、通常は「入」とし、上下タイ断路器はき電指令に伴って制御する。上下分離き電を行う場合は「切」指令を与える。

##### (7) 機器選択指令

相互予備器（SS：き電用しゃ断器、SS・SP：き電切換設備）のい

ずれを運転機器とするか、あらかじめ定めておく指令。

#### 3.2.2 系統制御例

##### (1) 朝のき電開始

き電開始時のポストへの制御指令は通常、次の順で扱われる。

①受電指令（入）→②き電指令（入）→③つなぎ制御指令（入）

正常き電系統は、以上の主要な制御指令で系構成ができる。

##### (2) 夜のき電停止操作

き電停止時のポストへの制御指令は通常、朝の順序とは逆に次のよ

うに与えられる。

①つなぎ制御指令（切）→②き電指令（切）③→受電指令（切）

#### 3.3 自動検定

##### 3.3.1 常時検定

連動論理盤では動力操作機器、主要な補助リレー、連動論理盤への入出力信号の重要なものなどを常に異常がないかチェックしている。これを常時検定という。常時検定の対象により制御常検、機器常検、操作盤常検の3種類に分類し、異常検出時には操作盤及び遠制装置へ故障表示を行うとともに、制御常検については制御実行の抑止を行い、操作盤常検については操作盤操作を無効とし、ハードウェアの障害により制御信号が誤出力されることのないよう対処している。

異常データは、遠制装置からの自動呼出しに応じて長文データ伝送機能により上級へ伝送されるほか、現地ポストでは操作盤に表示させたり、マイプライタに印字することができる。

##### 3.3.2 定期検定

現在の新幹線や在来線では、配電盤の検査に機動検測車が用いられているが、今回のシステムでは連動論理盤のデータ処理機能を活用した自動検査方式を採用し、上級からのオンラインによる検定を可能とした。検定の内容は保護リレーの動作確認及び時間の測定、故障受信リレーの動作確認、しゃ断器・断路器の動作時間の測定である。しゃ断器・断路器の動作時間測定のみ現地で、他の検定は現地又は上級からの指令で行えるようになっている。

検定データの処理は常時検定と同様に行われる。

#### 3.4 管理データの収集

機器の保全管理に必要なデータの収集、処理を行っている。

対象データは次のとおりである。

##### (1) しゃ断器動作回数

電流階級別しゃ断器動作回数（7階級）

単純しゃ断器動作回数

##### (2) 事故電流

(3) 負荷電流（最大値、平均値）

収集した管理データの処理は常時検定と同様に行われる。

## 4. システムの構成

現地ポストの配電盤は次のもので構成されており、合理的な耐圧設計、盤構成及び小形部品の採用により、可能な限り縮小化が図られている。

(a) 操作盤 : ポストでの監視・操作を行う盤

(b) 連動論理盤 : 遠制との結合、自動系構成、データ処理の

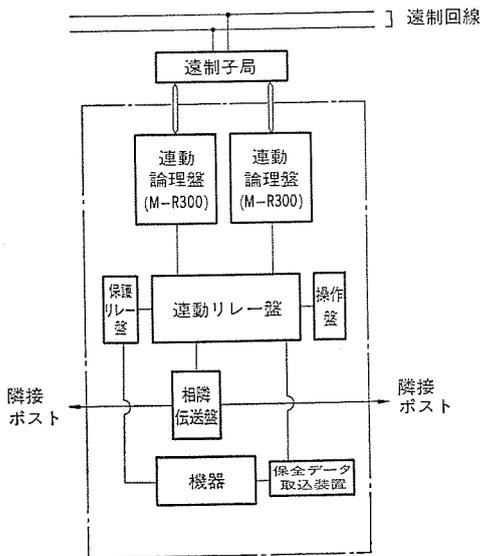


図 4. 配電盤の構成

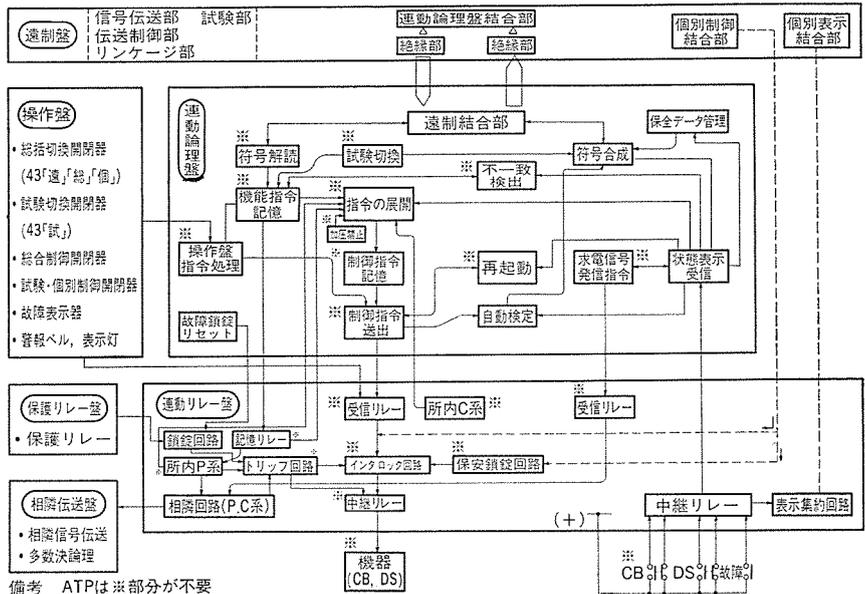


図 5. 機能ブロック図

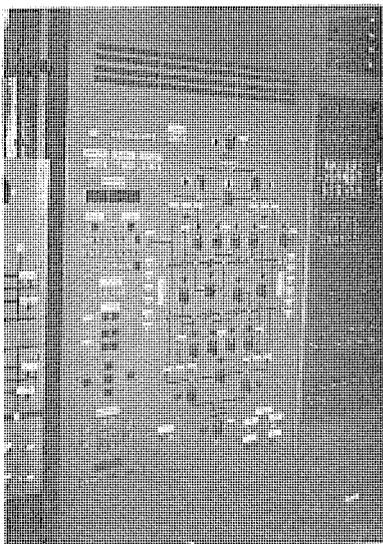


図 6. 操作盤

機能を持つシーケンサ盤

- (c) 連動リレー盤：機器インタロック、保護、結合中継、相隣運動を主に行う補助リレーで構成した盤
- (d) 保護リレー盤：電力事故の検出を行う盤
- (e) 相隣伝送盤：隣接ポストと相隣信号を授受する盤

配電盤の構成を図 4. に、機能ブロック図を図 5. に示す。それぞれの機能及び構成の概略を以下に示す。

#### 4.1 操作盤

直立形前後面盤 1 面とし、従来回線ごとに設けていた制御開閉器、切替開閉器、電源開閉器、故障表示器、機器状態表示灯のほかに、新たに設けられた総合制御指令、常時検定、定期検定、管理データ用の開閉器類をすべてこの盤に集中し、ポスト全機器の監視・制御を可能とするとともに、開閉器・表示器などの取付器具は極力小形のものを使用し縮小化を図った。操作盤の外観を図 6. に示す。

#### 4.2 連動論理盤

##### 4.2.1 機能

##### (1) 遠制装置との結合

上級との情報連絡を行う遠制装置とのインタフェースは、「1」、「0」の

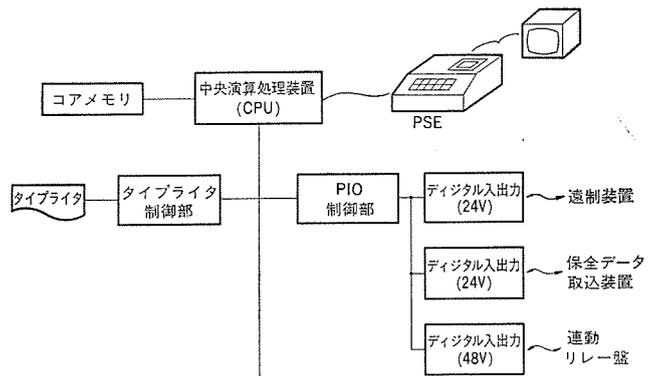


図 7. 連動論理盤ブロック図

符号化された信号による符号結合方式とし、受渡し信号数を減少させている。また、制御指令は受信により復号化を表示情報は状態変化発生などにより蓄積・符号化を行い、従来の遠制装置の機能の一部を持たせた。

##### (2) 自動系構成

遠制装置又は操作盤からの総合制御指令を個々の機器の制御指令に展開し、連動リレー盤の相隣運動と協調して自動的に系統構成を行う。また、系統故障発生時には必要な保安運動処理を行いながら相隣 CN 信号を制御し、定められた系統に自動的に再構成を行う。

##### (3) データ処理

常時検定、定期検定、管理データの収集を行い、その結果得られた保全に必要なデータの処理を行う。

##### 4.2.2 構成

連動論理盤には、データ処理機能を持つシーケンサ《MULTIFLEX-R300》を使用し、SS・SP では 2 重系構成、他のポストでは 1 重系構成とした。1 系の構成は閉鎖直立形盤で SS のみ 2 面、他のポストでは 1 面である。

概略仕様は次のとおりである。

演算処理部	方式	ストアードプログラム方式
	語長	16 ビット+パリティビット
	サイクルタイム	1.5 μs 以下

記憶容量 標準 SS : 40 kW      SP : 32 kW  
 SSP : 24 kW      ATP : 20 kW  
 入出力点数 標準 SS : 1,216 点      SP : 848 点  
 SSP : 448 点      ATP : 272 点

現地でのプログラムの登録・消去は、PSE(Program Support Equip)で容易に行えるようになっている。

連動論理盤のブロック図を図 7. に示す。

#### 4.3 連動リレー盤

##### 4.3.1 機能

###### (1) インタロック

連動論理盤又は操作盤よりの機器制御指令を、他の機器あるいは電圧条件などとのインタロックをとった後、機器へ出力する。

###### (2) 結合中継

連動論理盤よりの機器制御指令及び連動論理盤への機器・故障の表示入力を、絶縁協調の関係から連動論理盤に設けた中継用の補助リレーを介して機器と結合中継させる。

###### (3) 保護連動

系統故障時に保護しゃ断を行うほか、故障鎖錠を行う。

###### (4) 相隣連動

系の保安機能として、加圧禁止の注入及び合成、相隣信号(加圧許可、救電及びその他)の送受信制御を行う。

###### (5) 遠制装置との結合

連動論理盤を経由させることのできない重要な制御・表示情報を直接遠制装置と結合させる。

###### (6) 個別自動連動

高速性を要求される再閉路制御と、き電切換設備連動は、連動論理盤を通さず連動リレー盤のリレー回路のみで行う。

##### 4.3.2 構成

補助リレーで構成した直立前後盤である。使用する補助リレーは、必要な部分のみ PM リレーを使用した。信号用の SM リレーを主体に WS リレー、テレホンリレーなどの小形リレーを採用し、盤の縮小化を図るとともにこれら補助リレーはできるだけ回線単位に配置し、ユニット化して安全性を考慮した。

連動リレー盤の外観を図 8. に示す。

##### 4.4 保護リレー盤

電力事故を検出する電力用保護リレーを収納した盤であり、直立前後盤である。保護リレーは保護方式を現在の新幹線と同等とする関係上、静止化されていない。したがって従来の盤と同様であるが、定期検定用の電源、時間計数器を持っているほか、定期検定のため保護リレーの交流入力側を切換える回路が付加されている。

##### 4.5 相隣伝送装置

###### 4.5.1 機能

相隣連動のための相隣信号(PN, CN 信号など)をポスト間で授受する機能を持ち、ポスト間に設けた相隣伝送回線に 50 b/s(ビット/秒)の周波数変調信号を乗せ、信号の送受信を行っている。重要な相隣信号(PN・CN 信号)は 3 重化し信頼性をあげている。

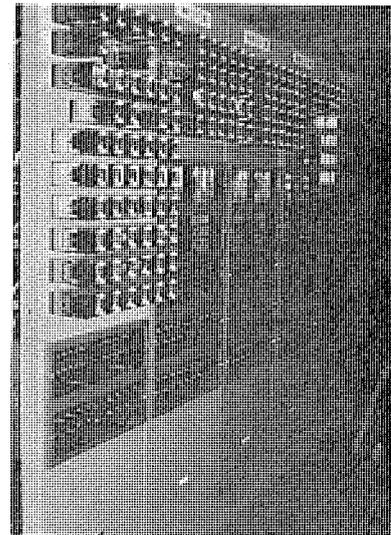


図 8. 連動リレー盤

表 1. 相隣信号の内容

相隣信号		有意信号 fL(-35)	多重化信号の 判別	指令内容
指令名称	略号			
加圧許可	PN(U/D)	許可	3重系 多数決	き電加圧を許可する指令
求電	CN	求電	—	き電を要求する指令
き電線故障	DZ(U/D)	動作	(1重系)	き電用保護リレー(#44, #50)が動作したことを伝える指令
き電救済	MSK 1	救済	( )	加圧禁止の一部を無視するように伝える指令
つなぎ救済	MSK 2	救済	( )	き電切替設備を使用状態とするように伝える指令
トンネル区分	TDS	開放	( )	トンネル DS が開放したことを隣接被制御所に伝える指令
地震	EK(1/2)	動作	( )	センサーが動作したことを伝える指令

U は上り系用

D は下り系用

相隣信号の内容を表 1. に示す。

##### 4.5.2 構成

閉鎖形盤で 1 ポストにつき起点方面、終点方面各 1 面、計 2 面で構成されている。

## 5. む す び

以上、東北・上越新幹線の変電所連動システムについて、特長的な機能と構成の概要について述べてきたが、今後、変電所制御の超集中化、監視・制御の高度化に伴い、このようなシステムがますます増加するものと思われる。

最後に、このシステムの完成に際し多大の御協力、御指導をいただいた日本国有鉄道並びに日本鉄道建設公団の各位に感謝の意を表する次第である。

# 車両用大容量3相インバータ

太田 幹雄\*・田原 光\*・三金 敏雄\*・松浦 清\*・湯屋 俊一\*

## 1. ま え が き

近年、乗客へのサービスの一環である車両冷房の普及に伴い、電源装置は大容量化が進んでいる。同時に性能の向上、小形軽量化及びメンテナンスフリー化などの要求がますます強くなってきている。これらの要請にこたえるのが静止形インバータである。

当社は、昭和41年我が国初の中容量静止形インバータを納入して以来、多数の実績を有するが、これらの技術を基礎として最近の半導体の進歩と相まって、このたび大容量3相インバータを完成させた。

このインバータ装置には、効率の良い転流方式、小形軽量化に適した回路方式及び自然冷却を可能にする構造などが採用されている。以下、この装置の概要を報告する。

## 2. 仕 様

表1. にDC 1,500V用3相160kVAのインバータの主な仕様と方式を示す。

入力電圧がDC 750Vの場合は、後述するようにコンデンサ分圧の

表1. 主な仕様と方式

仕 様	入 力 電 圧	DC 1,000V~DC 1,800V
	定 格 容 量	160kVA
	出 力 電 圧	AC 400V $\pm 5\%$
	周 波 数	60Hz $\pm 1\%$
	相 数	3
	波 形 歪 率	10% 以下
	使 用 温 度	-10°C~+40°C
方 式	回 路 方 式	コンデンサ分圧12相接続 パルス幅変調
	転 流 方 式	TC転流
	冷 却 方 式	自然冷却

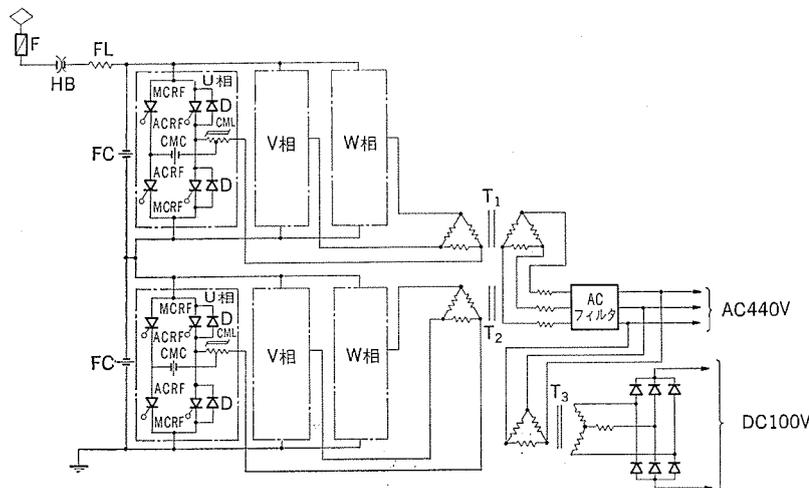


図1. 主回路つなぎ図

代わりに並列接続すれば良い。また、出力電圧はトランスの巻数比で自由に設定でき同一寸法・同一形状で製作可能であることは言うまでもない。

## 3. 回 路 方 式

図1. に主回路つなぎ図を示す。入力フィルタコンデンサで分圧して2ユニットのインバータをそれぞれ接続することによって、素子数を増すことなく12相運転を可能とし、従来から重量・スペース面で問題となっていたフィルタ部を小形化することができた。

以下に回路方式の特長を述べる。

### 3.1 コンデンサ分圧

入力フィルタのコンデンサを2分割し、2ユニットのインバータをそれぞれに接続する。2ユニットのインバータは直列接続されたことになり、1ユニットのインバータについてみれば、750V、80kVAのインバータとなる。したがって、主回路半導体の素子構成は、スタッド形素子で1S-1P-6A-2ユニットの構成が可能である。1,500V回路では、素子の耐圧上2S接続が必要であることから、2ユニットに分割した場合1Sで構成できるので、インバータを分割することによる素子数の増加は起こらない。

また、上記のとおり1ユニットのインバータは750V、80kVAであるから、入力電圧が750Vの場合はこれらを並列に接続すれば全く同一の性能が得られる。

### 3.2 12相接続

2ユニットのインバータは、相差角を30°ずらせた12相運転され、トランスの2次側で波形合成される。これによって合成された電圧波形では、11次未満の高調波を消去でき、ACフィルタが小形化される。更に、30°の位相差運転で入力フィルタからみたインバータの周波数が2倍となり、入力フィルタも小形化できる。

### 3.3 パルス幅変調

定電圧制御の方式として、チョップインバータ方式が考えられる。これは、チョップ部で直流定電圧にした後、インバータ部で交流に変換するものである。この方式は、チョップ部及びチョップ出力フィルタが必要となり、小形軽量化を妨げる欠点がある。したがって、転流方式を効率の良い高周波に適したTC転流とすることによって、定電圧制御はチョップを用いず、インバータ部で制御を行うパルス幅変調方式を採用した。

### 3.4 TC転流

図1. の主回路つなぎ図に各1相分の転流回路を示す。この転流用変流器を用いたTC (Transfer Current) 転流は、負荷電流経路と転流コンデンサ放電経路が転流用変流器で磁気結合され、コンデンサ電流が負荷電流で制御される。この結果、転流に必要な以上の余分な電流を極力抑え、転流コンデンサの有効利用を図る。このため、同一逆バイアス時間を得るに必要な転流コンデンサ容量は、

数分の1ですみそれだけ損失が少なく小形軽量化が図れる。

#### 4. 装置の構造

車両用の大容量インバータの小形・軽量化や低騒音化のために自然冷却方式で、かつ熱伝達率の高い冷却方法が要求されている。

これらの要求に対し、

(1) 自然冷却とするため、各機器の発熱を極力箱外へ排除する構造とすること。

(2) 保守・取扱いを簡単に、かつ生産性を高めるためにもユニット化・ブロック化を図ること。

以上2点を重点方針として、検討を行い構造を決定した。

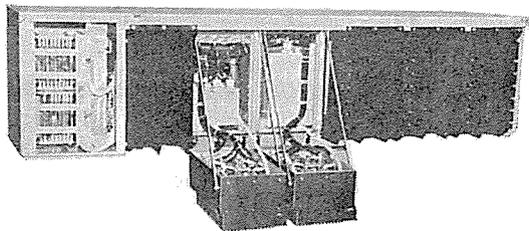
##### 4.1 構成

図2. にインバータ装置の外観を示す。装置は、インバータ本体、フィルタ箱、起動器箱及び出力トランスにより構成される。各機器の構成は概略次のとおりである。

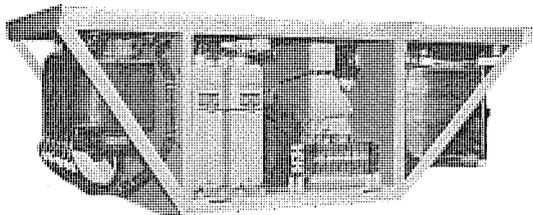
##### 4.1.1 インバータ本体 (重量 778 kg)

入力フィルタコンデンサ、転流コンデンサ及び半導体ユニットを密閉部に、転流リアクトルを半密閉部に収納している。ゲート制御部及び電源ユニットは、装置の端部に密閉箱を設けて収納されている。

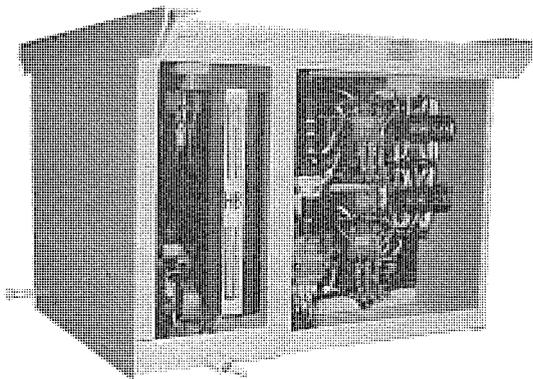
半導体ユニットは、インバータ回路1相分を1ブロックとして構成し、転流リアクトル、コンデンサなどとは最短で配線されるように配置されている。



(a) インバータ本体



(b) フィルタ箱



(c) 起動器箱

図2. インバータ装置

##### 4.1.2 フィルタ箱 (重量 650 kg)

フィルタ箱は、入力フィルタリアクトル、ACフィルタリアクトル、ACフィルタコンデンサ及び直流100V電源用のトランス、ダイオードスタックなどをまとめたものである。リアクトル類は、それ自身を防水構造として箱外に露出させ、大気に直接触れさせて冷却効果を高め小形・軽量化を図っている。

##### 4.1.3 出力トランス (重量 320 kg×2)

フィルタリアクトル類と同様に、防水処理されコイルの周囲を網カバーで保護して、車両の床下へ直接ぎ(織)装される構造とした。

余分な箱フレームが無く小形・軽量化に適している。

##### 4.1.4 起動器箱 (重量 163 kg)

高速度しゃ断器、接触器、保護リレー及び制御シーケンス用リレーなどをまとめたものである。高速度しゃ断器は、小形化されたもので低床式車両にも使用が可能である。

#### 4.2 インバータの冷却構造

このインバータ装置は、前述のように転流損の少ないTC転流方式を採用しており高効率である。しかし、大容量のため自然冷却を実現するには特殊な冷却構造を必要とする。そこで、インバータ本体内の主な熱発生源である半導体素子の放熱フィンをすべて箱外へ露出させる構造として、箱内の温度上昇と半導体素子のジャンクション温度を許容値に抑え、完全自冷を可能とした。

図3. に概略構造を示す。半導体素子は、放熱フィンとの間にセラミックスなどの熱伝導率は大きいが電気的には絶縁体であるシート(以下絶縁シートと略す)を介して取付ブロックにねじこまれる。放熱フィンは、箱カバーを兼ねて外面に露出させているので、常に周囲空気にさらされている。半導体取付ブロックは、素子のねじこまれるブロックと素子のリード側の中継端子やスタッド側の端子を含めて、エポキシ樹脂によりモールド成形してモジュール化されている。放熱フィンとモジュールとの圧接の面圧力は、平形素子の圧接力とほぼ同程度に設定している。

箱カバーとして外面に露出させた放熱フィンは、日照により輻射熱を受ける。真夏の太陽の輻射エネルギーは約750 kcal/h・m<sup>2</sup>である。放熱フィンの冷却性能の決定には、かこく(苛酷)な条件としてこれを加味して行った。

図4. に熱の伝達経路を示す。

各半導体素子の発生熱は、素子内部の熱抵抗と素子取付ブロック内の熱伝導に基づく熱抵抗の合計  $R_{jb}$  と、絶縁シート両面の接触熱抵

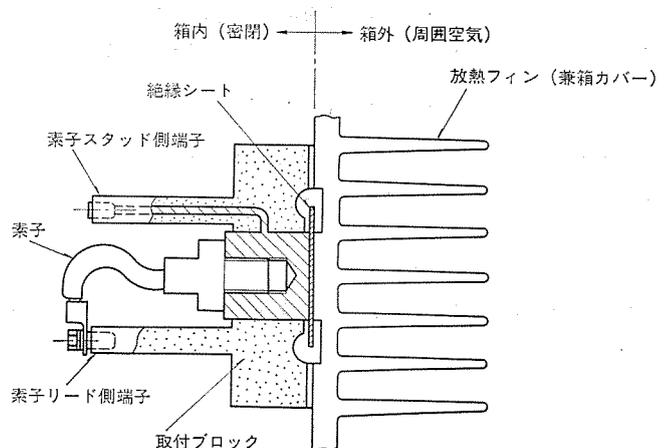
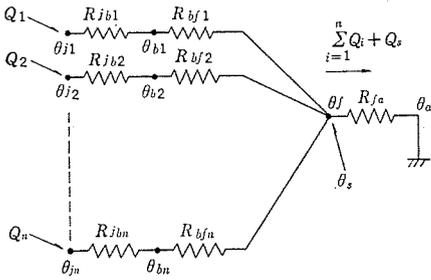


図3. 半導体素子の冷却構造



$R_{jbi}$  ( $i=1\sim n$ ): 素子接合部と取付ブロック間の熱抵抗  
 $R_{bfi}$  ( $i=1\sim n$ ): 取付ブロックと冷却フィン間 (接触熱抵抗を含む絶縁シート)の熱抵抗  
 $R_{fa}$ : 冷却フィンと周囲空気間の熱抵抗  
 $Q_i$  ( $i=1\sim n$ ): 素子の発熱量  
 $Q_s$ : 太陽の輻射熱量  
 $\theta_{ji}$  ( $i=1\sim n$ ): 素子の接合部温度  
 $\theta_{bi}$  ( $i=1\sim n$ ): 取付ブロック温度  
 $\theta_f$ : 冷却フィン温度  
 $\theta_a$ : 周囲空気温度

図 4. 熱の伝達経路

抗を含む絶縁シートの熱抵抗  $R_{bf}$  を経て放熱フィンに伝達される。放熱フィンでは、各素子の発生熱と日照により受けた輻射熱のうち吸収した熱量で加熱され、この熱は放熱フィンと周囲空気間の熱抵抗  $R_{fa}$  を経て周囲空気へ放熱される。

半導体素子を放熱フィンへ直付けする方法に比べて、絶縁シートを介在させる分だけ温度上昇するが、この温度差は  $10^\circ\text{C}$  以下である。

検討結果、夏場の日照による輻射熱を考慮しても、完全自冷で十分使用に耐えるものであった。

#### 4.3 半導体ユニット

前記放熱フィンの上に、インバータ回路1相分の半導体素子と、ゲートラシ、CR アラジバなどの付属部品を実装して半導体ユニットを構成している。このユニット構成においても素子の放熱と同様に、アラジバ抵抗を放熱フィンに直付けして半導体ユニットの天井部に設け、発熱を外部に放散させている。

半導体取付側は、本体箱と組合せたときパッキンにより密閉される。半導体ユニットの底部にヒンジを設けて本体箱と結合し、半導体ユニットを展開できるようにしてある。放熱フィンは常にアース電位であり、点検時には内部チェックが簡単に行え、素子の交換やユニットごとの交換が可能である。また、ゲート制御回路の配線束にはコネクタを設け、インバータ本体箱と半導体ユニットとの脱着を容易にしている。

### 5. 試験結果

車両用集中形ユニットクーラーとR-L 負荷を用いて試験を行い、良好な結果が得られた、以下にその内容を述べる。

#### 5.1 出力電圧波形

図 5. に 3 相出力電圧波形を示す。入力電圧  $1,500\text{ V}$ 、 $160\text{ kVA}$  時のひずみ (歪) 率は  $3.7\%$  で、電動発電機とほぼ同等の正弦波が得られた。

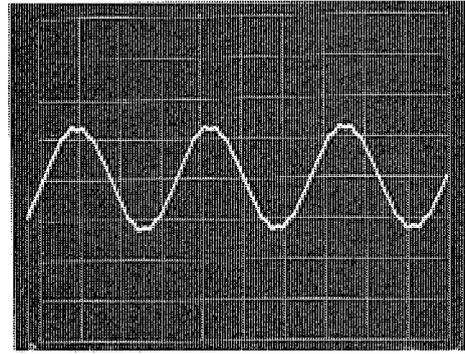


図 5. 出力電圧波形



図 6. クーラー負荷起動試験

#### 5.2 クーラー負荷起動試験

図 6. に集中形ユニットクーラーを起動したときのインバータ出力電圧・電流の状態を示す。

コンプレッサモータの起動時も、出力電圧のドロップも問題なく良好であった。

#### 5.3 その他

入力電圧急変試験、負荷急変試験、温度上昇試験などの試験においても、良好な結果が得られた。

### 6. む す び

以上に述べたように、小形・軽量化及び完全自冷に適した回路方式・部品構成・構造について検討を加え、車両用大容量インバータが実現した。

このインバータの特長をまとめると次のようになる。

- (1) コンデンサ分圧による 12 相接続でフィルタの小形化を図った。
- (2) 電圧制御はパルス幅変調で行う。
- (3) 効率の良い TC 転流を採用した。
- (4) 素子冷却フィンを箱外に露出させて完全自冷とした。
- (5) 1 相 1 ユニットの構成で、ユニット間の互換性があり保守・取扱いが容易である。かつ、素子交換が簡単である。
- (6) 冷却フィンの清掃が簡単である。
- (7) 1 相ごとの動作試験が可能である。

以上の多くの特長を有したインバータは、従来の電動発電機に代って使用され、要求された性能を満足するものと期待される。

#### 参 考 文 献

- (1) 太田, 加我: 三菱電機技報, 46, No. 7, p. 809 (昭 47)
- (2) 赤松, 熊野ほか: 三菱電機技報, 47, No. 3, p. 345 (昭 48)
- (3) 小山, 三金ほか: 三菱電機技報, 51, No. 2, p. 135 (昭 52)

# インバータによる車両用無整流子電動機駆動システム

太田 幹雄\*・田原 先\*・加我 敦\*・宗行 満男\*・小尾 秀夫\*

## 1. ま え が き

電動機制御にサイリスタが用いられてから約20年を経過している。その間、電力半導体の進歩はめざましいものがある。高耐圧・大容量化、高速化及び信頼性の向上が図られるとともにその応用技術、制御方式も確立し、いかなる多様化された高度な機能要求にもこたえ得るようになった。これらの半導体技術の向上を背景に、鉄道車両においては省エネルギー、保守低減、性能向上などを目指した新しい車両駆動方式としてインバータによる交流電動機制御方式が注目されている。

既に、直流電動機のチョップ制御が実用化され、高く評価されている。しかし、直流電動機に起因する整流子とブラシの保守が課題となっており、整流に関するトラブルも絶無にすることは困難である。また、チョップ制御においても、シャ断器や転換器などの機械部分が多い難点もある。

当社は多くの実績に基づくチョップ技術を基礎として、チョップの利点を保ちながらその課題を解決するために、エレクトロニクスを駆使した交流電動機駆動方式の研究・開発を長年にわたって行い、実用化の目途を得たので報告する。

## 2. 交流電動機車両駆動方式の特長

後述する主回路及び制御方法からもわかるように交流電動機車両駆動方式には下記のような特長がある。

### (1) 保守性の改善

整流子とブラシがないため、これらの保守、点検が不要となり整流によるトラブルもなくなる。

また、前・後進の切換えはインバータの相回転順序により、力行、回生制動の切換えは、すべり周波数の正負によりそれぞれ制御ロジックで簡単に行えるため切換スイッチが不要となる。更に、シャ断器など機械部分が少なくなるので保守性が向上する。

### (2) 粘着性能の向上

誘導電動機は分巻特性（速度変化に対してトルク変化の割合が大きい）をもち、空転が発生しても原理上成長せずに、直ちに再粘着するので高い粘着性能が得られる。したがって車両性能（加減速性能又はM車比の減少）の向上と共に、空転、滑走によるタイヤ踏面のフラット防止が図れる。

### (3) 小形、軽量化

誘導電動機を使用するので小形、軽量で堅固な構造にできる。また、ギヤ比を上げれば、更にこの特長が生かされる。制御装置もエレクトロニクス化され小形、軽量となる。

### (4) 電力消費量の減少

インバータによって直接電動機を駆動するため電力効率が良く、また粘着限界まで可能な回生制動によって大幅な省エネルギー化が図れる。

### (5) 信頼性の向上

主電動機の無整流子化と制御系のエレクトロニクス化とにより、信頼度

が向上する。

## 3. 三菱車両用交流電動機駆動システム

交流電動機駆動方式は、種々考えられるが大別すると次の2種類となる。

### (1) 同期電動機を使用する方法

一般にサイリスタモータと称されており、交流電圧を受電しサイクロコンバータにより電圧、周波数を可変とする方法と直流電圧を直接インバータにより変換し、必要な入力を得る方法の2つがある。いずれの場合も電動機の回転角度を検出し、同期した交流を供給するため電動機1台に対して1台ずつのインバータを必要とする。したがって動力が分散されている車両駆動用には適さないが、ブラシレス電動発電機など補助電源には使用されている。

### (2) 誘導電動機を使用する方法

巻線形誘導機の2次電圧制御は、車両駆動用には不適で、直流電圧を受電し、可変電圧可変周波数(VVVF: Variable Voltage Variable Frequency)インバータによって出力電圧及び周波数を変え、かご形誘導電動機を駆動する方式が一般的である。

インバータとしては後述するように電圧形と電流形の両方式があるが、電圧形が適していると考えられる。

### 3.1 主回路

電圧形インバータは可変電圧、可変周波数出力を直接誘導電動機に印加し速度制御を行う。すなわち、直流入力をインバータでパルス幅変調し、直接通流率と周波数とをかえるので主回路の構成が簡単になる。この場合、電動機の電圧は矩形波、電流は正弦波になる。

制御法は電動機に印加する電圧を変化させてトルク制御を行うので、応答も速く安定している。トルクリップルは変調周波数を高くすることにより低減でき問題にならない。ただし、転流失敗時に半導体に流れる短絡電流を抑制する回路要素が入力フィルタリアクトルのみのため、転流失敗検知の設置や断流器のシャ断速度の向上などの保護方式を強化する必要がある。

電流形インバータは直流電源をチョップによってチョッピングし、直列にそう(挿)入されたDCリアクトルで定電流化した後、インバータで可変周波数交流に変換し誘導電動機に供給する。

主回路構成としては3相インバータのほかにチョップ並びにDCリアクトル、力行・回生切換えのためのカスケードダイオードなどが必要で複雑になる。電動機電圧・電流は電圧形インバータとは反対に電圧が正弦波、電流が矩形波となる。この方式ではチョップとインバータ間にあるDCリアクトルのために電流変化に制御遅れが生じ、電圧形インバータよりも応答が遅い。また、電流が矩形波であるためその低次高調波成分によるトルクリップルも無視できない。

転流失敗時に電源から流入する電流は、入力フィルタリアクトルやDCリアクトルなどで抑制され保護協調が容易に得られる。

表1.に電圧形インバータと電流形インバータの比較を示す。当社は構成が単純で制御性能も良好な(PWM: Pulse Width Modulation)

表 1. 電圧形インバータと電流形インバータの比較

項目	方式	電圧形インバータ	電流形インバータ
基本特性	基本回路		
	構成	単純	複雑
	出力波形		
	適用素子	高速サイリスタ	中速サイリスタ
車両性能	空転	再粘着しやすい	再粘着しにくい
	トルクリップル	小	やや多い
	制御の応答性	早い	遅い
主回路効率	転流失敗保護	保護を強化する必要あり	MSLで抑制
	主回路効率	良	MSLのためやや大

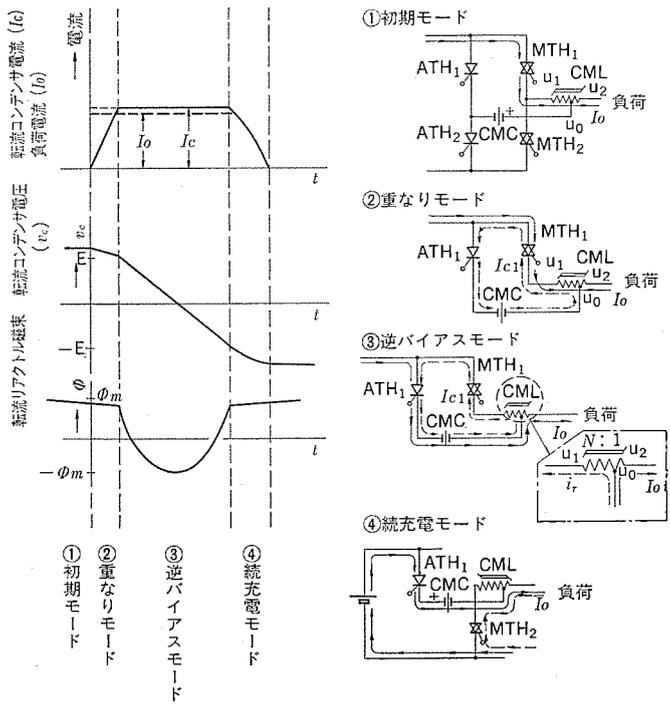


図 1. TC 転流方式の原理

電圧形インバータを採用することにした。

### 3.2 インバータ転流方式

インバータ主回路及び転流方式としては、

- (1) 構成が単純であること。
- (2) 転流損失が少ないこと。
- (3) 転流時間が短いこと。

などが必要である。

当社は独自に開発した TC (Transfer Current) 転流方式を採用し、転流損失の低減を図るとともに装置の小形軽量化を実現した。TC 転流方式はサイリスタに逆バイアスをかける時ダイオードに流れる転流電流を負荷電流に対応した値に抑制する方式である。従来のインパルス転流に比べると逆バイアス時に必要な電荷量が少なく、転流コンデンサ容量が小さくてすむ特長がある。

図 1. に TC 転流の原理図を示す。

#### 3.2.1 初期モード

今、主サイリスタ MTH<sub>1</sub> を介して電源から負荷へ電流が流入している状態を初期モードという。このとき、転流コンデンサ CMC は図のように充電されている。

#### 3.2.2 重なりモード

MTH<sub>1</sub> を消弧する場合は補助サイリスタ ATH<sub>1</sub> が点弧することによって転流リアクトル CML と MTH<sub>1</sub> とを経て、図 1. ②の点線矢印のようにコンデンサの電荷が放電される。MTH<sub>1</sub> のダイオード方向の電流 I<sub>c</sub> が図示のように増加する。このとき、MTH<sub>1</sub> の電流は次のように減少していく。

$$I_{MTH_1} = I_0 - I_c$$

(I<sub>0</sub>: 負荷電流)

負荷電流は、

電源 → MTH<sub>1</sub> → CML (U<sub>1</sub> - U<sub>2</sub>) → 負荷  
の経路から

電源 → ATH<sub>1</sub> → CMC → CML (U<sub>0</sub> - U<sub>2</sub>) → 負荷  
の経路に移り変わらうとする。

#### 3.2.3 逆バイアスモード

負荷電流は図 1. ③の太線のように転流リアクトル CML のタップ (U<sub>0</sub> - U<sub>2</sub>) を経て引き続き流れる。したがって負荷電流が流れている巻数 (U<sub>0</sub> - U<sub>2</sub>) を 1 ターン、主サイリスタ側 (U<sub>1</sub> - U<sub>0</sub>) を N ターンとすると変流器として機能するため次式が成立する。

$$I_0 \times 1 = i_r \times N$$

すなわち

$$i_r = \frac{1}{N} \times I_0$$

となる。

転流期間中の I<sub>0</sub> の変動は無視できるので、CT の巻数が多ければサイリスタを逆バイアスする電流 i<sub>r</sub> は一定で小さいものになる。

この結果、コンデンサからの放出電荷は負荷電流と、微小な定電流とを加算したものとなるので余分な電荷が不要となる。また変流器として作用する転流リアクトルの鉄心は、数 10 μs の転流期間のみ飽和しない磁束量のものとするればよいので小形のものでよい。

#### 3.2.4 続充電モード

電源から ATH<sub>1</sub> を経て CMC は図示の極性に充電される。このとき、転流コンデンサ電圧は分布インダクタンスにより電源電圧よりも過充電される。

表 2. に転流方式の比較を示す。遅れ力率時の図示の波形からわかるように、インパルス転流では正弦波状の逆バイアス電流を流すのに対し、TC 転流では平坦な逆バイアス電流となる。進み電流転流時の転流電流は転流コンデンサと転流リアクトル空心インダクタンスの共振波形となるが、転流コンデンサの容量が小さいためにピーク電流は過大にならず安定した動作を期待することができる。

以上のように TC 転流方式を採用することにより、装置の小形軽量化を実現するとともに効率の向上も図ることができた。

### 3.3 高次高調波の影響

可変電圧・可変周波数交流で誘導電動機を駆動する場合、直流入力に含まれる高次高調波電流と磁束による通信、信号機器への影響を

表 2. 転流方式の比較

	TC転流方式	インパルス転流方式	過充電抑制抵抗付インパルス転流方式
回路			
転流波形	遅れ電流の転流  Ec: 大 Ip: 小	遅れ電流の転流  Ec: 大 Ip: 大	遅れ電流の転流  Ec=Ed Ip: 大
	進み電流の転流  Ec: 小 Ip: 大	進み電流の転流  Ec: 小 Ip: 大	進み電流の転流  Ec: 小 Ip: 大
転流コンデンサ	小	中	大
転流リアクトル	3個	4個	4個
素子数	逆導通サイリスタ 2 逆阻止サイリスタ 2 合計 4	逆導通サイリスタ 2 逆阻止サイリスタ 2 合計 4	逆導通サイリスタ 2 逆阻止サイリスタ 2 ダイオード 2 合計 6
	転流コンデンサ過充電抑制抵抗	なし	なし
転流コンデンサ過充電率	MAX1.7倍	MAX1.7倍	1倍
サイリスタ過渡印加電圧	1.3Ed	1.8Ed	1.5Ed

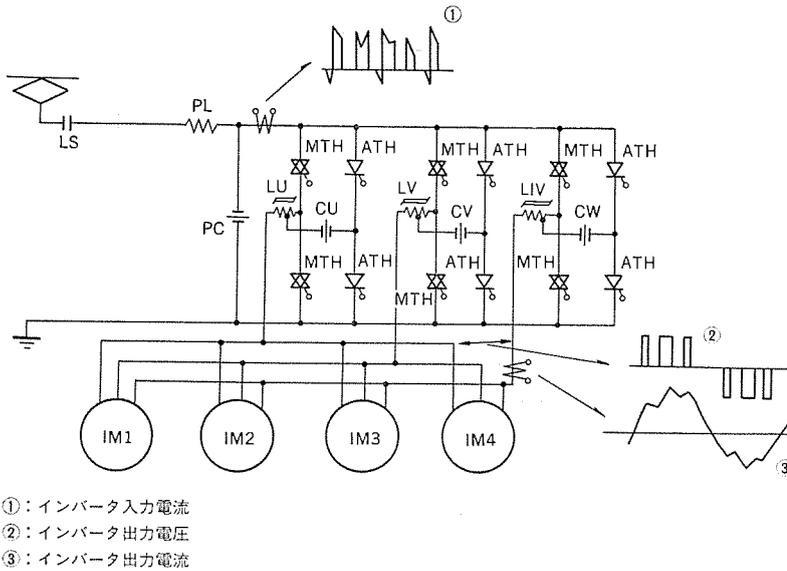


図 2. インバータ回路各部波形

検討する必要がある。

次のように高調波の解析と、入力フィルタの検討を行った。

### 3. 3. 1 直流入力電流の高調波抑制

図 2. にインバータ回路を示す。高周波変調の交流によって誘導電動機機速度制御を行う場合、インバータ部の入力電流は図 2. ①のように断続したものとなる。また速度（周波数）によってその周波数成分が変化する。この成分が特定の周波数帯域で、許容値を超えると軌道継電器を動作させるおそれがある。入力フィルタはインバータによ

表 3. 入力フィルタ解析の設定条件

項目	内容
インバータ入力電圧	DC 1,500 V
誘導電動機	120 kW × 8 台
インバータ出力周波数	5~80 Hz (VVVF 領域)
	80~120 Hz (CVVF 領域)
変調キャリア周波数	240~460 Hz
電動機制御方法	定電流・定すべり周波数制御
抑制対象の周波数帯	50~70 Hz
抑制値	0.7 A 以下

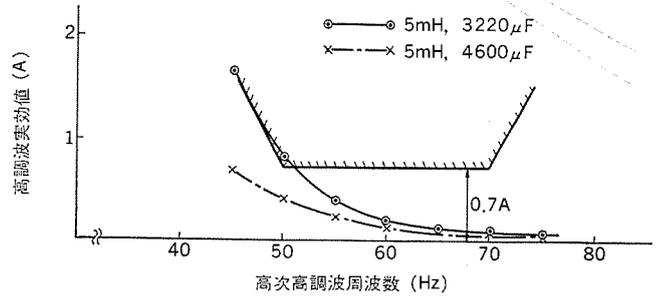


図 3. 入力フィルタ定数と入力高調波

て発生するこの交流分が直流電源にもどらないように抑制できるものでなければならない。

入力フィルタは一般に逆L形のリアクトルとコンデンサとで構成される。解析もこの方式のフィルタにて行った。表 3. のように容量は 120 kW 8 個モータ制御で、抑制周波数帯を 50~70 Hz、許容電流値を 0.7 A 以下となるように設定した。調波解析法を用い、インバータ出力周波数に対応したパルスモード別に直流インバータ入力電流を合成し、次いでフィルタリアクトル電流を求めた。結果を図 3. に示す。

入力フィルタとしてリアクトル 5 mH、コンデンサ 4,600 µF で構成した場合 50~70 Hz 帯で 0.4 A 以下となり、抑制可能である。チョップと比較すれば若干のフィルタ強化が必要であるが、リアクトルのインダクタンス値を大きくする方向で対処すれば余り大きくならずすみぎ(繊)装束上問題にならない。

### 3. 3. 2 直達ノイズの影響

直達ノイズは主回路電流スイッチング時の急峻な電流変化 (di/dt) に起因するものであるため、インバータの場合もチョップ車の場合と同様に考えればよい。すなわち、

- (1) 機器配線長を短かくする。
- (2) 電磁界が外部へ影響しないようツイスト配線又はシールドを行う。

などの処置をする必要がある。

### 3. 4 車輪径差によるトルクアンバランス

インバータ 1 台で複数個の誘導電動機を駆動する場合、車輪径差が生じると各電動機が異なる回転数で運転され異なったすべりで動作することとなり、各電動機のトルク及び電流にばらつきを生じる。車輪径差のある 2 台の電動機のトルク及び電流のばらつきの割合  $\mu_T$  及び  $\mu_I$  は、ほぼ次式で表される。

$$\mu_T = \frac{T_2 - T_1}{T_2 + T_1} = \frac{D_2 - D_1}{D_2 + D_1} / S$$

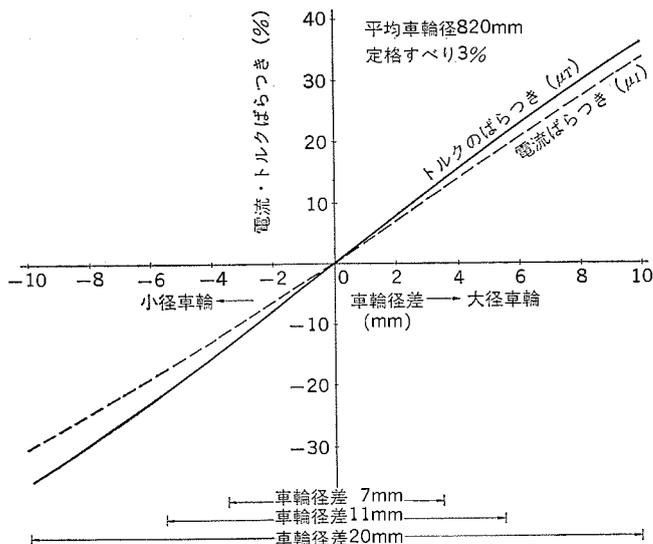


図 4. 定格運転時のトルク電流のばらつき

$$\mu_I = \frac{I_2 - I_1}{I_2 + I_1} = \frac{D_2 - D_1}{D_2 + D_1} / S$$

但し、 $D_1, D_2$  : 車輪径

$T_1, T_2$  : 電動機トルク

$I_1, I_2$  : 電動機電流

$S$  : すべり

上式よりわかるようにトルク・電流のばらつきはすべりに反比例するので、ばらつきを小さくするにはすべりの大きな電動機とするのがよい。一方、すべりは回転子の損失電力に比例するので、電動機の効率や温度上昇からはすべりの小さな電動機が有利となり、電動機すべりは両方を勘案して決定されねばならない。電動機の定格は2~3%程度に設定するのがよい。

定格すべりが3%の電動機を用い、車輪径820mmの車両において定格点で運転した場合のトルク・電流のばらつきを図4.に示す。車輪径が11mm以内であれば、トルク・電流のばらつきは各々平均値に対し、20%以下になり実用上問題にならない。

### 3.5 制御方法

制御方法は電動機の電流とすべり周波数とを関連させて行う。定電流制御は高周波変調した出力電圧の通流率制御で行い、変調回路はROMを使用したデジタル回路により3相不平衡の小さいものになっている。

すべり周波数制御は1~4%の間に設置されるため、出力周波数を120Hzとすれば制御上高精度の分解能が要求される。このためマイクロプロセッサを用いた周波数演算を行い、制御精度の向上を図るとともに可変すべり周波数・定トルク制御など制御方法の機能向上を実現した。

## 4. 装置の概要

大容量誘導電動機(650kW 2台)と低床化に重点をおいた小容量誘導電動機(160kW 2台)とそれを制御するインバータを2機種製作し、詳細に検討した。各々の主要要目を表4.に示す。

### 4.1 大容量誘導電動機インバータ制御

650kWの大容量の誘導電動機を2台制御するうえで、転流上の現象、微少すべり制御上の問題点を明らかにしようとしたものである。

表 4. 装置の主要要目

内容	対象		
	大容量誘導電動機制御	低床式車両制御	
定格入力電圧	DC 1,050 V	DC 750 V	
電動機	形式	3相4極かご形誘導電動機	8角形3相4極かご形誘導電動機
	定格出力	650 kW   1時間	160 kW   1時間
	電圧	800 V	550 V
	電流	555 A	210 A
	回転数	1,965 rpm	1,830 rpm
	すべり	2.2%	3%
	冷却方式	強制通風式	自己通風式
	絶縁	H種	H種
	外形	840φ×800 L	500φ×700L
	重量	2,350 kg	750 kg
制御装置	制御容量	650 kW 電動機 2個制御	160 kW 電動機 2個制御
	制御方式	定電流・定すべり周波数制御	定電流・定すべり周波数制御
	電圧制御方式	高周波パルス幅変調方式	高周波パルス幅変調方式
	周波数制御領域	5~63 (VVVF)	3~67 (VVVF)
63~125 (CVVF)		67~90 (CVVF)	

表 5. 特性及び温度の製作ばらつき

	1号機	2号機	3号機	平均	ばらつき
1次抵抗 $r_1$ (Ω)	0.0134	0.0132	0.0131	0.0132	-0.8~1.5%
2次抵抗 $r_2$ (Ω)	0.0175	0.0176	0.0177	0.0176	-0.6~0.6%
漏れリアクタンス $x_1+x_2$ (Ω)	0.222	0.227	0.237	0.229	-3~3.5%
定格すべり $S_r$ (%)	2.2	2.2	2.2	2.2	0
停止すべり $S_m$ (%)	8.15	8.1	7.8	8.0	-2.5~1.9%
停止トルク $T_m$ (kgm)	635	625	595	618	-3.7~2.8%
無負荷電流 $I_m$ (A)	85.6	85.9	89.2	86.9	-1.5~2.6%
力率 P.F (%)	94.9	94.9	94.4	94.7	-0.3~0.2%
	正弦波による1時間 温度上昇(熱電対) (°C)	固定子 70	70	69	69.7
	回転子 123	123	—	123	0

### 4.1.1 誘導電動機

この誘導電動機は、高速運転に耐え得るよう非常に堅固な構造としている。

(1) 機関車に多くみられる強制通風式としたが、誘導電動機は空げき(隙)長が小さく、この部分での冷却が少ないので固定子みぞ(溝)を深くし、コイルを深く挿入することにより固定子溝開口部に通風スペースを設け冷却効果を高めた。

(2) 車両径差によるトルク・電流のばらつきと温度上昇の両者を勘案し、定格すべりは2.2%とした。

(3) C種絶縁材料を用いたH種主電動機を採用し、耐熱性の高い構造とした。

(4) 回転子導体は銅亜鉛合金で、回転子コアに固定され端環は純銅とし堅固な構造とした。

(5) 誘導電動機では、保守を要する部分は軸受のみとなるので、軸受構造を工夫し保守回期の延長を図った。

誘導電動機においての実使用域では、わずかのすべりの変化に対

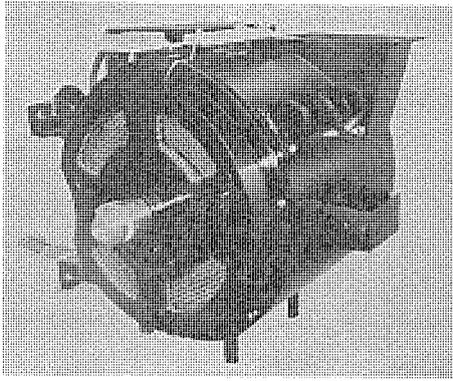


図 5. 大容量誘導電動機

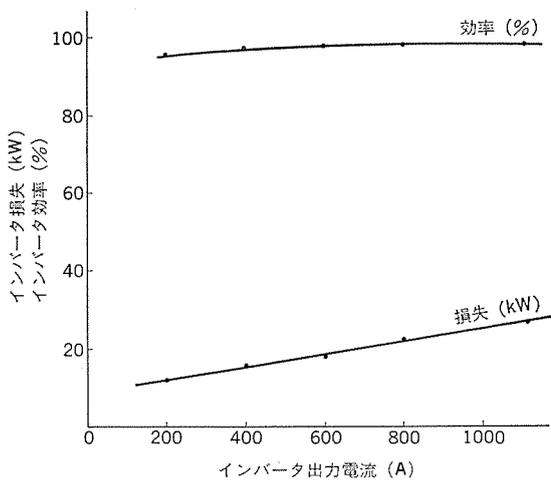


図 6. 800 V, 66.8 Hz 定格時のインバータ効率及び損失

してトルク及び電流が大幅に変動するので、製作誤差や温度上昇のばらつきが特性に与える影響は大きい。

今回は3台の電動機を製作し、3台の間の特性と温度上昇のばらつきを測定した。その結果を表5.に示す。3台の電動機の特性のばらつきは非常に小さく、特に定格すべり付近の実使用域では3台の特性はほとんど一致している。また、温度上昇差もなく、特性のばらつきの少ない誘導電動機とすることができた。外観を図5.に示す。

#### 4.1.2 制御装置

制御装置は入力フィルタ、断流器箱、インバータ装置、転流装置より構成した。TC転流方式を採用したが、試験の結果、効率や転流特性の点で良好な結果が得られた。特に効率について図6.に示すように、インバータ単体で98%の高効率となることが確認された。

またインバータにより誘導電動機を駆動したときのすべり-トルク特性は、図7.に示すように設計値とほぼ合致しており、インバータ制御において十分なトルクが得られることを再確認できた。

## 4.2 低床式車両誘導電動機インバータ制御

将来の新交通システムなどの対応を想定し、低床式車両に適用するため高さ550mmとして全機器を製作した。

### 4.2.1 誘導電動機

車輪径が小さく、床面の低い車両用電動機として下記のような設計とした。

(1) 車輪径が小さく、軸間距離の小さい台車の各軸に主電動機を装荷することは困難であるが、誘導電動機を採用した1台車、1電

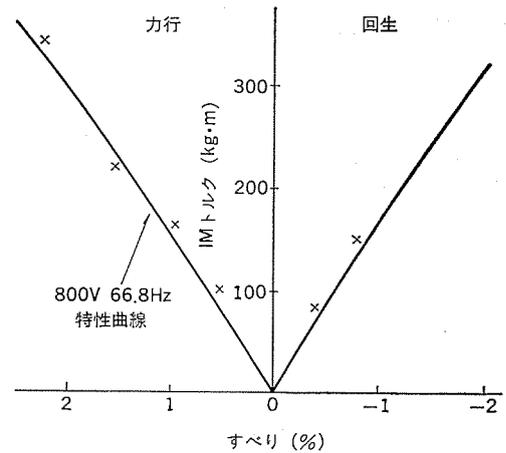


図 7. 800 V, 66.8 Hz 定格時の IM すべり-トルク特性

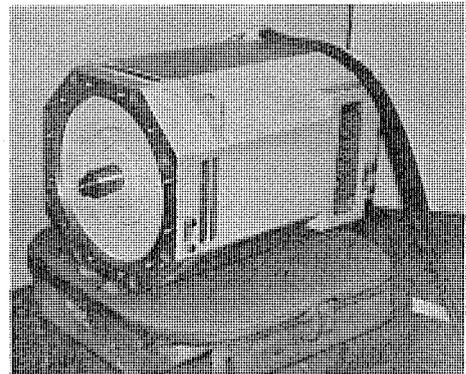


図 8. 低床形車両用誘導電動機

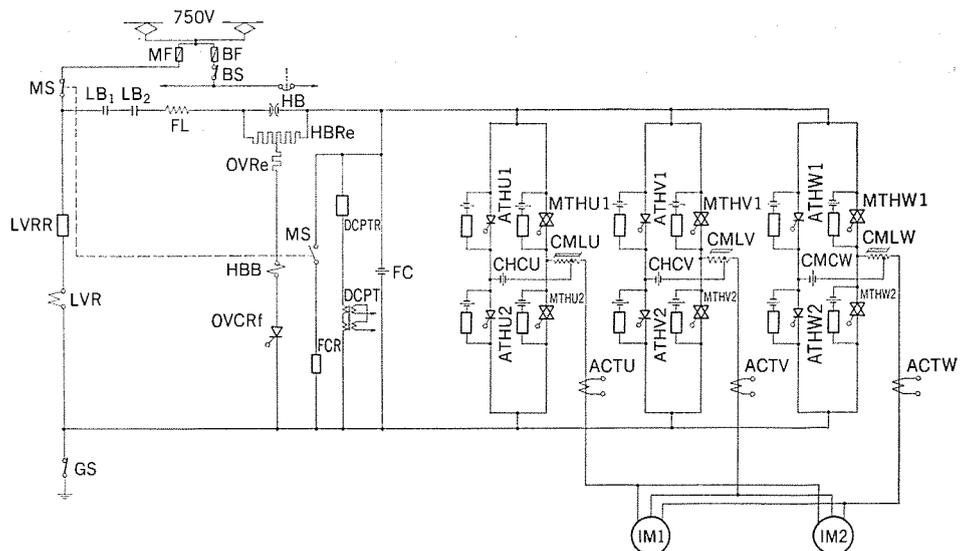


図 9. VVVF インバータ主回路つなぎ

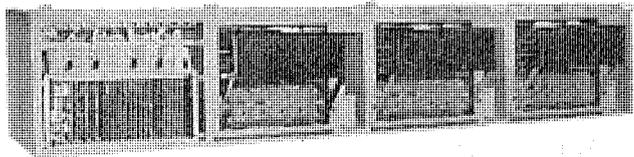


図 10. 低床車両用 VVVF インバータ

TC 転流方式と組合せたものである。主回路つなぎを図 9. に示す。

装置はフロン沸騰自冷構造とし、3相 U, V, W は各ユニットに分割されており取扱いの容易なものとしている。インバータの外観を図 10. に示す。

図 11. に力行・回生の運転状態を示す。

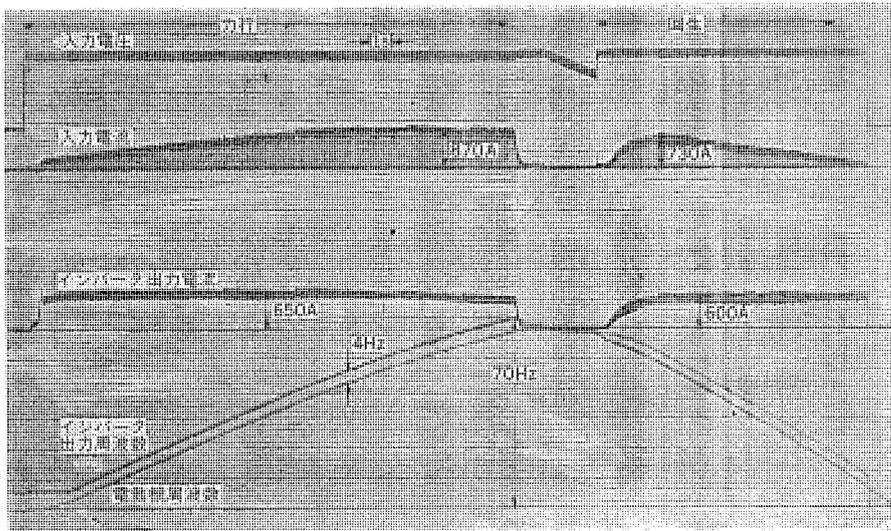


図 11. インバータによる電動機運転波形

動機・直角カルダン方式とすることによりこれを可能とした。

- (2) 8角形状の誘導電動機とすることにより、外径寸法を丸形より縮め、外径さしわたしを 500 mm とした。
- (3) 冷却方式は電車で主電動機に一般的である自己通風式とし、風取りカバーは台車との競合をさけるため左右に設けている。
- (4) 絶縁はH種で、定格すべりは 3% とした。
- (5) その他、大容量誘導電動機と同様に、構造上種々の工夫により堅固な構造としている。

小形誘導電動機の外観を図 8. に示す。

#### 4. 2. 2 制御装置

主回路は 2 個の断流器、1 個の高速減流器より構成された起動及び保護回路、50~70 Hz 帯の交流を 0.7 A 以下に抑制するフィルタ回路 (8 mH のリアクトル、6,000  $\mu$ F のコンデンサより構成) 及び 3 相インバータ回路よりなる。インバータ回路は、2,500 V、400 A の逆導通サイリスタと 2,500 V、250 A の逆阻止サイリスタを各 1S-1P-6 A 用い、

## 5. む す び

以上のように大容量から小容量にわたる誘導電動機とそのインバータ制御装置の製作・試験を通じ、広範囲の貴重なデータを得ることができ、インバータ車両の実用化の目途を得た。

- (1) インバータの高調波電流の信号機器への影響
  - (2) トルク脈動と駆動装置・台車など機械系との関連
- などについては実車での確認を必要とし、近く現車実用試験にて検証を行う予定である。

エレクトロニクスは日進月歩であり、デバイスも今後ますます高性能化するとともに多様化してくるものと期待される。更に制御面においてはマイクロコンピュータの応用などにより制御性能の高性能化と機能向上が図れる。

これらの新しいデバイスを駆使し、電気鉄道関係者の夢である交流電動機駆動の車両の実用化に向け、たゆまぬ努力をする所存である。

## 参 考 文 献

- (1) 赤松ほか：サイリスタ高性能転流とその応用、三菱電機技報、47, No. 3 (昭 48)
- (2) 東ほか：パルス幅変調式インバータによる車両用主電動機の運転、三菱電機技報、51, No. 12 (昭 52)
- (3) 加我ほか：VVVF インバータによる車両用誘導電動機の駆動、52 年電気学会全国大会、1049
- (4) 宗行ほか：車両用誘導電動機のインバータ制御について (その 2)、53 年電気四学会連合大会、73
- (5) 小尾ほか：電気車用 VVVF インバータにおける誘導障害の評価、55 年電気学会全国大会、770

# 路面電车用高性能な主電動機と制御装置

三橋 英一\*・宗行 満男\*\*・田原 先\*\*・栗野 敏昭\*\*

## 1. ま え が き

高速大量輸送の新幹線が走り、省エネルギーに優れた回生ブレーキ付チョップ車が続々と生産される現状にあっても、路面電車には特有の技術があるとして開発の必要性が論じられている。また、エネルギー問題、環境問題あるいは交通渋滞などが都市交通のあり方を改めて考えさせる動機となって、軌道内への自動車の乗入れ禁止など路面電車を優先させる政策やワンマン運転、停留場の改善、待ち客への運行表示などの経営努力で路面電車の価値が高まり、その有用性の再認識がされるようになった。「もうこの路線は廃線にできない」との声を聞くに及んで路面電車の見直し気運が盛上がってきたと感じさせる。

この移り変わりを迅速にとらえられた(社)日本鉄道技術協会では20年に及ぶ新車製造の空白を急速に埋めるべく、軽快電車の要素開発委員会の設立を提唱され、昭和53年6月から3年プロジェクトで運輸省の指導のもとに学識経験者、鉄道企業者、車両関係メーカーよりなる開発委員会が設置された。この間、(財)日本船舶振興協会の補助金を受け、開発担当メーカーで新しい機器の開発試作が行われた。当社は高性能制御装置の部門を担当し、主電動機及びチョップ制御器を開発試作して社内負荷装置と組合せた各種実験を行い、更に広島電鉄(株)での実用走行に供して貴重なデータを得ることができた。

また、時期を同じくして長崎電気軌道(株)向け単車版軽快電車用の前記電機品を新たに製作納入したが、乗客及び運転関係者の好評を得ている。

新幹線や地下鉄車両用電機品の設計製作技術を背景にして路面電車用としてどのように計画し、設計し、どのような成果が得られたかについて紹介し各位の御参考に供する。

## 2. 開発の目標と設定

路面電車の有用性が見直される気運が高まってきた現在、残された車両を見てまず驚かされるのは次のことである。

- (1) 最も古い直接式制御器が依然として大切に使用されている。
- (2) 技術の進歩で作られたPCCカーや間接自動進段のカム式制御器は破棄処分されている。

この現実を、これからの路面電車用制御装置はどのような機能や扱いのものにすべきであるかを教えてくれていると解釈した。このため今回の開発を担当するに当たり目標を次のように設定した。

- (1) 路面走行に適合した特性を持ち、軽量小形高性能台車に装架できる主電動機であること。
- (2) 路面走行に適合した操作の単純な制御性能を持ち、構成が簡素で理解しやすく、保守も容易な制御装置であること。

これに基づき、機器の小形軽量に特に努力するとともに性能的には次のような主電動機、制御装置を開発することにした。

- (1) 粘着性能が良いモノモータ方式とする。
- (2) 連節車用の2台の主電動機は、良好な粘着性能が得られる並

列独立制御とする。

(3) チョップ制御を採用し、主電動機のトルクは無段階連続に制御する。

(4) 制御の応答は直接式と同感覚な速応性を持たせる。

(5) 弱め界磁制御、力行一回生ブレーキの切換えは無接点構成とし、ひん(頻)繁な扱いに耐えるものにする。

(6) マスコンロッチによる加速度も選定できるようにして、操作の任意性を大きくする。

## 3. 車両の主要諸元

軽快電車として開発された主要構成要素を組込んだ3車体連節車及

表 1. 車両の主要諸元

形 式	全金属製 8 軸 3 車体連節電動客車	全金属製 2 軸ボギー電動客車
編 成	A(電動車) C(中間車) B(電動車)	単 車
軌 間	1,435 mm	1,435 mm
電 気 方 式	DC 600 V	DC 600 V
運 転 性 能	最高速度 80 km/h 加 速 度 2.65 km/h/s (180% 乗車) 減速度(常) 3.5 km/h/s (非) 4.5 km/h/s	最高速度 60 km/h 加 速 度 3.0 km/h/s (180% 乗車) 減速度(常) 3.5 km/h/s (非) 4.5 km/h/s
台 車	端台車： 電動台車 (1モータ) (2軸駆動) 中間台車： 付随台車 (連節台車)	電動台車 (1モータ) (2軸駆動) 付随台車
駆 動 装 置	防音車輪(中空軸) 空気ばね式枕ばね 緩衝ゴム式軸箱支 持 ディスクブレーキ	防音車輪(中空軸) 空気ばね式枕ばね 緩衝ゴム式軸箱支持 ディスクブレーキ
駆 動 装 置	直角カルダン駆動 平行リンク式 継手	直角カルダン駆動・平行リンク式 継手
歯 車 比	47/8=5.875	51/8=6.375
主 電 動 機	直流複巻・界磁制御用巻線付き・ 8 角枠自己通風式(両軸駆動) (120kW 600V 225A 1,800rpm) × 2 台	直流直巻補極巻線付き・8 角枠自 己通風式(両軸駆動) (120kW 600V 225A 1,800rpm) × 1 台
制 御 方 式	回生ブレーキ付チョップ制御・応 荷重装置付 1 軸両手ハンドル力 行一ブレーキ制御主幹制御器 デ ッドマン装置付き	チョップ制御・応荷重装置付き 1 軸両手ハンドル力行一ブレーキ 制御主幹制御器 デッドマン装置 付き
ブ レ ー キ 方 式	電気指令段制御式電磁直通空気ブ レーキ(液圧変換) 回生ブレーキ 補足・応荷重装置付き・保安ブ レーキ装置付き	電気指令段制御式電磁直通空気ブ レーキ(液圧変換) 応荷重装置付 き・保安ブレーキ装置付き

\* 本 社 \*\* 伊丹製作所

び同技術を活用して製作された単車主要諸元を表 1. に示した。

#### 4. 高性能な主電動機

##### 4.1 路面電車用主電動機の条件

路面電車用として最適な主電動機であるためには、以下の条件を満たさねばならない。

- (1) 最高速度が高く、高い加減速度を得るのに十分な容量をもつこと。
- (2) 小形軽量であること。特に路面電車は車輪径が小さいため外径寸法が小さくなければならない。
- (3) 省エネルギーであること。
- (4) 低騒音であること。
- (5) 信頼性が高くメンテナンスフリーであること。

##### 4.2 設計上の特長

今回製作された路面電車用の主電動機は、上述の条件を満たすため種々の点に留意された設計となっているが、それらについて以下に詳述する。

##### (1) 容量について

連節車及び単車において、表 1. のように高い速度及び高加減速度を得るため、主電動機容量は 120 kW となっている。

また、粘着性能の向上のため 1 制御器 1 電動機方式を採用し、主電動機電圧は 600 V としている。

##### (2) 小形軽量化について

(a) 車輪径の小さい車両の台車の各軸に小容量の主電動機を装荷する場合、 $\phi$  比が十分とれず主電動機の構成が難しくなり、また台車の軸間距離も伸びて重量増となる。このため直角カルタ方式を採用して  $\phi$  比を十分取り、大容量の主電動機を 1 台車に 1 台装荷して両軸を駆動する モノモータ方式とした。

(b) 電動機形状を 8 角とし、従来の丸形電動機より外径寸法を縮小し、主電動機下面と路面との間隔を十分確保した。

図 1. に 8 角形電動機の界磁断面を示す。8 角形電動機では、丸形で利用できなかった 4 角の空間をうまく利用することにより、丸形電動機に比べ外径寸法を約 10% 縮めることが可能となる。

##### (3) 省エネルギーについて

省エネルギーの観点から、チョップ制御が採用されている。また連節車両では、起動時に大きな引張力が得られ、速度が上昇するに従い自動的に弱め界磁となる AVF (自動可変界磁) 制御方式が採用されており、主電動機界磁には、直巻巻線のほかに界磁調整巻線が設けられている。

##### (4) 低騒音について

通風方式は電車用主電動機に一般に採用されている自己通風式であるが、主電動機騒音の中では通風音が最も大きい。今回の主電動機では、ファン羽根径と排風孔の距離や羽根形状などに工夫を凝らし、通風音も低減し主電動機の低騒音化を達成している。

##### (5) 信頼性の向上とメンテナンスフリーについて

(a) 絶縁は連節車用には F 種、単車用には H 種で構成されておりそれぞれ三菱式無溶剤形 レジン が用いられ、耐熱性、信頼性の高いシステムとなっている。

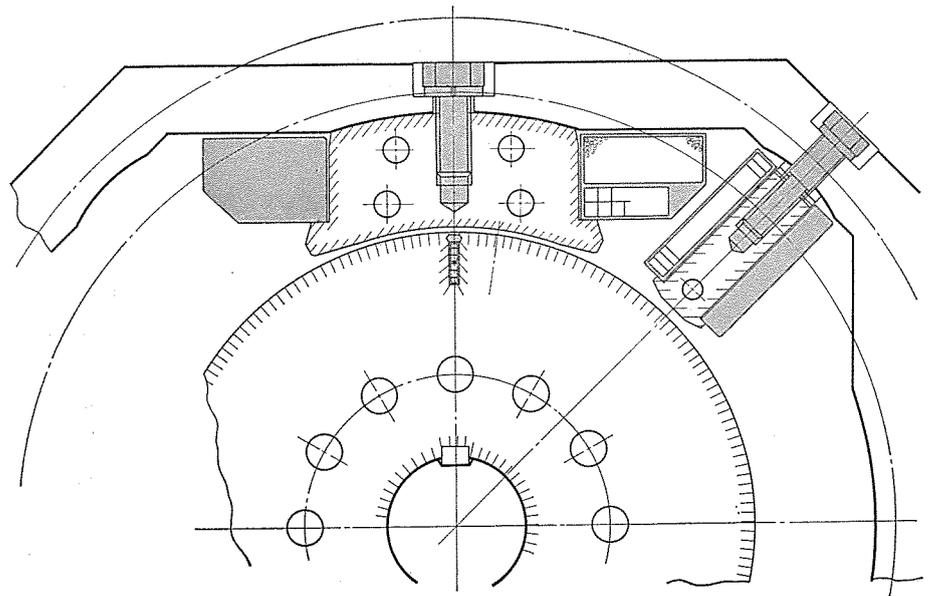


図 1. 主電動機界磁設計図

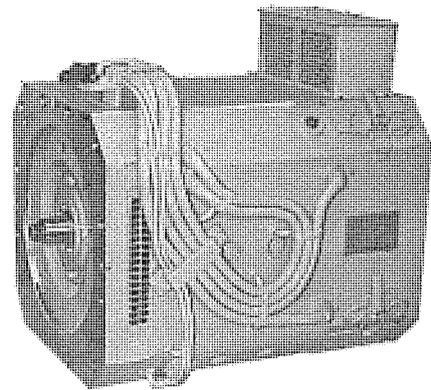


図 2. 主電動機の外観

(b) 外径寸法の小さな電動機にもかかわらず、長尺ブラシを採用し保守周期の延長を図っている。また、ブラシ位置をずらすことにより点検を容易にしている。

(c) 軸受については整流子側は玉軸受、反整流子側はコロ軸受であり、いずれの軸受もグリス密封構造を採用して保守周期の延長を図っている。

(d) 風取カバーは、主電動機の上面に設けられておりフィルタ効果が高く、またその着脱も容易となっている。主電動機の外観を図 2. に示す。

#### 5. 高性能な制御装置

##### 5.1 連節車用チョップ制御装置

前述した目標を満足できる路面電車に最適な制御装置として、次の方式を採用した。

##### (1) 再生ブレーキ付チョップ制御

省エネルギーの面及び乗心地の向上を図るために、路面電車では初めて再生ブレーキ付チョップ制御方式を採用した。

チョップ装置の主な仕様を表 2. に、主回路つなぎ図を図 3. にそれぞれ示す。粘着性能を考慮して、図 3. に示すように 2 台の主電動機は、並列独立制御とした。この 2 台のチョップはフィルタを共用し

表 2. チョップ装置の仕様

項番	項目	仕様
1	制御容量	直流複巻電動機 (120 kW, 600 V, 225 A) 最大制御電流 (380 A)
2	制御方式	加速度 定電流制御 止めノッチ 通流率固定による電圧制御
3	電流制御方式	定周波平均値制御
4	界磁制御方式	力行 自動可変界磁制御 制動 一定弱界磁制御
5	チョップ方式	直列消弧反発パルス方式
6	チョップ周波数	チョップ(単相) 243 Hz フィルタ部(合成周波数) 486 Hz
7	冷却方式	強制風冷

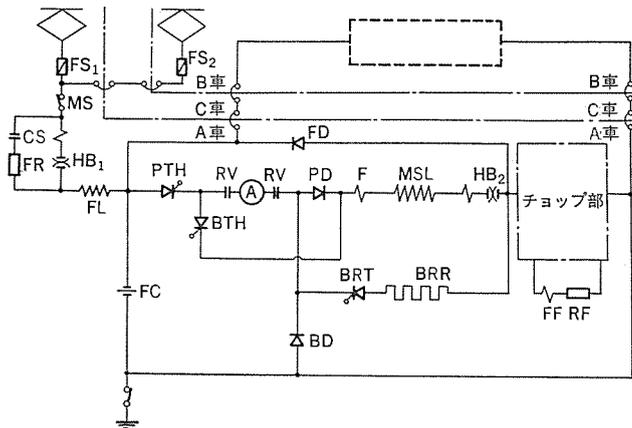


図 3. 主回路つなぎ略図 (連節車用)

ており、その点弧位相を 180° ずらしている。したがって、フィルタ部から見た周波数は 1 台のチョップ周波数の 2 倍 (486 Hz) となっている。

(2) 光ファイバ伝送

連節車両間に制御信号を伝送するために、軽量で電磁誘導障害に強い光ファイバ伝送を適用した。伝送速度 2 Md/s (メガビット/秒) でチョップ制御装置間を 1 対の光ファイバを介して、制御信号を双方向に伝送する。制御信号は、チョップ素周波同期信号・過電圧のデジタルと回生ブレーキトルク等価電圧のアナログ信号である。

(3) 制動転換器の無接点化

路面を走行するうえで、交差点における右折車に対する配慮あるいは渋滞時の自動車との協調運転を考えると、力行⇄制動の切換えは速やかに行う必要がある。

したがって、制動転換器はサイリスタによる無接点方式とした。すなわち、力行時はサイリスタ PTH が ON し、制動時は BTH が ON することにより力行⇄制動の転換を行う。

(4) スポットティング

(3) 項と関連して制動力の立上がりを速くするため、スポットティング方式を採用した。これは予備励磁装置を省略できることもねらったものである。

回生負荷が無い状態でも、スポットティングに必要な励磁電流が得られるように、発電制動回路も備えている。このとき、サイリスタ (BRT) が ON となり、抵抗器 (BRR) が発電抵抗として作用する。

(5) ノッチに対応した加速度・通流率

路面の走行に際し、自動車あるいは前の電車との車間距離を縮める場合などの運転を容易にするために、ノッチに対応させて加速度を選定できるようにしている。

(6) 低床式機器

軌道を走行する電車に比べて、路面を走行する場合床下機器の寸法は、より一層厳しい制限を受ける。したがって、チョップ装置箱・断流器箱などの低床化を図った。

(7) 自冷式リアクトル

フィルタリアクトルは、ぎ(鐵)装の都合上(据)え置きタイプとし、低騒音化のために自冷式とした。

主平滑リアクトルも同様に自冷式とした。

(8) AVF (自動可変界磁) 方式

4.2 節(3) に述べたように、AVF 方式を採用した。

5.2 単車用チョップ制御装置

単車の路面電車には機装スペース上、適用が難しいと考えられていたチョップ装置を、小形軽量化することによってとう(搭)載を可能にした。主回路つなぎ図を図 4. に示す。

力行専用チョップであるため制動転換器はなく、主回路は単純化され保守が容易となっている。

次にこのチョップ装置の主な特長を述べる。

(1) 小形フロン沸騰冷却

主回路用半導体 (サイリスタ) の冷却には、自冷式フロン沸騰冷却方式

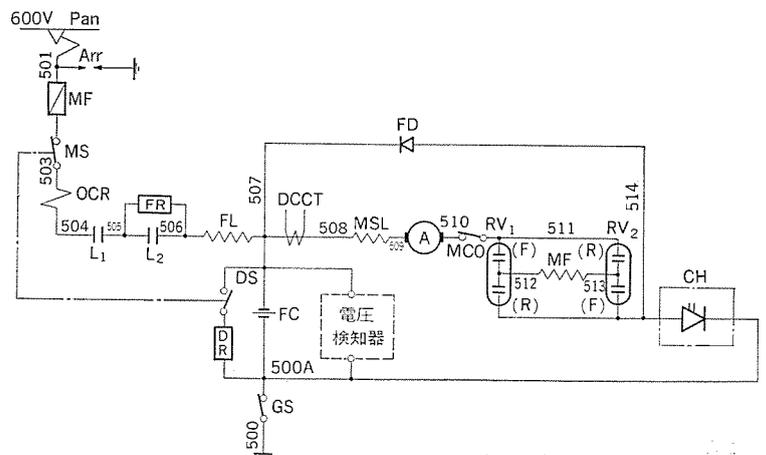


図 4. 主回路つなぎ略図 (単車用)

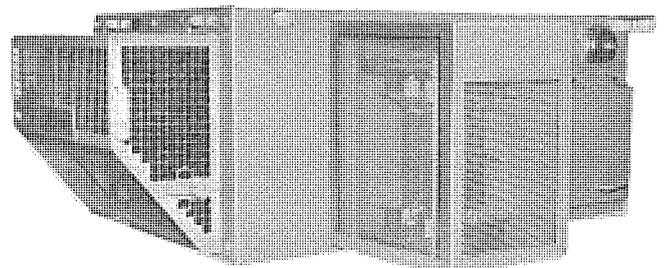


図 5. チョップ箱外観

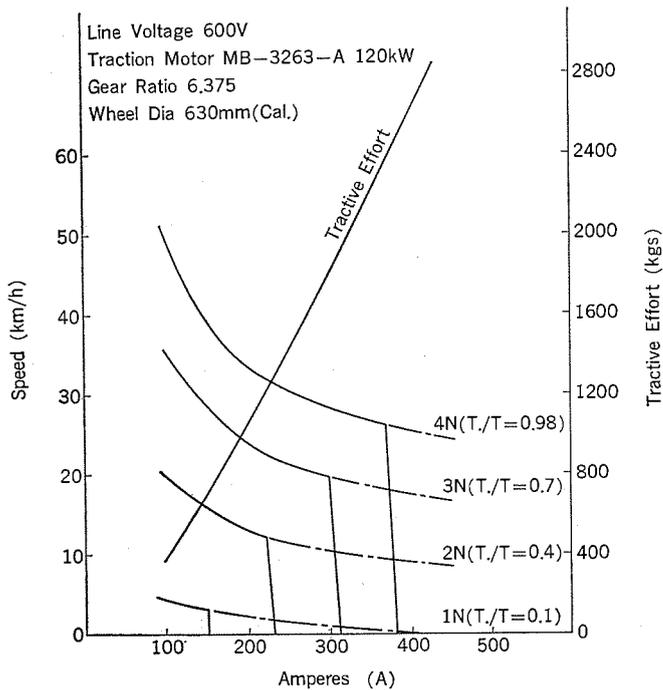


図 6. ノッチング曲線

を採用し、自冷式のリアクトルと共にチョップ装置は、すべて自冷化した。この結果、従来のチョップ装置に比べ保守性が向上している。チョップ箱の外形写真を図 5. に示す。

(2) 低周波数起動

チョップ制御により、粘着特性は向上され乗心地も良くなっているが、なお一層起動時の乗心地の向上を図るため、起動時チョップ周波数を変える低周波数起動を行っている。

(3) 離線検知

単車の場合パンタグラフは1つであるため、デッドセクションの通過を含めパンタ離線は避けられない。このため、離線の発生を検知するとフィルタコンデンサの充電抵抗器をそら(挿)入し、再印加によるフィルタコンデンサ電圧の振動を抑制している。

(4) ノッチに対応した加速度・通流率

連接車用チョップ制御装置と同様にノッチに対応して加速度が選定できるようにしてあり、今回は次の値に設定した。

1 ノッチ	加速度=0.75 km/h/s	通流率=0.1
2 "	" 1.5 "	" 0.4
3 "	" 2.25 "	" 0.7
4 "	" 3.0 "	" 0.98

この特性を図 6. のノッチング曲線を示す。

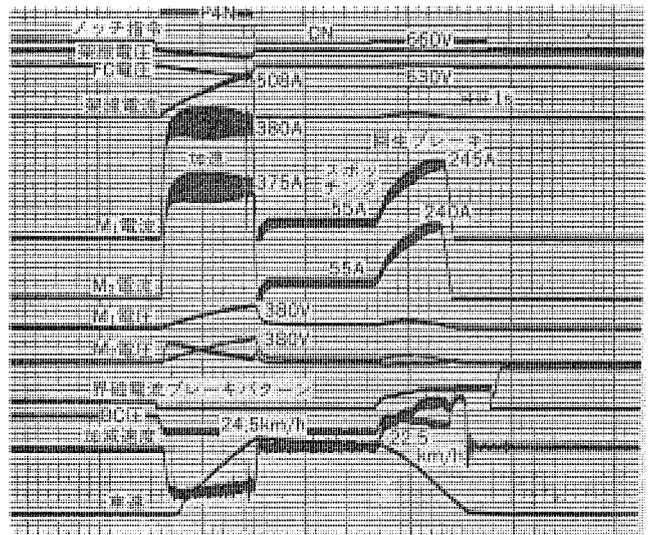


図 7. 走行試験実測例

6. 走行試験結果

3車体連節車と単車の軽快電車が完成し、それぞれ広島電鉄(株)と長崎電気軌道(株)の路線で現車試験が実施された。試験結果は共に期待どおりの成果を挙げており、種々の貴重なデータも得られた。今後の軽快電車の発展に大いに役立つものと期待される。

また、主電動機や制御器の信頼度あるいはメンテナンスフリーの効果については、これからのデータの蓄積を待たないと得られないが、今後の大きな課題であると認識している。

図 7. に3車体連節車での力行1括4ノッチ→スポッティング→回生制動のモード切替時の実測データを示す。

7. むすび

路面電車に使ってもらえる装置を設計、製作する経験を得たことは好運であった。20年余の空白を埋めることは容易ではないと覚悟しており、今後も多くの機会を得て知識や技術を伸ばしていきたいと念願している。広島、長崎の両軽快電車は市民に好感を持って受け入れられているとの評判であり誠に喜びにたえない。

終わりに今回開発の機会を与えていただき、3年間にわたって終始御指導を賜った関係各位に深く感謝の意を表す。

参考文献

- (1) 三橋ほか：鉄道サイバネティクス、シンポジウム No. 17-53 軽快電車の制御 (昭55-11)
- (2) 日本鉄道技術協会：軽快電車の構成要素の開発研究報告書 (昭55-3)

# 福岡市高速鉄道建設局納め事故電流波形伝送装置

中須暉雄\*・赤塚和禧\*\*・矢野哲雄\*\*・有村慎一\*\*

## 1. ま え が き

電鉄変電所の近代化・集中制御化と共に変電所の運転・保守は最少限の人員でもって行われているが、更に事故の早期復旧・機器のメンテナンスの効率化などに有効に対処する必要がある。従来は各変電所ごとに現地に事故電流波形記録装置を設置して波形観測を行い、事故解析を行ってきた。しかし、従来の方式では観測データの収集が煩雑であり、また各変電所ごとに記録装置を設置するので設備費が高価であった。これらの対応機器として福岡市高速鉄道建設局に納入した事故電流波形伝送装置は、事故発生時に自動的に事故波形を送信し中央電力指令所に設置した記録装置で各変電所の波形記録を行う遠隔計測装置である。

## 2. 適用対象

電鉄変電所設備の中で今回は、き電回路の事故電流計測を行うことにした。き電回路は電車に電力を供給する回路であり、図1.で示すように2変電所にわたって直流高速しゃ断器54Fで接続されている。事故発生時には保護装置50Fの動作によりしゃ断器は事故電流をしゃ断し開放する。この時のしゃ断電流値はしゃ断器の寿命に関係し、しゃ断電流が大きい程しゃ断器の寿命は縮まる。この装置は事故しゃ断時の電流値を高速度でA/D変換し、電力指令所へデジタル伝送し、更にD/A変換して電磁オシログラフで記録するものであり、き電区間両端のしゃ断器の電流波形の波形比較により、き電回路の事故現象の解析に用いるものである。計測量は、1変電所当たり8量とし、4変電所の同時観測ができる。

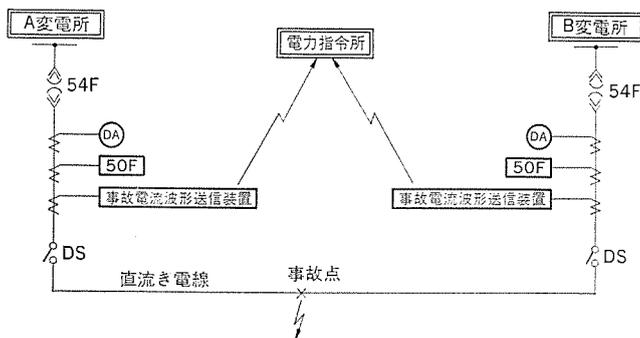


図1. 直流き電系統図

## 3. 事故解析の方法

事故解析は記録された波形から、(1)事故地点の標定、(2)最大事故電流の予測、(3)事故しゃ断時間の測定ができる。図2.は事故電流波形説明図であり、A変電所とB変電所のき電区間両端のしゃ断器の電流変化を示している。

### 3.1 事故地点の標定

事故地点は、き電区間の事故時の事故電流分布によって決定される。

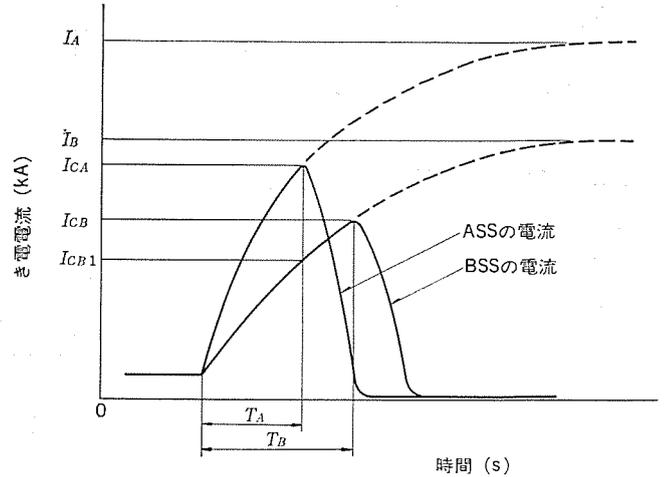


図2. 事故電流波形説明図

$$A \text{ 変電所から事故地点までの距離 } d_A = \frac{I_{cA}}{I_{cA} + I_{cB1}} \times d_{AB}$$

$$B \text{ 変電所から事故地点までの距離 } d_B = \frac{I_{cB1}}{I_{cA} + I_{cB1}} \times d_{AB}$$

$d_{AB}$ : A変電所, B変電所間の距離

### 3.2 最大事故電流の予測

最大事故電流は変電所内部抵抗  $R_A$ ,  $R_B$ , き電電圧  $E_A$ ,  $E_B$ , 事故地点までの線路抵抗  $r \cdot d_A$ ,  $r \cdot d_B$ , 事故点のアーク電圧  $E_a$ , 接地抵抗  $R_a$ ,  $R_b$  により決定される。

$$A \text{ 変電所の最大事故電流 } I_A = \frac{E_A - E_a}{R_A + r \cdot d_A + R_a}$$

$$B \text{ 変電所の最大事故電流 } I_B = \frac{E_B - E_a}{R_B + r \cdot d_B + R_b}$$

### 3.3 事故しゃ断時間

事故しゃ断時間は波形より読取ることができる。

$$A \text{ 変電所の事故しゃ断時間} = T_A$$

$$B \text{ 変電所の事故しゃ断時間} = T_B$$

## 4. 事故電流波形伝送の方法

事故発生からしゃ断器開放までの時間は通常 20 ms 程度要する。また事故は突発的に発生するため、事故電流波形計測では被計測電流を高速度で常時サンプリングし、A/D変換してメモリ（以下アナログメモリと呼ぶ）に格納しておき、事故発生によりサンプリング及びA/D変換を停止し、アナログメモリの内容を順次D/A変換して記録計で記録する手法がとられる。今回納入した事故電流波形伝送装置は送信部・受信部にそれぞれアナログメモリを具備し、この間を伝送回線接続器で接続する方法を採用した。

## 5. 事故電流波形伝送装置のH/W構成と機能

この装置は変電所に設置した電流検出器、送信装置（送信架）及び

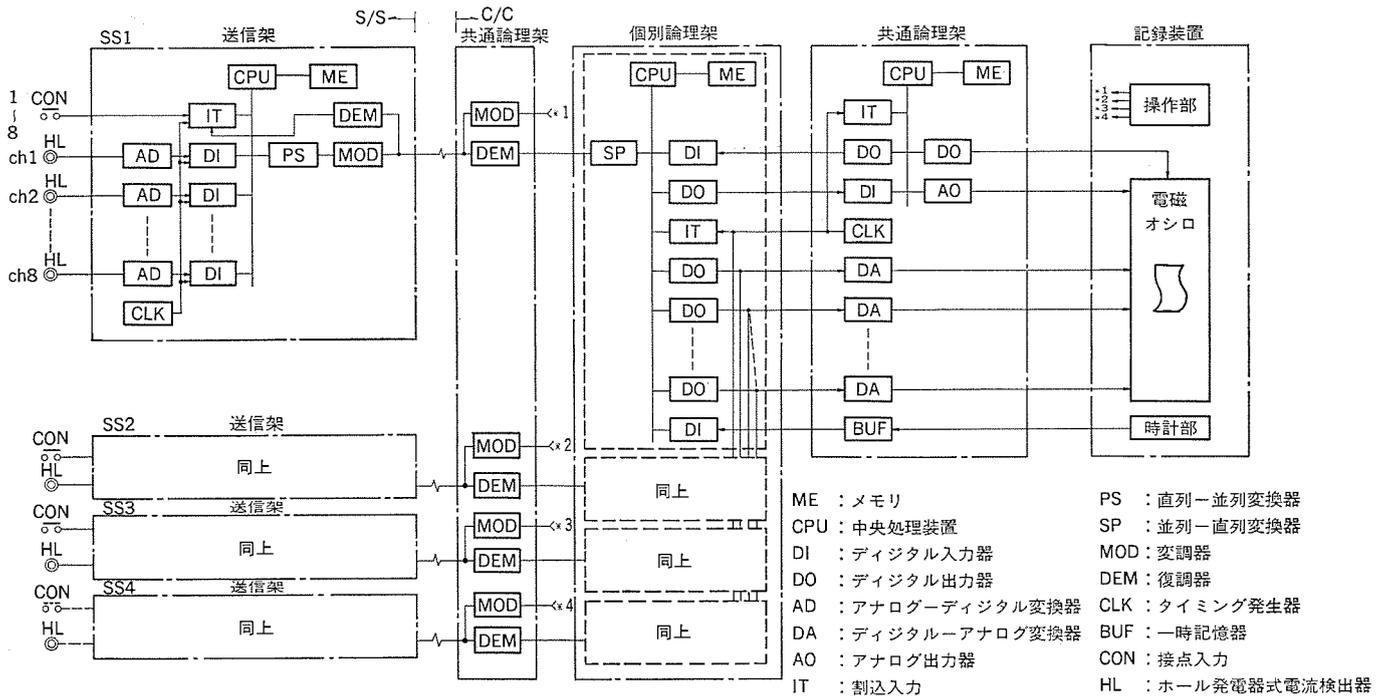


図 3. 事故電流波形伝送装置構成図

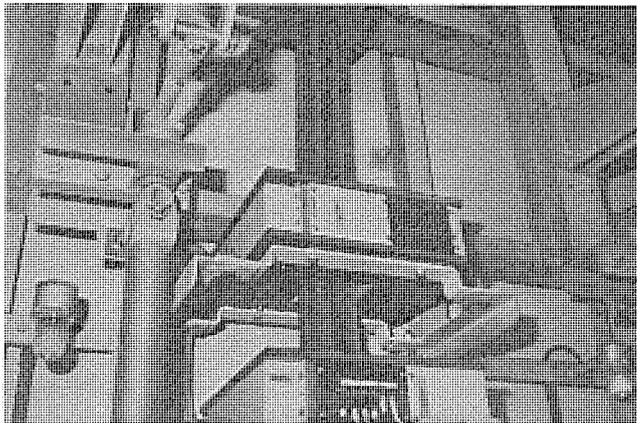


図 4. ホール発電機式 CT

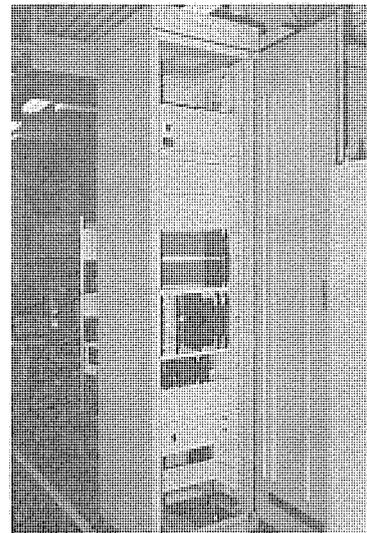


図 5. 送信架

中央電力指令所に設置した受信装置（個別論理架）、受信制御装置（共通論理架）、記録装置によって構成される。図 3. に構成を示す。電流は電流検出器によって微小電圧に変換され、送信架に内蔵された A/D 変換器により 2ms ごとにデジタル 8 ビットに変換されアナログメモリに格納される。主配電盤からの事故発生によりアナログメモリの更新は停止し、伝送符号フォーマットに従った伝送符号に変換され送られる。個別論理架では符号受信を開始すると受信開始時刻を讀取る。と同時に受信データをアナログメモリに格納する。符号受信が終了すれば、共通論理架に対し記録要求信号を出力する。共通論理架では 4 変電所から送信されてくる受信データを 1 台の記録計で記録するために各変電所ごとの記録要求に対する記録受付の判定と記録計の駆動制御を行う。以上の動作により、この装置では被計測電流のサンプリング時間、伝送時間、記録時間を無関係とした。なお、送信架・個別論理架・共通論理架とも、マイクロプロセッサを主要構成要素とした《MELFLEX 400》で構成されている。

### 5.1 電流検出器

電流検出器には電磁式 DCCT とホール発電器式 CT がある（図 4.）。電磁式 DCCT は応答時間が遅く、事故電流の変化に追従しないがホール発電器式 CT は十分追従することが確認されている。したがって、ホール発電器式 CT を採用した。

### 5.2 送信架

#### 5.2.1 送信架の構成

送信架は CPU・メモリ・割込入力・高速 A/D 変換・デジタル入力・入力タイミング発生・並直列変換・変調器の各モジュールで構成されている（図 5.）。A/D 変換速度は 187.5  $\mu$ s であり、サンプリング周期は 2ms である。サンプリング周期時間の変動は再生波形を悪化させるので水晶発振器によりサンプリング信号及びデータ読み込み信号を生成し、CPU に割込信号を発生させ、一定周期で A/D 変換データを読み込むようにし、再生波形の精度を保った。また、アナログメモリとしては

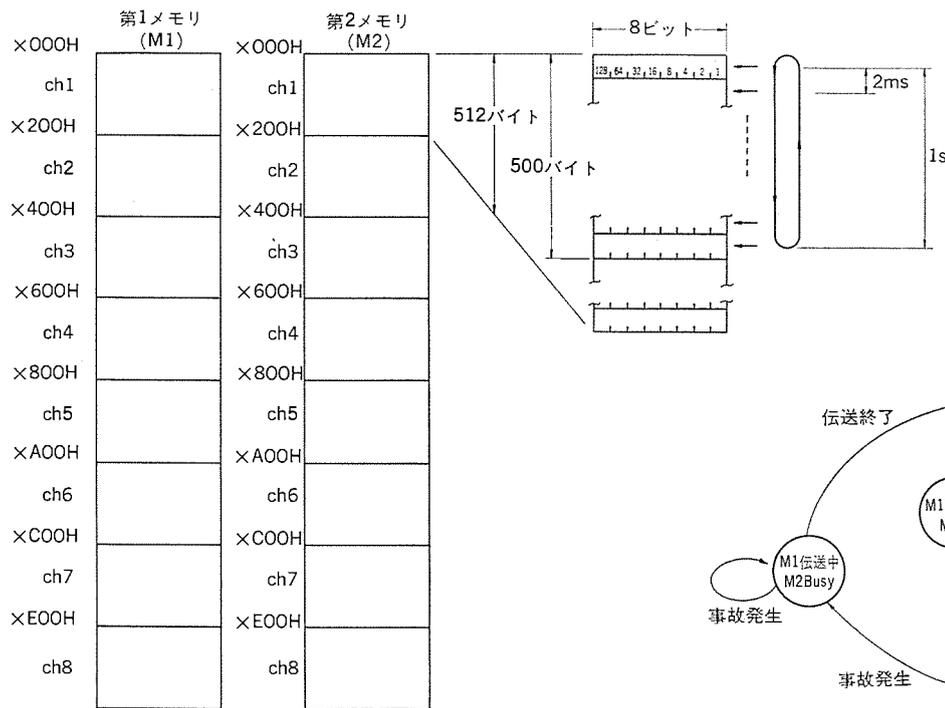


図 6. 送信アナログメモリの構成と遷移図

《MELFLEX》の標準メモリであるコアメモリを採用し、専用のアナログメモリ装置は持たせなかった。

### 5.2.2 送信架の機能

送信架は次の機能をもつ。

(1) き電回線 8 回線の電流を 8 個の A/D 変換器で同時に A/D 変換し、送信用アナログメモリに格納する。

(2) 事故発生の割込入力に対し、送信アナログメモリの書替えを停止し、事故発生前 1s 前のデータから順次送信する。送信起動は次の割込要因が発生した時に行う。

- (a) 54F 自動しゃ断
- (b) 50F 動作
- (c) 連絡しゃ断受信
- (d) 電力指令所からの手動起動

(a)~(c)は事故発生の割込要因である。ただし、事故発生時のデータ送出は電力指令所からの手動起動より優先としている。

(3) 送信アナログメモリの状態判定を行う。

### 5.2.3 送信アナログメモリの構成

送信アナログメモリの容量は、(1)事故発生前のデータ記憶時間、(2)サンプリング周期、(3)連続事故受付回数、(4)測定回線数によって決まる。この装置は事故前のデータ記憶時間 1s、サンプリング周期 2ms、連続事故受付回数 2 回、測定回線数 8 回線としている。すなわち、送信データメモリの容量は 8 Kバイトである。また、送信アナログメモリは非同期で入力してくる事故発生入力に対し、常時サイクリックに更新しておく必要がある。図 6. に送信アナログメモリの構成とメモリ状態遷移を示す。この装置では連続事故受付回数 2 回としているため、送信アナログメモリは 4 Kバイトのメモリ 2 個で構成され、事故発生及び伝送終了のメモリ遷移要因により第 1メモリ・第 2メモリの状態は図示した遷移を行う。

### 5.3 伝送方式

この装置は対向方式を (1:1)×4 としており、4 変電所の事故記録ができる。また、符号方式は電気学会通信専門委員会において制定された「サイクリック情報伝送装置基準」に準拠した CDT 方式とした。伝送速度は上がり 1,200 b/s(ビット/秒)、電力指令所からの手動起動信号 50 b/s であり、連絡線は 1 対向につき専用線 1P を使用している。図 7. に伝送符号フォーマットを示す。送信起動が無いときは監視ワードの送受信を行い、伝送装置の監視を行っている。また、送信起動により情報ワードの送受信を行う。情報ワードでは 1ワード当たり 2 サンプリングデータの送受信ができる。符号検定はパリティ検定と反転 2 連送照合を併用している。また、この装置では 1 回線の事故発生でも 8 回線の全データの送受信を行うようにしている。

### 5.4 個別論理架

#### 5.4.1 個別論理架の構成

個別論理架は受信ユニットを 4 ユニット 4 変電所分収納している(図 8.)。各受信ユニットは CPU、メモリ、直並列変換器、割込入力・デジタル入力・デジタル出力の各モジュールで構成されている。

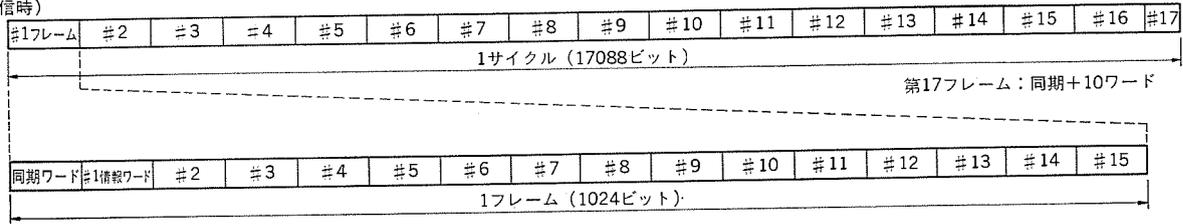
#### 5.4.2 個別論理架の機能

個別論理架は次の機能をもつ。

- (1) 符号検定、受信レベル監視、CPU 異常の監視により送受信回路の異常検出を行う。異常時のデータは 0 を記憶するようにした。
- (2) 受信符号の回線番号、アドレス番号に従って受信データを受信アナログメモリの該当アドレスに格納する。
- (3) 受信符号が監視ワードから情報ワードに変化した時点、又は受信符号のメモリ番号が変化した時点の時刻を受信時刻として読込む。
- (4) き電線 8 回線の全データを受信終了すれば受信時刻と記録要求を共通論理架に対して出力する。
- (5) 共通論理架より記録出力 OK の信号を受信すれば出力更新割込信号の入力ごとに 8 回線のデータを 1 バイトずつ順次出力する。

サイクル構成

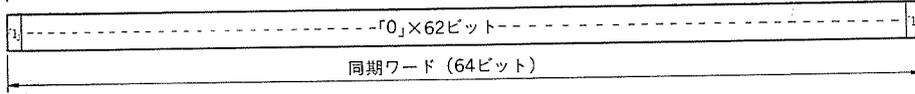
(単一チャンネル送信時)



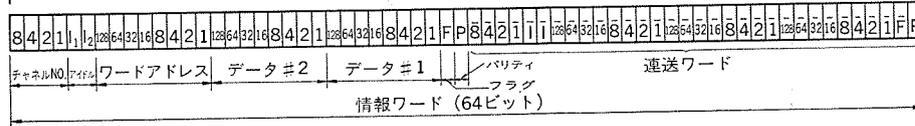
フレーム構成

ワード構成

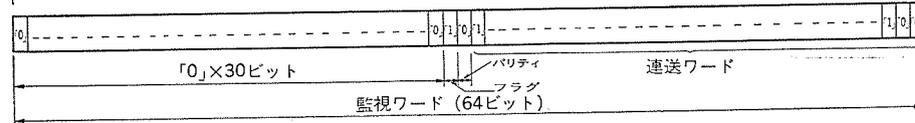
同期ワード



情報ワード



監視ワード



チャンネルNO. : A/Dチャンネル番号  
(1~8純2進)  
ワードアドレス : 伝送ワード番号  
(1~250純2進)  
データ#1 : ワード中の上位データ  
(0~255純2進)  
データ#2 : ワード中の下位データ  
(0~255純2進)  
アイドル : l<sub>1</sub>=1の時第1メモリ  
l<sub>2</sub>=1の時第2メモリ  
フラグ : F=1の時監視ワード

図 7. 伝送符号フォーマット

表 1. 受信アナログメモリ状態遷移表

No.	ステータス						遷移要因				備 考
	第1メモリ (M1)			第2メモリ (M2)			受信開始	受信終了	記録OK	記録終了	
	Busy	Rf	Wt	Busy	Rf	Wt					
①	0	0	0	0	0	0	→②	×	×	×	M1(空)M2(空)
②	0	1	0	0	0	0	→④	→③	×	×	(更新中) (空)
③	1	0	0	0	0	0	→④	×	→⑤	×	(記録待) (空)
④	1	0	0	0	1	0	→⑩	→⑩	×	×	(記録待) (更新中)
⑤	0	0	1	0	0	0	→⑦	×	×	→①	(記録中) (空)
⑥	1	0	0	1	0	0	×	×	→⑧	×	(記録待) (記録待)
⑦	0	0	1	0	1	0	→⑧	→⑤	×	→⑩	(記録中) (更新中)
⑧	0	0	1	1	0	0	×	×	×	→⑩	(記録中) (記録待)
⑨	0	0	0	0	1	0	→⑫	→⑩	×	×	(空) (更新中)
⑩	0	0	0	1	0	0	→⑫	×	→⑪	×	(空) (記録待)
⑪	0	0	0	0	0	1	→⑬	×	×	→①	(空) (記録中)
⑫	0	1	0	1	0	0	→⑭	→⑥	×	×	(更新中) (記録待)
⑬	0	1	0	0	0	1	→⑭	→⑭	×	→②	(更新中) (記録中)
⑭	1	0	0	0	0	1	×	×	×	→③	(記録待) (記録中)

注 Busy : 記録待, Rf : 受信・更新中, Wt : 記録中

(6) 受信アナログメモリの状態判定を行う。

5.4.3 受信アナログメモリの構成

受信アナログメモリの構成は送信アナログメモリと同じであり、容量は8Kバイトである。受信アナログメモリの個数は伝送時間と記録時間によって決まるが、この装置では伝送時間>記録時間としているので、受信アナログメモリは2個が良い。表1.に受信アナログメモリの遷移表を示す。メモリ状態遷移要因は、受信開始・受信終了・記録出力OK信号の受信、記録終了である。

5.5 共通論理架

5.5.1 共通論理架の構成

共通論理架はCPU・メモリ・割込入力・ディジタル入力・ディジタル出力

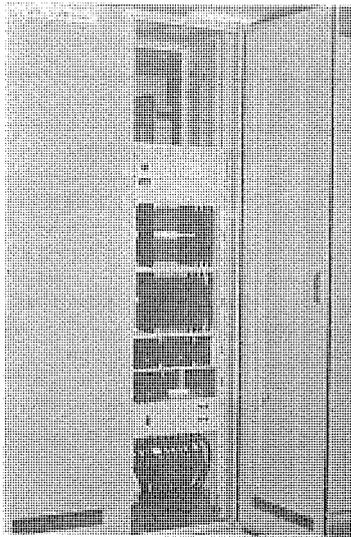


図 9. 共通論理架

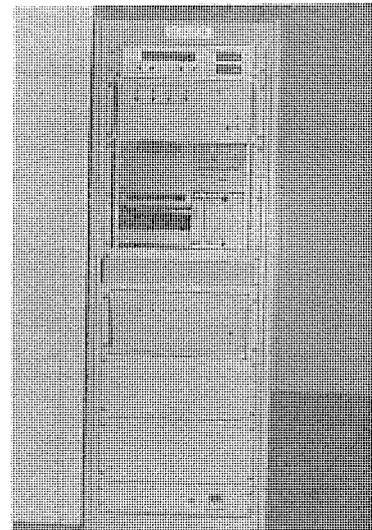


図 10. 記録装置

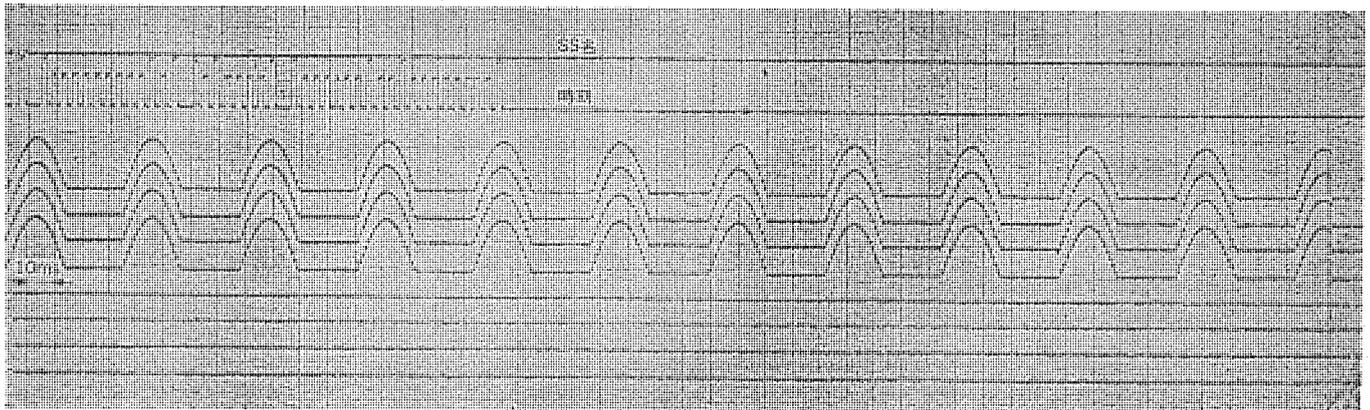


図 11. 記録波形

・D/A 変換器・時刻入力パルファ・出力タイミング発生・変調器・復調器の各モジュールで構成される(図 9.)。時計装置からの時刻信号は BCD 信号であり、時計入力パルファに入力し個別論理架の各受信ユニットに分配される。また、D/A 変換器は共用し 8 個設けた。なお、受信データの出力タイミングは 10 ms とした。すなわち、入力波形の 1/5 の速度で受信データは出力される。

#### 5.5.2 共通論理架の機能

共通論理架は次の機能をもつ。

- (1) 個別論理架の各変電所ごとの受信ユニットから出力される記録要求に対し記録出力する変電所を判定する。
- (2) 記録する変電所名及び受信時刻を記録フォーマットに従いパルスコードに変換する。
- (3) 記録計の起動・停止を行う。
- (4) 記録計の操作部から入力される手動起動信号を変電所へ送出する。手動起動信号は接点信号であり、50 b/s の変調器で変調される。

#### 5.6 記録装置

記録装置は時計部・操作部・絶縁増幅器・電磁オシログラフにより構成される(図 10.)。

##### 5.6.1 操作部

操作部では、(a)各変電所に対する手動起動、(b)送受信異常の警

報・表示、(c)電磁オシログラフの紙不足の表示ができる。

##### 5.6.2 電磁オシログラフ

電磁オシログラフは光源に長寿命のハロゲンランプを使用し、かつ電源投入後即時記録できるものを採用した。

##### 5.6.3 電磁オシログラフ記録フォーマット

電磁オシログラフには変電所名・受信時刻・き電線 8 回線の電流波形を同時に記録できるようにした。変電所名、受信時刻の記録フォームは 10 進直列コードとした。図 11. にこの装置による記録例を示す。図は波高値 1,000 A、周期 80 ms の半波信号を模擬入力したものである。

## 6. 装置の特長

事故電流波形の観測はこれまでに事故記憶式直流電流計・メモリコーダ・シャ断電流計測装置・シグナルディスプレイ装置などにより行われてきたが、これらはいずれも変電所ごとに設置していた。今回納入した製品は検出器と伝送装置を有機的に結合し、電力指令所で管理できるようにしたものである。以下にこの装置の特長を示す。

- (1) スタードプログラム方式によりアナログメモリを構成した。従来の装置はアナログメモリ・ダイナミックメモリなど、データメモリの専用装置が必要であったが、スタードプログラム方式を採用したため専用装置が不要になった。

表 2. 仕 様 一 覧

①ホール発電器式 CT

項 目	仕 様
定 格 1 次 電 流	DC 20 kA
定 格 出 力	DC 10 V, 負荷 3 kΩ
誤 差	直線性 ±1.5%, 温度特性 ±0.02%/°C
補 助 電 源	AC 210 V
形 式	据付形 (分割形)

- (2) 事故発生により符号伝送・記録を自動的に行う。したがって、事故が発生しても電力指令所からのデータ送信の呼出しは不要である。
- (3) 連続 2 事故の観測が可能である。事故発生後再閉路投入を行い、再閉路失敗しても対処できる。
- (4) 平常時の電流の記録ができる。電力指令所からの手動起動ができるので、電力行時の運転電流の観測ができる。
- (5) 記録装置設置台数が軽減できる。

7. 装置の仕様

表 2. に装置の仕様一覧表を示す。

8. む す び

この装置は昭和 55 年 9 月に福岡市高速鉄道の 姪浜・今川橋変電所に設置し、か(稼)働中である。受変電設備の保守・点検の自動化が強く望まれている現在、事故電流波形伝送装置は応用技術の進歩を一段と早める上でもその意義は大きい。今後は、 $\mu$ s オーダでの波形のサンプリング、処理装置との結合による事故解析などが課題となろう。最後にこの装置の開発・製品化に当たり、御協力・御指導いただいた福岡市高速鉄道建設局関係各位に感謝の意を表する。

参 考 文 献

- (1) 竹内：電気鉄道 No. 8, 31 号

②伝送装置

項 目	仕 様
伝 送 容 量	8 ch (直流き電線 8 回線)
対 向 方 式	(1:1)×4, ただし記録装置は 1:4
伝 送 方 式	電流波形サンプリングサイクリックデジタル方式
伝 送 速 度	1,200 b/s, ただし手動起動信号のみ 50 b/s
サンプリング周期	2 ms (ただし出力は 10 ms)
伝 送 デ ー タ 量	事故発生前 1 s 間 (500 サンプル) ただし 1 回線当たり 2 回分の事故データを記憶・伝送する
デ ー タ 分 解 能	8 ビット純 2 進符号
変 調 方 式	FS 変調方式
符 号 検 定	2 進送反転照合+パリティ

③記録装置

項 目	仕 様
記 録 形 式	電磁オシログラフ
光 源	ハロゲンランプ (記録時のみ点灯)
紙 送 り 速 度	0.4, 0.8, 2, 4, 10, 20, 50, 100 cm/s
紙 送 り 速 度 誤 差	±2%以内
ガルバノメータ周波数感度	DC~260 Hz
最 大 振 幅	40 mm

- (2) 治田, 渡辺：電気鉄道 No. 4, 33 号

- (3) 斎藤, 山本：電気鉄道 No. 5, 33 号

## 1. ま え が き

地下鉄は運行が安全、確実で、また外部に騒音とか振動などの公害を出さない点で都市交通として発達してきたが、乗客の増加、運行の増大に伴い地下鉄内の温湿度が上昇し、夏場では今や『蒸し暑さ』の代名詞ともなっている。この環境改善については、種々検討、実施され<sup>1)</sup>、その一環として車両冷房も検討されたが、日本の第3軌条方式地下鉄の場合、車両とトンネル並びに駅ホームの壁との空間が狭く(図1.に駅ホームの例を示す)、次の3つの問題、①冷房装置取付けスペースの問題、②室外熱交換器冷却風のショートサーキット問題、③冷房装置の排熱問題で、車両冷房による乗客への冷房サービスは今まで実施されなかった。

一方、地上では通勤電車<sup>2)</sup>やバスの冷房が普及し、乗客へのサービスが良くなったため、この第3軌条方式地下鉄の冷房も社会的要求となった。前述の冷房化に対する問題点は、次の3つの対策

- (1) 埋込式クーラー(車両屋根内に装置の大部分を埋める方式)の採用。
  - (2) 室外熱交換器冷却風の流れを、クーラー中央上部より吸込み車体側面へ流す方式とする(図5.参照)。
  - (3) 車両からの排熱の少ないチョップ装置付車両の採用。
- により解消され、この地下鉄も昭和54年から冷房化が始まり好評を呼んでいる。本文では、A社に納めたCU74形ユニットクーラーとB社に納めたCU75形ユニットクーラーの概要を紹介する。

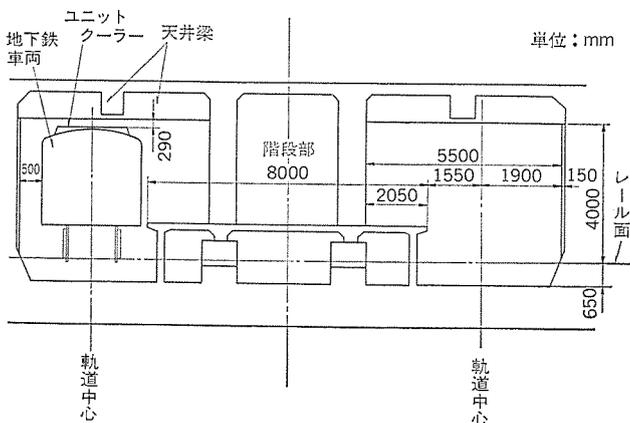


図1. 駅ホーム断面

## 2. 地下鉄車両冷房の前準備

### 2.1 概要

A社の車両にて、昭和46年よりあらかじめ、車体熱特性、換気量、車体振動などを測定調査し、また、昭和48年には冷房装置をとり(搭載できるように、冷風ダクトを装備した試作車両の諸特性を調査して、今日の冷房化へのデータ収集を行っている。

### 2.2 車体熱特性

車両客室内に、電熱器を置き、客室内空気をかくはん(攪拌)しながら車内温度が飽和するまで上昇させ、車体熱特性を調査した。冷房装置搭載の準備をした車両(18m車)の車体熱特性は、638 kcal/h/deg・cである。

### 2.3 換気量

CO<sub>2</sub>ガスを客室内に一様に分布するように放出し、JIS A 1406の屋内換気量測定方法(炭酸ガス法)に準じて、車両定置時、走行時などの各条件でデータ収集した。走行中の換気量は定置時の自然換気量の10倍以上と多く、ドアの開閉を条件に入れると、営業運転時は自然換気で十分換気されることがわかった。

### 2.4 車体振動測定

車両が走行するとき生じる振動を、車体中心床面上、車体中央天井及び車両端部天井(冷房装置が搭載される部位)の上下、左右、前後の各方向の車体振動を測定した。冷房装置を搭載する部位の振動は、一番振動の大きい上下方向で、加速度片振幅0.2g以下、振動数は35~60Hzの振動を測定した。

### 2.5 まとめ

以上の昭和46年からの諸データは、CU74形ユニットクーラーの設計資料として活用され、冷房能力40,000 kcal/h/両(標準条件時)もこのデータより算出されている。B社の場合は、車両が15m車と小さいこと、乗車人数がA社より少ないことより冷房能力は、25,000 kcal/h/両となっている。

## 3. 地下鉄車両冷房装置の特長

### 3.1 埋込式天井集中形ユニットクーラーの採用

第3軌条方式の車体は、車両限界が厳しいため、ユニットクーラーは図2.に示すように両車端の車両屋根下へ大部分を埋込む方式としている。したがって、ユニット全周のパッキンで、図3.のように車内と車外を完全にシールし、防水対策としている。なお、床下形のユニットクーラーは、床下は“ごみ”、“ほこり”が多く熱交換器が汚れやすい、ダクト回しが複雑になる、床下にクーラー取付けスペースが無いなどの点で採用されなかった。

### 3.2 ステンレス枠の採用

わく(枠)が屋根埋込方式で枠自身をドレンパンとしたので、雨水、ド

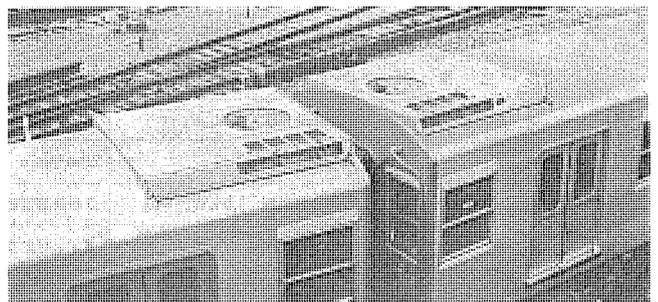


図2. ユニットクーラー搭載状況

\* 長崎製作所

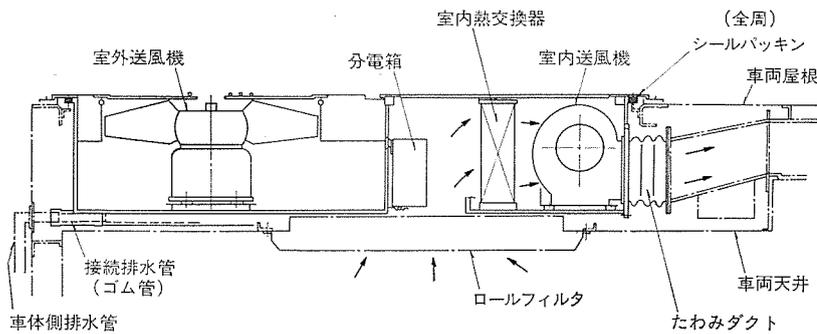


図 3. CU 74 形 ユニットクーラー 搭載要領

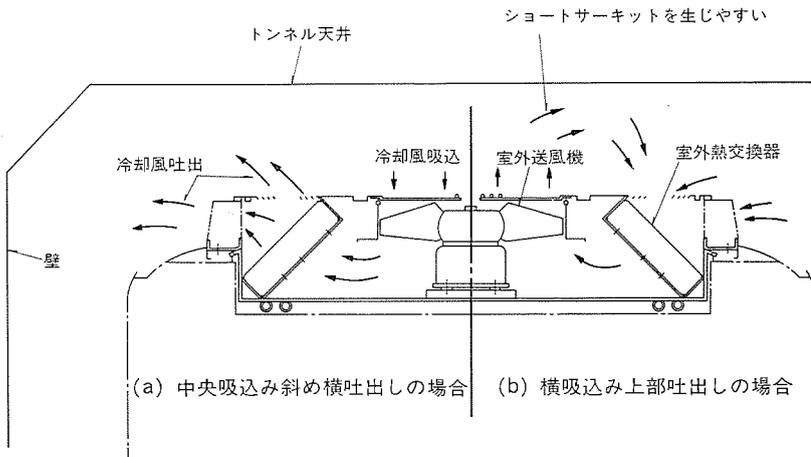


図 5. 室外熱交換器冷却風流れ

表 1. ユニットの仕様

	形 式	CU 74 形ユニットクーラー	CU 75 形ユニットクーラー
	ユ ニ ッ ト	電 源	主 回 路 3相 400 V 60 Hz 制 御 回 路 単相 200 V 60 Hz
冷 房 能 力		20,000 kcal/h 外気 33°C 室内熱交換器吸込空気 28°C, 65%	12,500 kcal/h 外気 33°C 室内熱交換器吸込空気 28°C, 65%
標 準 電 力		10 kW, 17 A	7 kW, 23 A
重 量		500 kg	305 kg
外 形 寸 法 (幅×高×長)		2,140×405×2,220 mm	1,670×370×1,830 mm
搭 載 台 数		2 台/両	2 台/両
圧 縮 機	形 式	電動機直結全密閉往復動式 2 台	電動機直結全密閉往復動式 2 台
	冷 媒	R 22	R 22
	電 動 機	3 相誘導電動機 2.5 kW, 2 極	3 相誘導電動機 1.5 kW, 2 極
室 外 熱 交 換 器	送 風 機 形 式	電動直結軸流形 1 台	電動直結軸流形 1 台
	風 量	180 m <sup>3</sup> /min	110 m <sup>3</sup> /min
	電 動 機	3 相誘導電動機 1.1 kW, 8 極	3 相誘導電動機 0.75 kW, 6 極
	熱 交 換 器	フィン付熱交換器	フィン付熱交換器
室 内 熱 交 換 器	送 風 機 形 式	電動直結遠心式 1 組	電動直結遠心式 1 組
	風 量	50 m <sup>3</sup> /min	28 m <sup>3</sup> /min
	電 動 機	3 相誘導電動機 1.0 kW, 4 極	3 相誘導電動機 0.4 kW, 4 極
	熱 交 換 器	フィン付熱交換器	フィン付熱交換器
搭 載 車 両	A社の 18m 車 定員 140 人 (中間車) 130 人 (先頭車) ライندリア 有		B社の 15m 車 定員 115 人 (中間車) 110 人 (先頭車) ライندリア 有, 排気扇 有

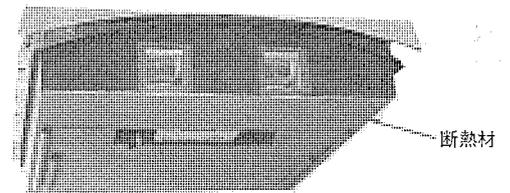


図 4. 断熱材取付け (CU 74 形 ユニットクーラーを下方より見る)

レン水が残留して腐食を起こさないように、枠はすべてステンレス鋼板を採用している。また、車両屋根下部の枠は、車内側の面に結露しないように図 4. の如く、断熱材をは(貼)り付けている。

3.3 室外送風機冷却風のショートサーキット対策  
室外送風機の風の流し方は、図 5. (a) に示すように、ユニットの上部から空気を吸込み、斜め横方向へ吹出すようにした。図 5. (b) のように横吸込み上部吐出しの場合は、トンネル天井、駅天井が低いのでショートサーキットを起こしやすいので採用していない。また、図 5. (a) のようにしてもショートサーキットが起こるチャンスがあるので、冷房サービスを良くするため、高圧開閉器は自動リセットを用い、一度高圧カットで冷房運転が停止しても、タイマで一定時間をカウントした後再び冷房開始するようにしている。

#### 3.4 ドレン水、雨水排水対策

従来の屋根上搭載形のユニットクーラーは、雨水、ドレン水とも、車両屋根上に排水できたが、この埋込形の場合は、これができず、図 3. に示すように、車両妻側へ排水管を接続し排水するようにした。

#### 3.5 室外送風機の低騒音化

地下鉄ホームでの音の反響を考慮して、室外送風機の低騒音化を行っている。CU 74 形ユニットクーラーの場合は、モータ極数を 8 極にし回転数を減らすことによって、CU 75 形ユニットクーラーの場合は、アルミダイキャスト翼形をもつ羽根車を採用することによって騒音を低くした。

### 4. 仕様と構造

#### 4.1 仕様

表 1. に、CU 74 形ユニットクーラーと、CU 75 形ユニットクーラーの仕様を示す。冷房能力は車両の大きさ、乗客定員の違いから、CU 74 形は 20,000 kcal/h、CU 75 形は 12,500 kcal/h であるが、どちらの場合も朝夕のラッシュ時には、冷房能力不足となるので車内長手天井中央に設置してあるライندリアを同時に運転して、乗客の涼感を上げている。この方法は、国鉄、私鉄の通勤車の場合と同じ考え方である。

#### 4.2 構造

CU 74 形、CU 75 形のカバーを付けた外観を図 6.、図 7. に示す。図 8. に、CU 74 形の外部カバーを除いた内部構造を示す。機器の構成配置は、CU 74 形、CU 75 形とも同じであるので、本文では CU 74 形の

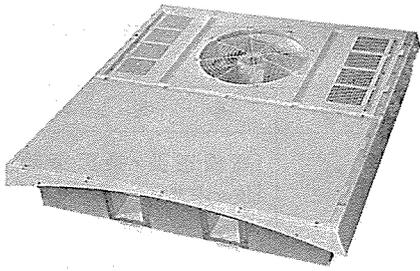


図 6. CU 74 形ユニットクーラー 外観

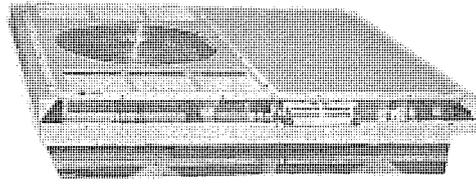


図 7. CU 75 形ユニットクーラー 外観

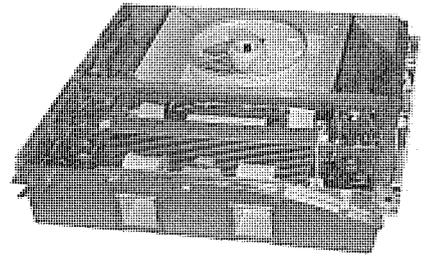


図 8. CU 74 形ユニットクーラー 内部構造

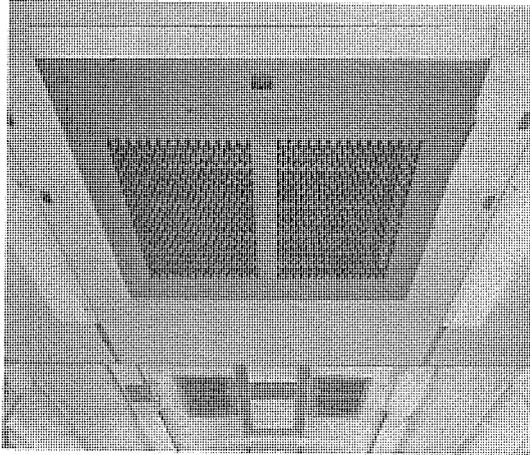


図 9. ロールフィルタ 取付状態

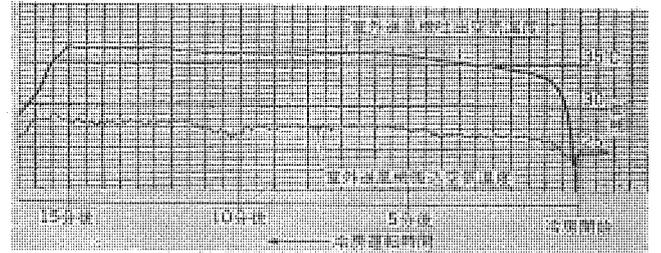


図 10. CU 74 形ユニットクーラーを駅ホームで運転した時の室外送風機吸込、吐出空気の温度変化 (車両、駅ホームに停車)

間以上としている。図 9. にロールフィルタ取付状態を示す。

## 6. 排熱影響の調査

車両を駅ホームに停車させ室外送風機の吸込空気温度と、吐出温度を測定したデータを図 10. に示す。冷房開始すると、ユニットクーラーより排熱が開始され、ユニットクーラー回りの空気温度は上昇するが、12~13 分経過するとほぼ温度上昇が飽和しているのがわかる。ユニットクーラーにとって一番条件の悪い車両の駅停車で、室外熱交換器の吸込空気温度は、2~3 deg・C の温度上昇にとどまっており、冷房運転には全く支障がないことが確認できた。

## 7. むすび

第 3 軌条方式の地下鉄も、社会の要求で車両の冷房化が要求されるようになったが、冷房装置からの排熱が地下の環境にどのような影響を与えるか、短時間のシミュレーションは検討されているが、長期的な環境を推定するには至っていない。現在はまだ、この地下鉄の冷房化が始まったばかりであるが、今後ますます冷房化が進められることを考え、できるだけ無駄な排熱を減らす必要がある。そこで、今後は省エネ形のユニットクーラーの開発、マイコンを使用する最適な冷房システムの検討が必要になってくる。更に、地下の狭い条件であるために、室内外の低騒音化もなお一層要求が高くなっていくものと思われる。これらの諸問題について、過去の実績を踏まえより信頼性の高い、よりニーズにあった製品の製作に寄与する所存である。

## 参考文献

- (1) 加勢：電力と鉄道，23，No. 9 (昭 48)
- (2) 和栗，杉山：三菱電機技報，48，No. 5，P. 570 (昭 49)
- (3) 井出：冷凍，54，No. 620 (昭 54)

例を記述することにする。枠組は室内側と室外側に分かれ、室内側に、圧縮機、室内熱交換器、室内送風機、高低圧開閉器、サーモスタット及び分電箱が収納され、室外側には、室外熱交換器と室外送風機が収納されている。冷媒サイクルは、互いに独立した 2 組の冷媒サイクルより成るが、室内熱交換器だけは構造的に一体となっている。それぞれの冷媒サイクルは、圧縮機、室外熱交換器、ろ過乾燥器、毛细管、室内熱交換器及び配管によって構成され、各機器及び配管はろう付接続の完全密閉形である。室内送風機は、多翼遠心式であるが室内熱交換器の風下に 1 組設置し、リターン口のロールフィルタで、ほこり、ごみをこされた車内の空気を室内熱交換器に導き、ここで冷風にして車内に送風している。ユニットクーラーと車体の配風ダクトの接続は、断熱材を施したタワミダクトで行い、車体とユニットの排水管の接続は、表面に断熱スポンジを施した接続排水管 (ゴム管) で行われている。これらの接続方法を図 3. に示す。

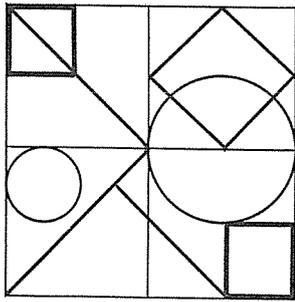
## 5. ロールフィルタ

ユニットクーラーのリターン口には、室内熱交換器の目詰まりを防ぐためエアフィルタが設置されているが、A 社、B 社ともに利用客が多く地下鉄内の空気中のゴミ量が多いので、清掃周期を長くしメンテナンス回数を減らすため、自動的に新しいろ (濾) 材を周期的に送り出すロールフィルタを採用している。このロールフィルタは、ユニットクーラーのリターン口直下の車両天井に設置されるので、乗客に圧迫感を与えないように、天井面からの出張りを極力おさえている。フィルタの濾材は、シーズン中は全くメンテナンスをしないで良いように濾材寿命を 2,100 時

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
1226816	位相制御回路	山本 悟	1230057	熱応動開閉装置	{高橋正晨・長沢英治 佐々木忠良
1226817	自動棚装置	小島敏男・和田精二	1230062	ウエザ-カバー	宍戸幸男
1226818	沸騰冷却装置	三金敏雄	1230063	高周波加熱器	{町原義太郎・池田宏司 慶野長治・田村邦夫
1226819	原子炉用の沃素測定装置	茂木健一・小田 稔	1230065	冷却装置	三金敏雄
1226820	電磁ブレーキの電気接触子	松井久義	1230066	オイルフェンス 巻取装置	矢野 勇
1226821	自動窓拭き装置	二本善一	1230067	計数器の窓部構造	元木義明・和田安司
1226822	同期電動機の起動装置	一ノ瀬与三郎	1230069	密閉形電動圧縮機の圧縮機本体 支持装置	竹田 茂・土屋邦彦
1226823	荷電粒子照射装置	石田国彦	1230072	密閉型電動圧縮機	吉田義雄・田中 満
1226824	通電加工用電鍍電極の制作装置	加藤 強	1230073	閉鎖形配電盤のインターロック装置	徳永光彦・斉藤好司
1226825	電離箱	美濃和芳文・奥田成明	1230074	車両用空気調和装置	杉山 勲
1228216	ジグザグミシンのカム 選択装置	辻本忠司	1230075	無接点 オフデレイ 負荷駆動回路	茂木 充
1228217	ミシンの模様縫用角板	本田英三	1230078	計数回路	福山敬治
1229420	密閉型電動圧縮機	笹原治男	1230079	一方向搬送装置	荒川 功
1229963	熱交換器	石黒 勉・鈴木太八郎	1230083	温水器の加熱装置	宮崎昭信・野村吉孝
1230006	タイムスイッチ 動作表示装置	{林 正之・新川成美 渡辺 隆	1230089	超音波洗浄装置	鳥山建夫
1230007	タイムスイッチの指針装置	林 正之・新川成美	1230091	車両用暖房装置	{近藤正司・日比野浩一 市村伸男
1230010	トランジスタの駆動回路	飯田隆彦・岩本英雄	1230094	エスカレータ 用閉鎖装置	中山正明
1230012	遅延パルス発生回路	福山敬治	1230097	懸吊型高速回転装置	竹下光夫・古石喜郎
1230013	信号入力回路	金子弘美・豊田武人	1230099	防火ダンプ装置	中村俊夫
1230014	温度制御回路	{富山勝己・藤井 学 會根原邦明	1230103	高周波増幅器の自動利得制御装 置	桂 正
1230016	自己復旧形電流制限装置	{広瀬 薫・実森俊夫 山本啓一	1230105	冷暖房装置	{成田勝彦・清水一朗 岩崎善彦
1230017	直流定電圧装置付学気装置	中村欽一	1230106	エレベータ 着床制御装置	加藤孝雄
1230019	電気機器収納箱	磯野政美	1230111	ジュワー 瓶	香崎銀博
1230020	車両用暖房装置	{町原義太郎・近藤正司 市村伸男	123656	ジグザグミシン	山田正和・藤田次郎
1230028	膨張形救命いかだにおける帯電 防止装置	織井勝男・猪熊 章	123658	水 スクラパー	岡野 紘
1230029	温水器の加熱装置	日比野浩一・三夜弘幸	123671	密閉形電動圧縮機	大日方興信
1230032	ヒンジ 装置	松井俊明・鈴木富勝	123684	単結晶作成装置	{池尾寛文・野田正一 武藤勝俊
1230036	接続ケーブルの断線検出装置	実松良次	123689	電子レンジ	慶野長治
1230040	開閉弁装置	安岡博敏	123710	誘導加熱装置	松尾 茂
1230041	エレベータの保守時運転装置	城 健次・原田長次	1234708	電動機のブラケット軸受	野口昌介
1230047	カートリッジ方式ビデオテープレコーダ	橋本公佑	1234709	電動機 ブラケット軸受	野口昌介
1230051	工具着脱装置	白浜健児・富永嘉浩	1234710	電動機のブラケット軸受	野口昌介
1230052	感熱装置	{高橋正晨・長沢英治 宇佐見忠	1234715	断路部を有する電気機器	土井正一
1230053	感熱装置	{長沢英治・宇佐見忠 鶴谷嘉正	1234718	負荷時タップ切替装置	外賀俊彦
1230054	熱応動開閉装置	{高橋正晨・長沢英治 鶴谷嘉正	1234719	半導体発光素子	西村征治・宮本雄二
1230055	熱応動開閉装置	{高橋正晨・長沢英治 佐々木忠良	1234724	キード AGC 回路	小島正典
1230056	熱応動開閉器	{高橋正晨・長沢英治 佐々木忠良	1234725	立て軸回転電機の油遅れ防止装 置	岡 祐輔
			1234729	電磁装置	大西正義
			1234732	コード吊り具	井上員成・武田輝明
			1234733	直流電源平滑回路	牧田秀之助

# 特許と新案



IC 化 螢 光 灯 ス タ ー タ (特許 第 715712 号, 第 763132 号)

発 明 者 赤 松 昌 彦

世界初の IC 化 螢 光 灯 ス タ ー タ を 昭 和 55 年 2 月 から 発 売 を 開 始 し た。こ の IC 化 ス タ ー タ の 開 発 の 基 礎 と な っ た 特 許 は、 昭 和 49 年 ~ 50 年 に 登 録 さ れ て い る。 以 下 そ の 特 許 を 紹 介 す る。

螢 光 灯 の ス タ ー タ に は、 グ ロ ー ス タ ー タ や ラ ピ ッ ド ス タ ー タ が 広 く 用 い ら れ て い る が、 グ ロ ー ス タ ー タ は 始 動 時 間 が 長 く、 グ ロ ー ラ ンプ の 寿 命 が 短 い 欠 点 が あ り、 ラ ピ ッ ド ス タ ー タ は 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 っ た。

こ の 発 明 は、 そ れ ら を 一 挙 に 解 決 し た も の で あ る。 図 1. は こ の 発 明 を 示 す 回 路 例 で、 (1) は 螢 光 放 電 灯、 (2) は 安 定 器、 (3) は 半 導 体 ス イ ッ チ で、 通 電 方 向 に 所 定 電 圧 以 上 印 加 さ れ る と タ ー ン オ ン し、 こ の タ ー ン オ ン 電 圧 は 電 源 電 圧 波 高 値 より 低 く、 点 灯 中 の 放 電 灯 の 毎 半 サ イ ク ル の 放 電 開 始 電 圧 より 高 く 選 定 さ れ る。(4) は 非 線 形 コ ン デ ン サ で、 チ タ ン 酸 バ リ ウ ム を 主 成 分 と し て 製 造 さ れ る。

図 1. に お い て、 電 源 電 圧  $e$  が、 図 示 正 方 向 で 半 導 体 ス イ ッ チ (3) の タ ー ン オ ン 電 圧 に 達 す る と、 そ の 電 圧 に 達 し た 位 相  $\theta_1$  で 半 導 体 ス イ ッ チ (3) が タ ー ン オ ン し、 電 流  $i$  が フ ィ ラ メ ン ト (11) を 通 っ て 流 れ 始 め る。 コ ン デ ン サ 電 圧  $v_4$  (即 ち 半 導 体 ス イ ッ チ (3) 及 び 放 電 灯 (1) の 電 圧) 及 び 電 流  $i$  の 波 形 を、 そ れ ぞ れ 図 2. (a), (b) に 示 す。 位 相  $\theta_2$  か ら、 電 流  $i$  は そ の 極 性 が 逆 に な る の で、 半 導 体 ス イ ッ チ (3) で 阻 止 さ れ、 非 線 形 コ ン デ ン サ (4) を 通 っ て 流 れ る。 こ の と き 非 線 形 コ ン デ ン サ (4) は、 電 源 電 圧 程 度 の 電 圧 で 飽 和 す る よ う に 選 定 さ れ て い る の で、 電 源 電 圧 近 傍 の 電 圧 に 達 し て か ら、 コ ン デ ン サ 電 流 ひ い て は 安 定 器 (2) の 電 流 が 急 激 に 減 少 す る。 こ の よ う に、 安 定 器 電 流 が コ ン デ ン サ (4) の 飽 和 に 伴 っ て し ゃ (遮) 断 さ れ る 結 果、 安 定 器 (2) に 高 い パ ル ス 電 圧 を 発 生 す る。 以 後 同 様 の 動 作 を 繰 返 す。

し た が っ て、 放 電 灯 (1) は 電 流  $i$  で 予 熱 さ れ て フ ィ ラ メ ン ト 温 度 が 上 昇 し、 図 2. (a) の 電 圧  $v_4$  の 負 パ ル ス 電 圧 で 放 電 を 開 始 す る。 放 電 開 始 後、 放 電 灯 電 圧 が 低 下 す る の で、 半 導 体 ス イ ッ チ (3) は タ ー ン オ ン せ ず、 し た が っ て パ ル ス 電 圧 も 発 生 し な い。 点 灯 中 非 線 形 コ ン デ ン サ (4) は 放 電 灯 (1) に 並 列 接 続 さ れ た 状 態 に あ る が、 そ の 静 電 容 量 が 小 さ い の で、 何 等 特 に 悪 影 響 は な く、 む し ろ 電 波 障 害 防 止 用 コ ン デ ン サ と し て 働 く。

図 3. は、 こ の 発 明 の 実 用 的 回 路 例 で、 (5) は ダイ オード、 (6) は 抵 抗 で、 ダイ オード (5) に 並 列 に 接 続 さ れ、 コ ン デ ン サ (4) の 充 放 電 電 路 に 直 列 に そ う (挿) 入 さ れ、 コ ン デ ン サ (4) の 電 流 方 向 に よ っ て 高 低 差 異 あ る イ ン ピー ダ ンス を 呈 す る よ う に な さ れ て い る。 こ の 回 路 は、 図 1. の 回 路 と 同 様 な 動 作 を し、 図 2. (b) の 位 相  $\theta_2$  以 後、 コ ン デ ン サ (4) が 図 3. に 示 す 極 性 に 充 電 さ れ る。 こ の 充 電 電 流 は ダイ オード (5) を 通 る の で、 図 1. の 回 路 と 全 く 同 じ よ う に 高 い 電 圧 ま で 充 電 す る。 コ ン デ ン サ (4) に 加 わ る こ の 高 い パ ル ス 電 圧 は、 放 電 灯 (1) に も 印 加 さ れ る の で、 放 電 灯 (1) は 放 電 を 開 始 す る。 次 に 正 方 向 半 サ イ ク ル で の 放 電 時 に お い て、 コ ン デ ン サ (4) が 抵 抗 (6) を 介 し て 充 電 さ れ る た め、

充 電 速 度 が 緩 や か に な る。 こ の 結 果、 放 電 灯 (1) の 正 方 向 放 電 開 始 電 圧  $V_s$  が 低 い 値 と な る。 そ し て こ の 正 方 向 放 電 開 始 電 圧  $V_s$  は、 半 導 体 ス イ ッ チ (3) の タ ー ン オ ン 電 圧  $V_{Bo}$  より も 充 分 低 い 値 に 抑 制 さ れ る。 即 ち  $V_s < V_{Bo}$  な る 関 係 に す る こ と が で き る。 こ の た め 半 導 体 ス イ ッ チ (3) に は、 パ ル ス 的 な 短 時 間 波 高 値 で タ ー ン オ ン す る こ と を 防 止 す る ゲ ー ト 回 路 を 持 つ 制 御 極 付 サ イ リ ス タ が 不 要 と な り、 簡 単 な 2 端 子 サ イ リ ス タ の 採 用 が 可 能 と な っ た。

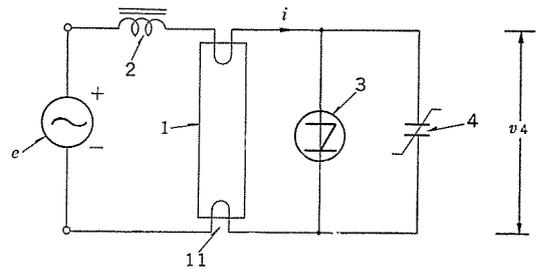
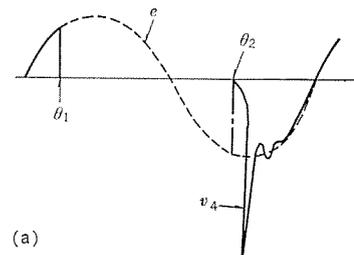
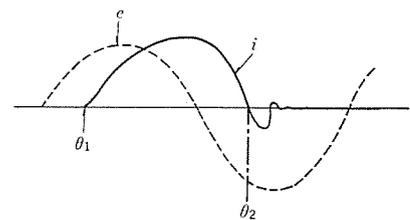


図 1



(a)



(b)

図 2

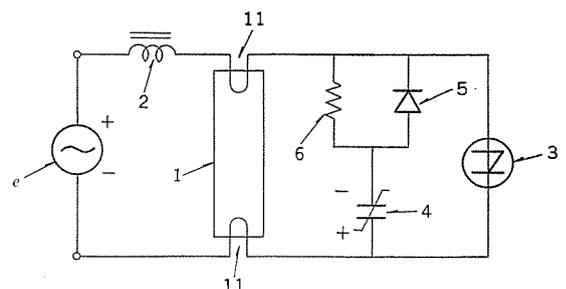


図 3

# 特許と新案

以上のようにこの発明は、高圧パルス発生機構に非線形コンデンサ(4)と半導体スイッチ(3)を使用して、電源を投入したあと直ちに、放電灯(1)にはフィラメント(11)の加熱電流と高圧パルス電圧がかかっ

て、放電灯(1)が点灯するので、始動時間が極めて短く、小形で安価な蛍光放電灯のスタータを得ることができる。

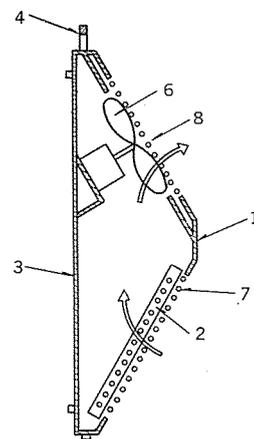
## 空気調和機の凝縮装置 (実用新案 第1259006号)

考案者 山崎輝久

この考案はセパレート式エアコンなどに使用される凝縮装置の改良に関するもので、取付け面が垂直でも、水平でも傾斜面でも特別な取付金具を必要とせず、しかもいずれの取付方法でも凝縮機能を損うことがないようにしたものである。

図において、(1)は凝縮装置全体を示し、その外郭(3)は前面が略くの字状に2つの傾斜面を有し、この傾斜面の一方に吸込口(7)、他方に吹出口(8)を備えている。そして、吸込口(7)に対向してコンデンサ(2)が、また吹出口(8)に対向してその回転面が傾斜面内に位置するようにファン(6)を有している。

垂直面に取付けるには把手(4)を引掛けて行うことができ、また傾斜面、水平面に取付けるにも背面を下にして据付けばよく、その際コンデンサ(2)が水平になることがないので、コンデンサ(2)の冷媒出口部は必ず下方にすることが可能で、冷媒の循環を妨げることがない。



## 回転式圧縮機 (実用新案 第1226753号)

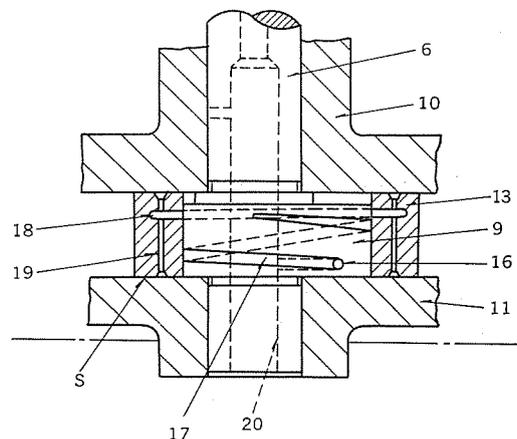
考案者 越桐喜一

この考案は回転式圧縮機の回転部への潤滑油の供給に関する。

図において、(6)はクランク軸、(9)はクランク軸(6)の偏心部、(10)はフレーム、(11)はシリンダヘッド、(13)はクランク軸偏心部(9)の外周に嵌合され偏心回転するピストンである。(16)は潤滑油吸入のためクランク軸(6)内を貫通する潤滑油吸入路(20)と連通した油穴、(17)は油穴(16)に連通し、かつクランク軸偏心部(9)の外周部に下方から上方に向かってらせん状に設けた油溝で、その断面積は下方の流入側から上方の流出側に向かって漸次小さくなっている。(18)は回転ピストン(13)の内周部に設けた断面コ字状をなす環状の油溝、(19)は環状の油溝(18)と直交するようピストン(13)中に設けた油穴である。

このような構成のものにおいて、潤滑油は油吸入路(20)から吸上げられ、油穴(16)から油溝(17)に進入する。油溝(17)は先端ほど細くなっているため、油圧は高くなり油溝(17)に万遍なく供給され、ピストン(13)とクランク軸偏心部(9)との間の潤滑が良好に行われる。しかもこの高圧の油は環状の油溝(18)を経て油穴(19)からフレーム(10)及びシリンダヘッド(11)と回転ピストン(13)との間のサイドクリアランス

Sに流入し、この部分の潤滑及びシール効果を向上させることができる。



# 乗車券印刷発行機《MELPAS-I》

村戸 健一\*・大倉 忠廣\*\*・鈴木 英次\*\*・小林 正孝\*\*

## 1. ま え が き

鉄道における駅業務の近代化が推進されるようになってから十数年になり、出札業務でも旅客自身が操作する券売機と、係員が操作する発行機との2段階での使用方法が定着してきた。当初は機械化することに技術的、経済的困難性があったため、発行機に関しては中/長距離乗車券・料金券用、定期券用、指定席券用と各乗車券に対応した専用形発行機が導入されてきた。

しかし、近年の半導体技術の進歩により電子技術、印刷技術が急速な進歩を遂げ、あわせて出札業務の機械化が進むにつれて出札窓口での効率化、投資効率の向上が要求され、狭い駅舎内での設置を考えて、小形で多目的に使用できる発行機の開発が期待されるようになった。

今回開発した万能形乗車券印刷発行機は、このような期待にこたえ最もコンパクトなものとして事務机大のスペースに印刷発行機の全機能を収容し、中/長距離乗車券、料金券、定期券などすべての券種を発行可能にした小形・多能形乗車券印刷発行機である。

## 2. 乗車券印刷発行機の概要

《MELPAS》乗車券印刷発行機(図1)は、券面印刷に感熱印刷方式を採用するほか、いずれも超小形化された8ビットマイクロプロセッサをマイクロコンピュータ演算装置に、また8Mバイトの8インチ固定ディスクを外置記憶装置に使用して、係員が操作する窓口機内に構造上最もコンパクトに全機能を一体化、収容するようにし従来別置の制御装置を廃止した。

### 2.1 機能

#### 2.1.1 発券機能

係員のボタン操作により、従来より高い速度で図2.に示す乗車券、

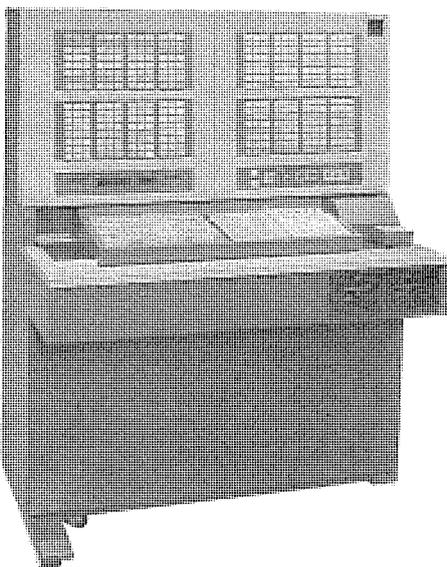
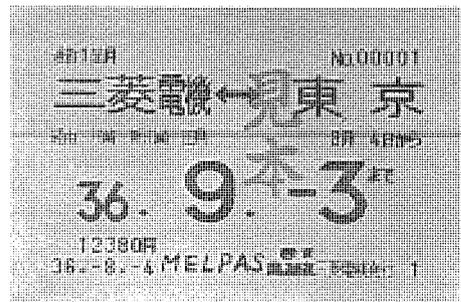


図1. 乗車券印刷発行機



(a)



(b)



(c)

図2. 券面サンプル

料金券、定期券などの発券が行え高い発行能力を得ることができた。

#### 2.1.2 付加機能

- (1) 運賃照会機能：発券をせずに運賃又は料金の表示を行う。
- (2) 廃札処理機能：発売できない乗車券類の情報を入力し記録する。
- (3) つり(釣)銭計算機能：預り金と発売全額との差を計算し表示する。
- (4) 加算機能：発券金額を累計し表示する。
- (5) 記録機能：発売開始、発券ごとに固定ディスクに記憶し、締切時に後方業務用記録媒体(磁気カセットテープなどのほか券用紙をも利用できる)に記録する。

#### 2.2 仕様

この発行機は、取扱う券用紙によって従来から使用してきたロール紙のほかブリカットされたカード紙も同時に使用できるもので両用形、ロール紙専用形、カード紙専用形の3タイプに分類使用でき、表1.に概略仕様を示す。

#### 2.3 特長

この発行機の特長は、上記に述べたようにマイクロコンピュータ、8インチ固定ディスクの採用により従来の制御機が係員の操作する窓口機内

表 1. 乗車券印刷発行機の仕様

項目	形名	カード紙・ロール紙両用形	ロール紙専用形	カード紙専用形
券用紙*1		カード紙・ロール紙	ロール紙	カード紙
給紙方式		カード紙:カセット・ホッパ方式 ロール紙:連続紙カット方式	連続紙カット方式	カセット・ホッパ方式
券面印刷方式		感熱方式		
自動改札用コード		日本鉄道サイバネティックス協会規格		
発行可能乗車券類		普通乗車券, 料金券, 定期券, 回数券など		
口座ボタン数		ブロック式: 384 ボタン (96 ボタン×4 ブロック) ページ式: 810 ボタン相当 (90ボタン×9見開き)		
運賃計算方法		自動計算		
記入式券		乗車区間: 手書き, 運賃・記録用データ: テンキー設定		
氏名転写		定期券の使用者名等を申込書から読取自動印刷		
発券速度 (秒)		5		
後方業務用記録		磁気カセットテープ, フレキシブルディスク, プリント, 通信回路による伝送等が可能		
外形寸法 (mm)		1,050(W)×700(D)×1,370(H)		
重量 (kg)		350 以下		
電源	電圧 (V)	AC 100±10 単相 (3Pアース付プラグ接続)		
	周波数 (Hz)	50/60 ±0.5		
	消費電力 (kVA)	待機時: 0.6 発券時: 1.7		
周囲条件	温度 (°C)	10~40		
	湿度 (%)	40~80		

注 \*1 カード紙: 普通紙, 磁気皮膜付 \*2 普通紙又は磁気皮膜付ポリエステルシート  
 ロール紙: 普通紙又は磁気皮膜付普通紙  
 \*2 磁気皮膜付きは自動改札用

表 2. 乗車券印刷発行機の特長

	特長	説明
1	省エネルギー形	1日の消費電力が従来形に比べ当社費で約60%減である。
2	サービスの向上	乗車券が5秒以下で発行されるので係員が余裕を持って購入者と対応ができる。
3	操作が容易	最大1,194口座ボタンが実装できるので, 記入式乗車券類の比率が低くなる。
4	2種類の券用紙が取扱える	カード紙とロール紙が同時に実装できるので用途に応じた使い分けができる。
5	据付工事が容易	従来の出札用事務機のスペースに発行機を設置し, 3極の電源プラグをコンセントに接続するだけで据付工事が完了する。

に収容され, 一体構造となっているため窓口機以外のスペースは不要であるほか表 2. のとおりである。

### 3. ハードウェア

#### 3.1 機器の構成及び機能

制御部にマイクロコンピュータを採用し, 高性能, 小形・数量化を目途とし, 特に保守性を配慮して部品・ユニットの開発, 設計を進めた。

図 3. は乗車券印刷発行機の機器構成図である。

##### (1) 制御部

制御部は各部・ユニットの制御と各種の論理演算を行っている。構成はラックタイプで 310×290 mm サイズのカード 8 枚からなる。CPU カードにはマイクロプロセッサ, RAM 64 K バイト, ROM 12K バイト, DMA 機構, 割込制御機構, タイマ機構が実装されており, 将来オンライン化を考えて, 通信制御機構も実装可能としてある。他のカードは制御対象ユニットごとに独立させ, 十分に保守性を配慮してある。

##### (2) 記憶部

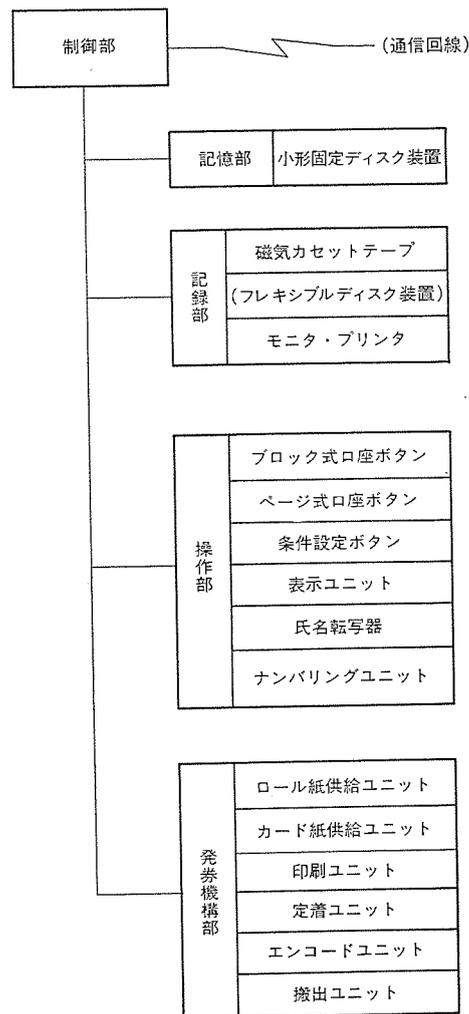


図 3. 乗車券印刷発行機の構成

記憶部は管理プログラム, アプリケーションプログラム, データ, 発行記録データなどを格納しているが, 小形化, 万能形設計の泣き所であるため慎重に吟味した上 ウィンチェスタ形 8 インチ 超小形固定ディスク装置を採用し窓口機の一体化を達成した。

##### (3) 記録部

記録部は発行した各種乗車券のデータを後方業務及び発売所集計業務用の記録媒体に出力をするもので, 従来機との共通性を確保するため磁気カセットテープ装置 2 台 (内 1 台を予備として切換えて使用でき, トラブル時の早期切換使用を機能とした) 及びモニタープリンタを標準装備している。この他にフレキシブルディスク装置, 通信制御機構を付加することもできる。

##### (4) 操作部

操作部は口座設定, 発行条件設定, 動作表示, 消耗品表示, 券番号表示, 金額表示, 氏名転写などを行っている。口座ボタンには従来のブロック式口座ボタン(扉構造で 384 ボタン)のほか, 従来機以上に大幅な口座増に対処するため新しくページ式口座ボタンを併設した。ページ式口座ボタンは見開きで 90 ボタンを 9 ページ, 計 810 口座設けた。発行条件設定ボタン, 各種表示は見やすく配置した。氏名転写器には券番号 5 桁 (桁), 金額 7 桁のナンバリング機構を組込んでいる。

##### (5) 発券機構部

発券機構部は券紙の選択供給, 券面印刷, 磁気エンコードを行い乗車券の発券をする。構造はパネルベースにカード紙供給ユニット, ロール紙

供給ユニット、印刷ユニット、定着ユニット、エンコードユニット、搬出ユニットを一体化して組込んである。この機構は技術開発の結果小形化し、特に側面引出構造により保守性の向上も図った。

以上のほかに電源部（主電源及び定着電源）があり、更に別途保守用ツールがある。

### 3.2 動作原理

#### 3.2.1 券面編集の原理

印刷の制御はハードウェアで処理をすることにより高速化を図っている。ソフトウェアは使用する文字の指定と位置及び倍率の指定をする。

##### (1) 文字データ

文字データは文字品位、券面の印刷文字数、取扱う乗車券が縦券、横券で共用できるなどから24ドット×24ドットで構成した。図4.に文字のドット構成を示す。

図5.は券面編集のブロック図である。

##### (2) 文字メモリ

文字メモリは文字データを格納するRAMである。あらかじめ使用する文字データは文字メモリ内に書込んでおく必要がある。しかし、容量の制限があり、文字メモリ上に常にある文字データを常駐文字と呼び電源投入時に固定ディスク装置から転送して以後書換えをしない。これに対し、常駐文字にないものを非常駐文字と呼び、発券するごとに固定ディスク装置から転送する。

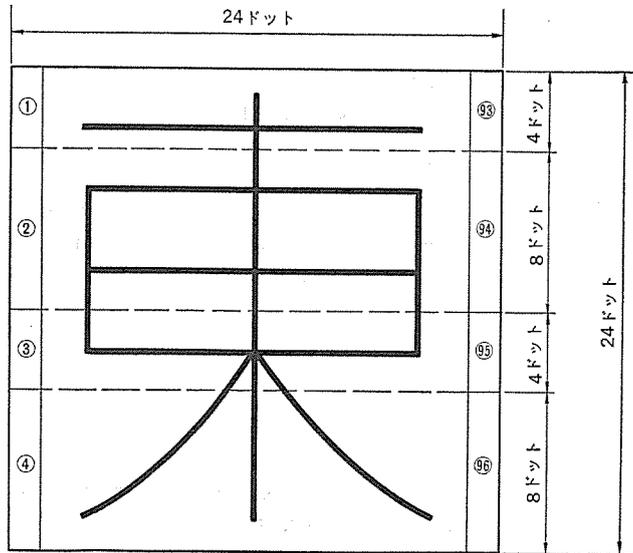


図4. 文字のドット構成

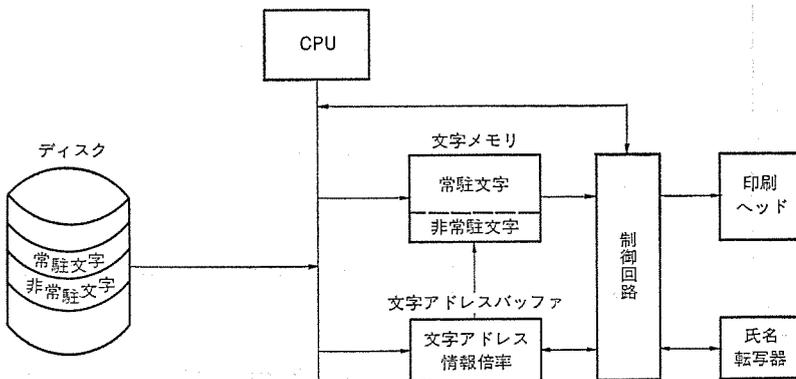


図5. 券面編集のブロック図

#### 転写リボンの構成

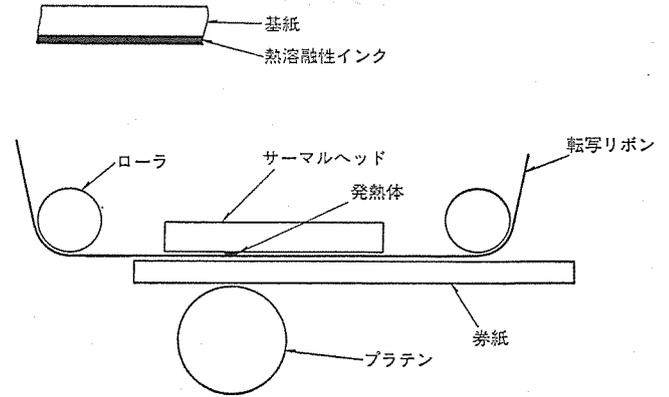


図6. 券面印刷の原理図

文字メモリのアドレスは、文字アドレスバッファ内のデータにより1文字データの先頭アドレスを決定し、1文字データの残りのアドレスは制御回路より与える。

##### (3) 文字アドレスバッファ

文字アドレスバッファは印刷する文字データの文字メモリアドレスと倍率情報を格納するRAMである。

このバッファに書込まれるデータは発券ごとにプログラムで行なわれる。

券面を文字のドット構成単位で縦横区切り、これを“こま切り”と呼ぶ。この1こまに対応して、1つの文字アドレスバッファのアドレスを与えている。

##### (4) 制御回路

制御回路は文字アドレスバッファを順次読出したデータと回路内で発生したアドレスにより文字メモリをアクセスし、文字データを得る。このデータに氏名転写器からの氏名、年齢などデータを加えてサーマルヘッドに送出し印刷制御をする。

#### 3.2.2 券面印刷の原理

券面の印刷には感熱転写式を採用した。この方法は、プラスチック、紙券ともに印刷することができる。

通常の感熱式は、発色剤を紙の一方に塗布して、これにサーマルヘッドにより熱を加えて印刷する。しかし、この方法は熱を加えられない発色剤が紙に残っているため、直射日光やアイロンなどで熱が加えられると発色してしまい、定期券など長期間使用されるものには適さない。この欠点を補い感熱式の利点を生かしたのが、発色剤(感熱紙)の代わりに転写リボンを使用した感熱転写式である。

図6.に券面印刷の原理図を示す。

(1) サーマルヘッドと転写リボンをインク面でない方を接した状態にする。

(2) 転写リボンとプラテンの間に券紙を搬送し、券と同期して文字になるところのサーマルヘッドに電流を流し、ジュール熱により転写リボン上のインクを溶融させ、インクを券紙上に付着させる。

(3) 転写リボンと券紙を分離して、券紙にせん(閃)光ランプの熱を加えて定着する。この定着は、自動改札用プラスチック券に対して特に有用である。

#### 4. ソフトウェア

##### 4.1 ソフトウェア構成

ソフトウェアの作成に当たって、乗車券印刷発行機のプログラム処理が多種にわたるため、プログラムの実行時に必要なデータの受渡しを容易にするためコモンエリアを設けて、これを介してデータの受渡しを行っている。ソフトウェアの構成を図7.に示し、表3.に各プログラムの機能を示す。

##### 4.2 プログラム管理

各プログラムにはプログラム番号を与えて、個々のプログラムの実行は、そのプログラム番号をモニタに起動要求することにより実行させる。各発行処理は、発売開始、発売終了、トータル、スタート(発券)、照会、伝送開始(データ伝送の場合)、廃札処理の各処理内容に応じて定められた処理シーケンスに従って実行する。この処理シーケンスを表4.に示す。ここに表すように一連の発行動作は、個々のプログラム番号が起動処理により順次モニタに登録することにより実行される。このため個々のプログラムには汎用性を持たせ、共通化を図ってプログラムの種類を少なくしている。

##### 4.3 データ処理

ここで述べるデータは、発行処理上で使用する口座データ、運賃データ及び文字データと発行処理完了後に作成する発行記録データとに区別される。

###### (1) データの種類

###### (a) 口座データ

口座データは乗車券若しくは定期券の1券面ごとに用意しており、

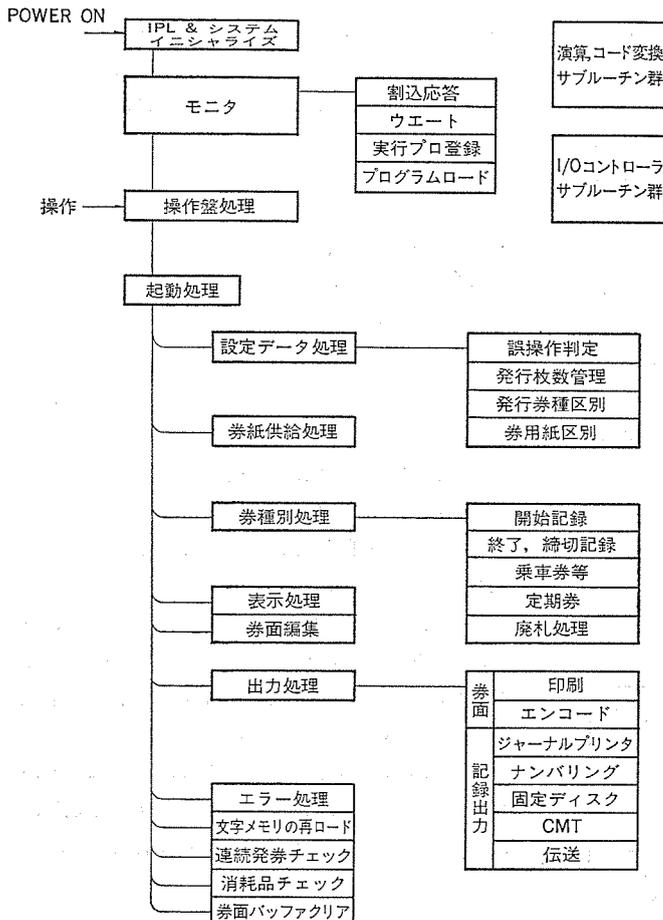


図7. ソフトウェア構成

表3. プログラム処理機能

	プログラム名	機能
1	IPL及びシステムイニシャライズ	電源投入によりIPLが実行を始め、ディスクより文字データを文字メモリへ、実行プログラム、共通データを主メモリへロードした後、各プログラムのフラグ類を初期設定し、機械を初期状態にし操作可能状態にする。
2	モニタ	発券中の記録処理など高速化の目的で、プログラムの並列処理を可能にする。 プログラムの (1) 起動要求 (2) 待機要求 (3) 時間監視 (4) 起動 (5) ロード及び起動
3	操作盤処理	操作盤からの入力処理を行う。 (1) 操作盤割込処理 (2) キーボード処理 (3) スイッチブロック処理 (4) 口座処理 (5) 条件処理 (6) 記録内容登録処理 (7) 操作盤特殊処理
4	起動処理	発券処理などにおけるメインプログラムで、機能ボタン(スタート、トータル、照会など)別に処理シーケンスを管理する。
5	設定データ処理	係員操作で設定されたデータの妥当性判定、発行枚数の管理、発行券種の区別、券用紙の区別等を行う。
6	券用紙供給処理	ロール紙又はカード紙の供給を行う。
7	券種別処理	3と5で準備されたデータを基にして、券種別(開始記録、終了、締切記録、乗車券など、定期券、廃札処理)に処理を行い、出力データをコモンエリアにセットする。
8	表示処理	7で算出された領収金額、券番号を数字表示器に表示する。
9	券面編集処理	5と7で用意したデータを基に券面編集を行い、券面データバッファに券面データをセットする。
10	出力処理	5、7及び9によって用意されたデータを各出力機器(券面印刷、エンコーダ、ジャーナルプリンタ、ナンバリング、ディスク、磁気カセットテープ等)に出力する。
11	エラー処理	各処理プログラムで設定されたコードに従ってエラー番号を表示する。
12	文字メモリの再ロード	非常駐文字を使用した場合、発券処理完了後、再び常駐文字をロードする。
13	連続発券チェック	乗車券などの複数枚発行の場合、更に連続して発券する必要があるか否かをチェックする。
14	消耗品チェック	発券に必要な消耗品の残量をチェックし、不足又は終了の表示を行う。
30	券面バッファクリア	発券処理完了後、券面バッファをイニシャル状態にする。

表 4. プログラム 処理 シーケンス 表

処理内容	処理 シーケンス										
発売開始	1	2	3	9	10	8	5	7	FF		
発売終了	1	2	3	9	10	8	5	7	FF		
トータル	1	2	3	9	10	8	5	7	FF		
スタート	1	2	3	9	4	10	8	5	6	7	FF
照会	2	9	4	FF							
伝送開始	2	9	8	5	7	FF					
廢札処理	9	8	5	7	FF						

注 FF: 終了  
 処理プログラム プログラム No.  
 消耗品チェック : 1  
 設定データ処理 : 2  
 券用紙供給処理 : 3  
 表示処理 : 4  
 連続発券チェック : 5  
 文字メモリの再ロード : 6  
 券面バッファクリア : 7  
 出力処理 : 8  
 券種別処理 : 9  
 券面収集 : 10

操作盤の口座ボタンに対応してディスクに記憶している。口座データの内容は、図 8. に示すように運賃情報、許容割引情報、有効日数、エンコード情報、印刷情報、発着駅名情報などを持っている。

(b) 運賃データ

運賃データは、国鉄及び社線ごとの普通及び特殊旅客運賃、急行・特急料金、定期券運賃等を持っている。

(c) 文字データ

券面印刷に使用する数字、文字及び記号のパターンを文字メモリ及びディスク上に持っている。

(d) 発行記録データ

発売に伴い発行券種、各枚数、金額などを記録したものである。

(2) データ処理

口座データは、変更や追加などに対応しやすい形で構成しており、1券面ごとに独立させ1口座データを持ってくれば、その内容だけで処理情報をほぼ満たせるようにして高速化を図っている。

発行記録データは、発行ごとにディスク及びジャーナルプリンタに記録する。そして発売終了時に磁気カセットテープに、それまでの内容をまとめて記録する。

4.4 機器制御

各機器の制御は、サブルーチン化した専用の IOCP (I/O コントロールプログラム) で行っているため、処理プログラムでは機器の細部のコントロール

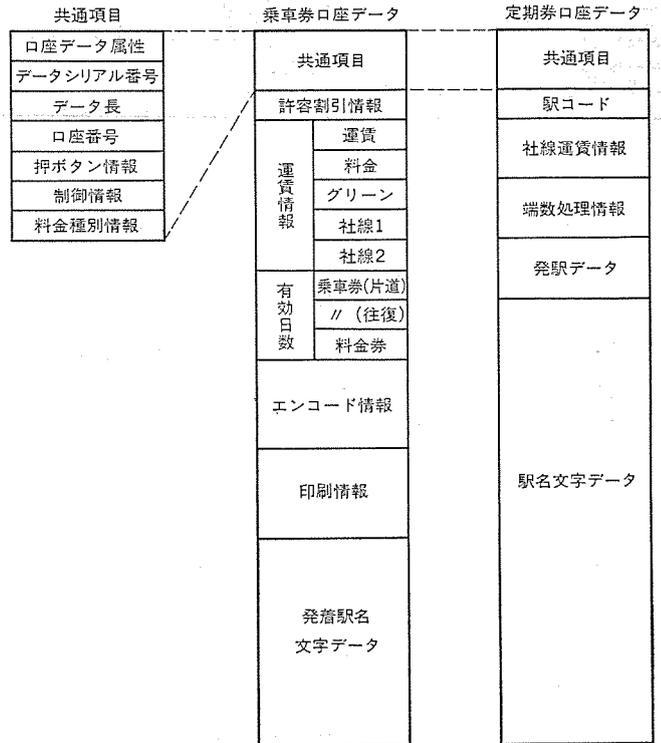


図 8. 口座データ内容

を気にすることなく機器を制御することができる。IOCP を用意している機器は、ディスク、磁気カセットテープ、ジャーナルプリンタ、ナンバリング、エンコーダ、操作盤などである。

5. む す び

以上、新たに開発した乗車券印刷発行機についてのあらましを述べたが、この発行機は、昭和30年代から扱って、開発を進めているオフライン形印刷発行機の量産形機であり、第2世代を迎えるこの種の発行機に対してのイメージチェンジを行えるマシンであると確信している。

なおこの開発については、従来と異なってユニット分担で、2社共同で設計、開発を進めてきた。機器全体の取りまとめ及び主に制御部プログラムなどを担当した三菱電機(株)並びに主に発券機構部などを担当した東京芝浦電気(株)の関係者各位に深甚なる感謝の意を表すものである。

# 日本郵船(株)向け《MELCOM 70》コンテナ ターミナル コントロールシステム

石原 正勝\*・間仁田俊行\*\*・鈴木 宗樹\*\*

## 1. ま え が き

大量・高速・一貫輸送を実現するコンテナ時代を迎えた現在、コンテナターミナルは海上と内陸を結ぶ輸送の接点であり、国際物流の拠点として非常に重要な役割を果たしている。三菱電機(株)は早くから日本郵船(株)と共同でコンテナターミナルシステムを開発し、昭和47年から神戸ポートアイランドC3/C4バース、昭和49年から東京大井6/7バースがか(稼)働してきた。しかし、新バースの拡張計画及び適用業務の拡大などの要因から、今回の新システムへ移行するものとなったものである。

ここでは《MELCOM 70》による新システムの概要(図1.)とその特長、適用業務などを中心に記述する。

## 2. システム設計の基本思想

コンテナターミナルシステムの主目的は、増加する一方の輸出入コンテナを機械化によって完全管理するとともに、それらを迅速・確実に移動させターミナル機能を高めることである。この目的を実現させるために、

このシステムにおいては以下の点にポイントをおいて設計した。

### (1) システムの柔軟性

コンピュータシステムの作業体系は概して定形的である。コンテナターミナルシ

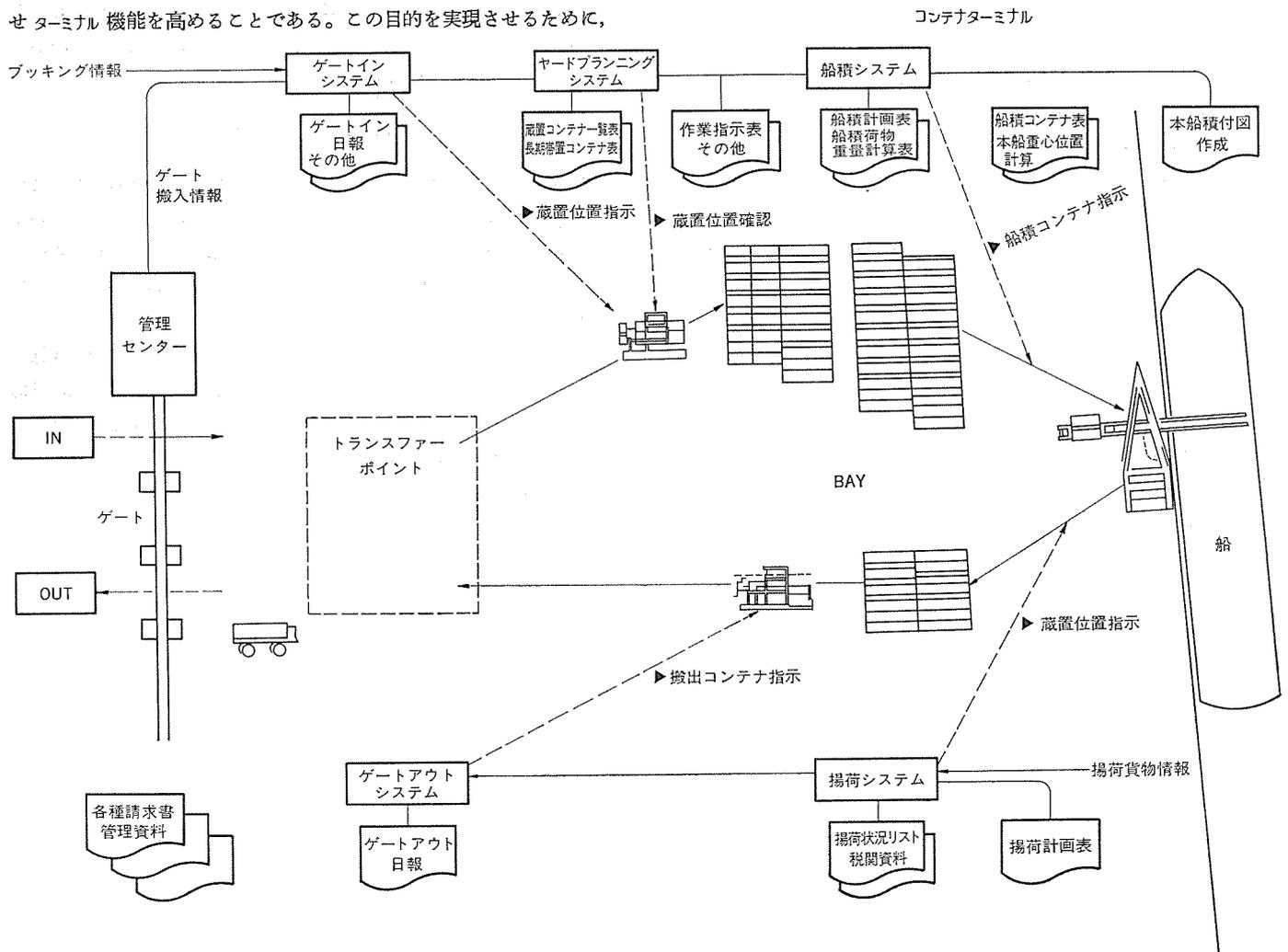


図 1. コンテナターミナルコントロールシステム 概要

システムは、コンテナの蔵置場所の決定、コンテナの陸揚・船積作業手順の決定など、決められた業務を正確に行う能力と、予定された船の遅延、コンテナのキャンセル、変更など、状況の変化に柔軟に対応できる能力が要求される。

(2) 分散処理

現在のシステムは、ターミナル業務を複数台のコンピュータに分散させた負荷分散方式を採用し、小形コンピュータによるコンテナターミナルコンピュータシステムの構築を可能としたが、このシステムも基本的には同様にゲートイン処理・ゲートアウト処理・リハンドル処理などのコントロール業務を行うものと、陸揚計画処理・船積計画処理などのプランニング業務を行うものと、2台の《MELCOM 70/40》を使用した構成で処理を行っている。

(3) 操作の容易性

このシステムの運転に際し、コンピュータの専門知識は特に必要としない。システム立上げ処理・終了処理をはじめ、すべての業務の選定はディスプレイからプログラムコードの入力で行われる。また、コンテナナンバーについては、通常11けた(桁)で取扱われるが、下4桁の入力で判別できるように工夫した。

(4) システムの拡張性

このシステムでは、多少のデータ量の増加、端末装置及び回線数の増加などに容易に対応できるように設計されている。また、ターミナルの拡張、新造船の就航、航路の拡張などに伴うシステムの拡張については、最小限のハードウェアの増設で可能になっている。

(5) システムの汎用性

コンテナターミナルシステムとして商品化するのを目的として、他機種、他機器構成へのシステム拡張及び縮小に伴うシステム変更が簡単に出来るように、はん(汎)用性を重視して設計した。

(6) 障害対策

オンラインリアルタイムシステムでは、端末機器が各部署に分散しており、実時間で各種のファイルを更新する。しかもシステムの利用目的の性格上、障害の発生後長時間、システムの運転停止が許されないので、そこで障害に対して特に以下の点に留意して設計した。

- (a) 障害の事前防止策をできるだけ配慮する。
- (b) 障害が発生しにくいように運用面も含め、十分配慮する。
- (c) 障害発生時の回復処理の準備を通常ルーチンに組込む。
- (d) 障害発生時のバックアップシステムを確立する。
- (e) バックアップ、リカバリ手順を簡素化する。

特に(d)、(e)を実現するために、2重系のシステム構成をとっており、これがこのシステムの大きな特長になっている。

### 3. 適用業務の概要

コンテナターミナルの主な業務は次のとおりである。

- (1) 輸出コンテナ受入れのためのコンテナヤードの整備。
  - (2) 輸出コンテナのゲート受け付けと、船名・揚地・タイプ・サイズ・重量別による船積を考慮した仕分けと蔵置、保管。
  - (3) コンテナ船積のための諸計画の立案、船積作業の実施、作業結果の確認。
  - (4) 輸入コンテナ受入れのためのコンテナヤードの整備。
  - (5) 輸入コンテナ陸揚のための諸計画の立案と、引き渡し業務。
  - (6) 空コンテナのゲート受け付け・航路・所有会社・タイプ・サイズ別の仕分け蔵置と保管。
  - (7) コンテナの修理・水洗い・消毒作業のためのコンテナの移動。
  - (8) 在庫管理資料の作成、対船社サービス文書の作成、諸官庁手続き及び報告書の作成、諸管理資料の作成。
  - (9) その他、他港積コンテナ情報などの情報提供サービス。
- …等々で、それぞれが互いに密接にかかわり合っており、どの業務が停滞しても他の業務に重大な支障が生ずる。すなわち、ターミナルシステムは、ゲート業務・本船業務を2本の中心柱として、他業務がからみ合いながら運営される。

### 4. システムの構成

このシステムは、前述のとおり《MELCOM 70/40》のデュプレックスシステムであり、図2.に示すように両系とも全く同じ機器構成からな

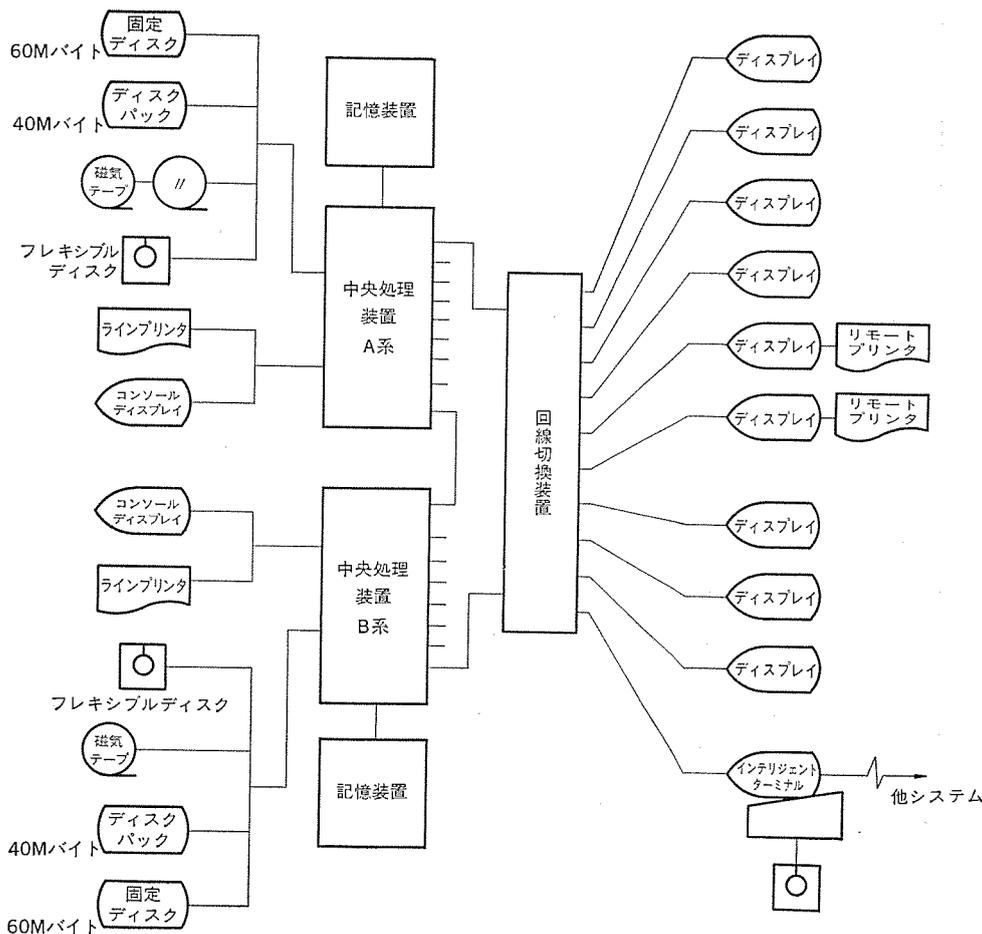


図2. 《MELCOM 70/40》システム構成

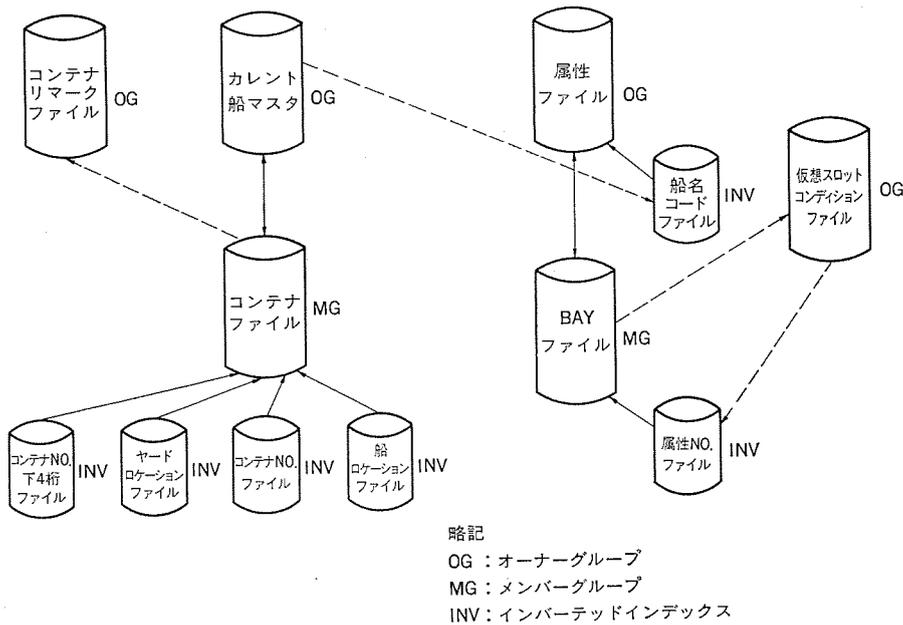


図 3. プランニングシステムデータベース

る。接続端末は、9 台の M 2345 CRT と 2 台の M 2246 プリンタ装置のほか、M 2350/20 インテリジェントターミナルで構成している。これらの端末は、回線切換装置によっていずれの《MELCOM 70/40》にも接続可能である。すなわち、障害発生時に端末装置も含め相互にバックアップできるように考慮している。また、M 2350/20 インテリジェントターミナルは、ホストコンピュータと公社回線で接続され、コンテナ情報、他ターミナル情報などのデータ送受信を行っている。

また、1つのコンテナに関する情報は、種々の業務に応じコンテナ NO.・ヤードロケーション・船上ロケーション・船名・ステータスなどの多種類の KEY により、リアルタイムで検索・更新を行う必要性から、データベース管理システム DMS-70 を採用した (図 3.)。

### 5. コンテナターミナル業務内容

ここでは、前述したコンテナターミナル適用業務の中の代表的な業務について詳細に述べる。

#### 5.1 コントロール業務

##### (1) ゲートイン処理

ゲートイン処理とは、これから輸出されるため、ヤードに搬入されてくるコンテナについて次の処理を行うことである。

- (a) 船名コード・扱ひ船社・コンテナ NO.・揚地・サイズ・重量などのコンテナ情報を入力する。
- (b) 入力されたコンテナ情報にもとづき、ヤードを効率良く利用し、以後の作業をやりやすくなるためヤード内の蔵置位置を決める。ゲートでは、各船社ごとの搬入票 (図 4.) にコンテナ情報を記入し、エアシュータで管理センターへ送付する。更に、センターでディスプレイ端末からコンピュータに入力する。コンピュータでは、入力されたデータをディスクにファイルするとともに、ヤードの蔵置状況から当該コンテナの最適蔵置位置を自動的に決定し、ディスプレイ端末に表示する。オペレータは、表示された蔵置位置をコンテナキャリアに無線で指示し、コンテナは指定の位置に置かれる。

##### (2) ゲートアウト処理

ゲートアウト処理とは、外地から輸入のために陸揚されヤードに蔵置、保管されているコンテナの搬出処理を行うことである。搬出処理の一連の流れは、以下のとおりである。

搬出コンテナについては、搬出依頼書類があらかじめ搬出される前日までに各荷主からターミナルに送付される。計算機システムでは、この書類をもとに各荷主単位に搬出予定コンテナをファイルに登録しておく。また、税関資料の不足しているもの、あるいは、検閲の必要なものなどは、搬出することが許されないため搬出の可否も適宜入力しておく。ゲートアウト処理

Form No. C1102R

図 4. 機器受渡証

では、ゲートに各荷主が受取りにきたコンテナが搬出予定であり、搬出可能なものか、チェックを行い、誤ったコンテナが搬出されないように管理を行っている。また同時に、ターミナルで必要とする請求データ、統計データの収集もを行っている。

### (3) リハンドル処理

リハンドル処理は、センター業務の中心的な作業でヤード内のコンテナの移動をコントロールするものである。

ヤード内は、搬入されてくるコンテナ、搬出されていくコンテナ、陸揚されてくるコンテナ、船積されていくコンテナなど、コンピュータで自動的にコントロールされる移動のほかに、人間の管理のもとでコントロールされる移動がある。すなわち、コンテナの破損や汚れが発見された場合には、ヤードの通常蔵置エリアからメンテナンスエリアやクリーニングエリアへ移動され、修理、クリーニングの完了したものは、再び通常蔵置エリアへ戻される。更に、ヤードのスペース効率を上げるために、蔵置エリアを整備したり、陸揚・船積み作業効率を上げるための計画的な移動がある。

リハンドル処理では、不規則に発生する移動に対しては端末から即時に移動情報を入力し、計画的な移動に対しては随時に移動計画を入力することにより、絶えず変化するヤードの蔵置状態をダイナミックには(把)握できるようになっている。

## 5.2 プランニング業務

プランニング業務は本船入港前に、その船の陸揚と船積の作業順序を計画する業務である。船に積まれているコンテナをヤードのどの位置に蔵置するか、また、ヤードに蔵置されているコンテナを船内のどこに積みかかをコンテナの重量・サイズ・荷主・揚地・蔵置位置などから判断して決定するわけである。したがって、当業務の遂行にはベテランのプランナが多人数必要とされた。

このシステムでは、日本郵船(株)のノウハウともいえるこのプランニングのアルゴリズムを人間がやっているそのままをコンピュータ化するという方法で実現し、従来、多人数が恒常的に定時後までかかっていたプランニング業務の大幅な省力化を可能とした。

### (1) 陸揚プランニング処理

陸揚プランニング処理は、まずヤードの蔵置エリアの確保から始まる。蔵置するエリアは、ヤードの使用状況によりその都度異なるため、コンピュータはプランナが自動的に決定できるようなものではない。したがって、コンピュータはプランナが判断するのに必要な補助資料を提供するに留めている。

輸入船が入港する前に、外地から郵送されてくる積載コンテナ情報をコンピュータに登録する。このデータは、以後の利用も考慮して船単位・ヤードロケーション単位・船上ロケーション単位・コンテナNO.単位でいつでも参照可能な形式で登録しておく。

プランナは、キャリアの動き、クレーンの動きなどの陸揚作業効率と、陸揚後の搬出作業効率を考慮した最適な陸揚手順をコンピュータに入力する。以上の陸揚先エリア、船上の積載状況及び作業手順から、コンピュータは自動的に1本1本のコンテナの陸揚順序と、そのコンテナの陸揚先ロケーションを決定していく。決定された結果は、陸揚作業順序表としてプリント出力される。

### (2) 船積プランニング処理

船積プランニングは、まず当該船に積まれる予定のコンテナだけをヤードイメージ通りに抜き出し、仮想的なヤードイメージを、コンピュータの中に作成することから始まる。抽出は船名を与えるだけで自動的に行われる。また、抽出されたコンテナは、船積に必要な詳細情報を既に保

持している。

本船入港前に入手する積載状況などをもとに、積付が予定されている船の当港における積付可能範囲を指定する。この指定は、船積後の船の積荷のバランスや作業効率の良し悪しを左右する重要なポイントであるので、熟練したプランナの判断にゆだねられている。プランナは、キャリアの動き、クレーンの動き、ヤードの蔵置状況などから、作業効率を考慮した最適な船積の手順をコンピュータに入力する。

仮想ヤードイメージ、船上の積付予定枠及び船積の作業手順からコンピュータは、船全体の安全(バランス)、ヤードにおける最良の作業効率の2点を考慮し、綿密で正確な判断をしながら、コンテナ1本1本に対して船上のロケーションを決定していく。決定された結果は、船積作業順序表としてプリント出力される。

## 5.3 請求業務

請求業務では、搬出入及び陸揚、船積で扱ったコンテナ本数と種類によって発生する各船社ごとのチャージ料、各コンテナの修理費、期限外蔵置料などの請求データなどを集約して、各船社別の請求書を発行する。請求データは、毎日の業務の完了時に一括して採取されるものと、船単位に陸揚、船積の作業完了時に随時採取されるものがある。前者では船社別空コンテナ本数・搬出入コンテナインベントリ・期限外蔵置保管料・ダメージ修理費用・クリーニング費用・冷凍保管料が、後者では陸揚コンテナ本数・船積コンテナ本数・事前搬入コンテナが採取の対象となる。

このシステムでは、船社別、航路別にチャージレートが異なるため、管理資料も多種に渡り、20数種類の請求関係資料が月次単位で発行される。また、毎日採取するデータの種類の豊富であるが、1日の業務終了時に1回のプログラム起動を行うだけで複数のデータが自動的に採取できるようになっており、オペレータを煩わせることがない。更に、データ未採取船については、船単位の請求データの採取忘れを防ぐために、システム起動時にシステムが警告を発して採取を促すように配慮している。

## 6. デュプレックスコントロールシステム

このシステムは、処理の負荷を分散させるため、また、システム障害時に相互にバックアップシステムとして利用できるように、2重系のシステム構成をとっている。ここでは、コントロール系及びプランニング系の両計算機が円滑に運用できるように管理しているデュプレックスコントロールシステム(図5.)の機能概要と、その運用方式を記述する。

### (1) コントロール系処理

端末から入力されるデータによりファイルが更新された時に、その結果を他系の同一ファイルに対しても更新する依頼を行う処理であり、機能概要は次のとおりである。なお、ここで扱うデータは単時間で処理できるものを対象としている。

- 端末から入力されたデータを、他系に伝送する処理。この時、データの追い越し、抜けなどのチェックも行う。
- ダウン時のリカバリ処置のために、ジャーナルを採取する処理。
- 他系から伝送された入力データの受信処理。
- 両系のファイルデータを同一にするために、アプリケーションプログラムのリランを行う。
- コンピュータ接続回線障害時の処理。

なお、プランニング系のデータ収集処理も、これと同じコントロール方式をとっている。

### (2) プランニング系処理

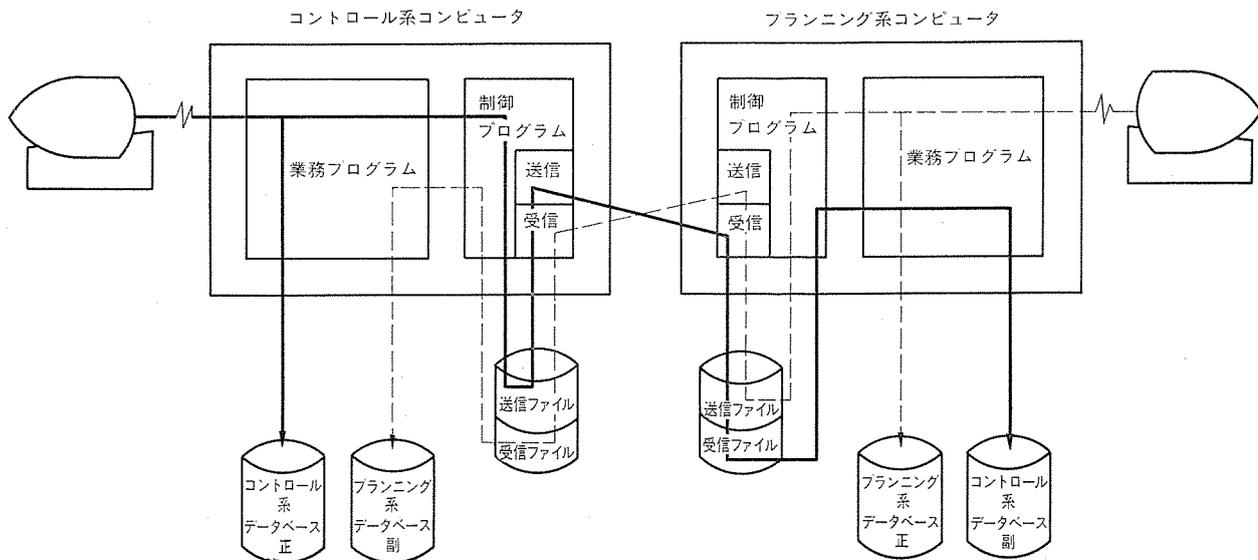


図 5. デュプレックスコントロール 概念図

プランニング系計算機において、船積計画・揚荷計画などの一括して処理したプランニングの結果を、コントロール系の同一ファイルに伝送する処理。機能概要は次のとおりである。

- (a) プランニング処理によるファイル更新情報の送受信処理。
- (b) 送受信中の障害には、通番チェックによる再送処理を行う。

(3) 運用方式

このシステムでは、片系が故障して1つのコンピュータで両系のシステムを運転させる処理形態をシンプレックスモード、通常の2重系の処理形態をデュプレックスモードと称し、以下のような切換え手順により運用する。

- (a) 片系のコンピュータがダウンした場合の手順。

瞬停、ソフトウェア異常など、ハードウェアが原因とならない故障については、クイックリカバリープログラムによって瞬時に復旧が可能であるが、ハードウェアの異常による故障が発生した場合は、以下の手順でシステムを切換える。

リカバリープログラムを起動し、両系のデータベースの内容が等しいことを確認する。更に、システムをシンプレックスモードに変更することによって、コントロールシステムとプランニングシステムの処理を同時に稼働させることが可能となる。この時端末は、回線切換装置により他系のコンピュータに全端末を接続しておく必要がある。

- (b) シンプレックスモードからデュプレックスモードに切換える場合の手

順。

故障が修復されて通常のデュプレックスモードに処理を戻す場合は、原則として正常なファイルからファイルコピーを行い、データベースを復元する。端末は、回線切換装置で振り分ける。

7. む す び

以上《MELCOM 70》による、コンテナミナルコントロールの概要を述べたが、このシステムの完成により、従来にも増してターミナル運用費用の軽減、顧客サービスの充実など、ターミナルシステムとして期待された役割を果たすと自負するものである。このシステムは昭和56年4月から、まず、ポートピアの開催されている神戸ポートアイランドのC3/C4バースで本稼働に入る。その後引き続いて東京大井6/7バースにも導入する予定である。

今後の課題としては、適用業務のうちドキュメント業務、メンテナンス業務の拡充があり、更に、業務の選択により神戸/大井などの大規模ターミナルだけでなく、全国に散在する小規模ターミナルにも適用できるよう計画中である。

最後にこのシステム開発、運用にあたって御指導、御協力いただいた関係各位に深く感謝の意を表する。

# 住友金属工業(株)製鋼所向けエネルギー管理用 《MELCOM 350-50/A2300》計算機制御システム

永田治雄\*・田原章博\*・杉原弘章\*\*・小宮啓介\*\*

## 1. ま え が き

昭和48年のいわゆる石油危機以来、エネルギー問題は大きくクローズアップされてきた。資源、エネルギーのほとんどを海外に依存する日本において、とりわけエネルギーを多量に消費する鉄鋼産業は、エネルギーコストの高騰でエネルギー供給の制約を受けるようになった。このような社会的背景のもとで、鉄鋼産業のエネルギー利用の効率向上による省エネルギーは、重要な課題となってきている。

ここで紹介するエネルギー管理システムは、住友金属工業(株)製鋼所に納入したシステムで、三菱工業用計算機《MELCOM 350-50/A2300》を利用して、製鋼所のトータルエネルギー管理及び多数の電気炉や動力供給設備(受変電、圧水、圧空、給排水、ボイラ等)の運転制御を行うものである。広い構内の各設備からの情報は、三菱工業用データウェアシステム《MDWS-5》を利用して、子局装置経由で中央に集め、監視、制御、管理及び予測を行うことによりエネルギーコストの削減に役立てられている。

## 2. システムの目的

製鋼所におけるエネルギーの形態を大別すると、外部から購入するエネルギー(ここでは仮に1次エネルギーという)と、使用する形に変換したエネルギー(仮に2次エネルギーという)とに分かれる。1次エネルギーは電力、ガス、重油及び工業用水として受入れられ、2次エネルギーの圧水、圧空、蒸気及び回収水の形態に変換したのちに消費される。電力、ガスは、1次エネルギーのままでも消費される。製鋼所におけるエネルギーフローの概略を図1.に示す。

エネルギー管理とは、1次エネルギーの受入れ管理を行い、2次エネルギーの発生効率及び品質の向上を行い、消費負荷の管理をきめ細かく行うことであり、次の目的を持っている。

- ・電力、LNGの契約デマンド値の低減、及びデマンドオーバーの防止
- ・重負荷時の電力消費割合の低減
- ・安価時間帯の使用比率の向上によるエネルギーコストの低減
- ・管理メッシュの細分化及び管理の迅速化によるエネルギー管理の強化
- ・電力動力供給設備の効率運転によるエネルギー使用量の低減、及び発生2次エネルギーの品質管理
- ・省エネルギー施策への基礎データの提供によるエネルギー管理情報の有効利用
- ・電力動力供給設備の集中運転監視による人員の集中化と合理化
- ・日報などの管理資料の自動作成による人員の合理化

なおこのシステムが管理する設備は次のとおりである。

- |             |      |
|-------------|------|
| (1) 受変電設備   | 5設備  |
| (2) 電気炉     | 主要3基 |
| (3) 誘導加熱炉   | 主要3基 |
| (4) 高周波焼入装置 | 1基   |
| (5) 圧水発生設備  | 5設備  |

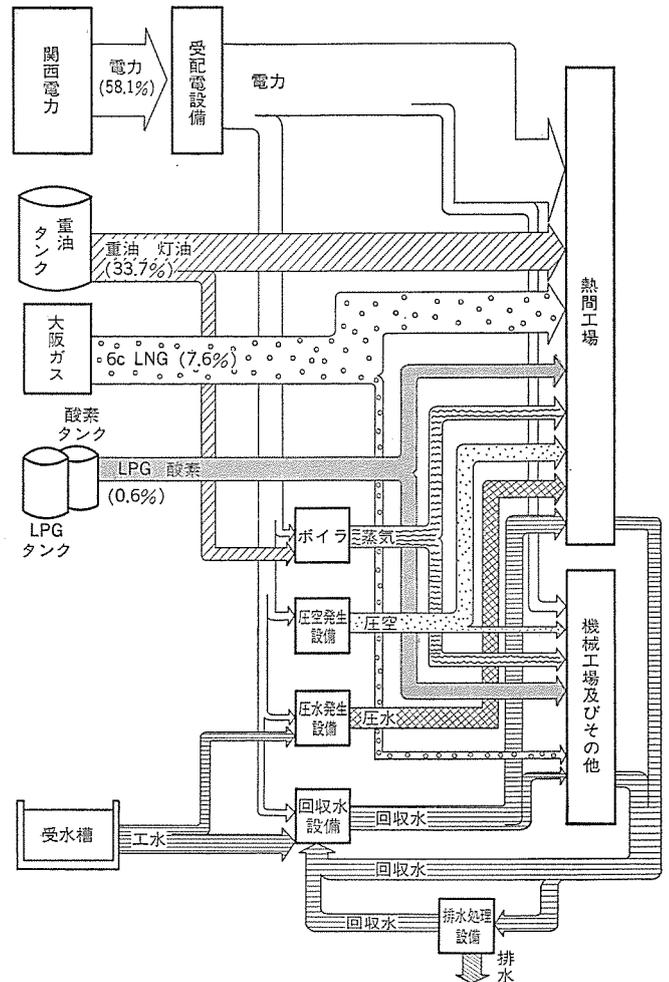


図1. 製鋼所におけるエネルギーフローの概要

- |            |                |
|------------|----------------|
| (6) 圧空発生設備 | 3設備            |
| (7) 受排水設備  | 6設備            |
| (8) 循環水設備  | 35設備           |
| (9) 蒸気発生設備 | 4設備            |
| (10) 酸素設備  | 2設備            |
| (11) ガス設備  | LNG, 都市ガス, LPG |

## 3. システムの構成

エネルギー管理システムのハードウェア構成は、図2.に示すとおりであり、カラーブラウン管表示装置(CRT)組込みの図3.に示す中央オペレーターコンソール(オペコン)のほか、主要設備には合計15台の現地オペコンで設置している。広く製鋼所構内に散在する設備の入出力信号は、総長6.6kmにわたる電話回線を用いたデータウェアシステムにより計算機に集められる。表示には20インチ4,800文字の高密度CRTを用いることにより、構内設備のきめ細かい監視及びデータの表示が中央で行える。

このシステムは、従来の制御用計算機が行っていた集中監視制御機

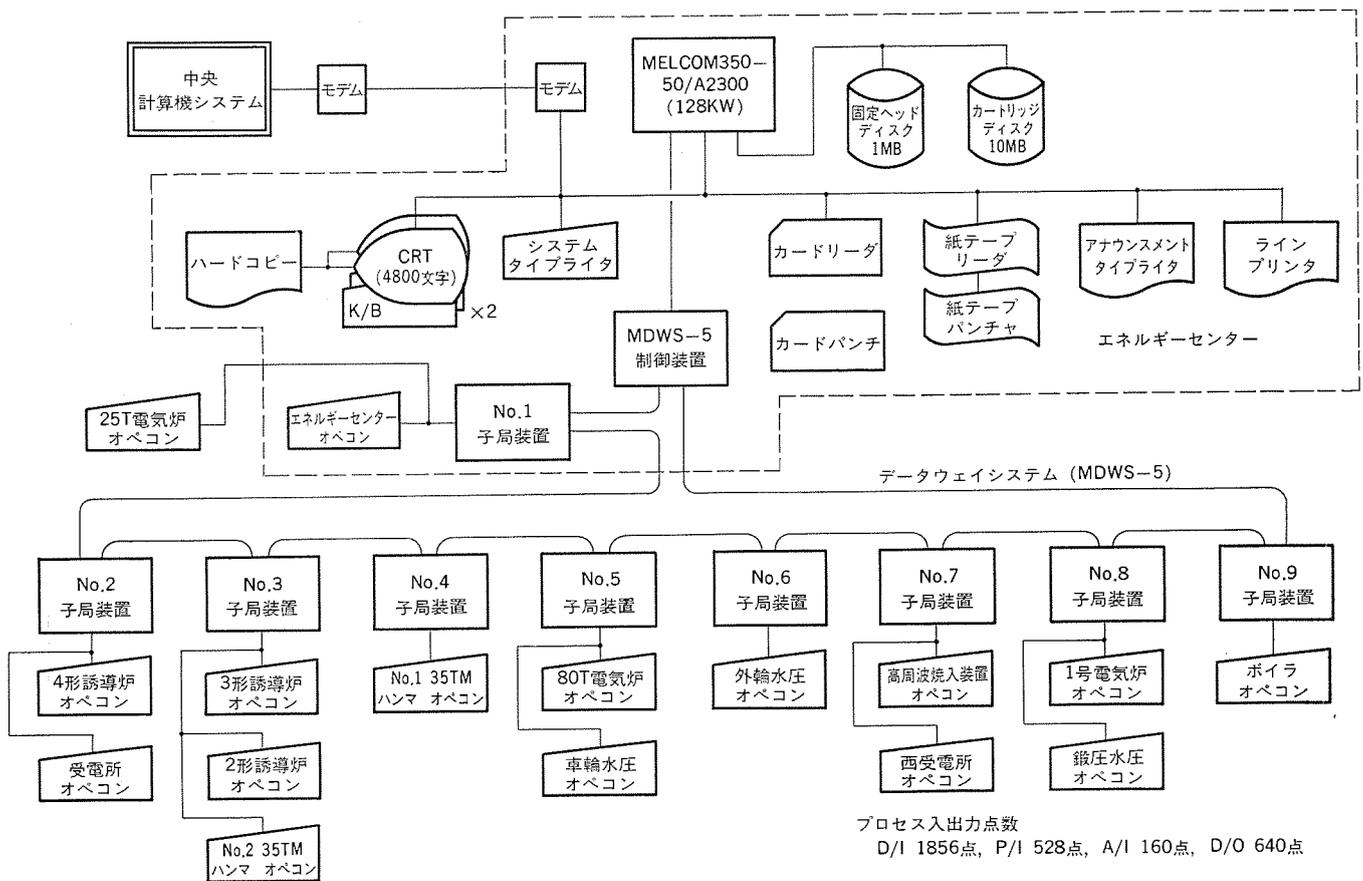


図 2. ハードウェア構成



図 3. オペレータコンソール

能のほか、事務用計算機が行っていた多量のデータ収集・ファイル処理とその統計処理機能も有している。製鋼所全体の生産実績は、ホスト計算機である中央計算機からデータリンク装置を介して受信される。また、FORTRAN言語によるプログラムの開発及び問題向き言語によるCRT画面作成が実時間のオンライン処理に影響を与えることなく、監視、制御の空き時間に行うことが可能である。

更に、計算機あるいはデータウェイが停止している場合でも、重要設備である受変電設備は故障状態を中央で監視できるほか、遠隔操作による現場機器への出力信号を中央で一括して切り離すことができる。

システムの機器仕様

(1) 制御用計算機本体

《MELCOM 350-50/A 2300》

1セット

主メモリ (ICメモリ)	128 K 語 (KW)
補助メモリ (固定ヘッドディスク装置)	1,024 K バイト (KB)
(カートリッジディスク装置)	10 M バイト (MB)
(2) 計算機周辺機器	
システムタイプライタ装置	1台
カード読取装置	1台
紙テープ読取装置	1台
紙テープせん孔装置	1台
アナウンスメントタイプライタ装置	1台
ラインプリンタ装置	1台
図形用 CRT (M 2398 キーボード付き)	2台
表示: 7色 4,800文字 (100文字×48行)	
ハードコピー装置 (切換装置付き)	1台
カードせん孔装置 (オフライン)	1台
(3) データリンク機器	
モデム装置 (2,400 b/s) (ビット/秒)	1台
(4) データウェイシステム	
子局	9局
リモートステーション	16台
伝送基本速度	500 Kb/s
伝送路	ツイストケーブル (電話回線)
(5) オペレータコンソール	
中央オペコン (CRT 2台組込み)	1台
現地オペコン	15台

4. システム機能

エネルギー管理のソフトウェア機能は、大きくつぎのように分類される。

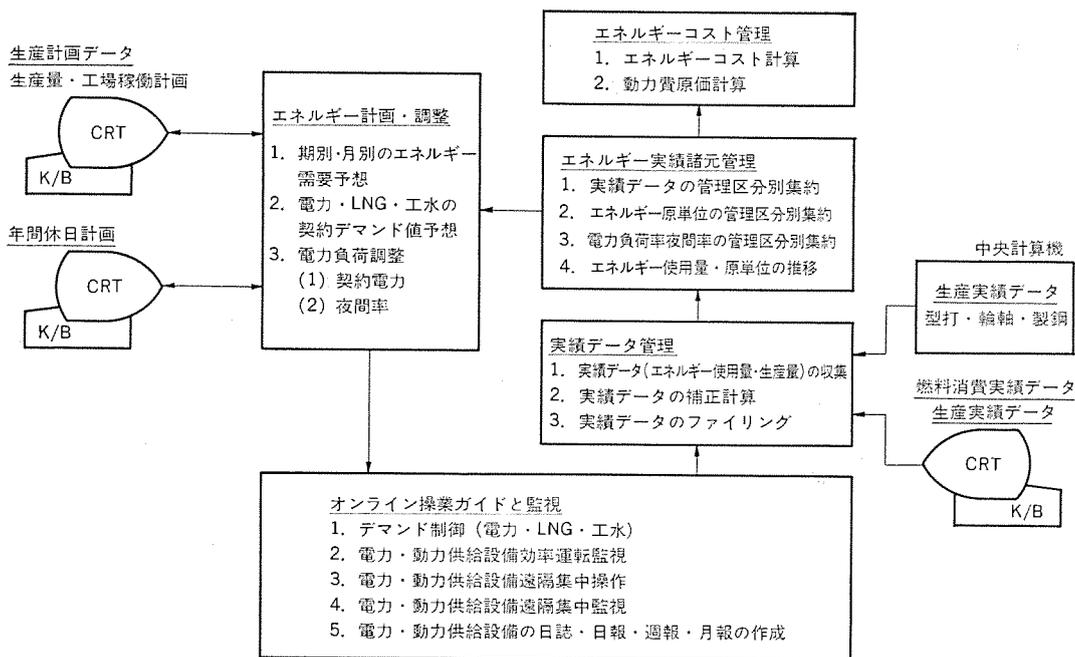


図 4. エネルギー管理の機能構成

算機が行っているデマンド監視周期及び時間帯の開始時刻を取引用のメータに合わせて精度の高い制御を実現している。

デマンド制御の監視画面を図 5. に示す。

#### 4.2 効率運転

2次エネルギーの発生設備の運転を監視して設備の運転効率と発生エネルギーの品質を向上させるために、次の監視及び制御を行っている。

(1) 負荷電力の監視と工場稼働計画によるトランスの台数制御。

増減の対象とするトランスは、任意の周期で変更し運転時間を均一化する。

(2) 力率の監視と工場稼働計画によるコンデンサの台数制御。

コンデンサもトランスと同様に運転時間を均一化する。

(3) 圧水設備の運転効率、水位の監視及び工場稼働計画による運転台数と運転パターンの制御、及び圧水発生原単位の監視。

(4) 圧空設備の工場稼働計画による効率運転パターンの制御、及び圧空発生原単位の監視。

(5) ボイラの排ガス温度による蒸気発生効率と蒸気発生原単位の監視。

(6) 回収水設備の送水圧力の監視と工水比率の監視。

制御が必要になった場合は制御ガイダンスを出力し、オペレータに遠隔操作を行うように要求する。

#### 4.3 集中監視と遠隔操作

従来、設備側に置かれていた監視と機器発停の運転操作を中央に集中して現地設備を必要最小限にまで無人化し、人員の合理化を図る。

監視はCRTを使用して行うことにより、全体的でかつきめ細くなりオペレータの監視の負担は軽くなる。設備機器の故障は、CRTの系統図画面のシンボルをフリッカのともなう故障色で表示するほか、故障メッセージを一覧表としても表示する。また、アナウンスメントタイプライタに故障色で記録印字し、オペレータに分かりやすくしている。

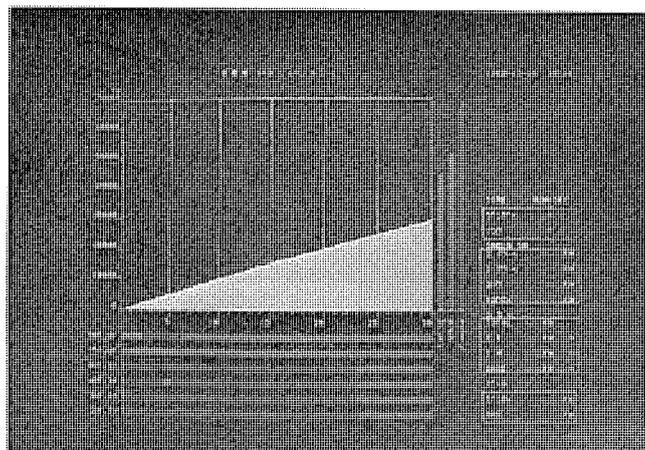


図 5. デマンド制御監視画面

- (1) オンライン操作ガイドと監視
- (2) 実績データ管理
- (3) エネルギー諸元管理
- (4) エネルギーコスト管理
- (5) エネルギー計画調整

図 4. にエネルギー管理の構成を示し、各機能について述べる。

#### 4.1 デマンド制御

1次エネルギーである電力及びLNGの受入れ量を常時監視し、最小自乗法によるデマンド予想を行い、契約違反(デマンドオーバー)の恐れがあると判定したときは優先順位の低い重負荷設備に対して電力制限を行って契約違反を防止する。製品の品質の低下を防止するため精錬中の電気炉は制限の対象から外している。電力デマンドは昼間帯、せん(尖)頭帯及び夜間帯の時間帯別に契約をしていて、契約のきびしい時間帯においてもデマンドオーバー発生を防止するために次の機能を持っている。

電力重負荷設備が通電を開始するときには、通電によってデマンドオーバーが発生するか否かを判定し、発生すると判定した場合には発生しないと判定するまで、通電の延期を現場へ指示する。また、計

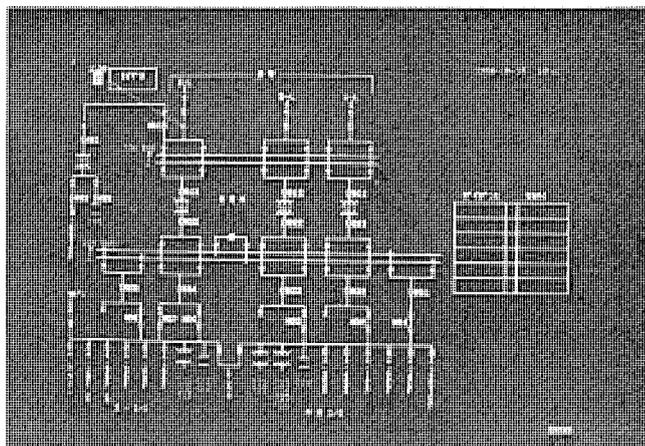


図 6. 電力設備系統図画面

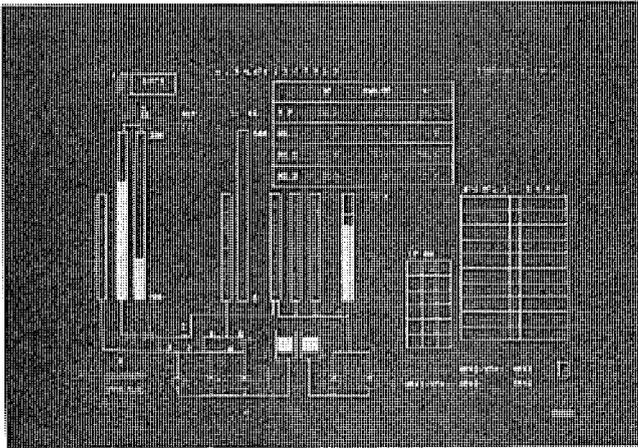


図 7. 圧水設備系統図画面

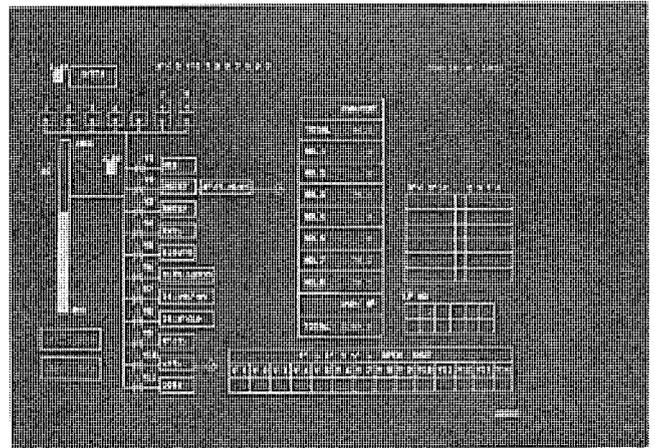


図 8. 圧空設備系統図画面

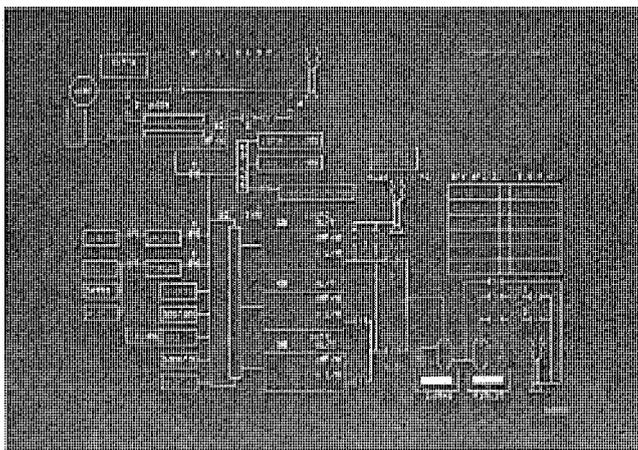


図 9. 蒸気設備系統図画面

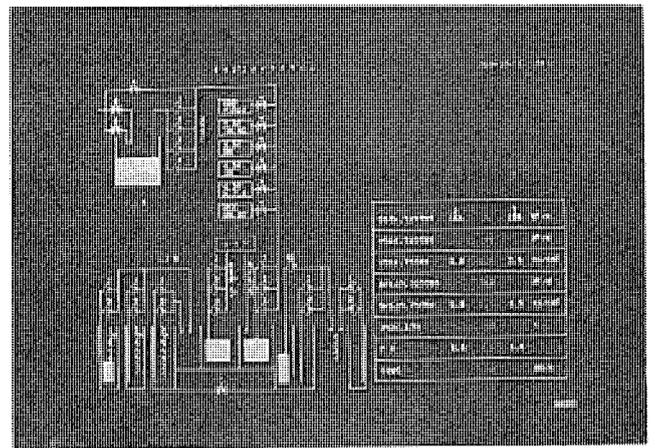


図 10. 受排水設備系統図画面

今まで現場だけにあった運転技術と手順を計算機に登録することにより、オペレータは計算機の指示に従って操作をすれば、現場の知識が無くとも高度な運転の遠隔操作を行えるようにしている。遠隔操作には計算機に登録した一連の手順を1回の操作で行えるようにした自動遠隔操作と、オペレータの設定した手順を1つ1つ行う手動遠隔操作があり、必要に応じて使い分けている。

電力設備、圧水設備、圧空設備、蒸気設備及び受排水設備の系統図画面の1例を図6～図10.に示す。

#### 4.4 運転日誌、日報、月報の作成

電力、動力供給設備の日報、月報類としては次のものを作成する。

##### (1) 電力、動力供給設備の運転日誌

- ・毎時間別の電圧、電流、電力及び力率を印字する受配電日誌。
- ・各設備別に故障、操作内容を印字する運転日誌。
- ・各設備別に動作回数、運転時間の累積値を印字する保守日誌。

##### (2) 電力、動力供給設備の運転日報

各設備別に毎時間の電力量、運転時間、発生量及び2次エネルギーの発生効率(発生原単位、負荷率)を印字する運転日報。

##### (3) 電力、動力供給設備の運転月報

各設備別に毎日の電力量、運転時間、発生量及び2次エネルギーの発生効率(発生原単位、負荷率)を印字する運転月報。

これらによって従来、人員の都合で記録できなかったデータをもきめ細かく記録している。日報類は一定時刻に自動的に印字するほか、オペレータのリクエストによっても任意の時刻にラインプリンタに印字する

ことができる。

#### 4.5 実績データ管理

電力、圧水、圧空、蒸気、LNG、都市ガス、回収水等のエネルギー発生量、消費量及びこれらのエネルギー設備の稼働時間、生産量を実績データとして30分単位で収集する。このほか、設備の運転条件や生産品種が変更されるごとに条件単位、品種単位で収集する。収集はデータの精度をよくするため30秒の短周期で行っており、収集したデータをエネルギー管理の原始データとしてファイルする。

エネルギー設備の運転条件は、現地オペコンで設定され計算機に通信されるほか、運転機器からのデジタル信号として自動的に入力される。データ収集のフローを図11.に示す。

生産実績は中央計算機からデータリンク装置を介して、日間、週間、月間生産量の実績値として入力されるほか、CRTからもオペレータの設定で入力される。

収集した原始データは設備ごとに分類して、30分(又は1時間)、1日、1か月単位にファイルしなおす。

#### 4.6 エネルギー実績諸元管理

収集した実績データを製鋼所の種々の管理区分別に細分化して、それぞれについて原単位を計算し、エネルギー実績データとともにファイルに蓄積する。管理区分としては工場、ブロック、センター及び炉がある。電力に関しては、時間帯別に分類し夜間率を計算しファイルに蓄積する。蓄積したファイルデータは、実績推移表又はグラフとして出力する。

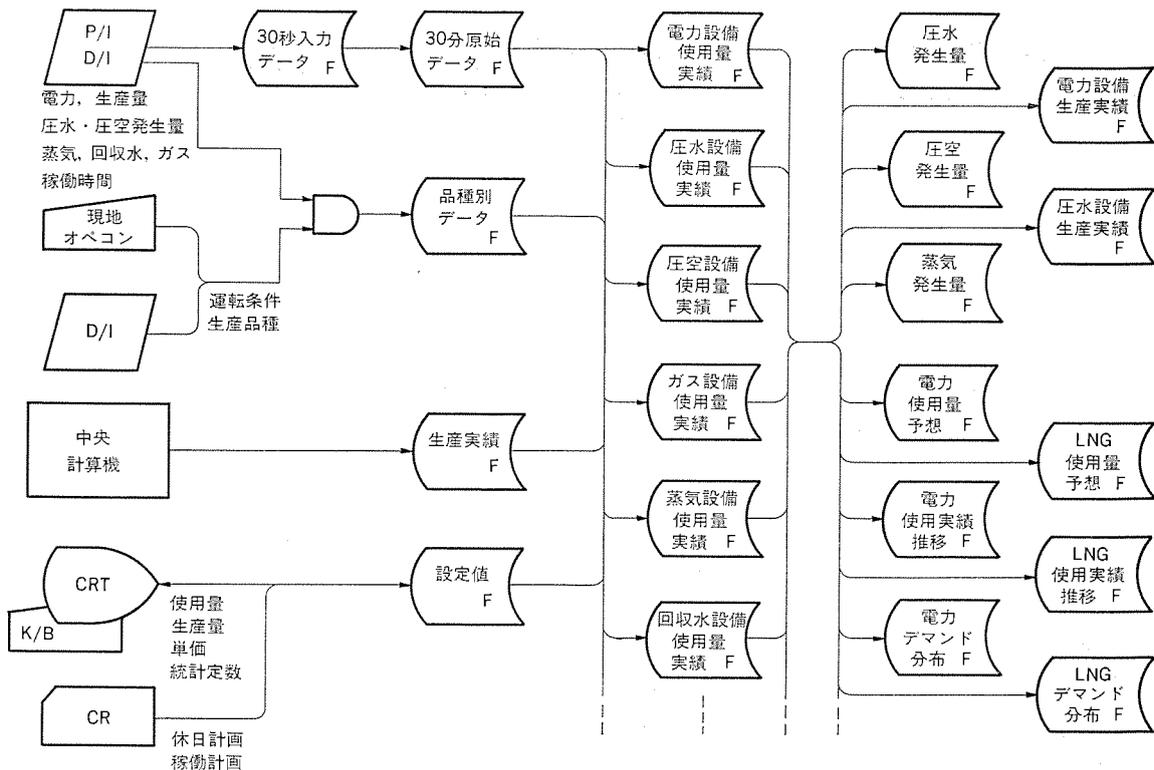


図 11. データ収集のフロー

収集したエネルギー実績データは、実績の生産諸元から重回帰式を用いて算出した標準的なエネルギー使用量と比較検討する。実績値と標準値との間に著しく差があるときは、その要因分析により省エネルギーの指針を見つけだすのに用いる。

これらの管理は計算機で行うことにより、従来人間が行う場合と比較し、サンプリング周期及び管理メッシュが短くでき、結果はCRTに推移グラフとして表示できるほか、ラインプリンタに数表として印字できる。そして、これらは省エネルギーの実績検討資料として提供でき、省エネルギー運転の向上に役立てる。そのほか工場生産計画の際の基礎データとしても使用される。

エネルギー実績諸元管理では次の月報類を作成する。

- (1) 電気炉、誘導加熱炉の負荷管理週報
  - ・生産品種別の原単位を印字する管理週報。
- (2) 各種エネルギーの管理月報
  - ・各種エネルギーのメタ別使用実績データ月報。
  - ・電力管理区分別の毎日の使用量、夜間率、負荷率及び原単位を印字する月報。
  - ・各種エネルギーの管理区分別の使用量、原単位を印字する月報。
  - ・電力、燃料の管理区分別の重回帰式で求めた標準値と実績値とを比較する管理月報。
  - ・エネルギーの工場別の使用量実績管理月報 (kcal換算)。
  - ・動力の原価配分月報。

#### 4.7 エネルギー計画調整

エネルギー計画調整は、短いものは日間から長いものは年間にも及んで行う。計画調整の代表的なものは電力調整、年間休日調整及び契約更新がある。

日間電力調整である前日デマンド予測は、1日を30分単位に分割し、それぞれに稼働計画に基づく使用予測電力を加算し、加算結果により明日のデマンドの予測をしている。デマンドオーバーが予測されるときは、電力重負荷設備である電気炉の生産開始時刻をシフトする

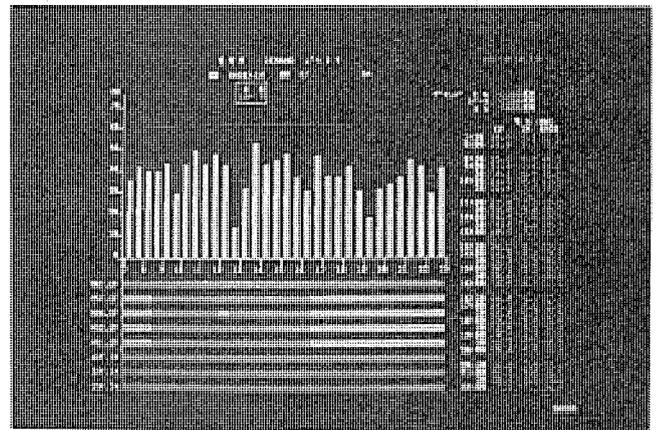


図 12. 電力調整グラフ画面

ことでデマンドオーバーを防止する。使用予測電力は、後日実際に使用した電力とグラフで比較することができる。電力調整グラフ画面を図12.に示す。

年間電力調整である年間休日調整は、夜間帯(夜間及び一般的な休日)における工場の稼働時間を多くするために行うものであり、エネルギー管理システムは毎年の休日計画立案の際に電力夜間率などの基礎データを提供する。

デマンド使用量は電力、LNG及び工業用水別に、電力においては更に時間帯別に収集蓄積し、デマンド分布のヒストグラムを作成する。ここで作成されたグラフは、デマンド契約値の更新資料として使用される。

## 5. むすび

このシステムは稼働後まだ日は浅いが、監視制御、実績データ管理などに十分威力を発揮しており、エネルギー計画調整などにおいても今後データが蓄積されたのちにその威力を発揮することが予想される。

最後に、このシステム設計製作にあたり、御指導、御協力をいただいた関係各位に深く感謝する次第である。

# Lバンドレトロディレクティブ アレーアンテナの試作

太田 堯久\*・水沢 丕雄\*\*・小野 誠\*\*\*・手塚 雅之+・沼崎 正\*

## 1. ま え が き

レトロディレクティブアレーアンテナ (Retrodirective Array Antenna) とは、アレーアンテナの各放射素子の給電位相を自動的に制御して主ビームを常に対向波源へ向けておくことができるアレーアンテナである<sup>(1)(2)</sup>。この種のアンテナは、送信局と受信局との相対位置が常に変化する移動通信や衛星通信など、移動体用高利得アンテナとしての応用が考えられ、最近では太陽発電衛星用アンテナへの応用も検討されている<sup>(3)</sup>。

受動形のレトロディレクティブアレーアンテナとしては、コナリフレクタと等価な Van Atta array<sup>(4)</sup> が有名である。一方、各放射素子に位相共役回路や増幅器を備えた能動形のレトロディレクティブアレーアンテナは素子配列を任意に選ぶことができ、入射波面は等位相面でなくてもよいなどの長所を有しているため Van Atta array よりも応用範囲が広い。この方式のアンテナとしてこれまでヘテロダイン方式による位相共役回路を用いたものが衛星とう(搭)載用や中継器用のアンテナとして提案されており<sup>(5)</sup>、簡単な試作実験も行われている<sup>(6)</sup>。しかし、移動通信への応用を考えたこの種のアンテナの試作実験の報告は少ない。そこで移動体用アンテナとしての応用の問題点を検討するために海事衛星通信用船舶局アンテナを想定してLバンドで動作する1次元のレトロディレクティブアレーアンテナを試作した。

この報告は試作したレトロディレクティブアレーアンテナの構成及び基本特性を述べ、更に移動通信で問題となる直接波と反射波とが同時にアンテナへ入射したときの動作特性を実験と計算によって明らかにするものである。

## 2. 動作原理

図1. は位相共役回路を用いたレトロディレクティブアレーアンテナの動作原理を示す図である。波源Sが固定されているものとすれば、Sから

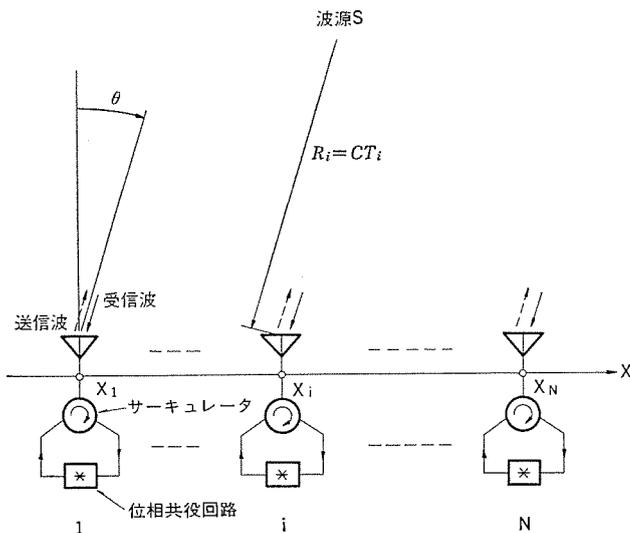


図1. 動作原理図

の送信信号及び素子*i*での受信信号は次式で表される。

$$(\text{送信信号})_s = \cos(\omega_0 t + \phi_0) \dots\dots\dots (1)$$

$$(\text{受信信号})_i = \cos[\omega_0(t - T_i) + \phi_0] \\ = \cos[\omega_0 t + (\phi_0 - \omega_0 T_i)] \dots\dots\dots (2)$$

ここで、 $\omega_0$  は角周波数、 $\phi_0$  は初期位相であり、 $T_i$  は伝搬時間で波源Sから素子*i*までの距離を  $R_i$ 、光速を  $C$  として  $T_i = R_i/C$  と表される。受信信号は位相共役回路を通して位相項の符号が逆転され、素子*i*からの送信信号及び波源Sでの受信信号は次のようになる。

$$(\text{送信信号})_i = \cos[\omega_0 t - (\phi_0 - \omega_0 T_i)] \dots\dots\dots (3)$$

$$(\text{受信信号})_s = \cos[\omega_0(t - T_i) - (\phi_0 - \omega_0 T_i)] \\ = \cos(\omega_0 t - \phi_0) \dots\dots\dots (4)$$

このように波源Sでは、各素子からの送信信号が素子の相対位置に基づく伝搬時間の差に関係なく同相で合成される。すなわち、このアンテナの送信パターンの主ビームは、自動的に波源の方向を向く。また、同様にして位相共役回路を通った信号の一部を素子受信信号と合成すれば各素子での受信信号は同期となり、受信パターンの主ビームが波源の方向を向く。

以上の原理により試作したレトロディレクティブアレーアンテナの全体の構成を図2. に、給電モジュールの構成を図3. に示す。給電モジュール内の位相共役回路はヘテロダイン方式を用いており、衛星から送信されるパイロット波の位相を基準にして動作する。以下にその動作について説明する。なお、位相項のみに着目するため、各電圧の振幅はすべて1とする。到来波により素子*i*の入出力端子に誘起される電圧は次式で表される。

$$\text{受信波 } V_r^{(i)} = \cos[\omega_r(t - T_i) + \phi_r] \dots\dots\dots (5)$$

$$\text{パイロット波 } V_p^{(i)} = \cos[\omega_p(t - T_i) + \phi_p] \dots\dots\dots (6)$$

ここで、 $\omega_r$ 、 $\omega_p$  は角周波数、 $\phi_r$ 、 $\phi_p$  は初期位相である。受信波及

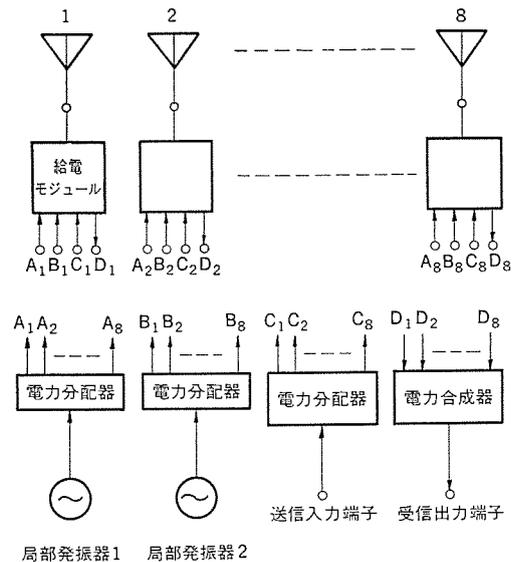


図2. アンテナの構成

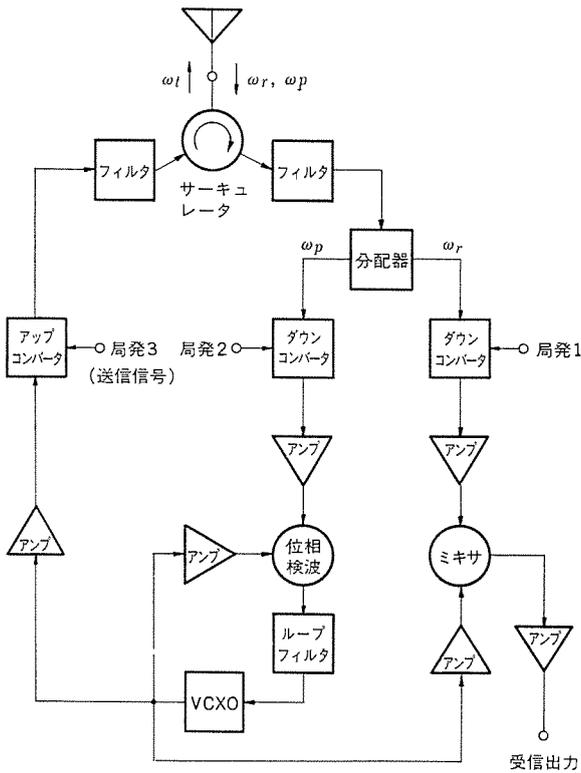


図 3. 給電モジュールの構成

びパイロット波をダウンコンバータで周波数変換するとそれぞれの出力電圧  $V_{rD}^{(i)}$ ,  $V_{pD}^{(i)}$  は、

$$V_{rD}^{(i)} = \cos [(\omega_{L1} - \omega_r)t - \phi_r + \phi_{L1} + \omega_r T_i] \dots (7)$$

$$V_{pD}^{(i)} = \cos [(\omega_{L2} - \omega_p)t - \phi_p + \phi_{L2} + \omega_p T_i] \dots (8)$$

となる。 $\omega_{L1}$ ,  $\omega_{L2}$  は局部発振器 1, 2 の発振波の角周波数  $\phi_{L1}$ ,  $\phi_{L2}$  は初期位相であり,  $\omega_{L1} > \omega_r$ ,  $\omega_{L2} > \omega_p$  に選んでいる。周波数変換されたパイロット波の一部を送信波の位相情報として使用し, その残りは受信波の検波用を使用する。まず送信では, アップコンバータに注入された送信信号と上記パイロット信号の一部が周波数変換されて出力電圧は次のようになる。

$$V_i^{(i)} = \cos [(\omega_{L3} + \omega_{L2} - \omega_p)t - \phi_p + \phi_{L2} + \phi_{L3} + \omega_p T_i] \dots (9)$$

$\omega_{L3}$ ,  $\phi_{L3}$  は送信信号である局部発振器 3 の発振波の角周波数及び初期位相である。 $(\omega_{L3} + \omega_{L2} - \omega_p)$  を送信波の角周波数  $\omega_i$  に等しくなるようにし,  $\omega_i \approx \omega_p$  として  $\phi_i = \phi_{L2} + \phi_{L3}$  とおけば,

$$V_i^{(i)} = \cos [\omega_i(t + T_i) - \phi_p + \phi_i] \dots (10)$$

となり, 各素子から波源へ向けて位相のそろった送信波を放射する。次に, パイロット波  $V_{pD}^{(i)}$  の残りと受信波  $V_{rD}^{(i)}$  は再びダウンコンバータに注入されて受信出力電圧は次式で与えられる。

$$V_{rDD}^{(i)} = \cos [(\omega_p - \omega_r + \omega_{L1} - \omega_{L2})t + \phi_p - \phi_r + \phi_{L1} - \phi_{L2} - (\omega_p - \omega_r)T_i] \dots (11)$$

ここで,  $\omega_p \approx \omega_r$  とすれば  $(\omega_p - \omega_r)T_i$  の項は無視できるから,

$$V_{rDD}^{(i)} = \cos [(\omega_{L1} - \omega_{L2})t + \phi_{L1} - \phi_{L2}] \dots (12)$$

となり, 各素子からの出力を同相で合成できる。

以上の動作原理, 回路構成により送, 受信の放射パターンの主ビームを自動的に波源の方向を向けることができる。

### 3. 開口部の構成

試作したアンテナの外観を図 4. に示す。設計周波数は海事衛星の L

バンドの周波数に合わせて, それぞれ次のように選んだ。

受信周波数 : 1,535 MHz

送信周波数 : 1,645 MHz

パイロット周波数 : 1,541.5 MHz

偏波は右旋円偏波である。アレーアンテナは 16 個の反射板上アルキメデス形スパイラルアンテナで構成した。それらの配列では地面による反射波の影響を小さくするために垂直方向に 2 個ずつ並べて垂直面内ビームを狭くし, これらの 2 個の対を 1 つの放射素子とした 8 素子アレーとして水平方向でビーム偏位ができるようにした。8 素子の素子間隔は, 水平面内  $\pm 60^\circ$  のビーム偏位範囲でグレーティングローブが発生するのを防ぐため, 送受信の平均周波数で 0.52 波長に選んだ。またビーム偏位に伴う利得の低下を小さくするために, スパイラルアンテナの反射板上の高さを 0.4 波長として素子パターンのビーム幅を広くしてある。

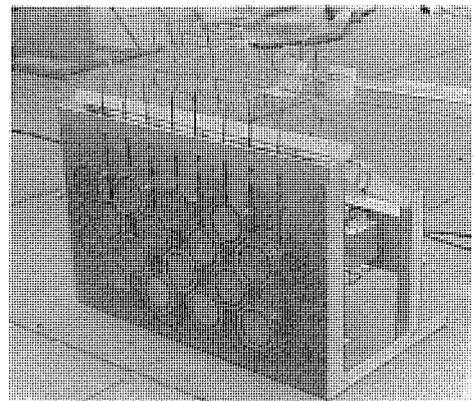


図 4. アンテナ外観

### 4. 基本特性

放射素子のアクティブインピーダンスは, 別途製作した給電回路を接続し, 受動形のアレーアンテナとして動作させて送受 2 周波数で測定した結果, アンテナ正面からのビーム偏位角  $\theta_0$  が  $0^\circ$ ,  $60^\circ$  では VSWR が 2 以下,  $30^\circ$  では 2.7 以下の値が得られた。また同様に測定した軸比は  $\theta_0$  が  $\pm 30^\circ$  以内で 1 dB 以下, 利得は  $\theta_0 = 0^\circ$  で受信周波数 1,535 MHz で 21.9 dB, 送信周波数 1,645 MHz で 20.4 dB の値が得られた。

レトロディレクティブアレーアンテナでは, 放射特性がアダプティブに変化するるので, 受信パターン, 送信パターン, 利得などの測定にはこのアンテナに適した測定系が必要である。受信, 送信パターンの測定では位相基準となるパイロット波の到来方向がアンテナに対して固定されている必要があり, 従来はアンテナに機械的に固定した腕木の先端に送信アンテナを設置して, パイロット波を送信する方法が用いられていた。この方法により受信, 送信パターンを測定したが, 腕木などの反射波の影響で正しい測定は行えなかった。そこで今回は新しい方法として図 5. に示すように各スパイラルアンテナの近傍に設けたフープからパイロット波を注入する方法を考案した。フープはそれぞれ各スパイラルアンテナに疎に結合しており, 各素子の相対位置に対応した位相をもち, かつ等振幅のパイロット波を形成する 8 分配器を介して給電した。この方法により  $\theta_0 = 0^\circ$ ,  $-30^\circ$ ,  $-60^\circ$  の場合について受信パターン及び送信パターンを測定した。測定結果を図 6., 図 7., 図 8. に示す。それぞれパイロット波の到来方向へ向いた主ビームをもつパターンを得

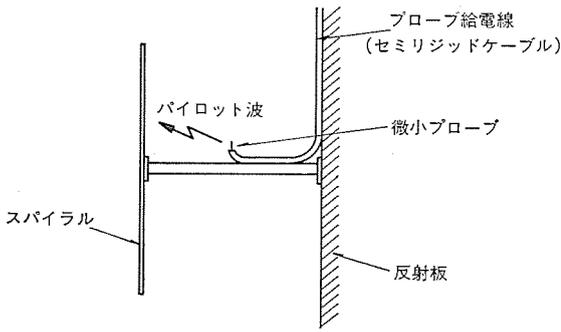


図 5. プローブ 取付位置

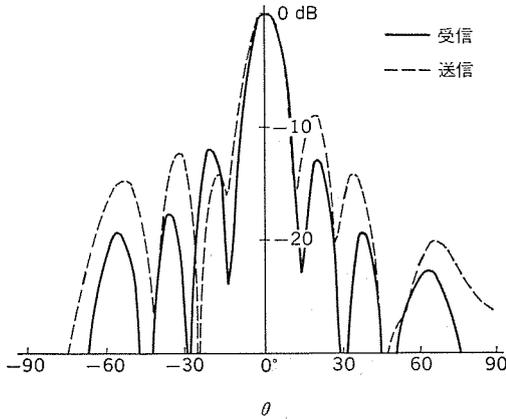
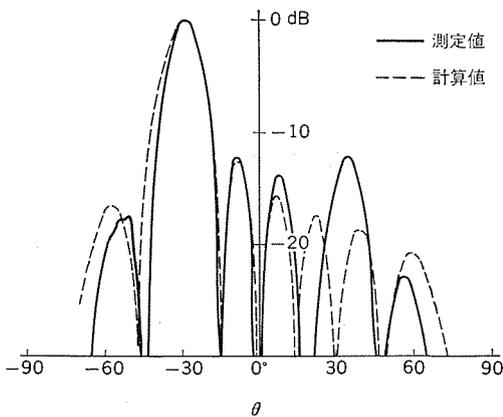
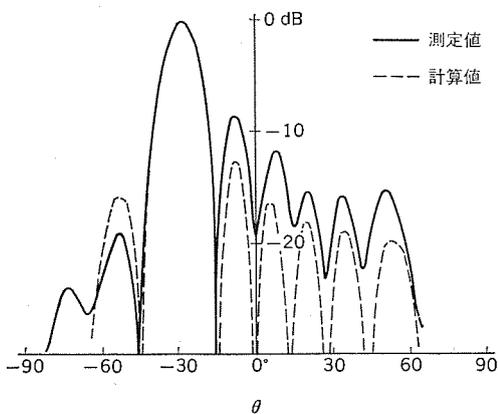


図 6. パターン 測定値  $\theta_0=0^\circ$



(a) 受信 パターン



(b) 送信 パターン

図 7. パターン 測定値  $\theta_0=-30^\circ$

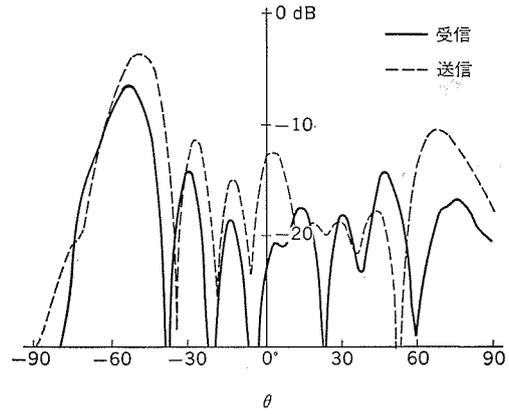


図 8. パターン 測定値  $\theta_0=-60^\circ$

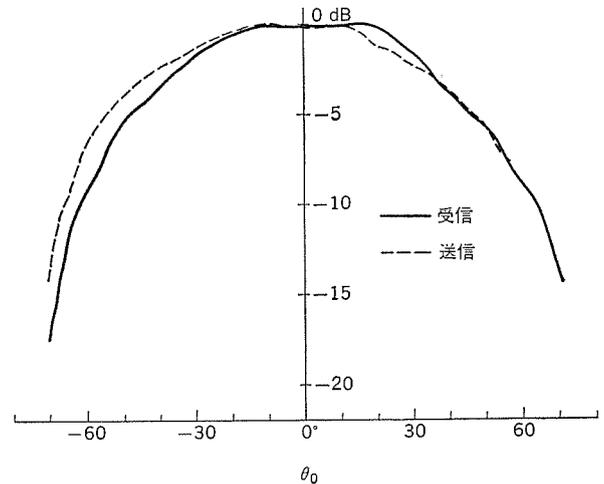


図 9. 送受信レベル測定値

られている。図 7. の  $\theta_0=-30^\circ$  の場合については計算値との比較も示しており、比較的良好に一致したパターンが得られていることがわかる。

図 9. はパイロット波と受信波とが同一の送信アンテナから送信された状態、すなわち実際の使用状態での受信レベル及び送信レベルの測定結果である。正面方向から  $\pm 35^\circ$  以内ならばレベル低下量は 3 dB 以下であり、約  $\pm 60^\circ$  の範囲内で波源に追従する良好なビーム偏位特性が得られていることがわかる。

このアンテナは能動回路と一体化されているため、アンテナ利得を直接測定することはできない。今回の測定では能動回路を含めた見掛けの利得から能動回路の利得を差し引いてアンテナ利得を間接的に計算した結果、主ビーム正面方向で受信時 22 dB、送信時 20 dB の値が得られた。これらの値は開口部のみで測定したアンテナ利得とよく一致している。

## 5. 2 到来波中での特性

レトロディレクティブアンテナを移動体用アンテナとして応用した場合には、周囲の環境により直接波と反射波とが同時にアンテナへ入射する状態が予想される。そこで、2 方向から到来波が入射した場合について実験と計算により検討した。

### 5.1 実験

パイロット波  $P_1$  及び  $P_2$  がそれぞれアンテナ正面方向に対して  $\theta_1$  及び  $\theta_2$  の方向から到来するものとすれば、各放射素子へ入射するパイロ

ト波は  $P_1, P_2$  を合成したものとなり、素子  $i$  でのパイロット波受信電圧  $V_p^{(i)}$  は次式で表される。

$$V_p^{(i)} = K_1 \cdot [E_0(\theta_1) e^{j\frac{2\pi}{\lambda_p} x_i \sin \theta_1} + A \cdot E_0(\theta_2) e^{j(\frac{2\pi}{\lambda_p} x_i \sin \theta_2 + \alpha)}] = |V_{pi}| \cdot e^{j\phi_{pi}} \dots \dots \dots (13)$$

ここで  $E_0(\theta)$  は素子パターン、 $\lambda_p$  はパイロット波の波長、 $x_i$  は素子  $i$  の相対位置を示す  $x$  座標、 $|V_{pi}|, \phi_{pi}$  は  $V_p^{(i)}$  の振幅、位相、 $K_1$  は定数である。また  $A, \alpha$  はパイロット波  $P_1$  に対する  $P_2$  の相対振幅及び相対位相である。各素子に接続した給電モジュールでは、位相共役回路により位相情報  $\phi_{pi}$  の符号を逆転する。この信号を用いて受信においては各素子からの出力を等振幅同相で合成し、送信においては各素子で振幅が等しく、それぞれ  $-\phi_{pi}$  なる位相項をもつ送信波を放射する。 $P_1, P_2$  の相対振幅  $A$  を 1 とし、相対位相  $\alpha$  が  $0^\circ, -90^\circ, -180^\circ$  の 3 種の場合について前記プロトタイプを用いてパイロット波を注入した。到来角  $\theta_1, \theta_2$  は比較的接近した 2 方向を考えて  $-25^\circ, -45^\circ$  とした。 $\alpha = -180^\circ$  の場合の測定結果を図 10. に示す。測定値は破線で示した計算値とよく一致しており、2 方向へビームが向くパターンが得られている。 $\alpha = 0^\circ, -90^\circ$  の場合についても同様に計算とよく一致する測定結果が得られ、2 方向からパイロット波が到来した場合の特性は理論的に予測できることがわかった。

### 5.2 計算

直接波が右旋円偏波の場合、反射波は右旋及び左旋の両円偏波成分をもち、それらの比率は鏡面反射の場合には反射物体への入射角と

反射係数によって変化する。また、アンテナで受信する右旋、左旋成分の比率はアンテナ開口部の軸比により決定され、受信電圧は各偏波成分の受信電圧の和になる。そこで、直接波と反射波の偏波を同一とし、反射波の直接波に対する相対振幅、相対位相を変えてアンテナ特性を計算すれば一般化した場合について計算したことになる。この考えに基づいて受信特性及び送信特性を計算した。

#### 5.2.1 受信特性

直接波と反射波との相対位相は、受信波とパイロット波とで等しいものと仮定する。式(13)と同様に素子  $i$  での受信波の受信電圧  $V_r^{(i)}$  は次式で表される。

$$V_r^{(i)} = K_2 \cdot [E_0(\theta) e^{j\frac{2\pi}{\lambda_r} x_i \sin \theta_1} + A \cdot E_0(\theta_2) e^{j(\frac{2\pi}{\lambda_r} x_i \sin \theta_2 + \alpha)}] = |V_{ri}| \cdot e^{j\phi_{ri}} \dots \dots \dots (14)$$

ここで  $\lambda_r$  は受信波の波長、 $|V_{ri}|, \phi_{ri}$  は  $V_r^{(i)}$  の振幅、位相であり、 $K_2$  は定数である。

8 個の各給電モジュールでの受信出力は  $|V_{ri}|^2$  に比例した値となる。アンテナ全体の出力端において直接波だけが入射した場合の受信電力に対する 2 波到来時の相対受信電力  $P_r$  は次のように表される。

$$P_r = \frac{\sum_{i=1}^8 |V_{ri}|^2}{8 \cdot |E_0(\theta_1)|^2} \dots \dots \dots (15)$$

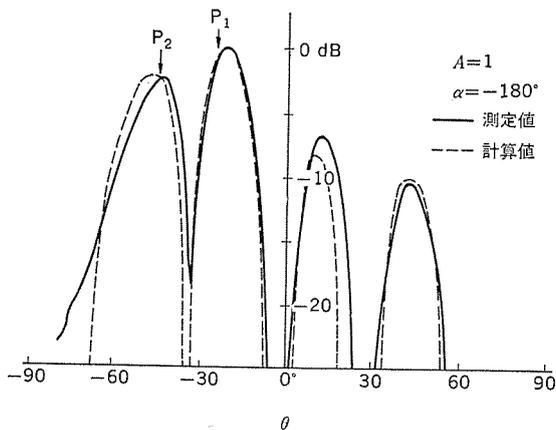
一方、放射パターンが  $E(\theta)$  である受動形のアンテナを用いたときの相対受信電力  $P_r'$  は

$$P_r' = \left| 1 + A \cdot \frac{E(\theta_2)}{E(\theta_1)} e^{j\alpha} \right|^2 \dots \dots \dots (16)$$

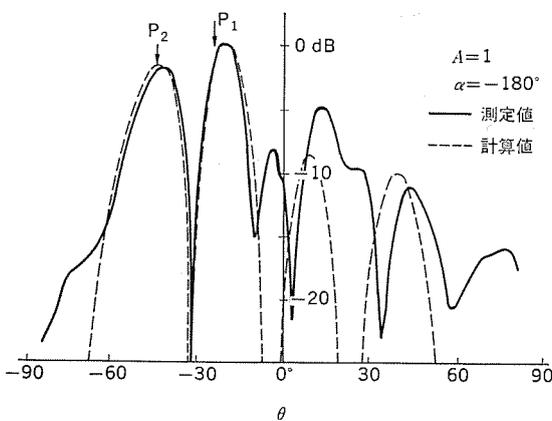
となる。相対位相  $\alpha$  をパラメータとしたときの相対電力の計算結果の 1 例として、 $\theta_1 = 10^\circ, \theta_2 = -10^\circ$  の場合を図 11. に示す。なお、計算では  $E_0(\theta)$  及び  $E(\theta)$  は左右対称とした。レトロディレクティブアレーアンテナでは受動形のアンテナに比べて、 $\alpha$  が変化したときの相対受信電力の変動幅が小さいことがわかる。最大変動幅である  $\alpha = 0^\circ$  と  $180^\circ$  の  $P_r$  の比は、 $A$  が例えば 0.32 ( $-10$  dB) の場合、入射角  $\theta_1 (= \theta_2)$  に対して図 12. のようになり、 $\theta_1 \geq 5^\circ$  であれば変動幅は 2 dB 以下である。このとき受動形では 6.1 dB となり、変動幅が 4 dB 以上改善される。

#### 5.2.2 送信特性

送信特性については、直接波のみを考え、パイロット波が  $\theta_1, \theta_2$  方向



(a) 受信パターン



(b) 送信パターン

図 10. パターン測定値  $\theta_1 = -25^\circ, \theta_2 = -45^\circ$

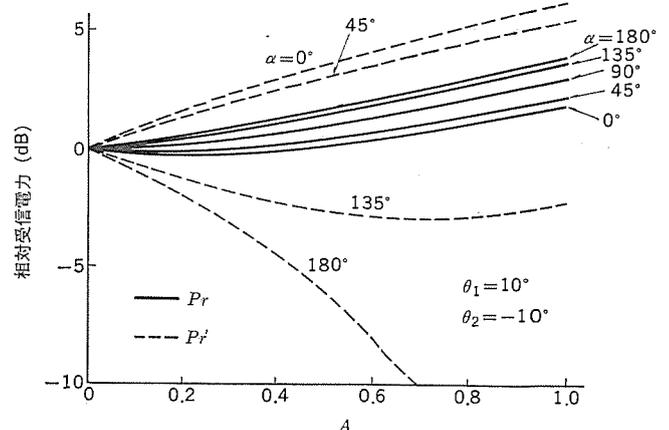


図 11. 相対受信電力

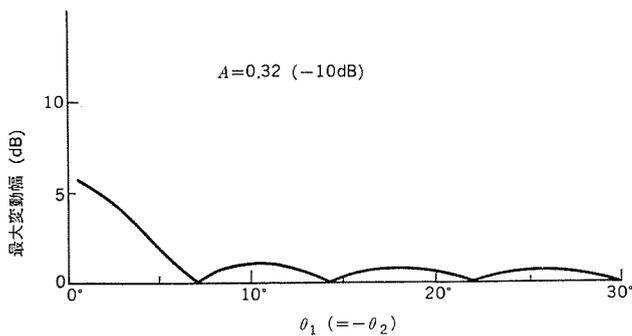


図 12. 相対受信電力の最大変動幅

から同時に入射したときの  $\theta_1$  方向での送信電力レベルと、理想的にビームが波源方向 ( $\theta_1$ ) を向いた場合の送信電力レベルとの比  $P_t$  を求めた。

ここで、各成分が各素子の給電電流である電流ベクトル  $\mathbf{I}$  を考え、このベクトルを次式で与える。

$$\mathbf{I} = (I_1, I_2, \dots, I_8) \dots\dots\dots (17)$$

理想的に  $\theta_1$  方向にビームを向けるための電流ベクトルを  $\mathbf{I}_0$ 、2波が到来したときのレトロディレクティブアレイアンテナの各素子給電電流ベクトルを  $\mathbf{I}$  とすれば、上記送信電力レベル比  $P_t$  は次式で表される。

$$P_t = \frac{|\mathbf{I} \cdot \mathbf{I}_0^*|^2}{|\mathbf{I}_0 \cdot \mathbf{I}_0^*|^2} \dots\dots\dots (18)$$

ここで、“\*” は共役ベクトルを示し、“ $\cdot$ ” はベクトルの内積を示す。放射電力を等しくするために、それぞれ各素子給電電流の振幅を 1 とおけば  $\mathbf{I}$  及び  $\mathbf{I}_0$  は次式で与えられる。

$$\mathbf{I} = (e^{-j\phi_{p1}}, e^{-j\phi_{p2}}, \dots, e^{-j\phi_{p8}}) \dots\dots\dots (19)$$

$$\mathbf{I}_0 = (e^{-j\frac{2\pi}{\lambda_t} x_1 \sin \theta_1}, e^{-j\frac{2\pi}{\lambda_t} x_2 \sin \theta_1}, \dots, e^{-j\frac{2\pi}{\lambda_t} x_8 \sin \theta_1}) \dots (20)$$

ここで、 $\lambda_t$  は送信波の波長、 $\phi_{pi}$  は式(13)で示した合成パイロット波受信電圧の位相である。式(19)、(20)を用いて式(18)により送信電力レベル比  $P_t$  を求めれば

$$P_t = \frac{1}{64} \cdot \left| \sum_{i=1}^8 e^{j(\frac{2\pi}{\lambda_t} x_i \sin \theta_1 - \phi_{pi})} \right|^2 \dots\dots\dots (21)$$

となる。受信特性を計算したときと同様に、1例として  $\theta_1=10^\circ$ 、 $\theta_2=-10^\circ$  の場合の相対位相  $\alpha$  をパラメータとした  $P_t$  の計算結果を図13. に示す。直接波に対する反射波のレベル  $A$  が、例えば 0.32 (-10 dB) 以下の場合には  $P_t$  の低下量は 0.5 dB 以下であり、レトロディレクティブアレイアンテナの送信時の性能は送信ビームが理想的に直接波到来方向を向いた場合と同程度である。

なお、以上の送受信特性の計算では  $\theta_1=-\theta_2$  とし、素子パターン  $E_0(\theta)$  及び受動形アンテナのパターン  $E(\theta)$  を左右対称としていたが任意の到来角やパターン形状の場合についても

$$A' = A \cdot \frac{E_0(\theta_2)}{E_0(\theta_1)} \dots\dots\dots (22)$$

又は

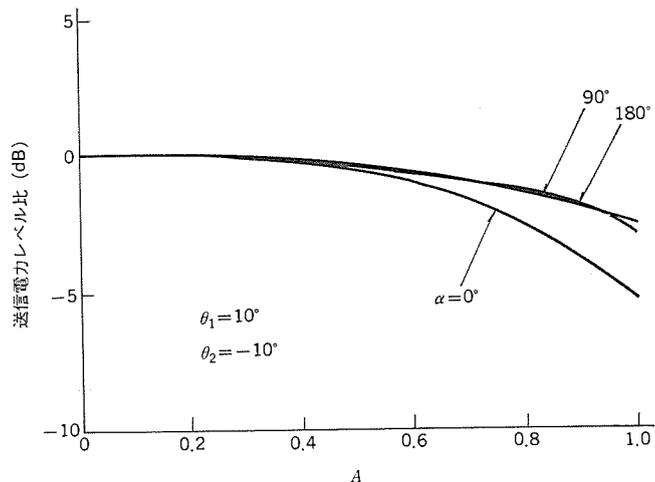


図 13. 送信電力レベル変化

$$A' = A \cdot \frac{E(\theta_2)}{E(\theta_1)} \dots\dots\dots (23)$$

とおくことにより、同様にして送受信特性を計算できる。

## 6. む す び

周波数を Lバンドに選んで右旋円偏波のレトロディレクティブアレイアンテナを試作し、主ビームが波源に追従して自動的に偏位する基本特性を確認できた。また、移動通信で特に問題となる反射波の影響についても実験と計算により検討を行った。その結果、受信特性では一般の受動形のアンテナよりも受信レベルの変動が小さいことがわかり、送信特性では反射波のレベルが比較的小さければ対向波源方向の送信電力レベル変化は小さいことが明らかになった。

この研究は、日本造船研究協会からの委託に基づいて行ったものである。御指導、御討議いただいた日本造船研究協会第150研究部会の木村部会長殿を始めとする委員の方々に深く感謝する次第である。

## 参 考 文 献

- (1) D. L. Margerum : Self-phased arrays, Microwave Scanning Antennas, III, 341, Academic Press (1964)
- (2) 藤本 : アクティブアンテナ および アダプティブアンテナシステム, 信学誌, 48, P. 768 (昭40)
- (3) R. C. Chernoff : Large active retrodirective array for space applications, IEEE Trans., AP-27, 489 (1979)
- (4) E. D. Sharp, et al : Van Atta reflector array, IRE Trans., AP-8, 436 (1960)
- (5) C. C. Cutler, et al : A self-steering array repeater, Bell Syst. Tech. J., 42, 2013 (1963)
- (6) C. Y. Pon : Retrodirective array using the heterodyne technique, IEEE Trans., AP-12, 176 (1964)

# 大形電力機器のエアベアリングによる新しい現地据付搬送

篠塚和男\*・中本栄一\*\*・水上 徹\*\*\*・森田精貞\*\*\*・片岡武司\*\*\*

## 1. ま え が き

電力用変圧器など電力機器は高電圧化、大容量化に伴い機器重量、寸法が増大傾向にあり、その輸送及び現地でのすべ(据)付搬送も合理化する必要性が高くなっている。

工場から据付現地までの輸送は船舶、特殊鉄道車両や特殊トレーラなど大形の特殊輸送機器により行われるが、据付現地に到着したあとは、工場と事情が異なり、重量物に対する適当な揚重、移動設備がないので、据付基礎上まではほとんどコロびきによる据付搬送(オンベス)が行われているのが現状である。

コロびきは機器、機材が比較的安い、反面多数の人手と時間を要し、特に方向変換や旋回などが困難であるという短所をもっている。

これらのコロびき作業の欠点をカバーし現地の据付搬送作業を合理化するため、既に工場内で長年実績のある圧縮空気を利用したエアベアリングによる搬送方法を、東京電力(株)新富士変電所における500 kV、750/3 MVA 大形変圧器の据付搬送に計画、実施して成功した。

ここにその内容について紹介する。

## 2. エアクッション技術

### 2.1 エアクッション技術の起源

エアクッション技術を応用した運搬装置は、一般にA. C. V (Air Cushion Vehicles) と呼ばれており、これには動圧形 (Hydro-dynamic type) と静圧形 (Hydro-static type) とに分類できる。図1. にその原理図、表1. に概略仕様を示す。

前者は、いわゆるホバークラフトの原理(空気カーテンの原理)を応用したもので、ヨーロッパ、特にイギリスを中心に開発が進んできた。

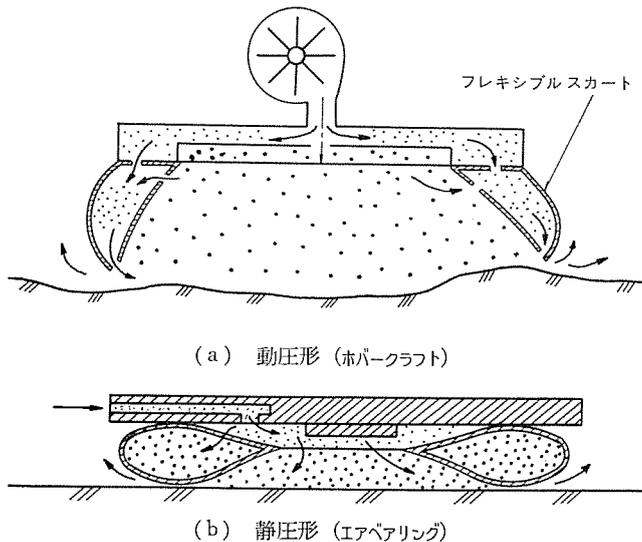


図1. A. C. V の種類

表1. A. C. V の概略仕様

形 式	浮上量 (mm)	圧力 (kg/cm <sup>2</sup> G)	容 量 (t/m <sup>3</sup> )
動 圧 形 (ホバークラフト)	1~100	0.3 以下	3 以下
静 圧 形 (エアベアリング)	0.01~0.1	0.5~3.5	5~35

この形式は、単位面積当たりの積載荷重は比較的小さいが浮上量はかなり大きくて床面の制限が少なく。しかし、空気クッション形成用の送風機や推進用プロペラによる騒音が激しく、砂ぼこりや水しぶきが飛散する。このため、環境や重量の面で大形電力機器には不向きで、荒地、湿地、草原、海・川・湖辺などにおいて数十トンまでの運搬に実用化されている。

これに対して後者は、空気潤滑(エアベアリング)の原理を用いたもので、一般に Air film type と呼ばれている。アメリカの GM 社と Boeing 社が中心になり、ホバークラフトのフレキシブルスカートにヒントを得て、静圧軸受の剛性面に代わるたわみ性タイヤを開発し、重量物の運搬に応用した。これらは、エアベアリング、エアキャスタ、エアパレット、エアプラットフォームとも呼ばれる。我が国では、A社が Aero-Go 社と1970年、B社が Rolair Systems 社と1973年、C社が Air float 社、D社が Air Barge 社と1974年にそれぞれ技術導入を行い、実用化されつつある。

### 2.2 エアベアリングの動作原理

エアベアリングの動作原理を図2. に示す。すなわち、圧縮空気をタイヤ内に供給すると、これを膨らませると同時に、チャンパ内にも流れ込んで圧力室を形成し、床面との間に分布静圧が作用する。この圧縮空気が、タイヤと床面との間に漏れるときに空気粘性の作

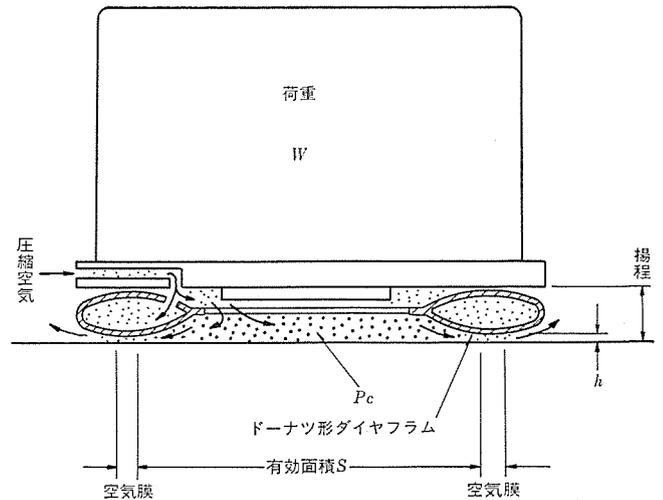


図2. エアベアリングの動作原理

用によって薄い空気膜ができる。

この状態になると、重量物の荷重  $W$  とつり合った一定圧力  $P_c$  が、ダイヤフラム内に生ずる。このときの空気膜の厚さ  $h$  は、床面の粗さによって異なるが、数  $\mu$  から数十  $\mu$  程度といわれる。チャンパ内に発生した圧力は、床面に対して垂直に働く。

したがって、支持力  $F$  は、単位面積当たりの支持圧力  $P_c$  が有効面積  $S$  に常に一定に働くことから

$$F = P_c \cdot S$$

が成立する。この支持力  $F$  が、荷重  $W$  とつり合って重量物を支持する。

この場合、床面が鏡のような理想的な面であれば、摩擦係数は10万分の1以下になるといわれる。しかし、実際には床面の状態に応じて空気膜が形成され、この空気潤滑の程度によって摩擦係数は1/1,000~1/100程度になる。

### 2.3 エアベアリングによる搬送の長所と短所

重量物を搬送する方式は種々あるが、エアベアリング方式を特にコロビキ方式などと比較して、その長、短所をまとめると次のとおりである。

#### (1) 長所

- (a) 支持面と空気層との摩擦係数が1/1,000程度と極端に低いので、駆動けん引動力は非常に小さいもので足りる。
- (b) 方向転換、位置決めなどの小回りがきいて行動範囲の自由度が大きく、機動性に富む。
- (c) 床に荷重が分散するので、床に与える負荷が小さく、局部的に床面を痛めることが少ない。
- (d) 安全・クリーン・無公害である。

#### (2) 短所

- (a) 床面の表面精度、耐摩耗性がある程度要求される。
- (b) 軽く動きすぎるので、方向拘束に工夫がいる。

## 3. 現地据付搬送への応用実施

### 3.1 従来の搬送方法

従来、据付現地で構内道路上から据付基礎まで変圧器を搬送し、所定の位置に据付ける方法としてコロビキが多く用いられてきた。

コロビキは搬送路面及び変圧器支持面との間に円周コロを多数そう入してけん引する方法であるが、円周コロの上下面、すなわち搬送路面及び変圧器側に木材などの緩衝、保護、支持材料を必要とし、更にこれらの進行方向への移動や、コロの移動などに多くの人手や時間を要し、けん引力も比較的大きいため、けん引装置も大形のものが必要とする。また、特に急角度の方向転換、旋回などが困難であるため、輸送方向と据付方向が異なる場合はトラレーユ用に大曲がりの搬送路が必要で、複数台並列した据付けでは各々に搬送路を必要としていた。例えば、図3.に示すように構内道路から据付基礎へ変圧器を搬送するには、それぞれの搬入路を矢印の方向に大曲がりして据付位置へ搬送していた。

### 3.2 今回の搬送方法

今回、東京電力(株)新富士変電所において従来のコロビキの欠点を解消するため、圧縮空気を利用したエアベアリングを用いて変圧器の現地据付搬送を行った。エアベアリングの利点である方向転換や旋回が容易なことを大いに利用して、図4.に示すような搬送ルートを設定した。すなわち構内道路とW相変圧器基礎とを結ぶ場所に旋回ステージを設け、さらにW相まで直線路を1本設置し、U、V、W各相の変

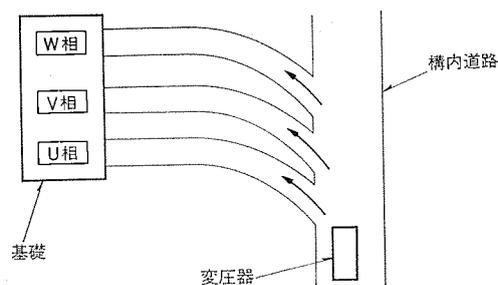


図3. コロビキによる搬送経路

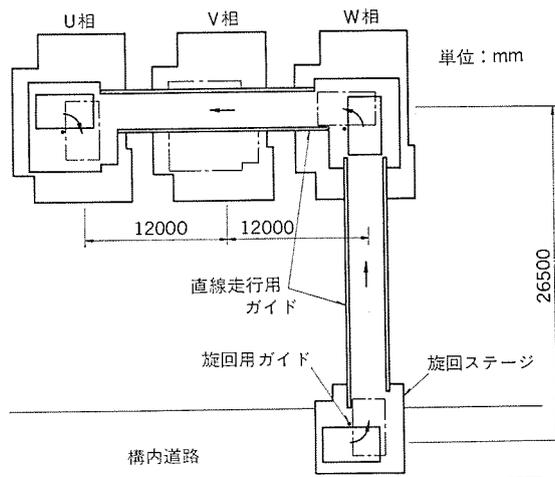


図4. エアベアリングによる搬送経路

圧器基礎を結ぶ直線路を設置した。

例えば、U相変圧器の搬送を行う場合、まず構内道路上旋回ステージにトラレーユより荷卸しを行い、エアベアリングを装着して、90°旋回させ次にW相に向って直進させる。W相基礎上で再旋回を行い、V相基礎上を経て、U相基礎上まで直進させ、ここで再び旋回を行い、所定据付位置に位置決めする。V相変圧器もU相と同様の搬送を行う。W相変圧器については旋回ステージで旋回させた後、直進のみで据付位置まで搬送できる。

なお、中央のV相と構内道路を結ぶ搬送路を設置し、U、W各相へ横移動する案が最良であるが、変圧器製作順序が既に決定していたことからU、V、W相の順に据付ける本案を採用した。このため、特にU、V相の旋回作業回数が多くなるが、エアベアリングを使用しているので簡単に旋回でき、作業の負担は少ない。

このような搬送ルートを設定することによって、各相ごとに旋回ステージと直進路を設ける搬送方法と比べ、路面形成工期や費用が小さくて済み、より経済的な搬送ルートとなった。

### 3.3 搬送路面(ランウエー)の構成

エアベアリング搬送路面に要求される仕様としては、

- (1) 地耐力が十分あること。
- (2) 路面が完全に水平であること。
- (3) 路面の表面粗さが平滑であること。

これらの条件を現地仮設搬送路面に要求するには周到な計画が必要である。

まず変圧器基礎上については、くい打ちされているので地耐力は十分であり、また床面も水平度が確保されているので問題はない。しかし、床面の表面はコンクリートの金ごて仕上げ程度で、しかも変圧器基礎用ベース金が数mm飛び出しているためエアベアリングの搬送路

面としては問題が多い。

変圧器基礎周辺は、一段低く防油堤内床や側こう(溝)が数多く横切っており、また構内道路はアスファルト舗装されているが水切こう(勾)配が付いており、地耐力についても十分でない。これらの条件を満足させるため、厚鋼板を敷きつめ、荷重の分散を行い地耐力の向上を図った。変圧器基礎上との段差については、コロびき作業の場合と同様にH形鋼構成のブリッジを渡し、水平度確保についてはスペーサ、ライナにより水平度を維持した。エアベアリングの搬送路面材質については鉄板敷とし、鉄板の継ぎ目はエアの漏えい防止のため原則として溶接を行い、研削仕上げで滑らかに仕上げた。なお、変圧器据付基礎上は、変圧器オンベスの関係上、鉄板が容易に取外せるよう継ぎ目を厚手のビニールテープ張りとした。搬送路面の水平度については全長に渡り傾斜を1/100以内を目標値として施工を行った。これらの施工法は現地据付搬送に初めてエアベアリング方式を採用したので、実験を兼ねて必要以上の施工法となっている。

### 3.4 パレットの構造

変圧器を積載しエアベアリングを装着するパレットは、図5.に示すように輸送及び変圧器下部への取付け、取外しを容易にするため2分割構造とした。

搬送路面が現地仮設構造のため、完全な水平度を得ることが困難であるので、直線走行時は図6.直線ガイド詳細図に示すような案内車輪を設け、搬送路面両側に取付けられた走行ガイドレール(みぞ(溝)形鋼)内で案内されるようになっている。旋回時は図7.旋回ガイド詳細断面図に示すように、パレット側面に取付けられたブラケットと路面に溶接固定するガイドリングが旋回ガイドピンにはめ(嵌)合わされ、旋回中心を保持しながら旋回させる方式とした。

その他、パレットの変圧器下部への取付け、取外しが容易に行えるようにパレット側面4か所にばね付車輪を取付け、人が押してパレットをそう入できるようにしている。ばねはパレット自重を支えるだけの力を持ち、変圧器が積載されるとばねがたわ(撓)んで車輪が引

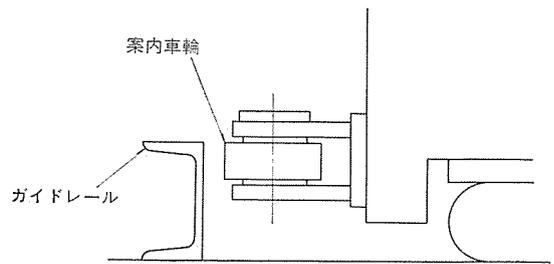


図 6. 直線ガイド詳細図

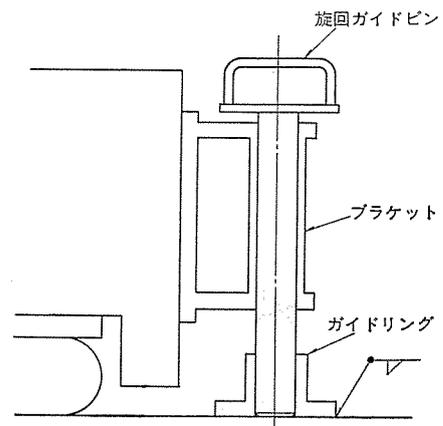


図 7. 旋回ガイド詳細断面

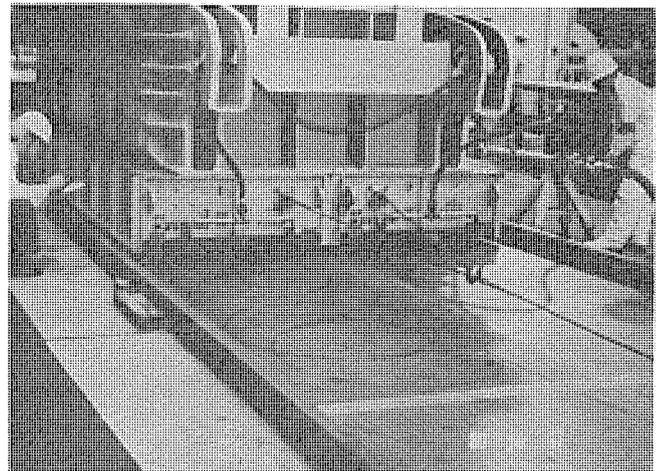


図 8. 工場での搬送実験

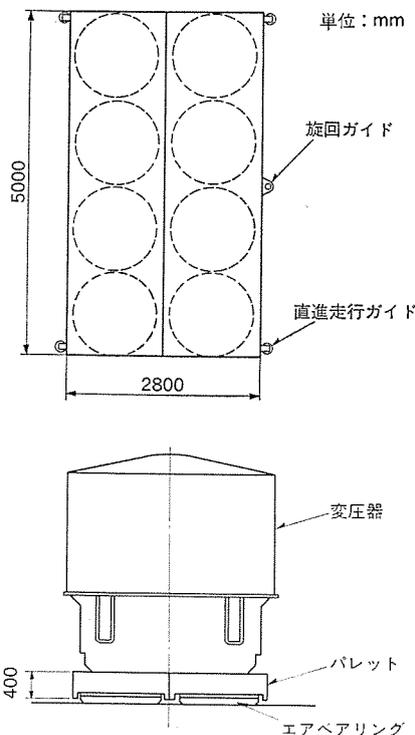


図 5. パレットの構造図

込む構造にしている。

### 3.5 工場における搬送実験

現地据付搬送にエアベアリング方式を応用するに先立ち、工場実験を行った。

工場の搬送路面は特殊硬質コンクリート床であるが、現地据付搬送と同じ条件で行うため、鉄板を搬送路面として直線路約12mを施工し、走行テストを行った。

鉄板の継ぎ目は約2mm程度のすき間がある状態で、厚手のビニールテープ張り処理を行った。搬送路面の表面粗さを測定したところ、工場の搬送路面である特殊コンクリートの6.3~12.5Sに対し、実験用鉄板は25S程度であったが、搬送実験の結果、摩擦係数については特に両者に大きい差異は認められず、供給エア量20N<sup>m</sup>/minのとき、静摩擦係数2.4/1,000、動摩擦抵抗1.2/1,000であった。また、テープ処理した鉄板の継ぎ目についてもテープの損傷もなく、スムーズ

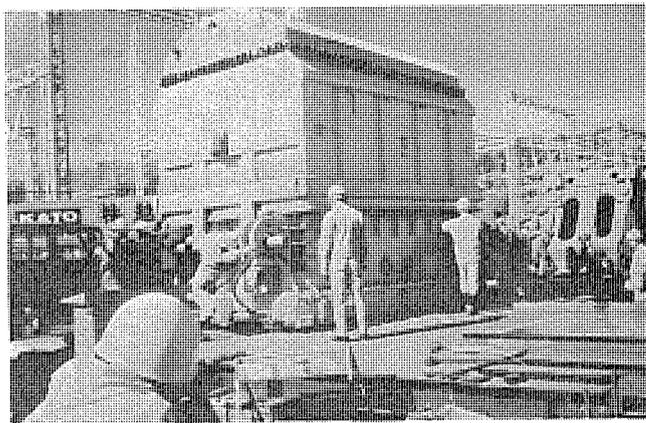


図 9. 旋回搬送中の変圧器

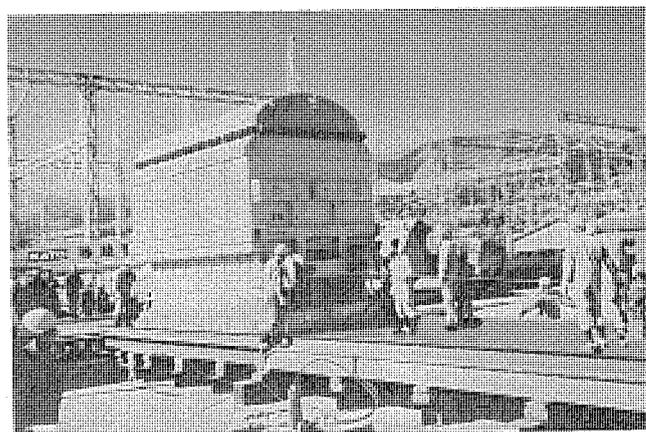


図 10. 直進搬送中の変圧器

に走行することが確認された(図 8.)。

### 3.6 現地における搬送データ

以下に、今回の変圧器の現地搬送データを示す。

搬送物 東京電力(株)新富士変電所 主変圧器 (1相分)  
 容量  $500/\sqrt{3} / 147/\sqrt{3}$  kV, 750/3 MVA  
 輸送重量 170t

搬送状態を図 9. 及び図 10. に示す。

使用 エアベアリング K 48 NHD × 8 個 (Aero-Go 社製)  
 有効面積  $10,520 \text{ cm}^2 \times 8$   
 けん引装置 3t 電動ウインチ  
 エアホース  $50 \text{ A} \times 50 \text{ m}$  (ホースリール付き)

#### 搬送結果

空気消費量	28 N m <sup>3</sup> /min (最大)
エアベアリング 1 個当たり	3.5 N m <sup>3</sup> /min
平均揚程	87 mm (定格 76 mm)
平均 エアベアリング 内圧力	2.1 kg/cm <sup>2</sup>
走行抵抗	起動時 800 kg
	摩擦係数 0.0045
	走行時 400 kg
	摩擦係数 0.0023
走行速度	5~8 m/min

走行抵抗は、張力計を用いて測定した。データから見られるように平均揚程が定格揚程より約 11 mm 高いのは、鉄板の継ぎ目の段差などから空気漏れを考慮して過供給としたものであるが、実際の

漏れは大したことはなく、供給空気量が多過ぎたと思われる。なお動摩擦係数はおよそ静摩擦係数の 1/2 になっていることがわかる。工場実験の場合に比較して、動・静摩擦係数が約 2 倍になっているが、これは現地搬送路面に使用した鉄板の表面がさび(錆)で非常に荒れていたことによるものと思われる。そこで現地における実験として鉄板上に薄鋼板を敷いて走行させたところ、摩擦係数は工場実験の場合と同じ値を示した。

旋回については人手による旋回も試みたが、約 10 名程度で旋回させることができた。

搬送に要した時間は準備時間も含めて約 1 時間、この内、実際の搬送時間は平均 20 分程度で、コロボキ作業に比較して大幅な時間短縮となった。

## 4. 現地における据付搬送の今後の展望

### 4.1 輸送、据付のトータルシステムで考える

工場で作られた電力機器が、据付現地まで輸送され、基礎上に据付けられる間の運び方は各種の輸送、搬送、機器、方法の組合せとなる。

今回は重量製品が現地近くまで特殊トローで輸送されたあとの搬送にエアベアリングを採用して合理化を実現したが、今後は工場から現地据付けまでの一連の輸送、搬送方法を局部的でなく、総合的にトータルシステムとして改善することが必要である。例えば、陸上貨車輸送のときは特殊貨車への積込み、卸し、特殊トローへの積込み、卸し、現地据付搬送、基礎でのしん(芯)出し据付けなどをシステムとして考え合理化を推進すべきである。

### 4.2 エアベアリング方式の経済性の追求

今回エアベアリング方式を据付搬送に採用したが、種々な実験要素を含ませた計画を行ったので必ずしも以前のコロボキ作業方式に比べて、大幅なコストダウンになったとはいえないが、これらの経済性を追求するには次の各項目について更に研究する必要がある。

#### (1) 搬送路の構成

- (a) 路床の耐力と表面精度(粗さ、平面度、水平度など)の限界、コンクリート、アスファルト、土砂、砕石などの路床についての検討。
- (b) 表層材料の選定  
金属、非金属の薄板、シートなど。
- (c) 材料の継ぎ目の状態と気密化方法  
材料寸法は定尺寸法などで制限されるので、その継ぎ目の寸法精度を補完し、気密化するための方法、例えば溶接、接着、シール材、テープ張りなど。

#### (2) 搬送路の設置方法

- (a) 迅速、簡易な作業方法  
特別な路面施工が必要なときは、段取、設置、解体、片付けなどが簡単に早く行える方法。
- (b) 土木工事との連携  
土木工事の計画時点から、路面・表面の仕上精度や表層部材の設置などの配慮。

#### (3) 拘束方法

エアベアリングの短所である軽く動きすぎることを拘束するため、ガイドなどを考慮する必要がある。更にこれができるだけ簡易化すること。

### 4.3 エアベアリングの適用拡大

今回の据付現地は屋外変電所であったが、このような場合、道路と据付基礎間は防油堤などを設置するため搬送路の設置には特別な構

造物を必要とする。しかし、屋内変電所、例えば地下変電所や水力発電所におけるずい道内の変電所などの場合、その搬入据付けのための路面は鉄筋コンクリート構造であることが多い。

この場合はある程度の表面精度があれば、シート状の薄鋼板などを表層材として設置することにより、従来のコロびき作業に比べて高能率な搬送が可能となる。更に従来、基礎上まで本体を搬送据付けたあと狭隘なスペースや空間で行っていた組立作業は、作業が容易な場所で、ある程度組立てたあと、エアベアリングで搬送し据付けることも可能となるので据付作業の合理化も同時に考えられる。図 11. に地下変電所における組立搬送の考え方を示した。

#### 4.4 従来方法との組合せ

コロびき作業を能率化した方法としてコロ台車（図 12. に 1 例を示した）の利用が考えられる。

コロ台車は重量物を直線方向（多少の方向修正は可能）に搬送するには機器コストが安く、作業も簡単であるから、コロ台車は直線方向に、エアベアリングは方向転換や旋回、横移動などに組合せて搬送の合理化を図ることも考えるべきである。

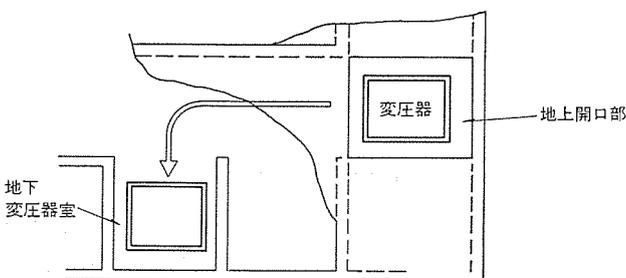
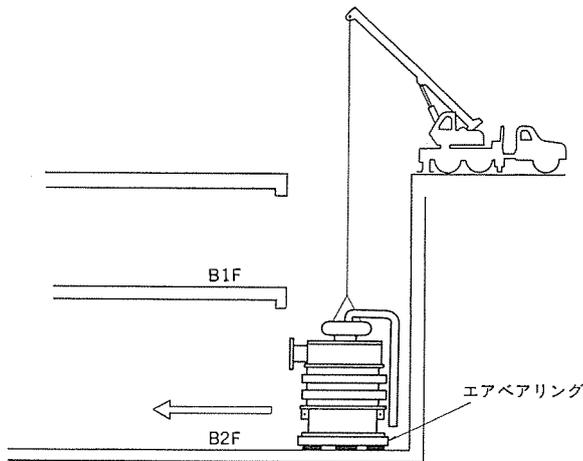


図 11. 地下変電所の変圧器組立搬送

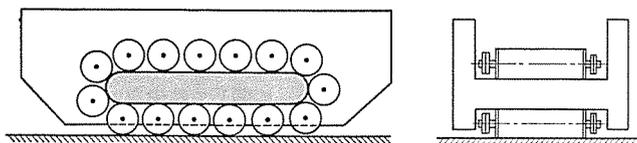


図 12. コロ台車の 1 例

表 2. 搬送方法の比較

	コロびき	コロ台車	エアベアリング
走行抵抗	5~10/100	3~5/100	1~5/1,000
けん引力	大	中	小
作業性	悪(注1)	良	良
(時間)	多	小	小
(人員)	多	小	小
(スペース)	多	小	小
方向転換	普通	悪(注2)	良(注3)
位置決め	普通	普通	良(注3)
揚重作業	悪	悪	良
(方法)	ジャッキ	ジャッキ	一定寸法内可
走行路面	平坦(自由)	平坦	水平、平滑

注(1) ころ、道板など器材を多く要し、きびしい労力も必要。

(2) 比較的軽量のときは回転も可能なコロ台車がある。

(3) 横移動など、平面内すべて可能。

表 2. はこれらの搬送方法内容を比較したものである。

## 5. む す び

エアベアリングを使用した大形変圧器の現地据付搬送の実施内容及び今後の展望について述べた。

エアベアリング方式の採用によって現地の組立作業方法も合理化でき、工期短縮などの見通しもついたので、今後、エアベアリング方式を積極的に採用するため搬送路面と、拘束方法をより経済的かつ合理的になるよう検討を進めたい。

一方、製品の設計面でも地下変電所向けなどのときは必要な空間容積、搬送上の寸法制限の緩和などから若干有利な点も考えられる。また、エアベアリングの支持パレット部分を製品自体、例えば変圧器のタンク下部などに組込み一体化すれば据付作業を簡易化することもできる。

更に屋外変電所などの据付スペース縮小化のためU、V、W相基礎の一体化（3か所を共通化）が考えられれば、基礎上を経由しての据付搬送も更に簡易化されることになる。

なお、エアベアリング方式以外の他の方法、例えば旋回の容易なコロ台車の開発なども、今後平行して検討を進めたいと考えている。

終わりにあたり、今回の現地据付搬送に際して多大の御協力をいただいた東京電力(株)の関係者各位に対し、深く謝意を表する次第である。

## 参 考 文 献

- (1) 棚倉, 水上, 片岡ほか: 1,000 t エアクッショントランスポート, 三菱電機技報, 49. No. 12, P. 793~797 (昭50)
- (2) Cockerell C. S.: 日本特公, 昭39-16957  
W. A. Rihich, K. M. Chaptain, H. H. Richardson: Report DSR-76110-6, Engineering Project Laboratory Cambridge, Massachusetts.
- (3) Frank J.: Plant Operating Management 35 (1969-4)

# 電子ビーム露光技術

加藤 忠雄\*・渡壁 弥一郎\*\*・加藤 高秋\*\*・中田 秀文\*・柏木 忠\*\*\*

## 1. ま え が き

半導体集積回路製造技術の進歩の歴史は、パターン 微細化の歴史であるといっても過言ではない。パターンの微細化技術は従来光学系で進められてきたが、現在、パターンの微細化は光の波長による限界値とみなされる  $2\mu\text{m}$  程度に至っている。この限界を打ち破る微細化技術としては、より波長の短い遠紫外X線、電子ビーム(EB)を使った微細化技術がある。この中でEBは細くしぼれ、偏向が出来ることで露光技術として、現在のところ最も有効である。

この論文ではEB露光技術を露光装置、最新のマスク製作技術、Siウェハへの直接露光技術とサブミクロン加工に関して述べる。

## 2. 電子ビーム露光装置

EB露光技術の開発は、装置<sup>(1)</sup>の開発もさることながら電子線レジスト<sup>(2)</sup>、ドライエッチングによる微細加工、コンピュータによるシミュレーションソフトウェア<sup>(3)</sup>と共に進められてきた。まず走査形電子顕微鏡(SEM)を母体とし、ミニコンピュータを頭脳とするEB露光装置について簡単に説明する。

EB露光方式は、図1.に示すようにEBの走査方法、試料の保持台であるステージの動き及びEBの形状により4つの方式がある。ここでは、その代表的な方式であるラウンドビームのラスタ方式であるEeBES-40(Varian社製)を用いて説明する(図2.)。設計された

露光方式	電子ビーム形	装置名	特長
ベクタ	① ラウンド	EBMF-6 ZBA10	サブミクロン ( $0.2\mu\text{m}$ ) 加工に適す
	② バリエブル	JBX-6A	直接露光に適す ( $0.1\mu\text{m}$ ステップ)
ラスタ	③ ラウンド	EeBES-40 MEBES	高速マスクメイクに適す ( $0.25\mu\text{m}$ ステップ)
	④ シェイプド	EBM-X2	直接露光に適す ( $0.1\mu\text{m}$ ステップ)

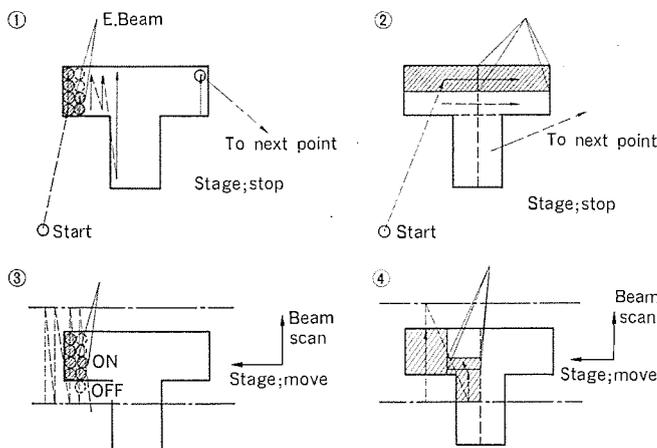


図1. 電子ビーム露光方式

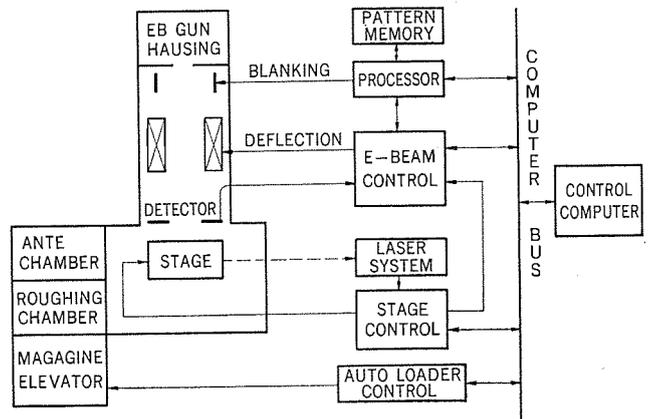


図2. EeBES-40のブロックダイアグラム

VLSIのパターンデータは、ミニコンピュータ(ECLIPSE-S/130)によりディスクメモリに蓄えられ、このパターンデータに応じてEBのブランキング(40 MHz)、EBの偏向、ステージの位置制御が行われる。ステージの位置はレーザー干渉計で実測され、EBの位置が電氣的に補正されるため、露光されたレジストパターンの位置精度は  $\pm 0.1\mu\text{m}$  が得られる。EBのビーム偏向利得、試料の回転は露光中に実測され補正される。EBのビーム径は最小  $0.25\mu\text{m}$  にすることが可能なため、装置の分解能としては  $0.5\mu\text{m}$  が得られる。

露光方法はステージが連続的にX軸方向に単振動し、EBはステージの動きと直角方向(Y軸)に  $512\mu\text{m}$  幅で単振動し、パターンデータに応じてEBはブランキングされる。パターンデータはCADで設計され、EB用データに変換される。一方マスク内のチップ配列、白黒反転、鏡面反転、レジストのポジ、ネガ、マスクタイトル等の情報をジョブデータとして露光前に作る。VLSIの大容量、高集積化に伴いデータ量が増大し、現在、1品種30Mバイトに達している品種もある。

## 3. 電子ビームレジスト

電子ビームレジスト(EBR)とは、電子線照射によって溶媒に対する溶解度が増加するか、あるいは減少する性質を有し、かつ基板のエッチングに対して、保護被膜となりうるような耐食性被膜材料のことである。EBRに要求される性質は、(1)高感度、(2)高解像度、(3)耐エッチング性、(4)接着性、(5)除去容易性等である。

表1.に示すようにネガ形レジストは、上記の条件を満たす実用化レベルのものがあるが、ポジ形レジストに関しては少ない。しかしながらポジ形レジストはEB露光装置の改良(例えばフィラメント及びレンズ系の改良)、プロセス技術の改良(レジストのダブルコートや現像条件の改良など)により使用できる場合がある。EBRはEBの加速電圧(エネルギー)によって、その解像度が変わることが知られている。図3.から明らかなように加速電圧が低くなるに従って感度が増加していることがわかる。これは加速電圧の減少に従ってレジスト分子の衝突断面積が大きくなりエネルギーの吸収効率が増すためである。

表 1. 各種電子ビームレジスト

レジスト名	タイプ	感度 ( $\mu\text{C}/\text{cm}^2$ )	解像度 ( $\mu\text{m}$ )	機 関	摘 要
ポリ(メタクリル酸メチル) PMMA	ポジ	~50	~0.1	東京応化 (OEBR-1000)	IBM 開発品
メタクリル酸メチル-アクリロニトリル共重合体 P(MMA-co-AN)	ポジ	6~8	0.5	東京応化 (OEBR-1030)	日立開発品
ポリ(ブテン-1スルフォニ) PBS	ポジ	1	0.5	Mead Chem. (PBS)	ベル研 開発品
メタクリル酸メチル-メタクリル酸tブチル共重合体 P(MMA-co-tBMA)	ポジ	5	0.5	東京応化 (CP-3)	共同研 開発品
ポリ( $\alpha$ -クロロアクリル酸 フロロエチル)	ポジ	2	0.5	東 京 電 子 (EBR-9)	共同研 開発品
ヘキサフルオロプロピルメタクリレート FBM	ポジ	1	1.0	ダイキン (FBM)	通研開発品
ポリ(メタクリル酸グリシジル) PGMA	ネガ	0.5	0.5	東京応化 (OEBR-100)	日立開発品
メタクリル酸グリシジル-アクリル酸エチル共重合体 P(GMA-co-EA)	ネガ	0.3	0.5	Mead Chem. (COP)	ベル研 開発品
メタクリレートマレイン酸 モノメチル導入体	ネガ	0.5	0.5	ソマル工業 (SEL-N)	ソマル工 業開発品

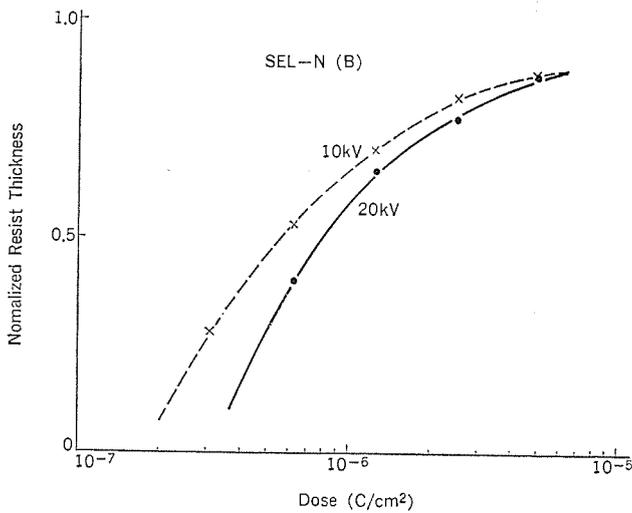


図 3. 電子ビームレジストの感度曲線

しかしながら解像度がそのために低下する傾向があり、使用目的により最適条件を決めなければならない。

#### 4. 電子ビームによるマスク製作

EB によるマスク製作で最大の利点は、マスク製作時間の短縮である。図 4. に従来法と EB 露光法によるマスク製作工程のフローチャートを示す<sup>(4)</sup>。従来法ではパターンゼネレータによるレチクル製作工程が入るため、この工程では例えば 4 Kビットダイナミック MOS RAM (4 K(D) RAM) 用マスクでは 1 層当たり 2~5 時間、64K(D) RAM 用マスクでは 15~50 時間を要する。その後ステップアンドリピートによりマスタマスクが作られる。これに対して EB 露光では、約 30 分でマスタマスク 1

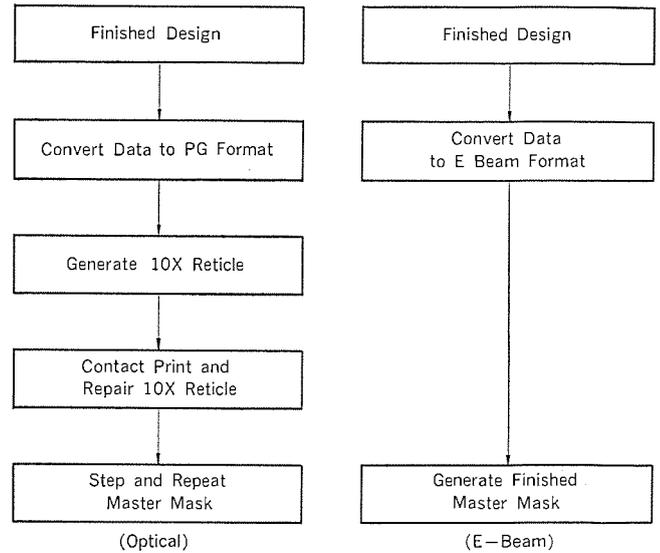


図 4. マスク製作フローチャート

枚が作られる。レチクル製作工程には長時間のパターンゼネレータの信頼性の問題がある。更に従来法はレチクルの検査、修正工程を必要とするため、マスク製作時間は非常に大きくなる。256K(D) RAM クラスなど、更に大容量、高密度デバイス (VLSI)、多品種で構成されるコンピュータ用 ECL ロジックなど、開発スピードを要するデバイス開発に対して EB によるマスク製作は非常に有効であることがわかる。EB によるマスク製作は前述のように高精度なレーザによる位置測定と、その位置に対する電子ビームの偏向補正により、パターンの正確な位置座標が得られるため各マスク間の位置の誤差は非常に小さいという利点もあり、高密度大チップデバイスになるに従ってその威力は発揮される<sup>(5)</sup>。

以下に EB 露光装置 EeBES-40 を使って製作したテストマスク及び 64K(D) RAM 用 TEG マスクの評価結果について述べる。

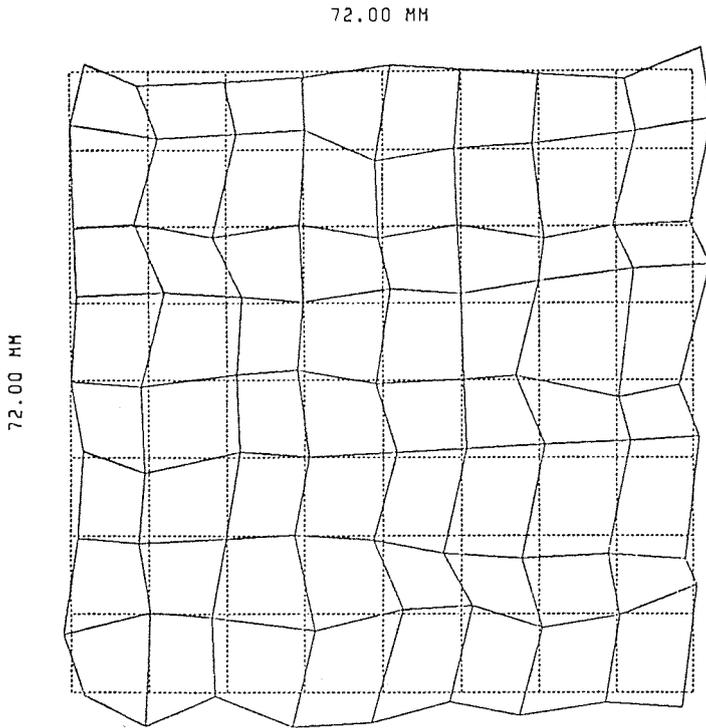
#### 4.1 マスタマスクの製作

##### 4.1.1 パターン寸法精度

5 及び 6 インチマスク内での露光・現像後のレジストパターン寸法のばらつきとエッチング後のクロムパターン寸法のばらつきを表 2. に示す。マスク基板は低膨張ガラスで 80nm のクロム薄膜が形成されている。ネガ形電子線レジストとして OEBR-100 と SEL(N) を使用した。レジスト膜厚は 600nm で残膜率 50% の条件で露光・現像した。EB 露光条件は、ビーム径: 0.5  $\mu\text{m}$ 、加速電圧: 10kV、照射量 0.5  $\mu\text{C}/\text{cm}^2$ 。現像は 60 秒、リンスは 20 秒でスプレー方式を用いた。クロムのエッチングはウエットエッチングとプラズマドライエッチングで行った。ウエットエッチングは硝酸第 2 セリウムアンモンと過塩素酸系で行い、ドライエッチングはバレル形プラズマエッチング装置を用いて四塩化炭素と酸素の混合ガス 0.2 Torr, 300 W で行った。表 2. からわかるようにレジストパターン、クロムパターン共寸法のばらつきは  $2\sigma$  で 0.2  $\mu\text{m}$  以下にすることができた。寸法の測定はレーザ光波干渉測長器を用い、3  $\mu\text{m}$  パターンの測定を行った。

表 2. パターン寸法のばらつき

		STANDARD DEVIATION ( $2\sigma$ )	
		5" MASK	6" MASK
RESIST PATTERN ( $\mu\text{m}$ )	OEBR-100 SEL-N	X $\pm$ 0.08	X $\pm$ 0.08 X $\pm$ 0.07
AFTER ETCHING PATTERN ( $\mu\text{m}$ )	WET DRY (PLASMA)	X $\pm$ 0.17 X $\pm$ 0.09	X $\pm$ 0.16 X $\pm$ 0.12



ROW DATA:	AVG (UM)	SLOPE (UM)	BOW (UM)	
	-0.065	0.007	0.048	
	-0.005	0.094	0.028	
	-0.039	-0.081	-0.020	
	0.024	0.086	0.022	
	-0.006	-0.027	-0.035	
	0.058	0.115	0.056	
	-0.011	0.007	0.029	
	0.046	0.003	0.091	
	-0.002	0.048	0.047	
COL DATA:	AVG (UM)	SLOPE (UM)	BOW (UM)	ZIG (UM)
	0.020	0.009	0.013	-0.017
	-0.010	0.004	0.006	0.053
	0.002	0.046	-0.052	0.034
	-0.008	0.009	0.006	0.039
	0.003	0.000	0.006	0.048
	-0.009	0.004	-0.006	0.031
	-0.022	0.042	0.006	0.042
	0.017	0.067	-0.006	0.058
	0.007	0.071	0.026	0.063
HSCALE =	0.279 UM	ERR =	0.153 UM MAX	
VSCALE =	0.279 UM	ERR =	0.065 UM RMS	
XMAG =	-0.003UM	RES ERR =	0.123 UM MAX	
YMAG =	0.066 UM	RES ERR =	0.057 UM RMS	
ZIGZAG =	0.039 UM			
SHEAR =	0.028 UM			

図 5. 位置精度 “MARKET” 測定結果

#### 4. 1. 2 位置精度

マスクの位置精度の評価（パターンピッチ，チップピッチ，直交性など）は，EB露光装置の機能である “MARKET” プログラムを用いた。この機能は，マスク上に等間隔に形成されたレジストマークの位置を反射電子の検出で測定を行う。チップピッチのずれの最大値はX方向 (XMAG)，Y方向 (YMAG) それぞれ，0.003，0.066 μm，絶対位置のずれ (ERROR MAX) は最大 0.153 μm といずれも 0.2 μm 以下の値を示している。直交度は  $3 \times 10^{-7}$  (0.028 μm/72 mm) ラジアンを示している (図 5.)。

#### 4. 1. 3 欠陥密度

EBRとしてOEBR-100(膜厚600 μm)を用いて試作したECLロジック及び64K(D)RAM用TEGマスクのパターン欠陥密度を図6.に示す。欠陥数はレジスト膜厚が薄くなれば急激に増加するが，微細パターンを形成するためにはレジスト膜厚が厚いと十分な解像度が得られない。現在64K(D)RAMクラスで欠陥密度0.02個/cm<sup>2</sup>と高品質のマスクが得られている。

#### 4. 1. 4 スループット

1枚のマスクを露光するに要する時間は露光面積速度と露光データをディスクメモリより読出す時間の和に依存する。表3.にテストパターン及び64K(D)RAM用TEGの露光時間の1例を示す。全自動で10枚の5インチマスクを露光するのに約7時間を要する。これは従来の光学系手法と比較すると1/10以下に処理時間が短縮される。

#### 4. 2 多品種マスタマスクとレチクルの製作

12品種構成のマスタマスクと2チップ構成のレチクルの写真を図7.に示す。このようにEB露光技術を用いると応用範囲が非常に広がる。将来多用が予測されるウェハステップ用レチクルにこのようなマルチチップのレチクルを採用すると処理能力が飛躍的に増加する。従来の光学系手法ではマルチチップのレチクルは時間的にも技術的にも困難である。図7.に示したマルチチップのレチクルは約60分で露光された。多品種マスタマスクもコンピュータ用ロジックVLSIのように少量多品種を短期間

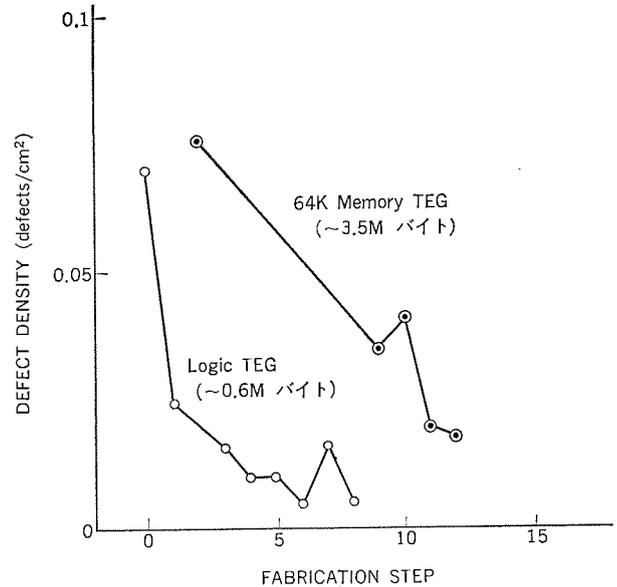


図 6. 欠陥密度

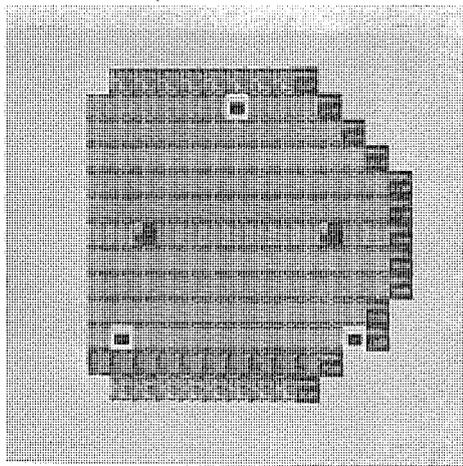
表 3. スループット

		5"(14×14 CHIP)		64 KTEG
		TEST 1	TEST 2	284 CHIPS
WRITING TIME(MIN)	REGISTRATION	32.3	35.0	25-35
	NO. REGISTRATION	29.8	32.8	—
THROUGHPUT TIME		7-8 HOURS/10 MASKS		

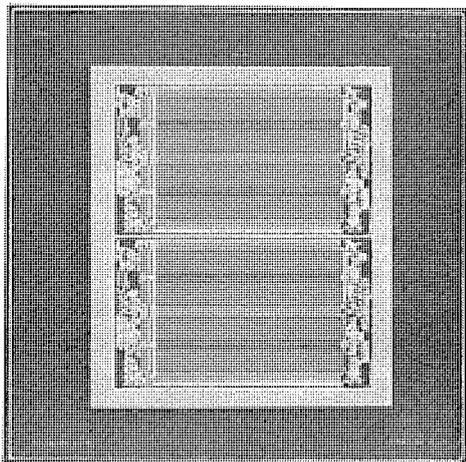
で開発するのに適した方法である。

#### 5. 電子ビーム直接露光

現在，電子ビームでSiウェハ上に直接パターンングを行う直接露光技術の開発が大いに注目されている。この方法によると，マスクを使



(a)



(b)

図 7. 多品種 マスタマスク(a) とマルチレチクル(b)

わずにウェーハ上にパターンを形成できるため、デバイス開発のターンアラウンドタイムを大幅に短縮でき、しかもウェーハの大口径化に対処し得るといった特長も持っている。ウェーハ上に直接パターンを形成する際、最も重要なポイントは、下地のパターンとの重ね合わせをいかに精度良く行うかである。そのため、直接露光では以下に示す手順を経ることによって重ね合わせ精度の最良化を図っている。露光前にあらかじめウェーハ上の3点に図8.に示すようにフィジューシャル(FD)マークを形成しておく。FDマークは約3 $\mu\text{m}$ の深さのSiの段差を用いる。露光開始時にこの3点のFDマークの位置を反射電子信号を用いて検出することにより、ウェーハの回転及びひずみ(歪)による位置のずれを測定し、下地のパターンに精度良く重なるようにEB補正を行い露光をする。このようにして露光されたウェーハは、現像、エッチング、イオン注入などのプロセス処理を経て所望のデバイスが製作できる。

直接露光はターンアラウンドタイム、すなわちデバイス開発期間の短縮を図れるという大きな利点のほかに、少量多品種のLSI開発にも適している。すなわちコンピュータ用ECLロジックなどはマスタスライス方式が適用されているため、このスライスマスクに相当する部分をEBにより直接ウェーハ

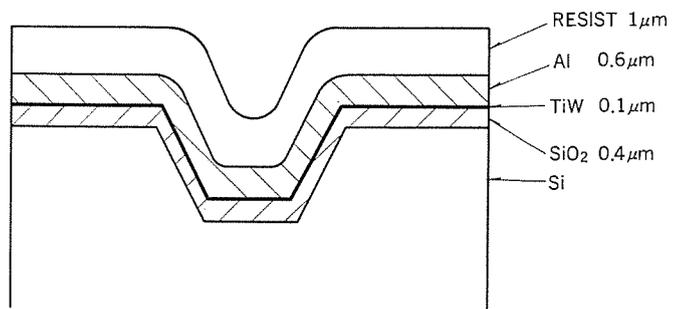
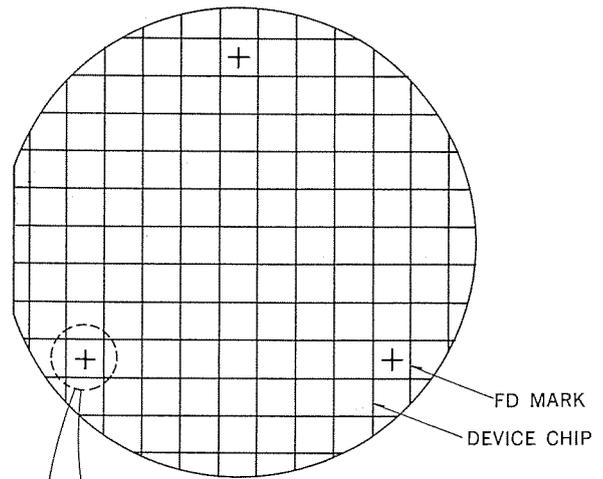


図 8. フィジューシャルマークの位置と構造

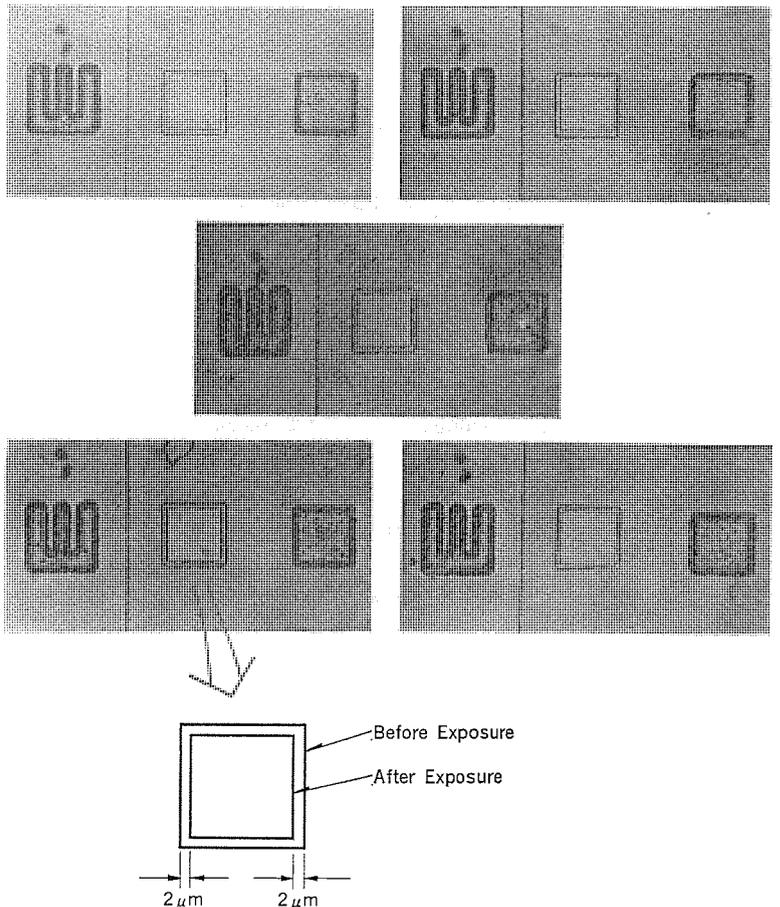


図 9. 直接露光による重ね合わせ精度

上にパターンングすれば、1チップごとでも異種のパターンングが可能故、1ウェーハ上に多品種のVLSIを製作することができる。図9.は4インチウェーハ上の5点における多重露光精度を示すパターンで、重ね合わせ精度としてはウェーハ全面において $0.5\mu\text{m}$ が得られている。レジストパターンを形成したウェーハは、ポストベーク、スカム除去をし、次工程の加工を施す。

しかしながら、現在直接露光技術開発上次のような問題点が残されている。

- (1) 大口径Siウェーハの熱処理による歪
- (2) 電子線レジストの耐エッチング性
- (3) 電子ビーム照射による素子の電気特性的変化

(1)の問題は現在使用している4インチウェーハでは、図9.に見られるようにほとんど問題となっていないが、将来更にウェーハ口径が大きくなるとそれに伴ってウェーハの歪も大きくなり、重ね合わせ精度を維持することが困難となる。これを解決するにはFDマークの数を現在の3点から更に増やし、最終的には1チップごとに位置測定を行い露光する必要が生じるであろう。次に、パターンの微細化が進むにつれエッチング技術はウェット方式からドライ方式へと移行する方向にあるが、この際問題になるのが(2)である。すなわち、現在のEBRはドライエッチングに対して十分な耐性を持っているとは言えず、特に現在一般に使用されているエポキシ系はAlのドライエッチングには耐性がなく、これに代わるレジストの開発が必要となる。また、エッチングによらないリフトオフ法によるAlのパターンング技術の開発も必要である。(3)の問題はMOSトランジスタの場合顕著に現れてくる。EB照射によりゲート酸化膜中に正の電荷が誘起される場合があり、これはC-V測定により観測されるが一般にはアニールにより除去される。しかし、中性トラップが出来る場合もあり、デバイス特性の詳細な検討が必要となる。EB照射による影響は照射エネルギーに依存しており、10kVではほとんど影響ないが20kVで照射した場合約0.1V程度の $V_{th}$ シフトが生じていることがわかっている。この $V_{th}$ シフトがアニールでどの程度除去できるか、リーク電流と合わせて今後検討する必要がある。

直接露光にはまだ解決すべき問題が多く残されているが、この技術が確立したときには、デバイスの開発期間を従来の方法より大幅に短縮することが可能となる。特にECLロジックなどの少量多品種のVLSIへの適用には有効で、その開発が待たれている。

## 6. サブミクロン加工

サブミクロンの加工技術としては、EB露光、X線露光及びイオンビーム露光技術が代表的なものとして挙げられる。しかしながらX線露光については、線源の強度、レジストの感度、マスクの作製など多くの問題が残っている。イオンビーム露光は現在開発が始まったところで、今日現在サブミクロンのリソグラフィ<sup>(6)</sup>及び加工技術としてはEB露光技

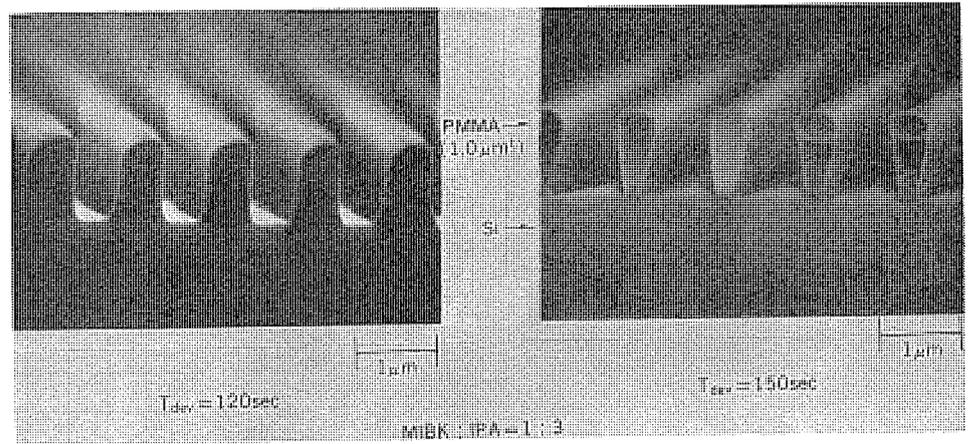


図10. レジストパターンの断面SEM像

術が最も有効である。EBによるサブミクロンのパターンングを考えた場合、照射された電子のレジスト内部での散乱、基板からの後方散乱などによるパターンへの影響が問題となる。この結果近接している微細パターン形成には、最適照射量、レジストの厚み、基板材質などを考慮した補正が必要となってくる。この補正を行うのに、レジスト中に蓄積される電子のエネルギー強度分布をMonte Carlo法<sup>(7)</sup>によりシミュレートする方法が最も有効である。リフトオフ法で $0.5\mu\text{m}$ のラインアンドスペースを形成する場合のレジストパターン断面SEM像を図10.に示す。このパターンはEB露光前にあらかじめMonte Carlo法でコンピュータを用いて照射量を計算し、その結果に基づいてEB露光を行ったものである。サブミクロン加工は今後GaAs ICや表面弾性波素子、ジョセフソン素子の開発には不可欠な技術である。

## 7. むすび

256K(D)RAM、ジョセフソン素子やGaAs ICなどの開発を可能とする電子ビーム露光技術はより高密度、高集積パターンマスク製作はもちろんのこと、サブミクロンパターンの直接露光によるGaAsなどの開発に応用されることが期待される。一方、電子ビーム露光装置もより高速になり、大容量のデータの取扱いもより容易になるであろう。

## 参考文献

- (1) D. R. Herriott et al : IEEE Trans. on E. D., ED-22, P. 385 (1975)
- (2) L. F. Thompson : Solid State Tech. July, 27-30 (1974)
- (3) D. F. Kyser et al : J. Vac. Sci. Technol. 12, P. 1305 (1975)
- (4) J. A. Reynolds : S. S. Technology August, 87 (1979)
- (5) J. A. Doherty : S. S. Technology May, 83 (1979)
- (6) N. Kato et al : IEEE Trans. on E. D., ED-27, No. 6, P. 1098 (1980)
- (7) T. Kato et al : J. Vac. Sci. Technol 15, No. 3, P. 934 (1978)

# 高速リングバスを利用した計算機ネットワークシステム

池田 克夫\*・海老原義彦\*・沢井善彦\*\*・新沢 誠\*\*・瀬戸秀輝\*\*

## 1. ま え が き

通信技術及びこれを利用する技術の発展をベースに複数の計算機システムを接続する計算機ネットワークシステムが確立されつつある。一方、光ファイバを使用した高速のデータ伝送が技術的、経済的に実用可能になった。この論文では、この光ファイバを高速のリングバスとして利用した資源共用形の計算機ネットワークシステムについて報告する。

このシステムは、ネットワーク内の各計算機システムを、それぞれ特有の機能を持つサブシステムとして位置づけた構内の計算機ネットワークシステムである。従来の計算機ネットワークシステムと異なり、データ伝送部分が計算機のチャネル並の性能と信頼性を持つため、システム的设计上と利用面からも多くの革新的な部分がある。

なお、このシステムは筑波大学学術情報処理センターと三菱電機(株)との共同開発によるものである。

## 2. システムの概要

### 2.1 システム構成

システムの構成は、図1.のように高速リングバス上に、各サブシステムが分散配置されている。この高速リングバスの概略仕様を表1.に示す。

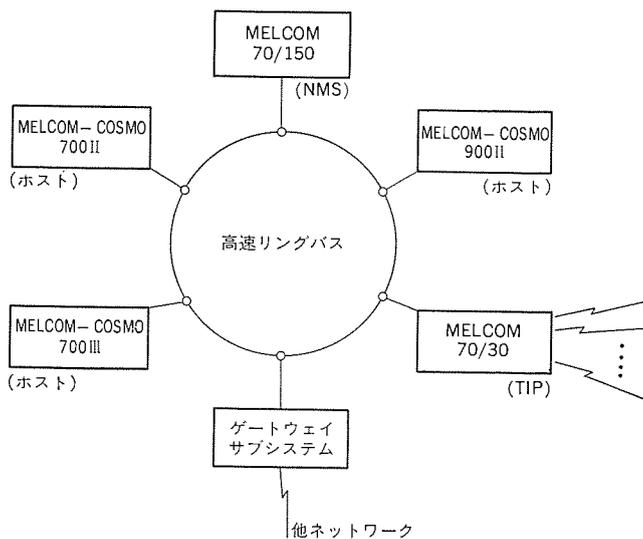


図1. システム構成例

表1. リングバスの概略仕様

伝送路	光ファイバケーブル(グレーデッドインデックス石英ガラス系)
伝送速度	97.2/32.4 Mビット/秒
ステーション	間隔 最大1km, 最大32台
データリンク数	ノード当たり 最大31リンク
データ伝送モード	バーストモード(1論理リンク/データリンク) マルチプレクスモード(最大40%論理リンク/データリンク)

各サブシステムとして、ミニコンシリーズ(《MELCOM》70/30, 40, 60, 150)及びはん(汎)用の中大形計算機(《MELCOM-COSMO》700 S, 700 II, 700 III, 900, 900 II)のすべてを任意に選択して設置可能である。これにより、サブシステムに固有の特性を持たせた機能分散システムや、リングバスの高速性を生かして負荷分散システムを実現することができる。

従来の中大形計算機システムでは、このようなネットワークシステムが、主として通信回線経由であり、しかもフロントエンドプロセッサとしてミニコンを経由して実現されていた。この場合、回線速度に制限があったり、フロントエンドプロセッサの性能から実効の転送速度は満足できるものではない。このシステムでは、チャネルインタフェースで直接リングバスと接続しているため、伝送路上のデータ転送速度及びその実効効率が大幅に優れている。また、これを実現するためにリングバスの特長を基本とした新しい方式のネットワークアーキテクチャを設定している。したがって機能分散、負荷分散を図っても分散による効率低下はなく1つの超大形計算機のように考えることもできる。

サブシステムは、各アプリケーションシステムに対応して任意に選択することができる。筑波大学では次のサブシステムを用意している(一部は将来拡張予定)。

- (1) 教育用サブシステム
- (2) 会話形サブシステム
- (3) バッチ処理サブシステム
- (4) ファイル処理サブシステム
- (5) 業務処理サブシステム
- (6) 端末制御サブシステム(TIP)
- (7) 入出力制御サブシステム
- (8) ゲートウェイサブシステム
- (9) ネットワーク管理サブシステム(NMS)

### 2.2 ネットワークサービス機能

各サブシステム間のコミュニケーションを可能とする次の機能を提供している。

- (1) 異なるサブシステムにおけるプロセス間の通信機能
- (2) 他のサブシステムのファイルをプロセスからアクセスする機能
- (3) サブシステム間のファイル転送機能
- (4) 他のサブシステムへのジョブの転送、起動及び処理結果の転送などのRJE機能
- (5) 端末制御サブシステムからのTSS機能
- (6) ネットワークシステム内の統計データ収集機能
- (7) システム内の資源案内、ロードレベリングあるいはシステム管理、監視を行うネットワーク管理機能

これらの機能により、ネットワークシステムを容易に、しかも効率良く運用することができる。更に高度のユーザーに対して上記(1)、(2)の機能を提供することにより直接各サブシステムの資源をアクセスし、より効率を上げたり、アプリケーション特有の処理を実現することを可能としている。

\* 筑波大学(工博) \*\* 三菱電機(株)計算機製作所

## 2.3 特長

この資源共用形の分散処理システムは次の特長がある。

- (1) 高速リングバスの特性により、ファイルデータのような長データの転送と TSS, RJE における短データの混在が効率良く処理できる。
- (2) 各サブシステムは対等の結合であり、任意のサブシステムからの他のサブシステムと直接通信することができる。
- (3) 各サブシステムの持つ資源を共用して有効に使用できる。
- (4) この計算機ネットワークシステム全体を1つの超大型計算機システムと考えることができる。
- (5) 必要に応じてサブシステムを追加することにより、新しい機能の追加あるいは処理能力の増強を容易に実現できる。
- (6) サブシステムの規模に応じて、ネットワークサービス機能を選択することが可能である。
- (7) 処理が分散されているためシステム全体としてのRASに優れている。

## 3. ネットワークアーキテクチャ

このシステムを実現するために、各サブシステムに図2.に示すような論理構造をもつソフトウェアが構築されている。これらはデータリンク層(DL)とネットワーク制御層(NL)、機能制御層(FL)、アプリケーション層(AL)の4レベルで構成され、制御層ごとにメッセージ制御のため

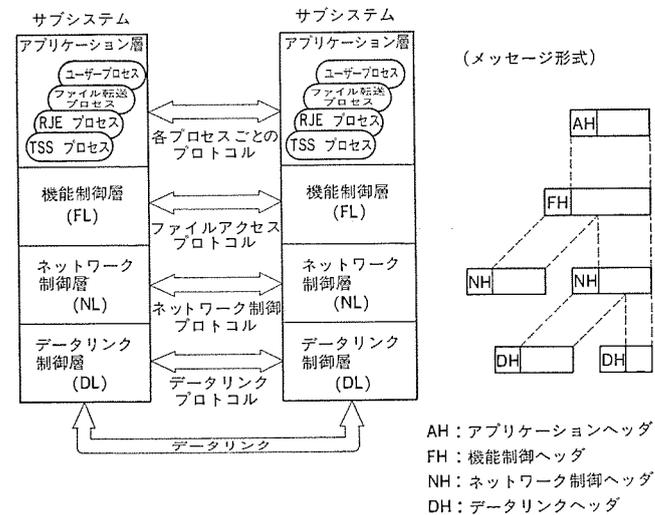


図2. サブシステムの論理構造とプロトコル及びメッセージの関連

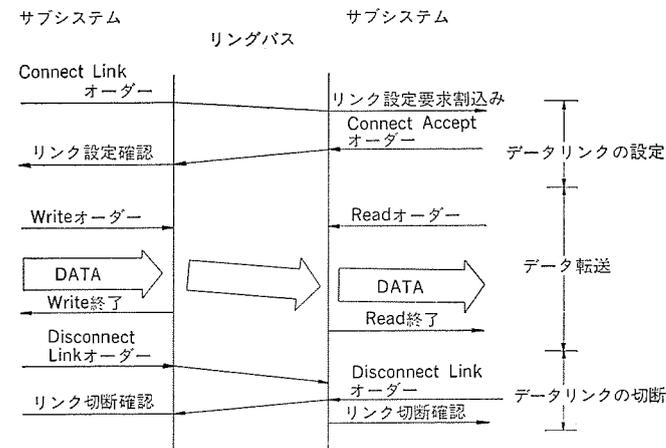


図3. データリンク制御シーケンス例

にヘッダ情報が付加される。また、各制御層ごとにシステムの効率を考慮した単純なプロトコルが定義されている。

### 3.1 データリンク層 (DL)

サブシステム間の通信路(これをデータリンクという)を用意し、このデータリンクを経由してデータ転送を行う制御層である。主な機能を次に示す。

- (1) データリンクの設定と切断機能
- (2) データの送受信制御
- (3) データリンクのエラー検出と再送制御
- (4) サブシステム異常時のバイパス機能
- (5) リングバス伝送路障害時のループバック機能
- (6) データリンクのプライオリティ制御

これらの機能は、計算機のチャンネルに接続されるリングバスプロセッサ(RBP)で実現されており、ソフトウェアからはデータリンクを通常の入出力チャンネルと同様に入出力処理を行うことができる。したがって、一般のネットワークシステムで発生する通信制御オーバーヘッドはない。図3.にデータリンク制御シーケンス例を示すが、それを次に簡単に説明する。

- (1) データリンクの設定は、RBPへConnect Linkオーダーを発信し、Connect Acceptオーダーを受信した時点に行われる。
- (2) データ転送は、サブシステムのRBP間でReadオーダーとWriteオーダーとの整合が取られた時点である。
- (3) データリンクの切断は、サブシステム間でDisconnectオーダーが双方から発信された時点である。

### 3.2 ネットワーク制御層 (NL)

データリンク層で管理されるデータリンク上に論理的な通信路(これを論理リンクという)を規定し、サブシステム内のプロセス間での通信制御を行うものである。主な機能を次に示す。

- (1) 論理リンクの生成と切断
- (2) 論理リンク上のデータ送受信
- (3) 論理リンク上の割込みメッセージの送受信
- (4) 論理リンク設定時のプロセスチェック
- (5) 論理リンクごとのデータフロー制御
- (6) データのセグメンテーション機能

このネットワーク制御層は、次の特長がある。

- (1) 論理リンクの生成と同時にプロセス間のリンクを確立する。
- (2) 論理リンクの確立時に、転送制御情報及び指定プロセスに対する付加情報を伝えることができる。
- (3) リングバスの高トラフィックに対して、データ転送サービスの均一化を図るため、バーストモードとマルチプレクスモードの2つの転送モードをサポートしている。

(a) バーストモードとは、1データリンクを1論理リンクに対応させて、ファイル転送のように長いデータを転送するモードである。1データリンクを半2重モードで使用する。

(b) マルチプレクスモードとは、1データリンクを複数論理リンクに対応させて、TSS, RJEなどの短いデータを転送するモードである。2データリンクによる全2重モードで使用する。

- (4) 論理リンクの転送は、リングバスの高信頼性を考慮して送達確認は行わない。ただし、ゲートウェイサブシステムを経由してリングバスシステム外のサブシステムと通信する場合を考慮して、送達確認機能の拡張が定義してある。

図4.にネットワーク制御シーケンス例を示すが、それを次に簡単に説明する。

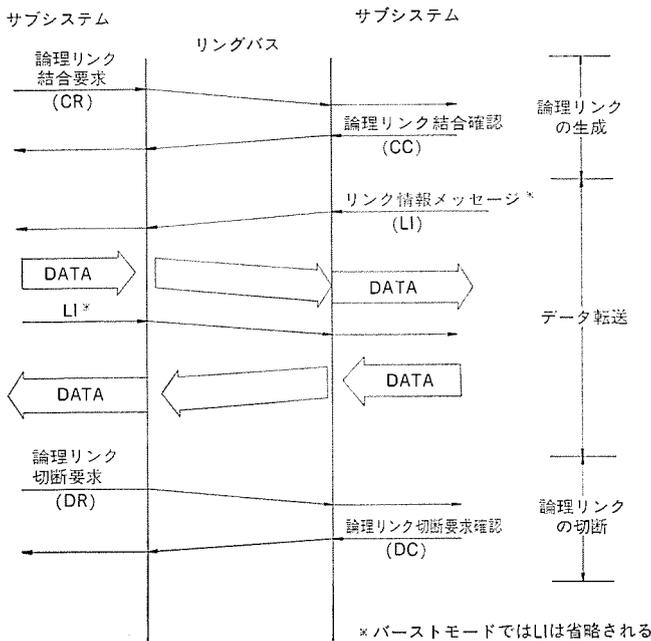


図 4. ネットワーク制御シーケンス例

- (1) 論理リンクの生成は、論理リンク結合要求 (CR) と論理リンク結合確認 (CC) メッセージの通信で行う。
- (2) データ転送は、データメッセージ (DM) で行う。マルチプレクスモードは、フロー制御のためリンク情報メッセージ (LI) の通信を行う。
- (3) 論理リンクの切断は、論理リンク切断要求 (DR) と論理リンク切断確認 (DC) メッセージの通信で行う。

### 3.3 機能制御層 (FL)

プロセス間通信を規定するプロセス間通信プロトコル (ICP) とすべてのデータアクセスを論理ファイル (これを仮想ファイルという) のアクセスと見なして制御するファイルアクセスプロトコル (FAP) の2種類がある。FAP は、ICP の上位に位置する。ICP の主な機能を次に示す。

- (1) プロセス間の論理リンク結合と切断機能
- (2) 結合拒否機能
- (3) 通常メッセージの送受信機能
- (4) 割り込みメッセージの送受信機能

FAP の主な機能を次に示す。

- (1) システム構成情報の通信機能
- (2) ファイル情報 (データタイプ、ファイル編成、レコード形式、レコード属性など) の通信機能
- (3) ファイルのアクセス制御 (レコードの位置づけ、削除など)
- (4) ファイル内のレコードの読み込み、書き込み
- (5) エラー回復機能

FAP での論理ファイルレコードの実ファイル (ディスク、カード読取装置、ラインプリンタ装置など) への対応処理は、アプリケーション層上のプロセスで行う。

### 3.4 アプリケーション層 (AL)

アプリケーションプログラムが、機能制御層の FAP 機能又は ICP 機能を使用して、アプリケーション固有の処理を行う制御層である。標準にサポートするプロセスとして次のものがある。

#### (1) TSS プロセス

サブシステムの有する TSS 機能を端末制御サブシステム (TIP) に接続される端末のユーザーへ提供するものである。端末の標準インタフェースとして仮想端末プロトコルが定義されている。図 5. に制御メッセージ

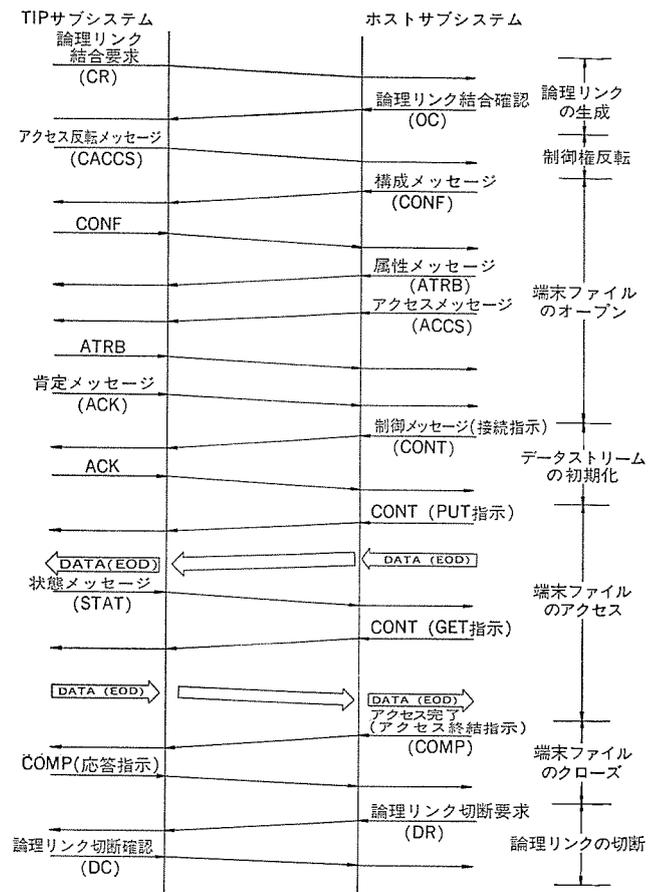


図 5. TSS プロセスの制御メッセージ例

例を示す。

#### (2) RJE プロセス

サブシステムの有するバッチ処理機能を他のサブシステムから利用可能とするものである。ジョブ制御言語 (JCL) は、システムで共通なネットワーク JCL が定義される。次の機能がある。

- (a) ジョブストリームの送信とその結果の受信
- (b) ジョブストリームの実行
- (c) ジョブの間合せ

#### (3) ファイルアクセス/ファイル転送プロセス

各サブシステムの有しているファイルシステムとは別に定義された仮想ファイル間のファイルアクセス (転送) を可能とするものであり、次の機能がある。

- (a) ファイルレコードの参照と格納、追加、変更
- (b) ファイルの削除
- (c) ファイル名の変更
- (d) エラーリカバリ

#### (4) ネットワーク管理プロセス

各サブシステムに存在し、下記のネットワーク管理情報の交換に使用されるものである。このプロセスは、ネットワーク管理サブシステム (NMS) から一定時間ごと起動される。主な、ネットワーク管理情報は次のとおりである。

- (a) サブシステムの資源案内/ロードレベリング情報
- (b) ネットワーク統計データの収集と管理情報
- (c) システムの運用情報

ユーザープロセスのために、次の2種類のライブラリを提供する。

- ・プロセス間通信ライブラリ
- ・ファイルアクセスライブラリ

#### 4. 《MELCOM-COSMO》上でのサポート

《MELCOM-COSMO シリーズ》は、汎用の計算機システムであり、そのオペレーティングシステムである UTS/VS の1つの機能として、この計算機ネットワークシステムをサポートしている。

UTS/VS では次の各モジュールにより実現している。これらの関係を図 6. に示す。

##### (1) リングバスハンドラ

ネットワーク制御サービスから出される入出力要求に従って、リングバス上のデータリンクに対し入出力のサービスを行う。入出力動作に対するエラーのリカバリ処理もここで行われる。

##### (2) ネットワーク制御サービス

データリンクの接続及び切断の制御を行うデータリンク制御サービスと、論理リンク上のデータ転送制御を行うネットワーク制御サービスとで構成される。ネットワーク制御サービスでは論理リンクデータのフロー制御及びセグメンティング処理も行う。

##### (3) ファイルアクセスサービス

FAP プロトコルに従った FAP メッセージの処理を行う。FAP メッセージヘッダの付加、削除及び FAP 制御メッセージの処理を行う。

##### (4) TSS サービス

仮想端末インタフェースに従った TSS プロセス特有の処理を行う。

##### (5) VTAM

リングバスシステムへのアクセスは、UTS/VS システムに接続される回線へのアクセスと同様 VTAM を経由して行う。VTAM は論理リンクのインタフェースを提供するもので、論理リンクの定義及び制御、論理リンクに対する入出力マクロが用意されている。

##### (6) ライブラリ

このほかに、アプリケーションプログラムで他プロセスと容易にデータの交信が行えるように、ファイル転送ライブラリ、プロセス間通信ライブラリがある。また、標準のユーティリティとしてファイル転送プロセス、RJE プロセスが用意されている。

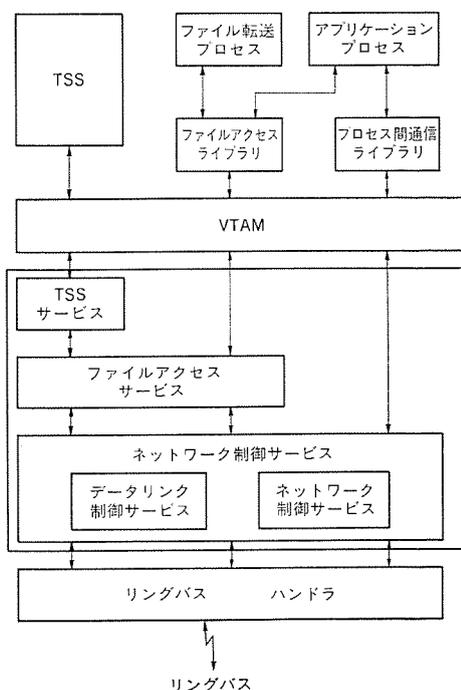


図 6. UTS/VS のソフトウェア構造

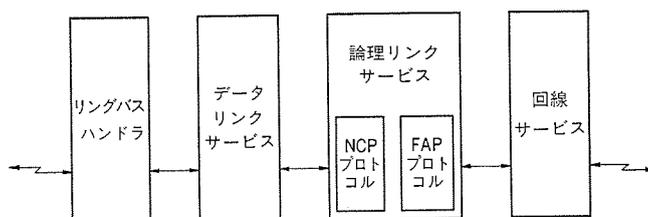


図 7. TIP 上での論理構成

#### 5. 端末制御サブシステム (TIP)

TIP は、《MELCOM 70》モデル 30/40 ミニコンピュータ上で動作し、リングバス上の1つのサブシステムとして存在する。TIP には最大 256 回線までの TSS 端末が接続可能であり、この端末から、TSS 機能を提供している任意のホストサブシステムとの間で TSS を行うことができる。図 7. に TIP での論理構成を示す。データは各サービス機能上のキューを流れて処理される。

##### (1) リングバスハンドラ

データリンク管理から出されるリングバスへの入出力要求を処理する。また、アテンション割込みとして知られる相手からのデータリンク接続要求をデータリンクサービスへ知らせる。

##### (2) データリンクサービス

相手サブシステムとの間のデータリンクの初期化、終了処理要求及びデータリンクを通しての相手サブシステムとのデータ転送要求に対するサービスを行う。

##### (3) 論理リンクサービス

論理リンクに対し次に示すサービスを行う。

(a) 論理リンクの確立、切断要求に対するサービス

(b) 端末からの入力データのフォーマット

(c) 相手サブシステムからの NCP メッセージの処理

(d) NCP プロトコルに従ったフロー制御、セグメンティング処理

##### (4) 回線サービス

TIP に接続される各端末の制御を行う。また TIP から入力される TIP コマンドに従って、論理リンクサービスに対し論理リンクの確立、切断要求を出す。

#### 6. む す び

計算機システムを分散処理の形態で利用するケースが増えているが、このシステムはサブシステムが対等に分散配置された疎結合のシステムでもあり、一方高速の伝送路を経由するために密結合のシステムにもなりうる幅の広いシステムを実現できるものである。今後各種の応用システムに適用されていく可能性がある。

終わりに、このシステム開発にあたり、御指導をいただいている筑波大学学術情報処理センター長 中山和彦教授及び同センターの関係各位に深く謝意を表す次第である。

#### 参 考 文 献

- (1) 松永ほか：三菱電機技報，54，No. 9(昭55)
- (2) K. Ikeda, etc : Computer Network Coupled by 100 Mbps Optical Fiber Ring Bus, COMPCON 80 FALL (予定)
- (3) 池田ほか：GAMMA-NET 筑波大学における 100 Mbps 光ファイバリングバスによるコンピュータネットワーク，第 21 回，情報処理学会，全国大会

# スポットライト

## 保険業務の事務作業を大幅に合理化する 三菱電子見積り機《クイック》

このたび三菱電機では、日本アウダテックス(株)と共同開発した、ポータブルタイプの電子見積り機《クイック》を発売しました。《クイック》は、事故車の修理見積書を修理現場で自動的に発行するための装置で、現在、保険業界で使用されているアウダテックスシステムの自動車部品データファイルを、効率よく縮小して、カセット磁気テープに収納する方法を開発したことにより、ポータブル端末機であるにもかかわらず、従来の大形計算機で処理した結果とまったく同じ内容の見積書を発行します。



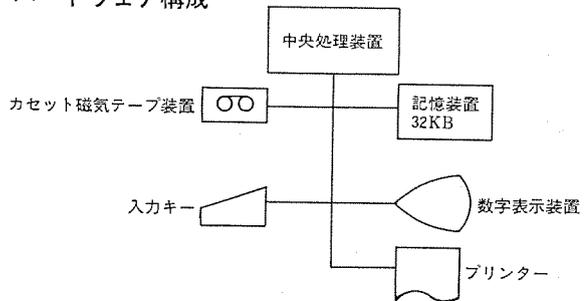
### 特長

- 小形で軽量(7.5kg)の端末機です。衝撃を吸収できるように、ケースを二重構造としています。
- 自動車の修理現場まで持ち運び、データを入力することにより、その場で事故車の修理見積書を発行することができます。
- データ入力に際し、部品価格の調査や、工賃の計算等の作業がまったく不要です。そのため、従来2時間以上を要していたような見積作業も、わずか15分以内で完了させることができます。
- 修理見積書には、自動車メーカーの部品番号がそのままプリントされますので、部品発注や在庫管理のためのデータとして使うことができます。
- 従来より、保険業界で広く利用されている、アウダテックスシステムの見積方法をそのまま採用していますので、最新の部品価格情報により、権威ある見積書を発行することができます。
- 見積りのための部品価格情報や、部品構成、作業時間等は、基本テープに収納して供給します。部品価格が一部変更された場合には、価格変更テープにデータを収納して供給します。
- 基本テープは、ほとんどの国産乗用車について車種ごとに用意され、大きな部品価格改定がある度に改定され、供給されます。
- 価格改定テープは、小規模の部品価格改定がある度に更新され、供給されます。このテープは、全車種のデータを1巻に収納しています。
- 操作は電卓なみの容易さです。誤操作防止機能が充実している上に、訂正機能もたいへん充実していますので、計算機の操作経験のない人でも、安心して使用できます。

### 用途

- アジャスター(保険会社の依頼を受けて、事故車の修理費を調査する人)の事故車修理見積作業用
- 自動車修理工場の修理見積書発行用

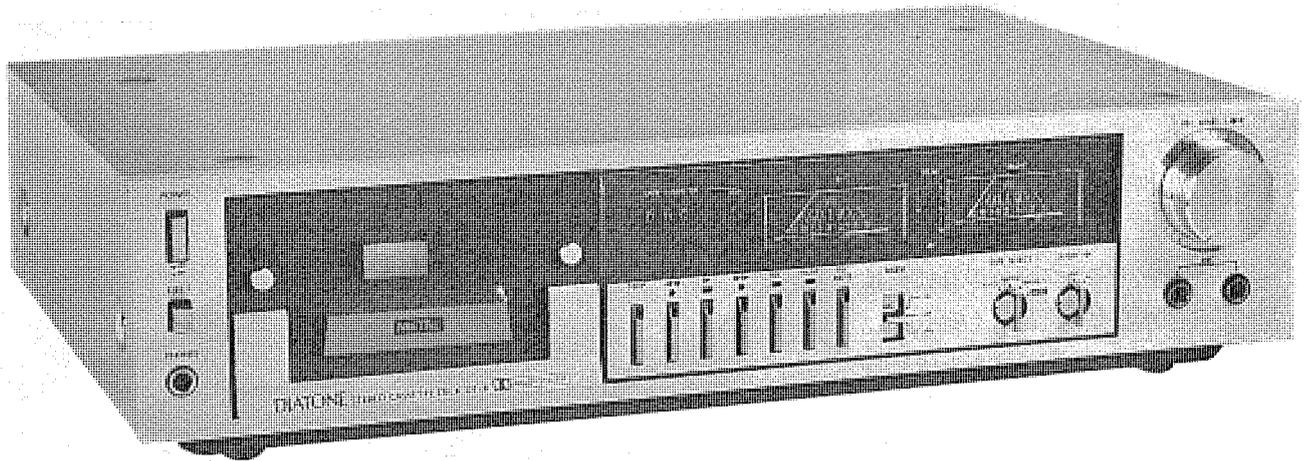
### ハードウェア構成



### 標準仕様

項目	仕様
中央処理装置	マイクロプロセッサ(8ビット)
記憶容量	32Kバイト
表示部	数字12桁(赤色) ランプ赤(エラー表示)緑(モニター)黄(操作指示)
キーボード部	10キー、00キー、000キー、ファンクションキー(10個)
プリンタ部	30字/秒、80字/行、ドットインパクト、複写1枚+オリジナル1枚
カセット磁気テープ装置	800bpi、300フィート
外形寸法	幅370×高165×奥行420(単位mm)
重量	7.5kg
電源	AC100V、±10%、1A以下
温度 / 湿度	5℃～40℃、20%～80%RH
カセットテープ保管	4℃～50℃、20%～80%RH

## 2モーター・フェザータッチ・メタル対応の 《ダイアトーン》カセットテープデッキDT-6形



最近のカセットテープデッキは、2モーター、フェザータッチのものが主流を占めつつあります。ダイアトーンでは、このような傾向に伴い、システム・コンポーネントSELECT640・540用として、新形のカセットテープデッキDT-6形を開発しました。うす形でスリムなデザイン、2モーター、フェザータッチ、しかも単品デッキとしても十分にニーズに応える基本性能を備えています。

### 特長

#### ●2モーター・メカニズム

テープ走行の原動力となるモーターは、キャプスタンを駆動するキャプスタン専用モーターと、早送り・巻戻し専用のDCモーターとを、それぞれ独立して搭載し、きわめて信頼性の高いメカニズム構成となっています。キャプスタン内には定速回転精度に優れたDCサーボモーターを採用し、それによって駆動される重量級フライホイールにより、ワウ・フラッター0.045%W.R.M.Sを実現しました。

#### ●フェザータッチの軽快な操作フィーリング

メカニズムの操作は、専用ICにより電子的に制御するフェザータッチ式となっています。このICロジック回路により、各動作のタイミングが制御され、どの動作モードからでもテープを痛めることなく、次の動作に移れるダイレクトチェンジが可能となり、軽快な操作フィーリングが楽しめるようになりました。

#### ●ドルビーノイズリダクション・システム

このシステムの採用により、テープのヒスノイズを抑え、S/N比の良い録音・再生が行えます。DT-6形では、このシステムの効果を十分に引き出すために、録音再生アンプの基本性能を慎重に吟味しています。

#### ●4ポジションのテープセレクター

メタルを含むすべての種類のテープに対応が可能で、それぞれのテープ特性に合った、最適のバイアス・イコライザーが選択

できます。

#### ●録音再生アンプ切換スイッチを電子化

録音再生アンプの切換えは、これまで機械的なスイッチにより行っていましたが、これをすべて電子化するこのにより、信頼性の向上を図っています。

#### ●ピークレベルインジケーター装備

VUメーターでは追従しきれない瞬間的な入力にも素早く応答し、適正な調整が行えるため、S/N比が高く、歪の少ない録音が可能です。

#### ●テープ編集が簡単に行えるレコミュート機能

#### ●タイマー録音、目覚し再生可能

#### ●リモコンユニット接続端子付

### 標準仕様

形 式	4トラック2チャンネル ステレオカセットテープデッキ
電 源	AC100V、50/60Hz
消 費 電 力	16W
ヘ ッ ド	録音再生×1(ハードパーマロイ) 消去×1(フェライト)
モ ー タ ー	キャプスタン用×1(DCサーボモーター) リール用×1(DCモーター)
テ ー プ 速 度	4.75cm/秒
早送り巻戻し時間	約85秒(C-60)
ワウ・フラッター	0.045%W.R.M.S以下
周 波 数 特 性	ノーマル 40Hz~14KHz スペシャル 40Hz~16KHz フェリクロ 40Hz~16KHz メタル 40Hz~17KHz
S N 比	DOLBY NR OUT 58dB DOLBY NR IN 66dB
外 形 寸 法	幅424×高106×奥行292(mm)
重 量	5.5kg

# スポット ライト

## 《ダイヤトーン》リニア・トラッキング 電子制御フルオート・プレーヤーLT-5形

ダイヤトーンでは、このたびリニア・トラッキング方式を採用した電子制御フルオート・プレーヤーLT-5形を発売しました。

近年のオーディオ機器の低歪化、広帯域再生、ダイナミックレンジ拡大の要求に応え、簡単な操作で、カートリッジのもつ性能を最大限に引き出すべく開発されたものです。音質の良さではすでに定評のあるリニア・トラッキング方式とLSIの導入により、操作性を一段と向上させたEC(電子制御)フルオートを結合し、より優れた操作性と基本性能を実現させた、ダイヤトーンの高級プレーヤーシステムです。



### 特長

#### ●リニア・トラッキング・システム採用

針先が常にレコードのカッティング時と同様に、音溝の接線方向を正しくトレースするように設計されています。この結果、水平トラッキングエラーがほとんどなく(0.1°以下)、高調波歪の大幅な低減に成功。また、インサイドフォースの発生がありませんので、針先は音溝に対称にコンタクトし、トラッカビリティが向上しています。

#### ●音質を向上させたトーンアーム

有効長171mmのショート&ストレートアームを採用することにより、実効質量を軽減し、より強靱なアームとすることができ、さらにワイドスパンピボットにすることにより、低域のトラッカビリティが向上し、混変調歪を減少させています。また、トーンアーム内のリード線には、純度99.99%の無酸素銅線を使用し、トータルの直流抵抗を小さくし、音質を向上させています。

#### ●78dB(DIN-B)の高SN比を実現

トーンアームを固定している移動ベースは、耐久性、柔軟性に優れたステンレスワイヤーで駆動し、3個のローラーによって円滑に送られています。アームベースの移動に伴う振動を抑制し、静かなモータの回転と音響特性に優れたパーティクルボードでキャビネットを構成し、78dB(DIN-B)の高SN比を実現しています。

#### ●回転精度の高いターンテーブル

アルミ合金ダイカスト製の重量級ターンテーブルを高いトルクモーターで駆動し、0.025%W.R.M.Sという優れたワウ・フラッターを得て、より一層音質を向上させています。

#### ●操作性に優れた電子制御方式

光学システムを応用して、レコードサイズを自動検出し、針降下位置、演奏終了位置、ターンテーブルの回転数を自動的に決定します。マニュアル操作への切換えも自由に行え、新しい指示が与えられれば即座に反応し、作動するクイックレスポンス機構など、LSIの採用により、操作性が一段と向上しています。

### 標準仕様

ターンテーブル駆動部	駆動方式	ダイレクト・ドライブ方式
	モーター	4相12極クオーツPLL・DCサーボ
	ターンテーブル	アルミ合金ダイカスト 1.3kg
	回転数	33 $\frac{1}{3}$ , 45R.P.M
	SN比	78dB (DIN-B)
	ワウ・フラッター	0.025%(W.R.M.S・JIS)
トーンアーム部	形式	スタテックバランス、ユニバーサルストレートパイプ形
	トラッキングエラー角	±0.1°以下
	針圧調整	0~3g直読式(0.1gステップ)
	ヘッドシェル	ガラス繊維強化プラスチック
カートリッジ取付重量範囲		10~18g(ヘッドシェル含)
総合	電源	AC100V, 50/60Hz
	消費電力	14W
	外形寸法	幅424×高142×奥行425(mm)
	重量	10kg

登録番号	名 称	考 案 者	登録番号	名 称	考 案 者
1234736	点検監視回路	畑田 稔・三宅康明	1234799	エスカレータの警報装置	原田輝夫
1234737	電磁石	三原寿信	1234800	掛金装置	片岡 武・新福義隆
1234740	配線装置	後藤 学	1234804	展望用エレベータのかご室	桜井 宏
1234745	閉鎖配電盤のカバー取付装置	寺田健次	1234807	シリンダ付ランプ用の反射笠付照明器具	砂川幸雄
1234748	端子台	飯田 博・小平建夫	1234812	安定化電源回路	小沢昌彦
1234752	熱交換器	吉野昌孝・森崎隆雄	1234813	ヒスタータンク	中越 諒・高相泰幸
1234755	消弧室用グリッド	西迫静隆	1234814	ヒスタータンク	中越 諒・高相泰幸
1234761	引出形回路しゃ断器のインタロック装置	長谷川清博・田中正幸	1234815	熱機関冷却装置	畑好男・浅田 実 中川 隆・竹林敏男
1234762	浮動形磁気ヘッド	東山 昇	1234816	電子部品締結装置	鷺谷明宏
1234768	変圧器	山内 敦	1234817	機関点火用配電器の配電子	斎藤 実
1234770	金属パイプの熱処理装置	上田時芳・和藤尚武	1234818	換気扇	井口武夫
1234776	電動機固定子	松尾正孝	1234821	エスカレータの停止装置	鬼頭勝巳
1234778	施錠装置	藤井忠承・鈴木欽三	1234823	溶接組立て装置	浅井 司・林田健治
1234791	レーザ・ロード	伊藤 尚・佐伯利一	1234824	末端圧力制御装置	古賀信勝・久保田正義
1234792	温度制御装置	中野嘉博・高梨靖士 塚越定之	1234826	ブレーキ付回転電機	前田文生
1234798	連続形けい光灯器具	橋本武雄・鈴木朋美	1234845	半導体装置用治具	猿渡 明・石田博一

〈次号予定〉 三菱電機技報 Vol. 55 No. 5 三菱電機技報 600号記念特集

●巻頭言

●寄稿

特 集

- 将来技術の展望 (1) エネルギー
- (2) 情報
- (3) エレクトロニクス応用
- (4) 電子デバイス・材料

- 躍進する当社事業 (1) 重電関連事業
- (2) 電子関連事業
- (3) 機器関連事業
- (4) 家電関連事業

●三菱電機技報 通巻600号小史

普通論文

- 高性能リングバスによる異機種複合システムのネットワーク管理ソフトウェア
- 64KビットダイナミックMOS RAM
- 東京電力(株)新高瀬川揚水発電所納め電力用プラントコントローラ (DCN-70)
- 船用新形2極交流発電機シリーズ
- 基幹系統変電所向け縮小形監視制御システム
- 火力発電所における系統単独検出装置へのシーケンスコントローラの適用
- 《MELCOM-COSMO 900 II》マルチプロセッサシステム

4月1日より、発行所の住所・電話番号が下記のとおり変更になりましたので御留意ください。

三菱電機技報編集委員		三菱電機技報 55巻4号	
委員長	高木敬三	委員	柴田 謹三
副委員長	大谷秀雄	〃	樋口 昭
〃	横 濱 博	〃	神谷友清
常任委員	三 輪 進	〃	立川清兵衛
〃	唐仁原孝之	〃	中里裕臣
〃	増淵悦男	〃	柴山 恭一
〃	葛野信一	〃	福井 三郎
〃	三浦 宏	〃	杉山 睦
〃	中原昭次郎	〃	瀬辺 国昭
〃	桐生 悠一	〃	竹内守久
〃	野畑昭夫	幹 事	諸住康平
〃	的 場 徹	〃	足立健郎
〃	尾形善弘	4号特集担当	岩 村 衛
		昭和56年4月22日 印刷	
		(無断転載を禁ず) 昭和56年4月25日 発行	
編集兼発行人	諸住 康平		
印刷所	東京都新宿区市谷加賀町1丁目12番地 大日本印刷株式会社		
発行所	東京都千代田区丸の内2丁目1番2号 (〒100) 菱電エンジニアリング株式会社内		
発売元	「三菱電機技報社」Tel. (03) 218局2045 東京都千代田区神田錦町3丁目1番地 (〒101) 株式会社 オーム社書店 Tel. (03) 233局0641, 振替口座 東京 20018		
定 価	1部500円送料別 (年間予約は送料共6,700円)		

# スポット ライト

## 白熱電球と同様の暖かみと落ち着きをもった 三菱けい光ランプ《ルピカソフト》

三菱電機では、昭和53年に、さわやかな純白に近い発光色の高効率・高演色性けい光ランプ《ルピカ》を発売し、好評を得ておりますが、このたび、白熱電球と同様の暖かい落ち着いた発光色をもつ高効率白熱電球色けい光ランプ《ルピカソフト》を製品化しました。

住宅や店舗の省エネルギー照明として、白熱電球の雰囲気を高効率のけい光ランプで実現でき、白熱電球に代えて使用することにより、消費電力の大幅な節減が可能となります。



### 特長

#### ●白熱電球と同様の暖かい発光色

《ルピカソフト》の色温度は2700°K（ケルビン）で、市販白熱電球の色温度2600～2850°Kの中間に設定してあります。例えば、白熱電球と併用した場合でも、従来のけい光ランプのように発光上の相違がなく、違和感のない照明が行えます。

#### ●白熱電球に比べて低消費電力・長寿命

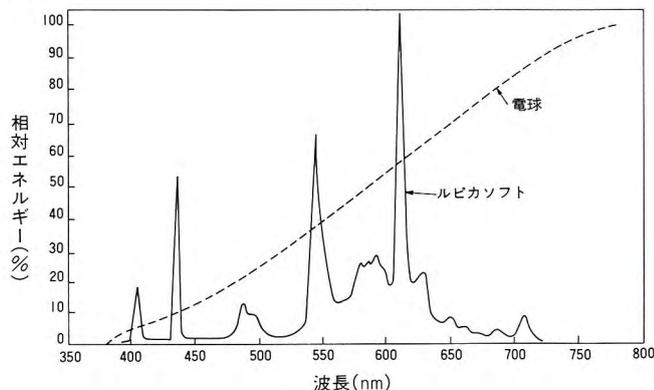
白熱電球と比較して、総合効率が3倍以上となり、約1/3の消費電力で白熱電球の雰囲気が得られるとともに、平均ランプ寿命も約5倍と長く、たいへん経済的です。

#### ●高効率と高演色性を同時に実現

効率はけい光ランプの中で最も明るい白色や《ルピカ》と同じで、演色性(物の色の見え方)は白色より優れているため、より自然に見えます。

●けい光ランプですので、白熱電球に比べ発熱が少なく、空調負荷、室内温度上昇の低減が図れます。

### 分光分布



### 仕様

種類	形名	ランプ定格消費電力(W)	全光束100時間後(ℓm)	寸法		ランプ電流(A)	平均寿命(時間)	適合点灯管	
				ランプ長さ(mm)	ランプ径(mm)				
スタート グロー	直管	FL10L-UL	10	490	330	25	0.23	5000	FG-7E,7P
		FL15SL-UL	15	860	436	25	0.30	5000	FG-1E,1P
		FL20SL-UL	20	1230	580	32	0.36	7500	FG-1E,1P
		FL40SL-UL	40	3100	1198	32	0.42	10000	FG-4P
スタート グロー	円形	FCL20L-UL	20	1110	208(外径)	32	0.375	5000	FG-1E,1P
		FCL30L-UL	30	1670	226(外径)	32	0.61	5000	FG-1E,1P
		FCL32L-UL	32	2050	304(外径)	32	0.435	5000	FG-5P
		FCL40L-UL	40	2800	379(外径)	32	0.435	5000	FG-4P
スタート ラピッド	直管	FLR40SL-UL/M-EW	38	3000	1198	32	0.44	10000	—
		FLR110HL-UL/A-EW	100	8800	2367	38	0.82	10000	—

\*直管38W・100W・のラピッドスタート形は、省電力タイプで、一般形のけい光ランプに比べ、それぞれ約5%・約9%の省電力化が可能です。