

MITSUBISHI 三菱電機技報

MITSUBISHI DENKI GIHO Vol.64 No.2

2
1990

通信のネットワーク化特集



通信のネットワーク化特集

目次

特集論文

「Manufacturerからの脱脚」	1
池上文夫	
通信のネットワーク化に関する展望	2
室谷正芳・石井康一	
企業通信の国際ネットワーク化	5
鈴木孝一・竹澤淳元・天野勝美・小林 洋・文字正樹・小原博修・小川義輝	
東海道新幹線の新しい通信ネットワーク	11
松本和臣・横山保憲・松本真二・有村慎一・藤田 進	
PBXを中核とした通信ネットワークの展開	18
大竹康友・岩橋 努・佐藤公保	
米国における自動車電話システム	23
一ノ瀬友次・三橋浩二・今村孝行	
SNG(Satellite News Gathering)ネットワーク	29
清水芳之・堀江 丞・中西道雄・岡田東亜・日向正瑞	
三菱電機VAN「MIND」の運用技術と今後の展開	34
長谷川修二・北川健一・宮内由美子・清水道夫・源馬良太	
ファクシミリ メールシステムの国内外ネットワークへの展開	38
遠藤 淳・東方敦司・鷗沢 清・荻野義一	
バックボーンLANとその応用	42
山内才胤・厚井裕司・井出口哲夫・松本正弘・白井良武	
国際通信ネットワークにおける高能率音声・データ伝送技術	47
内藤悠史・小林信之・斎藤和夫	
公衆通信ネットワークにおける加入者線多重伝送方式	51
部谷文伸	

普通論文

火力タービン発電機用励磁装置の近代化	55
鈴木一市・下村 勝・甲斐克彦・堀本昭裕	
水車発電機用ブラシレス励磁方式と非接触式異常検出装置	61
松枝泰生・本川幸雄	
《MELCOM80》リレーショナル データベース プロセッサ「GREO」	65
中込 宏・科野順蔵・笠原康則・小宮富士夫・伏見信也	
スーパーミニコンピュータ《MELCOM70 MX/5000-SPシリーズ》	70
河内浩明・茂木 強・大野次彦・猪飼誉夫・仲摩 寿	
燃料電池発電システムの動特性解析	75
佐々木 明・松本秀一・田中俊秀・池田辰也・田熊良行・留井英明	
赤外線撮像素子冷却用高性能スターリングクーラー	80
数本芳男・柏村和生・古石喜郎・清田浩之・和田明文	
多元ICB装置による高温超電導薄膜の形成	84
川越康行・塚崎 尚・山西健一郎・田中正明・今田勝大	

特許と新案

電磁連結装置、オープンレンジ	89
半導体装置のリードフレーム	90

スポットライト

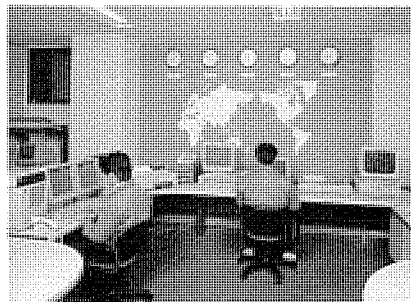
書換形光ディスク装置	88
TL-R50形留守番電話機	(表 3)

表紙

“ネットワーク監視センター”

(株)三菱銀行では、昭和58年に音声級アナログ専用線による本格的な国際ネットワーク(MITNET)を構築したが、業容の拡大に伴う通信量の増大への対応と、新技術の採用によるコストの削減、抑制をねらって、業界最先端をゆく新国際ネットワークシステム(MI-WING)を新たに構築し平成元年7月運用を開始した。このネットワークは、三菱銀行の委託を受け、東京の三菱電機ネットワーク監視センターに遠隔監視用コンソールを設置し、東京、ニューヨーク、ロンドンの各基幹局を含めて、24時間の一括集中監視を行っている。

表紙は、ネットワーク監視センター内の写真であり、障害が発生すると東京局の自動障害発報装置が作動し、自動発呼して音声で監視員に通報するなど、最新技術による24時間運用保守体制を実現している。



アブストラクト

通信のネットワーク化に関する展望

室谷正芳・石井康一

三菱電機技報 Vol.64・No.2・P2～4

近年、通信ネットワークの多様化が急速に進んでいる。企業内通信ネットワークの構築に見られるように、ユーザーはより便利で信頼性があり、かつ経済的なものを選択することが当然の時代となっている。このような通信のネットワーク化の現状と背景、当社の取組状況及び今後の展望について概括する。

SNG (Satellite News Gathering) ネットワーク

清水芳之・堀江 丞・中西道雄・岡田東亜・日向正瑞

三菱電機技報 Vol.64・No.2・P29～33

我が国の民間通信衛星（スーパーバードなど）のサービス開始と同時に、放送業界が構築した通信衛星を用いたニュース番組の素材収集ネットワーク（SNGシステム）の運用が開始された。このネットワークは、衛星通信の持つ同報性、広域性などの特長を利用し、ニュース報道番組の素材を現場に移動した車載局や可搬局から衛星を経由して映像基地局や受信専用局に伝送する。ここでは、三菱電機㈱がシステムを一括受注した㈱フジテレビジョンのシステムを中心に紹介する。

企業通信の国際ネットワーク化

鈴木孝一・竹澤淳元・天野勝美・小林 洋・文字正樹・小原博修
小川義輝

三菱電機技報 Vol.64・No.2・P5～10

企業内通信の国際化の例として、㈱三菱銀行東京本店を基点にニューヨーク、ロンドンを始めとした海外25拠点を結んだ、電話、FAX、テレックス端末、コンピュータを収容する大規模な三菱銀行新国際ネットワークシステムを紹介する。金融業界がグローバル化していく中で、新技術の導入により業界最先端をいくこのシステムが果たす役割とその効果、技術上の課題・特長にも触れ、今後の企業内国際情報通信システムについて展望する。

三菱電機VAN “MIND” の運用技術と今後の展開

長谷川修二・北川健一・宮内由美子・清水道夫・源馬良太

三菱電機技報 Vol.64・No.2・P34～37

三菱電機VAN “MIND” は、昭和63年1月からサービスを開始してから2年を経過しようとしている。この間、回線交換網及びパケット交換網のサービスを基盤に、ネットワークの拡大・強化を行ってきた。今回は、これらのサービスを支えるVANの運用技術について、“MIND” パケット交換網を中心に報告する。

また、今後の“MIND” VAN運営に対する新技術の導入計画並びに新サービス展開計画についても述べる。

東海道新幹線の新しい通信ネットワーク

松本和臣・横山保憲・松本真二・有村慎一・藤田 進

三菱電機技報 Vol.64・No.2・P11～17

新幹線車内でのニュース表示、ファクシミリ通信などの非電話系旅客サービスと車内搭載設備の管理等を目的とした東海道新幹線列車無線データ通信システムを開発・納入し、平成元年3月から運用を開始した。

このシステムは、400MHz帯漏えい同軸ケーブル（LCX）による無線伝送方式を基盤とした、ディジタル直接変調方式と移動体パケット交換方式の導入を特徴とする。

ファクシミリ メール システムの国内外ネットワークへの展開

遠藤 淳・東方敦司・鶴沢 清・荻野義一

三菱電機技報 Vol.64・No.2・P38～41

ファクシミリ メール システム《MELFANET》は、導入企業の成長に合わせて常に最適な組合せがとれるメール装置、集線装置をシリーズ化している。スタンドアロンの導入時から、全世界に拠点を展開し、さらに国際標準電子メールMHSネットワークに乗り込むまで一貫したシステムを提供する。今後《MELFANET》を企業内通信の基盤としてだけではなく、ファクシミリを用いた戦略情報システムとして発展させるよう機能拡充に努めていく。

PBXを中核とした通信ネットワークの展開

大竹康友・岩橋 努・佐藤公保

三菱電機技報 Vol.64・No.2・P18～22

ISDNの進展に伴い、通信と情報処理が融合する流れの中で、PBXがネットワークシステムを構成する中核機器としての地位を固めつつある。当社のPBX、《MELSTAR ES1000シリーズ》は、豊富な回線／端末インタフェースと多彩なネットワーク機能を備え、企業内ネットワークシステムの構築を強力にサポートしており、今またコードレス電話の追跡交換を実現して有線・無線を統合したことで注目を浴びている。

バックボーンLANとその応用

山内才胤・厚井裕司・井手口哲夫・松本正弘・白井良武

三菱電機技報 Vol.64・No.2・P42～46

当社では、昭和58年に《MELNETシリーズ》を発表して以来、小規模ネットワークから階層構成の大規模ネットワークまで、用途規模に応じた数々のシステムを提供してきたが、このたび、このシリーズの最上位機種として《MELNET R100》を開発した。

本稿では、《MELNET R100》開発のねらい、構成と方式について説明し、さらにこのLANを利用した構内総合情報通信システムの例を示す。

米国における自動車電話システム

一ノ瀬友次・三橋浩二・今村孝行

三菱電機技報 Vol.64・No.2・P23～28

自動車電話は、ここ数年で急速に成長している。かつて自動車に搭載するものであったが、最近では技術の進歩により小型軽量のものとなっており、携帯電話と呼ばれるほど小さくなり、ますます普及していく。本稿では、米国においてこのようなサービスを行うオペレータに対し、システムプロバイダーとしての役割を果たしているアストロネット社のセルラーシステムについて紹介する。

国際通信ネットワークにおける高効率音声・データ伝送技術

内藤悠史・小林信之・斉藤和夫

三菱電機技報 Vol.64・No.2・P47～50

国際通信ネットワークにおける伝送回線の有効利用を図る音声・データ高効率伝送装置として、国際公衆電話通信ネットワーク用ディジタル回線多重化装置及び企業内国際通信ネットワーク用音声・データ挿入装置を開発した。高効率音声符号化技術と音声会話における無音時間帯の有効利用を図るディジタル音声挿入技術を組み合わせることで実用化したこれらの装置は、4～7倍の回線利用率を実現し、通信コストの削減に大きな貢献をしている。

Abstracts

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 64, No. 2, pp. 29 ~ 33 (1990)

A Satellite News-Gathering Network

by Michio Nakanishi, Harutsugu Okada, Masamizu Hinata, Yoshiyuki Shimizu & Susumu Horie

A satellite news-gathering network funded by Japan's broadcasting industry has recently begun operation just as the Mitsubishi Group's Superbird and other domestic communications satellites begin providing commercial services. The network makes use of the real-time transmission function and wide-area coverage of these satellites. News trucks carrying a mobile earth station provide an uplink to transmit video footage to a video base station and any number of listen-only stations. The article introduces a complete system built by Mitsubishi Electric for Fuji Television Corporation.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 64, No. 2, pp. 2 ~ 4 (1990)

An Overview of Telecommunications Networks

by Masayoshi Murotani & Koichi Ishii

Telecommunications networks are rapidly becoming more diverse. Corporations planning to install a network for internal communications will naturally select the most convenient, most reliable, and most economical system. The article surveys the current state of the art and gives examples of Mitsubishi-developed networks. The article also comments on trends in this fast-growing technology.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 64, No. 2, pp. 34 ~ 37 (1990)

Operation Technologies of the Mitsubishi MIND VAN and Future Developments

by Shuji Hasegawa, Ken'ichi Kitagawa, Yumiko Miyauchi, Michio Shimizu & Ryota Gemma

MIND, Mitsubishi Electric's intra-Corporation value-added network system, began operation in January 1988 and has now completed its second year in service. The network facilities have been expanded domestically and internationally and strengthened, building on a foundation of line and packet switching services. The article reports on operation technology for the MIND's packet-switching network. Plans to update the MIND operating technology and open new services are also discussed.

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

An Integrated International Communications Network for a Corporation

by Koichi Suzuki, Atsumoto Takezawa, Katsumi Amano, Hiroshi Kobayashi, Masaki Monji, Hironobu Kohara & Yoshimitsu Ogawa

The article introduces a high-volume international telecommunications network developed for communications among the Mitsubishi Bank head office in Tokyo and 25 international branch offices in London, New York, and other major cities. The network supports telephones, fax machines, telex terminals, and computers. The article introduces the system, its role and effectiveness, technical hurdles, and system features. The state-of-the-art system gives a powerful boost to the bank's operations at a time when the financial industry is performing growing numbers of international transactions. The article also suggests the direction of industry trends in international networks for corporate use.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 64, No. 2, pp. 38 ~ 41 (1990)

A Facsimile Mailing System Capable of Worldwide Expansion

by Jun Endo, Atsushi Toho, Kiyoshi Uzawa & Yoshikazu Ogino

The Mitsubishi MELFANET facsimile-mailing system employs a series of mailing units and concentrators in a flexible network that can be expanded as the corporation it serves grows in size. The network begins with a stand-alone unit that handles local needs and can be expanded into a worldwide network. Network messages can even be carried via internationally standardized MHS electronic mail networks. In the future it will be possible to use MELFANET systems for purposes other than internal corporate communications; provisions are being developed that will allow a MELFANET system to distribute up-to-date strategic marketing information by fax.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 64, No. 2, pp. 11 ~ 17 (1990)

A New Communications Network for the Tokaido Shinkansen

by Kazuomi Matsumoto, Yasunori Yokoyama, Shinji Matsumoto, Shin'ichi Arimura & Susumu Fujita

The Corporation has developed and delivered a communications network for the Tokaido Shinkansen that supports wireless transmission of text displays, facsimile transmissions, and other nonverbal information. The system implements the wireless link to trains by a leaky coaxial cable driven by a GMSK-modulated 400MHz-band carrier. The trains separate the incoming data stream using on-board packet exchange equipment. The network has been in operation since March 1989. The Tokaido Shinkansen provides high-speed passenger train service between Tokyo and Osaka.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 64, No. 2, pp. 42 ~ 46 (1990)

A Backbone LAN and Its Applications

by Toshitane Yamauchi, Yuji Koi, Tetsuo Ideguchi, Masahiro Matsumoto & Yoshitake Shirai

The Corporation has provided MELNET local-area network equipment since 1981, including products from small-scale systems up to large-scale layered networks. The article introduces the Corporation's newest product, the top-of-the-line MELNET R100 LAN. The development aims, system configuration, and functions are discussed, and some applications of it in general information systems are introduced.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 64, No. 2, pp. 18 ~ 22 (1990)

PBX-Based Communications Networks

by Yasutomo Otake, Tsutomu Iwahashi & Kunio Sato

As advances in ISDN technology make it easier to combine communications and information-processing functions, PBXs are developing a new role in routing and controlling network communications. Mitsubishi MELSTAR ES1000 Series PBXs provide a rich variety of line standards, terminal interfaces, and network-support functions. These features make the series a highly effective platform for internal corporate communications. The series has been used to implement a highly acclaimed cordless telephone system in which calls are routed directly to lightweight cordless telephones.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 64, No. 2, pp. 47 ~ 50 (1990)

Voice- and Voice-Band-Data-Compression Techniques for Global Communications Networks

by Yushi Naito, Nobuyuki Kobayashi & Kazuo Saito

The Corporation has developed digital circuit-multiplication equipment for the international telephone network and data/speech interpolation equipment for corporate international communications networks. Both were developed to achieve more efficient transmission of voice and voice-band data and to raise the line utilization of global communications networks. Both combine low-bit-rate voice-coding techniques and a digital speech-interpolation technique (that imposes other signals on otherwise silent voice channels) to boost circuit utilization by 4~7 times with concomitant reductions in communications costs.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 64, No. 2, pp. 23 ~ 28 (1990)

A Cellular Mobile Telephone System for the United States Market

by Tomoji Ichinose, Koji Mihashi & Takayuki Imamura

Although cellular mobile telephones were originally installed only in motor vehicles, technical advances have made it possible to produce small, lightweight handheld portables, and these are beginning to enter the market. The article introduces the Astronet system designed to support mobile telephone services in the United States. The Corporation is providing the system to independent operators.

アブストラクト

公衆通信ネットワークにおける加入者線多重伝送方式 部谷文伸

三菱電機技報 Vol.64・No.2・P51～54

加入者線多重伝送方式は、従来のメトリックケーブルによる個別配線に代えて、光ファイバケーブルなどを用いたデジタル多重伝送路を加入者区間に設定するもので、ネットワークのトータルコストの削減を目的としている。

本稿では、構築が進みつつあるISDNとオール光ファイバ化に向けて再構築の動きがある加入者ネットワークにおいて加入者線多重伝送方式の果たす役割について概観する

スーパーミニコンピュータ《MELCOM70 MX/5000-SPシリーズ》

河内浩明・茂木 強・大野次彦・猪飼誉夫・仲摩 寿

三菱電機技報 Vol.64・No.2・P70～74

単精度／倍精度浮動小数点ベクトル演算を高速に行う内蔵型ベクトルプロセッサSP (Scientific Processor) を搭載した、スーパーミニコンピュータ《MELCOM70 MX/5000-SPシリーズ》を開発した。

このシリーズでは、スーパーミニコンピュータ国産機初の自動ベクトル化FORTRANを用意し、ソースプログラムを修正することなくSPによる科学技術計算の高速処理が可能となった。

火力タービン発電機用励磁装置の近代化

鈴木一市・下村 勝・甲斐克彦・堀本昭裕

三菱電機技報 Vol.64・No.2・P55～60

火力タービン発電機用励磁装置において、近年、単に既設機器の設備改善のみでなく、電力系統安定度向上及び保守性の改善の観点から励磁方式変更の段階へ進んできている。本稿では、その要求に対応する技術(超速応励磁方式、系統安定化装置、各種信頼性向上技術)を紹介するとともに、現在の近代化内容及びその実施事例を述べる。

燃料電池発電システムの動特性解析

佐々木 明・松本秀一・田中俊秀・池田辰也・田熊良行・留井英明

三菱電機技報 Vol.64・No.2・P75～79

燃料電池発電システムの動特性解析には、化学プロセスのモデリングとシミュレーションが不可欠である。発電システムの運転ノウハウが少ない現時点では、物理モデルによる解析が中心となる。

この論文では、200kW業務用燃料電池発電システムの運転仕様である、20％瞬時負荷変動及び1分以内の全負荷変化に注目して、動特性試験と計算機シミュレーションを実施し、発電システムの応答性を検討した。

水車発電機用ブラシレス励磁方式と非接触式異常検出装置

松枝泰生・本川幸雄

三菱電機技報 Vol.64・No.2・P61～64

水力発電所の省力化・遠隔制御化に伴い、ブラシレス励磁機を採用することが多くなってきている。ブラシレス励磁機の特長を生かし、かつ信頼性を高める目的で非接触式の界磁地絡検出器と回転整流器故障検出装置を標準として設けている。

このブラシレス励磁機と非接触式の異常検出装置の概要及び特長について述べる。

赤外線撮像素子冷却用高性能スターリングクーラー

数本芳男・柏村和生・古石喜郎・清田浩之・和田明文

三菱電機技報 Vol.64・No.2・P80～83

赤外線撮像装置の赤外線検知素子 (IRCS) 冷却用として、リニアモータ駆動による高性能小型スターリングクーラーを開発した。この論文では、開発したクーラーの基本構成と特長について紹介するとともに、高効率化・小型化・長寿命化を達成する上で重要なリニアモータ駆動圧縮機の設計技術、無潤滑摺動材料技術等に関する要素技術の研究成果についても述べる。また、このクーラーの性能特性について、クランク式クーラーとの比較もまじえながら報告する。

《MELCOM80》リレーショナル データベース プロセッサ “GREO”

中込 宏・科野順藏・笠原康則・小宮富士夫・伏見信也

三菱電機技報 Vol.64・No.2・P65～69

オフィスコンピュータ《MELCOM80 GEOC・GRファミリ》に搭載されるリレーショナル データベース プロセッサ “GREO” を開発した。GREOは、従来のデータベース アプリケーション ソフトウェアに対して完全に互換性を持ち、コンピュータ本体に装着するだけでデータベース検索処理を従来の3～50倍程度に高速化するとともに、CPU負荷を1/10～1/200程度に軽減することができる。

多元ICB装置による高温超電導薄膜の形成

川越康行・塚崎 尚・山西健一郎・田中正明・今田勝大

三菱電機技報 Vol.64・No.2・P84～87

Y系高温超電導薄膜形成を対象に、オゾナイザを付加した多元ICB (Ionized Cluster Beam) 装置技術を開発した。この技術を用いることで、650℃の基板温度で抵抗ゼロ温度が87Kの臨界過度特性及び77Kで $1.2 \times 10^6 \text{ A/cm}^2$ の臨界電流密度特性を持つas-grown薄膜を、直径70mmの大面積にわたり形成できた。実用化のためのプロセス技術の重要な要因である大面積かつ低温化が実現されたことにより、広い範囲の応用展開が期待される。

Abstracts

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 64, No. 2, pp. 70 ~ 74 (1990)

The MELCOM70 MX/5000-SP Series Super Minicomputers

by Hiroaki Kawachi, Tsuyoshi Motegi, Tsugihiko Ono, Takao Ikai & Hisashi Nakama

These super minicomputers are fitted with a high-speed vector processor for single- and double-precision floating-point operations. They are the first domestically produced super minicomputers to employ an automatic vectorizing Fortran compiler. This compiler dramatically boosts the speed of scientific computations without any changes in the program source code.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 64, No. 2, pp. 51 ~ 54 (1990)

Subscriber-Line Multiplex Transmission Systems for Use in Public Telecommunications Networks

by Fuminobu Hidani

Subscriber-line multiplex transmission systems employ optical-fiber cables to carry telephone signals along subscriber sections. The systems replace conventional multiwire metallic cables, to reduce total network costs. The article surveys the use of these systems in the Japanese subscriber network and their role in the eventual construction of a full-scale fiber-optic subscriber network. The Japanese subscriber network is now undergoing substantial reconstruction.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 64, No. 2, pp. 75 ~ 79 (1990)

Dynamic Analyses of a Fuel-Cell Power-Generating System

by Akira Sasaki, Shu'ichi Matsumoto, Toshihide Tanaka, Tatsuya Ikeda, Yoshiyuki Takuma & Hideaki Tomei

Modeling and simulation of chemical processes is necessary to analyze the dynamic response of fuel-cell power-generating systems. Analyses based on physical modeling also promise to clarify the rather poorly understood processes involved in fuel-cell operation. The article reports on simulation studies of fuel-cell system response, including the response to a 20% instantaneous load change and a 100% load change within 1min.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 64, No. 2, pp. 55 ~ 60 (1990)

The Modernization of Turbine-Generator Excitation Systems for Thermal Power Plants

by Kazuichi Suzuki, Masaru Shimomura, Katsuhiko Kai & Akihiro Horimoto

Such modernization involves replacement of the excitation system rather than making minor improvements of the excitation-system components. The benefits of this replacement include improved power-system stability and simpler generator maintenance. The article introduces technology used to provide this capability including excitation systems with high initial response, power-system stabilizer equipment, and high-reliability technology. The article also reports on the scope of modernization, giving several examples.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 64, No. 2, pp. 80 ~ 83 (1990)

A Miniature Stirling Cryocooler for Infrared-Detector Cooling

by Yoshio Kazumoto, Kazuo Kashiwamura, Yoshiro Furuishi, Hiroyuki Kiyota & Akifumi Wada

The Corporation has developed a linear-motor-driven high-efficiency Stirling-cycle cryocooler for cooling the infrared detector (IRCSD) of infrared cameras. The article reports on the construction and features of the cooler, with detailed descriptions of the linear-motor-driven compressor design and self-lubricating materials. Performance comparisons of the new Stirling-cycle cryocooler with a crank-type cooler are also given.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 64, No. 2, pp. 61 ~ 64 (1990)

A Brushless Exciter for Hydroturbine Generators and a Noncontact Monitoring Systems

by Yasuo Matsue & Yukio Hongawa

Brushless exciters are being widely adopted in hydroelectric power plants to reduce maintenance and facilitate changeover to unattended power plants with remote control. The reliability and low-maintenance advantages of brushless exciters are enhanced by using noncontact detectors for generator-field ground shorts and rotor-rectifier failure. The article reports on a new brushless exciter and its noncontact detectors.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 64, No. 2, pp. 84 ~ 87 (1990)

The Formation of High-Temperature Superconducting Thin Films Using an Ionized-Cluster-Beam Apparatus with Multiple Sources

by Yasuyuki Kawagoe, Hisashi Tsukazaki, Ken'ichiro Yamanishi, Masaaki Tanaka & Katsuhiro Imada

The authors have succeeded in producing a high-temperature superconducting Y-Ba-Cu-O thin film using an ionized-cluster-beam apparatus with multiple sources and fitted with an ozonizer. The film was grown on a 70mm-diameter substrate heated to 650°C. The critical temperature of the film as grown was 87K, and the critical current density $1.2 \times 10^6 \text{ A/cm}^2$ at 77K. The comparatively low temperature of the process and large area of the resulting film constitute important advances toward commercial superconducting devices.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 64, No. 2, pp. 65 ~ 69 (1990)

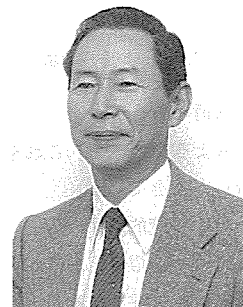
GREO: A Relational-Database Processor for Small-Business Computers

by Hiroshi Nakakomi, Junzo Shinano, Yasunori Kasahara, Fujio Komiya & Shinya Fushimi

The Corporation has developed a relational-database processor unit for use in MELCOM80 GEOC/GR-family small-business computers. Called GREO, the unit simply plugs in to increase the speed of database referencing by 3~50 times and reduces the CPU load to 10% or even as little as 0.5%. The unit is completely compatible with existing database applications.

「Manufacturerからの脱脚」

拓殖大学工学部教授
京都大学名誉教授
電子情報通信学会会長 池上 文夫



この特集号の機会に三菱電機の通信分野への積極的な進出を知って、正直大変驚きました。どの総合電気メーカーもそうですが、デパートのように何でもあるが通信は専門店の方が、という印象でした。三菱電機の通信では、マイクロ波アンテナ、レーダ、鉄道通信、自動車無線などの特色は周知ですが、通信網売り場はなかったようです。世の中の流れからはむしろ遅きに失したとも言えますが、この特集号の国内、国際ネットワークのキーテクノロジーへの挑戦が、すでに実用の段階にあることは驚きと共に誠に喜ばしい限りです。

通信ネットワークは、その規模と深さにおいてシステムの中でも最大級のものです。システムを構成する交換、伝送、情報処理、端末など各部をマスターするのにもさることながら、新しいシステムの開発には相当な覚悟が必要でしょう。

通信に限って言えば、日本のメーカーは新しいシステムを開発したことがないというのが私の持論です。通信・放送のモノポリー時代には、NTT、KDD、NHKの研究所がシステム仕様を作り、メーカーはその仕様書に沿うハードウェアを製造するという形が長い間とられて来ました。部分的にはメーカーの提案が採用されたこともあったでしょうが、多くの場合採用されず、メーカーは提案意欲を失いました。輸出は国内技術の修正プラス・アルファで、国内にないシステムがメーカーによって開発・輸出されたという話は寡聞にして聞きません。この体質は、メーカーの消極性とともにはNTT、KDD、NHKにも責任があり、日本ではこれら三者が使わないシステムが生まれる基盤が育ちにくい社会だったわけです。

しかし通信の自由化で事情が一変しました。三者以外のシステムが必要となったからです。しかし過去40年の体質は急には変わらず、日本のメーカーはmanufacturerとして世界一級の実力をもちながらdesignerとしての素養に欠けます。巨大な通信ネットワークの設計には、全体の調和と最適化のために全体を把握した高度で広汎な知識と経験を要するからです。

例えば、有線通信網では通信品質、トラフィック特性、回線構成法などが必要で、世の中になくシステムの設計・開発にはこれらの知識が不可欠なものとなります。無線通信では、その他にシステムの本質を左右する電波伝搬なしには、設計も新しいシステムの発案も難しい。日本にはこれらを紙の上でマスターしているメーカーはあっても自分のものとしているメーカーはないというのが実情でしょう。

欧米では、システム設計の経験をもち新しいシステムを提案しているメーカーもあります。通信の開放に伴い、メーカーはシステムの提案を要請されるが、日本のメーカーが外国メーカーに太刀打ちできないことを惧れます。これからの社会では、三者以外のシステムの比重が増すからです。このままでは、日本は世界の部品、デバイスの工場となり（これも途上国に追われる）、システムは外国に依存する形になりかねないと感じます。

三菱電機をはじめとする日本の通信メーカー（通信機メーカーではない）が単なるmanufacturerを脱脚して、sing-a-song writerならぬdesign-a-system manufacturerに向かって発展されることを願って止みません。

通信のネットワーク化に関する展望

室谷正芳*
石井康一**

1. ま え が き

近年、通信ネットワークという言葉の意味するものが大きな変化をしているように見える。これをもたらししたのは、通信の分野における新しい動きである。

その一つは制度的側面の変化であり、昭和60年4月の法改正によって、いわゆる通信の自由化が現実のものとなり、ニューコモンキャリア(NCC)と呼ばれる第一種電気通信事業者が生まれ、電気通信事業が独占から競争の時代へと移行したことである。

次に技術的側面の変化がある。ICの高集積化の急速な進展によって、複雑なデジタル回路が安価に実現し得るようになったこと、デジタル信号処理器(DSP)の出現によって帯域圧縮と適応等価等の高度なデジタル信号処理が可能になったこと、また光通信技術や衛星通信技術の発達によって遠距離の大容量信号伝送が容易に、しかも経済的に可能となったことなどである。

さらには、需要的側面として電気通信のユーザーが従来の電話中心のサービスに対して、多様なニーズを持つようになったことが挙げられる。コンピュータの発達、その大型化や分散配置等によって相互間及びコンピュータと端末間のデータ通信量の急速な増大をもたらしてきている。また、ファクシミリやTV映像などの画像通信へのニーズも高くなっている。これらと従来の電話を加えた通信のマルチメディア化への要請はますます強くなってきた。

これら三つの側面の変化が相互作用することによって、変化を一層急しゅんなものとしたこと、昭和59年11月に当時の日本電信電話公社が始め、引き続いてNCC各社が参入した高速デジタル伝送サービスの経済性が注目されて、ユーザーの企業内通信ネットワーク構築に拍車をかけたこと、民間衛星の打上げやISDNサービスの開始、自動車電話及び携帯電話の普及等によって、今や通信ネットワークはユーザーがそのニーズを満たす最適のものを選択する時代に入ったといえることができる。

2. 通信ネットワークの現状

2.1 ISDNサービスの開始

昭和60年2月の日本縦貫光ファイバケーブルの完成や大型デジタル交換機の導入加速によって、日本電信電話(NTT)の網のデジタル化が急速に進み、これらを基盤として昭和63年4月ISDNサービス(INSネット64)が開始された。さらに、平成元年6月からは1次群サービス(INSネット1500)も追加された。現状では、シーズ先行によってインフラストラクチャとしてのネットワークの構築が推進されている段階で、使い勝手のよい端末機器や利用システムの開発が不十分なため、必ずしもISDNサービスの普及は順調に伸びているとはいえないが、公衆網サービスにおける最大の変革であり、今後の発展が大いに期待できる。また、ISDNサービスは、ユーザーの広域企業内通信ネットワーク構築に新たな可能性を与えるものとなっている。

2.2 専用線サービスと企業内通信ネットワーク

従来もアナログ専用線を用いて広域の企業内通信ネットワークを構築することはなかったわけではないが、経済効果は低く、一部の大企業に限定されていたり、コンピュータのネットワークに他の代替手段もなく止むを得ず利用されていたのが実情であった。

高速デジタル伝送サービスの開始は、企業内通信ネットワークの構築を爆発的に推進するものとなった。その最大の理由は、何といてもこのサービスの料金がユーザーにとって極めて魅力的であったことである。当初このサービスの料金体系は、従来のアナログ専用線の電話1回線が、このサービスの64Kbpsと同等となるように設定された。例えば、従来の1回線(電話12回線分相当)とこのサービスの768Kbps(64Kbps×12)とは、ほぼ同一料金であった。これは、データ通信ユーザーにとっては同料金で5～16倍のデータ量の伝送を可能とした。また、音声の高効率符号化技術の開発とDSPの出現は、電話でのユーザーにとっても同一料金で2倍以上の回線の確保を可能にしたのである。

また、自由化によって生まれたNCCが同等のサービスを提供することによって、競争による料金の低廉化が一層進むこととなった。

さらに、このサービスを用いてネットワークを構築し、それによって回線リセールや付加価値通信サービスなどの第二種電気通信事業を行う事業者が多数生まれた。

この結果、ユーザーは目的に最も適したサービスを選択して利用することができるようになり、ユーザーのネットワーク構築の良否がその信頼性と経済性の両面から問われるようになってきた。

この傾向は、国際高速デジタル伝送サービスを国際電信電話(KDD)が開始し、平成元年には国際通信のNCCである日本国際通信(ITJ)及び国際デジタル通信(IDC)が追従するに及んで、グローバルなネットワークの構築にも現れることとなった。しかも回線使用料の高価な国際通信では、一層経済性への要求が厳しいものとなってきており、予測符号化やD/SIなどのより高効率な伝送技術及び時差を有効活用するシステム構成や通信処理技術を駆使することが必要となってきた。

三菱電機情報ネットワーク(株)の付加価値通信網(VAN)“MIND”や当社が中心となって構築した(株)三菱銀行向け新国際通信ネットワークは、このような背景の上に立って、広域の(国内、国際を含む)高信頼性を持つ効率の高いネットワークをねらって開発設計し、運用に供した典型的なものである。また、ファクシミリ メールシステムは、特にこのような国際ネットワークや広域ネットワーク上でその特長を活用されている。

2.3 構内網

企業内通信ネットワークの使い勝手の良否は、その広域網だけでなく、むしろ構内網によって決まるといってもよい。

構内網の主役は、構内交換機(PBX)とローカルエリアネットワーク(LAN)である。一時PBXとLANは、互いに競合するものとしてこれらの得失が議論されたが、現状ではそれぞれの特長を活用

して利用されている。

PBXは、その利用端末としての電話機の多機能化をサポートして利用者の便宜を図るとともに、ISDNへの移行過程にあって多様化している公衆網や2.2節で述べた専用線網との接続によって、利用者にこれらのネットワークのサービスを提供するものとなり、単に構内網構築のみならず、拡張機能を活用して広域網の構築における中核ともなっている。また、無線回線制御機能の付加によって当社が実用化したシステムコードレス電話は、構内網の構築に従来の概念を越えた新しい要素を盛り込み、次世代コードレス電話を先取りするものとなっている。

OA化の進展に伴うデータ通信量の急速な増大によって、イーサネットやトークンリング等の中速LANの利用が定着してきた。また、システムの大規模化は、利用メディアの多様化と相まって高速のマルチメディアLANの必要性を高めており、近年このような要求を満たす100Mbps以上のLANの開発が進んでいる。

国際標準FDDIに準拠した当社のバックボーンLANも、このような要求に対処することをねらって開発したものであるが、単に高速というだけでなく下位の支線LANや他のネットワーク機器及び各種端末との接続の整合性が高く、利用しやすいことに主眼をおいたものである。

2.4 移動体通信とそのネットワーク

自動車電話に代表される移動体通信は、「いつでも、どこでも、だれとでも」という究極の通信への要請を満たすものとして最近全世界的に利用者の増大が顕著であり、国内でも既に30万台を大幅に越えている。中でもその使いやすさが認められて、携帯電話の伸びが大きい。

特に需要の伸びの著しい米国においては、大都市でシステム容量の限度にまで加入者が増加し頭打ちが予測されている。我が国でも東京では、数年後に同様の状態になることが予測される。このような状況から現在日、米、欧の3地域で新たにディジタル方式の自動車電話の仕様が進んでいる。

公衆移動体通信以外の分野でも移動体通信のシステム化の進展は目覚ましい。業務用のMCAシステムは、データ通信が可能となったこともあって、データ端末とホスト計算機を結合したシステムとして利用されるケースが増えている。また、その他の分野でも昭和39年新幹線開通とともに運用を開始した東海道新幹線列車無線システムはファクシミリやデータ通信など音声以外のメディアの利用も可能となり、LCXの採用で通話路数が大幅に増加して再構築された。

これらは代表的な例であるが、今や移動体通信の分野は利用者の急増によって大きな変革をしようとしている。

移動体通信のこのような急速な伸びは必然的に周波数のひっ(逼)迫を生んでおり、移動体通信のネットワークの構築には有限の周波数をいかに有効活用するかということが最も重要な要素となっている。

2.5 衛星通信

平成元年、我が国初の民間通信衛星が運用に入った。

衛星通信は、広域性、同報性、多元接続性、広帯域性、耐災害性などの特長を持っており、この特長を活用する利用分野の開発が検討されてきている。通信衛星利用の先進国である米国に比べて、我が国のように地上の通信網が発達し、さほど広大とはいえない国土の中では衛星通信に経済的利点を見出すのは容易ではない。しかし、このような条件の中でも、既に幾つかのシステムが運用中あるいは

運用計画中である。

その一つは、放送業界がTV報道番組の素材伝送に衛星通信の広域性、広帯域性及びアクセスの容易さを利用しているSNG(テサライト ニュース ギャザリング)システムである。また、同様に映像伝送を行うものとして、CATVのための配信システムや教育用等の同報性を活用した映像配信システムなどがある。このほかにも、自治省が全国レベルで展開しようとしている防災用を主体とした衛星通信システムや、1対N方式のデータ伝送を行うVSAT(Very Small Aperture Terminal)などが挙げられる。

我が国では衛星通信の本格的実用が始まったばかりであり、今後その特長を生かした利用形態や、地上通信網と補完するようなネットワークが検討され、利用拡大が期待される。

3. 高度情報通信ネットワークを構築する製品群

前章において述べたような高度情報通信ネットワーク構築に寄与するため、当社としては全力を挙げて各種の製品群を開発してきた。それらの代表的なものをとりまとめると表1のとおりである。

この表から明らかなように、当社としては通信のネットワーク化を実現するための重要な製品群を提供できるようになったと言えることができる。最近の主要な開発成果については、これに続く幾つかの論文において詳細な紹介を行っている。しかしながら、いまだ十分とはいえない。表1に示す製品群の幾つかは第一段階の完成であって、第二段階以降の高度化を必要とするものも多く、それらについては更なる開発を進めているところであって、いずれ改めて報告することとしたい。

4. 通信ネットワークの将来展望

以上に概観してきたように、通信ネットワークはいま大きな変革の動きを開始したところである。しかもどちらかというとき先行的な動きであった。しかし、選択の自由度の拡大によってユーザーが自分のニーズにより適したネットワークを構築したり利用したりすることによって今後も質量ともに大きな成長が期待できる。

まず、公衆網における狭帯域ISDNの普及は、ISDNパケットサービスが開始されることにより促進されるであろうし、1992年のCCITT勧告完成によって将来に向けての広帯域ISDNの構築が始まるものと予測される。

企業内通信ネットワークの構築も当初のような飛躍的な展開は一段落したが、ネットワークの拡大、高信頼化、一層の効率化は着実に進んでいる。現在の6Mbpsより更に高速な専用線サービスの開始、専用線料金の利用者増や競争による低減、ユーザーの通信需要の拡大や新たな通信利用システムの出現、企業活動の国際化の進展など加速要因も多い。そしてネットワークの巨大化、複雑化が進むにつれて、ネットワーク管理の重要性はますます高いものとなる。

構内網は、一方ではユーザーフレンドリーな端末利用がますます多くなり、地方ではマルチメディア化することによってネットワーク上でのシステム構築が容易になる方向に進む。

移動体通信や衛星通信は、現状ではまだそれぞれが単独のネットワークとして構築されたり運用されたりするケースが多いが、これらは現在最も需要の伸びの大きな分野であり、今後は既存のネットワークや他の新たなネットワークと融合した形へと進んでいくものと考えられる。

表1. 高度情報通信ネットワークを構築する三菱電機の製品群

分 類	項 目	製 品 例
ネットワーク系	ディジタル多重化装置	高速ディジタル多重化装置(MELMUX MX-7000シリーズ) 海底光ケーブル及び衛星通信用DCME装置
	ディジタル交換機	EPBX ・ISDN対応PBX(MELSTAR ES-1000シリーズ) ・CBX仕様
	パケット交換システム	高機能パケット交換システム ・パケット交換装置(MELPAX 4000シリーズ) ・パケット多重化装置(MELPAX 1000シリーズ) ・ネットワーク管理装置(MELPAX 7000シリーズ)
	ローカルエリア ネットワーク(LAN)	光リング形、バス形LAN(MELNETシリーズ)
	メールシステム	音声メール装置(MELSTAR ES5000) ファクシミリ メールシステム(MELFANET 10S/100/ 200)
伝 送 系	通信衛星システム	インテルサット衛星通信用地球局装置 ・TDMA/DSI地球局装置 ・IBS用 〃 国内衛星通信用地球局装置 ・SNG可搬局 ・小容量データ通信用子局
	光通信システム	ディジタル光通信装置 100M/400Mディジタル光通信装置
	ディジタル 無線通信システム	2G~12GHz帯マイクロ波多重通信装置
	加入者系伝送装置	I-SMD-B, SL-A/I (NTT向け)
移動体通信系	自動車電話システム	国内向け自動車電話/携帯電話 米国セルラー方式自動車電話システム 北欧NMT方式 〃
	MCAシステム等	MCA無線/MCAデータ通信システム 業務用無線/簡易無線システム システムコードレス電話(MELWAVE) ポケットベル(NCC用)
通信端末系	画像端末	テレビ会議システム(MELFACE 700/400シリーズ) テレビ電話・会議システム(INVITE64) 静止画伝送装置 静止画テレビ電話(TELE pa SEE, Lumaphone)
	ファクシミリ	ファクシミリ(MELFASシリーズ)
	電話機	多機能電話機(ロルムホン)、その他

5. む す び

ネットワークが高度化し、ユーザーにとってより便利で、信頼性が高くかつ経済的なものになっていくのは、前述のようにユーザーが選択する時代になった現在、明らかである。そして、通信とコン

ピュータとの結び付きは今後ますます深くなっていく。このような中で、将来に向けて当社はThink & Linkの理念のもとに、通信のネットワーク構築要素となる通信装置、それらを駆使したネットワークの構築を通して社会に寄与してゆく所存である。

2. 三菱銀行納め新国際ネットワークシステム (MI-WING)

2.1 新国際ネットワーク構築の背景とその概要

三菱銀行では、1983年に音声級アナログ専用線による本格的な国際ネットワーク (MITNET)*⁴を構築し (図1)、電話、FAX、テレックス等データ通信を行ってきたが、今回、新たに国際ネットワークを再構築することになった背景は、①業務内容の拡大に伴う海外拠点との通信量の増大への対応、②現国際ネットワークシステムの処理能力の限界の打破と質の大幅な改善、③新海外システムのインフラストラクチャとしての高速データ伝送路の確保、④技術の進展による安価な回線 (高速・大容量) の活用によるコスト削減・抑制である。

以上の背景のもとに、東京、ニューヨーク、ロンドンを基幹局としてそれぞれの間を128Kbpsの高速デジタル回線で接続し、環状網を基幹網としたネットワークシステムを構築した。さらに、東京から支線系として、アジア・オセアニア地区へ、ニューヨークからの支線系として北米地区へ、ロンドンからの支線系として欧州地区へ、それぞれ星状に海外25拠点をカバーしている。支線系のうち、香港・シンガポールについては64Kbps高速デジタル回線を利用し、その他の拠点は、コスト見合いで取りあえずアナログ専用線を利用することとした。

2.2 ネットワーク構築の基本的考え方

基本的考え方としては、まず、現状MITNETが抱えている①問題点 (電話音質の改善、利用端末の制限解除など) の解決、②ユーザーニーズ (通信管理機能の充実、FAXの高画質化、データのリアルタイム処理など) の取り組み、③拡張性 (拠点拡大への対応、海外網への接続、海外OA端末接続など) の確保、④稼働要件 (24時間稼働及び24時間保守運用体制、セキュリティ、運営管理機能の充実) の実現を踏まえて以下の考え方でネットワークを構築した。

- (1) 現状問題点を解決し、ユーザーニーズを反映させたネットワーク構築 (音質・画質、伝送時間を配慮した回線設計、一般端末からの専用回線の利用、国内ネットワークとの接続、蓄積機能によるサービス性の向上)
- (2) 拡張性のあるネットワーク構築 (階層型ネットワークの導入、将来通信量へ対応可能な機器の選定、外部システムへの接続)
- (3) 運営管理機能の向上 (東京での集中監視・制御、利用状況の把握)
- (4) 信頼性の向上 (う (迂) 回、二重化による回線の信頼性向上、セキュリティを考慮した拠点運用)
- (5) 経済性の追求 (回線の多重化による多目的利用、トラヒックの平滑化による回線容量の最適化)

2.3 ネットワーク構成と機能

ネットワーク構成としては、東京、ニューヨーク、ロンドンをこのネットワークの基幹局 (大拠点) として位置付け、この間のネットワークを基幹網として迂回可能なリング状に構築し、その他の拠点へのネットワークは基幹局からの支線網として星状に構築した (表1)。

さらに、東京拠点と国内ネットワークとの接続、及び各国通信規制の許す範囲内で各拠点と公衆網との接続を実現したネットワークとした。これにより、国内各支店及び海外支店、駐在員事務所、支店長宅などとの通信を容易に実現するとともに、市内料金並みの安価な通信費で利用可能となった。

ネットワークの構築方式としては、次の3方式を採用した。すなわち、①高速、大容量、高信頼性を確保するため、デジタル伝送路を採用、②各メディアに対して回線の共有化を図るため、多重化伝送方式を採用、③任意の相手との通信を可能とするために交換形ネットワーク方式をそれぞれ採用した。すなわち、以上の新技術の導入に併せて、大規模拠点では、TDM*⁵ (MELMUX: 時分割多重化装置) を利用して国際高速デジタル回線 (128Kbps) で結び、PSE*⁶ (MELPAX) によるパケット交換機能、TS*⁷ による回線交換機能、FMP*⁸ (MELFANET) によるFAX蓄積交換機能を実現した。また、更に音声の無音帯を利用してデータを流すことを目的としたDSI*⁹により、データと音声の多重伝送を実現した。その他、EMP*¹⁰によるテレックス転電機能及び東京での24時間監視を可能とするネットワーク監視制御による監視センターでの集中監視を実現した。

2.4 ネットワークの特長と導入効果

- (1) 電話系については、東京、ニューヨーク、ロンドンの大規模拠点間通話の回線の有効利用を図るため、音声CODEC*¹¹により帯域圧縮 (9.6Kbps) して、必要な音声回線を確保している。音質については、実際に使用し極めて良好である旨高い評価を得た。また、大規模拠点TSは自動迂回機能を備えており、3本の基幹回線のいずれか1回線が障害となっても迂回経路を確保でき、信頼性の高いシステムとなっている。この自動迂回機能は、回線がビジーのときも同様な働きをする。実運用上はこれら3拠点のいずれかが深夜となるため、各大規模拠点間通話路は実質的に迂回路も定期的に利用することで最大2倍のチャネル容量が確保され利用できる仕組みとなっている。また、国内と同様、電話、FAXはどの端末からも通信可能で、簡便な内線電話番号、FAX端末番号が利用できるため利便性が一段と向上した。
- (2) FAX系、テレックス系データ通信は、パケットにより送受信するが、回線の有効利用を図る目的でパケット交換機を通過した後DSI装置を経由して高速デジタル回線に乗せている。これは、電話用に割り当てたチャネルを通話していない時にデータ (パケット) 伝送路として使うだけでなく、通話中であっても会話の無音状態を利

表1. 新国際ネットワーク機能

拠点機能	大拠点 (東京)	大拠点 (海外)	中拠点	小拠点
1.伝送交換機能				
・国内網との接続	○		△	
・多重化機能	○	○		
・迂回機能	○	○		
・中継交換機能	○	○		
2.通話機能				
・構内交換機能	○	○	○	○
・音声帯域圧縮機能	○	○	△	
3.FAX通信機能				
・蓄積・変換・配信サービス	○	○	△	
・G4→G3変換サービス	○	○		
・転電機能	○	○		
・G3FAX	○	○	○	○
・G4FAX	○	○		
4.テレックス通信機能				
・蓄積・転電機能	○	○		
5.データ通信機能				
・EDP	○	○	○	
・データ端末	○	○	○	○
6.ネットワーク管理機能				
・集中監視・制御機能	○			
・監視機能	○	○		

注 ○は実現、△はホンコン、シンガポールのみ実現

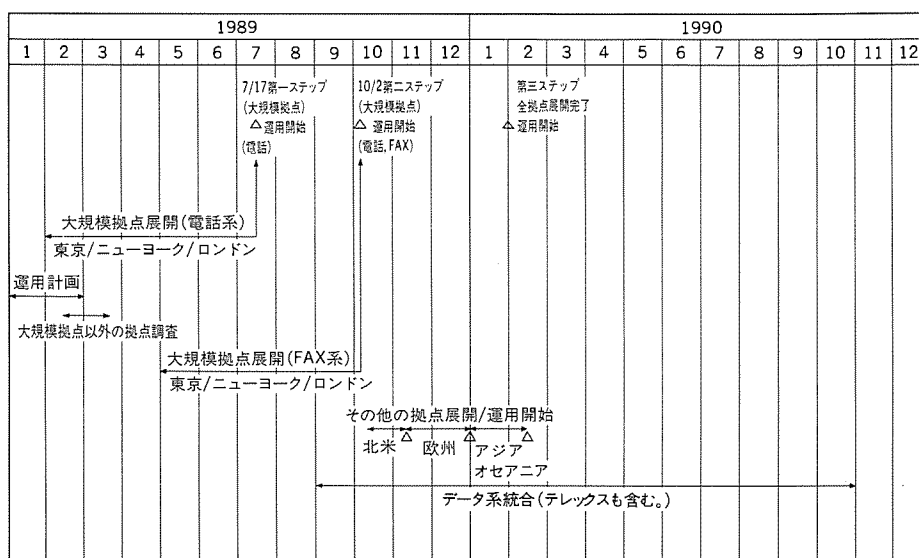


図2. 導入スケジュール

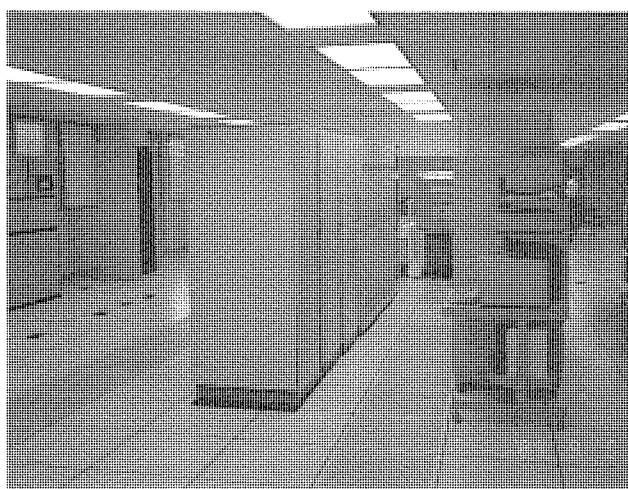


図3. 新国際ネットワーク機器

用してパケットを挿入し伝送する技術である。実際、双方向の通話チャンネルのうち、通常の会話ではいずれか片方向が無音となるためこのようなことが可能となる。

FMP (ファクシミリメール蓄積交換装置) の蓄積機能により、ユーザーは回線及び相手側端末のビジー状態にわずらわされることなくFAXを利用できる。FMPは、同報送信、時刻指定、優先指定、親展信などメールシステムとしての諸機能を装備し、かつ操作は相手先へワンタッチで可能である。また、G3 FAXのみならずG4 FAXもサポートしており、かつG4 FAX-G3 FAX間の通信も可能である。

テレックス転電は、東京発信のテレックス電文をニューヨーク、ロンドンへ伝送し、さらにここから公衆テレックス網へ発信する機能で、東京から直接国際公衆網へ発信するの比べ、大幅な通信費削減を実現した。

データ系の通信では、パケット交換網及び専用通信チャンネルを利用し、海外からのリアルタイム照会等オンラインシステムの構築を可能とした。

(3) ネットワークの運用監視システムは、原則として24時間、東京で集中監視・制御可能となっており、機器の障害・運用状況、回線障害など監視コンソールにより障害状況を把握し、該当拠点の各サ

ービスセンターと連携して世界的な規模での障害復旧・処置に迅速に対応する。また、管理機能の充実により、通信量等管理データの把握が可能で、データの伸びによる設備の増設計画等、有効な統計的管理を実現した。

2.5 導入ステップ

新国際ネットワークの構築ステップは、まず1989年に基幹網となる伝送路と電話・FAXについて、通信量の多い東京、ニューヨーク、ロンドン間で稼働させ、インフラストラクチャとしての機能、性能等を確認し評価した後、順次北米、欧州、アジア、オセアニアの各支線系をカットオーバーした。

この後、テレックス系、EDP (データ) 系の構築を目指し、1990年には完成する予定である (図2)。

- *4 Mitsubishi International Network System
- *5 Time Division Multiplex
- *6 Packet Switching Equipment
- *7 Tandem Switch
- *8 Facsimile Mail Processor
- *9 Data Speech Interpolation
- *10 Electronic Mail Processor
- *11 Coder & Decoder

3. システム構築上の技術的留意点と対策

3.1 開発品とそのねらい

今回の国際ネットワークでは、客先のニーズを満足する国際ネットワークに最適な機器の各種開発を行った (図3)。

“高速デジタル多重化装置”では、米国 (AT&T)、英国 (BTI)、日本 (KDD) の国際デジタル専用回線に適合したインタフェースを開発し、海外向け機器として《MELMUX7110》の製品化を行った。この装置は、従来の国内向けネットワークTDMをベースにしており、回線インタフェース部を変更することにより、国内向けとのコンパチビリティを持つとともに、その数々の長所は、国際ネットワークにも生かされている。例えば、NSP^{*12}により、海外の回線状況も東京で一元監視できることは国際ネットワークの保守のための強力なツールになっている。

また、デジタルワンリンク重視のため、擬似64Kbps/PCM64Kbps変換、μ則/A則変換、ビジー変換等の機能を持つ“CODEC装置”の開発を行い、これにより、通常の標準デジタル

インタフェースを持つ回線交換機を、9.6Kbps帯域圧縮信号の変換に利用することが可能になった。

音声回線の無音帯にデータ信号を挿入する“DSI”についても優れた衛星通信技術の応用により、今回開発・製品化してこのシステムに導入し、効率的な運用を実現した。

デジタルで接続される中小拠点用として、小容量の64Kbpsデジタル多重化装置に、DSIを組み合わせて、ファクシミリ集線装置からのデジタル化されたFAX信号を音声回線の無音帯に伝送し、64Kbpsを最大限活用できるシステムも開発した。

“FMP”では、国際回線のトラヒック集中化の特性を考慮し、トラヒック処理能力の向上、海外規格取得を前提として、ハードウェアのアップグレード化を図り、従来の《MELFANETシリーズ》に、新たに《MELFANET200》を追加した。また、中小拠点を対象とする経済的機種として、大拠点のFMPをホストとするファクシミリ集線機能を持つ《MELFANET10F》をも加え、機種シリーズの充実を図った。

“PSE”では、海外規格への適合化、DSIとの通信手段の適合化、ロングパケット化等を行い、《MELPAX4000》の開発・製品化を行った。

3.2 海外規格取得

海外に機器を設置・運用するためには、各機器が各国の規格を満足する必要がある。規格は大別して、安全、EMI^{*13}、伝送（回線接続適合）規格、据付け工事にかかわるものがあるが、制定機関も多様で、規制の状況も変化しつつあり、規格動向については常にフォローしておく必要がある。例えば、英国規格の場合、欧州統合化をひかえて、ETSI^{*14}が欧州統一規格（NET'S）を推進しつつあり、今後はこれらの適用時期も考慮に入れる必要がある。

規格取得の場合、必ずしも方法は一義的ではなく、取得方針を明確にして取り組む必要がある。例えば、一過的に個別認定で進めるのか、型式認定を取得するのかにより、所要時間、費用に大きな差が生じる。また、準拠規格（非強制）の場合、その効果を十分検討せねばならない。これらの判断が困難な場合、コンサルタントの活用を考慮すべきであろう。

3.3 設計上の留意点

3.3.1 音 声 系

(1) 音声高効率伝送方式

通常、音声のデジタル化には64Kbpsを必要とするが、国際回線においては回線の効率的な利用が必須である。音声の高効率伝送方式としては、2.4Kbpsボコーダ方式のような高効率な方式もあるが、相手を認識するに足る品質を確保するまでに至らず、ここでは9.6Kbps APC-MLQ^{*15}方式を採用し、国際公衆網と比べそんな色なく、むしろレベルダイヤ補正等の結果、より高い音質評価を得ることができた。また、遅延変動による音声品質低下防止の観点から音声系は、回線交換方式を併せて採用した。

(2) デジタルワンリンク

このネットワークは、基幹網は環状網構成になっているため、回線障害やトラヒックふくそう（輻輳）に際しては、TSの自動迂回機能を用いて、迂回を行うので音声信号は2リンクを経由することがある。このときの高効率の帯域圧縮回路の多段接続による劣化を防ぐため、基幹網通信はデジタルワンリンク構成とした。このためのTSについては、デジタル多重インタフェースの標準的な電子交換機をそのまま利用できるように、9.6Kbps/64Kbps変換部を

CODEC装置としてTDM本体から分割したシステム構成とした。

音声の圧伸特性は、日本/米国では μ 則が、欧州ではA則が用いられている。英国のTSは、他の英国内網/対欧州網とはA則で接続されているため、英国のCODEC装置部分で μ 則/A則変換を行うことにより、国際回線側では常に μ 則で統一し、誤変換が生じないように考慮した。

通常の交換機のデジタルインタフェースは、64Kbpsになるため、9.6Kbpsの圧縮信号はCODEC装置で擬似64Kbpsの信号として扱う。このようにTSのデジタルポートは、正規のPCM信号の部分と擬似64Kbps部分に二分されるため、後者の部分で発生する。ビジー、エラー等のトーンPCM信号は、異質の信号となって電話機に伝送される。これを防ぐため、擬似64Kbpsの部分で発生したトーンPCMは、利用者側で正常なトーン信号となるような変換を行った。

(3) 遅延及びエコーキャンセラ

迂回をとり、2リンク経由した場合の衛星回線の遅延を抑えるために、IBSサービスではなく、TAT-8、TPC-3といった光ファイバ伝送サービスを利用した。この結果、通話時の遅延による異和感改善された。

大拠点のPBX間の通話時のエコーは、CODEC装置内蔵のエコーキャンセラで除去し、中小拠点への延長回線については、エコーキャンセラを外部に接続するか、あるいは専用線を供給するキャリアにその設置を依頼する方法で除去した。

(4) レベルダイヤグラム

大拠点以外は、大部分アナログ伝送となる。このレベル設計に当たっては、補正の容易な4線アナログ専用線のみならず、2線の公衆網との接続も考慮する必要がある。9.6Kbps圧縮信号は、動作領域が通常のアナログ信号よりも狭く、領域設定が不適当な場合、使用する送話機のばらつきによってひずみを発生することもあるため、レベル設計を慎重に行い、最適領域での伝送が可能になるように、TSと既設PBXとの間には音声増幅器を、TSと米国公衆網間にはAGC^{*16}増幅器を挿入し、レベルの最適化調整が行えるシステム構成にした。

3.3.2 ファクシミリ系

ファクシミリ系については、従来のアナログ公衆網から、今回、デジタルFMP専用網に変更することによって、種々の改善策を実施した。

まず、公衆回線の品質の不均一による送達文書の乱れについては、デジタル専用線化することにより除去される。また、トラヒックの輻輳によるビジーについては、従来端末ファクシミリの再送機能を利用し、利用者側の負担を軽減していたが限界があった。今回、いったんFMPで蓄積した後、回線の状態に合わせて、PSEで迂回を行うことにより、単にビジー状態のみならず、回線障害時も送達可能にした。

PSEからのFAXのパケットデータは、DSIを利用し、音声系の空きスロットに挿入することにより、回線の効率的な利用を行っている。

従来、ファクシミリ端末に依存していた各種機能も、FMPで更にメールとしての高度な機能を付加し、一般のファクシミリ端末からも実現可能にした。

3.3.3 その他のデータ伝送系

テレックス系についても、EMPの蓄積機能とPSEのパケット交換機能を用いて、トラヒックの平たん化と回線障害時の迂回を行い、

DSIによる効率伝送を行っている。ネットワーク コンピュータからの信号は、レスポンス時間の短縮のため、直接、TDM部へ接続しており、回線障害に対してはそれ自体の迂回機能を利用して伝送するものとした。

3.4 ネットワーク監視システム

国際ネットワークは、広域にわたるとともに、機器は多様、システムも複雑である。このため、機器の障害診断のためのツールを完備していることが必要である。一方、専門的な監視要員の確保は、利用者はもちろん機器供給者側でも、質、量的に困難になりつつある。また、ネットワークの重要性、並びに国際ネットワークとしての時差の解消のため、24時間監視が必須であり、これらの結果として、専門業者が24時間体制を採り、集中的に遠隔監視を行う方向への要求が増えつつある。

このネットワークでは、東京の集中監視センター(MCC)(図4)に各種機器の監視制御用コンソールを設置し、24時間一括監視を行い、障害部位の特定、保守員の手配といった一次保守が短時間で実施できるように考慮した。

機器障害が発生すると、東京局に設備された“メルホナー8”(自動障害発報装置)が自動的に発呼し、MCCの監視員に対し、障害機器を知らせる警報メッセージを送る。これを受けて、MCC側からコンソールを操作し、東京局の機器へリモートアクセスし、機器状態を確認し、障害切り分けを行う。必要に応じ海外サービス拠点等へ連絡し、更に詳細な切り分け、あるいは障害パネルの交換等の2次保守を指示するというネットワーク監視システムを実現した。

*12 Network Service Processor

*13 Electromagnetic Interference

*14 European Telecommunications Standards Institute

*15 Adaptive Predictive Coding—Maximally Likelihood Quantization

*16 Automatic Gain Control

4. 国際ネットワークの今後の課題と展開

国際ネットワークは、IBS^{*17}サービスが開始された1987年以降メ

ディアの統合と経済性、そしてG4ファクシミリやTV会議等ニューメディアへの展開のため急速に普及してきている。また、これら高度通信システムをベースとして、情報処理を統合したグローバルな情報システムが企業戦略の重要なツールとして位置付けられ、他企業との差別化を図る手段として導入されはじめてきた。

ここでは、三菱銀行、MINDの国際ネットワーク構築とその運用経験から、より高度で効率的な企業通信を構築するための課題と展望について述べる。

4.1 国際ネットワーク構築の課題

現在運用に入っている国際ネットワークから経験した問題点と将来のネットワーク拡大や改善、また新規システムへの適用において配慮すべき主な課題を以下に示す。

(1) 海外で通用する通信機器の整備・充実

ますます多様化するユーザーの要求、過激化する競争に対応するためには、海外で通用する機能・対象国の機器認定の取得・価格や輸出入対策等海外への販売や設置を目的とした製品群の効率的な提供が重要である。

特に海外現地での機器認定や製品輸出等に関する規定の制約上、現地調達を実施せざるを得ないケースもあり、そのための海外製品がハンドリングできる技術力、製品知識が今後ますます必要となると考える。一方、DSIや高度音声・画像圧縮製品等回線の高効率利用追求のため、新方式の開発や一層の高集積化設計が必要となる。

(2) 通信ネットワークとして一貫性のある通信機器のシリーズ化

通信総合メーカーは、システムインテグレータ(SI)として通信端末の製造からネットワークの監視・診断システムまで統一した概念とそれに基づく技術で統一した製品化を推進することは当然であるが、ますます激化する国際競争・他社との差別化を図るため、通信システム製品として従来以上に一貫性と整合性が、更に重要性を増す。そして、新製品と既存の製品との互換性は、システムの発展性や総合化に一層重要なシステム要件となる。

(3) 現地に密着した保守体制の整備とネットワーク冗長性の充実



図4. ネットワーク監視センター

国際通信は、対象国の通信事情やその近代化政策や段階により技術や保守の環境がまちまちである。国内と異なりネットワークの末端のローカルな部分は日本からの集中監視が困難な場合が多く、日本との時差や相手国の労働環境を配慮するとMTTR^{*18}を均一に日本並みに設置することは経済的でない場合が多い。

相手国の保守レベルとネットワークの冗長性、そして経済性をバランスさせ、顧客ニーズに応じたシステム設計のより高度な最適化を推進するのがよい。

(4) SIの充実と海外側通信技術者の活用

通信ネットワーク構築にSIや高度システムエンジニアは不可欠であるが、その育成はシステマティックかつ実践的に行うべきである。

一方、ネットワークの広域化と構築の迅速化のためには、現地とより密着した通信エンジニアの計画的な体制づくりと日本側と一体化した育成体制の一層の充実を図ることが重要である。

(5) 国際通信ビジネス展開と自社ネットワークの先駆性の追求

国際ネットワークは、日本を中心とした日本集中型から海外同志の通信や海外での迅速な運用・保守の重要性を配慮した集中・分散の併用型へと移行していく。また国際ビジネス展開のインフラストラクチャとしての重要性は、ますます増してきていることは周知のとおりであり、このため国際ネットワーク構築のための方式や実施時期が投資の重要なポイントとなっている。つまり、企業内ネットワークの構築運用や納入実績がネットワークプロバイダー選択の重要な要件となり、ユーザーに対するサービスの充実と先端技術の導入や開発品の実用化に向け、より一層の高度化への対応が必須となる。

4.2 国際ネットワークの展望

衛星や海底光ケーブルによる基本サービスと品質の向上やISDN^{*19}サービスの開始や通信規制緩和による国際VANサービスの拡大や低価格化等国際通信は、デジタルサービス開始から3年、早や激動期にある。この厳しい状況下で企業通信は、差別化や海外ビジネスの戦略的位置付けが重要となったことから、次のような展

開が必要である。

(1) ISDNやSDN^{*20}等高度サービスと企業通信との共存

企業通信には公衆網やVANサービスに比べ、通信規制が緩和される特権が与えられている。この緩和枠を最大限に生かして、より統合化・目的指向されたネットワークを構築することが企業通信にとって極めて重要である。一方、ISDNやSDNは、広域化への対応や、過負荷やトラブル時のバックアップ対策として企業通信に取り込み、共存することが不可欠となる。

(2) ニューメディアへの対応

MHS^{*21}に代表される複合メールシステムや音声のパケット化による高度なメディアの統合化、またデジタルミキシングやTV会議等のニューメディアの企業通信への取り込みやインタフェース機能の提供をこれらメディアの開発・出現に合わせタイムリーに行う必要がある。

以上、国際ネットワークの課題と展望について記述したが、国際デジタル企業通信はまだ緒についたばかりであり、課題の解決には将来のグローバルな通信ビジネス展開を核として、海外の拠点を含めた一層の組織強化が必要である。

^{*17} International Business Service

^{*18} Mean Time to Repair

^{*19} Integrated Services Digital Network

^{*20} Software Defined Network

^{*21} Message Handling System

5. む す び

今日、情報は第4の経営資源といわれている。この資源を有効に活用するための基盤である情報通信ネットワークは、拡大・統合化の動きとともに企業経営にとって不可欠なものとなっている。三菱電機では“Any Terminal To Any Terminal”なる基本思想のもとに、「いつでも」「どこでも」「だれとでも」を実現すべく、情報通信システムの開発・構築を進めており、今後ともユーザーに、信頼して利用できるネットワークを提供していく所存である。

東海道新幹線の新しい通信ネットワーク

松本和臣* 有村慎一***
横山保憲** 藤田 進***
松本真二**

1. ま え が き

東海道新幹線列車無線システムは、東北・上越新幹線での実績⁽¹⁾などを踏まえ、400MHz帯による全線漏えい同軸ケーブル (Leaky Coaxial Cable : LCX)方式を採用して、大幅に機能アップした新システムを構築し、空間波方式の旧システムから平成元年3月に移行した。

新システムの特長は、①電話系の拡充 (従来の電話10チャンネルから電話30チャンネルその他4チャンネルの合計34チャンネル化) と全国自動即時化を可能としたこと、②非電話系として地上～列車間にデータ通信システムの導入を図ったこと、などである。このうち電話系の拡充については、既に幾つかの文献⁽²⁾⁽³⁾で紹介されており、本稿では非電話系の新しい通信ネットワークを紹介するものである。

非電話系について、地上～列車間の無線伝送方式として、東北・上越新幹線ではFM無線方式でFSK1,200bpsによるデータ伝送を実現しているが、このシステムでは最近の技術動向と将来の拡張性を考慮してデジタル直接変調方式 (GMSK方式 : Gaussian Filtered Minimum Shift Keying) による高速データ伝送 (基地局→移動局方向64Kbps, 移動局→基地局方向8Kbps)を採用するとともに、高度情報化時代における多様なニーズに対応しうるようなパケット通信ネットワークを構築した (図1)。

以下、本稿ではこの新しいデータ通信システムの概要、ネットワーク構成、パケット交換方式などについて順次述べる。

2. 東海道新幹線列車無線データ通信システム概要

2.1 用 途

地上～列車間の非電話系伝送信号は、情報の内容により比較的短く常時伝送が必要なデータと、比較的長い情報量を持つが常時伝送は必要としないデータの2種類に分けられる。このうち、前者のデータを専用系と呼ぶサブシステムで伝送し、後者のデータを汎用系と呼ぶパケット伝送サブシステムで伝送する。

各系が伝送する情報 (用途) を以下に列挙する。

(1) 専用系

- (a) 列車運行管理上必要な情報として、列車番号、キロ程及び列車位置
- (b) 設備管理上必要な情報として、列車異常動揺、車両モニタ及び列車無線移動局状態監視 (以後、列車無線モニタという。)
- (c) 旅客サービス及び車掌業務に必要な情報として、新聞社からのニュース及び指令端末からの事故情報
- (d) 汎用系チャネル接続制御

(2) 汎用系

将来構想としてファクシミリなどのサービスが考えられる。

2.2 機 能

上記2.1節で述べた用途を機能面から分類すると、次のとおり大別される。

- (1) 新幹線電車の在線 (列車が線路上に存在すること。) 位置を列車番号ごとに常時把握し、業務公衆系交換機に通知することにより、A→Bスポット呼び (業務電話・公衆電話の地上発信時の列車選択呼出しを該当列車の在線するゾーンとその前後の閉そく (塞) すべきゾーンに対してのみ行う機能) を可能とする。

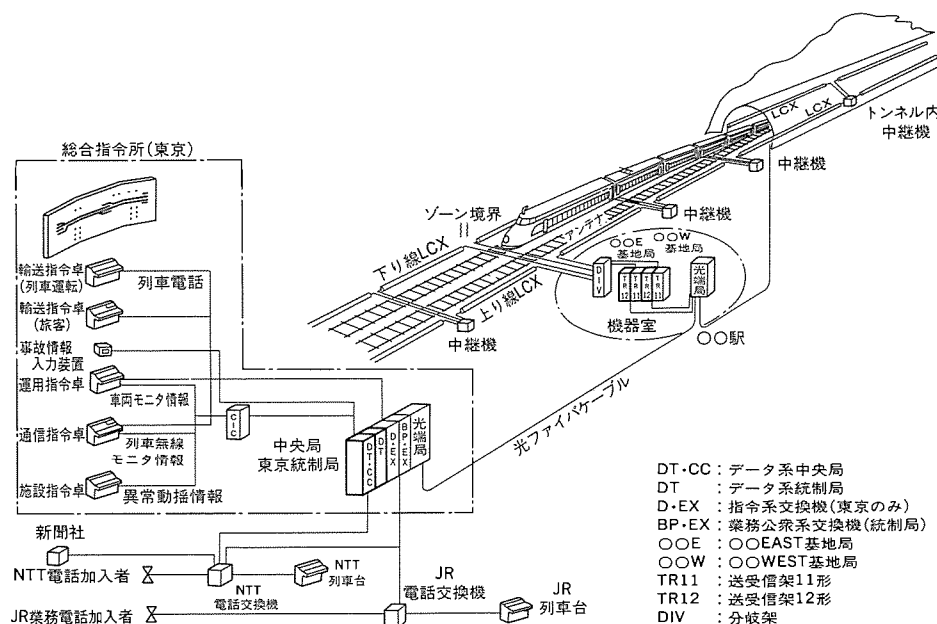


図1. 東海道新幹線列車無線システムの概要

- (2) 新幹線車内に搭載された列車無線設備、車両設備などから収集した情報（列車情報）を通信情報制御監視装置（Centralized Information Control：CIC）を経由して指令所の各指令端末群に出力し、地上で列車内設備の運用状況を把握できる。
- (3) 指令端末から入力する事故時の旅客への案内、新聞社から公衆電話回線を経由して受信されるニュースなどの文字情報を新幹線電車に伝送し、車内で表示し乗客にサービスする。
- (4) 新幹線列車無線パケット通信ネットワークを構成し、ファクシミリなどの通信端末装置を新幹線車内に設置して公衆電話網、JR電話網などに接続されたファクシミリなどの通信端末装置や各種ホストコンピュータとの通信環境を提供する。

表1にシステム機能・用途を示す。

2.3 構成

東海道新幹線列車無線システム地上設備は、図1に示すように、中央局・統制局・基地局の各設備と中継機（無線中継装置）、及びLCXケーブル（空中線）で構成される。各局間は、光伝送設備により結ばれる。中央局設備は、データ系中央局と指令系交換機に分けられ、統制局設備はデータ系統制局と電話系用の統制局（業務公衆系交換

機）とに分けられる。また、基地局設備は、電話系用のアナログ無線機を実装した送受信架11形と、データ系用のデジタル無線機を実装した送受信架12形及びその他の電話系・データ系共通設備から構成される。

図2に、データ通信システムの構成を示す。中央局は、東京に設置される。統制局は、東京・静岡・名古屋・新大阪の4箇所に設置され、東京～新大阪間約515kmの区間を4分割した大ゾーンと呼ばれるサービスエリアを分担して管理する。各統制局は、各々複数の基地局を経由して、自局の大ゾーン内に在線する新幹線電車（移動局装置）と通信する。各基地局のカバーする範囲は、前記の大ゾ

表1. システム機能・用途

通信系の分類	チャネル数		機能分類	用途
	A→B	B→A		
専用系	2(P)	2(P) 4(C)	列車位置管理	A→Bスポット呼び 汎用系チャネル接続制御
			列車情報収集	列車無線モニタ 防護受信 車両モニタ 異常動揺
	1(B)	(なし)	文字情報伝送	ニュース 事故情報など
汎用系	4	4	パケット伝送	ファクシミリなど

注 A→B：地上→車上
B→A：車上→地上
(P)：ボーリングチャネル
(C)：コンテンションチャネル
(B)：同報チャネル

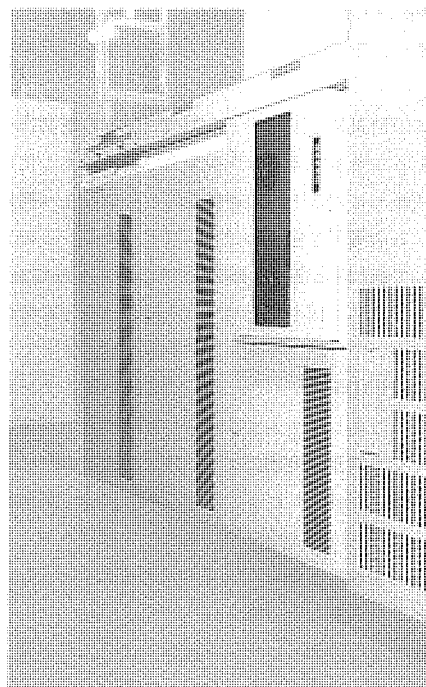


図3. 中央局装置の外観

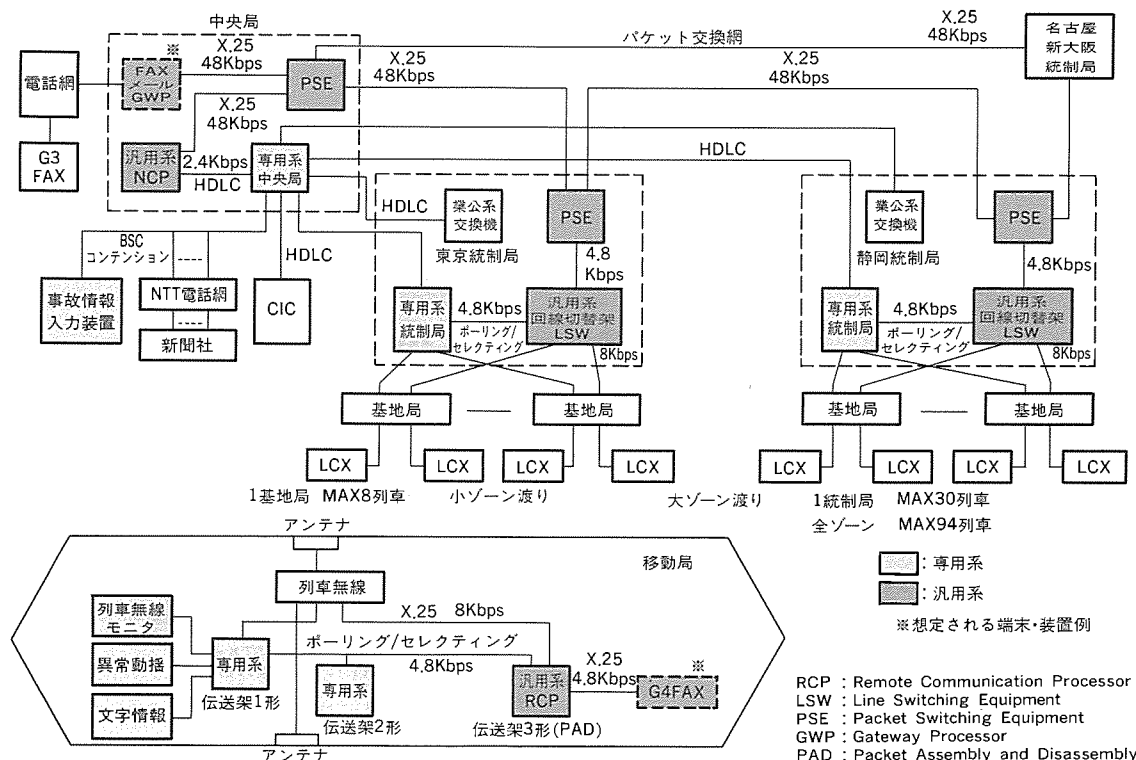


図2. 東海道新幹線列車無線データ通信システムの構成

ンと対比して、小ゾーンと呼ばれる。また、CIC及び業務公衆系交換機などの他のシステムとは専用系中央局とポイント ツー ポイント接続している。図3は、中央局装置の外観写真である。

一方、移動局設備は、新幹線電車のボンネット内に設置されており、伝送架1形、伝送架2形、伝送架3形及び列車無線設備で構成される。伝送架には、図2に示す各種の端末装置などが接続されている。

3. ネットワーク構成

2章で簡単にシステム構成を述べたが、この章では、システムを無線伝送路・専用系・汎用系に大別して、それらの概要を述べる。

3.1 無線伝送路

本節では、このシステムの無線伝送路に適用した方式などについて述べる。

表2は、以下に述べる方式をまとめたものである。また、無線伝送路の系統を図4に示す。

(1) LCX方式

表2. 無線伝送方式一覧

項 目	仕 様			
変調方式	GMSK ($B_bT=0.25$)			
復調方式	周波数検波			
ダイバーシチ	A→B	検波後選択ダイバーシチ (左右アンテナ)		
	B→A	(なし)		
伝送速度	A→B	64Kbps		
	B→A	8Kbps		
多重化方式	A→B	時分割多重 (8Kbps×7チャンネル)		
	B→A	(なし)		
誤り制御方式	再送方式	ARQ (専用系：独自手順) (汎用系：HDLC手順)		
	多数回送出	繰り返し送出 (A→B同報チャンネルのみ)		
	誤り訂正符号	符号方式	(255, 207) BCH符号の短縮符号である (180, 132) BCH符号	
		復号方式	メグジットの復号法によるバースト誤り訂正方式	
		訂正能力	23ビットバースト誤り	
		伝送速度	高速(無線)側8Kbps 低速(端末)側4.8Kbps	

注 A→B: 地上→車上
B→A: 車上→地上

東海道新幹線列車無線の取替えに当たっては、従来からトンネル内の不感対策で実績があり、かつ東北・上越新幹線列車無線で全面採用された実績を踏まえ、全線LCX化された。LCX方式は、空間波方式と比較して電波伝搬条件が良いため、格段に優れた回線品質が得られる特長がある。

(2) 変復調方式

将来的に拡大することが予想される非電話系サービスへの要求に対応するためには、大量のデジタルデータを高速伝送する必要がある。LCX方式は電波伝搬距離が短く、一般の移動通信で問題となるマルチパス フェージングが少ないなど無線伝送路としては優れた特性を持っており、アナログ伝送に比べて高速データ伝送が可能なデジタル直接変調方式を導入した。

変調方式としては、隣接チャンネル間干渉、周波数利用効率、電力効率などの特性に優れ、かつ装置が小型、経済的に実現可能なGMSK方式を採用した。

復調(検波)方式は使用環境を考慮し、動特性・周波数ドリフトに対する影響に対し良好な周波数検波方式を採用した。

(3) ダイバーシチ方式

LCX方式といえども移動通信方式であり、走行中の激しいフェージングによる伝送品質劣化を避けるためにダイバーシチ方式を採用した。

具体的には、地上から車上への(以後、A→Bという。)伝送は、新幹線1号車スカート部の左右に取り付けられた2台のアンテナに各々受信機を接続し、受信入力電界強度の大きい方の検波後のデータ及びクロックを切り替えて用いる検波後選択ダイバーシチ方式を用いた。また、車上から地上への(以後、B→Aという。)伝送は、スカート部の左右のアンテナから電波を送出すると基地局で同一波干渉を起こすため、ダイバーシチは行っていない。

(4) 多重化方式

A→Bデータは、アナログ用周波数分割多重(FDM)信号(中心周波数帯: UHF, 帯域幅640kHz, 回線容量34チャンネル)と別波(帯域幅100kHz)で、8Kbpsデータチャンネル7チャンネルを時分割多重(TDM)化し64Kbpsで伝送する。多重化される7チャンネルの内訳は、専用系ポーリングチャンネル2, 専用系同報チャンネル1, 汎用系チャンネル4であり、統制局に実装した多重変換装置で時分割多重化している。

一方、B→Aデータは、400MHz帯のチャンネル間隔12.5kHzで割り当てられた単一波(Single Channel Per Carrier: SCPC)で8Kbpsで伝送する。チャンネルは全部で10チャンネルあり、その内訳は、専用

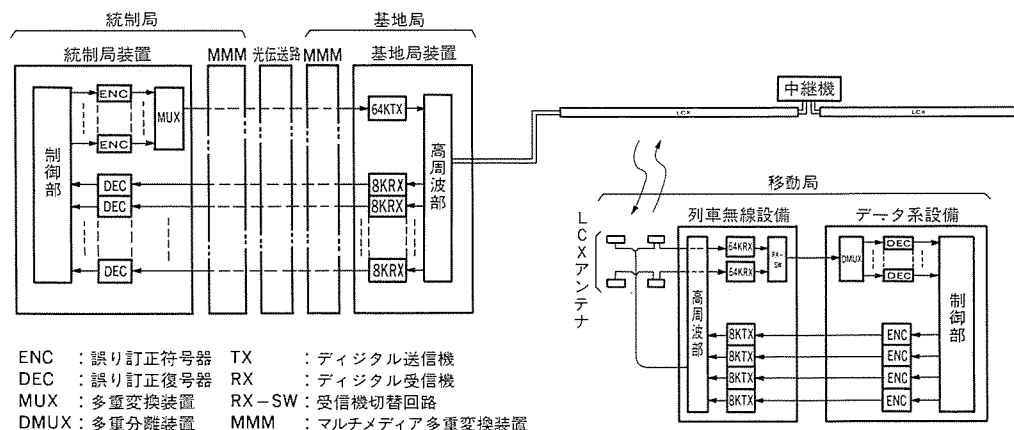


図4. 無線伝送路の系統

系ポーリング チャネルが2チャネル、専用系コンテンション チャネルと汎用系チャネルが各々4チャネルである。

(5) 誤り制御方式

誤り制御は、大別すると再送方式と順方向誤り訂正方式がある。また、順方向誤り訂正方式は、順方向伝送路だけで伝送信頼度を高める方法であり、誤り訂正符号 (Forward Error Correction: FEC) を用いる方法と同一データを多数回送出する方法がある。

再送方式としては、汎用系がHDLC手順(ハイレベル データリンク制御手順)による自動再送要求 (Automatic Repeat Request: ARQ) を行うほか、専用系ではその特殊なチャネル構成に適した、HDLC手順に類似したポーリング・コンテンション併用方式の手順を開発し、ARQを行っている。

誤り訂正符号を導入するに当たっては、あらかじめ伝送路の誤り発生パターンを知る必要がある。誤りの発生パターンは、ランダム誤り、バースト誤り、複合誤りなどがあるが、一般の移動体通信と同様、LCX回線においてもバースト誤りが主であることが、伝送試験で確認された。その際、収集したデータをもとに、誤り訂正符号として23ビットバースト誤り訂正能力を持つ (255, 207) BCH符号の短縮符号である (180, 132) BCH符号を採用した。

また、文字情報の伝送はA→B単方向の同報形式でありARQ方式が取れないため、受信の有無にかかわらず、あらかじめ定めた回数だけ同一情報を繰り返し送出する方式を採用した。

(6) ビットエラーレート

以上述べた方式により、このシステムの無線伝送路の (ダイバシティ及びFECの改善効果を含む。)ビットエラーレートは、ゾーン境界などの特殊区間を除き、A→B及びB→A共 1×10^{-5} 以下を確保することができている。

3.2 専用系

3.2.1 機能

(1) 列車番号登録

データ通信システム地上設備が移動局にサービスを提供する前提条件となる機能で、1号車運転台の列車番号設定器からの列車番号を入力し、新幹線電車が走行を開始しようとするときのパンタグラフ上げ、あるいは駅での折返し運行時などの列車番号変更が行われたとき、移動局から統制局に対して列車番号の登録を行い、自局の在線を通知する。この列車番号登録は、統制局・移動局間通信回線にとっては、リンク確立の意味を持つ。図5に、列車番号登録シーケンスの例を示す。

(2) 列車位置追跡

統制局は、列車番号登録が完了した各移動局に対して、順次ポーリングを行い、各移動局の在線を確認するとともに、各移動局からのポーリング応答信号が受信された基地局により、在線位置を認識し追跡する。このようにして得られた列車位置情報は、後述するパケット伝送の追跡交換に使用するほか、業務公衆系交換機のA→Bスポット呼びに利用される。

(3) 文字情報伝送

従来から100系電車のドア客室上部に停車駅・次駅・通過駅・トンネル・河川など各種案内情報を表示していたが、このシステムの導入により輸送指令から事故発生時の状況などの案内情報並びに新聞社から配信を受けたニュースを提供できるようになった。

(4) 列車無線モニタ伝送

列車無線モニタ情報とは、移動局列車無線設備及び構内無線設備

の監視情報であり、故障の発生/復旧などの状態変化時にリアルタイムでCICを介して中央・地区信通指令へ伝送することにより迅速な保全体制を支援する。

(5) 防護受信情報伝送

新幹線が防護発報信号を受信した場合、その発生/復旧などの状態変化時にリアルタイムでCICを介して中央・地区信通指令へ伝送することにより迅速な保全体制を支援する。

(6) 車両モニタ情報伝送

100系電車の運転台に設置された車両モニタ装置が車両機器の重大故障を検知すると、その情報をデータ・CICを介して運行指令へ伝送する。また、運用指令から、電話系を使って運転士に指示し、運転台での操作により、各種の車両機器動作状態モニタ画面情報を伝送することができる。

(7) 異常動揺情報伝送

100系電車に搭載された加速度計で、上下、左右各方向の動揺を測定し、その値が規定値を越えた時、データ系で収集し、CICを介して中央・地区指令へ伝送し、警報表示・画面表示・印字を行う。

3.2.2 網 構 成

専用系の網構成としては、中央局集中方式に比べて、移動局へのポーリング周期が短く、危険分散効果が得られ、システムの拡張性の優れた統制局分散方式を採用した。中央局と統制局とは、中央局を中心として、統制局4局がポイント ツー ポイント接続される。

中央局は、三菱電機製のミニコンピュータ《MELCOM70 MX/3000 II》である。統制局は、16ビット マイクロプロセッサ8086を採用し、マルチプロセッサで構成される。また、移動局装置は、1号車ボンネット内と16号車ボンネット内に分散配置され、それぞれ同一車両内の列車無線設備、車両設備と接続される。

3.2.3 移動局通信方式

専用系による移動局との通信方式は、移動局へのポーリング周期が短く、かつ迅速な情報収集が可能で、システム性能上優れた統制局制御によるポーリング・コンテンション併用方式を採用した。

ポーリング方式とは、統制局が自ゾーンに在線している各移動局の編成番号をキーとして順次アドレッシングすることにより、移動

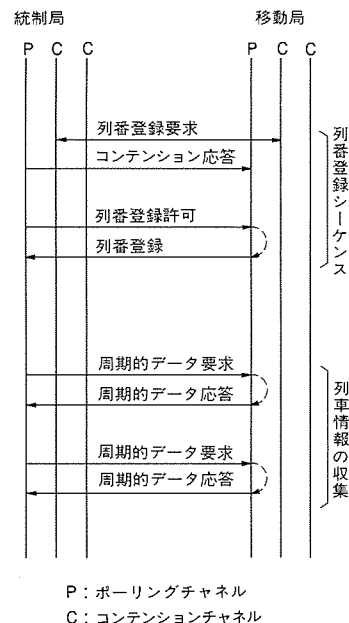


図5. 列車番号登録シーケンスの例

制御情報の伝送も行う。

一方、コンテンション方式とは、移動局が情報の発生の都度コンテンションチャンネルで統制局に伝送する方式である。当該チャンネルでの移動局送信タイミングは、複数の移動局が送信する信号の衝突確率を減らすためにスロット分割している。移動局へのスロットタイミングの通知は、多重変換装置でシリアルデータとともに多重化されるシグナリングビット信号によって行う。この方式により、このシステムでは高速な移動局情報の収集を実現した。

また、この通信方式では、B→A電波のオーバーリーチによる同一信号の二重受信に起因するシステムの不正な動作を回避するために、B→Aフレームのアドレスフィールドに移動局が検出したゾーン(基地局)識別情報を付加して送出し、統制局が信号を受信したチャンネルとゾーン識別情報が不合理な場合、該当フレームを破棄する機能を組み込んだ。

3.3 汎用系

汎用系は、パケット交換方式により地上と移動局間でデータ伝送を行うものである。その端末インタフェースとしては、パケット端末(PT)の標準インタフェースであるCCITT X.25を基本とし、非パケット端末(NPT)はPAD(パケット組立て・分解:Packet Assembly/Disassembly)機能により、地上又は車上でパケット化し網内を伝送するものとした。

3.3.1 機能

汎用データ伝送のための動作は、以下のフェーズで行う。

(1) 回線の設定・解放

端末からのデータ伝送要求が発生すると、専用系に対して物理回線の設定、すなわち無線チャンネルの設定と送信機の起動要求を行う。また、データ伝送が終了すると、上記回線の解放、すなわち送信機の停止要求を行う。

(2) 呼の設定・解放

発信側端末は、データ伝送の開始に際して呼を設定し通信可能かどうかの確認を行う。また、通信終了と呼を解放する。

(3) データ転送

なお、図6にファクシミリ伝送シーケンスの例を示す。

汎用系の無線チャンネル構成は、将来設置する端末のトラフィックを想定し、双方向の4チャンネルとした。この無線回線は、統制局単位で集め移動局の移動に伴う回線の切替えを行う回線切替架を設けた。回線の選択は、パケット交換機側は回線切替架が空き回線を管理し、無線回線側は専用系統統制局から基地局番号と無線チャンネル番号を与えられて決定する。

3.3.2 網構成

パケット交換機能を中央局のみに持たせた中央集中方式と中央局及び各統制局に持たせる分散方式とがあるが、中央局～統制局間の回線数が少なく回線の使用効率が高いこと、及びシステムの拡張性・信頼性(危険分散)を考慮して柔軟性の高い分散方式を採用した。

網構成は、中央局と4統制局に当社のパケット交換機(MELPAX-4000)を設置し、地上のパケット交換網を構成する。また、中央局にミニコンピュータ《MELCOM70 MX/2600》で構成した網管理装置(Network Control Processor:NCP)を設置し、汎用系地上局装置及び移動局の監視・制御を行っている。なお、移動局は当面100系電車のみに搭載され、16号車ボンネット内に設置される(表3)。

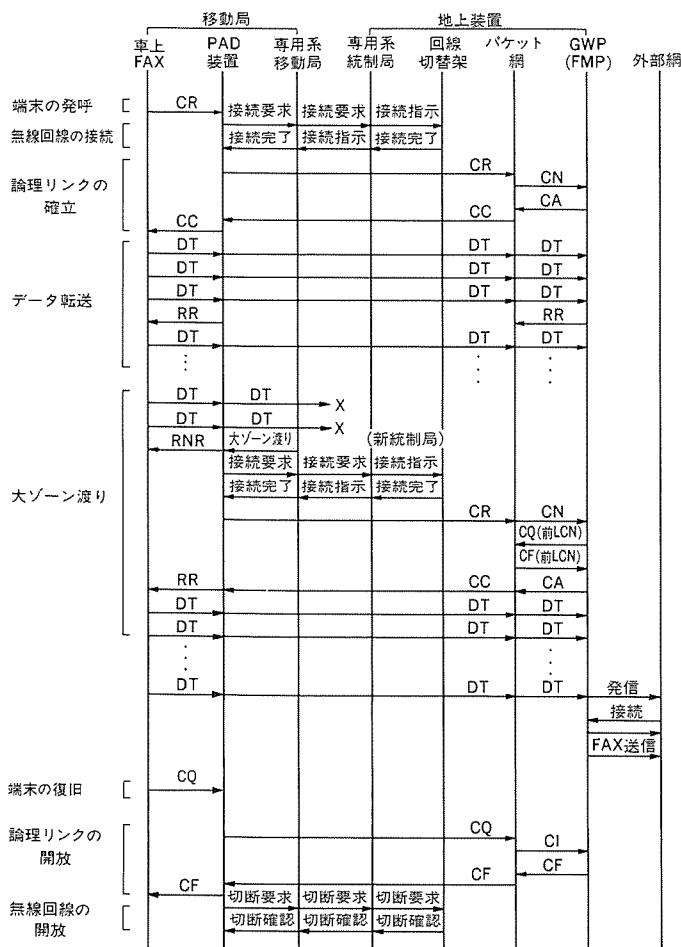


図6. FAX伝送シーケンスの例

表3. パケット伝送仕様一覧

区分	項目	仕様
システム構成規模	中央局	1局
	統制局数(東京～新大阪)	4局
地上局装置	基地局数	1統制局当たり最大9局
	在線列車数(東京～新神戸間)	94列車
	基地局ゾーン内在線列車数	平常時:4列車(上下線に各2列車) 異常時:8列車
	回線切替架	中継回線:最大8回線 端末回線:最大8回線(中央局) 最大32回線(統制局)
パケット交換機	回線速度	中継回線:48Kbps 端末回線:48Kbps(中央局) 9.6Kbps(統制局)
	回線インタフェース	網側: X.21 端末側: X.21(中央局) V.24(統制局)
	収容プロトコル	CCITT X.21(80年度版)
	性能	パケット処理能力:300/秒 呼処理能力:5呼/秒 同時接続呼数:500
移動局装置	切替回線数	パケット交換機側:32CH 無線回線側:36CH (4CH/基地局×9基地局)
	実装チャンネル数	パケット交換機側:32CH 無線回線側:2/4CH (1基地局当たり) 東 京統制局→7基地局 静 岡統制局→9基地局 名古屋統制局→9基地局 新大阪統制局→6基地局
	回線インタフェース	パケット交換機側:V.24 4.8Kbps 無線回線側:V.24 8Kbps
	PAD装置	収容回線数: 網側回線:最大2回線 端末回線:最大10回線 回線速度: 網側回線:8Kbps 端末回線:最大9.6Kbps 収容プロトコル: 網側: CCITT X.25(80年度版) 端末側: CCITT X.25(80年度版) BSC-C フリーラン(将来)

局と周期的に交信し、情報の授受を行う方式である。この方式により、このシステムは常時全在線列車の位置を把握できるほか、A→B

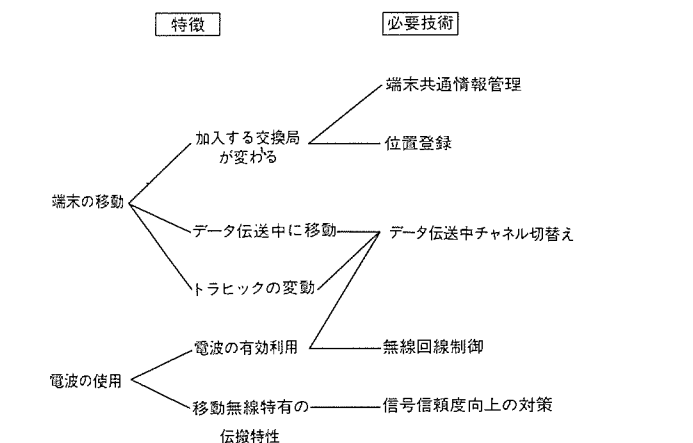
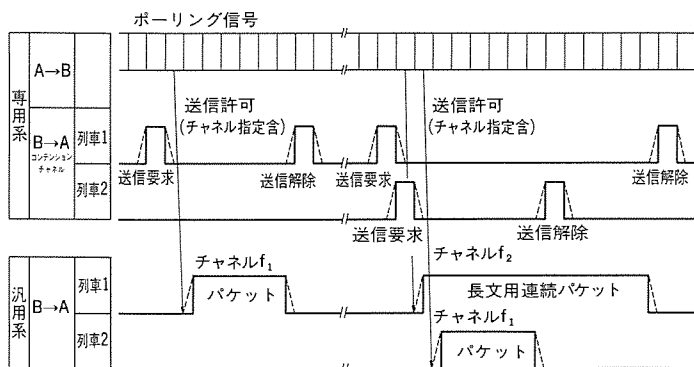


図7. 移動パケット通信の特徴



注 A→Bは 地上→車上
B→Aは 車上→地上 の通信方向を示す。

図8. スロット逐次割当方式

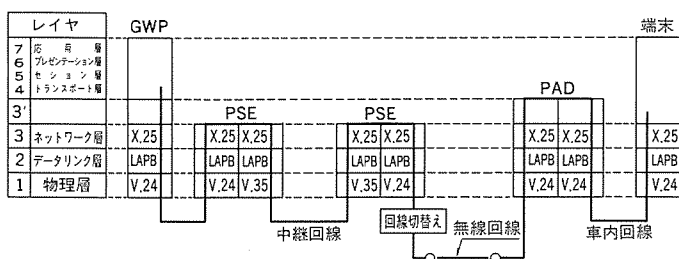


図9. 各装置における機能分担 (ファクシミリの場合)

4. パケット交換方式

4.1 特徴

一般に固定網において(加入者)各端末は端末に設置された回線を通してパケット交換機に固定接続されている。したがって、固定回線により発呼などの信号の送受信を行う端末情報は固定した局に共通ファイルを持ち、これにより検索される端末及び発呼ルート選択などを一義的に行うことができる。しかしながら、今回の新幹線におけるデータ伝送システムでは、車上設置の端末が移動するため、交換接続の面で固定網とは異なり図7に示すような特徴を持っている。

4.2 無線チャンネル制御方式

無線区間のチャンネル割当方式として、次の4方式がある。

(1) スロット固定方式

専用系のポーリング周期に同期して、時間軸上で2スロット、周波数軸上で4スロットの合わせて8スロットを基地局内に在線する

列車(8列車以下)に固定的に割り当てる方式。

(2) スロットビジー通知方式(キャリヤ検出)

キャリヤの有無を専用系の受信側で検知し、これをA→Bで周期的に伝送する方式(キャリヤ検出時ビジー)。

(3) スロットビジー通知方式(送信衝突通知)

専用系で使用チャンネル番号とキャリヤONを伝送し、衝突の有無及びチャンネルのレディを周期的に伝送する方式。

(4) スロット逐次割当方式

送信要求の都度、専用系でチャンネルの指定及び送信可を伝送する方式。

この4方式を比較し、以下の理由によりスロット逐次割当方式を採用した。

(a) 必要とするハードウェア量が少ない。

他の方式に比べ、統制局の受信バッファメモリを複数基地局で共用できる。

(b) データの遅延時間が短い。

送信要求からデータ送出までの遅延時間が、最大400msと短い。

(c) 送信衝突なし。

送信要求に対して専用系でのチャンネルの選択、許可を行うので汎用系の送信衝突は発生しない。

(d) チャンネルの使用効率が高い。

チャンネルの使用効率が63%と高い。

スロット逐次割当方式を図8に示す。

4.3 パケット交換方式

パケット交換方式を採用した汎用系は、地上通信網あるいは端末装置を接続するためのゲートウェイプロセッサ(GWP)、中央局及び統制局に置かれるパケット交換装置(PSE)、車上のパケット組立て・分解(PAD)装置と車内端末装置とから構成される。各装置の機能をISO(国際標準化機構)のOSI(開放型システム間相互接続)参照モデルのレイヤ(階層)に対応させて示すと、図9に示すとおりである。また、パケット伝送におけるデータ転送フェーズのデータの流れを図10に示す。なお、図中のFHは、HDLC伝送手順におけるフレームヘッダである。中継ヘッダ(RH)及びパケットヘッダ(PH)の内容は、図11及び図12に示すとおりである。この中でレイヤ3(ネットワークレイヤ)では、列車の移動に伴うデータ通信の連続性が確保できないため、統制局においては小ゾーン渡り、中央局においては大ゾーン渡りに伴う追跡機能が必要となり、レイヤ3'(拡張ネットワークプロトコル: Extended Network Protocol: ENP)を設けている。

以下、汎用系のパケット交換方式の特徴である無線回線上的最適パケット長及びゾーンの切替方式について述べる。

(1) 最適パケット長

このシステムでは、無線チャンネル制御方式として最も効率の高いスロット逐次割当方式を採用し、パケットの送出に当たって、論理チャンネルの設定を行うために専用系で無線チャンネルを設定する。パケット長を大きい単位にすると、無線回線のエラーによりパケットが紛失したときの再送要求が増加してパケットの伝送効率が低下する。そこで、伝送路のビット誤り率をパラメータとしてパケットフレーム長と伝送効率の関係を調べた結果、無線回線上的ビット誤り率が最悪でも 10^{-4} 以上確保できることから、256オクテット(バイト)を最適パケット長として採用した。

(2) 小ゾーン渡り

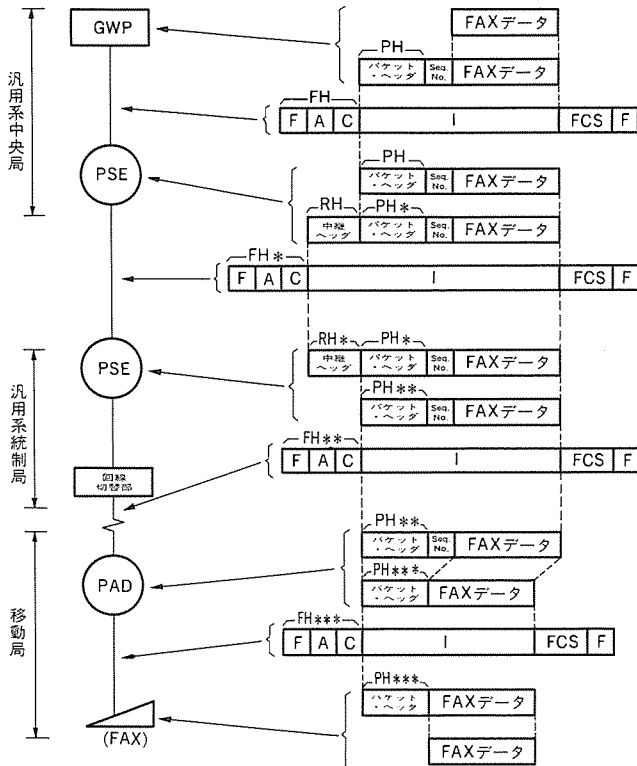


図10. データの流れ

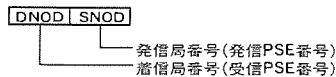


図11. 中継ヘッダ内容



図12. パケットヘッダ内容

移動局が同一統制局に接続された基地局相互間の移動を行う場合を小ゾーン渡りという。小ゾーン渡りで発生する汎用データチャネルの切替えに伴い物理的な回線の接続変更が発生する。この物理的な回線接続を、論理リンクの切断なしに切り替える回線切替方式で実現している。この回線切替部は、統制局内に設置する。なお、小ゾーン渡りによるパケット欠落は、フレームレベルでの再送により対応している。図13は小ゾーン渡りでの移動局の移動に伴い、回線切替部で物理リンクの変更(回線切替接続)を行っていることを示している。

(3) 大ゾーン渡り

移動局が異なる統制局に接続された基地局相互間の移動を行う場合を大ゾーン渡りという。大ゾーン渡りでは、統制局(パケット交換装置)が変わるため、論理リンクを張り直す方法で回線の切替えを行う。論理リンクの張り直しの際し、前後のデータの連続性を確

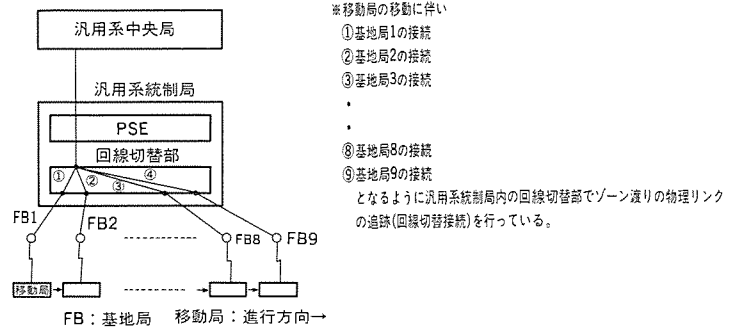


図13. 小ゾーン渡りでの回線切替方式

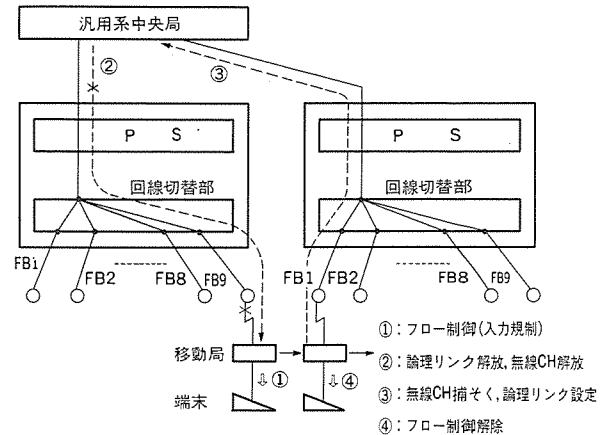


図14. 大ゾーン渡りでの回線切替方式

保するためにレイヤ3'を設けている。機能としては、

- (a) 再送データの保持
- (b) データのシーケンス番号の検査
- (c) 論理リンクの再設定はGWP~PAD間とし、PAD~端末間に対しては回線保持

などを行う。図14に大ゾーン渡りでの回線切替方式を示す。

5. む す び

以上、東海道新幹線列車無線の新しい通信ネットワークにつき、そのあらましを述べた。

高度情報化時代において、この通信ネットワークが新幹線の非電話系通信サービスの一翼を担い、更に発展が期待される。

参 考 文 献

- (1) 三浦, 松本ほか: 東北・上越新幹線列車無線設備, 三菱電機技報, 56, No.8 (1982)
- (2) 松本, 白田: 東海道新幹線列車無線取替工事を終えて, 鉄道通信, 40, No.7 (1989)
- (3) 松本, 横山ほか: 東海道新幹線列車無線システム, 三菱電機技報, 63, No.9 (1989)

PBXを中核とした通信ネットワークの展開

大竹康友*
岩橋 努**
佐藤公保*

1. ま え が き

ISDN化を含む通信のデジタル化と情報通信システムのネットワーク化が進む中で、PBXは企業内及びビル内の情報通信ネットワークの中核装置として重要度が増大しており、その市場は着実な伸びを示している。当社においては、1988年10月に発売開始した《MELSTAR ES1400》(内線256CH相当、分散配置 3 台で内線768CH)と、1989年8月発売の《MELSTAR ES1300》(内線128CH相当)とを合わせて《MELSTAR ES1000シリーズ》とし、内線768CHを越えるときは、既に発売している大・中容量機《MELSTAR CBX 9751》を使用することにより、ネットワーク構築の要求に答えている。

情報通信ネットワークを構成する機器の中でもPBXが特に重要と考えられる理由は、交換／伝送における処理はもちろんのこと、通信／情報処理との連携が可能である上、接続形態（広域又は構内）、情報内容（音声、データ、画像）のいずれにも大きな制約を受けずに適用され得るからである。接続される端末から見ても、各端末で重複する機能をPBXで受け持たせたり、ネットワーク側と切り分けにくい機能をPBXと相互分担するケースが増えており、互いに

切り離して考えることは難しい。

本稿では、通信ネットワークにおけるPBXの新たな展開に対応して開発した拡張機能の応用例として、三菱鉱業セメント(株)納めの全国統合ネットワークシステム(図1)及びシステムコードレス電話《MELWAVE》の概要とその事例を紹介する。

2. ES1000シリーズのネットワーク対応機能

《MELSTAR ES1000シリーズ》では、ES1400の発売当初から次のようなネットワーク対応機能を備えている。

(1) 多様化する網との接続

INSネット64やアナログ専用線に接続可能な上、高速デジタル専用線には1.5Mでの直接接続とTTC(日本電信電話技術委員会)標準の2MインタフェースによるTDM経由での接続が可能である。また、通信の自由化によるNCC(New Common Carrier)の登場により必要となるLCR(Least Cost Routing:最適コストルーティング)機能も内蔵している。

(2) 中継交換機能

構内交換機としての働きに加え、分散したオフィス専用線で結んで中継交換することによりプライベート網が構築可能である。

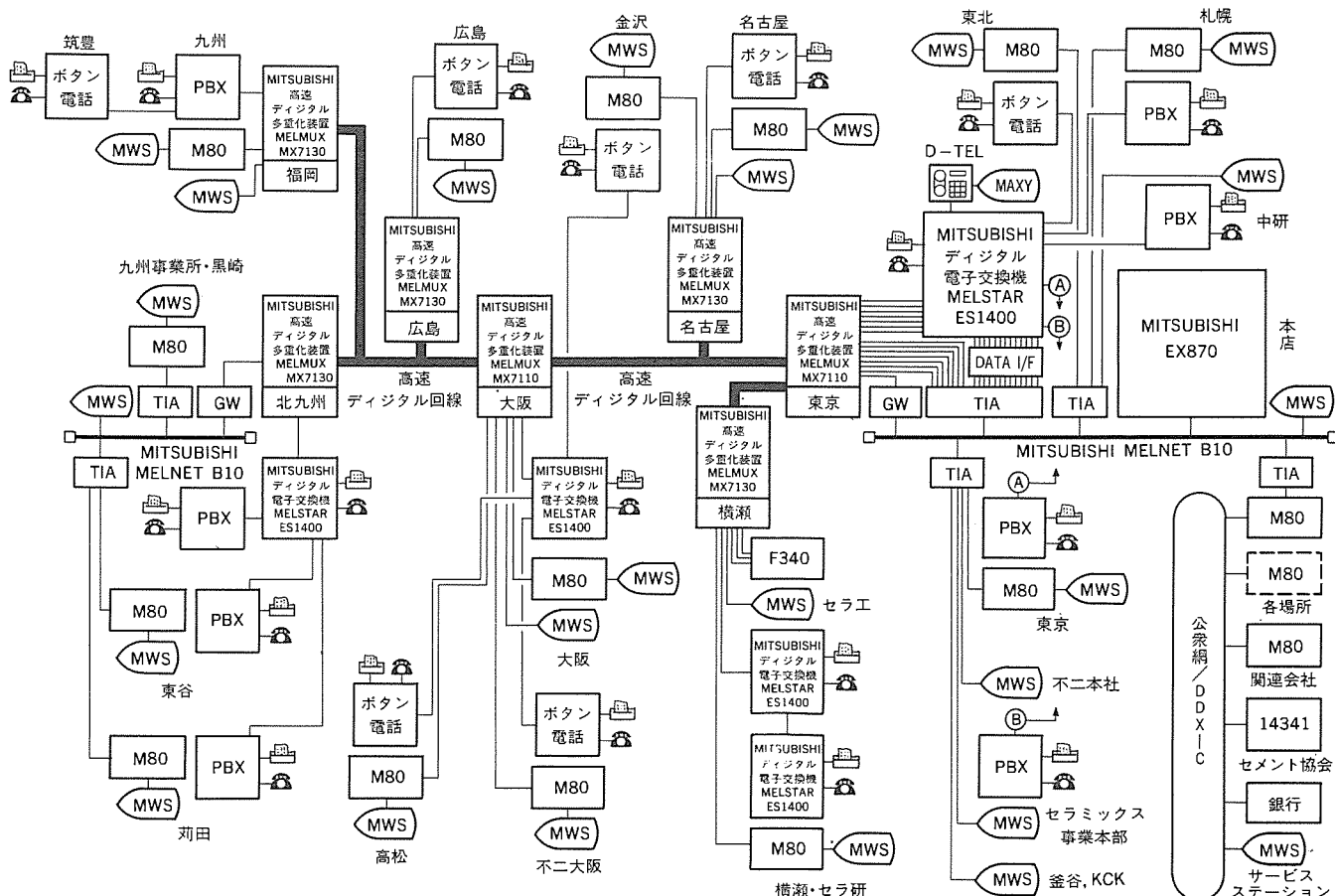


図1. 全国統合ネットワークシステムの構成

(3) 交換規模の拡張

最大3台まで相互にデジタル多重インタフェースで接続し、共通線信号方式No.7で局間信号を転送し合うことにより、見かけ上の回線容量を拡張可能である。

(4) 多彩なデジタル多機能電話機の収容

1台のデジタル電話機に最大8本までの内線を論理的に収容し、ボタン電話機相当のサービスを実現。また、ISDN端末以外のデータ端末は、デジタル多機能電話機を介して統一したインタフェース(V.24, V.25bis, Hayes)で収容している。

(5) インテリジェントビル機能

1台のPBXを複数のテナントで共有（見かけ上は個別所有）し、ビルオーナーが一元管理できる。“マルチテナント機能”に加え、デジタル多機能電話機の機能ダイヤルによるビル管理システムとの連動が可能である。

以上の機能のほかに発売開始後も機能追加・拡張を続け、

- INSネット1500との接続（内／外線共H0, H11可能）
- 集合型データ通信モジュール（最大24チャンネル収容、ラックマウント可能）の開発
- システムコードレス電話《MELWAVE》の実現

を成し遂げた。現在は更に、ISDNパケット インタフェース機能を開発中である。

3. 三菱鉱業セメント㈱納め統合ネットワークシステム

3.1 システムの目的

三菱鉱業セメント納めの統合ネットワークシステムは、“総合情報システム基本計画”の一環として伝送交換系の整備を目的とし、情報通信の主体を占める電話、社内の利用が定着したFAX及び高度な信頼性とシステム技術の必要なデータ専用通信網を統合し、社内トールダイヤル網の構築と専用線の有効活用を図るものである。

3.2 システムの概要

統合ネットワークシステムは、札幌から筑豊まで全国19場所を専用線で接続したものである。

基幹伝送路には、高速デジタル専用線（日本テレコム、NTT）を使用し、全国7場所に高速デジタル多重化装置《MELMUX MX7100》を配置した。また、支線伝送路にはアナログ専用線を使用した。

交換系には、主要5場所にデジタル電子交換機《MELSTAR ES1400》（合計8ノード）を設置し、3支店には“システムテレホンTM-Dシリーズ”を新設、その他の場所は既設設備に専用線インタフェースを追加して、本店・支店・工場間のトールダイヤルを可能とした。

データ系は、本店のホストコンピュータを《MELCOM EX870》に更新し、大幅に処理能力をアップさせた。さらに、情報の相互交換を容易にするために、本店と九州事業所にバス型LAN《MELNET B10》を敷設し、マルチワークステーションを接続した。これにより、各支社・工場のサブコンピュータ《MELCOM 80》の端末機と本店のホストコンピュータを結ぶ専用線網が確立できた。

3.3 高速デジタル多重化装置《MELMUX MX7100》

高速デジタル専用線は、以下の3回線を使用した。

- 本店～大阪支店 768Kbps（1分岐） 日本テレコム
- 大阪～九州事業所 768Kbps（2分岐） 日本テレコム
- 本店～横瀬 384Kbps（対向） NTT

PBXを中核とした通信ネットワークの展開・大竹・岩橋・佐藤

従来から実績・信頼性・運用性で定評のある《MELMUX》は、分岐回線の利用により経済的なネットワーク構成を採った。また、足回り回線にはOMP（大阪）、CTC（名古屋）などの回線を使用した。その接続性が実証された。

3.4 デジタル電子交換機《MELSTAR ES1400》

1988年10月から販売されているが、大規模なネットワーク対応としては今回が初号機となった。

ネットワーク構築に当たり、使用した主な機能は以下のとおりである。

(1) TTC 2Mインタフェース

各場所において《MELMUX》との接続に使用する。

(2) 中継交換機能

各場所に2けたの場所番号を割り当てトールダイヤル化した。その際、本店・大阪支店・九州事業所・セラミック工場の4場所のPBXに中継交換機能を持たせた。それぞれ、2MインタフェースとODトランクを実装して専用線接続をし、目的の機能を満足した。

特に、本店では3ノード構成に2Mインタフェース1回線（容量としては2回線を確保）、ODトランク24回線（容量は48回線）を収容し、目標の性能を得ることができた。

(3) マルチノード機能

所要の容量をES1400で実現するため、本店を3ノード構成、横瀬工場を2ノード構成とした。

(4) 集合型データ通信モジュール“データボックス DT4000”

本店において各管理職の机の上に設置するラップトップパソコン《MAXY》をホストコンピュータ（EX870）に接続するため、ES1400とB10の間を24回線のデータチャンネルで接続することとなった。

従来のデータ端末インタフェースは、デジタル多機能電話機（DT290D）に収容していたが、通話機能等の不必要な機能は削除し、データ通信専用の集合型装置を新たに開発した。これにより、小スペースで、多数のデータ回線をサポートすることが可能となった。

(5) 標準課金装置（専用線通話データ出力機能付き）

各場所における局線発信に対する内線への課金だけでなく、専用線発信についても課金処理を行い、各場所に対して費用請求ができることを目的として製作したものである。

ここでは、従来の標準課金装置（局線発信のみに対応）にデータ出力ポートを新設し、局線／専用線通話データを出力する機能を付与したもので、《MELCOM 80》でその出力データを集計処理をするようにした。なお、局線発信に対する料金計算は、従来どおり標準課金装置の内部で行っている。また、専用線通話データは、専用線課金のみならず、通話データの処理方法により場所間のトラヒック測定にも流用可能である。現在は、EX870でトラヒック計算をして回線の使用状況を把握し、将来の回線増設計画に役立てている。

(6) その他の追加機能

要求されたサービス機能を追加するに当たり、ユーザーである三菱鉱業セメントから多数のアドバイスをいただき、より一層使いやすい交換機となった。

3.5 課題

今回のネットワーク構築により、基本的な社内通信網が確立された。今後の展開としては、技術動向を見ながら、以下の項目について拡充を図る。

(1) ISDN網を使用した高速デジタル専用線のバックアップ回線

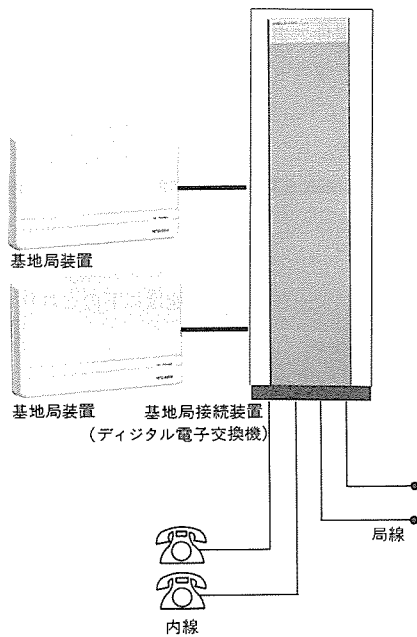


図2. 基地局接続装置と基地局装置

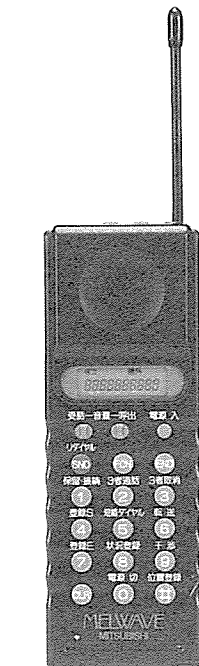


図3. コードレス電話機

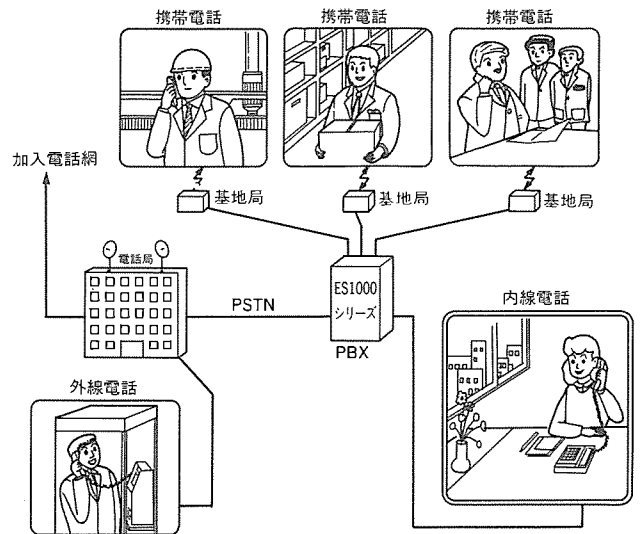


図4. 《MELWAVE》使用イメージ図

- の敷設、及び北海道・東北方面への高速デジタル専用線の延長。
- (2) 音声チャンネルの16.8Kbps化。現在使用中の音声32Kbps/CHを圧縮し、16.8Kbpsで通話を可能とする。
 - (3) 関連会社へのネットワークの拡大、特にデータベースサービス等の拡大。
 - (4) 伝送装置、交換装置、計算機などを統合管理するネットワーク管理センターの開設。
 - (5) アプリケーションの追加。テレビ会議システム、ファクスマール、ボイスメールのサービス開始。

4. システムコードレス電話《MELWAVE》への応用

4.1 《MELWAVE》誕生の背景

1988年10月の郵政省令により、無線機器を公衆電話網へ自由に接続できるようになり、しかもコードレス電話等の小電力機器（出力が10mW。室内の場合は基地局の周辺で半径30～50m、屋外の場合は半径100～200mがサービス範囲）は、一般の電話機と同様に技術適合認定を受ければ電波免許なしで運用できるようになった。この結果、工場内にあるいはビル内等の事業所構内のPBXにコードレス電話を自由に接続して運用してもよいことになり、これまで潜在的に需要があった無線電話システムがビジネスの世界でも脚光を浴びる兆しにある。

これまでのコードレス電話は、家庭向けという位置付けであったが、接続装置（無線基地局）を複数個構内に配置し、これをPBXにより接続してシステム化することにより、通話できるエリアを広げビジネス用に展開したものがシステムコードレス電話《MELWAVE》である。

《MELWAVE》は、当社の強みである無線技術に、PBXで培った交換技術を融合し、他社に先駆け開発製品化したもので、以下に示すような用途でその威力を発揮する。

- (1) デパート、マーケット、テナントビル、病院等で巡回中の警備員、保守員及び医師への連絡網、又は災害発生時、警備員等から管理室への連絡用として使用する。
- (2) 広い工場、作業場、倉庫等において電話のある場所から離れて

作業して連絡が取りにくい人との通信用として使用する。

- (3) 会議など離席の頻度の多い管理者等が、コードレス電話機を持つことにより転送や呼出しの必要がなくなる。

4.2 《MELWAVE》の特長

図2に《MELWAVE》の交換部である基地局接続装置（中小容量対応のES1400）と基地局装置の外観、図3にコードレス電話機、図4に使用イメージ図、図5にシステム構成及び容量を示す。

《MELWAVE》は、当社が1988年10月に発売開始したデジタルPBX“ES1000シリーズ”に、コードレス電話交換機能を付加する形で開発されている。したがって、このシステムは、ES1000シリーズのもつ多種多様なインタフェース及びサービスも提供可能である。以下に主な特長を示す。

4.2.1 豊富なサービス

従来からの内線サービス（保留・転送・三省会議・公衆網との発信着信）をコードレス電話でも使用可能にただでなく、コードレス電話独自のサービスを追加した。

(1) 位置登録サービス

コードレス電話機がどの基地局下にいるかを周期的（約30秒）に監視しており、移動しても直ちにその場所を交換機に登録する。この位置情報は、コードレス電話機への着信処理に使われるだけでなく、交換機に接続されたコンソールで位置や各自の状況（作業中、会議中など）を確認するための状況登録サービスのためにも使用される。

(2) コードレス電話機着信サービス

コードレス電話機への着信時、交換機は位置登録された基地局だけでなく、上記位置登録間隔（約30秒）内での移動を想定してあらかじめ登録された隣接基地局に対しても着信処理を行うことができる（図6）。

(3) コードレス電話機発信サービス

コードレス電話機からの発信は、隣接の基地局にも受信され、複数の基地局から同一の端末IDで発信信号が上がってくるが、基地局はS/N比較を行い、電波条件の最も良い基地局を用いて発信するように工夫されている。すなわち、位置未登録の基地局での登録処理遅延と、電波の弱い基地局での再送処理遅延のため、位置登録済みで電波の強い基地局からの発信信号の到達が最も早く上がってくる（図7）、交換機は当該基地局に対し応答信号を送り、他

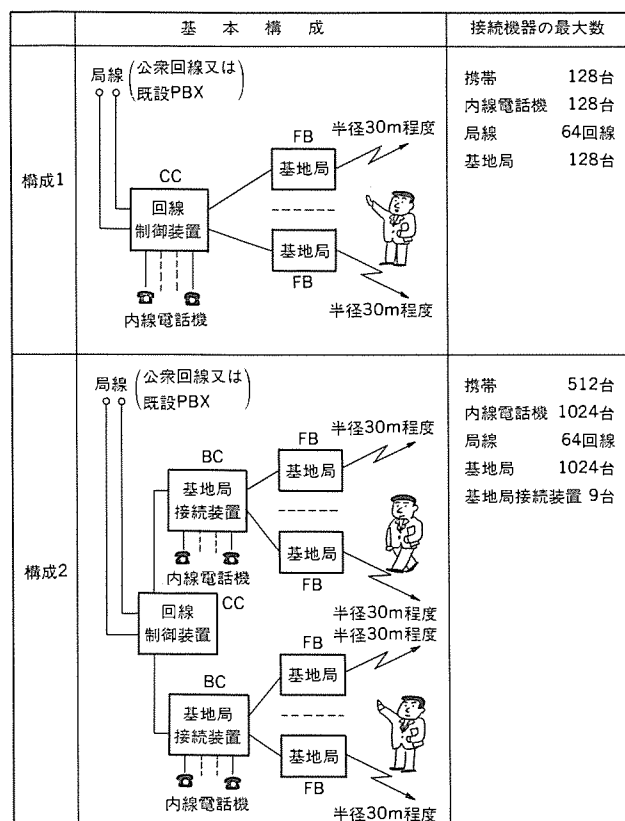


図5. 《MELWAVE》のシステム構成及び容量

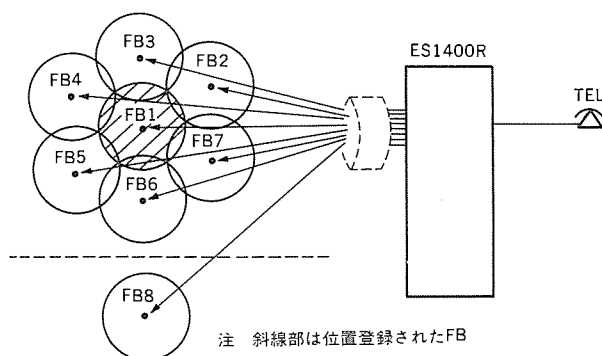
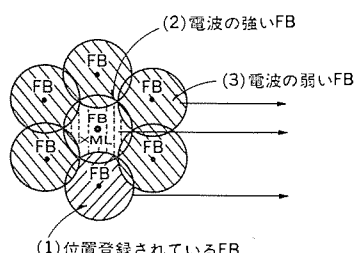


図6. 着呼の概念



ML(コードレス電話機)が発呼時、FBが発呼信号をES1400に上げてくる。FBの順番は、
 (1)→(2)→(3)
 で各発呼信号間にはFBにおける位置登録の有/無、電波の強/弱に応じた時間遅れを設けている。

図7. 発呼の概念

の基地局に対し発呼不可信号を送る。

(4) 追跡交換サービス

コードレス電話機で通話中移動して電界強度が低下したとき、こ

PBXを中核とした通信ネットワークの展開・大竹・岩橋・佐藤

れを監視しているコードレス電話機から交換機に対し通話継続要求が上がり、交換機からの指示により隣接基地局の内で電波品質の最も良い基地局に通話チャンネルを切り替え、通話を継続できる。

(5) オートダイヤル機能

コードレス電話機にあるワンプッシュ発信ボタンを押すだけで、あらかじめ設定されたあて先に発信できる。

(6) 一斉通報、群指令

内線電話機又はコードレス電話機からの特番入力により、全コードレス電話機又はあらかじめ設定されたグループに対して呼出音を鳴らすことができる。

(7) その他のコードレス電話機サービス

イヤホンを使用することにより可能なハンズフリー機能、妨害電波検出時自動的に通話チャンネルを切り替える干渉回避、使用者に電波圏外に出たことを知らせる表示などがある。

4.2.2 柔軟なシステム構成・拡張性

図5に示すとおり《MELWAVE》は、大小様々な構成に対応できる。図中の回線制御装置(CC:Control Center)と基地局接続装置(BC:Base Center)は、ハードウェア的には同一のアーキテクチャ(すなわちES1000シリーズ)であるが、機能的にはCC局が親局に位置付けられ、このシステムに収容されるコードレス電話機のデータの一元管理を行う点でBC局とは異なる。したがって、CC局は《MELWAVE》システムに必ず1台は必要である。一方BC局は、基地局の台数及び回線容量に合わせて最大9台まで増設が可能である。また、コードレス電話機についてはシステム当たり512台まで拡張でき、CC局及びBC局に接続された基地局すべての電波エリア内で通信が可能である。

さらに、このシステムはPBXがベースであるため、既存の交換機のリプレースはもちろんのこと、既存交換機と専用線等で接続し、コードレス電話システムとしてビルドアップしての運用も可能である。

4.2.3 充実した保守・運用機能

CC局、BC局いずれかに接続された(通常CC局)コンソールを用いて、すべての局に接続された各種回線と端末の状態及び各局のエラーログを見ることができ、また、コードレス電話機の現在位置及び登録された状況を見ることが可能である。さらに、システムに接続されているどの基地局を使ってコードレス電話機が公衆網発信しても、他の内線電話機同様コードレス電話機の内線番号に課金できる。

4.3 各装置間通信方式

《MELWAVE》システムは、各装置間を高速なデジタル信号で通信することにより、通信処理時間の短縮化を図り、信号処理には誤り訂正手段を持つことにより信頼性を上げている。以下に、各装置間の通信方式を示す。

(1) CC局-BC局、BC局-BC局間通信方式

ES1000シリーズの持つ分散配置インタフェース、すなわち物理・電気レベルはPBX-TDM間に用いられるTTC 2Mbpsインタフェース(又は、1.5Mbpsの高速デジタル専用線直結インタフェース)を、信号方式はISDNの共通線信号方式を採用している。

- レイヤ1(電気・物理条件): TTC 2Mbpsインタフェース準拠
又は1.5Mbps高速 デジタル専用線インタフェース準拠

- レイヤ2(信号転送手順): LAPD(標準8Kbps)

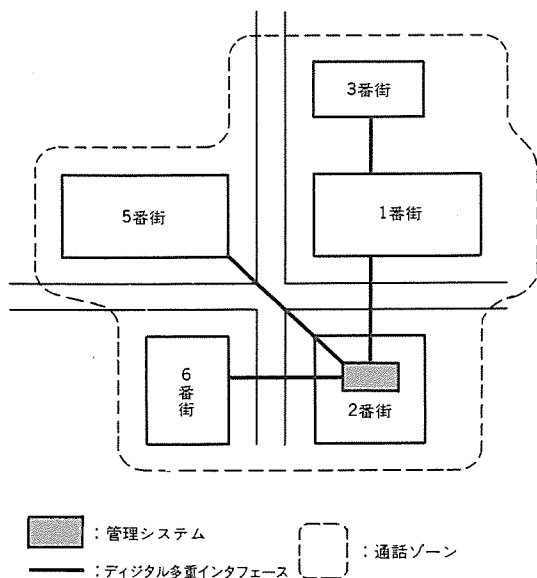


図8. 横浜市MYCAL本牧での《MELWAVE》の運用

- レイヤ3 (信号接続制御) : No.7 レベル3
- 上位レイヤ
(呼制御メッセージ処理) : No.7 ISUP (ISDNユーザー部)
(位置登録, 追跡交換メッセージ処理) : No.7 MAP (移動体
応用部) 相当

(2) CC局・BC局—基地局間通信方式

この装置間は、通話チャンネルと信号チャンネルを分離したデジタル信号で通信される。

- レイヤ1 (電気・物理条件) : 2線ピンポン伝送方式
(2B+2D) 装置間最大800m
- レイヤ2 (信号転送手順) : 三菱独自手順
- レイヤ3 (信号接続制御) : 三菱独自手順

4.4 《MELWAVE》の事例

横浜市中区のMYCAL本牧は、(株)ニチイが開発したショッピングタウンで、ここで《MELWAVE》が活躍している。MYCAL本牧は、スーパーをはじめ、専門店、アスレチック、プールなどがあり、1～6番街の五つの建物や駐車場が並んでいる (図8)。

主に利用しているのは、これらの電気関係、空調、エレベーター等の施設の運営管理をニチイから委託されているジャパンメンテナンス(株)で、見回りをしながら管理室との連絡をしたり管理室からの指令などが即座に受けられる上、移動をしても通話が途切れる不快感がない等、非常に好評である。

5. PBXの今後の展開

ISDNの浸透に代表される情報化社会の進展に伴い、将来の通信網は、より高速、広帯域、インテリジェントな通信網へと発展していく動向にある。経営資源としての“高度にネットワーク化された

情報”の重要性が増大して行く中でPBXは市場の変化に追従し、高付加価値、高機能化へ変ぼうを遂げつつある。

PBXの当初のねらいは、企業通信費の大部分を占める電話通信の機能高度化と通信費の削減にあったが、今後は従来からの音声通信やOA機器で代表されるデータ通信のみならず、コンピュータとの連携による高度な通信サービスの提供や、各種の情報処理サービス機能をも取り込んだ総合的な通信ネットワークシステムへの対応が期待されている。

近い例では、NTTの“INSネット64, INSネット1500”との接続における回線/パケット交換サービス機能の追加を足がかりに、マルチメディア複合交換機へと飛躍しようとしている。

6. む す び

今回構築した三菱鉛業セメント納めの統合ネットワークシステムは、高速デジタル専用線によって相互接続されたデジタル多重化装置《MELMUX》と、デジタル電子交換機《MELSTAR ES1400》とをTTC・2Mインタフェースで接続し、その上にこれらを中枢としたネットワークを形成したものである。特にPBXにおいては、中継交換機能、マルチノード機能、集成型データ通信モジュール“データボックス DT4000”とTIAを介した《MELNET B10》との接続が着目される。

また、《MELWAVE》システムは、《MELSTAR ES1000シリーズ》にコードレス電話機のインタフェースを追加して実現したもので、PBXを境に有線、無線を統合する形でネットワーク機能を拡張したところに特色がある。

以上、PBXを中核とした通信ネットワークの事例を紹介した。今後とも市場のニーズを把握して、より高度な情報通信システムに対応できるよう機能の拡張と充実を図る所存である。

最後に今回の統合ネットワークシステムの構築にあたって、御支援・御配慮をいただいた三菱鉛業セメント(株)情報システム部伊東部長をはじめ、和田部長補佐、雨海課長、森山課長代理、及び各場所関係者各位に、またMYCAL本牧へ《MELWAVE》を納入するに当たって御指導、御協力をいただいたジャパンメンテナンス(株)の福田氏及び関係者各位に、それぞれ深く感謝申し上げる次第である。

参 考 文 献

- (1) T.Iwashashi, et al.: The MELSTAR ES1400 Series Digital PBXs, Mitsubishi Electric ADVANCE, 45, p.28 (1988)
- (2) 岩崎, 広岡: ISDN対応PBXの機能, 事務と経営, 41, No. 513, p.36 (1989-4)
- (3) 小松: ビル情報拠点としてのPBXのシリーズ化—ES1400Mの開発—, 三菱電機技報, 63, No.6, p.16 (1989)
- (4) Y.Ozu, et al.: The MELWAVE Cordless Telephone System, Mitsubishi Electric ADVANCE, 48, p.5 (1989)
- (5) ビジネス用システムコードレス電話, 日経コミュニケーション, No.66, p.107 (1989-7)

米国における自動車電話システム

一ノ瀬友次*
三橋浩二*
今村孝行**

1. ま え が き

自動車電話や携帯電話に関する話題が最近多くなった。よく言われる“いつでも、どこでも、だれとでも”を実現する手段は、移動体通信においてほかになく、高度情報化社会において最も期待されているサービスの一つなのであろう。また、コンピュータ、半導体、生産技術等の急速な発達により、高性能、小型軽量でしかもより低廉化され、身近なものになりつつあるためでもあろう。さらに、将来、パーソナル携帯電話など新しいサービスに対する各種の検討も行われており、腕時計形の無線電話も夢ではない。

現在、世界中で約500万台の自動車電話（あるいは携帯電話）が使用されていると推定されるが、このようなサービスを支えるインフラストラクチャとしての基地局、交換機等のネットワーク設備も移動体通信発展のためには重要なものである。これも主として、より安く、より高度なサービスを提供するため、また、周波数資源を有効的に利用するために研究開発されてきた⁽¹⁾。現在、米国ではセルラーシステムによってサービスが行われている。これは、米国において命名されたものであるが、各国ともそれぞれ違いはあっても基本的な考え方には変わりはない。

三菱電機(株)は米国市場において、自動車電話等端末機の生産、販売のほかにもこのようなシステムの構築も行っている。1984年、米国フロリダ州オーランド市にアストロネット社を設立し、ストロンバーク・カルソン社のDCO（Digital Central Office：局用交換機）と無線基地局を組み合わせ、現在までに中小都市を中心に約30システムを構築した。ここにその概要を紹介する。

2. 米国の自動車電話事業とシステムの概要

2.1 米国自動車電話の歩み

米国における公衆陸上移動通信の歴史は古く、1946年、150MHz帯を使ってベルシステムにより開始された。以後技術の発展とともに表1のように歩んでいる。

自動車電話をサービスする事業者（オペレータ）は、1都市につき有線通信事業者（Wire Line）1社と非有線通信事業者（Non Wire Line）1社の2社による独立したサービスが認められており、互いに同じ土俵の上でより良いサービスを競い合っている。

現在までに、MSA（Metropolitan Statistical Area）306都市において、いずれかのサービスが行われており、年々図1に示すように拡大している。現在の総加入者は250万程度とみられている。

2.2 セルラーシステムの概要

サービス地域全体を無線電波でカバーするためには、図2に示すように地域を幾つかのセルに分割する。各セルにはマイクロプロセッサで制御されている複数の基地局送受信装置があり、これをセルサイトと呼んでいる。これらの送受信機は、それぞれあらかじめセルサイトごとに分配された周波数に設定されていて、マイクロ波多重無線やT1スパンライン（高速デジタル専用線）などによって自

表1. 米国、自動車電話の歩み

1921	デトロイト警察が初めて自動車電話を始めた。
1946	最初の公衆自動車電話が、150MHz帯を使ってベルシステムによりセントルイスで開始された。
1949	FCC(米国連邦通信委員会)は公衆無線通信事業を認許した。
1956	FCCは公衆通信用として、450MHz帯の使用を許可した。
1958	ベルシステムによって800MHz帯の使用が提案された。
1964	IMTS(Improved Mobile Telephone Service)が開始され、同時送受話、自動ダイヤル通話が可能になった。
1968	FCCはシステムの改善とサービスの拡大に関する提案を募集した。
1971	AT&Tがセルラー方式を提案した。
1974	FCCは800MHz帯の40MHzを割り当てた。
1977	イリノイベルは、シカゴ地区でセルラーシステムのトライアルを申請し認許された。同時にアメリカン ラジオテレホン サービス社に対してもワシントン ボルチモアで許可された。
1978	シカゴトライアルは、2,000加入で開始された。
1980	FCCはセルラーシステムのルール作りを開始した。
1982	FCCは各都市2社のオペレータ(W, L及びNon W, L)の参入を認め、MSA(Metropolitan Service Area)305都市のうち90のマーケットに対し申請を受け付けた。RSA(Rural Service Area)約400箇所のマーケットに対して申請が開始された。
1983	シカゴにおいてアメリカン テック社を最初のオペレータに指定した。
1984	FCCはオペレータを抽せんにより決定する方針を打ち出した。
1986	FCCは隣接する10MHzの割当てを追加した。
1988	TIA(Telecom Industri Association)において、次期デジタルセルラーの標準化作業を開始した。

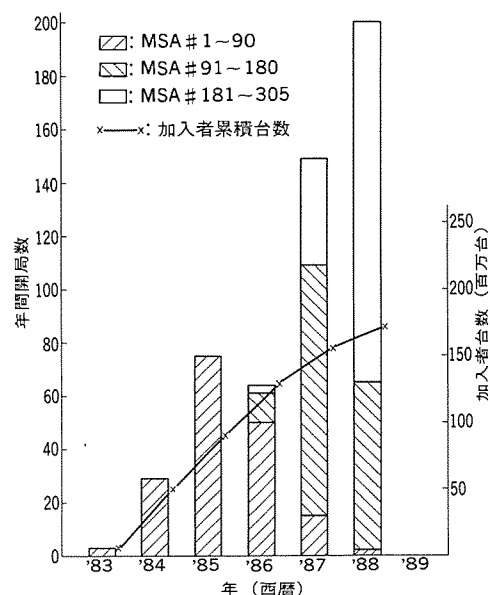
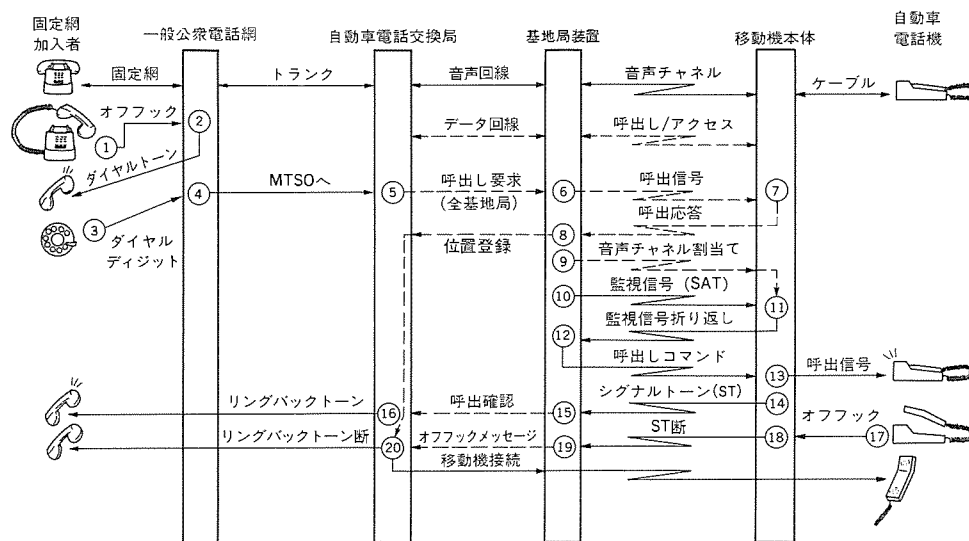
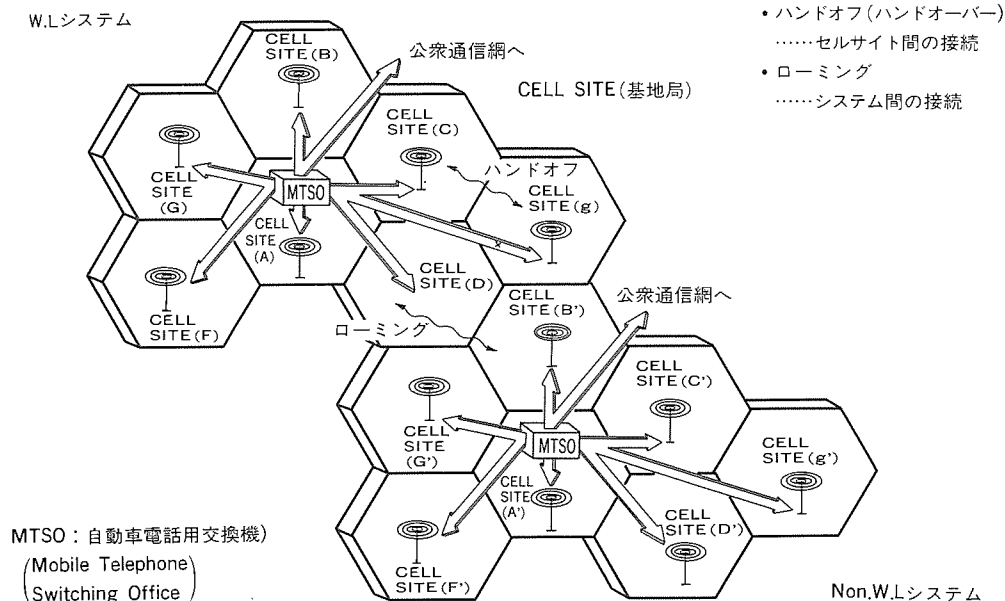


図1. セルラーシステムの年間開局数と加入者台数

動車電話用交換機（MTSO）に接続されている。自動車電話は、そのエリアのセルサイトからの指示に従って使用可能な周波数に設定され、MTSOを経由して公衆通信網に接続される。地上から車へ、



あるいは車から地上への発着信は、あらかじめ設定された手順で図3、図4に示すように行われる。また、移動中に他のセルサイトへ移行しても周波数は自動的に切り替わり、同時にMTSOは新しいセルサイトへボタンタッチしていくので通話は途絶えることがない。これをハンドオフという。

もう一つのセルラーシステムの特長は、セルサイトに使用される周波数の繰り返し使用にある。これについての詳細は後述するが、加入者の増大に伴い、このセルを分裂させることにより収容能力を拡大することができる。しかしながら米国においては、都市ごとに二つのオペレータが存在し、また隣接する都市においてもシステムはそれぞれ独立している。その間の接続はかなりやっかいである。通常ローミングと称し、自分が加入しているシステムのほかに、訪問先のシステムにも登録しておき、両都市で使用可能とすることによって往来者に便宜を図っている。

3. システムデザイン

このようなシステムを構築するためには、各種の有線、無線機器をはじめ、保守運用設備、局舎設備等が必要である。それぞれ、そ

の国の規則基準に基づき開発設計され、システムのサービス要求を満足するように有機的に結合されなければならない。

3.1 システムの基本的な要求事項

(1) 拡張性

一般に当初の加入者数はさほど多くはないが、サービス開始とともに増大していく。しかし、最初から最大規模で構築するのは不経済であり、当然初期費用と増設時の費用がうまくバランスのとれた構成が望まれる。これは大都市と小都市でも異なる。

(2) 柔軟性

上記の拡張性のほかに、ゾーンの構成としてもオムニゾーンからセクタ化し、更にはセルスプリットへと発展していくのに容易に対応できるよう考慮されていなければならない（図5参照）。また、MTSOとしても複雑なコモンキャリアのネットワークに接続でき、またT1ラインや光伝送、マイクロ波伝送、同期網接続機能など多くのアプリケーションへの対応が要求される。

(3) 保守運用

オペレータが実施する保守運用面での便宜を図るため、各種監視制御機能のほかに納入者側としても24時間体制でそれをサポートす

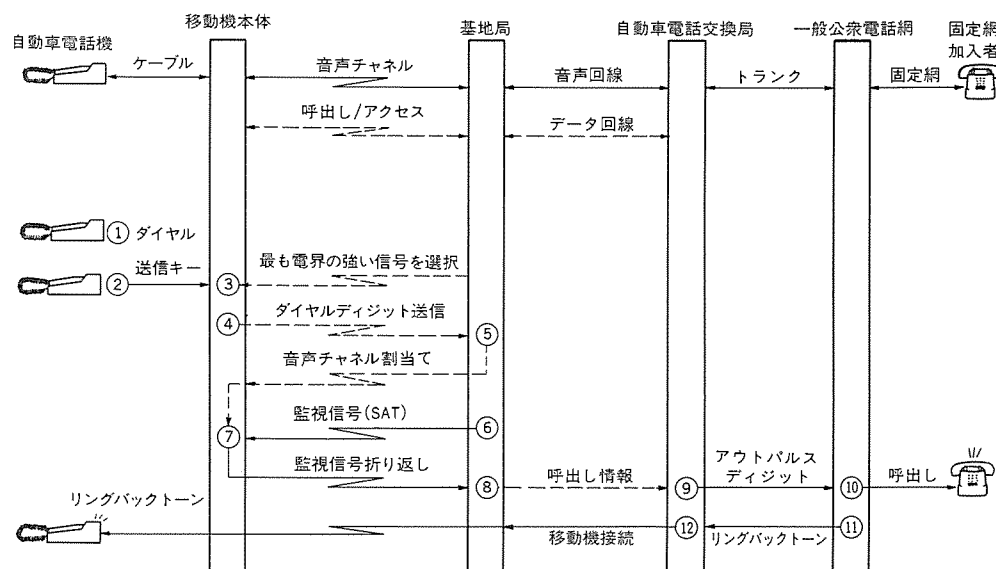


図4. 自動車電話から公衆網への接続

るためのリモート診断設備を備えておくことが、より信頼性の高いサービスを提供する上で重要である。

(4) バージョンアップへの対応

長期にわたるサービスに耐えるためには、納入後においても新しいサービス機能の追加や、規則の改定などに応じていく必要がある。

この場合、サービス中のシステムでの検証は困難で、事前にそれに近い形でのフィールドテストが不可欠である。そのため、アスト

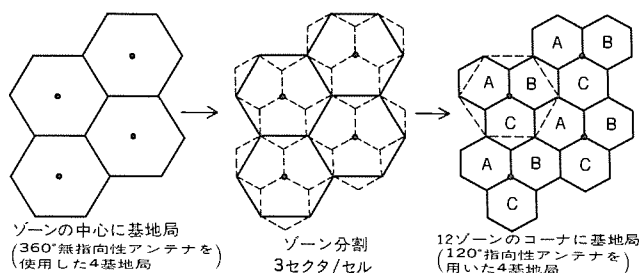


図5. セルスプリットの例

ロネットではFCC（米国連邦通信委員会）の許可を得て実験局を建設し、いつでもこのような要求に応ぜられる体制をとっている。

3.2 セルサイトと周波数利用

(1) セルサイトの概要

セルサイトは、電波を使って自動車電話加入者をMTSOを通じて地上網に接続するためのもので、電波の送受信・音声及びデータのやりとり、発着信の監視、機器の試験などの機能を持っている。

図6に示すように主要な部分は二重系となっており、コントロールフレームとチャネルフレームから構成されている。主な諸元は以下のとおりである。

- (a) 周波数 送信 869~894MHz
受信 824~849MHz
- (b) RFチャンネル間隔 30kHz
- (c) 送信周波数間隔 630kHz（標準）
- (d) 最大出力 100W ERP
送信機出力 7~45W

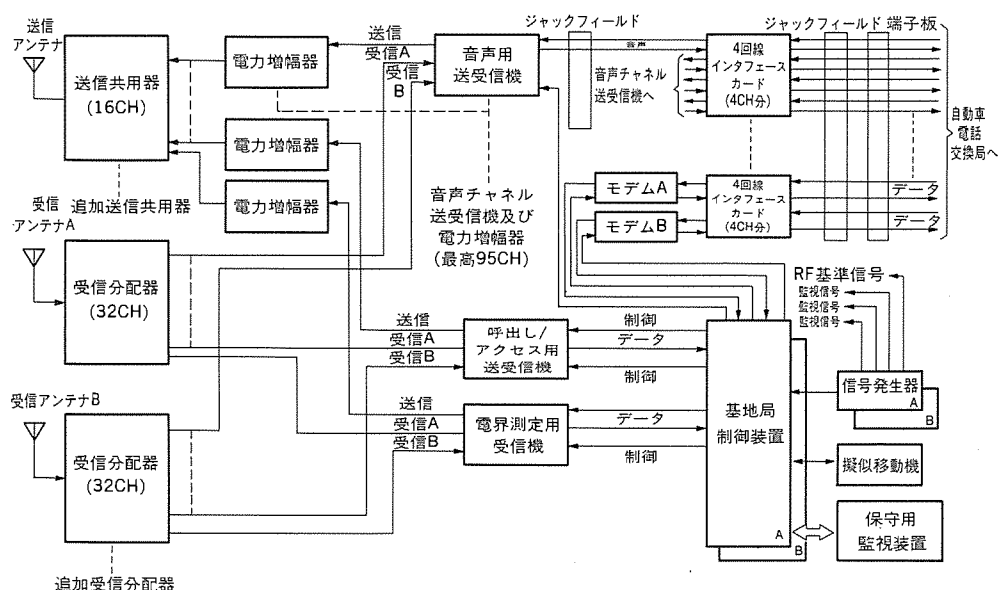


図6. セルサイト系統図

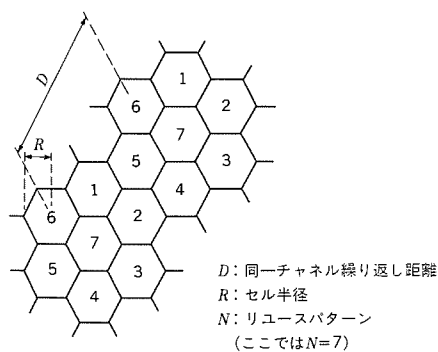


図7. 周波数繰り返し利用

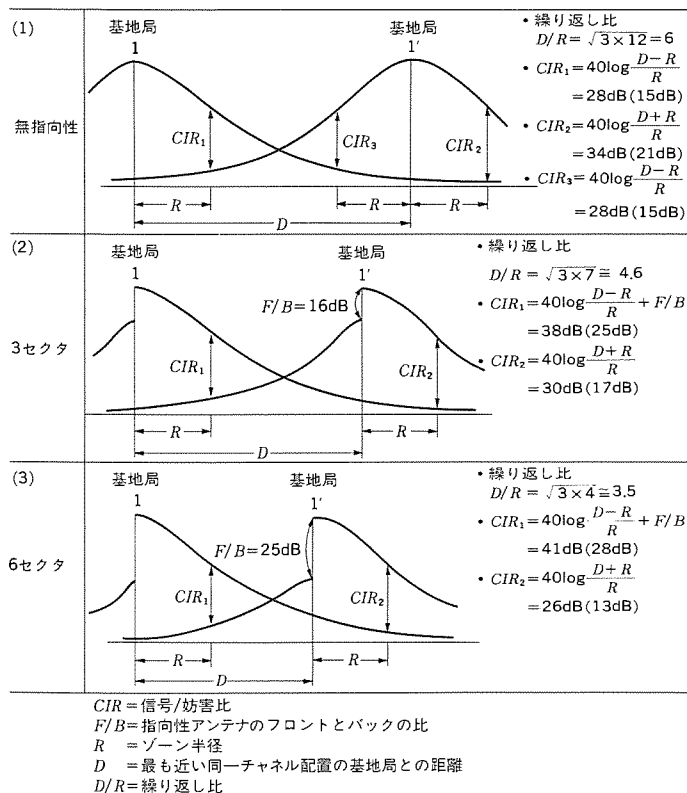


図8. 周波数繰り返しと同一CH干渉

(e) 受信ダイバーシチ スペースダイバーシチ, 検波後切替え

(f) 最大収容CH数 95CH/セル

(2) サービスエリアと置局設計

一般にサービス区域内の予測加入者数とトラフィック分布からセルサイトの位置, セルの大きさ及びそのCH数・周波数などを決定していく。セルの大きさを決める回線設計は, FCCの規定によりCarey Curves⁽²⁾を使用し, 39dBμV/mをもって輪郭を決める。この地点での通話品質として, Talk-in (上り) Talk-out (下り) のバランスが大切である。特に携帯機を考慮しておく必要があり, そのためにもダイバーシチ受信を採用している。

使用するアンテナは, 無指向性 (7~10dBd), 指向性 (1~0°, 17dBd) など各種必要に応じて決定している。

3.3 周波数の繰り返し利用 (Frequency Reuse)

一定の規格基準の中で有限な周波数スペクトルを利用して, できるかぎり多くの加入者を収容するためには, 周波数の繰り返し使用が必要である。セルラーシステムについては, ハンドオフとともに重要な特長となっている。

一般にセルの形状が正六角形で規則正しく幾何学的に配置されている場合は, 同一周波数を使用するセルサイト間との距離(D)とセルの半径(R)の比は次式となる (図7参照)。

$$D/R = \sqrt{3 \times N}$$

ここに, Nは繰り返し使用できる最少単位のセルの固まり(Cluster)であり, 通常4, 7, 12...などがありReuse Patternと呼んでいる。

D/Rを小さくすることは, それだけ繰り返し頻度を高めることができるが, アンテナを指向性のあるものにして複数のアンテナでカバーするセクタ化が必要である。今, 平面大地伝ぱんとして, 無指向性, 120°3セクタ, 60°6セクタそれぞれの場合における干渉保護比を求めると図8のような結果を得る。いずれの場合も, 同一チャネル干渉保護化13dB (90%) を満足するものであるが, 無線チャネルの使用効率低下やセクタ間ハンドオフの増大を考慮し3セクタ7セル繰り返しを採用している。

周波数は, 1システムに与えられたスペクトルを10MHzとすれば

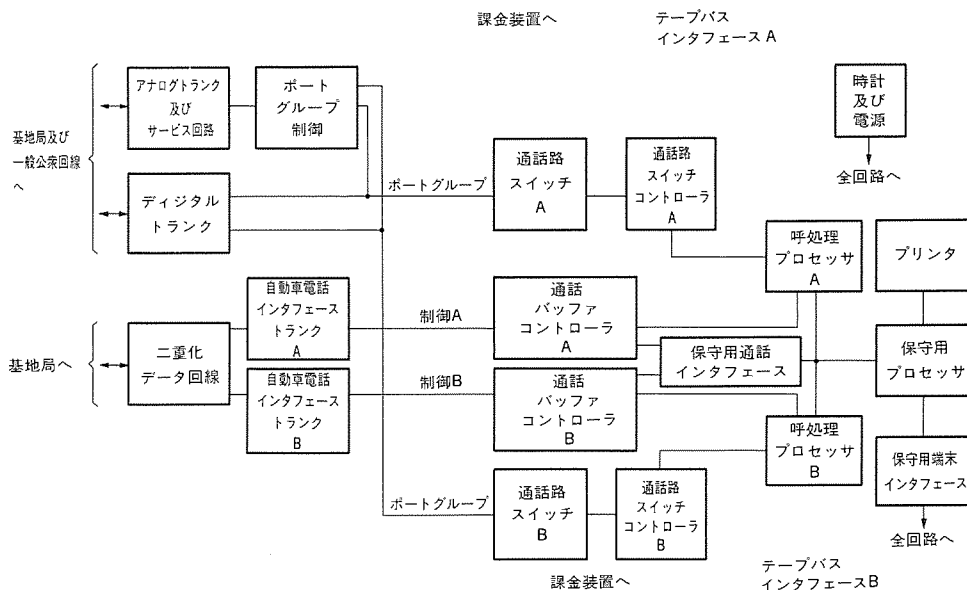


図9. MTSOブロックダイアグラム

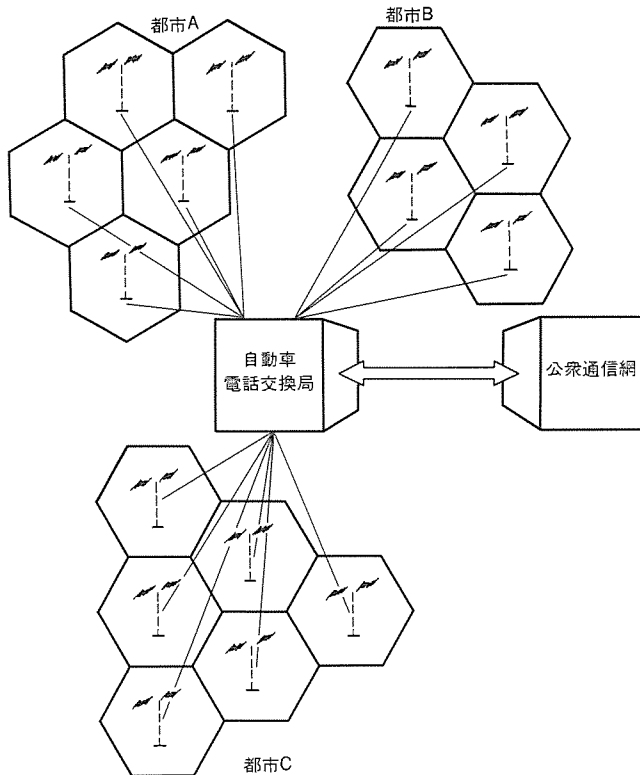


図10. (a) マルチサービスエリア

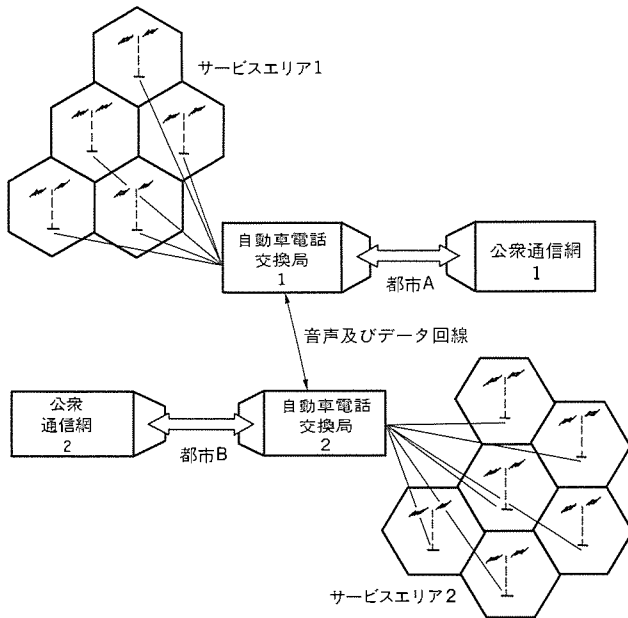


図10. (b) マルチMTSO

30kHzインタリーブ使用で333CHとなる。これを3セクタ7セルの21グループに分割して配置している。したがって、1セルサイト当たりの平均無線CH数は45CHとなり、収容加入者数も決まる。しかし、セル半径 R を小さくして今までのセルを分裂 (Cell Split) させることにより、全体の収容能力は増大する。この計算では、セルスプリットにより無限に収容能力は増大するが、実際には新たな置局のための建設コストの増大、頻繁なハンドオフの発生に伴う制御能力の限界などから、半径1マイル程度が限度とされている。また、実際の置局は、地形も複雑で種々の条件もあり幾何学的配置は困難で、それだけ周波数配置も苦労しているのが実体である。

3.4 MTSOとネットワーク

MTSOは、固定局加入者と自動車電話を接続するネットワーク

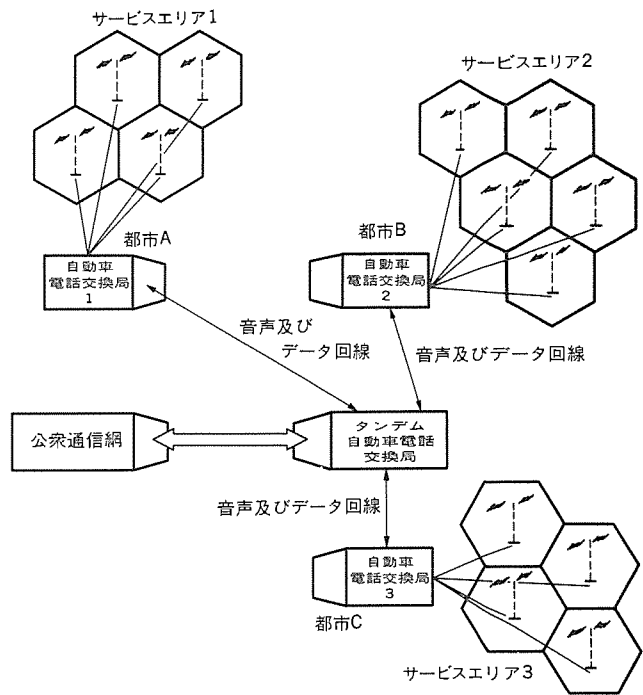


図10. (c) マルチ・タンデムMTSO

スイッチング機能と基地局をコントロールする機能を持ち、加入者の要求する各種サービス機能を備えており、システムのかなめとなっている。

(1) MTSO

MTSOは、局用交換機としてのクラス4あるいはクラス4/5形のデジタル交換機に、セルラー用として新たにSAC (Serving Area Controller) を付加し、ハンドオフ、ページングなどを可能にしている。システムの運用は完全に自動化されていて、トラフィック監視、課金データの収集のほか、各セルサイトの動作監視、リモート診断などを行い、それらの情報をメンテナンスセンターに送ることができる。

図9に示すように主要部分は二重系となっていて、同期運転により自動手動の切替えも可能である。主要諸元は以下のとおりである。

- (a) ネットワーク容量 216,576ABS BH (CCS)
- (b) ポート数 7,680 (1,920×4)
- (c) 最大スループット 114,000BHCA
- (d) 加入者容量 12,000/SAC
- (e) セルサイト 128 (16×8)
- (f) 最大SAC数 8

(2) ネットワーク アプリケーション

システムの基本は、一つのMTSOが加入者を地上網に接続することにあるが、将来の加入者増やサービス地域の拡大に対して柔軟に拡張できなければならない。例えば、以下の(a)~(d)に示すアプリケーションのほか、リストコスト ルーチングなどの機能も重要である。

(a) マルチサービスエリア (図10(a))

一つのMTSOで、複数のサービスエリアの交換制御を行うことが可能である。大都市のMTSOが周辺のサービス区域を吸収するような形態となる。

(b) マルチMTSO (図10(b))

互いに離れたMTSOが音声とデータで接続され、ローマサービスが可能である。

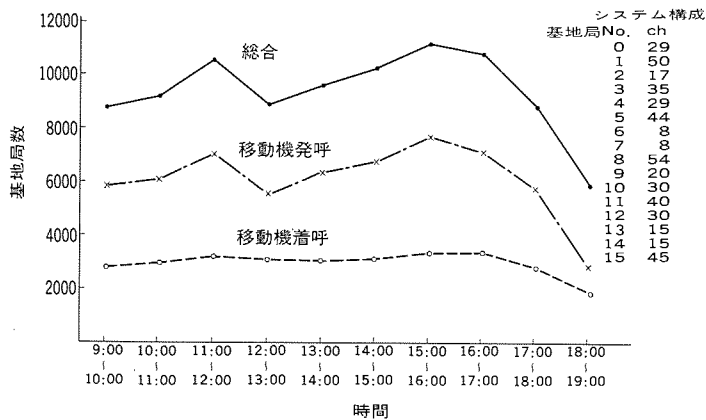


図11. トラヒック測定

(c) マルチプルタンドムMTSO (図10(c))

上記同様にローマサービスが可能である。

(d) インタシステム ハンドオフ

主要道路が相異なるシステムによって分断されているとき、システム間のデータ伝送によりローミングとハンドオフを可能とするものであるが標準化がむずかしい。

3.5 実施例

人口約70万の都市において、周辺都市二つを結び、合計16のセルサイトを一つのMTSOで運用している所がある。現在の総加入者数は、13,000ほどで1日のトラヒック量は図11に示すとおりである。

開発当初において、陸上から移動への着信は20%程度と見込んでいたが、現在30%を越え35%になろうとしている。これも端末の普及によるものであろう。ちなみに、移動対移動は2.5~3%である。

4. 通話中チャンネル切替え (ハンドオフ)

セルラーシステムの特長の一つであるハンドオフ機能は極めて重要である。システムの通話品質が保たれ、周波数の繰り返し利用により収容能力の増大を図ることができる。このシステムのハンドオフ機能の概要について述べる。

4.1 ハンドオフリクエスト

セルサイトでは通話中の回線をモニタして、加入者がゾーンの端にきたことを検知してMTSOに通報する。SNをモニタしてそれが設定値より劣化した場合に行うSNR方式と、受信電界レベルを測定するRSSI (Received Signal Strength Indication) 方式がある。前者は比較的低電界、あるいは干渉がある場合において確実に動作し、後者はトラヒックバランスを保つため高電界でハンドオフを実行させる場合に適する。このシステムでは、ハンドオフのダイナミックレンジを拡大するため、MTSOのコントロールにより二つの方式を指定できるようになっている。

4.2 測定パラメータ

ハンドオフリクエストを決定するパラメータは、次のとおりとなっている。

(1) RSSIスレシールドレベル

受信レベル-110~-50dBmまで任意にMTSOから設定可能である。

(2) ハンドオフペリウド (T_1)

ハンドオフのタイミングを検出するための時間であるが、1~65秒の間でMTSOから設定可能。通常は10秒程度である。

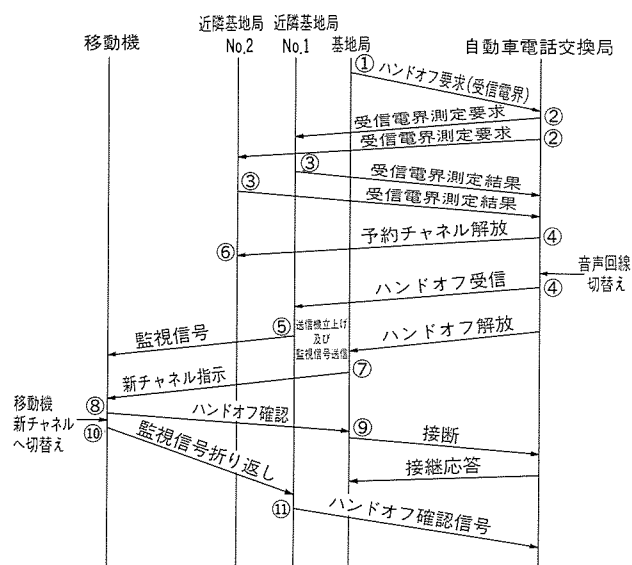


図12. ハンドオフ (通話中チャンネル切替え) シーケンス

(3) ハンドオフ スレシールド (t_1)

測定時間 (T_1) 内において、スレシールドを越えた時間の和を t_1 とし、0.5~5秒の間で設定される。

(4) 最小電界強度 (MSSH)

不必要にハンドオフリクエストの発生を防止するため、セルサイトごとに最小電界レベルを設定する。

4.3 切替シーケンス

あるセルサイトにおいてハンドオフ要求が発生すれば、MTSOはその周辺のセルサイトにそのCHの電界測定を命ずる。各測定データは、MTSOに報告され最も高いレベルのセルサイトにパトントアチする。そのシーケンスを図12に示す。

5. む す び

現在米国では、一部の都市において収容能力の限界に達しており、それを解消すべくデジタル方式への標準化がTIA (全米通信機工業界) を中心に行われている。早ければ1991年にはサービスが開始されるであろう。また、次の世代の移動体通信システムとして、マイクロセルあるいはインドアセルといった新しいサービスが盛んに検討されている⁽³⁾。このようなサービスを支えるインフラストラクチャとしても、ISDNの普及発展とともに今後どのようなものになっていくのか興味深い。移動体通信システムは、有無線の技術が一つに溶け合っ、全体として統一のとれたサービスがコストミニマムで提供されなければならない。今後の発展を期待したい。

参 考 文 献

- (1) 白幡ほか：北欧自動車電話用基地局装置，三菱電機技報，55，No.8(1981)
- (2) R. Carey: Technical factors affecting the assignment of facilities in the domestic public land mobile radio service, FCC Rep.R6406(1964)
- (3) D.C.COX: Universal Digital Portable Radio Communications, Proc. of the IEEE, Vol.75(1987)

清水芳之* 岡田東亜**
堀江 丞* 日向正瑞**
中西道雄**

SNG(Satellite News Gathering)ネットワーク

1. ま え が き

平成元年度に打ち上げられた民間通信衛星は、我が国における新しい通信メディアを開くものとして脚光を浴びており、衛星通信を利用する各種のネットワークが検討されている。衛星通信は広域性、同報性、多元接続性、広帯域伝送性、アクセスの容易さ、及び耐災害性などの特長を持っているが、地上通信網の発達した我が国においては、いかに経済性のあるネットワークを提供できるかが最大の関心事となっている。衛星通信の持つ特長を生かし、ネットワーク構築上に経済的メリットがある利用分野としては、一般的に広帯域伝送系を必要とする映像伝送、配信システムへの適用や、1対N方式によるスター型ネットワークを用いてデータ伝送を行うVSAT (Very Small Aperture Terminal) システムが挙げられる。

一方、放送業界では、報道番組の制作への衛星通信の利用に早期から着目し、ニュース番組の素材伝送を行うSNGシステムを各放送ネット系列ごとに構築し、民間通信衛星のサービス開始と同時に各社一斉に運用を開始した。このSNGシステムは衛星通信の特長を最大限に生かしたネットワークで、広域性を持つ多角的なニュース番組制作の手段として、また激化する各放送ネット系列間の報道競争に不可欠なツールとして活用されることが期待されている。

このように、我が国の衛星通信は諸外国⁽¹⁾の例にあるように、映像伝送システムの一環であるSNGネットワークへの適用から開始された。

このほど、三菱電機㈱が㈱フジテレビジョンから同放送ネット系列のSNGシステム(通称F・SAT)⁽²⁾用機材を一括受注し、第一期配備の設備を完成納入した。以下、放送業界がこぞって導入したSNGネットワークの代表例として、F・SATの概要を紹介する。

2. ネットワークの基本構成

2.1 基本設計

F・SATは、宇宙通信㈱が打ち上げたスーパーバード衛星のKu帯トランスポンダを用いて、一般的に図1に示すSNGネットワークで構成されている。このネットワークの構築に対する基本的条件は以下を想定した。

- (1) ネットワークを構成する地球局設備

(a) 主/副映像基地局 (以下、基地局という)	各1局
(b) 受信専用局 (ROS)	24局
(c) 1型車載局 (SRV-1)	28局
(d) 2型車載局 (SRV-2)	7局
(e) 可搬局 (FLY PACK)	3局
- (2) ネットワークの映像品質 (SN比) は、晴天時で50dB以上、限界品質を45dB以上とする。
- (3) ネットワークの稼働率は99.8%以上とする。
- (4) ネットワークの目的から、移動型地球局は機動性と操作性を重視した設計とし、小型軽量化を図った設備を開発する。

- (5) ネットワーク全体の運用性、保守性の思想統一を図るために同一仕様、同一設備の配備を基本とする。

F・SATは、以上の基本条件をベースにシステム及び通信機器の開発設計を行い、ニュース報道番組の取材のため現場に移動した車載局や可搬局から衛星を経由し、1ホップの直通回線で素材映像・音声を基地局や受信専用局に伝送するネットワークで構成される。さらに、報道中継を円滑に進めるために、基地局と移動先の車載局や可搬局との間に複数の双方向連絡回線を設ける。

2.2 システムの構成

このネットワークの基本的回線構成と伝送される信号の種類を表1に、また、これらの信号のルートを図2に示す。

表1に示すように、F・SATは以下の信号を伝送することでシステムが機能する。

- (1) TVキャリア (TV-1及びTV-2)

主として車載局や可搬局から送信される信号で、映像のほか2チャンネルの音声及び連絡回線信号を3波のサブキャリアに重畳して伝送する。

- (2) MCPCキャリア

基地局から常時送信され、車載局や可搬局向けの下り連絡回線信号8チャンネルの信号が多重化され、各車載局や可搬局は受信信号の中から運用上定められたチャンネル信号を選択して取り出す。また、このキャリアはF・SATのトランスポンダの識別、及び衛星捕そくの基準信号として用いられる。

- (3) SCPCキャリア

すべての車載局及び可搬局が共通に用いる上り連絡回線信号で、いずれもTVキャリアの送信前に基地局との連絡に用いられる。TVキャリア送信後は、TVキャリアに重畳したS-MCPCに上り連絡回線を移して運用される。さらに、2チャンネルのSCPCチャネルスロットが衛星トランスポンダに割り当てられており、これらは待機中の車載局や可搬局が基地局との連絡に用いる。

以上の信号のトランスポンダ上の周波数配列を図3に示す。スーパーバードのトランスポンダは、36MHzの瞬時周波数帯域を持って

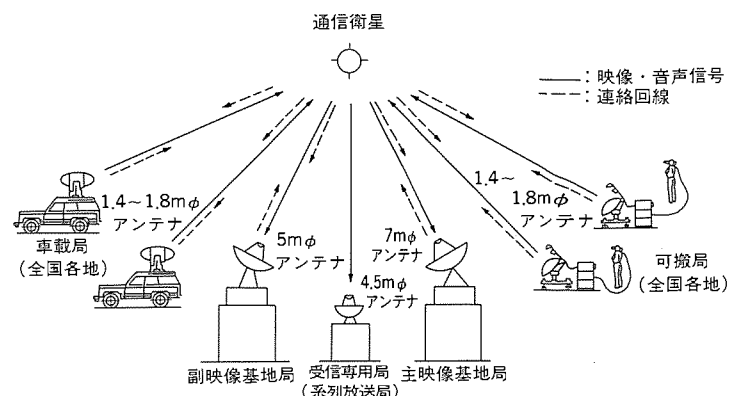


図1. SNGネットワークのシステム構成

*㈱フジテレビジョン**三菱電機㈱通信機製作所

表 1. F・SATの回線構成

地球局			映像基地局		車載局/可搬局	
回線名称			送信	受信	送信	受信
MCPC	f_1 ※3	1 技術打合せ				
		2 制作打合せ				
		3 技術打合せ				
		4 制作打合せ				
		5 待機中の局との打合せ				
		6 待機中の局との打合せ				
		7 運行連絡 (PTT)				
		8 データ				
SCPC	f_2 PTT	技術打合せ			切替え	
		f_3 PL5				
		f_4 PL6				
		固定局打合せ (PTT)				
TV-F/L		V_1 映像			切替え	
		(A-1) ₁ 付加音声 (1)				
		(A-2) ₁ 付加音声 (2)				
		(A-3) ₁ 1 技術打合せ				
		S-2 2 制作打合せ				
		MCPC 3 3 運行連絡				
		1 4 データ				
TV-U	f_2	V_2 映像			切替え	
		(A-1) ₂ 付加音声 (1)				
		(A-2) ₂ 付加音声 (2)				
		(A-3) ₂ 1 技術打合せ				
		S-2 2 制作打合せ				
		MCPC 3 3 運行連絡				
		2 4 データ				

注 *1: f_2, f_4 は映像・音声を送信しない待機中の車載局/可搬局の連絡用

*2: TV-Uはテレビ2チャンネル伝送時のみ用いられる (テレビ1波伝送時はTV-F/Lのみ使用)

*3: CH3, CH4はテレビ2波, 伝送時のTV-Uとの連絡回線用

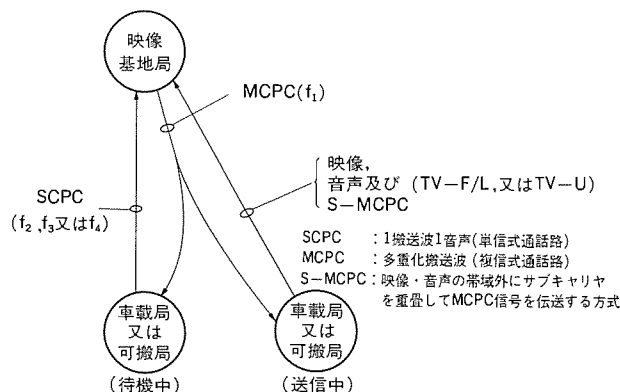


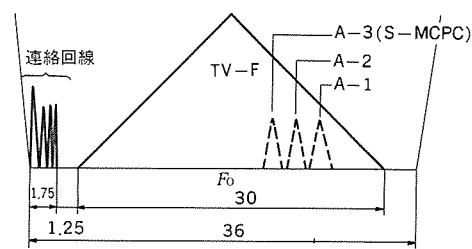
図 2. F・SATの衛星回線の信号ルート

いるため、宇宙通信では以下の2モードのTV伝送を許可しており、F・SATもシステム運用の中でこれらのモードを使い分けることになっている。すなわち、

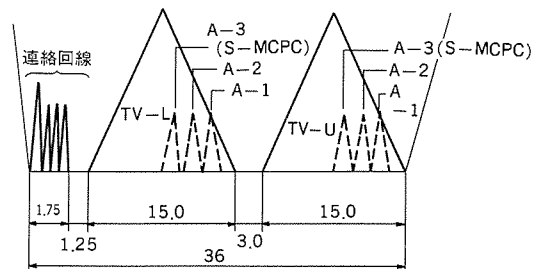
(a) フル トランスポンダ伝送 (1波伝送): 映像・音声の品質を重視した運用、主として番組中継等に用いられる。

(b) ハーフ トランスポンダ伝送 (2波伝送): トランスポンダの帯域有効利用のため、映像・音声品質を多少犠牲にする代わりに、多角的なネットワーク運用が可能となる。主としてニュース・素材伝送及び一般番組に用いられる。

F・SATの特長の一つに、デジタル通信を用いた連絡回線が挙げられる。これは、映像を含めた通信システムがデジタル化されつつあるのを先取りし、誤り訂正技術を導入し高い回線品質を実現する一方、音声にデータを加えた複合通信への適用性を考慮したこと



(a) テレビ1波伝送



数字の単位: MHz

(b) テレビ2波伝送

図 3. 衛星トランスポンダ上の信号周波数配列

表 2. 映像・音声回線の伝送諸元

(1) 映像 (FM)

変調方式	FM-TV (NTSC) 方式	
占有周波数帯幅 (MHz)	30.0	15.0
最高変調周波数 (MHz)	4.2	
最大周波数偏移 (MHz p-p)	21.6	11.9
ディスペサル (MHz p-p)	3.0	1.0
エンファシス	CCIR勧告405-1 Curve-A	

(2) 音声 (FMサブキャリア)

変調方式	FM音声副搬送波方式		
音声 CH No.	A-1	A-2	A-3
副搬送波周波数 (MHz) (予備周波数)	6.20 (6.25)	5.75 (5.80)	5.40 (5.45)
最高変調周波数 (kHz)	15.0		
試験音周波数偏移 (kHz o-p)	56.7 (at 1kHz, 0dB0)		
音声ピーク率 (dB)	9.0		
エンファシス (μs)	75		
主搬送波に対する周波数偏移 (MHz o-p)	2.18 (21.6MHz p-p)*	A-3は S-MCPC として使用	
	1.20 (11.9MHz p-p)*		

注 *印 (21.6MHz p-p) 及び (11.9MHz p-p) は主搬送波の最大周波数偏移

(3) 連絡回線 (S-MCPC)

変調方式	4相位相変調 (QPSK)
チャンネル数	4CH
最大位相偏角	90°
パルス幅	7.324μs
パルス繰り返し周波数	136.533kHz
伝送速度	273.067kbps

による。

3. システムの諸元

3.1 映像・音声回線

F・SATで用いる映像・音声回線の諸元を表2に示す。同表で示す諸元は、S-MCPCの連絡回線を除きスーパーバードを使用するSNGシステムに共通に適用されるパラメータで、地球局が配備される日本全国各地域の降雨データと組み合わせて衛星回線設計を行い、地球局の性能 (主としてアンテナの大きさ) を決定している。表3

表3. F・SATの回線設計例

項 目		フル トランスポンダ 伝送	ハーフ トランスポンダ 伝送
送信地球局	送信電力	dBW	20.0
	給電損失	dB	0.6
	送信アンテナ利得(1.4mφ)	dB	44.5
	EIRP	dBW	44.5
			59.9
アリンク	伝搬損失	dB	-207.1
衛星トラン	受信電力	dBW/m ²	-98.7
	G/T	dB/K	13.0
	EIRP	dBW	51.8
	出力バックオフ	dB	1.8
ダウンリンク	伝搬損失	dB	-205.9
			205.9
受信地球局	受信アンテナ利得(7mφ)	dB	56.3
	G/T	dB/K	32.7
	受信電力	dBW	-97.8
			-101.0
[C/N] _U		dB	23.6
[C/N] _D		dB	32.4
[C/N] _I		dB	28.3
[C/N] _{TOTAL}		dB	21.9
[C/N] _{TH}		dB	9.0
降雨マージン		dB	12.9
晴天時映像[S/N]		dB	60.1
			47.8

注 トランスポンダ利得設定 : 12dB
トランスポンダ飽和RFID : -93.2dBWm²
トランスポンダ最大EIRP : 53.6dBW
FM改善度 : 38.2dB(フル トランスポンダ伝送)
29.8dB(ハーフ トランスポンダ伝送)

表4. 地球局主要性能

地球局名	主局	副局	固定局 (ROS)	車載局 (SRV-1)	車載局 (SRV-2)	可搬局 (FLY PACK)
主要性能						
1. G/T(12.5GHz, EL±40°) (dB/K)	32.7	30.1	29.8	20.5	22.3	22.3(1.8mφ) 20.5(1.4mφ)
2. 最大EIRP(14.25GHz) (dBW)	73.9	71.3	—	63.0	70.5	68.1
3. 周波数帯 (1)送信 (2)受信	140~145GHz 122~127GHz	同左	—	同左	同左	同左
4. アンテナ径(mφ)	7	5	4.5	1.4相当	1.8相当	(1.4/1.8)相当
5. 追尾方式	スキャンプトラック	スキャンプトラック	手動	電動	電動	手動
6. 偏波	直線偏波	同左	同左	同左	同左	同左
7. 直線偏波率	35dB以上	同左	同左	同左	同左	同左
8. LNC雑音温度 (25°C)	140K以下	同左	同左	同左	同左	同左
9. HPA(TWT出力値) (W)	300	300	—	125	300	300/125

表5. 連絡回線の伝送諸元

(1) MCPC

変 調 方 式	4相位相変調(QPSK)
チャンネル数	8CH
最大位相偏移	90°
パルス幅	3.662μs
パルス繰り返し周波数	237.067kHz
伝 送 速 度	546.133kbps

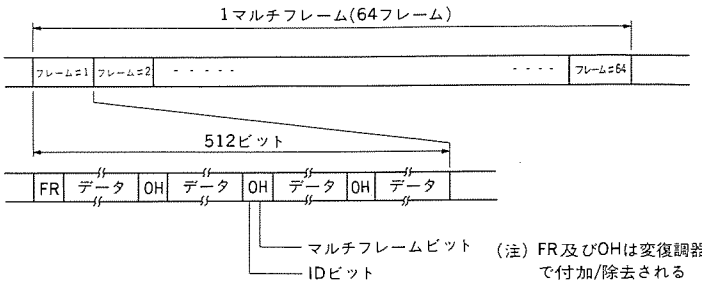
(2) SCPC

変 調 方 式	4相位相変調(QPSK)
チャンネル数	1CH
最大移動偏移	90°
パルス幅	29.297μs
パルス繰り返し周波数	34.133kHz
伝 送 速 度	68.267kbps

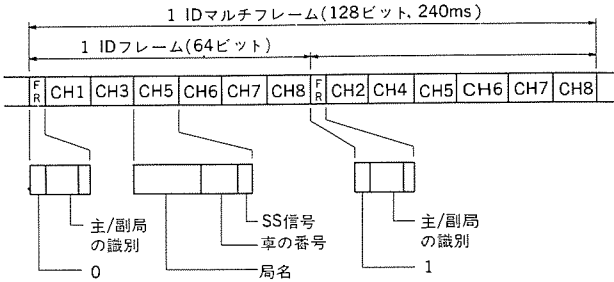
に車載局から基地局への回線の代表的な設計例を示す。

以上の設計検討に基づいて決定されたF・SATで用いる各地球局の主要性能を表4に示す。

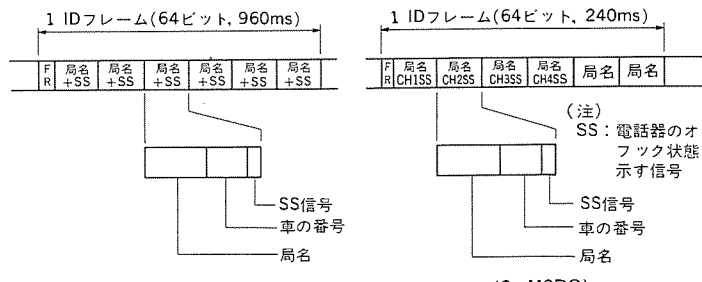
3.2 連絡回線



(a) 連絡回線のフレーム構成



(b) MCPCのIDフレーム構成



(c) SCPC及びS-MCPCのIDフレーム構成

図4. 連絡回線のIDフレーム構成

F・SATで用いられる連絡回線の諸元を表5に示す。連絡回線は、概略以下の考え方に基いて構成されている。

- (1) 音声は32Kbps ADPCM符号復号器を介してデジタル通信系と接続する。
- (2) 衛星回線で生じる符号誤りを改善するために、レート1/2の畳み込み符号を用いた符号器/ビット復号器を採用する。

連絡回線にはデジタルフレーム信号のオーバーヘッド内のビットを利用して各地球局の局名(ID)コードを送信する方式としている。基地局のMCPCフレームに付加して送出されるIDは、車載局及び可搬局がF・SATシステムにアクセスしていることを確認するために用い、また車載局及び可搬局のSCPCやS-MCPCフレームに付加して送出されるIDは、基地局のF・SATオペレーションセンター(FOC)で局名/車名を確認するのに用いられる。さらに、このIDは連絡回線のセレクトブコール運用の手段にも使用され、FOCで通話相手のIDを転送し、車載局又は可搬局で自局IDが検出された時のみ通話できるシーケンスにより、多数の地球局が共用する連絡回線の誤接続を防止している。図4に連絡回線のIDフレーム構成を示す。

4. 地球局設備

以上の条件並びに設計検討に基づいて構築されたF・SATネットワークは、図5に示す機能系統で構成されている。また、ネットワーク

ーク内の各地球局設備は、以下に示す機能を持っている。

4.1 主基地局（主局）

主局は、同時に2トランスポンダにアクセスしてSNGネットワーク運用をサポートできる連絡回線送受信設備、2波の映像・音声の送信設備、及び同時4波の映像・音声の受信設備に加え、システム全体の運行を監視制御するFOC設備から構成されている。図6に主局のアンテナ及びFOC設備を示す。

FOC設備を用いて行われるシステムの運用監視機能は、以下のとおりである。

- (1) 主局の衛星通信設備のリモート監視制御。
- (2) 予約イベント情報処理を行い、タイムテーブルに基づいた自動又はアンタイムド運行。
- (3) 連絡回線のルート選択並びに交換接続。
- (4) FNNデータネットワークを通じての予約情報の配信、及び1か月先までのSNG運用の予約管理。
- (5) 連絡回線に設けられたデータチャネルを通じて車載局及び可搬局への運用スケジュールの配信。

4.2 副基地局（副局）

副局は、1トランスポンダにアクセスしてSNGネットワーク運用をサポートできる連絡回線設備、1波の映像・音声送信設備、同時2波の映像・音声の受信設備から構成され、主局をバックアップする機能を持っている。さらに、局内設備の系統切替えやプリセット制御を行うリモート監視制御設備も設置している。

4.3 受信専用局（ROS）

日本全国各地の系列局各社共通に直径4.5mのアンテナ及び同時2波の映像・音声受信設備を設置している。

4.4 1型車載局（SRV-1）

SRV-1は、ニュース取材現場へ短時間で移動可能とするため、機動性を重視した設備内容となっている。車両には小型4WD車（トヨタ・ランドクルーザ）を使用し、以下に特長を示す設備を搭載している。

- (1) アンテナには直径1.4m相当の横長円開口の展開式オフセットグレゴリアンアンテナを用い、有効開口面積を高めたアンテナとしている。
- (2) 半自動指向を行うアンテナ制御を用い、地名コード又は緯度、経度、及び使用衛星名を入力することにより、アンテナは格納状態から自動的に展開し衛星方向に指向する。
- (3) 油圧式PTO（Power Take Off）発電機を採用し、車両の主エンジンを動力源に約3.5kVAのAC発電出力を得ている。この発電機の採用により、車両内の機器収容スペースが拡大できた。
- (4) アンテナを含む全衛星回線用設備は、いずれも車両から着脱できる構造を持ち、運搬単位20kg以下に分解可能である。このため、車両の進入が難しい所でも、必要機材を可搬移動し可搬局として使用することができる。
- (5) 衛星回線機器をシステムコントローラと結び、複雑な衛星回線運用パラメータを押しボタンの操作により一元的に制御できる方式とした。

SRV-1は、以上のSNGシステム用機材のほか9mの伸縮FPUポール、及びENG機材を搭載し、FPUを用いた運用も可能としている。図7に1型車載局の外観を示す。

4.5 2型車載局（SRV-2）

SRV-2は、北海道や沖縄のように衛星の照射ビームのレベルが

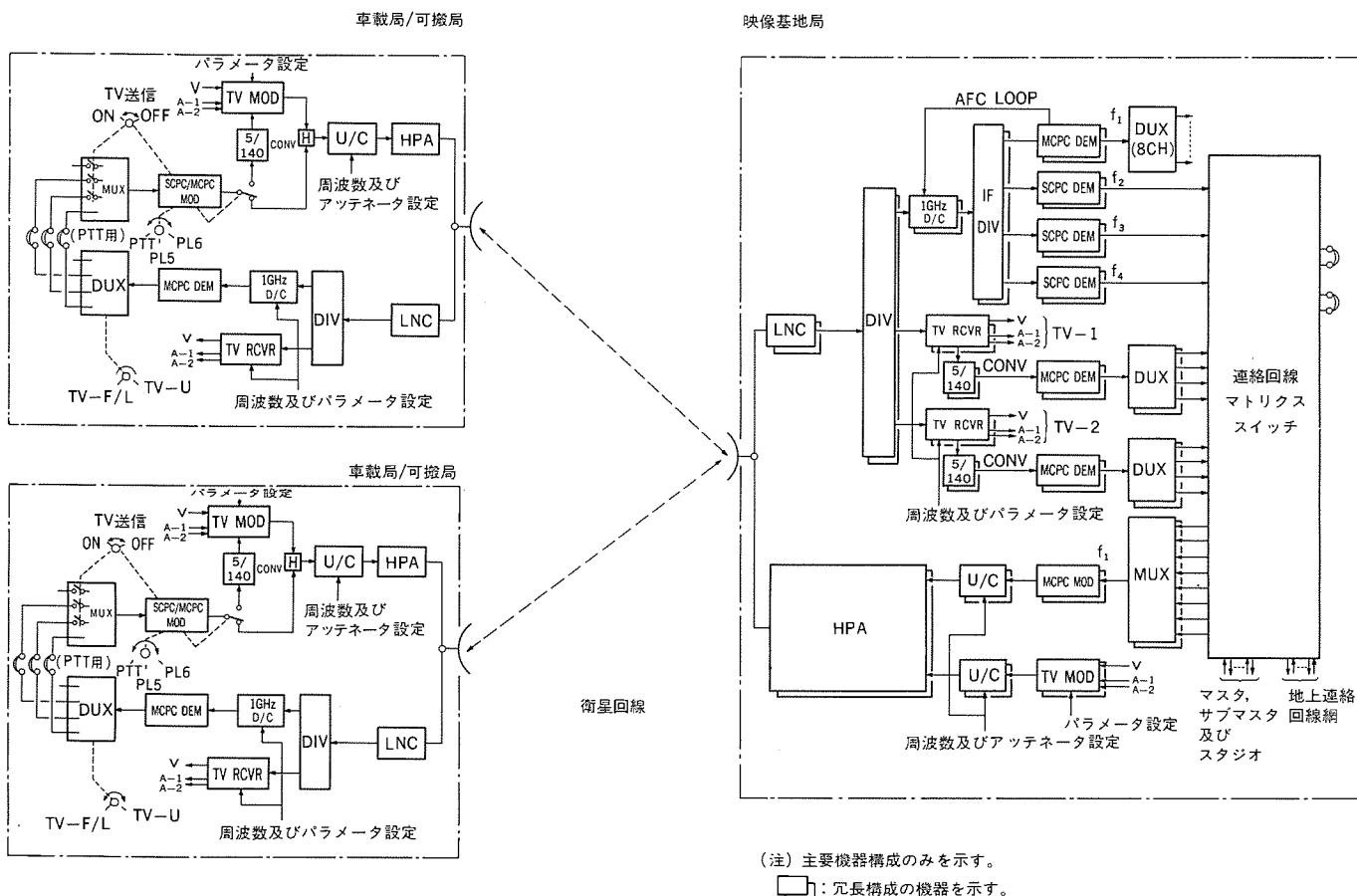


図5. F・SATのネットワークの機能系統

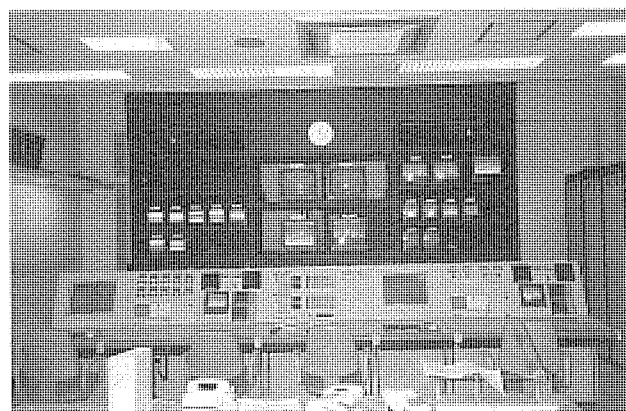
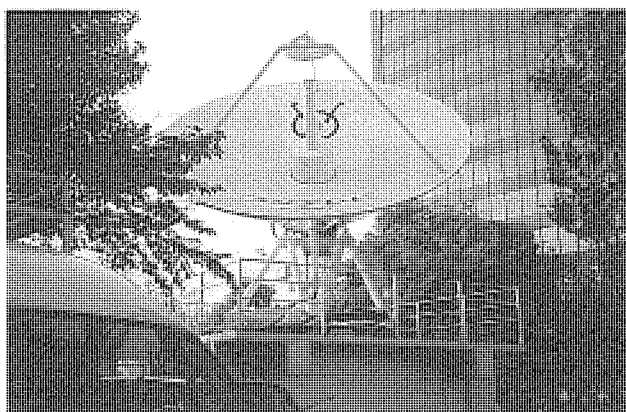


図6. F・SAT主局アンテナ（上側）及びFOC設備（下側）



図7. 1型車載局の外観

低くなる地域や、イベント中継のように高い稼働率を必要とする際に使用する設備で、アンテナは直径1.8mの展開式オフセットグレゴリアンアンテナを、また送信機は300W HPAを電力合成した高出力設備としている。他の設備に関しては、基本的にSRV-1と同様の設備を搭載している。図8に2型車載局の外観を示す。



図8. 2型車載局の外観

4.6 可搬局

車載局搭載と同様の設備から構成される。基本的に車両での進入が不可能な場所に、ヘリコプタや空輸便を使って運搬することを前提とした設備内容となっている。アンテナは使用地域によって選択できるよう、分解組立式の直径1.4m及び直径1.8mのアンテナを、また、送信機も125W及び300W HPAを準備している。

5. むすび

以上、民間放送業界が導入したSNGネットワークについてF・SATを例に、システム並びに設備の概要を紹介した。

我が国のSNGネットワークは運用開始以来日が浅く、またシステム及び設備についても十分な検討を加える時間的余裕がなく、必ずしも、我が国の放送業界の実情を十分網羅し、運用要求の詳細を反映したものとはなっていない。短期間の運用であるが、F・SATをはじめ各民放のSNGネットワークが稼働を開始して以来たて続けに、SNGシステムが活躍する事件が発生⁹⁾し、当初の予想を上回る稼働率で運用されている。

我が国の衛星通信を利用する応用分野はまだ未開拓の状況で、今後、利用分野について各方面での研究を待つ次第である。利用者側のアイデア及び要求をメーカーとユーザーが一体となって、新しいネットワーク、新しい利用分野を開拓していく取組がまだここ必要であろう。

最後に、F・SATの構築に際して、各種御助言、御指導をいただいた㈱フジテレビジョン及び系列各社、宇宙通信㈱、ソニー㈱並びに㈱エビンの関係各位に感謝の意を表する。

参考文献

- (1) Special Issue on Satellite News Gathering, IEEE Transactions on Broadcasting, BC-32, No.4 (1986-12)
- (2) テレビジョン学会技術報告, ITEJ Technical Report, 13, No. 47 (1989-9)
- (3) 放送技術, (1989-11)

三菱電機VAN“MIND”の運用技術と今後の展開

長谷川修二* 清水道夫**
北川健一* 源馬良太**
宮内由美子*

1. ま え が き

三菱電機VAN“MIND”(Mitsubishi Electric Information Network by Digital Technology)は、当社の製造開発拠点、販売物流拠点、関連会社を含めた企業集団の総合生産性の向上を目指して構築された情報通信基盤である。

昭和63年1月から電話サービス、ファクシミリサービスを、また4月からはパケット交換サービス、交換型テレビ会議サービスを開始し、現在では平成元年1月に設立した三菱電機情報ネットワーク㈱が引き継ぎ、特別第二種電気通信事業者として事業を展開中である。

本稿では、“MIND”パケット交換網を中心に、加入者登録、通常運用、障害時の運用等の運用面での適用技術及び“MIND”VANの今後の展開について紹介する。

2. システム概要

“MIND”のネットワークは、図1に示すように回線交換網とパケット交換網からなる複合交換ネットワークであり、ネットワークコントロールセンター(NCC)及び7箇所の地域通信センター(RCC:Regional Communication Center)から構成されている。ネットワークの規模は平成2年3月時点で、中継交換機(TS:Tandem Switcher):6台、回線交換網アクセスポイント:60拠点、パケット交換機(PS:Packet Switcher):8台、パケット交換網アクセスポイント:70拠点、高速ディジタル多重化装置(MUX:Multiplexer):100台、利用ディジタル回線:90回線、ファクシミリメールプロセッサ(Facsimile Mail Processor):1台を目標としている。

NCCには、図2に示すようなネットワークコントロールプロセッサ(NCP)を設置し、ネットワーク全体の運転制御・運用管理を行っている。

三菱電機情報ネットワーク㈱では、このネットワークをベースにし、図3のようなサービスを展開している。その規模は平成2年3月時点で、電話加入拠点:200拠点、ファクシミリサービス加入台数:700台、パケット交換網加入回線:2,500回線、テレビ会議設置台数:24台となる見込みである。

これらのサービスの運用・管理を行うため、加入者登録、機器の増設・変更、障害対応業務、稼働統計業務、課金業務等がある。次の章で加入者登録について記述する。

3. 加入者登録

“MIND”ネットワークの各種サービスを提供する場合、課金、統計、接続機器インタフェースの設定等を行うため、加入者の属性(住所、氏名、請求先等)及び通信設備(加入者機器、“MIND”設備)の各種パラメータの登録(加入者情報登録)が必要である。

これらの加入者情報は、NCCで一元管理を行っており、ネットワ

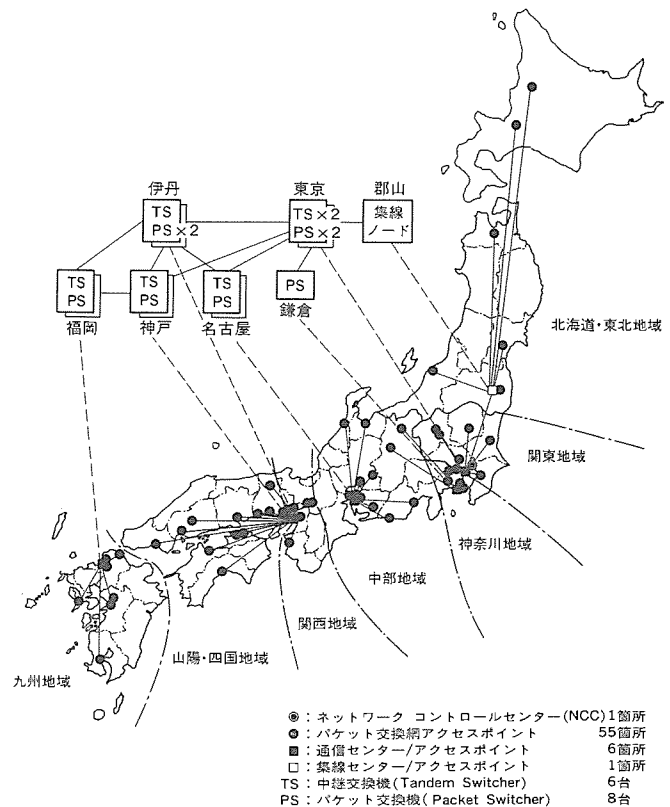


図1. ネットワーク構成

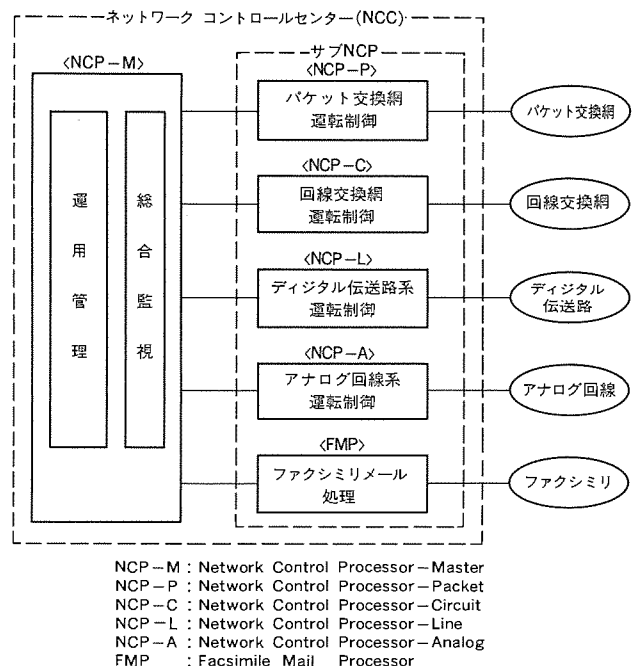


図2. ネットワークコントロールプロセッサの構成

NCP-M: Network Control Processor-Master
NCP-P: Network Control Processor-Packet
NCP-C: Network Control Processor-Circuit
NCP-L: Network Control Processor-Line
NCP-A: Network Control Processor-Analog
FMP: Facsimile Mail Processor



35(143)

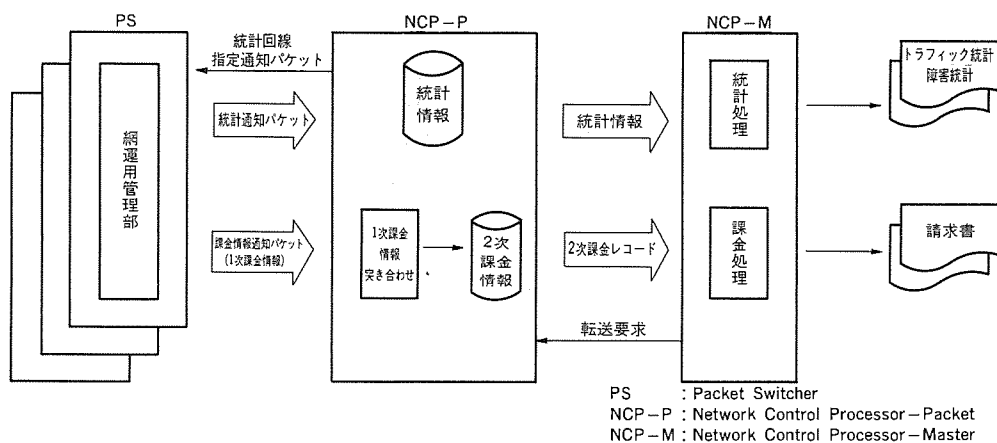


図7. 課金情報・統計情報の流れ

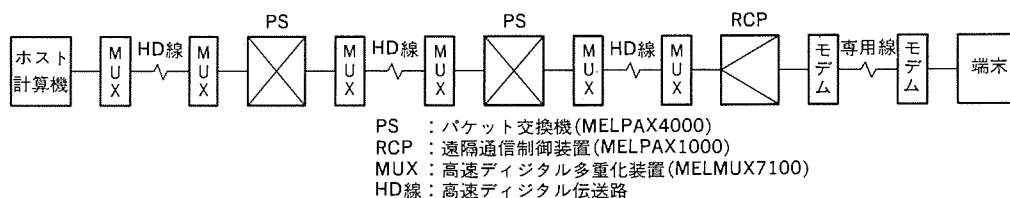


図8. 通信回線構成例

表1. 試験切り分け機能一覧

網種別	NCP名	試験切り分け機能
デジタル伝送路系	NCP-L	MUXの自己試験機能、折り返し設定機能、高速デジタル回路の状態確認機能、回線使用状況確認機能
回線交換系	NCP-C	回線試験機能、TS（中継交換機）の自己試験機能、回線使用状況確認機能
パケット交換系	NCP-P	回線トレース収集機能、回線ビットエラーテスト機能、PS（パケット交換機）の自己試験機能、回線使用状況確認機能
アナログ回線系	NCP-A	モデム～モデム間ビットエラーテスト機能、モデムの自己試験機能、回線状況確認機能

態を把握するための基礎データとなる。図7にパケット交換網の統計情報の流れを示す。

NCP-Pは、定期的に各種統計情報を含んだ統計通知パケットをPSから受信する。なお、端末回線に関する統計情報収集は、あらかじめNCP-Pから対象PSに対し統計回線指定通知パケットを送信し、統計を収集する回線を指定しておく。NCP-Pは、NCP-Mから統計情報転送要求（自動/手動）が出されると統計情報ファイルに蓄積された統計情報を読み出しNCP-Mへ転送する。NCP-Mでは、その統計情報を処理・編集する。

4.3 課金処理

課金は、“MIND”の料金制度、加入者情報に基づき、全サービスのコールデータ収集から請求書発行までを一括して自動的に行っている。図7にパケット交換網の課金情報の流れを示す。

NCP-Pは、呼ごとに課金情報通知パケットを発呼側PSと着呼側PSの双方から受信し、NCP-P内の1次課金レコードファイルに格納する。発呼側、着呼側の1次課金レコードは呼ごとの整合性をとった後、2次課金レコードを作成し2次課金ファイルに書き込まれる。NCP-Pは、NCP-Mから課金情報送信要求が出されると課金ファイルに蓄積された2次課金レコードを読み出し、NCP-Mへ転送する。NCP-Mでは、課金計算、請求書発行処理を行う。

5. 障害時の運用

この章においては、パケット交換網を中心に障害時の運用について記述する。

5.1 障害検知

障害にはNCCにおいて検知できるもの、加入者からの申告によって検知できるものの2種類がある。

NCCにおいて障害を検知した場合には、NCP-Mの総合監視画面において障害発生箇所を表示し、障害発生警報音によってオペレータの注意を喚起する。総合監視画面における表示色は通常は緑であるが、障害発生時にはその障害の緊急度に対応して黄色あるいは赤に変化する。障害発生時に総合監視画面に表示される情報としては、①パケット交換機番号、②遠隔通信制御装置（RCP：Remote Communication Processor）番号、③パケット交換機回線ポート番号、④RCP端末I/Fカード番号、⑤MUX番号、⑥高速デジタル回線番号等の情報がある。

NCCにおいて監視を実施していない区間（例えば、モデムケーブル等）において障害が発生した場合には、加入者からの申告によって障害発生が検知できる。

5.2 障害箇所の特定/切り分け

総合監視画面等によって障害発生を検知した場合、NCCでは障害箇所を特定するための切り分け作業に入る。

情報通信網の場合には、広範囲に機器が分散して設置されているために障害対応作業の内では、この切り分け作業が重要なものとなる。図8に“MIND”パケット交換網における端末～ホスト計算機間の機器構成例を示す。切り分けとは、端末～ホスト計算機間において障害発生箇所が、どの機器あるいはどの回線なのかを特定することである。

NCP-Mの総合監視画面に障害発生が表示されると、NCCでは各サブNCPによって当該機器・回線の状態を確認する。この場合各サ

表2. “MIND”の新規付加サービス

サービス名	形態	特長
EDI (Electronic Data Interchange)		平成元年4月に稼働を開始したMINDオンラインデータ交換システムは、MIND通信サービスプロセッサ上に構築しており、メールボックスを介して取引先間のデータ交換を行うものであり、現在は(社)日本電子機械工業会(EIAJ)標準に準拠したサービスを提供している。今後は家電VAN、経理VAN、自動車VAN等へのサービス拡大を予定している。
電子電話帳システム		平成元年12月に稼働を開始したMIND電子電話帳システムは、MIND通信サービスプロセッサ上に構築しており、MIND電話サービスの電話番号情報をデータベース化し、番号照会、人名検索等をサービスしている。今後はMIND-Pに接続している端末側での電話帳出力を計画している。
メニューサービスシステム		平成元年5月からサービスしている端末メニューシステムは、メニュー選択による自動ダイヤリング、エミュレータ自動起動により、任意のホストへのアクセスを容易化した。従来端末メニューシステムを利用する場合は、端末側でのパラメータ設定作業が必要であった。メニューサービスシステムでは、それらパラメータ設定を容易にするため、アプリケーションシステム名に対応したホスト計算機アドレス、エミュレータ種別等のメニュー情報を一元管理し、端末側からの要求によりダウンロードし自動設定を行う。
電子メールシステム		MIND電子メールシステムは電子メールプロセッサ上に構築し、メールの送受信等の機能を提供する。当システムは世の中の標準化動向、外部ネットワークとの接続性を考慮し、MHS (Message Handling System) 方式を採用する。これにより電子メールのFAX配信、同報送信等の高度サービスも提供することが可能である。
データベース提供システム		従来外部商用データベースを利用する場合は、公衆網経由でアクセスしていたが、当システムではMIND-Pに接続された端末から、メニュー選択により、外部商用データベースに接続可能とするアクセス支援を行う。今後は、検索事例等の案内サービスを実施予定。

ブNCPの試験切り分け機能は、障害切り分け作業において有効なツールとなっている。表1に各サブNCPにおける主な試験切り分け機能を示す。各障害発生箇所に対応する確認方法を以下に記す。

(1) 通信機器状態の確認

サブNCPの機器状態監視機能及び試験機能を利用して確認する。各通信機器に対応するサブNCPによって通信機器 (PS, MUX等) のカード単位の自己試験等を実施し、障害発生箇所の特定を行う。

(2) 回線状態の確認

NCP-L又はアナログ回線系監視システム (NCP-A) を利用して、該当回線の詳細な状態を確認する。高速デジタル回線の場合には回線断の状況を確認し、さらにNCP-LとNCP-Pを組み合わせてビットエラーテストを実施する。アナログ回線の場合には、回線両端におけるレベルの減衰率、ジッター (位相ずれ) の有無等を確認する。

(3) その他の確認

端末あるいはホスト計算機等に障害原因の可能性がある場合には、MUX又はモデム等における折り返し機能を利用して障害発生箇所の特定を行う。また、データ通信の場合には物理的な通信回線の接続状況は良好であっても、上位の論理的な接続において障害が発生

し、通信障害となる場合もあるため、パケット交換機又はRCPのトレース採取機能を用いて論理的な接続を確認する。

上記のような各種切り分け作業によって、障害機器又は回線が特定された後に修復作業を実施し、障害を復旧する。

以上、障害発生時におけるNCCでの対応に関して述べてきた。障害発生の原因は多種多様であるが、NCCの各種試験切り分けツールによって、障害の切り分け並びに復旧が可能となっている。

6. 今後の展開

6.1 管理機能の充実

特別第二種電気通信事業者という立場から“MIND”ネットワークにおいては、より高い安全性と信頼性の確保が重要である。

安全性・信頼性を確保するためには回線を含めた通信機器の信頼性確保が重要であり、今後とも“MIND”運営の必要条件である。

さらに、障害発生時のMTTR (Mean Time to Repair) の短縮を図ることも運営としては必要不可欠であり、ネットワークの管理機能の中核であるNCCでは、管理機能の充実の一環としてエキスパートシステムの導入を検討している。

現在エキスパートシステムが実用化されている分野の代表的なものは、障害対応業務である。障害対応業務は非定型業務であるため、通信関連の熟練した専門家 (エキスパート) の持つノウハウが必要不可欠であるが、エキスパートの育成・確保は困難である。“MIND”ではエキスパートシステムを通信網の障害対応業務に適用することによって、エキスパートと同等のレベルで、①障害原因の推定、②障害解決策の提示、③障害の影響範囲の提示等の障害対応業務を自動的に実施することを検討中である。

今後ともNCCにおいては、このエキスパートシステムのように、より良い顧客サービスを実現するための各種手段の検討をしていく予定である。

6.2 新規付加サービス

“MIND”では、今後特別第二種電気通信事業者として、より付加価値の高いサービスを提供していく。表2に新規付加サービスを示す。

7. むすび

以上、“MIND”の運用面での適用技術として加入者管理、障害時の対応等についてその概要を述べた。今後“MIND”のサービスの拡大に伴い、ネットワークの信頼性、安全性の確保が一層重要になってくる。そのため、常日ごろの運用を通じてネットワーク運用技術の向上を図ることが今後の大きなテーマであり、利用者の期待にこたえるべく“MIND”を一層充実させていく所存である。

参考文献

- 森山ほか：三菱電機グループ企業内情報通信システム“MIND”の建設，三菱電機技報，60，No.10 (1986)
- 長谷川ほか：企業内ネットワーク「MIND」におけるパケット交換網の構築，電子通信学会誌 (1987-10-23)
- 森山ほか：三菱電機VAN “MIND” 特集，三菱電機技報，62，No.9 (1988)
- 満岡，名取，「知識工学の計算機システム故障診断への応用」，「計測自動制御学会知識工学研究会資料」，KE-1，p.17 (1985-12)

ファクシミリ メールシステムの 国内外ネットワークへの展開

遠藤 淳* 荻野義一***
東方敦司**
鵜沢 清***

1. ま え が き

ファクシミリ通信は、既存の電話回線を使用して原稿をそのままのイメージで相手に伝えることができる手軽な情報伝達手段として、企業を中心に広く利用されている。ファクシミリの国内設置台数は昭和63年度300万台を突破し、国内では電話に次ぐ第二の通信メディアとなっている。また、国際間においても、時差の問題を克服できることから、国際公衆電話のうち、かなりの割合がファクシミリによる“みなし通話”だと言われている。

一方、このようなファクシミリ通信の普及に伴って、話中による待ち時間の増加、通信コストの増大などの問題や、国際間における効率的なネットワークの構築、機密保護、通信の確実性といった要求が生じてきた。日本電信電話(NTT)や国際電信電話(KDD)ではこうした背景から、“Fネット”や“Fポート”といった蓄積交換システムによる公衆ファクシミリサービスを行っている。当社も一般企業や通信事業者を対象として、上記の問題を解消し、さらに付加価値のある通信サービスを提供するファクシミリ メールシステム《MELFANET》を製品化している。既に当社では《MELFANET》を用いて、国際ファクシミリ メールシステムを世界的規模で稼働させている。

《MELFANET》は、多様なユーザーニーズやシステム規模に対応した機種種の選定やネットワーク構築が可能のようにシリーズ化されている。ローカル利用向けのコンパクトなシステム10S、中大規模ユーザー向けで多様な機器構成が可能なシステム100/200の3種のファクシミリ蓄積交換装置(FMP)と、システム100/200に接続し多数のファクシミリと効率的な通信を行うためのファクシミリ集線装置(FC)として、システム10Fを提供している。今回レポートに加えられたシステム10Fにより、ファクシミリ ネットワークの展開に一層柔軟性を増すことができる。

以下に《MELFANET》を利用したファクシミリ メールシステムについて概説する。

2. ネットワーク構成

ファクシミリ ネットワークを構築する場合、企業活動の発展に伴ってファクシミリ端末の増加、通信量の増大、新たな事業拠点の設置など、将来にわたる拡張を考慮して計画する必要がある。《MELFANET》は、ネットワークの拡張性を最も重視しており、以下のとおり常に最適なネットワーク構成がとれる。

(1) 小規模システム

《MELFANET》導入時は、FMPを本社など中心拠点に1台設置することにより、ファクシミリ メールシステムをスモールスタートで構築することができる(図1)。FMPは、ファクシミリ電文を蓄積、交換することにより利用者に様々なサービス機能を提供する。この時点からファクシミリ通信の利便性が大幅に向上する。

(2) 中規模システム

ファクシミリ通信量が増大してくると、通信コストの増加が表面化してくる。このままでは、本社に置かれた1台のFMPにすべてのファクシミリからの電文が集中するので、遠距離にあるファクシミリとの送受信が多いと多額の電話料金を支払わなくてはならない。

そこで、ファクシミリ通信量が多い地域にFCを設置し、FMPとデジタル回線により接続することにする(図2)。これで利用者は近隣のFCに電話すれば、メールシステムを利用することができるようになる。電文はFCに入力されてからは、デジタル回線を通じてFMPに送信されるので電話料金が大幅に削減できる。

このようなFCを設置するファクシミリの集線地をアクセスポイントと呼び、地域的な通信量の増加に応じて適宜追加していくことができる。

(3) 大規模システム

企業の発展に伴い、活動範囲が拡大してくるとファクシミリ通信量が増大するとともに支社と工場間のような地域集中的な通信の割合も増えてくる。通信範囲に幾つかの地域ごとのまとまりが現れるようになると、1台のFMPで蓄積交換を行う集中型のネットワークでは遠回りするだけで無駄な通信が大量に発生しかねない。

今度はローカルに通信のまとまる地域の中心地を新たな拠点としてFMPを設置し、こうして分散配置されたFMP間をデジタル回線により接続し、ネットワークを拡大する(図3)。こうすると、1

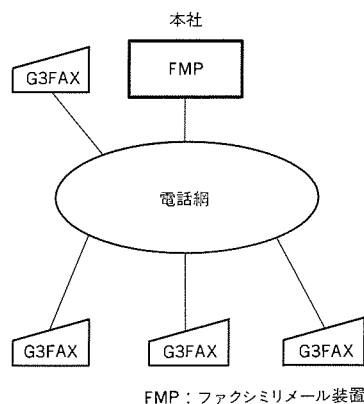


図1. 小規模ネットワーク例

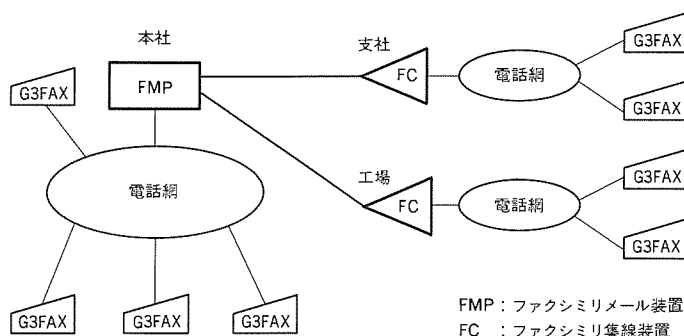


図2. 中規模ネットワーク例

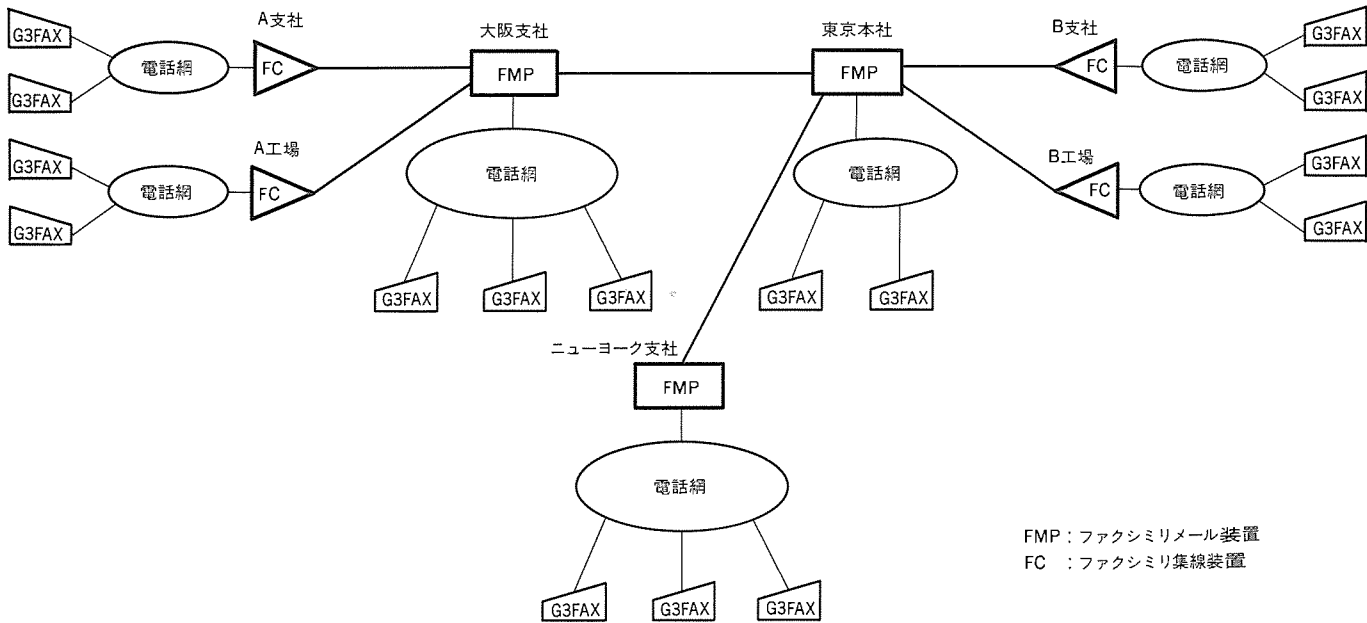


図 3. 大規模ネットワーク例

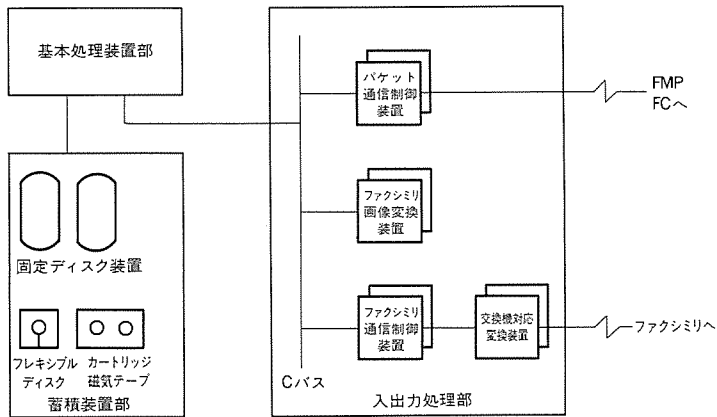


図 4. システム200の機能ブロック図

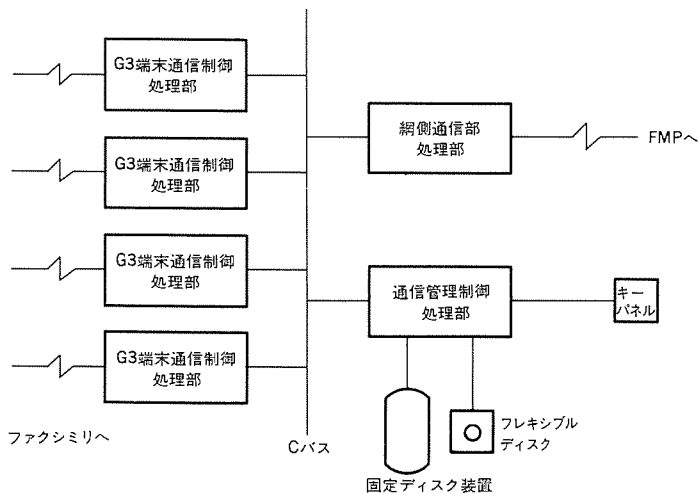


図 5. システム10Fの機能ブロック図

台のFMPに集中していた通信量が各拠点のFMPに分散され、ネットワーク全体の負荷が軽減されて応答性が向上する。なお、FMP間では複数あて先の同報であっても、電文自体は一つしか転送しないのでFMP間のデジタル回線のデータ転送量が少なくすむとい

う利点が出る。

以上のように《MELFANET》は通信量の増大に対応して、ある地域内で閉じた通信が多量に発生する地域には通信拠点としてFMPを設置し、FMPからは遠距離だが他の地域と電文送受信量が多い地点にはアクセスポイントとなるFCを配置して各FMP、FC間をデジタル回線で接続する分散構成のシステムを構築していくことができる。これにより、企業の成長に合わせて段階的に柔軟性のある最適なファクシミリネットワークにしていけることができる。

国際間の通信があるならば、FMPやFCを海外に設置する。国際電話網がデジタル回線に置き換えられるので、高速で誤りの少ない高品質な通信が実現できる利点がある。

最近各国でマルチベンダネットワークの基盤としてISOのOSIモデルに基づくマルチメディアメッセージハンドリングシステム(MHS)が構築されている。既にシステム100/200はFMP間通信をMHSで行っており、他のMHS搭載メールシステムとのメッセージ交換が可能である。一企業内に止まらず、全世界的な通信網に乗り込むことができる。この拡張性は《MELFANET》の大きな特長の一つである。

3. システム構成

《MELFANET》の豊富な機器レパートリーのうちから大型のメール装置であるシステム200と集線装置であるシステム10Fについて機器構成と機能について紹介する。

3.1 システム200ファクシミリメール装置

システム200は、ミニコンピュータを基本にしたアーキテクチャを採用している。米国、英国の通信設備規格を取得し、海外設置が可能である。システム200は、国際ファクシミリメールネットワーク構築の主要コンポーネントである。

システム200には、適用するネットワークの通信量に応じてモデル15とモデル20の2モデルがある。モデルの番号は、ファクシミリを接続する電話回線数を表し、いずれも単一架で構成される。日英米3か国対応の電源部、基本処理装置部、蓄積装置部、入出力装置部を備えている。以下、各部の概要を示す(図4)。

(1) 電源部

架全体に電流を供給するための100V/115V/230V電源と、交換機との接続時に用いる-48V電源、分電盤及びコネクタパネルから成る。電磁障害防止対策を重視しており架全体にシールドを施すと同時に、信号ケーブルはすべてコネクタパネルにいったん収容してから外部に出るように考慮している。

(2) 基本処理装置部

ファクシミリメール機能を制御する中央処理装置と、大容量主記憶装置、ディスク制御装置、カートリッジ磁気テープの制御装置通信用入出力チャンネル等から成る。

(3) 蓄積装置部

FAX端末情報/ネットワーク情報/FAX電文の蓄積に用いるコンパクト大容量のディスク装置を収容する。同一の情報を2台のディスク装置に書き込む二重書き機構を持っている。フレキシブルディスクやカートリッジ磁気テープは、装置の保守に使用する。

(4) 入出力装置部

公衆/私設電話回線を通してファクシミリ端末を接続するファクシミリ通信制御装置、他のFMP又はG4FAXをパケット網を介して接続するパケット通信制御装置、電文管理情報の付与やG3/G4ファクシミリの画像変換に用いるファクシミリ画像変換装置、各種交換機との接続に対応できる変換装置から成る。各々複数台を当社で開発したコミュニケーションバス(Cバス)に実装し、基本処理装置部と高速のデータ転送を行う。

このようにシステム200は、高速の中央処理装置と通信相手対応の専用入出力装置との組合せにより高い処理能力を持っている。

3.2 システム10Fファクシミリ集線装置

システム10Fは、FMPとはパケット交換網を介し、ファクシミリとは電話網を介して接続され、ファクシミリがFMPを利用するための中継装置としてパケット交換とファクシミリ通信のプロトコル変換を行う。マイクロプロセッサを使用することで小型・軽量化を実現している。

装置は大別して、網側通信制御処理部、G3端末通信制御処理部及び通信管理制御処理部から成る。これら処理部はモジュール化されており、すべて独立したマイクロプロセッサを内蔵して動作し、各処理部間のデータは当社で開発したコミュニケーションバス(Cバス)により高速転送される。マルチプロセッサ構成により効率の良い負荷分散を図り、装置全体として高い処理能力を持つ。また、各処理部の動作変更(パラメータ変更)が容易に行えるように各処理部のソフトウェアはフレキシブルディスク、又は固定ディスク装置から読み込む。以下、各処理部の概要を示す(図5)。

(1) 網側通信制御処理部

パケット交換網とCCITT勧告X.25プロトコルに従った通信を実現し、そのための回線を最大4回線備えている。さらに、複数のファクシミリのデータを多重化するための大きなバッファ用メモリを持っている。

(2) G3端末通信制御処理部

ファクシミリモデム及び自動発着呼型網制御装置を内蔵することで、電話網を介してファクシミリを接続しCCITT勧告T.30準拠のG3FAXプロトコル及び電話機との接続制御を行う。

1台のFCは、この処理部を4枚実装でき、同時に4台のファクシミリと通信できる。

(3) 通信管理制御処理部

G3端末通信制御処理部のG3FAXプロトコルと、FCとFMP間のX.25/FC-FMPプロトコルの変換、パケットの組立て/分解を行い、固定ディスク装置に一時的に画像データを蓄積する。

また、キーパネル、固定ディスク装置及びフレキシブルディスクを制御する。時刻情報を管理するためのタイマを内蔵しており、装置全体の運転管理を行う。

集線装置としての主な機能を以下に示す。

(1) プロトコル変換機能

FCとファクシミリとの間のプロトコルは、CCITT勧告T.30準拠のG3FAXプロトコルで、FCとFMPとの間はX.25プロトコルとこれを用いて動作するFC-FMP間プロトコル(独自手順)の各階層で規定され、相異なっている。そこで、相互のプロトコル変換を行い、またパケットの組立て/分解を行う。

(2) 画像データ蓄積機能

FCは、ファクシミリから入力した画像データやFMPからファクシミリへ出力する画像データを一時的に固定ディスクに蓄積する。これにより、FMPとの間のデータ回線の容量や状態に影響されず、ファクシミリとFCとの間で電話回線品質に応じた最高の伝送速度での通信が可能になる。

(3) FMP、パケット網監視機能

FMPとFCの間に恒常的なバーチャルコールを設定してFMPやパケット網の状態を監視し、異常(呼切断)検出時はFCとファクシミリとの間の画像データ送受信を一時停止させ、パケット網復旧時に画像データの通信を再開する。

(4) 運転制御機能

FCの障害監視、輻輳制御などの運転監視制御を行う。電文の先頭にあて先の識別情報を付加することにより、運営者側でもユーザー側でも容易にかつ統一的な電文の管理を可能とした。

(5) 運転管理機能

キーパネル、FMPからの運転監視・制御を可能とするための各種の管理機能を備えている。また、FMPからのダウンラインローディングによりソフトウェアを更新することが可能で、これを固定ディスク装置内で二世代管理する。固定ディスク装置のファイルシステムは、ファクシミリ画像データを効率良く収容できるように複数のセグメントをつなぎ合わせて管理し、画像データと管理情報を分けて管理する方式を採用している。

4. サービスと運用

《MELFANET》は、付加価値を高めたファクシミリ通信を実現する多様なサービス機能とファクシミリネットワークを効率良く運用していくための機能を提供している。

4.1 サービス機能

表1にサービス機能を示す。蓄積、同報送信やメールボックスによりあて先のファクシミリが話中であっても発信操作は完了するので、仕事の能率が上がる。料金の安い夜間帯の利用ができる時刻指定や通信の前後処理にかかる時間が一度ですむ列信機能により、通信コストが削減できる。繰り返し電文出力を試みる自動再呼や代行受信、送信結果が把握できる送達確認や電文照会、親展送信により確実な通信が行える。

これらのサービス機能は、顧客など自社のネットワークに登録しないあて先に対しても使えるため、社内、社外の通信を共に効率化できる。

表 1. サービス機能一覧

機能	内 容
蓄 積 送 信	ファクシミリからの原稿をいったん受信し、その後送信する。
同 報 送 信	原稿を一通送信すれば、あて先数分複製して同時に送信する。 任意同報:一つずつ個別にあて先を指定する。 グループ同報:登録してあるあて先群番号を指定する。
時 刻 指 定 送 信	配達時刻を指定されると、時刻まで保持してあて先に送信する。
優 先 送 信	優先指定の原稿は、既に受け付けた原稿よりも先にあて先に送信する。
親 展 送 信	原稿は保持したままあて先に親展電文が届いたことを知らせる。 あて先からパスワード付きの読出し要求を受けて原稿を出力する。
送 達 確 認 通 知	送達確認指定の原稿はあて先に送信後、発信元に確認通知を返す。
メー ル ボ ッ ク ス	メールボックスに入った原稿は、あて先から要求されて出力する。
自 動 再 呼	回線障害等で原稿出力に失敗しても時間を置いて出力を試みる。
代 行 受 信	自動再呼が失敗したら登録された代行ファクシミリに出力する。
不 達 通 知	代行ファクシミリへの自動再呼も失敗したら不達メッセージに原稿の先頭ページを付けて発信元に返す。
電 文 照 会	各ファクシミリで送受信した原稿の通信状況の一覧を出力する。
列 信	複数の発信元から同じあて先に原稿が集中すると、一括してあて先ファクシミリに送信する。
通 信 情 報 の 付 加	原稿の受付通番、発信日時、発信元／あて先ID、ページ数を各ページの先頭に印字する。
未登録ファクシミリ出力	登録されてないあて先にも公衆電話番号を指定して送信できる。

4.2 運用機能

通信システムは、企業活動の基盤であり、特に海外を含めたネットワークでは24時間運転は必ず(須)である。このため、《MELFANET》ではFMPのコンソールから会話形式により簡単にシステムの運用管理機能、各機器の運用状態の監視機能、保守機能が利用できるようになっている。さらに、複数のFMPによる分散構成システムの場合にも中央のFMPでファクシミリ メールシステムの一元管理ができる。これにより、国際ネットワークを構築した場合でも日本に居ながらにして、海外のFMPを遠隔操作で保守したり、システムデータをダウンロードすることによるシステム構成の変更が簡単にできるようになっている(表2)。

5. 今後の展望

ファクシミリの普及に伴い、ファクシミリを効率良く運用するネットワーク構築のニーズが高まったのが《MELFANET》製品化のきっかけであった。

最近では、ファクシミリ端末自体が高機能化、低価格化するにつれて、ファクシミリやファクシミリ メールシステムに対するユーザーのニーズも変化している。その一つにファクシミリを単に通信機器としてだけでなく、ホスト計算機の通信端末としてとらえ、ホスト計算機内の様々な情報を検索したり、その結果をファクシミリで出力するというものがある。安価になってきたファクシミリは、コンピュータの端末と違って機種を問わず相互に通信でき、公衆電話網を介して全国くまなく配置できる。企業内のみならず本部と系列店など企業間に広がるネットワークが構築でき、どこでも必要な情

表 2. 《MELFANET》諸元表

項 目	システム10S	システム100 FMP	システム200 FMP	システム10F FC
登録端末数	250/装置 500/ネットワーク	500~1,000/装置	1,000~2,000/装置	-----
電文蓄積容量(A4サイズ)	600~1,600ページ	4,000~8,000ページ	8,000~12,000ページ	
グループ3ファクシミリ回線	CCITT勧告T.4 (1984)			
回線速度	2,400~9,600bps			
回線インタフェース	PBX,公衆電話交換網 プッシュボタン信号が通ること			
物理回線数	4	8~16	15~20	4
電文転送プロトコル	CCITT勧告T.30 (1984)			
グループ4ファクシミリ回線	CCITT勧告T.5, T.6 (1984)			
回線速度	9,600~64,000bps			
回線インタフェース	デジタル専用線, パケット交換網			
物理回線数	-----	1~2	2~3	-----
電文転送プロトコル	CCITT勧告X.25 (1980) CCITT勧告T.70,T.60,T.73 (1984)			
メール装置接続回線	システム10S間	システム100, 200, 10F間		
メール装置数	15	16		
回線速度	9,600~48,000bps	9,600~48,000bps (FMP-FC間) 9,600~64,000bps (FMP間)		
回線インタフェース	デジタル専用線	デジタル専用線, パケット交換網		
物理回線数	4	1~2	2~3	1~4
電文転送プロトコル	独自	CCITT勧告X.25 (1980) CCITT勧告X.400 (1984) (FMP間) 独自 (FMP-FC間)		
電源	±10%(電源) ±1Hz(周波数)	100V 50/60Hz 115V 60Hz 230V 50/60Hz	100V 50/60Hz 115V 60Hz 230V 50Hz	100V 50/60Hz 115V 60Hz 230V 50Hz
寸法				
幅(mm)	340	600~1,200	750	340
奥行(mm)	600	800	800	600
高さ(mm)	600	1,400	1,900	600
重量 (kg)	45	190~325	360	42
設置可能国(規格取得)	日本, 米国, 英国	日本	日本, 米国, 英国	日本, 米国, 英国

報が引き出せる。また、強力な情報の発信源にもなりうる。

また、ISDN網の普及により、ISDN網との接続やISDN網を介したG4ファクシミリの収容などの要求も高まっている。

このようなニーズに対して《MELFANET》では、システム100/200にホスト計算機接続機能を開発中で、ISDN網を介したFMP間接続やG4ファクシミリ接続も計画中である。

6. む す び

今後は、ファクシミリ メールシステムが本格的に普及していくと同時に、利用範囲も広がり、単なる情報伝達的手段としてだけでなく、各分野・業種に特化した業務と密接に関連した通信システムの基盤として、業務処理を組み込んだ形のメールシステムが求められることになる。

《MELFANET》を、企業通信の基盤としてだけでなく、ビジネスチャンスの拡大に寄与する戦略情報システムとして発展させるべく機能拡充に努める所存である。

バックボーンLANとその応用

山内才胤* 松本正弘**
厚井裕司* 白井良武***
井手口哲夫*

1. ま え が き

ローカルエリア ネットワーク (LAN) は、ますます実フィールドへの導入が活発に行われ、OA化、FA化のインフラストラクチャとして必要不可欠なものとなってきた。

当社では、昭和58年に《MELNETシリーズ》を発表して以来、小規模ネットワークから階層構成の大規模ネットワークまで、用途、規模に応じた数々のシステムを提供してきたが、このたび、このシリーズの最上位機種として《MELNET R100》を開発した。

本稿では、《MELNET R100》開発のねらい、構成と方式について説明し、さらにこのLANを利用して構築される構内総合情報システムについて紹介する。

2. 開発のねらい

企業内のオンライン情報処理化においては、OAやFAの実現を目指して、事務部門や設計部門における定型的業務の効率化、意思決定あるいは創造的業務の支援、若しくは工場におけるCIM化などによる総合生産性の向上が重要な課題となっている。

そのため、CSMA/CD LAN等を用いた従来の構内ネットワーク

の延長でシステムの拡大を図ると、ネットワークの複雑化と総延長距離の不足を招き、通信設備コストが増大する。また、高速光LANの高速性を利用した各種アプリケーションのニーズが顕在化しつつあるため、次の要件を満足するLANが必要とされる。

- (1) 異なったアクセス制御方式の支線LANを相互に結ぶバックボーンLANにより、大規模な構内ネットワークが実現できる。
- (2) 情報量の増加に対応でき、高速・大容量伝送が可能である。
- (3) 国際的な標準化動向に合致し、将来の技術変化へ迅速に追従が可能である。
- (4) 柔軟性・拡張性に富み、かつ経済性・運用性に優れている。

《MELNET R100》は、以上のような問題点を解決し、要求を満足するために、FDDI (Fiber Distributed Data Interface) 方式を採用した高速光LANバックボーン ネットワークにより、OA、FAにおける情報の多様化、通信処理の高度化に対応できる通信機能を提供する。

3. 《MELNET R100》の概念とシステム構成

3.1 システムの概念

《MELNET R100》を利用することにより、従来のコンピュータ

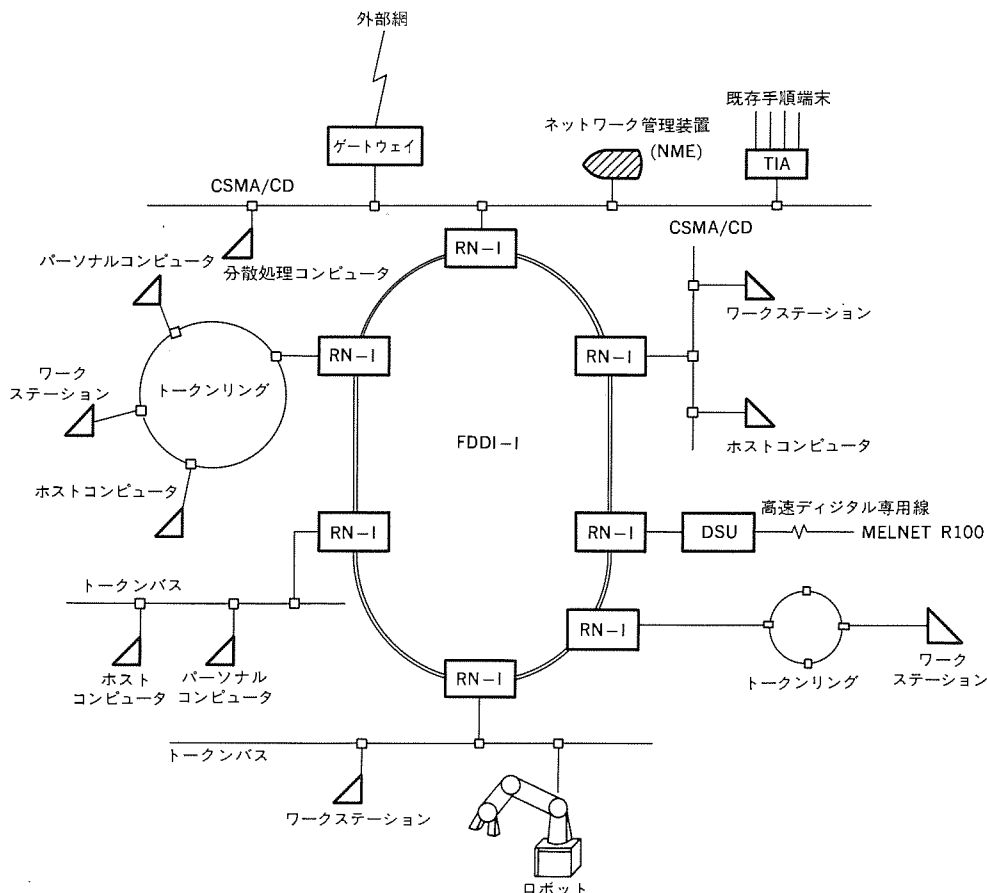


図1. 《MELNET R100》の構成

システムで使われている支線LAN (CSMA/CD, トークンリング, トークンバス) を用いてのデータ通信システムの規模 (ホスト一端間距離, 端末一端間距離, 分散プロセッサ台数, 端末台数, トラヒック量) を拡大することを可能とする。また, 一つの支線内で閉じる通信を幹線LAN及び他の支線LANに流さないこと (トラヒックの分離) により, 支線のトラヒック量を下げて, レスポンスタイムの改善, 光ケーブルの使用によるデータ信頼性の向上, 閉域通信機能によるセキュリティの向上, ホストと分散プロセッサ間のデータ転送の高速化, データベースの共有化, OA端末とオンライン検索端末の共有化が可能となる。ただし, 《MELNET R100》では, ネットワークレイヤ以上の通信プロトコルをトランスペアレントにパスさせるので, 従来のアプリケーションがそのまま適用できるだけでなく, 当社のみでなく, 他社製の電子計算機システムも接続可能である。

また, 高速デジタル専用線 (64K~6.3Mbps) によるLAN間接続機能を用いることにより, 広域に離れたLAN同士を高速に接続し, 計算機と端末間で現状の通信プロトコルにより, 通信をさせることができる。

このため, 企業内での分散プロセッサ (ファイルサーバ, 通信サーバ, プリントサーバ) と全社統合大形ホストとの接続の柔軟性が増大し, 分散処理が促進される。

分散プロセッサが常時ホスト側と交信し, 最新データの抽出データを保有し, ワークステーションは直接統合大形ホスト計算機をアクセスせずに, LANにより分散プロセッサを高速にアクセスすることにより応答時間を早めることが可能になる。また, 1台の大形ホストに数十台以上の分散プロセッサをLAN接続することで, 大規模構成とすることができる。《MELNET R100》は3種類の支線を接続するため, ユーザーは, OA, FA, LAの各システム構築のインフラストラクチャとすることができる。

3.2 システム構成

《MELNET R100》のシステム構成を図1に示す。リングプロトコルにコンピュータI/Oインタフェース標準の一貫として規約化されてきたFDDI-1を採用している。リングは, 光ファイバにより最大128台までのリングノード (RN-I) 対応に支線LANを収容でき, 大規模システムとすることができる。さらに, 《MELNET R100》は, 高速デジタル専用線を経由して遠隔地のLANと相互接続し, 企業内ネットワークが構成できる。

3.3 構成機器

(1) リングノード (RN-I)

リングノードは, CSMA/CDバス, トークンリング及びトークンバスの3種類の支線を接続するだけでなく, 高速デジタル専用線のDSUとも結合可能である。これにより, 《MELNET R100》は3種類の標準的な支線LANに対するバックボーンになるとともに, 専用線を介して大規模なネットワークを構成できる。

図2にリングノードの外形を, 表1に概略仕様を示す。

(2) ネットワーク管理装置 (NME)

《MELNET R100》では, ネットワーク管理装置 (NME) が存在しなくても, システムは稼働できる。しかしながら大規模な構成では, リングの運転管理と保守機能のために, NMEをCSMA/CDの支線LANにオプションとして接続する。これにより, きめの細かい監視・診断・制御・運用管理が可能となる。

図3にネットワーク管理装置の外観, 表2に概略機能を示す。

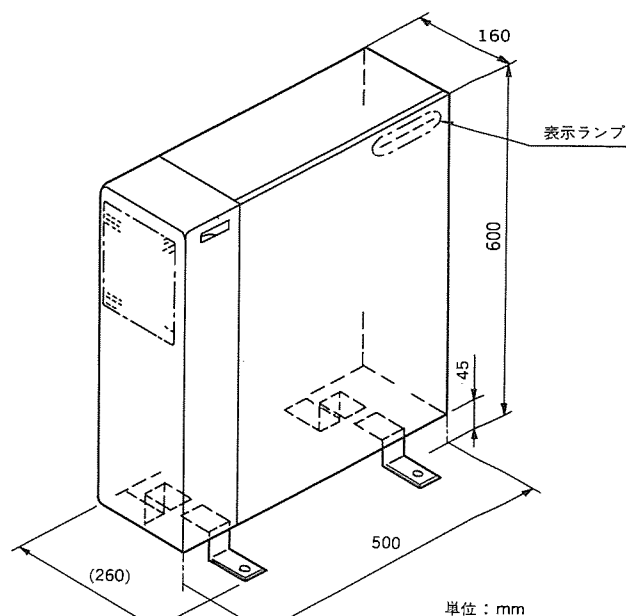


図2. RN-Iの外形

表1. RN-Iの概略仕様

項目	内容	備考
1 伝送速度	100Mbps	リング上は125Mbps
2 アクセス方式	FDDI-I	
3 伝送媒体	マルチモード光ファイバ 50/125GI	波長1,300nm
4 ノード数	最大128	
5 ノード間距離	4km	
6 リング総距離	100km	
7 支線インタフェース	CSMA/CD トークンバス トークンリング ハイブリッドシステム 高速デジタル専用線	
8 RAS (障害対策)	自己診断 バイパス (オプション) ループバック NMEによる監視・制御 (オプション)	
9 その他	閉域通信 特権端末の指定	

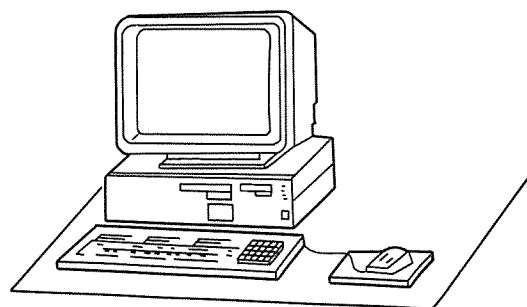


図3. NMEの外観

表 2. NMEの概略機能

区分	項目	内 容
監視	状態監視	定期チェックによるRN (又はTIA) の状態表示
	異常装置の検出	RN (TIA) からの異常通知表示
	リング異常状態の検出	リング上のじょう乱の検出表示
診断	折返し試験	RN (TIA) の装置内部折返し
	リング伝送路試験	リング伝送路の接続確認
制御	ループバック指示/解除	THRU $\leftrightarrow$ WRAPの切替え指示
	中継閉塞指示/解除	中継動作の停止/開始指示
	リングモード移行指示	FDDI-I $\leftrightarrow$ IIの切替え指示
運用管理	システムパラメータの登録	立ち上げに必要な情報の設定
	ダウンラインロード	立ち上げに必要な情報のローディング
	トラヒック表示	幹線/支線使用率, 通過データ量の収集と表示
	トレース/ログの表示	RN内のトレース/ログ収集と表示
	メモリーリード/ライト	RN (TIA) 内のメモリーリード/ライト

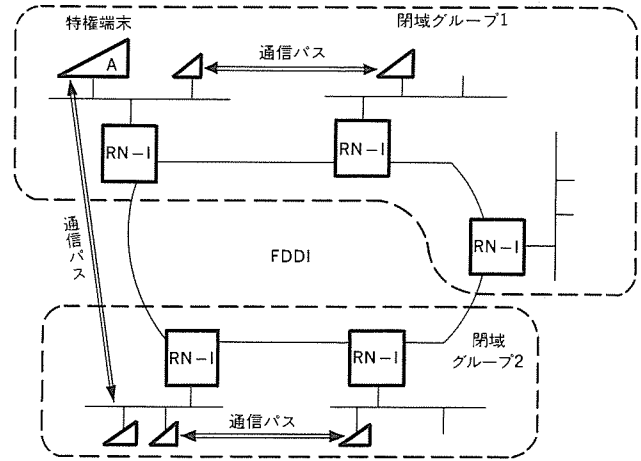


図 6. 閉域通信の例

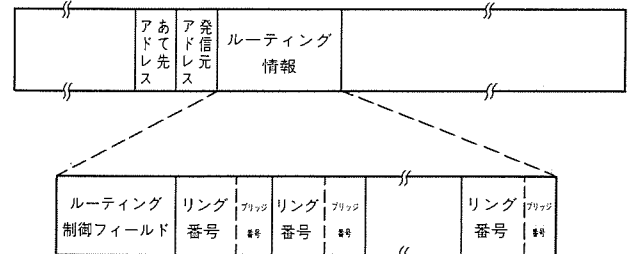


図 7. ルーティング情報を含むフレーム構成

4. ブリッジの機能と中継方式

4.1 機能構成

各種の支線LANを幹線であるFDDIのLANに接続するリングノード (RN-I) は、ブリッジと呼ばれる重要な機能を実行する。このブリッジの基本動作を図 4 に、CSMA/CDの支線LANをブリッジ中継する場合のOSI (開放システム間相互接続) 7 層との関係を示す。

ブリッジの機能は、OSIのデータリンク層のメディアアクセス制御 (MAC) におけるアドレス (ステーションアドレスとも呼ばれる。) 情報に基づいてフレーム中継を行うものであり、またMACより上位のプロトコル情報をトランスペアレントに中継するため、例えばCSMA/CD上で動作するOSI標準の端末はもちろんのこと各種の業界標準 (TCP/IP等) 端末のフレームを中継できる。

支線LAN内の通信トラヒックを他の支線LANや幹線LANであるFDDI-Iのリングに中継しないことが重要であり、接続する支線LANの種別 (CSMA/CD, トークンリング, トークンバス) に応じてその方式が異なるが、この機能により支線LANを単位としてトラヒックの分散が可能となる (図 5 参照)。

《MELNET R100》のブリッジ中継機能として、支線LANをグループ分けし、同一グループ内においてのみ通信を可能とする閉域通信機能がある。この機能により、一般の端末が人事部門や経理部門の情報をアクセスすることを禁止することが可能である。一方では、このような閉域通信に制限を受けない特権端末の属性を与えることもできる (図 6 参照)。

4.2 中継方式

ブリッジ中継方式として、次の 2 種類がある。

(1) トランスペアレント ルーティング

この方式は、リングノードにフィルタリング テーブルを保持し、伝送路上のフレームのあて先アドレスとフィルタリング テーブル

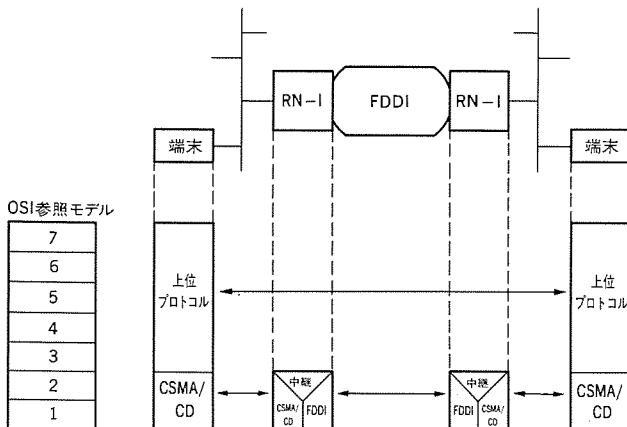


図 4. ブリッジの機能構成 (CSMA/CD支線の例)

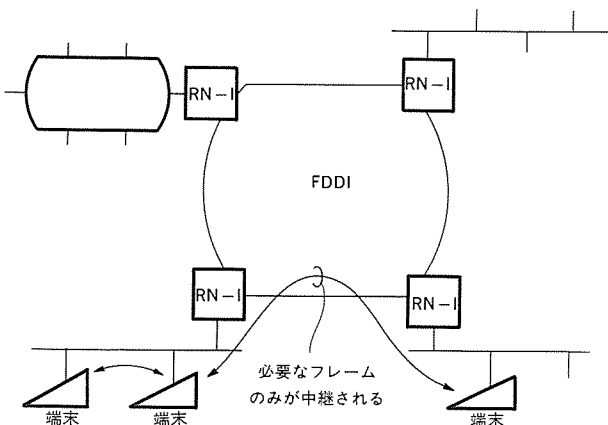


図 5. 支線LANを単位とするトラヒックの分散

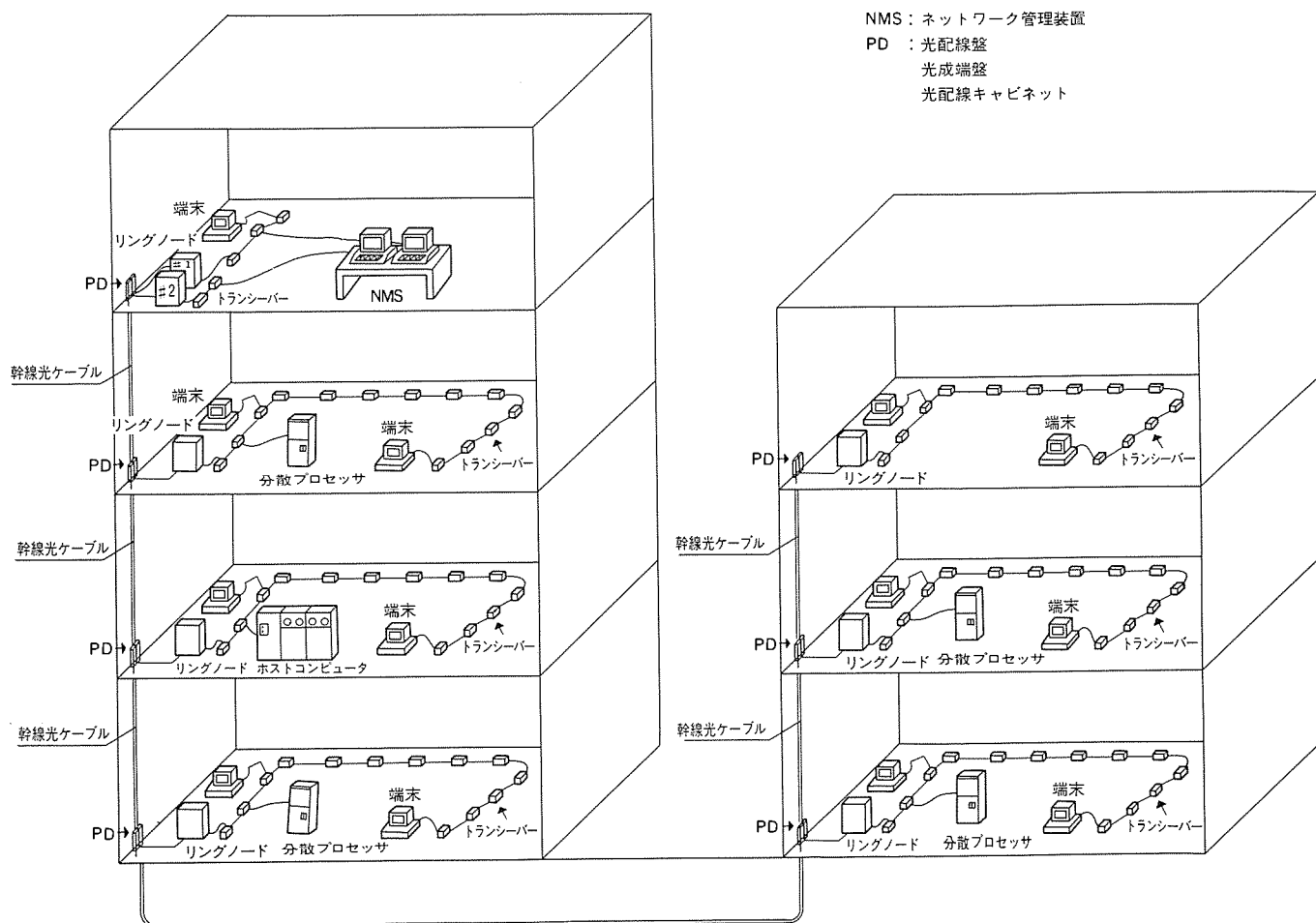


図8. 《MELNET R100》幹線LAN, 支線LANを用いた分散処理システム敷設イメージ

表3. 中継方式と支線LAN

中継方式	トランスパアレント ルーティング	ソース ルーティング
支線LAN		
CSMA/CD	○	—
トークンバス	○	—
トークンリング	—	○

の情報を比較することにより、そのフレームを中継するか否かを決定し、中継するものである。このフィルタリングテーブルは、伝送路上のフレームの送信元MACアドレスから自動的に生成され、一般に学習機能と呼ばれる。したがって、利用者は端末の加入、移設等を自由に行うことができ、端末の物理構成を管理する必要がない。

(2) ソースルーティング

この方式は、図7に示すフレーム内のルーティング情報（フレームをあて先端末に送信する経路）を参照して、そのフレームを中継するものである。ルーティング情報は、通信を行おうとする端末間のコネクション（又はセッションとも呼ぶ。）を設定するとき作成されるため、通信が開始されるタイミングで動的に最適な中継ルートが決定される。

各支線LANでサポートされる中継方式を表3に示す。一般に、支線LANの伝送方式が異なっても同一ルーティング方式であれば（ただし、上位プロトコルは同一である。）、相互通信が可能となる。また、同一支線LAN内で二つの中継方式を共存させることはできない。

5. 代表的アプリケーション

ここでは分散形の電子伝票処理システムを概念的に図8に示す。

各部門には分散プロセッサとワークステーションがあり、《MELNET R100》（幹線光LAN）を介して全社統合ホストコンピュータと接続される。分散プロセッサは、1台の電子計算機で構成されることもあれば、ファイルサーバ、プリントサーバ、通信サーバ等に区別されることもある。

(1) ホスト計算機の機能

全体のデータベースを持つ。業務処理プログラムもホストに持つ。

(2) 分散プロセッサの機能

ホスト計算機のもつデータベースの抽出データを持ち、ホストからのファイル転送により受信する。電子メールのホスト分散プロセッサ間の受け渡しを行う。プリントサーバ機能を持つ。ワークステーションとホストとの会話の中継機能を持つ。

(3) ワークステーションの機能

電子伝票、帳票作成機能、プリント機能、電子メール送受信機能、ホスト計算機と会話するための端末エミュレート機能、ワープロ機能などの統合OA機能を持つ。

次にもう一つの《MELNET R100》のアプリケーションとして、マルチベンダ構内システムの構築例を図9に示す。

このシステムの特徴は、LANインタフェースは、すべてCSMA/CD方式バス形LANで統一した種々のメーカーの電子計算機、パソコン、ワークステーションを接続したマルチベンダシステムである。

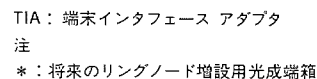


図 9. 《MELNET R100》を使ったマルチベンダシステム構築例

- (1) ISO 9314- 1 ~ 2 : International Standard for Information Systems ; Fiber-Distributed Data Interface (FDDI)
- (2) IEEE802. 3 : Local Area Networks-Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD) Access Method and Physical Layer Specification
- (3) IEEE802. 4 : Local Area Networks-Token-Passing Bus Access Method and Physical Layer Specification
- (4) IEEE802. 5 : Local Area Networks-Token-Passing Ring Access Method and Physical Layer Specification

国際通信ネットワークにおける高能率音声・データ伝送技術

内藤悠史*
小林信之*
斉藤和夫**

1. ま え が き

企業活動や個人活動が国際化するにつれ、国際通信の需要は増加の一途にある。通信衛星及び光海底ケーブルにより国際通信回線は伝送容量が飛躍的に増大したとはいえ、依然として回線料金は高価である。近年この高価な回線を、より有効に利用しようとする高能率伝送技術が脚光をあびてきた。電話による通信は依然として通信需要の大きな部分を占めており、電話信号の高能率伝送の実現は国際公衆通信事業においても、企業自営の国際通信ネットワークの運用においてもコストの大幅な削減をもたらす。

当社では、国際通信ネットワークにおけるこれらの需要にこたえるため、各種装置の開発を進めてきた。ここでは、国際公衆電話通信網用のDCME (Digital Circuit Multiplication Equipment: デジタル回線多重化装置)、企業内国際通信網用のD/SI (Data/Speech Interpolation: 音声・データ挿入) 装置について紹介する。

2. 国際公衆電話回線における応用

2.1 DSIとADPCM

DSI (Digital Speech Interpolation: デジタル音声挿入) 技術とADPCM (Adaptive Differential Pulse Code Modulation: 適応差分パルス符号変調) 技術は、DCMEを支える二つの重要な技術である。

2.1.1 DSI

電話による会話の大部分は、一方が話せば他方は聴き手となるので、各々が通話中に実際に声を出しているのは全通話時間の30~40%程度でしかない。そこで、多くの入力電話回線に対しおよそ1/2の伝送回線を用意し、無音時間の接続は省き実際に声を出している間だけ信号を相手に伝送することにより伝送の高効率化を図ろうとするのがDSIの概念である。DSIは、電話の会話の統計的な性質を利用して伝送効率を改善しようとする方法であるから、入力回線数が多くないと改善効果が期待できない。図1は入力電話回線数に対するDSIゲイン (共通に用意される伝送回線数と収容電話回線数の比) のグラフである。瞬間的に有音電話回線数が伝送回線数を上回るとき、新しく有音となった電話回線に伝送回線を割り付けられなくなるが、この現象を締め出しと呼ぶ。全有音時間に対する締め出し時間が0.5%以下であれば通話時に不快感はない。有音率を40%とすれば、入力回線数が約60回線以上で2倍以上のDSIゲインが期待できる。

2.1.2 ADPCM

ADPCM方式は、音声信号の高い相関性を利用し、過去の信号の時系列から次の入力信号を予測し、予測値と実際の入力信号との差を量子化して伝送することにより情報圧縮を行う方法である。ADPCM符号化方式については従来から多くの提案がなされてきたが、1982年CCITT (International Telegraph and Telephone Consultative Committee: 国際電信電話諮問委員会) において暫定勧告G.721が制定された。32Kbps ADPCMの同方式による音声信号の

伝送品質は、現行の64Kbps PCM方式に比べほとんど遜色はないが、ファクシミリ等のモデム信号の伝送が4.8Kbpsまでしか保証されず、9.6Kbpsでの伝送が不可能なことなどから、公衆電話回線に全面的に導入されるには至らず、むしろ専用線を用いた通信を中心に普及し始めた。

2.2 DCME

しかし、国際公衆電話回線においては伝送効率改善の要求が強く、ADPCMとDSIを組み合わせたLRE-DSI (Low-bit-Rate Encoding DSI: 高能率音声符号化DSI) 装置——最近ではLRE-DSIやADPCMトランスコード等、音声高能率伝送装置の総称であるDCME (デジタル回線多重化装置) と呼ばれることが多い——の実用化が求められるようになった。国際公衆電話回線のDCMEとしては、1988年ころから光海底ケーブル回線、及び衛星回線にLRE-DSIによるDCMEの導入が始まり、現在当社を含め3社が

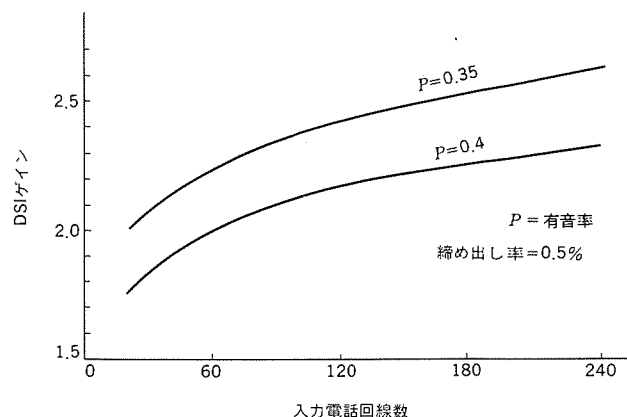


図1. 入力電話回線数 対 DSIゲイン

表1. DX-3000の主要諸元

- 電話回線インタフェース
T1 (D4orESF) × 10 (240ch) 又はCEPT (2M) × 10 (300ch)
(最大 216chを選択して使用)
- 伝送回線インタフェース
T1 (1.544Mbps) × 1 又はCEPT (2.048Mbps) × 1
- 伝送チャンネル数
Max. 62ch (T1) 又はMax. 81ch (CEPT)
いずれも24Kbps過負荷チャンネル使用時
- 音声符号化方式
32K/24Kbps速度可変 ADPCM
モデム信号: 32Kbps, 音声信号: 32K/24Kbps
- 運用モード
マルチクリーク運用 (最大2クリーク) 可能
- 冗長構成
最大7対1のクラス構成

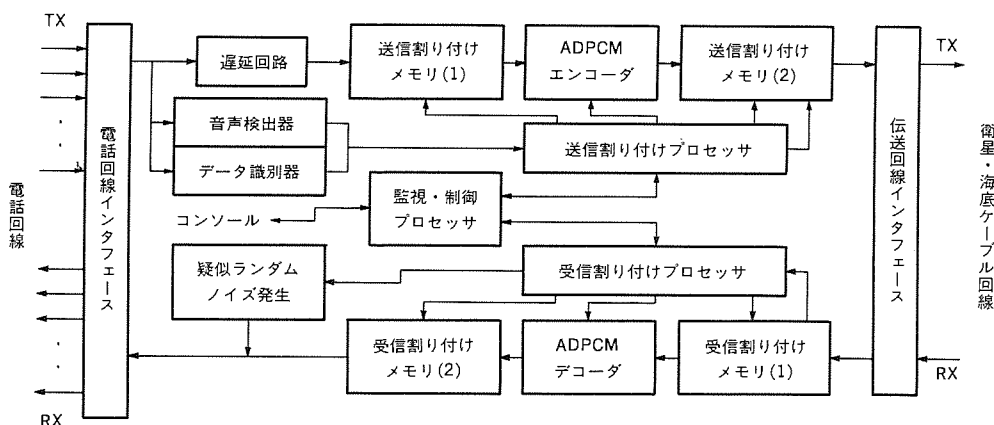


図 2. DX-3000のブロック図

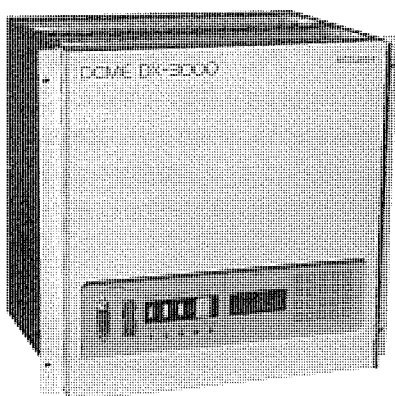


図 3. DX-3000の外観

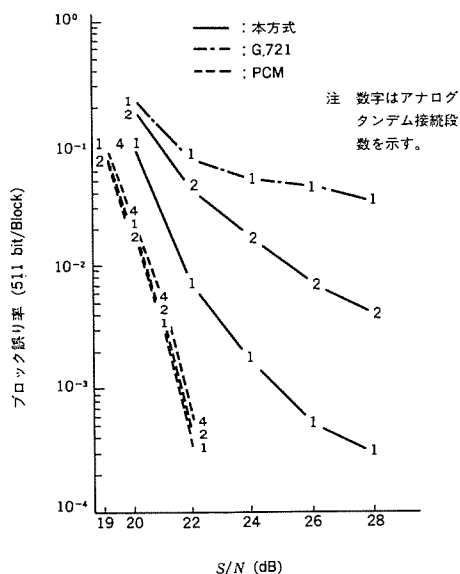


図 4. V.29 9.6Kbpsモデム信号伝送特性

実用化している。

これらの装置は、いずれもADPCMアルゴリズムに工夫をし9.6 Kbpsモデム信号を伝送できるが、各社独自仕様のため相互接続はで

きない。その後、異メーカー装置間でも互換接続ができるDCMEを作ろうという動きが高まり、1989年INTELSAT (International Telecommunication Satellite Organization: 国際通信衛星機構) においてDCME Specification 32Kbps ADPCM with DSI (IESS-501 Rev.2)が制定され、更に同仕様を基にしたCCITT勧告G.763の作成も現在進行中である。以下では、当社が既に市販しているDX-3000, IESS-501仕様に基づき開発中のDX-5000 (仮称) の2種類のDCMEについて紹介する。

2.2.1 DX-3000

DX-3000は、当社が国際電信電話(株)の御指導を得て開発したDCMEである⁽¹⁾。表1にその主要諸元を示す。この装置の主な特長は以下のとおりである。

- (1) 32Kbps (他社は40Kbps) で9.6Kbpsモデム信号が、過負荷時には24Kbpsでの音声伝送が可能な可変速度ADPCM方式⁽²⁾を採用し、DSIと併せ4～6倍の回線ゲインを実現。
- (2) モデム信号伝送を確実にする信頼性の高いデータ呼検出。
- (3) 入力回線の背景雑音レベルに適応した可変しきい値音声検出と、背景雑音レベルに適応した受信側疑似ランダム雑音出力の発生。
- (4) 最大2クリークのマルチクリーク運用が可能。
- (5) 装置の小型化による3架で7対1の冗長予備構成。

マルチクリーク運用とは、1台のDCME中に独立した複数個のDCME伝送回線群を設定する運用形態で、伝送回線への割り付けは回線群ごとに独立して行われる。1台のDCMEが複数個の小容量DCMEに代わる動作をする方法の一つで、海底ケーブル通信等、有線で接続される場合によく用いられる。図2にDX-3000のブロック図を示す。音声検出器により有音と判定された入力電話回線には、伝送回線が割り付けられ、有音回線数32Kbps、また多い時は24KbpsのADPCM信号へと変換される。送話信号が無音で伝送回線に割り付けられなかった電話回線には、聴き手に違和感を与えないよう、送信側装置の音声検出器が測定した背景雑音レベルに相当する疑似ランダム雑音信号を受信側で挿入する。図3にDX-3000の外観、図4に9.6Kbps V.29モデム信号に対する32Kbps ADPCMコーデックの伝送特性を示す。G.721勧告準拠方式に比べ2けたに近い特性改善が認められる。

DX-3000では、高精度の音声検出と、過負荷時の24Kbps ADPCM符号化方式の採用により、4～6倍という高い回線利用効率を実現している。この装置は、既に世界各国で65台が稼働 (1989年10月現在) しており、1990年3月末 (1989年会計年度) には100台以上が稼

働に入る予定である。

2.2.2 DX-5000

INTELSAT DCME仕様 IESS-501 (Rev. 2) に準拠して開発中のDCMEがDX-5000である。構成は、基本的にDX-3000に準じているが、主な相違点は以下のとおりである。

(1) CCITT勧告G.721/G.723準拠可変速度ADPCM方式の採用。

データ信号：40Kbps

音声信号：32K/24K/16Kbps (16KはG. EMB準拠のオプション)

表 2. D/SI装置の主要諸元

1. 音声符号化部	
○音声端末インタフェース	●TTC：JJ-20.10準拠 ●T1：T1D4準拠 ●CEPT：CCITT Rec.G732準拠 9.6K/16Kbps APC-MLQ方式 Max.15回線
○音声符号化方式	
○電話回線収容数	
2. パケットデータインタフェース	
○回線数	1回線数/クリーク
○通信速度	4.8K/9.6K/48K/64Kbps
○接続回路の定義及び電気的特性	V.24, V.28：4.8K/9.6Kbps X.21, V.11：48K/64Kbps
○プロトコル	X.25LAP-B
○情報フレーム長	Max.1,080バイト (1,024+56)
3. D/SI装置間リンク	
○プロトコル	拡張HDLC手順
4. D/SI制御部	
○D/SIフレーム	20ms
○収容クリーク数	Max.2クリーク
○クリーク当たり音声回線収容数	Max.8回線

(2) マルチクリーク(最大2対地)、マルチデスティネーション(最大4対地)運用選択可能。

マルチクリーク運用が、1台のDCMEの中で論理的に独立した複数のDCMEがそれぞれの対地に対応して動作するという運用形態であるのに対し、マルチデスティネーション運用とは、衛星通信の同報性を利用する方法で、複数の対地に対し共通に使用されるDCME伝送回線を用意し、装置の中で伝送回線の境界を意識せずに運用することにより、複数の小容量DCMEで運用するより効率の良い運用を行う形態をいう。DX-5000は、1990年度の供用開始を目指し開発中である。

3. 企業内国際通信における応用

企業活動の国際化が進むにつれ、企業の国際通信コストはうなぎのぼりに増えつつある。商社・銀行を始め多くの企業が、48Kbps以上の高速デジタル専用回線を用いて自営のマルチメディアネットワークを構築する例がここ数年目立って増えてきた。

当社では国際ネットワーク用として、《MELMUX-7100 シリーズ》時分割多重化装置の9.6K/16Kbps APC-MLQ (Adaptive Predictive Coding with Maximum Likelihood Quantization：最優(尤)量子化による適応予測符号化)方式⁽³⁾⁽⁴⁾音声コーデックを実用化しており、当社のMIND (Mitsubishi electric group Information Network by Digital technology) 国際ネットワークにおいても既に稼働しているが、今回新たに音声・データ両信号を統合して伝送の効率を改善するD/SI装置を開発した。以下ではD/

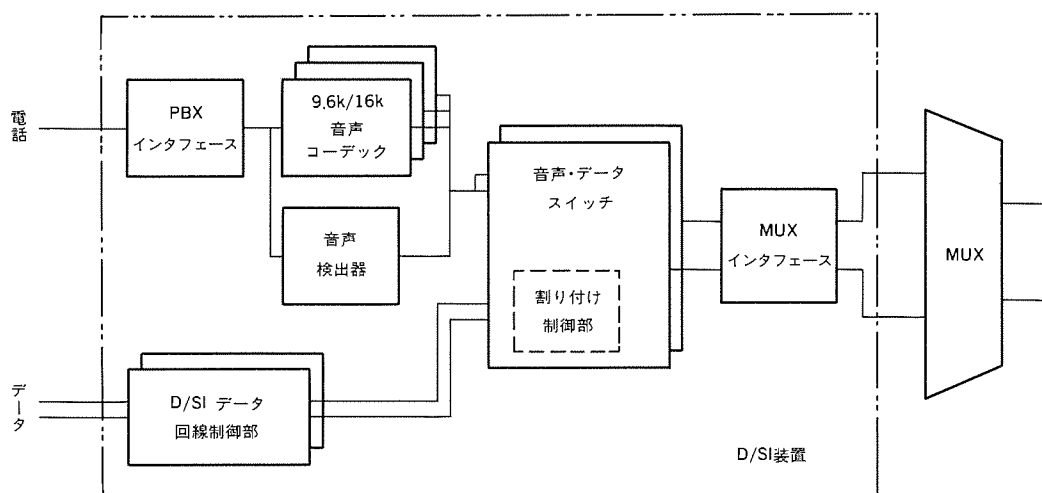


図 5. D/SI装置のブロック図

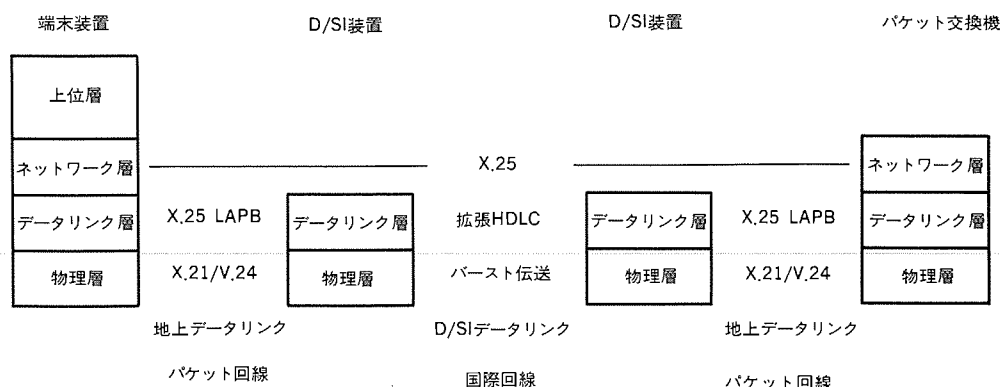


図 6. データ通信リンク構成とOSI (Open Systems Interconnection) モデル

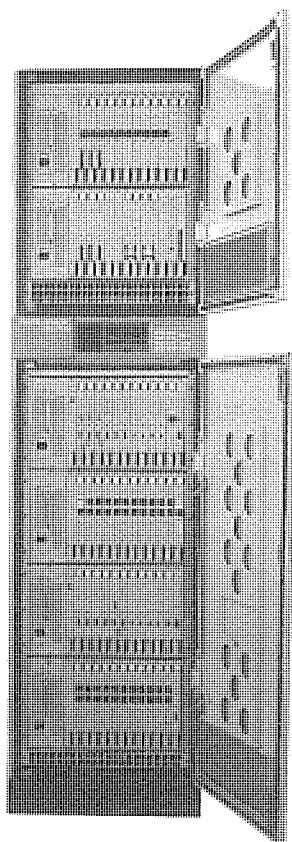


図 7. D/SI装置の外観

SI装置について紹介する。

3.1 音声・データ挿入 (D/SI) 装置

リアルタイム性が要求される電話と、必ずしもリアルタイム性が必要でないデータ通信に着目し、両者を共通の回線に統合し総合的な伝送効率の改善を図ったのがD/SI装置である。DCMEが会話の無音時間の利用に際し互いに無音時間を詰め合せて伝送効率の改善を図ったのに対し、D/SI装置では無音時間を利用して音声信号の代わりにパケット化されたデータ信号を送送することにより異種メディアにまたがる総合的な伝送効率の改善を図っている。表 2 にD/SI装置の主要諸元を、図 5 にそのブロック図を示す。D/SI装置では常に有音信号に伝送回線の優先占有権が与えられる。音声・データスイッチの割り付け制御部は、音声回線が無音で、かつパケットデータ送出要求があるときにパケット回線の接続を行う。音声信号伝送には9.6K/16K APC-MLQ符号を採用し、パケット信号の挿入は同コーデックの符号化フレーム周期である20ms単位で行われる。背景雑音レベル整合疑似ランダム雑音挿入は、4レベルと簡略化されている。

3.2 D/SI装置におけるデータ通信

D/SI装置を国際データ通信回線に適用する上で対処しなければならない主な技術的課題は、以下のとおりである。

- (1) 国際回線による大きなデータ伝送遅延。
- (2) 国際回線の高ビット誤り率に起因するスループットの低下。
- (3) 音声挿入によるデータ伝送帯域の変動・減少。

データ伝送遅延発生・ビット誤り率増大の問題に対しては、図 6 に示すデータ通信リンク構成で対処した。すなわち、D/SI回線通信

制御部でデータリンクを分割し、D/SI回線を経由したデータリンク（以下、D/SIデータリンクと呼ぶ。）とD/SI回線通信制御部とデータ通信装置の間のデータリンク（以下、地上データリンクと呼ぶ。）において各々データリンク制御を行う。D/SIデータリンクにおいては、物理レベル制御はD/SI伝送制御で、リンクレベル制御は大きな伝送遅延や高ビット誤り率に対応できる衛星回線用に拡張されたHDLC手順で実現し、ネットワークレベル以上の制御は行わず、トランスペアレントに情報を伝達させる。また、地上データリンクにおいては、物理レベル制御及びリンクレベル制御はCCITT勧告X.25手順に準拠し、ネットワークレベル以上の手順はエンド・エンドに接続されたデータ通信装置に任せている。

このように二つのデータリンクに分割し、地上データリンクではローカル確認を行い、D/SIデータリンクではアウトスタンディング数を大きくとることにより、回線の大きな伝送遅延がデータスループットを低下させないようにした。また、ビット誤り率増大時のデータ再送多発によるスループット低下を避けるため、受信側で廃棄されやすいロングデータを避け、国際回線の高ビット誤り率を考慮したショートデータに分割して伝送し、再送のオーバーヘッドを小さく抑えた。D/SI回線は、音声優先の伝送方式であるため音声の有音状態が継続した場合データ通信は、一時的に不通に近い状態となる。D/SI回線を使用したネットワークを構築する場合は伝送する通信データの種別を調査し、許容できる伝送遅延及び不通状態の継続時間等を把握した上でネットワークを設計しなければならない。

端末・端末間、端末・交換機間の通信のよう（迂）回経路を持たない回線に適用する場合は、データの最大許容遅延時間を考え、必要最小限の帯域をデータ通信専用に確保しておく必要がある。迂回経路の存在するパケット交換網の中継回線等に適用する場合は、一定時間以上通信が不通となった時や伝送遅延時間が大きくなった時は積極的にD/SI回線を切断し、交換機間の中継回線を伝送遅延の小さい迂回経路に切り替えさせることが望ましい。図 7 にこの装置の外観を示す。このD/SI装置は、(株)三菱銀行の電話/FAX/データ統合型国際ネットワークにおいて音声及びパケット化FAXメールの伝送に用いられている。

4. む す び

以上、国際通信ネットワークにおける高能率音声・データ伝送技術について、当社が開発した装置を中心に述べた。当社は今後も、高能率音声・データ伝送技術の分野において、ユーザーの要求に応じた製品の実用化を推進していく予定である。

参 考 文 献

- (1) H.Ito et al.: Development of Digital Circuit Multiplication Equipment (DCME), Denshi TOKYO, No.27 (1988)
- (2) A.Fukasawa et al.: An advanced 32kbit/s ADPCM coding to transmit speech and high-speed voiceband data, Proc. IEEE ICASSP 86, 2 (1986-4)
- (3) 八塚: 16KBPS APC音声符号化方式における品質改善の一検討, 信学技報CS, 83-139 (1983-11)
- (4) 海老沢ほか: 高能率音声符号化装置, 三菱電機技報, 62, No. 8 (1988)

公衆通信ネットワークにおける加入者線多重伝送方式

部谷文伸*

1. ま え が き

電話に加え、データ、ファクシミリ、映像などの非電話サービスを一元的に扱うサービス総合デジタル網 (ISDN) の構築が進められている。ISDNでは加入者系のデジタル化が必須(須)であり、この加入者系のデジタル化を効率的かつ経済的に実施していくこと、更にはサービス地域を早期に拡大していくことが大きなポイントである。

一方、メトリックケーブルに比べ優れた特性を持つ光ファイバケーブルは、その技術の成熟度、経済性などから加入者系への本格導入には至っていなかった。しかし、ここに来て、関連する技術の確立がその経済性を含めて見え始め、都心部ビジネスエリアを中心に加入者ネットワークの光ファイバケーブルによる再構築の模索が始まっている⁽¹⁾。本稿では、これら新しく構築される加入者ネットワークにおいて、主要な構成要素となる加入者線多重伝送方式について概観する。

2. 加入者線多重伝送方式⁽²⁾⁽³⁾

加入者線多重伝送方式は、従来のメトリックケーブルによる個別配線に代えて、光ファイバケーブルなどを用いたデジタル多重伝送路を加入者区間に設定することにより、加入者系の早期デジタル化、経済的なサービス提供、更には都心部における管路ふくそう

(輻輳)対策に適用される。

この方式は、図1に示すように遠隔装置 (RT)、局装置 (CT)、及びこれらを接続するデジタル多重伝送路から構成される。RTは、提供サービス、設置場所により図2に示す三つの基本構成がある。さらに、パターンAとパターンC、パターンBとパターンCの複合構成がある。

なお、図1及び図2は、非集線形の構成例であるが、このほかに集線形も考えられている。非集線形の場合は、発着呼に伴う加入者回路の制御及び集線制御等はすべて交換機からの制御により実行され、CTはこれらの制御信号をRTへ転送するための変換を行う。

3. ISDN加入者線多重伝送方式⁽⁴⁾⁽⁵⁾⁽⁶⁾

ISDNでは、End-to-Endにデジタルサービスを提供するため、加入者系のデジタル化が必須となる。ISDN用のインタフェース加入者線交換機は、D70デジタル交換機にインタフェース加入者系モジュール (ISM) を付加することにより構成される。しかし、ISDNの導入初期においては、需要規模から、すべての電話局にインタフェース加入者線交換機を設置することは経済性の確保が困難である。

このため、ISDNサービスを提供するためのユーザー収容形態としては、ISM設置局エリアのユーザーに対応するための個別伝送による直接収容のほか、非設置局エリアのユーザーに対応するための

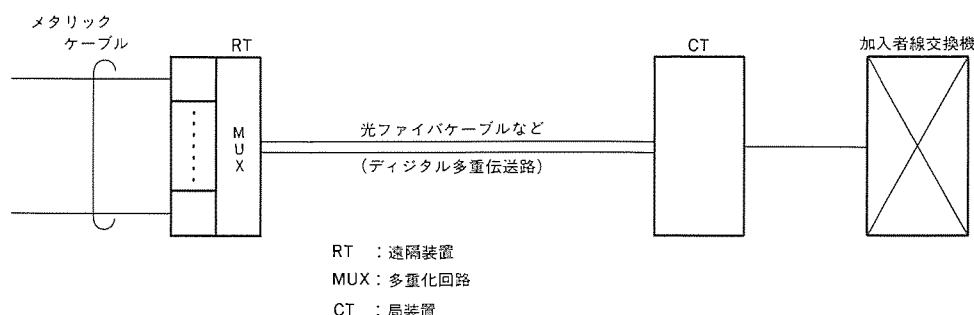


図1. 加入者線多重伝送方式の基本構成

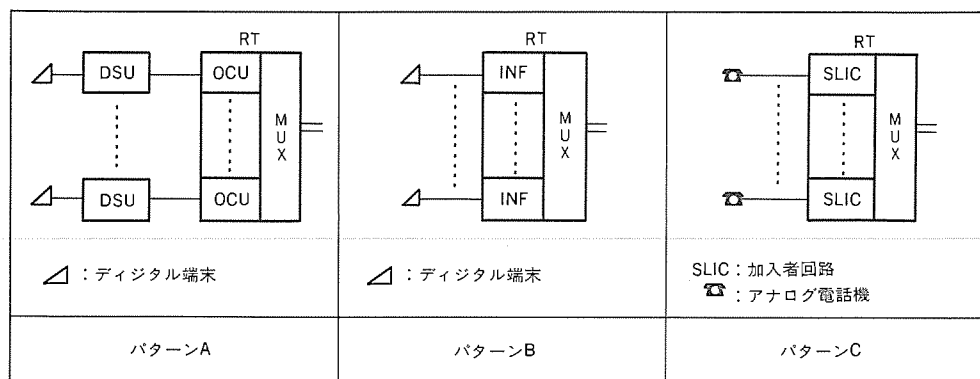


図2. 加入者線多重伝送装置の構成

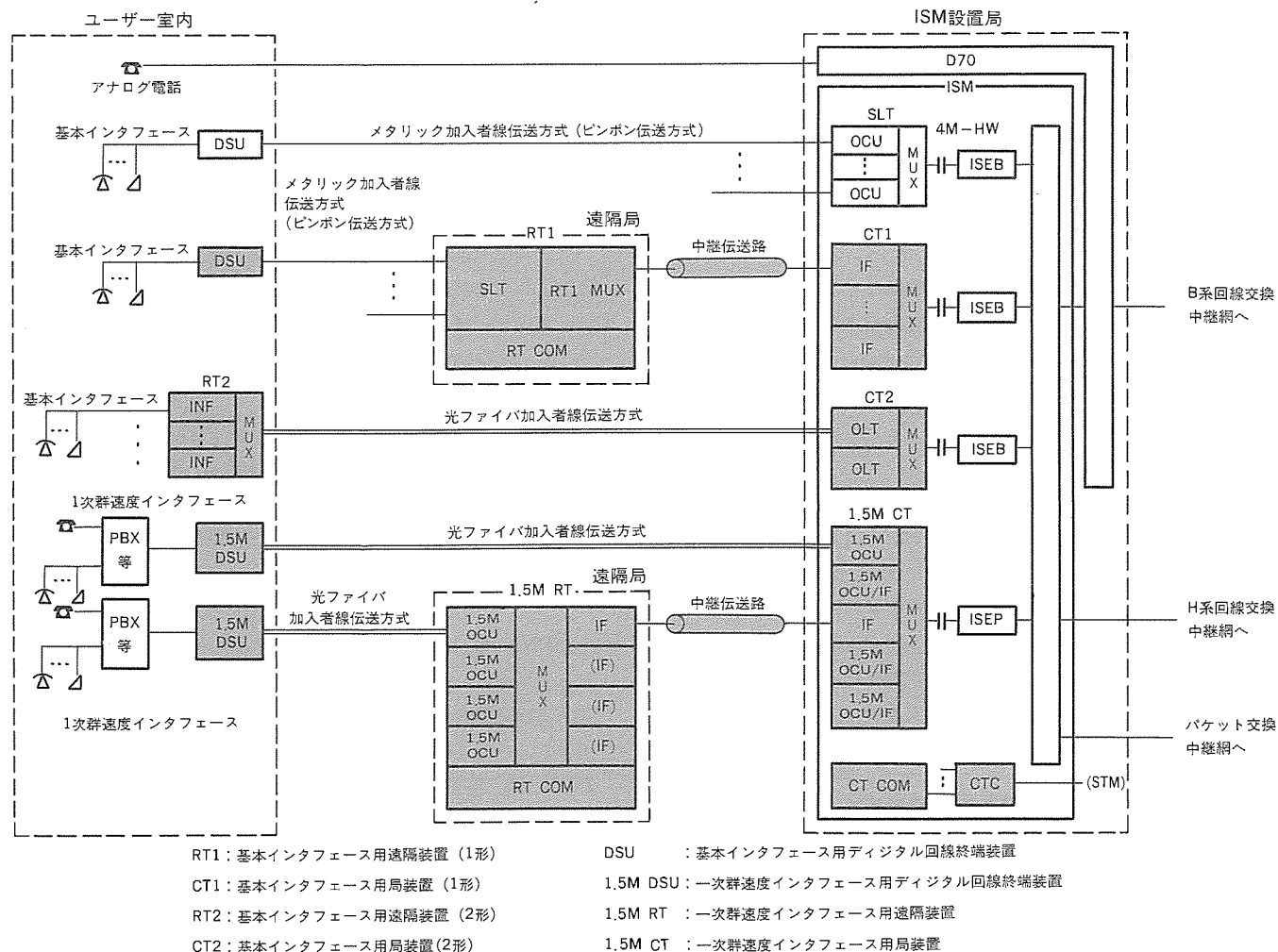


図3. ISDN加入者線多重伝送方式のシステム構成

表1. ISDN加入者線多重伝送方式の主要諸元

項 目	内 容		
	基本インタフェース用(1形)	基本インタフェース用(2形)	1次群速度インタフェース用
収 容 回 線 種 別	INSネット 64		INSネット 1500
RT 収 容 回 線 数	最大60回線/システム	最大36回線/システム	最大4回線/システム
接 続 交 換 機	D70形自動交換機		
交換機インタフェース	基本インタフェース用信号装置インタフェース(4M-HW)		1次群速度インタフェース用信号装置インタフェース(4M-HW)
使 用 伝 送 路	デジタル中継伝送路 (1.544Mbps, 6.312Mbps)	光ファイバ加入者線伝送路 (6.312Mbps)	光ファイバ加入者線伝送路 (1.544Mbps, 6.312Mbps)
加 入 者 線 試 験	RT COMの加入者線試験装置 (LTE)による遠隔試験方式	—	—
警 報 転 送	警報用局内インタフェースにより通信網オペレーション システムの監視試験モジュール(STM)と接続		

多重伝送による遠隔収容を考える必要がある。これによりサービスエリアの早期拡大、小規模加入者領域での経済性の確保ができる。

一方、ISM設置局エリアにおいても集中してビル内にユーザーが存在する場合は、個別伝送による収容に対し、その伝送距離にもよるが、多重伝送による収容が経済的に有利である。

これら大きくは、二つの側面からISDN加入者線多重伝送方式の開発、実用化が進められてきている。

3.1 システム構成

ISDN加入者線多重伝送方式のシステム構成を図3に、主要方式

諸元を表1に示す。

3.1.1 基本インタフェース

(1) 局設置形態

ISM非設置局エリアのユーザーに対して、当該局にRT1 (Remote Terminal Type1)を設置し、ユーザー宅内に設置するDSU (Digital Service Unit) とをメタリック加入者線伝送方式 (ピンポン伝送方式) により接続し、さらに既存デジタル中継伝送路を用いてCT1 (Central Terminal Type1) に接続、インタフェース加入者線交換機に収容する。

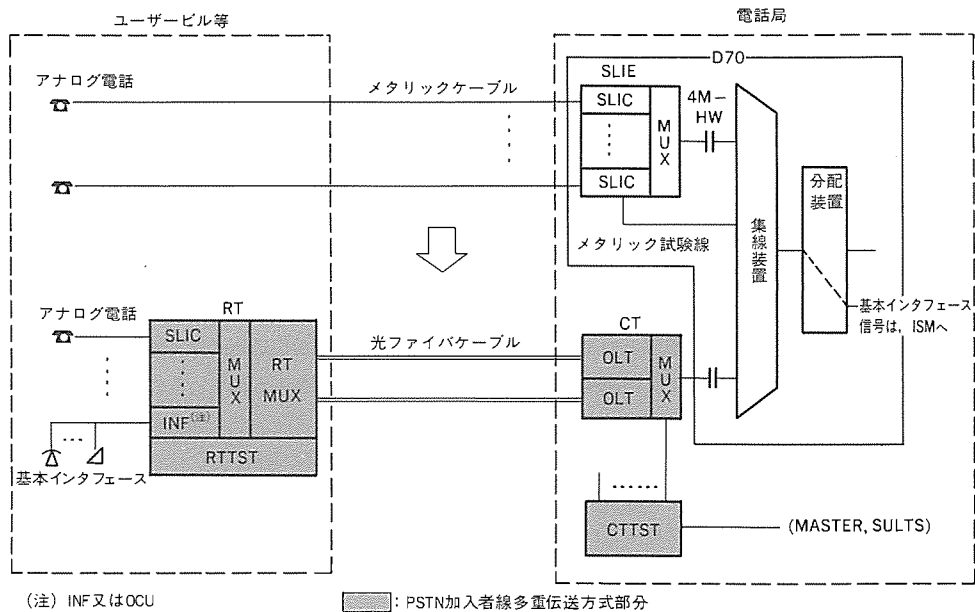


図 4. PSTN加入者線多重伝送方式のシステム構成

表 2. PSTN加入者線多重伝送方式の主要諸元

項 目	内 容	
	小容量タイプ	中容量タイプ
収 容 回 線 種 別	一般電話(単独, PBX), 公衆電話, 共同電話, INSネット64	
RT 収 容 回 線 数	最大127回線/システム (アナログ電話換算)	最大381回線/システム (アナログ電話換算)
接 続 交 換 機	D70形自動交換機	
交換機インタフェース	集線通話路装置インタフェース(4M-HW)	
使 用 伝 送 路	光ファイバ加入者線伝送路 (6.312Mbps)	光ファイバ加入者線伝送路 (51.840Mbps)
加 入 者 線 試 験	RTTST方式又はメタリック試験線延長方式	
警 報 転 送	CTTSTにより交換機オペレーション システムと接続	

(2) ユーザービル設置形態

ユーザー宅内に設置したRT 2 (Remote Terminal Type 2) と ISM内のCT 2 (Central Terminal Type 2) とを光ファイバケーブルで直結し、ユーザー宅に複数の基本インタフェースを直接提供する。

3.1.2 1次群速度インタフェース

(1) 直接収容形態

ユーザー宅内に設置した1.5M DSU (1.5M Digital Service Unite) と ISM内の1.5M CT (1.5M Central Terminal) とを光ファイバケーブルで直結し、ユーザーに対して1次群速度インタフェースを提供する。この場合、提供インタフェースが複数であれば、多重伝送方式となる。

(2) 遠隔収容形態

基本インタフェースの場合と同様に、ISM非設置局エリアのユーザーに対しては、当該局に1.5M RT(1.5M Remote Terminal)を設置し、ユーザー宅内に設置する1.5M DSUとを光加入者線伝送方式により接続し、さらに既存デジタル中継伝送路を用いて1.5M CTに接続、Iインタフェース加入者線交換機に収容する。

3.2 装置構成

3.2.1 基本インタフェース

(1) デジタル回線終端装置 (DSU)

この装置は、メタリック加入者線伝送方式の回線終端装置であり、

加入者線多重伝送方式の場合は、1形遠隔装置 (RT 1) の局内回線終端盤 (OCU) と対向する。

(2) 1形遠隔装置 (RT 1)

この装置は、メタリック加入者線伝送方式の加入者線端局ユニット (SLT), 1形多重変換ユニット (RT 1 MUX), 及び遠隔装置共通ユニット (RT COM) から構成され、ISM非設置の遠隔局に設置される。

(3) 2形遠隔装置 (RT 2)

この装置は、回線終端ユニット (NT), 2形多重変換ユニット (RT 2 MUX) から構成され、ユーザー宅内に設置される。

(4) 1形局装置 (CT 1)

この装置は、中継伝送路を介してRT 1 MUXと対向し、局装置共通ユニット (CT COM) とともにISM架に実装される。

(5) 2形局装置 (CT 2)

この装置は、光ファイバケーブルにより直接RT 2 MUXと対向し、CT 1と同様にISM架に実装される。

3.2.2 1次群速度インタフェース

(1) 1.5Mデジタル回線終端装置 (1.5M DSU)

この装置は、直接収容の場合は、局装置 (1.5M CT) の局内回線終端盤 (1.5M OCU) と、遠隔収容の場合は、遠隔装置 (1.5M RT) の局内回線終端盤 (1.5M OCU) と対向する。

(2) 遠隔装置 (1.5M RT)

この装置は、多重変換ユニット (1.5M RT MUX), 遠隔装置共通ユニット (RT COM) から構成され、ISM非設置の遠隔局に設置される。

(3) 局装置 (1.5M CT)

この装置は、直接収容、遠隔収容の両収容形態の回線を終端する機能を持ち、1.5M DSUとは、光ファイバケーブルにより直接対向し、1.5M RT MUXとは、中継伝送路を介して対向する。具体的には、回線対応部に局内回線終端盤 (1.5M OCU) 若しくは伝送路インタフェース盤 (IF) を選択実装することにより対応する。

この装置は、局装置共通ユニット (CT COM) とともにISM架に実装される。

4. PSTN光加入者線多重伝送方式⁽¹⁾⁽⁷⁾⁽⁸⁾

ファクシミリやパソコン通信などの音声以外のメディアにも既存電話網 (PSTN) が利用されることなどから、電話の新設需要が増え続けている。このため、特に大都市部においては、ケーブルを収容する管路、マンホールあるいはとう道等の地下構造物の輻輳や行き詰まり状況は、深刻な問題となってきた。

一方、メタリックケーブルに比べ優れた特性を持つ光ファイバケーブルは、1981年に中継・市外系に、次いで1984年から高速デジタル専用線サービス等の提供を目的として、主に大都市の加入者系へ導入が開始され、さらに1989年には、前述のISDN 1次群速度インタフェースサービスの提供も加わり、光加入者ネットワークは、現在のアナログ電話サービスを中心に提供するために構築されたメタリック加入者ネットワークにオーバーレイする形ながら面的な広がりを持ちつつある。しかしながら、今後、予想されるブロードバンドISDNに代表される通信ニーズの高速広帯域化に対応していくためには、現在のメタリックケーブルでは本質的に限界があり、オーバーレイ的ではなく将来を指向したインフラストラクチャとしての全面的な光加入者ネットワークの構築が要求されている。

以上の背景のなかで、現実的かつ確実な方策として、現在のサービスの中心である電話サービス等に対し、多重伝送技術の適用によりメタリック加入者線路区間のオール光ファイバ化を図る光加入者線多重伝送方式が考えられている。

4.1 システム構成

PSTN光加入者線多重伝送方式のシステム構成を図4に、主要方式諸元を表2に示す。

この方式は、ユーザービル等に設置したRT(Remote Terminal)とD70デジタル交換機設置電話局のCT(Central Terminal)とを光ファイバケーブルで直結し、ユーザービル等に複数の電話回線を提供する。これにより、複数のメタリックケーブルを光ファイバケーブルに置き替えることができる。

この方式は、都心部ビジネスエリアへの適用のほか、大都市周辺の再開発地域等の突発的な大規模需要への対応や小規模交換局の更改等にも適用しうるものである。また、加入者回路を差し替えることによりISDN基本インタフェースの提供も可能な構成がとられている。

4.2 装置構成

(1) 遠隔装置 (RT)

遠隔装置は、加入者線端局ユニット (SLIE若しくはA/I-SLT)、あるいは回線終端ユニット (A/I-NT)、多重変換ユニット (RT MUX)、及びキャビネットから構成される。なお、遠距離ユーザーの場合は、加入者線試験方式として、メタリック試験線の延長が図れないため、遠隔加入者線試験装置 (RTTST) が追加構成される。

(2) 局装置 (CT)

局装置は、光ファイバケーブルにより直結されたRT MUXからの多重化信号を集線接続により加入者線交換機に接続する。

なお、RT/CT間の監視制御信号、保守試験信号は、監視試験装置 (CTTST) を介して、局内オペレーション系の交換機総合保守方式 (MASTER)、加入者線試験を行う加入者線試験システム (SULTS) に接続される。

5. む す び

加入者線多重伝送方式は、従来、我が国においては、過疎地対策用として一部導入されているにすぎなかったが、デジタル多重段接続が可能なデジタル加入者線交換機の実用化、光ファイバ伝送技術、LSI技術の進展、更にはマイクロプロセッサ制御回路の経済化などによって、適用領域の拡大が図られたもので、さらに、今後、電話局集約等のサービスノードの配置見直しによる加入者ネットワークの再構築が進められていくなかで、この方式はその主要な構成要素となりうるものと考えられる。

当社は、これらの具現化に向けて貢献すべく技術開発を着実に進めて行く所存である。

最後に、日頃から多大の御指導を賜っているNTTネットワークシステム開発センタをはじめとする日本電信電話㈱の関係各位に深く感謝の意を表す。

参 考 文 献

- (1) 高島：光加入者ネットワーク，NTT R&D，**38**，No. 4，p.441 (1989)
- (2) 沖見ほか：デジタル加入者線伝送方式の動向，電子通信学会，信学誌，**66**，No.10，p.1060 (1983)
- (3) 八木ほか：デジタル加入者系の構成，電子通信学会，信学技報，CS82-50 (1982)
- (4) 小宮ほか：ISDN加入者伝送システム，NTT R&D，**38**，No. 7，p.729 (1989)
- (5) 滝川ほか：ISDN基本インタフェース用多重加入者線伝送方式，電子情報通信学会，信学技報，CS87-1 (1987)
- (6) 部谷ほか：I-SMD-B形加入者線多重伝送装置，三菱電機技報，**63**，No. 4，p.66 (1989)
- (7) 浅野ほか：加入者線多重伝送方式の実用化—電話CT/RT—，電子情報通信学会，1989年秋季全大，B-549 (1989)
- (8) 飛田ほか：SL-A/I形光加入者線多重伝送装置，三菱電機技報，**64**，No. 4 (予定)

火力タービン発電機用励磁装置の近代化

鈴木一市* 下村 勝** 甲斐克彦* 堀本昭裕*

1. ま え が き

火力タービン発電機用励磁装置は、その故障が発電停止につながる可能性があるなど社会的に影響が大きいため、従来から定期検査や設備改良が実施されてきた。さらに、最近では次の観点から励磁装置の近代化が強く要求されるようになってきた。

(1) 電力系統安定度の向上

近年、電力系統の大規模化、発電所の大容量化及び遠隔化に伴い、電力系統の供給信頼度向上のため系統安定度の向上が強く望まれ、経済面で有利な励磁装置に系統安定度向上対策を施す場合が増加している。

(2) 装置の信頼性向上

頻繁な負荷変動及び起動停止のような運用条件の過酷化などから、従来にも増して信頼性の高い装置が必要となってきた。

(3) 保守の容易化

発電所全体で運転保守の省力化が進められており、励磁装置に対しても保守・点検の容易化が必要となっている。

このような背景に対し、ブラシレス励磁装置又はサイリスタ励磁装置の最新技術を適用して近代化が図られている。

本稿では、これら励磁装置の近代化に対する最新技術動向及び具体的事例を述べる。

2. 電力系統安定度向上対策

一般的な電力系統安定度向上対策例を表1に示す^{(1)~(7)}。同表の対策のうち、超速応励磁、系統安定化装置(PSS)、適応形発電機安定化装置(GPAS)及び高圧側母線電圧制御(PSVR)が発電機の励磁装置改善により対応できる。これらの装置の性能を有効に発揮させるためには、従来から高い応答性を持つ励磁装置が必要である。ここでは、超速応励磁と系統安定化装置の効果の概要を述べる。

2.1 過渡安定度向上

電力系統の事故時、発電機の電気出力と機械入力とのアンバランスにより発電機は加速し脱調に至ることもある。これに対し、超速応励磁方式のように応答性の高い方式を適用すれば、系統事故時に発電機の励磁をすばやく強め、発電機内部誘起電圧を高めることから、発電機出力は増加し加速が抑制されるため過渡安定度が向上する。

超速応励磁方式の過渡安定度向上効果を図1に示す。発電所至近端で短絡又は地絡事故(各故障は故障リアクタンスで模擬)を起こし、4サイクル後事故回線を遮断する系統事故を想定した。また、限界リアクタンスとは、安定に送電できる最大の送電線リアクタンスであり送電線距離に相当する。図1から、従来装置の中で比較的応答性の高い標準型ブラシレス励磁方式(頂上電圧4 p.u., 応答時間0.8秒)に比べ、超速応ブラシレス励磁方式及び超速応サイリスタ励磁方式(共に、頂上電圧5 p.u., 応答時間0.1秒以下)では、それぞれ限界リアクタンスが約15%、約10%増加しており大きな向上効果があることが分かる。また、超速応型で両励磁方式での差は、励磁電源がブラシレス励磁方式では軸直結型副励磁機、サイリスタ励磁方式では発電機端子電圧を使用している(事故中端子電圧が低下する。)ことにより生じている。

なお、当社においては、ブラシレス励磁方式及びサイリスタ励磁方式のいずれの方式においても、超速応型の製作及び運転実績を十分持っている。

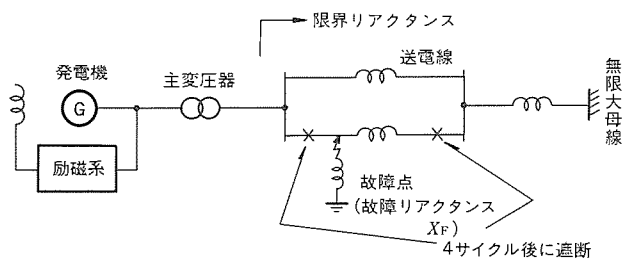
2.2 定態安定度(中間領域の安定度)向上

2.1節で述べたように、超速応励磁方式を適用することにより過渡安定度を向上できるが、反面定態安定度を低下させる傾向にある。このような場合、又は系統構成により定態安定度が低い場合は、向上対策として系統安定化装置(PSS)が適用される。

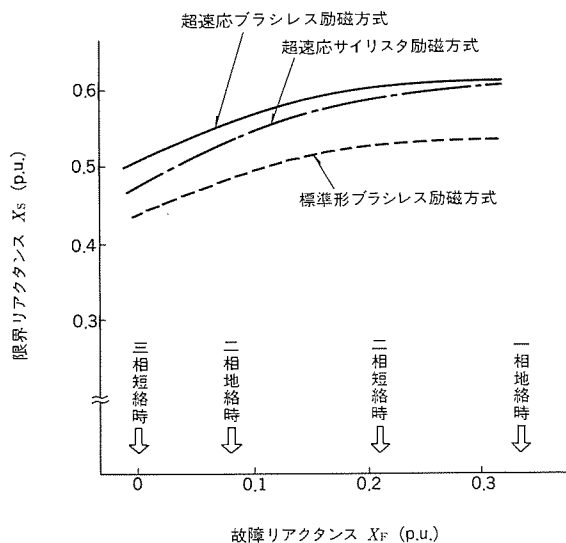
PSSを従来形の励磁装置に付加した場合と超速応励磁装置に付加

表1. 各種電力系統安定度向上対策

No.	対 策	系統安定度向上の効果	備 考
(a)	直列コンデンサ	●過渡安定度、定態安定度の向上	
(b)	制動抵抗	●過渡安定度の向上	
(c)	超速応励磁	●過渡安定度の向上 ●PSSの付加による定態安定度の向上も大きい。 ●電圧維持にも若干効果あり。	
(d)	タービン高速バルブ制御	●過渡安定度の向上	
(e)	制止形無効電力補償装置	●電圧維持(電圧不安定に効果) ●定退安定度の向上	SVC:Static Var Compensator
(f)	系統安定化装置	●定態安定度の向上	PSS:Power System Stabilizer
(g)	適応形発電機安定化装置 (b,c,d項の協調制御)	●過渡安定度、定態安定度の向上	四国電力(株)と共同開発。 GPAS:Generation Plant Advanced Stabilizer
(h)	高圧側母線電圧制御	●電圧維持(電圧不安定に効果)	東京電力(株)でシステム開発。 PSVR:Power System Voltage Regulator

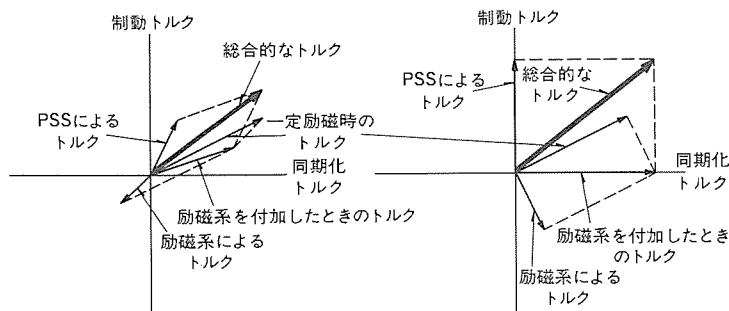


(a) 想定系統事故



(b) 各種故障と過渡安定度

図1. 超速応励磁方式の過渡安定度向上効果



(a) 直流励磁機方式の場合

(b) 超速応励磁方式の場合

図2. 励磁方式による同期化トルク、制動トルクの相違

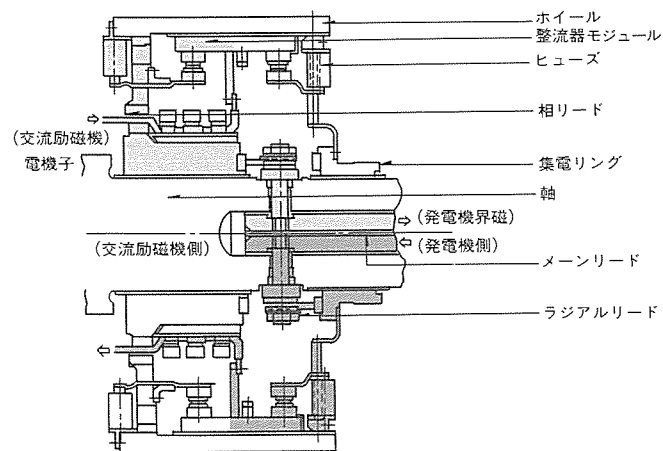


図3. MARK III型回転整流器

した場合とでは、その効果に差異がある。図2に、応答性の低い従来形の直流励磁機方式と超速応励磁方式の場合の同期化トルクと制動トルクの関係を示す。この特性から次のことが言える。

2.2.1 励磁系の付加によるトルクの変化

(1) 直流励磁機方式

励磁系の遅れが大きいため、電力動揺周波数領域での同期化及び制動の両トルクは共に小さくなる。ゲインが低いため制動トルクの減少は顕著ではない。

(2) 超速応励磁方式

励磁系の遅れは小さいため、電力動揺周波数領域での同期化トルクは増加し、制動トルクは減少する。ゲインが高い分だけ制動トルクの低下は顕著である。

2.2.2 PSSの効果

(1) 直流励磁機方式

励磁系の遅れが大きいため、より大きな進みの位相補償及びより高ゲインのPSSが必要となる。しかし、高周波領域で高ゲインとなるため、ノイズ及び軸ねじ（振）り振動成分などの影響により理想的な位相補償及びゲインの確保は困難であり、安定度の向上効果は小さい。

(2) 超速応励磁方式

励磁系の遅れが小さくかつゲインも高いため、理想的位相補償及びゲインの確保が容易である。このため安定度の向上効果は大きい。

以上のように、定態安定度向上に対しても応答性の高い超速応励磁方式の適用は有効であると言える⁽⁴⁾。

3. 励磁装置の信頼性向上技術

3.1 ブラシレス励磁機の信頼性向上

3.1.1 MARK III型回転整流器

現在、回転整流器は信頼性を向上させたMARK III型を採用している（図3参照）。この特長として、「ダイオードを平形にして電流量を上げ素子数を減らすとともに、その逆耐電圧を上げてサージ吸収用コンデンサを除くことにより、整流回路を簡素化して信頼性を向上させる。」「整流部品を外部で一体組立て（モジュール化）をする構造により、組立分解保守を容易にして品質を向上させる。」「整流回路を簡素化したことにより整流器ホイール個数が減少し、軸長及び基礎寸法が短くなる（図4参照）。」の3点があげられる。

3.1.2 軸振動特性の向上

過去の火力用一軸受MARK II ブラシレス励磁機は、運転速度以下に共振倍率が高い励磁機危険速度を持ち、かつ発電機軸振動の影響を受けやすいために、定期点検後励磁機危険速度に対する軸振動調整回数が多くなったり、発電機のわずかな軸曲がりによって起動時と停止時で励磁機危険速度通過時の振動が変化することがあった。

当社は、この一軸受MARK II ブラシレス励磁機の振動特性に対し、次の根本的な解決策を開発した。

(1) 二軸受ブラシレス励磁機

発電機と励磁機間にフレキシブルな中間軸を設け発電機と励磁機の振動を分離し（図5参照）、また軸受の数の増加によりダンピングを増し共振倍率を下げた。

(2) MARK III ブラシレス励磁機

3.1節(1)で述べた大幅な軸長短縮（図4参照）により、一軸受機の場合励磁機危険速度を運転速度以上とした。

これらの解決策により、振動特性を大きく改善することができ、

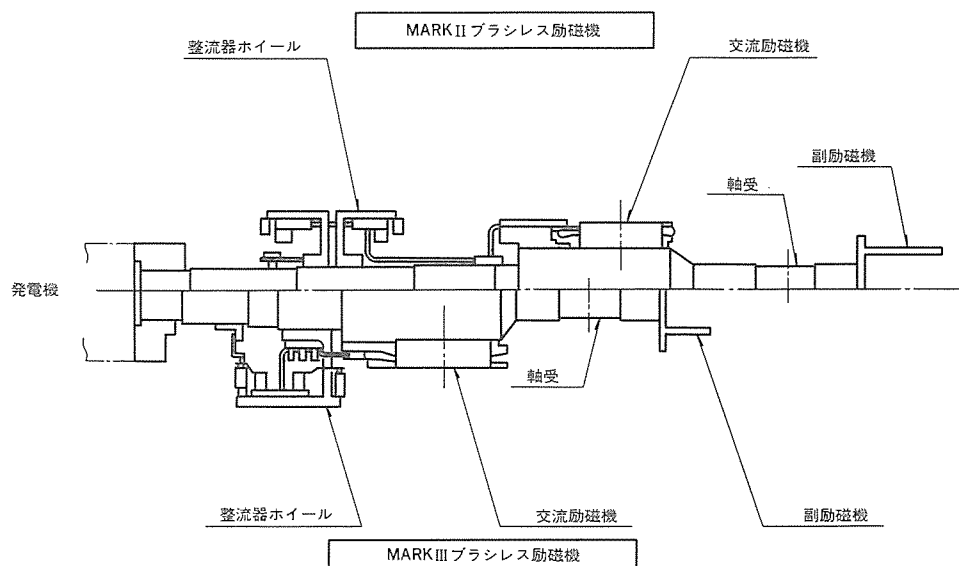


図4. MARKIIとMARKIIIブラシレス励磁機軸系の比較

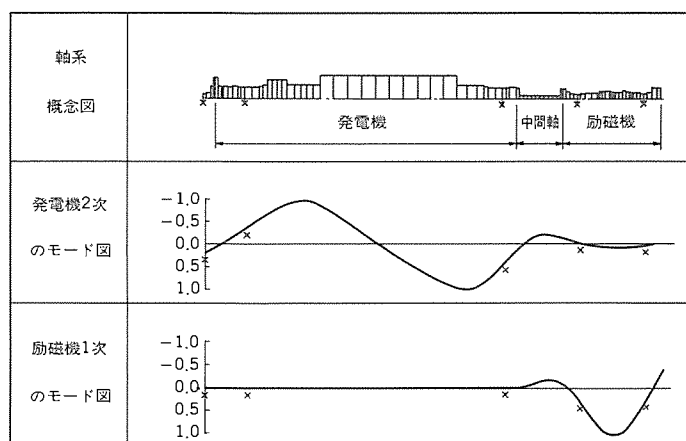


図5. 二軸受ブラシレス励磁機の各危険速度におけるモード図

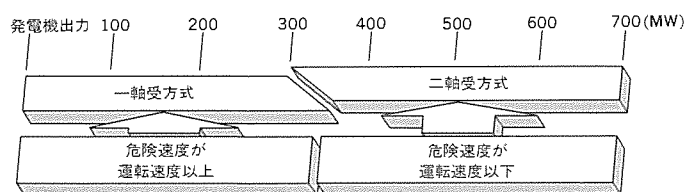


図6. ブラシレス励磁機軸系適用基準（2極発電機用）

表2. ブラシレス励磁機への改造機における試運転時の軸振動値

	定格回転数 (rpm)	発電機 定格出力 (MW)	励磁機 定格出力 (MW)	ブラシレス励磁機 形式	試運転時励磁機軸振動値*	
					無負荷定格速度時	負荷時
A機	3,000	175	1,050	一軸受MARKIII	0.9	1.0
B機	3,000	600 (クロスコンパウンド)	1,350	一軸受MARKIII	0.7	1.0
C機	3,600	450	2,300	二軸受MARKIII	2.3	2.3

(注) *印単位: $\frac{1}{100}$ mm両振幅

現在、図6に示す二軸受と一軸受ブラシレス励磁機の適用基準を設けて運用している。

国内プラントにおいて、既設直流励磁機をブラシレス励磁機に更新した工場の現地試運転時の軸振動状況を表2に示す。いずれも軸

振動値は小さく非常に良好であった。

3.2 制御装置の信頼性向上

3.2.1 装置の信頼性向上

当社の主な励磁制御装置（AVR）の変遷と現状を表3に示す。この変遷に伴い、性能・保守性・信頼性を向上させている。また、一定期間経過した装置は、装置全体が劣化してきており部品の取替えのみでは十分な信頼性向上が望めないことから、10～15年での装置全体の更新を実施している。

3.2.2 システム改善

部品段階からの品質管理を実施し装置の高信頼性の確保に努めているが、部品の故障確率は零ではなく、プラント運転に影響を与えることもありうる。このため、たとえ部品が故障した場合でもプラント運転への影響を最小限とするため、表4のようなシステム構成の適用が増加してきている（ただし、標準としてではなくオプションとしての適用）。このほか、2系列システム+個別モニタのシステム構成もあるが、価格が高いこともありあまり一般的でないのでここでは省略する。

3.2.3 デジタル形励磁制御装置（MEC5000シリーズ）

当社としてのデジタル形励磁制御装置の実績を以下に示す。

(1) 日本原子力研究所トロイダルコイル電源設備（JT60）用励磁装置（昭和58年）

①数種類の制御ループ（方式）をソフトウェアとして内蔵しており、制御ループを切り替えて使用できるシステムとなっている、②コイル磁場による影響を防止するため、一部に光伝送を適用した装置で現在稼働中である⁽⁹⁾。

(2) 発電機安定化装置（GPAS）の試作及び実機試験（昭和60年）

四国電力(株)と当社が共同開発した、過渡から定常領域までの安定度改善が可能な総合制御装置であり、水力発電所で性能試験及び1年間の信頼性確認試験を実施した⁽⁴⁾⁽⁵⁾。

現在、これらの経験をもとに、より高速でかつ高性能の励磁制御装置を開発中であり、近々MEC5000シリーズとして製作開始する予定である。また、デジタル化のメリットとしては、

- (1) 故障診断機能の充実（RAS機能）
- (2) 異常発生時のデータロガー機能

表 3. 励磁制御装置 (AVR) の変遷と現状

製作期間	形 式 及 び 変 遷	現 状
昭和19年	BJ形AVR接点式 ↓ 改良点 ・無接触化 ・速応性 ・連続動作化(不感帯なし)	現在生産中止 保守不可
昭和32年	マグ・ア・スット形AVR トリニスット形AVR磁気増幅器方式 (一部出力部にサイリスタ増幅器使用) ↓ 改良点 ・AVR特性の画一化 ・調整、設定の簡素化 ・メンテナンス性の向上 ・PSS等付加機能の充実	現在生産中止 保守不可
昭和40年	MWTA形AVR半導体 ↓ 改良点 ・使用部品の国産化 ・設定精度の向上 ・カード枚数の縮減	現在生産中止 保守可能
昭和50年	MEC3000形AVR半導体	現在生産中 現在の標準
昭和53年		
昭和55年		
	製作台数 MEC3100形AVR.....直流励磁機用.....約35台 MEC3200形AVR.....ブラシレス励磁機用.....約50台 MEC3300形AVR.....ブラシレス励磁機用(小容量用).....約10台 MEC3400形AVR.....サイリスタ励磁装置用.....約70台 (1989年現在、水力・火力・原子力含む)	

表 4. システム信頼性向上対策

	AVR部の二重化	過励磁保護装置(OEP)	低励磁保護装置(MEP)
概 要	AVR部を常用、後備の二重化構成とし、常用AVRの故障により、自動的(緊急時)に後備AVRへ切り替える。	AVR部が故障し、過励磁状態がある時間継続したとき、自動的にAVRを除外する。	AVR部が故障し、低励磁状態となったことを検出し、AVRを除外する。
AVR故障時の運転	AVR自動運転	手動運転	手動運転
故障検出範囲	AVR部全体	過励磁測暴走(低励磁保護装置との併用が望ましい。)	低励磁測暴走(過励磁保護装置との併用が望ましい。)
切替後の挙動	AVR自動運転であり、界磁電圧、電流の復帰が早い。そのためユニット停止に至る確率は低い。	発電機界磁巻線の保護が目的であり、手動運転に切り替えることにより、許容値まで復帰する。	手動運転であり、界磁電圧、電流の復帰が遅いため、系統又は運転状態によっては脱調によりユニット停止に至る場合もある。

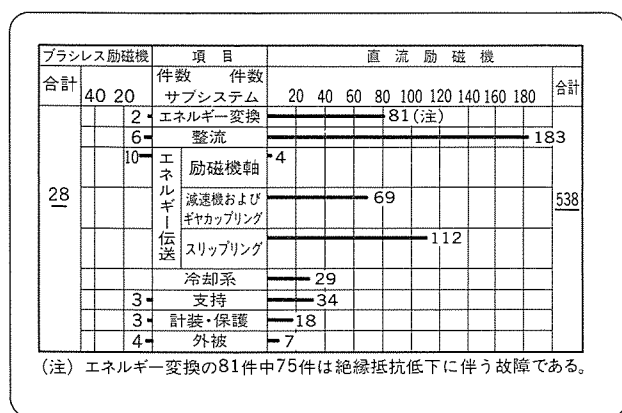


図 7. 故障事例件数の比較

(3) 高付加価値機能の付加が可能
などがあり、系統安定度向上、高信頼性が期待できる。

4. 励磁装置の近代化内容

4.1 近代化に対する励磁装置の選択方法

(1) 各種励磁装置の比較

既設直流励磁機方式と既設ブラシレス励磁方式における問題点を、その具体的な故障事例の分析及びQC手法の故障モード影響解析(FMEA)により抽出した(図7及び図8参照)。これらの結果が

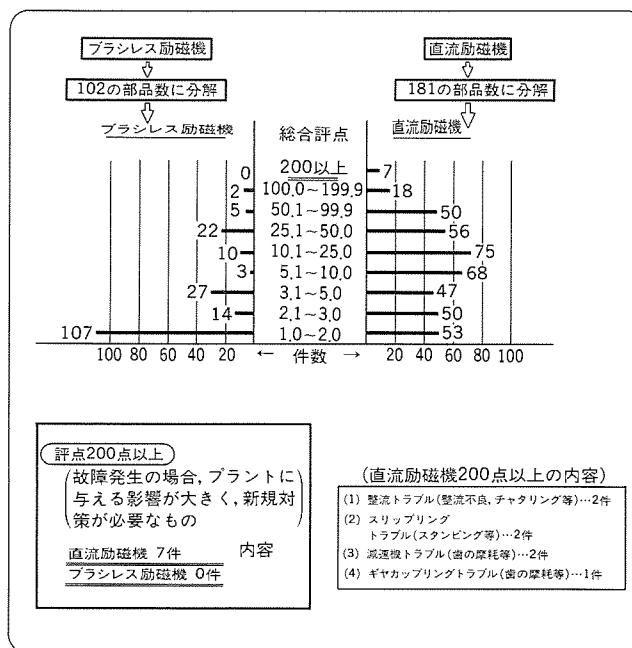


図 8. FMEAによる分析結果の比較

ら、直流励磁機特有の整流子部以外に発電機のスリップリング部が弱点であることが分かる。ブラシレス励磁機は全体に信頼性が高く、問題は軸振動応答に集中していた。この検討に使用したのは既設一軸受MARKIIブラシレス励磁機であり、3.1節で述べたように現在既に軸振動問題は技術的に解決している。

近代化に対する各種励磁装置の比較を表5に示す。発電機のスリップリング部が無いこと及び構成機器が少ないことから、ブラシレス励磁方式が近代化に対する励磁装置として一番適していることが分かる。

(2) 励磁装置の選択方法

当社では、図9に示すように、客先の御要求及び既設装置の状況に沿った最適な励磁装置を選択できる方法を取っている。この選択フローとして、まずブラシレス励磁装置への検討を行い、不可の場合は超速応に対応できるとの観点からサイリスタ励磁装置への検討を行う選択方法を基本としている。

4.2 励磁装置の近代化事例

表 5. 近代化に対する各種励磁方式の比較

	ブラシレス励磁方式	サイリスタ励磁方式	別置交流励磁機方式
概略単線 接続図			
改造工事 内容 他	- 発電機軸端を改造 - スリップリングのスペースに励磁機を設置	- 励磁トランス、サイリスタ盤を既設別置直流励磁機のスペースに設置 - ケーブルブスタクトの布設 - 工期大	- 交流励磁機を既設別置直流励磁機のスペースに設置 - 整流器盤をタービンフロアに設置 - ケーブルブスタクト布設
応答性	普通又は早い(速応化の場合)	早い (ただし、外部系統の変動の影響を受けることがある。)	普通
軸系 ・軸長 ・バランス	長い 容易	短い 容易	短い 容易
保守性	運転中は外部から目視点検	常時、発電機用ブラシの交換と電流集中の監視や手入れが必要(手入れを怠るとリングファイヤーの可能性あり。)	左記に加え、励磁機用スリップリング部の保守必要
経済性	- 構成機器が少ない。 - 補機動力が少ない。	構成機器が多い。	構成機器が多い。

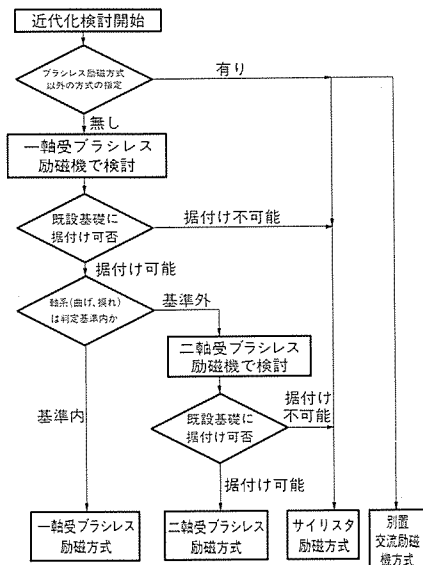


図 9. 励磁装置の選択フロー

現在までに実施した励磁装置の主な近代化項目と実績を表 6 に示す。同表から、系統安定度向上のために励磁装置を近代化する最近の傾向が分かる。また、過去、新設プラントで経験の豊富なブラシレス励磁方式やサイリスタ励磁方式だけでなく、別置交流励磁機方式においても実績を持っている。

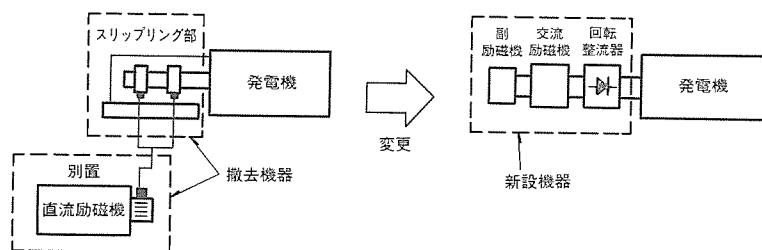
近代化事例の一例として、図 10 に別置直流励磁機から一軸受 MARK III ブラシレス励磁機へ変更した実施例を示す。軸長を短縮した MARK III ブラシレス励磁機のため、既設基礎架台を変更することなく近代化している。

5. む す び

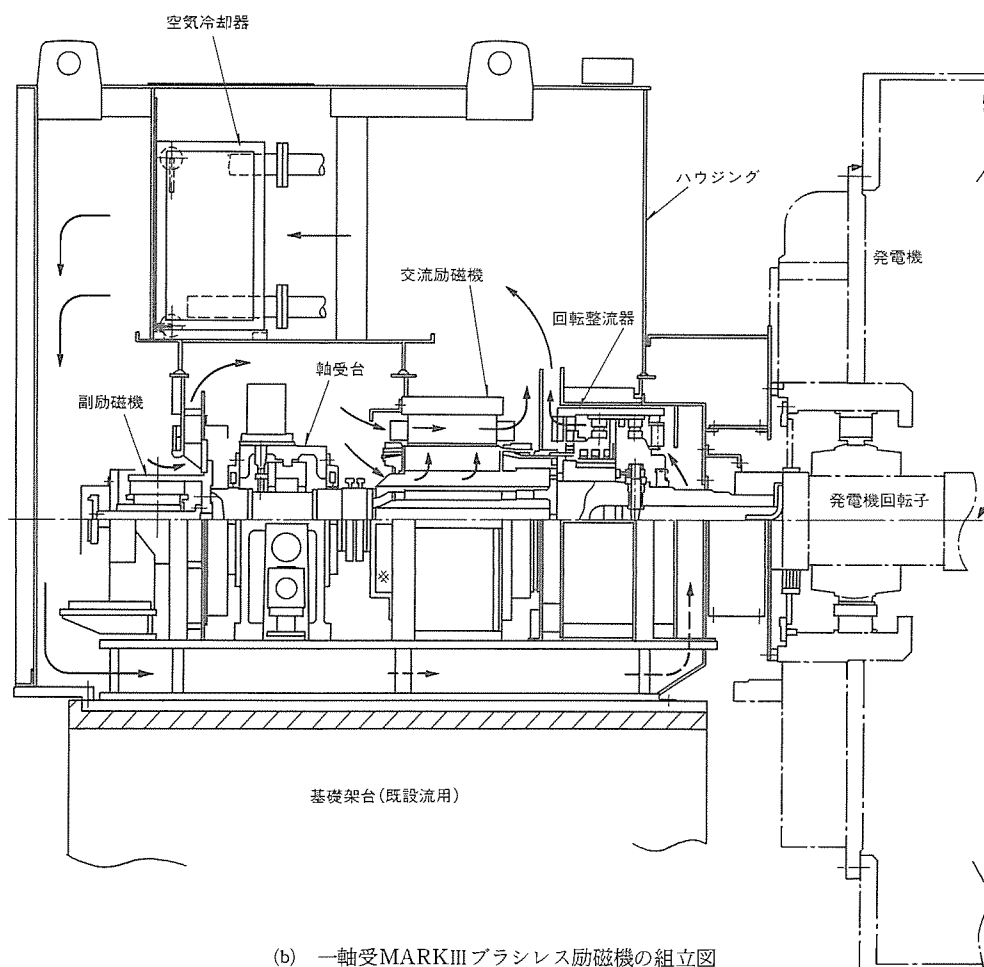
火力タービン発電機用励磁装置の近代化は、近年、単に信頼性向上のための既設機器の設備改善のみでなく、電力系統安定度向上及び保守性改善の観点から励磁方式変更の段階へ進んできている。ここでは、その要求に対応できる技術の一端を紹介するとともに、実際の実施事例を述べた。

表 6. 火力タービン発電機用励磁装置の近代化項目と実績

種類	既設励磁装置	近代化の目的	近代化の内容	発電所での 概略所要日数 (日)	製作 実績 (平成元年 12月現在)	備考
励磁方式 変更	直 流 励 磁 機	●系統安定度向上 ●信頼性向上 ●保守改善	●MARK III ブラシレス励磁機に変更 (PSS付き)	50	6 (うち3台超速応)	図10 (一例)
		●系統安定度向上 ●信頼性向上	●サイリスタ励磁装置に変更 (PSS付き)	60	2	—
			●別置交流励磁機に変更 (PSS付き)	50	4	—
ブラシレス 励磁機 改造	一軸受MARK II ブラシ レス ブラシレス励磁機	●信頼性向上	●一軸受MARK III ブラシレス 励磁機に変更	40	4	—
励磁制御 装置改造	PSSなし	●系統安定度向上	●PSS追設 (AVR変更なし)	20	11	—
	BJ形AVR 磁気増幅器形AVR	●信頼性向上	●MEC3000 シリーズ AVR に変更 (励磁方式変更なし)	40	約40	—



(a) 励磁機変更内容



(b) 一軸受MARKIIIブラシレス励磁機の組立図

図10. 175MWタービン発電機用励磁装置の近代化事例

今後、現在までの開発、設計、製作技術をベースに、更に電力系統安定度を向上させることが可能なデジタル形励磁制御装置を開発及び製作するとともに、更に信頼性の高い励磁装置を製作する所存である。

参 考 文 献

- (1) 電気協同研究会：電気協同研究，34，No. 5（昭54）
- (2) 天笠ほか：火力原子力発電，34，No.12，p.1391（昭58）
- (3) 中屋ほか：三菱電機技報，62，No. 7，p.610（1988）

- (4) 杉本ほか：電気学会論文誌，106-B，No.11，p.933（昭61）
- (5) 杉本ほか：電気学会論文誌，106-B，No.11，p.941（昭61）
- (6) 道上ほか：電気学会全国大会，No.1013（平1）
- (7) 道上ほか：電気学会全国大会，No.1052（平1）
- (8) 奥野ほか：オーム，1月号，p.121（昭63）
- (9) 清水ほか：電気学会全国大会，No.60（昭60）

水車発電機用ブラシレス励磁方式と 非接触式異常検出装置

松枝泰生* 本川幸雄**

1. ま え が き

最近の水力発電所納入機器は、省力化・遠隔制御化の志向増大に伴って、従来にも増して高信頼性、保守性向上が要求されるようになってきている。このような背景のもと、水車発電機用励磁方式においても、経済性・保守性、信頼性を考慮して、高速機に対してはコンパクト化が図れ、かつブラシ、スリップリングが不要となるブラシレス励磁方式を採用されることが多くなってきている。

特にブラシレス励磁方式の採用が増えてきた要因として、次の2点が挙げられる。

- (1) 低速大容量水力の建設が減少し、比較的高速の中小水力の建設が推進されている。
- (2) 既設発電機の近代化（予防保全）に際して、無人化・集中制御化を目的とした改修が行われている。

このような背景により、ブラシレス励磁機の信頼性、保守の容易性を更に向上させることが求められ、同時に、ブラシレス励磁方式を採用したときの保護についても、ブラシレス励磁方式の特長を損なわない方式のものが必要となる。

本稿では、三菱水車発電機用ブラシレス励磁方式の特長と、非接触方式による界磁地絡検出装置及び回転整流器故障検出装置について述べる。

2. 三菱水車発電機用ブラシレス励磁方式

2.1 ブラシレスの原理と特長

図1にブラシレス励磁方式の原理を示す。発電機上部に設置した交流励磁機の出力を回転整流器に導き、ここで直流に変換し、発電機の界磁巻線（回転子）に供給するものである。交流励磁機の電機子、回転整流器及び発電機の界磁は、同一軸上にあるので、直流出力と静止部に取り出す必要がなく、整流子、スリップリング及びブラシなどのしゅう（摺）動部分が不要な構造となっている（図2参照）。

この方式により次のような特長を持っている。

- (1) ブラシ及びスリップリングがないため、これら摺動接触部に関する保守が一切不要となる。
- (2) 一般にブラシに起因したトラブルが多く、これを皆無とすることができる。
- (3) ブラシ摩耗粉による汚損、絶縁抵抗の低下などの問題がなくなる。
- (4) キュービクルが小さく、サイリスタ励磁装置に比較し、占有面積が小となる。
- (5) 界磁遮断器、界磁調整器並びに励磁機と発電機界磁間の直流リードが不要となる。

2.2 交流励磁機

交流励磁機は通常の同期発電機と同じであるが、回転電機子形という特色を持っており、回転子（電機子）は、回転整流器とともに

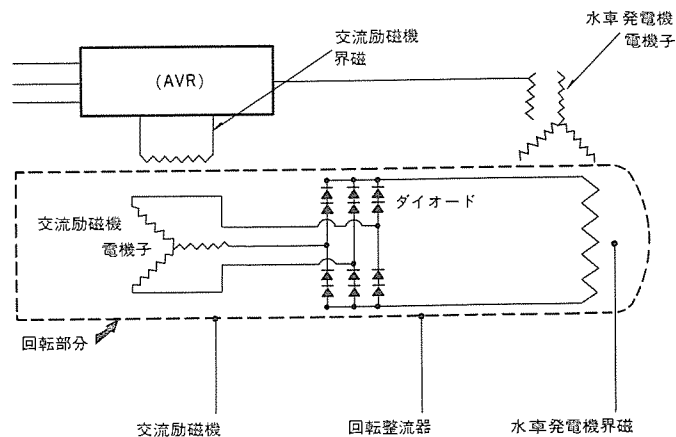


図1. ブラシレス励磁機の原理

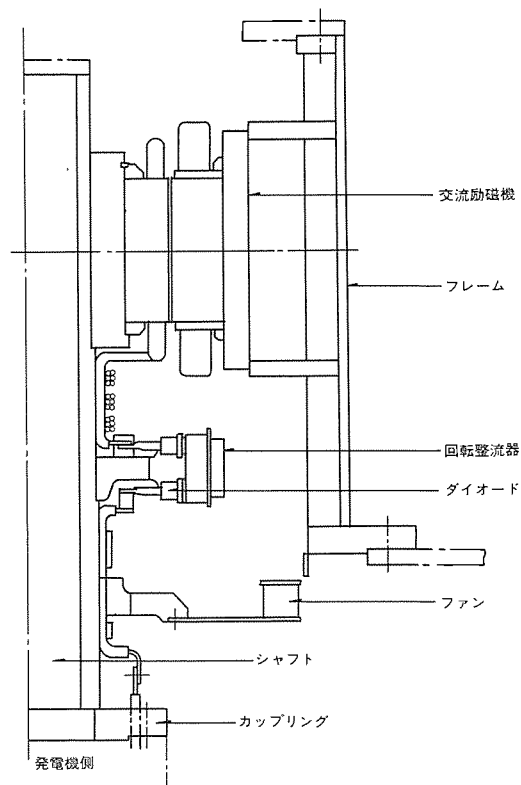


図2. ブラシレス励磁機の組立断面

発電機回転子と同一軸上に取り付けられている。電機子巻線は三相Y結線で、F種絶縁を施し、またコイル端部はガラスバンドで支持され遠心力に耐える構造となっている。

2.3 回転整流器

回転整流器は、整流器ホイールとそのホイール内周に取り付けら

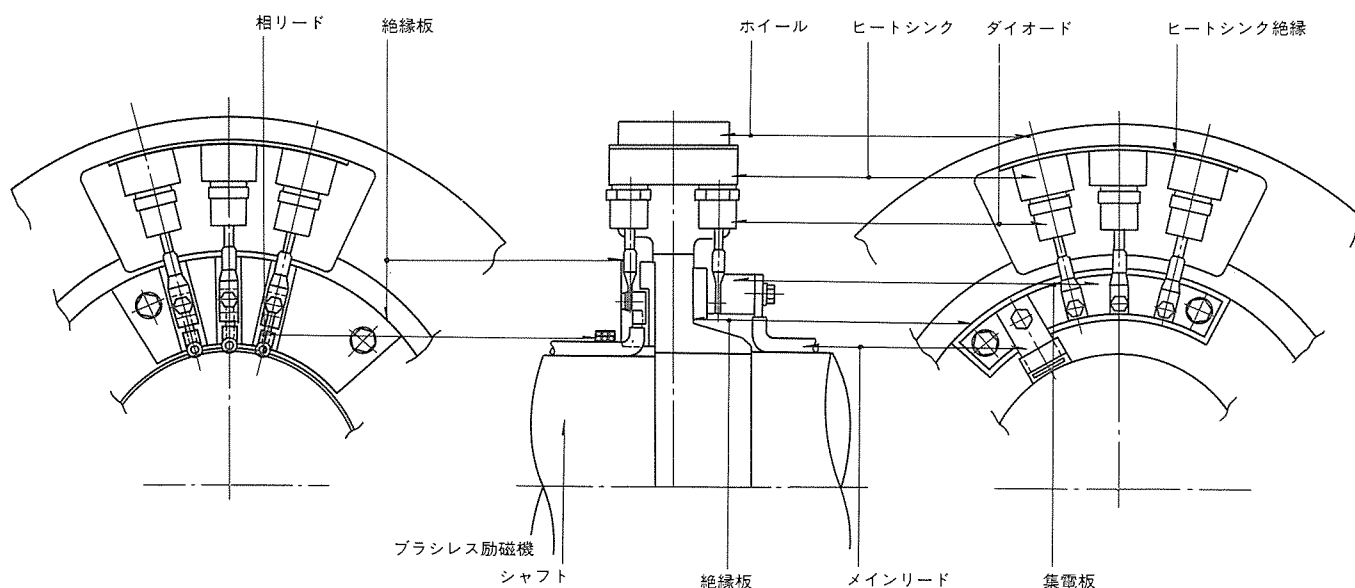


図 3. ホイール組立て例

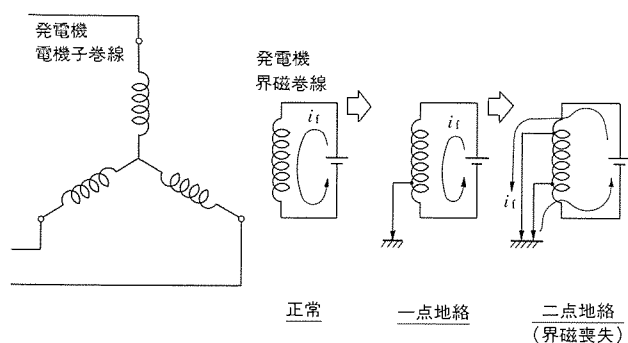


図 4. 界磁巻線の地絡事故

れたダイオードからなっている (図 3 参照)。

回転整流器の構成を表すのに、例えば、

2S-1P-6A
 アーム数を示し、三相全波整流の場合は 6。
 ダイオードの並列個数を示し、使用電流によって決まる。
 ダイオードの直列個数を示し、標準は 2。

と表し、上記の場合のダイオード数は 12 個となる。ダイオードは性能上からは 1S (直列数 1) でもよく、回転試験を含め十分に検証された実績のあるものを採用しており、高い信頼性を持っているが、万一、1 個のダイオードが不良 (短絡) となっても直列に接続したもう 1 個のダイオードで連続運転が可能となるよう 2 個直列 (2S) を標準としている。

このダイオードは 1 個でも、発電機事故時など回路に発生する逆電圧より高い逆耐圧能力を持っている。これに加えて、より高い信頼性を要求される大容量ブラシレス励磁機では、逆電圧保護のためバリスタ (非直線抵抗) を使用することもある。

3. 非接触式異常検出装置

前述のように、ブラシレス励磁装置を採用した場合には、ブラシ及びスリップリングが不要となることによる長所が最も大きい。ところが、このブラシ及びスリップリングがなくなることにより、それまでこれらを介して得ていた回転子の情報が得られなくなる。従

来と同様の検出方法を採用すれば、それ専用のブラシ及びスリップリングが必要となり、ブラシレス励磁装置の特長を損なうことなしに連続検出を行うことが困難となる。

そこで、ブラシレス励磁方式の場合、回転部の監視対象として要求の高い発電機界磁地絡検出とブラシレス励磁機の回転整流器故障検出を非接触方式で行うことを標準としている。

3.1 界磁地絡検出装置

発電機の界磁回路には励磁装置から得られる直流電流が流れているが、この界磁回路のある 2 点で地絡が発生すると、最悪の場合界磁喪失に至り発電機の系統からの脱調といった大きな事故に結びつくこともある。これを避けるためには、一点地絡の状態でも地絡を検出し対策をとる必要がある (図 4 参照)。発電機の界磁回路は回転子側にあっても、従来は励磁電流がスリップリングを介して静止側から供給されていたため、静止側で監視することが可能であった。これに対し、ブラシレス励磁方式を採用した場合には、ブラシ及びスリップリングに代わって光信号を用いて界磁巻線の地絡の有無を監視する方式を採用している。

図 5 にこの検出方法と従来方法との概要を示す。この方式では、

- (1) 回転部で界磁巻線の地絡を検出する。
 - (2) 光信号 (パルス) で回転部から静止部に伝達する。
 - (3) 受光した静止部から地絡検出リレーを動作させる信号を出す。
- という方法を用いている。

この検出装置の原理を図 6 に示す。界磁巻線上の任意の点 F に一点地絡が発生すると、界磁巻線の抵抗と回転部の検出器内の抵抗とによってブリッジが形成され、

$$\frac{RF_1}{RF_2} \neq \frac{VR+R_1}{R_2} \quad \dots\dots\dots(1)$$

RF_1, RF_2 : 界磁巻線抵抗
 VR : 検出器内の非直線抵抗
 R_1, R_2 : 検出器内の抵抗

なる関係が成立した場合、フォトダイオード PC に微少な地絡電流が流れる。これを検出して光パルスに変え、静止側に界磁回路の地絡として伝達する。ここで仮に、

$$\frac{RF_1}{RF_2} = \frac{VR+R_1}{R_2} \quad \dots\dots\dots(2)$$

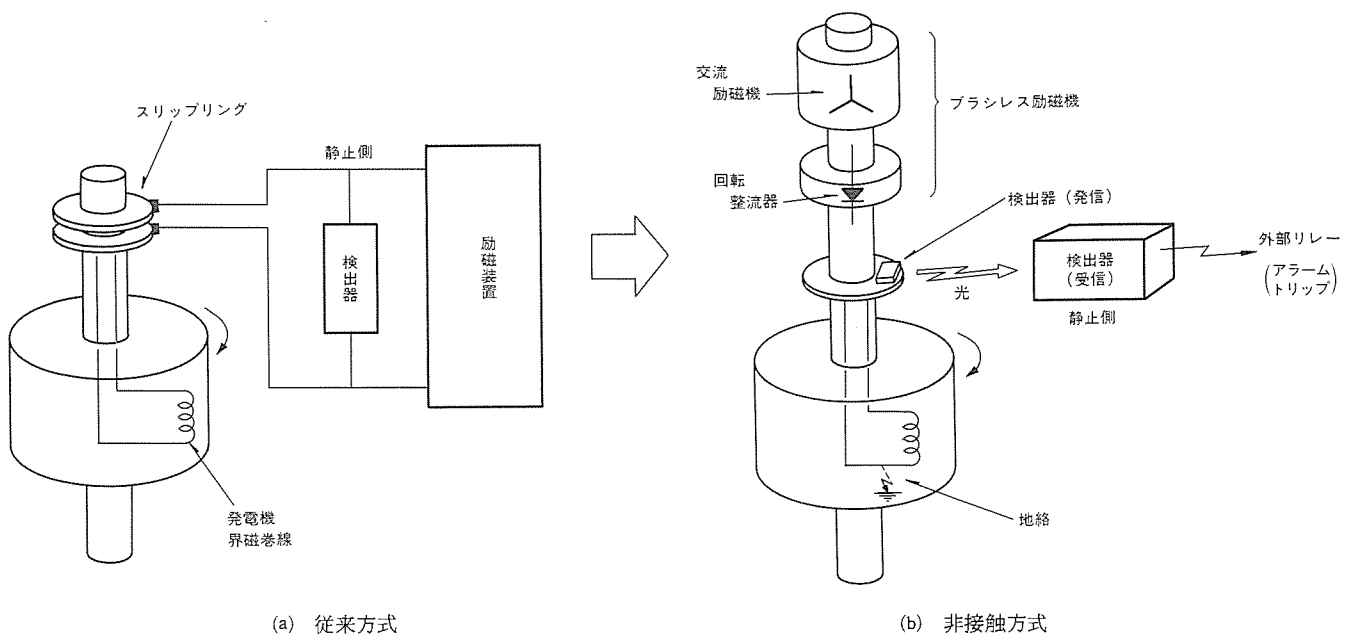


図 5. 界磁地絡検出器の概要

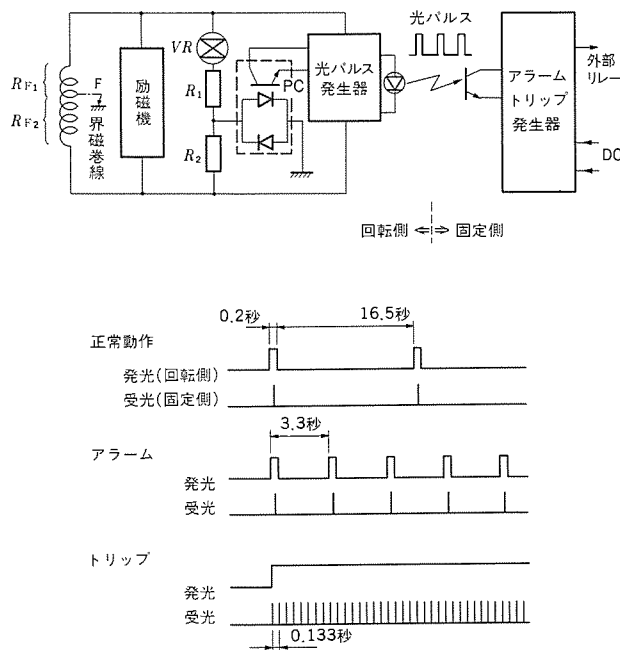


図 6. 非接触式界磁地絡検出原理と光パルス

なる関係が成立しても、発電機出力が変化するとそれに伴い励磁装置出力電圧が変化することになり、非直線抵抗 VR の値も変わる。これにより、ブリッジの平衡が崩れフォトダイオード PC に地絡電流が流れる。

この界磁地絡検出装置の特長は以下のとおりである。

- (1) 回転部側から静止部側への信号伝達が光パルス方式であるため、周囲の機器によるノイズに強く、また光軸のずれやレンズの汚損などによる光量の減少に対してもその影響を受けにくい。
- (2) 地絡電流に対して 2 段階の設定ができる構造となっており、各設定値を越えた地絡電流が流れると、各々の電流に対応したパルス間隔の光信号が送出される。これにより、警報(アラーム)、停止(トリップ)の 2 段階設定が可能となる。
- (3) 地絡電流の 2 段階の検出設定値に対し、五つの設定端子が用意さ

れており、任意に選択・変更が可能である。

(4) この検出装置の回転部の動作電源にはブラシレス励磁装置の直流出力を用いているため、他に特別な電源を準備する必要がない。

(5) 地絡電流が設定値以下のときにも、検出装置の回転部が正常動作を行っていることを示すパルスが発生させる自己チェック機能を持っており、静止部側で正常動作信号を取り出し表示させることができる。

(6) 定期点検などの発電機停止時には、この検出装置の静止部側で、模擬信号が発生させ機能を確認する静止部の自己チェック機構を持っている。また、これは静止部に接続された外部配線及びリレー接点を含めてチェックできるものである。

(7) この検出器は、回転部側・静止部側への取付けに必要なスペースさえあれば、ブラシレス励磁装置及び発電機に特殊な改造をする必要はない。

3.2 回転整流器故障検出装置

前述のように、ブラシレス励磁装置の回転整流器のダイオードは 2 個直列接続を標準としており、仮に 1 個のダイオードに故障が発生しても直列に接続した残りのダイオードで連続して運転することが可能となっている。しかしながら、何らかの原因により、全波整流回路の 6 アームのうちの 1 アームにおいて直列 2 個のダイオードが共に故障し導通状態となった場合、交流励磁機出力端で三相短絡や線間短絡と同様な現象が発生し、他の健全なアームに過電流が流れ、他のアームのダイオードの故障を引き起こし、事故を拡大させるおそれがある。そこで、1 アームのダイオードに故障(短絡)が発生した段階で、それを検出する回転整流器故障検出装置を設けている。

回転整流器の 6 アームのダイオードのうち、いずれかのアームのダイオードが直列 2 個とも故障(短絡)した場合、その短絡電流により交流励磁機の界磁巻線には、交流励磁機の基本周波数成分の電流が誘導される。この基本周波数の誘導電流を交流励磁機の界磁回路(静止側)で検出し、回転整流器故障を判断する。これにより回転整流器の故障を、静止側のみで連続的に監視することが可能となった。

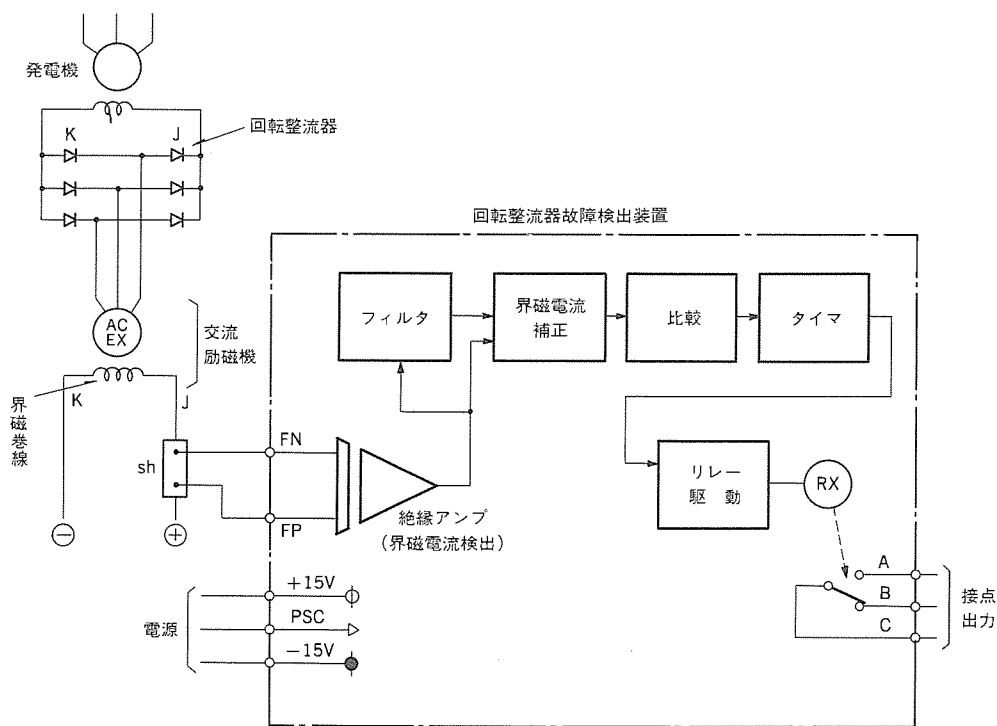


図 7. 回転整流器故障検出装置のブロック図

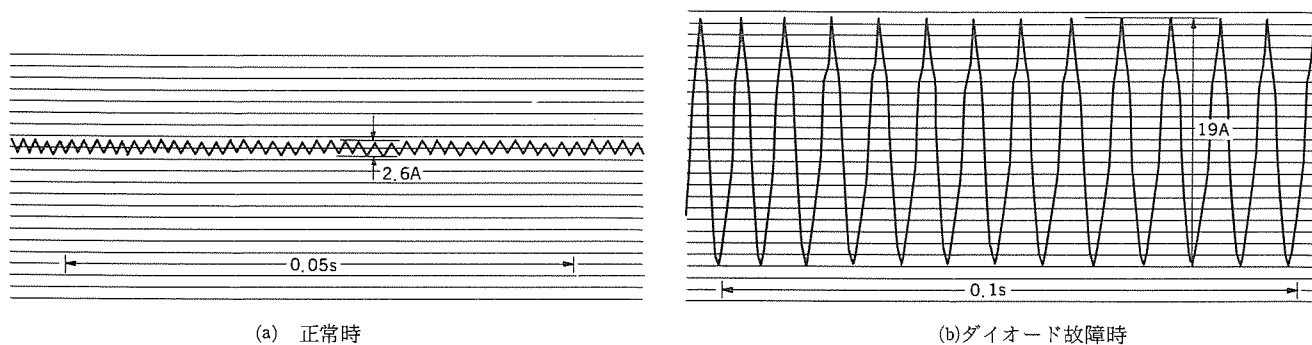


図 8. 交流励磁機界磁巻線に誘起される交流波形

図 7 に回転整流器故障検出装置のブロック図を示す。交流励磁機の界磁巻線には、回転整流器が正常に動作している場合でも、回転整流器の 6 アームの整流器が各々転流することによって生じる小さな交流電圧（交流励磁機の基本周波数の 6 倍の周波数）が誘起されており、フィルタを通して交流分のみを検出している。また、そのレベルは交流励磁機の界磁電流にほぼ比例するので、界磁電流補正回路により正常時に誘起される電圧を打ち消すようになっている。その結果、正常時の界磁電流補正回路の出力は、ほぼ“0 V”に保たれている。

回転整流器に故障が発生すると、界磁巻線には交流励磁機の基本周波数に一致した大きな交流電圧が発生し(図 8 参照)、界磁電流補正回路の出力は界磁巻線の電圧の交流分に比例した電圧となる。その電圧が設定値を越えると比較回路の出力が変化し、確認タイマが

カウントを開始する。タイマがカウントアップするとリレー RX が付勢され、回転整流器の故障を検出する。

4. む す び

水車発電機用ブラシレス励磁装置と、その特長を生かすための非接触方式による界磁地絡検出装置及び回転整流器故障検出装置について紹介した。

新設の中小容量水車発電機及び既設の発電機の改修については、省力化・遠隔制御化の要望に伴い、ブラシレス励磁方式の採用と、その信頼性、保守の容易性の向上が必ず（須）となってきており、今後も機器保護の改善が一層求められることが予想される。

今後ともユーザーニーズにこたえる製品・システムを提供できるよう努力する所存である。

《MELCOM80》リレーショナル データベース プロセッサ “GREO”

中込 宏* 科野順蔵* 笠原康則* 小宮富士夫* 伏見信也**

1. ま え が き

GREO (Great Relational Database Operating Processor) は、当社のオフィスコンピュータ《MELCOM80 GEOC・GRファミリー》用に開発されたりレーショナル データベース処理専用プロセッサ (リレーショナル データベース プロセッサ) である。オフィスコンピュータ用のデータベース プロセッサとしては世界で初めて実用化に成功した。

GREOは、同シリーズの付加プロセッサ (Attached Processor) として構成されており、装着時にはリレーショナル データベース処理を従来の3倍から50倍程度高速化することができる。これら高速性は、当社と東京大学生産技術研究所喜連川研究室との共同研究により生まれたマルチプロセッサ、ハードウェアソート、データベースマシン等に関する最新技術の実用化によって得られたものである。本稿では、そのハードウェア・ソフトウェアの構成、及び性能評価等について報告する。

2. GREOの特長

(1) 高速性

リレーショナル データベース処理とは、表形式で表された大量データに集合操作を施して所要の情報を得ることを指す。この処理に対しては、個々の集合操作を実現する最適アルゴリズム等解決困難な問題も多く、従来の計算機システムでは十分な処理速度が期待できなかった。この問題に対し、GREOではソートの高速化を中心としたアーキテクチャを考案し、従来の処理との互換性を維持しつつリレーショナル データベース処理の高速化を達成した。すなわち、リレーショナル データベース処理での処理のあい路は、結合・射影・ソート・索引生成等の演算であり、これらはその主要内部処理であるソート (一定順序に従ったデータの並び替え) の高速化により基本的に大きな性能向上を得ることができる。

GREOでは東大との共同研究により高速ソートLSIを新たに開発し (3.4節参照)、ソートの性能を飛躍的に向上させるとともに、これを高性能マイクロプロセッサを複数個用いたマルチプロセッサアーキテクチャと組み合わせることにより、データベース処理全体に対しても大幅な高速化を達成した。

(2) 柔軟性・拡張性

GREOのデータベース処理部はプログラム可能な構成となっており、高級言語で記述した任意のプログラムをダウンロードし、これを実行することができる。これらプログラムでは、GREO内部の専用OSが提供するシステムコールを利用して、GREOのハードウェア資源のアクセスや、マルチプロセッサの同期・協調処理などを容易に実現することができる。

この機能により、GREOのデータベース処理機能を更に拡張すること、またGREOをアプリケーションに従ってカスタマイズすることが可能である。さらにGREOをデータベース処理以外にも利用す

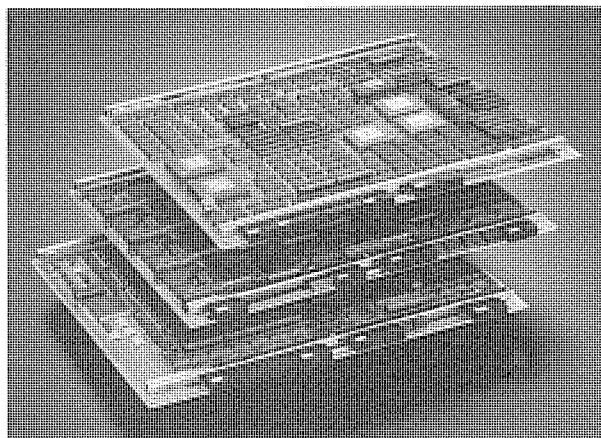


図1. GREOの外観

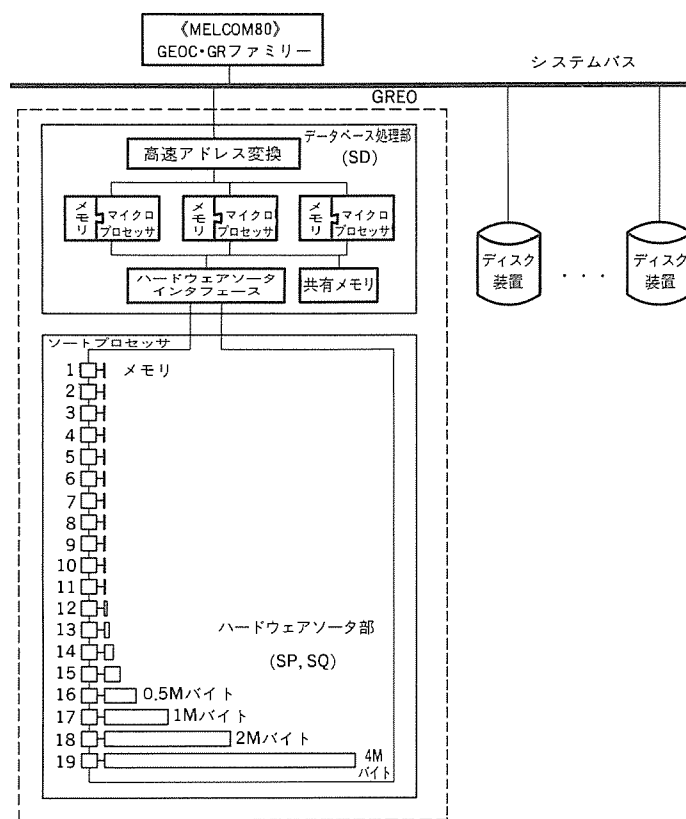


図2. GREOのハードウェア構成

ることが可能となる。特に、ハードウェアソートの持つ比較的大きなメモリ (約8 Mバイト) を利用することにより、画像処理などの分野におけるGREOの有効利用が考えられる。

(3) 簡易性・互換性

GREO及びその上位ソフトウェアは、従来のアプリケーションソフトウェアに対して完全な互換性を持ち、ユーザープログラムに対する変更が不要である。

また、オフィスコンピュータのオペレーティングシステム (M80/

*コンピュータ製作所**同 (工博)

表1. ソートプロセッサの諸元

ソート速度	8Mバイト/秒
ソートデータ量	最大64Mバイト
ソートデータ数	最大200万個(=2 ²¹ 個)
レコード長	2バイト-64Kバイトまで2バイト単位に可変。ただし同一ソートデータ集合内では固定
キー数	制限なし
キー長	制限なし
データタイプ	ビットパターンの単純比較 (レコードの最上位ビットからの比較)のみ
昇降順	1バイトごとに指定可能
LSIプロセス	CMOS1.3μm, A 1 2層VTMゲートアレー (三菱電機製)
ゲート数	12,000ゲート+12.8KビットROM
パッケージ	160pin, QFP(Quad Flat Package)

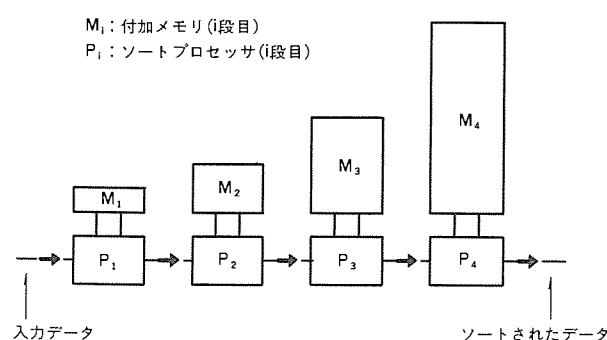


図3. パイプライン マージソートの構成

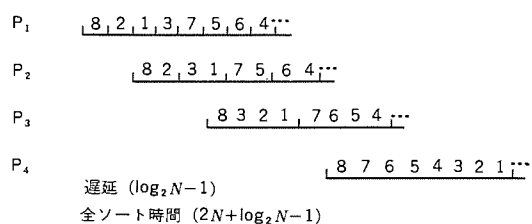


図4. パイプライン マージソート

DPS10)上のリレーショナルデータベース処理プログラムは、GREO装着時には《MELCOM80》上で自動的にGREOに負荷分散されて実行される。すなわち、GREOの運用に関して必要とされるのは、基本的にGREOのボードの装着操作のみであり、極めて簡単にプログラムの実行時間短縮を実現することができる。

3. GREOのハードウェア

3.1 ハードウェアの概要

GREOの外観を図1に、ハードウェア構成を図2に示す。GREOは、29cm×31cmの大きさの基板3枚から成り、オフィスコンピュータに装着される。GREOは、データベース関係の演算と制御を実行するデータベース処理部と、その制御の下で高速にソートを実行するハードウェアソータ部から構成され、オフィスコンピュータとはシステムバスを介して接続される。GREOのハードウェアは、以下に述べる特長を持っている。

(1) 高速性

リレーショナルデータベース処理を高速に実行する目的でマルチマイクロプロセッサ構成とし、各マイクロプロセッサが独自の性

能を出せるようにハードウェアを構成している。

(2) 信頼性

ハードウェアソータ部で使用するメモリにはECCビットを付加し、1ビットエラー訂正と2ビットエラー検出を行う。また、その他のメモリ及びバスにはパリティビットを付加して高信頼性を保証している。

(3) 保守性

ハードウェア診断ツールを備えており、固定故障の検出と故障箇所の切り分けが容易である。

3.2 データベース処理部

データベース処理の中核部であり、1枚の基板(SDと称す。)で構成される。

(1) 高速アドレス変換機能

システムバスとのインタフェースには、論理アドレスを高速に物理アドレスに変換する機能を持っている。この機能により、オフィスコンピュータとのデータ転送におけるオーバーヘッドを減少させている。

(2) マイクロプロセッサ

システムバスとハードウェアソータ間によどみなくデータを供給するために、汎用の32ビット マイクロプロセッサ(MC68020)を3個搭載してデータストリームを並列処理することで高速化を図った。各マイクロプロセッサは、独自に持つローカルメモリのほかにマイクロプロセッサ間の通信のための共有メモリと、作業用の2ポートメモリとのインタフェースを持っている。そのほか、システム起動用のマイクロプログラムを内蔵したROMを持っている。

(3) ハードウェアソータ制御部

データベース処理専用のカスタムLSIを2個持っている。このLSIは、オフィスコンピュータのデータ形式とソートプロセッサのデータ形式との整合を取るための入出力データ変換機能等を持っている。

3.3 ハードウェアソータ部

後述のパイプライン マージソート アルゴリズムに従い、19個のソートプロセッサを経由して一度に2¹⁹(約50万)件のレコードをソートする。ハードウェアソータ部は、2枚の基板(SP, SQと称す。)で構成される。SPには1~15段、SQには16~19段のソートプロセッサを線形に接続し、各段に必要な容量のローカルメモリを付加することにより構成される。各段のローカルメモリは、前段の2倍の容量を持ち総計で約8Mバイトである。これらのメモリの一部は、ソートプロセッサがその演算を行わないときにはデータベース処理部のマイクロプロセッサから有効利用できるように、2ポートメモリの構成となっている。

3.4 LSIソートプロセッサ

3.4.1 概 要

このソートプロセッサは、CMOSゲートアレー(1.3μ, 約20,000ゲート)により製作され、最大ソート速度約8Mバイト/秒、最大ソートデータ量64Mバイト、最大ソートレコード数200万個までの任意の規模のハードウェアソータを容易に構築することができる。ソートレコード数に関しては、接続したソートプロセッサ数の2のべき乗に比例して増加するため、極めて少数個のプロセッサで実用規模のデータを処理することが可能である(このLSI20石で100万個のデータがソート可能となる)。また、各種拡張機能が内蔵されており、現実のアプリケーションプログラムにおけるレコード長、レコード数の変化に対して極めて柔軟に対応可能である。これら諸元を

表 1 に示す。

3.4.2 ソートアルゴリズム

このプロセッサでは、そのソートアルゴリズムとしてパイプライン マージソートを用いている。このプロセッサを用いて構成したハードウェアソータを図 3 に示す。 n 台のソートプロセッサを一次元接続することにより、 $N = 2^n$ 個までのレコードをソート可能なソータを実現することができる。 i 番目のプロセッサ P_i は、 2^{i-1} レコード分のメモリを持つ。 P_i は、前段のプロセッサ P_{i-1} から送られてくる 2^{i-1} 個のレコードからなるソートされたストリングを自メモリにロードし、続いて P_{i-1} から入力されてくる 2^{i-1} 個のレコードからなるソートされたストリングとマージして、 2^i 個のレコードからなるストリングを生成し、次段のプロセッサ P_{i+1} に送出することを繰り返す。各プロセッサ間はバイト、レコード等のレベルでパイプライン接続することができ (図 4)、結果として、

- 入力データストリームの最初のレコードが到着した時点からソートされたストリームの出力が終了するまでの全ソート時間：

$$2N + \log_2 N - 1 = O(N)$$

- データ到着からソート結果の出力開始までの遅延：

$$\log_2 N - 1$$

が得られる。

3.4.3 拡張機能

上記アルゴリズムは、プロセッサ設計時にソートデータのレコード長 L 、レコード数 N が設定されてしまうため、これらパラメータが異なるデータのソートが困難となる。このプロセッサでは以下のような拡張機能によりこれらの問題を解決している。

(1) レコード数の変化に対する柔軟性

設計ソートレコード数 N に対して、実際に入力レコード数を Y とする。

- $Y > N$ の場合

N レコードの長さのソートされたストリングを連続的に生成する。 N は通常 $10^5 - 10^6$ 程度であり、上位のソフトウェア等でこれらをマージし、容易に最終ソート結果を得ることができる。

- $Y < N$ の場合

$N - Y$ 個のダミーレコードを付加し、仮想的に N レコードソートと見なす方法も考えられるが、このプロセッサでは Y レコードのソート終了をパイプライン上のプロセッサが検出すると、以降のプロセッサのソート動作を省略する機能が付加されている。これにより $Y (< N)$ レコードのソート時間は、

$$2Y + \log_2 N - 1$$

と高速化される。

(2) レコード長の変化に対する柔軟性

設計レコード長 L バイトに対して、実際に入力されるレコードの長さを X バイトとする。

- $X > L$ の場合

SLT (String Length Tuning) 機構が実装されており、任意のレコード長に対しメモリの利用効率が常に 95% 以上に保たれる。これにより、任意のレコード長のデータストリームに対し、ソータが持つメモリに保持できる最大個数のレコードが常にソート可能となる。

- $X < L$ の場合

この場合は特別な制御を要しない。

4. GREO のソフトウェア

4.1 ソフトウェア構成

図 5 は、GREO を利用した制御するソフトウェアの構成を示したものである。以下、各構成要素について述べる。

4.1.1 第 4 世代言語 EDUET

EDUET は、メニューやガイダンスに従ってパラメータを指定していきだけでデータベース検索やデータベースへのデータ入力ができるエンドユーザー向けのリレーショナル データベース操作言語である。メニューから入力したデータ操作はプログラムとして登録することができるので、登録したプログラムを直接実行したり、プログラムの一部を変更 (例えば、データベースの検索条件の変更等) して実行することもできる。図 6 は EDUET の機能概要を示したものである。

4.1.2 データベース要求解析部

データベース要求解析部は、EDUET から与えられるデータベースの論理的な構造やデータベース検索条件 (セレクト条件) 及び検索した結果を指定された順序で並べ替えるためのソートキーの位置情報などを解析して、物理的なデータ構造 (物理ファイル) ごとに制御情報を構築する制御プログラムである。

4.1.3 GREO 制御ソフトウェア

GREO 制御ソフトウェアは、データベース要求解析部において構築された制御情報を GREO に送信し、GREO が動作可能であれば、物理ファイル上のデータを GREO に送信する。以下、データのソートを例にとってこの動作を説明する。

GREO 内のハードウェアソータは、約 8 M バイトまでのデータを一括してソートすることができるので、GREO 内で処理されるデータ量が 8 M バイト以内であればソートされた結果を GREO 制御ソフトウェアが直ちに受信することができる。また、GREO 内で処理されるデータ量が 8 M バイトを超える場合は、8 M バイト単位の間結果をデータ送信と並行して受信しワークファイルに格納する。データ送信が完了すると、GREO 制御ソフトウェアは各ワークファイル上の中間結果を併合 (マージ) する操作を GREO に指示してマージデータの送信及びマージ結果の受信を並行して実行する。

以上の構成要素は、《MELCOM80》上で動作するソフトウェアであるが、次の二つは GREO 内に存在するマイクロプロセッサ (SD) 上で動作するソフトウェアである。

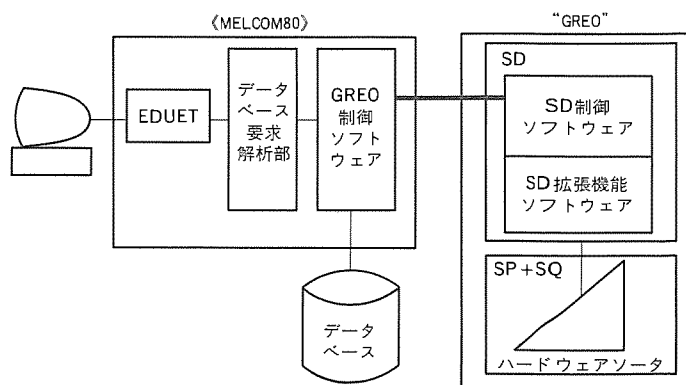


図 5. GREO を用いたシステムのソフトウェア構成

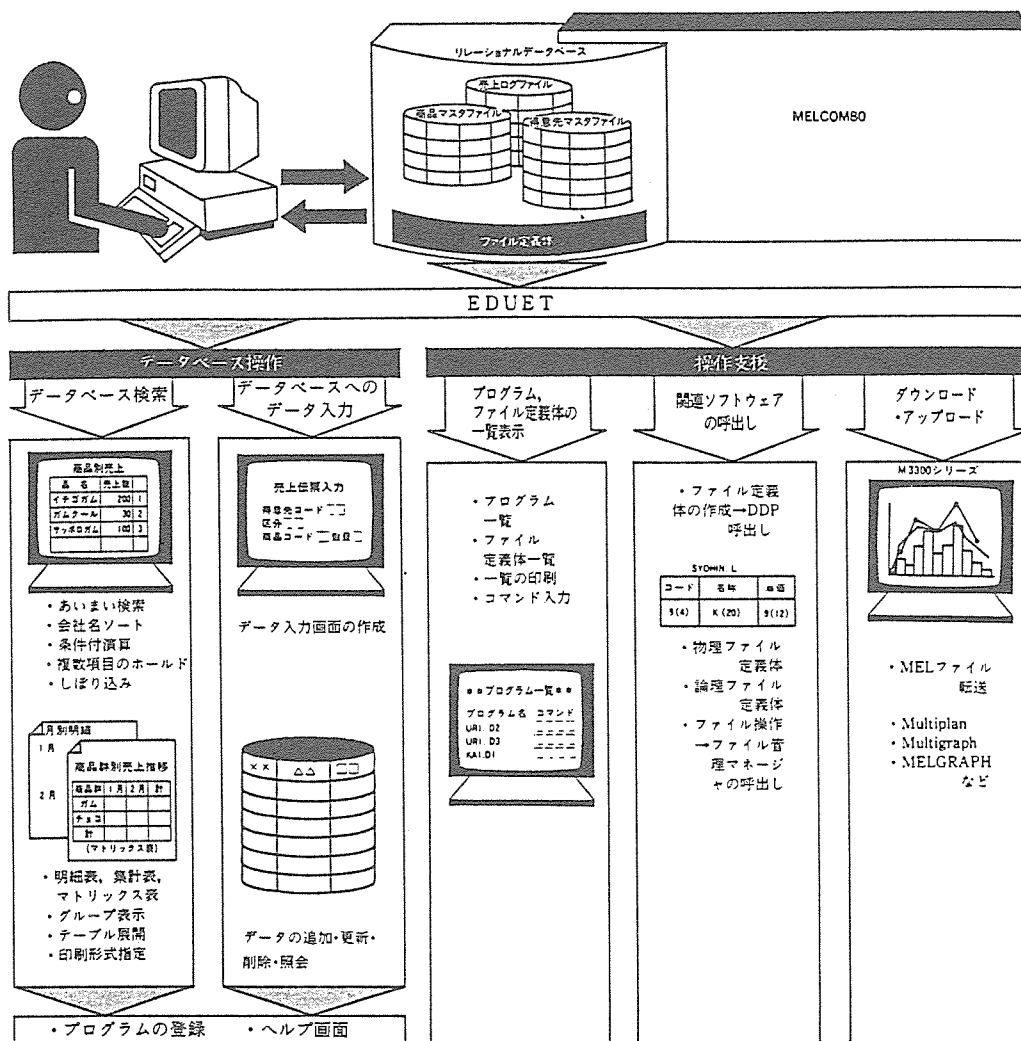


図 6. EDUET の機能概要

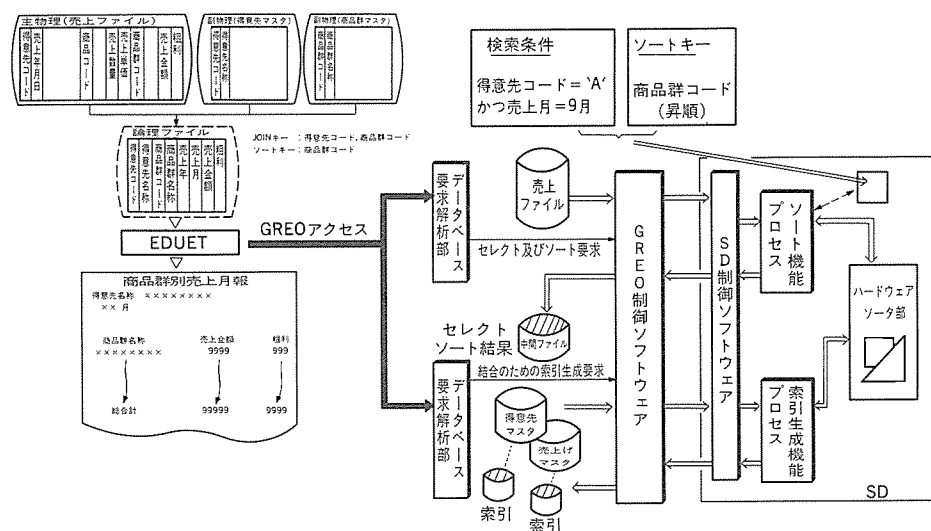


図7. データベース検索モデルと動作概要

4.1.4 SD制御ソフトウェア

SD制御ソフトウェアは、《MELCOM80》とGREO間の入出力制御や次項に述べるSD拡張機能ソフトウェア（プロセス）の実行制御及びマルチプロセッサ間のメッセージ交換と、このメッセージ交換機能に基づくプロセスの同期制御を行う制御プログラムである。

4.1.5 SD拡張機能ソフトウェア

SD拡張機能ソフトウェアは、GREGOで実現されるデータベース支援機能プロセスから構成される。以下、その代表的なプロセスについて説明する。

(1) ソート機能プロセス

表 2. データベース検索性能の一例

抽出レコード件数		データベース検索性能比 (当社比)	
		ソフトウェアによる検索	リレーショナル データベース プロセッサによる検索
得意先Aの前年分を抽出 8,036件	処理性能	1	14.1
	CPU負荷	16.0	1
得意先Aの12月分を抽出 967件	処理性能	1	56.2
	CPU負荷	100.9	1

ファイル仕様	売上げ データファイル	得意先 マスタファイル	商品 マスタファイル
レコード長	256	192	33
レコード件数	147,617	229	40

ソート機能プロセスは、ホスト計算機から送信されたデータをレコード単位に取り出し、あらかじめ与えられたセレクト条件を評価し、セレクトできるレコードはハードウェアソータに送信する。ソート対象となるデータ量が8 Mバイト以下の場合は、ハードウェアソータによりソートされた結果を受信してホスト計算機にソート結果を送信する。ソート対象となるデータ量が8 Mバイトを超える場合は、8 Mバイト単位のソート中間結果をホスト計算機に送信して、次のマージ操作を行う。

(2) マージ機能プロセス

マージ機能プロセスは、ホスト計算機から送信されたソート中間結果データを各ストリング（8 Mバイト単位）ごとに受信して指定の順序（昇順又は降順）に併合（マージ）し、その結果をホスト計算機に送信する。

(3) 索引生成プロセス

索引生成プロセスは、機能的にはソート機能プロセスと同様であるが、ソートした結果を索引構造に編集してホスト計算機に送信する点が異なる。

各プロセスでは、単にデータのソートやマージを行うだけではなく、これらの付加機能として高度なセレクト機能（漢字比較、あいまい検索等）や項目の編集機能（射影処理）を実現している。

4.2 動作概要

GREOを利用したデータベース検索の動作例について図7のデータベースモデルをもとに以下に述べる。図において、EDUETのメニューから「得意先Aの12月分の売上実績を商品別に集計して、商品コードの昇順に並べ替えて印刷する。」という問題を与えた場合、次の手順でデータベース検索が行われる。

(1) EDUETで与えられたデータベース名、検索条件式及びデータの並べ替えのためのソートキー情報などは、データベース要求解析部に受け渡され、これらの情報をもとに主物理ファイル（売上ファイル）に関するアクセス情報を構築してGREO制御ソフトウェアに制御を渡す。

(2) GREO制御ソフトウェアは、主物理ファイルである売上ログファイルのレコード様式（レコードの長さやフィールドのタイプ、け

た数）や検索条件（得意先=A, かつ月=9）、ソートキー情報（商品コードに関するフィールド情報）、機能コード（この場合ソート機能）などをGREOに与え、売上ログファイルのデータをGREOに送信する。

(3) GREO内では、SD制御ソフトウェアが《MELCOM80》からの要求を受けてソート機能プロセスを起動する。

(4) ソート機能プロセスは、《MELCOM80》から送信されるデータをレコード単位に取り出し、与えられた検索条件を満たすレコードをハードウェアソータに受け渡す。

(5) 売上ファイルのデータをすべて送信すると、GREO制御ソフトウェアはソート結果の受信要求をGREOに対して行い、検索条件を満たすソートされた結果を中間ファイルに格納する。

(6) この中間ファイルと他の二つのファイル（得意先マスタ、商品マスタ）を結合するために、GREO制御ソフトウェアはGREOに対して索引生成（得意先マスタは得意先コード、商品マスタは商品コードを各々キーとする索引）の実行要求を行う。

(7) GREO内では、索引生成機能の実行要求を受けてSD制御ソフトウェアが索引生成プロセスを起動して、得意先マスタのデータから索引キーに対応するフィールドを取り出し、それにレコード番号を付加してハードウェアソータに受け渡す。このとき、ソート機能プロセスと同様に検索条件（得意先=A）が評価され、その条件を満たすレコードだけが索引生成の対象となる。

(8) 索引生成のために送信すべきデータがなくなると、GREO制御ソフトウェアは、GREOに対して索引ブロックの受信要求を行い、受信した結果を得意先マスタの索引部に出力する。商品マスタについても同様の操作を行う。

(9) 以上の操作によって必要とするデータが絞り込まれたので、この後の操作はデータベース、データ管理及びEDUETによって売上額の集計及び印字出力が行われる。

5. 性能評価

前述のデータベース検索モデルを使用して性能評価した結果表2に示す。GREOを利用した場合とそうでない場合とを比較すると、データベース検索の応答性能で約10倍～50倍、CPU負荷は1/10～1/100という値が示すとおり、GREOの効果はデータベース検索処理に非常に大きいものであることがわかる。

6. むすび

リレーショナル データベース プロセッサGREOの特長と構成について紹介した。

GREOは、いわゆるサーバ型のデータベースマシンではなく、ホスト計算機に内蔵してデータベースアクセスにおいて処理負荷の高い操作を専用のプロセッサにゆだねたホスト内蔵型のデータベースプロセッサである。今回の第一次製品化により、リレーショナル データベースの最大の課題であった性能問題に一つの光明をGREOは与えてくれたが、本格的なリレーショナル データベースを構築していく上ではまだ改善すべき課題が残っている。今後はこれらの課題に取り組み、使いやすさと高速性、高信頼性を追及したデータベース管理システムの開発に取り組んでいく所存である。

スーパーミニコンピュータ《MELCOM70 MX/5000-SPシリーズ》

河内浩明* 茂木 強** 大野次彦** 猪飼誉夫** 仲摩 寿**

1. ま え が き

大規模科学技術計算を高速に実行したいという要求は古くからあり、近年その増加には著しいものがある。一方、ここ数年の半導体技術や計算機方式技術の進歩を背景に、スーパーミニコンピュータが実用化され、大型計算を必要とする学術・産業の様々な分野で大きなインパクトを与えている。

ミニコンピュータの分野においても、このような要求にこたえるため外付け型のベクトルプロセッサが開発され、専用システムとして実績を上げている。特にスーパーミニコンピュータでは、使いやすさと高速性が追及され、手軽に使えるかつ汎用大型機並の性能が要求されている。

スーパーミニコンピュータ《MELCOM70 MX/5000-SP》(以下、MX/5000-SPと記す。)シリーズは、以上のような要請にこたえるべく開発したもので《MELCOM70 MX/5000》(以下、MX/5000と記す。)シリーズの汎用性、柔軟性や拡張性をそのまま引き継ぎながら、科学技術計算を高速に演算する内蔵型ベクトルプロセッサSP (Scientific Processor) とSPの性能を最大限に引き出す自動ベクトル化FORTRANを提供する《MELCOM70 MX》(以下、MXと記す。)シリーズ最高速のモデル群である(図1)。

MX/5000-SPシリーズは上記のような性能を持つため、各種科学技術計算処理(画像処理、信号処理、構造解析、波動解析等)の分野での利用が見込まれる。

2. 特 長

(1) MXシリーズの最高速モデル群

MX/5000-SPシリーズは、MX/5000シリーズの特長である高速アーキテクチャ、OS60/UMXオペレーティングシステム、ネットワーク機能、マルチプロセッサの構築や複合計算機システムの構築といった汎用性、柔軟性、拡張性などをそのまま継承しながら、さらに高速演算を可能とする内蔵型ベクトルプロセッサSPを搭載したMXシリーズの最高速モデル群である。

(2) 高速演算能力

ベクトル演算を実行する浮動小数点演算器は、CMOS-VLSI 4段

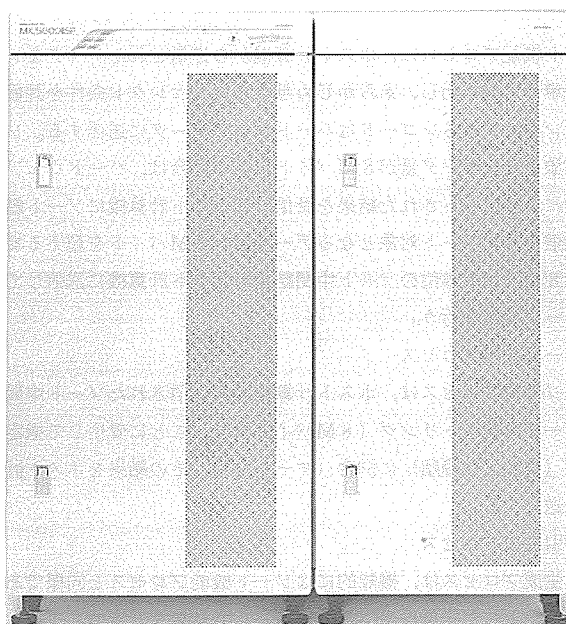


図1. MX/5800-SP本体の外観

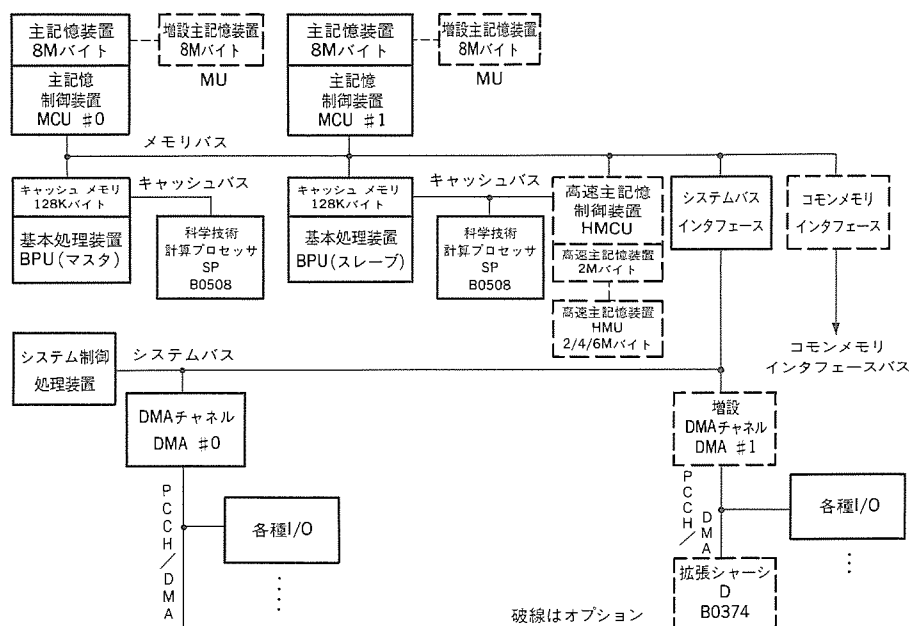


図2. MX/5800-SPのシステム構成

パイプラインの加算／減算器，乗算器で構成され，加算／減算と乗算は同時実行が可能でMX/5600-SP，MX/5700-SPが最大20MFLOPS (Mega Floating Operations Per Second)，マルチプロセッサ構成のMX/5800-SPが最大40MFLOPSの性能を持っている。

(3) 高いデータ供給能力

ベクトル演算処理の実行に必要なデータは，128Kバイトの大容量キャッシュメモリ，80Mバイト／秒の高速バスと高速メモリアクセ

ス制御によりパイプライン演算器へ高速に供給する能力を持っている。また，SPを更に加速する装置として高速主記憶装置を用意している。

(4) 自動ベクトル化FORTRAN

国産のスーパーミニコンピュータでは，初めての自動ベクトル化FORTRANを用意している。従来のプログラムをそのままコンパイルするだけで自動的に効率の良いベクトル命令を生成し，SPの性能を最大限に引き出すことができる。

表1. MX/5000シリーズの仕様

モ デ ル		MX/5600-SP	MX/5700-SP	MX/5800-SP
SP	最大性能	20MFLOPS		40MFLOPS
	加算／乗算パイプライン	2		2×2
	アドレス／増分レジスタ	4		4×2
	データ形式	単精度／倍精度浮動小数点，及び固定小数点		
	制御方式	マイクロプログラム制御方式		
基本処理装置	プロセッサ数	1		2
	制御方式	マイクロプログラム制御方式		
	命令数	450種類		
	命令形式	RR, RI, RX, RS, SI, S, SS, RRE, RSE		
	命令語長	2, 4, 6, 8バイト		
	データ形式	単精度／倍精度浮動小数点，及び固定小数点		
	レジスタ数	汎用レジスタ16，浮動小数点レジスタ8		
	割り込み	8レベル＋割り込み要因コード		
	関数演算機構	標準装備		
	高速記憶装置	記憶素子	—	
記憶容量		—		2-8Mバイト
誤り制御方式		—		ECC又はパリティ
主記憶装置	記憶素子	CMOSダイナミック-RAM		
	記憶容量	8-32Mバイト	8-64Mバイト	16-64Mバイト
	増設単位	8Mバイト		16Mバイト
	インターリーブ	—		2ウェイ
	誤り制御方式	ECC		
コモンメモリ	共有プロセッサ数	—	4	8
	記憶容量	—	8-32Mバイト	8-32Mバイト
キャッシュメモリ		128Kバイト		128Kバイト×2
メモリバス		80Mバイト／秒		
入出力バス	システムバス	40Mバイト／秒		
	DMAバス	2Mバス／秒		
固定ディスク最大容量		331Mバイト×2	142／331／547Mバイト×16	
外形寸法(W×D×H)(mm)		500×800×700		700×800×1400
設 置 環 境		0-40°C 20-80%RH (結露なし)		

3. ハードウェア概要

3.1 システム構成

MX/5800-SPのシステム構成を図2に示す。MX/5800-SPは，SPが付加された2台の基本処理装置(以下，BPUと記す)，主記憶装置，高速主記憶装置，コモンメモリ インタフェース，システムバス インタフェース，システム制御処理装置，DMA チャンネルから構成されている。

このモデルは，SPの能力を最大限に発揮する密結合型マルチプロセッサ構成をとったシステムで，マスタ／スレーブBPUそれぞれにSPを付加することができる。また，マスタBPUでジョブ管理，入出力処理，コンパイルなどを実行しながら，スレーブBPUとSPで負荷の高いベクトル演算の専用処理を並列に実行するといった構成も可能で，システムに応じた最適な負荷分散が可能である。

このほかのMX/5000-SPシリーズの仕様を表1に示す。

3.2 SPのハードウェア

SPは，MX/5000シリーズのBPUのハードウェアにファームウェアとサポートハードウェアを追加することにより実現している。SPのハードウェアブロックを図3に示す。

SPのハードウェアは，BPUがもつ本来のスカラ演算ユニットに加え，ベクトル演算を実行する加算／減算，乗算の浮動小数点演算器，これに結合している32個の浮動小数点レジスタファイル，SIN，COSテーブルやワーキングメモリとして使用している16K語のデータメモリ，及び高速メモリアクセス制御ユニット，FFTのビットリバース機能などから構成されている。演算ユニット，データメモリ

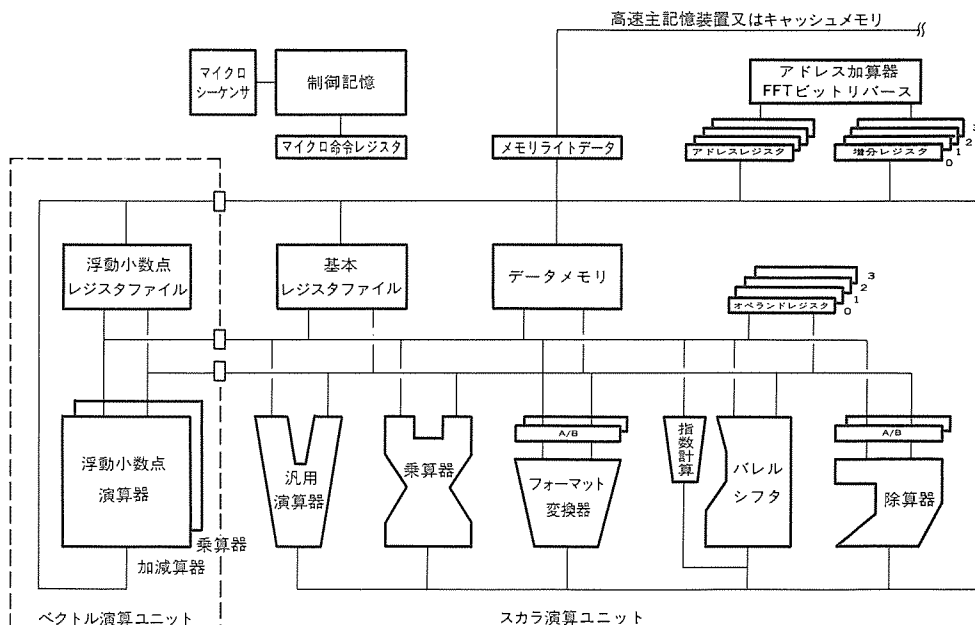


図3. SPハードウェアブロック図

などの主要なハードウェアは、SPのマイクロプログラムにより制御している。

(1) SP命令

SP命令は、四則演算、マクロ演算(総和、積和等)、関数演算、比較演算、マスク演算、そして高速フーリエ変換(FFT)など279種の命令がある。これらのSP命令は、MXシリーズのスカラ命令と同一の命令体系にあるため、スカラ命令と同一命令列の中での混在が可能である。

(2) ベクトル演算ユニット

ベクトル演算は、4段パイプライン構造のCMOS-VLSI加算/減算、乗算浮動小数点演算器で処理され、加算/減算と乗算はそれぞれ100nsピッチのパイプラインで動作している。それぞれの演算器のピーク性能は、10MFLOPSで、加算/減算演算器と乗算演算器とは並列に動作することが可能なため、SPのトータルの演算器のピーク性能は20MFLOPSとなる。また、これらの演算器には、演算の中間結果を一時記憶する32個の2ポート浮動小数点レジスタファイルを備えている。この浮動小数点レジスタファイルは、他のデータバス、スカラ演算ユニットと並列に動作できる構成になっている。

(3) メモリアクセス制御ユニット

キャッシュメモリや高速主記憶装置からSPの演算ユニットへデータを途切れなく高速に供給するため、メモリアクセス制御ユニットを強化している。ベクトルアドレス生成部は、アドレス加算器とそれぞれ4個のアドレスレジスタと増分レジスタで構成されている。

次のような3項演算では各ベクトル要素は、メモリアドレス空間上で連続するとは限らないため、4個のアドレスレジスタに対応した増分レジスタ分の加算をSPのオペレーションと並列に実行できるようにになっている。

$$D(n \cdot l) = A(n \cdot i) * B(n \cdot j) + C(n \cdot k) \\ n = (1..N)$$

N:要素数 i, j, k, l:増分値

また、これに対応してメモリアクセス要求A, B, C, Dをマイクロプログラムから指定でき、これらを組み合わせた連続メモリアクセスが可能である。このほか、これらのメモリアクセス要求を条件つきで削除する機能を使って、IF文を含むDOループのベクトル化を高めるマスク付きベクトル演算のマスク制御も行っている。

(4) テーブルメモリとFFTサポート

信号処理、画像処理に必要なFFTの演算を高速に処理するため、ビットリバース操作及びSIN, COSテーブルメモリを備えFFTの高速化を図っている。

3.3 高速主記憶装置

ベクトルデータは一般に主記憶装置にあり、メモリバスを経由するアクセスは、主記憶装置のサイクルタイムによる制約や他のBPUやチャネルとの競合により、SPの性能を最大限に発揮するデータ供給ができないことがある。また、キャッシュメモリの効果もベクトルデータの配列やデータ語長によって左右され、場合によってはキャッシュメモリの無効化により全体の性能を低下させることもありえる。このため、2ポート、スタティックRAM構成で最大容量8Mバイトの高速主記憶装置を用意している。

この高速主記憶装置は、キャッシュバスとメモリバスからアクセスできる2ポート構成で、最大データ転送速度80Mバイト/秒の性能を持っている。この性能は、マスタ/スレーブ方式のシステムにおいて特に効果があり、スレーブBPUに付加したSPからのキャッ

シュバスを介した高速主記憶装置へのアクセスとマスタBPUからのメモリバスを介した主記憶装置へのアクセスとの間に干渉がなく共にその最大性能を発揮できるようになっている。

4. ソフトウェアの概要

4.1 ソフトウェア構成

MX/5000-SPシリーズの使いやすさと高速性の両立という要求にこたえるために、オペレーティングシステムにおいてはリアルタイムUNIXとして実績のあるOS60/UMXを、ロードモジュールレベルの互換性を維持しつつ、マルチプロセッサでの自動負荷分散などの機能強化、性能向上を行った。

科学技術計算は、現状ではほとんどのソフトウェアがFORTRANで書かれている。MX/5000-SPシリーズにおいても科学技術計算はFORTRANを中心としたソフトウェアでサポートしている(図4)。以下ではFORTRANを中心に述べる。

4.2 自動ベクトル化FORTRAN

FORTRAN77-XE/AVFは、MX/5000-SPシリーズの性能を容易に引き出すことができるように開発された自動ベクトル化FORTRANコンパイラである。自動ベクトル化機能により、標準FORTRANの範囲で書かれたプログラムの可搬性を失うことなく、SPの性能を引き出すことができる。また、プログラムの動的性能特性を分析する実行性能測定ツール(FORTRANプロファイラ)が用意されており、ベクトル化作業を効率的に進めることができる。

4.2.1 自動ベクトル化

自動ベクトル化とは、プログラム中のDOループ演算並列性を解析してSP用のオブジェクトコードを生成することである。このときDOループはベクトル化されたという。コンパイラは以下のような手順でプログラムを解析し、SPで実行可能なコードに変換する。

(1) 対象ループの選択

ベクトル化のための解析の対象となるDOループを選択する。また、繰り返し回数に比例した値を持つ変数(誘導変数)を検出することにより、DO文の制御変数以外の添字をもつ配列のベクトル化を可能にしている。

(2) 制御構造解析

DOループの制御構造を解析し、制御構造がベクトル化に適しているかどうか判定する。また、条件文がある場合には各文ごとの実行条件を求めることにより、IF文などの条件文を含むDOループのベクトル化を可能にしている。

(3) 添字解析

DOループ中で定義/参照されるすべての配列参照の組合せに対して、データの定義参照関係がベクトル化に適しているかどうか判定する。また、添字式を標準形と呼ばれる形式に変換することにより、ベクトル化率を向上させている。

(4) 演算解析

DOループ中の演算やオペランドのデータ型を解析し、SPの持つベクトル命令に展開できるかどうか判定する。また、ループの実行

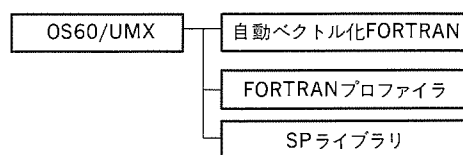
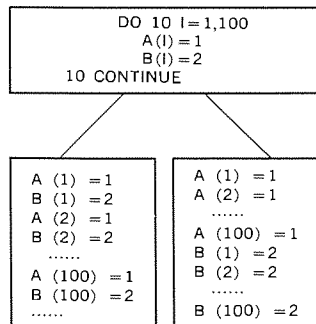


図4. FORTRAN関連ソフトウェア

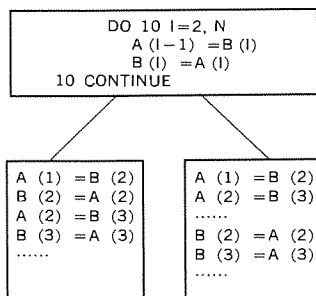
表 2. 自動ベクトル化の対象範囲

項 目	ベクトル化の対象
ループ	DOループ
データ型	整数型, 論理型 実数型 (単精度, 倍精度) 複素数型 (単精度, 倍精度)
文の種類	算術代入文, CONTINUE文 論理IF, 算術IF, ブロックIF文 ELSEIF, ELSE, ENDIF文 単純GOTO文
演 算	算術演算, 関係演算, 論理演算 型変換, 算術関数
マクロ演算	総和, 二乗和, 内積, 最大値, 最小値
添字の形式	線形, 非線形 (間接インデックス)
ベクトルデータ	配列, スカラ, 誘導変数



スカラによる実行 ベクトルによる実行

図 5. ベクトル化できるDOループの例



スカラによる実行ではDOループの直前の配列Aの値が配列Bに代入される。
ベクトルによる実行では最初の文で定義された配列Aの値が配列Bに代入され、実行結果が異なる。

図 6. ベクトル化できないDOループの例

時間を見積もることにより、ベクトルモードで実行すべきか、スカラのまま残すべきかが判定する。ここでは、スカラ変数をワークベクトルに拡張することによりベクトル化率を向上させている。

(5) ベクトル化コード生成

これまでのフェーズでベクトル化に適していると判定されたDOループをSPで実行可能なコードに変換する。

4.2.2 ベクトル化されるDOループの条件

FORTRAN77-XE/AVFは、以下の条件をすべて満足するDOループをベクトル化する。

- (1) 実行文がベクトル化の対象範囲にある (表 2)。
- (2) ベクトル化されても実行結果が変わらない。
- (3) ベクトル化されても性能が低下しない。

一般にベクトル化されるとDOループ中の実行文の実行順序が変わる (図 5)。ベクトル化されることによって実行結果が変わるDOループはベクトル化されない (図 6)。

上記の条件を満たして、理論的にはベクトル化可能なDOループ

F77-XE/AVF V.A00 (R.00)

EFFECTIVE OPTIONS : LS GO NT L IN OB NXF NSHR NP
FLAG(I) VC VO VD(2) VZ(128)

```
*.....1.....2.....3.....4.....5....
1      INTEGER A(100), B(100), C(100)
2      REAL AA(100,100), BB(100,100), CC(100,100)
3
4      DO 1 I = 1, 100
5      DO 1 J = 1, 100
6      AA(I,J) = 0.0
7      DO 1 K = 1, 100
8      AA(I,J) = AA(I,J) + BB(I,K) * CC(K,J)
9      1 CONTINUE
10
11     DO 2 I = 1, 3
12     A(I) = A(I+1) + 1
13     2 CONTINUE
14
15     DO 3 I = 3, 100
16     A(I) = A(I-1) + A(I-2)
17     3 CONTINUE
18
19     END
```

VECTOR DIAGNOSTIC MESSAGES

```
** VECTOR ** 1001: LOOP VECTORIZED AT LINE 0007
** VECTOR ** 1002: LOOP NOT VECTORIZED AT LINE 0011
** VECTOR ** 1022: MORE EFFICIENT IN SCALAR MODE
** VECTOR ** 1002: LOOP NOT VECTORIZED AT LINE 0015
** VECTOR ** 1023: UNSUITABLE ARRAY REFERENCES (A)
```

図 7. ベクトル化診断メッセージの例

```
DO 10 I=1,100
  IF(A(I).GT.0) THEN
    B(I)=SQRT(A(I))+C(I)
  ENDIF
10 CONTINUE

(a) 条件文

DO 20 I=1,100
  A(I)=B(INDEX(I))*C(I)
20 CONTINUE

(b)間接インデックス

DO 30 I=1,100
  A(I)=REAL(I)
30 CONTINUE

DO 40 I=1,100
  T=B(I)
  B(I)=A(I)
  A(I)=T
40 CONTINUE
```

(c)スカラ変数のベクトル化

図 8. ベクトル化率向上の例

表 3. マクロ演算一覧

マクロ演算	プログラムの例
総 和	SUM=SUM+A(I)
二乗和	SQSUM=SQSUM+A(I)**2
内 積	DOT=DOT+A(I)*B(I)
最大値	MAXVAL=MAX(MAXVAL, A(I))
最小値	MINVAL=MIN(MINVAL, A(I))

ブであっても、スカラで実行した方が効率的であると判断された場合にはスカラのコードを生成する。

以上述べた条件に適合せずベクトル化されなかったループに対して、コンパイラはベクトル化されなかった理由をベクトル化診断メッセージとして出力する (図 7)。

4.2.3 ベクトル化率向上のためのコンパイル手法

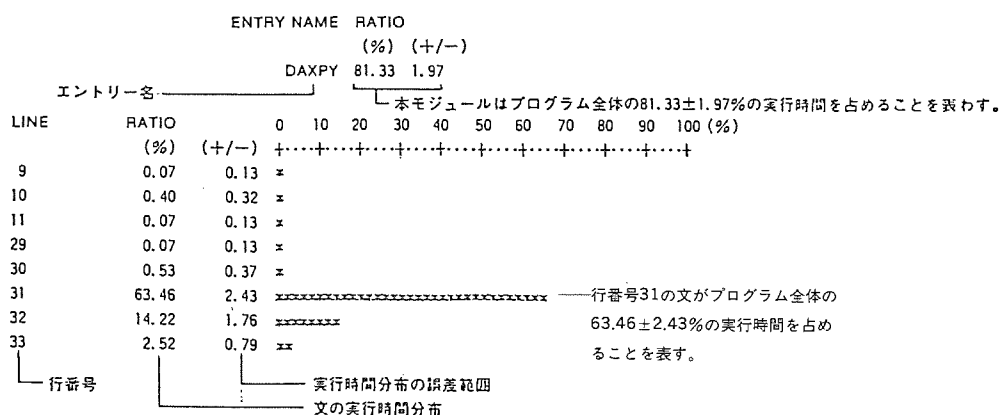


図9. FORTRANプロファイラの出力例

表4. SPライブラリー一覧

	レポートリー	種類	内 容 (抜 粋)
1	ベクトル基本演算	75	ベクトルスカラの四則演算 隣接多項内積, 3・4項演算
2	ベクトル・スカラ変換	32	各種総和, 各種平均, 内積 各種最大値・最小値
3	ベクトル関数演算	32	二・三・四次元ベクトル多項 式線形補間, SIN・COS
4	ベクトル比較	26	クリッピング, ベクトル比較生成
5	データ変換	17	8・16ビット各種パック・ア ンパック, 整数・実数変換
6	複素数ベクトル基本演算	54	各種四則演算, 共役演算 極座標変換
7	高速フーリエ変換	4	実数FFT, 複素数FFT

MX/5000-SPシリーズの性能を最大限に引き出すためには、コンパイラができるだけ多くのDOループをベクトル化することが必要である。以下にFORTRAN77-XE/AVFが行っている主要なベクトル化率向上のためのコンパイル手法を紹介する。

(1) 条件文のベクトル

IF文などの条件文を含むループに対しては、条件の真偽を1, 0のビット列で表現したマスクベクトルとして生成するマスク生成命令と、マスクベクトルの真偽値に対応した要素の処理を行うマスク付きベクトル命令を使ってベクトル化する(図8(a))。

(2) マクロ演算のベクトル化

表3に示すような演算はFORTRANプログラムによく現われ、SPにもこれらを高速に処理する命令が備わっている。データの参照関係からすれば本来はベクトル化できない形式であるが、コンパイラはマクロ演算であると認識し専用のSP命令を用いてベクトル化する。

(3) 間接インデックス

配列の添字がDOループの制御変数の一次式になっている場合は線形添字、そうでない場合を非線形添字という。コンパイラは非線形添字に対して、SPの間接インデックス命令を用いてベクトル化する(図8(b))。

(4) スカラ変数のベクトル化

DOループ中に現われたスカラ変数を、テンポラリ配列を導入することでベクトル化する。また、DOループの制御変数の一次式が配列に代入される場合には、等差数列を値にもつ配列を生成してベクトル化する(図8(c))。

(5) ベクトル化指令行

FORTRAN77-XE/AVFは、コンパイラがベクトル化の可否を判断できない場合にプログラマの判断によってベクトル化するかどうか指示するためのベクトル化指令行がある。ベクトル化指令行によりベクトル化をきめ細かくチューニングすることができる。

4.2.4 FORTRANプロファイラ機能

ベクトル化によってプログラムの性能を向上させるには、プログラム中で実行時間の多くを費やしている部分を見つけ、その部分をベクトル化することが必要である。このような性能分析作業を効率良く行うための機能としてプロファイラ機能が用意されており、プログラマはモジュール及び文ごとの実行回数や実行時間分布を知ることができる。図9にプロファイラの出力例を示す。

4.3 SPライブラリ

SPライブラリは、プログラムが直接SPハードウェアを利用できるように開発されたFORTRANサブルーチン ライブラリである。表4に示すように単精度は、倍精度240個のレポートリーからなる。

SPライブラリは、自動ベクトル化FORTRANでベクトル化できない応用サブルーチン(パック、アンパック、隣接多項内積、FFTなど)を利用したいとき、またSP使用を明示的に行いたいときなどに使用する。

5. む す び

スーパーミニコン《MELCOM70 MX/5000-SPシリーズ》について、特に内蔵型ベクトルプロセッサSPのハードウェアの特長及びサポートソフトウェアの自動ベクトル化FORTRAについて述べた。

今後とも《MELCOM70 MX/5000-SPシリーズ》が広く利用いただけるよう、顧客の貴重な意見を取り入れながら、より一層充実した機能・性能、信頼性と使いやすさを追及して行く所存である。

燃料電池発電システムの動特性解析

佐々木 明* 松本秀一* 田中俊秀** 池田辰也*** 田熊良行*** 留井英明***

1. ま え が き

燃料電池発電システムの動特性解析を行う上での基礎技術として、従来の電気工学、機械工学主体の応答解析に加えて、化学工学に基づく非定常プロセスの解析が要求される。また、燃料電池発電システムのように、主要なコンポーネントの研究開発とそのコンポーネントを利用する発電システム全体の研究開発が、ほぼ同時に進行する⁽¹⁾場合の動特性解析は、細心の注意を要する。このような場合の動特性解析においては、発達段階にある各コンポーネントの特性を的確に把握して、発電システム全体に与える影響を絶えず評価しなければならない。さらに、各コンポーネントの動特性を、プロセス固有の応答とコンポーネント構造に依存する応答に分離できることが望ましい。すなわち、動特性解析の使命は、発電システム仕様を実現するためのボトルネックがどこに存在するか、またボトルネックの原因がプロセスかコンポーネント構造かを明確にすることである。この情報は、発電システム構成がいまだ確定されず、いわゆる運転ノウハウもほとんど公表されない場合のシステム設計において、極めて有効な指針を与える。

動特性解析には、通常、対象の非定常モデルとそのモデルを使用したシミュレーションを実施できるコンピュータ環境が必要である。この論文では、業務用燃料電池発電システムの動特性解析作業を通じて、化学プロセス主体の発電システムにおけるモデル化手法及び

シミュレーション手法を検討した。さらに、プロトタイププラントを使用した動特性試験データとの比較により、上記手法の妥当性を議論した。

2. モデリング

モデリングは、通常、2種類ある。ブラックボックスモデルと物理モデルである。ブラックボックスモデルは、操業中のプラントに関する入出力応答データを数学的に処理したものであり、内部状態は不明であるが、解析対象そのものの応答モデルであるため計算が簡単で推定精度が高い。物理モデルは、プラント内で進行するプロセスに対し非定常収支式を作成するもので、ある程度の内部状態がわかる反面、計算が複雑で実プラントデータとの整合性を検証しなければならない。

燃料電池発電システムの場合、コンポーネントもシステムもまだ発達段階であるから、解析対象そのものの応答データが非常に少ない。したがって、ここでは、解析対象である燃料電池発電システムを概説した後、物理モデル主体の検討方法を説明した。

2.1 燃料電池発電システムの構成

図1で、リン酸型燃料電池発電システムの構成を説明する。発電システム中の主要反応器は、改質器、CO変成器及び燃料電池スタックである。発電システムには外部から原料、酸化剤及び水を供給する必要がある。原料は天然ガス(都市ガス13A)を利用し、一般都市

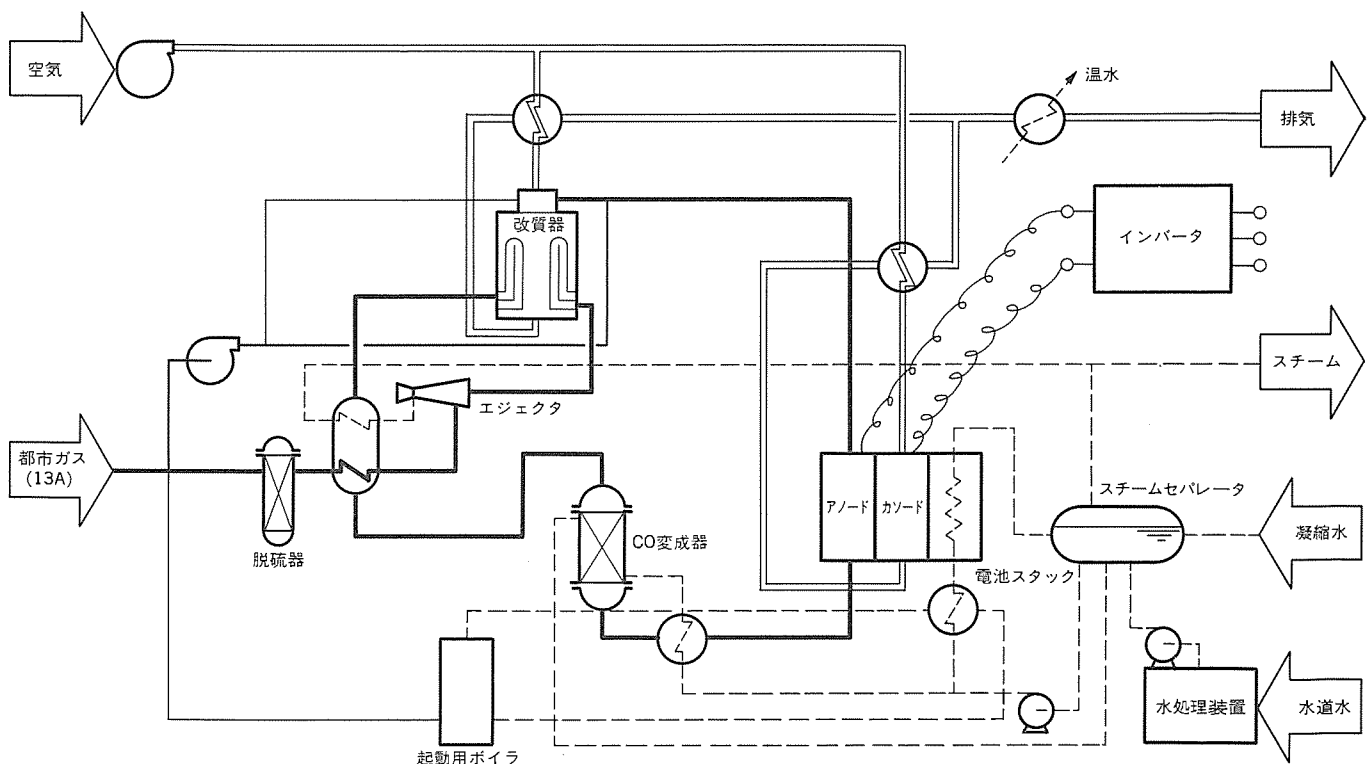
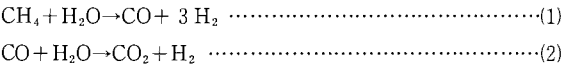


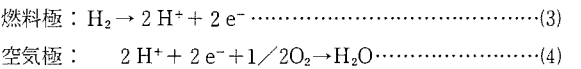
図1. リン酸型燃料電池発電システムの構成

ガス配管から供給する。酸化剤の空気はブロワで大気中から供給する。また、水は一般水道水を使用する。

原料である天然ガスは、後段の反応器で使用する触媒の触媒毒となる硫黄系の付臭剤を除去するため、まず脱硫器に供給される。脱硫後の天然ガスは予熱後、スチームエジェクタで過熱水蒸気と混合昇圧され改質器に供給される。改質器にはニッケル系の触媒が充てんされ、以下の反応が進行して、天然ガスは水素濃度の高い改質ガスに変換される。触媒層出口温度は800℃程度に達する。



改質器内で進行する反応は、全体として吸熱反応である。したがって、電池スタック燃料極（アノード）から排出される未反応水素を燃焼させることで、改質器を加熱する構成としている。改質ガスには十数％程度の一酸化炭素を含むが、一酸化炭素は燃料極に使用する白金触媒に対する触媒毒である。改質ガス中の一酸化炭素濃度を低減するために、改質ガスはCO変成器に供給され、そこで式(2)の反応を進行させる。この反応は、約230℃で進行する発熱反応であるから、電池スタック冷却循環水の一部をバイパス供給する。このようにして製造された燃料ガスと空気から、以下の反応により電池スタックは直流電力を発生する。なお、この直流電力はインバータで商用の交流電力に変換される。



水素の燃焼反応の自由エネルギー変化分において、電力に直接変換できなかったものは熱となって放出される。したがって、電池スタックの動作温度約205℃を保持するために、電池スタックは水冷される。冷却水は170℃程度の飽和水で、電池スタックから除去された熱量はスチームセパレータからスチームとして放出される。このスチームの一部が前述の改質反応に利用される。

2.2 コンポーネントのモデリング

非定常化学プロセスにおける物理モデル作成の基本を次式に示す。

$$[\text{蓄積}] = [\text{流入}] - [\text{流出}] \pm [\text{反応}] \quad \cdots\cdots(5)$$

式(5)は、保存則を表し速度の次元を持つ。変数は物質質量、運動量及びエネルギーである。燃料電池発電システムのように、ガスが流通しながら反応することで所要の機能を実現するプラントでは、ほとんどの場合、質量保存に相当する非定常物質収支式とエネルギー保存に相当する非定常熱収支式を連立させることで対象の動特性が記述できる。物質収支式は圧力の応答を示し、熱収支式は温度の応答を示す。ただし、コンプレッサなどの流体機械、又は反応器内の圧力損失等を評価する場合は、運動量保存式を使用する。

コンポーネントの非定常収支式に対し、式(5)に示した蓄積項が存在すれば、入出力間のプロセス量に「遅れ」が発生することを意味する。対象とするシステム内で、蓄積項を考慮するコンポーネントを抽出する判断基準は、容積要素である。リン酸型燃料電池発電システムの容積要素は、電池スタック、スチームセパレータ、改質器、CO変成器、脱硫器、熱交換器などである。以下、コンポーネントの代表例として、電池スタックのモデルについて手法を説明する。

コンポーネントのモデリングは、まず、対象の模式構成をブロック図で表現し、蓄積項を考慮するコンポーネント部分及びコンポーネントに対する入出力となるストリームを整理することから始まる。図2に電池モデルの模式構成を示す。また、表1に電池モデルにおけるコンポーネント対応表を示し、表2にストリーム対応表を示す。

2.2.1 物質収支式

電池スタックの電力負荷状態に対して、その時点での熱力学条件から決定されるリン酸型燃料電池の電流－電圧特性に基づき、空気極及び燃料極について物質収支式を導く。なお、気体は理想気体であると仮定する。

$$\frac{dP_{C1}}{dt} = \frac{RT_{AV}}{V_{C1}} (m_{S1} - m_{S2} - \delta em_{C1}) \quad \cdots\cdots(6)$$

$$\frac{dP_{C2}}{dt} = \frac{RT_{AV}}{V_{C2}} (m_{S3} - m_{S4} - \delta em_{C2}) \quad \cdots\cdots(7)$$

ここで、 P は圧力、 V は容積、 T_{AV} は電池スタックの平均温度、 R は普遍気体定数、 m はモル流量及び t は時間である。また添字は、表1及び表2に示すコンポーネント及びストリームに対応する。なお、 δem は式(5)の反応量に相当し以下の表現がとれる。

$$\delta em_{C1} = iA_cN_c / 4F - iA_cN_c / 2F \times \xi \quad \cdots\cdots(8)$$

$$\delta em_{C2} = iA_cN_c / 2F - iA_cN_c / 2F \times (1 - \xi) \quad \cdots\cdots(9)$$

ここで、 i は電池スタックの電流密度、 A_c は電極面積、 N_c は電池スタック内の電池枚数、 F はファラデー定数及び ξ は生成水蒸気が空気極側へ放出される比率である。この場合、電池スタックで発生する直流電力は次式で表せる。

$$EP_M = iA_cN_cV \quad \cdots\cdots(10)$$

式(10)における V は、電池スタック内の電池1枚当たりの電圧を表し、実験的に以下の非線形関数表記が可能である。

$$V = f(i, T_{AV}, y_{H2, S3}, U_H, y_{O2, S1}, U_O, P_{C2}, P_{C1}, y_{CO, S3}) \quad \cdots\cdots(11)$$

ここで、 $y_{i,j}$ は成分 i のストリーム j におけるモル濃度、 U_H は水素利用率及び U_O は酸素利用率である。

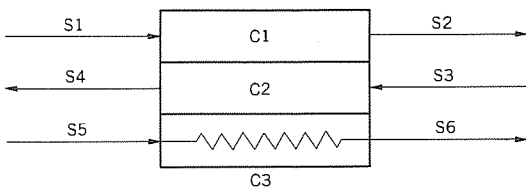


図2. 電池スタックの模式構成

表1. 電池スタックモデルにおけるコンポーネントの対応

コンポーネント番号	名 称
C1	電池スタック空気極（カソード）
C2	電池スタック燃料極（アノード）
C3	電池スタック冷却器

表2. 電池スタックモデルにおけるストリームの対応

ストリーム番号	名 称	流 体
S1	電池スタック空気極供給系統	空気
S2	電池スタック空気極排気系統	希薄空気
S3	電池スタック燃料極供給系統	改質ガス
S4	電池スタック燃料極排気系統	オフガス
S5	電池スタック冷却器供給系統	飽和水
S6	電池スタック冷却器排出系統	飽和水

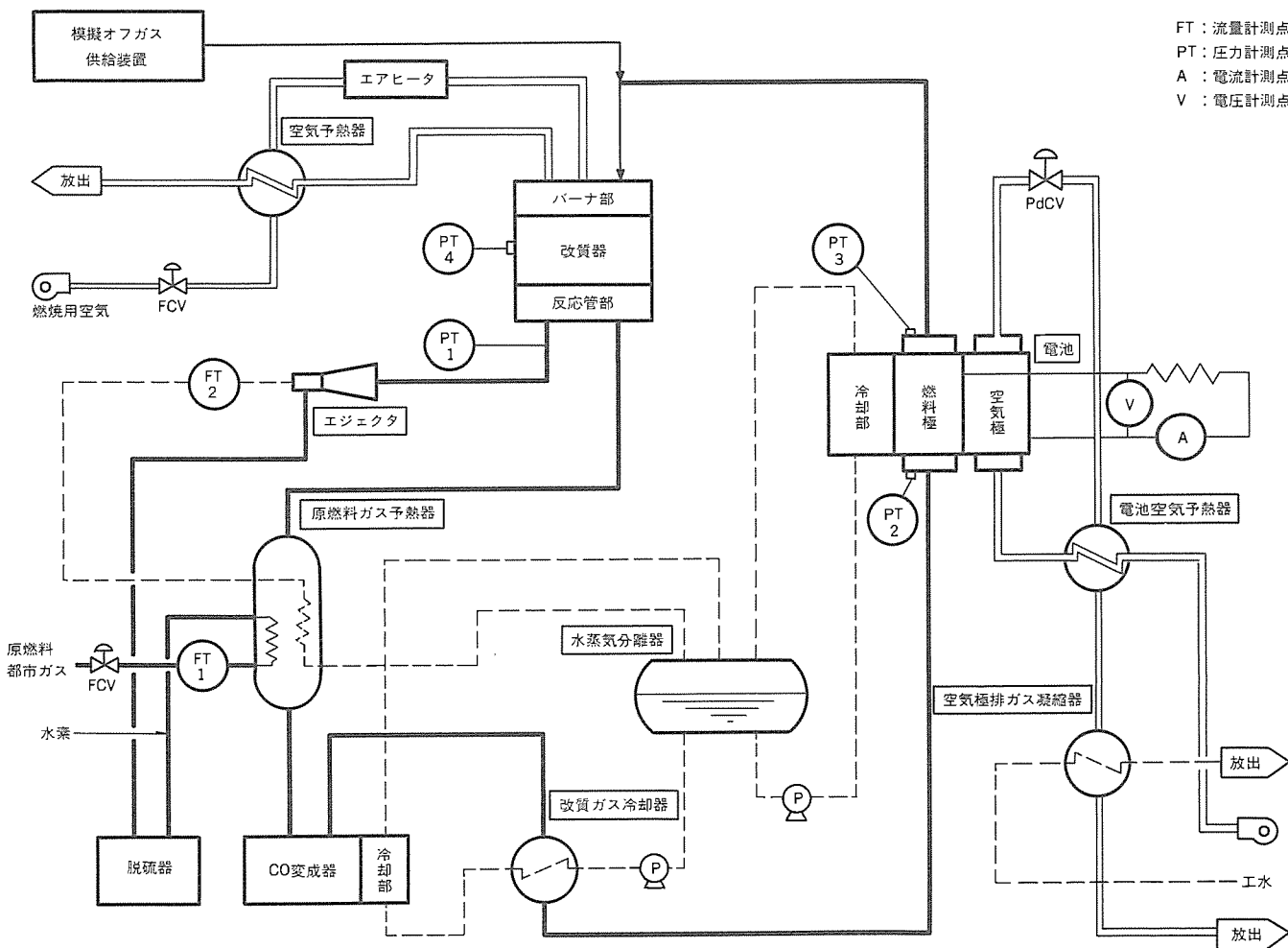


図 3. プロト機の構成

2.2.2 熱収支式

電池スタックは、数セルに 1 枚の割合で冷却プレートを持つ。冷却プレートに挟まれたスタック部分（以降パートと呼称）はすべて電池スタック内で等価と考え、パートについての熱収支式を導く。

$$C_{PT} \frac{dT_{AV}}{dt} = \frac{1}{N_P} [\{h_{S1}(T_{S1}) - h_{S2}(T_{AV})\} - \{h_{S3}(T_{S3}) - h_{S4}(T_{AV})\} - EP_M] - \Delta T / R \quad \dots\dots\dots (12)$$

ここで、 C_{PT} はパート熱容量、 h はエンタルピー流れで温度の非線形関数、 N_P はパート内電池枚数、 ΔT はパート内最高温度と冷却水温度との温度差及び R はパート内の熱抵抗値である。

式(12)で、 EP_M が式(5)の反応量に相当し、また電池スタック内の化学反応でガス組成が変化するため、物性値である単位質量当たりのエンタルピーそのものも変化する。

2.3 システムのモデリング

システムのモデリングには、各コンポーネントをシステム構成どおりに連結する接続要素が必要である。接続要素は 2 種類に大別できる。一つは、流量・圧力・温度・エンタルピー流れなどのプロセス量を上流のコンポーネントから下流のコンポーネントに対して、単に割り当てるだけの代入接続要素である。今一つは、上流及び下流のコンポーネントのプロセス量に関係する関数接続要素である。代入接続要素は、システムモデリング上、簡便化したいために使用する損失のない理想的な配管に相当する。配管における混合及び分岐も代入接続要素に相当する。また、関数接続要素は、弁などの操

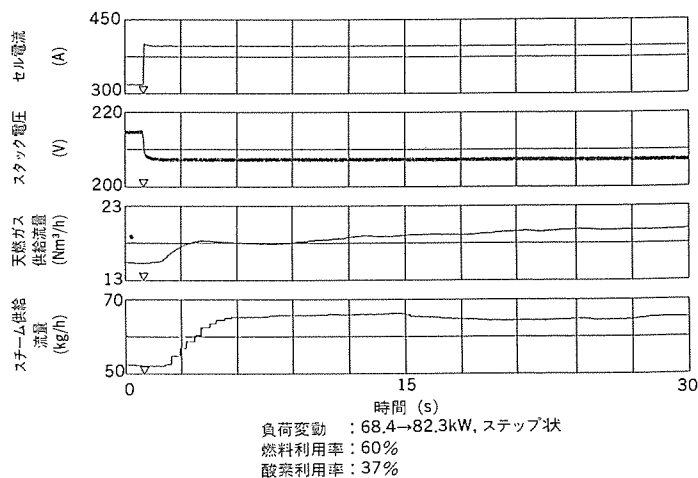


図 4. プロト機の負荷応答

作端を表現するものである。ここでは接続要素の一例として、弁のモデリングを説明する。

弁の絞り部での損失がない理想的な流れを仮定すると、弁を通過する流量 Q は、熱力学的に以下の表現ができる。

$$Q = \frac{10^3}{M} \left(\frac{2}{\gamma + 1} \right)^{1/(\gamma - 1)} \sqrt{\frac{2\gamma}{\gamma + 1} \rho_u P_u \cdot A_1} \quad \dots\dots\dots (13)$$

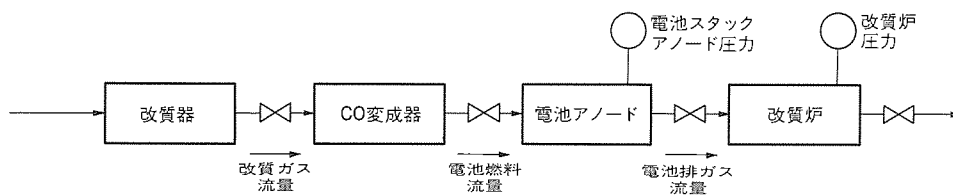


図5. プロト機燃料系統の物質収支モデル

$$\frac{P_D}{P_U} > \left(\frac{2}{\gamma+1} \right)^{\gamma/(\gamma-1)} \text{ のとき}$$

$$Q = \frac{10^3}{M} \sqrt{\frac{2\gamma}{\gamma+1} \rho_U P_U} \times \sqrt{\left(\frac{P_D}{P_U} \right)^{2/\gamma} \left\{ 1 - \left(\frac{P_D}{P_U} \right)^{(\gamma-1)/\gamma} \right\} \cdot A_t} \dots\dots\dots (14)$$

ここで、 M は弁を通過する流体の平均分子量、 γ は定圧比熱と定積比熱の比、 ρ は密度及び A_t は弁絞りの断面積である。また、添字 u は上流を意味し、添字 D は下流を意味する。なお、式(13)は弁絞りで流速が音速に達した状態（閉そく（塞）状態）を示し、通過流量は上流の圧力のみで決定される。

このような接続要素を使用して、コンポーネントモデルの各ストリームを発電システム構成どおりに組み合わせると、システムモデルが完成する。すなわち、式(5)の蓄積項を持つコンポーネントの個数が、微分方程式の個数に一致しシステム次数となる。この支配方程式を発電システム内の流れ方向に整理し、行列で表現すると、通常、零でない行列要素が対角付近に集中する。しかし、発電システム内にリサイクルループが存在すると、行列には非対角要素が出現し、シミュレーション時に不安定となる場合がある。

3. 動特性試験とシミュレーション

燃料電池発電システムの大きな特長は、負荷応答性に優れることである。電池本体は瞬時に応答するため、最大の問題は燃料の供給である。業務用燃料電池発電システムの設計に先立って試作した100 kW級プロト機の動特性試験を実施し、収集したデータと物理モデルに基づくシステムシミュレーションの結果とを比較した。

3.1 プロト機の動特性試験

図3にプロト機のフローシートを示す。業務用燃料電池発電システムと比較すると、出力が半分であること以外、システム構成上はほぼ等価である。このプロト機を使用して発電システムの負荷応答試験を実施した⁽²⁾。電池スタックの応答とプロト機に対する1次燃料である天然ガスとスチームの供給特性を図4に示す。この場合の負荷変化幅は、68.4kWから82.3kWまでの13.9kWであり、ステップ状に負荷を増加させた。電池スタックの特性上、電流値の増加に伴い電圧が低下するが、電池スタックとしての応答は瞬時であった。一方、独立電源の場合、負荷変化を予測することは困難であり、セル電流の増加を検出してから、天然ガスとスチームの流量を増加することになる。したがって、フィードフォワード制御を実施してある程度の無駄時間と遅れが発生するが、約4秒で供給量は追従できた。

3.2 物質収支シミュレーション

前節で実施したような瞬時負荷増加に対し、最も懸念される電池スタックの燃料利用状態をシミュレーションで評価した。このような情報の直接測定は、化学反応を伴うために不可能である。システムモデルを簡単にするために、図5に示すようにプロト機の燃料系

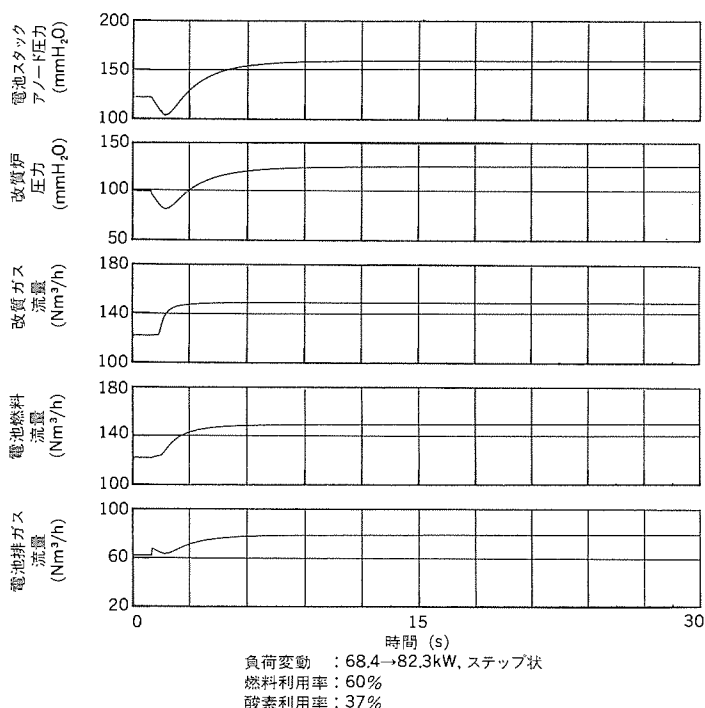


図6. プロト機動特性に関する物質収支シミュレーション

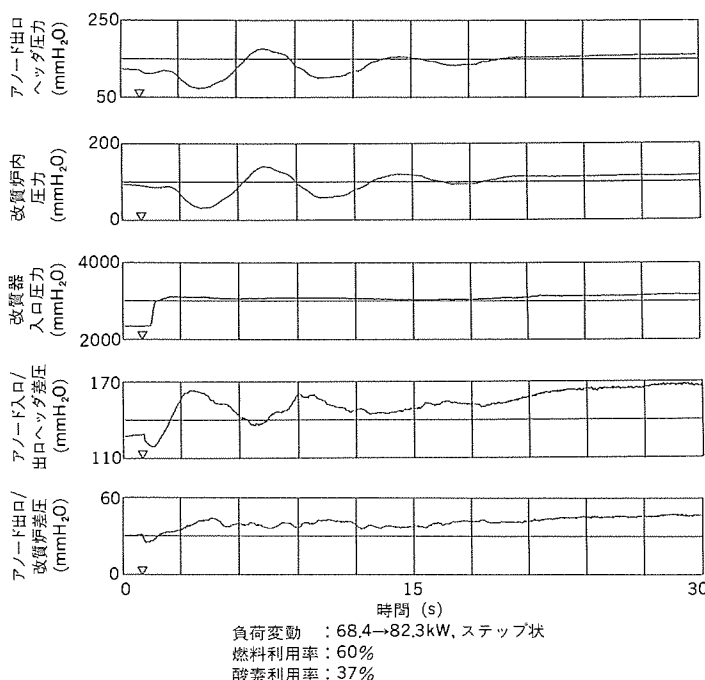


図7. プロト機動特性の測定値

統を4個の容積要素で近似した。各容積要素の容積値をプロト機の値に等しくし、初期状態を試験条件に一致させた。図4と同じ負荷変化条件で計算した結果を図6に示す。図に示した流量情報は、直

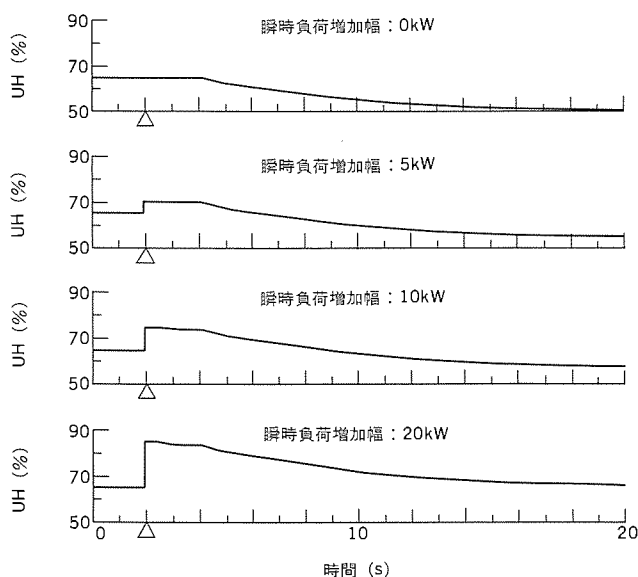


図 8. プロト機の瞬時負荷増加に対する電池燃料利用率の推定応答

接測定が困難である。したがって、改質器への流入流量は改質器入口圧力、電池への流入流量は電池出入口の差圧そして改質炉への流入流量は電池出口と改質炉間の差圧で応答傾向は推定できるとした。図 7 にプロト機での測定値を示す。改質炉の燃焼制御系により燃焼空気量が変動し、電池圧力、改質炉内圧力及び電池出入口差圧の応答に 2 周期程度のゆらぎがみられる。シミュレーションではこの変動を考慮していないが、全体的な応答推定能力は良好とみなせた。

このシステムモデルを使用して、負荷増加量と電池スタックにおける燃料利用状態を推定した。燃料供給流量の増加幅を 20kW 相当として、負荷増加量に対する電池スタックの燃料利用率を計算した結果を図 8 に示す。業務用燃料電池発電システム仕様の一つである定格の 20% (プロト機の場合 20kW) の瞬時負荷増加に対しても、プロト機程度の燃料供給遅れであれば、約 15 秒で定格の燃料利用率 65% に回復することが確認できた。

3.3 熱収支シミュレーション

業務用燃料電池発電システムの今一つの負荷応答仕様は、待機状態から 1 分以内で定格発電状態に達することである。この応答は、電池スタックとスチームセパレータにおける熱的な応答に支配される。

2 章で説明したモデリング手法により、電池スタックとスチームセパレータの非定常熱収支式を作成し、電池スタックの負荷応答特性を推定した。温度応答を図 9 に示す。この場合の待機状態は、定格の 20% に相当する 40kW とした。発電システムの出力増加に伴い、燃料製造のために改質器で必要とするスチームも増加するから、スチームセパレータの温度が過渡的に低下する。その後、出力増加に伴う電池スタックでの発熱量が増加し、電池スタック及びスチームセパレータとも温度が上昇する。スチーム温度の最大低下幅は約 5℃

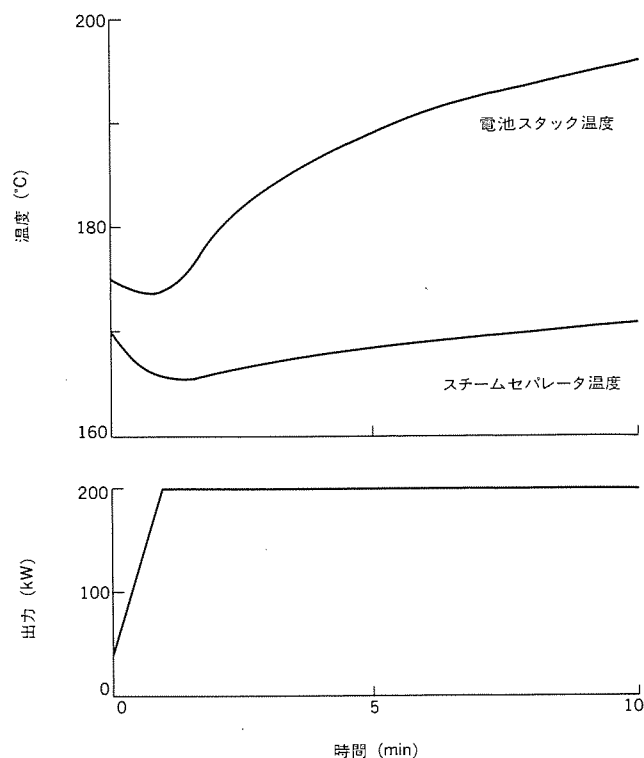


図 9. 電池スタックに対する熱収支シミュレーション

と推定され、飽和水蒸気と仮定すると圧力で約 1 kg/cm^2 の低下となる。この程度の圧力低下であれば、実用上、1 分以内での定格発電も可能であり、また、起動後 8 分でスチームセパレータ温度が回復するから、システム外へのスチーム供給も可能であることがわかった。

4. む す び

リン酸型燃料電池発電システムの動特性解析を通じて、化学プロセス主体の物理モデリングを説明した。さらに、業務用燃料電池発電システムの運転仕様である負荷追従性を、プロト機動特性試験とシミュレーションで議論した。その結果、20% 瞬時負荷増加及び 1 分以内の全負荷変化が安定に実現できることが推定できた。

本研究は、通商産業省工業技術院大型プロジェクトの一環として新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) から委託を受けて、実施したものである。

参 考 文 献

- (1) 佐々木ほか：三菱電機技報，58，No. 6，p.433 (1984)
- (2) 留井ほか：電気学会全国大会講演論文集，11，1538 p.11-204 (1989)

赤外線撮像素子冷却用高性能スターリングクーラー

数本芳男* 柏村和生* 古石喜郎* 清田浩之** 和田明文**

1. ま え が き

当社は、物体から放射される赤外線を高感度な赤外線撮像素子によって検出することにより、暗やみでも被写体の像をとらえることができ、さらに温度情報をも得られる赤外線撮像装置“三菱サーマルイメージャ”の開発、製品化に成功した⁽¹⁾。

この装置では、赤外線撮像素子として、二次元配列された約25万个(512×512)の検知素子を電子的に走査することによって、赤外線画像が得られる固体撮像素子(IRCSD)を用いている。しかし、被写体からの微弱な赤外線を高感度に検出し、より鮮明な画像を得るためには、この素子を液体窒素温度レベルの極低温に冷却し、素子自身による熱雑音を減らす必要があった。このため、筆者らは、優れた冷却効率を持ち小型・軽量、連続運転が可能といった多くの特長を備えたスターリングクーラーに着目し、その研究開発⁽²⁾を行ってきたが、このたび、赤外線撮像装置用リニアモータ駆動高性能スターリングクーラーの開発に成功した。

この論文では、その基本構成と特長について紹介する。また、高効率化、長寿命化を達成する過程で実施した要素技術開発の成果及びこのクーラーの冷却性能特性に関する試験結果等についても報告する。

2. 赤外線撮像装置用スターリングクーラーの仕様と特長

2.1 赤外線撮像装置用クーラーの要求仕様

図1に、当社の赤外線撮像装置の最新モデル“三菱サーマルイメージャIR-5120C”の外観写真を示す。この装置は、赤外線画像を電気信号に変換するカメラヘッド、画像処理や電源を収めたカメラコントローラ、得られた画像をリアルタイムで表示するディスプレイモニタから構成されている。カメラヘッド部には赤外線を検知するための赤外線固体撮像素子とともに、この素子を動作温度に冷却・維持する新開発のリニアモータ駆動スターリングクーラーが内蔵されている。

赤外線撮像装置のシステム仕様から要求されるこのクーラーの仕様は、以下のようなものである。

- (1) 素子を動作温度に冷却・維持するのに十分な冷却能力を持つこと(この装置では、約1W/77Kの能力が必要である。)
- (2) クールダウンタイムが短いこと(常温→動作温度 10分以内)。
- (3) 小型・軽量であること(全重量 2.0kg以下)。
- (4) 低消費電力であること(定格消費電力 50W以下)。
- (5) 長寿命であること。
- (6) 機械的振動、騒音が小さいこと。

これらの要求仕様は、赤外線撮像装置用スターリングクーラーとして、すべての項目においてこれまでに実証されている世界最高レベルの性能を目指したものである。画素数の多い撮像素子で高解像度な画像を得るこの装置にあつては、微小な振動でも画像のぶれを生じる。このため、特に振動に関しては極めて低いレベルが要求さ

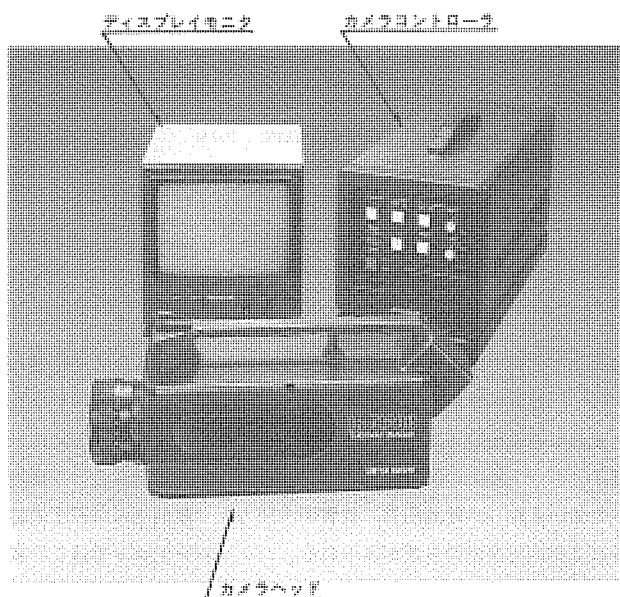


図1. 三菱サーマルイメージャIR-5120Cの外観

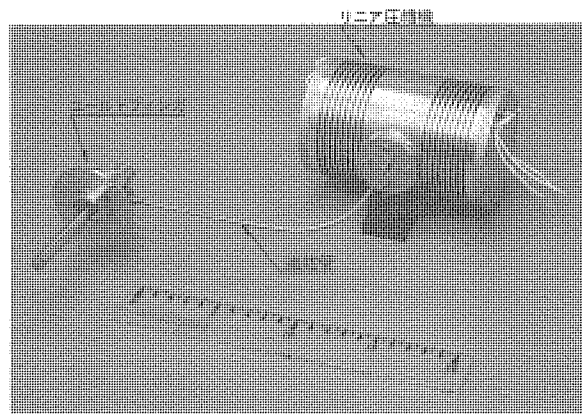


図2. 赤外線撮像素子冷却用リニア駆動スターリングクーラーの外観

れている。

2.2 新開発赤外線撮像装置用クーラーの特長

このクーラーの開発に当たっては、振動を大幅に低減しつつ高性能なクーラーを実現するため、従来のクランク式クーラーの構造を根本から見直す必要があった。図2に、今回開発した赤外線撮像装置用スターリングクーラーの外観写真を示す。

このクーラーの基本構成は、圧縮機の機械的振動が撮像部に影響を与えないようにするため、圧縮機とコールドフィンガ部が連結管により分離されたスプリット型としている。さらに、圧縮機のピストン駆動機構にリニアモータ駆動機構を採用して、長寿命化を図っている。スターリングクーラーでは、内部に極低温になる部分があ

るため、しゅう（摺）動部に凍結のおそれのある潤滑油類は一切使用することができない。したがって、従来のクランク式クーラーでは、ピストンやシリンダに大きな横方向の力がかかるため、ピストン摺動面の耐久性が問題となって長寿命化は困難であった。この点、リニア式を採用したこのクーラーでは、ピストンに作用する側荷重が小さく、回転軸受も不要であるため、寿命が大幅に改善されている。

また、振動を大幅に低減する手段として、この圧縮機では、二つのピストンを逆向きに振動させることによって、互いの振動を打ち消し合う2気筒対向構造を採用している。クランク式クーラーでは、対向2気筒構造としてもクランクピッチ分のアンバランス成分が残り、軽量のカメラヘッドに搭載する場合には何らかの防振装置が必要であった。また、リニア式クーラーであっても、従来の単気筒構造のクーラーでは可動部の慣性力による振動が発生するため、同様に防振機構が必要であった。これに対して、今回のリニア駆動対向2気筒構造を持ったクーラーでは、摺動軸方向の可動部の慣性力が互いに打ち消し合うため、原理的には完全に振動を抑えることができ、実機においても極低振動を実現することができた。

3. リニアモータ駆動スターリングクーラーの要素技術開発

リニアモータ駆動スターリングクーラーは、モータがピストンを直接駆動する構造のため、開発においては、従来のクランク式クーラーの課題に加えて、熱力学的サイクルとリニアモータ駆動系の相互作用の解明、モータ運転周波数の高速化に伴うピストン軸受部の無潤滑摺動材料の耐久性向上等、新たな要素技術の研究開発も必要であった。

以下では、高効率、長寿命なリニア駆動スターリングクーラーを実用化するために実施した、これらの要素技術開発の成果について簡単に紹介する。

3.1 リニアモータ駆動系の検討

リニアモータ駆動スターリングクーラーでは、リニアモータがピストンを直接駆動する方式のため、モータ駆動系と熱力学系は密接に関係合っている。したがって、高効率なクーラーを実現するためには、まずモータ効率と種々の熱力学系パラメータとの間の関係を明らかにすることが必要であり、そこで、ここでは熱力学系とモータ駆動系の関係に関して実施した基礎的な実験結果について概説する。

図3及び図4に、スターリングクーラー用に開発したリニア圧縮機の単体性能試験の結果を示す。これらの試験は、圧縮機にコールドフィンガ部の死容積に等しいダミーの容積を付加することにより、実機と同じ圧縮比のもとでモータ効率の周波数依存性及び封入圧力依存性を測定したものである。なお、図において、モータ効率は摩擦などの機械損失が小さいものと仮定して次式で定義している。

$$\text{モータ効率} = \frac{\text{電気入力} - \text{コイル抵抗値} \times (\text{入力電流})^2}{\text{電気入力}}$$

図3は、入力電流一定の条件において、モータ効率の周波数依存性を測定したものである。図から、最高のモータ効率を得られる運転周波数は、55～60Hz近傍にあることが分かる。また、ピストン変位と入力電流の波形観測から、このとき、入力電流とピストン変位はほぼ90°の位相差を持つことが明らかになった。このことは、リニアモータ駆動圧縮機では、ピストンを含む往復運動部と機械ばね及びガスばねからなる系がリニアモータによって加振される1自由度

強制振動系を構成していると考えられる。このような強制振動系においては、加振力であるモータ推力（すなわち、モータ入力電流）とピストン変位が90°の位相差となる状態、すなわち共振状態でモータが外部に対してなす仕事最大になること、を示していると考えられる。

図4にはモータ効率の封入圧力依存性を示す。封入圧力の増加に伴って、最高効率を与える周波数が高い周波数にシフトしていくことが分かる。これは、封入圧力の増加によってガスばねの剛性が高くなり、前述のピストンばね系の固有振動数が上がっていくためである。なお、同図には、ガスばねの効果として断熱変化を仮定した場合の固有振動数の封入圧力依存性も実線で示してある。最高モータ効率を与える封入圧力とそのときの運転周波数の関係から、系の固有振動数は、断熱変化を仮定したガスばねの影響を考慮することによって予測できることが明らかになった。

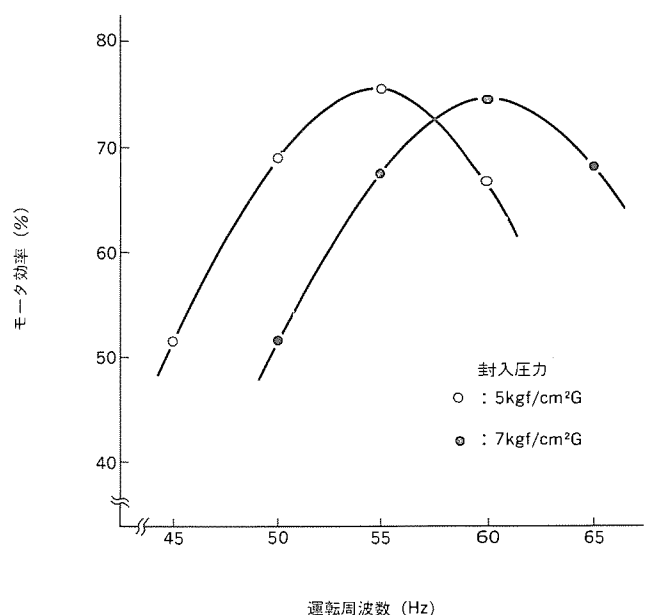


図3. モータ効率の周波数依存性

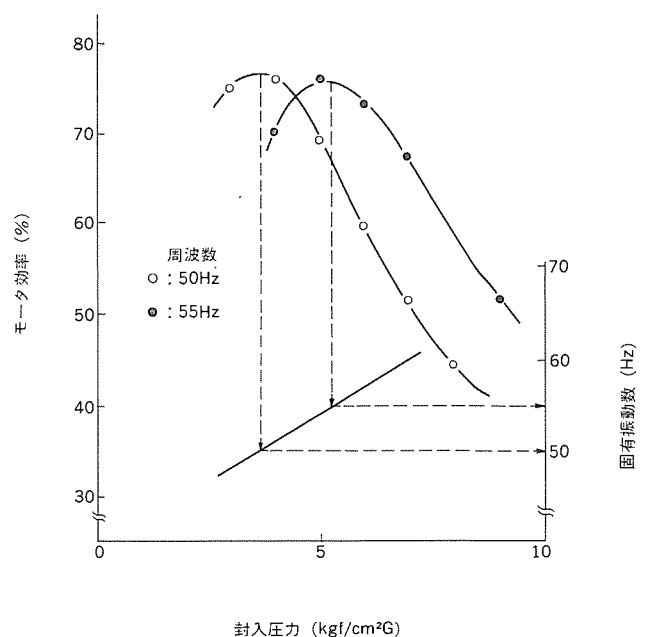


図4. モータ効率の封入圧力依存性

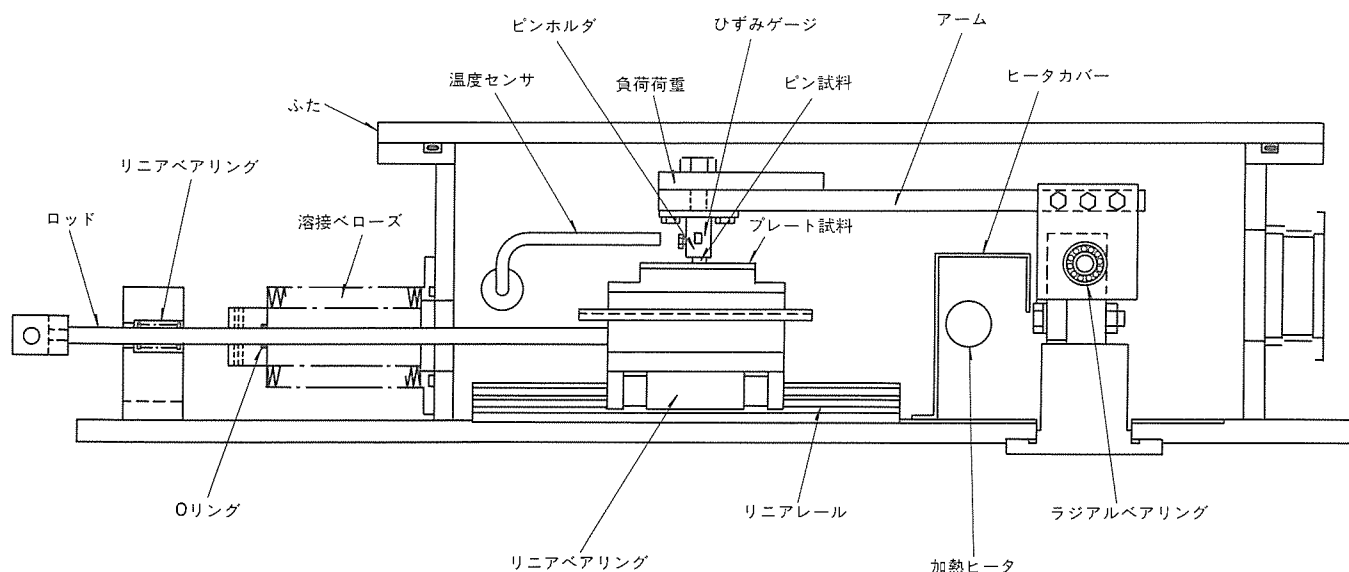


図 5. 往復動摩擦試験装置の構成

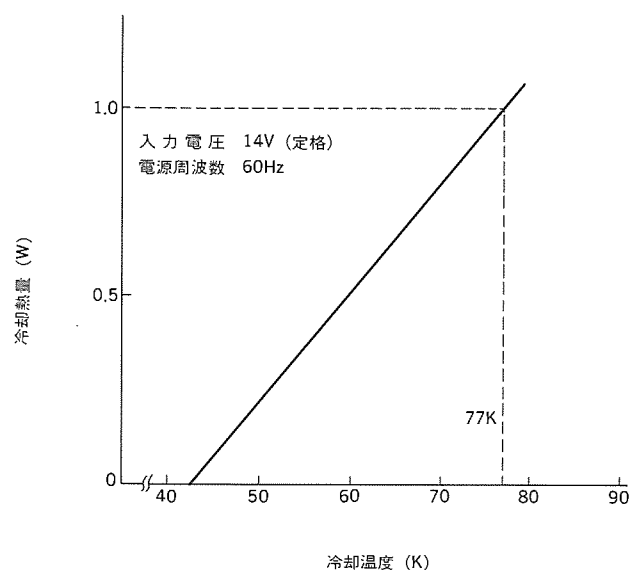


図 6. 冷却能力の冷却温度特性

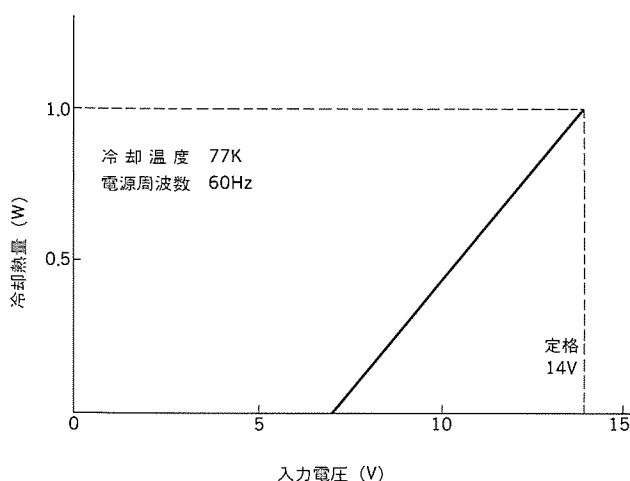


図 7. 冷却能力の入力電圧特性

モータ駆動系に関して得られたこれらの基本的な知見をベースとして、スターリングサイクル シミュレーションや最適設計を進め、この開発のクーラー仕様を満足する高効率化、小型・軽量化を達成することができた。

3.2 無潤滑摺動材料の評価

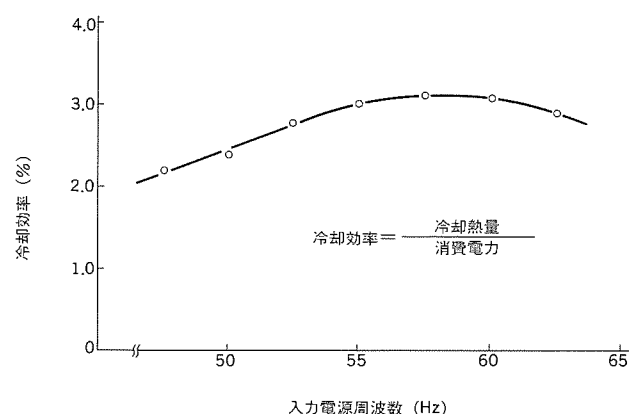


図 8. 冷却効率の周波数特性

前述したように、機械式極低温クーラーでは、潤滑剤が極低温部に凝結して通路を閉そく(塞)するため潤滑剤が使用できない。このため、ピストン-シリンダ間の摺動部や摩擦部には、無潤滑摺動材料が用いられており、高効率かつ長寿命な冷却機を実現するためには、摩擦が少なく、摩擦係数の小さい無潤滑摺動材料の開発が不可欠である。一方、現在市販されている無潤滑摺動材料については、摩擦率等のカタログ値は潤滑剤がない状態での大気中での試験データが多く、スターリングクーラー中において摺動材料が実際に置かれている状態(Heガス雰囲気中で、その他の不純物ガスはほとんどない状態)での試験データは少ない。一般に、これらの無潤滑摺動材料は、雰囲気ガスや摺動条件によって摩擦率や摩擦係数が大きく変化することが知られており⁽³⁾、スターリングクーラー中での摩擦や摩擦を正確に把握するためには、実機の雰囲気や負荷条件を模擬した状態での信頼性の高いデータの取得とその評価が重要な課題となる。

そこで、このクーラーの開発に当たっては、材料データベースの蓄積と材料評価を目的として、無潤滑摺動材料の摩擦摩耗試験を実施している。図 5 に評価試験装置の概略構成図を示す。図に示すように、試験にはできるだけ実機の運転条件を模擬できるよう往復動摩擦摩耗試験機を使用するとともに、評価材料のベキングによる脱ガス処理など、PV値をはじめとして雰囲気や材料の履歴などにも十分な配慮を加えて評価を行った。

表 1. 当社スターリングクーラーの仕様と他社製品との比較

メーカー 型 名	三菱電機 LS-2B	三菱電機 SC-4(従来品)	A 社	B 社
冷却方式	スプリット式 スターリング	スプリット式 スターリング	スプリット式 スターリング	スプリット式 スターリング
コンプレッサ 方 式	リニアモータ 駆動対向 2気筒	回転モータ駆 動クランク式 対向2気筒	回転モータ 駆動クランク 式対向2気筒	リニアモータ 駆動 単気筒
冷却性能	1W-77K	1W-77K	1W-80K	1W-80K
消費電力(W)	50以下	60	60	50
コンプレッサ 寸法(mm)	φ78×124	80×88×117	φ76×130	φ71×145
重 量(kg)	1.90	1.87	2.04	2.05
寿 命(h)	実績5,000以上	実績1,000	1,000	2,500
騒 音(1m)	36.8dB [A]	47.6dB [A]	48.2dB [A]	43.9dB [A]

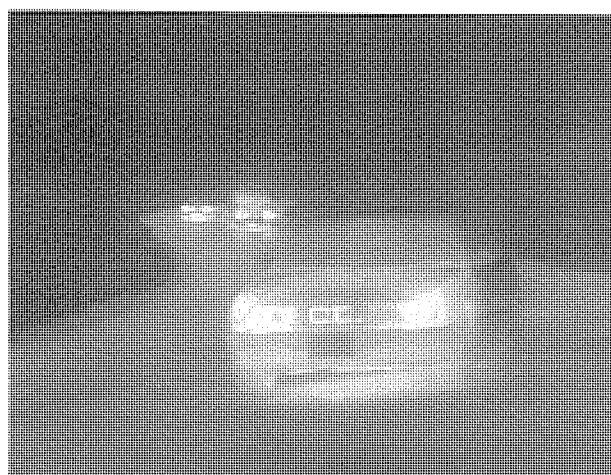


図 9. 赤外線映像例(夜間走行中の乗用車)

4. 総合性能試験

4.1 冷 却 性 能

図 6 に、今回開発したリニアモータ駆動スターリングクーラーの冷却性能特性を示す。このクーラーの最低到達温度は42Kで、冷却温度77Kのときに1.0Wの熱量を冷却する能力を持っている。なお、素子と組み合わせた状態でのクールダウンタイムは約10分であった。

図 7 にはクーラーの入力電圧と冷却熱量の関係を示す。この図に示したように、リニアモータ駆動クーラーでは入力電圧を変化させることでクーラーの能力を調節できるため、素子の温度をモニタークーラー入力電圧にフィードバック制御をかけることによって、素子の温度を最適値に保つことが可能である。

図 8 には、クーラー効率の周波数依存性を示す。このクーラーは、50～60Hzにかけて比較的フラットな冷却効率特性を持っているこ

とが分かる。このため、クーラー効率を低下させることなく、50 Hz, 60Hzのどちらの電源にも対応することができ、装置の共用化が可能である。

4.2 クランク式クーラー及び他社製品との比較

表 1 には、当社のリニアモータ駆動スターリングクーラーの性能を当社のクランク式クーラー⁽²⁾や他社のクーラーと比較して示している。なお、当社のクーラーの値は実測値であり、他社のものはカタログデータ等を参考にした。

表から分かるように、リニアモータ駆動クーラーはクランク式に比べ、冷却能力、寸法重量面ではほぼ同等であるが、寿命の点で格段に優れていることに特徴がある。クランク式クーラーの場合の1,000時間に比べ、当社のリニア式では摺動材料の要素試験の成果ともあいまって、5,000時間以上の耐久性を寿命試験において確認している。

また、同表には、各クーラーの騒音レベルも比較のために示した。静粛性においてもリニア式は優れており、今後、夜間監視や放送用カメラ等への赤外線撮像装置の応用を考える上で非常に大きな利点になると考えられる。

4.3 赤外線撮像装置への適用結果

図 9 には、このクーラーを搭載した赤外線撮像装置“三菱サーマルイメージャIR-5120C”による撮像例を示す。リニアモータ駆動対向2気筒構造を採用したこのクーラーでは、可動部の往復運動による慣性力のバランスがほぼ完全に取れているため、わずか数kgのカメラヘッドに圧縮機を搭載しても画像の揺らぎや振れは全く観測されなかった。また、測定された振動レベルは非常に小さく、今後の多素子化においても十分対応可能なレベルにあることも判明した。なお、このように圧縮機をカメラヘッドにリジッドにマウントできる点は、今後圧縮機の冷却方法の多様化を考える上でも有利になると考えられる。

5. む す び

今回開発したスターリングクーラーでは、圧縮機にリニアモータ駆動2気筒対向構造を採用し、さらに熱力学的サイクルとリニアモータ駆動系の相互作用の解明、無潤滑摺動材料の耐久性評価等の要素技術開発を実施することにより、極低振動かつ長寿命で50Hz/60 Hz共用の高効率、高性能なクーラーを実現することができた。

スターリングクーラーは、赤外線素子の冷却用にとどまらず、超伝導応用、超高真空生成等、今後、広範な分野においてその応用展開が期待されている。

今後ともこれらのニーズにこたえるべく、先進的なクーラーの研究開発に取り組んでゆく所存である。

参 考 文 献

- (1) 瀬戸ほか：三菱電機技報，62，No. 5，p.65(1988)
- (2) 数本ほか：三菱電機技報，60，No.12，p.49(1986)
- (3) 西村 充：機械の研究，37，No. 1～No.12(1985)

多元ICB装置による高温超電導薄膜の形成

川越康行* 塚崎 尚* 山西健一郎* 田中正直** 今田勝大***

1. ま え が き

高温超電導体の発見から3年余り経過し、その間の薄膜形成に関する研究においては、スパッタリング法、蒸着法、CVD法をはじめとする各種の方法により、着実な進歩がなされてきている⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾。膜特性に関しての最近の研究では、組成比の高精度制御の重要性が認識されてきており、多元の発生源を用いて各元素の発生量を独立に調整し、薄膜の組成比を望みどおりに制御できる方法は、今後ますます注目を集めるであろうと考えられる。また、将来における超電導デバイスへの応用を実現するためには、低温での結晶化及び酸化を実現することが重要であり、イオンビームや励起ビーム等により付与される熱以外のエネルギーの導入が必要になると考えられる⁽⁵⁾。

筆者らは、Y系高温超電導薄膜形成を対象に、オゾナイザを付加した多元クラスターイオンビーム(ICB)装置を開発した⁽⁶⁾。ICB法は、ノズルから金属等の蒸気を噴出させ、このときに断熱膨脹により形成される弱く結合したクラスター(塊状原子集団)をイオン化及び電界加速して薄膜形成に用いる方法である⁽⁷⁾。クラスターイオンは、原子、分子イオンと同様の高い化学反応性に加え、数十～数百個の原子に対し1個の電荷しか付与されていないため、電界加速により原子1個に対し薄膜形成に有効な低エネルギーを運動エネルギーとして与えることができ、さらにそのエネルギーを自由にコントロールできる制御性に特長がある。これらの特長により低基板温度での高付着力・高密度薄膜の形成はもとより、薄膜の結晶性制御に大きな効果を発揮することが確認されている⁽⁸⁾。Auを例にとれば、加速電圧を加えることで高密度、高付着力及び表面の平坦性が実現されており、他の方法では得難い高反射率のレーザミラー、X線ミラー等への応用がなされている⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾。また、Si基板上のAlについても、基板とのエピタキシャル成長による他に例のない単結晶薄膜が得られている⁽¹¹⁾。

これに加え、反応ガスを活性化しICBに重畳させる反応性ICB法は、低温での高品質化合物薄膜形成に有効であり、反応ガスとして活性なオゾンを用いる方法は、低い圧力下での酸化反応促進に効果的であることが確認されている⁽¹²⁾⁽¹³⁾。

以上のような背景から、反応ガスとしてオゾンを用いた反応性多元ICB装置を開発し、高品質なY系高温超電導薄膜の低温as-grown形成をねらった研究を進めている。

この報告では、オゾナイザを付加した三元ICB蒸着装置の構成、及び三元系同時蒸着時にオゾン導入を行う反応性ICB法を用いて形成されたY系高温超電導薄膜の特性について述べる。

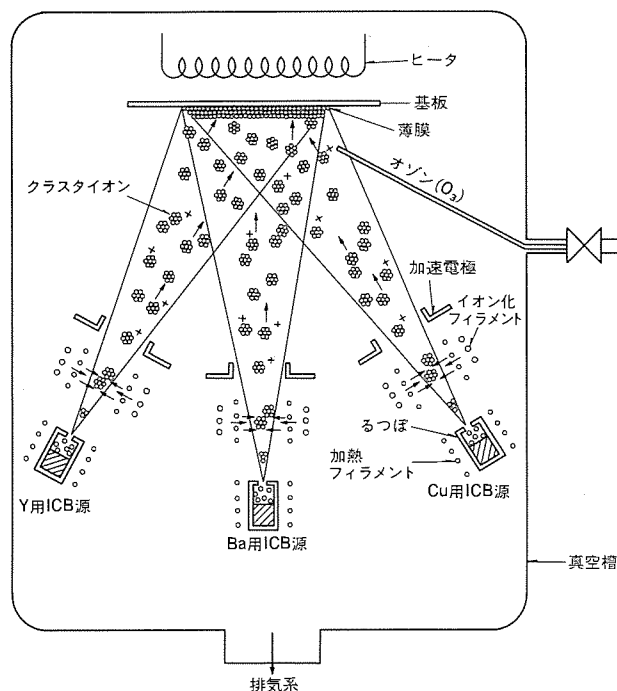


図1. Y系超電導薄膜の形成概念

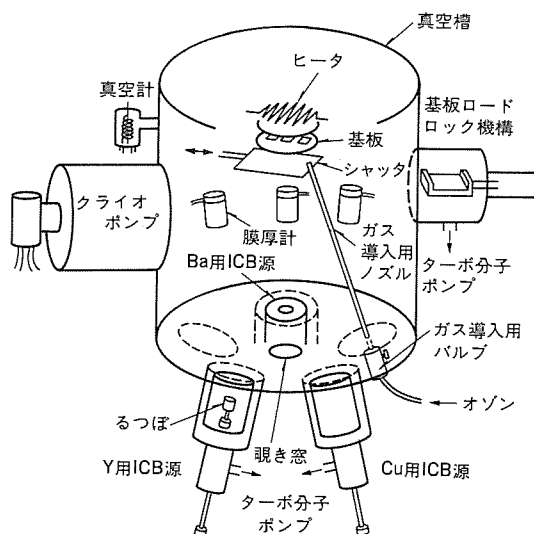


図2. 多元ICB装置の外観及び内部の模式図

2. 形成装置及び形成条件

3台のICB源とオゾナイザが装着された装置を用いたY系超電導薄膜の形成概念図を図1に、装置の外観写真及び装置内部の模式図を図2に示す。各ICB源は、その中心軸が基板の法線方向に対し25°傾き、各クラスタービームが基板の中心からわずかに離れた位置に入射するように設置されている。蒸着速度は、3台の水晶振動式モニタにより各元素ごとに独立に測定される。クラスターのイオン化率及びクラスターイオンに印加する加速電圧は各元素ごとに独立に制御され、最大加速電圧は8kVである。一方、オゾナイザから発生した高濃度オゾン(6%)は、内径約2mmのノズルを通して真空槽内に導入され、基板からわずかに離れた位置から基板に直接噴射するようにした。基板は、回転しながら900°Cまで加熱できる構造となっている。また、排気ポンプとしてはクライオポンプを使用しており、到達真空圧力は 6.5×10^{-6} paである。

蒸発材料としては、金属Y(3N)、Ba(3N)、Cu(6N)を用い、るつぼ材としては高融点金属を用いた。反応ガスを真空槽内に導入し、圧力を $3 \sim 5 \times 10^{-2}$ paに保った後、上記3元素を同時に蒸発させ、MgO(100)又はSrTiO₃(100)基板上に4nm/minの速度で蒸着した。薄膜の組成比は、各ICB源からの蒸発速度の比が目的の値となるように、るつぼ温度を調整することにより制御された。すべてのICB源に対し加速電圧を同一の300Vに設定し、500~700°Cの範囲で基板温度を変化させた。蒸着後、基板の冷却中は蒸着時の圧力を維持した。基板温度は、基板と同条件の位置においたふく射率をこう(較)正した金属板を放射温度計により測定した値を用いている。形成条件を表1に示す。

膜の構造分析はX線回折装置(XD)、走査型電子顕微鏡(SEM)、反射型高速電子線回折(RHEED)、組成分析は誘導結合高周波プラズマ分光(ICP)、超電導特性はAu、In、Ag等を接触電極とした交流4端子法で測定し評価した。

3. 結果と考察

図3にMgO(100)基板上に形成された膜厚0.1 μ mのas-grown薄膜の電気抵抗-温度特性を示す。基板温度は630°C、蒸着中の槽内圧力は 3×10^{-2} paである。反応ガスとして酸素を用いて形成した膜中には、X線回折分析により超電導の結晶相が確認されているが、超電導状態への抵抗遷移開始温度は約20Kと低い値である⁽¹²⁾。一方、6%のオゾンを含む酸素を用いた場合には遷移温度が上昇し、抵抗ゼロ温度($T_{c, zero}$)が82Kの膜が得られている。どちらの場合も蒸着中の槽内圧力は同じであり、同数の酸素分子が基板に到達する。しかし、超電導体を構成するために十分な量の酸素を反応に寄与させるには、オゾンのような活性化された酸素を使用することが重要であることをこの結果は示している。

$T_{c, zero}$ の基板温度依存性を図4に示す。570~630°Cの範囲では、温度が上がるにつれて $T_{c, zero}$ が上昇している。しかし、660°C以上の温度になると膜の特性が不均一になる。Y系高温超電導体は高温になると還元されやすく、解離平衡酸素圧力以下になると分解することが知られている⁽¹⁴⁾。660°C以上の温度では、槽内酸素圧力が平衡圧力に達しておらず、酸素が膜中に十分に取込まれなかったものと推定される。

図5は、各基板温度で形成した薄膜の組成比及び表面のSEM写真を示したものである。いずれの膜もY/Ba/Cu=1/2/3の組成

表1. YBaCuO高温超電導薄膜の形成条件

蒸発材料	Y (3N), Ba (3N), Cu (6N)
るつぼ材料	高融点金属
基板	MgO (100), SrTiO ₃ (100)
蒸着速度	4nm/min
加速電圧	300V
蒸着中の圧力	$3 \sim 5 \times 10^{-2}$ Pa
基板温度	500~700°C

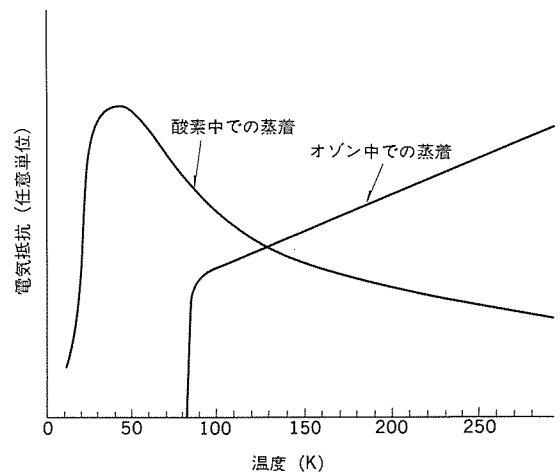


図3. 電気抵抗-温度特性

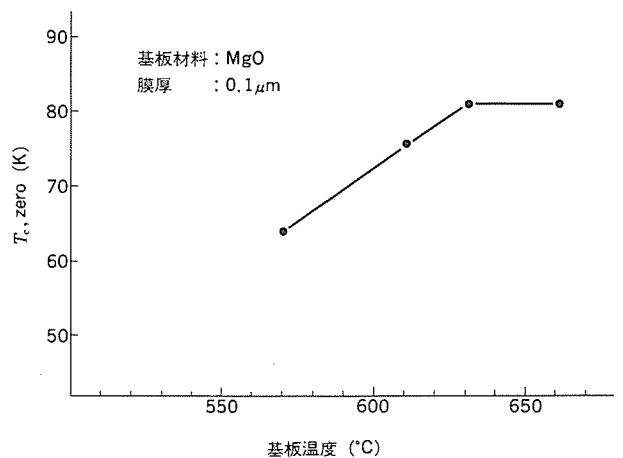


図4. $T_{c, zero}$ の基板温度依存性

に近く、精度の高い組成制御が実現されており、570°Cの場合には、装置の分解能の範囲内では表面の凹凸は観察されていない。これに対し、610°C以上になると、0.5 μ m程度の大きさの不定形粒子がわずかに平滑な膜中に存在するようになる。この不定形粒子に関しては、現在更に詳細な検討を進めている。

図6は、基板温度630°Cで形成した薄膜(膜厚:0.1 μ m)のX線回折パターンである。(00n)ピークのみが観察されており、薄膜はMgO(100)面に垂直にC軸配向していることが分かる。図7にRHEEDパ

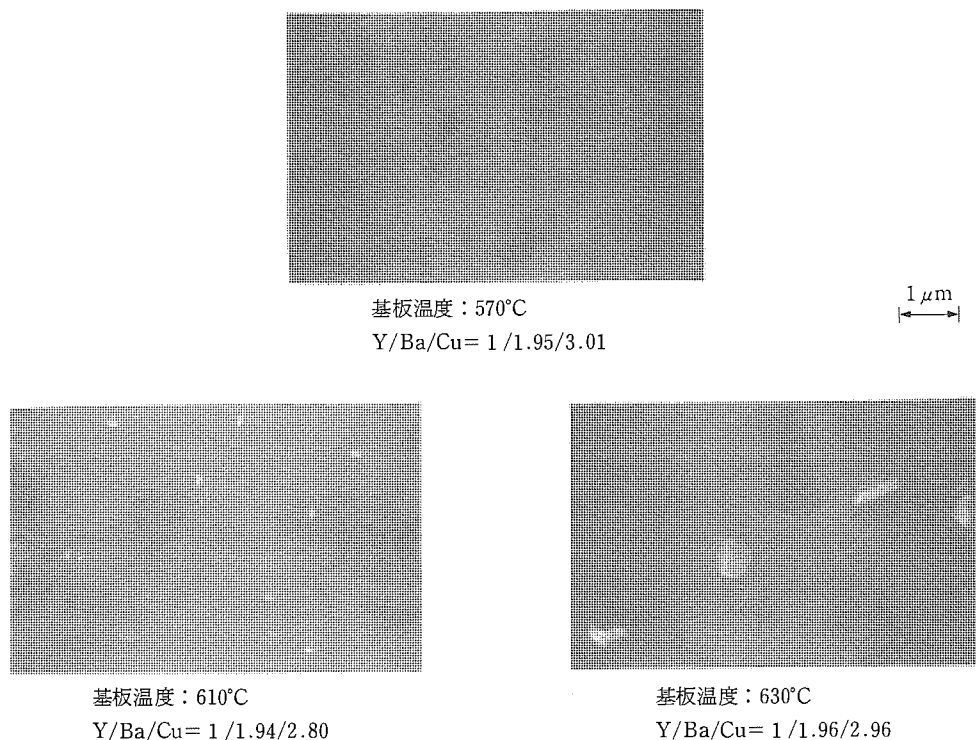


図 5. YBaCuO 薄膜の表面SEM写真

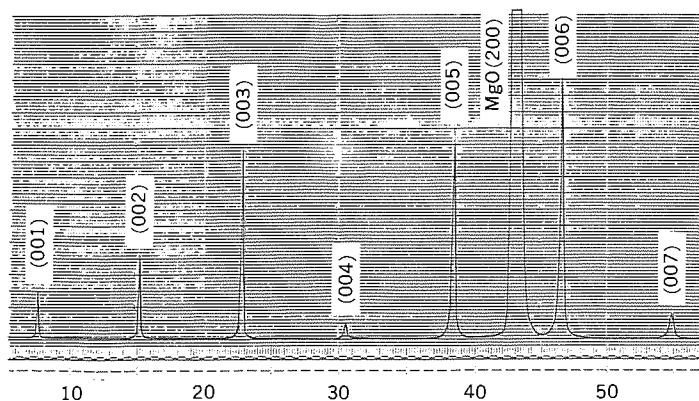


図 6. 形成薄膜のX線回折パターン

ターンを示す。ストリークパターンが観察され、このパターンは薄膜を基板面内で90°おきに回転させても変化しないことが確認されている。電子ビーム径が約5 nmであることを考えあわせると、薄膜の表面が原子レベルで非常に平滑であることはもちろん、広い領域でC軸及び面内配向性の強い膜が形成されていることを意味している。

薄膜の特性向上をねらい、格子定数がよりY系高温超電導体に近い基板としてSrTiO₃を取り上げ、この基板上にも薄膜形成を試みた。図8はSrTiO₃ (100) 基板上に650°Cで形成された薄膜の電気抵抗の温度依存性である。 T_c , zeroが86Kの薄膜が形成されており、MgO (100) 上に形成された薄膜より高い値である。また、図9に、この薄膜の臨界電流密度を示す。MgO (100) 上に形成された薄膜の 10^5 A/cm²程度よりも一けた高く、実用化の一つの目安とされる 10^6 A/cm² (at 77K) が達成された。

また、Yにかわり蒸発材料としてErを用いての薄膜形成も行った。臨界温度87K、77Kでの臨界電流密度が 1.2×10^6 A/cm²という結果を得ており、YをErに変更してもほぼ同一の特性が得られることを

確認した。ICB法は、このように蒸発材料の選択性の幅が広く、ランタノイド系の変更のみならず、Bi系、Tl系等の他の高温超電導体への展開にも有利であると考えられる。

さらに、実用化の別の重要な要因として大面積形成が挙げられる。大面積形成により特性の似かよった薄膜が数多く作れることは、将来の生産性を考慮した場合はもとより、現在行われているデバイス実用化研究の促進を図る上でも、大きなメリットとなる。図10は、基板設置領域を直径70mmの領域内として、その中の各点で臨界温度を測定した結果である。この図から直径70mmのほぼ全領域にわたり、84~86K以上の臨界温度が得られることを確認した。レーザPVD, CVD, スパッタ等の方法においては、ICBに比べ蒸着物質供給源と基板の間の距離が一けた程度短く、蒸着面積は最大でも直径25mm程度である⁽¹⁵⁾。本法により、直径70mmという大面積蒸着が達成されたことは、実用上大きな意味があると考えられる。

以上ICBとオゾンを組み合わせることで、形成されたY系高温超電導薄膜の特性を紹介した。各元素に印加する加速エネルギー及び酸素中に含まれるオゾン濃度については、更に詳細な検討が必要であり、これらを適正化することで、より低温で高品質な薄膜の大面積形成を実現でき、今後幅広い応用が展開されることが期待されている。

4. む す び

高温超電導薄膜形成を対象として、オゾナイザを付加した多元ICB装置を開発した。この装置により形成した膜は、広い領域にわたりC軸及び面内配向した高品質な結晶性薄膜であることが確認され、650°Cの基板上に、 T_c , zeroが87K、臨界電流密度が77Kで 1.2×10^6 A/cm²のY (Er) BaCuO薄膜が直径70mmの大面積基板上にas-grownで得られた。今後は、蒸発源を更に多元化し、Bi系薄膜への展開も推進する予定である。また、クラスターイオンビームに印加するエネルギーの最適化及びオゾン濃度を更に高濃度化することにより、より大面積及び低温での形成も進める予定である。

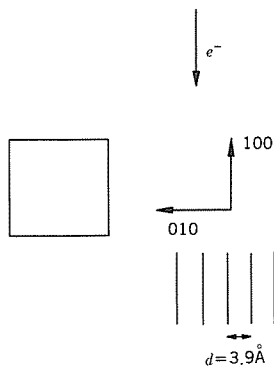
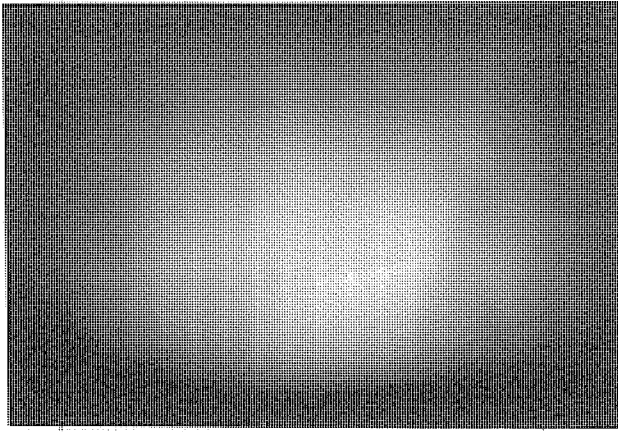
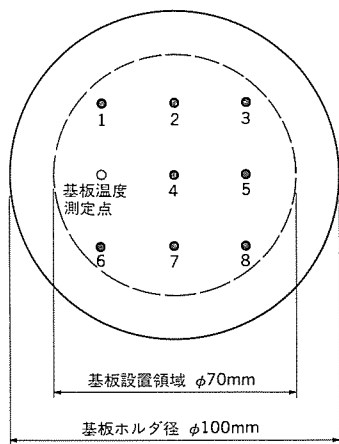


図 7. RHEEDパターン



測定点	$T_c, \text{zero (K)}$
1	84.3
2	86.3
3	86.0
4	86.8
5	85.0
6	86.6
7	85.8
8	86.7

図10. 大面積基板上各点での T_c, zero

参 考 文 献

- (1) Y.Enomoto, et al. : Jpn. J. Appl. Phys. 26, L1248 (1987)
- (2) T.Terashima, et al. : Jpn. J. Appl. Phys. 27, L91 (1988)
- (3) H.Yamane, et al. : Jpn. J. Appl. Phys. 27, L1459. (1988)
- (4) T.Hirai, et al. : Extended Abst. ISEC'89, Tokyo, Japan, p. 425 (1989)

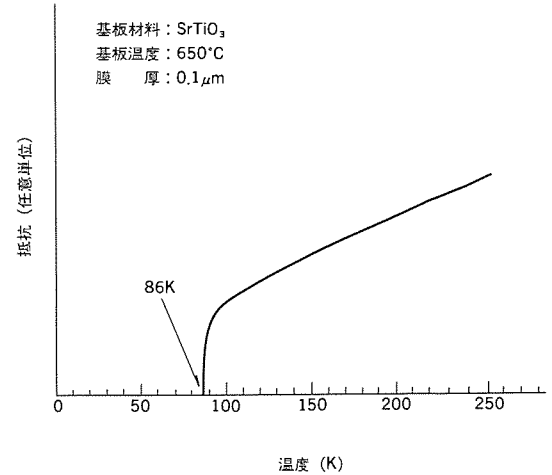


図 8. 形成薄膜の抵抗温度特性

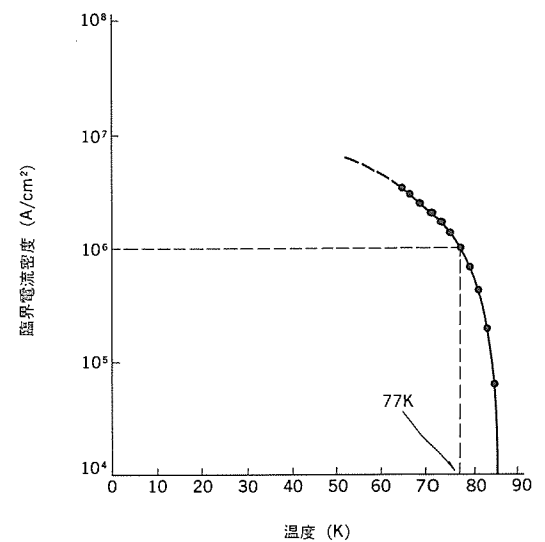
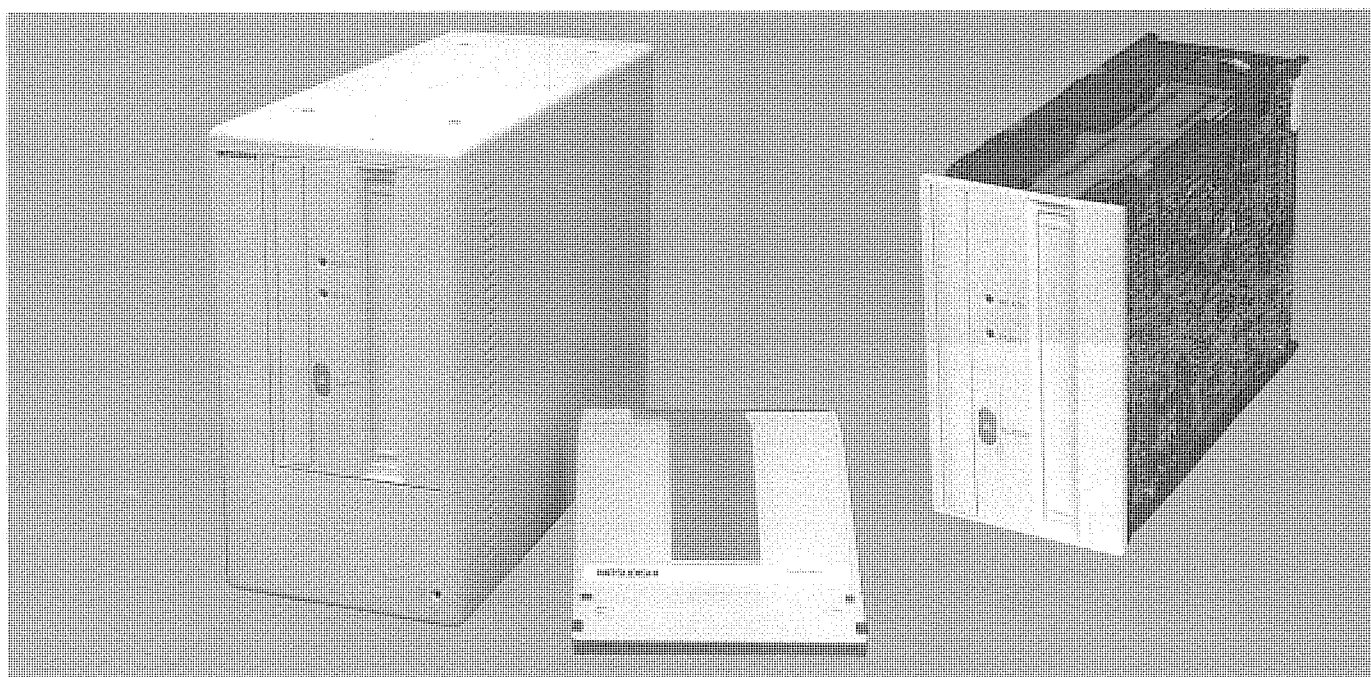


図 9. 臨界電流密度の温度依存性

- (5) K.Moriwaki, et al. : Jpn. J. Appl. Phys. 27, L2075 (1988)
- (6) K.Yamanishi, et al. : Mat. Res. Soc. Symp. Proc. 99, p.343 (1988)
- (7) I.Yamada, et al. : J. Phys. Chem. 91, p.2463 (1987)
- (8) T.Takagi : Vacuum, 36, P.27 (1986)
- (9) K.Yamanishi, et al. : Proc. Int. Work-shop on ICBT, p.139 (1986)
- (10) H.Kunieda, et al. : Jpn. J. Appl. Phys. 25, p.1292 (1986)
- (11) I.Yamada and T.Takagi : IEEE Trans. ED-34, p.1018 (1987)
- (12) K.Yamanishi, et al. : Nucl. Instr. Meth. Phys. Res. B37/38, p.930 (1989)
- (13) D.D.Berkley, et al. : Appl. Phys. Lett. 53.20. p.1973 (1988)
- (14) B.T.Ahn, et al. : Mat. Res. Soc. Symp. Proc. 99 p.171 (1988)
- (15) G.Koren, et al. : Appl. Phys. Lett. 54, p.1920 (1989)

スポットライト 書換形光ディスク装置



このたび三菱電機では、光磁気方式の130mm書換形光ディスク装置、および光ディスクカートリッジを開発しました。この装置は、小形軽量ヘッドの採用、専用ICによるトラックカウント式アクセス方式の採用、リアルタイムでエラー訂正可能なエラー検出・訂正ICの採用、大容量バッファメモリの搭載、SCSIインタフェース回路の内蔵などにより、高速アクセス、高速データ転送、ホスト機器への高い接続性を実現しており、小形ながら高速・大容量の外部記憶装置として容易に使用できます。

特長

130mm ISO規格準拠の512B/セクタおよび1024B/セクタの2種類の光磁気ディスクカートリッジが使用でき、アプリケーションによってどちらでも仕様可能です。

82.6×146×203mmの外装の中に、光ディスク駆動装置(ODD)、および光ディスク制御装置(ODC)を内蔵しており、ホスト機器に組み込んで使用するときも設置が容易です。

設置スペースに合わせて、水平設置(横置き)、垂直設置(縦置き)のどちらも可能です。

光ディスク駆動装置(ODD)部分での平均シーク時間は35.5msを実現。光ディスク制御装置(ODC)を介しても平均47.5ms以下で目的トラックへシークでき、固定磁気ディスク装置に匹敵するシーク性能が得られます。また512KBの大容量バッファメモリと、最高2.5MB/秒のSCSI転送速度、SCSIディスクコネクタ機能のサポートなどにより、ホスト機器およびSCSIバスの負担を軽減してシステムの処理性能を向上させます。

●高信頼性

データを記録する光ディスクは2層記録膜方式であり、高い記録感度と高いC/N比、100万回以上の消去・記録・再生サイクル、15年以上のデータ保存寿命(加速試験による推定)を達成しており、信頼性の高い記憶媒体として使用できます。

仕様

形 名	ME-5E1	
対応規格	ISO規格(ドラフト)準拠	
平均シーク時間	SCSI 上	47.5ms
	ODD部	35.5ms
平均回転待時間	12.5ms	
ディスク回転速度	2,400rpm	
外部インタフェース	SCSI×3.131-1986	
セクタサイズ	512バイト/1024バイト	
サーボ方式	連続	
記録方式	磁気バイアス光変調方式	
訂正後ビットエラーレート	10 ⁻¹² 以下	
データ転送速度	SCSI	2.5MB/秒(最大)
	ディスク再生信号	7.4Mbit/秒
ローディング・起動時間	4.5秒以下	
停止・イジェクト時間	3秒以下	
設置方向	水平/垂直	
寸 法(H×W×D)	82.6×146×203mm	
重 量	2.6kg	
電 源	+5V、+12V	

光ディスクユニット(サブシステム)仕様

形 名	ME-5U1
内蔵光ディスク装置	ME-5E1
設置方向	水平/垂直
寸 法(H×W×D)	125×230×290mm
重 量	7kg
電 源	AC100-120V、平均40W

光ディスクカートリッジ仕様

形 名	ME-5M32	ME-5M42
容 量	297MB×2	326MB×2
セクタ長	512B	1024B
セクタ数	31セクタ/トラック	17セクタ/トラック
記録方式	光磁気	
エラーレート	5×10 ⁻⁵ 以下	
C/N	48dB以上	
寿 命	15年	
寸法(H×W×D)	135×153×11mm	
重 量	165g	

特許と新案 有償開放

有償開放についてのお問合せ先 三菱電機株式会社 知的財産渉外部 TEL (03) 218-2139

電磁連結装置 (実用新案登録 第1700200号)

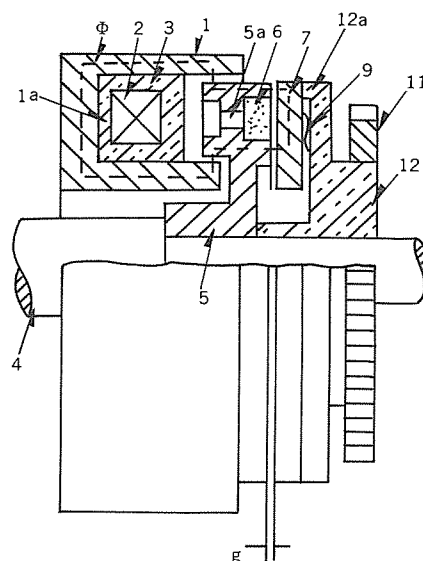
考案者 小林 良治

この考案は、複写機などのOA機器に用いられるマイクロ電磁クラッチ、ブレーキの改良に関するものである。

図において、(1)は図示しない機械などに固定された環状の固定子、2はこの固定子(1)の環状凹部(1a)内にレジンを介して固定されたコイル、(4)は駆動軸、(5)はこの駆動軸(4)にキーにより固定された回転子、(6)はこの回転子(5)に固定されたライニング、(5a)は磁気遮断のための穴である。(7)はこのライニング(6)と空隙(g)を介して対設されたアマチュア、(12)はプラスチック材料により成型型で製作されたハブで、(12a)はアマチュア(7)のストッパである。(9)は上記アマチュア(7)とハブ(12)の間に挿入されたばね、(11)はハブ(12)にボルトなどにより固定された被駆動ギヤである。

この考案は、以上のような構成であるため、コイル(2)に通電すると磁束Φが発生し、アマチュア(7)をライニング(6)側に吸引するが、ハブ(12)をプラスチックとしたため、漏洩磁束は完全になくなり、その分だけコイル2を小さく設計できる。更に、コイル(2)を消熱すれば、アマチュア(7)は直ちにライニング(6)から離間されるため、次の動作に早く移行でき、頻度を高めることができる。更に、ハブ(12)を従来の鋼からプラスチックに替えたため、重量は大幅に低減

され、慣性も小さくなり、連結仕事・連結時間も小さくなり、寿命が延びるとともに、使用頻度を更に高めることができる。



オープンレンジ (実用新案登録 第1516374号)

考案者 田村 邦夫, 岡田 任史, 小笠原 敏雄, 小川 幸治

この考案は、オープンレンジにおいて、高周波発振源となるマグネトロンを加熱室からの熱気から保護するようにしたものである。

図1、図2に示すように、オープンレンジの本体(1)は、外ケース(2)と底板(3)と加熱箱(4)とから構成され、加熱箱(4)の内部が加熱室(5)となっている。ドア(6)は加熱室(5)の前面開口を開閉自在に塞いでおり、加熱室(5)内には、仕切板(7)、上下ヒータ(11)(12)、金属皿(30)がそれぞれ収納されている。高周波を発振するマグネトロン(18)は、加熱箱(4)の右側側面に設けられ、そのアンテナ(17)から発振された高周波は導波管(16)を介して給電口(15)から加熱室(5)内へ導入される。(21)は送風

機で、マグネトロン(18)の被冷却部(19)を冷却する風を送るため、ダクト(22)(23)に接続されている。(20)は加熱室(4)の壁面に設けた吸気口であり、ここから冷却後の風が加熱室(5)へ導入される。(26)は加熱室(5)からの排気ダクトである。

以上のように、この考案は、マグネトロンの被冷却部を、吸気口より下方に設置したため、加熱室内からの熱気がマグネトロンに作用しにくく、マグネロンが長寿命化となる。

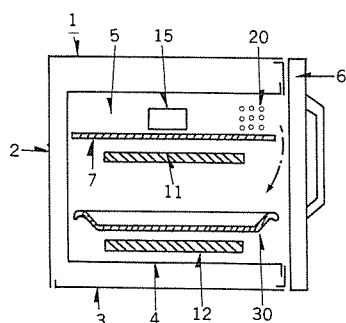


図1.

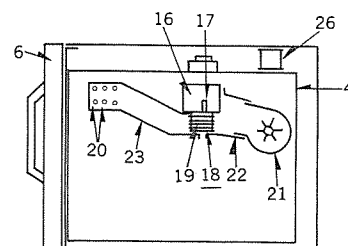


図2.

半導体装置のリードフレーム（特許 第1392459号）

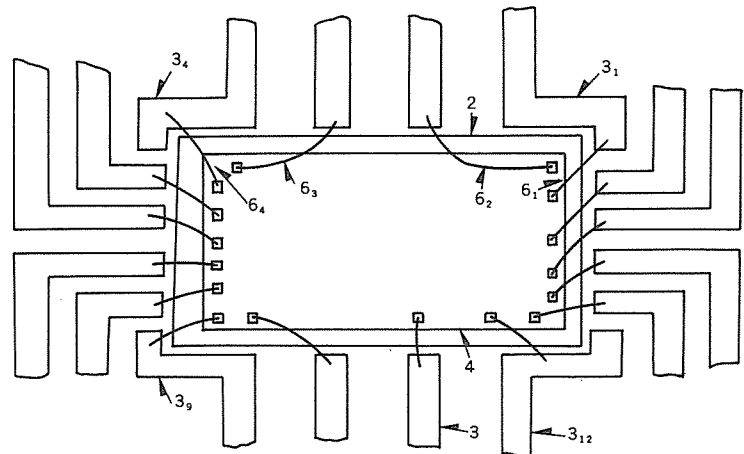
発明者 大坂 修一

この発明は、半導体の電極取出し口とリードフレームとの間の結線を容易にするとともに、金属線間の接触及び交叉をなくしたものである。

すなわち、図示のごとく、半導体集積回路(4)を固着するダイボンドエリア(2)のコーナに位置し、金属細線(6₁)(6₂)(6₃)(6₄)に接続さ

れるリードフレーム(3₁)(3₂)(3₃)(3₄)の先端を、コーナの2辺に対向させるとともに、隣接する両側のリードフレーム(3)間に延長配置する。

したがって、この発明によれば、電極取出し口とリードフレームとの間の結線が容易になるとともに、その結線に用いる金属細線間の接触及び交叉がなくなる。



〈次号予定〉 三菱電機技報 Vol. 64 No. 3 原子力発電所計装制御システム特集

特集論文

- 原子力計装制御の展望
- 大飯3/4号機向け計装制御システム
- 大飯 3号機向け計装制御システム総合組合せ試験
- APWRプラント向け総合計装制御システム
- 高速増殖炉もんじゅ発電所向け計装制御システム
- 原子力向け汎用計装制御システム《MELTAC-C》
- 原子力計測制御設備の自動化システム
- 原子力発電所技術支援管理システム
- 予防保全技術
- 巡視点検ロボット

普通論文

- 三菱FAコントローラ《MELSEC-LM7000》
- 三菱オゾンプール浄化装置
- 国土庁中央防災無線網衛星通信系用地球局設備
- 衛星通信用ビットレート可変型モデム
- 浴室用換気・暖房・乾燥システム
- ICリードフレーム用新銅合金MF224
- 新しい構造用ウレタン系接着剤の開発及びエレベーター意匠パネルへの適用

三菱電機技報編集委員

- | | |
|---------|-------|
| 委員長 | 山田 郁夫 |
| 委員 | 名畑健之助 |
| 〃 | 福岡 正安 |
| 〃 | 宇佐美照夫 |
| 〃 | 風 呂 功 |
| 〃 | 大原 啓治 |
| 〃 | 松村 恒男 |
| 〃 | 紅林秀都司 |
| 〃 | 吉岡 猛 |
| 〃 | 鳥取 浩 |
| 〃 | 柳下 和夫 |
| 幹事 | 長崎 忠一 |
| 2月号特集担当 | 室谷 正芳 |
| | 石井 康一 |

三菱電機技報64巻2号

- | | |
|-----------|--|
| (無断転載を禁ず) | 1990年2月22日 印刷 |
| | 1990年2月25日 発行 |
| 編集兼発行人 | 長 崎 忠 一 |
| 印刷所 | 東京都新宿区榎町7
大日本印刷株式会社 |
| 発行所 | 東京都港区新橋六丁目4番地9号(〒105)
三菱電機エンジニアリング株式会社内
「三菱電機技報社」Tel.(03) 437局2338 |
| 発売元 | 東京都千代田区神田錦町三丁目1番地(〒101)
株式会社 オーム社
Tel.(03) 233局0641(代) 振替口座東京6-20018 |
| 定 価 | 1部721円(本体700円)送料別
年間予約は送料共9,373円(本体9,100円) |

スポットライト 新形留守番電話機 TL-R50形

このたび三菱電機では、新形の留守番電話機TL-R50形を発売しました。この機種は使う人の個性や気分を重視して、3種類の着信音を選べる「選択リンガー」や、自分だけの保留音が作れる「オリジナルメロディ」などの機能を採用した高級タイプの個性派留守番電話機です。

特長

①電話機能

●選択リンガー

気分に合わせて、「電子音」、「黒電話のベル音」、「カッコーの鳴き声」の3種類の着信音の中から、ひとつの音を切換えひとつで選ぶことができます。

●オリジナルメロディ

お気に入りの音楽や自分の声を内蔵のテープに録音し、保留メロディ(メッセージ)として相手に聞かせることができます。もちろん内蔵の保留メロディにもワンタッチで切換えることができます。

●アメニティダイヤル

受話器を取り上げると、ダイヤルボタンの数字が淡く点灯して、暗い室内でもダイヤルしやすくなりました。

●オートダイヤル

話中の相手に最高9回まで自動的にかけ直します。オートリダイヤルした回数は、マルチカウンターで表示します。

②留守録機能

●マルチカウンター

2桁のデジタル表示で、以下の情報を知ることができます。

- ・ 用件メッセージ数
- ・ 通話時間(分単位)
- ・ 応答メッセージ録音残秒数(カウントダウン)
- ・ オートリダイヤル回数(カウントダウン)
- ・ テープ走行状態

●メッセージリターン

プッシュホンから用件メッセージを録音した後、「0」をダイヤルするだけで、今録音した用件メッセージが再生され内容を確認することができます。

●スリープ応答

電話がかかってきても、着信音が鳴らずに用件録音ができ、録音中は相手の声は聞こえません。

●リモコンガイド

外出先で、リモコン操作が分からなくなった時などに、操作方法を音声で知ることができます。



仕様

形 名	TL-R50形
本 体 色	グレー・ブラック・ホワイト
使 用 回 線	DP回線/PB回線
認 定 番 号	P89-0152-0
外 形 寸 法	W165×D210×H69(mm)
重 量	約1.2kg
電 源	局電源・DC10V(ACアダプタ) DC6V(単4乾電池×4)………停電バックアップ用
録 音 再 生 方 式	メモリIC+マイクロカセットテープ 最大録音時間 IC ………16秒 テープ………5分/件
電 話 機 能	パンチ・トーン信号・ミックスダイヤル・ワンタッチダイヤル(3個所)・短縮ダイヤル(20個所)・オンフックダイヤル・リダイヤル・自動保留解除・着信音量切換・フラッシュボタン・キータッチトーン・メモ録音・逆送話・アラーム機能・選択リンガー・オリジナルメロディ・アメニティダイヤル・オートリダイヤル
留 守 録 機 能	タイムスタンプ・リモコン・メッセージ転送・ポケットベル呼出・トールセーバー・ボイスモニター・音声確認・応答専用切換・留守予約・対話式録音・伝言板機能・高速消去・マルチカウンター・メッセージリターン・スリープ応答・リモコンガイド