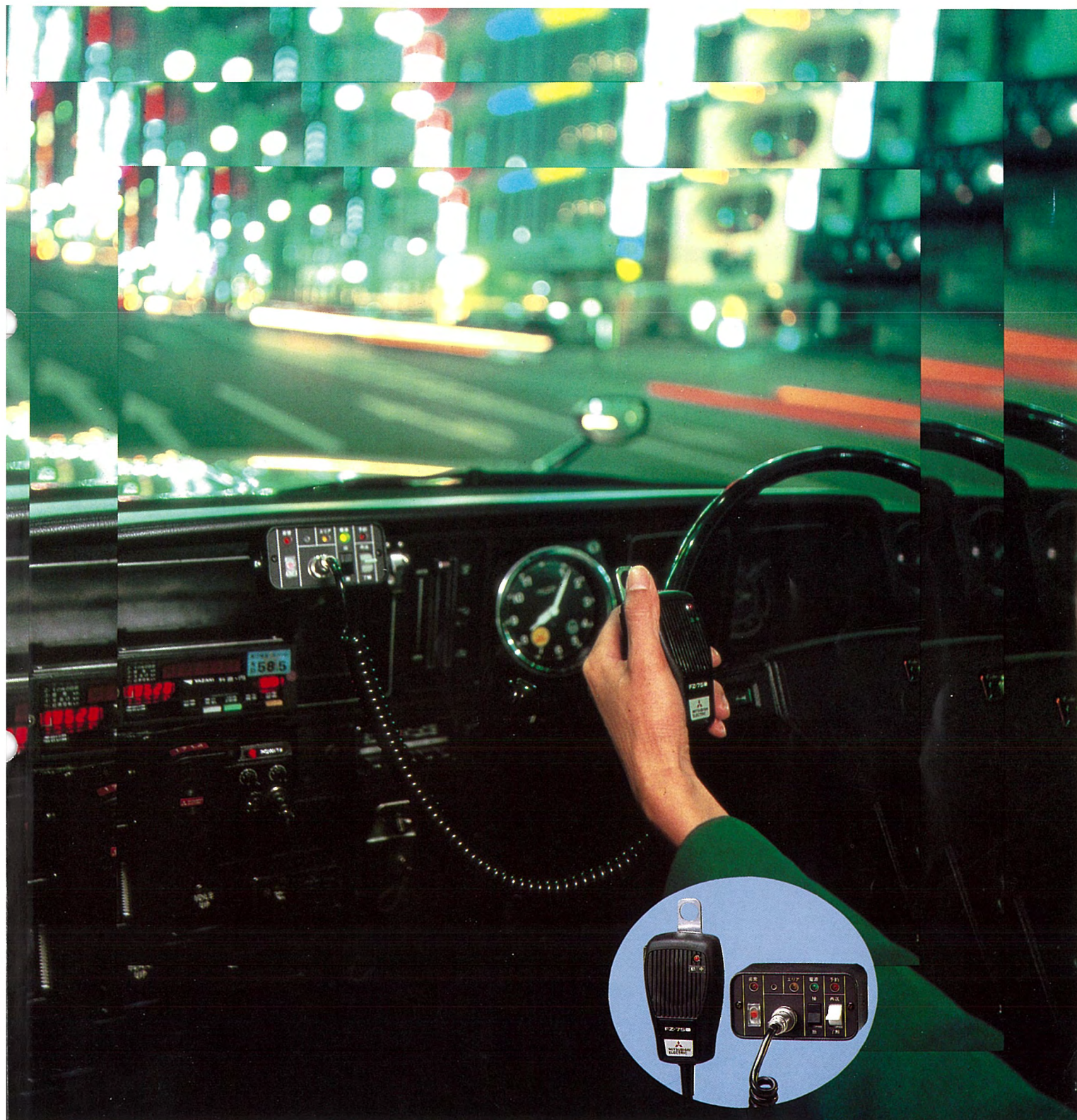


MITSUBISHI DENKI GIHO

三菱電機技報



Vol.58 No.10

カーエレクトロニクス特集



未来を開発する
三菱電機

10
1984

カーエレクトロニクス特集

目次

特集論文

感熱式燃料流量センサ.....	1
佐藤 博・谷本孝司・別所三樹生・新居宏二・壺井芳昭	
FM高感度ラジオ.....	5
西脇正治・的場恒章・川畑英雄	
切換ダイバーシチFM受信機の特性.....	8
深江唯正・野田博司・田浦賢一・壺井芳昭	
車両動態管理システム (AVMシステム)《MACOMシリーズ》.....	12
来村 俊・岩田 忠・竹垣 弘・土井勝次・大友克彦	
キャブレタの電子制御装置.....	16
宮崎正明・石井光明・加古 一・池瀬和宏	
電子制御サスペンション“ECSシステム”.....	20
和田俊一・平田峯生	
ライン用エンジン、トランスミッション自動試験システム.....	26
大前芳洋・中山一夫・米倉善彦・大坪光雄・徳永治久	
最近の自動車試験用シャーシダイナモメータ.....	31
武田 脩・杉本昭憲・足立省一・矢尾秀雄・木下市之	

普通論文

熱間圧延用大形直流電動機の絶縁劣化診断.....	35
登古大敬・藤原健三・橋本 修・中田了一・高月 一	
《MELFLEX 330》遠方監視制御装置.....	39
金井三男・西川正治・井上 正・寺地信夫	
衛星搭載用姿勢制御ソフトウェア.....	44
真鍋舜治・若杉 登・稲宮健一・岡沼 徹・岡谷正和・浅見令美	
《MELCOM 80》DPS10リレーショナル形データベースシステム.....	49
山崎洋美・樋口雅宏・吉森幹夫・小村克也・小宮富士夫	
漢字プリンタによるバーコード印刷システムBARGEN.....	55
黒川幸則・土谷昌晴・角谷 徹	
高速大容量256KビットマスクROM.....	59
松尾龍一・張間寛一・島崎政光・高橋広成・秦 務	
8000V, 1500A光トリガサイリスタとその特性.....	62
中川 勉・庭山和彦・吉田茂一・清原豊彦・宮嶋辰夫	

特許と新案..... 67, 68

データ伝送方式
発電機の冷却装置
FM受信機用雑音抑制回路

スポットライト

三菱電子温風家具調こたつ.....	66
三菱パーソナルコミュニケーター.....	(表3)

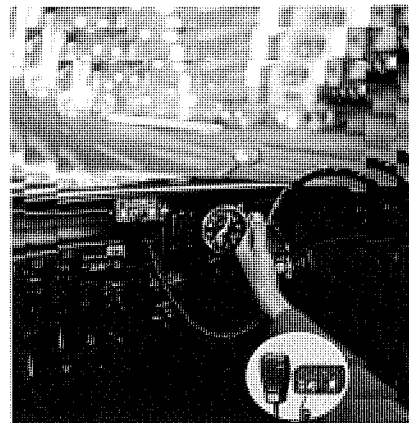
表紙

タクシー用AVM移動装置

AVMシステムとは車輛動態管理システム (Automatic Vehicle Monitoring System) の略で、自動的に車の位置、実車一空車など状況の把握により自動的に配車指令するものである。位置の把握はサインポストと呼ばれる電波灯台 (町かどに設置) からの位置信号を受信しセンタコンピュータにより情報収集を行うものである。

写真はタクシー用AVM移動装置操作部である。この操作部は位置把握のほか配車指令、定形情報送出手が小形で簡単に、安全に、より早くできるようにしている。

このシステムは東京無線タクシー殿、阪急タクシー殿のほか三would運輸殿、双葉交通殿、東都自動車殿など、順次納入し活躍の期待が大である。



アブストラクト

感熱式燃料流量センサ

佐藤 博・谷本考司・別所三樹生・新居宏壬・壺井芳昭

三菱電機技報 Vol.58・No.10・P1～4

流量センサとしては工業用流量計や計測器などに多種多様のものがあるが、この流量センサは自動車用途ということで開発されたもので、発熱体と、流体である燃料との間の熱伝達現象を利用して燃料流量値を得る、ホットフィルム式のセンサである。発熱体には白金薄膜が採用されており、流量測定範囲が広く、応答性に優れ、小形、安価という特長がある。次代のエンジン制御のシステムや燃料消費計、燃費計などに好適なセンサである。

キャブレタの電子制御装置

宮崎正明・石井光明・加古 一・池淵和宏

三菱電機技報 Vol.58・No.10・P16～19

自動車における排気ガス浄化と省燃費・ドライバビリティの向上という相反するニーズを両立させるため電子式燃料制御システムの導入が増加している。

本稿では、三菱自動車工業(株)、三国工業(株)と共同で開発した安価でかつ空燃比制御性に優れた電子制御キャブレタシステムの概要及びコンピュータユニットについて紹介する。

FM高感度ラジオ

西脇正治・的場恒章・川畑英雄

三菱電機技報 Vol.58・No.10・P5～7

車載用FMラジオの高感度化を図るため、この目的に合ったFM-PLL検波ICを開発し、FMフロントエンド部の改良と合わせて実用感度で約10dBの改善を行うことができた。当ICも完成し、ラジオとしての量産化のめどがたつたのでその概要を紹介する。

電子制御サスペンション “ECSシステム”

和田俊一・平田峯生

三菱電機技報 Vol.58・No.10・P20～25

乗りごちと操縦安定性を高いレベルで両立できる電子制御サスペンションシステムを、三菱自動車工業(株)と共同で開発した。このECSシステムの特長は、車高調整の機能とばね定数及び減衰力の強弱の切換機能を同時に実現させたこと、信頼性の高いセンサ、アクチュエータ、コントロールユニットを開発したことである。このシステムの構成と機能について述べる。

切換ダイバーシチFM受信機の特性

深江唯正・野田博司・田浦賢一・壺井芳昭

三菱電機技報 Vol.58・No.10・P8～11

FMカーラジオは、レイリーフェージング現象によって音質の著しい劣化が問題となっている。この対策としてダイバーシチ受信が研究されている。車載用の観点から、切換ダイバーシチが有望であるが、今回、2本のアンテナ、2台のチューナーによる切換方式と2本のアンテナ、1台のチューナーによる切換方式をシミュレーション、フィールドテストによって比較検討し、同等のダイバーシチ効果を確認した。

ライン用エンジン、トランスミッション自動試験システム

大前芳洋・中山一夫・米倉善彦・大坪光雄・徳永治久

三菱電機技報 Vol.58・No.10・P26～30

自動車の主要な構成部品であるエンジン及びトランスミッションの品質保証は、重要な問題である。当社は、これらの部品の全数試験を目的としたライン用自動試験システムを製作している。本稿では当社の開発した試験装置機械部分の自動化技術、自動計測技術及びデータ処理システムを中心に、試験方法を含めて最新技術を紹介する。

車両動態管理システム (AVMシステム)《MACOMシリーズ》

来村 俊・岩田 忠・竹垣 弘・土井勝次・大友克彦

三菱電機技報 Vol.58・No.10・P12～15

運送部門のOA化の主力としてAVM(Automatic Vehicle Monitoring: 車両動態管理装置)システムの開発を進めてきた。分散送信局(サインポスト)を利用したタクシー用AVMシステムでは無線配車の自動化のほか、に各タクシーの状態を把握した配車管理により予想以上の効果を出している。またトラック事業用AVMシステムでは広域位置把握(半自動)の無線によるタイムレコーダー管理、リアルタイムモニタによる集配管理が可能となった。

最近の自動車試験用シャーシダイナモメータ

武田 脩・杉本昭憲・足立省一・矢尾秀雄・木下市之

三菱電機技報 Vol.58・No.10・P31～34

自動車(完成車)の試験装置であるシャーシダイナモメータは、自動車メーカーにおける燃費向上、パワーアップなど、近年の技術開発競争の激化の情勢下で、その性能向上の要請が一段と高まってきている。当社では、高速応答の電氣的慣性模擬装置を備えた高精度のシャーシダイナモメータを標準化し、ユーザーにこたえてきた。ここに従来形シャーシダイナモメータと比較しながら、その技術的特長について述べる。

Abstracts

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 58, No. 10, pp. 16 ~ 19 (1984)

An Electronic Control System for Carburetors

by Masaaki Miyazaki, Mitsuaki Ishii, Hajime Kako & Kazuhiro Ikebuchi

Electronic control systems were introduced in response to the interrelated demands for purifying exhaust gases, fuel efficiency and improved drivability. Mitsubishi Electric has developed, in cooperation with Mitsubishi Motors Corporation and Mikuni Industries, a low-cost electronic control system for carburetors with excellent controllability of the air-to-fuel ratio. The article introduces this carburetor control system and the computer unit.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 58, No. 10, pp. 1 ~ 4 (1984)

Hot-Film-Type Fuel-Flow Sensor

by Hiroshi Sato, Koji Tanimoto, Mikio Bessho, Hirotsugu Arai & Yoshiaki Tsuboi

A wide variety of flow sensors is available for applications including industrial flow meters and measuring instruments. The Mitsubishi hot-film-type fuel-flow sensor has been designed specifically for automotive applications. Fuel-flow values are derived from the heat-transfer phenomena occurring between the heating element and the fuel. The heating element uses a thin platinum film to give a wide range of flow measurements, with excellent responsiveness and low cost in a very small size. The fuel-flow sensor is ideal for the fuel-consumption and fuel-economy meters of the next generation of engine-control systems.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 58, No. 10, pp. 20 ~ 25 (1984)

An Electronically Controlled Suspension System

by Shun'ichi Wada & Mineo Hirata

Mitsubishi Electric has developed, in cooperation with Mitsubishi Motors Corporation, an electronically controlled suspension (ECS) system that well satisfies the demands for both a comfortable ride and drive stability. One important feature of this ECS is its combination of the vehicle-height control function with the functions for selecting spring constants and damping force, and the high reliability of its sensors, actuators and control unit. The article includes descriptions of the system configuration and its functions.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 58, No. 10, pp. 5 ~ 7 (1984)

A High-Sensitivity FM Radio

by Masaji Nishiwaki, Tsuneaki Matoba & Hideo Kawabata

To improve the sensitivity of FM car radios, an FM-PLL detector ICs has been developed by cooperation between Mitsubishi Electric's Kita-Itami and Kyoto Works. This development, together with improvements to the FM frontend section, has enhanced usable sensitivity by about 10dB. The article introduces the completed IC, with its established viability for a mass-produced high-sensitivity FM radio.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 58, No. 10, pp. 26 ~ 30 (1984)

Automated Test Systems for Use in Engine and Transmission Production

by Yoshihiro Omae, Kazuo Nakayama, Yoshihiko Yonekura, Mitsuo Otsubo & Haruhisa Tokunaga

Quality assurance for automobile engines and transmission systems is a critically important element of automobile production. Mitsubishi Electric has developed and produced an automated production test system for 100 percent inspection of all components. The article introduces the Corporation's latest technologies for automated test systems, particularly those for automating test equipment, instrumentation, and the data-processing system, along with the test methods.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 58, No. 10, pp. 8 ~ 11 (1984)

Characteristics of a Mobile FM Receiver Using Switching Diversity

by Tadamasa Fukae, Hiroshi Noda, Ken'ichi Taura & Yoshiaki Tsuboi

One of the problems faced by FM car radios is their susceptibility to severe deterioration in audio quality with Rayleigh fading. Diversity reception, a promising technique for car-borne reception, has been investigated as a countermeasure for this problem. The authors discuss comparisons they made of switching systems with two antennas and two tuners and those with a single tuner and two antennas in simulation and field tests, establishing that both systems have comparable diversity effects.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 58, No. 10, pp. 31 ~ 34 (1984)

Recent Chassis Dynamometers for Vehicle Testing

by Osamu Takeda, Akinori Sugimoto, Shoichi Adachi, Hideo Yao & Ichiyuki Kinoshita

The recently intensifying competition in devising technical innovations to improve vehicle performance, including lower fuel consumption and higher power output, has imposed severe demands for corresponding improvements in the chassis dynamometers used to test finished vehicles. In response to this demand, Mitsubishi Electric has supplied users with standard, high-precision chassis dynamometers with quick-response electronic inertia simulators. The article describes the special technical features of these dynamometers and compares them with conventional dynamometers.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 58, No. 10, pp. 12 ~ 15 (1984)

The Mitsubishi Automatic Vehicle-Monitoring System

by Suguru Kitamura, Tadashi Iwata, Hiroshi Takegaki, Katsuji Doi & Katsuhiko Otomo

The development of the Automatic Vehicle Monitoring (AVM) system has been promoted as a major means of implementing office automation in the transportation business. The effectiveness of AVM systems for taxi operation using distributed transmitters ("sign posts") has not been limited to the automation of radio-cab operation but has also proven invaluable in monitoring the status of taxis and in control of dispatched cars. AVM systems for trucks give an accurate, semi-automatic grasp of their locations over a wide area using real-time monitoring of time recorders by radio, enabling centralized management of vehicle operation.

アブストラクト

熱間圧延用大形直流電動機の絶縁劣化診断

登古大敬・藤原健三・橋本 修・中田了一・高月 一

三菱電機技報 Vol.58・No.10・P35～38

直流電動機の絶縁劣化要因は熱劣化、ヒートサイクル劣化、振動劣化の3要因に絞って考えることができる。我々は熱間圧延用大形直流電動機の絶縁劣化診断を目的に、マイカと耐熱合成樹脂から成るF種絶縁の基礎試験データを解析して各要因ごとの劣化特性を求め、実機の稼働条件及び稼働履歴から定量的に劣化率を求める推定式を確立した。更に、3台の実機絶縁破壊試験を実施し、その推定式が実機の絶縁寿命予知に極めて有効であることを確認した。

漢字プリンタによるバーコード印刷システムBARGEN

黒川幸則・土谷昌晴・角谷 徹

三菱電機技報 Vol.58・No.10・P55～58

最近、流通・運輸・製造など各分野でのバーコード利用は急激に増加しつつある。こうした中で、多種多様なバーコードパターンと様式編集の自動化、高速処理化に対応するソフトウェアとして、漢字プリンタを利用したバーコード印刷システムBARGENを開発した。

本稿では、このシステムの概要、ソフトウェアの構成、機能の概略について紹介する。

《MELFLEX 330》遠方監視制御装置

金井三男・西川正治・井上 正・寺地信夫

三菱電機技報 Vol.58・No.10・P39～43

電力事業に使用される遠方監視制御装置は、適用電気所の拡大や計算機システムとの接続により、従来以上に信頼性の向上が必要とされてきている。この装置はその要求に応ずるべく開発された専用機種で、1対向ごとのMTBF (Mean Time Between Failure) 10年を目標として種々の考慮がなされており、その概要を紹介する。

高速大容量256KビットマスクROM

松尾龍一・張間寛一・島崎政光・高橋広成・秦 務

三菱電機技報 Vol.58・No.10・P59～61

近年、少量多品種の電子機器や開発時の電子機器用ROMとしてEPROMが用いられている。一方、同一パターンの使用量が多い電子機器には、メモリ内容のプログラム作業が不要などの理由から、コスト的に有利なマスクROMが用いられている。今回、微細加工技術と低電力高速化回路設計技術を組み合わせ、256KビットEPROMと読み出し時互換性のある256KビットマスクROMを開発したので、その回路構成・動作特性などについて紹介する。

衛星搭載用姿勢制御ソフトウェア

真鍋舜治・若杉 登・稲宮健一・岡沼 徹・圓谷正和・浅見令美

三菱電機技報 Vol.58・No.10・P44～48

中高度三軸衛星に搭載される姿勢制御ソフトウェアはデジタル型姿勢軌道制御電子回路 (DAOCE) のROMに格納され、捕捉制御、定常制御、テレメトリコマンド処理、各コンポーネントとの入出力処理、セーフティ処理を行う機能を持つ。割り込みは125msの1レベルのみとする。搭載ソフトウェアの性能としては、ROM領域12Kワード、RAM領域1Kワード、1周期当りの処理時間は約25msである。

8000V、1500A光トリガサイリスタとその特性

中川 勉・庭山和彦・吉田茂一・清原豊彦・宮嶋辰夫

三菱電機技報 Vol.58・No.10・P62～65

世界最大の耐圧8000V、電流量1500A、ターンオフ時間600 μ S、最小光トリガパワ7mWの特性定格をもつ光トリガサイリスタ (形名: FT1500GU-160) を開発した。本論文では、この素子の開発に際して、重要な課題となった高耐圧化、大容量化と光伝送系の高効率化に関する光トリガサイリスタのベーシックエレメント、光学系の設計及び構造と得られた特性を中心に述べる。

《MELCOM 80》DPS10リレーショナル形データベースシステム

山崎洋美・樋口雅宏・吉森幹夫・小村克也・小宮富士夫

三菱電機技報 Vol.58・No.10・P49～54

《MELCOM 80》DPS10のリレーショナル形データベースシステムは、従来のファイルに対して自由なデータの見方を可能にするもので、応用システムの柔軟な設計を可能としている。このためにデータの選択、射影及び結合といった関係 (リレーショナル) 操作機能が備えられている。本稿ではDPS10で実現されているリレーショナル形データベースシステムの設計思想、機能などについて述べる。

Abstracts

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 58, No. 10, pp. 55 ~ 58 (1984)

A Bar-Code Printing System

by Yukinori Kurokawa, Masaharu Tsuchiya & Toru Kakutani

There is an increasing demand for bar-code systems in distribution, transportation, manufacturing and other sectors of the economy. Mitsubishi Electric has developed a bar-code printing system for use in automated production and editing of a variety of bar-code patterns and formats. The article introduces this new bar-code printing system, giving a system overview, the software configuration and an outline of its functions.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 58, No. 10, pp. 35 ~ 38 (1984)

Insulation Diagnosis of Large DC Motors for Hot-Rolling Mills

by Taikei Toko, Kenzo Fujiwara, Osamu Hashimoto, Ryoichi Nakata & Hajime Takatsuki

The degradation of DC-motor insulation is attributed mainly to three factors: thermal aging, heat-cycle aging and vibration aging. To diagnose the degradation in the insulation of DC motors, Mitsubishi Electric has analyzed the basic testing data of Class F insulation composed of mica and heatproof synthetic resin, deriving the degradation characteristics for each of these factors. As a result, a formula has been established that predicts the quantitative rate of degradation from equipment operating conditions and operational antecedents. In addition, from dielectric breakdown testing of three motors, the predictive formula has been confirmed as an effective means of estimating the insulation life of the equipment.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 58, No. 10, pp. 59 ~ 61 (1984)

A High-Speed High-Density 256K-bit MASK ROM

by Ryuichi Matsuo, Hirokazu Harima, Masamitsu Shimazaki, Hiroshige Takahashi & Tsutomu Hata

In recent years, EPROMs have come into widespread use as the ROMs for electronic equipment produced in small volumes but in a large number of variants, and in electronic equipment at the development stage. On the other hand, mask ROMs have cost advantages for a single pattern of electronic equipment used in large quantities, because their memory content needs no programming. Mitsubishi Electric has developed a 256K-bit mask ROM read-compatible with a 256K-bit EPROM by combining state-of-the-art techniques for fine fabrication and low-power, high-speed circuit design. The article introduces this mask ROM with its circuit configuration and operating characteristics.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 58, No. 10, pp. 39 ~ 43 (1984)

MELFLEX 330 Remote Supervisory-Control Equipment

by Mitsuo Kanai, Masaharu Nishikawa, Tadashi Inoue & Nobuo Teraji

There is a growing demand for remote supervisory-control equipment with higher reliability as electric power stations are increasingly linked with computer systems. The dedicated equipment described in the article was developed in response to this demand, with the aim of achieving a mean time between failures (MTBF) per unit of ten years.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 58, No. 10, pp. 62 ~ 65 (1984)

An 8,000V, 1,500A Light-Triggered Thyristor and Its Characteristics

by Tsutomu Nakagawa, Kazuhiko Niwayama, Shigekazu Yoshida, Toyohiko Kiyohara & Tatsuo Miyajima

Mitsubishi Electric has developed the FT1500GU-160 light-triggered thyristor that provides the world's largest blocking voltage of 8,000V, a current capacity of 1,500A, a turn-off time of 600 μ s and a minimum light-triggering power of 7mW. The article describes this thyristor, especially in terms of its basic performance, including the high blocking voltage, large current capacity and the high efficiency of the optical-transmission system, optical-system design and structure.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 58, No. 10, pp. 44 ~ 48 (1984)

Attitude-Control Software for Onboard Satellite Computers

by Shunji Manabe, Noboru Wakasugi, Ken'ichi Inamiya, Toru Okanuma & Masakazu Tsumuraya & Yoshimi Asami

The attitude-control software for a low-attitude three-axis stabilized satellite is stored in ROM in the digital attitude orbit control equipment (DAOCE). This software has such capabilities as acquisition control, normal control, telemetry command processing, and component input/output and safety function processing. A single level of 125ms interrupts is provided for. The software has a processing time per cycle of approximately 25ms for 12K-words in the ROM area and 1K-word in the RAM area.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 58, No. 10, pp. 49 ~ 54 (1984)

The DPS10 Relational Database System for Use with MELCOM 80 Computers

by Hiromi Yamazaki, Masahiro Higuchi, Mikio Yoshimori, Katsuya Komura & Fujio Komiya

Unlike conventional database systems, the DPS10 relational database system allows data files to be viewed freely, without restriction, enabling application systems to be designed flexibly. It provides a variety of relational operating functions including data selection, projection and joining. The article describes the DPS10 relational database system including its design concepts and functions.

1. ま え が き

一般に流量センサとしては、各種の工業用流量計や計測機器など、多くの分野で多種多様の方式のものが使われているが、高性能・小形・安価という特長を備え、自動車用途にそのまま適用できるものは少ない。他方、自動車分野ではエンジン制御などのシステムに必要な制御用センサの一つとして、また燃料消費計や燃費計のためのセンサとして、燃料流量を高い精度で短時間に測れるようなセンサが求められている。

本稿で紹介するセンサはこのような背景の下に、種々の方式検討から始めて試作・評価を重ねて開発したもので、発熱体と、流体である燃料との間の熱伝達現象を利用して燃料の流量値を得る感熱式のセンサである。発熱体には白金の薄膜（2,000 Å）が採用されており、燃料の配管系の主流中央部にノズルに対向するように配置することにより、従来のものに比べ小形軽量なる構成で広い流量測定範囲と高い応答性を実現している。

一方、自動車のエンジン制御用センサに関しては、W. G. Wolberによる総括的な報告⁽¹⁾に代表されるように多く議論がなされており、燃料流量についても一項目として要求性能が述べられている。表1. はその要求値をまとめたものであるが、一般の工業用流量計と比較して測定する流量は小さいが測定範囲は大きい。本稿のセンサはこれらの要求値をほとんど満足しており、次代のエンジン制御のシステムやトリップコンピュータへの燃料情報源などに応用が期待されるセンサである。

表 1. 燃料流量センサの要求性能

項 目	要 求 値
最 大 流 量 (g/s)	25
ダイナミックレンジ	30 : 1
出 力	0~5 V
精 度 (%)	±1
分 解 能 (%)	0.1
時 定 数 (s)	1
信 頼 性	0.997, 2,000 h
目 標 価 格 (円)	2,000

2. 各種方式の比較

自動車の燃料流量センサとして、これまでに幾つかの報告例があり、既に搭載されているものもあるが、そのほとんどはトリップコンピュータなどの燃料情報として使われている。図1. はこれらの報告例を分類したもので、2種類の方式に大別することができる。

一つは体積変化や差動圧力を利用する機械式のもので、古くから伝統的に用いられている方式である。既に実用化されている例として、流れを引っかくように羽根車が回る外輪車式、細い水路を小さな球が転がるように回るボールインレース式、タービン式などがある。信

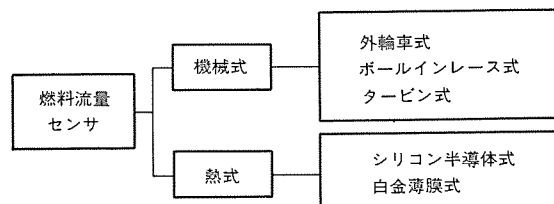


図 1. 燃料流量センサの分類

号の取り出しには発光ダイオードやランプを使う光学式と磁石を使う磁気式があるが、いずれも周波数出力でありマイクロプロセッサによる信号処理がしやすい反面、可動部分をもち力学的な慣性による遅れなどの問題があり、出力周波数も数分の1 Hz から数十 Hz と低い。更に出力パルスの計数や平均化のための信号処理に時間を要し、エンジン制御などの応用には応答性と信頼性に欠ける傾向がある。加えて、この方式は体積流量（単位時間当りにある断面を通過する流体の体積）を計測するもので、質量流量（単位時間当りにある断面を通過する流体の質量）を計測することはできない。自動車への応用という観点からは、エンジン制御への応用という面からも、燃費計などへの応用という面でも、計測しなければならないのは後者の質量流量である。これは空燃比というものが化学量論的に決定される量であり、しかもガソリンの密度が0℃から70℃の温度範囲において約8%も変化するからである。更に、高温・低圧の下では気泡の発生も余儀無くされ、2相流状態を形成する場合もあるからである。

もう一つの燃料流量センサの方式は熱式のもので、発熱体が流れによって冷却されるという冷却現象を利用している。熱式は基本的には質量流量計測が可能なセンサで、計測機器の分野で多く使われている熱線式風速計に見られるように高い応答性を得ることができる。熱式には自動車への応用例として、発熱体にシリコン半導体を用いたもの⁽²⁾と、本稿の白金薄膜を用いたものがある。

シリコン半導体の方式は、Nタイプ（ドープ量 10^{15}cm^{-3} ）の角形（ $0.7 \times 0.7 \times 0.15\text{ mm}^3$ ）シリコンチップが採用されており、ステンレススチール製のパイプ（内径0.767 cm×長さ30 cm）内に燃料の流れに対して平行に装着されている。パイプ径が大きいため流速は低く抑えられており、流れは全流量範囲にわたって層流が保たれるようになっている。したがって、この方式は低流速域を使うため外部からの振動などの影響を受けやすく、寸法も大きなものになっている。また、シリコン半導体の抵抗温度係数は温度に対する直線性に欠けるため、広い温度範囲にわたって精度の良い温度補償をかけることは容易ではない。

本稿の白金薄膜の方式は、円柱形のセラミック棒の側面部に白金を被覆した構造がとられている。発熱体が流れによって冷却される現象を利用している点はシリコン半導体の方式と同様であるが、白金薄膜からなる発熱体が燃料の流れに対して垂直に、ノズルに対向するように装着されている。配管系の主流内に置かれたノズルによって流れが増速され、円形噴流を形成して発熱体に衝突するようになっ

* 応用機器研究所 ** 同研究所(工博)

ているので、発熱体付近の流れはほとんど全流量範囲にわたって乱流を形成するようになっている。したがって、この方式では比較的高い流速域で動作するようになっているので、振動などの影響を受け難く、小形軽量なる構成で高い応答性を得ることができる。また、白金の抵抗温度係数は温度に対する直線性に優れているので、広い温度範囲にわたって高い精度で温度補償をかけることができる。

3. センサの動作原理

ここで紹介する感熱式の燃料流量センサは白金薄膜の方式を採用しており、基本的な動作原理は計測器の分野における熱線式流速計のそれに該当する。発熱体が燃料の流れによって冷却される冷却熱伝達量を、抵抗—温度依存性を有し薄膜状の白金から成る感温素子で電気信号に変換することによって燃料の流量値を得るものである。

図2はこの感熱式燃料流量センサの検出部の断面図である。燃料の流れは温度補償素子を通過後、後方に配されたノズルによって増速され円形噴流となって発熱素子に衝突する。この場合、発熱素子と燃料との間の熱伝達の現象は発熱素子周りの境界条件が複雑であるため、正確に記述することは解析的にも実験公式による近似によっても容易ではない。したがって、ここでは積分形式を用いて基本的な原理式を説明し、熱伝達の現象を定性的に述べる。

発熱素子と燃料との間には、発熱体の温度が変らない熱的平衡状態においては常に式(1)に示すようなエネルギー保存則が成り立っている。

$$\iiint \frac{dq_g}{dt} dv = \iint \frac{dq_t}{dt} ds \quad (1)$$

ここで、 q_g ：単位体積当りの発熱量

q_t ：単位面積当りの冷却熱伝達量

左辺は発熱素子内部で単位時間当りに発生する熱量を、右辺は発熱素子の表面から燃料に伝達される全熱伝達量を表している。発熱に寄与しているのは白金薄膜の部分で、伝熱工学でよく知られているフーリエの法則とオームの法則を適用し、薄膜の厚さを無視すると、式(2)が得られる。

$$\iiint \rho \cdot J^2 dv = \iint h \cdot (T_w - T_f) ds \quad (2)$$

ここで、 ρ ：電気抵抗率

J ：電流密度

h ：局所熱伝達係数

T_w ：発熱素子の壁面温度

T_f ：燃料の温度

実際には、発熱密度 $\rho \cdot J^2$ にしても、局所熱伝達係数 h も壁面温度 T_w も場所によって異なるが、ここでは簡単化のため、場所依存性

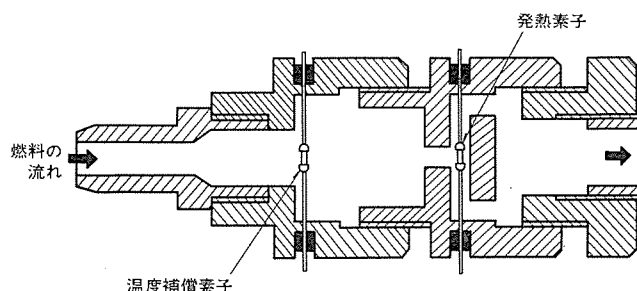


図2. センサの断面図

を無視して平均値で代表できるものと仮定すると、次式が得られる。

$$R_H \cdot I^2 = h_m \cdot (\bar{T}_w - \bar{T}_f) \cdot S \quad (3)$$

ここで、 R_H ：発熱素子の電気抵抗

I ：発熱素子を通る電流

h_m ：平均熱伝達係数

S ：発熱素子の表面積

ここで、平均熱伝達係数は燃料の平均流速に依存しており、単純な流れの系についてはこれまでに多くの実験公式が報告されている。本稿の感熱式燃料流量センサの境界条件を厳密に満足するものは見当たらないが、一様流速分布の流れに直交するように置かれた円柱に関する管外強制対流熱伝達の実験公式が報告されている⁽³⁾。実験公式によると、平均熱伝達率は質量流量の0.5～0.6乗にほぼ比例しており、測定結果ともよく一致する。

4. センサの構造と構成

感熱式の燃料流量センサは、発熱素子と温度補償素子の二つの素子からなっている。両素子共に、膜厚2,000 Å、抵抗温度係数3,500 ppm/°Cの白金薄膜が用いられており、レーザーミリングによって抵抗値が20Ωに調整されている。白金薄膜は外径1mm×長さ3.2mmの円柱形のセラミック棒の外側面上に被覆されており、セラミック棒の両端には直径0.4mmのステンレス鋼線を溶接したステンレス鋼製のキャップ状電極がはめ込まれている。ステンレス鋼の熱伝導率は銅の1/15という低い値であるので、センサ出力のドリフト要因となる支持部への熱損失が小さく外部雰囲気温度の影響も受け難い。

図3に素子部を拡大したところを、図4にセンサの概観を写真で示す。ハウジングは耐熱性・耐ガンソ性（耐放射線性）を有するPPS樹脂（Polyphenylene Sulfide resin）製で、真ちゅう（鉛）製1/4インチニップルを備えた、外径30mm×全長125mmの寸法になっている。

既に図2に示したとおり、二つの素子共、配管系の主流中央部に装着されており、発熱素子の前段に置かれたノズルによって増速

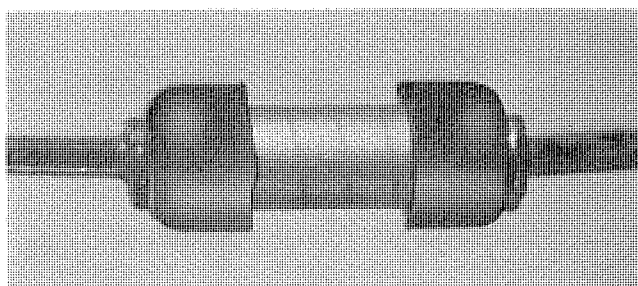


図3. 素子の拡大写真

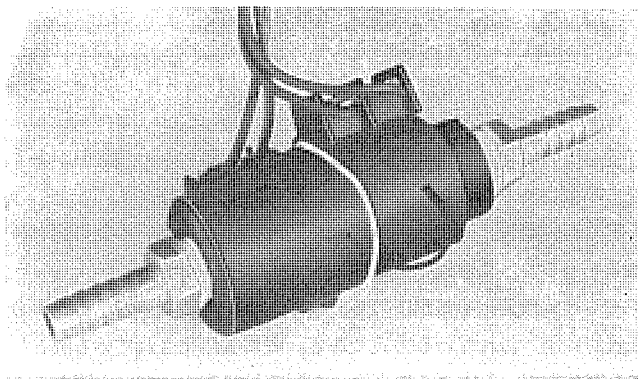


図4. センサの概観

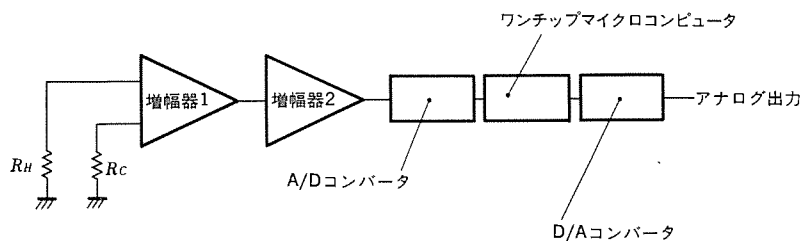


図 5. 信号処理ユニットのブロック図

された流れが発熱素子に衝突し、2方向に分流され、キャップ状電極とリード線を冷却した後、再び合流する。燃料の流れのほとんどの部分が発熱素子に衝突するようになっているので、平均流速を検出することができる上、気泡混入による影響を抑える効果がある。

図 5. は信号処理ユニットのブロック図である。駆動回路には既知の定温度差駆動方式が採用されており、発熱素子と温度補償素子の間の温度差が一定に保たれる。温度補償素子を通る電流は、発熱素子を通る電流に比べ無視できるほど小さい。直流差動増幅器で構成される増幅器 1 で、発熱素子を通る直流電流 I が高精度の抵抗の電圧降下として測定される。次段の増幅器 2 で 0～5 V の直流電圧まで増幅され、A/D コンバータでデジタル信号に変換された後、ワンチップマイコンで直線化及び平均化された信号が D/A コンバータに出力される。

5. センサの特性と評価

試験した流体は鉱物油とガソリンであり、取扱上の簡便性からベンチ試験には鉱物油を、車載試験にはガソリンを使った。鉱物油の流体的性質はガソリンのそれに類似しており、室温での比重の違いは数%程度で、動粘性係数がガソリンのほぼ 2 倍である。

鉱物油による試験結果を図 6.～図 8. に示す。図 6. はマイコンで直線化補正をしたセンサの出力を流量に対して示したものである。流量範囲 0.1～10 g/s で安定した出力が得られた (図では変換テーブル作成の都合上、0.2 g/s 以下と 8.2 g/s 以上の部分が切られている)。図 7. はセンサ出力の経時変化を示したもので、電源投入後、3 時間分の試験結果であり、ドリフト量は $\pm 1.2\%$ 以内に納まっている。この値は、較正に用いた精密流量計 (東京航空計器製 FS-103 A) の精度と同程度となっている。

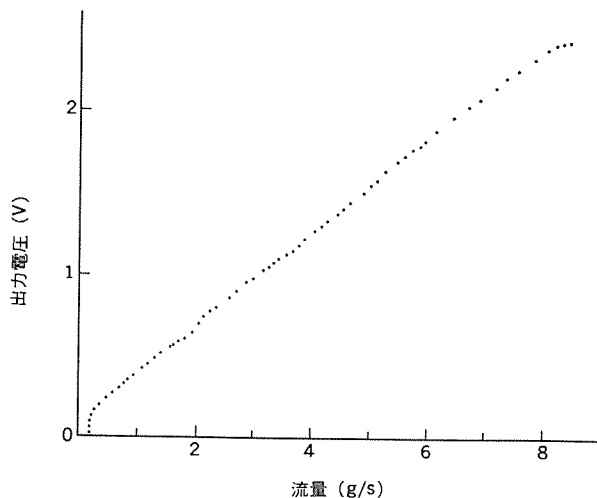


図 6. 直線化補正されたセンサの特性

図 8. はセンサ出力のパワースペクトルを示したもので、高速フーリエ変換器 (HP 5451 C) を用いた流量 2 g/s と 8 g/s における試験結果である。流量が大きくなるほど、高い周波数成分が多くなっており、この傾向は 500 Hz の周波数にも見られ、センサの応答性がかなり高いものであることを示している。図 9. に電子制御燃料噴射のシステムで行った車載試験の結果を示す (エンジンはシリウス 80, 三菱自動車製である)。

アイドリング時とエンジン回転 3,000 rpm の 2 通りの場合について示してあるが、燃料噴射パルスの信号にセンサ出力が良く追随している様子

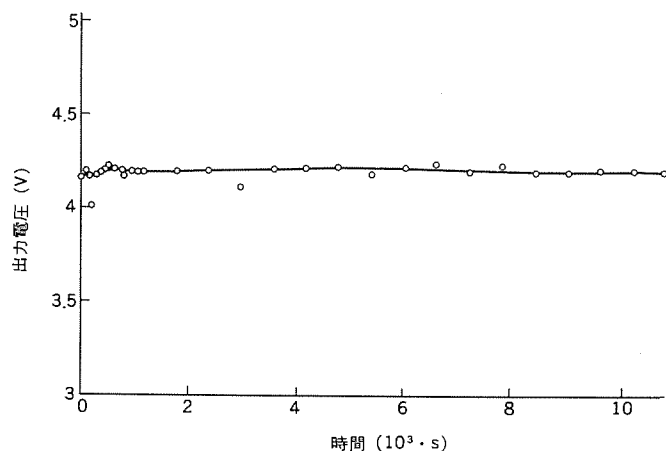


図 7. センサ出力の経時特性

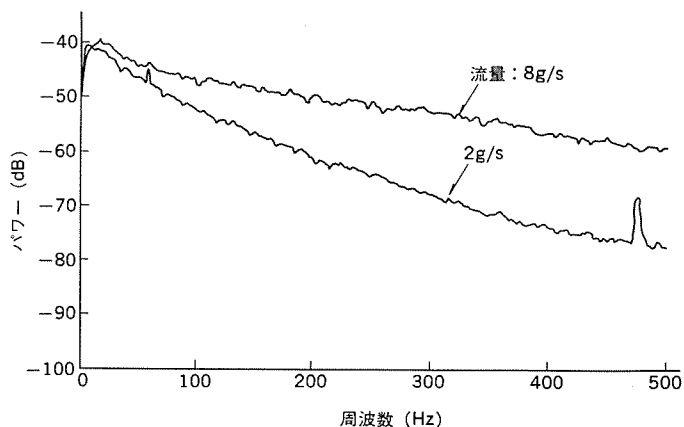


図 8. パワースペクトル

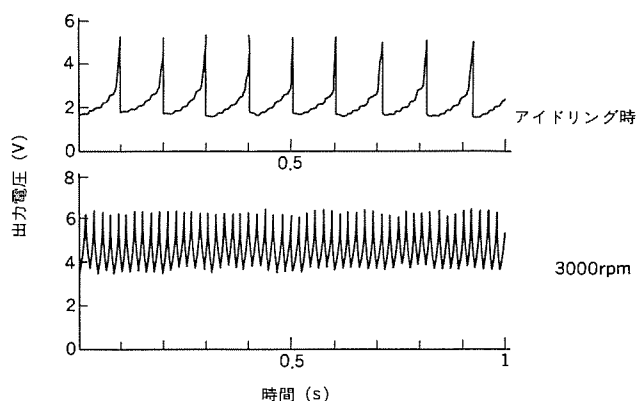


図 9. 車載試験結果

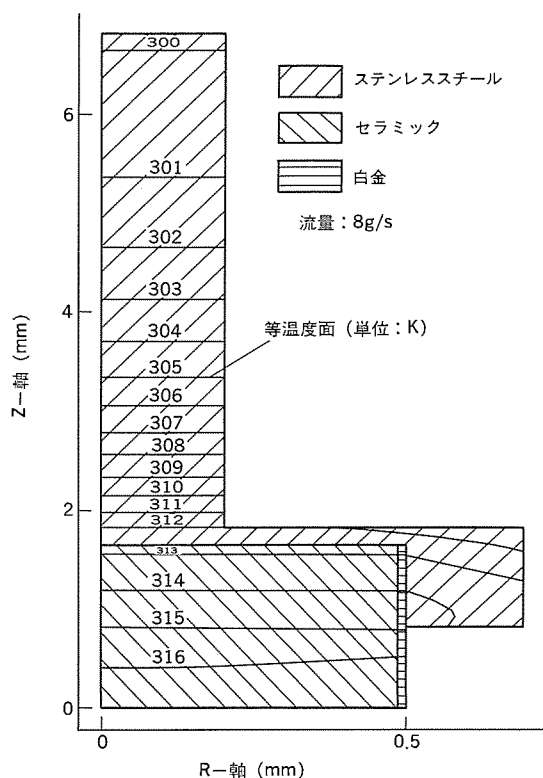


図 10. 素子の温度分布

がわかる。また、このセンサにおける圧力損失は比較的小さく、流量 10 g/s でノズル径 1.4 mm のとき、200 mmHg 程度である。

図 10. に計算機シミュレーションで得られた発熱素子内部の温度分布

の結果を示す。計算には有限差分法による汎用熱解析パッケージを使用した。流量 8 g/s、軸対称系の下で電源投入後の非定常計算を繰返し、1,000 秒経過後の温度分布を示したものである。セラミック棒にはほとんど径方向に温度分布が見られず、白金薄膜に加わる熱応力も、白金薄膜からセラミック側への熱流も比較的小さいことがわかる。

6. む す び

白金薄膜の素子を使ってノズル付き感熱式燃料流量センサを開発した。各種の試験と計算機シミュレーションを重ねて、センサの静的並びに動的特性を測定・評価し、以下のような特性を得た。

- (1) 従来の流量計にはない 100 : 1 という大きなダイナミックレンジをもつこと。
- (2) 0.1 g/s という微小流量も検出可能で、感度が高いこと。
- (3) 100 ms 以下という、高い応答性を示すこと。

更に、このセンサは自動車用途に必ず(須)の小形・軽量・安価という特長を兼ね備えており、次代のエンジン制御のシステムのほかトリップコンピュータなどのシステムに応用が期待される。

参 考 文 献

- (1) W. G. Wolber : "Automotive Engine Control Sensors '80", Bendix Research Labs., SAE paper No. 800121
- (2) L. A. Rehn, R. W. Tarpley, K. C. Wiener, and K. M. Durham : "Dual-Element, Solid-State Fluid Flow Sensor", Texas Instruments Inc SAE paper No. 800128
- (3) W. H. McAdams : "Heat Transmission", second edition, McGraw-Hill, New York and London p. 222 (1942)

1. ま え が き

最近のカーオーディオはエレクトロニクス、とり分け半導体技術の進歩につれ、ますます各社性能機能競争が激化している。カーラジオでは、それが搭載される自動車が屋外で移動するという特殊条件を克服するため二つの方向を採っている。一つはマイクロコンピュータの採用による操作性の向上であり、他方はラジオ本来の機能である受信性能を向上させることである。本稿は後者についての一つの改善策である。すなわちFM受信機の高感度化に取り組み、従来に比べて弱入力時の安定性、温度特性を徹底的に追求したPLL検波方式ICの開発とチューナーのNF改善を図ることで、FM実用感度($S/N=30$ dB)を約10 dB改善することが出来たので以下に概要を紹介する。

2. 開発の背景

国内の車載用ラジオとして対象になるのはAM受信とFM受信である。AMとFMは搬送波周波数が違う(AM放送は522~1,629 kHz, FM放送は76~90 MHz)ため、受信状況が異なる。すなわちAMの場合は波長が長く建造物や地形による遮へいや反射の影響を受けにくく、比較的車載用ラジオに適している。一方、FMの場合は波長が短かくAMでは問題にならなかった前述の影響がクローズアップされる。更に国内のFM放送局は最近増加しつつあるとはいえ数が少なく、電界条件が多少悪くても受信の必要に迫られる。FMの弱信号時の信号対雑音比(S/N)には、電界があるレベル以下になると急激に悪化する、いわゆるスレシールド現象が存在する。これらFM特有の事情があるため、FMを受信しながら走行すると電界落ち込み時スキップノイズ(バサッという音)が発生し非常に聞き苦しい。

その対策として従来ダイバーシチ受信により電界の落ち込みを少なくすることや、電界が落ち込むに従ってステレオ分離度を落して行き、オーディオ周波数特性の高域をカットしたり、ソフトミューティング処理により聴感上で補正することが行われている。それに対し、本稿ではPLL検波方式によりスレシールドレベル付近で自動的に検波帯域が狭くなることに着目して実用感度を上げ、受信可能エリアの拡大を図った方式について述べる。

3. 高感度化の概要

3.1 構成

図1.に高感度化FMラジオのブロック図を示す。高感度化を図るための技術課題は二つあった。一つは既に熟成されているはずのチューナー部分を見直しNFの改善を図ることであり、他方は検波方式を従来のクォドラチャ検波、又はレシオ検波に代って、PLL検波を採用することにより高感度化を図ることである。

3.2 チューナーブロック

車載用ラジオは自動車が移動体であるため、放送局の送信アンテナ直下の強い電界から遠方の非常に弱い電界までを受信対象にする必要があり、強入力に強く、しかも微弱電界でも受信できるような高感

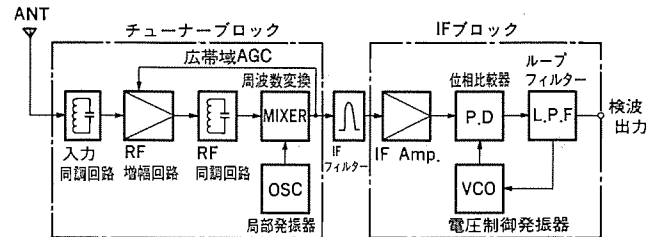


図1. FM検波までのブロック図

度化が要求される。また米国のようにFM放送が同一地方で30局以上の受信が可能というところでは、インタモジュレーション特性の良好なことが要求される。インタモジュレーションと感度を両立させるため次の方法をとった。

(1) 入力同調回路の見直し

入力同調回路を形成する入力コイルの損失は直接感度に影響する。FMチューナーの入力同調回路の負荷 $Q(Q_L)$ は通常40~50程度であり、コイルの無負荷 $Q(Q_0)$ が200程度あればほぼ損失は無視できる。また単独ソレノイドコイルで $Q_0 \geq 200$ は容易に実現できるが、プリント基板に実装した状態では予想外の Q 低下が生じる。理由は、周囲の金属物体による近接効果と、コイルに直列に継がるプリント基板のリードインダクタンスの影響である。後者はパターン形成時の注意やチップ部品化で対処でき、前者は小形化の点でコイルと周囲との間隔を大きく取れないので、コイルの磁束が周囲物体に関係しないようコイルの外側にコアを装着して磁束の遮へいを行った。

(2) 高周波増幅段

雑音指数(NF)の良いFETの選択とミキサー段のNFの低下を少なくするため利得を上げた。インタモジュレーションの悪化は高周波増幅段に対するミキサーからの広帯域AGCを最適化することで対処する。しかしながらインタモジュレーションと感度は妥協が必要で、仕向先によっていずれの特性を重視するかを選択する必要は残る。

以上(1)、(2)項により従来チューナーより感度を4~5 dB上げることができた。

3.3 IFブロック

図1.に示すIFブロックは、本稿の主題ともいべき部分である。高感度化に最も関係するのはPLL検波部である。PLL検波が高感度化に有効なのは次のような理由による。FMの感度は、FM検波段への雑音成分のピークが信号成分を越えるときに発生するインパルス性ノイズ、いわゆるスレシールド現象が発生するポイントで決定される。検波入力以前の中間周波(IF)帯域を狭めてノイズの総エネルギーを小さくすれば当然スレシールドを抑えられるが、FM波がステレオ副搬送波を含む音声で変調されているため、カーソン則帯域幅を大きく下回することはできない。

PLL検波方式は、従来から衛星通信などに用いられているスレシールド改善形の検波方式である。すなわちPLLが入力信号に同期すると電圧制御発振器(VCO)の周波数はその入力に追従する(VCO

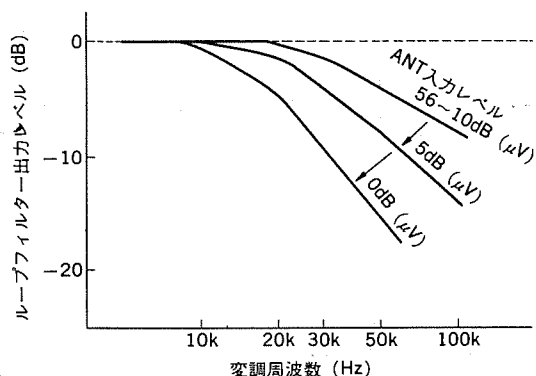


図 2. ANT 入力レベル 対 PLL ループ周波数特性

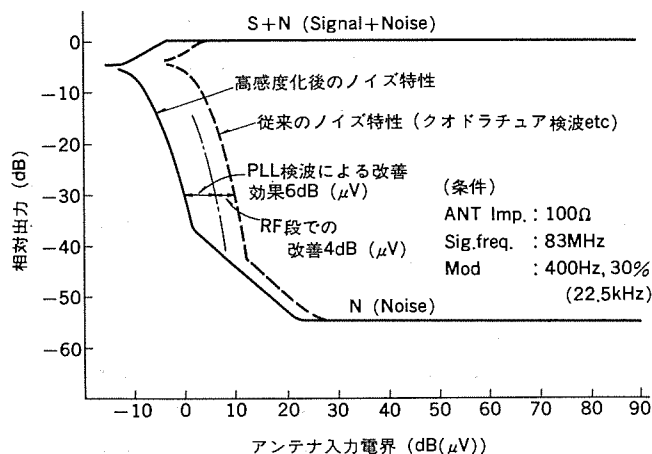


図 3. PLL 検波による S/N 改善効果

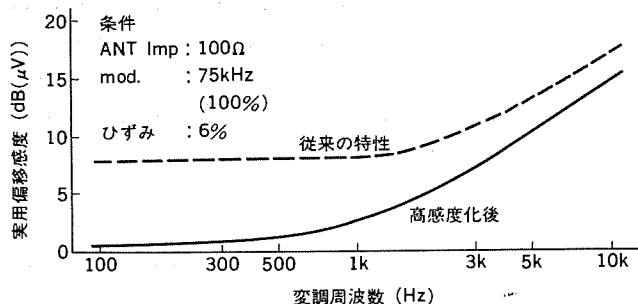


図 4. 変調周波数対実用偏移感度

を制御する位相比較器出力をループフィルタを通して、取り出したものが検波出力である)。FM 変調波が前述のように広帯域信号であることから、ステレオ信号を忠実に再現する意味ではループフィルタの帯域を狭くすることはできないが、従来からスレシヨルド近傍では、もともと S/N が十分取れず、モノラル成分のみ取り出して S/N を良くして聞いている。PLL 検波方式で、ループ利得を適当な値に設定することにより、スレシヨルド近傍から自動的にループ利得が下がり、等化的にループフィルタの帯域が狭くなる(図 2.)。

このことを積極的に利用することにより、実用感度の向上を図ったものである。これと等価なことを従来の検波器で行うには、IF 帯のフィルタを狭くすることで理論上は達成されるが、入力信号レベルが高い時でも、モノラルの狭い帯

域のみの再生音しか聞けないばかりでなく、IF 帯域を狭くすることによるひずみ成分が大きくなり実用上実施できない。また従来の検波でも検波段以後の AF 帯の周波数帯域を狭くすることで S/N の向上は期待されるが、スレシヨルドレベルは IF 帯でのノイズレベルがキャリアレベルより大きくなった点で決るため、スレシヨルドのレベル改善は出来ず、スレシヨルド点以下での感度向上は不可能である。

このような理由から当検波方式を採用して、実用感度(30 dB S/N)で約 6 dB の改善を行うことができ、先の入力回路の改善と合わせて図 3. に示すような効果が得られる。また FM 受信機の感度の目安としては、先の 30 dB S/N 感度のほか、過変調ひずみを生じ始める電界レベルで規定する実用偏移感度があり、PLL 検波の場合弱電界では PLL のロックレンジが減少するので、S/N 改善とのバランスをとった設定が必要である。これについての改善効果を図 4. に示す。

4. PLL 検波ブロック

4.1 PLL 検波用 IC (M 51690 L) の内部回路構成

図 5. に M 51690 L のブロック図を示す。大きく分けて信号系と DC 制御系に分けられる。信号系は IF 増幅器、PLL 検波回路、ミュート機能付き低周波増幅器、AFC 増幅器で構成され、DC 制御系はレベル検波器、OV スイッチ、ミュート制御回路で構成される。

(1) IF 増幅器

5 段直結の差動増幅器で構成される。次段に接続される PLL 検波回路のスレシヨルド現象の改善効果を向上させるため、IF 4 段目と 5 段目の間に 2 次の LPF (低域通過フィルタ) を挿入して S/N 比を改善するとともに、スレシヨルド入力レベル(スレシヨルド現象を起こしはじめる入力レベル)で IF リミッタがかからないよう IF 5 段目のダイナミックレンジを大きくし、IF 利得の最適化で対処している(IF 利得は 55 dB)。

(2) PLL 検波回路

位相比較器、VCO、DC アンプ及びループフィルタで構成される。位相比較器はダブルバランス回路を採用し、アナログ検波方式である。VCO はエミッタ結合形 LC 発振器で構成され、ループフィルタはラグリードフィルタを採用、また DC アンプは利得 39 dB の差動増幅器で構成される。

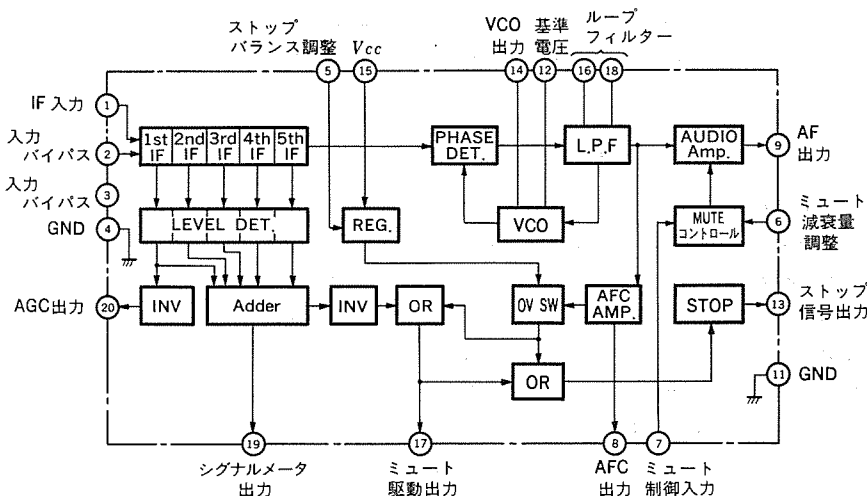


図 5. M 51690 L ブロック図

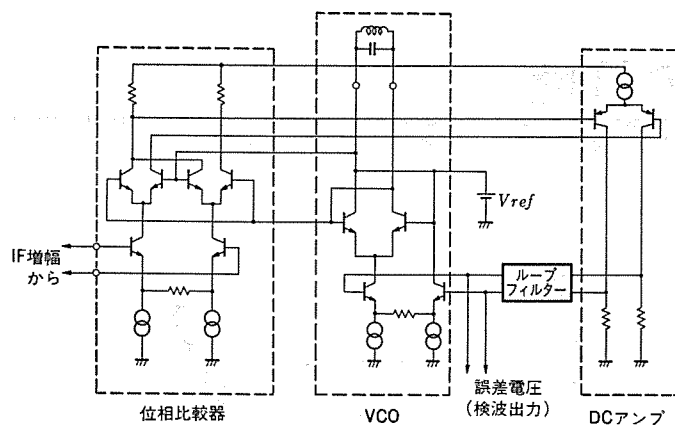


図 6. PLL ループ 概略等価回路

4. 2 PLL 検波器

図 6. に PLL ループの概略等価回路を示す。入力 FM 波と VCO の自走発振周波数の位相差に応じた誤差電圧が、位相比較器から出力される。この誤差電圧は DC アンプで増幅された後、ラグリードフィルタで高域成分を除いて VCO の入力に供給される。VCO は電圧—電流変換回路と変換された電流をバイアス電流とする、エミッタ結合 LC 発振器で構成されるが、飽和状態にあるトランジスタの出力容量をバイアス電流をかえることで変化させて発振周波数を制御する。

出力容量のバイアス電流に対する変化率は、約 20 pF/mA である。VCO に供給された誤差電圧は VCO の自走発振周波数と入力 FM 波の周波数差を減少させるように負帰還され、遂には一致するよう PLL ループは動作する。このとき VCO の発振周波数は、入力 FM 波の周波数に追従するようになり、VCO へ供給される誤差電圧は FM 復調信号となる。ロックレンジは IF リミッタ入力レベル(約 100 dBμV)で片側約 1 MHz である。VCO 感度は $2\pi \times 2.3 \text{ MHz} \cdot \text{rad} \cdot \text{s}^{-1}/\text{V}$ である。

PLL 検波方式でのスレショルドの改善される理由は、既に述べたがここで注意を要することは、帯域を圧縮する入力レベルは要求される実用感度によって決定されねばならないことである。圧縮する入力レベルが高すぎると、周波数偏移による位相誤差が大きくなって PLL のロック外れを生じたり、低すぎると高域ノイズ成分によりロック外れを生じることになり、非常に聞き苦しい雑音が発生する。この IC では、利得 30 dB のフロントエンドを用いて、アンテナ入力 0 dB(μV)で S/N 30 dB が確保できるよう IF 入力が 50~40 dB(μV)の場合ループ帯域を約 55 kHz から約 20 kHz に圧縮するようにしている。

VCO の自走発振周波数の温度ドリフトは、AFC 電圧をドリフトさせ、ストップ信号帯域の中心周波数をドリフトさせるため、電子同調(サーチ機能)の不動作につながる。この IC では、VCO を構成するエミッタ結合発振器の出力容量の温度係数(一般に正)を、出力容量を制御するバイアス電流に負の温度依存性をもたせて補正している。LC 同調回路の外付けコンデンサの温度係数 $-150 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$ を用いてストップ信号帯域の中心周波数の温度ドリフトを $\pm 30 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$ を実現している(中心周波数は 10.7 MHz)。

4. 3 付加機能

AFC 電圧の出力 DC オフセットは、ストップ信号帯域の中心周波数を変

表 1. IC M 51690 L の主要電気的特性
($T_a=25^\circ\text{C}$, $V_{CC}=8.5 \text{ V}$, $f=10.7 \text{ MHz}$,
($f_{\text{mod}}=400 \text{ Hz}$, $\Delta f=\pm 75 \text{ kHz dev.}$)

記 号	項 目	測 定 条 件	TYP 値
I_{CC}	無信号時回路電流	無信号時 $V_{CC}=8.5 \text{ V}$	30 mA
$V_{O(AF)}$	検波出力	$V_i=100 \text{ dB}(\mu\text{V})$	350 mV
THD	ひずみ率	$V_i=100 \text{ dB}(\mu\text{V})$ $\pm 22.5 \text{ kHz dev.}$	0.06 %
S/N 1	信号対雑音比 1	$V_i=30 \text{ dB}(\mu\text{V})$ $\pm 22.5 \text{ kHz dev.}$	55 dB
S/N 2	信号対雑音比 2	$V_i=100 \text{ dB}(\mu\text{V})$ $\pm 22.5 \text{ kHz dev.}$	68 dB
AMR	AM 抑圧比	$V_i=100 \text{ dB}(\mu\text{V})$ AM 30% mod.	50 dB
$BW_{(MUTE)}$	ミュートイング帯域幅	$V_i=100 \text{ dB}(\mu\text{V})$ $R_{BW}=8.2 \text{ k}\Omega$	50 kHz
$BW_{(STOP)}$	ストップ信号帯域幅	$V_i=100 \text{ dB}(\mu\text{V})$ $R_{BW}=8.2 \text{ k}\Omega$	50 kHz
$V_{i(LOCK)}$	PLL ロック感度	ロック可能な入力レベル	24 dB(μV)

動させる。PLL 検波方式の場合、この DC オフセットは位相比較器の出力 DC オフセットと、DC アンプ及び AFC 増幅器の電圧利得でほぼ決定され、最大 $\pm 0.9 \text{ V}$ 程度のオフセットとなる。従来の PLL 検波回路では、このオフセットを VCO の自走発振周波数を調整することで補正してきた。この方法では入力 FM 波の搬送波周波数とロックレンジの中心周波数(=VCO の自走発振周波数)が一致しないため、スレショルド入力レベル以下で周波数偏移による位相差がロックレンジよりも大きくなり、ロック外れによる信号欠落を生じ、所望の実用感度を得られなくなる。

この IC ではストップ信号帯域を検出する OV スイッチの基準電圧をオフセットを含む AFC 電圧に一致できるよう、外部で調整できる調整端子(pin ⑤)を設けている。この端子により AFC 電圧のオフセットを見かけ上キャンセルすることが可能で、ロック外れなどの影響なくストップ信号帯域の中心周波数の最適調整を可能にした。

4. 4 IC 概略仕様

表 1. に代表的な電気的特性を示す。使用電源電圧範囲は 8.0~15 V、定格電源電圧は 8.5 V である。パッケージは、たて形 20 pin ZIL パッケージ(ジグザグインラインパッケージ)である。

5. む す び

本稿で述べた FM 高感度ラジオ試作品を自動車に取り付け、高感度化が電界フェージング対策に効果があることが確認できた。しかしながら、感度を向上させるとこれまで目立たなかった自動車のイグニッションノイズが目立つためその改善も必要であった。今後はダイバシティ方式と組み合わせることにより、更に FM 車載ラジオの受信品質の向上が期待できよう。

参 考 文 献

- (1) 畑、古川：PLL-IC の使い方、産報出版、電子科学シリーズ
- (2) 伊藤、藤井：わかりやすい FM 技術、産報出版、電子科学シリーズ

切換ダイバーシチFM受信機の特性

深江唯正*・野田博司*・田浦賢一*・壺井芳昭**

1. ま え が き

近年FMカーラジオが普及しているが、FM放送波は建物や地形に起因する反射、屈折によるレイリーフェージング現象によって、FM復調出力にひずみや雑音を発生し音質を著しく劣化させる。

固定受信の場合、CCDのような遅延素子を用いてひずみの自動除去ができる⁽¹⁾。しかし、カーラジオのような移動受信は、自動車の周囲の電磁界分布が時々刻々変動するので適用が困難である。移動受信のフェージング対策としては、複数のアンテナが十分独立なとき、各アンテナが同時に同じ劣化を受ける機会が非常に少ないことを利用したダイバーシチ受信技術が研究されている。ダイバーシチ受信は、切換、最大比合成、等利得合成に大別される。ダイバーシチ効果は、最大比合成、等利得合成、切換の順であるが、回路構成、経済性の観点から切換ダイバーシチの実用性が高い。

切換ダイバーシチの基本原理は、複数のアンテナの中から受信レベルの良好なアンテナに切り換わって受信する。アンテナの数は、自動車の空間から2本が有用である。切換ダイバーシチは、2本のアンテナ、2台の受信機による切換方式⁽²⁾（2Tダイバーシチと略す）と2本のアンテナ、1台の受信機の切換方式（1Tダイバーシチと略す）に大別される。1Tダイバーシチには、受信レベルをあらかじめ設定したしきい値と比較する固定しきい値1Tダイバーシチがある⁽³⁾。この方式は、受信レベルがしきい値以下にならないと切り換わらないので、2Tダイバーシチの改善度より小さい。

今回、可変しきい値1Tダイバーシチを考案し、2Tダイバーシチと実験比較した。

2. ダイバーシチ受信

レイリーフェージングは、振幅がレイリー分布、位相が一様分布の統計的性質を持つ。2本のアンテナの入力は、無変調のとき次式で示せる。

$$f_i(t) = r_i(t) \cos(\omega_0 t + \phi(t)) + n_i(t) \quad i=1, 2 \dots (1)$$

但し $r_i(t)$: レイリー分布

ω_0 : キャリア周波数

$\phi(t)$: ランダム位相

$n_i(t)$: 付加ノイズ

切換ダイバーシチの場合、各アンテナの中から受信レベルの最大のものを選択する。したがって、切換ダイバーシチのCNR（搬送波電力対雑音電力比）は次式である。

$$CNR = \max(\overline{r_i^2(t)})/N \quad i=1, 2 \dots (2)$$

但し、 $N = \overline{n_i^2(t)}$ である。

最大比合成は、各受信信号にそれぞれのCNRに比例した重み付けを行い、各信号を同相にして加算する。このCNRは、

$$CNR = \sum_{i=1}^2 \overline{r_i^2(t)}/N \dots (3)$$

である。

等利得合成は、重み付けは行わずに各信号を同相にして加算する

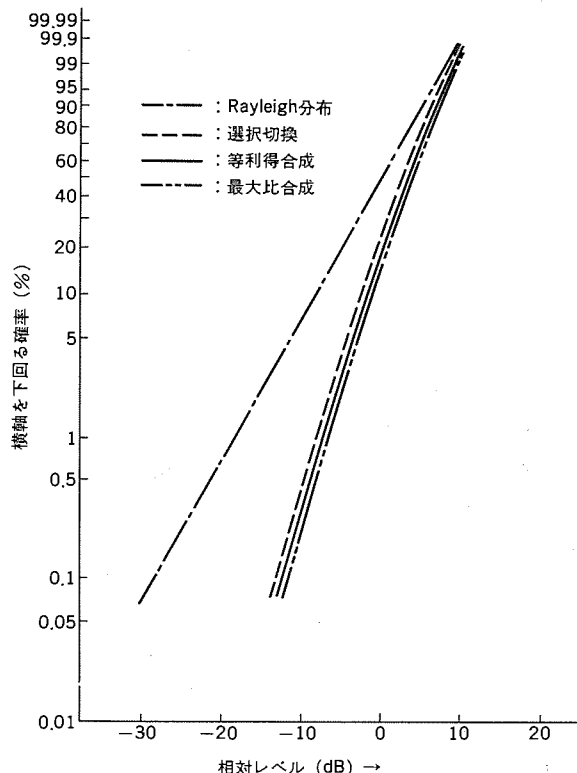


図 1. 各種ダイバーシチ方式の累積分布

ためCNRは、

$$CNR = \sum_{i=1}^2 \overline{r_i^2(t)}/2N \dots (4)$$

である。

各方式の受信レベルの累積分布を2本のアンテナの場合について図1に示す⁽⁴⁾。これより、ダイバーシチの改善度は最大比合成、等利得合成、切換ダイバーシチの順であるが、それぞれの差は小さい。実際には、切換ダイバーシチは回路構成が簡単な反面、ランダム位相の対策は考慮されないことと回路自体が持つ切換の時定数のため、切換雑音、切換遅れが生じ音質の改善を小さくする。

合成は、切換雑音、切換遅れは生じない反面、位相検出、制御機能が必要となり回路構成が非常に複雑となる。車載用を考慮したとき、回路構成、経済性から切換ダイバーシチの実用性が高い。

3. 切換ダイバーシチ受信技術

2Tダイバーシチのブロック図を図2に示す。この方式は、2台のFM検波からそれぞれのひずみ量を検出し、レベル比較することによって、良好な受信レベルのFM検波出力に切り換わる方式である。しかし、2Tダイバーシチは性能が同等の受信機が2台必要であり、経済性の観点からは1Tダイバーシチが有利である。

図3に従来から研究されている固定しきい値の1Tダイバーシチを示す。これは、受信レベルが前もって設定されたしきい値以下にな

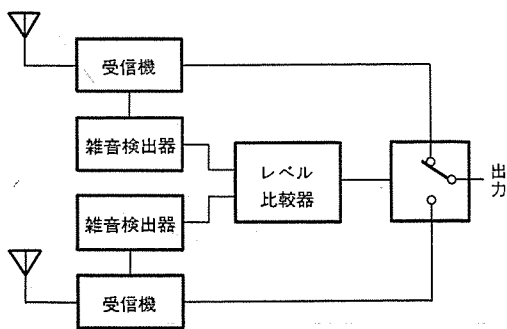


図 2. 2T ダイバーシチの構成

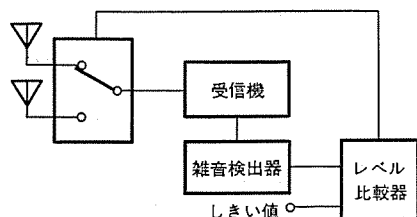


図 3. 固定しきい値 1T ダイバーシチの構成

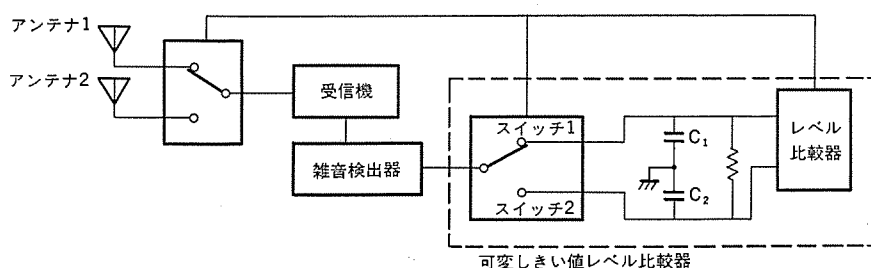


図 4. 可変しきい値 1T ダイバーシチの構成

らないと切り換われない。2T ダイバーシチの改善効果に近づくためには、可変しきい値 1T ダイバーシチが考えられる。

図 4. に、可変しきい値 1T ダイバーシチのブロック図を示す。動作原理は、例えばアンテナ1 が接続されていて、スイッチ1 がオン、スイッチ2 がオフの状態を考える。そのときの雑音検出器のレベルを V_1 とするならば、 C_1, C_2 ともに V_1 に充電されている。アンテナ1 がフェージングによって雑音検出レベルが $V_2 (V_1 > V_2)$ になると C_1 は瞬時に V_2 になり、レベル比較器へ入力される。 C_2 の方は、時定数によって V_1 の状態が保持されているので、レベル比較によって、アンテナ2 へ切り換わると同時にスイッチ1 がオフ、スイッチ2 がオン状態となり、アンテナ2 の雑音検出レベルに C_1, C_2 とも充電される。この回路構成によって、可変しきい値 1T ダイバーシチが形成される。

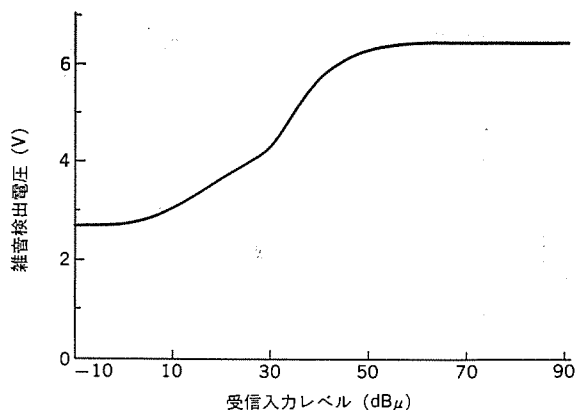


図 5. 雑音検出器出力特性

4. 雑音検出法

フェージングのレベル検出は、一般に IF 後の二乗包絡線検波によって検出される⁽⁵⁾。この検出法は、レイリー分布の受信振幅の検出であって、ランダム位相の検出は行っていない。今回、確実に良好な受信アンテナに切り換わるために、FM 検波器の信号中に本来含まれている信号以上の周波数成分がフェージングによって発生することに着目した検出を行った。

図 5. に、この雑音検出器の特性を示す。検出範囲は $10 \text{ dB}\mu\text{v}$ から $50 \text{ dB}\mu\text{v}$ で検出する。 $10 \text{ dB}\mu\text{v}$ 以下の弱電界では、検出出力を一定にすることで切換雑音を低減する switch and stay の動作を行う。 $50 \text{ dB}\mu\text{v}$ 以上の電界においても検出出力を一定とした。これは、 $50 \text{ dB}\mu\text{v}$ 以上では、FM 受信機の SNR は一定のため、強電界での切換雑音の低減効果を持つ。

5. 切換ダイバーシチの測定法

可変しきい値 1T ダイバーシチ、2T ダイバーシチのダイバーシチ効果をレイリーフェージングシミュレータによって測定するシステムを図 6. に示す。それぞれの受信機の雑音検出器レベルをデータレコーダーに記録し、この雑音検出レベルを基にして、計算機処理により、それぞれの雑音検出レベルを発生する受信機の等価なアンテナ端入力レベルに換算した累積分布を求めた。データの取込み時間は、50 ms 間隔で 8 分間のデータを処理している。

シミュレーションは、フェージングシミュレータのレベル変動の中央値が $43 \text{ dB}\mu\text{v}$, $53 \text{ dB}\mu\text{v}$ について行い、図 7. に単一受信時 (N_1, N_2), 可変しきい値 1T ダイバーシチ、2T ダイバーシチ、及びレイリー分布、切換

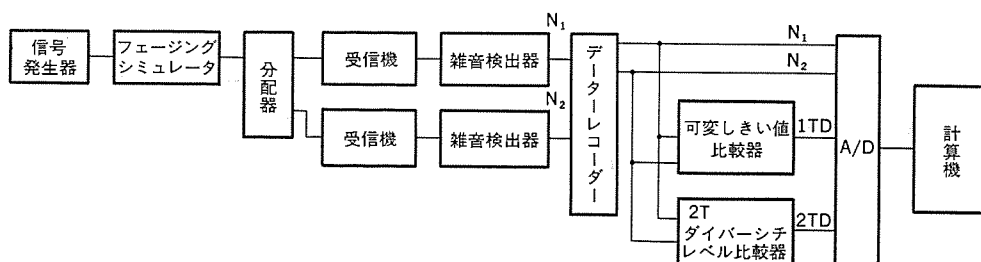
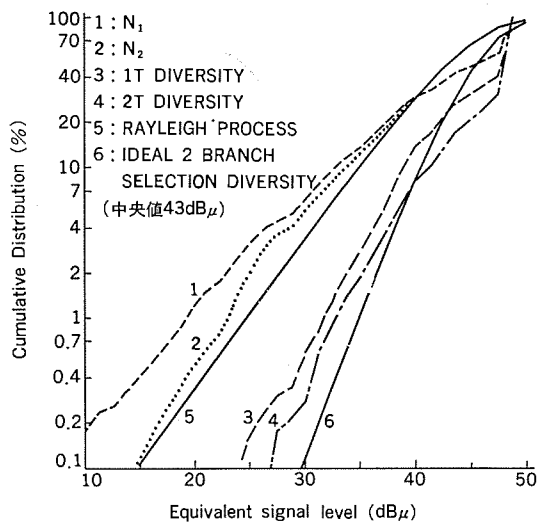
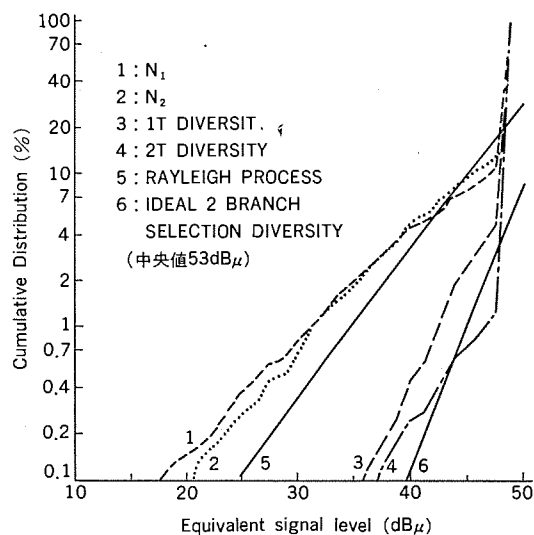


図 6. ダイバーシチ効果の測定システム



(a)



(b)

図 7. シミュレーションによる累積分布

ダイバーシチの理論値を図 7. に示す。図は横軸に受信レベル、縦軸に累積確率(%)を表す。これより理論値に近い結果を得た。可変しきい値 1T ダイバーシチと 2T ダイバーシチの改善度の差は小さく、ダイバーシチによる改善効果を単一受信とダイバーシチの同じ累積確率(例えば 0.1%)に対する信号レベル差とするなら、両者とも約 10 dB の改善効果が確認される。

今回の実験では、1T ダイバーシチのレベル比較器にはヒステリシスを持たせ、弱電界での頻繁な切換防止を行っている。2T ダイバーシチのレベル比較にもヒステリシスを考慮すると、両者の累積分布は更に近づく。

6. フィールドテスト

フィールドテストにおいて、5 章で述べた測定法に従って、可変しきい値 1T ダイバーシチと 2T ダイバーシチの改善度を確認した。空間ダイバーシチのアンテナ間隔は、二次元モデルにおいて、アンテナの出力間の相関係数が 0.3 以下になる条件は、 $\lambda/4$ 以上が示されている⁽³⁾。これを考慮して、アンテナ 1 とアンテナ 2 は $\lambda/2$ 、アンテナ 1 とアンテナ 3 は $\lambda/4$ の間隔で設置した。アンテナ 1、アンテナ 2 はポールアンテナ、アンテナ 3 はガ

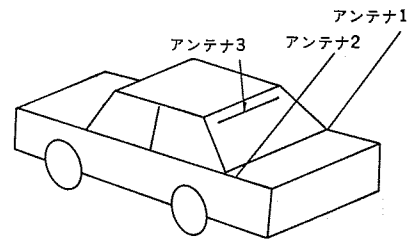


図 8. アンテナの配置

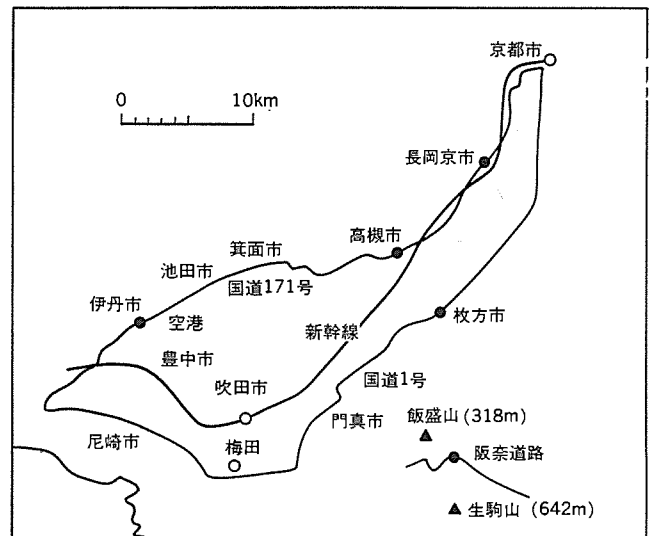


図 9. フィールドテスト場所

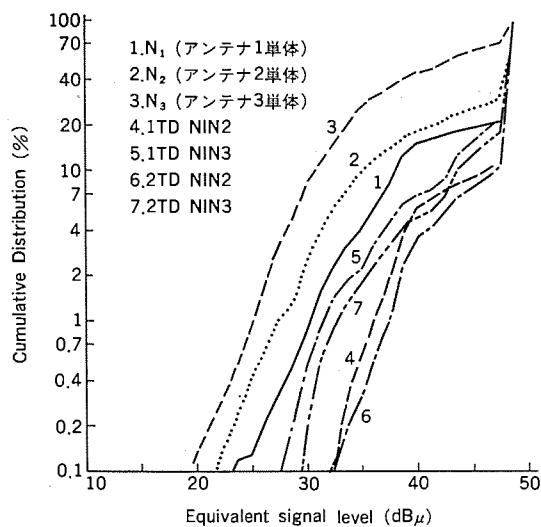
表 1. 各測定地の特徴

伊丹市	空港、工場、家屋が立並んでいる。
高槻市 長岡京市	新幹線、高速道路、送電線が周辺にある。
阪奈道路	送信所と生駒山の間を走っており、マルチパスが強い。

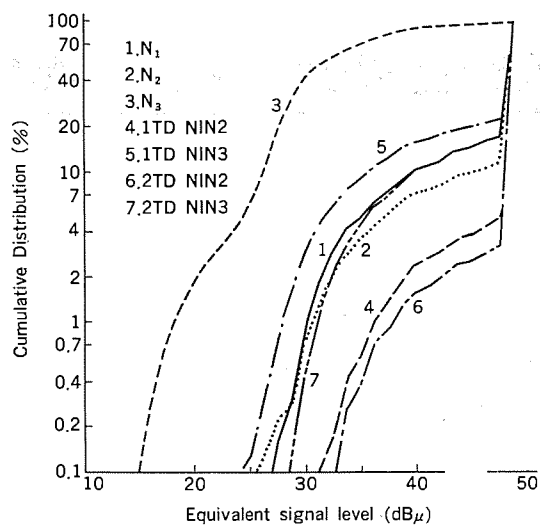
ラスアンテナを採用した(図 8.)。フィールドテストは、88.1 MHz FM 放送波(送信所は飯盛山)を受信した。図 9. にフィールドテスト場所を示し、表 1. に測定地の特徴を示す。

図 10. に、各測定地における単一受信(N_1 , N_2 , N_3)、各アンテナの組合せによる可変しきい値 1T ダイバーシチ、2T ダイバーシチの累積分布を示す。測定結果から、

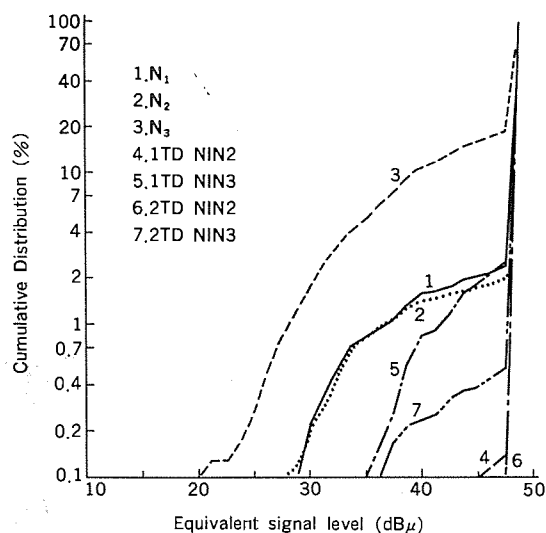
- (1) アンテナ間の性能が同等のポールアンテナの組合せによる可変しきい値 1T ダイバーシチは、2T ダイバーシチの効果に近づき、ダイバーシチ効果は約 10 dB である。
- (2) ガラスアンテナは、ポールアンテナと比較して性能が一般に劣る。しかし、マルチパスが強い阪奈道路において、ポールアンテナと同等の特性であることは注目される(図 10. (d))。
- (3) ポールアンテナとガラスアンテナの組合せにおいて、ガラスアンテナの受信特性が極端に劣るとき、可変しきい値 1T ダイバーシチは、ポールアンテナ単体の受信より悪くなる(図 10. (c))。



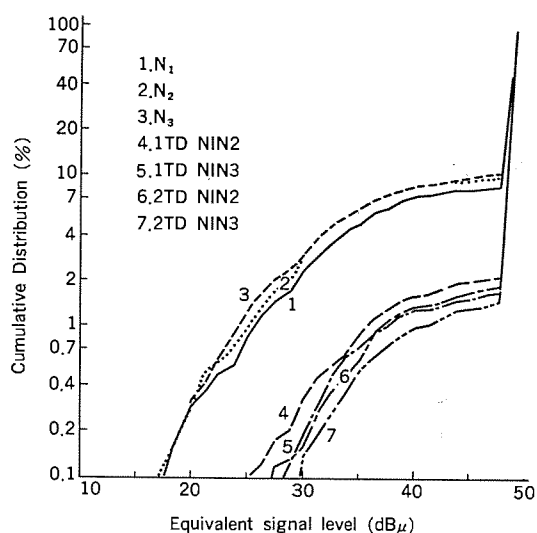
(a) 伊丹市



(c) 長岡京市



(b) 高槻市



(d) 阪奈道路

図 10. フィールドテストの累積分布

7. む す び

以上、雑音検出レベルの測定処理によって、ダイバーシチ評価が可能であり、この測定方法によって、可変しきい値 1T ダイバーシチと 2T ダイバーシチのダイバーシチ効果は、アンテナ特性が同等なとき、ほぼ同等であることがわかる。

参 考 文 献

- (1) 近藤ほか：FM 放送受信における エコー 歪補償の一方式，TV 学会全国大会（昭 54）
- (2) 福原ほか：スペースダイバーシティ FM 受信 システム，自動車技術会 学術講演会前刷集（昭 56）
- (3) W. C. Jakes : Microwave Mobile Communications, John-wiley Sons (1977)
- (4) D. G. Brennan : Linear diversity combining techniques, Proc. IRE, pp. 1075-1102 (June 1959)
- (5) 安達：2 ブランチ 切替 ダイバーシティ の改善効果に及ぼす レベル 比較器における低域フィルタの効果，信学論 (B)，J 62-B, 11, P. 1053 (昭 54-11)

車両動態管理システム(AVMシステム)《MACOMシリーズ》

来村 俊*・岩田 忠*・竹垣 弘*・土井勝次*・大友克彦*

1. ま え が き

無線通信の一分野として、移動通信は非常に発展し、自動車電話、MCA、パーソナル無線などが実用化されている。ただ、これまでのものは音声通話を主体としており、データ通信を中心とするシステムはあまり多くはなかった。今回報告するAVM(Automatic Vehicle Monitoring)システムは、移動データ通信を中心とするもので、移動体側の状態を基地局(指令所)側の計算機にデータ伝送し、あらかじめ計算機中に蓄積されている情報を利用して、効率のよい配車を行うと同時に、日数、月報、の記録など、事務の合理化を図ることをねらいとしている。

AVMシステムは、使用目的に応じて内容そのものは相当異なるが、基本的には移動体とのデータ伝送をいかに誤りなく、効率的に行うかが最も重要な課題であって、この目的に合ったハードウェア、ソフトウェアを開発し、システムの実用化を行った。ここでは、これらの概要について報告を行う。

2. システム概要

移動体の位置を含めた状態の把握は、昔から望まれていた。ひとたび車庫を出た車の状態把握は困難で、運転手の自主管理に任せていることが多く、無線機による連絡通信を行ったとしても、音声通信では都合の悪いことは応答しないなど多くの問題があった。最近、マイクロコンピュータの小形化と信号の変復調器を含めた周辺素子の開発に連動して、これらの問題解決のためにAVMシステムが顕著に普及しはじめた。今度AVMシステムとして、移動無線の多くを占めるタクシー事業向けとトラック輸送事業向けに開発した類似の2システムについて紹介する。

2.1 運送事業用AVMの目的

(1) 省資源、省エネルギーに適したシステム

- (a) 無駄な走行をなくする(最適車の選択)。
- (b) 電波の有効活用(無駄な呼出しがない)。
- (c) 交通混雑の緩和(無駄な走行がない)。

(2) 省力、合理化に必要なシステム

- (a) 位置と活動状況が常時把握できる。
- (b) 必要な連絡がとれる(呼び出したか否かの応答がとれる)。
- (c) 配車指令が短時間にできる。
- (d) 管理資料作成のための人手と時間の節約ができる。
- (e) 電波不足の解決(データ通信化による収容台数の増大)。

(3) ユーザーへのサービス向上システム

- (a) 迅速な配車ができる。
- (b) 迎車距離短縮による迎車料金が減る。
- (c) 顧客情報装置とのリンクによる電話依頼の配車時間の短縮。

などがあげられる。

《MACOMシリーズ》(Mitsubishi Automatic Commander)はこれらの目的のために開発したもので、トラック運送用としては半自動方

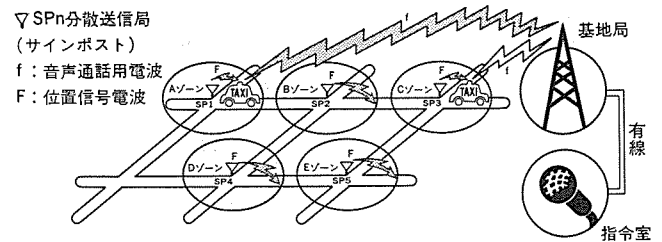
式AVM、タクシー用としては分散送信方式AVMシステムである。

2.2 位置検出の方法

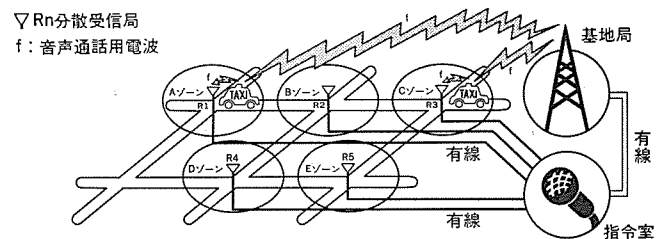
移動体の位置検出で実施あるいは試行されている方法として、双曲線位置線方式、逆双曲線方式、円位置線方式などがあるが、これらは電波のマルチパスなどが大きく不向きである。我が国においては昭和55年に郵政省から⁽¹⁾車両位置検出方式として分散送信方式、分散受信方式、半自動方式が適した方式である旨発表され、都市部のタクシー用では分散送信方式が標準方式として認可されている。各方式の概要は次のとおりである。

(1) 分散送信方式

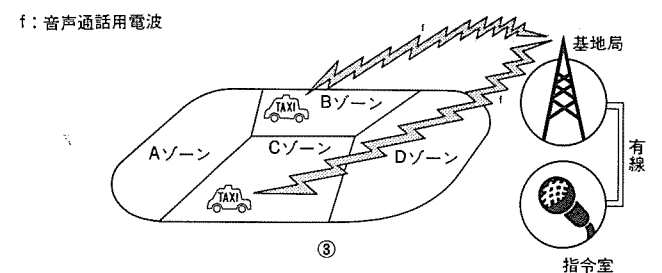
分散送信所(位置信号を常時送信する無線局、以下“サインポスト”という。)を多数分散配置し、移動局は最も近いサインポストの無線局の位置信号を受信し、これに自局の車両番号などの情報を加え、基地局に送信し、指令室において車両の位置などを把握する方式である(図1.(a)参照)。サインポストは設備標準で統一しているため、すべての利用者が共同で利用でき、自動的に自分の所在位置の把握がで



(a) 分散送信方式



(b) 分散受信方式



(c) 半自動方式

図1. 車両位置検出方式

きる。この方式は大都市のAVMシステムに適している。

(2) 分散受信方式

移動局からの車両番号などの情報を受信する受信設備を多数分散配置し、移動局からの信号を最も近い受信所が受信する。受信所と指令室間是有線で接続し、車両の位置などを把握する方式である(図1.(b)参照)。この方式は多数の受信所を利用者独自に設置しなければならないが、設置場所、サービスエリアは自由に設定できる。また受信所が複数あるため、移動局の情報を同時に受信できるので利用者数の少ない中小都市のAVMシステムに適している。ただし、同一地域内に分散送信方式のサインポストが設置された場合は、分散送信方式に移行しなければならない。

(3) 半自動方式

移動局において、自局の位置などの情報を手動により設定し、基地局に送信し、指令室においてその車両の位置などを把握する方式である(図1.(c)参照)。この方式は、特別な送信機と受信機を必要としないため、設備投資が他に比べて大幅に少ない。ただし設定が手動であるため、一定時間同一地区に留まるトラック集配事業用や、設定地区の少ない小都市タクシー用AVMシステムに適する。

2.3 データ集収の方式

移動体の状態を指令室で常に把握する必要がある、次の方式がある。

(1) 全車ポーリング方式

指令室から全移動体に対して自動的に信号を出して、各サインポストごとの空車情報などを周期的にとり、検索要求の生じたとき指令室側で既に集めている移動体情報を検索し、該当の車両の情報を処理し、ディスプレイなどに表示し配車する方式。

(2) 地域ポーリング方式

配車要求の都度、その地域の移動体を選択し、応答させ、自動的にディスプレイなどに表示し配車する方式。

(3) 個別ポーリング方式

特定の移動体についてのみ選択し、応答させ、その状態をディスプレイなどに表示し配車する方式。

(4) 任意発呼方式

移動体と指令室との通話の合間をぬって、移動体から状態情報を発呼するものである。この方式は移動体の状態変化時のみ信号送出するのみで、効率的であるが、指令室のコントロール下に移動体が置かれていないため、信号のぶつかり消失が多いという欠点がある。このため通話規制をしたり、指令室からの確認信号を送出するなどトラフィック上から問題になる場合がある。

2.4 情報伝送方式

《MACOM シリーズ》AVMシステムは、当初から⁽²⁾1,200 b/s (ビット/秒) デジタル信号方式を採用してきた。情報の伝送手段としてディジタル方式のほかにトーン方式があり、トーン方式は古くから選択呼出しなどに使用されてきた。トーン方式は信号冗長度があり、フェージングなどに対し強いという利点があるが、伝送速度が遅く情報量が大きくとれないという大きな欠点と、経済的にも問題があり多くはディジタル化へ移行するものと考える。

当初は1,200 b/s サブキャリア FSK

(Frequency Shift Keying) 変調方式であったが、現在はサブキャリア MSK (Minimum Shift Keying) 変調方式を採用している。

2.5 符号誤り制御方式

陸上移動無線回線は電波のフェージング、マルチパス、都市雑音などの影響により、伝送品質が悪く、また弱電界地域まで情報伝送する必要がある。今回開発したAVMシステムは、これらに強い符号誤り制御方式とすべく、KASAMI、ブロック符号を用い、5ビットバースト誤り訂正可能な方式を採用した。フレーム同期は11ビット長とし1ビット誤り訂正を行っている。

2.6 システムの特長

タクシー用《MACOM》はサインポスト位置検出、実車、空車情報の送出など従来機能のほかに次の機能を付加している。

(1) タクシに対し、事前に配車する旨の事前予告(以下配車予約という)をブザー鳴動にて行い、タクシの状態(位置、空車)チェックを行っている。

(2) 中形車か小形車かの選択、流し配車優先選択、所属選択などの各選択機能を持たせている。

(3) 将来顧客検索システムなど他のシステムをAVMシステムに接続したとき、付加装置を装着することによりデータ情報を移動体にまで伝送が拡張できるシステムとしている。

(4) 特定のタクシについて、状態チェックを自動的に、定期的に追跡調査することができる機能をもっている。

(5) 空車検索時、指定地区に空車がない場合は、あらかじめ設定した他の地区を複数検索するシステムとしている。

3. 構成と機能

3.1 機器構成

このシステムの設備を大きく分割すると固定設備と移動設備から構成され、固定設備は配車センター設備と基地局設備とに分けられる。機器構成一覧を表1に示す。また基地局、配車センター設備の系統図を図2に、移動局系統図を図3に示す。更に配車センター設備内の中央処理装置周辺系統図を図4に示す。配車センター設備の各機器は、ユーザー側の設置スペース、操作性を考慮して分割している。移動局では、タクシー用AVMシステムの場合、取付スペースに制限があり制御装置本体と操作器とに分割し、できるだけ小形化を図っている。タクシー用AVM移動制御装置の外観を図5に、トラック運送用AVM移動制御装置の外観を図6に示す。

3.2 システム機能

3.2.1 タクシ用AVMシステム機能

タクシー用AVMシステムにおいて、次の概略機能をもたせている。

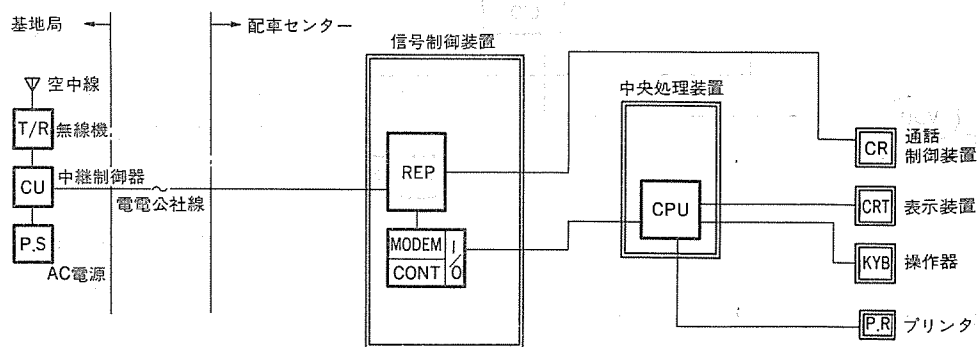


図2. 基地局、配車センター設備系統図

表 1. 機器構成一覧

項 目	品 名	数 量
配車センター	操作卓（操作器、システムキーボードを含む）	1
	中央処理装置	1
	信号制御装置	1
	通話制御装置	1
	CRT 表示装置	1
基 地 局	無線機	1
	中継制御器	1
	電源装置	1
	空中線系	1
移 動 局	無線機	25~600
	移動制御装置	"
	（1）操作器・ （2）制御装置本体	25~600
	空中線系	25~600

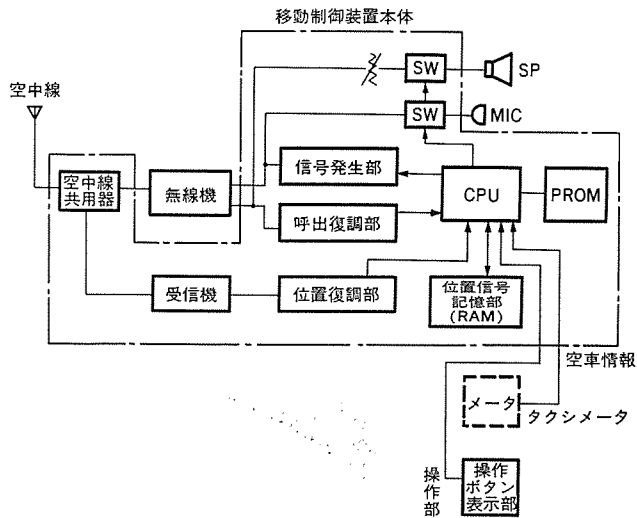


図 3. 移動局機器系統図

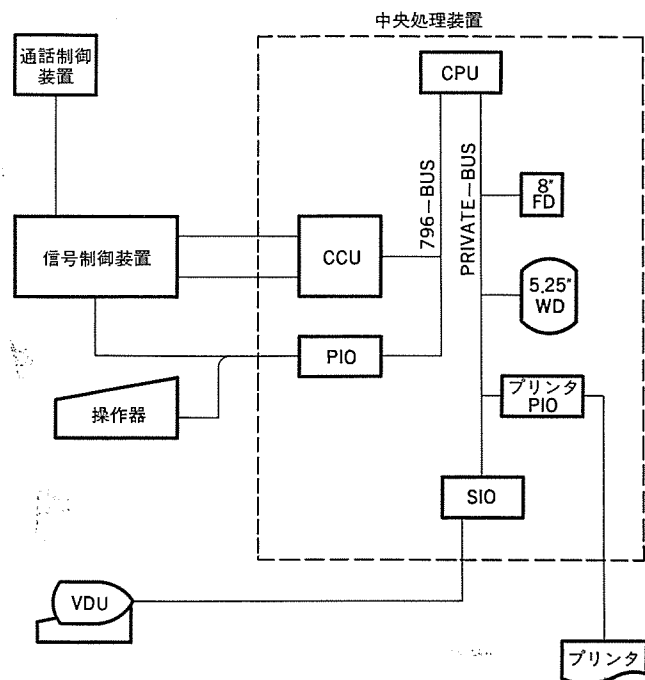


図 4. 中央処理装置周辺系統図

- (1) サインポストからの位置情報、車両状態、車番などの情報集収による配車と監視
- (2) 移動体のサインポストエリア内における滞留時間の監視



図 5. タクシ AVM 移動制御装置の外観

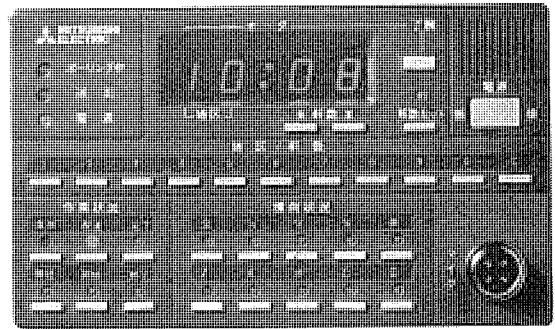


図 6. トラック 運送用移動制御装置の外観

- (3) 定形通話の符号伝送化
 - (4) 空車車両の車種選択及び各種優先順位による選択機能
 - (5) 配車センターからの音声による配車指令と配車センターと移動局間の相互通話
 - (6) 非常車両の監視
 - (7) 配車センターでの移動体の配車記録及び集計
- などの機能を持ち、データ集収の方式としては全車、地域、個別の各ポーリング方式を並用している。

3. 2. 2 トラック運送用 AVM システム機能

トラック 運送用 AVM システム 機能として、次の概略機能をもたせている。

- (1) 移動体の集配地区、軒数、作業状況、積荷状況の監視と指令
- (2) 移動体の特殊状況（例えば至急便など）の監視
- (3) 定形通話の符号伝送化
- (4) センターと移動局間の相互通話
- (5) センターでの移動体の状態記録及び集計

などの機能を持ち、データ集収の方式としては、ポーリング方式を採用している。また集配地区、軒数などのインプット情報は移動体側でのマニュアル設定による方式としている。

4. 信 号 仕 様

配車センターと移動体との情報伝送方式としては、デジタル信号方式を採用しており、この信号仕様を表 2 に示す。

5. 運用例と効果例

タクシ用 AVM システムの配車フローの一例を図 7 に示す。客先からの電話受付から、最適車の配車まではすべてセンター設備操作者のボタン操作のみで行え、短時間に客先に応答ができる。また一例として従来の配車の流れと、AVM 適用時の配車の流れ図を図 8 に示す。AVM システム導入により次の効果例が期待できた。

表 2. センター 側送受信信号仕様

- (1) 符号形式 NRZサブキャリアMSK(1,500Hz±300Hz)
- (2) 伝送速度 1,200b/s
- (3) マーク信号周波数 1,200Hz
- (4) スペース信号周波数 1,800Hz
- (5) 変調速度 1,200ボー
- (6) 符号構成

ビット同期	フレーム同期	情報
30ビット	11ビット	52ビット
約150ms		

(a) フレーム同期ビット構成

送信側 11100010010の11ビット
受信側 00011101101の11ビット

(b) 情報ビット構成

データ：16ビット×2、パリティ：10ビット×2の計52ビット

- (1) 電話保留時間の大幅な短縮が可能となった。
- (2) 移動体の移動管理により滞留する移動体が少ない。
- (3) 自動化ボタン操作により不馴れな運転手も配車が受けられ、配車の均一化が図れる。
- (4) 指令室側では空車探しのいらいらが解消した。
- (5) 日報、月報を自動的に作成するため、経営管理資料として活用できる。
- (6) 移動体車番を自動的に指令室に伝送するため、指令室では妨害車の監視が可能となった。

6. む す び

以上、運送業向けの半自動方式AVM、タクシー業向けの分散送信方式AVMについて紹介した。移動通信系において、今後電波の有効利用の観点から現場とのオンラインによる定形情報のデータ伝送化が進み、更に写真伝送、ファクシミリ伝送などデータ伝送を主体とした通信が増加することが確実である。このデータ伝送を環境の悪い移動通信系に導入するためには、ソフトウェアの面では誤り確率をより少なくし、接続を確実なものにするための制御方式の検討、またハードウェアでは移動体に適合した各種デバイスの検討などが今後の課題であると考えられる。これらの課題を踏まえ、更に良いシステムの開発に努力する所存である。

参 考 文 献

- (1) 郵政省電波監理局：車両位置等自動表示システムに係る無線局の免許申請等に対する処理方針について（昭和55年6月13日郵波陸第60号通達）
- (2) AVM実験協議会（財）移動無線センター他：AVMシステム実験報告書 東京城西旅客自動車事業協同組合における実験

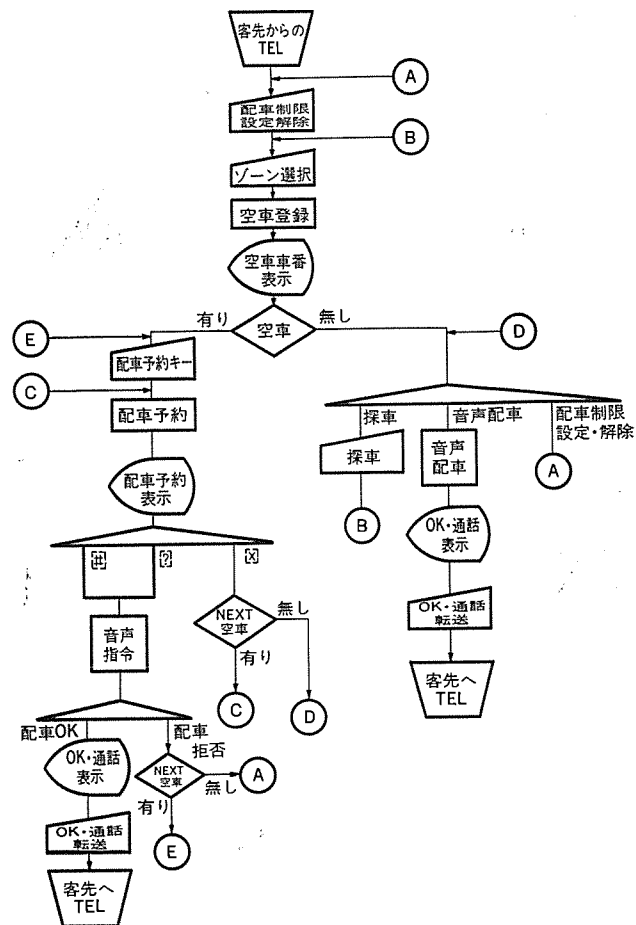


図 7. 配車フロー

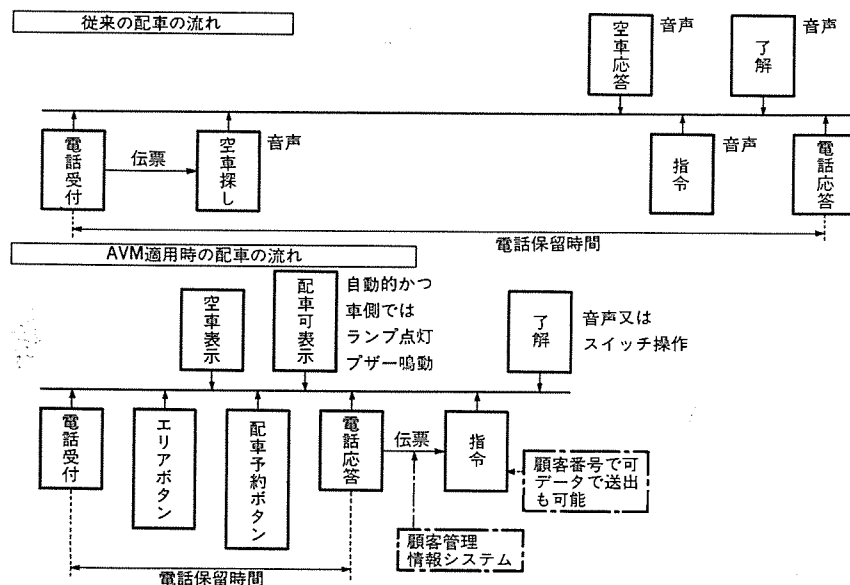


図 8. 配車の流れ

キャブレタの電子制御装置

宮崎 正明*・石井 光明*・加古 一*・池 淵 和 宏*

1. ま え が き

日本及び米国において適用されている厳しい排気ガス規制を達成するために、排気ガス再循環システムと酸化触媒を基本とした各種排気ガス浄化システムが開発されたが、省燃費及びドライバビリティの向上に対するユーザーからの強い要求にこたえるため、電子制御を採用した第二世代の排気ガス浄化システムの導入が増加している。

自動車用ガソリンエンジンの燃料制御システムとしては、以前から燃料噴射システムが実用化されており、ターボ車及び比較的大形エンジンを搭載した高級車を中心として普及しているが、コストパフォーマンスが特に要求される小形・大衆車クラスでは安価な燃料制御システムが望まれている。

今度、当社は三菱自動車工業(株)、三国工業(株)と共同で、安価かつ空燃比制御性に優れた電子制御キャブレタシステムを噴流制御(MCA-

JET) エンジン用に開発・量産化したので、システムの概要及び当社の担当しているコンピュータユニットについて述べる。

2. システムの概要

2.1 システムの構成

電子制御キャブレタシステムは、車の仕向地及び仕様により数種類あるが、システムの基本構成は同じである。システム構成の代表例を図1.に示す。

キャブレタにはスロットルバルブが開いた中・高負荷領域で作動するメイン系と、スロットルバルブが閉じた軽負荷領域で作動するスロー系、そして噴流制御燃焼方式(MCA-JET)の特長であるジェットエア通路があり、それぞれに空燃比を補正するソレノイドを備えている。メイン用ソレノイドをエンリッチソレノイド(ESV)、スロー用ソレノイドをスローカットソレノイド(SCSV)、ジェットエア通路用ソレノイドをジェットミクスチャソレノイド

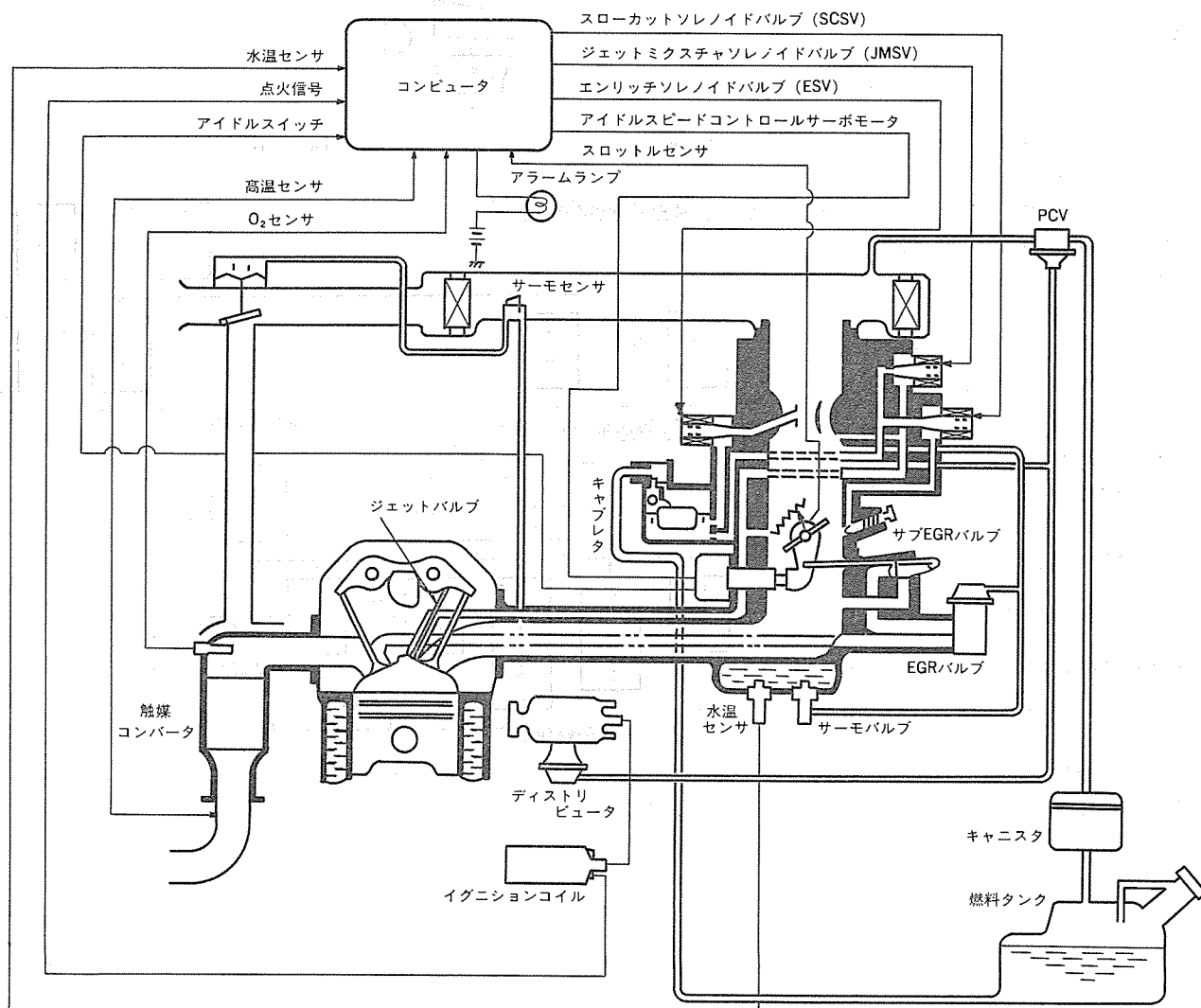


図 1. 電子制御キャブレタシステム

表 1. センサの方式と機能

No.	センサ	方式	機能
1.	水温センサ	サーミスタ	エンジンの冷却水温を検出する。
2.	点火信号	点火コイル 一次側電圧	点火信号の周期によりエンジン回転数を演算する。
3.	アイドルスイッチ	メカニカル 接点	アイドル回転数制御用アクチュエータに内蔵されており、アクセルが踏まれているかどうかを検出する。
4.	スロットルセンサ	可変抵抗	スロットルバルブ開度に比例した電圧をコンピュータに送り、エンジンの運転状態の検出に使用する。
5.	高温センサ	熱電対	三元触媒の温度を検出する。
6.	O ₂ センサ	ジルコニア	排気ガス中の酸素濃度を検出する。
7.	アイドル回転数 制御関連信号	メカニカル 接点ほか	エアコン負荷、パワステ負荷、シフトポジションなどの信号をコンピュータに送る。

(JMSV) と称している。また、キャブレタにはスロットルバルブ開度を検出するスロットルセンサと、スロットルバルブの下限位置を制御するアイドル回転数制御用サーボモータが組み込まれている。

JMSV は、特に排気ガス浄化の必要なアイドル及び通常走行域における空燃比を制御する。ベース空燃比はキャブレタにより決められているが、JMSV は理論空燃比(14.7)を中心として $\pm 1.5 \sim \pm 2.5$ の範囲で空燃比を補正し(デューティ制御)、主として O₂フィードバック制御に使用する。ESV は、メイン系の燃料用主ジェットと並設された補助ジェットの開弁率をデューティ制御し、高負荷時及び暖機運転時の空燃比を補正する。SCSV は、スロー系の燃料用ジェットをデューティ制御し、減速時の空燃比を補正する。

JMSV, ESV, SCSV には、小形軽量ソレノイドが使用されており、デューティ制御の周波数は、空燃比の安定性と耐久性の両面から検討され 10 Hz となっている。また、電子制御キャブレタシステムには、エンジンの運転条件を検出するための各種センサがあり、その方式及び機能を表 1. に示す。コンピュータユニットは、表 1. のセンサからの情報によりエンジンの運転状態を検出し、空燃比制御、アイドル回転数制御、触媒の高温警報などを行う。

2. 2 制御

(1) 空燃比制御

電子制御キャブレタシステムの主な機能は、運転条件に応じた空燃比の最適制御である。

通常走行で使用される頻度の多い低・中負荷域では、排気ガスに含まれる CO, HC, NO_x を低減させるため、空燃比を排気管に設置された三元触媒の浄化効率が高い理論値近傍に制御する(図 2.)。空燃比は排気マニホールド集合部に設けられた O₂センサにより検出される。O₂センサは、大気と排気ガス中の酸素濃度の比に応じて図 3. に示す起電力を発生する。コンピュータは O₂センサ出力電圧が 0.45 V 以上のときリッチ、それ以下のときリーンと判断し、リッチ/リーン信号に応じて JMSV をクローズループ制御(PI 制御)する。フィードバック制御時のタイミングチャートを図 4. に示す。PI ゲインは運転条件に応じて最適値が選択されるため、空燃比は精度よく理論値近傍に制御される。

また、次の条件ではオープンループ制御となり、運転条件に応じた空

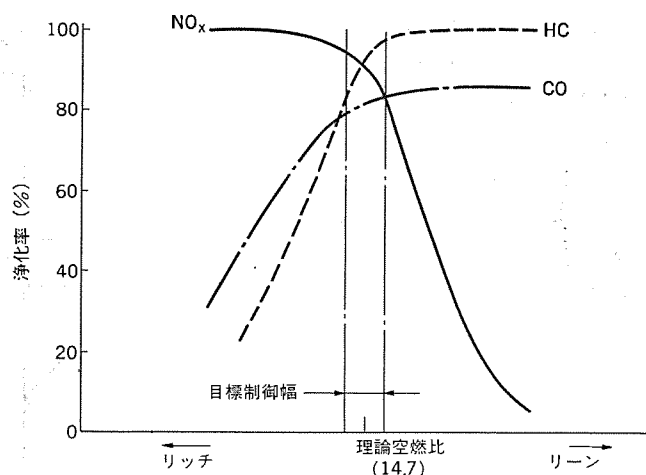


図 2. 空燃比と三元触媒の浄化効率

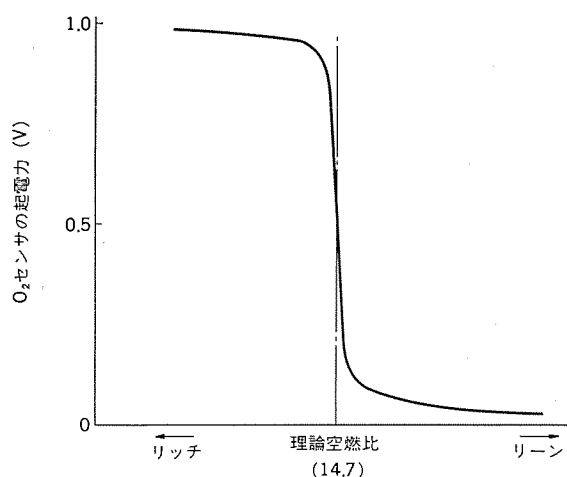
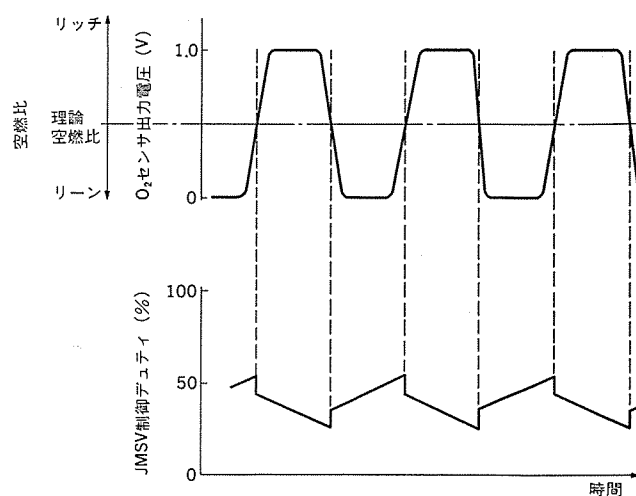
図 3. O₂センサの起電力特性

図 4. クローズループ制御時のタイミングチャート

燃比に制御する。

(a) エンジン始動時

冷却水温に応じて JMSV, ESV をデューティ制御し、始動性を改善する。

(b) 暖機運転時

冷却水温とスロットル開度により、JMSV, ESV をデューティ制御し

ドライバリティを向上させる。

(c) O_2 センサ不活性時
JMSVを所定デューティに制御する。

(d) 高負荷時
エンジン回転数に応じてESVをデューティ制御し、出力を向上させる。

(e) 減速時
エンジン回転数に応じてSCSVをデューティ制御することにより触媒の発熱を低減し、燃費を向上させている。

(2) アイドル 回転数制御

最近の車では、エアコン や パワーステアリングの装着や各種電気負荷が増加しているので、アイドル時の回転変動が大きくなる傾向があるため、アイドル時のエンジン回転数をエアコンやシフトポジションに応じて最適値に制御し、アイドルクオリティの向上及びメンテナンスフリーを実現した。

(3) その他の制御

電子制御キャブレタシステムでは、空燃比制御、アイドル回転数制御以外に触媒の高温警報を行っている。触媒の下流に設けられた高温センサにより触媒温度を検出し、約 900°C 以上になるとアラームランプを点灯して異常を運転者に知らせる。また一部機種では、ロックコントロール作動領域の判定やエアコン用パワーリレーの制御も行っている。

2.3 システムの特長

今度、共同開発した電子制御キャブレタシステムには、次のような特長がある。

(1) メイン系、スロー系、ジェット通路に空燃比制御用ソレノイドを設置しているので、軽負荷から高負荷領域まで広い運転ゾーンにおいて最適な空燃比に制御することができる。

(2) マイクロコンピュータの採用により、制御の自由度及び精度が向上した。

(3) アクチュエータとして、安価でかつコンピュータで制御しやすいデューティ制御方式を採用している。

3. コンピュータユニット

3.1 ハードウェアの構成

コンピュータユニットのハードウェアの構成を図5.に、その写真を図6.に示す。中央演算部にはアナログディジタルコンバータ(A/Dコンバータ)を内蔵したワンチップマイクロコンピュータ(6805系)を採用し、ユニットの小形化を達成した。そのマイクロコンピュータの特長を表2.に示す。

エンジンの運転条件を示す冷却水温、スロットル開度、 O_2 センサなどのアナログ信号は、インタフェース回路においてノイズを除去した後、コンピュータのアナログ入力端子に入力される。A/Dコンバータは、アナログ信号用基準電圧(V_{REF})に対してレーシオメトリックに動作するので、クランキング時における電源電圧低下時においても精度よく信号を検出できる。アイドルスイッチなどのON/OFF信号及び点火信号は、波形整形回路によりノイズ除去及び電圧レベル変換が行われた後、コンピュータに入力される。点火信号は周期を精度よく計測するため、コンピュータの割り込み端子に入力されている。また、高温センサ信号は

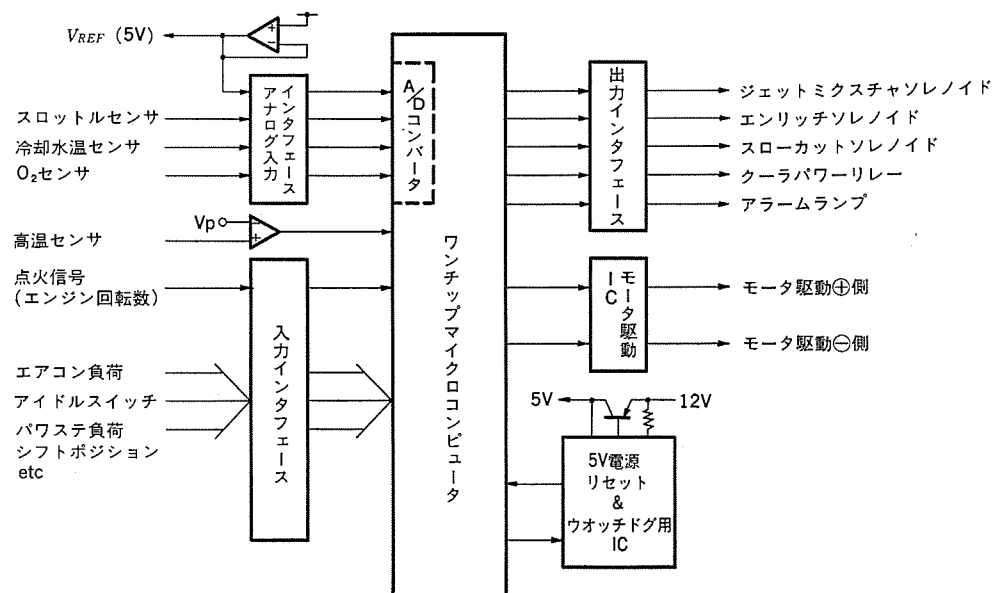


図 5. コンピュータユニットの構成

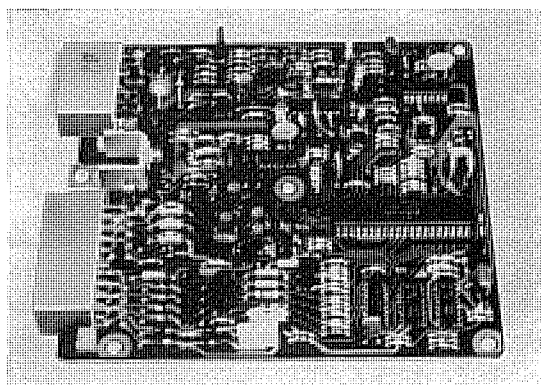


図 6. コンピュータユニット

表 2. マイクロコンピュータの特長

項 目	特 長
デ ー タ 長 (ビット)	8
命令実行時間 (μs) (4 MHz)	2~11
RAM 容 量 (バイト)	96
ROM 容 量 (バイト)	3,834
アナログ入力 (チャネル)	4
タ イ マ (1) (ビット)	8 (7ビットプリスケアラ付き)
タ イ マ (2) (ビット)	8 (7ビットプリスケアラ付きプログラマブル)
入出力ポート (チャネル)	23
入 力 ポ ー ト (チャネル)	6 (アナログ含む)
ソ フ ト ウ ェ ア	6800 系

微小電圧信号(数10 mV)なので、インタフェース回路で900°C相当の電圧と比較した後、ON/OFF信号としてコンピュータに入力されている。

一方、各種ソレノイド、アラームランプ、モータ駆動用出力信号は、出力インタフェース回路により増幅された後各負荷を駆動する。ソレノイド駆動部はトランジスタで構成しているが、モータ駆動部は電流制限、高電圧カットなど保護機能を内蔵したモータドライバICを使用している。また、マイクロコンピュータに5V(DC)を供給する電源回路には、ウォッチドグ機能、リセット機能を内蔵した高精度定電圧ICを使用しているの、自動車における広い入力電圧範囲(6~16V)及び温度範囲(-30~+80°C)の環境においても常に安定した電源を確保できた。

3.2 ソフトウェアの構成

ソフトウェアのフローチャートを図7.に示す。コンピュータユニットの電源が投入されるとリセットされ、リセット解除後コンピュータはプログラムの実行を開始する。レジスタ初期セッTLーチンにおいてポートの入出力、タイマの動作モードを規定するレジスタ及び各種データレジスタの初期セッTを

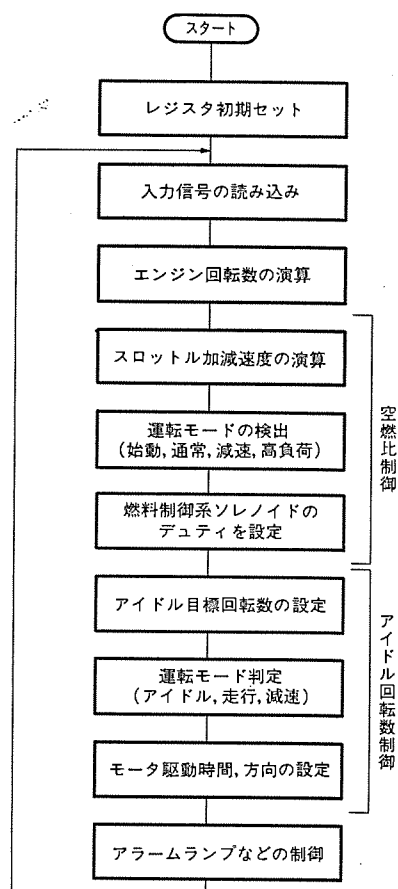


図7. ソフトウェアのフローチャート

行う。次に入力信号の読み込み、割り込み処理により計測された点火周期からエンジン回転数の演算を行う。スロットル開度は80msごとに読み込まれ、その間の変化によりスロットル開度の加減速度を検出する。

検出されたスロットル開度、エンジン回転数、アイドルSWの情報により始動、通常運転、減速、高負荷の各運転モードを判定し、通常運転モード以外では運転条件に応じたデューティをメモリから読み出し、デューティ出力用レジスタにセッTする。通常運転領域は、スロットル開度及びエンジン回転数により8のゾーンに分割されており、各ゾーンに応じて設定された制御ゲインを読み出しO₂センサのリッチ/リーン信号により、PI制御の演算を行ってJMSVのデューティを決定する。ただし、O₂センサが活性化していないときや冷却水温が低いときは、その条件に応じたデューティ値をメモリから読み出してレジスタにセッTする。

次に、アイドル回転数の目標回転数をシフトポジションとエアコン負荷信号に応じてメモリから読み出し、レジスタにセッTする。また、アイドルスイッチ、エンジン回転数、シフトポジション情報からアイドル状態を判定し、目標回転数と実回転数との偏差及び負荷変化に応じてモータの駆動時間、及び駆動方向を演算し所定のレジスタにセッTする。レジスタにセッTされたソレノイド制御デューティ及びモータの駆動データは、メインルーチンと非同期なタイミング制御ルーチンで出力処理される。メインルーチンの最後で、アラームランプ、エアコン用パワーリレーなどの制御を実行したのち入力信号検出ルーチンへ戻る。

3.3 コンピュータユニットの特長

今度、開発したキャブレタの電子制御用コンピュータユニットには下記の特長がある。

- (1) アナログ-デジタル変換器内蔵のワンチップマイクロコンピュータ、電源回路用IC、モータ駆動用ICなどの採用により小形化及びコストダウンを達成した。
- (2) デジタル制御方式の採用により、機能及び制御精度が向上した。

4. む す び

キャブレタの電子制御にワンチップマイクロコンピュータを採用し、ユニットの小形化、コストダウン、機能及び制御精度の向上を達成したが、自動車における各種電子制御システムの採用が増加する傾向にあるため、今後小形化及び低価格化に向けて努力を重ねたい。

また、システムの多様化に伴いマイクロコンピュータの選定が難しくなっているが、エンジン制御のニーズを的確に把握し、システムにマッチしたマイクロコンピュータの導入により、コストパフォーマンスに優れたコンピュータユニットを開発していきたい。(昭59-7-24受付)

参 考 文 献

- (1) エレクトロジェットエンジン、三菱重工技報、21, No. 1 (昭59-1)

電子制御サスペンション“ECSシステム”

和田 俊一*・平田 峯生*

1. ま え が き

現在自動車メーカーは、排気ガス規制や燃費競争の時代を経て、高性能エンジンの競争の時代に入ろうとしている。その結果、車がより高速度で走行することになり、車を支えるサスペンションにも高い操縦性と安定性が要求されるようになってきている。乗りごちを損なわずに操縦安定性を向上させることを目的として、サスペンションにもエレクトロニクス化が導入され、市場に浸透しはじめている。今回三菱自動車工業(株)と共同で開発した電子制御サスペンション(Electronic Controlled Suspension: ECS)は、幅広い車種に適用でき、高いレベルで乗りごちと操縦安定性を両立させるものであり、当社はサスペンション機構を制御するためのセンサ類、アクチュエータ類及びコントロールユニットとインジケータの開発を担当した。

特長としては、車高調整が可能でしかも同時にばね定数と減衰力がソフトとハードに切換可能なストラットユニットと、これを有効に作動させるためのコントロールユニットとエアアクチュエータ、信頼性の高い光検出方式のセンサを採用して、電子制御技術の大幅な導入を可能にし、常に最適なサスペンション特性を実現できるようにしたことである。

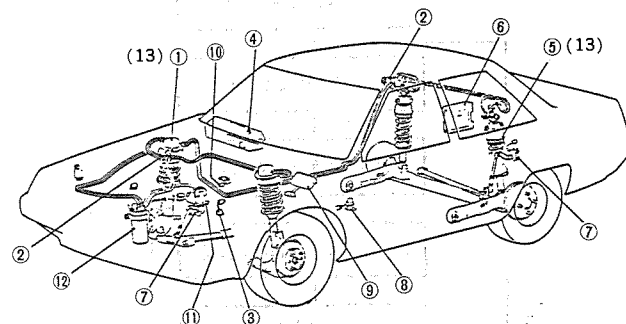
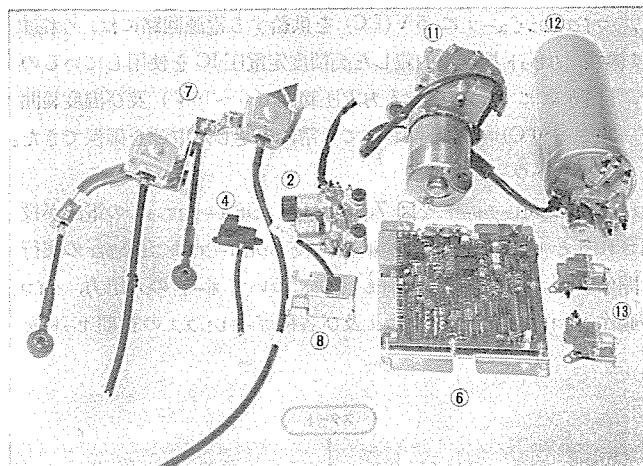
2. ECS の構成

サスペンションを構成するばねや、ショックアブソーバには、主に二つの相反した重要な機能がある。第1の機能は路面からの衝撃を緩和し、不用な振動を吸収して乗りごちを良くすることで、サスペンションはソフトな特性が望ましい。第2の機能は路面の状態の変化、加減速、旋回、乗員の増減に伴う車両の姿勢変化を極力抑え、操縦安定性を高め、車体を損傷から保護することで、サスペンションはハードな特性が望ましい。この相反する要求を従来のメカニカル部品だけで満足させるのは難しく、エンジン性能に合わせて操縦安定性を高めると乗りごちが損なわれ、一方、乗りごちを重視すると操縦安定性が損なわれる。このため、両者を両立させるサスペンションが必要となってきている。図1にECSシステムの構成部品と装着場所を示す。

2.1 サスペンション機構

ECSのサスペンション機構部は、コイルばね、補助空気室とエアばね空気室からなるローリングダイヤフラムを用いたエアばね、及びオイル式のショックアブソーバで構成されている。図2(a)にECSのフロントストラットユニットの構造を、図2(b)にそのばね定数と減衰力の切換機構を示す。

ばね定数の切換は、エアばね上部に設けた補助空気室(サブタンク)と、エアばね空気室(ローリングダイヤフラムエアチャンバ)との通路を開閉し、エアばねの圧縮空気容積を変えることにより、一方、減衰力の切換は、ショックアブソーバ内のバイパスバルブを開閉し、作動油の流通路を変えることにより行う。このばね定数と減衰力の切換動作は、各ユニットの切換ロッドをエアアクチュエータにより一定角度回転させることにより、同時に行われる。車高調整は、エアばね空気室の空気量をソレノイドバルブの開閉により増減することにより行う。



- | | |
|------------------|-------------|
| ①フロントストラットユニット | ⑧Gセンサ |
| ②ソレノイドバルブ | ⑨インジケータ |
| ③車速センサ | ⑩スロットル開度センサ |
| ④ハンドル角速度センサ | ⑪コンプレッサ |
| ⑤リアショックアブソーバユニット | ⑫リザーブタンク |
| ⑥コントロールユニット | ⑬エアアクチュエータ |
| ⑦車高センサ | |

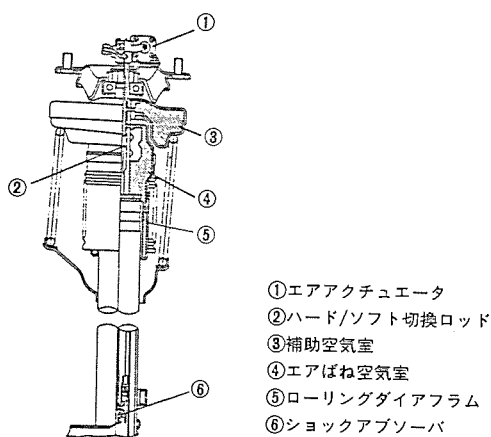
図1. ECSシステム構成部品と装着場所

図3にECSシステムの全体空気配管図を、図4にエアアクチュエータ、コンプレッサ、リザーブタンクの構造図を示す。コンプレッサは、リザーブタンクのアクチュエータ室圧力が設定値以下になると、プレッシャスイッチがON(コンプレッサリレーがON)して作動し、設定値に達するとOFFして停止する。このため、リザーブタンク内には、常に高圧の空気が蓄圧され、ソレノイドバルブによって各アクチュエータへ供給される。切換ロッドを回転させるエアアクチュエータは、ピストン式で空気圧によりレバーを直線運動させるもので、駆動力が大きく小形であるため、ストラットの上部に取り付けても余分なスペースを取らずにすむ利点がある。

2.2 コンプレッサ

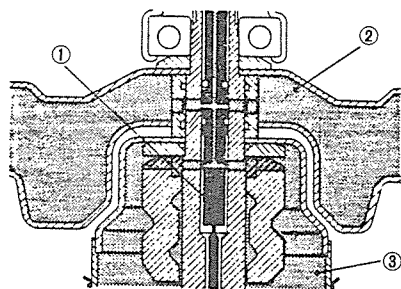
コンプレッサは出力140Wの永久磁石式直流電動機で駆動されるピストン式の圧縮機で、内蔵のエアフィルタから吸入し、圧縮した空気をリザーブタンクへ圧送する。モータ内部には、バイメタル式のサーモスイッチを設置し、過熱による焼損を防止する構造としている。

コンプレッサ部は無潤滑で、しかもメンテナンスフリーで使用可能なよう



(a) フロントストラットユニットの構造

ばね定数切換機構



減衰力
切換機構

- ①切換ロッド
- ②補助空気室
- ③エアばね空気室
- ④メインバルブ
- ⑤切換バルブ
- ⑥サブバルブ
- ⑦バイパスバルブ
- ⑧ショックアブソーバ

(b) ばね定数と減衰力切換機構

図 2. サスペンション 機構

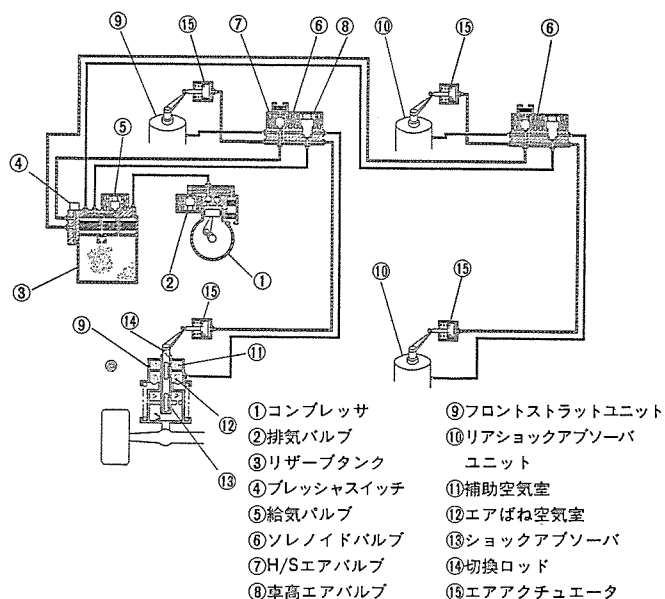


図 3. ECS システム 全体空気配管図

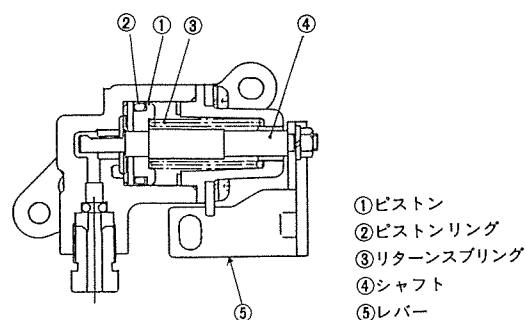


図 4. (a) エアアクチュエータの構造

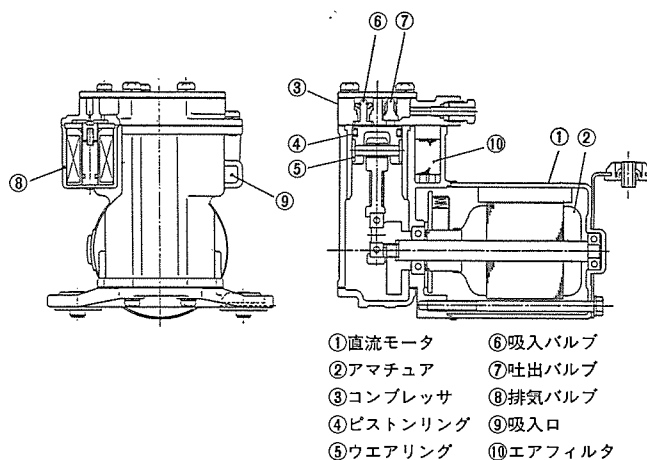


図 4. (b) コンプレッサの構造

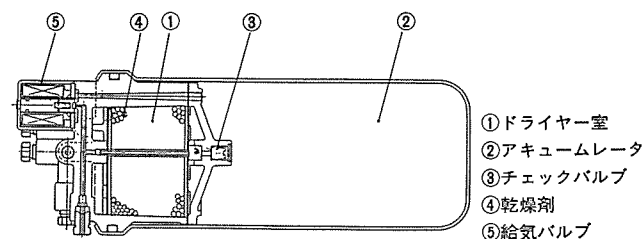


図 4. (c) リザーブタンクの構造

に、ピストンリングは充てん剤入り テフロン樹脂を採用し、摩擦と摩耗の低減により寿命の向上を図っている。なお、コンプレッサは圧力 9.5 kg/cm² 時、9 l/min の吐出容量を有し、最大積載状態においても車高を十分上げ得る能力を持っている。

2.3 リザーブタンク

リザーブタンクは、コンプレッサで得られた圧縮空気を貯蔵するもので、内部にはドライヤーが装着されている。ドライヤーはコンプレッサからの圧縮空気が通過するときに水分を吸着し、圧縮空気中の水分が配管路路に浸入し、凍結によって起る機能不良や破損を防止している。

一方、排気時にはエアばね空気室から乾燥した空気が通過し、吸着している水分を取り除いて大気へ排出し、常に良好な状態に再生され、通常の使用状態では十分な除湿能力を保つ。

2.4 ハンドル角センサ・Gセンサ・車高センサ

図 5. にハンドル角センサ、Gセンサ、車高センサの構造と作動原理を示す。この三つのセンサに共通していることは、敏速な位置の変化を高精度で検出することである。三つのセンサにすべて光検出方式を採用しているので、検出は無接触で行え、摩擦しゅう動部のないセンサで高い信頼性をもっている。

ハンドル角速度センサは、ハンドルの操作角速度を検出するもので、

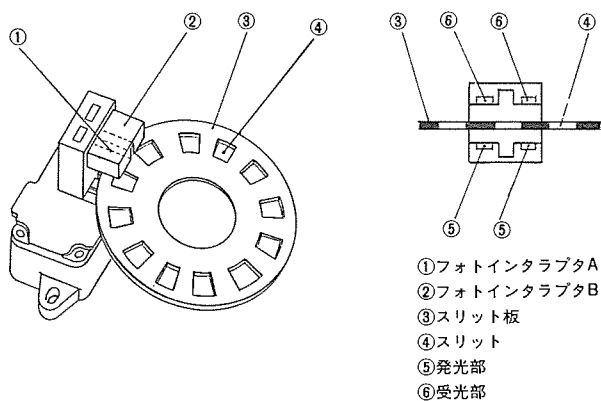


図 5. (a) ハンドル 角 センサ の 構 造 と 作 動 原 理

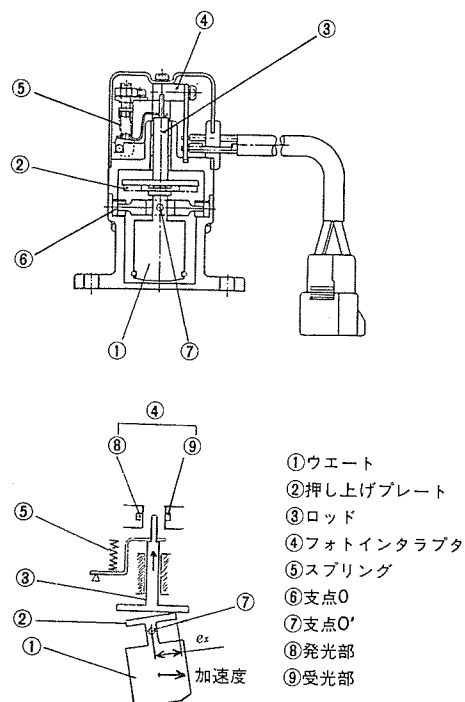


図 5. (b) G センサ の 構 造 と 作 動 原 理

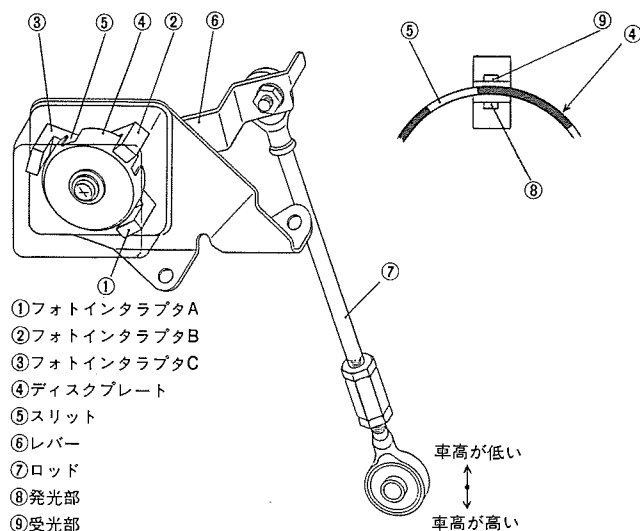


図 5. (c) 車 高 センサ の 構 造 と 作 動 原 理

2 個のホトインタラプタとスリット板で構成している。ハンドル 軸に固定されたスリット板は、ハンドル 操作によってホトインタラプタの発光ダイオードとホトランジスタ間を回転し、スリットによって発光ダイオードの発する光を ON・OFF し、ハンドル 操作角速度に応じた電気信号を出力する。2 個のホトインタラプタの出力位相は、1/4 周期ずれるように構成しているので、コントロールユニットは操作の方向を判別できるとともに、ハンドルの遊びによる左右へのこぎざまな動きに対しては検出しないようにしている。

G センサは、車体の加速・減速による前後方向の加速度、旋回時の左右方向加速度、及びバウンスによる上下方向加速度が一定のしきい値を越えたときに電気信号を出力するものである。ウェイトは支点 O と O' で揺動自在に支持されており、その上部にウェイトと共に揺動する長さ l_w の押し上げプレートが取り付けられている。押し上げプレートの上部に、スプリングによって一定の荷重が負荷されて上下方向のみ移動可能なロッドを装着している。ロッドの先端部は、ホトインタラプタの発光ダイオードとホトランジスタの間にあり、作用する加速度がしきい値以下のときは、ホトランジスタは発光ダイオードの発する光を受光している。しきい値以上の水平方向加速度が作用するとウェイトは傾き、押し上げプレートでロッドを持ち上げ、発光ダイオードの発する光を遮って加速度が作用したことを検知する。検知加速度は押し上げプレートの長さ l_w と、スプリングの荷重との関数となる。

前後方向の加速度に対しては支点 O で、左右方向の加速度に対しては支点 O' で揺動するように構成しているので、ウェイトは水平面内のどの方向にも揺動可能となり、押し上げプレートの長さ l_w を各方向ごとに設定すれば水平面内各方向ごとに、所定の加速度を越えたことを検知できる。また、支点 O 部で上下方向へ移動可能のように支持しているので、下方向加速度に対してウェイト全体が上方向へ移動し、1 個のホトインタラプタで前後・左右・下向きの加速度が検知できる三次元 G センサである。

この G センサは、所定の加速度が作用したときのみウェイトが移動する構造のため、しきい値以下の加速度が作用してもウェイトは動かず、ボデーなどの微振動で支点部の摩耗は起らず、高い信頼性を有している。

車高センサは、ボデーと車軸の相対位置変化（車高変化）を検出するものである。センサ本体はボデーに、レバーにリンク結合されたロッドは車軸に装着され、車高の変化はレバーの回転に変換され、センサ内部に伝えられる。車高センサの内部には発光ダイオードとホトランジスタで構成されるホトインタラプタが3個あり、レバーと同軸のディスクプレートが、車高の変化に応じて発光ダイオードとホトランジスタの間を回転し、ディスクプレートに設けたスリットが光を ON・OFF し、車高の状態を七つの領域に分類して検出している。

2. 5 コントロールユニット

コントロールユニットのブロック図を図 6. に示す。コントロールユニットは、8 ビットワンチップのマイクロコンピュータ (M5L8049)、入力インタフェース回路、出力駆動回路、フェイルセーフ回路、安定化電源回路から成り立っている。マイクロコンピュータ (M5L8049) は 8 ビットのタイマ、2 K バイトの ROM 及び 128 バイトの RAM を持つ。4 MHz のクロックを用いて、サスペンション制御、車高調整、フェイルセーフの動作を十分高速に実行することができる。また、システムの異常を監視してフェイルセーフの動作を行うと同時に、故障の内容をコード化して出力する自己診断の機能も備えており、故障発生時にはアラームランプを点灯させ、故障内容を出力する。

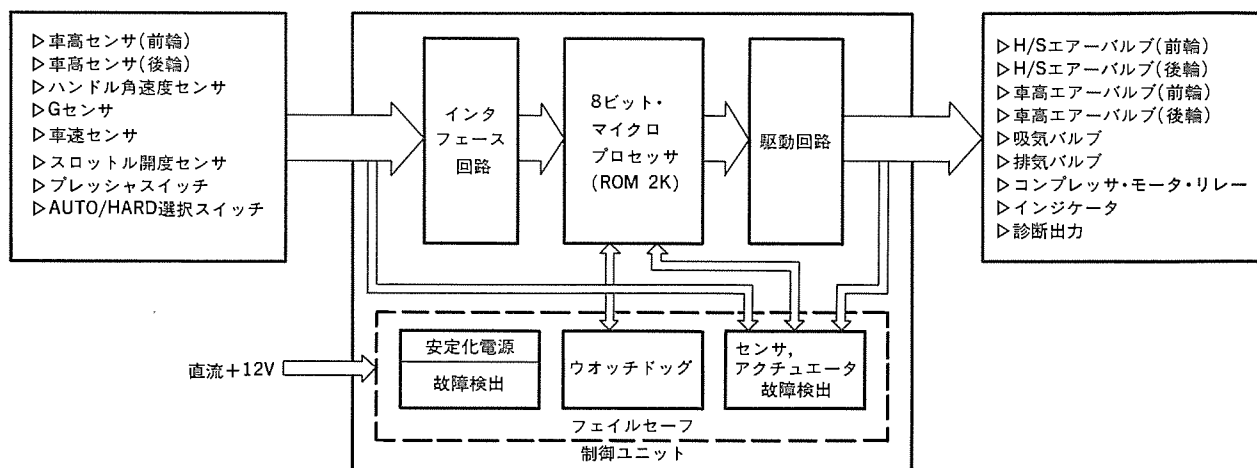


図 6. コントロールユニットの内部ブロック図

サスペンションの状態は、運転席前方のコンソールボックス内に設けられた ECS インジケータに表示され、このインジケータにはサスペンションモードの切換スイッチ及び上記のアラームランプも備えられている。

3. 制御方式と性能

ECS システムの構成部品とその特長について述べたが、システムの特長であるばね定数とショックアブソーバの減衰力の強弱（ハード/ソフト）切換制御方式及び車高調整・姿勢制御の方式について述べる。

3.1 ばね定数と減衰力の切換制御

サスペンションのハード・ソフト切換制御の判定条件を表 1. に、また制御のフローチャートを図 7. に示す。運転者がオートモードを選択していれば、各センサの信号をもとにコントロールユニットが判断し、表 1. の条件に従ってサスペンションの特性は自動的にハード又はソフトに切り換わる。一方、運転者がハードモードを選択していれば、表 1. の条件にかかわらずサスペンションの特性はハードに固定される。表に示した項目は、次の四つのグループに分けられる。

- (1) 引き続き急激な車両の姿勢変化が予想される運転状態を運転者の操作を検知して予知する項目：ハンドル角速度、スロットル開閉速度など
- (2) 車両に加わる力を検知して、引き続き起る車両の急激な姿勢変化を予知する項目：前後・左右・上下 G
- (3) より高いレベルの操縦安定性を要求される運転状態を予知する項目：車速、ハンドル角速度、G、車高センサ

る項目：車速、ハンドル角速度、G、車高センサ

(4) 急激な姿勢変化を検知し、車体の保護と操安性の向上の必要性を予知する項目：車高センサ、G（上下 G）

各項目とも早い応答性を要求されるため、ハード条件が成立してからアクチュエータを駆動するまでの演算遅れは、極力少なくするように考

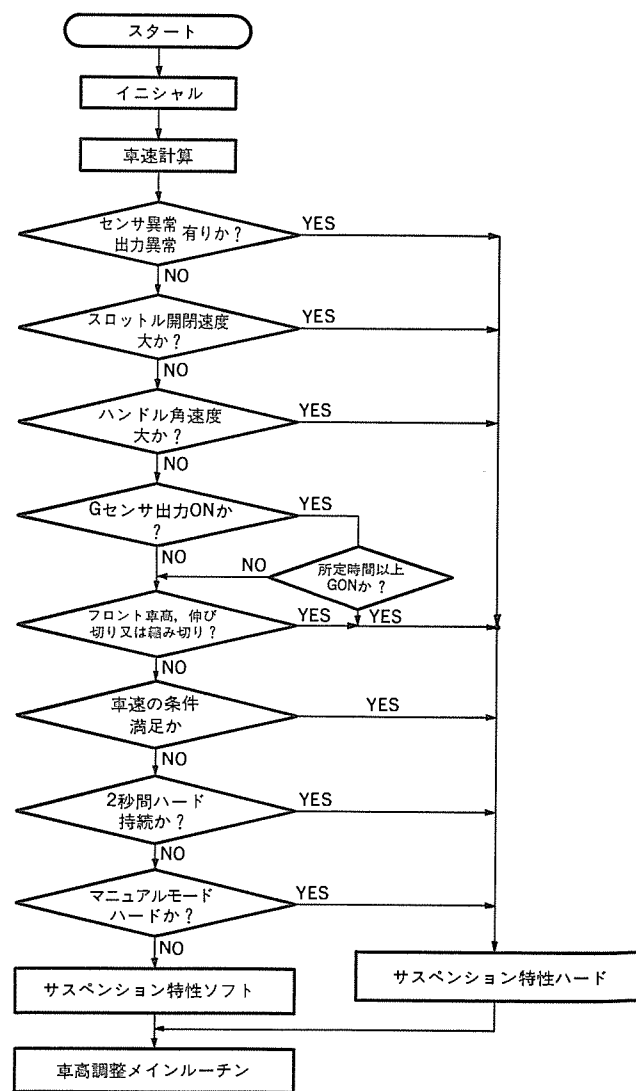


図 7. サスペンション制御部のフローチャート

表 1. サスペンションハード・ソフトの判定条件

項目	ソフト条件	ハード条件	機能
車速	110	120 HARD SOFT km/h	高速安定性
ハンドル角速度		200deg/s以上 (車速約40km/h時)	アンチロール
加速度 前後 左右 上下	通常、 右の条件以外の 場合。	0.3G以上	アンチスクオート アンチダイブ
		0.5G以上	アンチロール
		1G以上	バウンス時の 操安性、車体保護
スロットル 開閉速度 加速 減速		車速が3 km/h以上で 踏み込み速度0.25 m/s 以上	アンチスクオート
		車速が3 km/h以上で 戻し速度0.5 m/s 以上	アンチゲイブ
車高センサ出力		最高位置 最低位置	伸び切り 縮み切り

慮している。ただし、加速度センサの出力の処理だけは例外で、所定の加速度以上の判定信号が約 40 ms 以上持続した場合に初めてハード条件成立と判断している。これは通常の非補装路などでは、できるだけサスペンションをソフトに保ち乗りごちを損なわないようにするためのもので、G の大きさと持続時間を同時に判断することによりこの最適点を決定した。また、一度ハード条件が成立した後に直ちにソフト条件に復帰した場合にでも、最低 2 秒間はハード状態を継続させて、アクチュエータの不要なハンチングの発生を防止している。

3.2 車高調整姿勢制御

車高調整の開始及び停止判定と目標車高レベルの決定は、すべて自動的にコントロールユニットが行う。中低速の一般走行時の目標車高はノーマルであるが、高速走行時には目標車高をローに下げて走行安定性を向上させる。ノーマルとローの車高変化は約 20 mm である。

各運転状態での車高調整の開始の判定条件を表 2 に示す。車高はフロントとリアの 2 個の車高センサで検出し、その信号をコントロールユニットの中で平均し、目標車高レベルより高、中立、低の 3 段階に分類して処理している。車高が目標車高に一致したときに車高調整を停止する。車体のばね下共振周波数を考慮して車高センサのサンプリング周期を決定し、車体のばね上振動周波数を考慮して車高の平均化時間を決定している。

更に、停車時の乗員の乗降などによる荷重変化に対してスムーズに車高調整を行い、短時間の荷重変動や走行中の路面変化、発進、加減速、旋回などによる車高変化には不要な車高調整をできるだけ行わないようにし、フロントとリアとも同時に車高調整が必要なときには、同時、あるいは作動優先順位を判定し、ヘッドランプの上向きを防止するなど、きめの細かいコントロールを行っている。また、イグニッションキーを OFF にしてからも、システムの電源を最大で約 3 分間保持し、乗員が降車した後も車高をノーマル位置まで下げることができる。

図 8. に車高調整制御の概略フローチャートを示す。

3.3 ECS システムの性能と今後の課題

車の乗りごちの良否を判断するために、車体の振動を 2 次の伝達関数で表したときの固有振動数： f と減衰係数比： C/C_c を比較することができる。減衰係数比とは、ショックアブソーバの減衰係数： C がその車の臨界制動状態に相当する減衰係数： C_c の何倍かを示すものである。1984 年形三菱ギャランシグマロイヤルに装着された ECS のソフト状態では $f=1.2$ Hz, $C/C_c=0.2$ であり、ハード状態では $f=1.5$ Hz, $C/C_c=0.5$ である。一般のサスペンションの車では f が 1.3 ～1.4 C/C_c が約 0.4 に設定してある場合が多い。これに比べて、シグマロイヤル車のソフト状態は極めてやわらかで路面からの振動を有効に吸収し、ハード状態はやや硬めでローリングやピッチングなどの姿勢変化を抑えて操縦安定性を向上させている。この f 及び C/C_c の値は、その車の性能に合わせて決定されるべきもので、ロイヤル車の場合にはスポーツカーではなく高級セダンの設定となっている。

サスペンションの電子制御は以前から種々の試みが行われており、早くから実用化されているのは、ECS と同じ空気ばねを使った車高調整システムである。これらの実用化例は、サスペンションの硬さを同時に制御していないので、空気ばねのもつ、やわらかなばね特性と車高調整機能とから得られる乗りごち特性の向上の効果は十分に期待できるが、操縦安定性の向上には限界がある。また、ばね定数はそのまま、減衰力だけを切り換えるシステムも実用化されているが、ECS はばね定数も同時に切り換えることができるため、ソフト状態の特性とハード状態の特性をよりきめ細かく、独立に設定することができる。これによって、他方式に比べて、より優れた乗りごちと、より高い操縦安定性を両立することができる。

車高調整機能とばね定数、減衰力の切換機能を同時に実現させた ECS システムは、現在実用化されているサスペンションの電子制御方式の中で、最も機能の充実したシステムで、他方式にない特長を備えている。このため応用範囲が広く、高級サルーンから高性能エンジン搭載のスポーツカーまで幅広くこのシステムを適用することが可能であ

表 2. 車高調整開始の判定条件

車速の状態	車高の状態	作 動		備 考
停 車 時	ノーマル車高より高いか又は低い	イグニッションキーを ON にした直後。	車高調整を開始する。	イグニッションキー ON 後、乗降などによる短時間（6 秒以内）の車高変動に対しては作動しない。
		イグニッションキーを ON してから一度車高調整を行った後。	左記車高の状態が約 6 秒以上継続すると車高調整を開始する。	
	ノーマル車高より高い	イグニッションキーを ON から ACC 又は LOCK にしたとき。	イグニッションキーを OFF にしてから約 3 分以内に左記状態が約 6 秒以上継続した時、車高調整を開始する。	乗員などの降車により車高が高くなっているのを防止するため、下げ調整のみ行う。
走 行 中	目標車高レベル（ノーマル又はロー）より高いか又は低い	左記状態が約 30 秒以上継続すると車高調整を開始する。		走行中の路面変化などによる車高変動に対してはほとんど調整は行わない。
走行後の停車時	ノーマル車高より高いか又は低い	停車直後	約 4.5 秒間は車高調整を開始しない。	急停車などの車高変動に対しては、ほとんど調整は行わない。
		停車後 4.5 秒以上経過後。	大きな車高の変化があって、かつ、左記状態が約 6 秒以上継続した時。	乗員などの乗降があって車高が大きく変化したときは車高調整を行う。
発進加速時 及び 減速時	目標車高レベル（ノーマル又はロー）より高いか又は低い。	停車中に車高調整中のままの発進で、かつ調整を停止した場合。	左記車高の状態が約 4.5 秒以上継続すると、車高調整を開始する。	発進、加速などで車高調整を中断された場合の救済。
		上記以外	左記車高の状態が約 30 秒以上継続すると、車高調整を開始する。	発進、加減速、による車高変化に対してはほとんど調整は行わない。

注 目標車高は、加速時：車速 90 km/h 以上 10 秒継続で、ロー車高、それ以外はノーマル車高。
減速時：車速 70 km/h 以下で、ノーマル車高、それ以外はロー車高である。

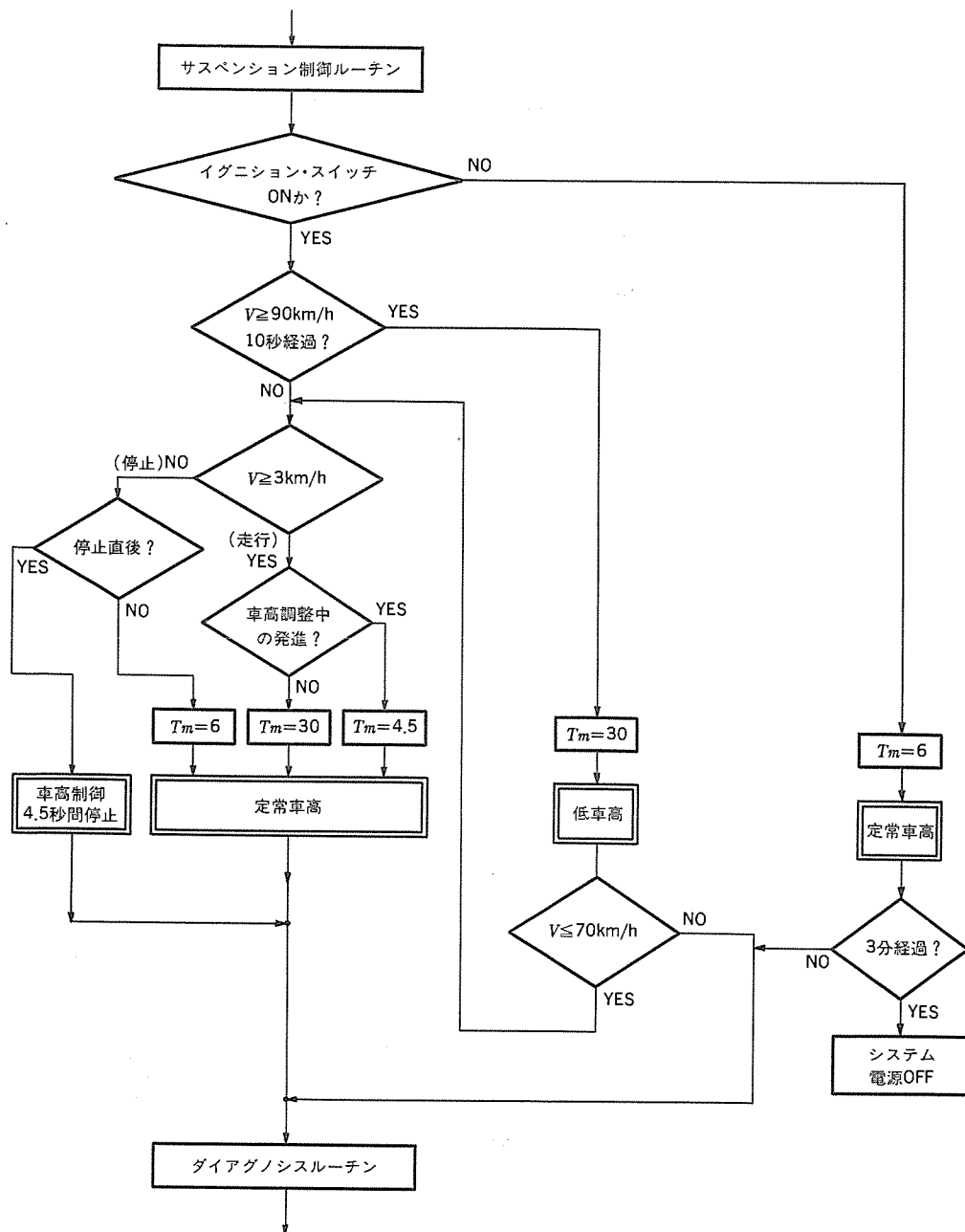


図 8. 車高調整制御部の フローチャート

受け持っているために、より厳しい信頼性が各部品に要求される。このため、コントロールユニットにはフェイルセーフ機能と自己診断機能を持たせ、安全性とサービス性には十分の配慮を行っていることは既に述べたが、各 부품のより一層の信頼性の向上と、軽量化、コスト低減、低消費電流化が今後の課題である。

4. む す び

エンジン性能が向上するに従って、乗りごちと操縦安定性を高いレベルで両立できるサスペンション技術が、今後ますます重要になってきている。ここで述べた ECS システムは、車高調整機能と、ばね定数及び減衰力の切換機能を同時に実現させたもので、最適なサスペンション特性を実現させるのに適しており、しかも、サスペンションの特性を切り換えるための小形で高性能なエアアクチュエータ、信頼性の高い光検出方式のセンサを採用して、マイクロコンピュータによる大幅な電子制御技術の導入を行い、きめの細かいサスペンション特性の制御を可能にした。また、このシステムはエンジン性能の変更や車種の変更にも容易に適応が可能である。終りに、このシステムの開発に当り多大の御指導をいただいた三菱自動車工業(株)の関係者各位に深く感謝する次第である。

参 考 文 献

- (1) Masaaki Mizuguchi, Takayoshi Suda, Sunao Chikamori, and Kazuyoshi Kobayashi: 「Chassis Electronic Control System for the Mitsubishi 1984 Galant」 SAE Paper 840258 (1984)

る。

ところで、このシステムは従来の機械式のストラット ASSY 4本に置き換えるものであり、重量、コスト、バッテリー消費率の増大は避けることができない。更に、ECS は操縦安定性を左右する重要な機能を

ライン用エンジン、トランスミッション自動試験システム

大前 芳洋*・中山 一夫*・米倉 善彦**・大坪 光雄**・徳永 治久**

1. ま え が き

エンジン及びトランスミッションは多数の精密な部品で構成されており、かつ自動車の構成の中で主要な位置を占めている。これら製品の品質は、自動車全体の品質性能に大きな影響を及ぼすため、これを構成する各々の部品の品質のみでなく、製品としての機能上の品質が要求される。生産ラインにおける品質確認のための出荷検査は、従来熟練検査員の感応による定性的判定方法を主体としたものが多かったが、TQC、SQC思想の普及につれ、近年データ計測による定量的判定法が求められてきている。

当社では、試験装置の大幅な自動化及びデータ計測、データ処理の計算機化などの導入により、エンジン及びトランスミッションの組立完成品を生産ラインにて全数試験を行い、その試験データにより品質の判定を行う試験システムを開発し製品化してきた。

この論文では、生産ラインに適したエンジン及びトランスミッション試験システムを、当社のこれまでの製作経験に基づき紹介する。

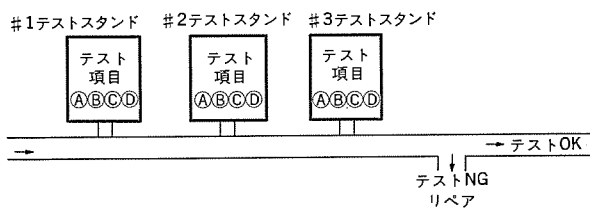
2. システムの考え方

生産ラインにおけるエンジン及びトランスミッションの機能試験システムとしては、すべての試験項目を一つの試験装置に集中させる集中処理方式と、幾つかの試験装置に分散させる分散処理方式に大別することができる。図1.にその基本的構成ラインを示す。また、表1.に両方式の特長を示す。

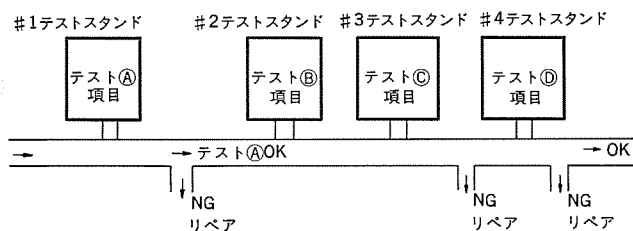
次に、試験装置への搬送形態として、テスト専用パレットを用いる場合と組立用パレットなどの非専用品を用いる場合がある。テスト専用パレットは、ワークと試験装置の間の中継機能に重点をおいて設計されるものであり、配線配管の中継、ワークの位置決め固定及び各種情報の中継が行われる。これらの機能は装置の簡素化、自動化に

表 1. 集中処理方式と分散処理方式の比較

	項 目	集 中 処 理 方 式	分 散 処 理 方 式
1.	計測と良否判定精度	テストスタンドの機差が誤差となる。	すべてのワークは同一のセンサで計測されるので精度は高い。
2.	サイクルタイム (1台のワークがすべてのテストを実行するためのトータルサイクルタイム)	同一のテスト条件であれば複数の計測を同時に行うことができる。	ワークのセッティングが各テストごとに必要。(但し、テスト条件をなるべく統一することにより向上は可能)
3.	スタンド台数	全テストが1台のスタンドで行うことができる。	すべてのスタンドをなるべく同一のサイクルタイムにしないとライン効率が低下する。
4.	リジェクト率	全テスト終了後に良否判定されるのでリジェクト率は高くなりやすい。 (但し、組合せ判定などにより向上は可能である)	項目ごとにリジェクトされるのでリベアの能力が向上する。
5.	ライン処理能力	スタンドの台数を増やすことにより能力アップができる。 (増設したり、休ませたりすることができる)	1台のスタンドがダウンしたときその項目はノーチェックとなるか、又は全ラインが停止する。またサイクルタイムを短縮する以外に処理能力を増大できない。
6.	設備コスト	すべてのセンサ、アクチュエータがすべてのスタンドに必要であり、稼働率が低い。	センサの利用率が低い。 (但し、ライン処理量が大きいと不利になる傾向がある)



(a) 集中処理方式



(b) 分散処理方式

図 1. ライン 構成

は不可欠であり、当社はテスト専用パレットを用いる方式を採用している。

2.1 エンジン試験システム

エンジンの試験項目は、リーク試験（回路のもれ試験）、コールド試験（モータリングによる機能試験）及びホット試験（燃料使用による運転試験）に分けられる。これら3項目は、それぞれ試験条件が異なっており、かつ試験機構部も異なる部分が多い。したがって、幾つかの試験装置に分散させる分散処理方式の試験システムが適切であるが、当社では両方式の試験システムを製作した実績をもっている。

2.2 トランスミッション試験システム

オートマチックトランスミッションの試験項目は、変速試験、トルクコンバータ性能試験、騒音試験及び機構動作試験（パーキングロック、マニュアルレバチェンジ動作など）に分けられる。前者3項目はトランスミッションが回転している条件が前提となり、また試験機構も全試験項目にわたり共通に必要な部分もある。したがって、当社ではすべての試験項目を一つの試験装置に集中させる集中処理方式の試験システムを採用している。

3. 試験装置の機械構成

試験装置の機械構成は、主に動力及び負荷を与える駆動機構部、スロットル、マニュアルレバーなどを操作する操作機構部及び各種計測項目を計測する測定機構部から成り立っている。

3.1 エンジン試験装置

ここでは、分散処理方式の機械構成について述べるが、集中処理方式の場合は分散処理方式の各試験装置を一つの試験装置にまとめたものである。

3.1.1 ラインレイアウト

分散処理方式は、図 2. に示すようにワークの流れに対して上流側からコールド試験装置、リーク試験装置、ホット試験装置の順に配置する。リーク試験装置については、機能試験の前に構造欠陥試験を実施するときはコールド試験装置の上流側に配置する。

各試験装置のサイクルタイムは、テスト内容、テスト項目によって異なるが、一般的にはホット試験装置、コールド試験装置、リーク試験装置の順に短い。一例を表 2. に示す。各試験装置の必要台数はこのサイクルタイムをもとに決める。

3.1.2 エンジン試験装置の機械構成

各試験装置は、下記に示すようにエンジン位置決めクランプ、コネクタ接続及びエンジン駆動機構から構成している。

(1) エンジン位置決めクランプ機構

エンジンの位置決め穴を用いてスタンドと固定する。

(2) コネクタ接続機構

エンジンの各種接続ポートとスタンドを継ぐ。

(3) エンジン駆動機構

コールド試験装置ではエンジンを外部から強制的に回転させ、ホット試験装置ではセルモータの代りをするもので、直流電動機を用いている。そのほかに、油圧サーボ方式の点火位置調整機構やアクセル開度を調整するスロットルワイヤ操作機構を装備している。図 3. に装置の外観

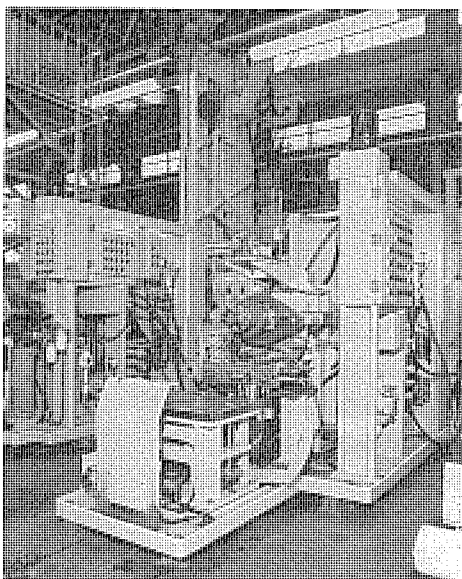


図 3. エンジン試験装置の外観

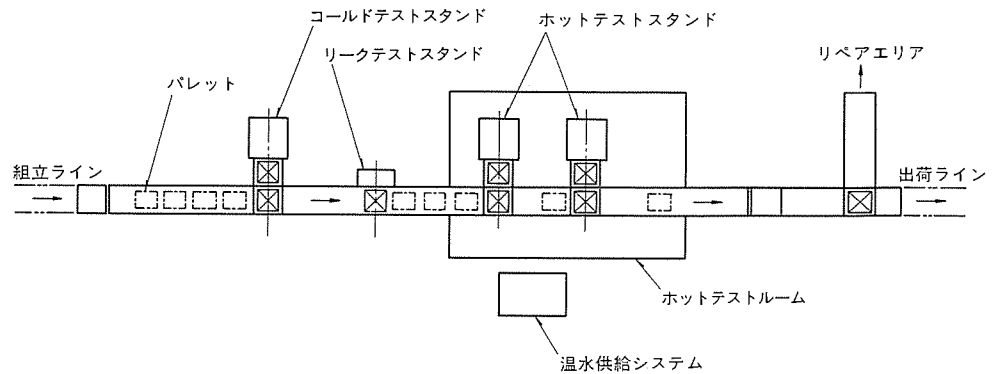


図 2. エンジン試験システム

表 2. サイクルタイム例 (分散処理形)

単位: s

装 置	リーク試験装置	コールド試験装置	ホット試験装置
項 目			
ワークセット	10	15	20
試 験	20 (クランクケース ウォータージャ ケットのリーク試 験)	20 (ディストリビュー ータのセットを 含む)	50 (始動性チェック (温水注入, 排水 を含む))
ワークアンクランプ	8	10	15
サイクルタイム	38	45	85

を示す。

また、付属装置として温水供給ユニットがある。エンジンに 90°C に温調された温水を注入することにより、ホット試験時のエンジン暖機運転を省略しサイクルタイムの短縮を図っている。当社では、図 4. に示すような負圧給排水方式を採用している。つまり、温水を高速で流すことにより負圧を発生させ、この負圧を吸引力としてエンジンへの給排水を行い、給排水能力は約 300 mmHg で 20 l/min である。加圧方式などによる給排水方式に比較して、スタンドとエンジン接続部が

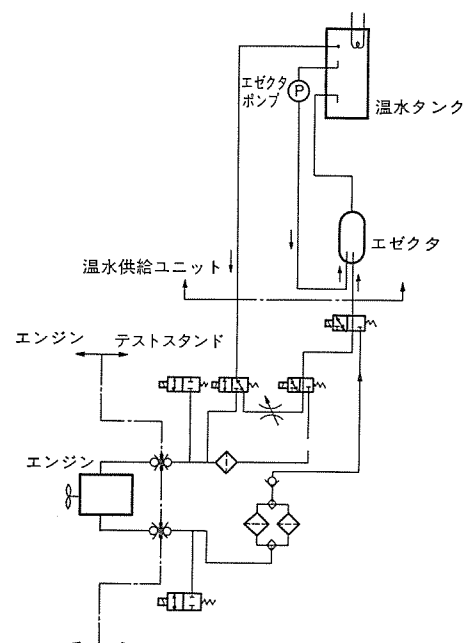


図 4. 負圧給水方式

らの温水噴出の危険が非常に少ない安全性の高いものである。

3. 1. 3 自動化

試験装置とエンジンの各種配線配管及びクラックシャフトとの接続が必要であるが、エンジンに可とう性があることや機種変化があることから、接合部の位置が変動し、自動接続化の障害の大きな要因になっていた。当社では、これらの問題点を下記方法の採用により解決を図り自動化している。

(1) テスト専用パレット方式

試験装置ライン専用のパレットを使用することにより、パレットとワークの位置決め精度を向上させ、試験装置内において、パレットを位置決めすることにより、ワークの位置決めクランプが容易に行うことができる。

(2) パレットの中継コネクタ方式

エンジンからの各種配線配管を前もってパレット中継コネクタまで接続しておき、試験装置との接続はパレットと位置が決められているパレット中継コネクタで行う。

(3) アダプタ方式

クラックシャフトと試験装置の駆動系（直流電動機）の接続は、前もってアダプタをエンジンフライホイール部に取り付けて、このアダプタと試験装置を接続する。

3. 2 トランスミッション試験装置

トランスミッションには、オートマチックとマニュアルの2種類があり、前者は変速点の試験、後者は異音及びシフトフィーリング試験が主な試験項目である。両者とも、前章で述べたように集中処理方式を採用しており、この方式の機械構成について述べる。

3. 2. 1 機械構成

トランスミッションの種類により図5.に示すような機械構成になり、大きく分けると下記のように分類される。

(1) ワーク位置決めクランプ機構

トランスミッションのエンジン取付穴を用いてスタンドと位置決め固定する。

(2) 駆動機構

トランスミッションの入力軸を回転させるためのもので、直流電動機を用いている。また、入力トルクの計測と制御には電動機の電流値を測定し、電動機の損失を差し引いてトルクを算出する《MATOC》方式を用いている。

(3) 動力吸収機構

トランスミッションに負荷を与えるために、フライホイールと直流発電機を用いている。そのほかに、オートマチックトランスミッション試験装置では、ミッションへのオイル供給機構、マニュアルレバー及びスロットルの操作機構、負圧発生装置などがあり、またマニュアルミッションでは、チェンジ操作時に駆動系とミッションを切り離すクラッチ機構がある。FFミッションの場合は、デフ軸の差動をなくすために両出力軸を機械的に連結している。図6.は外観を示す。

3. 2. 2 多機種への対応

一般に生産ラインでは、形状、仕様の異なる幾つかの機種のワークの混流生産が行われており、同一試験装置で多機種のワークに対応する必要がある。当社では下記のような考慮を払っている。

(1) クラッチハウジング形状のバリエーションへの対応

位置決めピン及びクランプアームの段取り替えにて対処する。

(2) 出力軸位置のバリエーションへの対応

入力軸と出力軸の位置関係のバリエーションに対応するため、スタンド側の出力軸を上下、水平の2方向に移動可能な構造にしている。

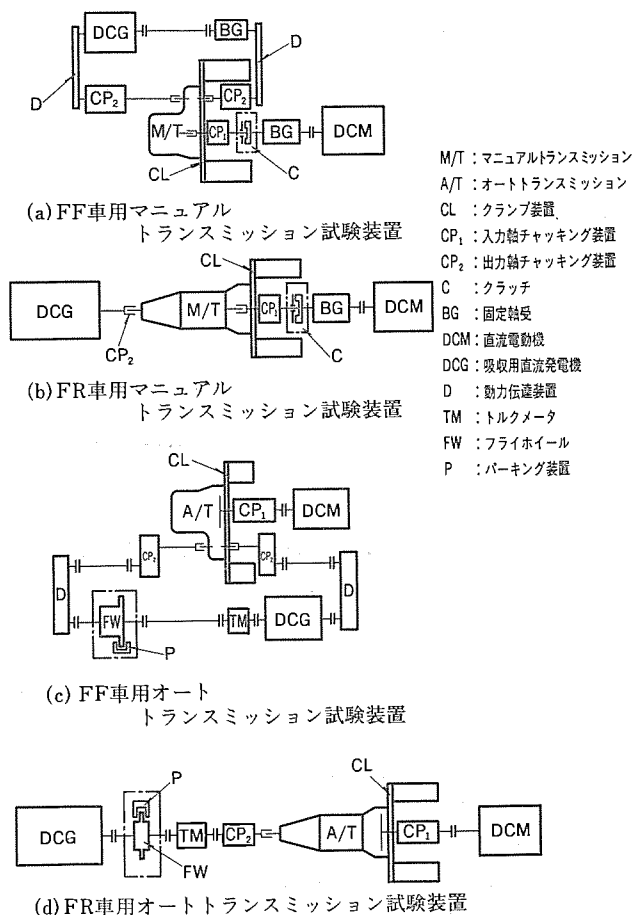


図 5. トランスミッション 試験装置構成

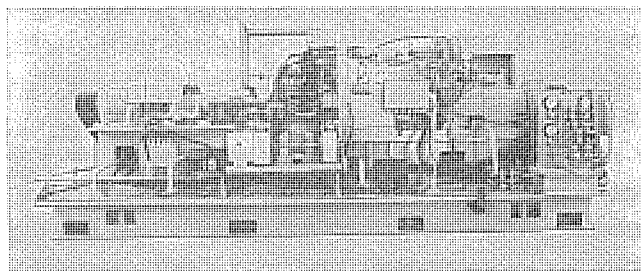


図 6. FF オートトランスミッション 試験装置の外観

(3) 出力軸スプライン形状のバリエーションへの対応

片側をワーク出力軸スプライン仕様に合わせ、他方をテストスタンドの出力軸仕様に合ったダミーシャフトを用いることにより対処する。

そのほかに、油圧測定機構やマニュアルレバー、スロットル操作機構なども可能な限り移動できる構造にしている。

4. 試験方法

組立完成品の全数試験を目的としており、機能及び誤組立のチェックを行う。エンジンとトランスミッションでは、機能及び構造が異なるため当然試験方法も異なる。

4. 1 エンジン試験方法

エンジン試験ラインでの試験は、集中処理方式、分散処理方式ラインとも試験項目ごとに試験が実行される。試験項目は、リーク試験、コールド試験、ホット試験に分類される。

リーク試験はクランクケース（以下、C. C と称す）とウォータージャケット（以下、W. J と称す）のそれぞれについて漏れの程度を調べる試験で

あり、それぞれ加圧式と負圧式、それに加圧と負圧を組み合わせた組合せ式がある。エンジン生産工場においては、工場エアの入手が容易な場合が多く、これを加圧源とした場合は装置が簡単になり、加圧式の場合は概して装置が小形となる特長がある。一方負圧式はエンジン試験ライン単独で負圧源を持たねばならぬなど装置が複雑となり、小形化しにくいことは否めない。エンジンの試験段階では、配管用の穴をふさぐための盲栓をする必要があり、加圧式の場合は加圧力により盲栓が飛散することへの対策が必要となるが、負圧式の場合は考慮の必要がないなど安全面での特長をもっている。当社では、安全面を重視し負圧方式を採用している。

コールド試験は、エンジン性能確認のための基本機能のチェック及び部品誤組、調整状態のチェックを行うもので、アイドリング回転以下の低速のクランキング運転による各種の計測を主体としている。この計測は、例えば吸排気系の機能特性をみるためのインテークマニホールド圧力の脈動状態の測定、又はクランキングトルクの脈動測定などトランジェントな計測データを必要とするために、センサを含めた計測系の周波数応答を考慮して低速回転で運転されるものである。なお、メンテナンスパーツの組立状態のチェックのための振動の計測及び油圧系のチェックのために、アイドリング回転以上の中速運転も行っている。

ホット試験は、エンジンの始動性試験とファイアリング状態の試験がある。始動性試験はエンジンの始動時間により良否を判定するものであり、ファイアリング状態の試験は排ガスデバイスの機能、エンジン出力の過少、排気ガス成分の過大及び加減速フィーリングを試験するものである。代表的な試験項目を表3.に示す。

4.2 トランスミッション試験方法

トランスミッションの試験は、あらかじめ決められた加減速パターンに従って変速状態をチェックするが、オートマチックトランスミッションとマニュアルトランスミッションでは試験項目が異なる。試験パターンの一例を図7.に

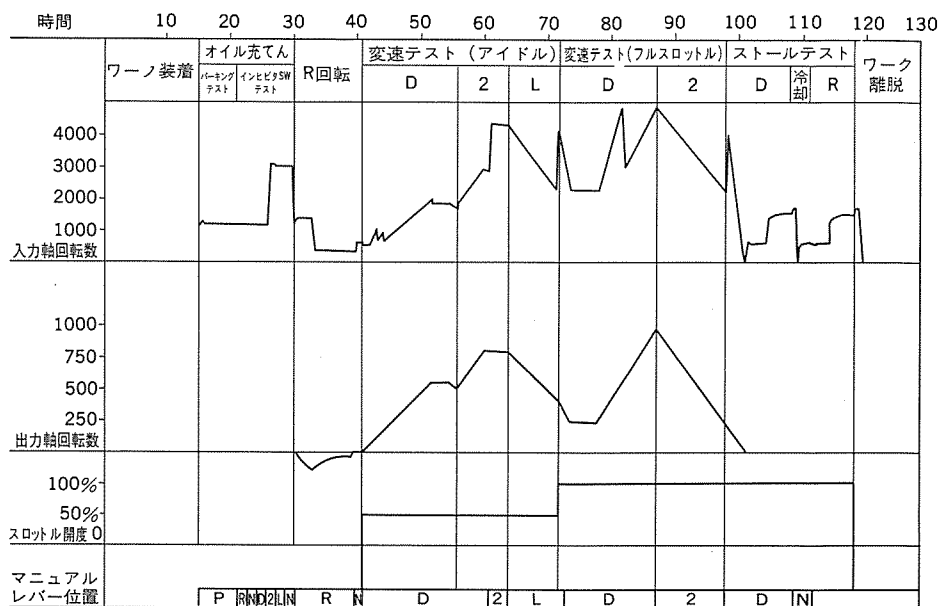


図7. 試験パターン（オートマチックトランスミッションの場合）

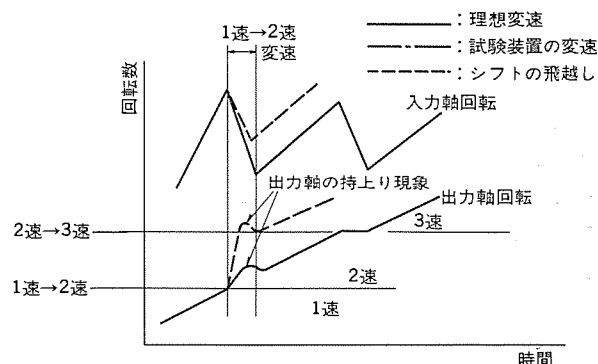


図8. 変速パターンの一例

示す。また、代表的な試験項目を表3.に示す。

オートマチックトランスミッションの主な試験は、変速ポイントのチェックであり、車両搭載と同じ条件で試験するのが最適である。特に、入出力軸系の慣性量は入力軸がエンジン相当、出力軸が車両相当にするのが望ましい。入力軸慣性量が大きいと変速時間が実車より長くなり、また図8.に示すように出力軸慣性量が小さすぎるとシフトの飛び越し、例えば1速→2速に変速すべきところが変速時の出力軸回転が持ち上げられ、1速→2速→3速まで一度に変速してしまうことがある。これらの現象を防ぐために、入力軸慣性量は低慣性直流電動機を採用することにより、エンジン相当の値（当社実績 $GD^2=0.2 \text{ kgm}^2$ ）に設計している。また、出力軸慣性量は試験装置側からみれば小さい方がよく、シフトの飛び越しが起こらない最低限の値になるように設計している。試験装置として最適な慣性量はエネルギー保存の法則を用いて次式から算出する方法を用いている。

$$\Delta N_2 = \left\{ \left(\frac{J_1 \times (K_i)^2 + J_2}{J_1 \times (K_{i+1})^2 \times J_2} \right)^{\frac{1}{2}} - 1 \right\} N_{20}$$

ΔN_2 : 出力軸速度変動 (rpm)

J_1 : 入力側慣性量 (kgms²)

J_2 : 出力側慣性量 (kgms²)

K_i : 変速前ギヤ比

K_{i+1} : 変速後ギヤ比

N_{20} : 変速前出力軸回転数 (rpm)

表3. 代表的な試験項目

	エンジン	オートマチックトランスミッション	マニュアルトランスミッション
機能試験	・始動時間 ・点火時期 ・排気ガス ・出力 ・消費燃料 ・加減速フィーリング	・Dレンジ変速 ・2レンジ変速 (エンジンブレーキ) ・Lレンジ変速 ・R, N回転 ・ストールトルクテスト	・シフトチェンジフィーリング ・N, R回転 ・ギヤ比チェック
機構試験	・ディストリビュータ調整	・パーキングトルク ・マニュアルレバースhiftトルク ・ニュートラルスイッチチェック	・バックランプスイッチチェック
組立不良試験	・リークテスト ・振動 ・フリクショントルク	・ギヤ比 ・ノイズ	・ギヤ比 ・ノイズ

マニュアルトランスミッションの試験は、変速時のシフトフィーリング、ギヤ比及びノイズチェックである。ギヤに適当な負荷を与えることにより、実車状態に近い条件で試験を行っている。また、シフトフィーリングチェックも実車に近いようにするため、入力軸系の慣性量を実車のクラッチディスクと同じ値（当社実績 $GD^2=0.0094\text{ kgm}^2$ ）にしている。

以上のように試験装置を可能な限り、実車の条件に近づけた試験方法で試験を行う。

5. 計測方法

品質の評価をする場合、計測データをもとに良否判定を行うが、試験項目には、計測データ自体が試験項目である直接計測方式と、試験項目が不良の場合に変化するある量を計測し評価材料にする間接計測方式がある。エンジン及びトランスミッションの代表的な計測項目について表4.に示す。これらの計測データと評価項目の関係は、基礎実験により裏付けをとる必要がある。また、このような組立完成品の場合、種々の不良が重なり合って計測項目にあらわれることが多く、必ずしも一つの試験項目に対し一つの計測データで対応するのではなく、複数のデータにより総合的に判定する必要がある。当社では、コンピュータを用い「組合せ判定」と呼ばれるマトリクステーブルによる総合判定を行うことにより、ラインの品質管理の目的に沿った、より現実的な判定を行うことができる。

次に、品質の評価が目的でなく試験条件をつくりだすために、試験装置をコントロールするのに必要な計測項目もある。例えば、オートマチックトランスミッションの場合、ミッションの変速開始点の計測は入力駆動電動機のコントロール（エンジンの動きを模擬する）に必要である。また、変速時間計測にも必要なデータである。変速開始点の計測は、入力軸回転変化率、入出力回転比、入出力トルク比を計測する方法がある。当社の実績では、入力軸回転変化率を計測する方法が最も精度の良い計測方法である。

6. データ処理方法

試験ラインにおいては、複数台の試験装置にて計測されたデータはワーク番号情報とともにデータ処理装置に入力される。データ処理装置は、これらの入力された情報に対し試験装置ごとにリアルタイム処理を行う。処理内容は、大別して2種類に分類される。

一つは複数台の試験装置から並列に入力された情報に対し、試験装置、ワーク型式、試験項目ごとに要求されたリミット値との比較を行い、計測項目ごとに良否の判定を行い、その判定結果を試験装置側へ知らせるものであり、他は試験完了ごとにワーク別のファイルを作成して記憶しておくものである。

このほかに、バッチ処理としてワークごとのテストレポートや不良ワークの修理指示書、あるいはワーク型式ごと、試験装置ごと、計測項目ごとのヒストグラムを出力することができ、ワークの品質管理、生産管理が容易である。

エンジン及びトランスミッションの試験ラインでのデータ処理装置としては、ミニコンクラスのコンピュータを試験ラインごとに設置するのがよい。データ処理装置の一例としての系統図を図9.に示す。

表 4. 代表的な計測項目、計測内容及び計測目的

	アイテム	計測項目	計測内容	計測目的
エンジン試験	1	回転数	駆動電動機の回転数	エンジンの回転数の監視
	2	電流	" の電機子電流	エンジンロストルクの算定
	3	吸入圧力	吸気マニホールド内の圧力	吸入空気量の算定
	4	油圧	潤滑油の圧力	潤滑系統の異常の監視
	5	油量	" の流量	"
	6	油温	" の油温	エンジン出力の補正
	7	水温	" の水温	"
	8	吸気温度	吸入空気温度	"
	9	大気温度	大気温度	"
	10	燃料温度	燃料温度	"
	11	燃料流量	燃料の消費量	燃料消費率の算定
	12	スモーク値	排気ガス中のスモーク量	排気ガスの監視
	13	C. C リーク量	C. C の漏れ量	C. C の密閉度の算定
	14	W. J リーク量	W. J の漏れ量	"
	15	点火時間	点火時期	点火時期調整の良否の判定
	16	始動時間	始動するまでの時間	始動性の良否の判定
トランスミッション試験	1	回転数	電動機の回転数	変速回転数、ギヤ比の判定
	2	電流	" の電機子電流	ミッション入力トルクの計測
	3	ライン圧	ライン回路内の圧力	メインコントロールの良否、ポンプの良否
	4	ガバナ圧	ガバナ回路内の圧力	デフ軸速度回路の判定
	5	パーキングトルク	出力軸にかかるトルク	パーキング機構の良否判定
	6	変速時間	変速開始～終了までの時間	変速の良否判定
	7	出力軸トルク	出力軸の変速時ピークトルク	変速ショックの判定
	8	マニュアルレバートルク	マニュアルレバーの操作力	操作力の良否判定

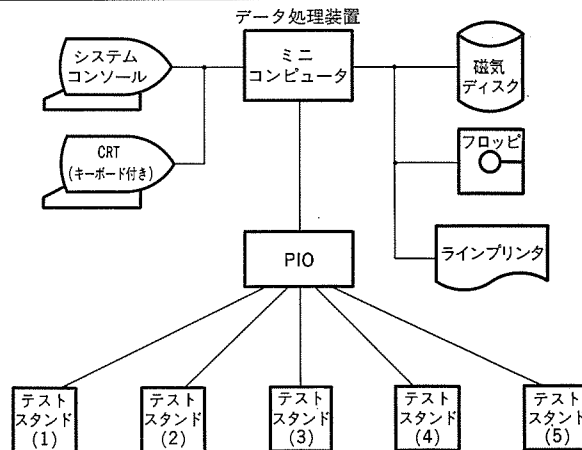


図 9. データ処理装置系統図の一例

7. むすび

以上のように、多機種のワークに対応可能なフレキシビリティをもたせることにより、多機種混流生産ライン及び将来の機種増加にも十分対応することができ、コンピュータによるプログラム運転、計測及び判定を行うことにより、良否判定上問題であった各試験システム間の機差を極力少なくすることができた。

これらにより、従来の研究試験や抜取試験で行われてきた試験内容を大幅に盛り込み、研究試験並みのきめ細かな品質管理を行う試験システムを、生産ラインに導入することが可能になった。

最近の自動車試験用シャーシダイナモメータ

武田 脩*・杉本昭憲*・足立省一*・矢尾秀雄**・木下市之**

1. ま え が き

シャーシダイナモメータは、自動車の完成品としての様々な性能をテストするための設備であり、実際の路上での走行を行うことなく試験室内において、これを模擬するものである。路上での走行テストでは、種々の条件で、例えば風速・風向・気温・湿度・路面状態などの外的条件、あるいはドライバーの運転操作の再現性、などの変化要素が大きく、加えて移動する車両に搭載可能な計測機器の精度上の問題などもあり、再現性のある高精度のテストは不可能である。これに対し、シャーシダイナモメータでは、テスト条件の安定性・計測機器の精度の良さなどの有利性が強調されている。近年、排ガス・燃費・車両騒音など、技術開発競争の激化の情勢下で、車両の加減速状態が性能を決定する重要な要素となっており、過渡状態での車両負荷の測定精度もシャーシダイナモメータに求められてきた。

当社では、上記のニーズに対し過渡時の負荷動力を、より高精度に計測するシステムを検討した結果、ロス変動を起こす増速ギヤと機械的慣性模擬装置を取り除き、高速応答の動力計測装置《MATOC》、及び電気的慣性模擬装置(EFW)を備えた高精度のシャーシダイナモメータシステムを完成した。当社ではこのシステムをギヤレスシャーシダイナモメータ(GLC)と呼称し、標準化して多くのユーザーに納めてきた。ここに従来形シャーシダイナモメータと比較しながら、その技術的特長について述べる。

2. 代表的な従来形シャーシダイナモメータの構成

シャーシダイナモメータはその用途により様々な形式があるが、加減速運転をシミュレートする設備についての代表的な形式としては図1.に示すものがある。

ここでドラム装置はこの上に車両の駆動輪を乗せ、駆動力を後のフライホイール装置、直流電気動力計の負荷装置へ伝達するためのもので、駆動輪のタイヤの変形を極力実走行路面(平坦路)での状態に近づけるために、直径1m以上の大径のものが通常選定されている。また増速機は、ここでは傘歯車を用いて伝動軸を直交させているが、これは全体の機器配置スペースを有効に(すなわち車両の長手方向に

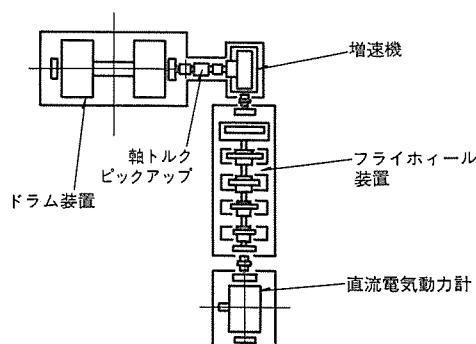


図1. シャーシダイナモメータの構成

表1. シャーシダイナモメータ機器の諸元

	機 器	諸 元	備 考
1	ド ラ ム 装 置	外径1,061φ, 幅600mm (周長3.33m)	
2	軸トルクピックアップ	ひずみゲージ式 Maxトルク 500kg・m	最大車重の車両に対し 0.4gの加速トルクを カバーする
3	増 速 機	スパイラルベベルギヤ 増速比 1:2	強制給油方式油温制御 付き
4	フ ラ イ ホ イール装置	800/400/200/100/50kg 用 各円板	各々がクラッチで軸と 接続、切離し可能
5	直 流 電 気 動 力 計	110kW 1,000/2,000rpm	

配置するため) 利用するために使用しているもので、機能的には増速して、後のフライホイール装置及び直流電気動力計のマシンサイズを小さくすることが目的である。フライホイール装置は車両に対して慣性抵抗負荷を与えるためのもので、種々の大きさの車両をテストすることから、通常、数枚の円板から構成され、その組合せを適当に選ぶことによりこれに対応させている。直流電気動力計は車両の走行抵抗負荷を与えるためのもので、通常、車両の連続最大出力を吸収するに十分な容量となっている。

図1.における構成機器の諸元を表1.に示す。このシャーシダイナモメータの例では国産の四輪乗用車1,000~2,000ccクラスの通常のテストを行うことができる。

3. シャーシダイナモメータにおける誤差

いうまでもなくシャーシダイナモメータは車両の駆動力を正しく吸収するためのものであり、ここで述べる誤差とは、真の駆動力と、ダイナモメータが計測することのできる吸収動力(又は駆動力)との間の差異である。前述の代表的シャーシダイナモメータの例によって、誤差要因の主な事項を考えてみる。

3.1 機械系の損失

シャーシダイナモメータにおける負荷吸収系の機器はすべて回転機であり、それらのいずれもが軸受の損失、及び回転体の風損を自己内部損失としてもっている。そして上記損失は、回転速度、内部温度及び負荷の大小などにより変動する性質をもっている。この機械損失は、図1.の例ではドラム装置の損失を除き軸トルクピックアップで計測することが可能である。しかし、この軸トルクピックアップは車両の最大出力時のトルクにも耐えるような大きな容量のものであり、機械損失を十分な精度で計測することはできない。

図2., 図3., 図4.はそれぞれドラム装置、増速機、フライホイール装置の無負荷時の損失である(いずれも図1.の例に相当するもの)。図5.は、これらの無負荷時の機械損失の総和を示す。なお、フライホイール装置はドラム軸に対して2倍に増速されており、図4.はドラム軸に換算した損失を示す。また、フライホイール装置は5枚の可動

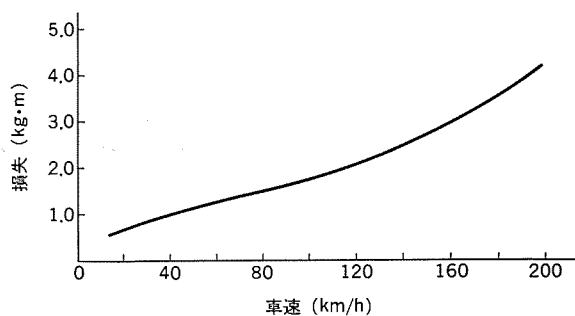


図 2. ドラム装置の無負荷損失

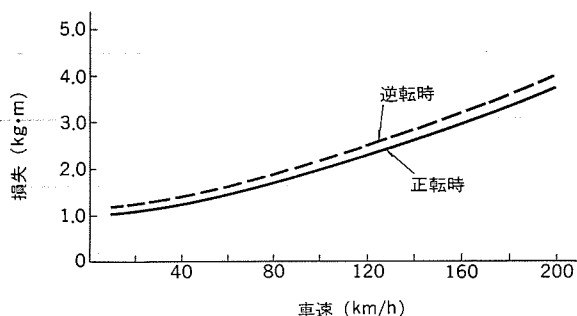


図 3. 増速機の無負荷損失

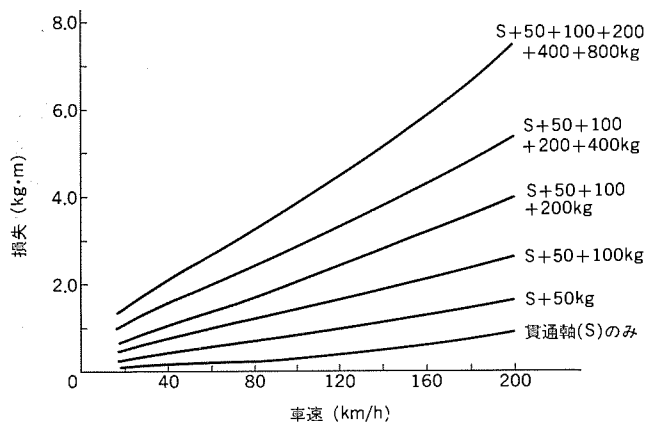


図 4. フライホイール装置の無負荷損失

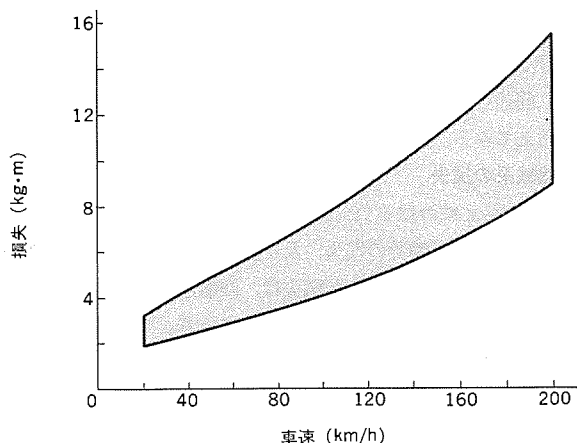


図 5. 機械系の無負荷損失（ドラム軸換算の全機械損失の総和）

円板と貫通軸から構成されており、これらの組合せにより図 4. のように損失が異なる。

図 5. に示す機械損失の総和は、通常、直流電気動力計の計測ト

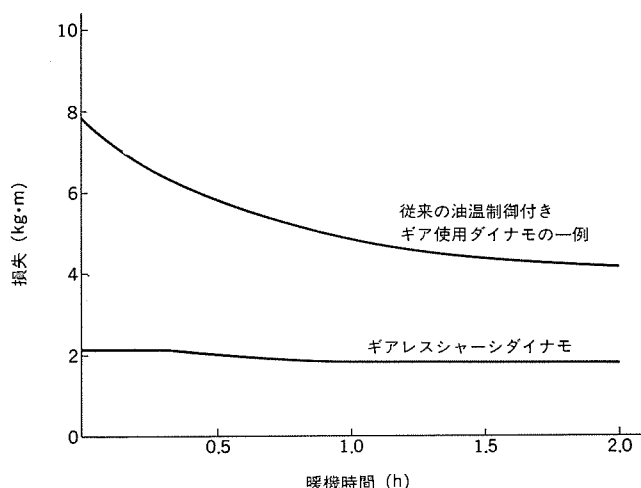


図 6. 暖機時間

ルクに機械損失補正として加算して表示されるようにしており、定常走行時における負荷トルクとして動力計の吸収トルクとの合算値を表示するのが一般である。ここでわかるように、フライホイール装置の損失は、可動円板の組合せによって異なっており、厳密には機械損失補正はフライホイールをセットした後に行わなければならない。

以上は機械系の無負荷時の損失であるが、その値は、例えば 2,000 cc クラスの乗用車の走行抵抗（こう配のない平坦路走行）と比較してみると、代速域においては走行抵抗の約 25~30% 程度、高速域においては 10~15% 程度となっている。したがってこれを無視することはできず、前述のように直流電気動力計で付加する走行抵抗に、この機械損失を加算して、表示、計測されなければ、この損失は大きな誤差要因となる。

なお、上記無負荷時の損失は、暖機後の安定状態での測定値であり、十分な暖機がなされていない状態では大幅に異なることが多い。

3.2 機械損失の安定と暖機

機械損失は、一定の運転条件（回転速度及び負荷）であっても周囲条件が変れば変動する。このために周囲条件の安定化が必要であり、通常暖機運転によりこれを行っている。これは主として軸受の温度（厳密には潤滑油の粘度）を安定させることが目的である。また、増速機においては歯面を潤滑する油の粘度を安定させることである。図 1. のシャ-シダイモの例における暖機運転中の時間経過と、系の損失トルクの変化を図 6. に示す。これはシャ-シダイモには車両を搭載せず、直流電気動力計により一定速度にて全装置を空転し、動力計の駆動トルクを計測したもので、トルクはドラム軸に換算して示している。この例では、運転開始から損失トルクが安定するまでの 1 時間は約 1 時間であり、その間損失トルクは約 50% に減少している。

我が国における自動車排出ガス試験法では、シャ-シダイモの暖機を義務づけており、その条件は 40 km/h で 15 分間と定められているが、シャ-シダイモの構成によっても様々であり、上記例でも明らかのように、損失の安定という観点、すなわち車両負荷に対する精度からみれば、軸受個数の多いフライホイール装置、並びに潤滑油をかくはんするために損失トルクを発生する増速機の影響は無視できない。

4. ギアレSSHャーシダイナモメータの特長

我々は、前述の従来形 シャ-シダイナモメータシステムの問題点を無くし、

精度の良いシャーシダイナモメータシステムを実現させるために「ギヤレスシャーシダイナモメータ」を提案しているので、ここにその概要を述べる。

トルク計測精度低下の主要因である機械系の損失を最小限にするために、機械的慣性模擬装置及び増速機を用いず、ドラム装置と直流電気動力計を一軸で直結し、慣性負荷は直流電気動力計のトルク制御（電気慣性）により行うものとした（図 7.）。ギヤレスシャーシダイナモメータシステムは、従来形に比べて、それらの持っている前述の欠点をクリアしているばかりでなく、次にあげるメリットを合わせて持っている。

- (1) シャーシダイナモメータ機械部分の専有スペースが、従来形に比べて 1/2 以下（当社比）に減少し、これに伴い設置工事費の低減が図れる。
- (2) 従来形では、増速機及び機械的慣性模擬装置の騒音が大きく、

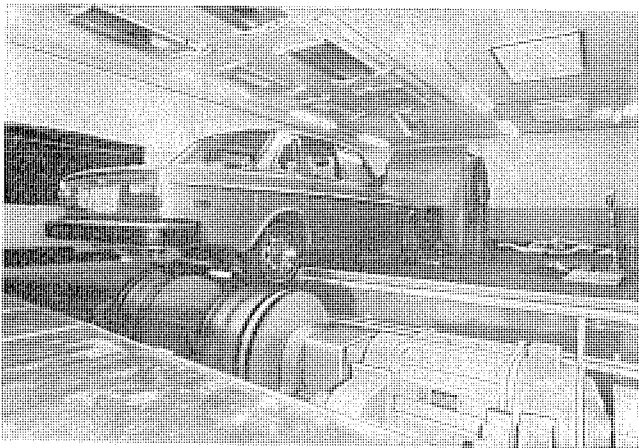


図 7. ギヤレスシャーシダイナモ

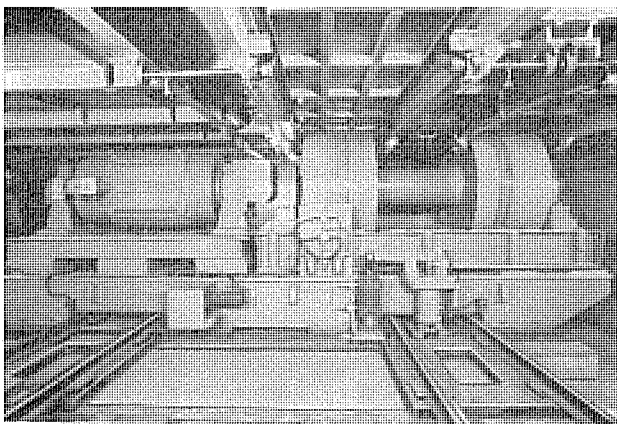


図 8. 移動台車付き ギヤレスシャーシダイナモ

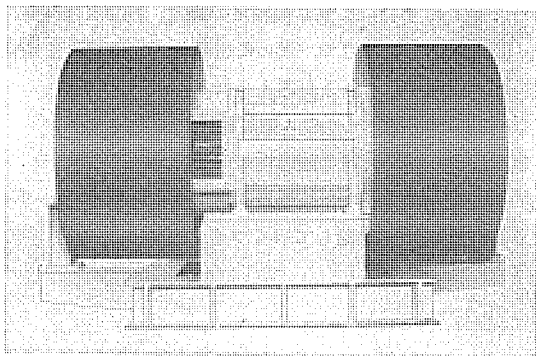


図 9. 無揺動式 ギヤレスシャーシダイナモ

例えば騒音試験用シャーシダイナモなどにおいては特別の防音処理が必要であったが、増速機及び機械的慣性模擬装置を用いないギヤレスシャーシダイナモメータではその必要性が無いくらい低騒音となっている。ドラム径 $\phi 1,061$ mm、車速 40 km/h において、ドラム中心上 1 m のポイントで 60 dB(A) となっている。

(3) 電気慣性の採用により、慣性量の設定がほぼ無段階に行うことができる。

(4) 機械部分がコンパクトとなったことにより、装置全体を移動台車に乗せることができ、F/F 車と F/R 車の試験に対応するために、車両の位置を変えずに装置全体を移動させることが可能となった。被試験車両の前後の位置が常にほぼ一定となるので、エンジン冷却用ブローを移動する必要もなくなり、試験場スペースの減少が図れる（図 8.）。

(5) 増速機及びフライホイール装置を使用しないため、メカニカルロスが短時間で安定し、暖機後のメカニカルロスは従来形の 1/3 以下、メカニカルロス変動は 1/30 程度となっている。これにより試験時間の短縮が図られ、より高精度な試験が可能となっている（図 6.）。

ギヤレスシャーシダイナモの一例として、当社のトルクセンシングシステムである《MATOC》を用い、無揺動形直流電気動力計を用い動力計の両軸端にドラム装置をオーバハングして取り付けることにより、更にコンパクトに製作した例もある（図 9.）。

5. 高性能トルクセンサ

トルクセンサとしては、揺動部に直結したロードセルにより検出する方式と演算式の《MATOC》方式があり、その精度比較を表 2.、図 10. に示す。ギヤレスシャーシダイナモに採用している方式は、両者の特長のみを生かしたものでロードセルによる定常トルク高精度機能と《MATOC》による高速応トルク検出機能とをハイブリッド化し、高速度で高速応制御が可能なトルク信号とすることにより性能試験用シミュレート運転を目的としている。図 11. にハイブリッドトルクセンサの構成を示す。

この方式はロードセルにより検出したトルク信号にローパスフィルタ、《MATOC》により検出したトルク信号にハイパスフィルタを設け、図 12. に示すように 2 個の信号を加算し、過渡域は《MATOC》信号を、定常域はロードセル信号を使用することにより過渡時から定常時

表 2. トルクセンサの精度比較

	ロードセル	MATOC
計測精度	0.5% FS	1.0% FS
応答	0.5 秒	0.05 秒

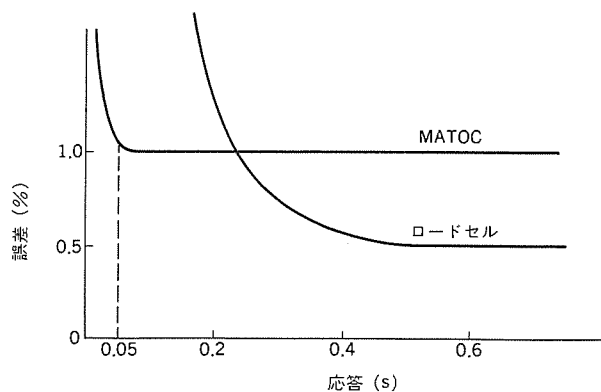


図 10. トルクセンサの精度比較

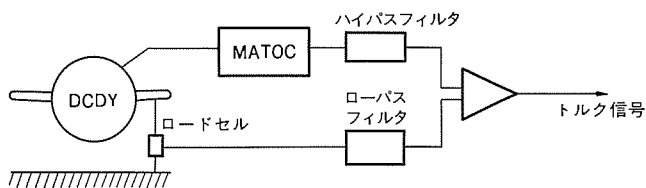


図 11. ハイブリッドトルクセンサの構成

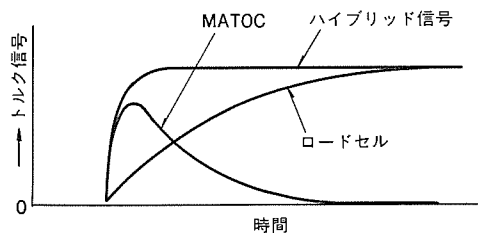


図 12. トルク信号の応答

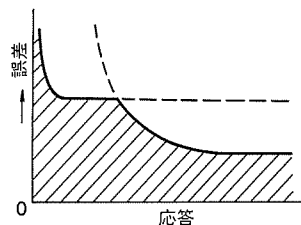


図 13. ハイブリッドトルクセンサの性能

まで高精度に検出できるようにしたものである。図 13. にこの方式の性能を示す。またこのセンサを用いると過渡時の走行抵抗制御精度も向上する。

6. 電気慣性装置

電気慣性装置は、車両の重量模擬をメカニカルフライホイールに代り直流電気動力計のトルク制御により行うもので、我々の電気慣性装置は 5 章で述べたハイブリッド形高性能トルクセンサを使用することにより、次のような特長がある。メカニカルフライホイールとの性能比較を表 3. に示す。

- (1) 慣性模擬でトルクの計測とともに重要な要素の加速度検出は、2 個の車速センサを機械的に 180 度の位相差で取り付け、互いの含有リップルを相殺することにより、応答を下げずにリップル率の低い車速信号を得ることができ、加速度計測精度の向上と制御系の安定を図っている。
- (2) 重量設定は、車重値をそのままデジスイッチで最小 1 kg ピッチで設定できる。直流電気動力計及びドラム装置の固定慣性分は装置内部で演算し必要な電気慣性トルクを発生する。また設定をデジスイッチ以外のプログラム設定により指令することも可能であり、4 WD 車での駆動輪変更に伴う車重分担変更が容易に行える。
- (3) 車重設定を直流電気動力計及びドラム装置の固定慣性量相当の車重値以下に下げることにより、固定慣性を見かけ上、下げて（マイナス電気慣性）模擬することができ、車重模擬範囲を拡大できる。この模擬は表 3. に示すように、固定慣性の 70% にまで可能である。

表 3. 重量模擬の性能比較

	電 気 慣 性	メカニカルフライホイール
模 擬 精 度	設定値の 1.5% 応答時間 0.1 秒	誤差 0% 応答遅れなし
設 定 方 法	連続的設定 (最小ピッチ 1 kg)	段階的設定
模 擬 範 囲	制限有り 固定慣性×(0.7~5)	制限無し
模 擬 加 速 度 範 囲	制限有り 動力計定格トルクによる	制限無し (軸の機械強度設計による)

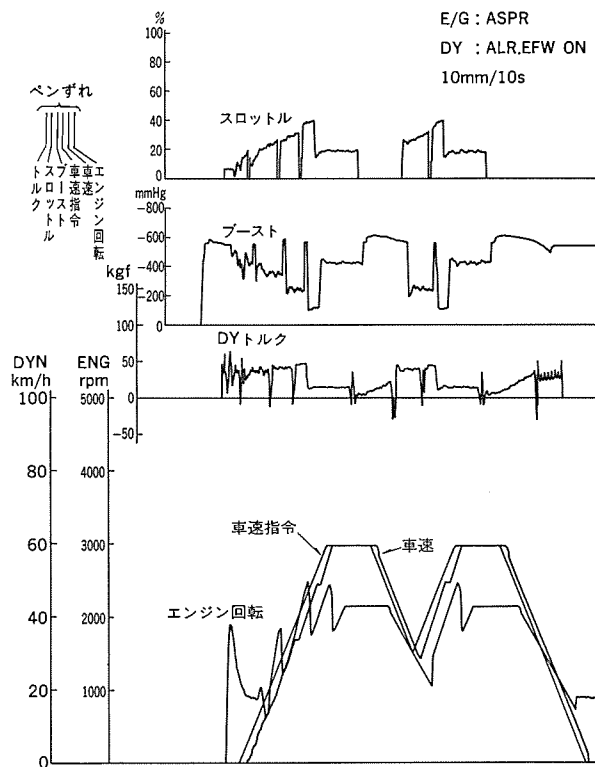


図 14. パターン運転データ例

- (4) 高性能トルクセンサと上記加速度信号の採用により、高精度な重量模擬が可能となり、その運転データ例を図 14. に示す。制御モードはエンジン車速制御、動力計走行抵抗制御で電気慣性による車重設定 1,130 kg（固定慣性 700 kg）時のパターン運動の一部分である。

7. む す び

以上、完成車の台上試験に種々の特長をもったギヤレスシャシダイナモータについて述べた。当時はこのシステムを他社に先がけ昭和 53 年から提唱し、昭和 54 年から製品化し、今日まで 60 台近くの納入実績がある。多くのユーザーに対し高精度の測定、容易な操作性、及びコンパクトな試験スペースの点で、大いに貢献していることを確信している。今後の課題として以下が考えられる。

- (1) 《MATOC》トルクセンサの高精度化
- (2) 電気的慣性模擬装置の速応性の向上

以上の課題の解決に向け、技術の蓄積に努めており、ユーザーに対し、より良いシステムを供給していくつもりである。

熱間圧延用大形直流電動機の絶縁劣化診断

登古大敬*・藤原健三**・橋本 修**・中田了一**・高月 一***

1. ま え が き

直流電動機は鉄鋼圧延プラント設備の中では重要な役割を担っており、特に熱間圧延用大形直流電動機の事故発生による経済的損失は大きい。このような事故を未然に防止するには、過去の故障事例などから予想される各種故障要因に対して、適切な点検と保守の実践が必要であることは言うまでもない。その中でも特に絶縁の健全性を評価・維持することが重要な課題であることは過去の経験からも明らかであり、絶縁劣化診断法の確立は、絶縁補修や絶縁更新の時期を決定する上で重要な意義をもっている。

熱間圧延用大形直流電動機の絶縁劣化診断法としては、従来から非破壊電気試験を中心に種々の検討がなされてきている。しかし、低電圧機という特殊性もあって、いまだ低電圧領域の試験データを基に定性的な評価に頼らざるを得ないのが実状であり、これらに替る定量的な絶縁劣化評価法の確立が望まれていた。

当社では、特に機械的・熱的に過酷な使用条件下にある電機子巻線を対象にした絶縁の基礎試験データの解析を行い、昭和54年には実機の稼働条件及び稼働履歴から定量的に絶縁劣化率を求める推定式を確立して、鉄鋼圧延プラント設備の保全関係各位の要望にこたえてきた。その後、その推定法の信頼性を実証するために3台の熱間圧延用大形直流電動機の絶縁破壊試験を実施し、その試験結果も反映してより一層信頼性の優れた絶縁劣化推定法を確立することができたのでその概要を紹介する。

2. 直流電動機の絶縁劣化要因

一般に回転電機の絶縁劣化要因としては、電気的、熱的、機械的、環境的劣化要因があげられるが、低電圧の直流機では電気的劣化は問題とならない。また、じんあい(塵埃)や油などのたい(堆)積による化学的劣化は洗浄、再ワニス処理などの処置によってある程度の回復が可能であり、絶縁の本質的な性能評価に対しては、この環境的劣化も無視し得るものである。すなわち、直流電動機の絶縁劣化は、熱的、機械的な要因に絞って評価することができる。

2.1 熱劣化

絶縁物が長期間高温下にさらされた場合、絶縁物を構成する合成樹脂の分子間の連鎖が切れ、電気的、機械的性能が低下する。実機でこのような熱劣化を形成する要因は次のとおりである。

- (1) 巻線温度
 - (2) 稼働累積時間
- (熱劣化総量)

2.2 ヒートサイクル劣化

巻線の温度上昇によって絶縁には導体との温度差及び熱膨脹差によるせん断ひずみが生じ、その繰返しによって電気性能が低下してゆく。実機ではこのようなヒートサイクル劣化を形成する要因は次のとおりである。

- (1) 巻線温度上昇値
 - (2) 鉄心長
- (熱変形量) (熱変形総量)

- (3) 運転・停止の累積回数

2.3 振動劣化

圧延用大形直流機の電機子は、圧延材か(嚙)み込み時過大な衝撃を受ける。電機子巻線の絶縁にはその衝撃振動による曲げひずみが生じ、その繰返しによって電気性能が低下する。実機ではこのような振動劣化を形成する要因は次のとおりである。

- (1) 圧延材嚙み込み時、電機子鉄心に生じる衝撃力
 - (2) (1)項衝撃力の振動周波数と振動時間
 - (3) 圧延材嚙み込み回数
- (振動総量)

2.4 総合劣化

前記の各劣化要因がどのように複合的に作用するかを正確に把握することは困難であるが、各劣化要因による絶縁耐力の低下は各劣化要因ごとに独立し、累積効果による総合劣化率は、各劣化要因ごとの劣化率の単純加算によって求められると考えた。すなわち、総合劣化率 D を次のように表す。

$$D = D_T + D_H + D_V \quad (\%) \quad \dots\dots\dots (1)$$

ここで D_T : 熱劣化率 (%)

D_H : ヒートサイクル劣化率 (%)

D_V : 振動劣化率 (%)

3. 基礎試験データの解析

絶縁システムの開発にあたっては、前記の熱劣化、ヒートサイクル劣化、振動劣化を加味した各種評価試験を実施して、その採否が決定されている。したがって、それら基礎試験データを解析することによって各劣化要因ごとの劣化特性を把握することができる。

以下、マイカと耐熱合成樹脂で構成されたF種絶縁システムについて各劣化要因ごとの劣化特性を求めた。

3.1 試験項目と劣化要因

絶縁開発時に実施する試験項目と劣化要因の関係は表1.に示すとおりで、各試験の概要は次のとおりである。

- (1) パーテスト

電機子巻線鉄心部を仮スロットで模擬した直線上のモデルで、促進加熱劣化により絶縁の耐熱性能を評価するものである。

- (2) ヒートサイクルテスト

実機に相当する1,520 mm長さの鉄心を用いた電機子巻線モデルで、通電加熱によるオン、オフを繰返し、絶縁の耐ヒートサイクル性能を評価するものである。図1.にその試験状況を示す。

- (3) 機能評価試験

表 1. 試験項目と劣化要因の関係

試験項目	劣化要因		
	熱劣化	ヒートサイクル劣化	振動劣化
パ ー テ ス ト	○		
ヒ ー ト サ イ ク ル テ ス ト	○	○	
機 能 評 価 試 験	○	○	○

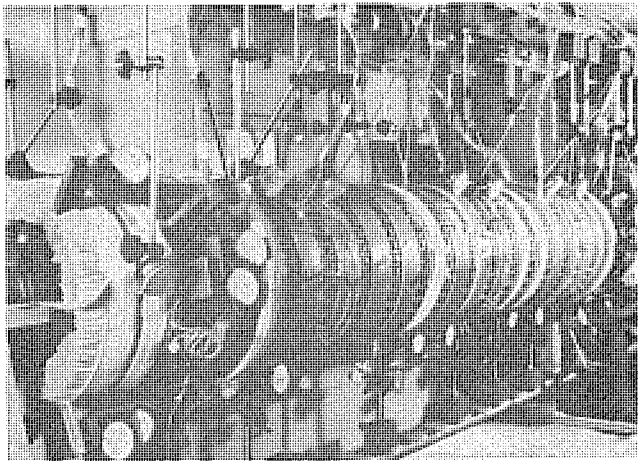


図 1. ヒートサイクルテスト状況

電磁加振のための半円筒形鉄心を用いた実機相当の電機子巻線モデルで通電加熱によるヒートサイクル、1.5 G、60 Hz の連続加振及び AC 750 V 連続印加の劣化条件を与え、絶縁の信頼性を総合的に評価するものである。

3.2 熱劣化特性

絶縁の熱劣化はアレニウス則に従うことは広く知られているところであり、熱劣化率 D_T は次式で表すことができる。

$$D_T = K_T \cdot \exp\left(-\frac{E}{RT}\right) \cdot t = K_T \cdot \exp\left(-\frac{11,000}{T}\right) \cdot t \quad (\%) \quad \dots\dots\dots (2)$$

ここで K_T : 熱劣化係数

E : 活性化エネルギーで F 種絶縁の場合は $E \approx 22,000$ (cal/mol)

R : ガス定数で大気中では $R \approx 2$ (cal/(deg·mol))

T : 巻線温度 (K)

t : 劣化時間 (h)

この式(2)に、表 2. に示すバーテスト結果の熱劣化要因の劣化履歴条件と劣化率とを代入すると熱劣化係数 $K_T \approx 3.0 \times 10^8$ が得られ、結果として熱劣化率 D_T は次式のとおりとなる。

$$D_T = 3.0 \times 10^8 \exp\left(-\frac{11,000}{T}\right) \cdot t \quad (\%) \quad \dots\dots\dots (3)$$

なお、実機の熱劣化率を推定する場合は巻線温度 T は、工場試験時の温度上昇試験データ又は稼働時の温度実測値を基に推定することになる。また、劣化時間 t は定期点検のための運転休止ピッチ、運転休止期間及び稼働年数から概略を次式で求めることができる。

$$t = 24 \times 365 \times \left[1 - \frac{(\text{運転休止期間})}{(\text{運転休止ピッチ})}\right] \cdot (\text{稼働年数}) \quad (\text{h}) \quad \dots\dots\dots (4)$$

3.3 ヒートサイクル劣化特性

繰返し熱応力による絶縁のヒートサイクル劣化は表 2. に示す 2 ケースのヒートサイクルテスト結果から、次式で表されることが分かった。

$$D_H = K_H \cdot \Delta T \cdot L_a \cdot \log N \quad (\%) \quad \dots\dots\dots (5)$$

ここで K_H : ヒートサイクル劣化係数

ΔT : 巻線の温度上昇 (deg)

L_a : 電機子鉄心長 (mm)

N : ヒートサイクル数

式(5)でヒートサイクル劣化率がヒートサイクル数 N に対して直線的な変

表 2. 基礎試験データの解析結果

試験項目	試験条件	D	熱劣化		ヒートサイクル劣化		振動劣化	
			劣化履歴	D_T	劣化履歴	D_H	劣化履歴	D_V
バーテスト (オープン加熱)	220°C/10 days	14.9	$T=493\text{ K}$ $t=240\text{ h}$	14.9				
ヒート サイクル テスト	① 170°C/1.5 h $\rightleftharpoons 60^\circ\text{C}$ 加熱, 冷却速度 $s=120^\circ\text{C/h}$ ヒートサイクル 数 $N=500$ 電機子鉄心長 $L_a=1,520\text{ mm}$	34.1	$T=443\text{ K}$ $t=750\text{ h}$	3.7	$\Delta T=$ 110 deg $N=500$	30.4		
	② 210°C/1.5 h $\rightleftharpoons 60^\circ\text{C}$ 加熱, 冷却速度 $s=120^\circ\text{C/h}$ ヒートサイクル 数 $N=100$ 電機子鉄心長 $L_a=1,520\text{ mm}$	37.1	$T=483\text{ K}$ $t=150\text{ h}$	5.8	$\Delta T=$ 150 deg $N=100$	31.3		
機能評価 試験	190°C/1.0 h $\rightleftharpoons 60^\circ\text{C}$ 加熱, 冷却速度 $s=260^\circ\text{C/h}$ ヒートサイクル 数 $N=1,000$ 電機子鉄心長 $L_a=215\text{ mm}$ 振動 1.5 G, 60 Hz 連続	47.8	$T=463\text{ K}$ $t=1,000\text{ h}$	14.4	$\Delta T=$ 130 deg $N=1,000$	5.7	$G=1.5$ $m=$ 4.32×10^8	27.7

化でなく、その増加傾向が鈍ってくるのは絶縁物のせん断ひずみによる摩擦損傷の他の 1 要因である摩擦力が低下するためと推定される。

この式(5)に表 2. に示すヒートサイクルテスト結果の劣化率から熱劣化分を引き去ったヒートサイクル劣化率を代入すると、ヒートサイクル劣化係数 $K_H \approx 6.8 \times 10^{-5}$ が得られ、結果として熱劣化率 D_H は次式のとおりとなる。

$$D_H = 6.8 \times 10^{-5} \cdot \Delta T \cdot L_a \cdot \log N \quad (\%) \quad \dots\dots\dots (6)$$

なお、実機のヒートサイクル劣化率を推定する場合には、巻線の温度上昇 ΔT は熱劣化率推定の場合と同様、工場試験値若しくは現地実測値を基に推定することになる。また、ヒートサイクル数 N は定期点検のための運転休止ピッチ及び稼働年数から概略を次式で求めることができる。

$$N = 365 \times \frac{1}{(\text{運転休止ピッチ})} \times (\text{稼働年数}) \quad \dots\dots\dots (7)$$

また、圧延鋼種によって負荷が大幅に変動するような場合は、その負荷変動による温度変動とその繰返し回数とを推定して、この負荷変動によるヒートサイクル劣化率も加味すれば、より一層精度の高い推定値を得ることができる。

3.4 振動劣化特性

一般に絶縁物の繰返し曲げに対する残存絶縁耐力は、図 2. に示すように寿命の最終段階付近で急低下することが知られており、振動劣化率 D_V としては次式で近似することができる⁽¹⁾。

$$D_V = K_V \cdot G \cdot (\log m)^a \quad (\%) \quad \dots\dots\dots (8)$$

ここで K_V : 振動劣化係数

a : 振動劣化促進係数

G : 電機子鉄心の振動加速度

m : 振動回数

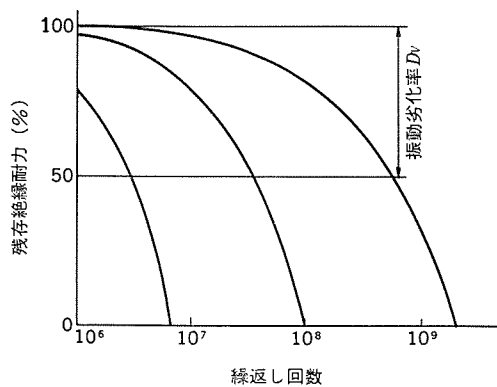


図 2. 振動劣化の傾向

振動劣化促進係数 a は各種振動疲労試験の結果、マイカと耐熱合成樹脂で構成された固体複合絶縁では $a=12$ という結果が得られており、これと表 2. に示す機能評価試験結果の劣化率から熱劣化分及びヒートサイクル劣化分を引き去った振動劣化率を式(8)に代入すると振動劣化係数 $K_V \approx 1.1 \times 10^{-10}$ が得られ、結果として振動劣化率 D_V は次式のとおりとなる。

$$D_V = 1.1 \times 10^{-10} \cdot G \cdot (\log m)^{12} \quad (\%) \quad \dots\dots\dots (9)$$

なお、実機の振動劣化率を推定する場合には振動回数 m は圧延材噛み込み回数 M と圧延材噛み込み時の振動状況から求めることができる。圧延材噛み込み回数 M は鋼塊重量、鋼塊毎圧延回数、累積総生産量から概略次式で求めることができる。

$$M = (\text{鋼塊毎圧延回数}) \times \frac{(\text{累積総生産量})}{(\text{鋼塊重量})} \quad (\text{回}) \quad \dots\dots\dots (10)$$

一方、圧延材噛み込み時には過大な振動加速度が生じるがその減衰は著しく、熱間圧延用大形直流電動機で実測した平均的な振動加速度は 0.27 G で、その持続時間は約 0.18 s 、振動周波数は約 800 Hz という結果を得ている。

この振動測定から得られた定数を固定して考えるならば、実機の振動劣化率 D_V は次式で表すことができる。

$$D_V = 0.3 \times 10^{-10} \cdot (\log 140 \cdot M)^{12} \quad (\%) \quad \dots\dots\dots (11)$$

4. 実機の絶縁破壊試験結果

上述の絶縁劣化推定式の信頼性を評価、確認するために熱間圧延用大形直流機 3 台について電機子巻線の絶縁破壊試験を実施した。

4. 1 被試験機の仕様

被試験機の電機子巻線の絶縁は、3 章の基礎試験と同じ F 種絶縁システムで、その主な仕様と稼働年数は表 3. に示すとおりである。

4. 2 絶縁破壊試験結果

絶縁破壊試験は、電機子一括とスロット毎分割の 2 ステップで実施した。その結果を初期絶縁破壊試験結果とともに表 3. に、またその絶縁破壊電圧の正規分布図を図 3. に示す。いずれの分布も正規分布に近く、絶縁劣化の進展とともに絶縁破壊電圧のばらつきが増大してゆくのが顕著である。C 機は A, B 機に比べて稼働年数が長いにもかかわらず良好な絶縁耐力を維持しているのは、負荷が軽く温度上昇が低いためである。

また、スロット毎分割後の試験については、汚損状態と清掃手入れしたものにとり試料を分けて試験したが、貫通破壊に関しては有意差はなく塵埃や油などの堆積による環境的劣化は、絶縁の本質的な劣化には関係のないことが裏付けられた。

表 3. 被試験機の仕様と試験結果

項目		被試験機		A	B	C	(初期特性)
仕 様	用 途	厚板仕上圧延(上モータ)	厚板仕上圧延(下モータ)			アルミ熱間圧延	
	出 力 (kW)	5,000	5,000			2,250	
	電 圧 (V)	750	750			750	
	電 流 (A)	7,400	7,400			3,390	
	回転速度 (rpm)	50/100	50/100			30/70	
	稼働年数 (年)	15	15			17	
電機子巻線 破壊電圧試験結果	試料数 n	44	132			8	26
	平均劣化率 $\bar{X}$ (%)	41.4	42.4			25.3	0
	標準偏差 σn (%)	9.9	11.5			7.5	5.5

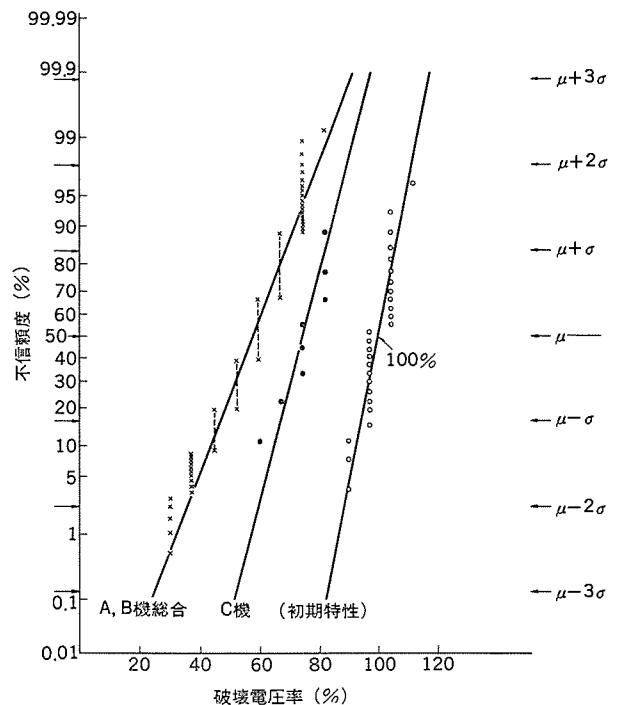


図 3. 電機子巻線の絶縁破壊電圧正規分布図

4. 3 絶縁劣化推定式の信頼性

上記被試験機の稼働実績から得られた劣化履歴を、絶縁劣化推定式(3), (6), (11)に代入して求めた熱劣化率、ヒートサイクル劣化率、振動劣化率及び総合劣化率は表 4. に示すとおりで、その総合劣化率 D は表 3. に示す絶縁破壊試験結果の平均劣化率 $\bar{X}$ とほぼ一致し、この絶縁劣化推定式は実機の絶縁寿命予知に極めて有効であることが確認できた。

5. 最大劣化率の推定と絶縁寿命

以上に提案した絶縁劣化推定式は、すべて平均値で検討を進めてきたが、実機の稼働限界は更に劣化のばらつきを考慮した最大劣化率によって判定しなければならない。

5. 1 絶縁劣化のばらつきと最大劣化率

表 3. に示す絶縁破壊試験結果の平均劣化率 $\bar{X}$ と標準偏差 σn の関係は図 4. に示すとおりで、絶縁劣化のばらつきは劣化の進展とともに確実に増大し、次のような関係式が成り立つものと考える。

$$\sigma n = \sigma_0 + 0.11 \bar{X} = 5.5 + 0.11 \bar{X} \quad (\%) \quad \dots\dots\dots (12)$$

ここで、 $X \approx D$ とし、分布の範囲を $D \pm 3\sigma n$ とすると、最大劣化率 D_{MAX} の推定値は次式のとおりとなる。

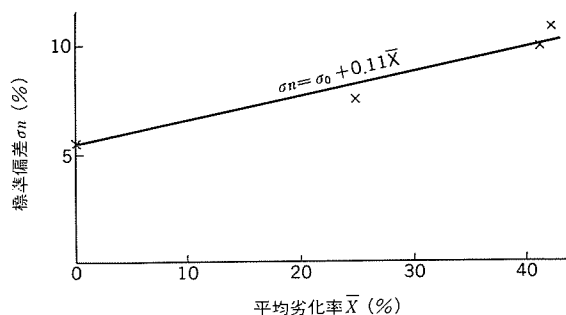


図 4. “ σ_n - $\bar{X}$ ” 特性

表 4. 絶縁劣化推定式で求めた劣化率

項 目	被試験機 劣 化	A 及 B		C	
		劣化履歴	劣化率	劣化履歴	劣化率
熱劣化率 D_T (%)		$T=367(K)$ $t=88,676(h)$	2.6	$T=325(K)$ $t=106,371(h)$	0.1
ヒートサイクル 劣化率 D_H (%)		$\Delta T=89(deg)$ $L_n=1,640(mm)$ $N=745$	28.5	$\Delta T=44(deg)$ $L_n=1,750(mm)$ $N=1,241$	16.2
振動劣化率 D_V (%)		$M=2.5 \times 10^7$	17.1	$M=5.3 \times 10^6$	7.1
総合劣化率 D (%)			48.2		23.4
最大劣化率 D_{MAX} (%)			80.6		47.6

$$D_{MAX} = D + 3\sigma_n = 1.33D + 16.5 \quad (\%) \quad \dots\dots\dots (13)$$

この式(13)によって、前記絶縁破壊試験の最大劣化率 D_{MAX} を求めた結果を表 4. に示す。この推定値は図 3. に示す絶縁破壊試験結果の $\mu-3\sigma$ における破壊電圧率を 100% から差し引いた値 (=劣化率) とほぼ一致し、最大劣化率の推定に関しても極めて高い信頼性を有し、実用上有効な絶縁劣化推定法であると考ええる。

5. 2 安全運転限界と絶縁更新時期

長年月運転されてきた直流電動機の稼働限界は、絶縁耐力が運転電圧あるいは、予想される異常電圧に対して十分余裕があるか否かを判断して決定されるべきものである。直流電動機に関しては、このような安全運転に必要な絶縁耐力レベルの指標はないが、発電機については諸提案がなされており、この内の $(2E+1) \times 0.65 (kV)$ 、AC 1 分値程度を考えるのが適当と思われる⁽²⁾。

絶縁更新の時期をどこにおくかは経済性その他の事情により一様に決めることは困難であるが、熱間圧延用大形直流電動機の圧延プラント設備における重要性を考えると、絶縁耐力レベルが上記安全運転可能レベルまで低下した時点が、絶縁更新時期の一応の目安になると考える。これは絶縁の最大劣化率で置き換えると約 85~90% に相当する。

以上のことから、先に示した絶縁破壊被試験機 A, B は極めて適切な巻替え時期にあったといえることができる。

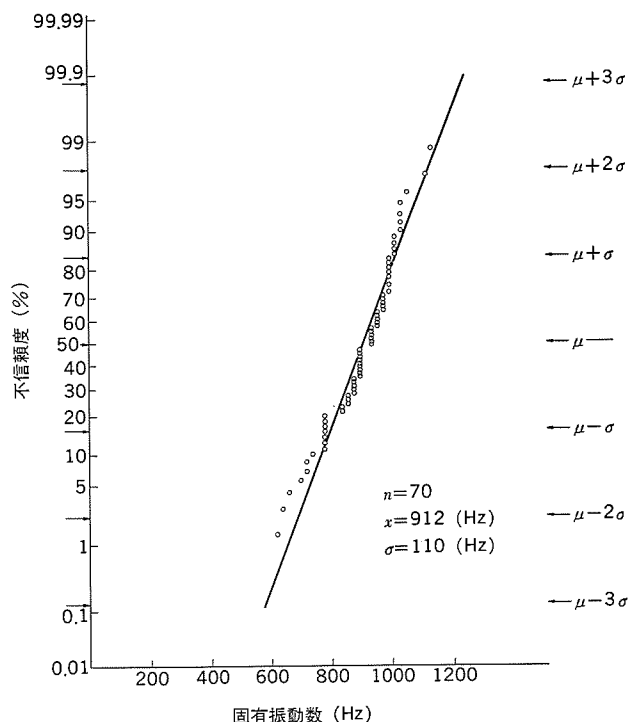


図 5. 電機子巻線の鉄心端部での固有振動数分布

6. む す び

熱間圧延用大形直流電動機の寿命は、電機子巻線の絶縁寿命に支配され、以前からその定量的評価法の確立が望まれていた。ここに提案した絶縁劣化推定法は、絶縁の基礎試験データと実機絶縁破壊試験データの解析結果から得られた定量的評価法であり、実用上の精度が高く、類似機の寿命予知に有効な指針となり得ることが分かる。

我々は、現稼働機だけでなく最近の薄葉絶縁材と耐熱合成樹脂で構成された H 種絶縁システムに関しても、同様の手法で劣化特性を把握しており、将来予測されるこれらの寿命予知に対する対応も可能である。なお、今後の新設機の絶縁劣化管理のあり方としては、電機子巻線の各種初期特性を十分把握しておき、その経年変化を追跡管理してゆくことをこの推定法のバックアップ手段として提案したい。特に従来の非破壊電気試験に加えて電機子巻線の振動挙動を経年的に管理してゆくのも有効な手段であると考えられる。図 5. は最近製作した熱間圧延用 6,500 kW 直流電動機の電機子巻線の鉄心端部における固有振動数の分布を示すもので、これが今後、経年的にどのように変化してゆくのか興味深いところである。

最後にこの研究は、昭和 54 年に新日本製鐵(株)君津製鐵所の厚板仕上圧延用 2~5,000 kW 直流電動機の絶縁劣化推定を目的に、この推定法の原形を提案した時から始まり、昭和 58 年に絶縁破壊試験を実施してその信頼性を確認したものである。その間、御指導、御協力をいただいた関係各位に対し、謝意を表する。

参 考 文 献

- (1) 平林, 谷: 昭和 52 年電気四学会連合大会, 91
- (2) 上之園, 福田: 電研所報, 4, No. 4 (昭 29)

《MELFLEX 330》遠方監視制御装置

金井 三男*・西川 正治*・井上 正*・寺地 信夫**

1. ま え が き

遠方監視制御装置（以下、遠制装置という）は、複雑化した電力系統を安定かつ効率的に運用するための神経系として、その重要性をますます高め、電力系統の総合自動化の進展に伴い、装置に対する要求も高度化し、より一層の高信頼性が求められるようになってきた。

一方、半導体部品の技術進歩が目ざましく、特にマイクロプロセッサに代表される LSI 部品の性能、信頼性が近年ますます向上している。

当社の遠制装置としてはワイヤードロジックの《MELFLEX 300》、マイクロプロセッサを使用した《MELFLEX 400》があり、それぞれの特長をもって既に数百セットを納入しているが、今回、より一層の高信頼度化、保守性の容易化を目的として、マイクロプロセッサを使用した《MELFLEX 330》を開発、実用化したので紹介する（図 1.）。

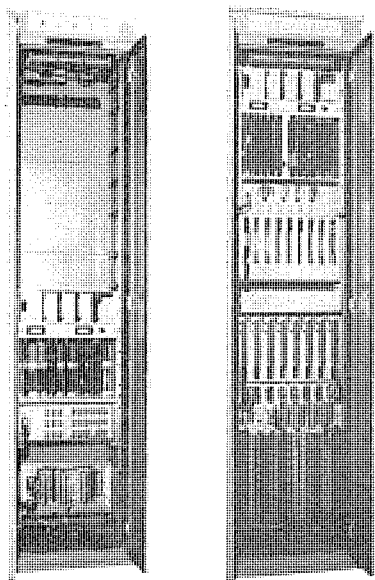


図 1. 《MELFLEX 330》遠方監視制御装置
(ロジック 盤)

2. 開発、実用化の目的

開発、実用化を行うに当たり、以下のような目的を主眼とした。

(1) 高信頼度化

遠制装置に要求される信頼度を文献・実績などから検討し、実現可能な数値として、MTBF (Mean Time Between Failure) 10 年／1 対向以上を目標とした。

(2) 保守性の向上

万一障害が発生しても、その発生箇所が早く発見できること、また復旧作業が円滑に行えること。

(3) 増設・変更性の向上

遠制装置として不可欠である増設・変更の際、現地での作業を簡易化し、しかも、変更点の確認が容易に行えること。

(4) 生産性の向上

各工事ごとに発生する個別配線を無くしすべて共通図面で製作でき、試験の効率を高めること。

(5) その他

従来のワイヤードロジックの感覚で取扱ができること。今までの実績ある内部バスインタフェースを使用し、各モジュールの共用化を図ること。

3. 《MELFLEX 300》の構成

3.1 基本構成

部品点数、個別配線の減少に有効なマイクロプロセッサを使用し、工事ごとに变化する部分は、目で確認できるようにスイッチ設定モジュールで吸収することとし、専用メモ리카ードや専用プロセッサカードは設置しない。基本構成図を図 2. に示す。

内部バスは《MELFLEX 400》の低速バスとし、互いにモジュールの有効利用を図ることとし、装置を制御するメインプロセッサにバス制御機能を持たせる。メインプロセッサは最も一般的な 8 ビット CPU (8085 系) を使用し、同一ボード内に並列直列変換、直列並列変換 (PS, SP) 機能、バス制御機能を持たせ、負荷軽減のため、他に専用のサブプロセッサを設置する。専用サブプロセッサはメインプロセッサと同じ 8 ビット CPU とし、最も負荷率の高い表示情報の処理を専用に行わせる。

メモリは CPU ボード内に実装し、ファームウェア化することにより、従来のワイヤードロジックの感覚で取扱できるようにする。メインプロセッサ及び専用サブプロセッサのメモリ内容は、メインプロセッサに接続された保守ツールにより読出しできることとし、その保守ツールは回線試験器としても使用できるようにする。

装置の仕様を表 1. のように決定し、上限を設けることによりソフトウェアの不必要な増大を防止し、プログラムを簡素化している。

3.2 構成及び機能

図 3. にこの装置のブロック図を示し、以下に構成及び機能の概要を

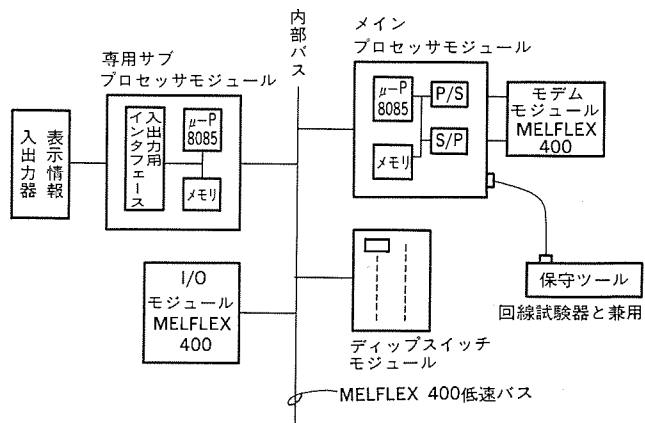


図 2. 《MELFLEX 330》基本構成図

表 1. 仕 様 一 覧

仕 様		仕 様 内 訳
使 用 条 件	供 給 電 源	供給電源(入力): DC 110 (88~144) V, AC 100 V $\pm$ 10% 電圧コンバータ: DC-DC 形, AC-DC 形
	周 囲 環 境	温 度: $-10\sim+45^{\circ}\text{C}$ (一般操作), $0\sim+40^{\circ}\text{C}$ (高精度) 湿 度: 30~90%
	絶 縁 耐 力	入出力端子ーアース間: AC 2,000 V 1 分間
容 量		制 御: 90 項目 オプション 表 示: 120 項目 設定値制御 2 量 遠隔測定: 4 項目 (40 量の選択計測)
符号伝送方法	伝 送 方 式	サイクリック, 多重タイムシャリング (時分割)
	符 号 形 式	NRZ 方式・等長符号
	同 期	フレーム同期
	符 号 検 定	制 御: 反転伝送+nCr コードチェック+パリティチェック 表 示: 反転伝送+パリティチェック
	構 成	64, 44, 40 ビット方式
	通 信 速 度	200, 600, 1,200 b/s
制 御	操 作	2 動作操作 (各項目について, 選択+共通マスタコントロール)
	制 御 出 力	無電圧片端共通「a」接点 接点容量: DC 140 V, 5 A, 1 秒間又は連続 (負荷時定数: 12 ms)
表 示	表 示 入 力	無電圧片端共通接点 接点容量: DC 110 V, 0.01 A (最小投入時間: 50 ms)
	表 示 方 法	オープンコレクタ 接点容量: DC 24 V, 0.1 A, 1 灯式又は 2 灯式
	表 示 試 験	・試験操作で反転試験 ・復帰操作で正常運転 ・自動状態変化において正常運転へ自動復帰
伝 送 時 間		選 択: (約) 3 秒 制 御: (約) 1 秒 表 示: (約) 3 秒 (100 項目: 200 B/S 速度で)
主 構 成 素 子		論 理 回 路: LSI, MSI, SSI 入出力 (I/O) 回路: ホトカブラ及び (又は) 小形リレー
変 復 調	変 調	FS 変調
	周 波 数 割 当	200 B/S: $800+400(n-1)\text{Hz}$, $n=1\sim 6$ 600 B/S: 1,200 Hz 1,200 B/S: 1,700 Hz
	周 波 数 偏 移	200 B/S: $\pm 100\text{Hz}$ 600 B/S: $\pm 200\text{Hz}$ 1,200 B/S: $\pm 400\text{Hz}$
	入出力インピーダンス	$600\Omega \pm 20\%$ (標準)
	インタフェース条件	マ ー ク “1”: $f_L=(f_0-\Delta f)$ ス ペ ー ス “0”: $f_H=(f_0+\Delta f)$
	送信出力と受信入力レベル	出 力: 0~30 dBm 入 力: 0~30 dBm
	S/N 比 (信号対雑音比)	受信端において: 15 dB 又はこれより良好
	合 計 ひ ず み	$\pm 15\%$ 以内
機器異常事態	多 重 選 択	2 ないしそれ以上の選択スイッチが同時に操作された時, 「多重選択」が表示される。更に警報が鳴り, また伝送データは「すべて “0”」に戻る。
	渋 滞	エラーが検出 (制御又は表示操作において) され, これが連続して 3 回又はそれと相当以上繰返されると, 「渋滞」信号が伝送され警報が鳴る。
	伝 送 ラ イ ン の “断”	レベルが正常値より 10~15 dB 継続して下がると, 伝送ラインの「断」が表示され警報が鳴る。

記す。

3. 2. 1 制御所側装置

(1) 回線接続モジュール (LI)

装置を制御するメインプロセッサとして, PS・SP 機能, バス制御機能, 保守メンテナンス接続機能を持ち, システムイニシャル時スイッチ ROM モジュール (SW) の内容を読み出し, 処理に必要なデータパターンに展開して内部メモリに格納する。また必要なデータを表示出力制御モジュール (SV) に転送する機能をもつ。

(2) 表示出力制御モジュール (SV)

表示出力専用処理するサブプロセッサであり, ランプ表示の点灯, フリ

ック, 滅灯などの処理を各個別項目ごとに行う。処理内容はシステムイニシャル時メインプロセッサから転送されるデータにより決定される。出力はワードシリアルビットパラレルで制御盤内に実装された個別ディジタル出力 (DO) に渡されランプ表示される。

(3) スイッチ ROM モジュール (SW)

工事ごとに変化する処理内容を設定するモジュールであり, システムイニシャル時のみ LI モジュールにより読み出され必要なデータパターンに展開される (図 4. にディップスイッチ式設定カードを示す)。

(4) アナログ出力モジュール (AO)

被制御所から送られてくる計測値をアナログに変換し出力するモジュ

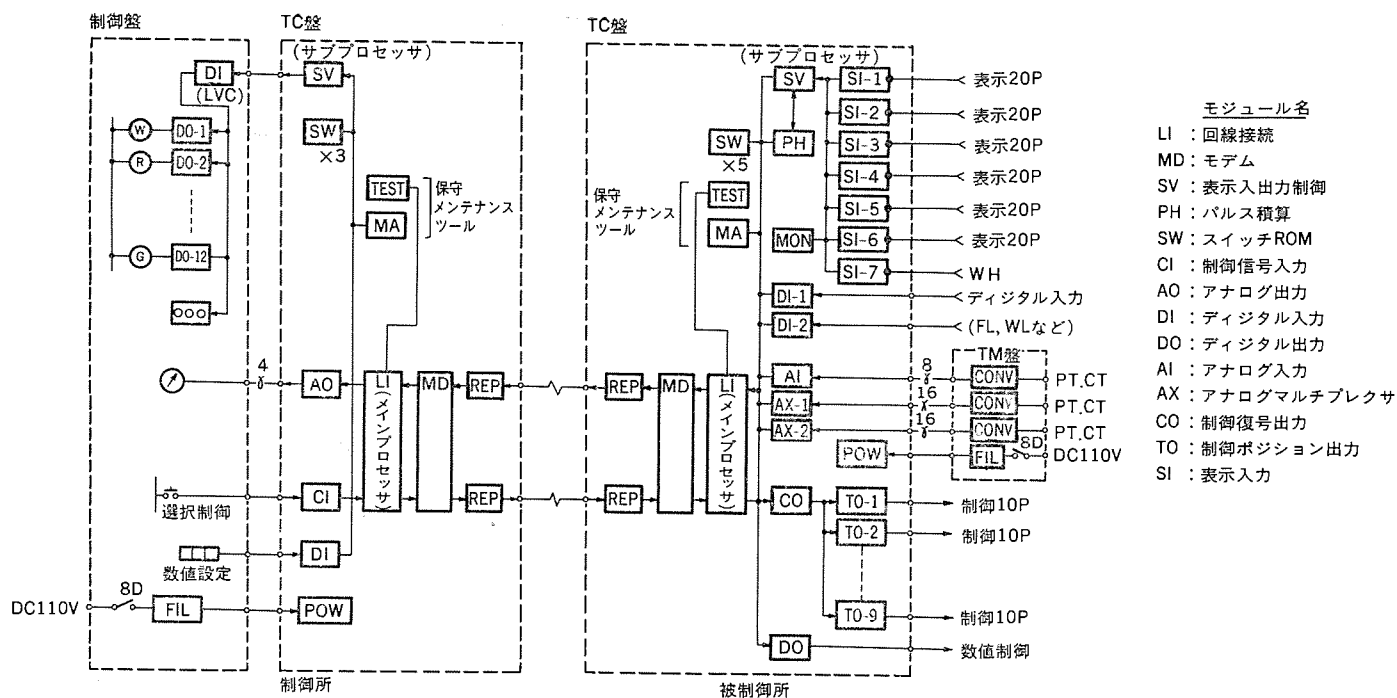


図 3. ブロック図

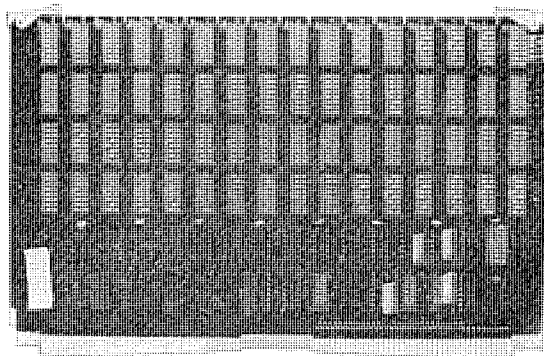


図 4. スイッチ ROM モジュール

ールであり、LI からの指令により動作する。

(5) 制御信号入力モジュール (CI)

制御盤からの操作内容を入力し、必要な検定を行った後、定マークコードに変換するモジュールであり、LI からの指令により動作する。

(6) モデムモジュール (MD)

回線を通して被制御所と接続するための変調復調モジュールであり、《MELFLEX 400》のモジュールを共用している。

3. 2. 2 被制御所側装置

(1) 回線接続モジュール (LI)

制御所側装置の LI と同様の機能を持ち、同じハードウェアを使用するが、ソフトウェアは被制御所専用である。

(2) 表示入力制御モジュール (SV)

表示入力専用処理するサブプロセッサであり、接点信号の一定時間の引き延ばし、瞬時入力の保持などの処理を各個別項目ごとに行う。処理内容はシステムイニシャル時メインプロセッサから転送されるデータにより決定される。入力は、10 点を 1 グループとして表示入力モジュール (SI) から各グループ当たり 25 ms 以内に高速で読み込まれ、各点ごとに 2 回以上連続したレベル (ON 又は OFF) であればその変化を有意として各個別入力ごとに指定された処理を行い、LI からの指示に

より信号を受け渡す。また、積算情報はパルス積算モジュール (PH) に受け渡される。

(3) 表示入力モジュール (SI)

配電盤などからの接点信号を絶縁し、内部ロジックレベルの信号に変換するモジュールであり、高信頼度化の一方策として、ホットカプラにて無接点化するとともに、入力接点のチャタリングを除去するフィルタを無くし簡素化している。入力信号は SV からの呼出しに応じて 10 点を 1 グループとしている。

(4) パルス積算モジュール (PH)

内部にメモリを持ち SV がメモリの更新を行うモジュールである。3 けた (桁) 6 量又は 6 桁 3 量までの容量を持ち、モジュール前面から手動にて修正が行える。また、装置電源停止時にもメモリ内容が消えない回路となっている。

(5) スイッチ ROM モジュール (SW)

制御所側装置の SW と同様の機能をもっている。ただし、選択計測の情報を設定するため容量の大きいものを使用している。

(6) アナログ入力モジュール (AI)

アナログ入力と A/D 変換機能を持つモジュールであり、アナログマルチプレクサ (AX) とともに最大 40 量の計測情報を処理する。動作はすべて LI からの指令により行われる。

(7) 制御復号出力モジュール (CO)

定マーク化されて送られてきた選択制御信号の検定及び復号を行い、制御ポジション出力モジュール (TO) へ出力するモジュールである。

(8) 制御ポジション出力モジュール (TO)

CO から出力された選択信号により動作するポジションリレーをもつモジュールである。このモジュールの接点を通して、制御 (入、切) 出力を外部に出力する。

3. 3 ソフトウェア構成

メインプロセッサ (LI モジュール)、サブプロセッサ (SV モジュール) のソフトウェア構成はイニシャライザ、タスクスケジューラ、サイクリックスケジューラ、外部割り込み

の管理機能をもつ簡易モニタ(OS)と、それぞれの管理下におかれる機能プログラム群により構成される。以下にメインプロセッサの概略を記す。

(1) イニシャライザ

システムイニシャル時起動され、スイッチROM(SW)からの処理データ展開プログラム、サブプロセッサ(SV)の処理データ転送プログラム、周辺機器イニシャルプログラムなどで構成される。

(2) タスクスケジューラ

レベル0からレベル15までのタスクスイッチング可能なスケジューラであり、PS-SPハンドラ、SVへの情報転送、回線制御などのタスクプログラムで構成される。

(3) サイクリックスケジューラ

リアルタイムクロック100msを基本クロックとして一定周期ごとに起動され、プログラム群で構成される。

(4) 外部割り込み

回線インタフェース用PS-SPからの割り込み処理、サブプロセッサ(SV)からの割り込み処理、保守メンテナンスツール接続時のデータ授受割り込み処理で構成されるが、1レベル多要因割り込みのサポートはサービスしない構成としている。

4. 開発、実用化に際しての留意点

この装置を開発、実用化するに当たり、次のような点を考慮した。

(1) 高信頼度化

マイクロプロセッサを使用することにより、部品点数の大幅な削減とモジュール種類の減少を行った。また、すべての使用部品の見直しを行い、実績データからの使用部品選定を行うとともに、発熱を考慮してCMOS ICの大幅な採用と放熱実装設計を行った。加えて、製造時の信頼性均一化のためプリント基板部品の自動挿入、バス用バックパネルのプリント基板化と無はんだ化及びフラットケーブルの大面的な採用を行った。

(2) 保守性の向上

障害発生箇所ランプ表示及びソフトウェアによる異常データ退避や専用メンテナンスツールの充実を図った。具体的な方法は以下のとおりである(図5、図6、図7に専用メンテナンスツールを示す)。

(a) 渋滞発生パターンの退避(LI)

(b) アナログ入出力時のBCDパターンくずれ及びレンジチェックデータの退避(LI)

(c) 入出力データのダブルバッファチェックとチェック不良時のデータ退避(LI)

(d) 精度チェックエラーデータの退避(LI)

(e) モジュールデバイスアドレスの符号間距離を2以上とし、1ビットエラーによる誤動作の防止

(f) 検出可能な障害の予備DOからの出力による外部記録などの容易化

(g) SIに試験用ダミー入力を設け全点ON-OFFの信号パターンを入力しての表示入力共通部の監視

(h) 装置電源投入のまま、抜き差しできるメンテナンス用モジュール(図8.トレーサパネル)を実装することによるソフトウェア上の不具合点の早期発見化

(3) 増設・変更性の向上

表示方式、選択計測項目、計測スケール、警報集約及び群単位の項目増設などほとんどの変更は、スイッチROMモジュール(SW)により変

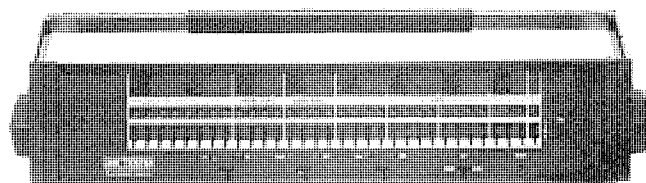


図 5. 可搬形回線試験器

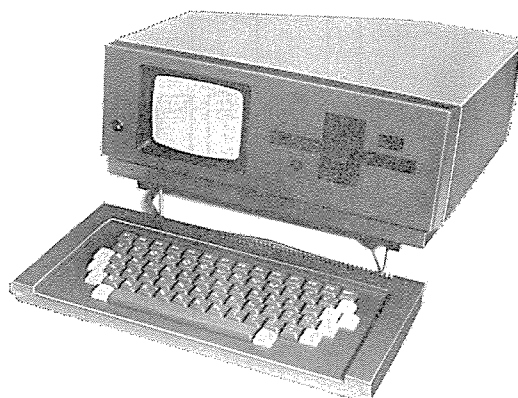


図 6. コンソールパネル

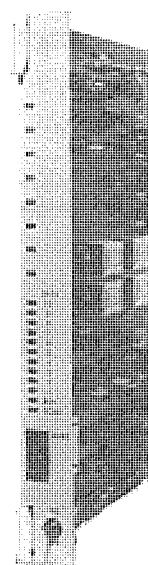


図 7. 表示入力モニタ

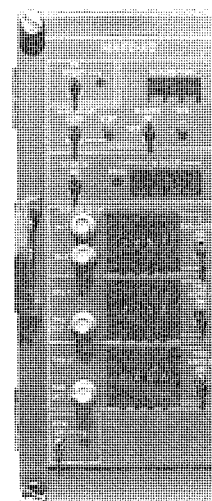
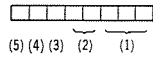


図 8. トレーサパネル

親局

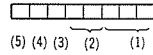
a. POSごと 1バイト/1POS



- (1) 表示方式 0:ロ(D) 4:ニ
1:イ(C) 5:A
2:B' 6:B
3:ハ 7:A'
- (2) 警報集約 0:なし
1:BL
2:BZ
3:(CM)
- (3) 制御対応 0:同一制御POSにてフリッカロック
1:フリッカロックなし
- (4) 表示転送 0:なし
(外部接点出しなど) 1:要
- (5) M C S 0:CB関係
1:43関係

子局

a. POSごと 1バイト/POS



- (1) 表示方式 0:ロ(D) 4:ニ
1:イ(C) 5:A
2:B' 6:B
3:ハ 7:A'
- (2) 警報集約 0:なし
1:BL
2:BZ
3:(CM)
- (3) 制御出力時限 0:1秒
1:連続
- (4) 反転要否 0:要
1:除外
- (5) 状態時反転 0:復旧
復旧 1:除外

図 9. スイッチ ROM 設定例

更できるようにし、その確認もソフトウェアのコンパ機能で機械的にできるように考慮した。スイッチROMの設定例を図9.に示す。

(4) 生産性の向上

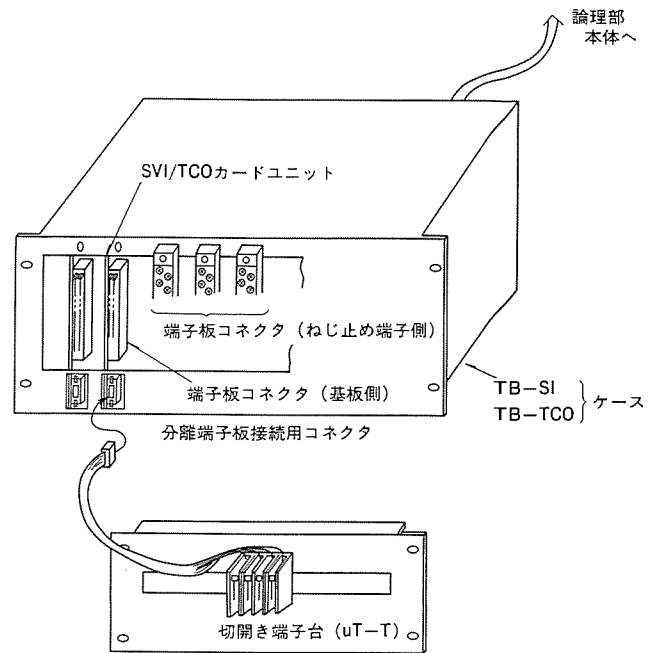
装置構成単位をすべてユニット化し、ユニットの入出力をすべて標準コネクタとすることでユニットのレベルで自動試験を可能とした。また、コネクタ接続のみで装置を組み上げる方法とし、標準図面化を推進した。

5. 《MELFLEX 330》の特長

以上記述したように《MELFLEX 330》は高信頼度化、保守性の向上、増設変更性の向上、生産性の向上など多数の機能的特長をもったマイクロプロセッサ形遠制装置である。更に構造的な特長として、図10.のように被制御所側装置において、入出力カードフレームと端子台を一体化した構造をあげることができる。この一体化構造により、表示入力、制御出力の外部配線を直接カード前面に接続することが可能となり、省スペース、盤内配線の大幅減少を実現した。

また、工事への適用時、不要な混乱を防ぐため、及びソフトウェアの簡素化のため以下のような制限を設けた。

- (a) 適用工事: 1対1テレコン制御所側装置及び被制御所側装置



説明

- Ex1. TB-SVI, TB-TCOへ直接外線を引き込む場合は、端子台コネクタ(ねじ止め側)を用いる。
- Ex2. 切開き端子台が必要な場合は、別途切開き端子台を設置し、ケーブル接続にてTB-SVI/TB-TCOケースへ引き込む。
- Ex3. 雑音はこのユニットにすべて除去し、論理部へは達しないようになっている。

図 10. 端子台一体形カードフレームの外観図

1対Nテレコン被制御所側装置

- (b) 容量: 標準として、表示120点、制御90点、計測40量、電力量(Wh)6量までとする
- (c) 伝送速度: 1,200, 600, 200, 50 b/s(ビット/秒)とするが、50ビット/秒時のモデム入出力レベルは複流とし、外部にて単流に変換する
- (d) 符号フォーマット: 等長64, 44, 40ビット方式とする
- (e) 入出力モジュール: 多要因1レベル割り込みの機能を持つモジュールでスキニングモード不可のモジュールは使用しない

6. む す び

以上、マイクロプロセッサを使用した《MELFLEX 330》の概要、特長などを述べた。遠制装置に要求される信頼度、保守性、増設変更性などは今後ますます高くなると考えられる。

今後の課題として、

- (1) 保守ツールを使用した会話形データベースの変更機能の追加によるスイッチROMモジュール(SW)の不要化と信頼性向上、増設変更性の容易化
- (2) CADの一環とした自動作画、自動手配の実用化
- (3) 遠制装置専用機種としての融通性をいかした応答性の早い改良
- などを使用者側の意見も考慮して対処していきたい所存である。

衛星搭載用姿勢制御ソフトウェア

真鍋 舜治*・若杉 登**・稲宮 健一**・岡沼 徹**・圓谷 正和**・浅見 令美**

1. ま え が き

人工衛星の姿勢制御系は、人工衛星が軌道上において受ける種々の外乱に対抗し、安定な姿勢を維持する役割を担う。この人工衛星の姿勢制御の方式を分類すると、スピン安定方式と三軸制御方式の2種類に大別される。スピン安定方式は、衛星本体を一定角速度で回転させることにより、ジャイロ剛性を利用して姿勢を一定に保つものである。この方式は、一般的には精度や発生電力に対する要求がそれほど厳しくない従来の通信衛星に用いられることが多かった。一方、三軸制御方式では、衛星自体は回転せず、フライホイールやガスジェットスラスタを利用することによって姿勢を安定させる。この方式は、一般的に精度や発生電力に対する要求が厳しい観測衛星及び最近の通信衛星や放送衛星に用いられてきている。

さて、昭和60年代後半に打上げが予定されている中高度三軸衛星ではそのミッション達成のために、高精度及び高発生電力が要求されている。この要求を満足させるために、衛星の姿勢制御方式として三軸制御方式の採用が想定される。また、デジタル制御は高い計算精度をもち、複雑な制御論理や多様な機能処理が可能であり、更に運用に際して地球局の負担が軽減される、などの利点をもっている。姿勢軌道制御電子回路にデジタル計算機の採用が望まれる。年とともに人工衛星の大型化や高精度化要求の厳しくなっている人工衛星の姿勢制御系は、このように今後ますますデジタル化の方向に進むことが予想される。当社では宇宙開発事業団の御指導のもとに、中高度三軸衛星の研究開発の一環として昭和56年度からこのデジタル計算機に搭載する姿勢軌道制御用ソフトウェアの研究開発を進めてきた。本文では、その研究開発状況について述べる。

2. 想定ミッション要求と姿勢制御系の概要

中高度三軸姿勢制御系の研究開発で想定したミッション要求は、高度

表 1. 姿勢軌道制御モードの目的

	目 的
レートダンピングモード RD	・衛星分離 ・太陽電池パドル/合成後の残留角運動量を除去する。 ・地球捕捉モード ・セーフティ移行
地球捕捉モード EAQ	レートダンピング後、衛星の正ヨー軸を地心方向に向ける。
ヨー捕捉モード YAQ	地球捕捉後、衛星の正ロール軸を衛星進行方向に向けて三軸姿勢を確立する。
定常制御モード NM	三軸姿勢確立後、ミッション機器の動作のための定常姿勢制御状態を確立する。
ヨー軸制御モード YCM	軌道制御を行うため、三軸姿勢確立状態から必要に応じて地球捕捉状態を保持しつつ、ヨー軸回りに90°又は180°回転する。
軌道制御モード OCM	軌道制御コマンドにより指定された開始時間及び時間中の軌道制御スラスタを噴射する。またその間の姿勢を所定の範囲内に保持する。
太陽捕捉モード SAQ	セーフティ移行による DAOCE 切替後の衛星の電力確保を第一とし、安全姿勢状態を確立する。

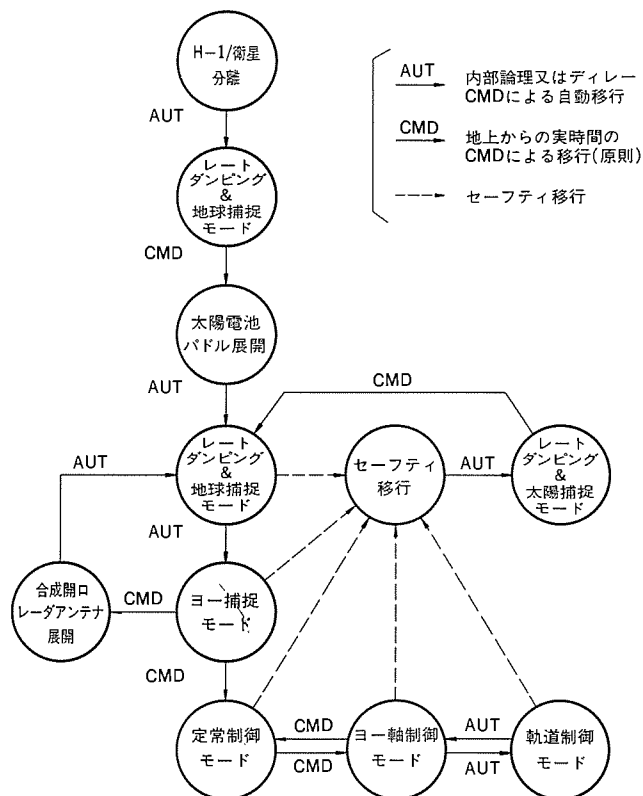


図 1. AOCS のモードシーケンス

570 km、軌道傾斜角 98° の円軌道で地表観測を主なミッションとし、ミッション運用時における姿勢制御要求 (3σ) は姿勢精度 0.3°、姿勢安定度 0.003°/s である。

これらの基本要素をふまえ設計研究の結果、姿勢制御系には初期捕そく(捉)、定常制御、軌道制御、及びセーフティ制御などの機能、またセーフティ制御では姿勢制御用コンポーネントの故障検知、自動冗長切替、制御モード切替などの機能が要求される。図 1. には上記各機能間の移行順序を示し、表 1. には各制御機能の目的を示す。

姿勢制御系の構成としては、デジタル計算機を制御電子回路に採用し、慣性センサ、地球センサ、精太陽センサ、粗太陽センサ、リアクションホイール、磁気トルカ、及びガスジェットスラスタからなる構成が第一候補として考えられる。

3. 搭載ソフトウェアの位置付け

この中高度三軸衛星の制御モードとしては、宇宙空間に打上げられてから、衛星の角速度を除去するレートダンピングモード、観測機器を地球方向に指向させるための地球捕捉、ヨー捕捉などの制御モードを経て、地球観測というミッションを行う定常制御モードに移り、更にミッション期間中に生じる軌道誤差を修正する軌道制御、及び故障により一時的に正常なミッション続行が困難となった時、電力と安定な姿勢を確保するため、太陽捕捉の制御モードも備える必要がある。衛

星に搭載したデジタル計算機は、以上の各制御モードへの移行及び制御計算を行う。

デジタル計算機に搭載されるソフトウェアは、衛星が宇宙空間に打上げられてからミッション終了に至るまでの期間中、衛星の姿勢を制御したり、地上局からの指令に基づいて衛星の動きを変更させたりするための処理機能を持ち、更にコンポーネントが故障した時でもミッションが継続できるように冗長側のコンポーネントに切り換えたり制御方法を替えたりする機能をもつ必要がある。

4. デジタル型姿勢軌道制御電子回路 (DAOCE) と搭載ソフトウェア

この中高度衛星を想定した姿勢制御系の DAOCE と搭載ソフトウェアの概要を述べる。

図 2. のインタフェースブロック図に示すように、DAOCE は 1ワード 16ビットのデジタル計算機部、インタフェース回路、ホイール駆動回路、磁気トルカ駆動回路などから成り立っている。なお表 2. にデジタル計算機の主要性能を示す。搭載ソフトウェアを起動するための割り込みは、125 ms ごとに外部のクロックから与えられる。搭載ソフトウェアは基本

表 2. デジタル計算機の主要性能

項 目	性 能 諸 元
1 プ ロ セ ッ サ	ビットスライス型プロセッサ 2901×4
2 制 御 方 式	マイクロプログラム方式
3 語 長	16ビット/ワード
4 演 算 方 式	2進並列
5 命 令 語 の 大 き さ	1～2ワード
6 命 令 数	73
7 オペレーションコードの長さ	8ビット固定
8 演 算 レ ジ ス タ	8
9 ア ド レ ッ シ ン グ 方 式	直接/間接アドレス レジスタ直接/間接アドレス
10 数 値 語 長	16, 32ビット
11 倍 長 演 算	加・減・算
12 マシンサイクル (クロック)	3MHz
13 演 算 速 度	加減算 4 μ s 以下 単精度乗算 40 μ s 以下 単精度除算 60 μ s 以下

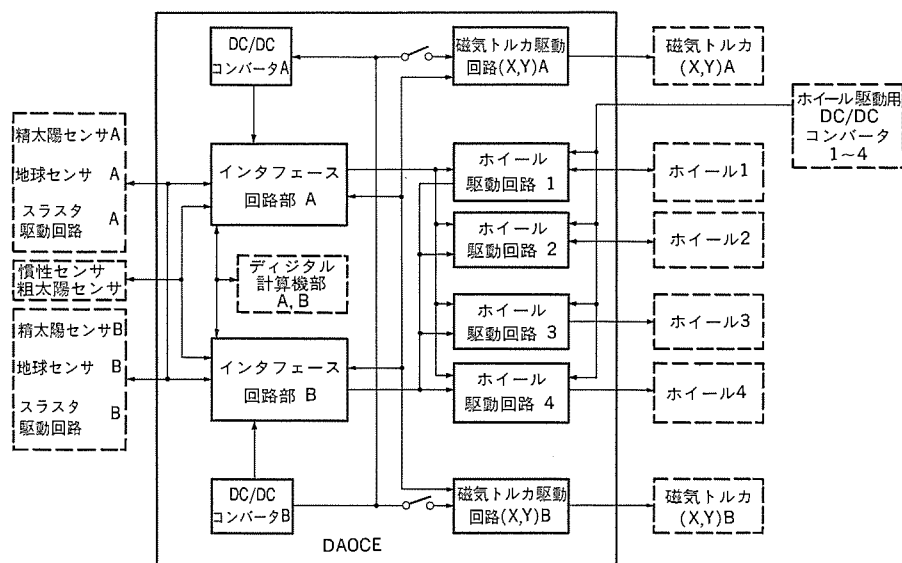


図 2. DAOCE のインタフェースブロック図

ソフトウェア部（スケジューラ、モードコントローラ、タイマなど）、センサデータ処理部、アクチュエータコマンド処理部、姿勢決定部、制御論理部、故障検知部から構成される。

デジタル計算機は、この搭載ソフトウェアを格納するのに十分なメモリ容量を備えていなければならない。メモリにはROMとRAMの2種類があり、プログラムはROMに、変数、定数はRAMに格納する。使用しているアルゴリズム内の演算の種類や回数に基づく経験則を用いて予測した搭載ソフトウェアのサイズは、ROMが9Kワード、RAMが0.5Kワードとなった。そこで、計算機のメモリ容量は、この予想値に十分な余裕をもたせROMを12Kワード、RAMを1Kワードとした。

計算機の割り込み周期は、衛星の安定度、アリアスノイズ、ハードウェア上の制約などを考慮した上で以下のように決定した。まず慣性センサの速度情報はパルス間隔で与えられるため、割り込み周期を125 ms以下とすると、慣性センサの量子化誤差が大きくなり、計算機の処理時間にも抵触することがわかった。また、500 ms以上にすると、安定度に影響し、アリアスノイズが発生することがわかった。これらの結果、割り込み周期としては125～250 msの範囲が妥当となったが、長いサンプル周期をカバーできるという観点から、125 msを選んだ。

5. 搭載ソフトウェアの構造

搭載ソフトウェアは多数のプログラムにより構成されている。各プログラムはその機能により、図 3. に示すように九つのグループ（1000～9000）に分類できる。各グループの下に連なる箱がプログラムの一つ一つに対応する。そして各プログラムはその機能に対応した分類番号が付けられている。以下に各プログラムの基本的な機能を説明する。

(1) 基本ソフトウェア (1000)

125 ms 周期ごとの処理の時間管理や、計算機起動時の初期捕捉制御モードの設定や制御モード移行時の計算に使われる変数、フラグの初期化、搭載ソフトウェア内の時刻の更新を行う。搭載ソフトウェアの処理の統制をつかさどる部分である。

(2) 入出力処理 (2000)

姿勢制御用コンポーネントである慣性センサ、精太陽センサ、粗太陽センサ、地球センサ、ホイール、磁気トルカからのデータを計算機に入力したり、搭載ソフトウェアで計算したスラスタ、ホイール、磁気トルカなどの制御信号を計算機から出力したりする。

(3) コマンド/テレメトリ (3000)

地球局からのコマンドを読み込んだり、衛星の情報をテレメトリ信号によって地球局に送信するための処理を行う。

(4) 故障検知 (4000)

入出力処理 (2000) で取り込んだ姿勢制御用コンポーネントの瞬時瞬時のデータや、データの時間的な変化を基に、各コンポーネントの故障を検知してフラグを立てる。

(5) センサデータ処理 (5000)

入出力処理 (2000) で取り込んだセンサデータ信号を変換して、搭載ソフトウェア内での制御計算に使うフォーマットに変換する。

(6) アクチュエータコマンド処理 (6000)

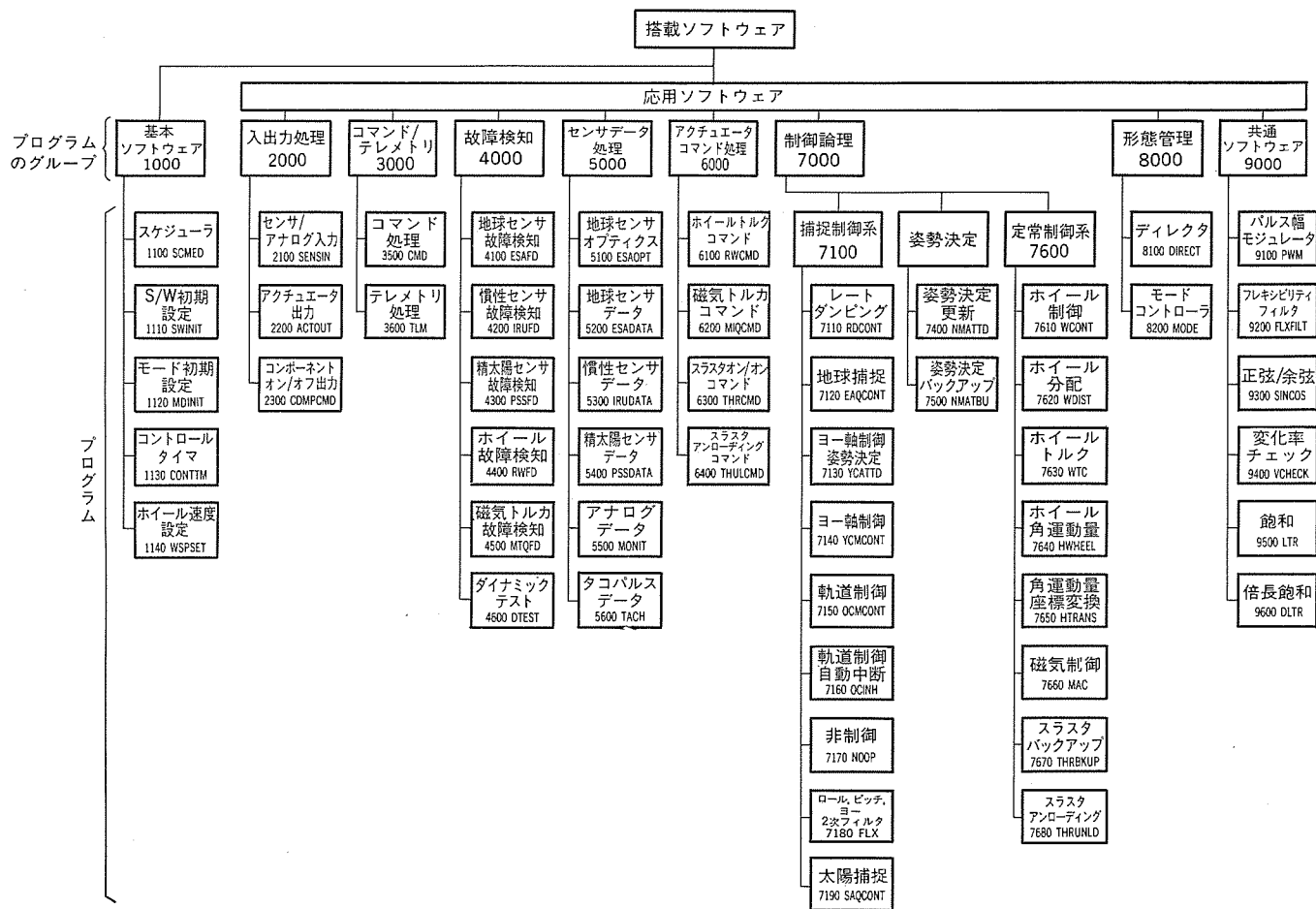


図 3. 搭載ソフトウェアの構成

制御論理（7000）で計算したリアクションホイール、及びガスジェットスラスタ、磁気トルカの駆動信号を計算機の外部に出力できるようなフォーマットに変換する。

（7） 制御論理（7000）

制御論理プログラムの機能は捕捉制御と定常制御に大別できる。捕捉制御では、慣性センサと地球センサのデータを用い、PD制御則に基づき、任意の姿勢から観測機器を地球方向に指向させるようにガスジェットスラスタを噴射する。

定常制御では、慣性センサのデータ（衛星レート）を数値積分して姿勢角を求め、地球センサと精太陽センサのデータを入力値とする定係数カルマンフィルタを用いて姿勢角及びジャイロドリフトレートの推定値を更新する。このようにして求められた三軸の姿勢角を用いて、PD制御則に基づき4個のリアクションホイール（斜交配置）を駆動して姿勢を制御するとともに、磁気トルカを用い、ホイールのアンローディング（ホイールの回転数が飽和しないように制御すること）を行う。

（8） 形態管理（8000）

コマンド/テレメトリ（3000）を通して取り込んだ地球局からのコマンドに基づいて制御モードを変更する。衛星の姿勢によっては独自に制御モードを決定することもある。また、故障検知（4000）により、故障が確認された場合には故障したコンポーネントを冗長側に切り替えたり、あるいは電源をオフするなど適切な処置を行い、ミッションが継続できるようにする。

（9） 共通ソフトウェア（9000）

リミッタや三角関数などいわゆる内部関数的な機能を持つ。

6. 搭載ソフトウェアの開発

6.1 開発管理手法

前章で説明した搭載ソフトウェアの開発は図4.に示す標準化されたフロー、すなわち以下に示す順序で行った。

- （1）ソフトウェア要求定義
- （2）ソフトウェア開発計画
- （3）外部設計
- （4）内部設計
- （5）コーディング
- （6）単体試験
- （7）ソフトウェア総合試験、及びソフトウェア検査
- （8）システム試験、及びシステム検査
- （9）出荷

また、各開発段階のチェックは、宇宙開発事業団による三つの公式レビュー、

- （1）ソフトウェア要求仕様書レビュー（SRR）
- （2）外部仕様書レビュー（PDR）
- （3）内部仕様書レビュー（CDR）

と当社による四つの非公式レビュー、

- （1）ソフトウェア総合試験手順書レビュー
- （2）ソフトウェア検査手順書レビュー
- （3）内部仕様書レビュー（DDR）
- （4）コードレビュー（CR）

図 5. 搭載ソフトウェアの試験手順

るように描いたものであり、これを用いればアセンブラ言語でのプログラム作成は機械的に行うことができる。

フローチャートは、デバッグや後の改修を考えてできる限りわかりやすく描く必要があるが、あまり冗長にするとプログラムサイズが大きくなってしまいうという問題点もある。フローチャートの作成にあたってはこの点も十分に注意した。また、ビット落ちによる計算誤差を防ぐために連続加減算や積分計算では、倍精度演算を使用した。作成したプログラムのメモリ容量は、最も小さなもので 22 ワード、最も大きなもので 800 ワード程度となった。

6.3 検証試験

検証試験は、各プログラム内の演算が正しく行われているか、分岐命令において分岐先は正当かなどの機能を確認するためにプログラムごとに行なった。試験の手順を図 5. に従って説明する。

まず、大型計算機 COSMO-700 の端末から、作成したプログラムを入力し、各プログラムごとにファイルを作っていた。これらのプログラムをクロスアセンブラ(メタシンボルを利用)を使い、機械語に変換したのち紙テープに出力した。この紙テープをミニコン《MELCOM 70/25》に搭載した支援プログラムを介して、DAOCE 計算機部にロードし、検証試験とデバッグを行った。

紙テーブリーダから読み込んだ被試験プログラムを計算機部にロードした後、外部に接続したキーボードからの操作で、テストデータの入力やプログラムの実行、実行結果の出力などを行い、検証試験を実施した。

試験ケースの設定に際し、数値演算の部分では正常値に加え限界値を越えるデータを入力した場合、論理演算の部分については未定義のフラグを入力した場合などの異常状態も考慮に入れた。更に、フローチャート内のすべてのルートが最低1回は通過するようにも配慮した。検証試験の結果はあらかじめ他の手段により予想しておいた結果と比較し、若し有意の差異があれば誤りを正して再試験を繰返し行い、差異がなくなった時に初めて検証試験に合格とした。図6.には以

```

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39

```

```

*****
*          9900 LTR          *
*****
*  1983.4.8   1 WORD ヲミツク  *
*****
*    BY    Y.ASAHI          *
*****
*
*      DEF PROGRAM
*
*          DEF      LTR
*
*          DEF      LABEL
*
*          DEF      LTR1
*          DEF      LTR2
*          DEF      LTR3
*          DEF      LTR4
*
*      PROGRAM
*
*
01 00000 00000F40 AI LTR MOV R2,R0 *7 R2 <- R0
01 00001 00009500 A TBRZ LTR3 *7 IF R2=0 THEN LTR3
01 00002 00000015 N
24 01 00003 00000F60 AI MOV R3,R0 *7 R3 <- R0
25 01 00004 0000AF60 AI SLLZ R3 *7 R3 ; 1 BIT SHIFT TO L
26 01 00005 00009500 AI TBRZ LTR4 *7 IF R2=1 THEN LTR4
01 00036 0000000F N
27 01 00007 00000F40 AI MOV R2,R0 *1 R2 <- R0
28 01 00038 0000A600 AI TBRP LTR1 *2 IF R2>=0 THEN LTR1
01 00009 0000000C N
29 01 0000A 0000D700 A CPL R0 *2 R0 = -R0
30 01 0000B 0000CC00 A INC R0 *2
31 01 0000C 0000D804 A LTR1 CMP R0,R1 *3 R0 - R1
32 01 0000D 0000A500 A TBRN LTR2 *4 IF R0 < R1 THEN LTR2
01 0000E 00000010 N
33 01 0000F 00000F04 AI LTR4 MOV R0,R1 *5 R0 <- R1
34 01 00010 00000F28 A LTR2 MOV R1,R2 *6 R1 <- R2
01 00011 0000A600 AI TBRP LTR3 *6 IF R1>=0 THEN LTR3
01 00012 00000015 N
36 01 00013 0000D700 AI CPL R0 *6 R0 = -R0
37 01 00014 0000CC00 A INC R0 *6
38 01 00015 0000FA00 AI LTR3 SRET * SUB END
39 END

```

図 6. アセンブラリスト 例

上の手順に従って作成した プログラム の一例として，単精度のリミッタプログラムを示す。

検証試験の実施に当たっては、試験の目的、入力データ、出力予想データを記入した「試験手順シート」を前もって作成しておき、これに出力結果を記入していく、という手順をとった。

7. 搭載ソフトウェアの概要とまとめ

搭載ソフトウェアは総数 41 のプログラムから構成されており、総合メモリ容量は ROM で約 7K ワードとなった。設定した変数の占めるメモリは RAM で約 0.5K ワードである。計算機のメモリ容量は ROM が 12K ワード、RAM が 1K ワードであり、ROM に 40 %、RAM に 50 % 程の余裕がある。処理時間は各制御モードによって異なるが、最も時間のかかる定常制御モードで約 25 ms となった。処理は 125 ms ごとに行われるので時間的には 80 % の余裕がある。

8. む す び

現在 41 すべてのプログラムについて個々の機能の検証試験が終了した段階である。今後は全部のプログラムを組み合わせる搭載ソフトウェア全体としての機能を確認する段階に進む予定である。その中では、制御精度の要求を満足することを確認し、各コンポーネントに故障が生じた場合の冗長側への切替のタイミングや、制御モードへの移行のタイミングが適切であることを確認するために様々なケースを想定し、総合的な試験を行う。そして、より高精度で信頼性の高い姿勢軌道制御用の搭載ソフトウェアを完成していきたいと考える。

最後に、この搭載ソフトウェアの開発は宇宙開発事業団からの業務委託契約のもとに、中高度三軸姿勢制御系の研究の一環として、履行したものである。この作業に関し御指導いただいた宇宙開発事業団筑波宇宙センター誘導制御開発室池内室長殿、鈴木孝副主任開発部長殿をはじめ関係各位に深く感謝の意を表する次第である。

《MELCOM 80》DPS10リレーショナル形データベースシステム

山崎 洋美*・樋口 雅宏*・吉森 幹夫*・小村 克也*・小宮富士夫*

1. ま え が き

リレーショナル形データベース機能は、オフィスコンピュータの最上位機種《MELCOM 80/500, 400》のオペレーティングシステム DPS10 の上に標準的な機能としてサポートされている。

近年電子計算機のハードウェア及びソフトウェアは長足の進歩を遂げており、それにつれて計算機システムはますます大規模化し、そのシステムを稼働させるためのアプリケーションプログラム（APP）の負担も大きなものとなっている。これと共にシステムの改修及び保守に要する費用が増大している。

DPS10 リレーショナル形データベースシステム（RDBS）は、従来からのファイル処理の考え方をそのまま踏襲しながらデータベースを実現することができるので、プログラムの作成が容易でありシステムの構築も柔軟かつ簡単である。またデータの独立性を保つことによりシステムの拡張、改修に際してアプリケーションプログラムの改修を不要にしている。

2. 概 要

（1）データベースの構築

データベースの構築は単にデータ定義プロセッサ（DDF）により実際に格納されているデータの様式定義（CODASYL 形データベースのスキーマ定義に相当する）及びアプリケーションソフトウェア（APP）で扱うファイル形式の定義（サブスキーマ定義に相当する）を行えばよい。APP で扱うファイル形式の定義は、論理ファイル定義と呼び実データの見方（View）を定義する。この定義を行うことにより目的に応じて種々の仮想的なファイルを取扱うことができる。このように論理ファイル定義を行うことにより、同一の実データを共用して種々の形式で扱うことが可能となり、システムとしてデータを重複してもつ必要がなくなる。また論理ファイルとしてデータ処理を行うことにより、APP と実データのつながりが論理的になるため、データ構造の変更に対して APP は何ら影響を受けることなくデータの独立性を保つことができる。

（2）ファイル処理と一体化した RDB 機能

DPS10 RDBS は順次ファイル、相対ファイル、索引ファイル、多面索引ファイルといった従来からのファイル処理の延長で取り扱うことができる。その結果データベースの構築が簡単となり、既存のファイル処理システムを必要に応じて随時データベース化してゆくことも可能である。

一方、ファイル処理機能に対してもデータベース的な考え方をとり入れ、両者で矛盾が起らないようにしている。従来からのファイル処理の考え方では、ファイル編成すなわちデータ構造によりアクセス方法が限定されてしまうが、DPS10 RDBS 及びファイル処理（両者を合わせてデータベース・データ管理と呼ぶ）では APP で記述したアクセス方法、あるいは DDF で定義したアクセス方法に従ってアクセスを行う。したがって索引ファイル、多面索引ファイルのデータ部を順次ファイル、相対ファイルとして扱うことが可能である。その場合データベースとし

てのデータの整合性を保つため更新処理を行ったとき実データに索引が作られていれば、実データの構造に合わせてデータベース・データ管理が自動的に索引部に対しても更新処理を行う。

したがって今まで順次ファイルとしてデータを格納していたものに対して索引が必要になり、索引ファイルあるいは多面索引ファイルにしても順次ファイルとして扱っていた既存のプログラムは修正することなく、そのまま使用することができる。このように通常のファイル処理機能を使用する場合も、可能な限りデータの独立性が保たれるようになっている。またファイル処理機能と RDB 機能を一体化することにより、両者の融合を図りかつ矛盾が起らないようにしている。

（3）ファイル処理と統一された操作命令

RDB を扱う READ, WRITE などの操作命令は、通常のファイル処理で使用する命令と同一の命令である。その結果プログラム作成時通常のファイル処理と区別することなく RDB を扱うことができる。

3. リレーショナル形データベースの特長

（1）データベースシステムを従来のファイル処理の考え方の延長で容易に実現することができる。

（2）DDF で論理ファイルの定義を行うことにより、リレーショナルデータベースの基本的な機能である選択（Selection）、射影（Projection）、結合（Join）の機能を実現することができる。

- ・選択……………指定されたレコードに対する各フィールドの値、範囲などを指定し条件に合致するレコードだけを処理対象とする。
- ・射影……………実際に処理する物理ファイルのレコードのうち使用者がアクセスしたいフィールドだけを選択し、View として設定する。
- ・結合…………… n 個の物理ファイルを各々のレコード内のフィールドの関連によってアクセスを行う。物理ファイル間の関連付けは索引経由で行われるので、あらかじめ索引生成ユーティリティにより索引を生成しておく必要がある。

図 1. は選択、射影、結合の概念を示したものである。図の中の物理ファイルは実データの収納されている個々のファイルであり、論理ファイルに対比するものである。

（3）DDF で定義した仮想的なファイルである論理ファイルは、プログラム処理では従来のファイルと同様に扱える。

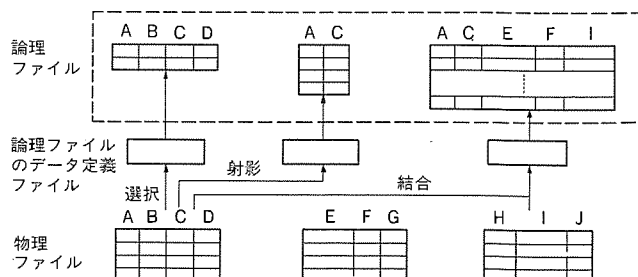


図 1. 選択、射影、結合の概念

- (4) 論理ファイルも従来のファイル処理と全く同一の命令で扱うことができるので、プログラム作成が容易である。
- (5) データの独立性が保たれているので、システムの拡張、変更に対して柔軟に対処することができる。データ構造の変更に対してはDDFによるデータの再定義を行うだけでよい。
- (6) RDBとファイル処理はデータベース・データ管理により統一的に管理されているので、両者の間で考え方の相違及び処理上の矛盾がない。
- (7) 物理ファイル同志の関連付けは実行時に関連するファイルの索引を通して実現しているので、データベースの拡張、変更に対して既存のデータベースを生成、再編成する必要がない。
- (8) Joinしたファイルは、APP側では単純に一つのファイルとして扱うことができるので、その分プログラム作成が容易になる。
- (9) エンドユーザー向けの簡易言語であるDUETを使用することにより手軽にデータベースを参照することができる。

4. リレーショナル形データベースの機能

DPS 10 リレーショナル形データベースは物理ファイルを基に、それらのファイルの関係を論理ファイルとして定義することによって、データ処理及びその管理を行っている。

RDB機能は、図2に示すように物理ファイルの見方を定義した論理ファイルを定義することにより実現される。論理ファイル定義は実行時データベース・データ管理により参照され、その内容に従って各物理ファイルから必要な項目及び物理ファイル間の関連付けを行ってAPP側へ論理ファイルとしてのレコードを渡している。したがってAPP側からみた場合、物理ファイルのデータ構造とは直接関係せず論理ファイルのレコード様式が変わらない限り影響を受けることはない。

図2の例で、例えば在庫管理プログラムで論理ファイルの受注番号を第一にして読み込むと、データベース・データ管理は受注番号を第一にして受注マスタから該当レコードを読み込み、更にそのレコードの商品番号を第一にして商品マスタとの関連付けを行い該当レコードを読み込む。そして論理ファイルで定義されている項目の内容に従って論理レコードを作り、それをAPP側へ渡す。

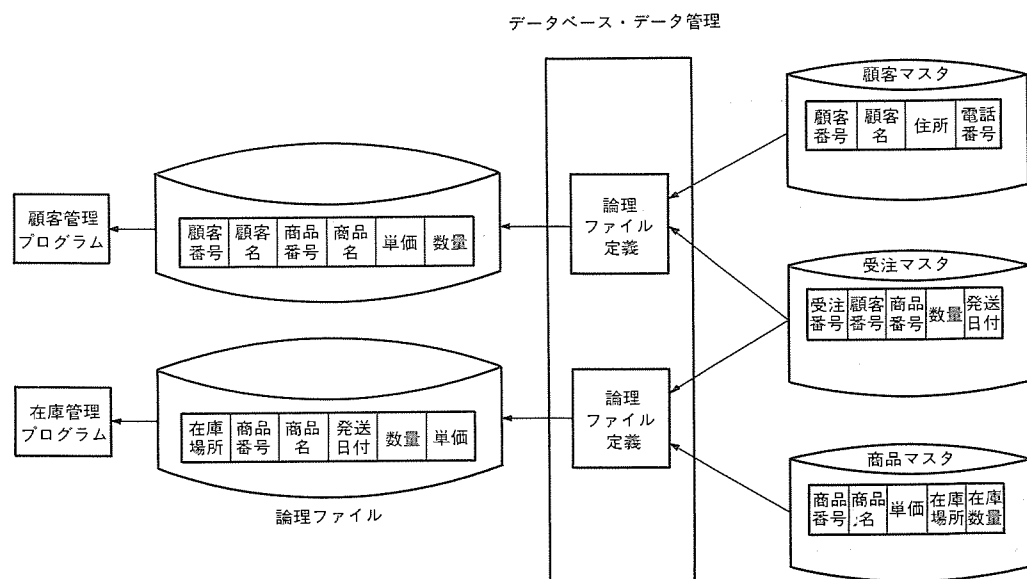


図2. リレーショナル形データベースの例

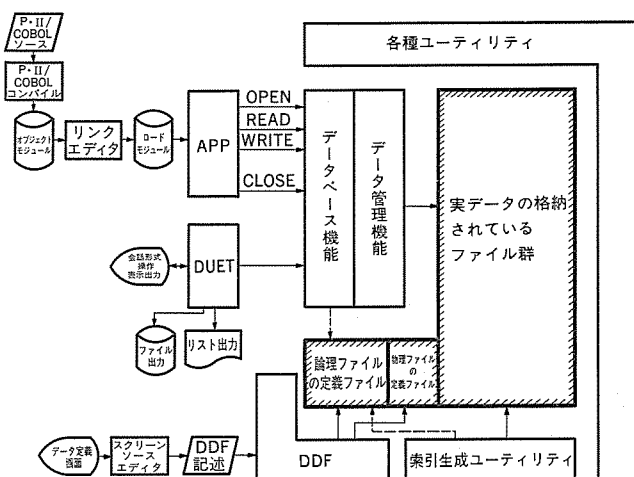


図3. リレーショナル形データベースシステムの関連図

5. RDBSの構成要素の関連

図3は、DPS 10 RDBSの構成要素と、それらの関連を示したものである。構成要素を大別すれば次の三つに分けられる。

- (1) データ定義を行うデータ定義プロセッサ(DDF)
- (2) RDBからファイル処理までを統一的に管理しているデータベース・データ管理機能
- (3) 索引生成ユーティリティあるいはデータのセーブ/リストア、コピーなどを行う各種ユーティリティ

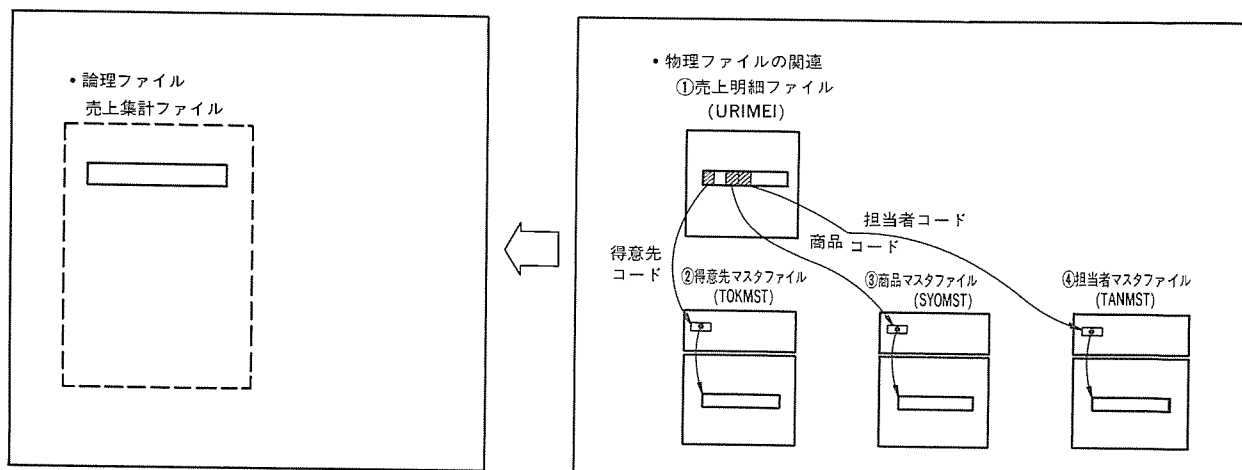
実データが格納されている物理ファイルは、従来からのファイル処理と同じ扱いでファイル生成を行う。

RDBとして使用するためには、DDFにより実データの格納されている個々のファイルに対して物理ファイル定義を行い、必要に応じて各プログラムで使用する論理ファイルの定義を行う。データ定義を行うためのDDF記述はスクリーンソースエディタ(SSE)を使用して行うことができる。SSEを使用しないで、記入シートに従って記述したものをソースファイル化してDDF記述とすることもできる。DDF記述はDDFの入力ファイルとして読み込まれ、この内容に従って物理ファイルあるいは論理ファイルの定義ファイルが生成される。

索引生成ユーティリティは論理ファイルの定義ファイルを参照して、R

DBで必要とする索引を生成する。使用者は各論理ファイルに対してどのような索引が必要であるか意識する必要はない。ユーティリティが判断して必要な索引を生成する。

簡易言語であるプログレス II (P-II)、あるいはCOBOLのプログラム内で論理ファイルの記述をしている場合は、コンパイル時に記述している論理ファイルの定義ファイルが参照されレコード名、項目名など定義されている内容がとり込まれる。したがってプログラム内の記述では、論理ファイルに対するデータ定義は不要になる。



・論理ファイルのレコード様式

得意先コード	取引日	得意先名	商品コード	商品名	担当者コード	担当者名	数量	単価	金額
--------	-----	------	-------	-----	--------	------	----	----	----

・物理ファイルのレコード様式

①売上明細ファイル						
得意先コード (URTOKCD)	取引日 (URTORDY)	商品コード (URS YOCD)	担当者コード (URTANCD)	数量 (URSURYO)	単価 (URTANKA)	金額 (URKING)

②得意先マスタファイル		
得意先コード (TKTOKCD)	得意先名 (TKTOKNA)	---

③商品マスタファイル		
商品コード (SYS YOCD)	商品名 (SYSYOMEI)	---

④担当者マスタファイル		
担当者コード (TNTANCD)	担当者名 (TNTANNA)	---

図 4. 論理ファイルの定義例

6. DDF でのデータ定義

実際に DDF を使用してデータ定義を行った場合の例を示す。図 4. の例では“売上明細ファイル”の得意先コードを“得意先マスタファイル”，商品コードを“商品マスタファイル”及び担当者コードを“担当者マスタファイル”にリンクさせている。

図 5.～図 8. に、この例のそれぞれの物理ファイルのデータ定義を示し、図 9. に論理ファイルのデータ定義を示す。

DDF で定義した論理ファイルは“売上集計ファイル”として使用する。アプリケーションプログラムでは“売上集計ファイル”は、一つのファイルとして扱う。物理ファイルの関連付けを意識する必要はない。以下データ定義仕様書の記述

データ定義仕様書

プログラマ名						日付						種別:物理・論理・画面・印刷・通信										ページ	
ファイル名						売上明細ファイル																	
連番						仕 修 場 ・ コ ー ド ・ サ イ ズ ・ サ イ ス ・<																	

図 5. 売上明細ファイル

データ定義仕様書

プログラマ名		日付		種別:物理・論理・画面・印刷・通信		ページ	
ファイル名		得意先マスタ・ファイル					

連番	仕 様 の 順 号	処 理 条 件												フ ィ ー ド 格 別	参 照 順 号	ア リ タ イ プ	小 数 点 以 下 の 桁 数	位 置		機 能																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
		対 象 の レ コ ー ド				対 象 の レ コ ー ド				対 象 の レ コ ー ド								行 位 置	桁 位 置																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
		標 識	標 識	標 識	標 識	標 識	標 識	標 識	標 識	標 識	標 識	標 識	標 識																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
0	2	0	1	0	A	*																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					</

図 6. 得意先マスタファイル

データ定義仕様書

[illegible]

図 7. 商品 マスタファイル

データ定義仕様書

[illegible]

図 8. 担当者 マスタファイル

データ定義仕様書

[illegible]

図 9. 売上集計ファイル

を簡単に説明する。

- ・ 7 欄:「*」はコメント行であることを示す。
- ・ 17 欄:「R」はレコード様式名,「△」は項目名の指定であること

を示す。「J」は左
辺の項目を第一値
として右辺の項目
に結合することを
示す。

「S」は特定の値のデータを選択することを示す。

- ・35 欄:「A」は英数字, カナ・タイプの項目であることを示す。「S」はゾーン10進数であることを示す。

- ・45欄: TEXT はレコード名, 項目名の注釈

(注) データ定義ファイル名
の後2文字は「.L」
にする。

7. リレーショナル 形データベースで のデータ処理方式

アプリケーションプログラムで RDB を扱う場合は、論理ファイルを使用して処理すればよい。表 1. は論理ファイルの処理で利用できるアクセスマクロであり、これはファイル処理で使用するマクロと同じである。

図 10. は、Join した論理ファイルを処理した場合、論理ファイルとして実際に読み込まれるデータを示したものである。この例ではファイル A の K1 をファイル B の K1、及びファイル A の K2 をファイル C の K2 にリンクしている。各ファイルに格納されているデータは図の下に示すとおりとする。このように定義した論理ファイルを順次入力で読

み込んだ場合、論理ファイルとして読み込まれるデータを図の左側に示す。APPでは左側に示す1個のファイルに対して処理を行えばよい。このようにAPP側では物理ファイル同志のリンク付けに対して意識する必要がないのでプログラム作成が容易になる。

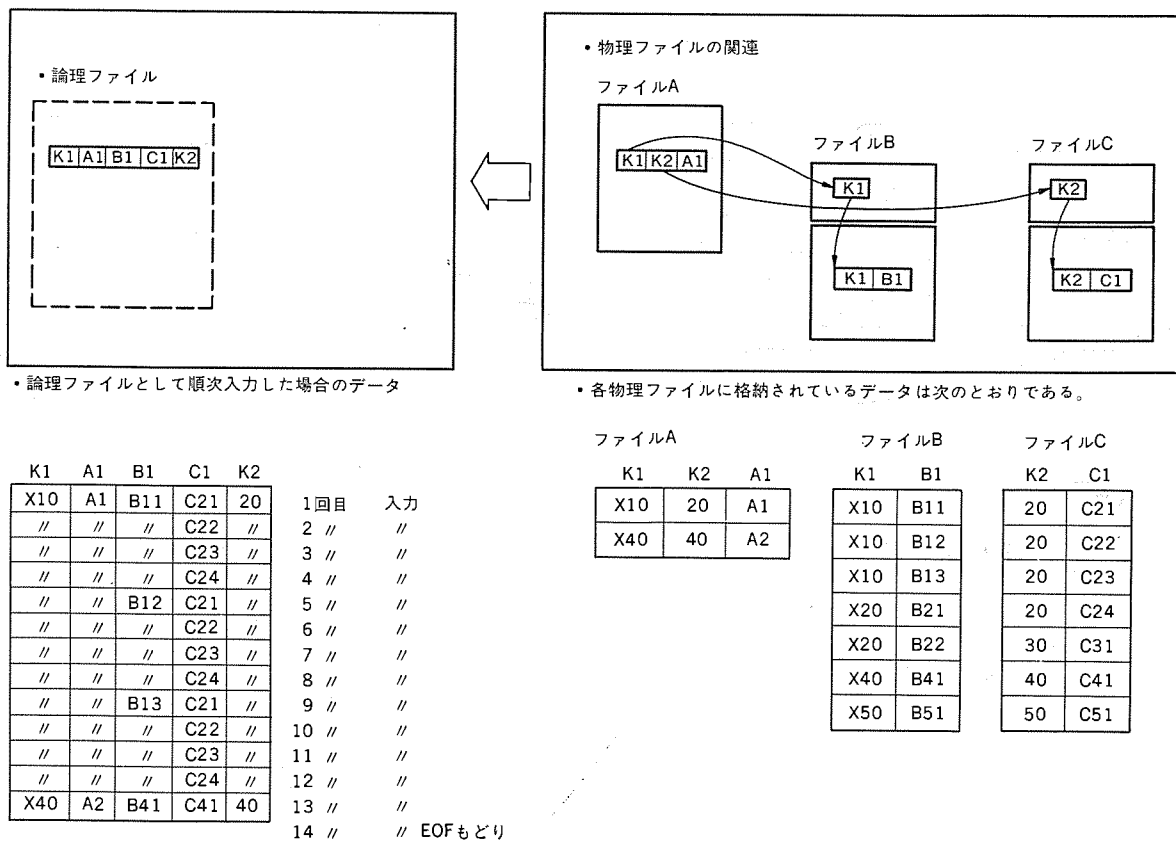


図 10. 論理ファイルのデータ

表 1. 論理ファイルでのアクセスマクロ

アクセスマクロ	機能概略	順処理		乱処理	
		1:1	1:n	1:1	1:n
オープン (OPEN)	指定された論理ファイルをオープンし、関連する物理ファイルをすべてオープンする	○	○	○	○
クローズ (CLOSE)	オープンしたすべての物理ファイルをクローズする	○	○	○	○
入力 (READ)	論理ファイルの定義に基づいてレコードを入力する	○	○	○	○
同一キーの入力 (READ NEXT)	同一キーのレコードを入力する	○	○	○	○
出力 (WRITE)	論理ファイルの定義に基づいてレコードを出力する	○	×	○	×
更新 (UPDATE)	入力マクロで入力されたレコードを更新する	○	×	○	×
削除 (ERASE)	入力マクロで入力されたレコードを削除する	○	×	○	×
位置決め (POINT)	順処理でのキー値あるいはレコード番号による位置決め	○	○	—	—

注 1:1 → 一つの物理ファイルに対して一つの論理ファイルの定義を行った場合
1:n → n個の物理ファイルに対して一つの論理ファイルの定義を行った場合

8. ディスクボリュームの構造

リレーショナル形データベースの実データは、磁気ディスク上に格納される。磁気ディスク装置は物理的な単位である装置ごとに記憶単位が分割されるが、DPS 10 では操作性を良くするためディスク上のファイルに対しては物理的な装置を意識することなく、単一のディスクとして扱うことができる。図 11. はディスクボリュームの基本的な要素である物理ボリュームと論理ボリューム、ファイルシステムの関係を示したものである。

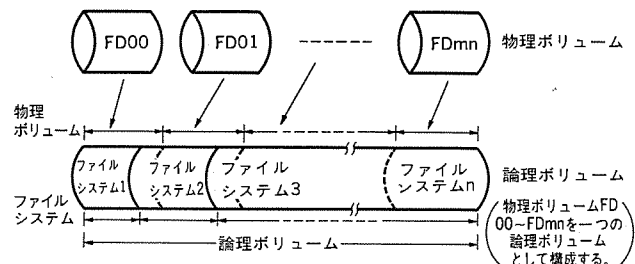


図 11. 物理ボリューム、論理ボリューム及びファイルシステムの関係

- 物理ボリューム：物理的な単位である個々の磁気ディスク
- 論理ボリューム：複数物理ボリュームを最大 16 個まで、合わせて一つの論理的なボリュームを作ることができる。
- ファイルシステム：論理ボリュームを一つのボリュームとして扱うことも可能であるが、論理ボリュームの中を幾つかの領域に分割し、分割した単位で領域の管理ができるようにしている。分割した一つの単位がファイルシステムであり、これが一つの論理的なボリュームと考えることもできる。ファイルシステムは一つの論理ボリュームに最大 15 個まで作ることができる。複数のファイルシステムを単一のディスクとして扱えるように、以下に記述するディレクトリと呼ぶ概念を導入している。

図 12. は各ファイルシステムを実際に運用する場合の例を示したものである。ルートファイルシステムは、DPS 10 システムとして供給されるファイルシステムである。各ファイルシステムの頭にルートディレクトリ (図中「/」で表す) が存在する。DPS 10 システムとしては、ルートファイルシステムのルートディレクトリが最上位の“ルートディレクトリ”になる。ルートファイルシステム以外のファイルシステムは、この“ルートディレクトリ”の下にディレクトリに装着して使用する。

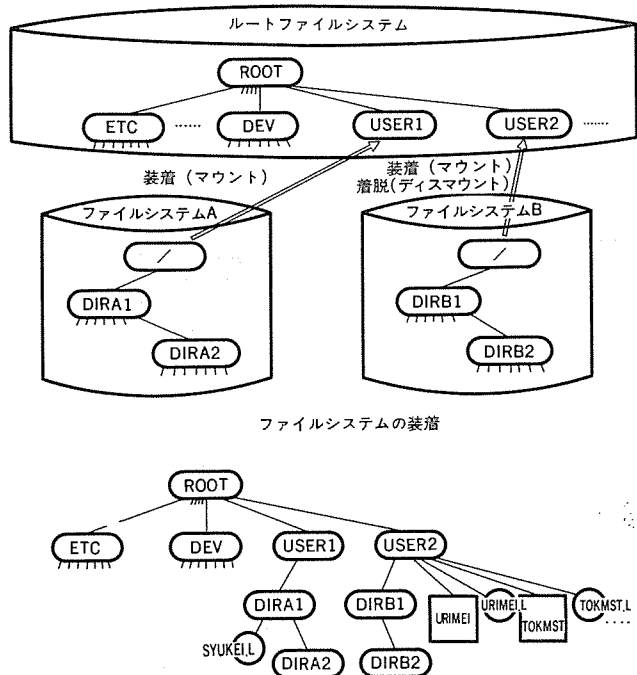


図 12. ディレクトリの論理的关系

各ファイルシステムのルートディレクトリは、ファイルシステム生成時に作られる。その下のディレクトリは必要に応じて必要なだけ作ることができる。ファイルは、これらのディレクトリの下に作られる。例えば、図 4. の論理ファイルを「DIRA1」の下に、物理ファイルを「USER2」の下に作る場合を図 12. の論理的关系に示す。物理ファイルのデータ定義ファイルは、実データの存在するファイルのあるディレクトリの下に作る。論理ファイルのデータ定義ファイルは、どのディレクトリの下に作ることも可能である。

9. エンドユーザー向け言語 DUET

DUET は計算機と会話しながら簡単な操作だけで RDB を処理する業務プログラムの作成、実行ができるエンドユーザー向け言語である。次に DUET の特長をあげる。

- (1) 画面と会話形式で業務プログラムを作成、修正、実行できる。
 - ・決められた処理パターンに業務を合わせる形式でなく、画面から簡単なパラメータを入力することにより汎用的な業務を行うプログラムが作成できる。
 - ・DUET の中で対象となるデータベースの項目選択 (射影)、レコード抽出 (選択) を定形処理として容易に行える。
 - ・業務処理の中で必要項目の集計や出力項目の分類 (ソート) などの定形処理を行うことができる。
 - ・作成した業務プログラムは、中間言語として登録できるので、実行や修正作業が容易である。
- (2) コマンド形式による業務プログラムの作成ができる。
 - ・メニューによる会話形式のほかに簡単な処理コマンドを用いて業務プログラムを作成することもできる。会話形式に比べ熟練者向きである。
- (3) 簡易印刷、簡易表示機能が提供されている。
 - ・標準的な形式でファイルの内容を印刷したり、画面上に表示する場合はプログラム作成を行わずに標準的な枠取りで出力できる。
- (4) ファイル、帳票の形式をプログラム作成とは独立して行える。

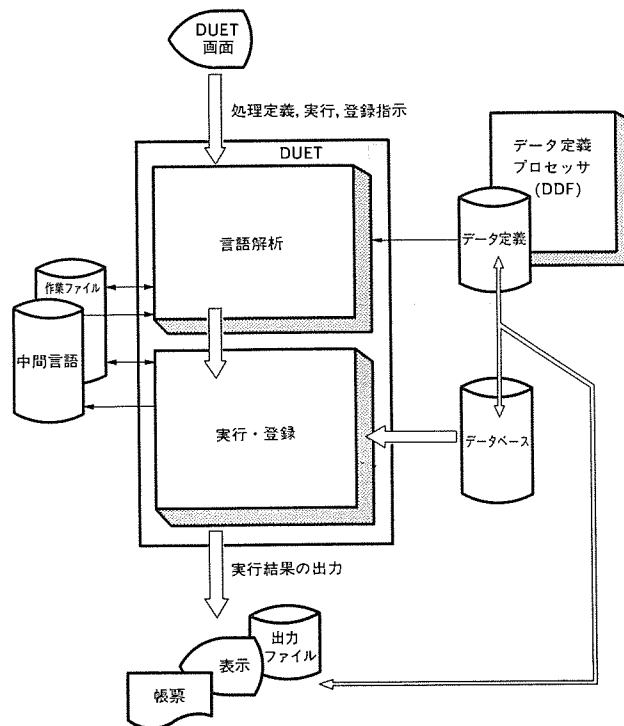


図 13. DUET の処理の流れ

- ・ファイル、帳票に出力する形式はデータ定義プロセッサを使用することによりプログラム作成とは独立して行える。
- (5) 短時間で実務的なプログラムの作成、実行ができる。
- ・一般プログラム言語で行うフローチャート作成やコーディングなどの作業は不要である。判断や制御の分岐などのプログラミング技法も不要である。

図 13. は DUET の処理の流れを示したものである。

10. む す び

従来、データベースといえば CODASYL 形のものが主流であった。我々も国産の小形計算機では初めて昭和 53 年に M 80/38 上で「DMS-3」を開発している。CODASYL 形データベースはデータ構造が簡単で効率の良い反面、データ同志の関連付けをディスク上に書き込むためデータ構造に対する柔軟性が少ない。そのため開発の初期に十分システム設計をしておく必要がある。

しかし RDB ではデータ同志の関連付けを実行時に行うので、柔軟性が大きくシステム変更が容易になる。このように操作上、処理上の利点が注目され最近小形計算機上で稼働する RDB システムが多く世に出つつある。

DPS 10 RDB システムでは、RDB の理論に固執することなく従来のファイル処理の考えを、そのまま踏襲して利用できるという考えやすさ、扱いやすさを重点に開発してきた。更に「DMS-3」で培ってきた長年の経験を生かして、オフィスコンピュータとして操作性の良いデータベースシステムをめざした。今後更に改善を加え、より操作性の良いシステムを実現してゆく所存である。

参 考 文 献

- (1) 渡辺ほか：三菱電機技報，57，No. 8，p. 6 (昭 58)
- (2) 小旋：「データベース入門」，啓学出版 (昭 58)

漢字プリンタによるバーコード印刷システムBARGEN

黒川 幸則*・土谷 昌晴**・角谷 徹**

1. ま え が き

最近スーパーマーケットなどで商品にバーコードが印刷されているものが急速に増えてきた。商品に印刷されているバーコードはソースマーキングと呼ばれ、白と黒の細い線の組合せにより、その商品がどこのメーカーの何という商品名かがわかるようになっている。したがってキャッシュャーにバーコード読取り装置を備えておき、価格の情報を入力しておけば即座に会計ができる。これをPOSシステム(Point of Sale)という。このPOSシステムは会計のみならず、商品の売行き状況の把握、在庫管理、発注管理まで結びつけることができ、流通業界のシステム化の有力な手段として各方面に普及しつつある。

この背景には、バーコードのシンボルマークの全世界的な統一化の動きがある。現在アメリカでは食品・雑貨用品のUPC(Universal Product Code)と衣料品のUVM(Universal Vender Marking)が制定されている。またヨーロッパではUPCと共通性のあるWPC(World Product Code)を基本としたEAN(European Article Number)がある。一方、日本では昭和53年にWPCを基本としたJAN(Japanese Article Number)が制定された。ここに紹介するバーコード印刷システムBARGEN(Bar-Code Generator)は、このような流通業界の動向を受け、当社が開発して某社に納入し、現在順調に稼働している。

ここでは、このシステムのシステム構成及びソフトウェアの機能について述べる。

2. 概 要

BARGENは、当社日本語処理の技術的蓄積をベースに客先の経験をミックスしてシステム開発したものであり、これまで個々のバーコードの種類別に、また同一バーコードでも仕様が異なると、専用のバーコード印刷機が必要であったものを統一的に取り扱えるようにした。また、従来漢字プリンタでバーコードを印刷する場合は、個別にアプリ

ケーションプログラムを作成していたものを、プログラムを意識せず簡単なパラメータ指定だけで編集処理ができるようにした。

開発に際して設定した基本方針は次のとおりである。

- (1) 多種多様なバーコードに対応できること。
- (2) 高速編集処理、高速印刷が可能であること。
- (3) 新しい規格のバーコードにも柔軟に対応できること。
- (4) エンドユーザーが容易に使えること。
- (5) 同時に日本語処理が行えること。

BARGENのデータ入力、編集処理、出力の概要を図1に示す。

3. ハードウェア構成

BARGENは、当社の汎用計算機《MELCOM-COSMOシリーズ》又はメガミニ《MELCOM 70シリーズ》と漢字プリンタM8270上で動作する。必ず(須)入出力機器としては、磁気テープ装置、日本語ワークステーション装置であり、ハードウェア構成例を図2に示す。

4. ソフトウェア構成

バーコード印刷システムBARGENは、図3に示すように基本ライブラリプログラムとプロセッサプログラムの二つに分類される。

(1) 基本ライブラリプログラム

ユーザーの作成する応用プログラムにライブラリとして組み込まれ、バーコード変換及び帳票設計を容易にする各種の機能を提供する。すなわち、応用プログラムからの要求に従ってバーコードのプリントイメージを作成する。

(2) プロセッサプログラム

簡単なパラメータにより、バーコード及び漢字プリンタのコマンドを意識することなく、バーコードのプリントイメージ作成を目的としたインタプリタ形式のプロセッサプログラムである。

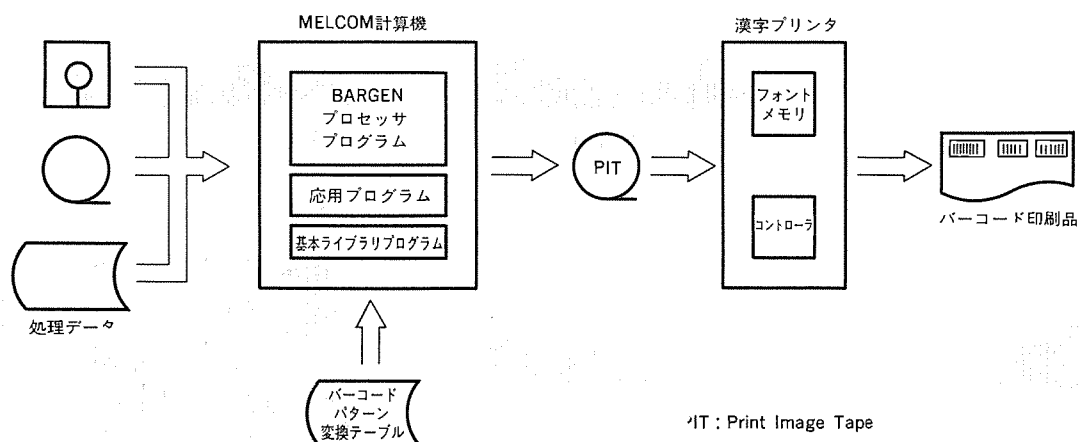


図 1. BARGEN 処理の流れ

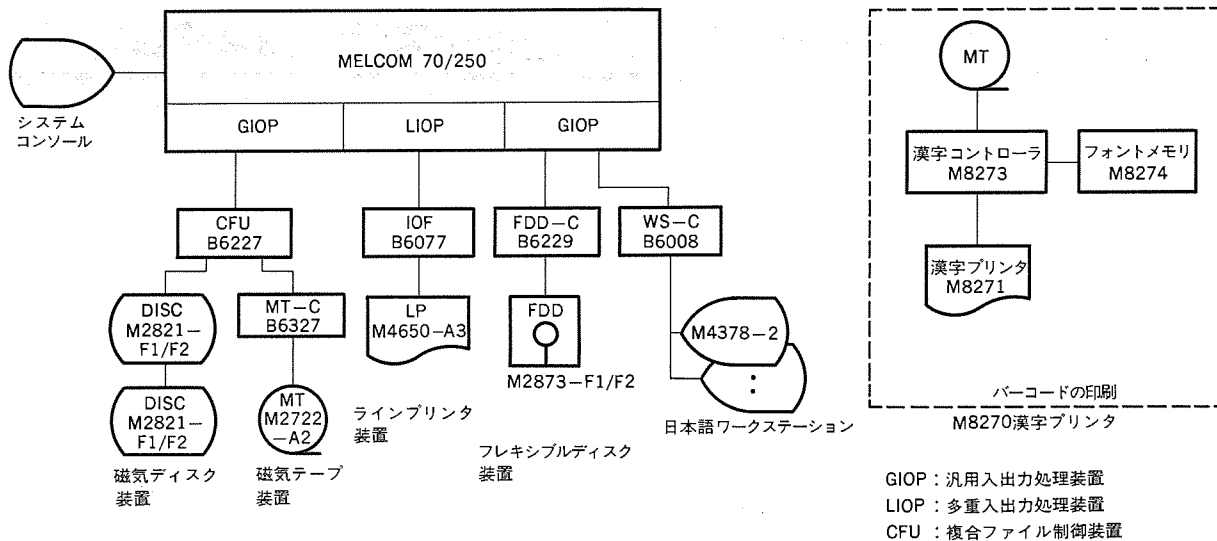


図 2. バーコード印刷システムのハードウェア構成例

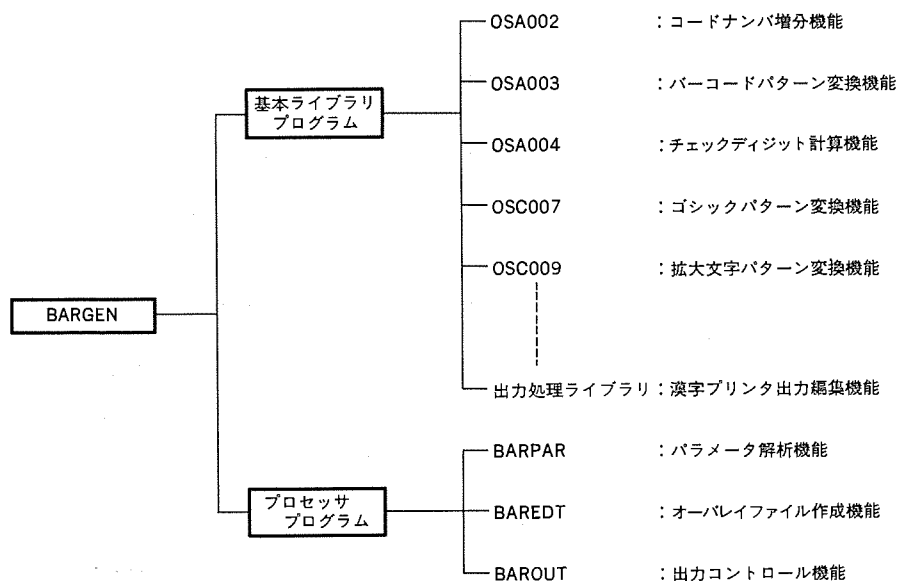


図 3. BARGEN のソフトウェア構成

5. ソフトウェア機能

5.1 基本ライブラリ機能

基本ライブラリ機能には、バーコード編集機能と出力編集機能の二つがある。バーコード編集は、処理するコードナンバをバーコードに変換するまでの編集を行う。出力編集は、漢字プリンタに出力可能なイメージの作成（文字フォント、プリントイメージなど）を行う。

5.1.1 バーコード編集機能

(1) バーコードパターン変換機能

処理するコードナンバ（商品コードなど）をバーコードパターンに変換する。変換バーコードパターンは、JIS規格及び各社読取り装置対応規格に基づき許容範囲内に設計したものであり、次に示す9種類を提供する。

JAN(JIS), IBMコード, NW-7, 東芝コード, パナコード, "FACOM"コード, MSIコード, コード39, 三菱コード



図 4. バーコード印刷例

(2) チェックディジット 計算機能

チェックディジット の計算を行い コードナンバ に付番する。バーコード には、コードナンバ の入力及び読取り ミスを防止するために、チェックディジット が設けられており、計算方式はバーコード、けた(桁)数などにより異なる。

チェックディジット 計算方式は、次に示す 6 種類を提供する。

7 チェック(DR/DSR), モジュール 10

9 チェック(DR/DSR), モジュール 11

11 チェック(DR) , コード 39 チェック

(計算例)

コードナンバ の各桁に係数をかけ、その各桁の数字の合計を 10 で割り、余りをチェックディジット にする。

JAN の場合、係数は 31 でコードナンバ の各桁に係数をかけた合計で次の計算をする。

3 7 1 5 6 ←コードナンバ

× × × × ×

2 1 2 1 2 ←係数

6 + 7 + 2 + 5 + 1 + 2 → 23

23 ÷ 10 → 2 余り 3 10 - 3 → ⑦ チェックディジット

5. 1. 2 出力編集機能

(1) ゴシックパターン 変換機能

コードナンバ の印字などの ゴシック 文字は、バーコード 印刷に必要であり、ゴシックパターン (英数字) の変換を行う機能をもっている。

(2) 拡大文字 パターン 変換機能

商品名、金額の印字などの拡大文字は、一般帳票と同様にバーコード印刷においても必要であり、全角文字 (32 × 32 ドット) の拡大を行う機能をもっている。

表 1. BARGEN のパラメータ 体系

パラメータ	内 容
*JOBID	ジョブ ID を宣言する
*CONTROL	出力帳票フォーマットの規定を宣言する
BAR	バーコードの種類を指定する
TANGO	単語変換の種別を指定する
RCOPY	コピー回数を指定する
PSIZE	1 ページのスプロケット穴数を指定する
HPOSI	横方向の配置を指定する
VPOSI	縦方向の配置を指定する
*FIELD	印字フィールドの指定を宣言する
FXXX	印字フィールドを指定する
*RECORD	入力データの指定を宣言する
REC	入力データのレコード長、ブロック長を指定する
MAN	パラメータにより入力データを発生させる
SEL	選択条件を指定する
PCHG	改ページ条件を指定する
*END	パラメータの終了を宣言する

(3) データ 編集機能

漢字 プリンタ のコマンド 変換、データコード 変換 (JIS 8 to EBCDIC コード、ASCII to EBCDIC コード)、データ 配列編集 (8, 12, 24 文字配列編集)、外字処理などの機能がある。

5. 2 プロセッサ機能

プロセッサ は、バーコード 及び漢字 プリンタ のコマンド の取扱を簡単にし、表 1. に示すパラメータ で帳票設計からプリントイメージを作成する。

表 2. 機能 一覧

項 目	内 容	備 考
バーコードの種類	① JAN 標準/短縮バージョン ② NW-7 ③ バナコード ④ MSI ⑤ IBM ⑥ 東 芝 ⑦ FACOM ⑧ コード 39 ⑨ 三 菱	
拡大文字	倍率 1×1, 2×1, 2×2	最大 52×28 ポ
タ ッ ク 数	最大 20 列(横)×30 行(縦)	
コ ピ ー	行方向コピー可	最大 999 回
タ ッ ク 内 配 置	① バーフールドと拡大フィールドの合計は最大 25 フィールド ② 通常のデータフィールドは最大 100 フィールド	
配 置 指 定	1 mm 単位で指定	タック配置, タック内配置

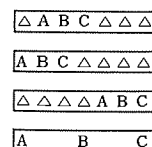
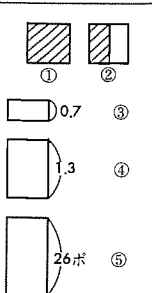
フィールド配置編集	①単純転送 ②左詰め ③右詰め ④均等配置	
数値編集	①Z編集 ②Y編集 ③Z, 編集 ④Y, 編集	
文字サイズ	6, 7, 8, 9, 10, 12, 14, 16 インチ10字	
書体	明朝/ゴシック	ゴシックは英数字のみ
変形文字	①全角 (32×32ドット) ②半角 (32×16ドット) ③平体 ④長体 ⑤バー体 (バー体は8, 9, 12ポの縦が26ポである)	

表 2. つづき

項 目	内 容	備 考
縦・横 印 字	縦書/横書	
単 語 変 換	フィールド全体を単語変換する。	
コ ー ド 変 換	フィールドの一部をコード変換する。	
コントロール機能	① 改ページコントロール ② レコード選択	
チェックディジット計算	① 7チェック DR/DSR ② 9チェック DR/DSR ③ 11チェック DR/DSR ④ モジュラス10 標準/JAN ⑤ モジュラス11 ⑥ α39 チェック	
入 力 デ ー タ	① EBCDIC コード ② ASCII コード ③ JIS8 コード ④ 漢字コード (MELCOM 標準コード)	

*JOBID	PRICE CARD SAMPLE
*CONTROL	
BAR	NW7 C07.DSR.S=A,E=A
PRIZE	22
TANGO	A K
RCOPY	001
HP0SI	010.160.02
VP0SI	010.110.02
*RECORD	
REC	0025 010 E
*FIELD	
F001 M	1222 M N2 010 020 007/A 0020 006
F002 M	1222 M 075 020 001/01-02 K(円)
F003 B	12031 025 045 008/A 0001 005
F004 B	12021 025 060 008/A 0001 005
F005 N	12 C 030 070 005/A 0001 005 0003 001
F006 A	12 M 085 035 014/A 0006 014
F007 KH	14 ME3 T 085 047 007/A 0001 005
F008 KHL14	M 090 070 008/01-02 K(三菱電機株式会社)
*END	

図 5. BARGEN のパラメータ例

ユーザーは、簡易パラメータで作成するためプログラムを意識することなく作成できる。機能一覧を表 2. に示す。

(1) 出力コントロール機能

帳票は1mm単位で設計可能で、出力のコントロールは、タック、ページ管理で行っている。帳票設計したパラメータ例を図 5. に示す。

(2) アレー機能

タック紙の面付けを行うアレー機能は、タック数20(縦)×30(横)、面付け1mm単位で配列可能である。

(3) 出力データ配置編集機能

出力データの配置編集として、左詰め配置、右詰め配置、均等配置をフィールド単位で行い、また数値データの‘Z’、‘卒’編集を行う。フィールド数は、

バーコード、拡大文字フィールド……最大 25

通常のデータフィールド……最大 100

である。

(4) 多種多様文字機能

印字文字サイズは、6, 7, 8, 9, 12, 14 点 (点=0.35 mm) インチ 10 字で、拡大文字サイズは、16, 18, 20, 24, 28 点である。また、特殊文字として、半角 (32×16 ドット)、長体 (全角の 30 % UP)、平体 (全角の 30 % Down)、バー体 (縦方向 26 点) の印字が可能である。書体は、明朝、ゴシック (英数字)、バーコード、OCR-B の印字が可能である。

(5) 単語変換機能

コードナンバー化された商品名などの情報を、単語テーブルをもとに印字する機能である。

6. 適用事例

BARGEN は主に次のような分野に適用されている。

(1) メーカーの生産管理、入庫、在庫管理

例：パーツリスト、工程仕分け (製造ライン)

(2) 小売業の発注、在庫、仕入れ、物流管理

例：棚ラベル、商品名 (JAN)

(3) 運送業の集荷、発送、問合せ、自動仕分け

例：配送伝票、ゲート仕分け

(4) 倉庫業の入荷、在庫、出庫、自動仕分け

例：配送伝票、ゲート仕分け

(5) 現像所での顧客管理、生産管理

例：預り伝票、袋

(6) 図書館の貸出し管理

例：図書ラベル、図書目録

(7) 病院での分析結果のデータ入力、カルテの管理、診察カード

例：血液型、傷病名、処置内容

7. む す び

BARGEN は当社で開発してきた各種ライブラリを統合し、より汎用的なシステムとして構築したものであり、以上のような構成からなっている。多種多様なバーコードに対応できる汎用性、高速処理、操作の容易化を実現している点、今後ますます拡大、多様化する市場の需要にこたえていくものである。

高速大容量256Kビット マスクROM

松尾 龍一*・張間 寛一*・島崎 政光*・高橋 広成*・秦

務*

1. ま え が き

半導体集積回路素子は、高速化・高集積化の道を着実に歩んできた。なかでもメモリ素子の集積度は、約1.5年で2倍というハイスピードで大容量化が進んでいる。MASK-ROM (Mask Programmable Read Only Memory) においても、当社は16 K、32 K、64 K (2機種・24ピンと28ピンタイプ)、128 Kビットの容量の機種を開発し市場に供給してきた。近年、MASK-ROMはその高性能化・高信頼化・コストダウンにより幅広くマイクロプロセッサシステムに組み込まれ、ROM市場をEPROM (Erasable and Programmable Read Only Memory) と二分する地位を確保し、その消費量は急増加している。

筆者らは、昭和58年に従来製品に比べ約半分のアクセス時間を実現した高速64 KビットマスクROM、更には128 KビットマスクROMを本誌で紹介したが、今回更に最新の微細化加工技術と低電力高速化回路設計技術を組み合わせて、高速動作を維持した上、2倍の集積度をもつ高速大容量256 KビットマスクROM“M5 M 23256- $\times \times \times$ P”を開発した (形名中の $\times \times \times$ は、ROMの内容によって割り当てられる3けた (桁)の10進数である)。M5 M 23256- $\times \times \times$ Pは、256 KビットEPROMと読出し時互換性があり、更に64 K・128 KビットマスクROMと比べると、新たな上位アドレス端子A₁₃・A₁₄は従来製品の無接続端子26ピン・27ピンに割り当てられ、電源及びその他のコントロール信号は全く同じピン接続になっており、64 K・128 Kビットから256 Kビットへの切替が極めて容易なものとなっている。したがってM5 M 23256- $\times \times \times$ Pを用いることにより、スピードを遅らせることなく大容量化が可能でシステム性能を一段とグレードアップすることができる。

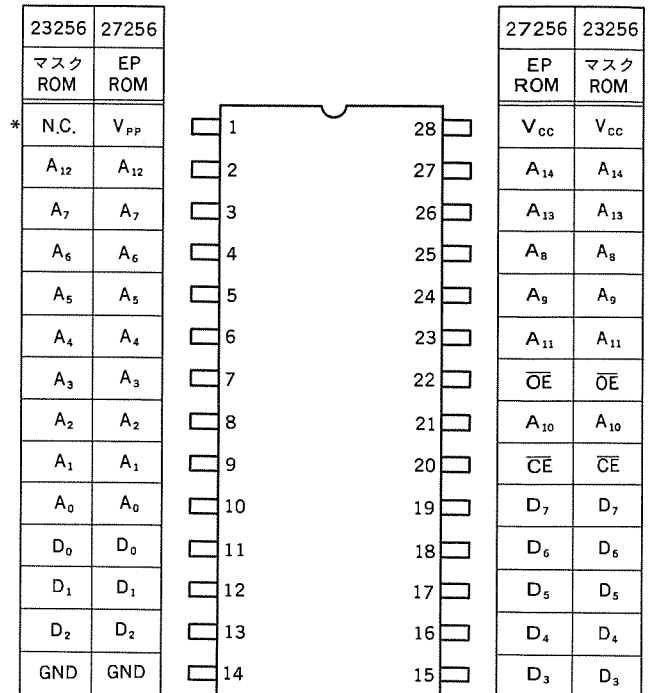
ここでは、高速大容量256 KビットマスクROM“M5 M 23256- $\times \times \times$ P”について、その製品概要、回路構成、動作特性などについて紹介する。

2. M5 M 23256- $\times \times \times$ Pの製品概要

今回開発した256 KビットマスクROM“M5 M 23256- $\times \times \times$ P”の主な特長は次のとおりである。

- (1) 大容量256 Kビット : 32,768ワード×8ビット
- (2) 高速アクセスタイム : 最大250 ns
- (3) 低消費電力 : 動作時最大 400 mW
待機時最大 150 mW
- (4) 広い電源電圧マージン : $V_{CC}=5V \pm 10\%$
- (5) $\overline{CE}$ と $\overline{OE}$ の2ラインコントロール信号でOR接続が容易
- (6) 全入出力端子は、TTLコンパチブル
- (7) パッケージは、標準28ピンDIL (Dual in Line) プラスチックパッケージ
- (8) ピン接続は、三菱256 KビットEPROM“M5 L 27256 K”又は相当品と読出し時互換性有り

256 KビットマスクROM“M5 M 23256- $\times \times \times$ P”と256 Kビット



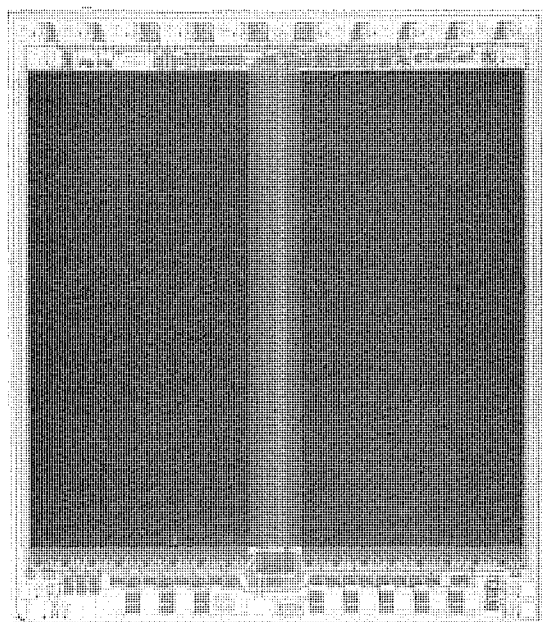


図 3. 256 K ビット マスク ROM “M5M23256- $\times \times \times P$ ” のチップ写真

表 1. 256 K ビット マスク ROM の技術的ポイント

- ひ素のイオン注入によるソース・ドレインの形成
- $L=2.0 \mu m$, $T_{ox}=400 \text{ \AA}$
- ブートストラップ回路
- アドレスエッジトリガ回路
- $0 V_{th}$ トランジスタ

モード制御信号としては、チップ内回路全般の起動、待機を制御するチップイネーブル信号 ($\overline{CE}$)、出力バッファをコントロールするアウトプットイネーブル信号 ($\overline{OE}$) の 2 ラインコントロール方式でバス競合を回避できる。電源は 5 V 単一電源 (V_{cc}) である。

3.2 高性能化技術

256 K ビット マスク ROM では、高速・低電力化などの高性能化が表 1. に示した技術的ポイントを用いてなされている。

第 1 に内部回路は、チャネル長 $L=2 \mu m$ の高性能 N チャネル形 MOS トランジスタを用いている。ソースドレインの形成にはひ素のイオン注入を行い、ゲート酸化膜厚は約 $400 \text{ \AA}$ と薄くなっている。シリコン基板は、高抵抗のものを使用して接合容量を減少し、配線による遅延を少なくしている。

第 2 に内部回路で大きな負荷容量を充放電する必要がある部分には、ブートストラップ回路を全面的に採用している。この結果、メモリアクセス時に特に速い立ち上りを必要とするワード選択ラインや、スタンバイ時からチップを動作状態にする際、速やかな充放電を必要とするチップイネーブル信号系の応答が高速で行える。

第 3 にアドレス入力信号の立ち上り、立ち下りを感じて内部回路の一部をダイナミック動作させるアドレスエッジトリガ回路を内蔵している。この結果、アドレスシーケンス及びデータパターンのアクセスタイム依存性をなくしている。

第 4 に内部回路の構成は、しきい値が約 $0 V$ のトランジスタをロードトランジスタとすることにより低電力化が可能になっている。これにより、ドライバトランジスタが ON しても無駄に消費する電力は大幅に削減され、標準使用時 200 mW と低消費電力が実現できた。

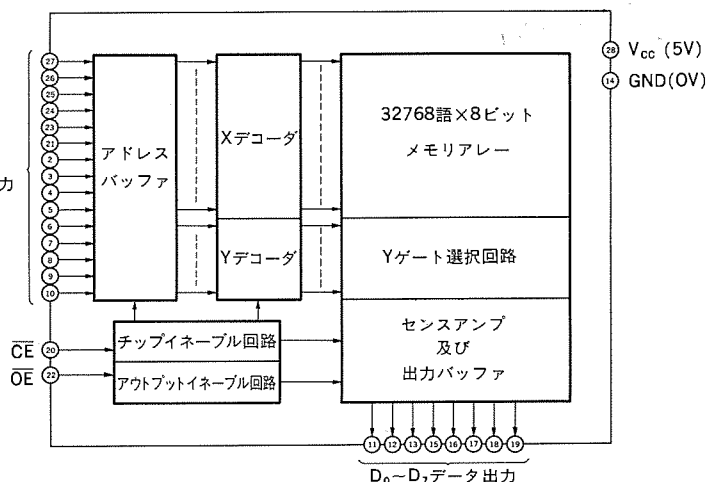


図 4. M5M23256- $\times \times \times P$ のブロック図

4. 動作諸特性

4.1 アクセスタイム

読出し動作は、 $\overline{CE}$ と $\overline{OE}$ 信号でコントロールする。両信号を“L”レベルにすると、選択されたアドレスの情報がデータ端子 ($D_0 \sim D_7$) に現れる。アクセスタイムは変化する入力信号により、アドレス、 $\overline{CE}$ 、 $\overline{OE}$ アクセスタイムの 3 種類が存在する。標準サンプルにおける電源電圧 (V_{cc}) に対する前記 3 種類のアクセスタイムの変化を図 5. に示す。図から電源電圧 5 V のアドレスアクセスタイムは 120 ns、 $\overline{CE}$ アクセスタイムは 130 ns、 $\overline{OE}$ アクセスタイムは 30 ns といずれも極めて高速である。アクセスタイムの周囲温度依存性を図 6. に示す。図からアクセスタイムの温度による変化量は、アドレスと $\overline{CE}$ アクセスタイムが $0.4 \sim 0.5 \text{ ns}/1^\circ C$ 、 $\overline{OE}$ アクセスタイムが $0.1 \text{ ns}/1^\circ C$ といずれも安定な動作をしていることがわかる。

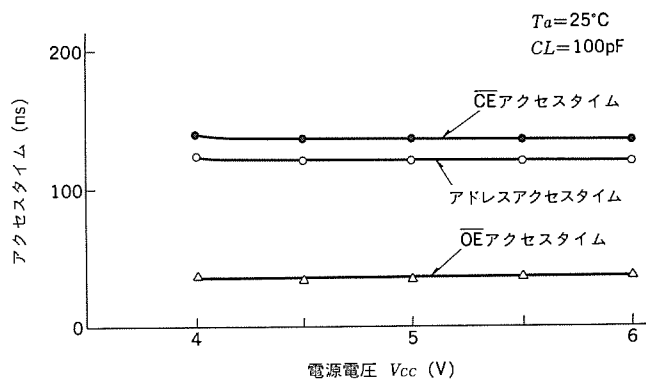


図 5. アクセスタイムの電源電圧依存性

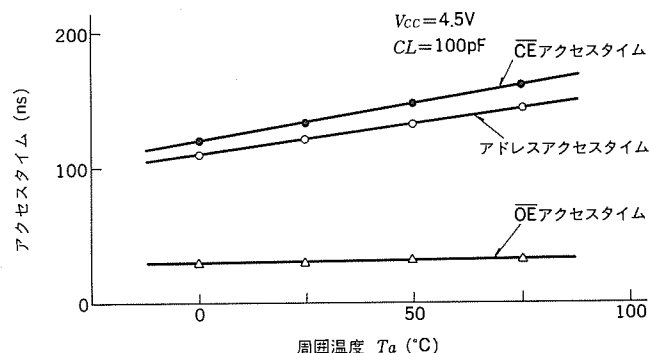


図 6. アクセスタイムの周囲温度依存性

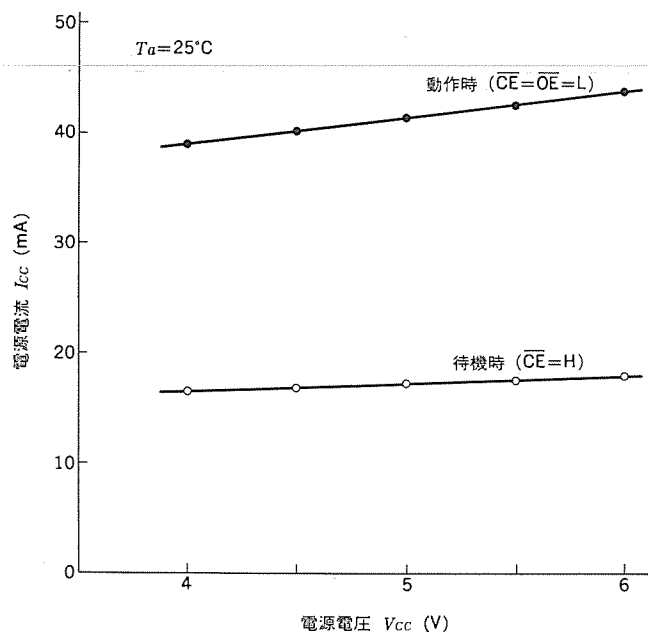


図 7. 電源電流（動作時及び待機時）の電源電圧依存性

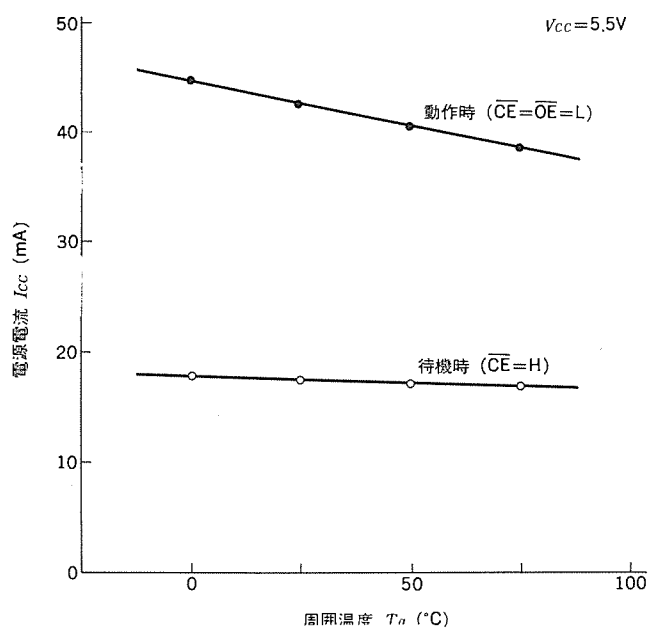


図 8. 電源電流（動作時及び待機時）の周囲温度依存性

4.2 D.C. 特性

電源電流（動作時及び待機時）の電源電圧依存性を図 7. に示す。図から電源電圧 4～6 V において、動作時の電源電流は 38～44 mA で、待機時の電源電流は 16～18 mA である。電源電流（動作時及び待機時）の周囲温度依存性を図 8. に示す。図から周囲温度 0～75 $^\circ\text{C}$ において、動作時の電源電流は 45～38 mA で、待機時の電源電流は 18～17 mA である。すなわち実使用における動作時の消費電力は約 200 mW で、待機時の消費電力は約 85 mW と極めて低消費

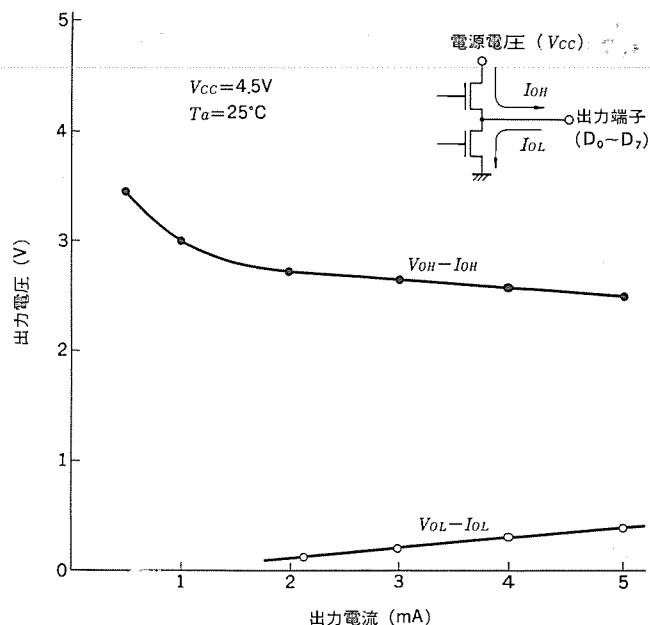


図 9. 出力電圧の (V_{OH} , V_{OL}) の出力電流 (I_{OH} , I_{OL}) 依存性

費電力となっている。

出力電圧 (V_{OH} , V_{OL}) の出力電流 (I_{OH} , I_{OL}) 依存性を図 9. に示す。出力電圧及び出力電流は、規格上 1 TTL コンパチブルであるが、十分な出力電圧と電流駆動能力をもっている。

5. む す び

マイクロプロセッサの出現とともに、そのメモリとして発展してきたマスク ROM は、大容量化・高速化・低消費電力化の道を歩んできた。更に近年、ユーザーはシステムの開発時に EPROM を使用し、量産にはコスト的に有利なマスク ROM を使用するという傾向があり、EPROM と互換性があり、差し換えが可能であるマスク ROM の要望が一段と強まっている。今回、微細化プロセス技術と低電力高速化回路設計技術を組み合わせて、256 K ビット EPROM と読時互換性のある高速大容量 256 K ビットマスク ROM “M5M23256- $\times\times\times$ P” を製品化した。

今後は、既に開発着手している超微細化プロセス技術と革新的回路設計技術を組み合わせて実現される 1 M ビットマスク ROM が製品化されることになる。更には 2 M, 4 M ビットマスク ROM の出現もそれほど遠くない将来に期待される。

参 考 文 献

- (1) 松尾ほか：三菱電機技報，57，No. 5，P. 398（昭 58）
- (2) 外山ほか：三菱電機技報，57，No. 11，P. 795（昭 58）

8000V, 1500A光トリガサイリスタとその特性

中川 勉*・庭山和彦*・吉田茂一*・清原豊彦**・宮嶋辰夫*

1. ま え が き

年々増大する電力需要とそれを賄うための電源立地の遠隔化、大規模化に伴い、電力系統の広域運営の必要性がますます高くなりつつある。電力系統の広域運営に際し発生する系統上の種々の問題を解決する有効な手段として、直流送電の実用化が進められてきた。すなわち、1954年、スウェーデン本土とゴットランド島間で、世界で初めて水銀整流器を用いたバルブで直流送電が実用化されて以来、各国で開発、検討が進められ、我が国においても、当社が1970年にサイリスタを用いた140kVの直流送電用バルブを試作し⁽¹⁾、この分野に先鞭をつけて以来、各種直流送電機器の改良開発がなされ、新信濃周波数変換所や本州-北海道間で4kV、800~1,500A電気トリガサイリスタを用いた125kV、1,200Aサイリスタバルブの実用化運転がなされる段階にまで至っている⁽²⁾⁽³⁾。

このような、高電圧、大電流の直流送電の一層の普及を図るためには、高電圧サイリスタバルブの信頼性の向上、コスト低減、コンパクト化が重要な課題である。これを実現するため、高耐圧大容量サイリスタ開発が強く求められている。更に、これら従来の電気エネルギーで点弧される高耐圧大容量サイリスタに比べ、光エネルギーで点弧できる光トリガサイリスタは、主回路と制御回路間の電氣的絶縁が容易で、耐ノイズ性に優れ、かつ制御系の簡素化が図れるため、高信頼度化が図れるという大きな特長をもつことから、その高耐圧大容量化が特に強く期待されている。これに対し、当社が1980年に世界で初めて耐圧4,000V、電流容量1,500Aの特性定格をもつ高耐圧大容量光トリガサイリスタとそれをトリガするための大出力LEDを開発⁽⁴⁾して以来、特に我が国において6~8kV、1,200A光トリガサイリスタの発表がなされるなど⁽⁵⁾、その実用化に向けた開発が推進されている。

今回、直流送電用バルブをはじめとする高電圧変換装置を対象とした耐圧8,000V、電流容量1,500A、最小光トリガパワー7mW以下という世界最大の特性定格をもつ高耐圧大容量光トリガサイリスタ(形名: FT 1500 GU-160)とこの光トリガサイリスタを十分にハイゲートドライブできるフリップチップ出力100mW以上の大出力LEDアレーモジュール(形名: FU-52 LE)を開発試作した。図1.にFT 1500 GU-160とFU-52 LEの外観を示す。

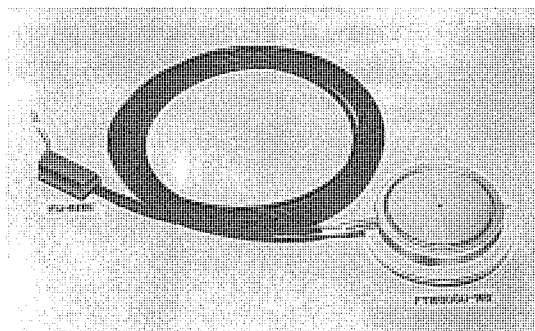


図1. FT 1500 GU-160とLEDアレーモジュールの外観

ここでは、主としてFT 1500 GUの開発に際して、重要な課題となった高耐圧化、大容量化と光伝送系の高効率化に関する光トリガサイリスタのベースックエレメント、光学系の設計と構造及び得られた特性について述べる。

2. ベースックエレメントの設計と構造

2.1 高耐圧化と大容量化

シリコンのpn接合の降服電界強度は、比抵抗によらずほぼ一定で、しかも印加電圧に対する空乏層の幅は比抵抗に依存する。そのため、サイリスタの高耐圧化を図るには、nベース層の幅を大きくし、電界強度を緩和することが必要である。しかしサイリスタにおけるnベース層幅の増加は、オン電圧、ターンオフ時間及び逆回復電荷を増加させることやスイッチング損失が増加し、臨界オン電流上昇率(di/dt 耐量)が低下すること、高温時の漏れ電流が増えることなど、サイリスタの諸特性の低下をもたらす。また、大容量化を図るには、サイリスタを構成するシリコンウェーハを大口径化することが必要であるが、大口径化するほど、ウェーハ面内で均一な少数キャリアライフタイム分布を実現することが困難になる。

すなわち、接合を形成するための不純物拡散工程における熱ストレスなどによって、ウェーハ周縁から、結晶欠陥が導入され、周縁のnベース層中の少数キャリアライフタイムは短く、ウェーハ中心部では長いという図2.(a)に示す分布になりやすくなり、大口径化してもそれに見合った電流容量の増加が図れなくなる。サイリスタでは、ターンオフ時間がnベース層の少数キャリアライフタイムの最も長い部分で決定されるのに対し、オン電圧は、nベース層全領域の少数キャリアライフタイムの影響を受ける。したがって、図2.(a)に示す従来素子は、比較的均一な少数キャリアライフタイム分布をもつ図2.(b)に示す素子に比べてターンオフ時間が同一であれば、オン電圧が高くなるからである。すなわち、大口径ウェーハを用いた高耐圧、大容量サイリスタにおいては、オン電圧とターンオフ時間とのトレードオフを改善するために

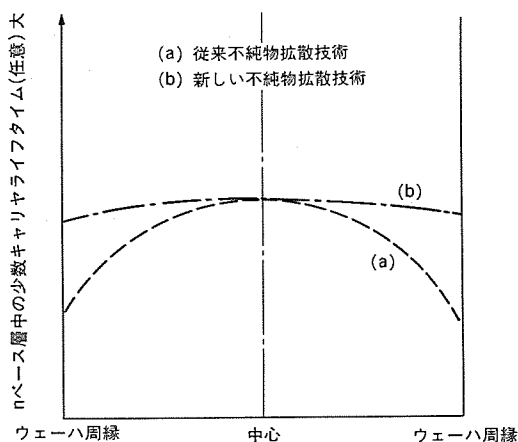


図2. nベース層の少数キャリアライフタイムの面内分布

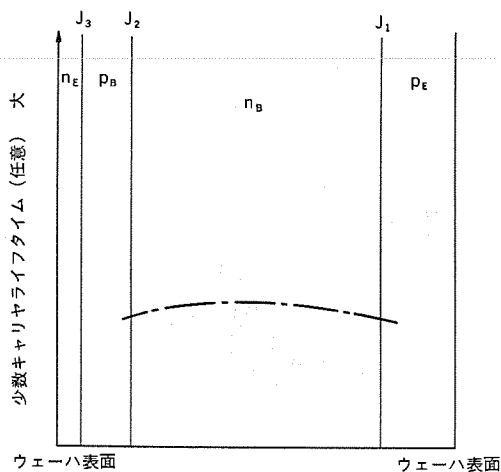


図 3. ウェーハの深さ方向の少数キャリアライフタイムの分布

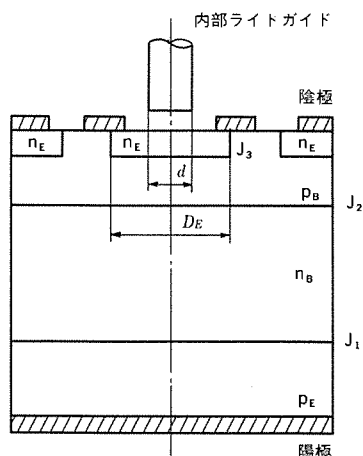


図 4. 受光部のモデル

は、図 2. (b) に示す キャリヤライフタイム 分布を実現することが必要となる。

今回開発した素子では、ウェーハ面内の少数キャリアライフタイム不均一性を軽減する不純物拡散技術を開発し、適用するとともに、更にそのターンオフ時間とオン電圧の関係を改善し、逆回復電荷と漏れ電流を低減するため、図 3. に示す J₁, J₂ 接合近傍の少数キャリアライフタイムを短く、しかも n ベースのそれを比較的長くできるライフタイム制御技術を適用している。また、高耐圧化に伴い増加する順回復電流のターンオフ時間に及ぼす影響を軽減してオン電圧とターンオフ時間とのトレードオフを改善するため、ショートエミッタ設計に改善を加え適用して、これら高耐圧、大容量化に伴う問題を解決し、耐圧 8,000 V で、電流容量 1,500 A の特性定格を実現している。

2.2 最小光トリガパワーと dv/dt 耐量間のトレードオフの改善

光トリガサイリスタでは、受光部に入射した光が、受光部下の中央接合近傍で電子-正孔対を生成し、この電子-正孔対が光励起電流となり、電気トリガサイリスタのゲート電流と同じ作用をして、サイリスタをターンオンさせる。LED を光源として用いる場合の光励起電流は光源の光パワーの制約により、電気トリガサイリスタに比べ約 2 けた (桁) 程度小さい。このため光トリガサイリスタでは電気トリガサイリスタに比べ、ゲートトリガ感度を 2 桁程度高くする必要がある。一方、サイリスタの耐圧を上げれば、当然高い dv/dt 耐量が必要になってくる。 dv/dt による変位電流は、受光部に対して光励起電流と同じ作用をする。

そのため、最小光トリガパワーを小さくすれば、それに伴い dv/dt 耐量も低下する。すなわち、光トリガパワーと dv/dt 耐量とは、トレードオフの関係にあり、これが光トリガサイリスタの高耐圧化を図る上での障害になっていた。

この光トリガパワーと dv/dt 耐量の間関係を図 4. に示す単純化された受光部のモデルを用いて考察する。ここで、 P_S : p_B 層のシート抵抗、 D_E : n_E 層の直径、 d : 入射光の直径、 η : 光パワーの電流変換効率、 V_{th} : サイリスタをターンオンさせるために必要な電子の注入を引き起こす J₃ 接合のバイアス電圧とすると、最小光トリガパワー P_{LT}^* は

$$P_{LT}^* = 2 \pi V_{th} / \eta P_S [1/2 + l_n(D_E/d)] \quad (1)$$

と表される。また dv/dt 耐量は、 C_j を接合部の単位面積当たりの接合容量として、

$$dv/dt = 4 \pi V_{th} / C_j P_S D_E^2 \quad (2)$$

と表される。式 (1)、式 (2) から、最小光トリガパワーと dv/dt 耐量間のトレードオフを改善し、最小光トリガパワー P_{LT}^* を小さく、 dv/dt 耐量を大きくするには、 D_E/d が大きく、 D_E が小さい受光部構造にすればよいといえる。FT 1500 GU では小さな受光部に、小さな直径の光を集散的に入射させる構造を採用し、最小光トリガパワー 7 mW で、 dv/dt 耐量 3,000 V/ μ s を実現している。

2.3 di/dt 耐量の改善

一般に、大口径サイリスタでは、ターンオン領域を短い時間でウェーハの全領域に広げるため、主サイリスタのエミッタ周縁長を大きくした増幅ゲート構造が用いられる。一方、主サイリスタのエミッタ周縁長が大きくなるにつれ、その周縁を均一に、しかも一斉にターンオンさせるために必要な電流も大きくなる。サイリスタに流れるターンオン時の初期電流は、エミッタ周縁部がターンオンするまでは、増幅ゲートの初期ターンオン領域に集中する傾向がある。また、高耐圧素子ほどターンオン時の電圧が高くなり、スナバ回路からの放電電流も大きくなるため、大きなエミッタ周縁長をもつ高耐圧素子ほど、増幅ゲートの初期ターンオン領域への電流集中が一層顕著になり、 di/dt 耐量が低下する。

先に述べたように、大口径光トリガサイリスタでは、小さな受光部構造とエミッタ周縁長の大きな主サイリスタを組み合わせたことが必要となるため、 di/dt 耐量が一層低下してしまう。この問題を解決するため、この素子では、図 5. に示す小さな受光部と多段増幅形のゲート構造を組み合わせ、初期ターンオン領域が速やかに後段の補助サイリスタ領域へ移行し、初期ターンオン領域における電流集中を軽減しながら、主サイリスタ周縁に十分なトリガ電流を与えることができる構造を採用して、300 A/ μ s の di/dt 耐量を実現している。

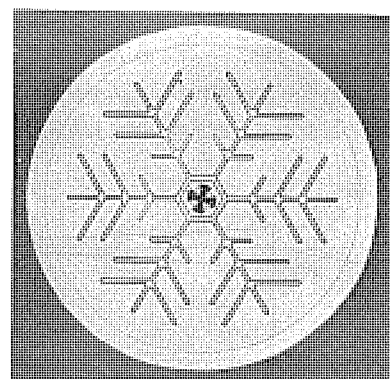


図 5. FT 1500 GU-160 のパッシブエレメント

3. 内部ライトガイドの設計と構造

光トリガサイリスタの光伝送系は、光源であるLEDからパッケージの光入射端まで光を伝送する光ファイバと、パッケージ光入射端から受光部まで光を伝送する内部ライトガイドとから成り立っている。先にも述べたように、最小光トリガパワー P_{LT}^* と dv/dt 耐量間のトレードオフを改善するには、光ファイバで送られてきた光を小さな受光部に小さな直径の光を集中的に入射させる必要がある。しかも、一般のサイリスタにおいて、実使用時には di/dt 耐量を増加させ、ターンオン遅れ時間を短縮する目的で、最小ゲートトリガ電流の数倍以上のゲート電流を通电すると同様に、光トリガサイリスタにおいても、実使用時には、最小光トリガパワーの数倍以上の光パワーを入射させる必要がある。

このような大きな光パワーを受光部に供給するには、光源のLEDの大出力化を図るとともにLEDと結合する光ファイバ断面積を大きくして、LEDと光ファイバの結合効率を高くするとともに大口径光ファイバからの光パワーを小面積の受光部に高效率で伝送できる内部ライトガイドの設計が重要な課題となる。これを実現するために、図6.に示すように、内部ライトガイドの形状を光入射端では太く、光出射端に向って順次細くなるテーパー状⁽⁵⁾にし、その先端部をライトガイドの直径に比べ大きな曲率半径で直角に曲げる形状とした。この形状を決定するパラメータによっては、光が内部ライトガイドの側面から外に漏れ、光伝送効率が低下するので、数値解析により内部ライトガイドが無損失伝送路となるパラメータを求め、その形状を決定した。図6.を用いてこれを説明する。

光ファイバから入射した光線は、内部ライトガイドの内面を反射しながら出口に向って伝わっていく。このとき、内部ライトガイドの側面から外部に光が漏れ出さないための条件は、図6.の断面を通る子午光線のライトガイドの曲がり部での反射角が、全反射の臨界角以下にならないことである。内部ライトガイドの入口直径を D 、出口直径を d 、全長を L 、曲がり部の曲げ半径を R 、屈折率を n とし、開口数 NA のファイバからの光を受けたとき、その光が内部ライトガイドの側面から外部に漏れ出さない、すなわち、無損失条件は、下記の条件式で与えられる。

$$n \cdot \frac{\frac{R}{d} - \frac{1}{2}}{\frac{R}{d} + \frac{1}{2}} \sin \left[\cos^{-1} \left\{ \frac{D}{d} \sin \left(\sin^{-1} \frac{NA}{n} \right) + \tan^{-1} \frac{\left(\frac{D}{d} - 1 \right)}{2 \left(\frac{L}{d} - \frac{R}{d} \right)} \right\} - \tan^{-1} \frac{\left(\frac{D}{d} - 1 \right)}{2 \left(\frac{L}{d} - \frac{R}{d} \right)} \right] \geq 1 \quad (3)$$

例えば、屈折率 n を 1.62、ファイバの NA を 0.3 としたとき、この無損失条件を決定するそれぞれのパラメータの関係は図7.のようになる。図はその線群による曲面内に囲まれた範囲にパラメータをと

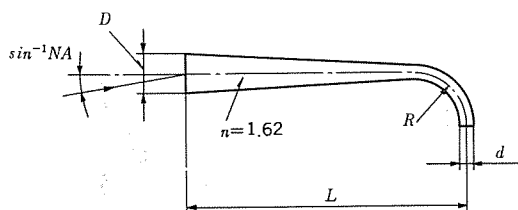


図6. 内部ライトガイドの形状

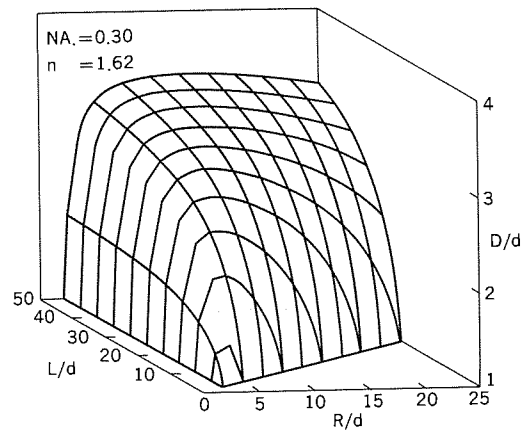


図7. 内部ライトガイドの無損失条件（但し $NA = \sin \theta$ ）

れば、ライトガイドに入射した光は無損失で出射端まで伝送できることを示している。最適内部ライトガイド形状をこの設計手法により決定した結果、入射端と出射端での反射損失や入射端と光ファイバとの位置ずれによる結合損失を含んでも、光伝送効率が80%以上という高い値が実現された。また、この内部ライトガイドはパッケージの側面から貫通する構造となっている。内部ライトガイドとパッケージの間の気密封止は、パッケージと内部ライトガイドそれぞれの熱膨張係数の差による熱応力を緩和して、熱衝撃や振動にも十分耐え得る構造が採用され、ヘリウムリーク率 1×10^{-8} cc/s 以下を実現している。

4. 特性と定格

前節に述べた製造技術と、設計方法を適用することにより開発されたFT1500 GU-160の主な特性の代表例を表1.に示す。次に主な項目について説明する。

(1) 電圧阻止特性

定格ピーク繰返しオフ電圧、定格ピーク繰返し逆電圧は8,000Vである。その常温における電圧-電流波形の例を図8.に示す。

(2) di/dt 耐量

耐圧が8kVであるにもかかわらず、多段増幅ゲート構造の採用により、300 A/μs という高い di/dt 耐量を実現している。その電流-電圧波形の一例を図9.に示す。

(3) 最小光トリガパワーと dv/dt 耐量

表1. FT1500 GU-160の主な特性

項 目	記 号	特 性 値	単 位
ピーク繰返し逆電圧	V_{RRM}	8,000	V
ピーク繰返しオフ電圧	V_{DRM}	8,000	V
平均オン電流	$I_{T(AV)}$	1,500	A
臨界オン電流上昇率	di/dt	300	A/μs
逆電流	I_{RRM}	300	mA
オフ電流	I_{DRM}	300	mA
オン電圧	V_{TM}	3.0 (4,800 A)	V
臨界オフ電圧上昇率	dv/dt	3,000	V/μs
最小光トリガパワー	P_{LT}	7	mW
ターンオン時間	t_{gt}	6	μs
ターンオン遅れ時間	t_d	3	μs
逆回復電荷	Q_{rr}	4,000	μC
接合温度	T_j	-40 ~ +125	°C

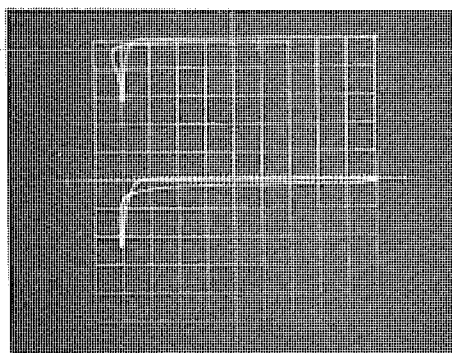


図 8. 順逆阻止特性 (上: フォ電圧, 下: 逆電圧, 縦軸 10 mA/div, 横軸 1 kV/div)

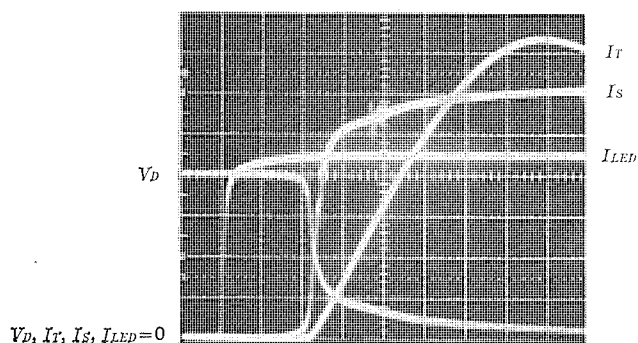


図 9. ターンオン時の電流-電圧波形 (縦軸 I_T : 200 A/div, V_D : 1,000 V/div, スナバ電流 I_S : 20 A/div, LED電流 I_{LED} : 2 A/div, 横軸 1 μs/div)

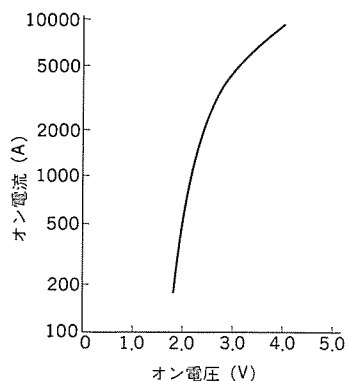


図 10. FT 1500 GU-160 と 4 kV, 1,500 A 光トリガサイリスタの V-I 特性

最小光トリガパワーは、室温、陽極-陰極間電圧 6 V の条件下で 7 mW 以下が実現され、しかも dv/dt 耐量は従来の 4 kV, 1,500 A 電気トリガサイリスタ 2 直列接続に相当する 3,000 V/μs 以上という大きな値が実現されている。

(4) オン状態特性

図 10. に FT 1500 GU-160 のオン状態の特性例を示す。先に述べた新しい不純物拡散技術、ライフタイム制御技術及び最適ショートエミッタ設計方法の適用により、8,000 V という高耐圧素子にもかかわらず、

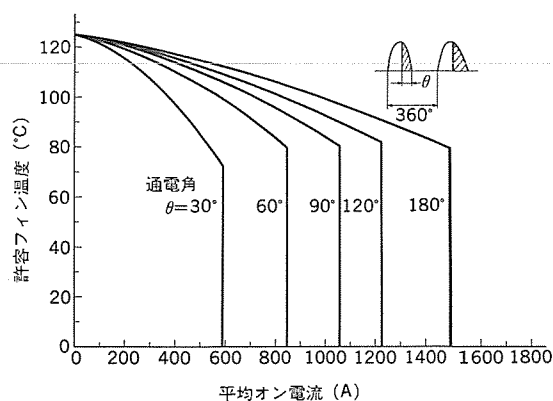


図 11. FT 1500 GU-160 の平均オン電流と許容フィン温度 (60 Hz, 正弦半波通電)

4,800 A 通電時のオン電圧は 3.0 V である。

(5) 平均オン電流

図 11. に FT 1500 GU の 60 Hz, 正弦半波通電における平均オン電流と許容フィン温度の関係を示す。フィン温度 79°C で平均オン電流 1,500 A の通電能力をもつことがわかる。

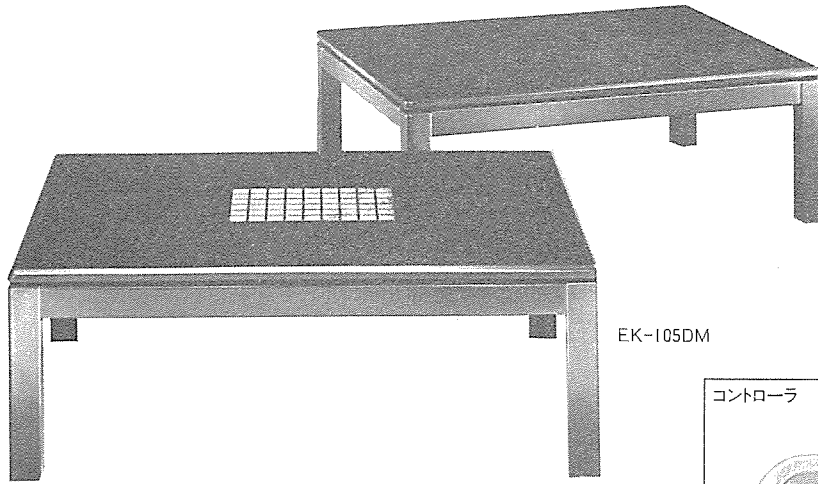
5. む す び

今回開発試作した高耐圧大容量光トリガサイリスタ (形名: FT 1500 GU-160) の設計、及びその構造と特性定格を中心に述べた。この開発試作成功により、現在、実用レベルにある 4 kV, 1,500 A 光トリガサイリスタの直列数をほぼ半減することができることから、直流送電バルブをはじめとする超高圧電力変換装置の分野で、高信頼度化、装置の小形化、軽量化に寄与し、特に今後の 250~500 kV 級直流送電用光サイリスタバルブ開発に、大きく貢献するものと期待される。

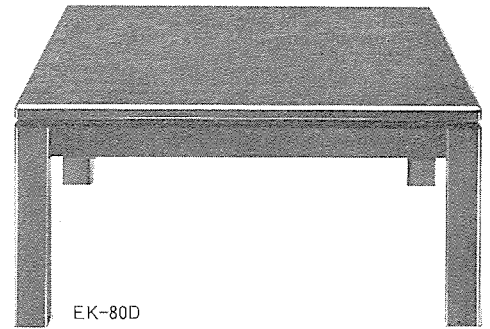
参 考 文 献

- (1) 大野ほか: 油冷・油浸構造による屋外形サイリスタ高圧バルブ, 三菱電機技報, 45, No. 6 (昭 46)
- (2) T. Sakurai, et al.: Shin-Shinano Frequency converting station and its Thyristor Valve, WELC, Moscow, 23, Jun. (1977)
- (3) 山田ほか: 直流送電用 125 kV-1,800 A 光サイリスタバルブ, 東芝レビュー (39 巻 2 号) (昭 59)
- (4) 多田ほか: 4,000 V, 1,500 A 光トリガサイリスタ, 電気学会電子デバイス半導体変換合同研究会資料, ED-80-78, SPC-80-21 (昭 55)
- (5) 中川ほか: 直流送電用サイリスタ, 三菱電機技報, 57, No. 10 (昭 59)
- (6) A. Tada et al.: Improvement in Trade-off between Turn-off Time and Other Electrical characteristics of Fast-Switching Thyristor, JPN, JAP Vol. 21, No. 4 (1982)

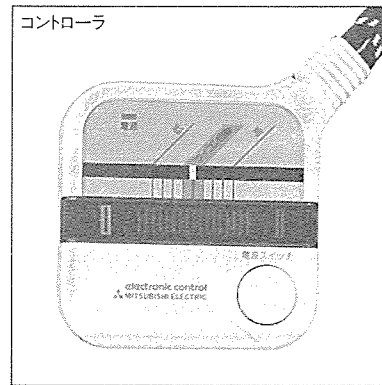
三菱電子温風家具調コタツ マイコンタイプ新登場



EK-105DM



EK-80D



三菱電子温風家具調コタツ〈マイコンタイプ〉は、従来家具としてのインテリア性と、まろやかな電子温風に加え、マイコン電子コントロール方式によるきめ細かな温度制御方式を採用。快適性をさらに向上させた新製品です。

電子温風家具調コタツは、マイコンタイプ2機種の登場により、カスタムタイプ、スタンダードタイプ、リビングタイプの4タイプ6機種に充実。多彩なバリエーションで多様化するニーズにお応えします。

特長

●すばやい立ち上がりのオート機能〈マイコンタイプ〉

スイッチ「ON」でヒーターとモーターを強運転し、すばやく暖めた後、自動的に設定温度に戻すオート機能。「マイコン自動」にセットすれば目盛を「強」…暖まったら「中」と操作する手間がいりません。

●室温対応の自動温度コントロール機能〈マイコンタイプ〉

マイコンが室温の変化に応じて自動的にコタツ内温度を快適にコントロールします。

●静音運転機能

スイッチ「ON」でモーターを強運転し、コタツ内が暖まったら弱運転に切換えて運転音を下げる静音機能。

●邪魔な出っぱりヒーターがない本格的家具調コタツ

ヒーター部分はボードの中に収納されていますから、コタツ内はひろびろ、足をゆったり伸ばせます。

●下吹出しプラス横吹出しの電子温風式

下吹出しプラス横吹出しのまろやかな電子温風がすばやくコタツ内を暖めます。ランプ式のように肌をさす熱さがありません。

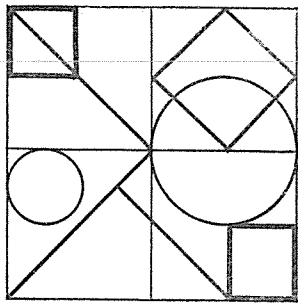
●高い安全性、赤熱しない半導体ヒーター採用。

赤熱しない半導体ヒーターを採用していますから過熱の心配もなく、安心して使用できます。

万一に備えて安全装置（温度ヒューズ）も取り付けられており、安心して使用できます。

仕様

タ イ プ	マイコンタイプ		カスタムタイプ	スタンダードタイプ		リビングタイプ
形 名	EK-105DM	EK-120DM	EK-78D	EK-80D	EK-90D	EK-93DL
定 格 電 圧	100V 50-60Hz					
定格消費電力	最大560W-最小12W			最大495W-最小70W		
ヒーター	半導体ヒーター(PTCサーミスタ)					
モーター	くまもり形(2P)					
温度制御方式	マイコン電子コントロール方式			サーモダンパー方式		
温度調節幅	約32℃～約70℃			約40℃～約70℃		
安全装置	温度ヒューズ					
色 調	ダークワイン		マホガニー			ブラック
専用上板柄	表：ムーンライトゴールド 裏：木目(横)		表：木目(横) 裏：ホワイトライン			表：ブラック 裏：ホワイトツレ
サイズ(高さ)	105×75×36.6cm	120×79×36.6cm	78×78×35.8cm	79×79×36.6cm	90×90×36.6cm	93×70×35.8cm
標準価格	64,800円	69,800円	42,800円	49,800円	54,800円	52,800円



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 特許部 TEL (03) 218-2136

データ伝送方式 (特許 第944905号)

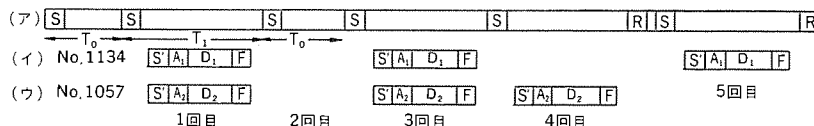
発明者 小林 信三・太田 堯久

この発明は中央局と多数の端末局との間のデータ伝送に関するものであり、比較的少数の伝送回線を多数の端末局が共通に利用して伝送回線の利用効率を高めるデータ伝送方式を提供するものである。

本発明の方式を図に示す。中央局は(ア)に示すように、端末局からの発呼がない間は同期信号Sを一定時間間隔 T_0 で送信する。端末局は、同期信号Sを受信検知すると、中央局に対しデータを送出する。中央局が端末局からのデータを受信すると端末局へ確認信号を返送するが、2以上の端末局から同時にデータが伝送されるとデータが正しく受信されないため確認信号は得られない。この場合は端末局からデータの再送出を行うが、その際同時にデータ伝送を行った2以上の端末局が、共通のある時点に対して互いに異なった時点から再送出を開始するようにして、数回以内の繰返し送信により他の端末局と同時送信にならないように確実に完了させるのがこの発明の特徴である。

異なった時間遅れでデータを再送出する方法はいろいろ考えられるが、一例として端末局のアドレス番

号に対応して異なった時間遅れを与える方法を図示し説明する。図はアドレス番号の特定桁の番号がKのときはK+1番目の同期信号Sを受信してデータを再送出する場合の時間関係を示す。(ア)は中央局の送信データ、(イ)は端末局No. 1134の送信データ、(ウ)は端末局No. 1057の送信データである。端末局No. 1134とNo. 1057とが第1回目に同時発呼したとすると、両局とも第1桁がともに1であるので、3回目の同期信号Sを検出してデータを再送出するが、これも同時発呼となってしまう。しかし、第2桁目はNo. 1134局は1でNo. 1057局は0であるから、No. 1134局は5回目の同期信号Sで、No. 1057局は第4回目の同期信号Sで、データを再送出することになり、同時送付を避けることができる。



発電機の冷却装置 (実用新案 第1331810号)

考案者 脇坂 博視・金行 和敏・尾上 茂

この考案は変速駆動源から駆動される発電機の冷却装置に関するものである。

自動車に装備される発電機は電圧調整器によって界磁電流が制御されて出力電圧が一定値に調整され各種電気負荷に給電するものである。一方この給電による発電機の発熱を冷却するために発電機回転軸には冷却ファンが設けられているが、このファンは発電機と同速で回転するため、発電機の出力特性に基づいてその発熱が高速では飽和傾向にあるにもかかわらず高速になるほど増大する風量を与え、このためファン駆動損失が大きく、又騒音も大きかった。

この発明は発電機回転軸と冷却ファンとの間にクラッチを設け、このクラッチ伝達トルクを電圧調整器によって制御される界磁電流の大きさに応じて制御することにより、発電機に必要とされる冷却風量を効率よく与えると共にファン騒音を低減するものである。

図1、図2はこの考案の実施例を示すもので、電機子コイル(1)と界

磁コイル(2)を含む発電機の回転軸(12)にはヒステリシスクラッチを介して駆動される冷却ファン(15)が設けられ、このクラッチは回転軸(12)に対して固定される励磁コイル(17)と周方向磁極を構成する誘導子(19)、(20)、及びファン(15)に固定される被誘導子(21)から成り、その伝達トルクは界磁コイル(2)と共に電圧調整器(4)によって制御される励磁コイル(17)の励磁電流によって決定される。この制御される伝達トルクによって決まる回転数以上ではクラッチはすべりを生じ、冷却ファン(15)の回転数はその規定回転数に制限されるため高速時の動力損失を低減することができ、しかも発電機発熱量と相関を有する界磁電流に対応して回転数制限値を制御していることから一層効率のよい冷却が可能であり、又、ファン騒音も低減できるものである。

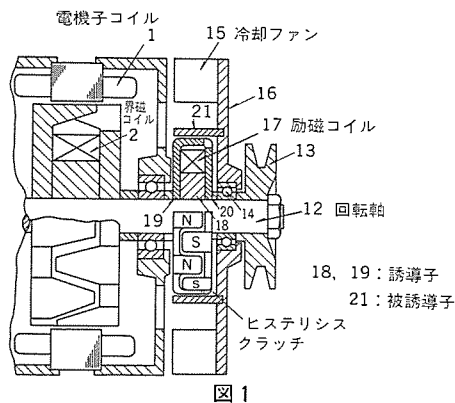


図1

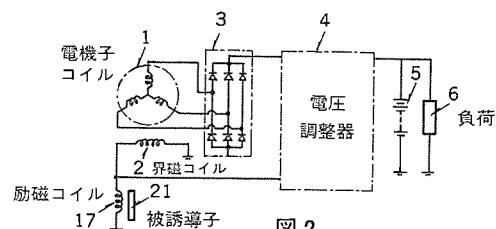


図2

FM 受信機用雑音抑制回路 (特許 第 1105397 号)

発明者 岩本 康雄

この発明は、FM 受信機における雑音抑制回路に関するものである。

一般に FM 受信機では、到来電波がないときや微弱すぎる場合であって振幅制限回路の作用が完全に機能しなくなる領域で、音声の歪が現われ、かつ雑音が増加する。このため、このような場合だけ自動的に雑音を抑制する雑音抑制回路を設けておくことが望ましいが、この種従来回路は複雑、高価であり、また、不快なクリック音を発生し易いという問題があった。

この発明は、非線型順方向特性を有する 2 個の半導体整流素子の直列接続体を比検波器の直流負荷回路として順方向に接続し、この比検波器の検波出力が所定レベルに達したとき各半導体整流素子が導通して、その中点から音声信号を取り出すように構成するとともに、検波出力が所定レベル以下の場合には、各半導体整流素子が非導通となり、次段の入力インピーダンスより高いインピーダンスとなることによって音声信号を減衰させるようにしたもので、簡単かつ安価な FM 受信機用雑音抑制回路を得ることが可能となる。また、雑音が生じ始めると、まず高音が自動的にカットされるため、微弱な信号に対する了解度が良好となる効果も

得られる。

図 1. はこの発明の一実施例で、(8) は比検波器、(9)(10) は半導体整流素子、(11) は中点、(12) はディエンファシス回路である。

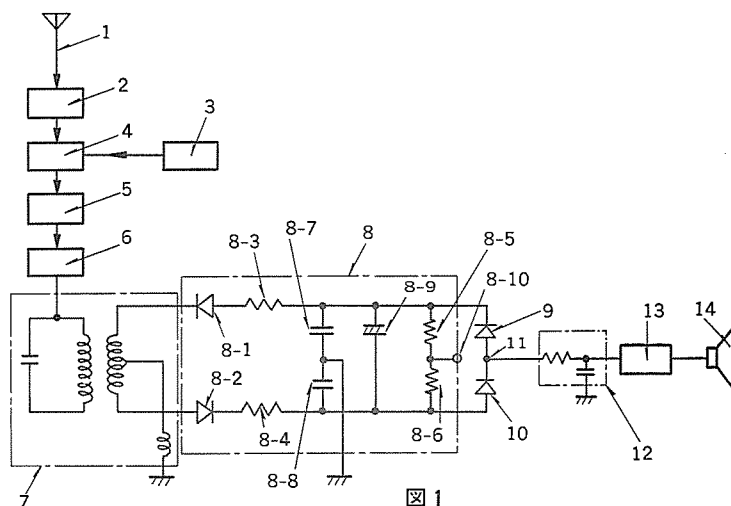


図 1

〈次号予定〉 三菱電機技報 Vol. 58 No. 11 電子デバイス特集

特集論文

- 細ネックカラーブラウン管用多段集束電子銃
- MLP-2 コンパクトディスクプレーヤー用光ピックアップ
- コンパクトディスクプレーヤー用光ピックアップサーボコントロール IC
- CD 方式 DAD 信号処理 LSI
- C MOS 搭載形厚膜サーマルヘッド
- 高選択性セラミックガスセンサ
- 高密度基板実装技術

普通論文

- 人工島に建設された最新鋭中間負荷火力発電所の電気設備
一御坊火力発電所 1 号機一
- 新規格形エレベータ《エレペットアドバンス V》
- 三菱電機ワイヤカット放電加工機 F 1 シリーズ
- 光ファイバー貫通部
- バイポーラ標準ロジック IC ALSTTL シリーズの機能と性能
- 新しい構造をもつ電球形蛍光灯《ピカッ灯びかいくん》
- 中部電力(株)総合パケット交換網

三菱電機技報編集委員

委員長	馬場 準一	委員	山内 敦
副委員長	岸本 駿二	"	柳下 昌平
"	三浦 宏	"	櫻井 浩
委員	峯松 雅登	"	徳山 長
"	翠川 祐	"	柴山 恭一
"	佐藤 文彦	"	酒井 靖夫
"	大年 倉像	"	武富 大児
"	井上 通	"	瀬辺 国昭
"	立川 清兵衛	"	永井 昭夫
"	吉田 太郎	"	小原 英一
"	川井 尚	"	尾形 善弘
"	田中 克介	幹事	岡田 俊介
"	的場 徹	10号特集担当	壺井 芳昭
"	野村 兼八郎		

三菱電機技報 58 巻 10 号

(無断転載を禁ず)

昭和 59 年 10 月 22 日 印刷
昭和 59 年 10 月 25 日 発行

編集兼発行人	岡田 俊介
印刷所	東京都新宿区市谷加賀町 1 丁目 12 番地 大日本印刷株式会社
発行所	東京都千代田区大手町 2 丁目 6 番 2 号 (〒100) 菱電エンジニアリング株式会社内 「三菱電機技報社」Tel. (03) 243 局 1767
発売元	東京都千代田区神田錦町 3 丁目 1 番地 (〒101) 株式会社 オーム社 Tel. (03) 233 局 0641(代), 振替口座東京 6-20018
定価	1 部 500 円送料別 (年間予約は送料共 6,700 円)

三菱 ハンディ パーソナルコミュニケーター 《ウィスパーノット》



このたび三菱電機では、パーソナルコミュニケーター《ウィスパーノット》を発売しました。誰もが自由に交信できるパーソナル無線に、いま初めてハンディタイプが登場。街に、海に、山に、どこへでもアクティブにとび出せるパーソナルコミュニケーターの新しいカタチ、それが《ウィスパーノット》です。三菱の高度な通信技術が、コミュニケーションをさらにひろげます。

特長

● 手の中にスッポリ、ハンディタイプ

回路の大部分にハイブリッドIC及びLSIを採用。三菱の高度なエレクトロニクス技術により、幅5.2cm、奥行5.6cm、高さ20.4cm（バッテリーパック含む）のコンパクトなサイズを実現。また、重さはバッテリーを含めても約860g。どこへでも連れていけるパーソナルコミュニケーターです。

● 小さなボディで、パワフル

GaAs電界効果トランジスターの採用により、小形ながらパーソナルコミュニケーター最大の5Wをアンテナに供給。また、車載・基地局使用時は7dB高利得アンテナを使用でき、より遠くへの交信も可能です。

● 操作は指一本、シンプル

パーソナル無線に最低必要な機能は、できる限りシンプルにしました。群番号の設定、呼出し、リコール、モニター、CQコールなど、すべてワンタッチ操作がOK。メカに自信がない人も抵抗なく使いこなせます。

● 持って出る、車にのせる、家に置く、一台三役

※
携帯としてはもとより、車載用や基地局用のオプション群も豊富に用意。マイク操作部を分離してクルマで、また家庭用充電器にセットして…とさまざまな使い方にフィットします。

※オプションとして①家庭用充電器（PJ-32A）②車載用充電器（PJ-33A）③充電式バッテリーパック ④接続ケーブルなどを用意しています。

仕様

周波数	903.0125～904.9875MHz
チャンネルペーシング	25KHz
チャンネル数	80チャンネル(制御チャンネル1波・通話チャンネル79波)
通信方法	単信方式(プレストーク)
送信装置	空中線電力5W
受信装置	感度0dBμV以下
スプリアス	60dB以上
内部スピーカー入力	最大250mW・8Ω
マイク入力レベル	－66dB・1.5KΩ
電源電圧	7.2V±10% マイナス接地
外形寸法	幅52×奥行56×高さ204mm(アンテナ部除く)
重量	本体330g、操作部160g、電池370g