

MITSUBISHI 三菱電機技報

MITSUBISHI DENKI GIHO Vol.64 No.10

10
1990

昇降機特集



昇降機特集

目次

特集論文

未来のエレベーターが構築する未来の社会……………	1
月尾嘉男	
昇降機技術の展望……………	2
渡辺英紀	
新シリーズエレベーター《グランディ》……………	6
米本正志・杉田和彦・村松 洋・神谷代詞男・牧野克己	
データネットワーク型エレベーター制御システム……………	11
岩田茂実・河合清司・安藤 宏	
油圧式エレベーター用新駆動制御システム……………	17
下秋元雄・正城孝信・三宅立郎・山本友一郎・富沢正雄	
エレベーターにおけるヒューマンファクター……………	21
相沢稔男・吉田研治	
インバータ制御を用いた超高速エレベーター……………	27
棚橋 徹・天野雅章・杉山美樹・高木 茂・伊藤博康	
最近のエレベーター意匠技術……………	33
榎原邦夫・戸田不二夫・太田寿信・国井清司・服部勝利	
エレベーター遠隔監視制御システム……………	36
館野健三・氏原英世・山田邦雄・河原利昭	
新車いす乗用ステップ付きエスカレーター……………	41
柴田勝美・北村茂治・田中正明・中村春彦	

普通論文

超限流遮断器“ニューウルトラシリーズ”……………	45
山県伸示・今村 剛・小林義昭・村田士郎・久常文之	
エキスパートシステムの自動列車運転装置への適用……………	50
池田博昭・落合 統	
三菱 EWS “ME シリーズ” ME250/250FX ……………	56
小嶋滋弥・大川裕利・川口隆司	
光 CATV 用 DFB レーザ ……………	61
棚原 靖・柿本昇一・武本 彰	
同期設計 ASIC 用静的タイミング検証システム TACSIV ……………	66
今井正紀・北川京子・石川広美・小原淳子・高瀬和彦	
自動車用 16 ビット ワンチップマイコン M37794E3TJ ……………	71
杉田 充・三宅孝志・村松菊男・田山俊明・宮田和明・安達忠吉	
ME シリーズ用機械系 CAE システム MECA ……………	77
横田優子・花島真人・小泉孝之	

特許と新案

電磁誘導機器 (2 件)……………	87
機器収納容器のダクト構造……………	88

スポットライト

GaAs プリスケアラ MGF8002, 8007 ……………	84
三菱汎用コンピュータ《MELCOM EX860Ⅱ/870Ⅱ/880Ⅱ》……………	85
3.5 インチ超薄形フレキシブルディスク装置……………	86
車載用 DAT RD-9163, TZ-9164, DT-9162 ……………	(表 3)

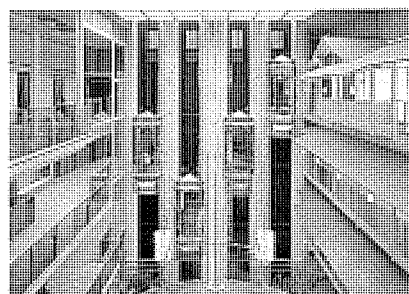
表紙

展望用エレベーター

能登の国際観光旅館，加賀屋新館「雪月花」に納入した屋内オープン展望用エレベーターである。

4 層の吹抜け大ホールに設置された数寄屋造り風のエレベーターが，伝統工芸を生かした和風造りの建物と調和して華やかさを盛り上げている。

当社納入エレベーターは，展望用 7 台，一般乗用 5 台，人荷用 2 台，荷物用 2 台である。



アブストラクト

昇降機技術の展望

渡辺英紀

三菱電機技報 Vol. 64・No. 10・P 2～5

我が国は、世界有数の昇降機生産国であり、技術をリードする立場にある。今後の動向としては、第一に当社の《グランディ》シリーズのような新しい概念の昇降機が続々出て来るであろうこと、第二に超高層ビルブームに対応して、超超高速エレベーターが要求されだしたこと、第三に、よりインテリジェント化が進むであろうこと、最後に据付け省力化のための方策が取られるであろうことについて述べた。さらに、21世紀の昇降機のアイディアについても触れた。

新シリーズエレベーター《グランディ》

米本正志・杉田和彦・村松 洋・神谷代詞男・牧野克己

三菱電機技報 Vol. 64・No. 10・P 6～10

近年、ビルはインテリジェント指向を強め、また、快適性の追求など質的充足を求めるようになってきている。このような要求にこたえるため、“人とエレベーターの触れ合いを大切に”という思想の下に、新シリーズエレベーター《グランディ》を開発した。本稿では、この概要を紹介する。

また、VVVF インバータ制御方式を採用した油圧式エレベーター《グランディ》も同時に発売したので、併せて紹介する。

データネットワーク型エレベーター制御システム

岩田茂実・河合清司・安藤 宏

三菱電機技報 Vol. 64・No. 10・P 11～16

従来、エレベーターの制御システムは、大部分の機能を機械室の制御装置が集中処理する方式であり、機能の拡張、性能の向上には限界があった。今回、多数のマイコンを用いて複数のサブシステムを構成し、これらを機械室・かご・乗場のそれぞれに最適に分散配置し、直列伝送によって有機的に結合させる専用のデータネットワークシステムを開発した。その結果、エレベーター制御システムを高機能化・高性能化することができた。

油圧式エレベーター用新駆動制御システム

下秋元雄・正城孝信・三宅立郎・山本友一郎・富沢正雄

三菱電機技報 Vol. 64・No. 10・P 17～20

世界で初めて、油圧式エレベーター用新駆動制御システムを開発した。このシステムは、かごの速度制御を従来の油圧バルブ流量制御方式に替えて、駆動モータをVVVF制御し、油圧ポンプによる可変吐出流量方式としている。さらに、駆動装置はモータと油圧ポンプを油タンクの内浸漬するサブマージ形油圧パワーユニットを採用した。

この論文では、新駆動制御システムを採用した油圧式エレベーターの技術的特長について述べる。

エレベーターにおけるヒューマンファクター

相沢稔男・吉田研治

三菱電機技報 Vol. 64・No. 10・P 21～26

当社のエレベーターに関するヒューマンファクター研究の知見をもとに、新型エレベーター《グランディ》では、快適性と操作性・視認性の向上を目的に、新斜袖壁の採用と操作表示器具の一新を図った。同時に、その有効性を検証するために、動作分析によるかご室内の人の動作・流動特性の解析とSD法による主観評価を行った。分析の結果、一般のエレベーターと比較して《グランディ》の新しいかご室、操作表示器具の有効性が確認できた。

インバータ制御を用いた超高速エレベーター

棚橋 徹・天野雅章・杉山美樹・高木 茂・伊藤博康

三菱電機技報 Vol. 64・No. 10・P 27～32

インバータ制御を用いた速度540m/minの超高速エレベーターを開発し、1991年3月竣工の東京都新庁舎に納入する予定である。このエレベーターは、省電力、電源設備容量の低減という特長を備え、さらに、快適な乗り心地を得るために、電動機の発生するトルクリップルの低減と機械系の改善を行っている。また、AI群管理を用いて運転効率を向上するとともに、新CRT式監視制御システムとシリアル伝送で接続し、ビル管理の効率化を図っている。

最近のエレベーター意匠技術

榊原邦夫・戸田不二夫・太田寿信・国井清司・服部勝利

三菱電機技報 Vol. 64・No. 10・P 33～35

新しい仕上げ加工である《パールトーン》と大型マイクロタッチボタンの技術的特長を紹介する。《パールトーン》は、ステンレスの表面を真珠に似た暖かみのある輝きに仕上げることができる乾式エッチングである。エレベーターの高級意匠材として広く利用されている。一方、大形マイクロタッチボタンは、利便性向上のため従来品よりも35%の大形化と70%の薄型化を達成した。主力機種に搭載され好評を得ている。

エレベーター遠隔監視制御システム

館野健三・氏原英世・山田邦雄・河原利昭

三菱電機技報 Vol. 64・No. 10・P 36～40

保守会社の情報センターから電話回線を介して各エレベーターを監視・制御することにより、異常時の迅速・適切な処置を行うとともにトラブルの未然防止も可能な新しい保守システムを開発した。

このシステムは、異常発生時にかご内と情報センター間の直接通話ができるほか、情報センターからエレベーターを呼び出す機能を備え、運転状態データなどの保守データを随時採取して遠隔診断し、その結果を各エレベーターの予防保全活動に生かすことができる。

新車いす乗用ステップ付きエスカレーター

柴田勝美・北村茂治・田中正明・中村春彦

三菱電機技報 Vol. 64・No. 10・P 41～44

車いす使用者と一般乗客とが同時に利用できる車いす乗用ステップ付きエスカレーターを開発した。このエスカレーターは、輸送能力が大幅に向上している。車いす乗用ステップには、エスカレーター運転中に各々のステップを連結・分離するための装置が組み込まれている。VVVFインバーターが車いす乗用ステップの速度を制御し、マイコンが常時安全監視している。その概要と特長を紹介する。

超限流遮断器“ニューウルトラシリーズ”

山県伸示・今村 剛・小林義昭・村田士郎・久常文之

三菱電機技報 Vol. 64・No. 10・P 45～49

世界最大級の遮断容量と高い限流性能を実現させた超限流遮断器“ニューウルトラシリーズ”を開発した。それに搭載されているSJ-VJCに代表される新遮断技術、シミュレーションによる電磁反発機構の最適化の詳細と製品の特長、概要を紹介する。

Abstracts

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 64, No. 10, pp. 27~32 (1990)

A Super-High-Speed Elevator Controlled by an Inverter

by Toru Tanahashi, Masaaki Amano, Yoshiaki Sugiyama, Shigeru Takagi & Hiroyasu Ito

This elevator, with a car travel rate of 540m/min, is a power-saving type and features low peak-power consumption that reduces substation capacity requirements. Special measures that inhibit motor-torque ripple and various mechanical improvements give passengers an exceptionally smooth and comfortable ride. The elevator system boosts building-management efficiency with its AI-based group-control system, a new CRT-based monitoring and control system, and serial-communications network. The elevators are scheduled for installation in the new Tokyo Municipal Office Building in March 1991.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 64, No. 10, pp. 2~5 (1990)

The Future of Elevator and Escalator Technology

by Eiki Watanabe

Japan is one of the few countries that produces elevators and escalators and the leader in terms of technology. One trend, toward new elevator and escalator design concepts, is exemplified in the Mitsubishi Grandee Series. A second trend is super-high-speed elevators for recent skyscrapers. A third trend is advances in intelligent-control technology for elevators and escalators. The article concludes with a discussion of labor-saving measures for elevator installation, and touches on new ideas for 21st-century elevator and escalator systems.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 64, No. 10, pp. 33~35 (1990)

Today's Technology for Elevator Metalwork and Operating Buttons

by Kunio Sakakibara, Fujio Toda, Toshinobu Ota, Seiji Kunii & Katsutoshi Hattori

The article introduces the Pearlstone finish technique and large micromovement pushbuttons now being used in Mitsubishi elevators. Pearlstone is a warm, lustrous pearllike finish for stainless steel that is achieved by dry etching, and is being used to make high-grade finished panels. The large micromovement pushbuttons are 70% thinner and 35% wider than previous buttons, making them very easy to operate.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 64, No. 10, pp. 6~10 (1990)

The New Grandee Series Elevators

by Masashi Yonemoto, Kazuhiko Sugita, Hiroshi Muramatsu, Yoshio Kamiya & Katsumi Makino

Recently, building intelligence requirements have motivated R&D of a new type of elevator boasting enhanced quality and amenities. Grandee Series elevators take advantage of new design concepts to improve the quality of the interaction between passengers and elevators. This series also includes the first hydraulic elevators to be available with VVVF inverter control.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 64, No. 10, pp. 36~40 (1990)

A Remote Monitoring System for Elevators

by Kenzo Tachino, Hideyo Ujihara, Kunio Yamada & Toshiaki Kawahara

This system enables monitoring and control of elevator systems from communications centers through the public telephone network for immediate and effective response to any equipment malfunction. The system permits direct voice communications between passengers in the elevator car and the communications center. The communications center can also direct car operation, and activate a remote diagnostic check that supplies elevator-operation data and other maintenance-related information. The new system dramatically improves the efficiency of preventive-maintenance and safety-support operations.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 64, No. 10, pp. 11~16 (1990)

An Elevator-Control System with a Data Network

by Shigemi Iwata, Kiyoji Kawai & Hiroshi Ando

Most functions of conventional elevator systems are performed by a single central control unit located in a machine room. However, such designs limit the possibilities for adding new functions and improving system performance. The article reports on a newly developed data-network system in which microprocessor modules located in the machine room, cars, and halls are linked together by a serial-transmission network. Network distributed design has made it possible to increase the system sophistication and performance.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 64, No. 10, pp. 41~44 (1990)

A New Wheelchair Escalator

by Katsumi Shibata, Shigeharu Kitamura, Masaaki Tanaka & Haruhiko Nakamura

The Corporation has developed a new wheelchair escalator with dramatically enhanced capacity that allows wheelchair passengers to ride along with pedestrian passengers. It is equipped with three special steps to accommodate a wheelchair. Sophisticated mechanisms in these steps allow automatic engagement of the steps for wheelchair use and disengagement for ordinary use. A VVVF inverter controls the speed of the wheelchair steps while a microprocessor monitors safety. The article gives details of this new escalator.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 64, No. 10, pp. 17~20 (1990)

A New Drive-Control System for Hydraulic Elevators

by Motoo Shimoaki, Takanobu Masaki, Tatsuro Miyake, Tomo'ichiro Yamamoto & Masao Tomisawa

The Corporation has developed the world's first hydraulic elevator drive-control system to use VVVF inverters. The inverters control the hydraulic pumps, replacing the valves of conventional designs. The hydraulic power unit is a submersible type designed to allow the motor and hydraulic pump to be immersed in the reservoir. The article reports on the technical features of the new control system.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 64, No. 10, pp. 45~49 (1990)

The New Ultra Series Super Current-Limiting Breakers

by Shinji Yamagata, Tsuyoshi Imamura, Yoshiaki Kobayashi, Shiro Murata & Fumiuyuki Hisatsune

The Corporation has developed a series of current-limiting breakers that boast the world's largest capacity and enhanced current-limiting performance. The article describes technical features such as the SJ vapor-jet control system and the use of simulations to optimize the electromagnetic repulsion mechanism.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 64, No. 10, pp. 21~26 (1990)

Human-Factor Engineering for Elevators

by Toshio Aizawa & Kenji Yoshida

Mitsubishi Electric has developed totally new spread front return panels and operating and signal equipment for its new Grandee Series elevators. These elevators have been designed based on human-factor engineering concepts to give passengers increased amenities and operability. Motion analysis was used to analyze passenger movements in the car and passenger traffic-flow characteristics, and the semantic differential method was used to conduct subjective evaluations. Tests confirmed that the panels and equipment of Grandee Series elevators are a significant improvement over previous ones.

アブストラクト

エキスパートシステムの自動列車運転装置への適用

池田博昭・落合 統

三菱電機技報 Vol. 64・No. 10・P 50～55

“自動運転エキスパートシステム”を自動列車運転(ATO)装置に組み込んだ。熟練運転士のように柔軟かつ的確な判断による列車の運転を目指し、運転制御に関する知識を蓄えた“知識ベース”と、走行状態に応じて知識を選択し、前向き推論によって制御指令を決定する“推論エンジン”を中核として構成した。従来の自動運転では困難であった特殊条件下での制御も、対応する知識を追加することでうまく適合し、あらゆる局面において最適な運転制御方式が選択できる。

同期設計 ASIC 用静的タイミング検証システム TACSⅣ

今井正紀・北川京子・石川広美・小原淳子・高瀬和彦

三菱電機技報 Vol. 64・No. 10・P 66～70

近年の大規模同期設計 ASIC は、一般にレベルセンシティブ ラッチを含むフィードバックループと、異なるクロックの相に同期する信号のゲーティングを含んでいる。これらの問題を同時に扱うシステムは、現在、見当たらない。そこで、我々は、レベルの概念の導入と、それをタイミングトレース時に伝搬することにより、これらを解決し、併せてユーザー インタフェースの改善を行い、TACSⅣとして実現した。

三菱 EWS “ME シリーズ” ME250／250FX

小嶋滋弥・大川裕利・川口隆司

三菱電機技報 Vol. 64・No. 10・P 56～60

三菱エンジニアリング ワークステーション ME250／250 FX は、4 品種の ASIC・LSI 及び面実装技術の採用により、CPU／メモリ／入出力制御を A 4 サイズのカード 1 枚に集約し、さらに 3.5 インチ 200M バイト固定ディスク及び 3.5 インチフレキシブルディスクを内蔵し、厚さ 69mm 重量 8.4kg という筐体の小型・軽量化と低消費電力化を達成し、個人専用として最適な EOS ワークステーションを実現している。

また、ME250FX は、浮動小数点演算性能を強化したモデルである。

自動車用 16 ビット ワンチップマイコン M37794E3TJ

杉田 充・三宅孝志・村松菊男・田山俊明・宮田和明・安達忠吉

三菱電機技報 Vol. 64・No. 10・P 71～76

自動車エンジン制御用としては、M37790STJ はかを既に開発、量産化している。これらのマイコンに続き、エンジン以外の制御の高度化・統合化の要求にこたえるため、16 ビット ワンチップマイコン “M3779 4E3TJ”を開発した。強力なタイマ 9 本、10 ビット A/D 変換器、シリアル I/O、24K ワンタイム PROM、384 バイト RAM などを内蔵する。RAM のうち、64 バイトはデュアルポート RAM であり、マルチ CPU システムにも対応する。

光 CATV 用 DFB レーザ

榊原 靖・柿本昇一・武本 彰

三菱電機技報 Vol. 64・No. 10・P 61～65

光 CATV 用の光源としては、低ひずみな DFB レーザが不可欠である。DFB レーザのひずみは、規格化結合定数 κL に強く依存し、 $\kappa L=1$ 近傍で最小となることを理論的・実験的に見い出した。また、従来構造の DFB レーザでは、規格化結合定数を所望の値に制御することは困難であったが、当社独自の埋込み回折格子構造によって κL を 1 ± 0.2 に制御し、光 CATV システム仕様を満足する低ひずみな DFB レーザを実現した。

ME シリーズ用機械系 CAE システム MECA

横田優子・花島真人・小泉孝之

三菱電機技報 Vol. 64・No. 10・P 77～83

機械系 CAE システム MECA は、ME シリーズ用 CAE ソフトウェアパッケージである。有限要素法による構造解析と部分構造合成法による振動解析を統合的に解析できるシステム環境をデスクトップ上に構築している。マルチウインドウによる対話処理や形状操作により、解析モデルの作成／解析／結果表示に関するマンマシン インタフェースの充実を図った小型 CAE システムである。本稿では、このシステムの紹介を行う。

Abstracts

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 64, No. 10, pp. 66~70 (1990)

The TACSIV Static Timing Analyzer for Synchronous ASIC Design

by Masanori Imai, Kyoko Kitagawa, Hiromi Ishikawa, Junko Kobara & Kazuhiko Takase

Complicated synchronous ASICs generally incorporate feedback loops using level-sensitive latches and signal gating that requires synchronous phasing of independent clock signals. The authors have built TACSIV, a timing analysis and check system based on the level concept with transmission during the timing trace that is capable of analyzing both of these structures simultaneously. It is the first equipment reported to be capable of such analysis. TACSIV also has an improved user interface.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 64, No. 10, pp. 50~55 (1990)

The Application of an Expert System to an Automatic Train-Operation System

by Hiroaki Ikeda & Hajime Ochiai

This expert system has an inference engine that selects elements in an operation-control knowledge base according to the running status and performs forward inferences to determine appropriate control commands. The system aims to duplicate the flexibility and appropriateness of the control commands issued by a seasoned motorman. The expanded knowledge base of the system makes it capable of handling difficult situations that previously required manual control. The system makes excellent decisions involving every aspect of train operation.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 64, No. 10, pp. 71~76 (1990)

The M37794E3TJ 16-Bit One-Chip Microprocessor for Automotive Use

by Mitsuru Sugita, Takashi Miyake, Kikuo Muramatsu, Toshiaki Tayama, Kazuaki Miyata & Tadayoshi Adachi

The Corporation has developed and is already producing M37790STJ microprocessors for automotive-engine control. The new 16-bit M37794E3TJ microprocessor offers increased capabilities for performing additional tasks. It features nine powerful timers, a 10-bit A/D converter, serial I/O capability, a 24k-word one-time PROM, and 384 bytes of RAM. Sixty-four bytes of the RAM are of a dual-port type intended to support configuration of multiprocessor systems.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 64, No. 10, pp. 56~60 (1990)

Models ME250 and ME250FX of the ME Series Workstations

by Shigeya Kojima, Hirotohi Okawa & Takashi Kawaguchi

These workstations employ four ASIC LSIs and surface-mounting technology to integrate the CPU, memory, and I/O control functions on a single A4-size card. A full system including the main board, a 3.5-inch 200MB fixed-disk drive and 3.5-inch flexible-disk drive, is accommodated in a 69mm-thick chassis. The compact dimensions, light weight (8.4kg), and low power consumption make this unit ideally suited for personal use. The ME250FX features enhanced floating-point computation performance.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 64, No. 10, pp. 77~83 (1990)

The MECA Mechanical CAE System for ME Series Workstations

by Yuko Yokota, Mabitto Hanajima & Takayuki Koizumi

This software package enables unified treatment of structural analysis based on the finite-element method and vibration analysis using the building-block approach. The software environment includes a multiwindow interface with graphic-interactive capabilities allowing the operator to build analysis models and inspect analysis results visually.

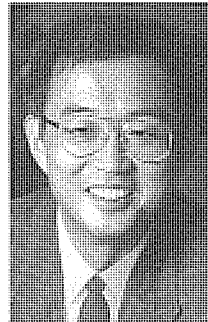
Mitsubishi Denki Giho: Vol. 64, No. 10, pp. 61~65 (1990)

DFB Laser Diodes for Optical CATV Systems

by Yasushi Sakakibara, Shoichi Kakimoto & Akira Takemoto

The low distortion of distributed-feedback laser diodes makes them the most suitable light source for applications in optical CATV systems. The distortion of DFB laser diodes is strongly dependent on the normalized coupling constant (κL), and has been demonstrated by analysis and experimental data to be a minimum for κL in the vicinity of 1. The use of an original buried-grating structure in the Corporation's DFB laser diodes makes it possible to control the κL to 1 ± 0.2 , yielding low enough distortion for optical CATV applications. Tight control of κL is not possible in conventional grating-structure DFB laser diodes.

未来のエレベーターが構築する未来の社会



名古屋大学 工学部
教授 月尾 嘉男

エレベータは既に古代から歴史の中に登場しているが、それらは極めて危険な技術であった。最初の安全なエレベーターが発明されたのは19世紀になってからであり、それは近代社会に劇的な方法で登場した。ニューヨークで1853年に開催された水晶宮博覧会には、新興国家アメリカを象徴する多数の製品が展示されたが、そこでの目玉製品のひとつがエライシャ・オーティスが発明し、自身で宣伝した安全エレベーターであった。

当初は貨物の昇降にしか利用されなかった安全エレベーターも、1857年にニューヨーク都心の百貨店内に客用として導入されてから急速に普及するようになったが、この技術は単純に輸送の便利さをもたらしただけではなく、都市の構造さえ変化させる威力を発揮した。手元に18世紀末期と20世紀初頭のマンハッタンの写真があるが、前者ではせいぜい数階の建物が密集している程度なのに比較して、後者では高層の建物が林立している。この光景は、わずか50年間にマンハッタンに導入された2万台以上のエレベーターが創造したものである。このような構造の変化とともに見逃せないのは価値意識の変化である。安全エレベーターが出現する以前には、上層は家賃も安価で女中部屋程度にしか使用されていなかったが、容易に昇降できるようになった途端、家賃は逆転して上層が高級な住居に変化したのである。

最近になり、横浜のMM21のランドマークタワーをはじめとして現実に建設される高層建物や、建設会社が競争で構想を発表している超々高層建物が日本でも話題になっている。これらの背後には、現在の最高分速600mのエレベーターをはるかに凌駕する能力のエレベーターやその運行制御システムの存在があり、それらが開発されなければ建物も実現しないことには疑問の余地がない。水平方向の輸送技術についても、リニアモーターカーやスペースプレーンなど既存の手段の数倍の速度をもつ技術が開発され始めている現在、垂直方向にも同様の技術が開発されることは必要なことである。

しかし、水平方向については、そのような技術が社会構造や地域環境にもたらす影響についての検討が技術開発と並行して真剣に行われているのに比較して、垂直方向については、加速や減速における人間の生理や心理についての研究が実施されている程度であり、技術が社会にどのような変化をもたらすかについてはさらに研究が必要である。現代の都市の形態をもたらした主要な要因の一つがエレベーターであると自負すれば、未来のエレベーターについても、技術開発への意欲と同等の意欲を未来の社会における利用の方法、影響の予測、影響の評価など周辺の研究へも注入することが重要である。

昇降機技術の展望

渡辺英紀*

1. ま え が き

安全装置付きの近代エレベーターが世の中に出て約100年、エスカレーターが発明されて約90年たった。今世界中では約400万台のエレベーター、エスカレーターが稼働していると推定される。今ではエレベーター、エスカレーターは、単なる輸送手段ではなく安全性はもちろん、エネルギーの低消費、ファッション性も重要になってきている。

一方、超高層ビルブームの再来ともいえる時期を迎え、エレベーターもインテリジェントで、かつ超高速のものが要求されている。また、21世紀には1,000m以上の空中や大深度地下の利用が考えられており、エレベーター、エスカレーターも従来とは異なるものが要求されよう。

そこでこの論文では、現状を踏まえて今後の課題を考え、技術の進む方向を探ってみたい。

2. 現 状

世界の昇降機の需要は、概略日本3万台、米国2万台、欧州5万台、東南アジア1.2万台、その他合計で14万台程度といわれているが、実に1か国だけで3万台もの需要があるのは日本のみである。特に我が国は、ここ数年の伸びが著しい。一般に5階以上の建物には、エレベーターが設置されていることが多い。そこで図1に示すように、5階以上の建築

物棟数とエレベーター設置台数の年次別変化を比較してみると、両者の傾向は極めて類似していることが分かる。しかし、ここ数年は建築物棟数に比べ、エレベーター設置台数の方が増加傾向がかなり大きくなっている。すなわち、エレベーターの台数を従来よりも増やす建物が増加している。

日本の昇降機は、量の拡大のみならず、オイルショックという大きな試練を受けながら、その試練をてこ(槌子)にして技術的にも大きな進歩を遂げた。代表的なものが、VVVFインバータに代表される駆動制御技術と、マイクロコンピュータを利用した群管理技術の進歩である。

現在では、昇降機は単に乗客を運ぶための手段ではなく、多様な可能性が追究されている。例えば、建築空間の造形モチーフとしてスパイラルエスカレーターを設置したり、インドアオープンのエレベーターをビルの吹抜け部に設けて快適空間を演出している。図2は、近年の展望用エレベーターの伸びを示した図であるが、このように乗る人に飛しょう(翔)感を与える展望用エレベーターの需要も一層増大している。また、面白さや、情報の提供をするために、かごや乗り場に設けられたインテリジェントオプション、さらには個人あるいは企業の安全性を確保するためのセキュリティチェック機能も充実されてきた。さらに、昇降機の利用分野も拡大し、老人、身障者はもとより一般健常者にとっても快適な居住空間創出のニーズにこたえたホームエレベーターが増

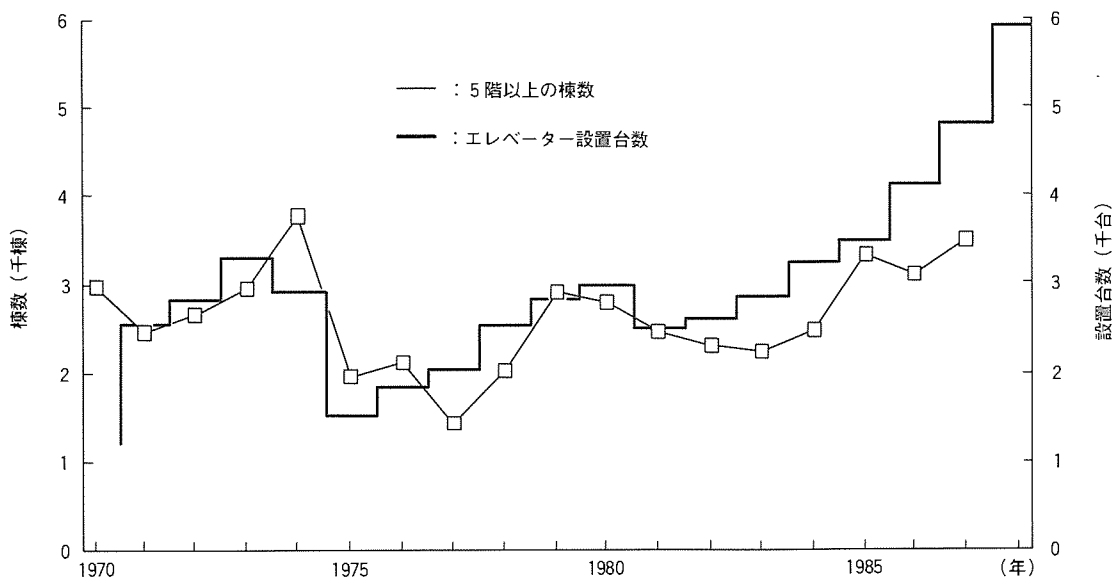


図1. 5階以上の建築物棟数とエレベーター設置台数の年次別変化

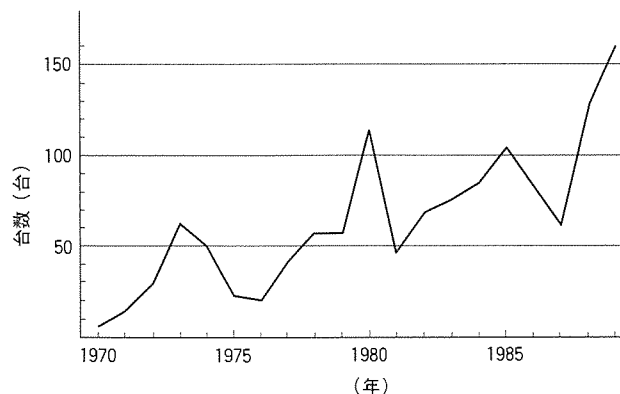


図2. 展望用エレベーターの設置台数の年次別変化

大している。

3. 今後の動向

前述のようなトレンドを踏まえ、昇降機の今後の動向について述べてみたい。

第一は、新しい概念の昇降機新機種の開発ということである。当社は1990年3月に、従来の規格型概念を止揚し、“人に優しい”を開発コンセプトとした《グランディ》シリーズを発表した。このシリーズは乗り心地や操作性・利便性が一段と向上しており、より豊富なデザインも用意されて顧客の多様な要求にこたえられるようになってきている。もちろん、これを支えるのは機械技術、インバータ技術、マイクロコンピュータを使用した分散化・ネットワーク技術である。今後、このように新しい概念の昇降機が、続々と市場に登場するのではないかと考えられる。

第二は、ビルの超高層化に伴うエレベーターの超超高速化への対処ということである。

既に当社は、1977年に600m/minという世界で最も速いエレベーターをサンシャイン60ビル（東京）に納入した。この記録は、今もって破られていない。しかし、近年第二次超高層ビルブームを迎え、さらに高いビルが計画されるに及んで、エレベーターの速度も一層速いものが要求されるようになった。その一例として、近々横浜“みなとみらい21”地区に建設されるランドマークタワーにサンシャイン60ビルの600m/minをしのぐ超高速エレベーターを納入する予定である。これは、またまた昇降機の速度の歴史を塗り替えるものになる。図3に当社エレベーターの高速化の歴史を示す。1977年のサンシャイン60ビルまでのエレベーターは、ワードレオナード駆動方式（いわゆるMG方式）による高速化の歴史であった。次いで、1977年ごろからサイリスタレオナード方式による高速化が始まったが、ちょうど超高層ビルブームの端境期で、エレベーター速度も360m/minが最高速であった。1986年ごろからVVVFインバータ方式が取り入れられ、第二次超高層ビルブームを迎えた今日この駆動方式が主流となっている。

ところで、現在の方式のエレベーターの揚程、速度の限界

はどの程度であろうか。

エレベーターの昇降に伴い、かご内の気圧が変化する。この気圧変化に対して、普通の人がかご内で我慢できるかか揚程の一つの限界となる。図4は、この限界を見極めるために行ったシミュレーションの結果である。航空自衛隊の瞬間減圧装置を用いて、エレベーターを昇降させた時に生じる気圧変化と同じ気圧変化をかご内の被験者に与えて、耳詰まりの影響を調査したものである。この結果から、耳詰まりは揚程との関係が強く、エレベーター速度との相関は少ないことが分かる。実験では、揚程400mでも耳詰まりを訴える人が若干いる。しかし、この程度の揚程のエレベーターは、米国で多数使用されており、耳詰まりが特に問題になったという報告はない。さすがに揚程1,500mを一気に走行すると、大多数の人が下降時に耳詰まりを訴えることになる。もしこのようなエレベーターが計画されるときは、例えばビル側で気圧調整を行う等何等かの対策が必要となろう。

なお、実際のエレベーターで速度を変えて耳詰まりの影響を調査した例⁽¹⁾もあり、ここでも同様に速度の違いによる差異はほとんど見られないと報告されている。

次にエレベーターが、現在のようにロープでつる（吊）された構造を採用する限り、ロープの破断強度で揚程の限界が決まる。すなわち、ロープの自重によって自身の重みを支えきれなくなる。特に、エレベーターの場合には、ロープに対して破断強さの10倍以上というような十分な安全率が法規によって要求されるので、通常の構造及び材料のロープを採用する限り1,000m程度が一つの限界となろう。

なお、400mの揚程があれば、理論的にはエレベーターの最高速度は1,000m/minが出せることになるので、将来あるいは実現するかもしれない。

第三には、よりインテリジェント化が進むであろうということである。マイクロコンピュータの進歩によって、AI、すなわち人工知能を用いたエレベーターの群管理は既に実用期に入った。今後は、ニューロコンピュータの実用化によって一層の高性能化が進もう。単に群管理性能の向上のみならず、オートチューニング技術の進歩でエレベーターの走行性能も格段に飛躍し、経年変化による性能劣化も防止できよう。

第四には、昇降機分野で今最も問題になっている据付け省力の問題に触れてみたい。昇降機は、ビルに直接取り付けられるものであるから、最終組立てがビルの工事現場とならざるをえない。しかし、最近の風潮として、工事現場の作業のような、きつくて危険な作業は若い人に嫌われ、据付け人工が極めて不足している。この解決のためには、極力工場でのプレハブ化を行う必要がある。欧州では、エスカレーターは、工場ですべてに組立後一体輸送するのが普通であるし、かご室も工場で組み上げ一体で現場に搬入している例も多い。さらに、英国ではモジュラータイプと称し、工場で作成した昇降路を各階ごとに積み上げる方式も用いられている⁽²⁾。いずれに

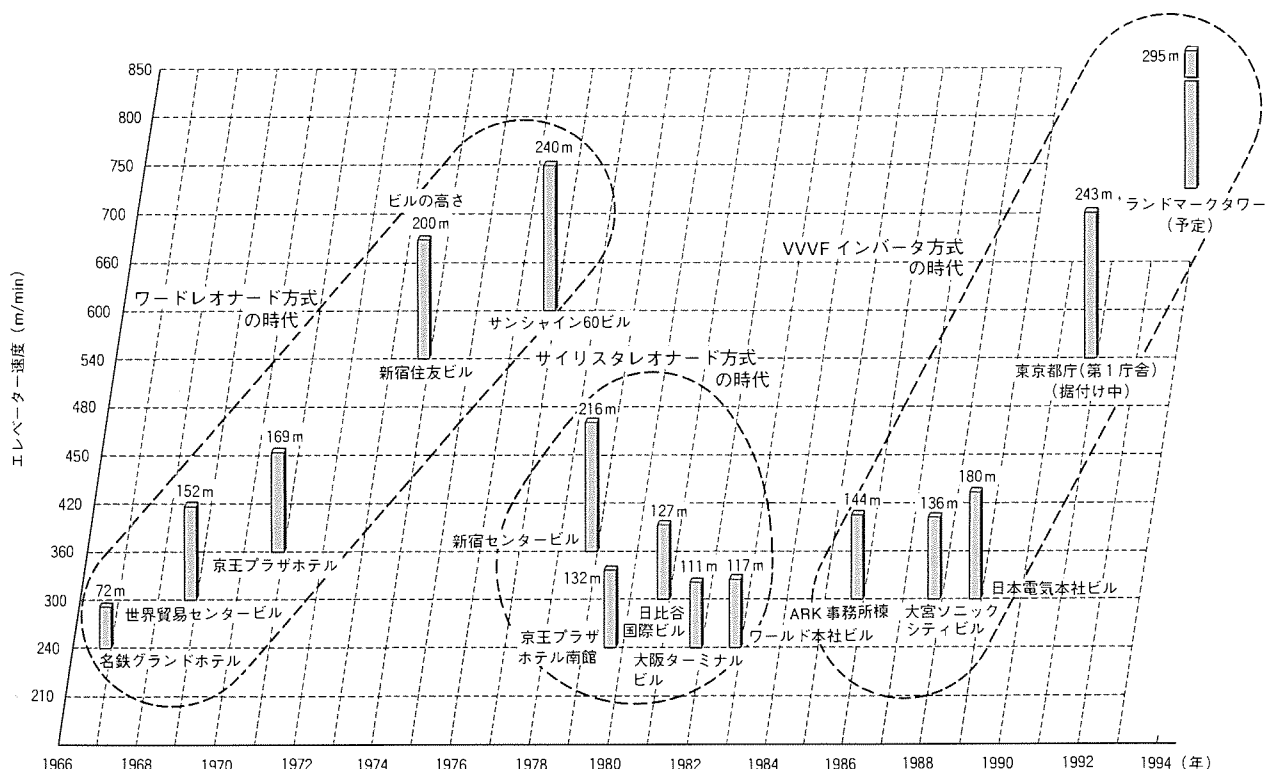


図3. 三菱電機製超高速エレベーター

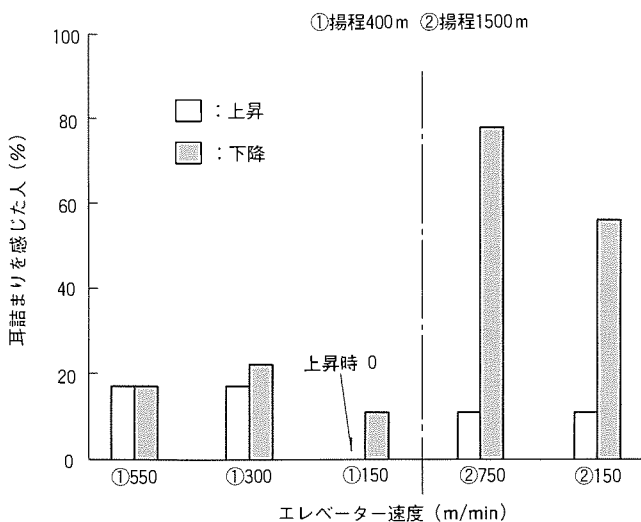


図4. 気圧変化の人体に及ぼす影響の実験

しても、プレハブ化は物が大きくなるので、輸送はもとより建物への搬入が問題である。プレハブ化が成功するか否かは、建物側の配慮に負うところが大きい。今後関係方面の協力を得ながら検討を進めたい。

4. 21世紀のエレベーター、エスカレーター

かつて20世紀の初頭、人々は20世紀の科学を予言した。明治34年(1901年)の報知新聞には“20世紀の予言”として幾つかのものが挙げられている。例えば、①無線電話の普及、②遠距離の写真(テレビ)、③7日間世界一周、④蚊及びのみ(蚤)の滅亡、⑤暑寒知らず(エアコン)、⑥写真電話(テレビ電話)、⑦電気の世界(しん(薪)炭、石炭

なし)、⑧鉄道の速力は神戸東京間2時間半、⑨市街鉄道としては馬車鉄道がなくなり、空中(モノレール)及び地中を走る、⑩自動車の世、等々である。もちろん、中には予言の当たっていないものもあるが、結構実現しているのに驚かされる。さて、21世紀の昇降機を予言するのはおこがましいが、二つばかり挙げてみたい。

まず、将来1,000m級の超高層のビルが出現した時には、一つの昇降路(シャフト)内に数台のエレベーターを走行させる、いわゆるワンシャフトマルチカーが有効になると考えられる⁽³⁾。

この実現のためには、ロープを使わない駆動方式が必要であり、必然的にリニアモーター駆動となろう。図5は、その一つのアイディアである。しかし、安全性とのかかわり合いや、経済性の問題等解決すべき点が多々あり、電気設備学会統計調査委員会の予測⁽⁴⁾では、2005年ごろとなっている。このようなロープのないエレベーターでは、当然制御ケーブルも用いられず、かごの制御には無線あるいは光が用いられよう。また、高温超電導を利用したリニアモーターやかご用のエネルギー蓄勢装置が実用化されれば、現在のエレベーターシステムの構造も相当変革されよう。

一方、目を転じて、エスカレーターに代表される移動階段や《トラベーター》の商品名で呼ばれている移動通路はどうであろうか。当社は世界で初めて、スパイラルエスカレーターを開発し、エスカレーターを単なる交通手段からファッション製品に変身させた。短距離交通手段としての変革も今後要求されよう。欧米では輸送力を上げるために、速度が最高

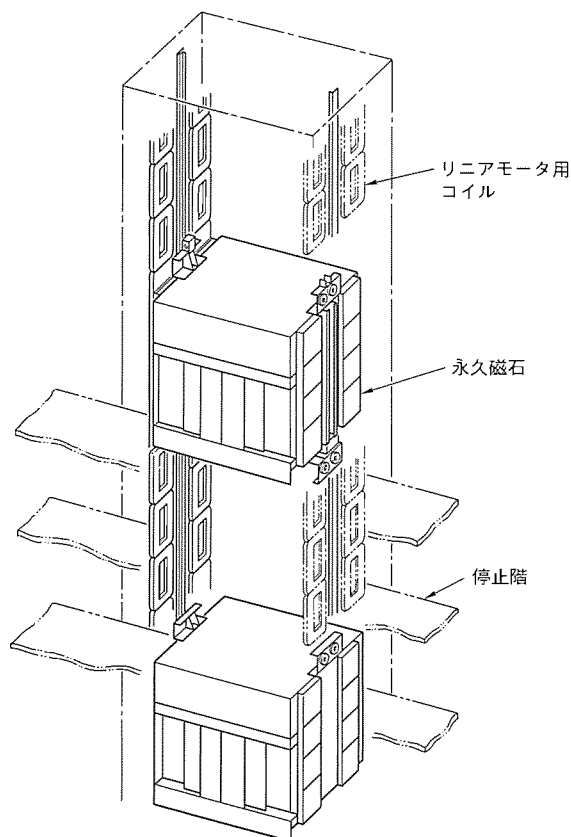


図5. ロープレスリニアモーター駆動エレベーターの1アイデア

54m/minのエスカレーターや傾斜角35度のものも実用化されている(ちなみに我が国では、速度は通常30m/min, 特別な場合でも40m/min, また傾斜角は30度までしか許されていない)。特に安全性確保から乗り込み、降車時の速度はあまり速くはできないが、乗り込んだ後の中間部の速度

を速くしたいという願望は昔からあった。フランスで“TRAX”の名で開発されていると言われている移動通路が、その一例である⁽⁵⁾。しかし、安全性確保等の技術的問題点が解決されておらず、いまだ実用にはなっていない。

いずれにせよ1km程度の近距離を、途中で自由に乗り降りできるような連続輸送装置が、ハイテクによって安全に実現できれば、都市計画上也大いに自由度が広がるであろう。

5. む す び

以上昇降機の展望について述べた。当社は昇降機のリーディングメーカーとして、市場のニーズにこたえる新しい昇降機を開発するのはもちろん、計画段階から需要家各位と一体となって設計し、より快適で便利なビルや都市の実現に貢献していく所存である。また、その計画に必要な技術やツールの開発にも取り組んでいく所存である。

参 考 文 献

- (1) 前島 修, 古川修文, 後藤剛史, 出口清孝: 高速エレベーターの乗り心地に関する研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集(北海道), 753 (1978-9)
- (2) Sturgeon, W. C.: Modular Lifts in the Old Bailey, Elevator World, 34 (1990-6)
- (3) 山村 昌: 電気学会100年の回顧と展望, 電気学会誌, 108, No. 8, 740 (1988)
- (4) 電気設備学会統計調査委員会: 電気設備の技術動向調査報告書, 電気設備学会誌, 89 (1987-2)
- (5) World's First Accelerating Walkway will enter Service in 1981, Elevator World, 22 (1980-3)

新シリーズエレベーター 《グランディ》

米本正志* 神谷代詞男*
杉田和彦* 牧野克己*
村松 洋*

1. ま え が き

新しいエレベーターを開発した。従来の規格型とは異なる新シリーズのエレベーターである。《グランディ》の商品名で1990年3月に発売した。

ビルは、インテリジェント指向を強めている。エレベーターに対しても快適性の追求など質的充足が一段と強く求められている。この要求にこたえ、《グランディ》は“人とエレベーターの触れ合いを大切に”というコンセプトの下に開発された。本稿では、この概要を紹介する。

2. 《グランディ》の機種構成

ロープ式エレベーター《グランディ》の機種構成を表1に示す。乗用エレベーターのうち、定格速度が90m/min及び105m/minの領域には、《グランディ》シリーズの中でもより付加仕様の装備率を高め、意匠を高級化した《グランディSV》を適用している。

油圧式エレベーター《グランディ》の機種構成を表2に示す。市場の高速化に対する要求にこたえ、定格速度60m/minの乗用エレベーターと住宅用エレベーターを新設した。

表1. ロープ式エレベーターの機種構成

(1) 乗用エレベーター

速度 (m/min)	45	60	90	105
容量 (kg)	グランディ	グランディ	グランディ SV	グランディ SV
450				
600				
750				
900				
1,000				

(2) 住宅用エレベーター

速度 (m/min)	45	60	90
容量 (kg)	グランディ	グランディ	グランディ
450			
600			

(3) 寝台用エレベーター

速度 (m/min)	45	60
容量 (kg)	グランディ	グランディ
750		
1,000		

3. 制御・駆動システム

最新のエレクトロニクス技術と高密度実装技術を駆使して、かご及び乗場機器の制御には分散制御方式を採用し、信頼性の向上と付加仕様範囲の拡大を図った。また、高速エレベーターで培ったヘリカルギヤ巻上機⁽¹⁾の歯車設計技術及び歯車加工技術⁽²⁾を応用して、低・中速エレベーター用のヘリカルギヤ巻上機を開発した。これにより、省エネルギー化を更に推進した。

油圧式エレベーターでは、世界で初めてVVVFインバータ制御方式を採用し、ロープ式エレベーターと同等の速度制御特性を実現した。

3.1 制御システム

図1にシステム構成を示す。従来、エレベーターの制御システムの機能は、機械室の制御盤に集中していた。今回、これらの機能をかご及び乗場にも分散し、各機器間を直列伝送ラインで接続する分散制御方式を採用した。当社は、この方式をデータネットワーク型エレベーター制御システムと称している。

かご搭載機器では、操作盤、インジケータ、ドア制御装置のそれぞれにマイクロコンピュータを配備し、さらに、各階に設置される乗場ボタンとインジケータにも制御用マイクロ

表2. 油圧式エレベーターの機種構成

(1) 乗用エレベーター

速度 (m/min)	45	60
容量 (kg)	グランディ	グランディ
450		
600		
750		

(2) 住宅用エレベーター

速度 (m/min)	45	60
容量 (kg)	グランディ	グランディ
450		
600		

(3) 寝台用エレベーター

速度 (m/min)	45
容量 (kg)	グランディ
750	
1,000	

コンピュータを分散配置した。その結果、各機器の自律性が高まり、制御システムの機能及び信頼性が向上した。

3.2 駆動システム

3.2.1 ロープ式エレベーター

(1) ヘリカルギヤ巻上機

従来、速度105m/min以下の低・中速エレベーターにはウォームギヤ巻上機が使用されてきたが、伝達効率が低い欠点があった。今回、伝達効率の高いヘリカルギヤを採用し、巻上機効率を15～25%向上した。これにより、巻上モータの定格容量が低減し、消費電力は約15%、電源設備容量は15～20%低減した。

図2に巻上機の外観を示す。高摩擦潤滑油を含浸したハイトラクションロープ⁽¹³⁾を実用化して綱車径の小径化を図るとともに、ブレーキ装置にはディスク方式を採用して巻上機を小型化した。これにより、機械室のレイアウトを容易にした。

図3に今回開発したヘリカルギヤ巻上機と従来のウォームギヤ巻上機の機械室騒音特性を示す。歯車の歯形修正量やク

ラウニング量の最適設計化等がウォームギヤを用いた従来の巻上機と同等以上に静粛なヘリカルギヤ巻上機を実現した。

(2) IGBT インバータ

巻上モータ駆動用のインバータには、パワートランジスタに替えてIGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) を採用した。IGBT を使用してインバータのキャリア周波数を高周波化した結果、騒音抑制用のリアクタ類が不要となり、機械室のレイアウト性が向上した。併せて、制御ループの応答を改善し、速度制御性能の向上を図った。

図4に、IGBT インバータを収容した制御盤の外観を示す。分散制御方式や表面実装技術を採用して、インタフェース点数の削減とプリント基板の高集積化を図り、制御盤を前面からのみ保守を行う構造とした。これにより、機械室のレイアウトが容易になった。

(3) 差動トランス方式秤装置

従来のマイクロスイッチ方式のはかり(秤)に替え、差動トランス方式の秤装置を開発した。従来方式では、マイクロスイッチが床下に設けられた防振ゴムの変位量を検出していたが、この装置では差動トランスがロープシャックル部のスプリングの変位量を検出するようにしたので、検出精度が向上するとともに、経時変化のない安定した特性が得られた。

新方式の秤装置を採用するとともに、速度制御用のマイク

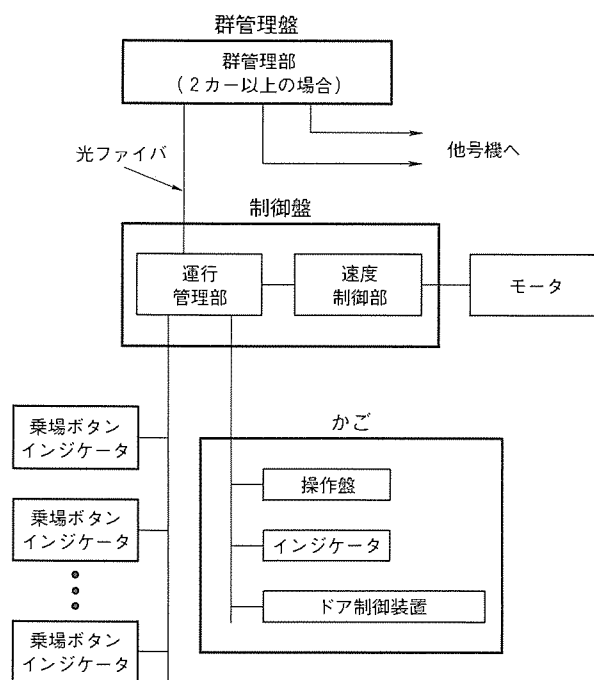


図1. システム構成

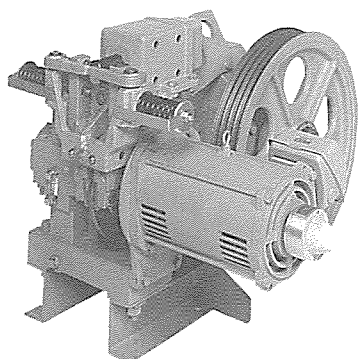


図2. ヘリカルギヤ巻上機

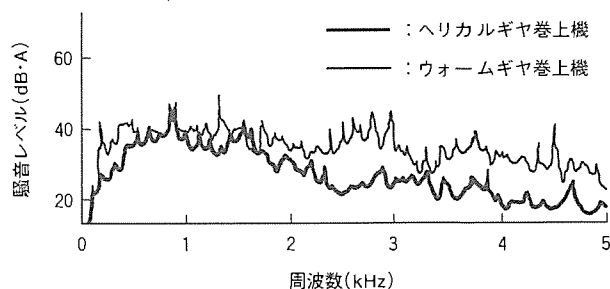


図3. 巻上機の騒音特性比較

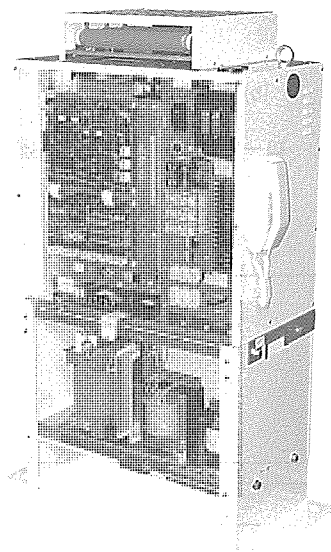


図4. ロープ式エレベーターの制御盤

ロコンピュータを高性能化して制御演算を高速化し、乗り心地及び着床性能を向上した。図5に運転特性を示す。

3.2.2 油圧式エレベーター

油圧式エレベーターの速度制御には、従来の油圧バルブによる流量制御に替えて、VVVFインバータによる油圧ポンプモータの可変速制御を採用した。また、油圧ポンプとモータを油タンクの中に収納したサブマージ型パワーユニットを採用した。

新制御方式による油圧式エレベーターの特長を以下に示す。

- (1) VVVFインバータ制御の採用により、着床前のクリープ走行がなくなり、滑らかで高精度の速度制御特性が得られた。この結果、階間走行時間が約20%短縮するとともに消費電力が約15%低減した。バルブ制御とVVVFインバータ制御の走行時間を、模擬的に比較した結果を図6に示す。
- (2) サブマージ型油圧パワーユニットでは、油圧ポンプとモータは油タンクの中で回転する。このため、回転音が油タンクで減衰し、機械室騒音は従来より10~15dB低減した。図7に、油圧パワーユニットと制御盤の外観を示す。

3.3 インバータ方式ドア制御装置

乗り心地及び着床性能に加えて、ドアの開閉性能も快適性を左右する重要な要素である。今回、ドアモータの駆動にもVVVFインバータ制御を採用した。インバータには、パワ

ーMOS-FETを使用してキャリア周波数を高周波化した結果、モータ磁気音はほとんど聞き取れないようになった。加えて、マイクロコンピュータを用い、ドアの位置に応じて開閉速度と開閉力を正確に制御することにより、迅速、滑らかでかつ経時変化に強い安定した開閉性能を得た。

さらに、エレベーターに乗り込みやすくするために、人体の発生する熱に感应して乗客を検出する新型センサを開発した。センサには熱電対型を用い、検出範囲を乗場側出入口の中央付近に円状に設定することにより、かごに乗り込む乗客を正確に検出できるようにした。

4. 新機能

高性能マイクロコンピュータを用いて、データネットワーク型エレベーター制御システムを構成したことにより、システム全体の処理能力が向上した。これが付加仕様範囲を拡大し、エレベーターはより使いやすくなった。《グランディ》シリーズで新たに採用した新機能を以下に示す。

(1) 気配りアナウンス

乗り過ぎを検出した場合など、うっかり誤った使い方がされた場合に、乗客に対応方法を説明するためのアナウンスを行う。

(2) かご呼び取り消し機能(《グランディSV》シリーズ)

行先階のボタンを間違えて押してしまった場合に、そのボタンを2度押しすることにより呼びを取り消すことができる。

(3) 任意階サービス切り放し機能(《グランディSV》シリーズ)

交通需要の変化に対応しやすくするため、かご操作盤でサービス切り放し階を任意に設定できる。

(4) 4台群管理方式(《グランディSV》シリーズ)

待つ人の心理を考慮しつつ、4台のエレベーターを効率良く運行制御する群管理システムOS-21Cを適用可能にした。

(5) 遠隔監視サービス機能

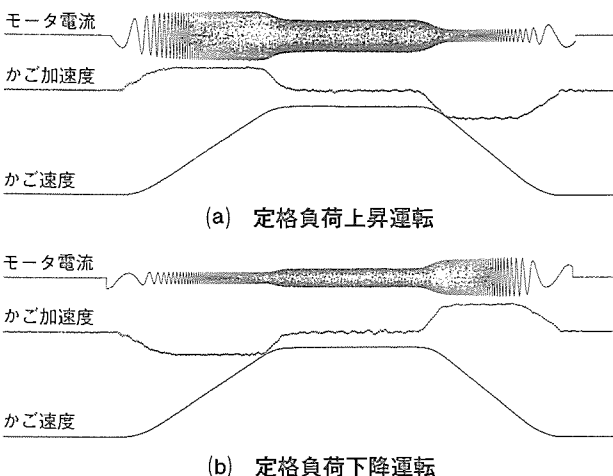


図5. ロープ式エレベーターの運転特性

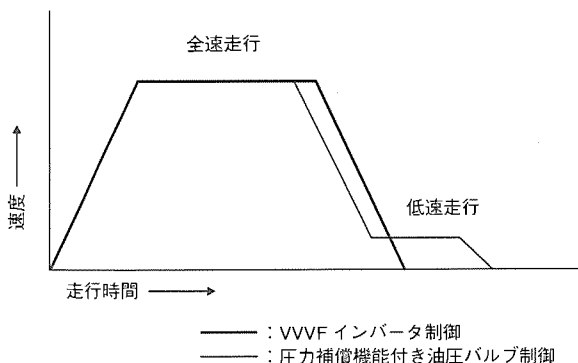


図6. 油圧式エレベーターの走行時間比較

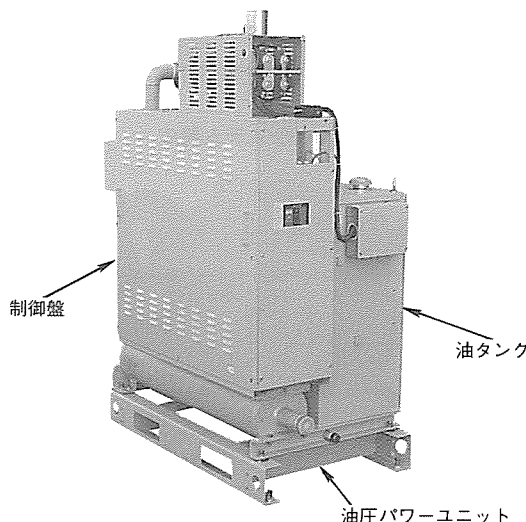


図7. 油圧式エレベーターの制御盤及びパワーユニット

5.2 かご室のデザイン

(2) 住宅用エレベーターのデザイン系列でも、スタンダード1種のデザインにデラックス3種を加えて、計4種のデザインを設定した。



A large, modern, metallic-looking structure, possibly a futuristic building or a large piece of industrial equipment, with a flat roof and a central vertical opening. The structure is composed of several rectangular panels and has a sleek, industrial design. It is set against a dark, textured background.

[illegible]

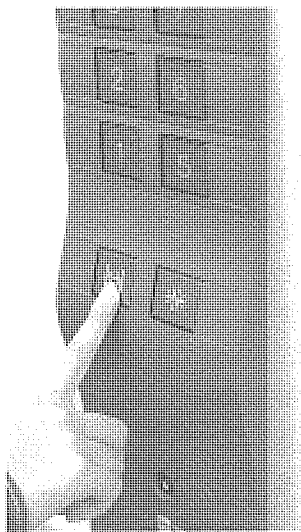


図 11. かご操作盤

エレベーターの乗場は、インテリアポイントとして重要視されており、デザインに対する要求も多い。従来は、建築基準法を満足する不燃材料が少なかったため、デザインの展開に限界があった。今回、新内装材料として不燃化粧鋼板を、新仕上方法としてステンレス パールトーンを開発して、乗場デザインの選択の幅を拡大した。

不燃化粧鋼板は、鋼板上にベースとなる着色フィルムをコーティングし、それに透光性インクで柄印刷を行い、さらに表面を透明フィルムで保護したものである。フィルム層は0.1mm以下と薄いですが、表面にエンボスを付けることにより、透光性インクとの相乗効果で深みのあるテクスチャを出すことができた。図柄には当社オリジナル品を採用した。

ステンレス パールトーンは、当社が開発した乾式化粧仕上法である。従来の湿式エッチング法に比較して、光沢、清掃性に優れている。写真製法により、図柄も自由に選定できる。ステンレス パールトーン仕上げを採用することにより、硬くて冷たいステンレスを表情豊かな新内装材料として利用することができる。図12にその一例を示す。従来の湿式エッチング法とともに広く採用されることを期待している。

以上により、乗場デザインにも豊富なカラーコーディネイトが可能となり、ビルインテリアとの調和性をより向上させることができた。

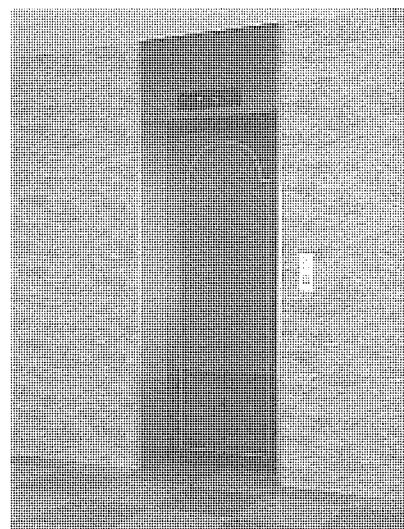


図 12. ステンレス パールトーン仕上乘場

6. む す び

以上、新シリーズエレベーター《グランディ》について紹介した。

今回のシリーズでは、“使いやすさ”と“やさしさ”の追求を製品開発目標に掲げており、今後、この種の要求は更に増大していくと考えられる。一方、エレクトロニクス技術や新材料の進歩は必然であり、これらをエレベーターに応用することにより、市場の要求を満たして行くのがメーカーの務めである。需要家各位の満足が得られるエレベーターを目指して、今後一層の努力をしていく所存である。

参 考 文 献

- (1) 渡辺英紀, 横田 達, 釜池 宏, 山崎真治: 高速エレベーター用新制御・駆動装置, 三菱電機技報, 57, No.11, 739~743 (1983)
- (2) 山崎真治, 吉岡純夫, 熊沢道夫: 高速エレベーター用はすば歯車技術, 三菱電機技報, 61, No.11, 873~876 (1987)
- (3) 本田武信, 榎本順三, 新川 実, 岡田克巳: エレベーターのトラクション技術, 三菱電機技報, 61, No.11, 869~872 (1987)

データネットワーク型エレベーター制御システム

1. ま え が き

近年、ビルはインテリジェント化され、ビル内の縦の交通機関であるエレベーターにも高機能化、高性能化及びマンマシンインタフェースの向上が求められている。一方、マイクロエレクトロニクスの飛躍的進歩により、マイコン、メモリや伝送LSIなどが大幅に高集積化され、さらに高速化・高信頼性化・低価格化されてきている。また、これらを用いたシステムの構成方式として、各種処理機能や負荷を複数のマイコンに分散させる分散処理方式が、広く一般的になってきている。このため、エレベーターの個々の制御機器にマイコンを使用し、これらを直列伝送を用いて相互に結んだネットワークシステムを採用することが可能になってきた。

今回、エレベーターの機械室、かご及び乗場に多数のマイコンを分散配置し、これらをそれぞれの役割や応答速度に応じた新規のプロトコルによって結合したネットワークシステム及びこれを組み込んだエレベーター制御システムを開発した。そして、この制御システムを1990年3月に発売した新シリーズのエレベーター《グランディ》に適用した。

この論文では、上記ネットワークシステムの構成と機能を述べ、次にこれを組み込んだエレベーター制御システムの特長を述べる。

2. データネットワークシステムの構成と機能

システムの機能・性能・拡張性の向上を従来の集中処理方式で実現しようとする、処理装置は複雑になり、システム全体の処理能力やアベイラビリティが低下してしまう。これを解決するためには、システム全体の機能を各サブシステムに最適に分散配置し、さらにトータルの処理能力の向上を図るため、各サブシステムをネットワークで結合することが必要となる。

2.1 マイコンの分散配置

多数のマイコンを、以下に示すように分散配置してエレベーター制御システムを構成した。

(1) 機械室の各台制御装置には、性能・機能を向上させるため、運行管理用、モータの速度制御用にそれぞれ高性能16ビットマイコンを配置する。

また、各台制御装置内には、かごの機器との伝送用及び乗場の機器との伝送用に、それぞれ8ビットマイコンを設けて運行管理マイコンの負担を軽減させる。

(2) かご上には、ドアの制御性能・安全性を高めるため、ドア制御用及びドア駆動用に、それぞれ16ビットワンチップマイコンを設け、これらと各台制御装置との伝送用に8ビットワンチップマイコンを設ける。そして、これら3個のマイコンにより、かご上ステーションを構成する。

かご内には、操作盤及びインジケータの制御用にそれぞれ8ビットワンチップマイコンを設置する。

(3) 乗場には、操作性・拡張性を向上させるため、各階床にそれぞれ乗場ステーションを置く。これに8ビットワンチップマイコンを内蔵させて、乗場の機器の制御機能を担わせる。

(4) 機械室の群管理装置には、群管理用にエレベーターの製品グレードに対応して16ビット又は32ビットの高性能マイコンを、各台制御装置との伝送用に8ビットマイコンを設ける。

ここで述べた各マイコンの名称・設置場所・機能を表1に

表1. マイコンの名称・設置場所・機能

	マイコンの名称 (種類)	設置場所	機能
	運行管理マイコン CC (16ビット)	各台制御装置	エレベーターの運行管理制御
	速度制御マイコン DR (16ビット)	各台制御装置	巻上機駆動モータのトルク・速度制御
	群管理マイコン GC (16ビット/32ビット)	群管理装置	乗場呼び信号の割当制御
か ご 系 列	かご上伝送マイコン CS (8ビットワンチップ)	かご上 ステーション	シリアル伝送制御及びオートアナウンスなどのかご上機器制御
	ドア制御マイコン DC (16ビットワンチップ)	かご上 ステーション	ドア動作制御
	ドア駆動マイコン DD (16ビットワンチップ)	かご上 ステーション	ドアモータのトルク・速度制御
	インジケータ制御 マイコン IC (8ビットワンチップ)	かご内	インジケータ・表示灯の制御
	操作盤制御マイコン BC1~BC4 (8ビットワンチップ)	かご内	ボタン・引き戸内スイッチなどのかご内機器の制御
乗 場 系 列	かご系列 伝送マイコン SC (8ビット)	各台制御装置	かご系列シリアル伝送制御
	乗場ステーション 制御マイコン HS (8ビットワンチップ)	乗場 ステーション	乗場ボタン・インジケータ・ホールランタンなどの乗場機器の制御
	乗場系列 伝送マイコン SH (8ビット)	各台制御装置	乗場・群管理系列シリアル伝送制御
	群管理伝送マイコン TE (8ビット)	群管理装置	群管理系列シリアル伝送制御

示す。また、エレベーター制御システムの全体構成を図1に示す。

2.2 ネットワークの構成

上で述べたように、分散配置された個々のマイコンを有機的に結合するため、次の3系列のネットワークを構成した。

- (1) かご系列ネットワーク
- (2) 乗場系列ネットワーク
- (3) 群管理系列ネットワーク

伝送方式は、応答速度・信頼性・拡張性を考慮して、それぞれにとって最適な方式を採用した。これらエレベーター専用のネットワークを総合してデータネットワークシステムと称し、その仕様を表2に示す。また、これを組み込んだエレベーター制御システムをデータネットワーク型エレベーター制御システムと称する。

2.3 かご系列ネットワーク

かご系列ネットワークは、かごボタン、かごインジケータ及びドアを制御するものであり、構成を図2に、伝送方式の仕様を表3に示す。なお、最大128階床に対応するために、操作盤制御マイコンは、BC1～BC4の4個まで接続可能とした。

かご系列の伝送制御には、次のポーリング方式を採用した。かご系列伝送マイコンSCは、親局として主導権をもち、子局であるインジケータ制御マイコンIC、操作盤制御マイコンBC1～BC4及びかご上伝送マイコンCSに対して、1局

ずつ定まった順番で送受信する。SCと各子局間の伝送ダイヤグラムを図3に示す。SCと各子局との伝送周期は100msであり、SCはこの周期内に固定長のデータ単位で定まった回数だけ送受信を行う。また、この1周期内に一定の無信号区間を設け、各子局はこの無信号区間を認知して、伝送周期ごとにSCと同期をとる方式を採用した。

SCが各子局を均等にポーリングすると、信号は最悪ポーリング周期の時間だけ遅れて伝送される。この遅れを少なくするため、かご上のスイッチ類などの緊急度が高いデータを伝送するCSに対しては、ポーリング頻度を高くしている。ICに対しては、インジケータなど変化頻度の低いデータを伝送しているので、ポーリング頻度を低くしている。これによって、むやみに伝送速度を上げて耐ノイズ性を下げることなく、実質的に伝送速度の高い通信を実現することができた。

2.4 乗場系列ネットワーク

表2. データネットワークシステムの仕様

	かご系列	乗場系列	群管理系列
適用範囲			
停止数	128階床以下	同左	同左
群管理台数	—	—	8以下
伝送信号			
種類	<ul style="list-style-type: none"> ボタン インジケータ かご上スイッチ ドア 引き戸内スイッチ オートアナウンス etc. 	<ul style="list-style-type: none"> ボタン インジケータ ホールランタン 運行表示灯 キースイッチ etc. 	<ul style="list-style-type: none"> 乗場ボタン かご位置 かご割当て etc.
総量	約140バイト	約100バイト	約1.4Kバイト

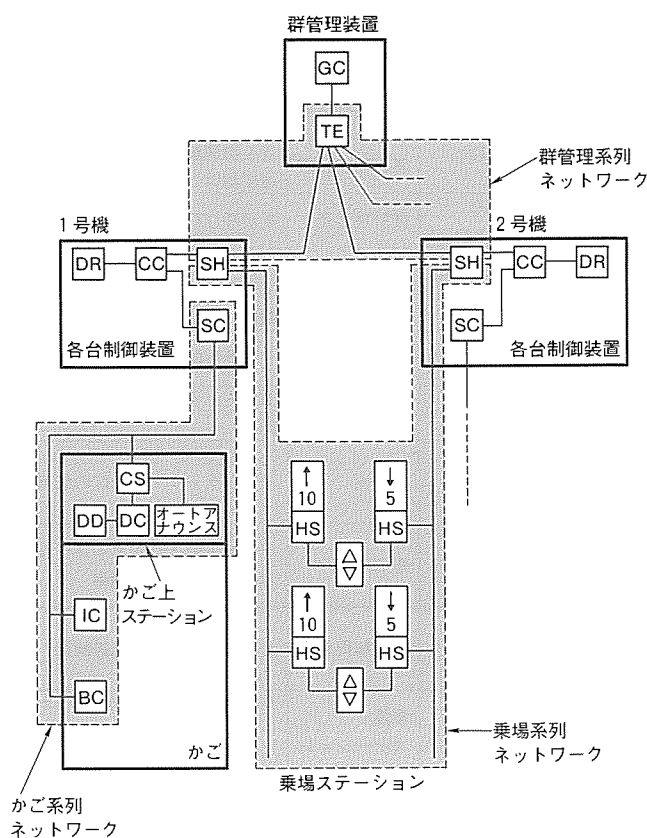


図1. エレベーター制御システムの全体構成

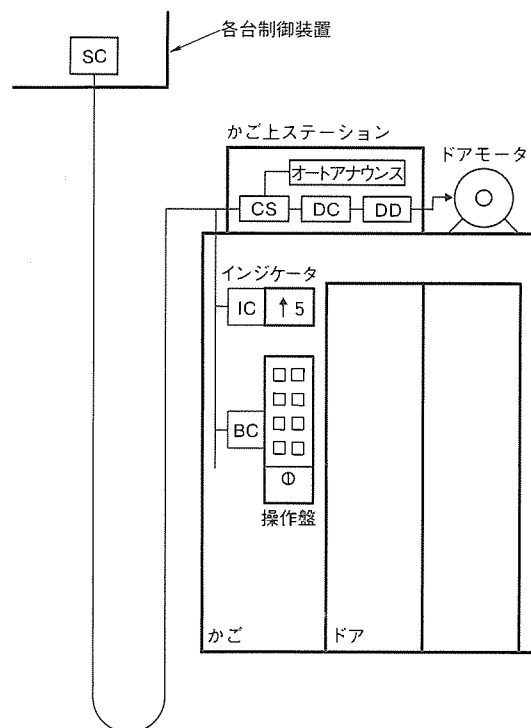


図2. かご系列ネットワークの構成

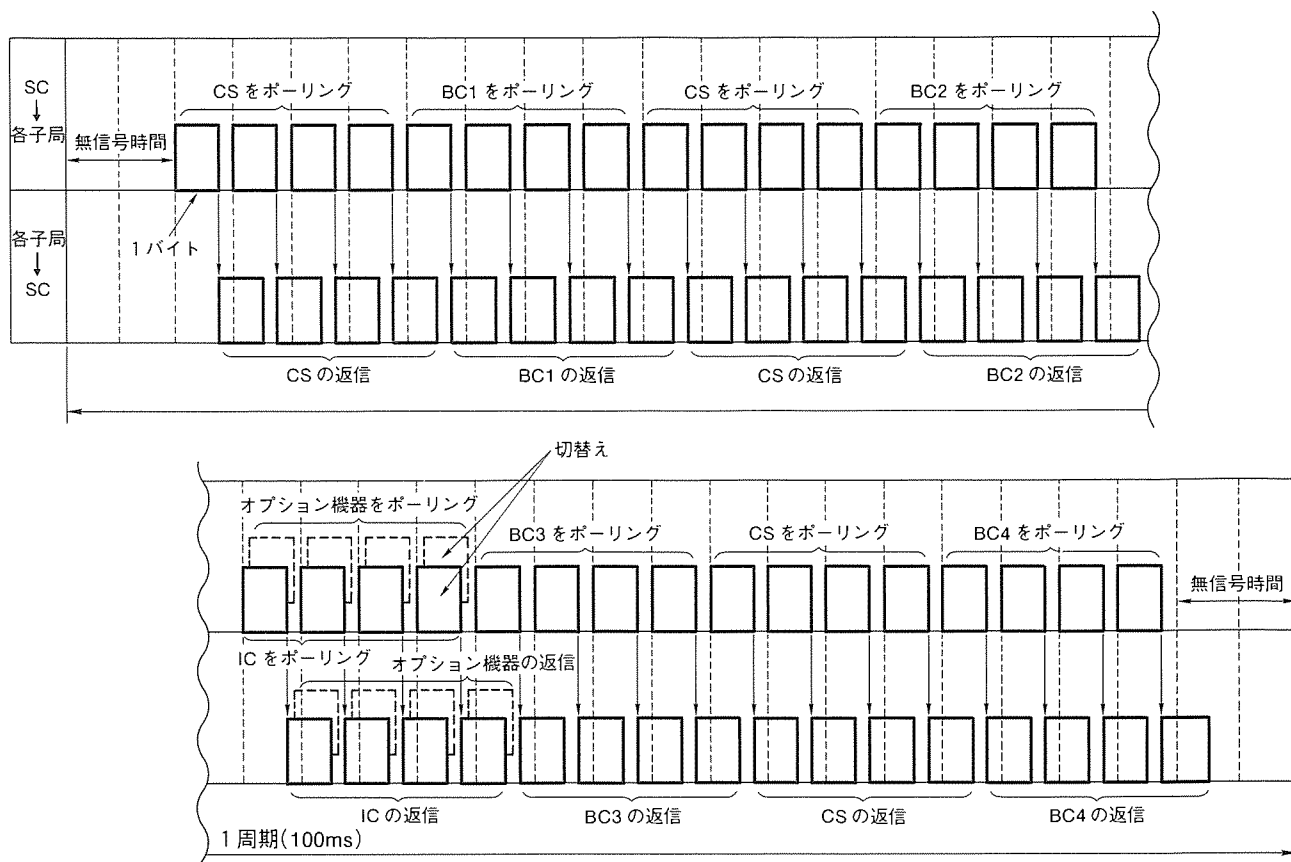


図3. SC-各子局間伝送ダイアグラム

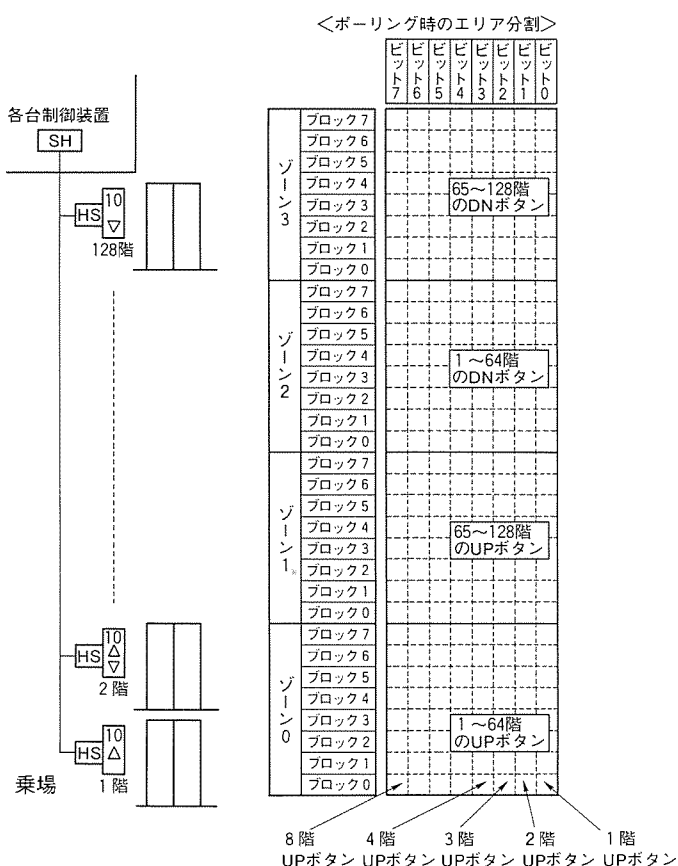


図4. 乗場系列ネットワークの構成

乗場系列ネットワークは、各階床に設けられた乗場ボタンや乗場インジケータを制御するものであり、構成を図4に、伝送方式の仕様を表3に示す。乗場系列には、乗場ステーション制御マイコンHSが最大128個まで、つまり128階床分の上昇用のボタン（以下、“UP ボタン”という。）と下降用のボタン（以下、“DN ボタン”という。）が接続可能であり、拡張性が高いシステムとなっている。

ボタン信号の伝送は、親局である乗場系列伝送マイコンSHが子局であるHSをポーリングすると、HSが所定のビットにUPボタン又はDNボタン信号を乗せて送信する方式を採用した。また、各HSが同時にボタン信号を送信したとき、伝送路上でビット単位の論理和をとることができるように伝送回路を構成した。さらに、8個のボタンを1ブロック、8ブロックを1ゾーンとしてエリア分割を行い、各ボタンに（ゾーン、ブロック、ビット）というアドレスを割り付けた。このエリア分割の方法を図4に示す。

図5にSHと各HSの間の伝送ダイアグラムを示す。SHと各HSとの伝送周期は50msである。また、かご系列と同様に、伝送周期内に一定の無信号区間を設けており、各HSはこれによって伝送周期ごとにSHと同期をとることができる。

SHは、次の方法で乗場ボタン信号を取り込むようにした。SHが一つのゾーンをポーリングすると、このゾーンに属す

表 3. 伝送方式の仕様

	かご系列	乗場系列	群管理系列
線 路	配線用ケーブル		光ファイバケーブル
最 大 子 局 数	14(7×2系統)	128	8
最 大 伝 送 距 離	300m		100m
ネットワーク形態	バ ス		ス タ ー
伝 送 方 式	全二重ベースバンド伝送		
信 号	8ビットデータ		
同 期 方 式	調歩同期式		

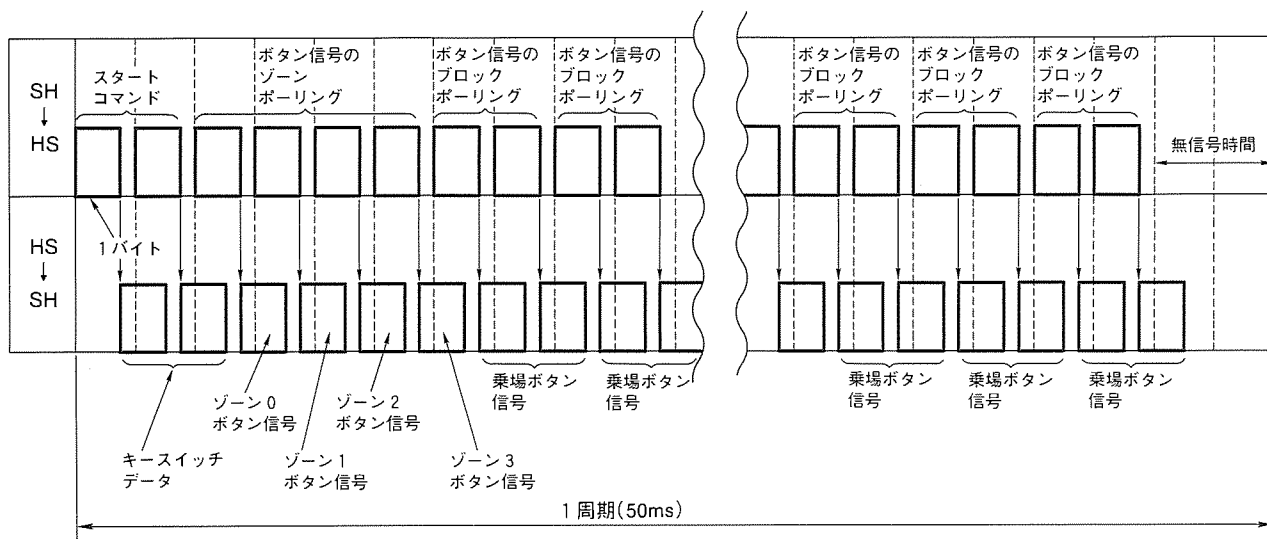


図5. SH-各HS間伝送ダイヤグラム

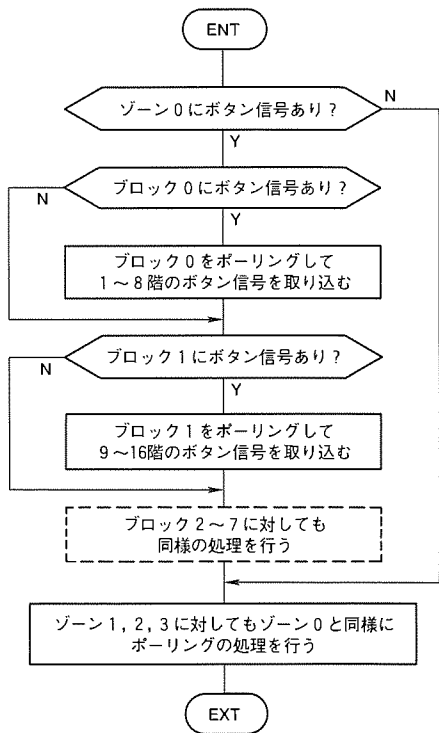


図 6. ポーリング方法

このブロックに属する HS は、ブロック内のどのビットに、つまりどの階床にボタン信号があるかを送信する。したがって、SH は各ゾーンをポーリングし、その返信データの中にボタン信号を認知すると、次は認知されたブロックだけをポーリングする。この方法によるフローチャートを図 6 に示す。

もし、128個のHSを一つずつポーリングすると、秒単位の遅延時間が発生してしまう。しかし、この方式によれば、一つの伝送周期内に複数の呼びが同時に発生しても、数十ms単位の遅れ時間で呼び信号を検出することができる。この専用のプロトコルによって、大量のデータを効率良く伝送することができ、伝送遅れの問題も解決することができた。

2.5 群管理系列ネットワーク

群管理系列ネットワークは、群管理装置内の群管理伝送マイコンTEと、各台制御装置の乗場系列伝送マイコンSHとで構成される。このネットワークの仕様は表2に、伝送方式は表3に示すとおりである。

TE と SH は、次の異なった系統のデータを一つの伝送路に送出する。

- (1) 群管理マイコン GC と運行管理マイコン CC との伝送信号
- (2) 乗場ステーション制御マイコン HS と GC との伝送信号

ここで(1)は、GC が、乗場呼びの割当制御に用いる信号であり、(2)は、乗場のボタンやインジケータを制御するために用いるものである。

この伝送路は、光ファイバケーブルを用いて高速化を図っている。これにより、割当制御がより細やかにでき、その機能を向上させることができる。また、伝送路を共用化することによって、万一群管理装置が故障したときにも、容易に乗場ボタン信号の出力先を各台制御装置に切り替えることができる。さらに、従来群管理装置が各乗場呼び信号を直接入力していた専用伝送路を廃止したことによって、信頼性を一層向上させることができた。

3. データネットワーク型エレベーター制御システムの特長

エレベーター制御システムを構成する上で考慮すべきことは、使いやすさ・快適性の向上はもちろんのこと、安全性、信頼性及び拡張性の確保が不可欠である。以下に、このデータネットワークシステムを組み込んだデータネットワーク型エレベーター制御システムの主な特長を述べる。

3.1 信号伝送

3.1.1 シリアル・パラレル信号の機能分担

かご及び乗場に関連する信号は、大部分をシリアル伝送した。しかし、エレベーターの安全性を確保するために必要な信号、及びエレベーターを利用する上で緊急度の高い信号は、パラレルの入出力信号とした。

シリアル・パラレルの機能分担を最適な構成とした一例として、ドアの緊急戸開制御について説明する。ドアには、乗客が戸に接触又は接触しそうになったことを検出する各種の安全装置が設けられており、これらが戸開動作中に動作すれば、直ちに反転戸開する必要がある。しかし、シリアル伝送は、パラレル伝送に比べて伝送速度が遅い。このため、安全装置の動作信号は、パラレル信号で運行管理マイコン CC へ送信し、CC がこの信号を認知すると戸開指令をパラレル信号でドア制御マイコン DC へ出力する構成とした。また、エレベーターの走行中は、上記安全装置の動作を無効にする必要があるため、CC からかご系列ネットワークを介してシリアル信号で無効指令を出力するようにした。このように、シリアル伝送とパラレル伝送を適切に使い分け、しかもマイコンを用いてドアの制御性能を向上させることによって、緊急戸開の動作時間を短縮することができた。

3.1.2 各台制御装置内部の伝送

運行管理マイコン CC は、速度制御マイコン DR、かご系列伝送マイコン SC 及び乗場系列伝送マイコン SH と入出力を行う各台制御システムの核となるマイコンである。システムの高機能化・高性能化を図ると CC の伝送量が増大するので、CC と各マイコン間は、2 ポート RAM を用いて伝送する方式を採用した。これにより、大量のデータを一括して高

速に送受信できる。

CC と各マイコン間で、演算周期ごとに同期をとるか、とらないかは、次のように使い分けて性能向上を図った。CC と SC 間は、ドアを制御するための信号を含んでおり、緊急性及びデータ相互間の整合性を確保する必要から、CC がマスタとなって同期をとる方式を採用した。CC と DR、SH 間は、システムに拡張性と柔軟性を持たせるため、同期をとらない方式を採用した。

3.2 安全性・信頼性

3.2.1 マイコン間の相互監視

エレベーターの安全性・信頼性を確保するために、各マイコン間で相互監視を行うシステムを構築した。このシステムの中で、データネットワークシステムに関連する相互監視の関係をまとめて表4に示す。

これらの中で主なものについて述べる。運行管理マイコン CC とかご系列伝送マイコン SC の間では、CC が SC の異常を検出するとエレベーターを最寄階停止させる。その後、CC がパラレル入力信号で安全を確認し、異常が解消されれば、SC を通常サービスに復帰させるように構成した。

CC と乗場系列伝送マイコン SH の間では、CC が SH の異常を検出するとエレベーターを最寄階停止させ、SC の場合と同様に通常サービスに復帰させる。さらに CC は、SC と SH を介してかご系列と乗場乗列の各制御機器の異常の有無を認知し、各制御機器の機能の重要度に応じ、安全上・信頼性上最適な処置をとるように構成した。

3.2.2 群管理システム

群管理システムでは、群管理装置又は伝送路に故障が発生した場合、システムダウンを防止するだけでなく、運転効率の低下を極力抑えなければならない。これに対しては、群管理装置及び伝送路の故障を常時監視し、故障が発生すると群管理装置を切り離して単独の運転、つまりシングルカーの運転が行えるように構成した。これは、乗場ボタン信号の出力先を群管理装置から各台制御装置へ切り替えることによって実現している。

表4. マイコン間の相互監視

マイコン間	相互監視		異常の検出方法	異常時の処置
	監視側	被監視側		
CC \longleftrightarrow SC	CC	SC	ハンドシェイク異常	最寄階停止させる。
	SC	CC	ハンドシェイク異常	かご系列ネットワークの伝送を中止する。
CC \longleftrightarrow SH	CC	SH	ハンドシェイク異常	最寄階停止させる。
	SH	CC	ハンドシェイク異常	乗場系列ネットワークの伝送を中止する。
GC \longleftrightarrow TE	GC	TE	ハンドシェイク異常	異常が解消されれば復帰させる。
	TE	GC	ハンドシェイク異常	GC異常をCCに通報する。(シングルカー運転)
TE \longleftrightarrow SH	TE	SH	伝送異常	異常号機を切り離す。
	SH	TE	伝送異常	群管理から切り離す。(シングルカー運転)

3.3 拡張性

3.3.1 かご系列ネットワーク

かご系列ネットワークの伝送路には、先に述べた以外にもマイコンが増設でき、サービス階表示灯などの多数のオプション機器を接続できる。また、伝送路を2系統まで拡張でき、それぞれの系統にかご上ステーションやかご内機器が接続可能である。したがって、2方出入口エレベーターの場合は、フロントドア系統とリヤドア系統の両方を独立に接続できる。また、通常の1方出入口エレベーターの場合でも、かごに関連する制御機器が非常に多い場合は、この2系統を用いて容易に対応できる。

3.3.2 乗場系列ネットワーク

乗場ステーション制御マイコンは、ドット式デジタルインジケータも制御しているので、これに多くの種類の文字を表示できる。そのため、マンマシンインタフェースとしての視認性も向上している。また、HSは、ランプ式インジケータ、ホールランタンや各種ディスプレイ装置などとも容易に接続できる。このように乗場系列に対しても、かご系列の場合と同じように拡張性が高いシステムとなっている。

3.4 新機能

データネットワークシステムの採用により、操作性及び機能が向上した主なものを述べる。

(1) 気配りアナウンス

エレベーターが通常の動きと異なる動きをしたとき、かご内の乗客に状況を説明し、どうしたらよいかをアナウンスする機能である。図1において、運行管理マイコンCCが、エレベーターの動きを監視し、状況を判断して、かご系列ネットワークを介して、かご上ステーションのオートアナウンス装置に適切なアナウンス指示を与える。

(2) かご呼び取消し機能

誤って行先ボタンを押した場合、登録済みの行先ボタンを更に二度押すことにより、呼びを取り消すことができる機能で、エレベーターが無駄呼びによって停止することを防ぎ、

運転効率を向上させることができる。操作盤制御マイコンBCが、ボタンの動作信号をかご系列ネットワークを介してCCへ送信することにより、この機能を実現している。

(3) 任意階サービス切り離し機能

ビルの利用状況に適したサービス階を自由に設定できる機能である。かご操作盤引戸内の設定スイッチ及び行先ボタンを操作すると、操作盤制御マイコンBCが、かご系列ネットワークを介してCCへ指令する。これにより、どの階のサービスでも簡単に切り離せる。

4. むすび

データネットワークシステムの構成・機能と、これを組み込んだデータネットワーク型エレベーター制御システムの特長を説明した。データネットワーク型エレベーター制御システムは、中低速エレベーターの《グランディ》に既に適用しているが、今後、高速・超高速エレベーターにも順次適用していく予定である。

マイクロエレクトロニクスは今後も進歩し、システム構成技術は、コンピュータ技術、通信技術及び制御技術と融合して更に発展する。それに伴い、今後のエレベーターシステムは、それぞれのサブシステムが更に自律度を増し、ビル内LANと接続でき、ビル内機器と互いに協調がとれ、さらにマンマシンインタフェースが向上した分散処理システムとなっていくと考える。

参考文献

- (1) 梅田安和, 米本正志, 高橋亮司, 勢力峰生, 牧野克巳: 特注形エレベーター《アクセルシリーズ》, 三菱電機技報, 56, No.9, 689~693 (1982)
- (2) 花木幸一, 城 健次, 鈴木茂彦, 勢力峰生, 牧野克巳: 新規格形エレベーター《エレベットアドバンスV》, 三菱電機技報, 58, No.11, 772~776 (1984)

油圧式エレベーター用 新駆動制御システム

下秋元雄* 山本友一郎*
正城孝信* 富沢正雄**
三宅立郎*

1. ま え が き

都市部の中小規模のビルの高さは、土地を有効活用するために3, 4階建てから5, 6階建てへと高くなる傾向にある。さらに、高齢者人口の増加とともに、エレベーターは5階建て以下のビルにも多く設置されるようになってきている。

油圧式エレベーターは、ロープ式エレベーターと異なり、ビルの屋上に機械室を設置する必要がないことから、日影規制を受ける都市部のビルに特に有効である。ここ数年、油圧式エレベーターの設置台数は、年率約20%増加している。図1に、国内における年度ごとの乗用油圧式エレベーターの設置台数推移を示す。

また、油圧式エレベーターの定格速度は、従来30, 45m/minが主流であったが、ビルが高くなる傾向につれて、30m/minが減少し、代わってより速い60m/minが徐々に増えてきている。

従来の流量制御バルブによる速度制御では、かごを精度良く着床させるために、着床前の一定区間かごを低速で走行させる必要がある。しかし、この低速走行はエレベーターの運転効率を低下させるため、改善が望まれている。さらに、スムーズな走行性能や省エネルギー、そして機械室等の静粛化も求められている。

一方、パワーエレクトロニクス技術が進歩し、交流モータの回転速度をVVVF(可変電圧・可変周波数)インバータで滑らかに制御できるようになってきている。

以上の市場動向と技術的背景により、今回の開発では、
(1) 定格速度を45, 60m/minとした。かごの速度制御は、流量制御バルブによる従来の方式に替えて、VVVF制御されたモータで油圧ポンプを駆動し、油圧ポンプの吐出流量制御により、かごの速度を制御する方式とした。
(2) 主要駆動機器である油圧パワーユニットは、モータと油圧ポンプを油タンクの油内に浸し(漬)するサブマージ型とした。

このVVVF制御方式の油圧式エレベーターを、世界で初めて製品化した。中低層ビルに最適な、三菱エレベーター《グランディ》シリーズの油圧式エレベーターとして、1990年3月に発売した。

この論文では、油圧式エレベーターに適用した最新の駆動制御であるVVVFインバータ制御と、サブマージ型油圧パワーユニットの技術的特長を述べる。

2. VVVF制御を適用した速度制御システム

当社の従来型油圧式エレベーター⁽¹⁾では、流量制御バルブ内の制御弁がかごの速度を制御している。上昇運転時には、上昇制御弁が一定速度で回転する油圧ポンプの吐出する圧油流量を制御する。また、下降運転時には、かごの重量によって油圧ジャッキから油タンクへ還流される圧油流量を、下降制御弁が制御する。この方式では、かご内の乗客数や油温、すなわち油の圧力や粘度によって制御弁の開閉動作時間が変わり、かごの加速時間が減速時間が変化する。この加減速時間の変化を少なくするために、油圧バルブに圧力補償機能⁽²⁾を組み込んだり、着床精度を良好に保つため着床前に低速走行区間を設けたりしている。

今回開発した油圧式エレベーターでは、油圧ポンプ駆動用モータをVVVF制御することにより、着床前の低速走行区間をなくして走行時間を短縮するとともに、乗り心地性能の向上及び省エネルギーを図っている。

以下に、このVVVF制御を適用した速度制御システムについて説明する。

2.1 速度制御システムの構成

図2に、今回開発した速度制御システムの構成を示す。VVVF制御を行うインバータには、当社のロープ式エレベーターで実績⁽³⁾のあるトランジスタインバータを使用している。商用電源から供給された交流電圧は、ダイオードコンバータと平滑コンデンサによっていったん直流電圧に変換された後、インバータでPWM変調(パルス幅変調)することにより、可変電圧・可変周波数の交流に変換されて油圧ポ

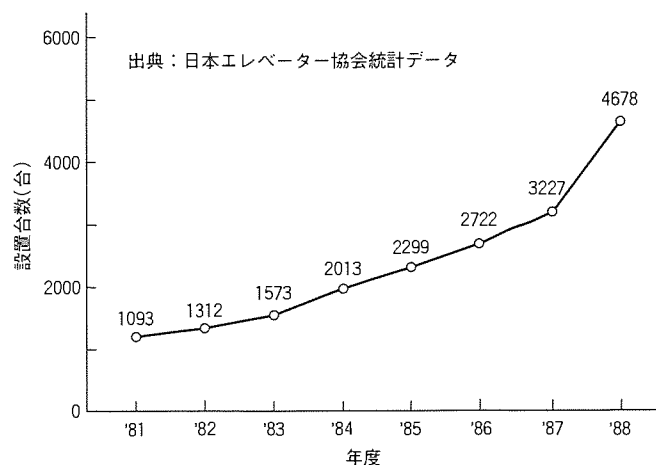


図1. 国内における乗用油圧式エレベーターの設置台数推移

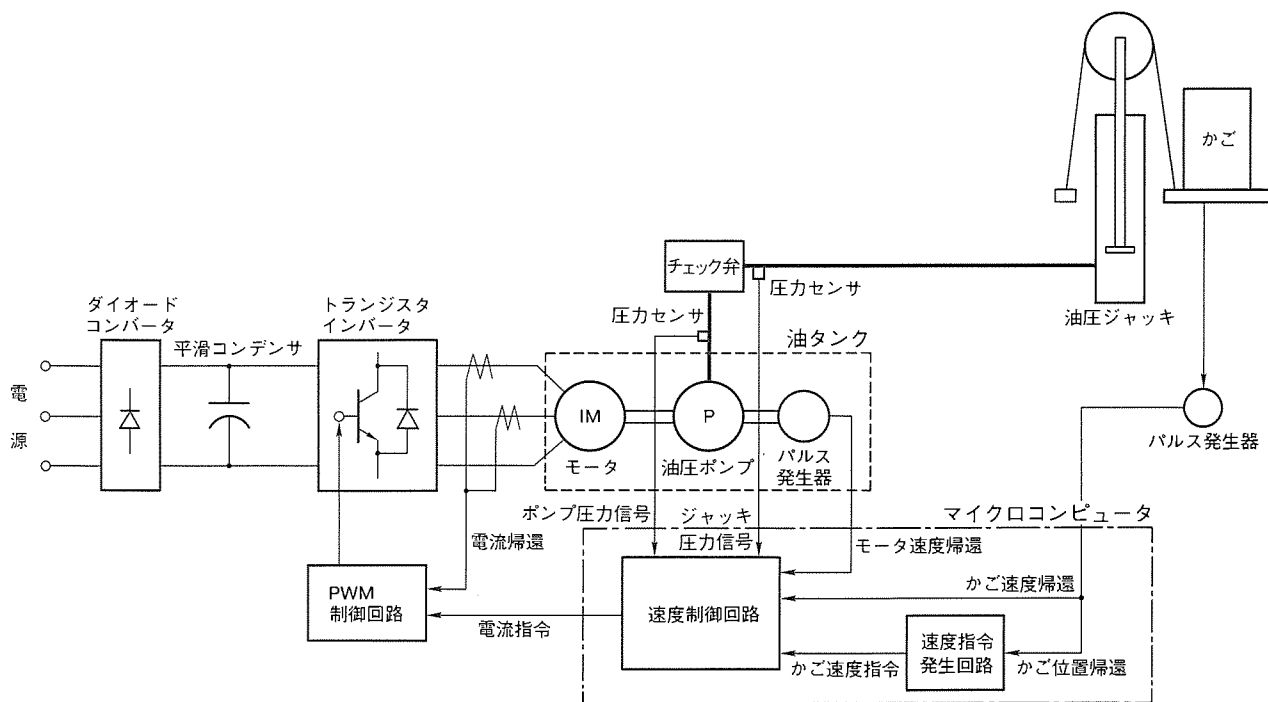


図2. 速度制御システムの構成

ンプ駆動用モータに給電される。モータには、回転速度検出用のパルス発生器が直結されており、モータの回転速度はパルス発生器が検出する速度信号によってフィードバック制御される。その結果、モータの回転速度はかご速度の指令値に応じて変化し、上昇運転時に油圧ポンプから油圧ジャッキに送出、あるいは下降運転時に油圧ジャッキから油圧ポンプへ還流する圧油の流量、すなわちかごの速度が起動から着床まで滑らかに制御される。なお、停止中にかごを確実に保持するために、油圧ポンプと油圧ジャッキをつなぐ主油路には、起動・停止に同期して開口・閉止するチェック弁を備えている。

2.2 速度制御方式の特長

ポンプ吐出流量を可変制御するに当たって、速度制御システムにはモータ速度制御ループ以外に幾つかの制御ループを付加し、その演算を高性能マイクロコンピュータで処理することにより、制御性能の向上を図っている。

以下に、新たに開発した速度制御方式の特長について説明する。

2.2.1 圧力バランス制御

今回の速度制御方式では、かごが起動するとき、チェック弁の開口によるかごのショックを抑制して良好な乗り心地を得るために、油圧ポンプ側と油圧ジャッキ側の圧力をあらかじめバランスさせている。すなわち、チェック弁の油圧ジャッキ側と油圧ポンプ側とに設けた圧力センサからの圧力信号により、油圧ポンプ側の圧力が起動前に油圧ジャッキ側の圧力に一致するようフィードバック制御される。これにより、かごの停止階の違いや乗客の乗降によって油圧ジャッキ側圧

力が変化しても、チェック弁開口時にかごが静止保持され、速度指令値に応じてかごは滑らかに起動する。

2.2.2 振動抑制制御

油圧式エレベーターの場合、油圧ポンプ駆動用モータと制御対象であるかごとの間には、油圧ポンプ・配管・油圧ジャッキなどから成る油圧系と、弾性体である主索を含む機械系とが介在している。そのため、モータから見たこれらの負荷系は非常に剛性の低い系を構成している。したがって、例えば油圧ジャッキ部分やガイドローラとレールとの間で機械的な外乱が発生すると、かごに低周波の振動を誘発して乗り心地が悪化する。

今回、新たに振動抑制の制御則を導出するために、油圧系・機械系を数式モデル化して系の伝達特性を解析した。この結果に基づき、油圧ジャッキ内の圧油に含まれる振動成分と、かごの速度に含まれる振動成分とを抽出して、モータの速度制御回路にフィードバックする振動抑制制御ループを設けている。この振動抑制制御により、機械的な外乱が発生してもかごの振動を効果的に抑制することができる。

2.2.3 漏れ流量補償制御

油圧ポンプが実際に油圧ジャッキに供給する流量は、油圧ポンプの理論吐出量よりも幾分少ない。この流量差を漏れ流量という。この漏れ流量は、油圧ポンプの回転速度や吐出圧力、油温によって変化するため、油圧ポンプ駆動用モータの回転速度を検出してフィードバック制御するだけでは、漏れ流量の変化によって生じる速度変動を補償することができない。

今回開発した速度制御方式では、かご速度信号を用いた漏

れ流量補償制御ループを設けることにより、安定したかご速度制御性能と着床精度を実現している。

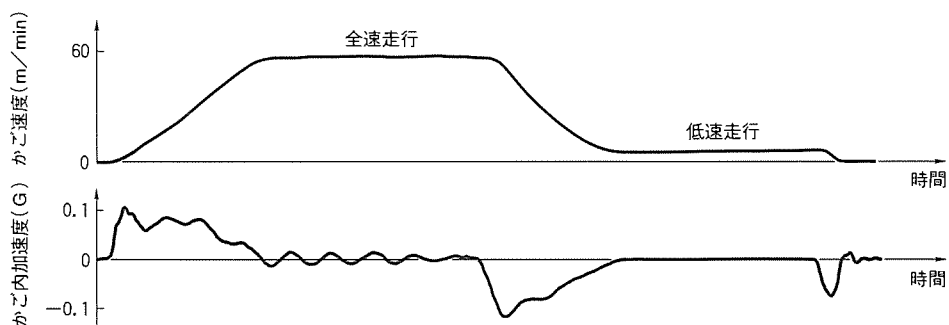
VVVF 制御を適用した速度制御システムによる運転特性を、従来のバルブ制御方式による場合と比較して図3に示す。この図が示すように、VVVF 制御方式の油圧式エレベーターは、従来方式にはない滑らかな加減速特性と、かごが停止する前の低速走行区間がないダイレクト着床を実現している。

このように、VVVF 制御によるポンプ吐出油の流量制御と速度フィードバック制御とを組み合わせることにより、従来型油圧式エレベーターと比較して、乗り心地性能を大幅に向上するとともに、階間走行時間を約20%短縮した。さらに、従来型のように上昇運転の加減速時に油をタンクに還流する必要がなくなり、その結果、約15%の省エネルギーを達成した。

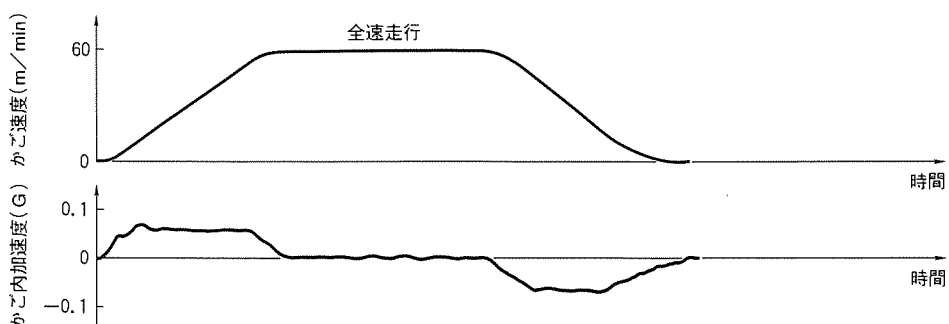
3. サブマージ型油圧パワーユニット

3.1 機器の構成

当社の従来型油圧パワーユニットは、モータと油圧ポンプを油タンクの下に配置したドライ型で、モータと油圧ポンプとの間の動力伝達はベルト方式である。この方式は、かごの定格速度や電源周波数に応じてモータ側と油圧ポンプ側のベルトプリーを変更したり、調整機構を付けてベルトの張力を調整しており、部品点数が多く製品構造が複雑である。また、ベルトの定期的調整が必要である。



(a) 従来 (バルブ制御) 方式



(b) VVVF 制御方式

図3. 定格負荷上昇時の運転特性 (定格速度: 60m/min)

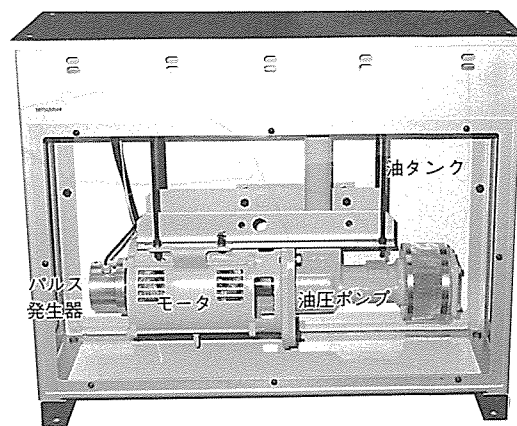


図4. サブマージ型駆動機器の外形

今回採用したサブマージ型油圧パワーユニットでは、図4に示すように油圧ポンプとモータの軸を直結し、駆動機器全体は油タンク内に4本のボルトでつ(吊)り下げる構造として油圧パワーユニット部品の削減を図るとともに、駆動部分の無調整化を実現している。

3.2 機器の特長

3.2.1 駆動機器

サブマージ型油圧ポンプでは、かご内騒音や居室騒音を低く抑えるために、ポンプの基本構造をドライ型油圧パワーユニットに使用しているエレベーター用低脈動スクリーポンプと同様にして、ポンプからの吐出油の脈動を低いレベルにしている。さらに、サブマージ型油圧ポンプでは、伝動ベルトの張力が直角方向の力としてポンプの主軸に掛からないた

めに、ポンプの軸とハウジングのすき(隙)間を小さくすることができ、ドライ型用ポンプよりも高効率な油圧ポンプを実現している。

また、モータ回転速度検出用パルス発生器は、油の中に常時浸漬される。パルス発生器を油タンク内に浸漬すると、油タンク内油温の変動で発生器内の空気が膨脹・収縮し、油が回転軸シール部分からパルス発生器の中に浸入する。これを防止するため、パルス発生器内と大気を連通管でつないでいる。

3.2.2 騒音特性

サブマージ型油圧パワーユニットでは、騒音を発生するモータや油圧ポンプが油タンクの中に浸漬されているため、油による吸音や油タンクの鉄板の透過損失により、機械室での騒音レベルはドライ型に比較して低くなる。図5に、従

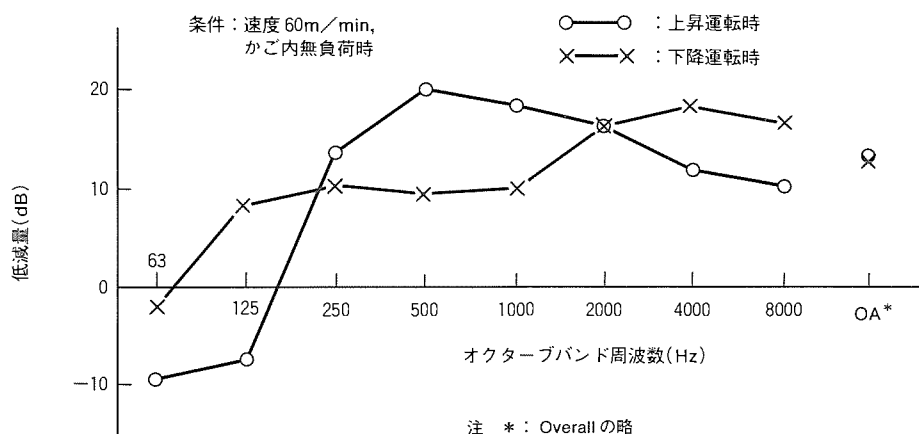


図5. 従来型に対するサブマージ型の機械室騒音の低減量

来型に対するサブマージ型の機械室騒音の低減量を示す。サブマージ型油圧パワーユニットを設置した機械室の騒音レベルは、従来型に比べて10～15dB 低くなっている。

4. む す び

かごの速度制御では、VVVF 制御によるポンプ吐出油の流量制御と速度フィードバック制御とを組み合わせることにより、乗り心地性能の向上を図るとともに、階間走行時間を

約20% 短縮し、約15% の省エネルギーを達成した。また、サブマージ型油圧パワーユニットを適用して低騒音化を図った。

以上、最新の駆動制御システムを適用した油圧式エレベーターの技術的特長を述べた。今後も社会の要求にこたえ、最新の技術を駆使して、より高性能な油圧式エレベーターを開発していく所存である。

参 考 文 献

- (1) 山本友一郎, 三宅立郎, 神谷代詞男: 電子化油圧エレベーター, 三菱電機技報, 61, No.11, 851～854 (1987)
- (2) 三宅立郎, 下秋元雄, 後藤 茂, 松倉欣孝: 油圧エレベーターの流量制御装置の開発, 日本機械学会講演論文集No.880-8 (1989)
- (3) 花木幸一, 城 健次, 鈴木茂彦, 勢力峰生, 牧野克己: 新規格形エレベーター《エレベット アドバンスV》, 三菱電機技報, 58, No.11, 34～38 (1984)

エレベーターにおけるヒューマンファクター

相沢稔男*
吉田研治**

1. ま え が き

近年の都市の一層の高密度化や人々の利便性・快適性に対するニーズの増大により、エレベーターは我々の生活に不可欠なものになっている。

また、エレベーターは公的乗物としての社会的役割を担っており、安全性や性能の確保の視点から各種法令が制定されている。一方、エレベーターと利用者とのインタフェースに関する基準は、一部の用途を除くと特に定められておらず、各社の対応に任されている。

当社は、エレベーターのヒューマンファクターに関する研究を行っており、その成果を1990年3月に発売した新シリーズのエレベーター《グランディ》に反映した。本稿では、エレベーターと利用者とのインタフェースに関するこれまでの研究成果と当社の対応について述べる。

2. エレベーターにおける ヒューマン インタフェース

エレベーターにおけるヒューマン インタフェースの課題は、運用・サービスなどソフト上の課題から、かご室空間や乗場における快適性・安全性、操作表示器具の操作性・視認性の課題まで多岐にわたっている。アプローチの方法もまた、検討すべき課題である。

2.1 社会生活への適合性強化からのアプローチ

エレベーターの利用者は、健常者はもとより子供、高齢者、車いす利用者まで広範囲にわたっている。したがって、社会的弱者のニーズにも十分こたえるための検討が必要である。

当社は、集合住宅におけるエレベーターの改善に関する研究を、奈良女子大学と共同で行っている。ここでは、集合住宅の“住まい方”の実態調査を通してエレベーター利用者のニーズを把握し、住宅用エレベーターの開発・改善の基礎資料とすることを目的としている。

高層集合住宅に住まう幼児は、他の住宅形態の場合と比べて、屋外へ出て遊ぶことが少ないと一般に言われている。そこで、研究テーマの一つとして、住戸と屋外とのアクセス手段であるエレベーターに着目し、中高層住宅に住む幼児を対象に外出行動の諸相並びにエレベーター利用の実態、問題点及び改善の手掛かりを明らかにするための調査を実施した。

この結果、エレベーターの配置などの問題や、かご室内階床ボタンの取付位置などエレベーター自体で改善を要する項

目と、保護者である母親のエレベーターに対する意識などが把握できた(図1、表1、表2)。

2.2 マンマシン インタフェースからのアプローチ

このアプローチは、エレベーターのかご室・乗場を構成する各エレメントと、それらを取り巻く空間(環境)に関する人間工学的・心理学的基礎研究を通し、エレベーター開発の指針を得ることを主旨としている。

このアプローチによる研究では、京都工芸繊維大学に委託し、階床ボタンの配列と床面からのボタン高さに関する研究、また、かご室空間における快適性と、エレベーターの操作表示器具の操作性・視認性について、人間工学的な検証・評価を行った。この研究成果は、次章以降で述べる。

3. 《グランディ》シリーズへの適用

これまでの研究成果を反映させた《グランディ》シリーズでは、かご室空間の快適性と操作表示器具の操作性・視認性を一段と向上させている。

3.1 操作表示器具

3.1.1 ボタンの低位置化

階床ボタン及びドア開閉ボタンの位置を、全体に低く設定した。これは、小学校低学年の児童のボタン操作に配慮したもので、停止数2～20において住宅用エレベーターでは、インターホンボタンの位置を床面から最大1,500mmを基準とした。また、階床ボタンの位置を最大1,390mmにするとともに、開閉ボタンの位置は1,098mm(2～8停止)から926mm(17～20停止)の範囲に設定した。同様に、一般乗用エレベーターでは、インターホンボタンの位置を床面から最大1,550mmと

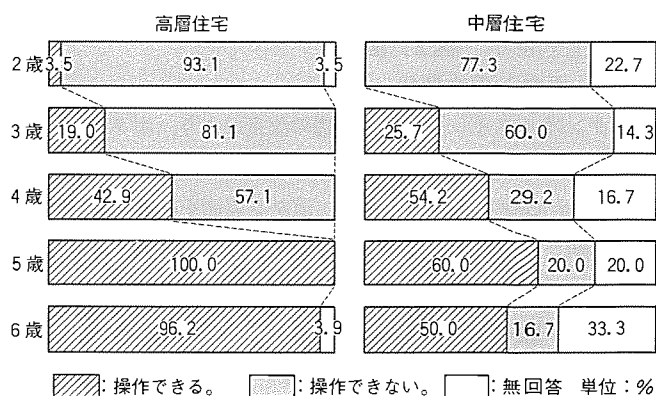


図1. エレベーターの操作達成度

表1. エレベーター操作盤のボタンに手が届く範囲

(単位:人)

		2 歳	3 歳	4 歳	5 歳	6 歳	全 体
高層住宅	開閉ボタンまで届く	5	31	23	29	26	114
	行先ボタンまで届く	0	18	24	29	25	96
	自分の階のボタンまで届く	0	7	16	23	19	65
	インターホンボタンまで届く	0	1	0	7	9	17
	全く届かない	22	3	1	0	0	26
	無 回 答	2	3	3	0	0	8
	調 査 対 象 数	29	37	28	29	26	149
中層住宅	開閉ボタンまで届く	1	9	12	9	3	34
	行先ボタンまで届く	1	14	13	9	4	41
	自分の階のボタンまで届く	1	12	10	8	3	34
	インターホンボタンまで届く	0	0	1	4	1	6
	全く届かない	8	7	0	0	0	15
	無 回 答	13	14	11	6	2	46
	調 査 対 象 数	22	34	24	15	6	101

表2. エレベーターに対する改善要望項目

(単位:人)

改 善 項 目	高層住宅	低層住宅
1. エレベーターの扉にガラス窓を付ける。	77	13
2. エレベーター内に監視カメラを付ける。	66	36
3. エレベーターの操作ボタンの位置を下げる。	56	27
4. 開ボタンと閉ボタンを区別しやすくする。	51	26
5. エレベーターホールの階数表示に動物等親しみやすいマークを併用する。	42	14
6. エレベーターの操作ボタンの配列をどの住棟も同じに統一する。	41	6
7. ドアの開閉速度を遅くする。	30	16
8. 階数を確認しやすいようにエレベーターホールに階数表示をつける。	29	18
9. ボタンを大きくして押しやすくする。	27	24
10. 自分の階だと分かるようにエレベーターホールに物を飾れるようにする。	11	5
調 査 対 象 数	149	101

して、階床ボタンと開閉ボタンの位置も住宅用に準じて低位置化を図った。

従来の《エレベット》との比較において、2～8停止の場合、開閉ボタン位置は住宅用で136mm、一般乗用では186mm低くした。また、ボタンの低位置化に対応して操作盤フェースプレート上になだらかな凸状の曲面部を設け、開閉ボタンを垂直面より15°上向きに配することにより、開閉ボタンの操作性の向上を図った(図2、図3)。

3.1.2 ボタンの大型化

ボタンは、スイッチの接点構造の改良により、ボタン隅押し時の感知性能を維持しながら、従来品と比較して面積比で135%の大型化を図った。また、ボタン表面を凸曲面として天井照明などの反射の減少を図るとともに、指先にやさしい操作感触をねらっている。ボタンの階床表示書体は、判別性に優れ、一般の建築物に多く使用されているヘルベチカ書体を基本とした。

3.1.3 点字銘板のフェースプレート一体化

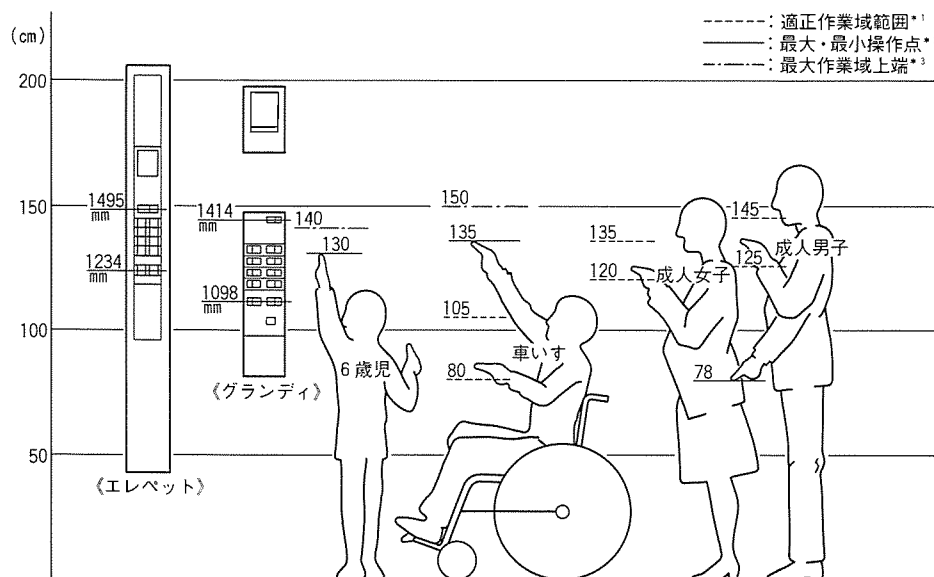
今後、増加が予想される点字銘板付きエレベーターへ対応

するために、操作盤フェースプレート上に、デザイン的にも違和感を感じさせない点字銘板張付け用のスペースを設けた。

3.1.4 新開閉マークの採用

従来使用していた開閉ボタンのマークは、エレベーター業界で国際的にも多く採用されているピクトグラム(絵文字)である。しかし、判別性にやや難があり、補助的手段として開マークの色を変えて使用していた。そこで、新開閉マークの設定に当たり、既存のピクトグラムも含めた開閉マークのデザイン案(図4)について比較評価を行った。評価項目は、正解率、分かりやすさ、反応速度及びし(嗜)好の4項目とした。それぞれの項目について、20代から60代まで各年代ごとにアンケート調査を実施し、主観評価と分散分析を行った。分析結果を表3に示す。

- (1) ピクトグラム別の分かりやすさは、“矢印”、“三角”、“く”の順である。
- (2) 従来使用していたピクトグラムは、分かりやすさが10対の内5番目であった。
- (3) 漢字を使用したものは、嗜好を除くと評価が高い。



注 *1 適正作業域 : 最適操作点(肩峰高)を中心に階床ボタンが適正に操作できる空間領域。
 *2 最大・最小操作点 : 足を全面床に付け、身体軸を屈することなく手を上方(下方)に伸ばし、ボタン操作が可能な位置。
 *3 最大作業域上端 : 立位で身体軸を屈することなく、背を伸ばした状態で指先を軽く曲げ、手を伸ばし居る空間領域の上端。

図2. 操作盤取付高さの検討(住宅用8停止)

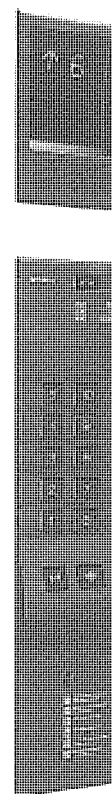
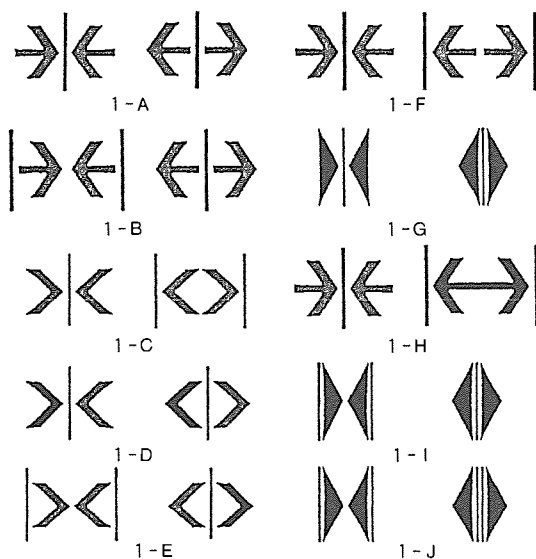
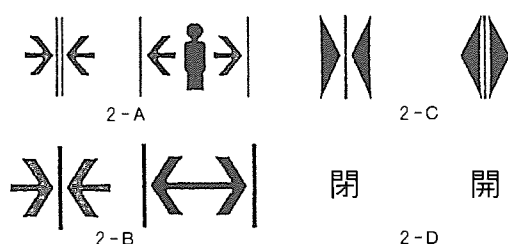


図3. 《グランディ》操作表示器具



(a) 第1次調査



(b) 第2次調査

図4. アンケートに使用したピクトグラム

表3. アンケート評価結果

(1) 第1次調査結果

ピクトグラム	正解率(%)	分かりやすさ	反応速度	嗜好
1-H	93.9	70.9	77.8	59.9
1-F	93.9	70.8	77.8	67.4
1-A	95.9	72.3	64.6	66.0
1-B	91.8	62.2	73.5	81.9
1-G	89.8	59.5	67.3	62.1
1-I	89.8	70.9	77.8	59.9
1-J	89.8	55.0	63.7	59.8
1-D	79.6	52.6	62.8	52.7
1-E	77.6	49.3	59.5	54.5
1-C	81.6	54.1	61.9	53.7

(2) 第2次調査結果

ピクトグラム	正解率(%)	分かりやすさ	反応速度	嗜好
2-A	100	76	78	65.6
2-B	100	73	79	68.3
2-C	100	58	65	53.3
2-D	100	81	88	61.7

注 *1 反応速度は分かりやすさに時間の要素を加味し、回答者に自己評価させた感覚値である。
 *2 分かりやすさ, 反応速度, 嗜好は次式による数値である。

$$\frac{(\text{回答者の評価合計})}{(\text{回答者}) \times (\text{評価尺度の最高評価点})} \times 100$$

《グランディ》には、国際化への対応と建築物における各種マークの傾向などを考慮して、総合的な判断から矢印を採用した。また、かご室や乗場のインジケータ、乗場のボタンなどの運転方向を表すマークも同様の主旨で矢印のピクトグラムを採用した。

3.1.5 インジケータ

かご室内や乗場のインジケータには、読みやすく英文字も表示できるドット方式のデジタルインジケータを採用している。表示部のポリカーボネート板の表面には、反射光を拡散させるためのノングレア処理を施した。また、かご室内のインジケータでは、天井照明の映り込み防止と視認性の向上、さらに操作盤からインジケータへのスムーズな視線の流れを可能とするために、表示部を操作盤上部に垂直面から12°前方に傾けて取り付けた。

3.2 かご室

かご室の四角四面の角張った印象を変え、新しいかご室空間創出のために、出入口を構成するしゅう（袖）壁をなだらかな傾斜面とするとともに、出入口上部には大きなアール面を採用した。

4. 《グランディ》のヒューマンファクターの評価

従来当社は、操作性・視認性の向上をねらいとし、袖壁と側面壁とのコーナ部に45°の角度の面を設け、その面上に操作盤を取り付けるかご室を採用していた。しかし、このかご室は、操作盤の操作性と表示器の視認性は向上するが、大型のかご室では操作盤が出入口より奥まった位置になるなど、マイナス面もあった。そこで、《グランディ》では斜め袖壁の特長を生かしつつ、こうしたマイナス面を改良した新斜め袖壁採用による“改良型”かご室を開発した。

図5に示すように、“改良型”は“一般型”と比較すると、乗人数に影響はないものの床面積がわずかに減少している。以下に、床面積減少に対する心理的影響、かご室空間における利用者の流動特性及び操作表示器具に関する操作性と視認性など、ヒューマンファクターの評価結果について述べる。

4.1 評価方法

評価はビデオカメラにより、“一般型”と“改良型”の2種類のかご室における乗降時の人の一連の動作（図6）を撮

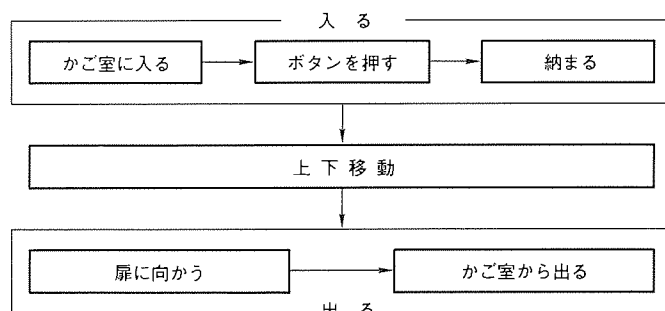


図6 エレベーター乗降時の動作分析フロー

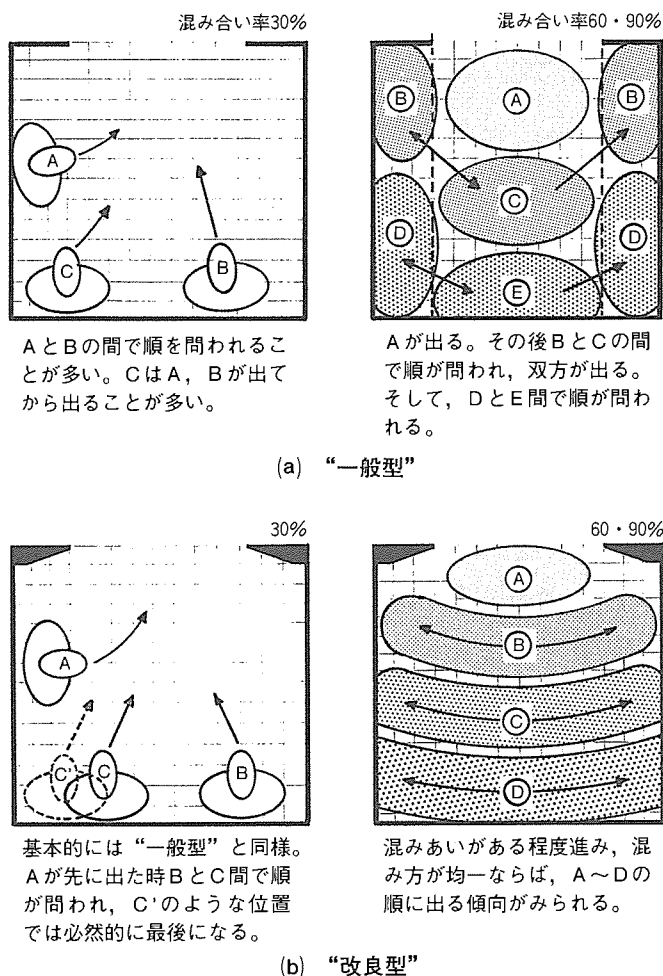


図7 “一斉に降りる”場合の人の動き

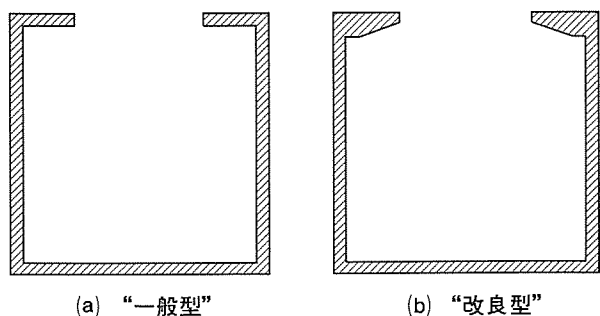


図5 かご室評価モデル（乗用11人乗り）

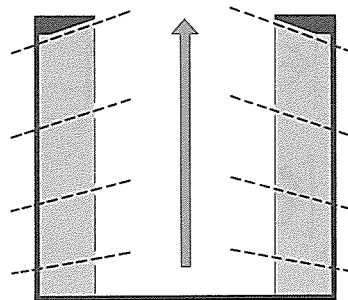


図8 “改良型”かご室における人の流動方向性

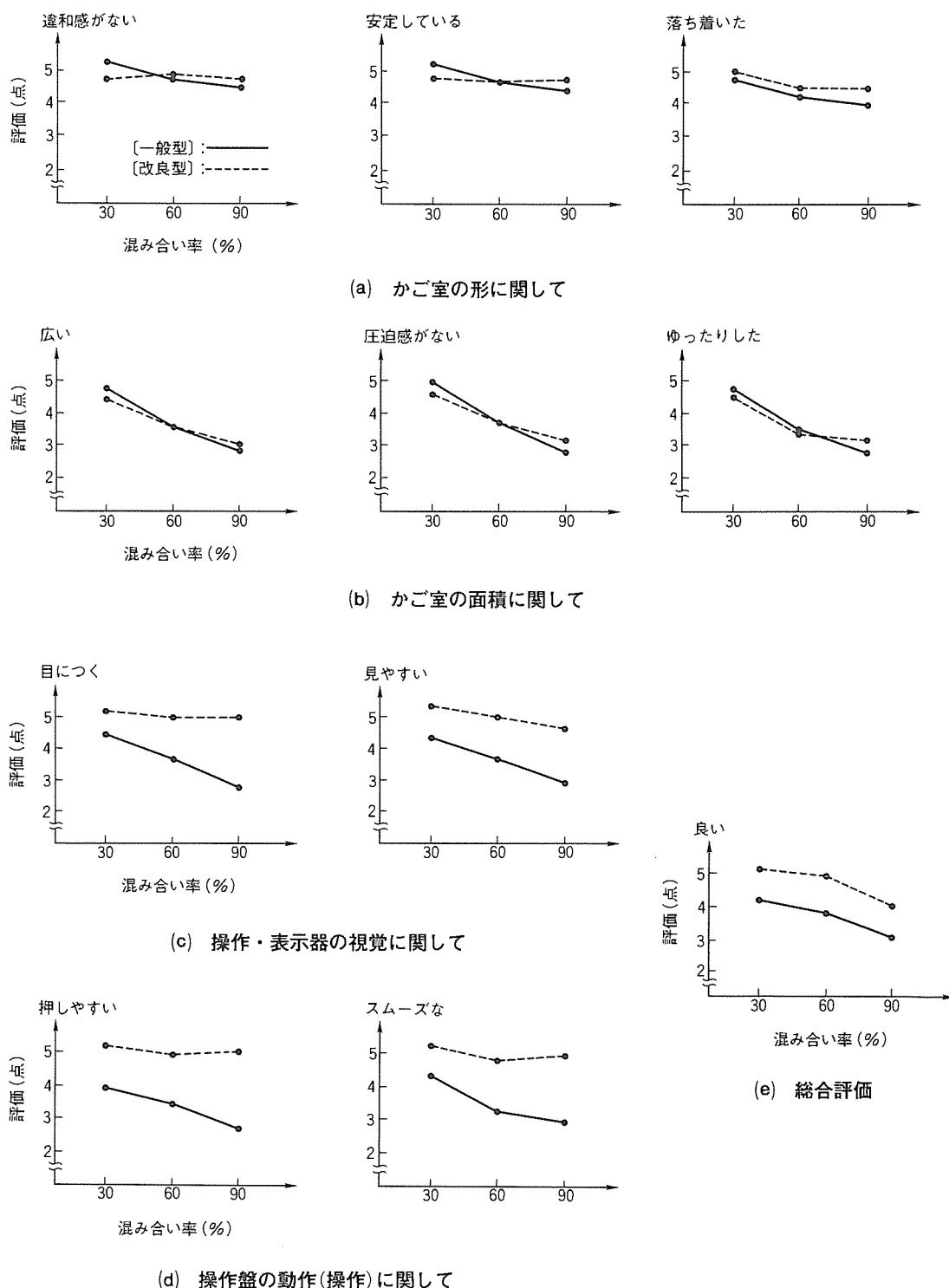


図9. 官能試験による主観評価

影し、ボタンを押す際のかご室内における人の動作及び乗降時の人の流動特性について、その特徴を傾向化することにより行った。また、かご室の形状と面積、操作表示器の操作性・視認性に関する項目について、SD (Semantic Differential) 法による主観評価も行った。

4.2 評価条件

評価には、乗用エレベーター11人乗りを想定したかご室モデルを使用した。かご室内での混み合い率を、30%、60%、90%の3段階に設定し、また、それぞれの段階についてかご

室への出入りの仕方を“一斉”、“個々”の2種類の評価条件を設定した。

4.3 評価結果

4.3.1 動作・流動特性の評価

(1) “乗り込み”から“ボタン操作”までの動作を見ると、“改良型”はボタン操作位置が出入口に近いので、ボタン操作の際の体の回転角度が小さく、動作は“一般型”に比べてコンパクトである。したがって、ボタン操作に要する時間も短い。

(2) “ボタン操作”後からかご室内での“納まり”までの動作を見ると、“改良型”は“一般型”に比べて動作がスムーズであり、混み合い率が高いほどこの傾向は顕著である。

これは、斜め袖壁が扉と一体感を持っており、ボタン操作後、かご室内に“納まる”時に心理的に斜め袖壁部分を避けるためと思われる。また、これは斜め袖壁に取り付けられた操作盤の操作性が高いことにも起因しているものと思われる。

(3) かご室内における人の“納まり”パターンを見ると、正面壁と側面壁とのコーナ部及びその壁面に集中する傾向があった。この傾向は“一般型”と“改良型”の間に明確な差はないが、混み合い率が高くなるにつれて幾分“改良型”の方が“人の波”（互いに自分の位置を調節する動作）が小さい。

(4) かご室から“一斉に出る”場合、混み合い率が低い時は両方のかご室に差はないが、混み合い率が高くなるにつれて“一般型”では、扉幅の延長に位置する人と左右の袖壁の延長に位置する人との間に順番が問われる傾向があるのに対し、“改良型”では扉に近い列から順次出る傾向がある。これは、“改良型”の斜め袖壁が、“出る”動作に流れの方向性を示すためと思われる（図7、図8）。

(5) 混み合い率が高いかご室から、一人ずつ降りる場合の設定では、かご室中央に位置する人が体を回転させたり、左右に体をずらす動作が認められるが、2種類のかご室間に差はない。

4.3.2 主観評価

ここでは、“一般型”と“改良型”について、かご室の“形”と“面積”及び操作表示器具の“操作性”と“視認性”並びに“総合評価”に関する11項目について主観評価を行った。その結果を図9に示す。

(1) “形”と“面積”に対する心理的評価は、“落ち着き”の項目を除くと混み合い率60%を境に“一般型”と“改良型”に対する評点が逆転する。これは、混み合い率が低いときには、乗る人の関心はかご室そのものに向けられるが、混み合い率が高くなると、乗り合わせる人やその動き、また、操作盤のボタン操作など他の要因に関心が向けられるためと考えられる。全体を見る限り両方のかご室間の差は小さく、かご

室の形状変化による影響はないといえてよい。

(2) 視覚・操作に関して、各項目とも“改良型”に対する評点が高い。しかも、“一般型”は、混み合い率が高くなるにつれて評点が大きく下がるのに比べ、“改良型”では混み合い率が高まっても評点の低下が少なく、操作性・視認性に関しては混み合い率の影響は少ないといえる。

これは、“改良型”のかご室では、先に乗る人がボタン操作後に袖壁部に立ち止まらずにかご室内に納まり、次に乗る人の動作と視覚を妨げないことを示したビデオカメラによる評価の結果とも一致している。

(3) 総合評価としては、“一般型”、“改良型”とも混み合い率の進行とともに評価は下がるが、全般的にみて“改良型”の方が良好である。“どちらでもない”という評価の中間点を4点とすると、“改良型”は良好な評価を得ているといえる。一方、“一般型”では混み合い率60%で中間点を下回り、混み合い率が高まるにつれて更に評価が低下する傾向が認められる。

“一般型”のかご室が平均的な適応性を持つものとするれば、“改良型”は使用頻度が高く、混み合い率も高い状況で、その特長がより有効に生かされるといえる。

5. む す び

ここでは、当社のエレベーターのヒューマンファクターに関する研究及びその研究成果の《グランディ》シリーズへの適用事例とその評価について述べた。評価の結果、従来のエレベーターと比べ、《グランディ》のかご室特性と操作表示器具の操作性・視認性について有意性が認められ、開発時点で意図した目標をほぼ達成する良好な結果であった。

ビルの高質化や多様化がますます進展し、市場ニーズとして、より快適で高質なエレベーターが求められる中で、エレベーターのヒューマンファクター向上のために取り組むべき課題は多い。今後は、エレベーター単体を研究対象とするだけでなく、ビルシステム全体を視野に入れ、“エレベーター”——“ビル空間”——“利用者”の視点からの研究を進めていく所存である。

インバータ制御を用いた超高速エレベーター

棚橋 徹* 高木 茂*
 天野雅章* 伊藤博康*
 杉山美樹*

1. ま え が き

近年、都市空間の有効活用という観点から超高層ビルの建設が再び活発になり、高さ200m以上のビルも多数計画されている。当社は、これら超高層ビルに設置されるエレベーターとして、インバータ制御方式を用いた超高速エレベーターを開発した。

このエレベーターは、インバータ制御方式によるものとしては世界最高速(540m/min)であり、インバータ制御によって消費電力及びビルの電源設備容量の低減が図られている。また、AIを応用した群管理によって運転効率を向上するとともに、高機能のCRT式監視制御システムにより、効率的な運行管理を行うこともできる。

当社は、上記超高速エレベーターシステムを1991年春しゅん(竣)工予定の東京都新庁舎に納入するので、その概要と特長を紹介する。

2. 東京都新庁舎の昇降機設備の概要

東京都新庁舎は、第一・第二本庁舎、議会棟及び文化都市としてのコミュニティ施設から成り、国際都市東京のシンボルとして新しく誕生する。

第一本庁舎は、地上48階、地下3階、延べ床面積19.5万㎡、高さ243mで、高さでは、240mのサンシャイン60ビルを抜いて国内一の超高層ビルとなる。第二本庁舎は、地上34階、地下3階、延べ床面積14.1万㎡、高さ163mの高層ビルである。第一、第二本庁舎合わせてエレベーター75台、エスカレーター12台が設置される。表1に、エレベーターの仕様を示す。当社は、インバータ制御方式エレベーター36台、油圧エレベーター2台と昇降機のCRT式監視制御システムを納入する。特に、第一本庁舎の北側第四バンクには、速度540m/minのインバータ制御方式エレベーターを納入する。図1に、第一本庁舎のエレベーターの配置を示す。

表1. エレベーターの仕様

庁 舎	バンク名	号 機	積載(kg), (定員)	速 度(m/min)	用 途	停 止 数	昇降工程(m)	メーカー及び操作方式	
第一本庁舎	北側	1	1～4	1,600(24)	乗 用	19～20	137.5～147	当社 AI2100	
	南側	1	17～20					他社	
	北側	2	5～8					当社 AI2100	
	南側	2	21～24			他社			
	北側	3	9～12			当社 AI2100			
	南側	3	25～28			他社			
	北側	4	13～16			540	19～20	185.5～191	当社 AI2100
	南側	4	29～32	他社					
	北側	—	33, 34* ¹	1,200(18)	240	乗 用	7	201.5	当社
	南側	—	35, 36* ¹						他社
	北側	—	37, 38* ²	1,000(15)	60	人荷用	4	15	当社
	北側	—	39	2,000(24)	180		49	216.5	当社
	南側	—	40						他社
	北側	—	41	1,100(16)	60		4	40	当社
	南側	—	42						他社
第二本庁舎	北側	1	1～4	1,600(24)	乗 用		10～11	49.5～55	他社
	北側	2	5～8				12～13	77.5～83	他社
	北側	3	9～13			14～15	109.5～115	他社	
	南側	1	14～17			10～11	49.5～55	当社 AI2100	
	南側	2	18～21			12～13	77.5～83	当社 AI2100	
	南側	3	22～28			19～22	129.5～147	当社 AI2100	
	—	—	29, 30* ²			1,000(15)	60	4	16.5
	北側	—	31	2,000(24)	150	人荷用	27	118	他社
	南側	—	32				37	158	当社
	—	—	33				1,000(17)	37	158

注 *1 第一本庁舎33~36号機は展望階行き専用

*2 第一本庁舎37, 38号機, 第二本庁舎29, 30号機は油圧エレベーター

3. 超高速エレベーターの速度制御システム

3.1 制御・駆動装置の構成と特長⁽¹⁾

図2に、制御・駆動装置の構成を示す。三相交流電源は、トランジスタコンバータでいったん直流に変換され、トランジスタインバータで可変電圧可変周波数の交流に変換されて、巻上電動機に給電される。コンバータとインバータは、高耐圧大容量(1,200V, 300A)のトランジスタモジュールを並列接続して構成されている。入力電流と出力電流は、PWM変調によって正弦波となるように制御されている。図3は、エレベーターの制御盤の外観である。コンバータとインバータは、各相ごとにユニット化され、コンパクトに構成されている。

制御回路は、高性能なデジタルシグナルプロセッサを使用して高精度な制御を行っている。すなわち、コンバータは、出力電圧を帰還信号とするフィードバック制御を用いて出力電圧を一定値に制御し、かつ、電源電圧の位相を検出して入力電流の力率を、力行時は1に、回生時は-1となるように制御している。インバータは、速度帰還に高分解能のパルスエンコーダを使用するとともに、電流マイナーループを

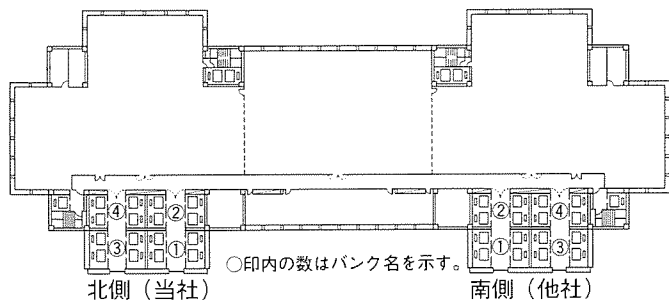


図1. 第一本庁舎のエレベーターの配置 (11階を示す。)

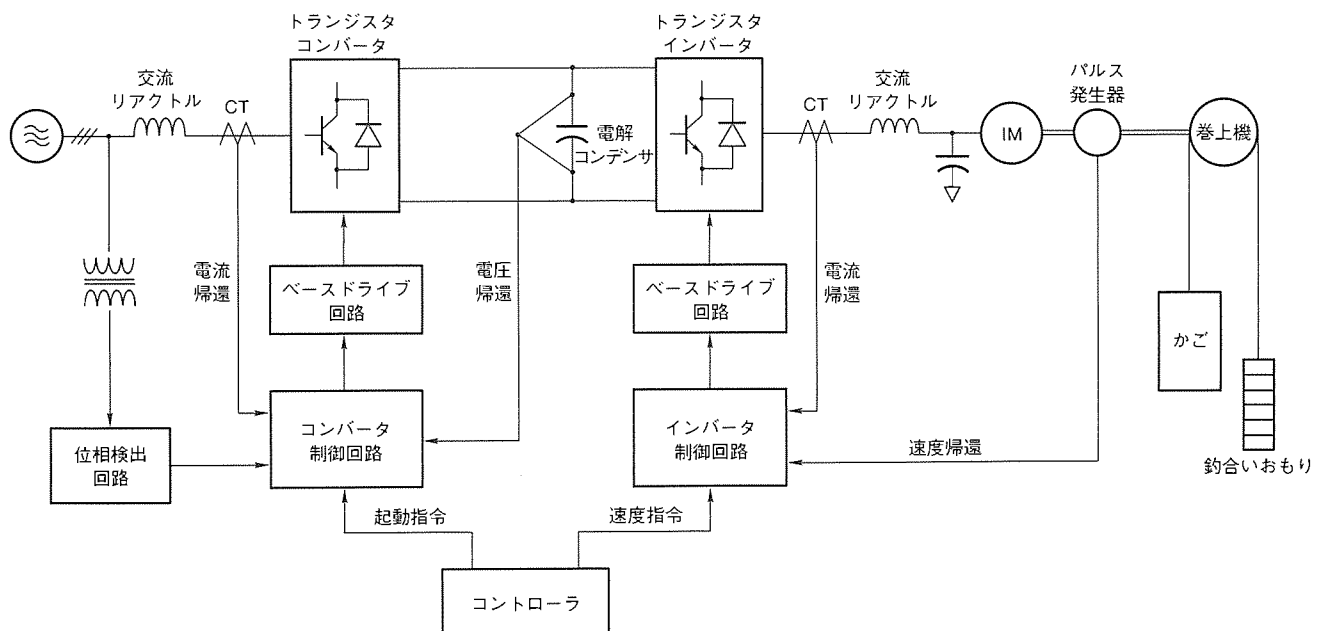


図2. 制御・駆動装置の構成

設け、応答の速い制御を行っている。

この制御・駆動装置は、次の優れた特長を持っている。

- (1) 正弦波PWM変調を用いたコンバータの働きによって、入力電流は正弦波となるように制御されるので、高調波含有率が低く、しかも、力率が1になっている。したがって、電源設備容量は、従来機種(サイリスタレオナード方式)の約30%減となる。
- (2) 新たに開発した大型のギヤレス巻上機は、交流電動機の剛性を強化し、最適なスロット数を選定することにより、電動機から発生する磁気音を低減している。この交流電動機は、従来の直流電動機より効率が良いので、消費電力が従来機種より約5%低減している。

3.2 振動・騒音の低減

超高速エレベーターで快適な乗り心地を得るには、振動・騒音低減技術が不可欠である。すなわち、かごの横振動は速度の2乗に比例して増大し、かごの風音は速度の6乗に比例する。また、高揚程化によってロープが長くなり、これに伴ってロープ駆動系のばね定数が小さくなるため、かごの縦振動も発生しやすくなる。当社では、以前から超高速エレベーターの縦振動、横振動、風音等の低減技術を開発しており、1978年には東京のサンシャイン60ビルに、速度600m/minの世界最高速の乗用エレベーターを納入した。その後も、より一層の低振動、低騒音化を図るべく研究を続け、インバータ制御方式の超高速エレベーターにその成果を適用している。

3.2.1 縦振動

かごの縦振動は、電動機の発生するトルクリップルの周波数と機械系の固有振動数が一致した場合に拡大される。したがって、縦振動を低減するには、加振源のトルクリップルを低減するとともに機械系の改善が重要である。

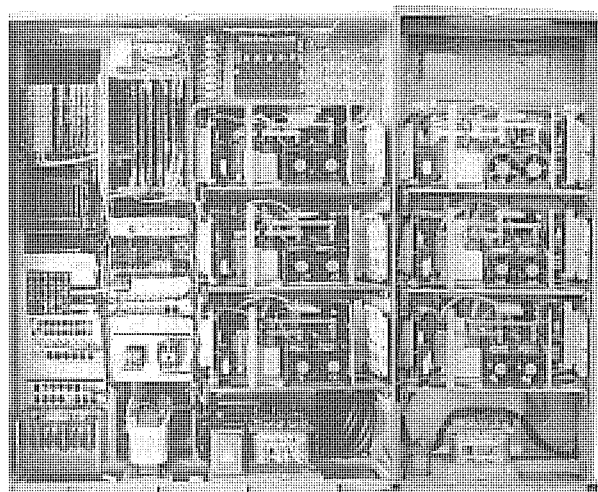


図3. 制御盤

(1) 電動機のトルクリップル対策

次に示す方法によって、電動機の発生するトルクリップルを低減している。

(a) ホール素子を使用した直流電流検出器のオフセット電圧を自動的に補償する機能を設け、インバータの出力に直流成分が含まれないようにしている。

(b) PWM 信号には、トランジスタブリッジの上下短絡が発生するのを防止するため、上下のトランジスタがどちらも点弧しない時間、いわゆるデッドタイムが設けられる。このデッドタイムは電圧外乱となり、電動機が低速で回転するときに振動が発生する。そこで、インバータの出力電圧を帰還して、この電圧外乱を打ち消すように、PWM 信号を補正する機能を設けている。

(c) 振動抑制演算の演算周期を短くして応答速度を速くするとともに、速度に応じてゲインを変化させ、振動抑制の効果を増している。

図4に、低速回転時に電動機が発生するトルクリップルを測定した結果を示す。前記の低減策により、トルクリップルは1/5以下に低減している。

(2) 機械系の対策

インバータ制御の場合、電動機の発生するトルクリップルの周波数は、回転数とともに変化する。そのため、機械系との共振を避けることは困難であり、機械系へ適度な減衰を付加して共振の先鋭度を低減する必要がある。そこで、シミュレーションによって機械系各部の最適な減衰定数を求め、その結果に基づいてダンパを設置している。

図5にシミュレーションモデルを示す。このモデルの中で、ロープ及び防振ゴムの動的ばね定数、減衰定数等、計算で求めることが困難なものについては、それぞれ単体で加振試験を行って定数を求めた。そして、これらの定数を用いて固有振動数、振動モード及び巻上機の綱車端部に加振力を与えたときのかご床振動加速度の周波数応答を算出した。図6に、かご床振動加速度の周波数応答計算結果の一例を示す。この例では、9Hz 近辺に最も大きな共振のピークが見られる。

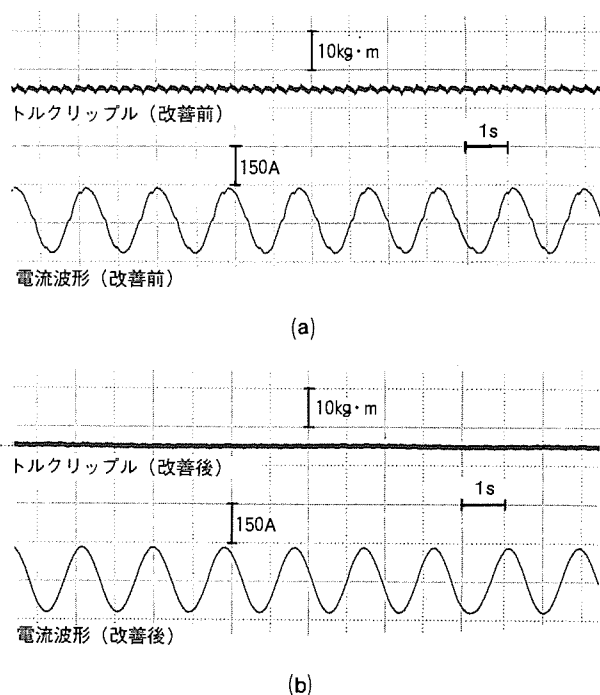


図4. 電流波形とトルクリップル

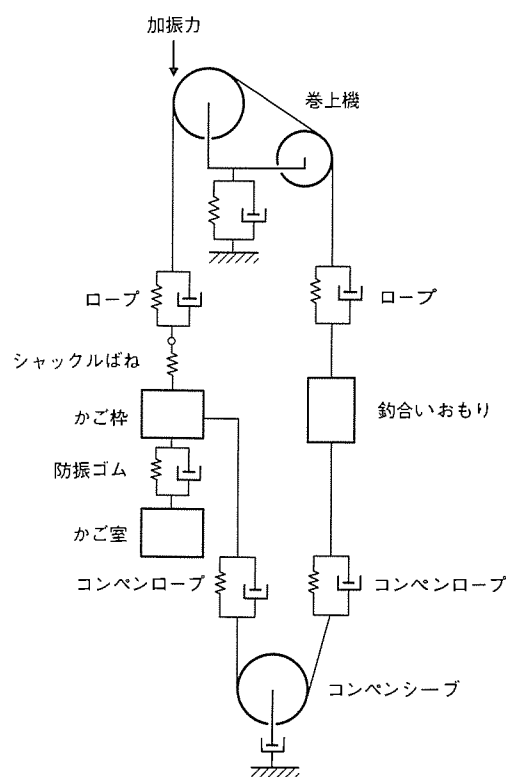


図5. シミュレーションモデル

このピークは、振動モードの計算結果によると、かご床防振ゴム部分とシャックルばね部分が大きく変位するモードである。したがって、これらの部分にダンパを設置することにより、振動加速度は図6に破線で示すように約6dB 低減する。このようにして、最適なダンパの設置位置と減衰定数を検討し、縦振動を低減している。

3.2.2 横 振 動

横振動の加振源は、ガイドレールの曲がり、段差、ローラ

ガイドの偏心その他種々あるが、ガイドレールの精度によるものが最も重要である。そこで、超高速エレベーター用のガイドレールについては、特別に加工精度を高めるとともに1本ごとに精度を測定し、次に示すかごの振動モードを考慮してつなぎ合わせる順序を定めている。そして、据付け時にはこの順序に従ってレールをつなぐとともに、ブラケットの固定にはひずみの少ない溶接方法を用いて、高精度な据付けを実現している。

横振動の低減には加振源の対策とともに、かごの共振を避ける等の動特性の改善が重要である。そこで、加振試験とシミュレーションによって、動特性の改善方法を検討した。表2は、固有振動数と振動モードの実測結果と計算結果である。この結果から、1次・2次モードについてはガイドローラ部の変位が大きく、ガイドローラの改良が有効であり、3次・4次モードについてはかご枠とかご室の相対変位が大きく、かご室の振れ止め部の改良が有効であることが明らかになった。そこで、シミュレーションによって、これらの部分のばね定数、減衰定数の最適値を求め、その結果に基づいてガイドローラの改良、振れ止め部分へのダンパの設置等を実施している。図7は、試験塔で速度300m/minで走行時のかご横振動を測定した結果であり、これらの低減策が有効なことが明らかである。

3.2.3 風 音

風音の低減技術として、当社は既にかごの流線型カバー、

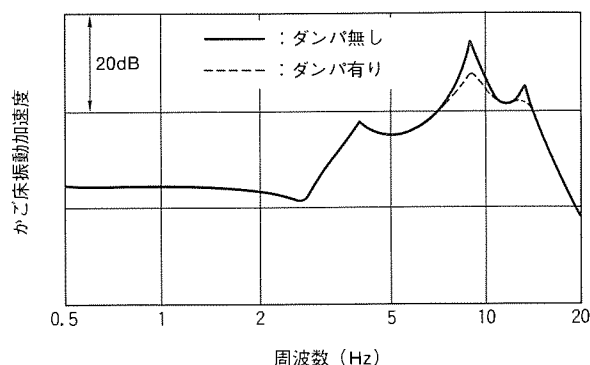


図6. 周波数応答計算結果

表2. かごの固有振動数と振動モード

次 数		1 次	2 次	3 次	4 次
固有振動数 (Hz)	実 測 値	3.0	3.9	8.5	11.5
	計 算 値	3.0	4.0	8.4	11.8
振動モード (実測と計算は同じモード)					

壁面緩衝材その他を持っている。今回更に、風洞実験による流線型カバーの形状の最適化、走行時のかご内の音響インテンシティ測定結果に基づく遮音構造の改良等を実施し、低騒音化を図っている。

4. 群管理システム AI-2100⁽²⁾

4.1 システム構成と機能

東京都新庁舎に納入するエレベーターのうち7バンク (計31台) には、エキスパートシステムやファジー理論を応用した新しいエレベーター群管理システム AI-2100 を適用している。図8に、そのシステム構成を示す。群管理計画部と群管理実行部は、それぞれ独立した32ビットマイコンで構成されている。そして、各々のマイコンに他方の基本機能をもたせ、万一どちらかのマイコンが故障しても群管理機能が喪失しないように、バックアップする構成になっている。

群管理計画部は、交通の特徴分析、サービス状態の評価を行い、この結果をもとにマクロ的な運転方式の決定や戸開時間などの群管理パラメータの調整を行っている。群管理実行部は、乗場呼びの登録と、群管理計画部で設定されたマクロ的な運転方式や群管理パラメータを使用して、次節に示すルールベースに基づき乗場呼びの割当てを行っている。

4.2 演算方式と特長

AI-2100では、群管理の専門家の知識・経験則を IF-THEN 型式のルール群としてルールベースに格納し、下記

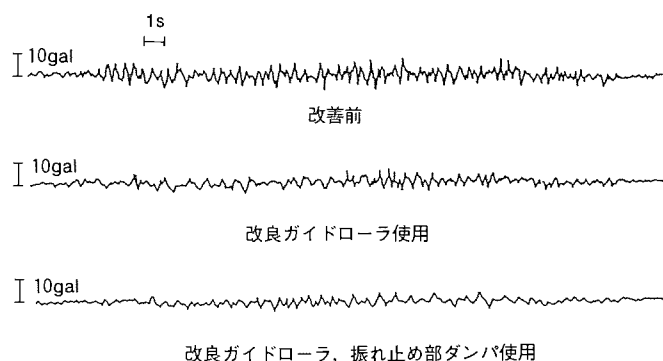


図7. かご床横振動測定結果

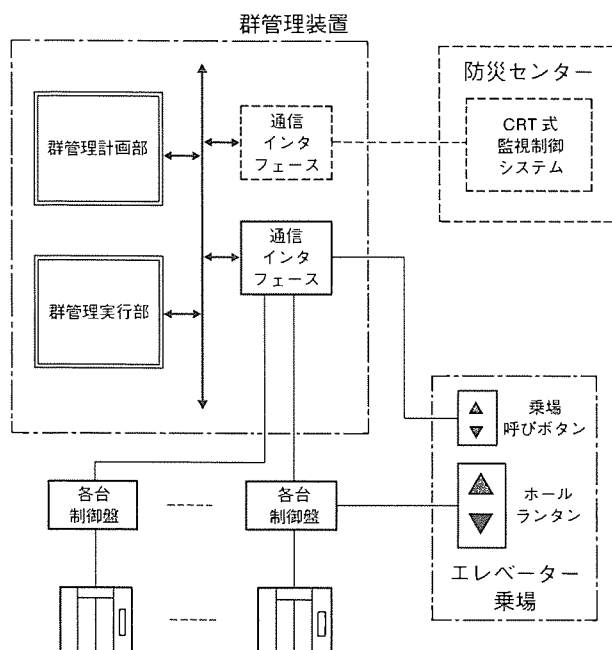


図8 AI-2100のシステム構成

(1)~(3)の手順で乗場呼びの割当てを行っている。なお、IF部が確定条件の場合は、プロダクションルールとして、あいまい条件の場合はファジールールとして記憶している。図9にルールの記述例を示す。

(1) 割当候補かごの選択

新規に乗場呼びが登録されると、プロダクションルールを用いて現状の交通状態から明らかに割り当ててはよくないと判断できるかごを除外し、残りを割当候補かごとして選択する。ただし、除外するかごの台数や状態に応じて割当候補かごを見直し、割当候補かごが極端に少なくならないようにしている。

(2) ファジールールの選択

各ファジールールのIF部の適合度をメンバーシップ関数を用いて演算し、その適合度が最大となるファジールールを一つ選択する。

(3) 割当かごの決定

上記(2)で選択したファジールールのTHEN部に記述された内容に従い、上記(1)で選択した割当候補かごの中から割当かごを決定する。

このAI-2100を適用した東京都新庁舎のエレベーターについて、シミュレーションを行った結果、待時間は当社の従来機種に比べて平常時間帯で約15%短くなっている。

5. CRT式監視制御システム

5.1 システム構成⁽³⁾

図10に、CRT式監視制御システムの構成を示す。システムは、メインコントローラ、CRT表示装置、プリンタ、リモートステーション及びシリアル通信路で構成されている。エレベーターとのデータ伝送は、防災センターに設置される

(プロダクションルール記述例)

IF
(発生した乗場呼びと同階床、同方向の満員通過確率が所定値以上となるかごが存在する。)
THEN
(そのかごを割当候補かごから除外する。)

(ファジールール記述例)

IF
(①上方階に乗場呼びが発生した。) and
(②所定時間後に上方階で空かごになると予想されるかご台数が多い。) and
(③下方階に呼びが発生しやすい。)
THEN
(①割当候補かごの中で、上方階で空かごにならないと予想されるかごを評価値演算かごとする。) and
(②各評価値演算かごについて総合評価値を演算する。
総合評価値=待時間評価値×係数+予報外れ評価値×係数
+満員評価値×係数+乗車時間評価値×係数
+割当補正評価値×係数) and
(③総合評価値が最小となるかごを割当かごとする。)

図9 ルールの記述例

メインコントローラとエレベーターの各機械室に設置される制御盤間をシリアル通信路を介して行っている。エレベーターの制御盤内に、通信インタフェースを内蔵して外部配線を減らすことにより、省スペースと信頼性の向上を実現している。

メインコントローラは、32ビットマイコンを中心に複数のマイコンを用いたマルチCPU構成とし、処理能力を従来機種より大幅に向上している。CRT表示装置には、高分解能タイプの20インチカラーCRTを用い、監視・操作のしやすい画面としている。さらに、メインコントローラは、外部システムともシリアル伝送による接続機能を持っており、BMS(ビルマネージメントシステム)と防災システムに接続している。なお、これら外部システムとは、汎用の伝送方式、プロトコル(RS232C、BASIC手順)で接続している。

5.2 機能と特長

CRT式監視制御システムは、32ビットマイコンを使用し、シリアル伝送を採用することにより、次の高度な機能と特長を持っている。

(1) 表示機能の向上

通常は、かご位置・かごの運転方向・かごの運転状態・管制運転・異常等のエレベーターの運行状態を、シンボルでCRT表示装置の画面上に表示し、災害や故障が発生したときには表示画面を専用の画面に切り替える。さらに、管制運転を行う必要が発生した場合、あるいは異常が発生した場合に、操作手順や必要な処置を示すガイダンスをCRT表示装置の画面上に表示する。したがって、素早く確実に災害や故障に対処することができ、防災センターのエレベーターに対する監視能力を向上している。

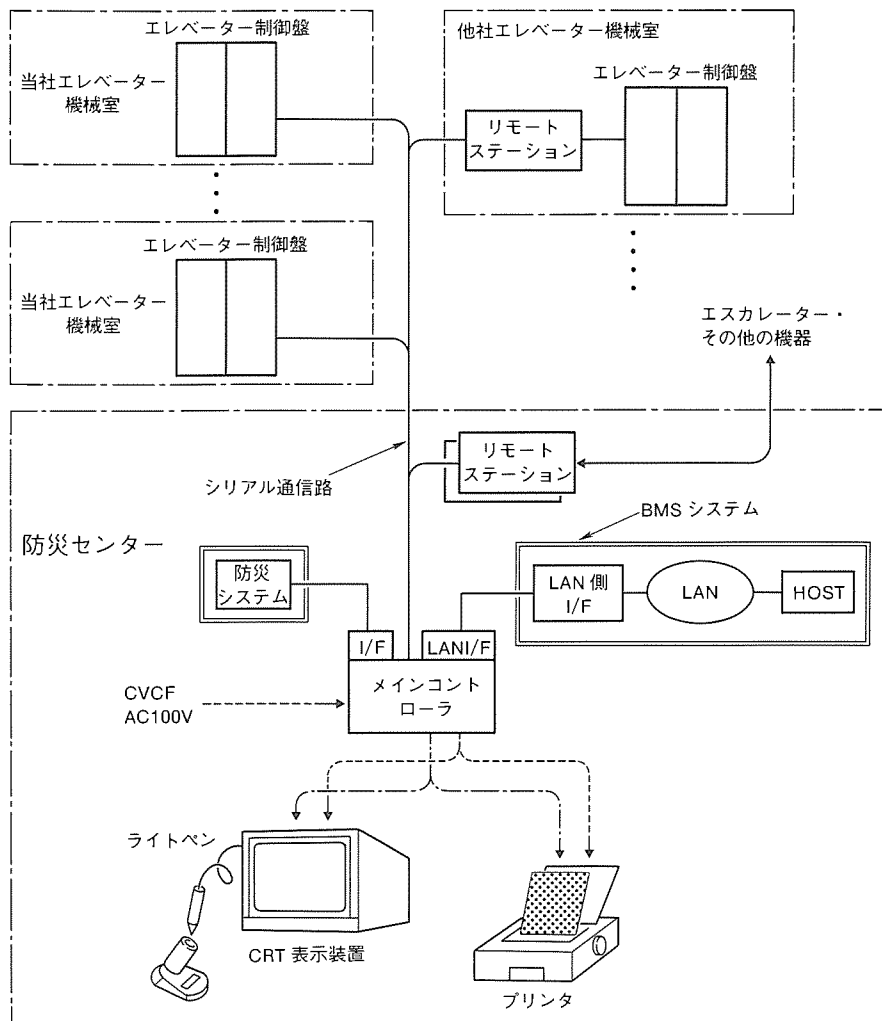


図10. CRT 式監視制御システムの構成

(2) 遠隔操作と運行予約

エレベーターの運行状態の制御を、従来のキースイッチに代えて、CRT 表示画面上に表示されるメニューに従い、ライトペンを操作して行うようにしている。制御項目としては、サービス階切離し・帰着待機・遠隔休止・省電力運転等がある。さらに、1日の運行状態を予約するスケジュール予約機能も備えており、エレベーターの運行管理の省力化を実現している。

(3) 運行災害記録機能

エレベーター側からの故障や災害、運転時間のデータを1日分まとめて1日1回 BMS 側に送出し、BMS 側でその

データを一元的に管理することにより、保守作業の精度を向上している。

(4) 火災時運転

火災発生時には、防災システム側から CRT 式監視制御システムへ火災の程度、発生ゾーン及び階床別に火災発生信号が伝送される。伝送されてきたデータを解析し、その結果をエレベーター側に出力することにより、自動的に、かつすみやかに最適な火災時運転に移行できる。

6. む す び

以上、東京都新庁舎に納入する超高速エレベーターシステムの構成と特長を紹介した。このエレベーターシステムは、最新のインバータ制御によって優れた乗り心地性能を実現するとともに、AI 群管理と高機能の CRT 式監視制御システムにより、ビルのインテリジェント化にも十分こたえるものである。

今後も、都市空間の有効活用という観点からビルの高層化は進むものと考えられるので、さらに速度の高いエレベーターの開発を進める所存である。

参 考 文 献

- (1) 野村正実, 棚橋 徹: VVVF 制御方式エレベーターの最近の動向, 三菱電機技報, **61**, No.11, 847~850 (1987)
- (2) 匹田志朗, 梅田安和, 辻 伸太郎, 永田康弘, 植谷健一: エキスパートシステムを応用したエレベーター群管理システム AI-2100, 三菱電機技報, **63**, No. 2, 160~163 (1989)
- (3) 田辺仁夫: インテリジェントビルにおける昇降機, 三菱電機技報, **63**, No. 6, 448~454 (1989)

最近のエレベーター意匠技術

榊原邦夫* 国井清司*
戸田不二夫* 服部勝利*
太田寿信*

1. ま え が き

エレベーターの意匠技術は、顧客の求めるデザインを実現するための構造・素材加工技術と、操作表示器具に代表されるマンマシン インタフェースの改良に関する技術とに大別される。

エレベーターのデザインは、時代とともに変化してきている。最近の傾向として、豪華さとともにソフトさが求められている。扉や壁の仕上げでは、ソフトさを基調に鏡面つや(艶)を部分的に模様として取り入れたものが好まれる。一方、操作表示器具などのマンマシン インタフェース部分では、操作性・視認性・スペースファクターの向上が求められている。このため、文字や図形に関する工夫とともにボタンの大型化・薄型化が進んでいる。

そこで、本稿ではステンレスの表面をソフトに仕上げることができる《パールトーン》と、大型化・薄型化を実現したマイクロタッチボタンの最近の技術を紹介する。

2. 《パールトーン》

2.1 特 長

《パールトーン》は、物理的乾式エッチングによる仕上げ方法の一つであり、ステンレス加工面をソフトで暖かみのある真珠に似た輝きに仕上げることができる。暖かみのある真珠に似た輝きは、ミクロ的に滑らかな凹凸状態の加工面と光沢の強さ(グロス)の組合せで得られる。これに対し、従来の湿式エッチングは冷たい感じがする。これは、先鋭な凹凸状態の仕上げが加工面の光沢を弱くしているためである。

表1に、《パールトーン》と湿式エッチングにおける光沢と

表1. 光沢と感覚の比較

	パールトーン	湿式エッチング
光 沢	約20グロス	約10グロス
感 覚	暖かい	冷たい

表2. 清掃性比較

汚 れ	使用清掃剤	パールトーン	湿式エッチング
手 垢	ぬるま湯	○～△	△～×
水性マジック	中性洗剤	○～△	×
油性マジック	シ ン ナ	○～△	△

注 ○：除去可 △：汚れはとれるが跡がのこる。×：除去不可

感覚の比較を示す。また、《パールトーン》は清掃性にも優れている。人の手が触れやすいエレベーターにとって、清掃が容易なことは大事な要件である。《パールトーン》と湿式エッチングにおける清掃性の比較を表2に示す。いずれも《パールトーン》が良い結果を示している。ことに、軽い手あか(垢)は、ぬ(濡)らした布で拭くだけで除去できる。これは、加工面がミクロ的にエッジのない滑らかな凹凸状態に仕上げられているためである。《パールトーン》は、エレベーターでは、乗場の戸・三方枠幕板・かごの戸・かごの壁等に広く利用されている。

2.2 加 工 工 程

図1に加工工程を示す。扉や壁をパネル状に板金加工した後、模様加工を施す工程が従来の湿式エッチングと大きく異なる。

2.3 加 工 技 術

パールトーンの特長である加工面の真珠に似たソフトな光沢や、模様の鮮明でシャープな輪郭を実現するためにかぎ(鍵)となる技術は、レジスト膜印刷技術とショット加工技術である。

2.3.1 レジスト膜印刷技術

加工面となる複雑な絵模様や、幾何学模様の周りをレジスト膜で保護する。このレジスト膜で保護されていない部分が、ショット加工によってエッチングされる。したがって、レ

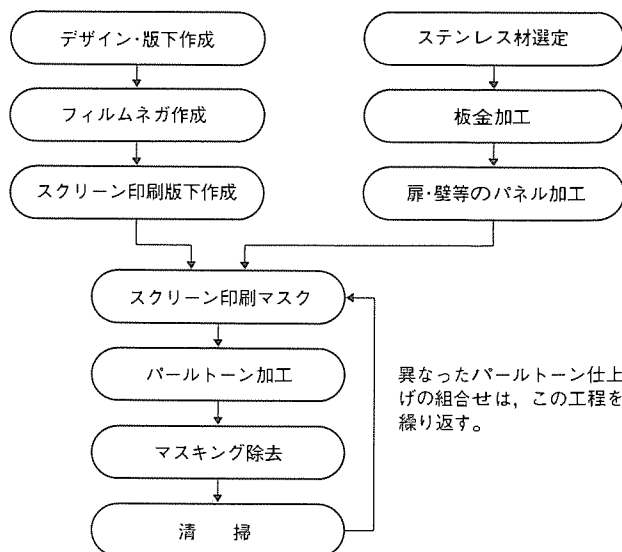


図1. 《パールトーン》の加工工程

スト膜には、①ショット加工時に破れない強さ、②シャープな縁がショット加工時に欠けを生じない強さ、③ピンホールがない、等の性能が要求される。レジスト膜は特殊なインクを用いたスクリーン印刷によって形成される。そのため、インクの粘度、スクリーンメッシュの大きさ及び印刷圧力が印刷の仕上がり状態に影響を及ぼす。その度合いを表3に示す。最適なレジスト膜は、模様の種類や製品の形状に応じて条件を設定することによって得られる。

2.3.2 ショット加工技術

ミクロ的に滑らかな加工面を得るため、また、光沢の濃淡を出すために、各種のショット材・ショットスピード・加工速度と、それらの組合せについて研究した。一方、製品には素材として鏡面材が使用されるため、製品の表面に仕上げ加工によるひずみが生じてはならない。0.1mm程度の凹凸があると、写り込んだ像は数メートル離れるとひずんで見える。製品のひずみもショット材・ショットスピード・加工速度に大きく左右される。

これらの相関を表4に示す。模様と光沢の濃・淡の要求仕様にに応じてショット条件を最適にコントロールしている。

2.4 《パールトーン》の事例

図2、図3に事例を示す。図2は、金色カラーステンレスに、繊細な模様を施した例である。図3は、黒色カラーステンレス鏡面材に、ツートーンの光沢を施した例である。

表3. 印刷条件と仕上がり

仕上がり		印刷仕上がり状態			
条 件		鮮明度	直線度	膜 厚	ピンホール
インク粘度	高	△	△	○	○
	中	○	○	○	○
	低	○	○	△	△
スクリーン メ ッ シ ュ	粗	○	△	○	○
	中	○	○	○	○
	細	○	○	△	△
印 刷 圧 力	高	×	△	○	○
	中	○	○	○	○
	低	×	○	×	△

注 ○：良，△：可，×不可

表4. ショット条件と仕上がり

仕上がり		加工面の仕上がり状態			製品ひずみ
条 件		光沢むら	淡 光 沢	濃 光 沢	
ショット材	粗	×	×	△	×
	中	△	○	○	○
	細	○	○	△	○
ショ ッ ト ス ピ ード	高	×	×	×	×
	中	○	○	○	○
	低	○	○	○	○
加 工 速 度	速	○	○	△	○
	中	○	○	○	○
	遅	△	△	○	×

注 ○：良，△：可，×不可

3. 自照式ボタンの大型化・薄型化技術

エレベーター用操作ボタンの操作頻度は、年間約50万回と非常に高く、一般工業用制御機器の10倍以上にも及ぶ。しかも、利用者は多岐にわたるため、耐いたずら性も考慮した設計でなければならない。

すなわち、マンマシン インタフェースであるボタンには高い信頼性ととも、長寿命であることが求められる。最近では更に、視認性・利便性・スペースファクター向上のため、大型化・薄型化が要求されている。この要求にこたえ、大型・薄型で自照式のボタンを実用化した。利用者が直接肌で感じるボタンの感知性能を維持したうえで、従来品よりも35%の大型化と70%の薄型化を達成した。ボタンの感知性能は、接点が入るまでのストロークと荷重(それぞれ“ONストローク”・“ON 荷重”と称す。)で評価される。



図2. 《パールトーン》の例(モノトーン)

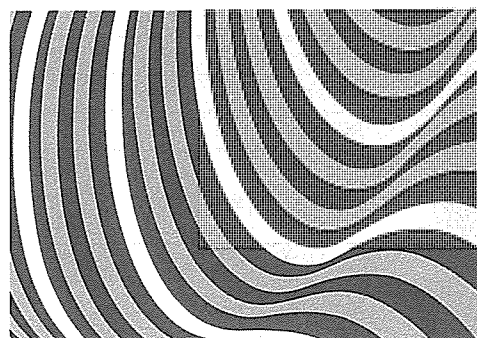


図3. 《パールトーン》の例(ツートーン)

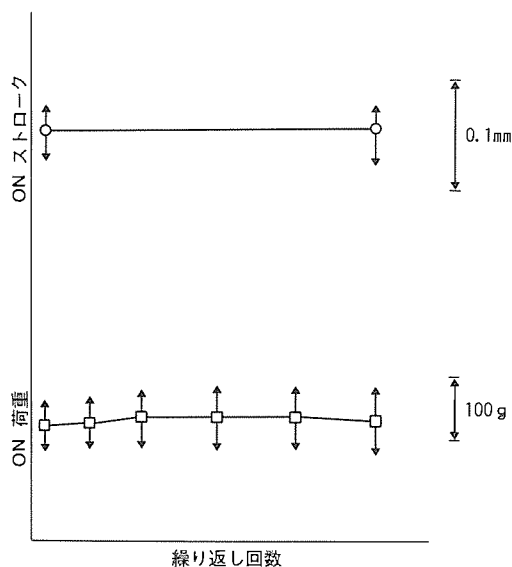


図4. ボタン感知性能評価試験結果

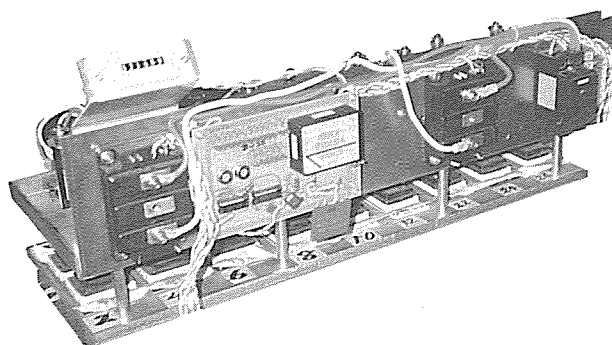


図5. 繰り返し荷重試験装置

図4に評価試験の結果を示す。ON ストローク・ON 荷重とも非常に安定しており、大型化・薄型化による性能の低下がないことが分かる。図5に試験装置を示す。

このボタンの主な技術的特長を以下に紹介する。

- (1) ボタンキャップには、ポリカーボネートの成形品が使用されている。ボタンキャップに加えられた押し圧力は、一定値まではシートスイッチの接点へ分散して伝達される。それ以上の押し圧力は、スイッチ下のきょう（筐）体を受け持つ。全体として、UL-746A～Cに規定される衝撃試験にも耐える強度・剛性が確保されている。
- (2) アクチュエータとハウジングは、しゅう（摺）動性に優れたプラスチックで成形されている。また、最小のすき（隙）間で均一にガイドされる。これらの工夫が、すみ押しされた場合にも、ボタンにせりが生じるのを防止している。

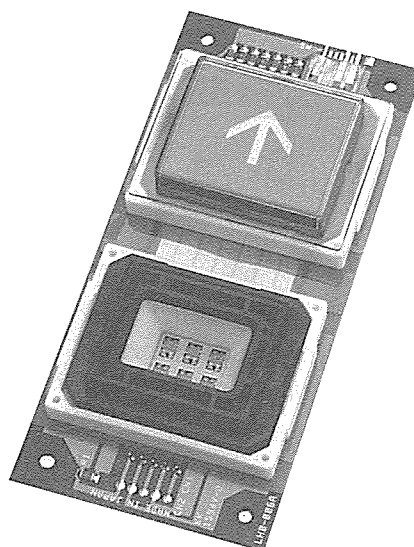


図6. ボタン本体

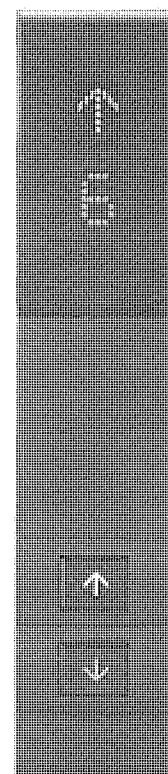


図7. インジケータの一体式ボタン例

(3) シートスイッチの接点には、耐表面劣化性に優れた材料が使用されている。また、密封構造により、接点部分へのごみ（塵）や腐食ガスの侵入を防いでいる。これらが接点の導電性の低下を防止している。

(4) シートスイッチの接点パターンは、疲労破壊に強い形状をしている。また、このシートスイッチの接点は並列に連結されており、信頼性の向上と長寿命化が図られている。

このボタン本体を図6に示す。また、インジケータに組み込まれた例を図7に示す。

4. む す び

ここでは、《パールトーン》と薄形ボタンの技術的特長を紹介した。現在《パールトーン》は、エレベーターの高級意匠材として広く利用されている。また、薄形ボタンは、当社の主力機種に搭載され好評を得ている。

ビルが高質化・多様化する中、快適空間創出の役割を担うエレベーター意匠に求められる課題は多い。これらの要求にこたえるべく、今後とも研さん（鑽）努力を重ねる所存である。

エレベーター遠隔監視制御システム

館野健三* 河原利昭**
氏原英世*
山田邦雄*

1. ま え が き

エレベーターは、最近のビルの高付加価値化・インテリジェント化に対応して、一層の高性能化・高機能化が求められるとともに、利用者が更に安心して使用できるように、信頼性に対するより高度な配慮が必要となってきた。

すなわち、ビルの運営管理面では、管理費を最小にするため管理人の数を減らしたり無人化する傾向があり、万一の停電や故障時の対応の充実が望まれている。また、利用者に対するサービス面では、エレベーターの稼働率向上のため、故障や点検によるエレベーターの運転停止時間を短縮することが求められている。

三菱エレベーターはこれらの要求にこたえて、従来から停電や故障を速やかに検出し、電話回線を介して保守会社の情報センターに通報する“エレベーター故障自動通報システム”や、乗客と情報センターの直接通話が可能な“エレベーター遠隔監視システム”を提供してきた。今回さらに、異常

時にはより迅速・適切な処置を行うとともに、トラブルの未然防止も可能な新しい保守システムである“エレベーター遠隔監視制御システム”を開発したので、その構成及び機能について述べる。

2. システムの概要

このシステムの概要を図1に示す。エレベーター機械室には、エレベーター側の端末の遠隔監視制御通信装置（以下“モニタ盤”という。）が設置され、エレベーター制御盤に接続されるとともに一般加入電話回線を介して、三菱エレベーターの保守会社である三菱電機ビルテクノサービス(株)の情報センターに結ばれている。

モニタ盤は、エレベーターの運転状態を常時監視し、異常又は異常の兆候をとらえると情報センターに自動通報する。情報センターでは、受信した異常データを自動分析・診断して対応方法を決定し、情報センターの技術者が異常内容と対応方法を確認して、最寄りのサービス拠点に出動などの指令

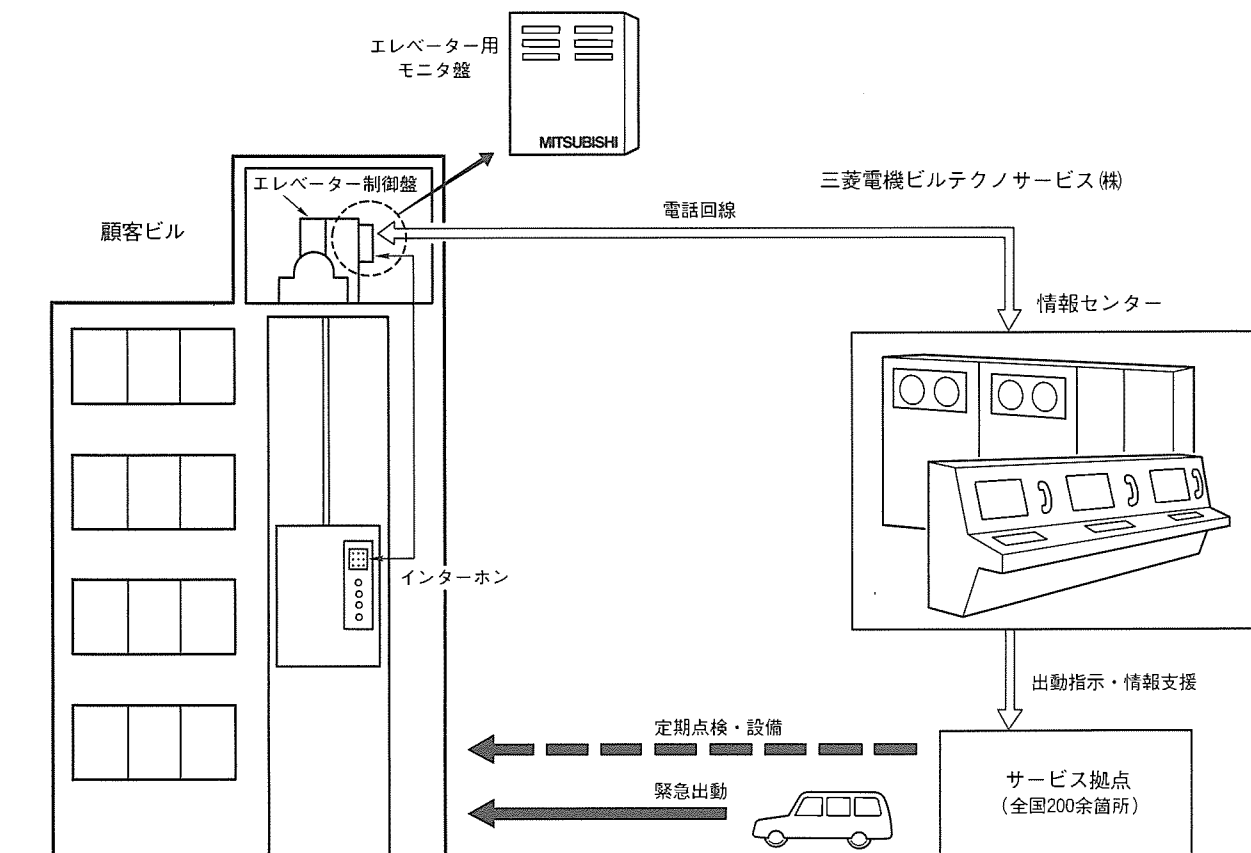


図1. エレベーター遠隔監視制御システムの構成概要

を出す。この指令により、故障復旧など適切な処置が迅速に行われる。

また、エレベーターのかご内に設置されたインターホンもモニタ盤に接続されている。したがって、万一、かご内に乗客が閉じ込められる故障が発生した場合にも、かご内の乗客は情報センターの技術者と直接通話でき、状況、対応方法の説明などによって乗客の不安を和らげることができる。

さらに、このシステムは、情報センターからモニタ盤を随時呼び出す遠隔制御機能を備えており、エレベーターの運転状態データや自己診断データを遠隔採取することができる。これらのデータは、情報センターのコンピュータシステムによるエレベーターの遠隔診断に用いられ、この遠隔診断結果は適切な定期点検項目の設定や故障を未然に防止する予防保全活動に生かされる。

3. システムの構成

3.1 エレベーター制御システム

エレベーター制御システムは、図2に示すようにエレベーター制御盤、これとデータネットワークで接続された各階の乗場ステーション及びかごステーションで構成され、モニタ盤を介して一般加入電話回線とつながっている。エレベーター制御盤は、呼びに対する応答を管理する運行管理マイコン、乗場ステーションとの伝送を行う乗場伝送マイコン、か

ごステーションとの伝送を行うかご伝送マイコン、かごの起動から停止までの走行を制御する速度制御マイコンで構成されている。

エレベーター制御盤の運行管理マイコンは、エレベーター制御システムの集中監視装置として乗場伝送マイコンやかご伝送マイコンを介して各階の乗場ステーションやかごステーションなどとデータの送受信を行うとともに、各ステーションとの伝送データの合理性チェックなどにより、各ステーションが正常に機能しているか否かを監視している。各ステーションは、乗場やかご内の各機器を監視しており、機器の異常を検出するとその内容を運行管理マイコンに伝送する。

3.2 モニタ盤

モニタ盤は図2に示すように、エレベーター制御盤とデータ伝送を行う通信制御マイコン、直接通話時かご内インターホンを制御するインターホン制御装置、情報センターとデータ伝送するためのモデム及び電話回線を制御するNCU（網制御装置）で構成される。

モニタ盤の概略仕様を表1に示す。モニタ盤は、電話回線による自動発信・自動着信が可能で、エレベーター制御盤からの指令によって情報センターに自動通報する機能とともに、情報センターからの呼出しに応答する機能も備えている。

3.3 情報センターシステム

情報センターシステムの構成を図3に、情報センターの全

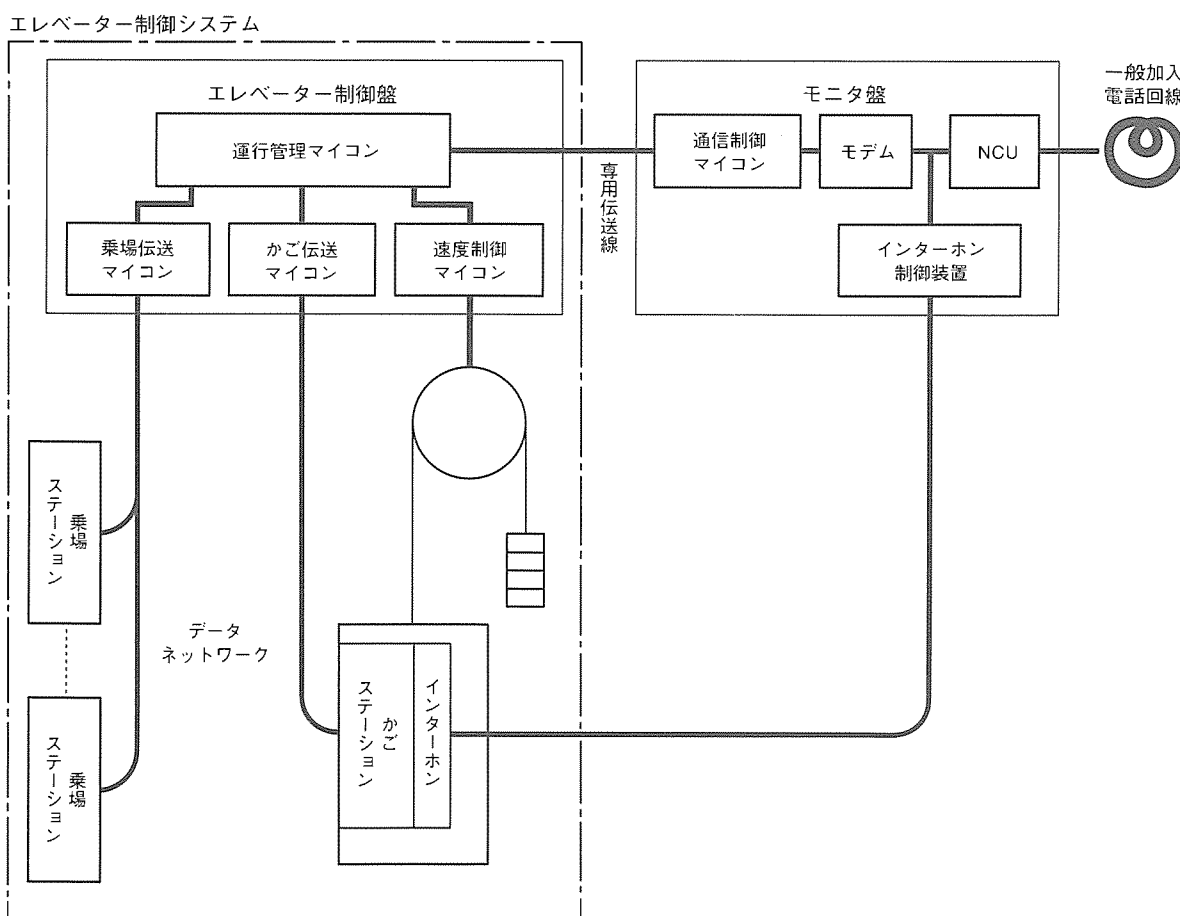


図2. エレベーター側のシステム構成

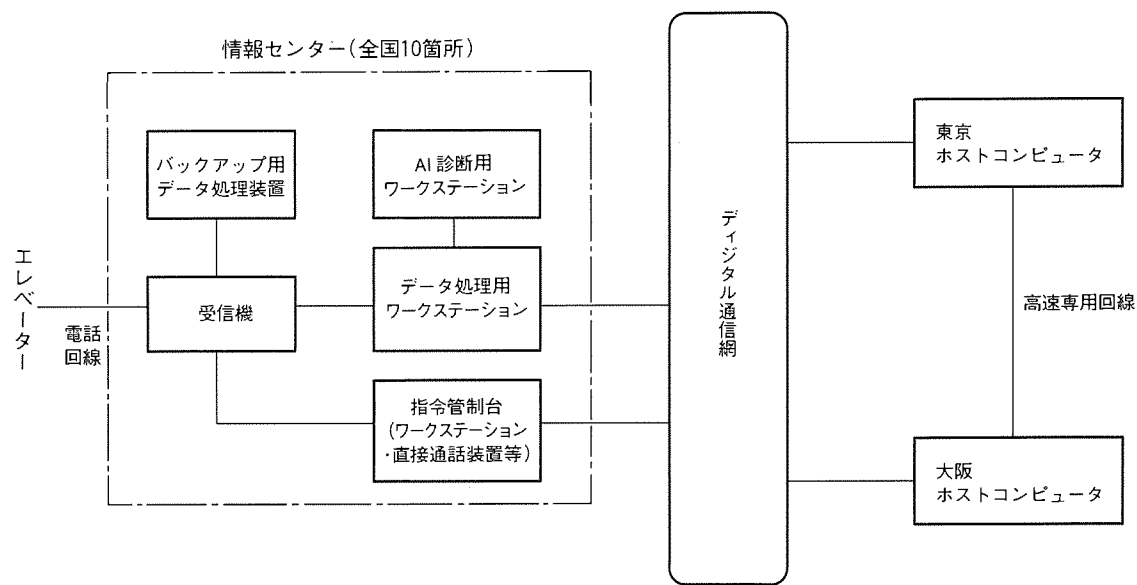


図3. 情報センターシステムの構成

表1. モニタ盤の概略仕様

項 目	仕 様
適 用 回 線	一般加入電話回線
回 線 制 御 方 式	自動発信・自動着信
通 信 方 式	半二重
変 調 方 式	PSK (位相変調)
通 話 方 式	双方向通話
電 源	AC100V, 50/60Hz (停電補償付き)
外 形	260 (W) × 340 (H) × 60 (D) (mm)



図4. 情報センターの全景

景を図4に示す。情報センターは全国10箇所に配置され、デジタル通信網を介して、東京と大阪に設置されたホストコンピュータに接続されている。

各情報センターは、受信機、データ処理用ワークステーション、直接通話装置とワークステーションからなる指令管制台、エキスパートシステムを適用したAI（人工知能）診断用ワークステーション及びバックアップ用データ処理装置で構成されている。

受信機は、エレベーターからの情報を受信すると、データ処理用ワークステーションにデータ伝送し、直接通話の場合は更に指令管制台の直接通話装置を電話回線に接続する。データ処理用ワークステーションは、AI診断用ワークステーションにデータ伝送するとともに、デジタル通信網を介してホストコンピュータにもデータ伝送する。指令管制台は、受信データ・顧客データ・故障経歴などをCRT画面上に表示する。

なお、ホストコンピュータ、ワークステーションなどの万一の故障に備え、バックアップ用データ処理装置を待機させている。

4. システムの機能

4.1 異常監視・診断機能

一口に異常と言っても簡単に原因究明できるものもあれば、発生頻度は非常に低いが熟練した専門家でなければ診断が困難なものもある。また、異常の監視は発生箇所に近く、情報が集中する所で実施するのが最適であり、異常の原因を診断するためには異常の発生過程の情報が必要である。そこで、異常の発生過程の記憶と簡単な自己診断は、エレベーター制御盤が行うようにした。一方、高度な診断能力を必要とする機能は、情報センターに分担させた。

(1) エレベーター制御盤の機能

エレベーター制御盤の運行管理マイコンは、エレベーターが正常に運行しているか否かを監視・診断するため、運行制御用と応答管理用で各々100種類以上の状態データを常時監視し、データ変化をトレースしている。異常を検出すると状態データがどのように変化したかによって異常原因を診断し、その結果を表2に示すような自己診断結果として記憶する。また、どういう異常がいつ、どこ（何階）で発生したかの異

常状況データも異常履歴として記憶する。さらに、異常が複数回発生しても自己診断結果と異常履歴が記憶できるように記憶領域は十分確保されている。緊急性が高い異常の場合は、異常状況データと自己診断結果を情報センターに通報し、その内容を通報履歴として記憶する。表3に主な通報項目を示す。

なお、戸のレールにごみが詰まり、一時的に戸閉を繰り返すなどの軽微な不具合は、異常履歴に記憶するだけで情報センターには通報しないようにして、緊急時の通報が優先されるよう配慮している。しかし、戸閉の繰り返しのような軽微な不具合でも、一過性ではなく連続して発生する場合は故障の兆候と判断して自動的に情報センターに通報する。

(2) モニタ盤の機能

モニタ盤は、エレベーター制御盤からの通報指示によって情報センターに自動ダイヤリングし、通報データを送信する。モニタ盤が自動ダイヤリングしたときに、ダイヤル先が話中などで電話がつかない場合は呼出しを一時中止し、しばらく待ってから再度ダイヤリングする。ダイヤリングを数回繰り返しても電話がつかない場合は、別のダイヤル先に変更して自動ダイヤリングする。エレベーター制御盤の運行管理マイコンが正常か否かはモニタ盤が監視しており、異常を検出した場合はエレベーター制御盤故障を通報する。また、モニタ盤は自動充電式のバッテリーでバックアップしているの

表2. 自己診断結果の一例

分 類	自己診断結果
主 回 路 関 係	電源ラインの欠相
	過電圧
	過電流
入力インタフェース	ブレーキ接点 OFF 故障
	ブレーキ接点 ON 故障
出力インタフェース	戸開指令出力 OFF 故障
	戸開指令出力 ON 故障
ヒューズ、リレー回路	入力インタフェース用ヒューズ切れ
	ブレーキ用コンタクト OFF 故障
	ブレーキ用コンタクト ON 故障
データネットワーク	戸の全開検出信号 OFF 故障
	戸の全開検出信号 ON 故障

表3. 主な通報項目

監視装置	通 報 項 目	その他の処置
モ ニ タ 盤	停電による缶詰	直接通話の自動起動
	エレベーター制御盤故障	
エレベーター 制御盤	停電以外による缶詰故障	直接通話の自動起動
	使用不能故障	直接通話の自動起動
	温度異常	
	着床レベル不良	
	戸の開閉不良	
	地震感知器動作	
	群管理異常	

で、かご内に乗客がいて走行中に停電になるとモニタ盤が停電による缶詰を自動的に検出し、情報センターに通報する。

(3) 情報センターの機能

情報センターは、受信したデータによって異常の内容や原因が把握できるので、より迅速で的確な対応が可能となる。また、情報センターは、呼出機能によって必要に応じてエレベーター運転状態をモニタすることができ、エレベーター制御盤のトレースデータや異常履歴データを遠隔採取することができる。さらに、デジタル通信網を介してホストコンピュータに記憶されている故障統計データやそのエレベーターの過去の故障経歴データも利用できる。したがって、エレベーター制御盤の自己診断では不十分な場合や予防保全の診断が必要な場合、AI 診断用ワークステーションを使用して、より高度な診断をすることもできる。

4.2 直接通話機能

エレベーターには、かご内から外部へ連絡をとる手段として、インターホンの設置が義務付けられているが、ビルによっては管理人不在のケースがあり、かご内と情報センターとの直接通話機能の重要性が増している。このシステムでは、この機能をより一層充実させるために以下の改善を施した。

(1) 通話の双方向化

従来の直接通話は、情報センターの技術者の切替操作によって通話方向を変更するプレストーク方式であったが、このシステムでは一般の電話による通話と同様な双方向通話とした。

(2) 直接通話の自動起動化

かご内インターホンの呼びボタンが押されたことを検知したのち、直接通話を起動する従来の機能に加え、缶詰故障や使用不能故障を検知すると直ちに直接通話を起動する機能を追加した。したがって、乗客、特に幼児や老人がインターホン操作などの緊急時の対応方法を知らなくても自動的に直接通話が起動される。

(3) 情報センターからの呼出機能の付加

従来のエレベーター側からの直接通話の起動に加え、情報センターからの指令により、直接通話を起動することができるようにした。これにより、いったん直接通話を終了した後も、乗客救出までの間に必要に応じて情報センターから通話し、乗客に対して救出状況の連絡や対応方法の説明をすることができ、乗客の不安感をより一層和らげることができる。

(4) 直接通話テスト機能の付加

従来は、エレベーター側の保守技術者と情報センターの技術者とが実際に直接通話することにより、直接通話機能のテストを行ってきた。しかし、従来の方法ではテストのために、情報センターの電話回線の使用時間とセンター技術者の対応時間が増加し、実サービスの低下を招く。したがって、このシステムでは、情報センターに直接通話テスト用の電話回線を設ける一方、情報センターの技術者を介さず自動的に直接

通話テストができる方式を新たに開発して、上記不具合を解消した。

4.3 予防保全機能

顧客に常に快適で安全なサービスを提供するためには、高度なエレベーター保守が必要であり、その一環として表4に示すような種々の計測をエレベーター制御システムで行っている。情報センターは、各エレベーターを呼び出す機能により、この計測データや異常履歴などの保守データを採取し、統計的に処理して各機器や部品の調整時期や寿命の予測を行う。また、過去の故障経歴や自己診断結果を分析して、故障につながる潜在不良がないか否かも診断し、故障が発生する前にその要因を排除する予防保全に活用する。

また、表4の計測データを分析すれば、予防保全だけではなくサービス向上にも役立てることができる。例えば、戸開保持時間が短すぎる場合は、利用者の乗降中に戸閉開始して反転戸開することが多くなりサービスが悪化する。したがって、起動回数と戸の開閉回数の比較・分析結果によって戸開保持時間が適切か否かを判断し、不適切であれば利用状況に適した値に変更して、無駄な反転戸開を減らすことができる。

4.4 ビル遠隔監視システム

《メルセントリー》接続機能

《メルセントリー》は、ビル内の受変電設備、空調設備などの異常・故障状態を情報センターで、また防犯・防災の状態を警備会社のガードセンターで遠隔監視するシステムである。

《メルセントリー》も電話回線を利用するが、《メルセントリー》用モニタ盤とエレベーター用モニタ盤とは電話回線を共用することができる。電話回線を共用した場合、直接通話中あるいはデータ伝送中に、他のモニタ盤で検知した異常などが発信できないという問題が生じる。これについては、後

表4. 主な計測項目

計 測 項 目	目 的
起 動 回 数	調整や部品交換の時期予測 品質や性能の状況把握
走行時間、走行距離	
加 速 度	戸の調整の要否診断
戸 の 開 閉 回 数	
戸 の 開 閉 時 間	照明(蛍光灯)の寿命予測
照 明 の 点 灯 時 間	

に異常を検出したモニタ盤が割り込みを要求できるようにして解決した。

したがって、このエレベーター遠隔監視制御システムに《メルセントリー》を組み合わせることにより、エレベーターの監視だけでなくビルの設備・防犯・防災監視のトータルビル管理システムを容易に実現でき、ビル運営管理面で省力化・無人化が図れる。

5. む す び

以上、エレベーター遠隔監視制御システムの概要を述べた。今後とも全国10箇所の情報センターと全国200を超えるサービスネットワークを最大限に活用し、万一の故障や事故の発生時は、より迅速で的確な対応ができるとともに、故障を未然に回避する予防保全機能を更に向上すべくこのシステムを充実していく所存である。

また、このシステムは、情報センターからモニタ盤を呼び出す遠隔制御機能と情報センターにおけるAI技術応用の遠隔診断機能を備えているが、今後これらの遠隔制御・診断機能の拡充を図り、乗客へのサービス向上やエレベーター管理の省力化など、顧客により多くの利益をもたらす機能を備えたシステムを追究していく所存である。



新車いす乗用ステップ付き エスカレーター

柴田勝美* 中村春彦*
北村茂治*
田中正明*

1. ま え が き

新しいエスカレーターを開発した。車いす使用者と一般乗客とが同時に利用できるエスカレーターである。

高福祉社会を目指して福祉施設や交通機関の充実等社会基盤が整備される中、当社は1984年に車いす使用者も利用できるエスカレーターを製品化した⁽¹⁾。現在約100台が稼働している。しかし、このエスカレーターを車いす使用者と一般乗客とが同時に利用することはできなかった。

このたび、新しい工夫を採り入れ、車いす使用者と一般乗客とが同時に利用できるエスカレーターを開発し、1990年4月(財)国際花と緑の博覧会協会に納入した。実際に稼働している様子を図1に示す。車いす使用者と多数の一般乗客が同乗している様子がよく分かる。この新しいエスカレーターは、従来の方式のものと比較して輸送能力が大幅に向上しており、信頼性や利用者の安全にも配慮されている。その概要と特長を紹介する。

2. 仕 様

新車いす乗用ステップ付きエスカレーター(以下“新車いすエスカレーター”という。)の標準設置図を図2に示す。外形寸法は、従来型車いすエスカレーターとはほぼ同一である。表1に新車いすエスカレーターの基本仕様を示す。新車いすエスカレーターでは、ステンレス パネルタイプ又は透明ガラスパネルタイプのいずれの欄干意匠も適用が可能である⁽²⁾。また、車いす運転時のエスカレーター速度は、従来型の15m/min から30m/min へと高速化が図られている。

3. 利用 方 法

全体レイアウトを図3に示す。上昇運転時を例に、利用シーケンスを図4に、速度モードを図5に示す。

利用方法の要点を以下に示す。

- (1) 車いす乗込み時には、エスカレーターはいったん停止する。これは、車いすが安全に車いす乗用ステップへ乗り込めるようにするためである。
- (2) 車いすが乗り込んだ後、エスカレーターは低速起動して定格速度まで徐々に速度を上げていく。続いて、一般乗客は車いすと一定の間隔を空けた状態で乗り込む。

車いすの乗る車いす乗用ステップの前後数個のステップは、赤色表示されている。オートアナウンス装置が乗客に対し、

この赤色ステップに乗らないよう、注意放送する。これにより、車いすと乗客との間に一定の間隔が保たれる。

- (3) 車いすが降りるときには、エスカレーターは低速運転される。これは、車いすがスムーズに降りられるよう安全に配慮したものである。また、車いすが降りるのに手間取った場合でも、前述の車いすと乗客との間の間隔が降り口で混乱が生じるのを防止している。



図1. 国際花と緑の博覧会会場での稼働状況

表1. 基本仕様

項 目		仕 様
型 式		1200型 車いす使用者、一般乗客同時乗車方式
欄干意匠		ステンレスパネル又は透明ガラスパネルタイプ
速 度	通常時	30m/min
	車いす運転時	30m/min ……定格速度運転時 7.5m/min ……低速運転時
輸送能力	一般乗客専用利用時	9,000人/時
	車いす利用者専用利用時(階高6m)	35人/時
利用可能な車いす		JIS T 9201 適合の手動車いす及びこのサイズ以下の電動車いす
設置環境		屋内又は屋外

(4) 車いすが乗り込んだ後の加速・車いすが降り口に近づいた後の減速・車いすが降りた後の加速は、乗客が不安を感じない約 0.01m/s^2 で行われる。また、乗客はオートアナウンス装置により、エスカレーターが速度を変えることを前もって知ることができる。

4. システムの構成と機能

新車いすエスカレーターは、通常のエスカレーター機構に加え車いす乗用ステップ・仕掛装置・車いす運転用制御装置・操作スイッチ・速度制御スイッチ等で構成されている。図6は、車いす乗用ステップが、下部水平部及び上部水平部

のそれぞれで連結又は分離動作を行っている状態を、また中間傾斜部で車いす搭載可能な状態で走行している状態を示す。

4.1 車いす乗用ステップ

車いす乗用ステップは、傾斜・フォーク・車止めの3種類のステップで構成されている。傾斜ステップは、蹴上げ部が車いすの車輪やフットレストと干渉しないように中間部が傾斜して走行する。フォークステップは内蔵するフォークでフォークステップと車止めステップとが同一水平面になるように、車止めステップを持ち上げる。車止めステップでは、ステップの端部に車いすの落下を防止する車止めが突出する。これらの車いす乗用ステップには、エスカレーター運転中に

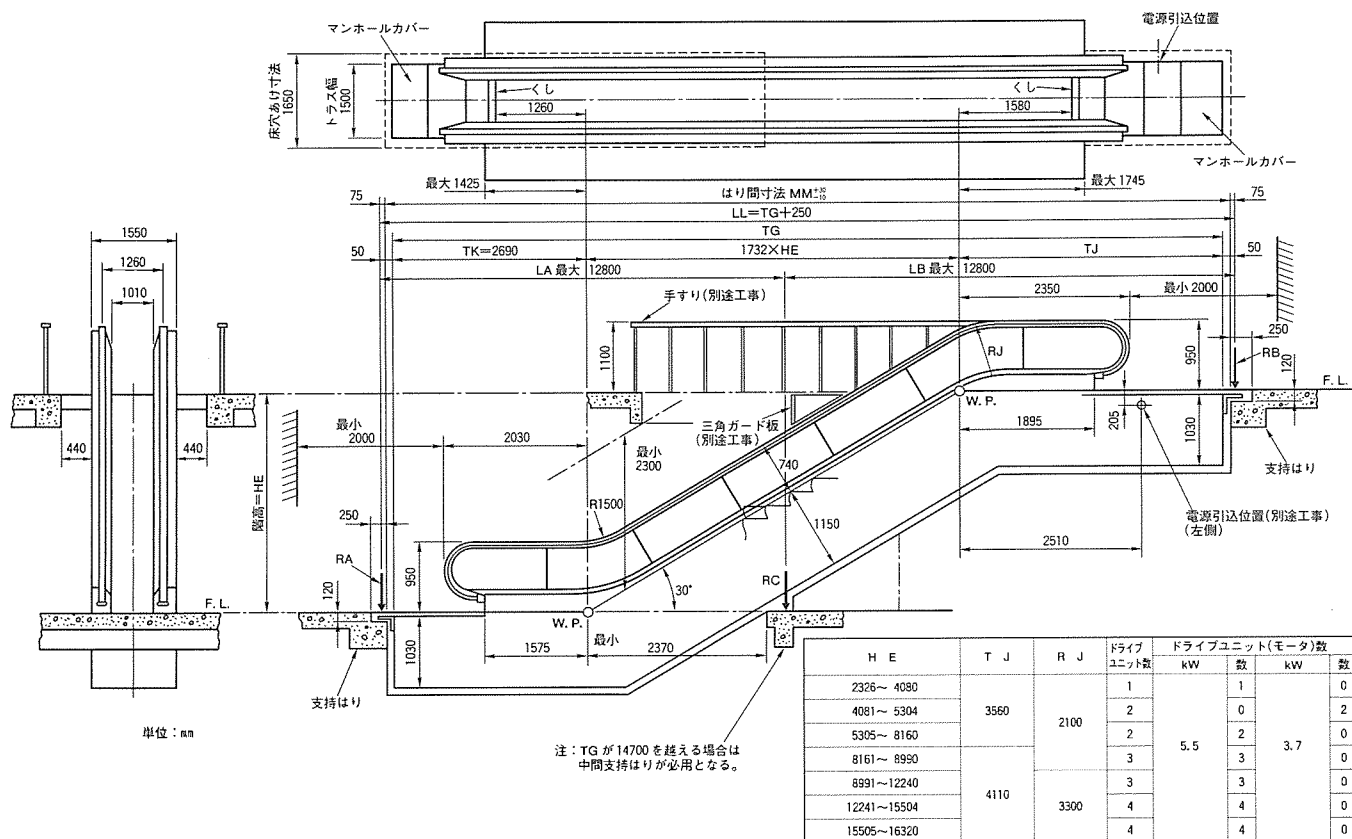


図 2. 標準設置図

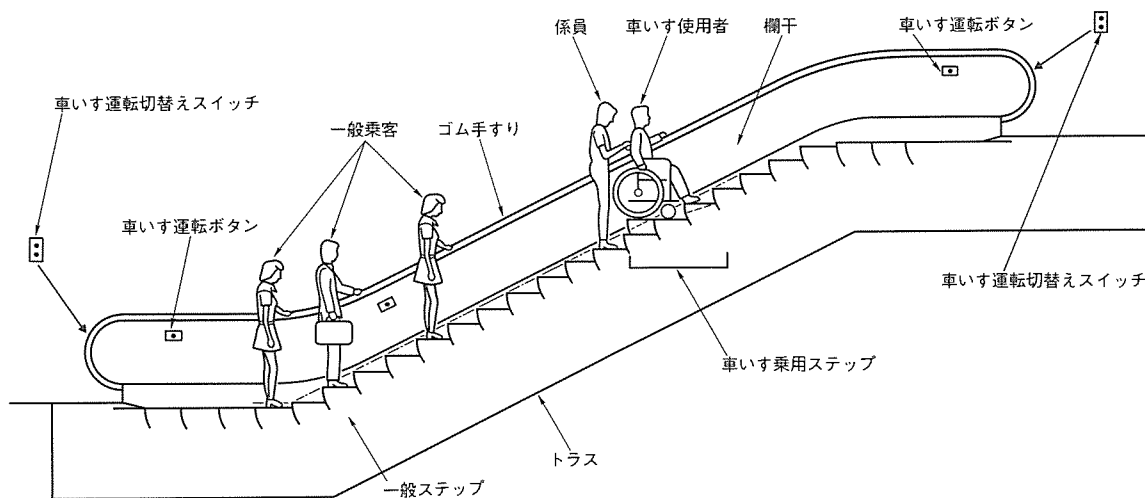


図3. 全体レイアウト

各々のステップを連結・分離するための装置として、スプロケットやギヤ、ラック・ピニオン等が組み込まれている。連結及び分離は、ステップの動きを利用して機械的に行われる。すなわち、車いす乗用ステップのスプロケットが、別に設置されている仕掛装置の固定されたチェーンと係合する。そのときに発生するスプロケットの回転力が、動力として車いす

乗用ステップに伝達される。ステップには、モータ等の動力装置を組み込む必要がない。シンプルな機構が連結・分離動作の信頼性を高めている。スプロケットに所定の力が伝達されるように、摩擦クラッチがスプロケット軸に組み込まれている。この摩擦クラッチは、摩耗やトルク変動の小さい材料からなる部品で構成されており、長期間の車いす運転に耐える。

また、安全装置として、車いす乗用ステップには、ロック装置が備えられている。このロック装置が車いす乗用ステップの連結・分離状態を確実に維持する。

4.2 仕掛装置

仕掛装置は、チェーン・カム・昇降用モータ等で構成されており、エスカレーター上下乗降位置のトラス内に設置されている。仕掛装置が上昇し、仕掛装置のチェーンと車いす乗用ステップのスプロケットが係合している状態を図7に示す。チェーンとスプロケットの係合時に発生するかみ(噛)合い振動や音を抑制するため、仕掛装置には吸振装置が備えられている。

4.3 駆動制御

車いす運転時及び通常運転時共に、エスカレーター駆動用モータはVVVFインバータによって制御されている。車いす運転時には、エスカレーター内部に設けられた位置スイッ

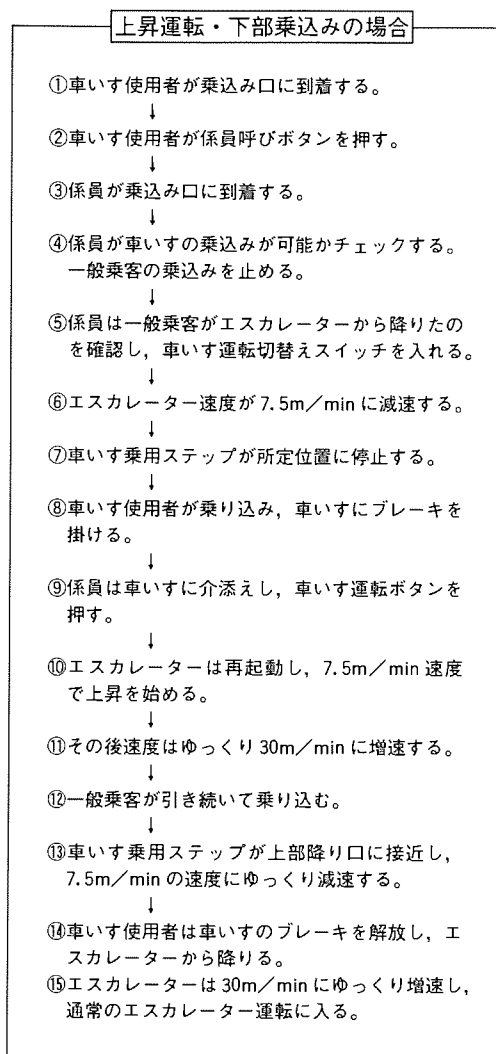


図4. 利用シーケンス

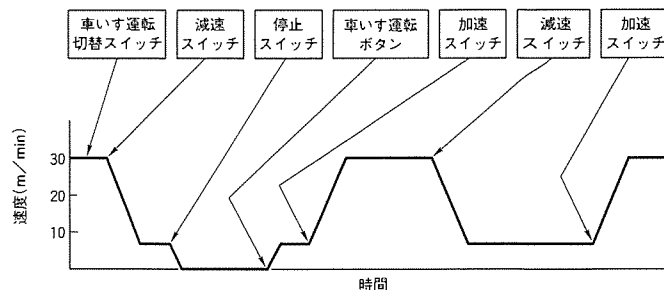


図5. 速度モード

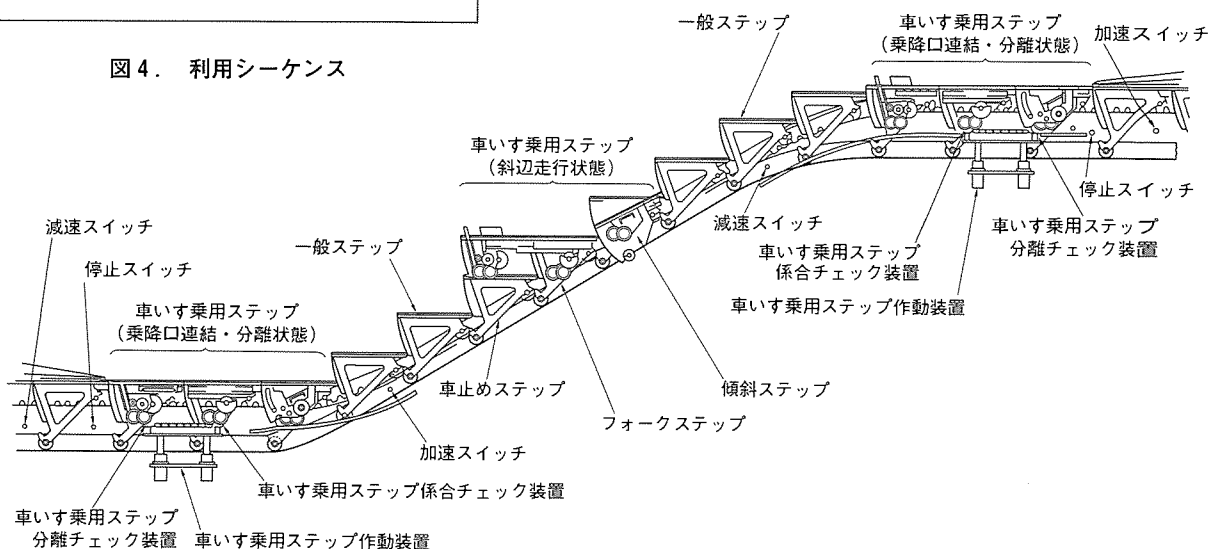


図6. 車いす特殊機構レイアウト

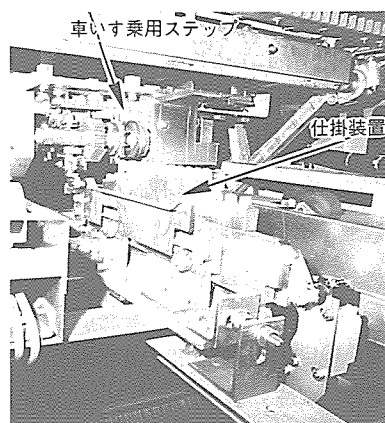


図7. 車いす乗用ステップの連結・分離機構

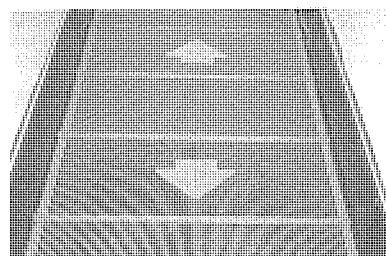
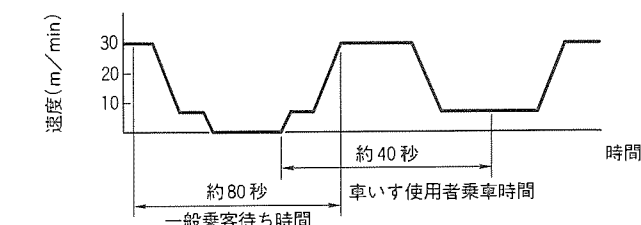
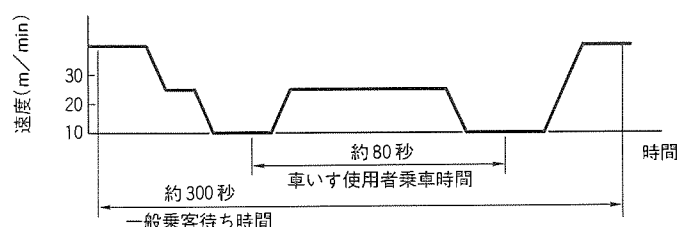


図9. 目印ステップの外観



(a) 新車いすエスカレーター (同乗型)



(b) 従来型

図8. 有効利用時間(階高6mの場合)

チからの信号により、インバータが車いす乗用ステップの速度を制御する。マイコンがインバータや位置スイッチを自己診断し、常時安全監視している。

4.4 安全スイッチ

車いす乗用ステップの連結・分離動作が完了したことを検出するためのスイッチ及びそのバックアップスイッチが、仕掛装置の前後に設けられている。また、このスイッチは車いす乗用ステップの連結・分離状態を常時監視している。

5. 輸送能力

新車いすエスカレーターの有効利用時間を、図8に従来型と比較して示す。図から分かりますとおり、新車いすエスカレーターでは一般乗客の待ち時間が従来の約1/4に減少している。また、車いす使用者の輸送に要する時間も半減している。

新車いすエスカレーターでは、図9に示すような目印ステ

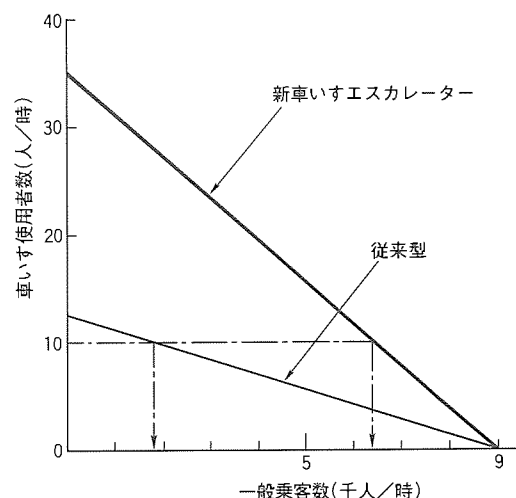


図10. 輸送能力の比較(階高6mの場合)

ップが組み込まれている。これにより、係員は車いす乗用ステップを呼び寄せるタイミングを知ることができ、効率の良い車いす運転への切替えが行われる。

図10は、新車いすエスカレーターと従来型の輸送能力の比較を階高6mの場合について示す。一例として、車いす使用者のみを連続して輸送する場合について比較してみる。従来型では、1時間当たり12人の車いす使用者を輸送するのが限界であるが、新車いすエスカレーターでは35人の車いす使用者を輸送することができる。また、1時間当たり10人の車いす使用者を輸送とした場合、従来型では車いす使用者に加えて約2,000人の一般乗客しか輸送できなかったが、新車いすエスカレーターでは約6,500人の一般乗客を輸送することができる。このように、新車いすエスカレーターは輸送能力が大幅に向上している。

6. む す び

以上、新車いす乗用ステップ付きエスカレーターの概要と特長を紹介した。この車いす使用者と一般乗客とが同時に利用できるエスカレーターは世界初である。高福祉社会が伸展する中、車いす使用者・一般乗客双方に有効な輸送手段として広く採用されることが期待される。今後とも、輸送システムの研究・開発に努力を重ねる所存である。

参 考 文 献

- (1) 石田松彦, 中山正明, 治田康雅, 井上証策: 車いす乗用ステップ付きエスカレーター, 三菱電機技報, 59, No. 4, 317~321 (1985)
- (2) 横田 達, 谷口淳次, 金森 修, 北村茂治: Jシリーズエスカレーター, 三菱電機技報, 61, No.11, 877~880 (1987)

超限流遮断器 “ニューウルトラシリーズ”

山県伸示* 今村 剛* 小林義昭* 村田士郎* 久常文之*

1. ま え が き

スポットネットワーク受電方式等の大容量受電方式における短絡容量の増大、給電の信頼性を高める選択遮断領域の拡大、システムとしての経済性を追求したカスケード遮断容量の向上、あるいはアークスペースの縮小等のニーズに対応するため配線用遮断器には、遮断容量の拡大、限流性能の向上がより強く求められてきている。

当社では、こうしたニーズにこたえるため、当社独自のアーク制御技術の VJC (Vapour Jet Control) を更に発展させた SJ-VJC (Split Jumping VJC : 高速転流式 VJC) を搭載し、1 極 2 点切りの電磁反発メカニズムからなる限流ユニットを、一般標準タイプの遮断器に接続することによって、世界最大級の遮断容量と高い限流性能を実現させた超限流遮断器 “ニューウルトラシリーズ” を開発した。本稿では、新遮断技術と製品概要を紹介する。

2. 超限流遮断器の開発

2.1 開発コンセプト

優れた限流性能を持つ配線用遮断器は、直列の機器や電線を短絡電流による機械的及び熱的損傷から保護できるだけでなく、配電系統において選択遮断を可能とすることによって、短絡事故による停電地域を極小化し、給電の信頼性を向上させることができ、またカスケード遮断性能の向上によって経済的なシステムを提供できる。従来の限流ブレーカには、電磁反発メカニズムからなる限流器部を持ったものや、永久ヒューズ付き遮断器等があったが、今回、従来の限流ブレーカに比べて限流性能の飛躍的な向上を図るべく開発に着手し、新遮断技術の採用と電磁反発機構の最適化によって超限流遮断器の実現を果たした。

2.2 新遮断技術

限流性能を極限まで高めるためには、アーク発弧直後から、いかに高いアーク電圧を速やかに発生させるかが最も重要なポイントとなる。

アーク電圧を高めるには、

- (1) アークを伸長させる。
- (2) アークを冷却させる。
- (3) 直列にアークスポットを形成する。

等の方法がある。

“ニューウルトラシリーズ” の超限流遮断器には、上記の

三つの方法を有効に利用する遮断技術が折り込まれている。

(1) アークの伸長

- 電磁反発導体の最適配置による電極の高速開離
- SJ-VJC によるアークの伸長
- 直列 3 点切り遮断 (トリプル ブレーキングシステム)

(2) アークの冷却

- VJC によるアークの冷却
- 細げき (隙) グリッドによるアークの冷却

(3) 直列アークスポット

- 直列 3 点切り遮断
- SJ-VJC によるグリッドの内のアークスポットの強制的形成

図 1 に超限流遮断器の構造断面図を示す。

2.2.1 SJ-VJC

SJ-VJC は、当社独自のアーク制御技術である VJC 技術を更に発展させたものである。VJC とは、電極周辺を絶縁物で覆うことにより、アーク電圧を制御する方法をいう。この VJC 技術を発展させた SJ-VJC 技術とは、下記(1)、(2)によって通過電流せん頭値が小さく抑えられ、遮断時間も短くなり、通過エネルギーを大幅に減少させることができる限流遮断技術のことである。すなわち、

- (1) 開極初期には、VJC によって接点間のアークの足の面積が制限され、アーク陽光柱の断面積が縮小されるため、アーク電圧は高められる。
- (2) 遮断後期には、固定接点のアークスポットが転流用の突起に高速で移り、転流後は突起周囲の VJC によってアークが絞られる。さらに、アークは伸長されてグリッド内に入り、グリッドによって冷却されるとともに、直列にアークスポットを形成されるのでアーク電圧が高く維持される。

2.2.2 トリプル ブレーキングシステム

限流ユニットは、1 極につき 2 点切りの並行反発導体構造

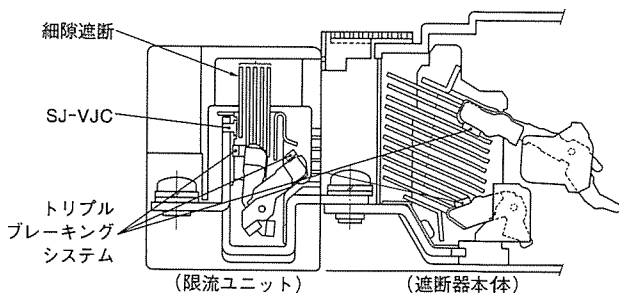


図 1. 超限流遮断器の構造断面

となっており、本体遮断器と合わせると、1極直列3点切り遮断となり、アークスポット数が増し、アーク伸長することによってアーク電圧が大きく高められ、優れた限流性能を得ることができる。

2.2.3 細隙遮断

アーク空間近傍に絶縁材料を非常にせまい間隔で配置することによって、アークの冷却やアークの圧力上昇が効果的に行われるので、アーク電圧が大きく高められ、優れた限流性能を得ることができる。

2.3 電磁反発機構の最適化

今回の超限流遮断器の開発に際し、新技術として可動接触子の運動解析技術を応用して限流ユニットの最適設計を図った。これは、実際の短絡時の可動接触子の運動（機械系）と短絡通過電流、電磁反発力、アーク電圧、通過 $I^2 \cdot t$ などの電気現象（電気系）を忠実に再現するダイナミックなシミュレーション技術を開発したことで実現した。

2.3.1 遮断のメカニズム

短絡発生時の限流ユニットの機械系と電気系の挙動メカニズムを、次のように考えた。短絡通過電流によって可動接触子に電磁反発力が作用し、その力によって可動接触子が開極運動を始め接点が開離する。接点が開離することで接点間に発生するアーク電圧が短絡回路に対して逆起電力として働き、短絡通過電流を減少させる限流効果が起こる。解析の流れを図2に示す。

2.3.2 遮断の理論的解析

次に、図3の解析モデルに対し、以下のように考えた。短絡通過電流は電源電圧・回路抵抗・回路インダクタンス・アーク電圧の基本回路を直流解析法により解き、可動接触子に作用する電磁反発力は接点間と導体部に作用する電磁反発力

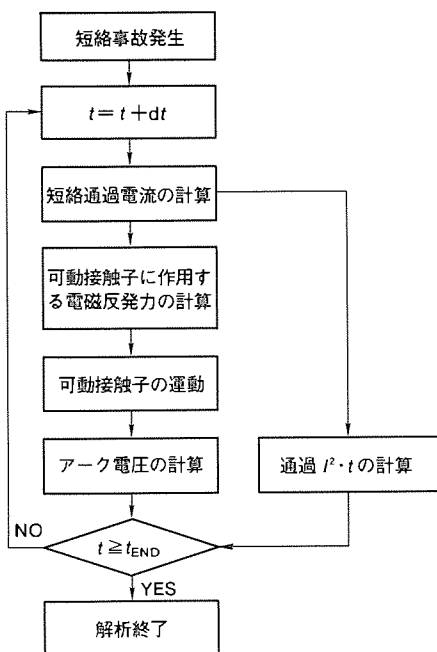


図2. 解析の流れ

の合力を考え、可動接触子の運動はLagrangeの運動方程式により解き、アーク電圧は接点直径・接点間距離・短絡通過電流の関係式と考え、通過 $I^2 \cdot t$ は短絡通過電流の2乗の時間積分として解析した。

2.3.3 シミュレーション結果

アークを伸長させて、高いアーク電圧を得て優れた限流効果を得るには、

- (1) 可動接触子の高速開極
- (2) 接点間距離を長くする

以上2点のことが重要である。

上記(1)の実現には、可動接触子の慣性モーメント、接圧ばね定数を極力小さくする。また、大きな電磁反発力が作用しやすい構造にする。つまり、電磁反発力の作用する可動接触子の導体部の長さを長くする。電磁反発力は、可動接触子と固定接触子の導体間の距離の2乗に反比例することから、可動接触子と固定接触子の導体間距離を小さくする。

上記(2)の実現には、可動接触子が回転運動によって開極する方式では、消弧空間等を考慮すると接点間距離が最長となるのは可動接触子最大回転角が $(1/2) \cdot \pi \text{ rad}$ の時である。したがって、可動接触子最大回転角度は、シミュレーションによって $0 \sim (1/2) \cdot \pi \text{ rad}$ の範囲の中から決定する。

ここで、(1)について、どの因子が可動接触子の高速開極に大きな影響を及ぼすか、適当な基準値の $1/3 \sim 3$ 倍の範囲でパラメータ計算を行って比較した。その結果を図4に示す。

その結果、可動接触子の開極速度には、電磁反発力の作用する可動接触子の導体部の長さ、可動接触子と固定接触子の

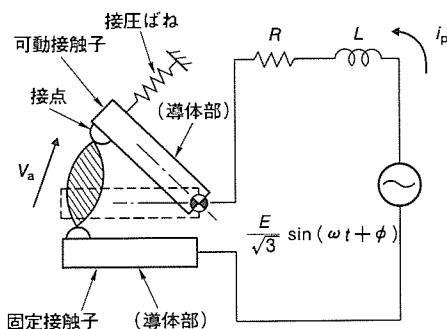


図3. 解析モデル

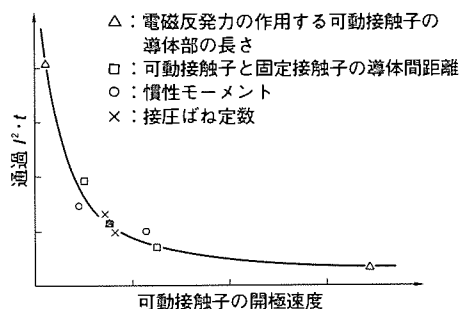


図4. 可動接触子の開極速度対通過 $I^2 \cdot t$

導体間距離、可動接触子の慣性モーメント、接圧ばね定数の順に影響を及ぼすことが判明した。また、可動接触子の導体部の長さについて、通過 $I^2 \cdot t$ について整理したものを図5に示す。

同図から可動接触子の導体部の長さが、通過 $I^2 \cdot t$ の減少に大きな影響を及ぼすことが分かる。

上記(2)については、可動接触子最大回転角度対通過 $I^2 \cdot t$ との関係として図6に示す。

2.3.4 シミュレーション技術の限流ユニットへの応用

シミュレーションの結果をもとに、限流ユニットへの応用を検討した。この構造の特徴は次の2点である。

- (1) 1極当たり可動接触子を2本配置し、2接点切りとすることで可動接触子の開極動作に伴う接点間距離を2倍にし、可動接触子最大回転角度は通過 $I^2 \cdot t$ の減少率が飽和する直前の $(1/4) \cdot \pi \text{ rad}$ とする。
- (2) 電磁反発力の作用する可動接触子の導体部の長さを長くするため、電極の配置を図1に示すように縦形配置とした。

最後に限流ユニットの最適化により、短絡通過電流の限流効果が実際にどのように反映されたか、100 Aフレームを例にとり最大通過電流波高値との関係を図7に示す。

なお、この結果は、限流ユニット単体での結果である。

2.4 超限流遮断のメカニズム

短絡発生から遮断完了までの、超限流遮断器の遮断のメカニズムを図8に示す。また、図9に超限流遮断器 NF225-UR の AC500V 200kA 遮断時のオシログラムを示す。

3. 製品概要

SJ-VJC 等の新遮断技術を採用した限流ユニットを、一般標準タイプの遮断器に接続するという簡単な構造で超限流遮断器を構成し、高い限流性能と世界最大級の遮断容量を、よりコンパクトで経済性に優れた製品で実現した。以下、その超限流遮断器の製品概要について述べる。

3.1 特長

3.1.1 世界最大級の遮断容量 200kA の実現

新遮断技術によって限流性能を極限まで高めることにより、世界最大級の 200kA の遮断容量を達成した。これによって、スポットネットワーク受電方式等の大短絡容量に対しても、余裕をもって対応できるようになった。

3.1.2 優れた限流性能

AC460V での限流特性を、図10、図11に永久ヒューズ

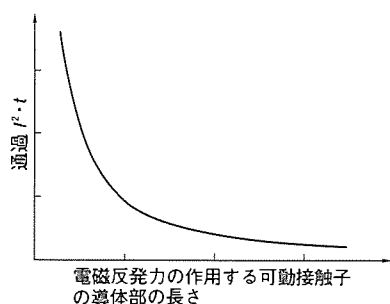


図5. 可動接触子の導体部の長さ対通過 $I^2 \cdot t$

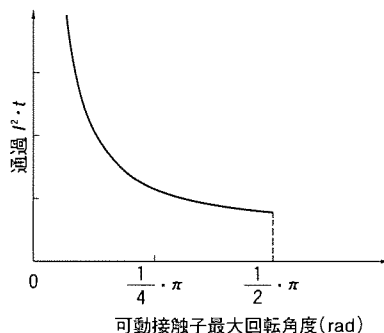


図6. 可動接触子の最大回転角度対通過 $I^2 \cdot t$

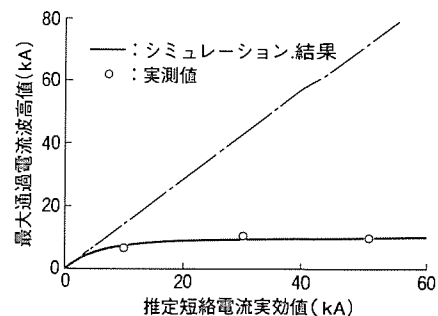


図7. シミュレーション結果と実測値との関係

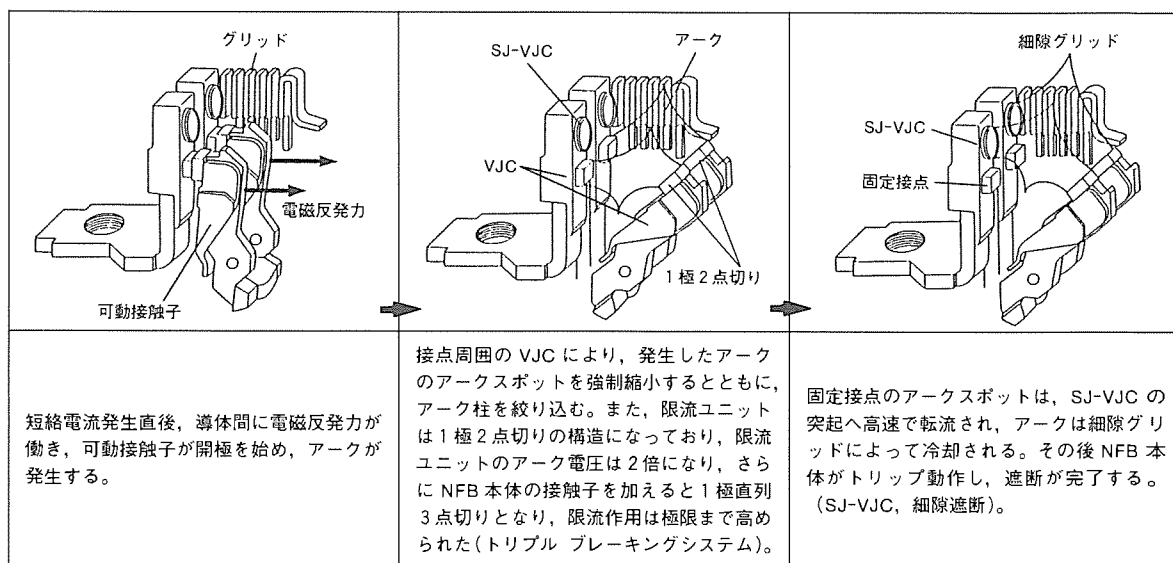


図8. 超限流遮断器の遮断メカニズム

付き遮断器 (NFU225-C, NFU100-C) と比較して示す。
 図10は、最大せん頭電流値 I_p の比較、図11は最大通過エネルギー $I^2 \cdot t$ の比較を示す。限流性能が優れている永久ヒューズ付き遮断器よりも更に向上しており、超限流遮断器の限流性能の優秀さを示している。

(1) カスケード遮断容量の向上

超限流遮断器をカスケード遮断方式のバックアップ遮断器として使用することにより、分岐回路のカスケード遮断容量を大幅に向上させることができ、経済的なシステムを組むことができる。図12に超限流遮断器 NF225-UR と経済品タイプ NF100-CS の例について示す。従来機種の永久ヒューズ付き遮断器 NFU225-C に比べて超限流遮断器 NF225-UR を使用することで、50kA から 125kA に向上する。表1に、AC460V の場合の超限流遮断器カスケード遮断組合せ一覧表を示す。被バックアップ遮断器の遮断容量が大きく向上していることが分かる。

(2) 選択遮断領域の拡大

分岐回路に超限流遮断器を使用することで、選択遮断領域が拡大し、給電の信頼性がより増すようになる。図13に、NF1200-SS と NF225-US の例について示す。NF225-US を使用することで、従来の NF225-RB に比べて 30kA から 85kA まで拡大する。表2に、AC460V の場合の超限流遮断器選択遮断組合せ表を示す。

3.1.3 新 IEC の適合と $I_{cs} = 100\% I_{cu}$ の実現

配線用遮断器の国際規格 IEC が新しくなり、IEC157-1 から IEC947-2 に変更された。遮断性能に関する主な変更点は、 I_{cu} と I_{cs} の表示である。 I_{cu} は、Rated ultimate

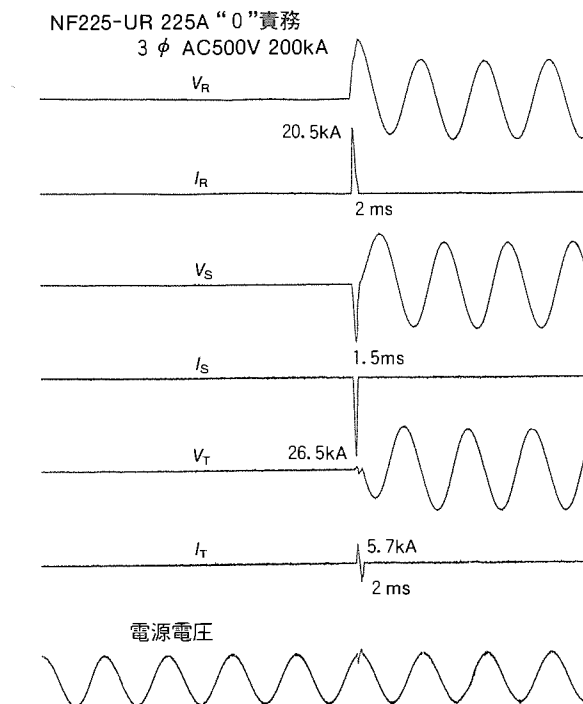


図9. NF225-UR 遮断オシログラム

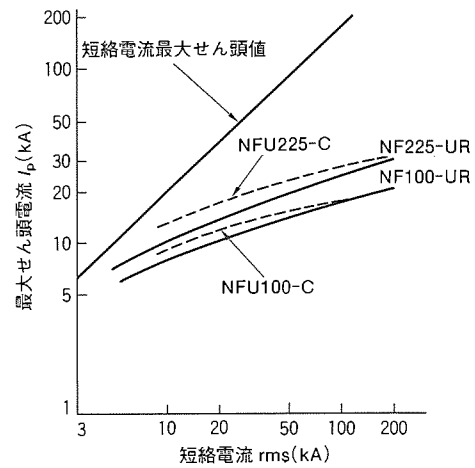


図10. 通過電流せん頭値特性 (AC460V の場合)

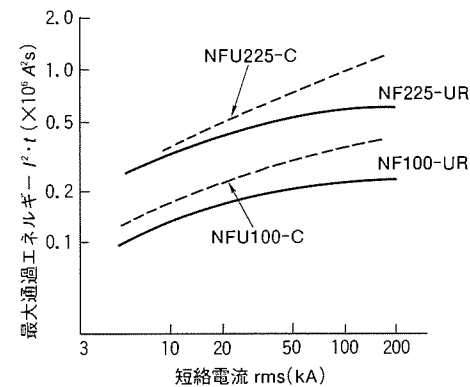


図11. 通過 $I^2 \cdot t$ 特性 (AC460V の場合)

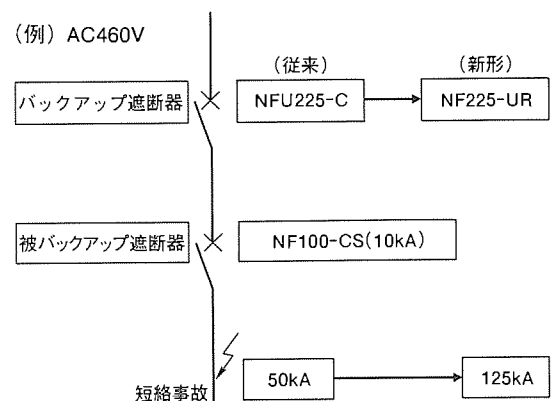


図12. カスケード遮断容量の比較

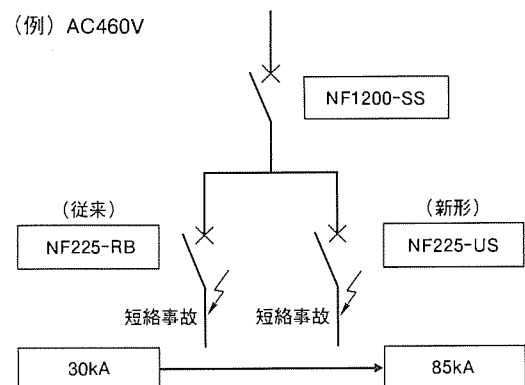


図13. 選択遮断領域の比較

表 1. 選択遮断組合せ一覧(AC460V の場合)

主 回 路		電 子 式 N F B								限流選択ブレーカ	
		NF225-SE	NF400-SE	NF600-SE	NF800-CS	NF800-SS	NF1200-SS NF1600-SS	NFE2000-S NFE3000-S	NFE4000-S	NFU600-C (TDつき)	NFU800-C (TDつき)
分岐 回路遮断器	単体遮断容量 (kA)	50	50	50	35	50	85	85	85	170	170
超 限 流 遮 断 器 ニ ュ ー ウ ル ト ラ シ リ ー ズ	NF30-US	50	10	20	50	35	50	50	50	125	125
	NF50-UC	50	10	20	50	35	50	50	50	125	125
	NF50-US	125	10	20	50	35	50	85	85	125	125
	NF50-UR	200	7.5	18	42	35	50	85	85	170	170
	NF100-UC	50	5	14	25	25	50	50	50	170	170
	NF100-US	125	5	14	25	25	50	85	85	170	170
	NF100-UR	200	7.5	18	42	35	50	85	85	170	170
	NF225-UC	50	—	7.5	12	12	25	50	50	170	170
	NF225-US	125	—	7.5	12	12	25	85	85	170	170
	NF225-UR	200	—	7.5	14	14	30	85	85	170	170

表 2. カスケード遮断組合せ一覧(AC460V の場合)

バックアップ遮断器 単体遮断容量 (kA)			超 限 流 遮 断 器					
			NF100-UC	NF100-US	NF100-UR	NF225-UC	NF225-US	NF225-UR
被バックアップ遮断器			50	125	200	50	125	200
S シ リ ー ズ	NF30-SS	2.5	20	35	125	20	35	50
	NF50-SS	7.5	50	125	125	35	50	50
	NF50-SH	10	50	125	125	35	50	50
	NF50-HR	30	50	125	200	50	125	200
	NF100-SS	22	50	125	200	50	125	200
	NF100-SH	42	50	125	200	50	125	200
	NF225-SS	25	—	—	—	50	125	200
	NF225-SH	42	—	—	—	50	125	200
C シ リ ー ズ	NF50-CS	2.5	20	35	125	20	35	50
	NF100-CS	10	50	125	200	35	50	125
	NF225-CS	15	—	—	—	50	125	200
K ・ BH	265V 以下 BH-K BH-P	2.5	50	125	200	—	—	—
	BH-K* BH-K100	2.5	50	125	200	—	—	—

注 *は 2, 3 極の40, 50A の場合である。

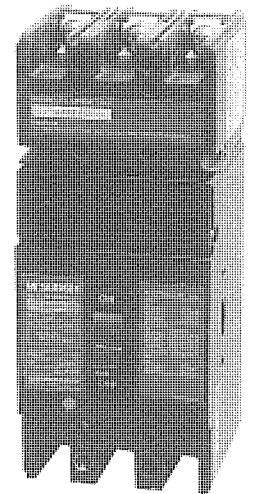


図 14. NF100-UR の外観

short-circuit breaking capacity (定格最大短絡遮断容量) で、従来の P-1 (0-C0) に相当するものである。 I_{cs} は、Rated service short-circuit breaking capacity (定格サービス短絡遮断容量) で、従来の P-2 (0-C0-C0) に相当するものであるが、短絡試験後の温度上昇が新しく規定されており、より厳しいものとなっている。 I_{cs} は、 I_{cu} の 25%, 50%, 75%, 100% の値が推奨されている。超限流遮断器は、 I_{cs} の値と I_{cu} と同一にし、 $I_{cs} = 100\% I_{cu}$ を実現している。これは、超限流遮断器が性能及び信頼性が高いかを証明するものである。

3.1.4 アークスペース“ゼロ”の実現

電源側の端子部に排気孔はなく、アークガスを排出しない構造になっており、AC460V 以下ではアークガスに対しての絶縁距離(アークスペース)をとる必要はない。このため信頼性が向上し、盤スペースの縮小が図れるというメリット

がある。

3.2 シリーズ構成

超限流遮断器は、遮断容量によって UC, US, UR と三つのシリーズ構成としており、選定しやすいものになっている。図 14 に、超限流遮断器 NF100-UR の外観写真を示す。

4. む す び

当社は、永久ヒューズや VJC 技術等の独自技術開発にみられるように、配線用遮断器の基本機能である遮断技術の向上にたえず努めている。そうした永年の遮断技術の蓄積によって、超限流遮断器を開発することができた。

超限流遮断器は、給電の信頼性向上や、配電システムの巨大化などの配電システムの課題解決に大いに貢献できる製品と確信している。

エキスパートシステムの自動列車運転装置への適用

池田博昭* 落合 統*

1. ま え が き

最近のマイクロコンピュータ技術の発展によって、鉄道車両の分野でもインテリジェント化が急速に進みつつある。列車に搭載される機器は、単に高性能であるというだけでなく、高機能・多機能化され、より柔軟に動作するものが求められてきている。自動列車運転 (ATO) 装置も、正確な列車の運転といった点から、乗り心地や省エネルギー等を加味した、より高度な運転方式の実現に重点がおかれるようになってきた。こうした要求を満足し、しかも高い信頼性を持ったシステムとして実用化を図るために、“自動運転エキスパートシステム”を ATO 装置に組み込んだ。

“自動運転エキスパートシステム”は、熟練運転士のように柔軟かつ的確な判断による列車の運転を目指すもので、運転制御に関するきめ細かな知識を蓄えた“知識ベース”と、走行状態に応じて知識を選択し、前向き推論によって制御指令を決定する“推論エンジン”を中核として構成される。従来の自動運転では困難であった特殊条件下での制御も、対応する知識を追加することでうまく適合し、あらゆる局面において最適な運転制御方式が選択できる。

このシステムは、神戸新交通六甲アイランド線向け ATO 装置に適用され、1990 年 2 月の開業以来、順調に営業運転されている。従来方式の列車に比べ、乗り心地の向上等に高い評価を得ている。本稿では、システムの概要とエキスパートシステムの中心部である知識及び推論エンジンの動作について紹介する。

2. 自動運転システムの概要

六甲アイランド線向け車両は、“六甲ライナー”と呼ばれ、コンピュータで制御される完全無人の自動運転システムである。無人運転システムでは、従来乗務員が実施してきた様々な操作をコンピュータが代行する。こうした操作は、列車運転のほかに、ドア・室内灯・案内放送・空調等、多岐にわたっている。“六甲ライナー”では、ATO 装置が列車のインテリジェントな中枢部であり、これらの機器に対する制御指令を一括して出力している。したがって、列車の運転制御機能のみの通常の ATO 装置に比べると、システム規模はかなり大きいものとなる。また、ATO 装置は、自身の故障で運行に支障をきたすことのないように、完全な二重系で構成されている。万一、1 系が故障した場合は、直ちに 2 系側に制

御が切り替わり、そのまま通常の運転を継続することができ。ATO 装置の外観を図 1 に示す。

ATO 装置を中心としたシステム構成を図 2 に示す。ATO 装置は、車上を統括するインテリジェントな制御系であるが、一方地上側には上り／下りの全路線にある列車群を統括管理する運行管理装置がある。運行管理装置は、運行ダイヤに従って路線にある各列車の出発を制御している。ATO 装置は、出発指令を受取ると次駅までの走行を自動的に開始する。また、同時に車上の制御状態情報が地上側に伝送される。このように、地上と車上間は無線伝送回線によって密接にリンクされており、路線全体が一つのシステムとして有機的に動作するように、効率的な機能分散方式が採用されている。

3. 列車の走行制御

3.1 ATO 装置による走行制御

ATO 装置の基本機能である駅間の走行制御について述べる。ATO 装置は、地上からの出発指令に従って走行制御を開始する。走行中は、常に自動列車制御 (ATC) 装置による速度制限を受ける。この制限速度を越えて走行すると、ATC 装置によって自動的にブレーキがかかり、制限速度以下まで列車の速度を低下させる。したがって、ATO 装置はこの制限速度を越えない範囲で、できるだけ速く円滑に走行させようとする。駅に近づくとき減速を開始し、定められた停止点に停止させる。駅側にはホームドアが設けられており、車両のドアと位置がずれると開けることができない。このため、目標停止点に対しては正確に停止させる必要がある。図 3 に一般的な駅間走行の列を示す。

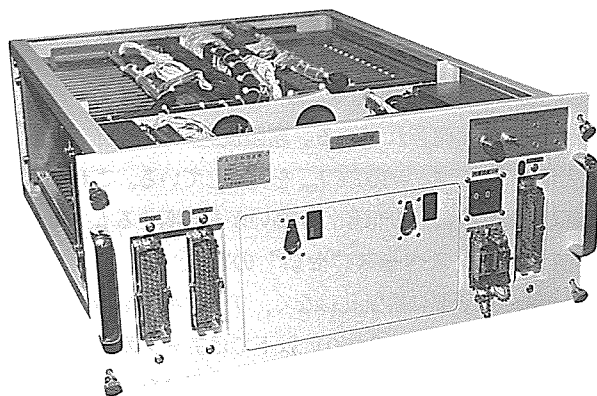


図 1. 自動列車運転装置の外観

3.2 走行制御に適した制御方式

列車の運転操作としては、マスコン力行ノッチあるいはブレーキハンドルの扱いが主であり、さほど複雑な操作ではない。しかしながら運転士は、運転状況に応じて“的確に”操作することで、列車をより速くしかも乗り心地良く運転している。熟練運転士ほど判断が的確で無駄な動作が少ない。操作は、“1秒間に等間隔で3ノッチ進段させる。”といった機械的正確さは必要とされない。すなわち、列車の運転では、操作の厳密さよりも状況判断能力がより重要な要素であると

いえる。

また、単一のPID制御（比例・微分・積分制御）によって速度追随制御を行おうとすれば、過渡期にオーバーシュートやアンダーシュートが発生してしまう（図4参照）。これに対し制御区間を、立ち上がり区間、過渡区間、定速区間に分割し、各区間ごとに制御方式を変えれば比較的容易に円滑な追随制御が実現できる（図5参照）。

すなわち、すべてのケースに適用できる万能で複雑な制御方程式を解いて制御していくよりも、制御の条件を細分化し、

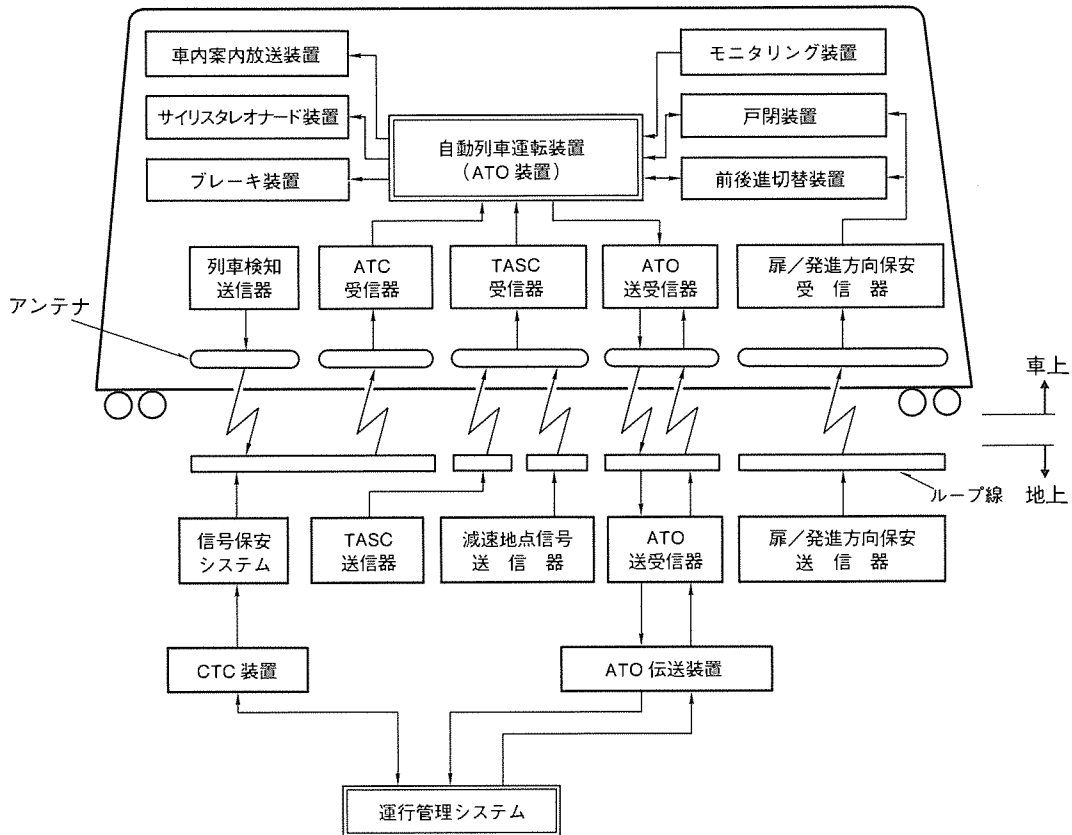


図2. 自動運転システムの構成

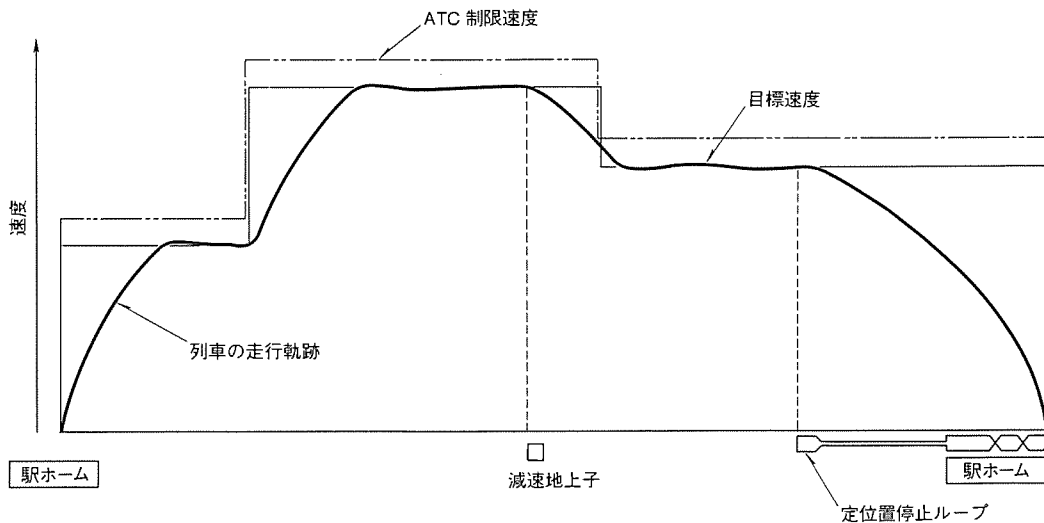


図3. ATOによる駅間走行例

その状況に適合した単純な制御方式を選択していく方がうまく制御できる。

以上から、列車の走行制御についていえば、高度な制御演算能力よりも、状況判断能力に優れ、状況に応じた操作が的確に選択できる方式がより有効であるといえる。

3.3 エキスパートシステムによる走行制御

状況判断によって操作方法を選択していく、といった人工知能的手法に適した方式として、ルールベース型のエキスパートシステムがある。運転士は、“速度が出過ぎたのでノッチを少し戻そう。”といった判断操作を行っている。ルールベース型システムでは、こうした判断操作を、

IF (制御条件) THEN (制御手順)

のように一般化されたルールの形で表すことができる。“速度が出過ぎた。”が制御条件に、“ノッチを少し戻す。”が制御手順に相当する。操作が運転士の合理的な判断に基づく以上、すべての判断操作をルールの形で表現することができる。的確な判断を行うということは、制御条件で示される状況認識にちょうど適合するものが存在するということである。また、ルール次第で制御条件は十分にきめ細かく規定できる。状況認識が細分化されれば制御すべき状況が限定でき、制御手順をより単純化することができる。

このシステムでは、すべての運転操作をルールの形で知識として蓄えておき、この知識に基づいた状況判断によって列車を運転していく。したがって、システムの成否はいかに有効な知識が獲得できるかにかかっている。

4. 知識ベースの生成

4.1 走行モードの分類

知識を作成する前提として、まず走行制御の内容を時系列的に分析し、走行状態に応じた幾つかの走行モードに分割する。例えば、出発後の加速を行う“加速モード”，加速から定速に移行する“加速緩和モード”，一定速度で走行する“定速モード”等である。各走行モードが基本的な制御単位となり、知識は走行モードごとにまとめて作成される。制御方式をできるだけ単純化するために、複雑な走行モードがあれば更に分割していく。ちなみに、制御が難しい定位置停止制御区間では、四つの走行モードに分割している。

4.2 知識のルール化

走行モードごとに順次運転状況を想定し、そこで行われる判断処理をルール化していく。例えば、“定速モード”の中で“目標速度をやや超過し、しかもまだ加速中であれば、ノッチを少し戻す。”という運転操作があれば、これをルールの形で次のようにまとめる。

IF (条件Aかつ条件B) THEN (手順A)

条件A：速度が目標速度以上かつ目標速度
+ V 以下である。

条件B：加速度が $A_1 \leq a < A_2$ の範囲にある。

手順A：ノッチを n ステップ戻す。

判断操作が必要な制御条件はすべて洗い出し、ルール化する。通常の運転操作のみでなく、考える異常ケースも可能な限りルール化しておく。例えば、“急激な減速度検知は滑走発生とみなし、ノッチをやや戻す。”等である。これにより、通常は発生しない大きな外乱（例えば、一瞬非常ブレーキが動作）により、制御が乱された場合でも、あらかじめ想定しておけば状況に応じた適切な回復操作を行うことができる。

4.3 判断ロジック

獲得されたルールは、走行モードごとに判断ロジックの形にまとめる。判断ロジックは、制御条件の各要素と制御手順との関係を論理記号によって示したもので、ルールが客観的な図形として表現される。論理記号としては、積・和・否定・分配の四つの基本記号を用いる。一つの走行モード内にあるすべてのルールは、一つの判断ロジックとしてまとめる。

4.2節の例では、条件Aと条件Bが論理積で結合され、手順Aに接続される。これを他のルールと組み合わせて判断ロジックにした例を図6に示す。同一走行モード内であれば運転状況は似通っており、ルール間で条件項目及び手順項目の内容が共通に現れる場合がある。判断ロジック上では、同一項目は共通にまとめるため、全体として無駄のないコンパクトな形になる。

判断ロジックができた段階で論理に矛盾や漏れがないかを点検する。すべての制御条件において、一つの走行モード内では、ただ一つの手順が選択されるか、いずれの手順も選択されないかのどちらかであり、複数の手順が同時に選択されることのないように論理を点検する。走行モードごとにまとめられた判断ロジックが、知識データとして知識ベースに記憶される。

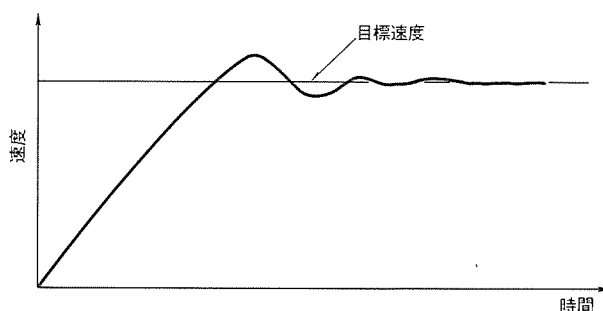


図4. 単一制御方式による応答

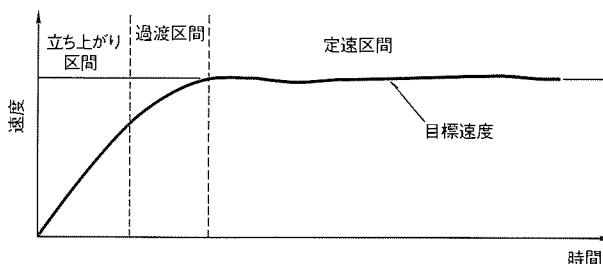


図5. 区間別制御による応答

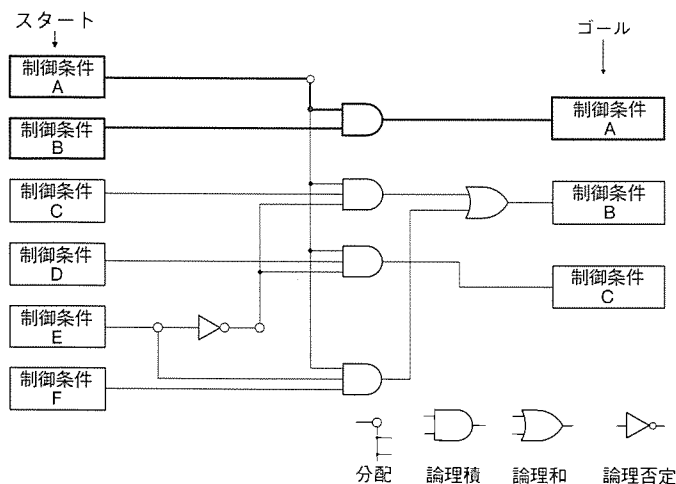


図 6. 判断ロジックの例

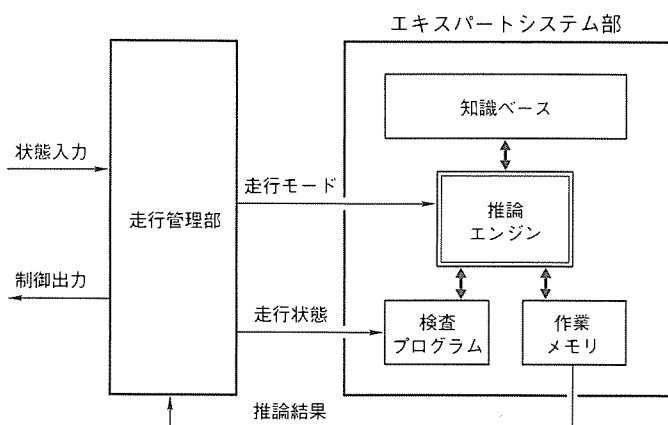


図 7. 自動運転エキスパートシステムの機能ブロック

5. 自動運転エキスパートシステムの動作

5.1 エキスパートシステムの構成

ATO 装置内で走行制御を実行する“自動運転エキスパートシステム”部の機能ブロックを図 7 に示す。全体は、走行管理部とエキスパートシステム部（以下“エキスパート部”という。）とに分かれる。走行管理部は、装置の外部環境とエキスパート部との間に位置し、これらの境界を取り持つ。走行管理部は外界の情報を入力し、エキスパート部が認識できる形に加工して渡す。また、走行管理部は走行状態を常に監視しており、その時点での走行モード種別をエキスパート部に通知している。走行モードが遷移した段階で、直ちに新たな走行モードをエキスパート部に通知する。エキスパート部は、指定された走行モード内の知識に基づいて推論を実行すればよいので応答が速く、実時間制御に十分対応することができる。エキスパート部は、推論結果を制御手順として走行管理部に通知する。走行管理部は、指定された制御手順を実行することで、実際の走行制御出力が行われる。

エキスパート部は、推論エンジン、知識ベース、検査プログラム、作業メモリで構成される。推論エンジンが推論を実行する中心機能部である。知識ベースには、走行モードごと

の判断ロジックが記憶されている。推論エンジンは、列車の走行状態に基づき判断ロジックの内容を評価し、結果を作業メモリに記憶する。判断ロジックで規定される制御条件については、条件の判定を検査プログラムを用いて行っている。検査プログラムは、走行管理部から実時間で列車の状態情報を入力し、指定された制御条件の判定を行う。例えば、“列車の減速度が $A_1 \leq \beta < A_2$ の範囲にある。”といった制御条件に対し、列車の実際の検知減速度を走行管理部から取り出し、条件を満たせば“真”を、満たさなければ“偽”を値として返す。作業メモリには、推論の途中経過及び最終結果が記憶される。したがって、走行管理部は推論結果を作業メモリ経由で取り出す。

5.2 推論の実行

推論の実行は、判断ロジックを評価することで行われる。判断ロジックは、スタート・論理積・和・否定・分配・ゴールの 6 つの要素からなる。スタートが個別の制御条件要素に相当し、ゴールが制御手順に相当する。推論の実行によってスタート要素から順に、ゴールに至るすべての要素が評価されていく。実際の推論は、要素間の値の伝搬という形で実行される。スタート要素の値は、検査プログラムにより与えられ、次の接続要素に値を伝播する。値は、“真”か“偽”かのいずれかである。各要素は、入力端子に値が伝搬されてくると論理演算を行い自身の値を得る。得た値は、さらに次に接続される要素に伝播される。値が常に先に伝播していくことから、前向き推論といえる。走行制御は、その時点の状態に応じた実時間制御であり、高速応答が得られる前向き推論が適している。

判断ロジック上のすべての要素の値が確定した時が、推論の終了となる。1 回の推論に要する時間は 50ms 以下であり、十分に実時間制御を実施することができる。推論の成果は、唯一真となったゴールによって制御手順が決定することである。判断ロジックは、唯一のゴールだけが真となるように論理構成されており、真となったゴールの制御手順が実行される。複数のゴールが真となることはないが、すべてのゴールが偽となることはある。この場合は、いずれの制御手順も実行されず、結果としては前推論サイクルの制御状態が維持されることになる。

5.3 走行制御の実施例

走行間制御は、詳細なルールの組合せであり、これを端的に表現することは難しいが、図 8 に定速走行区間での制御例を、図 9 に定位置停止区間での制御例を示す。

6. システム導入の効果

実際に六甲アイランド線に適用した結果、全線にわたり高い表示速度を保ちながら、非常に乗り心地の良い走行制御が実現できた。以下、特長的な制御区間の動作と導入効果について述べる。

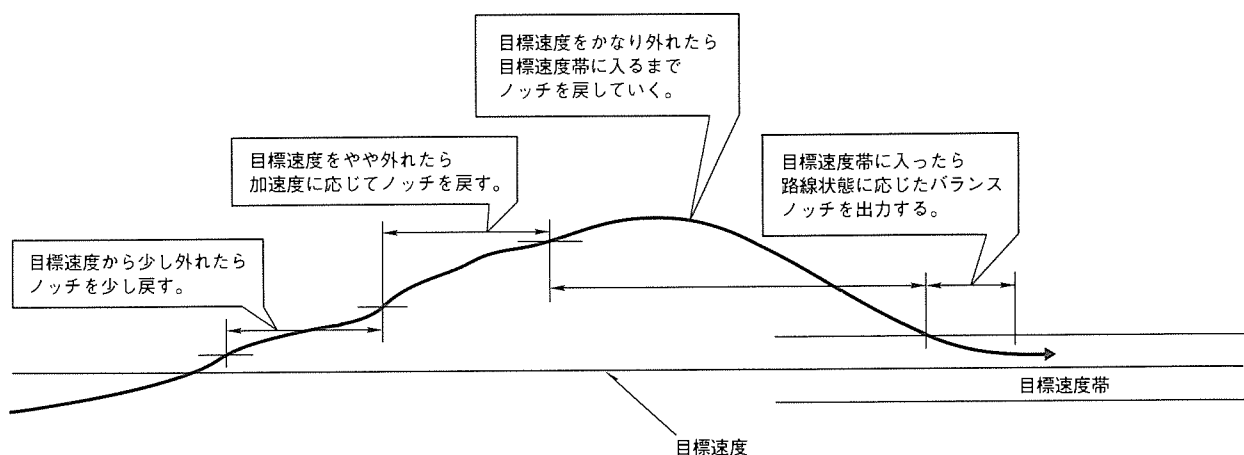


図 8. 定速走行の制御例

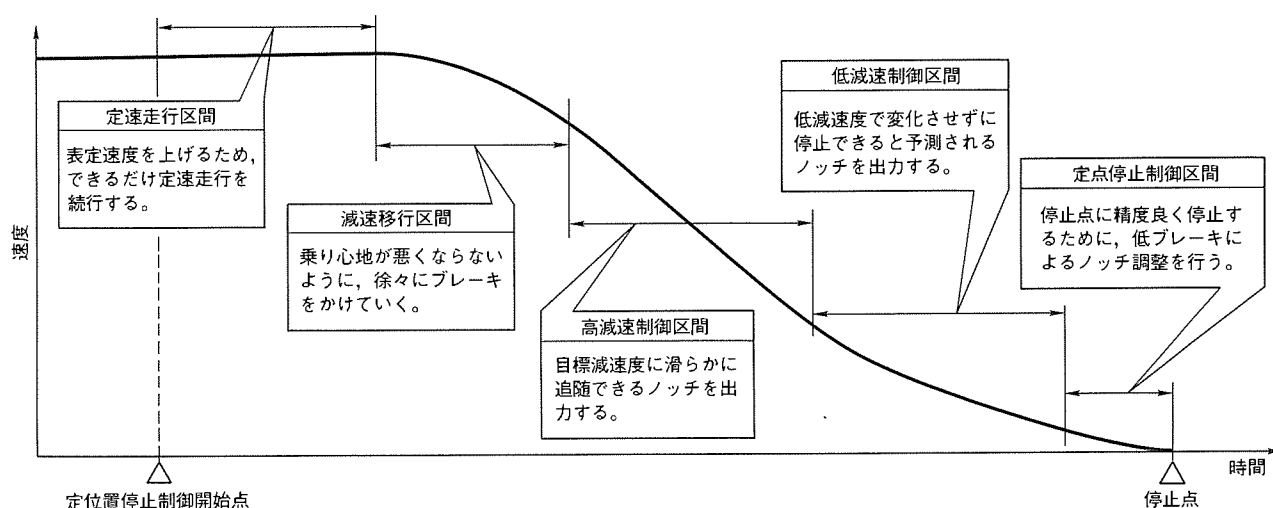


図 9. 定位置停止の制御例

(1) 駅間走行制御

定位置停止制御区間では、四つの走行モードに分割し、モードごとにきめ細かな制御を行ったため、とくに相反する事項である乗り心地と停止精度(図10参照)の向上が合わせて実現できた。また、58%にもなる急こう配での制御もうまくこなしている。従来方式では、こうした最急こう配に対応できるように調整すれば、通常区間では制御ゲインが高すぎて乗り心地を害するといった結果になりがちであった。また、外乱によって通常制御範囲を外れた場合は、外れ方に合わせた制御手順を適用しているため、異常時の回復機能が大幅に改善された。

定速走行区間では、路線に応じた均衡ノッチの出力が適切に行われるため、ノッチの変化が非常に少ない走行が実現できた。

図11に駅間走行データを示す。

(2) 試験調整期間の短縮

以下に示す効果により、現車での試験調整期間が短縮できた。

- 知識が客観的に表現されているため、変更箇所を的確に

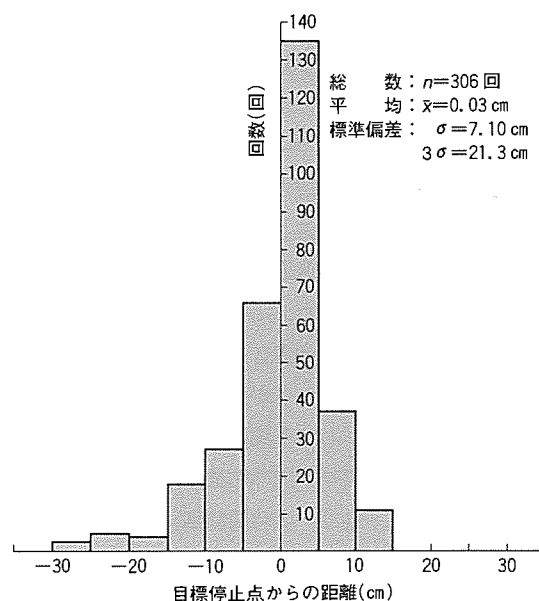


図 10. 停止精度

把握することができる。

- 知識の変更はデータの変更となり、プログラム手順に比

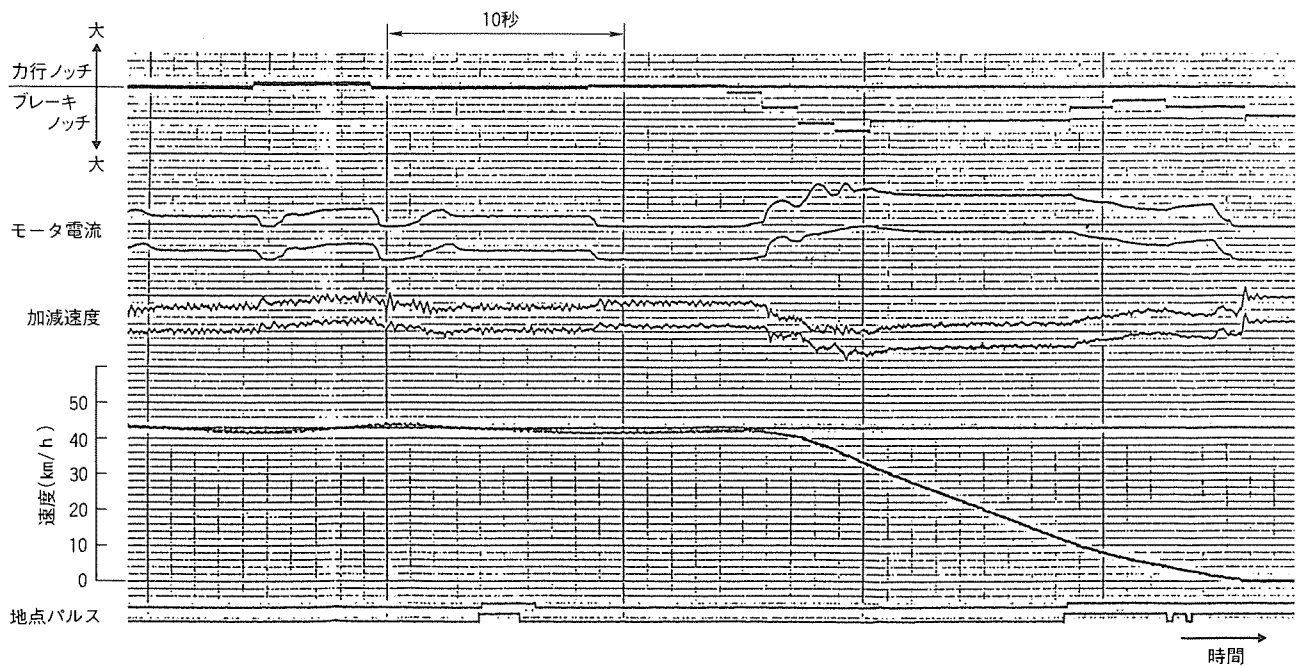


図 11. 駅間走行データ

べ、変更が容易であるばかりでなく、間違いの入る余地が少ない。

- ・制御条件が限定されているため、不具合部分のみを独立して変更することができ、他に副作用が出ない。

7. 知識獲得の方法

今回、走行制御の知識の抽出は、従来のATO装置の開発で培ったノウハウ、運転を想定したシミュレーション、運転士の操作の観察、などから行った。これにより、実用上必要な知識は得られたと考えるが、知識は客観的なノウハウとして蓄積していくことが可能であり、さらに充実させて行くつもりである。今後、他の路線に適用する場合は、該当路線の熟練運転士からの聞き取り調査を行えば、その路線によって適した知識が得られる可能性は十分ある。この調査は運転士が無意識に行っている判断をいかに聞き出すかがポイントとなろう。

8. む す び

以上、エキスパートシステムを適用したATO装置の概略を述べた。今後、多様化の進むATO装置に積極的に適用していく予定である。知識の取捨選択により、システムの標準化を図りつつ優れた制御方式を展開していくことが可能となった。また、走行制御のみでなく更に幅広い適用を進めており、列車のインテリジェント化の要請に伴い応用範囲は確実に拡大していくであろう。

参 考 文 献

- (1) 小山敏夫：神戸新交通六甲アイランド線の施設と車両，電気車の科学，42，No.11，42～45，No.12，39～44（1989）
- (2) 田結庄博之，磯田昌好：神戸新交通六甲アイランド線用車両，車両技術，No.189，77～89（1990）

三菱 EWS “ME シリーズ” ME250/250FX

小嶋滋弥* 大川裕利* 川口隆司*

1. ま え が き

企業にとって、研究・開発の質と生産性の向上は極めて重要な課題であり、その解決策として近年エンジニアリングオフィスシステム（以下“EOS”という。）の構築が盛んである。エンジニアリングワークステーション（以下“EWS”という。）は、《EOS》内でCAD用端末、個人専用ワークステーション、各種I/Oサーバ等として活用され、中心的役割を果たしている。EWSが《EOS》の中で数多く用いられるのは、EWSが高性能・低価格化し、ネットワーク性能・機能に優れ、《EOS》内での処理の分散化に適している等の利点があるためと考えられ、今後もこうしたユーザーのニーズはますます増大していくと思われる。

当社のEWS“MEシリーズ”は、まずME100/200/400が、さらに浮動小数点演算を強化したME200FX/400FXが製品出荷されている。これらは、Industry Std.（工業標準）、Defacto Std.（業界標準）を取り入れ、ソフトウェア財産の蓄積、流通ソフトウェアの活用をすることで生産性の強化を図っている。

今回開発したME250/250FXもMEシリーズのモデルとしてこの考え方に立ちつつ、さらに高機能・小型・低価格化を図ったもので、その製品概要、技術的特長及び実現方法について紹介する（図1）。

2. 開発のねらい

MEシリーズは、ハードウェア、基本ソフトウェアを世界の標準化動向に沿ったアーキテクチャとしている。その基盤は、Industry Std./Defacto Std.をもとにしており、MEシリーズではこれを“標準プラットフォーム”と呼んでいる（表1）。

今回のME250/250FXの開発も、この標準プラットフォームを守りながら、多様化するEWSの用途のうち、次に述べるような利用分野をねらい開発を進めた。

《EOS》に配備されるEWSの用途と、既に製品出荷しているME100/200/400の対応は次のとおりである。

- (1) CAD用ワークステーションで、特に高いグラフィック性能を必要とするもの（→ME400）
- (2) ファイルサーバ、プリンタサーバ等I/Oの制御、また他のネットワークとのインタフェースを制御するもの（→ME200）

- (3) 個人専用ワークステーションとして設計業務を支援するもの（→ME100/200）

また、ME250/250FXと同時に製品出荷を開始したM350は、ME400とME200の中間に位置し、上記(2)のサーバへの利用を中心とし、(1)のCAD用ワークステーションへの利用もねらったものである。さらに、浮動小数点演算の高速化をねらって、ME200FX/350FX/400FXをシリーズに加えている。

今回開発したME250/250FXは、シリーズの中で特に上記(3)の個人専用ワークステーションとしての最適化をねらったもので、従来ME200でカバーしてきた分野の後継機である。したがって、ME200の機能を完全に包含する必



図1. ME250/250FXの外観

表1. 標準プラットフォーム

CPU	MC68030, 68881/2(FPP)
O S	UNIX*1 System V R3.0+4.3BSD(TCP/IP)
言語	C, FORTRAN 77
日本語	JAE(Japanese Application Environment)
ウインドウ	Xウインドウ
ネットワーク	Ethernet*2 (TCP/IP)
分散	NFS*3 (Network File System)
グラフィックス	G K S
インタフェース	SCSI, RS232C, セントロニクス*4 IF, VMEバス, GP-IB

注 *1 “UNIX”はAT&Tのベル研究所が開発したオペレーティングシステムでAT&Tがライセンスしている。

*2 “Ethernet”はXerox社の登録商標である。

*3 “NFS”はSun Microsystems社が開発したソフトウェアである。

*4 “セントロニクス”はセントロニクス社の登録商標である。

要があり、さらに個人専用で机上に設置されることを想定し、特に次の4点を実現すべく開発に当たった。

- (a) 徹底した小型化で、机上に設置しても圧迫感のないもの
- (b) 個人一端末の普及をねらった低価格化
- (c) ユーザーニーズに応じた高性能化、具体的には、
 - ・基本演算性能の向上
 - ・浮動小数点演算性能の向上 (ME250FX)
- (d) 用途に合った表示 (16色/256色) の選択ができることである。

3. MEシリーズの概要

ME100/200/400 から、今回の ME250/250 FX までの ME シリーズ各機種のパフォーマンス/出荷時期を図2に示す。また、各機種のハードウェア諸元を表2に示す。

4. ME250/250 FX

4.1 特 長

MEシリーズの中にあって、ME250/250 FX の主な特

長を以下に記す。

(1) 小型・軽量・低価格

きょう(筐)体の高さ69mm、重量8.4kg という薄型/軽量化を次のことによって実現した。

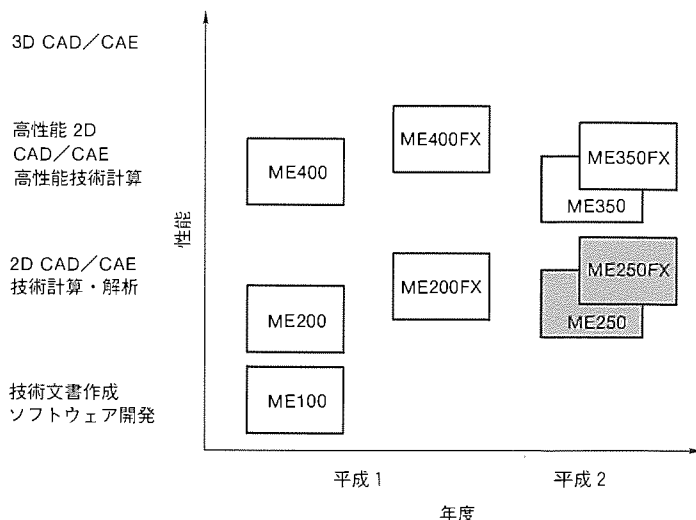


図2. MEシリーズ性能/出荷時期

表2. MEシリーズ各機種のハードウェア諸元

項目		モデム		ME100	ME200 ME200FX	ME400 ME400FX	ME350 ME350FX	ME250 ME250FX				
基本 本 構 成	CPU (クロック)		68030 (16.67MHz)		68030 (20MHz)		68030 (25MHz)					
	FPP (クロック)		68881 (16.67MHz)		68881 (20MHz)		68882 (25MHz)					
	FPA (クロック)		—		3168—BRD (FX) (20MHz)		3168—BRD (FX) (25MHz)					
	主メモリ		4Mバイト(基本) 16Mバイト(最大)			8Mバイト(基本) 32Mバイト(最大)		4Mバイト(基本) 16Mバイト(最大)				
	キャッシュメモリ		—		—		64Kバイト		—			
	表示 制御	解 像 度		1,280×1,024 ドット								
		CRT サイズ		モノクロ17インチ		カラー16インチ(基本)/20インチ						
		同時表示色		モノクロ		16色		256色		16色(基本)/256色		
		グラフィックエンジン		—		—		○		—		
	ディスク	FXD		5インチ88Mバイト(基本)/169Mバイト			5インチ169Mバイト (基本)/320Mバイト		3.5インチ200Mバ이트			
FDD		3.5インチ 1Mバイト				3.5インチ 1Mバイト/1.4Mバイト						
入力装置			JISキーボード、マウス、又はタブレット									
基本入出力 インタフェース			SCSI, RS232C×2, セントロニクス, LAN									
入出力スロット (VME)			DL×1 SL×1			DL×3 SL×1		DL×1 SL×1		—		
オプション 装置	増設 FXD		140Mバイト/320Mバイト, 最大 3 台									
	増設 FDD		5.25インチ1Mバイト又は 8 インチ1Mバイト							—		
	カセットMT		155Mバイト(内蔵又は外置)							155Mバイト(外置)		
	入出力制御／ 通信制御		SCSI/GPIB/RS232C/Vインタフェース/X.25インタフェース/イメージリーダ・プリンタ 制御装置/圧縮伸張制御装置/インテリジェント通信制御装置							—		
筐	体(mm)		440(W)×360(D)×133(H)			185×620×500		440×360×133		428×360×69		
用	途		ソフトウェア開発簡 易サーバ用		汎用 EOS ワークス テーション		高機能 CAD 用ワー クステーション		高機能 CAE 用サー バ用		個人専用 EOS ワー クステーション	

注 DL:ダブルロング, SL:シングルロング

(a) 制御論理の大部分を新規開発の LSI で実現するとともに、PCA の部品実装を面実装化することにより、CPU /メモリ/入出力制御のすべてを A 4 サイズのカード 1 枚に集約した (図 3)。また、この制御論理の LSI 化により、大幅に部品点数を削減した。

(b) 内蔵デバイスとして、3.5 インチ 200M バイトの固定ディスクと、3.5 インチ フレキシブルディスクを採用した。

(2) 高性能化

CPU は、ME シリーズに共通のモトローラ社の MC68030 を採用、浮動小数点演算プロセッサ (FPP) は、同じくモトローラ社の MC68882 を採用している。動作周波数は、25 MHz で、ME200 より更に性能向上させている。また、浮動小数点演算の強化のため、ME200FX/400FX と同様に浮動小数点演算アクセラレータ (FPA) を搭載した ME250FX を用意した。

さらに、内蔵ディスクは 200M バイトで、ME200 より更に大容量を実現している。

(3) 専用カスタム LSI の開発

I/O デバイス制御、内部バス制御用に CMOS ゲートアレーの専用 LSI を 2 品種開発し、3 石搭載している。さらに、ディスプレイ制御用にも同じく CMOS ゲートアレーの専用 LSI を 2 品種開発し、2 石搭載している。

4.2 ME200 との比較

ハードウェアの実装から見た ME250 を現行機 ME200 と比較すると次のようになる。

(1) 専用カスタム LSI の開発及び部品の面実装化により、必要なプリント基板 (PWB) 面積が、全体で ME200 の 1/3 近くになり、CPU カード (CPU+メモリ+I/O 制御) は A 4 サイズ、ディスプレイ制御カードは A 4 の約 1/3 サイズで実現できている。

(2) 内蔵するデバイスは、特に固定ディスクについて 3.5 インチを採用したため、薄型筐体に納めることができた。

(3) 電源容量は、専用カスタム LSI の搭載で少なくて済み、ME200 の 1/2 以下となり、低消費電力を実現できている。

(4) 全体として、筐体の体積は ME200 の約 1/2 となり、ねじ・板金部品に至るまで大幅に部品を削減することができた。

4.3 本体装置の構成

ME250 の本体の主要な構成要素は、

- (a) CPU カード
- (b) ディスプレイ制御カード
- (c) 3.5 インチ 200M バイトの固定ディスク
- (d) 3.5 インチ 1M バイト/1.4M バイト両方サポートするフレキシブルディスク
- (e) 電源

である。

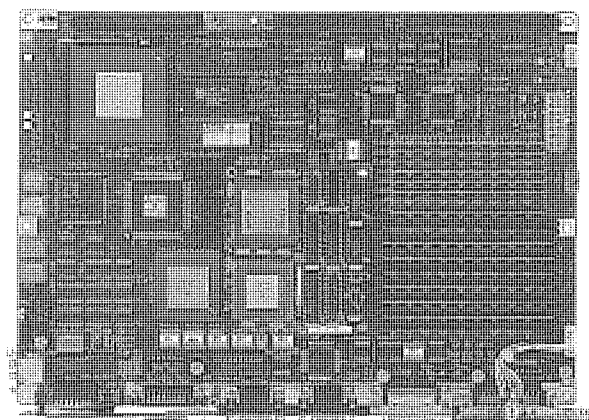


図 3. CPU カード

CPU カード及びディスプレイ制御カードの構成を図 4 に示す。斜線部 (BUSC, IOCC, FRMC, DSPC) が今回開発した専用 LSI で 4 品種であるが、CPU カード上の BUSC はワードスライスのため 2 石必要で、計 5 石の専用 LSI を使用する。

4.3.1 CPU カード

CPU/メモリ/入出力制御を含んだカードで、BUSC, IOCC という 2 品種の専用 LSI を搭載している。

(1) CPU は MC68030, FPP は MC68882, 動作周波数は 25MHz である。さらに、ME250FX では、FPA として米国ウェイツック社の WTL3168 を搭載している。

(2) 主メモリは、1M ビットの DRAM を使用し、最小 4M バイト最大 16M バイトの構成が可能である。

(3) BUSC は、CPU、主メモリ、入出力制御間のバスを制御する LSI で、32 ビットの内部アドレス/データバスをワードスライスし 2 石を使用する。

(4) 入出力制御として、SCSI, LAN, FDD, SIO (シリアル IO) 等の入出力デバイスのコントローラが搭載されており、これらのコントローラ及びローカルメモリ (ROM, EEPROM), さらにその他の入出力 (セントロニクス, スイッチ, サウンド, インターバルタイマ, カレンダタイマ) への CPU からのアクセスを IOCC がコントロールしている。

IOCC は、また LAN, SIO, FDD, セントロニクス, SCSI の DMA 転送も制御している。

4.3.2 ディスプレイ制御カード

ディスプレイは、1,280×1,024 ドットのビットマップディスプレイを使用し、16 色/256 色のいずれかを選択でき、ディスプレイ制御カードがこれらをサポートする。ディスプレイ制御カードには、FRMC, DSPC という 2 品種の専用 LSI を搭載している。図 4 で、

(1) FRMC は、CPU からフレームメモリであるデュアルポート RAM へのアクセスを制御する LSI

(2) DSPC は、フレームメモリからディスプレイに出力する画像データの転送を制御する LSI

である。DSPC によって転送された画像データは、LUT (カラー ルックアップテーブル) を参照して色データに変換、さらに DAC (D/A 変換器) で R/G/B のアナログデータに変換されディスプレイに送られる。

4.3.3 固定ディスク

本体に内蔵の固定ディスクは、3.5 インチ 200M バイトで、CPU カードに SCSI インタフェースで接続されている。

4.3.4 フレキシブルディスク

本体に内蔵のフレキシブルディスクは、3.5 インチ 1M バイト/1.4M バイト両方をサポートしている。CPU カード上の FDD は、これを制御するコントローラである。

4.3.5 基本入出力インタフェース

SCSI インタフェースが基本入出力インタフェースとして、外部の増設固定ディスク、磁気テープ、光ディスク等と接続可能である。さらに、RS232C を 2 ポート、プリンタ接続用にセントロニクス、イーサネットに接続する LAN インタフェースを装備している。入力装置として、この他キーボード、マウス (又はタブレット) を接続できる。

4.4 専用カスタム LSI の開発

ME250 の開発では、新規に専用カスタム LSI を 4 品種開

発し、PCA 上に 5 石搭載している (1 品種は、ワードスライスで 2 石搭載)。開発した LSI の主要諸元を表 3 に示す。

LSI は、いずれも CMOS ゲートアレーである。ゲート規模は最小約 1K ゲートから最大 15.6K ゲートのものがある。動作周波数は、CPU に合わせて 25MHz であるが、ディスプレイを制御する DSPC のみはクロック 35ns のため 28.6MHz である。

5. LSI 開発手法

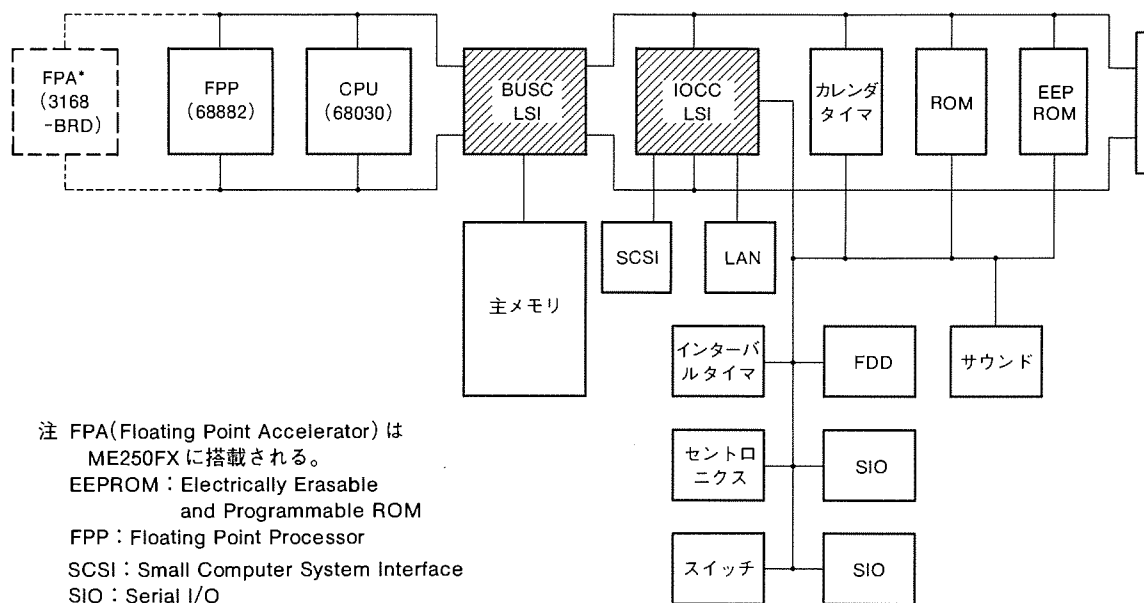
以上 4 品種の LSI の設計時の論理検証は、

(a) LSI シミュレーション

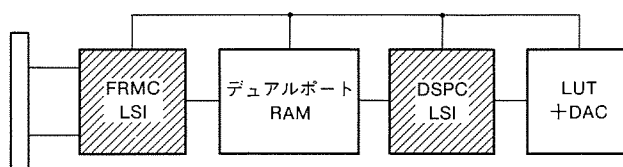
(b) PCA レベル (システムレベル) シミュレーション

の単位で実施した。上記(a)は、従来から行われていた LSI 単体でのシミュレーションである。(b)は、ME250 全体のシミュレーションであり、目的の LSI 以外に CPU マイクロプロセッサ MC68030、周辺マイクロプロセッサ、入出力制御 LSI、ディスプレイ制御及び SSI/MSI を含んだ 2 枚の PCA にわたったシステムレベルのシミュレーションを行った。

ME250 用に開発した LSI は、主として標準市販マイクロ



(a) CPU カード



注 LUT : Look Up Table
DAC : Digital Analog Converter

(b) ディスプレイ制御カード

図 4. 本体内 2 枚のカードの構成

表 3. LSI の主要諸元

LSI 名	BUS C	I O C C	F R M C	D S P C
パッケージ	160pin QFP	281pin PGA	160pin QFP	160pin QFP
ゲート規模	1,011gate	15,600gate	9,787gate	7,686gate
設計手法	同期設計	同期設計	同期設計	同期設計
動作周波数	25MHz	25MHz	25MHz	28.6MHz
機能	CPU, 主メモリ, IOCC 間のバス制御	ローカル I/O の制御 及び DMA 転送制御	VRAM アクセスの制 御	VRAM から CRT への 画像データの転送制御

プロセッサ (CPU 及び周辺 LSI) 周辺の制御論理であり、単体の LSI シミュレーションのみでは十分な検証ができないため、システムレベル シミュレーションを加え実施した。

システムレベル シミュレーションは、

- (a) ME250 全体の中で新規開発の LSI の論理検証
- (b) CPU カード、ディスプレイ制御カード上の論理検証が可能であり、さらに、
- (c) テストパターンが CPU である MC68030 の命令コードで与えることができ、LSI 単体シミュレーションに比べて、テストパターンの生産性が高く、短期間で多くの検証が可能である

という利点がある。

しかしながら、従来標準マイクロプロセッサを含んだシステムレベル シミュレーションは実現が困難であった。これは、標準マイクロプロセッサのソフトウェアモデル化が困難であることによる。今回これに対して、CPU と一部周辺 LSI のシミュレーションについては、バリッドロジックシステムズ社のリアルチップ^(註1)モデルを使用した。このリアルチップモデルとは、実際のチップをシミュレータの中に組み込んでシミュレーションさせるためのモデルである。

リアルチップモデルの利点は、

- (a) モデルの作成が動作の複雑な IC であっても短期間で可能。

- (b) 動作を誤りなく表現でき、シミュレーションをより実機に近い環境で実施できる。

ことである。

周辺 LSI のうち、CPU に比べ比較的遅い入出力機器 (フレキシブルディスクや固定ディスク) を制御する LSI については、ソフトウェアによる簡略モデルを作成し、シミュレーションを行った。

(注 1) “リアルチップ” は、バリッドロジックシステム社の登録商標である。

6. む す び

設計・開発作業の効率向上を目指して、今後も《EOS》の構築は進み、その中で EWS の役割はますます重要になってくる。今回開発した ME250/250 FX は、こうした市場ニーズにこたえて、机の上に設置される個人専用ワークステーションにねらいを絞った製品である。

ME250/250 FX の開発では、新規 LSI の開発、小型大容量の内蔵ディスクの採用、動作周波数の向上等の高性能化を行った。その結果ユーザーニーズに沿った性能アップを図りながら、軽量・小型・低価格化を実現でき、《EOS》の中で一人一端末の環境を容易にしたものとなっている。

光 CATV 用 DFB レーザ

榊原 靖* 柿本昇一* 武本 彰*

1. ま え が き

CATV (Cable Television) システムには従来同軸ケーブル方式が採用されてきたが、500～600m ごとに中継器を必要とし、さらにその保守に多額の維持費を要する。光ファイバを用いると、10～20km を無中継伝送できるので大幅なコストダウンが可能であり、米国や欧州では光ファイバを用いた CATV システムへの切替えが急速に進行しつつある。光 CATV システム、特に42チャンネルのような多チャンネルのアナログ伝送方式を採用したシステムにおいて、良質な映像信号を伝送するためには、低雑音かつ低ひずみな光源が不可欠である。光源としては、へき開端面を共振器のミラーとし、多モード発振(継モード)するファブリペロー型レーザと内部に分布反射器となる回折格子を形成し、単一波長で発振するDFB (Distributed Feedback) レーザ等が検討されてきた。DFB レーザは、単一波長で発振するため、ファブリペロー型レーザの場合のようなモード競合雑音がなく非常に低雑音である。しかしながら、DFB レーザを光CATV 用光源として用いるためには、ひずみ特性の改善が必要であった。

この報告では、DFB レーザの低ひずみ化を図ることを目的として、ひずみの発生原因を理論的・実験的に検討した。その結果、ひずみはDFB レーザの回折格子による光の帰還量を表す規格化結合定数 κL に強く依存し、 κL を1付近に制御すれば低ひずみ化できることを見出した。さらに、従来困難とされてきたこの規格化結合定数の制御を容易とする独自のレーザ共振器構造を考案し、この構造をDFB レーザに適用することによって、光CATV 用光源に要求される規

格を満足する低雑音かつ低ひずみな波長1.3 μm のDFB レーザを実現した。また、ひずみ特性の信頼性について初期的な通電試験を行っており、その結果についても報告する。

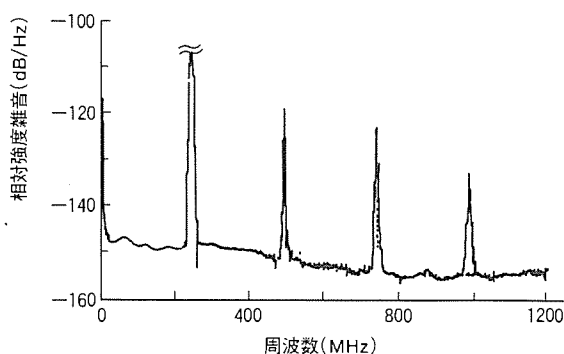
2. DFB レーザの雑音特性

多チャンネルのアナログ伝送方式を用いた光CATV 用の光源には、低雑音特性が要求されている。ファブリペローレーザは、駆動電流や温度の変化に対してモード競合雑音が発生し、一般に相対強度雑音 (Relative Intensity Noise) が大きい。これに対しDFB レーザは、広い温度範囲にわたって、また高速変調時にも安定な単一波長発振を行うため、ファブリペローレーザに比べて相対強度雑音が小さい。図1にファブリペロー型のPBC (P-substrate Buried Crescent) レーザ⁽¹⁾とDFB 型のPPIBH (P-substrate Partially Inverted Buried Hetero-structure) レーザ⁽²⁾の相対強度雑音の測定例を示す。図は、レーザを10mW 出力で動作させ、244MHz と250MHz の二つの周波数の信号で変調した場合である。変調度は35%であった。図中の250MHz、500MHz、750MHz、1,000MHz 付近に見られるピークは、それぞれ変調信号、2次ひずみ、3次ひずみ、4次ひずみである。ファブリペローレーザの相対強度雑音は、 $-150\text{dB}/\text{Hz}$ 以上であるのに対し、DFB レーザの相対強度雑音は $-155\text{dB}/\text{Hz}$ と低く、光CATV 用の低雑音のレーザとして適している。

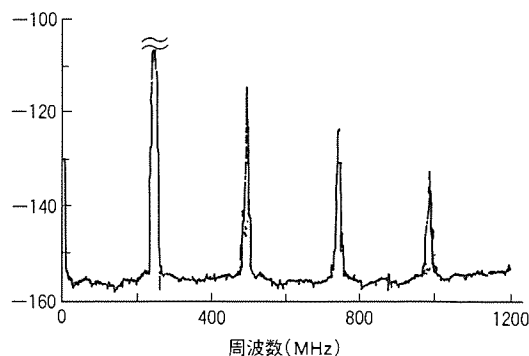
3. DFB レーザの低ひずみ化

3.1 高調波ひずみの原因の検討

これまで多くのDFB レーザは、ファブリペローレーザと



(a) ファブリペローレーザ



(b) DFB レーザ

図1. ファブリペローレーザとDFB レーザの相対強度雑音の測定例

比較して、高調波ひずみが10dBc以上大きかった。ひずみ発生要因としては、①緩和振動周波数に関する応答の遅れによるもの、②光出力対電流特性が非直線的であることによるものと考えられる。これらの影響を調べるために、ひずみの変調周波数依存性を評価した。DFBレーザを10mWで動作させ、変調度を25%と固定した場合の2次ひずみ H_2 の変調周波数依存性を図2に示す。図中の黒丸が測定データであり、実線はレート方程式から計算で求めた緩和振動周波数で規定されるひずみの値である。1GHz以上では測定値は、計算値とよく一致しており、この領域では緩和振動周波数によって、ひずみの大きさが規定されていると推定される。1GHz以下では、測定値は計算値よりはずれており、光出力対電流特性の非直線性により、ひずみが発生しているものと考えられる。42チャンネル等の多チャンネルアナログ方式を用いた光CATVシステムでは、500MHz以下の周波数が用いられるため、光CATV用DFBレーザの低ひずみ化には光出力対電流特性の非直線性の改善が不可欠である。

次に、DFBレーザの光出力対電流特性の非直線性が、何に起因するかの検討を行った。レーザダイオードでは、光強度が強い部分では利得に飽和が生じるので、レーザ共振器内の光強度に分布がある場合には共振器方向で利得の変化が生じることが考えられる。これが、光出力対電流特性の非直線性の発生原因であるかどうかの検討を行った。光強度分布を定量化した値として、共振器軸方向での光強度の規格化標準偏差 σ_{opt} (計算値)を用いた。 σ_{opt} は、共振器軸方向での各位置における光強度と光強度の平均値の差を2乗し、共振器軸方向で積分して求めた値である。 σ_{opt} は、0に近いほど光強度分布が一様であることを示し、その値が大きいほど光強度分布の不均一性が大きいことを示す。図3に、DFBレーザとファブリペローレーザの σ_{opt} を変化させた場合の2次ひずみ H_2 の測定値を示す。ファブリペローレーザでは、端面反射率を変化させて共振器内の光強度分布を変化させた。DFBレーザでは、端面反射率を前面1%、裏面80%と固定し、規格化結合定数 κL を変化させて共振器内の光強度分布を変化させた。図において、DFBレーザ、ファブリペ

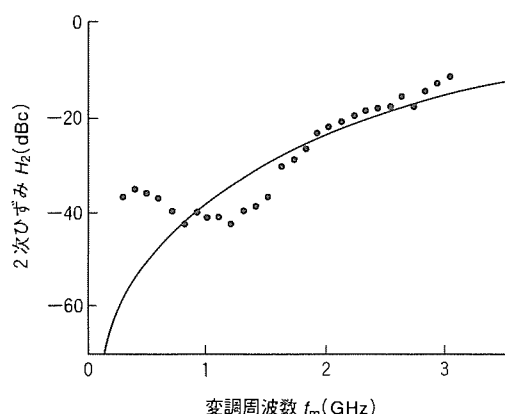


図2. 2次ひずみの変調周波数依存性

ローレーザとも σ_{opt} が小さいときにひずみが小さくなる傾向があることが分かる。このことより、DFBレーザの光出力対電流特性の非直線性は、主に共振器内の光強度分布の不均一性によって生じる空間的な利得の変化によって生じているものと推定される。

3.2 低ひずみ化のための κL 最適化

図4は、DFBレーザの2次ひずみ H_2 と規格化結合定数 κL との関係を示したものである。評価したDFBレーザは、波長1.3 μm 、PPIBH構造の、端面反射率1%/80%のいわゆるAR/HRタイプのレーザである。DFBレーザは、光出力が10mWとなるようDCバイアスされ、周波数250MHz、変調度25%の正弦波信号が加えられている。図から明らかに、 H_2 は κL に強く依存し、 $\kappa L=1$ 付近で最小値をもつ。図4には、また共振器軸方向での光強度分布を表す光強度の規格化標準偏差 σ_{opt} (計算値)と κL の関係も示してある。 σ_{opt} も H_2 と同様な傾向で κL に依存し、 $\kappa L=1$ 付近で最小値をもつ。

規格化結合定数 κL の大きさによって共振器軸方向での光強度分布が、どのように変化するかを計算で求めた結果を図5に示す。 κL が小さい場合、例えば0.5の場合には図5(a)のように光強度は前面近傍で強くなる。逆に κL が大きい場合、例えば κL が2の場合には、図5(c)のように裏面

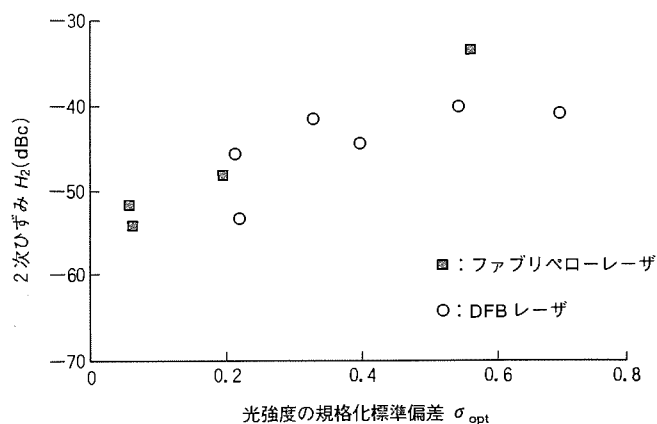


図3. 光強度分布の不均一性と2次ひずみの関係

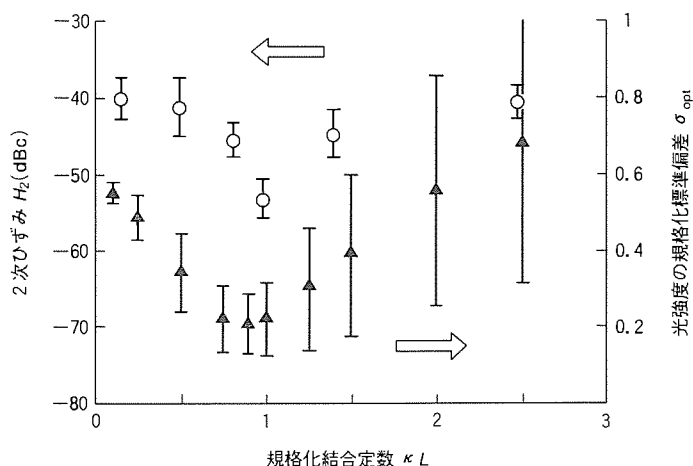


図4. DFBレーザの2次ひずみと規格化結合定数の関係

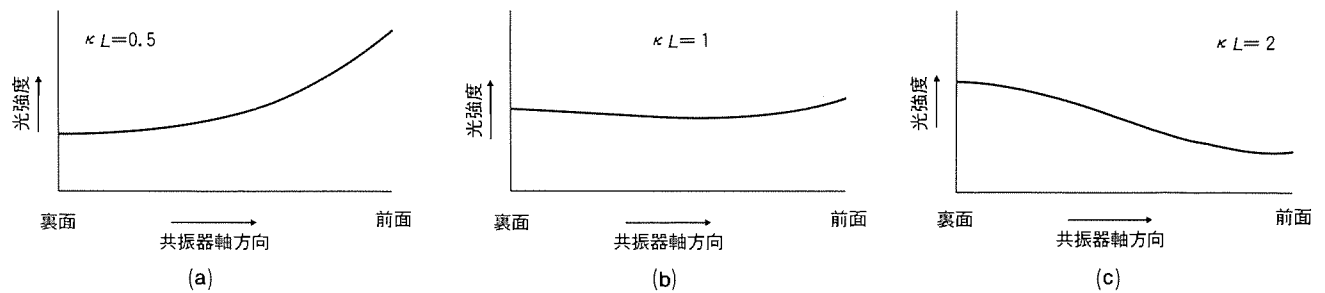


図5. 共振器軸方向での光強度分布

近傍で光強度が強くなる。 κL が1の場合は、図5(b)に示すように光強度分布は、共振器軸方向でほぼ一様となる。図6に κL の大きさの違いによる光出力対電流特性の直線性の違いの例を示す。図には、電流を変化させた場合の光出力及び光出力の電流に対する微分値の変化の様子が示されている。図6の(a), (b), (c)は、それぞれ図5の(a), (b), (c)の場合に対応している。 κL が小さい場合には、前面近傍で光強度が強くなるため、光強度の強い領域で生じるホールバーニングにより、前面近傍での利得の飽和が生じる。その結果、電流の増加とともに光出力が飽和傾向を示すサブリニアな光出力対電流特性を示す。 κL が大きい場合には、逆に裏面近傍で利得の飽和が生じ、電流の増加に伴って光出力が急速に増加する傾向のスーパーリニアな光出力対電流特性を示す。 κL が1程度の光強度分布が比較的一様な場合には、図6(b)に示すように電流の増加に対して光出力はリニアな応答を示す。したがって、光出力対電流特性の直線性を改善して低ひずみ化を実現するためには、共振器軸方向での光強度分布をできるだけ一様にしなければならないことが分かる。ここで、議論を進めてきたAR/HR型DFBレーザにおいて、低ひずみ化を実現するためには κL を1程度に制御することが必要である。

4. 埋込み回折格子型DFBレーザ

4.1 埋込み回折格子による κL の制御

低ひずみ化を実現するには、規格化結合定数 κL を1付近に制御すればよいことが分かったが、従来一般に用いられているDFBレーザ構造では、 κL を制御することは困難であった。従来のDFBレーザ構造は、InP基板の上に回折格子を形成し、その上に液相成長(LPE)法によって光ガイド層、活性層を成長して形成される。規格化結合定数 κL は、回折格子の深さと形状によって決定される。しかし、回折格子は化学エッチングによる形成深さの制御性が悪いこと、及びLPE法による結晶成長時のメルトバックの影響により、その深さ、形状が変形されてしまい、 κL を制御することは困難であった。

図7に我々が開発したDFB-PPIBHレーザの構造を示す。我々は、規格化結合定数 κL を精度良く制御するために、独自のレーザ共振器構造を考案した。新しい共振器構造は、

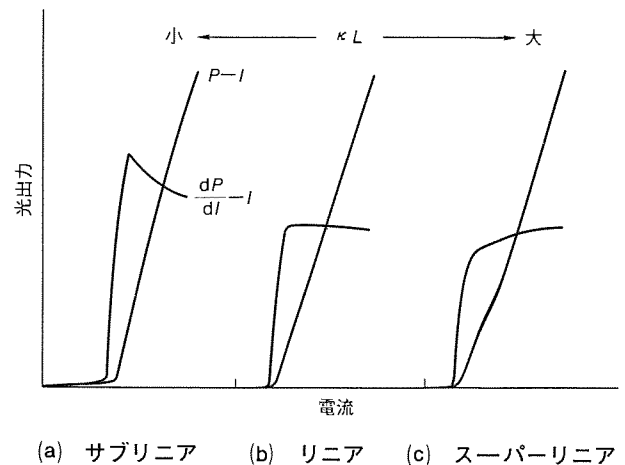


図6. κL の大きさの違いによる光出力対電流特性の直線性の違い

図7に断面写真で示したように、InGaAsP結晶からなる回折格子領域がInP結晶中に完全に埋め込まれて形成されており、埋込み回折格子(Buried Grating: BG)型レーザ共振器構造と名付けた。BG型DFBレーザ共振器は、図8に示すプロセスで作製される。まず、p形InP基板上にMetal Organic Chemical Vapor Deposition (MOCVD)法によって、p形InPバッファ層、InGaAsP活性層、n形InPバリア層、n形InGaAsPグレーティング層を順次形成する。次に、干渉露光法と化学エッチング法を用いて回折格子をn形InGaAsPグレーティング層が突き抜ける深さまで形成する。最後に、再びMOCVD法により、n形InPクラッド層を成長する。BG型レーザ共振器構造では、グレーティング層の下にバリア層がクラッド層と同じn形InP結晶で構成されているため、回折格子形成の場合エッチングはグレーティング層を突き抜けていればよく、エッチング深さが κL 制御にほとんど影響を与えないという特長がある。この構造では、規格化結合定数 κL は、埋め込まれた回折格子領域の厚さ及びその形状によって決定される。埋め込まれた回折格子領域の厚さは、膜厚制御性に優れたMOCVD法で制御され、またこの回折格子はMOCVD法で埋め込まれるのでLPE法の場合のように、メルトバックによる影響は受けずに形状がそのまま保存される。したがって、BG型レーザ共振器構造では、規格化結合定数 κL を精度良く制御することができる。

我々は、活性層の厚さ、活性層からBGまでの距離(InPバリア層厚に相当)及びBGの厚さの最適化を図ることで κL を 1 ± 0.2 に制御できるようになり、低ひずみなDFBレーザを作製することが可能となった。

4.2 BG型DFB-PPIBHレーザの作製と基本特性

規格化結合定数 κL 制御性の優れたBG構造を導入して、DFB-PPIBHレーザの作製を行った。p形InP基板上への活性層の形成及びBG構造の形成は、前述のとおりである。次に、活性領域幅が $1\mu\text{m}$ 程度になるようにメサエッチを行い、メサの両側にp形InP埋込み層、n形InPブロック層、p形InPブロック層を成長させ、電流ブロック構造を形成する。この電流ブロック構造は、リーク電流抑制に対して有効であり、DFBレーザの低しきい値動作⁽³⁾、高出力動作⁽⁴⁾等が実現された。次に、電極等をウェーハに形成し、共振器長 $300\mu\text{m}$ にへき開してチップを形成する。レーザチップは、ヒートシンク上にジャンクションアップでボンディングされ、共振器の前面/裏面にそれぞれ1%/80%の反射膜コーティングが施される。

このようにして作製されたDFBレーザは、室温で発振波長 $1.31\mu\text{m}$ 、しきい値電流 15mA 程度、スロープ効率 0.3W/A 程度の特性を持っている。

5. BG型DFB-PPIBHレーザの変調ひずみの評価

5.1 2次、3次相互変調ひずみ

このようにして作製された低ひずみなDFBレーザの光CATVシステムへの適用性を調べるために、二つの周波数

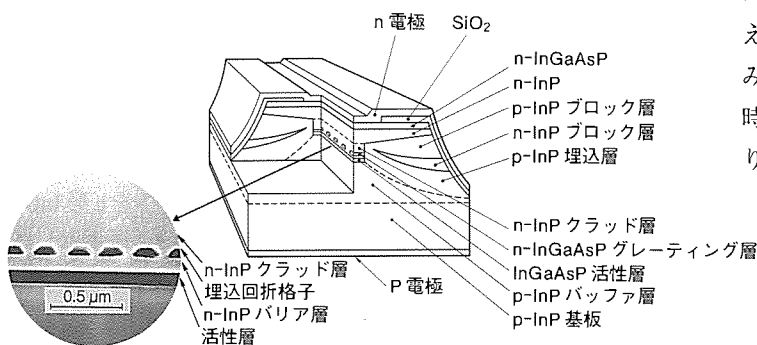


図7. BG型DFB-PPIBHレーザの構造

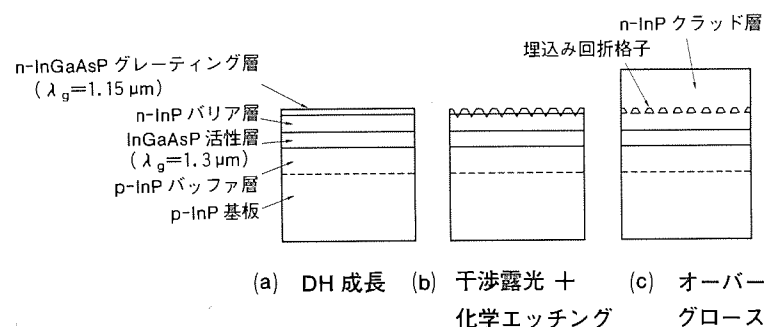


図8. BG型DFBレーザ共振器の作製プロセス

の信号を重畳し、その相互変調ひずみの測定を行った。DFBレーザを、光出力が 10mW となるようにバイアスし、周波数 f_1 (244MHz)と周波数 f_2 (250MHz)の二つの正弦波信号を重畳して、その2次及び3次の相互変調ひずみを測定した。測定結果を図9に示す。図において、 D_2 は f_1+f_2 の周波数に発生した2次の相互変調ひずみであり、他の2次の相互変調ひずみの中で最も大きいものである。また、 D_3 は $2f_1-f_2$ の周波数に発生した3次の相互変調ひずみであり、他の3次の相互変調ひずみの中で最も大きいものである。信号の変調度は、10%から35%まで変化させた。 D_2 、 D_3 とも変調度を下げていくと減少していく。従来の同軸ケーブルを用いたCATVシステムでは、良質な画像伝送を行うためのCNR(Carrier to Noise Ratio)を 55dB 確保する必要があるとされている。我々の開発したDFBレーザの代表的な相対強度雑音は、図1(b)に示すように -155dB/Hz であり、チャンネル当たりのバンド幅 4MHz の場合にCNR 55dB を確保するためには、チャンネル当たりの変調度として3%が必要となる。図9において、変調度3%まで外挿して D_2 と D_3 の値を求めると、それぞれ -69dBc 、 -102dBc となり、これらの値は光CATVシステムにとって十分に小さな値である。すなわち、多チャンネルの良質な画像伝送が可能である。

5.2 ひずみ特性の信頼性評価

作製したDFBレーザのひずみ特性に対する初期的な通電試験を 70°C 、 10mW 、一定出力動作(APCモード)で行っている。ひずみ測定は、レーザを 25°C で 10mW 出力にバイアスし、変調信号として変調度25%で 250MHz の正弦波を加えて行った。図10、図11にそれぞれ2次ひずみ、3次ひずみの測定結果を示す。2次ひずみ、3次ひずみとも、5,000時間を経過した段階で、ひずみの変化量は測定誤差以内であり、ひずみ特性がほとんど変化していないことが分かった。

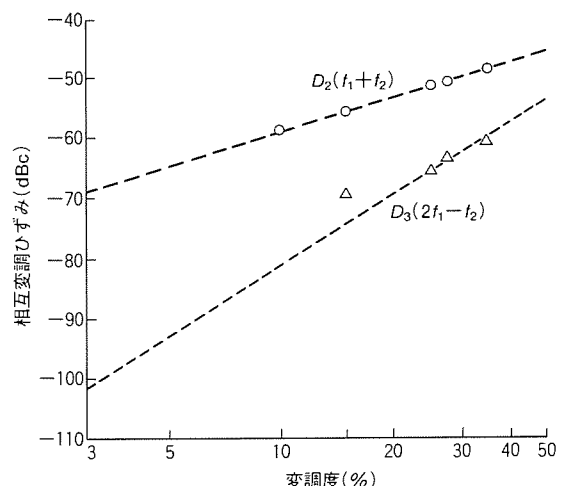


図9. 2次及び3次の相互変調ひずみの測定

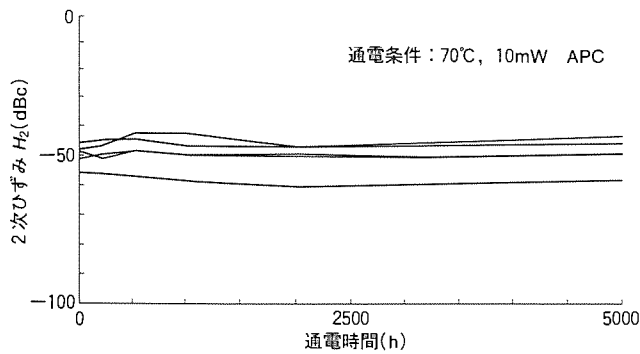


図10. 2次ひずみに対する通電試験

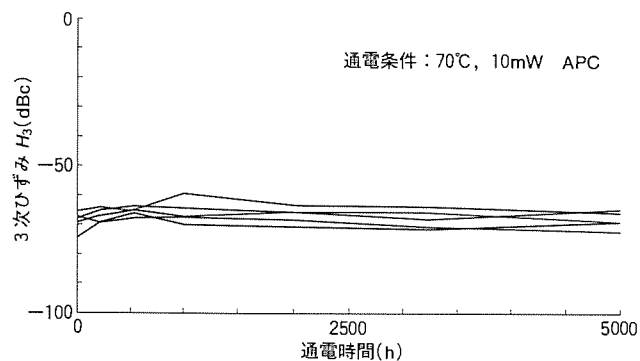


図11. 3次ひずみに対する通電試験

このようなことから、BG型DFB-PPIBHレーザは、ひずみ特性に関しても高い信頼性が期待できる。

6. むすび

DFBレーザのひずみが規格化結合定数 κL に強く依存し、 $\kappa L=1$ 付近で最小となることを見出した。光出力対電流特性の非直線性を改善し低ひずみ化を実現するためには、共振器軸方向での光強度の分布をできるだけ一様にする必要のあることを示した。また、規格化結合定数を精度良く制御するために、独自の埋込み回折格子型レーザ共振器を考案し、

この構造を用いることにより、規格化結合定数を 1 ± 0.2 に制御できるようになった。規格化結合定数を最適化した低ひずみDFBレーザで、二つの周波数の信号を重畳した場合の相互変調ひずみを測定し、 $\text{CNR}=55\text{dB}$ を確保して2次の相互変調ひずみとして -69dBc 、3次の相互変調ひずみとして -102dBc という光CATVシステムに十分適用可能な小さな値を得ることができた。5,000時間の通電試験を行い、変調ひずみが経時的に変化していないことを確認した。我々が開発した低雑音かつ低ひずみなDFBレーザは、光CATVシステムへの切替えに拍車をかけるものと期待される。

参考文献

- (1) Sakakibara, Y., Higuchi, H., Oomura, E., Nakajima, Y., Yamamoto, Y., Goto, K., Namizaki, H., Ikeda, K., Susaki, W.: High-Power $1.3\text{ }\mu\text{m}$ InGaAsP P-Substrate Buried Crescent Lasers, IEEE J. of Lightwave Tech., **LT-3**, No. 5, 978~984 (1985)
- (2) Takemoto, A., Sakakibara, Y., Nakajima, Y., Fujiwara, M., Kakimoto, S., Namizaki, H., Susaki, W.: $1.3\text{ }\mu\text{m}$ InGaAsP/InP Distributed-Feedback P-Substrate Partially Inverted Buried Heterostructure Laser Diode, Electron. Lett., **23**, No. 11, 546~547 (1987)
- (3) Ohkura, Y., Yoshida, N., Takemoto, A., Kakimoto, S.: Extremely Low-Threshold $1.3\text{ }\mu\text{m}$ GaInAsP/InP DFB PPIBH Laser, Electron. Lett., **24**, No. 24, 1508~1509 (1988)
- (4) Kakimoto, S., Nakajima, Y., Takemoto, A., Yoshida, N., Namizaki, H., Susaki, W.: High Output Power and High Temperature Operation of $1.5\text{ }\mu\text{m}$ DFB-PPIBH Laser Diodes, IEEE J. of Quantum Electron., **25**, No. 6, 1288~1293 (1989)

同期設計 ASIC 用静的タイミング検証システム TACSⅣ

今井正紀* 北川京子* 石川広美* 小原淳子* 高瀬和彦*

1. ま え が き

近年の ASIC の大規模化に伴い、その設計段階におけるタイミング検証、論理検証等をいかに効率良く行うかが大きな課題となっている。

これらの検証の中でもタイミング検証は、ますます重要性、困難さを増している。これまで各種のタイミング検証システムが提案されているが、ASIC の大規模化により、従来のシミュレーションによるタイミング検証では、実行時間の増大、検証用パターンの作成人工の増大などで、その適用が困難になってきている。

一方、ASIC の大規模化に伴い、同期設計手法が、今後、重要になってくると考えられる。このような背景のもとで、同期設計 ASIC のタイミング検証を検証用の入力パターンを用いることなしに、網羅的に高速に行う静的タイミング検証手法⁽¹⁾が考案された。

当社では、これまで静的タイミング検証システム TACSⅠ、Ⅱ⁽²⁾、Ⅲを開発し、実際に装置開発に適用することにより、静的タイミング検証手法の有効性を確認してきた。

今回、この検証システムを基礎に、多相クロック論理回路をより完全に扱える等の汎用性を持ち、また設計者の人手介入の軽減、グラフィックの活用などのインタフェースの改良を図った TACSⅣを、新たに開発した。

2. TACSⅣの概要

2.1 静的タイミング検証手法の一般的性質

一般に、同期回路において、内部信号の変化するタイミングは、外部入力ピンからその信号へ至る経路と、外部入力ピンへの信号の入力タイミングによって規定され、外部入力ピンに印加する信号の値(論理)には無関係である。

静的タイミング検証手法では、同期回路のこの性質を利用して、回路の論理には無関係に信号の経路をトレースすることにより、信号の変化のタイミングを求め、フリップフロップ等へのデータ入力のセットアップタイム、ホールドタイム等のタイミング検証を行うことができる。この手法では、論理は考慮する必要がないので、ばく大な検証用パターンのシミュレーションが不要であり、従来のシミュレーションによる方法と比較して、約40倍の高速化が可能となる。また、検証用パターンによらない網羅的な検証を行うので、タイミングエラーフリーを100%保証することができる。

2.2 TACSⅣの検証項目と主な特徴

TACSⅣは、次のような検証機能を持っており、大規模 ASIC の確実な動作を保証する上で重要なタイミング検証を、完全に効率良く行うことができる(図1参照)。

(1) セットアップタイム チェック

ラッチ、フリップフロップのデータの入力でのセットアップタイム チェックを行う。

(2) ホールドタイム チェック

ラッチ、フリップフロップのデータの入力でのホールドタイム チェックを行う。

(3) クロックパルス幅チェック

外部に与えたクロックのパルス幅は、ラッチ等のクロック端子へ至る経路を伝搬するに従って、立ち上がりパルスの遅延と、立ち下がりパルスの遅延の非対称性により、一般に変化する。このパルス幅がある一定値以上でないと、ラッチの確実な動作が保証されなくなるのでそれをチェックする。

(4) クロックゲート チェック

クロック信号をゲートによって制御する場合、そのクロックの幅を変化させないコントロール信号を与える必要がある。そのために、イネーブル期間中に、コントロール信号が変化しないことをチェックする。

(5) 外部入出力ピンでのタイミングチェック

回路の外部入出力ピンに対して、指定されたタイミング仕様が満足されているか否かをチェックする。

(6) 階層的タイミング検証時のクロックスキュー チェック

タイミング検証を階層的に行う場合には、クロックラインが階層間を渡る部分でのクロックスキューをチェックする必要がある。

例えば、図1で下位のブロックを先に検証する場合、CLK1 にどのようなスキューがあるかは不明であるため、ある値を仮定して、下位の検証を行う必要がある。その後、上位の検証を行う場合に、skew1 を求めることによって、先の仮定が正しかったかどうかを CLK1 に対してチェックする。仮定する値は、この例では V1min 以上、V1max 以下という形式をとる。

(7) ラッチを含むループ上のタイミングチェック

一般に、ラッチを含むループ上のタイミングチェックをするためには、人手指定によってループを切断する必要がある。しかし、動的バリッドタイムの概念の導入により、人手指定によるループの切断をすることなしに、現実的なチェックを

行うことができる。

(8) 多相クロック回路を扱える

クロックのレベルという概念により、多相クロック回路のより完全な扱いが可能となった。

(9) ユーザー インタフェースの改善

タイミング解析結果を論理図上にグラフィカルに表示することにより、クリティカルパスの把握を容易にした。

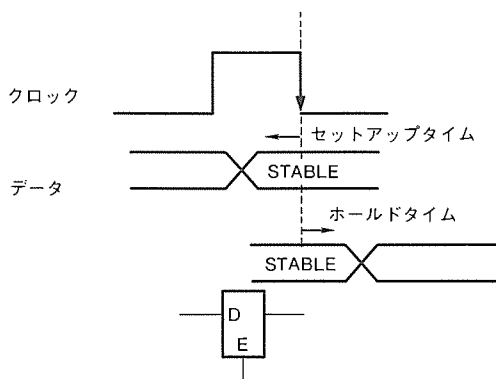
(10) ピンツーピンディレイが扱える

従来は、複数出力の素子の場合に、素子内の経路遅延を表すことができなかったが、それが今回、表現可能となった。

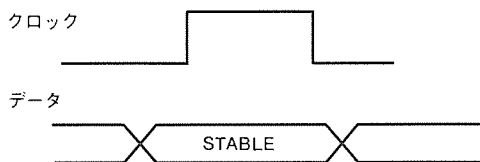
(11) 反転極性を考慮できる

立ち上がり遅延と立ち下がり遅延の大きさの相異を遅延計算に反映し、より現実に近い遅延を求めることができる。

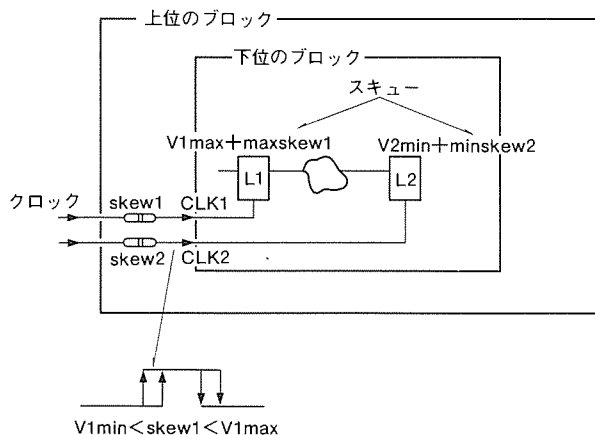
TACSⅣでは、これらのうち、(7)、(8)が、特に注目すべき二つの特徴であり、これらについては3章で詳しく説明する。



(a) セットアップタイム チェック, ホールドタイム チェック



(b) クロックゲート チェック



(c) スキュー チェック

図1. TACSのチェック項目

2.3 システム構成

図2は、TACSⅣのシステム構成、特に入出力インタフェース構成を示したものである。

回路の開発のターンアラウンド時間を短縮するためには、レイアウト設計以前に、仮想配線長に基づいた仮想タイミング検証を行うことが重要である。TACSⅣでは、この仮想タイミング検証と、実配線長に基づいた実タイミング検証を行うことができる。これらの配線長と素子のドライブ能力とから、ピンツーピンディレイが、それぞれ計算され、仮想遅延ファイル、実遅延ファイルに保持される。

論理から抽出された接続データと、上記の遅延ファイル、各種ライブラリを基に、設計者が与えたタイミング指定に従ってタイミング検証を行う。また、解析結果は、テキストファイルによって確認することも、EWS上でグラフィカルに見ることもできる(図3参照)。

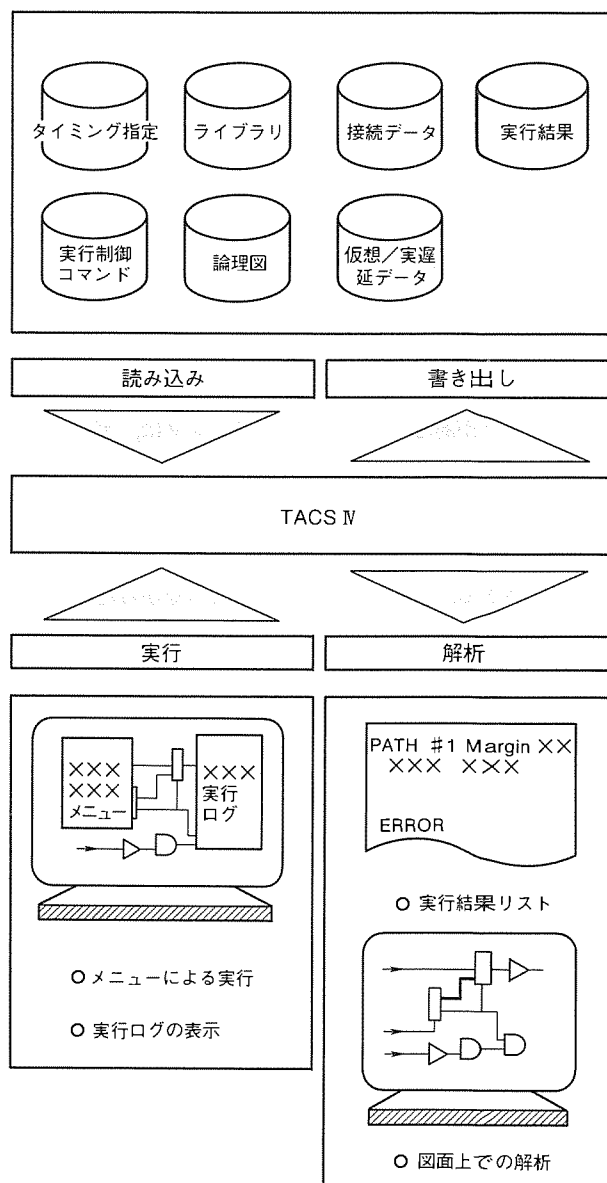


図2. システム構成

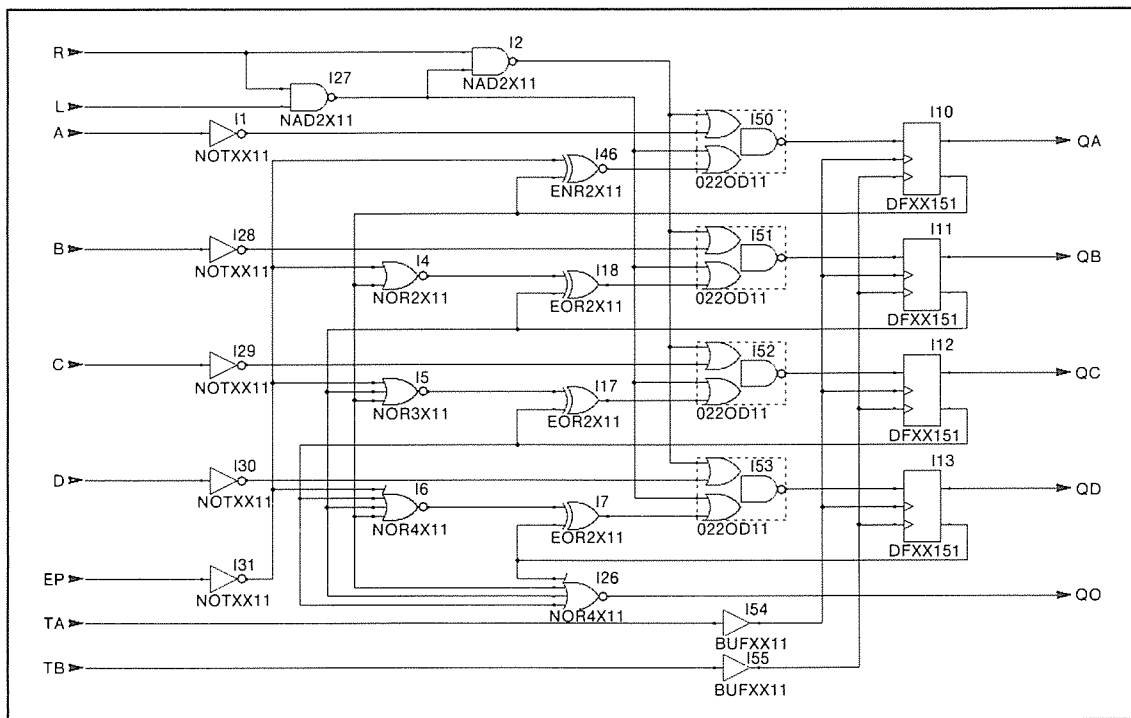


図3. パス表示の例

3. 新手法の導入

3.1 異なる相のクロックに同期する信号のゲーティング

(1) 従来の問題点

図4に示すような異なる相のクロックに同期する信号のゲーティングがある場合、最悪のタイミングは、ゲートの入力ピンにおける到着時間の大きさを比較するだけでは決まらない。それは、この信号が同期しているクロックの相と、先々、この信号がラッチされるクロックの相との関係によって初めて決まる。従来は、これを考慮できなかったため、正しい最悪値の選択が行えなかった。

(2) クロックレベルの概念の導入

静的タイミング検証におけるクロック情報は、必要不可欠であり、各相のクロックについて、位相、パルス幅を定義する必要がある。

多相クロック回路を扱う場合には、上記以外に、同一周期内でのデータ転送関係を明示するパラメータが必要となり、それをクロックレベルと定義する。クロックレベルは、整数値を取り、大きさの順序が転送の順序と対応している(図5、図6参照)。

(3) 新手法の導入(複数のクロックレベルの伝搬)

TACSⅣは、(1)の問題を(2)で導入したクロックレベル(一般には、複数のレベル)を伝搬するという手法により解決した。図7に、複数のレベルの伝搬の様子を示す。図で (t_1, l_1) は、その信号の変化のタイミングが t_1 であり、 l_1 はその信号が l_1 に同期していることを示している。 $(t_1 +$

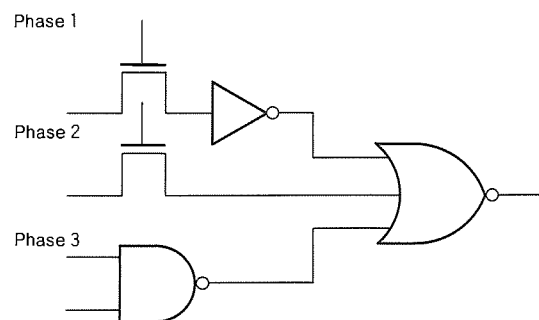


図4. 異なるクロック相の信号の合流

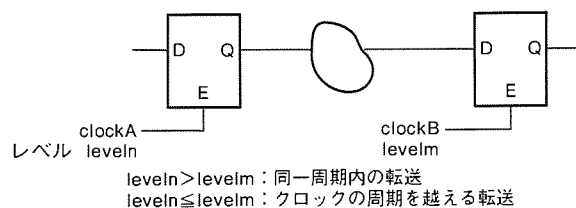


図5. クロックのレベルと転送関係

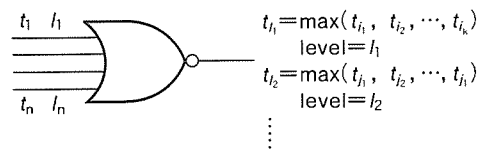


図6. ワorstケース タイミングの選択
(異なるクロックの相の合流時)

$d_1, l_1), (t_2 + d_2, l_2))$ は、その信号が l_1, l_2 という二つのレベルに同期し、対応するタイミングが、それぞれ $l_1 + d_1, t_2 + d_2$ であることを示している。信号がラッチの入力

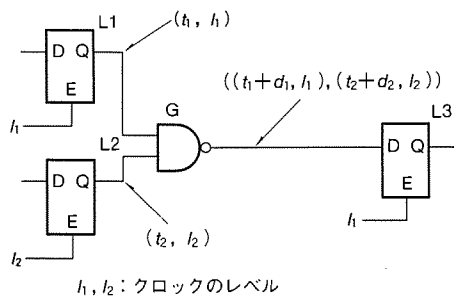
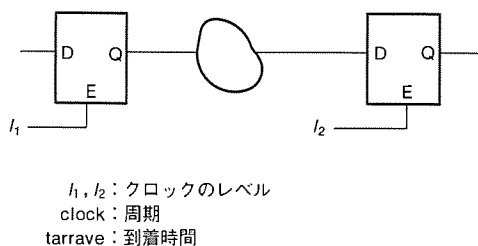


図7. 複数クロックレベルの伝搬

表1. クロックサイクルの境界を横切る信号の扱い

		$l_1 > l_2$	$l_1 \leq l_2$
チェック モード	セットアップ タイム	tarrive-clock	tarrive
	ホールド タイム	tarrive	tarrive+clock



ピンに到着したときに、伝搬されたレベル、タイミングと、ラッチのクロックレベルとから、表1に示したような補正をレベルごとに行った後で、タイミング検証を行う。このような手法により、異なるクロックに同期する信号のゲーティングが存在する場合にも、正しい最悪タイミングの選択が可能となった。

3.2 ラッチを含むループのタイミング解析

(1) 従来の問題点

図7に示すようなラッチを含むループがある回路の場合、ループ上の約半数のラッチに対して、バリッドタイムと呼ばれるタイミング指定を与える必要性があった。これは、ループを切断することに等価な操作である。このようなことを行うことには、次のような問題点がある。一つには、人手指定の手間があることであり、ほかには、このタイミング指定をすることは、あるマージンを持って検証することに等しく、現実的なチェックができないことである。

(2) 動的なバリッドタイムの導入

バリッドタイムとは、それが定義されたラッチの入力信号が、どのタイミングで到着すべきかのタイミングを示している。ラッチにバリッドタイムを与えることは、そのラッチをフリップフロップと見なすことに等価である。したがって、ループ上のラッチにバリッドタイムを与えれば、タイミング的にループを切断することができる。この場合のバリッドタイムは、固定値である必要がある。これを与えることは、(1)

で述べたような問題点があった。

そこで、バリッドタイムを変数とみなした動的バリッドタイムを導入した。バリッドタイムは、具体的には、そのラッチのクロックのイネーブル区間の前縁を基準とした、入力信号の相対的遅れを表している。

(3) 動的バリッドタイムを用いたループ解析

ある回路に含まれているレベルセンシティブ ラッチでは、フリップフロップの場合と異なり、入力信号の変化のタイミングが、他のラッチの入力データ信号の変化のタイミングと、一般には無関係ではない。そのために、フィードバックループ中のレベルセンシティブ ラッチの動的バリッドタイムがどのような値をとるかは、フィードバックループ上の遅延計算を一度行っただけでは、確定しない。したがって、フィードバックループのタイミング検証のためには、新たな仕組みが必要となる。それを図8によって示す。

この例は、二つの基本ループを持っており、ループ中には、五つのラッチ (レベルセンシティブ ラッチ) が含まれている。解析は、まずG1のBのような、ループ遅延と無関係な素子の入力での変化のタイミングの計算を、外部入力ピンを始点として、そこからトレースすることによって行う。ループが存在するときは、未トレース回路が残る。その部分をトレースするために、TACS IVでは、ループ中の任意のラッチを始点として新たに追加する。その始点からのトレースをG1のBをトレースした要領で行う。

図8は、ラッチL1が始点として追加されて、そこからのトレースが完了した状態を示している。斜線のラッチと太線で示した信号は、それらがトレースされたことを示している。もし、この状態でも、未トレース回路が存在するときは、さらに始点を追加する。次の始点は、ループ中の未トレースのラッチから選択される。この場合は、L3, L4, L5の中から選ばれる。

今、仮に、L3が選択されたとする。L3からのトレースによって、すべての素子がちょうど1回だけトレースされたことになる。上記で、ラッチが始点として選ばれたときの、その出力の変化のタイミングは、動的バリッドタイムに基づ

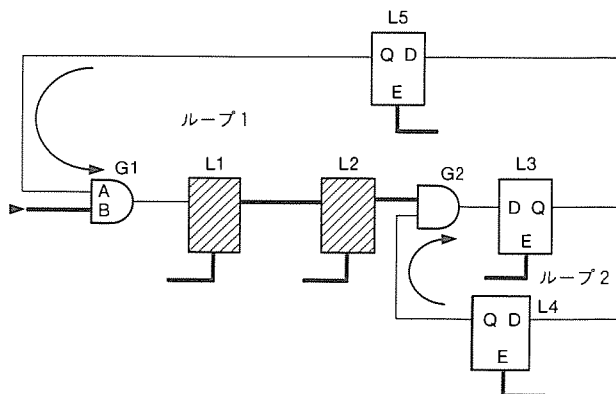


図8. レベルセンシティブ ラッチを含むループの扱い

いて行われる。この値は、初め0に設定され、ループ解析を繰り返すごとに変化する。ループ解析を繰り返すことによって、動的バリッドタイムが安定し、その安定タイミングのもとでタイミングエラーフリーであるとき、ループ上のタイミング検証が完了したことになる。

この手法により、外部入力ピンにタイミング指定を行うだけで、フィードバックループを含む回路に対してもタイミング検証を行うことができる。

4. 評価結果

表2は、幾つかのサンプル回路に対する実験結果を示している。case1, 2は、レベルセンシティブラッチを含むフィードバックループと、異なるクロックの相に同期する信号のゲーティングを持っており、case3はそれらを持っていない。ループが存在するとき、一般には、その上のタイミングが安定するまで複数回のタイミング計算の繰り返しが必要であるが、表2のフォワードトレースを見ると、繰り返し1回当たりの処理時間は、回路規模にほぼ比例していることが分かる。ループのタイミング計算の繰り返し回数は、全体の処理時間に影響するが、他の事例によって、この回数は、2～3回程度であることを確認している。また、TACSⅣ全体の処理時間も、表2から回路規模にほぼ比例していることが分かる。

さらに、これらの回路が、確かに外部ピンのみにタイミング指定を行うだけで、タイミング検証できることを解析によ

表2. 評価結果

事 例		case1	case2	case3
項 目	ピンペア数	45	1,193	10,921
	ゲート数	28	428	3,852
トレースに要した時間	クロックトレース(秒)	0.05	1.47	11.42
	フォワードトレース(秒)	0.12/2	1.40/1	9.67/1*
	バックワードトレース(秒)	0.023	1.0	20.28
トレース以外の処理時間(秒)		1.29	17.8	162.87
トータルcpu時間(秒)		1.48	21.67	204.24

注 * ループ解析の繰り返し数 on Sun3

って確めた。

これらの結果は、TACSⅣが大規模な回路のタイミング検証を、ほとんど人手による介入なしに行うことが可能であることを示している。

5. む す び

静的タイミング検証手法の持つ一般的特徴に加えて、新しい手法を導入したことにより、TACSⅣでは、適用可能な回路を拡大するとともに、ユーザーインタフェースを改良したタイミング検証システムを設計者に提供することができた。その主な点を述べると、

- (1) 外部入出力ピンにタイミング指定をするだけで、網羅的に精度の高い検証ができる。
- (2) ラッチを含むループ回路に対しても、人手介入を必要としないで検証ができる。
- (3) より一般的な多相クロック回路にも適用できる。
- (4) EWS上で、グラフィカルにクリティカルパスを表示することができる。

今後は、対話型処理の導入により、これらの有効性を保ちつつ、静的タイミング解析手法に内在する幾つかの問題点を解決し、より設計者が使いやすいシステムの構築を図っていく予定である。

参 考 文 献

- (1) Hichcock, R.B. : Timing verification and the timing analysis program, Proc. 19th IEEE Design Automation Conf., Las Vegas, NV, 594～604 (1982-6)
- (2) 近江谷康人, 井上節子, 清尾克彦, 田渕謹也 : 大規模回路タイミング検証システム, 第28回情報処理全国大会, 1439～1442 (1983)
- (3) Jouppi, N.P. : Timing Analysis and Performance Improvement of MOS VLSI Designs, IEEE Trans. Computer-Aided Design, CAD-6, 650～665 (1987-7)
- (4) Dugenais, M.R., Ruanin, N.C. : On the Calculation of Optimal Clocking Parameters Circuits with Level Sensitive Latches, IEEE Trans. Computer-Aided Design, CAD-8, 268～278 (1989-3)

自動車用 16 ビットワンチップマイコン M37794E3TJ

杉田 充* 三宅孝志** 村松菊男** 田山俊明** 宮田和明** 安達忠吉**

1. ま え が き

自動車のエレクトロニクス化、なかでもマイコンによる自動車の電子制御は、まずエンジンから始まった。排気ガス規制に対処する手段としてマイコンが搭載され、当初は高級車から始まり、近年では軽自動車までに広がっている。また、エレクトロニクス化の目的も、排気ガス規制対策だけでなく、性能向上、操作性向上あるいは安全性向上などに拡大しており、エンジン制御以外にも、トランスミッション制御、サスペンション制御、ブレーキ制御、ステアリング制御などあらゆるところにマイコンが使用され、その役割はますます大きくなっている。

このような制御内容の高度化にこたえるため、エンジン制御に適した16ビットマイコン M37790STJ 及び M37791E4TJ を既に開発している。これらのマイコンは、《MELPS 7700 シリーズ》の16ビットCPUをコアとし、16ビットタイマを中心とする強力なパルス出力制御/計測機能、10ビットA/D変換器、シリアルI/Oなどをワンチップに集積している。

これらのエンジン制御用マイコンに続き、トランスミッション制御、サスペンション制御などの高度化にこたえるため、我々は16ビットマイコン“M37794E3TJ”を開発した。PWM制御機能及び計測機能を強化したタイマ、10ビットA/D変換器、シリアルI/Oなどに加え、24Kバイトのワнтаイム PROM 及び384バイトのRAMをワンチップに集積している。特に、RAMのうち64バイトは、デュアルポートRAMとなっており、他のシステムと情報を共有することができるため、マルチCPUシステムにも対応可能な高機能制御用マイコンである。

2. 開発のポイント

自動車トランスミッション・サスペンションなどの制御用マイコンとして要求される機能・品質を達成するため、M37794E3TJの開発では特に以下の点に重点をおいた。

(1) 高速な中央演算処理装置

三菱オリジナル16ビットマイコン《MELPS7700》のCPUコアを採用し、高速な演算を可能とした。最短命令実行時間は、500ns（発振周波数8MHz時）である。

(2) 強力なタイマ

PWM制御機能及び計測機能を特に強化したタイマを搭載

している。これらは、アプリケーションソフトウェアの負荷が低減されるように配慮した。

(3) 高精度 A/D 変換器

各種アナログ信号を高精度に処理するため、10ビットA/D変換器（8チャンネル入力）を内蔵した。

(4) 制御の高度化、統合化に対応可能な内蔵メモリ

制御内容の高度化に伴い、より大容量メモリが必要となってきたおり、このような要求にこたえるため、24Kバイトのワнтаイム PROM を内蔵した。また、制御の統合化など、マルチCPUシステムに対応するため、RAM 384バイトのうち、64バイトについては、デュアルポートRAMとした。特に、このデュアルポートRAMでは、システムのリアルタイム性を損なわないよう配慮した。

(5) 耐環境性

車載用マイコンとして要求される耐サージ性、耐ラッチアップ性などを向上させるため、ピン周辺部を中心にパターンレイアウト上の配慮を行った。

(6) 高品質の作り込み

各機能ブロックごとに論理、パターンレイアウトの独立性を高めることにより、高品質の作り込みを行っている。論理のモジュール化により、テスト時の各機能ブロックの可制御性/可観測性を高め、テストベクタの質的向上を図っている。また、パターンレイアウトの独立性を高めることにより、各機能ブロック間の相互干渉を極力抑えるようにしている。各機能ブロック間の信号が交錯するチャンネル部（内部バスなどが配置される。）は、ジェネラルセルルータによる自動配線を行ったが、このチャンネル部の機能試験を行う特別なテストベクタを開発した。図1に、M37794E3TJのチップ写真を示す。

3. M37794E3TJ の性能概要

M37794E3TJの性能概要を表1に、ブロック図、メモリマップをそれぞれ図2、図3に示す。以下に各機能モジュールの概要を説明する。

3.1 CPU

《MELPS7700》のCPUは、完全な16ビット構成となっており、16ビットデータの一括処理が可能である。また、プロセッサステータスレジスタ中のフラグm、xを変えることにより、演算データ長を8ビット/16ビットに切り替えることができるため、効率の良いデータ処理が可能となる。

メモリ空間は、64K バイトあり、PROM、RAM、タイマ、I/O などは、64K バイトの中にリニアに配置されている。

メモリアクセスを効率良く行うため、バス インタフェースユニット (BIU) を内蔵している。BIU は、命令を先取りするための命令キューバッファ 3 バイトと、CPU がメモリをリード/ライトする場合に使用するデータバッファ 2 バイトからなる。メモリのアクセスは、CPU の動作クロックの 2 周期で行われるが、この間のタイミング調整を BIU が行う。

基本命令数は 103、アドレッシングモードは 28 モードある。割り込みはベクトル方式で、20 要因ある。このうち、マスカブル要因については、7 レベルの優先順位設定ができ、強力な割り込み処理が可能である。

3.2 周辺機能

M37794E3TJ に搭載されている周辺機能のブロック図を図 4 に示す。タイマ系は、各機能によって PWM、タイマ C、

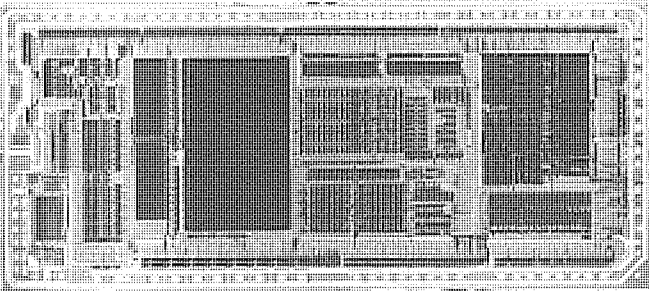


図 1. M37794E3TJ のチップ写真

タイマ D のグループがある。

3.2.1 パルス幅変調器 — PWM —

8 ビット×2 構成のカウンタ 4 本及び各々のカウンタクロックを発生するクロックデバイダによって構成される。クロック源は、PWM1～3 が内部クロックであり、PWM4 は、内部クロックと外部クロックが選択できる。

初めに PWM の基本構成要素の特徴を述べる。図 5 に、この基本構成を示す。PWM の動作モードは、PWM1～4 共通のパルス周期モード及びパルス周期固定モード、PWM4 のみのダブルカウントモードがあり、各々の PWM ごとに独立に選択可能である。図 6 にそれぞれの動作モードの基本動作を示す。

パルス周期モードは、PWM H 及び PWM L にそれぞれ値を設定することにより、パルス出力の“L”レベル幅、“H”レベル幅を任意に設定できる。パルス周期固定モードは、PWM L を 8 ビットのプリスケアラとして使用し、その内容でクロックデバイダの出力を更に分周する。この分周されたクロックの 255 カウント分が 1 パルス周期となり、この 1 パルス周期中の“H”レベル幅を PWM H によって設定する。この 2 種のモードでは、次に示すような特徴がある。

(1) PWM への書込み (設定値又は制御内容の更新) に対する機能が強化されており、PWM 動作中に書込みを行うと、現パルス周期終了後に設定値又は制御内容が更新される。こ

表 1. M37794E3TJ の性能概要

項 目		性 能
基本命令数		103
命令実行時間		500 ns (最短命令, クロック周波数 8 MHz 時)
メモリ容量	PROM (ワнтаイム)	24K バイト
	RAM	384 バイト
	うち、デュアルポート RAM	64 バイト
入出力ポート	P0～1, P3～7	8 ビット×7
	P2	4 ビット×1
アナログ入力ポート	P8	8 ビット×1
タイマ	PWM	8 ビット×4
	入力計測タイマ	16 ビット×4
	フリーランタイマ	16 ビット×1
A/D 変換器		10 ビット×1 (8 チャンネル)
シリアル I/O		(UART, 又はクロック同期型)×2
監視タイマ		12 ビット×1
割り込み		20 要因 マスカブル割り込みは、各要因ごとにレベル 0～7 までの割り込み優先レベルが設定可能。
クロック発生回路		内蔵 (セラミック共振子, 又は水晶共振子外付け)
電源電圧		5 V±10%
動作周囲温度	M37794E3J	−20～75℃
	M37794E3TJ	−40～85℃
メモリ拡張		可能 (最大 64K バイト)
素子構造		CMOS 高性能シリコンゲート
パッケージ		84 ピン PLCC

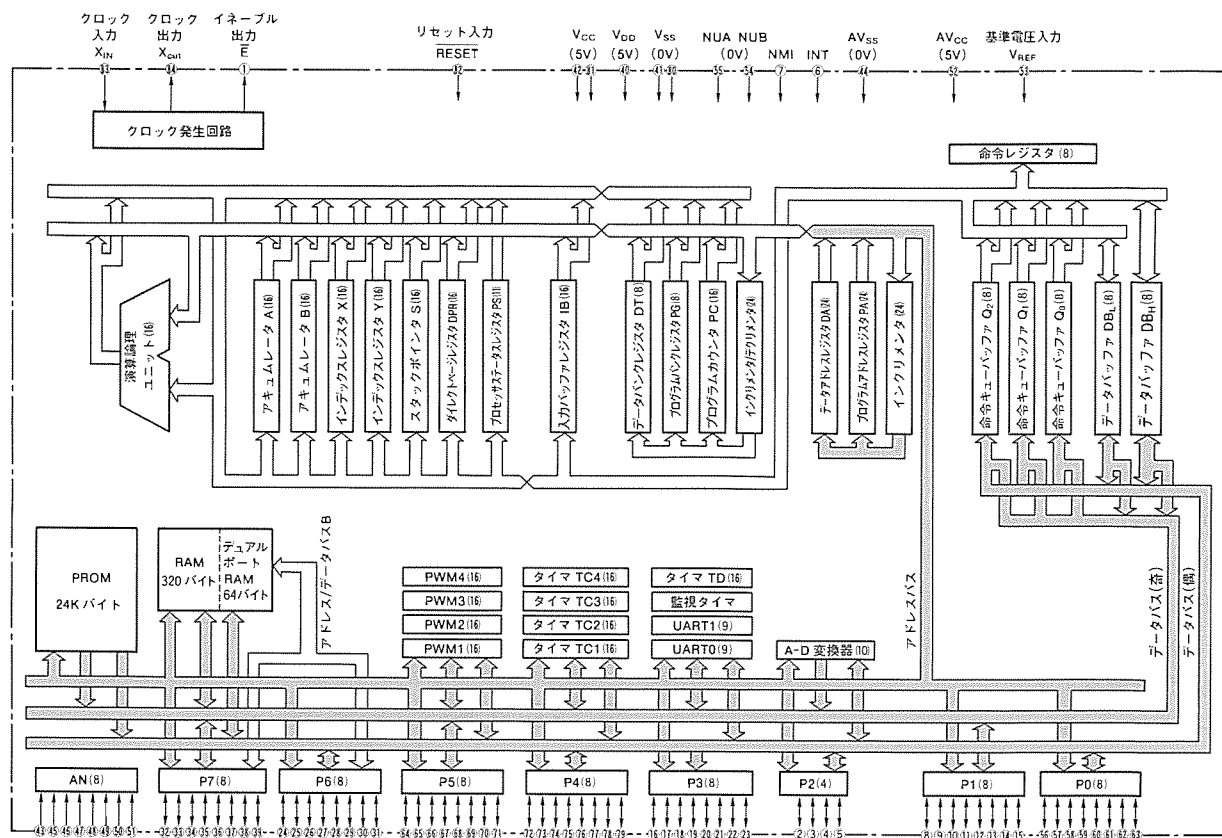


図 2. ブロック図

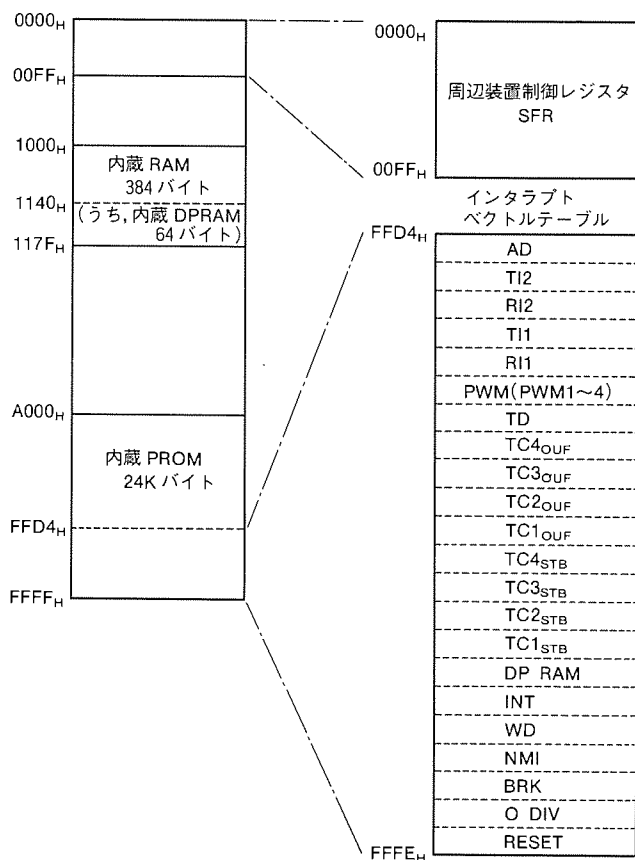


図 3. メモリマップ

の機能により、異常なパルス周期が生じることがなく、ユーザーはいつでも PWM への書き込みを行うことができる。

(2) PWM カウンタの設定値のみにより、“H” DC レベル又は“L” DC レベルを出力することができる。このため、デューティ設定の一状態として、DC レベルが選択でき、ソフトウェアの負荷が低減される。

ダブルカウントモードは、PWM H、PWM L 共にクロックデバイダの出力をカウントし、PWM L のターミナルカウントによって PWM H に設定値がリロードされ、トリガの発生により、PWM L に設定値がリロードされる。トリガは、外部入力による発生と、ソフトウェアによる発生を選択できる。出力は、PWM L のターミナルカウントによってクリアされ、PWM H のターミナルカウントによってセットされる。このモードでも PWM への書き込みに対する機能が強化されており、ダブルカウントモードで動作中に PWM カウンタ設定値の書き込みを行うと、次のトリガ発生時に、設定値が更新される。

次に、PWM のシステム構成上の特徴である同時起動機能について述べる。この機能は、1 ビットの書き込み専用レジスタに“1”を書き込むことにより、すべての PWM が起動されるものである。図 7 に、同時起動動作の一例を示す。この例では、すべての PWM をパルス周期モードで使用し、PWM H の設定値 (“L” パルス幅) を n 、PWM1~4 の PWM

L 設定値 (“H” パルス幅) をそれぞれ m , $m+1$, $m+2$, $m+3$ とし、同時起動を行い、その後すべての PWM の PWM L 設定値を m とした場合を示している。PWM L 設定値の更新は、先に述べた書き込み動作に対する強化機能により、起動後 2 回目のパルス周期から更新されるので、図 7 の例のように一定の位相関係を保った PWM 制御が可能となる。また、4 本の PWM のうち、動作しているものがあつた場合は、停止中の PWM のみに同時起動を行うので、任意の PWM に起動を行うといった使用も可能となる。

3.2.2 入力計測タイマ

— タイマ C —

内部、又は外部のクロックを分周して、タイマに供給するプリスケアラ 3 本、16 ビットアップカウンタ 4 本、及び 16 ビット計測レジスタ 4 本から構成される。

タイマ C1 及びタイマ C2 のプリスケアラは、内部クロックと外部クロックが選択できる。タイマ C3 のプリスケアラは、タイマ C3 及びタイマ C4 のカウントクロックを供給するプリスケアラであり、内部クロックのみに接続されている。ただし、タイマ C2 のプリスケアラ出力を、タイマ C2 ~4 のカウンタに供給する動作モードを選択することができるため、すべてのタイマ C を外部クロックで動作させることも可能である。

タイマ部は、タイマ C1~4 共に同様の入力計測機能を持ち、タイマ C1 のみイベントカウンタの機能を選択可能である。入力計測タイマとして動作させる場合、カウンタ値の捕そく (捉) は外部入力による場合と、ソフトウェアによる場合との切替えが可能である。また、捕捉動作と同時に割り込み要求を発生する。タイマ C1 をイベントカウンタとして動作させる場合は、外部入力又はソフトウェアにより、カウンタを初期化 (カウンタに設定値をリロード) することができる。この機能により、ある外部入力から一定時間ごとに割り込みを発生させるなどのアプリケーションが可能となる。

3.2.3 フリーランタイマ — タイマ D —

16 ビットダウンカウンタ、16 ビットリロードレジスタ、

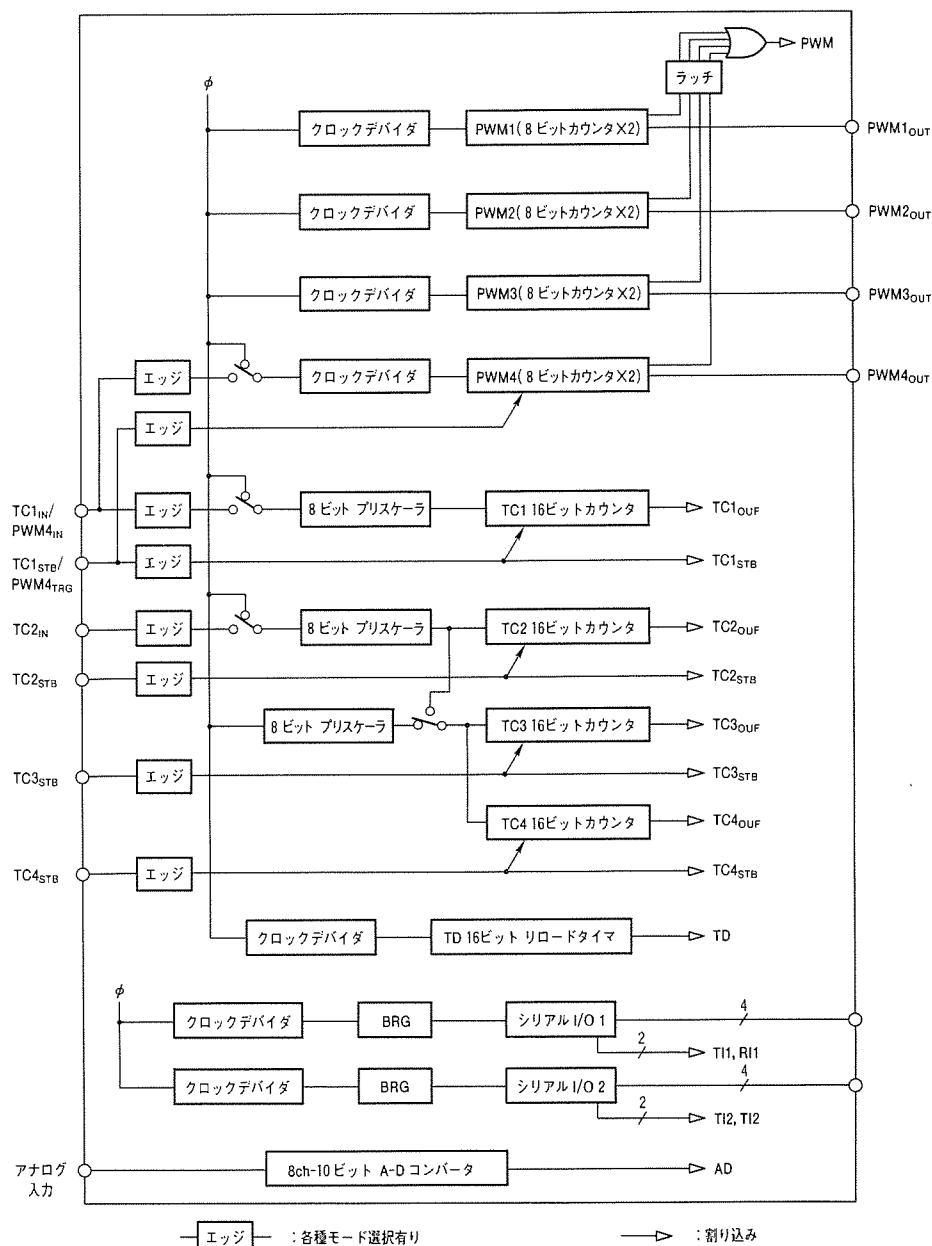


図 4. 周辺機能ブロック図

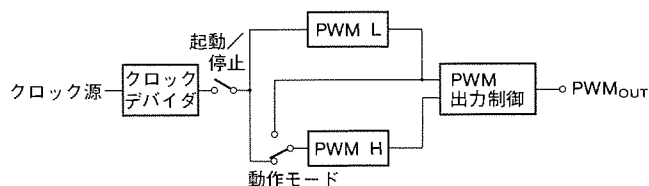
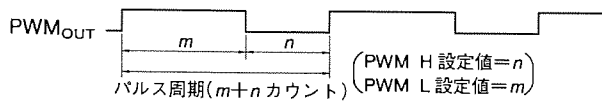


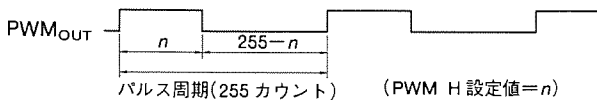
図 5. PWM の基本構成

及びカウンタクロックを発生するクロックデバイダによって構成される単機能タイマであり、タイマアンダーフローによって割り込み要求を発生する。

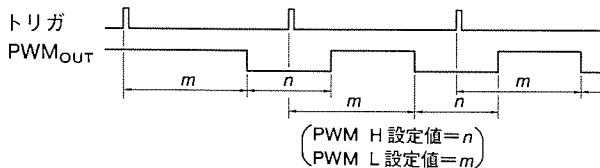
シリアル I/O は 2 本あり、それぞれ非同同期型 (UART)、クロック同期型の選択が可能である。非同同期型のデータフォーマットは 7 ビット、8 ビット、9 ビットの三通りある。1 ストップビット/2 ストップビットの選択、パリティビットの有無の選択、奇数パリティ/偶数パリティの選択が可能



(a) パルス周期モード基本動作

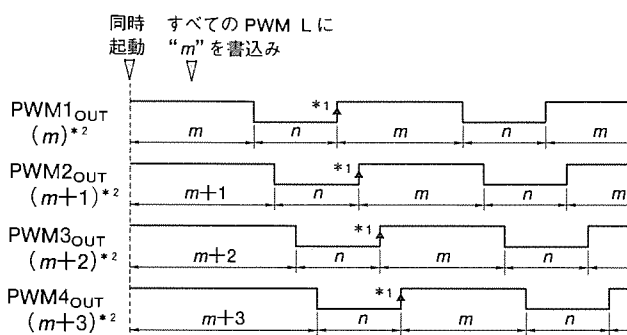


(b) パルス周期固定モードの基本動作



(c) ダブルカウントモードの基本動作(PWM4のみ選択可能)

図6. PWMの各動作モードの基本動作



注 *1 : 起動後2回目のパルス周期の開始点

*2 () : 各PWM Lの初期設定値

図7. PWMの同時起動動作の例

である。なお、送信・受信ともバッファレジスタを持っているので、送信・受信を独立に行うことができる。

A/D変換器は10ビット逐次近似方式で、入力には8チャネルある。変換を終了すると、割り込み要求を発生する。高精度化を達成するために、内部の動作タイミングを工夫しており、デジタル部の発生する過渡電流雑音を極力低減している。

3.3 内蔵メモリ

先に述べたように、M37794E3TJでは、ワンタイムPROM24Kバイト、RAM384バイトを内蔵する。RAMのうち、64バイトはデュアルポートRAMである。

(1) EPROMモード

M37794E3TJは、マイコンとしての通常の動作モード(シングルチップモード、メモリ拡張モード、マイクロプロセッサモード)以外に内蔵PROMへの書き込み、読み出しを行うためのEPROMモードを持っている。市販のEPROMラ

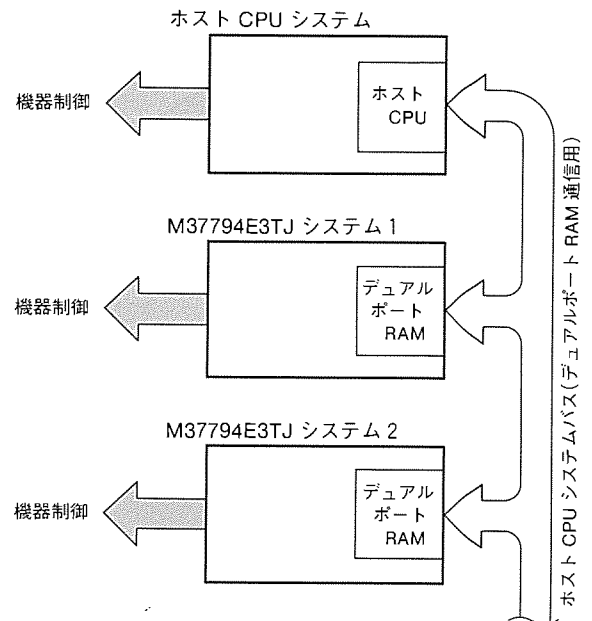


図8. M37794E3TJを用いたマルチCPU構成例1

イタが使用可能なように、EPROMモードでは外部端子は汎用のEPROM(M5M27C256K)と同一機能になるようにしている。

なお、PROM書き込み後、マイコンとしての通常モードで偶数番地からアクセスした場合は、2バイト同時にアクセスされる。

(2) デュアルポートRAM

制御の高度化・統合化に対する一つの回答が、マルチCPUシステムであろう。マルチCPUシステムでは、従来のソフトウェアの財産を活用でき、複数のCPUで処理効率の向上、異なる制御系の独立したソフトウェア開発などが可能となる。この場合、CPU相互の情報の共有が必ず(須)であり、これを実現するため64バイトのデュアルポートRAMを内蔵した。図8、図9にマルチCPUシステムの構成例を示す。

M37794E3TJに内蔵したデュアルポートRAMの特徴は、第1にアクセスが競合した場合にもCPUのプログラムウエイトを発生しないことである。この機能により、自動車など特にリアルタイム性を重視するシステムにおいて、デュアルポートRAMを使用したシステムを構築することが容易になる。

第2に外部CPUから見たデュアルポートRAMのマッピングがソフトウェアにより、任意に設定できることである。一般的にエンジン制御のエレクトロニクスが先行しており、既にマイコンによる制御が実施されている環境にトランスミッション制御をマイコン化することが多い。しかも、マイコンによるトランスミッション制御が必要となるのはAT車だけである。したがって、トランスミッション制御をマイコン化し、マルチCPUとした場合、デュアルポートRAMとのハンドリングのために、エンジン制御システムについても

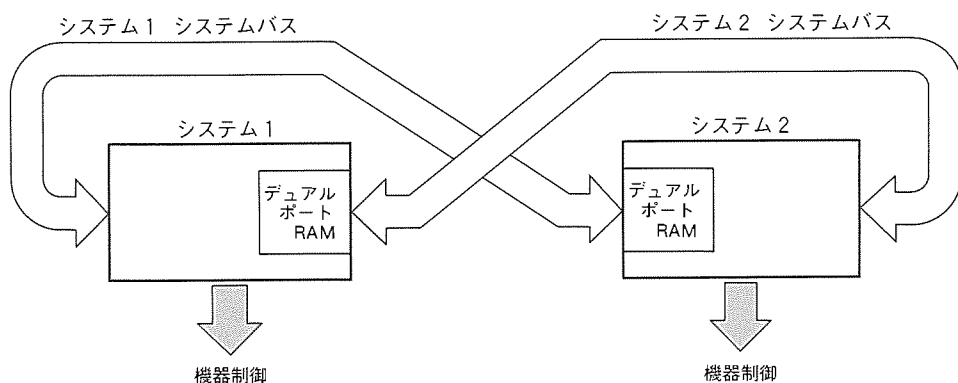
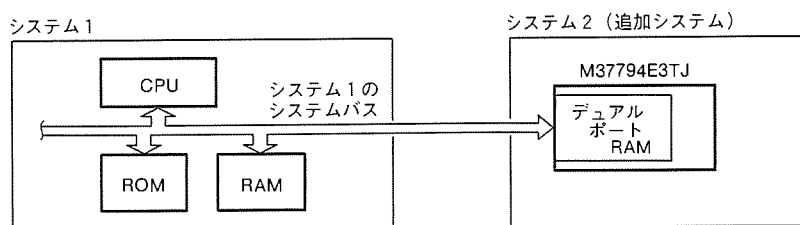
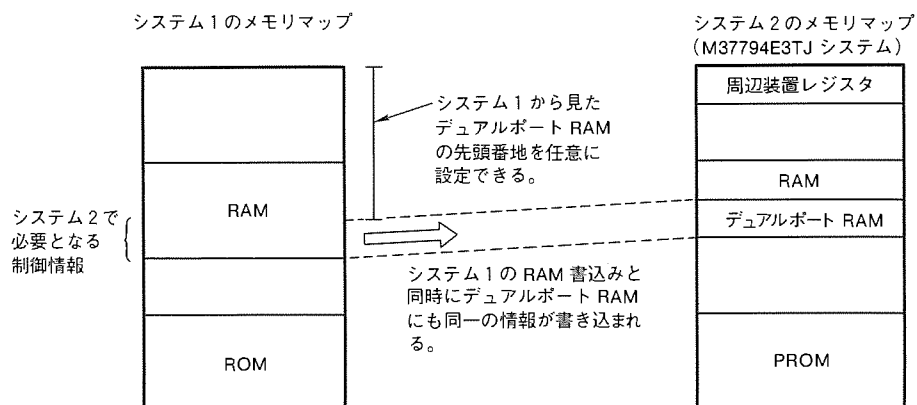


図 9. M37794E3TJ を用いたマルチ CPU 構成例 2



(a) システム構成



(b) 各システムのメモリマップ

図 10. 既存システムへの応用

見直しが必要になる。これではソフトウェアの開発効率が低下するとともに、管理上の問題も発生しやすい。

この問題を解消するため、単体でも動作可能なシステム開発後に、M37794E3TJ を用いたシステムを付加するだけで、相手システムの制御情報を共有できるようにした。図10はこの機能を示す図である。システム1から見た場合、デュア

ルポート RAM のメモリ領域では、二重にメモリが存在することになる。システム1側のCPUが、既存のメモリに書き込みを行うと、デュアルポート RAM にも同じ内容が書き込まれ、システム2 (M37794E3TJ 使用システム) 側でその情報を使用することができる。システム1側の制御情報マッピングの変更に対してもフレキシブルに対応可能である。また、システム1側のCPUが、既存のメモリの読出しを行うためデュアルポート RAM 領域の読出しを行った場合、二つのメモリからのデータ出力が衝突しないように、デュアルポート RAM 側のデータバスをハイインピーダンス状態に保つ機能 (読出しの禁止)、及び一方の情報受け渡しに対して、情報を保護するための機能 (書き込みの禁止) を持たせた。なお、読出し又は、書き込みの禁止機能は、デュアルポート RAM 領域を分割して独立に設定することができるため、多様なアプリケーションに対応できる。

4. む す び

このように、今回開発した M37794E3TJ では、強力な PWM / 計測機能、10ビット A/D 変換器、24K バイトの大容量 PRO

M とともに、マルチ CPU への対応など、自動車用のみならず高度なリアルタイム処理、高度な制御を要求される産業用機器制御に最適なマイコンである。

今後とも、この開発で培った技術をもとにして、より高性能・高品質なワンチップ マイコンシリーズを開発していく予定である。

ME シリーズ用機械系 CAE システム MECA

横田優子* 花島真人** 小泉孝之***

1. ま え が き

産業界では、製品設計における生産性向上の手段として、CAE (Computer Aided Engineering) が CAD/CAM の上位概念として重要視されつつある。図 1 に示すように、製品設計の流れにおいて、試作・実験実施後の評価結果から生ずる工程のフィードバックは、再試作・再実験による工程遅延を引き起こす。これを解決するために、試作・実験前にコンピュータで製品のシミュレーションを行って工程短縮を図る手段として、CAE が有効であると考えられているからである。

一方、コンピュータのエンジニアリング分野での利用は、32 ビットのエンジニアリング ワークステーション (以下“EWS”という。) が主流を占めてきている。このような情勢に対して、当社では 32 ビット系 EWS として ME シリーズ (ME100, 200, 250, 350, 400) を発表し、エンジニアリング オフィスシステム (以下“EOS”という。) として CAD, 文書処理, CAE を一体とした利用環境を提供しつつある。

今般、ME シリーズに搭載するソフトウェアとして、機械構造物の概念設計を行う機械系 CAE システム MECA (Mitsubishi Mechanical Engineering CAE System) を開発した。

ここでは、MECA の概要・特色・適用分野などを紹介する。

2. システムの特長と概要

機械系 CAE システム MECA は、ME シリーズ用に開発された機械構造物の構造・振動解析を統合的に行うシステムである。解析手法は有限要素法による構造解析及び部分構造合成法による振動解析であり、これらを統合的に解析するためのプリ/ポストプロセッサの充実を図ったところに特長がある。システムは、図 2 に示

すように、MECA-FEMINI, MECA-DYBBA, MECA-POST の三つのサブシステムからなり、これらは、図 3 に示す共通データファイルを共通にアクセスしてシステムの操作性を高めている。さらに、ME シリーズ用日本語文書処

理サブシステムを用いて、MECA-POST を用いた解析結果が文書化できる点にも特長がある。

MECA-FEMINI は有限要素法解析システムであり、PRE-FEMINI と FEMINI からなる。PRE-FEMINI は、複雑な有限要素法解析モデルを表形式で作成する。すべてのモデル作成は、説明書を見なくてもよいように、HELP 画面による解説、代表的な材料定数のメニュー選択、はり (梁) 断面性能の計算機能、形状モデル表示機能が用意されており、FEMINI の解析操作性を支援している。

MECA-DYBBA は、部分構造合成法解析システムであり、PRE-DYBBA と DYBBA からなる。PRE-DYBBA は、形状モデルの表示/合成を対話的に行って、合成対象部分構造モデルの選択/定義、及び結合定義データの作成を自動的に行うシステムであり、DYBBA の解析操作性の向上を支援している。

MECA-POST は、これらの解析結果を表示するシステムであり、MGRAPH ではグラフとして表示し、MMODE では変形図として表示する。

以下、システムの構成及び利用技術について述べる。

3. システムの概要

3.1 ハードウェア構成

MECA の代表的なハードウェア構成を図 4 に示す。ここでは、ME シリーズ本体 (CPU 及び主メモリ 16M バイト以上)、16/20 インチ カラーディスプレイ、キーボード、マウス、内蔵 3.5 インチ FDD 装置、内蔵カセット MT 装置、プリンタ装置からなる最小構成を示している。

ユーザーは、利用形態に合わせて、ネットワーク、他機種との接続、プロッタ装置など自由に拡張することができる。

3.2 ソフトウェア構成とその機能

ここでは、MECA の図 2 に示す三つのサブシステム

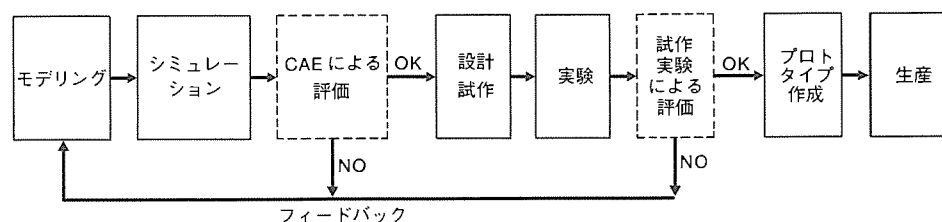


図 1. 製品設計の流れ

MECA-FEMINI (有限要素法構造解析システム), MECA-DYBBA (部分構造合成法による構造シミュレーション システム), MECA-POST (構造解析結果表示システム) について, その機能を説明する。

まず, 有限要素法構造解析システム MECA-FEMINI は, 三次元梁要素, 平面シェル要素で構成される構造モデルに対して, 静解析 (応力・変位解析) 及び動解析 (固有値解析) を行う有限要素法解析システムである。このシステムは, 有限要素法解析モデルを作成するプリプロセッシング ルーチン PRE-FEMINI とその解析ルーチン FEMINI から構成される。ユーザーは, まず, PRE-FEMINI を用いて, 図 5 に示す表形式のウィンドウを用いて, 節点座標・要素・荷重・材料・断面性能・境界条件などの有限要素法解析に必要なデータを対話形式で作成し, さらにモデルはウィンドウに図 6 のようなモデル形状を表示して, 様々な視点からの確認をしたり, プリント出力によって数値を確認することができる。

次に, FEMINI を用いて, 有限要素法解析を行う。静解析では, スパースな大型行列計算の効率化に威力を発揮するウェーブフロント法によって解析を行っている。動解析では, 構造物の低次の固有振動数を求めるのに効果的なサブスペース法によって解析して, メモリの節約と高速化を図っている。表 1 は FEMINI の仕様である。さらに, 解析結果は, リスト形式のファイルとして数値出力されるとともに変形図表示プログラム MMODE によって, 静解析の場合は変位解析結果を変形図として, 動解析の場合は振動モード図としてウィンドウ上に表示する。そのとき, 同時に作成される図形ファイルを通して文書の中に取り込むこともできる。これらの一連の操作では, ユーザーは解析構造モデル名以外は, 図 3 に示すような MECA の共通データ構造を意識せずに解析することができる。

次に, 部分構造合成法による構造シミュレーション システム MECA-DYBBA は, 構造モデル単位の動特性 (動解析結果) を組み合わせて, 結合後の構造モデルを生成し, その動特性 (周波数, 過渡応答及び固有値) 解析を行う部分構造合成法解析システムである。まず, 部分構造合成法について簡単に解説する。

i 番目の構造モデル (この手法では, 結合の全体構造に対して部分構造ともいう。) の振動特性を伝達関数 (変位/力) で表すと,

$$[G_i(\omega)] = \sum_{r=1}^n \frac{\{\psi_r\} \{\psi_r\}^T}{m_r(-\omega^2 + 2j\zeta_r\omega_r\omega + \omega_r^2)} \quad (j=\sqrt{-1}) \quad (1)$$

ただし, f_r : モード r の固有振動数 (Hz), $\omega_r = 2\pi f_r$
 $\{\psi_r\}$: モード r の固有モードベクトル
 m_r : モード r のモード質量
 ζ_r : モード r の減衰比
 n : モード数

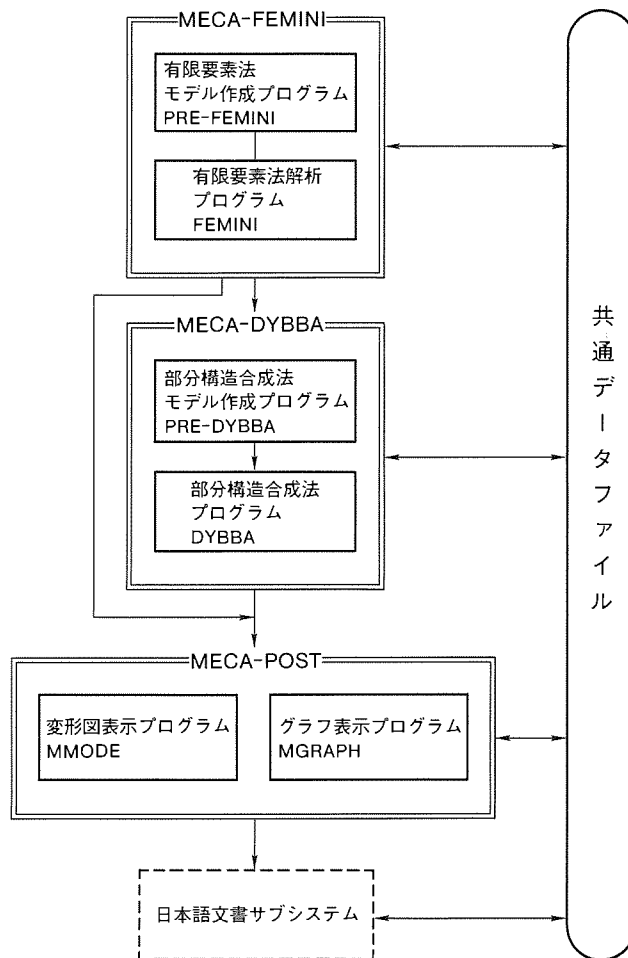


図 2. 機械系 CAE システム MECA の構成

あるいは, 動剛性 (力/変位) のマトリクスとして,
 $[G_i(\omega)]^{-1} = -\omega^2 [M] + j\omega [C] + [K] \quad (j=\sqrt{-1})$
 (2)

ただし, $[M]$: 質量マトリクス
 $[C]$: 減衰マトリクス
 $[K]$: 剛性マトリクス

で表される。 $[G_i(\omega)]$ は, 大きさ m (m は自由度数) の対称マトリクスであり, 全体構造モデルの伝達関数 $[G(\omega)]$ は, 結合部分の自由度を動剛性 (力/変位) の状態で重ね合わせた形になる。

$$[H(\omega)] = \begin{bmatrix} [H_1(\omega)] & & \\ & \ddots & \\ & & [H_N(\omega)] \end{bmatrix} \quad \dots (3)$$

ただし, $[H(\omega)] = [G(\omega)]^{-1}$
 $[H_i(\omega)] = [G_i(\omega)]^{-1} \quad (i=1, \dots, N)$
 N は, 結合する構造モデル数

結合後の全体構造モデルの動特性は、方程式

$$[H(\omega)] \{x\} = \{f\} \dots\dots\dots (4)$$

ただし、 $\{x\}$: 変位ベクトル

$\{f\}$: 加振ベクトル

を解くことによって得られる。すなわち、部分構造単位の動特性は、固有値解析結果の諸元、あるいは有限要素解析の途中で求められる質量／剛性行列であり、これらは、例えば FEMINI の解析で得られる（詳細は省略するが、実験的モー

ド解析によっても得られる。)。そこで、まずユーザーは、PRE-DYBBA を用いて、図11のように部分構造単位に、採用する自由度を選択して、その振動特性データを作成し、次に、結合方法を指示して結合データを作成するという作業を、ウインドウ上の構造モデル形状を見ながら、それを画面で組み合わせながら作成する。

次に、DYBBA を用いて、結合後の構造モデル名と解析方法の指示を与えて、結合後の動特性を解析する。応答解析は、

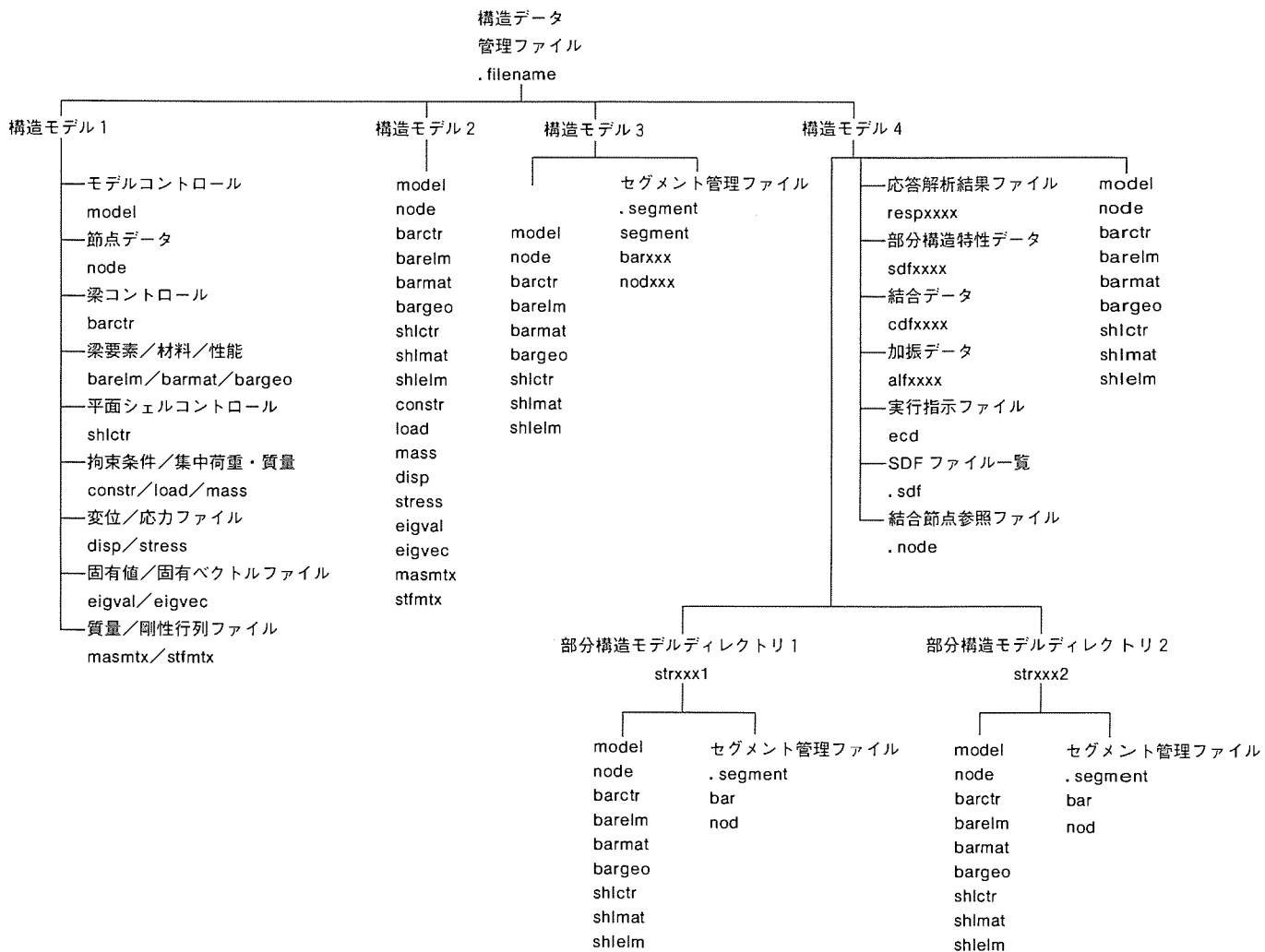


図 3. 共通データ構造

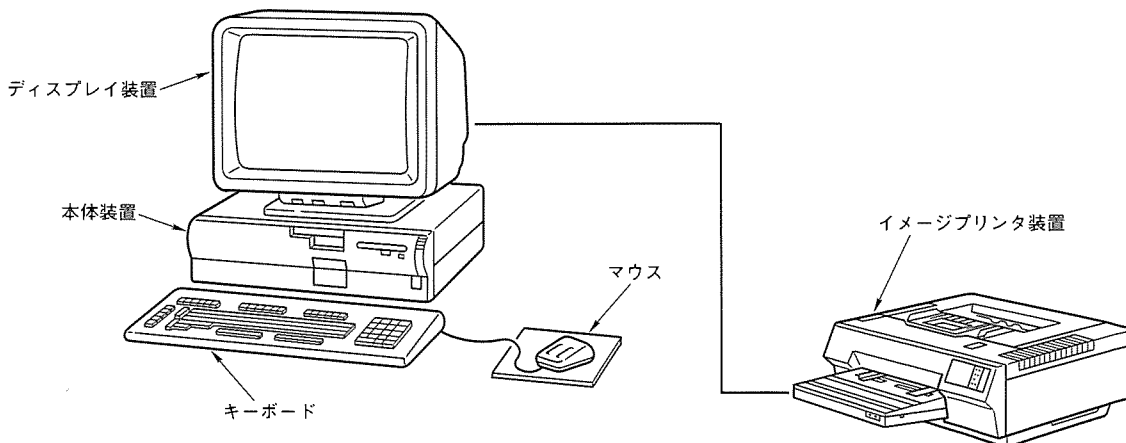


図 4. ハードウェア構成 (例)

周波数領域において、スパースな対称マトリクスを効率的にメモリに格納するスカイライン法によって解析し、時間領域の解析は、FFT (First Fourier Transform)／逆FFTによって変換を行っている。表2はDYBBAの仕様である。解析結果は、リスト形式のファイルとして数値出力されるとともに、グラフ表示プログラムMGRAPHによって応答解析結果を図12、図13のようにグラフでウインドウ上に表示する。同時に作成される図形ファイルを通して、文書の中に取り込むことができる。

4. 適用事例

ここでは、機械系CAEシステムを開発設計に利用する例について紹介し、利用方法について解説する。

4.1 スパイラル エスカレーターの概念設計

ここでは、スパイラル エスカレーターを構造モデル例としたFEMINIの解析を紹介する。

スパイラル エスカレーターは、通常の直線エスカレーターを円弧上に曲げた形状をしていて支点間で凸状に張り出した構造のため、大きな曲げひねり変形に対する解析が必要である。そこで、詳細設計を行う前に、概念設計における構造計算をこのシステムのMECA-FEMINIとMMODEを用いて行う。

スパイラル エスカレーターの構造上の強度メンバーは、3次元トラス構造としてモデル化できる。この3次元トラスの簡単なモデルをPRE-FEMINIを用いて作成する。PRE-FEMINIで、図5のように、まず基本ウインドウにおいて、構造モデル名とモデルタイトルの入力、単位系、要素の種類、解析の種類を選択したのち、データの種類の選定から必要なデータ設定ウインドウを開き、表形式のウインドウを用いて、節点座標データ、梁要素データと境界条件、荷重条件、材料データ、断面性能データを作成する。各ウインドウでは、入力方法を表示するHELP画面の表示、表の行単位の挿入／削除機能があり、節点座標設定ウインドウでは2端点間の分

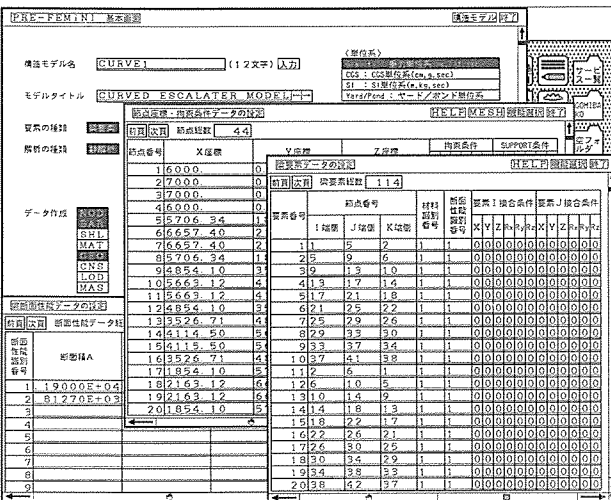


図5. PRE-FEMINIによる構造モデルの作成

割節点座標の演算機能、代表的な材料物性値のメニュー選択機能、断面性能値の演算機能が備わっている。どのデータもウインドウ上の入力枠の中にフリーフォーマットで入力出来、20行単位で改頁を行って1,000行までデータを入力することができる。作成されたデータは、図6のようにウインドウ上に形状を表示したり、プリンタに数値出力してチェックを行う。作成したデータが、誤っていれば修正し、正しければPRE-FEMINIを終了する。このとき、構造モデル名と同一の名前を持つディレクトリが作成され、そのディレクトリ内に、FEMINI 解析用ファイルが作成される。このファイルは、PRE-FEMINI を再起動することにより、修正可能である。

次に、FEMINI を実行し、数値解析を行う。スパイラル エスカレーターでは、44 節点、114 梁要素のモデルとして応

表1. FEMINI の仕様

解 析 の 種 類	① 静解析 (応力・変位解析) ② 動解析 (固有値解析)
要 素 の 種 類	① 三次元梁要素 ② 平面シェル要素
最 大 節 点 数	1,000
最 大 要 素 数	3,000
最 大 自 由 度 数	6,000
最 大 材 料 数	100
最 大 梁 断 面 数	100
最 大 荷 重 状 態 数	100
最 大 解 析 固 有 値 数	100
計 算 時 間 (250自由度)	① 静解析 約11分 ② 動解析 約20分
計 算 精 度	理論値の1%以下

表2. DYBBA の仕様

解 析 の 種 類	① 周波数／過渡応答解析 ② 全系固有値解析
振動特性定義の種類	① モード合成法比例粘性／構造減衰 ② モード合成法非比例粘性／構造減衰 ③ 直接行列合成法 ④ 伝達関数合成法 ⑤ スカラー要素
結 合 の 種 類	① 剛 結 合 ② 柔 結 合
荷 重 の 種 類	① 外力／不釣り合い外力 ② 強制変位／速度／加速度
全系最大自由度数	1,200
部分構造最大自由度数	200
部分構造最大モード数	100
計 算 速 度	約 (1.5+0.5×応答点数) 分 (約100自由度)
計 算 精 度	理論値の1%以内

力、変位計算及び固有値を5モードまで解析した。

さらに、解析計算の結果を、MMODE を用いて変形図として図7のように表示させたり、プリンタに数値出力する。実際には、ここで構造・強度について検討を行う。すなわち、初回の計算で、どの部分にどのような変形や応力が発生するかを調べるため、部材材料は同一のものを使用し、拘束条件は両端固定とし、荷重は構造の自重とモータ及び乗客重量を想定する。解析結果が許容値の範囲内になるまで検討を加えて、再度、PRE-FEMINI でモデルを修正し、解析を繰返し、概略設計でスパイラル エスカレーターの基本形状を明らかにする。ここで得られた情報が次の大型コンピュータ等による詳細設計の基礎データとなるわけである。

4.2 電力機器の耐震設計

次に、空気遮断器を構造モデルとした DYBBA の解析を紹介する。

電力機器の地震時損傷の典型例として、がい(碍)子構造物の破壊があり、ここで応用例として述べる空気遮断器(図8)もその一例である。この空気遮断器は、図9のように5

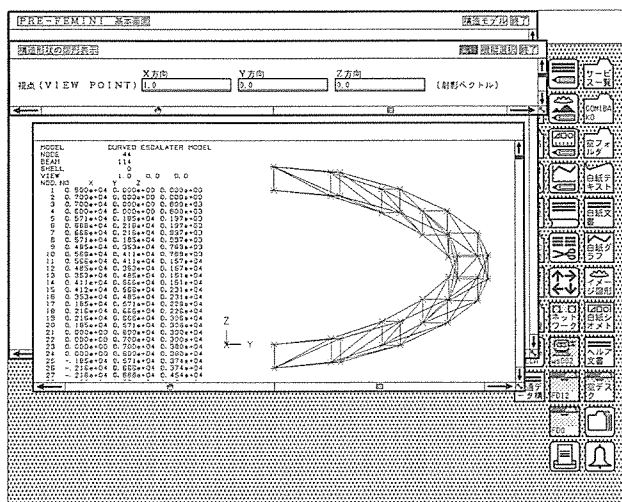


図6. PRE-FEMINI によるモデル形状表示

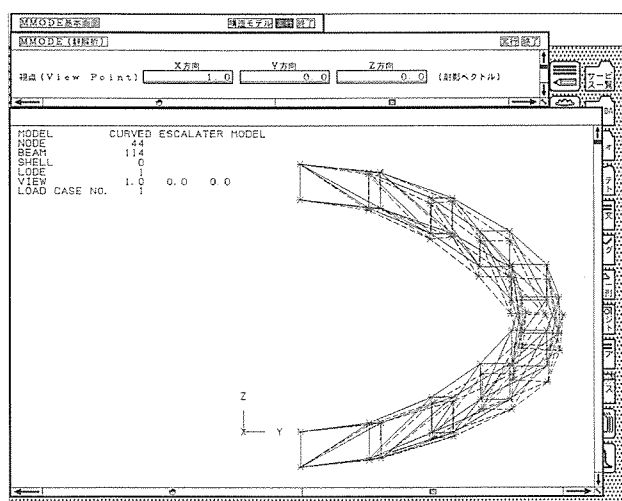


図7. MMODE による変位解析変形図表示

段のカスケード結合により、高圧の遮断電圧が得られるものであり、すべての遮断器は、約4.5mの対地絶縁用碍管の上部に固定され、本体はアルミ製母線によって端部同志が結合されている。絶縁用碍管は、基礎構造物の一部であるはしご状フレームの台座上に直線状に配置され、この台座はくら(鞍)のような形状であり、はしご状フレームとほぼ同じ長さの貯気タンクにまたがっている。

このような比較的複雑な形状をした構造物の動特性を求めるには、部分構造合成法が有効である。すなわち、この空気遮断器は、全体として梁構造とみなすことができるからである。また、部分構造合成法による数値シミュレーションは、実際の構造設計において、試行錯誤による解析の繰返しや、設計上何らかの補強構造物の付加を検討する場合にも有効である。

そこで、図10に示すように、全体構造を空気遮断器本体と絶縁用碍管、遮断器間母線、台座、はしご状フレーム、貯気タンク、下部フレームの部分構造に分解する。

まず、各々の部分構造を自由端又は拘束点を持つ梁構造物として、それぞれ、PRE-FEMINI でモデルを作成し、FEMINI を用いて動解析を行い、必要に応じてMMODE で部分構造の振動特性を確認する。

次に、PRE-DYBBA を用いて、部分構造合成モデルを作成する。図11は、下部フレーム、及び空気遮断器本体と絶縁用碍管の二つの部分構造の結合過程を示している。モデルの作成は、次のように行われる。

まず、合成対象となる部分構造モデルを部分構造一覧画面に構造モデル一覧から選択して登録する。次に、各構造モデル形状を部分構造定義ウインドウに表示させ、解析に用いる自由度を選択し、有限要素法では得られないモード減衰比を

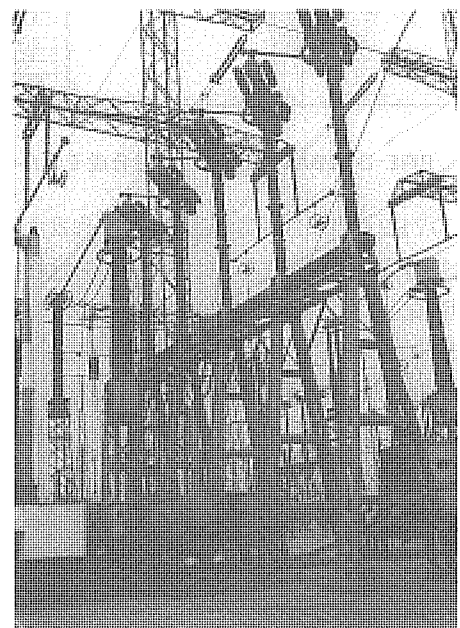


図8. 空気遮断器の概観

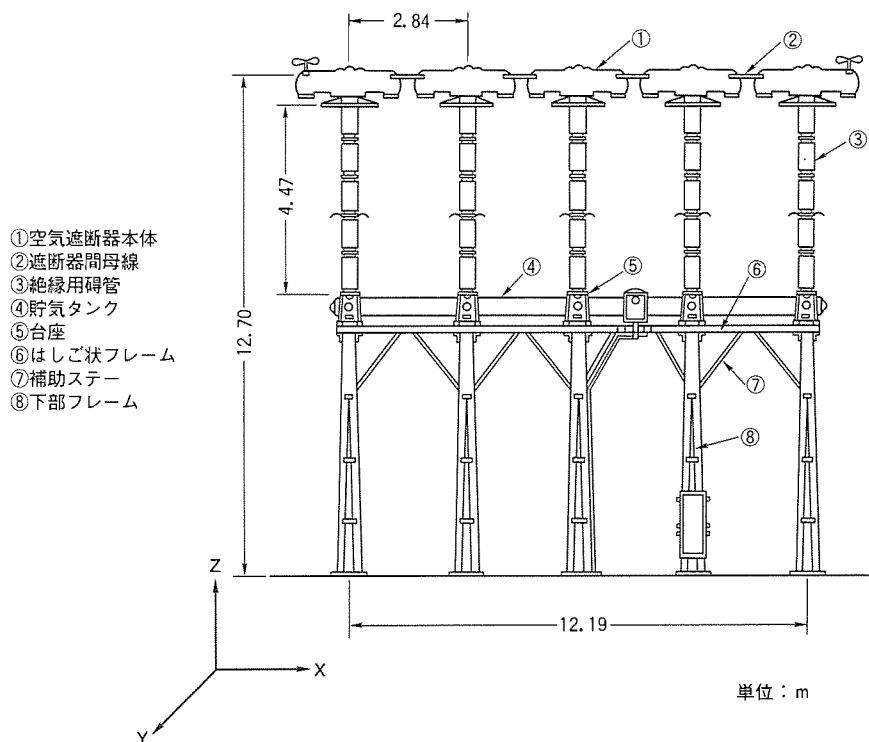


図 9. 空気遮断器の構造

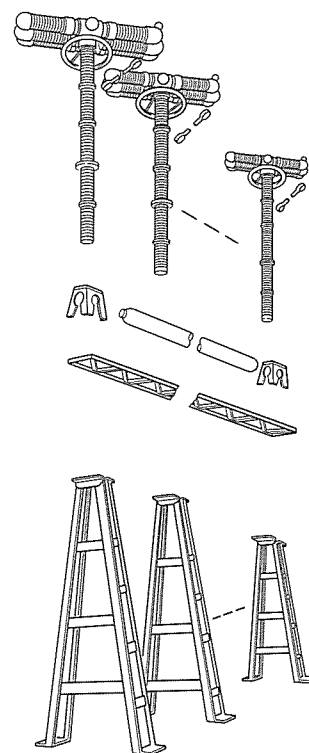


図 10. 全体構造から部分構造への分解

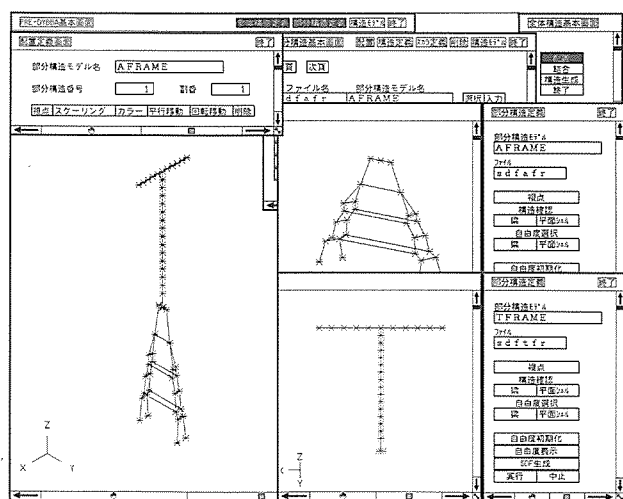


図 11. PRE-DYBBA による部分構造合成モデルの作成

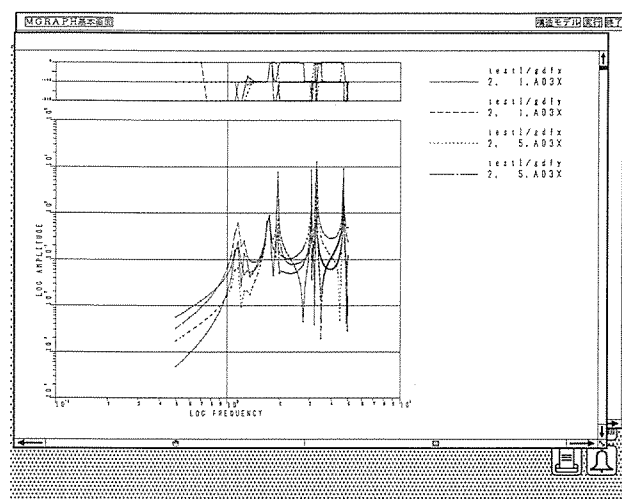


図 12. MGRAPH を用いた全体構造シミュレーション結果の表示

設定してDYBBA 用部分構造定義データを作成する。このとき、部分構造モデル単位のFEMINI の動特性解析結果がDYBBA 用部分構造定義データに自動的に変換される。第3に、全体構造定義ウインドウにおいて、部分構造モデル形状を平行移動や回転移動を行って3次元的に配置し、全体構造モデル形状を作成する。最後に、形状モデル上の結合点をマウスで指示し、結合方法を決定する。このとき、システムでは自動的にDYBBA 用結合定義データを作成する。

この結果、PRE-DYBBA により、DYBBA 用部分構造定義データと結合定義データが作成できたので、加振自由度と応答解析の手法・範囲等を指定して、DYBBA を用いて部分構造合成解析を行った。加振は、第1番目の空気遮断器端部

にX方向及びY方向に単位加振を行い、0.5Hz から5 Hz の範囲で、X方向、Y方向の周波数応答を求めた。その結果をMGRAPH を用いてボード線図に表示したものが図12であり、第2モードの共振点付近をナイキスト線図で表示したものが図13である。

表3は、この空気遮断器の加振実験を行った際に得られた結果とDYBBA の解析結果とを比較したものである。この結果、非常に良い精度の結果が得られ、数値シミュレーションの妥当性が実証された。

5. む す び

以上、ME 用機械系CAE システムMECA の紹介を行っ

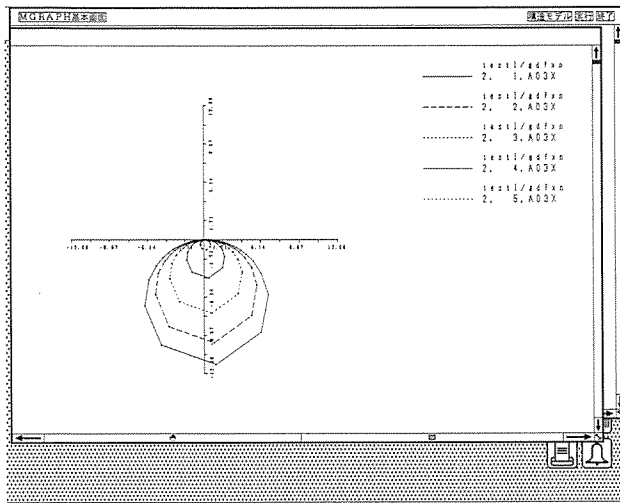


図 13. MGRAPH を用いた第 2 モードの
ナイキスト線図表示

た。このシステムによる解析は、機械設計の概念設計の段階で威力を発揮する。すなわち、設計する構造物の簡易モデルを作成し、解析、結合を行い、構造・振動特性を調べ、材料選定と構造形状を決定する。その結果を用いて、CAD 等で図面設計を行い、次に詳細な構造計算をスーパーコンピュータ等で行って詳細設計を行うことが理想的である。一方、既存のモデルに対して、設計変更を行ったときの構造に与える影響を知るにも有効な利用法である。

このシステムは、解析に要する予備知識、データ作成などのユーザーの負担を大幅に軽減する、という小型 CAE システムの目的を果しているが、今後の課題として、周辺技術の向上に対応した操作性の向上、解析要素の種類の追加、解析性能（精度・速度）の向上、プリ／ポスト機能の強化などを

表 3. 実験値と DYBBA 解析結果

次 数	実 験 値		DYBBA		誤 差
	固有振動数	固有モード	固有振動数	固有モード	
1	1.22	y, 1 次	1.54	y, 1 次	1.26
2	1.86	y, 2 次	1.75	y, 2 次	0.94
3	2.27	x, 1 次	2.15	x, 1 次	1.15
4	2.47	混 合	2.50	y, 3 次	1.01

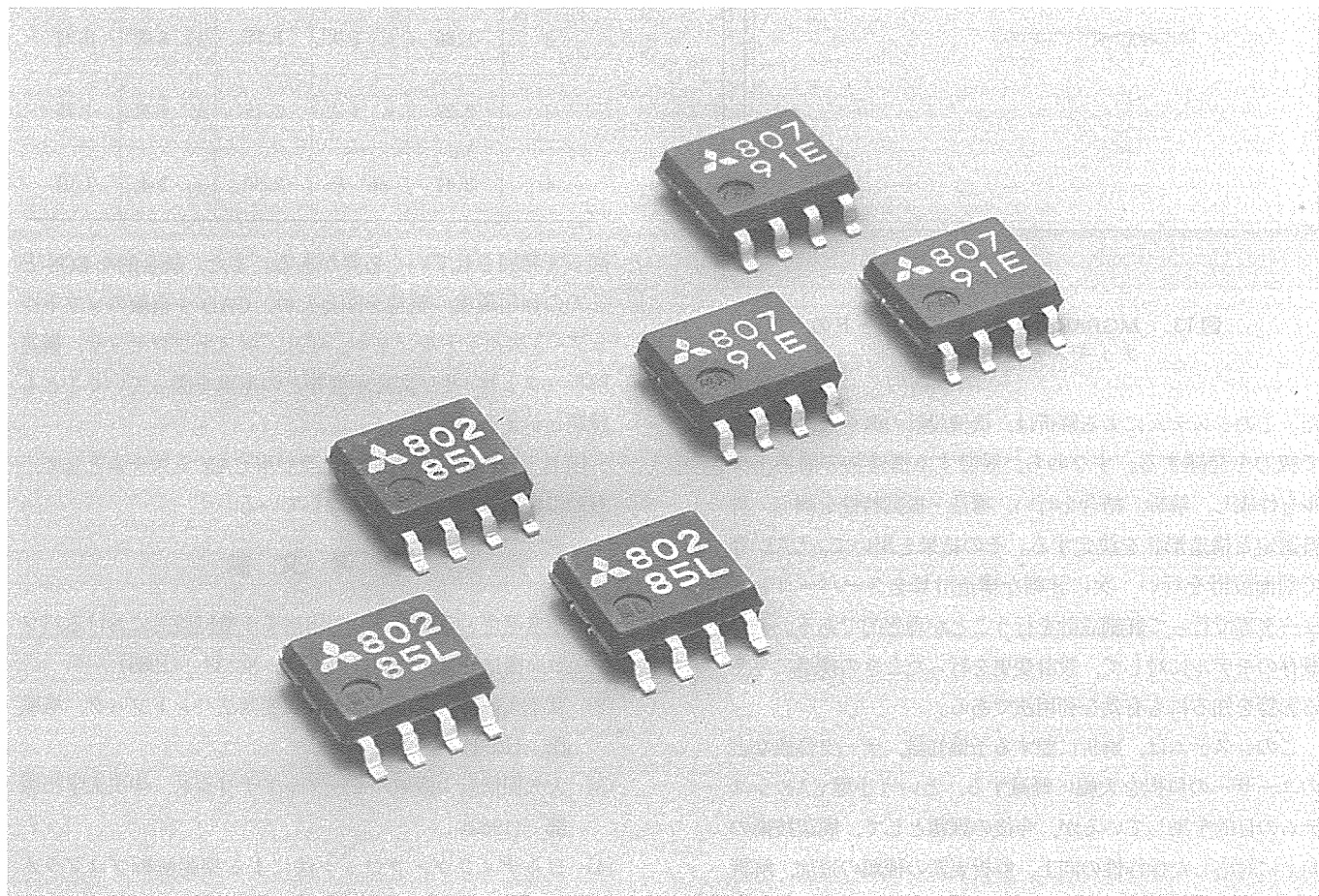
図って発展させていく必要がある。また、統合的な EOS としての利用環境の整備を図るため、CAD や市販のソフトウェア（3次元モデルソフト、プリ／ポストプロセッサ、構造解析ソフト等）及び文書処理等との連携を図っていくことも課題といえる。

以上、このシステムが概念設計用 CAE システムとして、有効に利用されることを期待している。

参 考 文 献

- (1) 小泉孝之・花島真人・中田裕子：機械設計におけるパソコン構造解析の利用、PIXEL, No.38 (1985)
- (2) 鷲津久一郎・宮本 博：有限要素法ハンドブック、培風館 (1971)
- (3) 大久保信行：機械のモーダルアナリシス、中央大学出版部 (1982)
- (4) ビルディング・ブロック法による振動解析プログラム DYBBA 説明書、三菱電機機、(1985)

スポットライト GaAsプリスケーラ MGF8002、8007



いつでも、どこでも電話ができる便利な携帯電話が、米国、欧州、日本などで急速に普及してきています。この携帯電話に使用される半導体デバイスは、バッテリー動作のため低消費電力特性が重要となります。GaAsプリスケーラ MGF8002、MGF8007は高速で、かつ低消費電力特性を有しており、携帯電話機の周波数シンセサイザ回路に最適です。

- 分周比切り換え (MGF8007) 2 モジュール構成
MGF8002：分周比 1/128、1/129
MGF8007：分周比 1/64、1/66、1/128、1/129
- 小形フラットパッケージ採用
8ピンミニフラットパッケージを採用していますので、表面実装と回路の小形化に適しています。

特長

●高速、低消費電力

特性の均一性に優れたセルフアライン構造GaAsFETを用いたSCFL回路構成を採用し、高速動作と低消費電力を実現しました。

MGF8002

$I_{dd} = 5 \text{ mA}$ (標準) @ $f = 0.7 \sim 1.0 \text{ GHz}$

MGF8007

$I_{dd} = 5 \text{ mA}$ (標準) @ $f = 0.4 \sim 1.1 \text{ GHz}$

●回路電流オフ機能 (MGF8007)

携帯電話機のバッテリー電源動作を考慮し、回路電流オフ(間欠動作)機能によって通話待機時の消費電流を低減しました。

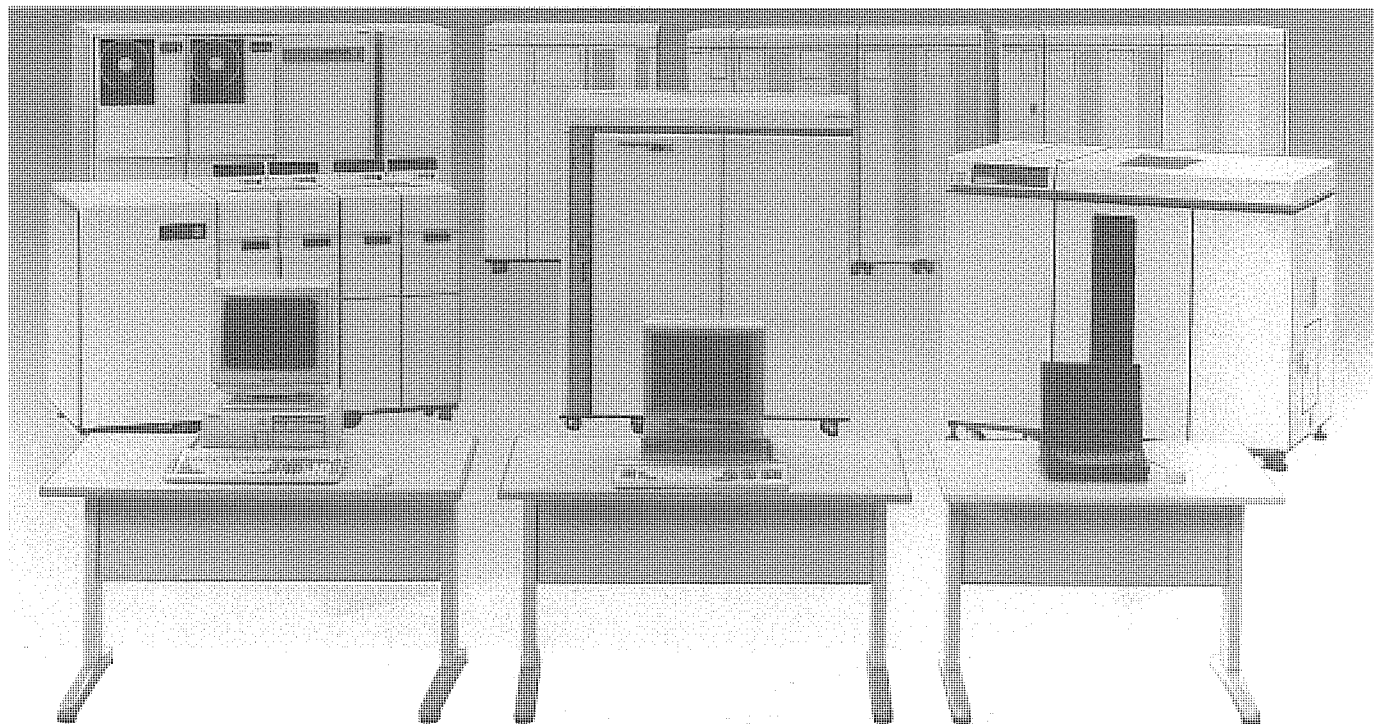
$I_{dd} < 0.5 \text{ mA}$ (電流オフ時) @ $V_{dd} = 5 \text{ V}$, $V_{CS} = 0 \text{ V}$

仕様

	MGF8002	MGF8007
分 周 比	1/128、1/129	1/64、1/66、1/128、1/130
入 力 周 波 数	0.7~1.0GHz	0.4~1.1GHz
入 力 電 圧	0.44~1.3Vp-p	0.44~1.3Vp-p
動 作 電 源 電 圧	5V ±0.25V	5V ±0.25V
電 源 電 流	5mA (Typ.)	5mA (Typ.)
電源電流(オフ時)	—	0.5mA (MAX.)
動 作 周 囲 温 度	-40°C~90°C	-40°C~+90°C

三菱汎用コンピュータ

スポットライト 《MELCOM EX860II/870II/880II》



「オンライントランザクション処理とデータベース処理の機能・性能の向上、タイムシェアリング処理応答性能の向上を」という声にお応えして、このたび三菱電機では《MELCOM EX800シリーズ》の新モデルとしてEX860 II、EX870 II、EX880 IIの3機種及び新オペレーティング・システムGOS/EA (Global Operating System/Extended Architecture) を発売しました。

《MELCOM EX860 II、EX870 II、EX880 II》は、従来のMELCOM EX860、EX870、EX880に比べCPU性能を約15%向上するとともに、最大主記憶容量を4倍の256メガバイトに拡張し、合わせて新オペレーティング・システムGOS/EAの搭載を可能としました。これは現行のオペレーティング・システムGOS/VS (Global Operating System/Virtual System) の仮想空間サイズを16倍の256MBに拡張した新モデルです。

特長

- EX860、EX870、EX880に比べ約15%のCPU性能向上を図りました。
- 主記憶容量を従来の最大64MBから最大256MBまで拡張可能としました。
- 従来のEX860、EX870、EX880は、アップグレード機構によりEX860 II、EX870 II、EX880 IIへフィールド・アップグレードが可能です。

新オペレーティング・システムGOS/EAの特長

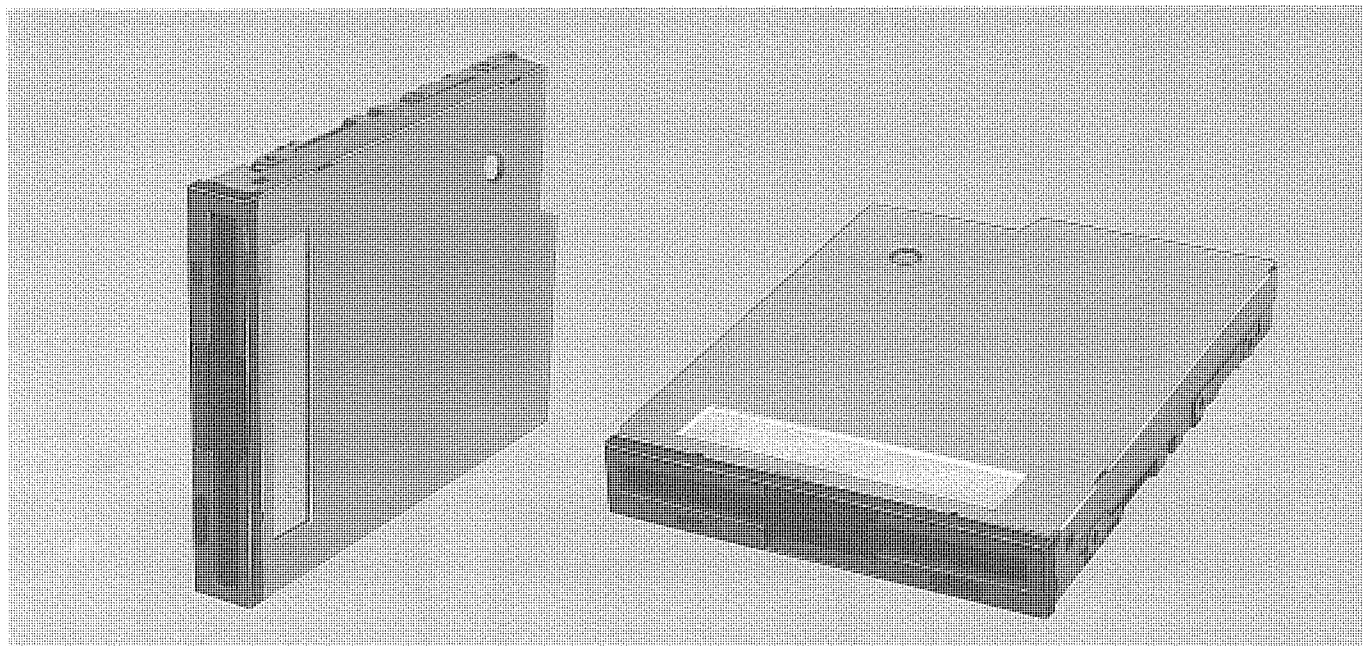
- GOS/EAの仮想空間サイズを、GOS/VSの16MBから256MBに拡張しました。
- 拡張された仮想空間をシステム共通領域として利用することにより、オンライントランザクション処理のための接続端末数を現行の2倍に拡大するとともに、オンライントランザクション処理及びデータベース処理の機能・性能向上、タイムシェアリング処理応答性能の向上を図りました。
- GOS/EAとともに、合わせてオンライントランザクション関係の周辺ソフトウェア・プログラム・プロダクト (CIMSII EA、EDMSII/E A、TFAM/EA、GREEN/EA) もGOS/EA対応に機能・性能の向上を図りました。

仕様

項目	モデル	EX860 II	EX870 II	EX880 II
CPU相対性能*		3.2倍	4.8倍	8.1倍
主記憶	素子容量	16~256MB	16~256MB	16~256MB
バッファ記憶		32KB	64KB	64KB×2
チャネル装置	接続台数	最大12台	最大12台	最大24台
	種類	バイトマルチプレクサチャネル/ブロックマルチプレクサチャネル		
	総転送速度	33MB/S	33MB/S	66MB/S
寸法 (mm)		1240×780×1400	1240×780×1400	2090×780×1400
重量		約560kg	約560kg	約940kg

*EX830 IIを1としたCPU相対性能値。

3.5インチ超薄形 スポットライト フレキシブルディスク装置



三菱電機は8インチ、5.25インチ、3.5インチのフレキシブルディスク装置のサプライヤーとして豊富な機種レパートリーと出荷実績を有していますが、このたび業界先端を行く、厚さ17mmと超薄形のMF355S形3.5インチマイクロフレキシブルディスク装置を開発し出荷を開始しました。この装置は、従来の3.5インチの記憶容量の2MB等の機能、性能を確保、発展しつつ、近年急増しているノートブック・ラップトップパソコン、ワープロ等のOA情報機器における小型・軽量・省消費電力化の要望に応えるべく開発したもので、2/1MB共同モデルと2/1・6/1MB共用3モードモデルとがある。

MF355S装置の主な特長

1.超薄形・軽量

厚さ17mm、重さ240g(厚さ1インチタイプ当社従来モデル比 厚さ2/3、重さ約1/2)と超薄形・軽量を実現しました。

2.省消費電力

5V単一電源で使用でき、待機時消費電力15mW(当社従来モデル比 約1/3)を達成、バッテリー駆動が可能であり、バッテリーの長寿命化が期待できます。

3.低騒音

高性能なステッピングモータを採用し、高精度な位置決めを実現するとともに、シーク時の低騒音化を図りました。

4.3モード

2/1MB共用モデルに加え、1.6MBの読み書きもできます。2/1・6/1MB共用3モードモデルも実現しました。

5.耐振動・衝撃

小形・可搬形システムに対応し、一段と耐振動・衝撃性能の向上を図った設計としています。

6.インタフェースコネクタ

26ピンの従来のピンヘッダタイプに加え、フレキシブルフラットケーブル用タイプも用意し、システムとの多様な接続を容易

にしました。

MF355S装置主要仕様

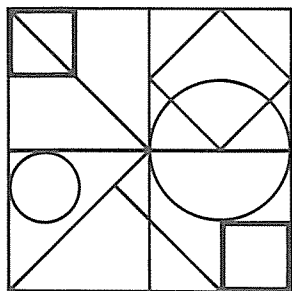
3モードモデルの仕様は下記のとおりです。2/1MB共用モデルは、総記憶容量が2.0MBおよび1.0MBのみが適用されます。

主要仕様(3モードモデル)

項目	形名	MF355S(3モードモデル)		
最大記憶容量 (アンフォーマット)	総記憶容量 (MB)	2.0	1.6	1.0
	面容量 (MB)	1.0	0.8	0.5
	トラック容量 (KB/TK)	12.5	10.4	6.25
	ディスク枚数 (枚)	1		
ディスク	記憶可能面数 (面)	2		
	シリンダー数 (シリンダ)	80	77	80
	総トラック数 (トラック)	160	154	160
	回転数 (r.p.m)	300	360	300
磁気ヘッド	R/W用ヘッド数 (本)	2		
記録方式	方式	MFPM		
	最大ビット密度 (bPI)	17.434	14.148	8.717
	トラック密度 (TPI)	135		
	データ転送数 (Kbits/s)	500		
アクセスタイム	トラクタートラック (ms)	3		
	平均シークタイム(セトルリングタイム含)(ms)	94	91	94
	セトルリングタイム (ms)	15		
	ヘッドロード時間 (ms)	0		
外形寸法	平均回転待時間 (ms)	100	83	100
	高さ×幅×奥行 (mm)	17×101.6×130		
重量	重量	240		
電源及び消費電力	DC+5V±10% (W)	1.5typ (R/W時)		
	DC+5V±10% (W)	0.015typ (待機時)		
信頼性	回復可能エラーレート (bit)	10 ⁻⁹		
	回復不可能エラーレート (bit)	10 ⁻¹²		
	シークエラーレート (seck)	10 ⁻⁶		
	MTBF (hrs)	10,000		
環境条件	MTTR (hrs)	0.5		
	動作時温度 (°C)	5~45		
媒体	動作時湿度 (%RH)	20~80		
	3.5インチ形	高密度 (HD)	通常密度 (DD)	

特許と新案 有償開放

有償開放についてのお問合せ先 三菱電機株式会社 知的財産渉外部 TEL (03) 218-2136



電磁誘導機器 (特許 第1292468号)

発明者 伊奈 照夫

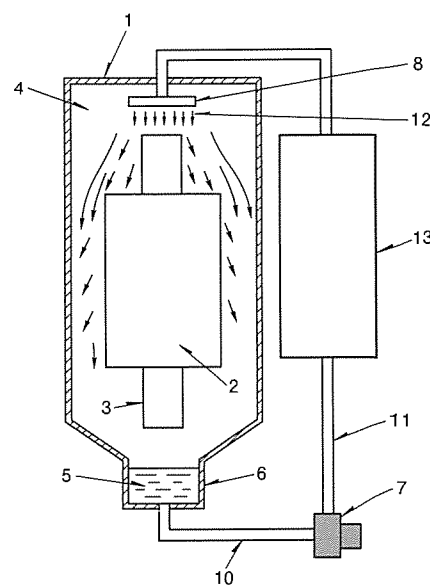
この発明は、凝縮性を有する冷却液を冷媒とする変圧器などの電磁誘導機器に関するものである。

すなわち、図に示すものにおいて、コイル(2)に通電されると、コイル(2)及び鉄心(3)が発熱する。ここで、ポンプ(7)を駆動すると、液だめ(6)にためられた液相の冷媒(5)は熱交換器(13)でその沸騰温度より十分低い温度まで過冷却され散布器(8)へ移送される。そして、過冷却された液相の冷媒(5)は散布器(8)から小滴となってコイル(2)及び鉄心(3)に散布される。散布器(8)から散布された液相の冷媒(5)の一部はコイル(2)あるいは鉄心(3)に接して蒸発するが、他はコイル(2)あるいは鉄心(3)に接することなく、液相の状態でタンク(1)の底へ落下する。

ところで、コイル(2)あるいは鉄心(3)に接して蒸発して気化した冷媒(4)は、タンク(1)内を落下中の液相の冷媒(5)に接して冷却され再び液化する。そして、落下中の液相の冷媒(5)は蒸発して気化した冷媒(4)から熱を奪うことによって昇温するが、ポンプ(7)によって循環量を適当に調整しておけば、沸点まで達することなく、タンク(1)の底に達して液だ

め(6)にたまる。

以上のように、この発明によれば、冷却効果の高い電磁誘導機器を得ることができる。



電磁誘導機器 (特許 第1292469号)

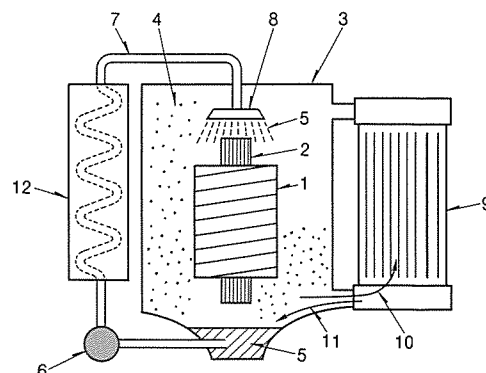
発明者 水野 宏和

この発明は、凝縮性を有する冷却液を冷媒とする蒸発式冷却式ガス絶縁変圧器などの電磁誘導機器に関するものである。

すなわち、図に示すものにおいて、変圧器運転時に、容器(3)の底部にためられた冷媒(5)がポンプ(6)によって汲み上げられ、放熱器(12)により冷媒(5)を冷媒だめにあった冷媒(5)の温度よりも低く冷却した後、噴霧器(8)より巻線(1)及び鉄心(2)にできるだけ均一に噴霧又は散布される。この冷媒(5)は、巻線(1)及び鉄心(2)に近づくか、又はこれに触れて熱せられると、その温度に対応した蒸気圧に達するまで気化し、巻線(1)及び鉄心(2)から発生した熱を吸収する。なお、気化した冷媒液は容器(3)の表面及び凝縮器(9)において放熱して再び液化し、容器底部の冷媒だめにもどる。

以上のようにこの発明によれば、冷却した冷媒を噴霧するようにしたため、巻線や鉄心の冷却効果が上がると共に、冷媒が巻線や鉄心の上部だけで蒸発してしまわないように放熱

器の放熱量を適当に選び、冷媒の温度を調節することによって、巻線や鉄心をより一様に冷却することができる。また、冷媒の温度を下げることによって、冷媒の蒸気圧を低くすることができるため容器の内圧が低くなり、容器が必要とする機械的強度を小さくすることができる。



機器収納容器のダクト構造

(実用新案登録 第 1539727 号)

考案者 三宅 義一

この考案は、電気機器収納容器の側壁などに設けられる内部点検又は配線用のダクト構造の改良に関するものである。

すなわち、図において、(1)は電気機器が収納された容器、(1a)は容器(1)の側壁、(1b)は側壁(1a)の所要部分を切欠いて設けられた開口、(2)はI形鋼で形成され複数個が上記側壁(1a)に取り付けられた補強部材で、上記開口部においては開口(1b)の側方に配置されている。(3)は上記開口(1b)の側方に配置された補強部材(2)と(2)の間に設けられ、側壁(1b)及び補強部材(2)に固着された周壁で、補強部材(2)と協同して上記開口(1b)を囲繞している。(3a)は周壁(3)の周縁で、上記周壁(3)の端部から外方に拡大され、上記補強部材(2)と連続して開口の周縁(3b)が形成されている。(4)は周縁(3b)とほぼ同等の大きさに形成されたガスケット、(5)は上記ガスケット(4)を介して周縁(3b)にボルト(6)で取り付けられた蓋である。

この考案に係るダクトは以上のように構成されているので、補強部材の間隔を有効に利用し得るので、内部の点検可能な範囲が拡大され、しかも蓋の着脱を極めて安全に行うことができる。

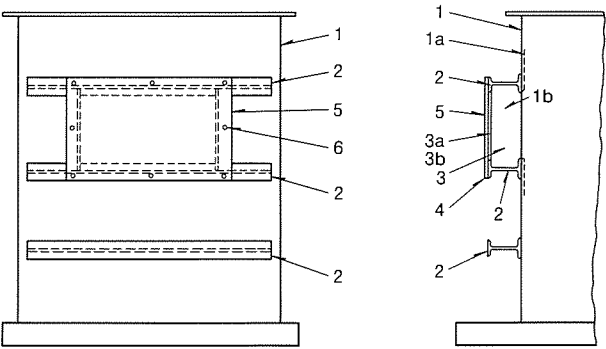


図 1 . (正面図)

図 2 . (側面図)

〈次号予定〉 三菱電機技報 Vol. 64 No. 11 ドライブエレクトロニクス／センシング技術特集

ドライブエレクトロニクス特集論文

- ドライブエレクトロニクスの未来像
- ドライブエレクトロニクスの展望
- 低騒音インバータ FR-Z300 シリーズ
- 誘導形 AC サーボ《MELSERVO-V シリーズ》
- PG レスベクトル制御インバータ
- エレベーターにおけるドライブ エレクトロニクスの応用
- ライン制御用インバータと汎用シーケンサによる
中小規模プラントの可変速制御
- ターボコンプレッサ用大容量超高速可変速電動機システム
- リニア搬送装置の FA 分野への適用

センシング技術特集論文

- センシング オブ センシング
- イメージセンサの技術動向
- 熱式空気流量センサ
- レーザによる複合型異常センシング技術
- パイプ内面形状センサ
- 半導体ウェーハ表面欠陥検査装置
- 非接触速度むら測定器とその応用
- サーマル イメージャ
- インテリジェント電磁流量計とフィールド ネットワーク

三菱電機技報編集委員

委員長	山田 郁夫
委員	名畑健之助
〃	福岡 正安
〃	宇佐美照夫
〃	風呂 功
〃	大原 啓治
〃	松村 恒男
〃	紅林秀都司
〃	吉岡 猛
〃	鳥取 浩
〃	柳下 和夫
幹事	長崎 忠一
10月号特集担当	横田 達

三菱電機技報 64 巻 10 号

(無断転載を禁ず)		1990年10月22日 印刷
		1990年10月25日 発行
編集兼発行人	長崎 忠一	
印刷所	千葉県市川市塩浜三丁目12番地 (〒272-01) 菱電印刷株式会社	
発行所	東京都千代田区大手町二丁目 6 番地 2 号 日本ビル 650号室 (〒100) 三菱電機エンジニアリング株式会社内 「三菱電機技報社」 Tel. (03) 218局2806	
発売元	東京都千代田区神田錦町三丁目 1 番地 (〒101) 株式会社 オーム社 Tel. (03) 233局0641(代), 振替口座東京 6-20018	
定価	1部 721円 (本体 700円) 送料別 年間予約は送料共 9,373円 (本体 9,100円)	

車載用DAT スポットライト RD-9163 TZ-9164 DT-9162



次世代オーディオとして、いま最も注目を集めているDAT (Digital Audio Tapeplayer) を、車載用として開発しました。しかも、業界で初めて1DINサイズ(幅180mm 高さ50mm) AM/FMチューナー、DATデッキ、30W×2ハイパワーアンプを収めたDATワンボディの製品化に成功しました。今回製品化したのは、RD-9163(AM/FMチューナー、30W×2ハイパワーアンプ内蔵)、TZ-9164(AM/FM電子チューナー内蔵)、DT-9162 (DAT単体) の3機種で、その全てが1DINサイズの一体形であり、狭い車内空間を有効に生かし、ユーザーのニーズに合わせたシステムアップが可能です。

特長

- 大口径30φロータリーヘッド採用
- 高速200倍速サーチ
- ワンアクション相対選曲機能 (±6曲)
- プリセット・プログラム・プレイ機能
- PLLシンセサイザー電子チューナー内蔵 (RD-9163、TZ-9164)
- FM12局/AM12局プリセットメモリー (RD-9163、TZ-9164)
- 交通情報ワンタッチ受信 (RD-9163、TZ-9164)
- 30W×2ハイパワーアンプ内蔵 (RD-9163)
- 大型マルチディスプレイ
- 触感エアロデザイン

主な仕様一覧

	TZ-9164	RD-9163	DT-9162
チャンネル	2チャンネルステレオ		
サンプリング	48KHz、44.1KHz、32KHz		
デジタル/アナログ変換	16ビット直線		
アナログアウトプットレベル	1Vrms		
周波数特性	5~20,000Hz		
高調波歪率	0.015%		
ワウフラッター	測定限界以下		
ダイナミックレンジ	85dB以上		
SN比	85dB以上		
テープスピード	8.15mm/sec		
サーチ速度	200倍速		
受信周波数帯域	FM76~90MHz	—	—
	AM522~1629KHz	—	—
実用感度 (FM)	16dB (新1HF)	—	—
SN比 (FM)	60dB (新1HF-A)	—	—
最大出力	2スピーカー時	30W×2	—
	4スピーカー時	8W×4	—
外形寸法 (W×H×Dmm)	178×50×158		
重量 (kg)	1.8	1.8	1.7

主な機能一覧

	TZ-9164	RD-9163	DT-9162
オートローディング&パワーイジェクト	○	○	○
ワンアクション相対選曲機能	○	○	○
選曲モード	○	○	○
スキャン	○	○	○
リピート	○	○	○
フォワードスキップ	○	○	○
リバーススキップ	○	○	○
プレイモード	○	○	○
エンドレスプレイ	○	○	○
1曲リピート	○	○	○
ワンサイクルプレイ	○	○	○
プリセットプログラムプレイ (99曲まで)	○	○	○
高速200倍速サーチ	○	○	○
PLLシンセサイザー電子チューナー	○	○	—
FM12局/AM12局プリセットメモリー	○	○	—
選曲機能	○	○	—
プリセットスキャン	○	○	—
スキャンUP	○	○	—
シークUP/DOWN	○	○	—
ステップUP/DOWN	○	○	—
DX/LOCAL切替	○	○	—
交通情報専用ボタン	○	○	—
最大出力30W×2 (8W×4)	—	○	—
フェーダー	○	—	—
プリフェーダー	○	—	—
コントロール	—	○	—
プリ/パワーフェーダー	—	○	—
バランス	○	○	—
ボリューム	○	○	—
バス/トレブルコントロール	○	○	—
レベルアジャスト	—	—	○
アンプ接続端子 (フロント/リア)	○/○	—/○	○/—
外部入力端子 (CD等)	○	○	—
センサートーン	○	○	—
時計	○	○	—
大型マルチディスプレイ	○	○	○
イルミネーション (グリーン)	○	○	○