

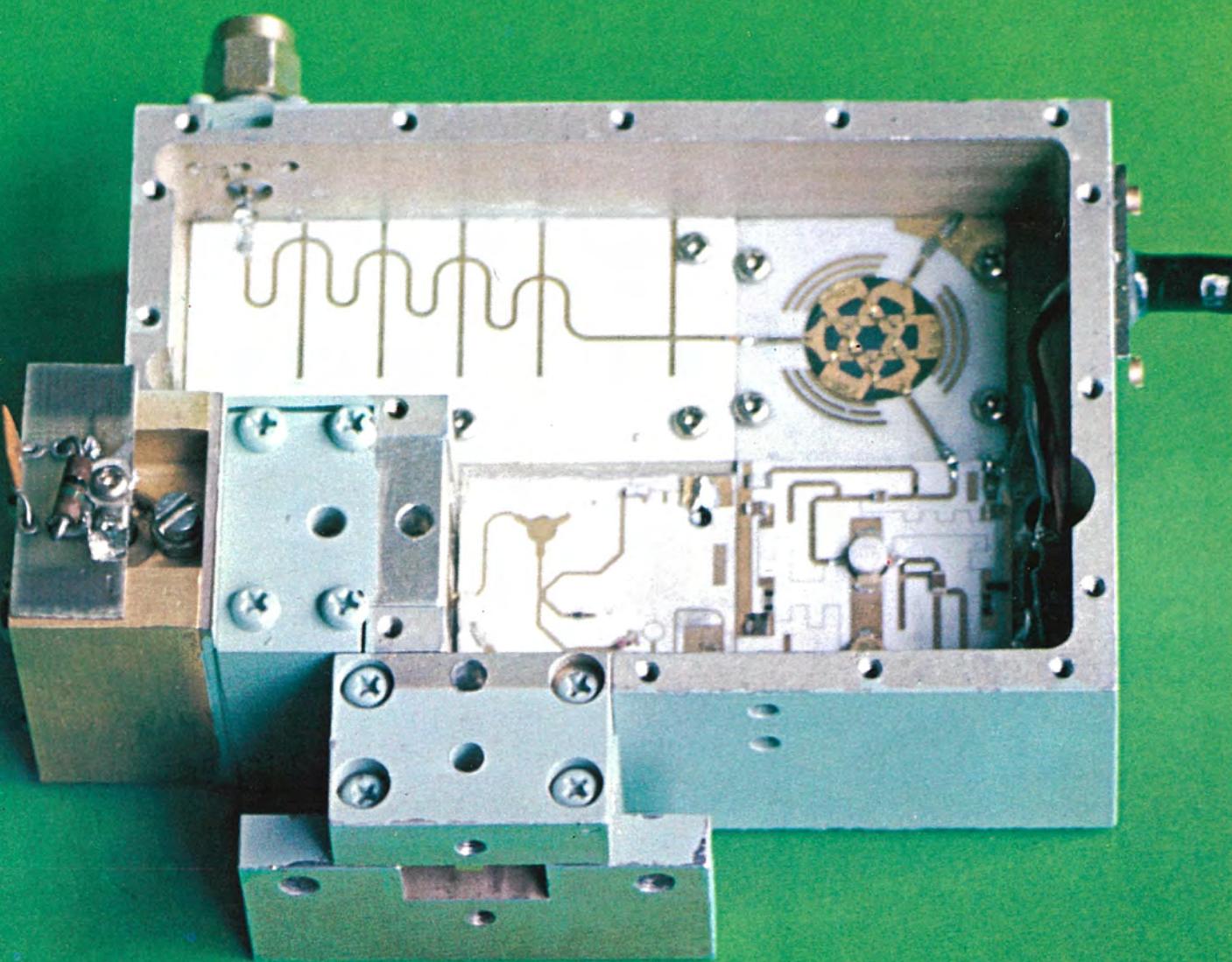
MITSUBISHI DENKI GIHO

三菱電機技報

Vol.46 November 1972
マイクロ波IC／縫製省力化特集

11

MIC化された20GHz受信RF/IFユニット



未来を開拓する





マイクロ波ICの進歩特集／縫製省力化特集

目 次

《マイクロ波ICの進歩特集》

マイクロ波ICの進歩特集号によせて	牧本利夫	1231
マイクロ波IC製造技術の現状	小野寺俊男・津和章雅・沢江哲則・植松滋幸・井上康郎・浜中宏一	1232
マイクロ波集積回路の設計法	白幡潔・堀切賢治	1239
マイクロ波半導体デバイス	白幡潔・近藤明博・八原俊彦・三井茂・堀切賢治・井上功	1245
マイクロ波IC用フェライト回路	中原昭次郎・紅林秀都司・川端俊一郎・溝潤哲史・折目晋啓・古屋輝雄	1251
準ミリ波PCM中継器におけるマイクロ波IC	尾形陸奥男・陶山昌雄・岡野晃・鍛治栄二	1258

《縫製省力化特集》

縫製工業における省力化の方向	尾宇江衛・横山昌弘	1265
自動糸切り装置付きミシン	森田稔・稻井邦広	1272
自動止め縫い装置付きミシン	稻井邦広・小林孝生	1278
専用ミシン・特殊ミシン・その他機器	森田稔	1283
リミストップGシリーズ	横山昌弘・小林孝生・鎌倉孝幸	1288
ミシン用電動応用機	横山昌弘・小林孝生	1295
縫製工場における空気清浄装置	齊藤寛・荒木義起	1300

《普通論文》

MELCOM-7000データマネジメントシステム(DMS)	野田亮一・廣澤嘉教	1309
統計解析ソフトウエア (MSL)	浅井邦彦・小林勝昭・上田太一郎・齊藤弘誌・小池將貴	1316
パプア・ニューギニア政府向けVHF/UHF帶用小容量多重無線通信装置	沼田敏男・一ノ瀬友次・関川一彦・山岡昭夫	1323
アンテナ方位軸駆動輪の粘着特性	平野一郎・菅波拓也・岡田克己・大沢武	1329
東京都交通局納入三重系全IC化列車自動運転装置	六藤孝雄・長谷川博一・金子弘美	1332
ステンレス鋼CBL用プラズマアーク溶接機	山本利雄・島田弥・町田一道・馬場利彦・武田明通	1340

《新製品紹介》

HC形高圧コンビネーションパネル

《ニュースフラッシュ》	1348
-------------	------

サウジアラビア向け10×34.7MVAガスタービン発電機統々完成・防爆形ブラシレス同期電動機の完成

《特許と新案》

溶接用変圧器・回路しゃ断器のリバウンディングラッチ機構・単相直巻電動機の速度制御装置	1263
断路器・表示数字を手動で変更し得る度数計・印字式記録計器における印字車と打印装置のインターロック	1307

《表紙》

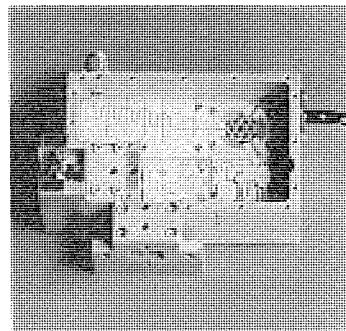
表紙1 MIC化された20GHz受信RF/IFユニット

20GHzPCM中継器の受信ヘッドを90×60mm²のユニットに平面化したものである。この中に、20GHzサーチュレータ2個を含むバランスドミクサ、1.7GHz2段プリアンプ、1.7GHz集中定数サーチュレータ、1.7GHz帯域ろ波器および半同軸化された20GHzガンドライオード局部発振器がインテグレートされている。このRFユニットを使用した中継器は300mm²、6kg程度に小形軽量化が可能である。今後の準ミリ波無線機はこのようなモジュールを原形として発展するであろう。

表紙2 三菱プログラム定針数縫装置

表紙3 ガン発振器・マイクロ波帯トランジスタ増幅器

表紙4 三菱自動糸切り装置付き工業ミシン



**SPECIAL EDITION : (1) PROGRESS IN MICROWAVE IC TECHNIQUE
(2) LABOR SAVING IN SEWING WORK****CONTENTS****SPECIALLY COLLECTED PAPERS (1)**

Present State of Production Technique of Microwave Integrated Circuit	..... T. Onodera • A. Tsuwa • T. Sawae • S. Uematsu • Y. Inoue • K. Hamanaka	1232
Microwave Integrated Circuit Design	..... K. Shirahata • K. Horikiri	1239
Microwave Semiconductor Devices	..... K. Shirahata • A. Kondo • T. Yahara • S. Mitsui • K. Horikiri • I. Inoue	1245
Ferrite Devices for Microwave Integrated Circuits	..... S. Nakahara • H. Kurebayashi • S. Kawabata • A. Mizobuchi • N. Orime • T. Furuya	1251
Microwave Integrated Circuits Applied to 20 GHz Band PCM Repeaters	..... M. Ogata • M. Suyama • A. Okano • E. Kaji	1258

SPECIALLY COLLECTED PAPERS (2)

Outlook of Labor Saving in Sewing Industry	..... M. Oue • M. Yokoyama	1265
High Speed, Single Needle, Lockstitch Industrial Sewing Machines with Undertrimmers	..... M. Morita • K. Inai	1272
Industrial Sewing Machines with Automatic Back-tacking Devices	..... K. Inai • T. Kobayashi	1278
Definite Purpose Sewing Machines, Special Sewing Machines and Other Machines	..... M. Morita	1283
LIMI-STOP Series G —Needle Positioners—	..... M. Yokoyama • T. Kobayashi • T. Kamakura	1288
Motors and Electric Actuators for Sewing Machines	..... M. Yokoyama • T. Kobayashi	1295
Air Purifiers in Sewing Factories	..... H. Saito • Y. Araki	1300

TECHNICAL PAPERS

Toward the Understanding of MELCOM-7000 Data Management System —DMS—	..... R. Noda • Y. Hirosawa	1309
MELCO Statistic Library	..... K. Asai • K. Kobayashi • T. Ueda • H. Saito • M. Koike	1316
VHF/UHF Band Small Multi-Channel Radio Communication Equipment for the Territory of Papua and New Guinea	..... T. Numata • T. Ichinose • K. Sekikawa • A. Yamaoka	1323
Friction Tests on Wheel-Rail Driving System of the Parabora Antenna	..... I. Hirano • T. Suganami • K. Okada • T. Ōsawa	1329
Three Channel System ATO Equipment for Transportation Bureau of Tokyo Metropolitan Government	..... T. Muto • H. Hasegawa • H. Kaneko	1332

Plasma-Arc Welders for Coil Build-up Lines of Stainless Steel T. Yamamoto • W. Shimada • K. Machida • T. Baba • A. Takeda	1340
---	---	------

NEW PRODUCTS	1347
---------------------	-------	------

NEWS FLASH	1348
-------------------	-------	------

PATENT AND UTILITY MODEL	1263 & 1307
---------------------------------	-------	-------------

COVER :

The 20 GHz RF/IF unit using MIC

The one illustrated is a receiver head of 20 GHz PCM repeater built by microwave integrated circuit technique into a 90×60 mm² unit. In this are integrated a balanced mixer including two 20 GHz circulators, 1.7 GHz two stage preamplifier, 1.7 GHz lumped element circulator, 1.7 GHz bandpass filter and local oscillator using 20 GHz Gunn diode with a reentrant coaxial cavity. It is possible that the repeater using this RF unit is made compact to the extent of 300 mm² in size and 6 kg in weight. Radio repeaters above 10 GHz in the future may develop by using such a module as a prototype.

「三菱電機技報」アブストラクト

<p>UDC 621.793.14: 621.38.049.7-181.4 マイクロ波IC製造技術の現状 小野寺俊男・津和章雅・沢江哲則・植松滋幸・井上康郎・浜中宏一 三菱電機技報 Vol. 46・No. 11・P1232～1238</p> <p>当社のマイクロ波集積回路（以下M I Cと略称する）は開発の段階からプリプロダクションの段階に移った。M I Cの対象はパッシブな伝送回路からアクティブな機能モジュールに及んでいる。この結果M I Cの製造技術は基板・パターン・ポンディングの段階から受動素子の薄膜化・パッケージング・信頼性試験に範囲を広げてきた。この論文は当社の現状を折り込みながら、M I C製造技術の現状と今後の方向について報告する。</p>	<p>UDC 621.376.56: 621.38.049.7-181.4 準ミリ波PCM中継器におけるマイクロ波IC 尾形陸奥男・陶山昌雄・岡野晃・鍛治栄二 三菱電機技報 Vol. 46・No. 11・P1258～1262</p> <p>Pole mount を前提とした20GHz band PCM regenerative repeater に用いられているMicrowave Integrated Circuitsについて述べた。すなわち17.7～21.0GHzのRF信号を1.7GHzに変換するDown-converter, 1.7GHz band intermediate frequency amplifier, Carrier-recovery circuit に用いられるdividing network およびfour-phase-shift-keyed modulatorの各unitについて設計の概要、実用化ユニットの特性、問題点の解決等を述べている。</p>
<p>UDC 621.372.83/85: 621.38.049.7-181.4 マイクロ波集積回路の設計法 白幡潔・堀切賢治 三菱電機技報 Vol. 46・No. 11・P1239～1244</p> <p>マイクロ波集積回路に使用される石英・ペリリヤ・アルミナ・サファイア基板の諸特性について記し、これら基板に適した使用周波数帯、用途および留意しなければならない点について述べた。</p> <p>マイクロ波集積回路の線路インピーダンス・実効誘電率・線路損失を一部計算機を使って表にまとめた。集中定数素子のIC化インダクタ、キャパシタの設計法について述べ、5GHzまでは集中定数化、すなわち小形化が可能であることと、その例を示した。最後に電子計算機を使った回路設計で、ICパターン寸法・特性を求め、専門的知識がなくても正確な設計が可能な二、三の基本回路にふれている。</p>	<p>UDC 687.053 縫製工業における省力化の方向 尾宇江衛・横山昌弘 三菱電機技報 Vol. 46・No. 11・P1265～1271</p> <p>縫製工業はその手工業的生産技術のため、最近の人手不足、人件費高騰に悩まされている。ミシン加工はデリケートで不定形な素材を相手にし、しかも高度な手作業を伴う加工すなわち組立である。</p> <p>したがって省力化・自動化が技術的に非常にむずかしい、また目まぐるしく変わるファッションは、固定的な機械をむだにしてしまうなどの技術上、経営上の障害が、縫製工業を手工業的労働集約産業にとどまらせてしまった。しかし最近の電子制御技術などの発展は、行きづまつた縫製工業の省力化、自動化に明るいきざしを投げかけ てきだので、それらを紹介するとともに縫製工業の省力化の方向を述べた。</p>
<p>UDC 621.372.83/85: 621.382 マイクロ波半導体デバイス 白幡潔・近藤明博・八原俊彦・三井茂・堀切賢治・井上功 三菱電機技報 Vol. 46・No. 11・P1245～1250</p> <p>各種マイクロ波半導体の簡単な紹介と、M I Cと組合せてなる各種マイクロ波半導体デバイスの技術的現状の紹介を行なっている。</p> <p>トランジスタとトランジスタ増幅器、ガンドイオードと発振器、リード形インパットダイオードと発振器、Pinダイオードとダイオード移相器、バラクタとショットキダイオード、ミキサ、TRダイオードスイッチ、S R D周波数倍器、最後に簡単なドップラモジュールについて述べてある。</p>	<p>UDC 687.053 自動糸切り装置付きミシン 森田稔・稲井邦広 三菱電機技報 Vol. 46・No. 11・P1272～1277</p> <p>ミシンの縫製作業における手作業の占める割合は非常に大きい。労働事情の悪化する今般、生産性の向上を求める縫製業界では、縫製の自動化・省力化・連続化が強く呼ばれている。とくに所要の長さだけ縫製し、布をミシンから取り出さない、縫い糸を引き出しあさみで縫い糸を切る作業は、従来、あらゆるミシンに付随している。われわれは、工業用高速度1本針本縫いミシンにおいてこの作業に注目して、ミシンから布を取出さない、自動的に縫い糸を切断する自動糸切り装置付きミシンを開発し、すでに市場の販売実績を重ねつた。</p> <p>本文では、三菱自動糸切り装置付きミシン「D B-179」の概略について述べる。</p>
<p>UDC 621.372.83/85: 621.38.049.7-181.4 マイクロ波IC用フェライト回路 中原昭次郎・紅林秀都司・川端俊一郎 溝瀬哲史・折目晋啓・古屋輝雄 三菱電機技報 Vol. 46・No. 11・P1251～1257</p> <p>マイクロ波集積回路に適合するフェライト回路として、マイクロストリップ形のサーキュレータ・移相器・アイソレータについて報告している。サーキュレータは、分布定数形と集中定数形のものについて、その設計法・試作結果について述べる。移相器は、$14 \times 18 \times 3.5 \text{mm}^3$という小さな寸法で、Xバンド、4ビットラッピング移相器ができた。アイソレータは、エッジガイドモードを用いたもので、9.0～11.0GHzで順方向損失0.5dB、逆方向損失2.5dB以上の特性が得られた。</p> <p>さらに、フェライト基板を用いたマイクロストリップ線路について損失・磁界依存性・温度特性などの測定結果を報告する。</p>	<p>UDC 687.053 自動止め縫い装置付きミシン 稲井邦広・小林孝生 三菱電機技報 Vol. 46・No. 11・P1278～1282</p> <p>ミシン縫製において縫い端部の糸のはつれを止めるため、布を逆に送って3～5針程度往復して縫う、止め縫い作業は非常に熟練を要しむずかしい作業である。</p> <p>このたび、当社はこれを自動化した自動止め縫い装置付きミシンを開発したが、本装置は直流電磁石で止め縫いの逆送り動作を行ない、専用モータにより適正速度でミシンを自動運転して、カウンタで止め縫い長さを所定の縫い目数に制御して、縫い始めと縫い終わりの止め縫いを自動的に行なう。</p> <p>本文はこの構成装置、制御および動作・特長などについて、その概要を述べた。</p>

「三菱電機技報」アブストラクト

UDC 687.053

専用ミシン・特殊ミシン・その他機器

森田 稔

三菱電機技報 Vol.46・No.11・P1283～1287

縫製加工においては加工品の種類別、あるいは工程手順等によっては限定した部分を特殊な仕様で縫製する必要がある。これらの部分の縫製を通常の標準形ミシンで行なう場合には、高度な加工技術を必要とするし、また能率的にも問題はあるので、これらの部分を縫製する特殊ミシンや専用ミシンが必要となり、その他縫製に必要な各種の周辺機器も必要となるので、現在でも相当な機種が開発研究されている。

上記の特殊ミシンや、専用ミシンおよび周辺機器の仕様、概要について説明し、将来専用ミシンを自動化する場合の問題点や思索を必要とする事項について述べる。

UDC 687.053

リミットップ G シリーズ
—ミシン針位置停止装置—

横山昌弘・小林孝生・鎌倉孝幸

三菱電機技報 Vol.46・No.11・P1288～1294

ミシン縫製作業は、多種多様の部分を縫い合わせながら同時に組立てるという不定形な作業であるため、自動化が非常にむずかしく、現在でも人手にたよる one man one machine という生産体制である。しかしその中にあってミシン作業のか(稼)動率向上の有効な手段として、ミシン針位置停止装置「リミットップ G シリーズ」が注目されてきた。

本文ではこのシリーズの構成・性能および効用を説明するとともに、最近注目を浴びてきた各種の縫製省力化製品を紹介する。

UDC 681.142.01: 007.3

MELCOM-7000 データマネジメントシステム (DMS)

野田亮一・廣澤嘉教

三菱電機技報 Vol.46・No.11・P1309～1315

データベースは近年ますます注目されてきており、ユーザの関心を集めている。MELCOM-7000シリーズコンピュータのソフトウェアとして、このデータベースの概念を具体化したデータマネジメントシステム (DMS) を用意している。IBMのIMSと並びこの分野での最高水準のものである。

この論文ではデータベースの意義、データベースの基本的概念と用語解説、DMSの概念と諸機能、コンピュータ設計に関するDMSの適用例について説明し、現今多目的コンピュータの典型的なデータ管理機構、とりわけMELCOM-7000シリーズのデータ管理機構を、理解していただくことを意図している。

UDC 681.142.01: 007.3

統計解析ソフトウェア (MSL)

浅井邦彦・小林勝昭・上田太一郎・齊藤弘志・小池将貴

三菱電機技報 Vol.46・No.11・P1316～1322

MSL (Melco Statistics Library) は、M-7000用に開発された統計解析ソフトウェアである。

その適用分野としては、市場調査・広告計画・経営計画・生産管理などをはじめとしてあらゆる方面にわたっている。

MSLは、適用分野・使用目的などによりシリーズ1, 2, 3と三つのシリーズにわかれており、特に、シリーズ3は、連続量を取り入れた数量化理論のプログラムの集合である。

本論文では、MSLの特長である連続量を取り入れた数量化理論の解説と適用例について主として述べる。

UDC 687.053: 621.313

ミシン用 電動応用機

横山昌弘・小林孝生

三菱電機技報 Vol.46・No.11・P1295～1299

工業用ミシンなどの自動化に伴い、これを駆動する動力源も電気・油圧・エアと多彩であるが、中でも取扱いの便利な電気動力源がその主流となっている。特に各種のクラッチモータや、各種の直流ソレノイドはもっとも需要が多いが、今後はミシンのNC化が進むにつれ、パルスモータをはじめ各種のサーボモータの必要性も高まってくるだろう。



UDC 621.396.4 (95)

パプア・ニューギニア政府向け

VHF/UHF 帯用小容量多重無線通信装置

沼田敏男・一ノ瀬友次・関川一彦・山岡昭夫

三菱電機技報 Vol.46・No.11・P1323～1328

本装置は、パプア・ニューギニア政府向けに製作された小容量多重無線通信装置で、国際入札の結果、技術的に高く評価され同領内の通信網整備の一翼をなす機種として採用された。装置は75, 150および400MHz帯を利用して、(1+4)電話チャネルと3チャネルの電信を伝送しうるもので、十分な通話品質を確保し、辺地での使用にも十分適用し得るよう信頼性・保守性に考慮を払って設計されたものである。

本文は装置の構成と機能を中心概要を報告する。

UDC 621.61: 687.02

縫製工場における空気清浄装置

齊藤 寛・荒木義起

三菱電機技報 Vol.46・No.11・P1300～1305

縫製工場における環境改善の基本的問題の一つに作業場の空気清浄がある。空調施設の効果も空気清浄を前提においてこそ倍加されると考えられる。

一方空気清浄装置には機械式・電気式あるいは粗じん用・微じん用など種々の構造機能のものがあるが、除じん率が高いことだけが選定条件のすべてではない。対象とするじんあいの種類、期待する作業場内の空気清浄度、さらには空調条件をも考慮して空気清浄装置を選定する必要がある。この主旨に基づいて、縫製工場における換気清浄の考え方、空気清浄装置の種類とその構造機能および換気清浄の設計法について述べる。



UDC 625.032.3: 621.396.67

アンテナ方位軸駆動輪の粘着特性

平野一郎・菅波拓也・岡田克己・大沢 武

三菱電機技報 Vol.46・No.11・P1329～1331

衛星を高精度に追尾するパラボラアンテナの旋回軸支持方式は、一般に大口径複合軸受が用いられてきた。しかしながら通信網がさらに広範化するにしたがって、より正確で運転の容易な支持方式が要求されるに至った。そこで複合軸受のかわりに車輪レール支持方式を用いることをこころみた。この場合にはすべての電気機器を地上レベルに設置できるとともに、高精度にすることができる。昭和46年に車輪レール支持方式によるパラボラアンテナの1号機を完成し、現在同じ車輪レール支持方式をもった第4号機を製作中である。上記の車輪レール支持方式の設計においては車輪とレールとの間の摩擦係数が非常に重要である。本報では模型車輪を用いた空転摩擦における摩擦係数の測定結果について述べる。

「三菱電機技報」アブストラクト

UDC 656.254.5-52

東京都交通局納入 三重系全IC化列車自動運転装置

六藤孝雄・長谷川博一・金子弘美

三菱電機技報 Vol.46・No.11・P1332～1339

東京都交通局において、10号線量産車や将来の高速鉄道車両を目的にした試作車両が製作されたが、このたびこの電車を対象にした自動運転装置があわせて計画された。

この自動運転装置は、従来の受信装置をICを使用して小形化したもので、受信部としてATO演算部といっしょにブロック化されて収容されている。受信部と演算部とは直列の流れとして1系列を構成し、この系列が全部で3系列使用された多重系構成になっている。

本報は各部の構成の詳細 ○ な紹介と、長年の自動運転機器製作経験によってつちかわれた各種の ハード技術とすぐれた制御技術とともにとづいて、完成された自動運転装置について述べたものである。

UDC 621.791.75.03

ステンレス鋼CBL用 プラズマアーク溶接機

山本利雄・島田 弥・町田一道・馬場利彦・武田明通

三菱電機技報 Vol.46・No.11・P1340～1346

プラズマアーク溶接法は、その高密度エネルギーにより、薄板および中板のI形突合せ継手に対して、片面一層溶接が可能であるという特長をもっており、自動化・高速化の観点から注目されている。われわれは、この溶接法を用いて、各種板厚のステンレス鋼を対象に溶接基礎実験を行なった結果、継手の寸法精度を高めることにより、良好な溶接継手を得ることができた。

そこで、このたびこの研究の成果を応用して、ステンレス鋼CBL用プラズマアーク溶接機を開発したので、溶接研究の一部と、今回製作したシアリング装置内蔵形のプラズマアーク溶接機の概要を紹介する。

マイクロ波 IC の進歩特集号によせて

大阪大学 基礎工学部教授(工博) 牧 本 利 夫

1940 年代に開発が始められたマイクロ波技術は、50 年代から 60 年代にかけて、目ざましい発展をとげた。このマイクロ波技術の応用によって、レーダが実用化され、マイクロ波通信が普及し、ひいては衛星通信による全世界通信網が実現した。さらに交通制御、家庭用等のエレクトロニクスの広い分野にマイクロ波技術が適用され、その用途が拡大されつつある。

マイクロ波技術の発展をひるがえってみると、その研究、開発、実用化には大きな二つの流れがあった。一つは電磁波理論および分布定数回路理論に基づいた、導波管回路を中心とした回路技術であり、他の一つはマグネットロンに出発し、クライストロン、進行波管等のいわゆる超高周波電子管技術である。導波管回路は同軸線路とともに、いわゆる立体回路技術として発展してきた。この立体回路を平面化・小形化しようとする試みは比較的古くから行なわれ、同軸線路に対応したストリップ線路が研究、開発されてきた。たとえば 1953 年に、Proc. IRE (現在の IEEE) から“マイクロストリップ特集”が出版されたことが想起される。一方、超高周波電子管を固体電子素子で置き換えようとする研究が早くから進められており、マイクロ波ダイオードを主体としたデバイスが次々に実用化されてきた。

以上のようなすう(趨)勢の中で、マイクロ波機器を固体化・小形化しようとする努力が払われ、マイクロ波ハイブリッド集積回路(以下、マイクロ波 IC または MIC と略す)の開発が近年急激に進展してきた。これはおもに次のような要因によるものといえよう。

- (a) 材料精製の技術が進歩し、超高周波帯で高性能の誘電体材料、磁性体材料および半導体材料が得られるようになった。
- (b) 材料技術の進展とともに固体電子物性の研究が進み、新たな素子——ガンドイオード、インパットダイオード等が考案され、一方トランジスタのしゃ断周波数が上がり、マイクロ波領域での実用が可能となった。
- (c) 印刷配線技術、IC の著しい発展に伴い、精密な写真製版技術が普遍的になった。

これまで、“立体回路”という言葉で象徴されてきた、マイクロ波回路ならびに超高周波電子管の特殊性を取り除いて、より取り扱いやすい、より信頼性の高い、より経済的な機器にしようというマイクロ波技術者の長年の努力が実を結んで、マイクロ波 IC が広く実用化される段階になってきた。マイクロ波 IC の適用によって、マイクロ波機器が小形軽量・高信頼・経済的・取扱容易となれば、あらたに可搬あるいはとう(搭)載用機器としてより広く利用されるほか、新た

な需要がさらに開かれる可能性がある。また、ますます増大する情報量を処理するためには、どうしても広い周波数帯を必要とし、それは必然的に高い周波数(センチ波からミリ波)の需要を増加させているが、マイクロ波 IC はこの領域においても有効なものであり、この需要を十分に満すことが期待される。

マイクロ波 IC 技術は現在発展段階にあり、まだ解決すべき多くの問題を含んでいる。とくに、成果として最終形の決め手となる製造技術の面では、材料、素子、サブストレート、ユニットの各段階において高度の生産管理が要求される。このような観点から、この特集論文が、とくに製造技術に焦点をあてているのは的を得たアプローチといえる。

初期の段階では、マイクロ波 IC は、既成の素子をストリップによる分布定数線路に結合して構成されてきた。最近にいたり、素子そのものが MIC 用として開発され、薄膜技術を駆使した本来のハイブリッド IC が製作されるようになってきた。さらに比較的高い周波数帯にまで集中定数による回路が集積化され、マイクロ波 IC は揺らん(籃)期を経てようやくらん(爛)熟期をむかえようとしている。これらの技術の集大成としてマイクロ波 IC は、今後ますます高度の回路機能を有する多機能集積回路に発展してゆくであろう。一方、回路設計技術においては、CAD (Computer Aided Design) によって、従来比較的自由度の多い設計がなされていたものが、必然的に確固とした設計となり、その設計技術の向上が、生産性の向上、機器の経済性につながることが期待される。

とはいえ、今後のマイクロ波 IC がをだちに高集積化——半導体集積化、モノシリックの方向に進むとはい難く、実用機器の経済性を考慮して、高集積化の実施のための基本的な開発が行なわれる同時に、多岐にわたる需要に対応して多機能素子をいかに性能的に、経済的に集積化するかが今後の課題となるであろう。さらには最近研究が進められており、IC 化に適している表面弾性波などの技術と呼応して、新たな研究を誘発し、ひいては多様に発展する社会情勢に対応し得る新需要を、開発することが要求されるであろう。このような観点に立脚して、この分野にたずさわる技術者の今いっそこの努力を期待したい。

マイクロ波 IC 製造技術の現状

小野寺俊男*・津和 章雅*・沢江 哲則*
植松 滋幸**・井上 康郎**・浜中 宏一**

Present State of Production Technique of Microwave Integrated Circuits

Communication Equipment Works Toshio ONODERA・Akimasa TSUWA・Tetsunori SAWAE
Central Research Laboratory Shigeyuki UEMATSU・Yasuo INOUE・Kōichi HAMANAKA

Microwave integrated circuits (abbreviated to MIC) worked out by Mitsubishi has shifted from the stage of development to that of preproduction. The object of MIC extends over active function module from passive transmission circuits. As a result the technique of producing MIC has entered into the range of film integration of passive element, packaging and reliability coming out of the substrate, patterning and bonding. This article reports the present state of the technique in producing MIC and the course of future progress of the Company in reference to its activity of the existing condition.

1. まえがき

当社のマイクロ波集積回路（以下 MIC と略称する）は数年間の揺らん（藍）期を経て、現在プリプロダクションの段階に入った。このため MIC 製造技術の開発をさらに有機的に進めており、信頼性の問題にも組織的に取り組み検討を進めている。

MIC 化の対象として従来は種々の伝送回路をアルミナ基板を用いたマイクロストリップ線路で、小形・軽量化することが主目的であったが、最近は能動素子を組み込み、システムの中心機能を有するモジュールとしてまとめることが主体となってきた。これらの結果として MIC 化による小形化・高信頼化・低価格化の夢は次第に現実化されてきたが、現時点での確実にいえる利点は次の 3 点に集約される。すなわち

- (1) 性能向上（特に小形・軽量化）
- (2) 品質の均一化
- (3) 保全性の向上

である。

さらに今後の MIC 製造技術の進展により、

- (4) 信頼性の向上
- (5) 價格の低減

が期待される。ここでは当社の現状を背景として、MIC 製造技術の各部分、すなわち基板・パターン・受動素子・ボンディング・パッケイジングおよび信頼性試験の現状と今後の方向について報告する。

2. 基板

ここではマイクロストリップ線路の製造について述べる。マイクロストリップ線路の製造では、誘電体基板材料の選択とストリップ導体の製造法が問題となる。

2.1 誘電体基板材料

MIC 用誘電体材料として備えるべき条件は次のようなものである。

- (1) 低損失材料 ($\tan \delta$ が小さい) であること
- (2) 用途に応じた誘電率を有すること
- (3) 誘電率が使用周波数および使用温度範囲で一定であること
- (4) 表面が平滑であること（導体損を小さくできる）

表 2.1 MIC 用基板の諸性質
Properties of substrates for MIC.

性質 材 料	誘電特性		熱伝導率 K (W/cm °C)	機械的強度
	$\tan \delta$ at 10 GHz	ϵ_r		
アルミナ	2×10^{-4}	9.6~9.9	0.2	○
サファイア	10^{-4}	9.3~11.7	0.4	○
ガラス (7059)	4×10^{-3}	5	0.01	×
ペリリア	10^{-4}	6	2.5	○
ルチル	4×10^{-4}	100	0.02	○
Ferrite/garnet	2×10^{-4}	13.6	0.03	△
石英	10^{-4}	3.8	0.02	×

(5) 機械的強度が大きいこと

(6) 化学的に安定であること

(7) 安価であること

表 2.1 に一般的に使用されている誘電体基板の一覧⁽¹⁾を示す。このほかに誘電体基板材料をグレードして、表面平滑性をもたせることにより、薄膜抵抗・薄膜コンデンサを同時に製造できるグレード基板がある。高分子誘電体もあるが、小形化に適さず損失も大きいうえに、温度変化による特性変化がはなはだしくほとんど使用されなくなっている。これらのうち、最も一般的に使用されているのはアルミナ基板である。サファイア・石英は、表面の平滑性を特に必要とする場合に多く使用される。ペリリアは高価ではあるが、熱放散を必要とする場合に使用されている。ルチルは非常に高い誘電率をもつ材料であるが、誘電率の温度変化が著しい。

このような誘電体材料が有する特性とは別に、基板として使用する場合に、基板の表面あらさ、板厚の精度、寸法の精度、基板のそり、基板の製作できる大きさ等も誘電体材料の選択基準となる。板厚の精度は、線路のインピーダンスのばらつきの原因となる。基板寸法のばらつきは同軸接せん（栓）とのつなぎ、組立てのときに問題がおこる。基板のそりについても組立てのときに問題となると同時に、ストリップ線路を作る写真製版工程で問題となり、ストリップ線路のパターン精度が悪くなる。

2.2 ストリップ導体の製造法

誘電体基板材料にマイクロストリップ線路を構成する導体材料に要求される条件は、次のようなものが考えられる。

表 2.2 各種導体材料を用いたアルミナ基板のストリップ線路の損失と密着性
Loss and adhesion of stripe line on alumina for conductor materials and process.

項目	試料	1	2	3	4	5	6	7
蒸着層	Cr+Cu (350+1,000)	Cr+Cu (350+1,000)	Cr+Au (240+560)	NiCr+Cu (250+1,200)	NiCr+Au (320+530)	Cr+Au (300+1,000)	Cr+Cu (280+1,000)	
めつき層	Cu (10)	Cu+Au (8+2)	Cu (10)	Cu 10	Cu 10	Au 10	Cu 10	
密着性 (g/cm)	750	750	750	280	300	750	750	
損失	3.8 GHz 0.0268	0.0314	0.0303	0.0284	0.0303	0.0360	0.0340	
	5.7 GHz 0.0350	0.0390	0.0379	0.0379	0.0379	0.0420	0.0400	
dB/cm	12.7 GHz 0.1100	0.1140	0.1180	0.1140	0.1127	0.0780	0.0740	

試料 1~5 板厚 0.72 mm
6~7 板厚 0.635 mm
表面あらさ 1 μH max
アルミナ純度 97%

- (1) 導電率の高い材料
- (2) 誘電体材料と密着性が良いこと
- (3) 環境・ふん囲気に安定であること
- (4) ボンディング性が良いこと (半導体素子・チップ状受動素子に対して)
- (5) パターン製作が容易であること

このような条件を満足するために実際に行なわれている製造方法は、二つに大別される。一つは厚膜ペーストをスクリーン印刷後焼成して導体を作る厚膜法である。厚膜では、基板の密着性を上げるために基板表面のあらいものを使用していることと、ガラスフリットを使用して導体の焼成を行なうので、導体損の増加が考えられる。またスクリーン印刷では、印刷精度が $\pm 0.05 \text{ mm}$ 程度しかできない。したがってファインパターンを作ることが困難である。このために全面に厚膜を焼成した後、写真製版食刻技術が使用されている例もある。厚膜ペーストには各種あるが、銀ペーストがストリップ導体に良好であったという報告⁽²⁾がある。

他の一つは薄膜法で誘電体基板を導体化したのち電解めっきで、使用周波数の skin depth の 4~5 倍の厚さにメタライズした基板を写真製版食刻技術により、ストリップ導体を製造する方法である。導体化する方法には、真空蒸着法・スパッタリング法・無電解めっき法がある。無電解めっきによる方法は、めっき膜と基板との間の密着性に問題があり、厚膜法と同様に基板の表面をあらくして密着性をよくしていく必要がある。スパッタリング法は、装置の取扱いが複雑で、量産化が困難なため、現在真空蒸着法が最も一般的である。真空蒸着法の場合、通常单一金属で前述の導体材料に要求される条件を満足することができないので、密着性のよい金属と導電率のよい金属とで構成する多層構造をとる。各種金属の組合せ方はいろいろあるが、表 2.2 に各種導体材料を用いたストリップ線路のマイクロ波特性と密着強度の実験結果を示す。マイクロストリップ線路の製造方法は、現在ほとんど真空蒸着でメタライズし、電解めっき後、写真製版食刻技術でパターンを作る方法が行なわれている。その代表的なものはクロム(Cr)-金(Au)を連続蒸着した後、金めっきを行なったものである。密着性をよくするために使用するCr層は、高抵抗層となるのでマイクロ波特性に悪影響をあたえる。Cr層の厚みを変えてマイクロ波特性を測定した結果を表 2.3 に示すが、膜厚 500 \AA 以下のCr層の存在は、メンド程度の周波数ではほとんど無視できる。

3. パターン

パターン製造技術は、通常の集積回路で使用されている手法をほぼそのまま適用できるが、10 μm 程度の厚い導体膜のエッティングを行な

表 2.3 クロム層の厚みによる線路損失 (単位 : dB/cm)
Transmission loss for chromium layer thickness (unit : dB/cm).

動作周波数 クロム層の厚み	3.8 GHz	5.7 GHz	12.7 GHz
ナシ	0.0241	0.0330	0.1590
250 \AA	0.0251	0.0331	0.1590
350 \AA	0.0251	0.0339	0.1590
550 \AA	0.0261	0.0351	0.1680

基板材料
97% アルミナ 板厚 1 mm 表面あらさ 1 μH max

うため、ファインパターンの寸法精度の維持がむずかしい。基本的なパターン製造工程を図 3.1 に示す。

図 3.1 から推測できるように 10 μm 程度の厚い導体膜をエッティングするためかなりのサイドエッティングが生じる。現在の MIC に使用されている金の導体膜の場合、100 μm の導体幅に対し 1~2 μm のサイドエッティングとなっている。これに対し 20 μm 幅のパターンでは、4~5 μm のサイドエッティングとなり、寸法幅に対し大きな誤差となるので、電気的特性が劣化し、またパターンの再現性も悪い。これらの対策としては、オーバ露光することによって、ファインパターンの寸法精度を上げることは可能である。しかし通常 MIC のパターンには、細線と太

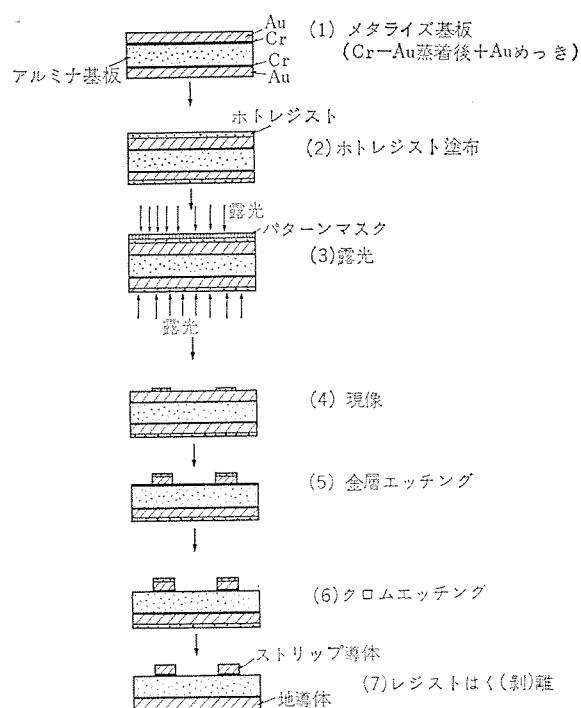


図 3.1 MIC パターン製造工程
Fabrication process of MIC pattern

い線とが混在しているから、むしろサイドエッティングを見込んだ太目のパターンを原図として作成することで解決すべきである。なおMICでは、かなり大きな面積のエッティングを行なうので、部分的なエッティング速度の違いが生じる。これを避けるため、エッティング液のかくはん(攪拌)を行なうことが有効である。

MICのパターン製作技術としてもう一つの問題は、メタライズ基板上に作るパターンが、つねに同じ位置関係にあることが必要であるが、メタライズ基板には、特に合せる目標がないのでむずかしい。この問題は、コネクタとの取り付け位置にも関連し、大量に同一パターンを作るMICの特長を生かせなくなる。しかしマスクと露光台との位置関係を常に一定にする治具を設けることにより、位置ずれは50~60 μm 程度にとどめることができる。

穴明き基板のエッティングは、穴の周辺でレジストが厚くなるので、パターン製作が困難になる。できるだけ穴明けは、パターン製作後に行なうほうがよい。

4. 受動素子

MICに使用される受動素子としては、薄膜素子・厚膜素子・チップ状素子があるが、ここでは薄膜素子をおもに述べる。

(1) 抵抗体

MICにおいて、抵抗素子は、線路の終端抵抗・減衰器・バイアス回路等に用いられる。薄膜抵抗材料は、ハイブリッドICの発展とともに、広くいろいろな材料について研究されてきた。そしてハイブリッドICに開発された材料がそのままMICに応用されているのが現状である。表4.1に代表的な薄膜抵抗材料の特性を示す⁽¹⁾。これら抵抗材料の中で、窒化タンタルが広く使用されている。

タンタル膜の製作は、おもにスパッタリング法で行なわれている。スパッタ中のアルゴンガスと窒素ガスの混合比を変えることにより、種々の特性を有するタンタル膜を作ることが可能である。窒化タンタル膜は抵抗特性も良く、信頼性も高く、再現性もよい。図4.1に4極スパッタリング法によって製作したタンタル膜の諸性質を示す。

現在MICに使用されているアルミナ基板は、表面あらさの点から薄膜素子に適していない。表面のあらい基板に、薄膜抵抗素子を作っても、基板内でのばらつきも大きく、信頼性に欠ける。したがって現在薄膜抵抗素子は、チップ状の素子をストリップ導体にはんだ付けするか、ビームリード状の素子を、熱圧着または超音波ボンディングする方法で使用されている。しかしこのボンディングでは、信頼性や特性の再現性に欠ける。また寸法的な制限もでてくる。

これに対し、グレースドアルミナ、サファイア、石英等の薄膜素子に適した表面のなめらかな基板材料を使用すれば、抵抗体とストリップ導体を一体化することができる。抵抗体基板(resistor board)製造工程

表4.1 薄膜抵抗材料の特性
Properties of resistive films.

材 料	面 積 抵 抗 (Ω/sq)	温 度 系 数 (ppm/ $^{\circ}\text{C}$)	1,000 hr あた り の変化率 (%)
Cr (evaporated)	10~1,000	$\pm 1,000$	1
NiCr (evaporated)	40~400	± 100	± 0.1
Ta ₂ N (sputtered in Ar-N ₂)	10~100	± 100	<0.1
Cr-SiO (evaporated)	100~4,000	-200	1
Ti (evaporated)	5~2,000	$\pm 1,000$	1

の一例を図4.2に示す。実際に抵抗体とストリップ導体とを一体化して、図4.3に示す8分配器を構成したところ、特性・再現性・信頼性とも良好であった。

(2) キャパシタ

キャパシタには、電極間のエアギャップを利用するインターディジタル形のものと、誘電体膜を使用するサンディッチ形がある。インターディジタル形のキャパシタは、マイクロストリップ線路製造技術がそのまま適用でき、信頼度も高いが作れる容量に限度がある。

サンディッチ形構造のものは、誘電体薄膜のピンホールによる耐圧の低

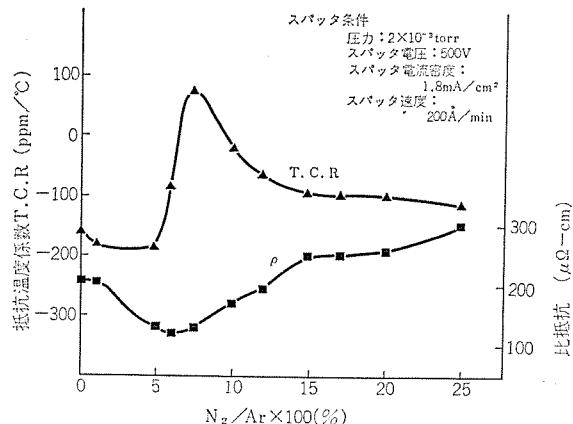


図4.1 スパッタリング法によるタンタル膜の諸性質
Properties of tantalum film in sputtering process

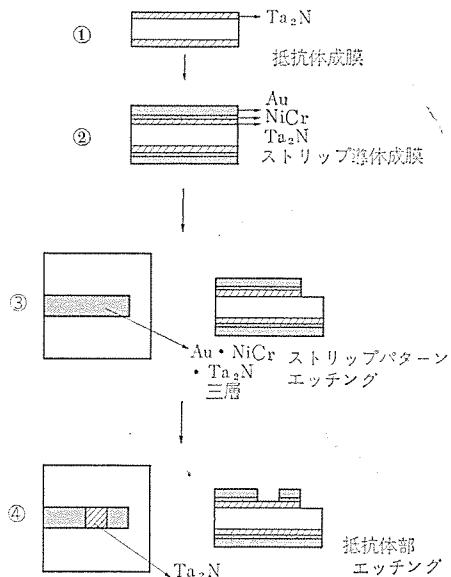


図4.2 抵抗基板を使用したMICパターン製作工程
Fabrication process of MIC pattern using resistor board.

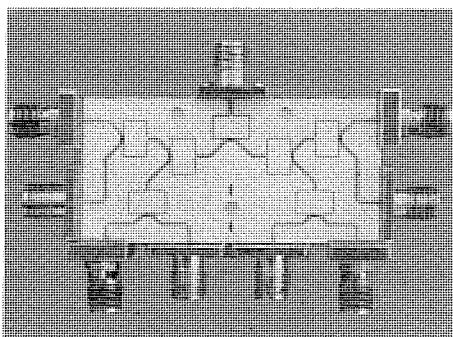


図4.3 抵抗基板を使用した8分配器
Power divider with 8 outputs using resistor board.

表 4.2 薄膜誘電体材料の性質
Properties of dielectric films.

材 料	比 誘 電 率 ϵ_r	絶 線 耐 力 V/cm	microwave Q
SiO ₂ (evaporated)	6 ~ 8	4×10^5	30
SiO ₂ (sputtered)	4	10^7	1,000
Al ₂ O ₃ (anodized)	7 ~ 10	4×10^6	—
Ta ₂ O ₅ (anodized)	22 ~ 25	6×10^6	100
TiO ₂ (Sputtered)	55	1×10^6	—

下、電極抵抗が高いことによる Q 値の低下をきたすなど改良すべき点が多い。このため電極材料の検討、誘電体膜の二層構造などが研究されているが、実用化にはいまだ不十分というのが現状である。しかしサンドイッチ形 キャパシタは容量の範囲が広く取れるし、キャパシタを構成すると同時に、インダクタ素子のクロスオーバーにも利用できる。したがって完全な受動素子の一体化を実現するために重要な技術である。表 4.2 に代表的な誘電体薄膜の性質を示す⁽¹⁾。最近 RF スパッタリングによって作られる SiO₂ 膜が誘電体特性も良く、広く使用されている。

(3) インダクタ

インダクタ素子は、高い Q 値をえることがむずかしいこと、自己共振の問題等、回路設計に関連した製造技術が問題となる。しかし平面状の角形および丸形 スpiralコイルの基礎的なデータは、かなり固まり試作的な回路には使用されている。これらインダクタ素子の回路接続は、ワイヤボンディングで行なわれている。しかしワイヤの長さの違いからインダクタンスの値が異なること、またワイヤとファインパターンの耐電力の点で信頼性に欠ける点で、インダクタンス素子のクロスオーバー技術も必要となってくる。このため前項で述べた誘電体膜を使用したクロスオーバー技術・めっき技術を利用してエアギャップによるクロスオーバー技術が研究されている。前者は Q 値の低下、浮遊容量の増加、後者は製造技術の複雑さなど今後さらに改良を必要とする。

5. ボンディング

マイクロ波 IC は主としてハイブリッド IC の形で開発が進んでいるが、その製作工程で最も重要な部分の一つに、素子のインタコネクションの問題がある。インダクタンスと抵抗を基板上に一体化することは、製造技術的にはほぼ問題はないが、キャパシタはコストと信頼性の面で一体化はむずかしく、キャパシタを一体化した MIC の実用化は進んでいない。したがってこれら受動素子および能動素子は、ハイブリッド IC としてボンディング法によって集積化されることが多い。これらのインタコネクションの問題は、すべての IC についていえることであるが、装置の複雑化、大型化、機能の集積化が進むにつれて、IC の実装密度が高くなり、それだけに一点当たりのインタコネクションの信頼度も高いものが必要となる。

現在モノリシック IC のボンディング方式として代表的なものに、ダイボンディング法、チップの界面を電極として外部電極とオーミックコンタクトを形成するボンディング法、ならびに回路端子を外部端子と結合するワイヤボンディング法がある。しかし、MIC のインタコネクション方式はセラミック基板上の薄膜の金めっきパターンを基本とする回路に、素子または外部へのリード線をボンディングすることが多いので、モノリシック IC のボンディング方式とかなり異なることが多い。インタコネクションは接合法、接合材、被接合材または素子の種類によって、分類することができる。表 5.1 に代表的なボンディング法を示し、以下これらのボンディング法について述べる。

表 5.1 代表的ボンディング方法の比較
Comparison of typical bonding techniques.

No.	ボンディング名称	接合材	被接合材	接合原理	温度
1	ワイヤボンド	金線 アルミ線	Au 基板 [Au 基板 Cu 基板]	熱圧着法 超音波法	300°C 90~100°C
2	ダイボンド	Au-Si Au-Ge Au-Su	Au ↔ Si ダイ	ろう付け	300~ 400°C
3	ビームリード法	Au	Au 基板 ↔ リード 素子	超音波法 熱圧着法	0~100°C 300°C
4	リフローボンド	Su-Pb	{Au 基板 Cu 基板}	はんだ付け	200°C
5	リボンボンド	Au リボン	Au 基板	超音波法 熱圧着法 パラレルギャップ法	0~100°C 300°C 0~100°C
6	その他	エポテック	Au 基板、地導体	樹脂接合	100~ 120°C

(1) ワイヤボンディング

ワイヤボンディングは MIC で主としてトランジスタチップやダイオードチップの電極から、基板の電極へのリード線を引き出す場合や、集中定数形インダクタンスからリード線を引き出す場合に用いることが多い。ワイヤボンディングには熱圧着方式および超音波方式の二つの方式がある。

(2) ビームリード素子のボンディング

MIC に使用される素子でビームリード化されている素子は少なく、したがって一般的に考えられているような高集積化したビームリード素子より、ダイオードや抵抗のように端子数 2 つの場合が多い。したがって、ビームリード素子に広く使用されているワブリング法よりも、一点ずつボンディングするボンダーが、はん(汎)用性に富んでいる。ビームリードボンディングのボンディング条件はビームリードの破壊力がいくらかによって、その素子に対する最適な条件を求める必要があるが、一般的には、ビームの電極のピーリング強度、圧着によるビームの変形から生ずるビーム破壊強度、およびボンディング強度とのバランスによって決定されるべきで、たんにボンディングのみの強度に信頼度は左右されない。最適な状態においては、それぞれの強度が均等になることが望ましい。実際には電極の強度は素子メーカーによりまちまちであるので、ボンディング強度を前二者の強度よりかなり大きくしてボンディングを行なうのが普通である。この場合に生ずる故障はリード変形による破壊が多い。図 5.1 は熱圧着方式によるビームリード形ミキサダイオードのボンディング写真である。熱圧着方式によるボンディングでは 0.2 mm 幅 25 μ 厚みの金リードを垂直方向で、30 g (金リードの破壊) 以上のボンディング強度を得ることができる。

(3) リフローボンディング

リフローボンディングは、主としてプリント基板に応用されることが多い。この方式は基板の電極部に必要量のはんだをリフローして、リード端子を電極部に熱圧着するか、赤外線ランプにより加熱するか、またはパラレルギャップ溶接によってはんだを溶解してボンディングする方法である。その他に類似方式として、クリームはんだによるボンディング法がある。この方式はスクリーン印刷により電極部にはんだを印刷し、その部分に部品をおき、加熱炉または、ダイボンダー上で加熱しボンディングする方式で、図 5.2 に示す LID 形の素子およびチップコンデンサのボンディングに適している。

(4) リボンボンディング

MIC のボンディングで最も特異なボンディングは、マイクロストリップ線路

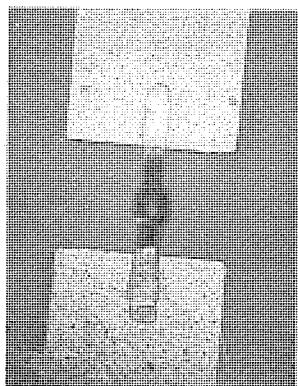


図 5.1 熱圧着方式によるビームリード形ダイオード
Beam lead diode bonded by thermo-compression technique.

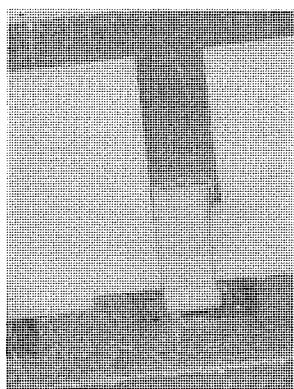


図 5.2 リフロー・ボンディングによる LID 形ダイオード
LID diode bonded by reflow bonding.

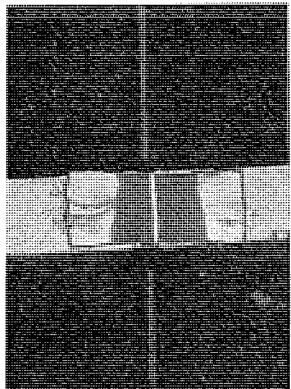


図 5.3 リボン・ボンディングによるマイクロストリップ線路の
インタコネクション
Interconnection between microstrip-lines bonded by
ribbon bonding.

のボンディングである。このボンディングは、金リボンをマイクロストリップ線路の基板間接続に使用する方法で、ビームリードボンディング法と類似している。複数個のアルミナ基板はアルミなどの地導体に固定され、周囲の温度変化によって基板間の間隔が閉鎖するので、金リボンは、図 5.3 に示すように一部ゆとりをもたせてボンディングすることが望ましい。またリボンとしてメッシュ状のものを使用することによって、ボンディング時の残留応力が分散して、ボンディングの信頼度を向上させることができる。

(5) Sn-Pb はんだによるボンディング

Sn-Pb はんだによるボンディングは、MIC のボンディング法として現在最も多く用いられている。この方式は金がはんだ中に拡散しやす

く、特に高温での拡散速度は速くなるので、金とはんだの合金層が生成しやすい。この合金層は機械的にもろく、ボンディングの信頼度は劣化する。このため Sn-Pb 以外のはんだたとえば、Au-Sn はんだなどについて検討中である。

(6) エポテックによるボンディング

マイクロストリップ線路を中心とする MIC 基板の接地側は、地導体との電位が零でなくてはならない。このため MIC 基板の接地側のメタライズ層と地導体との接着には、導電性接着剤または低温はんだを使用している。この導電性接着剤として要求される性質は電気伝導度が良いこと、アルミナ基板のメタライズ層と地導体との密着性が良いこと、できるだけ低温で接着できること、温度変化に強いこと、アルミナ基板と金属地導体の熱膨張の差を吸収するに十分な厚みであることなどであるが、これらを満足させる適当な材料はない。現在はエポキシテクニック社のエポキシ系導電性接着剤（エポテックと呼ぶ）を使用している。

MIC のインタコネクションは、顕微鏡を見ながら一カ所、一カ所ボンディングしていくという多大の手間と時間を要する作業である。現時点で MIC の需要を考えた場合、数千個以上の量産機種は非常に少ないので、自動化または専用機化はむずかしい。このため製品の品質と信頼度は作業者の技能に依存する結果となり、ボンディング工程でのヒューマンファクタが大きい。それだけに高信頼性を得るには、比較的安定なボンディング方式に素子を統一するか、または接続点数をできるだけ減少させることであるが、コストと製造技術とのかね合いで妥協点を求める必要がある。将来方向として、MIC に最も適した安価で信頼度の高いボンディングは金一金による熱圧着法であると考えられる。

6. パッケイジング

通常マイクロ波半導体はパッケイジングすることにより、そのリードインダクタンスおよび寄生容量によって特性が劣化する。この問題は周波数が高くなるにつれて決定的な問題になる。このため MIC ではパッセーチョンしたチップ状のマイクロ波半導体素子を使用して、半導体のパッケイジングを MIC モジュール そのもののパッケイジングとして行なうことが、性能的にも価格的にも有利である。この場合に問題になることは、パッケイジングの気密度であり、このような問題を狭義のパッケイジングまたは単にパッケイジングと呼ぶことにする。

次に MIC の故障率は 7 章で述べるように、通常 $\lambda = \sum K_i N_i \lambda_i$ または $\lambda = K \sum N_i \lambda_i$ で表わされる。ここで、 K_i または K は環境係数であり、これらを小さくすることにより信頼度が増加する。表 7.1 に環境因子とその留意事項を示す。このように MIC の環境係数を小さくするため、MIC 本体以外の周辺部のいろいろな問題を広義のパッケイジングと呼ぶことにする。

MIC のパッケイジングは MIC そのものの歴史が浅いこともあって、現状ではまだ確立されたものではない。以下にパッケイジングの一般的説明と当社の現状の一端を説明する。封止方式は気密される容器の材質、モジュールの大きさによって左右される。MIC の場合、半導体 IC に比べかなり容器が大きく、たとえば $1'' \times 2''$ または $2'' \times 2''$ 程度の大きさの基板に部品を実装した IC のパッケイジングであるため、方式も比較的限定される。金属-金属の封止には抵抗溶接法、はんだ封止法、冷間圧接法が有るが、いずれも比較的小面積の封止に適用することが多い。セラミック-セラミックの封止としては、ガラスソルダによる封止が主で、ソルダ材としては結晶化ガラス、非結晶性ガラス等あ

るが、いずれも 500°C 前後の高温度で加熱して封止せねばならない。なお同軸コネクタは部品としてガラス封止で行なったものが市販されている。金属-セラミック間の封止の場合、セラミックの接合面をメタライズレ金属とロウ付けするので、封止温度が高く最終封止にはセラミック-セラミックの封止が用いられる。

上記の金属-金属、セラミック-セラミック、金属-セラミックの封止方式は、正常な状態においては吸湿による影響はなく、比較的経年変化も少ないと。しかし、いずれも形状の一定したもので量的に多い場合には有効であるが、多種多様の形状のものの封止にはコスト高となる。上記封止方式の他にガスケットによる機械的な封止法、およびプラスチック封止法がある。プラスチック封止法は、大きさ形状に対して、非常に自由度が大きく、ハイブリッド IC の封止方式として最も安価に製作することができる。しかし、前記のハーメチックシール法に比べ、後者は信頼性の面で比較すると、湿度に弱く湿気に起因する部品の特性変化や劣化の恐れが大きい。したがって規格にそって特性の経時変化を検討する必要がある。

図 6.1 は、1.7 GHz トランジスタアンプの気密封止を、ガスケット封止で行なったケースおよびコネクタの写真である。封止場所および封止方式については、表 6.1 のとおりである。MIL-STD-883 の温度サ

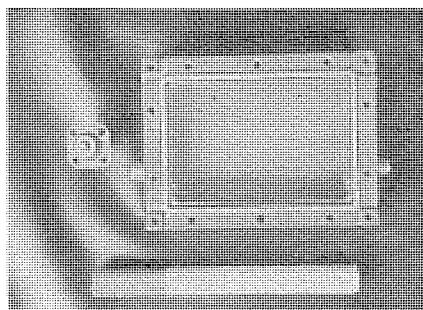


図 6.1 ガスケット封止を適用した MIC パッケイジ
MIC package with gaskets.

表 6.1 ガスケット封止の MIC パッケイジの詳細
Details of MIC package with gaskets.

封止場所	今回採用の封止方式		問題点
	封止方法	効果	
同軸 コネクタ部	Sealed コネクタ + O-リング + エポキシレジン	○Oリングにより 10^{-9} atm/s がメーカの保証値 ○中心導体はハーメチックシール	○ハーメチックシールの劣化 ○レジンの吸湿 ○Oリングの材質 ○レジンの作業性
	はんだ付け めくら板 (Sn-Pb) + エポキシレジン	○めくら板のはんだ付け部分 が不安定で酸洗い時にリークすることが多い	○はんだ付け部の酸による腐食 ○レジンの吸湿 ○レジンの密着性 ○レジンのクラック
	Seal 用端子 はんだ付け (Sn-Pb) + エポキシレジン	○酸洗い時にリークすること があった	○レジンの吸湿 ○レジンの密着性 ○レジンの耐候性 ○レジンのクラック
ふたの部分	ゴムガスケット (ニトリルゴム) + 2.6ねじ 14ヶ所	○今回ふたについてレジン 封止は行なわないこととした	○ニトリルゴムの劣化 ○コーナ部のリーク

イクル試験の結果、 10^{-7} cc/s 以下の気密度が保証でき、温度サイクル試験による気密性の劣化は認められなかった。

7. 信頼性試験

これまで MIC の製造技術について述べてきたが、これらに平行して重要な課題が信頼性試験と品質保証である。これらの問題は手掛けて日も浅く、データもいまだ十分そろっている状態ではない。ここでは MIC の信頼性に対する考え方を簡単に述べる。

まず性能面を主体にした試作のくり返しにより、目標性能を有する MIC のプレッドボードモデルを試作する。次にこのプレッドボードモデルの信頼度予測を行なう。すなわち MIC の構成要素の固有故障率 λ_i を従来のハイブリッド IC またはプリント基板の場合から想定し、構成要素 N_i および環境係数 K_i を使用して、MIC モジュールとしての信頼度 $\lambda = \sum K_i N_i \lambda_i$ を予測する。この値が適当でない場合は、使用素子のデイレーティングや素子数 N_i の減少などの回路設計の面から再検討するとともに、受動素子の一体化によるボンディング数の減少や、故障率 λ_i の小さいボンディング方法など製造技術の面からもアプローチする必要がある。さらに生産性の立場からと広義のパッケイジングの立場から検討し、パッケイジングも含めたエンジニアリングモデルを設計する。

つぎに上記の設計により製作されたエンジニアリングモデルの信頼度を確認するための信頼性試験が行なわれる。大別して次の三つがある。

(1) 環境試験：環境因子としては表 7.1 に掲げたものがあり、主として 6 章で述べた広義のパッケイジングの耐環境性、安全限界を調べるもので、時間はあまり重要でない。

(2) 寿命試験：設計に際して予測された信頼度を実際に確認するためのもので、動作寿命・高温保存寿命などがあり、最終的には MTTF を知ることが目標である。しかし一般にはコスト・時間の制約があるため 1,000 hr 程度の寿命試験により、初期故障のモードを調べることにとどまる場合が多い。

(3) 構成要素の信頼度試験：設計に際して想定した λ_i の評価を行なうもので、特に MIC 全体としての信頼度に大きく寄与する構成要素から取り上げていく。この場合は初期故障のモードも調べるが、大勢としては λ_i の値を知ることであり、当然「数」と「時間」の壁に立ち向うことになる。しかし試料数を多数集積したサン

表 7.1 MIC パッケイジにおける環境因子
Environmental factors in MIC package.

環境因子	故障例	留意事項
保存温度	低温で基板がクラックする	基板の取付け方
動作温度	発熱体の動作温度が許容値をオーバーする	発熱体とヒートシンクの取付け方
温度サイクル	基板間接続のはがれ	基板間接続法
熱衝撃	ハーメチックシール部のクラック	ハーメチックシールの強度
湿度	結露・腐食・ミグレーション	気密構造・バシシベーション法
アルカリイオン	腐食・絶縁不良	樹脂コーティング
振動	ねじのゆるみ、素子のはずれ	ねじロックの使用、ダブルナットの使用
衝撃	素子のはずれ	素子の取付け・モールド端子の接続法
端子のハンダ浸し	端子のはずれ、ハーメチックシール部の破損	ハーメチックシールの材質
端子の折曲げ	端子の折曲げによる破断	端子強度

ブルが容易に製作可能なことと、対象が単純であるから故障物理的解析から加速度試験が可能なことなどで、 λ_i を求めるることは必ずしも困難ではない。

以上の信頼性試験は2段階に分けて、初めに環境試験と初期故障モードの調査を行ない、その結果を設計にフィードバックしてプリプロモデルを試作する場合が多い。この場合は故障物理的に故障メカニズムを解析し、故障原因を除去するような設計変更とともに、潜在的故障を製造工程中に取り除くスクリーニング方法を確立してプリプロモデルに適用する。この後プリプロモデルで寿命試験を実施する。

生産段階に入ってからも信頼性試験は、品質保証試験の形で存続する。すなわち製造工程の中の品質管理や高温デパッキング、ステップストレスのスクリーニングなどの生産試験に合格した製品は、製造ロット単位ごとにその製品の品質を保証するために必要な信頼性試験を行ない、統計的手法でロットとしての合否を判定する。

8. む す び

MIC 製造技術と信頼性試験について述べたが、以上を集約すると

次の3点にまとめられる。すなわち

(1) マイクロストリップ線路、スパイラルインダクタンス、ギャップキャパシタなどの製作に関して、基板およびパターン製造技術はほぼ確立した段階にきている。

(2) パッケイジングと信頼性試験は、他の MIC 製造技術に比較してかなりおくれている。近い将来 MIC 製品を生産していく立場として、バランスのとれた MIC 製造技術を早期に確立することが必要である。

(3) 受動素子の薄膜化技術とボンディング技術とは表裏の関係にあるが、コストと信頼性の両方の立場から考えて、両技術のうまくマッチングした MIC 製造技術を開発することが、次の課題として必要である。

参 考 文 献

- (1) Harold Sobol : Proc. IEEE, 59, 1,200 (1971)
- (2) Frank Z. Keister : IEEE, ED-15, 531 (1968)

マイクロ波集積回路の設計法

白幡潔*
堀切賢治**

Microwave Integrated Circuit Design

Central Research Laboratory Kiyoshi SHIRAHATA
Kamakura Works Kenji HORIKIRI

Various characteristics of substrates made of fused quartz, beryllia, alumina and sapphire for use on microwave integrated circuits are described herein together with the uses and points to be noted of working frequency band suitable for these substrates. Line impedances, effective dielectric constants and line losses of microwave integrated circuits are tabulated by using electronic computers partly. Design of inductors and capacitors provided with lumped element integrated circuits is explained; then examples are given to show that it is possible to build them of lumped elements; namely, small sized up to 5 GHz. Lastly it is touched upon a few basic circuits which are accurately designable without recourse to special knowledge through the circuit design with electronic computers in obtaining integrated circuit pattern dimensions and characteristics.

1. まえがき

マイクロ波集積回路 (Microwave Integrated Circuit, 以下 MIC と略す) は、試作開発の段階から実用化の段階に達し、より正確な設計が要求されるようになった。

MIC の製作技術は、

- (1) マイクロプロセス技術 (基板の選定、基板のメタライゼーション、フォトエッチング、ネガフィルム作成のアートワーク等)
- (2) MIC の設計技術
- (3) 組立パッケージング技術 (抵抗、コンデンサ、半導体素子のボンディング、コネクタの取付け、基板のマウント)

に分けられる。

本論文では、(1)と(2)に関連して MIC に不可欠の IC 用基板の選択ならびに設計上留意点を 2 章に、マイクロ波 IC 設計の基本的事項を 3 章に述べ、MIC の設計のプログラム化の具体例について 4 章で述べる。

2. MIC 用基板

MIC 用基板には製造・設計・パッケージング上から種々の要求があり、まとめるとつぎのとおりである。

- (1) 高誘電率・低損失で周波数および温度に対して一定かつ経年変化が小さい。
- (2) 表面がち(緻)密・平滑で板厚の公差が小さい。
- (3) 金属との密着性が良い。
- (4) 熱伝導度が大きい。
- (5) 化学的に不活性。
- (6) 安価に入手可能のこと。

これらの要求に近い基板として石英・ベリリヤ・アルミナ・サファイアがある。これら材料の諸特性を表 2.1 にまとめた。

溶融石英は SiO_2 が 99.9 % 以上であって低誘電率・低損失材料として、マイクロ波回路に使用されてきた。また熱膨張係数が 0.35~0.56 $\text{ppm}/^\circ\text{C}$ と非常に小さいため、すぐれた温度特性を必要とする回路に利用されている。誘電率が小さいため、波長の小さい準ミリ

表 2.1 基板の諸特性
Characteristics of substrates.

基板 項目	石英	ベリリヤ	アルミナ	サファイア
主成分 外観	SiO_2 99.9%以上 ち(緻)密質	BeO 95~99% ち密質	Al_2O_3 97~99% ち密質	Al_2O_3 100% ち密質
色	透明	白色	白色	透明
見掛けの比重	2.2	2.8~2.9	3.8~3.9	3.98
硬度 (Mohs)	7	30	37	9
膨脹係数 ($\text{ppm}/^\circ\text{C}$)	0.35~0.56	6.1~7.7	6~7.7	8.4
機械強度 (Newton/ m^2 , 10^{10})	7	30	37	
熱伝導度 ($\text{Watt}/\text{cm}^2, ^\circ\text{C}$)	0.0142	2.1	0.35	0.35
誘電率	3.78~3.82	6.5~6.8	9.0~9.5	9.5
$\tan \delta$	<0.0001	0.0002~0.0004	0.0001~0.0004	0.0001~0.0002
表面アラサ (μm max)	<0.1	1~2	1~2	<0.1
機械加工性	良	不可	悪い	悪い
耐薬品性	良	優	優	優
MIC への用途	準ミリ波 ミリ波	大電力	VHF~ X band	集中定格化 IC VHF~ X band

波・ミリ波の領域で有望な材料である。他の基板と比較して機械強度が小さいためわれやすく、熱伝導が小さい欠点がある。切断や熱加工が容易で、表面あらさも 0.1μ 以下の鏡面研磨が可能であるため、準ミリ波以上でマイクロ波損失を比較的小さくできるし、薄膜技術による抵抗・コンデンサを一体化して製作できる利点がある。

ベリリヤは物理的・化学的に安定な材料で、特に熱伝導度が金属と同程度であることから大電力用のマイクロ波回路に使用されており、大電力用 MIC に特に有望である。誘電率が石英とアルミナの中間に手ごろな値であるため、IC の設計・製作も容易である。欠点は多孔質 (porous) であるため表面がややあらく、高周波で損失が大きくなる。またベリリヤの粉末が皮膚に付くと人体に悪い影響を与えるため、加工上の取扱いがむずかしい。

アルミナは誘電率が 9~9.7 と比較的大きく、回路の小形化も可能で $\tan \delta$ も小さく、マイクロ波特性も良いことからマイクロ波回路に從来からよく使用されている。入手も容易で安価であり、機械強度もあり、化学的に非常に安定していることからも、現在の MIC 基板の主流となっている。欠点として焼上りの表面があらく、かたくても

ろいため加工がむずかしい。また基板が大きくなるとソリが生じて、マイクロ波ICの入出力端子につけるコネクタとの変換特性が悪くなったり、基板の取付けがむずかしくなる。

サファイアはアルミナ Al_2O_3 の100%の単結晶である。単結晶である点を除くとアルミナに近い性質である。工業用として大量に生産されており、加工・鏡面研磨は宝石メーカーによって希望のものが得られる。欠点として誘電率に方向性があり、単結晶のためあまり大きな基板が入手できなく、価格が高いということである。

3. MIC の設計

3.1 マイクロストリップ線路

現在マイクロ波ICに利用されている線路は、図3.1に示すいわゆるマイクロストリップであって、基板上のマイクロストリップ導体のパターンで種々の回路が構成できる。

マイクロ波ICの設計は、

- (1) インピーダンス
- (2) 実効誘電率
- (3) 線路損失

からほとんどの回路定数および特性を計算することができる。

3.2 インピーダンス

マイクロストリップ線路のインピーダンスは、Wheelerが等角写像法によって⁽¹⁾、Yamashita等は変分法によって⁽²⁾求めているが、Sobol等によって式(3.1)の近似式が報告されている⁽³⁾。

$$Z = \frac{377}{\sqrt{\epsilon}} \cdot \frac{1}{h} \cdot \left[1 + 1.735\epsilon^{-0.0724} \cdot \left(\frac{W}{h} \right)^{-0.836} \right] \quad (3.1)$$

ここで ϵ は基板の誘電率、 h は基板の厚さ、 W は導体幅である。Schneider等も近似式を報告⁽⁴⁾しているが、式(3.1)と1%以下の差異でよく一致している。

一例として $\epsilon=9.0$ のアルミナ基板について、 W/h をパラメータにしてインピーダンス Z を計算した結果を表4.1にまとめた。インピーダンスの測定は、TDR(Time Domain Reflectometer)を使って測定した結果と理論値とはよく一致している⁽⁵⁾。

高インピーダンス線路は W/h を小さく、すなわち線幅 W を細くすることによって実現できるが、フォトエッチング技術の安全度も考慮して $W=0.05(\text{mm})$ とすれば、基板の厚さ $h=0.635(\text{mm})$ で $W/h=0.079$ となり、インピーダンスは 120Ω まで実現できる。

低インピーダンス線路の線幅 W は半波長以下に制限される⁽⁶⁾。すなわち最大ストリップ幅 W_{\max} は

$$W_{\max} = \frac{1}{2} \lambda_m = \frac{C}{2f\sqrt{\epsilon_{eff}}} \quad (3.2)$$

で与えられる。 λ_m はマイクロストリップ線路を伝ばす波長で、 C は光速度、 f は周波数、 ϵ_{eff} は次節で述べる実効誘電率である。周波数12GHzの場合、アルミナ基板では $W_{\max}=4.6\text{ mm}$ ($h=0.635$)まで可能であり、インピーダンスは 12Ω となる。

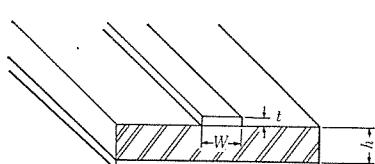


図3.1 マイクロストリップ線路
Microstrip transmission line.

12GHz帯で基板の厚さ0.635mmを使用した場合は、回路設計に使用できるインピーダンスは $12\sim120\Omega$ までが可能となる。高インピーダンスを実現したい場合は基板を厚く、低インピーダンスを実現するには基板は薄いほうが好ましいが、低インピーダンスの場合は基板の厚さの効果は薄い。

3.3 実効誘電率

マイクロストリップの位相定数 β は $2\pi/\lambda_m$ で与えられ、 λ_m は式(3.3)である。

$$\lambda_m = \frac{\lambda}{\sqrt{\epsilon_{eff}}} \quad (3.3)$$

ϵ_{eff} は実効誘電率(effective dielectric constant)で、基板と地導体の間にある誘電体の誘電率 ϵ より小さくなる。マイクロストリップ線路は図3.1(c)に示すように、ストリップ導体の上側は空気、下側は誘電体で構成されているため、電磁界分布は対称とならず、線路幅 W によって誘電率 ϵ の寄与する割合が違ってくる。

実効誘電率⁽³⁾ ϵ_{eff} は、

$$\epsilon_{eff} = 1 + 0.63(\epsilon - 1) \left(\frac{W}{h} \right)^{0.1255} \quad \frac{W}{h} \geq 0.6 \quad (3.4)$$

$$= 1 + 0.6(\epsilon - 1) \left(\frac{W}{h} \right)^{0.0297} \quad \frac{W}{h} \leq 0.6 \quad (3.5)$$

で表わされる。表4.1には $\epsilon=9.00$ のアルミナ基板について $\sqrt{\epsilon_{eff}}$ 、 $1/\sqrt{\epsilon_{eff}}$ を W/h をパラメータにして、それぞれEEF A、LG/LOで示してある。

マイクロストリップ線路の伝ばモードは、TEMモードとして取扱われている場合が多いが、実際には純粋なTEMモードでなく、周波数が高くなるにつれてハイブリッドモードが入ってくることが報告されている⁽⁶⁾。したがって基板の厚さ、パターンの形状によっても ϵ_{eff} は変わるために厳密にはさらに補正が必要となる。

3.4 線路損失

マイクロストリップ線路をTEMモードが伝ばす場合の線路損失は、

- (1) 誘電体による損失 α_d
- (2) 線路の導体による損失 α_c

に分けられ、これら損失についてはHartuiz⁽⁷⁾等によって与えられた。

$$\alpha_d = 27.3q \frac{\epsilon}{\epsilon_{eff}} \cdot \frac{\tan \delta}{\lambda_g} \quad (\text{dB/単位長}) \quad (3.6)$$

$$\alpha_c = \frac{8.68}{2\pi} \cdot \frac{R_s}{Z \cdot h} \left[1 - \left(\frac{W}{4h} \right)^2 \right] \left[1 + \frac{h}{W} + \frac{h}{\pi W} \left\{ \ln \left(\frac{4\pi W}{t} \right) + \frac{t}{W} \right\} \right]$$

$$\frac{W}{h} \leq 2\pi \quad (3.7)$$

$$= \frac{8.68}{2\pi} \cdot \frac{R_s}{Z \cdot h} \left[1 - \left(\frac{W'}{4h} \right)^2 \right] \left[1 + \frac{h}{W'} + \frac{h}{\pi W'} \left\{ \ln \left(\frac{2h}{t} \right) - \frac{t}{h} \right\} \right]$$

$$2\pi < \frac{W}{h} \leq 2 \quad (3.8)$$

$$= \frac{8.68}{2\pi} \cdot \frac{R_s}{Z \cdot h} \frac{\frac{W'}{h} + \frac{\pi h}{\pi h}}{\frac{W'}{h} + \frac{2}{\pi} I_n \left\{ 2\pi e \left(\frac{W'}{2h} + 0.94 \right) \right\}^2} \left[1 + \frac{h}{W'} + \frac{h}{\pi W'} \left\{ I_n \left(\frac{2h}{t} \right) - \frac{t}{h} \right\} \right] \quad 2 \leq \frac{W}{h} \quad (3.9)$$

ここで q は $(\epsilon_{eff}-1)/(\epsilon-1)$ で表わされるfilling factor、 R_s は表皮抵抗 $\sqrt{\pi\mu_0 f(\text{GHz})/\sigma}$ である。 W' は導体幅 W の補正值で次式で表わされる。

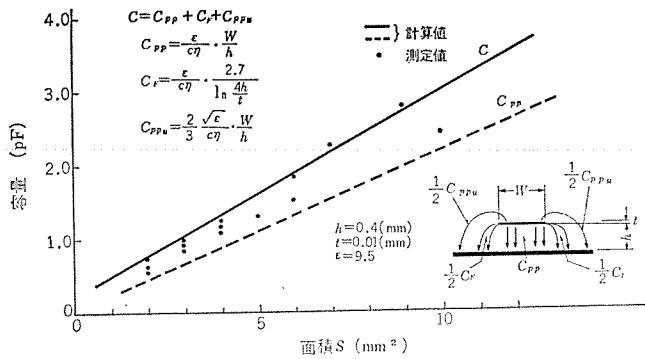


図 3.4 容量と面積の関係
Capacitance versus area of parallel plate capacitor

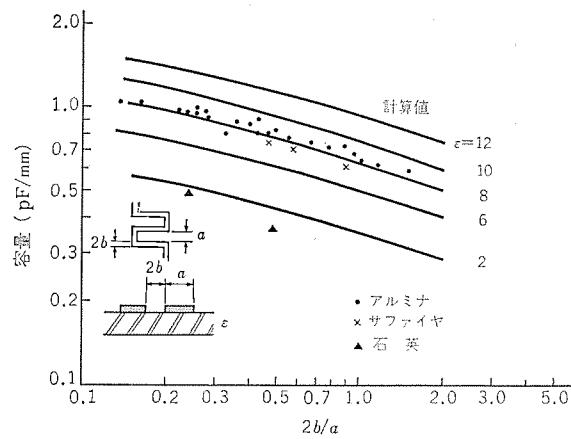


図 3.5 ギャップコンデンサの単位長当たりの容量
Capacitance per unit length of gap condenser.

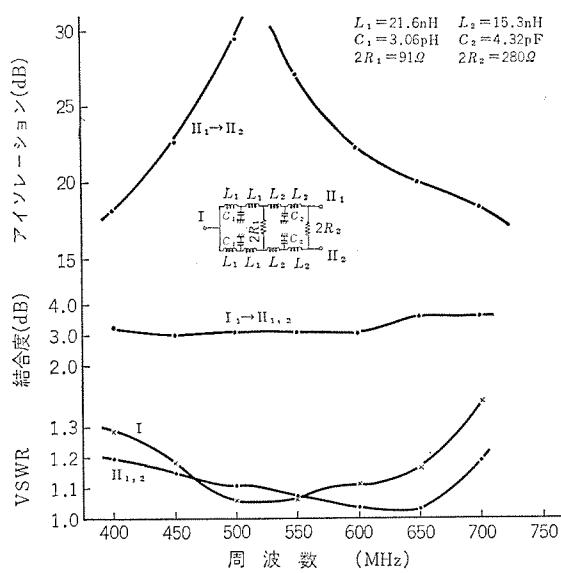


図 3.6 集中定数 VHF 帯ハイブリッド 2 分配器
Performance of lumped-element VHF hybrid two-way divider.

VHF 帯から高いほうは C-band まで可能であり⁽¹⁰⁾、分布定数と同程度の特性的ものが得られ、大きさは数分の一になる。具体的な一例として、VHF 帯の 2 分配器と 6 GHz 帯の 2 分配器をそれぞれ図 3.6、3.7 に示した。

4. CAD の導入

最近、CAD (Computer Aided Design) を導入して回路の最適設計を行なうことが盛んである。MIC は特に CAD に適した回路であって、その駆使によって特性の向上、最適素子の選択、半導体素子

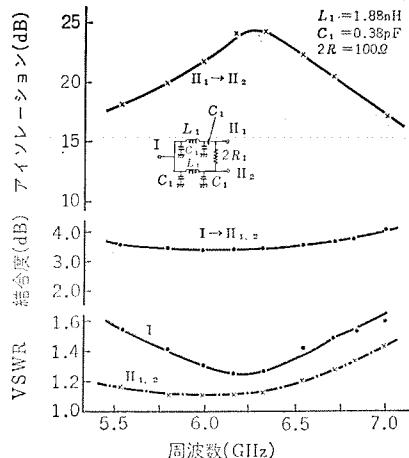


図 3.7 集中定数ハイブリッド 2 分配器
Performance of lumped-element hybrid two-way divider.

とのインタフェイスの改善が可能となる。本論ではどちらかと言えば狭い意味の CAD、すなわち計算機を使って MIC のパターン寸法を決定し、あるいはさらに理論計算値を補正して、実測に近い特性が求められるようにプログラム化することにより、迅速にしかも専門的な知識がなくても設計が可能になる例を紹介する。

[例 1] インピーダンス表：アルミナ基板、誘電率 9.0、基板の厚さ 0.635(mm) を MIC 基板とした場合の、 W/h (または W) をパラメータにして、実効誘電率 ϵ_{eff} の平方根 EFF A、波長短縮率 LG/LO ならびにインピーダンス $Z(\Omega)$ を求めた一例が表 4.1 である。この表をもとにして MIC の基本的回路は設計できる。

[例 2] 求めたいインピーダンスの定数：表 4.1 で求めたいインピーダンス Z の W/h 、 $\sqrt{\epsilon_{eff}}$ を知りたい場合、グラフに書いて求めるか W/h を小さくして表を作り求めるしかないので、精度が悪く、迅速でなくなる。表 4.2 は基板の種類 (名称)、誘電率、基板厚を与え、求めたいインピーダンス Z をインプットすると、正確なマイクロストリップ線路幅 W がタイプされる結果を示した。

表 4.1 実効誘電率とインピーダンス
Table of effective dielectric constant root and
impedance versus W/h .

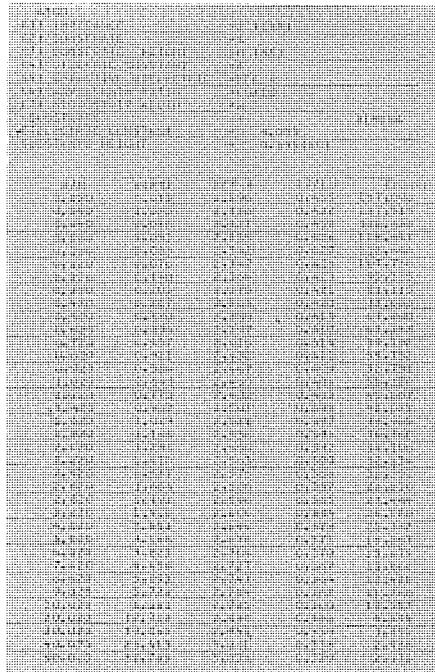


表 4.2 インピーダンス値からマイクロストリップ線路幅を求めた例
Microstrip line width computed from a given impedance.



表 4.3 ラットレース回路の計算結果
Output of Rat-race circuit program.

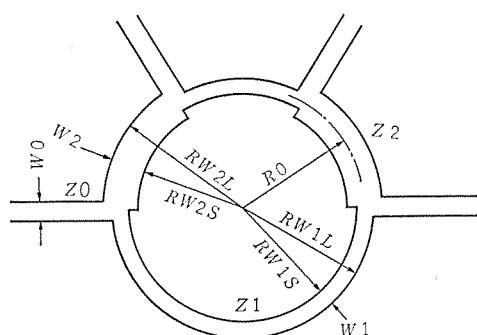
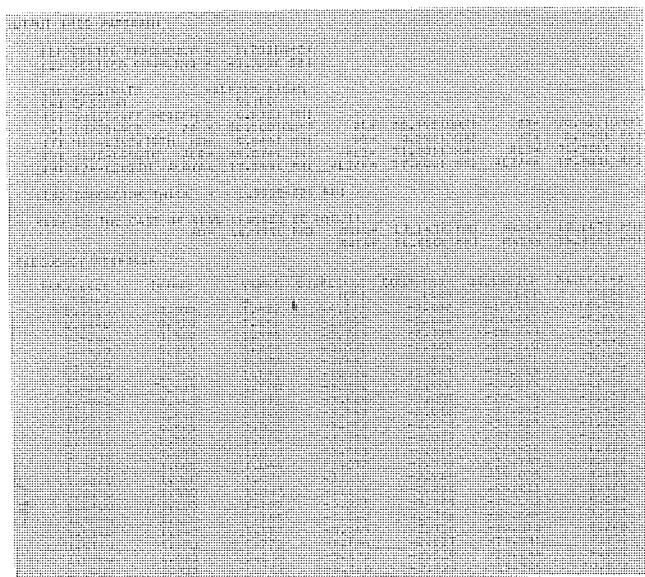


図 4.1 Rat-race 回路のパターン
Microwave integrated circuit pattern of Rat-race circuit.

[例 3] ラットレース回路の設計：周波数 1.7 GHz, 結合度 3.0dB, 誘電率 9.0, 厚さ 0.635(mm) のアルミナ基板を使った場合の MIC パターン寸法, すなわち図 4.1 の各部の線路幅 W_0 , W_1 , W_2 , リングの半径 RW_{1L} , RW_{2L} , RW_{1S} , RW_{2S} を求め, インピーダンス値 Z_0 , Z_1 , Z_2 , $1/4$ 波長の長さならびに周波数をパラメータにした VSWR, 結合度, アイソレーション, 位相を計算させた結果は表 4.3 に示した。この結果をもとに MIC を作り, 測定した特性が図 4.2 である。実測値と計算値はよく一致していることがわかる。

以上の例のように, ユーザが設計したい回路名・基板名・厚さ・誘電率・導体の厚さを入力として指令すれば, 出力としては MIC の設計に必要なすべての定数が得られるようにプログラムを作成することにより, MIC はだれでも簡単に設計が可能となる。またプロッタを運動させることによりパターンの自動化, ならびに回路特性の傾向が一目でわかる。

5. む す び

マイクロ波 IC の設計上基本となる基板, さらに回路設計に必要な

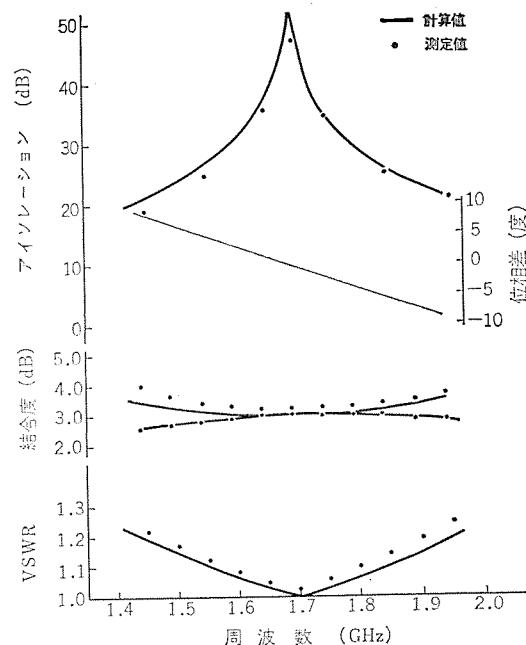


図 4.2 Rat-race 回路の特性
Performance of Rat-race circuit.

マイクロストリップ線路の, インピーダンス・線路損失・位相定数の数値計算結果の一部を表にまとめて示した。

また, 集中定数のインダクタ, キャパシタの設計式ならびに具体的な設計例を示した。そして C-band まで集中定数の IC 化が可能であることを確かめた。最後に電子計算機によるマイクロ波 IC のパターン寸法の算出と, 特性計算例をあげ実験値とよく一致することを示した。今後一段とマイクロ波 IC の設計がプログラム化され, 専門的知識がない人でも設計が可能となるであろう。

参 考 文 献

- (1) Wheeler, H. A. : Transmission-Line Properties of Parallel Strip Separated by a Dielectric Sheet, IEEE Trans., MTT-13, 2, PP 172~185 (Mar., 1965)
- (2) E. Yamashita : Variational Method for the Analysis of Microstrip-like Transmission Lines, IEEE Trans., MTT-16, 8, PP 529~535 (Aug., 1968)
- (3) H. Sobol : Extending IC Technology to Microwave Equipment, Electronics, Mar. 20, PP 112~124 (1967)
- (4) M. Schneider : Microstrip Line for Microwave Integrated Circuit, BSTJ, 48, 5, PP 1,421~1,444 (May-June, 1969)
- (5) 近藤, 根本, 堀切, 浜中:ハイブリッドマイクロ波集積回路, 三菱電機技報, 44, 12, PP 1,592~1,596 (昭 45)
- (6) M. Schneider, B. Glance and W. F. Bodtman : Microwave and Millimeter Wave Hybrid Integrated Circuits for Radio-System, BSTJ, 48, PP 1,703~1,726 (July-Aug., 1969)
- (7) R. A. Pucel, D. J. Massé and C. P. Hartwig : Loss in Microstrip, IEEE Trans., MTT-16, 6, PP 342~350 (Jan., 1968)
- (8) 根本, 堀切, 浜中:セラミックを基板としたマイクロストリップ線路の損失, 電子通信学会マイクロ波研究会資料, MW 70-10 (昭 45-6)

(9) M. Caulton, S. P. Knight and D. A. Daly : Hybrid Integrated Lumped-Element Microwave Amplifiers, IEEE Trans., MTT-16, 7, PP 397~404 (July, 1968)

(10) 堀切, 清野 : 集中定数形 ハイブリッド 分配器, 電子通信学会 マイクロ 波研究会資料, MW 72-50 (昭 47-7)

(11) H. Bryan : Printed Inductors and Capacitors, Tel-Tech, 14, 12, P 68 (Dec., 1955)

(12) 町田, 吉田, 阿部, 金野 : 400 MB 4 相 PSK 変復調に用ひる IC 化回路の検討, 電子通信学会 マイクロ 波研究会資料, MW 71-79 (昭 46-11)

(13) F. E. Terman : Radio Engineer's Handbook, New York, McGraw-Hill (1943)

(14) H. G. Dill : Designing Inductors for Thin-film Applications, Electronics Design, Feb. 17, PP 52~59 (1964)

マイクロ波半導体デバイス

白幡 潔*・近藤 明博**
 八原 俊彦**・三井 茂**
 堀切 賢治+
 井上 功++

Microwave Semiconductor Devices

Central Research Laboratory

Kiyoshi SHIRAHATA・Akihiro KONDO

Toshihiko YAHARA・Shigeru MITSUI

Kamakura Works Kenji HORIKIRI

Kitaitami Works Isao INOUE

This article is a simple introduction of various kinds of microwave semiconductors and of the present technical state of microwave semiconductor devices which are in combination with MIC. Descriptions are made on transistors, transistor amplifiers, Gunn diodes and oscillators, read type IMPATT diodes and oscillators, pin diodes and diode phase shifters, varactors and schottky diodes, mixers, TR diode switches, and SRD frequency multipliers. Lastly simple Doppler modules are explained in this article.

1. まえがき

マイクロ波半導体は電子管に比較して作用空間が小さいので、印加電界を集中させるのに集中定数的テクニックが用いられる。また入出力インピーダンスが低くリード線が長くなるのを極度にきらう。一方、マイクロ波集積回路(MIC)は導波管等の立体回路に比べて低インピーダンスであり、端子間隔が狭いうえ、小さい空間内にかなり自由に基回路をきわめて小さく構成できる。小さくなるほど損失がつい(通)減するとともに周波数特性は広帯域になるが、これはマイクロ波半導体の特質の一つである。電子管に立体回路が適切なように、マイクロ波半導体にはMICがよく似合う。さらに、cut and try的手法がとれないことから、精密設計が必要であり、プロセス技術が重視されねばならないことも共通している。マイクロ波半導体デバイスは以上のような技術的基盤のうえに、それぞれのシステムの要求によって開発してきた。本文は開発途上のマイクロ波半導体技術の一端が述べられている。

2. マイクロ波トランジスタとマイクロ波トランジスタ増幅器

マイクロ波トランジスタ増幅器は、MIC技術が最も有効に利用されているデバイスの一つであって、最近MICの集中定数化によりいっそ小形化されてきた。現状の二、三について述べる。

2.1 試作マイクロ波トランジスタ

試作マイクロ波トランジスタMTC 8900は、2GHz帯低雑音増幅用として、設計および製作されたもので、表2.1にこのトランジスタの最大定格と電気特性の規格を示した。図2.1は $V_{CE}=10V$ 、 $f=1GHz$ における電力利得、雑音指数とコレクタ電流特性を示している。利得帯域幅積 f_T 4GHz以上の高周波特性を実現するために、エミッタコレクタ接合容量とベース広がり抵抗を小さくし、ベース内少数キャリア走行時間を短縮する必要から、エミッタ幅 1.5μ 、電極間隔 2.5μ

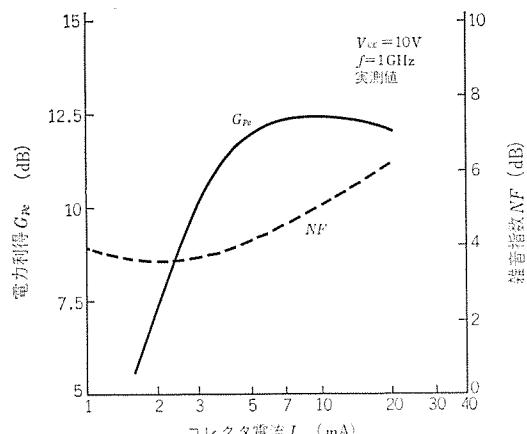


図2.1 MTC 8900 電力利得-雑音指数-コレクタ電流特性
 Power gain vs. collector current characteristics and noise figure vs. collector current characteristics.

表2.1 MTC 8900 電気的特性

Electrical characteristics of MTC 8900.

項目	最大定格						電気的特性			
	V_{EBO}	V_{CBO}	V_{CEO}	I_c	P_c	T_f	f_T	$V_{CE}=10V, I_c=10mA$	測定周波数	標準値
単位	V	V	V	mA	mW	°C	GHz			
条件						$T_a=25^\circ C$		$V_{CE}=10V$	1GHz	11 dB
								$I_c=10mA$	2GHz	5 dB
	4	20	15	30	250	+175	3.5 ~ 4 (MIN)(TYP)	G_{pe} (dB)	1GHz	5 dB
								NF (dB)		

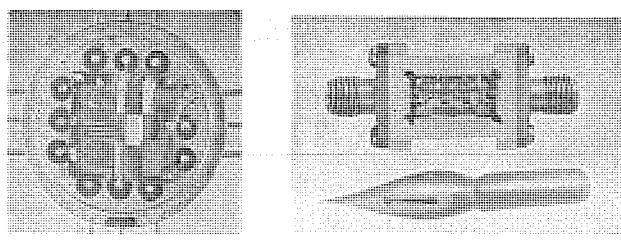


図 2.2 混成 IC 450 MHz トランジスタ 増幅器
HIC 450 MHz Transistor amplifiers.

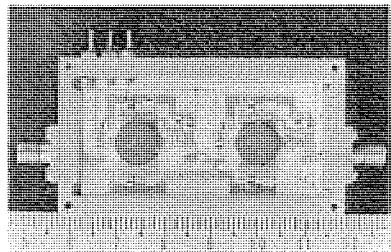


図 2.3 3 W 出力 UHF 帯 MIC 化 トランジスタ 増幅器
3 Watt 600 to 750 MHz integrated power transistor amplifier.

の微細パターン構造で、ベース幅 0.1μ に設計している。エミッタ押出し効果をおさえるため、拡散源として、ベースとエミッタはシリカフィルムによる塗布拡散を行なった。陽極酸化法による接合深さの測定結果、ベース拡散深さ 0.24μ 、エミッタ拡散深さ 0.14μ に対して、エミッタ押出しは 0.02μ と非常に小さいことがわかった。電極構造は Al-Si/Ni-Cr/Al を採用し、Al の微細エッチング技術で、 2μ 幅の電極ストライプを容易に再現できた。

この結果、1～2 GHz 帯低雑音 IF 増幅器用としてすぐれたマイクロ波トランジスタの製作が可能となった。

2.2 UHF 帯トランジスタ前置増幅器

試作 450 MHz MIC 化増幅器を図 2.2 に示す。1段増幅器は $6.4 \times 6.4 \text{ mm}^2$ 、2段増幅器は $13 \times 13 \text{ mm}^2$ の大きさ、厚さ 0.3 mm のマイクロシートガラス基板上に Ta 薄膜抵抗を用いて形成した。トランジスタは $f_T=1.4 \text{ GHz}$ の 2SC 817 のチップを LID ケースにマウントしたものを用いた。増幅器回路は LID トランジスタの S パラメータ測定値から回路形式をさだめ、構成素子の値を変化させて、全体の特性を計算して最適値を求めた。

2.3 UHF 帯大出力トランジスタ増幅器

トランジスタ増幅器を集中定数素子で MIC 化すれば、素子自身の小形化が可能なうえ、同一パターンを何枚でも製作でき、各部品の接続点の減少、基板上に導体・抵抗・コンデンサ等を一体化することによって、信頼性の向上とコストダウンの大きなメリットを有する。図 2.3 は従来からあったプリント基板構成 2段増幅器を MIC 化した例で、セラミック基板 ($25.4 \times 50.8 \text{ mm}^2$) に当社製の 2SC 977 と、チップ抵抗・チップコンデンサ・集中定数スパイラルインダクタを用いて構成してある。特性は図 2.4 に示した。周波数 $600 \sim 750 \text{ MHz}$ で利得 11 dB 、飽和出力 3.5 W 以上を得た。

2.4 4 GHz 帯トランジスタ増幅器

図 2.5 は 4 GHz 帯トランジスタ増幅器を示す。これは CAD 設計によりアルミニセラミック基板上に、L, C, R を半集中定数素子化して実現したもので、主要特性は図 2.6 に示す。

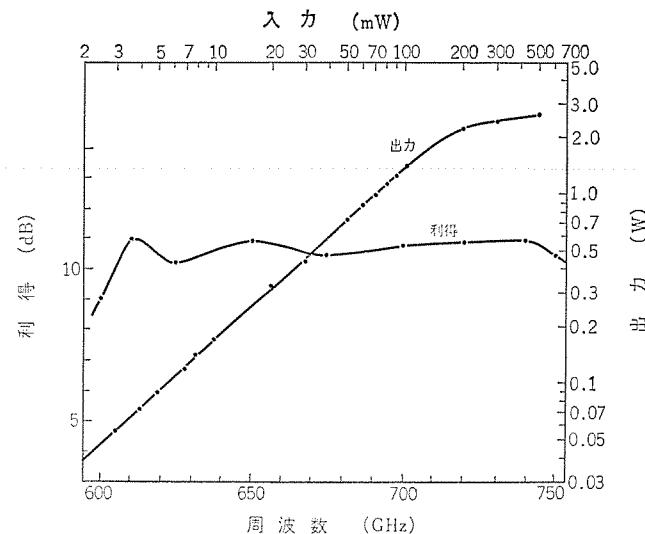


図 2.4 トランジスタ 増幅器の利得の周波数特性と直線性
Power gain vs. frequency and output vs. input power
of transistor amplifier.

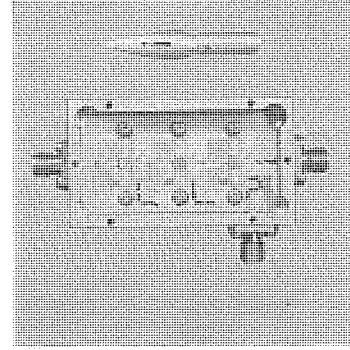


図 2.5 4 GHz 帯 トランジスタ 增幅器
4 GHz transistor amplifier.

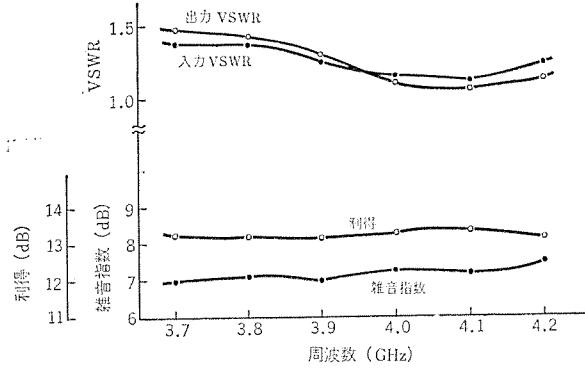


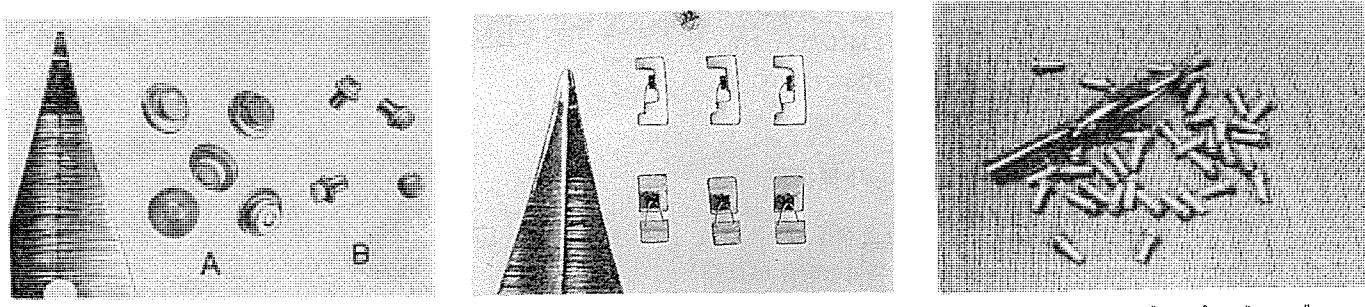
図 2.6 4 GHz トランジスタ 增幅器特性
Performance of 4 GHz transistor amplifier.

3. ガンダイオードおよびガン発振器

図 3.1 に各種マイクロ波ダイオードの外観をまとめて示す。A はマイクロピル形、B はピンドット、C は LID (Leadless Inverted Device) 形でトランジスタにも用いられ、D はねじつきピルプロング形である。

3.1 ガンダイオード

ガンダイオードは低電圧動作・低雑音といふ特長を有するため、さまざまなマイクロ波通信機・レーダ等にマイクロ波発生源として使用されるに至っている。また GaAs エピタキシャル技術およびダイオード作成技術の向上にともなって、ガンダイオード自体の高出力化・高信頼化・低価格化も着実に進められてきている。気相成長法・液相成長法ともガンダイオード用 GaAs エピタキシャル結晶の実用上の問題は、次第に解決されつつある。



(A) バラクタショットキダイオード

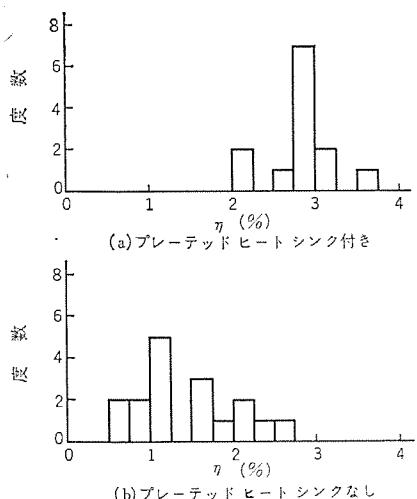
(B) バラクタ

(C) Pin ダイオード ショットキダイオード

(D) ガンダイオード インパットダイオード

図 3.1 各種マイクロ波ダイオード

Various types of microwave diodes.

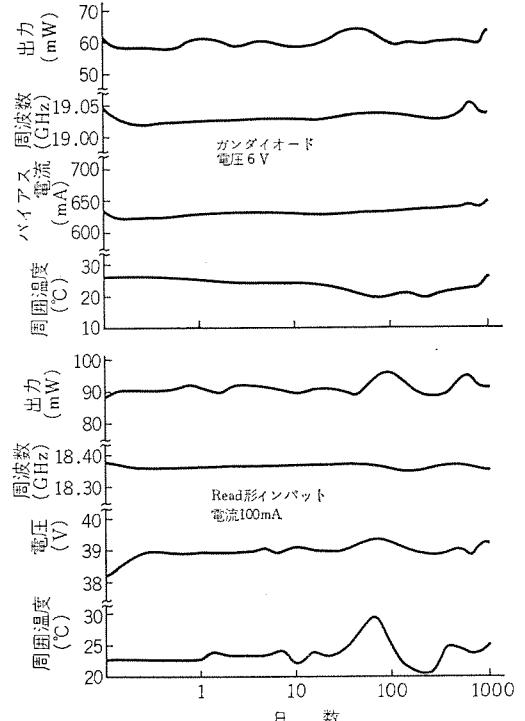
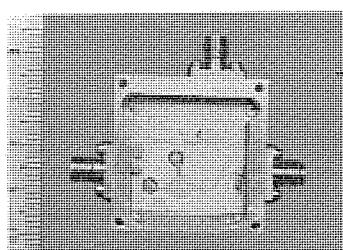
図 3.2 X バンド ガンダイオード 発振効率の度数分布
Distribution of Gunn diode efficiencies.

ガンダイオードは、インパットダイオードに比べて連続動作出力が小さいが、これは主として熱的条件によっている。発振効率は素子面積が小さい領域では4~5%であるが、素子面積が増すにつれて単調に減少する。出力は素子面積に対してとつ(凸)形となり、最適寸法がある。

パルス動作の場合には、連続動作の場合に比べて熱的条件ははるかによくなり、効率・出力共大きくなる。たとえばX バンド ガンダイオードでくり返し1 kHz、パルス幅20 μsの動作条件で5%、5 W以上の値が実験的には得られている。

連続動作において発振効率を高めるためには放熱条件を良くする必要がある。その一方法としてプレーテッド、ヒートシンク法が知られている。同一 GaAs ウエーファから作成した直接パッケージマウント形 ガンダイオードと、プレーテッドヒートシンク付き ガンダイオードを比較した結果、図 3.2 のごとく効率において明らかな改善がみられたが、実用上プレットの収率が悪いのが欠点である。

ガンダイオードを実用化するうえでの最大の問題はその信頼性である。当社においては早くからこの問題を取り組んできた結果、故障率2,500 FIT以下の実績を有する ガンダイオードを実現している。図 3.3 に、K バンド 帯の ガン および インパットダイオード の動作寿命試験の結果例を示した。ガンダイオードの寿命に最も大きな影響を与える因子は、ガンダイオードを作成する過程で GaAs 結晶中に導入される格子欠陥であることを明らかにした。ガンダイオード素子をパッケージに熱圧着する際に生じる低電界抵抗の変化率は、熱圧着時の圧力および温度が増すにつれて増大する。抵抗変化は移動度よりもむしろキャリヤ濃度の変化によって生じることが、磁気抵抗を測定することにより確認され、熱圧着時に導入された結晶中の格子欠陥が電子のトラップとなっ

図 3.3 ガンおよびインパットダイオードの動作寿命試験
Running test of Gunn and IMPATT diodes.図 3.4 バラクタチューナ付き
MIC ガン発振器
Varactor tuned MIC Gunn oscillator.

ていることがわかった。また抵抗変化率の大きな ガンダイオード ほど短寿命であることもわかった。

3.2 ガン発振器

ここ数年、ガン発振器は十数Vの直流電源で動作する等の使いやすさから広く実用化されており、当社においても高崎 YAC スピードメータ等に実装し、信頼性の高いものであることを確認している。

図 3.4 に MIC 化 ガン発振器の一例として X バンド バラクタチューナ付き ガン発振器の外観を示す。入出力線路の軸から円形共振器円周上80°傾いた点に分岐を出し、λ/4 波長点にバラクタをそう入、共振器と反対側に λ/2 先端開放線路をつけている。使用 バラクタは MS 7111 Si ダイオードである。開放線路上に高誘電体を装荷し、等価線路長を変えることで、電子同調感度を 0.4~7.2 MHz/V まで変えるこ

とができる。装荷した誘電体長により出力電力は 1.5 dB 変化した。発振器外部 $Q=350$ であるが、温度依存性は $0.5\sim1\text{MHz}/^\circ\text{C}$ であり、実用化するためには温度補償が必要である。振動試験では 10 G まで十分耐えた。

4. インパットダイオードおよびインパット発振器

4.1 インパットダイオード (Read 形インパットダイオード)

インパットダイオードは数年来の研究開発の結果、Si 階段形接合がほぼ実用期に入ってきた。現在では回路特性および信頼性が検討される段階である。われわれは Si 階段接合形インパットダイオードに比べて注目すべきすぐれた特性をもつ Read 形インパットダイオードを開発してきた。

K バンド Read 形インパットダイオードの特長は接合近傍に不純物濃度の高い領域を持つことである。その結果、アバランシ領域の幅が狭くなっている。このため一定の電流値において効率が高くなる。実際に作られたダイオードの発振効率もほぼこのアバランシ領域幅と空乏層幅の比が小さいほど高くなっている。また高効率であることは、それだけ接合温度を下げる使用できることから信頼性の点で望ましい。通常の階段形インパットの動作温度は 200°C 前後であるが、Read 形インパットはこれより低い温度で使用できる。

その他の Read 形インパットダイオードの利点を考えてみる。ダイオードチップの直列抵抗 R_s を考慮した簡単な等価回路は、負性コンダクタンス、接合容量 C_j および等価並列コンダクタンスの並列回路で表わせる。この等価並列コンダクタンスは $\omega^2 C_j^2 R_s$ で示され、ダイオードチップ内の損失を表わすもので小さいほど良い。このためには R_s 、 C_j が小さいことが重要である。これはダイオードと回路の整合の点から考えても望ましく、同じ周波数帯では Read 形は階段形に比べ、同一面積であれば C_j が小さい。また階段形に比べ動作電圧の低いことも利点の一つである。図 4.1 にこの Read 形インパットダイオードの特性例を示した。この種のダイオードを利用した注入同期増幅器は、通常の階段形インパットを用いたものより広帯域特性が得られる⁽¹⁾。また線形増幅器に使用しても広帯域であることも認められている⁽²⁾。図 3.3 はこのダイオードの寿命試験結果を示したもので、24,000 時間以上にわたり著しい特性変化は認められていない。

4.2 インパット発振器

インパット発振器は、ガン発振器に比較して一般に高出力であるが回路構成・取扱いがやっかいである。

図 4.2 は、当社で試作したパルス用インパットダイオードを用いて開発した X バンドパルス動作注入同期 IC 化インパット発振器である。サーキュレータは MIC 形 2 段継続でそう入損失 0.6 dB 、アイソレーション 20 dB 以上、VSWR 1.2 以下で発振器とは同軸で接続している。パルス幅 $20\text{ }\mu\text{s}$ 、繰返し周波数 1 kHz 、発振周波数 $9,375\text{ MHz}$ 、せん(尖)頭出力 1 W 、発振効率 3.8% 、同期利得 10 dB である。

ダイオードにく(矩)形波パルスを印加したとき、パルス時間内でダイオード接合温度が変化するため発振周波数が変動する。ダイオードに並列に RC 直列回路をそう入し、ダイオード電流波形をひずませることによってパルス内周波数変動を極小に押えた。

注入信号と被注入信号との間の周波数差と位相差との関係を Adler の式から求め、実測と比較したところ、よく一致した。周波数偏差 6 MHz 、発振器の外部 $Q=18$ 、最大同期幅 10 dB の場合、パルス内位相差変化量は実測値で 4° 、計算値で 3.6° である。

同一特性の発振器を数多く構成する場合、ダイオードおよびパターン

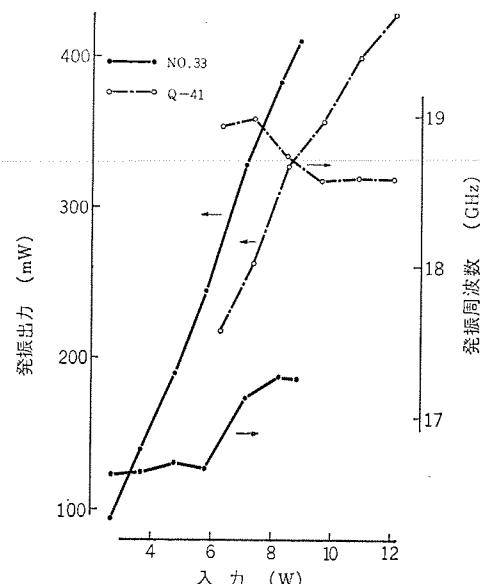


図 4.1 Read 形インパットダイオードの入出力特性
Microwave characteristics of Read type IMPATT diodes

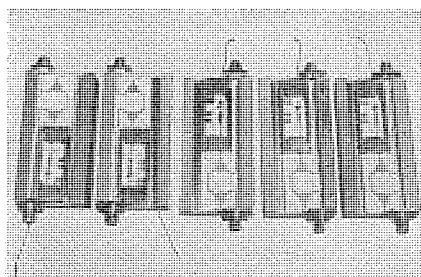


図 4.2 X バンドパルス動作注入同期インパット発振器
X-band injection-locked IMPATT oscillators in pulse operation.

表 4.1 パルス動作注入同期インパット発振器の平均発振特性
Typical value of characteristics of injection-locked IMPATT oscillators in pulse operation.

特 性	平 均 値
駆動パルス幅 (μs)	20
駆動パルス繰返し周波数 (Hz)	1,000
動作電流 I_{op} (mA)	300
発振周波数 f (MHz)	9,375
パルス内周波数変動 δf (MHz)	8
自由振動時せん頭出力 P_0 (W)	1.0
注入同期時せん頭出力 P_T (W)	0.8
注入利得 β (dB)	10
パルス内位相差変化 ϕ ($^\circ$)	4.9
発振器外部 Q Q_{ext}	18

のばらつきが問題となる。このためインパットの選別とともに、共振器の一部をはく(剝)離できるように金のみの蒸着で構成し、共振器長を調整できるようにした。表 4.1 IC インパット発振器 66 台の平均発振特性を示す。発振器の温度依存性の改善は今後の課題である。

5. pin ダイオードとダイオード移相器

移相器はフェイズドアレイレーダ等に不可欠なデバイスで、小形軽量、安価で信頼性が高く、量産に適したもののが望まれることから MIC の代表回路の一つとなっている。一般にアレイレーダは、コンピュータで駆動される関係上、電気的に高速性があり、小電力駆動できることが望まれる。このような理由から、いわゆる MIC 化 pin ダイオードデジタル移相器が、最も広く利用されるものの一つとなっている。

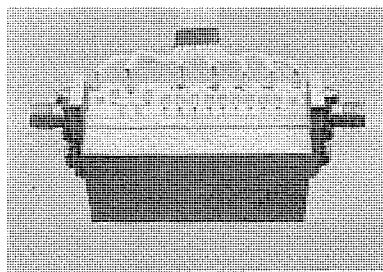


図 5.1 試作ダイオード移相器の外観
Experimental phase shifter.

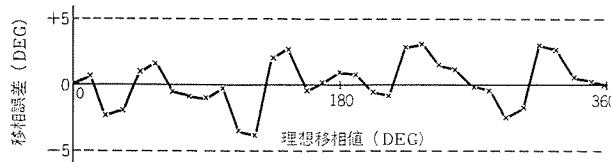


図 5.2 中心周波数における移相誤差特性
Phase shift error at center frequency.

ここでは、X 帯 5 ビット 360° MIC 化ダイオード移相器の試作結果をのべる。最大および最小移相単位はそれぞれ 180° および 11.25° で、ハイブリッドを使用した反射形のものを、またこれ以下のものはダイオード装荷形で、90° ビットは、45° ビットを 2 段カスケードで使用されたものを採用した。

pin ダイオードはチップ化の傾向があるが、ダイオードの静電容量によって移相量が影響を受けることから、ここでは LID パッケージに入れ、ダイオードの選別を行なって使用した。ダイオードの耐圧は 80 V 以上、 R_s 2 Ω 以下、LID パッケージの寄生容量は 0.03 pF である。

この試作移相器を図 5.1 に示す。ダイオードバイアス条件は、順方向 +10 mA、逆方向 30 V であるが、20 V にしても特性上にほとんど影響はない。この移相器の中心周波数における移相特性は図 5.2 に示すように、理想移相量よりの偏差は ±5° 以内に入っている。またそう入損失は 3.0 dB 以下、VSWR は 1.3 以下である。これらの特性は 2 個のストリップ-同軸変換コネクタを含むが、ダイオードの特性向上、回路技術の向上により、さらに 1 dB の損失改善をはかりつつある。

6. GaAs バラクタダイオードおよびショットキダイオード

バラクタダイオードは、高いしゃ断周波数を得るために直列抵抗 R_s をさげることはもちろんであるが、高しゃ断周波数にする場合は、パッケージの特性が大きく左右するようになる。開発した p^+n 拡散マサ形バラクタダイオードの代表的な特性例を表 6.1 に示す。

ショットキバリヤダイオードは、PSK 変調用を目標に開発を進めている。この用途には、小変調損失・大許容電力特性が強く要求される。前

表 6.1 GaAs バラクタダイオードの特性例
Typical characteristics of GaAs varactor diodes.

形名 特性	MP 8	MP 9
接合容量 C_{J0} (pF)	0.2~0.3	0.25~0.35
しゃ断周波数 $f_{C(-0)}$ (GHz)	≥400	≥400
逆方向電圧 V_B (V)	6~30	6~30
パッケージ容量 C_C (pF)	0.18	~0.1
直列インダクタンス L_s (m μ H)	~0.15	~0.1
自己並列共振 f_P (GHz)	~34	—

者はダイオードの Q の増大、後者は逆耐圧と順方向許容電流の増大を必要とする。

ダイオードの静特性として、逆耐圧 19 V~21 V、順方向許容電流 120~150 mA、接合容量 0.15~0.25 pF、しゃ断周波数 300 GHz 以上、また変調特性は変調損失 1.5 dB、許容電力 18 dBm が得られている。パッケージは導波管用にはピル形を、ストリップ線路用は、図 3.1 (c) の LID 形を用いている。

7. 受信ミクサ

ミクサはマイクロ波機器の基本デバイスであって、最も早くから MIC 化の対象に取上げられてきた。MIC 化ミクサにとって、ミリ波まで変換損失の良好な LID 形、ビームリード形のショットキダイオードの実用化が重要な点であって、両者相まってミリ波に至るまで、雑音指数の低減と広帯域化・小形化・無調整化が可能となった。

Si ショットキバリヤダイオード自身の変換損失 3.5~4 dB、 R_s と C_J による損失が 1.4 dB、インピーダンス不整合による損失が 0.3 dB、MIC 化したときのハイブリッド等の回路およびコネクタ損失が 0.5 dB 見積られる。 $F_{IF}=2$ dB とすると、ミクサの NF は 8 dB くらいである。図 7.1 は、20 GHz 帯試作受信ミクサを示す。大きさ $25.4 \times 25.4 \times 0.4$ mm³ の 1 枚の石英基板上にサーキュレータ 2 個、イメージ阻止フィルタ、ダミー、LID 形の GaAs ショットキバリヤを使用し、帯域 300 MHz 以上あるミクサを構成したことが特長で、1.7 GHz IF トランジスタ増幅器 ($F_{IF}=5$ dB) が同じく体に内蔵されており、総合 NF は 11 dB のものが得られている。

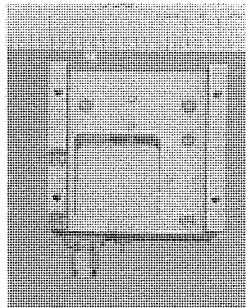


図 7.1 20 GHz MIC 化ミクサ
20 GHz integrated mixer.

8. TR ダイオードスイッチ

pin ダイオードの順バイアスと逆バイアスでの R_s の変化を利用して、高周波伝送線を ON・OFF するスイッチを構成できる。図 8.1 のように分岐点から 1/4 波長はなれたところに pin ダイオードを並列に入れ、各ダイオードに順逆のバイアスを印加すれば送受 (TR) 切換スイッチとなる。

周波数が高くなると寄生パラメータが無視できなくなるが、図 8.1 のようにダイオードに並列に C を、直列に L を装荷して順方向モードスイッチを構成し、ある程度帯域幅を犠牲にして順逆特性を改善できる。図 8.1 は LID 形 pin ダイオードを使って MIC 化 X 帯 TR スイッチ

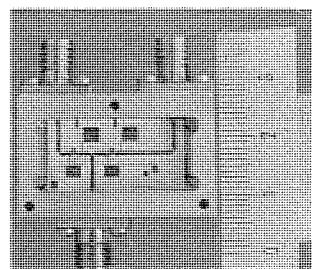


図 8.1 X バンド TR ダイオード
スイッチ
X-band TR diode switch

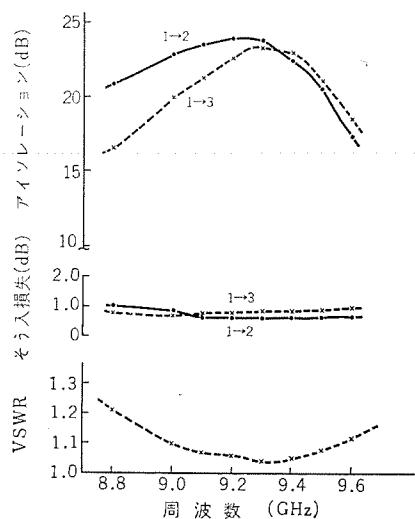


図 8.2 X バンド TR ダイオードスイッチの特性
Performance of X-band TR diode switch.

で、図 8.2 にその特性を示した。伝送線路を直線的に接地し、ダイオードは高周波で短絡される 1/4 波長低インピーダンス部にボンディングし、バイアスをかけられるようにした結果、伝送線路に入れる DC カットコントローラーが不要となり、コンデンサ損失分だけ低減できた。

9. SRD 周波数てい倍器

10 てい(通)倍 SRD (ステップリカバリダイオード) 周波数てい倍器の MIC 化例を図 9.1 に示す。これは入力周波数 1 GHz、出力周波数は 10 GHz、使用した SRD は LID 形で、 $C_{VR}=0.55 \text{ pF}$ 、整合回路・インパルス発生回路は遷移時間 0.075 ns として分布定数で構成した。共振回路は、ダイオードが低インピーダンスであることから 1/4 波長線路で構成した。CW 出力を得るためのフィルタは半波長並列結合形とし、帯域 5%，損失 2 dB である。サンプリングオシロスコープによるインパルス幅は 0.15 ns であるが、遷移時間からの見かけ上の広がりよりも 50% 大きい。これは SRD の C_{VR} が大きいことに起因していると思

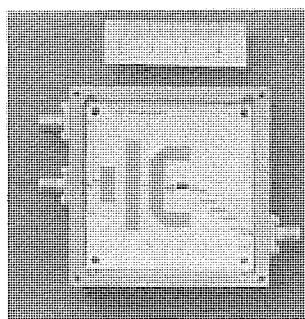


図 9.1 MIC 化 SRD 10 てい倍器
Microwave integrated multiplier circuit with step recovery diode.

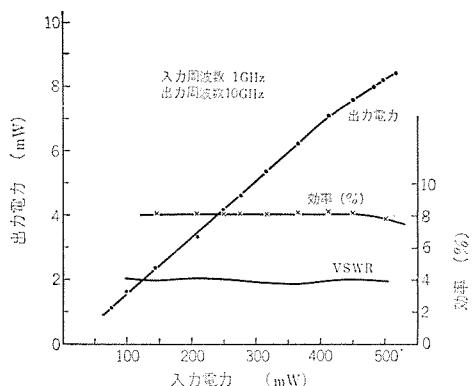


図 9.2 10 てい倍 X バンド出力特性
Power output X-band multipliers ($\times 10$ to 1 GHz)

われる。入力に対する出力は図 9.2 に示した。入力 500 mW まで出力は直線的に増え、入力が 500 mW 以上では出力は不安定となり、出力も減少した。てい倍効率は 100~500 mW の入力に対してフィルタ損失がないとしたとき 8% 以上である。

10. モジュール

マイクロ波電子管にかかる ガンダイオードや、インパットダイオードなどの固体マイクロ波発振素子の出現は、その動作電圧の低いことでマイクロ波機器の多様化・大衆化をうながす大きな原動力となり、小形レーダなどの実用化を容易ならしめたが、さらに従来の同軸や導波管などのマイクロ波伝送線路に代わり、マイクロストリップ線路の実用化で回路の小型化が実現されるようになって、ポータブルなマイクロ波装置が種々の分野で使われるようになった。現在最も実用化の進んでいるのは、移動物体の速度や存在の有無を検出する ドップラーレーダで、スピードメータや盗難防止器として実用化されている。

このような大量生産機器に要求されるのは信頼性の高いこと、生産性よくかつ安価であることである。このためにはモジュールの構成を簡単にし、使用部品を少なくすることが必要であるが、いくつか開発したものの一つについて報告する。

簡易形 MIC 化ドップラーレーダの一例を図 10.1 に示す。マイクロ波部の構成は、円形共振器をもつガン発振器と、分岐線路形 3 dB 方向性結合器として使用するもので、入出力端子以外は、一つにはミクサを、他はダミーロードを組みいる。これらを厚さ 0.653 mm、1 インチ角のアルミナ基板上に構成した。ドップラーレーダに使用されるアンテナは一般に開口アンテナであるので、マイクロ波部の出力は導波管であることが望ましく、変換器により導波管出力とした。ミクサへの局発電力は、導波管の部分に設けたビスのそうち長を変えることにより調整できるようにしてある。

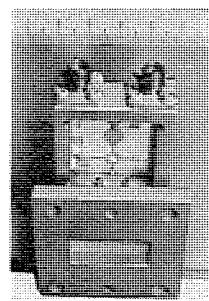


図 10.1 ドップラーモジュールの外観
Exterior view of doppler module.

11. むすび

マイクロ波半導体と MIC との組合せになるマイクロ波半導体デバイスの現状の一端を述べた。上述の基本デバイスが、さらにそのシステムの要求によって高度に集積化されてゆくが、それらについては他に譲らねばならない。半導体デバイスは半導体としてはパッケージの方向、MIC としては精密設計、総合してプロセス技術をより重視し、信頼性を向上してゆかねばならないと考える。

最後に本文執筆に加わって下さった関連部門の多くのかたがたに、心から謝意を表する。

参考文献

- 近藤、ほか：K バンド Read 形インパットダイオード、電子装置研、ED 72-27 (昭 47-7)
- 小檜山、ほか：インパットを用いた負性抵抗増幅器の誤り率特性、信学全大、No. 625 (昭 47)

マイクロ波 IC 用フェライト回路

中原昭次郎*・紅林秀都司**・川端俊一郎**
溝渕哲史**・折目晋啓**・古屋輝雄**

Ferrite Devices for Microwave Integrated Circuits

Kamakura Works

Shojo NAKAHARA・Hidetoshi KUREBAYASHI・Shunichiro KAWABATA
Akihito MIZOBUCHI・Nobutake ORIME・Teruo FURUYA

This is a report on the microstrip type circulator, phase shifter and isolator as ferrite devices to fit a microwave integrated circuit. The circulator cover that of a distributed constant and of a lumped element, of which their designs and test results are described. The phase shifter is of a small size of $14 \times 18 \times 3.5 \text{ mm}^3$ forming an X-band, 4 bit latching phase shifter. The isolator is provided with an edge guide mode and has characteristics of a forward loss of 0.5 dB and of a backward loss of above 25 dB at 9.0~11.0 GHz. In addition, the report touches upon the test results such as losses, magnetic field dependence and temperature characteristics in connection with microstrip lines using ferrite substrates.

1. まえがき

マイクロ波機器の小形化、高信頼化、コストダウンなどの諸観点から、マイクロ波回路の集積化(MIC化)が最近急速に進められている。そこで、マイクロ波回路中で特殊な、しかし重要な役割を持つフェライト回路も、MIC化に適合したものが要求されるようになった。現在の実用的なMICは、マイクロストリップ線路を基本としたハイブリッド形ICであるが、この線路形式に適合するフェライト回路の開発が当然要求され、現在マイクロストリップ形のサーキュレータ、アイソレータ、移相器、スイッチなどが開発され、また一部はすでに実用に供されている。

これらの回路を構成するのに、通常の受動回路と同様、基板を蒸着、めっきなどによってメタライズし、フォトエッチングで所要のパターンを形成する工作法を用いているため、従来のトリプレート形ストリップ線路を用いたフェライト回路に比べ、寸法・位置が正確にできるので再現性がすぐれ、IC化された回路に用いるだけでなく、従来の単体部品として用いる場合も、この手法を用いることはきわめて有用と考えられる。

以上の技術的要件および傾向に従い、当社においてもMIC化に適合するものとして、各種マイクロストリップ形フェライト回路の開発を行なってきた。本論文はその開発結果に関する報告である。2章にサーキュレータ、3章にラッチング移相器、4章にエッジガイドモード形アイソレータについて報告する。

一方、これらのフェライト回路を、MIC回路の一部として組込む場合、通常のアルミナなどの誘電体基板にフェライト板を埋め込むのは、比較的工作がめんどうであり、歩どまりや信頼性の低下になりかねない。そこでフェライト板自体をMICの基板として使用することによって、フェライト回路を含むMICの構成を容易にすることが考えられる。幸いフェライトは誘電体としても、かなり良い特性を有しているので、通常の受動回路は誘電体基板上に形成する場合と同様にして構成される。このような観点から、最近フェライト基板について、詳細な検討が米国でなされている⁽¹⁾⁽²⁾。われわれもその実用性について検討を行なっており、最後に5章でそれについて簡単に報告する。

なお、ここで報告する各種回路および基板用のフェライト材料は、すべて当社相模製作所で製作されたものである。

2. マイクロストリップサーキュレータ

2.1 分布定数形サーキュレータ

2.1.1 設計方針

最も一般的なY分岐形サーキュレータの基本的構成手順としては、3本の伝送線路を接合して対称Y分岐線路を形成すること、Y分岐部にフェライトやガーネット円板(以下単にフェライト円板と記す)を装荷すること、バイアス磁界を印加することの3点に要約できる。そこでこの手順をMIC化サーキュレータに適用すると、具体的構成方式として次の二つの方針が考えられる⁽³⁾。

その一つはアルミナ等の誘電体基板の穴にフェライト円板をはめ込む方式(以下単にはめ込み方式と呼ぶ)であり、他の一つは1枚のフェライト基板上にサーキュレータの心臓部であるY分岐部はもちろんのこと、整合回路や伝送線路部もすべて形成する方式(以下単にオールフェライト基板方式と呼ぶ)である。そこで上記二つの方針のいずれがMIC化に有利であるかを比較検討すると、次のことがいえる。

まずはめ込み方式は、誘電体基板の穴あけ加工やフェライト円板のはめ込み接着等手数がかかり、また基板のメタライズやエッ칭を行なうときに断線等が起こりやすく不利といえるが、反面他のMICに用いている誘電体基板と同じものを使用すれば、接続部なしに一体化を図ることも可能となり、また磁界の影響もフェライト円板部のみに限られるため特に問題はなく有利である。

それに対してオールフェライト基板方式は、1枚のフェライト基板をそのまま用いてメタライズやエッ칭をすればよく、有利といえるが、反面他のMICとの接続が問題となり、また磁界の影響が整合回路や伝送線路の部分にまで及ぶため、特性の対称性や再現性のうえから不利である。したがって以上の比較からは優劣がつけがたいが、現在MIC用基板としてはアルミナ基板がよく用いられており、フェライト基板等の磁性体を用いた例が比較的少ないことを考慮し、ここでは当面のMIC化サーキュレータとしてアルミナ基板にフェライト円板をはめ込む方式を採用することにした。

2.1.2 設計原理

はめ込み方式のマイクロストリップサーキュレータの構造を図2.1に示した。図において整合回路は4分の1波長変成器を1段用いた例を示

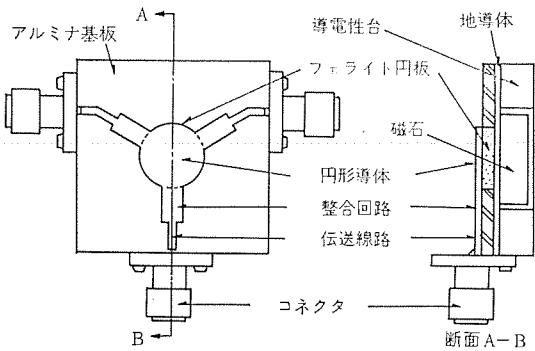


図 2.1 マイクロストリップ サーキュレータの構造
Structure of microstrip circulator.

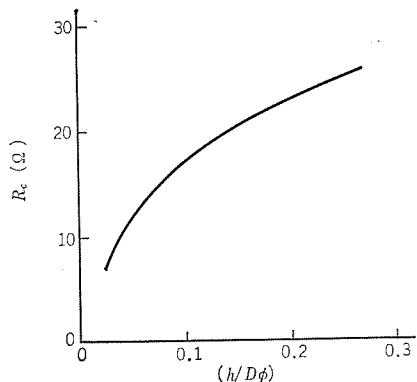


図 2.2 (h/D) 対 R_c の曲線
Curve of R_c vs. (h/D) .

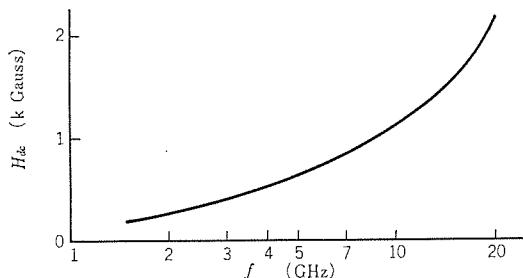


図 2.3 周波数 f 対 印加磁界 H_{dc} の曲線
Curve of applied dc magnetic field vs. frequency

しているが、後の図 2.4 に示すように 2 段用いることにより、いっそうの広帯域化を図ることもできる。コネクタは測定用に用いているもので、他の MIC と一体化する場合には当然不用となる。さて サーキュレータの中心周波数と所要帯域幅が与えられれば、フェライト円板の材質と寸法、整合回路の形状および印加磁界の強さを決めることができる。

まずフェライト円板の材質としては $4\pi M_s$ (飽和磁化) の決定がたいせつであり、少なくとも使用周波数帯の下限において低磁界損失が生じないようにしなければならず、一方広帯域化を図るうえからはなるべく大きな値にしておきたい。そこで通常は $|\gamma| 4\pi M_s/f = 0.8$ を満足する $4\pi M_s$ 値が目安となっている。ここで γ は定数で 2.8 MHz/Oe である。フェライト円板の外径寸法、 $D\phi(\text{mm})$ は $D = 176/f\sqrt{\epsilon}$ にて与えられる。ここで f は周波数 (GHz), ϵ はフェライト円板の実効比誘電率である。

次に整合回路の設計としては、フェライト円板部 (今の場合中心円形導体の径と同一にしている) のインピーダンスが広帯域にわたって、何オームになるかがそれぞれの周波数においてわかれば、1 段または 4 分の 1 波長変成器を用いることにより、 50Ω の入出力伝送線路

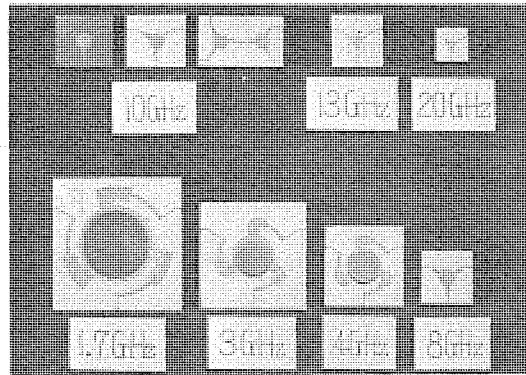


図 2.4 各種マイクロストリップ サーキュレータの写真
Photograph of various microstrip circulators

との整合をとることができ、広帯域 サーキュレータが得られる。図 2.2 はフェライト円板の厚み h と直径 D との比を変化させたときのフェライト円板部のインピーダンス R_c を実験的に求めたもので、低い周波数ほど、つまり h/D が小さいほど R_c も小さくなっていることがわかる。最後にフェライト円板に印加すべき磁界の強さは前記 R_c に影響を与え、最終的には実験的に決めなければならないが、大略図 2.3 に示す関係にある。

2.1.3 実験結果

前項で述べた設計原理にもとづいて具体的に何種類かの サーキュレータを設計し、実験した。特にはめ込み方式の欠点とされていたはめ込み部は、接着剤で固着後一体化して両面をなめらかに研磨することにより、十分実用的なものが得られた。

図 2.4 には今回実験した各種 サーキュレータの写真を示しているが、これを見てわかるように、1.7, 3 および 4 GHz の各 サーキュレータは、4 分の 1 波長変成器を 2 段用い、かつ折曲げているため全体として小形で広帯域なものが得られている。また 8, 10, 13 および 20 GHz の各 サーキュレータは、4 分の 1 波長変成器を 1 段しか用いていないが、周波数が高いため 30% 程度の比帯域幅が得られている。

なお写真では、10 GHz の サーキュレータとして 3 枚の基板が示されているが、左端の黒い基板はオールフェライト 基板方式の例であり、また右端の基板は中央に示した 3-port 2 個を 1 枚のアルミ 基板内に組込んだ 4-port サーキュレータの例で、フェイズドアレイレーダ用として 100 個以上を製作し実験に使っている。また 20 GHz のものは、OSM 形 コネクタとの変換部の特性が悪いため使用できなかったので、リッジ導波管に変換して測定した。

図 2.5 には一例として 10 GHz 帯 3-port サーキュレータの周波数特性曲線を示しているが、対称性も良く広帯域な特性が得られている。他の周波数帯のものも同様で、1.7 GHz 帯は $1.4 \sim 2 \text{ GHz}$, 3 GHz 帯は $2.5 \sim 3.5 \text{ GHz}$, 4 GHz 帯は $2.8 \sim 4.4 \text{ GHz}$, 7 GHz 帯は $6 \sim 8.5 \text{ GHz}$, 8 GHz 帯は $7 \sim 9.5 \text{ GHz}$, 13 GHz 帯は $11 \sim 13.5 \text{ GHz}$ にわたってそれぞれアイソレーション 20 dB 以上、そう入損失 0.5 dB 前後の特性が得られており、また 20 GHz 帯は $17 \sim 20.5 \text{ GHz}$ にわたってアイソレーション 20 dB 以上、そう入損失はリッジ導波管との変換部損失約 1 dB を含めて 1.6 dB 前後の特性である。そしてこれらの サーキュレータはいずれもフェライト円板をはめ込んだ基板に、メタライズとエッチングにより導体パターンを形成しているため、寸法と位置の再現性が向上し、印加磁界を決められた値に合わせるほかは無調整である。

2.2 集中定数形 サーキュレータ⁽⁴⁾⁽⁵⁾

最近 MIC 化が各方面で急速に進歩し、それにともない超小形な

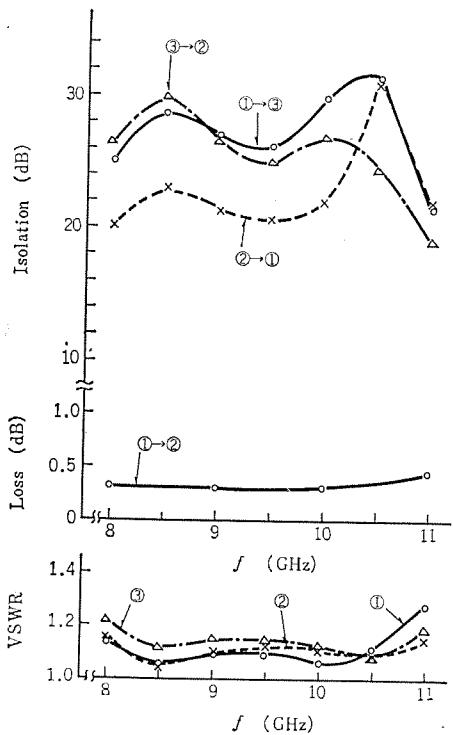


図 2.5 10 GHz 帯 サーキュレータの周波数特性曲線
Frequency characteristics of 10 GHz band circulator.

MIC 用集中定数 サーキュレータが要求されるようになつた。図 2.6 (a) は MIC 用集中定数 サーキュレータの基本構造であり、フェライト円板表面に 12 個のブリッジを有している。フェライト円板裏面に密着した円形導体と地板との間には、誘電体をそうちして静電容量 C_0 を構成しており広帯域化に重要な意味をもつ。この サーキュレータを構成するのに一番困難な工程は、ブリッジを作成する部分である。このブリッジについては、1968 年ベル研が空気層分離形のクロスオーバーとして開発した方法があるが、工程が複雑であるので製作容易なボンディングによるブリッジを用いる方法を採用した。図 2.6 (b) はそれをセラミック基板に埋め込み、他の系との接続を容易にしたダミー内蔵形 MIC 用集中定数 サーキュレータの実用化例である。

今波長に比較してフェライト円板が十分小さいと仮定し、サーキュレータを零相・正相・逆相励振したとき、その等価回路が図 2.7 のように表わされるものとするとき、零相・正相・逆相固有入力アドミッタンス y_0 , y_+ および y_- は次のようになる。

$$y_0 = j\omega C_0 \quad y_+ = j\omega C_1 + 1/j\omega \mu_+ \xi \quad y_- = j\omega C_1 + 1/j\omega \mu_- \xi \quad \dots \quad (2.1)$$

ここで ξ は内部導体の構造より決まる規格化インダクタンス、 C_1 は内部導体の網状部と円形導体の間で構成される規格化容量、 μ_+ , μ_- はそれぞれ正および負の回転磁界に対するフェライト円板の透磁率である。

今零相容量 C_0 を装荷したことによって、その零相固有入力アドミッタンス $y_0 = j\omega C_0$ が、 $C_0 = \infty$ のときの零相固有入力アドミッタンス $y_0 = \infty$ となす角度を ϕ とすれば、サーキュレータ条件を満足するためには y_0 , y_+ , y_- は次式を満足せねばならない。

$$\left. \begin{aligned} y_0 &= j\sin \phi / (1 - \cos \phi) \\ y_+ &= -j(\sqrt{3} \cos \phi + \sin \phi) / (2 + \cos \phi - \sqrt{3} \sin \phi) \\ y_- &= -j(\sin \phi - \sqrt{3} \cos \phi) / (2 + \cos \phi + \sqrt{3} \sin \phi) \end{aligned} \right\} \dots \quad (2.2)$$

上記式 (2.1) および式 (2.2) より サーキュレータ条件を満足する ξ , C_1 は式 (2.3) のように ϕ を仲介関数として C_0 で表わすことができる。

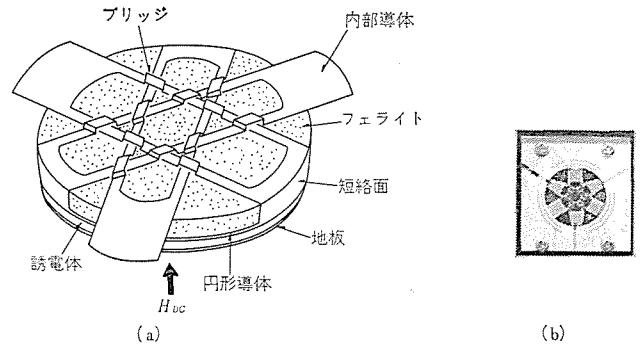


図 2.6 MIC 用集中定数 サーキュレータの構造
Structure of lumped element circulator for microwave integrated circuit.

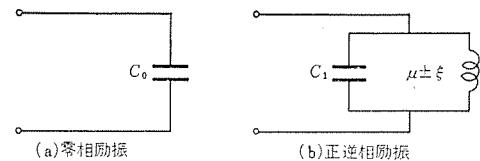


図 2.7 零相、正相および逆相励振に対する等価回路
Equivalent circuits for zero, positive and negative phase sequence excitation.

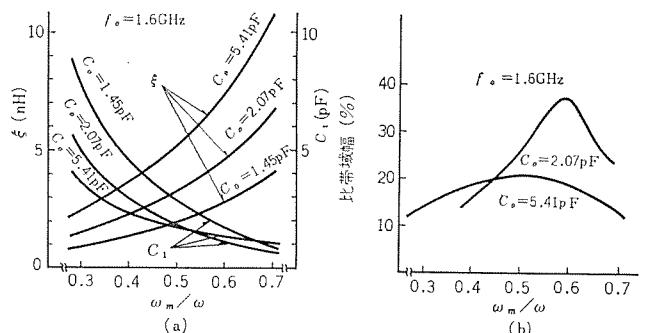


図 2.8 C_0 をパラメータとした ω_m/ω に対する ξ , C_1 および比帶域幅
 ξ , C_1 and bandwidth vs. ω_m/ω with C_0 as a parameter.

$$\left. \begin{aligned} \xi &= \frac{1}{2\sqrt{3}\omega} \left(\frac{1}{\mu_+} - \frac{1}{\mu_-} \right) \cdot (1 + 2 \cos \phi) \\ C_1 &= \frac{1}{\omega} \left[\sqrt{3} \cdot \left(\frac{\mu_- + \mu_+}{\mu_- - \mu_+} \right) - 2 \sin \phi \right] \frac{1}{1 + 2 \cos \phi} \end{aligned} \right\} \dots \quad (2.3)$$

図 2.8 (a) はこれら関係式をもとに C_0 をパラメータとして ω_m/ω に対する ξ , C_1 , を $f_0 = 1.6$ GHz として計算したものである。 C_0 を一定にすると ω_m/ω が増加するにしたがって ξ を大きく、 C_1 を小さくする必要があり、また ω_m/ω を一定とすると C_0 が増加するに従って ξ を大きく C_1 を小さくする必要がある。一方図 2.8 (b) は同じく図 2.8 (a) より得た ξ , C_1 を用いて C_0 をパラメータとした ω_m/ω に対する比帶域幅を計算したものである。 C_0 を一定とし ω_m/ω を変化すると比帶域幅が極大となる ω_m/ω が存在する。その極大値は C_0 を小さくするに従って増加し、 $\phi = \pi/2$ を与える C_0 で最大値をとることが式 (2.3) より見出される。ところがその最大比帶域幅を与える ω_m/ω が 1 に近い値をとるため、サーキュレータのそう入損失が増加してしまうので、実際にはそれよりも小さな ω_m/ω を用いるか、それとも $\phi = \pi/2$ を与える C_0 より大きな値を用いなければならない。

図 2.9 は、 ξ , C_1 を一定として C_0 を変化させた場合の サーキュレータの入力アドミッタンスの周波数特性を実測したものである。これによ

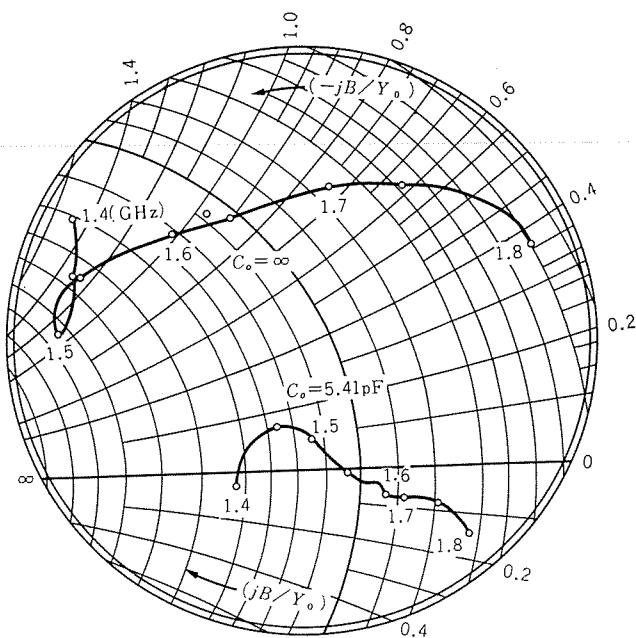


図 2.9 C_0 の効果
Effect of C_0 .

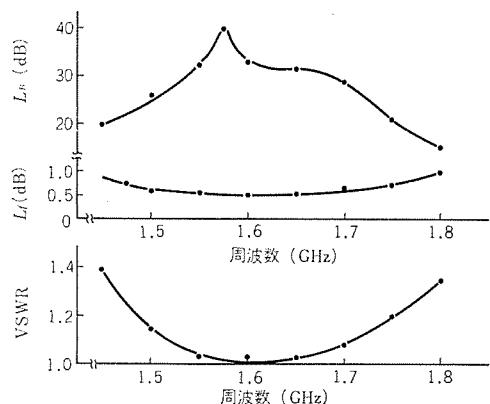


図 2.10 MIC 用集中定数形サーキュレータの周波数特性
Frequency characteristics of lumped element circulator for microwave integrated circuit.

ると $C_0 = \infty$ から C_0 を小さくすることにより入力アドミッタンスの周波数特性が改善され、スミス图表上を誘導性領域から容量性領域の方向に入力アドミッタンスが変化し、ちょうど $C_0 = 5.41 \text{ pF}$ のとき中心周波数 $f_0 = 1.6 \text{ GHz}$ 近辺において整合がとれている。今ここで C_0 の効果を確認するために図 2.8(a) より得たも C_1 を式 (2.1) に代入し、 C_0 をパラメータとしてサーキュレータの入力アドミッタンスを求めた結果、 C_0 の変化による入力アドミッタンスの変化は、図 2.9 の実験結果の傾向と一致することを確認した。

図 2.10 は上記設計法に基づき、今回試作した MIC 用集中定数サーキュレータの周波数特性であり、1.5~1.75 GHz にわたって VSWR < 1.25, $L_f < 0.75 \text{ (dB)}$, $L_B > 20 \text{ (dB)}$ であり比帯域幅は 15.5% である。なおこの集中定数サーキュレータの面積は $28.5 \times 28.5 \text{ (mm}^2\text{)}$ で、分布定数形サーキュレータに比較して約 1/4 に小形化することができた。

3. X-バンドマイクロストリップラッチング移相器

3.1 構造と動作原理

この移相器は、図 3.1 に示すようにフェライト基板上に、折返し線路 (Meander Line) を蒸着・めっき・フォトエッチングなどの手段を

用いて形成し、その線路をまたいでラッチング導線を巻いた駆動用フェライトを装着した基本構造を有する。実際の使用にあたっては、図 3.1 のような基本構造を有し、180 度、90 度、45 度……のように半分ずつ移相量の減ったものを n 個 繰続接続し、2 進法的駆動を行なうことによって、 n ビットデジタル移相器を構成する方法と、図 3.1 の基本構造で 360 度の移相量を持つものを、駆動電流を制御することによって可変移相器を構成する方法があるが、ここでは前者の形の移相器について述べる。

動作原理、整合のとり方などは参考文献(6)(7)にて報告されているので、ここではごく簡単に述べる。図 3.1 に示されたマンダラインは、1/4 波長の長さで折り返されているため、折り返しした線路の中央部での電流は、隣りの線路の対応する点の電流と位相が 90 度違ったため、フェライト基板内に高周波円偏波磁界成分を生ずる。その円偏波成分に対し垂直方向にフェライトを磁化し、その磁化方向を反転することによって、フェライト基板がマイクロ波に対して示す透磁率が変化することを利用して移相器を構成する。

その場合図 3.1 に示すように駆動用フェライトとフェライト基板上で磁気的閉回路を形成し、ラッチング導線にパルス電流を流すことにより、この磁路を磁化しそこに残る残留磁化を利用する。磁化の方向を反転するためには、逆方向のパルス電流を流すか、または逆巻きにした別のラッチング導線をもう 1 本巻き、それに電流を流せばよい。このように移相量を変化するときのみパルス電流を流せばよいので、駆動エネルギーが小さくなるという利点がある。

以上の説明からわかるように、フェライト基板はマンダラインの折り返しされた 1/4 波長線路と平行に磁化されればよいので、図 3.1 のようにかならずしも駆動用フェライトをフェライト基板の上につけなくとも、基板の下側に付けることも考えられ、マイクロ波特性の点からいえば、むしろこのほうが好ましいが、基板の裏面の利用も考ええて上側に付ける構造を選んだ。図 3.2 に試作 4 ビット移相器を示す。各ビットは、誘電体のスペーサで磁気的に分離されている。この移相器の寸法は、横 14 mm、縦 18 mm、駆動用フェライトまで含んだ高さは 3.4 mm である。

3.2 特性

移相器の特性としてまず問題になるのは、移相量と損失である。これらの量は、当然フェライト基板の材料定数、回路の設計に依存し、周波数を固定すれば Figure of Merit (移相量/dB) の観点から最良

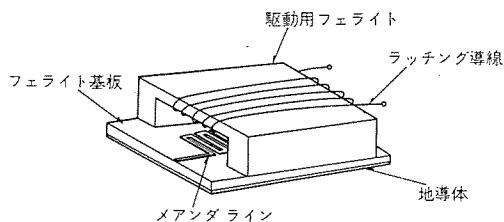


図 3.1 マイクロストリップラッチング移相器の基本構造
Basic structure of microstrip latching phase shifter.

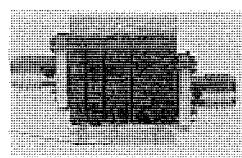


図 3.2 試作 X-バンド、4 ビット、マイクロストリップ移相器
X-band, 4 bit microstrip phase shifter constructed for trial.

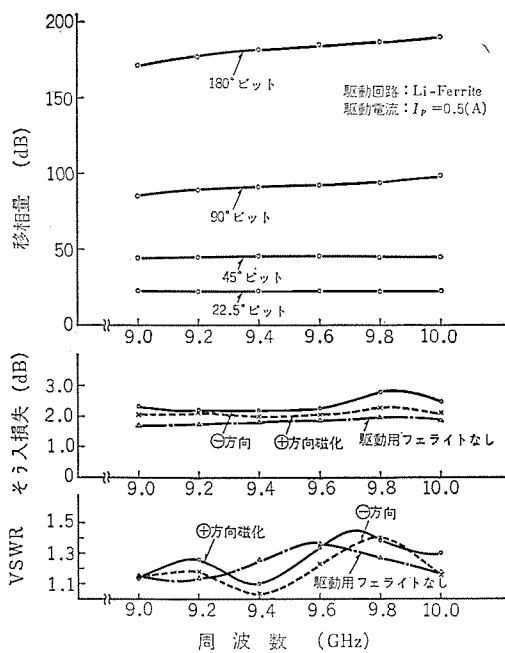


図 3.3 X-バンド、4ビット、マクロストリップ形移相器の特性
Performance characteristics of X-band 4 bit microstrip phase shifter.

となる設計法があるはずであるが、現在のところ理論的には解決されておらず、もっぱら実験的に求めている。図 3.3 は試作した 4 ビット移相器の移相量、そう入損失、VSWR の周波数特性を示す。

9.2~9.6 GHz の範囲で、そう入損失 2.0~2.2 dB、VSWR 1.4 以下、移相量の周波数特性は各ビットとも $\pm 2\%$ 以下という値が得られている。そう入損失は磁化の方向によって多少変動するが、移相量最大および最小値を与える状態、すなわち 4 個のビットが、同一方向に磁化された状態が損失の最大値と最小値を与える、その間の差は上記周波数範囲で 0.2 dB 以下である。9.8 GHz で 0.5 dB 程度のそう入損失の差を生じているが、これはマイクロ波が若干駆動用フェライトに結合しているためと思われる。

また移相器各部で反射を生じても、非可逆移相器であるため、反射波の位相は、いかなる移相状態でも一定のため、VSWR はあまり変化しないことも、この移相器の特長の一つである。なお、使用したフェライト基板および駆動用フェライトは、当社相模製作所製 G-N 材 (Mn-Mg フェライト)、G-LA 材 (Li-フェライト) である。また駆動パルス電流のピーク値は 0.5 A で十分であった。

温度特性については、図 3.4 に示すように同じフェライト基板でも、上に付ける駆動用フェライトの種類によって異なった特性を示す。Mn-Mg フェライトを用いたときは $-60\sim80^\circ\text{C}$ の温度範囲で $\pm 7\%$ も移相量が変動するが、Li-フェライトを用いた場合は $\pm 4\%$ 弱に改善されている。

切換え速度については、30 V の電源で $1\sim2\mu\text{s}$ が得られている。

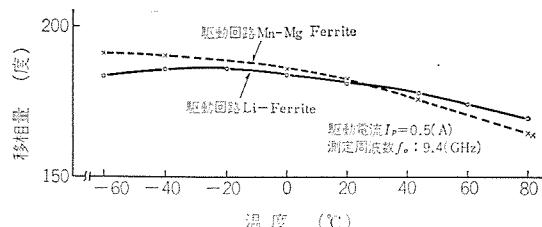


図 3.4 移相量の温度特性
Temperature dependence of phase shift.

4. エッジガイドモードアイソレータ

フェライト特有のエッジガイドモードは、広い応用が考えられるモードであり、最近、このモードを用いたデバイスについていくつかの報告がされている⁽⁸⁾。これらのデバイスは、広帯域特性を持っていること、印加磁界の強さやフェライト材質、あるいは諸寸法への特性依存度がそれほどきびしくないために、再現性が良いこと、また、構造が単純でフォトエッチングの手法が使いやすいことなどから、MIC 用に適したデバイスといえる。

図 4.1 はエッジガイドモードアイソレータを示すものであるが、フェライト基板の片面に装着された内部導体は、モード変換をするテープ部と幅広部から成っている。この線路に実効透磁率 μ_{eff} ⁽⁹⁾ が負になる強さの直流磁界を図示の方向に印加すると、端子①から端子②に向う電波は、実線矢印側のエッジに沿って伝ば(播)し、端子②から端子①に向う場合は、点線矢印側エッジに沿って伝ばする。このように、電波が内部導体のエッジに沿って伝ばすることから、エッジガイドモードと名付けられている。

ここで、伝ば定数や特性インピーダンスなど近似的に知るために、
1) 電波は無損失で伝ばする、
2) 内部導体の幅は、十分に広い、
3) 縁端電磁界は無視できるほど小さい、という仮定をして計算すると

$$\text{伝ば定数} \rightarrow \beta_y \approx \omega \sqrt{\epsilon_0 \mu_0 \epsilon}$$

$$\text{減衰定数} \rightarrow \alpha_x \approx \omega_m \sqrt{\epsilon_0 \mu_0 \epsilon}$$

$$\text{特性インピーダンス} \rightarrow Z_{ov} \approx 2\omega_m \mu_0 h$$

ω : 角速度

ω_m : $\gamma \cdot 4\pi M$

γ : 磁気回転比

$4\pi M$: 磁化の強さ

ϵ : フェライトの比誘電率

h : フェライト基板の厚さ

を得る。 Z_{ov} は、 ω の関数でないことから、特性インピーダンスの周波数特性が良いことは想像できるが、実際には周波数が低くなると低磁界損失が発生し、高くなると縁端電磁界の増大、あるいは不要モードの発生で特性が悪化し、周波数帯域は制限を受けることになる。

試作したアイソレータの構造は、図 4.1 に示した構造と同じであるが、電波吸収体として、従来の抵抗蒸着膜に代えて磁性吸収体を用いている。磁性吸収体は、電界的吸収だけでなく磁界的にも吸収するので吸収効率が向上し、したがって、磁性吸収体を用いたアイソ

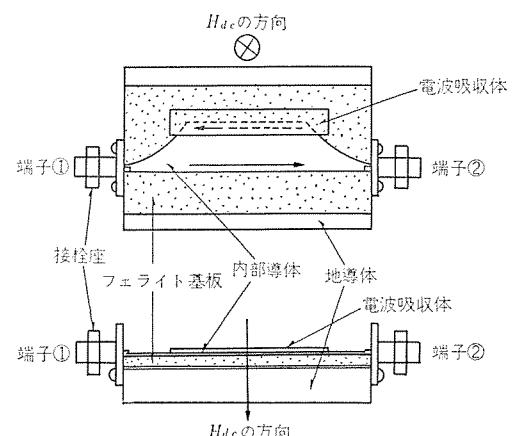


図 4.1 エッジガイドモードマイクロストリップ線路の構造
Structure of the edge-guide mode microstrip line.

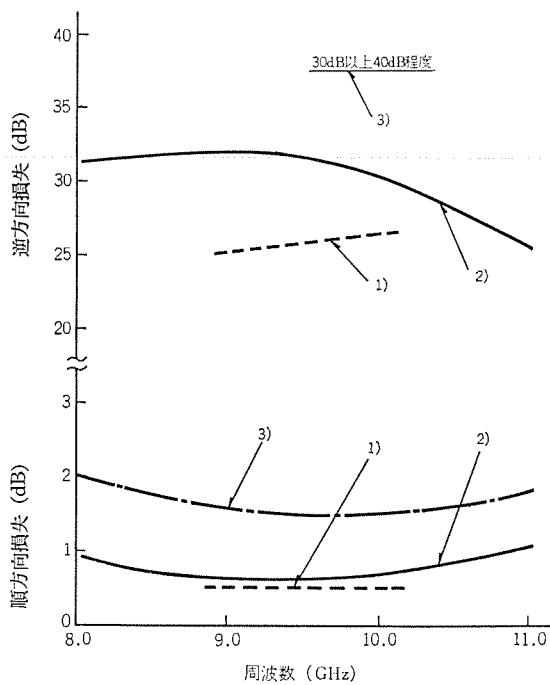


図 4.2 試作アイソレータの特性
Performance characteristics of the isolator constructed for trial.

ータは、従来のものに比較して特性向上が望めるのである。また、内部導体幅広部の寸法には最適値があり、あまりに広いと不要モードが発生し、あまりに狭くなると、片側エッジへの十分な電波偏移が達成できず、特性は悪化する。さらに内部導体テーパ部は、TEMモードからエッジガイドモードへの変換が円滑に行なわれるような形に設計されなければならない。

図 4.2 に試作アイソレータの特性を示したが、吸収体と内部導体の重ね合せ寸法に応じて特性は変化するので、三つの場合についての特性を示している。1), 2), 3) の順に重ね合せ寸法が大きくなっている、そのときの特性は、概略、次のようになつた。

1) 9~10 GHz で、順方向損失 $L_f \approx 0.5$ dB, 逆方向損失 $L_B \approx 25$ dB, 2) 8~11 GHz で、 $L_f = 0.6 \sim 1.2$ dB, $L_B \geq 25$ dB, 3) 8~11 GHz で、 $L_f = 1.5 \sim 2.0$ dB, $L_B \approx 40$ dB。

レアース磁石を用いて小形化すると、アイソレータの寸法（接栓座は含まず）は長さ 17 mm, 幅 13 mm, 高さ 7 mm になる。

5. フェライト基板⁽¹⁾⁽²⁾

フェライトを MIC 用基板として用いる場合、まず第 1 に線路損失が問題となる。フェライトはアルミナに比べ比誘電率が大きく、 $\tan \delta$ は同程度であるから、磁気的損失さえ小さければ線路の導体損がマイクロストリップの線路損失の主原因になっているので、アルミナ基板の場合と同程度の損失で、各回路部品が小形にできることが期待される。

損失を測定する手段としては、マイクロストリップリング共振器を用いて行なう方法があり⁽¹⁰⁾、実際に測定した結果が最近報告されている⁽²⁾。われわれは X-バンド用の基板を検討するため、50 Ω の直線線路で損失の測定を行なった。その結果を図 5.1 に示す。当然のことながら、線路損失は平面粗度によって異なるが、平面粗度 0.2 μm に仕上げた YIG ($4\pi M_s = 1,780$ がウス) は、測定周波数範囲でアルミナと同程度の波長あたりの損失を示している。Mn-Mg フェライト ($4\pi M_s$

= 2,000 がウス) は同じ平面粗度でやや多い損失を示している。この材料が低い周波数側で損失増加の傾向を示しているのは、低磁界損失が生ずるためと解釈される。基板のメタライズは無電気銅めっき + 電気銅めっきで行ない、膜厚 10 μm、基板の厚さ 0.64 mm である。図 5.1 の各曲線の波打ちは測定系に問題があるためと思われ、これとは別に 9 GHz で直線線路の一波長共振器の Q 測定より損失を求めたが、損失の大小関係は上記測定結果と同様であった。なお、基板は消磁状態で測定された。

次にフェライト基板を実際に使用する場合問題となるのは、周囲の漏えい(渦)磁場による線路の特性インピーダンスの変化である。線路に沿った方向に磁化される場合は、これまでの可逆移相器と同じ状態であり、零磁界で損失を生じない程度の飽和磁化を持った材料では、100 エルステッド程度の磁界まで、それほど大きな変化のないことは知られている。

そこで他の 2 方向、すなわち基板に垂直な方向と基板面に平行で線路に直交する方向から磁界をかけた場合の線路の VSWR を測定したものが、図 5.2 である。磁界零の状態で 50 mm の長さの 50 Ω 線路を、50 Ω の同軸ダミーで終端したものに磁界を変化させたときの VSWR を測定した。基板材料は前出の Mn-Mg フェライトである。VSWR の波打ちは、同軸-マイクロストリップ変換部の反射で生ずるものと思われる。これらの結果から漏れ磁界の影響は、9 GHz 以上ではそれほど大きくないことがわかる。なお 7 GHz で比較的大

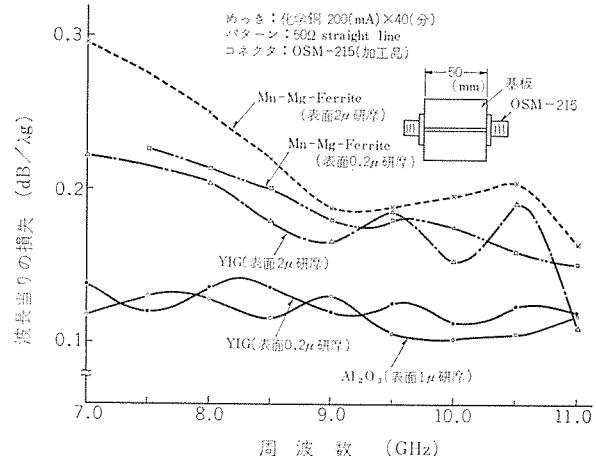


図 5.1 各種基板上のマイクロストリップの伝ば(播)波長当たりの損失
Loss per guided wavelength for microstrips on various substrates.

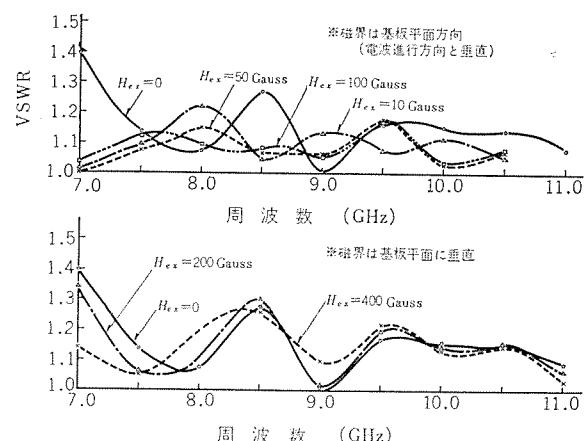


図 5.2 VSWR の外部磁界依存性
External magnetic field dependence of VSWR.

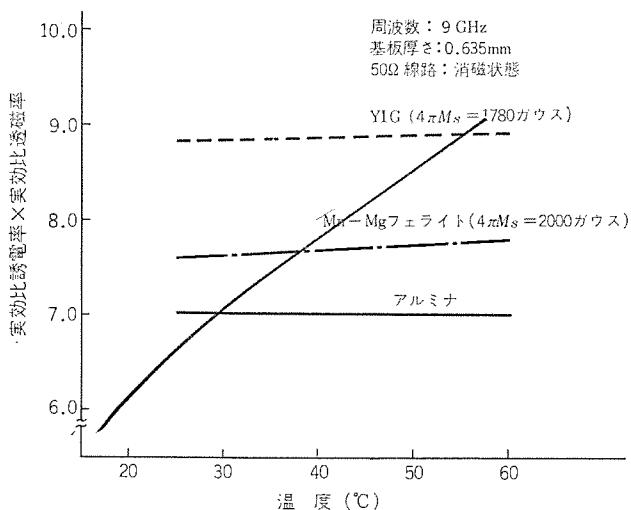


図 5.3 MIC 用基板の温度特性
Temperature dependence of various substrate for microwave integrated circuit.

きな変化を示すのは、磁界零のとき生じていた低磁界損失が、磁界印加とともに減少することが原因と考えられる。

次に、フェライト基板で問題となるのは温度特性である。消磁された状態では、一見温度特性は問題にならないよう思われるが実際には、図 5.3 に示すように実効比誘電率と実効比透磁率の積は若干温度特性を持つ。これは、マイクロストリップ共振器の共振周波数の変化から求めたものである。温度変化の主因は、比透磁率が 1 でなく、飽和磁化に依存し、1 より若干小さい値を取ることにあると思われる。

6. む す び

MIC に適合したマイクロストリップ形フェライト回路の試作結果について報告した。2 章のサーキュレータは、すでに一部実用化されており、製品としてよい再現性が得られている。今後は、作りやすい形でのいっそらの小形化が必要となろう。3 章の移相器は、前述のごとくきわめて小形になり、構造も比較的単純なため、半導体移相器などと比較し、安価でしかも信頼性が高く、またマイクロ波特性もすぐれ

ている。一方従来からこの形の移相器は、駆動電流のピーク値が大きいこと、温度特性があることなどが問題となっていたが、3 章に述べたごとく、電流ピーク値 0.5 A、温度特性は $-60^{\circ}\text{C} \sim 80^{\circ}\text{C}$ で $\pm 3 \sim 4\%$ の移相変動におさえられることがわかり、フェーズドアレイ用としてきわめて実用性が増したと思われる。

4 章のアイソレータはまだ実用されていないが、これは構造を若干変えるだけでサーキュレータにもなり、サーキュレータ動作とアイソレータの役割を兼備えたものも構成可能であり、半導体素子をじょうずに組込むことにより集積化の促進に大きな役割を果たすことが期待される。

5 章のフェライト基板については、現在まだ検討中であり、早急に基板としての可否を云々することは早計であるが、今までのところ問題になりそうなのは共振器の温度特性だけであり、それ以外の通常の回路には十分実用になり得ると思われる。

参 考 文 献

- (1) D. J. Masse and R. A. Pucel : IEEE, Trans. MTT, MTT-20, No. 5, 304 (1972)
- (2) D. J. Masse and R. A. Pucel : IEEE, Trans. MTT, MTT-20, No. 5, 309 (1972)
- (3) 川端, 中原 : 電子通信学会, マイクロ波研究会資料, MW 72-49 (昭 47)
- (4) R. H. Kneer, C. E. Barnes and F. Bosch : IEEE, Trans. MTT, MTT-18, No. 12, 1,100 (1970)
- (5) 中原, 紅林, 折目 : 電子通信学会, 全国大会予稿集 No. 684 (昭 47)
- (6) G. T. Roome and H. A. Hair : IEEE, Trans. ED, ED-15, No. 7, 473 (1968)
- (7) 中原, ほか 4 名 : 三菱電機技報, 44, No. 12 1,619 (昭 45)
- (8) M. E. Hines : IEEE, Trans. on MTT, MTT-19, No. 5, 442 (1971)
- (9) B. Lax and K. J. Button : Microwave Ferrites and Ferromagnetics, 304, McGraw-Hill Book Co. (1962)
- (10) P. Troughton : Electronics Letters, 5, No. 2, 25 (1969)

準ミリ波 PCM 中継器におけるマイクロ波 IC

尾形陸奥男*・陶山昌雄*・岡野晃*・鍛治栄二*

Microwave Integrated Circuits Applied to 20GHz Band PCM Repeaters

Communication Equipment Works

Mutsuo OGATA・Masao SUYAMA・Akira OKANO・Eiji KAJI

The microwave integrated circuits described in this paper are to be used in the 20 GHz band PCM regenerative repeaters for which the use of pole mounts are presupposed. Discussed herein are the summaries of designs, characteristics of practicalized units, and solutions of problems for the various components of the repeaters such as the down-converter for converting the 17.7~21.0 GHz RF signals to 1.7 GHz signal, 1.7 GHz band IF amplifiers, dividing network for carrier-recovery circuits, and four-phase-keyed modulator using schottky-barrier diodes.

1. まえがき

通信システムにおけるマイクロ波無線機は、いわゆる搬送標準架に実装されることが多い。そこに用いるマイクロ波回路は導波管回路で構成されるから、架実装および取扱い保守に特殊な技術を要する。機器の固体電子化によって、マイクロ波装置は次第に取扱い容易になりつつあるとはいえたま十分とはいえない。

一方、情報量の増大は必然的に、より高い周波数帯の開発を要請し、その周波数帯において効率よく伝送を行なうために、無線装置をアンテナ鉄塔上に設置することが提案された⁽¹⁾⁽²⁾。また、衛星とう(塔)載機器では、より高密度なユニットが要求される。これらの機器には単なる小形軽量のみならず、きわめて高い信頼性が必要である。

新しい半導体の出現と、高精度プリント製作技術の向上によるマイクロ波 IC (MIC) の登場は、上記の要求に対応する機器の実現性を確固たるものとし、さらにそのすう(趨)勢に拍車をかけているといえよう。

現在すでに、地上マイクロ波無線機、衛星通信地球局設備⁽³⁾および衛星とう載機器⁽⁴⁾の一部に MIC が実用化されているが、ここでは、近い将来実用される 20 GHz 帯 PCM 再生中継器に用いられている MIC 技術について述べる。

2. 20 GHz PCM 中継器の構成

ガンドイオード発振器、インパット注入同期増幅器を用いた 20 GHz 帯 FM 伝送装置は、当社において早くから開発が進められた⁽⁵⁾。

ここに述べる中継器は、伝送速度 400 Mb/s の 4 相位相変調による PCM 再生中継器として、あらためて基本設計・開発設計を行なったものである。

この装置設計でとくに考慮されている点⁽⁶⁾は、第 1 にガンドイオードおよびマイクロ波トランジスタなどのマイクロ波素子の信頼性であり、従来の FM 方式の装置の約 5 倍の MTBF(100,000 時間)を目標とする。第 2 は限られたスペースに収容するため、小形軽量・低消費電力であること。第 3 に環境に対する高い安定性と保守の容易さである。

中継器のこれらの特長は、さらに生産性の向上、経済性をあわせ考えるならば MIC の特質と完全に一致するものであり、次のユニットに MIC 回路が応用されている。

(1) 受信 RF/IF 部

20 GHz 受信ミクサ、ガンドイオード発振器、1.7 GHz 前置増幅器 (PIFA) および 1.7 GHz 遅延平たん形ろ(濾)波器 (BPF) で構成され、20 GHz RF 部分を除いて、厚さ 0.635 mm のアルミニウムセラミック基板を用いた。RF 部分は損失を少なくするため、研磨された基板(厚さ 0.4 mm)とした。

(2) 1.7 GHz 中間周波増幅部

1.7 GHz マイクロ波トランジスタ増幅器 10 段構成で、2 段増幅器を単位ユニットとして継続接続した。このほかに、20 GHz 帯での降雨などによる減衰を考えて、約 60 dB のダイナミックレンジの AGC 回路を有する。

(3) キャリヤ再生部

1.7 GHz 分配器に MIC 回路が応用されている。大きさ 2" × 2" の基板に 4 個のラットレース回路、6 個の 2 分配器を形成した。

(4) 送信変調部

20 GHz MIC 化 サーキュレータ、LID (Leadless Inverted Diode) 形ショットキダイオードなどを研磨セラミック基板(厚さ 0.4 mm)に形成して、4 相位相変調器 (PSK) を構成した。

上述の MIC 化ユニットは、保守・機能試験調整の点を考慮して標準寸法 (90 × 60 mm) のケースに収容して、必要な基板間接続をケース内部で処理した。

次節以下に各ユニットの詳細を述べる。

3. 受信 RF/IF 部⁽⁷⁾

受信 RF/IF 部は、17.7~21 GHz の周波数を 1.7 GHz 帯の中間周波数に変換・増幅するもので、20 GHz 受信ミクサ、ガンドイオードによる受信局部発振器、マイクロ波トランジスタを用いた 1.7 GHz PIFA、および 1.7 GHz BPF などで構成される。また、IF 部には整合用として、MIC 化集中定数形 サーキュレータが用いられた。図 3. 1 に受信 RF/IF 部の外観を示す。

受信 RF/IF 部でシステム設計上、必要とされる性能は雜音指数、振幅遅延ひずみ特性および多数波による混変調積である。とくに、混変調積の低下は符号誤り率の劣化につながるので、各部は十分なバックオフを得るように設計した。

20 GHz 受信ミクサはフェライト基板と組合せたときの温度特性、抵抗・コンデンサ・ダイオードなどの素子の基板密着度、機械加工工作度

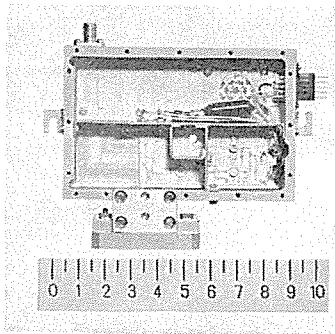


図 3.1 20 GHz MIC 化受信 RF/IF 部
20 GHz integrated receiver module.

などを考慮して、研磨されたアルミナセラミック基板(1"×1", 厚さ0.4 mm)を使用した。ミクサ回路構成は、3 dBブランチングカプラを用いたバランス形で2個のLID形GaAsショットキダイオードを超音波ボンディングした。

また、このミクサ基板の信号入力部・局発入力部に、それぞれMIC化20 GHz サーキュレータを含み、研磨されたフェライト基板が装着されている⁽⁸⁾。このほか、ミクサ入力部にはイメージ周波数成分を阻止するため、反射形λ/4 帯域阻止ろ波器が構成されて、300 MHz 帯域にわたって30 dB以上の減衰量を得ている。

ミクサ部の雑音指数は、1.7 GHz PIFAと組合せて10.5 dB、変換損失6 dBであった。入力部でのストリップ線路と導波管(WRJ-180)の変換は、広帯域リッジタイプトランジションを開発して、入力VSWRを所要周波数範囲で1.15以下におさえることができた。

1.7 GHz PIFAは、2段構成のトランジスタ増幅器をセラミック基板(1"×1", 厚さ0.635 mm)上に構成した。前段はとくに低雑音素子(4 dB以下)、後段は大きなバックオフを得るための高出力の素子(1 dB圧縮点+5 dBm以上)が要求される。

トランジスタ増幅器設計は素子のSパラメータを用いて、利得・入出力・VSWRの3項目につき、最適値からの偏差自乗値に重みをつけて加えあわせ、最急降下法にもとづくCAD⁽⁹⁾(Computer Aided Design)で求めている。これは2段増幅器の入力、段間、出力部の整合スヌーブを変数として最適設計するもので、増幅器MICパターンを自動的にプロッタすることができる。

図3.2に1.7 GHz PIFAの振幅、雑音指数特性、図3.3に入出力特性を示す。1.7 GHz±150 MHzにわたって利得偏差18±0.1 dB以下、雑音指数4.5 dB、また1 dB圧縮点は1.7 GHzにおいて+5.1 dBmを得た。このPIFAは前述のミクサダイオードと雑音整合するために、入力インピーダンスを50オームよりやや高めに設計した。

1.7 GHz BPFは遅延平たん形5段ろ波器で、その3 dB帯域設計値250 MHzに対して、実測値は若干狭帯域となった。これは基板の等価誘電率をやや大きい値にとっていたためと考えられる。このBPFの温度試験結果は-10°C～+50°Cで行なったが、中心周波数の変動などの顕著な特性変化はなかった。

受信ミクサを励振する20 GHz ガン発振器は、半同軸空洞で発振させて、出力取り出し部にストリップ線路を用いた。これはMI化円形共振器で空洞を実現してもQ₀が低く、また20 GHz帯ではダイオードとストリップ線路に不整合がおこり、ダイオード固有の発振を行なって周波数制御がむずかしい、さらにダイオードから高出力の放射を行なって、他の回路へのとびこみがさけられないなど、まだ実用化に問題があるためである。

半同軸空洞形MIC化ガン発振器空洞の同調棒を動かすことによ

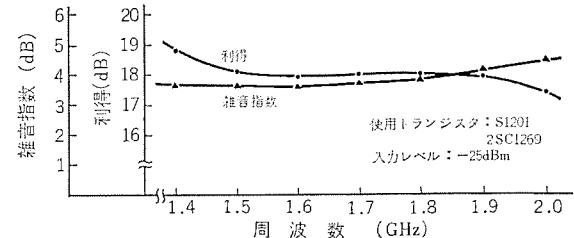


図 3.2 1.7 GHz PIFA 周波数特性／雑音指数特性
Amplitude response and noise figure of 1.7 GHz pre-amplifier.

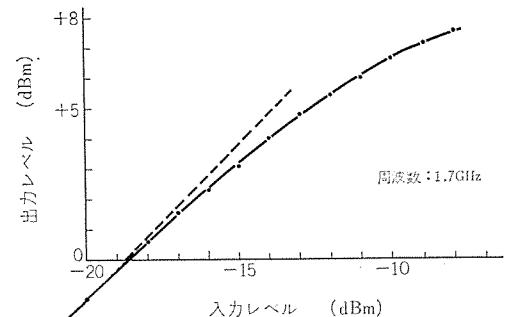


図 3.3 1.7 GHz PIFA 入出力特性
Linearity of 1.7 GHz pre-amplifier.

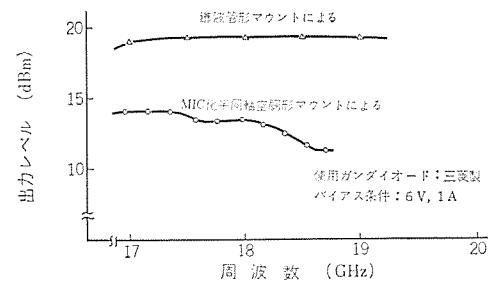


図 3.4 20 GHz ガン発振器特性
20 GHz gunn oscillator characteristics.

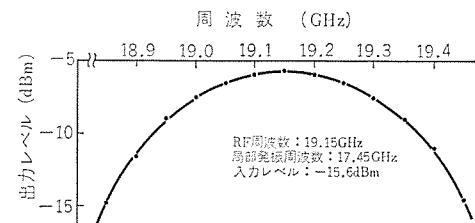


図 3.5 受信 RF/IF 部総合振幅特性
Amplitude response of 20 GHz integrated receiver module.

り、周波数制御が可能であり、十分な周波数安定度が得られる。

図3.4に当社製ガンドイオードを用いて、従来の導波管形マウントと、この半同軸空洞形マウントで得た発振特性を示す。半同軸空洞形マウントで発振帯域(3 dB点)、1 GHz、出力+12～14 dBmを得た。雑音特性はとくに差はなかったが、出力に関して、導波管形マウントにくらべて、数dBの低下であるが、ひき続いて現在同軸ストリップ線路変換部を含めて回路を改良しつつある。

以上の各基板はアルミケースに収容され、基板間接続は金ばく(箔)を用いた熱圧着法で、また、基板のケース地導体への密着は高温電気接着剤を用いた。

受信RF/IF部の主要性能を表3.1に示す。



図 3.6 受信 RF/IF 部総合遅延ひずみ特性
Group delay characteristics of 20 GHz integrated receiver module.

表 3.1 受信 RF/IF 部の主要性能
20 GHz receiver module performance.

項目	目標性能	得られた性能
中心周波数(f_0)	RF: 17.7~21 GHz の指定 1 波 IF: 1.7 GHz	19.15 GHz 同上
雑音指数	10 dB 以下	10.5 dB
総合利得	9 dB 以上	10 dB
入力レベル	$-10 \text{ dBm} \pm 5 \text{ dB}$	同上
入力 VSWR	1.15 以下	1.15
出力 VSWR	1.2 以下	1.18
混変調積	-15 dBm 2 波入力で 36 dB 以上	-15 dBm 2 波入力で 37 dB
周波数安定度	$-10 \sim +50^\circ\text{C}$ で 1×10^{-4} 以下	$-10 \sim +50^\circ\text{C}$ で 2×10^{-5}
イメージ抑圧	25 dB 以上	30 dB
振幅特性	$f_0 \pm 150 \text{ MHz}$ において 1.0 dB(P-P) 以下	図 3.5 参照
遅延ひずみ特性	$f_0 \pm 150 \text{ MHz}$ において 一次 0.5 ns(P-P) 以下 二次 1.5 ns(P-P) 以下 リップル 0.5 ns(P-P) 以下(注1)	図 3.6 参照

(注1) 参考値(遅延ひずみ補償器で等化したとの値)

4. 1.7 GHz 中間周波増幅部

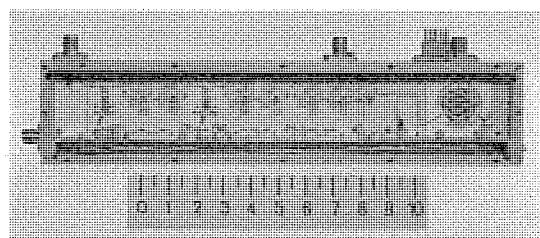
1.7 GHz 中間周波増幅部の外観を図 4.1 に示す。構成は写真に示すように MIF-1 および MIF-2 から成り、それぞれの増幅器は、0.635 mm のアルミナ基板上にマイクロディスク形トランジスタ・チップ形ダイオード・コンデンサ・抵抗素子を形成した。また、MIF-1 の入力部、MIF-2 の出力部には小形で実現できる集中定数形 IC 化 1.7 GHz サーキュレータ⁽⁸⁾を用いた。

準ミリ波帯では降雨などによる減衰がいちじるしく、中継器入力レベルの変動を補うため、広いダイナミックレンジをもつ AGC 機能が必要である⁽¹⁰⁾。

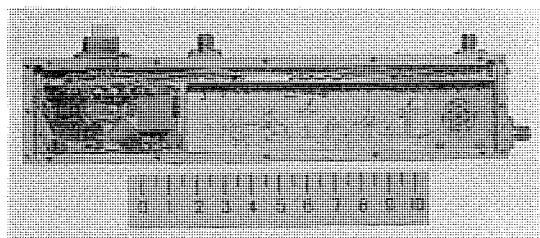
MIF-1, -2 は、2 段のトランジスタ増幅器(1"×1")を単位として多段に構成した。単位増幅器の利得は 15 dB で、MIF-1 には 2 ユニット、MIF-2 は 3 ユニット実装されている。使用トランジスタ素子は最終段を除いて中電力用、最終段のみ高出力用を用いた。増幅器の設計は、前節の 1.7 GHz PIFA と同様に CAD による設計を取り入れた。

また、MIF-1 と MIF-2 の間には中継器内で生ずる遅延ひずみを補償するため、メアンダーライン形遅延ひずみ補償器が接続される。エコリップルを軽減するため、両ユニットのそれぞれ出・入力 VSWR をとくにおさえた。

AGC 回路に用いる可変減衰器は、PIN ダイオード・チップ抵抗・コンデンサから成る橋絡 T 形を採用した。浮遊インダクタス・容量効果を軽減するため、従来のセラミック基板とは若干構造的に異なったレジスタボードを用いた。これはアルミナセラック基板と Ni, Au 層の間に



(a) MIF-2



(b) MIF-1

図 4.1 1.7 GHz 中間周波増幅部
1.7 GHz band IF transistor amplifier.

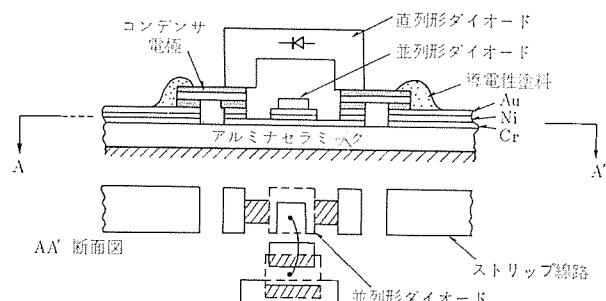


図 4.2 1.7 GHz 可変減衰器構成
Configuration of integrated 1.7 GHz vario-losser.

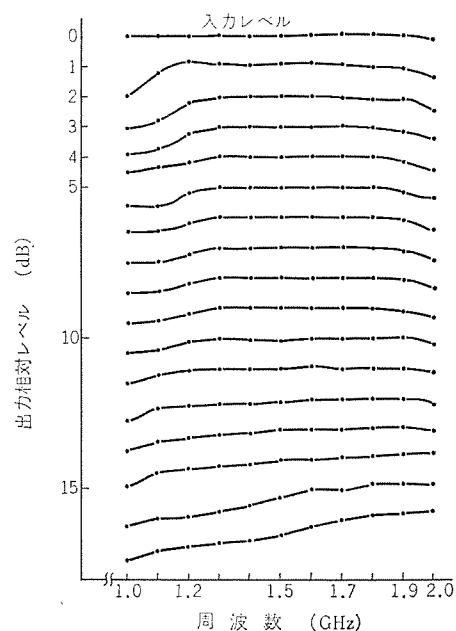


図 4.3 1.7 GHz 可変減衰器減衰特性
Attenuation characteristics of integrated 1.7 GHz vario-losser.

Cr の抵抗膜が存在する基板で、抵抗素子として用いる場合、上層の Ni, Au をエッティングで取り除くことで可能である。従来のチップ抵抗素子を付加する方法より素子数の減少となって信頼度の点でも有利である。図 4.2 に可変減衰器の構成を示す。PIN ダイオードは、

直列に LID 形、並列にはチップ形のものを使用し、 $1'' \times 0.5''$ の基板で実現した。この可変減衰器の減衰特性を図 4.3 に示す。減衰器 1 段あたり入損失 1 dB、最大減衰量 16.8 dB、VSWR 1.5 以下であった。MIF-1, -2 に各 2 段ずつの減衰器が組みこまれて最大ダイヤミックレンジ 60 dB 以上を得ている。

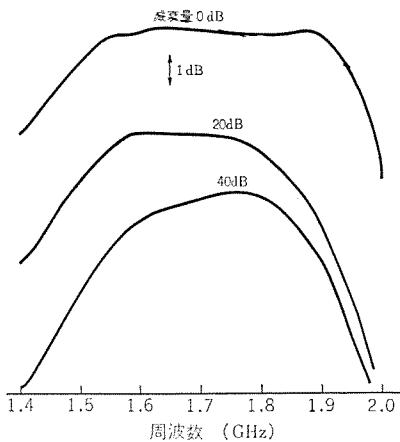


図 4.4 1.7 GHz 中間周波増幅部 振幅特性
Amplitude response of 1.7 GHz IF transistor amplifier.

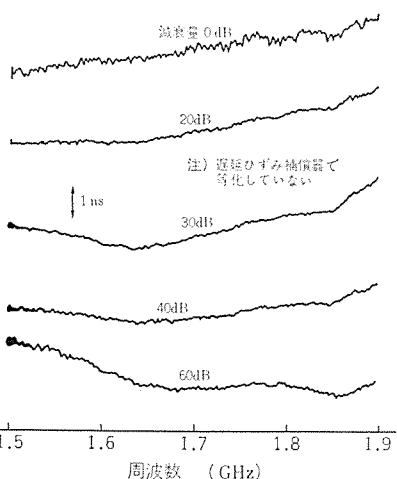


図 4.5 1.7 GHz 中間周波増幅部 遅延ひずみ特性
Group delay characteristics of 1.7 GHz IF transistor amplifier.

表 4.1 1.7 GHz 中間周波増幅部の主要性能
1.7 GHz band IF amplifier performance.

項目	目標性能	得られた性能
周波数帯域幅	1.7 GHz \pm 150 MHz	同上
最大利得	63 dB 以上	59 dB
AGC動作範囲	60 dB 以上	62 dB 以上
出力レベル	+8 dBm 以上	+8 dBm
飽和出力 (1 dB 圧縮点)	+15 dBm 以上	+15.7 dBm
AGC レベル変動	± 0.5 dB 以下	± 0.4 dB
入出力 VSWR	300 MHz 帯域で 1.2 以下	300 MHz 帯域で 1.4 以下
雑音指数	8 dB 以下	7.8 dB
振幅特性	300 MHz 帯域で 1.0 dB (P-P) 以下	図 4.4 参照
遅延ひずみ特性	300 MHz 帯域で 一次 0.5 ns (P-P) 以下 二次 1.5 ns (P-P) 以下 リップル 0.5 ns (P-P) (注 2)	図 4.5 参照
D/U 比	40 dB 以上	40 dB

(注 2) 参考値 (遅延ひずみ補償器で等化したとの値)

1.7 GHz 中間周波増幅部の主要性能は表 4.1 のとおりである。

5. キャリヤ再生部

1.7 GHz 4 相位相変調波は中間周波増幅部で増幅された後、キャリヤ再生復調部に入る。ここでは当社独自で開発した合成検波方式⁽¹¹⁾を採用していて、基準搬送波を再生、同期検波を行なう。MIC 化キャリヤ再生部分配器・合成検波器・位相検波器などで構成される。

図 5.1 に MIC 化 1.7 GHz 分配器 パターン外観を示す。2'' \times 2''、厚さ 0.635 mm のアルミナセラミック基板上に、4 個のラットレース回路⁽¹²⁾および 6 個のウイルキンソン形 2 分配器を幾何学的に形成した。PSD 用検波ダイオードをラットレースの中心にハンダづけし、検波出力は基板および地導体ケースの裏側に取り出して、ベースバンドアンプおよび出力合成回路につながる構造とした。

このように 1 枚の基板で多機能化を図ることで、基板間接続による位相誤差を最小にすることことができた。

図 5.2 に分配器を形成する MIC 化 ラットレース回路の代表特性を示す。

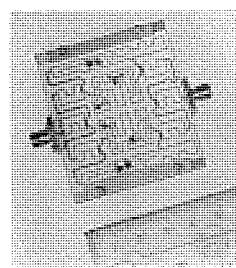


図 5.1 キャリヤ再生復調部 分配器 MIC パターン
MIC pattern of 1.7 GHz divider used for carrier recovery and demodulator module.

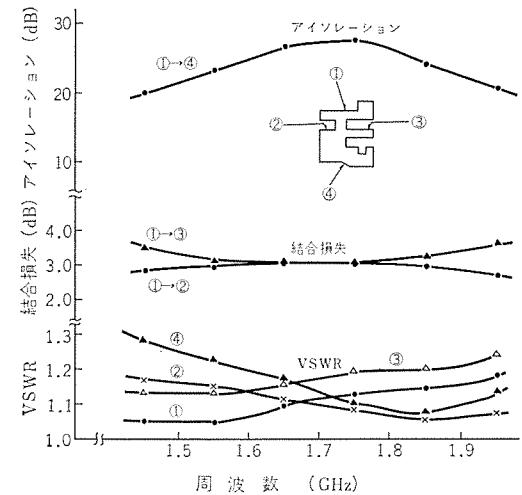


図 5.2 1.7 GHz ラットレース回路特性
1.7 GHz band rat-race circuit characteristics.

6. 送信変調部

20 GHz ガン発振器出力はまず $0 - (\pi/2)$ 変調器に入り、ドライブ信号パルスによって $0 - (\pi/2)$ 変調され、 $0 - \pi$ 変調器に入る。ここで、さらに $0 - \pi$ 変調されて 4 相位相変調 (PSK) 波となる。

従来から準ミリ波帯の PSK として、導波管あるいはサキュレータ部を除いた MIC 化 PSK は種々検討されているが、当社開発の 20 GHz PSK は、同一基板上にサキュレータまで含めて MIC 化構成し、ユニットの小形軽量化を進めている点に大きな特長がある。

図 6.1 に送信変調部 MIC 化 PSK パターン外観、および図 6.2 にパターン構成を示す。使用基板の材質は研磨されたアルミナセラック基板である。中央のサキュレータは、2 信号間のアイソレーションを大きくす

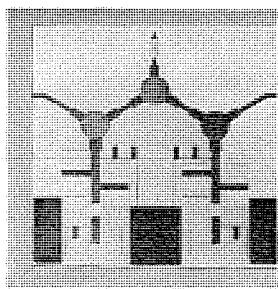


図 6.1 20 GHz MIC 化 4 相 PSK パターン 外観
MIC pattern of 20 GHz four phase PSK.

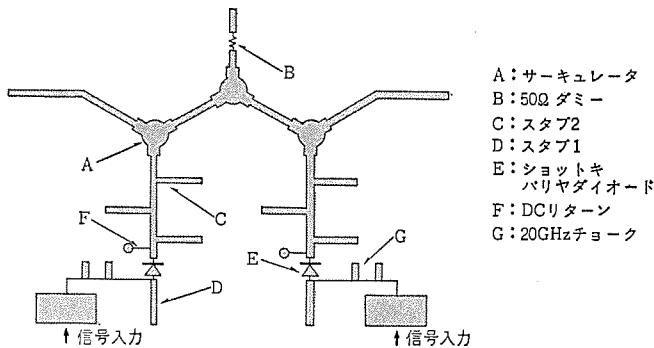


図 6.2 MIC 化 20 GHz 4 相 PSK パターン 構成
MIC pattern configuration of 20 GHz four phase PSK.

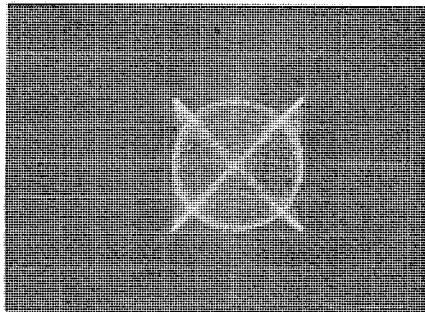


図 6.3 20 GHz MIC 化 PSK 4 相 リサージュ 図形
Four phase Lissajous' figure of 20 GHz integrated PSK.

るためで、"ドライブ"信号パルスは RF 阻止用 チョーク回路を通り、ダイオードを励振する。PSK ダイオードは、当社開発の 20 GHz LID 形 GaAs ショットキ ダイオードを用いた。

位相変調器を MIC 化する場合の特異な現象として、導波管／ストリップ線路変換部でのインピーダンス不整合によって、無変調波のもれがおこり、位相設定に影響することが判明した⁽¹³⁾。理想的には、すべての到来入力波がストリップ線路に変換され、伝ばするのが望ましいが、実際にはある程度、不連続点で空間にもれる。この無変調もれ波が output 変換部に直接とびこみ、ストリップ線路上を伝ばしてきた被変調波と合成され、無変調もれ波の大きさによっては、相当な位相誤差を生ずる。このもれ波に対する検討は種々なされて、実験的には不整合点に電波吸収体をおくことにより、被変調波にくらべて約 30 dB 以下におさえることができた。これは 4° 程度の位相誤差に相当する。また、被変調波の AM 波は 1 dB 以下であった。

MIC 化 PSK の変調損失は、入力 +17 dBm のとき 3.0 dB 以下

（サークュレータ、導波管 ストリップ 変換損失を除く）であった。図 6.3 にこの PSK 変調波を 1.7 GHz IF 帯に周波数変換して、サンプリングスコープで測定した 4 相 リサージュ 図形を示す。これからわかるように、4 相位相変調はほぼ完全に行なわれている。

7. む す び

20 GHz 帯 PCM 中継器のうち、MIC を適用したユニットについて述べた。部分的にすでに完成したユニット、いまだ性能的、信頼性に吟味を加える必要のあるユニットがあり、後者については、さらに生産性を考慮して検討を進める必要がある。

20 GHz 帯以外に 11~15 GHz の準ミリ波帯、2~8 GHz の通信バンドへの MIC の適用は、今後ますます増加する傾向にあり、これらについては稿をあらためて報告したい。

おわりにこれら装置の開発にご指導・ご協力いただいた社内外関連各位に深謝する。

参 考 文 献

- (1) L. C. Tillotson : Use of Frequencies above 10 GHz for Common Carrier Applications, ほか, B. S. T. J., (July-August, 1969)
- (2) 高田 : 準ミリ波 PCM 中継方式, テレビジョン学会, 伝送研究委員会資料 21 (昭 45-6-18)
- (3) 尾形, 陶山, 竹内, 別段 : 衛星通信におけるマイクロ波技術, 三菱電機技報, 44, No. 12 (昭 45)
- (4) 矢部, 糸原, 今谷, 陶山 : IC 化 1.5 GHz/12 GHz アップコンバータ, 信学会マイクロ波研究会資料 MW 71-98 (昭 47-2-25)
- (5) 立川, 吉田, 山野辺, 森田, 藤林 : 20 GHz 帯 FM 方式画像伝送装置, 三菱電機技報, 44, No. 12 (昭 45)
- (6) 藤田, 伊藤, 岡野, 尾形 : 試作 20 GHz PCM 再生中継器の構成と特性, 昭和 47, 信学大 No. 1,601
- (7) 糸原, 前川, 伊藤 : 試作 20 GHz PCM 再生中継器受信周波数変換増幅部の特性, 昭和 47, 信学大 No. 1,604
- (8) 中原, 紅林, 川端, ほか 3 名 : マイクロ波 IC 用 フェライト回路, 三菱電機技報, 46, No. 11 (昭 47)
- (9) V. G. Gelnovatch : An Optimal Seeking Computer Program for the Design of Microwave Circuits, IEEE Journal of Solid State Circuits, (Dec., 1970)
- (10) 佐伯, 糸原, 陶山 : 1.5 GHz トランジスタ 中間周波増幅器, 昭和 47, 信学大 No. 642
- (11) 岡野, 森谷, 山田 : 合成検波方式, 昭和 47, 信学大 No. 1,621
- (12) H. A. Wheeler : Transmission-line Properties of Parallel Strips Separated by a Dielectric Sheet, IEEE Trans., MTT-13, 172 (March, 1972)
- (13) 藤野, 町野, 尾形 : MIC 化 20 GHz PCM 変調器, MW 72-48 (昭和 47-7-21)



特許と新案

溶接用変圧器

考案者 馬場利彦・越智紀明・田尻浩己・大賀隆文

この考案は、従来の溶接用変圧器の本体内に電圧調整装置を収納して一体とし、かつ、同一の冷却装置を用いて溶接用変圧器の二次コイルと、上記電圧調整装置とを同時に冷却できるよう溶接用変圧器に関するものである。

図1・図3は、この考案の一実施例であり、図1において(1)は中空導体からなる溶接用変圧器の二次コイルであり、給水口(4a)からこの二次コイルの中空導体へ冷却水を導入して冷却するように構成されている。(2)は鉄心、(3)は鉄心(2)を締め付けるクランプ。(4)は冷却管で、図3に示すように、サイリスタ冷却用の放熱板(9)上にろう付けされており、上記二次コイル(1)を冷却して出てきた冷却水を放熱板(9)へ導き、さらに、排水口(4b)から排水する一順の冷却水路を構成するとともに、電気回路をも形成する。(5)(6)(7)は、それぞれ図2にR、C、SCRで示された抵抗、コンデンサおよびサイリスタである。(8)は、サイリスタ(7)を放熱板(9)に取り付けるための取り付けボルト、(10)は調整端子で、外部装置に接続される。(11)は、溶接用変圧器本体および抵抗(5)・コンデンサ(6)・サイリスタ(7)群で構成される電圧調整装置を収納するケースを示す。

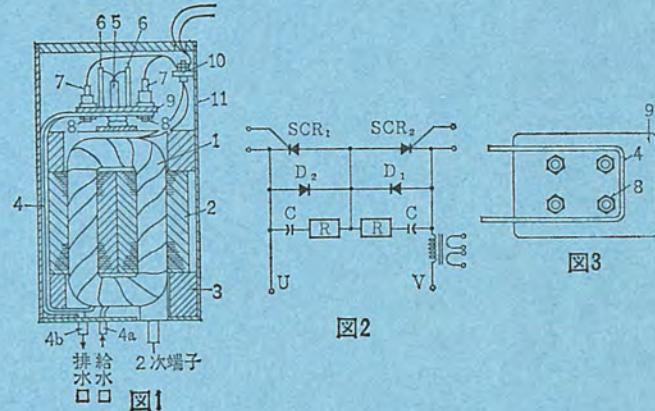
図2において、SCR₁・SCR₂は電圧調整用サイリスタ、D₁・D₂はダイオード、R・Cは上記サイリスタSCR₁・SCR₂の保護用抵抗およびコンデンサを示す。

給水口(4a)より溶接用変圧器の二次コイル(1)内に導入された

冷却水は、この二次コイルを冷却した後、冷却管(4)に流入し、サイリスタSCR₁・SCR₂の放熱板(9)の底部を冷却して、排水口(4b)から外部へ排出される。

以上のように、本考案の溶接用変圧器は、変圧器本体内に電圧調整装置が配設され、単一の冷却管で電圧調整装置と変圧器の二次コイルとを同時に冷却できるように構成されているので、冷却効果がすぐれ、構造簡単、製作が容易、かつ安価であるという効果がある。

(実用新案第934613号) (西野記)



回路しゃ断器のリバウンディングラッチ機構

考案者 長谷川清博

■考案の名称

回路しゃ断器

■適用機種

配線用しゃ断器および気中しゃ断器等に適用できる。三菱ノーハーブしゃ断器には次に示す形名のものに、このリバウンディングラッチ機構が取り付けられている。

NF 225-R, NF 400-B, NF 400-H, NF 400-R, NF 600-C, NF 600-H, NF 600-R, NF 800-H, NF 800-R, NF 1000-H, NF 1200-H

■効果

(1) しゃ断距離が一定しているので、常に確実なしゃ断が行なえる。

(2) 可動子の開離速度を大きく設定できるので、しゃ断性能が著しく向上する。

(3) 見かけのしゃ断距離と実際のしゃ断距離がほとんど同じになるので、可動子はね返りによるしゃ断距離の減少分を考慮することが不要になり、小形で高性能の回路しゃ断器が得られる。

■考案の概要

この考案は、自動しゃ断したときに可動接触子が固定接触子側へはね返るのを防止して、しゃ断時の接点溶着や再点弧を無くして確実なしゃ断が行なえるようにした回路しゃ断器に関するものである。

図5・図6はそれぞれこの考案の実施例を示すもので、いずれもしゃ断器が開路された状態であり、図5は自動しゃ断によりリバウンディングラッチ機構が動作している状態、図6は手動開路された場合

特許と新案

もしくは自動しゃ断後リセットした場合で、リバウンディングクラッチ機構が動作していない状態を示している。

図5・図6において、自動引きはずし装置の作動腕(11)と、クレードル(8)の係止部(9)との係合が解かれると、図示されていないばねの力でクレードル(8)は時計方向に回動され、周知のトグルリンク機構により、開閉腕(22)は軸(21)を支点として可動接触子と一緒に反時計方向に回動され、クレードル軸(6)に当接した状態で停止する。

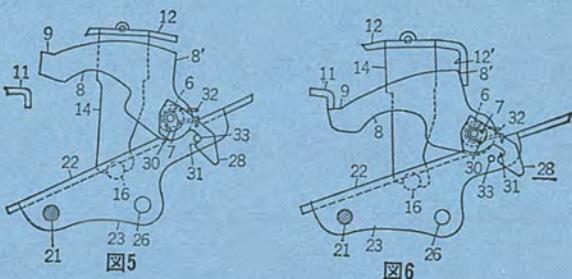
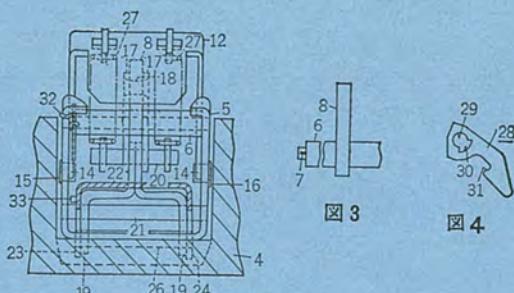
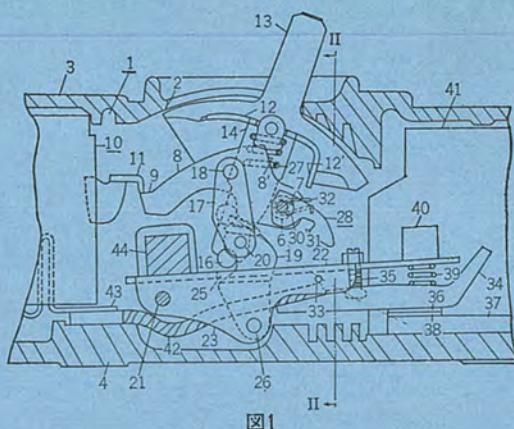
一方、クレードル(8)と一体に回動するクレードル軸を介して、ピン(7)も掛止子(28)の遊孔(30)内を時計方向に移動するので、掛止子(28)はばね(32)の押圧力によって時計方向に回動される。したがって掛止子の引掛部(31)は開閉腕(22)の上記回動によって、図5の位置に移動してくる係合ピン(33)と係合してこれを保持することになる。

しゃ断器が自動しゃ断した後は、ハンドルによって操作される二また(股)操作かん(杆) (12)の肩部(12')が クレードルの肩部(8')に当接して、これを反時計方向に回動させ、図 6 のようにその係止部(9)は作動腕(11)に係止される。

このときクレードル(8)の回動に伴って、ピン(7)がクレードル軸(6)と一緒に反時計方向に回動するので、このピン(7)と遊孔(30)を介して係合する掛止子(28)が、ばね(32)に抗して反時計方向に回動し、その引掛部(31)が係合ピン(33)からはずれて開閉腕(22)の時計方向への回動が自由になり、しゃ断器はリセットされる。

従来のしゃ断器では、開閉腕(22)を高速で開離させた場合、クレードル軸(6)に衝突してね返り、しゃ断時のアーカ発生を助長してしゃ断を妨げたり、再発弧を起こして接点が溶着するなどの弊害があったが、この考案のしゃ断器は開閉腕(22)を引掛けて、ね返りを防止しているので、確実なしゃ断はもちろんしゃ断性能の向上・小形化など多くの効果が期待できる。

なお、開閉腕(22)を引掛けた掛止子(28)はリセット時自動的にはずされるので、この考案の機構を付加しても回路しゃ断器の操作はなんら変わることろがない。(審査新案第912877号) (長谷川記)



单相直巻電動機の速度制御装置

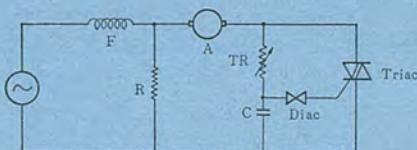
発明者 遠藤吉隆

この発明はトライアック等の電気弁で単相直巻電動機を速度制御する装置に関するものである。

図において、A は電機子巻線、F は界磁巻線、C はコンデンサ、VR は速度制御用可変抵抗、R は負荷変動補償用抵抗である。この回路ではコンデンサ C の充電期間である電気弁 (Triac) の不導通期間でも、抵抗 R を通して界磁巻線 F に電流が流れるようにし、この構成でコンデンサ C の充電回路において、電機子電圧が電源に対し逆極性の電圧として働くようにしたので、たとえば負荷が重くなり、この結果電機子の回転数が低下するとこの電機子の電圧も低下する。これ

によりコンデンサCの充電速度が増加し、この結果電気弁の導通角が増加するので、この結果、電機子の回転数の上記低下を補償するようこの回転数が増加する。

(特許第 578953 号) (村松記)



縫製工業における省力化の方向

尾宇江 衛*・横山 昌弘**

Outlook of Labor Saving in Sewing Industry

Wakayama Works Mamoru OUE
Nagoya Works Masahiro YOKOYAMA

The sewing industry is harassed by the recent labor shortage and the steep rise of personnel expenses because it resorts to hand-work in production. Sewing work means handling delicate and irregular-shaped materials and assembling them into complete units through highly trained handicraft. Consequently labor saving and automatic operation can hardly be applied to it with ease from the technical viewpoint. Also frequent changes of the styles with the change of fashion makes it fertile to build machines for fixed purposes of definite movement. These drawbacks in technical and business viewpoints compel the industry to rely on intensive handwork labor. However, recent development in the electronic control throws a light on the problem in the sewing industry at a deadlock. The article describes the course of the event and the outlook of the sewing industry.

1. まえがき

大量消費時代を迎えた織維産業における縫製工業の位置づけを考えてみると、材料面を受持つ原反メーカー、消費面を代表するスーパーマーケット、および流通部門の商社はいずれも巨大資本と組織を誇っているが、この原反を衣料として商品化する縫製部門は、ごく一部を除いておむね中小企業の域を出ない弱少企業の集団といえる。

これは衣料縫製が手工業的室内工場から発生している歴史的過程によるもので、現在でもミシンが1台あれば口を過すことが可能という状態にも現われている。

“衣・食・住”とか「衣食足って礼節を知る」とかいう言葉があるが、人間社会で最も原始的に始まる産業は農業とともに織維産業である。現在社会の後進国をみても自然発的に縫製工業が先行している。

零細資本でも可能というこの取組みやすさが弱少企業の多数化現象を起こし、それぞれ「一国一城の主」的感覚が企業の集約を阻害している。

また文化水準の向上につれて衣料のファッション化が進行し、婦人服に代表される少量多品種の様相が拡大され、この少量がまた企業集約と逆行する作業内容を要求している。

このような状態の中にある縫製工業ではあるが、社会傾向は他産業と同じく労働力の不足と労賃の高騰に悩まされ、内外ともに東南アジアからの衣料品攻勢を受けて、好むと好まざるにかかわらず省力化、合理化設備への更新と、製品付加価値の増大が当面の急務となってきた。

当社としてもこの省力化機に焦点を合わせ開発を行なっているが、これらのものも含めて、実際の縫製の流れを追いながら設備の現状と登場しつつある省力化機、および将来の方向の概略を紹介する。

2. 縫製作業の工数と工程

比較的量産体制のととのっているワイシャツを例にとると、全生産工数に占める縫製工程の割合はそれでも67%にもなり、ファッション性の強い婦人物になるとこれをはるかに越える値がでると考えられる。図2.1はワイシャツの縫製工程をさらに小分けしているが、ミシンが

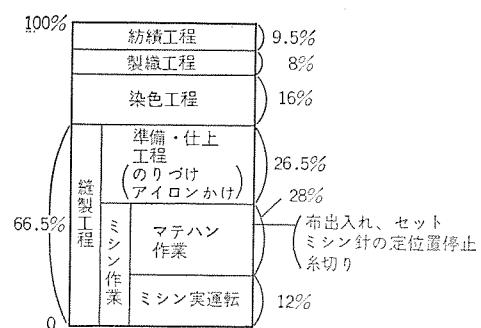


図2.1 ワイシャツの加工費率
Cost of each manufacturing process of white shirts.

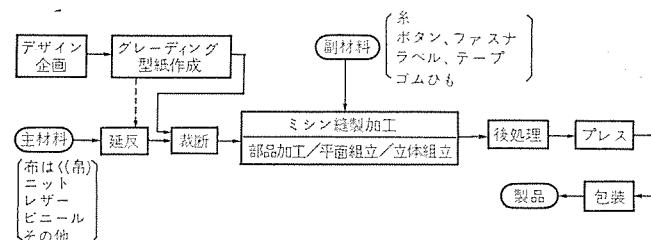


図2.2 一般的な縫製作業の工程
Regular sewing processes.

実際にか(稼)働している時間は、約18%にすぎず、縫製工程の省力化はこの残りの部分にあるといえる。

図2.2に一般的な縫製作業の工程を示しているが、わが国でも原反投入から包装までの全縫製作業を自動機群とコンピュータを利用した総合管理室とからなる「システムJ」というプロジェクトがとり上げられているが、中小縫製工場の生産性のネックはミシンの運転以前の工程管理に多くの問題があるといえる。

3. 原反から裁断まで

裁断は縫製作業の中でも特に重要な部門で、この工程が終われば縫製は半ば完了したとまで考えられている。

(1) パターングレーディング

デザインされた衣料のそれぞれの部分を原反の寸法、縫目、柄模様などに合わせて配列し、裁断のための型紙を作成する作業で、まだ

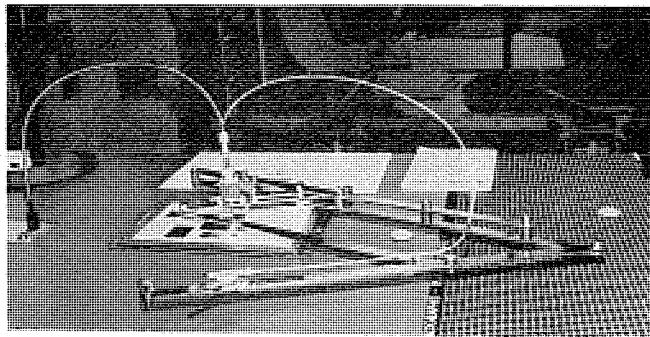


図 3.1 パターン 縮図器
Pattern reducing device.



図 3.2 型紙複写機
Pattern copy machine.

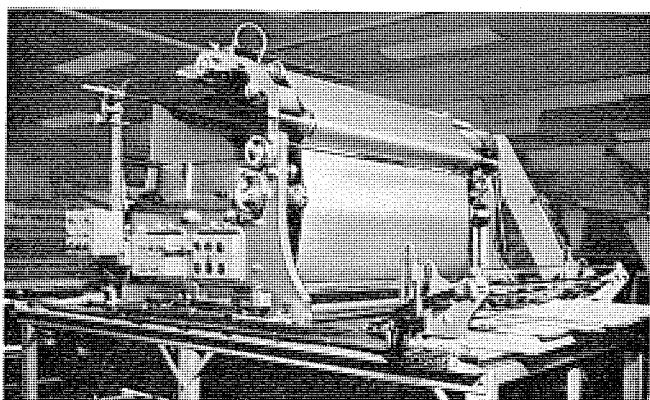


図 3.3 自動延反機
Cloth spreader.

まだ裁断師の技量に負うところが多い。しかし原寸大のパターンを並べて材料取りを考えることは大きなスペースを必要とし、また全体としての材料取りのバランスがとりにくいため、いったんこれを縮尺器により数分の1のパターンに縮少して視覚的に全体のバランスをとったものを写真撮影し、これを原寸大の原図にもどすという方法もとられている。(図 3.1) また、最近になって大形コンピュータの普及、自動製図機の出現により、この作業を自動化するシステムが実用化されつつあり、型紙製作専門の会社も現われてきた。

なお量産品では同じ型紙が何枚も必要になるため、感圧紙の使用や専用の複写機などが使用されている。(図 3.2)

(2) 延反

原反を型紙の大きさ(長さ)にひろげ、必要枚数に積み重ねる作業で、従来は裁断台上あるいは床上に原反をころがし人力で伸展、積重ねを行なっていたが、最近では裁断台上を往復走行しながらこ

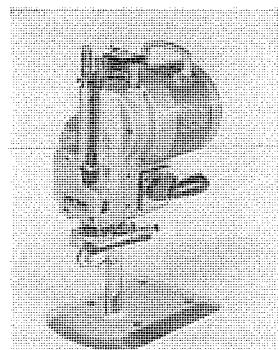
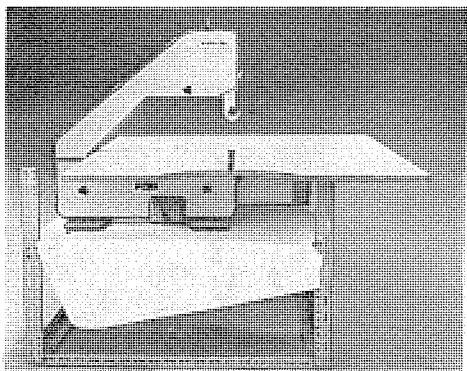


図 3.4 (a) 縦刃形裁断機
Cloth cutter (Straight type knife).



(b) バンドナイフ形裁断機
Cloth cutter (Band knife type).

の作業を行なう自動延反機が普及してきた。(図 3.3)

(3) 裁断

積層された原反上に前記型紙を置き原反を裁断する作業で、裁断物の大きさ、積重ね厚さ、生産量などにより裁断機の種類が異なる。

(a) ナイフカッティング

もっとも一般的に使用されている縦刃形裁断機(図 3.4 (a))は、広面積・厚積に適しており、裁断台上で自由に移動できる。また化繊・ビニールシートのように刃先の発熱で溶着するものに対しては、低速度で裁断できる高低2段速度の裁断機も市販されている。

裁断物の積層厚さが小さい場合は、円板形ナイフをモータで直接駆動する安価な円板形裁断機もある。

また厚積・小面積裁断用としてスチールベルトによるバンドナイフ形裁断機(図 3.4 (b))があり、ナイフの放熱がよく、化繊の裁断には適している。

(b) ダイカッティング

ゴム・皮革などでは従来より採用されているが、パターンどおりの抜型を所定のわくの中に置列し、プレスにより積層された原反を一度に裁断するもので延反機などと組合せた、いくつかのシステムが開発されている、1日(8時間)で2,000~3,000着の裁断能力をもつもので、型紙など必要とせず多量生産に適している。なおフレキシブルな刃形を用いた小ロット用の電磁式裁断機も現われてきた。

(c) これからの裁断機

既存の技術の組合せではあるが、米国の工作機メーカーの一部よりNC裁断機が発表されている。ファッショニに対するフレキシビリティ、型紙の省略など縫製作業の自動化には非常に有望で、いずれはグレーディングから裁断までを1台の機械で消化できる時代がくるだろう。

またレーザによる裁断も開発されているが、裁断面が溶融するた

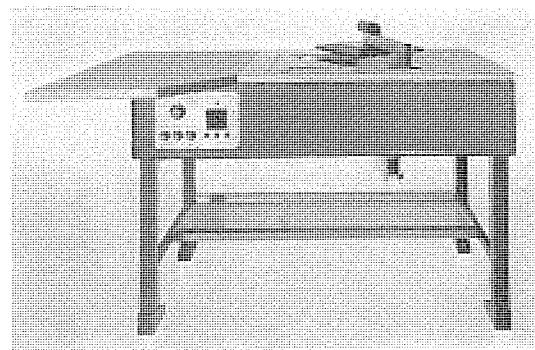


図 3.5 フレキシブル 刃形裁断機
Flexible die cutter.

め多層の裁断はむずかしいようであるが、逆に縫維のほつれがないので、縁かがり縫い工程が省略できる可能性もある。

4. 縫製加工

縫製加工は、裁断されたピースを組合せながらミシンにより縫い合わせ製品化してゆく工程で、機械加工と組立とが同時に実行なわれている点で手工業的といえるが、自動化という面では非常に高度な加工技術である。一般に縫製加工はミシン縫製をいうが、素材によっては高周波溶着・超音波溶着・接着もある。これらは非常に興味ある加工法であるが、今回はミシン縫製を主体として説明する。

ミシンの分類の仕方には多くの方法があるが、省力化という考え方からはん用機と専用機に分類してみる。

(1) はん用機

一般縫製用として最も広範囲に使用されるもので、縫いいずれ、縫いじわ、布送りの確実性などの要求特性から各種の布送り方式があり、また縫製部位、縫製物の形状から各種縫綫形式および特殊形状のミシンが使用されるが、基本形のおもなものでも以下に示すとおり多機種に及んでいる。

本縫い系 ミシン …… { 1 本針 2 本糸
2 本針 3 本糸
千鳥縫い (単複)

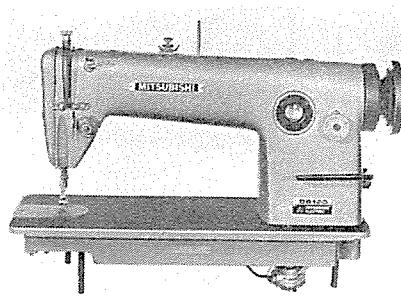


図 4.1 (a) 1 本針 直線縫いミシン
Single needle lock stitch sewing machine.

番号	縫い目形式	呼び方	記号
1		本縫い 1本針・2本糸	L12
2		本縫い 2本針・3本糸	L13
3		本縫い 3本針・4本糸	L14

(b) 各種本縫いミシンの縫い目
Stitching patterns of lock stitch sewing.

環縫い系 ミシン …… { 単環縫い
二重環縫い
すくい縫い
千鳥縫い

その他、偏平縫い・縁かがり縫い(図 4.5)などがある。

はん用機としての省力化は、以前はミシンの高速化によってなされてきたが、現在ではミシン針自動定位停止付きクラッチ、モータおよびこれと連動する自動糸切装置の装備により、加工物の出入れの際のミシン針の停止位置の補正と、はさみによる糸切りなどのハンド

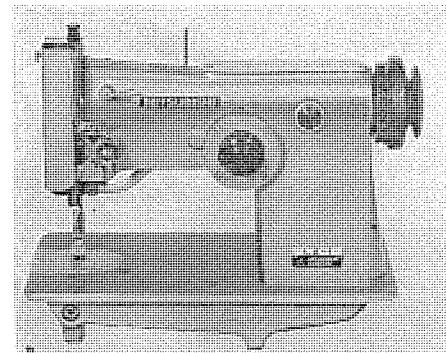


図 4.2 (a) 1 本針 千鳥縫いミシン
Single needle zig-zag lock stitch sewing machine.

番号	縫い目形式	呼び方	記号
4		本縫い千鳥 1本針・2本糸	LZ12
5		本縫い複千鳥 1本針・2本糸	LZ12A
6		本縫い千鳥 2本針・3本糸	LZ23

(b) 本縫い千鳥縫いの縫い目
Stitch patterns of zig-zag lock stitch sewing.

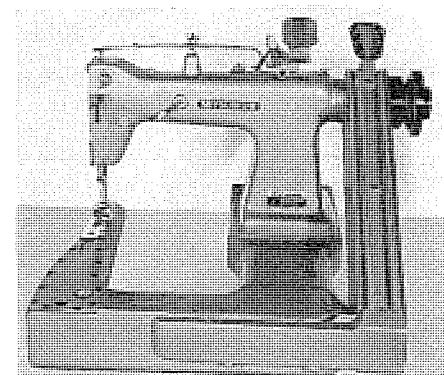


図 4.3 (a) 二重環縫いミシン
Two-thread chain stitch sewing machine.

番号	縫い目形式	呼び方	記号
8		単環縫い 1本針・1本糸	C11
11		二重環縫い 1本針・2本糸	D12
12		二重環縫い 2本針・3本糸	C23

(b) 環縫いミシンの縫い目
Stitch patterns of chain stitch sewing.

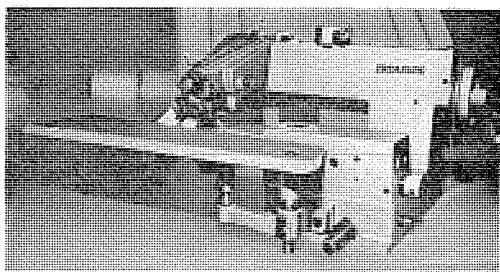


図 4.4 (a) すくい縫いミシン
Blind-stitch sewing machine.

縫い目形式	呼び方	記号
	單環縫い すくい 1本針・1本糸	CM11
	本縫いすくい 1本針・2本糸	LM12

(b) すくい縫いミシンの縫い目
Stitch patterns of blind stitch sewing.

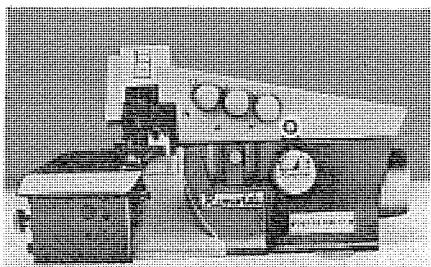


図 4.5 (a) 縁かがり縫いミシン(オーバーロックミシン)
Over lock stitch sewing machine.

縫い目形式	呼び方	記号
	縁かがり縫い 1本針・1本糸	E11
	縁かがり縫い 1本針・2本糸	E12
	縁かがり縫い すそ引き 1本針・2本糸	E12A
	縁かがり縫い すそ引き 1本針・3本糸	E12A

(b) 縁かがり縫いミシンの縫い目
Stitch pattern of over lock stitch sewing.

リング作業を省略することにその重心が移っている。これは縫製時間の短縮、糸け取り工程の省略、糸消費量の節約とその機能は省力化機と呼ぶにふさわしいものをもっている。

そしてこれらの装置が別の論文で詳述される自動止め縫いミシン、あるいはプログラム定寸縫いミシンなど各種の自動縫いミシンのベースとなっている。

一般的なミシン加工作業の要素として、1) 部品布地のセット、2) 縫い合わせおよび布地の案内、3) ミシン針の定位停止、4) 糸切り、5) 布地をとり、積上げる(整理する)という作業がある、また縫製を組立工程とみた場合に、シャツのカフス、えりなどの定形的な地縫い、ポケット付け、ネーム付けなどの平面組立、そで付けなどの立体組立て、後述するボタン穴かがり、かんぬき止め、ボタン付けなどの特殊仕上げ工程などがある。

はん用機は平面組立、立体組立の工程での使用が多いがファッショニ性の強い製品を取扱っている工場では、専用機の分野にまで使用

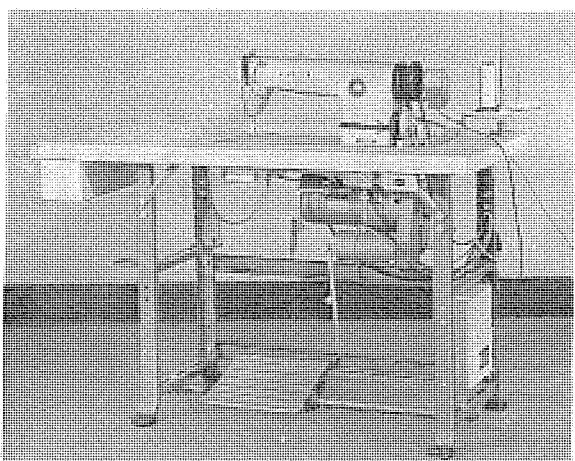
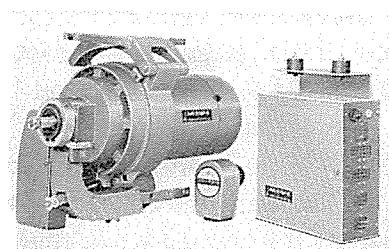


図 4.6 (a) 自動糸切り装置付き本縫いミシン
Sewing machine with automatic under bed thread trimmer



(b) ミシン針定位停止装置付き クラッチモータ
Mitsubishi needle positioner "LIMI-STOP G"

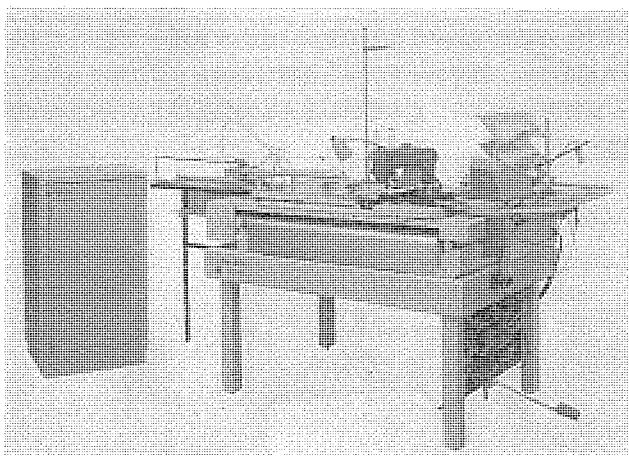


図 4.7 NC制御ミシン
NC sewing machine.

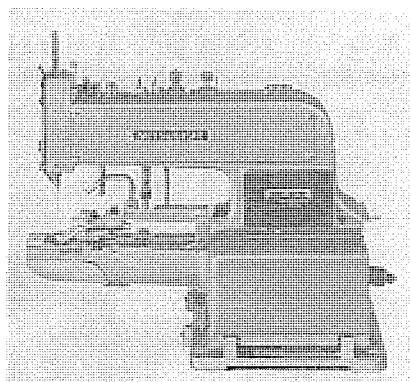


図 4.8 ボタン付けミシン
Button sewing machine.

している。

はん用形自動機としては、カフスなどの地縫いや平面組立の面で各種のシステムが開発されている程度であるが、NC制御カラー地縫いミシン、光電ならい自動輪郭縫いミシン、プレーバック制御縫いミシン、など非常にソフトでフレキシビリティが高い点が注目される。

(2) 専用機

ボタン穴かがり、かんぬき止めなど特殊な縫製を行なう専用形専用ミシンから、ポケット付け、後述するようなロングシーマ、玉縫いなどの自動機まである。

(a) サイクル縫いミシン

一般には、カム機構などにより、ある定められたパターンの縫い目を構成し、縫製完了後は機械的に糸切りし、自動停止するものである。

ボタン付けミシン(図4.8)、ボタン穴かがりミシン、かんぬき止めミシン(図4.9)が一般的で、応用機として、かんぬき止めミシンの送り機構を改良したネーム付けや小さい模様を縫うこともできる模様かんぬきもある。

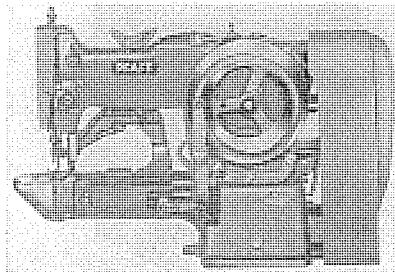


図4.9 かんぬき止めミシン
Lock stitch tacker sewing machine.

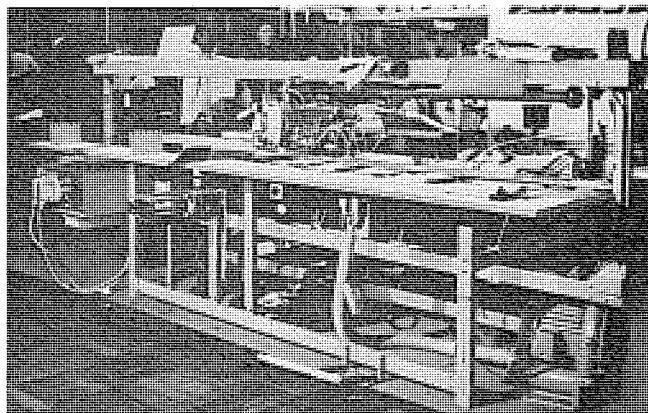


図4.10 ロングシーマ
Long seamer.

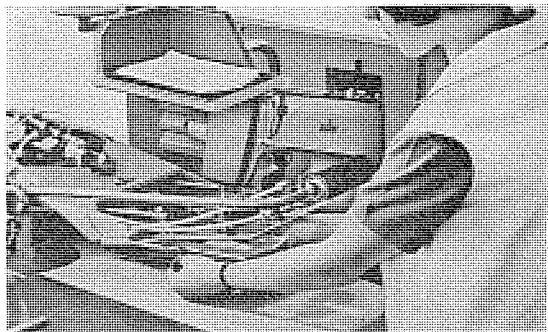


図4.11 ポケットセッタ
Pocket setter.

(b) 自動機

定形的な縫製を自動的に行なうもので、各種の専用機が開発されている。特にピッカ(布つかみ機)やスタッカ(積重ね機)などを装備し、ミシン前後工程のマテハン作業を省略する方向にある。

長尺物のわき(脇)縫いなどの地縫いに適したロングシーマ(図4.10)、ひだ取り用のダーツシーマ、パタンシーマ、カフスシーマ、ポケットセッタ(図4.11)、ポケット玉縫い、ふとん模様縫いなどの機械的ならい機構をもった自動機が普及はじめている。

以上専用機は本来自動機としての色彩の強いものであるが、今後はカム機構やならい装置による融通のきかない従来のシステムから、NC制御など新しい電子制御技術をとり入れた融通性の高いシステムへと移行し、近い将来には複雑なカム機構やストップ機構のなくなつたこれらの専用ミシンは、もはやはん用形自動機として生まれ変わっているだろう。

またミシンの前後には布を出し入れするロボットが組合され、無人自動機へと一步近づくであろう。

すでに工作機械で行なわれているトランスマシン化も今後の課題であるが、ファッションの変化にいかに対処していくか、はなはだ興味のあるところである。

5. 後処理から包装まで

(1) 後処理

縫いはじめ、縫い終わりの糸端を処理するけば取り作業がある。

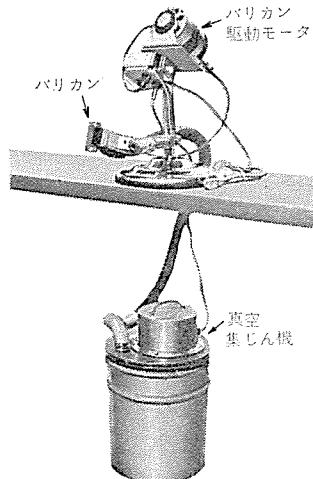


図5.1 けば取り装置
Thread trimmer.

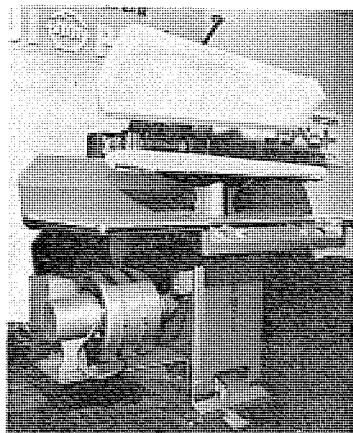


図5.2 プレス(スチームパキューム式)
Steam presser.

はさみによる手作業から、バキュームで吸い込み、糸けばを起こしてバリカン状のもので取り取る機械まである。

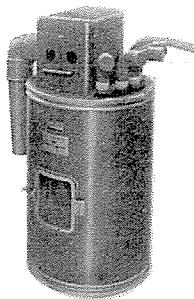


図 6.1 (a) 真空集じん機
Vacuum lint collector.

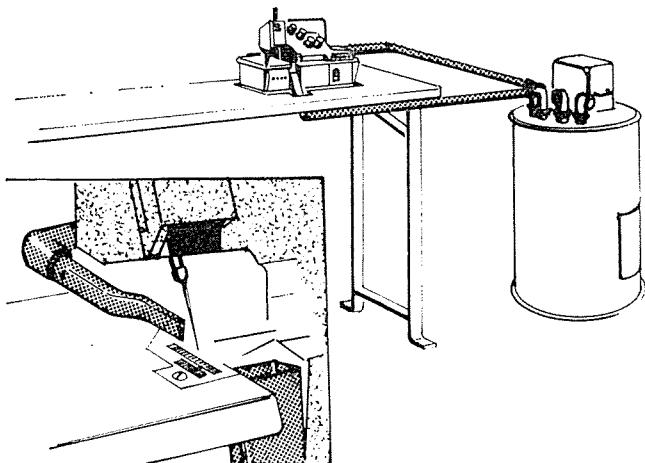


図 6.1 (b) 真空集じん機の使用例
Example of the vacuum lint collector.

糸切り装置付きミシンの導入によって、かなりのけば取り工程が省略されつつあるが、縫いはじめ時の縫い込みができない部分があるので将来とも若干の作業が残る。ミシン部門としては縫いはじめ時の糸処理が懸案となる。

その他の作業では、クリーニング、しみ抜きなどがある。

(2) プレス

プレスは製品の商品価値をたかめるためのものである。スチームまたは電気で加熱・加圧整形を行なうが、縫製工程中に使用するコテ・アイロン類、中間プレス、さらには製品の仕上げを行なう仕上プレスと種類が多い。

(3) 包装

こと縫製業界に関しては、包装は現在でも手作業によるもの多

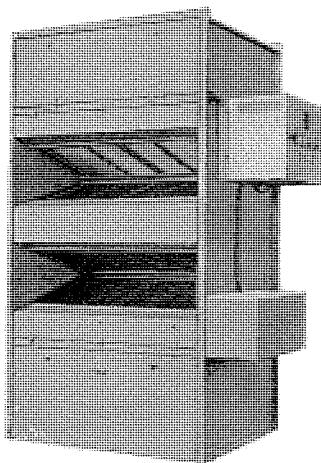


図 6.2 静電誘電 フィルタ形高性能空気清浄装置
Electro-static air cleaner.

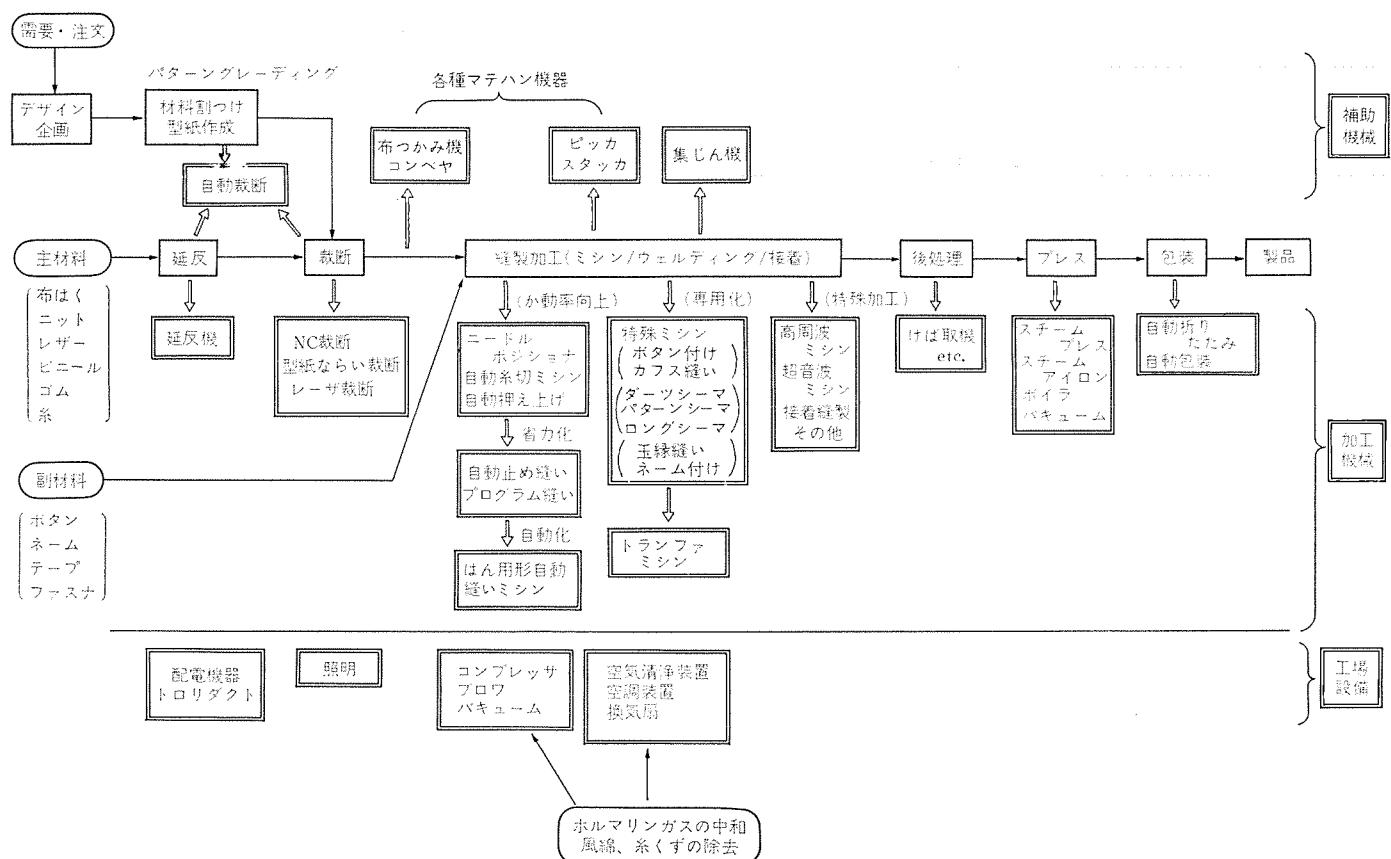


図 7.1 縫製の流れと関連機器
Manufacturing process and machines in sewing industries.

い。多品種でサイズの多いことも自動化の障害になっているが、限られた部門では袋詰めまでの自動包装機が顔を出しつつある。

6. 周辺機器

(1) コンベヤ

工程中の部品、製品、副材料（糸・ボタン・テープ・ファスナー等）を移動、供給するための搬送装置で、供給工程を指定する集中制御方式のものが出現している。もちろんこれは大手量産工場向きで、一般にはコンベヤすらなく、かごによる人力移動、または手押車が多く使われている。

(2) スタッカ および ピッカ

縫製工程で縫製物を送り込み、取り出す一種のロボットである。今後自動機を中心に不可欠の装置となるだろう。

(3) トロリーダクト

縫製工程のレイアウト変更の場合にミシンを移動するが、その電源を求めるのに困惑することが多い。トロリーダクトは、天井部分をレールに沿って自由に走行できる移動電源で増設も容易であり、レイアウト変更が多い場合には大きな効果をもつ。

(4) 集じん（塵）機

縫製工場は使用材料の関係から細ほこりと飛ちくずが多量に発生する。

集じん機は小形のブロウを装備した単独台用と、工場全体の集じんを行なう大型機に分類される。

公害問題と労働力確保のための環境保全から、小形単独台用は着実に普及しつつあり、また新設工場では大型集じん機が設置される傾向にある。

(5) 空調装置

労働力確保のためと、作業能率向上のため空調設備が最近普及はじめた。冷暖房方式には電気のみを使用するものと、油と電気あるいはガスと電気を使用するものがあり、中でも水を媒体とした冷暖房システムは、個別制御が容易で便利である。

なお纖維は温度や湿度に影響されるという面があるが、縫製加工における効果はまだはっきりわかっていない。

(6) その他

換気扇はすでにほとんどの工場で採用されているが、将来は空調装置にとって代わられる運命にある。

原反処理にホルマリンが使われているが、このガス対策としての強制通風（ブロウ）、空気清浄装置なども考えられるが、これは公害問題からホルマリンを他の物質に置き換える方向がとられるのではないか。

一般設備としては照明も重要なものである。

7. むすび

縫製ミシンは、すでに130年以前から基本的には今日のミシンとほとんど同じものが作られているが、不定形な加工素材、巧妙な手さばきを必要とすることなど今日の技術をもってしても、この自動化に、なお多くの困難がある。本文では図7.1のごとく縫製作業のそれぞれの工程における省力化の現況を総括的に紹介してきたが、今後の縫製省力化の推進には機電一体的な開発体制が必要で、この面で当社の総合技術が縫製業界の発展に多少でも寄与できれば幸甚と存ずる次第である。（昭和47-8-24受付）

自動糸切り装置付きミシン

森田 稔*・稻井 邦広*

High Speed Single Needle, Lockstitch Industrial Sewing Machines with Undertrimmers

Wakayama Works Minoru MORITA・Kunihiro INAI

Handwork occupies the major portion of the work with sewing machines. Now that labor shortage harasses all industries, the case of sewing industry is of no exception. Automatic operation, labor saving and continuous processing of the work are keen requirements of this industry to improve the productivity. In particular, when the sewing is made to a required length and the cloth is taken out, the work of drawing out the sewing thread and cutting it with scissors has been an indispensable operation with all the machines. Paying attention to this point in the high speed, single needle, lockstitch industrial sewing machine, Mitsubishi has developed automatic device of trimming the thread. The new development has been introduced to the market and on sale in quantities. This article describes the outline of DB-179.

1. まえがき

縫製企業は労働力の不足、労賃の高騰、縫製品市場における競合等で、縫製の省力化と縫製品の品質向上の面で、急速にその近代化がおこしすすめられてきた。省力化問題は、縫製企業の労働力の対策と能率向上に起因しているが、これに対しては工程分析や工場のレイアウトの検討等で、対策は講じられているものの、最も効果を発するのは、縫製作業の主力を果すミシンの省力化・自動化であり、さらにプレス・搬送装置等周辺機器の合理化・省力化が最も望ましい。

しかしながら縫製の省力化・自動化は、取り扱う材料が主としてきわめて不安定な布であるため技術的に困難な問題は多く、各種のアタッチメントを考案したり、あるいは改良したりして、少しでも作業能率向上の研究が行なわれている。

最近はスタッカを用いたり、また、ミシンの各操作を押しボタン式操作に切り換えたり、ニードルポジション付きクラッチモータや、自動糸切装置付きミシンを導入したりして、縫製の自動化も順次進められ成果を上げている。

ここで、縫製における能率化に対する問題点を、大まかに三つの要素に分割して検討すると、

(1) 業種によって差異はあるが、ミシンのか（縫）効率はきわめて低く、ある資料の一例では、ミシンの運転効率はわずか12.5%で、8時間のうち1時間程度と報告されているものもある。

(2) 次に、疲労や個人的な必要を満たすため席を立つ時間、あるいは、糸切れや機械の故障による無作業が約25%，つまり2時間も使われていると報告されている。

(3) したがって残りの62.5%，5時間は準備作業と縫い終わったものを移動させたりするのに消費されることになる。

最近のミシンでは、回転数も5,000～7,000 rpmに高速化されているが、ミシンのか効率時間は上述のごとく少なく、大部分は手作業の時間に費やされているので、単に、ミシンの回転数上昇のみでは本質的に解決できないので、縫製企業においては省力化・自動化が、縫製品の高級化とともに今後の研究課題とされている。

本文ではこれらの縫製の省力化・自動化をはかる門戸を開く、基本機種の一つであると期待を受けている、「自動糸切り装置付き

1本針本縫いミシン」DB-179形ミシンの概要について述べる。

2. 自動糸切りの原理

このミシンでは、切断すべき上糸と下糸を針板の直下部でそれぞれが回転運動する左・右の2個の移動刃がか（噛）み合って、物理的に縫い糸を切断する方式であり、糸切りは、縫い目を構成するよう上糸がカマの外周を回った時にできる上糸ループの中に「糸案内」が突入して、切るべき上糸・下糸と、切ってはならない上糸とを選別してから、「糸案内」のフック部でボビンケース中の下糸と上糸を、次の縫いはじめのときに、針のメド穴から糸をくさないように必要長さ分だけ取り出しておいて、前記した各メスによって糸切りを行なう方式である。

以上「糸案内」がループ中に突入し、左・右の2個のメスによって上糸・下糸を切断する略図を図2.1, 2.2に示す。この糸の選択・ほそく（捕縫）・引出し・切断に至る一連の運動は、縫い目を形成していく微妙な糸の動きと密接な関連を有するものであり、糸の動きを拘束する針・天びん（秤）・カマ・送り・上糸調節器・押え等の機構の各運動と、ある一定の望ましい関連運動をカムにより駆動させている。

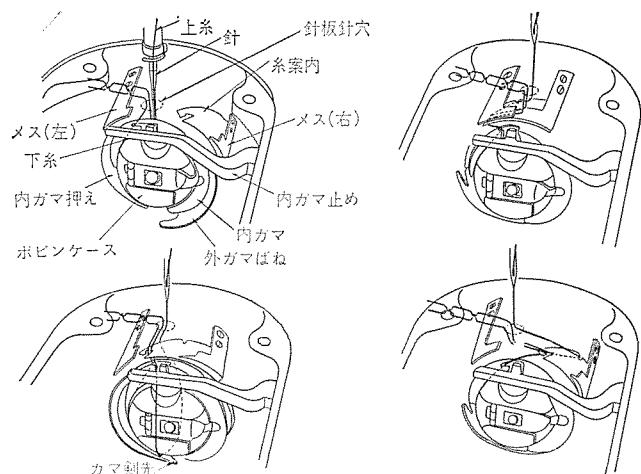


図2.1 糸切りの行なわれるようす
Behaviour of Mitsubishi type under bed trimmer.

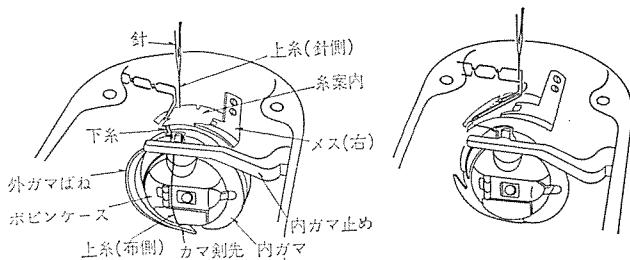


図 2.2 糸案内の動くようす
Motion of thread guide.

3. 構成

自動糸切り装置付き 1 本針本縫い ミシン「DB-179」形の装置概略を図 3.1、実物を図 3.2 に示す。この装置は、1) 糸切り装置付きミシン、2) ミシンテーブル、3) 鈎の定位置停止装置付き クラッチモータ、4) 検出器、5) 制御盤等の主要部品から構成されている。3), 4), 5) は Limi-Stop G) 上記以外に、押しボタンスイッチ、その他ミシンの

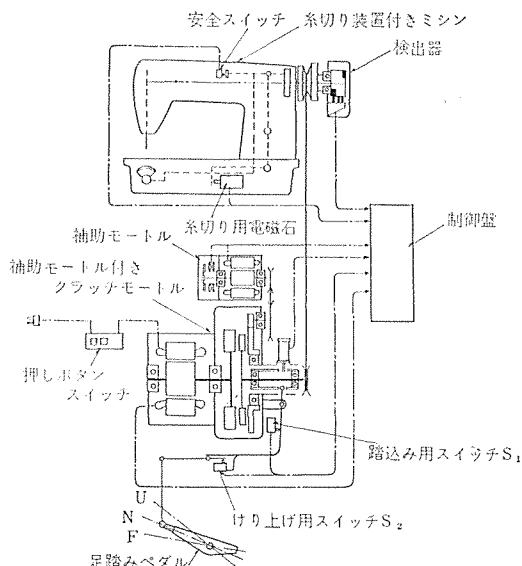


図 3.1 自動糸切り装置付きミシン基本構成
Outlined sketch of Mitsubishi sewing machine system with under bed trimmer.

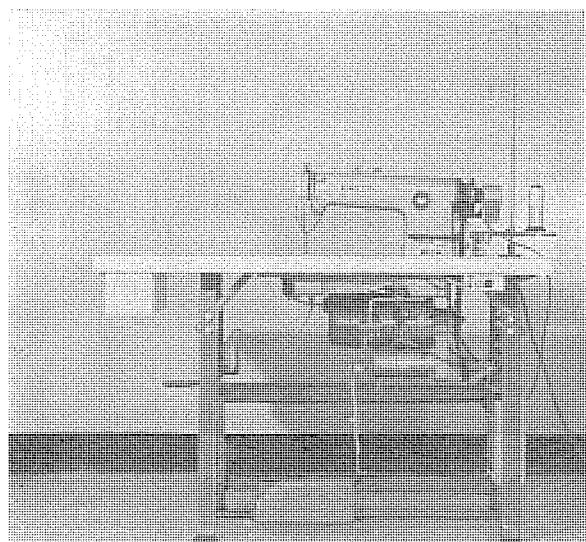


図 3.2 自動糸切り装置付きミシン
Mitsubishi sewing machine with under trimmer.

各付属品より成っている。

4. 操作方法

自動糸切りミシンは、針の定位置停止装置付き クラッチモータ によって運転するが、クラッチモータ制御用のペダルは次の 3 操作によって行なう。

(1) 足踏みペダルを下の位置へ踏込むとミシンを主モータにより高速運転できる。

(2) 足踏みペダルを N の位置へ戻すとマイクロスイッチ S₁ が作動して、位置検出装置・補助モータによってミシンの針を下位置で検出して停止する。

(3) 次に足踏みペダルを U の位置にけり返すとマイクロスイッチ S₂ を作動して、糸切り回路を ON として自動糸切りを行なった後、針を上位置で検出してミシンを停止する。

足踏みペダルを F の高速運針状態より一気に U の位置へけり上げれば、針下位置停止をせず直ちに糸切りやその他付帯装置を完全に同期させて、針上位置に停止させることもできる。

5. ミシンの糸切り機構

本ミシンにおける糸切り動作の順序を図 5.2 に基づいて説明すると、

(1) 足踏みペダルを高速運転位置、あるいは、針が下位置で停止するペダルの中立位置からけり上げると、針の位置制御回路が ON となり補助モータが駆動して、ミシンは低速度で運転すると同時にミシン中に設けた糸切り始動用の電磁石に通電され、電磁石の鉄心が A 矢印方向に作動して連結リンクを押し出す作用をする。

(2) 連結リンクが A 矢印方向へ移動すると、テコが作動してカラーゼを通じてかみ軸を B 矢印方向にしゃう(摺)動して、上軸に取付けてある糸切り用かみのかみみぞ(溝)中に、かみ軸に取付けてあるかみ追従腕のローラが係合する。

このときには、前記したテコはフレキシブルワイヤによって、ベルクラシクを作動して上糸ゆるめを経て機械的に上糸調節器のピンを押し出して、縫い糸に適当なテンションを付加する調子ぎら(皿)の圧力をゆるめて、上糸を糸巻源から自由に取り出せるようにする。

(3) 次に、糸切りかみのカムリードに従ってかみ追従腕は作動し、かみ軸上に取付けてある揺動腕(上)連結棒、揺動腕(下)を通じて、揺動軸を所定の回転角度に回し、揺動軸の先端に取付けてある駆動腕によって、糸案内とメス(右)を反時計方向へ、メス(左)を時計方向に所定の回転角度で回動させ、各メスが針板の真下でかみ合った時期に上糸・下糸を切断する。

(4) 各メスにて糸切りした後は糸切りかみによって、左・右の各メスおよび糸案内は元の位置へ急速に復帰し、位置検出装置によ



図 5.1 自動糸切り装置付きミシン頭部
Sewing machine head with under bed trimmer.

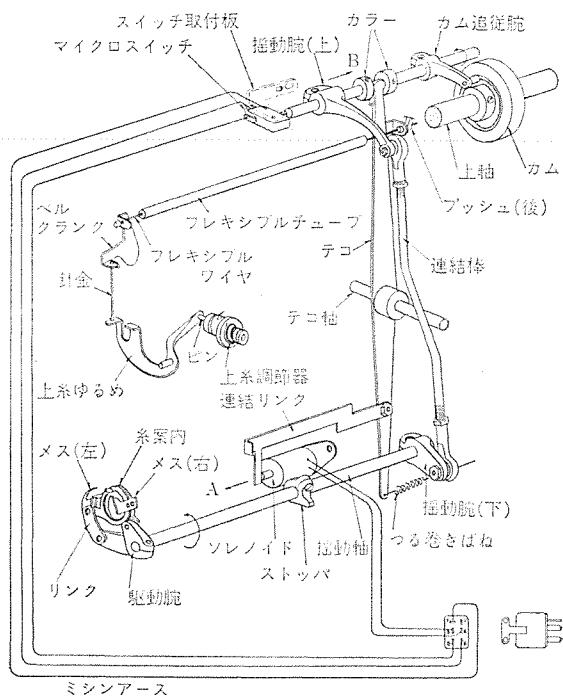


図 5.2 糸切り機構
Mechanism of under bed trimmer.

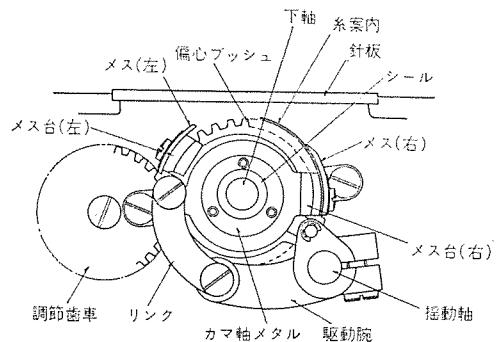


図 5.3 糸切り部の構造 (カマ座金をはずした状態)
Detailed sketch of cutter mechanism.

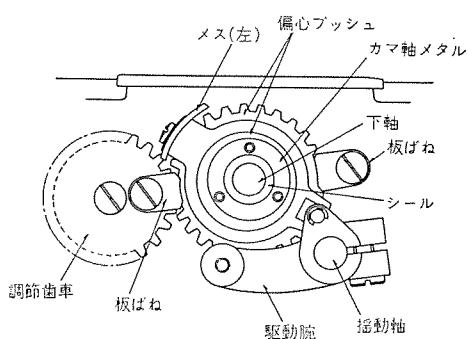


図 5.4 メス(左)のかみ合い圧力調節機構
Adjusting mechanism of cutter pressure.

って、天びんの最高位置を検出してから補助モータの駆動を停止し、補助モータ内の電磁ブレーキによってミシンを停止させる。このときの針位置は上位置にあり、糸切り始動用の電磁石の通電は OFF となり、カム軸も元の位置に戻って、カム追従腕のローラは糸切りカムから離脱して無関係となる。

以上、本ミシンの作動の概略において説明したが、自動糸切りミシンによる糸切りは、1日平均 2,500~3,000 回も行なうので、図 5.3 のメス(右)は超硬チップ材を設けた構造とし、分解取付けが比

較的容易に行なえる。メス(左)は高速度鋼材によって製作し、耐久性に十分な考慮を行なっており、またメス(左)を取付ける刃物取付台は二重偏心ブッシュ構造とし、図 5.4 の調節歯車の調整によってメス(左)の刃先端高さを任意に調整して、メス(右)・(左)のかみ合い量は常に適正であるように加減できる。

6. DB-179 形自動糸切りミシンの特長

DB-179 は自動給油付きで毎分 5,000 針の高速度で運転できる返し縫い装置付き 1 本針本縫いミシン DB-170 形を母体にして、自動糸切り装置を設けてあり、特に布送り機構は、高速度運転でも耐久性にすぐれた全リンク方式としてある。糸切り装置に関しては次の特長がある。

(1) 糸切り機構は、カムを取付ける下軸と同心軸線上で所定の回転角度で回動する(右)および(左)の各メスが、針板の針穴直下でかみ合って糸切りする回転形であるので、切り端も短く糸切りすることができる。

(2) 通常各メスは所定の位置まで退避しているので、送り歯・針板・布押え等縫製品によって取換えを必要とする部品は、在来の一般標準品のものをそのまま使用できるので、工程のレイアウトは従来のミシンと同様に行なえる大きなメリットがある。

(3) 糸切り装置の駆動は、糸切りカムによって作動する機械的な方式であるので、作動時期は安定しており機構も簡潔で、保守もきわめて簡単に行なえる。

(4) 各メスは耐久性が十分に、超硬質刃物材を使用しており、切れ味も長期間維持することができる。

7. ミシンの仕様

自動糸切りミシンによる省力効果が実証されるに従って、応用・用途の範囲は順次拡大されつつあるが、縫製性能は使用する糸・布に適合した仕様のミシンを使用することが必要で、用途の範囲が拡充するに従ってサブ機種の種類も増大するが、DB-179 では表 7.1 のごときサブクラスを製作し需要に応じている。

表 7.1 ミシンの種類と仕様
Kinds and specifications.

DB-179 シリーズ

形名	用 途	縫 い 速 度 針/分	使 用 鈑	針 ストロ ーク	棒 ストロ ーク	天びん ストロー ーク	押 え ストロー ーク
DB-179-10	各種ズボン、既製服、婦人子供服等の中厚地製品	5,000	DB×1 #14	33	61.3	7.2	
DB-179-11	テトロン、ナイロン混紡カットターシャツ、ブラウス等の薄物地製品	5,000	DA×1 #11	30.5	55.5	5	
DB-179-12	防寒服、ビニール製品、リップ等厚物地製品	4,300	DB×1 #21	35	61.3	7.2	
DB-179-13	デニム、G パン用	4,300	DB×1 #22	35	61.3	7.2	
DB-179-14	ニット、ジャージ用	4,300	DB×1 #9	30.5	55.5	5	

DB-179 仕様

天びん	ニードルベアリング入りリンク式天びん	給油方式	送心羽根車ボンプによる強制給油
カマ	全回転、糸切り用カマ	還油方式	回転ブランジボンプによる強制還油
縫い目量	0~4 mm	カマの給油調節	目盛付きリング調節式
縫い目調節	ダイヤル式	ひざ上げ装置	ピルトイイングランク方式
返し縫い	レバー式	使 用 油	DB, F オイル
使用テーブル	NL 形	重 量	30 kg
ベットの大きさ	178×475 mm	ふところの広さ	260 mm

表 8.1 省力効果の具体例
Effects of labour saving.

時間節約効果

縫製物	作業部位	時間低減比率
ワイシャツ	ポケット付き	10% 程度
ワイシャツ	軸、剣ボロ付き	30% 程度
スラックス	ベルト、ループ付き	30% 程度
スラックス	腰ポケット作業平均	20% 程度
スラックス	ビス曲線作業平均	15% 程度

縫製単位所要時間別

縫製時間	時間低減比率
5秒	25% 程度
10秒	20% 程度
15秒	15% 程度
20秒	10% 程度

糸節約効果（縫い距離は1縫製単位当たりの長さを示す）

縫い距離	糸節約比率
50 cm	30~50%
75 cm	10~40%
100 cm	10~30%

8. 省力効果

自動糸切り装置付きミシンは、糸切りひん(頻)度の高い工程はもちろんのこと、曲がり角の多い工程、縫製のサイクルタイムの短い工程、さらに、縫い終わりが布の中央で終わるような工程に使用すると省力効果が特に顕著に発揮されるが、この効果は、自動糸切り装置付きミシンによる次のメリットによって達せられるものである。

- (1) 縫い糸を引き出し、はさみ(鉄)で糸を切る動作の省力化
- (2) 糸切りのため不要に長い糸を引き出さずすむので、糸のむだがほとんどなく從ってボビンの交換回数も自然減少する
- (3) 縫い終わりのとき布に余分な糸を残さないので、仕上げ作業が工程内容によって省略できる。
- (4) 針が定位置に自動的に停止するので、ミシンのハズミ車をそのつどごとに手動で回して針の高さ位置を加減する必要もなく、特にこの動作を必要とするコーナーの多い工程の作業の省力化が大きい。
- (5) ペダル操作のみによって針の下位置停止・糸切りが行なえるので、初心者でも熟練者と同等に使いこなせて能率を向上できる。

9. ワイパ装置

布を縫い始める際、上糸の端糸が布の表面に残されていると、その糸端の切り取り仕上げ作業が必要な場合もある。ワイパ装置は上糸の端糸を布の表側へ残らないように糸切りした後、布押えの上側に糸払いして次の縫製のときには、糸端が布の裏側に引込まれて縫い目の構成が行なえるようにした装置である。ミシンに装置した状態は、図9.1のごとくである。

構造と動作

ミシンの糸切り装置によって、上糸と下糸を切断してミシンが針上位置で停止した直後にロータリソレノイドに一瞬通電され、ロータリソレノイドの電磁力によりワイパが上糸を布押えの上に払いのけると、ロータリソレノイドへの通電はしゃ(遮)断されて、ワイパは元の位置へばねによって復帰して動作を完了する。

一般的のミシンでは、図9.3のように第一針目に針のメド穴から糸が抜けて目飛びが生じないように、布押えで糸を押えて縫製するが、

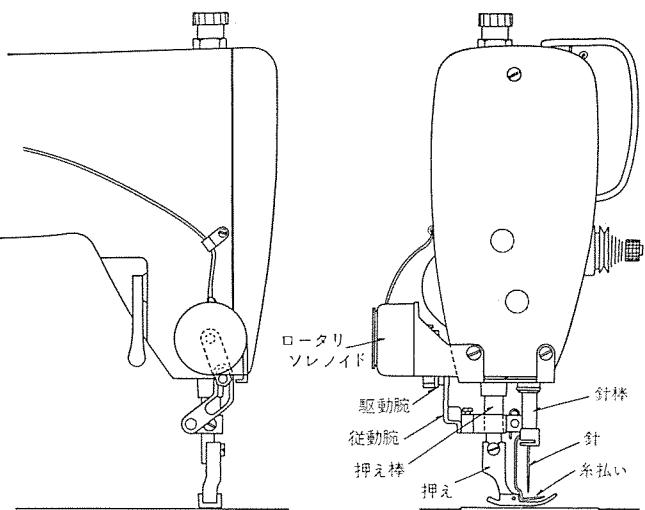


図 9.1 ワイパ装置
Thread wiper.

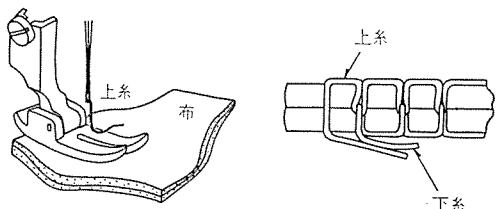


図 9.2 縫い始める際の押えと布
Stitch pattern of upper thread (free thread).

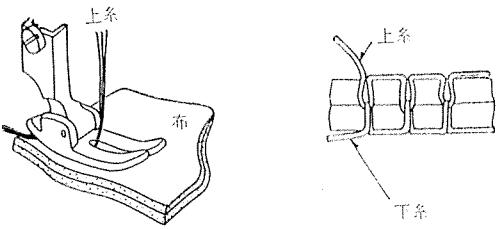


図 9.3 縫い始める際の押えと布
Stitch pattern of upper thread.

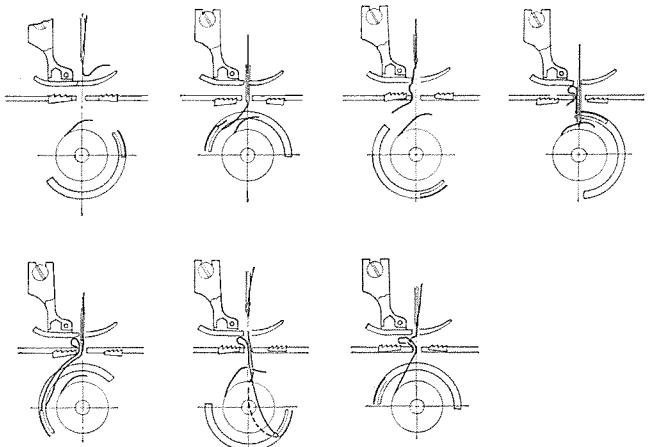


図 9.4 縫い目の構成されるもよう
Locking process of the first stitch.

このような方法では上糸の糸端しが布の表側に残るので、縫製後に手作業によって端糸を切り取る作業が必要となる。

ワイパによって糸切り後上糸を布押えの上側に払っておくと、図9.2のように端糸は布の裏側に引き込まれて縫い目を構成するので、端糸の整理作業は不要となる大きなメリットがあり、第一針目の

糸ぬけ目飛びを生じないように、上糸とボビンケース内の下糸を糸切り前に適量をあらかじめ引き出しておいて、第一針目の縫い目を構成するときには糸と布の摩擦抵抗によって縫い目を構成する。その状況を図9.4に示す。

ワイバ装置は、表7.1に示す各DB-179形へ必要があれば自由に取付け得るとともに、作業者の視野を妨害しないようにコンパクトな形状に設計してある。

10. 電磁押え上げ、返し縫い装置

従来のミシンにおいては、ミシンの押え・返し縫いは縫製者が必要に応じてそのつどひざ操作、あるいは手動操作によって押えを上げたり、返し縫いを行なっている。これらの動作は一般に操作ひん度も高く、かつ操作に要する労力も大きく、縫製者の疲労の要因となり意外に製品の品質低下を生じたり、能率の低下を招来しているようであるので、これらの操作を電磁石の作用によって自動的に行ない、作業の労力を軽減して省力化を行なう補助装置を設けた。タッチ、バック装置付き自動糸切りミシンの開発も行なっている。

この装置は単に自動糸切りミシンの補助装置として使用されるばかりではなく、今後さらに付属周辺機器や制御機器と結合させて、高度の自動機器に発展する可能性は十分にあり得る装置と考えている。

構造と動作

図10.2に電磁石による自動押え上げ装置の概略構造を示す。糸切り後や、縫製の途中で、ひざスイッチを操作すると、電磁石を励磁して、鉄心の吸引力によって布押えを自動的に上昇させることができる。

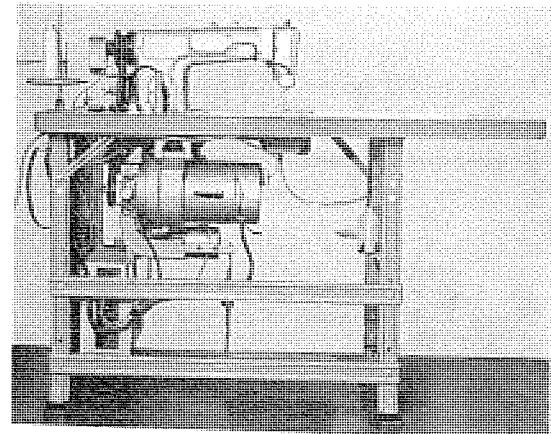
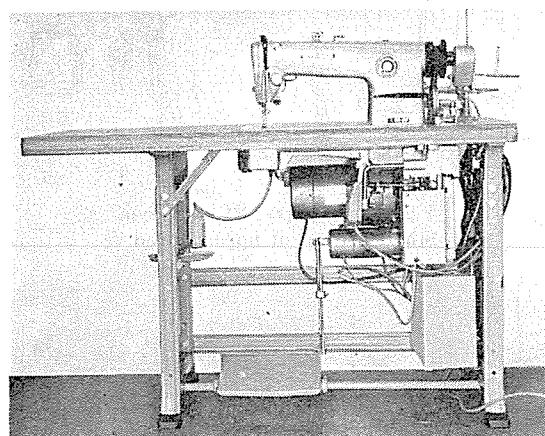


図10.1 電磁返し縫い電磁押え上げ装置付き自動糸切りミシン
Sewing machine with magnetic pressure foot lifter and magnetic back tacking device.

きる。なおひざスイッチの操作を解放すると布押えはバネにより自動下降する。

次に、図10.3に電磁石による自動返し縫い装置の概略構造を示す。縫製中に返し縫いをする場合は、作業者がミシン本体に設けてある押しボタンを軽く押すだけで、電磁石が励磁して鉄心の吸引力をテコ、レバー、リンク、コロを通じてミシン頭部内の縫い目加減腕を運動させ、布の送り方向を逆転し返し縫いを行なう。従来のミシンでは、そのつどごとにミシンの端にある縫い目加減レバーを手先で操作して返し縫いを行なっていたので、疲労の発生はもちろん、この操

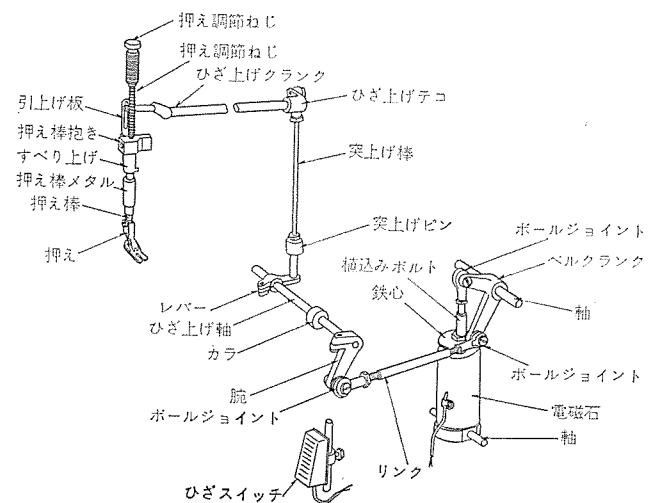


図10.2 押え上げ機構
Detailed mechanism of pressure foot lifter.

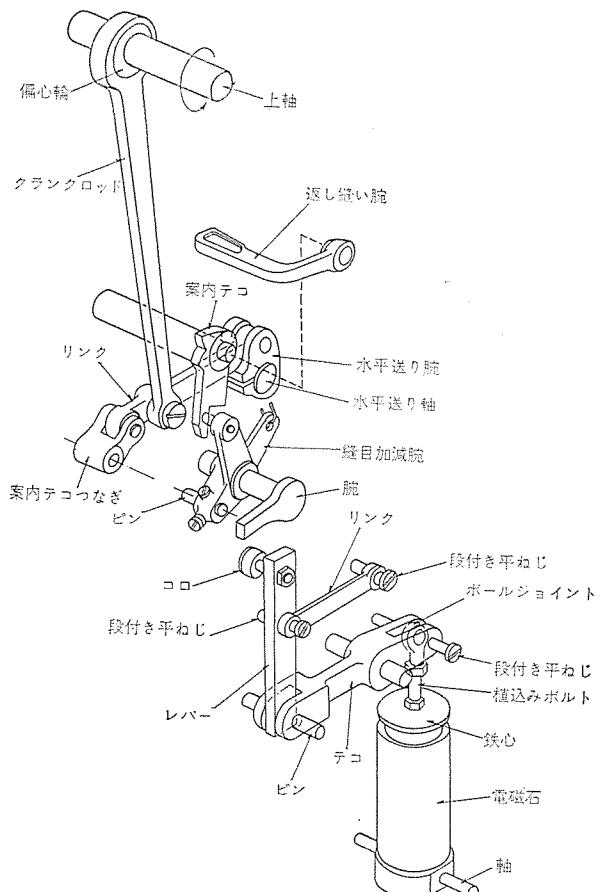


図10.3 返し縫い機構
Detailed mechanism of back tacking device.

作期間中は片手で布を操作することになるので注意力も薄れていいたが、本方式では両手で布を操作しながら指先のスイッチ操作のみでこの作業が行なえるので注意力も集中され、品質の安定を計ることもできるメリットがある。なお、この装置に使用する電磁石はDC形のものを使用し、騒音・耐久性等に十分留意してある。

11. む す び

DB-179形自動糸切り装置付きミシンの特性・構造の概略について述べたが、現在縫製企業は衣料の多様化、労働力の不足、能率向上

化等の諸因に基づいて、かつての体質を順次変ぼう（貌）しつつあり、工業用ミシンの主流をなす1本針本縫い直線布送り形ミシンは、省力効果が認められつつある自動糸切り装置付きミシンに順次置き換えられるであろうと推測される。

今後はさらに性能や、応用範囲の拡張等の点でより高度な要求も出されると予想されるが、この自動糸切りミシンは、縫製機器自動化の母体をなすミシンであると考えており、さらに省力効果を発揮するミシンに育成し、需要家の要望・期待に沿うよう努力をつくす心づもりである。（昭和47-8-23受付）

自動止め縫い装置付きミシン

稻井邦広*
小林孝生**

Industrial Sewing Machines with Automatic Back-tacking Devices

Wakayama Works Kunihiro INAI
Nagoya Works Takanori KOBAYASHI

It needs great skill and is considered very difficult operation to sew the cloth by moving it back and forth with 3—5 sticks to stop the sewing thread coming loose at the end of the sewing work. Mitsubishi has developed sewing machines with automatic back-tacking devices to do away with this trouble. The apparatus is equipped with a DC magnet to give reverse-feeding of the work piece in back-tacking operation. A special motor is made to operate automatically to drive the sewing machine at a properly adjusted speed; a counter controls the length of sewing part and the number of sticks to required numeric. Thus back-tacking at the beginning and the end is made automatically. This article gives brief description on the construction, control, operation and features of the device.

1. まえがき

ミシン縫製において、縫い端部のほつれを止めるため、布を逆に送って3～5針程度往復して縫う、止め縫い作業は非常に熟練を要する縫製作業の中でも、最もむずかしい作業とされている。「ミシン針の定位停止」「自動糸切り」と進めた縫製の省力化にとって、さらにこの止め縫い作業を自動化することが、業界の最大の課題であった。

このたび、当社は長年のミシン製造技術と、電機製造技術を結集して、これを自動化する自動止め縫い装置付きミシンを開発した。

本装置は、特に止め縫い長さを縫い目数で制御し、従来と全く同一のペダル操作だけで動作するもので、高能率で、高品質な縫製を行なうことができる。

以下、その概要について述べる。

2. 縫製作業の内容と本装置の機能

2.1 止め縫い作業

図2.1に本縫いミシンで縫製した縫い目の断面を示すが、衣料品は着用度数、時間の経過、縫い糸の劣化等によって縫い端部の縫い目が自然にほつれ、商品価値や機能をそこなうことになる。

このようないかがいのように特殊な縫製工程を除いて大半の縫製品は、縫い始めと縫い終わり部分を布を往復して3～5針程度の長さを二重に縫って縫い目を補強している。

この縫い方を一般に止め縫いと称しているが、従来この作業は、作業者がそのつどミシンの返しレバーを手で操作し、送り歯による布送り方向を逆送りと正送りに切換えて行なっている。さらにこの操作はミシンの高速運転中にごく短い部分を瞬間に、しかも布端し

で行なわなければならないので、相当な熟練技術を要する。したがってこの止め縫いは、全縫製時間中非常に大きな割合を占めるとともに、作業者の熟練度によって縫い目の長さがばらつき、所定の縫い目強度が得難くなり、製品価値と品質が大幅に低下する。

本装置は、この作業を通常の縫製と同一なペダル操作だけで自動的に行なえるようにしたものである。

2.2 その他の作業

本装置は、この他に下記の作業に対する付属機能を有している。

(1) 糸切り

縫製完了後、糸を切断する自動糸切り装置を付属している。これについては別項の自動糸切りミシンを参照されたい。

(2) 糸払い

糸切り後、次の縫製時に上糸の残りが布の裏側に隠れて縫い込まれるように、上糸を布押えの上方に払う必要があるが、本装置はこの自動糸払い装置（ワイパ）を付属している。

(3) 押え上げ

布を取り出したり、旋回するためには布押えを上昇する必要がある。従来は、作業者がこの重い布押え上昇用の押し板をひざで押して行なっているが、1日に数千回も繰返されるこの操作は、作業者の疲労をきわめて大きくしている。本装置は、これを直流電磁石で自動化している。

(4) インチング縫い

縫い端部やコーナなどの非常に短い距離をペダルの踏み加減で縫うことは非常に熟練を要するが、本装置はミシンに二つのタッチスイッチを設け、これを操作すると一定の中速度で正送りと逆送りのインチング縫いができるようになっている。

3. 構成装置

図3.1は本装置の外観、図3.2は全体の概略構造を示す。

3.1 ミシン

ミシンは、三菱 DB-179 形自動糸切りミシンを母体として、布の送りを逆方向に切換える返し機構が直流電磁石で駆動される。

また、布押えの昇降機構も直流電磁石で駆動される。

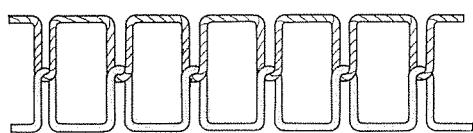


図2.1 本縫い縫い目断面
Seam of lock stitch.

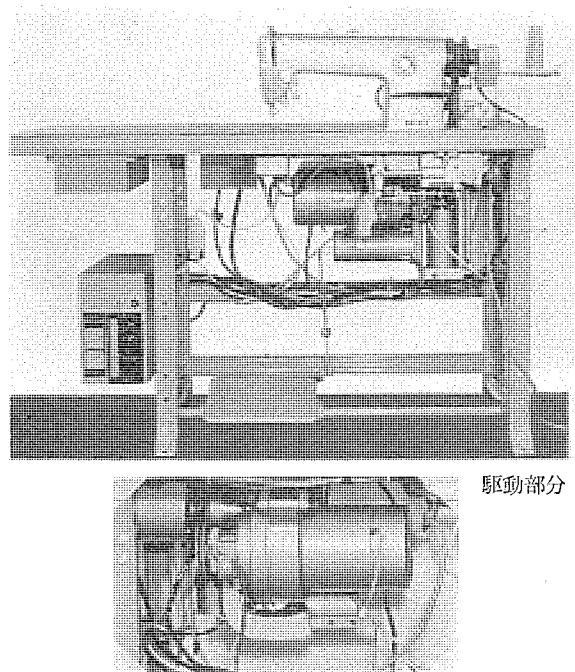


図 3.1 自動止め縫い装置付きミシン
Industrial sewing machine with auto-back-tacking device.

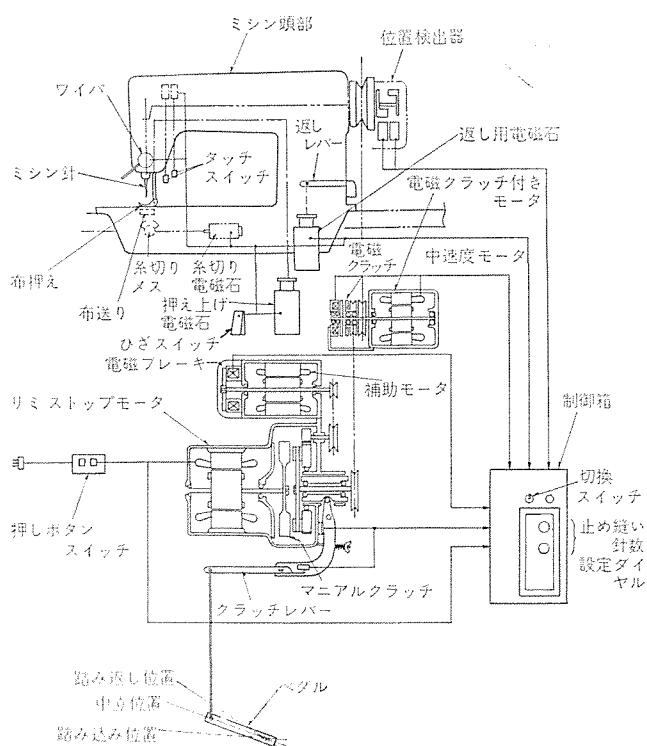


図 3.2 自動止め縫い装置付きミシンの概略構成
Outlined construction of industrial sewing machine with auto-back-tacking device.

これらの構造を図 3.3, 3.4 に示す。

さらに、この他に直流電磁石よりなる自動糸扱い装置（ワイヤ）と、インチング縫いを行なうための二つのタッチスイッチが付属している。

3.2 駆動モータ

駆動モータは、ニードルポジショナ すなわち三菱リミストップモータと、さらにこれと別個に、電磁クラッチ付きモータがあり、電磁クラッチ付きモータは、Vベルトにより一方はミシンと連結し、他方はリミストップモータと連結している。

リミストップモータは、作業者のペダル操作によりミシンを 4,000~5,000

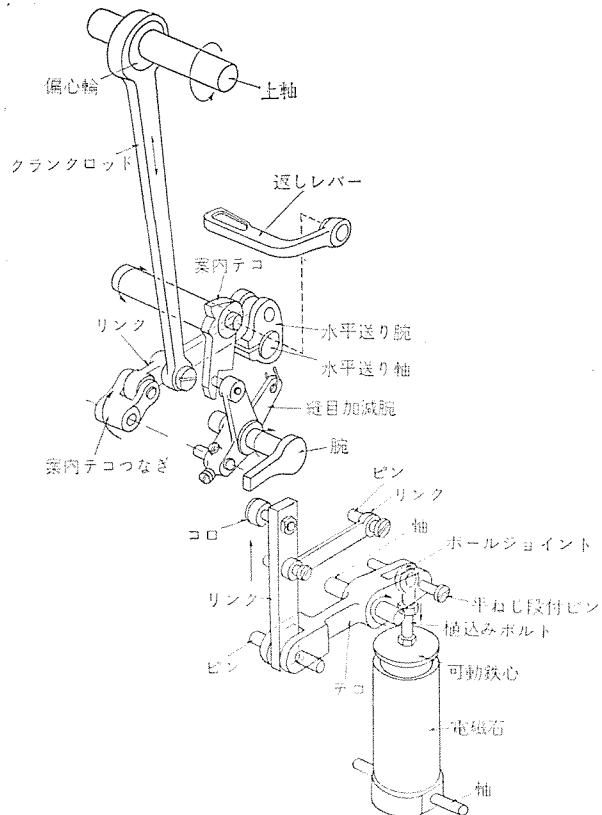


図 3.3 返し機構
Back-tacking mechanism.

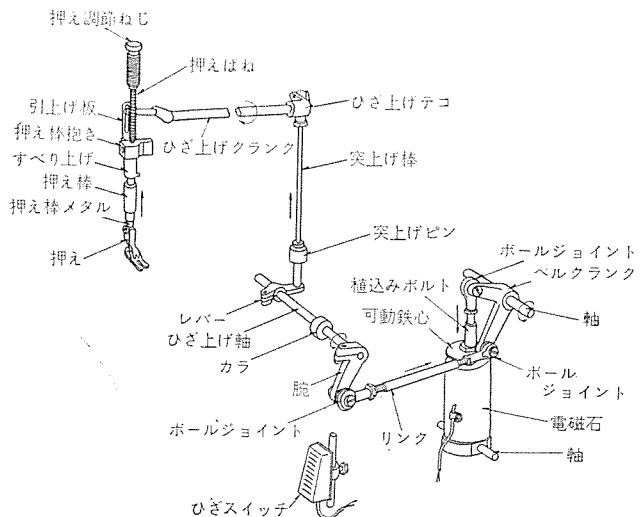


図 3.4 押え上げ機構
Mechanism of pressure foot lifter.

rpm の高速度で通常の縫製運転を行ない、停止時はその補助モータによって、100~150 rpm の低速度で位置決めを行なって、ミシン針を定位位置に停止する。

電磁クラッチ付きモータは、止め縫い動作時に、作業者のペダル操作に左右されるリミストップモータの駆動力をミシンから切離して、所定の止め縫い長さを一定速度で自動運転する。なおこの速度は、返し機構や、返し用電磁石が十分応答でき得るように、1,200~1,450 rpm で行なわれる。

3.3 位置検出器

位置検出器は、ミシン針が上・下おののの定位位置にあるとき作動するように、ミシン軸とともに回転する 2 個の金属片と、近接スイッチとで構成している。(図 3.5)

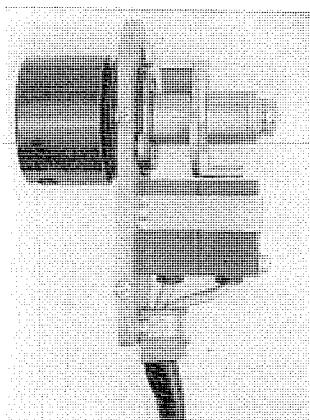


図 3.5 位置検出器
Needle positioning sensor.

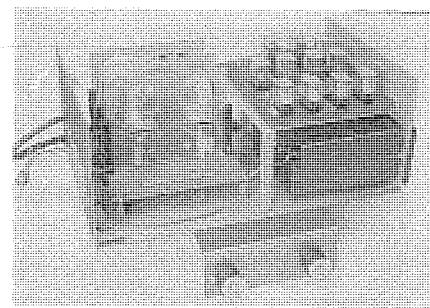
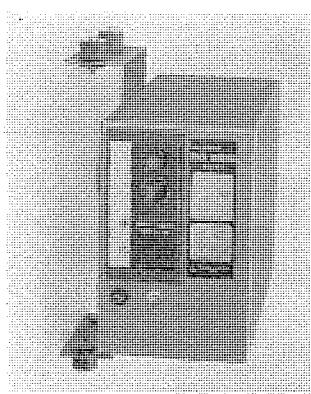


図 3.6 制御箱 Control box.

近接スイッチは、常に高周波を発振し、金属片が接近すると発振を停止して、止め縫いの縫い目数を検出したり、停止時のミシン針の位置を検出する。

3.4 制御箱

制御箱には、プリセットカウンタ、電源トランジスタ、リレープリント板、3枚のカード基板、2個のパワーリレー等が組込まれ、電源用の押しボタンスイッチだけが別個に付属する。

制御箱のパネルには、止め縫いの縫い目数をセットする二つのダイヤルと、後述の二つの動作を選択する切替えスイッチ等が取付けられている。

制御箱は、ミシンテーブルの脚部に取付けられ、付属の防振ゴムによりミシンの振動から保護されている。

図 3.6 に制御箱の外観を示す。

4. 制御回路と動作

4.1 制御回路

図 4.1 は、自動止め縫い装置の制御系を示す。

制御回路は、カウンタ回路と、電磁クラッチ付きモータおよび返し用電磁石を駆動する止め縫い制御回路と、リミットスイッチおよび糸切

り等のミシンの付帯装置を駆動する定位置停止制御回路から成っている。

止め縫い制御は、作業者のペダル操作をリミットスイッチのクラッチバーに組込まれたマイクロスイッチで検出し、縫い始めと縫い終わりのペダル操作だけを選択して開始する。

そして、同時にカウンタ回路が計数を開始し、設定された所定の縫い目数を往復縫いすると、カウンタ出力により止め縫いを停止する。

なお、この計数制御は一つの止め縫い動作において、2回ずつ繰返され、正送りと逆送りの止め縫いを制御している。

また、縫い終わり時の止め縫いは、定位置停止回路と連動し、必ずミシン針の定位置状態から止め縫いを開始し、完了後はミシン針を定位置に制御する。

4.2 カウンタ回路

カウンタ回路を図 4.2 に示す。

カウンタは、1けた(桁)目の 0 ~ 9 と、2けた目の 0.1 の計数回路があって、止め縫いの片道の長さを 0 ~ 19 鈿に設定することができる。

計数回路は、0 から入力パルスを順次加算し、設定値まで計数すると数十ミリ秒間の出力パルスを発生する。同時に、リセット回路により計数回路を 0 に自己リセットする。

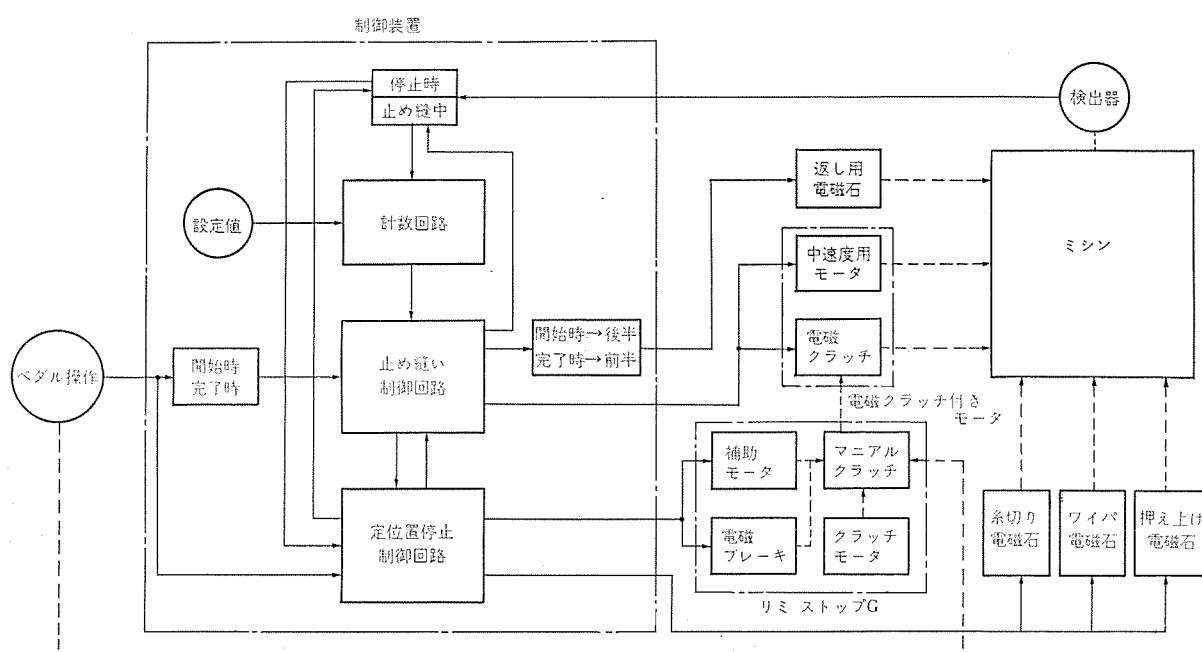


図 4.1 自動止め縫い装置付きミシンの制御系
Block diagram of control system in industrial sewing machine with auto-back-tacking device.

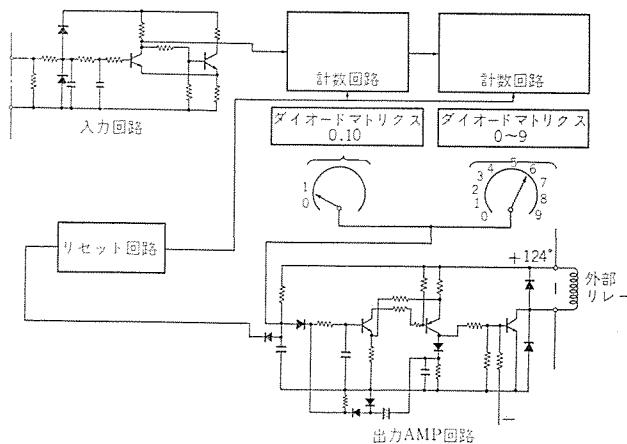


図 4.2 カウンタ回路
Block diagram of counter circuit.

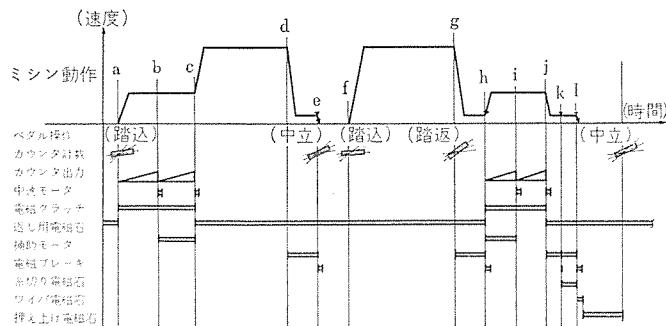


図 4.3 自動止め縫い装置の動作
Action of industrial sewing machine with auto-back-tacking device.

計数動作の制御は、入力する位置検出器の近接スイッチの接続を制御することによって行なわれる。

4.3 動作（標準止め縫い動作）

図 4.3 は、自動止め縫い装置の動作を示す。

(1) 縫い始め

作業者が、従来の通常の縫製と同様に、ペダルを前方に踏込むと電磁クラッチ付きモータが作動して、ペダル操作によりクラッチ連結しているリミストップモータをミシンから切離して、ミシンを中速度で駆動し、縫い始めの止め縫いを正送りで開始する。

所定の縫い目数を正送りで縫製すると、カウンタ出力により返し用電磁石が作動し、ミシンの布送りを逆方向に切換える。

そして、同一の縫い目数を逆送りで縫製し、所定の長さを往復して止め縫いが完了すると、再びカウンタの出力により返し用電磁石と、電磁クラッチ付きモータが作動を停止し、リミストップモータがミシンと連結し、引続き高速度で通常の縫製が行なわれる。

(2) 縫い途中の停止・再始動

縫い途中でペダルを中立の状態に戻すと、ミシンはリミストップモータの補助モータにより位置決め駆動され、ミシン針が所定の下位置で停止する。ここで必要に応じて、ひざスイッチの操作により布押さえを自動上昇することができる。

再びペダルを踏込むと、リミストップモータのクラッチが連結してミシンは通常の高速運転を行なう。なお、このペダル操作は縫い始めと全く同一であるが、記憶回路により止め縫い動作は行なわない。また、これらの縫い途中の停止・再始動は何回行なってもよい。

(3) 縫い終わり

所定の縫製が完了し、作業者がペダルを踏込み状態から中立に戻し、さらに逆に踏返すとミシンは縫い終わりの止め縫いを行なう。

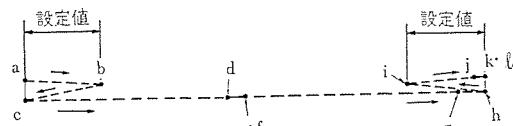


図 4.4 止め縫いの縫い目構成
Construction of seams by back-tacking.

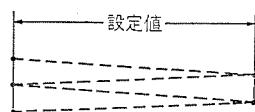


図 4.5 連続反復縫いの縫い目構成
Construction of seams by continuous back-tacking.

このペダル操作は、高速運転状態からいきなり行なわれることもあるので、止め縫い動作はミシンがいったんリミストップモータにより減速され、ミシン針が必ず下位置に位置決めされてから開始する。

縫い終わりの止め縫いは、縫い始めと逆に最初から返し用電磁石が作動して、いきなり逆送りで止め縫いを行ない、所定縫い目数を縫うと返し用電磁石が作動を停止し、さらに正送りで同一の縫い目数を縫製し止め縫いを完了する。

止め縫いが完了すると引き続きミシン針の定位停止、糸切り、糸払い、布押さえの上昇の各動作を自動的に行ない、加工した布をミシンから取り出すことができる。

なお、布押さえはペダルを中立に戻すと下降する。

図 4.4 は、この縫製の縫い目構成を示し、図中のアルファベット記号は、図 4.3 におけるミシンの各動作点を示している。

4.4 応用動作（連続反復縫い動作）

本装置は、制御箱の切換スイッチにより、ズボンのバンドループや、ポケットサイドの補強縫いなどの、2~10 mm程度の短い長さを何回も往復して縫い重ねる動作を行なうことができ、いわばかんぬき(門)止めミシンとして代用することもできる。

すなわち、切換スイッチを切換えてペダルを踏込むと、ペダルを踏返すまでの間、図 4.3 の a-c 間の止め縫い動作を何回も繰返し、所定の縫い目数の幅に何回も重ね縫いする。そしてペダルを踏返すと、いったん縫い始めの位置まで布を逆送りしてから、前項の標準止め縫い動作と同様に糸切り、糸払い等を行なって動作を完了する。

図 4.5 にこの連続反復縫いの縫い目構成を示す。

5. 仕様および特長

5.1 仕様

仕様を表 5.1 に示す。なおこの他に、ミシン本体、およびモータはそれぞれの用途に適合する機種が用意されている。

5.2 特長

(1) ダイヤルによりあらかじめ設定した所定の針数で、自動的に縫い目を計数し、専用モータで 1,200~1,500 rpm の適正速度で止め縫いを行なうので、止め縫いの長さは常に一定で高品質な縫い製品を得ることができる。図 5.1 は、本装置で止め縫いを行なった縫い上がり状態を示す。

(2) 従来と同一なペダル操作により、自動的に縫い始めと縫い終わりの止め縫いを行ない、余分な操作が全く不要で、未熟練者でも容易に高能率で高品質な縫製作業を行なうことができる。

(3) 切換スイッチにより、連続反復縫い動作ができる、ズボンのバンドループ等のいわばかんぬき止めミシンとしての応用も可能である。

(4) すべて純電気式であるので、据付け、保守が容易で、特に

表 5.1 自動止め縫い装置付きミシンの仕様
Specification of industrial sewing machine with auto-back-tacking device.

ミシン形名	DB-179-10-WB
縫い速度	4,000~5,000 rpm
給油、環油	遠心羽根車ポンプによる強制給油、偏心ポンプによる環油方式
縫い目量	前進、後進とも 0~4 mm
押えストローク	7.0 mm
糸切装置	針板裏面での左右メスの回転かみ合形
糸切駆動	ソレノイドによりカム駆動
インチング	前進インチング、返し縫いインチング
押え上げ駆動装置	形名 BL
返し縫い駆動装置	取付方法、ミシンテーブルに取付け 押え上げ駆動 直流電磁石によるリンク式 返し縫い駆動 直流電磁石によるリンク式
ミシンテーブル	NA 形テーブル
ミシン駆動用主モータ	CB-252 BGL (リミストップ) 250 W 2 P 200 V 50/60 Hz
止め縫い駆動用	SE-ER スーパーライン三相誘導電動機 200 V 50/60 Hz
電磁クラッチ付きモータ	RKA-40 形 電磁マイクロクラッチ付き
検出器	SNC-20、近接スイッチ DC 12 V Down head 下位置検出 Up head 上位置検出および針数検出
制御箱	BTS-W 2 形 主回路 AC 200 V 50/60 Hz 制御回路 DC 30 V DC 12 V DC 90 V 止め縫い設定数 1~19 鈍

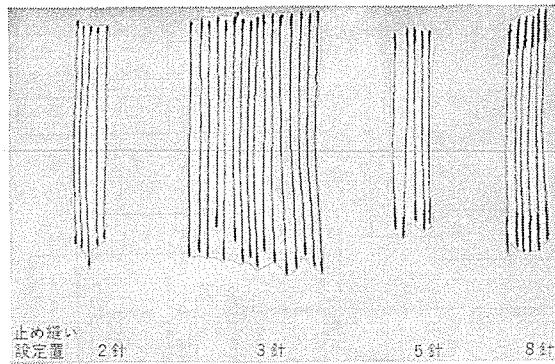


図 5.1 自動止め縫い装置による縫製加工見本
Sample of work finished by sewing machine with auto back-tacking device.

レイアウトの変更が便利である。

(5) 布押えは縫製完了後自動上昇し、縫い途中においてもひざスイッチにより行なえるので、疲労も少なく能率がいっそう向上する。

(6) ミシン頭部の二つのタッチスイッチにより、正送りと逆送りで中速度のインチング縫いができる、いっそう便利である。

6. む す び

以上、三菱自動止め縫い装置付ミシンについて、その概要を述べたが、止め縫い作業はミシン縫製において最もむずかしく、また必要欠くことのできない作業で、本装置が縫製作業の省力化に大きく寄与するものと確信する。

また、さらに今後本装置の開発技術を基礎にして、縫製の自動、省力機器の研究・開発によりいっそうの努力を払いたい。

最後に、本装置の開発に多大のご協力をいたいたいたユーザ、販売店および社内関係者各位に謝意を表する。(昭和 47-8-23 受付)

専用ミシン・特殊ミシン・その他機器

森 田 稔*

Definite Purpose Sewing Machines,
Special Sewing Machines and Other Machines

Wakayama Works Minoru MORITA

In the process of sewing some limited parts shall be sewn according to particular specifications depending on the kind of work pieces or on the order of procedure. To carry out the working of this kind with an ordinary sewing machine of general purposes, it needs highly skilled technique and often poses problems on the working efficiency. Then special sewing machines or definite purpose machines become necessary. In addition, a variety of related apparatus are required. Now a pretty good number of machines under this category are studied for development.

The article describes those special machines for definite use and also related apparatus, explaining the problems or matters which need consideration in automatizing special machines in future.

1. まえがき

一般に縫製加工の工程において最も広く使用されている工業用ミシンは、上糸と下糸をからませて縫い目を構成する本縫いミシン (Lock stitch sewing machine) であるが、業界等で定義づけている本縫いミシンとは、針が1本で針の1往復動作ごと、すなわち縫製の1サイクルごとに送り歯により、所定の縫い目長さで直線的に布送りして縫製する、いわゆる本縫い直線送り形のミシンを示す、本縫い直線送りミシンでは作業者の熟練技術によって相当広域な範囲まで応用できる利点もあり、現在生産・販売されている各種衣料品の大部分の工程は、このミシンによって縫製し、加工が行なわれている。しかし、最近のように衣料類、その他縫製加工品の多様化、服装デザインの変化、縫製仕上り品質の高度均一化等によって、もはや作業者の熟練技術のみではカバーができ難い状況にあり、さらに、生産性の向上を計るための省力化の推進と機械に依存しなければ所定の仕様に縫製が行ない難い条件等、各種の理由によって工程ごとに最も適した各種の特殊ミシン、あるいはきわめて限られた一部の加工のみに適用する専用ミシンの需要も生じ、縫製加工業種（たとえば製靴・シャツ・背広等の別）によっては多少の差異はあるものの、実際の縫製工場でも製品工程に合わせて、1工程ライン中には本縫い直線縫いミシン数台中に、専用ミシンや各種形態の特殊ミシンを組み合わせて配列してLayoutを構成している。

このように加工の合理化・省力化のために、各種の専用ミシンや特殊ミシンの需要が最近急に高まっており、これらの需要に応じる各種形態のミシンも順次研究・開発されつつあり、小形のものは在来機種を一部改造して専用化したものから、大形のものにおいては、NC制御装置と組み合わせて縫製できるようにした装置まで各種のものがある。現在世界の各縫製関係の企業で使用されているものまでとてはあく（把握）でき得ないが、関係の誌上で発表されたもの、当社が開発したもの、および世界的なShow等に展示された代表的な機種を一例としながら、構造・仕様・特長等を紹介し、あわせて将来の傾向性等について考察した点について述べる。

2. 専用ミシン

専用ミシンの定義については限定分類することもむずかしいが、本章においては、きわめて限られた部分や、特定のある定めた物を縫製するのに最も適した仕様に設計、製作されたミシン・装置であるものと定義づけを行ない、2, 3の機種を例として用途・仕様等の大略について述べる。

2.1 サイクル系の専用ミシン

縫製に要する針数等をあらかじめ選択しておいて、その針数の間で限定した範囲で縫製を行ない、縫製後にはミシンが自動的に停止して、加工材料を取り出し、次の新しい材料をセットし、再び同じ縫製を連続して行なえるように、同一の作動を繰り返して行なう形態のミシンを一般にサイクル系ミシンと称呼しており、この形態のミシンで最も代表的なものに

- (1) ボタン付けミシン
- (2) ボタン穴かがりミシン
- (3) 円止めミシン、模様円形ミシン

等があるが、上記サイクル系ミシン中の主要なものについて述べる。

(a) ボタン付けミシン

ボタン付けミシンは、各種のボタンを選択した一定の針数で、能率的に布に縫い付けるミシンで、ボタンを保持するクランプは針の1動作ごとに1回運動して、二つ穴、および四つ穴のボタンを縫い付ける。

本機種の縫い目構成としては

- (i) 本縫い形 (Lock stitch)
- (ii) 単糸環縫い形 (Single thread stitch)

等があるが、単糸環縫い方式のものが多くなりつつある。このミシンでボタンを縫い付ける方法としては、たとえば図2.1の四つ穴ボタン穴の場合は、最初片側の二つ穴部を6～8針で縫った後、向こう側の二つ穴部を同様な針数で縫い付けをし、縫い付けが終わると

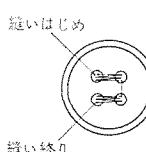


図 2.1 ボタン縫い付け方法
Stitch pattern of four holes button.

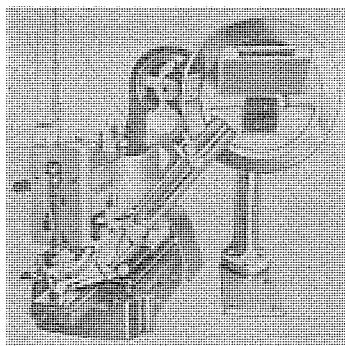


図 2.2 ボタン自動供給装置付き
ボタン縫い付けミシン
Indexer and staker for automatic
button sewing.

縫い糸を切断してから、ミシンは自動停止する。片側のボタン穴を縫って向こう側のボタン穴を縫うときは、ボタンを保持するクランプが移動して縫製位置を変えるようになっている。ボタン付けミシンでは比較的少ない針数で縫製するので、ミシンの回転数も一般に1,200～1,500 rpm程度の低速度で運転されるが、クランプの摆動作動は、主軸の回転数に対して所定の針数の割合比で回転する制御カムによって行ない、ミシンの停止は、カム軸に設けた停止用のカムで停止時期を決定してカムによりストップが作動し、制止板の切り欠き部にストップがかみ合って、強制的に停止する方式としているが、ストップには緩衝装置を設け、ミシン停止時の衝撃によって機械が損傷するのを防止するようにしてある。

通常ボタン付けミシンでは、作業者がボタン置きさら(皿)からそのつどごとに1個ずつボタンを取り出して、クランプに手で押し込んでセットして縫い付けを行なっているが、最近のものでは、図2.2のようにホッパにたくわえてあるボタンの表・裏およびボタン穴の位置を選別して、1個ずつクランプに自動送給してきわめて能率的にボタン付けが行なえるようにした装置もある。なおボタンには各種の形状のものが多くあるが、ボタンに適合するアタッチメントの使用で各種ボタンの縫製も行なえるようになっている。

(b) ボタン穴かがりミシン

各種のボタン穴を加工布に縫製する目的で設計された専用ミシンで、ボタン穴の形状・仕様も用途によって各種のものがあるが、最も広く使用されるものとして下記の2種類がある。

- (i) ねむりボタン穴(図2.3)
- (ii) はと目ボタン穴(図2.4)

また、ボタン穴を縫製する縫い目構成としても、次の3とおりの方式がある。

- (ア) 本縫い形
- (イ) 二重環縫い形
- (ウ) 単糸環縫い形

上記のものは、いずれも糸を使用してボタン穴を縫製するミシンであるが、このほかに超音波を利用してボタン穴を加工するものもある。

現在発表されているボタン穴かがりミシンには、構造・仕様等で各種方式のものがあるが、ねむり穴ミシンの代表的なものについて述べれば、針が1往復作動するごとに針を取り付けた針棒が1回振動してジグザグ縫いを行ない、最初に図2.5の(a)部分を縫製し、(b)部分の円止め部分ではジグザグ縫い幅を大にし、(c)部分では再び針のジグザグ幅を小にして順次縫製を行なう。

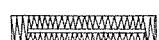


図 2.3 ねむりボタン穴
Straight button hole.



図 2.4 はと目ボタン穴
Eyelets button hole.

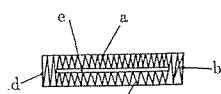


図 2.5 ボタン穴の縫い
方法
Stitch process of button
hole.

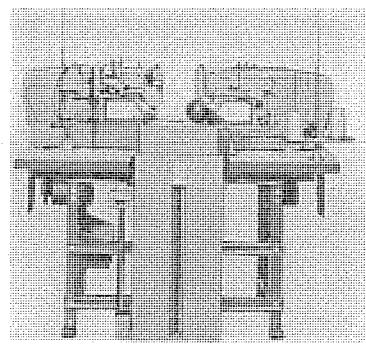


図 2.6 カフス縫い用ボタン穴かがりミシン
Automatic cuff button hole sewing machine.

加工布材は、ミシンベッド上を前後左右に動くテーブル、あるいは前後に往復運動する布押えによって所定のボタン穴長さ量だけ移動して縫製をし、縫製が終わるとミシンに設けてある穴あけ用のメスが1回下降してボタン穴を切断し、ミシンは自動停止するが、停止の直前時期には縫い糸切断用のナイフが作動して縫い糸を切るようになっている。

なお、参考までに、はと目穴かがりミシンにおいては、図2.4の丸形部分の縫製には針棒が往復運動して縫いながら回転して縫製するような複雑な構造となっている。

この機種の各運動部分の制御は、ミシン主軸に対して所定の減速比で回転する数個のカム、あるいはカム側周に設けたドックによって機械的に行ない、ミシンの停止は、駆動ベルトを駆動ブーリからアイドルブーリに移動させて、エネルギーをしゃ(遮)断してから停止板とストップを係合させて強制停止させるようになっている関係もあって、ミシンの運転速度もおのずと制限も生じるが、最近のものでは停止時期の数針前にはいったん減速ブーリ側に駆動ベルトを移して、機械の慣性を減少してから停止動作へ移行して、ミシンの運転速度を早くするよう改良されている。

上記した機械的な制御方式や駆動停止装置では、利点もあるが欠点もあるので将来は、たとえば電気回路による新方式のものを織り込んだミシンの研究も行なわれるであろうが、価格・操作性・信頼性等の点で研究を要する問題もかなりある。

なお、ボタン穴かがりミシンは、作業者1人が1台のミシンを運転するようなシステムが多かったが、能率を向上するために、図2.6のように2台のミシンを対向させて同時に2個のボタン穴を縫製したり、あるいは1個のボタン穴を縫製すると自動的に布を次のボタン穴かがり位置にまで自動送給してほぼ連続状に縫製し、1人で数台のミシンを運転できるようにしたり、またボタン付けミシンとボタン穴かがりミシンを対向配置して、同時にボタン付けとボタン穴を縫製できるようにしたものがある。

(c) 円止めミシン

ボタン穴・ボタン付け等のサイクル系のミシンとしてはほかに、ボケットの切口や、ズボンのバンドループの縫い付け部等を補強するために使用する円止めミシン、およびこの円止めミシンを母体として応用範囲をさらに広げた模様円止めミシン等もあるが、いずれもカムによる機械的な制御方式であるため、模様の変更の際にはカムを新しく製作する必要もあり、簡易形NC装置と組合せて制御運転するのもそんなに遠い将来ではないよう時期にある。

2.2 専用自動化ミシン

前項では従来一般に広く使用されているサイクル系のミシンについて

て述べたが、近年縫製企業における省力化・自動化の需要が急激に盛んとなり、研究・開発の速度も早められ、比較的単一な工程には専用自動化ミシンによって縫製する考え方が順次実用化されつつあり、現在業界誌や文献によって発表されている機種としては、

- (1) ポケット縫い
- (2) ポケットセッタ
- (3) カフス縫い
- (4) えり縫い
- (5) 各種 ロングシーマ や パターンシーマ

等がある。これらの各機種を例として、ミシンを自動化する場合の問題点、将来の展開等に考察の焦点を合わせて述べる。

- (a) ミシンを自動化する場合のむずかしい条件等

縫製加工業においては、能率的な生産管理以外に品質の高度化と均一性が強く求められる。ことに衣料においては縫い上りの仕立感は何よりも重要視され、その他縫い目の目飛びや、縫い目の強さ、縫いしわ等も重要な要素である。シャツ加工等においては、えり自体のでき上がり、身ごろ(頸)との縫合せ具合や前立の状態等も重要なポイントで、現実の状態として、熟練した作業者が繊細な手加減による技術を加えて縫製しなければならず、ミシンの運転速度を幾分低くし、布をそろえたりする前作業も多いのもこのためである。

仮りにこの工程部分を完全に自動縫製ができると、製品品質の均一化と大幅な能率向上は行なわれるが、上記のような繊細な作業者の感覚制御によって、縫製する部分を機械に置き換えることはきわめて至難な問題が多く存在する。すなわち作業者が一品ごとに縫製する場合は、糸の締まり具合の加減や、いせ込みを要する部分では目視検知し、すぐ手の動作となり、あるいは足の動作ともなり、即座に反応してミシンの縫い速度をコントロールしたり、また、布の送り具合や引張り具合も繊細に加減でき、縫い終わり部に不必要的布余りを生じたりしないようにうまくできるが、これらの動作を機械に置換する場合には、人間が管理運転するのと同様な制御はきわめてむずかしく、さらにはミシンにおいては原則的に針が布中に入っている時期には加工布材を静止し、針が布より抜けている時期にのみ布送りする必要もあり、このようにミシンにおいて、布送りは間けつ的な動作が必要で、高速度で確実に誤差なく間けつ送りを行なう装置も得難く、価格的な制約も受けるなどの問題がある。

上記のような種々の困難な問題を一挙に解決して完全な自動化ミシンを研究・開発するには、現在の技術においてもなお長時間を要するので、現状では縫製の工程としては比較的むずかしい制約を受けない部分を自動化している事例が多い。現在まで発表されている各種自動化ミシンの傾向としては、たとえば

- (i) ミシンは装置台に固定化して、加工品をクランプした送り装置がモータあるいは空気シリンダ等により、ミシン駆動とは別の駆動源により動作する方式のもの
- (ii) ミシン本体と加工品送り装置が同時に作動して縫製する方式のもの

があり、このようにいくとおりの方式もあるのは、縫製品の形状と縫製を要する部分の条件その他の理由によるが、今後の方向性等について今は推測はでき難い状況である。

- (b) 将来の自動化ミシン

縫製加工における技術上の問題点は前項にて述べたが、衣料類では同一品種においても各サイズによる大きさの相違等もあって、大きさが常に種々変わる点、あるいはデザインの変化、流行の変革によ

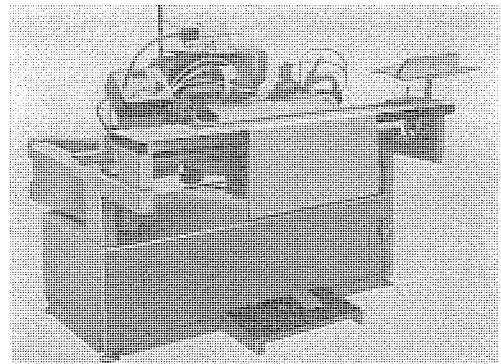


図 2.7 自動縫い装置
Automatic sewing machine unit.

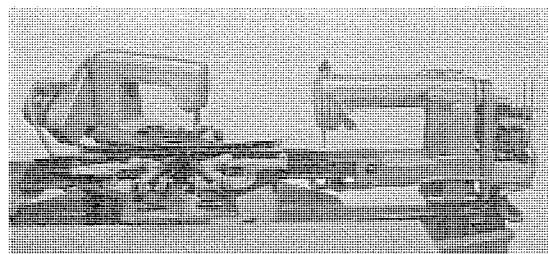


図 2.8 自動縫い装置
Automatic sewing machine unit.

って縫い仕様も変わり、専用自動化ミシンを固定化するには、設備費用と、か(稼)働効果の関係でむずかしく、専用化といえどもある幅を持った機能のものが必要となる。また、縫製品が変わったときの各部の調整や、段取り換え等も容易に行ない得て、保守も簡単であることが必要であるし、最も重要なことは機械機能の信頼性の点にある。すなわち、自動縫製機器が万一故障し、か(稼)働を数日間停止したとすれば、自動機に関する周辺の工程は乱れ、Layout を大急ぎ組み換える必要も生じ、生産計画にも変動を招来する結果ともなるので、機器の基本的な動作部分には過剰なほどの安全装置と、でき得れば動作を切換えて手動でも十分作動ができるような設計仕様になるであろうし、また安価なNC装置によりデザインや縫製仕様の変更にも簡単に対応できるようになるであろう。

3. 特殊ミシン

一般に本縫い直線ミシン以外のミシンは特殊ミシンとして扱っているが、生地の急激な進歩や、デザインの変革、あるいは縫製基準の進歩等の理由によって、本縫い直線ミシンを母体として、使用用途に適合するように設計された特殊形のミシンも多くなりつつあり、今後もますます機種系列は複雑拡大されていく傾向にある。また一方、被服材料の新製品開発や、縫製加工品の範囲が拡大するに従って、特殊な縫い目を構成するミシン等も日を追って開発研究されているが、上記した特殊ミシンの中より代表的な機種を選び仕様・構造の大略について述べる。

3.1 1 本針本縫い系の特殊ミシン

(1) 上下送り形ミシン

レザー や キャンバス 等厚手の材料を使用して、カバー・かばん・いす等を比較的大い糸で縫い目も荒く、縫製するときには通常の本縫い直線ミシンにおける下の送り歯のみでは十分に布送りができず、長尺を縫った結果において、上の材料と下の材料の間に縫い目を生じたり、あるいは縫いじわが発生したりする不具合を生じるので、下の送り歯が針板面上へ突出して布送りする時期には、上の送り歯も

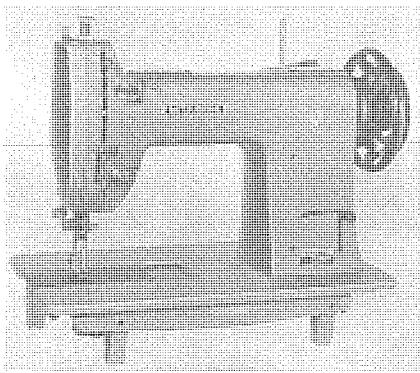


図 3.1 上下送りミシン
Compound feed lock stitch
sewing machine.

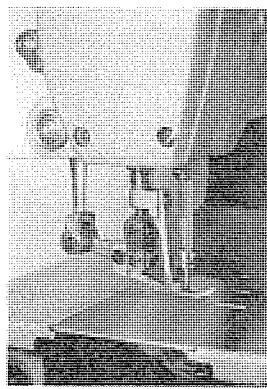


図 3.2 グリップフィードミシン
Grip feed sewing machine.

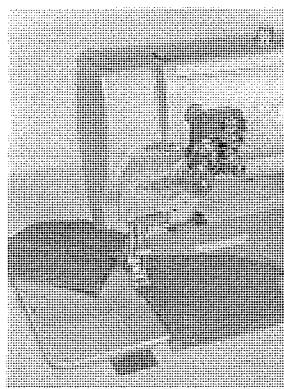


図 3.3 2本針(針送り)ミシン
Two needles lock stitch
sewing machine.

下降して、ばねの圧力で加工材料をはさみ込んで下の送り歯とともに布送りを行ない、布送りが終わって下の送り歯が針板面より下降するときには、上の送り歯を少量上方に持ち上げ、上の送り歯が元の出発位置へ復帰する際には加工材料とは無関係状態にすると同時に、押え足が下降して加工材料を針板面上に押えて保持しておくよう上の送り歯と押え足が交互に作動する。この系統の最近の用途として縫い目量は 5 mm~12.5 mm の荒目縫いに使用することが多く、また糸も太糸を使用するので、下糸ボビンを格納する全回転式フックも通常のものより 2 倍も大きい大形フック付きミシンや、さらには自動車のシート・キャンバス等極厚物を縫製する大形のミシンもあり、当社では一連の系列のものを開発生産している。

(2) 針送り形ミシン・総合送りミシン

縫いずれや縫いじわの発生しやすい生地等を縫製する場合には、上記の上下送りミシンを使用するが、さらに材料や品種によっては、下の送り歯で加工材料を布送りするときには、針も下の送り歯と同期して共に作動して、送り歯と針とで布送りを行ない、布送りを縫って針が加工材料中より抜ける時期には針は元の出発位置に復帰する。

なお、針と送り歯による布送りが休止している期間中は、ばねの圧力で布押えによって加工材料を針板面上に保持している。

この機種の用途としては、レインコート・各種衣服等に多く使用されており、縫い目量も自由に変えることができ、また前進送りと後進送りの切換えもレバーの操作によって簡単に行なえる。また、比較的厚物で、かつすべりやすい材料を縫製するときは、縫い終わったときに縫いずれ等がいっそう発生しやすくなるので、このような材料を縫製するときには、上下送りミシンと針送りミシンを組み合わせて完全に布送りする総合送りミシンを使用するが、上記した上下送り・針送り・総合送りにも用途によってそれぞれ一長一短もあり、どの機種を選定するかは加工材料と、縫製品の仕様によって決定選択される。

縫製品の変更時にもすぐ Layout の組み換えができるよう、各種の特殊ミシンを予備として準備している企業は多い。

(3) グリップフィードミシン・差動送りミシン

近年縫製加工の技術変革以外に、プレス等の後処理の加工方法が発達し、ワイヤツ等には樹脂加工した材料を特殊後処理を行なって、パーマネントプレスする関係上、縫製後のシームパカライング(縫いしわ)はできる限り少なくする必要がある。通常は作業者の縫製技術でカバーを行なっているが、シームパカライングを少なくして縫製するような場合には、グリップフィードミシンの使用が有効であると認められつつある。

グリップフィードミシンの構造は、ほぼ交互上下送りミシンと類似であるが、高速運転でもパカライングが発生しにくく特別の新しい構造としてあり、布押えと上の送り足との組み合わせ関係も用途に応じて変更して効果をいっそう良好となるようにしてある。また、伸縮性に特長のある生地を縫製する場合には、1針の縫い目ごとにいくぶん加工材料を伸しておいてから縫製しないと、でき上がり品を引張ったり、伸したりしたときに縫糸を切断することとなるし、また反対に加工材料を縮めておいて縫製することが必要な場合もある。このようにするためには、加工材料の布送りは、主送り歯と副送り歯の2個の送り歯で布送りをし、それぞれの送り歯の運動比を調節して布送りする差動送りミシンを使用する需要も多くなりつつある。

3.2 各種本縫い2本針ミシン

縫製品によっては同じ部分をある幅で2回縫う必要を生じることもあるが、このようなときには2本針ミシンを使用して図2.11のように縫製する。2本針ミシンはミシンの運転によって往復動作する針棒に、必要な間隔(一般に針幅ゲージといいう)で針を2本取り付け、ミシンベッドにも下糸ボビンを格納した水平形全回転式フックを2個設け、一度に2個所の縫製が行なえるようにしたミシンであり、針幅ゲージとしては0.7 mm~35 mm のものがある。このミシンでは、一度に2個所の縫製を能率的に行なうばかりでなく、針幅を一定のゲージで縫うことができるので、美しく縫製ができる大きなメリットもある。

2本針本縫いミシンの系列としては、各種のミシンもあるが最も代表的なものは下記である。

- (a) 普通送り形2本針ミシン
- (b) 高速針送り形ミシン
- (c) 総合送りミシン
- (d) 中メス付きミシン
- (e) その他ピコ縫いミシン

等各種がある。

3.3 二重環縫いミシン

縫製品の種類等によっては本縫い以外の縫い目によって縫製する必要もあり、この系統のミシンは全回転式フックの変わりにLooperによって、下糸と上糸をからみ合させて縫い目を構成するようになっており、下糸は大きな糸巻よりの糸を利用できるので、本縫いミシンのように下糸の長さに制限は受けないこと、縫い目自体に伸縮性がある利点がある反面、下糸が二重にからむので本縫いと比較して布の裏側で糸の固まりを生じ、また下糸を多く使用するなど不利な面もあるが、工程によっては、本ミシンで縫製しなければなら

ない部分がある。本系統のミシンにおいては用途により針数は1本から18本針ぐらいまで使用し、ベッドの形態として、a) 平ベッド、b) 腕形ベッド等種々の形態のものもある。

3.4 その他ミシン

以上わりとあいに需要の多い代表的なミシンについて述べたが、その他くつ・バッグ類等を縫製するのに適したシリンド形ミシンや、被服を縫製する前に仮縫いをするしつけ(臍)縫いミシン、あるいは飾り縫いをする各種のジグザグミシン等種々のミシンがあり、さらにはその機種を一部改造したサブ機種もあって、種類はあまりにも多すぎるため、現在発表されているものの機種数等はとても判明しない状態でもあり、今後縫製の合理化・能率化と衣類・日用雑貨品・スポーツ用品・レジャー用品の発達によって、一般にいわれる特殊ミシンはますます増加していく一方であると推察ができる。

4. 裁断機

縫製企業においては、ミシンを使用して縫製する以外に、デザインに従って原形を製作し、原形によって加工材料を裁断する工程がある。裁断方法としては生産品種による差異はあるが、一般に相当枚数積み重ねた原反を裁断するのに

(1) 手押し形電気裁断機

(2) バンドナイフ式の立体形裁断機

等があり、また手押し形電気裁断機には、ナイフが回転して裁断する丸刃形と、刃物が往復運動して裁断する縦刃形のものがある。

電気裁断機の使用方法としては、縦刃形裁断機によって原反より荒取りを行ない、バンドナイフにて精密裁断するのが理想的である。本章においては縦刃形電気裁断機について述べる。

(a) 縦刃形電気裁断機

往復動するナイフを保持するスタンドの上に、各種電動機を設備し、電動機軸に設けたフライホイールに装置したクランクロッドによってナイフを往復動する構造となっており、スタンドと一体になったベースの裏側にはローラを設け、裁断機を作業者の操作によって台上を自由自在に移動できるようになっている。裁断は原反にマークしたケガキ線に沿って裁断機を操作して切断していくが、化織布地等を切断する場合は、ナイフの裁断熱によって切断面が溶着するので、この溶着を防止するように、ナイフの速度をおそくしたり、あるいは速くしたりコントロールができるように、極数変換付き電動機を装置したものもある。スタンドの長さも各種ある。なお、ナイフ材は一般に高速度鋼材製のものが多く用いられる。

(b) 自動研磨装置

裁断機のナイフは常に切れ味を良くしておかないと、裁断抵抗が大となり、裁断抵抗によって小回り個所を速く回せなくなるので、最近のものでは自動研磨装置付きのものが多く、自動研磨する方法としては、

(i) と(砥)石を回転させる方法

(ii) エンドレス金剛砂ペーパによる方法

以上のものがあり、研磨を行なうときには、研磨レバーを押している間だけ研磨装置が駆動して、ナイフの刃面に沿って研磨台が自動昇降して刃とぎを行ない、研磨レバーの解放で研磨装置は最上位で停止し、研磨材は刃面より自動的に離れるようになっている。

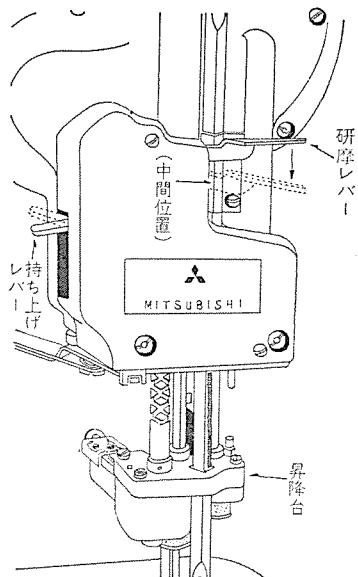


図 4.1 電気布裁断機
Cloth cutting machine.

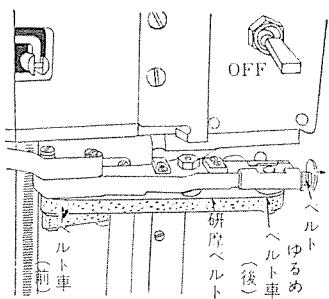


図 4.2 電気布裁断機の研磨装置
Cloth cutting machine with knife sharpening mechanism.

5. その他機器

縫製加工業において、ミシンや裁断機以外に、各種プレスや型紙装置・延反機・搬送装置・目打ち機・ホック打ち器・スタンプ機等、各種いろいろな機器が相当種類あるが、ページ数に制限もあるので、これ等の機器については今回は割愛したので了解願いたい。

6. むすび

縫製企業の実態としては何よりも製品の仕立上り感、着ごこち感等が重要な要素を占めており、そのためには作業者の加工技術を加えて縫製することとなるので、ミシンの運転か(稼)働時間も比較的低く、合理化・能率化が強く呼ばれており、また、生産管理を確実化するために専用自動化の時代になりつつあり、順次各種の装置、方式のものが発表されつつあるが、冒頭で述べたように人間の繊細な技術を機械装置に置き換えるには相当な問題もあり、電子工学の発達した現在でも、解決するのに時間を要する問題が山積みしているが、メーカーの技術者としては一刻も早く、完全な自動化ミシンの設計に努力している次第である。また、本章においてはページ数の制限もあって、数多くあるミシン中のごく一部の形態・仕様のミシンを対象としたが、それでも詳細な点について述べることもできず、大略概要についてのみ述べることしかでき得なかった点をなにとぞ了解願いたい。(昭和47-8-23受付)

リミストップ G シリーズ

—ミシン針定位置停止装置—

横山 昌弘*・小林 孝生*・鎌倉 孝幸*

LIMI-STOP Series G
—Needle Positioners—

Nagoya Works Masahiro YOKOYAMA・Takanori KOBAYASHI・Takayuki KAMAKURA

Sewing work is operation of an undetermined form by which a variety of parts are sewn together and assembled to clothing. This makes the automatic operation extremely difficult. For the present the production is carried on by one man with one machine. However, the improvement of working efficiency is eagerly called for and effective means are earnestly studied. Under the circumstances, a device to stop the sewing needle automatically at a definite position is developed and introduced by the trade name of LIMI-STOP by Mitsubishi. Attention is now being paid to the device by the circles.

This article explains the construction, performance and efficacy of the LIMI-STOP Series ; also introduces various apparatus of labor saving in sewing which are now in the lime-light.

1. まえがき

ミシン縫製加工は被服をはじめ、くつ、カバンにいたるまで、その最終工程の多種多様な縫い合わせ工程として、同時に組立工程として不可避なもので、この工程の加工コストに占める割合は非常に高く、しかも古くから機械化されているといえ、one man one machineという生産体系であり、最近の人手不足・人件費高騰を少しでも吸収する各種の省力機械が強く要求されている。特にミシン針定位置停止装置は、ミシンの省力化・自動化の基本となるものだけにその普及はめざましいものがある。

当社においても昭和43年に、ミシン針定位置停止装置付きクラッチモータを「リミストップ」という商品名で発売したが、その後の国産糸切りミシンの出現によりさらに高級な各種の応用仕様をもつ、「リミストップ G シリーズ」を販売するに至っているので、このシリーズの製品について説明を行なう。

2. 目的と効用

ミシン針を所定位置に停止させることは、たとえば生地の着脱、旋回のために必要である。従来のクラッチモータではミシン針の停止位置は不定で、停止のつど作業者はミシンブリを手でまわして、ミシン針

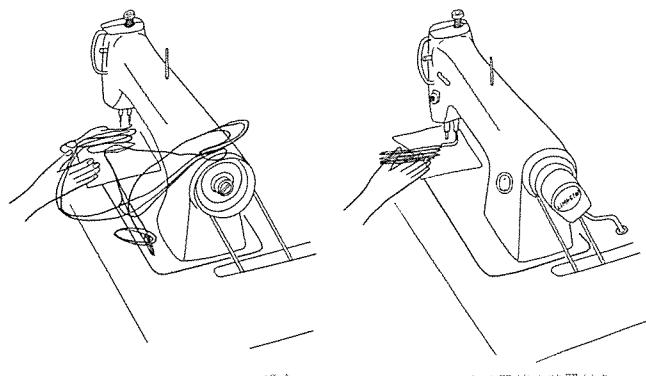


図 2.1 縫製作業における作業者の手の運動
Locus of hand movement.

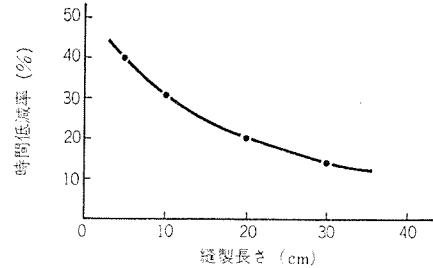


図 2.2 リミストップによる省力効果（従来のクラッチモータに比べて）
Labor saving effect of working time by use of needle positioner.

を下または上位置に補正する必要があった。これは短い距離を縫う作業ではミシンのか稼動率を大幅に低下させるとともに作業者に与える肉体的・精神的疲労を大きくする。

図 2.1 は縫製作業における作業者の手先きの動きの軌跡を示したもので、(a) の従来のクラッチモータによる作業に比べ、(b) のミシン針定位置停止装置付きクラッチモータによるものでは、針位置調整のためのむだな動きは完全になくなっている。図 2.2 は従来のクラッチモータに対する省力効果を示す一例で、作業内容により差があるが、一般に縫い距離が短いほど効果が大きい。

3. 構成と原理

図 3.1 は三菱リミストップ (G シリーズ) によるミシン針定位置停止装置の概略構造を示すもので、ミシン針の位置を検出する検出器と、特殊なクラッチ機構と補助モータを付けたクラッチモータと、これらを作業者の操作にもとづいて電気的に制御する制御盤から構成されている。

高速度で回転しているミシンを所定の定位置に停止させるためには、クラッチモータのブレーキにより、いったん数十分の一程度の低速度にまでミシンを急速に減速させ、その状態でミシン針が所定位置に達するまで低速駆動（位置決め駆動）を行ない、所定停止位置に最終的に停止させる方法がとられる。図 3.3 はこの方法によるミシン針軸の停止特性の理論線図である。

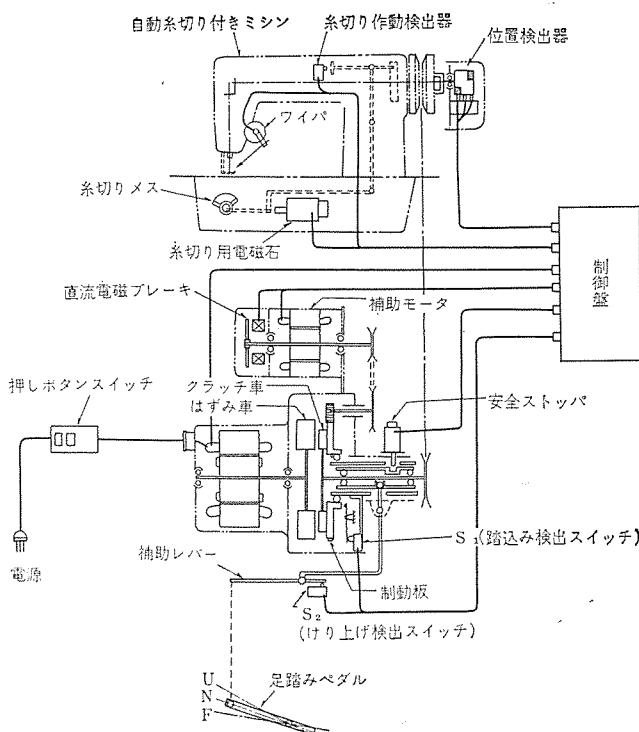


図 3.1 三菱 リミストップ G の概略構成 (糸切り ミシン 連動仕様)
Outlined construction of Mitsubishi limit-stop G.

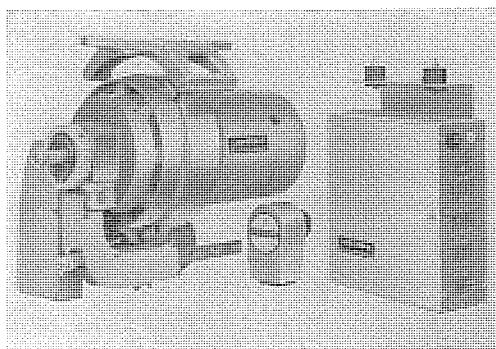


図 3.2 三菱リミストップ G 外観
Mitsubishi limi-stop G

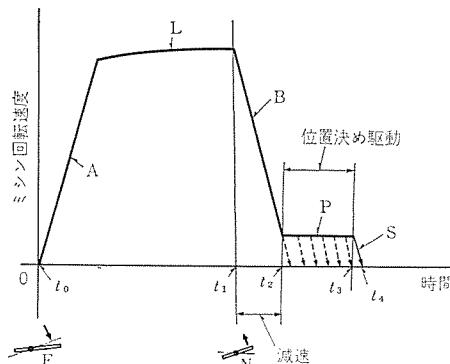


図 3.3 リミストップによるミシンの始動・停止特性曲線
Start and stop characteristic curve of sewing
machine by using needle positioner.

(1) 高速度からの定位置停止

ミシンの始動・停止は足踏みペダルを従来のクラッチモータと同じ要領で操作すればよく、使い勝手の点では特に変わっていない。

ミシンが高速度で回転しているとき、作業者が足踏みペダルを中立位置に復帰させると、クラッチ車は制動板に押圧され、ミシンは図3.3の曲線Bにそって急速に減速する。これと同時に補助モータが

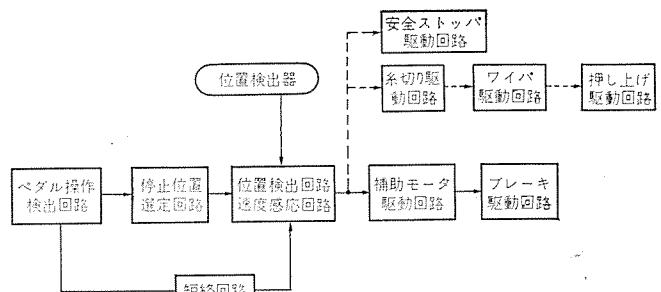


図 3.4 三菱 リミストップ G 標準回路構成
 Block diagram of standard circuits of Mitsubishi limi-stop G

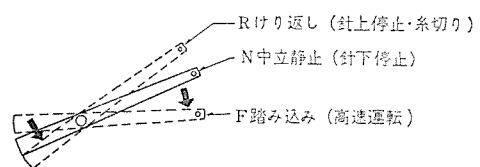


図 3.5 リミストップ G シリーズのペダル操作
Treadle motion of Mitsubishi limi-stop G

始動し、前述の制動板を 200 rpm 前後の速度で駆動するため、ミシンは完全には停止せず曲線 P (位置決め速度) にそって低速で回転する。この状態でミシンが最初の所定位置に達したとき、ミシン頭部に取付けられた検出器が働き補助モータを制動し、ミシン針を所定の位置に停止させる。

一般に停止するまでの回転角度または停止位置のずれは、速度の自乗と負荷慣性の積に比例し、ブレーキトルクに反比例するが、実際には電気的な遅れのばらつき、(ブレーキトルクの立上り、リレーの落下特性など) や、ブレーキトルクの微妙な変化などにより停止位置がばらつく。この影響を少なくし十分な精度で停止するには位置決め速度を低くし、かつ速度安定後に停止位置を検出する必要がある。

しかし位置決め速度は縫製能率から速いことが望まれるため、一般には糸切り装置運動形では 150~200 rpm、その他のものでは 200~250 rpm 程度の回転が選ばれている。

(2) 制御回路の構成

図3.4は本シリーズの標準的回路構成を示すブロック線図で、上下2位置停止、糸切り運動形の仕様を表わしている。基本的には足踏みペダルの操作で与えられる作業者の指示をマイクロスイッチなどで、電気的ON-OFF信号とするペダル操作検出回路、ミシン針の上・下位置を選定して検出する位置検出回路、および補助モータを始動・停止させる駆動回路があれば十分である。

しかし、停止位置の精度、位置決めの能率、使い勝手および安全性の向上などのため後述するように、当社独自のユニークな回路が各個所に用いられている。

(3) 操作方法

図3.5は本シリーズの基本となる足踏みペダルの操作方法を示す。この方式は、ペダル操作の単純さ、針の上下停止位置の選択とペダル操作方向の感覚的一致性、など無理な操作がなく、人間工学的に最も理想的である。これは装置が複雑化したとき、人間-機械系におけるミスを防止する有効な手段となる。

4. モータの構造

(1) 低速駆動系

図4.1は三菱リミストップGシリーズにおけるモータ駆動系の主要部を示している。クラッチ車が、はずみ車（高速回転）と制動板（低速

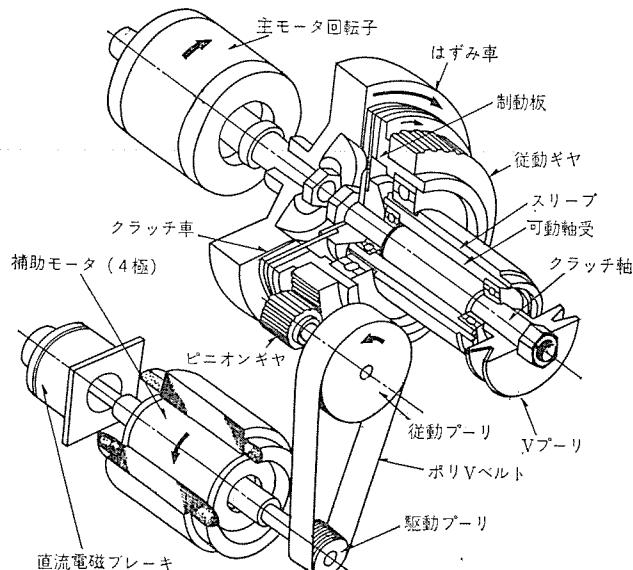


図 4.1 補助駆動機構
Sub-drive mechanism.

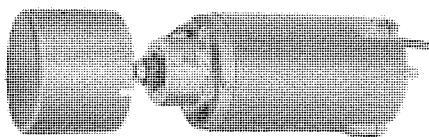


図 4.2 補助モータ(電磁ブレーキ付き)
Auxiliary motor with magnetic brake.

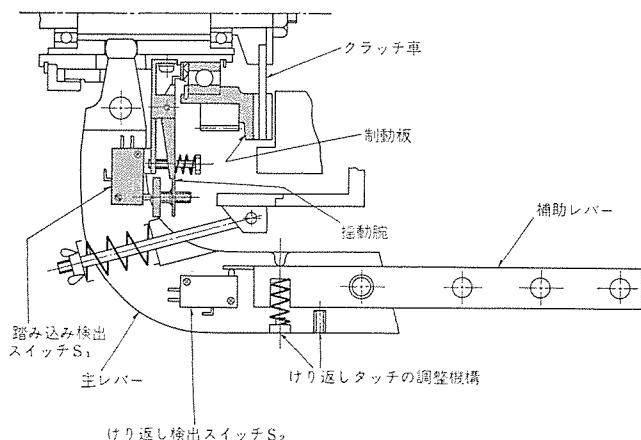


図 4.3 レバー機構 Lever mechanism.

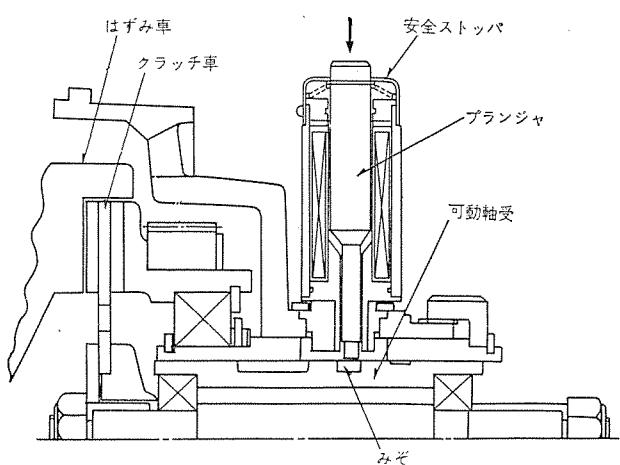


図 4.4 安全ストップの構造
Construction of safety stopper.

回転)のいずれかに押圧されることにより、クラッチ軸は高低2段階の速度で回転する。

この駆動系では制動板をベルトおよびギヤを介して補助モータで減速して駆動しており、特にベルトが高速段側で用いられるモータの外部に出ているためブーリの交換だけで低速回転速度、すなわち前述の位置決め速度を用途に応じて調整できるので実用上非常に便利である。

また、この駆動系では補助モータの回転子慣性モーメントが始動停止の応答性に大きな影響を与えるため、4極モータを採用して、この性能を向上させるなど非常にユニークなメカニズムになっている。その結果、ブレーキの負担も少なくなり、停止精度および寿命は著しく向上した。一般に始動停止時間 t 、および停止するまでの回転角度 θ は次式で表わされる。

$$t \propto \frac{GD^2 \times N}{T_m - T_l} \text{ または } \frac{GD^2 \times N}{T_B + T_l} \quad (4.1)$$

$$\theta \propto \frac{GD^2 \times N^2}{T_B + T_l} \quad (4.2)$$

ここで、 GD^2 ：低速駆動系の全慣性モーメントで、構造にもよるが補助モータ回転子、ブレーキアマチャおよびピニオンギヤ(ブーリまたはウォーム)の慣性が全体の 60~80%を占めている。

N ：補助モータの回転速度

T_m ：補助モータトルク

T_B ：ブレーキトルク

T_l ：負荷トルク(補助モータ軸換算)

となるが、これを従来から行なわれているウォーム1段減速と2極補助モータによる低速駆動系に比べると、20~30ワット級の小型モータでは、ブレーキをつけたときのモータ部の慣性モーメントは2極・4極で大差なく、また全体の慣性に占める割合が高い、したがって負荷トルクに対して2~3倍程度のモータトルクをもっていれば、どんなに控え目に見積っても、4極モータの始動停止性の優位性は否定できないことがわかる。

(2) 操作レバー機構

このレバー機構は従来のクラッチモータと同様に、足踏みペダルの操作に応じてクラッチ、ブレーキの入り・切りを機械的に行なわせると同時に、これらがいかなる状態にあるか、また作業者がどういう指令を与えているかを検出する機能も組んでいる。

図 4.3 は、レバー機構の主要部を示す。

レバーはクラッチ、ブレーキを機械的に入り・切りする主レバーと、これに対して1方向に拘束された補助レバーからなり、さらに、主レバーの動き、すなわちクラッチ車の連結状態を検出する踏込み検出スイッチと、足踏みペダルの上方旋回操作を補助レバーの移動量により検出するけり返し操作検出スイッチとを内蔵している。

特に踏込み検出スイッチはクラッチ車が制動板に所定の力以上に押されたとき、制動板を支承している玉軸受がわずかに移動することを、揺動レバーを介して検出する全くユニークなメカニズムを用いている。したがって半ブレーキなどのあいまいな操作では位置決めしないため停止位置の狂いは著しく少ない。またクラッチ車の磨耗に対しても、いちいちマイクロスイッチの動作点の調整は必要ないなどのすぐれた特長をもっている。

けり返し検出スイッチの操作は補助レバーにより、従来のクラッチモータとは、やや異なる足踏みペダル操作を要求するため、熟練作業者

が使ったとき従来のペダルタッチとの差別感を強調するため、補助レバーの旋回角度や重さを調整できるようになっている。

(3) 安全ストップ

自動糸切りミシンにおいては、糸切り操作用のカム追従腕がミシン上軸に連結しているときに万一高速度で回転すると、糸切りメスがミシン針を折損して作業者に危害を及ぼしたり、ミシンの各機構を破損するおそれがある。したがって糸切り中は絶対にミシンを高速回転しないような安全装置が必要である。糸切り連動仕様のリミストップGにはこれを確実に防止するため、レバー下方旋回を阻止する安全ストップを付属している。

図4.4はその構造を示すが、安全ストップは直流ソレノイドからなっていて、ミシン側に設けられたカム機構の連結を検出するスイッチによって糸切り作動中付勢され、プラッジの先端が可動軸受のみぞ(溝)にかみ合い、作業者が誤って足踏みペダルを踏み込んでも、クラッチ車が主モータのはずみ車に接触しないように阻止する。

5. 位置検出器

図5.1はミシン針の上下位置を検出する位置検出器の主要部を示す。通常ミシン針はミシン上軸に設けられたクランクにより上軸の1回転ごとに上下に1往復する。この検出器はミシン針の上下位置を上軸の回転角度で検出するもので、一般的には図5.2に示す金属製の導電スリップリングとその一部を切欠いた二つの絶縁帯とからなる回転子と、これに接触する3本のカーボンブラシおよびその保持器からなる固定子とで構成され、それぞれのブラシ間の導通の有無によって位置を検出するもので、特に導通状態から非導通状態になる時点が検出位置となる。また3本ブラシのうち1本は常に金属部と接し、他の2本はそれぞれミシン針の上または下位置で絶縁帯と接触する

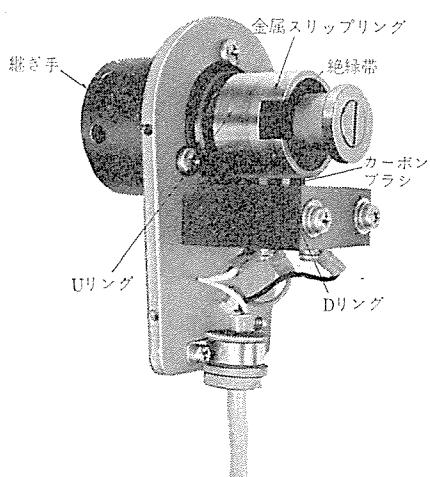


図5.1 位置検出器
Sensor.

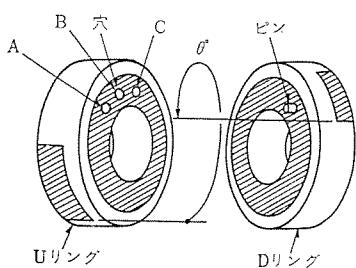


図5.2 スリップリング部分
Slip ring section.

関係に置かれている。なおスリップリングは上下検出角度を調整できるように2分割されている。

さらに一部のミシンではこの検出器をミシン内部にビルトインしたものも現われ、据付け、位置合せなどの手間を省いている。

6. 制御盤および制御回路

図6.1は当社リミストップGシリーズの制御盤の一例、図6.2はその基本回路を示す。

(1) 位置検出回路

検出回路はトランジスタにより降圧されると同時に電源に対して絶縁されているので、ミシンの調整や修理の際、検出器に手が触れても感電の危険がない。またリレーRA₁は通常はリレー接点RA₁₁, RA₂₁により開路しているのでミシンブーリーを手で回して検出器SNが導通しても付勢されない、すなわちミシンが不意に回り出す危険はないなど安全に対する十分な配慮がなされている。

また、踏込み検出スイッチS₁は、ペダルの下方操作時、すなわちミシンの高速回転中にコンデンサC₁を充電し、ペダルの中立位置復帰に際してPNP形トランジスタTR₁のベース回路に瞬時放電して、リレーRA₁を付勢する、したがって補助モータMAはこのとき初めて始動するため、従来の方式に比べ運転時間はごく少なく、温度上昇・電力消費などに著しい効果がある。

検出器SNは停止までに何回か所定停止位置を通過し開路するが、停止精度の安定性を確保するためには所定の位置決め速度に達した最初の所定位置でリレーRA₁が消勢することが望ましい。したがって、ここではリレーRA₁のコイルに並列に抵抗R₁、コンデンサC₂からなる遅延回路を設け、リレーの落下時速度を規制している。

さらに、リレーRA₁は自己接点RA₁₁によりミシンが検出器の絶縁

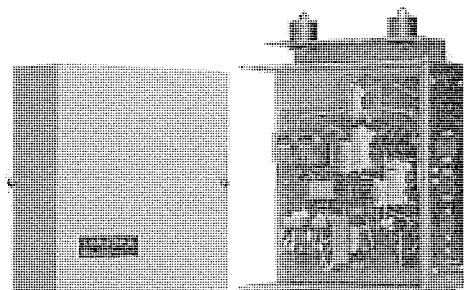
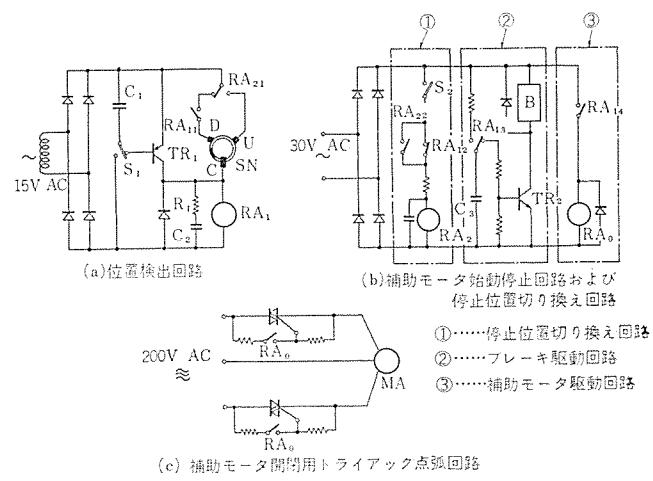


図6.1 制御盤 (標準形 リミストップG)
Control box of standard type limi-stop



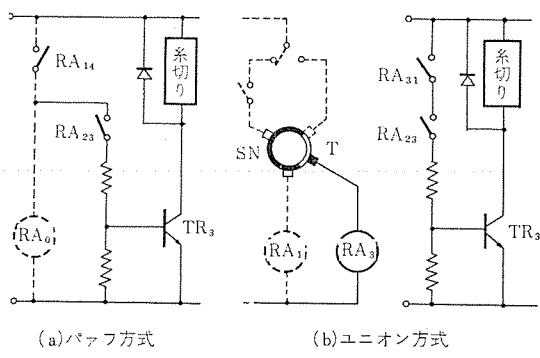


図 6.3 糸切り駆動回路
Drive circuits of thread cutter

帶内で停止できなくとも再付勢されないので、オーバランによる連續回転の危険はない。

(2) 停止位置切り換え回路

ペダルの上方旋回によりけり上げ検出スイッチ S_2 が閉路すると、リレーコイル RA_2 が付勢され、位置検出回路において、その接点 RA_{21} を針上検出回路に切り換える。ここでミシンが高速回転からの減速過程においてペダルが上方にけり返されても、レバー機構においてスイッチ S_1 が先に働くためリレー RA_2 は接点 RA_{12} により、針下位置でリレー RA_1 が消勢するまで付勢されない、この回路は針下位置から針上位置への低速駆動中に糸切りを行なう形式のミシンでは必ず(須)の条件となる。

(3) 補助モータ始動停止回路

補助モータは直流電磁ブレーキを内蔵した誘導電動機で、モータの開閉はリレー RA_1 と同じ動作をするリードリレー RA_0 で双方向サイリスタを制御して行なう。補助モータの運転中、コンデンサ C_3 はリレー接点 RA_{13} により充電され、停止に際してはリレー RA_1 の消勢とともにNPNトランジスタ TR_2 のベース回路を介して放電する。ブレーキコイル B はこの放電時間だけ付勢される。この制御方法は停止精度を向上させるためブレーキを過電圧付勢させることを可能にし、さらに停止後、ミシンブレーキを手で軽く回せるなどの効果が得られる。

(4) 糸切り装置駆動回路

図 6.3 は代表的糸切り駆動回路の例を示す。

(a) パアフ方式糸切り装置

この方式は、糸切りメスをミシンのカム機構により駆動するもので、針下位置で電磁石または機械的ペダル操作により、このカム機構をか(噛)み合わせ、補助モータで針上位置まで駆動する間で糸切りするもので、糸切りの動力は補助モータの回転力を利用している。したがって、駆動回路は糸切カム機構かみ合わせ用の電磁石を針下位置で付勢し、針上位置停止後消勢することが必要である。また糸切りカム機構係合中は操作ミスなどにより、ミシンが高速回転しないような安全装置を働くておく必要がある。

この方式は国内では当社およびJ社の自動糸切りミシンに採用されている。(図 6.3 (a))

(b) ユニオン方式糸切り装置

この方式は、ミシン針が下から上へ駆動される間に糸切りメスを電磁石などで直接駆動するもので、糸切りメスの動作タイミングを決めるために、位置検出器に糸切り用の第3のスリップリングを設ける必要がある。この方式は国内ではA社、B社などの自動糸切りミシンに採用されている。(図 6.3 (b))

(c) シンガ方式糸切り装置

この方式も、糸切りメスは電磁石より直接駆動されるが、ミシン針

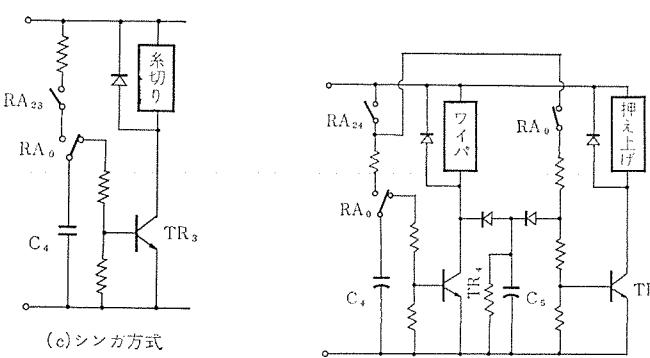


図 6.4 ワイパおよび押え上げの駆動回路
Drive circuits of wiper and lifter.

が上位置に停止してから糸切りを行なう。

したがって、駆動回路はミシン針が上位置に停止後、所定時間だけ糸切り電磁石を付勢する。(図 6.3 (c))

(5) その他の駆動回路

自動糸切りミシンには、糸切り装置のほかに、ワイパ(糸払い装置)や押え上げ装置等を付属しているものもあり、これらの駆動回路を図 6.4 に示す。

(a) ワイパ駆動回路

ワイパは糸切りされた上糸の糸端を、次の縫製時に布の裏側に縫い込まれて隠れるように、布押えの上方に払うもので、この操作用電磁石を、ミシン針が上位置に停止してから数十ミリ秒間付勢する。

(b) 押え上げ駆動回路

縫製終了後(布押え足を電磁石などの動力により)自動的に上昇させるもので、ミシン針が上位置に停止し、さらにワイパの動作が完了してから付勢し、作業者が足踏みペダルを中立に戻す時点で消勢する。

7. 特長

(1) 補助駆動装置に4極モータを使用しているので、位置決め応答性が良く、さらにブレーキを瞬間に過電圧励磁しているため、停止精度が良い。

(2) 減速機構に多リブVベルトを用いているため、ブレーキの交換で容易に任意の位置決め速度が得られる。

(3) 単純なペダル操作だけで、上・下位置停止、糸切り等すべての運転制御ができる。

(4) ブレーキは制動時だけ働き、停止後自動的に解除するのでミシンブレーキを軽く手で回すことができ、また、検出器は位置決め動作時以外は完全にしゃ断されているので、ミシンブレーキや検出器に手が触れても誤動作や感電の危険性がない。

(5) クラッチギヤップの調整とマイクロスイッチのストローク調整が、構造的に連動しているので保守が容易である。

(6) 制御装置の駆動部はすべて半導体を使用し、シーケンス回路のリレーは双子接点を使用して信頼性を高めている。

(7) モータの取付け寸法は従来のクラッチモータと同一で、配線はすべてプラグイン式になっているので、据付け・保守が簡単である。

以上、man-machine系における信頼性、使い勝手を重視した設計により名実ともに省力化効果に大きく寄与できたと考える。

8. 仕様と用途

リミストップGシリーズは、各種のミシンや自動機に適合するように豊富な機種と多様な仕様を用意し、さらに後述の応用製品も製作して

表 8.1 リミストップ G シリーズの種類と用途
Variety of model and application of limi-stop series G.

形 式		機 能	用 途
標準形 G		UP & DOWN(上下2位置停止)	各種本縫いミシン、すくい縫いミシン、その他糸切りなしミシン全般
可逆転形 R		UP & DOWN(上下2位置停止) 下位置→上位置が正、逆両回転可能	縫いミシン、熨まつり縫いミシン(フラットシーマ、フラットロック)
糸切り運動形 T	バアフ方式(W)	カム駆動	三菱、ジューク、独系ミシン
	ユニオン方式(U)	メス直駆動(検出器の第3スリップリングで同期)	プラザー、アイシン、ユニオンスペシャル、ヤマト
	シンガーワイド(S)	針上停止後糸切り作動	シンガー、コラマチック、アダルト
	ワイヤ付き W	上糸引上げ用、糸切り後作動(ロータリソレノイド)	
	押し上げ運動 L	布押え自動昇降(電磁石、エア駆動)	
	返し縫い B	返しレバーの電気操作	
	電磁操作形 S	直流電磁石によるクラッチ操作(標準形、糸切り、運動形など各形式可)	各種専用ミシン、自動ミシン
	自動止め縫い BTS	針数制御自動止め縫い、中速運転可、自動押え上げ、返し操作回路付き、糸切りワイヤ付き	バック付き本縫いミシン
	プログラム縫い PSW	単工程、7工程、針数制御、自動押え上げ、糸切り、ワイヤ駆動回路付き	各種工業用ミシン

いる。

表 8.1 にこれらの仕様と用途を示す。

9. 応用製品

(1) 電磁操作式 リミストップ クラッチモータ

リミストップ G シリーズモータのペダル操作用レバー機構を電磁石に置き換えたもので、ミシンの自動運転用としておもに専用ミシンに用いられている。

電磁石の付勢により、クラッチ車ははずみ車に押圧され、ミシンを高速運転し、消勢により戻しへの力でクラッチ車を制動板に押圧し、補助駆動装置によりミシンを位置決めし所定位置に停止させるもので、ペダル操作によらず、電気的始動停止信号で運転できるためプログラム縫いなど各種の自動機の運転に最適である。

(2) 卓上形 リミストップ クラッチモータ

図 9.2 は卓上形 リミストップモータを示すもので、補助駆動装置が主モータ本体とベースの間にコンパクトに収納され、狭い場所にも容易に据え付けられるような構造となっている。レバー機構はその連結部に特殊なユニバーサルジョイントを使用しているのでスムーズなクラッチ操作ができる。

(3) 逆回転用 リミストップ

通常縫製サイクルはペダルの下方操作によりミシンを高速回転させて、所定の縫製位置にくるとペダルを中立位置に戻して針下位置に停止させ、さらに布の取出しどきにペダルを再び上方操作して針を下位置から上位置に移動させている。この場合ミシンの回転方向は同一方向に回転(普通、本縫いミシン等はプリ側から見て左回転)させている。しかし、環縫い系ミシン、あるいは奥まつり縫い用ミシン等においては、単なる針上停止では糸のループがループにかかった状態で布の取出しが困難である。この種のミシンは布の取出しどきにミシンを逆回転(ミシンプリ側から見て右回転)させることにより、

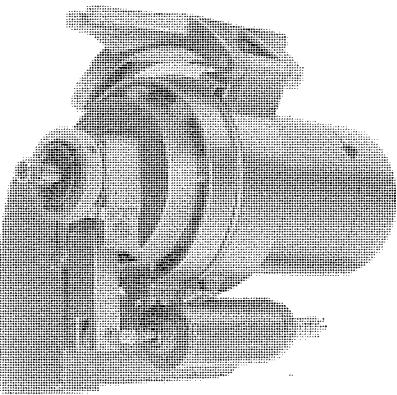


図 9.1 電磁操作式 リミストップクラッチモータ
Solenoid operated "limi-stop" clutch motor

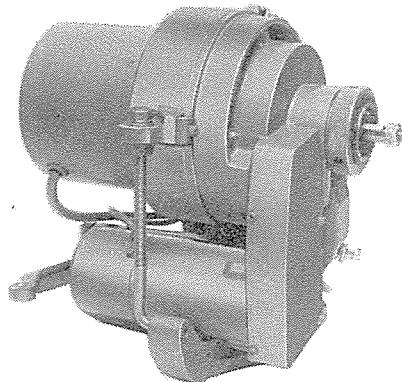
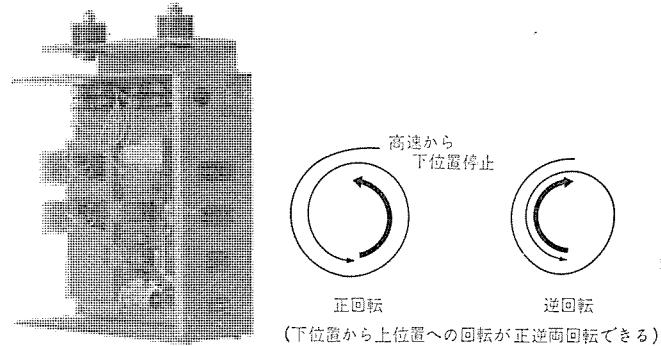


図 9.2 卓上形 リミストップクラッチモータ
Table mount "limi-stop" clutch motor



(a) 制御盤 (b) 回転方向

図 9.3 可逆回転形 リミストップ
Reversible positioning rotation type "limi-stop"

ループから上糸をはずして布を取出す必要がある。

逆転用 リミストップは、ペダル操作のみにより下位置検出後ただちに補助駆動装置を逆回転させ、ミシン針を上位置に停止させるもので、上述のわざらわしい手作業を省くことができる。逆回転は補助モータの相切り換えて行ない、必ず下位置を検出した時点で作動させるとともに切り換えのインロックをとり、正転・逆転を高ひん(頻)度に行なっても短絡事故が発生しないようにしている。

図 9.3 はこの制御盤を示す。この制御盤は標準 リミストップ G シリーズモータおよび前述の卓上形モータにも用いることができる。

(4) プログラム縫い装置

あらかじめ縫い針数をプログラムセットすると、始動信号だけで自動的に縫製を始め、所定の縫い針数までくると糸切りして所定の位置に停止するもので、図 9.4 は単工程 プログラム縫い、図 9.5 は7工程 プログラム縫いの制御盤を示す。

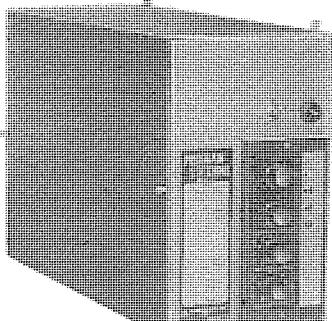


図 9.4 単工程 プログラム 縫い制御盤
Control box of single step program sewing system

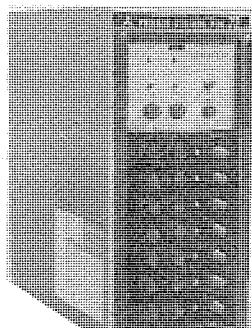


図 9.5 7 工程 プログラム 縫い制御盤
Control box of 7 step program sewing system.

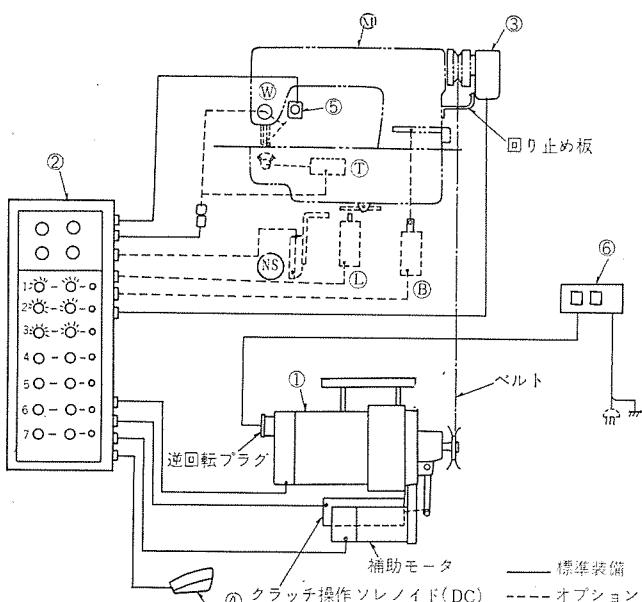


図 9.6 (a) プログラム自動定針数縫い装置の概略
Outline sketch of programmed stitch sewing machine.

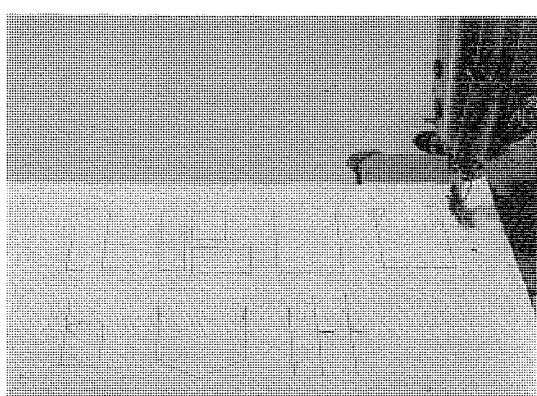


図 9.6 (b) プログラム縫いの応用例
Application of program sewing system.

(a) 単工程 プログラム 縫い装置

(1) 述べた電磁操作式リミットップモータを使用し、始動信号を受けて布押えを降下させ、モートルの操作電磁石を付勢してミシンを高速運転させる。設定針数の数針になると操作電磁石を消勢し、ミシンを高速運転から低速回転に切換えさせ設定針数に達すると、下位置を検出し糸切りをして上位置に停止し、布押えを上昇させる単工程動作と、切換えスイッチにより上記下位置検出時点で針数設定のカウンタをリセットさせ、返し縫い用電磁石を付勢し、再びモートル操作電磁石を付勢し返し縫いを行なう機能を持っている。バンド付け、ラベル付けのほかにテーブル送り等の自動運転に適している。

(b) 7 工程 プログラム 縫い装置

図 9.6 はこの装置の構成を示す概説図で、複雑な工程の縫製をするのに適し、ワシャツのけんぼろ縫い、ネーム付け、ポケット付け等の縫製に用いられる。プログラムセットした数値だけ正確に縫製し、針を上位置あるいは下位置に停止させることができるので、作業者は単に布を押えているだけでよく、初心者でも熟練者以上の作業ができる。

7 工程の動作は単工程 プログラム 縫い装置とほぼ同一であるが、工程に合わせて単工程から 7 工程まで任意に切換えができるとともに、ダイヤルでプログラムセットが簡単にできる方式としている。

10. む す び

労働集約的縫製産業にとって、この数年間の人工費の急とう(騰)と、労働人口の不足は、従来の低労働賃金に立脚した原価に対する考え方、あるいは品質に対する考え方を、大きく転換せざるを得ない状況にきており、とくに縫製作業の合理化・自動化に対する設備投資に業界の積極的な姿勢がみられるようになった。

当社リミットップクラッチモータは、ミシンのか動率を高め、しかも未熟練作業者にも品質のそろった製品を熟練者並みに生産できる点に多くの期待がよせられ、すでに自動糸切り装置付きミシンの普及とともにその真価を発揮しているのみならず、自動止め縫い装置、各種のプログラム縫い装置など、従来熟練者の神技的技巧にたよっていた作業を自動的に高能率で処理できるようになってきた。

当社においても業界の要求にこたえて各種の省力装置・自動装置を開発しているが、本書ではその一部を紹介した。

最後に、このリミットップ G シリーズの開発、製品化にあたって多大の協力をいたいたいたユーチュア、販売店、社内各部門の関係者各位に謝意を表する。(昭和 47-8-31 受付)

参 考 文 献

(1) 横山: 「リミットップ クラッチモータ」三菱電機技報, 43, No. 7 (昭 44)

ミシン用電動応用機

横山昌弘*・小林孝生*

Motors and Electric Actuators for Sewing Machines

Nagoya Works Masahiro YOKOYAMA • Takanori KOBAYASHI

With the trend of turning industrial sewing machines to automatic operation, power sources in driving them are selected in various kinds such as electricity, oil pressure and pneumatic power. Of them, however, the electric power predominates over the others because of ease in operation. From the practical viewpoint, various types of clutch motors and of DC solenoids are in the highest demand. However, as the sewing machine advances in the direction of NC operation, pulse motors and a variety of servo-motors are coming into high demand.

1. まえがき

多種多様な縫製作業の機械化をささえる動力源もエア・油圧など多彩であるが、中でも取扱いの便利な電気動力がその主流をなしており、自動化・省力化が進むにつれて各種の電動応用機器が開発されてきた。また逆に半導体の普及、各種高性能センサ、パルスマータなど電気機器の長足の進歩が、ミシンおよびその関連機械の自動化のテンポを一段と早めつつある。ここではおもに工業用ミシンの動力源として各種電動応用機器を紹介する。

2. クラッチモータ

当社においても30数年の歴史をもつクラッチモータは、工業用ミシンとは不可分のものとなってしまった。クラッチモータの最大の特色は、足踏みペダルの操作によりクラッチブレーキを選択的に入・切りして、ミシンを断続的にしかも急速に始動停止することにある。しかしここに自動化以前の問題としてマンマシン系における使いやすさ、快適さ、さらには流通段階、ユーザ段階における取扱い、メンテナンスの省力化など見直されるべきいくつかの事項がある。

2. 1 作業能率と疲労

縫製作業の内容にもよるが、1日に5,000回前後のペダル操作を行なうため、ペダルの踏みタッチすなわちレバーの操作力とストロークとは、作業者の疲労度および作業能率に大きな影響を与えている。

図2.2はクラッチ機構部の一例を示すもので、クラッチギャップはクラッチ車・ブレーキシューなどの寸法精度に対する余裕、熱膨張およびニュートラル操作に対する余裕などを考慮して約0.8~1mm程度必要である。

他方、表2.1に要約されるように足踏みペダルの使い勝手より、レバー比として6~9程度が考えられるが、当社の場合は寿命の長い

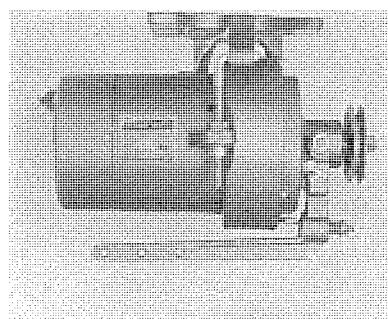


図 2.1 クラッチモータ
Clutch motor

クラッチ板を使用することより、このレバー比を7~8程度にしてい
るのでペダルの踏みタッチは軽いほうに入る。

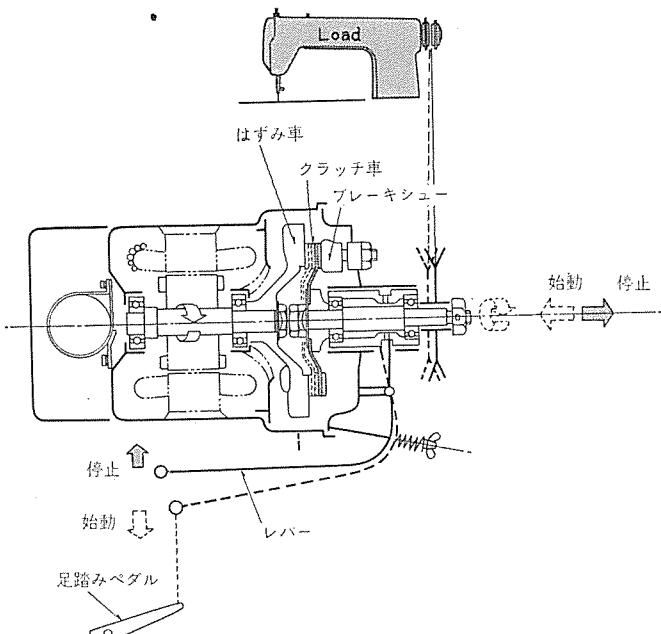


図 2.2 クラッチモータの構造原理
Schematic sketch of clutch motor.

表 2.1 足踏みペダル（クラッチレバー）の使い勝手の評価
Estimation chart of the treadle touch.

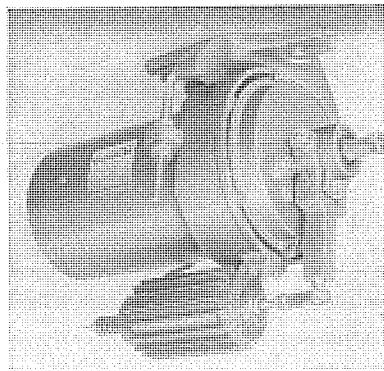


図 2.3 電磁操作式 クラッチモータ
Solenoid operated clutch motor

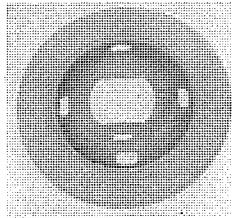


図 2.4 当社 クラッチ板焼結コルク板鋼板心
Mitsubishi type clutch disc.

作業能率と疲労の両面よりペダルストロークは 6~9 mm, ペダル操作力は一般的には 4.5~1.5 kg が最適で、なれた作業者はブレーキ用戻しへを弱くして 1.5 kg 以下で使用している。

ペダル操作を電磁石などの動力で行なうことは、一般的な縫製作業では半クラッチ、ニュートラルなどの途中半端な運転があり不向きであるが、専用ミシンの分野では能率向上、作業者の疲労軽減に著しい効果がある。(図 2.3)

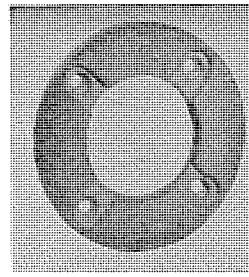
2.2 据付け・保守の省力

工業用ミシンの高速化は、もっとも一般的な本縫いミシンで 6,000 rpm, オーバーロックミシンでは 8,000 rpm にも達しており、当然 V ベルトの張力調整は機械の性能に重大な影響を与えるので、ベルトの張力調整は据付け時のみならず使用中にも調整を必要とする。したがって最近のクラッチモータはすべてベルト張力を調整できる取付け足を組んでいるので、ベルト張力調整の手間が少なくなっている。

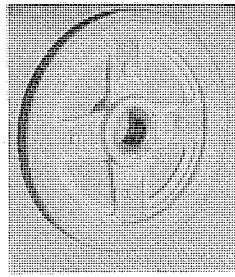
また、高ひん(頻)度の始動停止にともなうクラッチ板の消耗とクラッチ板の交換は、遠隔地にあるユーザに対するミシン販売店のサービスの手間、人手の問題、また規模の大きい縫製工場における保守要員の不足などにより、クラッチ板の寿命を従来にも増して重視する傾向にもなってきた。一般にクラッチ板の材質はコルクが主力であるが、アスベスト・焼結コルクなどの高密度の長寿命摩擦材料を使用したクラッチモータも、当社以外に海外のクラッチモータにもいくつか見受けられる。

図 2.4 は当社のミシン用クラッチモータのクラッチ板、図 2.5 は各社のクラッチ板で、(a)(b) は交換性がすぐれており消耗の激しいクラッチ板では必ず(須)の構造である。(c) は当社品と同様に始動停止性能をねらった低慣性クラッチ板で長寿命クラッチ板を使用する必要がある。(d) は(c) と同様にクラッチ板の裏表いずれの面でも組換え使用できる経済的クラッチ車である。その他クラッチ板特有の鳴き音対策のため心金を薄い波形ばねにしたり、クラッチ板に各種のみぞ(溝)を入れたり、特性の異なるクラッチ材からなるコンビネーション形まで出現している。

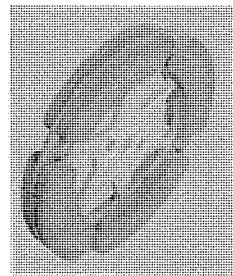
次にモータに付着・侵入する風綿は毛布やタオル関係の縫製では予想外に多く、モータの過熱、風綿の焦付きなど火災の危険をはらむた



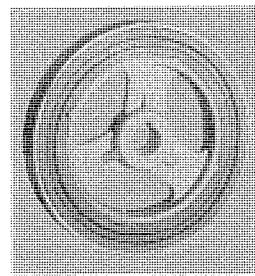
(a) P社(はずみ車にねじ止め)コルク板



(b) W社(独)(クラッチ車ねじ止め)アスペスト板



(c) S社(米)(両面対称クラッチ板)コルクセメント板、アルミ心板



(d) A社(米)(両面対称クラッチ板)“DUO-cone”(両面凹凸溝付きコルク板)

図 2.5 各社 クラッチ板の構造例
Examples of clutch disc.

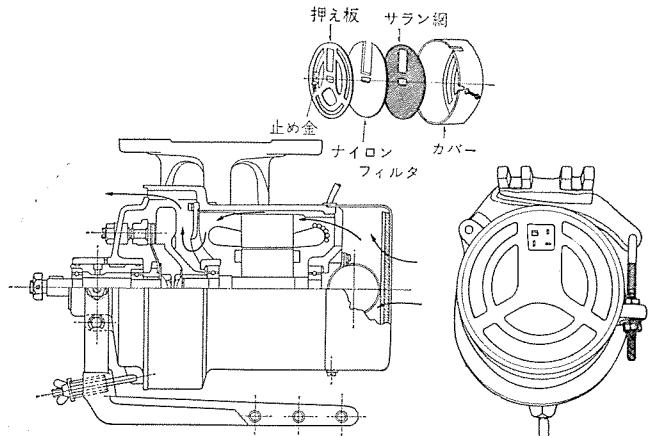


図 2.6 三菱 クラッチモータの通風構造(防じん形)
Ventilation system of Mitsubishi clutch motor “Lint proof”.

め定期的清掃が必要である。しかしモータ内部に侵入した風綿の除去はユーザ側では不可能に近く、この対策にモータを全閉構造にする方法が採用されているが、風音・冷却性能の点で開放形モータに劣るため、小容量機種や家庭内職的需要の多い単相クラッチモータでは採用し難い面がある。これに対して当社では全機種フィルタ付きの防じん(塵)形構造を採用しているため、モータ内部への風綿の侵入はほとんどなく実用上全閉構造となんらそん(遙)色なく、また冷却性能・騒音においては開放形以上にすぐれており、クラッチモータとしては理想的通風構造となっており、単なる保守の省力化にとどまらない効果をもっている。(図 2.6)

2.3 快適な作業環境

縫製作業は室内工業的色彩が強く、最近でも奥様の家庭内職として工業用ミシンが家庭に持込まれる場合が非常に多い。

ここでクラッチモータとして問題になるのは、性能とか能率というポジティブな面よりは、振動・騒音・クラッチ鳴き音・におい・排気などのネガティブな面での性能が問われることが多い。

そのため国産のクラッチモータは、振動・騒音については 2 極クラ

ッヂモータでも高速回転というハンディをもちながら、一般のはん(汎)用モータや海外のクラッチモータに比べて著しくすぐれている。

クラッチ鳴き音の発生はいろいろなケースがあるが、比較的多いものにVベルトのスリップがある。これはベルトの伝達トルクよりもクラッチトルクが大きいことによるもので、ミシンの始動時に「キュー」という鳴き音を発生するが、この防止にはベルト張力の調整と、これに見合うペダル操作がもっとも有効な処置となる。

また鳴き音のある種類のものについては、クラッチ板にみぞを切ることも効果的である。その他現場的応急処置などいろいろあるが、いずれも絶対的なものはなく今後の研究課題である。

最近発表された米国S社のダイレクトドライブモータは、ベルトもクラッチもなくミシンに直接ビルトインされているため、この点でおもしろい効果が期待できそうだ。

クラッチモータの排気は設計を誤ると、女子作業者にとって深刻な問題となる。工業用ミシンの場合モータは作業者のひざ先にあり、この排気が作業者のひざに当たると、冬には寒風、夏には熱風となって作業者を苦しめることになる。したがって当社は図2.6に示すとく一貫してクラッチモータの通風を作業者のひざ先側の反ブリ側より吸気し、ブリ側へ排気する方式を採用してきた。この方式はモータ自身の冷却性能の面でも熱に弱いモータ電気部分を先に冷却してから、熱に強いクラッチ部分を冷却するという具合にクラッチモータに對して最適である。

3. 可変速度クラッチモータ

目まぐるしく変わるファッションに縫製工場では、毎日のようにデザインや素材が変わることで、素材や縫い個所によってはミシンの運転速度の調整が必要であるが、実際にはモータブリの取換えの手数や面倒さから不合理な速度でミシンを運転している。

可変速度クラッチモータは、このような背景から要求されるようになってきたもので、ダイヤルの操作一つでミシンの回転を臨機応変に変更できるメリットをもつ。図3.1はSCR制御による国産第1号の可変速度クラッチモータ(当社製)で、モータ部には回転子軸の速度を検出する指速発電機が設けられ、制御盤のダイヤルで設定された速度に対する指速発電機の負帰還量の過不足に対して、SCR制御素子によりモータの一次電圧を制御する閉ループ形の本格的速度制御方式を採用している。図3.2は可変速度クラッチモータの断面構造であるが、速度調整範囲が大きいときは強制通風をすると、直流モータを使用するなどの必要があるが、前述のような使用目的では、せいぜい10:6程度の变速幅で十分で、クラッチ車に冷却用の羽根を追加する

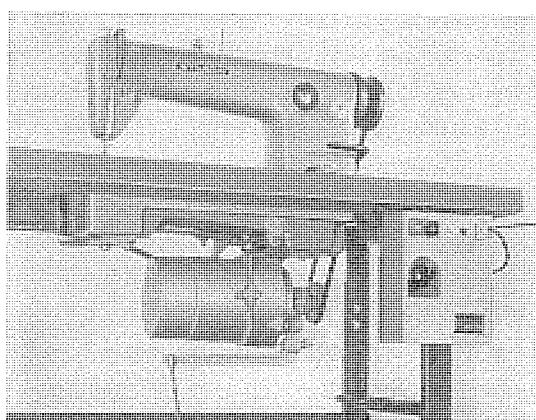


図3.1 可変速度クラッチモータ
Speed controlled clutch motor.

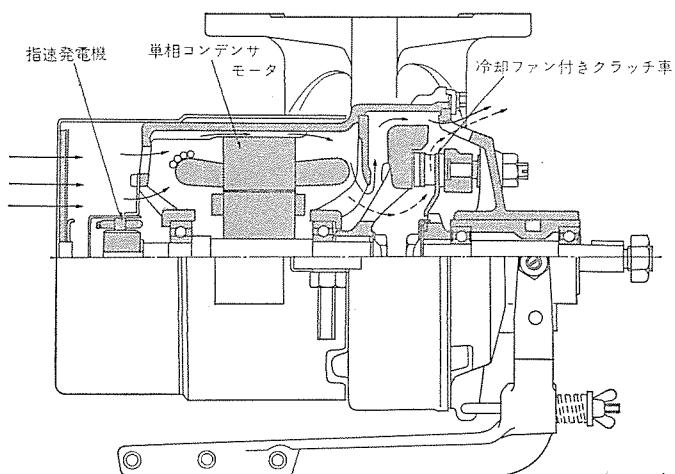


図3.2 可変速度クラッチモータ断面構造
Sectional construction of speed controlled clutch motor

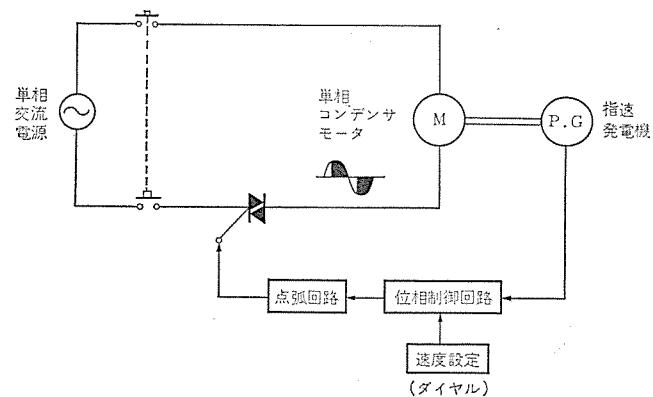


図3.3 制御原理(単相モータ)
Block diagram of speed control circuit.

程度の通風強化で比較的安価な可変速クラッチモータが得られる。図3.3は制御原理で双方向性サイリスタにモータの一次電圧を制御している。

4. 特殊クラッチモータおよびミシン専用モータ

工業ミシンをはじめとして織機・編機、その他準備機械などの織維機械には織維の性格上、半クラッチ操作、始動停止の応答性、などの問題でクラッチモータを使用する傾向があるが、いずれもスピードアップ・性能向上・自動化といふ発想には共通のものがある。

4.1 編機用2段速度クラッチモータ

糸の種類、編み組織の種類によりモータの速度を高低2段に切換えて使用するほかに、始動時には手動により半クラッチ操作をして機械の調子や糸のかかり具合を確認する、また糸切れ時には急停止させるなどの機能がある。(図4.1)

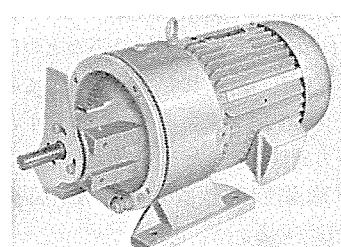


図4.1 編機用クラッチモータ
Clutch motor for knitting machine.

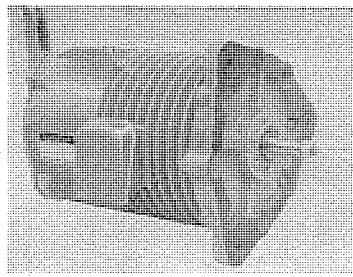


図 4.2 自動織機用クラッチモータ
Clutch motor for loom.

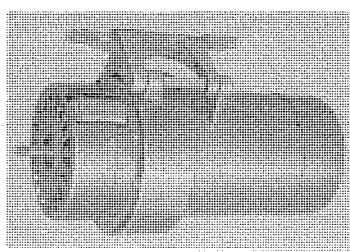


図 4.3 高ひん度電磁操作式
クラッチモータ
Solenoid operated clutch motor
for high duty.

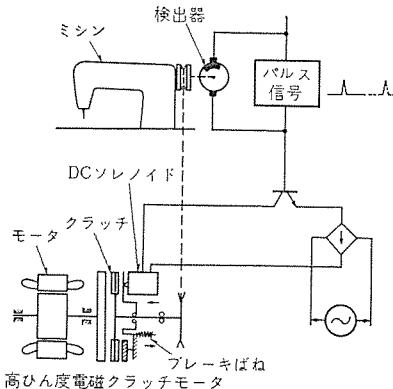


図 4.4 高ひん度電磁 クラッチモータ
による駆動系
Driving system of solenoid operated
clutch motor.

Driving system of solenoid operated
clutch motor.

4.2 自動織機用クラッチモータ

織りむらを作らないよう急始動・急停止が必要、また糸切れ時に機械の位置を手動によるインチングで補正する必要がある、また機械のピートルクを平滑化して速度の安定化を行なうため大きなフライホイールが必要など、非常に過酷な運転を強いられるため強固な機械構造になっている。(図 4.2)

4.3 高ひん(頻)度電磁クラッチモータ

パルス信号により動いている加工物の所定個所を、1針ずつ縫うような用途に開発されたもので、約0.1sで1針縫って所定位置に停止できる高ひん(頻)度高性能電磁操作式クラッチモータである。(図 4.3)

図 4.4 は、これを使用したミシンの駆動系を示したものであるが、パルス信号が出るとソレノイドが付勢し、クラッチが連結してミシンが回転する。そしてちょうど1回転すると、検出器によりソレノイドが切れ、ブレーキばねによりクラッチがしゃ(遮)断し、ブレーキがかかってミシンが所定の針位置で停止する。

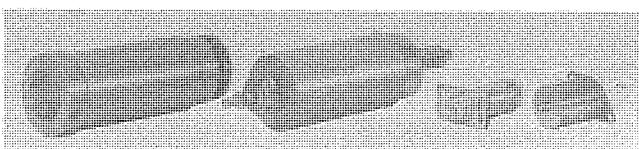
このようにパルス信号で動作を繰返し、ミシンを1回転ずつ断続的に駆動する。

4.4 ミシン専用モータ

ボタン付きミシン、かんぬき(門)止めミシンなどのサイクル縫いミシンでは、ミシン自体にクラッチブレーキ機構があるなどの理由でん(汎)用モータが使用されているが、これもミシン用として専用化される傾向にあり、照明用 6 V タップ内蔵、クラッチモーターボリとの互換性、防振形構造、ベルト張力調整台付きなどミシン駆動システムとしてクラッチモータとの共通性・融通性が必要になってきた。図 4.5 はミシン専用モータの一例を示している。

表 5.1 工業ミシン用動力源の種類と得失
Comparing list of power sources and actuators for sewing machine.

動力の種類	電気動力	流体圧動力
動力源の設置	◎ 不要(配電設備のみで可)	× 要(圧縮ポンプ、コンプ)
動力系統の数	◎ 電気1系統のみ	× 電気系統+流体圧系統 (2系統)
移動性	◎	△ 配管設置のため
負荷の追加性	◎	△ 流体圧源の容量に制限される
耐震性	◎	△ 配管に問題あり
清潔性	◎	△ 油もれ、水分付着
遠隔操作性	◎	△
耐環境性	○	△ (風、湿気)弱い)
操作部のコンパクト性	△	◎
可動部の重量、慣性	△	○
装置全体の大きさ	◎ (小さい)	△ (大きい)
動力装置の種類	交流ソレノイド	直流ソレノイド エアシリンダ 油圧シリンダ
操作力	△	○ ○ ○
ストローク	○	△ ○ ○
応答性	◎	△ ○ ○
制御回路のコスト	◎(安価)	○ △(電磁弁含む) ×(電磁弁含む)
寿命	△	○ ○ ○
ショック、騒音	×(吸引時のショック)	△(吸引時のショック) △(排気音、コック) ○(ポンプモード)
故障	×(コイル焼損)	△(バッキン) ○(ドレーン) ○(油もれ)
トータルコスト	◎(安価)	○ △ ×(高価)
その他の	完全に吸引させて使用する必要あり	吸引時の遅れ防止、しゃ断方法に考慮が必要 直線運動動力としてはミシンに適している。管理に難点がある



左より押え上げ用、クラッチレバー操作用、安全ストップ用、糸切り操作用の各種ソレノイド

図 5.1 ミシン用各種直流ソレノイド
DC magnetic solenoids for sewing machines.

5. 各種ソレノイド

ミシンの省力化・自動化に欠くことのできない動力源として各種の操作用電磁石がある。これらは糸切りメスの駆動・押え上げ・クラッチレバー操作・返し縫いレバー操作・スタッカ・ピッカなどに使われる。同時にこれらは所定のシーケンス回路の指令どおりに正確に動作しなければならない。以下特に工業ミシン用として開発された直流ソレノイドおよびその駆動回路について説明する。

表 5.1 に工業用ミシンの動力源としての電気動力とエア、油圧などの流体圧動力との得失をまとめたが、今後は直流パワー回路の半導体化による直流ソレノイドの自由な制御、およびそのメンテナンスフリー性、電気動力一本建による工場レイアウトの容易性などの大きなメリットにより、直流ソレノイドの重要性が増すものと見込まれる。

5.1 直流ソレノイドの吸引力-ストローク特性

ソレノイドの吸引力は、励磁アンペアーテンの二乗と吸引面積の積に比例し、空げき(隙)長さをもつてストロークの二乗に反比例する。

したがって、ストロークの長いソレノイドは比較的大形にならざるを

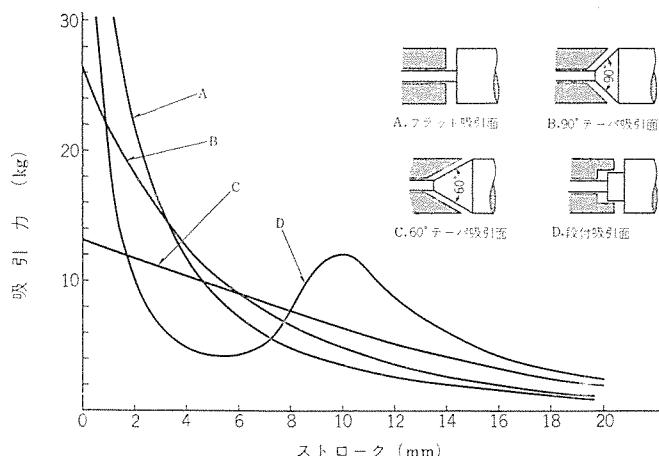


図 5.2 鉄心形状による吸引力-ストローク特性
Pull-stroke characteristics owing to the shape of core.

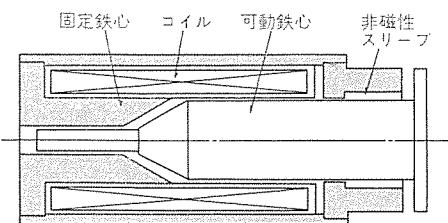


図 5.3 直流ソレノイドの構造断面
Cross-section of DC electromagnet.

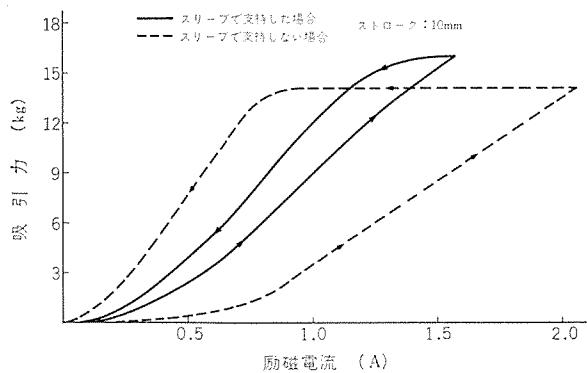


図 5.4 可動鉄心の支持方法によるソレノイドのヒステリシス特性
Hysteresis characteristics of electromagnet owing to supporting method of movable core.

得ないが、鉄心の吸引面の形状によってストロークを大きくすることができる。

図 5.2 は当社で実験した各種の吸引面形状による吸引力-ストローク特性を示すものである。

また、可動鉄心を固定鉄心のしゅう(摺)動面に対し、円周上均一な空げきになるように支持することが必要である。図 5.3 に、当社のミシン押え上げ用ソレノイドの構造を示すが、可動鉄心のしゅう動部を非磁性体の薄肉スリーブで支持している。このようにすると、吸引力-ストローク特性ばかりではなく、吸引力のヒステリシスが小さくなり応答性が大幅に向向上する。図 5.4 はこの吸引力のヒステリシス特性を比較したものである。

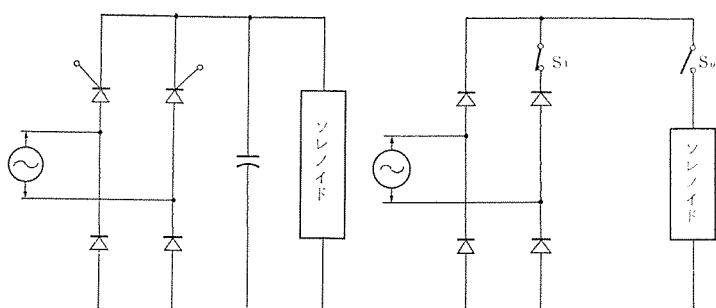


図 5.5 ソレノイドのシリスタスイッチング回路
Thyristor-switching circuit of electromagnet.

Thyristor-switching circuit of electromagnet.
Control circuit of electromagnet by full wave and half wave rectification.

5.2 直流ソレノイドの駆動回路

(1) スイッチング回路

直流ソレノイドの制御においてもっとも困難な問題は、スイッチング特にしゃ断方法である。直流でしかも大きなインダクタンスを含むコイルを高速度でしゃ断すれば、当然大きなアーカやサーチが発生し、接点や素子を破損することもある。

特に 200 V 級になると、有接点スイッチやトランジスタ等では困難で、高逆耐圧特性のサイリスタで行なう必要もあるが、従来のチョッパ方式では回路が複雑で高価である。図 5.5 は、当社で行なっている直流電源を兼ねた簡単で安価なサイリスタスイッチング回路である。

(2) 励磁方法

直流ソレノイドを高速度で動作するときや、始動時の負荷が大きい場合等に、始動時は高電圧を印加して、吸引完了後はソレノイドの過熱を防ぐため、低電圧で保持するような方法が取られる。

この方法として従来から、トランジスタにより高・低 2 種類の電圧を用意したり、吸引後抵抗により減圧したり、またコンデンサにより始動時だけ昇圧する等の手段がとられている。

また、一般に直流電源は交流を整流して得ることから、始動時は全波整流で、保持時は半波整流で励磁する方法も考えられる。

図 5.6 は、当社で行なっている例で、ソレノイドが吸引するとスイッチ S_1 を開いて全波を半波に切換えるもので、余分な部品や、熱損失もなく、しゃ断においても有利である等の利点がある。

6. むすび

以上、ミシン用電動応用機として各種クラッチモータおよび直流ソレノイドなどの概要を紹介したが、ミシンの省力化・自動化が進むにつれ、現在他産業で使用されている、低慣性可変速モータ、ブレーキモータ、パルスモータなどの電気動力源も必要となってくると考えられるが、ここでは割愛した。逆にここで紹介した製品は、ミシン以外にも、小形工作機械・一般産業用機械にもその用途が開けつつある。

(昭和 47-8-24 受付)

参考文献

- (1) 梶谷、横山：新形クラッチモータ、三菱電機技報、40, No. 6, (昭 41)

縫製工場における空気清浄装置

斎藤 寛*・荒木 義起*

Air Purifiers in Sewing Factories

Wakayama Works Hiroshi SAITO・Yoshiki ARAKI

One of the basic problems to improve the environment in sewing factories is purification of air. The effect of air conditioning is multiplied when the air purification is made simultaneously. Air purifiers are constructionally divided into a mechanical type and an electrical one and into a rough dust use and a fine dust one from the viewpoint of the performance. However, high dust removing power is not everything in the selection of the device. The kind of dust and the cleanliness of air called for in the plant are to be taken into consideration in the determination of the type of the machine. Based on this purpose, how to decide the purification of ventilating air in the sewing factories, the kind of air purifiers, their construction and performance and their design is described herein.

1. まえがき

昨今大方の縫製工場の施設面で最も遅れているものの一つは、作業場の環境浄化施設である。織布が裁断され衣服の形をととのえてゆく過程において、大小の纖維くずやじんあいが至るところで作業場内に飛散している。作業者達にとって決して快適な作業環境とはいえないはずである。試みに作業場内に設置されているパッケージ形エアコンの前パネルをはずしてフィルタを見ると、纖維くずがびっしり固着して指先でははがれないほどになっている場合が多い。さらにフィルタをはずして熱交換器をみれば、フィンコイルには細かい纖維質のじんあいが付着たい(堆)積して、冷房機の熱交換作用をさまたげている。このような場合は、冷房であれば風量が半減して冷房がきかない状態になっている。したがって、冷房機を運転しながら窓を開けているといった不合理な例も散見される次第である。冷暖房施設も環境改善の有力な武器ではあるが、その施設をフルに効果的に活用するためには、まず作業場内の空気浄化がわざらわしいメンテナンスなしで遂行される必要がある。とかくフィルタというものは清掃交換ひん(頻)度が多くなるほど、また交換作業がわざらわしいほど保守がおろそかになりがちなものである。

縫製工場で発生する纖維質のじんあいは、目視できる大きさのものから肉眼では識別できないミクロン単位のものまで広範囲に含まれている。前者は作業環境の不潔感を覚えさせるとともに縫製機械の機能を損じたり、冷暖房機の能力低下をもたらす原因となる。また後者は作業者の呼吸作用によって、肺内に吸込まれ、衛生上種々の問題をじゃっ(惹)起する原因になる。このような観点から縫製工場の空気浄化施設について述べる。

2. 縫製工場の空気浄化

縫製工場の空気浄化を考える場合、次の事項をよく検討する必要がある。

(1) 纖維質のじんあいの大きさは数 mm から数 μ の広範囲である。

これは空気清浄装置の選定に際して判断基準になる。一般には粗じん用と細じん用の2種類のエアフィルタを直列に配置した方が、細じん用 フィルタ1種類のみを設置するよりランニングコストが安くなる場

合が多い。ミクロン単位のじんあいを効率よく捕集する高級な空気清浄装置は必ずしも万能ではなく、むしろこれをじょうずに使いこなす方法の研究がたいせつである。

(2) 作業場内の換気気流は上方から下方へ流すこと。

纖維質のじんあいは比較的軽いので発生源で舞い上り長時間空間を浮遊する。このことは作業中には作業場内の見通しが悪くなり、不潔感をともなうとともに作業終了後機械設備類を清掃しておいても、翌朝作業開始前にはこれらの上にうっすらと微細なじんあいが付着することになる。したがって換気気流は、じんあいの舞い上りを抑え、作業場内ふん(霧)囲気の清浄度を向上するためにも上から下へ流すべきである。

(3) 所定の換気系統以外からの外気の侵入はしゃ断すること。

作業場内の温湿度を常時適当な範囲に維持することは布地のためにも縫製作業のためにも、さらに作業者の衛生面からも必要なことであり、今後ますます空調実施の機運は盛り上ってくるものと考えられる。その場合建物のすき間からの空気の出入は空調効果の阻害要因であるから、すき間は最小限に止める配慮が必要であるが、一方作業場内のふん囲気清浄度を適正に維持する場合にもすき間の存在は好ましくない。

(4) 換気回数は空調的見地からのみ決定すべきでない。

従来は換気回数は空調を主体に決定され、それによって空調機の容量が選定されていたが、今後、空気清浄化に取り組もうとするならば、作業場内のふん囲気清浄度を発じん量との関係からどの程度に抑えるべきかという点に着目して、空調主体の換気回数を見直すべきである。これは空調主体の換気回数は、ふん囲気清浄度を基準とした換気回数より少なくなるのが通例であるからである。

(5) 作業場内の環境浄化が外部の発じん公害を誘引しないこと。

往時の紡績工場には、どこにでもじん突(煙突ではない)という大きな赤レンガの塔があり、混打綿処理工程での綿じんをこの塔で処理していたが、除じん技術の幼稚な時代には相当量の綿じんがここから大気に放散されていた。このことは煙突についてもいえるが、今後はこのような公害発じんに対する規制がますますきびしくなることは必定である。端的にいえば、発じん源をもつ作業場内のふん囲気清浄度を向上させようと思えば、室内風速を許容限度まで上げ、換気回数を増せばよいが、上述のようにそのままでは周辺地域に対

する発じん公害にもなりかねない。したがって空調のない場合でも、換気は空気清浄装置でじんあいを除去してから大気に放出してやらねばならない時代になってきたのである。

(6) 保守に手間のかからない空気清浄装置を選ぶこと。

空気清浄装置は本来がゴミ取機械であるから装置そのものが、よどることとは当然である。したがって定期的な保守が必ず必要である。使いやすい空気清浄装置は、定期的保守の周期が長いとともに保守作業自体が簡単なものをいい、この二つの条件を満足するものでなければだめであるということを念頭に置くべきである。

3. 空気清浄装置の種類と使い方

縫製工場におけるふん団気浄化は当面は除じんが主体である。負イオンの欠乏とか脱臭の問題もあるが、これは必要に応じて解決すればよく、またその要求に答える装置がすでに市販されている。

空気清浄装置にも性能面・取扱い面・価格面からみてピンからキリまであり、その使い方のじょうずへたにも大きな相違がある。当社では幸いにも各種の空調用空気清浄装置を製作しているので、これを例にとってその種類と仕様を説明する。表3.1は現在当社が製作している大形空気清浄装置の一覧表である。

3.1 FV形(縦形)ロールフィルタ

FV形ロールフィルタはナイロン繊維不織布の新ろ(濾)材をロール状に巻いて、外被わく(枠)上部の収納箱にそう入し、ろ材の集じん面が汚染されると自動的に駆動装置が働いて、汚染ろ材が外被わく下部に巻取られ、上部より新しいろ材が出てくる自動巻取式エアフィルタである。

図3.1, 表3.2に外観と仕様を示す。

表3.1 機種一覧
List of machine types.

機種名	要素	風速(m/s)		集じん率(%)		処理風量 (m ³ /min)	空気抵抗(mmAq)		最適捕集じんあい粒子径(μ)	最適捕集じんあい濃度(mg/m ³)	備考
		装置通過風速	ろ材通過風速(面速)	比色法	AFI重量法		初期	終期			
CC-F形 クリネヤ	電気集じん器	3.9	—	90	—	56~800	9	9	0.1~20	5以下	キャビネット形
CG-F形 クリネヤ	電気集じん器	3.9	—	90	—	530~2,670	6	6	0.1~20	5以下	普通形
CH-F形 クリネヤ	電気集じん器	3.9	—	90	—	530~6,410	6	6	0.1~20	5以下	洗浄管走行形
CA-F形 クリネヤ	電気集じん器	3.9	—	90	—	47~800	9	9	0.1~20	5以下	当社エアハンドリングユニット直結用
FD-B形 静電誘電 フィルタ	誘電体フィルタ (FX-2800)	2.75	0.85	90	—	85~1,120	4	20	0.3~30	10以下	微じん高集じん率用 ビル工場などの一般空調用
FZ-B形 ジグザグ フィルタ	不織布フィルタ (FP-5605)	3.2	1.0	42	95	100~1,280	12	20	1~50	10以下	微じん用 ビル工場などの一般空調用 高性能フィルタ用
FZ-B形 ジグザグ フィルタ	不織布フィルタ (FP-5405)	4.8	1.5	24	88	145~1,920	6.2	16	3~50	10以下	一般じんあい用 ビル、工場などの一般空調用
FZ-B形 ジグザグ フィルタ	不織布フィルタ (FP-5205)	6.4	2.0	20	80	195~2,560	5.1	12	3~50	15以下	電気集じん器のプレフィルタ用
FV形ロール フィルタ	不織布フィルタ (FG-2105)	2.5	2.5	18	77	130~2,874	4	12	3~50	15以下	一般じんあい用 ビル、工場などの一般空調用
FV形ロール フィルタ	不織布フィルタ (FG-2605)	2.5	2.5	20	81	130~2,874	6.5	15	3~50	10以下	電気集じん器などのプレフィルタ用
FW形ロール フィルタ	不織布フィルタ (FG-2105)	2.5	2.5	18	77	47~800	4	12	3~50	15以下	当社エアハンドリング ユニット直結用

表3.2 FV形ロールフィルタ仕様
Specification of type FV roll filter.

外装		銀		ダクトわく組方式	
				マンセル N 7/0	
処理風量		130~2,874 m ³ /min (風速 2.5 m/s のとき) 143種類			
外形寸法		A形=1,040 mm, B形=1,440 mm, C形=1,840 mm (組合せで 11種類)			
高さ		1,600~4,600 mm (250 mm とび) 13種類			
奥行		680 mm			
運動可能台数		3台以下			
気流方向		ろ材保持側上流 (上部新ろ材)			
処理空気温度		70°C 以下			
風速		1.5~3.5 m/s			
性能	集じん率	76~78% 油付で 87~90% (風速 2.5 m/s AFI重量法)			
	初期抵抗	4 mmAq, 油付で 5 mmAq (風速 2.5 m/s)			
ろ材	収じん容量	550 g/m ² 油付で 400 g/m ² (風速 2.5 m/s 使用最終抵抗 12 mmAq)		ナイロン繊維不織布 (密度こう配形)	
	材質				
ろ材	更新幅(1回回り)	100 mm			
	更新サイクル	3, 4, 6, 8, 12, 16, 24, 48 時間			
	洗浄可能回数	3~8回 (標準5回)			
	1回の寿命	数か月			
制御箱	電源	3相 AC 200/220V 50/60Hz, 220V 60Hz			
	消費電力	210 W			
	タイマー	TU-16H形(ダイヤル式)			
	微差圧計	マノスター 0~30 mmAq±0.5%			
	操作スイッチ	電源スイッチ, 自動-手動切換スイッチ			
駆動装置	表示ランプ	電源表示ランプ(緑), ろ材巻終表示ランプ(赤)			
	電動機	SF-ER形 3相 200V 50/60Hz 200W 4P			
	減速	ウォーム 2段減速 減速比 1/800			

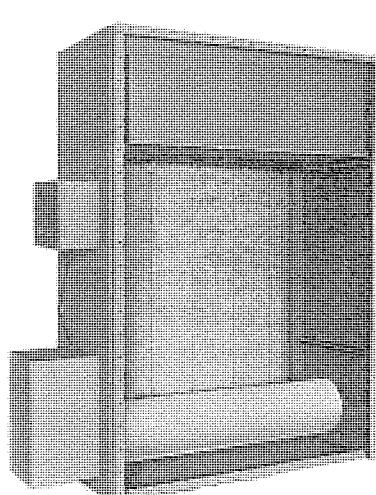


図3.1 FV形ロールフィルタ外観
Type FV roll filter.

表 3.3 FW 形ロールフィルタ仕様
Specification of type FW roll filter.

形名	FW-50	FW-70	FW-100	FW-150	FW-200	FW-300	FW-400	FW-500	FW-650	FW-800
外観										
処理風量 (m³/min)	47	75	110	160	225	310	400	500	665	800
外形寸法・気流方向										
外形図参照										
処理空気温度										
風速										
性能										
初期抵抗										
収じん容量										
材質										
更新幅 (1回当り)										
更新サイクル										
洗浄可能回数										
1回の寿命										
電源										
消費電力										
タイマー										
微差圧計										
操作スイッチ										
表示ランプ										
駆動装置										
電動機										
減速機										
重量 (kg)	160	160	200	200	220	230	235	260	305	390

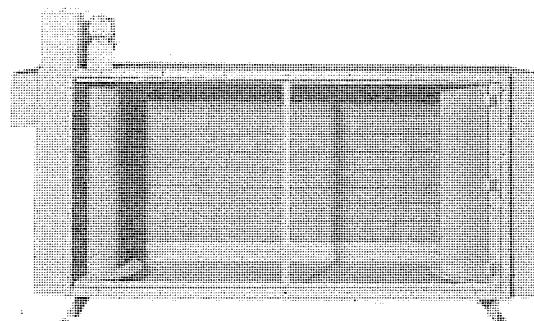


図 3.2 FW 形ロールフィルタ外観
Type FW roll filter.

3.2 FW 形(横形)ロールフィルタ

FW 形ロールフィルタの機能は FV 形と全く同一で、相違点はろ材の巻取り方法が、FV 形が上から下へ巻取るのに対し、FW 形は右から左へ(または左から右へ)横方向に巻取ることである。図 3.2, 表 3.3 に外観と仕様を示す。

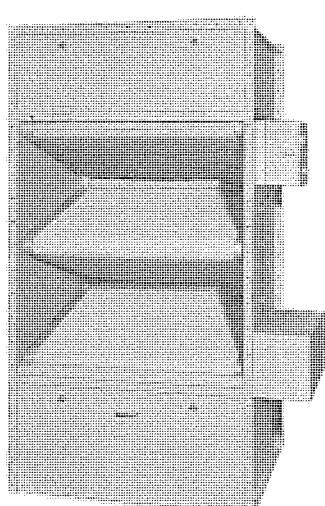


図 3.3 FZ-B 形ジグザグフィルタ外観
Type FZ-B zigzag filter.

3.3 FZ-B 形ジグザグフィルタ

FZ-B 形ジグザグフィルタは、空気ろ過面をジグザグ形に配置した自動送り式エアフィルタである。新しいろ材は折りたたんで上部ろ材箱に収めてあり、ろ材の集じん面が汚染されると自動的に駆動装置が働き、チーンによる特殊移送装置によって、汚染ろ材は下部のろ材受箱に送り込まれる。図 3.3, 表 3.4 に外観・仕様を示す。

3.4 FD-B 形静電誘電フィルタ

FD-B 形静電誘電フィルタは、FZ-B 形ジグザグフィルタに放電部(ろ材に直流高電圧を印加するための装置で、ろ材流入面に取付けてある)と、直流高電圧発生装置(制御盤内蔵)を付加した自動送り式静電誘電フィルタである。

本機は、電気集じん器の高集じん率と FZ-B 形フィルタの長時間ノーサービスで連続運転可能の両特長を兼備した、現在最も理想的な空気清浄装置である。その集じん機構は、図 3.4 に示すとおりで、荷電部と集じん部よりなり、荷電部は放電線と金網で構成されている。放電線には直流 12kV を印加して金網との間に電離領域を形成

表 3.4 FZ-B 形ジグザグフィルタ仕様
Specification of type FZ-B zigzag filter.

外観	ダクトわく組方式
塗装色	マンセル N 7/0
基本形外形寸法	幅 1,120, 1,320, 1,720 mm 3 種類 高さ 1,590, 2,140, 2,690, 3,240 mm 4 種類 奥行 910 mm
2連形外形寸法	幅 2,240, 2,440, 2,640, 2,840, 3,040, 3,440 mm 6 種類 高さ 1,590, 2,140, 2,690, 3,240 mm 4 種類 奥行 910 mm
気流方向	水平
性 能	処理風量 195~2,560 m³/min 集じん率 70~95 % 初期抵抗 5 mmAq 運転上限抵抗 20 mmAq
ろ材	材質 合成樹脂繊維不織布(密度こう配形) 形式名 FP-5205, FP-5405, FP-5605 3 種類 更新サイクル 3, 4, 6, 8, 12, 16, 24, 48 時間 更新幅 (1回当り) 0~1,500 mm(連続調整可)
卷取制御装置(タイヤ式)	電源 3 相 AC 200/220 V 50/60 Hz, 220 V 60 Hz 消費電力 250 W タイマー TU-16 H 形(ダイヤル式) 微差圧計 マノスター 0~30 mmAq±0.5 % 操作スイッチ 電源スイッチ、自動巻取り切換スイッチ 表示ランプ 電源表示ランプ(緑)、ろ材巻終表示ランプ(赤)
駆動装置	電動機 SF-ER 形 3 相 200 50/60 Hz 200 W 4 P 減速機 ウォーム 2段減速、減速比 1/800

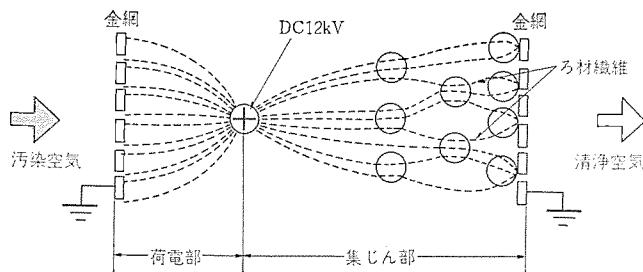


図 3.4 静電誘電フィルタ集じん機構
Mechanism of static induction filter dust collector.

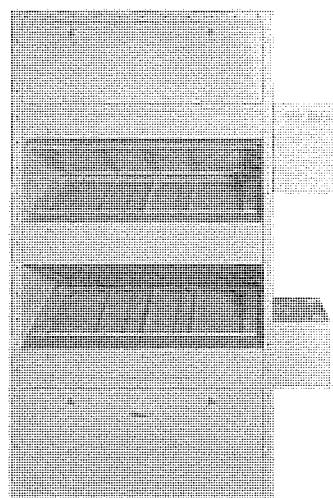


図 3.5 FD-B 形静電誘電フィルタ外観
Type FD-B static induction filter.

し、空気中のじんあいはここを通過するときに荷電され、風の流れによって集じん部に送られる。集じん部は放電線、金網およびそれらの間に配置された誘電体ろ材から構成されている。そして電界下に置かれたろ材内では、ろ材繊維に集中する電界が形成され、荷電されたじんあいがこのろ材内に入ってくると、電界の作用によりろ材繊維に向って進み付着集じんされる。図 3.5、表 3.5 に外観・仕様を示す。

3.5 クリネヤ (2段荷電形電気集じん器)

クリネヤは、直流高電圧による放電および電気力を利用して集じん

表 3.5 FD-B 形静電誘電フィルタ仕様
Specification of type FD-B static induction filter.

外 装 色		グクトわく組方式	
塗装		マンセル N 7/0	
基本外形寸法		1,120, 1,320, 1,720 mm 3種類	
高さ		1,590, 2,140, 2,690, 3,240 mm 4種類	
奥行		910 mm	
2連形外形寸法		2,240, 2,440, 2,640, 2,840, 3,040, 3,440 mm 6種類	
高さ		1,590, 2,140, 2,690, 3,240 mm 4種類	
奥行		910 mm	
気流方 向		水 平	
性能		85~1,120 m³/min 36種類	
處理風量		150~2,000 m³/min 36種類	
有効ダクト風速		2.57 m/s	
集じん率(比色法)		5 m/s	
初期抵抗		90%	
運転上限抵抗		70%	
ろ材質		4 mmAq	
更新サイクル		10 mmAq	
更新幅(1回当たり)		20 mmAq	
印加電圧		合成樹脂繊維不織布(密度こうじょう) FX-2800	
直流高電圧電源		3.4, 6, 8, 12, 16, 24, 48時間	
高電圧発生方式		0~1,500 mm(連続調整可)	
負荷調整方式		DC+12 kV	
短絡保護方式		シリコン整流器による全波倍電圧整流	
電源		双方向性制御素子(SSS)	
消費電力		双方向性制御素子(SSS)	
卷取り制御装置(タイム式)		3 相 AC 200 V 50/60 Hz, 220 V 60 Hz	
タイマー		250 W~650 W	
微差圧計		TU-16 H 形(ダイヤル式)	
操作スイッチ		マノスター 0~30 mmAq	
表示ランプ		電源スイッチ、荷電スイッチ、自動-巻取り切換えスイッチ	
駆動装置		電源ランプ、巻終ランプ、荷電ランプ、短絡ランプ	
電動機		SF-ER 形 200 W 200 V 3相 4p	
減速機		ウォーム 2段減速、減速比 1/800	

(形名表示例) C C-F 27

處理風量(単位 10)
集じんユニット名
キャビネットの C
クリネヤの C

表 3.6 CC-F 形クリネヤ仕様
Specification of type CC-F CLEANAIR.

項目	CC-F 06	CC-F 09	CC-F 12	CC-F 18	CC-F 27	CC-F 36	CC-F 43	CC-F 54	CC-F 60	CC-F 80
保証集じん率(%)	95	85	90	85	90	85	90	85	90	85
最大処理風量(m³/min)	56	66	89	104	112	132	178	208	267	312
空気抵抗(mmAq)	9	12	9	12	9	12	9	12	9	12
適応室内容積(m³)	990	1,560	1,980	3,120	4,680	6,240	7,650	9,360	10,620	14,040
据付け方法	床置									
気流方向	水 平									
給水圧力(kg/cm²)	1.5~3 kg/cm²(標準 2 kg/cm²)									
洗浄時間	5 分									
洗浄水給水口	3/4 エルボ				1 エルボ	1 1/4 エルボ				1 1/2 エルボ
排水水口	3/4 B	1 B	1 1/4 B		2 B		2 1/2 B		3 B	
制御盤(電源部内蔵)	AC 200 V 50/60 Hz, 220 V 60 Hz									
	集じん部電圧 DC 5,000 V 電離部電圧 DC 10,000 V									
	シリコン整流器									
	可飽和リアクトル									
	正常集じん 表示灯(白) 表示灯(緑) 表示灯(黄)									
	短絡 点灯 点灯 消灯									
	洗浄 点灯 消灯 点灯									
	電源表示灯(白) 集じん表示灯(緑) 洗浄表示灯(黄)									
	電源スイッチ 集じん一洗浄切換えスイッチ 洗浄タイム									
	19 mm 薄鋼電線管用穴									
全重量(kg)	90	100	120	145	200	220	255	275	335	360

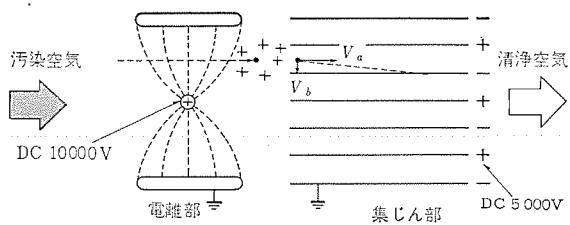


図 3.6 クリネヤ集じん原理
Principle of CLEANAIRE dust collector.

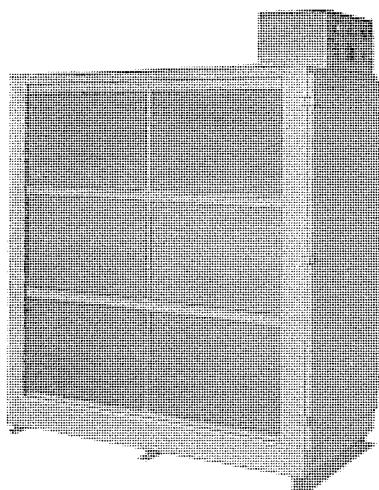


図 3.7 CC-F 形 クリネヤ 外観
Type CC-F CLEANAIRE.

する装置である。用途により種々の形式がありそれに応じた形態と機能を備えている。

クリネヤの基本的な集じん機構は、形式や容量に関係なく（同一で、交流低電圧の電源を直流高電圧に昇圧整流するための電源部、処理空気中のじんあいを捕集するための集じんユニット、捕集したじんあいを集じんユニットから除去排出するための洗浄機構、および運転状態の表示と集じん一洗浄操作を行なうための制御盤の4部分を主体にして構成されている。

クリネヤの集じん原理は図 3.6 に示すとおりで、電離部と集じん部の2段荷電機構がある。電離部は一列等間隔に接地極板が並んでいて、その中間に放電線が張られている。この放電線には直流 10 kV が印加され、隣接の接地極板との間に高い電位傾度をもった不平等電界を形成し、空気中のじんあいはここで正電荷を帯び、風の流れによってつぎの集じん部へ送られる。集じん部は電離部の直後にあり、高電位極板と接地極板とを交互に狭い間隔で気流と平行に並べてある。この高電位極板には直流 5 kV が印加され隣接接地極板との間に強力な平等電界を形成し、電離部で荷電されたじんあいが入ってくると、クーロンの電気力によって接地極板に吸引付着する。図 3.7、表 3.6 に CC-F 形（キャビネット形）クリネヤの外観・仕様を示す。

4. 空気浄化の設計法

空気浄化装置を設置する場合、その目的に応じて設計計算を行ない、それを満足するような性能を有する集じん器を選定するのが当然であるが、現状では空気抵抗については検討されているが、室内の清浄度・集じん率等についてはほとんど計算が行なわれていないようである。このことの最大の原因は、計算のための資料が不十分

であるためであり、現段階ではまだ完全なものは望めないが、以下各種データをもとにした仮定を設けて述べる。

4.1 計算用資料

4.1.1 室内空気のじんあい濃度

空気中のじんあい濃度については、いろいろな許容値や推奨値が提出されているが、人体上どの程度の濃度が妥当であるか、また建物を汚染させないようにするにはどの程度にすべきか等の点について十分にわかっていないが、なるべく清浄であるのが望ましいということには違いない。したがって、現在の技術的レベルと経済性および各種の許容値や推奨濃度を勘案して、下記程度が妥当であろうと判断する。

$$\text{室内空気のじんあい濃度} = 0.2 \text{ mg/m}^3$$

4.1.2 室内発じん量

室内発じん量は作業内容によって異なるので、一概には決められないが、発じんする機器を別にして、作業者 1 人当たりの発じん量は、ほぼ下記が妥当と考える。

$$\text{室内発じん量} = 5.5 \text{ mg/h} \cdot \text{人} \quad (\text{作業者 1 人当たり 1 時間に発じんする量})$$

4.1.3 漏えい空気量

窓のすき間、その他開口部から室外の汚染空気が建物内に流入する漏えい（洩）空気は、計算上大きな要素となる。

（1）風圧力

建物外表面によって生ずる圧力（風圧）のことで、次式で表わす。

$$P_w = c \frac{r}{2g} v^2$$

ただし、 P_w = 風圧力 (kg/m^2)

c = 風圧係数 (0.7~0.8)

r = 空気の比重 (kg/m^3) (標準空気 1.2 kg/m^3)

g = 重力の加速度 9.8 (m/s^2)

v = 風速 (m/s) (全日の 80 % を占める 6 m/s の値を用いる)

したがって風圧力は

$$P_w = (0.7 \sim 0.8) \frac{1.2}{2 \times 9.8} \times 6^2 = 1.6 \text{ (kg/m}^2\text{)}$$

（2）開口部の漏えい空気量と損失圧力

漏えい空気量と開口部の内外面両側の 2 点間の損失圧力との関係は、次式で表わされる。

$$P_r = K \frac{r}{2g} \left(\frac{Q}{A} \right)^2$$

ただし、 P_r = 損失圧力 (kg/m^2 または mmAq)

K = 損失圧力係数 (無次元)

Q = 漏えい空気量 (m^3/s)

A = 開口部の代表面積 (m^2)

実験値にもとづいて、次式のように直接損失圧力 P_r を Q の関数として表わす。

$$P_r = F(Q)$$

開口部の形式によって断面 A が、あるいはすき間長さ L が与えられる場合には、 Q/A あるいは Q/L の関数として P_r を表わす。これらを開口部の損失圧力特性といい、図 4.1、4.2 に各種すき間の損失圧力特性の例を示す。

（3）室内圧力

空調設備によって室内圧を制御するときは、その室内圧をもって

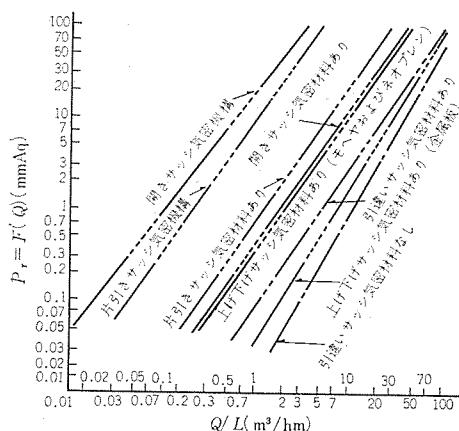


図 4.1 金属性サッシすきまの損失圧力特性
Loss pressure characteristic of metallic sash gap.

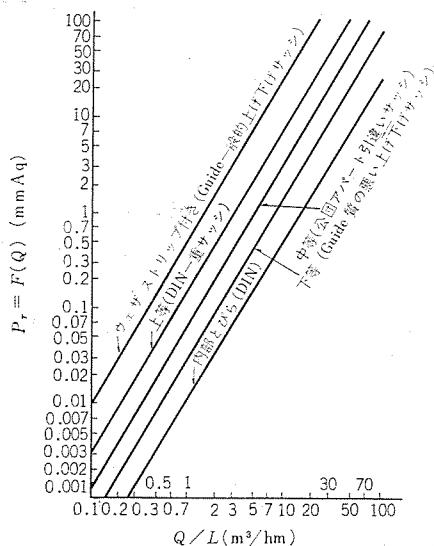


図 4.2 木製すきまの損失圧力特性
Loss pressure characteristic of wooden door gap.

計算用の室内圧とする。特に制御を行なわない場合は 0 kg/m^2 とする。

(4) 漏えい空気量の求め方

漏えい空気量は、開口部に対する内外の圧力差により図 4.1, 4.2 の損失圧力特性から求めることができる。

$$\Delta P = P_r = P_w - P_0$$

ただし、 ΔP = 圧力差 (kg/m^2)

$$P_0 = \text{室内圧力 } (\text{kg/m}^2)$$

4.2 淨化能力計算法

計算式の記号を下記とする。

$$Q_f = \text{新鮮外気量 } (\text{m}^3/\text{h})$$

$$Q_r = \text{機械排気量 } (\text{m}^3/\text{h})$$

$$Q_s = \text{機械給気量 } (\text{m}^3/\text{h})$$

$$Q_{ns} = \text{自然給気量 } (\text{m}^3/\text{h})$$

$$Q_{nr} = \text{自然排気量 } (\text{m}^3/\text{h})$$

$$Q_a = \text{集じん機などの吸込・吹出風量 } (\text{m}^3/\text{h})$$

$$r = \text{排気再循環率}$$

$$D_0 = \text{外気中浮遊じんあい濃度 } (\text{mg/m}^3)$$

$$D_t = \text{室内浮遊じんあい濃度 } (\text{mg/m}^3)$$

$$D_p = \text{室内の計算用浮遊じんあい濃度 } (\text{mg/m}^3) = 0.2 \text{ mg/m}^3$$

$$M = \text{室内発じん量 } (\text{mg/h})$$

$$P = \text{集じん機のじんあい通過率} = 1 - \text{集じん機の集じん率}$$

$$P_f = \text{プレフィルタのじんあい通過率}$$

$$V = \text{室内容積 } (\text{m}^3)$$

(1) 図 4.3 に示すプレフィルタおよび集じん器を有する場合

(a) 室内に流入するじんあい量は

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{空調を通して} \cdots \cdots P(P_f D_0 Q_f + D_t Q_r) \\ \text{自然換気により} \cdots \cdots D_0 Q_{ns} \\ \text{室内発生量} \cdots \cdots M \end{array} \right.$$

(b) 室内から流出するじんあい量は

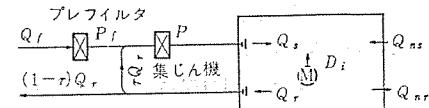


図 4.3 系統図
System diagram.

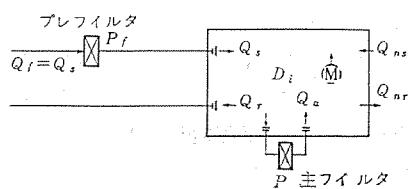


図 4.4 系統図
System diagram.

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{空調を通して} \cdots \cdots D_t Q_r \\ \text{自然換気により} \cdots \cdots D_0 Q_{ns} \end{array} \right.$$

(a) と (b) は定常状態において等しくなるから

$$P(P_f D_0 Q_f + D_t Q_r) + D_0 Q_{ns} + M = D_t Q_r + D_0 Q_{nr}$$

室内じんあい濃度 D_t について整理すると

$$D_t = \frac{D_0(P_f D_0 Q_f + Q_{ns}) + M}{Q_r(1-rP) + Q_{nr}} \quad (4.1a)$$

機械による給排気量と自然換気量は次の関係が成立する

$$Q_s + Q_{ns} = Q_r + Q_{nr} \quad (4.1b)$$

したがって、式 (4.1a) を P について整理し、室内じんあい濃度を D_p とし、 P_f を仮定すれば集じん機の浄化能力は次式で表わされる。

$$P = \frac{D_p(Q_r + Q_{nr}) - D_0 Q_{ns} - M}{P_f D_0 Q_f + D_p Q_r} \quad (4.1c)$$

ただし、 $P = 1 - \text{集じん機の集じん率} (\eta)$

(2) 図 4.4 に示すように室内に集じん器を設置する場合

上記 (1) 項と同様の方法で計算式を求めれば、室内じんあい濃度は次式で表わされる。

$$D_t = \frac{D_0(P_f Q_f + Q_{ns}) + M}{Q_r + Q_{nr} + Q_a(1-P)} \quad (4.2a)$$

$$Q_s + Q_{ns} = Q_r + Q_{nr} \quad (4.2b)$$

したがって集じん器の所要浄化能力は

$$P = \frac{D_p(Q_r + Q_{nr} + Q_a) + D_0(P_f Q_f + Q_{ns}) - M}{D_p Q_a} \quad (4.2c)$$

5. むすび

市場には各種各様の空気清浄装置があるので、その用途に応じた機種を選定するのが最も重要なことである。そして選定にあたっては、手間のかからない空気清浄装置を、粗じん用と微じん用の 2 種類組合せて使用することが最も好ましい。

当社の登録実用新案

名 称	登録番号	考 案 者	名 称	登録番号	考 案 者
内燃機関点火装置	934643	三木 隆雄	ユニット式配電盤	937500	芝本政幸・亀山和男
内燃機関点火装置	934644	大西 正義	パネルの取付装置	937501	弁木善行・内山三郎
トースタの反射板取付け装置	934645	小川 昇・岡部 勇	配電盤	937502	弁木善行
圧力式炊飯器	934646	{野畠昭夫・小川 昇 大沢和男	タップ切換器の位置表示装置	937503	嶋 裕史
選択短絡保護装置	934647	古谷 昭雄	製氷機	937504	酒井誠記
連続的被処理物の処理装置	934659	中村 謙三	水平切負荷断路器	937505	阿部 智・田中久雄
蒸気アイロン	934660	荒木 煎・石井 寛夫	コンデンサ放電形内燃機関点火装置	937506	多田靖夫
ロータリー式燃焼器	934661	坪 清秋・清水 誠	方向性柱取付装置	937507	上新久雄
電力変換装置	934869	赤松 昌彦	除霜装置	937508	山本喬夫・作野 勤
半導体整流器の故障検出装置	935425	的場 徹・大沢 喜信	可溶器溶断検出装置	937509	三村 桂
ポット形電気掃除機	935426	武井 久夫・加藤 悟	流量計の発信装置	937510	元木義明
操作つまみ	935427	立石 俊夫	デジタル通信装置	937511	太田堯久
タイムスイッチ	935850	新川 成美	扇風機の旋回装置	937710	加納 実・鈴木好一
音響機器の扇開閉装置	935851	川名 良一	扇風機の首振固定装置	937711	林 昭彦
高周波加熱調理器	935852	高瀬 明生・古屋 芳昭	ミシンの袖板取付け装置	937712	田村光雄・木村和朗
エレベータ用ドア	935853	山田 春雄	円形螢光ランプの包装装置	937713	鈴木 豊
操作装置	936271	立石 俊夫	車用車天井用送風装置	937714	今井 進
鎖錠付操作装置	936272	立石 俊夫	電動噴霧器	937715	服部信道・森田清司
多段式操作開閉器	936273	立石 俊夫	温度調節器	937716	岡部 勇
ジューサの粒受箱取付装置	936274	服部信道・岡上 廉	コンデンサ電動機の速度制御装置	937717	前川善六・遠藤吉隆
リレー	936275	蘭田 幸男	レール探傷用超音波探傷装置	937718	伊藤一男・阿蘇正一
開閉装置	936276	永田 秀次	電動ハサミ	937719	服部信道・穂坂修六
テープレコーダ	936277	{井芹 彰男・近藤 武 床並 規秀	電動ハサミ	937720	服部信道・穂坂修六
直流しゃ断器	936278	勝田 久登	交流電動機用速度制御装置	937721	藤井 学
直流しゃ断器	936279	勝田 久登	製氷機	937722	{小原英一・大場健司 大槻昭義
スイッチ防水装置	936280	村岡 和典・関根文男	ヤグラコタツ	937723	長沢重雄
減流しゃ断装置	936281	井上 武男	温度制御装置	937724	遠藤吉隆・山下紀夫
光電式自動点滅器包装ケース	936282	{能宗誠志・神本明輝 元木義明	温度制御装置	937725	遠藤吉隆・山下紀夫
警報回路	936283	野田 純蔵・西 健一	温度制御装置	937726	遠藤吉隆・山下紀夫
自動車用方向指示器の未復帰警報装置	936284	坂本 敏之	除湿機	937727	伊藤弘道
チョッパー回路	936285	近藤 紘一	冷蔵庫	937728	高田弘明
軸受の点検窓装置	937487	宮野 正和	駐車用自動車搬送機の制御装置	937729	金野武司・三浦允之
低温用バルブの操作装置	937488	渡辺 光人	エレベータのドア	940254	山田春雄
負荷時電圧調整装置	937489	長町 恒資	エーカーテン	940255	牛越 諒・小栗 篤
車輌用制御ジャンパ連結器	937490	植田 幸雄・土井 昭二	電磁コイル	940256	堀 淳士
電気式空気清浄装置	937491	平山 健一	回転機の軸支え装置	940257	平山袈裟雄
配線用しゃ断器を設けた配電盤	937492	古本 洋司・亀山和男	変流器	940258	勝田 久登
記録板つき配電盤	937493	岡 富士郎	トーンコントロール回路	940259	東 譲
負荷時タップ切換装置	937494	西山 喜順	ヘアードライヤー兼用電気カミソリ	940260	福田剛司
積算記録装置	937495	佐藤 安俊	カミソリ兼用ヘアードライヤー	940261	小川 昇
方向比較式保護継電装置	937496	北浦 孝一・高田信治	カミソリ兼用ヘアードライヤー	940262	小川 昇
ユニット式配電盤	937497	古本 洋司・亀山和男	プラシジャ型電磁石装置	940263	高橋一智
パネルの取付装置	937498	弁木善行・内山三郎	真空管電圧計回路	940716	入江浩一・本多祥三
ユニット式配電盤	937499	古本 洋司・亀山和男	ボルト	940914	矢倉 朗
			家庭用肉引き器	940915	{武井久夫・服部信道 岩田尚之



特許と新案

断路器

発明者 田中稔己・田和穂

この発明は、固定接触子間を区画する仕切板を有する断路器に関するものである。

可動ブッシングからなる3個の開閉刃(2)を支持し、これら開閉刃を1箇所から同時に操作する操作軸を兼ねた支軸(1)は、その両端部を軸受(9)で支持されている。支軸(1)を中心として開閉刃(2)が揺動するとき、その両端部が接・離する各固定接触子(3)は、開閉刃(2)の揺動に対応して固定されている。各固定接触子間を区画する仕切板(4)は、支軸(1)をおおってこれに沿う段部の上方隅角部内に延在している。仕切板には、水平上辺aと垂直辺bとにまたがって、各開閉刃(2)をそう(挿)通させる長穴(5)が設けてあり、段部の背後には、各開閉刃の揺動を可能にする長穴(7)を備えた補助仕切板(6)が、段部と協動して全周面から箱状に囲むよう、この部分に適当な手段によって着脱自在に取り付けられている。補助仕切板(6)は、背面・底面および両側面を有し、この背面にまたがって上記長穴(5)と対称に長穴(7)が、また両側面には支軸(1)のそう(挿)通穴(8)が設けられている。したがって、この補助仕切板を可動部分組み立て後に仕切板(4)に取り付けるようにすれば、開閉刃(2)は長穴(5)および(7)によって約90°の揺動を行なうことが

でき、かつ各開閉刃(2)間は支軸(1)のそう通穴(8)におけるわずかな遊び(隙)を存するのみで相互に隔離され、また各固定接触子間では開閉刃(2)の縦方向におけるそう通遊びを有するのみで仕切られ、ほぼ完全にしゃへいの目的を達することができる。また、可動部の絶縁部寸法を可及的に縮減させることができるので、断路器の操作機構を簡略化し、その作動をより軽快にできる利点があり、閉鎖形配電盤に利用すれば大きな効果をあげることができる。

(特許第601414号)(和田記)

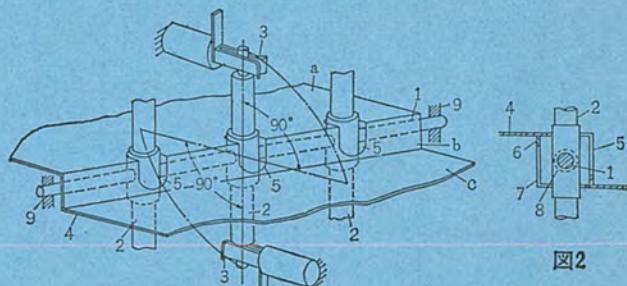


図1

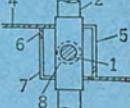


図2

表示数字を手動で変更し得る度数計

考案者 林正之

■ 考案の名称

度数計

■ 適用機種

印字式記録積算計器、積算量遠隔表示用カウンタ

■ 効果

表示数字がいかなる値であっても、各けた(桁)の数字車のみを回すことができ、表示数字の変更がきわめて迅速に行なえる。

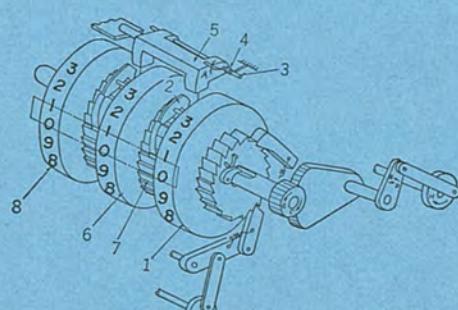


図1

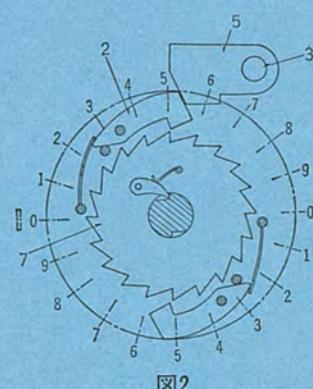


図2

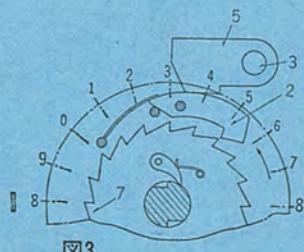


図3



図4

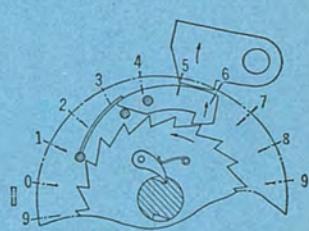


図5

特許と新案

■ 考案の概要

この考案は、数字車の表示数字を手動で任意に変更し得るようになした度数計に関するものである。

下位の数字車(1)の表示数字が9から0にある期間だけ、その数字車(1)の側面に設けられたけた上げ爪(2)が、一端を機わく(枠)に設けた支軸(3)にすう(枢)着され、ひねりばね(4)によって所定位置に維持されている縁上げ子(5)によって、上位の数字車(6)の側面に設けられた爪車(7)と係合して、両方の数字車(1)と(6)とが一体となって回転し、けた上げを行なうようになっている。下位

の数字車(1)の表示数字が9にあるとき、その上位の数字車(6)を手動にて表示数字を変更しようとするときには、爪車(7)・けた上げ爪(2)・繰上げ子(5)の3者が係合しているため、数字車(6)の手動回転を妨げようとするが、この場合には繰上げ子(5)がひねりばね(4)のひねり力に抗して後退し、数字車(6)のみの回動を可能とする。数字車(6)と数字車(8)との間においても、上記数字車(1)と数字車(6)間の場合と全く同じ要領で表示数字の変更が可能である。

(実用新案第 921580 号) (林 記)

印字式記録計器における印字車と打印装置のインタロック

考案者 林 正之・山根 満徳

■ 考案の名称

積算量記録装置

■ 適用機種

印字式記録積算計器（電力・ガス・水道使用量等の印字記録）

■ 効 果

積算印字車の動作中に打印装置が動作することや、逆に打印装置の動作中に積算印字車が動作することが防止できるので、記録紙への印字がきわめて確実に行なえる。

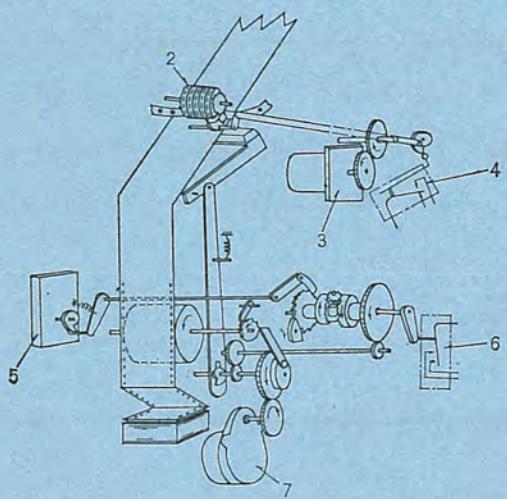
■ 考案の概要

この考案は印字式記録積算計器に関するもので、積算印字車を駆動する電動機の回転時点と、上記積算印字車の数字を記録紙に印字

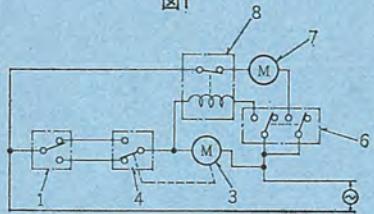
するための打印装置を駆動する電動機の回転時点とが重合したとき、その重合の期間中打印装置を駆動する電動機を停止させるようにしたものである。

測定量に応じて発信スイッチ(1)が動作し、積算印字車を駆動する電動機(3)が応動して、積算印字車をカウントアップする電動機(3)が所定量回転して積算印字車のカウントアップが終了したとき、切換スイッチ(4)が切換わって電動機(3)が停止する。一方所定時刻ごとに、時計装置(5)によって時刻スイッチ(6)が切換え動作を行なって、打印装置を駆動する電動機(7)の回路を閉じて打印装置を動作させる。打印装置が所定の印字動作を終了すると、時刻スイッチ(6)が元の位置に復帰して電動機(7)の回路を開くようになっている。一方の電動機(3)が動作中に時刻スイッチ(6)が切換わると、電磁繼電器(8)が動作しその接点によってもう一方の電動機(7)の回路を開いていたん停止させ、電動機(3)の動作が完了した時点で電動機(7)を再度起動させて残り分の回転を行なわせる。また時刻スイッチ(6)が切換え動作を行なって、電動機(7)が回転中に発信スイッチ(1)が動作して、電動機(3)が応動したときには電動機(3)とともに電磁繼電器(8)が応動して、すでに回転中の電動機(7)の回路を開いていたん停止させ、電動機(3)の動作が完了した時点で、電動機(7)を再度起動させて残り分の回転を行なわせるようにして、両方の電動機(3)(7)の回転が重合しないようにしてある。

(実用新案第 921599 号) (林 記)



四 1



四2

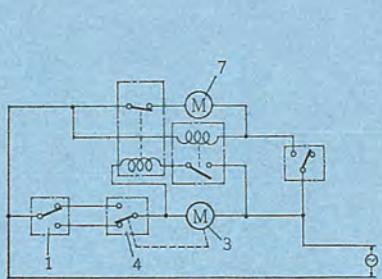


図3

○	15	2 4 9 5 0	○
○	14	2 4 8 0 1	○
○	13	2 4 5 2 1	○
○	12	2 3 9 6 7	○
○	11	2 3 6 8 9	○
○	10	2 3 5 0 7	○
27			28
○	4	1 4 7 9 7	○
○	3	1 4 7 5 5	○
○	2	1 4 6 7 6	○
○	1	1 4 5 6 7	○
○	24	1 4 5 0 8	○
○	23	1 4 0 0 2	○
○	22	1 3 9 9 7	○
○	21	1 3 7 9 4	○
○	20	1 3 6 0 8	○
○	19	1 3 5 4 2	○
○	18	1 3 2 0 2	○

4

MELCOM-7000 データ マネジメント システム (DMS)

野田 亮一*・廣澤 嘉教*

Toward the Understanding of MELCOM-7000
Data Management System (DMS)

Kamakura Works Ryōichi NODA・Yoshinori HIROSAWA

In recent years it has become increasingly evident that, though the purpose of computers is to compute, they are practically used for remembering the information. Computer system designers vie with others for the means of management by systematizing highly the data to determine the processing of them. This paper is intended for the understanding of the data management structure of current general purpose machines ; in particular that of MELCOM-7000 series computers. It begins with a tutorial review of the fundamental data structure, storage structure and access mechanism. Secondly, it describes the data management system. Lastly, elucidation is made on an example of application of DMS to the actual computer design of the Company.

1. まえがき

近年になって、コンピュータの使用目的は、表面上は計算することであるが、実際には記憶することにほとんど使用されているということが次第に明らかになってきた。コンピュータシステム設計者は、処理されるデータと処理手順を決めるデータすなわちプログラムを高度に組織化して管理運営するための手段を競い合わなければならない。本文は現今の多目的コンピュータの典型的なデータ管理機構、とりわけMELCOM-7000シリーズコンピュータのデータマネジメントシステムを理解していくことを意図している。

バッチ処理環境つまり、同時に全データがオンライン（アクセス可能な状態）である必要がない場合とか、入力データの並びが特定なそれぞのアプリケーション用にソートされている場合においては、従来のファイルマネジメントシステムで十分であるが、インタラクティブ処理環境つまり大規模バッチないしはインタラクティブシステムでは、一つの型の情報が数多くの異なるアプリケーションの入力として使われることになる。ランダムアクセスストレージが必要となり、ファイルはすべてオンラインでなければならない。従来のファイルマネジメントシステムでこの問題を解決するにはいくつものファイルに同じ情報をもたせ、各ファイルをおののおの異なるソート順に並べることをしなければならない。しかしこれは多くのインタラクティブシステムにとって受け入れることはできない。なんとなればオンラインなストレージを追加する必要があるし、1個の情報の変更で各ファイルをそれぞれ更新しなければならないし、またソートするのに時間がかかるからである。

MELCOM-7000シリーズコンピュータのデータマネジメントシステムでは、これらの問題に対してデータベースの概念を完全に採用したソフトウェア、DMSを用意している。以下、DMSの概要を紹介し、実際に適用している例について説明する。

2. データマネジメントシステムの基本的概念と用語

データマネジメントシステムをささえる三大要素ともいべきデータ構造・ストレージ構造・アクセス機構について説明し、この分野におけるDMSの位置づけの一助とする。

2.1 データ構造

データ構造についてはネットワーク、トリー、リニアリストおよびこれらの

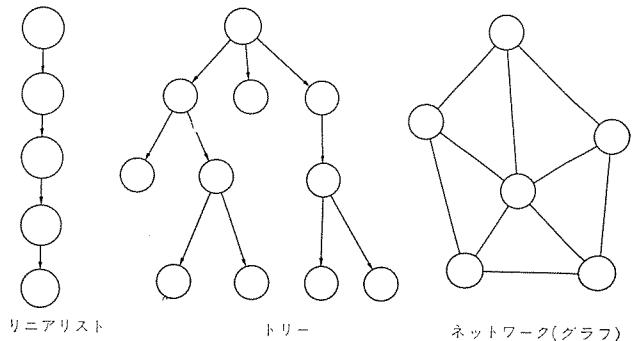


図 2.1 データ構造
Data structures.

組合せがあるが、DMSではネットワークを採用している。

情報の最小単位をアイテムと呼び、いくつかのアイテムが集まってグループを構成し、これをグループと呼ぶ。アイテムはグループ内で結合されており、図2.1のノードはグループとみなされる。アイテムを含むデータ間のアクセスできる関係は、ノードを組合せたアーケで表わしている。以後も同様である。

2.2 ストレージ構造

ストレージ構造についてはシーケンシャルアロケーション、リンクドアロケーションがあるが、DMSではこれらすべてのストレージ構造がサポートできる。

ストレージ構造を先に述べたデータ構造に適用するには、次のような対応が自然である。

(1) シーケンシャルアロケーション——リニアリスト

(2) リンクドアロケーション——
リニアリストの変形
トリー
ネットワーク

リンクドアロケーションは、リストよりもこみいいたデータ構造にとって実際に必要であるし、かつ有用である。シーケンシャルアロケーションに比べて次の利点がある。

(1) ランダム そう入、取消しがデータを再分配することなしにリンク(ポインタ)の値を変えるだけで可能

(2) 数多くのリンクドストラクチャが1ブロックのストレージにオーバーフローすることなしに共存できる。

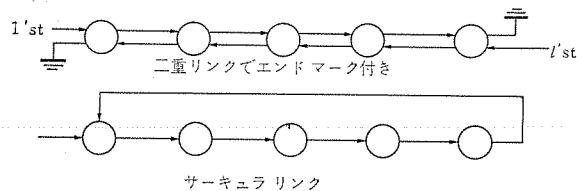


図 2.2 リニアリストの変形
Variations on linked allocation.

2.3 アクセス機構

アクセス機構はシーケンシャルかランダムのいずれかである。ランダムはダイレクトリ、アドレス変換、インデックス/ディクショナリの三つに分けることができる。

3. DMS の概念と諸機能

3.1 データ構造およびストレージ構造

情報の最小単位をアイテムと呼ぶ。いくつかの関連するアイテムをグループ化することができる。この集合をグループと呼ぶ。グループはファイルマネジメントシステムにおけるレコードに相当する。グループは固定長でなければならない。数多くの異なったグループ形式を定義することができる。ユーザは各形式に名称(シノニム)を与えることができる。このシノニムはユーザが取扱いたいグループ形式がどれかをデータマネジメントシステムに指示するために使われる。

ファイルマネジメントにおいてはファイルがレコード形式を定義するのでレコードシノニムは不要である。その代わりファイル名が使われる。データマネジメントシステムにおいては、データベースがグループ形式について何ら制約を設けていないのでレコード形式を定義しなければならない。

データ構造の中では、いくつかのグループを関連づけることができる。これらの関連性はポインタ(リンク)によって指示される。ポインタは1グループ中に置かれている物理的なアドレスと他のグループのアドレスをもっている。このように、グループはお互いに結合されてリニアサーチュラリストを形成する。

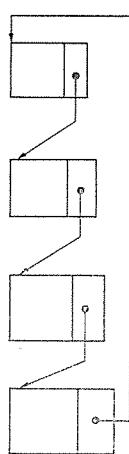


図 3.1 リニアサーチュラリスト
Linear circular list.

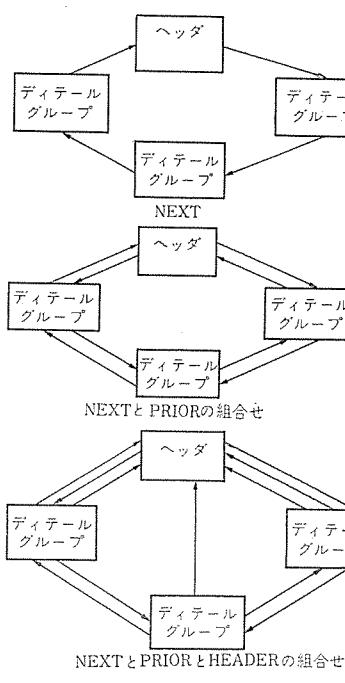


図 3.2 ポインタの型
Types of pointers.

3.1.1 データベース

データマネジメントシステムにおけるデータベースは、データストレージ用に割付けられた二次記憶装置スペースのすべてを包含するものである。DMSにおけるデータベースは、ランダムアクセスデバイス上に割当てられた連続したグラニュールからなるランダムファイルである。このデータベースはおののおの512ワード長の数ページに分割されており、各ページはシステムで決められたページ番号が割当てられている。そのページ番号を使ってデータベース中のページをアドレスする。さらにページはいくつかのラインに分割される。これは一つのページにいくつかのデータグループがストアされる場合に使われる。したがって一つのページに一つのグループだけがストアされるときは、一つのライン番号だけがそのページに存在するのみである。ライン番号はページ内のグループをアドレスするのに使われる。ページ番号とライン番号の組合せでデータベース内のグループをシステム的に識別する。このアドレスがいわゆるポインタであり、リファレンスコードなのである。

3.1.2 データ構造

シーケンシャル構造が必要な場合はすべてDMSではサーチュラリストを使用する。ヘッダグループと称するリストヘッドをそう入してリストの始めと終りを指示する。ヘッダグループはアイテムをもつことができるが、サーチュラリスト中の最初のデータグループに対するポインタを必ずもっている。そしてリスト中の最後のグループがヘッダにもどる。

逆順にリストをたどりたい場合は、データグループにそれぞれ二つのポインタを設けておけばよい。一つのポインタはリスト中の次のグループをアドレスし(NEXTと呼ぶ)、一方のポインタはリスト中のその前のグループをアドレスする(PRIORと呼ぶ)。

リストは機能的にはシーケンシャルファイルに等価である。リストがPRIORとNEXTについてソートされた形で作られていれば、アプリケーションプログラム(ユーザプログラム)で昇順(NEXTの使用)または降順(PRIOR)にソートされたファイルとして処理できることになる。すべてのデータグループをヘッダに対してポインタを持つようにリストを作ることができる(HEADERと呼ぶ)。

データグループはいくつかのリストに関連をもち、各データグループは

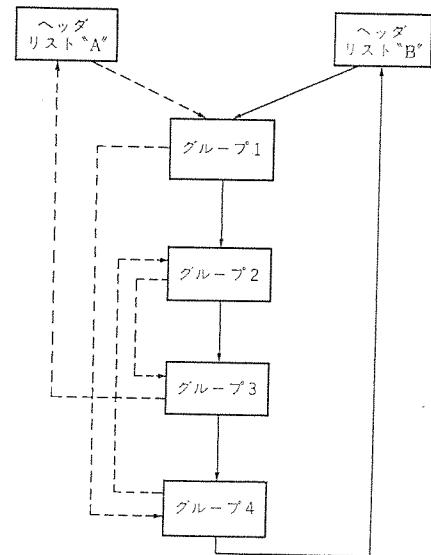


図 3.3 二つのリストが同一データを共有し
二つの異なったオーダをもつ場合
Two lists containing identical data
in two different orders.

少なくとも一つの ポインタ を関連する各 リスト に対してもっていなければならぬ。同一 データグループ に 2 個以上のリスト をもをせることができる。その場合、各リストはそれぞれの ヘッダ をもつていて、しかも各リストで異なる オーダ に データグループ を編成することが可能である。

これは DMS が標準の モニタファイル マネジメント システム よりも強力であることの最も有利点の一つである。このように ファイル 群に等価な構造を処理する能力を維持しながら、各 データ はいくつかの構造を同時に満足することができ、したがつていくつかの異なる方法でアクセス され得る。

3.1.3 マスタ／ディテール関係

リスト の ヘッダ は実際の データ をもつてはいけない。この ヘッダ のことを マスタ と呼ぶ。リストを作っているすべての グループ を ディテール と称する。マスタ は他の リスト の ディテール であることが可能であり、そのときは ディテール としての立場から別の マスタ を有することになる。このようにして、ハイアラキカル (階層構造) な データ 構造を構築することができる。

3.1.4 ランダムストレージ構造

データ構造において、マスタグループ は必ずしも ハイアラキカル における高レベルに位置している必要はない。マスタグループ が リスト 中の ディテール でない場合は、データマネジメント システム は ランダム 法を使ってそれらの グループ を ストア／ロケート しなければならない。この型の データグループ を ランダム グループ と称する。ランダム グループ では 1 アイテム が コントロール アイテム としての役割を果たす。この アイテム に ランダム 法を適用して、データマネジメント システム が ページ番号 を計算し ページ の アドレス とする。その アドレス に ランダム グループ が ストア／ロケート される。ユーザ が必要なら、他の型の データグループ 同様 ランダム グループ を リスト に入れることができる。もちろん、ランダム グループ を 使用する利点は、得たい グループ を サーチ するために データグループ 群を シーケンシャル に リード することなしに データベース 内に ロケート されていることである。

3.1.5 グループタイプ

ランダム グループ の良い点は、ディクショナリ ないしは リスト を サーチ してその アドレス を見つけることをしないで データベース 中からみつけることができるということである。ランダム グループ の存在は リスト の構成外にある。

データベース では全 リスト が マスタ をもたなければならぬと前に述べたが、DMS における リスト は ランダム グループ と他の グループ の組合せでできている。他の グループ とは インダイレクト と プライマリ と称するものである。

インダイレクト グループ は マスタ から出発して シーケンシャル に アクセス される データグループ である。この グループ は少なくとも一つの リスト の 1

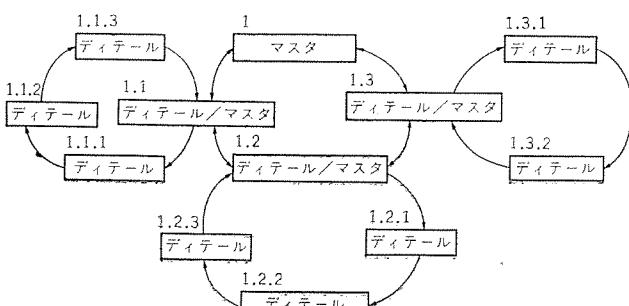


図 3.4 ハイアラキカル(階層)構造
Hierarchical structure.

部になければならない。

プライマリ グループ は、データマネジメント システム に グループ の アドレス を指定することによって直接 アクセス される データグループ である。

ランダム グループ が、指定した コントロール アイテム に 1 個以上の特定の オカレンス をつくることが許されるような特別な場合も可能である。DMS ではこれらの グループ を ランダム-X グループ と呼ぶ。同一の コントロール アイテム 値を有するすべての ランダム-X グループ は、一つの リスト に編成されて ユーザ はこの リスト を シーケンシャル に処理することができる。

3.1.6 標準ファイルマネジメント構造との比較

BPM オペレーティング システム の ファイル マネジメント システム には、 シーケンシャル、 コンゼクティブ、 キード、 ランダム の四つの構造がある。シーケンシャル コンゼクティブ、 キード の場合は、 一方向からの アクセス による使い方、 つまり リスト 的な機能をもっている。ランダム の場合は、 方向性をもたないので一つの ストレージ 構造に対して多方向の データ 構造を定義するのに使える。DMS では、 ランダム を採用してこれに スキーマ をかぶせて多方向 アクセス を実現している。

ファイルマネジメントにおいては、 レコード は ファイル 構造の 終端ノード にのみ存在し、 一つの構造にだけはいっている。一方、 DMS では構造を構築して アプリケーション の要請にもっとも適した方法で データ を アクセス することができる。データベース 内で一つの グループ が アプリケーション が必要とする多くの構造を備えていることができる。ランダム 法 でも リスト の シーケンシャル サーチ でも トリー を サーチ することによって、 直接的でもどちらの方法でも データグループ を検索することができるよう データグループ を ストア することができる。

3.1.7 スキーマ

ファイルマネジメント ユーザ は DCB により プログラム と ファイル の インタフェイス を合わせる。DCB は ファイル 構造、 レコード 長等の情報をもっている。同様に DMS ユーザ は スキーマ により プログラム と データベース の インタフェイス を合わせる。データベース は多くの異なる型の構造をもつことができ、スキーマ がそのすべての型を描写できなければならぬので、スキーマ は DCB の数倍の大きさになる。ユーザ が データマネジメント システム にある リクエスト を出すときは、いつも スキーマ がその リクエスト を デコード する。スキーマ の中には非常に量の データ がはいつているので、システム は スキーマ を普通の データ 管理のやり方で扱う。スキーマ は DMS のもう一つの構造といえる。スキーマ の構造は DMS のもつ プログラム ロジック で定義され、スキーマ 中の グループ の内容が データベース を定義する。DMS の スキーマ はさらにユーザ バッファ エリア の レイアウト も定義する。このことにより ユーザ は必要な型の データグループ を特定の バッファ エリア に読み込むことができる。このようにして、ユーザ は バッファ 中のいくつもの グループ を同時に アクセス することができる。

3.2 DMS の構成と機能

DMS は FDP と呼ばれる ファイル 定義 プロセッサ、 データ 处理 マクロ を含む データベース マネージャ DBM と、 DUR と呼ばれる各種 ユーティリティ から構成されている。

3.2.1 データ定義言語

データベース は DMS の データ 定義言語を用いて簡単に記述することができる。この言語は ホスト 言語 とは異なるものであって DDL と呼ばれる。データベース 設計者は DDL 言語 で スキーマ を 設計する。DDL で書かれた プログラム は FDP によって処理されて スキーマ を作成する。

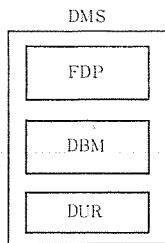


図 3.5 DMS の構成
Aspect of DMS.

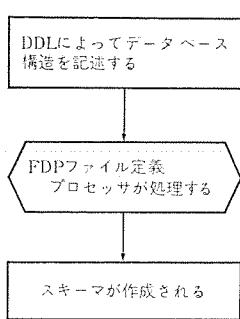


図 3.6 スキーマの作成
Process of schema design.

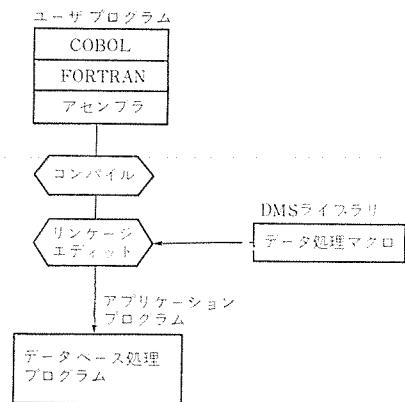


図 3.7 アプリケーションプログラムの生成
Production of application program.

3.2.2 データ操作言語

ユーザのアプリケーションプログラムはホスト言語によって作成される。DMSではデータ処理マクロをDBMの中にDMSライブラリとして用意しており、ユーザプログラムとはリンクエディットの時点では結合される。ユーザが使用するデータ処理マクロはCOBOLではENTER命令によって、FORTRANではCALL命令によって、アセンブラーではBAL命令(BRANCH AND LINK)によって呼び出される。DMSではホスト言語としてこのようにCOBOL, FORTRAN, アセンブラーが使用可能である。

DBMが用意しているおもなデータ処理マクロには、次のものがある。

(1) OPENDB

スキーマを読み込み、ユーザプログラムとデータベースを結びつけ、処理する準備をする。すなわち、データバッファの割当て、ジャーナルテープのオープンセキュリティテーブルの読み込みを行なう。

(2) CLOSEDB

バッファ中に更新されたデータページが存在するなら、それらをデータベースへ書き出し、処理を正常に終了させる。ジャーナルテープが使われているならそれを閉じる。

(3) STORE

新しいグループオカレンスをデータベースに加え、関係するすべてのチェーンにそのオカレンスをリンクさせる。その後ユーザに実際にストアされた番地を知らせる。

(4) DELETE

現存するグループオカレンスとそれに従属するディテールグループオカレンスのすべてをデータベースから論理的に削除する。

(5) REMOVE

現存するグループオカレンスとそれに従属するディテールグループオカレンスのすべてをデータベースから物理的に削除する。

(6) MODIFY

存在するグループのひとつ、またはそれ以上のアイテムの値を変更し、必要なら変更されたアイテムにより制御されるチェーンをすべて保持する。この命令に先立って FIND 命令が実行されねばならない。

(7) FIND

グループオカレンス(脚注)をデータベースから検索して、DBMのページバッファ内で使えるようにする。11種類の検索手段が用意され、ユーザの便宜を計っている。検索終了後、検索されたグループオカレンスの番地等をユーザに知らせる。

(脚注) グループオカレンスとはロジカルレコードに相当するもの。

(8) GET

グループの選択されたアイテム、または全部のアイテムをページバッファよりユーザの作業域へ移動する。この後ユーザがデータを操作できる。

(9) HEAD

指定されたチェーンのマスタグループオカレンスを検索し、そのすべてのアイテムを作業域へ移動する。このプロジェクトは、FINDDM(指定したチェーンのマスタグループオカレンスを検索するプロジェクト)とGETを続けて“コール”した場合と結果は同じである。

3.2.3 データベースユーティリティ

DURの各ユーティリティは、BPM/BTMオペレーティングシステムのもとで独立してオペレートする。

(1) データベース初期設定 (DMSINIT)

このルーチンはデータベースファイルを初期設定する。すなわち、各データページとインベントリページ(各データページの使用状況を記載している)のインシャライゼーションを行なう。また現存するデータベースの選択されたセグメント(連続したデータページの集合)をリインシャライズするにも使える。

(2) データベースダンプ (DMSDUMP)

このルーチンは、現存するDMSデータベースのすべてあるいは選択された一部を磁気テープ上のシーケンシャルファイルおよびプリンタに出力する。磁気テープ上の形式は障害回復用のジャーナルテープの形式と全く同じである。

(3) データベースロード

このルーチンは、磁気テープ上のシーケンシャルファイルから既存のデータベース全部または選択された一部へ関連ある情報を移す。さらに、選択された部分を別の磁気テープおよびプリンタへ出力する。入力テープはジャーナルファイルかダンプファイルに限られる。

3.2.4 ジャーナリゼイション

データベースを更新する際、その記録をとっておき、データベース回復機能が簡単にできるようにする。回復システムを設計するときは2種類の障害を考慮せねばならない。第1はハードウェアまたはシステムソフトウェアに起因する障害で、第2はユーザプログラムに起因する障害である。いずれの場合も、ファイルをそのプログラム実行前の状態に戻す方法が最も望ましい。後者の場合の回復はジャーナルテープから更新前のイメージ(before image)を利用する。第1の原因で起こる障害は更新後のイメージ(after image)を利用し、実行前の状態に戻す。

3.2.5 データベースの処理

処理プログラムすなわちユーザのアプリケーションプログラムは、スキーマを通してデータベースをアクセスする。このようにスキーマに基づいて生

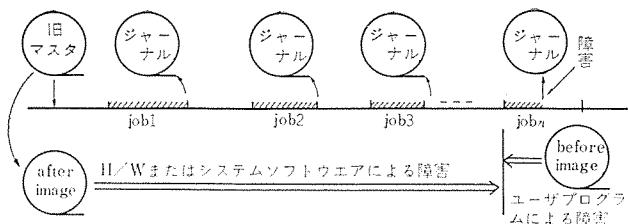


図 3.8 障害の回復
Journalization.

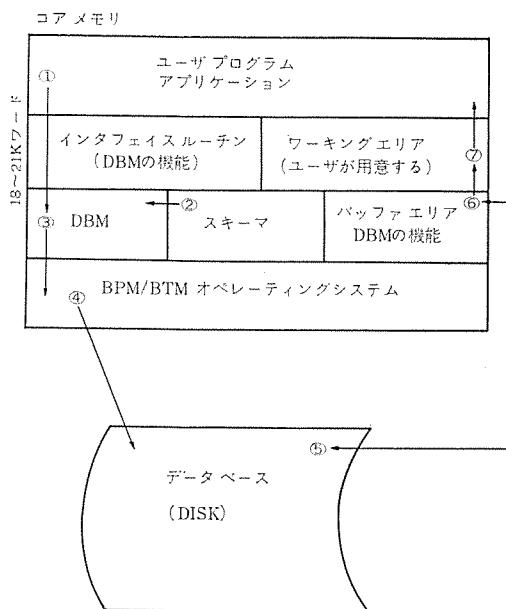


図 3.9 データベースの処理
Data-base processing ARC.

成・更新・検索が行なわれる。データベースの処理は、TSSつまりタイムシェアリングで行なうこともできる。データベースを処理しているときのコアメモリ内の状況とデータベースとの関係は図3.9のとおりである。この図のごとくデータベースが最初にアクセスされるときスキーマがまず読み込まれる。図中実行のシーケンスを①～⑦の印で表わしている。

4. DMSの適用例

これまで、DMSの概要を機能中心に述べてきた。この章では、このDMSを用いて、いかにしてファイルマネジメントシステムを設計していくかを適用例を中心に述べていく。

電子計算機とデジタル応用機器の開発設計にDMSを用いたデータベースを導入した一例を考えてみる。このシステムの主目的は次のとおりである。

- (1) カードとユニットを中心とする実装計画サービスを行なう。
- (2) 関連する製造、検査工程の省力化を計る。
- (3) 局所的な設計の自動化だけでなく、MAN-MACHINEシステムの役割をもたせる。
- (4) 設計データおよび共通データを一括してファイル化することによる設計相互間の有機的関連づけを行なって、重複データを極力おさえる。
- (5) 図訂への迅速な対応
- (6) 新技術への対応

4.1 システムの機能と構成

本システムは DA (Design Automation) システムと称し、図4.1に示すように四つのサブシステムと対応するファイル群から成る。

以下に各サブシステムの概略を説明する。

(1) コントロールサブシステム

DAプログラムを使用して各種設計作業を行なう場合の補助を統一的に行なう。

(2) ディフィニッシュョンサブシステム

論理実装設計作業において共通に使用される標準データを保持することにより、入力作業の軽減とデータミスの減少を目的とする。また共通データをファイルとして管理することにより機種間でデータを共用できること、共通データ改訂の波及効果をは(把)握することが可能となる。

(3) PCBサブシステム

プリントカードの設計補助、設計自動化、さらに製造検査工程の自動化(省力化)を計るために使用されるDAプログラムの一群。

(4) ユニットサブシステム

装置(ユニット)単位に、各バックパネルの設計補助、設計自動化、さらに製造検査工程の自動化を計るために使用される。

4.2 PCBサブシステム

ここでは四つのサブシステムのうち、特に本サブシステムを例にして、アプリケーションをどのようにしてDMSにのせていくかを検討する。うえに述べたとおり、プリントカードの設計自動化と製造検査工程の自動化を計るために作られている。本サブシステムの機能ならびに他のサブシステムとの有機的つながりは図4.2のとおりである。

次にPCBファイルの構造を調べる。PCBFは基板1枚を単位として成り立っている。このサブシステムのエントリはPCROOTGグループだけである。図4.3に省略法でPCBサブシステムに使用される各グループの関係を示す。

PCROOTGグループはカード単位の分割を識別するためにある。基板の名称と図訂番号を含み、これらがアドレス変換用コントロールアイテムとなる。

PCPUCグループは実装単位または未割付け論理を分類するためである。これらの識別番号順に分類される。

PCPUDCグループはPCPUCグループに従属するグループで可変長な情報を扱うために存在する。

PCSIGGグループは信号線単位に発生し、信号識別番号順に分類さ

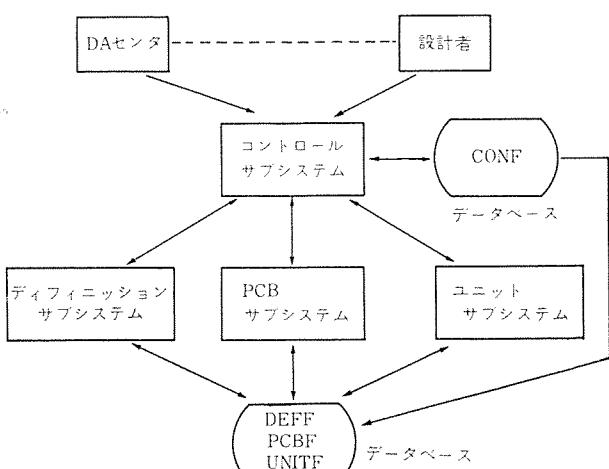


図 4.1 システム構成
Example of application.

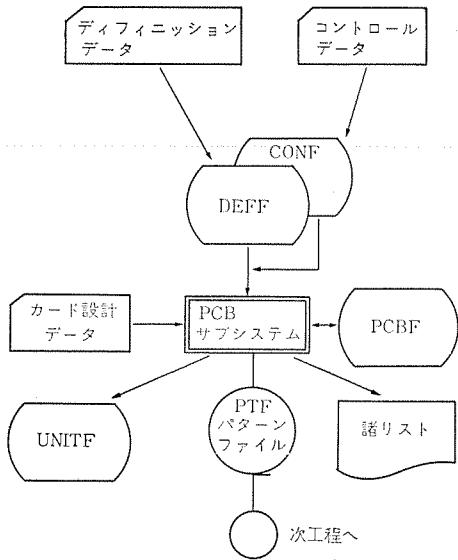
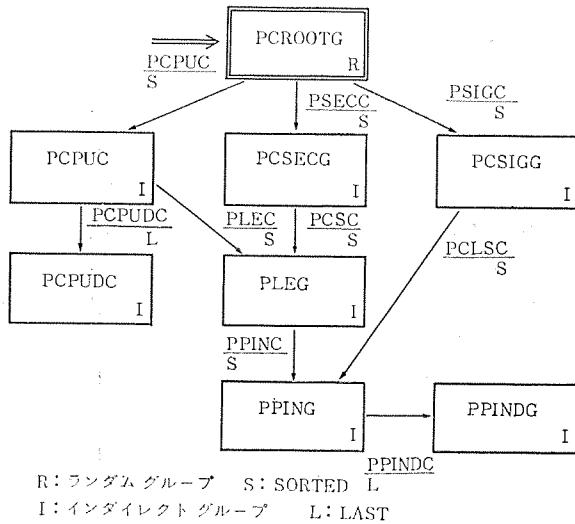


図 4.2 データベースを用いた PCB サブシステム
Subsystem of an example application.



れる。

PCSECG グループはカード内の論理分割単位（繰返し使用するカードへの論理割付け単位でセクションと呼ばれる）または空ゲート等を分類する。セクションの識別番号がソートキーになる。

PLEG グループは論理素子（ゲート）単位に発生し、ゲート識別番号順に分類される。

PPING グループはカード設計空間上のすべての端子を識別するためである。PPINC チェーンに対しては端子のシーケンス番号順に、PCLSC チェーンに対しては端子名称順に分類される。

PPINDG グループは PPING グループに従属するグループで可変長な情報を取り扱う。

これらのグループ間の関係を理解しやすくするために図 4.4 に簡単なプリント基板の例を示す。図 4.3 と図 4.4 より逐一各グループ間の関係をおってみると有機的つながりが理解できる。

このサブシステムは以下の機能を持っている。

(1) 設計データの維持

カードの初期設計データの PCB ファイルへの登録、ファイル改訂を行ない、図訂履歴を設計者の指示により保存する機能を持つ。

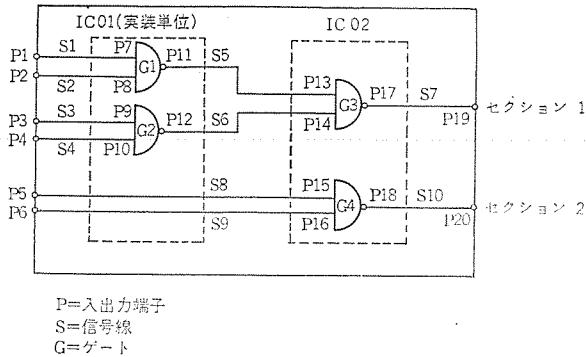


図 4.4 プリント基板例
Example of logic print.

(2) 割付け設計

割付け・未割付けの混在した状態、未割付け状態の結果を PCB ファイルから読み込み、IC 数最小、線長最短の評価基準により、ゲートを IC に割付ける。使用できる IC はディフィニッシュンサブシステムで作成された DEFF より自動的に読み込ませる。ただし割付けの単位は設計者が設計データを記述する場合、あらかじめ指定し使用できる IC 中の部分回路でなければならない。

(3) カード自動機能検査のためのテストパターン発生

テストシステムへのデータを PCB ファイルから読み込み、单一障害で stack-0, stack-1 緒退型の障害を、検出するための最小パターン系列を求めるという基準で、テストパターンを作成する。このとき PCB ファイルには構造記述でデータが保持されているためにテストシステムが受け付けられるように、部分修正、付加情報の追加が必要となる。

(4) 基板の部品配置設計およびパターン設計

基板設計プログラムへのデータを PCB ファイルから読み込み、IC 配置設計とパターン設計を行なう。パターン設計上必要な基板の実装仕様情報は、ディフィニッシュンサブシステム DEFF より自動的に読みれる。

(5) ドキュメンテーションの作成

(2) から (4) で述べた DA プログラムが作成する設計・製造・検査資料のほかに、PCBF より次のような設計補助資料を作成する。

(a) カード単位のロジックリスト（設計者用補助リストとなるもの）

(b) 部品配置図

(c) カード諸元表

(d) スペアリスト（あき（空）ピン、あきゲートリスト）

(e) ピンロードリスト（Fan In/Fan Out リスト）

(6) プリントパターンのモニタ作図と更新機能

パターンの修正を容易にするため、従来のパンチカード入力による更新方式を改良し、パターンファイル (PTF) を入力とし、M-7700 グラフプロッタ装置を使用したモニタ作図（等間隔格子）と、作図された図面上で、修正されたパターンをデジタル化を使用して読み取り、出力された紙テープをもとに、パターンファイルを更新する。（このプログラムはデジタル化を初めから使用して、手設計、自動作図のルートで設計する基板の更新するプログラムと共有する）。

DA システムの設計手順は共通データの登録、カード設計、ユニット設計に大別される。各設計ステップはディフィニッシュンデータの記述、カード設計データの記述、ユニット設計データの記述およびその修正データの記述方法も含めて統一した記述方法を採用する。以下図 4.2 を基に本サブシステムの流れをおってみる。

(1) 論理素子・非論理素子等割付け設計情報、カードとバックパネルの実装仕様、カードの構造情報や設計ルールをディフィニッシュンサブ

システムを通して DEFF へ蓄積する。

- (2) 電気・論理・物理等 IC の特性を DEFF へ記憶する。
- (3) CONF より関連ある プログラムとデフォルト値を呼び出すとともに、コントロール データ（使用が許されているか否かの、そしてシンタックス）のチェックを行なう。
- (4) カード 設計 データを読み PCBF を作成する。PCPUC グループはほとんどは ダミー オカレンス が存在するのみである。一部は人間が割付けをやるので意味ある オカレンス も存在する。
- (5) DEFF より IC 情報を読み込み、ゲートの割付けを行なう。
- (6) 前述した基準を基に IC の最適配置を カード 上で行ない、経路設計を行なう。
- (7) パターン ファイル (PTF) を作成し、次工程へ渡す。
- (8) カード 諸元表等 ドキュメンテーション を作成する。

ここで作成された PCBF は ユニット サブシステム への 入力情報となる。

本システムを円滑に運用するために、DA センタが必要となる。このセンタ機能が重要となり、センタを中心とした開発企画、改良企画そして実施が ユーザ と密に コミュニケーション をとりながら行なわれることが必要になる。

5. む す び

データベースは近年ますます注目されており、ユーザの関心を集めている。既存の データ 管理、 ファイル 管理から データベース の概念を導入した データ マネジメント システム に移行するには、考え方の良し悪しの問題以外に運用上の問題、慣習上の問題等がって、現実にはなかなかスムースに利用が普及していないようである。しかし増大する ファイル の量、 プログラム の量の スペース 上の問題、 維持更新 の問題はほとんどすべての コンピュータ ユーザ の頭を悩ますところであり、さらにコンピュータの使用形態が インタラクティブ なものになれば データベース の導入は必要不可欠なものとなるだろう。ちょうど初めて COBOL が登場をしたときのようなどいが、 データベース についても ユーザ の頭を去来しているものと思う。やがては徹底的に普及することは間違いないだろう。

MELCOM-7000 シリーズ で用意した DMS はさらに完ぺき(壁)なオンライン機能の強化を行なっており、 IBM の IMS と並んでこの分野の双へきと自負している。

なおこの論文中、紙面の都合で スペース アロケーション、インベントリ、ガーベッジ コレクション について触れなかった。次に機会があればこれらに触れたい。

統計解析ソフトウェア (MSL)

浅井 邦彦*・小林 勝昭*・上田太一郎*・斎藤 弘誌*
小池 将貴**

MELCO Statistic Library

Kamakura Works Kunihiko ASAI・Katsuaki KOBAYASHI・Taichirō UEDA・Hiroshi SAITO
Head Office Masayoshi KOIKE

MSL (MELCO Statistic Library) is statistical analysis software worked out for use with computers M-7000. The sphere of application involves all the ranges including market research, advertising plan, management project and production control. MSL is divided into three groups of serieses 1, 2 and 3 depending on the applicable field and the object of use. Of them the series 3 is an assembly of programs on the quantification theory in which continuous variables are adopted.

This paper describes chiefly the explanation of the quantification theory which has taken up the continuous variable as the feature of MSL. Examples of application are also elucidated herein.

1. まえがき

MSL とは Melco Statistics Library の略称で、M-7000 用に開発された統計解析用ソフトウェアである。その適用分野としては、市場調査・広告計画・経営計画・人事管理・生産管理などをはじめとしてあらゆる方面にわたっている。(図 2.1 参照)

MSL は適用分野・使用目的などにより、シリーズ 1, 2, 3 と三つのシリーズに分かれている。特にシリーズ 3 は、連続量を取り入れた数量化理論をプログラム化したものを集めてある。本論文では、主として MSL の特長であるシリーズ 3 の解説と適用例について述べよう。

2. MSL とは

2.1 MSL の概要

MSL は M-7500/7700 の統計解析用ソフトウェアであり、その設計思想(すなはち、特長)を列挙すると、

(1) 要因分析やパターン分類に利用される数量化理論、および行動科学などの最新の統計理論をプログラム化した。

(2) プログラムの種類は多く、かつ広範囲にわたっているので適用分野が広い。

(3) インプット/アウトプットは使用者が使いやすいように設計した。特にグラフ化などに留意してある。

(4) FORTRAN-IV をソース言語としてあるので、他機種との互換性がある。

(5) 各プログラムはモジュール化を図り、拡張性をもたせた。

2.2 MSL シリーズ

2.2.1 MSL シリーズ 1

統計解析用プログラムの中でも、回帰分析・判別分析・因子分析・分散分析など重要な用性のあるプログラムの集合。シリーズ 1, 2 の基本となるプログラムがあり、初心者でも基礎的な統計知識があれば、データ解析ができるよう、特にインプット/アウトプットについて考慮して設計してある。

2.2.2 MSL シリーズ 2

最近、脚光を浴びているアイテム分析・尺度分析・グループ化など、行動科学指向プログラムを集めてある。世の中の現象がますます複雑

多様化している現在、このような現象を分類したり、現象にひそむ構造の究明の手助けとなるものと考えられる。

表 2.1 MSL プログラム一覧
Table of MSL program.

分類		プログラムの名称
MSL シリーズ 1	回帰分析	重回帰・重相関分析
		段階的重回帰・重相関分析
		多項回帰分析
		漸近的回帰分析
		周期的回帰分析
		自己回帰分析
	多変量解析	判別関数
		因子分析
	工程管理	平均値・標準偏差・ヒストグラム
		工程能力調査
MSL シリーズ 2	実験計画	多元配置実験の分散分析
		直交配列表による実験の分散分析(1)
		直交配列表による実験の分散分析(2)
		主成分分析
		正準相関分析
	行動科学(内部構造分析)	アイテム分析
		クロスクラシフィケーション分析
		階層別グループ化分析
	特殊な重回帰	プロピット分析
		質的データに尺度を与える
MSL シリーズ 3	時系列分析	サーストンの尺度分析
		自己共分散分析とスペクトル分析
	生命表と生存率	振幅・位相解析
		減衰周期に対する生存率、標準誤差
MSL シリーズ 3	要因分析およびパターン分類	
	連続量を取り入れた数量化 I類	
連続量を取り入れた数量化 II類		
数量化理論 III類		
数量化理論 IV類		

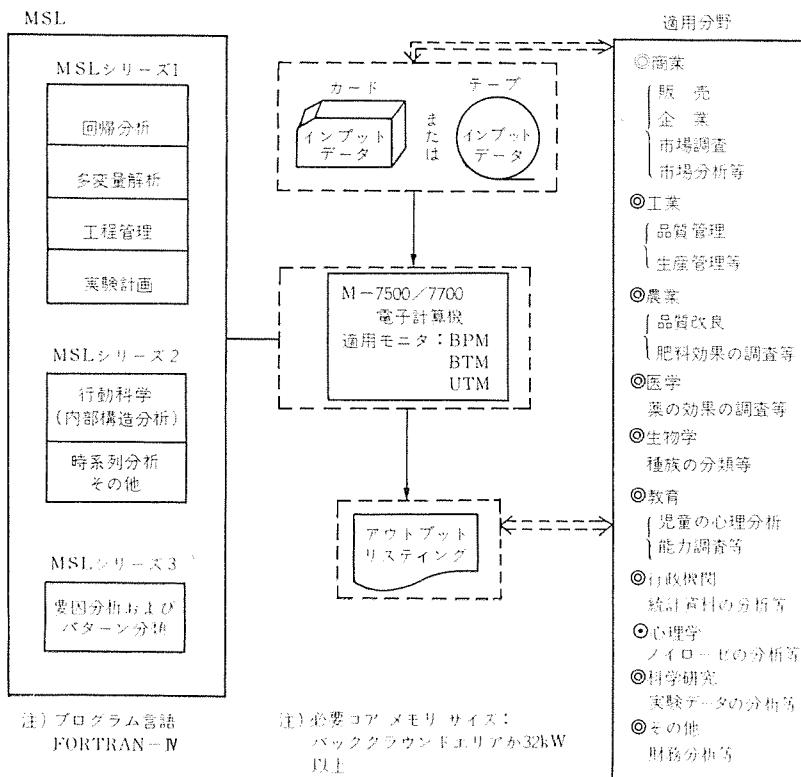


図 2.1 MSL とコンピュータシステム
MSL and computer system.

表 2.2 数量化理論と多変量統計解析
Quantification theory and multivariate statistical analysis.

外的基準	問題	要因	手法
有	量の推定	量的	重回帰重相関分析
		質的／量的	数量化理論Ⅰ類
	質の分類	量的	判別分析
		質的／量的	数量化理論Ⅱ類
無	質の分類	量的	因子分析
			主成分分析
		質的／量的	正準相関分析
			数量化理論Ⅲ類
			数量化理論Ⅳ類

2. 2. 3 MSL シリーズ 3

統計数理研究所の林知己夫博士らの開発による数量化理論をプログラム化したものである。要因分析およびパターン分類に有効である。ダミー変数だけでなく連続的変数も含んだモデルの解析も可能であることが特長であろう。

以下主として、数量化理論の解説とその適用例について述べる。

3. 連続量を探り入れた数量化理論 I 類

3.1 解 說

サラリーマンの1ヵ月のコーヒー代を、彼の月給と年令と職務の三つの要因によって推定してみようという問題を考える。(表3.1参照)

この例題を重回帰モデルとして捕えてみよう。すると、表3.2のようになる。

この解は最小二乗推定量 $\hat{\beta}$ である。ただし、たとえば、“職務”について、

$$t_{31} + t_{32} + t_{33} + t_{34} + t_{35} = t_0 \quad \dots \dots \dots \quad (3.1)$$

となる。したがって、このままでは β を求めるのに必要な逆行列操作

作ができない。そこで、ダミー変数を用いている要因について、その先頭の変数（例題では“月給”における“低い”，“職務”における“製造”）を除いてから、 $\hat{\beta}$ を求めればよい。

さて，“職務”という要因の偏回帰係数が図3.1のような値だったとしよう。図3.1によると、偏回帰係数は“線形”には変化していない。よって，“職務”をひっくるめて、ひとつの変数 U_3 で表わしてその偏回帰係数 b_3 によって，“コーヒ代” Y を

$$Y = \mu + b_1 U_1 + b_2 U_2 + b_3 U_3 + e \quad \dots \dots \dots \quad (3.2)$$

のように表現するのには無理がある。 $(U_1, U_2$ はそれぞれ, “月給”と“年令”を表わすとした) すなわち, “職

表 3.1 例題
Example.

要因 △ 七代	年 令	月給				職務				
		低 い	普 通	高 い	出来 高給	製 造	技 術	營 業	總 務	經 理
700円	41歳		○				○			
300	43				○	○				
800	18				○			○		
1,000	52			○				○		
2,000	48			○				○		
400	20	○					○			
300	50	○							○	
500	51			○						○
500	21	○					○			
600	35		○							○
100	49				○	○				

表 3.2 重回帰モデル
Multiple regression model.

年 令	月 給	職 務	β_0	e_1
700	1 41	0 1 0 0 0	0 1 0 0 0 0	β_1
300	1 43	0 0 0 1 1	1 0 0 0 0 0	β_{21}
800	1 18	0 0 0 1 1	0 0 1 0 0 0	β_{22}
1,000	1 52	0 0 1 0 0	0 0 1 0 0 0	β_{23}
2,000	1 48	0 0 1 0 0	0 0 1 0 0 0	e_5
400	1 20	1 0 0 0 0	0 1 0 0 0 0	β_{24}
300	1 50	1 0 0 0 0	0 0 0 1 0 0	e_6
500	1 51	0 0 1 0 0	0 0 0 0 0 1	β_{31}
500	1 21	1 0 0 0 0	0 1 0 0 0 0	β_{32}
600	1 35	0 1 0 0 0	0 0 0 0 0 1	β_{33}
100	1 49	0 0 0 1 1	1 0 0 0 0 0	β_{34}
\uparrow	\uparrow	\uparrow	\uparrow	\uparrow
y	t_0	t_1	$t_{21} t_{22} t_{23} t_{24}$	β

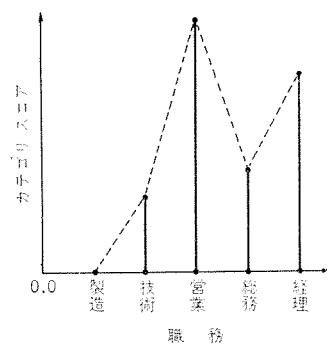


図 3.1 カテゴリスコア (非線形)
Category score (non-linear).

表 3.3 重回帰と数量化理論 I 類
Multiple regression and quantification theory (I).

重回帰のモデル	数量化理論I類
従属・変数	外的基準
0, 1の値をとる説明変数(ダミー変数)	カテゴリ
偏回帰係数	カテゴリスコア

表 3.4 インプットデータ
Input data.

要因 外 的 基 准 サ ン プ ル	x_1	x_2	x_3	x_4		x_5						x_6		x_7			
				x_{41}	x_{42}	x_{51}	x_{52}	x_{53}	x_{54}	x_{55}	x_{56}	x_{57}	x_{61}	x_{62}	x_{71}	x_{72}	
1	66.5	11.5	60.0	1.0	○					○			○		○		○
2	70.2	11.5	80.0	1.0	○					○			○		○		○
3	73.9	11.5	100.0	1.0	○					○			○		○		○
4	77.5	11.5	120.0	1.0	○					○			○		○		○
5	19.98	11.0	100.0	1.0	○		○						○		○		○
6	52.60	11.0	100.0	1.0	○			○					○		○		○
7	64.70	11.0	100.0	1.0	○			○					○		○		○
8	88.40	11.0	100.0	1.0	○					○			○		○		○
9	102.80	11.0	100.0	1.0	○						○		○		○		○

79	95.9	22.0	97.1	1.04		○				○					○		○
80	88.3	33.0	97.1	1.04		○				○					○		○
81	82.8	44.5	97.1	1.04		○				○					○		○

細胞培養	Yの実測値	*** TABLE OF RESIDUAL ***		相対誤差
		Yの標準値	残差	
1	1.000000	1.000000	0.000000	-7.42E-04
2	0.999999	1.000000	-0.000001	-1.00E-03
3	0.999998	1.000000	-0.000002	-1.33E-03
4	0.999997	1.000000	-0.000003	-1.67E-03
5	0.999996	1.000000	-0.000004	-2.00E-03
6	0.999995	1.000000	-0.000005	-2.33E-03
7	0.999994	1.000000	-0.000006	-2.67E-03
8	0.999993	1.000000	-0.000007	-3.00E-03
9	0.999992	1.000000	-0.000008	-3.33E-03
10	0.999991	1.000000	-0.000009	-3.67E-03
11	0.999990	1.000000	-0.000010	-4.00E-03
12	0.999989	1.000000	-0.000011	-4.33E-03
13	0.999988	1.000000	-0.000012	-4.67E-03
14	0.999987	1.000000	-0.000013	-5.00E-03
15	0.999986	1.000000	-0.000014	-5.33E-03
16	0.999985	1.000000	-0.000015	-5.67E-03
17	0.999984	1.000000	-0.000016	-6.00E-03
18	0.999983	1.000000	-0.000017	-6.33E-03
19	0.999982	1.000000	-0.000018	-6.67E-03
20	0.999981	1.000000	-0.000019	-7.00E-03
21	0.999980	1.000000	-0.000020	-7.33E-03
22	0.999979	1.000000	-0.000021	-7.67E-03
23	0.999978	1.000000	-0.000022	-8.00E-03
24	0.999977	1.000000	-0.000023	-8.33E-03
25	0.999976	1.000000	-0.000024	-8.67E-03
26	0.999975	1.000000	-0.000025	-9.00E-03
27	0.999974	1.000000	-0.000026	-9.33E-03
28	0.999973	1.000000	-0.000027	-9.67E-03
29	0.999972	1.000000	-0.000028	-1.00E-02
30	0.999971	1.000000	-0.000029	-1.03E-02
31	0.999970	1.000000	-0.000030	-1.07E-02
32	0.999969	1.000000	-0.000031	-1.10E-02
33	0.999968	1.000000	-0.000032	-1.13E-02
34	0.999967	1.000000	-0.000033	-1.17E-02
35	0.999966	1.000000	-0.000034	-1.20E-02
36	0.999965	1.000000	-0.000035	-1.23E-02
37	0.999964	1.000000	-0.000036	-1.27E-02
38	0.999963	1.000000	-0.000037	-1.30E-02
39	0.999962	1.000000	-0.000038	-1.33E-02
40	0.999961	1.000000	-0.000039	-1.37E-02
41	0.999960	1.000000	-0.000040	-1.40E-02
42	0.999959	1.000000	-0.000041	-1.43E-02
43	0.999958	1.000000	-0.000042	-1.47E-02
44	0.999957	1.000000	-0.000043	-1.50E-02
45	0.999956	1.000000	-0.000044	-1.53E-02
46	0.999955	1.000000	-0.000045	-1.57E-02
47	0.999954	1.000000	-0.000046	-1.60E-02
48	0.999953	1.000000	-0.000047	-1.63E-02
49	0.999952	1.000000	-0.000048	-1.67E-02
50	0.999951	1.000000	-0.000049	-1.70E-02
51	0.999950	1.000000	-0.000050	-1.73E-02
52	0.999949	1.000000	-0.000051	-1.77E-02
53	0.999948	1.000000	-0.000052	-1.80E-02
54	0.999947	1.000000	-0.000053	-1.83E-02
55	0.999946	1.000000	-0.000054	-1.87E-02
56	0.999945	1.000000	-0.000055	-1.90E-02
57	0.999944	1.000000	-0.000056	-1.93E-02
58	0.999943	1.000000	-0.000057	-1.97E-02
59	0.999942	1.000000	-0.000058	-2.00E-02
60	0.999941	1.000000	-0.000059	-2.03E-02
61	0.999940	1.000000	-0.000060	-2.07E-02
62	0.999939	1.000000	-0.000061	-2.10E-02
63	0.999938	1.000000	-0.000062	-2.13E-02
64	0.999937	1.000000	-0.000063	-2.17E-02
65	0.999936	1.000000	-0.000064	-2.20E-02
66	0.999935	1.000000	-0.000065	-2.23E-02
67	0.999934	1.000000	-0.000066	-2.27E-02
68	0.999933	1.000000	-0.000067	-2.30E-02
69	0.999932	1.000000	-0.000068	-2.33E-02
70	0.999931	1.000000	-0.000069	-2.37E-02
71	0.999930	1.000000	-0.000070	-2.40E-02
72	0.999929	1.000000	-0.000071	-2.43E-02
73	0.999928	1.000000	-0.000072	-2.47E-02
74	0.999927	1.000000	-0.000073	-2.50E-02
75	0.999926	1.000000	-0.000074	-2.53E-02
76	0.999925	1.000000	-0.000075	-2.57E-02
77	0.999924	1.000000	-0.000076	-2.60E-02
78	0.999923	1.000000	-0.000077	-2.63E-02
79	0.999922	1.000000	-0.000078	-2.67E-02
80	0.999921	1.000000	-0.000079	-2.70E-02
81	0.999920	1.000000	-0.000080	-2.73E-02
82	0.999919	1.000000	-0.000081	-2.77E-02
83	0.999918	1.000000	-0.000082	-2.80E-02
84	0.999917	1.000000	-0.000083	-2.83E-02
85	0.999916	1.000000	-0.000084	-2.87E-02
86	0.999915	1.000000	-0.000085	-2.90E-02
87	0.999914	1.000000	-0.000086	-2.93E-02
88	0.999913	1.000000	-0.000087	-2.97E-02
89	0.999912	1.000000	-0.000088	-3.00E-02
90	0.999911	1.000000	-0.000089	-3.03E-02
91	0.999910	1.000000	-0.000090	-3.07E-02
92	0.999909	1.000000	-0.000091	-3.10E-02
93	0.999908	1.000000	-0.000092	-3.13E-02
94	0.999907	1.000000	-0.000093	-3.17E-02
95	0.999906	1.000000	-0.000094	-3.20E-02
96	0.999905	1.000000	-0.000095	-3.23E-02
97	0.999904	1.000000	-0.000096	-3.27E-02
98	0.999903	1.000000	-0.000097	-3.30E-02
99	0.999902	1.000000	-0.000098	-3.33E-02
100	0.999901	1.000000	-0.000099	-3.37E-02

図 3.2 アウトプットリスト
Output list.

務”が“製造”ならば $U_3=1$, “技術”ならば $U_3=2$, ……とおいて, “ヨーヒ代” Y への“職務”的き(効)き方をただひとつの項 b_3U_3 で表わすのは無理である。こういうときは“職務”はダミー変数として表現して、その“ヨーヒ代” Y へのきき方をきめ細かく捕えるのがよい。

次に，“年令”という要因が“コーヒ代” Y に対して線形にきいている場合には、データとしては連続的な値でよい。

数量化理論 I 類は、重回帰分析の特殊形として位置づけられる。その関係は表 3. 3 のようになる。

推定の精度を表わす尺度としては重相関係数を採ればよい。また、どのアイテムがきいているかを表わす尺度としては、カテゴリをこみにした各アイテムと Y との偏相関係数を用いればよい。

MSL にある数量化 I 類 プログラム は重回帰分析 プログラムをベースにしているので、連續量を探り入れた I 類モデルのデータ解析が可能である。また、たとえばカテゴリの数が一つのアイテムについて九つ以下であるような制限はなく、アイテム数・カテゴリ数などはコンピュータのコアメモリにより可変である。

3. 2 適用例（ある装置の性能要因分析）

ある装置の性能に対する要因分析を行なった。装置の性能を示すものを外的基準とし、これに影響を及ぼす要因を表3.4のように選びサンプルを集めた。

4. 連続量を取り入れた数量化理論 II 類

4.1 解說

相関比を最大にする考え方から得られる線形判別関数を考えよう。数量化理論II類は、この線形判別関数の特殊形である。II類の場合は変数がダミー変数となっている。判別関数の未知係数（II類ではカテゴリスコアと呼んでいる）を求めるることは、広義の固有方程式

を解くことに帰着する。ただし、マトリクス A, B について I 類と同様にランク落ちが生じるので、各アイテムの先頭 カテゴリ に相当する A, B の行と列を除き、 x についても相当する要素は 0 とする。こうして カテゴリスコア が得られる。

また、判別に対する要因の線形・非線形なきき方に対しても、1類で説明したようなことを考慮する必要がある。

4.2 対象例（部品の騒音による判別分析）

ある部品から出る騒音により、その部品を良品グループと不良品グループにわけた。判別に際して影響を及ぼしていると考えられる要因を考えて、表4.1のようにデータを集め解析を行なった。

表 4.1 インプットデータ
Input data.

MELCO STATISTICS LIBRARY QDA QUANTIFICATION THEORY (2) AND DISCRIMINANT ANALYSIS						
***** SOON TEST ***** BY T.UEDA						
***** INPUT INFORMATION *****						
N = 24 (TOTAL NUMBER OF SAMPLES)						
NT = 2 (TOTAL NUMBER OF GROUPS)						
NT(1) = 1, NT(2) = 9, 15						
N = 6 (TOTAL NUMBER OF FACTORS)						
KSUM = 12 (TOTAL NUMBER OF CATEGORIES)						
KRI(1, 1) = 1, NR(3, 3, 3, 1, 1, 1)						
L = 1 (DIMENSION OF THE CONSTANTS X TO BE CALCULATED)						
***** SCORE ALPHA (1) *****						
1 GROUP LL = 1 LL = 2 LL = 3 LL = 4 LL = 5						
1 1 ..-104533						
2 1 ..-086233						
3 1 ..-161048						
4 1 ..-158624						
5 1 ..-167595						
6 1 ..-233190						
7 1 ..-175185						
8 1 ..-102324						
9 1 ..-101522						
10 2 ..-246175						
11 2 ..-339615						
12 2 ..-300174						
13 2 ..-310968						
14 2 ..-244112						
15 2 ..-246339						
16 2 ..-280130						
17 2 ..-277986						
18 2 ..-266599						
19 2 ..-307192						
20 2 ..-316198						
21 2 ..-267617						
22 2 ..-276567						
23 2 ..-244869						
24 2 ..-328024						
***** SOON TEST ***** BY T.UEDA						
***** CALCULATED CONSTANTS *****						
LL = 1						
FACTOR CATEGORY X X-XAV XAV RANGE						
1 1 ..-000000 ..-012270 ..-011270 ..-040034						
2 3 ..-040034 ..-026664 ..-026664 ..-026664						
2 4 ..-012270 ..-009896 ..-009896 ..-009896						
2 5 ..-011270 ..-016580 ..-016580 ..-058077						
3 6 ..-009896 ..-034157 ..-034157 ..-034157						
3 7 ..-009896 ..-023920 ..-023920 ..-023920						
3 8 ..-009896 ..-007815 ..-007815 ..-105526						
4 9 ..-009896 ..-016416 ..-016416 ..-165408						
5 10 ..-072594 ..-089110 ..-089110 ..-165343						
5 11 ..-370685 ..-165343 ..-165343 ..-110728						
5 12 ..-750913 ..-110728 ..-110728 ..-110728						
***** TOTAL VARIANCE *****						
= 6.022796E-03						
***** BETWEEN GROUP VARIANCE *****						
= 4.543191E-03						
***** SQUARE FOOT OF VARIANCE RATIO *****						
= 7.709360E-01						
***** EIGEN VALUE *****						
= 7.709658E-01						
***** STOP *****						

図 4.1 アウトプットリスト
Output list.

5. 数量化理論 III 類

5.1 解説

表 5.1 に示すような“人”的“特性”への反応パターンを基にして、特性を分類するという問題を考えよう。

表 5.1 は、8人から成る集団内の人々が、四つの特性のうち自分に該当する特性に反応した有様を示している。

ここで、“特性を分類する”ということを“似た特性同士は近くに、似ていない特性同士は遠くに位置させる”というように考えてみよう。では、“特性が似ている”ということをどのように表現したらよいだろうか。それには、表 5.1 で示したような8人から成る集団内の人々の反応を利用してみるのである。

たとえば、「根気強く……」と「謙虚で素直に……」とは、「相川」、「遠藤」、「久米」の3人が兼備している。つまり、これらの二つの特性は、3人の多くの人間の内にいわば仲良く共存しているのだから、互いに‘似ている’と考えることにする。それに対して、「人間関係……」と「根気強く……」とは、これらを兼備している人がどれもいないところをみると、よほど共存しににくい特性同士だと思われるので、“似ていない”と考える。

ところで、表 5.1 の‘人’に注目すると、「相川」、「遠藤」、「久米」は、「根気強く……」ばかりでなく、「謙虚で素直に……」という特性も共通に持っているのだから、互いに似たような人と考えられる。つまり、表 5.1 によって、「人’も分類できそうである。

このように、“同じような人は、同じような特性を兼ね備える”

表 5.1 反応パターン
Reaction pattern.

特性	人	相川	井上	宇野	遠藤	尾形	加藤	木村	久米
人間関係がよく交友範囲が広い		○	○		○	○	○	○	
根気強く地味にコツコツ仕上げる		○		○					○
精力的で馬力がある			○		○	○	○		
謙虚で素直に人に応待できる		○	○	○		○		○	○

表 5.2 反応パターン(再配列)
Reaction pattern (rearrangement).

特性	人	相川	遠藤	久米	宇野	加藤	井上	尾形	木村
根気強く地味にコツコツ仕上げる		○	○	○					
謙虚で素直に人に応待できる		○	○	○	○	○			
人間関係が良く交友範囲が広い				○	○	○	○	○	○
精力的で馬力がある							○	○	○

という考え方で立つとすれば、「特性」と‘人’を同時に分類できそうである。すなわち、「特性」同士が似ているかどうかは、それらを兼備した‘人’がどれだけ多くいるかによって測り、「人」同士が似ているかどうかは、どれだけ多くの‘特性’を共有しているかによって測ればよい。

この考え方で従って、“似た特性同士は近くに、似ていない特性同士は遠くに位置する”ように配列し直し、同時に、“似た人同士は近くに、似ていない人同士は遠くに位置する”ように配列し直したものと表 5.2 に示す。

この表 5.2 から明らかのように、“似た者同士を近くに位置させる”ということは、“反応の○印がなるべく対角線に近く集まる”ように表 5.1 の配列を変更することである。

しかし、実際問題の反応パターンは表 5.1 のように簡単でなく、観察によって表 5.1 から表 5.2 を得るのは一般にむずかしい。これを自動的に行なうことを次に考えてみよう。

‘特性’ i に未知の座標値

$$x_i; i=1, 2, \dots, M \quad \dots \quad (5.1)$$

を与え、「人’ j に未知の座標値

$$y_j; j=1, 2, \dots, N \quad \dots \quad (5.2)$$

を与える。そして表 5.1 のような‘人’の‘特性’への反応パターンにおける反応の○印の総数を T とし、「人’ j が‘特性’ i に反応したときは 1、反応しないときは 0 の値をとるものと $\delta_j(i)$ とすれば、

$$P_r(X=x_i, Y=y_j) = \frac{\delta_j(i)}{T} \quad \dots \quad (5.3)$$

を考えるのはひとつの自然な考え方であろう。

そうすれば、表 5.2 のように反応の○印がなるべく対角線に近く集まるようにするには、 X と Y との相関係数をなるべく大きくするように式 (5.1) の x_i と式 (5.2) の y_j を定めてやればよい。

すなわち、二次元確率分布 (X, Y) を考えて、その同時分布式 (5.3) が与えられたとして、相関係数 r_{XY} を最大にするように、未知数 x_i, y_j を定めてやればよい。

5.2 適用例(中堅社員の職務と性格特性の関連分析)

某社の中堅社員 5,369 名に対して、その現在の職務と性格特性との関連を分析した。

すなわち、各サンプルである社員は、表 5.3 の性格特性の一覧から該当する性格を六つ以内選び、さらに表 5.4 から現在從事している職務を選んでいる。

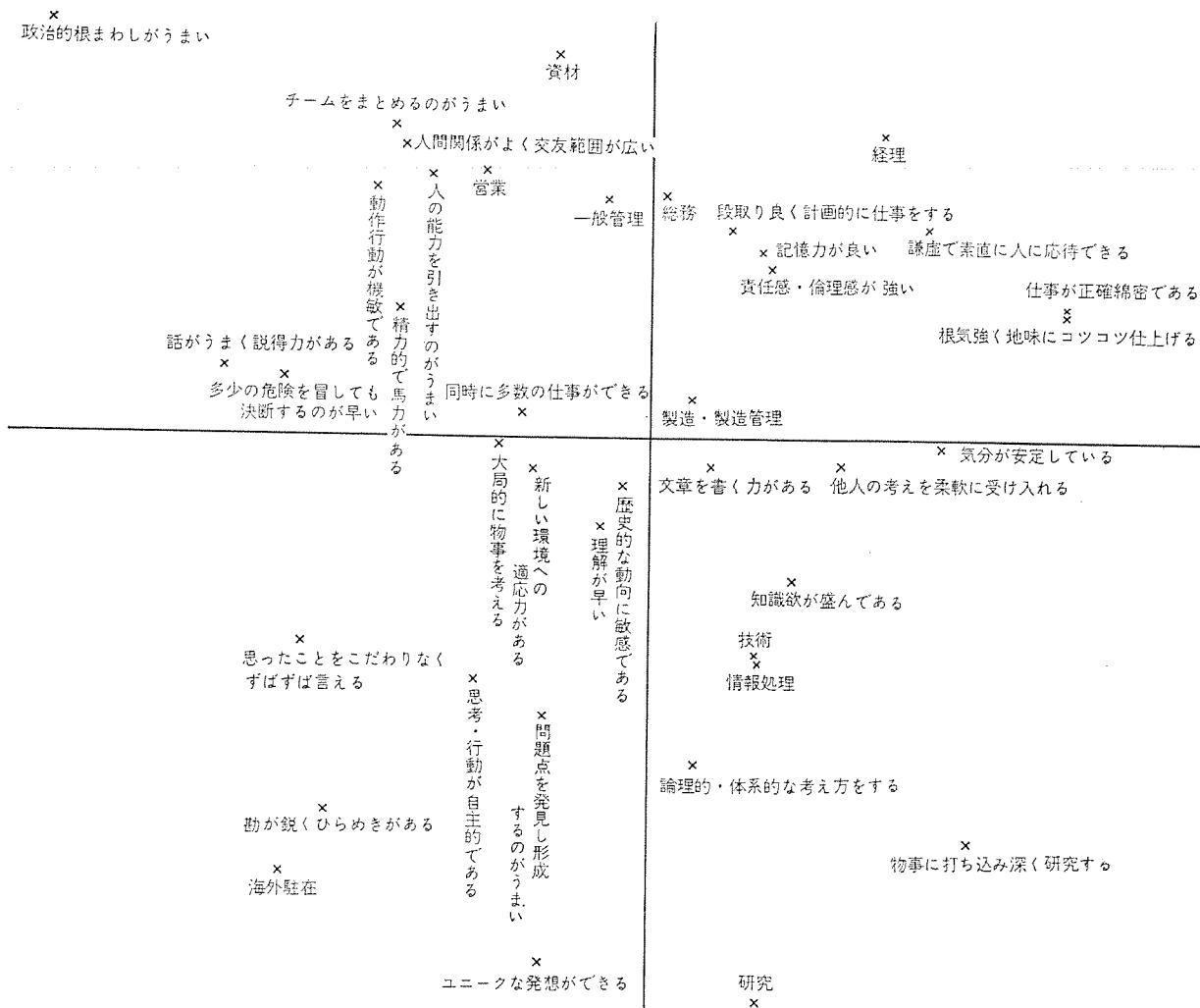


図 5.1 解析結果
Result.

表 5.3 性格特性
Characteristic.

人間関係が良く、交友範囲が広い。
思ったことをこだわりなく、すばば言える。
新しい環境への適応力がある。
気分が安定している。
.....
.....
.....
同時に多数の仕事ができる。
人の能力をひき出すのがうまい。
政治的な根まわしがうまい。

表 5.4 職務の一覧
Table of functions.

①管理一般	②総務	③経理	④営業
⑤資材	⑥情報処理	⑦研究	⑧技術
⑩製造・製造管理	⑪海外経験		

こうして、III類プログラムで分析し、最大固有値 λ_1^2 に対応するものを横軸に、2番目に大きい固有値 λ_2^2 に対応するものを縦軸にとって、特性と職務の関連構造を平面的に図示したものを図 5.1 にまとめてみた。

6. 数量化理論 IV 類

6.1 解説

集団内のの人間を、相互の人間関係を基に分類することを考えよう。つまり、メンバ i のメンバ j に対する好惡の感情 e_{ij} を利用して、親密な人同士は近くに、そうでない人同士は遠くに位置させるのである。

さて、親近度の全体

$$E = \{e_{ij} ; i, j = 1, 2, \dots, n, i \neq j\} \quad (6.1)$$

が与えられたとき、任意のメンバ i に未知数 x_i を対応させる。そして、それらの未知数

$$x_i ; i = 1, 2, \dots, n \quad (6.2)$$

を、 e_{ij} が大のとき x_i と x_j との距離が小となり、 e_{ij} が小のときは、逆に、 x_i と x_j との距離が大となるように定めることを考える。

そのために、IV類では、

$$Q = - \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n e_{ij} (x_i - x_j)^2 \quad (6.3)$$

というものを評価基準にとり、 x の分散一定のもとに、 Q を最大ならしめるような、

$$x_i ; i = 1, 2, \dots, n \quad (6.4)$$

を求めるのである。 e_{ii} は任意とする。

ここで、 x の平均を 0 と仮定し、

$$a_{ij} = e_{ij} + e_{ji} \quad i, j = 1, 2, \dots, n \quad (6.5)$$

とおく。 $a_{ij} = a_{ji}$ という対称性に注意して、問題を簡潔に表現し直すと次のようになる。

すなわち、

という制約条件のもとで、

$$Q = \mathbf{x}' B \mathbf{x} \quad \dots \dots \dots \quad (6.7)$$

を最大にする未知数ベクトル \mathbf{x} を求めよということになる。ここに、
 \mathbf{x}^T 印は転置操作を表わす。

ただし、 x と B はそれぞれ、次のような n 次の列ベクトルと、 n 行 n 列のマトリクスである。

さて、上述の条件付き最大問題の解は、周知のように、

という固有方程式を解いて得られる⁽¹⁾。

ただし, $a_{ij} \geq 0$ ならば, 固有値 λ は負か 0 になるので, 通常の固有方程式の近似計算においては都合が悪い。

そこで, $(e_{ij} + c)$ をつくり, すべての e_{ij} を $(e_{ij} + c)$ が負になるように代えて ($c < 0$), 式 (6.11) のように定まる Q^* は, 常に正と

表 6.1 インプットデータ

Input data.

$$Q^* = - \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n e_{ij}^* (x_i - y_j)^2 \quad \dots \dots \dots \quad (6.11)$$

$$e_{ij}^* = e_{ij} + c \quad (c < 0) \quad \dots \dots \dots \quad (6.12)$$

6.2 適用例（1969年世相分析）⁽³⁾

1969年の世相がどんなものであったかを探ってみよう。そのためには、1969年1月1日から1970年1月16日までの重大ニュースをおもな新聞から50件選び、10人のメンバによって、ニュース相互の親近感をつぎのようく定めた。

すなわち、ニュース i と j 相互に親近感を覚えた人の数を c_{ij} とした。これを インプット データ として IV類 プログラム で計算した。最大固有値に対する固有ベクトルと、2番目に大きい固有値に対する固有ベクトルとで、二次元の直交座標に位置づけてみた。

7. む す び

本文では、おもに MSL シリーズ 3 の理論的な解説と、その適用例について述べた。

MSLの中でも連続量を取り入れた数量化理論の適用例は、まだ少ない。

今後、多方のご使用、ご批判をいただければ幸いとするところであります。なお使用法の詳細については「MSL 使用説明書」があるの

序号	项目	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	
2																																																																																																					

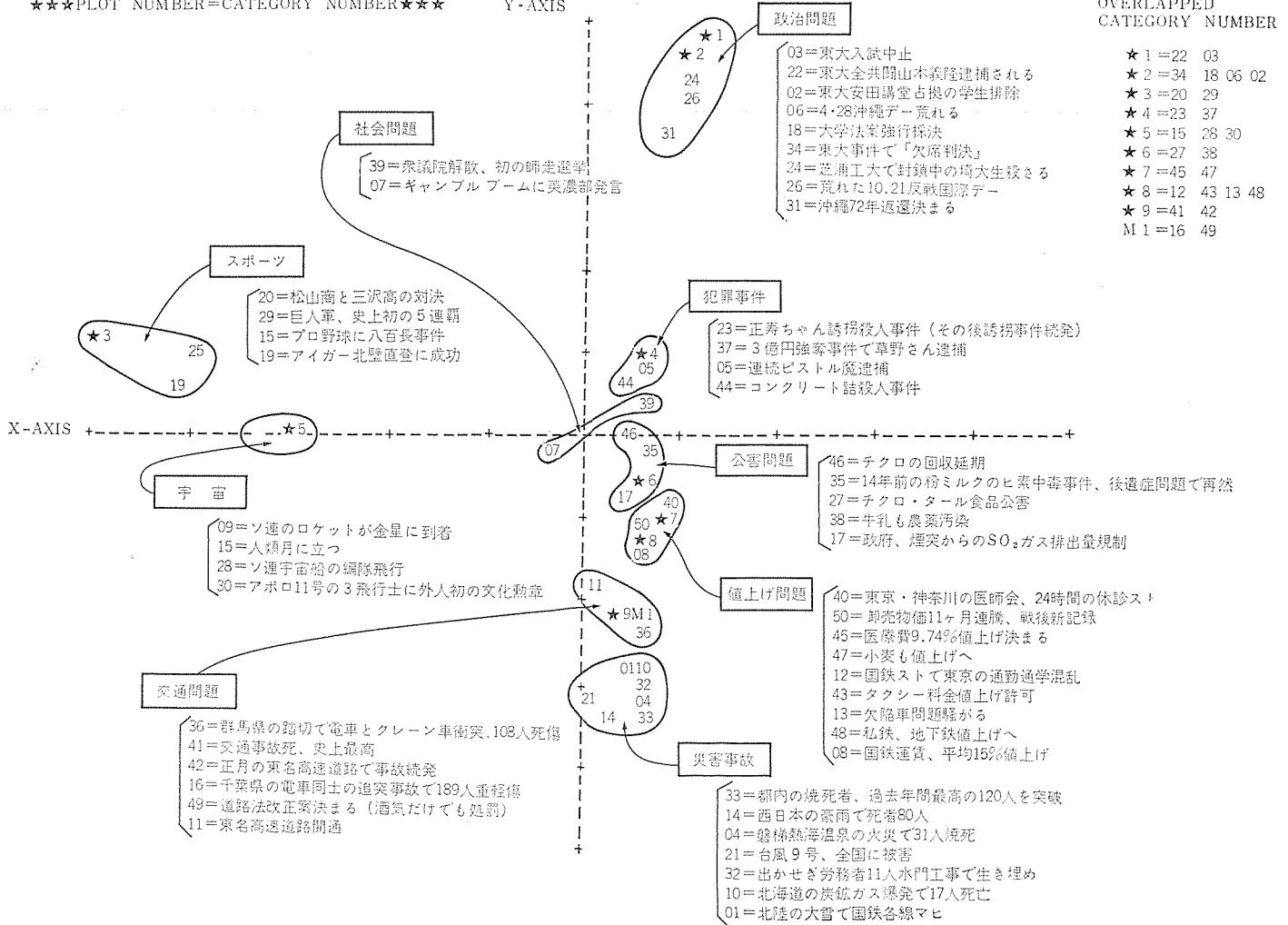


図 6.1 アウトプットリスト
 Output list.

でご参照いただきたい。

終わりに、MSL の開発に、成蹊大学経済学部 小川多英子助手をはじめ、社内の多数の方にご協力いただきいたことを深く感謝して終る次第である。

参考文献

(1) T. W. Anderson : An Introduction to Multivariate Sta-

tistical Analysis, John Wiley and Sons (1958)

- (2) C. Hayashi : On the Prediction of Phenomena from Qualitative Data and Quantification of Qualitative Data from the Mathematico-Statistical Point of View, Annals of the Institute of Statistical Mathematics, 3, (1952)
- (3) 中村ほか : 発想法 (KJ 法) への数量化理論の適用, 経営科学, 14, 3 (昭 45)

パプア・ニューギニア政府向け VHF/UHF 帯用小容量多重無線通信装置

沼田 敏男*・一ノ瀬友次*・関川 一彦*・山岡 昭夫*

VHF/UHF Band Small Multi-Channel Radio Communication Equipment for the Territory of Papua and New Guinea

Communication Equipment Works

Toshio NUMATA・Tomoji ICHINOSE
Kazuhiko SEKIKAWA・Akio YAMAOKA

Described herein is small multi-channel radio communication equipment built for the government of Papua and New Guinea. As a result of international tender and being appreciated of its high technical quality, the equipment has been taken into service for the type to play a role of taking charge in the communication networks of the territory. The equipment, by making the use of 75, 150 and 400 MHz band, is able to transmit telephone messages on (1+4) telephone channels and telegraph messages on 3 channels. It has been designed with full consideration on reliability and maintenance so as to secure sufficient communication quality to be applicable to the out-of-the way places. The article reports the outline of the device with its construction and function as the main topic.

1. まえがき

パプア・ニューギニア 政府 (The Administration of the Territory of Papua and New Guinea) では国土開発計画の一環として、国際復興開発銀行からの借款により、領内の通信網整備を進めている。これに使用される機器は、すべて国際入札で購入されたが、欧米各社と競合した結果、技術的に高く評価され、マイクロ 中継幹線の一部を構成する 2 GHz 帯見通し外通信システムと、VHF・UHF 帯の分岐回線用無線機 100 台を受注し、このたび機器を納入した。

分岐回線用無線通信装置は、75, 150 および 400 MHz 帯を利用して、(1+4) 電話チャネルと 3 チャネルの電信を伝送しうるもので、十分な通話品質を確保し、辺地での使用にも十分適用し得るよう安定性・信頼性・保守性に考慮を払って設計されたもので、同国通信網の枢要な一部として運用されていくことが期待されている。ここでは、同装置の構成・機能を中心に概要を報告する。

2. 用途

本装置は、幹線からの分岐・端末回線などのローカルに使用され、



図 1.1 パプア・ニューギニア 納入小容量多重回線
New communication circuit of T. P. N. G.

最大 2 中継までのリンクを構成する。周波数は 76~78, 92~94, 148~152, 163~167, 400~420, 450~470 MHz のいずれかをカバーし、(1+4) 通話路の電話と 3 電信チャネルを伝送する。中継はベースバンドでおこない、予備機はおかげ、トライックの多い区間はリンクを並設して信頼度を確保する。

さらに中継局は、地理的・環境的に恵まれないところに設置することを考慮して、極力回路構成を単純にし、信頼度の向上を図り、低消費電力化を実現している。

3. 標準回線と雑音配分

本装置は、動作周波数・出力など多様である。これらは、各周波数帯の特質を生かすように選択され、リンクを構成するので、標準回線と雑音配分はつぎのように規定した。

すなわち、最大 2 中継局を含むリンクの評価 S/N を、各受信入力 $100 \mu V$ において 45 dB 以上とする。実際には、動作周波数における無線機の性能の相違もあるので、狭帯域化によって生じる準漏話に大半の雑音を割り当てるにして表 3.1 を考えた。

さらに、これから無線機準漏話雑音をつぎのように配分した。

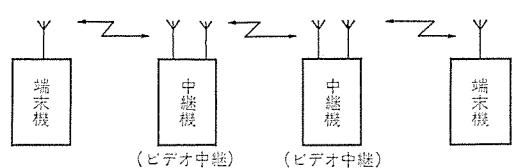


図 3.1 標準回線
Reference circuit.

4. 主要性能

本装置の主要性能を表 4.1 に示す。

5. 構造

本装置は、動作周波数、出力、電源電圧および端末・中継の別によって変化に富んだ構成を実現しうるが、架は 2,300 mm (H), 520 mm (W), 225 mm (D) の端末用と、2,700 mm (H),

表 3.1 回線雑音配分
Noise budget for link.

	1 区間回線	2 区間回線	3 区間回線
無線機熱雑音	4,000 pW	8,000 pW	12,000 pW
無線機準漏話雑音	10,000 pW	20,000 pW	30,000 pW
無線機干渉雑音ほか	1,000 pW	2,000 pW	3,000 pW
搬送端局雑音	5,000 pW	5,000 pW	5,000 pW
総合雑音	20,000 pW	35,000 pW	50,000 pW
評価	11,200 pW	19,700 pW	28,000 pW
評価 S/N	49.5 dB	47.1 dB	45.5 dB

表 3.2 回路雑音配分
Noise budget for circuits.

雑音量	回路仕様	ひずみ率	備考
無線機準漏話雑音 10,000 pW	変調器	二次 2,000 pW 三次 1,000 pW	0.10%/rad 1.4%/rad ²
	復調器	二次 2,000 pW 三次 1,000 pW	0.6%/50 kHz 20%/50 kHz ²
	回路	二次 2,000 pW 三次 2,000 pW	530 μs/50 kHz 730 μs/50 kHz ²
			K ₂ =57 dB K ₃ =68.7 dB K ₂ =82.4 dB K ₃ =93.6 dB K ₂ =62.4 dB K ₃ =80.8 dB
			二次ひずみは 9 kHz, 0.4 rad (rms) 三次ひずみは 6 kHz, 0.4 rad (rms) にて測定

520 mm(W), 225 mm(D) の中継用がある。端末架は無線機・搬送端局・電信端局各 2 セットを、また中継架は無線機 4 セット(ただし 50 W 出力の無線機 4 セットの場合は除く)を収容する。すなわち、各架は 2 システムの装置を実装する。これらは、空中線および共用装置の組合せで、全く独立した二つのシステムとして動作させることもできる。装置の外観を図 5.1 および図 5.2 に示す。

各パネルは、空中線共用器を除いてプラグイン実装方式になっており、5 W もしくは 10 W 出力の無線機は、パネル後面ときょう(筐)体間の空間を利用した対流による冷却をおこない、50 W 出力の無線機は高出力增幅部の冷却ファンを架体の前面に突出させて、放熱の効果をあげ、強制空冷は採用していない。

またパネルの寸法、外部接続は出力、動作周波数、電源電圧に關係なく統一され、組合せが簡単に変更でき、変化のあるシステム構成が実現できるほか、回路の標準化とユニット化によって、辺地における保存を容易なものにしている。

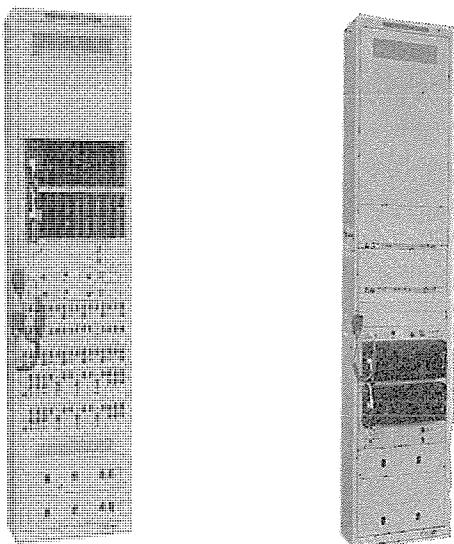


図 5.1 ME-2300 形端末装置
Type ME-2300 terminal rack.

図 5.2 ME-2700 形中継装置
Type ME-2700 repeater rack.

表 4.1 主要性能
Principal performance.

	性 能	
一 般	使用周波数	76~78 MHz 92~94 MHz 148~152 MHz 163~167 MHz 400~420 MHz 450~470 MHz SS-PM (1+4) 通話路および電信 3 チャネル 温度 湿度 30~95 %
	伝送方式	内 の 送 受 各 1 波
	伝送容量	
	温度	
	湿度	
	雑音	2 中継を含むリンクで、各局の受信入力を 100 μV とするとき、端末対端末の通話路雑音レベルは 30,000 pWp 以下(単漏話雑音を含む)
総 合	レベル安定度	上記リンクの 48 時間に内レベル安定度は 0.3 dB 以内
	ベースバンド 伝送周波数特性	0.3~20 kHz において偏差 3 dB 以内
送 信 部	送信出力	75/150 MHz 帯 10/50 W +20 % -10 % 400 MHz 帯 5 W +20 % -10 %
	高周波出力	50 Ω
	インピーダンス	75/150 MHz 帯 ±2×10 ⁻⁵ 以下
	周波数安定度	400 MHz 帯 ±1×10 ⁻⁵ 以下
	スプリアスふく射	送信出力端子において -50 dB 以下
	周波数てい(通)倍数	空中線共用器出力において -70 dB 以下 ×3×3×2
	変調入力	600 Ω (不平衡)
	インピーダンス	-25 dB
	変調入力レベル	0.3~4 kHz : 75 μs の前ひずみ回路による FM
	変調特性	4~20 kHz : PM 0.4 rad(rms)CH
受 信 部	変調指數	10 kHz の信号に対し 5 rad まで直線
	変調直線性	(二次) 10 kHz, 0.4 rad(rms) で 57 dB 以上
	変調ひずみ率	(三次) 6 kHz, 0.4 rad(rms) で 70 dB 以上
	RF 入力	50 Ω, VSWR 1.3 以下
	インピーダンス	水晶制御シングルスパヘテロダイン
	受信方式	10.7 MHz
	中間周波数	75/150 MHz 帯 : ±2×10 ⁻⁵
	局発周波数安定度	400 MHz 帯 : ±1×10 ⁻⁵
	局発周波数てい(通)倍数	75 MHz 帯 : ×2 150 MHz 帯 : ×2×2 400 MHz 帯 : ×3×3
	受信帯域幅	3 dB 低下で ±65 kHz 以上
信 号 部	選択度	±200 kHz で 28 dB 以上
	雑音指數	75/150 MHz 帯 : 8 dB 以下
	復調出力レベル	400 MHz 帯 : 10 dB 以下
	復調出力	-15 dB
	インピーダンス	600 Ω ±20 % (不平衡)
	振幅制限特性	受信入力 4~57 dBμV にて復調レベル変調 1 dB 以内
	スケルチ	受信入力 4~14 dBμV にて動作
	伝送周波数特性	0.3~20 kHz で偏差 1.5 dB 以内 (送受信総合)
	ひずみ率	二次 10 kHz, 0.4 rad(rms) で 55 dB 以上
	三次 6 kHz, 0.4 rad(rms) で 65 dB 以上	
空 中 線 共 用 (ろ 波 器 部)	周波数セバレーション	75 MHz 帯 : 1 MHz 以上 150 MHz 帯 : 2 MHz 以上 400 MHz 帯 : 4 MHz 以上
	そう入損失	送信用ろ波器 : 1.5 dB 以下 (アイソレータの損失を含む)
	ろ波器選択度	受信用ろ波器 : 1.0 dB 以下
	インピーダンス	75 MHz 帯 : ±1 MHz で 20 dB 以上 150 MHz 帯 : ±2 MHz で 20 dB 以上 400 MHz 帯 : ±4 MHz で 20 dB 以上
	周波数セバレーション	中心周波数において VSWR 1.3 以下
	通音路周波数配置	図 7.2 による
	音声周波数特性	CH1 を除き 4 W 端子にて CCITT の 2/5 以下 CH1 は VFT 使用時 0.3~2.7 kHz
	音声入出力	600 Ω ±20 % (平衡)
	インピーダンス	4 W 入力 -7 dBm/-4 dBm 4 W 出力 -2 dBm/+1 dBm
	音声入出力レベル	800 Hz テストトーンにて 2nd 30 dB 以上 3rd 40 dB 以上
端 局 部	ひずみ波衰量	600 Ω ±20 % (不平衡)
	ベースバンド入出力	無通話時送出または信号時信号送出
	インピーダンス	3.825 kHz -15 dBm
	信号方式	入力レベル基準値 ±3.5 dB : ダイヤルスピード 10 IMP/s
	信号周波数	メーク率 33 % に対し ±5 % 以下
	信号レベル	ベースバンド側 -37 dB 以下
	ダイヤルひずみ	音声ライン側 -25 dB 以下
	搬送波漏れ	通話減衰量 -50 dB 以下
	漏話減衰量	近端 -45 dB 以下
	搬送周波数安定度	±1×10 ⁻⁴
電 信 端 局 部	搬送周波数	FS 方式 3.145 kHz, 3.315 kHz, 3.485 kHz ±35 Hz
	偏移周波数	最大 75 bands
	通音度	600 Ω ±20 %
	搬送波入出力	送信 -18 dBm/CH (-8~ -30 dBm 可変) 受信 -18 dBm/CH (0~ -22 dBm 可変)
	インピーダンス	入力 100 Ω 出力 最大 2 kΩ (可変)
	送受信レベル	±25 mA レベル変動 ±3 dB, 電源電圧 -24 V ±5 %, 溫度範囲 0~45 °C において 50 bands : 7 % 以下 70 bands : 10 % 以下
	直流電信漏入出力抵抗	
	直流入出力電流	DC -24 V (-21~ -32 V) または DC -48 V (-42~ -64 V)
	電信ひずみ	400 MHz 端末機 約 85 W 中継機 40 W
	搬送周波数	150/75 MHz 端末機 95 W 10 W 中継機 50 W 50 W 端末機 200 W 50 W 中継機 170 W
電 源 部	入力電源	
	消費電力 (Set 当り)	

6. 概要説明

6.1 端末装置

端末装置の系統を図 6.1 に示す。交換機からの電話信号は搬送端局の 4 WS 端子に加えられて、0.3 kHz~20 kHz のベースバンド信号に変換され送信機に入る。ここで 0.3 kHz~4 kHz の帯域を占有する CH 1 は変換を要しないが、2.4 kHz 以上を入力回路の低域ろ過器でカットし、2.7 kHz から 3.7 kHz までの帯域に 3 波の電信信号がそう入される。

送信機では、"ベースバンド"信号を可変容量ダイオード位相変調器に加えて変調をかけるとともに、搬送周波数を 18 倍し、十分なレベルにまで増幅して空中線共用器・空中線を経て相手局に送出する。

一方、空中線からの受信信号は、分波器を経て受信機に導びかれて復調され、出力は搬送端局に接続される。ここで音声信号は、各通話路ごとに復調され 4 WR 端子を経て交換機に接続されるが、電信信号は CH 1 の 4 WR で分岐され、電信端局を経て、さらに機外のテレプリンタに至る。CH 1 の 4 W 入出力は、制御盤を経由して機外に接続されており、電けん(鍵)操作によっていつでも O/W に切り

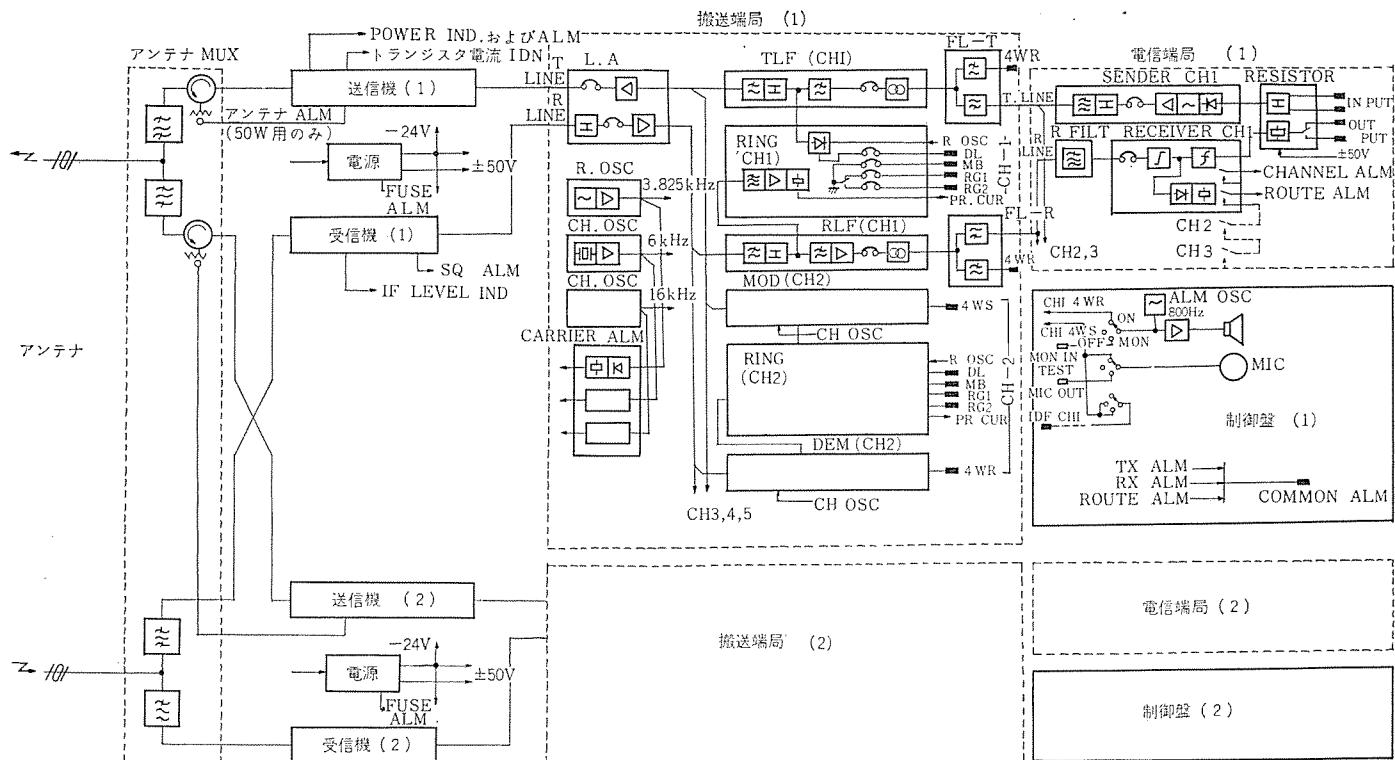


図 6.1 ME-2300 形端末装置系統 Block diagram of type ME-2300 terminal equipment.

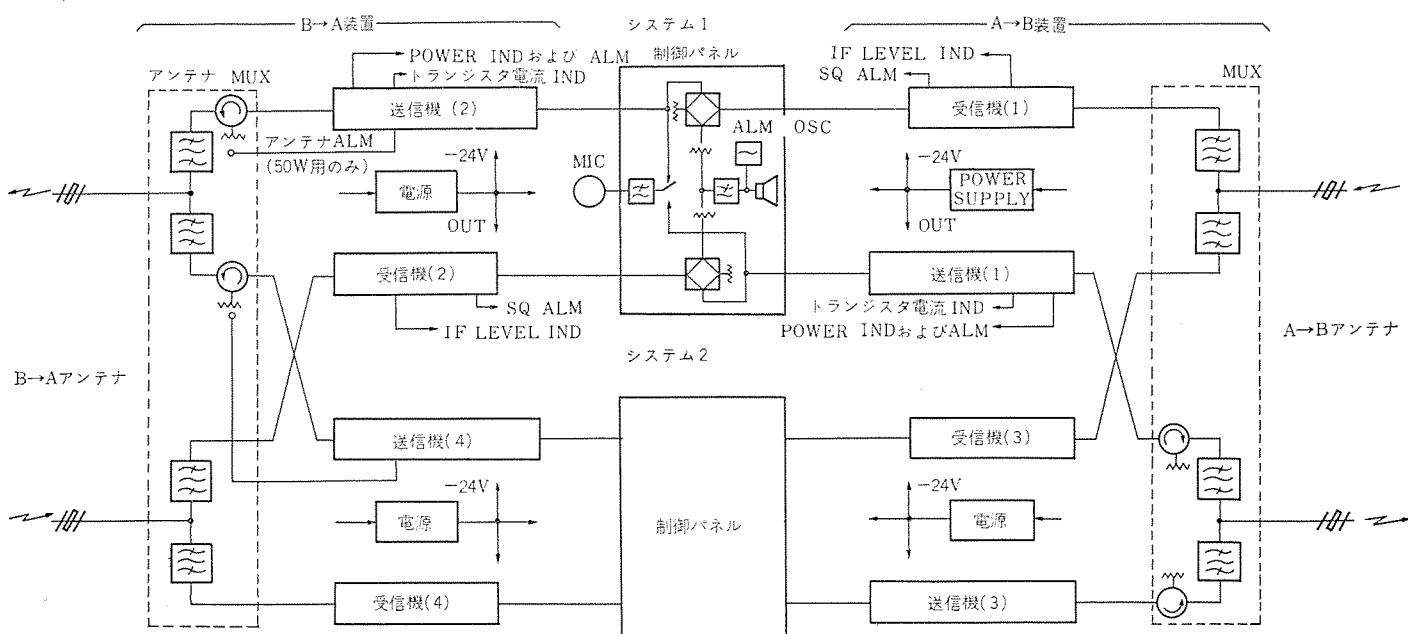


図 6.2 ME-2700 形中継装置系統 Block diagram of type ME-2700 repeater.

換えて使用できるようになっている。

6.2 中継装置

中継装置の系統を図 6.2 に示す。中継装置は、上り・下り両方向の無線機を back to back 接続したもので、両無線機間のベースバンド 信号受け渡しは、制御盤を介してなされる。制御盤では対向局から送られてくる 0.3~4 kHz の生の信号をモニタし、同時にこの帯域に保守者の音声信号をそう入して打合せをおこなう。

7. 主要部説明

7.1 空中線共用部

この無線装置は、2 システムの並列ルート構成が可能であり、送・受信の各共用装置を実装する。無線チャネル間の最小のセパレーションは、実現可能なろ波器で、また最大値は空中線の帯域で決定するが、最小値を 75 MHz 帯で 1 MHz, 150 MHz 帯で 2 MHz, 400 MHz 帯で 4 MHz として低損失のろ波器を使用した。また送信側ろ波器のアイソレータを付して送信機間の回り込みを押えるとともに、ここで空中線系の反射を吸収し、送信出力部の保護を兼ねさせた。共用器特性の一例をあげれば、図 7.1 のとおりである。

とくに、50 W 用の共用器ではアイソレータのダミーロードを小形にしてあり、空中線インピーダンスが何らかの理由で悪化し反射波を生じたとき、ダミーが熱的に破壊し、ひいては出力部トランジスタへ障害が波及するおそれがあるので、ダミーの温度上昇を検出し、一定値を越えたときに警報を送出する回路を設けた。これによって温度上昇が検出されれば、接点出力で障害ランプを点灯するとともに電力増幅部の電源が切られ、回路が保護される。

7.2 送信盤

送信機は図 6.1 に示すように、主要回路はベースバンド増幅部・変調部・てい倍部・電力増幅部・高出力増幅部・ろ波器部などのモジュールに分割され、パネルに組み込まれる構造になっている。これらのモジュールは、ベースバンド増幅部を除いて動作周波数帯ごとに異なるが、すべて同一構造である。

ベースバンド増幅部は、搬送端局からベースバンド信号を受けて、75 μ s の時定数で前ひずみ特性を与えるとともに、変調器に必要なレベルまで増幅する。変調部では、水晶発振器によって搬送波を得、これをバラクタダイオードの変調回路を通し、さきのベースバンド信号で位相変調をかけ、増幅と周波数を 1 倍をおこなって 0.1 W の出力を得、電力増幅部では 400 MHz 帯で 6 W, 150, 75 MHz 帯では 12 W まで増幅する。これらの出力は、次段のろ波器部へ導びかれ、不要波を除去されて共用器に至るが、150 MHz, 75 MHz 帯の 50 W 出力

送信機では、電力増幅部とろ波器部の間に高電力増幅部をそう入し、同部出力で 55 W を得ている。

高電力増幅部では約 80 W におよぶ発熱を、図 5.1 のパネル構造で放熱させ、電力部はパネルと基板の間に空間の対流を利用し放熱をおこなっている。

この結果、各トランジスタのケース温度は、周囲温度に対し 15°C 以下の上昇に抑えることができた。

送信盤の出力の一部は、ろ波器部で検波後モニタされ、出力が低下したときアース接点としてパネル外部へ警報が送出される。各回路は変調回路を含めて、単純な回路を採用しているので、特殊な測定器を使わずに最適調整をおこなうことができて保守が容易である。

7.3 受信盤

受信盤は、図 6.1, 6.2 に示すように LO MIX 部, IF BPF 部, DISC BBA 部, N-MON 部のモジュールで構成されるが、LO MIX 部以外は無線周波数に無関係に共通である。LO MIX 部では、集中形ろ波器と高周波増幅器を組合せて高周波帯で選択度をあげ、トランジスタミキサで 10.7 MHz の中間周波に変換し、IF BPF 部の狭帯域ろ波器では 3 dB 帯域幅約 130 kHz, ± 100 kHz 離調点で約 30 dB の高選択度を得ている。

DISC BBA 部では、IC リミッタで振幅制限をおこない、ディスクリミネータでベースバンド信号に復調する。信号はデイエンハシス回路・ベースバンド増幅器を経てパネルの外に導びかれる。一方、ベースバンドの高域に含まれる 50 kHz 近辺の雑音は、N MON で選択・増幅され、スケルチおよびモニタ用出力として利用される。

7.4 制御盤

制御盤には、端末局用と中継局用の 2 種類がある。端末局用は、マイク、モニタ増幅器、スピーカ、警報および動作表示ランプ、メータ回路を備え、中継局用ではこのほか、ベースバンド中継と打合せ信号の drop-insert をおこなう中継回路が設けられている。端末局では、スイッチ切換によって打合せ回路の CH 1 へ接続と通話路モニタとしての切換をおこなう。

本機は、予備機をもたないから監視・制御回路は簡易化されている。この系統は図 6.1 および図 6.2 に示すとおりである。

7.5 電源盤

本装置は、とくに電源事情の悪い地域で使用されるから、激しい電源電圧変動に耐え、しかも高能率で動作することが要求されるが、定格電圧 $+33\%$ の入力電圧に対し、ほぼ 90% の高能率で安定した出力を得ている。

一例として、端末局で -24 V 入力で動作する電源盤の系統を図 7.1 に示す。-24 V の一次入力電圧は、ロイヤ発振器からなるブースタ回路で -11 V に変換され、この電圧は一次電圧に積み重ねられる。その出力電圧は 10~30 kHz の繰り返し周波数で動作するスイッチングレギュレータを通して、-24 V の一定出力に変換される。保護回路は、過電圧防止の目的でそう入されており、出力電圧が異常に高くなったとき入力回路の NFB を断とする。

一方、電信端局用の ± 50 V 出力は、一次入力電圧を直接スイッチングレギュレータにかけて、定電圧を得、これをロイヤ発振器で変換している。

入出力のろ波器は、回路中で発生する雑音の外部漏れを押えているが、スイッチング周波数が高いため LC は小形となり、高い変換能率と盤の小型化に寄与している。

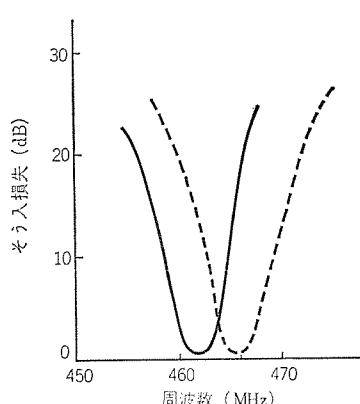


図 7.1 分波器特性例
Example of duplexer characteristic.

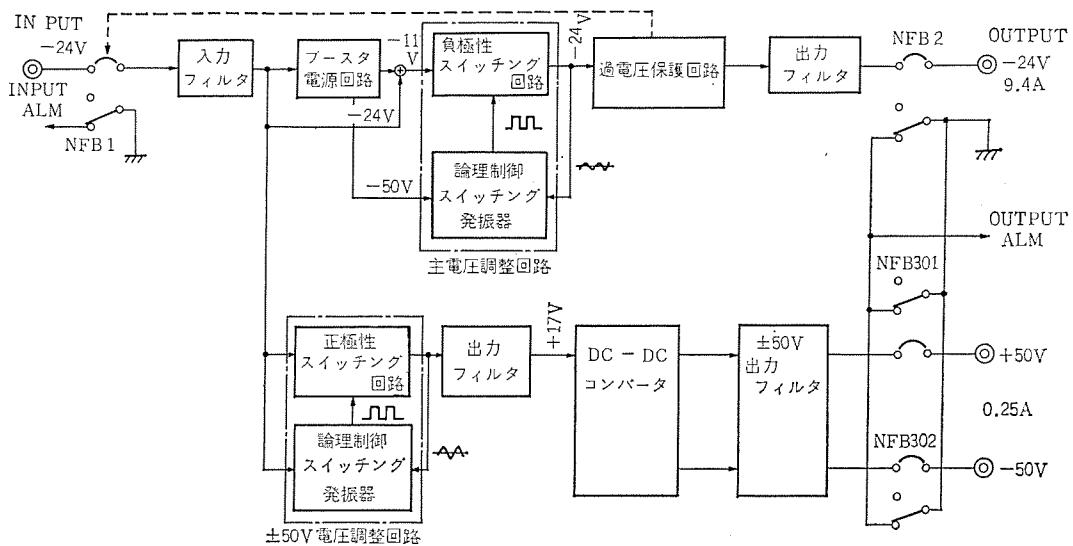


図 7.2 50 W 端末装置用電源系統
Block diagram of power supply type 50 T 24.

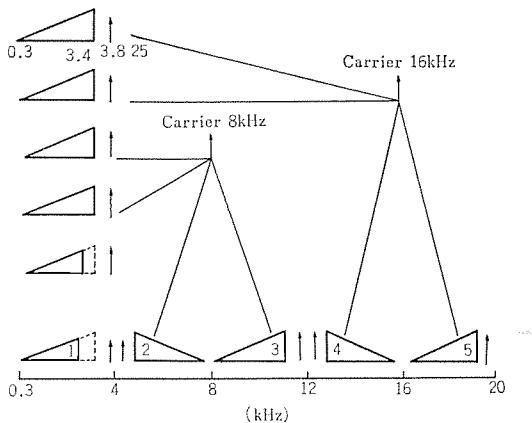


図 7.3 ベースバンド周波数配置
Base band frequency allocation.

7.6 撥送端局

播送端局は、5 CH の電話信号を 8 kHz および 16 kHz の播送波により 0.3~20 kHz の「ベースバンド」信号に変換して伝送を行なう。標準構成は、CH 1 に対し TLF, RING, RLF 盤の 3 パネル、CH 2~CH 4 に対し MOD, DEM, RING 盤の各 3 パネル、共通部として LA, R OSC, 8 kHz CH OSC, 16 kHz CH OSC の 4 パネルで J 形標準実装される。

各通話路の リンガ 信号は、R OSC から供給される 3.825 kHz で、信号方式は無通話時送出あるいは信号時送出いずれも可能である。通話路周波数配置は図 7.3 に示す。

各通話路の入出力は 4 W 接続されるが、通話路 1 には 2.4 kHz の分波器が接続され、0.3~2.4 kHz までの音声信号と 2.9~3.7 kHz 内のトーン信号との同時伝送を行なう。CH 2~CH 4 は、CCITT 規準の 2/5 以内の周波数減衰ひずみ特性をもつ。リンガ 発振器および播送波発振器のレベルは常時 モニタ で監視され、異常時に無線機の警報回路を通して警報が出される。

7.7 電信端局

CH 1 の上部帯域は、周波数偏移方式 (FS) により、通信速度 50/70 ボード、170 Hz スペーシングで 3.145, 3.315, 3.485 Hz の 3 チャンネルを使用している。

送信通話路は、FS 発振器 (FS OSC) と送信ろ波器 (SF) を SE-

ND 盤 1 シートに収容し、出力信号周波数は入力信号の極性に対応し、中心周波数 ±35 Hz の二つの特性周波数に偏移される。

受信通話路部は受信ろ波器 (RF)・受信器 (REC) からなり、線路とのインターフェースは抵抗器盤 (RES) を通して ±25 mA の電流でおこない、±50 V の復極出力電圧は電源盤から供給を受けている。受信器盤には、搬送波 レベル 検出回路が収容され、回線障害に対する監視がなされ、搬送電流断に対する + または - 極性のいずれかでホールドし、警報ランプの点灯、警報信号の送出をおこなう。

8. 総合試験結果

中継局を含む端末局間でおこなった総合試験の結果について述べる。図 8.1 は、1 中継 2 ホップの回線において雑音負荷試験をおこ

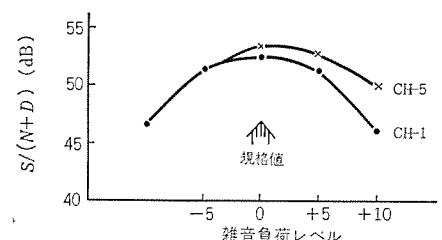


図 8.1 雑音負荷特性 (1 中継 2 hop)
Noise loading data in two hop link.

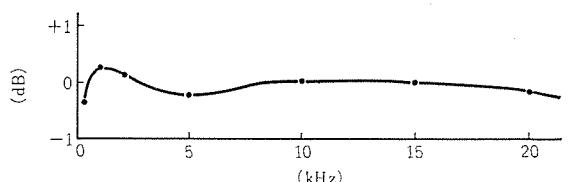


図 8.2 ベースバンド周波数特性
Base band frequency characteristic.

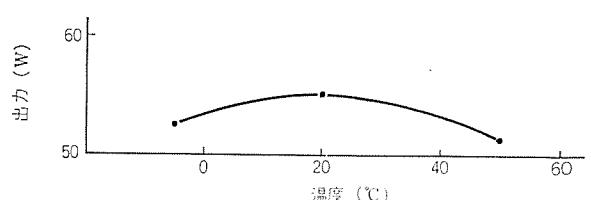


図 8.3 150 MHz 50 W 送信機出力特性
Transmitter out-put power vs. ambient temperature.

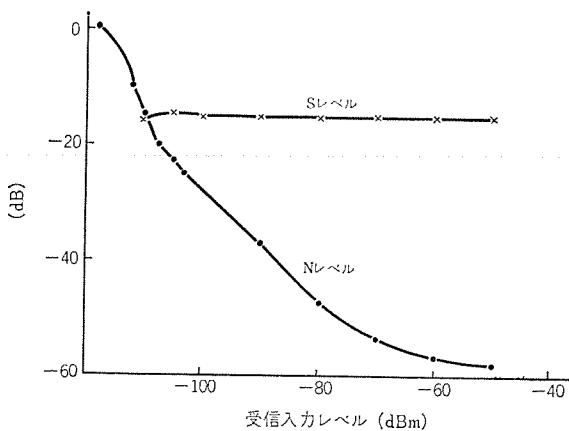


図 8.4 400 MHz 受信機感度特性
Sensitivity characteristic of 400 MHz receiver.

なった結果である。これは、各通話路にそれぞれ独立した擬似音声発生器を接続しておこなったもので、負荷レベルは CCIR で勧告さ

れている $-1 \text{ dBm} + 4 \log N$ に相当するものとした。また図 8.2 は、このときのベースバンド周波数特性である。なお、送受信機単体の特性の一例として、図 8.3 に 150 MHz 50 W の出力温度特性、および図 8.4 に 400 MHz 帯受信機の感度特性を示す。

9. む す び

本装置は、71年8月から現地へ搬入され据付工事がすすめられており、72年4月末に完了の予定であるが、一部はすでに実動を始めている。機器は標高 4,000 m を越える寒冷の中継局から、炎暑の端末局まで、きびしい環境のもとで、所期の性能を発揮し、安定したサービスを提供し、ニューギニア国通信網の一翼をなっている。安定性・保守性にすぐれ、臨機に組合せの変更ができる、この小容量多重無線装置については、客先きの評価も高く、われわれもその成果に喜びを感じている次第である。

おわりに本機の製作について、ご協力を賜った関係各位に深謝申し上げる。

アンテナ方位軸駆動輪の粘着特性

平野 一郎*・菅波 拓也*・岡田 克己*
大沢 武**Friction Tests on Wheel-Rail Driving System
of the Parabora AntennaCentral Research Laboratory Ichiro HIRANO・Takuya SUGANAMI・Katsumi OKADA
Communication Equipment Works Takeshi ÔSAWA

Large combined bearing systems have been generally used for supporting the main vertical shaft of the parabora antenna tracking precisely the man-made satellite. But now that the news gathering facilities have been more enlarged, the more accurate and easier driving systems have come to be required. Then wheel-rail driving systems have been tried for their advantage of enabling all electrical devices to be set on the ground level and to get high accuracy. In 1971 the first parabora antenna of the kind was built, and now the fourth unit working by the same driving system is under construction.

In designing the above mentioned driving systems, the coefficient of friction between the wheel and the rail plays a very important role. This paper reports the experimental results of the friction tests referred to.

1. まえがき

衛星を高精度に追尾する衛星通信用アンテナは、その誕生以来、旋回軸支持方式として大口径複合軸受を採用したマウントが大勢を占めてきた。しかしながら通信システムが広範化するに従い、その精度とともに運用の容易さとが強く要求されるに至った。ここに当社においては、従来の旋回軸支持方式から車輪-レール支持方式に切りかえた設計にとりかかり、昭和46年その第1号機を完成した。現在第4号機を製作中である。

車輪-レール支持方式による設計では、その摩擦係数をどのように設定すべきかが重要な問題である⁽¹⁾。車輪-レール式の駆動方式により通信する衛星は静止衛星であり、その地球上からみた相対運動は非常に少ないので、実験対象は低速度領域に向けられた。従来からの諸研究により、静摩擦領域および列車等に適用される高速度領域

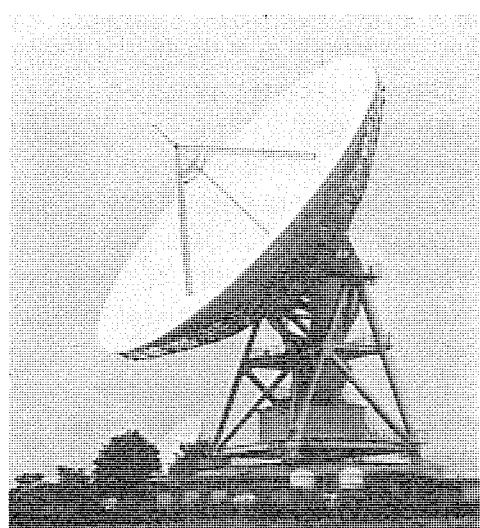
の解明については多くの文献がみられるが、低速度領域においては比較的研究が少ない。

また車輪形状も旋回中心に支持軸をもち水平荷重を分担し、車輪においては垂直荷重のみ負担する方式であるため、車輪にカーラーはなく、また旋回運動時に車輪とレールの間で相対すべりが生じないよう車輪幅をできるかぎり小さくした。このような車輪は、その使用方法が一般的でなく、この点からも実験データの取得が要望された。そこで本報では実機車輪の縮小模型を用いて、空転摩擦力特性についての基礎的実験を行ない、設計への一助とした。図1.1に車輪-レール支持方式アンテナ1号機の概観を示す。

2. 実験装置および実験方法

車輪-レール駆動式アンテナの車輪の1/8ならびに1/4模型による摩擦力(粘着力とも呼ぶ)測定装置の概要を図2.1に示す。図2.1において直流モータ1から二つの減速機2, 3を介して、回転数を約1/1,200に落とし、試験車輪4を回転させる。一方相手側試験レール5は、摩擦力と押付力を測定する動力計6を取りつけられている。押付荷重は、油圧シリンダ7によって1~5トンの力が加えられる。

実験方法としては、まずあらかじめ一定の押付荷重を7の油圧シリンダによって加えた状態で、モータ1の駆動トルクを徐々に上昇させ、空転が始まってから適当な時間経過の後に停止させ、その間の

表2.1 実験条件一覧
Table of the experimental condition.図1.1 車輪-レール駆動方式による衛星通信用アンテナ1号機
The first parabora antenna driven by the wheel-rail driving systems.

試片	寸法 (mm)	車輪 250 φ×30 および 125 φ×15, レール 60×300×10
	材質	ともに S45C
	硬度	車輪 Hv 約 350 および Hv 約 260 レール Hv 約 420 および Hv 約 250
	表面あらさ	車輪 ▽▽▽ (研削) レール ▽▽▽ (研削) および ▽▽▽ (フライス)
表面状態	乾燥	水 (放水) グリース (塗布)
	赤さび	
押付け荷重 (トン)	1, 2, 3, 4, 5	
周速 (cm/s)	0~2	

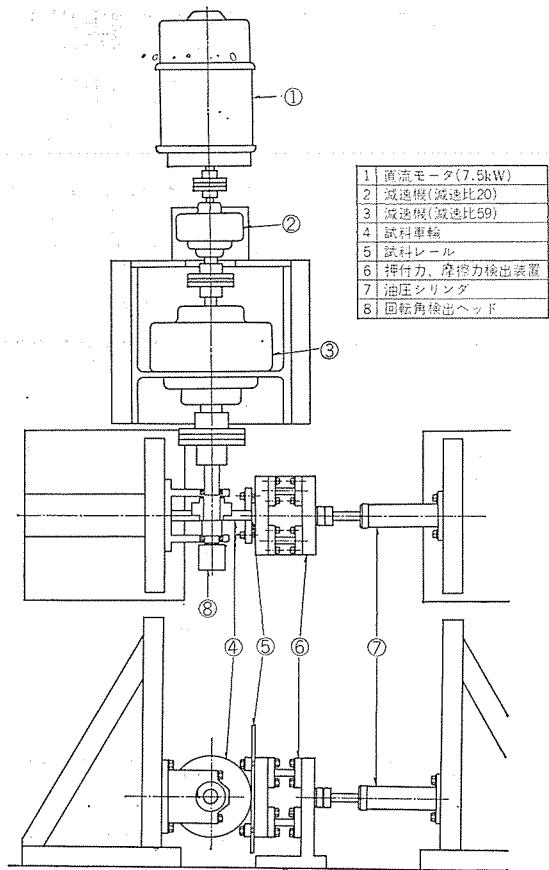


図 2.1 実験装置
Wheel-rail adhesion test arrangement.

車輪とレールの間に作用するすべり摩擦力を動力計 6 の出力として取り出し、フォトコードに記録した。

つぎに本実験における実験条件を表 2.1 に示す。

3. 実験結果および考察

3.1 乾燥空転摩擦

エタノール、アセトン、ベンゼンの3種の溶剤で表面を洗浄した車輪とレールを用いて、実測された空転摩擦力線図の一例を図 3.1 に示す。図 3.1において車輪が空転はじめたときの摩擦力の値が F_C であり、空転直後をだちに再粘着して車輪はロックされた形となる。このとき接触面は最初に存在していた酸化膜等の表面膜が破壊され、微視的な接触点で凝着が生じている。さらに車輪の駆動トルクを上昇させると再び空転が生じ、前と同様に再粘着する。このようなステップスリップ現象をくりかえしてゆくと、レール・車輪の表面は著しく荒損し、非常に高い不安定な摩擦力（最大値 F_G ）を示す。

ところで摩擦係数は摩擦力を押付荷重で除した値であるが、上記 F_C 、 F_G に対応する摩擦係数 μ_c 、 μ_g の測定結果を図 3.2、3.3 に示す。図 3.2、3.3において、その横軸は、ヘルツの弾性接触理論から計算される接触面最大応力を示している。なお図中の記号 S, L, D, A, B はそれぞれ小車輪（1/8 模型）、大車輪（1/4 模型）、乾燥状態、車輪の硬度水準（A は硬、B は軟）、レールの硬度水準（同左）を表わすものとする。この結果から摩擦係数 μ_c 、 μ_g は、いずれも接触応力の増大とともに減少する傾向をもっていることがわかる。さらに（AA）の組み合わせと（BB）の組み合わせの μ_c を比較すると、（AA）のほうが高い値をとり、接触応力が低いほどその差は大きくなっている。これらのことから初期スリップのおこる摩擦係

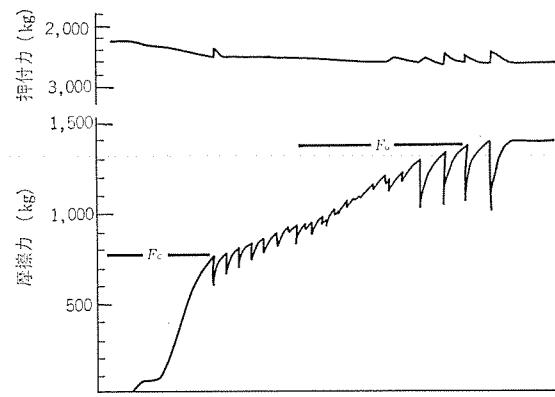


図 3.1 SDAA-102 乾燥摩擦力測定例
Example of SDAA-102 dry skid friction.

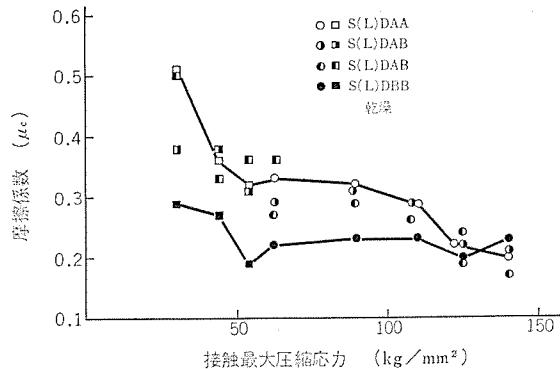


図 3.2 乾燥空転摩擦における摩擦係数 μ_c の値
Friction coefficient μ_c of dry skid friction.

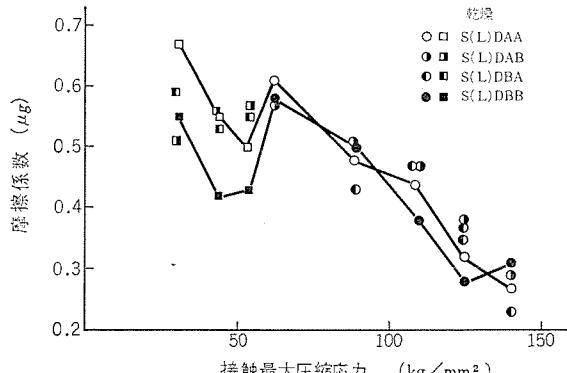


図 3.3 乾燥空転摩擦における摩擦係数 μ_g の値
Friction coefficient μ_g at the dry skid friction.

数 μ_c は、材料硬度ならびに接触応力に依存することがわかる。

3.2 水潤滑空転摩擦

エタノール、アセトン、ベンゼンの3種の溶剤で洗浄したあと、接触部に水を放水しながら観測された摩擦力線図を図 3.4 に示す。乾燥摩擦の場合に比較してステップスリップの幅は小さくなっている。3.1 節で述べたと同様に摩擦係数の値を図 3.5、3.6 に示す。図 3.5、3.6 にみられるように乾燥摩擦の場合に比較して押付荷重、硬度水準の組み合わせによる摩擦係数の差異はほとんどみられなかった。このことは水の分子が接触面に作用して真実接触面積をせばめ、金属母材同志の凝着が妨げられている結果と思われる。接触している両者はその相対速度がきわめて遅く（2 cm/s 以下）、かつ押付荷重が高いためにかかわらず、水の摩擦係数に及ぼす影響はかなり大きいことは注意を要することである。

3.3 グリース潤滑空転摩擦

乾燥試片の表面をグリース潤滑した場合の摩擦力線図の一例を図

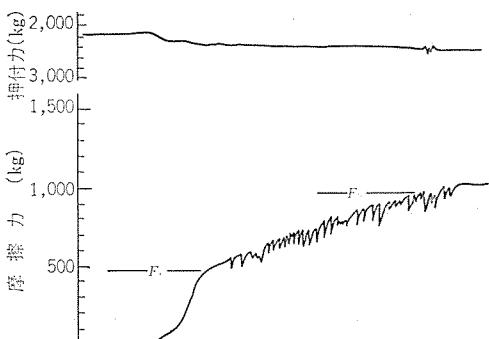


図 3.4 SWAA-102 水潤滑摩擦力測定例
Example of SWAA-102 water lubricated skid friction.

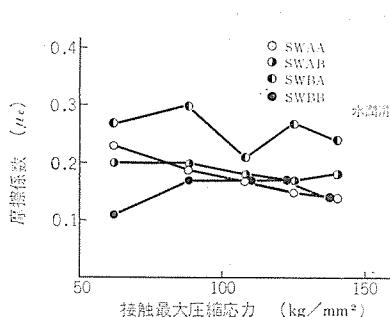


図 3.5 水潤滑空転摩擦における摩擦係数 μ_c の値
Friction coefficient μ_c at the water lubricated skid friction.

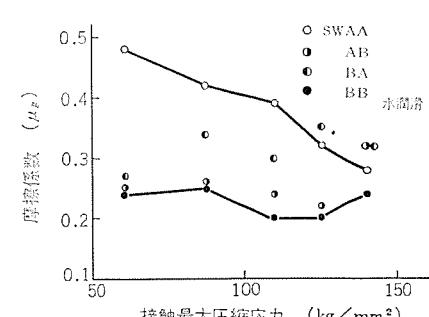


図 3.6 水潤滑空転摩擦における摩擦係数 μ_g の値
Friction coefficient μ_g at the water lubricated skid friction.



図 3.7 グリース潤滑空転摩擦力測定例
Example of grease lubricated skid friction.

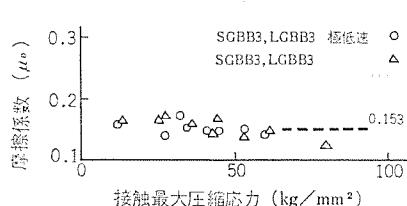


図 3.8 グリース潤滑空転摩擦における摩擦係数 μ_0 の値
Friction coefficient μ_0 at the grease lubricated skid friction.

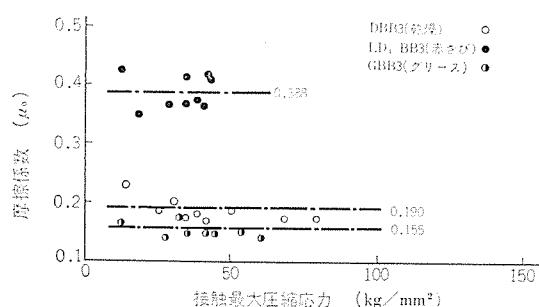


図 3.10 レール踏面に赤さびの発生した場合の摩擦係数 μ_0 の値
Friction coefficient μ_0 when the rail became rusty.

3.7 に示す。この場合 スティックスリップ 現象はほとんどみられず非常に安定した摩擦力を示す。明らかにグリースの薄膜が潤滑効果を与えていることがわかる。逆に本実験に用いられた程度の接触圧力では、グリースの薄膜が十分に潤滑効果を発揮しているとも言える。摩擦係数の変動は少なく、接触圧力による影響も認め難い。図 3.8 は、グリース潤滑の場合の摩擦係数と接触面最大圧力との関係を示すものである。

3.4 赤さび発生時の空転摩擦

人為的にレール踏面に赤さびを発生させた場合の摩擦力線図を図 3.9 に示す。この場合には静止摩擦力がきわめて大きく、動摩擦力は比較的安定しており、乾燥摩擦の場合に比較すると面の荒損も少ない。これは一般的な硬ぜい(脆)材料粉末によるひっかき摩耗現象の際にみられる傾向と同様に、酸化鉄のアブレイシブ作用によるものと思われる。図 3.10 に静止摩擦係数 μ_0 の測定結果を、乾燥

摩擦(図中○で示す)とグリース潤滑(図中●で示す)とに対比させて示す。

4. む す び

上記一連の実験を通じて乾燥摩擦における摩擦係数は 0.2 以上であるが、水が存在する場合は若干摩擦係数が下がり、グリースが存在するときには摩擦係数は 0.15 まで下がることがあり、またレール踏面に赤さびが発生している場合には、摩擦係数は 0.39 まで上昇することなどがわかった。これらの実験結果により車輪-レール支持方式の新アンテナの駆動部の基本設計を行ない、さらに詳細設計段階へ進むことができた。

本実験結果は、高荷重・低速度領域における鋼製車輪の空転摩擦係数に及ぼす接触面圧力と表面汚損状態の影響について述べたが、表面汚損状態が摩擦係数に及ぼす影響は甚大で、水やグリースの流体潤滑的な膜の存在はこの場合考えにくく、数分子程度の境界潤滑膜が存在していることを示唆している。なお表面あらさの摩擦係数に及ぼす影響も調べたが、時に有意的な結果は得られなかった。また摩擦熱の影響については本実験の場合、発生熱量はきわめて小さいので特に考慮しなかった。(昭和 47-6-27 受付)

参 考 文 献

- (1) H. A. Marta, K. D. Mels : Trans. of the ASME, August, 839 (1969)
- (2) Cabble G. M. : ASME Paper, No. 60-RR-3
- (3) 関, 関川, 古河 : 電気学会誌, 80, No. 860, 36 (1960)

東京都交通局納入 三重系全 IC 化 列車自動運転装置

六藤 孝雄*・長谷川 博一*
金子 弘美**Three Channel System ATO Equipment for
Transportation Bureau of Tokyo Metropolitan GovernmentItami Works Takao MUTO・Hirokazu HASEGAWA
Kamakura Works Hiromi KANEKO

The Tokyo Metropolitan Transportation Bureau has worked out a trial car to aim at future quantity manufacture of electric coaches running on the line No. 10 and also to be used on the forthcoming high speed railroad. Now in addition to it automatic train operation equipment (ATO) has been taken up in their plan with the object of providing it on the electric car mentioned above. This ATO equipment is to be built compact by using integrated circuits for the previous receiver, the receiving section of which is turned to a block together with an operation section so as to be set in the device. Also the receiving and operating parts are connected in series to form a group; three of the group are further put together to form a multiple composition. This report introduces the composition of each section in details and describes various kinds of hardware technique as the outcome of long experience in building ATO equipment, which, together with the Company's excellent control technique, has brought to completion of the ATO equipment.

1. まえがき

このたび東京都交通局において、10号線量産車ならびに将来の高速鉄道車両を目的にした試作車が製作された。この車両には最新の技術が導入され、力行ならびにブレーキ装置にチョップ制御装置と電気指令式ブレーキ装置が採用されている。これらのすぐれた制御特性を有する車両に使用された車上式自動運転制御装置を当社が担当し、現地での試験に良好な成績を得ることができた。

この自動列車運転装置では、デジタル IC を活用して受信器の IC 化を行ない、小形化してATO演算部と一体化した。さらに、将来の実用運転を想定して、多重系構成による高信頼度設計が実現されている。

自動運転機能以外に列車の安全を確保する ATC 機能も合わせ持っているが、両者の機能協調上についても、安全性と経済性を十分に考慮したシステム設計がなされている。

機器のメインテナンス上から装置の機能単位ごとにブロック化を図り、ブロック単位ごとに機器の交換が可能で、システムとしての装置の利用率を高めている。また、さらに将来、自動試験装置を利用した自動試験が可能になるように、専用試験端子を設けている。この端子を使用すれば、故障ブロックを判定することが可能になるが、従来目視に頼っていた部分、たとえばキャブシングルランプの球切れも自動判定ができる。

以上に述べたように、この自動列車運転装置には実用機器としての各種の試みがなされたので、これらについて機器の紹介を兼ねて考え方を述べる。

2. 装置の機能と構成

2.1 機能

2.1.1 性能ならびに定格

(1) 電源

AC 100 V ±5% 400 Hz

DC 100 V +10%, -30%

(2) ATC 信号

120, 110, 100, 90, 80, 70, 60, 45, 25, OP, OA

(3) 速度パターン

ATC 制限速度を最上パターンにした4本の速度パターンを発生する。

(4) 減速パターン

ATC 信号下位変化時に下位信号の値まで減速パターンを発生する。

平均減速度 3.0 km/h/s

(5) 停止パターン

駅停止信号によって停止パターンを発生し、途中の1点で距離補正を行なう。平均減速度 3.0 km/h/s

(6) 速度制御ならびに定位置停止制御

KC, KB, KA, KO の4本のパターンで分けられた速度帯に応じて、ブレーキ力あるいは力行ノッチを選択し、列車を制御する。

(7) 定位置停止信号

停止区間開始点 40 km/h 進入区間で 85.2 m (31.4 m) (脚注)

第1補正点 74.7 m (19.7 m)

第2補正点 19.7 m

(8) 車輪径補正

860 mm~780 mm 10 mm ピッチ

(9) 速度照査精度

±1 km/h 以内

(10) 停止精度

±50 cm

(11) ブレーキ装置

電気指令式電磁直通ブレーキ装置 (MBS ブレーキ)

(12) ブレーキ装置減速度

最大減速度 (7ノッチ相当) $\beta_{max} = 4.0 \text{ km/h/s}$

(脚注) かっこ内は 25 km/h 進入区間の数値を示す。

(13) 多重化構成
三重系 故障検出自動切放し

(14) 周囲温度
 $-20^{\circ}\text{C} \sim +50^{\circ}\text{C}$

(15) 運転方式
(a) 自動運転 出発時のみ押しボタン制御とする
(b) ATC 運転 ATC バックアップの手動運転
(c) 手動運転 非設備区間の運転

2.1.2 ATC 機能

(1) 速度制限

120, 110, 100, 90, 80, 70, 60, 45, 25, 0, (15) km/h

(2) 減速・停止制御

上位の信号区間から下位の信号区間に進入した場合には、ATC ブレーキが作用し、最悪想定条件時でも、その区間の終端までに完全に制限速度以下に減速または停止する。

(3) 確認扱い

停止信号 OP で停止後、確認扱いを行なえば、15 km/h 以下の制限速度で走行可能になる。15 km/h の制限速度を越えると、ATC ブレーキが動作し、15 km/h 以下になると緩解する。25 信号（速度 25 km/h の信号の意）以上の信号を受信すれば、確認扱いはリセットされ、受信した信号によって最高速度が制限される。

(4) 復帰扱い

絶対停止信号 OA を受けると、いかなる速度で走行していても直ちに非常ブレーキが動作し、非常停止する。非常停止後、25 信号以上の上位信号を受信するか、復帰扱いを行なうまでは非常ブレーキ指令はなくならない。復帰扱い成立後には、15 km/h の制限速度以下で走行可能である。

(5) ATC 設備、非設備区間の切換え

(a) ATC 設備区間から非設備区間への切換えは手動切換え
(b) ATC 非設備区間から設備区間への切換えは自動切換え

2.1.3 ATC 機能

(1) 速度制御

速度制御には、駆間走行時の列車速度を路線状況に合わせて制御することと、先行列車との相対距離に合わせて車間距離を制御することの二つがある。すなわち、あらかじめ与えられた一般的走行条件により、特に地上に制限がない場合には、速度制御としてノッチオフ速度・再ノッチ速度が与えられているが、曲線・こう配・工事等の条件によって速度制限を受けると、その速度まで一定のパターンに従って下降させるように自動的に制御する。先行列車に接近した場合には、ATC 信号により、列車は速度制御されて自動的に停止する。

図 2.1 に本装置による走行曲線の一例を示す。ATC 信号を最上パターンとした 4 本のパターン、 KO , KA , KB , KC によって 5 個の速度域に分ける。列車速度がどの速度域にあるかによって列車制御モード、すなわち力行・惰行・ブレーキ およびその減速度を決定し、列車速度を制御する。

(2) 定位置停止制御

ブレーキ制御を行なって列車を定位置に停止させようとする場合、列車は等価的に図 2.2 のブロック図に従って制御される。

速度 V (km/h) で走っている列車を、 L (m) 先の目標点に停止させようとする場合、必要な減速度 β (km/h/s) は式 (2.1) で示される。

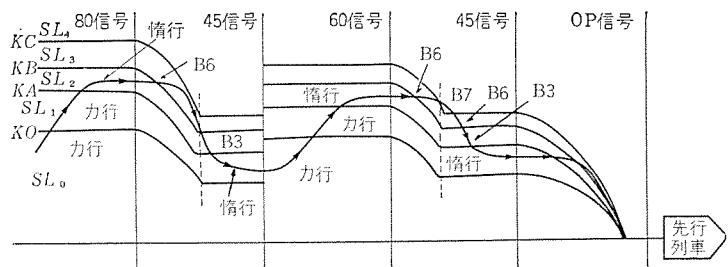
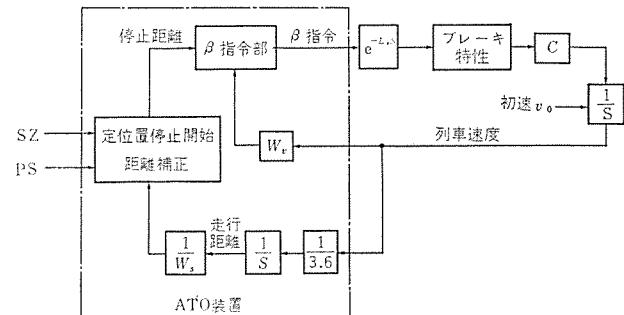


図 2.1 走行曲線の一例
Example of run curves by ATC.



$\frac{1}{S}$: 積分器
 L_0 : 電気伝送系のむだ時間
SZ : 停止区間信号
PS : 距離補正信号
 W_r , W_s : 車輪径誤差にもとづく係数
C : 列車の減速度係数

図 2.2 定位置停止ブロック図
Schematic diagram of automatic stop control system.

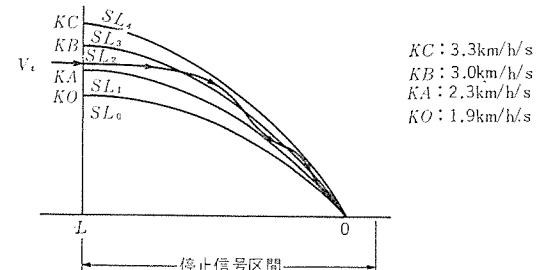


図 2.3 定位置停止パターン (可変ゲイン)
Automatic stopping pattern (Variable control gain system).

$$\beta = \frac{V^2}{7.2L} \quad \dots \quad (2.1)$$

本装置では、平均減速度 β_0 の基準パターンを作成し、パターン速度と実速度との差によって減速度を加減し、列車速度を基準パターンに追従させて定位置停止を行なう。具体的には図 2.3 に示すように、基準パターン KB をはさむようにそれぞれ 0 点に取れんする異なった減速度のパターン、 KO , KA , KC を発生する。各パターンに分けられた速度帯を SL_0 , SL_1 , SL_3 , SL_4 とし、列車速度が基準パターンに追従するように、各速度帯でのブレーキ力を選ぶゾーン制御方式を採用している。

2.2 構成

この装置は、高信頼度システムにするため、出力继電器部を除いて完全に同一の機能をもつ 3 系列から構成される三重系装置である。また、各系列の信頼度を向上させ、装置の小型化を図るために半導体集積回路を使用した。図 2.4 にこの装置の多重化構成を示す。

3 系列のうち、出力继電器に演算出力を指令する系列を主機とし、残りの 2 系列を補機として運転する。故障検出は、主機と各補機の

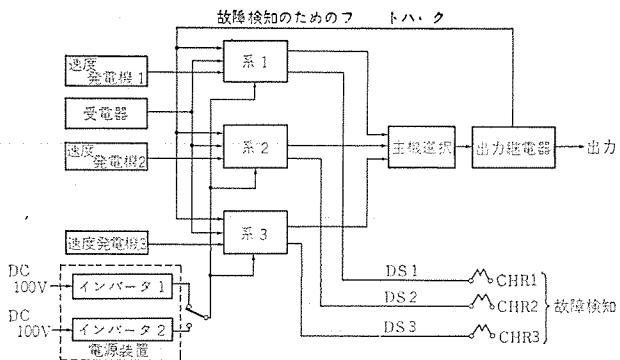


図 2.4 故障検知付き三重系構成
Block diagram of three channel system with fail detection circuits.

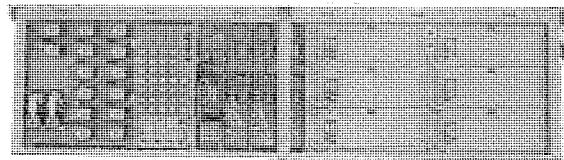


図 2.5 ATO 装置
ATO apparatus.

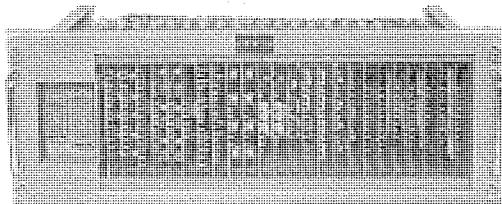


図 2.6 演算部外形
Control unit.

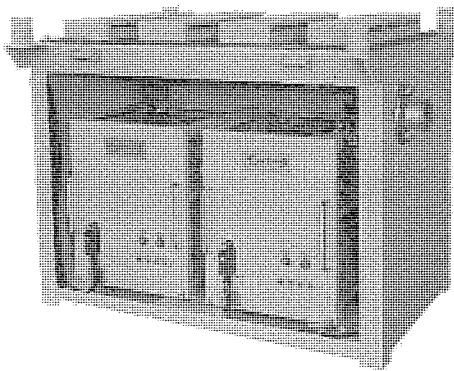


図 2.7 電源装置外形
Power source apparatus.

演算結果を比較して不一致を検知して行ない、故障系を切り放す。主機が故障した場合には、主機を切り放した 2 系列の補機のうちの一方が主機として動作し、残る 1 系列が補機として動作する。さらに、故障が続いて発生して 2 系列以上が故障した場合にはシステム故障になる。

さらに、各系列は受信部・演算部・電源部より成る。多重系の出力は、最終的には主機一補機選択方式によって 2 out of 3 がとられ、出力继電器部より外部に指令される。

以上に述べた ATO 主要機能以外に、乗務員に対するサービス機能である速度計用駆動回路 F-DC 部も、待機予備二重系の構成で収容されている。

DC 100 V バッテリ 電源から ATO 制御装置の電子装置に供給する

電源として、400 Hz のインバータが待機予備の二重系構成で多重化されている。

これらの機器は、図 2.5、図 2.7 に示す構造で、床下ぎ(艤)装用に計画されている。

3. 受信部

3.1 受信部構成

受信部は、大別して ATC 信号の受信関係と、ATO 運転のための駅信号受信関係とに分けられる。図 3.1 は、受信部の構成ブロック図を示す。

ATC 信号受信系は、受電器・信号分配器・周波数選別器・信号判別部・出力増幅器で構成されている。

ATO 駅信号受信系は、受電器・信号分配器・帯域増幅器・出力増幅器より構成されている。受電器は ATC 信号受信用と ATO 信号受信用とが共用され、2巻線で収められている。

3.2 受信部機能

3.2.1 ATC 制限速度信号受信部

ATC 制限速度信号は、軌道回路を通して車上に送られる。この信号は、1,015 Hz から 1,085 Hz の間の 6 種の周波数から 2 周波を組み合わせて制限速度信号の種別を決めている。2 周波の組合せと制限速度信号の種別は表 3.1 のとおりである。

(1) 受電器： 1,015～1,085 Hz に共振するように構成され、軌道回路電流を受信する。受信器は一重系構成である。

(2) 分配器： 制限速度信号を三重系の各系列に分配するもので、インピーダンスの整合器の役目もする。

(3) 周波数選別部： 表 3.1 で示された 2 周波の組合せで送られる各周波ごとの狭帯域ろ波器で周波数を弁別し、 $f_1, f_2, f_3, f_4, f_5, f_6$ の信号としてそれぞれ取り出す。

(4) 信号判別部 軌道回路から送られる f_1, f_2, \dots, f_6 の組

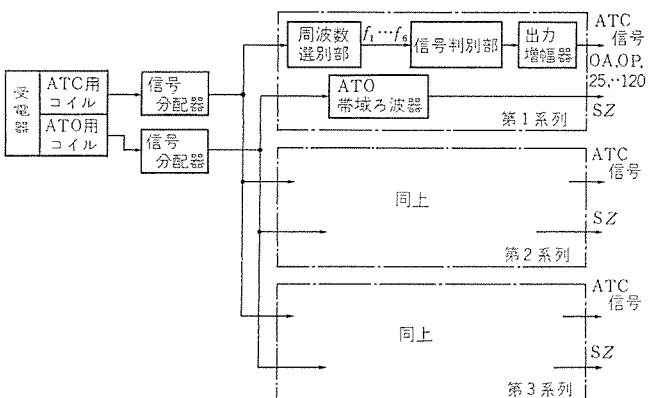


図 3.1 受信部ブロック図
Block diagram of ATC and ATO signal receiver.

表 3.1 制限速度信号と信号波組合せ
Combination of source signals for ATC speed limit.

信号種別	120	110	100	90	80	70	60	45	25
信号波組合せ	f_2, f_6	f_2, f_5	f_1, f_5	f_2, f_4	f_1, f_3	f_1, f_6	f_3, f_4	f_4, f_6	f_1, f_4

ここで $f_1 : 1,015 \text{ Hz}$
 $f_2 : 1,025 \text{ Hz}$
 $f_3 : 1,035 \text{ Hz}$
 $f_4 : 1,065 \text{ Hz}$
 $f_5 : 1,075 \text{ Hz}$
 $f_6 : 1,085 \text{ Hz}$

OP	OA
f_3, f_6	

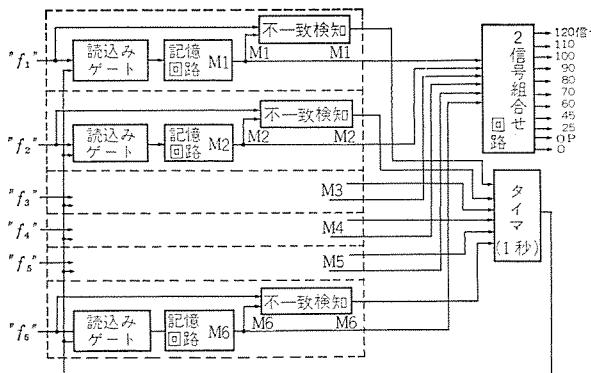


図 3.2 信号判別部ブロック図
Block diagram of signal discriminating circuit.

合せからなる制限速度信号を表 3.1 に従って判定する。

f_1 …… f_6 の信号は、軌道回路に加わるノイズ、信号セクションにおける入力の短時間断などを考慮し、入力信号が変化しても 1 秒間は元の情報を保持し、1 秒後に新しい入力信号を判定して出力するようしている。すなわち、図 3.2 において周波数選別部の出力 f_1 …… f_6 の信号“あり”、“なし”を論理“1”，“0”にそれぞれ対応させる。“ f_1 ” …… “ f_6 ”は、読み込みゲートを介して記憶回路 M_1 ， M_2 ，…… M_6 にそれぞれ結ばれ、記憶される。入力の f_1 ， f_2 ，…… f_6 と M_1 ， M_2 ，……， M_6 とが一致するかどうかを一致監視器で監視し、不一致が前述の 1 秒間連続して生じたときに読み込み指令を与えるように、読み込みゲートにはタイマ回路の出力が与えられる。ATC 制限速度信号は、 M_1 ， M_2 ，……， M_6 中の各 2 信号の組合せで判定する。

(5) 出力増幅部：信号表示などのための出力リレーを駆動するため電力増幅を行なう。

3.2.2 ATC 駅停止信号受信部

駅で停止するために減速区間内のレールに沿って地上に添線ループを張り、一定周波数 (27 kHz) の ATC 駅停止信号を車上に与える。車上ではこの信号を受信することで駅停止区間であることを検知する。また、途中 2 か所で添線ループをねんが(撲架)させているので、ATC 信号がねんが点で一時的に無信号になる。この無信号発生地点を検知して停止パターンを補正し、車輪の回転数で計測している距離軸の誤差を修正し、精度の高い停止パターンを発生させることができる。

4. 演 算 部

4.1 照査部構成

各系列の照査部は、図 4.1 のように構成されている。受信部で検出した制限速度信号に応じて、ATO 速度パターンを発生する。ATC 制限速度を最上パターンとし、以下力行・ブレーキ等の指令シーケンスの基本となる速度照査のための合計 4 本の速度照査パターンを ATC 速度パターンとして使用している。このパターンは、ATC 信号が下位に変化すると、列車の走行距離に応じて一定の減速度で下がる。最上パターン (KC パターン) が下位信号の値まで下がると、その値を保つようになる。信号が上位に変化すると、すみやかに上位信号の値に上昇する。

ATO 駅停止区間では停止目標点を目指して減速する停止パターンを発生する。この関係を図 4.2 に示す。 P_1 ， P_2 においては停止点までの距離補正を行なっている⁽¹⁾。

速度発電機で得られる列車速度と、上記 ATC パターンとの比較を速度帯検出器で行ない、ATO パターン 4 本に分けられた速度帯のい

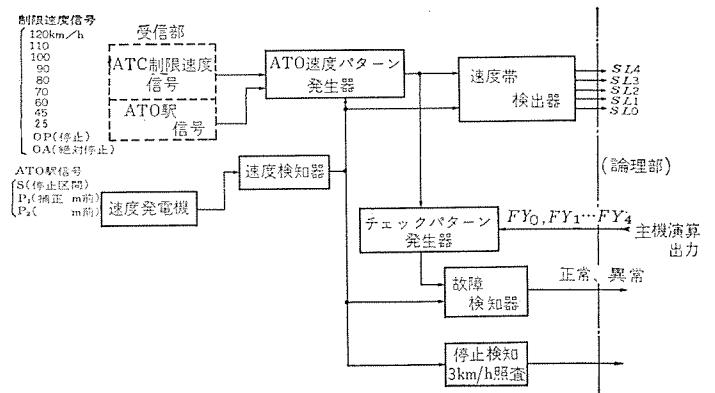


図 4.1 照査部ブロック図
Block diagram of velocity band detecting arrangement.

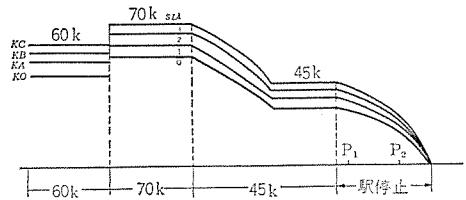


図 4.2 ATC 速度パターン
Velocity reference chart for ATO.

ずれに列車速度があるかを、低い速度帯から順番に SL_0 ， SL_1 ，…… SL_4 として検出する。

また、列車の停止を検知するため、列車速度が 3 km/h より大きいか小さいかを停止検知器で検知する。

多重化構成の一環として補機指定を受けたときには、主機の検出した速度帯 (下から順番に SL_0 ，……， SL_4 に対して FY_0 ， FY_1 ，……， FY_4 とする) 内に列車速度が正しくあるか否かを調べるため、補機のチェックパターン発生器で主機の検出した速度帯の上限・下限の速度パターン信号を作り、故障検知器 (比較器) でチェックする。この故障検知の機能は、説明上、速度帯検知器と異なったブロック表示になっているが、回路素子は速度帯検知器の一部を使用して回路の簡略化を図っている。

4.2 演算回路⁽²⁾⁽³⁾

演算回路は、すべて周波数を演算量とするデジタル論理演算回路で組まれている。演算の基準となる基準周波数信号は、水晶発振器を用いて高い安定度をもたせ、演算精度を向上させている。

演算素子としてはデジタル半導体集積回路 (IC, MSI) を用いている。

本方式による演算回路の特長は次のとおりである。

- (1) 高精度
- (2) 無調整
- (3) 環境条件 (周囲温度・電源変動など) の影響をうけにくく
- (4) 互換性が完全——無調整でユニットの交換ができる
- (5) 保守が容易
- (6) 信頼度が高い

5. 論 理 部

5.1 論理部構成

各系列の論理部は、図 5.1 に示すように、ATC 論理回路・ATO 論理回路・帶域検出回路・入力整合回路・増幅回路から構成されている。演算部からの速度照査出力、受信部からの ATC 信号、A

TC \leftrightarrow ATO 切換等の各種指令信号によって、ATO 論理あるいは ATC 論理を組み、主機の場合には継電器部に出力する。なお制御出力については、出力継電器の状態を入力整合回路・帶域検出回路によって、速度帯信号にデコードして演算部にフィードバックし、演算部では自己の演算結果と、フィードバックされた結果とから、系列が正常か異常かを判定する。

5.2 ATC 論理回路

ATO 論理回路では、ATO 速度照査によるブレーキ制御と、常用ブレーキか非常ブレーキかの選定や運転確認扱い等の論理を組んでいる。各論理要素に交流励振形を採用したため、故障時には無励振状態になって論理のフェールセーフ化が行なわれる。フェールセーフ論理の一例として図 5.2 に AND 回路を、表 5.1 にその真理値表を、図 5.3 にタイムチャートの一例を示す。交流入力には、回路の機能上 θ 、 ϕ と 180° の位相差を持たせる。図 5.2 において IC₁～IC₅ のどれか一つが故障し、その出力が “H” か “L” になるか、IC₄ か IC₅ が “L” になると、AND 回路の出力は無励振状態になり、必ず論理 “0” になる。

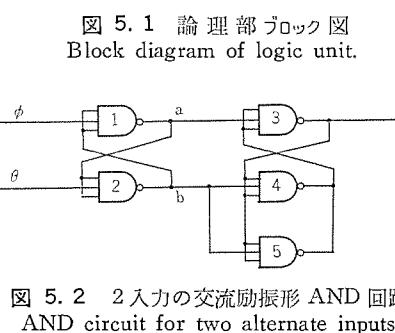
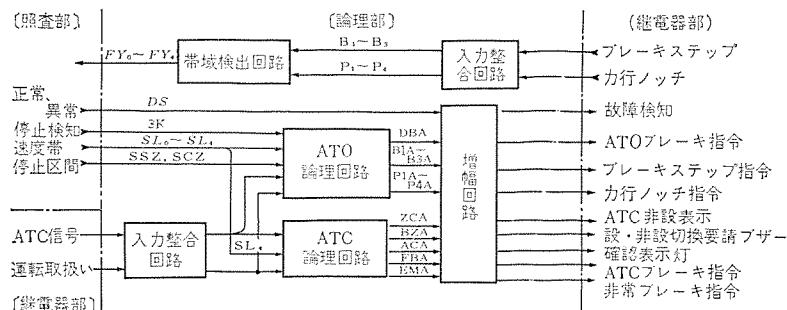
AND 機能としては、IC₁ と IC₂ で構成可能であるが、その場合に IC₂ の出力端子にオープン故障を生ずると、入力 2 のいかんにかかわらず入力 1 だけで動作するので、フェイルアウトになる。IC₃ と IC₄、IC₅ を追加すれば、IC₂ と IC₄、IC₅ が同時にオープン故障をしないかぎり、フェイルアウトにはならない。

5.3 ATO 論理回路

ATO 論理回路では、演算部からの速度帯指令と、受信部からの ATC 信号によって図 5.4 に示すような制御シーケンスを直流結合形論理回路で組んでいる。

駅間の速度制御には力行ノッチオフ速度が KA パターンで与えられ、再力行速度が KO パターンで与えられる。ノッチオフ後に下りこう配等で加速して KB、KC パターンを越えると、B₆、B₇ の抑速ブレーキが指令される。抑速ブレーキがひとたび動作すると、力行・惰行・ブレーキの動作ひん度を増さないように、SL₂ の速度帯で B₃ ステップのブレーキヒステリシスを持たせている。力行時のノッチ選択は、ATC 信号との組合せで決められる。

定位置停止区間にはいり、S 信号を受信して定位置停止区間信号 SSZ が “1” になると、速度制御シーケンスが駅間走行シーケンスから



定位位置停止シーケンスに切り換わる。列車速度が 3 km/h 以下になると、停止時のショックを緩和するために、また停止後の転動を防止するため B_4 ステップの停止ブレーキを指令する。

列車が停止後、地上の出発条件が成立したうえで車上の出発ボタンを押すと、停止ブレーキ指令はリセットされ、再び駅間の速度制御が開始される。なお、駅出発時と、停止区間に進入するたびに、車内放送装置に起動パルスを与えて車内放送を自動スタートさせる。

5.4 入力整合回路

IC 回路と外部回路とのインターフェース部で、

(1) チャタリング吸収（ノイズ吸収）

(2) レベル変換

表 5.1 図 5.2 の真理値
Truth table of Fig. 5.2.

Case No.	入力 1	入力 2	出力
1	ϕ	θ	ϕ
2	ϕ	L	H
3	H	θ	H
4	H	L	H
5	θ	ϕ	θ
6	L	ϕ	L
7	θ	H	L
8	L	H	L

表 5.2 ブレーキ減速度
Braking retardation.

ステップ	作用（ステップ）	減速度 (km/h/s)
B_7	7	4.00
B_6	6	3.43
B_5	5	2.86
B_4	4	2.28
B_3	3	1.72
B_2	2	1.14
B_1	1	0.57

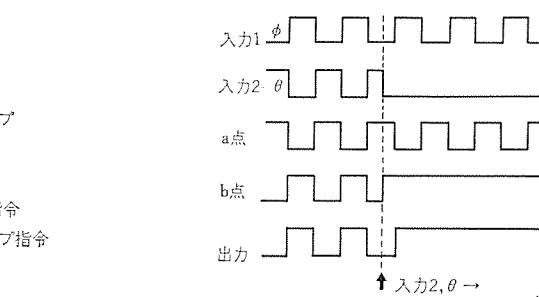


図 5.3 図 5.2 のタイムチャートの一例
Time chart of Fig. 5.2.

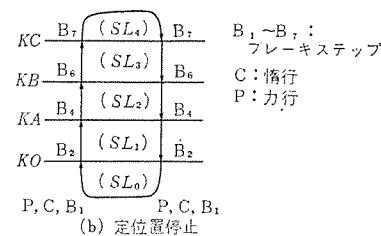
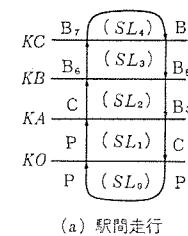


図 5.4 ATO 制御シーケンス
ATO control logic sequence.

の機能を有する。

5.5 増幅回路

継電器を駆動するため、IC回路出力を増幅する回路であり、フェルセフ形増幅器と直流結合形増幅器がある。前者は、ATC制御出力と故障検知出力の増幅用に、後者は、その他の出力の増幅用に使用される。

5.6 帯域検出回路

多重系装置の最終出力である継電器の動作状態から判定して、主機の演算速度帯を検知する機能を持つ。この回路で判定された速度帯判定指令は、補機として動作している照査部に FY_0 ～ FY_4 の信号指令でわたされ、ここで主機演算と補機演算とが照合される。

6. 速度計装置

速度計装置には、キャビシグナルとしての ATC 信号表示灯と、速度指示計が組み込まれている。

(1) 速度指示範囲	0～130 km/h
(2) キャビシグナル	OA, OP, 25, 45, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 120 km/h
(3) 総合指示精度	±2.6 km/h 以内
(4) 使用温度範囲	-10～+50°C
(5) 目盛板内部照明付き	
(6) 車輪径補償範囲	780 mm～860 mmφ

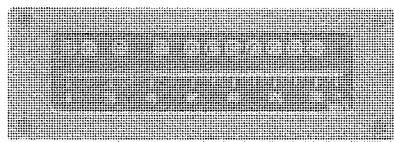


図 6.1 速度計装置外形
Speed meter and cab-signal.

7. 電源装置

7.1 概要

本装置は、ATO 装置の電子装置に電力を供給する装置で、並列サイリスタインバータ 2 台で構成されている。このインバータは出力電圧を位相角制御し、一次側に戻すブースタ方式によって定電圧化し、直流 100 V から交流 100 V 400 Hz を発生する。

7.2 インバータの定格および性能

(1) 形式	SIV-1C1B
(2) 方式	位相角制御 ブースタ方式
(3) 相数	单相
(4) 定格	入力電圧 DC 100 V 出力電圧 AC 100 V 周波数 400 Hz 出力容量 400 VA
(5) 性能	入力電圧変動： DC 70～110 V 許容出力電圧変動： AC 100 V ±5 V (DC 70～110 V において 負荷を 150 VA～350 VA に変動させたとき) 許容周波数変動： 400 Hz ±20 Hz

7.3 回路構成

(1) インバータ主回路

負荷と並列にはいっているコンデンサによって転流を行ない、2 個

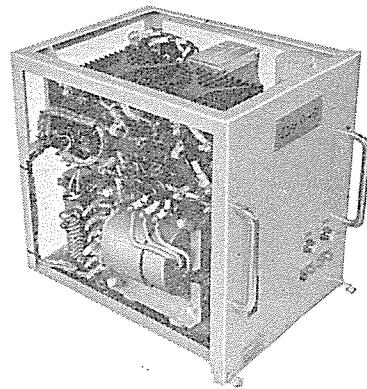


図 7.1 インバータユニット外形
Static inverter unit.

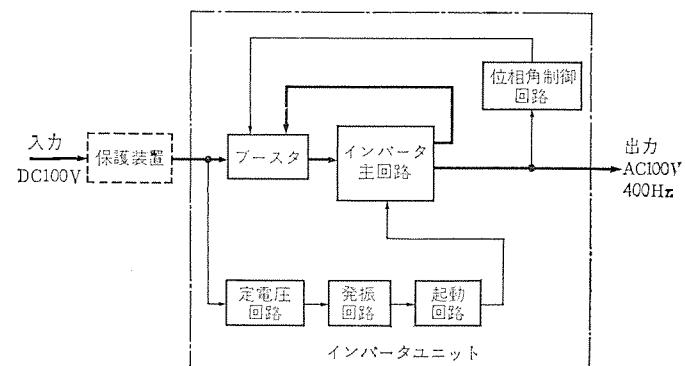


図 7.2 インバータユニットブロック図
Block diagram of static inverter unit.

のサイリスタを交互にオン・オフさせて、直流を交流に変換する改良形並列く(矩)形波インバータ回路を構成している。このインバータ方式においてはトランジスタによって電流抑制用リアクトルの蓄積エネルギーと無効電力を電源に帰還して効率を上げている。

(2) 定電圧回路

ロイヤ発振器の発振周波数を、安定化するためのトランジスタ定電圧回路である。

(3) 発振回路(ロイヤ発振器)

鉄心の飽和を利用した発振器で、電圧と巻数によって決定される周波数で発振する。

(4) 起動回路

サイリスタのゲートに確実なパルスを与えるため、発振器の発振が安定してからインバータを起動するための回路である。

(5) ブースタ

出力電圧をサイリスタによって位相角制御し、入力電圧に加えて昇圧する回路である。

(6) 位相角制御回路

ブースタ回路のサイリスタに与える位相角制御信号を発生する回路である。この回路作用によって一次側の電源電圧を安定化し、二次側に一定の交流電圧が得られる。

(7) 保護回路

回路に過電流が流れると、ノーヒューズブレーカが動作してすみやかに回路をしゃ断する。ノーヒューズブレーカはリセットを容易にするため外部の配電盤にある。

7.4 特長

(1) 入力電源電圧変動および負荷変動に対して、出力電圧が安定化されている。

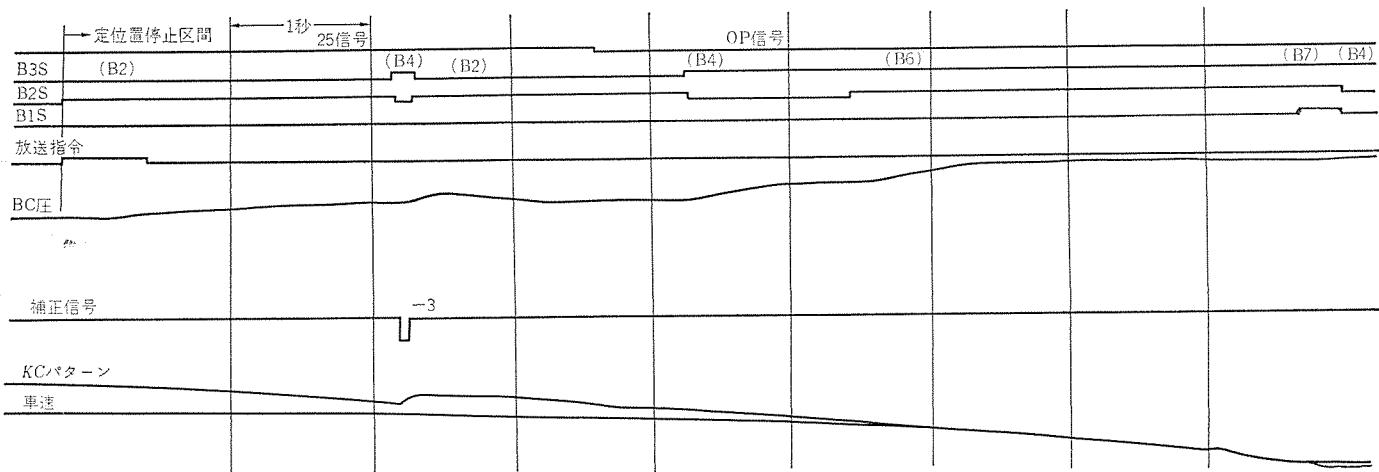


図 8.1 定位置停止走行 オシログラム

(2) DC 側の電圧変動にかかわらず、一定のく(矩)形波出力を発生することができる。

(3) 小形である。

(4) 変換効率が良い。

8. 試験結果

昭和 46 年 8 月に東京都交通局に本装置が納入され、駅間走行・定位置停止性能を確認するために基礎試験が実施された。

その後、引き続いて実用化試験が実施されており、ここでは基礎試験結果について簡単に述べる。駅間走行については、仮線区での走行試験なので、10 号線そのもののランカープの良否は判定できないが、スムーズな走行状態を示し、所要時分に関しても手動運転時とほぼ同程度であった。

定位置停止制御についても、車両特性に合わせて制御ゲインを調整した後は、 ± 50 cm の停止精度が得られた。

図 8.1~8.4 に定位置停止制御の試験結果を示す。図 8.1 は 25 信号進入区間のオシログラム、図 8.2 はその定位置停止走行曲線である。25 信号進入停止区間長を計算値の 26.4 m より 5 m 延長して 31.4 m にし、補正点で正規のパターンに補正するようにして、低速進入時のブレーキ応答の遅れによる影響を少なくしている。この結果、

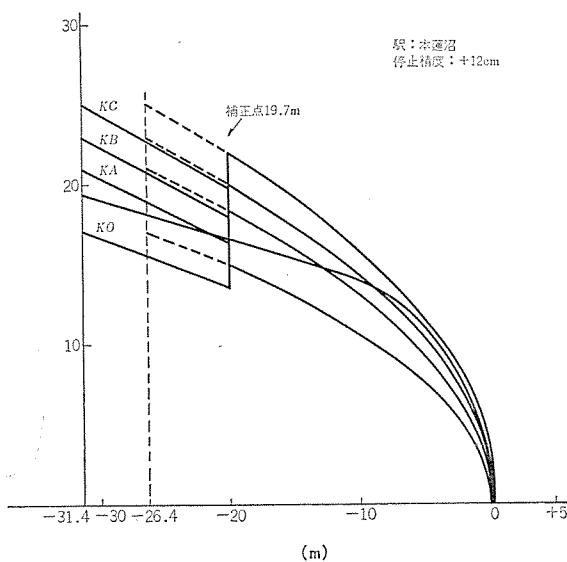


図 8.2 定位置停止走行曲線（本蓮沼駅）
Running test result of automatic stop control
(Motohasunuma station).

Oscillogram of automatic stop control.

低速進入時でも、ブレーキ空走のために KC パターンを越えて常用最大ブレーキが動作することによる停止位置の大幅なずれもなく、安定に制御されて 45 信号進入区間での停止精度と同じ ± 50 cm の停止精度が得られた。図 8.3 は、45 信号進入区間での定位置停止走行曲線で、列車速度は KB パターンに追従するように制御され、実用上に十分な制御余裕が得られた。

図 8.4 に停止精度のヒストグラムを示す。停止範囲 ± 25 cm に対し

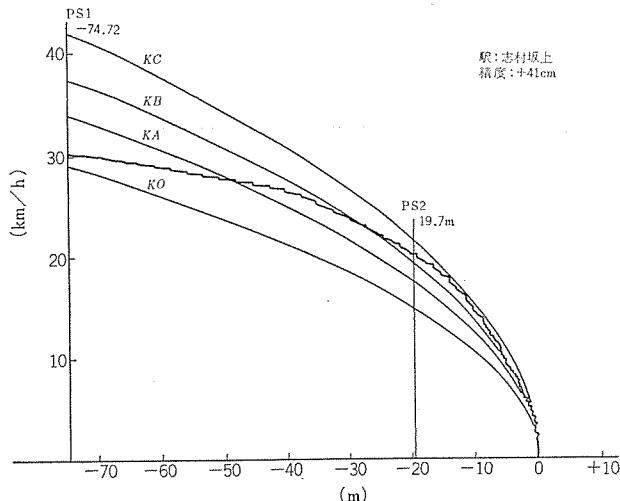


図 8.3 定位置停止走行曲線（志村坂上駅）
Running test result of automatic stop control
(Shimurasakaue station).

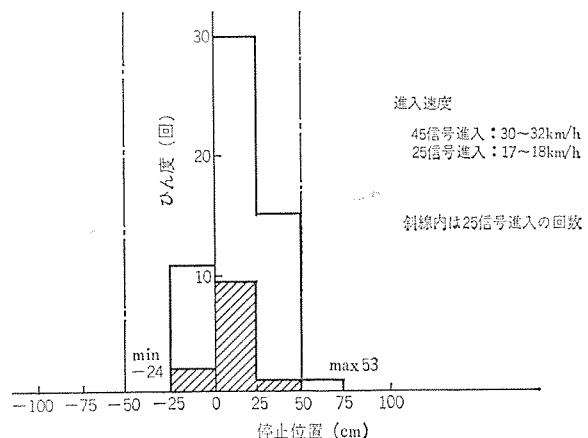


図 8.4 定位置停止精度
Stop error distribution of automatic stop control.

て 72 %, ± 50 cm に対して 98 % の確率で満足している。

9. む す び

以上、車上式自動運転制御において、IC 化・デジタル化・多重化・ブロック化・自動試験化等のハード技術と、自動制御の長年にわたるソフト技術とを結集した自動運転装置について紹介した。

この装置の試作・試験により、各種の試みが好結果を得たことを確認できた。しかし、なかには、地上信号との結合に基づく各系の距離補正信号の不一致や、停止時のショック緩和等について改善の必要性があることが判明した。

このたびの試作装置によって計画性能や実用性は十分に確認されたので、ここで得られた成果は、今後計画されるであろう列車自動運転制御の検討ベースとして活用されるであろうことを確信する。

最後に、この装置の設計・製作・試験にあたり、終始ご指導をいたいた東京都交通局のかたがた、その他の関係各位に深く謝意を

表わすものである。

なお、このたびの装置において、受信部は(株)京三製作所の協力分担によって製作されたものを、当社の機器の一部として取りまとめたことを付記する。

参 考 文 献

- (1) 横田、北岡ほか：第5回鉄道におけるサイバネティクス 利用シンポジウム 予稿集 P 39~47 (昭 43)
- (2) 鳥居、金子、石本：列車自動制御用演算回路の IC 化、三菱電機技報、43, No. 9 (昭 44)
- (3) 六藤、金子、石本：最新の車上自動運転装置、三菱電機技報、45, No. 4 (昭 46)
- (4) 北岡、六藤、鳥居、山崎：列車自動運転装置、三菱電機技報、41, No. 2 (昭 42)

ステンレス鋼 CBL 用プラズマアーク溶接機

山本 利雄*・島田 弥**・町田 一道**
馬場 利彦***・武田 明通***

Plasma-Arc Welders for Coil Build-up Lines of Stainless Steel

Manufacturing Development Laboratory

Toshio YAMAMOTO・Wataru SHIMADA・Kazumichi MACHIDA

Itami Works Toshihiko BABA・Akimichi TAKEDA

A plasma-arc welding process has a merit of enabling a square-butt joint of thin plates or medium ones to be joined by one side one pass welding owing to its high density energy. It draws attention of the welding industry of its adaptability to automatic and high speed operation. Mitsubishi has conducted basic experiments in welding of stainless steel plates of various thicknesses by this process. As a result, it has been proved that satisfactory welding joints are available through the elevation of dimensional accuracy of the jointing; then the Company has worked out plasma-arc welders for coil build-up line of stainless steel. This is a report on the outlines of the plasma-arc welder self-containing of a shearing device.

1. まえがき

近年、溶接技術の進歩はめざましく、たとえば造船業界のように、溶接技術が技術革新の軸になっている例も少なくない。溶接技術に関する研究としては、現在のところエネルギー密度の高い熱源を得るために研究、およびそれを利用することによって溶接の自動化・高速化をはかる研究に力が注がれており、電子ビーム溶接法・プラズマアーク溶接法などの実用化が進められている。

われわれは、数年来プラズマアーク溶接法の応用研究を進めてきたが、ステンレス鋼 CBL (Coil Build-up Line) における溶接法として、I形開先の片面一層溶接が可能であるという観点から、プラズマアーク溶接法が実用上大きな効果をもたらすことを明らかにした。それにもとづき、このたび CBL 用プラズマアーク溶接機を完成したので、その概要をここに紹介する。

2. 溶接法の選定

2.1 ステンレス鋼 CBL の概要

鉄鋼の製造法においては、生産性向上のためには当然のことながら作業の連続化が要求されるが、CBL に運び込まれるストリップの長さは有限であるので、連続化のためにはストリップ同志を接合しなければならない。すなわち、図 2.1 に示すように、ストリップとストリップを接続して大きな 1 コイルにすること、およびストリップの先端と尾端とにリーダストリップと称する捨て板を接続することが CBL の目的であり、前者は後処理工程において能率的な作業を遂行するため、後者は圧延工程における歩どまりを向上するために行なわれるものである。すなわち、後者については、図 2.2 の圧延ミル説明図に示すように、リバース圧延ミルにおいては、巻取りロールと圧延ミル間 A 部のストリップは圧延できず、この部分のストリップは単なるはし渡しの役目をすれば十分であり、安価なリーダストリップを接合して、歩どまり向上をはかるものである。

ストリップの接合部分については、図 2.3 の CBL 構成図に示すように、ペイオフリールから送り出されたストリップは、まず溶接機で接合され、つぎのステーションのビードグラインダで余盛ビードが除去され、さ

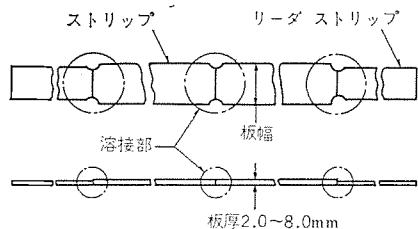


図 2.1 CBL におけるストリップの接合
Joining of strips in coil build-up line.

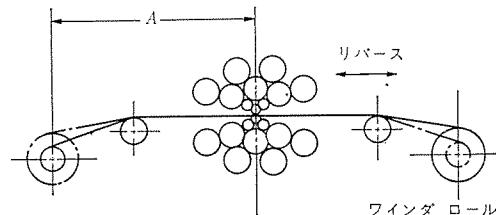


図 2.2 圧延ミルの説明図
Schematic diagram of strip mill.

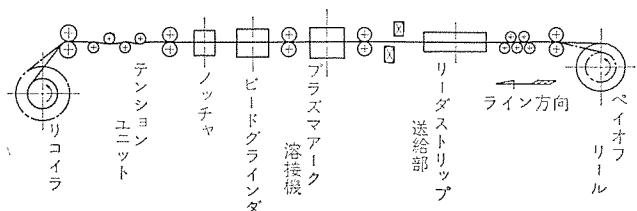


図 2.3 CBL の構成図
Schematic diagram of coil build-up line.

らにステーションのノッチャで始端および終端の溶接欠陥部が除去された後、リコイラで巻き取られ、その後に焼純ライン・圧延ラインへと送り込まれる。このような CBL の構成からわかるように、CBL において最も重要な作業は溶接作業であり、溶接継手としての高い信頼性および溶接の高能率が要求されている。現在、ラインで溶接の対象になっているストリップは、SUS 27・SUS 24・SS 41 で、板厚は 2.0 mm~8.0 mm の各種組合せの継手である。

2.2 CBL における溶接の現状と問題点

前述のように、溶接工程は CBL における最も重要な工程である

が、ラインの性格上、溶接継手に要求される事項として下記のものがあげられる。

- (1) 突合せ溶接であること。
- (2) 溶接部がCBLのテンションユニットに耐える程度の強度を有し、かつ、リコイラに巻き取りうる程度の曲げ特性を有すること。
- (3) 溶接速度が早いこと、および溶接準備を含めた溶接作業時間が短いこと。
- (4) 自動化が可能であること。
- (5) 溶接ビードの余盛高さが小さいこと。すなわち、ビードグラインダの負担を軽くすること。
- (6) 溶接作業中に消耗する部品が少なく、消耗部品の取替えを簡単に行なうことができること。
- (7) ラニングコストが安いこと。

このような要求に対するCBL用の溶接法としては、従来、2.0 mm～3.0 mm程度の薄板ではTIG (Tungsten Inert Gas) 溶接、3.0 mm～8.0 mm程度の中板および厚板ではMIG (Metal Inert Gas) 溶接が用いられてきたが、これらの方針については下記のような問題点がある。

- (1) 板厚に応じて、開先加工、ルート間げき(隙)の調整が必要である。
- (2) 溶接速度が遅く、溶接準備を含めた溶接作業時間が長い。
- (3) 溶接電極および裏当て金の消耗がはげしいため、保守点検に時間を要する。
- (4) 溶接熱影響部の幅が広く、かつ、溶接ひずみが比較的大きい。
- (5) 余盛が大きいため、ビード余盛の除去作業が困難である。
- (6) 溶接棒を必要とする場合が多い。
- (7) 溶接欠陥が発生しやすい。

上記問題点に対してプラズマアーク溶接を用いると、次節に述べるように、開先加工あるいはルート間げきをとる必要がなく、片面一層溶接が可能であるうえ、アークのエネルギー密度が高いので、熱影響部の幅もせまく、しかも溶接ひずみも小さいなどの多くの利点がある。

2.3 プラズマアーク溶接法の原理と特長

プラズマアーク溶接法は、従来から広く用いられてきたTIG溶接アークを拘束し、そのエネルギー密度を高めることによって溶接の高速・高能率化を図るものである。

アークには、周囲を冷却してやるとアーク自身の熱損失を最小限にとどめようとして、その表面積を小さくするように緊縮する性質があり、このように周囲冷却によってアークが緊縮する作用を熱的拘束効果(Thermal Pinch Effect)と呼ぶが、この効果はアークのエネ

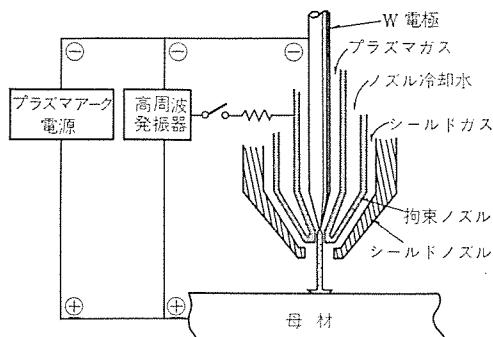


図2.4 プラズマアークの発生方式
Method of formation of plasma-arc.

ルギー密度を高める手段として有効である。こうしてエネルギー密度を高められたアークは、通常、プラズマアークと呼ばれているが、拘束によってアーク柱電圧降下が大きくなっている、アーク柱における気体の電離度が、TIG溶接アークのそれと比べて非常に高くなっている⁽¹⁾。

プラズマアークは、通常、図2.4に示すような方式により、拘束ノズルとプラズマガス流によってアークを拘束して得られるが、このようなプラズマアークを実際に溶接に利用するためには、単にノズル部で高電流密度が得られるのみでは不十分であり、母材部に至るまでこれが保持されることが必要である。このような観点からノズルの形状・寸法、ガスの供給方式には種々の工夫がなされている。このように、電極-母材間にアークを発生する方式を移行形(Transferred type)と称する。このほかにアークを電極-拘束ノズル間に維持して、ノズルから噴出する高温ガスを熱源として用いる非移行形(Non-transferred type)もあるが、一般的な溶接においては前者を採用している⁽¹⁾。水冷された拘束ノズルに流すプラズマガスとしては、通常、アルゴンを用い、シールドガスとしては、母材がステンレス鋼などの場合には、通常、アルゴンか、アルゴンに数%の水素を混入したガスを用いる。

このようなプラズマアークは、図2.5に見るように、TIG溶接アークと比べて高温でエネルギー密度が高い。この特性に加え、プラズマアークにおいては、プラズマガス流および電磁拘束による内部圧力上昇に基づいて、大きなアーク推力を発生するが、このアーク推力は、プラズマアーク溶接においていわゆるキーホールの形成に生かされる。すなわち、1.5 mm～2.0 mm以上の板厚材に対して母材をI形突合せにし、図2.6に見るよう、母材溶融池の前部にアーク推力によって小穴(キーホール)をあけ、その穴を通して、プラズマを裏面側に噴出させて溶接するのが、プラズマアーク溶接法独特のキーホール溶接法である。この方法では、溶接進行前面で溶融した金属は、プラズマ柱の回りの固体壁を伝って後方に流れ、(b)のように表および裏の両面に溶融池面を形成し、あたかも表・裏の両面でアークを同時に発生させて溶接を進めるのと似た形になる。このようにしてキーホールが生ずる現象をキーホール形成作用(Key-hole Action)と称し、この作用があるからこそ、わずか200 A程度の電流値で10 mmほどの厚板を、I形突合せで片面一層溶接することが可能なのである。この場合、陽極点はTIG溶接の場合と異なり、キーホール内壁の板厚方向にある分布をもって形成され、しかもアーク柱発熱および高温プラズマ気流も、キーホール内壁を加熱するので、入熱は線熱源として供給されていることになる。

このような線熱源を効果的に利用して、良好な溶接ビードを得る

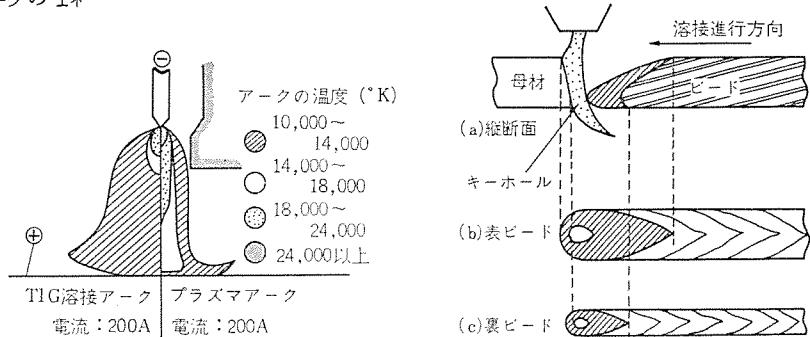


図2.5 TIG溶接アークとプラズマアークの温度分布の比較
Comparison of temperature distribution between TIG-arc and plasma-arc.

図2.6 プラズマアークキーホール法溶接の機構
Mechanism of key-hole process in plasma-arc welding.

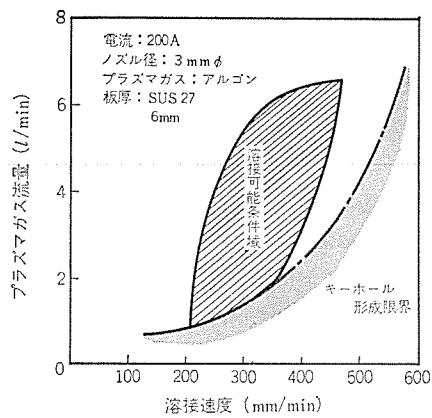


図 2.7 プラズマアークキーホール法溶接の可能条件域
Weldable condition range of key-hole process in plasma-arc welding.

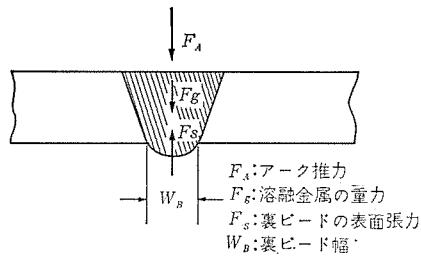


図 2.8 アーク溶接における溶融金属の力の バランス
Balance of force in molten metal.

ためには、安定なキーホール形成作用が必要であり、この難易を支配する操作上の因子としては、プラズマアークの電流および電流密度のほかにプラズマガス流量と溶接速度とがあげられる。図2.7は、電流値およびノズル径を一定として、溶接可能なプラズマガス流量と溶接速度との関係を求めたものである。図中の斜線で示された領域が、溶接可能な条件域である。

プラズマアークキーホール溶接法においては、キーホール前面部において溶融した湯が、キーホールの両側壁を伝わって後方にまわり、溶融池を形成する。このようなビード形成機構においては、溶融池の重力方向の力のバランスは次のように解釈される。すなわち、キーホール後方の溶融金属は、図2.8に示すように、その溶融金属自身の重力 F_g と、重力方向に作用するアーク推力 F_A とを、裏面の表面張力 F_s が支えて保持し、安定な溶接ができる。溶融金属の重力 F_g は、 $F_g = \rho \cdot g \cdot t$ (ρ : 溶融金属の密度, g : 重力加速度, t : 板厚) であるから、板厚が薄くなると、重力が減少するため、溶融池が安定に維持されるための3力の関係式、 $F_s \geq F_g + F_A$ を容易に満足しえて、図2.7のようなキーホール溶接条件域は、低速側で大いに拡大されるのではないかと考えられる。しかし、事実は薄板のキーホール溶接では、溶融幅が板厚よりも大きくなると、キーホールの両側面を通って後方に移動してきた溶融金属流のブリッジが困難になり、接合部とから(空)穴部とが周期的に交互した不連続ビードになったり、切断現象を生じたりして良好な溶接結果は得られなくなる。

一方、厚板のキーホールにおいては、キーホールを形成するためにアーク推力を大きくしなければならず、さらに溶融金属の重力 F_g も大きいので、 $F_s \geq F_g + F_A$ なる式の関係を満足して溶融金属を安定に維持するためには、裏面の溶融幅 W_b を小さくして表面張力 F_s による重力の支持の効果を大きくする必要がある。すなわち、厚板の溶接条件としては、キーホールがやっと形成される限界条件の近傍にせばめられる。

表 2.1 溶接施工面における各種溶接法の比較
Comparison of characteristics of weldment in some welding processes.

項目 溶接法 の種類	対象板厚	構 成 置	置熱 の 必要性	開先加 工の有 無	溶 接 速 度	消 耗 品	溶接ひず みおよび 熱影響部 の均一性	溶接結果 の均一性
プラズマア ークキーホール 溶接法	1.5~ 10.0 mm	やや 複雑	やや有	無	速い	・プラズマ ガス ・シールド ガス	小	良
TIG溶接法	0.6~ 3.0 mm	単純	無	無	遅い	・シールド ガス	やや大	良
	3.0 mm<	やや 複雑	やや有	有	遅い	・溶加棒 ・裏あて金 ・シールド ガス	大	悪
MIG溶接法	3.0 mm≤	複雑	有	有	速い	・消耗ワ イヤ ・裏あて金 ・シールド ガス	大	悪

プラズマアークキーホール溶接法は、以上に述べた理由から対象になる板厚に上限および下限があるものの、板厚 1.5 mm~10 mm の広い範囲にわたって、I 形突合せ縫手の片面一層高速溶接が可能である。

表 2.1 に、プラズマアーク溶接法、TIG 溶接法および MIG 溶接法の溶接施工面における特長を比較してまとめた。この表からわかるように、プラズマアーク溶接法は、施工面および溶接結果について、他の溶接法よりすぐれている。

3. プラズマアーク溶接法のステンレス鋼への適用実験

2 章で述べたラインにおける被溶接材の各種組合せの縫手に対し、溶接実験によってその溶接性を検討・確認した。

3.1 材質および板厚に対する溶接条件の検討

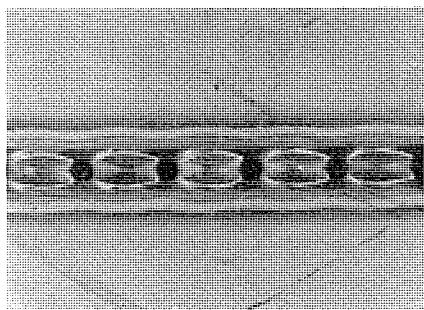
CBLにおいて溶接の対象になる材質は、SUS 27・SUS 24・SS 41であるが、前述のように、キーホール法の対象になる板厚が、これらいずれの材料においても、板厚 1.5 mm~10 mm 程度であることを溶接実験によって確認した。図3.1(a)および図3.1(b)に、薄板溶接で発生しやすい不連続ビードと、厚板溶接で発生しやすい溶落ちビードの断面の一例を示す。しかし、CBLにおける対象板厚である 2 mm~8 mm の範囲では、溶接可能条件域が広く、安定な溶接部が得られた。図3.1(c)に適正溶接条件による SUS 27, 8 mm 厚材の縫手断面を示す。

代表的な母材の材質、板厚に対する適正溶接条件の例を表3.1に示す。

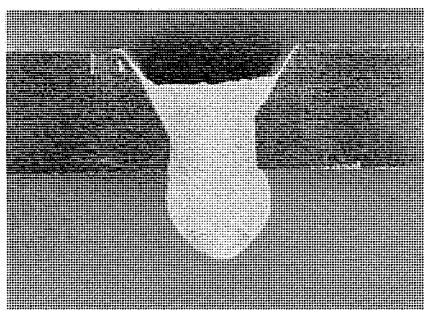
3.2 板厚の異なる縫手の溶接性の検討

2 章で述べたように、CBLにおいては、ストリップの前後にリーダストリップを接合する必要があるが、リーダストリップの板厚は、一般にストリップの板厚より小さい。このような場合を想定して異板厚縫手の溶接性を検討した。

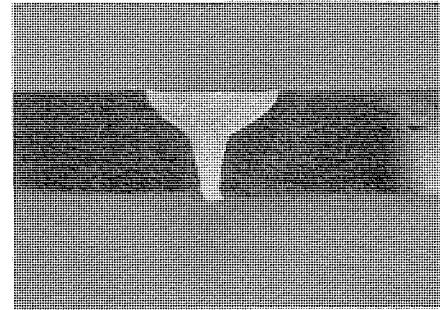
プラズマアークのもつ特に大きいアーク推力は、前述のように、プラズマアーク溶接法独特のキーホール形成によって厚板の高速一層溶接を可能にするものであるが、異板厚縫手の溶接に際しては、アークに指向性をもたらすという重要な役割を果たす。このように、軸方向指向性の強いアークは、TIG 溶接アークと比べて磁気吹きが発生しにくく、また図3.2に示すように、異板厚縫手においても TIG 溶接アークの



(a) 薄板の不連続ビード外観
(SUS 27, 板厚 1.2 mm)



(b) 厚板の溶落ちビード断面
(SUS 27, 板厚 10.0 mm)



(c) 適正条件による溶接継手断面
(SUS 27, 板厚 8.0 mm)

図 3.1 各種板厚ステンレス鋼の溶接部

表 3.1 代表的ステンレス鋼の適正溶接条件例
Optimum welding condition of stainless steel plates.

継手材料	電流 A	電圧 V	プラズマガス l/min	シールドガス l/min	溶接速度 mm/min
SUS 27, 8.0 mm	200	41	2.0	7.0	390
SUS 27, 6.0 mm	260	40	1.7	6.6	720
SUS 27, 3.0 mm	210	38	0.9	5.5	1,170
SUS 27, 2.0 mm	120	29	0.7	4.0	1,300
SUS 24, 6.0 mm	230	41	1.8	5.5	400
SUS 24, 4.0 mm	200	37	1.6	5.5	615
SUS 24, 2.0 mm	130	30	0.9	4.0	600

使用ノズル径: 2.4 mm ϕ , プラズマガス: Ar, シールドガス: Ar+5%Hz

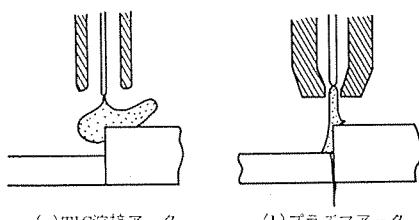


図 3.2 異板厚継手におけるアーケ形状の比較

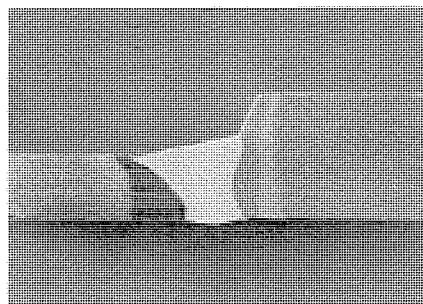
Comparison of arc shape between TIG-arc and plasma-arc.

ようなアーケのかたよりがない。

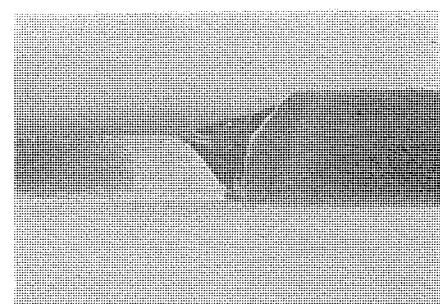
このような利点をここで溶接実験によって確認した。本実験では、母材として SUS 27 を用い、各種継手に対して変化させる因子を溶接速度のみにした。表 3.2 に、溶接の基本条件と代表的な異板厚継手の適正溶接速度を示す。各継手に対する溶接速度は、厚板・薄板のそれぞれの同板厚継手溶接における適正溶接速度の中間か、あるいは多少薄板条件よりが適当である。トチのねらい位置は、同板厚継手溶接の場合と同様、開先線上に設定するのがよい。キーホール溶接を安定に行ない得る板厚差の比は、1/2 までであった。これは、板厚差が大きめの場合には、薄板側の熱容量が小さいために、厚板と同時に溶融させて、安定な溶融池を維持することが困難になるためである。図 3.3 (a) は、SUS 27, 3 mm 厚～6 mm 厚の溶接継手の断面を示す。

3.3 異種材料継手の溶接性の検討

CBLにおいて、リーダストリップ材として、安価な SS 41 材や、ステンレス鋼薄板の廃材などを用いることができれば都合が良い。そのような組合せを想定して、SS 41→SUS 27, SS 41→SUS 24 の異種材料の溶接実験を行なった。材料によって融点や、湯流れの特性などが異なるため、異種材料の継手では、安定なキーホール形成および溶融池の維持がむずかしいかと懸念されたが、実験による検討の結果、



(a) 異板厚溶接継手の断面
(SUS 27, 3 mm 厚～6 mm 厚)



(b) 異種材料・異板厚溶接継手の断面
(SS 41, 3.2 mm 厚～SUS 27, 6 mm 厚)

図 3.3 各種溶接継手の断面
Cross sections of beads of various materials.

良好な溶接部が安定して得られた。

さらに、板厚の異なる異種材料継手の溶接性についても検討した。同種材料の異板厚継手の溶接においては、前述のように、溶接ねらい位置を突合せ線上ないしわざか薄板よりにすることで、高速な適正条件が選定できたが、薄板側が SS 41 材の場合、溶融金属の性質上から切斷状態(溶落ち)，あるいは厚板(SUS 材)の溶込み不足になりやすいため、溶接ねらい位置を突合せ線よりやや厚板側(SUS 材)に片寄せさせた。すなわち、キーホールを SUS 側に形成し、SS 41 材部分にあまり大きなアーケ推力を作用させないようにして、溶融池の安定化を図り、図 3.3 (a) に示すように、良好な溶接結果を得ることができた。表 3.3 に、異種材料の異板厚継手の代表例に対する適正溶接条件を示す。

3.4 母材の設置状況に対する溶接性の検討

CBLにおけるストリップの切斷および溶接の自動化に際し、継手の精度維持のために要求される装置の機械的性能および精度について検討し、設計仕様決定のための基礎資料にした。その結果を要約すると、次のとおりである。

(a) シア切斷面に大きなだれがないこと

表 3.3 異種材料・異板厚継手の適正溶接条件
Optimum welding conditions of dissimilar metals of different thickness.

材質・材料の組合せ mm	電 A 流	電 V 圧	プラズマ ガ ス l/min	シールド ガ ス l/min	溶接速度 mm/min
SUS 27, 6.0 mm 厚～ SS 41, 4.5 mm 厚	235	42	1.5	6.2	520
SUS 27, 6.0 mm 厚～ SS 41, 3.2 mm 厚	220	40	1.8	6.2	670
SUS 24, 4.0 mm 厚～ SS 41, 3.2 mm 厚	180	39	1.4	6.4	620

使用ノズル径: 2.4 mmφ, プラズマガス: Ar, シールドガス: Ar

図 3.4 (a) に見るような大きななだれは、溶着金属量の不足の原因になり、アンダカットを生ずる。

(b) シア切断線の直線性が保証されており、溶接線とプラズマトチの走行線が一致していること

溶接線検出器を装置せずに溶接を行なうためには、溶接始点から溶接終点まで、そのねらい位置が一定に保たれていなければならぬ。実際には、溶接線が溶接ビード幅内におさまればよいので、ねらい位置のずれ許容量は、溶接ビード幅の 1/2, すなはち 0.7 mm 程度である。

(c) 突合せ継手に大きな間げき、あるいは突合せ段違があること

図 3.4 (b) に示すように、過大な突合せ間げきがあると、溶接部にアンダカットが発生する。突合せ面の密着度が高いほど溶接結果は良好である。また、図 3.4 (c) のような段違があると、図 3.5 に見るよう、溶接は可能であっても継手としては不良であり、とくに曲げに対して、段違部分が切欠きになって破断しやすい。

(d) 母材設置のクラップ力が十分であること

クラップ力が不足していると、溶接施工中に溶接熱による母材自身のひずみのために、突合せ継手に間げきを生じたり、溶接線が溶接始点の設置位置から変動したりすることがある。

3.5 ビード余盛とアンダカットの処理、および板端の欠陥処理について

プラズマアーク溶接によって得られる溶接ビードは、均一性にすぐれ、

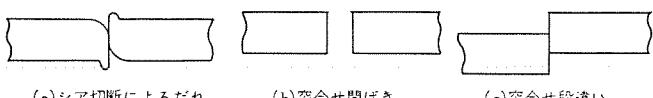


図 3.4 不適当な継手突合せ例
Examples of unsuitable setting of plates.

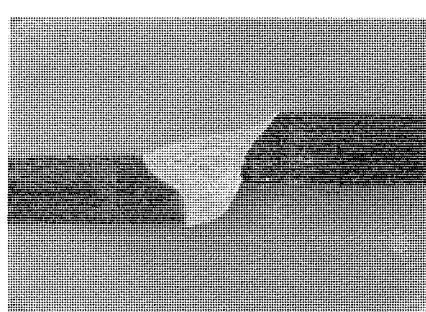


図 3.5 突合せ段違があった場合の溶接継手断面

Cross section of weld bead under mismatching of plates.

適正な溶接条件によれば、母材表面の余盛はほとんどなく平滑である。また裏ビード余盛高さは、板厚にはそれほど関係なくて 0.5 mm 程度であり、裏ビード幅も 1.5 mm 程度と小さいので、除去するのにさほど手間ならない。なお、溶接条件が適当でない場合に発生することのある表ビードのアンダカットと、裏ビードの過大な余盛は、いずれも曲げ特性を悪くするので、溶接後に除去する必要がある。

プラズマアーク溶接法では、金属量不足による板端での溶接欠陥は避けることができない。溶接始点における欠陥は、プラズマアークを点弧してから、キーホールが形成されるまでトチを停止しておくために発生するものであり、終端でのそれは、終端部での保有熱の蓄積のために溶落ち気味になることによるものである。図 3.6 (a) および図 3.6 (b) に示す板端の欠陥は、ノズルの中心がちょうど板端にかかるところで点弧し、同時にトチを進行させ、終端部では点弧したまま走り抜けるという方式において、板端に形成される溶接欠陥の例である。このような板端の欠陥は、切欠効果として働き、継手強度を悪くするおそれがある。しかし、施工条件の調整しだいでは、溶接欠陥長さを、およそ 5 mm 以内にとどめることができるが、この部分は、ノッチャによって除去する必要がある。

4. プラズマアーク溶接機の構成および仕様

3 章で述べた溶接実験結果をもとに、ステンレス鋼 CBL 用 プラズマアーク溶接機を製作した。その構成および仕様は、つぎのとおりである。

4.1 構成

図 4.1 は、昭和 47 年 3 月に完成させた CBL 用 プラズマアーク溶接機の外観である。先行ストリップの尾端、および後行ストリップの先端を切断するシア部分と、プラズマ溶接を行なう溶接部分をもった機械で、下記の構成要素よりできている。

- (1) プラズマアーク溶接機
- (2) 機械本体
- (3) 油圧 パワーユニット
- (4) シーケンス 制御盤
- (5) その他の付属装置

4.2 おもな仕様

- (1) 被溶接材
 - (a) 材質 SUS 27, SUS 24, SS 41
 - (b) 板厚 2.3 mm～8.0 mm
 - (c) 板幅 914 mm～1,600 mm
- (2) 切断能力 60,000 kg
- (3) 溶接速度 100 mm/min～1,000 mm/min

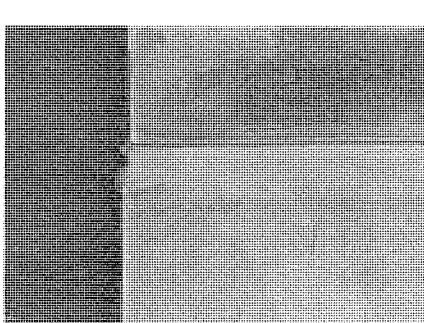
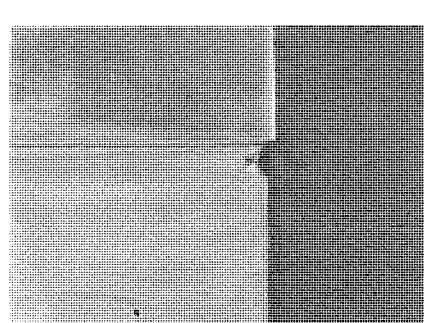


図 3.6 継手の板端に生ずる溶接欠陥
Weld defects at plate edges.



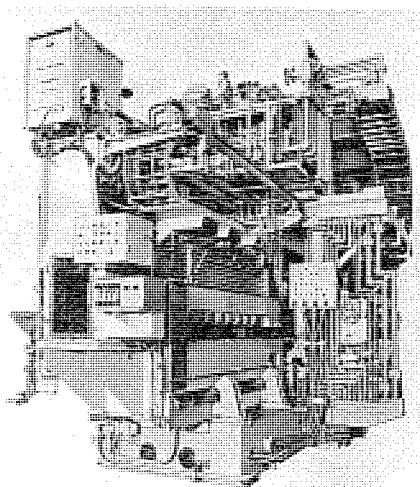


図 4.1 プラズマアーク溶接機外観
Appearance of plasma-arc welder.

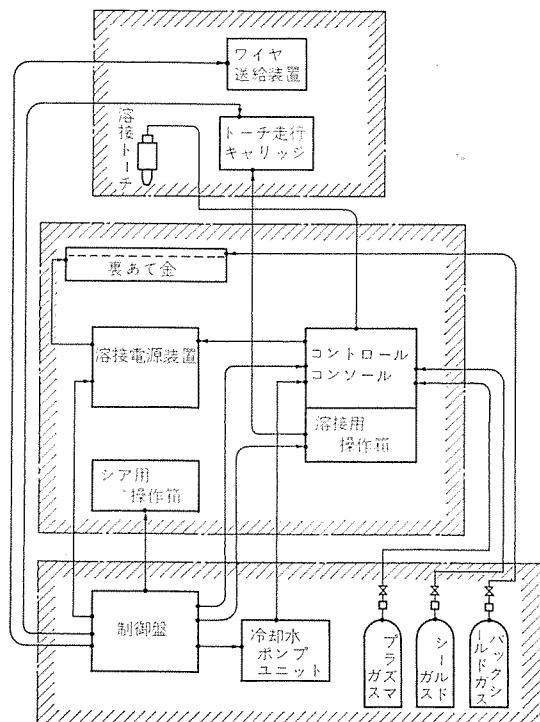


図 4.2 プラズマアーク溶接機の系統図
Block diagram of plasma-arc welder.

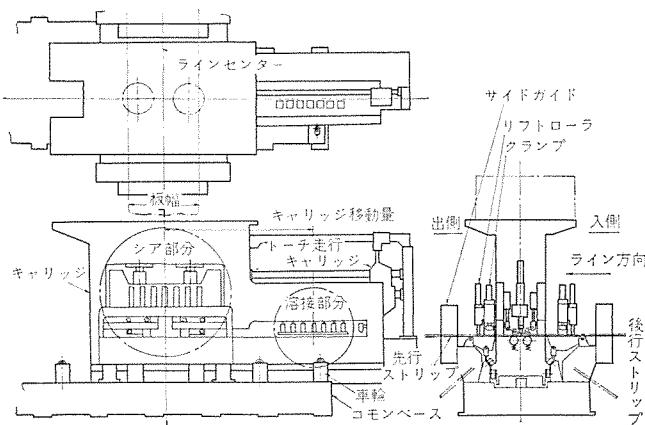


図 4.3 プラズマアーク溶接機外形
Longitudinal and transverse sketch of plasma-arc welder.

(4) 機械重量 50,000 kg

(5) 電源装置 垂下特性直流電源 (定格 300 A)

(6) 溶接トーチ U-5 T (定格 300 A)

4.3 構造概略

4.3.1 プラズマアーク溶接機

溶接機関係の系統図を図 4.2 に示す。溶接電源装置としては、二次無負荷電圧 80 V の垂下特性を有する整流式直流電源を使用している。本装置は、使用率 70 % で 300 A の容量である。コントロールコンソールには高周波発生装置、ガスおよび冷却水を制御する部分、その他が含まれている。

4.3.2 機械本体

前章で述べたように、プラズマアーク溶接を自動で行なう場合には、溶接継手に対して寸法的にかなりの精度が要求される。本機は、図 4.3 の溶接機外形に示すように、コモンベース上に取り付けられた車輪で支持されているキャリッジが骨子になっており、このキャリッジには、先行ストリップの終端と後行ストリップの先端とを切断するシアリング装置と、切断突合せ後に溶接する溶接装置とが内蔵されている。本機の特長として下記の事項があげられる。

(a) 図 4.3 の溶接機外形に示すように、キャリッジがラインと直角方向に走行するため、シアブレードとトーチの走行線とが一直線上にあり、溶接線とトーチの走行線との精度が高く、良い溶接結果を得ることができる。

(b) キャリッジは、上下継合せ構造になっているうえ、母材板幅の関係上、キャリッジのスパンが非常に長く、構造的に切断時・溶接時の精度を維持するうえで不利であるが、この点を取り除くためにロケータを設け、切断時の垂直荷重および背筋力を押えて、切断クリアランスを適正に保つとともに、溶接時のクランプ力によるフレームの変形を抑えるように配慮されている。

(c) トーチ走行キャリッジに特殊なガイドレールを使用したので、溶接クランプ力による本体キャリッジの変形が直接ガイドレールに伝わらず、トーチ走行の直線性が良い。

(d) 先行ストリップと後行ストリップを同一シアで切断し、しかる後に突合せを行なうため、本機ではほとんど継手に問題を生じないで精度の高い継手が得られる。万が一、先行ストリップと後行ストリップとにギャップが生じた場合には、クランプした後行ストリップを前進または後退させて適正な突合せ状態を任意に得ることができる。

なお、ここで裏ビードのガスシールド条件について、裏あて金設計上の注意点を簡単に述べておく。一般に、母材裏面に逸出するプラズマ気流は、キーホール形成に寄与し、キーホール側壁に溶融熱を与えた後とはいえ、その高温とプラズマ推力とはなおも維持されている。この逸出プラズマ気流を自由に逃がしてやらないと、溶接現象に悪影響をおよぼす。とくに、裏あて金のみぞ(溝)が浅すぎる場合には、逸出プラズマ気流がはねかえり、溶融池をもち上げるので、良い溶接結果が得られない。また、裏ビードの酸化防止の目的で、裏あて金のみぞ内にバックシールドガスを流す場合には、逸出プラズマ気流に影響をおよぼすことがないようにする必要がある。

(e) 以上のような観点から裏あて金として新方式のものを採用している。

4.3.3 シーケンス制御盤

制御盤は床上別置形で、両開きとびらの右側にはマトリックス基板と、それに付属するネオランプを監視する透明窓が設けてある。また、右側面には機械の作動状況がは(把)握できるインジケータが取り

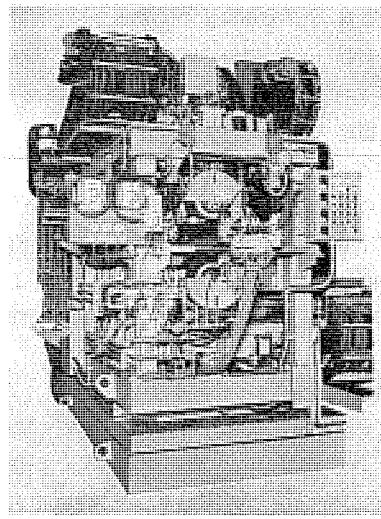


図 4.4 ビードグラインダの外観
Appearance of bead grinder.

付けられている。とびらを開くと、手前の可動式パネルと、奥の固定パネルとに、制御回路を構成するリレーや、ダイオードマトリックス基板およびロータリセレクタ等がそれぞれ取り付けられている。また、直流電源装置の制御パネル、ワイヤフィーダ制御箱、および溶接キャリッジの制御回路がそれぞれ収納されている。回路は、ロータリセレクタスイッチとダイオードマトリックス板の組合せによる回路形式（特許申請中）を採用している。

4.4 動作説明

図4.3の溶接機外形にもとづいて、CBL プラズマーアク溶接機の簡単な動作説明を行なう。

(1) 先行ストリップのセット

先行ストリップをライン操作によって切断位置まで搬送し、出側リフトローラを下降させ、サイドガイドを閉にする。

(2) 先行ストリップの切断

(1)でセットしたストリップをクランプし、板をおさえた後、シアリングを行なう。切断後、先行ストリップの尾端をはね上げ、後行ストリップそう入の準備をする。(クランプは溶接終了まで保持させておく)

(3) 後行ストリップのセット

後行ストリップをライン操作によって切断位置まで搬送し、入側リフトローラを下降させ、サイドガイドを閉にする。(2)ではね上げた後行ストリップを元に戻し、切断準備をする。

(4) 後行ストリップの切断

(3)でセットしたストリップをクランプし、板押えした後にシアリングを行なう。(クランプは、溶接終了まで保持させておく) 切断終了後、先行ストリップの尾端と後行ストリップの先端をはね上げ、キャリッジをシア位置から溶接位置まで移動させ、溶接用クランプを行なう。

(5) 溶接

溶接トーチは、下降後に板端まで高速で走行し、そこでトーチは一度停止し、かかる後にアーカーを発生させて溶接走行を開始する。

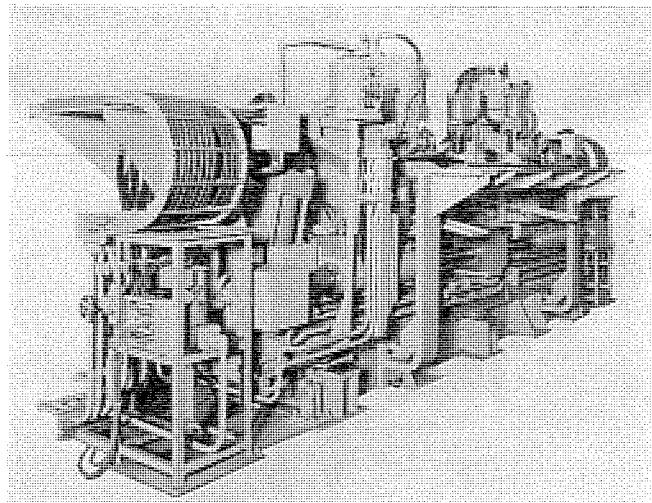


図 4.5 ノッチャの外観
Appearance of notcher.

4.5 その他の付属装置

4.5.1 ビードグラインダ

本機は、裏ビードの余盛の除去、異板厚継手における表の段違部の研削、および表ビードに生じることのあるアンダカットなどを除去するためのものであり、機械本体・集じん装置・油圧ユニット・制御盤より構成されている。図4.4にその外観を示す。

4.5.2 ノッチャ

一般にアーカー溶接を行なった板の両端部は、溶落ちなどのために欠陥部を生じやすい。通板中にストリップに引張応力・繰返し曲げ応力等が加わると、この欠陥部を起点にして破断が発生しやすい。本装置は、このような端部における欠陥を除去するためのもので、機械本体・油圧ユニット・制御盤より構成されている。図4.5はその外観である。

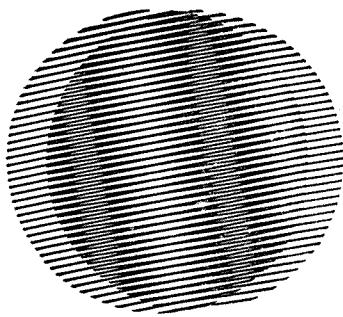
5. む す び

プラズマーアクの高エネルギー密度を利用した、キーホール法によるI形突合せ継手の高速片面一層溶接について研究を行ない、その結果に基づいてステンレス鋼CBL用プラズマーアク溶接機を製作・完成させた。プラズマーアクのシャープな熱源特性を生かすためには、溶接継手に高い寸法精度が要求されるため、種々の工夫を加えて装置を完成させたので、信頼性の高い溶接結果が得られた。

このように、プラズマーアク溶接法を鉄鋼プロセスラインの自動溶接法として導入・実用化した意義は大きく、これをもとにして将来、けい(珪)素鋼板・アルミニウム・チタンなどの新しい用途への研究・開発に取り組み、本溶接法の各方面への利用の便を図りたい。

参 考 文 献

(1) 西口：溶接学会誌、40, No. 12, 20 (昭46)



新製品紹介

HC形高圧コンビネーションパネル

当社では、経済性を重視し、従来の配電盤に比べ低価格の高圧コンビネーションパネルとして、HC形高圧配電盤を新発売した。

このHC形配電盤は、JEM-1153、AクラスのHC-A形JEM-1153、EクラスのHC-E形の2種の配電盤をシリーズ化しており、いずれも電力ヒューズと電磁接触器を組み合わせたコンビネーションスターであり、顧客の要望に応じいずれの形の配線盤でも短納期に製作することができる。

■特長

(1) 保守、点検が安全かつ容易

適切な部品配置と安全なしゃへい構造となっているので、保守点検は安全かつ容易におこなえる。

(2) 真空コンタクタ、気中式コンタクタいずれでも収納可能

顧客の要望に応じ、配電盤の構造を変更することなくいずれのコンタクタでも収納可能。

(3) HC-E形配電盤はインタロックが完備している

電気的および機械的インタロックを採用しており、取扱いの安全性をより確実にしている。

(4) 自己電源を持っている

操作回路電源は操作トランジスを内蔵しており、外部操作電源を必要としない。また逆に外部テスト電源を供給することにより、主回路を生かすことなく操作回路のテストができる切換スイッチを設けている。

(5) 3段積で据付けスペースが節約される

(6) ツートンカラーによるユニークな盤面色彩となっている

■仕様

(1) 定格電圧 3,300V, 6,600V

(2) 定格電流 100A, 200A, 100A, 200A

(3) 定格しゃ断容量 250MVA(電力ヒューズ), 500MVA(電力ヒューズ)

(4) 操作電源 AC 200/220V(操作電源用トランジス内蔵)

■用途

(1) 高圧電動機の各種スター

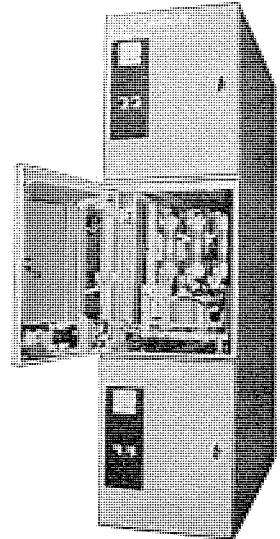
(じか入れ、Y-△起動、リアクトルおよびコンデン起動)

(2) 変圧器およびコンデンサ(6kVは真空スイッチ使用)の、一次開閉器盤

■適用負荷

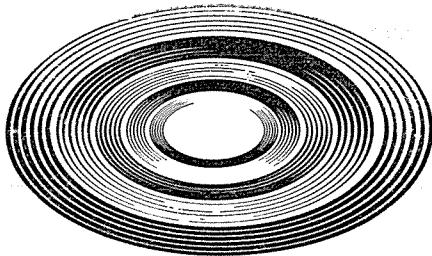
	3kV	6kV
電動機	750kW	1,500kW
変圧器	1,000kVA	2,000kVA
コンデンサ	750kVA	1,000kVA

[長崎製作所]



HC-E形配電盤(3段積)

NEWS FLASH



サウジアラビア向け 10×34.7 MVA ガスタービン発電機続々完成

当社では、このたびサウジアラビア、アラムコオーパーシーズ社（AOC）より、石油掘削用動力電源として、30 MW 級 ガスタービン発電セット10台を受注し、目下鋭意製作中で近々4台目を出荷の予定である。

本機は、当社開放通風、屋外設置としてシリーズ化され、かずかずの利点を有する標準のユニットパッケージ形 ガスタービン発電機である。

■ 仕様

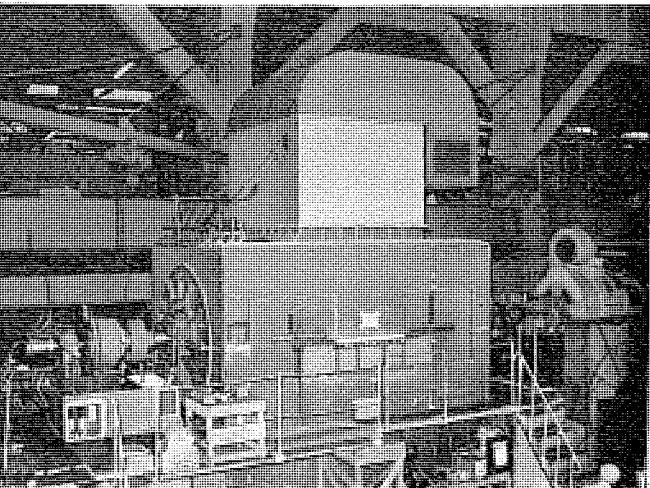
形 式	開放空冷横軸円筒形軸界磁形 三相同期発電機
出 力	34,700 kVA
力 率	0.85 (遅れ)
電 壓	13,800 V
極 数	2
周波数	60 Hz
回転数	3,600 rpm
定 格	連 続
励磁方式	ブラシレス
原動機	三菱重工製 MW-301 G ガスタービン

■ 特 長

(1) 回転励磁機、吸気フィルタ、サイレンサ、各種配管および配線類の付属品をあらかじめ工場で、発電機本体に組込み一体化しているため、輸送、据付けおよび保守が容易である。

(2) 砂じん(塵)・有害ガス等に対しては十分な対策考慮をはらっている。

なお、これらの製作にあたっては量産的趣向をとり入れ、各部品の機械加工・組立工程等には徹底した合理的な設計を行なっている。



工場組立中の ガスタービン 発電機 (4号機)

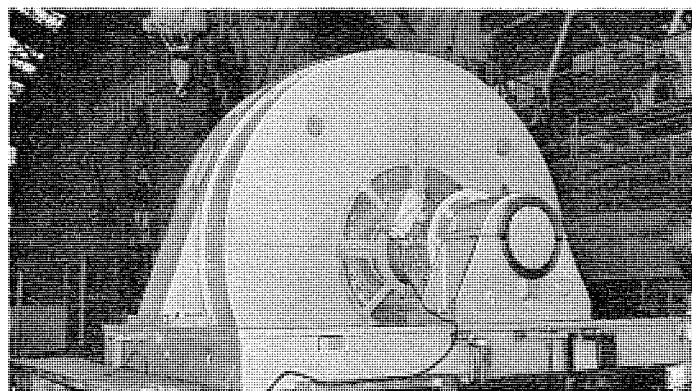
防爆形ブラシレス同期電動機の完成

当社では、このたび某化学プラント向けとして、6,000 kW 安全増防爆形 同期電動機を製作納入し、現地据付けもこのほど完了し、好調のうちに営業運転に入った。

本機は、工場防爆指針に沿い、より安全ということに留意し製作されたもので、安研立会機でブラシレス 安全増防爆では最大容量級である。本機の完成により、将來ますます大形化する工場設備用防爆機器の採用が容易となった。

■ 仕 様

6,000 kW G 2 36 極 6,600 V 60 Hz
200 rpm 圧縮機駆動用



工場試験中の 6,000 kW 防爆形同期電動機

[長崎製作所]

本社・営業所・研究所・製作所・工場所在地

本社 東京都千代田区丸の内2丁目2番3号(三菱電機ビル) (西100) (電) 東京(03) 218局2111番

大阪営業所	大阪市北区梅田町8番地(西阪神ビル) (西530)	(電) 大阪 (06) 343局1231番
名古屋営業所	名古屋市中村区広井町3丁目88番地(大名古屋ビル) (西450)	(電) 名古屋 (052) 565局3111番
静岡出張所	静岡市伝馬町16の3番地(明治生命静岡支社) (西420)	(電) 静岡 (0542) 54局4681番
福岡営業所	福岡市中央区天神2丁目12番1号(天神ビル) (西810)	(電) 福岡 (092) 72局2111番
長崎出張所	長崎市丸尾町7番8号(長崎底曳会館) (西852)	(電) 長崎 (0958) 61局6101番
札幌営業所	札幌市中央区北2条西4丁目1番地(北海道ビル) (西060-91)	(電) 札幌 (011) 261局9111番
仙台営業所	仙台市大町1丁目1番30号(新仙台ビル) (西980)	(電) 仙台 (0222) 21局1211番
富山営業所	富山市桜木町1番29号 (西930)	(電) 富山 (0764) 31局8211番
広島営業所	広島市中町7番32号(日本生命ビル) (西730)	(電) 広島 (0822) 47局5111番
岡山出張所	岡山市駅前町1丁目9番地(明治生命館) (西700)	(電) 岡山 (0862) 25局5171番
高松営業所	高松市鶴屋町2番1号 (西760)	(電) 高松 (0878) 51局0001番
新潟営業所	新潟市東大通1丁目2番地23号(北陸ビル) (西950)	(電) 新潟 (0252) 45局2151番
東京商品営業所	東京都千代田区丸の内2丁目2番3号(三菱電機ビル) (西100)	(電) 東京 (03) 218局2111番
関東商品営業所	与野市上落合後原842番地 (西338)	(電) 与野 (0488) 33局3181番
大阪商品営業所	大阪市北区堂島北町8番地の1 (西530)	(電) 大阪 (06) 344局1231番
名古屋商品営業所	名古屋市中村区広井町3丁目88番地(大名古屋ビル) (西450)	(電) 名古屋 (052) 565局3111番
機器静岡営業所	静岡市小鹿2丁目1番22号 (西420)	(電) 静岡 (0542) 82局2061番
機器浜松営業所	浜松市上西町42の5 (西430)	(電) 浜松 (0534) 63局6121番
福岡商品営業所	福岡市中央区天神2丁目12番1号(天神ビル) (西810)	(電) 福岡 (092) 72局2111番
札幌商品営業所	札幌市中央区北2条西4丁目1番地(北海道ビル) (西060-91)	(電) 札幌 (011) 261局9111番
仙台商品営業所	仙台市大町1丁目1番30号(新仙台ビル) (西980)	(電) 仙台 (0222) 21局1211番
北陸商品営業所	金沢市小坂町西97番地 (西920)	(電) 金沢 (0762) 52局1151番
広島商品営業所	広島市中町7番32号(日本生命ビル) (西730)	(電) 広島 (0822) 47局5111番
高松商品営業所	高松市鶴屋町2番1号 (西760)	(電) 高松 (0878) 51局0001番
東京機器営業所	東京都港区北青山1丁目2番3号(青山ビル) (西107)	(電) 東京 (03) 404局0336番
大阪機器営業所	大阪市北区堂島北町8番地の1 (西530)	(電) 大阪 (06) 344局1231番
中央研究所	尼崎市南清水字中野80番地 (西661)	(電) 大阪 (06) 491局8021番
生産技術研究所	尼崎市南清水字中野80番地 (西661)	(電) 大阪 (06) 491局8021番
商品研究所	鎌倉市大船2丁目14番40号 (西247)	(電) 鎌倉 (0467) 46局6111番
神戸製作所	神戸市兵庫区和田崎町3丁目10番地の1 (西652)	(電) 神戸 (078) 67局5041番
伊丹製作所	尼崎市南清水字中野80番地 (西661)	(電) 大阪 (06) 491局8021番
三田工場	三田市三輪町父々部85番地 (西669-13)	(電) 三田 (07956) 4371番
赤穂工場	赤穂市天和651番地 (西678-02)	(電) 赤穂 (07914) 3局2221番
長崎製作所	長崎市丸尾町6番14号 (西850-91)	(電) 長崎 (0958) 61局6211番
稻沢製作所	稻沢市菱町1番地 (西492)	(電) 稲沢 (0587) 32局8111番
和歌山製作所	和歌山市岡町91番地 (西640-91)	(電) 和歌山 (0734) 36局2111番
鎌倉製作所	鎌倉市上町屋325番地 (西247)	(電) 鎌倉 (0467) 44局1111番
通信機製作所	尼崎市南清水字中野80番地 (西661)	(電) 大阪 (06) 491局8021番
北伊丹製作所	伊丹市瑞原4丁目1番地 (西664)	(電) 伊丹 (0727) 82局5131番
熊本第一工場	熊本市竜田町弓削720番地 (西862)	(電) 熊本 (0963) 62局7211番
熊本第二工場	熊本県菊池郡西合志町御代志997 (西861-11)	(電) 熊本 (09624) 2局0151番
名古屋製作所	名古屋市東区矢田町18丁目1番地 (西4619)	(電) 名古屋 (052) 721局2111番
旭工場	尾張旭市下井町下井 (西488)	(電) 尾張旭 (05615) 3局5101番
福岡製作所	福岡市今宿青木690番地 (西819-01)	(電) 福岡今宿(09295) 6局0431番
福山製作所	福山市緑町1番8号 (西720)	(電) 福山 (0849) 21局3211番
相模製作所	相模原市宮下1丁目1番57号 (西229)	(電) 相模原 (0427) 72局5131番
姫路製作所	姫路市千代田町840番地 (西670)	(電) 姫路 (0792) 23局1251番
静岡製作所	静岡市小鹿3丁目18番1号 (西420)	(電) 静岡 (0542) 85局1111番
中津川製作所	中津川市駒場町1番3号 (西508)	(電) 中津川 (05736) 6局2111番
大船製作所	鎌倉市大船5丁目1番1号 (西247)	(電) 鎌倉 (0467) 46局6111番
郡山製作所	郡山市栄町2番25号 (西963)	(電) 郡山 (0249) 32局1220番
群馬製作所	群馬県新田郡尾島町大字岩松800番地 (西370-04)	(電) 尾島 (02765) 2局1111番
藤岡工場	藤岡市本郷字別所1173番地 (西375)	(電) 藤岡 (02742) 2局1185番
京都製作所	京都府乙訓郡長岡町大字馬場小字岡所1番地 (西617)	(電) 京都 (075) 921局4111番
長野工場	長野市大字南長池字村前 (西380)	(電) 長野 (0262) 27局1101番
札幌営業所	札幌市中央区北2条東12丁目98番地 (西050)	(電) 札幌 (011) 231局5544番
札幌工場		

次号予定

三菱電機技報 Vol. 46 No. 12

エレベータ特集

《特集論文》

- ダイヤグライドエレベータ（半導体制御素子による速度帰還制御方式エレベータ）
- O. S. システム-700 全自動群管理エレベータ（OPTIMUM SERVICE SYSTEM-700）
- 超高層ビルにおけるエレベータシステム
- ダブルデッキエレベータ
- 工事用移動機械室形エレベータ
- 展望用エレベータの設置計画
- エレベータ用油圧緩衝器の減速特性
- 透明形エスカレーター
- トラベータ

《普通論文》

- MELCOM-70 の主記憶装置
- MELCOM-70 のミニコンパイラ
- M-801 カートリッジディスク駆動装置
- Zn (S, Se) EL けい光体の特性改善
- 自動色分離装置 DICTRON®
- 旋削用自動プログラミングシステム
- 電気機関車の遠隔制御装置
「M-SHAFT」
- 神戸市東灘処理場向け電機設備

三菱電機技報編集委員会

委員長	正木茂雄	常任委員	渕武雄
副委員長	神崎遙	〃	武藤正
常任委員	石川理一	〃	吉松誠一
〃	上田重夫	委員	北垣成一
〃	宇佐見重夫	〃	武田忠夫
〃	北川和人	〃	田附和夫
〃	古賀亨	〃	中尾致一
〃	塚本信雄	〃	南日達郎
〃	福家章	〃	林昇寿
〃	堀謙二郎	〃	待鳥正
〃	牧野六彦		

(以上 50 音順)

昭和 47 年 11 月 22 日印刷 昭和 47 年 11 月 25 日発行「禁無断転載」定価 1 部 金 200 円(送料別)

編集兼発行人

東京都千代田区丸の内 2 丁目 2 番 3 号

正木茂雄

印刷所

東京都新宿区市谷加賀町 1 丁目 12 番地
(郵便番号 162)

大日本印刷株式会社

印刷者

東京都新宿区市谷加賀町 1 丁目 12 番地

高橋武夫

発行所

東京都千代田区丸の内 2 丁目 2 番 3 号 (郵便番号 100)

三菱電機株式会社内

「三菱電機技報社」

(電話) (03) 218 局 2323 番

発売元

東京都千代田区神田錦町 3 丁目 1 番地 (郵便番号 101)

株式会社 オーム社書店

(電話) (03) 291 局 0912 番 振替口座 東京 20018 番