

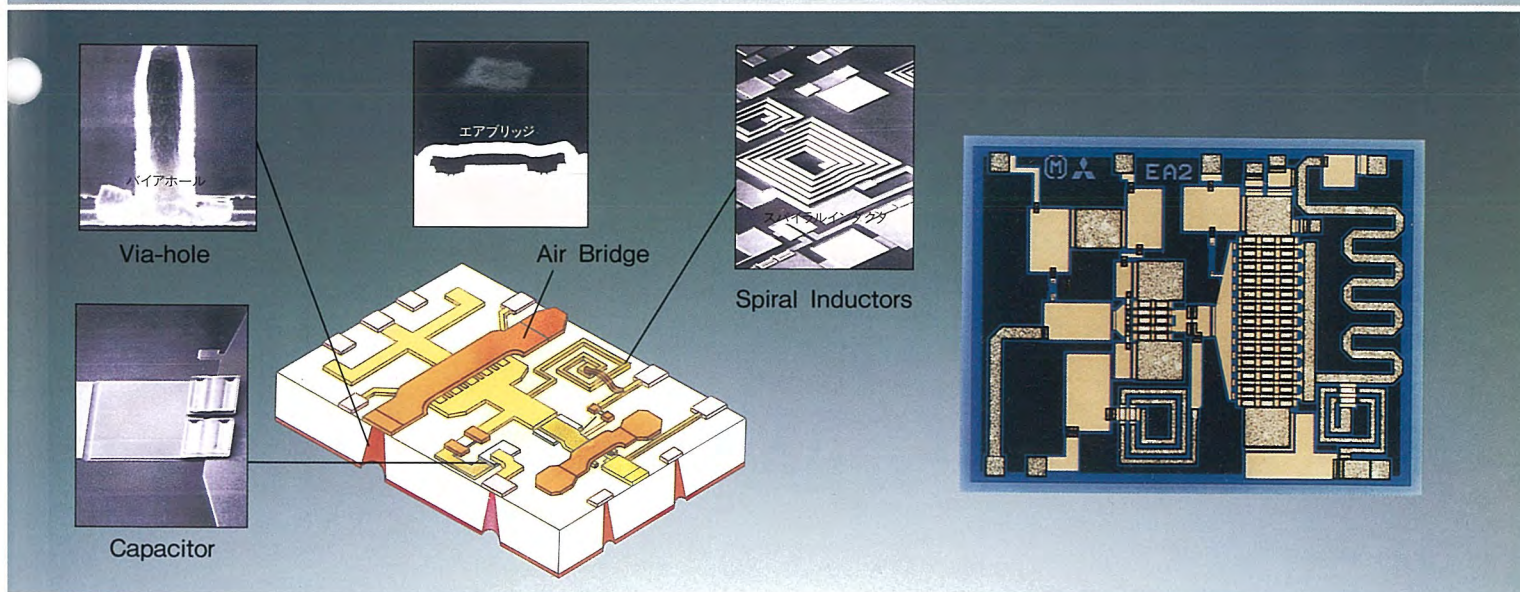
# MITSUBISHI

# 三菱電機技報

MITSUBISHI DENKI GIHO Vol.67 No.11



## 特集 “オフィスコンピュータ” “移動体通信用半導体デバイス”



## 特集 “オフィスコンピュータ” “移動体通信用半導体デバイス”

### 目次

#### 特集論文 “オフィスコンピュータ”

オフィスコンピュータ特集に寄せて .....	1
東海林恵二郎	
オフィスコンピュータの現状と展望 .....	2
高橋文平・富沢研三・肥田木 誠	
オフィスコンピュータにおけるシステムソリューション .....	7
石野正彦・上島 茂・松浦康夫・舟橋 毅・多田純一	
オフィスコンピュータにおける日本語対話システム “Anyone” .....	12
野村千佳子・板橋美子・大樫仁司・樋口雅宏・武衛敬司	
オフィスコンピュータにおける新第四世代言語 “EDUET for Windows” .....	17
藤原聡子・古瀬五輪人・石井 篤	
オフィスコンピュータ MELCOM80 “GS700/10” の基本ソフトウェア .....	21
小宮富士夫・大江信宏・木幡康博・吉森幹夫・橋高大造	
オフィスコンピュータ MELCOM80 “GS700/10” のハードウェア .....	26
鈴木壽明・植木則明・齊藤 巧・日向純一・下間芳樹	
オフィスコンピュータ MELCOM80 “GS700/10” の実装技術 .....	32
木村廣隆・高田潤二・岩撫秀雄・阪尾正義・原島忠雄・橋田光弘	

#### 特集論文 “移動体通信用半導体デバイス”

移動体通信用半導体デバイス特集に寄せて .....	39
伊藤欲顕	
移動体通信の動向と半導体デバイスの展望 .....	40
加藤直之・角 正・小山正治・伊藤忠信	
移動体通信用 UHF 帯高効率 FET 増幅器 .....	45
高木 直・中山正敏・中島康晴・門脇好伸・鈴木貴美子	
デジタル携帯電話用 GaAs FET モジュール .....	49
宮本 裕・林 一夫・片山秀昭	
移動体通信用 GaAs 直交変調器 IC .....	54
前村公正・山本和也・石田博一	
デジタルコードレス電話用 GaAs MMIC .....	58
佐藤文雄・中山正敏・前村公正・藤井隆行・白木俊雄	
移動体通信用 PLL 周波数シンセサイザ IC .....	63
伊賀哲也・加藤直之	
Tandem-FET を用いた Ka 帯モノリシック高出力増幅器 .....	68
高木 直・清野清春・橋本 勉・柏 卓夫・堀家淑恵	

#### 普通論文

発電プラント向け CRT オペレーション装置 “MELSEP 2000” .....	72
浅田英介・日岡孝則・相良辰雄・巽 一馬・五味健一	
IGBT 応用車両用 3 レベル VVVF インバータ制御装置 .....	78
菊池高弘・小尾秀夫・丸山高央	
小型三相モールドモータ .....	84
照山英俊・片岡勝敏・清水正義・林 悟・八代長生・佐藤 満	

#### 特許と新案

「回転ヘッド形磁気記録再生装置及びその記録再生方式」	89
「マイクロ波集積化リング変調器」 .....	90

#### スポットライト

超高速リレーショナルデータベース プロセッサ “GREO” .....	38
デジタルコードレス電話用 GaAs MMIC “MGF7122” “MGF7051” .....	(表 3)

#### 表紙

##### オフィスコンピュータ

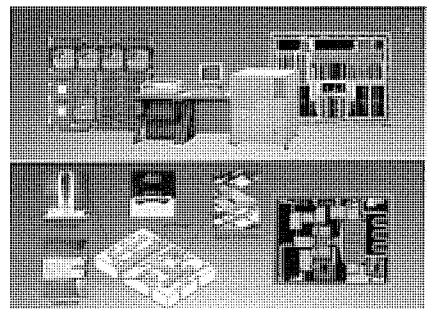
##### MELCOM80 “GS700/10”(上)

“GS700/10”は、平成5年6月から発売を開始したGSシリーズの最上位機である。世界最高レベルのVLSI、GUIなどの最新ソフトウェア技術を駆使し、オープン環境の提供・高性能化・大規模化・高信頼化などの要求にこたえている。実績のある販売情報業務、生産管理業務、ストアオートメーション業務などビジネス分野の基幹系業務、情報系業務に適用する。

##### MMIC 構成部品とチップ写真(下)

GaAs MMIC (Monolithic Microwave Integrated Circuit) は UHF 帯以上の高周波領域で使用されるため、一般の SiC にない特殊な構造が必要である。

GND ラインに寄生するインダクタンス成分を軽減するための Via-hole や、交差する 2 信号間の干渉を防ぐための Air Bridge 等が特に重要である。さらに GaAs 基板の絶縁性を利用してインダクタンスを容易に得ることができる。



三菱電機技報に掲載の技術論文では、国際単位“SI”(SI第2段階(換算値方式)を基本)を使用しています。ただし、保安上、安全上等の理由で、従来単位を使用している場合があります。

## アブストラクト

### オフィスコンピュータの現状と展望

高橋文平・富沢研三・肥田木 誠

三菱電機技報 Vol.67・No.11・p.2~6 (1993)

1968年に当社が名付け、世に送り出したオフィスコンピュータは今年で25周年を迎え、この間当社は業界をリードする各種施策を実施してきた。1993年6月、最上位機GS700/10を出荷開始して、性能向上、規模拡大等市場のニーズにこたえている。最近ではオープン化、ダウンサイジングに代表される新しい潮流があり、当社オフコンもこの流れをうまく活用、取り入れてオフコンビジネスの拡大を図っている。

### オフィスコンピュータ MELCOM80 “GS700/10” のハードウェア

鈴木壽明・植木則明・斉藤 巧・日向純一・下間芳樹

三菱電機技報 Vol.67・No.11・p.26~31 (1993)

当社オフィスコンピュータの最上位機種GS700/10は、最先端テクノロジーを駆使したハードウェアで構成される。GS700/10ではユーザーに蓄積されたプログラムのバイナリ互換を確保しつつシステムアーキテクチャの大幅な拡張を行った。CPUには170万トランジスタ規模の1チップフルカスタムVLSIを開発した。

VLSI化による部品点数の大幅削減と高密度実装技術により、小型・高性能・高信頼なシステムを実現した。

### オフィスコンピュータにおけるシステムソリューション

石野正彦・上島 茂・松浦康夫・舟橋 毅・多田純一

三菱電機技報 Vol.67・No.11・p.7~11 (1993)

三菱電機はオフィスコンピュータ事業25年の中で様々なビジネス分野の基幹業務や事務処理に対するシステムを構築してきた。現在では多種多様な顧客ニーズに対応するパッケージをM-LINKAGE, D-LINKAGEの名称で体系化している。

オフィスコンピュータの主要業務である販売情報、生産管理、ストアオートメーションにおけるシステムソリューションについて、それらのもつ特長を紹介する。

### オフィスコンピュータ MELCOM80 “GS700/10” の実装技術

木村廣隆・高田潤二・岩撫秀雄・阪尾正義・原島忠雄・橋田光弘

三菱電機技報 Vol.67・No.11・p.32~37 (1993)

オフィスコンピュータ MELCOM80 GS700/10は、MELCOM80 “GSファミリー”の最上位機種として開発した高性能オフィスコンピュータであり、システムの小型化・高性能化を達成するため、高密度実装技術を開発した。最新のCAD/CAE技術を駆使した実装設計を行い、Tape Automated Bonding技術を使用した576ピンパッケージ、16Mビット記憶素子など最新のデバイスを14層プリント基板に実装し、主記憶384Mバイトを含むCPU本体部を1ボード化できた。

### オフィスコンピュータにおける日本語対話システム“Anyone”

野村千佳子・板橋美子・大塚仁司・樋口雅宏・武衛敬司

三菱電機技報 Vol.67・No.11・p.12~16 (1993)

“Anyone”は、MELCOM80/DPS10上で動作するソフトウェアで、自然な日本語の指示により、オフコンに蓄積されている基幹データベースから欲しい情報を検索できる日本語対話システムである。オフコンでは初めて、日本語解析とデータベースからの情報検索とを連動させて製品化した。また、Anyoneを当社のパッケージソフトである販売情報システムへ活用する辞書も、併せて製品化した。

本稿ではそれらの概要について紹介する。

### 移動体通信の動向と半導体デバイスの展望

加藤直之・角 正・小山正治・佐藤忠信

三菱電機技報 Vol.67・No.11・p.40~44 (1993)

移動体通信端末は、2000年には全世界で1億5000万台普及すると見られる。今後の発展形態としては、デジタル化・グローバル化・マルチメディア化・パーソナル化があり、これらの動向に対応する半導体デバイスが必要となる。低価格、低消費電力、高集積化がポイントである。シーズ技術としてはGaAs及びSiの高周波プロセスが必ず(須)である。

究極は1チップシステムLSIであるが、まずは3チップ構成で実用化が図られるであろう。

### オフィスコンピュータにおける新第四世代言語“EDUET for Windows”

藤原聡子・古瀬五輪人・石井 篤

三菱電機技報 Vol.67・No.11・p.17~20 (1993)

“EDUET for Windows”は、オフコンとパソコン“MAXY”との間でクライアント/サーバ方式を採用し、処理の分散を実現したエンドユーザー向けリレーショナルデータベース操作言語である。Microsoft® Windows™(3.0以降)環境下でGUI(Graphical User Interface)をベースとした最新のマンマシンインタフェースを採用しており、マウスやメニューを使っただけで容易なオフコンのデータベース検索を実現したので、その概要について紹介する。

### 移動体通信用 UHF 帯高効率 FET 増幅器

高木 直・中山正敏・中島康晴・門脇好伸・鈴木貴美子

三菱電機技報 Vol.67・No.11・p.45~48 (1993)

移動体通信用UHF帯高効率FET増幅器の設計及び試作結果について述べる。基本波及び2倍波に対するFETの最適な負荷インピーダンスを測定によって求め、これに基づき出力回路を設計し、増幅器の高効率化を図った。また、FET、入力回路及び段間回路を集中定数素子を用いたMMICで構成することにより、増幅器の小型・軽量化を図った。使用周波数帯及び動作電圧が異なる5種類の増幅器を開発し、増幅器のシリーズ化を図った。

### オフィスコンピュータ MELCOM80 “GS700/10” の基本ソフトウェア

小宮富士夫・大江信宏・木幡康博・吉森幹夫・橋高大造

三菱電機技報 Vol.67・No.11・p.21~25 (1993)

当社のオフコン MELCOM80の最上位機種GS700モデル10用のオペレーティングシステムDPS10を開発、製品化した。このDPS10では、これまでのユーザープログラム資産を継承しつつGS700/10のアーキテクチャと大幅に拡大されたシステム諸元に対応した。さらに、ローカルエリアネットワーク(LAN)を中心とするオープン化対応機能の強化と大規模システムにおける中核コンピュータとしての高信頼性機能の強化を図った。

### デジタル携帯電話用 GaAsFET モジュール

宮本 裕・林 一夫・片山秀昭

三菱電機技報 Vol.67・No.11・p.49~53 (1993)

北米向け携帯電話D-AMPS対応の電力増幅器として、GaAsFETモジュールFA01312を開発した。

デジタルとアナログの両モードに対応可能な低ひずみ・高効率特性を実現するために、今回新たにFETチップの開発、高周波回路の設計・最適化、チップキャリアを用いた新モジュール構造の開発等を行った。その結果、効率38%、隣接チャネル漏えい電力が-32dBc(±30kHz)、-49dBc(±60kHz)という良好な特性が得られた。

# Abstracts

Mitsubishi Denki Giho: Vol.67, No.11, pp.26~31 (1993)

## Hardware for the MELCOM80 GS700/10 Small Business Computer

by Toshiaki Suzuki, Noriaki Ueki, Takumi Saito, Jun'ichi Hinata & Yoshiki Shimotsuma

The corporation's top-of-the-line GS700/10 small business computer employs advanced hardware technology. It offers a significantly enhanced architecture while maintaining binary compatibility with existing user software. The majority of the CPU components are integrated in a fully customized VLSI device having 1.7 million transistors. The VLSI design choice dramatically reduces the component count while supporting high-density mounting technology that gives the system virtues of compact dimensions, high performance and high reliability.

Mitsubishi Denki Giho: Vol.67, No.11, pp.2~6 (1993)

## The Present Situation and Future Prospects for Small Business Computers

by Bumpei Takahashi, Kenzo Tomisawa & Makoto Hidaki

This year marks a quarter century since the first small business computers were marketed by Mitsubishi Electric in 1968, and the corporation has introduced numerous pioneering innovations over this period. In June 1993, the corporation began delivering its top-of-the-line GS700/10 small business computer that meets market needs for improved performance and expanded system resources. The product lineup reflects recent trends toward open architecture and downsizing, and is enjoying increased popularity in the small business computer market.

Mitsubishi Denki Giho: Vol.67, No.11, pp.32~37 (1993)

## Packaging Technology Used to Develop the MELCOM80 GS700/10 Small Business Computer

by Hirota Kimura, Junji Takata, Hideo Iwanade, Masayoshi Sakao, Tadao Harashima & Mitsuhiro Kitta

High-density Packaging technology was developed for the corporation's MELCOM 80 Series top-of-the-line GS700/10 small business computer to achieve high performance within a compact form factor. The CPU consists of a single board with main memory capacity of 384MB. This was achieved using state-of-the-art CAD/CAE technology, 16Mb memory device and 576-pin quad tape carrier package (QTP) soldering technology and 14-layer PCB technology.

Mitsubishi Denki Giho: Vol.67, No.11, pp.7~11 (1993)

## New Software Packages to Meet Client Needs

by Masahiko Ishino, Shigeru Kamijima, Yasuo Matsu'ura, Takeshi Funahashi & Jun'ichi Tada

In 25 years of participation in the small business computer field the corporation has developed a variety of standard applications software and utilities. It is currently responding to diverse client needs with M-LINKAGE and D-LINKAGE software packages. The article introduces system solutions for major small business computer applications in the areas of sales information management, production control, and store automation.

Mitsubishi Denki Giho: Vol.67, No.11, pp.40~44 (1993)

## Prospects for Semiconductor Devices and Trends in Mobile Communications

by Naoyuki Kato, Tadashi Sumi, Masaharu Koyama & Tadanobu Sato

It has been forecasted that the number of cellular communication terminals will reach 150 million by the year 2000. Further development of semiconductor devices is needed for manufacturers to be able to produce this equipment, which is likely to be digital, operate around the globe, support multimedia communications and be dedicated to personal use. Low cost, low power consumption, and high integration will continue to be key development themes. GaAs and Si seed technologies will be essential. Ultimately, a single-chip cellular phone is expected, but before that, a three-chip design is likely to appear.

Mitsubishi Denki Giho: Vol.67, No.11, pp.12~16 (1993)

## "Anyone": An Interactive Japanese Language System for Small Business Computers

by Masahiro Higuchi, Yoshiko Itabashi, Chikako Nomura, Hitoshi Ohgashi & Takashi Takee

"Anyone" is an interactive software package that can perform natural-language database queries on MELCOM80/DPS10 computers in Japanese. This product makes MELCOM computers the first to link Japanese language analysis technology and data retrieval. The system can also be supplied with a dictionary that allows it to retrieve data from the Mitsubishi sales information system. The article introduces the "Anyone" software.

Mitsubishi Denki Giho: Vol.67, No.11, pp.45~48 (1993)

## A High-Efficiency FET Amplifier for Mobile Communications

by Tadashi Takagi, Masatoshi Nakayama, Yasuharu Nakajima, Yoshinobu Kadowaki & Kimiko Suzuki

A high-efficiency UHF-band FET amplifier has been developed for mobile communications transmitters. The output circuit of the amplifier was designed based on the optimum FET load impedance for fundamental and second-harmonic waves. In order to achieve a small, lightweight amplifier, the input and interstage circuits were constructed on a GaAs substrate using lumped elements. A total of 35 amplifier variations were developed, differing in operating frequency and power-supply voltage.

Mitsubishi Denki Giho: Vol.67, No.11, pp.17~20 (1993)

## EDUET for Windows: A New Fourth-Generation Language for Small Business Computers

by Satoko Fujiwara, Iwato Furuse & Atsushi Ishii

EDUET for Windows is an end-user relational database manipulation language for a distributed processing client-server system in which a Mitsubishi small business computer is the server, and a Mitsubishi MAXY personal computer running Microsoft Windows 3.0 or later is the client. EDUET allows users easy access to the server database, and uses the advanced graphical user interface that Windows provides including mouse and menu capabilities. The article introduces this software.

Mitsubishi Denki Giho: Vol.67, No.11, pp.49~53 (1993)

## A GaAs FET Module for Digital Mobile Telephones

by Yutaka Miyamoto, Kazuo Hayashi & Hideaki Katayama

The corporation has developed the FA01312 GaAs FET power amplifier module for North American D-AMPS cellular telephones. The module features a newly developed FET chip, an optimized RF circuit, and new chip-carrier-based construction that enable low-distortion and high-efficiency operation in both digital and analog operating modes. Efficiency is 38%, and adjacent channel power is  $-32\text{dBc}$  outside  $\pm 30\text{kHz}$  and  $-49\text{dBc}$  outside  $\pm 60\text{kHz}$ .

Mitsubishi Denki Giho: Vol.67, No.11, pp.21~25 (1993)

## Standard Software for the MELCOM80 GS700/10 Small Business Computer

by Fujio Komiya, Nobuhiro Ohe, Yasuhiro Kowata, Mikio Yoshimori & Taizo Kittaka

The corporation has developed and commercialized the DPS10 operating system for its top-of-the-line MELCOM80 GS700/10 small business computer. The new operating system maintains compatibility with existing software while taking advantage of the dramatically expanded capabilities of the GS700/10. The operating system provides local-area network support and other open-systems support functions, and is designed to provide the robustness required of a network server.

## アブストラクト

### 移動体通信用 GaAs 直交変調器 IC

前村公正・山本和也・石田博一

三菱電機技報 Vol.67・No.11・p.54~57 (1993)

デジタル方式の携帯電話などの変調部に用いる 200MHz 帯及び 1.9GHz 帯の GaAs 直交変調器 IC を開発した。

200MHz 帯直交変調器に対してはデジタル移相器を、また 1.9GHz 帯 IC には相補型構成のアナログ移相器をそれぞれ採用することによって位相誤差の低減と高周波動作とを両立させた。両 IC 共に、雑音が -40dBc 以下に抑えられており、デジタル変調方式の移動通信機器に十分適用できることを実証した。

### 発電プラント向け CRT オペレーション装置“ MELSEP 2000 ”

浅田英介・日岡孝則・相良辰雄・巽 一馬・五味健一

三菱電機技報 Vol.67・No.11・p.72~77 (1993)

火力発電プラントでは、CRT オペレーションが標準機能になり、高速応答・高機能かつ低価格な装置へのニーズが高まった。このため、高性能 RISC 型マイクロプロセッサ及び POSIX 準拠リアルタイム UNIX をベースに、高速応答かつ高度なヒューマンインタフェース機能をもつ CRT オペレーション装置“ MELSEP 2000 ”を開発し、工業用計算機“ MELCOM 350-60 シリーズ”によるユニット計算機との一体型に加えて“ MELSEP 2000 ”による専用型のラインアップ化ができた。

### デジタルコードレス電話用 GaAsMMIC

佐藤文雄・中山正敏・前村公正・藤井隆行・白木俊雄

三菱電機技報 Vol.67・No.11・p.58~62 (1993)

PHP (Personal Handy Phone) と称されるデジタルコードレス電話 (別名: 第二世代コードレス電話) の送信増幅器・送信受信切替スイッチとして MGF7122 及び MGF7051 を開発した。このデジタルコードレス電話は、1.9GHz という高い周波数帯を用いるため、高周波動作に適した GaAs を用いて MMIC (Monolithic Microwave Integrated Circuit) を製作した。

これらの製品概要及び電気的特性などを紹介する。

### IGBT 応用車両用 3 レベル VVVF インバータ制御装置

菊池高弘・小尾秀夫・丸山高央

三菱電機技報 Vol.67・No.11・p.78~83 (1993)

鉄道車両用 VVVF インバータ装置には、従来から GTO サイリスタが適用され、その高耐圧化・大容量化に伴って VVVF インバータ装置の制御容量も増大してきたが、このたび、冗長度の向上・粘着率の向上と低騒音化をねらいとして、IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) を応用した各軸制御及び 2 軸制御のインバータを開発し、営団 07 系、02 系インバータ車として納入したので、その内容と適用技術について報告する。

### 移動体通信用 PLL 周波数シンセサイザ IC

伊賀哲也・加藤直之

三菱電機技報 Vol.67・No.11・p.63~67 (1993)

デジタルコードレス電話用に開発した PLL (Phase Locked Loop) 周波数シンセサイザ IC の概要・機能・特長について述べる。

高性能 BiCMOS プロセスの採用により、1.75GHz/310MHz まで入力可能なプリスケラを内蔵し、チャージポンプに電流切替方式を採用することにより、ロックアップの高速化を実現した。

### 小型三相モールドモータ

照山英俊・片岡勝敏・清水正義・林 悟・八代長生・佐藤 満

三菱電機技報 Vol.67・No.11・p.84~88 (1993)

小型三相モータに要求される低騒音・低振動・耐環境性向上などの品質向上のために、モールド技術を応用したモールドモータを製品化した。

モールド材には耐環境性を考慮した注型用エポキシ樹脂を開発した。モールド外被の剛性強度と熱ストレスを考慮した耐クラック性検討のために、CAE による検討と実験評価を行い、構造を決定した。

この構造により、低騒音・低振動を確保した高品質モータを実現している。

### Tandem-FET を用いた Ka 帯モノリシック高出力増幅器

高木 直・清野清春・橋本 勉・柏 卓夫・堀家淑恵

三菱電機技報 Vol.67・No.11・p.68~71 (1993)

ミリ波帯において高い利得が得られる Tandem-FET を考案し、これを用いた Ka 帯モノリシック高出力増幅器を開発した。Tandem-FET は短い伝送線路を介して接続された 2 個の FET セルから成り、合成回路や整合回路の損失が問題になるミリ波帯において高利得、高出力なモノリシック増幅器を得るのに適している。4 個の Tandem-FET の出力を合成したモノリシック増幅器で、37GHz 帯で線形利得 4.5dB、飽和出力 27.3dBm の性能を得た。

# Abstracts

Mitsubishi Denki Giho: Vol.67, No.11, pp.72-77 (1993)

## MELSEP2000: CRT Operation Equipment for Power Generation Plants

by Eisuke Asada, Takanori Hioka, Tatsuo Sagara, Kazuma Tatsumi & Ken'ichi Gomi

Most thermal power plants are now operated via CRT-based user interface consoles, creating demand for CRT units with rapid response, advanced functions and low cost. The corporation has therefore developed the MELSEP2000 CRT operation equipment that uses a high-performance RISC processor and a POSIX-compliant realtime Unix-compatible operating system to offer rapid response and advanced user-interface functions. The MELSEP 2000 line-up offers exclusive CRT operation equipment capable of providing CRT operation functions or a combination of CRT operation and MELCOM 350-60 Series computer functions.

Mitsubishi Denki Giho: Vol.67, No.11, pp.54-57 (1993)

## GaAs Quadrature Modulator ICs for Mobile Communications

by Kosei Maemura, Kazuya Yamamoto & Hiroichi Ishida

The corporation has developed 200MHz and 1.9GHz band GaAs quadrature modulator ICs for use in digital mobile telephones. High-frequency operation and low phase error have been achieved simultaneously by employing a digital phase shifter for the 200MHz band orthogonal modulator and a complementary balanced analog phase shifter for the 1.9GHz band. It was demonstrated that both ICs hold noise below -40dBc, which is sufficient for use as a digital modulator in mobile radio communication systems.

Mitsubishi Denki Giho: Vol.67, No.11, pp.78-83 (1993)

## An IGBT Three-Level VVVF Inverter for Rolling Stock

by Takahiro Kikuchi, Hideo Obi & Takafumi Maruyama

Increasing repetitive peak off-state voltage and maximum controllable on state current of GTO thyristors has led to higher capacities in the VVVF inverters used in rolling stock applications. A new inverter with individual-axle control that offers greater redundancy, improved adhesion, and lower noise employs IGBTs. It has been delivered to the Teito Rapid Transit Authority Yurakucho and Marunouchi subway lines in Tokyo. The article reports on the inverters and their new technology.

Mitsubishi Denki Giho: Vol.67, No.11, pp.58-62 (1993)

## A GaAs Monolithic Microwave IC for Cordless Digital Telephones

by Fumio Sato, Masatoshi Nakayama, Kosei Maemura, Takayuki Fujii & Toshio Usuki

The corporation has developed the MGF7122 transmitter amplifier and MGF7051 transmit-receive switch for the Japanese Personal Handy Phone (PHP), a second-generation digital cordless telephone. Since PHP uses the high-frequency 1.9GHz band, a special GaAs MMIC has been developed. The article describes these devices and their electrical characteristics.

Mitsubishi Denki Giho: Vol.67, No.11, pp.84-88 (1993)

## A Small Three-Phase Motor with a Molded-Resin Housing

by Hidetoshi Teruyama, Katsutoshi Kataoka, Masayoshi Shimizu, Satoru Hayashi, Osamu Yashiro & Mitsuru Sato

Injection-molding technology has been used to build a compact three-phase molded motor with a plastic housing that meets demand for low noise and vibration levels and environmental durability. A special injection-molding epoxy resin was developed to provide the motor with suitable resistance to environmental factors. Computer simulations of the housing's outer surface rigidity and thermal stress characteristics alongside prototype evaluations were used to develop a housing with sufficient crack resistance. The optimized housing structure has made it possible to manufacture a high-quality motor with low-noise and vibration.

Mitsubishi Denki Giho: Vol.67, No.11, pp.63-67 (1993)

## Phase-Locked Loop Frequency Synthesizer ICs for Mobile Communications

by Tetsuya Iga & Naoyuki Kato

The articles reports on a PLL frequency synthesizer IC developed for mobile communications. The high-performance BiCMOS process used has made it possible to incorporate an internal prescaler capable of handling 310MHz and 1.75GHz inputs. Use of charge-pump current switching yields faster locking.

Mitsubishi Denki Giho: Vol.67, No.11, pp.68-71 (1993)

## A Ka-Band Monolithic Power Amplifier Using a Novel Tandem FET Circuit

by Tadashi Takagi, Kiyoharu Seino, Tsutomu Hashimoto, Takuo Kashiwa & Toshie Horie

A high-power Ka-band monolithic amplifier with a novel tandem FET has been developed. The tandem FET consists of two FET cells connected in series through a short transmission line. Tandem FETs are very useful for producing high gain, high power amplifiers to operate in the millimeter-wave range where combining and matching circuit losses are significant. A combination of four tandem FETs has achieved a linear gain of 4.5dB and a saturated output power of 27.3dBm at 37GHz.

## オフィスコンピュータ特集に寄せて

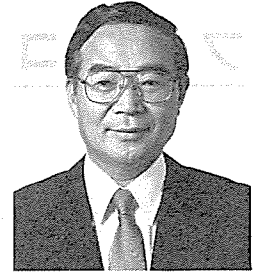
東西冷戦から南北や地域の経済対立の時代へ、米国のブラクマンデー以降の景気停滞や日本のバブル崩壊など世界レベルでの経済体質変化、社会のあらゆる局面で大きな変動が起きている。過去数年間のこうした変化に、人口問題やオゾン層破壊・地球温暖化に代表される環境問題なども加わり、21世紀を目前に控えて先行きの不透明感が増している。

情報産業においてもダウンサイジング、オープン化の進展により構造変化の時代を迎え、従来までは不況とは無縁と考えられてきた当業界も、構造変化とバブル崩壊後の景気後退のダブルパンチを被り、もはや景気牽引車の役割を担えなくなっている。こうした背景から、政府は“新社会資本整備”を含む新総合経済対策、産業構造審議会 情報産業部会の緊急提言“ソフトウェア新時代”を受けた“ソフトウェア高度化税制”など次々に施策を打ち、市場構造変化を契機とした産業構造の変革を促している。

今回特集したオフィスコンピュータ（以下“オフコン”という。）は、ダウンサイジング、オープン化という潮流の中で独特な地位を占めている。それはオフコンが単に汎用機とパソコンの中間に位置し、汎用機からのダウンサイジングの受け皿であるのと同時に、自らもパソコンからの標的になっている点ばかりではない。オフコンという機種分類が欧米には存在せず、また、各社が独自の方式を採用し客先ごとに木目の細かいシステムサービスが行われているという独特な面にも着目の必要がある。米国を源とするダウンサイジング、オープン化の波が日本の情報産業の一つの典型であるオフコンにとっていかなる影響、効果を及ぼすのかが注目されている由縁である。

代表取締役 副社長  
情報通信システム事業本部長

東海林恵二郎



当社は昭和43年に初めてMELCOM 81を市場に投入して以来、オフコンを当社計算機事業の中核と位置付け、販売会社の方々と一体になってお客様の求める製品を提供してきた。最近ではCMOSフルカスタム技術で170万トランジスタを1チップに収めた最先端CPUを搭載した最上位機GS700を発売するなど、幅広い機種揃えで多様なニーズに対応している。特に、データベースシステム“GREO”による大容量データの超高速処理、ミラーディスクに代表される高いシステム信頼性、遠隔・自動運転機能による効率的なシステム運用管理、AIの応用による誰でも使える“話せるオフコン”機能などは当社オフコンの強みとしてお客様にも十分評価頂けるものと自負している。お蔭様で、当社のオフコン事業も一般の基幹業務はもとより、分野・業務に特化したシステム、OA用途にも強みを発揮し順調に伸びてきている。

一方、市場構造変化とニーズの多様化に対応するため、当社は英国の有力パソコンメーカーapricot社を買収し、クライアント・サーバシステムのリーディングメーカーとしての地歩固めを進めており、これをオフコンに並ぶ計算機事業の柱として育てる計画である。パッケージの組合せによりユーザー主導のシステム構築を容易にするのがクライアント・サーバシステムの強みであるのに対し、オフコンはオープン環境との接続性向上を図りつつ、25年に及ぶ豊富な実績と販売会社の方々の木目の細かいサポートを武器にお客様の個別のニーズにこたえていくものである。

当社としては、お客様の業態や部門の体制、システム内容、更にはその運用・発展までを見据えて、お客様に最も合ったシステムを提供することが使命と考えている。

# オフィスコンピュータの現状と展望

## 1. ま え が き

当社のオフィスコンピュータ（オフコン）は、1968年1月に国内初のオフコンとして MELCOM 81 を発売してから1993年ちょうど25周年であり、当社はオフコンの歴史とともに歩んできた。どこにでも置いて、だれにでも使える事務処理用コンピュータとして発展してきたオフコンは、その利用形態としては、伝票発行、帳票処理を行う会計機に始まり、次第に販売管理や在庫管理等の業務合理化・効率化に活用され始め、さらにネットワークを介した大規模システムやオンライントランザクション処理システムの構築で、経営合理化や戦略経営ツールとしても利用されるようになってきた。

だれにでも使えるシステム実現のため、当初から簡易言語の提供や、各種業務・分野対応のパッケージソフトウェアの整備を行ってきた。また、処理業務の拡大に伴い、プラットフォームとしてのハードウェアやオペレーティングシステムにも、機能の拡大、高性能化が求められ、当社オフコンは各種施策を業界に先駆けて実施してきた。

この論文では、オフコンビジネスの全体像と、1993年6月販売開始された国内最大・最高速オフコン M80 GS700 を含む当社オフコンの歩み、さらにオフコンビジネスの現状分析と当社オフコンの将来方向について述べる。

## 2. オフコンとは

### 2.1 オフコンの定義

(社)日本電子工業振興協会(略称“電子協”)で1991年に改定されたオフコンの定義をまとめると、

- (1) 事務処理を目的とした小型/超小型コンピュータ
- (2) 設置に当たり、特に大掛かりな電源、空調設備が不要
- (3) 運用に当たり、深い専門知識や専任オペレータが不要
- (4) システム活用に当たり、システム設計・ソフトウェア作成・ハードウェア保守などの基本サービスが整備されていること。

が挙げられている。

言い換えれば、オフコンとは、どこでも、だれでも使える事務処理用コンピュータであり、かつユーザーの要望に合致した、きめ細かいサービスを提供するシステムである。

### 2.2 コンピュータ業界でのオフコンビジネス形態

オフコンという言葉は和製英語であって、日本以外の世界ではビジネスコンピュータがこれに当たっており、汎用小型

機、ミニコン、ワークステーションが事務処理に使われているが、ビジネスの主体はパッケージソフトウェアの提供にある。

国内では、オフィスコンピュータ、オフィスプロセッサ、ホストコンピュータ等の名称で、日本電気、富士通、IBMを始め各社がビジネスに参入しており、その主体は外国とは異なり、ターンキービジネスである。

すなわち、ユーザーの要求に合致したシステムを、完成した形で提供し、ユーザーが導入した時点からすぐに使い始めることができ、きめ細かいサービスを提供するビジネス形態である。

### 2.3 当社におけるオフコンの位置付け

オフコンは当社では、制御用コンピュータ、汎用機に次いで長い歴史をもっているコンピュータであり、長期間これらの基幹コンピュータ群の中で、大きなビジネス規模を保持してきた。最近ではオープン化やダウンサイジング等の新しい業界動向の中で、“Apricot”クライアント・サーバシステムと並び、ビジネスシステムを支える柱として位置付けられている。

また、オフコンは他機種とは異なり、販売会社による間接販売の占める割合が高い。このため、オフコンでは販売会社がシステムを組みやすくするために、効率の良い開発環境を提供し、早期に顧客のシステムを構築できること、また、ユーザーの業種や業務に合致した標準のパッケージソフトウェアを提供することが重要である。

この点で、汎用機や制御用コンピュータのような受注生産主体のビジネスや、パソコン/ワークステーションに代表される第三者ソフトウェア、ハードウェア主体のビジネスとは

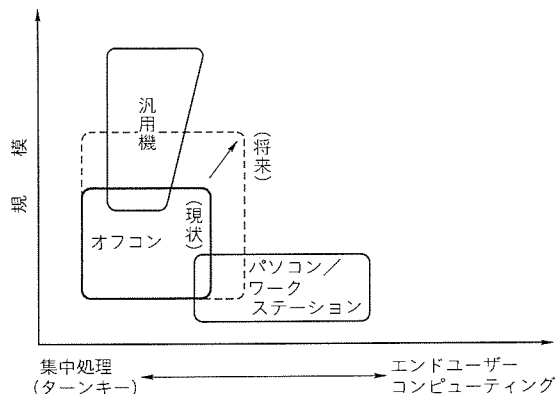


図1. オフコンの位置付け



異なっている。

図1はこのイメージを示したものであり、オフコンも規模の拡大、エンドユーザーコンピューティングへの方向付けなど、カバー範囲が重複してきている。

## 2.4 市場動向

### (1) ビジネス規模の推移

図2に示すように、1968年に始まったオフコンビジネスは当初緩やかな伸びを示していたが、1980年前後から設置台数、金額ともに急激に増加して1990年には累積70万台を突破した。

1992～3年は不況の影響等で多少伸びにかけりが見られるが、新しい潮流を取り込んで更に大きく伸びることが期待されている。

### (2) システムの進歩

表1に示すように、各年代におけるオフコンの役割は進歩、変遷してきている。

1970年代では、日常の伝票発行、帳票処理業務の自動化のレベルでの利用、すなわち業務の合理化・効率化が目的であり、オフコンには多重処理や経営管理業務に対応したアプリケーションが要求されてきた。

1980年代では、日本語処理を含む大規模なデータベース処理が行えるようになり、販売・経理・人事など業務ごとの経営管理業務が実施できるようになり、経営合理化に寄与するシステムを提供してきた。

1990年代では、高速ネットワーク処理や高信頼性システムの実現、また、オープンな世界との接続性の拡大が実現されてきており、全社を統合するレベルでのSIS(戦略情報システム)の実現、すなわちオフコンが経営戦略ツールとして活用される時代を迎えてきている。

## 3. 当社オフコン事業の発展

### 3.1 25年の歩み

“オフィスコンピュータ”という名前は当社が名付けたも

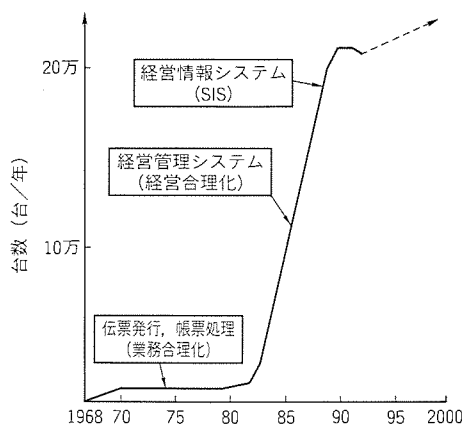


図2. オフィスコンピュータの出荷台数 (出典: 電子協, 1992年度報告)

ので、1968年にMELCOM 81を日本最初のオフコンとして発表以来当社は、簡易言語、パッケージソフトウェア、日本語処理、リレーショナルデータベース処理、オンライントランザクション処理など、様々な面でオフコン業界をリードしてきた。

表2は、当社オフコンの歴史を示すものであり、以下にこれまでの主な施策を述べる。

### (1) パッケージソフトウェア

当社では、早くからユーザーの多様なニーズに適合したパッケージソフトウェアの提供を行ってきている。保健薬局システム・運送業システム・社会福祉法人システム等の業種別パッケージや、給与計算・会計情報・生産管理等の業務別パッケージのほか、小売業向けのトータル情報システム等によって、完成度の高いシステムを短期間に提供できる態勢を年々充実してきている。

その他、販売会社が独自に開発したパッケージソフトウェアも数多くあり、オフコンビジネスを支えている。

### (2) 簡易言語

MELCOM 80は、使いやすいシステム実現のために、最初のオフコンで簡易言語“COOL”(Customer Oriented Optimum Language)を提供、引き続きCOBOLのサポートとともに、プログレス、次にこの改良版のプログレスIIを提供し、ユーザーやSE(System Engineer)にとって非常にシステムの組みやすい環境となっており、当社オフコンの最大の特長の一つとなっている。

最近では、よりソフトウェア生産性の上がる方式である、CASEツール“PRODUCE”や第四世代言語“EDUET”へ引き継がれている。

### (3) オペレーティングシステム

単純な伝票発行からスタートしたオフコンも諸々の管理業務が増大するにつれて、システムの管理方式も簡単なスケジューラからオペレーティングシステムを装備するようになり、多重処理・通信制御など、機能の拡大とともに、扱える規模の拡大も図ってきた。

### (4) データベース処理

データベース処理については、絶えず業界最大規模のディスクを装備して、最先端のデータベース管理システム(DB

表1. システムの進歩

	対 象	目 的	選 択 ポ イ ン ト
1	1970年代 業務管理システム (部門別導入) (個人ユース)	業務合理化・ 効率化	<機種> OS機能 アプリケーション
2	1980年代 経営管理システム (機能別統合) (異種システム間接続)	経営合理化	<メーカー> 統合アーキテクチャ 大規模データベース
3	1990年代 経営情報システム (全社統合) (SIS→SI)	経営戦略ツール	<マルチベンダ> オープンアーキテクチャ 高速ネットワーク

表 2. MELCOM80の歩み

発表年月	機種名	主な特徴
1968. 1	MELCOM81, 82	初のオフィスコンピュータ, 言語“COOL”
1972. 5	MELCOM88	マルチピリングマシン
1974. 9	M80 モデル31	マルチタスクOS
1976. 7	M80 モデル 8	マイクロプロセッサ採用
1979. 4	M80 モデル38N	マルチコンソール“DPSII”
1979. 7	M80 モデル28N	簡易言語“プログレスII”
1980. 3	M80 モデル38日本語	オフコン初の本格的日本語処理“DPSIII”
1982. 3	M80 Office Land モデル500	オフコン初の32ビットオフコン“DPS10”
1984. 1	M80 Office Land モデル 8	オフコン初のリレーショナルデータベースシステム
1985. 4	M80 システム10, 20, 30, 40	オフコン初のトランザクション処理システム
1988. 12	M80 GEOCシステム 40GR	オフコン初のミラーディスクシステム
1989. 1	M80 GEOCシステム 25G	第四世代言語“EDUET”
1989. 4	M80 GEOCシステム 80GR	世界初の超高速RDBプロセッサ“GREO”
1990. 5	M80 GEOC 新GRファミリー	全員参加のSISを実施する“MELEVE”
1992. 11	M80 GS700/10	国内最大・最高速オフコン, ディスク活線挿抜
1993. 3	M80 GSシリーズ強化	日本語対話システム“Anyone”

MS)を提供してきた。

特に1989年には、リレーショナルデータベース高速プロセッサである“GREO”(Great Relational Database Operating System)を開発し、通常処理に比べて3~100倍もの速度でデータベース処理を可能にしており、他社の追随を許さない専用プロセッサを提供している。

最近では、データベース検索の有効な手段として、ウインドウベースの第四世代言語“EDUET for Windows”や、AI技術を活用し日本語での検索ができる“Anyone”等を発表、提供してきている。

(5) オンライントランザクションシステム

1985年、オフコンで最初にオンライントランザクション処理システムを提供し、全国規模に展開した拠点をネットワークで結び、オンラインでの各種処理が効率的に行えるようになった。例えば、銀行等の金融システム、座席予約・宿泊予約等の予約システムや、製造業での生産管理システムなど年々その規模、処理速度の向上を図ってきている。

(6) ハードウェアプラットフォーム

ハードウェアのこの25年間の進歩は著しい。最初のオフコンであるMELCOM81は主記憶にディスクを使用しており、加算性能が116msであり、使用素子もトランジスタとダイオードが主体であったが、1992年発表のM80 GS700/10では1チッププロセッサを0.8μフルカスタムLSI技術にて開発し、高密度・高性能のオフコンを実現した。この間の処理性能の向上は、2年で2倍の性能向上というオフコンの性能トレンドにほぼ合致している。

3.2 M80 GS700/10開発の背景とねらい

オフコンに求められるユーザー側からの要望は、次に示す項目である。

- 基本処理性能の向上
- データベース処理性能の向上

- ネットワーク接続性の強化
- 操作性の向上
- 記憶装置の大容量化

GS700/10はこれらの要求を満たすために開発したものであり、上記各要望項目の実現手段を以下に示す。

(1) 基本処理性能は、オフコンの主たる業務である基幹業務の処理量が年率約40%、すなわち2年で2倍増加していることに対応するものである。

GS700/10では、1チッププロセッサを開発したことにより、今までの最上位機GS600の2倍の性能を実現した。

(2) データベース処理性能の向上については、リレーショナルデータベースプロセッサであるGREOを3台まで接

続可能にし、簡易言語PIIやCOBOLからのデータベースへのアクセスはもちろんのこと、第四世代言語“EDUET for Windows”や標準データベース処理言語“SQL”の利用により、データベース処理をオフコンクラスでは世界最高速に行える。

(3) ネットワーク接続性では、LANの標準プラットフォームであるTCP/IPのサポート強化を行い、当社他機種や他社パソコンとの接続性を高めており、これによってマルチベンダトランザクションシステムの構築等が実現できる。

4. オフコンビジネスの現状と将来

4.1 オフコンの役割の変化

オフコンの果たす役割として、その初期から現在まで継続して、基幹系と言われる業務の処理が主体を占めてきた。すなわち、伝票発行・帳票処理に始まり、販売管理・財務管理・給与計算など、企業の基幹業務の合理化を目的とした業務に多く使われてきた。図3に示すように、この基幹系業務もちろん、年々処理量が増大しているが、初期には存在しなかった情報系・OA系と呼ばれる業務の処理量がますます増大している。これは、オフコンの用途が、業務合理化や経営戦略へと発展してきていることを示している。

一方、これをコンピュータ側の処理形態(図4)から見ると、バッチ処理・オンライン処理・エンドユーザー処理に分けられ、近年はオンライン処理・エンドユーザー処理がますますその重要度を増している。したがって、これからのオフコンに求められることは、基幹系と連携をとった、情報系・OA系に適したシステム、すなわち経営戦略志向のシステムであり、そのために操作性の優れたもので、ユーザー自身がシステム構築やその改良を行える環境を提供することである。

4.2 オフコンの強み

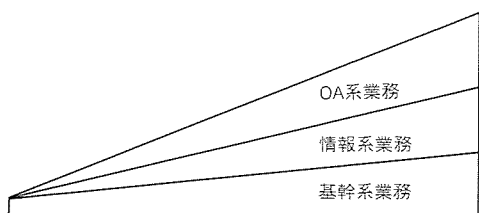


図3. 対象業務の変化

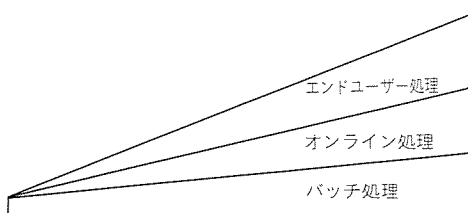


図4. 処理形態の変化

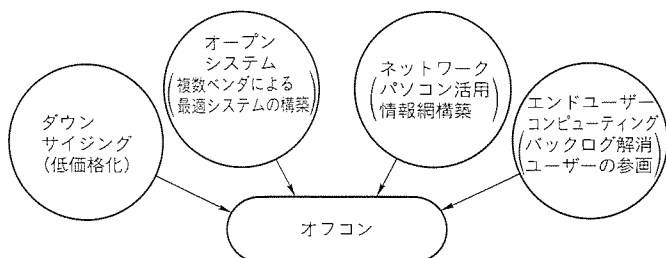


図5. オフコンを取り巻く環境

今まで独自の仕様で実現してきたオフコンには、以下に示すような優れた面がある。

(1) 大きなソフトウェア資産

これまで、多種多様な機種を開発、提供してきたが、一貫して、ユーザーのアプリケーションソフトウェアの継承性を守ってきた。これは単にプログラムだけでなく、データベース、開発環境、操作環境、ドキュメントを含み、ユーザーのシステムの成長に対応した最適なシステムを、効率良くタイムリーに提供している。

(2) 販売会社や当社に蓄積されたシステム構築ノウハウ

25年間に及ぶオフコンシステムの提供を通じて、全国に展開している販売会社、拠点には、ユーザーの最適なシステム構築を実施するノウハウが蓄積されており、きめ細かいサービスの提供を実現してきている。

(3) 長年培われてきたオペレーティングシステム

25年間、改良を施してきた当社オフコンのオペレーティングシステムである“DPS10”によって、伝票発行・帳票処理・販売管理等の基幹系業務を、効率良く多数のワークステーションで多重処理するとともに、高信頼性実現のために、ミラーディスク、二重系、回復処理、機密管理等を行い、ユーザーに安全で信頼もてるシステムを提供している。

(4) 大規模、高速なデータベース処理

GREOの活用により、データベースとして、最大150Gバイトのデータを蓄積でき、その処理速度も3～100倍の検索を可能にするとともに、データベース処理の標準言語であるSQLをサポートして、ユーザーの効率的な情報処理を行えるシステムを提供している。

(5) 優れた開発支援環境

COBOL等の標準言語に比べて4～5倍の生産効率の高いプログレスIIの提供、さらにこれを発展させたPRODUCTION、GREOを活用した操作性の優れた高速データベース検

索ツールであるEDUET for Windowsを提供して、販売会社やユーザーにとってシステムの組みやすい環境を実現している。

(6) その他

当社オフコンには上記のほか、“GRADE-UP”

と称するパソコンを利用した学習支援システム、遠隔地からもシステム運用が可能な自動運転機能や“DS-NET”、オフコンの各種情報のサービスを行う“DS-LAND”など、長年の蓄積できめ細かいサービスを提供してきている。

4.3 デファクトスタンダードと言われるマシンの特性

昨今、オープン化、ダウンサイジング、マルチベンダに代表される新しい潮流があり、これらを実現する手段として、パソコン/ワークステーション等の標準的マシンが脚光を浴びている。これらの標準的マシンの特性を以下に挙げる。

(1) 優れた面として、

- ハードウェア価格が比較的低い。
- 世の中の進歩に迅速に追随する。
- 流通ソフトウェアが豊富である。
- 第三者ソフトウェア、ハードウェアにより、ユーザーの要望にマッチした最適なシステムが構築できる。

(2) 導入上での留意点として、

- システム構築に専門知識が必要
- 運用コストが安いとは限らない
- 多数のベンダから供給を受けるので、保守等で均一なサービスが受けられない。
- 帳票の大量印刷など不得手な処理も存在する。

前述したように、標準的マシンで構築されるシステムは、万能ではなく、ユーザーのレベル・環境に応じて選択せねばならない。

4.4 オフコンを取り巻く環境

現在オフコンを取り巻く環境は、下記に示すように、新しい潮流に取り巻かれている(図5)。

(1) ダウンサイジング

標準マシンは、多数のユーザーに提供されていること、使用している部品、特にプロセッサや基本ソフトウェアが標準のものであることにより、低価格化が急速に進んでいる。また、汎用プロセッサ、特にRISCの性能向上が著しい。

(2) オープン化

パソコン/ワークステーションの普及に伴い、標準の互換性が求められている。具体的には、接続性・操作性・移植性の標準化が進行している。これにより、資源の共用化や相互運用が簡単になってきている。

(3) ネットワーク

パソコン/ワークステーションのみならず、汎用機を含む

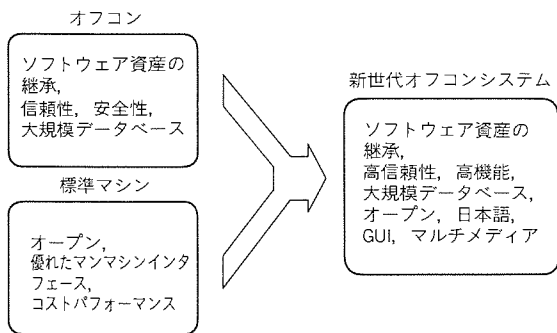


図6. 新しいオフコン

システム構築のため、標準ネットワークとの接続性が、必ず(須)条件となってきた。これにより、安価で安全性の高いサービスを地域差なく提供してきている。

(4) エンドユーザーコンピューティング

年々増加するバックログへの対応や、ユーザーが自分で最適なシステム構築を行い、自分の回りの問題を自ら解決したいという要求を満たすために、エンドユーザーコンピューティングの機能・環境を提供することがますます重要になってきている。

4.5 新しい世代のオフコン

オフコンを取り巻く環境は年々変化してきており、ユーザーの要求もこれらの新しい動きに影響を受けているが、基本的な要求は不変で、これに新しい要求が加わっている。オフコンはこれらの要求を満足するために、脱皮して新しい世代を形成していく。

これらの要求にこたえるオフコンの将来方向を以下に示す。

(1) 人にやさしい新しい世代のオフコン

グラフィック、イメージを駆使し、また日本語対話を更に推し進め、ユーザーの五感にこたえられるシステムを実現する。すなわち、人にやさしいコンピュータを目指す。このために、マルチメディア機能を取り込んだ新しい開発環境の提供や日本語対話システムの適用の拡大を行う。このことにより、ユーザーのシステムの拡張、新規業務の拡大が格段に容易に実現できるとともに、使い勝手の良いシステムとなる。

(2) オープンシステム化

これは、他機種との接続性のオープン化とパソコン/ワークステーション環境での操作性のオープン化である。すなわち、ユーザーの多様な要求を満足し、最適なシステムを提供するためには、パソコン/ワークステーション等の他機種との接続性の拡大が必須であり、具体的にはパソコンとの連携を強化した分散処理システムを実現する。このため、優れたマンマシン環境であるグラフィックユーザーインタフェース(GUI)の積極的活用を図る。

(3) 高信頼性システムの実現

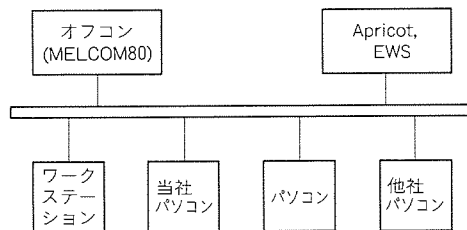


図7. オフコンシステム

オフコンを核としたシステムが、基幹業務のみならずオンライン処理を含む経営情報分野へも広がるのに伴い、ダウンしないシステムの提供が求められており、現在のミラーディスクや活線挿抜から、更に進んだ高信頼性システムを提供していく。

(4) ソフトウェア資産の継承

やはりユーザーが蓄積してきたアプリケーションソフトウェア資産の継承がユーザーにとって最も重要であり、この継承性を維持する。

(5) 処理能力、規模の拡大

年々増加していくユーザーの業務量に対応する処理能力や規模の拡大は必須であって、今後もプロセッサ自身の高速化やマルチプロセッサ化を実施していく。

図6は、新しいオフコンの実現イメージを示すもので、オフコンのもつ優位性と標準マシンのもつ特徴を併せもったものである。具体的には、図7に示すように、オフコンを中心とし、当社クライアント・サーバシステムである Apricot シリーズやエンジニアリングワークステーション等をサーバの位置に、各種ワークステーション、パソコンを含むパソコン群をクライアントに位置付けたシステムとなる。すなわち、ソフトウェア資産の維持、高速データベース処理、使いやすさ等、オフコン文化を保持・強化しつつ、オープンの良いさを兼ね備えたコンピュータシステムであり、かつ変わらぬきめ細かいサービスの提供を行っていくシステムである。

5. む す び

当社がオフコンを誕生させて以来25年の間、多くのお客様の助言を得て、現在のオフコンまで成長してきた。特に1993年出荷を開始したGS700/10は業界最大規模、最高速のシステムとして、汎用中下位機のレンジのシステムを提供してきている。

本稿でも述べたように、オープン化、ダウンサイジング等の新しい潮流があり、ビジネス環境が大きく変化している。当社はこの潮流の特徴を積極的に取り込んで、お客様の抱えている問題を解決する、新しい“開かれたオフコン”の実現を図っていく所存である。

# オフィスコンピュータにおける システムソリューション

石野正彦\* 舟橋 毅\*\*  
上島 茂\* 多田純一\*  
松浦康夫\*

## 1. ま え が き

三菱電機オフィスコンピュータ(以下“オフコン”という。)事業は、25年間一貫してビジネス分野における基幹業務を中心に、顧客が必要とするあらゆる機能を提供してきた。また、様々な業務・業種に対し、システム構築の実績をノウハウとして蓄積しつつ、多種多様なシステムソリューションパッケージの品ぞろえを充実してきた。オフコンは顧客の資産であるソフトウェア及びデータベースの継承性が高いという特長をもっているためである。

これらのシステムソリューションパッケージは、“M-LINKAGE” “D-LINKAGE” という名称で体系化され、顧客ニーズに適応したシステムを提供している。

M-LINKAGEとは、三菱電機(株)が開発・販売・保守を行っているパッケージソフトウェア群を指している。このパッケージソフトウェア群は、業務パッケージと業種パッケージに大別できる。業務パッケージとは、販売・給与・会計といった業務に対する汎用性の高い基幹システムを提供するもので、6業務31種ある。また、業種パッケージとは運送業・保険薬局など、業種に特化されたシステムを提供するもので、9業種34種ある。

D-LINKAGEとは、各ディーラーが得意分野で育て上げたソフトウェアと、それらを相互に流通させる機構を総称したものであり、ユーザーにとっては、いちからシステム構築するための費用を大幅に削減しつつ、優れた機能を楽しむことができるシステムである。また、システム提案ガイドのようなドキュメント集を189種、開発支援ツール等を83種、流通させている。

これらの豊富なソフト資産の中から本稿では、現在オフコンによる主要業務である販売管理、生産管理、ストアオートメーションにおけるシステムソリューションに焦点を絞り、紹介する<sup>(注1)</sup>。

## 2. 販売情報システム

### 2.1 販売管理システムの動向

#### (1) ビジネスの川上へ

オフコンによる販売管理が普及し始めた当初は、売上伝票発行、請求書作成などの後処理型の商流管理主体のシステムが、大勢であったといえる。

(注1) この文中の数値データは、平成5年4月現在のもの。

しかし、最近の10余年は、物流の近代化が、在庫中心の販売管理からJIT(Just in Time)配送に代表される物流管理を中心とした販売管理にシステムを変革させてきている。といっても商流管理のシステムが物流管理のシステムに移行したわけではなく、商流管理のシステムを核にして、物流管理の機能がシステムの前面にクローズアップして付加されたのであり、システムの守備範囲が、広くビジネスの前面に拡張されたのである。このことにより、必然的にシステムも、データとしての確定度が低い受注引き合い情報などから入力が必要とする前処理型のシステムに変わってきている。すなわち、システム全体がビジネスの川上へ向かってシフトされてきている。

#### (2) 内向きのシステムから外向きのシステムへ

企業におけるオフコン導入目的も、企業内部の事務処理効率の改善を目的とした内向きのシステムから、迅速な受発注の対応力や情報収集能力、情報分析能力、などの企業戦力の強化を目的とした外向きのシステムへと変わってきている。

### 2.2 三菱販売情報システムのコンセプト

前述の動向に対応して、三菱販売情報システムは以下のコンセプトで開発され、B版で機能が一層充実されている。

#### (1) 人に優しいシステム

#### (2) フレキシブルなシステム

#### (3) EUC(End User Computing)指向に対応したシステム

### 2.3 三菱販売情報システムの機能概要

#### 2.3.1 人に優しいシステム対応機能

(1) ウィンドウ検索などの入力方法が、都度その場で適宜選択可能となっており、新人からベテランまで、オペレータの熟練度に合致した入力方法が採用できる。

(a) ガイダンス機能、コード検索機能をPII(Progress II: “MELCOM 80”の高級言語)ウィンドウ提供し、特定のファンクションキーが押下された場合のみ、PIIウィンドウ画面が、入力画面の一部に開かれる(図1)。この機能は、すべての入力画面と検索画面に適用されている。当機能は、JISキーボードのみに限定されず、FOT(Flexible One Touch Key-Board)などのワンタッチ式のキーボードにも適用されている。これらにより、いわばコードレス感覚での運用環境が実現可能である。

(b) 熟練したオペレータに対しては、よりスピーディな集中入力が可能な通常のコード入力も当然ながら基本サポートしている。すなわち、ウィンドウによる操作ガイド等は、

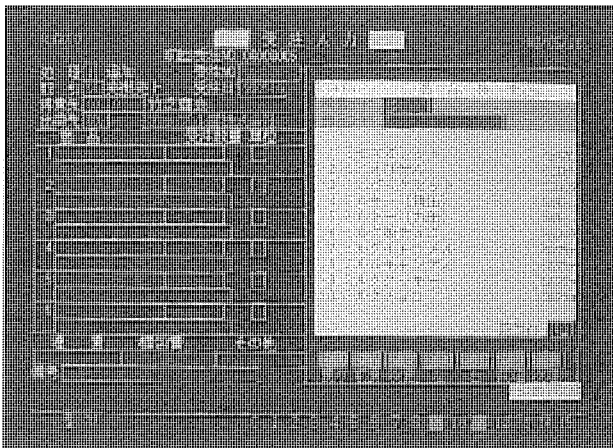


図1. ウィンドウからの品名検索入力の場合

必要な人が必要な場合のみ、ファンクションキーを押下してコールすればよく、既定値は通常のコード入力となっている。

(2) オペレータの負担を軽減させるための仕組み・工夫として、主な機能を以下に挙げる。

- (a) 売上単価、仕入れ単価の登録機能
- (b) 原価割れ売上げの警告機能
- (c) 受注や売上入力時の引当可能在庫の表示機能
- (d) 受注や売上入力時の在庫割れ警告機能
- (e) 預かり在庫からの出荷入力時の過剰出荷防止機能

上記の(1)、(2)の機能により、だれにでも簡単に入力操作を可能とし、また、入力原票なしに直接注文の電話を受けながらの入力も可能である。

### 2.3.2 フレキシブルなシステム実現機能

エンドユーザーに対しては、柔軟な運用性を提供し、販売会社に対しては、多様なユーザーニーズに対応するためのカスタマイズを極力少なくするように、多様な機能を二者択一的ではなく並列的に選択できるようにしていることも、大きな特長である。

代表的な並列選択機能を以下に挙げる。

- (1) 売上単価の登録機能
  - (a) キャンペーン単価 (特売単価)
  - (b) 契約単価 (得意先別・商品別)
  - (c) ランク単価 (得意先ランク別単価)
  - (d) 掛率単価 (得意先別の掛率)
  - (e) 標準単価

これら、(a)～(e)を得意先との契約形態に合わせて、合致したもので登録する。得意先によって異なる登録方法が選定可能である。また、同一の得意先に(a)～(d)の形態から複数の形態を登録した場合は、優先順位上位の登録単価が検索表示される仕様になっている。得意先に(a)～(d)のいずれも登録されていない場合は、自動的に(e)の標準単価が検索表示され、(e)も未登録であれば、検索表示なしに単価入力待ちとなる。

なる。

(2) 受注から出荷、売上確定に至る入力処理方法

- (a) 受注入力→出荷指示→売上確定
- (b) 受注入力→出荷売上確定
- (c) 受注入力→売上確定
- (d) 売上入力
- (e) 直送入力
- (f) 売上入力 (預かり売上げ) →預かり出荷

これら、(a)～(f)の方法の中から、受注から出荷までのリードタイムや単価条件の確定タイミングなどにより、取引ごとに任意の方法で入力処理が可能である。

例えば、受注から出荷までに数日の期間があり、受注残管理が必要であるが、売価は出荷日までには確定している場合には(b)の方法で、また、受注即日出荷の場合には受注残管理は不要であり、売価も確定していれば、入力の手間が最小の(d)の方法を用いるなど、臨機応変な対応が可能である。

(3) 売掛金残高管理方法

- (a) 個別明細消し込みによる残高明細管理
- (b) 個別明細管理は行われず、総額のみ残高管理

上記の両者のいずれかを、システムでどちらかを選択するのではなく、得意先別に選択指定が可能である。

ユーザー企業としては、すべて(a)で行うのが理想であるが、現実的には、かなり手間がかかる作業であり、中小の企業では、なかなか行い難いのが実情である。

前述の得意先別の選択指定機能により、このシステムのユーザーは、新規取引先や不安要素のある取引先に絞る、手間の掛かる(a)の個別残高明細管理を行い、大半の安定した取引先に関しては運用が容易な(b)の残高管理を行うことが可能であり、こういった弾力的な事務運用によって事務処理の簡素化が実現されている。

### 2.3.3 EUC指向への対応機能

MELCOM 80がサポートしているエンドユーザー向けデータベース操作ツール群、すなわち、“EDUET”“EEL”製品群へのインタフェースとしてのDB (Data Base) 物理ファイル定義体を基本サポートしており、また、平成5年4月に広報発表されて以来、話題を集めている日本語対話システム“Anyone”とのインタフェースも平成5年7月末からサポート開始された。

販売情報システムに蓄積されるDBの品質と、上記のEUC対応ツール群がもたらすフレキシブルな販売実績データの活用効果が、三菱販売情報システムユーザーの貴重な財産となり、ユーザーが同業他社との差別を図り、企業戦力をアップすることに寄与している。

## 3. 生産管理システム

### 3.1 生産管理システムの動向

生産技術の高度化に伴い、これをコントロールする生産管

理システムの高度化が要求され、さらに工場内の合理化だけでなく、企業全体の営業・購買・技術・財務まで含めた柔軟性のあるCIMが必要となってきている。

CIMによるシステム構築は、①生産管理の構築・運用を容易にする機能の提供だけでなく、②経営基盤を確立し、③情報システムを経営の武器として活用し、情報をもとにした攻めの経営による他社との差別化を目的としている。

また、CIMの構築は、個々のコンポーネントとして経営管理、販売物流管理、設計開発・運転管理の充実とフレキシブルな統合が不可欠である。

### 3.2 三菱生産管理システム“MELMAS80”の目的

“MELMAS80”を活用して生産管理システムを構築する場合のメリットとして、次の点がある。

- (1) 標準システムとしてベースが完成しており、システム構築が容易である。
- (2) システム構築をいちから始める場合に比べ、コストが安く工期も短い。
- (3) システム稼働後のソフトウェア修正も、パッケージであるため、パラメータ変更などで容易に対応できる。

### 3.3 システムの特長

MELMAS80には、次のような特長がある。

#### 3.3.1 ユーザーの要求に対する柔軟性

- (1) 継続見込生産(量産)の代表的手法であるMRP(Material Requirement Planning)、個別受注生産(個産)の代表的手法である製番管理、及び量産・個産の混在した生産方式に対応できる。また、中間在庫方式、かんばん方式、内示・確定受注生産方式にも対応可能である。

- (2) コンピュータ操作が容易なメニュー方式を採用し、生産活動に必要な情報すべてをオンライン入力するのが基本となっている。また、生産活動に必要な情報の検索機能も豊富に備えている。

- (3) CAD/CAM・FMS(Flexible Manufacturing System)との連携が容易なため、設計した図面情報を設計(製品設計/オーダー設計)や生産基準情報へ直結できる。また、NC加工情報等のFMSへのダウンロードも容易である。

- (4) 購買部門での資材発注・受入業務や生産部門での製造指示・実績報告等における各種伝票形式や、バーコード入力機能をオプションとして備え、容易にこれらの機能選択ができる。

#### 3.3.2 システム運用面での柔軟性

- (1) ファミリーツリーとは、製品を構成する材料・部品をどのような順序で加工し、どのような順序で組み合わせれば品質・価格・納期の面で最適な製品を製造できるかを、樹木状のダイアグラムに表した製造情報の基準である。このコンセプトをもとに、図面・BM(Bill of Materials)等の各情報の情報単位の一元化を図っている。

- (2) MELMAS80は、市場ニーズの変化による設計変更・号機変更にも柔軟に対応できるように、群番方式と削除方式の二つの部品表方式を採用している。群番方式は派生製品の表現の容易化、設計変更の省力化に役立つとともにデータ量を削減でき、また、削除方式は、標準品の部品構成表の一部を除き、新規部品を追加し、受注品の設計を行う場合に役立つ手法である。

- (3) MELMAS80では、MRP(Material Requirement

表1. MELMAS80機能概要

No	サブシステム名称	サブシステムの機能概要
1	営業情報管理	顧客からの受注情報を生産部門へ伝え、営業統計、出荷管理を行う。
2	製品設計/ オーダー設計	ロジックマスタ、ロジックテーブルに製品仕様を蓄積しておき、顧客の仕様入力から部品表を作成するASSD(Assemble Design)、蓄積した既存図面をGT(Group Technology)コードを指定して検索活用する図面GT、CADで作成した図面情報を生産基準情報に結びつけるDIDS(Direct Input Drawing System)を提供する。
3	生産基準情報管理	生産の基準となる情報の登録、更新、管理を行う。部品固有情報(PN=Parts Number)、部品構成情報(PS=Parts Structure)は、レベルバイレベル構造とし、群番方式・削除方式によって派生製品への対応と情報量の削減を実現している。
4	日程計画管理	量産系では月単位の生産計画から日ごとの基準生産日程への展開を、個産系では大日程計画の設定と受注工事の進捗フォローを行い、マクロとミクロの工数計画を行う。
5	資材所要量計画/ 手配	所要量計画は、生産指示と生産基準情報による部品展開、在庫品の所要量計算、MRP(Material Requirement Planning)品のリジェネレーション・ネットチェンジなどによって行う。所要量計算後、注文指示・加工指示・払出指示などの手配情報を作成する。
6	投入管理	基準生産日程計画を、生産状況に合わせて微調整し、資材投入する。
7	製造/作業管理	オープンオーダーとなった内作品に対して工程展開をし、作業指示を行う。各工程ごとの負荷把握、進捗管理、変更処理などが可能である。
8	品質管理	内作品の製造不良、購入品や外注品の受入不良、出荷後の市場クレームなどを収集し、統計出力する。
9	在庫管理	在庫品の受払処理、ABC区分による補充計算、在庫基準値計算などを行う。
10	購入外注管理	注文要求に対して価格、発注量、取引先などの発注要件設定と決裁を行う。注文後は納期・注残管理を行う。
11	資材統計/ 支払計画	発注・注残・受入れなどに関する資材統計、受入価格差異分析、買掛金計上、支払査定などを行う。
12	原価管理	全実績データをもとに、コストシート作成、仕掛残計算、作業能率管理を行う。また、製品のレベルごとに積み上げた見積原価計算書を作成する。

Planning) 対象品についてリジェネレーション(再計画法)とネットチェンジ(正味変更法)の二通りの機能を備えている。また、在庫品の所要量計算、発注点計算、及びマニュアルでの手配指示も可能である。さらに、変更処理の容易化、仕掛り減のため調達期間・加工期間に見合った手配(オープンオーダー)指示が行える。

(4) すべての生産実績データは同一のデータベースに保存し、一元管理されている。実績データの検索や処理はデータ区分によって種別が分かり、容易に行うことができる。

### 3.4 MELMAS80の機能概要

MELMAS80は、受注から生産・出荷・原価把握までの各種機能を備え、計画立案から設計変更・生産変更等の変化要因に対し、最適な運用ができるように配慮したシステムで、12個のサブシステムで構成されている。以下にその機能概要をまとめ、表1に示す。

## 4. ストアオートメーションシステム

### 4.1 小売業の動向

小売業の分野は大店法(大規模小売店舗法)の規制緩和などによる競争の激化及び消費者ニーズの多様化・個性化といった環境変化の中で、より戦略的経営が求められている。戦略的経営のベースは、ソースマーケティング普及による単品管理の浸透であり、またそこから得られる情報の有効活用のために、POS(Point of Sale)データの活用ニーズはますます増大している。三菱電機(株)では、このような状況に対応すべく先進的技術を積極的に取り入れ、量販店向けパッケージ“STRATEGIC SAシリーズ”を提供している。

### 4.2 SA-S3の機能概要

#### 4.2.1 STRATEGIC SAシリーズ製品体系

店舗システムパッケージとして店舗の規模別にSA-S1, SA-S3をそろえている。SA-S1は小規模の店舗システムでハードウェアとしてパソコン“MAXY”上で動作する。SA-S3は地域一番企業向けの店舗情報システムとして開発されたもので、オフコンMELCOM80 GSファミリー上で動作する。SA-S3は徹底したリアルタイム処理を追求しており、今後量販店向け店舗システムの中核となっていくシステムである。

本部情報システムパッケージとして、SA-H3, SA-F3がある。SA-H3は食品スーパー等の量販店が厳しい環境を生き抜くために、POSシステムを主体に正確なデータに基づいた商品管理、経営管理、店舗運営が容易に図れるよう開発された本部情報システムの中継である。SA-F3は既存のホストシステムと店舗システムの中継の役割として、SA-S3とネットワークし、POSのコントロールを行うとともに、

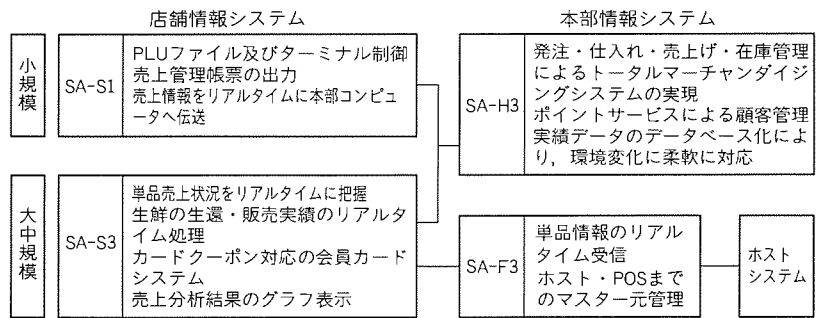


図2. STRATEGIC SAシリーズ量販パッケージ製品体系

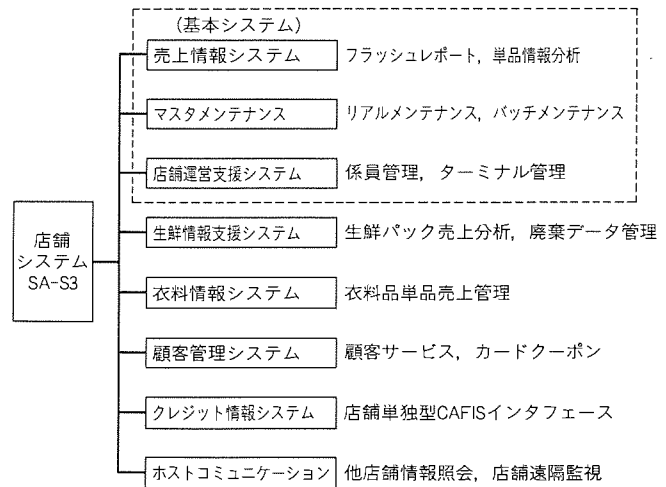


図3. SA-S3機能体系

売上情報・商品情報などを正確に素早く収集し、各管理者に要求されるレベルに応じた情報を提供することを目的としたシステムである。図2にSTRATEGIC SAシリーズ量販店向けパッケージの製品体系を示す。ここでは、主力製品であるSA-S3について述べる。

#### 4.2.2 SA-S3のシステム概要

SA-S3は店舗で発生する商品の発注、受注、販売に関する処理を行うシステムで、売上情報、生鮮情報、顧客情報、ホストコミュニケーションなどのサブシステムで構成される。図3に機能体系を示し、以下に機能と特長を示す。

##### (1) 店舗-本部間のリアルタイムシステムを実現

本部に設置されたFEP(MELCOM80, SA-F3)と専用線で接続し、店舗から指定商品の売上明細、部門別時間帯売上データをリアルタイムに送信する。本部では各店舗の当日の売上げ、予算達成率、重点管理商品の売上げが即時に把握できる。各店舗からは本部のデータベースにアクセスし、他店の情報を照会することができる。

##### (2) 売上情報システム

売上情報システムでは、リアルタイムに売上状況を店、部門、単品の各レベルで把握する機能(フラッシュレポート)、1日の売上げの確定を行う売上管理、単品の売上げを時系列で分析する機能をもっている。

##### (3) 生鮮情報システム



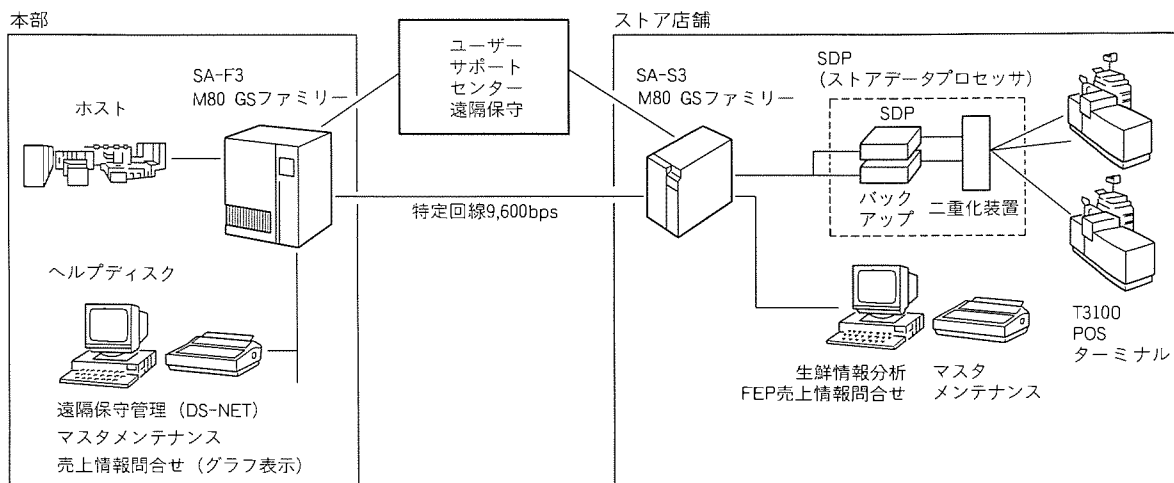


図4. 代表的ユーザーのシステム構成

生鮮情報システムでは、POS ターミナルからの売上情報、計量器からのラベル発行情報、ハンドスキャナからの廃棄情報を時間帯別にとらえ総合的な生鮮管理を行う。

全計量器への売価指示をワークステーションから統一して行うことができる。SA-S3をSA-F3に接続し、全店の計量器へ本部から売価指示することもできる。代表的なアウトプットとして、過去1か月間の生鮮品の生産、売上げ、値下げ、廃棄の実績を見る“生鮮月間問合せ”，過去1か月の生鮮品の売上げを曜日別に分析する“生鮮曜日別ABC”，過去の売上げをもとに今後1週間を予測する“生鮮週間売上予定表”がある。

(4) 強力なデータベースの分析機能

オフコン上に13か月の全単品の月別売上実績、特売実績のデータベースをもち、ワークステーションからの照会、帳票出力ができ、店長・部門担当者の販売戦略策定業務を強力にサポートする。生鮮品を含む重点管理商品は過去5週間分の曜日別時間帯別の売上データベースをもち、生産計画、品出し計画の策定に役立つ。代表的アウトプットとして、過去1週間の日別売上げ上位50位が表示される“週間トップチャート”，過去5週の売上実績が週ごとに表示される“5週トレンドABC”，過去1週間の単品の時間帯別売上げの変動を見る“特定単品週間問合せ”がある。

(5) 簡単操作

オフコンの自動電源オンオフ機能により、毎朝自動的に業務が開始される。閉店後も精算指示を行うだけで、日時更新処理が実行され処理終了後は自動的に電源が切断される。万一精算指示を忘れた場合でも、指定時刻になると強制精算が実行される仕組みになっている。

すべての操作はメニュー形式になっており、だれでもすぐ操作することができる。また、MAXYを端末として接続し、ワンタッチでデータをグラフ化する機能を標準でサポートしている。

4.3 システム導入事例

東京近郊を営業エリアとしてスーパーマーケットを店舗展開しているユーザーのシステム構成を図4に示す。導入効果を以下に示す。

- (1) 各店舗とも売上げ・粗利が向上している。主な理由は時間帯分析によって余分な値下げ処理が廃止されたことと、実績ゼロリスト・特売実績リスト等をもとに本部バイヤーが商品計画へ活用していることである。
- (2) POSシステムでは通常操作ミスが発生せず、顧客に高い評価を得ている。チェックアウト処理の生産性も従来のECR (Electronic Cash Register) に比べて25%改善された。
- (3) POS化することで値付け作業を撤廃し、これによりパートタイマーの作業時間が15%以上改善された。POS導入店では社員減少にもかかわらずパートの労働時間が減少した。
- (4) 本部スタッフはEDUETで現場のニーズに合わせた各種分析を実施しており、ユーザーニーズに合ったシステムに変遷している。

5. む す び

以上に述べてきた3分野に対するシステムソリューションは、今後も高い需要が見込まれるので、継続してより重点的に機能強化を行う。さらに、今後とも多種多様な顧客ニーズにこたえていくため、パッケージの数、種類も充実させていく所存である。

# オフィスコンピュータにおける 日本語対話システム“Anyone”

野村千佳子\* 樋口雅宏\*\*\*  
板橋美子\* 武衛敬司\*\*\*  
大塚仁司\*\*

## 1. ま え が き

“Anyone”は、当社(三菱電機(株))のオフィスコンピュータ(オフコン) MELCOM80/DPS10シリーズ上で動作する、新たなエンドユーザーコンピューティングのシステムである。

Anyone は、ワープロ感覚で端末から日本語を入力するだけで、基幹業務データベースを検索し、経営戦略立案のために欲しい情報を検索することができる。このような“日本語対話システム”は、オフコンでは当社が初めて製品化した。

本稿では、Anyone の開発背景、システムの特長、概要などについて述べる。

## 2. 開発の背景と特長

### 2.1 開発背景

25年間の実績を誇る MELCOM80 の歴史において、当社は抜群の生産性を誇る万能簡易言語“プログレスII”，世界初のRDB(リレーショナルデータベース)プロセッサ“GREO”，また、だれもが簡単にデータ分析プログラムを作成できる第四世代言語“EDUET”，GUI(Graphical User Interface)ベースの新第四世代言語“EDUET for Windows (註1)”と、常にエンドユーザーコンピューティングを指向し、人に優しい意志決定支援環境を提供してきた。しかし、それらにしても、欲しいデータを得るためには、利用者がある程度は、言語の知識、コンピュータの操作を知っていることが前提であり、いわば“コンピュータが主役”であった。

Anyone は、それを更に一歩進めたもので、ビジネスを取り巻く経営環境の様々な変化に対応していくために、大切な経営資源であるデータベースを経営戦略の情報源として有効活用したい、スピーディな経営戦略立案を行いたい、又は全員参加の経営を更に推進したいというエンドユーザーの要望にこたえた。利用者はワープロのような感覚で日本語文による指示さえ行えば、後はコンピュータが日本語を解析し、プログラムを自動作成、結果を出力するような“ひとが主役”のシステムとすることを目的とした(図1)。

開発では、当社オリジナルデータベース技術のRDBプロセッサ GREO を始めとする従来の製品技術に加えて、研究所で長年研究してきた AI 技術の一つである自然言語処理技術を融合することにより、業界初の日本語対話システムを実現した。

### 2.2 特 長

以下に、Anyone の特長を挙げる。

#### (1) データベース検索のための様々な“知識”は辞書に登録

Anyone は、基本的な言葉、言葉と言葉の関係の情報、基幹データベースの構造、言葉とデータベースの関係、プログラム言語の知識などは、辞書として登録してある。

特に、基幹データベースに関する知識を辞書としてもつことにより、辞書を入れ替えるだけで、様々な分野のデータベースに対応することができるよう設計した。

#### (2) あいまい(曖昧)処理における判断機能

曖昧な日本語文での問い合わせの場合、つまり、要求内容が明確でなく複数の解釈が可能な表現で指定されている場合、Anyone は意味を自動的に判断したり、メッセージによる確認をしながら内容を解析する。

#### (3) 高速なデータベース検索のための配慮

問い合わせの内容に対し、データベース検索の手順が複数ある場合、最適な手順(最も高速に結果を得る手順)を自動的に判断する。このため、利用者はデータベースの構造を意識することなく高速な検索を実行できる。

また、実際のデータベースの検索には、GREO を用いた RDB 検索システムである SQL/GREO を利用しているため、更に高速に結果を得ることが期待できる。

#### (4) 検索結果の自動編集

Anyone は、データベースを検索・実行後、グラフ要求キーを押すだけで、自動的に縦軸・横軸の項目を決定してグラフを作成する。

グラフは、オフコンとパソコンの連携機能(EEL2)を利用し、マイクロソフト社の Excel(註2)によって出力する。ま

(注1)(注2) “Windows”“Excel”は、米国Microsoft社の商標である。

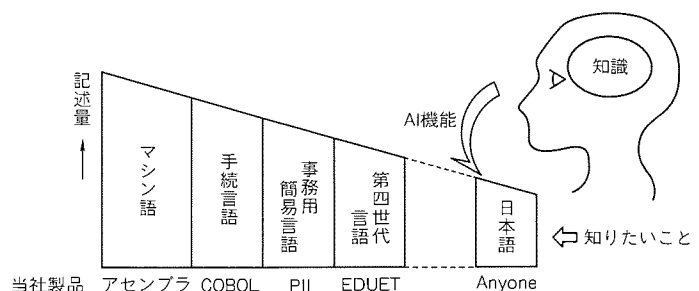


図1. 言語とユーザー記述量の移り変わり

た、表は MELCOM 80 の第四代言語 EDUET の表として得ることができ、ここでも自動で表を作成する。

さらに、分析処理をするための Excel マクロを用途に応じて登録し、特定の言葉とマクロ処理の起動を連携させることによって、グラフ要求キーを押すだけで、必要な分析処理を簡単に行う機能もある。

### 3. Anyoneの構成

図 2 に、MELCOM 80 シリーズにおける Anyone の構成を示す。Anyone は、大きく分けて、“対話プログラム”“辞書”“辞書構築ツール群”の三つから構成される。

また、MELCOM 80/DPS10 の以下のようなオリジナル機能をも有効に利用している。

#### (a) SQL/GREO

当社の RDB プロセッサ GREO を利用し、国際標準 RDB 言語 SQL (Structured Query Language) で記述されたデータベース処理を高速に実行する。Anyone では、入力された日本語を SQL 文に変換し、データベースを検索する。

#### (b) EDUET

RDB を操作し、表を作成できる第四代言語。Anyone は、検索結果から EDUET の表を自動的に生成する。

#### (c) EEL 2

EDUET と当社パソコン MAXY の Excel を連携して、MELCOM 80 上のデータをグラフ表示する機能。Anyone のグラフ要求キーによって、この機能呼び出し、グラフを自動的に作成する。

ここで、Anyone を構成する三つの部分について述べる(図 3)。

#### (1) 対話プログラム

この部分は、“日本語解析部”(詳細は 5 章に記述)“データベース検索部”“データ編集部”“入力支援部”からなる。そのほかに、“制御部”が全体の制御をつかさどっている。

日本語が入力されると、まず日本語解析部が日本語を解析し、単語とデータベースの関連付け情報を内部テーブルとして作成する。必要に応じて、解釈した内容を確認文として利用者に提示する。

データベース検索部は、日本語解析部が作成した内部テーブルから検索する項目を選び出し、SQL 文を生成する。生成した SQL 文を SQL/GREO システムに渡し、検索結果を得る。

最後にデータ編集部が、検索結果から、結果を日本語文(応答文)で返すか、表やグラフで返すかを判断し、検索結果をそれぞれの最適な形に編集して表示する。

#### (2) 辞書

辞書は、Anyone の“知識”に当たる部分である。辞書には、“用語辞書”“意味辞書”“手続辞書”がある。対話プロ

グラムの日本語解析部、データベース検索部が参照しながら、処理を進める。

#### (3) 辞書構築ツール群

辞書を構築するためのツール群。(2)項の辞書と併せて、4 章で詳細を述べる。

### 4. 辞書システム

この章では、Anyone の日本語処理解析に欠かせない辞書システムの構成について述べる。辞書システムは 3 章で述べたように、大きく分けて“用語辞書”“意味辞書”“手続辞書”の三つから成り、相互に関連付けられている。

#### ●用語辞書

データベース検索に使用する用語を定義する。

#### ●意味辞書

データベースの意味的な構造を定義する。

#### ●手続辞書

データベース名の定義や検索結果の表を編集する機能を定義する。

辞書は、ファイルの形でシステムの中にもち、Anyone が実行時に参照する。

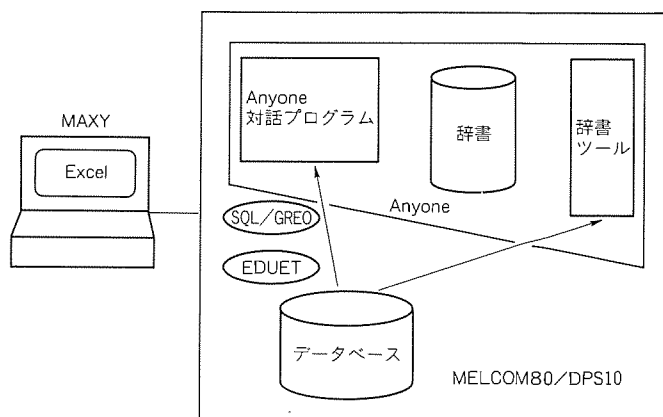


図 2. MELCOM80/DPS10 と Anyone

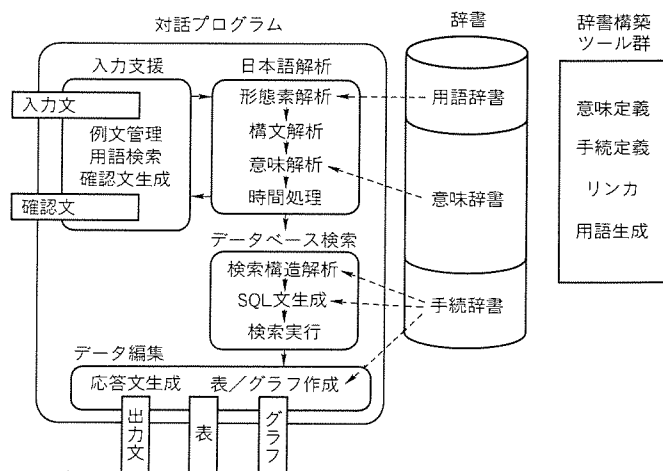


図 3. Anyone の内部構成

	用語辞書		意味辞書		手続辞書
基本部	<b>基本辞書</b> 数字、てにをは、時間表現、など		<b>基本意味定義</b>		<b>演算定義</b>
データベース依存部	<b>データベース用語</b> 売上金額、商品、得意先、など	← 自動生成	<b>データベース意味定義</b> 売上累積 (売上金額、商品、得意先)	←	<b>データベース</b> 物理ファイル定義体
ユーザー定義部	<b>ユーザー定義語</b> 重要顧客 売上状況 <b>固有名詞</b> マスタファイルから登録 <b>同義語</b> 基本定義：先月＝前月 など 基幹業務データベース定義： 純売上げ＝売上げ など ユーザー定義： お得意様＝得意先 など	← 自動生成	<b>ユーザー意味定義</b> ユーザー意味定義 重要顧客：得意先の条件 売上状況：Excelマクロ 検索項目		データベースのパス名、 累積期間 Excelマクロ名

図4. 辞書の構成

また、各辞書ともに“基本部”“データベース依存部”“ユーザー定義部”の3種類から構成され、辞書構築ツールによって、辞書の構築をすることにより、“用語辞書”“意味辞書”“手続辞書”がそれぞれ一つずつに編集される(図4)。

●基本部

Anyoneが標準的に提供する部分。

●データベース依存部

基幹データベースに依存して定義される部分。

●ユーザー定義部

ユーザーの定義によって変更できる部分。

辞書を上記のように分けて定義し、構築ツールを用いて編集するという設計にしたことにより、辞書を入替え(又は追加)再構築するだけで、様々な基幹データベースや様々なユーザー環境にも、容易に対応できる。

(1) 用語辞書

用語辞書には、いろいろな単語の用語情報を格納している。助詞・助動詞・形容詞・数字・地名などの基本部、データベースの項目などのデータベース依存部、固有名詞・同義語やユーザーが個別に意味を定義した言葉などのユーザー定義部がある。

(2) 意味辞書

意味辞書は、データベースの意味的な構造を記述し、言葉とのつながりを定義する辞書である。“Anyone辞書システム”の中でも中核的な役割を占め、日本語文の解析に大きく影響する部分である。

基本部には、データベースの内容に関係のない基本的な言葉(大きい/小さい、先月/今月、など)と、データベースの検索時の条件との関係を定義してある。ものの“概念”を表すような言葉の定義である。

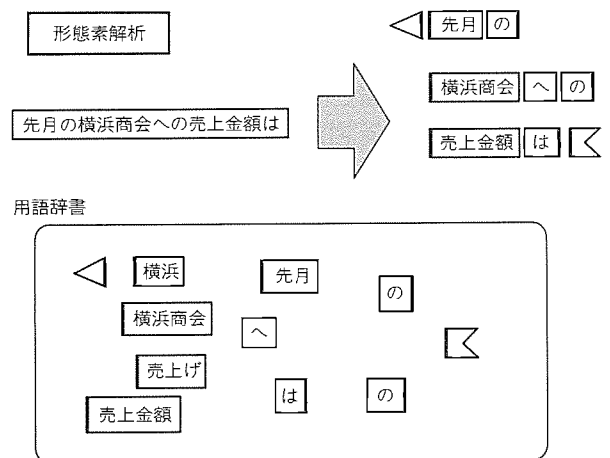


図5. 形態素解析

データベース依存部には、データベースにどのような性質のデータが格納されているのか(“もの”に関するデータ、“できごと”に関するデータ、など)、それはどのように関係付けられているのか、また、それがどんな言葉と対応するのか等の情報が定義してある。

(3) 手続辞書

手続辞書は、データベース名の定義と、検索結果のグラフを編集する機能の定義から構成される。この辞書は、ユーザーの操作環境に合わせて定義・生成する必要がある。

意味辞書が言葉の意味的なつながりを定義してあるのに比べ、実際のデータやファイル等とのつながりを定義するものである。

(4) 辞書構築ツール群

“用語辞書”“意味辞書”“手続辞書”の“基本部”“データベース依存部”“ユーザー依存部”を連係編集して、Anyone

実行時に参照する辞書ファイルを生成するプログラム群である。複数のプログラムから成り、辞書構築プロシジャにより、順番に実行される。

辞書の定義は、最少限の情報を与えることにより、このツール群が自動的に目的の辞書を作成する。例えば、固有名詞については、辞書構築プログラムによって、データベースのマスターファイルから自動的に登録される。

辞書の構築は、システム生成時、ユーザー環境変更時、データベース定義変更時などに行う。

### 5. 日本語解析

この章では、自然言語処理技術を利用して開発した日本語解析部の処理について説明する。

日本語解析部は、①形態素解析、②構文解析、③意味解析及び④時間処理から成り、4章で述べた辞書を参照しながら動作する。基幹データベースが変わっても、動作には何ら影響のないように、日本語解析部と知識(辞書)を完全に独立させて設計した。

ここでは、“先月の横浜商会への売上金額は”という日本語文を例に、各処理部について述べる。あらかじめ、販売管理のデータベースを対象にし、それに関する知識が辞書に登録してあるとする。

#### (1) 形態素解析

形態素解析部では、入力された日本語文を文節単位に区切る(図5)。

最初に、用語辞書を参照しながら、日本語文を単語に分解する。ここでは、用語辞書に登録してあるすべての候補を選び出す。例では、“先月”“の”“横浜”“横浜商会”“へ”“の”“売上げ”“売上金額”“は”を候補

として選ぶ。

次に、入力文が最適な文節に区切られるように選んだ単語を組み合わせる。用語辞書には、各単語ごとに前方や後方に接続され得る品詞の情報などをもっており、その情報から適切な区切りを決定する。

例では、“先月の”“横浜商会への”“売上金額は”のような文節に区切る。

#### (2) 構文解析

構文解析部は、形態素解析で区切った文節列の係り受けの関係を判断する。係り受けの関係は、内部的に“構文木”という形で表現する(図6)。

“先月の”“横浜商会への”という文節は、“売上金額は”という文節に係るが、“先月の”は“横浜商会への”とは係り受けの関係はないと判断する。また、“売上金額は”が目的とする内容であるので、この文節を頂点に、図6のような“構文木”を作る。

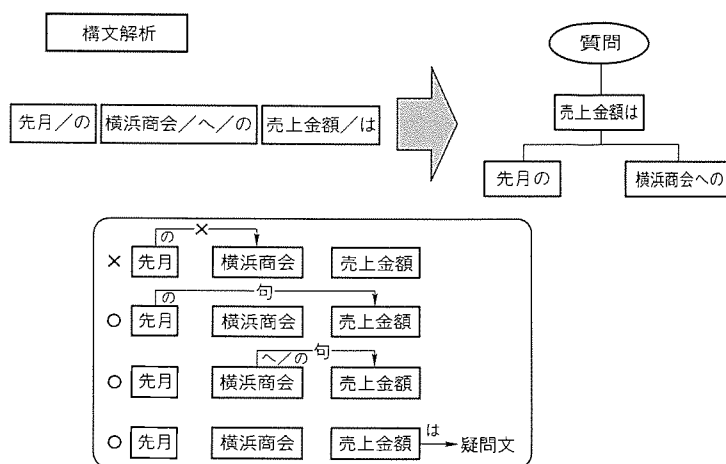


図6. 構文解析

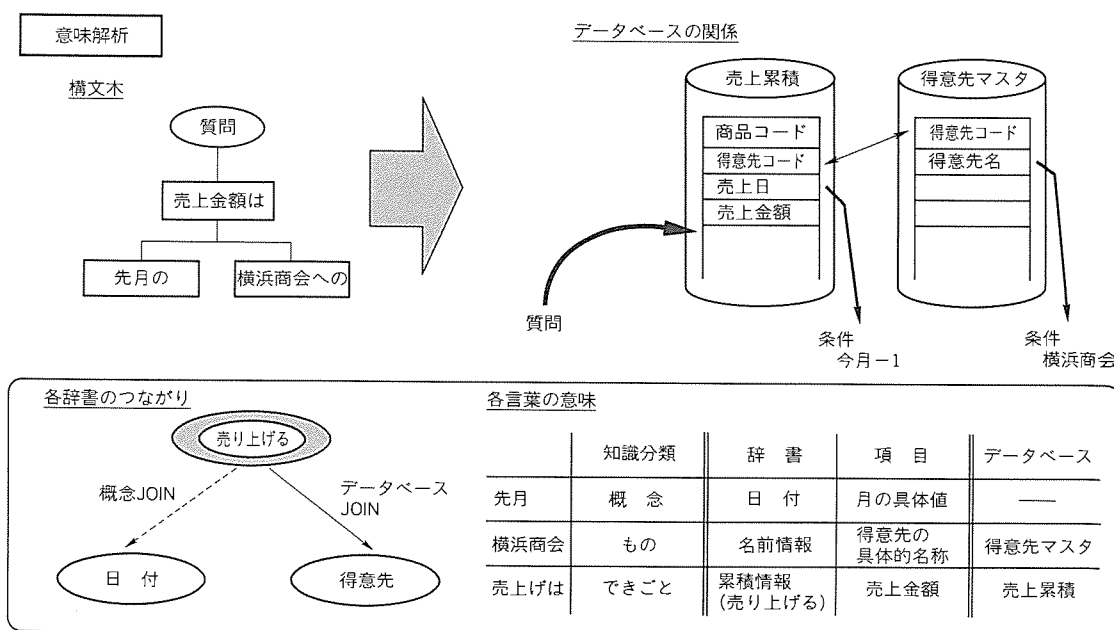


図7. 意味解析

AG\_EXLS \* \* \* Anyone \* \* \*

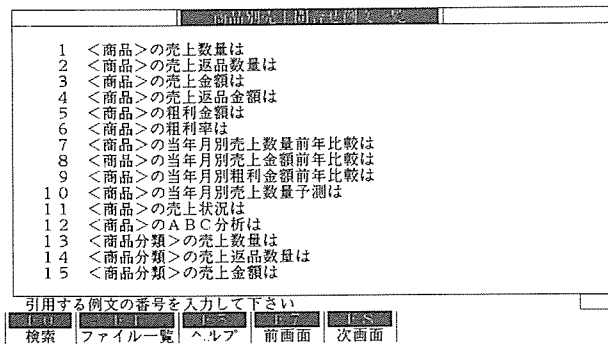


図 8. 例文画面例

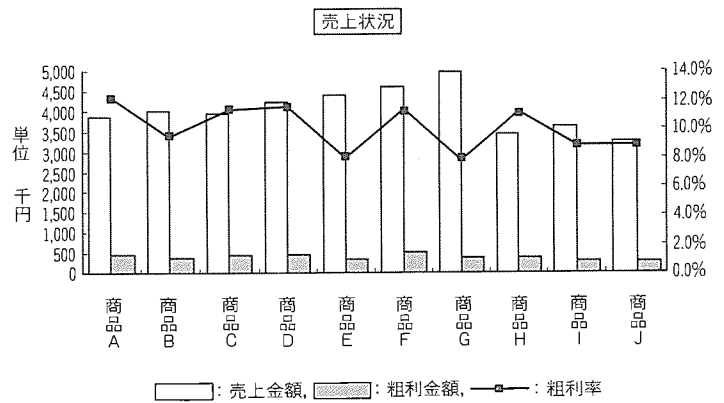


図 9. グラフ出力例

(3) 意味解析

構文解析で作成した構文木の各形態素に対して意味辞書を結合し、条件とデータベースとのつながりや、データベース同士のつながりをネットワーク結合する(図7)。

例では、“売上金額は”という文節に対して、“売り上げる”という辞書、“先月の”という文節に対して“日付”“横浜商会への”には“名前情報”の辞書を結合する。“売り上げる”“名前情報”辞書には、対応するデータベース(売上累積ファイル、得意先マスタファイル)の構造情報が定義してある。

三つの意味辞書から、質問事項は売上累積ファイルの売上金額、売上累積ファイルと得意先マスタファイルは得意先コードで結合、条件としては、売上累積ファイルの売上日が今月-1、得意先マスタファイルの得意先名が横浜商会であるという情報を、内部的にネットワーク結合し、テーブルとして表現する。

(4) 時間処理

時間処理部は、日本語の期間表現を具体的な期間表現に展開したり、日本語文中にデータベースの検索期間が含まれていないときは、既定期間条件を設定する。

例では、“先月の”という表現を現在の月から1を引いた値(現在が12月のとき11月)を条件とするよう展開する。

6. Anyone販売情報システム

4章、5章で述べたように、辞書はAnyoneが標準的に提供する部分(一般的な日本語に関する知識)のほかに、基幹業務データベースに対する知識をもつ。

今回、MELCOM 80上のパッケージソフトである“三菱販売情報システム”のデータベースに対する辞書を開発した。

この辞書とデータベース検索するための例文集、分析処理用のExcelマクロ集、また、三菱販売情報システムの中で

日々入力されるトランザクションファイルから、Anyoneに必要な情報を作成する機能などを合わせて、“Anyone販売情報システム”として製品化し、販売情報のデータベースを有効活用できるように仕組みを作った。

例文集には、売上金額・粗利金額・粗利率などの検索はもちろんのこと、それらの目標値・予想値・前年の値との対比などユーザーが必要としているような情報が取り出せるような文章を問い合わせの種類別に分類した(図8)。

また、結果の表示についても、問い合わせの内容に対して最適なグラフを出力したり、種々のデータ分析が行えるようなExcelマクロを豊富に用意した(図9)。

結果は、Excelによるグラフ表示のほかに、MELCOM 80上のEDUETの表としても表示できる。

Anyone本体と“Anyone販売情報システム”をリンクして運用することにより、ユーザーはデータベースの複雑な構造を何ら意識することなく、普段使っている言葉で販売管理情報を分析することが可能となった。

7. むすび

オフコンでは当社が初めて製品化した日本語対話システムAnyoneについて、その特長・主要な機能について報告した。

現在、基幹データベースに対する辞書は、三菱販売情報システムに対してのみ提供しているが、課題としては、適用分野の拡大、辞書作成の簡略化、処理の一層の高速化、簡単な文脈処理の実現などが挙げられる。

また、今後は、エンドユーザーによる実使用の評価を得て、“ひとが主役”の新しいエンドユーザーコンピューティングとして改良を進めていく所存である。

# オフィスコンピュータにおける 新第四代言語“EDUET for Windows”

藤原聡子\*  
古瀬五輪人\*  
石井 篤\*

## 1. ま え が き

経営環境が激変する現在、経営戦略に深くかかわっている情報システムへのユーザーニーズは急速に変化している。

その多様化し、高度化するユーザーニーズに対応するため、従来から当社オフィスコンピュータ（オフコン）では、経営戦略立案の基盤に必要となる機能を提供する製品開発を数多く行ってきた。

1989年には、オフコンクラスで初めて実用化したRDB（リレーショナル データベース）専用プロセッサ“GREO”によって画期的な高速RDB処理を実現した。また、プログラミング経験のない人でも簡単にRDBをアクセスできる、操作性に優れた第四代言語“EDUET”を開発した。

EDUETとGREOは、コンピュータの利用範囲を広げるEUC（End User Computing）のかぎ（鍵）を握るものである。

今回、機能面では従来のEDUETを包含した上に、さらに操作面では、EDUETとExcel<sup>(注1)</sup>が統一した操作環境で使用できるよう、一層の使いやすさを目的に、Windows<sup>(注1)</sup>上で動作するGUI（Graphical User Interface）をベースとした新第四代言語“EDUET for Windows”（以下“EDUET/W”という。）を開発した。

本稿では、このEDUET/Wの特長と内容を紹介する。

## 2. EDUET/Wの特長

EDUET/Wは、Windowsによる先進の操作性を採用し、かつGREOによるデータベースアクセスを有効に活用し、オフコンとパソコンとの連携機能の強化を実現したエンドユーザー向けリレーショナルデータベース操作言語である。

EDUET/Wでは、“MAXY”のWindows上で動作するEDUET/Wがクライアントとしてユーザーインタフェースを受け持ち、オフコンで動作するEDUETがサーバとしてデータベースをアクセスするといったクライアント/サーバ方式の処理形態で動作する（図1）。このため、従来のホスト集中の処理形態に比べて次の三つの特長がある。

- (1) GUI化による操作性向上
- (2) 分散処理によるホストCPU負荷軽減

(注1) “Microsoft”は、米国マイクロソフト社の登録商標、“Windows”“MS-DOS”は、米国マイクロソフト社の商標である。

本稿では、“Microsoft Windows”を“Windows”、“Microsoft Excel for Windows”を“Excel”という。

### (3) OAソフトとの連携

これらの特長については、以下に述べる。

#### 2.1 GUI化による操作性向上

Windows環境下のGUIをベースとした最新のマンマシンインタフェースを採用しており、メニュー、マウスを使ってサーバであるオフコンデータベースを容易に検索できる。

図2はレコードの選択条件を指定する画面である。従来のEDUETでは、選択条件を項目のID（A01、A02……）でキーボードから入力して指定していたが、EDUET/Wでは、項目一覧のウインドウから、マウスで選択するだけで選択条件を指定できるようになった。

また、選択条件は従来の項目IDの表現でなく日本語で表示されるため、検索の内容が一目で分かるようになった。

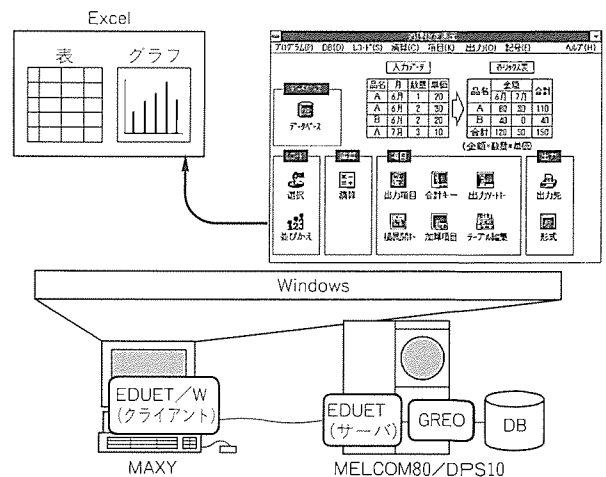


図1. EDUET/Wの処理形態

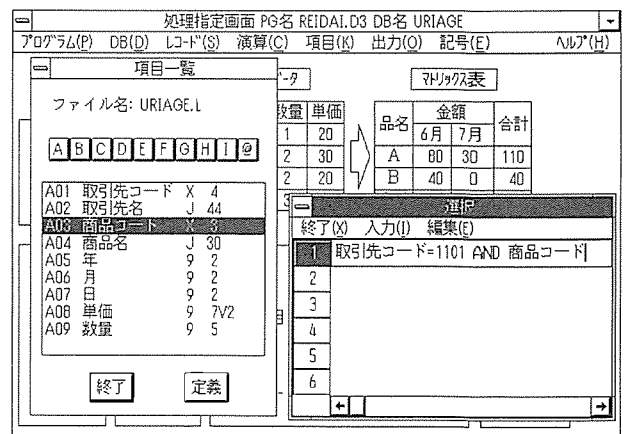


図2. レコードの選択条件を指定する画面

さらに、他のメニューで指定する演算内容や出力形式の指定内容は、マルチウインドウ機能により、画面を切り替えることなくすぐに参照することができる。

以上のように、EDUET/W は、Windows の機能を最大限に利用したことにより、従来のキーボード操作で指定する方法に比べ、より簡単にオフコンのデータベースを検索できるようになった。

### 2.2 分散処理によるホストCPU負荷軽減

EDUET/W の2番目の特長として、データベース検索時のオフコン(ホスト)のCPU負荷軽減がある。その実現のために、ユーザーインタフェース処理はパソコンで、データベース処理はオフコンで行うといったようなクライアント/サーバ処理方式を採用して、処理を分散している。このため、ユーザーがどのようなデータベース操作を行うかをコンピュータに指示しているときは、ホスト側のCPUを全く使わなくて済む。

また、オフコン上のデータベース処理では、その役割をGREOが行うためオフコンのCPUに負荷を掛けることなく、高速にデータ処理を行うことができる。したがって、端末(クライアント)が増えてもレスポンスに影響を及ぼさない。

以上のように、オフコンとパソコンの間で分散処理方式を実現したことにより、オフコンとパソコンのそれぞれの能力を有効に使うことができるようになった(図3)。

### 2.3 OAソフトとの連携

EDUET/W とパソコン上の市販OAソフトとの連携では、コピー&ペースト機能を使ったデータの切り張りやDD

E (Dynamic Data Exchange) 機能等を使ったExcelの連動等によるオフコンとパソコンとのダイナミックなデータの結合を可能とした。

また、パソコン上へのファイル出力機能では、出力ファイルの形式として他社のOAソフトでも採用しているSYLK、TEXT、CSV形式をサポートしているため、EDUET/Wで出力した検索結果をファイル経由で種々のWindows対応ソフトで読み込み処理することができる。

例えば、市販の広く普及している表計算ソフトでは、EDUET/Wで出力したCSV形式のファイルのすべてのデータを読み込み、自由に利用することができる。もちろん、クリップボードによるデータの受渡しも可能である(図4)。

## 3. EDUET for Windowsの構成

### 3.1 ハードウェア構成

EDUET/W は、オフコンとMAXYを接続したハードウェア構成で実現している(図5)。

#### (1) オフコン

MAXYを接続するためにワークステーション接続装置が必要である。

#### (2) MAXY

MAXYの本体装置としては、デスクトップモデル、又は

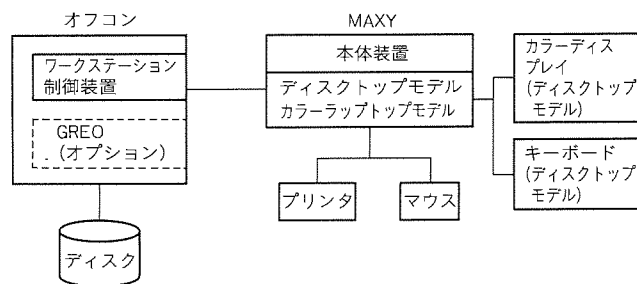


図5. ハードウェア構成

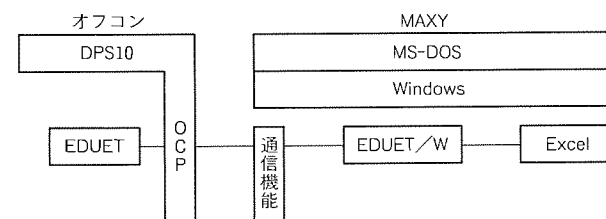


図6. ソフトウェア構成

表1. 必要なソフトウェア

分類	製品名
オフコン	●DPS10 J00版以降
	●EDUET D00版以降
MAXY	●MS-DOS 3.2 (D10版)以降
	●Windows 3.0A以降
	●Excel Ver 3.1以降(オプション)
	●EDUET/W (A00版)以降

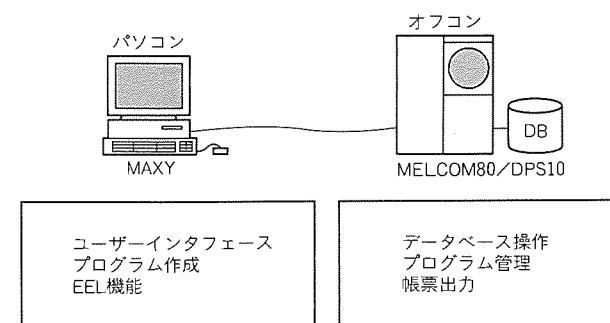


図3. クライアント/サーバ処理方式

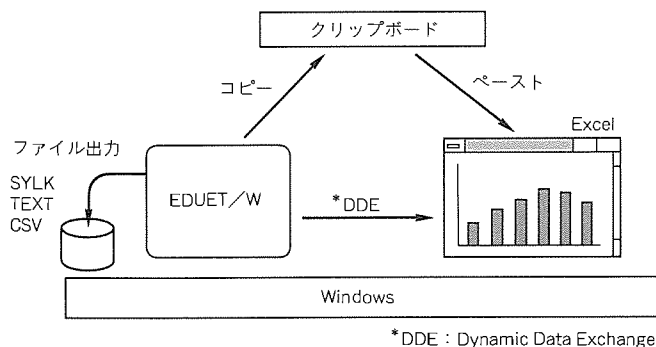


図4. OAソフトとのリンク機能



カラーラップトップモデルを対象としている。デスクトップモデルを使用する場合は、カラーディスプレイとキーボードが必要である。

オプションとしては、マウスが必ず(須)で、プリンタについては、必要に応じて選択する。

### 3.2 ソフトウェア構成

EDUET/Wのソフトウェア構成について図6に示し、必要なソフトウェアについて表1に示す。

#### (1) オフコン

オフコンのオペレーティングシステムであるDPS10の基本機能が必要である。その中に含まれるEDUETがEDUET/Wのサーバとして動作する。

#### (2) MAXY

MAXY側のソフトウェアとしては、クライアント側のEDUET/Wが必要である。Excelとの連携機能を行うためにはExcelが必要である。

## 4. EDUET/Wの機能

### 4.1 きめ細かなデータベース検索

EDUET/Wでは、きめの細かい選択条件が指定できるため、ホストの大容量ディスクに蓄積されているデータベースから、必要なデータだけを柔軟に検索することができる。

ここでは、EDUET/Wで指定できる内容について述べる。

(1) メタキャラクタの指定であいまい検索ができる。また、AND/ORの指定によって抽出条件の範囲を柔軟に設定できる。

(2) 豊富な演算条件の指定ができる。また、データベース内の項目や演算した結果の最大値、最小値、平均値、構成比(合計に対する割合)を出力するための指定ができる。

(3) 入力するデータを並び変える指定と、演算したり集計した結果のデータを昇順、降順に並び変えてから出力する指定ができる。

(4) さらに、EDUET/Wで指定したデータベース操作の手順をプログラムとして作成し、その作成したプログラムを登録したり、直接実行することができる。

### 4.2 多彩な作表

EDUET/Wのデータベース検索機能では、エンドユーザー自身が自分の欲しい情報を自由に加工し、簡単に取出せることを目的としている。

ここでは、EDUET/Wで表現できる内容について述べる(図7)。

(a) データベースの検索結果を明細表、集計表、マトリクス表のいずれにもできる多彩な表現機能がある。

(b) これらの検索結果も画面表示、印刷、ファイル、パソコン上のファイルと4通りに出力できる。

(c) さらに、印刷の場合、表題や見出し文字の大きさ、位置などを変更したり、用紙サイズや行数、改行・改ページ、けい線などを指定できるので用途に合った様式で印刷できる。

以上のように、他の言語やツールを覚えなくても、データベースを操作して、自由度の高い多彩な作表を作成できることも重要なポイントである。

### 4.3 EEL

OAソフトの中でも、Excelとは特に密接な連携機能を実現しており、その機能を“EEL”(EDUET Excel LINKAGE)という。

ここでは、EELの機能について述べる。

(1) 高速に取り出したオフコンのデータをEDUET/Wで指示するだけで、さらにビジュアルな情報として簡単にしかも即座にグラフ化したり、シミュレーションをExcelで行うことができる。

(2) エンドユーザー自身が作成したExcelのマクロファイルをEDUET/Wから実行できる。

EELの起動は、検索結果が表示されているウィンドウで行う。ここで、どんなグラフを表示したいのかグラフの種類をマウスで指定すれば、即座にExcelと連動し、指定の内容がグラフ表示される(図8)。もちろん、ここでグラフにするデータを選択することもできる。

図9はExcelがEDUET/Wから渡されたデータをグラフ表示したときの画面である。オフコン上にあるデータを抽出したEDUET/Wの表とMAXYのExcelのグラフとを同一画面で同時に見ることができる。

以上のように、EELは非常に簡単、かつ先進的な操作でExcelとの連携機能をより高度に実現した。

### 4.4 ノートパソコン応用システム

EDUET/Wの応用例としてノートパソコン応用システ

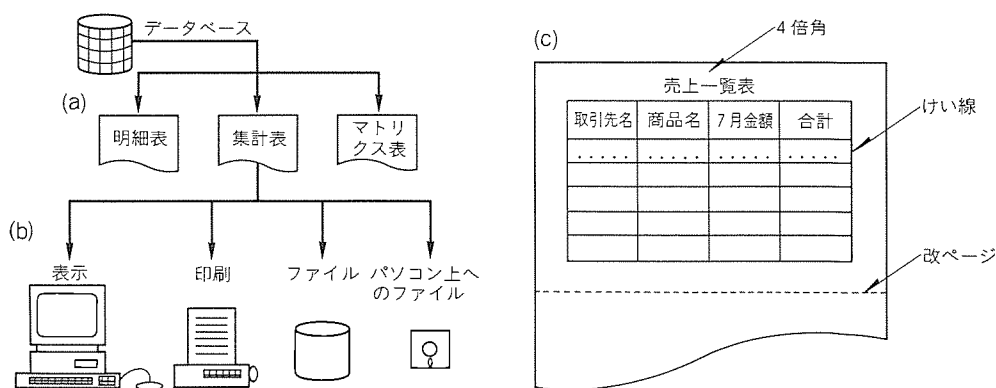


図7. EDUET/Wによる検索結果の多彩な表現

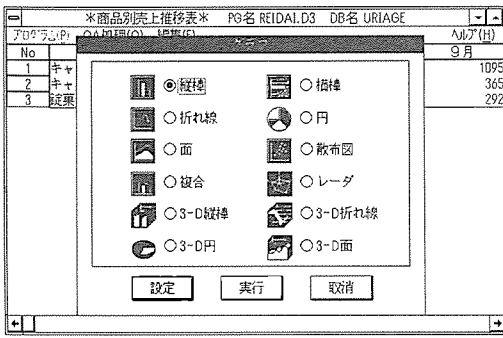


図8. グラフの種類を指定する画面

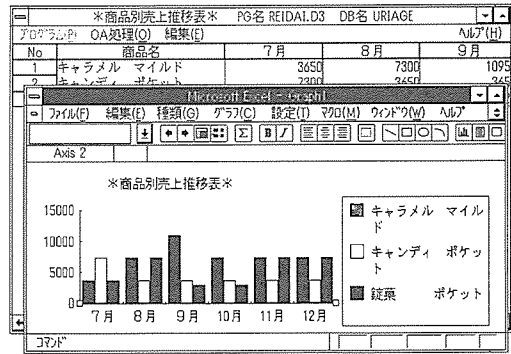


図9. ExcelがEDUET/Wから渡されたデータをグラフ表示したときの画面

ムがある。

ノートパソコン応用システムは、“MAXYNO TE”を持ち運び可能なデータ入力端末とし、オフライン入力したデータを、加入者電話網を経由して“M 80 ホスト”へ転送し、“M 80”で収集したデータを加工するというオフコンとパソコンの密結合を実現するシステムである。

従来、こういった処理を行う場合、パソコン側のプログラム作成とデータの受渡しが問題となっていた。ノートパソコン応用システムはこの問題を解決したシステムである。

その主な特長を図10に示すシステム概要の流れに沿って以下に述べる。

- (1) EDUET/W の転送機能を使用してホストのデータの中から必要なものをパソコンに送り込む。
  - (2) データ入力画面は“Card for Excel”<sup>(注2)</sup>で自由に設計できる。また、データ入力時の数値の範囲チェックや、参照ファイルによるコード表入力等の指定ができるため、パソコン側のデータ収集用プログラムは、非常に簡単に作ることができる。
  - (3) Card for Excel で作成したプログラムによって、収集したデータは、Excel に渡されて表として管理される。Excel で用意されている豊富な関数を使えば、自由にデータを操作することができる。
  - (4) その表をホストに送り込みたいときは、加入電話網を経由して電話をかけるイメージで手軽に SYLK ファイルの形式で M 80 へ転送できる。また、ファイル転送は“MNP” (Microcom Networking Protocol) モデムを使用するため信頼性の高いデータ送信を行える。
  - (5) M80 に転送された SYLK ファイルは、ホストで加工しやすいファイル形式に即座に変換される。その変換したファ
- (注2) “Card for Excel”は、イースト社の製品である。

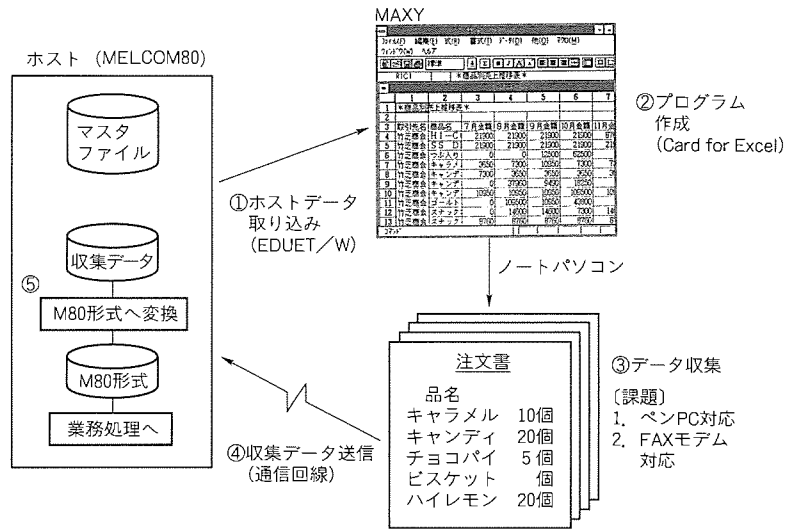


図10. ノートパソコン応用システムのシステム概要

イルは M 80 上のプログラムで加工され、業務処理で適用できる。

## 5. む す び

今回紹介した EDUET/W は、オフコンで初めて本格的に GUI を導入し、当社オフコンの得意とするリレーショナルデータベース処理を飛躍的に発展させた他社に例のない先進的な製品である。

市場の強いニーズであるエンドユーザーコンピューティングを推進するためのもので、最新のマンマシンインタフェースを実現し、GREO との組合せによる高度なデータベース処理環境を提供したことにより、大きな反響を巻き起こした。

今後も、オフコンをより身近な道具として活用し、満足のいくエンドユーザーコンピューティング環境を構築するために、ユーザーフレンドリな製品の開発を進めていく所存である。

# オフィスコンピュータ MELCOM80 “GS700/10”の基本ソフトウェア

小宮富士夫\* 吉森幹夫\*\*  
大江信宏\*\* 橋高大造\*\*  
木幡康博\*\*

## 1. ま え が き

当社のオフィスコンピュータ（以下“オフコン”という。）MELCOM 80 の最上位機種である GS 700 モデル 10 (GS 700/10) は、企業の部門コンピュータ又はホストコンピュータとしての用途を目的に、大規模情報処理システムを構築しやすいシステム諸元を実現し、優れた拡張性と優れたコストパフォーマンス、そして優れた信頼性を提供するオフコンとして開発したものである。この GS700/10 のオペレーティングシステムである DPS 10 (K 00 版) は、ユーザーの資産であるプログラムやデータの互換性はもちろん、操作の互換性も完全に維持しており、下位モデルからのシステム移行も容易にできるよう配慮されている。

本稿では、この GS700/10 に対応した基本ソフトウェア DPS 10 の特長について、特に最近ますます重要性の増してきたオープン化対応技術及び高信頼化技術を中心に紹介する。

## 2. 開発のねらい

オフコン OS である DPS 10 は、これまで上位機・下位機への 2 極分化の方向に進みながら、特に上位機種向けの機能の提供や拡張を積極的に実施してきた。これは、ユーザーのシステムに蓄積されたデータベースの増大や適用業務の拡大に伴い、より高性能で拡張性のある上位機を望むユーザーのニーズにこたえて提供しているためである。

GS 700/10 では、これまでの最上位機種であった GS 600/30 に比べてディスク容量、メモリ容量、端末台数などのシステム諸元を大幅に拡大した。さらに、性能についても CPU 性能比で GS 600/30 の 2 倍を達成しており、大規模なシステムへの拡張性を強化した製品である（表 1）。

一方、オフコン市場をとりまく最近の状況は、ワークステーション (WS) やパソコン (PC) の高性能化・低価格化、そしてローカルエリアネットワーク (LAN) の普及に伴い、LAN による相互接続が急速に進み、PC や WS を束ねた分散処理システムを構築しようとする変化が押し寄せている。いわゆるダウンサイジングとかオープン化という波である。しかし、これまでオフコンで構築していた情報処理システムを PC や WS で全面的に再構築することは開発費用や運用の面で難しく、むしろこれまでの資産を生かしながら、オフコンと PC、WS が連携した分散処理システム環境の構築を望むユーザーが多い。このような市場の背景から、DPS 10 は次

の点をねらいとして開発した。

### (1) オフコンのオープン化対応に向けた機能の強化

オフコンにおけるオープン化の第 1 ステップは、パソコン LAN (PC-LAN) の普及に伴う PC-LAN を介した PC-オフコン間の連携機能を強化することである。PC からオフコンのデータを操作したり、PC のデータをオフコン側に置いて共有したり、又は PC をオフコンの端末として利用するなどの技術が必要不可欠である。このような技術基盤を確立することがオフコンのオープン化対応のねらいである。

### (2) オフコンの高信頼性機能の強化

オフコンは、ユーザーのシステムに情報資産として蓄積された大規模なデータベースを格納し、基幹業務系だけでなく必要なデータのみを抽出し、加工する情報系業務にも利用されている。したがって、データベースを安全に維持・管理すること、万一のシステム故障では速やかに回復できること等、システムの信頼性をより高める技術がますます重要な位置を占めている。従来から DPS 10 ではディスクのミラー機能を提供してきたが、システム稼働中でもディスクの交換ができるディスク活線挿抜機能を実現し、この機能をディスクのミラー機能と併用することにより、万一のディスク障害にもユーザーシステムに影響を与えることなくシステムの修復が可能となった。

さらに、データベースの回復機能についても回復方式の改良により、GS 700/10 の諸元・性能を最大限に活用して高速なトランザクション処理システムを構築することが可能となり、高信頼性技術基盤の強化を図った。

## 3. オープン化対応技術

当社オフコンは、相互接続性に関するオープン化を進めており、LAN の業界標準プロトコルである TCP/IP を搭載し、ファイル転送機能 ftp やリモートマシン上のコマンドを実行する rsh コマンドなどを既にサポートしている。今回、PC の普及とともに PC-オフコン連携に対する機能強化を図

表 1. GS700/10 の諸元

項 目	GS700/10	GS600/30
アドレス空間	2Gバイト(31ビット)	16Mバイト(24ビット)
主メモリ容量	最大384Mバイト	最大64Mバイト
ディスク容量	最大150Gバイト	最大104Gバイト
端末台数	最大2,048台	最大256台
回線数	最大384回線	最大256回線

るため次の製品を新たにサポートした。

- 当社パソコンをオフコンの端末として利用できる端末エミュレータ機能“ap-BIND”
- 他社パソコンをオフコンのトランザクション処理用端末として利用できる“SATELLITEJOIN” 端末機能<sup>(注1)</sup>
- 分散ファイルシステムの業界標準として普及されている NFS<sup>(注2)</sup>のサーバ機能

これらの機能強化により、従来にない PC-オフコン連携システムの構築を容易にすることができる(図1)。

### 3.1 端末エミュレータ機能 ap-BIND

端末エミュレータ機能 ap-BIND は、LAN (TCP/IP) で接続された PC をオフコンの端末としても利用することを目的として開発したものである。端末としては、OADG (PC Open Architecture Developers Group) に準拠した当社 apricot シリーズと、AX 仕様準拠の当社 MAXY シリーズを対象としている。これらの端末に、オフコンとの接続を可能にするフルスクリーン端末エミュレータ機能 ap-BIND を、オフコン側には ap-BIND 制御プログラムをそれぞれ搭載することにより、PC をオフコンの端末として利用することができる。ap-BIND には次のような特長がある。

#### (1) プロトコルのオープン化

TCP/IP を採用することにより、PC-LAN による業務とホストの基幹業務との連携が容易になる。

(注1) “SATELLITEJOIN 端末機能”は、(株)三菱電機ビジネスシステムの製品である。

(注2) “NFS”は、米国 Sun Microsystems 社の登録商標である。

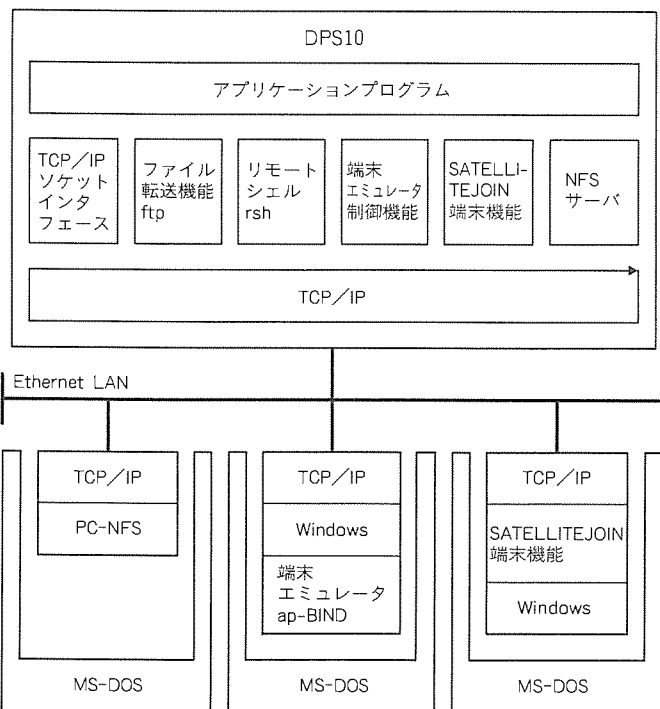


図1. 当社オフコンにおけるPC連携機能

#### (2) 端末プラットフォームの標準化

Microsoft<sup>®</sup> Windows<sup>(注3)</sup> (3.0以降) 上で動作することから、他の OA ソフトウェアを同時に起動できるだけでなく、Windows 上のカット&ペーストの機能を用いて、別の Windows 上のソフトウェアとの間でデータ交換ができる。

#### (3) プリンタの標準化

これまでのエミュレータはオフコン専用のプリンタを使用していたが、PC-LAN では標準の ESC-P 仕様に基づくプリンタもオフコンのプリンタとして使用できる。

#### (4) 互換性の維持

フルスクリーン上で、これまでの端末操作との互換性を図り、導入の容易さにも配慮している。

#### (5) 端末レパートリの拡大

MAXY シリーズのデスクトップだけでなく、MAXY NOTE でも使用できる。また、apricot シリーズのパソコンでも使用できることから、apricot FT サーバとの密接な連携も可能となる。

#### (6) 広域网にも対応

ルータを経由して広域网による接続も可能である。

図2に接続構成を示す。

### 3.2 オンライントランザクション処理

最近のオフコンシステムは、その多くがネットワークを経由して広域又は同一構内に分散配置された WS や PC と結合された形態となっている。このような形態での基幹業務では、ネットワークに接続された計算機や端末との相互接続性やトータルな経済性・高速性・高信頼性等が要求される。

DPS10 では、このようなニーズにこたえるために、従来からオンライントランザクション処理システム DPS10-TP を提供している。これは多くの端末からの要求を時分割で処理する TSS 型に比べ、応答性やシステム資源の利用率の面で優れており、さらにオフコン同士だけでなく PC、WS との接続による分散処理システム構築にも適している。

今回、DPS10-TP のオープン化対応機能として、他社 PC 接続と Windows への対応を図った下記の機能をサポートした。

#### 3.2.1 他社PCの接続とWindowsへの対応

既設の各社 PC が設置されている環境において、これらの設備を活用して、オフコンのデータエントリやデータ照会等を行うトランザクション処理用端末として利用できる SATELLITEJOIN 端末機能を製品化した。これは、PC 側では Windows の標準化されたインタフェースを利用して機種に依存しない構築方法を採用するとともに、オフコン側では高いトラフィックでも安定して動作できるトランザクション処理方式を採用して構築した製品である。この機能により、Windows がもつ GUI (Graphical User Interface) 環境や

(注3) “Windows”は、米国 Microsoft 社の商標である。

マルチウィンドウ機能などの優れた操作環境のもとで、トランザクション処理形態による基幹業務処理システムを構築することができる。

### 3.2.2 SATELLITEJOIN 端末機能の特長

SATELLITEJOIN 端末機能では、オフコン側でプログレスIIやCOBOLで作成したプログラムをコンパイルしたとき生成される画面/印刷ファイル定義体をPC側にダウンロードし、実行時にオフコン側から送られるデータと、画面/印刷ファイル定義体に定義されている画面、印刷制御データ及び固定データをマージして編集し、表示又は印刷する(図3)。

SATELLITEJOIN 端末機能には次の特長がある。

- (1) これまでオフコン側で画面入出力や印刷出力していた処理をPC側に分散することが可能となり、効率の良いシステムを構築することができる。
- (2) プログラム開発はオフコン側だけででき、PC側でのプログラム開発は不要である。
- (3) 画面/印刷ファイル定義体のダウンロードは、端末からのログイン操作時にトランザクション定義ファイルのバージョンを判定して自動的に行われるので、オフコン側で更新しても端末操作者が意識せずに利用できる工夫がなされている。
- (4) 操作系はWindowsの機能を利用して、マウス、プルダウンメニュー、OAソフトとの同時実行、マルチセッションなどの高い操作性を図っている。

### 3.3 ネットワークファイルシステム(NFS)

NFSとは、ネットワークファイルシステム(Network File System)の略で、1985年にSun Microsystems社が製品化した分散ファイルシステムの一つである。

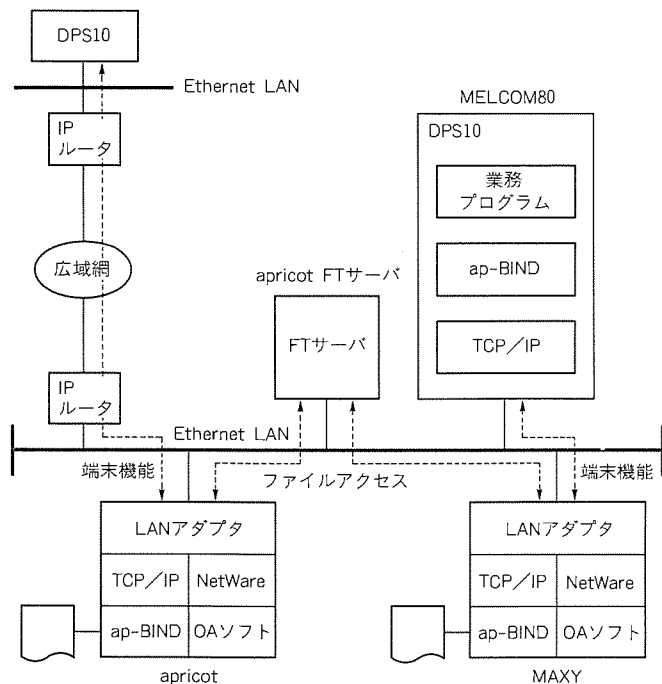


図2. 端末エミュレータ ap-BIND接続構成

NFSは、ネットワーク(LAN)に接続された各UNIXマシンに分散して置かれているファイルシステム(リモートファイルシステム)を、ネットワークを意識せずに、自マシン上のファイルシステム(ローカルファイルシステム)を扱うかのように利用することができる。例えば、クライアントのマシン上で、ログイン名MAXY1でログインしたとき、そのホームディレクトリが/HOME/MAXY1で、かつリモートマウントされていれば、そのログインはサーバマシン上の/HOME/MAXY1に位置付けられる(図4)。

DPS10では、このNFSサーバをサポートすることにより、NFSクライアント機能をもつPCやWSとの分散ファイルアクセスを可能とした。

DPS10/NFSには次の特長がある。

- (1) オフコン上の豊富なディスク資源の有効利用  
NFSサーバとなるオフコンの大容量ディスクの一部をクライアントとなるPCやWS、又は下位モデルのオフコンのデータ格納庫として利用することができる。特に同一アーキテクチャのマシン又はOSでデータやプログラムを共有すれば、NFSサーバマシン上で集中管理することができる。
- (2) ファイルシステムの共有による運用の簡略化  
NFSサーバ上のファイルシステムをクライアントとなるマシンが共有すれば、これまでのように同じファイルを各マ

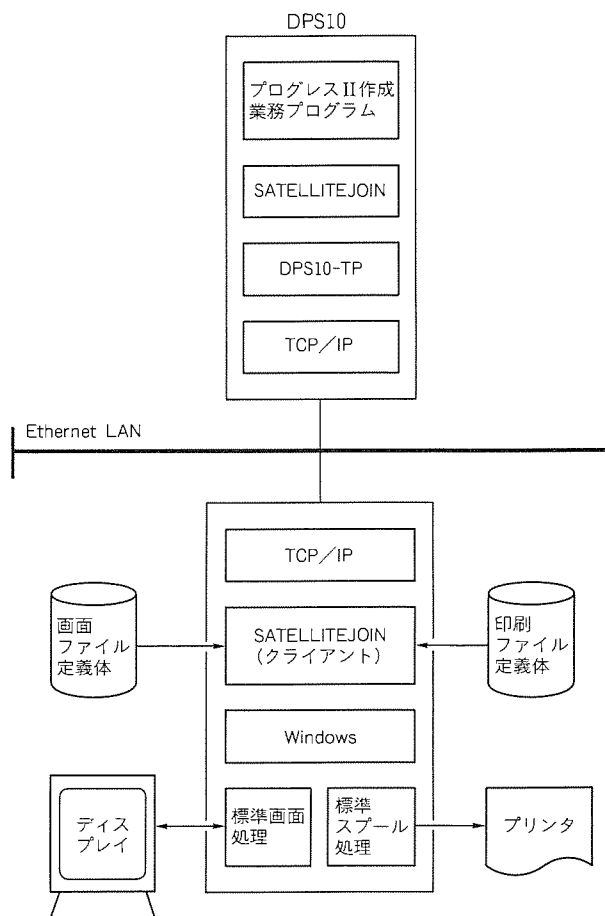


図3. SATELLITEJOINの概要

シンでもつ必要はなくなり、バックアップもサーバマシン上のファイルシステムだけを対象にすればよく、システム運用を簡略化することができる。

(3) サーバ側処理の負荷分散

前述のように NFS サーバ上にあるファイルシステムは、PC や WS などのクライアント側からみればローカルディスク上のファイルシステムとして見える。したがって、サーバ側の負荷はネットワーク制御とディスクへの要求を処理する程度に過ぎず、ファイルアクセス管理などの処理はクライアント側に負荷分散されるので、サーバ負荷を軽減できる。さらに、多数のクライアントをサポートするために、サーバ側では複数のデーモン (nfsd デーモン) を起動してこれらが効率良くクライアントの要求を受けて応答する。

4. 高信頼化技術

ユーザーの貴重な財産であるデータベースを万一のシステム故障から保護することが高信頼化システムのねらいである。DPS10 では従来からディスクのミラーリングやデータベースの回復機能などを提供していたが、GS700/10 の豊富なシステム資源を効果的に利用することにより、より安全な運用が可能となる。具体的には次の機能強化を図った。

(1) ディスク活線挿抜機能のサポート

(2) 大容量バッファキャッシュメモリを利用したデータベース回復機能

4.1 ディスク活線挿抜機能

ディスク活線挿抜機能とは、ユーザーシステムの業務稼働中に、故障したディスクの交換を可能とする機能である。この機能を利用すれば、従来のようにディスクの交換作業のためにシステムを停止する必要はなく、システム稼働中でも故障したディスクの交換が可能となる。

このディスク活線挿抜機能をミラーディスクシステムに適用することにより、万一、ディスク装置に故障が発生してもミラーディスク機能により、故障ディスクはシステムから切り離され、他方の (故障していない) ディスクだけに縮退して業務は継続できる。この間にディスク活線挿抜機能を利用

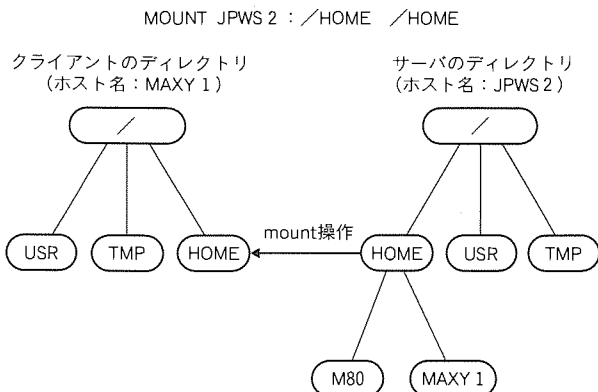


図 4. リモートマウントの操作

して故障ディスクを新しいディスクと交換し、ミラーディスクとして機能させれば、システムを全く停止することなく完全に復旧することができる。

ディスク活線挿抜機能を利用したディスク交換手順の操作例を図 5 に示す。

ディスク活線挿抜機能を実現する上で、ユーザーの誤操作を避けるために次のような施策を適用した。

(1) 故障したディスクがどのディスクであるかを確認するための故障ディスク検出機能。

(2) 故障ディスクの挿抜は、挿抜可ランプが点灯中しか交換できない。また、挿抜可ランプを点灯させることにより、誤操作で他のディスクを着脱することを防ぐ。

(3) 操作マニュアルを充実する。

4.2 データベース回復機能

DPS10 では、データベースの回復機能として、ワークステーション処理やトランザクション処理、又はオンライン処理などのあらゆる処理形態で利用できる DPS10 回復管理システム (RMS) を提供している。図 6 に RMS のシステム構成を示す。

RMS を利用することにより、業務プログラム (App) 内に組み込まれたトランザクション区間 (データの一貫性が保証される区間) 内で更新されたデータは、万一のシステムダウンや App の異常終了が発生しても、そのトランザクションが完結するか又はトランザクションの開始状態に戻るよう回復することができ、データベースとしての整合性を維持することができる。

この RMS に GS700/10 がもつ大容量バッファキャッシュメモリを最大限に活用してトランザクション処理性能を大幅に向上させるとともに、万一のシステム故障時にも速やかに

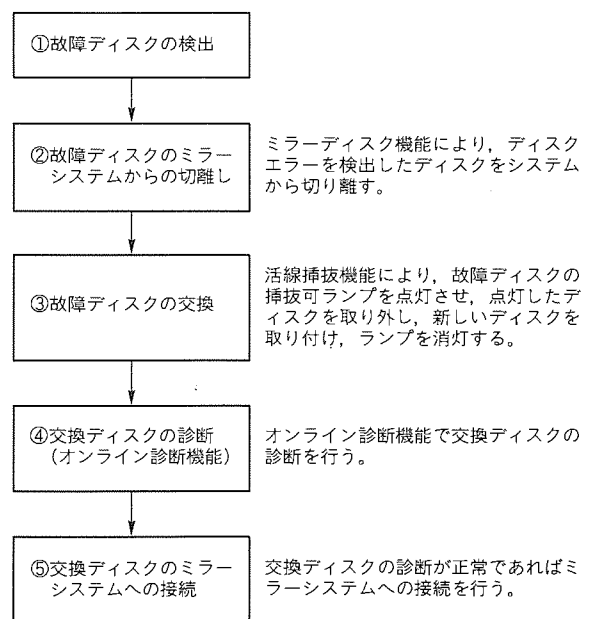


図 5. ディスク活線挿抜の手順例

にデータベースをリカバリする。

#### 4.2.1 RMSによるデータベースアクセス方式

トランザクション内でのレコード更新操作(レコードの追加や削除も含む。)では、更新結果をバッファキャッシュメモリ(最大4Mバイト)上に残し、ディスク装置へのアクセスを最小限にすることにより、トランザクション処理性能を向上している。更新結果がデータベースに反映される前には必ずジャーナルにその更新前後の情報は記録される。

このジャーナルは次の回復操作時に利用される。

#### 4.2.2 RMSによる回復操作

システム稼働中の障害は大別すると、①プログラムの異常終了(トランザクション障害)、②システムダウンによる障害(システム障害)、③ディスク装置故障(媒体障害)の三つに分けられる。回復処理の目的はこれらいずれの障害に対してもデータの整合性を維持するものでなければならない。RMSはこれらの障害に対応して次の回復操作を提供している。

##### (1) ダイナミック回復

Appの異常終了又は業務プログラムからのロールバック(戻し回復)要求時に適用される回復手段である。これはメモリ上に蓄積されたジャーナルデータ(更新履歴データ)をもとに速やかに回復する(トランザクションの開始状態に戻す。)(図7①)。

##### (2) システム回復

システムダウン時に未完了のトランザクション内で行われたデータ操作の戻し回復を行う。具体的には、ジャーナルファイルを走査し、データベースの整合性のある最終トランザクションを見いだす。それ以降のトランザクションで更新されたデータベースを回復の対象とする。このとき、索引をもつデータベースについては、索引の再生成を行う(再生成が必要な場合のみ)。回復の手順は回復対象のトランザクションから最終トランザクションまでデータのロールフォワード(更新履歴の適用)操作を行い、未完了のトランザクションについては更にロールバック(更新前履歴の適用、すなわち戻し回復)操作を行う(図7②)。

##### (3) ファイル回復

ディスク装置の故障により、データベースがアクセスできなくなった場合(ミラーディスクシステムを利用すればこのケースはほとんど発生しない。)、データベースのバックアップとバックアップ以降に採取したジャーナルデータをもとに最新の状態までリカバリする(図7③)。

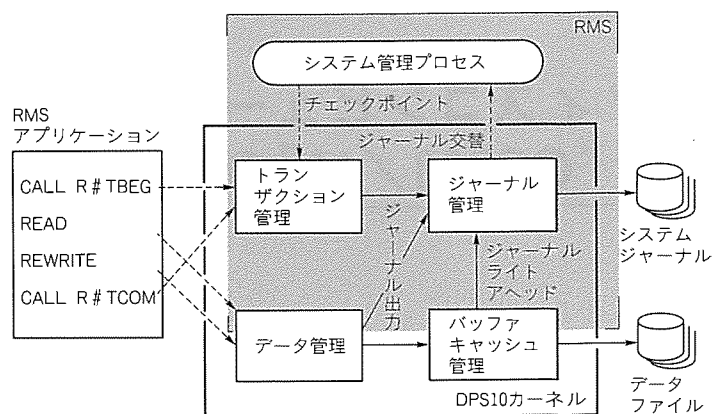


図6. 回復管理システム

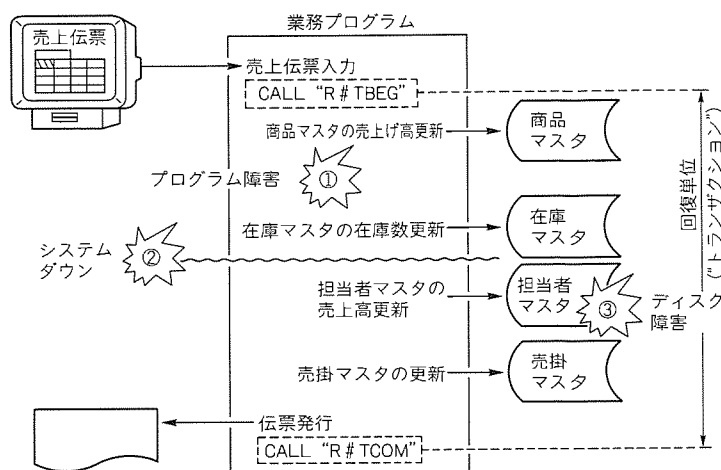


図7. 回復管理システムの機能

## 5. むすび

GS700/10の基本ソフトウェア機能について、特にパソコン連携を中心としたオープン化対応技術と大規模システムに柔軟に対応するための高信頼化技術に関する特長について紹介した。

オフコンのオープン化対応技術についてはネットワークの相互接続性に関する機能強化を中心に進めてきたが、真のオープン化を推進するためには、OS基本機能の標準化も含めて対応することが必要であると認識している。

オープン化対応技術も高信頼化技術も今後ますます重要な技術であり、これらの機能の強化・改良を図り、より速く、より使いやすく、より安全なシステムを構築するための技術開発に取り組んでいく所存である。

# オフィスコンピュータ MELCOM80 “GS700/10”のハードウェア

鈴木壽明\* 日向純一\*\*\*  
植木則明\* 下間芳樹\*  
斉藤 巧\*\*

## 1. ま え が き

GS700/10は、1993年6月に発売され好評を博している当社オフィスコンピュータ（以下“オフコン”という。）“GSファミリ”の最上位機種である。GS700/10では、ユーザーの膨大なソフトウェア資産を継承するロードモジュール及びデータ互換を実現しつつ、システムアーキテクチャを大幅に拡張・改良した。さらに、最先端の半導体技術による170万トランジスタ規模の1チップフルカスタムCPUを開発し、高密度実装したことで飛躍的な小型・高性能・高信頼ハードウェアを実現した。

本稿では、GS700/10を構成する先進ハードウェアの特長、小型・高速化、高信頼化技術及び開発手法について述べる。

## 2. GS700/10のシステム概要

### 2.1 システムの特長

GS700/10の開発に当たっては、オフコンユーザーのニーズ、市場動向及び技術トレンドを徹底的に調査・分析した上で、製品構想並びに目標システム仕様を決定した。GS700/10システムにおけるハードウェア面での特長は以下のとおり。

#### (1) 高性能

CPUは0.8μm CMOSプロセスによる業界最先端の1チ

ップフルカスタムVLSIを新たに開発した。加えて主記憶制御部などは、世界最高レベルの576ピン、40万ゲート級の0.8μm CMOSセミカスタムVLSIによって構成した。最先端半導体テクノロジーの活用により、マシンサイクルを短縮して従来の最上位機に比べ、2倍のCPU演算処理性能向上を達成した。

また、当社オフコンの特長であるリレーショナルデータベース(RDB)プロセッサ“GREO”は、単体性能を向上させるとともに、システム接続数を最大3台に拡張した。

#### (2) 大規模・大容量

GS700/10ではソフトウェアが利用可能な主記憶アドレス空間を最大31ビットに拡張。アーキテクチャの拡張により、GSファミリーシステムとして大規模化・処理能力強化を将来にわたって可能にした。

GS700/10はGS600/30の上位機種としてオフィスの中核コンピュータたる大規模システムを構築できる。最大システム構成として、主記憶は384Mバイト、固定ディスク装置150Gバイト、ワークステーション接続2,048台、通信回線数384回線をサポートする。

#### (3) 小型化・省エネルギー

最先端VLSIと高密度実装により、CPUと主記憶を合わせて1ボードに実現した。チャンネル制御装置(CHC)もVLSI化により、小型化・機能拡大した。この結果、部品点数

表1. GS700/10システムの諸元

項目	諸元	
主記憶装置	最大容量	384Mバイト
	基本容量	64Mバイト
	増設単位	16/64Mバイト
中央処理装置	パイプライン	6段
	一次キャッシュメモリ	16Kバイト(チップ内蔵)
	二次キャッシュメモリ	256Kバイト
固定ディスク装置	最大容量	150.08Gバイト
	基本容量	5.36Gバイト
	ミラーリング	標準装備
	活線挿抜	可能
GREO(RDB)台数(最大)	3台	
WS, プリント ク接続台数	ワークステーション	2,048台
	プリンタ	1,000台
通信回線	最大回線数	384
O S		DPS10 K00
環 境	使用電源	AC100V
	消費電力	3.0kVA
構 造 寸 法 (mm)	構 造	床置き
	幅×奥行き×高さ	795×745×1,000

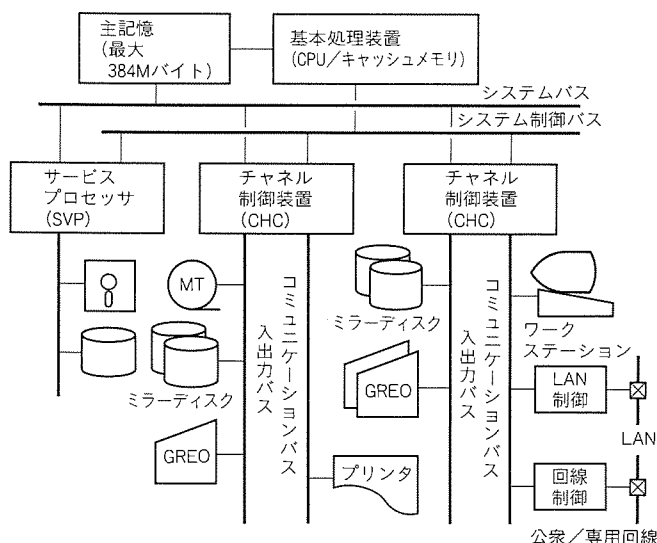


図1. GS700/10のシステム構成



の大幅削減が実現でき、小型化・低消費電力化を達成した。

基本きょう(筐)体は、固定ディスクを最大9.1Gバイト内蔵できるが、容積ではGS600/30に比べて40%減少させている。

(4) RAS(信頼性・可用性・サービス性)機能の充実

GS700/10はオフィスの中核コンピュータとして高性能・大規模を実現しただけでなく、汎用コンピュータをも上回る高レベルの障害検出・回復機構を備えることで、情報の完全性(Data Integrity)を保証し、システムの信頼性を向上した。

二重化CPU、主記憶のECC(Error Check and Correction)、そしてシステムバスやCHC内部を含めてシステム全体にわたりエラー検出・回復機能を備えた。

固定ディスク装置はOSディスク、ユーザーディスクともミラー構成を標準化し、加えて活線挿抜機構をサポートした。これらにより、システム全体の可用性を向上させた。

2.2 GSファミリーでの位置付けと諸元

GS700/10は当社オフコン“GSファミリー”の最上位機として位置付けられる。図1にGS700/10のシステム構成を、表1にシステム諸元をそれぞれ示す。

3. 小型・高性能技術

3.1 1チップCPUプロセッサ

0.8μm CMOS(2層ポリシリコン2層メタル)テクノロジーにより、オフコンCPUの基本機能を集積した170万トランジスタのフルカスタム1チップCPU<sup>(1)(2)</sup>を開発した。図2にチップ写真を示す。

オフコンによるビジネスアプリケーションの特徴は、ファイル入出力を中心としたOS処理が大半を占めている。OSで使用される命令は、ロード・ストア・比較・分岐など単純命

令の比率が非常に高い。さらに、主記憶上にあるデータ構造の直接操作が多い。そこでCPUチップ方式設計ではパイプライン処理、TLB(高速アドレス変換機構)などCPU高速化技術の採用に加えて、特に以下の点を方針とした。

- (a) マシンサイクル短縮による基本命令実行性能向上
- (b) 大容量オンチップキャッシュと8バイト単位のデータ処理によるメモリアクセス性能向上
- (c) 分岐命令やレジスタ使用競合などで発生するパイプライン処理の乱れを最小化

図3にCPUチップのパイプライン構成を示す。パイプラインは6ステージで構成されて、基本命令は1サイクルで連続的に実行する。実行ステージ(E)では、データを入力し、演算処理を行い、レジスタへの結果格納を1サイクルで実行できる。メモリへの格納は後段のストアステージ(W)によって並列処理される。

キャッシュメモリは命令・オペランド分離で合計16Kバイトの容量がある。ヒット率を向上させるために、命令・オペランドキャッシュともに4ウェイセットアソシアティブ構成とした。キャッシュアクセスは8バイト単位で行われる。実行ステージ(E)では、6本の4バイトバスと二つの4バイトALUを並列に動作させることで8バイトデータを1サイクルで処理できる。メモリストア処理も8バイト単位で行わ

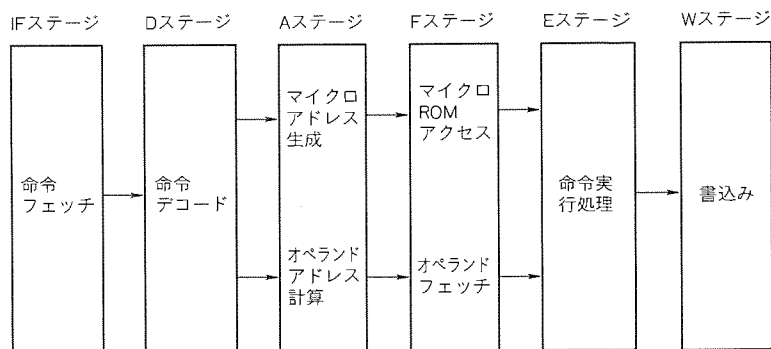


図3. CPUパイプライン構成

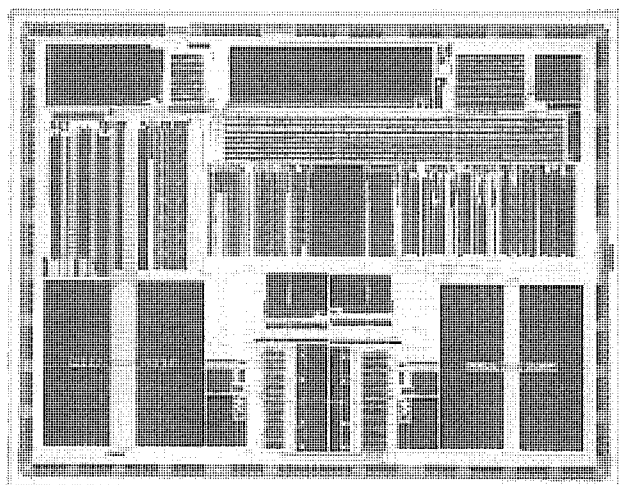


図2. CPUプロセッサチップ写真

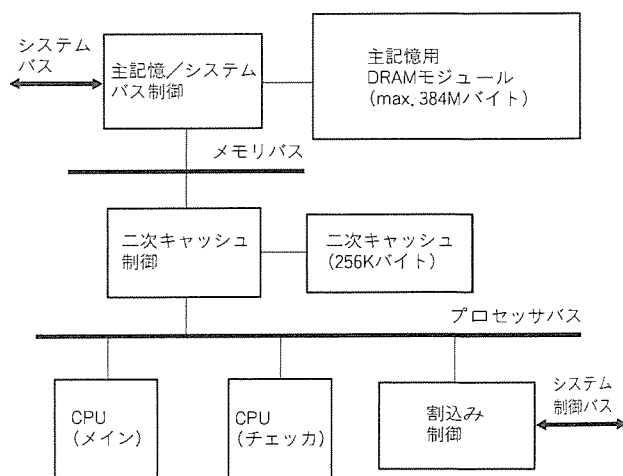


図4. CPUブロック図

れる。システムコールやプロセススイッチ時によく現れる連続するメモリストアにおいて、メモリ更新待ちによる性能低下を防ぐために、4エントリのストアデータバッファをチップ内部に設けた。

TLBは命令・データ用共に4ウェイセットアソシアティブ構成であり、合計192エントリである。また、実ページアドレス情報をCAM(Content Addressable Memory)にバッファリングすることで、ページング処理で発生するアドレス変換テーブル書換えに伴うTLB内の該当ページ無効化操作を1サイクルで完了できるように構成した。

分岐処理の高速化については、二つの命令ストリームに対する先取りが行える16バイト×2組の命令キューを備える。条件分岐命令処理は、静的予測に加えて過去の分岐成功・不成功の履歴を保持する分岐予測テーブルに基づく動的分岐予測を採用した。先行分岐処理と分岐予測精度の向上により、分岐命令によるパイプラインの乱れを最小限にとどめている。一方、レジスタ競合管理はスコアボーディング方式を採用した。

### 3.2 1ボードCPU

1チップCPUプロセッサに加えて、オフチップ(二次)キャッシュ制御、主メモリ制御、そして割込み制御の論理を0.8μm CMOSセミカスタムVLSIによって実現した。これらCPUチップ周辺VLSIは、576ピンQTP(Quad Tape Carrier Package)によってCPUボード上に高密度実装した。

主記憶は16MビットDRAMチップのメモリモジュールで構成され、三次元実装によって最大384Mバイトの容量を実現した。VLSIとメモリモジュールにより、CPUの全機能と主記憶とを290mm×310mmの1ボード上に構成した。図4にCPUブロック図を、図5にCPUボード写真をそれぞれ示す。

メモリアクセス性能の向上については、1チップCPUプ

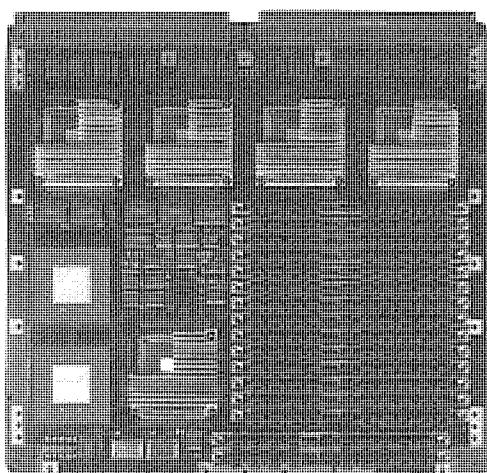


図5. CPUボード写真

ロセッサ内部のみならずCPUボード全体で細心の設計的配慮を払っている。図6にGS700/10で実現した内部記憶階層全体の構成を示す。CPUプロセッサ内部のオンチップ(一次)キャッシュに加えて、256Kバイトの容量がある命令・データ統合オフチップ(二次)キャッシュを用意した。オフチップキャッシュはデータ更新方法としてストアイン(Store In)方式を採用するとともに、キャッシュブロック(ライン)サイズを64バイトと大きくしてヒット率を高めた。オフチップキャッシュ及び主記憶制御部を合わせCPUプロセッサと同じクロック周波数で高速動作させることでメモリアクセス性能を高めている。

一方、キャッシュメモリでは主記憶とキャッシュメモリ間とでデータの整合性(Consistency)確保操作が必要になる。GS700/10ではオンチップ(一次)キャッシュでの登録状態の写しを保持する“シャドウタグメモリ”(Shadow Tag Memory)を用意した。シャドウタグメモリの内容と入出力装置からのメモリアクセスアドレスとを比較し、キャッシュメモリ中に登録されたデータが更新される場合のみCPUプロセッサに対してキャッシュデータ無効化要求を発行するようにしたことでCPUの命令実行に対する妨害を最小限度に抑えている。

ビジネスアプリケーションではデータベース処理のように頻繁なファイル操作に特徴がある。すなわち、入出力からのメモリアクセスにも高いデータ転送能力が要求される。そこで、GS700/10では8バイト幅のシステムバスを入出力専用を用意して十分なI/Oバンド幅を確保した。さらに、主記憶アクセス動作では二つのメモリモジュールをインターリーブ動作させることでスループット向上・レスポンス短縮を図っている。

### 3.3 チャンネル制御装置

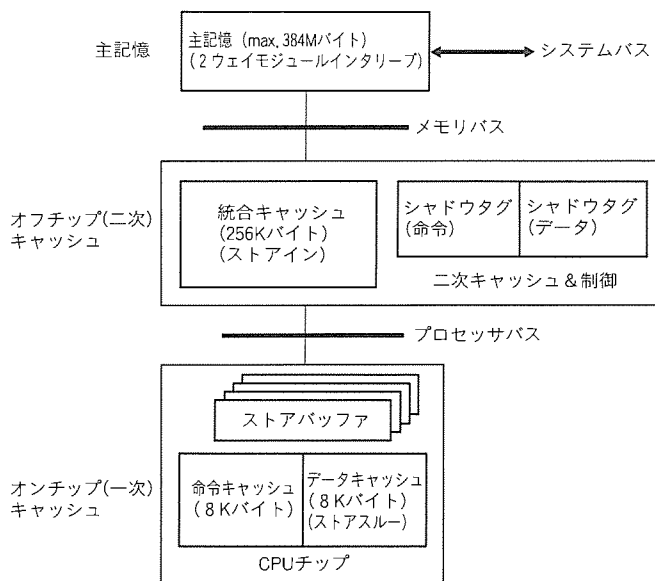


図6. 内部記憶階層構成

チャンネル制御装置 (CHC) は入出力装置と主記憶との間にあり、すべての入出力動作を制御することで、CPU パワーが入出力操作に分かれる割合を最小限に抑える。CHC は 2 万ゲート 1  $\mu\text{m}$  CMOS セミカスタム VLSI を用いてチャンネル制御・データ転送機能を実現した。さらに、CHC ボード上にコミュニケーションバス制御装置 (IOP) を搭載する。図 7 に CHC ボードを示す。GS 700/10 では 2 台の CHC を実装する。

また、CHC と各種 I/O とを接続する入出力バス仕様を拡張し、バス 1 本当たり最大 20 M バイト/秒のデータ転送性能に高めた。CHC 内部には 32 バイト  $\times$  2 個のダブルデータバッファを用意し、スループットを向上させた。

また、CPU から発行された複数の入出力指令を CHC 内部でキュー管理することで、入出力命令の実行高速化を実現した。

### 3.4 コンパクトな実装

GS 700/10 は最先端テクノロジーと高密度実装技術とにより、ボードサイズを小型化するとともにボード枚数を大幅に削減した。こうした部品点数の削減による低消費電力化に対応して、冷却システムや安定化電源の小型化を行った。

小型化によって生じたスペースには、GREO 及び各種入出力制御装置と、1.3 G バイト  $\times$  7 台の大容量活線挿抜ディスク装置とを内蔵して 0.58 m<sup>3</sup> の筐体を実現した。

## 4. 高信頼化技術

GS 700/10 のハードウェアは高性能・コンパクトであるばかりでなく、各種の高信頼化技術を各所に適用している。

### 4.1 CPU/CHC

CPU ボード上では 1 チップ CPU プロセッサを 2 個並べて、チップの全出力信号を比較チェックすることで、故障検出可能範囲を拡大した。図 8 に二重系比較チェック動作を示す。

データ完全性を保証する場合に最も重要である全記憶階層

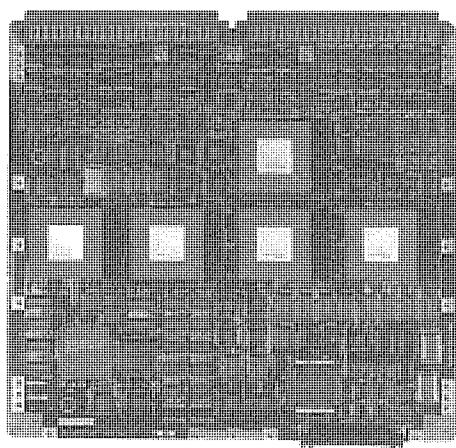


図 7. CHC ボード写真

及び各階層間データ転送部での故障検出・回復機能を充実している。オンチップ及びオフチップキャッシュではパリティチェック、主記憶では ECC を各々行う。さらに、ボード上/バックプレーン上の全バスにおいてパリティ、不正シーケンス及びタイムアウトチェックを行っている。入出力においても CHC や入出力制御装置 (IOP) でのエラー検出機能を強化した。

### 4.2 環境異常に対する検知・回復処理

GS 700/10 は周囲温度・電源・冷却ファンといったシステムの各種環境異常に対して、高精度かつ迅速な検知・異常処理を提供する。環境異常の検出ポイントをきめ細かく設定し、個々の異常に対して OS と連携した通知・回復処理を実現した。

### 4.3 SVP 及びパネル

GS 700/10 では自動運転、操作員インタフェース、システム状態の記録・診断、それに構成制御等を行う独立した処理装置としてサービスプロセッサ (SVP) 及びパネルを設けた。パネルについては他の GS ファミリと互換性のある操作/表示機能を提供する。これら装置により、

- (a) システム立ち上げ時の各種診断実行と結果表示
- (b) 障害時のログデータ格納と異常回復処理
- (c) 障害の自動解析と故障箇所の自動指摘

等の高信頼化及び高レベル保守機能を提供している。

### 4.4 ミラーディスクと活線挿抜サポート

固定ディスク装置はユーザーディスクに加えて OS ディスクもミラー構成とした。固定ディスク装置が万一故障しても、二重書き込みによってバックアップされた正常なもう一方のディスク装置を用いてシステム運転を続行できる。さらに、固定ディスク装置は活線挿抜機能を追加して、システム運転を継続しながら故障ディスク装置の交換・復旧操作を可能としている。

## 5. 開発手法(設計方式及び検証技術)

GS 700/10 のハードウェア開発では、各設計フェーズにおいて最新設計技術を駆使した実現手法を採用した。先進の開発手法を用いたことで、基本設計から実動作確認までの開

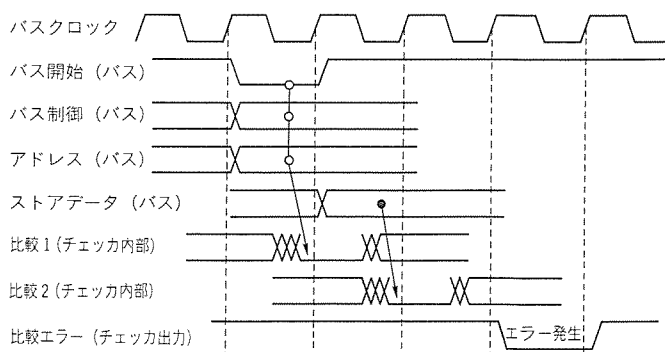


図 8. CPU 二重系比較動作

発の流れを効率化でき、VLSIの開発期間を大幅に短縮できた。

### 5.1 性能評価に基づくハードウェア方式設計

GS700/10の基本設計段階において、特にCPU及び主記憶性能を正確に評価して基本設計の指針を与えるために、性能評価ツール“MELPeX”(MELCOM Performance Evaluation Tool)を開発した。図9にMELPeXの構成を示す。MELPeXの特長は以下のとおり。

- (a) トレースドリブンシミュレーション(Trace-Driven Simulation)手法を基本とした定量的性能評価手法
  - (b) 実アプリケーションプログラムの挙動分析による高精度な性能予測
  - (c) キャッシュ、TLB、パイプライン等の設計パラメータを変更しての評価が容易
  - (d) 異なる命令セットアーキテクチャの性能評価可能
  - (e) プラットフォーム独立でツールの移植が容易
- MELPeXによる評価結果から、実システムのメモリ管理にマッチするTLBのハッシング関数<sup>(3)</sup>、分岐予測テーブルの構成、キャッシュのブロックサイズ等多くの仕様を決定した。

また、実システムでの最終評価結果に対して、MELPeXによる性能予測値との誤差は2%以内と非常に高精度であった。

### 5.2 機能記述と論理合成の活用による論理設計

GS700/10のCPUプロセッサ、及び周辺セミカスタムVLSIの論理設計では、ハードウェア記述言語を用いてレジスタトランスファレベル(RTL)の機能記述モデルを開発した<sup>(4)</sup>。機能モデルは実際の論理に対してシミュレーション時間で10倍以上高速である。この機能記述モデルにより、設計の早期段階から検証を開始できたため設計の手戻りを減らすことができた。

機能モデルのモジュール記述単位は、実際のLSI又は大ユニット単位とし、モジュールインタフェースは実論理の信号に完全に対応させた。そして、実際の論理による検証結果と機能モデルによる検証結果との一致をチェックすることで、バグ解析時間短縮や、従来困難であった性能低下要因の検出を容易にできた。また、機能モデルはシミュレーション用テストケース作成において、目的とする事象がテストされているかを高速かつ容易に確認できる環境として活用された。

一方、論理設計では機能記述されたモジュールや真理値テーブルを入力して自動的に論理回路を生成する論理合成システム<sup>(5)</sup>を適用した。論理合成を適用して自動設計した部分は、デコーダやシーケンサ等の制御回路が主である。制御回路は設計改訂が頻繁に発生し、かつ検証カバレッジを上げ難いと

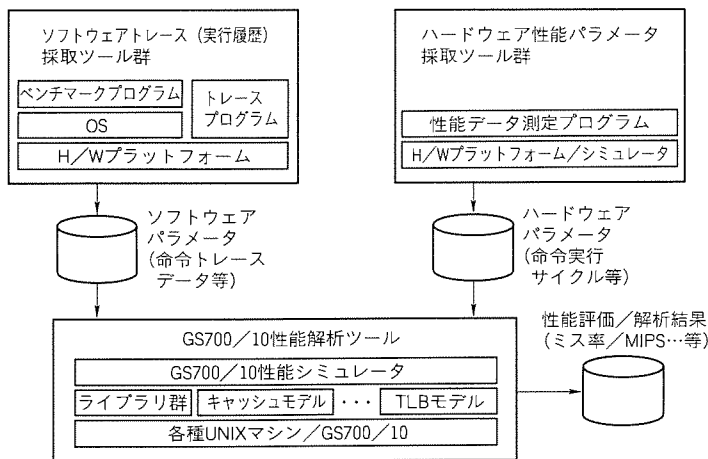


図9. MELPeXシステム構成

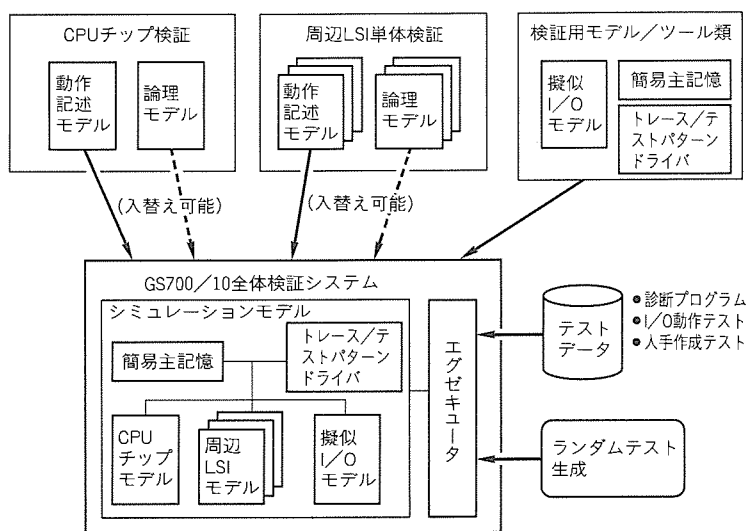


図10. LSAVシステム構成

いう特性がある。論理合成を用いたことで検証省力化や改訂時のミス混入防止が図れた。

### 5.3 システムレベル検証(LSAV)

VLSIを用いたコンピュータ開発では、実チップを作成した後の設計不良によってLSIの再作成が発生すると、大幅な工程遅延となる。GS700/10のハードウェア開発では、最初のLSIマスク作成以前に全機能に対して95%以上の完成度を検証することを目標に定めた。高い検証カバレッジ目標を達成する方策の中心として、CPU、主記憶、そして入出力を含んだシステムレベルでのシミュレーションシステム“LSAV”(Large Scale Architectural Verification system)を開発した<sup>(6)</sup>。図10にLSAVシステム構成を示す。

LSAVの特長は以下のとおり。

- (a) CPUに加えて主記憶、入出力も含めた超大規模検証
- (b) 機能記述/論理の両モデル、又はその混在による検証
- (c) 従来から蓄積された診断プログラムの活用と、ハードウェア固有動作確認を行う新規テストデータ追加による量・質両面でのテストケース充実化

(d) 命令実行の基本動作に加え、割込み・リセット・デバッグ機能・エラー処理等のシステム制御動作を検証でき、カバレッジを大幅向上

このLSAVシステムは高性能ワークステーション上に実現されており、ネットワーク化された複数のワークステーションを用いて効率良く検証作業を進めた。

LSAVの成果として、ファーストシリコンのVLSIチップセットによってOSの立ち上げとともに、実アプリケーションプログラムの実行に成功した。

## 6. む す び

GS700/10システムのハードウェアについて特長、高速・高信頼化技術、開発手法を述べた。本来のハードウェア開発に加えて、多くの先端設計技術を開拓・実用化した点でも大きな成果を収めた。

今後は、GS700/10システムの1チップCPU等の設計資産を基に、より高度・高性能なオフコンシステムを開発・提供していく所存である。

## 参 考 文 献

(1) Saito, Y., et al.: A 1.71 M-Transistor CMOS CP

U Chip with a Testable Cache Architecture, 1993 ISSCC Digest of Technical Papers (1993)

- (2) 清水 徹, 島津之彦, 斉藤祐一, 白井健治, 藤岡 勲, 阪尾正義: オフィスコンピュータ用32ビットCPUプロセッサ, 三菱電機技報, 67, No. 3, 266 ~ 269 (1993)
- (3) 郡 光則, Heine, D. L., 下間芳樹: セットアソシアティブメモリにおける最適ハッシュ関数の選択法, 情報処理学会第44回全国大会論文集, 6-67 (1992)
- (4) 服部 孝, 村田 裕, 宮内信人, 清水 徹, 星 直之, 上野 仁: 1チップCPUプロセッサの設計検証(I) CPUプロセッサの機能モデルの開発, 情報処理学会第46回全国大会論文集, 6-149 (1993)
- (5) 平峰正信, 石川淳士, 野村和男, 佐藤晴美, 東田基樹, 数馬好和: 多段組合せ論理合成システム SOLDIER, 情処研報, 90-DA-55, 41~48 (1990)
- (6) 三部 健, 近江谷 康人, 橋詰雅樹, 井関秀行, 原島忠雄, 山口一良: 1チップCPUプロセッサの設計検証(3)シミュレータ上でのシステムレベル検証, 情報処理学会第46回全国大会論文集, 6-153 (1993)



# オフィスコンピュータ MELCOM80 “GS700/10”の実装技術

木村廣隆\* 阪尾正義\*\*  
高田潤二\* 原島忠雄\*\*  
岩瀬秀雄\* 橋田光弘\*\*

## 1. ま え が き

MELCOM 80 GS700/10 (以下“GS700/10”という) は MELCOM 80 “GS ファミリ”の最上位機種として開発した高性能オフィスコンピュータであり、ハードウェアテクノロジーでは以下のような特長をもっている。

- (1) 0.8 $\mu$ m CMOS テクノロジーによるフルカスタム LSI, ゲートアレーを採用し, MELCOM80 GS600/30 (以下“GS600/30”という。)の2倍の演算処理性能を実現した。
- (2) TAB (Tape Automated Bonding) 技術を使用した多ピンパッケージである QTP (Quad Tape Carrier Package) と多層プリント基板を組み合わせた高密度実装方式の採用によってシステムの小型化・高性能化を達成した。
- (3) 16M ビットの記憶素子を採用し, かつ高密度実装技術により, 主記憶容量を 384M バイトに拡大してシステムの大規模化に対応した。
- (4) 以上に述べたような新しいテクノロジーの成果により, 主記憶 384M バイトを含む CPU 本体部を1枚のボードに実装し, チャンネル制御装置, サービスプロセッサ, 周辺装置の入出力制御装置, 固定ディスク装置を含めたシステムが, キャビネット (幅 765mm, 奥行 745mm, 高さ 1,000mm) 1本に収容され, 従来の最上位機種と比較して体積で 40% 減, 電力で 30% 減を実現した。

この論文では, GS700/10 で採用した新しい素子技術・実装技術について, 開発設計時考慮した点を中心に述べる。

## 2. LSI実装技術

表 1. LSI仕様比較

	GS700/10	従来の最上位機種
テクノロジー ( $\mu$ m )	0.8	1.3
集積度(ローゲート) (Kゲート)	400	47
ゲート遅延 (ps)	215* <sup>1</sup>	900* <sup>2</sup>
消費電力 ( $\mu$ W/MHz ) * <sup>3</sup>	4.8	15
電源電圧	5V 単一	5V 単一
パッケージ	QTP* <sup>4</sup>	セラミック PGA * <sup>5</sup>
ピン数	576	281
リードピッチ (mm)	0.25	2.54

- 注 \* 1 2 入力 NAND, Fan Out=2, Al=2mm, 高速セル  
\* 2 2 入力 NAND, Fan Out=2, Al=2mm, 標準セル  
\* 3  $\times 1$  ドライブセル  
\* 4 QTP: Quad Tape Carrier Package  
\* 5 PGA: Pin Grid Array

### 2.1 LSI仕様

GS700/10 の CPU ボードには三菱の 0.8 $\mu$ m 素子敷き詰め型高速高密度ゲートアレー (ローゲート 400K ゲート) を使用し, 高密度, 高速化を実現している。従来の最上位機種の LSI との仕様比較を表 1 に, Tape Carrier に搭載したチップの写真を図 1 に示す。

### 2.2 実装設計

#### 2.2.1 許容出力同時変化数の算出

高速でスイッチングする素子では, 出力の H $\rightarrow$ L, L $\rightarrow$ H の変化により, CMOS の貫通電流や出力に接続されるコンデンサ成分の充放電電流がパッケージのインダクタンス成分 (ボンディングワイヤ, リード等) を流れることによってグラウンド電位にノイズが発生し, 特に複数の信号が同時に変化した場合問題となることがある。GS700/10 では, 許容同時変化信号数を増すため以下の対策を採り, 実機と同一層構成の評価ボードに評価用 LSI を実装して評価試験を実施, 実機の実装条件での出力バッファ対応の許容同時変化数, 電源ピンアサインのルールを設定した。

#### (1) 低インダクタンスパッケージ構造

図 2 に示すようにパッケージ内部に V<sub>CC</sub>/GND 面をもつ構造を採用し, 給電ピンのインダクタンスを低減した。

#### (2) 多層プリント基板の採用

V<sub>CC</sub>/GND 各 2 層, 計 4 層をもつ多層プリント基板を採用し, プリント基板の給電系も強化した。

#### (3) スルーレートコントロール付き出力バッファの活用

ゲートアレーには 3 種類のスルーレートコントロール付き出力バッファを用意し, 信号の種類によってこれらのバッフ

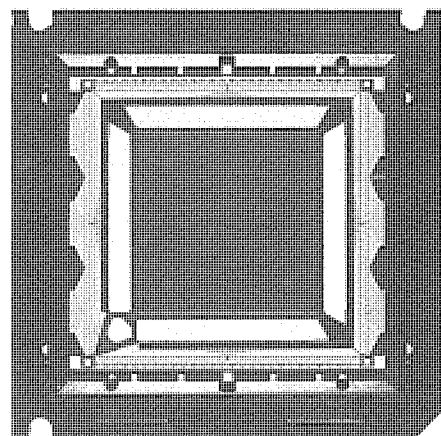


図 1. 576ピンTCP (キャリアに入れた状態)

アを使い分け、ノイズを低減した。

### 2.2.2 熱設計

QTP 1石当たり平均 10 W の消費電力に対し、素子のジャンクション温度を性能と信頼性を考慮した許容温度以下に抑えるため、低熱抵抗パッケージ構造の採用と放熱フィンの開発を行った。放熱フィンの設計には、図 3 に示すように当社中央研究所が開発した放熱フィン設計ツールを用いて熱解析し、最適なフィンピッチ、フィン高さを決定した。また、フィンの取付方法としては、着脱の容易性と冷却性能を同時に満たすよう、ばねで一定の圧力で接触させる方式を採用した。接触面には熱伝導グリスを塗布し、接触熱抵抗を軽減した。

### 2.2.3 微細リードの接合信頼性設計

表面実装では、動作時の素子とボードの温度上昇によって発生する熱応力をリードで吸収する必要がある。QTP の約 100  $\mu\text{m}$  幅、35  $\mu\text{m}$  厚のリードのはんだ接合に対しても、熱応力に対する信頼性をリード形状設計に反映した。250  $\mu\text{m}$  ピッチという微細な部分の解析が必要であり、はんだの物性値の非線形性まで考慮した構造解析を行い、要求寿命を満たす条件を求めた。また、評価ボードでの温度サイクル試験、振動試験、高温高湿試験を実施し、設計検証も行った。図 4 にはんだ接合信頼性設計フローを示す。

## 3. ボード実装技術

### 3.1 プリント基板仕様

CPU ボードは、リードピッチ 0.25 mm の 576 ピン QTP を 5 石実装した 14 層の高密度基板である。この基板の特長は、ストリップライン構造によるインピーダンスの整合と信

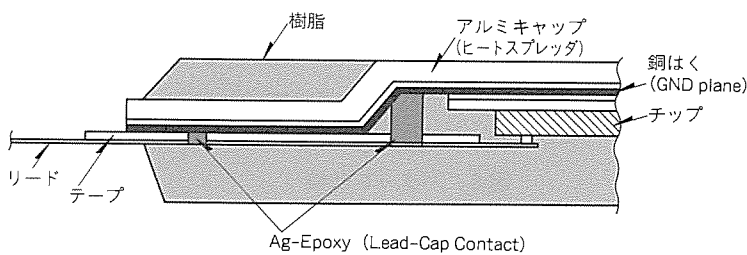


図 2. パッケージ内部構造

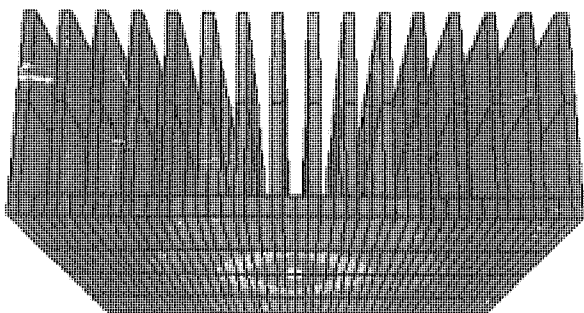


図 3. 放熱フィン熱解析結果

号速度対応の配線ルール化による高速化及び IVH (Interstitial Via Hole) 信号スルーホールを採用による高密度化である。クロック信号など布線条件の厳しい信号は 4-5, 7-8, 10-11 層のストリップラインの信号層に設計されている。図 5 に層構成を示す。

QTP リードから、内層信号層への接続は、QTP リード接合用パッドの外側に設けられた 1.27 mm ピッチの貫通小径スルーホール ( $\phi 0.4\text{mm}$ ) を介して接続するため、パターン仕様は、1.27 mm ピッチ貫通小径スルーホール間にパターンを 2 本配線できる仕様とした。また、QTP リード接合用パッド表面には、QTP リード接合用として、厚みが均一に形成できる厚付け無電解はんだめっきを施した。表 2、図 6 に主なプリント基板仕様を示す。

### 3.2 配線設計

GS700/10 では高性能を実現するための LSI の高速化及びボードの高密度化に伴い、反射ノイズとクロストークノイズ対策の新たな設計が必要となった。すなわち、反射ノイズでは高速化によりパルス幅が小さくなり、反射の影響が次周期まで影響し、誤動作するおそれがある。また、図 6 に示すようなパターン仕様の基板を使用するため、パターン間隔が狭まり、クロストークノイズにおいても新たな設計ルールが必要であった。配線設計基準の設定には、回路シミュレーション技術を活用した。クロック仕様、素子の入出力特性ボードのパターン仕様をモデル化し、反射ノイズに対しては電気回路シミュレータを用いて解析を行い、主線長制限、Fun Out 数制限、負荷配置、分岐線長制限を決定した(図 7)。

クロストークノイズに対しては伝送線路シミュレータを用いて解析を行い、実験ボードの評価結果も考慮して平行線長制限を決定した。

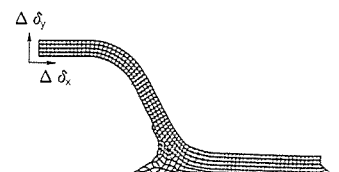
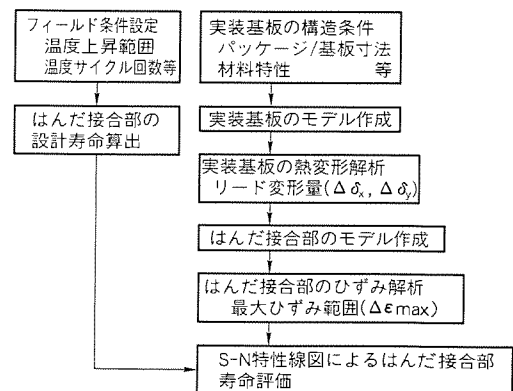


図 4. はんだ接合信頼性設計フロー

### 3.3 熱設計

GS 700/10 の CPU ボードの発熱密度は従来機種約の約2倍であり、放熱フィンを付けた LSI や主記憶メモリモジュール等を実装することにより、通風抵抗が大きいボードとなっている。CPU ボード(図8)は比較的通風抵抗の小さい入出力制御装置等のボードと同一バスケットに実装されるため、各々のボードに必要な冷却風量をバランスよく供給し、かつ全体の風量を最適にし、ファン騒音を抑えるという課題があった。これに対しては、ボードレベル熱解析を行うと同時に、図9に示すような風洞試験を行い、ボード上とボードスロット間の風速分布を測定し、最適カード実装ピッチを決定した(図10)。

また、きょう(筐)体設計においても空気流路各部の通風抵抗を詳細に解析し、筐体構造、冷却ファン仕様を決定した。この結果、各素子やデバイスの信頼性及び動作が保証される温度レベルを実現し、騒音は従来機種に比べて約2dB低減することができた。

### 3.4 ボード実装仕様

生産時問題となる組立性、テスト性、保守性などを開発段階から考慮し、関連技術との整合をとり、ボード実装仕様に反映した。

## 4. ボード組立技術

CPU ボード組立てでは、従来の挿入実装部品、表面実装部品と QTP を実装する必要がある。したがって、これら種々の部品を1枚のボード上に実装するプロセス開発が必要

である。図11に CPU ボード組立プロセスを示す。今回使用した QTP ではその放熱構造上、リフロー耐熱性が得られないため、QTP のみ個別にはんだ付けするプロセスを採用した。QTP 実装プロセスのポイントを以下に示す<sup>(1)-(4)</sup>。

#### (1) 厚膜はんだコート技術

250 $\mu\text{m}$  という微細ピッチになるとプリント基板へのはんだ供給は、従来の表面実装で採用している印刷マスクを用いたクリームはんだ印刷による方法が困難になる。そこで、576 という多数のパッドに均一にはんだを供給し、厚みのばらつきを抑えることをねらいとして、無電解厚付けはんだめっき技術を開発し、 $13 \pm 3 \mu\text{m}$  のはんだ供給を実現した。

#### (2) リード成形・検査技術

QTP は、現状、ボード実装時のリード形状を実装メーカーが決定し、成形する必要がある。リード成形形状設計では、部品仕上がり精度、製造精度、装置上の制約、はんだ接合信頼性などを総合的に考慮した35 $\mu\text{m}$ 厚の銅リード変形解析を行い、形状を決定した。設計どおりの形状を実現する成形装置開発により、リードピッチ $\pm 30 \mu\text{m}$ 、リード浮き $\pm 50 \mu\text{m}$ の高精度成形を実現した。

#### (3) パッドスタンピング技術(はんだめっき面平たん(坦)化技術)

無電解めっき技術によるはんだ供給では、めっきの密着性を向上させるため、ヒュージング処理(加熱溶融)が必要である。ヒュージング後の装着パッド表面は、図11のように球面状となり、QTP 装着時リード滑落の要因となる。これを防止するため、ローラ加圧方式によってパッド幅の1/2

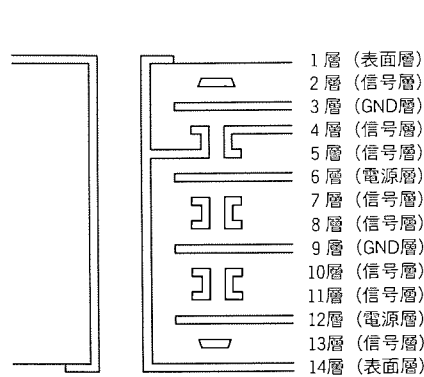


図5. 基板層構成

表2. 基板仕様

項目	仕様
パターン幅 (mm)	0.1
パターンピッチ (mm)	0.254
板厚 (mm)	2.3
材質	ガラスポリイミド
スルーホール径 (mm)	
貫通スルーホール	0.4
IVH	0.12
特性インピーダンス( $\Omega$ )	65

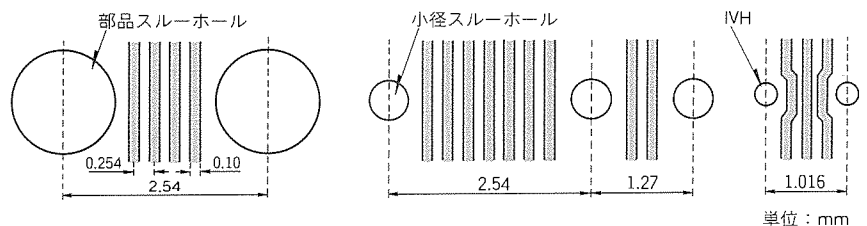


図6. パターン仕様

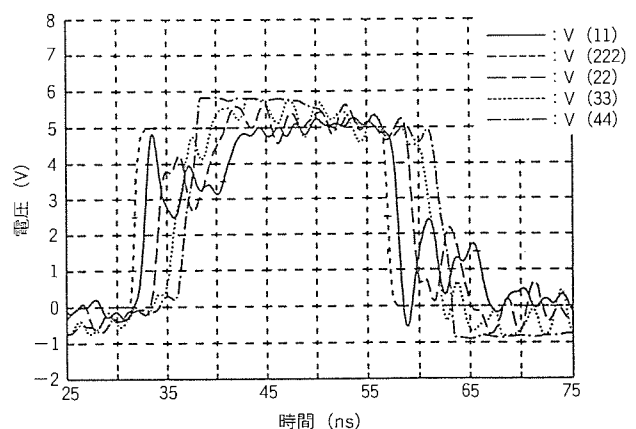


図7. 反射ノイズ解析結果例(分布的な負荷の場合)



以上の平坦部を形成した。

(4) 装着・はんだ付け技術

QTP を高精度で装着するため、市販の TAB ボンダを改良した半自動装着装置を開発した。はんだ付けには温度制御に優れているパルスヒート方式を採用し、ヒートツール材料として BN (Boron Nitride 熱伝導率 600 W/m・K) を使用、当社中央研究所で開発した汎用熱解析ツールを用いて温度分布を解析し、加熱温度の均一化 (ツール内温度差 20 K) を実現した。さらに、ツール先端の平坦度を 10 $\mu$ m 程度にすることにより、全ピン均一に加圧加熱されるようにした。

これらポイントとなる QTP 実装プロセスは、当社生産技術研究所によって開発、装置化されており、これらの装置を導入して生産に適用している (図 12)。

5. ボードテスト技術

5.1 バウンダリスキャンテストの採用

GS700/10 の CPU ボードでは、0.8 $\mu$ m の大規模ゲートアレー、フルカスタム LSI が搭載されており、ゲートアレーのパッケージとしてはピンピッチ 0.25 mm の QTP を採用した高密度実装ボードを実現しているため、従来のインサーキットテスト手法ではテスト用プローブを接触させること

が困難、テストパターンを用意することが困難という問題があった。これを解決する手段として、今回バウンダリスキャンテスト手法を全面的に採用し、バウンダリスキャンテストをサポートするテスト CAD/CAT システムを開発、検出率の高いテストを実現した。

5.2 テストのための設計

IEEE1149.1 に準拠してゲートアレー、フルカスタム LSI、CPU ボードにバウンダリスキャン設計を採用し、また、ゲートアレーはスキャン設計とバウンダリスキャン設計を採用し、LSI、CPU ボードともに検出率の高いテストの実現を図った。ゲートアレーでは、以下の点を考慮したバウンダリスキャン設計を行った。

- (1) LSI のテストのために LSI 内部は完全なスキャン設計を採用し、LSI 内部のスキャン回路とバウンダリスキャン

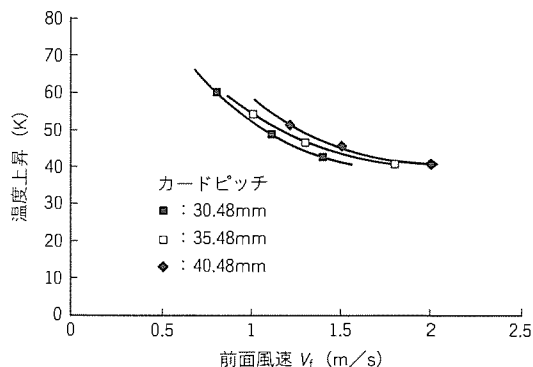


図10. カードピッチとジャンクション温度の関係

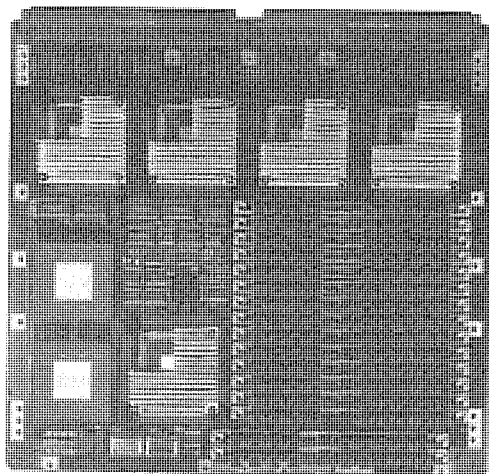


図 8. CPUボード

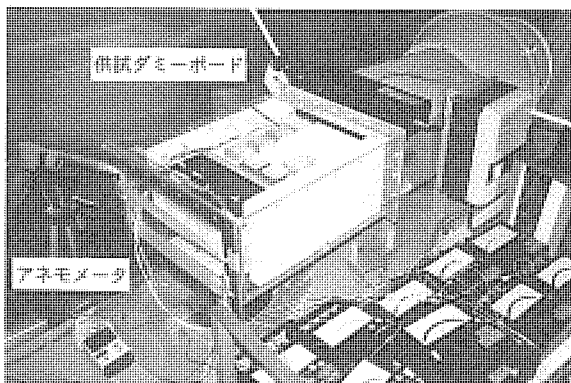


図 9. 風洞試験装置

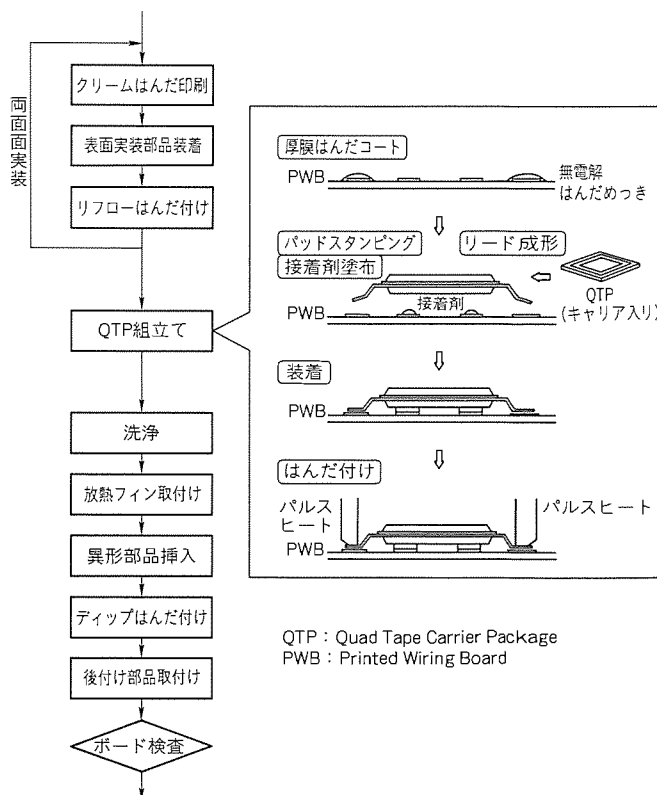


図11. CPUボード組立フロー

回路とは独立に動作できるように設計した。また、内部スキャン用の LSI ピンとバウンダリスキャン用の LSI ピンも別々に設けた。

(2) バウンダリスキャンは1相エッジクロックで動作するため、クロックスキュー等のタイミングの問題が発生しないように設計した。

(3) バウンダリスキャンを使って LSI 内部をテストするため、クロック関係の入力はサンプルだけ可能なバウンダリスキャンレジスタを挿入した。これにより、バウンダリスキャンを使わないでクロック制御できる。

(4) バウンダリスキャンを適用する上で、LSI のピンとしてはスキャンイン、スキャンアウト、テストモード、テストクロック、リセットの五つの専用ピンを設けた。

### 5.3 テスト方法とテスト内容

GS700/10のCPUボード上には、LSIだけでなく、RAM、抵抗/コンデンサ等の部品が搭載されているため、テスト方法は、①バウンダリスキャンテスト、②バウンダリスキャンとインサーキットテストの組合せによるテスト、③

一般的なインサーキットテスト手法による抵抗/コンデンサ等のディスクリート部品のテスト、RAMのテストでの三つのアプローチでテストを実現した。

図13はCPUボードのイメージとバウンダリスキャンテストの範囲を示しており、図14～図16はそれぞれのテスト方法を示している。

(1) まず、バウンダリスキャン回路のテストを実施後、LSI間の接続をバウンダリスキャンを使ってテストすることにより、信号間のショート、LSIのピン間のブリッジ、信号の断線、LSIのピンがボードに接続されない不良(ボードの製造不良)を検出する。

(2) さらに、LSI内部のバウンダリスキャンレジスタから入出力バッファ、入出力ピンまでの回路を同時にテストする。

(3) バウンダリスキャンレジスタとテスト用プローブを組み合わせることでテストを行うことにより、バウンダリスキャンを適用しているLSIとバウンダリスキャンを適用していないRAM等の部品間の信号の断線、LSIのピンのオープン等の不良(ボードの製造不良)を検出する。

(4) テスト用プローブがアサインされている信号に対しては通常のインサーキットテストを実施する。ただし、バックドライブ電流による影響がないように、デジタルテスト時は

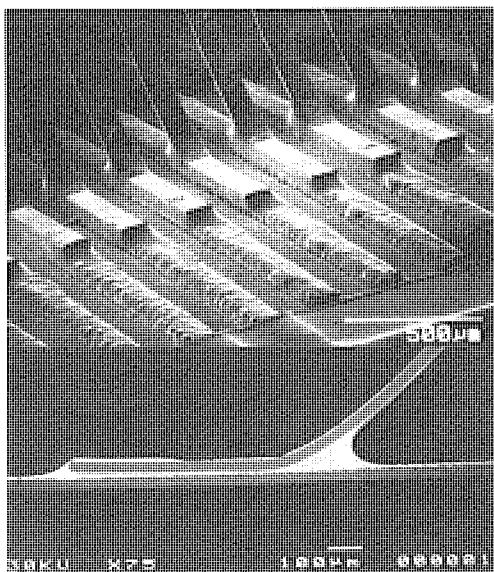


図12. TCPの接合部外観と接合部断面

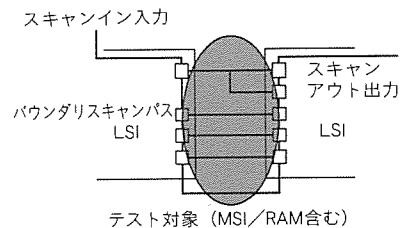


図14. バウンダリスキャンテスト

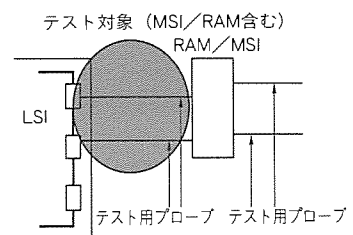


図15. バウンダリスキャンテストとインサーキットテストの組合せテスト

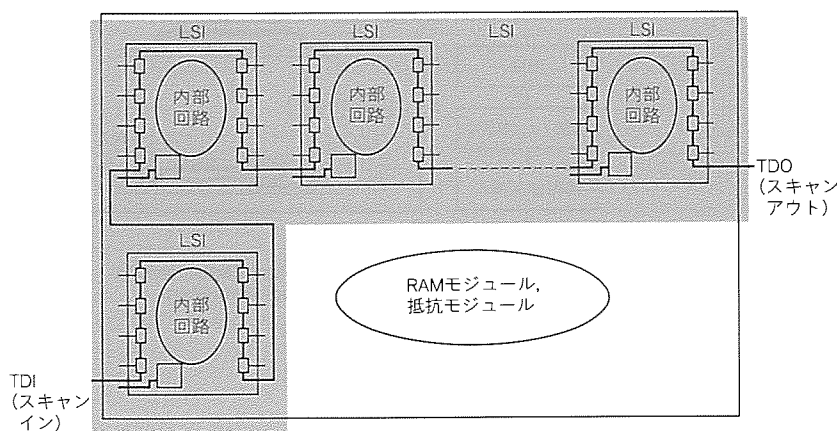


図13. CPUボードイメージとバウンダリスキャンテスト範囲(網掛け部)

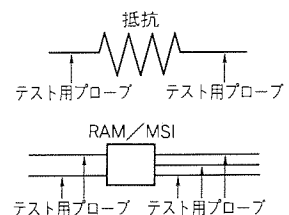


図16. インサーキットテスト

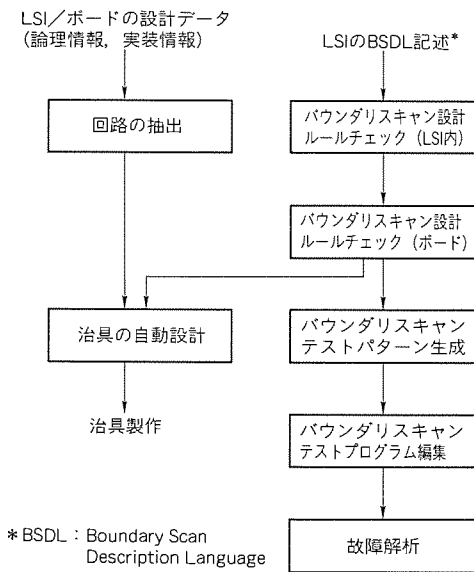


図17. テストCAD/CATシステム

搭載されているLSIの出力をすべてハイインピーダンスに制御可能としている。

以上のテスト手法を用いることにより、従来のテスト手法ではテスト困難であった高密度実装ボードに対し、ボード上の製造不良に関して検出率ほぼ100%のテストを実現することにより、テストすることを可能とした。

#### 5.4 テストをサポートするCAD/CATシステム

図17はバウンダリスキャンテストをサポートするテストCAD/CATシステム構成で、テスト用治具設計、バウンダリスキャンルールチェック、テストパターン生成、テストプログラム編集、故障解析までをサポートした。

### 6. む す び

以上、GS700/10で採用した新しい素子技術・実装技術

の概要及び設計上の留意点について述べた。フルカスタムLSI、QTP実装、16Mビットメモリ素子等の採用によって高密度・小型化・高性能・省電力が実現できた。従来にない微小ピッチ部品を実装し、高周波で動作させるため、回路設計・熱設計・構造設計の各実装設計の分野において、CAEを用いた解析と評価試験を組み合わせ、従来にも増して慎重に設計した。

今後、更に高性能化を図る上で、Multi Chip Module実装など高密度な実装方式と高精度な設計技術を検討していく予定である。

#### 参 考 文 献

- (1) 藤田 実, 河崎直茂, 森広喜之, 高浜 隆, 木村敏文: TCP実装技術の開発—高精度はんだめっき技術—, 1993年度精密工学会春季大会学術講演会講演論文集, 189~190 (1993)
- (2) 浜田 治, 木村敏文, 木村 亨: TCP実装技術の開発—はんだめっき基板のスタンピング技術—, 1993年度精密工学会春季大会学術講演会講演論文集, 191~192 (1993)
- (3) 松永泰彦, 木村敏文, 梅谷 保: TCP実装技術の開発—高精度リード成形・検査技術—, 1993年度精密工学会春季大会学術講演会講演論文集, 193~194 (1993)
- (4) 弘田実保, 佐々木 寛, 村上光平, 林 修: TCP実装技術の開発—パルスヒートOLB技術—, 1993年度精密工学会春季大会学術講演会講演論文集, 195~196 (1993)

# 超高速リレーショナルデータベース プロセッサ “GREO”

## スポットライト

グレオ (GREO: Great Relational Database Operating System) は、三菱電機と東京大学生産技術研究所 喜連川研究室とのデータベースマシンに関する研究の成果で、当社のオフコンMELCOM80シリーズに内蔵されるリレーショナルデータベース (RDB: Relational Data Base) 処理専用プロセッサ (図1) です。従来のソフトウェアとの互換性を保持してRDB処理を高速化でき、更にCPU負荷を大きく軽減できます。

平成元年に登場して以来、戦略情報システムの基盤構築に欠くことのできない先進のデータ処理装置としてご好評をいただいております。

また、平成4年には先端の半導体設計・製造技術を用いて、従来の3ボード構成から現行の1ボードモデルへと小型化したシリーズを発表。1ボードグレオとなったことで、当社オフコンMELCOM80 GSファミリーでは、エントリモデルを除く全機種に装着いただけるようになりました。

さらに、本年6月にはGSファミリー最上位機種GS700/10対応としてグレオの内部回路を更に高速モードで起動させた1ボードグレオ最速版が登場。より大容量で超高速のRDB処理を実現いたしました。

新モデルも含めグレオは全モデルすべてシングルアーキテクチャで、GSファミリー上位機には複数のグレオが付加でき、複数台の同時並行処理によってRDB処理能力は更に強化されました。特長は次のとおりです。

表1. ソートプロセッサの諸元

ソート速度	最大8Mバイト/秒
データ量	最大64Mバイト
レコード件数	最大200万件 (= 2 <sup>21</sup> )
レコード長	2バイト~64Kバイト (2バイト単位に可変)
キー長	制限なし
キー数	制限なし
データ型	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)
昇降順	1バイトごとに指定可能
設計手法	セルベース方式
製造プロセス	CMOS 1.0 μmプロセス, 2層Al配線 (三菱電機製)
集積規模	ROM: 24kビット, RAM: 66kビット, ロジック部: 83,540Tr
パッケージ	208ピン プラスチックQFP
チップサイズ	11.22×11.61 (mm)

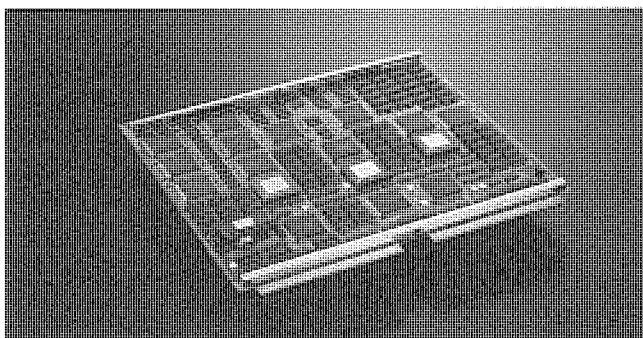


図1. GREOの外観

### 特長

#### ●高速性

ソート専用プロセッサ (表1, 図2) を19段 (LSI 10個) 結合し、パイプライン処理を行うことでソート処理の高速化を実現。その他のRDB処理用には32ビット マイクロプロセッサを3個用い、負荷に応じた並列処理を実現してRDB処理全体のスループット向上を図っています。

#### ●柔軟性・拡張性

ソート専用プロセッサは表1のように実用規模のデータに対して、レコードの数や長さが変化してもメモリの利用効率を維持して処理を継続できる柔軟な構造になっています。また、データベース処理部はプログラム可能な構成となっているため、様々な拡張が可能です。

#### ●互換性・簡易性

従来のアプリケーションソフトウェアに対する完全互換性を維持。運用に際しては、基本的にはグレオ1ボードを本体に装着すれば、以下のようなソフトウェアを用いて簡単にデータの検索・作表が行えます。

- EDUET for Windows\*: 生産性を高める第四世代言語 EDUETとパソコンの統合OAソフトウェアExcel\*との連携によりGUI (Graphical User's Interface) をベースにした検索処理結果を表やグラフに自動的に出力することができます。
- P II / COBOL II: MELCOM80プログラム言語からのグレオ利用が可能です。
- SQL / GREO: 国際標準データベース言語SQLを用いてグレオによるデータベース処理ができます。
- Anyone: 日本語による検索指示内容からグレオで情報検索が行えます。

\* “Excel”, “Windows” は、米国Microsoft社の商標です。

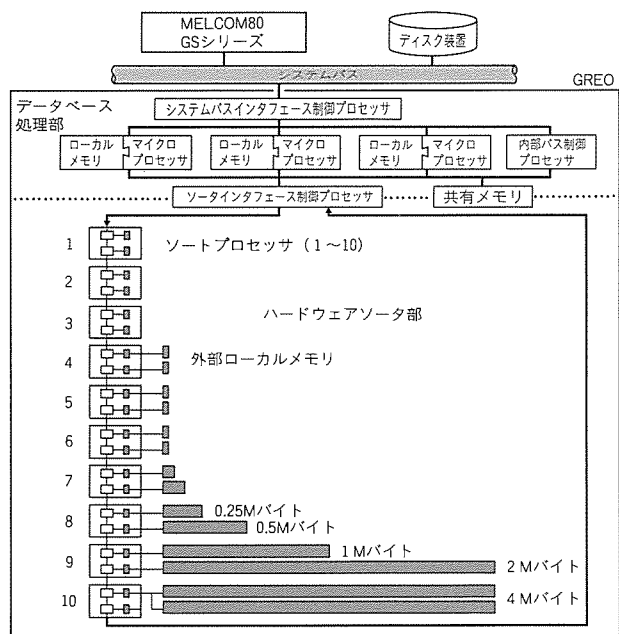


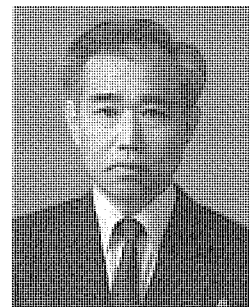
図2. 構成

## 移動体通信用半導体デバイス特集に寄せて

私が大学に入学した年に、神田須田町から神保町にかけて出ている露店が秋葉原のガード下に集められて、今をときめく秋葉原電気街が始まった。時代が時代だけにテレビもエアコンもあろう筈もなく、ラジオの部品屋とジャンク屋（電機電子部品の蚤の市みたいな店で、旧日本軍や米進駐軍から流れてきた品物を売る店）ですべてであった。新品のダイヤトーンスピーカーは憧れの的であったが、毎週のように通っても飽きさせなかったのがジャンク屋で、得体の知れぬ物を見付けては何に使った物なのかと不思議だったことも珍しくはなかった。

当時は、電子管を超高周波帯で動作させることに四苦八苦していた。エーコン管、ドアノブ管、ペンシル管、燈台管など（どんな形か知っている人は、かなりの年配になっている筈）如何にも作りにくくて使いにくそうな代物で我慢していた。一方、マイクロ波技術が独特の技術体系として存在し、導波管や空洞共振器の取り扱いが当時の最先端技術そのものであった。大学の図書館に入ったばかりのRadiation Laboratory Seriesの赤褐色の叢書はまぶしく輝いてマイクロ波や周辺回路技術を紹介していた。この二つの技術の間には当然空白が存在する。半世紀後の現在、移動通信用周波数帯として脚光を浴びつつあるUHF帯の上半分では、導波管を使えばあまりにも嵩張<sup>かさ</sup>って始末が悪く、さりとて集中定数では適当な部品を実現できずという理由で、かなり長い間応用が未開拓のまま残されてきたのである。

当時から今日までの無線技術の変遷は半導体の歴史と表裏一体を成している。かつてはニッケル、タングステン、マイカ等十数個の異種材料の部品を組み立てて作った電子管の機能は、電子顕微鏡でなければ視ることのできない狭い接合部によって実現されることになった。さらに抵抗やコンデンサまで同一チップ上に乗せられたMMICは、完



長岡技術科学大学

教授 伊藤 猷顯

全な機能部品として単一チップで提供される時代になった。マイクロ波技術はもはや特別の技術体系ではなく、直流からミリ波帯まで一貫した技術体系に吸収され、単一の測定器で（厳密に言えば誤った表現だが）インピーダンスやSパラメータの測定ができるようになり、回路はストリップ線路で構成されて導波管は大電力を扱う箇所以外では追放されてしまった。信頼性の向上も驚異的で、一般ユーザーは故障や修理や保全といった言葉を忘れても差し支えないくらいである。

無線機の内容も昔とは違ってきた。昔は無線通信士という資格を有する者のみが扱うことを許される高尚な機械で、前面に並んだ多くのダイヤルや電鍵を微妙に操作しながら使うものであった。現在ではかつての無線機と無線通信士の仕事を併せた機能が小さな箱の奥に潜んでいて、表に出ているのは通信士への依頼事項を伝達する押しボタンのみである。無線通信士を養成する学校は改組され、大学の無線工学の講義では大部分がシステムの構成に関する内容で、ハードウェアの中身には殆ど触れる余裕がない。

今日の無線技術の中心課題は限られた周波数資源を如何に有効に活用し、繰り返し再利用して膨大な需要を満たすかにある。個々のユーザーに直接電波に触れさせた場合の混乱は市民バンドで経験済みである。個人用携帯電話では無線部分はユーザーには意識させず触らせず、システム側だけでコントロールするようになっていく。この特集で紹介される半導体デバイスも複雑で厳しいシステム側の要求を満たしているのであろう。何しろ使いにくかったので残っていた最後の周波数帯のことである。よくぞ完成させたと感心するとともに、移動無線に使いそうな周波数はこれでおしまいであることに心し、子孫からは資源の無駄使いをしたと言われまいようにしたいものである。

# 移動体通信の動向と 半導体デバイスの展望

加藤直之\* 佐藤忠信\*  
角 正\*  
小山正治\*

## 1. ま え が き

セルラ電話やコードレス電話に代表される移動体通信システムは、“いつでも、どこでも、だれとでも、どんな情報も”という通信の究極の目的に合致しているため飛躍的に普及しつつある。国内のコードレス電話は、1987年に市場開放され、わずか数年で普及台数1,000万台を突破した。セルラ電話と呼ばれるいわゆる自動車・携帯電話も150万台を超えた。1994年からはセルラ電話も自由化される。さらに、これらの移動体通信端末を使い、音声のみならずコンピュータデータ/画像データを扱うマルチメディア端末も実用化に近づきつつある。2000年にはこれらの移動体通信端末が全世界で1億5000万台普及するとの予測もある。

当社は従来から移動体通信用のデバイスの開発・製品化に注力してきた。特に送信段に使用する高周波電力増幅デバイスや選局部に使用するPLL (Phase Lock Loop) ICは高いシェアを獲得している。この論文では、ますます期待が高まる移動体通信分野の市場及び技術動向を紹介し、システムの動向から見たこの分野の半導体デバイスに対する要求と半導体シーズ技術の進展を考慮して、今後実現されるであろう半導体デバイスを展望してみた。

## 2. 移動体通信分野の市場・技術動向

### 2.1 移動体通信端末の発展形態

移動体通信端末の発展形態(予想)を図1に示す。トレンドのキーポイントとしては四つある。①有線から無線へ、②アナログからデジタルへ、③グローバル化、④マルチメディア化である。このうち、①の有線から無線への進展は、コードレス電話や自動車・携帯電話によってかなり進んでいることは冒頭で述べたとおりである。

#### 2.1.1 アナログから デジタルへ

国内では、デジタルセルラのサービスが1993年3月から開始された。また、コードレス電話ではデジタル方式の新システム PHP

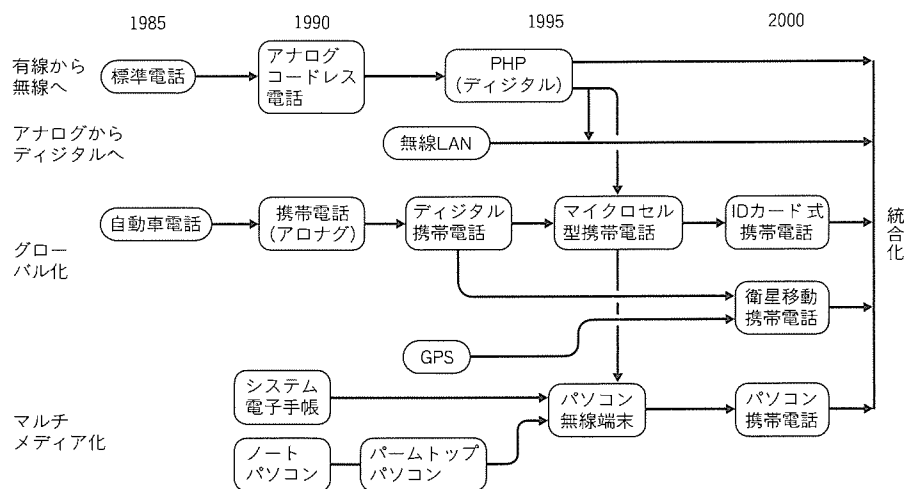
(Personal Handy Phone)に期待が集まっており、1994年中にもサービスインされる見込みである。

アナログ方式の問題点とデジタル化の意義・効果を表1にまとめた。アナログ方式は原理的にはFMラジオと同じである。音声信号にFM変調を行い、キャリア周波数に乗せて無線で送る。これを双方向で行っているのである。

一方、デジタル方式は音声信号をA/D変換器によりデジタル信号に変換する。通常8ビット分解能で8kHzのサンプリングを行い、64kbpsになる。このままではビットレートが高すぎ、無線周波数の利用効率が悪くなるので1/2~1/10程度にデータ圧縮を行う。さらに、TDMA (Time Division Multiple Access) と呼ばれる時間軸を分割して信号を多重化する方式により、さらに周波数の利用効率を上げている。

CDMA (Code Division Multiple Access) と呼ばれる方式もあり、米国ではこれら二つの方式が競合している。デジタルでの変調方式は、 $\pi/4$ シフトQPSK (Quadrature Phase Shift Keying) や GMSK (Gaussian-spectrum-manipulated Minimum Phase Shift Keying) といった位相変調や周波数変調がよく使われている。データ圧縮された“1”又は“0”のデジタル信号を直接キャリア周波数に乗せると、占有する帯域幅がかなり必要となるためである。

このようにアナログとデジタルでは方式の大きな違いがあり、要求される半導体デバイスも新しいものが多く必要と



いつでも、どこでも、だれとでも、どんな情報も

図1. 移動体通信端末の発展形態

なる。

2.1.2 グローバル化

図2に米国、欧州、日本におけるセルラ電話とデジタルコードレス電話のサービスイン状況と計画を示した。各地域ごとに異なるシステムが稼働している。アナログセルラ電話では、米国のAMPS、欧州のTACS、日本のNTT方式(このほか、日本にはTACS方式も共存している。)がある。また、デジタルセルラ電話は、米国のD-AMPS、欧州のGSM、日本のPDC(旧JDC)方式があり、いずれも1992年ないしは1993年にサービスが開始されたばかりである。もちろん、そのシステムのサービスエリア内であれば、国際的な通信ネットワークを介してお互いに通話は可能ではある。

しかしながら、例えば日本方式のセルラ電話は国内ではほぼすべての地域で使用できるが海外では使用できない。海外に出張したビジネスマンが日本から持ってきたセルラ電話で

電話をかけようと思っても使えないのである。これは通信の究極の目的の一つである“……、どこでも、……”に反する。将来は世界中のどこからでも同じように電話がかけられる携帯電話が登場するのは間違いないだろう。この一つの方策として、衛星を使った全世界規模のシステムが提案されている。また、ICカードを使って、そこへ個人のID番号や課金情報を入れておき、各種の異なる携帯電話に差し込んで使えるというものもある。また、携帯電話のハードは共通化し、ソフトウェアを通信でダウンロードして各システムに対応できるようにしようとする案もある。

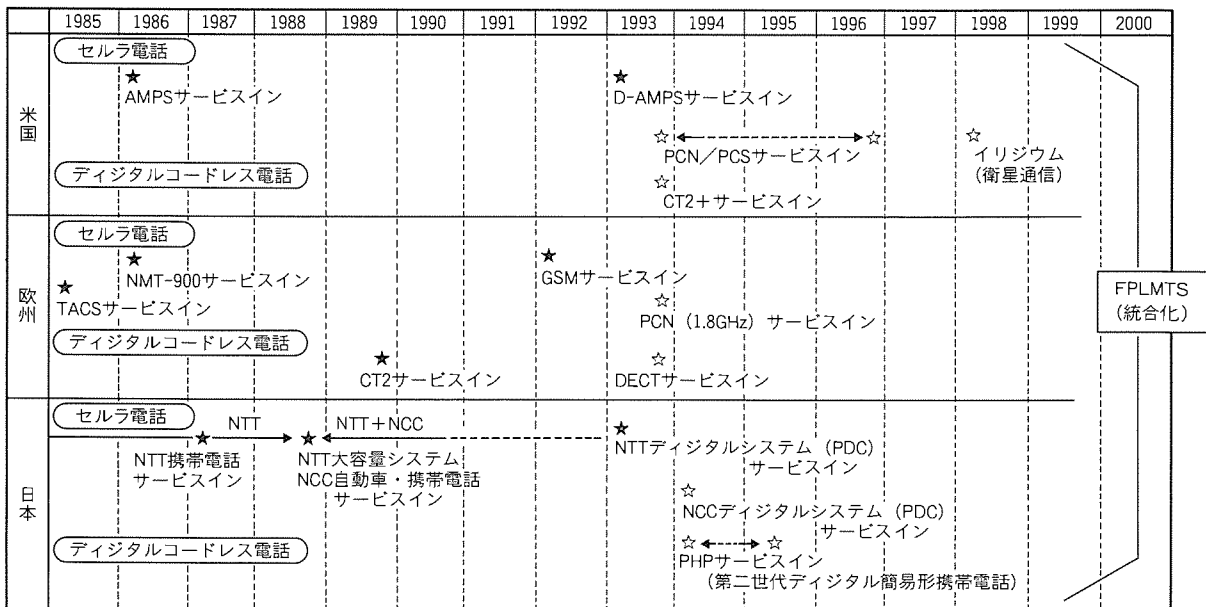
将来のグローバル化に対する検討は始まったばかりであり、どういう発展形態になるか予測することは難しいが、衛星通信に対応した高周波デバイス、各種システムに柔軟に対応するための高性能なICカード、ソフトウェアで機能を変更できるマイコンやDSPなどのニーズが今後発生することは間違いない。

2.1.3 マルチメディア化

パソコンの小型化が進んでいる。ノート型がその代表例である。ペン入力タイプも製品化され始めている。小型化が進むと常時携帯し、移動中にも使用したくなるのは当然である。ネットワークを介してのデータのやり取りも必要になり、無線によるデータ通信機能が要求される。また、コンピュータデータだけではなく、音声データや画像データまでも統合的に扱うことができるマルチメディア情報処理が脚光を浴びている。この新時代のマルチメディア携帯端末も無線通信機能が要求されていることは言うまでもない。将来的には、動画

表1. デジタル化の意義・効果

アナログ方式からデジタル方式へ	
アナログ方式の問題点	デジタル化の意義・効果
所要周波数帯域が広く、周波数利用効率がよくない。	⇨ 狭帯域変復調方式、高能率符号化方式、TDMA方式により、周波数利用効率が向上。
盗聴されやすい。	⇨ 秘話機能向上。
フェーシングにより、高信頼伝送・高品質伝送が困難。	⇨ 優れた耐干渉・耐フェーシング特性、誤り訂正技術により、高品質・高信頼伝送が可能。
音声以外のデータ伝送に不適。	⇨ ISDNとの整合性が良い。
小型化のためのLSI化に不適。	⇨ LSI技術の導入により、小型化・経済化達成可能。



AMPS : Advanced Mobile Phone Services  
 TACS : Total Access Channel System  
 GSM : Global System for Mobile communication  
 D-AMPS : Dual mode AMPS  
 NTT : Nippon Telegraph and Telephone  
 CT2 : Cordless Telephone 2nd generation  
 NMT : Nordic Mobile Telephone  
 PCN : Personal Communication Network (in Europe)  
 PCS : Personal Communication Services (in USA)  
 PCN : Personal Computer Network (in USA)  
 NCC : New Common Carrier  
 FPLMTS : Future Public Land Mobile Telecommunication System  
 PHP : Personal Handy Phone  
 PDC : Personal Digital Cellular  
 ★ : サービスイン済  
 ☆ : 今後予定されているサービス

図2. 各地域における状況と計画

像データまでを扱うようになるのでデータ圧縮技術がかなり進んだとしても高速の無線データ通信が必要であろう。また、LAN (Local Area Network) の無線化も進んでいる。端末のレイアウトが自由になるメリットがあるからである。10 Mbps程度のスピードまで実用化している。

移動体通信用半導体はセルラ電話やコードレス電話のみならず、これらのパソコンを代表とするマルチメディア端末としての需要も期待できる。

## 2.2 コードレス電話とセルラ電話の違い

アナログコードレス電話は、家庭内や事業所内でしか使えなかった。PHP (デジタルコードレス電話) では家庭内で使っている子機を戸外へ持ち出して発着信ができるようになる。コードレス電話が携帯電話の役割を持つようになるということである。ただ、高速移動 (例えば車のなか) 中の通話ではできないので、この点がセルラ電話 (いわゆる自動車・携帯電話) と異なる点である。一つの基地局がカバーするエリアをゾーンと呼んでいるが、セルラ電話は子機の移動に応じてゾーンを切り替えながらいつまでも通話を継続することができる。一方、PHPは、このゾーン切替えがある程度限られた範囲になっており、立ち止まって通話するか又は歩く程度のスピードでの移動中の通話に限られる。

インフラシステムとしてはPHPが簡素であり、加入料金や通話料金が安く設定できるので個人で使用するには最適と思われる。端末機器の値段しだいでは現状のアナログコードレス電話が一気に置き換わる可能性もあり、期待が高まっている。

セルラ電話はビジネス用途で堅実な需要が続くだろう。自由化されて機器の値段が下がり、加入者が増えれば使用料金も下がっていくだろう。

以上のように高成長が見込める移動体通信分野は、国内・海外の多くの企業が参入中であり、お互いが競争しながらより良い製品が世の中に提供されていくだろう。

## 3. 半導体デバイスに対する要求

移動体通信システムの動向から見た半導体デバイスに対する要求をまとめてみた。

### 3.1 パーソナル化

人間の利便性の追及には限りがない。その昔、時を知る手段は鐘がなる回数やサイレンに頼っていた時代があった。今や普段に腕時計をしていない人はいないであろう。電話やパソコン更にはマルチメディア情報端末といった機器も必ず時計と同じようにすべての人が常に携帯する時代がやってくる。それも現在の技術の進展スピードを考慮すると、そう遠くないと思われる。

人間が携帯して使用する機器は、電話にしろパソコンにしろ機能と性能が同じなら、小型で軽くて低価格なものがよいのは言うまでもない。これを推進する半導体デバイスが求め

られている。具体的には、バッテリーの小型化やセルの削減に対応する低電圧動作化及び低消費電流化、部品点数の削減に対応する高集積化が挙げられる。

### 3.2 デジタル化

デジタル化に伴い、従来のアナログ用デバイスとは異なる新しいキーデバイスが要求される。表2にセルラ電話/コードレス電話のデジタル化技術と対応するキーデバイスをまとめた。変調方式の一つである $\pi/4$ シフトQPSK変調は、米国及び日本のデジタルセルラや国内のデジタルコードレスであるPHPに採用されているが、新しいデバイスとして高効率線形増幅器や直交変調器が必要となる。

また、1GHzまでの電波帯は既に過密状態であるため、新しいデジタルのシステムでは使用する周波数を高周波化して、未使用ゾーンの活用を図らざるを得ない。アナログでは最高でも1GHzだったものが、デジタルでは2GHz帯まで使用される。無線LANでは30GHz帯のシステムもある。より一層の高周波化に対応できるデバイスが要求されている。

TDMAやTDD (Time Division Duplex: 送信と受信で一つの周波数を共用する方式) といった一つの周波数を時分割して使用する方式を採用しているため、高速ロックアップPLLや高速切替スイッチが必要となる。アナログコードレス電話用PLLのロックアップ時間は20ms程度でよかったが、デジタルコードレス電話であるPHPでは0.5msのロックアップ時間が要求されている。

ベースバンド部に要求される半導体はデジタルシステムとアナログシステムでは全く異なる。TDMA処理用IC、波形生成用IC、検波復調用IC、高速16ビットASICマイコン、1チップCODECなどが新しく必要となる。

代表例として、PHPシステムからの半導体に対する具体的な要求を図3にまとめた。システム側からの要求に対して半導体側としてどのような答え (製品) が提供できるかによってシステムが普及するか否かが決まると言っても過言ではない。むやみに高集積化を図ればよいというものでもない。値段が上がるからだ。必要とされる半導体シーズ技術を先行

表2. セルラ電話/コードレス電話のデジタル化技術とキーデバイス

1. 変調方式の変更 FM変調 $\rightarrow$ $\pi/4$ シフト QPSK変調	$\rightarrow$ 高効率線形増幅器 直交変調器
2. TDMAの採用	$\rightarrow$ TDMA処理用IC
3. TDDの採用 (コードレス電話)	$\rightarrow$ 高速切替スイッチ
4. TDMA/TDDの採用	$\rightarrow$ 高速ロックアップPLLIC
5. デジタル信号処理	$\rightarrow$ 波形生成用IC, 検波復調用IC
6. 高速信号処理	$\rightarrow$ 高速16ビットASICマイコン
7. 高能率符号化	$\rightarrow$ 1チップCODEC



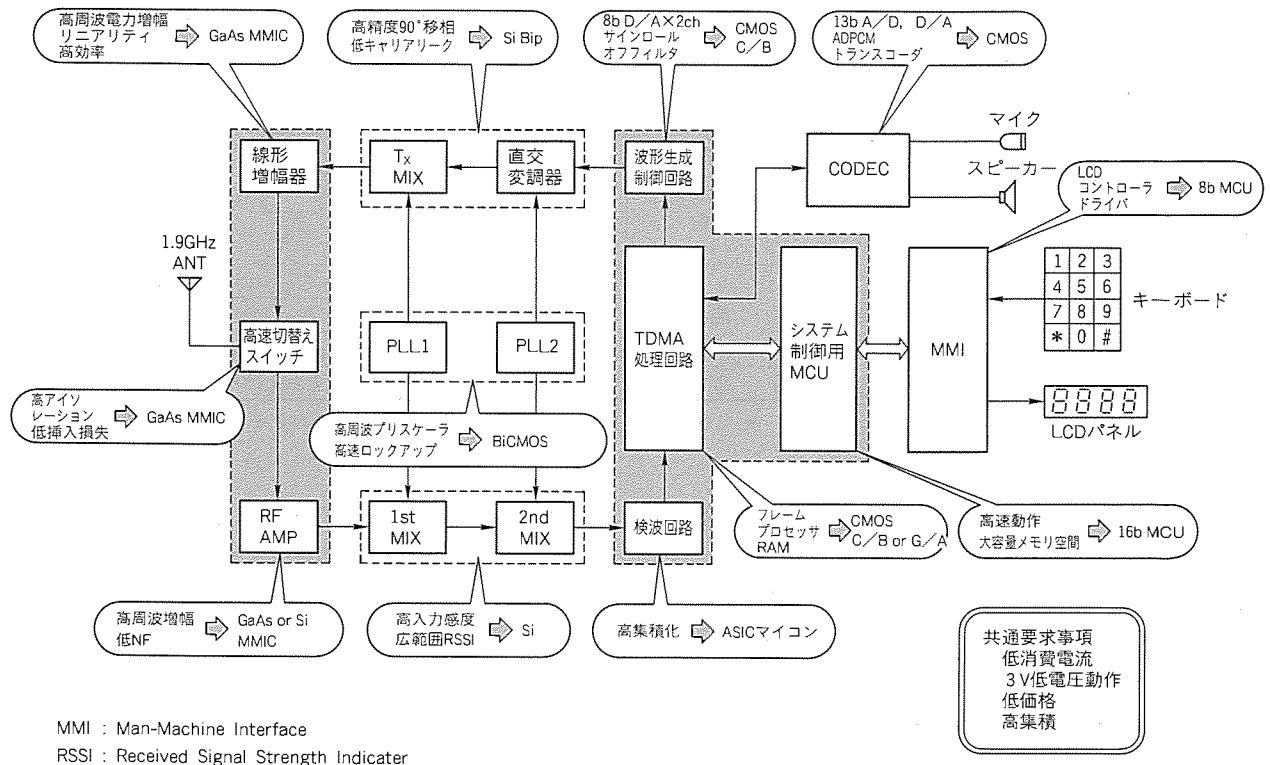


図3. 半導体に対するPHPシステムからの要求

開発しながら、またシステム側からのニーズの変化も読みながら、機能とコストの最適解を求めていく必要がある。

#### 4. 半導体シーズ技術

半導体のシーズ技術としては、①設計技術(CADを含む)、②ウェーハプロセス技術、③アセンブリ技術、④テスト技術、⑤信頼性技術、⑥応用技術などがある。いずれも重要であり、これら技術の総合力で製品の優劣が決定する。

高周波信号処理・低消費電力がポイントとなる移動体通信用半導体において特に重要であるウェーハプロセス技術について述べる。

##### 4.1 GaAsかSiかの選択

高周波を扱う移動体通信用半導体のプロセスとしては、GaAsプロセスとSiプロセスがある。それぞれ一長一短があり、性能・コスト・発展性を十分に検討して役割の最適化を図る必要がある。図4に現時点でのGaAsとSiの住み分けを示した。機能と周波数を軸として見ているが、SiとGaAsがオーバーラップする領域は特に注意深い選択が必要である。Siプロセスの進展が著しいためである。しかしながら、Siプロセスには重大な欠点がある。インダクタが内蔵できない点である。一方、GaAsプロセスはインダクタの内蔵が可能であり、このメリットは小型化や無調整化に大きく貢献する。いずれにしても、当分はお互いのメリットを生かした開発競争が続くだろう。

Siプロセスでのインダクタの実現はそう簡単ではない。Si基板は絶縁体ではないからである。20μm以上の厚みの酸

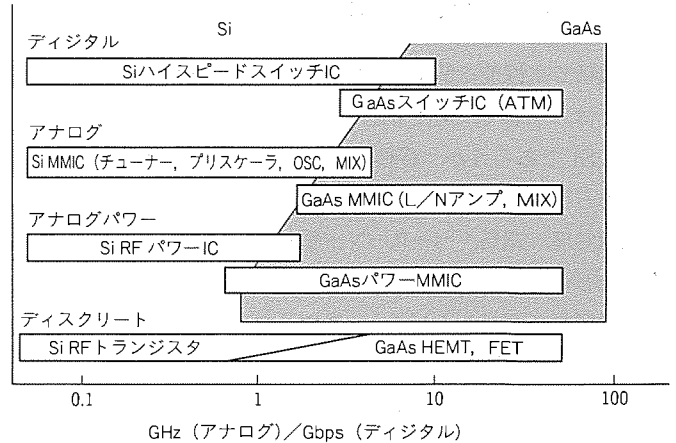


図4. GaAsとSiの住み分け

化膜と低抵抗の配線ができれば原理的には内蔵可能であるが、従来プロセスとの整合性が悪い。従来プロセスでも集積化できる抵抗、コンデンサ、トランジスタなどを使用し、等価的にインダクタを形成するアクティブインダクタが考えられるが実用化までには時間がかかりそうである。

##### 4.2 BiCMOSプロセス技術

移動体通信用半導体には、BiCMOSプロセスは必ず(須)の技術である。高周波のアナログ信号処理回路と高密度のデジタル信号処理回路を同一チップ上に実現できるプロセスはBiCMOS以外にはないからである。特に選局部のキーデバイスであるPLL周波数シンセサイザICは、今やこの技術なくしては有り得ない。

バイポーラトランジスタの性能向上には目を見張るものが

ある。デザインルールの微細化による効果もさることながら、寄生容量の低減が図れるトレンチ分離構造やベース広がり抵抗を低減できるセルフアライン電極など、特殊構造の採用による性能改善の効果が大きい。当社でも新構造によるアドバンス BiCMOS プロセスを開発中である。

表3に当社の BiCMOS プロセスの比較を示す。アドバンスプロセスは、従来と同一のデザインルールでもトランジスタの性能向上を図ることができ、同一周波数であれば大幅な低電流化が見込める。SRAM などデジタル LSI 用に開発されたハーフミクロンレベルの BiCMOS プロセスによるトランジスタよりも高性能であり、さらに同時にハーフミクロンプロセスよりも低価格化を実現できる。量産効果の出たサブミクロンプロセスをベースにしているからである。


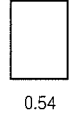

コードレス電話用やセルラ電話用デバイスに要求されている低価格と高性能の両面を満足できるプロセスとして開発中である。

### 5. 今後の半導体デバイスの展望

高集積で高性能で低価格の半導体デバイスが要求されていることは、今までに何度も述べてきた。究極は1チップシステム LSI であろうが、移動体通信の場合はかなり将来となるであろう。高周波の電力増幅、高周波の小信号増幅、中間周波数処理、選局、ベースバンド信号処理、システム制御、表示など多岐にわたるからだ。1チップ化による信号間の干渉の問題も必ず起こるだろう。また、フィルタをどうやって内蔵するかも課題である。

当面のターゲットは、まず3チップでシステムを構成するレベルであろう。①高周波フロントエンド部、②中間周波数処理及び選局部、③ベースバンド信号処理・制御その他部であり、それぞれプロセスは、①はGaAs又はSi、②はBiCMOS、③は純CMOSとなるだろう。

表3. 三菱高周波BiCMOSプロセスの比較

プロセス名	A	B	アドバンス	
デザインルール	1.0 $\mu\text{m}$	0.8 $\mu\text{m}$	0.8 $\mu\text{m}$	
バイポーラトランジスタサイズ比較				
性能	$f_T$	7.4GHz/ $I_C=0.5\text{mA}$	9GHz/ $I_C=0.5\text{mA}$	20GHz/ $I_C=0.2\text{mA}$
	$t_{pd}$	360ps/ $I_{SW}=0.5\text{mA}$	250ps/ $I_{SW}=0.5\text{mA}$	60ps/ $I_{SW}=0.25\text{mA}$
	電流*	400 $\mu\text{A}/\text{Gate}$	280 $\mu\text{A}/\text{Gate}$	42 $\mu\text{A}/\text{Gate}$
備考	量産中	量産立ち上げ中	開発中	

注 \* 1GHzプリスケララの初段フリップフロップのゲート当たりの電流値

電源電圧は、電池の開発動向をよく見ておく必要があるが、少なくとも3Vへの対応はすべてのデバイスで必須であろう。セルラ電話用の電力増幅器も例外ではない。HBT (Heterojunction Bipolar Transistor) や HEMT 構造による MMIC が製品化されるだろう。

中間周波数処理や選局部は、VCO (Voltage-Controlled Oscillator) やフィルタの内蔵化が進む。SAW (Surface Acoustic Wave) や455kHzまでのアクティブフィルタは、技術的には今すぐにも内蔵可能であるが、コストと性能面(アクティブフィルタは消費電流面)でまだ課題がある。

ベースバンド信号処理・制御部などは、CPUコアやDSP (Digital Signal Processor) コア、TDMA や ADPCM といった通信専用マクロセル、SRAM などのメモリセル、A/D、D/A を始めとするアナログセルなどを一体化した ASIC が実現する。回路規模から考えて、少なくともハーフミクロン以下のプロセスで実用化するだろう。

### 6. むすび

移動体通信用デバイスは、コードレス電話やセルラ電話だけでなく、パソコンと融合したマルチメディアの分野においても期待が高い。市場のニーズをいち早く汲み上げ、半導体シーズ技術との整合をとりながら、機器の普及に大きく貢献する半導体デバイスを提供していく所存である。

# 移動体通信用UHF帯 高効率FET増幅器

高木 直\* 門脇好伸<sup>+</sup>  
 中山正敏\*\* 鈴木貴美子<sup>+</sup>  
 中島康晴\*\*\*

## 1. ま え が き

近年、携帯電話やコードレス電話を始めとする移動体通信の需要が欧米、日本を中心に急速に増大している。これらの移動体通信に用いる送信用高出力FET増幅器では、限られた電池容量で長時間通信を行うため高効率であること、持ち歩いて使用するため小型・軽量であること、また、一般消費者が手軽に使うため低価格であることが望まれている。

FET増幅器の高効率化を回路的に達成する手法として、基本波及び高調波に対する終端条件を最適化し、FET素子の出力端子に印加される電圧及び電流波形を整形することにより、高効率化を図るF級動作がある<sup>(1)</sup>。しかし、F級動作では、すべての偶数次高調波に対する負荷インピーダンスを短絡、また、すべての奇数次高調波に対する負荷インピーダンスを開放とする必要があり実用的でない。高調波に対する終端条件を最適化して効率向上を図る増幅器では、高調波のうち2次の高調波(以下“2倍波”という。)までを最適に処理することにより、理論上最大効率が86%になることが報告されている<sup>(2)</sup>。ここでは、小型な2倍波処理回路を用いて増幅器の高効率化を図っている。

回路の小型・軽量化のためには、受動回路を集中定数素子を用いて構成することが望ましい。ここでは、半導体抵抗、MIM(Metal Insulator Metal)キャパシタ、スパイラルインダクタの集中定数素子を用いたMMIC(Monolithic Microwave Integrated Circuit)の採用により、回路の小型・軽量化を実現している。また、FETを構成するアクティブ部、入力及び段間回路を構成するパッシブ部をそれぞれ別々のGaAs基板を用いたMMICで構成することにより、アクティブ部MMICのチップサイズの縮小を図り、低価格化を図っている。また、このような構成にすれば、パッシブ部MMICのみの変更により、周波数の異なる種々の用途に対応できるため、アクティブ部MMICの標準化を図ることができる利点がある。

アナログ携帯電話は、国によって使用周波数が異なる。ここでは、海外向けアナログ携帯電話に対応した送信用高出力FET増幅器を開発し、増幅器のシリーズ化を図った。これらの増幅器では、低損失化のため2倍波処理回路を含む増幅器の出力回路はアルミナセラミック基板上に構成されている。また、その他の回路及びFETは上述したように集中定数素子を用いたアクティブ部MMIC及びパッシブ部MMICで

構成され、小型・軽量化が図られている。

増幅器の性能は、UHF帯で飽和出力31.5dBm、最大効率60%である。増幅器は、ハーメチックシールされたセラミックパッケージに収納され、外形寸法は11.1×12.6×2.0(mm)、質量は0.7gである。

## 2. 高調波処理によるFET増幅器の高効率化

マイクロ波帯の高出力FET増幅器の高効率化を回路的に達成する手法としてF級動作がある。低周波におけるF級動作の理論では、FETに通常のB級動作と同等のバイアスを印加し、かつ、偶数次高調波に対する負荷を短絡、奇数次高調波に対する負荷を開放とする。このとき、FETに印加される電圧 $v(t)$ 及び電流 $i(t)$ の波形は模式的に図1のようになる。増幅器の効率 $\eta$ は、供給された直流入力電力 $P_{DC}$ と、交流に変換されて負荷に供給された交流出力 $P_{RF}$ の比として定義され、次式で与えられる。

$$\eta = P_{RF} / P_{DC} = (P_{DC} - P_C) / P_{DC} \dots\dots\dots (1)$$

ここで、 $P_C$ は交流に変換されずにFET内部で熱として消費される電力であり、電圧 $v(t)$ 及び電流 $i(t)$ を用いて次式で与えられる。

$$P_C = \frac{1}{T} \int_0^T v(t) i(t) dt \dots\dots\dots (2)$$

図1から分かるように、F級動作では任意の時間 $t$ において $v(t)$ と $i(t)$ の一方の値が0となるため、式(2)の積分は0となる。この結果、式(1)から理論上 $\eta = 1$ (100%)となる。

以上は理想的なF級動作の場合であるが、実際の回路では、すべての偶数次高調波に対する負荷インピーダンスを短絡、また、すべての奇数次高調波に対する負荷インピーダンスを開放することは難しい。高調波に対する終端条件を最

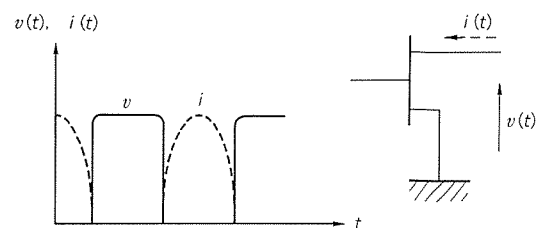


図1. F級動作における電圧 $v(t)$ 及び電流 $i(t)$ 波形の模式図

適化し、効率向上を図る増幅器では、高調波のうち2倍波までを最適に終端することにより、理論上最大効率が86%になることが報告されている。このため、ここでは基本波と2倍波を最適に終端することにより、増幅器の高効率化を図った。

### 3. 基本波及び2倍波に対する最適負荷インピーダンスの測定

低周波における理論では、2倍波に対する負荷インピーダンスは短絡するとよいとされている。しかし、マイクロ波帯では、FETの寄生リアクタンスの影響等により、最適な負荷インピーダンスは必ずしも短絡とはならない<sup>(3)</sup>。このため、増幅器の設計に当たり、なんらかの方法でこれを求める必要がある。2倍波に対する最適な負荷インピーダンスを測定によって求める方法として、先に2倍波注入ロードプル法を開発した<sup>(4)(5)</sup>。これは、FETの出力側から強制的に2倍波を注入することにより、FETから見た2倍波に対する反射係数 $\Gamma_x$ を変化させて効率特性を測定することにより、最適な反射係数 $\Gamma_x$ を求めるものである。

図2にゲート幅 $W_g = 3.18\text{mm}$ のFETについて行った2倍波注入ロードプル実験結果を示す。受動回路で実現することを考慮して、実験は $|\Gamma_x| = 1$ の条件で行った。なお、図中には比較のため2倍波注入を行わない場合の特性も破線で示している。図2から、効率が最大となるのは2倍波に対

する最適な負荷インピーダンスが短絡、すなわち $\angle \Gamma_x = \pm 180^\circ$ のときではなく、 $\angle \Gamma_x = -70^\circ$ のときであることが分かる。このとき最大付加効率は74.2%であり、2倍波注入を行わない場合に比べて効率が7.6%アップすることが分かる。これはゲート幅 $W_g = 3.18\text{mm}$ のFETについて行った結果であるが、任意のゲート幅 $W_g'$ のFETに対する最適な2倍波反射係数 $\Gamma_x'$ は、 $W_g'/W_g$ が1から大きくずれることがない範囲では、近似的に次式で与えることができる。

$$\left. \begin{aligned} \Gamma_x' &= \frac{1 - y_x \cdot n}{1 + y_x \cdot n} \\ y_x &= \frac{1 - \Gamma_x}{1 + \Gamma_x} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (3)$$

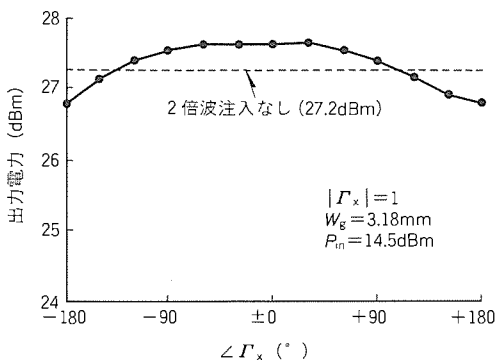
ただし、

$$n = W_g' / W_g$$

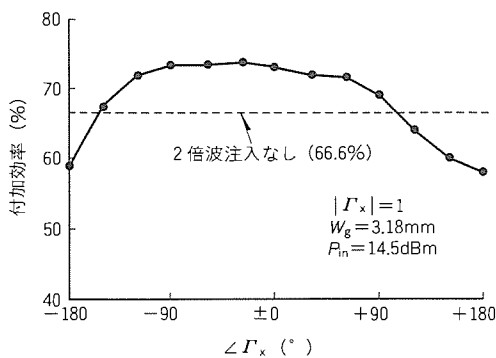
$\Gamma_x$ : 2倍波注入ロードプル実験に用いたFETの2倍波に対する最適反射係数(実験結果では、 $W_g = 3.18\text{mm}$ ,  $|\Gamma_x| = 1$ ,  $\angle \Gamma_x = -70^\circ$ )

基本波に対する最適な負荷インピーダンスを測定で求める方法として、負荷インピーダンスを変化させて出力特性を測定する基本波ロードプル法がある。

図3にゲート幅 $W_g = 7.28\text{mm}$ のFETを用いて行った基本波ロードプル実験結果を示す。図から、最大出力が得られる負荷インピーダンスと最大効率が得られる負荷インピーダ



(a) 出力電力対 $\angle \Gamma_x$



(b) 付加効率対 $\angle \Gamma_x$

図2. 2倍波注入ロードプル実験結果

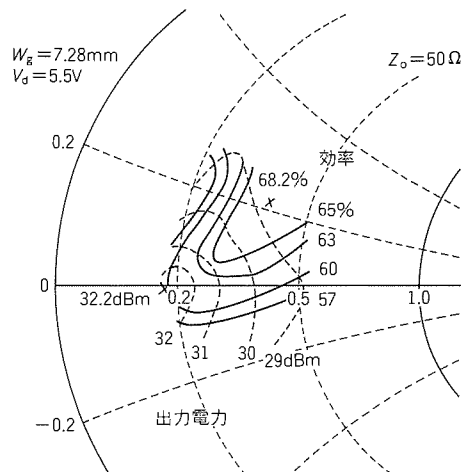


図3. 基本波ロードプル実験結果

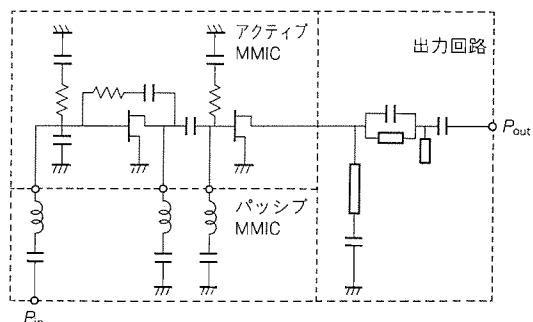


図4. 増幅器の等価回路

ンスが異なり、最大効率は68.2%、そのときの出力電力28.4 dBmであり、最大の出力電力は32.2 dBm、そのときの効率59.8%であることが分かる。この図から、所望の出力が決定されれば、最大効率を与える基本波に対する負荷インピーダンスを決定できる。ゲート幅 $W_g = 7.28$  mmのFETを用いた場合、出力31dBmのときに効率が最大となる基本波に対する負荷インピーダンスは $Z_L = 13 + j2.5 \Omega$ であり、このとき効率は64%である。

#### 4. 増幅器の構成

図4に増幅器の等価回路を、図5に増幅器の写真を示す。増幅器は利得24dB以上を得るため2段構成としている。後段FETのゲート幅は飽和出力31dBm以上を得るため7.28 mmとしている。また、前段FETのゲート幅は後段FETをドライブするため1 mmとした。低損失化のため2倍波処理回路を含む出力回路はアルミナセラミック基板上に構成されている。その他の回路は、半導体抵抗、MIMキャパシタ、スパイラルインダクタの集中定数素子を用いたMMICで構成され、回路の小型・軽量化を図っている。また、ここでは、FETを含むアクティブ部、入力及び段間回路を構成するパッシブ部をそれぞれ別々のGaAs基板を用いたMMICとすることにより、値段の高いアクティブ部MMICのチップサイズの縮小を図り、増幅器の低価格化を図っている。また、このような構成にすることにより、パッシブ部MMICのみの変更により、周波数の異なる種々の用途に対応できるため、アクティブ部MMICの標準化を図ることができる利点がある。

増幅器は、セラミックパッケージに収納され、外形寸法、質量は前述のとおりである。

#### 5. 実験結果

ここでは一例として、使用周波数帯が872~905MHzの増幅器について実験結果を示す。

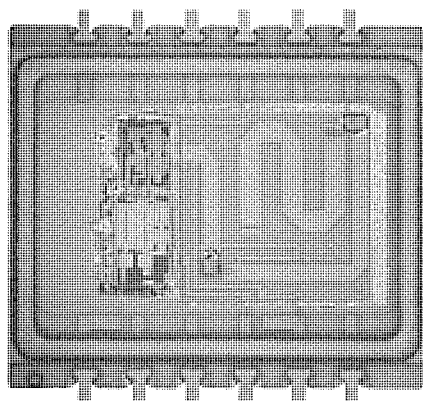


図5. 増幅器の写真

図6に増幅器の小信号利得特性測定結果を示す。周波数700~1,000 MHzにおいて、小信号利得30 dB以上が得られている。

図7に888.5 MHzにおける増幅器の入出力特性測定結果を示す。飽和出力31.5 dBm、最大付加効率61%が得られている。

図8に入力電力に対する高調波レベルの測定結果を示す。なお、図には実線で基本波の出力電力も示す。2倍波、3倍波及び4倍波の基本波に対する相対出力レベルは、それぞれ-43 dBc、-30 dBc、-30 dBc以下である。

図9に増幅器の出力の周波数特性を示す。周波数810~960 MHzにおいて、飽和出力31 dBm以上が得られている。

使用周波数帯の異なる他の増幅器についても同様の結果が得られている。

以上は、動作電圧が5.8 V用に開発した増幅器を中心に設計及び試作結果を述べたが、電池の小型化に対応するため、動作電圧が4.7 V用の増幅器も同様の設計手法で開発している。

使用周波数帯及び動作電圧が異なる各種海外向けアナログ携帯電話に対応して送信用高効率FET増幅器を開発し、増幅器のシリーズ化を図った。表1にこれらの増幅器の性能をまとめて示す。UHF帯で、動作電圧が5.8 V用に開発した増幅器の飽和出力は31.5 dBm、また、動作電圧が4.7 V用

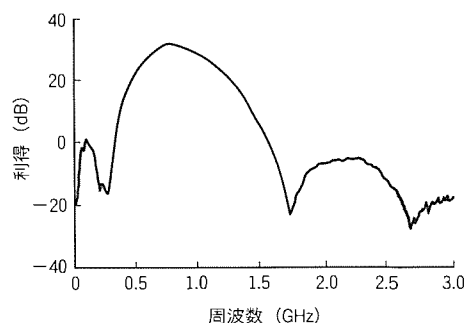


図6. 増幅器の小信号利得特性測定結果

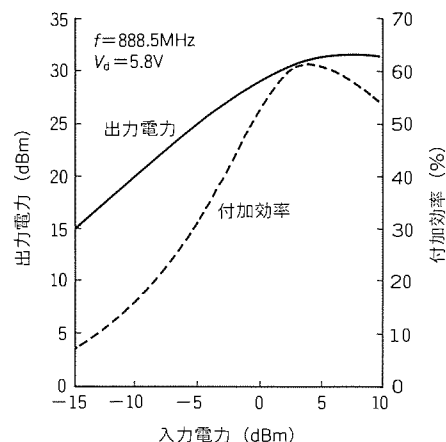


図7. 増幅器の入出力特性測定結果

に開発した増幅器の飽和出力は31 dBmである。なお、これらの増幅器の最大効率はいずれも60%以上である。

6. むすび

移動体通信用 UHF 帯高効率 FET 増幅器の設計及び試作結果について述べた。増幅器の高効率化のため、2倍波注入ロードプル法及び基本波ロードプル法によって、2倍波及び基本波に対する最適な負荷インピーダンスを測定し、これに基づき出力回路を設計し、増幅器の高効率化を図った。また、FET を含むアクティブ部、入力及び段間回路を構成するパッシブ部を集中定数素子を用いた MMIC で構成することにより、増幅器の小型・軽量化を図った。

海外向けアナログ携帯電話に対応して使用周波数帯及び動作電圧が異なる5種類の増幅器を開発し、増幅器のシリーズ化を図った。UHF 帯で、動作電圧が5.8 V 用に開発した増幅器の飽和出力は31.5 dBm、また、動作電圧が4.7 V 用に開発した増幅器の飽和出力は31 dBmである。なお、これらの増幅器の最大効率はいずれも60%である。増幅器はハーメチックシールされたセラミックパッケージに収納され、外形寸法は11.1 × 12.6 × 2.0 (mm) で、質量は0.7 g である。

参考文献

(1) Snider, D. M. : A Theoretical Analysis and Experimental Confirmation of Optimally Loaded and Overdriven RF Power Amplifier, IEEE Trans. Electron Devices, ED-14, No. 12, 851 ~ 857

(1967)  
 (2) Nojima, T., Nishiki, S. : High Efficiency Microwave Harmonic Reaction Amplifier, IEEE MTT-S Int. Microwave Symposium Digest, LL-3, 1007 ~ 1010 (1988)  
 (3) 千葉耕司, 冠 昇 : 900 MHz 帯 GaAs 高効率電力増幅器, 信学技報, MW 83-24, 57 ~ 61 (1983)  
 (4) 池田幸夫, 高木 直, 浦崎修治 : 2倍波注入法による FET の高効率動作, 平成2年春季信学全大, C-64, 2-486 (1990)  
 (5) Ikeda, Y., Takagi, T., Urasaki, S. : High Efficiency Operation of Second Harmonic Injection Method, The 3rd Asia-Pacific Microwave Conference Proceedings, 685 ~ 688 (1990)

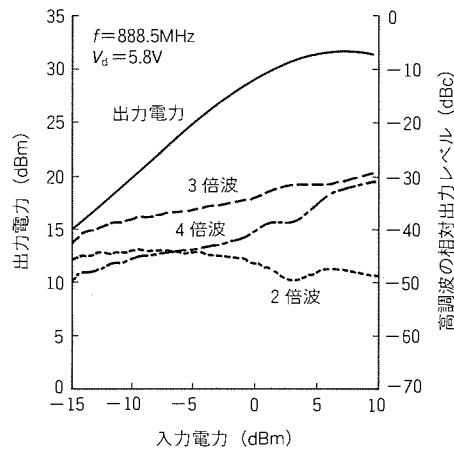


図8. 増幅器の高調波レベル測定結果

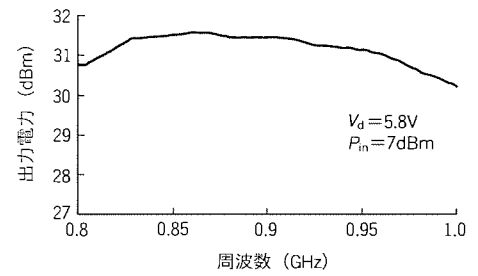


図9. 増幅器の出力の周波数特性測定結果

表1. 海外向けアナログ携帯電話用UHF帯高効率FET増幅器の性能一覧

型名	電源電圧 (V)	周波数 (MHz)	出力電力 (TYP) (dBm)	効率 (TYP) (%)	高調波レベル $2f_0, 3f_0, 4f_0$ min (dBc)	方式
MGF7103	5.8	824~849	31.5	60	-30	AMPS
MGF7104	5.8	872~905	31.5	60	-30	E-TACS
MGF7105	5.8	890~915	31.5	60	-30	NMT-900
MGF7113	4.7	824~849	31.0	60	-30	AMPS
MGF7114	4.7	872~905	31.0	60	-30	E-TACS

# デジタル携帯電話用 GaAsFETモジュール

宮本 裕\*  
林 一夫\*  
片山秀昭\*

## 1. ま え が き <sup>(1)(2)(3)</sup>

現在、北米で普及している自動車・携帯電話システムは、通常 AMPS (Advanced Mobile Phone System) と呼ばれ、年々その利用者は増加している。特に近年大都市圏において利用者の伸びが著しく、現在のアナログシステムの無線チャネル数では利用者を収容することが困難になり始めてきた。そこで、収容能力を上げるため、1988年からシステムのデジタル化が検討されている。

一般に、システムのデジタル化によるメリットとして、次の4点が挙げられる。

### (1) 周波数の有効活用

デジタル方式では、一つの回線周波数を時間的に分割して、複数の通話チャネルを収容する時分割多元接続 (TDM A) 方式を使用するため、周波数の有効活用が図れる。

### (2) 信号の品質向上

信号をデジタル処理することで、ある誤り率まではほぼ一定の品質を維持できる。このため特に低受信レベル時に、アナログより良い音声品質が得られる。

### (3) データ通信が可能

デジタル信号では誤り訂正の符号化により、伝送時における符号誤りを訂正できる。このためアナログ方式に比較して高品質な伝送が可能であり、データ通信にも適している。

### (4) 秘話性の向上

音声信号をデジタル処理することで、信号の並び変えが容易になる。このため秘話性が向上する。

こうした数々のメリットがあるデジタル自動車・携帯電話システムとして、北米ではD-AMPS (Dual mode AMP S) のサービスが、大都市圏を皮切りにスタートしようとしている。

D-AMPS とは、その名が示すとおり、現在普及しているアナログ方式と、これから立ち上がるデジタル方式の両モードでの使用が可能なシステムである。欧州や日本でも、自動車・携帯電話システムのデジタル化が進められている。しかし、いずれも現行のアナログ方式とは独立したデジタル専用のシステムであり、デジタルとアナログの混用という点がD-AMPS の一つの大きな特徴といえる。

一般に、電話機に使用される電力増幅器には、アナログモードでは高効率特性、デジタルモードでは低ひずみ特性といった異なる特性が要求される。しかし、この2特性は、現行の GaAsFET モジュールでは互いに相反する特性であるため、この2特性をいかに満足させるかが電力増幅器を設計する上でのキーポイントであるといえる。

今回、こうした市場の要求に対応して、小型、軽量でかつ低ひずみ、高効率特性をもつ D-AMPS 携帯電話対応の電力増幅器 FA01312を開発した。

このモジュールは GaAsFET 三段から構成され、今回この開発に際して、GaAsFET チップの新規開発、高周波回路の設計・最適化、新モジュール構造の採用等の検討を行った。以下にその概要について報告する。

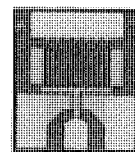
## 2. 要 求 特 性 <sup>(3)</sup>

表 1. D-AMPS方式のデジタルモードにおける主要諸元

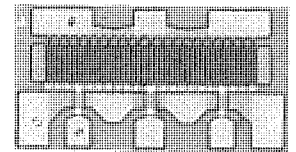
キャリア周波数間隔	60kHz (30kHzインタリーブ)
変調方式	$\pi/4$ シフトQPSK, ロールオフファクタ $\alpha=0.35$
伝送速度	48.6kbps

表 2. FA01312に要求される主要特性

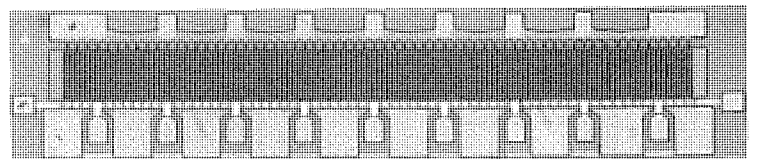
動作周波数	$f=824\sim 849\text{MHz}$
電源電圧	$V_{D1\sim 3}=5.8\text{V}, V_{G1\sim 3}=-4\text{V}$
総合効率	$\eta_t \geq 35\%$
隣接チャネル漏えい電力	ACP( $\pm 30\text{kHz}$ ) $\leq -28\text{dBc}$ ACP( $\pm 60\text{kHz}$ ) $\leq -47\text{dBc}$
パルス立ち上がり	$\leq 10\mu\text{s}$



(a) 初段GaAsFET



(b) 2 段目GaAsFET



(c) 3 段目GaAsFET

図 1. FA01312に使用したGaAsFET

D-AMPS方式のデジタルモードの主要諸元を表1に示す。モジュールに要求される特性のうち、デジタルモード特有のものとして、①隣接チャネル漏えい電力(ACP)、②パルス立ち上がり特性がある。

(1) 隣接チャネル漏えい電力(ACP)

この特性は、信号が増幅される際に発生するひずみ成分により、使用チャネルの隣のチャネル(±30kHz)及び次の隣のチャネル(±60kHz)に信号が漏えいする電力レベルを規定したものである。

(2) パルス立ち上がり特性

TDMA方式では、バースト信号が20ms周期で1バースト約6.6ms(多重度3)でかけられる。1バースト内には162シンボルに分割されており、1シンボルは約41μsとなる。そのため、モジュール自身には10μs以下程度の立ち上がり特性が要求される。

以上のデジタルモードにおける要求仕様に加え、このモジュールに要求される主要特性を表2に示す。

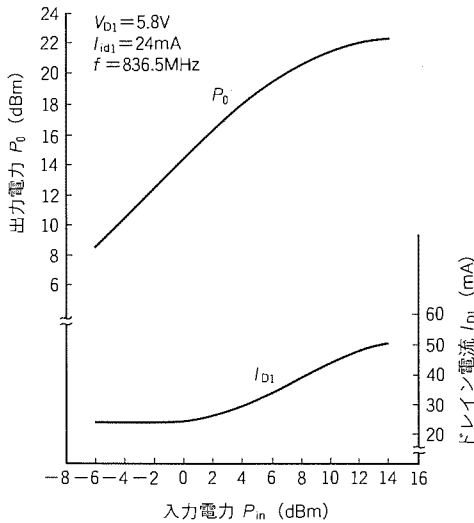


図2. 初段GaAsFETの入出力特性

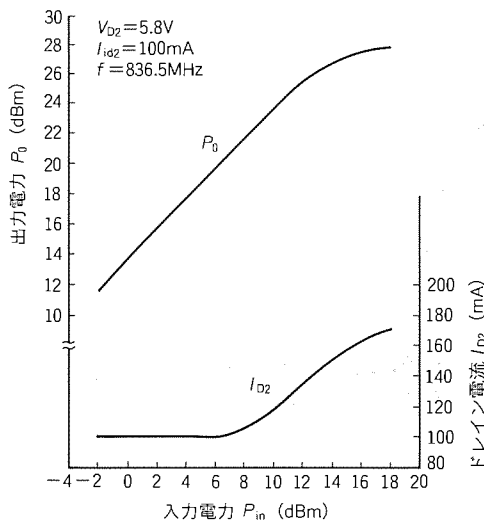


図3. 2段目GaAsFETの入出力特性

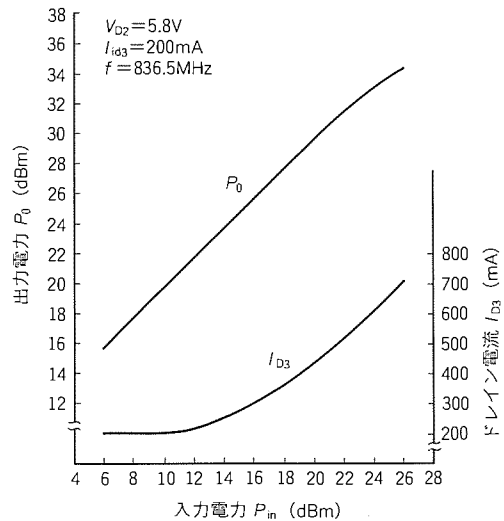


図4. 3段目GaAsFETの入出力特性

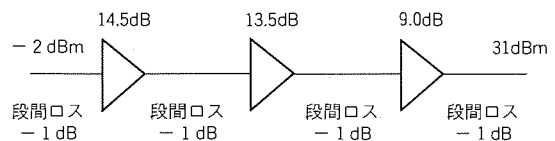


図5. 利得ダイアグラム

3. 基本設計

GaAsFETモジュールをデジタルとアナログの両モードで使用するためには、①低ひずみ特性であること、②高効率であること、③熱抵抗が小さいこと、の3点がモジュール設計上重要である。以下にその各々に対する設計概要を述べる。

(1) 低ひずみ化

低ひずみ特性を実現するために初段及び2段目のFETは、入出力特性の線形領域で動作するよう回路設計を行った。また、3段目FETには、飽和出力電力34dBmの実力をもつFETを採用し、実使用( $P_0 = 31$  dBm)時には約3dBのバックオフをとりひずみ特性の改善を図った。

(2) 高効率化

最終段FETの出力側には、高調波処理回路を付加して高効率動作を実現した。

(3) 低熱抵抗化

FETのアセンブリには、チップキャリア方式を採用して熱抵抗を小さくできる構造とした。

4. 設計概要

4.1 素子設計

今回開発したモジュールに用いられるFETのチップ外観を図1に示す。モジュールの利得配分等を考慮し決定した各FETのゲート幅は、初段1.54mm、2段目4.62mm、3段目18.9mmである。初段及び2段目FETはアセンブリ



における量産性を考慮した独自のソースエブリッジ配線を採用し、さらに熱抵抗等の諸特性への悪影響のないことを確認した上で、チップ厚を130 $\mu\text{m}$ と比較的厚くした。一方、モジュールの熱抵抗に最も影響を及ぼす3段目FETのチップ厚は30 $\mu\text{m}$ とし、熱抵抗の低減を図った。

一般に、モジュールの高効率動作を達成するための手段として、FETにはAB級動作が求められる。さらに、出力側の整合回路は負荷曲線をより寝かせた整合条件となる。このため、FETには深いバイアス点における特性劣化の抑制及び高耐圧化等が求められる。当社のGaAsFETではMBE(分子線エピタキシ)による急しゅん(峻)なキャリアプロファイルの実現、AlGaAs/GaAs超格子バッファ層の導入による基板リーク電流の抑制及び独自のステップリセス構造採用による高耐圧化の達成等により、これら高効率動作の要求を満たすべくFETを実現した。

さらに、低価格化に対応した簡易パッケージ(チップキャリア+樹脂封止)に耐えうるチップの耐湿性確保のために、緻密SiNパッシベーション膜を採用した。

#### 4.2 回路設計

モジュールの設計には、各FET単体の評価データを取得して設計を行った。3章で述べたように、初段、2段目のFETは、入出力特性の線形領域で動作させ、ひずみを抑えている。各FET単体の評価結果を図2～図4に示す。これら

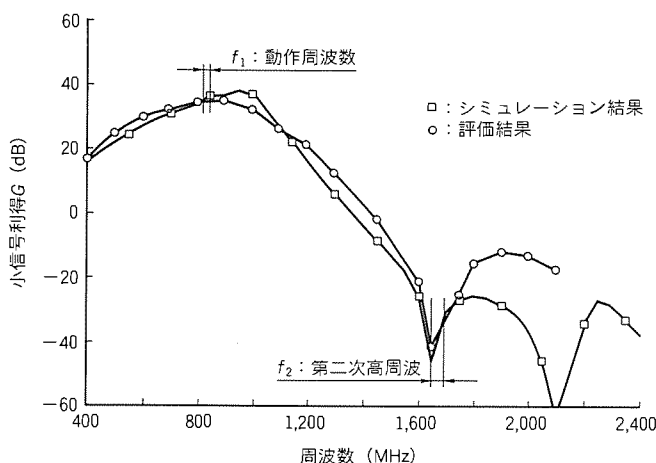


図6. 小信号利得の周波数特性

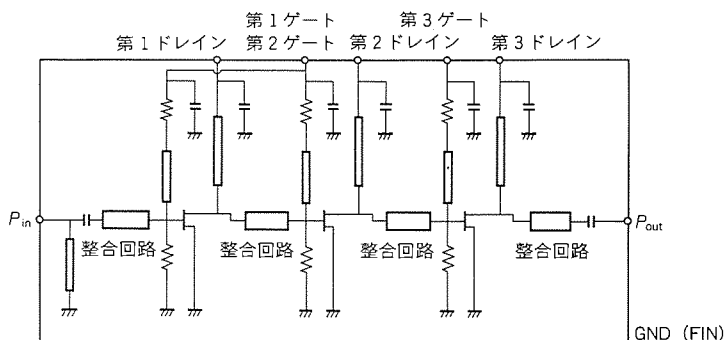


図7. 等価回路

の結果をもとに決定した利得ダイアグラムを図5に示す。

次にCADを用い、小信号利得についてシミュレーションを行った。その結果を図6に示す。さらに、このシミュレーション結果をもとに、パターン設計を行った。その等価回路を図7に示す。

#### 4.3 構造設計

図8にモジュールの外観を、図9に内部写真を示す。小型化の要求にこたえて、外形寸法で、32 $\times$ 14 $\times$ 4(mm)を実現した。写真で分かるように、各FETはチップキャリアにアセンブリした後、保護のために樹脂封止が施されている。初段のチップキャリアは、小信号トランジスタに用いられているものと同様の構造とし、量産性を高めてコストの低減を図った。2段目、3段目は、放熱フィン上に直接チップキャリアをマウントする構造とし、熱抵抗の低減を図った。

### 5. 特性評価結果

#### 5.1 小信号評価結果

小信号利得の評価結果を、シミュレーション結果と併せて図6に示す。使用周波数帯域で約36dBの利得が得られており、シミュレーション結果とほぼ一致している。また、第二次高調波は、共振回路によってほぼ抑圧されていることが分かる。

#### 5.2 大信号評価結果

##### (1) アナログモード

図10にFA01312の入出力特性評価結果を示す。出力電力 $P_0 = 31\text{dBm}$ 時に総合効率 $\eta_t = 38\%$ を達成しており、要求仕様を満たしている。図11に出力電力及び総合効率の

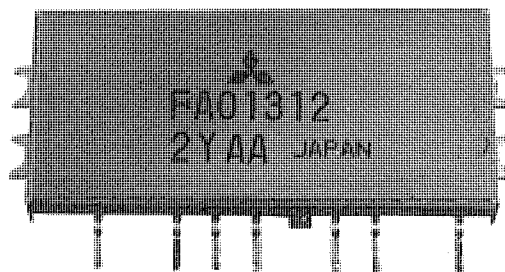


図8. GaAsFETモジュールの外観

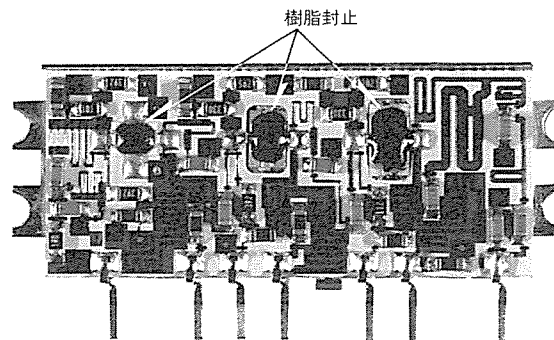


図9. GaAsFETモジュールの内部写真

周波数特性を示す。使用周波数帯域で、ほぼフラットな良好な特性を示している。

(2) デジタルモード

図12に  $P_0 = 31\text{dBm}$  時の、 $\pi/4$ シフト QPSK 変調波に対する出力のスペクトラムを示す。図から  $\pm 30\text{kHz}$  離調及び  $\pm 60\text{kHz}$  離調点での隣接チャンネル漏えい電力はそれぞれ  $-32\text{dBc}$ 、 $-49\text{dBc}$  であり、モジュールの要求規格を十分満足していることが分かる。前出の図10に、入力電力の変化に対する ACP の特性を併記した。電話機の規定出力  $31\text{dBm}$  以下でモジュールの要求規格を満足していることが分かる。

図13にドレイン電圧  $V_D$  と入力電力  $P_{in}$  を同時にオン・オフした場合の立ち上がり特性を示す。図からパルス立ち上がり特性は約  $3\mu\text{s}$  と良好な特性を示している。

6. 他機種への展開

北米に続き、日本国内でも1994年春から、デジタル方式の自動車・携帯電話システムが本格的に開始される。日本のデジタルシステムにおける変調方式は、北米の D-AMPS と同じ  $\pi/4$ シフト QPSK である。また、システムはデジタル専用であり、使用する周波数帯は、従来と同じ  $900\text{MHz}$  帯に加えて準マイクロ波の  $1.5\text{GHz}$  帯が用いられる。

現在、当社では FA 01312 の開発に用いた技術を適用し、国内デジタルシステム向けの GaAsFET モジュールとし

て、 $900\text{MHz}$  帯用に2段構成の FA 01209、 $1.5\text{GHz}$  帯用に3段構成の FA 01317 の開発を行っている。各モジュールの主要特性を表3に示す。

7. むすび

北米向け携帯電話システム D-AMPS 対応の GaAsFET モジュール FA 01312 の開発を行った。低ひずみ・高効率特性をもつこのモジュールを開発するために、GaAsFET チップの新規開発、高周波回路の設計・最適化チップキャリアを用いた新しいモジュール構造の採用等を実施した。

その結果(出力電力  $P_0 = 31\text{dBm}$  において)、

総合効率	$\eta_t = 38\%$
利得	$G = 33\text{dB}$
隣接チャンネル漏えい電力	ACP (30kHz) = $-32\text{dBc}$ ACP (60kHz) = $-49\text{dBc}$

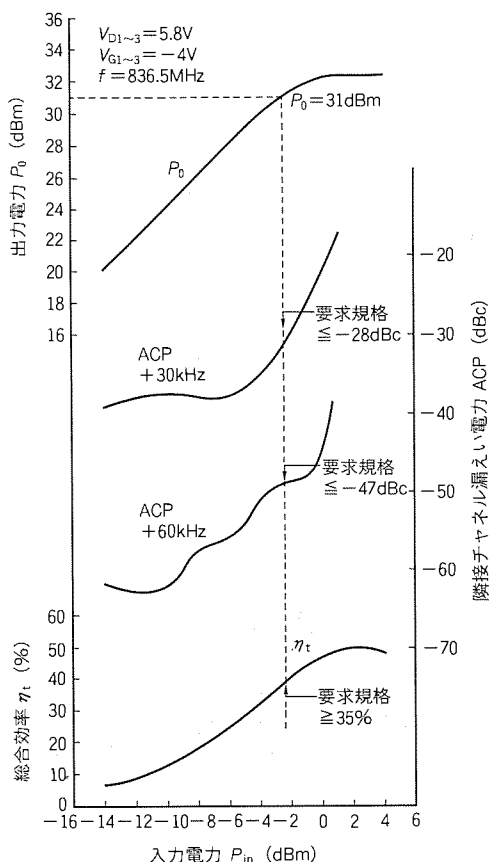


図10. FA01312の入出力特性

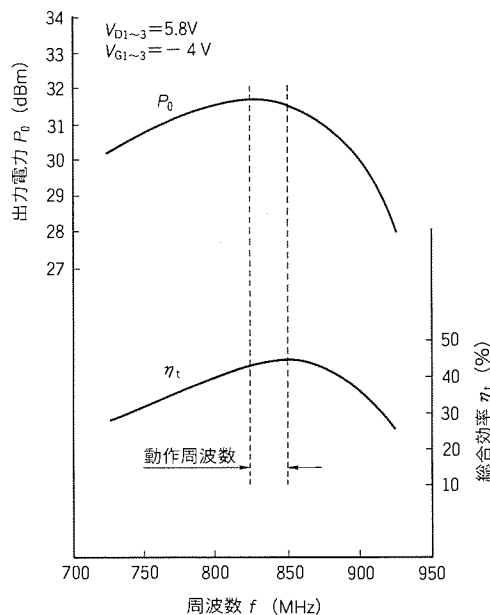


図11. 周波数特性

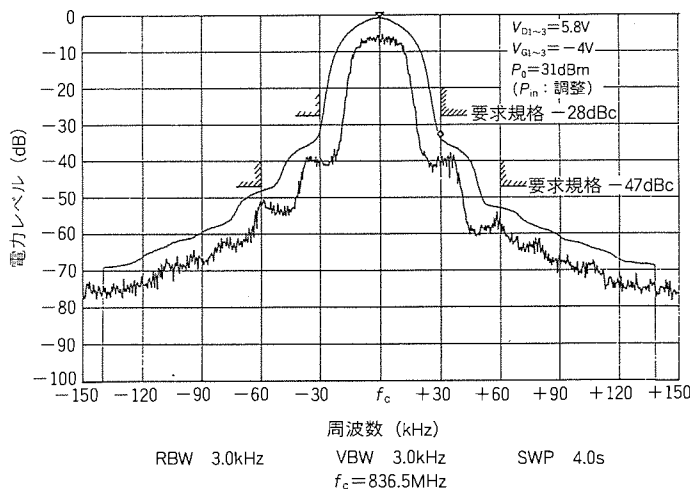


図12.  $P_0 = 31\text{dBm}$ 時の  $\pi/4$ シフト QPSK 変調波に対する出力のスペクトラム

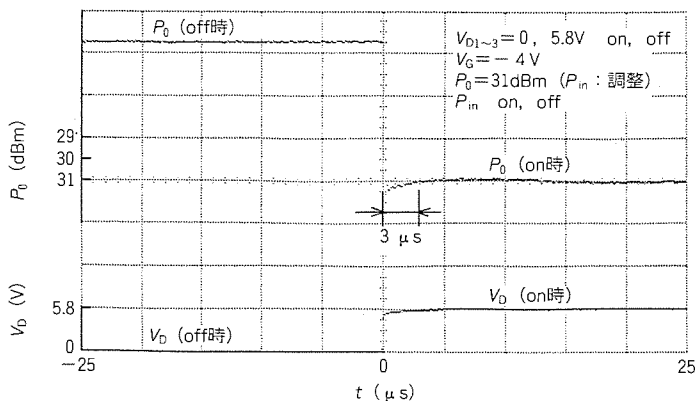


図13. パルス立ち上がり特性

という良好な特性が得られた。さらに、外形サイズも  $32 \times 14 \times 4$  (mm) と小型化を達成した。

今後は、日本国内向けデジタル携帯電話対応の GaAs FET モジュールを、順次開発・製品化していく予定である。

参 考 文 献

(1) 進士昌明：移動無線と自動車電話，信学誌，73，No.8，800～803（1990）

表3. 国内デジタル携帯電話用 GaAsFETモジュールの主要特性

型 名	FA01209	FA01317
外形サイズ	20×12×4 (mm)	22×14×4 (mm)
動作周波数	$f=940\sim956\text{MHz}$	$f=1,429\sim1,453\text{MHz}$
段 数	2 段	3 段
利 得	24dB	31dB
電 源 電 圧	$V_{D1\sim2}=5.8\text{V}$	$V_{D1\sim3}=5.8\text{V}$
隣接チャネル漏えい電力	ACP( $\pm 50\text{kHz}$ ) $\leq -46\text{dBc}$	
	ACP( $\pm 100\text{kHz}$ ) $\leq -62\text{dBc}$	
	@ $P_0=31.5\text{dBm}$ $P_{in} : \pi/4$ シフト QPSK, $\alpha=0.5$ , 42kbps	

(2) 田中慶次：欧州および北米の現状と動向，信学誌，73，No.8，809～811（1990）

(3) YHP：デジタル自動車電話システムとその測定技術／システム—北米デジタル自動車電話システム—，YHP セミナテキスト（1991）

# 移動体通信用GaAs直交変調器IC

前村公正\*  
山本和也\*  
石田博一\*\*

## 1. ま え が き

デジタル信号処理技術とLSI技術の高度化により、携帯電話(携帯用自動車電話)などの移動通信機器のデジタル化が進んでいる。デジタル化により、音声・画像・データ信号などの性質の異なる信号を取り扱うことが容易となること、信号品質の維持が容易であること、盗聴防止などのサービスの向上が図れることなど、優れた特長をもち、今後の進展が期待されている。

このような状況のもと、1993年3月にデジタル方式の携帯電話“デジタル・ムーバ”<sup>(1)</sup>のサービスが開始され、また、コードレス電話においてもアナログ方式からデジタル方式への移行が図られ、1994年にはサービスが開始される見込みである<sup>(2)</sup>。

デジタル方式では、音声信号などの信号処理とともに、伝送する無線信号の変復調技術に対してデジタル技術を採用している。図1は、アナログ変調方式の送信部の構成例(a)と、デジタル変調方式の送信部の構成例(b)を示したものである。図1(a)は、ベースバンド信号発生器、変調器としての電圧制御発振器、ミキサ、バンドパスフィルタ、飽和型電力増幅器、分配器及びアンテナ等から構成されている。

一方、デジタル方式では、アナログ方式の電圧制御発振器の代わりに直交変調器が用いられ、さらに線形電力増幅器、高周波スイッチ等が採用される。これらのシステムでは、伝送する情報に対応したベースバンド信号を生成させ、これに応じて変調器によって高周波を変調する。さらに、フィルタを通過後、電力増幅器によって増幅されてアンテナから出力される。

図2は、国内のデジタル方式の携帯電話などで使用される $\pi/4$ シフトQPSK(Quadrature Phase Shift Keying)<sup>(3)</sup>での位相変化に対するデジタル情報の関係を示している。この方式では位相の変化に対応して2ビットの情報を伝送しているが、図2に示し

た矢印のように位相を瞬時に変化させると、図3(a)に示した時間波形のように信号の波形が不連続となり、周波数スペクトルの拡散が生じるため、隣接チャンネルに雑音を増大させる結果を招く。これを解決するために、位相・振幅を連続的に変調させる必要があり、このための方式として国内ではベースバンド信号にロールオフフィルタ特性をもたせた $\pi/4$ シフトQPSK方式が採用されている。図3(b)は、この位相と振幅を連続にした変調方式での時間波形を示しており、位相とともに振幅も変化している。この方式を実現するには位相と振幅の制御を同時に行う必要が生じるために、アナログ変調方式での電圧制御発振器の代わりに直交変調方式が必要となる。

図1(b)に示したデジタル変調方式の送信部の構成において雑音を抑圧するには、変換と増幅機能を担っている直交

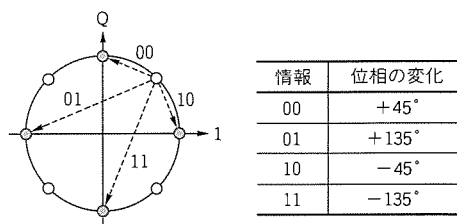
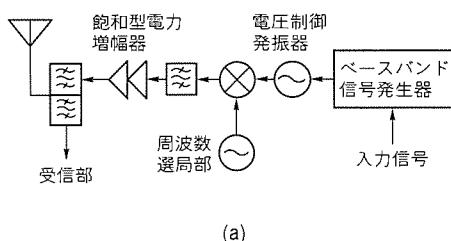
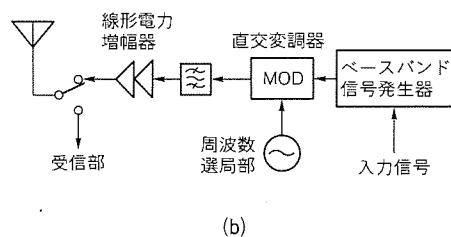


図2.  $\pi/4$ シフトQPSKの位相ダイアグラム上での位相変化とデジタル情報の関係

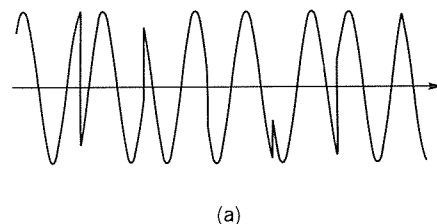


(a)

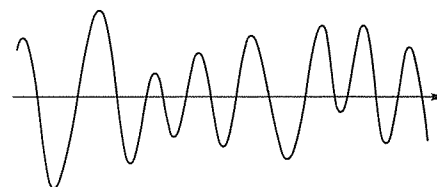


(b)

図1. アナログ変調方式(a)とデジタル変調方式(b)の送信部の構成



(a)



(b)

図3. デジタル変調において位相が不連続な変調波(a)と位相を連続にした変調波(b)の時間波形

変調器と線形電力増幅器の低ひずみ化が特に重要である。

この論文では、直交変調器の動作及び回路構成を概説し、開発例として、各種のデジタル変調方式に使用できる200 MHz帯直交変調器ICと、1.9 GHz帯直交変調器ICの特性について述べる。

## 2. 直交変調動作

図4は、直交変調器の基本回路を示しており、 $0^\circ$ と $90^\circ$ の二つの位相信号を生成する移相器、二つのミキサ回路及び結合回路から構成される。この回路の動作を以下に述べる。

入力信号  $C_{in} (= A \cos(\omega t))$  を移相器により、 $C_i (= A \cos(\omega t))$  と  $C_q (= -A \sin(\omega t))$  の二つの直交 ( $0^\circ$  と  $90^\circ$ ) の信号に分離したあと、ベースバンド信号 ( $B_i, B_q$ ) とミキシングして二つの変調された信号 ( $M_i, M_q$ ) を生成する。ここで  $M_i, M_q$  は以下ようになる。

$$M_i = B_i A \cos(\omega t) \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$M_q = -B_q A \sin(\omega t) \quad \dots\dots\dots (2)$$

この二つの信号を結合して以下に示す出力信号  $S$  を得る。

$$S = M_i + M_q \\ = B_i A \cos(\omega t) - B_q A \sin(\omega t) \quad \dots\dots\dots (3)$$

式(3)は、ベースバンド信号によって入力信号を任意の位相と振幅に変調できることを示している。例えば、ベースバンド信号を以下のように設定すると、

$$B_i = \cos(\phi(t)) \quad \dots\dots\dots (4)$$

$$B_q = \sin(\phi(t)) \quad \dots\dots\dots (5)$$

出力信号  $S$  は、

$$S = A \cos((\omega t) + \phi(t)) \quad \dots\dots\dots (6)$$

で与えられ、位相変調器として動作することを示している。

このような直交変調動作を精度良く実現するには、 $C_i$ と $C_q$ の位相差 ( $90^\circ$ ) の精度向上や振幅誤差の低減が重要である。例えば、QPSKにおいて雑音を0.3dB以下に抑えるには、位相誤差を3%以内にする必要がある<sup>(4)</sup>。

以下、200 MHz帯の直交変調器、及び1.9 GHz帯の直交変調器の2種類のICを例に取り、ひずみの低減の試みを具体的に述べる。

## 3. 200MHz帯直交変調器の設計

図5に200 MHz帯直交変調器の回路構成を示す。このICは入出力バッファ回路、1/4分周回路、二つの駆動回路とミキサ回

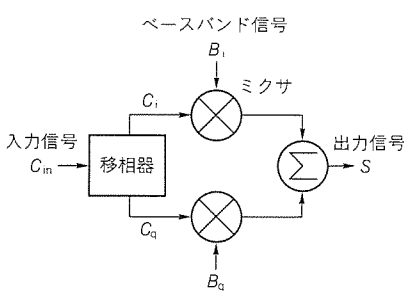


図4. 直交変調器の基本構成

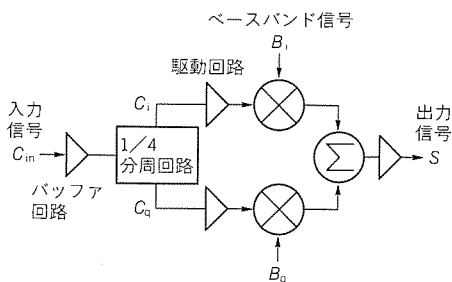


図5. 200MHz帯直交変調器の回路構成

路及び結合回路から構成されている。この直交変調器では、移相精度の向上を図るために移相器部にデジタル回路構成の1/4分周回路を採用している。

図6は1/4分周回路による移相器の構成(a)と動作タイミング波形(b)を示す。 $C_{in}$ は入力信号、 $C_i$ と $C_q$ は出力信号である。 $C_i$ と $C_q$ の周期は共に $C_{in}$ の周期の4周期分であり、位相差は $C_{in}$ の周期の1周期分となる。つまり $C_i$ と $C_q$ の位相差が自身の周期に対して1/4すなわち $90^\circ$ である。この関係は入力周波数が変化した場合でも維持されるため、広い周波数帯域にわたって精度の高い移相器が実現できる<sup>(5)</sup>。しかしながら、出力信号 $C_i$ と $C_q$ の周波数は入力信号 $C_{in}$ の1/4となるため、200MHz帯での変調動作を実現するには800MHz帯動作の分周回路が必要となる。GaAsICは、この高周波動作を低消費電力で実現できること、チップ基板上の信号の漏えいが少ないこと及び低雑音動作が可能であるなどSiICと比較して有利である。

図7に200 MHz帯直交変調器の外観を示す。このICは

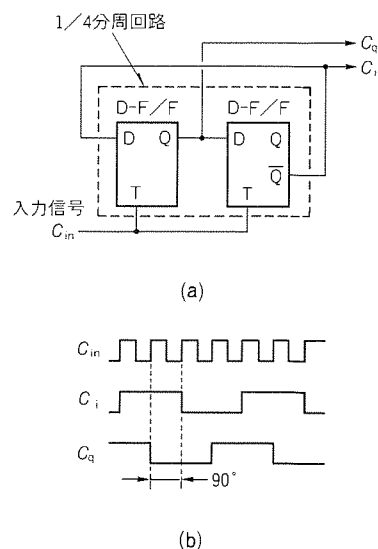


図6. 1/4周波数分周回路による移相器の構成(a)と動作タイミング波形(b)

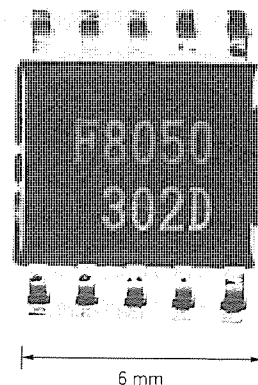


図7. 200MHz帯直交変調器の外観

小型化と低コスト化のために10ピンプラスチックパッケージを使用している。今回の分周器を用いた構成では入力信号と出力信号の周波数が通信の帯域よりも十分離れているために、小型のパッケージを用いた場合に懸念される入力信号の出力端子への漏れは、外部フィルタによって除去可能であり問題とはならない。

図8にこの200MHz帯直交変調器を携帯電話に用いる場合の変調部の構成例を示す。ベースバンド信号発生器、直交変調器、フィルタ、ミキサ及び二つの発振器を用いている。直交変調器の出力信号に含まれる高調波をフィルタを通して除去し、外部ミキサによって例えばデジタル携帯電話用には900MHz帯へ周波数変換を行い、送信用変調信号を生成する。この信号は図3に示した送信用線形増幅器を経由してアンテナから送信される。このように200MHz帯直交変調器を用いると外部ミキサによる周波数変換が必要となるが、外部ミキサでの周波数変換量を変えることにより、デジタル携帯電話及び海外の各種デジタル通信システムにも適用できる。また、従来の移相器、ミキサなどを用いたハイブリッド構成の変調器と比較して1/10以下の小型化が可能である。

#### 4. 1.9GHz帯直交変調器の設計

図9に1.9GHz帯直交変調器の回路構成を示す。このICは200MHz帯直交変調器の回路構成と比較して、1.9GHz帯の位相信号を直接生成するアナログ移相器を採用している点異なる。これは前述のデジタル回路による1/4分周回路を1.9GHz帯変調器に適用するには、電話システムに7.6GHz帯動作の周波数選局部が必要となり、消費電力・価格・雑音の点で不利となるためである。ここではアナログ移相器の小型化・広帯域化を図ることによって、1.9GHz帯直交変調器の1チップ化を実現している。

一般にアナログ移相器は、容量、インダクタ及び抵抗などの受動素子で構成されるために、周波数によって移相量が変化してしまう。通信帯域内での移相量の変動を抑えるために、このICでは+45°と-45°の二つの移相器を対称に配置して変動を補償する構成としている<sup>(6)</sup>。図10は採用したアナログ移相器の回路図を示す。図においてC<sub>in</sub>は入力信号、C<sub>i</sub>とC<sub>q</sub>は出力信号、R1とR2は抵抗値、C1とC2は容量値である。この回路でC<sub>i</sub>とC<sub>q</sub>の位相差θ<sub>d</sub>は、R1=R2=R、C1=C2=Cとすると、

$$\theta_d = \tan^{-1}(1/\omega RC) - \tan^{-1}(-\omega RC) = 90^\circ \dots\dots\dots (6)$$

となり、位相差θ<sub>d</sub>は角周波数(ω)にかかわらず常に90°となる。ただし、C<sub>i</sub>とC<sub>q</sub>の振幅の比(|C<sub>i</sub>/C<sub>q</sub>|=ωRC)は周波数によって変動するため、移相器とミキサとの間に振幅補償用として振幅制限用のバッファ回路を付加している<sup>(6)</sup>。

図11に1.9GHz帯直交変調器ICのチップ写真を示す。IC内の配線による遅延時間のばらつきによって生じる直交した信号間の位相差の変動を抑えるために、配線パターンを上下(C<sub>i</sub>側とC<sub>q</sub>側)で対称となるように配置してある。

この直交変調器を1.9GHz帯の変調部に用いる場合には、200MHz帯直交変調器を使用した場合の構成(図8)と比較して、1.9GHz帯の信号が直接変調できるため、外部ミキサと周波数発振器が不要となり更にシステムの小型化が可能となる。

#### 5. 直交変調器の特性評価

試作した直交変調器の評価結果を表1にまとめた。200MHz帯変調器は、電源電圧5Vで50~500MHzまで動作する。また、1.9GHz帯変調器は、電源電圧が3.1~4.5Vまでの範囲内で国内のデジタル無線電話用の周波数帯(1.9GHz帯)で安定に動作している。これらのICは、搬送波漏れ及びイメージ成分出力が変調信号に対して-40dBc以

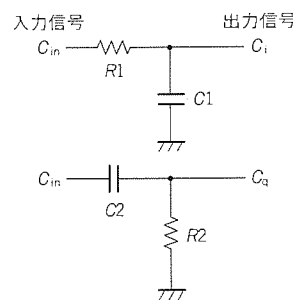


図10. アナログ移相器の構成

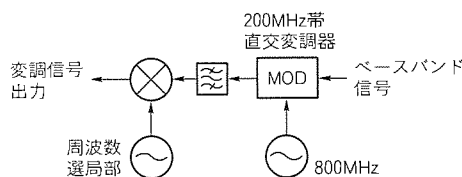


図8. 200MHz帯直交変調器を用いた場合の変調部の構成例

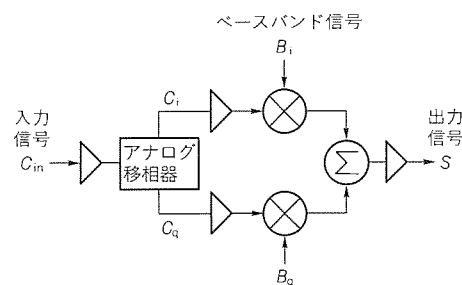


図9. 1.9GHz帯直交変調器の回路構成

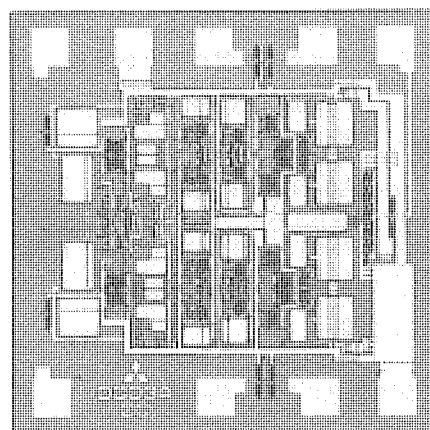


図11. 1.9GHz帯直交変調器のチップ写真 (チップサイズ1.2mm×1.2mm)

下に抑えられている。

図12は200MHz帯直交変調器ICの国内デジタル携帯電話用 $\pi/4$ シフトQPSK(変調周波数250MHz, データ速度42kbps, ロールオフ率0.5のルートナイキストフィルタ)での位相ダイアグラムの測定結果を示したものである。このときの2乗平均でのベクトル

ルエラーは1.4%以下に抑えられている。図13は1.9GHz帯直交変調器ICで $\pi/4$ シフトQPSK伝送(変調周波数1.9GHz, データ速度384kbps, ロールオフ率0.5)を行ったときのスペクトルを示している。隣接チャネルのスペクトル強度は-60dBc以下の優れた特性が得られている。

以上の特性は、デジタル方式の携帯電話などの各種電話システムへ十分適用できるものである。

### 6. む す び

デジタル伝送方式の携帯電話などの変調部に用いる2種類のGaAs直交変調器ICを設計・試作した。200MHz帯動作の直交変調器では、デジタル回路構成の周波数分周器型の移相器を採用して移相の高精度化を図った。また、1.9GHz帯の直交変調器では、位相誤差を補償する構成と振幅誤差を低減する回路を付加したアナログ移相器を採用して高周波動作を実現した。共に、主信号に対して各種の雑音成分を-40dBc以下に抑えた良好な特性が得られた。これらのICは、デジタル方式の携帯電話やGMSK(Gaussian Minimum Shift Keying)方式を含む欧米での各種のデジタルセルラ、デジタルコードレスなどにも十分適用でき、システムの高性能化に役立つものである。

今後、このICの更なる高周波動作と低消費電力化を進めるとともに、携帯電話とコードレス電話を統合した将来の公衆陸上移動通信システム(Future Public Land Mobile Telecommunication System:FPLMTS)<sup>(7)</sup>への対応を図るとともに、無線LAN(Local Area Network)などコンピュータ通信への適用可能性を検討していく。

### 参 考 文 献

- (1) 東 雅弘, 鷹見忠雄, 柚木一文, 長尾嘉則, 常川光一, 千葉耕司, 永田清人: デジタル移動通信方式用携帯機の開発, 電子情報通信学会春季大会, B-380 (1993)
- (2) 勸電波システム開発センタ: 第二世代コードレス電話システム標準規格(案) (1992)
- (3) Akaiwa, Y.: Digital Modulation/Demodulation Techniques for Mobile Radio Communications in

表1. 直交変調器の評価結果

項 目	200MHz帯直交変調器	1.9GHz帯直交変調器
入力周波数	0.2~2.0GHz	1.8~2.0GHz
搬送波周波数	50~500MHz	1.8~2.0GHz
搬送波漏えい抑圧	<-40dBc	<-40dBc
イメージ成分抑圧	<-40dBc	<-40dBc
三次ひずみ抑圧	<-50dBc	<-40dBc
出力電力	-10dBm	-15dBm
消費電力	100mW	110mW
電源電圧	5V±5%	3.1~4.5V

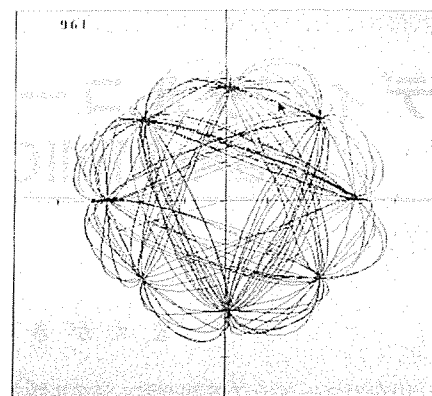


図12. 200MHz帯直交変調器による $\pi/4$ シフトQPSK変調波の位相ダイアグラム

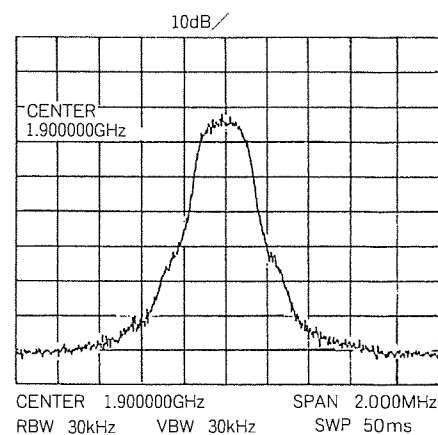


図13. 1.9GHz帯直交変調器の出力スペクトル

Japan, IEICE Trans., E 74, No. 6, 1503 ~ 1511 (1991)

- (4) Yamao, Y., Saito, S.: Low Power Quadrature Modulator IC's for Digital Mobile Radios, The Asia-Pacific Microwave Conference Proceedings, 597 ~ 602 (1989), 771 ~ 774 (1990)
- (5) Maemura, K., Kohno, Y., Nakano, H., Shimura, T., Oki, K., Ishida, H., Ishihara, O.: The 200MHz- and 1.5 GHz-band GaAs Monolithic Quadrature Modulator ICs, IEEE GaAs IC Symposium, 238 ~ 286 (1990)
- (6) Yamamoto, K., Maemura, K., Andoh, N., Noda, M., Oki, K., Ishida, H., Mitsui, Y., Otsubo, M., Mitsui, S.: A 1.9 GHz-band GaAs Direct-Quadrature Modulator IC with a Phase Shifter, IEEE GaAs IC Symposium, 37 ~ 40 (1992)
- (7) 寺崎 明: 将来の公衆陸上移動通信システム(FPLMTS)の検討状況, 電子情報通信学会誌, 76, No. 3, 250 ~ 257 (1993)

# デジタルコードレス電話用 GaAsMMIC

佐藤文雄\* 藤井隆行\*  
中山正敏\*\* 白木俊雄\*  
前村公正\*\*\*

## 1. ま え が き

現在のコードレス電話のデジタル版として注目されている第二世代コードレス電話は、簡易型携帯電話 PHP (Personal Handy Phone) と称され、公衆用・事業所用・家庭用としての使用を目的に開発が進められている。現在、家庭用として普及しているアナログコードレス電話に比べ、家庭用の子機を屋外に持ち出し公衆用として使用でき、また親機を経由しないで子機同士の通話ができる。さらに、デジタル通信用の携帯端末として使用されることも検討されていることから、今後大幅な普及が予想される。

この第二世代コードレス電話の子機に対しては携帯性を高めるため小型・軽量化の要求が強くなり、これに伴って内蔵されるデバイスの小型化及び電池の本数を少なくするための低電圧動作の要求が非常に強くなっている。

今回、この要求にこたえるため、電源電圧 3 V 動作の送信用増幅器、及び TDD (Time Division Duplex) 方式に対応するための送受信切替スイッチを GaAsMMIC (Monolithic Microwave Integrated Circuit) を用いて開発したので、以下にこの概要を述べる。

## 2. GaAsMMICの 製品概要

この第二世代コードレス電話の使用無線周波数帯は 1.9 GHz 帯であり、そのデジタル通信方式としては TDD 方式・4チャネル多重 TDMA (Time Division Multiple Access) 方式・ $\pi/4$ シフト QPSK (Quadrature Phase Shift Keying) 変調方式・32 kbps ADPCM 音声符号化などを用いている。

この第二世代コードレス電話のブロック図を図 1 に示す。今回開発した MMIC は、図の送信用 HP A (High Power Amplifier) 及び TDD 方式に対応するための送受信

切替スイッチである。

### 2.1 送信用増幅器の製品概要

送信用増幅器に対しては所望の出力電力のほかに、 $\pi/4$ シフト QPSK 変調方式に対応するための線形性が要求される。この仕様を表 1 に示す。第二世代コードレス電話の携帯用子機に対する要求で特に重要視される点は、携帯機の軽量化を図るためのバッテリーの削減に伴う低電圧動作と内蔵される IC の小型化である。特に、この携帯子機用の送信用増幅器に対しては NiCd 電池 3 本での動作要求があり、これに対応するため動作電圧を 3.4 V とした。また、IC の小型化に対応するため表面実装タイプの 8 ピン SOP (Small Outline Package) とした。この外形を図 2 に示す。また、ピン配置を図 3 に示す。

今回開発した送信用増幅器 MGF 7122 の特長をまとめるのと以下のとおりである。

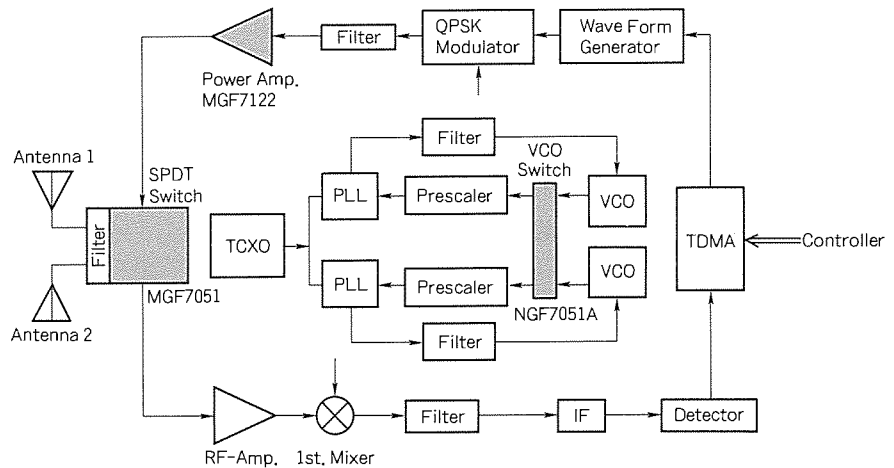


図 1. 第二世代コードレス電話のブロック図

表 1. 送信用増幅器の製品仕様

電気的特性 ( $T_a = 25^\circ\text{C}$ )

項目	記号	測定条件	規格値			単位
			最小	標準	最大	
動作周波数	$f_{IN}$		1.85		1.95	GHz
利得	$G_p$	$V_{D1,2} = V_{D3} = 3.4\text{V}$ ,		34		dB
出力電力	$P_{OUT}$	$P_{IN} = -13\text{dBm}$		21		dBm
利得制御範囲	$G_{CON}$	Control $V_G$ dual		20		dB
制御電圧	$V_{G\ dual}$		-4.0		0	V
電源電圧	$V_{DD}$	$V_{D1,2} = V_{D3}$		3.4		V
効率	$\eta$	$V_{D1,2} = V_{D3} = 3.4\text{V}$ ,		20		%
		$P_{IN} = -13\text{dBm}$				



- (1) 出力電力  $P_o = 21\text{dBm}$  (標準値)
- (2) 小型セラミックパッケージ
  - $5.8\text{mm} \times 12.2\text{mm} \times 1.7\text{mm}$
  - 8ピン SOP
- (3) 低電圧動作  $V_{DD} = 3.4\text{V}$
- (4) 20 dBのゲインコントロール可能

## 2.2 送信受信切替スイッチの製品概要

第二世代コードレス電話は、送信と受信を同一の周波数で行う TDD 方式を採用しているため、送信と受信の切替スイッチを用いる。このスイッチに要求される性能は、挿入損失が低くアイソレーションの高いこと、さらに小型化、超高速の切替動作などが挙げられる。この仕様を表 2 に示す。

この IC は小型化に対応するため表面実装タイプの 10 ピン SOP パッケージ (10P2 タイプ) を採用した。このピン配置を図 4 に示す。

今回開発した送信受信切替スイッチの MGF 7051 の特長は以下のとおりである。

- |                 |               |
|-----------------|---------------|
| (1) 低挿入損失       | 1 dB 以下 (最大)  |
| (2) アイソレーション    | 20 dB 以上 (最小) |
| (3) 小型モールドパッケージ | 10 ピン SOP     |
| (4) 超高速切替え可能    | 11 ns (標準値)   |

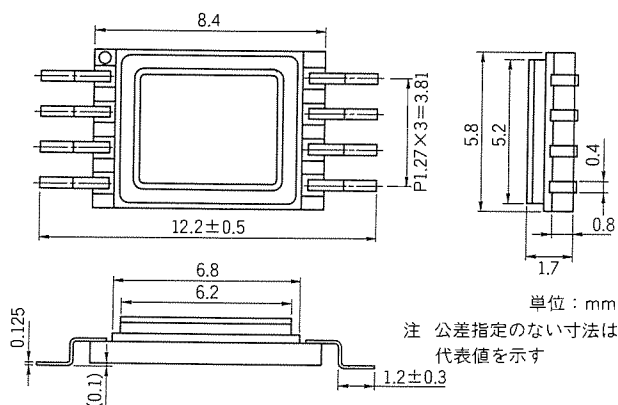


図 2. 送信用増幅器パッケージの外形

- (5) 広帯域動作  $0.8 \sim 2\text{GHz}$

## 3. GaAsMMICの設計

### 3.1 送信用増幅器の設計

今回開発した MGF 7122 の設計に関して以下に述べる。この GaAsMMIC は、34 ~ 35 dB のゲインを必要とするため、アンプ 3 段の構成とした。また、量産性及び将来のモールド化を考慮し、入出力の整合回路を内蔵した 1 チップ構成である。

#### (1) 送信用増幅器のプロセス

この送信用増幅器に用いたプロセスは、主に宇宙用等に使用されていた高周波領域で高出力・高効率\*が得られる MES FET (Metal Semiconductor Field-Effect Transistor) のプロセスを用いた。ゲート長  $0.7\mu\text{m}$  ルールのプロセスであり、FET のほかに整合回路を構成するスパイラルインダクタ及び MIM (Metal Insulator Metal) キャパシタを内蔵している。これらの模式図を図 5 に示す。また、20 dB のゲインコントロールを行うため 3 段増幅器の初段及び 2 段目の FET にデュアルゲート FET を採用している。

#### (2) 送信用増幅器の回路設計

回路構成は 34 ~ 35 dB のゲインを得るため FET の 3 段構成とし、入力部は抵抗整合、各段の段間整合は複素整合を用いて設計した。出力段の整合回路はスパイラルインダクタ

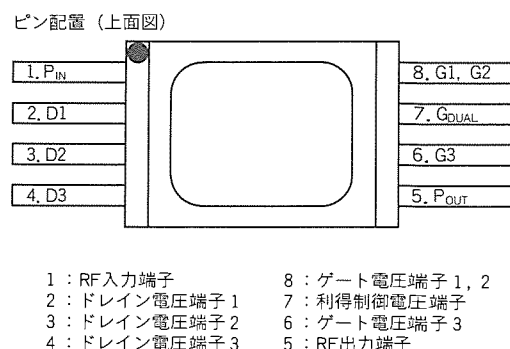


図 3. 送信用増幅器のピン配置

表 2. 送信受信切替スイッチの製品仕様

項目	記号	測定条件	規格値			単位
			最小	標準	最大	
制御電圧 (on)	$V_C$			0		V
制御電圧 (off)	$V_C$			-5		V
周波数帯域	$f$		0.8		2.0	GHz
VSWR (ON)	$\rho_{\text{com}, 1, 2}$	$V_C / \bar{V}_C = 0\text{V} / -5\text{V}$ or $-5\text{V} / 0\text{V}$ @ $f = 0.8 \sim 2.0\text{GHz}$ $Z_{\text{com}} = Z_1 = Z_2 = 50\Omega$		1.1		—
VSWR (OFF)	$\rho_{1, 2}$			12		—
挿入損失	$I_{\text{ns}}$			0.8	1	dB
アイソレーション	$I_{\text{so}}$			20	24	dB
入力電力 (1 dB 圧縮)	$P_{\text{com}, 1, 2}$		23	25		dBm
制御電流	$I_C$			0	-50	$\mu\text{A}$
立ち上がり, 立ち下がり時間	$T_{\text{rise}}, T_{\text{fall}}$			7		ns

と MIM キャパシタを用いて構成している。特にリニアリティを要求されるため、動作級を AB 級で設計した。

(3) 送信増幅器のパッケージ

この送信増幅器のパッケージには小型化に対応するためと赤外線はんだリフローに対応するため 8 ピン SOP タイプのセラミックパッケージとした。さらに、気密性を増すためハーメチックシールタイプとした。

3.2 送信受信切替スイッチの設計

送信受信切替スイッチの特性としては、低い挿入損失・高いアイソレーションが要求される。また、低コスト化のためにモールドパッケージの採用は不可欠である。したがって、モールドパッケージ品の信頼性を考慮した設計が必要となってくる。

(1) 送信受信切替スイッチのプロセス

この MMIC の設計に際して、モールドパッケージの採用は必ず(須)の条件である。したがって、耐湿性に優れたプロセスを用いる必要があり、また特性の面から 10V 以上の耐圧が必要となる。今回は、これらに対応するためイオン注入プロセスによる MESFET を用いた。

(2) 送信受信切替スイッチの設計

この設計に関しては低い挿入損失と高いアイソレーションをとるためパターン設計時、各素子のパターン配置に配慮し

た。さらに、入力されるパワーを考慮して FET のサイズを、またモールド化を考慮して FET の種類を決定した。

(3) 送信受信切替スイッチのパッケージ

パッケージに関しては、小型化の要求にこたえるため 10 ピンの SOP タイプとした。このパッケージフレームについては低挿入損失を考慮すると高アイソレーションはとれず、逆に高アイソレーションを考慮すると低挿入損失がとれないといった相反する特性であるため、今回は低挿入損失を重視した設計とした。

4. 電気的特性

今回開発した送信増幅器及び送信受信切替スイッチの特性評価結果を以下に述べる。

4.1 送信増幅器の電気的特性

送信増幅器については、入出力特性、相互変調ひずみ、さらにデジタルの評価として隣接チャネル漏えい電力、占有帯域幅などの評価を行ったのでその結果を示す。

(1) 入出力特性

この増幅器は線形性を要求されるので動作級として AB 級の設定とした。評価条件は  $V_{DD} = 3.4V$ ,  $I_{ds} = 250mA$  とした。評価結果は図 6 のとおり。 $P_{IN} = -14dBm$  のとき

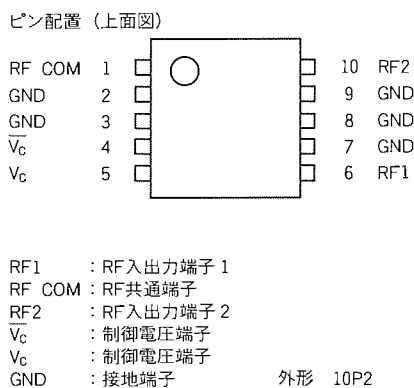


図 4. 送信受信切替スイッチのピン配置

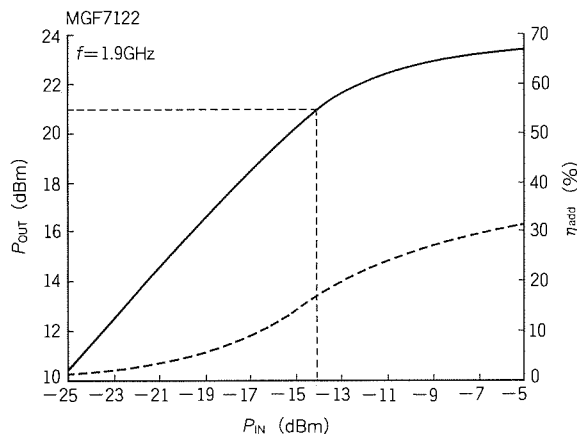


図 6. 送信増幅器の入出力特性及び効率特性

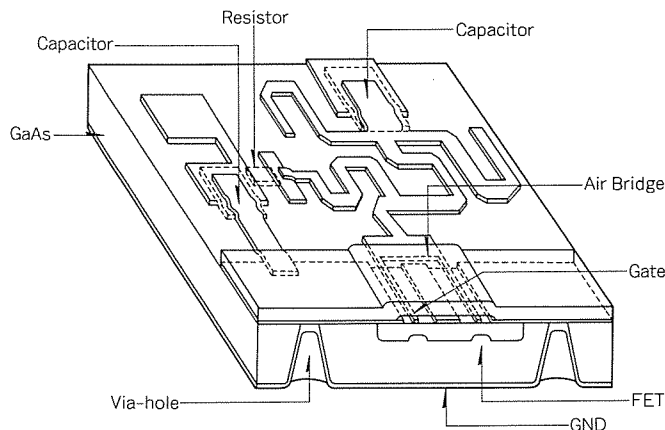


図 5. GaAsMMICチップの模式図

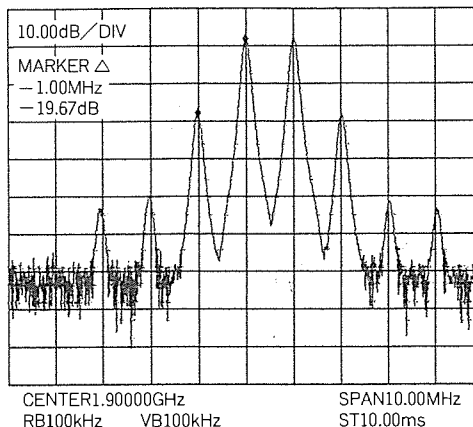


図 7. 送信増幅器の相互変調ひずみ特性

$P_{OUT} = 21\text{dBm}$ , 利得 = 35dB が得られている。

(2) 相互変調ひずみ特性

増幅器の線形性の目安として IM3 (3rd Intermodulation) を評価した結果は図7のとおり。評価条件は  $V_{DD} = 3.4\text{V}$ ,  $I_{ds} = 250\text{mA}$ ,  $P_{OUT}(\text{total}) = 21\text{dBm}$  とした。このとき IM3 は  $-19.7\text{dBc}$  が得られている。

(3) 隣接チャネル漏えい電力及び占有帯域幅

デジタルの特性評価として, PN9 ランダムパターンのデジタル信号を用いて  $\pi/4$  シフト QPSK の変調信号を増幅器に入力したときの隣接チャネル漏えい電力及び占有帯域幅の評価を行った。結果は図8のとおり。評価条件は  $V_{DD} = 3.4\text{V}$ ,  $I_{ds} = 250\text{mA}$ ,  $P_{OUT} = 21\text{dBm}$  とし, 600kHz 離調・900kHz 離調時の隣接チャネル漏えい電力はそれぞれ  $-57\text{dBc}$ ,  $-65\text{dBc}$ , また占有帯域幅は 257kHz と良好な結果が得られている。

(4) 利得制御特性

今回開発した送信用増幅器は 20dB のゲインコントロールを行うため, 初段及び 2 段アンプにデュアルゲート FET を採用している。このデュアルゲート FET に印加される電圧とゲインの特性を図9に示す。この結果からデュアルゲート

コントロール端子の印加電圧を制御することで 20dB のゲインコントロールが可能であることが分かる。

4.2 送信受信切替スイッチの電気的特性

この特性評価としては挿入損失, アイソレーションを中心に評価した。この特性結果を以下に示す。

(1) 挿入損失

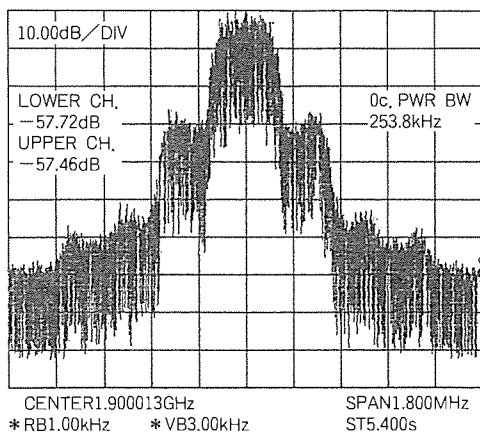
スイッチの制御電圧を  $0\text{V}/-5\text{V}$  としたときの挿入損失は図10のとおりで, 動作周波数 1.9GHz のとき 0.8dB (標準) 以下と良好な結果が得られている。

(2) アイソレーション

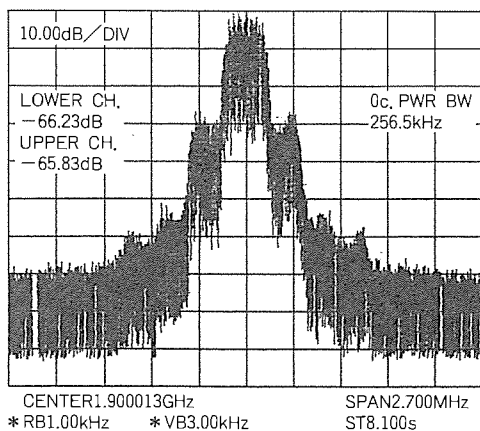
スイッチの制御電圧を  $0\text{V}/-5\text{V}$  としたときのアイソレーションは図10のとおりで, 動作周波数 1.9GHz のとき 24dB (標準) と良好な結果が得られている。

(3) スwitching特性

スイッチの制御電圧を  $0\text{V}$  から  $-5\text{V}$ , また  $-5\text{V}$  から  $0$



(a) 600kHz離調



(b) 900kHz離調

図8. 送信用増幅器の隣接チャネル漏えい電力特性

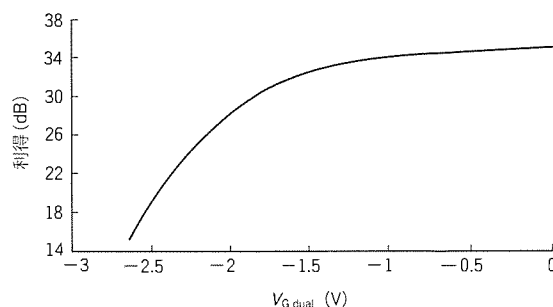
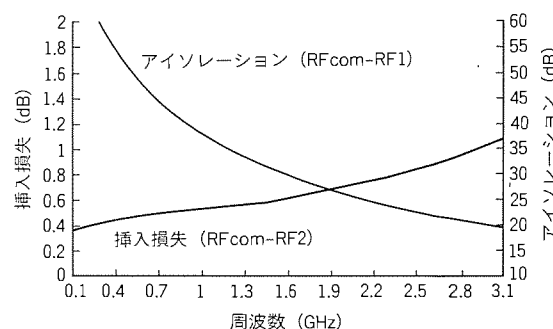
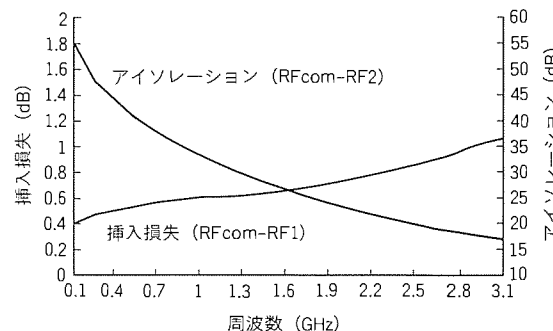


図9. 送信用増幅器の利得制御特性



(a)  $\bar{V}_C = -5\text{V}$ ,  $V_C = 0\text{V}$ 時



(b)  $\bar{V}_C = 0\text{V}$ ,  $V_C = -5\text{V}$ 時

図10. 送信受信切替スイッチの挿入損失特性及びアイソレーション特性

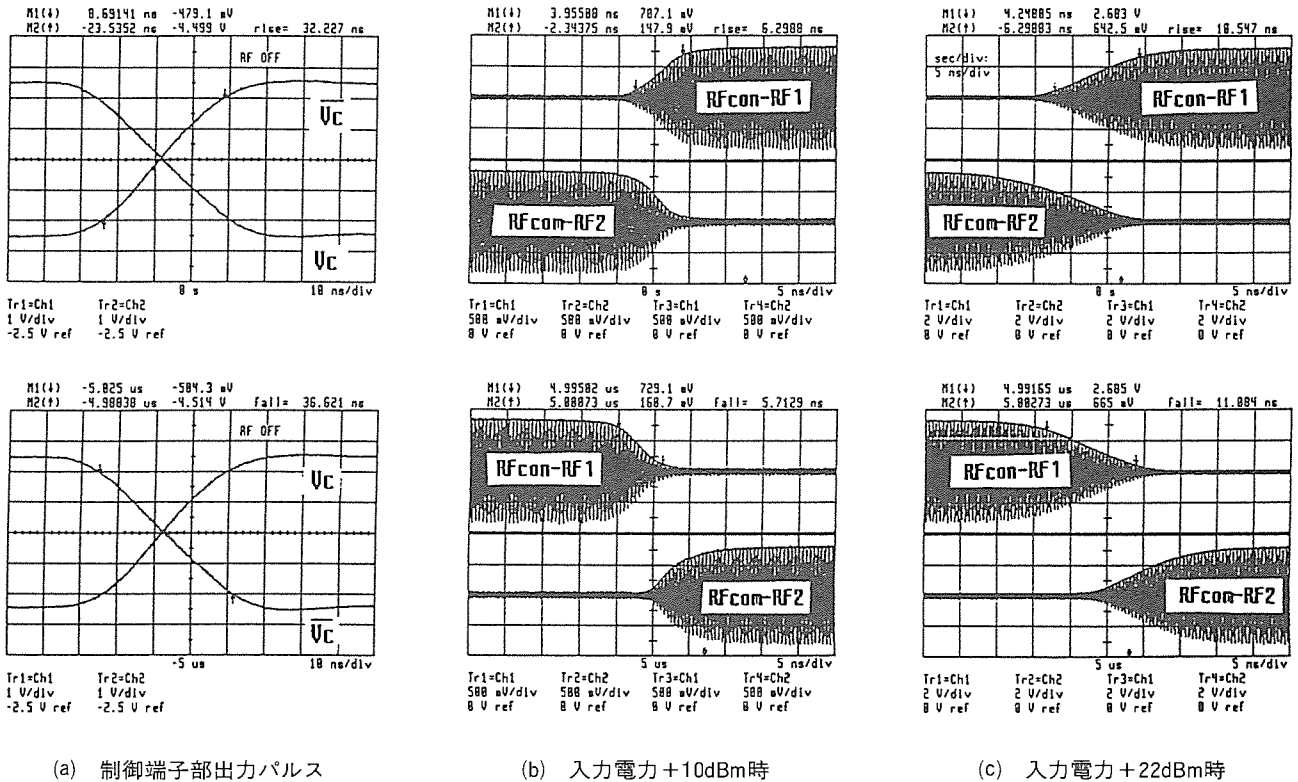


図11. 送信受信切替スイッチのスイッチング特性

V と変化させたときのスイッチング特性は図11のとおりで、入力周波数1.9GHz，入力電力+22dBm のとき，立ち上がり及び立ち下がり時間は約11ns（標準）である。したがって，高速切替えが可能である。

### 5. む す び

このデジタルコードレス電話はアナログ及びデジタル携帯電話の簡易版として，屋外での使用を目的として来年以降大幅な伸びが期待されており，各メーカーとも来年の実用化を目指して開発を進めている。内蔵されるデバイスに対しては，アナログコードレス電話との競争力を増すため低価格

化の要求が非常に強い。今回開発した GaAsMMIC についても低価格化の要求は強く，来年の実用化までには増幅器のモールドパッケージ化を実現し価格要求にこたえていく。さらに，高集積化を図ることでコストパフォーマンスを増し，システムチップ的な開発も行う予定である。

また，ヨーロッパにおいて PHP とほぼ同じ周波数を用いる DECT (Digital European Cordless Telecommunications) の開発，アメリカにおける PCS (Personal Communication System) の開発も進んでおり，これらの市場にもアクセスしていく計画である。

# 移動体通信用PLL周波数シンセサイザIC

伊賀哲也\*  
加藤直之\*

## 1. ま え が き

高度情報化の進展に伴い、移動通信に対する需要が大きく拡大している。一般家庭においてアナログコードレス電話の普及が当たり前のような状況であり、自動車電話、携帯電話の需要も著しく増加している。このような状況の中で21世紀の高度情報化社会に向けて、“いつでも、どこでも、だれとでも”というパーソナル通信の究極の目的を達成するため、ハンディで大収容化を可能とする次世代携帯電話の実用化が不可欠である。

本稿では、デジタルコードレス電話用 PLL (Phase-Locked Loop) 周波数シンセサイザ IC である M64085GP, M64086GP の仕様と性能を中心に説明する。

## 2. 開 発 方 針

デジタルコードレス電話は1章でも述べたように、ハンディであることが特長であり、どこでも持ち運ぶので電池の容量、端末の大きさ、通話時間等を考慮すれば送信電力は小電力のものとなる。したがって、ゾーン構成はマイクロゾーン(微小ゾーン)となって通話中にゾーンを移行する確率が大きくなり、通話を継続させるためには移行先ゾーンの周波数に切り替えさせる必要がある。また、アクセス方式では基地局の経済性を考えて、TDMA (Time Division Multiple Access) 方式又は FDMA/TDD (Frequency Division Multiple Access/Time Division Duplex) 方式、TDM A/TDD 方式が主流である。

以上のようなことを踏まえてデジタルコードレス電話用 PLL IC の開発方針を以下にまとめる。

- (1) 低消費電力製品を供給すること。
- (2) 小型な製品にすること。
- (3) 高速ロックアップ機能をもった製品にすること。

## 3. デジタルコードレス電話とPLL

### 3.1 代表的なデジタルコードレス電話の種類

#### 3.1.1 M64085GP対応

- (1) パーソナルハンディホン (PHP)

標準化の主体 : 日本

主な提供サービス: デジタルコードレス電話

周波数帯 : 1.9GHz 帯

アクセス方式 : TDMA/TDD

変調方式 :  $\pi/4$ シフト QPSK

多重数 : 4チャンネル

- (2) DECT (欧州デジタルコードレス電話)

(Digital European Cordless Telecommunications)

標準化の主体 : 欧州 (ETSI)

主な提供サービス: デジタルコードレス電話

周波数帯 : 1.9GHz 帯

アクセス方式 : TDMA/TDD

変調方式 : GMSK

多重数 : 12チャンネル

#### 3.1.2 M64086GP対応

- (1) CT-2

標準化の主体 : 英国

主な提供サービス: デジタルコードレス電話

周波数帯 : 800MHz 帯

アクセス方式 : FDMA/TDD

変調方式 : FSK

多重数 : 40チャンネル

- (2) GSM (欧州規格デジタル自動車電話)

(Group Special Mobile)

標準化の主体 : 欧州 (CEPT, ETSI)

主な提供サービス: デジタル自動車電話

周波数帯 : 800MHz 帯

アクセス方式 : TDMA

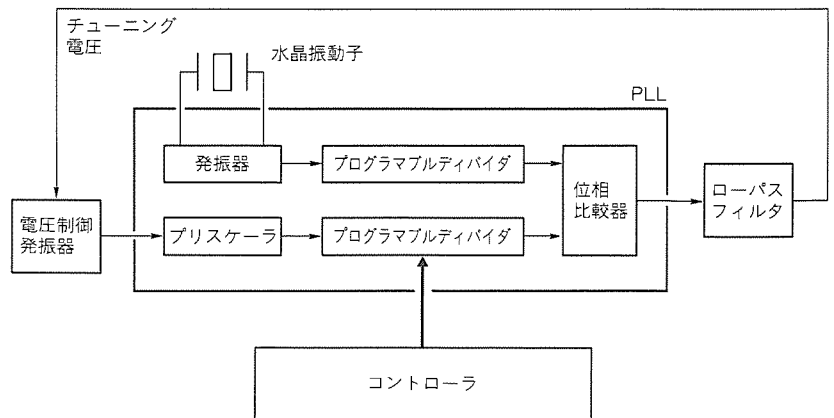


図1. PLL周波数シンセサイザ基本構成

変調方式 : GMSK  
 多重数 : 8チャンネル

### 3.2 PLL周波数シンセサイザ技術

#### 3.2.1 周波数設定

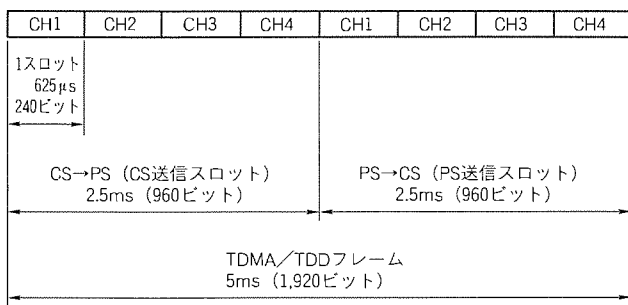
PLL周波数シンセサイザによる電子選局の基本構成を図1に示す。電圧制御発振器(VCO)の発振周波数 $F_{VCO}$ は、以下の式で表される。

$$F_{VCO} = N \cdot f_{REF} \dots\dots\dots (1)$$

ここで、 $f_{REF}$ は比較周波数と呼ばれており、パーソナルハンディホンの場合、メインで300kHzである。 $N$ は、コントローラからのデータによって変えられるプログラマブルディバイダの分周比である。式(1)に従い、VCOの発振周波数 $F_{VCO}$ を $f_{REF}$ ステップで可変させることにより、送受信周波数を設定することが可能となる。

#### 3.2.2 切替時間(ロックアップタイム)

デジタルコードレス電話は、アクセス方式が特有のTDMA/TDD方式等となっているため、アナログコードレス電話に比べてより速い切替時間が要求される。パーソナルハンディホンを例にとり、そのフレーム構成、送受信タイミングを図2、図3に示す。パーソナルハンディホンのTDMAフレーム時間は5msで送信4スロットの2.5ms、受信4スロットの2.5msで構成されている。家庭用での切替時間を



CS: 基地局  
 PS: 移動局

図2. PHPのTDMA/TDDフレーム構成

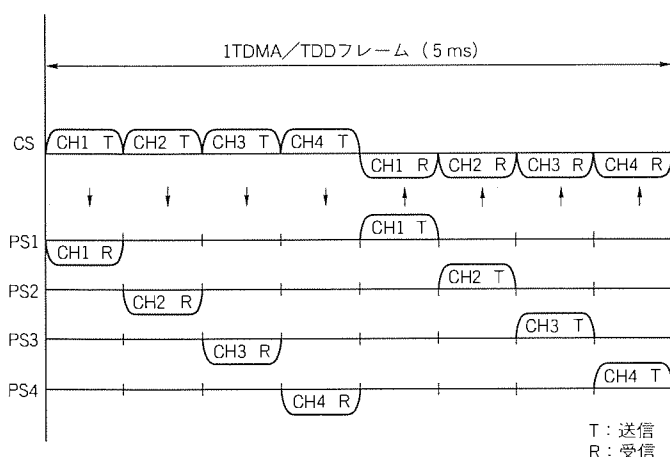


図3. PHPのTDMA/TDD送受信タイミング

考えると、親機-子機間で送信/受信に各々1スロットを使用するため周波数切替えとしては以下の式の時間内に完了しなければならない。

$$2.5 - (2.5/4) = 1.875\text{ms} \dots\dots\dots (2)$$

式(2)からマージンを考慮すれば1.5ms以内となる。

さらに、通話を維持しながら他のチャンネル(CH)へ切り替える(モニタ)場合、受信時に受信スロットでロックし信号を受信した後すぐに他のCH周波数に切り替えてキャリアセンスし、またすぐに送信スロットに切り替える必要があるため、より速い切替時間が要求される。このときのキャリアセンスするための切替えとしては以下の式の時間内に完了しなければならない。

$$(2.5 - 2 \times 2.5/4) / 2 = 0.625\text{ms} \dots\dots\dots (3)$$

式(3)からマージンを考慮すれば0.5ms以内となる。

以上のように、デジタルコードレス電話ではかなり速い切替時間が要求される。ロックアップタイムの短縮として様々な方式が提案されているが、以下に例を挙げる。

#### (1) $\omega_n$ の切替え

周波数を切り替えるときに、PLL周波数シンセサイザのループ系の中のローパスフィルタの時定数を低減することで $\omega_n$ を大きくすることにより、ロックアップを高速化する。

#### (2) ループゲインの切替え

周波数を切り替えるときに、チャージポンプ等の能力を上げることでループゲインを高くすることにより、ロックアップを高速化する。

#### (3) D-Aコンバータの併用

周波数を切り替えるときに、VCOの目的周波数に対応する制御電圧をD-Aコンバータを用いて与え、周波数同期時間を短くしてロックアップを高速化する。

## 4. 製品の紹介と特長

今回開発したデジタルコードレス電話用PLL周波数シンセサイザIC M64085GP/M64086GPの内容と特長を述べる。

まず、M64086GPのピン配列を図4に、ブロック図を図5に示す。また、M64085GP、M64086GPの主な電気的特性を表1に示す。

### 4.1 製品概要

今回開発したIC M64085GP/M64086GPは、1.75GHz/300MHz帯(M64085GP)、1GHz/300MHz帯(M64086GP)の2系統1チップPLL周波数シンセサイザである。高性能BiCMOSプロセスを採用することにより、M64085GPで1.75GHz、M64086GPでは1.1GHzまで直接入力可能な1/64、1/65の2モジュラスプリスケラと310MHzまで直接入力可能な1/16、1/17の2モジュラスプリスケラとを内蔵しており、機器の小型化に貢献する。

### 4.2 主な特長

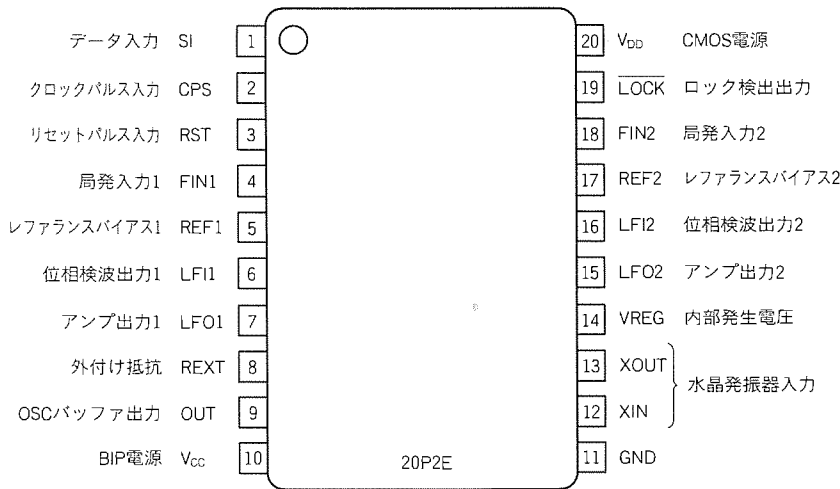


図4. M64086GPの配列

次に主な特長を説明する。

#### 4.2.1 プリスケラ内蔵

デジタルコードレス電話では、基地局ゾーンが微小化されることと、広い周波数帯域を確保できることなどから、使用周波数帯が準マイクロ波帯であることにより、当然PLL周波数シンセサイザでもそれ相当の高周波が要求される。

このICでは、高性能BiCMOSプロセスを用い、ECL構成のフリップフロップ回路を構成することにより、低消費電力の高速プリスケラを実現した。

M64085GP ..... 1.75GHz プリスケラ内蔵

M64086GP ..... 1.1GHz プリスケラ内蔵

#### 4.2.2 分周比の設定範囲

デジタルコードレス電話では、様々な周波数帯域、様々なチャンネル間隔が使用され、またシンセサイザの回路構成によってPLLに使われるVCOの周波数や、水晶振動子の周波数には様々な周波数が考えられる。このことから、種々の仕様に対応するには分周比の設定としては広範囲な値が要求される。

##### (1) M64085GP

1.75GHz 用 .....  $N = 4,096 \sim 131,071$

300MHz 用 .....  $N = 256 \sim 131,071$

比較周波数用 .....  $N = (3 \sim 1,023) \times 2$

##### (2) M64086GP

1GHz 用 .....  $N = 4,096 \sim 131,071$

300MHz 用 .....  $N = 256 \sim 131,071$

比較周波数用 .....  $N = (20 \sim 1,023) \times 2$

#### 4.2.3 VCO 2 用比較周波数設定用 $1/n$ カウンタ

デジタルコードレス電話では、チャンネルコーディングにインタリーブ方式をとっているものがあるが、VCO 2 を 2nd ミクサや変調器に使うときに、VCO 1 の  $f_{REF}$  と VCO 2 の  $f_{REF}$  が異なる場合がある。これに対応するために、このICでは  $1/n$  カウンタを内蔵しており、VCO 2 用の比較周波数を VCO 1 用に設定した比較周波数の  $1/n$  ( $n = 1 \sim 8$ ) に設

定することが可能である。

##### (1) 局発 1 側の比較分周の総分周比 $N$

$$N(f_{REF1})$$

$$N(f_{REF1}) = 2 \times P$$

$$P = 3 \sim 1,023 \text{ (M64085GP)}$$

$$P = 20 \sim 1,023 \text{ (M64086GP)}$$

##### (2) 局発 2 側の比較分周の総分周比 $N$

$$N(f_{REF2})$$

$$N(f_{REF2}) = 2 \times P \times n$$

$$n = 1 \sim 8$$

#### 4.2.4 小型面実装パッケージ

デジタルコードレス電話では、ハンドセットの小型化のために高密度実装が要求される。

M64085GP/M64086GP は、リードピッチ 0.65mm の 20ピンフラットパッケージ (20P2E) を採用することによって面実装を可能とし、機器の小型化に貢献する。

#### 4.2.5 P/Nセレクト機能

シンセサイザの回路構成として、ローパスフィルタをアクティブタイプかパッシブフィルタタイプにするか、またVCOの発振周波数がチューニング電圧に対して正極比例タイプか負極比例タイプかの場合が考えられる。このICではシリアルデータによる位相比較器の極性切替機能をもっているため、比較周波数の位相に比べて局発分周出力の位相の遅れ、進みによるチャージポンプ出力電流のソース、シンク状態の極性を切り替えることができ、ローパスフィルタ、VCOをどちらのタイプにしても対応することができる。

#### 4.2.6 高速ロックアップ

PLLの基本動作は、外部からのデータに応じて所定の周波数にロックすることである。このロックするまでの時間はロックアップタイムと呼ばれPLLの重要な特性の一つとなっている。

3章でも述べたように、デジタルコードレス電話ではパーソナルハンディホンに代表されるようにアクセス方式がTDMA/TDD方式などであるため、より高速のロックアップが要求される。

##### (1) チャージポンプカレントコントロール

このICでは、高速ロックアップを実現するため、チャージポンプの能力を変えられるチャージポンプカレントコントロール機能をもっている。チャージポンプカレントは、3ビットシリアルデータにより各ループ独自に設定可能である。

- ソース電流  $I_{SOURCE} = -\alpha \times I_0$ ,  $\alpha = 0 \sim 7$

- シンク電流  $I_{SINK} = +\alpha \times I_0$ ,  $\alpha = 0 \sim 7$

$$0.2\text{mA} \leq I_0 \leq 2\text{mA}$$

##### (2) カウンタ同期立ち上げ機能

デジタルコードレス電話に限らず移動体通信機では、バッテリーの消費電力を抑えるためにPLL周波数シンセサイザ

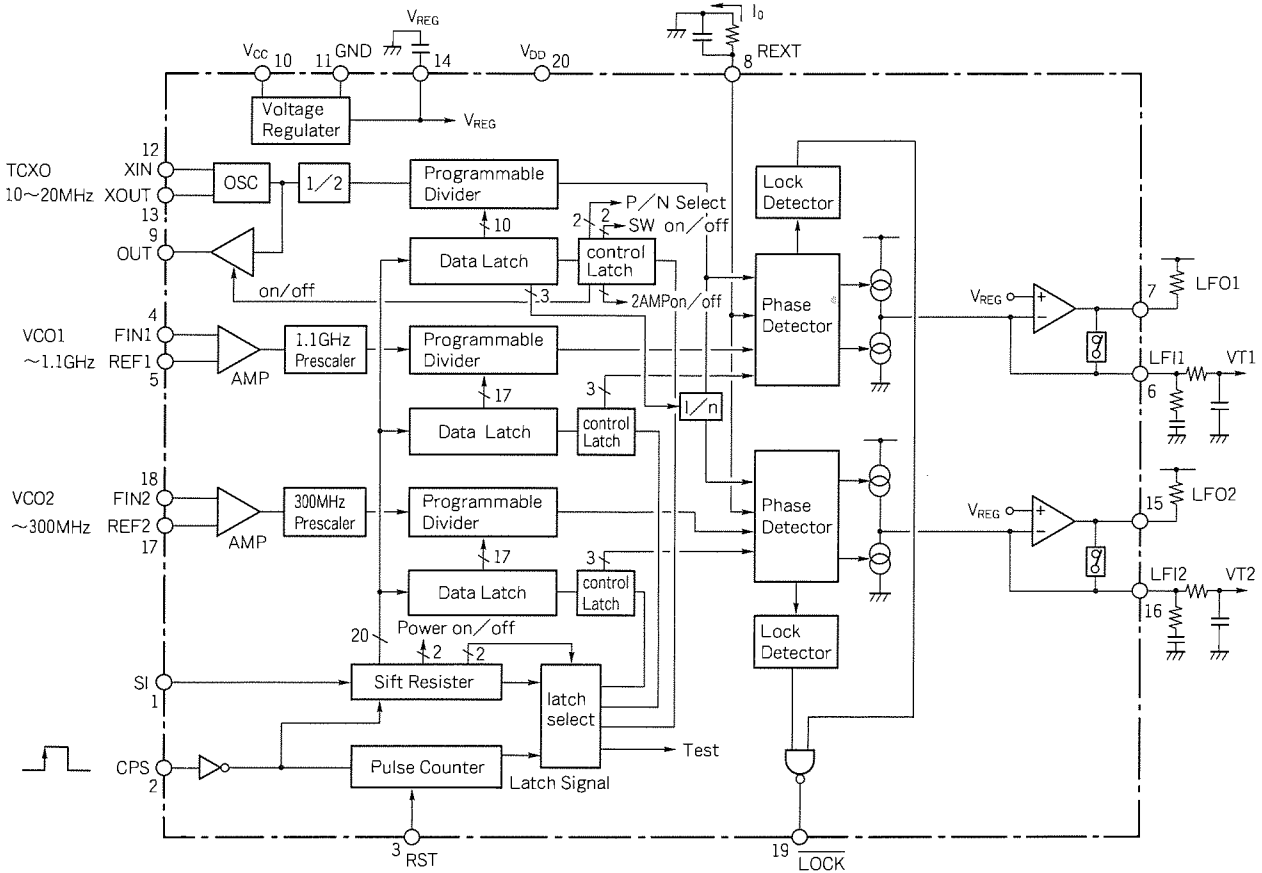


図 5. M64086GPのブロック図

を必要な時間だけ動作させ、それ以外は休止させるという間欠動作（パワーセーブ機能）と呼ばれる方法をとる。この待受時から動作時に変わるときのロックアップタイムを短縮するために、このICではカウンタ同期回路を内蔵している。

このPLL周波数シンセサイザは、VCOの出力をプリスケラ、プログラマブルディバイダによって分周したものと、水晶発振器による発振周波数をプログラマブルディバイダによって分周された基準周波数とを、位相比較器で位相比較してチャージポンプに伝える。待受時（パワーセーブ状態）から動作時へ変わるときに、VCOの出力を分周するプログラマブルディバイダのカウンタと、基準周波数を得るプログラマブルディバイダのカウンタとを、基準周波数を使用して同期をとりながらカウントを開始させる。待受時は位相比較器に、チャージポンプの出力をハイインピーダンスとなるような信号を送り、待受けから動作へ切り替えるときに、位相比較器に入る二つの分周信号の位相差を極力小さくした上で動作を開始させるため、ロックアップタイムを短縮することができる。

(3) アナログスイッチ内蔵

上記でも説明したように、待受時（パワーセーブ状態）にはチャージポンプ出力がハイインピーダンス状態となるため、ローパスフィルタのリークやチャージポンプ自体のリークなどにより、VCOの発振周波数をコントロールするチューニング電圧が下がり、VCOの発振周波数が低下する（条件：

ローパスフィルタがパッシブタイプ、チューニング電圧に対して発振周波数が正極比例するVCO使用）。そのため、条件によっては待受時にVCOの発振周波数が、PLL周波数シンセサイザの実際に使われる周波数外の周波数になる。

このICでは、アンプとアナログスイッチを用いて、チャージポンプの出力をアンプの-入力に、内部発生電位（ $V_{REG}$ ）出力をアンプの+入力に接続し、アンプ出力とチャージポンプ出力間をアナログスイッチで接続している（図5参照）。これにより、待受けから動作に切り替えるときにアナログスイッチをオンにしてVCOの発振周波数チューニング電圧を $V_{REG}$ に設定する（内部発生電圧 $V_{REG}$ は実際使用されるチューニング電圧の範囲内）。このときチャージポンプ出力はハイインピーダンスとなるように位相比較器は制御される。

PLL周波数シンセサイザが待受けから動作に切り替わるときの、VCOの発振周波数の差が小さくなるため、ロックアップタイムは短縮される。

また、4.2.6項(2)で説明したカウンタ同期立ち上げは、このアナログスイッチと連動されており、アナログスイッチがオンのときは局発用のプログラマブルディバイダはリセットされ、アナログスイッチがオフになるとカウントを開始する。

4.2.7 ロック検出出力

PLL周波数シンセサイザのロック/アンロック状態表示



表 1. 主な電気的特性

	M64085GP	M64086GP
動作電源電圧	2.7~5.5V	↔
動作周囲温度	-30~85°C	↔
電源電流		
2ループオン時	20mA	12mA
メインループのみオン時	18mA	9mA
ローカルループのみオン時	8mA	4mA
オフ時	10μA以下	↔
動作周波数範囲		
メインループ	1~1.75GHz	700M~1.1GHz
ローカルループ	100~310MHz	↔
OSC	10~20MHz	↔
入力感度使用範囲		
メインループ	200~800mV <sub>P-P</sub>	↔
ローカルループ	100~400mV <sub>P-P</sub>	↔
OSC	0.8~2.0mV <sub>P-P</sub>	↔

出力により、システム誤動作時の異常電波の放出を防止することができる。ロック検出の方式としては、局発分周出力の位相と比較周波数との位相の差が、OSCの発振周期の1/8以下(例えば、OSCの発振周波数が12.8MHzのとき $\Delta t = 8/12.8 \text{ MHz} \approx 625 \text{ ns}$ )になった状態が比較周波数の15周期継続したとき(ロックカウンタが15回継続してカウントしたとき)ロックと判定する。

比較周波数の1周期でも位相差がOSCの発振周期の1/8以上になると、ロックカウンタのカウント数はリセットされる。また、ロックと判定された後でも比較周波数の1周期でも位相差がOSCの発振周期の1/8以上になると、アンロックと判定し、ロックカウンタのカウント数もリセットされる。

片方のPLL系電源がオフのときには、もう片方のPLL系のみでロック判定を行う。

#### 4.2.8 位相特性

位相比較器は、局発分周出力( $f_{VCO}/N$ )の位相と比較周波数( $f_{REF}$ )の位相とを比較し、その位相差をチャージポンプに伝える。チャージポンプはその位相差に応じた電荷を流入(SINK)、流出(SOURCE)する。

位相特性的には、 $f_{VCO}/N$ と $f_{REF}$ との位相差と、チャージポンプから流出/流入される電荷量の関係は、理想的には原点を通る比例直線関係であるのが望ましい。けれども、回路の構成によっては不感帯(デッドゾーン)をもつ特性になる。この不感帯とは、位相差が微小なときに、チャージポンプから電荷の流入/流出がみられない(チャージポンプが応答しない。)位相差領域のことであり、位相差が0付近に存

在する。PLL周波数シンセサイザのループにおいて、この不感帯が存在すると、ロックしたときの周波数が不安定となり、SN比、CN比の劣化の原因となる。

この不感帯の問題に対する様々な解決法の一つに、オーバーラップ方式がある。この方式では、位相比較器内に遅延手段を設けて、いかに位相差が小さくても(同相でも)チャージポンプを十分に動作させ得る出力幅をもったパルス有位相比較器から出力する。このパルスの最小時間幅は、遅延手段によって制御される。しかし、ループ系においてチャージポンプから常に電荷の流入/流出があるため、過度の遅延が加わるとスプリアスの増大の原因となる。

このICでは、オーバーラップ方式を採用しており、過度の遅延を防ぐ(必要最小限の遅延を得る。)ように、この遅延をコントロールできる。チャージポンプは可変定電流タイプであるが、電流値によってチャージポンプの応答最小パルス幅が異なる。チャージポンプの電流が大きくなると、応答できる最小パルス幅は小さくなる傾向にある。したがって、位相比較器内の遅延手段による遅延時間をチャージポンプの電流値によってコントロールし、必要最小限の位相比較器の出力パルス幅を得ることでスプリアスを抑える。

## 5. む す び

高度のプロセス・回路技術を用いて、デジタルコードレス電話用のPLL周波数シンセサイザICを開発した。低消費電力・小型化を実現するとともに、高速ロックアップ機能を内蔵した。

今後の製品展開として、この品種をコアとしてVCOなどの周辺を取り入れる製品を開発計画中である。

これらの製品展開に当たっては、コア品種自身の特性改善を徹底的に推進するとともに、テスト等の量産技術についても合理化を図る必要がある。

## 参 考 文 献

- (1) 飯塚周一：日本版テレポイント誕生へ、テレコミュニケーション、28~33 (1990-6)
- (2) 加藤雅浩：携帯電話、日経エレクトロニクス、No.497、113~131 (1990-4-16)
- (3) 尾崎常道、村田栄一郎、藤森重造、小沢利行、小野晃二：コードレス電話開発動向とパーソナルハンディホン展望、日本工業技術センター (1991)

# Tandem-FETを用いた Ka帯モノリシック高出力増幅器

高木 直\* 柏 卓夫+  
清野清春\*\* 堀家淑恵++  
橋本 勉\*\*\*

## 1. ま え が き

ミリ波帯は、未使用の周波数が多いこと、他の通信システムとの干渉が少ないこと、通信端末の小型・軽量化が期待できることなどから、将来のパーソナル通信や移動体衛星通信等の周波数として期待されている<sup>(1)(2)</sup>。

このようなミリ波帯の送信用高出力デバイスとしては、従来、電子管やダイオードが用いられていたが、近年の半導体技術の進歩により、電界効果トランジスタ (Field-Effect Transistor : FET) や高電子移動度トランジスタ (High Electron Mobility Transistor : HEMT) 等の3端子デバイスがミリ波においても利得をもつようになり、安定動作が容易でかつIC化に適したこれらの3端子デバイスが用いられるようになってきた。また、ミリ波回路は導波管回路が主流であったが、半導体素子との適合性が良く、また小型・軽量化が可能なマイクロ波集積回路 (Microwave Integrated Circuit : MIC) が用いられつつある。特にモノリシックMIC (Monolithic Microwave Integrated Circuit : MMIC) は、半導体素子と入出力回路とが同一半導体基板上に一体構成されるので、半導体素子と入出力回路との接続部に起因する寄生リアクタンスの影響を低減でき、高周波特性が改善されることから、ミリ波帯の高出力増幅器に有用である。

一般に、FET増幅器の高出力化は、多数の単位FETを隣接して配置し、FETのゲート幅を増大することによって行われる。しかし、単純にゲート幅を増大する方法では、FET寸法が波長に比べて無視できなくなる高周波領域で、単位FETの振幅差及び位相差により、出力が効率良く引き出

せなくなる問題がある。これを解決する方法として、大ゲート幅FETを数個の小さなFETセルに分割し、各FETセルの出力をWilkinson結合器で合成するモノリシック電力合成FETを提案し、これを適用した28GHz帯で出力1Wの増幅器を開発した<sup>(3)</sup>。しかし、更に周波数が高くなるミリ波帯では、電力分配/合成器の損失や、FET自身の利得低下が大きくなり、高利得で高出力な増幅器を得ることが難しくなる。ミリ波帯におけるこれらの問題を解決するため、新しくTandem-FETを考案した。Tandem-FETは、短い伝送線路を介して直列に接続された2個のFETセルからなるFETであり、ミリ波帯においても高利得が得られる特長がある。このため、合成回路や整合回路の損失が大きなミリ波帯において、高利得で高出力なモノリシック増幅器を得るのに適している。

ここでは、上記Tandem-FETをそれぞれ4個、2個及び1個用いた3種類のモノリシック増幅器を試作した。4個のTandem-FETを用いたモノリシック増幅器で、周波数37GHzにおいて、直線利得 $G_L = 4.5$  dB、1 dB利得圧縮点出力 $P_{1dB} = 26.3$  dBm、飽和出力 $P_{sat} = 27.3$  dBm (0.54 W)の性能を得た。また、ここで開発した3種類のモノリシック増幅器を用いた多段FET増幅器モジュールを試作し、34~38GHzにおいて小信号利得15dB以上、37GHzにおいて最大出力27.8 dBm (0.6 W)の性能を得た。

## 2. Tandem-FETを用いた高出力増幅器の設計

### 2.1 Tandem-FET

図1にTandem-FETを用いたKa帯モノリシック高出力増幅器の構成を示す。4個のTandem-FETを用いた場合について示しており、増幅器はTandem-FETと入出力のインピーダンス整合回路を兼ねた電力分配/合成器とで構成される。

図2にTandem-FETの等価回路を示す。Tandem-FE

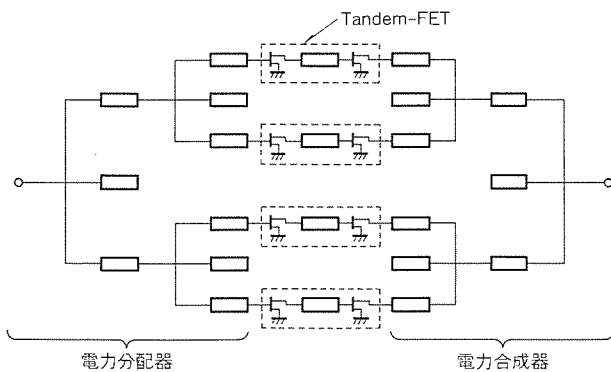


図1. Tandem-FETを用いた  
Ka帯モノリシック高出力増幅器の構成

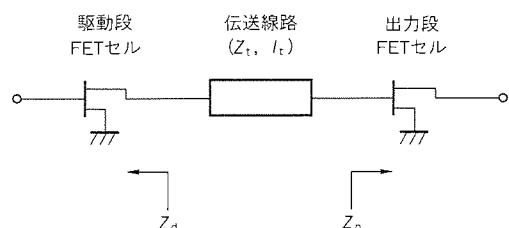


図2. Tandem-FETの等価回路

Tは、短い伝送線路を介して直列に接続された駆動段 FET セルと出力段 FET セルとから成り、以下の特長をもっている。

- (1) 短い伝送線路を介して2個のFETセルが直列に接続されているので、小型でかつ高利得である。
- (2) 通常のFETに比べ、最大有能電力利得  $G_{a(max)}$  の周波数特性が平坦であり、この結果広帯域特性を得ることが容易である。

駆動段及び出力段 FET セルは、それぞれ複数個の単位 FET から成る。図3にこれらのFETセルの構成モデルを示す。FETセルは、複数個の単位FETとこれらを接続する伝送線路とから成る。40GHz帯で動作させることを考慮して、単位FETのゲート長は0.5μm、ゲート幅  $W_g$  は150μmとしている。また、高利得化のため、半導体のエピタキシャル層の濃度は  $3 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$  としている。伝送線路の特性インピーダンス及び電気長は、FETのゲート電極及びドレイン電極の物理寸法から、それぞれ50Ω、6.5°(40GHz)としている。

ゲート幅150μmの単位FETのSパラメータ測定結果を用いてFETセルの最大有能電力利得  $G_{a(max)}$  を計算した。図4に単位FETの数  $N$  と  $G_{a(max)}$  との関係を示す。図から、 $N$ の増大に伴って、 $G_{a(max)}$ が減少することが分かる。

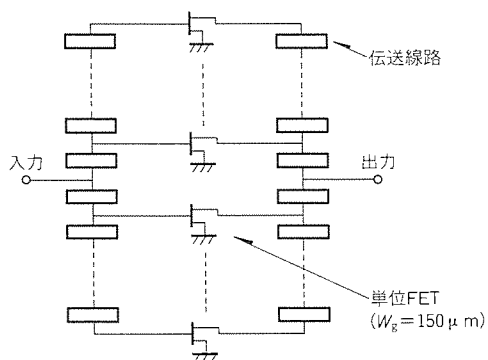


図3. FETセルの構成モデル

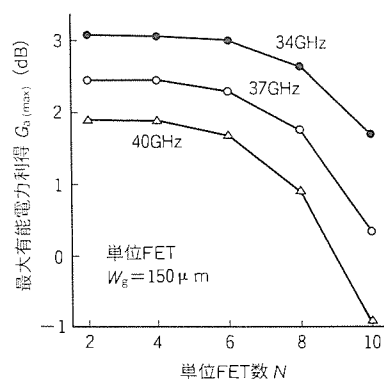


図4. 単位FETの数  $N$  とFETセルの最大有能電力利得  $G_{a(max)}$  との関係 (計算結果)

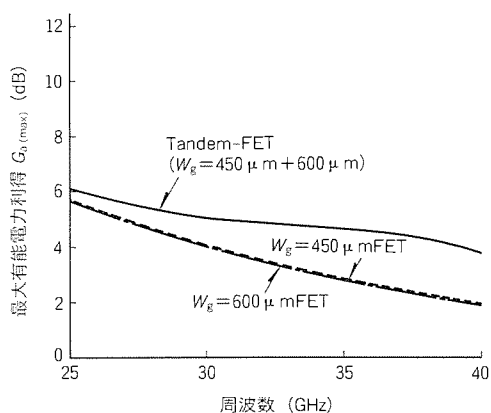


図5. Tandem-FETの最大有能電力利得  $G_{a(max)}$  (計算結果)

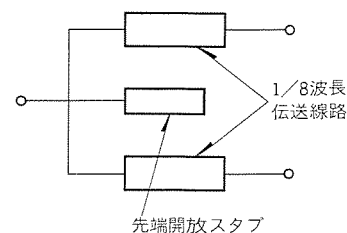


図6. 電力分配/合成器の構成

40GHzにおいて利得低下を0.1dB以下にするためには、 $N$ を4以下にする必要がある。この計算結果に基づき、出力段FETセルの  $N$  を4、すなわち、ゲート幅を600μmに選んだ。また、出力段FETセルを駆動し、かつ高利得を実現するため、駆動段FETセルの  $N$  は3 (ゲート幅450μm) に選んだ。

駆動段FETセルと出力段FETセルとを接続する伝送線路の特性インピーダンス  $Z_t$  及び長さ  $l_t$  は、次式の整合条件を満足するように選んだ。

$$Z_t = \sqrt{\frac{X_d^2 R_p - X_p^2 R_d}{R_d - X_d} + R_d R_p} \quad \dots\dots (1)$$

$$l_t = \frac{\lambda_g}{2} \tan^{-1} \left( \frac{(R_d - R_p) Z_t}{(R_d X_p - X_d R_p)} \right) \quad \dots\dots (2)$$

ここで、 $\lambda_g$  は波長、 $R_d$ 、 $X_d$  はそれぞれ駆動段FETセルの出力インピーダンス  $Z_d$  の抵抗成分及びリアクタンス成分、 $R_p$ 、 $X_p$  はそれぞれ出力段FETセルの入力インピーダンス  $Z_p$  の抵抗成分及びリアクタンス成分である。 $Z_d$ 、 $Z_p$  はゲート幅150μmの単位FETのSパラメータ測定値を用いて計算によって求めることができ、40GHzにおいて、 $Z_d = 3.6 - 7.3j (\Omega)$ 、 $Z_p = 12.8 - 27.5j (\Omega)$  となる。これらの値を式(1)、式(2)に代入すれば、 $Z_t = 16.3 (\Omega)$ 、 $l_t = 0.56$  (mm) となる。

図5にTandem-FETの  $G_{a(max)}$  の計算結果を実線で示す。図中、破線は比較のために示したゲート幅450μm及び600μmの単一FETセルの  $G_{a(max)}$  である。Tandem-FETの  $G_{a(max)}$  は、40GHzにおいて、単一FETセルの  $G_{a(max)}$  の約2倍になっている。また、40GHz以下の周波数帯で平坦な利得特性が得られている。

## 2.2 電力分配/合成器

図6に電力分配/合成器の構成を示す。並列に装荷された先端開放スタブと約1/8波長の伝送線路とで構成されている。先端開放スタブ及び伝送線路の寸法は、電力分配/合成とインピーダンス整合の条件を同時に満足するように決定し

ている。従来の電力分配/合成器として Wilkinson 結合器があるが、これは  $1/4$  波長の伝送線路を用いて構成されるのに対して、ここでは先端開放スタブを用いることにより、伝送線路の長さを約  $1/8$  波長に短縮し、電力分配/合成器の小型化を図っている。

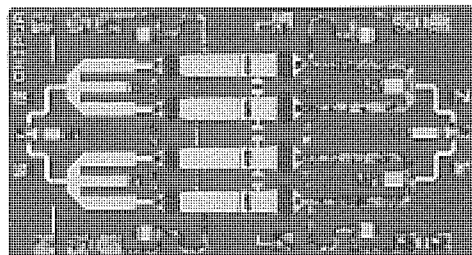
### 3. 実験結果

#### 3.1 Tandem-FETを用いたモノリシック高出力増幅器

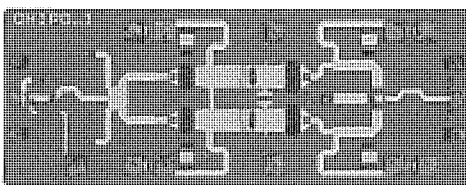
Tandem-FET を 4 個、2 個及び 1 個用いた 3 種類のモノリシック高出力増幅器 (チップ A, チップ B 及びチップ C) を試作した。図 7 に試作した 3 種類のモノリシック高出力増幅器の写真を示す。各増幅器は、厚さ  $30\mu\text{m}$  の GaAs 基板上に構成され、またソースアイランドバイアホール PHS (Plated Heat Sink) 構造 FET<sup>(4)</sup> の採用により、FET の熱抵抗及びソースインダクタの低減を図っている。

図 8 に、4 個の Tandem-FET を用いたモノリシック高出力増幅器の小信号利得及びリターンロス特性の測定結果を示す。37GHz において、小信号利得 4.5dB、入出力リターンロス 10dB の性能が得られている。また、1dB 利得帯域幅は 2GHz である。

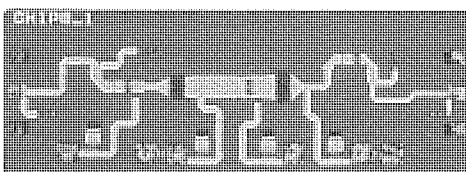
図 9 に、37GHz におけるこの増幅器の入出力特性の測定結果を示す。線形利得  $G_L = 4.5\text{dB}$ 、1dB 利得圧縮点出力  $P_{1\text{dB}} = 26.3\text{dBm}$ 、飽和出力  $P_{\text{sat}} = 27.3\text{dBm}$  (0.54W) が得



(a) チップ A



(b) チップ B



(c) チップ C

図 7. Tandem-FET を 4 個、2 個及び 1 個用いた 3 種類のモノリシック高出力増幅器の写真

られている。

表 1 に、開発した 3 種類のモノリシック高出力増幅器の性能をまとめて示す。使用する Tandem-FET の個数にほぼ比例した出力が得られている。

#### 3.2 増幅器モジュール

3 種類のモノリシック高出力増幅器を用いた多段増幅器モジュールを試作した。図 10 に増幅器モジュールの写真を示す。出力段に最も高出力が得られるチップ A, 前段にチップ B 及び C を用いた 4 段構成にしている。モジュールは、ハーメチックシールされた金属パッケージに収納されており、外形寸法は  $14.2 \times 22 \times 3$  (mm) である。

図 11 に増幅器モジュールの小信号利得及び入出力リターンロス特性の測定結果を示す。34 ~ 38GHz で小信号利得 15dB 以上が得られている。

図 12 に 37GHz における増幅器モジュールの入出力特性の測定結果を示す。ドレインバイアス電圧  $V_d = 5\text{V}$  のと

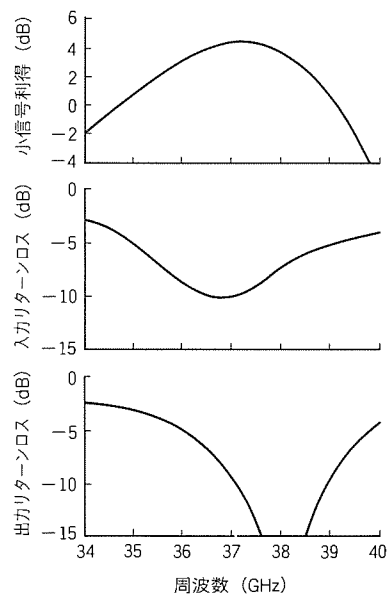


図 8. 4 個の Tandem-FET を用いたモノリシック高出力増幅器の小信号利得及びリターンロス特性測定結果

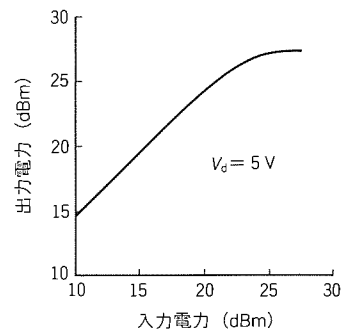


図 9. 4 個の Tandem-FET を用いたモノリシック高出力増幅器の入出力特性測定結果

表1. 3種類のモノリシック高出力増幅器の性能

増幅器	Tandem-FET (個)	線形利得 (dB)	飽和出力 (dBm)
チップA	4	4.5	27.3
チップB	2	5.6	24.5
チップC	1	5.1	21.0

注  $f=37\text{GHz}$ ,  $V_d=5\text{V}$

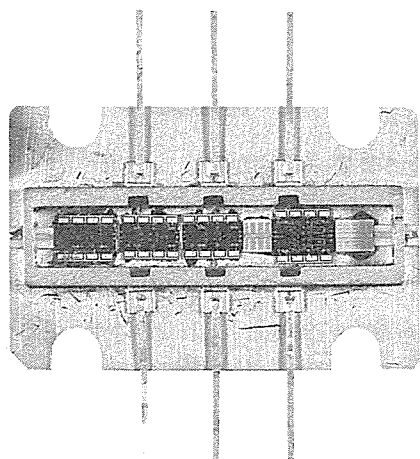


図10. 増幅器モジュールの写真

きに  $P_{1\text{dB}} = 25.6\text{dBm}$ ,  $P_{\text{sat}} = 27.3\text{dBm}$  (0.54 W) の性能が得られた。また,  $V_d = 6\text{V}$  のときに最大出力  $27.8\text{dBm}$  (0.6 W) が得られた。

#### 4. むすび

新たに考案した Tandem-FET を用い, ミリ波帯モノリシック高出力増幅器を開発した。4 個の Tandem-FET の出力を合成した増幅器で,  $37\text{GHz}$  において線形利得  $4.5\text{dB}$ ,  $1\text{dB}$  利得圧縮点出力  $26.3\text{dBm}$ , 飽和出力  $27.3\text{dBm}$  (0.54 W) の性能が得られた。また, ここで開発したモノリシック増幅器を用いた多段 FET 増幅器モジュールを試作し,  $37\text{GHz}$  において最大出力  $27.8\text{dBm}$  (0.6 W) の性能を得た。Tandem-FET はミリ波帯のモノリシック増幅器の高利得, 高出力化に有効である。

#### 参考文献

(1) Shimada, M., Suzuki, Y., Aritomo, Y., Shiomi, T.: A Millimeterwave Mobile Satellite Communication System for Personal Use, IEE Conf. Publ. No.294, 52~56 (1988)  
 (2) Isobe, S., Aritomo, Y., Suzuki, Y., Yoshimoto, S., Nishida, M., Shiomi, T., Iida, T., Kitazu-

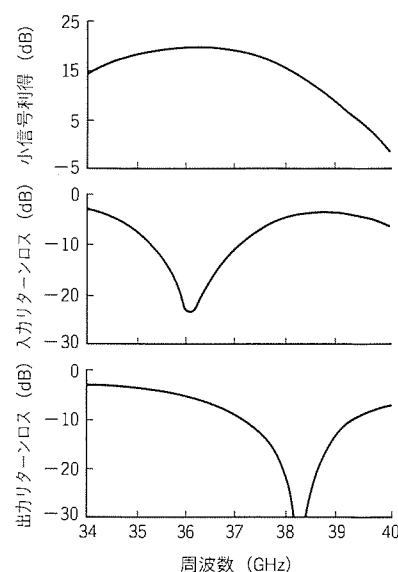


図11. 増幅器モジュールの小信号利得及び入出力リターンロス特性測定結果

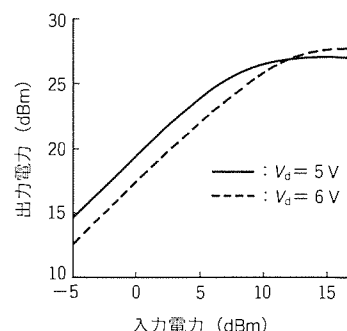


図12. 増幅器モジュールの入出力特性測定結果

me, S.: Experimental Personal Satellite Communications System Using Millimeter-wave for Asia-Oceanian Region, Journal of the Communications Research Laboratory, 35, No.145, 209~224 (1988-7)

(3) Takagi, T., Seino, K., Iida, A., Kobiki, M., Mitsui, Y., Takeda, F.: A 1 W 28 GHz Band Amplifier Using Clustered FETs, 1985 IEEE MT T-Symposium Digest, 324~327 (1985)  
 (4) Kobiki, M., Mitsui, Y., Sasaki, Y., Komaru, M., Seino, K., Takagi, T.: A Ka-band GaAs Power MMIC, 1985 IEEE Microwave and Millimeter-Wave Monolithic Circuit Symposium Digest, 31~34 (1985)

# 発電プラント向けCRTオペレーション装置 “MELSEP 2000”

浅田英介\* 日岡孝則\* 相良辰雄\*\* 巽 一馬\*\* 五味健一\*\*

## 1. ま え が き

近年の火力発電プラントでは、電力需要の増加に対応するために、コンバインドサイクル発電プラントや大容量石炭火力発電プラントの新設とともに、既設の発電プラントの運用性改善や出力増加が進んでいる。それにつれて、プラントの自動化範囲が拡大し、自動化の補完操作などのための監視操作項目が多くなってきた。

その対応策として、中央操作盤をコンパクト化し、少人数運転を可能とするために、従来の操作スイッチ、設定器などによるボードオペレーションに代わって、CRTに監視操作を集中したCRTオペレーションが導入されてきた。

CRTオペレーションは、以下のステップで適用範囲が拡大し、現在では火力発電プラントの標準設備になってきている。特に、監視操作項目が多いコンバインドサイクル発電プラントや大容量石炭火力発電プラントでは、大幅に適用されている。

(1) 1980年代後半の導入時の操作対象は、操作の緊急性が比較的少ない電動弁、ダンパ、電磁弁であった。

(2) その後、シーケンスマスタ、回転補機、さらに操作のフィードバック表示に高速な応答性が要求される調節弁へと操作対象が拡大してきた。

このような市場動向の中で、高速応答・高機能かつ低価格な装置へのニーズが高まってきた。それらにこたえるために、高性能RISC (Reduced Instruction Set Computer) 型マイクロプロセッサ及びPOSIX<sup>(注1)</sup>準拠リアルタイムUNIX<sup>(注2)</sup>をベースに、高速応答かつ高度なヒューマンインタフェース機能をもつCRTオペレーション装置“MELSEP 2000”を開発し、その初号機を1992年に九州電力(株)新大分発電所第2

号系列向けに出荷した。ここでは、この装置の概要を紹介する。

## 2. 開発の目標

### 2.1 開発の背景

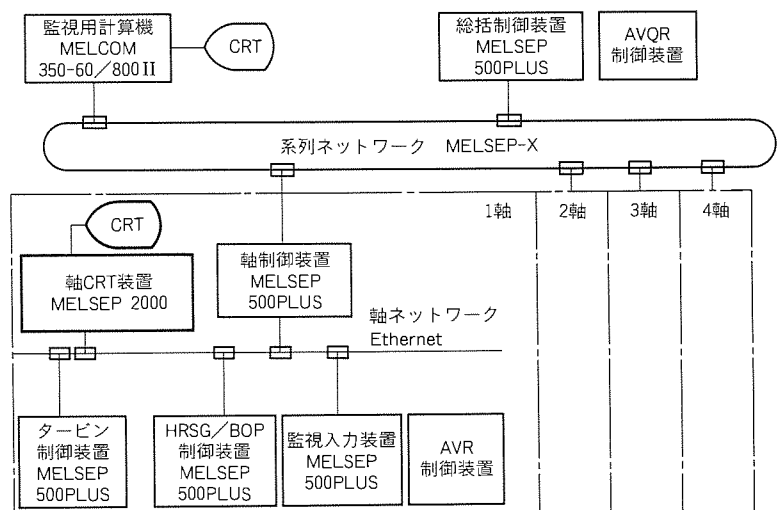
1980年代後半のCRTオペレーション導入時は、CRTオペレーションに工業用計算機“MELCOM 350-60シリーズ”を適用してきた。しかし、適用範囲が拡大するにつれて、高速応答・高機能化が要求され、従来のボードオペレーションに比べて高価格になり、低価格化が要求されてきた。

それにこたえる最近の技術動向として、次の三つがある。

- (1) マイクロプロセッサの高速化及びメモリ、ゲートアレイの高集積化を中心とする半導体技術の発展
- (2) UNIXを中心とするソフトウェアの標準化及びXウィンドウ<sup>(注3)</sup>、OSF/Motif<sup>(注4)</sup>を中心とするGUI(グラフィカルユーザーインタフェース、CRT表示・操作)の標準化
- (3) EWS(エンジニアリングワークステーション)に代表される計算機のダウンサイジング(小型化)

### 2.2 開発の方針

CRTオペレーション装置MELSEP 2000は、これらの最新技術を適用して、高速応答・高機能かつ低価格であることを開発の目標とした。図1に発電プラント向け制御システム



AVQR : Automatic Voltage Q Regulator  
 HRSG : Heat Recovery Steam Generator  
 BOP : Balance of Plant  
 AVR : Automatic Voltage Regulator

図1. 発電プラント向け制御システムの構成

(注1) “POSIX”は、IEEEで制定されたオペレーティングシステムのインタフェースに関する標準仕様である。

(注2) “UNIX”は、UNIX System Laboratories, Inc.が開発し、ライセンスしているオペレーティングシステムである。

(注3) “Xウィンドウ”は、米国Massachusetts Institute of Technology (MIT)の登録商標である。

(注4) “OSF/Motif”は、Open Software Foundation, Inc.の登録商標である。

ムの構成、図2にMELSEP 2000の外観を示す。

開発の方針として、次の七つがある。

### 2.2.1 高速応答性

- (1) CPUに高性能RISC型マイクロプロセッサ、OS(オペレーティングシステム)にPOSIX準拠リアルタイムUNIXを適用した。
- (2) CRT画面表示速度は、操作フレーム、系統図などのCRTオペレーション用の高速画面で0.5秒、警報一覧、データ一覧などの監視用の通常画面で1秒とした。
- (3) CRTタッチ又はキーボード操作後の色替え、文字表示などのCRTへのエコーバック(応答)表示速度は、0.1秒とした。

### 2.2.2 高度な操作性

- (1) ウィンドウシステムは、Xウィンドウなどで標準化されているマルチウィンドウの重ね合わせ、移動及び拡大・縮小を可能とした。
- (2) ウィンドウ、トレンドグラフ時間軸カーソルなどの移動は、対象図形をCRT上でタッチしながら連続的に移動できる操作とした。
- (3) メニュー、ソフトファンクションキーなどのCRTタッチ領域は、OSF/Motifで標準化されている陰影をつけた立体的なイメージとした。

### 2.2.3 小型化・低消費電力化

- (1) 20,000～30,000ゲートの高集積度CMOSゲートアレイを3種類開発した。
- (2) 表面実装部品、4MビットDRAM、ゲートアレイを適用して、プリントカードを高密度実装した。
- (3) 高速CMOSを適用し、低消費電力化した。また、CPUユニットの電源をカード化して小型化した。

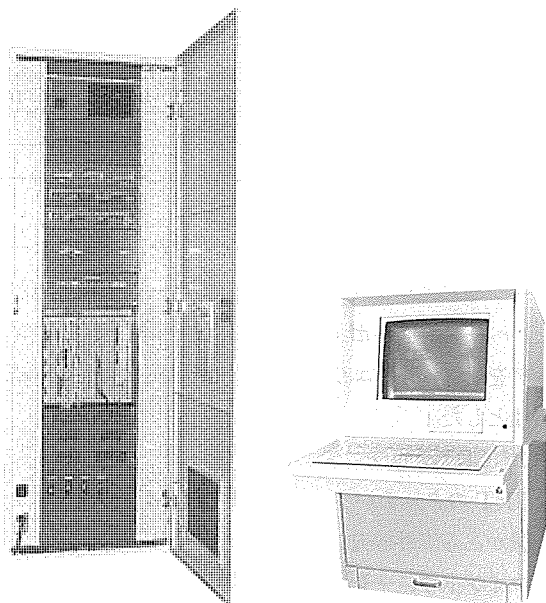


図2. MELSEP 2000の外観

### 2.2.4 高信頼性

- (1) CRT1台とCPU1台を1セットとし、セット単位で多重化する装置多重化方式とした。そのため、CPU二重化方式で信頼性のボトルネックであった二重系切替回路などの二重系共通部分が不要となった。
- (2) 絶縁耐力・ノイズ耐力などの耐環境性能は、実績があるデジタルコントローラ MELSEPシリーズと同等とした。

### 2.2.5 高保守性

- (1) 装置の故障履歴を、CPUユニット内のバッテリーバックアップ付きSRAMに記憶しておき、保守時にノート型の保守用ターミナル(パーソナルコンピュータ)に表示可能とした。
- (2) 全プリントカードの前面にLEDを取り付け、動作表示は緑、故障表示は赤の2色に分類した。

### 2.2.6 ソフトウェアの生産性向上

- (1) ソフトウェアの構成は、ユニット計算機 MELCOM 350シリーズで実績があるデータを中心としたものにした。
- (2) 操作フレーム、系統図などのCRTオペレーション用画面は、ノート型の保守用ターミナル(パーソナルコンピュータ)からデータを入力することで作成可能とした。

### 2.2.7 ユニット計算機との親和性

- (1) ユニット計算機にCRTオペレーション機能を組み込むユニット計算機との“一体型”はMELCOM 350-60シリーズで実現し、専用のCRTオペレーション装置を設置する“専用型”はMELSEP 2000で実現することにした。
- (2) 中央制御室では、ユニット計算機のCRTとCRTオペレーション装置のCRTが共存し、同じ運転員が操作するため、両者のヒューマンインタフェースは違和感の少ないものにした。
- (3) RISC型マイクロプロセッサ及びリアルタイムUNIXは、工業用計算機 MELCOM 350-60シリーズの次機種にも適用する計画である。

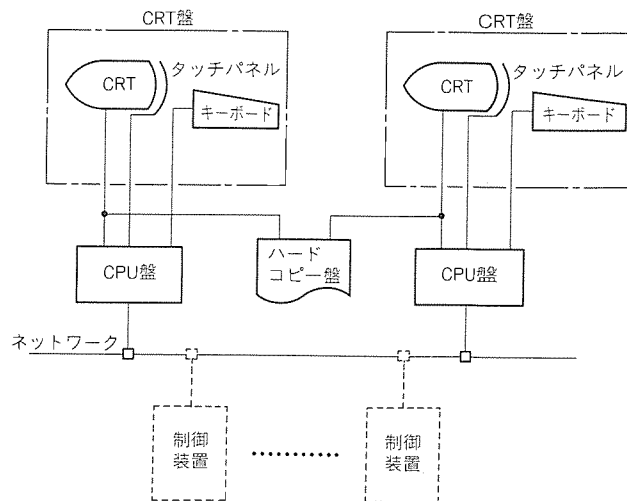


図3. 基本システム構成

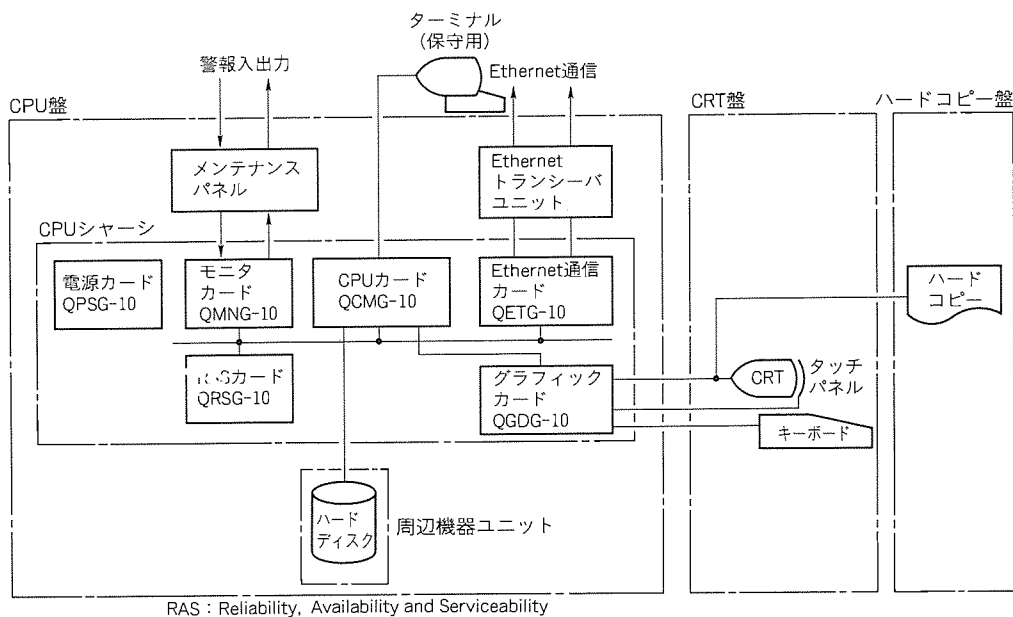


図4. ハードウェア構成

### 3. 装置の構成

#### 3.1 ハードウェアの構成

##### (1) 基本システム

図3に基本システム構成を示す。基本システムは、CRT盤2面、CPU盤2面及びハードコピー盤1面で構成する。

##### (2) 構成及び仕様

図4にハードウェア構成、表1に仕様一覧を示す。電源は、CRTなどの周辺機器の仕様から、CVCF相当とした。ネットワークは、Ethernet<sup>(注5)</sup>(10Mbps)以外に、MELSEP Xネットワーク(100Mbps)にも接続可能とした。

##### (3) CPUユニット

図5にCPUカードの外観を示す。CPUユニットをマルチプロセッサで構成した。CPUカード以外に、RAS、グラフィック及びEthernet通信カードには高性能マイクロプロセッサを搭載した。

#### 3.2 CRT及びキーボードの構成

##### 3.2.1 CRT画面

図6にCRT画面構成を示す。

(1) ベース画面・ウィンドウ画面とも、上部のトップエリア、中央部の表示エリア及び下部のボトムエリアの3分割構成とした。中央部の表示エリアには、操作フレーム、系統図などの選択した画面が表示される。

(2) ベース画面のトップエリアは、タイトルエリア、警報メッセージエリア及びデジタルトレンドエリアの3行構成とした。これにより、CRT1台で、表示エリアにどの画面を表示していても、最新のプラント警報1点及び注視したいデータ1点を連続監視できる。

表1. 仕様一覧

大項目	小項目	仕様
電源	電圧	AC100V±10%
	周波数	50/60Hz
接地	—	第3種接地以上
CPU	方式	RISC型 64ビットマイクロプロセッサ
主メモリ	素子	4MビットDRAM
	容量	48Mバイト
ハードディスク	直径	3.5インチ
	容量	400Mバイト (フォーマテッド)
CRT	方式	21インチカラー
	解像度	横1,280×縦1,024ドット
	表示色	1,670万色中31色同時表示
タッチパネル	方式	赤外線方式
	素子数	横64×縦48
	分解能	横10×縦11.25ドット
ハードコピー	方式	熱転写方式、カラー
	印刷速度	70秒/A3, 60秒/A4
	分解能	300ドット/インチ (11.81ドット/mm)
	表示色	1,600万色
	出力サイズ	A3, A4

(3) ボトムエリアにはタッチキーエリアを設け、前ページ、次ページなどのソフトファンクションキーを登録可能とした。また、ベース画面のボトムエリアにはメッセージ/エントリエリアを設け、操作エラーメッセージの表示及び日本語入力を可能とした。

##### 3.2.2 CRTタッチ

(1) CRTのタッチパネルは、MELCOM 350-60シリーズで実績がある赤外線方式とした。

(2) ウィンドウ、トレンドグラフ時間軸カーソルなどの移動及びウィンドウの拡大・縮小は、指定した位置に移動(指定した大きさに拡大・縮小)しやすい次の方式とした。

(注5) “Ethernet”は、米国Xerox社の登録商標である。



- タッチオン時、対象図形が選択される。
- タッチ移動時、対象図形的位置(大きさ)が連続的に移動(拡大・縮小)する。
- タッチオフ時、対象図形的位置(大きさ)が固定される。

### 3.2.3 キーボード

図7にキーボードの外観を示す。

- (1) キーボードは、軽いタッチで操作でき、防じん(塵)性に優れたフラットパネル方式とした。
- (2) キーボードは、CRTオペレーションの操作を容易にするため、以下の構成とした。
  - 上部に、増/減、自動/手動などのCRTオペレーション専用キーを、8操作フレーム画面に対応して8セット設けた。
  - 中央部に、操作フレーム、系統図などの機能選択キーを設け、CRTオペレーション用画面をワンタッチで選択可能とした。
  - 下部に、英数字、ウィンドウ操作などの一般キーを設けた。

## 4. 装置の機能

### 4.1 概要

表2に機能一覧を示す。操作フレーム、系統図などのCRTオペレーション機能以外に、警報メッセージ、デジタルトレンドなどの監視機能がある。監視機能は、従来からの

ユニット計算機の機能のうち、CRTオペレーションに関連する機能を実現した。

### 4.2 CRTオペレーション機能

CRTオペレーションでは、従来の調節弁のセレクトステ

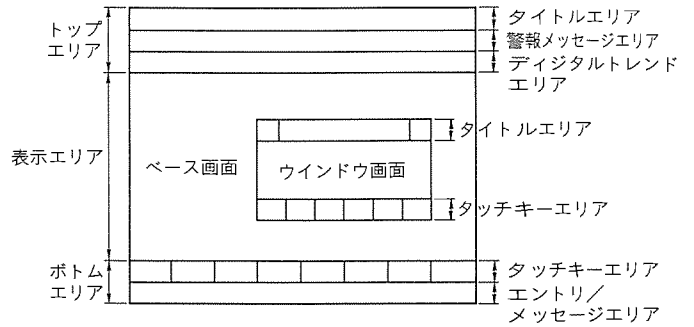


図6. CRT画面構成

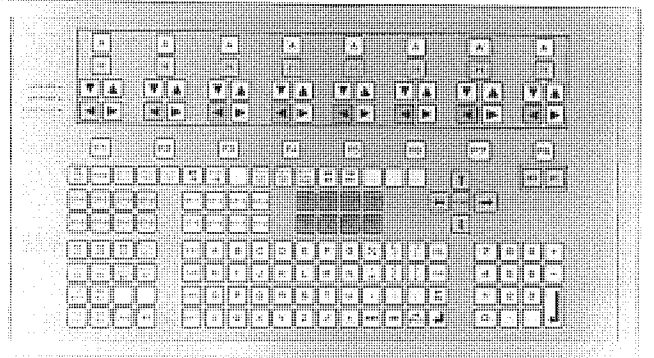


図7. キーボードの外観

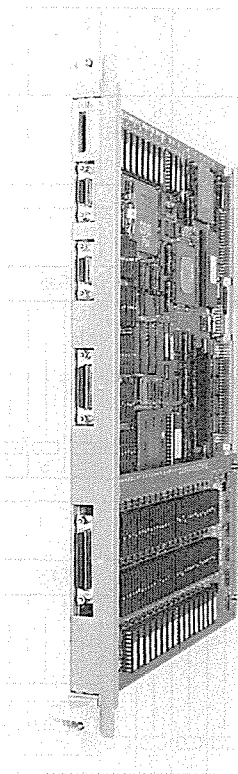


図5. CPUカードの外観

表2. 機能一覧

項目	説明	ベース画面		ウィンドウ画面
		トップエリア	表示エリア	
画面展開	CRTタッチパネル又はキーボードを操作してCRT画面を選択する。			
ウィンドウ	操作フレーム、トレンドグラフ、系統図などを、他の画面に重ね合わせて表示する。			
操作フレーム	操作フレームを表示して、補機、調節弁などを、CRTタッチパネル又はキーボードから操作する。		○	○
系統図	プラントの系統図を表示する。		○	○
制御ロジックブロック図	制御装置内制御ロジックのブロック図を表示する。		○	○
トレンドグラフ	指定した点番号のトレンドグラフを表示する。		○	○
警報メッセージ	CRTオペレーションに関係する警報メッセージを表示する。	○	○	
デジタルトレンド	指定した点番号の名称、現在値などを表示する。	○	○	○
データ一覧	指定した点番号前後の点番号の名称、現在値などを、点番号順に表示する。		○	
画面記憶(スナップショット)	系統図、トレンドグラフなどの画面を記憶する。		○	
自動表示	警報発生時に、関連する系統図を自動的に表示する。		○	

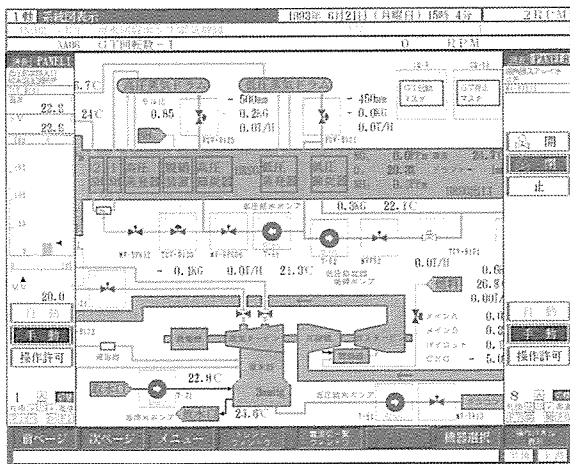


図 8. 系統図+操作フレームウインドウ画面

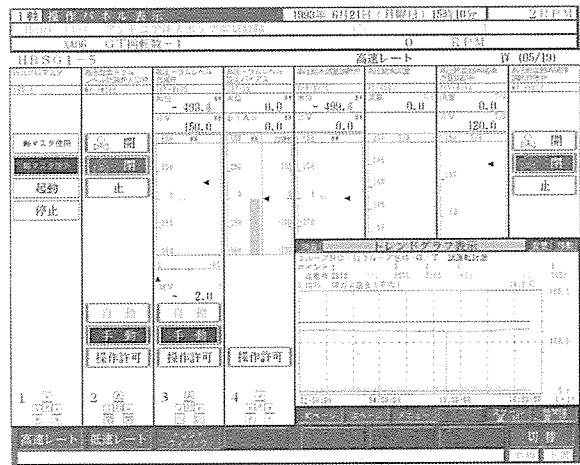


図10. 8操作フレーム+トレンドグラフウインドウ画面

ーション、電動機のコントロールスイッチなどに相当する操作フレームをCRTに表示して、CRTタッチ/キーボード操作により、操作端を操作する。

操作フレームの選択方式は以下の2種類とし、従来のボードオペレーションにより監視操作性が向上した。

#### 4.2.1 系統図選択方式

図 8 に系統図+操作フレームウインドウ画面、図 9 に系統図画面展開を示す。

- (1) 系統図上の操作端シンボルをCRTタッチ操作で選択して、操作フレームウインドウに表示する。
- (2) 操作フレームウインドウは、系統図の左端又は右端に、最大二つ表示できる。
- (3) さらに、系統図上に、トレンドグラフの縮小ウインドウ画面が表示可能である。
- (4) この方式により、操作フレームの選択が容易になるとともに、系統図によってプラント関連情報を監視しながら操作できる。

#### 4.2.2 オーバビュー選択方式

図 10 に 8 操作フレーム+トレンドグラフウインドウ画面、図 11 に 8 操作フレーム画面展開を示す。

- (1) 8 操作フレームのメニューであるオーバビュー画面から 8 操作フレーム画面を表示する。
- (2) 8 操作フレーム画面上に、トレンドグラフ及び系統図の縮小ウインドウ画面が表示可能である。
- (3) この方式により、自動化の補完操作時などに必要な、関連する操作端の順次連続操作が容易になる。

また、操作端の操作方式は、次の2種類とし、従来のボードオペレーションと同等の操作性とした。

- 電動機の起動/停止操作などは、CRTタッチ操作で起動/停止などのソフトキーを選択した後、キーボードの実行キーを押すという2段階操作とし、CRTタッチ操作の誤操作を防止した。
- 調節弁の増/減操作などは、キーボードの増/減キー

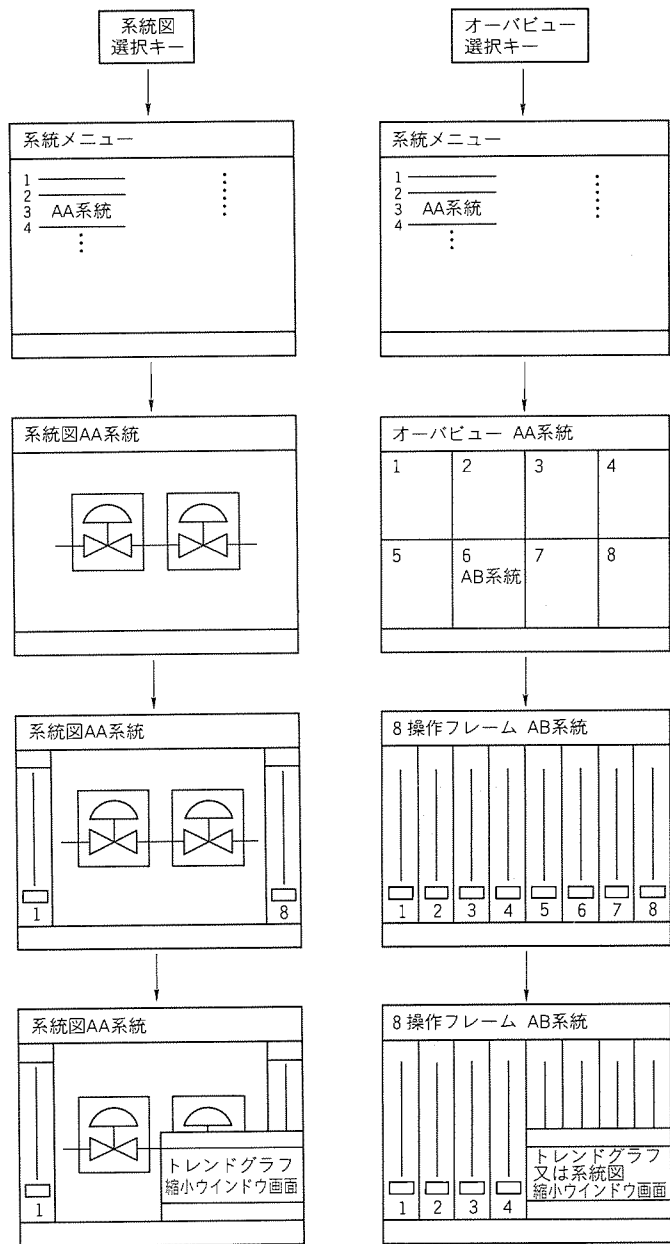


図 9. 系統図画面展開

図11. 8操作フレーム画面展開

を押すという操作とし、従来のセレクトステーションと同等の操作感覚とした。

#### 4.3 トレンドグラフ機能

トレンドグラフは、従来からのユニット計算機と比べて機能を向上させ、プラント試運転時などに、記録計、ペンレコーダが不要なようにした。

- (1) データの収集周期を最低1秒に高速化し、時定数が小さい調節制御系のチューニングに使用可能とした。
- (2) データの記録時間を、データ収集周期1秒で2時間、60秒で120時間と長期化し、長期間の試験データを保存可能とした。
- (3) トレンドグラフ上の時間軸カーソルを移動して、指定した時刻のデータ値を正確に読取り可能とした。
- (4) 時間軸の拡大・縮小及び移動により、指定した時刻のトレンドグラフを、指定した時間幅で表示可能とした。

### 5. む す び

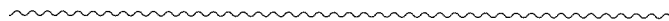
CRT オペレーションの適用が拡大するにつれて、各電力会社では、今後、CRT オペレーションのヒューマンインタ

フェース標準化が進むと予想される。それに対応して、より監視操作性が高く、運転しやすいシステムを提供していくのが、今後の課題である。今後とも、計算機やマイクロプロセッサ関連技術の進歩を積極的に取り入れて、発電プラントの様々なニーズにこたえていく所存である。

最後に、発電所の建設、改善などを通して、御指導、御助言をいただいている電力会社関係各位に対し、深く謝意を表するとともに、今後とも一層の御指導、御協力をお願いする次第である。

#### 参 考 文 献

- (1) 安田修三, 一澤忠雄, 古久保雄二, 斉藤博士: 最新の火力発電プラントの監視・制御システム, 三菱電機技報, 63, No.12, 999~1003 (1989)
- (2) 古久保雄二, 田村匡伸, 貞廣香織, 平井義浩, 足立浩一: 火力発電プラント向け第二世代デジタルコントローラ“MELSEP 500 PLUS シリーズ”, 三菱電機技報, 65, No.12, 1223~1230 (1991)



# IGBT応用車両用 3レベルVVVFインバータ制御装置

菊池高弘\* 小尾秀夫\* 丸山高央\*

## 1. ま え が き

鉄道車両における交流可変速駆動方式 (VVVF インバータシステム) は、1982年に熊本市交通局で逆導通サイリスタを使用した路面電車で初めて実用化され、その後、1984年に大阪市交通局にGTOサイリスタによる地下鉄電車が導入されてから、GTOサイリスタに代表されるパワーエレクトロニクス技術やマイコン制御に代表されるマイクロエレクトロニクスの技術の進歩によって、最近では、新幹線などの交流架線の車両へとその適用範囲を広げつつあり、成長期に入ってきたといえる。

この間の推進制御装置の発展は、主回路半導体素子であるGTOサイリスタの高耐圧化・大容量化によるところが大き

い。最近では、産業用として幅広く用いられているパワートランジスタや、GTOの特徴を生かしつつ圧接を不要としたGTOモジュールを適用したシステムも開発・実用化されてきた。このように、現在ではVVVFインバータシステムは、適用可能な大電力半導体素子の種類とともに、その制御容量も中小容量から大容量に至るまで、各々の用途や条件に応じた最適のシステムが選択できるようになっている (図1)。

このたび、車両用推進制御装置の次世代を担う半導体素子と考えられるIGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) を応用した3レベルVVVFインバータ制御装置を帝都高速度交通営団向け有楽町線07系、銀座・丸ノ内線01/02系で開発・実用化したので、その製品の概要と適用技術について報告する。

電源種別	年	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	
直 流 イン バー タ シ ス テ ム	路面電車 新交通システム		○ 120kW×1 (RCT)			○ 95kW×4		○ 60kW×4							
	地下鉄 600/750V				○ 140kW×2						○ 140kW×4			○ 120kW×4 (IGBT)	
	近郊電車 地下鉄1,500V				○ 165kW×4							○ 75kW×8			
												○ 190kW×4×2	○ 155kW×2×2 (PTR)	○ 95kW×4×2 (GTOモジュール)	○ 200kW×4×2
交 流	機関車 AC20kV (DC1,500V)							○ 110kW×8				○ 1,000kW			
	新幹線 AC25kV							○ 170kW×4				○ 300kW×4	○ 300kW×6		
	在来線 AC20kV										○ 190kW×4			○ 125kW×2×2 (PTR)	
GTOサイリスタ 電流定格	2,500V	1,000A			2,000A						3,300A				
	4,500V				2,000A						3,000A		4,000A		

注 営業運転又は試運転開始の年を表す。

RCTは逆導通サイリスタ、PTRはパワートランジスタ、IGBTは絶縁ゲートトランジスタ、その他はGTOサイリスタ

図1. GTOサイリスタの大容量化とインバータシステムの発展

## 2. IGBT応用 3 レベルVVVFインバータ

### 制御装置の開発コンセプトと技術課題

図2に制御装置の開発コンセプトと技術課題を示すが、今回特に、主回路半導体素子としてIGBTを適用することとしたのは、これまで使用していたGTOサイリスタの動作周波数が2kHz程度が限界であるのに対し、エレベーターを始めとする産業分野では低騒音化を目的とした動作周波数が8~10kHz程度のIGBT応用製品が開発されており、中小容量インバータシステム用主回路半導体素子として、将来的に素子の電流化・低飽和電圧化が期待できるとともにコストの低減ができるからである。

主回路半導体素子にIGBTを用いるメリットとしては、以下のことが挙げられる。

- (1) 高周波スイッチングが可能であるため、装置の小型化が可能である。
- (2) 電圧駆動素子であるため、ドライバの電源の省電力化が可能である。
- (3) 定格臨界オン電流上昇率 ( $di/dt$ )、臨界オフ電圧上昇率 ( $dv/dt$ ) の主回路上の制限がないため、スナバ回路及びアーム回路構成(アノードリアクトルの省略等)が簡単になる。
- (4) モジュールタイプであるため、圧接が不要でねじ止めのみで組み立てられ、ハードウェア構成が簡単になる。

## 3. VVVFインバータシステムの概要

### 3.1 主要諸元

表1に帝都高速度交通営団に納入したインバータ制御装置を使用した車両の車両諸元、及び制御装置の主要諸元を示す。

### 3.2 主回路方式

図3に有楽町線07系インバータ車の主回路ツナギを示す。この車両の編成形態は、省保守化、電動車比率の低減による初期投資の削減を目的として電動車/付随車比率を従来の1対1から1対1.5とした4M6T(4電動車6付随車)編成としているが、この際にも一つの故障でシステム故障とならないよう多重系システム構成とした1台のインバータで1台の誘導電動機を駆動する各軸制御インバータを採用している。

インバータ故障時には、運転台からの遠隔開放指令によって各群に設けられた主回路開放スイッチで1台単位での切離しを可能とし、冗長性を高めている。

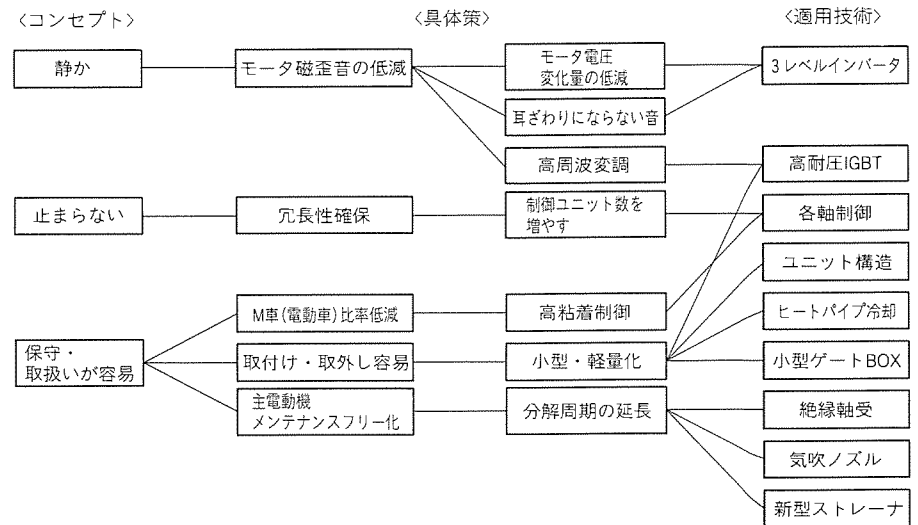


図2. IGBTインバータ車用機器の技術課題

表1. 帝都高速度交通営団IGBT応用インバータ車の主要諸元

項目	有楽町線07系インバータ車	銀座・丸ノ内線01/02系インバータ車
電気方式	直流1,500V (定格:900~1,800V) 架空線式	直流600V (定格:520~720V) 第三軌条方式
編成	4M6T (CT1-M1-T-M2-TC1-TC2-M3-T'-M1-CT2)	3M3T (CT1-M-T-M'-M-CT2)
車両性能	加速度:3.3km/h/s (期待粘着係数:23.4%) 減速度:3.5km/h/s (常用最大), 4.5km/h/s (非常) 最高速度:110km/h (地上), 70km/h (地下)	加速度:〈銀座線〉3.0km/h/s (期待粘着係数:18.1%) 〈丸ノ内線〉3.2km/h/s (期待粘着係数:19.0%) 減速度:4.0km/h/s (常用最大), 4.5km/h/s (非常) 最高速度:80km/h
制御容量	205kW 誘導電動機 1台×4群 最大525kVA×4群	120kW 誘導電動機 2台×2群 最大920kVA×2群
主回路方式	IGBT応用各軸制御3レベルVVVFインバータ 遠隔自動開放機能付き	IGBT応用2軸制御3レベルVVVFインバータ 遠隔自動開放機能付き
主回路素子	高耐圧IGBT(1,500V, 600A)×1S1P/アーム	高耐圧IGBT(1,200V, 600A)×1S2P/アーム
制御方式	VVVFインバータによる自動加減速制御方式 新方式空転再粘着制御付き, 軸重移動補償制御付き, 電力回生ブレーキ付き, $V/f$ 一定, 定トルク制御付き	VVVFインバータによる自動加減速制御方式 新方式空転再粘着制御付き, 軸重移動補償制御付き, 電力回生ブレーキ付き, $V/f$ 一定, 定トルク制御付き
周波数制御範囲	0~200Hz (非同期 ⇔ 3 ⇔ 1' ⇔ 1パルスモード切替え)	0~120Hz (非同期 ⇔ 3 ⇔ 1' ⇔ 1パルスモード切替え)
電圧制御範囲	AC 0~1,100V	AC 0~440V

図4に銀座・丸ノ内線01/02系インバータ車の主回路ツナギを示す。この主回路方式は、1台のインバータで2台の誘導電動機を駆動する2軸制御インバータであるが、粘着性能向上のため電動車内の4軸を奇数、偶数の各々2軸単位で制御する奇数軸・偶数軸制御方式として、軸重移動補償制御を適用している。

#### 4. 適用技術

##### 4.1 3レベルインバータ

インバータの主回路方式としては、

- (1) 誘導電動機に対し、理想的な三相正弦波交流を出力でき、モータから発生する磁わい(歪)音を低減できること。⇒低騒音化
  - (2) 1素子に印加される電圧が、電源電圧の1/2に抑えられることから、スイッチング素子としてIGBT等のGTOサイリスタより耐圧の低い汎用素子が利用できること。
- の(1)(2)から、3レベルインバータを採用した。

3レベルインバータの特徴としては、図5に示すとおり出

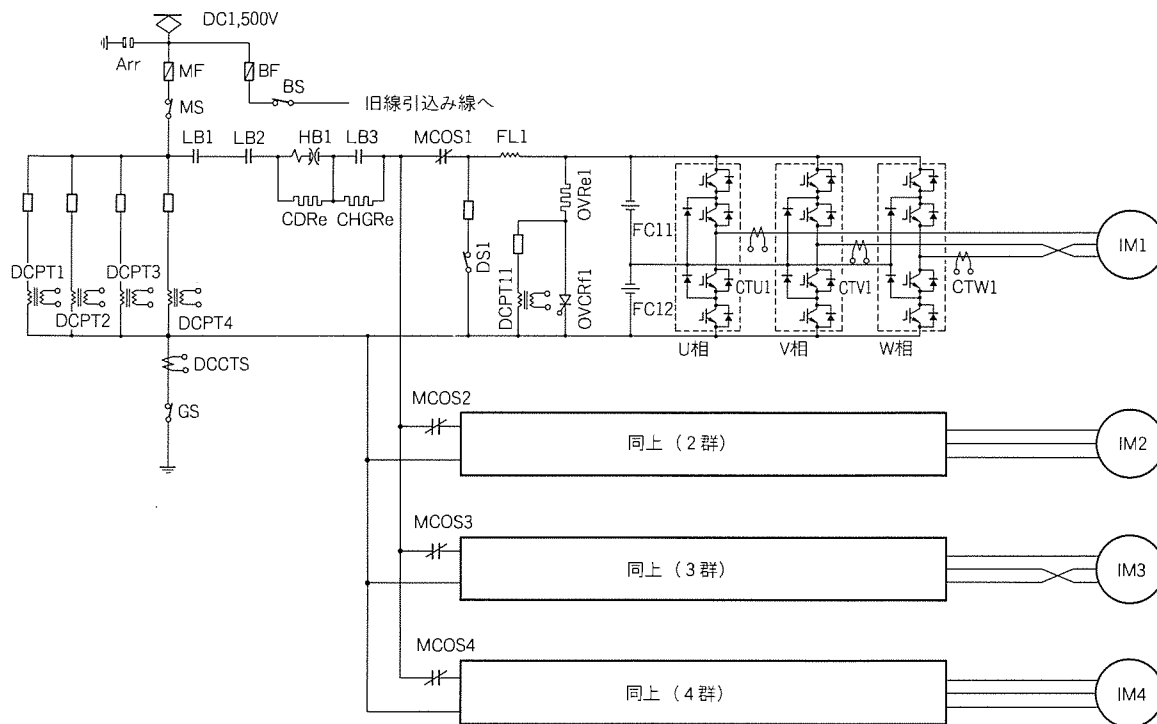


図3. 帝都高速度交通営団07系主回路ツナギ

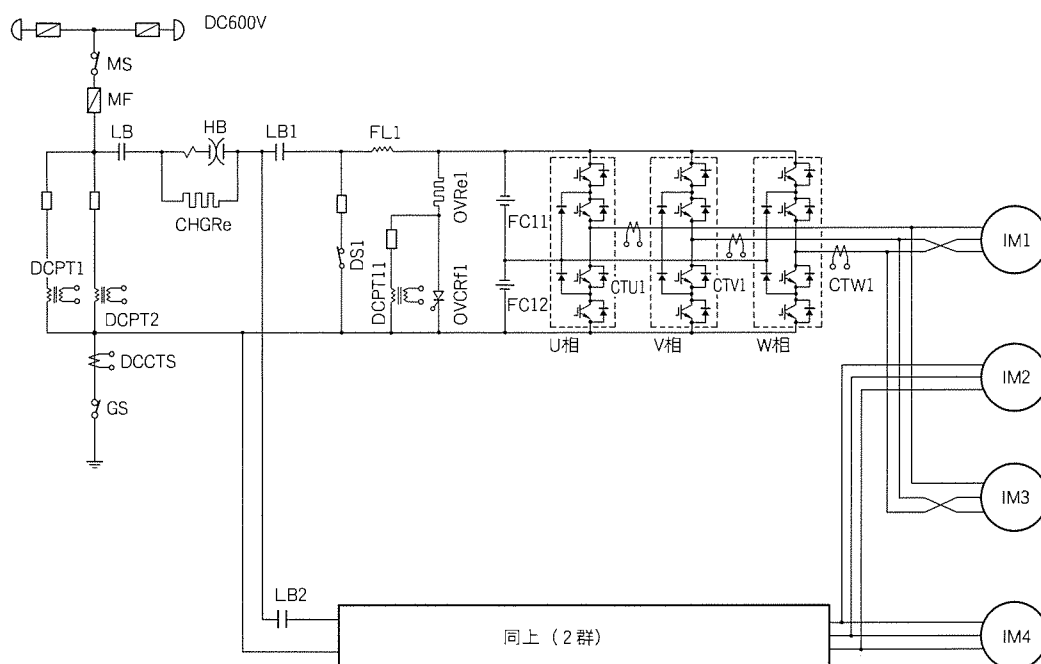


図4. 帝都高速度交通営団01/02系主回路ツナギ

力電圧が階段波となるため、上記利点に加え、

- (1) モータ電流の低次高調波が減少する。⇒誘導障害対策
- (2) トルク脈動が減少する。⇒高粘着性能等が挙げられる。

図6に3レベルインバータの動作モードを示す。

#### 4.2 IGBT応用技術

架線電圧が1,500Vの有楽町線07系用インバータ制御装置では、3レベルインバータの主回路1アーム当たりIGBT(1,500V, 600A)を1S1P接続で使用している。これに対し、架線電圧が600Vの銀座・丸の内線01/02系インバータ制御装置では、1アーム当たりIGBT(1,200V, 600A)を1S2P接続で使用している。図7に使用したIGBTモジュールの外観を示す。

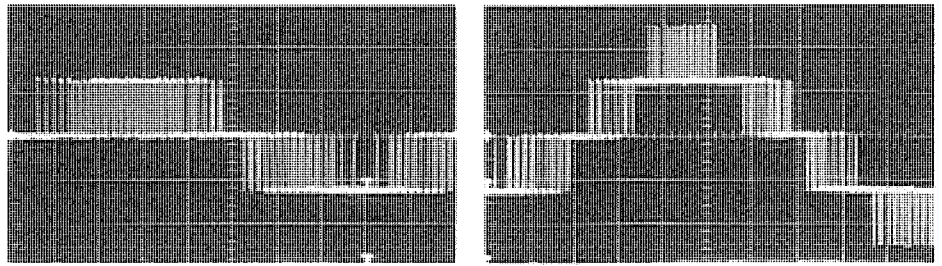
##### 4.2.1 1,500V架線へのIGBT応用技術

電圧が1,500V定格の架線では、その変動範囲は最大900~1,900Vあり、主回路方式として3レベルインバータを採用しても上下電圧アンバランスを考慮すると、定常的に1素子当たり最大1,000V程度が印加される可能性がある。さらに、スイッチング動作時には電流遮断時のオーバシュート電圧が加わり、1素子当たりの印加電圧は1,000V以上となる。これに対し、使用IGBTの最大素子耐圧が1,500Vであることから応用上の工夫が必要であった。

IGBTは、前述したように $dv/dt$ ,  $di/dt$ 制限を受けず、コレクタ-エミッタ間電圧 $V_{CE}$ とコレクタ電流 $I_{CE}$ によって示される安全動作領域(SOA)内で使用すればよい。このため、産業用の汎用インバータでは、正側と負側の間にPNスナバを設け、電流遮断後の配線インダクタンス分による $V_{CE}$ のオーバシュート電圧のみを低減する工夫がなされているが、今回使用するIGBTは定常的に印加される最大電圧に対し、素子耐圧の余裕が少ないため、個々の素子にダイオードを含む有極性スナバを設けるとともにゲート直列抵抗によるスイッチングコントロールにより、安全動作領域内での使用を確実なものとしている。

##### 4.2.2 大容量IGBT 2パラ接続応用技術

IGBTを2パラ接続で使用する際には、各素子間の遮断



(a) 2レベル出力時電圧波形

(b) 3レベル出力時電圧波形

図5. 3レベルインバータ出力電圧波形

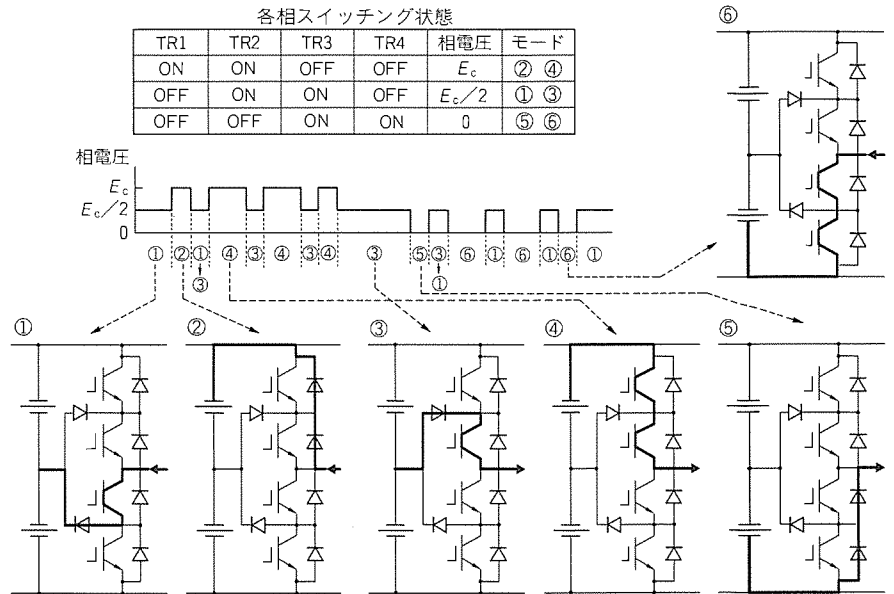


図6. 3レベルインバータ動作モード

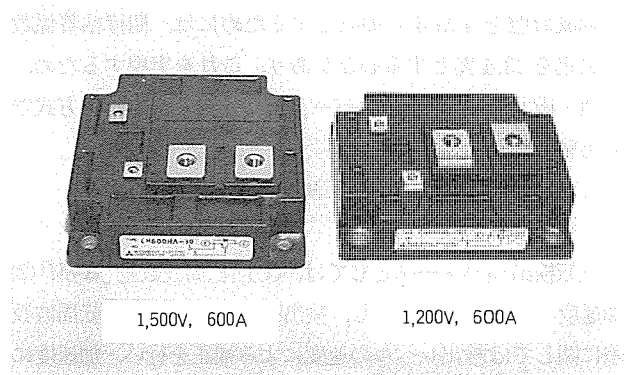


図7. IGBTモジュール

性能及び電流分流量を合わせるため、各々の素子のスイッチング特性、飽和電圧をゲート駆動回路や温度変化を含めて一致させるような設計が必要である。

このため、

- (1) コレクタ-エミッタ間飽和電圧の選別
- (2) スwitchング時間( $t_{on}$ ,  $t_{off}$ )の選別
- (3) ゲート直列抵抗の選別
- (4) 配線の対称化、特にエミッタ側配線の均等化

#### (5) スナバの適正配置

を行ったが、この中で(1)に関しては、基礎試験によって  $\Delta V_{CE}(\text{sat})$  を 0.3V に分類して同一グレードを使用すれば、 $\pm 10\%$  程度の電流バランスが実現可能であるという結果を得た。

#### 4.3 非同期PWM変調方式<sup>(1)</sup>

3レベルインバータではインバータ各相の出力端子電圧は、各々の相を構成するスイッチング素子の ON/OFF 状態に対して、図6に示したように3種類の電圧をとる。したがって、三相では27種類のスイッチング状態が存在することになる。このスイッチング状態をもとに、インバータ出力電圧を空間電圧ベクトルとして表現すると19種類の空間電圧ベクトルが存在する。

今回採用した非同期 PWM 変調方式は、この空間電圧ベクトルの概念を取り入れたベクトル演算で、平均スイッチング周波数を増加せずに出力電流の正弦波化を達成したものである。

これにより、図8に示すように出力電流を正弦波に近づけることができ、主電動機から発生する磁歪音を低減している。また、従来の同期制御インバータ駆動の特徴であったパルスモードごとの音色の変化をパルスモード切替回数を減らすことで聴感上の違和感をなくしている。

従来の変調方式によるパルスモード：

57 ⇔ 33 ⇔ 21 ⇔ 9 ⇔ 3 ⇔ 1' ⇔ 1

非同期変調方式によるパルスモード：

(非同期) ⇔ 3 ⇔ 1' ⇔ 1

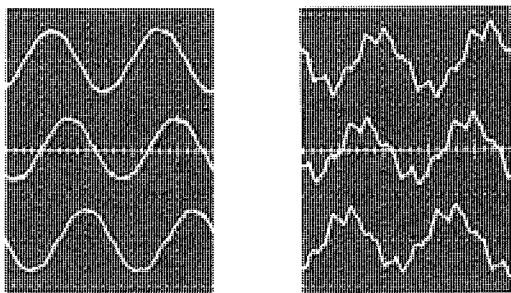
#### 4.4 新方式空転再粘着制御<sup>(2)</sup>

編成形態を 4M6T 編成とするためには、期待粘着係数の設定を 23.4% とする必要があるため、これを実現するため、営団/南北線 9000 系インバータ車で採用している新方式空転再粘着制御を適用した。

この制御の特徴は以下のとおりである。

##### (1) 空転検出方法

空転検出パラメータとしては、①回転周波数差  $[\Delta f/M]$  ②加速度  $[d^2M/dt^2]$  を使用し、検出精度向上のため回転周波数差に関しては検出レベルの速度による補正を行い、加速度に



(a) 非同期変調時

(b) 同期変調時

図8. 3レベル変調によるモータ電流瞬時値波形

関しては車両の実加速度に見合った検出レベルを設定するようにした。

##### (2) 再粘着制御方法

空転検出後のモータトルクの抑制及び再粘着後のモータトルクの復帰を、各々の空転の度合に従って最適化することにより、粘着係数を最大限有効に活用するものとした。

#### 4.5 ビルトアップ式一体箱構造

図9に有楽町線07系向けインバータ箱の構造を示す。高耐圧 IGBT を 1S1P/アームで構成することにより、3レベルインバータとしてもハードウェアをコンパクトに構成することができ、1インバータ箱で1台モータ×4群構成とした4個モータ制御のインバータ装置を実現した。

また、インバータ箱は一体箱構成でありながら、インバータ主回路部を1群ごとの主回路ユニットで構成することにより、組立作業性の向上、保守性の向上を図るとともに一体箱の特徴であるぎ(儀)装作業性の向上も兼ね備えている。

#### 4.6 高密度実装小型ゲート制御ユニット

プリント基板は、最新技術を導入した表面実装部品、PLD (Programmable Logic Device)、ハイブリッド IC を使用するとともにパターン密度を高め、高密度実装を可能としている。

カードフレームには、IEC297/IEEE1101に適合した19インチシステムを採用し、この中に電源を含め独立した4群のゲートを収納している。

## 5. 現車試験結果

図10に力行一括4ノッチ時のオシログラフを示す。加減速性能については、計画値を満足していることが確認され、今回の車両のコンセプトである低騒音化についても車内で騒音測定したところ、速度 25km/h までの非同期制御領域については 60dB (A) 以下(台車中央 1.2m) であり、非常に満足のいく結果が得られた。

図11に従来の GTO サイリスタを使用した2レベルインバータ車との車内騒音比較データを示す。

## 6. むすび

以上紹介した有楽町線07系、銀座・丸ノ内線01/02系インバータ車は、平成5年3月から本格的に営業に投入されて

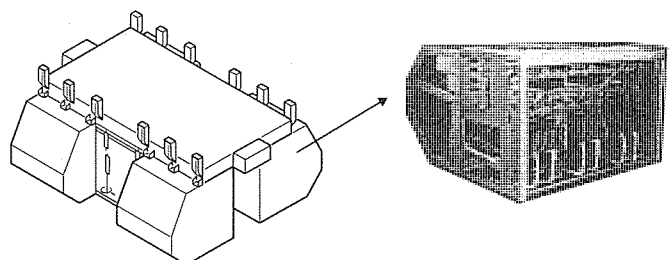


図9. 帝都高速度交通営団07系車両用VVVFインバータ装置



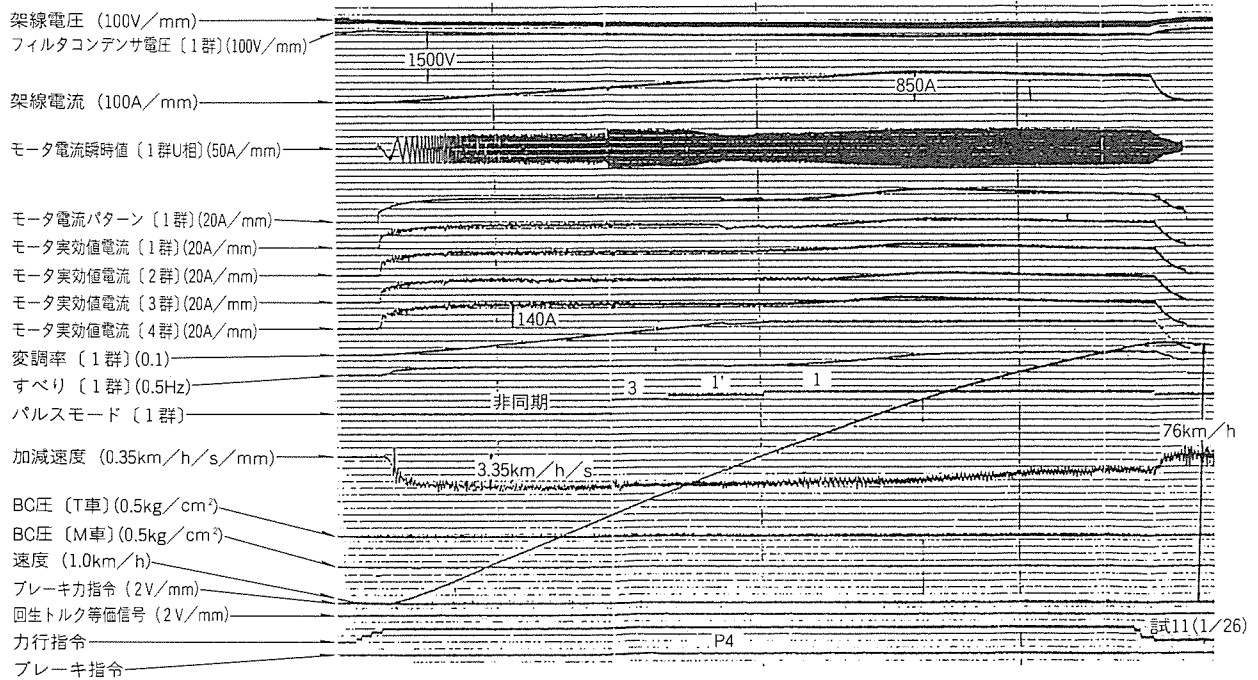


図10. 力行一括4ノッチ(空車)時オシログラフ

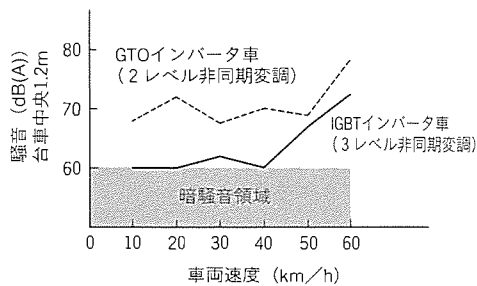


図11. 変調方式の改善による車内騒音の低減効果

おり、ユーザーから好評を博している。

今回、開発・実用化したIGBT応用3レベルインバータ制御装置で適用した新技術は、これからのインバータ制御装

置の一翼を担うものと確信している。

今後とも、我々はユーザー各位の御指導を得て車両用制御装置の発展にたゆまぬ努力を続ける所存である。

#### 参考文献

- (1) 丸山高央, 熊野昌義, 月森真澄, 波多野義範: 3レベルインバータの同期・非同期PWM切り替え方式, 平成3年電気学会, 産業応用部門全国大会講演論文集, 講演No.105, 460~465 (1991)
- (2) 中澤英樹, 菊池高弘: 営団東西線05系のVVVFインバータ制御装置, 電気車の科学, 44, No.12, 13~20 (1991)

# 小型三相モールドモータ

照山英俊\* 片岡勝敏\* 清水正義\* 林 悟\* 八代長生\* 佐藤 満\*\*

## 1. ま え が き

小型モータは小型・軽量・低価格などの市場ニーズを取り入れ長年改良を加えてきた。しかし、最近のニーズは低騒音・低振動・耐環境性向上など品質向上の要求も高まっている。この市場ニーズに対応するためにモールドモータの開発に取り組んだ。

モールドモータとしては従来から家電用途の小型モータとして製品化されているが、小型・軽量・耐環境性向上等のためにエポキシ樹脂を使用したモータは一般市場にはなかった。

開発に当たっては、モールド材料・成形プロセス・構造強度を検討し、剛性確保・低騒音・低振動・耐環境性向上を図った。特にモールド外被は、ヒートサイクルを考慮した耐クラック性を確保するために、CAEによる検討と実験評価を

行い構造を決定した。

本稿では樹脂・絶縁特性、構造強度検討、振動騒音特性について紹介する。

## 2. 製 品 概 要

製品外観を図1に、製品仕様を表1に示す。出力範囲は0.1～0.4kW、また取付方法はフランジ取付に限定し、三相の小型モータを対象にした。

本稿のモールドモータは次の5項目を特長とし、鋼板モータとは異なる市場ニーズに対応していく。

### (1) 低騒音

極低騒音仕様としては、全閉自冷形で30dB台を達成し、軽量化を重視した全閉外扇形では鋼板モータに比べて約-5dBの40dB台としている。

### (2) 低振動

モータ自身のロータアンバランス低下と剛性向上で発生振動を抑え、振動をV5クラスとした。

### (3) 小型・軽量化

鋼板モータに比べて全長・質量で約25%の小型・軽量化を達成した。省スペースの観点から、0.4kWのモールドモータは0.2kWの鋼板モータよりも全長を短くした。

### (4) モールド絶縁

耐環境性の良いエポキシ樹脂でステータ巻線を覆い、また、スロット内スペースにも含浸することによってコイルは固定されコロナ放電特性も向上している。

### (5) 端子台付き

鋼板モータで好評の、接続作業が簡単な端子台付きモールドモータに標準採用した。

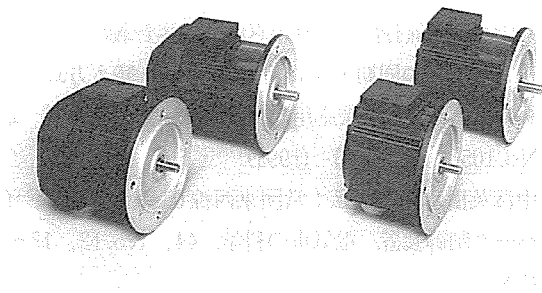


図1. 製品外観

表1. 製品仕様

項目	内容
電圧, 周波数	200/50, 200/60, 220/60 V/Hz
取付方式	フランジ取付け
時間定格	連続使用定格 (S1)
絶縁種別	E種絶縁
周囲温度	-20~+40℃
回転方向	軸端から見て反時計方向 (CCW)
負荷接続	直結駆動専用
準拠規格	JIS C 4004, JEC-37, ほか

外被構造	全閉自冷形	全閉外扇形		
形式	SE-MF	SF-MF		
保護方式	JP44	JP44		
出力, 極数	0.1kW, 4P	0.2kW, 4P	0.2kW, 4P	0.4kW, 4P

## 3. 樹 脂

このモータのモールド樹脂には、前述のようにエポキシ樹

表2. 樹脂の基本特性

項目	試験方法	特性値	単位
ガラス転移温度	TMA	>140	℃
線膨脹係数	TMA	20	$\times 10^{-6}/\text{℃}$
絶縁破壊電圧	JIS K 6911	20~25	kV/mm
体積抵抗率	JIS K 6911	$10^{12}$ 以上	$\Omega \cdot \text{m}$
曲げ強さ	JIS K 6911	$1.3 \sim 1.8 \times 10^8$	Pa
比重	JIS K 6911	2.0~2.2	$\text{g}/\text{cm}^3$
燃焼性	JIS K 6911	V-0相当	

脂を使用した。エポキシ樹脂は、一般的によく用いられるポリエステル樹脂等と比べ、電気的特性・耐湿性・耐薬品性・耐溶剤性に優れていることが特長である。モールドモータでは、モールド材料としてワニス処理絶縁に代わるモールド絶縁としての役割、ステータとの一体成形による外被構造材としての役割がある。

このモータに適用した樹脂の基本的特性を表2に示す。樹脂にはこれらの特性が重要であり上記のように絶縁材・構造材・外被材という機能をもたせている。クラックが発生するとこれらの機能を十分に満たすことができなくなるので、耐クラック性(耐き(亀)裂性)が特に重要である。

このため、樹脂の開発段階ではエポキシ樹脂に用いる各種材料、特に充てん(填)材の最適化を図り、線膨脹係数・強度・弾性率や耐熱衝撃強度等を検討して耐クラック性を向上させ、かつ、その他の基本的特性も向上させた。

成形法は低圧成形法を用いた。この成形法は液状のエポキシ樹脂を低い圧力で注入して硬化させるため、コイルにストレスを与えず成形することができる。また、液状であるので充填性も良好である。図2はステータのスロット断面写真であり、樹脂がコイルのすき(隙)間まで充填していることが確認できる。

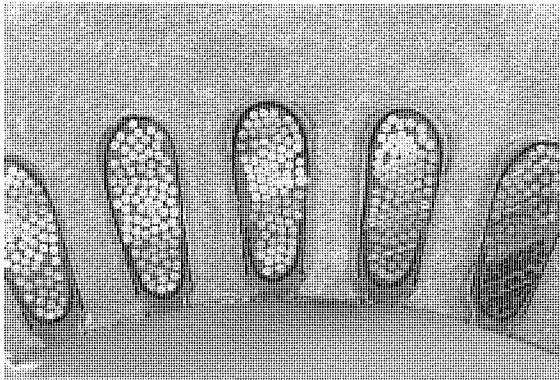


図2. ステータのスロット断面写真

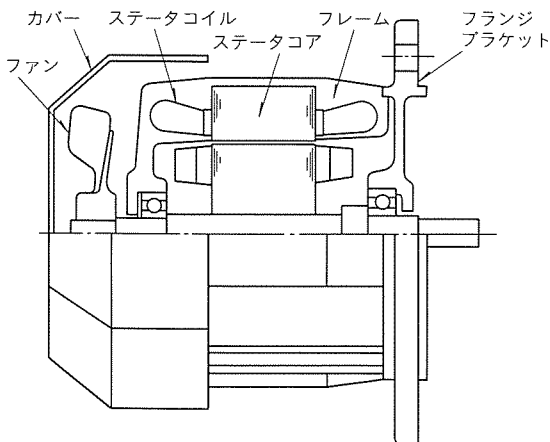


図3. モールドモータ構成

## 4. 構造

### 4.1 基本構成

モータの基本構成は、巻線を施したステータコアと端子台をモールド金型に取り付けてエポキシ樹脂で一体成形し、反負荷側ブラケットも樹脂で同時に成形した。構造について図3に代表的な構成図を示す。

ファン及びカバーは樹脂、フランジブラケットはアルミ、フレームは樹脂であることから基本的に塗装レスのモータである。

### 4.2 耐ヒートサイクル強度

電源の通電・停止や負荷変動によって生じる熱的な繰返し負荷ストレスに対して、強度的に十分耐える構造であることが重要である。従来、モールド構造の耐ヒートサイクル強度の設計・評価の多くは経験的に行われてきたが、このモータ開発にはCAEを活用した熱応力解析法や新しい熱疲労強度評価法を導入して、構造最適化や材料選定を行うことで強度信頼性の高い構造を決定した。

#### (1) 熱応力解析法

モールドモータではヒートサイクルによるコアのコーナ近傍のモールドの破損が問題となるが、熱応力解析に当たってはコアのコーナ部の応力集中の取扱いと熱変形挙動を定める線膨脹係数や弾性係数の温度依存性(図4)とに留意する必要がある。コーナ部の応力は、モールド物性の温度依存性を

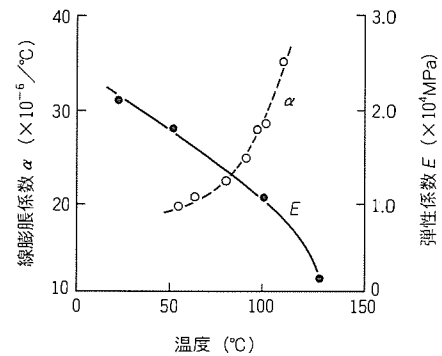


図4. モールド物性の温度依存性

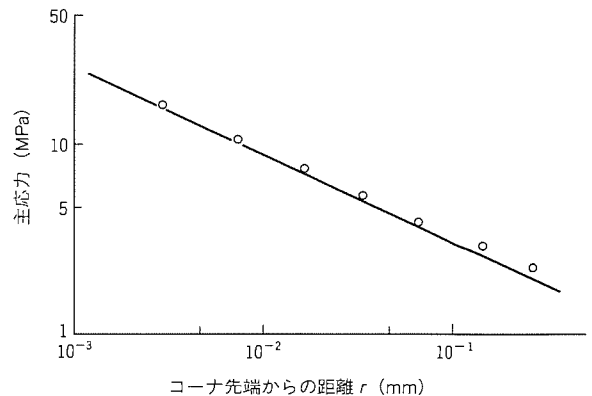


図5. コーナ部の熱応力

考慮した有限要素解析法で求めることができる。図5にこれらを考慮した場合のコーナ部の応力分布を示す。

## (2) 熱疲労強度評価法

ヒートサイクルによる破損基準を定める場合、通常の一定温度下での疲労破損と違い、負荷応力変動と温度変動を同時に考慮した熱疲労特性を考える必要がある。

熱疲労特性は一定温度下での疲労損傷とヒートサイクル下での疲労損傷が等しくなるような相当温度を算出し、この相当温度における一定温度下の疲労特性から求めることができる。なお、後述する耐ヒートサイクル試験では、この手法を加味した加速試験条件を設定している。

## 4.3 ステータ剛性

モールドステータの剛性が騒音・振動特性に大きく関与する。ロータ及びステータの自重やロータ軸端に偏荷重が負荷された場合についてCAE解析を行い、経時変形に対しても十分な剛性が確保できる構造とした。図6にロータ軸端に偏荷重を負荷した場合のモールドステータの変形挙動解析の一例を示す。特に軸受ハウジング部の変形を小さくして、局所的な変形が振動を増大させることがないように構造を工夫した。

## 5. 騒音・振動特性

### 5.1 騒音特性

騒音とその原因を大別すると次の3項目に分類できる。

- 電磁氣的騒音… 基本波、高調波磁束、磁気不平衡
- 機械的騒音…… 機械的アンバランス、軸受

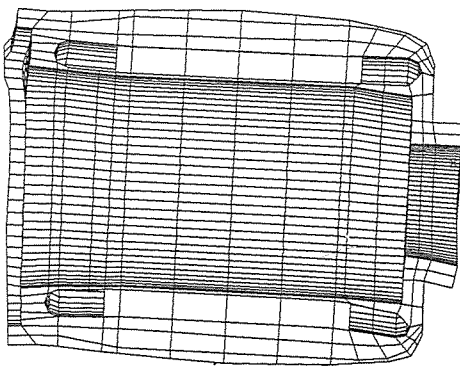


図6. モールドステータの変形挙動

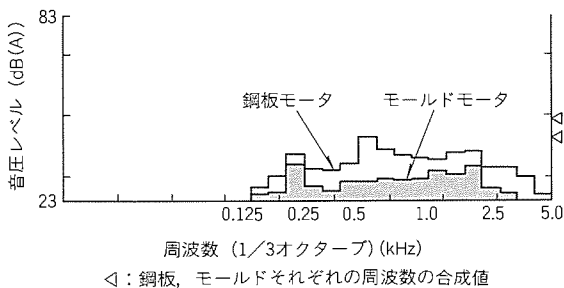


図7. 騒音の周波数分析結果（商用電源）

- 通風騒音…… ファン、ダクト

商用電源による騒音の主要成分は、いわゆる電磁氣的騒音である基本波とステータ溝数により決定される溝高調波及びファン騒音である。

この電磁加振力に対してステータ及びロータの固有振動数が近接又は一致した場合には、その騒音レベルは顕著に大きくなるため避ける必要がある。また、ロータの偏心が生じた場合には、不平衡磁気吸引力によって一方向に吸引され磁気音が発生しやすくなる。

このモールドモータでは、ステータコアを含め対称で同心となるような構造形状とし、かつ、ロータやステータの剛性を高める工夫によって低騒音化を実現した。

### (1) 商用電源での騒音特性

商用電源駆動によるこのモータと鋼板モータの音圧レベルの周波数分析結果を図7に示す。鋼板モータに比較して音圧レベルは7dB低下し、全周波数領域において低下している。特に、ステータ構造の高剛性化により、1.5kHz付近の溝高調波周波数での音圧レベルでは15dB低下するなど、聴感では非常に気になる電磁氣的騒音の低騒音化を実現した。

また、偏心量と音圧レベルの関係は図8のように偏心量に比例して増加するが、このモータでは偏心量を小さくすることで音圧レベルのバラツキを極力抑えている。

### (2) インバータ電源での騒音特性

当社製インバータ電源によるモールドモータと鋼板モータの音圧レベルの周波数分析結果を図9に示す。鋼板モータに比較して音圧レベルは9dB低下し、全周波数領域において

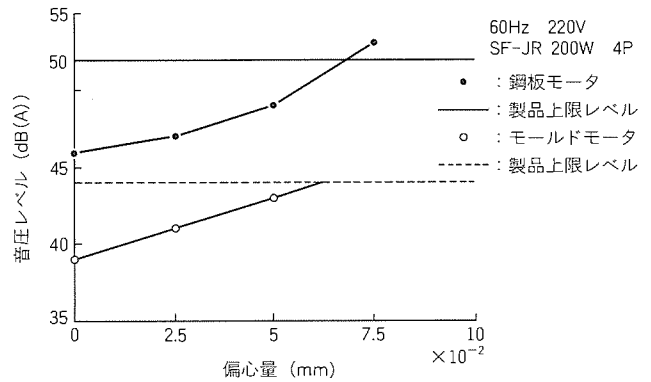


図8. 偏心量と音圧レベル

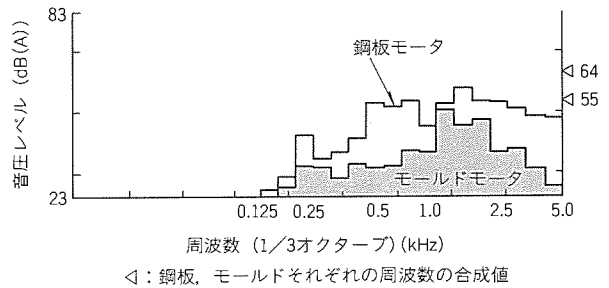


図9. 騒音の周波数分析結果（インバータ電源）

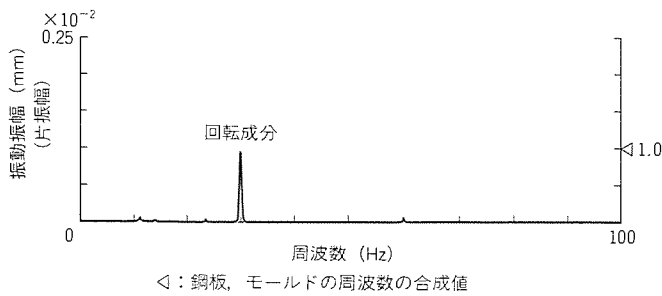


図10. 振幅特性の周波数分析結果 (モールドモータ)

低下している。特に、1 kHz 以上のインバータ駆動で発生する特有の高調波域での音圧レベルを大幅に低下させ、静音化も併せて実現した。

### 5.2 振動特性

振動発生要因と原因を大別すると次の2項目に分類できる。

- 電磁気的要因…基本波・高調波磁束加振力、電磁気的不平衡磁気吸引力
- 機械的要因……ロータ残留アンバランス、軸受

モールドモータでは振動振幅を低下させるため、その主要因であるロータ単体の残留アンバランス量の低減と外扇ファンのプラスチック化、電磁気的要因の減少のためステータとロータの同軸度を改善した。また、ロータの短小化やCAE構造解析によって剛性を高めた構造としている。

振動振幅特性の周波数分析結果を図10に示し、図11にV5クラスの低振動を実現する理想的な回転軌跡を示す。

### 5.3 動剛性

低騒音化を実現するためには、騒音の発生要因である電磁加振力の大幅な低減、又はモータ本体の動剛性を高め固有振動数に近接させないことが必要である。固有振動数の数がない場合は近接させないことが比較的容易である。

モールドモータと銅板モータ本体の伝達関数(イナータンス： $A/F$ )の測定結果を図12に示す。モールドモータは、銅板モータに比較して固有振動数の数も少なくしかもゲインが低いことから、電磁振動が発生しにくい構造であることが分かる。商用電源によるモールドモータと銅板モータ本体での振動加速度の周波数分析結果を図13に示す。銅板モータと比較して全周波数域で低下していることから低騒音化が確認できる。

## 6. 評価

### 6.1 絶縁評価

モールド絶縁が標準ワニス処理に比較して優れている一例として、過酷な浸水浸漬の測定データを図14に示す。図から分かる通り、ワニス処理ステータは浸水するとすぐに絶縁抵抗が低下しているが、モールド絶縁ステータは $10^{10} \sim 10^{11} \Omega$ あり、耐水性に優れていることが確認できる。これは、エポキシ樹脂が基本的に耐水性に優れていることや、図2で示したようにスロット内にも充填されていること、及びステ

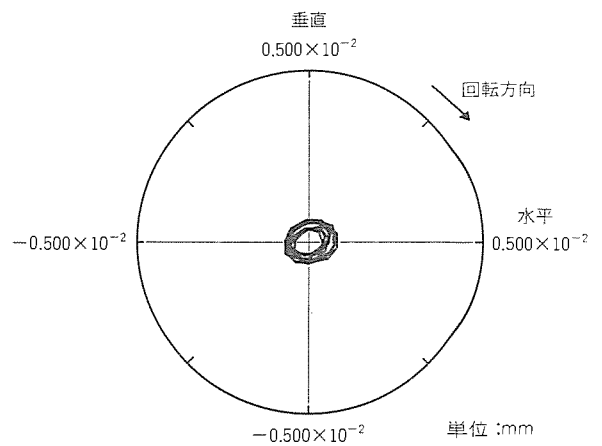
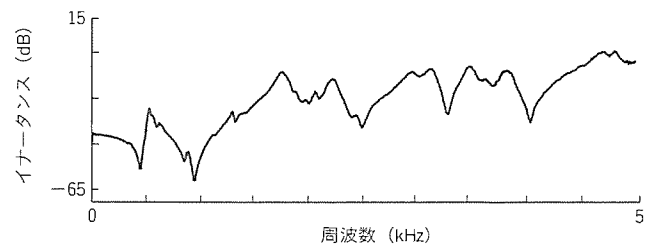
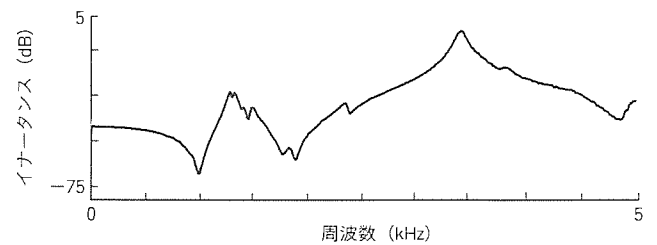


図11. 回転軌跡波形



(a) 銅板モータ



(b) モールドモータ

図12. 伝達関数測定結果

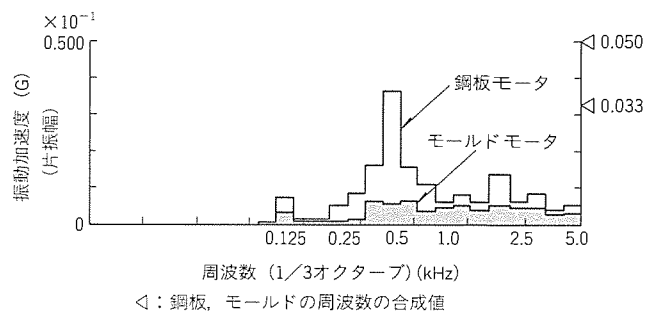


図13. 振動加速度の周波数分析結果 (商用電源)

ータ全体を樹脂で覆い外部から水の浸入する隙間がないことによる。これらの点は工作機械などで問題となる耐研削液等に対しても有利となり、耐環境性は非常に優れている。

スロット内含浸によりコロナ放電特性も向上する。図15はワニス処理前ステータ、ワニス処理ステータとモールド絶縁ステータのCSV(コロナ開始電圧)の特性を示す。ワニス処理前ステータと比較して、ワニス処理では約1.1倍の増加

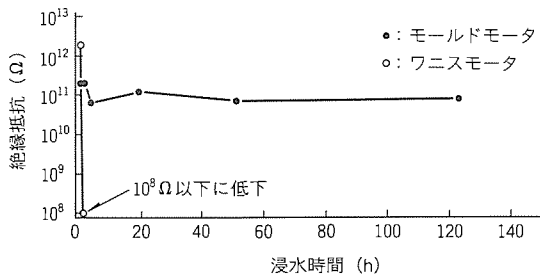


図14. 浸水試験結果

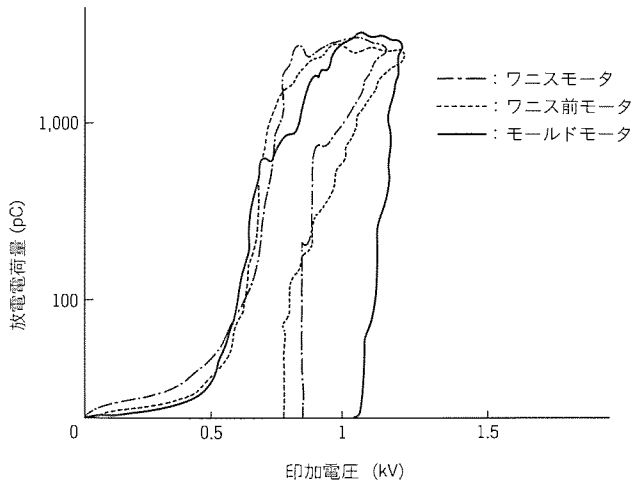


図15. コロナ放電特性

表3. 全体加熱冷却試験結果

条件	サイクル数	結果
160°C ~ -70°C	100	クラック：なし (モータ内周，外周等すべてOK)

表4. 通電加熱冷却試験結果

条件	サイクル数	結果
165°C ~ 35°C	350	絶縁抵抗：>10 <sup>12</sup> Ω 良好 耐電圧(AC2,000V)：OK サージ波形：試験前と同一 OK クラック：なし

表4はコイルに通電加熱しファンで冷却するパターン(以下“通電加熱試験”という。)であり，主に絶縁特性の変化を調べた。

全体加熱試験では100サイクル実施しても試料にはクラックは全く発生しておらず，良好であった。

通電加熱試験では350サイクル実施しても絶縁抵抗，耐電圧，サージ波形等いずれも良好であった。

以上の絶縁特性試験の結果やヒートサイクル試験の結果から，このモータの絶縁特性や耐クラック性について信頼性の高い製品であることが確認できた。

## 7. むすび

小型モータ分野では銅板モータが主流であり，モールドモータは家電用途などの専用用途に限られていた。開発したモールドモータは，エポキシ樹脂を用い非金属の外被であることから耐食性がある。また，銅板モータに比べ低騒音化・低振動化できることによる高性能化が実現した。したがって，汎用的な銅板モータでは難しかった特殊仕様など，新しい適用用途の道が開かれると考えている。

率であるが，モールド絶縁は約1.3倍となりCSV特性が向上している。

### 6.2 耐ヒートサイクル性評価

樹脂で外被を構成しているので，ヒートサイクルでのクラックの発生が問題となり重要な評価項目となる。

表3，表4はヒートサイクル試験結果の一例である。表3は恒温槽により試料全体を加熱・冷却するパターン(以下“全体加熱試験”という。)であり主に耐クラック性を調べた。



# 特許と新案\*\*\*

三菱電機は全ての特許及び新案を有償開放しております

有償開放についてのお問合せは  
三菱電機株式会社 知的財産渉外部  
特許営業グループ Tel(03)3218-2137

## 回転ヘッド形磁気記録再生装置及びその記録再生方式 (特許 第1760316号)

発明者 遠藤和仁, 石田雅之, 石田 雄

この発明は、情報信号をデジタル信号に変換する回転ヘッド形磁気記録再生装置及びその方式において、特にそのデータのインタリーブの改良に関するものである。

従来、この種の装置では誤りデータの補正能力を高める上でインタリーブ(交錯)処理を施し、誤りデータを分散させることが行われる。このために、例えば従来は、2チャンネルから入力されるデータを両チャンネルを合わせた偶数サンプル群と奇数サンプル群に分けて、磁気テープ上に記録していた。しかしこのようなインタリーブでは、目詰まり等により一方のヘッドから再生信号が欠落した場合には補正処理が不可能であり、耳につきやすい雑音が発生する欠点があった。

この発明は、上記の欠点を除去すべくなされたもので、図1に示すように、複数のチャンネルからなるデジタル情報信号を各チャンネルごとに奇数サンプル群と偶数サンプル群とに分け、1回の走査ごとに同一チャンネルの奇数、偶数サンプル群のデータを振り分け、しかもそれらを走査方向に対して互いに離れた位置に記録するようにしたものである。こ

の結果、図2のように片ヘッドの信号欠落やテープ幅方向の信号欠落に対しても、効果的に平均値補正が可能となる。

以上のようにこの発明によれば、DAT機器の再生音の高品質化や画像機器のSN比向上に優れた効果がある。

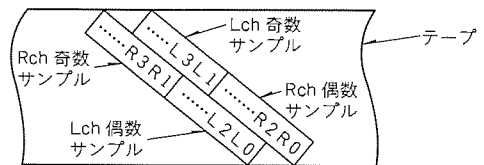


図1. インタリーブ



図2. 補正能力

## 電力分配回路 (特許 第1582386号)

発明者 清野清春, 高木 直, 武田文雄

この発明は、一つの入力を4等分に分配するための電力分配回路に関するものである。

従来のこの種の電力分配回路は、図1に示すように分布定数線路(2)及びアイソレーション抵抗(3)から成るウィルキンソン形2分配回路(1)を組み合わせることにより構成されるが、少なくとも3個の当該回路が必要になり、形状が大きくなってしまふという欠点があった。

この発明は、上記の欠点を除去すべくなされたもので、図2(a)に示すように、マイクロストリップで形成された2個のウィルキンソン形2分配回路(1)を誘電体基板上に並べて配置し、それぞれのウィルキンソン形2分配回路(1)の入力端子間を接続するとともに、アイソレーション抵抗(3)のほぼ中央に沿って金属島(4)を形成してこの金属島間を金属細線(5)で接続するようにしたものである。このとき金属細線の長さを波長に比十分短くすれば、入力端子(6)から入射したマイクロ波は出力端子(7a)~(7b)へ4等分に分配され、しかも出力端子間はアイソレーションされる。このときの等価回路を図2(b)に示す。

2分配回路で電力分配回路を構成できるので、回路を小型にできる利点がある。

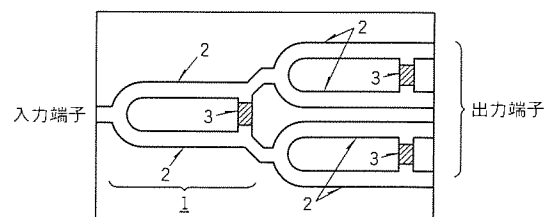


図1

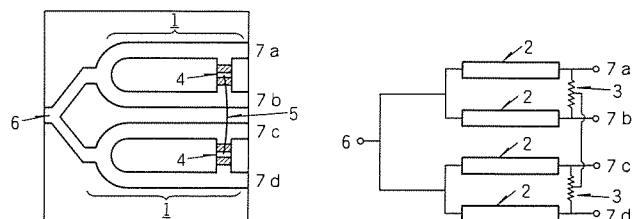


図2(a)

図2(b)

以上のようにこの発明によれば、2個のウィルキンソン形



# 特許と新案\*\*\*

三菱電機は全ての特許及び新案を有償開放しております

有償開放についてのお問合せは  
三菱電機株式会社 知的財産渉外部  
特許営業グループ Tel(03)3218-2137

## マイクロ波集積化リング変調器 (特許 第1375637号)

発明者 飯田明夫, 小木曾弘司, 武田文雄

この発明は、マイクロストリップ線路及びスロット線路を用いて構成し、かつ小型化したマイクロ波集積化リング変調器に関するものである。

従来、マイクロ波帯の周波数ではVHF, UHF帯のようにハイブリッドコイルで平衡-不平衡変換回路(以下“バラン”という。)を構成することが難しく、代わってマイクロストリップ線路等が使われる。図1は、このようなマイクロストリップ線路をバランとして用いたマイクロ波集積化リング変調器の例である。しかし、この従来方式では0相時と $\pi$ 相時とで位相誤差や振幅誤差が大きく、また入出力端子間のアイソレーションが良くないといった欠点があった。

この発明は、上記の欠点を除去すべくなされたもので、図2に示すように、マイクロストリップ線路(1)とスロット線路(2)とのつき合わせ部分に、ダイオードリング回路(3)を接続したものである。ここで端子(4)に正バイアス及び負バイアスを加えたときのダイオードリング部の様子は図3(a), (b)のようになり、0相時と $\pi$ 相時の伝送線路の形状が対称にな

るため、位相誤差及び振幅誤差を広帯域に小さくでき、さらにスロット線路とマイクロストリップ線路の電界の方向が直交しているので高いアイソレーションを得ることができる。

以上のようにこの発明によれば、高品質の位相変調が可能なマイクロ波集積化リング変調器を提供できる。

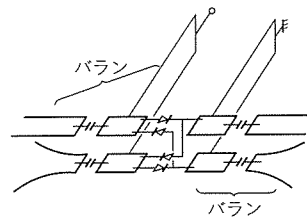


図1

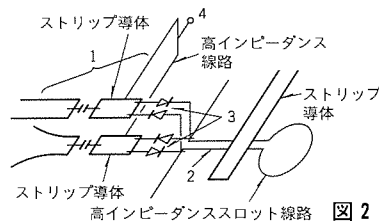


図2

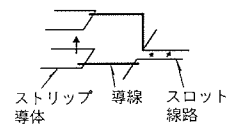


図3(a)

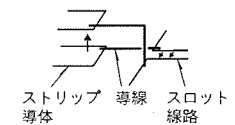


図3(b)

### 〈次号予定〉三菱電機技報 Vol. 67 No. 12 特集“エンジニアリングオフィスシステム”〈EOS〉

#### 特集論文

- 人間中心の発想とマルチメディアコンピューティング
- エンジニアリングオフィスシステム“EOS”の現状と展望
- “EOS”を実現するネットワークとプラットフォーム
- マルチベンダ製品組合せ評価基盤技術
- 統合エンジニアリングオフィスシステム“EOS MASTARS”シリーズ
- MELCAD-MD+による統合設計支援システム
- グループウェアの動向とその応用
- 図面情報管理システム

- 三菱重工業(株)納め図面電送システム
- フルカラープレゼンテーションシステム“ArtDUNES”
- 計算機ハードウェア設計支援システム
- 推定原価システム“COSTES”
- 三菱電機の特許情報システム
- コンピュータネットワークを使った情報支援とその応用
- 設備資産管理システム
- 配電マッピングシステム
- 三菱信託銀行(株)納め新円貨ALMシステム

<p>三菱電機技報編集委員</p> <p>委員長 田岡恒雄</p> <p>委員 永田謙蔵 鈴木幹雄 白井健三 大井房武 岩橋 努 江頭英隆 福田哲也 松村恒男 畑谷正雄 才田敏和 鈴木軍士郎 鳥取 浩</p> <p>幹事 長崎忠一</p> <p>11月号特集担当 下間芳樹 宮崎行雄</p>	<p>三菱電機技報67巻11号</p> <p>(無断転載を禁ず)</p> <p>1993年11月22日 印刷 1993年11月25日 発行</p> <p>編集兼発行人 長崎 忠一</p> <p>印刷所 千葉県市川市塩浜三丁目12番地 (〒272-01) 菱電印刷株式会社</p> <p>発行所 東京都港区新橋六丁目4番地9号 北海ビル新橋 (〒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) 3437局2692</p> <p>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) 3233局0641代, 振替口座東京6-20018</p> <p>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)</p>
---	--



現在、家庭用として普及しているアナログコードレス電話のデジタル版として期待されるデジタルコードレス電話(別名：第二世代コードレス電話)は、家庭用としての用途のほかにも公衆用・事業所用に開発が進められています。現在のアナログコードレス電話に比べ、家庭用の子機を屋外に持ち出し公衆用として使用できる(携帯電話機能)、また親機を経由しないで直接子機同士が通話できる(トランシーバー機能)、さらにデジタル通信の携帯端末機として使えることなどの特長があります。

今回開発した“MGF7122” “MGF7051”は、小型化・軽量化を目指すデジタルコードレス電話の子機に最適で、パッケージの小型化及び電池の本数を少なくするための低電源電圧動作(3V動作)を実現しています。

これらの製品の特長を以下に示します。

## 特 長

### ●送信増幅器 MGF7122

①出力電力  $P_0=21\text{dBm}$  (標準値)

②小型セラミックパッケージ

● $5.8 \times 12.2 \times 1.7$  (mm)

●8ピンSOP (Small Outline Package)

③低電圧動作  $V_{DD}=3.4\text{V}$

④20dBのゲインコントロール可能

### ●送信受信切替スイッチ MGF7051

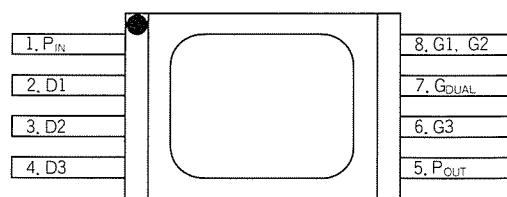
①低挿入損失 1 dB以下 (最大)

②アイソレーション 20dB以上 (最小)

③小型モールドパッケージ 10ピンSOP (10P2)

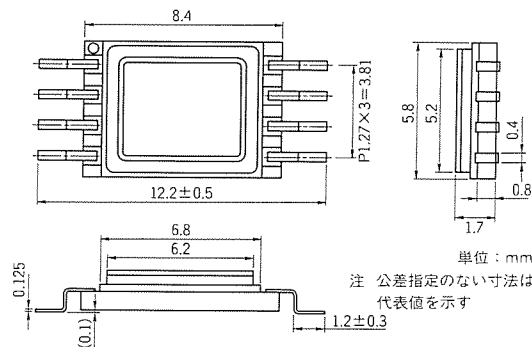
④超高速切替可能 11ns (標準値)

⑤広帯域動作 0.8~2 GHz

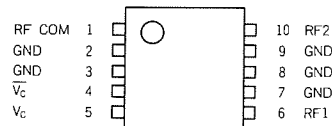


- |                |                  |
|----------------|------------------|
| 1 : RF入力端子     | 8 : ゲート電圧端子 1, 2 |
| 2 : ドレイン電圧端子 1 | 7 : 利得制御電圧端子     |
| 3 : ドレイン電圧端子 2 | 6 : ゲート電圧端子 3    |
| 4 : ドレイン電圧端子 3 | 5 : RF出力端子       |

MGF7122のピン配置図 (上面図)

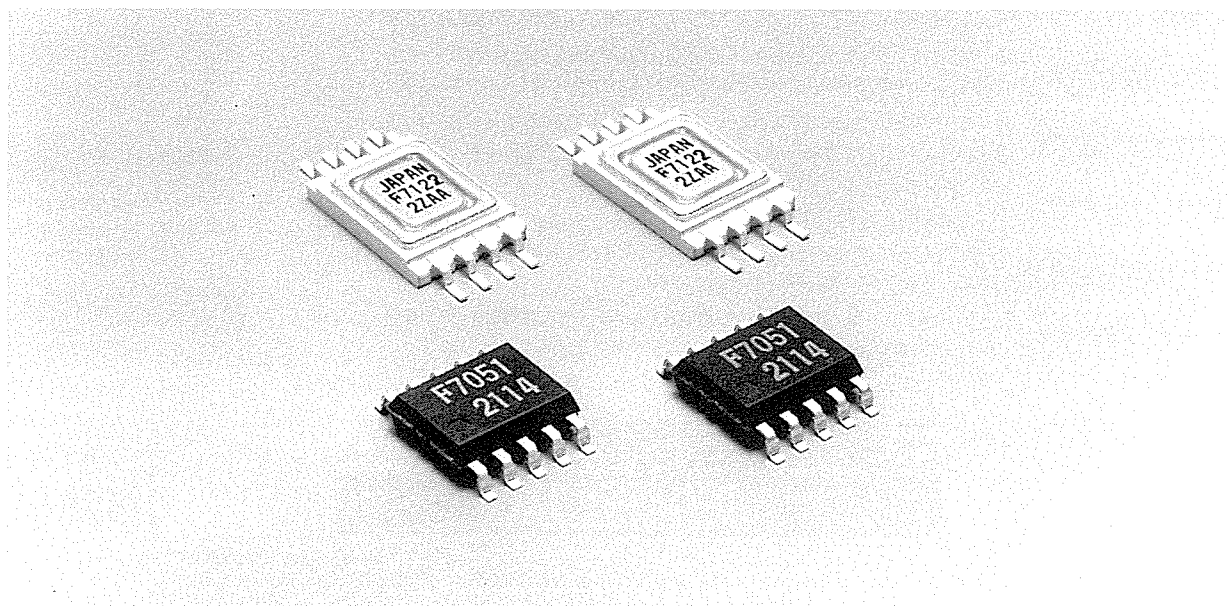


MGF7122の外形図



- |        |            |
|--------|------------|
| RF1    | : RF出力端子 1 |
| RF COM | : RF共通端子   |
| RF2    | : RF出力端子 2 |
| $V_c$  | : 制御電圧端子   |
| $V_c$  | : 制御電圧端子   |
| GND    | : 接地端子     |
| 外形     | 10P2       |

MGF7051のピン配置図 (上面図)



MGF7122, MGF7051の外観