

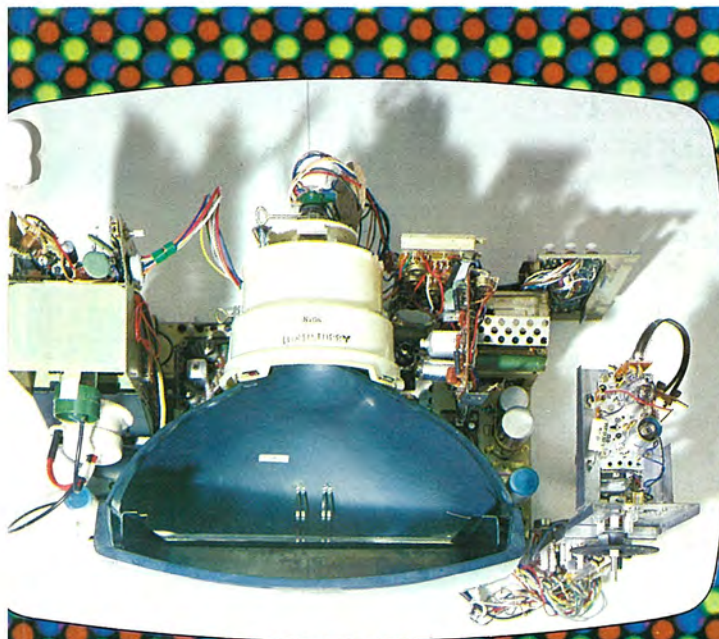
MITSUBISHI DENKI GIHO 三菱電機技報

Vol.42 October 1968

カラーテレビ特集

10

カラーテレビ受像管の蛍光面と受信機



三菱電機京都製作所

カラーテレビ工場紹介

京都市の郊外にある当社京都製作所は、業界に例をみない受像管からカラーテレビまでを一貫生産する超近代的なマンモステレビ工場であります。

ここでは、本格的なカラーテレビブームを迎えて、「高雄」をはじめすぐれた品質のカラーテレビが、たえまなく生産されており、工場はいまや未曾有の活況を呈しています。

ここに当社の誇るカラーテレビと受像管工場の一端を紹介します。



シャーシの組立 配線工程 (Assembling Process of chassis)
供給される部品は作業性を考慮して能率的に取付配線される



シャーシ調整工程
(Chassis Alignment Process)

組立・配線を終えたシャーシは高周波部、音声部、クロマ部、映像部、偏向部などを入念に調整される。写真はその一部。



総合組立工程
(Final Assembling Process)

調整されたシャーシは、受像管・スピーカなどの取付け・組立てを終えたキャビネットに組み込み、白バランス、コンバーゼンスなど微調整を行なったあと、映像・音声ともに総合的に受像検査される。写真は受像管とシャーシの取付けの一部を示す。

振動試験
(Vibration Test)

梱包されたセットの中からぬきとり、振動試験を行なったあと、再検査して輸送条件に対する安定性が確認される。





ライフテスト (Life Test)

生産ラインから毎日所定の台数をぬきとり、規定より10%上げた電源電圧で連続のライフテストを行ない、品質保証に万全を期している。

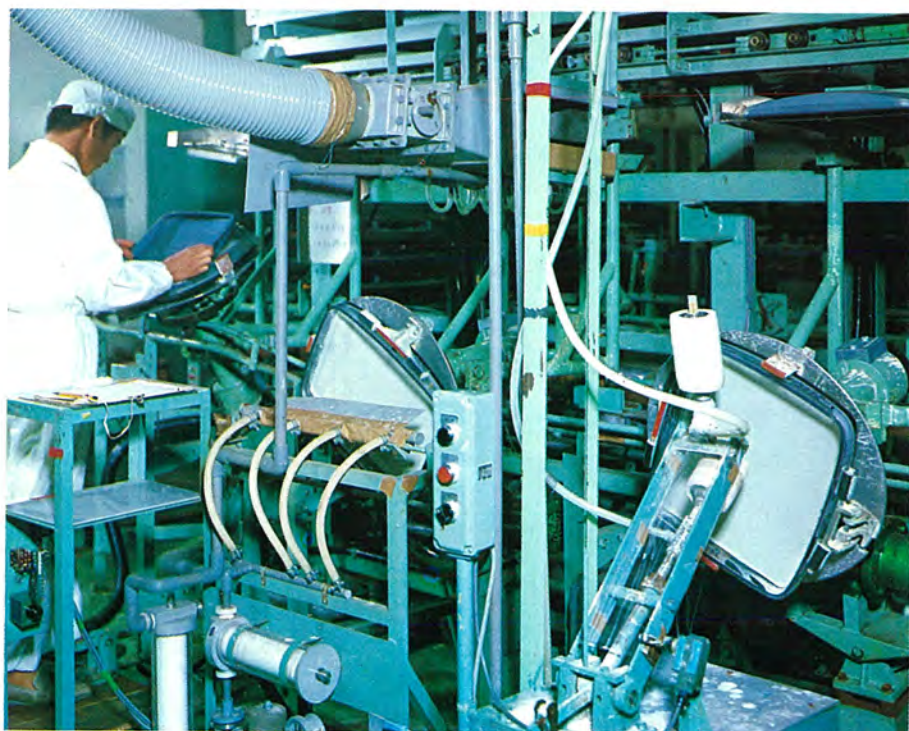


フリット封止工程 (Frit Sealing Process)

蛍光面の完成したパネルと、内装およびシール面にフリット塗布を完了したファンネルは、写真のフリット封止工程にて治具上で組み合わせられ、フリット封止炉に入れられる。熱工程をへたパネルとファンネルは一体のものに封着され、電子銃を封止後、排気工程に移される。

カラー受像管の塗着 (Screen Application of Color Picture Tube)

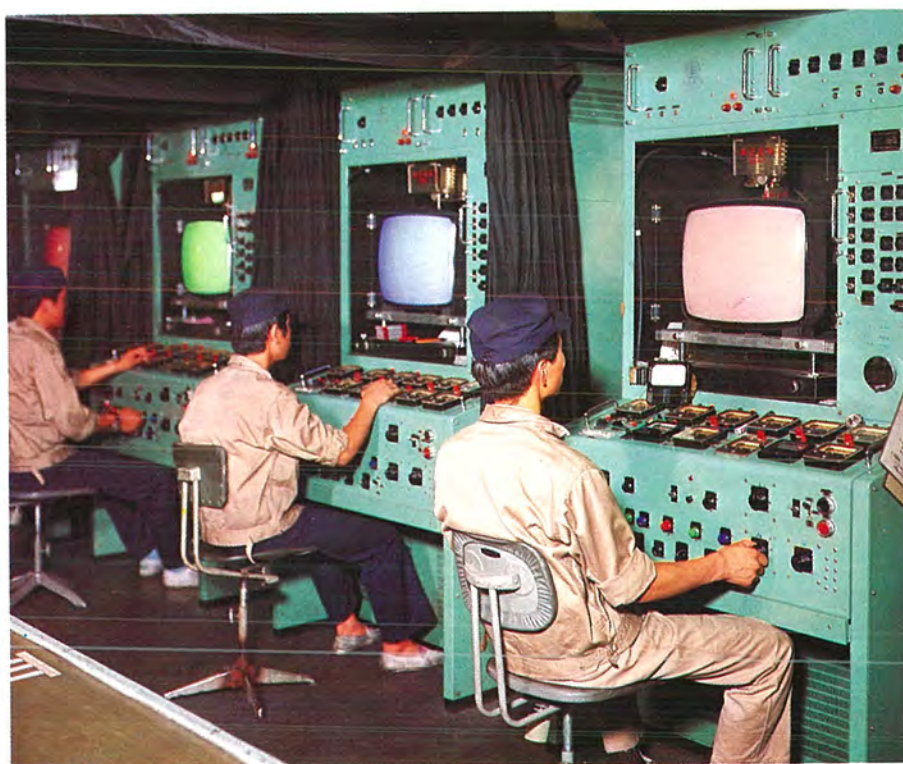
3色の蛍光体を数十万ヶのモザイク状ドットに塗着する工程は、完全な自動機によって行われる。写真はこの自動機の一部である。異物が塗着面に付着するのを防ぐため、また一定の塗着条件を維持するため、この工程は恒温・恒湿の防塵室内で行なわれる。





カラー受像管用電子銃組立て工程
(Mounting Process of Election Gun)

カラー受像管用の電子銃組立て作業には、特に精密さと清浄さが必要である。防塵室内にて精度の高い種々の治具を使用して生産されている。



試験工程
(Final Test of Color Picture Tube)

生産されたカラー受像管は、蛍光面品質エミッション特性及びその他電気的特性を全数入念に試験されたあと出荷工程に回される。



三菱カラーテレビ「高雄」



カラーテレビ特集

目次

カラーテレビ特集号の発刊にあたって.....太田 顕...1291

《特集論文》

色彩心理学とカラーテレビジョン.....	田口柳三郎...1292
最近の三菱カラーテレビジョン受信機.....	瀬辺 国昭...1295
カラーテレビジョン受信機の信頼性.....	石川 博章...1300
テレビジョン IC 化研究とその問題点.....	糸賀正己・仲野 孚・高田 豊...1306
19形カラー受像管 490 AKB 22 A.....	水野 睦夫・鷹野 泰...1313
防爆形カラー受像管.....	岩田 浩...1319
カラー受像管の経時変化—コンバージェンスとランデング—.....	野坂英荘・小磯 寛・藤村健男...1326
偏向コイル内部磁界分布とコンバージェンス補正磁界.....	比田井 猛・川田雄彦・長谷川 実・猿田貞吉...1331
カラーテレビジョン受信機の品質保証体制.....	下秋忠雄・糟谷忠範...1339
照明とカラーテレビジョン受信機.....	沢崎俊幸・伊藤晃徳...1345
カラーテレビジョン受信アンテナの問題点.....	倉田 健一...1350

《普通論文》

吸込口改良うず流れ形ポンプの特性.....	井上 誠治...1357
MELCOM-3100 ソフトウェア (5)—ACE コンパイラシステムの概要—.....	国分 倫任・有坂秀夫・首藤 勝・魚田勝臣...1360
アナログ計算機用デジタル入出力装置.....	桑田 博・篠田東吾...1367
最近のノーヒューズシャ断器およびトライバックシャ断器.....	和田宏康・山本啓一...1373
誘導機の特性の理論計算法.....	近藤博通・小倉新三...1386
フランス原子力庁納め ML-5 形線形電子加速器.....	入江 浩一・根本幸昭・上 富 勇・美濃和芳文・塩田 勝...1392

《新製品紹介》

三菱ダイヤモンド MC-50 VB 形電解加工機・E 形コントロールセンタ・新形 100 mm ジスクグラインダ・三菱殺菌冷凍冷蔵庫.....	1400
---	------

《ニュース・フラッシュ》

大口径空中線用多周波帯共用低雑音一次放射器・わが国で最初の事業用ブラシレスタービン発電機納入・帝都高速度営団新東西線用制御装置完成・アメリカルコア社よりブラジリアルコミナス社向け大容量 シリコン整流器一式受注・世界最初のレーザ式座標測定装置完成.....	1405
---	------

《特許と新案》

ミシン上糸案内装置・励磁機 切換方法・搬送保護継電装置・型彫り方法.....	1355
--	------

《表紙》

カラーテレビ受像管のけい光面と受信機

写真は、代表的な当社 19 形カラー受像機の内部および 19 形カラー受像管の断面を示している。それぞれに関する説明の詳細は、本文を参照していただきたいが、背景となっている 3 色ドットのモザイクは、シャドウマスク形受像管のけい光面が、実際に動作しているときの顕微鏡写真である。規則的に配列された 3 色のけい光体ドット、およびそれらの上にランディングしている電子ビームの状況がはっきりとうつっている。この写真のように、けい光面全面にわたり、けい光体ドットのほぼ中心に電子ビームが当たっていることが、一様な色彩のカラー画像をうる必要条件として要求される。なお写真にうつっているけい光体ドットは、 $Y_2O_3 : Eu$ (赤), $ZnS : Ag$ (青) (Zn, Cd) $S : Ag$ (緑) の組合せであり、フィルミングにはエマルジョンラックを使用して製造されたものである。





SPECIAL EDITION OF COLOR TV RECEIVERS

CONTENTS

SPECIALLY COLLECTED PAPERS

Color Psychology and Color TV.....	R. Taguchi...	1292
Recent Mitsubishi Color TV Receivers.....	K. Sebe...	1295
Reliability on Color TV Receivers.....	H. Ishikawa...	1300
New Design Approach for Integrated Circuit TV Receivers.....	M. Itoga • M. Nakano • Y. Takata...	1306
19 Inch Color Picture Tube 490 AKB22 A.....	M. Mizuno • Y. Takano...	1313
Implosion Protection of Color Picture Tubes.....	H. Iwata...	1319
Changes in Running of Color Picture Tubes —Convergence and Landing—.....	E. Nosaka • H. Koiso • T. Fujimura...	1326
Relation Between Internal Magnetic Field of Deflection Yoke and Correction Value of Convergence	T. Hidai • T. Kawada • M. Hasegawa • S. Saruta...	1331
Quality Assurance Structure of Mitsubishi Color TV Receivers.....	T. Shimoaki • T. Kasuya...	1339
Illumination of Room and Color TV Receivers.....	T. Sawazaki • T. Itoh...	1345
Consideration on Color TV Receiving Antenna.....	K. Kurata...	1350

TECHNICAL PAPERS

Performance of WESTCO Pumps with a Redesigned Inlet.....	S. Inoue...	1357
MELCOM-3100 Software (5) —General Description of ACE Compiler System—	T. Kokubun • H. Arisaka • M. Sudo • K. Uota...	1360
Digital Input/Output System for Analog Computers.....	H. Kuwata • T. Shinoda...	1367
The Latest Series of Type NF No-Fuse Breakers and NFT TRI-PAC Breakers.....	H. Wada • K. Yamamoto...	1373
Theory of Calculation of Induction Machine Performances.....	H. Kondo • S. Ogura...	1386
ML-5 Electron Linear Accelerator for Commissariat a L'energie Atomique in France	K. Irie • Y. Nemoto • I. Uetomi • Y. Minowa • M. Shiota...	1392

NEW PRODUCTS.....	1400
-------------------	------

NEWS FLASH.....	1405
-----------------	------

PATENT AND UTILITY MODEL.....	1355
-------------------------------	------

COVER :

A Fluorescent Screen of Color TV Picture Tube and a TV Receiver

Illustrated are the interior of the Company's type 19 color TV receiver and the cross section of the type 19 color picture tube. Detailed explanation of them shall be referred to the text on this subject. The Mosaic of color dots forming the back ground of them are a microscopic picture when the fluorescent screen of a shadow mask type picture tube is in actual operation. It clearly illustrates colored fluorescent dots regularly arranged and also the state of electron beams landing on them. As is shown in this picture, to have the electron beams landing on almost the center of the fluorescent dots throughout the fluorescent surface is a vital requisite to have uniform color picture. The fluorescent dots given in the illustration are combinations of $Y_2O_3 : Eu$ (red), $ZnS : Ag$ (blue) and $(Zn, Cd)S : Ag$ (green). The filming is made by using emulsion lacquer.

UDC 621.397.132:159(535.6)

色彩心理学とカラーテレビ

田口柳三郎

三菱電機技報 Vol.42・No.10・P1292~1294

カラーテレビは非常な発展をしつつあるが、色彩心理学の立場より、カラーテレビ受信機の画面について論じている。画面のうち色彩については一番はやく目につき、配色美については判断ははやいが、白と黒について相当むずかしい、いい加減な調整をすると、芸術性が著しく失われる恐れがある。受信機をつまみについても、この面から調整点の表示等をはっきりするようにしたい。つぎにカラーテレビは、将来の全視覚芸術をみたくDeviceと考えられるが、これにコンピュータ等を組み合わせると、心理学上いろいろの夢が生れてくる。カラー画面と人工頭脳とは○フィードバックをし、共振回路を作って前進するであろう。

UDC 621.385.832

19形カラー受像管490AKB22A

水野睦夫・鷹野 泰

三菱電機技報 Vol.42・No.10・P1313~1318

国内でシャドウマスク形カラー受像管の開発研究が行なわれてから約10年経過した。この間大きな技術上の伸展があり現在に到ったわけであるが、現時点における品質面の要求事項を明確にし、最も代表的である当社の490AKB22A形を中心にこれらの要求がいかに満されているかを、明るさ、白画面の均一性、色度、解像度、調整の容易性、安定性、安全性、信頼性の各項目について論じた。

UDC 621.397.132

最近の三菱カラーテレビジョン受信機

瀬辺国昭

三菱電機技報 Vol.42・No.10・P1295~1299

現在、わが国では、カラーテレビブームが巻き起りつつあるが、これはカラーテレビの価額が大衆化されてきたこと、カラー放送の時間が著しくふえたことのほかに急速な放送技術の進歩と飛躍的な受信機の性能向上に負うところが大きい。オールチャンネル化、同調指示装置など、最近の当社カラーテレビ受信機の技術動向について述べる。

UDC 621.385.832

防爆形カラー受像管

岩田 浩

三菱電機技報 Vol.42・No.10・P1319~1325

カラー受像管の防爆形式は現在ではPPGラミネート方式が最も典型的なものであるが、白黒受像管と同様により安全なより生産性の良いより防爆、コストの安い方式に移行しつつある。

受像管の防爆形式はいままで10種に余る方式が開発され、報告されているが安全性・生産性・価格面からつぎの3種にしばって考えてよい。すなわちラミネート方式・リム補強方式およびバンド補強方式である。

今後カラー受像管に採用される可能性の高い方式としてはリム補強形ではシェルボンド形とP-チュー○ブ形、バンド補強形ではキムコード形とTバンド形である。

UDC 658.562:621.397.132

カラーテレビジョン受信機の信頼性

石川博章

三菱電機技報 Vol.42・No.10・P1300~1305

カラーテレビについての信頼性の導入の考え方、信頼性設計・信頼度予測(Reliability prediction)・信頼性試験・故障の解析・保全性など、全般的に概説するとともに、信頼性の現状を軍用機器・産業用機器と比較している。信頼性の導入にあたっては、経済性を考慮し、信頼性の配分(Trade-off)の重要性を強調している。予備的予測法(Preliminary prediction)で、現在、公表されているものは修正を要することを指摘している。カラーテレビのMTBFは計測器類よりも優秀で、高信頼度の産業用材器よりやや低く、保全性は相当すぐれていることを示し○ている。

UDC 621.375.832

カラー受像管の経時変化—コンバージェンスとランディング—

野阪英荘・小磯 寛・藤村健男

三菱電機技報 Vol.42・No.10・P1326~1330

カラー受像管において正確な画像の再現が行なわれるためには、その初期特性が良好であることはもちろん重要であるが、その経時変化がないことも必要である。カラー受像管の重要な特性である、コンバージェンス、ランディングの特性について、従来種々の改良がなされてきたが、それらの経時変化についても、新しい補正機構が開発されてきている。

本文では、カラー受像管の経時変化の二大要因である、コンバージェンス、ランディング特性の経時変化と、それらの補正機構について述べる。

UDC 621.397:621.375.4.54

テレビIC化研究とその問題点

糸賀正巳・仲野孚・高田豊

三菱電機技報 Vol.42・No.10・P1306~1312

テレビへのIC導入は真にテレビの生産性向上につながるが必要であるが、そのためにはカセットメーカー、ICメーカーともに現時点では解決すべき問題が多い。本文ではまずIC化によって得られる利点と問題点をあげ、テレビへの導入に適しているといわれるハイブリッドICにも製造技術、信頼度およびコストについて種々問題あり、これらはおもにICメーカーの手作業的要素に起因していると思われることをのべ、半導体ICの導入については特に高周波用製造技術、コストについての問題点をのべている。最後に半導体ICおよびハイブリッドICを用いた試作回路検討○例と試作セットについて紹介した。

UDC 621.397.132:621.3.045

偏向コイル内部磁界分布とコンバージェンス補正磁界

比田井猛・川田雄彦・長谷川実・猿田貞吉

三菱電機技報 Vol.42・No.10・P1331~1338

三電子銃シャドーマスク式カラー受像管を用いたカラーテレビジョン受信機では、受像管内電子ビームが偏向磁界を通過するとき様々な幾何学的現象を内部磁界分布により生じせしめ、画面にその結果を写し出す。ここではその現象のうち最も外部付加回路により修正の困難な偏向磁界分布とコンバージェンス補正值との関係について論じ、偏向コイル内部磁界のどの部分が画面にどのように影響するかを解き、さらに偏向コイルの品位決定の一助とすることを目的とする。

UDC 658.56:621.397.132

カラーテレビジョン受信機保証体制

下秋忠雄・糟谷忠範

三菱電機技報 Vo.42・No.10・P1339~1344

昭和42年2月無線機製作所よりテレビ部門を移し、従来の管球部門と合わせてテレビ一貫工場として新京都製作所が発足してから1年半有余、カラーテレビの市場における普及は急ピッチの度を加え、当所における生産も倍増につぐ倍増をくりかえしているが、この当所主要製品であるカラーテレビの品質は、“品質奉仕”の社是のもと本文に述べる各段階における品質保証体制の確立によって、はじめて顧客の満足するカラーテレビジョン受信機の保証がなされる。ここでは三菱カラーテレビの品質保証体制の概要について述べる。



UDC 628.972:621.397.132

照明とカラーテレビジョン受信機

沢崎俊幸・伊藤晃徳

三菱電機技報 Vo.42・No.10・P1345~1349

カラーテレビの見やすさにあたえる照明の影響は大きい。カラーテレビの展示会場等では照明に十分気をつけているが、家庭で使用される場合には、照明にあまり関心がはらわれていないのが実情である。そこで、一般家庭でカラーテレビを見る場合の室内照明の質と量は、どの程度が適当かについて実験した。その結果室内での最適照度は25~100lxであった。ただし、この値はカラーテレビの発達(画面輝度の向上)に伴って、当然変化する値であろう。



UDC 621.396.67:621.397.132

カラーテレビジョン受信アンテナの問題点

倉田健一

三菱電機技報 Vo.42・No.10・P1350~1354

カラーテレビ用アンテナは一般のテレビアンテナに比較し、その性能、耐久性などの点ですぐれているが、特に異なる技術によって製作されているものではない。一般に、テレビアンテナについては、テレビ受信機の使用者をはじめ販売関係者、サービス関係者の理解が不十分で、アンテナの選定、設置などに十分な配慮が払われず、受信状態に悪い結果をおよぼしている場合が少なくない。とくに、カラーテレビについては、重大な影響を与えている。こうした問題点を広い角度からとらえて実際の使用状況にもふれながら調査した結果をとりまとめた。



UDC 621.662

吸込口改良うず流れ形ポンプの特性

井上誠治

三菱電機技報 Vo.42・No.10・P1357~1359

井戸ポンプ用うず流れ形ポンプにおいて、当社ではキャビテーション防止対策として、ポンプ吸込口を適当に拡大して、実吸上げ高さ8m、多揚水形うず流れ形ポンプで7mより安定した吸上げ性能をえられるポンプを製作してきたが、これらの吸込口改良のうず流れ形ポンプの吸込口改良の有無と、ポンプ特性、吸込口改良時の設計上の問題点等を検討したものである。



UDC 681.142:007.3

MELCOM-3100ソフトウェア(5)-ACEコンパイラ システムの概要-
国分倫任・有坂秀夫・首藤勝・魚田勝臣

三菱電機技報 Vol.42・No.10・P1360~1366

MELCOM-3100システム シリーズの事務データ処理用の主力トランスレータとしては、COBOLおよびACEコンパイラとMACRO-CODERアセンブラが供給されている。ACEは事務データ処理専用企画された問題向き言語である。

ACE言語は事務データ処理の流れを標準化することによってプログラマが書込む事項を少なくしようとするジェネレータ形の言語の流れをくむもので非常に簡便に使えるのが特長である。

ここではACEコンパイラシステムについて、言語とコンパイル方式および応用結果を中心に概要を記述する。



UDC 681.142A:681.142.07

アナログ計算機用デジタル入出力装置

桑田博・篠田東吾

三菱電機技報 Vol.42・No.10・P1367~1372

アナログ計算機の応用範囲が広がるにつれ、要求される機能もより高度でかつ便利なものとなってくる。たとえば演算の自動化、入出力のデジタル化は今後のアナログ計算機の進む方向として必要欠くべからざる機能である。

本文では、当社のアナログ計算機用のデジタル入出力装置について概要を紹介する。本装置は紙テープ、タイプライタを主体とし、演算モードの制御、ポテンショメータ、関数発生器等の自動設定、時間関数発生、演算波形の高密度サンプリング等の機能を持ち、紙テープを介して、一種のオフラインハイブリッド計算システムを構成することができる。



UDC 621.316.57

最近のノーヒューズしゃ断器、およびトライパックしゃ断器

和田安康・山本啓一

三菱電機技報 Vo.42・No.10・P1373~1385

電力需要の拡大に伴って、低圧電路においても、より小形なより信頼性のある、経済的なしゃ断器が要求されている。ノーヒューズしゃ断器は、小形で保守点検をほとんど要せず、操作が安全であるので、電力取扱いの大衆化に大いに貢献している。ここ数年の間に、フレームを1段小形化した新シリーズ、2000Aフレームなどの大容量NFしゃ断器、しゃ断容量180kAのトライパックしゃ断器など、多様な進歩をとげているので、ここにこれらを総括して、最近のノーヒューズについてその概要をのべた。なお従来ノーヒューズにあまり親しまれなかった分野にも応用されるよう、規格・構造・性能などの全般について触れた。



UDC 621.313.3:53.01

誘導機特性の理論計算法

近藤博通・小倉新三

三菱電機技報 Vo.42・No.10・P1386~1391

誘導機の構造を単純化して同軸円筒で境界されたいくつかの領域に分け、各領域の媒質は一様定数によって規定されるものとして、各領域に円筒無限配位のマクスウェル方程式の解を適用し、これから誘導機の諸特性を算出する方法について述べている。はん用の三相誘導機に適用した場合の数値計算例を示し、実際の小形機において1次2次間の媒質の等価的な θ 方向透磁率がかなり高くなることが推定される事実を指摘している。不平衡機の例としてコンデンサモータを例にとり、その特性の算出法について議論している。




UDC 621.384.6

フランス原子力庁納めML-5形線形電子加速器

入江浩一・根本幸昭・上富 勇・美濃和芳文・塩田 勝

三菱電機技報 Vo.42・No.10・P1392~1398

フランス原子力庁に納入されたML-5形線形電子加速器は、小形ながら強力なX線発生装置である。本体部は全長2m以下であり、これに供給されるマイクロ波電力は、2,856MHzで5MW以上が可能である。これによって、2MeVから7MeVまでのエネルギーの電子ビームが得られ、3MeVにおいても1,000 R/min at 1m以上のX線出力が得られる。X線照射方向は水平より上下に $\pm 15^\circ$ の範囲に変えられる。そのほかのおもな性能は、最大ビーム電流せん(尖)頭値500mA以上、平均値800 μ A以上、エネルギー幅10%以下、最小ビーム径は約3mmである。装置の構成と調整試験  の結果および技術的な問題点について述べてある。

カラーテレビ特集号の発刊にあたって

京都製作所所長 太 田 顕

われわれの生活のまわりにはいろいろの色がある。バラの花の真赤な色、水もしたたるレモンの黄色、さんさんたる陽光のもとで澄みきった南海のブルーの色など、さまざまの色がわれわれを取りまいている。色はときにはわれわれを勇気づけたり、ときには高ぶる心をしずめたり、またはさわやかな気持ちにもしてくれる。まことに色はわれわれの心におもしろい影響を与えている。しかしあまりにも多くのものに取り囲まれて暮しているの、日常これに気付かぬことも多いであろう。色の恩恵を知るには、この世からいっさいの色を取り除いたらよくわかるのではないかと思う。この一端を知るものとして、白黒テレビとカラーテレビの画面を比較するとよい。

最初テレビが世のなかに出現したときは、もちろん白黒であったが、これでもかなり楽しめた。これは無から有を生じたためである。それまで同時には見られなかった遠い所の自然のけしきや人々の姿が、居ながらにして茶の間で見られるようになったのであるから、人々が喜んだのは当然であろう。かくして白黒テレビはまたたく間に全国に普及した。しかしながらとどまることなく前進を続ける人々は、当然のことながら、テレビに色がついたらという望みを持った。そしてカラーテレビが出現した。カラーテレビの画面を見慣れてから、白黒テレビをみると、何と物足りないものであるか、痛感することがよくある。逆に白黒テレビでつまらない番組だ、ビントのぼけたタレントだと感じたものでも、色つきで見ると十分楽しめたり、またぐっと主役が引き立って見えたりするものである。高雄のはえた紅葉の色、北山杉のしたたる緑の色も、カラーテレビなればこそ映し出せるのである。カラーテレビが急カーブを描いて普及しつつあるのもうべ

(宣)なるかなと感ずる。

しかしながら色は魔物である。われわれの目は敏感であり、デリケートである。自然の色をとらえても、ブラウン管の画を人の目で見ると、そうは見えない、不自然なものに映ることもある。自然のたえなる色のハーモニーをくずすこともある。乾いたのどを潤す1杯のオレンジジュースがいつの間にかトマトジュースに見えたりする。ここにカラーテレビの高度の技術の必要性がある。ハイクラスの技術はこのようなトラブルを雲散霧消させるであろう。

三菱カラーテレビの真髄は、たゆまざる技術の研究により、ささえられねばならない。そして色彩文化の向上に、豊かな国民生活に大いに役だたねばならぬと考えている。

今やカラーテレビ産業は、各種電子機器産業のなかでも群を抜いた巨大産業になりつつある。今までの業界の予想は、するたびに狂いを発見して修正している。もちろん実績が予想を上回ったのである。来年から全国生産台数において、カラーと白黒とははっきり逆転して、カラーのほうが相当多くなり、昭和45年にはカラーは、国内向けのみでも460万台前後と予想する向きもある。京都製作所においては、これらの情勢に対処する万全の方策はすでにとりつつあるわけで、とりわけカラー技術は、自主技術を重点に独創力を大いに発揮して、トップレベルを歩むことを念じつつ、開発研究に努力している。

ここに、平素カラーテレビの技術陣が取り組んだ成果の一端を発表して、大方のご批判を仰ぎ、そしてさらにまた未来に向かって前進する一礎石として、このカラーテレビ特集号を物にした次第である。

色彩心理学とカラーテレビ

田口心理物理学研究所長 田口 渚三郎

Color Psychology and Color TV

TAGUCHI Institute of Psychophysics Ryuzaburo TAGUCHI

The color TV set is on the high road of development. Now give consideration to it from the viewpoint of the color psychology. Of the picture on the screen, color is the first to attract the attraction of those watching it and easy to judge the beauty of color arrangement. It is, however, very difficult to appreciate the black and white. If the adjustment is made in makeshift way, artistic quality is liable to be considered spoiled. As for the knob of the receiver, it is desired to have marks indicating the range of adjustment. The color TV sets are anticipated to be devices satisfying fully visual art in future. If the computer is combined with them, a new psychological dream might be realized. The color image and a human brain may correlate to produce feedback and resonance, thus cultural life being pushed upward.

1. ま え が き

1956年12月日本において始められたカラーテレビの試験放送も、今や功成り名遂げて、世はまさにカラーの花開くといった感がある。われわれはカラーテレビのきれいな画面に魅せられている。また日常生活においても、この恩恵を限りなく受けつつある。多年色彩の世界に魅せられてきた筆者としては、非常な喜びを感じるとともに、色彩心理学の立場よりながめて、カラーテレビについて若干の希望を述べてみたい。また未来に向けて限りなき前進を続けることを予想して、将来のビジョンについて、全視覚芸術を数字化して、人類に新しい夢を与えたい。

2. カラーテレビにおける白と黒

カラーテレビ受信機について、色彩の心理学の立場からみると、必ず考慮すべき学問的分野と、いらぬ心配をしている分野とがある。必要な学問とは、画面を構成する色彩をすべて数字でいい表わす部分で、白：黒を15：1の輝度比に再現することである。1の黒がノイズか、暗黒の中からやっと認められる程度に見えればそれでよい。現在のテレビ受信機では、これ以上望むことは不可能な数字である。このときガンマ(γ)コントラストを強めれば16：1以上にもできるが、そのときは芸術性を失って真実感のない油絵のような色となる。輝度を上げて同じことが起こり、白が飛んで輪郭が不明瞭になり、白にも青味が黄味がつく。少し学問した技術者は色温度の問題を説くが、最終決定は心理学に属するものである。

特に白が青味が黄味に見えるというのは、人種によっても異なり、アメリカ人は日本人より青味の白を白と信じている。(波長でいうと430 nmより短い部分)。大抵の人は戸外から入ってカラーテレビを見た瞬間に、青いねということがあがるが、とり合わないで5分たち、

もう一度青いかときくと、これでいいという。またそのとき室内に白熱灯がついていれば、いつまでたっても青いという。映画館のスクリーンも赤い安全灯がついていると青くみえる。私は雨戸をしめて室内に4,500°Kの高演色性白色けい光灯をつけ、これでテレビのキャビネットを30 lxで照らすようにしている。白い画面は輝度150～200 lxがよい。(スポット露出部で測定する)アメリカ映画技術協会の心理調査(1939年)では、映画スクリーンの両側はまっ黒よりいくらか明るいほうが好ましいという結果を発表している。テレビのキャビネットの色もRCAの研究は日本のとても追付かぬ領域にある。色彩の学力では世界で、アメリカのRCA, Eastman Kodak Research Laboratory, NBC, GE, フランスのInstitute d'optika, オランダのフィリップス、イギリスのN. P. L. とGEが一流である。

カラーテレビ受信機の白を合わせる方法は、RGBをある比で混合することにより一応白になることになっている。日本の電波法でも最初この白を6,500°Kに合わせようとしたが、温度を示さないよう訂正している。ところが今標準色温度は6,740°Kであり、日本では長野県の標高1,000 m以上の土地でないと、6,000°Kの色温度が得られない。しかも上述のRGBは新しいけい光体が出るたびに、この計算は変わってくる。ここでRの能率がいちばん悪いので、色温度を下げるほど、全体の輝度が下がってくる。RCAでははじめ8,700°Kに合わせて受信機を作ったが、今は9,300°Kに合わせるようにしている。室内灯や、窓の光、空の光、日本の空、フランスの空、照る日、曇る日、新緑の庭によっても白の感じは変わるから、心理学的問題として視聴者の好みにしてほしい。暗室では色温度を低くし、明るい部屋では高くすることが自然である。このときも画面の真実感 $\gamma=1$ の条件に近いほどよいので、色の純度は真実かそれよりさげた色のほうがよい。 $\gamma=1$ だと大衆は真実感を知っている。色度より $\gamma=1$ の条件による真実感のほうを好む。

以上の条件でカラーテレビの色は真実の色が再現される。放送局は現在学力があるから、真実に見える電波を送ることができる。この色は最上の映画やカラースライド以上であり、赤は映画と同じ、紅は映画より良く、緑は映画より断然良い。青はテレビが出しすぎる傾向があるので、この青が白や黒みがかって見えることもある。ことに1963年まではこの恐れがあった。

色盲でないすべての人は、肌の色と料理の野菜の色とが真実に見えたら調整はよかったのである。そのとき他の色も真実に見える。ただ白と黒の調整はいい加減の学力の人にはできない。まず10分間見て不満だったら1週間見る。なお不満だったら本当の色彩学者に相談しなければならない。良くする方法は医師の処方と同じく紙に書いてもらう必要がある。

なぜ色は人々にわかり、白、灰、黒はむづかしいか。色はアクティヴに人間に働きから感情を支配する。白、灰、黒はR、G、Bがバランスしているため、心理的条件で感じが逆転する。色彩心理を研究すれば人間の目の色感の合理的なことがわかる。

3. カラーテレビ受信機への要望

以上の見地から現在のカラーテレビ受信機を検討すると、まだ改善してほしいことがたくさんある。

まず調整つまみにりを合やす印をつけてほしい。つまみの印は目の悪い人でも読めるように大きくはっきりつけてほしい。私がつまみを動かす範囲は、つまみの周辺でせいぜい0.5~2mmである。東京でテレビ放送を7局見るが、青と赤の色相調整は動かしたことがない。輝度もアンテナ系がよいときには動かす必要はない。カラーバーは動かさなくても狂ったことがない。そして狂わぬ程度は画家のシビアな目で狂いが見分けられないくらいである。狂いを見分けるまでの時間は0.5秒にならねばならない。これができないサービスマンに直してもらったら、あと3日かかって私が直しないと芸術感が出ない。

私の家で今日は色がいいと誰か気がついたら、必ずその局の放送系に新しい改良があったときである。カラー電波は思ったよりいいのであるし、これが世界中から色を送ってくれる。南極、北極、エベレスト山の上など、行かなくともソファに掛けたままで知ることができる。

つぎに受信機つまみの位置を規格できめてほしい。またブラウン管の大きさにより住宅の設計もきまることになる。放送局は毎日毎日花を生け変えてくれる。二十一世紀はこういう生活になるであろう。

チューナは20万回のくり返しテストに耐えねばならない。正式放送の初めに50分かかった修理が、今日では1分でできるほど部品の規格が統一された。芸術のわかるサービスマンが今非常に希望されている。テレビは機械ではない、芸術を作るものである。

4. 将来のビジョン

カラーテレビは今までも相当な進歩をしてきたが、これからも限りな

く発展の歩みをつづけていくことと思う。そこで色彩心理との関係において将来のビジョンをえがいてみよう。

カラー芸術は白黒芸術と比較して、全視覚芸術となりうるであろう。この全視覚芸術を機械的に生産すること、これは決して遠い将来の夢ではなく、すでにやればすぐ実現できる時期に到達している。そして人間に夢を持たすこともできよう。

私は1955年日本の白黒テレビは1,000万台を突破する予想カーブを書いた。そのカーブは指数関数であるが、指数は財力でもなく智力でもなく、人口の関数であったから、これを「テレビ国力」と名づけた。テレビと人間とはフィードバックしながら共振して普及前進する。私は1947年からカラーフィルムの研究をやったが、これにはフィードバックが十分ない。1927年アメリカの電送写真の研究報告を見、1955年RCAが晴海に持ってきたカラーテレビを見、心理的フィードバックが急激に大きくなるのを感じた。なおここでRGBを交換して赤い葉、緑の花を指先で転換できるのを見たが、これはますます人間に大きな夢を与えてくれるDeviceである。

それ以来夢を与えるDeviceを比較してみた。カラーテレビが地球上に普及した時限に立つと、頭脳の流通はきわめて早くなり、フィードバックはますます大きくなる。はじめて人間は心理的フィードバックを起こす共振回路を得たのである。フィードバックの原因となる画面は、全部数値によって与えられる画点数は100万点にすぎない。するとコンピュータにのせれば、今度は人間の脳を過ぎずに、画面から画面にフィードバックができる。

人間は珍しいものを見ると何かを発想する。発見発明もこの発想である。ところが人間は発想の下手な生物である。私はカラーハーモニー法則を整備したとき、法則を数十種計算で出した。この中の一法則に気付いた画家の絵は、今100万ドルの市価を持つ。ゴッホはそのうち2法則に気付いた唯一の人である。コンピュータは少なくとも人間の発想より数が多いはずである。私は「組合せ」の数学だけで数十種のハーモニーの法則をつくったが、まだノリノリな各種カーブを与えてコンピュータに発想させたらおもしろいと思っている。この考え方は私にも夢を与えてくれるから、たぶんおおぜいの人々にも夢を与えることができるであろう。コンピュータによって人間が思いつかないような発想をたねんに探していく。ここに夢がある。

つぎにオーバーラップの理論というのを考えてみる。最初にレンブラントの絵をコンピュータにみせる。2回目にエジプトから法隆寺までのカラクリ模様を見せる。するとコンピュータはその変遷やバラエティをすべて記憶して、それをレンブラントに重ねてみるかも知れない。日本人は法隆寺の金堂から平安朝までかかって「にんどうからくき」のデザインを発想した。コンピュータはそんなに長くかからないだろう。

視覚芸術で人間が探し当てなかった法則を加え、これを土のフィードバックなどに拡張し、将来人間と人間との心理の交流に法則が求められる可能性がもし見つければ、これは心と心の通い合いで、戦争のない平和な世界ができるかも知れない。これは明らかに私の夢である。視覚芸術までは科学回路で構成され、夢に介入していないが、最後の回路だけは誰かが完成してほしい。

私は 1955～1957 年、日本の チャンネル・アロケーションにもタッチし、テレビ大学制の基礎まで提案した。また UHF と VHF の分割制を考え、全国に NHK 総合と教育、民放 2 局制を最低限として可能な線を引いた。これらは心理回路から考えて、国民が最小投資で効果を上げる文化施設である。これが大きな文化網を敷くから、カラーテレビ技術者は世界のトップレベルのリーダーとして、現在をなおよりよい国土をつくることができるであろう。ニューヨークでは住宅費が安く、水・湯はただで、電気代は 1 軒 2 ドル/月ぐらいである。これはトップ技術者がニューヨークの設計をしたからである。日本の国民総生産が世界 3 位、個人収入が世界 22 位というのは経済学上の恥辱のように思う。まちがった教育を受けなければ、人間は芸術その他を感じる素質を持っている。こういうニューディールにはカラーテレビを使うほかない。私は「色彩心理学」を完成して、これが未来の人に夢を与えることができれば幸いと思っている。

5. む す び

人間の文化生活では第 1 位が色彩、つぎが音響、以下におい、味

等となるが、色彩がほぼ完全にわかったのは 1967 年で、におい、味などは研究の方法もわからない。しかも動物は 4 億年もかかって、下級動物からだんだんに目を進歩させてきたので、人間の目は実に微妙な働きをし、カラーハーモニーまで見分ける。このような目を楽しませるカラーテレビの技術は最高のレベルが要求される。今日のカラー受信機はこれらの要求をかなり満たしてくれるが、まだ希望したい事柄もかなりある。これらについて色彩心理学の立場より述べるとともに、輝かしい未来のビジョンをえがいて、人類文化の向上にいつその貢献をしたいと望んでやまない。

参 考 文 献

- (1) 田口柳三郎：色彩学
- (2) 田口柳三郎：天然色写真
- (3) 田口柳三郎：自然科学概論

最近の三菱カラーテレビジョン受信機

瀬 辺 国 昭*

Recent Mitsubishi Color Television Receivers

Kyoto Works Kuniaki SEBE

There has been a boom for color television in Japan nowadays. This owes greatly the advancement of the broadcast technique and the marked improvement in the performance of color TV receivers aside from the coming down of the prices to the level accessible by the populace and also the increase in the time allotted to the color TV broadcast. Under the circumstances, Mitsubishi has taken a part in bringing about this trend by supplying the market with type 19CK-806 and type 19CK-806 U receivers. This article elucidates the present technological advancement of the apparatus such as turning the sets workable for all the channels and to be provided with tuning indicating devices.

1. ま え が き

カラーテレビジョン受信機の生産を始めて10年になるが、この間にいちじるしい性能の向上とコストダウンが行なわれた。日本人の性格によるのであろうか、性能に対する要求はきわめてきびしく、その結果、わが国のカラーテレビジョン受信機の性能は、世界的に見てもトップに立っている。この間、放送側でもブラウンコンカメラなど多くのすぐれた機器の出現があり、技術の進歩と設備の改良が行なわれ、これに受信機の改良が加わり、今日、各家庭ですばらしいカラ-映像を再生することが可能となった。しかし一層需要家の満足を得べく、オールチャンネル受信機の開発、受像画面を利用したMBT同調指示装置の開発、映像の改良、安全規格の適用等が行なわれ、取扱いの容易な、高性能・高信頼度の受信機への努力がはらわれている。

以下最新形三菱カラーテレビジョン受信機 19CK-806, 19CK-806 U形に应用されているこれらの技術的成果を紹介しつつ、技術的動向について述べる。

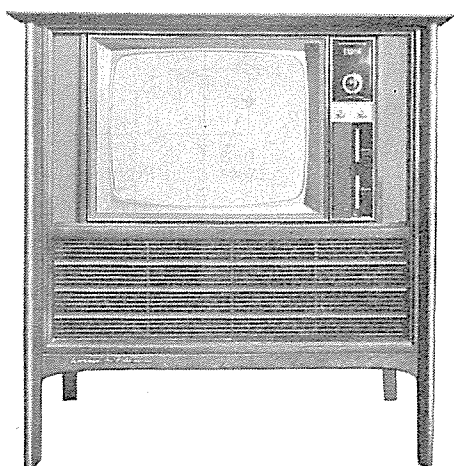


図 1. 1 三菱カラーテレビジョン受信機 (MBT 同調指示装置付) 19CK-806 形

Mitsubishi color television receiver, with magic band tuning, type 19CK-806.

2. オールチャンネル カラーテレビジョン受信機

従来難聴地区のみに免許されていた UHF 帯の電波が、民間放送

局にも開放され、さらに UHF テレビの普及促進のため、東京・大阪等の大都市地区の NHK に大電力の UHF 放送を免許するとの方針が郵政省より打ち出されてきた。これに対し、従来より内部にコンバータが取付けられる受信機を発売してきたが、さらに、本格的な UHF 時代を迎えるにあたって、シングルスーパーヘテロダイン方式で UHF の電波を受信するチューナを内蔵した、オールチャンネルカラーテレビジョン受信機を開発した。これは 1~62 チャンネルのすべてを受信可能としており、UHF 帯の同調調節つまみが VHF 帯の微調調節つまみと共用される、いわゆるコンボチューナを使用している (図 2. 1)。

UHF の同調は減速装置により微調整しやすくしてあるが、さらに自動局部発振器周波数調整装置を付加してあるので同調操作は容易である。

UHF の放送をシングルスーパー方式で受信するには、従来の標準中間周波数、映像搬送波 26.75 Mc, 音声搬送波 22.25 Mc ではイメージ周波妨害比を大きくできないことと、局部発振器の妨害、特に 8 チャンネル受信中の局部発振器からのふく(幅)射電波が、12 チャンネルにはいり、大きなカラー妨害となる等の理由により、新中間周波数、映像搬送波 58.75 Mc, 音声搬送波 54.25 Mc が日本の標準方式となった。したがって、当社のカラーテレビジョン受信機も大半この新中間周波数に切換えられている。従来の 20 Mc 帯に比し 50 Mc 帯の増幅器は、周波数が 2 倍以上であるので、同じ 3 段増幅の構成であるが、使用真空管を従来の 3BZ 6, 3BZ 6, 3DK 6 の組合せから、高 Gm の 5 極フレームグリッド管の 3EH 7, 3EH 7, 3EJ 7 の組合せに変更した。これにより従来と同程度の利得を得ることができる。

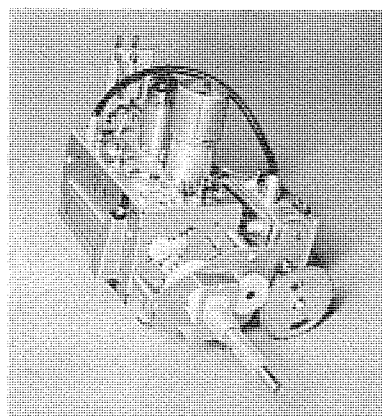


図 2. 1 オールチャンネルチューナ All channel tuner.

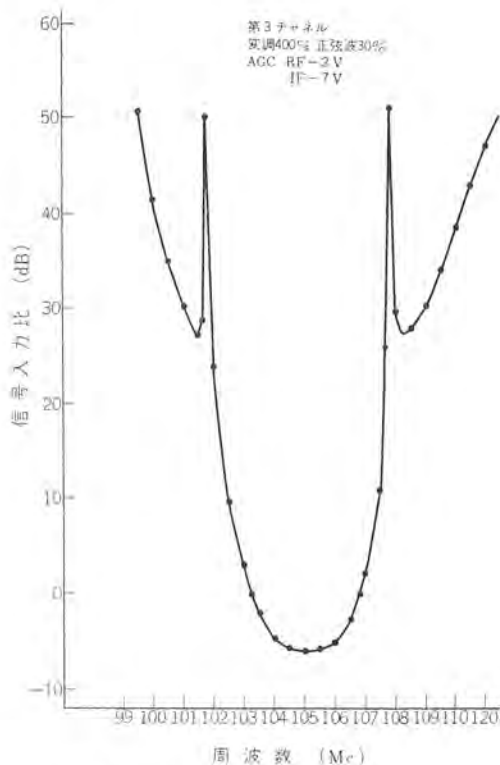


図 2.2 選択度特性 Selectivity.

選択度特性は図 2.2 に示すように遅延時間平坦特性にしてある。温度変化による特性の変動を少なくするため、使用部品の選択と使用回路に対して十分考慮をはらった。AGC 電圧の変動に対しても特性の変動が少なくなるよう考慮し、安定な中間周波増幅器を得ている。

3. MBT 同調指示装置

従来カラーテレビジョン受信機と同調操作は白黒テレビジョン受信機のそれに比べ、むづかしいとされており、補助手段として、電流計・マジックアイ・ネオンランプ等を利用して同調指示を行なってきた。これらは、同調指示が見にくいとか、画面を同時に見る事ができない等の欠点があった。このため新たに MBT (Magic Band Tuning) 装置を開発した。これは受像画面の中央部に黒い縦の線を出し、同調操作によりこの線の幅を変化させ、最小点で同調を指示するものである。黒のかわりに特定の色にすることも可能であるが、カラー放送受信時にはむしろ色のない方が見やすいことから黒を選らんだ。

図 3.2 に MBT 装置の回路図を示す。これをブロックダイヤグラムで示すと図 3.3 になる。MBT AMP は映像搬送波中間周波の増幅器で、検波トランス T 701 はこの周波数に同調している。DC AMP は検波出力の直流増幅器で、正規に局部発振器が調整されているときには、負方向の最大電圧を発生する。パルストランス T 702 は外径 6 mm のリング状コアで、磁化特性は長方形特性である。このリング状コア

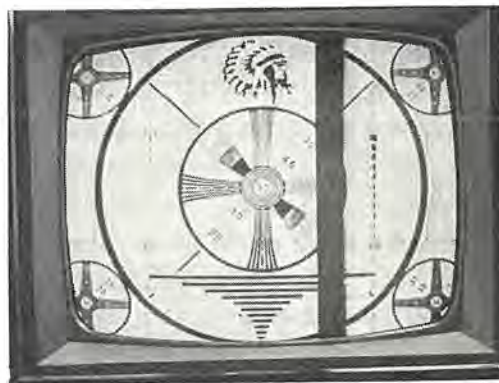


図 3.1 画面上の黒線
Black lines on screen.

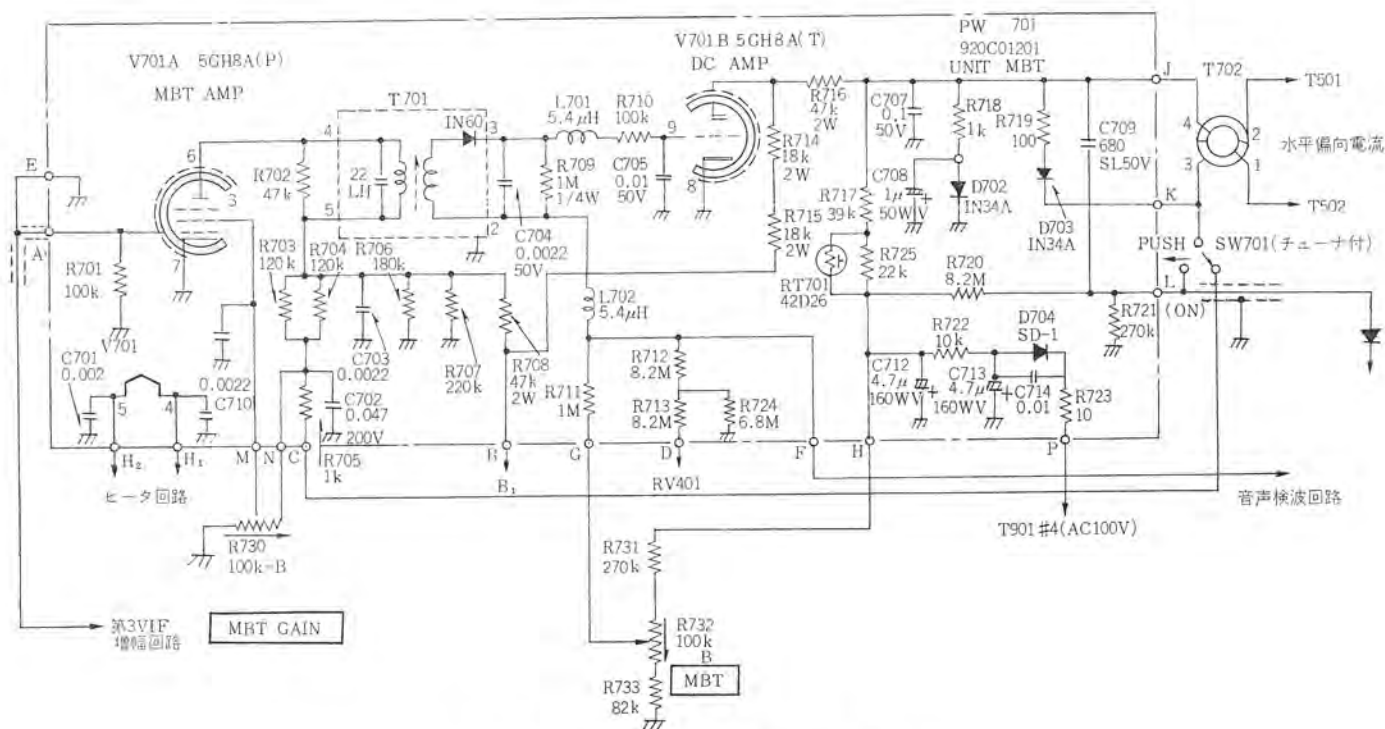


図 3.2 MBT 回路 Schematic of MBT.

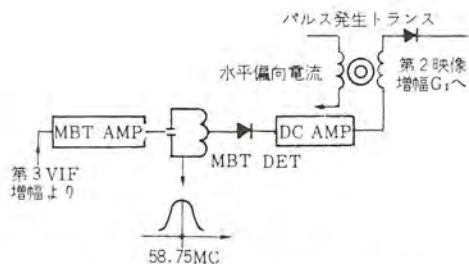


図 3.3 MBT 回路のブロックダイアグラム
Block diagram of MBT.

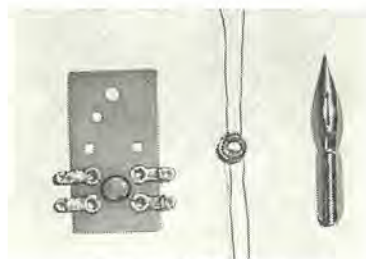


図 3.4 MBT トランス
MBT transformer.

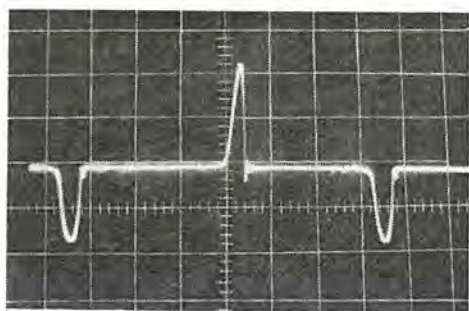


図 3.5 MBT パルス MBT pulse.

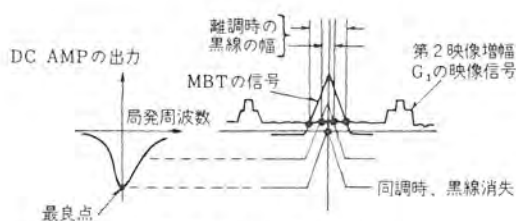


図 3.6 MBT の動作
Mechanism of MBT.

に一次・二次の巻線をほどし、一次コイルに偏向コイルに流れる水平偏向電流を流す。この電流により二次コイルに図 3.5 に示すパルス電圧が発生する。このパルス電圧に先に説明した DC AMP からの負電圧を重畳して、ダイオードを通して、第 2 映像増幅器の入力回路に加える。パルス波形は三角波に近い波形をしているので、図 3.6 に示すように重畳した負の直流電圧値により画面上の黒線の幅が変化する。図 3.7 は受像管のカソードに加わる映像信号波で、中央部に黒線の信号がはいっているときのものである。局部発振器の周波数を変化させたときの黒線の幅の変化を図 3.8 に示す。この場合正規同調時 ± 50 kc では黒線が消えるように、重畳直流電圧を設定してある。このように設定しておく、画面上の黒線が消えるよう

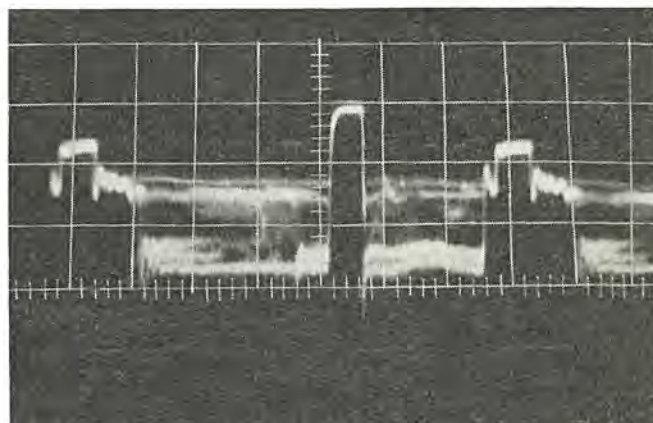


図 3.7 映像出力信号
Video output signal.

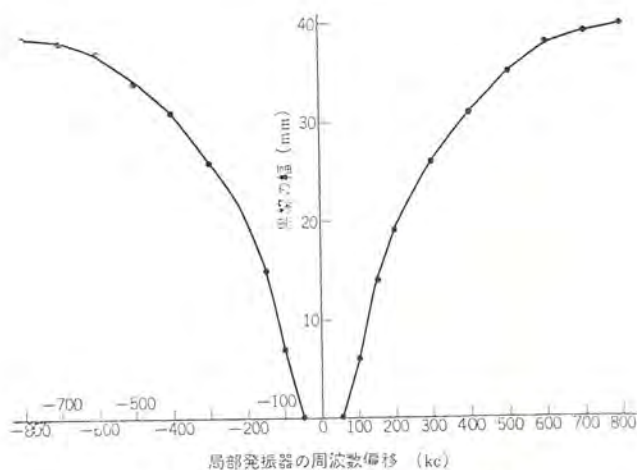


図 3.8 黒線の幅と局発周波数偏移
Black line width vs. local frequency shift.

に同調操作をすればよいので、操作がきわめて容易である。

4. 映像増幅部

従来からカラーテレビジョンの画質向上に対する要求は強く、改良が期待されていた。最近では放送技術の向上と、受像管・映像増幅器等の改良により良好な画像が再生できるようになった。映像増幅器は従来、プットストラップ回路を第 1 段目に使用した 2 段増幅の構成であったが、これを 3 段増幅に改めた。これにより過渡特性のよい高解像度の映像を再生している。音声回路に音質調整があるように、映像回路にも画質調整器を備えている。これは第 3 映像増幅器の周波数特性を連続的に可変にし、2 Mc 付近のピーキングの程度を変化させている。これにより、多少スミアな放送を受信しても、くっきりした画像に画質調整できる。映像増幅部の周波数特性と 100 kc の長方形波特性を図 4.1、図 4.2 に示す。周波数特性は、視覚特性を考慮し、鮮明な映像になるよう 2 Mc を約 5 dB ピーキングしている。解像度を上げるため周波数帯域が広がっているの、カラー放送を受像すると、カラー副搬送波周波数である 3.58 Mc のドットが画面上に現われ画質を害する。このため第 2 映像増幅器の入力回路に 3.58 Mc のトラップを入れ、これをシリコントランジスタを使用して制御し、カラー放送受像時にトラップを接続状態にする。この結果カラー放送時には帯域を狭くしてドット妨害を除去し、白黒受像時には全帯域を利用して画質の向上を計っている。

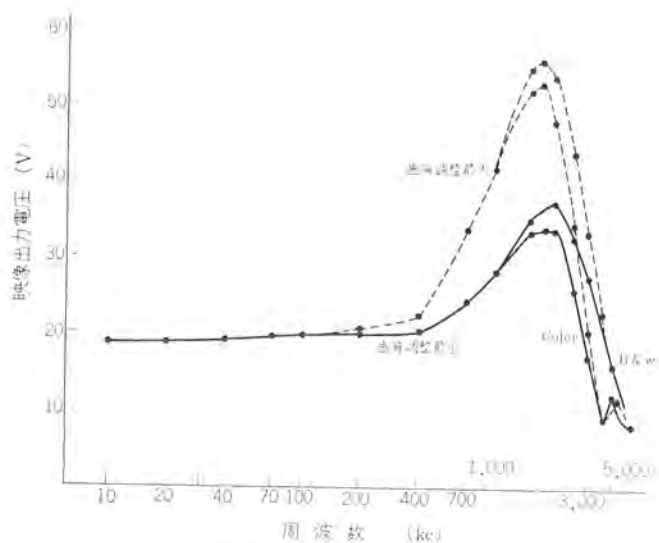
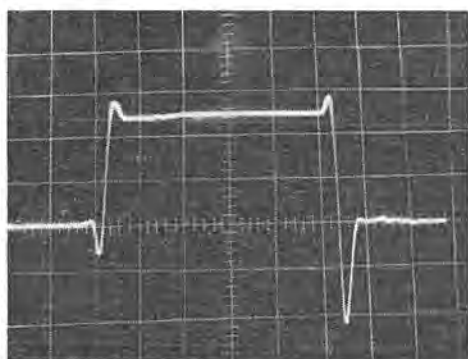
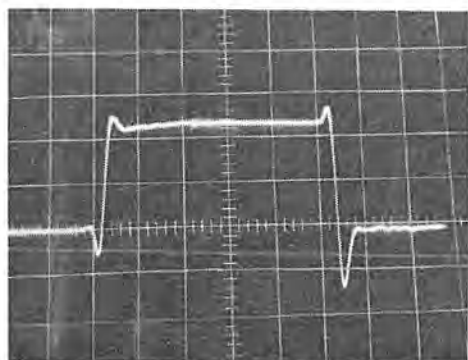


図 4.1 映像周波数特性
Video frequency response.



(a) 画質調整最少時



(b) 画質調整最大時

図 4.2 長方形波特性 (100 kc)
Transient response of video amplifier.

5. 水平偏向部

水平偏向周波数の自動周波数制御方式として、パルス幅 AFC 方式を使用してきたが、受信機の普及がすすみ、弱電界地区でも多く使用されるようになってきたことから、きょ(鋸)歯状波 AFC 方式を採用した。この方式は耐雑音性にすぐれ、弱電界地区の比較テストでは好結果が得られている。

高圧出力電力を増すと実用上輝度が向上し、コンバーゼンスその他画面上の安定度が向上する。従来 19 形受信機では高圧出力は 23 kV/

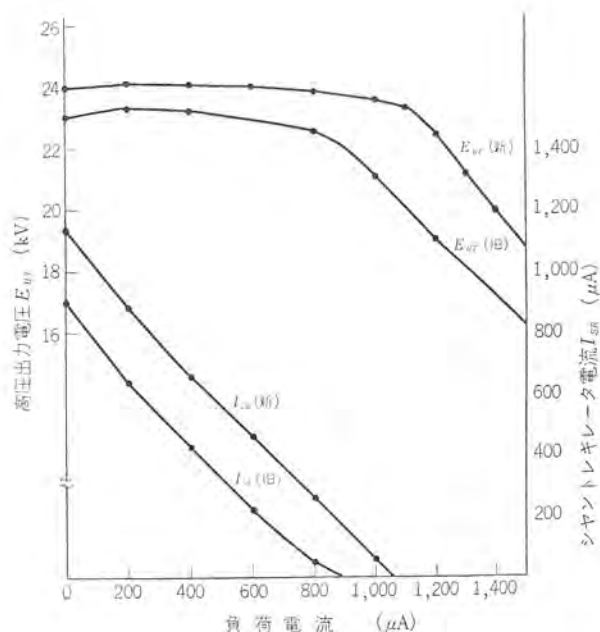


図 5.1 高圧特性
High voltage characteristic.

900 μ A であったものを 24 kV/1100 μ A に増加させた。高圧特性を図 5.1 に示す。

6. 安全および妨害防止対策

現在わが国にはテレビジョン受信機の性能に対する法的な規制はないが、近く電気用品取締法により安全性および妨害防止に対する性能が法制化される見通しである。テレビジョン業界では電子機械工業会規格 (EIAJ) として

- EIAJ TV-I テレビジョン受信機水平発振妨害端子電圧の限度値
- TV-II テレビジョン安全規格
- TV-III テレビジョン受信機局部発振器ふく(幅)射電界強度の限度値

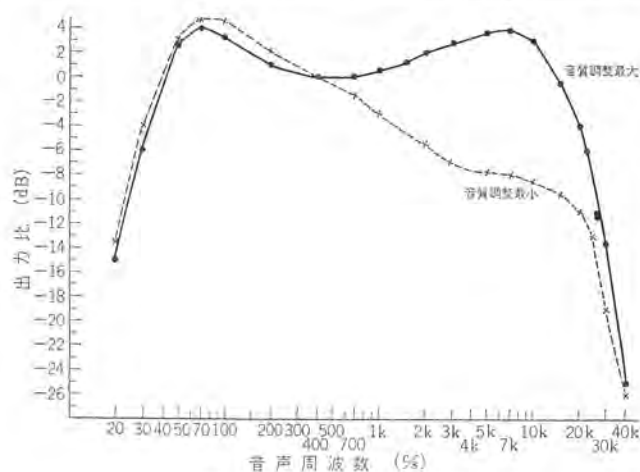
を定めている。これらの規格はもともと真空管式白黒テレビジョン受信機を対象として制定されたものであるが、これをカラーテレビジョン受信機にも適用して、感電防止・火災防止・X線漏えい(洩)量、不要ふく射電波量等を自主的に規制している。テレビジョン安全規格では、フライバックトランス・高圧整流管カバー・高圧電線・電源変圧器・電源スイッチ・しゃ断器・感電に対する防護・映像管の爆縮に対する防護・受信機の強度・配線の仕方およびX線漏えい量を規定しており、各需要先での実用中のトラブルを防止している。一時話題となったX線漏えい量は、受信機の外箱表面より 50 mm の点すべてについて 0.5 ミリレントゲン/時の値を限度と定めている。その値は国際的に採用されている値で十分な安全な値とされている。不要ふく射電波量が多いとラジオ受信機、他のテレビジョン受信機、その他の電子機器等に妨害を与えることがあるのでこれを規制している。

7. その他

品質の均一化と生産性の向上のため、プリント配線板 (PWB) の使用を大幅にふやしている。表 7.1 に示すように 19CK-140 形では 4 枚の PWB であったが、19CK-806 形では 7 枚の PWB で総面積 101,614 mm² と約 2 倍になった。これにより、全配線の 85~90 % を PWB 化し、残りの部分は従来と同じ配線を行なっている。

表 7.1 PWB の面積 PWB area.

	(mm)	
	19CK-806 形	19CK-140 形
映像中間周波増幅部および、第1、第2映像増幅部	54×281	54×260
音声中間周波増幅部	48×160	48×160
自動局部発振器制御部	46×78	46×78
ダイナミック・コンパゼンス調整部	81×164	81×164
同調部 垂直偏向部および水平発振部	70×260	
受像管ドライブ部	70×186	
第3映像増幅部およびクロマ部	100×260	
合 計	101,614 mm ²	43,260 mm ²

図 7.1 音声周波数特性
Audio frequency response.

音声中間周波増幅器にシリコントランジスタを使用し信頼度を高めている。音声増幅器の周波数特性は図 7.1 に示すように、70 c/s および 7 kc を中域より 4 dB 程度上げ、一般に好まれる音質としており、高域を下げる音質調整器も設けてある。

いついかなるときでも、またいかなる場所においても特別の調整をすることなく、常に最高の性能を発揮できることが理想であり、最近のカラーテレビジョン受信機はこの理想に少しづつ近づいてきている。従来安定性に問題があると言われ、地磁気や浮遊磁界の影響により、シャドーマスク式受像管はミスランディング・ミスコンパゼンスを生ずることがあったが、受像管を磁気シールドし、自動消磁装置で受像管およびその周囲を消磁することによってこの問題が解決された。さらに受像管および偏向ヨークの精度が向上し一段とレベルアップした。その他用途に合わせて部品を選択し、自動回路も多数採用し、電源電圧の変動、温度変化による変動等を補正し、実用上問題ない程度の安定度が得られるようになった。

8. む す び

以上述べたように、現在一応の品質レベルに達したカラーテレビジョン受信機も、さらにコストダウンをはかりながら、輝度の増加、色再現性および画像の改良、小形軽量化、取扱の簡易化、消費電力の低減、安定度および信頼性の向上、長寿命化等の問題が残されているが、全トランジスタ化・IC化などが急速に進み、この結果、上記問題点が大幅に解決されるのもそう遠い将来ではない。

カラーテレビジョン受信機の信頼性

石川 博 章*

Reliability on Color Television Receivers

Kyoto Works Hiroaki ISHIKAWA

Herein are given descriptions in general about the concept on the introduction of reliability of color TV receivers, their reliability design, reliability prediction, reliability test, analysis of failure, maintainability and the like. Of them particular mention is made on the comparison of the present situation of the reliability between military apparatus and those used for industry. In introducing the reliability, economy is to be taken into consideration; also emphasis must be laid on the importance of the trade-off of reliability. Preliminary prediction in public use at present needs correction, which is to be noted. MTBF of TV sets is superior to measuring instruments but slightly lower than industrial apparatus of high reliability. Their maintainability is proved to be fairly easy.

1. ま え が き

現在の信頼性理論は、米国における国防関係を中心に研究が進められ、発展したもので、わが国においても、すでに防衛庁関係をはじめ通信・工業用電子機器等に応用され、その概念は一般化しつつある。

一般の民生用機器については、信頼性管理および信頼性理論は一般化していない現状である。しかし民生用機器もカラーテレビジョン受信機をはじめ小形電子計算機・家庭用VTRなど、高級な電子技術を応用し、また使用部品数も非常に多い電子機器が急速に普及しつつある。また消費者に対するサービスの向上、信頼性設計による合理的なコストダウンには非常に有効な手段であるとともに、従来のTQC(Total Quality Control)の思想を信頼性の導入によって、いっそう充実したものに発展させることが可能である。

ここでは、商品に対する信頼性のあり方、信頼性設計、データの解析、信頼性試験、サービスなどについて具体的に概説し、あわせてカラーテレビジョン受信機の信頼度の現状を報告する。

2. 商品への信頼性の導入

2.1 信頼性管理

製品に信頼性をおりこみ、これを保証するためには、新製品の企画の段階からつぎの新製品へと継続したサイクルを考慮に入れ、種々の情報や開発、設計、製造面の固有技術と信頼性管理、品質管理、IE, ORなどの管理技術等を総合したものでなければならない。

製品の信頼性を規定し、これにしたがった設計が行なわれ、この結果を予測し、測定し、改善を行なうための製造の諸段階には一貫性が必要である。これらの関係について図2.1に概要を示す。

信頼性管理は許された時間とコストの制約のうえで、消費者の要求を満足しかつ有効性(Effectiveness)すなわち信頼性、保全性、アベイラビリティ、性能などが総合的に高い製品を生産し、製品企画から消費者に製品が使用されるまでの全段階で、信頼性の向上と改善についての総合的活動である。

カラーテレビの場合は、信頼性要求事項として、使用環境条件に大きな幅があること、使用者が一般大衆であること、技術の進歩が急速であること、コストおよび性能面の競争が激しいこと、量産品であることなどが特色であり、信頼性目標は各企業の経営方針から生ま

れてくるものである。カラーテレビは、従来の白黒テレビとさまざまな面で比較されるので、信頼性についても白黒テレビ相当の信頼度が目標であることは当然である。当社では、このような観点から信頼性設計、製造、サービス、情報の収集と解析等あらゆる面に強力な信頼性推進のための努力がはらわれている。

2.2 信頼性と経済性

カラーテレビにとっては、消費者にしても製造者にとっても最大の制約条件はコストである。図2.2に示すように設計品質を増加すれ

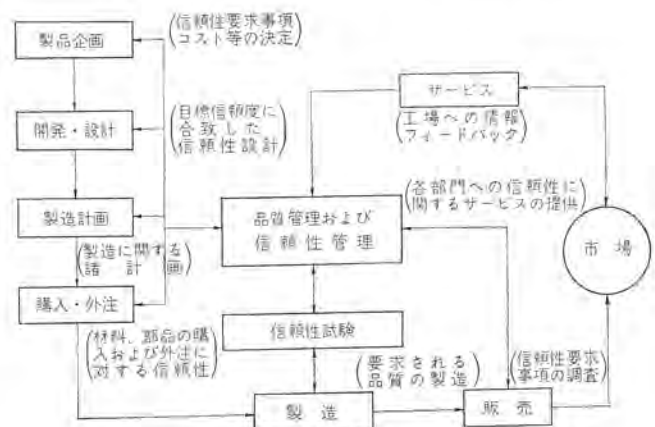


図 2.1 信頼性管理の概念の説明 フロックダイアグラム
A block diagram illustrating the concept of reliability control.

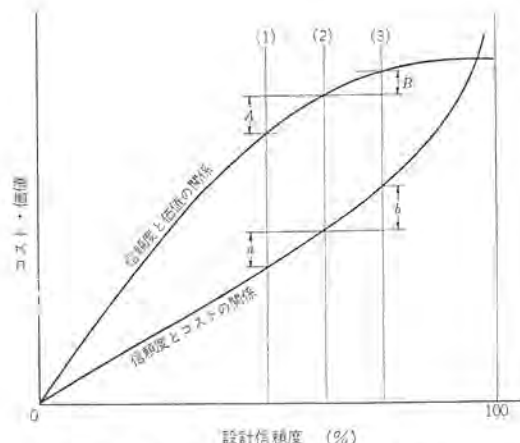


図 2.2 設計信頼度の経済性
Economics of reliability for design.

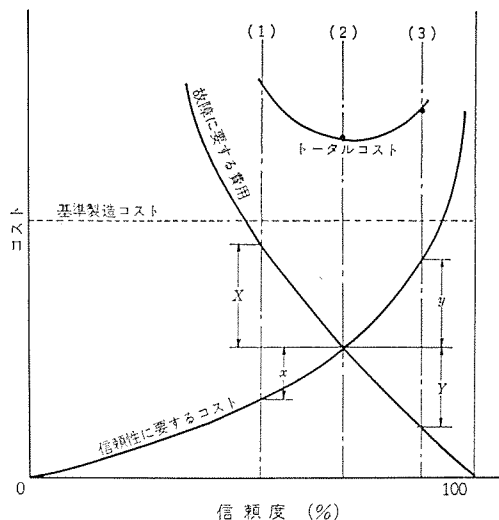


図 2.3 信頼性とトータルコストの関係
Curves showing the relations between total cost and reliability.

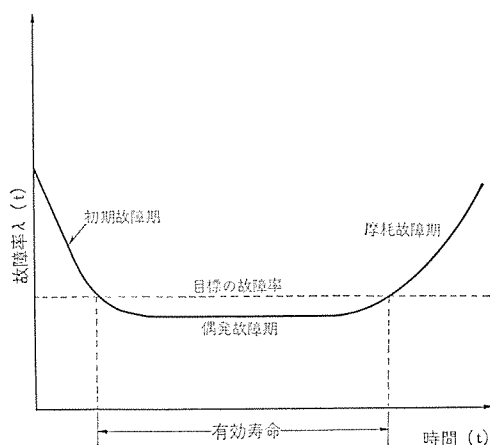


図 2.4 典型的な装置の故障率
Failure rate of typical equipment.

ば、製造コストは急速に増大する。しかし信頼度に対する価値は次第に飽和してくる。これは、たとえば100年間無故障のカラーテレビを製造しても、技術の進歩、デザインの変化等でその使用価値は低下してしまうであろう。また設計・製造面で固有信頼度 (Inherent Reliability) を増加させるよりも、サービスに費用を投入して使用信頼度 (Use Reliability) を増加させるほうが総合的に消費者にとって有利であることを意味している。このような理由で、信頼性の配分 (Trade-off) の問題は、経済性を考慮する場合非常に重要である。図 2.2 に示すように、 A/a が B/b より大きい間は固有信頼度を増加するのが経済的である。

故障または不信頼度のために要する費用と信頼性を向上させるための費用、および基準となる製造コストを総合した総原価 (Total Cost) を最小にすることが最も経済的である。この関係を図 2.3 に示す。

2.3 信頼性の尺度と故障の定義

カラーテレビの故障率 (単位時間当たり) は図 2.4 に示すように典型的な Bathtub curve に従う。信頼度の尺度としては、平均寿命または MTBF (Mean Time Between Failures) すなわち、修理可能なセットが無故障で動作している時間平均で表わすのが普通である。保全度 (Maintainability) については MTTR (Mean Time To Repair) すなわち、故障が発生してから修理が完了するまでに要す

る時間の平均で表わしている。

総合的な信頼性の評価としては、信頼度×アベイラビリティ×性能 (商品価値を含めたもの) とそれに要したコストとの比、コスト有効性 (Cost Effectiveness) を尺度とすればよい。

故障の定義については、JIS Z 8101 信頼性用語の中で、「規定機能を果たす能力の停止」と定義されているが、カラーテレビの場合、画面が見えなくなる故障のほかに、カラーテレビ特有のコンバージェンス調整、ホワイトバランス、ユニホミティ、ビート妨害など感応的な基準の設定が必要で、ドリフトを伴う故障についても限界を明確にするよう十分な市場における調査が必要である。

また二次機能的な回路および機構部の欠陥についても故障の定義が必要である。

故障を時間的推移から見た場合、初期故障・偶発故障・摩耗故障の三つの期間に分けられるが、われわれの努力は主として、初期故障の低減および偶発故障の低減と有効寿命 (Usefull Life) の延長に向けられている。当然のことではあるが摩耗故障についても、たとえばカラーブラウン管は有効寿命4年以上を目標に生産され、その他の電子管・チューナなどは慎重な管理がなされている。

3. 信頼性設計

3.1 信頼性設計の必要性

テレビセットの市場における不良に占める設計上の不良は比較的低い度は少ない。これは開発段階において、設計審査など十分な信頼性プログラムが推進されているためである。しかし事故が発生した場合は、多発する危険性があり多くの修理費用を必要とする。

テレビのように一般消費者が使用するものでは、個有信頼度の改善のみならず操作性・サービス性・人間工学的要素などきわめて広い範囲の信頼性への配慮が必要である。

次に信頼性設計上配慮すべき問題点をあげる。

- (1) 使用環境・使用条件の検討
- (2) 故障の定義
- (3) 信頼性試験方法と評価の基準
- (4) 所要時間の算定
- (5) 信頼性の配分 (Trade-off)
- (6) 負荷の軽減 (Derating)
- (7) 回路の標準化
- (8) 使用部品の標準化
- (9) Fail safe および Fool proof の導入
- (10) 冗長性の考え方の導入
- (11) 部品の選定 (実績があるもの、故障率の高いものの使用をさけること)
- (12) サービス性 (保全性)
- (13) 故障モードの把握

3.2 信頼度の予測

信頼度を予測することは、信頼性の向上には非常に有効な手段である。またその結果はつぎのような分野にも広く応用されている。

- (1) 目標信頼度が達成されているかどうかの検討
- (2) 設計上の弱点を見出し、改善の資料をうる。
- (3) 部品の選定、新部品の採用の基準としての資料
- (4) 製造工程での信頼性管理の基礎資料
- (5) 合理的な原価低減の個所の発見
- (6) サービス要員、保修部品、設備の計画資料

表 3.1 予 測 法 の 比 較
Reliability prediction-method comparisons.

内 容	MIL-std 756		MIL-std 217A		MIL-R 26474		RADC	
	P	D	P	D	P	D	P	D
Ballpark 予測法	○		○		○		○	
精 密 予 測 法		○		○		○		○
精 度 (1)	2	4	3	4	3	—	3	4
予測法の基礎 (2)	2	4	3	4	3		3	4

P は予備的な予測法, D は精密予測法を示す

注 (1) 1=最も精度悪い 2=やや精度悪い 3=やや精度良い 4=最も精度よい
(2) 1=類似装置による 2=能動素子数による 3=部品数による(ただし環境, 電気のストレス考慮せず) 4=部品数による(回路, 環境, 電気のストレスを考慮したもの)

(7) 総原価の推定

予測手法としては多くの方法が発表されているが, そのなかでも予測方法と精度を比較したものを表 3.1 にあげる。

ここでは, MTBF の予測法として Ballpark との予測法, MIL-R-26474, および D. R. Earles が 1961 年に発表した方法について比較した。

テレビの各ユニット回路の信頼度を $R_i(t)$ ($i=1, \dots, n$) とすれば, 直列系モデルと考えてよいからセットの信頼度 $R^*(t)$ は,

$$R^*(t) \leq \prod_{i=1}^n R_i(t) \dots\dots\dots (3.1)$$

Ballpark および MIL-R-26474 を適用するに当たって, 現在公表されている係数は実情と一致しないので, 一応つぎのように修正したものを使用した。

Ballpark (MIL-STD-757)

$$MTBF = \frac{1}{K} \cdot \frac{13 \times 10^4}{N} (\text{h}) \dots\dots\dots (3.2)$$

係数 13 はもと 6.6, $K=1$

MIL-R-2674 (部品の故障率の実績より修正)

$$MTBF = 1/Fr$$

$$Fr = A \cdot 10^{-6}(Nt) + 15 \cdot 10^{-6}(Nm) + B \cdot 10^{-6}(Ns) + C \cdot 10^{-6}(Nc)$$

$$A=6(30); B=0.5(2); C=0.1(0.5) \dots\dots\dots (3.3)$$

() 内は現在公表されている数値

Nt = 真空管の使用本数

Nm = モーター, リレー の使用個数

Ns = 半導体の使用個数

Nc = 上記以外の電氣的または電気機械的部品数

Earles の方法を適用するにあたっては, 1963 年追加訂正版の平均値を用いた。Earles の方法をつぎにあげておく。

$$\text{故障率 } \lambda = \sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot n_i \cdot K \cdot Kr \dots\dots\dots (3.4)$$

$$MTBF \quad \mu = 1/\lambda \dots\dots\dots (3.5)$$

ここでは, 式 (3.4) の環境ストレス係数 $K=1$, 冗長度補正係数は使用しないこととした。

また, これで注意すべきことはいずれの方法についても

(1) 全素子は直列系であるとしている。

(2) 偶発故障のみを対象とし, 初期故障・摩耗故障は除外して考えている。

実測値については, 寿命試験における正規動作の試験結果であって, 市場における追跡調査の結果とほぼ一致している。

実測値の点推定は

表 3.2 MTBF の予 測 値 と 実 測 値 の 比 較
Comparisons of MTBF between prediction values and measured values for various type TV receivers.

	Ballpark (修正値 による) ($\times 10^3 \text{h}$)	MIL-R- 26474 (修正値 による) ($\times 10^3 \text{h}$)	Earles ($\times 10^3 \text{h}$)	実 測 値 ($\times 10^3 \text{h}$)			
				上限値	点推定	下限値	測定時間
A (白黒テレビ トランジスタ式)	—	16.6	17.0	27.0	17.5	10.3	146
B (白黒テレビ 真空管式)	8.66	8.55	8.40	12.6	9.5	7.3	249
C (カラーテレビ 真空管式)	4.64	4.35	3.83	5.3	3.9	2.9	204

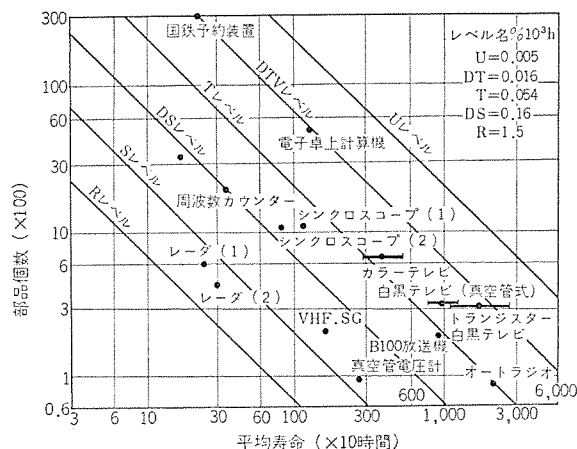


図 3.1 代表的機器とカラーテレビの平均寿命比較
Mean life comparisons between typical equipment and color TV sets.

λ = 累積動作時間/故障回数の合計

$$= \sum_{i=1}^n t_i / \sum_{i=1}^n C_i \dots\dots\dots (3.6)$$

区間推定はポアソン分布に従うとしてつぎの式を用いた。

$$1 - \alpha = \sum_{r=0}^{c-1} \frac{(t/\mu_u)^r}{r!} e^{-t/\mu_u} \dots\dots\dots (3.7)$$

$$\beta = \sum_{r=0}^c \frac{(t/\mu_L)^r}{r!} e^{-t/\mu_L} \dots\dots\dots (3.8)$$

危険率 $\alpha = \beta = 0.1$; 動作時間 t , 故障回数 C ,

MTBF 上限値 μ_u ; MTBF 下限値 μ_L

なお実測値は試験時間が比較的短いため, 劣化故障は含まれていない。またドリフト故障のうちで, 調整により正常となるものは含んでいない。

以上のような手順により, トランジスタ式白黒テレビ, 真空管式白黒テレビ, およびカラーテレビについて実測値と予測値を比較したものを表 3.2 に示してある。

これらの結果と他の代表的電子機器の MTBF を比較したものを図 3.1 に参考のためあげている。これから見ると, テレビの信頼度は電子計測器と高信頼度の工業用・通信用電子機器の中間にあるといえる。カラーテレビは白黒テレビよりも信頼度は若干劣っているが, これは複雑な回路と高電圧を使用していることに起因している。

4. 製造工程の信頼性

最近のカラーテレビは, ディレーティング等による信頼性設計および部品の信頼度の向上により, はんだ付け・接触・短絡・絶縁・取扱いに起因する部品の損傷などの故障率に占める割合が高くなりつつある。

これらの信頼性の向上は製造技術、設備の改良などに加えて、作業者の教育訓練、ZD 運動、品質管理などの実施で故障率の低減が図られている。

製造工程においては、初期故障をデバッキング (Debugging) により除去することが最も有効である。デバッキング時間は RADC Rel Note Book につきのように示されている。

$$t_d = G \ln \frac{N_d}{\lambda \cdot G} \dots\dots\dots (4.1)$$

$$\lambda = \alpha \cdot N_p$$

$$N_d = \beta \cdot N_p$$

$$t_d = 25 \ln \frac{N_d}{(5 \times 10^{-6}) (25)} \dots\dots\dots (4.1)$$

$$N_d = \text{初期欠陥数} \quad \alpha = 5 \times 10^{-6} \text{ヶ/部品/h}$$

$$N_p = \text{部品総数} \quad \beta = \text{初期不良率}$$

この式は テレビ でも実際とよく一致することが知られている。

デバッキング中の故障数、故障モードは管理図により解析され、改善のために活用されている。

5. 信頼性試験

5.1 特殊試験

カラー テレビ の信頼性試験は特殊試験として規格化され、表 5.1 にそのおもな項目を示す。これらの試験の条件は、設置場所の環境条件、輸送の条件などを考慮し、温度・湿度・振動・衝撃・日射・塩水・じんあいなどの試験を実施している。これらのほかに化学変化等について配慮されている。信頼性試験の中でカラー テレビ 特有のものは、高電圧を使用しているためのじんあい試験、安全面からの X 線・可燃性・防ばく等の試験があげられる。

これらの試験は開発品・試作品の信頼度試験、部品・材料の認定受入検査、量産品の管理検査等に適用され、各段階での信頼度の確認のため活用されている。

図 5.1 に温度サイクル試験、振動試験の装置を示す。実験室での信頼性試験に適用するストレスおよび環境条件の設定に問題を生ずる場合が多いので、実用試験・フィールドテストなどが重要な意味もっている。

5.2 寿命試験

寿命試験は正常動作試験と加速寿命試験 (強制劣化試験) に大別される。試験時間からは、量産品のロット間、ロット内変動を管理するための短期寿命試験と、劣化故障の形態を把握するための長期寿

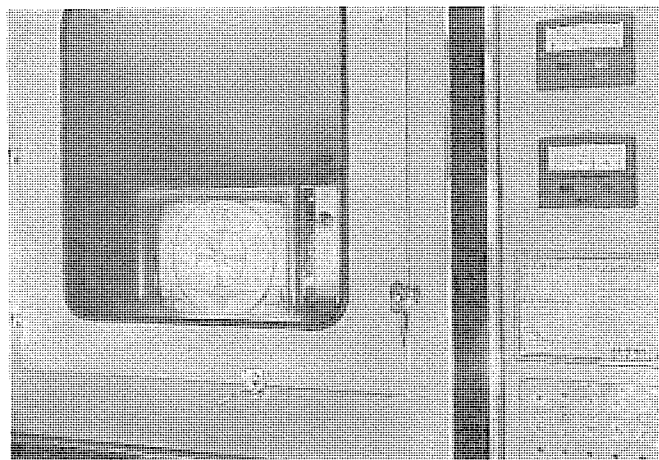
表 5.1 カラー テレビ の 信 頼 度 試 験
Reliability test in color TV set.

試験の種類	要 求 条 件	試 験 方 法
温 度	-15°C ~ +35°C	-20°C ~ +40°C 動作, サイクル
湿 度	100%	90~95% RH 40°C, サイクル
振 動	3~10 c/s, 2.5 g max	5~60 c/s, 3 mm max
衝 撃	15 g max	15 g max
塩 水 噴 霧	塩 水 大 気	(個別規格による)
包 装 落 下	輸送に耐えること	高さ 1 m より落下
包 装 加 圧	輸送に耐えること	輸送に耐えること
じ ん あ い	画面の透過度劣化	画面の透過度劣下
日 射	機構部劣化	機構部劣化
防 ば く	CRT ばく 縮	CRT ばく 縮
安 全	燃焼, X 線, 感電	EIAJ TVII による
限 界 試 験	耐圧, 低電源電圧	(個別規格による)
加 速 寿 命	寿 命 の 保 証	電圧, 周囲温度による加速
実 用	最悪の実用環境	フィールドテスト, 試視聴

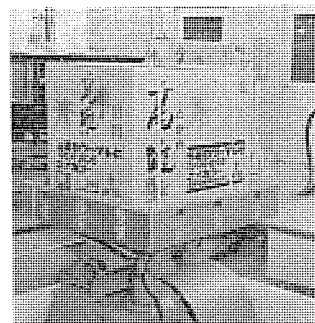
命試験の2種類を主として採用している。その他、目的に応じて種々の試験が実施される。

図 5.2 には動作寿命試験の例を示してある。加速寿命試験結果の例として、図 5.3 にワイブル図を示しておく。

出荷品質を保証するための寿命試験は重要であるが、試験費用も大きな問題となり合理的な試験計画が必要である。テレビの寿命は摩耗故障期間を除くと、ワイブル分布の Shape Parameter m は一般により小さく、指数分布による抜取方式が採用できない場合がほとんどである。したがってつぎに示すようなワイブル型の抜取方式を採用している。つぎにワイブル型の抜取方式について簡単に説明する。



(a) 温度サイクル試験装置



(b) 振動試験装置

図 5.1 信 頼 性 試 験 装 置
Reliability test equipment.

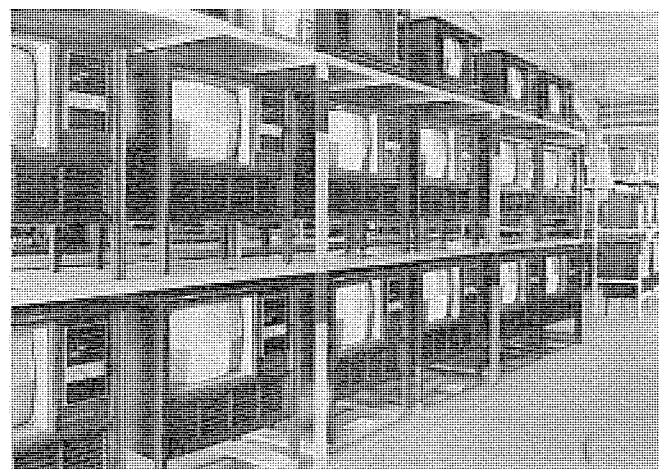


図 5.2 動 作 寿 命 試 験
Operation life test for color TV receivers.

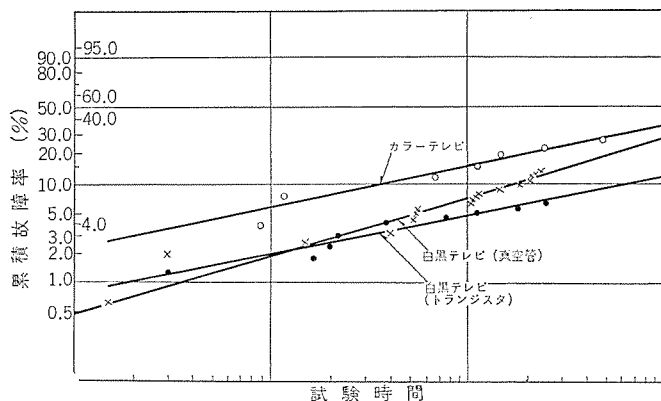


図 5.3 加速寿命試験におけるワイブル図の例
Example of weibull chart in accelerated test.

表 5.2 ワイブル計数 1 回抜取表の例
Single sampling table for life testing on the weibull distribution.

試料文字	合格品質水準 (AQL)							
	$P'(\%)$	0.65	1.0	1.5	2.5	4.0	6.5	10.0
	$(t/\mu_1) \times 100$.10	.18	.31	.62	1.18	2.29	4.18
A	LTPD ($\beta=0.10$) における $(t/\mu) \times 100$						↓	101
B						↓	59	↑
C					↓	30	↑	↓
D				↓	19	↑	↓	44
E			↓	12	↑	↓	26	43
F		↓	6.8	↑	↓	15	24	34
G		3.5	↑	↓	7.2	11	16	27
H		↑	↓	4.5	7.0	9.7	16	23
I		↓	2.8	4.3	6.0	7.6	12	18
J		1.6	2.5	3.4	4.3	6.4	9.8	16
K		1.5	2.0	2.6	3.8	5.0	8.2	14
L		1.3	1.7	2.1	3.3	4.8	7.8	12
M		1.0	1.2	1.9	2.7	4.4	6.7	10
N		0.83	1.1	1.6	2.4	3.6	6.4	9.4
O		0.66	0.95	1.4	2.1	3.2	5.2	8.5

$m=3/4$ 平均寿命による方法

(1) 平均寿命による方法

$$\mu = \int_0^\infty t \cdot f(t) dt = t_0^{\frac{1}{m}} \Gamma\left(1 + \frac{1}{m}\right) \quad \dots\dots\dots (5.1)$$

μ = 平均寿命 $f(t)$ = 寿命の確率密度関数

t_0 = Scale parameter

(2) 瞬間故障率による方法

$$Z(t) = \frac{f(t)}{1 - (F(t))} = \frac{f(t)}{R(t)} \quad \dots\dots\dots (5.2)$$

(3) 信頼寿命による方法 (残存確率 r を保証するための)

$$\rho_r = R_{(r)}^{-1} \quad \dots\dots\dots (5.3)$$

ρ_r : 信頼寿命 $R_{(r)}^{-1}$: 信頼度関数 R の逆数

これらの方法は H. P. Goode と J. H. K. Kao により 1961 年に発表されたものである。

カラーテレビの場合、平均寿命による一定時間打ちりの 1 回抜取方式は表 5.2 の $m=3/4$ を利用できる。抜取数と合格判定個数は、ロットの合格平均寿命 μ_1 とロットの不合格平均寿命 μ_2 、および寿命試験時間を設定すれば、表 5.2 の AQL と試料文字により MIL-STD-105 B より求まる。

6. 故障の解析

故障データは、開発・製造工程・エージング工程・ライフテスト・追跡調査・修理伝票・試視聴等により一定の様式で収集し、機種別・回路別・部品別・品名別・故障原因別などに分析され、これらの結果は設計・製造など関係先にフィードバックされる。この分析結果は信頼度の確認、信頼度の改善のうえからきわめて重要である。故障解析は情報のみでなく不良現品を回収し、故障物理の追求も欠かすことができない。

参考のために、図 6.1 に回路別の故障比率を示しておく。

故障の内わけは約 90 % が部品の偶発故障で、さらにその中で電子管の故障が約 60 % を占めている。受信管の市場不良をもとにした故障率を表 6.1 にあげる。電子管は急速に信頼度を向上しているが、さらに信頼性の改善が望まれる。

カラーテレビでは、機能が停止する故障のほかに、コンバージェンス、ユニホーミティ、ホワイトバランスなどにより再調整を要する故障率が若干ある。

そのほか家電品特有の取扱い不良、取扱い説明書の理解不足によるものがある。

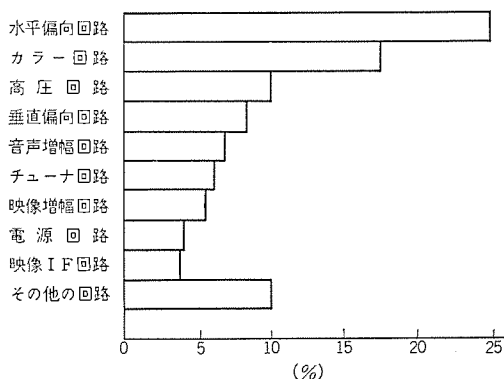


図 6.1 回路の故障比率
Proportion of failure for each circuit.

表 6.1 フィールドデータによる受信管故障率
Receiving tube failure rate on field data.

用 途	カラーテレビ故障率 %/1,000 h	白黒テレビ故障率 %/1,000 h	Sylvania (1963 年発表) %/1,000 h
中間周波増幅	0.09	0.10	1.0
FM 検波音声増幅	0.23	0.11	0.8
映像増幅	0.20	—	—
垂直・水平発振	0.21	0.67	—
水平偏向出力	3.20	0.25	0.2
垂直出力	0.21	0.21	0.6
高圧整流	0.61	0.25	0.4
ダンプ	1.10	0.87	2.9
高圧安定	0.80	—	—
音声出力	0.22	0.20	—
全用途平均	0.56	0.33	0.9

7. サービス (保全) の信頼度

保全は通信用機器・工業用機器と異なっており、テレビの場合、メーカーまたは販売店などが使用者に代わって保全を行なわなければならない。サービスまたは保全は前に述べたように、アベイラビリティの向上のために欠かせない重要な問題である。

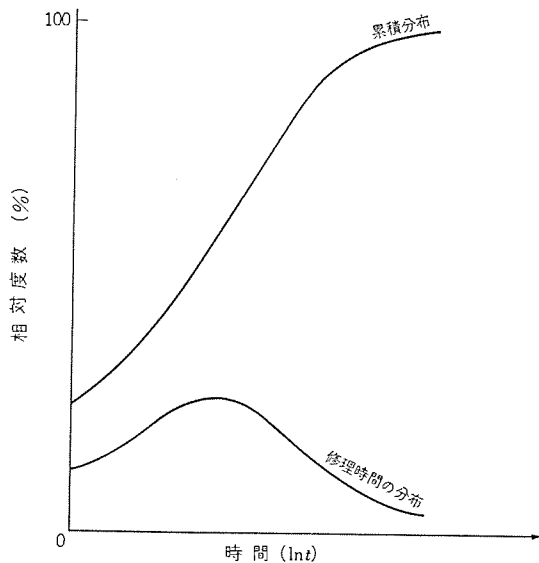


図 7.1 修理時間の分布
Distribution of repair time.

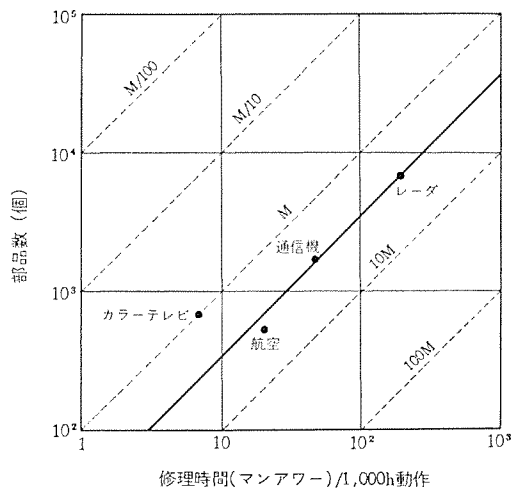


図 7.2 カラーテレビの保全度
Maintainability of color TV receivers.

カラーテレビは消費者より修理の依頼があってから修理が完了するまでの修理時間の分布は図 7.1 に示すように、ほぼ対数正規分布に従うことが確認されている。

このデータをもとに参考のためアベイラビリティと保全度 (Maintainability) を求めるとつぎようになる。

$$A(\text{Time Availability}) = \frac{U}{D+U}$$

$$= \frac{\text{MTBF}}{\text{MTBF} + \text{MTTR}} \quad \dots\dots\dots (7.1)$$

U : 使用している時間 (Up Time)

D : 修理で使用できない時間 (Down Time)

MTTR : 修理完了までの平均時間 (Mean Time to Repair)

実測結果によるアベイラビリティは 99.4 で USAF の通信用電子機

器の 99.7 よりは多少悪い。

保全度については、USAF の地上機器と比較すると相当よいことがわかる。この比較を図 7.2 に示す。

8. む す び

カラーテレビの信頼性につき概要を説明してきたが、現状としては MTBF, アベイラビリティとも相当な水準にあるといえる。

しかし今後の信頼性の活用および改善には次のような努力が必要である。

- (1) 経済性を考慮した信頼度の配分をさらに合理的に行なう。
- (2) 予測をより有効にするためデータの蓄積と交換
- (3) 固有技術の向上とともにドリフト故障の適確な把握と改善が急務である。
- (4) 部品の信頼度の向上を図る。(IC 化なども含む)

以上のような努力により総合的に白黒テレビのレベルへの向上が期待される。

終わりにふだん、ご指導をいただいている関係各位ならびに本文執筆にあたりご協力いただいた諸氏に感謝する。

(昭和 43-8-2 受付)

参 考 文 献

- (1) 信頼性管理便覧：日刊工業新聞社、(昭 39)
- (2) S. R. Calabro : 信頼性概論、(高木監修、佐々木、塩見、山口訳)、(1962) JUSE 出版社
- (3) 塩見：信頼性工学入門、(昭 42)、丸善
- (4) 電気通信学会誌：信頼性特集、47、(昭 39)
- (5) 古東：電子技術者のための信頼性工学入門、(昭 42)、日刊工業新聞社
- (6) RADC (Rome Air Development Center), Reliability Notebook (1961)
- (7) MIL-HDBK-217 A
- (8) D. Poole : Quality Control in The Domestic Appliance Industry, AEI Engineering, 316, Nov/Dec, (1966)
- (9) R. E. Shafer : Reliability Prediction Techniques a Quick Reference Guide, Electronic Procurement, 36 (Janu., 1967)
- (10) W. P. Cole : The Reliability of Electronic Equipment, G. E. C. Journal, 34, 1 (1967)
- (11) DOD Tech. Report : Sampling Procedures and Tables for Life and Reliability Testing Based on the Weibull Distribution, TR 3, (1961) ; TR 4, (1962) ; TR 6, (1963)
- (12) G. V. Herrold : Tube Reliability in TV Receivers, IEEE Trans., BTR-10, 27 (1964)
- (13) 小森：購入電気計測器の信頼度実測、通信学会信頼性研究会資料、(昭 42)
- (14) 村上：産業用電子機器部品の信頼性について、通信学会信頼性研究会資料、(昭 42)

テレビ IC 化研究とその問題点

糸賀 正己*・仲野 孚*・高田 豊*

New Design Approach for Integrated Circuit TV Receivers

Kyoto Works Masami ITOGA・Makoto NAKANO・Yutaka TAKATA

Introduction of IC to TV sets is to be necessarily connected to the promotion in productivity of the apparatus. In this respect there are a good many number of problems to be solved by TV set manufacturers and IC manufacturers at present state of the art. This article describes the advantages and problems brought about by employing IC and points out that a number of questions are posed regarding manufacturing technique, reliability and the cost of even hybrid IC known as the most suitable for the introduction to TV sets. They are considered to be mostly due to handwork processes of IC manufacturers. In case of semiconductor IC, there is a few problems such as manufacturing technique for high frequency devices and costs. Lastly, examples of trial circuits using semiconductor IC and hybrid IC are discussed.

1. ま え が き

明日の電子工業をになうホープとして、その誕生以来着目されてきた IC は、当初は電子計算機や一部の通信機にとり入れられたにすぎなかったが、近年になってテレビをはじめとする民生機器の分野でも脚光を浴びるに至った。当社では早くから独自で補聴器・ラジオ・テレビなど民生機器の IC 化研究に取り組んできたが、昭和41年には、在関西セツメーカー、部品メーカーとともに鉱工業助成金を受けた白黒テレビ IC 化共同研究に参加、さらに42年度カラーテレビ IC 化共同研究にも参加して研究を行なうかたわら、42年秋には音声回路に IC を導入した当社最初の IC テレビ 12PS-4100 形の量産化を行ない、性能および信頼性面で従来回路を上回る実績を得て好評を博している。

当社では引続きさらに IC 化の範囲を広げるべく検討を重ねているが、その量産化にあたっては従来部品を用いた回路との著しいコストの不均衡など障害になっている問題は多い。ここではテレビ製造側からみた IC 化に対する考え方を紹介し、関係者の方々の参考に供したい。

2. テレビ IC 化により得られる利点

一般電子機器の IC 化の利点として高信頼性・小形化・軽量化などがあげられている。テレビの IC 化の場合、生産数量が大きいことなど特殊性もあり一般電子機器の場合とニュアンスの若干異なったものとなっている。

(1) 組立工程の簡素化

テレビ1台のプリント基板にはカラーテレビの場合約500個、白黒テレビの場合約250個の部品を組込むことが必要であり、組立作業者も多くを必要とし増産の場合の障害となる。旧体然たる人海戦術形生産から小人数大量生産形に移行し高生産性を得ようとする場合の方策として、自動そう(挿)入機による組立ての自動化と IC 化の二つのアプローチがあり、それぞれ平行して検討されねばならない。さらに将来においては IC の自動そう入によりますます高生産性を達成することも可能である。

IC 化を行なう際に調整箇所を減少できるような構成とし、調整工程の簡素化を達成することも同時に重要である。

(2) 信頼性の向上

テレビの組立完了以後の故障原因のうち70~80%が回路素子自体に起因するもの、20~30%がハンダ付け不良に起因するものと言われている。IC 単体の信頼性を考えた場合、半導体 IC については、初期に十分スクリーニングされた場合の故障率はトランジスタ1個の故障率に匹敵することは、すでに量産中の12PS-4100形テレビの場合でも立証されている。一方ハイブリッド IC の信頼性については後にのべるとおりまだ十分な確認はなされていないが、半導体 IC のレベルを目標として努力が続けられるべきであろう。いずれの IC を用いた場合でも従来プリント基板上で接続されていた素子間結線の多くが IC 内部で行なわれるため、外部ハンダ付け箇所はかなり減少し、従来のハンダ付け不良による故障を減らすことができる。また将来の問題として冗長性を活かした高信頼性設計も可能と考えられる。

(3) 小形化

最近試作例が報告されている1~1.5形ミニサイズテレビの場合、IC 化に依存しなければ実現不可能であることは明白である。しかし、現在の主力量産機種である12形以上のテレビの場合には、セットの外形はほとんど受像管の形状で支配されるため、IC 化を行なってもさほどの小形化にはならない。6形以下のテレビでは IC 化による小形化のメリットが現われ、ポータビリティを増すものと思われる。

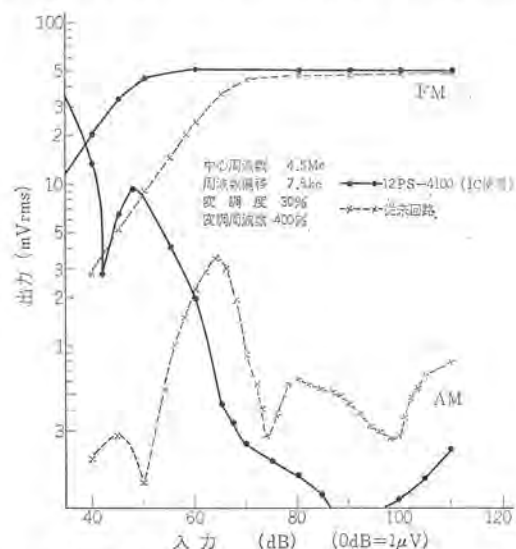


図 2.1 SIF, IC 化回路と従来回路の特性比較
Comparison of typical characteristics of sound IF amplifiers.

(4) 性能の向上

IC、特に半導体 IC の場合には内蔵する素子数を多少ふやしてもチップサイズはほとんど変わらないためコストを上げずに性能改善が可能である。この一つの例として 4. 1. 1 項で詳述する SIF 増幅回路の場合がある。図 2. 1 の実線が IC を用いたとき、点線が従来回路を用いたときの特性であるが、IC 化により感度が上昇するとともに大入力時の AM 抑圧比が改善されているのがわかる。

3. IC 化テレビ量産移行上の問題点

前節にのべてきたように IC 化には多くのメリットが期待されるので当社では昭和 41 年以来試作研究を続けており、その成果の一部が前述の マッハライン 12PS-4100 形 テレビの量産となって現われている。引き続き IC 化対象回路を広げ、IC 化機種を増すべく努力を行っているが、その量産化の場合現時点においては以下にのべるように多くの未解決の問題がある。これらの問題点のうちシステム設計や回路設計に関するものもあるが、それ以上に IC 製造面の問題が大きく、IC 製造者側で早期に解決されることが望ましい。

3. 1 IC の種類—半導体 IC かハイブリッド IC か

テレビに用いる IC の種類として将来は半導体 IC が過半数を占めるものと思われるが、一部にはハイブリッド IC 化した方がよりメリットのある回路も残ると考えられる。また将来においては半導体 IC で実現不可能なコンデンサや高精度の抵抗をハイブリッド IC で実現し、これと半導体 IC チップを組合わせた複合体も考慮する必要がある。以上の理由から半導体 IC およびハイブリッド IC の両者ともテレビの IC 化に必要であると考えられる。

3. 2 ハイブリッド IC の問題点

3. 2. 1 製造技術上の問題点

半導体 IC と異なってハイブリッド IC では定形の製法とみなせる確立した製法はなく、種々異なった製法が各 IC メーカーで行なわれている。抵抗・電極の製法だけでも蒸着薄膜によるもの、電解生成薄膜によるもの、あるいは印刷厚膜によるものと種々の製法形態があり、さらに用いる材料もさまざまである。しかし抵抗・電極ウェーハに関してはそれなりに完成に近づいているものとみてよい。

製造面であら（隘）路になっているのはトランジスタ組込みに関する問題である。現在、ディスクリートトランジスタそのものを組込む初歩的方法、ディスクリートトランジスタの裸のチップを IC 基板に組込む方法、あるいはフリップチップトランジスタをフェイスダウンボンディングで行なうより進んだ方法などが各 IC メーカーの実状に応じてとられている。そのなかであって IBM 社はフリップチップトランジスタを用いた厚膜ハイブリッド IC を自社電子計算機用に大量生産し安定した製法を確立している。

現在国内 IC メーカーの多くは入手の容易さ、設備の簡便さ、などからディスクリートトランジスタチップを用いてワイヤボンディングを行なっているところが多いが、この方法が将来においても適切であるかは疑問である。ディスクリートトランジスタチップ組込みに関しても供給者側とハイブリッド IC 製造側でダイボンディングに関するトラブルや、測定値の食い違いなど技術的問題が十分に解決されているとは言えない。いずれにしてもトランジスタ組込みに関しては今後の研究、改良に待つべき点が多い。

さらにコンデンサ素子についても問題があり、その質、量とも多様である。ハイブリッド IC メーカーの性格によりチップコンデンサを自製または購入するなどその入手方法もまちまちであるが、セラミックコンデンサチップについては比較的順調に開発が進んでいる。大容量コンデンサに

ついては形状、ボンディング作業性、コスト等に考慮の余地がある。また一部においては半導体 IC と同様に回路設計時にコンデンサの機能を能動素子でおきかえるといった考え方もある。

これらの問題の根本的な解決がない限り、リニア回路の分野でもハイブリッド IC が多用されるとは断定し難い。

3. 2. 2 信頼性の問題

半導体 IC の信頼性のすぐれていることは今までのべてきたとおりである。一方ハイブリッド IC の信頼性については、IBM 社の SLT のように人手をほとんど介しない高度に自動化された場合は例外として、現在国内で試みられているように、ディスクリートトランジスタチップまたはチップコンデンサをワイヤボンディングやハンダ付けで組み込んだウェーハを、簡易形パッケージ内に収納するといった手作業部分が多い製造形態のものでは、品質のコントロールが容易ではなく高信頼性を看板にするにはいまだしの感を免れない。

3. 2. 3 コストの問題

現在国内のハイブリッド IC の生産規模は大きくなく材料費自体割高なうえ、大半のハイブリッド IC メーカーの実情として組立工程中手作業に頼る部分が多く、生産性が必ずしも良くない。そのため高度の自動化にさええられた従来部品に匹敵するコストに近づくためには、製造者・使用者双方の努力により IC 自体の需要を喚起するとともに、IC 製造工程の自動化を行なうことが急務であると思われる。

われわれ受信機を設計、生産するユーザ側からみたとき、国内のハイブリッドメーカーが個々に問題にとり組んでいる現在のような研究開発体制では、生産性・歩留り・性能・信頼性・コストなど山積みする問題の本質的かつ急速な解決は期待できそうもなく、少量多機種の通信機など産業機器への用途とか民生機器の試作用はともかく、本格的な民生機器への導入は前途多難であろう。われわれはハイブリッド IC メーカーの相互協調、部品の相互供給など本質的な問題解決への取り組みを望みたい。

3. 3 半導体 IC の場合の問題点

3. 3. 1 製造技術上の問題

テレビジョン受信機の回路の約半分はデジタル IC と同一の製造プロセスで十分カバーできるが、VIF 回路のように高周波での利得が必要である回路や、偏向出力回路のように、高電圧動作が必要である回路を IC 化する場合には、新規プロセスの開発が必要となる。

3. 3. 2 コストの問題

相当数量産化しているものに関しては、コストアップ分はさほど問題とならないが、新規開発のものについてはそのインシャルコストと従来部品コストの差異は、製造者側・使用者側いずれにおいても吸収しにくい問題である。このコスト高の問題は近い将来には生産数量の拡大に伴ない徐々に解決に向うものと考えられる。

3. 4 回路設計上の問題点

IC 化に際して第 1 着手として必要なのは IC 化回路方式の確立である。IC 化回路設計に先立って下記の事項を決めなければならない。

(1) IC 化対象回路の選定

(2) IC 化対象として選ばれた回路について半導体 IC 化すべきかハイブリッド IC 化すべきかを定める。

(3) 半導体 IC、ハイブリッド IC それぞれに適した回路方式を決定する。

また回路方式の決定にあたって IC 化のメリットを十分に活かすように下記の 4 項目を考慮すべきである。

- (1) IC の集積度を最適化する (生産性向上, 小形化, コストダウン)
- (2) 調整箇所を減少させる (生産性向上)
- (3) トランス・チョーク類は可能なかぎり除去する (小形化, コストダウン)
- (4) 各サイズの機種に共用できること (コストダウン)

4. IC 化回路の試作例

以上述べてきたとおり IC 化にあたっては種々問題があるが、当社では半導体 IC およびハイブリッド IC 両者を用いた試作を行なった。ここではその中の数例を報告する。これらは現在の技術的に制約が大きく、かつ流動的である中で研究の一例であり IC 技術—IC 製造技術と IC 応用技術—をとりまく外的条件の変化に伴ない日進月歩するものであることを最初にお断わりしておきたい。

4.1 半導体 IC を用いた試作回路

4.1.1 SIF 増幅・FM 検波回路

この回路は動作周波数および消費電力の点から見て IC 化に最も適した回路であり、すでに多品種の IC が各社から発表されている。そのほとんどは半導体 IC である。図 4.1 は当社北伊丹製作所製 M5113T を使用した 12PS-4100 形テレビの回路図である。この回路の利点として、

- (1) 高感度であること。
- (2) AM 抑圧比が大きいこと。
- (3) 弱電界市街地など雑音の多い所で雑音の影響が少ないこと。
- (4) 段間トランスが 1 個省略でき、調整時間が減少すること。

などがあり、この場合性能の向上が達成できている。

上記 IC を用いた回路を設計する場合注意しなければならないことは、IC 内の FM 検波に用いる 2 個のダイオードの動作状態が同一でないために生じる S 字特性の直線性の悪いことである。レシオトランス 2 次巻線を非対称にすれば問題のない程度に直線性を良くすることができる。

4.1.2 VIF 回路・映像増幅回路

テレビの回路で IC 化が望まれながらその実現が遅れているのが VIF 回路である。それは取扱う周波数が高い上に高利得が要求されること、および回路中に多くのコンデンサ・インダクタ等 IC 化が困難な素子が多く存在するからである。またチューナ、AGC 回路、映像増幅回路など他の回路ブロックとの関連性が大きく SIF 回路のように独立した設計ができにくいことも一因である。しかし、VIF 回路を構成する部品数は約 40 個の多きにのぼるので、部品点数の減少、調整箇所の減少など IC 化により得られる利点は大きい。

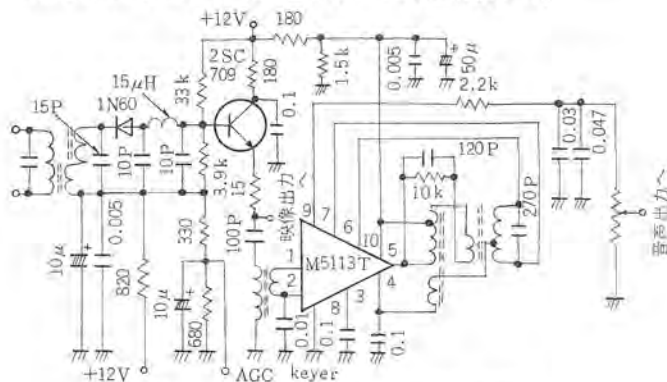


図 4.1 12PS-4100 形テレビ SIF 回路
Sound IF amplifier of 12PS-4100 TV receiver.

VIF 回路の IC 化の方式として図 4.2 に示す 4 方式が考えられる。

(a) は VIF 回路全体を一つの IC で置き換えたものであり理想的ではあるが IC 1 個で 70 dB 程度の電力利得を必要とし、安定度などの点で困難を伴なう。

(b) は 2 個の IC で置き換えたもので (a) より実現性はあるが、それでも IC 1 個で 30~40 dB の電力利得を必要としまだ困難を伴なう。

(c) は 3 個の IC で構成したものである。IC 1 段当りの利得は 20 数 dB で容易に実現できるが部品点数や調整箇所が多いこと、およびコストの面で IC 化のメリットはあまり期待できない。

(d) の方法は (b) と良く似ているが、通常 IC 1 個で安定に得られる電力利得は小さく総合利得が不足しやすいので、この利得不足分を検波回路のあとに設けた映像増幅回路で補なおうとするものである。この方式は比較的大きな検波出力を得ようとする場合に都合よく、また調整箇所も減らすことができる。さらに 2 個の増幅器を 1 パッケージに収納することも可能である。以上の考察から (d) の方式を選ぶのが最も妥当であると考えられる。

図 4.3 にその具体例を示す。VIF 増幅器として差動増幅器をカスコード接続したものを 2 段用い、検波回路のあとには、映像増幅器として直結 2 段増幅器を用いている。この場合、

- (1) 各段の出力トランジスタがベース接地であるため、出力側から入力側への帰還が少なく安定性が良い。
- (2) AGC 特性がすぐれており、さらに制御に要する電力が少

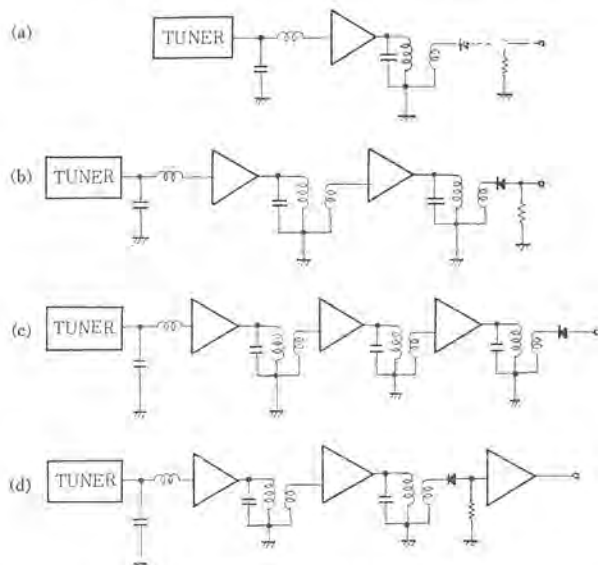


図 4.2 VIF 回路 IC 化各方式ブロック図
Block diagrams of integrated circuits video IF amplifier.

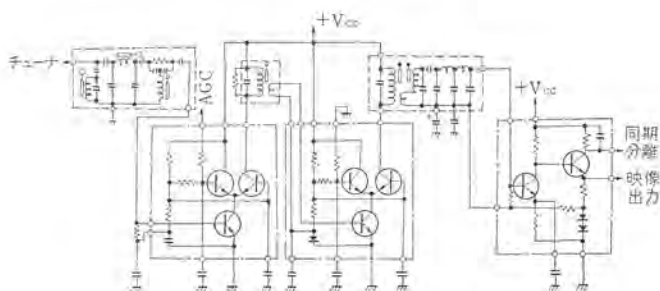


図 4.3 VIF 増幅・映像増幅器回路図
Video IF and video amplifier.

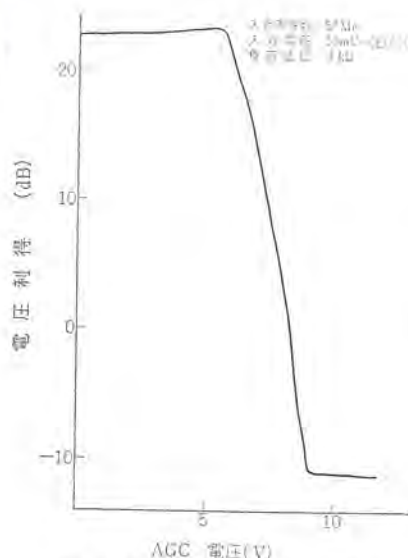


図 4.4 VIF 用 IC 単体の AGC 電圧による利得変化

Power gain vs. AGC voltage characteristic of monolithic IC.

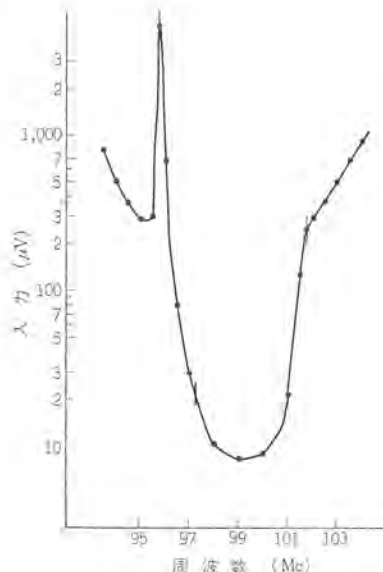


図 4.5 選択度特性
Selectivity characteristics of video IF amplifier.

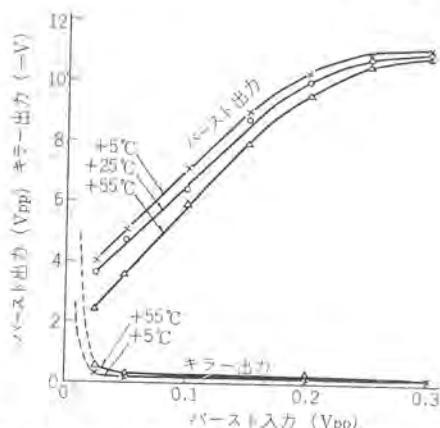


図 4.7 バースト増幅器・キラー回路の入出力特性
Voltage characteristics of burst amplifier and killer circuit.

なくてすむ。(図 4.4)

(3) AGC による入出力インピーダンスの変化が小さく選択度を一定に保ちやすい。

(4) 低レベルの検波を行なうので高調波妨害が少ない。などの利点がある。反面検波出力を小さくしたために他回路の妨害を受けやすいことが懸念されたが、実動の結果問題のないことがわかった。

チューナと組合わせたときの総合特性は映像最大感度 7~12 μV, AGC 制御範囲 80 dB であり、選択度特性は図 4.5 に示すように帯域幅 3.4 Mc, 隣接チャンネル音声搬送波減衰度 55 dB, 自己チャンネル音声搬送波減衰度 30 dB を得ている。

4.1.3 バーストアンプ

バーストアンプは従来部品回路では通常トランジスタ 1 段で構成できるため、これを効果的に半導体 IC 化する場合、デバイスは周辺部を含めて集積度を上げるか、他回路にも応用できる多用途のものにする必要がある。前者はたとえば出力トランスを省くため、コレクタ・エミッタ分割または差動出力形式にして 180° 位相反転した 2 信号を位相検波器に加えることも考えられるが、位相安定度、出力などに問題がある。またバースト抜き取りパルスの成形・遅延回路を内蔵させることは、少数の C, R で実現できる従来部品回路に比し実用的でな

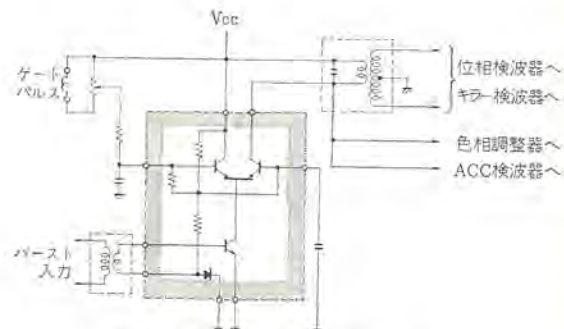


図 4.6 バースト増幅器回路図
Burst amplifier.

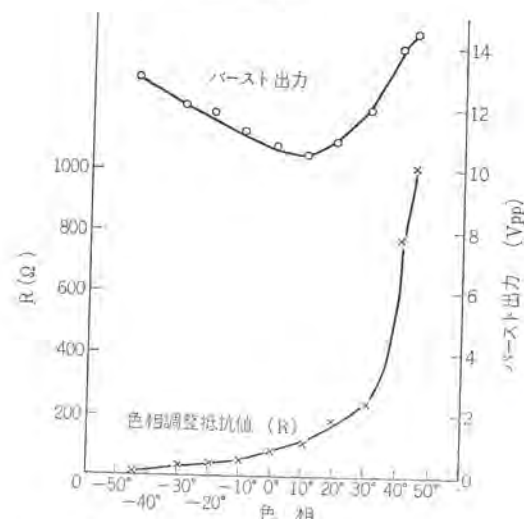


図 4.8 色相の変化特性
Hue and burst output characteristics by hue adjustment.

い。したがって後者の多用途 IC によるバーストアンプにする必要があった。図 4.6 にその回路を示す。デバイスの基本回路として一般に安定度その他の点ですぐれているエミッタ接地—ベース接地 (CE-CB 形) のカスコード形接続を用い、バースト抜き取りにはいわゆる AGC 端子を利用している。

CE-CB 接続回路で 3.6 Mc 程度の比較的 low 周波では、電圧増幅度はエミッタ接地 1 段分と考えられるが、バーストアンプで要求される電圧増幅度 G_r は

$$G_r = \frac{10V_{pp}}{0.3V_{pp}} = 30dB$$

であればよいため CE-CB 接続 1 段で十分である。試作バーストアンプの入出力特性を図 4.7 に示す。出力値 10 Vpp ではデバイスは非直線動作となっているが、位相安定度には問題なかった。

図 4.8 に色相調整の特性を示す。図 4.7, 図 4.8 とともにバーストアンプの負荷は位相検波器・キラー検波器および色相調整器を接続している。共同研究では、バーストアンプ入力としてバンドパスアンプ出力でなく、ビデオ検波出力を用いたため信号レベルが小さくプリアンプを追加したが、これも同一 IC で実現させている。

このバーストアンプはコスト的に問題あるため今後の課題として他の回路、たとえば基準発振部も含めた色同期系としての高密度 IC の開発があげられ、また色同期系としてバースト注入形またはリンチング形の簡易回路も検討する必要がある。

4.1.4 ALFC 回路

昨年 RCA が CTC-30 シヤシの ALFC (Automatic Local Frequency Control) 回路に半導体 IC を用いて注目を集めたが、この IC の内

容は CC-CB 接続 バッファアンプ 1 段、周波数検波 ダイオード および バイパスコンデンサ 2 組、さらに差動 2 段 アンプ を含むものである、特長として

(1) ALFC ブロック としてまとめるため IC 導入が技術的には容易である。

(2) 差動形式を用いることにより DC アンプ のドリフトを減らし、またループ利得をふやす等の性能向上が期待できる。あげられるが、問題点として

(1) コスト

(2) 個別回路にも共通であるが、温度および経時ドリフト、高調波妨害・制御感度等

がある。われわれは昭和 43 年度共同研究において上記特長を十分生かすよう、ALFC 部の IC 化を検討している。

4.1.5 垂直偏向回路

従来の垂直発振回路はブロッキング発振方式を用いたものが多いが、このまま IC 化を行なったのでは、外部端子が多くなり IC 化には適さない。また従来の垂直出力回路はチョーク結合 A 級増幅器を用いているが、この場合、高耐圧・高消費電力に耐える出力トランジスタが必要であり、IC でこの要求を満たすトランジスタの実現は困難である。さらに占有体積の大きいチョークを外付けしなければならず、このままでは IC 化のメリットがない。したがって IC 化回路では発振回路は無安定マルチバイブレータを使用し、出力回路は SEPP・OTL 回路をミラー積分器として用いた方式を試みた。

この回路はトランジスタを多用しているので半導体 IC 化に適している。不要になったブロッキング発振トランスおよび出力チョークのコストは、IC コストに含め得るのでコスト的に有利である。

この方式では帰線時間に発生するパルス電源供給電圧以下に押える必要があり、有効利用電圧範囲が狭くなるので所定の偏向電力を得るためには、のこぎり波電流値を大きく、偏向ヨークの垂直コイル抵抗値を小さく選ぶ必要がある。このため元来 A 級増幅器より能率が良いはずの SEPP 回路を用いても全消費電力は減少せず、かえって流入電流のピーク値は増加して電源側の負担が大きくなることが問題点としてあげられる。適用可能な機種は現在のところ小形テレビに限定される。画面の非直線性、温度特性などさらに検討の必要がある。

4.2 ハイブリッド IC を用いた試作回路

4.2.1 キラー検波およびキラーアンプ

APC 形色同期方式のキラー検波には同期検波を用いるが、これには比較的大容量のコンデンサが必要でハイブリッド形式が適当である。図 4.9 にその回路を示すが通常の同期検波出力をエミッタ接地の 2 段 DC アンプに加えて十分の DC 利得を得ている。試作 IC の入出力特性は前掲の図 4.7 のとおりである。

問題点として位相検出部の素子の許容誤差が回路図に示すとおり比較的小さいため、IC 製作精度がきびしく要求されることがあげられる。

4.2.2 水平発振・AFC 回路

従来回路は垂直発振回路と同じくブロッキング発振方式を用いているが、ブロッキングトランスを除外することを前提として IC 化方式を考えた場合、つぎの 3 方式が考えられる。

- (1) 半導体 IC を用いたエミッタ結合型発振回路
- (2) 半導体 IC を用いたリングカウンタ形式の発振回路
- (3) ハイブリッド IC を対象とした無安定マルチ回路

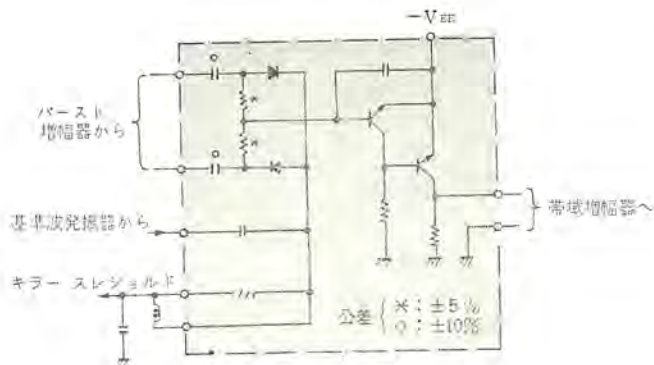


図 4.9 キラー回路図
Killer detector and amplifier.

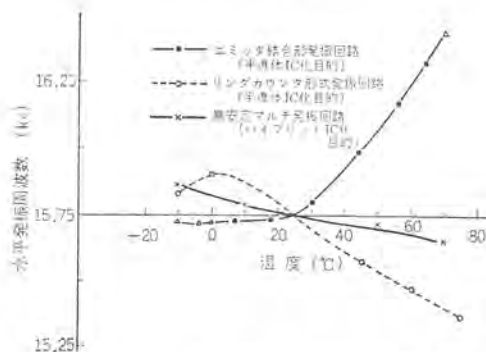


図 4.10 水平発振周波数の温度特性
Temperature drift characteristics of horizontal oscillator frequency.

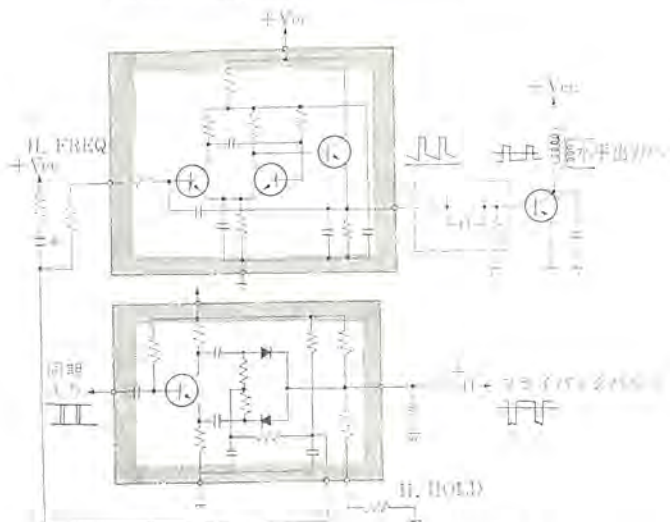


図 4.11 水平発振回路および AFC 回路
Horizontal oscillator and AFC circuit.

(1)(2) に関しては半導体 IC 特有の問題として発振周波数の温度変化の点で困難が伴う。受信機に用いるための要件として発振器に課せられた温度ドリフトの限界は $0.03\%/^{\circ}\text{C}$ であるが、(1)(2) の場合この値以下におさめることは容易でない。(1)~(3) の方式の温度特性を図 4.10 に示す。

1 例として(3)のハイブリッド IC 化した水平発振回路を図 4.11 に示す。無安定マルチバイブレータの基本回路では 2 石のみの構成でよいが、立ち上りの急しゅんな出力パルスを得るためには、時定数回路を小容量・大抵抗のものとする必要があり、大抵抗を用いた場合発振周波数の温度変化が大きくなる。

図 4.11 に示す試作回路では、エミッタフォロフ 1 石を追加してパルス立ち上り時間を約 $1/h_{FE}$ に短縮するとともに発振器より取り出し得る

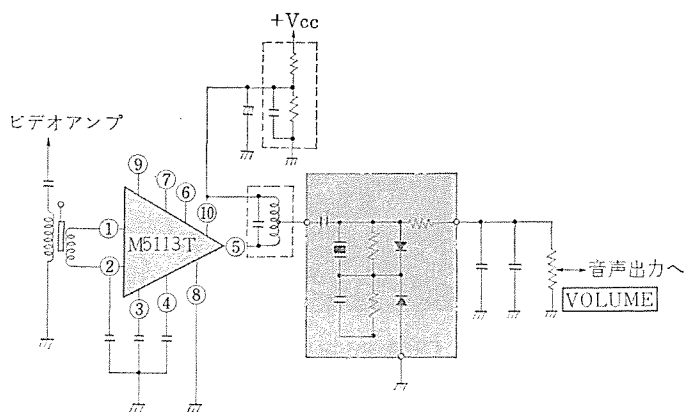
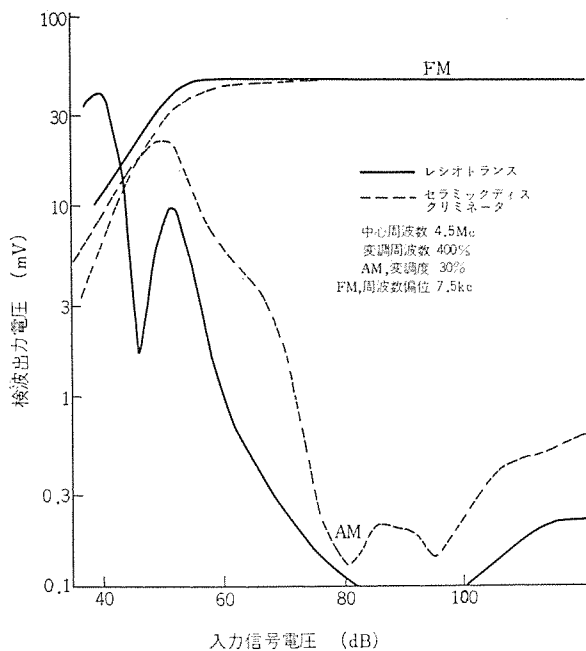
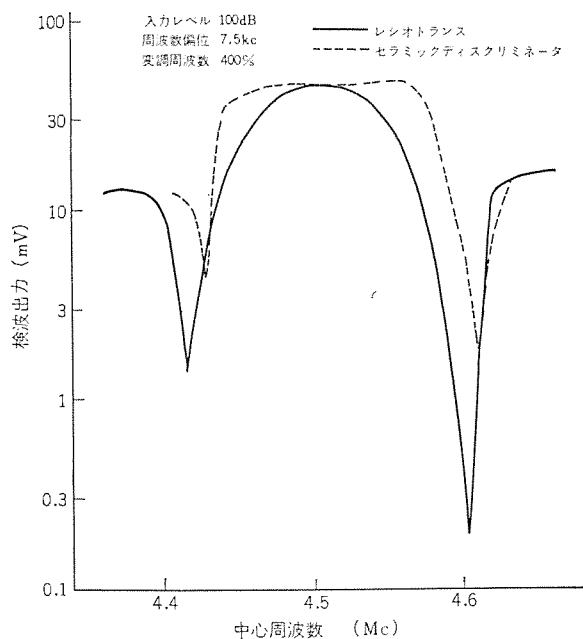


図 4.12 セラミック ディスクリミネータ を用いた FM 検波回路
FM detector with ceramic discriminator.



(a) AM 抑圧比



(b) ドリフト 特性

図 4.13 セラミック ディスクリミネータ の特性
Typical characteristics of ceramic discriminator.

電力を大きくできるように配慮している。この場合、時定数回路は大容量・小抵抗形のものを用いればよい。AFC 回路は従来回路と同じフェイズプリッタを用いた バランス 形のこぎり波 AFC 方式を採用した。

4.3 IC 周辺部品

IC 化回路設計時には IC 外に外付けとして残る従来部品数を減らし、IC 内に可能な限り集積することが必要である。しかし IC 化が不可能な外付け部品がある程度残るのは致し方なく、IC 化と生産性向上を結びつけるためにはこれら周辺部品の処置が必要である。周辺部品として残るものはトランス・大容量コンデンサ・高周波バイパスコンデンサ・半固定抵抗などであるが、これ等に対しては複合化をはかるのも一方法である。しかし複合化した部品が専用部品となりはん(汎)用性がなくなることを考慮すると、必ずしも最良の方法ではない。

複合化とは別に周辺部品の機能を他のもので置換える方法もある。一例としてトランスを用いるかわりに圧電素子を用いた例を以下に紹介する。

図 4.1 の 12PS-4100 形の SIF 回路ではレシオトランスを用いているが、この調整に要する時間は無視できない。図 4.12 はレシオトランスのかわりにセラミックディスクリミネータを用いた例である。図 4.13 に示すように M5113T と組合わせれば、レシオトランスの場合と同様の特性を得ることができる。結合トランスの調整はブロードに 4.5 Mc に合わせればよく、レシオトランスの場合に比して著しく簡略化されている。

5. 試作機の概要紹介

5.1 9 形 IC 化テレビの例

図 5.1 は当社で試作した 9 形 IC 化テレビの外観を示す。IC 化を行なった部分は図 5.2 のブロック図に示している。用いた IC は半導体 IC 6 個、ハイブリッド IC 5 個、セラミックディスクリミネータ 1 個、合計 12 個である。プリント基板上の部品点数を従来部品回路と比較したものを図 5.3 に示す。部品数は約 1/2 に減少しているが最終的にはこれを 1/4 強にすることを目標としている。

5.2 クロマ回路

図 5.5 に前記 IC 化カラーテレビ共同研究で当社が試作したバースト増幅器、カラー検波および ACC 回路を含むクロマ基板の外観を示す。

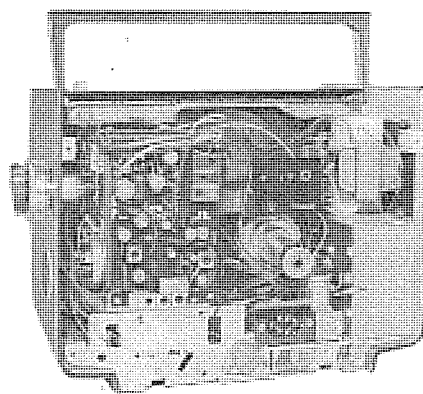


図 5.1 9 形 IC テレビの背面外観図
Rear view of 9" integrated circuit TV receiver.

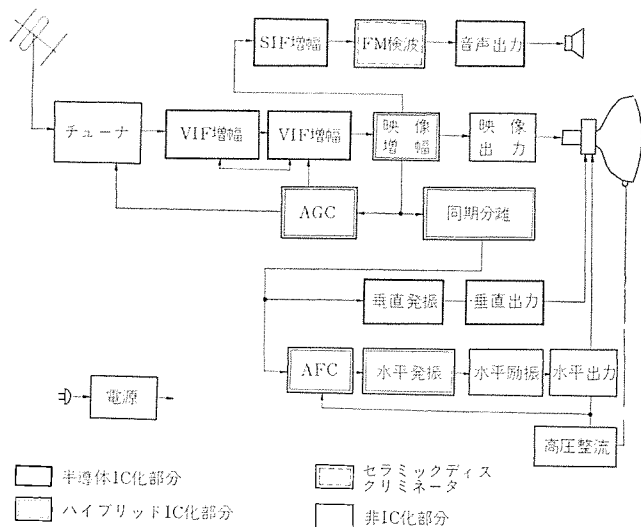


図 5.2 9形 IC テレビのブロック図
Block diagram of 9" integrated circuit TV receiver.

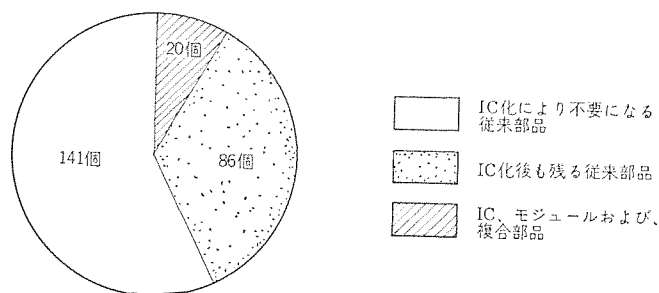


図 5.3 IC 化した場合のプリント基板上の部品点数の減少
A number of components on IC printed wire boards.

6. む す び

本文ではテレビ IC 化に対する考え方や現在での問題点を明らかにし、試作例のいくつかを紹介した。IC 技術自体発展途上にあるこ

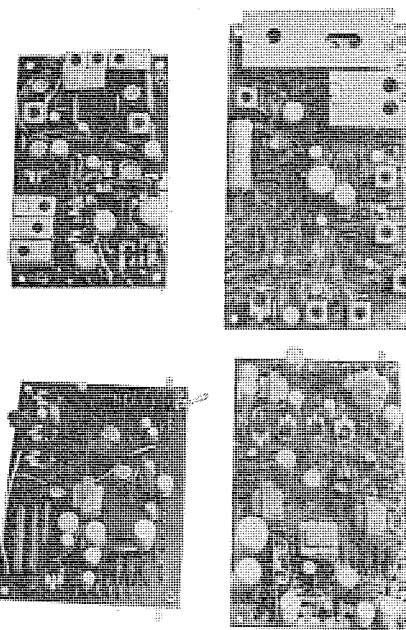


図 5.4 IC 化基板と従来部品基板の比較
Comparison of IC and discrete components printed wire board.

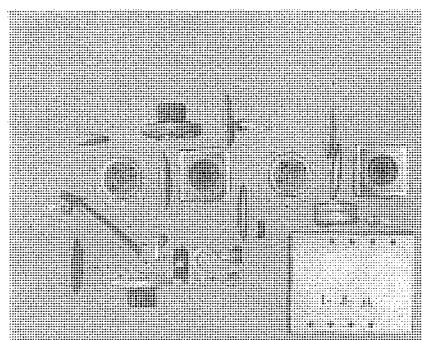


図 5.5 バースト基板
外観図
Burst amplifier.

とを考慮すれば、本文にのべた内容も技術の進展に合わせて修正していく必要がある。

最後に試作にあたって協力をいただいた当社中央研究所ならびに北伊丹製作所の関係者の方々に謝意を表する。

19 形 カラー 受 像 管 490 AKB 22 A

水 野 睦 夫*・鷹 野 泰*

19" Color Picture Tubes 490 AKB 22 A

Kyôto Works Mutsuo MIJUNO・Yutaka TAKANO

Since the study and development of shadow mask type color picture tubes was made in this country, about ten years have elapsed. During this time great advance has been made in the manufacturing technique of these tubes untill reaching present situations. This article describes the requisites about the quality asked for by purchasers, giving clear cut information with the Company's products type 490 AKB 22 A taken up as the center of discussion. The elucidation covers the brightness, the white uniformity, chromaticity, resolution, ease in adjustment, steadiness, safety and reliability as the requirements of the tubes.

1. ま え が き

わが国のカラー受像管は昭和32年に世界で初めて角形のものの開発に着手して以来、各種の変遷を経て現在19形をその主流として年間100万本以上の生産が行なわれている。この間設計上また生産技術上で大きな進歩が認められ、初期のものに比べ性能面、価格面で格段の差を有するものとなった。これらの動向については発表された論文もあるが⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾、当社の490 AKB 22 Aは最近の技術すべて折り込んだ最も代表的なカラー受像管と自負しうるものである。とくにその性能面に重点を置き、要求されている性能との関連について以下に論じ諸兄のご参考としたい。

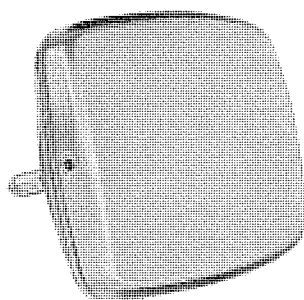


図 1. 1 19 形 カラー 受像管 490 AKB 22 A
19" color picture tube 490 AKB 22 A.

2. 性能・品質に対する要求

カラー受像管の性能、および品質に対する要求は、カラーテレビジョン受信機全体の性能におけるカラー受像管の占める割合が大きいくだけに、常に種々の面での高水準が要求されてきた。

これらの要求について、項目やその水準について整理をしてみると、下記の8項目でほとんどもうら(網羅)できる。

- (1) 輝度(明るさ)
- (2) 色および色純度
- (3) 白画面の均一性
- (4) 画面の解像度
- (5) 調整の容易性
- (6) 安定性(ランディングおよびコンバージェンスに対する)
- (7) 安全性
- (8) 信頼性

元来、シャドウマスク方式のカラー受像管は、色分離のためにそう(挿入)されているシャドウマスクのため、電子ビームの利用率が低く、明るさの点では不利な管であったが、それだけに明るさ向上に対する要求は強く、白黒テレビのごとく、かなり明るい外光のもとでも十分なコントラストと輝度で画面を見ることができるよう、きびしい要求が、カラーテレビ普及の先導としてでてきた。

色に対しては、忠実な色彩画面の再現のため NTSC 色度点により近い高純度の三原色が要求される。このために、けい光体の種類の選択や高純度のけい光面を仕上げる技術が必要である。

この三原色の赤色・緑色・青色を適当な割合で加色すると白色になるが、カラーテレビジョン受信機で白黒テレビジョン放送を受信する場合、画面に色むらが存在すれば見苦しい白黒画面となるので、画面全面にわたって均一な白色画面であることが要求される。

人間の眼は、白色面上の不均一点に対して、その点が輝度差のものよりも色度差(色むらなど)のもののほうが目立ちやすい性質をもっているため、白画面の均一性については完璧なものが要求される。

この白画面の均一性に影響をおよぼす要因は、三色けい光膜の均一度とビームランディング状態とであり、後者のランディングはこのカラー受像管で最も重要な性能の一つである。

ビームランディングは色純度調整として、外部より磁界でビーム軌道を調整し、所定の偏向中心をそれぞれのビームが通るようにして得られる。このため、この調整の容易性は、直接白画面の均一性にも影響してくるので、簡単な調整でビームをけい光体ドットの中心にあてることが要求される。

また、一度この色純度調整が行なわれた後で、ランディングが経時変化するようなことがあると、白画面の均一性や色純度を悪化させるため、このような経時変化のあることは許されないことになる。

画質を大きく左右する解像度は電子ビームのフォーカス特性が大きく(効)いているが、あまりシャープな特性にするとシャドウマスクの穴の配列で定まる空間周波数と走査周波数とのビート(モアレ)がきつ々しく現われ、見苦しくなるので、白ピーリつぶれ(ブルーミング)と併せて考えた妥協点にもってこることが要求される。

安全性については、現在の白黒受像管の大半がそうであるように万一の爆縮に対する保護対策が必要であり、防爆形受像管化への要求がある。

その他、当然のことではあるが長寿命で故障のない、カラー受像管であることの要求があるが、この種の信頼性に属する品質関係はか

なりカラー受像管が高価であるだけに、白黒受像管以上の信頼度が要求される。

これらの各種要求事項について、ここ2～3年間、とくにめまぐるしい改良がなされ、さらに高度の水準を目標に改良研究がなされているが、以下、各要求項目についてのレベルアップされた性能・品質などについて、詳細に記述する。

3. 各 論

3.1 明るさ

前述のようにシャドウマスク形カラー受像管は明るさの低いことが大きな欠点とされ、主として使用されるけい光体の改良・開発の面で研究が続けられてきた。現在使用されている(ZnCd)S:Ag, ZnS:Ag, およびEu付活けい光体の組合せのものは、初期のZn₂SiO₄:Mn, ZnS:Ag, Zn₃(PO₄)₂:Mnの組合せのものに比べ2倍以上の明るさを有している。とくに初期のものは赤の明るさが他の色の発光に比べ不足していたので、赤色系のけい光体の改善に努力が払われたが、希土類けい光体の導入により大幅に向上し⁽⁶⁾、緑色の明るさが不足するようになった。その後この緑色系けい光体についても明るさの改善が行なわれ、現在ではほぼ両者とも同じ明るさを有するまでに至っている。以上がシャドウマスク形カラー受像管の明るさに関する現在までの発展の概略であるが、明るさについて従来論ぜられる場合やや不明確な点があったと思われるので以下これについて述べる。

カラー受像管の明るさはEIAJ規格で規定されており、9,300°K+27 MPCD, 85 lm/m²の標準白色を得るための全カソード電流ΣI_kにより比較することになっている。しかし、実用上カラーテレビジョン受信機では三つの電子流の和により最大の明るさが制限される場合と、その中の最大電流により明るさが制限される場合とがある。これをけい光体の発光効率および色度との関連で示すとつぎのようになる。

$$Y_{\omega} = \eta_{\omega} W_{\omega} \dots\dots\dots (3.1)$$

$$= W_j \eta_j \frac{y_{\omega}s}{y_j s_j} \dots\dots\dots (3.2)$$

ここで Y: 明るさ lm/m²

W: 刺激電力密度 W/m²

η: けい光体の発光効率 lm/W

x, y: CIE 色度

suffix ω: 白色

j: R, G, B の中のいずれかの色

s: CIE 色度図上の3原色 GBR を結ぶ三角形の面積

s_j: 色度図上の白色点と j 色以外の2原色を結ぶ三角形の面積

また式(3.1)の白色発光効率 η_ω はつぎのとおり表わせる。

$$\eta_{\omega} = \frac{y_{\omega}s}{\sum_{r,g,b} \frac{y_i s_i}{\eta_i}} \dots\dots\dots (3.3)$$

すなわち、与えられた全電力(通常加速電圧が一定であるので刺激電流と考えても同じ)の下で明るい白色を得るには、式(3.3)で示される白色発光効率 η_ω を増大させることが問題の対象となり、一方ある一色の刺激電力により白色の明るさが制限される場合は、式(3.2)の右辺をいかに増大させるかが明るさ向上の対象となる。式(3.2), (3.3) 両式を見て明らかなように、式(3.3)の場合はいずれのけい光体でも発光効率が改善されれば白色の発光効率は増大する

表 3.1 各種 (ZnCd)S:Ag けい光体の色度と明るさ
Color and relative brightness of several (ZnCd)S:Ag phosphors.

けい光体種類	x	y	相 対 輝 度
G ₂	0.234	0.555	100
G ₃	0.280	0.590	113
G ₄	0.305	0.600	118

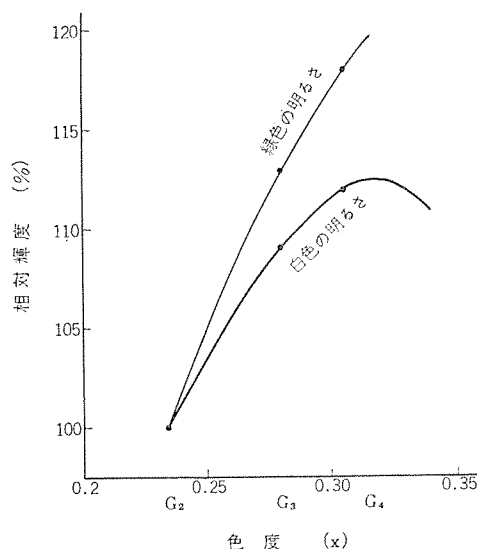


図 3.1 (ZnCd)S:Ag の色度と緑色および白色の明るさ
Relative brightness of green and white vs. color of (ZnCd)S:Ag phosphor.

が、ある一色、たとえば色の刺激電力により明るさが制限される場合は式(3.2)に示されるように、他の色の発光効率の改善はなんら白色の明るさに寄与しないことがわかる。

3.1.1 緑色の明るさ

けい(珪)酸塩緑色けい光体から硫化物系のけい光体に変更されてからもその発光効率はより明るいものに3段階を経て移行してきた。これは(ZnCd)S:Ag中のCdSの割合を増し発光効率を増大させたのであるが、このために主波長が長波長側に移りやや黄色に寄った。われわれはこの3段階のけい光体をそれぞれG₂, G₃, G₄と呼んでいる。これら3種類の色座標および明るさを比較すると表3.1のようになる。さらにCdSの量を増大した場合を發表されている実験値⁽⁴⁾より推定し、白色の明るさを式(3.2)から求めたのが図3.1である。なお図3.1は赤色けい光体としてはY₂O₃:Euを使用した場合であり、また緑色の明るさと9,300°K+27 MPCDの白色の明るさとをG₂を基準として求めてある。本図からも明らかなように緑色の刺激電力で制限された白色の明るさは現用G₄のけい光体がほぼ理想に近い値に達していることがわかる。この場合全刺激電力に対する明るさは図3.1に示した白色の明るさ以上に改善されており、x値の増加とともに単調に増大し、この観点からはまだ今後改良の余地はあるが、実用上は前述のとおり限界に近い値になっていると言える。

3.1.2 塗布法とけい光面の明るさ

けい光面の明るさは使用するけい光体自体のほか、その塗布技術により大きく左右される。使用中の刺激電圧に適した粒径のけい光体を最適の厚さに塗布することは、生産時の良品率をも加味したと

き、きわめて高度の技術を要する。当社ではテレビジョン受信機の使用高圧が漸次高くなることを見込み、 G_1 けい光体を採用と同時に従来よりも粒径のあら(粗)いけい光体に切り換え、図 3. 1 に示した値より大幅に明るさを改善することができ、 G_2 との比率で 20% 以上になっている。

最近シルバニヤ社は従来のスラリー法とはまったく異なったダスティング法と呼ばれる塗布を行ない 23% の明るさ改善を行なったと発表されている。これもきわめてあらい粒径のけい光体を使用していることに一因があると考えられ注目すべき方法と言える。

3. 1. 3 その他

シャドウマスク形カラー受像管における明るさの問題は以上のようにけい光面自体の問題ばかりでなく、極言すれば管全体の総合技術に関連している。たとえばシャドウマスクの透過率を 15% より 16% にするだけで明るさとしては約 7% の増加が実現できるが、後述するようにビームドットとけい光体ドットの裕度に関連しており、シャドウマスクおよびガラスパネルの精度、補正レンズの設計、製造技術の安定性、調整技術、調整後の安定性等々の総合的関連により決定しなければならない。

一方、受像管の明るさは明るい周囲光の下でコントラストをかせぐために取り上げられる問題であり、最低輝度も必要な事項である。すなわち、一般に必要とされている 30:1 のコントラスト比を出すためには最高の明るさを増大させるとともに最低輝度を下げる努力も同程度に重要である。とくにシャドウマスク形カラー受像管では、外光の反射以外に光および電子の散乱によりコントラストを阻害し、同時に解像度と色純度を低下させていることも無視できない。電子の散乱を防止するためにシールド板をガラスパネル側内面とシャドウマスクフレームと

の間隙に入れ、またシャドウマスクの穴自体を杯形にすることは現在常識となり各社が採用している方法である。しかし、メタルバックした Al 膜の形成状態によってもけい光面上のビームの切れが影響されることはあまり問題にされていない。当社の 490 AKB 22 A は従来のフィルミング材と異なったエマルジョン形のフィルミング材料を採用し、この点の改善をはかっている。図 3. 2 に従来のものとエマルジョンフィルミングを使用したものとのビームドットの切れの状態を示した。エマルジョン形のものを使用すると従来のフィルミング法のものよりけい光体ドット間をブリッジ状にフィルム膜が形成されず、ドット毎に独立した膜となるために散乱が減りビームの切れがよくなるものと思われる。このフィルミング法はこのような利点の外に材料が従来の材料に比べきわめて廉価であること。また製造設備が完全に自動化でき、生産性がきわめてよい等の大きな長所があるが、後でもふれるように白画面の均一性に微妙に影響しやすいのでフィルミング工程およびそれ以前の製造工程に対する管理が従来に比べ、大幅のきびしさが要求される。したがってけい光面製造工程が完全に安定した工場においてはじめて採用できる技術であると言える。

3. 2 白画面の均一性

カラーテレビジョン受信機において白黒画像を白黒らしく再現する可否かでその受信機の良否を判定することができる。画面全体にわたり完全に無彩色にすることはきわめて困難な技術であり、各社この点に重点を置きレベルアップに努力している。

白画面の均一性は経時的な変化を除外しても、受像管において、静的均一性と動的均一性とに大別して考えられる。

3. 2. 1 静的均一性

静的均一性とは無信号時に一様なラスターのみを画かせたときの白色画面の均一性であって、これが不均一になる原因として、

- (1) けい光体ドット上へのビームのランディングに起因するもの
- (2) けい光面の発光が不均一によるもの

とがある。前者はカラー受像管の構造的な誤差によるものであり、部品の寸法およびその特性のバラツキ また製造工程の条件のバラツキにより発生するものである。

カラー受像管の製造工程は複雑な各種の操作の組合せから成り立っており、かつきわめて高い精度を構造寸法の各所に要求される関係上、いかにしてもこの種の変動は多少なりとも避けられない。したがってこの種の変動要因を製造工程上で極力減らすと同時に、ある程度の変動をカバーできるような設計上の考慮も必要とする。これは後述の調整の容易性に要求される事項と同じで、とくに画面周辺部におけるビームランディングの裕度を大きくするように当社の 19 形カラー受像管は設計、製造されている。

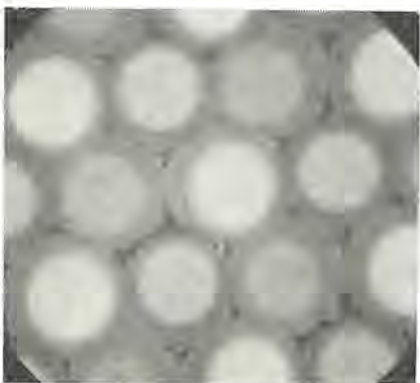
第 2 項のけい光面の発光が不均一のために起る白色均一性の問題は主としてけい光面作成工程に起因している。画面全体にわたり、3 色のけい光体の塗布重量比を均一にすること、さらにフィルミング状態を均一にすることが重要な技術となっている。当社のカラー受像管は画面中央部と周辺部における各色の発光比の比を管理し、これを 2% 以内に収めるように留意している。

3. 2. 2 動的均一性 (ホワイトバランス)

白色の色度が明るさにより変化しないこともカラー受像管に要求される重要な事項である。これは電子銃の駆動特性とけい光膜のいわゆる γ 特性によって決定される。従来電子銃に関しては種々検討されてきているが、われわれは後者のけい光膜の γ 特性もきわめて影響が強いことに注目しかねてより検討を加えてきたが、3 色のな



(a) 従来のフィルミングによったけい光膜



(b) エマルジョンフィルミングによったけい光膜

図 3. 2 ビームドットの形状
Beam dot structure.

かでとくに赤色けい光体の γ 特性が感覚的に動的な白色の均一性に関係していることを結論づけている。

現在 Eu 付活赤色けい光体に、 $\text{VO}_4 : \text{Eu}$, $\text{Y}_2\text{O}_3 : \text{Eu}$, $(\text{Y}_2\text{O}_3\text{S}) : \text{Eu}$ の3種類が実用されているが、この3者を比較した場合 $\text{Y}_2\text{O}_3 : \text{Eu}$ が最もすぐれた γ 特性を有しており、白黒テレビジョン信号を白黒らしく再現することができる。当社の 490 AKB 22 A にこのけい光体を採用している理由の一つがここに存在している。

3.3 色および色純度

カラー受像管で再現する G, B, R の3原色は NTSC で規定されている3原色の色度と一致していることが理想であるが、実用上高い純度の原色は不必要なので、許容される範囲で3原色の色度を犠牲にし明るさの向上に主眼をおいているのが一般のうす(趨)勢である。前述の緑色けい光体の変遷もそうであり、また当社が赤色けい光体として $\text{Y}_2\text{O}_3 : \text{Eu}$ を採用していることも明るさに重点を置いているからである。

カラーテレビジョン受信機で再現される色彩は受像管の3原色の色度により決定されるが、これ以外にも、 γ 特性、白色色度の選択、周囲光の反射等によっても大きく左右される。これ等については一部発表もされているが⁽⁴⁾⁽⁵⁾、人間の視覚との関連もあり、明確にされていない事例も多い。今後の研究課題といえる。

3.4 画質とフォーカス特性

テレビジョン受信機の画質を左右する要因の中で、とくに受像管のフォーカス特性は重要な項目の一つであり、さらにカラー受像管の場合は、解像度、ブルーミング特性等の白黒受像管と同種のフォーカス特性のほかに、モアレ現象を加味する必要がある。

カラー受像管のフォーカス特性の一例を図 3.3 に示すが、電子銃の構造によって、ビーム電流とビームスポット径の関係が図 3.3 の A, B のごとき傾向の異なるものを作ることができる。A の場合は、低電流域で B に比べて、ビームスポット径が大きく、比較的低輝度域で少しツツた画質となるが、大電流域で現われるブルーミングは B に比べて小さく、白つぶれが少ない傾向をもっている。このため低輝度域が目立つ、シャドウマスク穴と走査線の干渉で現われるモアレ現象を少なくするためには、A のタイプのほうが有利であり、ブルーミング特性も良いことから平均電流を大きく設定することもでき、明るい画面となる点も有利であるので、A タイプの構造の電子銃を採用した。

しかし、モアレ現象はシャドウマスク穴ピッチ、穴径とビームの太さで決まる要素が大きいため、この点を考慮して、穴ピッチ変更とともに、全電流域でさらに細いビーム径の電子銃へ改良がなされた。今後、さらにブルーミングの小さい電子銃の改良が進められる。

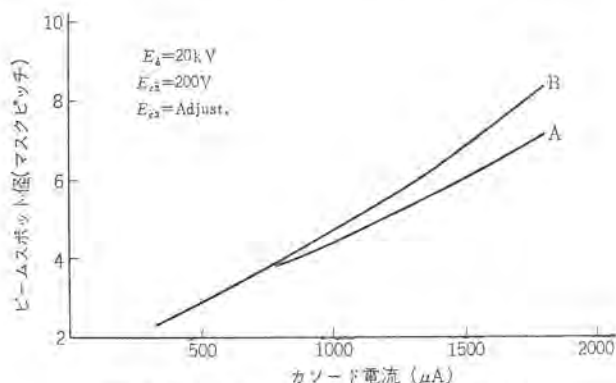


図 3.3 19 形カラー受像管のフォーカス特性
Focus characteristics of 19" color picture tube.

3.5 調整の容易性

カラー受像管を正常に動作させるために、種々の調整を必要とするが、この内、とくに重要な項目の色純度調整(ランディング調整)とコンパージェンス調整について、調整用付属部品の特性ととの関連において述べる。

シャドウマスク方式のカラー受像管のドット状けい光面を作るときシャドウマスクの穴を通して紫外線で焼付ける方法をとるが、この焼付けるけい光体ドットの位置は、完成管として動作させた場合に対応電子ビームが打つ位置に合わせておく必要がある。しかし一般に3電子ビームを偏向した場合、偏向角の関数として偏向中心が移動(この変動量を ΔP とする)し、また、画面中心部と周辺部の飛程距離の差と周辺偏向磁界の不均一などより生ずる3電子ビームの非集中を補正する偏向中心面でのビーム三角形の広がり(この量を ΔS とする)がある。これらの ΔP , ΔS の量は偏向コイルの特性で定まるもので、使用偏向コイルを定めて、この特性にできる限り近似できる補正レンズを使って、けい光体ドットを焼きつける。このため、カラー受像管のけい光面全面にわたって、良好なランディング状態で、色ずれのない(コンパージェンスの良好な)画面に調整するためには、偏向コイルとの対応が十分にとれている必要があるが、偏向コイルの特性として、周辺部のビームトリオの三角性とダイミックスコンパージェンス特性との間に相反の関係があり、ビームドットのトリオの三角性を良くするとミコンパージェンスが出てくるので、この点を考慮して偏向コイルの設定とカラー受像管の設計を行なう必要がある。

実際の場合は、これらの必要条件を満足させるとともにカラー受像管製造上のばらつき、偏向コイルのばらつき、および地磁気などのランディングに影響する要因を考慮して、ビームドットとけい光体ドットの大きさに図 3.4 のような関係をもたせ、ガードリングの大きさを画面周辺にいくにしたがい、大きくする設計を行なっている。このガードリングは ϕ_P と ϕ_R で決まる値であり、けい光体ドットの作り方で、

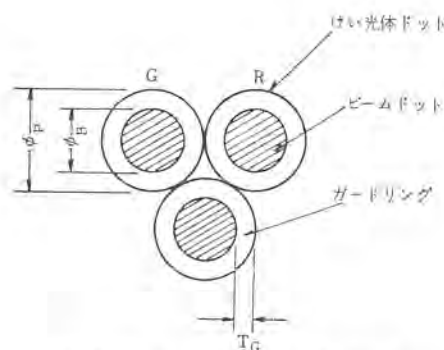


図 3.4 ビームランディングとガードリング
Beam landing and guard ring.

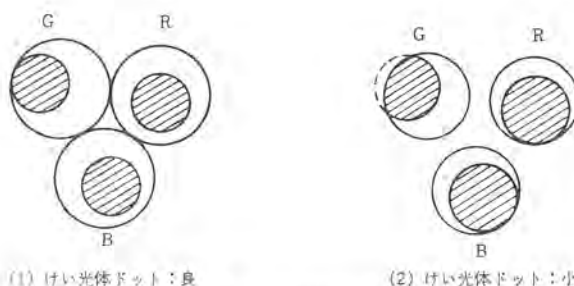


図 3.5 けい光体ドットの大きさとランディング状態
Size of phosphor dots and beam landing state.

図 3.5 の (1), (2) の場合, ϕ_F の小さい (2) のほうは調整が困難で, 均一な白画面にすることはむづかしい。当社の 19 形の場合は, ガードリング T_G は中央部 0.055 mm, 周辺部 0.08 mm で, 調整裕度を大きくとっている。

その他, 色純度調整の容易性の一つとして, 調整指標があるが, これは偏向ヨークを電子銃側に引いたとき, 現われる Fire Ball (赤画面でのランディング域) を画面のどこにくるよう調整すれば, 正しいランディングを得るに必要なビュリティ補正が得られるか, と言う一つの指標であり, 調整時, 最も行ないよい点は画面中心なので, この点に非常に近くなるよう受像管の設計を行なっている。

コンパージョンス関係においては, スタティックコンパージョンス (静集中) の量を小さくするため, 3 電子ビームのスポットが画面中心で, できる限り一点に近づくよう組立精度を上げており, とくに青ビームのラテラル成分が大きいと, 使用するラテラルマグネットの形式により, 赤, 緑ビームへのコンパージョンス影響や青ビームのフォーカスに問題が発生するので, この成分は極力, 小さくなるよう管理している。

3.6 安定性

カラー受像管の安定性として, 比較的短時間に発生する経時変化を中心に, ここでとり上げて記述する。

(1) ホワイトバランスの安定性

最初に調整した白画面が時間が経過するにしたがい, 異なった色温度の白に変化する現象の原因のうち, 受像管の責任となるものは, 消去電圧の変動, カソードエミッションの変動などが主としてあげられる。

消去電圧の変動は, 電極間隔の熱的変動や溶接ひずみ変化などにより発生するもので, それに対処できる構造や除おい (歪) などで, 長期的な変動も入れて, 2~3 V の変動量に管理することができ, 問題のないレベルである。カソードエミッションの変動は, 短期的変動の要因として, アンダーエージング (under aging), オーバーエージング (over aging) があるが, 一般的には, アンダーエージングになるほうが多いので, 適正なエージング条件が白黒受像管より, さらにきびしく要求される。この変動がある場合は, 大体 20 時間から 100 時間で現われてくるものである。

(2) ランディングの経時変化

シャドウマスク式カラー受像管は, 85% 前後の電子ビームが, シャドウマスクにあたることになるので, 純鉄板のこのマスクは温度上昇を行ない, 熱膨張のため, マスク穴の位置が横方向に移動する。これによって, ビームのランディング位置が変動し, 大きい場合は, 色純度を悪くする。これを防ぐため, 熱膨張を補正する方法の採用で, この問題を解決している。詳細については本号の別論文「カラー受像管の経時変化」を参照。

(3) コンパージョンスの経時変化

コンパージョンスの経時変化の原因は, 電子銃の第 3 格子, 第 4 格子で作られるフォーカス主レンズ付近のガラス壁の不均一電荷と, 第 1 格子電極の熱的変動がおもなものであり, 前者の電荷による変化は, スイッチ投入後, 大体, 5 分間前後で安定するものであり, 後者の熱的変動のものは, 20 分から 30 分で安定する性質のものである。ガラス壁の帯電については, この部分の徹底した洗浄や適正な第 3, 4 格子間隔で, 均一な帯電と, その影響の軽減で, ほとんど問題のないレベルにすることが可能である。また, 電極の熱的変動は, 熱膨張を補正することで, 解決される。詳細については, 本号の別論文「カラー受像管の経時変化」を参照されたい。その他, 電極から

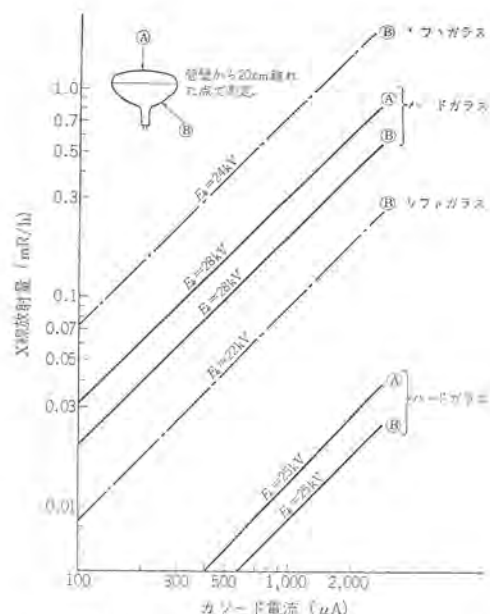


図 3.6 19 形カラー受像管の X 線放射特性
X-Ray radiation characteristics of 19" color picture tube.

の不要電子放射 (ストレーエミッション) がある場合は, この電子により, ガラスなどの絶縁体の表面電荷を変え, その場所によっては, 電子軌道に影響を与えるので, この種の不要電子放射が発生しないよう管理されている。

3.7 安全性

受像管の安全性については, 安全保証機関である Underwriter's Laboratories の基準があり, この検査規格に合格の受像管が作られている。この内, 防爆性の詳細については, 本号別論文「防爆形カラー受像管」を参照されたい。防爆形の一般的動向としては, 安全板はり (貼) 付け方式の PPG タイプより, 白黒受像管などで広く普及している周辺補強タイプへと移行してきており, このタイプでも十分な, 安全性が確認されている。

この防爆性以外に, カラー受像管の安全性として, 漏えい X 線の問題がある。一般にカラー受像管は高い陽極電圧で使用されるので, 高エネルギーの電子がシャドウマスクにあたり, X 線を発生する。この X 線がガラスを通して外部に漏れてくるが, この様子は図 3.6 に示すごとく, 電流にも依存するが, 電圧に対する依存度の方が大きく, 白黒受像管と同一ガラス生地 of カラー受像管の場合は, ガラス自体の X 線吸収係数が 15 程度であるので, テレビジョン受信機に要求される UL 規格の 0.5 mR/h 以下を満足させるためには, 最大陽極電圧は 23 kV までとなり, これ以上では急激に漏えい X 線が増加する。しかし最近, アメリカなどで使用の X 線吸収係数の大きいガラス生地と同等のものに変更があり, 最大陽極電圧を 27.5 kV まで上げることが可能になった。490 AKB 22 A はこの種のガラスを使用したものである。

3.8 信頼性

カラー受像管の信頼性について, 特に重要な劣化故障であるカソードエミッション関係の寿命をとりあげる。通常, 電子管のカソード寿命は, 管内真空度やカソード材料の摩耗などで主として決まるが, 良い材料を使用しても, 管内放出ガスが多い場合は, 短寿命となる。カラー受像管は, 管内にシャドウマスクのごとき, 放出ガス源となるものが内蔵しており, 白黒受像管に比べて不利である。また 3 本の電子銃がはいつているので, 劣化確率も増大する。このためカラー受像管の長

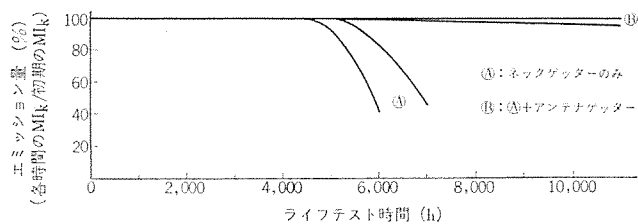


図 3.7 19 形カラー受像管の寿命特性
Life characteristics of 19" color picture tube.

寿命化は、使用材料、製造工程の徹底した管理と長寿命化の設計が必要である。われわれの場合は、これらすべてを満足するよう、とくに検討を加え、16 形よりさらに長寿命化に不利な 19 形より新設計も加え、長寿命化に成功した。これらの一例として、ゲッターを広範囲に多量飛散させる方法の採用があり、この効果を図 3.7 に示す。アンテナゲッターの追加で、2 倍以上の延長である。

4. む す び

今日カラー受像管に要求されている性能、品質面の項目を明確にし、当社の 490 AKB 22 A がこれらの要求をいかに満すべく設計、生産されているかについて紹介した。現在のカラー受像管が顧客の希望をすべて満足するところまで達していないことは筆者らも十分

承知しているが、種々の技術改新を経て生み出された本管種は現時点の最高技術をすべて折り込んだものと言っても過言ではないと思う。とくに長寿命を誇りうることについては、総合技術の成果であると言える。紙数の制限により詳細に触れることができなかったのは筆者らの心残りとするところであるが諸兄のご容赦をお願いする。

カラー受像管に関連した技術はまだ発展途上にあると言える。将来材料技術上、生産技術上でよりいっそうの進歩が期待され、われわれも鋭意努力中である。使用者側からの要求を今後さらに満足しうる性能の実現、これがわれわれの使命と考えている。

参 考 文 献

- (1) 山崎：19 形 19° 偏向 カラーブラウン管 490 LB 22, 490 UB 22, 日立評論 49, p. 68 (昭 42)
- (2) 常田：最近の カラーブラウン管の進歩, 東芝レビュー 23, p. 26 (昭 43)
- (3) 常田, 野口：カラー受像管, TV 学誌 22, p. 194 (昭 43)
- (4) 大石：けい光体とその色特性, TV 学会色彩研究委資料
- (5) G. B. Townsend : On the Colorimetry of Colour Television Displays, TV Society Journal 10, No. 10 p. 300 (1964)
- (6) 粟津：受像管用けい光面, TV 学誌 22, p. 179 (昭 43)

防爆形カラー受像管

岩 田 浩*

Implosion Protection of Color Picture Tubes

Kyoto Works Hiroshi IWATA

The implosion protection system of the color TV picture tubes is typified by the PPG laminate system at present. However, like the case of the black and white picture tubes, the requirements for the color picture tube are shifting toward safer, better productivity and less costly implosion-proofness. There are now reportedly more than ten kinds of implosion-proof types developed. But from the standpoint of the safety and production costs, it is considered that the following three kinds come to the front. They are the laminate system, a rim protection system and a band protection system. Among them, the ones most likely to be used for the color picture tube are a shell-bond type and P-tube type in the category of the rim protection system, and a kimcode type and a T-band type in the band protection system.

1. ま え が き

受像管は内部が高真空であり、またその容積も大きいのでガラスの微細な傷やその他の外的要因などによって、ごくまれではあるが破裂することがある。このような真空による破裂現象は一般に爆縮として知られている。

したがって、テレビ視聴時に、爆縮が起こると非常に危険であり、このため従来からテレビジョン受信機には必ず受像管画像面の前に、厚い安全ガラス（プラスチックの場合もある⁽¹⁾）を装備し視聴者を保護する構造となっていた。

しかしこのような安全ガラスはテレビのコストを高くする要因になるばかりでなく、受像管の動作時に印加される高電圧による静電引力によって、受像管や安全ガラスの裏面にほこりが付着する。また外光の反射面が安全ガラスの分だけ余計に存在することなどにより、テレビの画質に悪い影響を与えていた。

この他、受信機の重量が増加し、キャビネットの重心が前方に寄るため薄形ポータブル受信機などでは安定が悪くなるなど、種々の問題があった。

特に白黒テレビでは受信機の軽量化に寄与するため、受像管は広偏向角化が進められ、画面の大きさに対する全長や重量が減少する代償として受像管の機械的強度は著しく小さくなってきた。

このため万一の事故に備え、安全性を具備した受像管を使用することが必要となり、この市場の要求から次々と各種の防爆方式が開発された。

これらの防爆方式の中で、安全性・生産性および製造コストの面ですぐれているものが量産化され、また同時に受信機の画質が改善され、安全性が増し、しかもコストダウンできるなど数々のメリットがあったため急速に普及し、現在では、ほとんどの白黒テレビが防爆形受像管を使用するようになっている。

一方、カラーテレビの分野では受像管がまだ90°偏向で、しかもバルブの構造上、その機械的強度が大きいこと、受信機の大部分が大形コンソールタイプで、わずかな軽量化や全長の短縮などは問題にならないといった点から依然として安全ガラスを使用した受信機が多数を占めている。

しかし最近、比較的小形のカラーテレビ、たとえば15形や16形など

では白黒受像管と同種の防爆化された受像管が使用され、また一部の19形の受信機ではPPGラミネート補強管が用いられるようになり、カラーテレビの分野にも受像管の防爆化の波が押し寄せてきたことが認められる。

カラーテレビもいまや1円を争うコスト競争の段階に突入し、またアメリカへの輸出はほとんど補強形受像管の装着を要求されるなどの制約もあり、今後デザインの多様化などと相まってカラー受像管の防爆化にはく(拍)車をかけるであろうと予想される。したがってカラー受像管の防爆化は時間の問題といえることができる。

2. 爆縮と補強のメカニズム

2.1 爆 縮

受像管ガラスバルブを排気してゆくと、外気圧によってバルブガラス中に高い応力が発生する。もちろんガラスバルブはこのような応力に十分耐えうるよう設計されているが、ガラス表面のきずなどによりき(亀)裂が発生し爆縮に至ることがまれにある。

一般にガラスの強度はその形状、厚さなどによって決まるが、このほかに、耐圧縮強度は高いが耐引張強度は比較的小さい特性とガラス表面状態、とくにきずの有無などによって大きく左右される。

受像管ガラスバルブの場合、形状などはすでにきまっているから真空にした状態で、ガラス表面に引張応力のかかる部分の強度が受像管の強度を決定する。とくにその部分にきずがある場合は受像管の強度はさらに低下する。

引張り応力のもとでこれらのきずは湿度・温度の変化によって時間とともに深くなりついにはガラス強度が極度に低下することがある。このような現象はガラスの疲労といわれているが、十分堅固に設計されているはずの受像管がまれに自然爆縮する原因はこの辺にあると言えることができる。

真空にしたガラスバルブの応力分布についてはF. de Boer⁽²⁾等が測定し発表している。この報告によると受像管ガラス表面の応力は図2.1のようになる。

この図で受像管外形線の外側に出た矢印は引張応力を示し、内側の矢印は圧縮応力を示している。また矢印の大きさはその強さの程度を表わしている。

この図から理解されるように受像管ガラス表面の大部分は圧縮応

力下に置かれるから バルブ 強度に対してあまり問題とならないが、画像面とファンネル部の間の区間すなわちパネルスカート部には引張応力が作用する。

とくにこのパネルスカート部はガラスバルブの製造、受像管の製造、輸送、テレビジョン受信機へ組み込むときの取扱いなどでもっともきずが発生しやすい場所であるだけに問題となる。

爆縮の過程を高速度カメラで撮影し分析してみるとつぎの四つの段階から成立していることがわかった。

(1) 第1段階 き裂の生長 ガラスの引張応力に対しきず部の強度が限界に達しき裂となると、瞬時にして受像管全体にひろがる。この時間は数ミリ秒以下と言う短時間である。

(2) 第2段階 パネルスカート部の膨張 き裂が受像管全体にひろがるとパネルスカート部にかかっている引張応力のため、この部分のき裂は急速に押しひろげられ裂け目となり、パネルスカート部が外側に膨張する形となる。

(3) 第3段階 画像面とファンネル部の陥没 パネルスカートの膨張によりき裂のはいったガラスバルブの機械的均衡が破れ、内外の圧力差によって画像面とファンネル部は受像管内部に吸い込まれる。

(4) 第四段階 ガラス破片の飛散 内部に吸い込まれる際に与えられた運動エネルギーにより、吸い込み途中で衝突して停止しないかぎり各破片は外方に向かって飛散する。

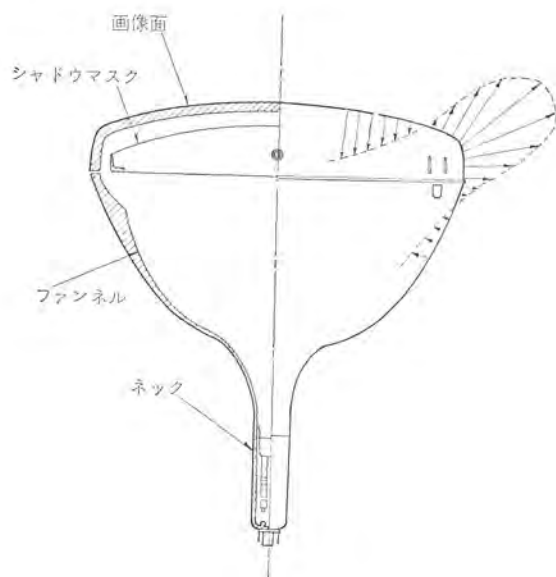
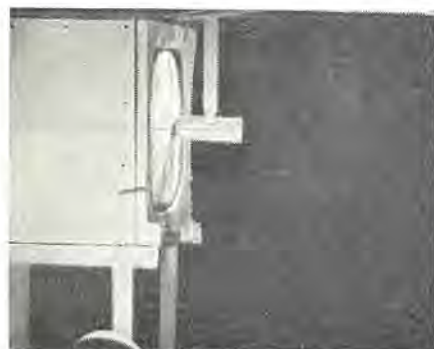


図 2.1 カラー受像管ガラス表面の応力分布図
Strain distribution of glass surface in color picture tube.



(a) 画像面を衝撃した瞬間
(き裂の生長)



(b) パネルスカート部が膨張し同時に
画像面が陥没する



(c) 飛散 (かなりの重量のある破片がほとんど水平に打ち出されている)

図 2.2 爆縮の高速度写真

High speed photographs at implosion.

図 2.2 はこの爆縮の瞬間を高速度カメラで捕えた写真である。このテストでは受像管をテレビジョン受信機と同様の箱に入れて、外部から衝撃して強制的に爆縮させたものであるが、パネルスカート部の膨張と画像面の陥没の様子が明確に示されている。画像面中央部の棒は衝撃ミサイル、雲のように見えるのは爆縮の気圧変化で、はく(剥)離したけい光物質やアルミ膜の霧である。

カラー受像管の場合にはシャドウマスクが第4段階での運動エネルギーのかなりの部分を吸収するので、容積の大きい割には飛散の度合いは少ない。

2.2 補強のメカニズム

もっとも初期に考案された補強方法は、テレビジョン受信機で使用する前面ガラスを受像管の曲率に合わせて画像面にはり付ける方法である。

このような方式として1955年から1956年にかけてコニング形およびPPG形が開発され、1957年ころからアメリカの各メーカーで量産化された。

これらの補強方式はラミネートタイプと呼ばれ、画像面を補強しているため視聴者に対する安全性は十分であるが、爆縮を防止することはできない。したがって爆縮した場合画像面は完全にその形状を保っているが、ファンネル部は粉々になり、テレビジョン受信機内部は破壊される。

このような補強方式に対し受像管が爆縮しない補強方式が1962年ころ、相ついで開発された。

キムコード形、シェルボンド形、P-tube形およびソリデックス形⁽³⁾がそれである。

これらの防爆原理はすべて共通しており、いずれもパネルスカート部を補強することによって、き裂の生長とパネルスカートの膨張を抑制することで受像管が爆縮しないようにしている。

受像管が自然爆縮する確率はきわめて小さいから、補強の効果はUL規格にあるように外的な衝撃で受像管を破壊してテストしなければならない。このとき衝撃位置のガラスを破壊する程度に達していない場合でも、ガラス中を伝ば(播)する衝撃波がパネルスカート部の引張応力を助長するため、補強しない受像管はほとんどが爆縮する。

しかし補強形の場合はパネルスカート部が外側に膨張しようとする衝撃エネルギーに対して、補強部の反作用力が働く結果、その部分のガラスの応力は圧縮応力に変換され爆縮するどころか割れもしないことが多い。

このような衝撃力の限界は3 ft lb程度と考えられており、野球のバットで衝撃した程度のエネルギーである。

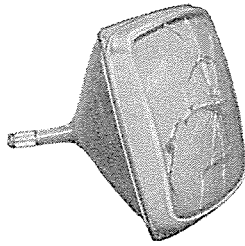


図 2.3 15 ft-lb で画像面中央を衝撃したシェルボンド補強カラー受像管 (19 形)
Shell-bond color picture tube impinged at its center by force of 15 ft-lb.

衝撃力がさらに増すと、もちろん補強形でも割れる。しかしパネルスカート部が変形しないため、き裂のはいた受像管ガラスの機械的均衡が保たれる結果受像管の形状はそのまま残る。つまり爆縮しないのである。

図 2.3 は線路工事などで使用する大形両手ハンマーで衝撃した力に匹敵する 15 ft-lb のエネルギーで画像面を割ったシェルボンド形 19 形カラー受像管の写真である。

3. 補強形カラー受像管

現在、電子機械工業会 (EIAJ) にて類別している方式によって補強形を分類すると次のようになる。

- (a) ボンド補強形 (ラミネート方式)
コーニング形, PPG 形
- (b) バンド補強形
キムコード形, パノプライ形 (P-O-P), T・バンド形
- (c) リム補強形
シェルボンド形, P-tube 形, ソリデックス形

このほかにも幾多の補強形が開発され、量産化されたが安全性、製造の難易、コストなどの点でとうとう淘汰されて、現在では実施されているものはほとんどない。

カラー受像管に適用する方式としては、さらにこの中からさらにとうとう淘汰される結果、今後に残ってくるものとしてはつぎの 5 種になると予想される。すなわち

- ボンド補強形, PPG 形
- バンド補強形, キムコード形, T・バンド形
- リム補強形, シェルボンド形, P-tube 形

この内 PPG 形は今後漸減し、バンド補強形、リム補強形に移行してゆくと考えられる。

以下にこれらの形の構造と問題点を述べる。

3.1 PPG 補強形

図 3.1 は PPG 補強形受像管の写真である。この方式は受像管の画像面とほぼ等しい大きさと曲率を有するガラス (テレパネルという) を透明な接着剤ではり付けたものである。

受像管ガラスとテレパネルおよび接着剤はそれぞれ異なった熱膨張係数を持っているから、この接着剤が硬くキュアするタイプの樹脂であれば、温度変化によって樹脂のはく離やガラスの破壊が起こるはずである。

したがって、この接着剤は完全にキュアしても消しゴム程度の弾性を有している特殊なプラスチックでなければならない。

このような用途にエポキシ樹脂 (ダウケミカル社 DER-720, DEH-66)⁽⁴⁾ やポリエステル樹脂 (PPG 社セレクトロン 5222, 5234 とルパール

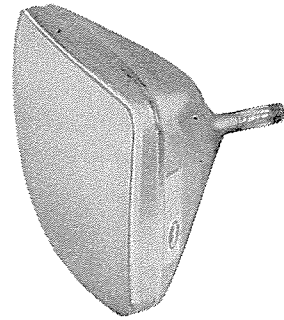


図 3.1 PPG 補強形受像管
Picture tube protected by PPG type laminate.

DDM) などが開発された。

エポキシ樹脂は接着性、透明度、屈折率および耐候性にすぐれた品質を有しているが、コストの比較的安価なポリエステル樹脂で十分な安全性が得られることから現在ではほとんど使用されていない。

ポリエステル樹脂は当初無水マレイン酸と MEK 過酸化物を添加使用する 3 成分系のものであったが現在では 2 成分系に改良され、もちろん国産化されている。

テレパネルは旭ガラスで製造されている。これは板ガラスを加熱して木型にて成型し、後テンパー処理をほどこしたものであるが、ガラス厚さが 3.2 mm しかないため完全なテンパーになっていない。

製造方法は受像管画像面とテレパネルをよく洗浄し、乾燥してから 1.7 mm~2.0 mm の間隔をあけて置き、プラスチック製の逆止弁をこの門に取りつける。この外側からマイラテープ (裏面にセロテープのような接着剤が塗布されているもの) をしっかりと巻きつけて固定する。

テレパネルと画像面の間隔はテフロン被覆の針金を用いて行ない、マイラテープで固定したあと抜き取る方法もあるが、量産の場合には自動テーピング機を用いるのが普通である。自動機の場合はこのようなスペーサは不用で余分なマイラテープの切り取りも自動で行なわれる。

このように組合わせたものを画像面を下にしてまず 50°C 程度に予熱し、プラスチック逆止弁の部分のマイラテープを円く切り取ってリタイナーを装着し、この部分から樹脂を注入する。注入はパイレックス社のデュオフロー形とか APC 社のハイドロスパンサーのようなディスペンサーが必要である。また注入位置の反対方向のマイラテープに針で数個の穴をあけ空気抜きとする。画像面はやや手前が低くなるよう傾けて置き、低いほうから注入する。

注入の後、赤外線ランプで画像面の周辺部から硬化するように加熱し約 25 分程度でキュアさせる。

この補強方式の特長としてはつぎのものがあげられる。

(1) ノングレア テレパネルの外側をつや(艶)消しにすることによって外光線の反射を散乱させ、見やすくする。

(2) 透過率 テレパネルの透過率の濃いもの、薄いものと組合わせて、幅広く透過率が選べる。

これに対して欠点としては

(a) 製造コストが高い テレパネルや大量に使用する樹脂などの材料費を筆頭に設備投資額、人件費等すべての面で他の補強形より劣る。

(b) 良品率が低い 広い画像面を接着する関係でこの間にじんあいやあわ(泡)などが混入する可能性が高く、いくら環境を整備しても画像面を全然補強しない他のタイプと比較にならない。

(c) 経時変化が起こる 樹脂のキュア条件によってテレパネルと樹脂部の部分的なはく離やき裂が起こることがある。これは触媒や

促進剤の添加量、製造後の温度変化などが関係し、安全性に問題はないが画面は不良となる。

この方式は現在一部の 19 形に応用されている。今後も当分の間は生産されるであろうが、コストが高い欠点のため漸減して行くと思われる。アメリカでは透過率の低いパネルが生産されるようになってから急速に PPG 形の生産量が減少しており、RCA などでは 19", 20", 25" などの大形管の大半が キムコード 形で生産されている。

3.2 キムコード形⁽⁹⁾

図 3.2 は キムコード 補強の模式図である。受像管のパネルスカート部にエポキシ樹脂を塗布したリムバンドを取付け、この上から幅 19 mm の鋼帯を 100~120 kg/cm² の張力で締付ける。締付けた後、鋼帯両端の重ね合わせ部分を鉄製のクリップで止める。この締付けのメカニズムは荷造りなどに使用する鋼帯の場合と全く同様である。このあとエポキシ樹脂をキュアさせる。

この方式は 1962 年アメリカの キンブルガラス 会社が開発したもので、初期のものは環状のリムバンドを用い、鋼帯の幅も広く、またファンネル部にガラスクロスのエポキシ樹脂で積層するタイプであった。この初期のものは キムコード I 形と呼ばれる。

その後何回か改良され前述のような キムコード III 形に至っている。

現在 キムコード IV 形まで発表されているが、IV 形は安全性にやや難点があり、キムコード III 形用の工程をかなり変更せねばならないため、採用しているメーカーは少なく依然として III 形が主流である。

白黒受像管では一部のメーカーでパノプライ (P-O-P ともいう) と称する補強形が量産されているが、これは キムコード とほとんど同じと考えてよい。異なる点は鋼帯をクリップで止めるかわりにスポット溶接で固定する方式である。しかしカラー受像管の場合、パノプライ方式を開発した RCA 自体 キムコード 形に切換えている。これは キムコード 形のほうがより簡単な設備で製造しうるからであり、またスポット溶接部にエポキシ樹脂などが付着するようなトラブルが少ないためと考えられる。

キムコード用のエポキシ樹脂としては UCC 社の EBLB-7652, ZBLA-8653 の組合わせが著名である。同様な特性を有するエポキシ樹脂も国産化されているがやや性能は劣るようである。

これらの樹脂は 200,000~225,000 cps とする非常に粘り強い (稠) なタイプであり、レジンと硬化剤の混合は特殊なディスペンサーを必要とする。

締具は一般に シグナード 社 NI-34-TV テンショナー と CN-5823 シーラが使用されているが、このほかにも スタシレー 社などの テンショナー、シーラを使用しても同等の製品を作ることにはできる。

テンションバンドはほとんど 5/8" 幅のものが使用されている。このバ



図 3.2 キムコード補強受像管
Picture tube with kimcode protection.

ンドは シグナード 社の “マグナス” が最も優秀であるが、国産品でも使用できるものがある。バンドの防せい (錆) 処理は黒色塗装をほどこしたものと亜鉛めっきしたものがあり、どちらも使用できるが、後者のほうが価格がやや高い。

製造工程はリムバンドへのエポキシ塗布、受像管へリムバンドを取付けテンションバンドで締付け、樹脂の加熱硬化という簡単な工程であるがレジンは硬化するまでの間、画像面にもれてくるのでこの除去に多くの人手を要する。

テンションバンドの締付力が安全性に大きく影響するので、工程ではひん (頻) 繁に締付張力をチェックし、締付機の空気圧を調整する必要がある。

この補強形の特長は、

(a) 材料費が安い 単価の高いエポキシ樹脂の所要量が 19 形で約 25 g 程度なので、リムバンド・鋼帯・クリップなど合計してもたかだか百数十円である。

(b) 良品率が高い 画像面にはなにも取付けないから工程上ほとんど失敗することがない。

この方式の欠点としては

(a) 帯磁の問題 カラー受像管は地磁気の影響を受けやすいほど磁気には敏感である。しかるに鋼帯のような磁気を帯びやすい物質で補強するのであるからもしなんらかの機会に帯磁するとビームランディングに著しい影響を及ぼす。とくにこの場合の磁気はある程度経時変化するからなお始末に悪いと考えられる。

(b) 画像面への樹脂の付着 画像面にリムバンドから漏れた樹脂が付着する。この除去工程にかなりの人手を要する。

(c) 取付耳の穴精度が悪い テレビジョン受信機への取付けを便利にするため、取付け耳をリムバンドの四隅に溶接してその上から鋼帯で締め付けることができる。この場合の穴の精度は後述の シェルバンド よりはるかに劣る。

現在 RCA は キムコード 形を量産しており今後のカラー受像管の補強方式として主流をなす補強方式である。

3.3 T・バンド形

図 3.3 は 15" T バンド 補強カラー受像管の写真である。

この補強方式は キムコード 形と非常によく似ている。というより キムコード 形の簡易タイプといったほうが適切であろう。

キムコード形ではエポキシ樹脂とリムバンドを使用するが、この方式はワイヤーテープや布製テープ (感圧接着剤が塗布されたもの) でパネルスカートを巻きつけ、この上から鋼帯で締め付ける。

この場合のテープは安全性に寄与するものでなく、むしろガラス面に締付具や鋼帯などによって傷がつくのを防ぐ目的で使用する考えたほうが妥当である。

この方式は安全性は キムコード 形に比べて、はるかに劣る。白黒受像管では内容積の小さい 12 形が限界であるとされている。しかし、



図 3.3 T・バンド補強形受像管
Picture tube with T-band protection.



図 3.4 シェルボンド補強受像管
Picture tube with shell-bond protection.

カラー受像管の場合はパネルスカート部が堅固であり、またシャドウマスクが飛散をかなり抑制するから15形まで適用しうる。カラー受像管ではこの大きさが限界である。

この方式の特長

製造コストが安い 材料費は数十円に過ぎない。しかも工程は非常に簡単で手がかからない。

欠点としてはキムコードと同じ帯磁の問題があり、またこの方式は取付け耳を付けることができない。防爆性能はあまりよくない。

3.4 シェルボンド形⁽⁶⁾

図3.4は19形カラー受像管のシェルボンド補強形の写真である。

シェルボンド形は取付け穴が四隅に付いたシェルを受像管のパネルスカートにはめ込んでシェルとガラスバルブの間にエポキシ樹脂を注入するものである。エポキシ樹脂がバルブとシェルのすきまから漏れるのを防ぐためガスケットを使用する。

このタイプは側面補強形の中でもっとも防爆性が高いといわれている。これはガラスになんら力を加えずに爆縮を発生させる力が作用した際にこれと等価の反作用力を発生させるためと考えられている。

しかしシェルおよびエポキシ樹脂などの材料費はキムコード形より高価である。しかし製造コストはキムコードより安くできるのでオーバールの製造コストはほとんど同等であると考えられる。

シェルは0.8mmの普通のみがき鋼板(SPC-1)をプレスしたものを使用しているので、キムコード、Tバンドのような帯磁の問題は起こらない。むしろ外界の磁気をシールドする効果が期待できる。

エポキシ樹脂は50%炭酸カルシウムの充てん(墳)剤を使用したシェル828タイプが用いられ、タウケミカル社DER 752、DEH 53の組み合わせが最もよく使用されている。

エポキシ樹脂の代わりに充てん剤を加えたポリエステル樹脂を用いる方法もあり、材料費が安くなるが、接着性が劣るため防爆性に問題がある。特にUL規格の400°F・5時間保持後の耐熱防爆テストでは完全に不合格である。

ガスケット材料は開発当初、ひも(紐)状コーキング材(建材でサッシ回りの目地として使用されるもの)が使用されたが、3M社でシェルボンド用として特殊なウレタンフォームのテープを開発し、コストが安く使用に便利なためこの種のガスケットが使用されることが多い。

エポキシ樹脂を節約する目的であら(粗)いメッシュのけい砂を使用することが可能で、この場合けい砂は樹脂の見かけ上の硬化収縮を減少させることができるので、シェルボンド管の欠点であるガラスのクラック現象の改善にも寄与できる。製造工程はガスケットをシェルに巻き付ける、受像管をシェルの中に入れる、樹脂注入、加熱硬化でありキムコード方式に次いで簡単であり、製造に関与する人員はキムコードの1/2~2/3程度で十分である。

シェルは普通モールドマッチ付近で樹脂の厚みが5mmくらいになる

よう設計される。しかしこの厚みはもっとうすい方がガラス破壊が少なく、また経済的でもあるので最近もっと小さく設計するようになってきている。シェルのめっきは亜鉛であり当社ではクロメート処理したものを使用している。

この方式の特長

(a) 防爆性能が良い この種の受像管の中で安全性はもっともすぐれており、キムコード方式では防爆性を保証できないような設計のバルブでも、シェルボンドなら保証できるケースが多い。(樹脂がポリエステルになるとかなり安全性は少くなる)。

(b) 製造コストが安い キムコード形と同等でT・バンドについて安く製造できる。工程の良品率も非常に高い。

(c) 取付け耳の精度が高い シェルと取付け耳は一体で成型されるため耳間隔などは ± 0.5 mm程度の精度で作る。この精度はP-tubeや耳付きキムコードでは追従できないものである。

この方式の欠点

(a) サルベージがむずかしい エポキシ樹脂とガラスの接着性はガラスの抗張力を上回っており、無理にはがすとガラスが破壊する。したがって工程不良品のサルベージは非常にむずかしい。

(b) ガラスのクラック エポキシ樹脂、ポリエステル樹脂は硬化の際に体積を縮小する。したがって硬化条件はできうるかぎりゆるやかに行なって、体積収縮は上面のレベルが低くなるように留意せねばガラスに引張応力がかけられた状態になり、爆縮はしないがガラスが割れることがある。

3.5 P-tube 形

P-tube形はシェルボンドと本質的には同じものである。しかしシェルは取付け耳が後から溶接されるタイプであり、接着剤として一部のシェルボンドと同様ポリエステル樹脂を用いる。ガスケットを使用して液の漏れを防ぐこともできるが、ゴム製の型の上に受像管とシェルを押付け硬化するまでもれを防ぐ方法が考え出されている。

この方法は材料費がキムコード形とシェルボンド形の間位置し、後工程はシェルボンド形の場合とほとんど同じであるから、製造コストはT・バンドに次いで安価である。

しかしシェルボンド形と比べて防爆性に劣り、また取付け耳の精度もキムコード形同様良くない。

この方式はオランダのフィリップス社によって開発されたもので、ヨーロッパ、カナダなどで広く量産されている。

この方式の特長、欠点についてはポリエステル樹脂を用いたシェルボンド形と類似しているので省略する。

4. 安全性規格と試験方法

受像管が爆縮する危険から視聴者を保護するための安全性規格は世界各国それぞれに制定されており、制定機関もアメリカのUL規格のように民間団体の場合もあれば、CSA(カナダ)やVDE(西独)のような政府機関の場合もあり国情によってさまざまである。

国際的な規格としてはIEC規格が著名であるが、この他ヨーロッパ共通規格としてCEEがある。また前述のUL規格などはわが国でも準拠して運用されており、国際的な性格を有していると言えよう。

これらの規格はいずれもテレビジョン受信機としての安全性について規定したもので、補強形受像管単体の試験規格としては不十分である。

最近IECでは補強形受像管の規格の必要性を認めスウェーデンの提案⁽⁷⁾を中心としてSC12Bの委員会が審議⁽⁸⁾されており、各国から

数多の意見が寄せられている。中でもアメリカの提案⁽⁹⁾はUL規格を骨子としたもので39頁におよぶものである。この提案では補強形受像管の試験法とその科学的根拠が詳細に示されており、近い将来IECで補強形受像管の規格が制定されることは間違いないと考えられる。同様の動きはVDEなどでも認められ、おそらく世界各国の規格におよんで行くと思予想できる。

アメリカのUL規格492⁽¹⁰⁾はテレビ・ラジオ受信機に関する安全規格で、前述のテレビ受信機としての安全性を規定するものである。しかしULではまだStandardとして正式に登録されていないが、補強形受像管の安全性試験について規格を持っている。これらの規格はULでRequirementと呼ばれ、規格そのものも完全に定まったものではなく、UL受験の時期の違いや補強方式の違いで規格も違っている実情である。

このような段階での規格は公表されていないので入手できる機会はない。UL受験の際にULの担当者によって示されるものに頼らざるを得ない。

しかし最近、補強形式が集約化されてきたこと、UL自身の規格に対する考え方が統一されてきたことなどの点から、規格・試験方法がほぼ固定してきたように思われる。

しかも最も古くから補強形受像管の試験に着手し、もっとも経験の多いULの方法がおそらく今後の国際規格や各国の規格に反映される可能性が高い。

わが国においても世界各国と同様EIAJのテレビジョン受信機安全規格の中には受像管単体の試験方法はないので、各受像管メーカーはこのようなUL規格に準拠して試験し、生産している。

したがって、現時点でもっとも普遍的と考えられるULの補強形受像管の試験方法と規格を以下に紹介する。

4.1 UL規格⁽¹¹⁾

(a) 低エネルギーテスト

○5フートポンド前面衝撃 直径2"、重量1.18ポンドの鋼球を用いて、5 ft-lbの衝撃エネルギーにて画像面中央を打つ。この場合振り方式がとられる場合が多いが落下でもさしつかえない。

○熱ショックテスト 画像面の一部に傷を入れておき、この部分に、したたり落ちる程度まで加熱したガラス棒を押し付ける。数秒の内に爆縮が起こらない場合はこの部分に氷冷した冷水をかける。

上記のいずれのテストにおいても受像管にき裂のはいること、あるいは衝撃部に若干の穴のあくことはさしつかえないが爆縮してはならない。

(b) 高エネルギーテスト

○ギロチンテスト 図4.1はこのテスト機の略図を示す。受像管は一面だけ開口部のある合板製キャビネットに入れる。キャビネットは上部に穴があいており、ここから直径1"のピンをそう(挿)入する。ピンの先端は受像管パネルスカートまたはこの近辺のファンネル部に置く。このピン頭部を4.5 ft.の高さから10 lb.の重量物を落下させ衝撃する。このときピンは15 mm以上受像管にはいり込まないようストッパーを設ける。

○Object Impact 図4.1の振子の先端に重量5 lb、直径2"の円柱状ミサイルをつける。ミサイルの衝撃先端は2"の球面に仕上げてある。受像管をキャビネットに取り付け、画像面の両長辺の縁から1/4" (シェルなどが付いているものはこの端部から1/8")の位置に長辺に平行に4"のきずをつける。

この受像管画像面を画面寸法に応じて規定されたエネルギーで前述

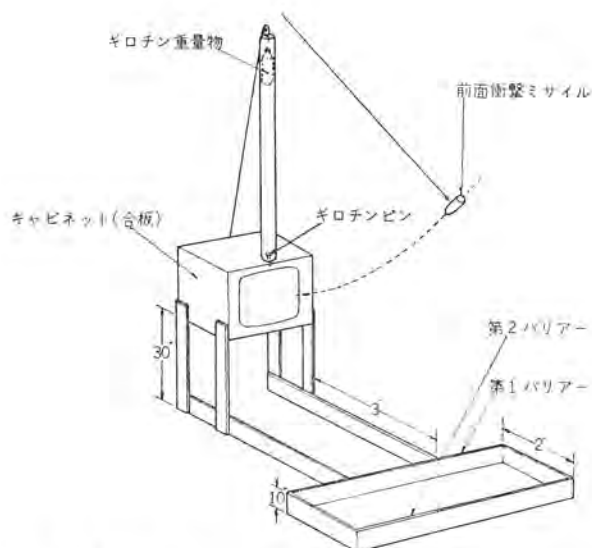


図 4.1 爆縮テスト装置 (U. L. 規格によるもの)
Equipment of implosion test.

のミサイルを用いて衝撃する。衝撃部は画像面に短径の1/3の半径を持つ円と、短径より2"小さい半径を持つ円を画像面の中心を中心として描き、この二つの円に囲まれた範囲の任意の点とする。

受像管最大寸法と衝撃エネルギー

20 形, 19 形	15 ft · lb
17 形	12 ft · lb
16 形	10 ft · lb
12 形	8 ft · lb

この高エネルギーテストでは補強形受像管が爆縮してもさしつかえない。しかしこのとき飛散するガラスの量が以下に規定される

キャビネットと第1バリア間	制限なし
第1バリアと第2バリア間	最大の破片1個の重量 1/2 oz 以下
	破片の総量 1 1/2 oz 以下
第2バリア以遠	細片以外は不可

(c) コンディショニング

前記の(a)、(b)の試験を実施するに際して、1/3の試料はそのままでテストされるが、残りの2/3は下記のいずれかのコンディショニングを実施した後テストされる。

高温保持

- (i) 400°F, 5 h
- (ii) 300°F, 50 h

低温保持

- (i) -40°F, 48 h

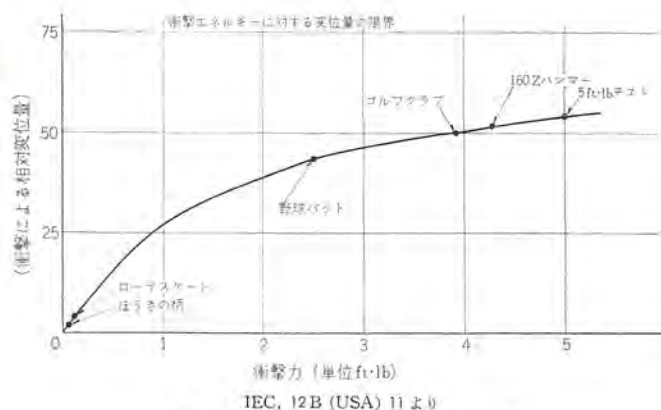
高低温サイクル

-40°F, 1 h → 常温 → 300°F, 1 h → 常温を1サイクルとして5サイクル。

もちろん、これらのコンディショニングは個々に独立したもので重複して適用されるものではない。

以上がUL規格のあらましであるが内容は非常にきびしいものであり、とくに400°Fのコンディショニングではポリエステル樹脂を使用するPPG形やP-tube形は合格しない。したがって国際的な規格や世界各国の規格はUL規格よりかなりゆるやかなものになるであろうと推定される。

最後に参考のため家庭内で受像管面に打ちつけられる可能性のあ



IEC, 12 B (USA) 11 より
図 4. 2 衝撃力に対する相対変位量
Peak scope deflection versus energy.

る各種の器物、たとえば野球 バット・金づち・ゴルフクラブなどで衝撃した場合のエネルギーを図 4. 2 に示す。

5. む す び

カラー受像管の補強化は今後ますます進んでくると考えられ、特に

ガラスバルブのテイント化が実施されると急速に変化する可能性がある。

本文がこのような場合に、少しでも諸賢の参考になれば幸いである。

参 考 文 献

- (1) 岩田：三菱電機技報，3，539～542 (昭 39)
- (2) F. de Boer, et al. : Philips Techn. Rev., 25, 81～88 (1964)
- (3) 住吉，西川：テレビジョン，18，746～750 (昭 39)
- (4) Sony Chemical Report, SCR 52505 (1967)
- (5) History of Implosion Protection Systems, O. I. Techn. Bull., Mar. (1966)
- (6) C. G. W. Labotatory Testing, Appendix II, Nov., 30 (1962)
- (7) I. E. C., SC 12 B (Sweden) 37
- (8) I. E. C., SC 12 B (Secretariat) 80
- (9) I. E. C., SC 12 B (U. S. A.) 11
- (10) UL, Standard for Safety, 492
- (11) UL, Report, File E 36566, May 24 (1966)

カラー受像管の経時変化 — コンバージェンスとランディング —

野坂 英荘*・小 磯 寛*・藤村 健男*

Changes in Running of Color Picture Tubes — Convergence and Landing —

Kyoto Works Eishô NOSAKA・Hiroshi KOISO・Takeo FUJIMURA

For the exact reproduction of the images on the TV color picture tubes, it is needless to mention that good initial performance is very important. But it is also important that there shall be no changes in running of it. As for convergence and landing which are vitally essential characteristics of the color picture tube much improvement has been worked heretofore. However, the changes in running have to be taken care of for securing steady performance of the devices and new compensation mechanisms have been developed of late.

This article describes the compensation mechanisms on the two important factors of the color picture tubes, convergence and landing characteristics.

1. ま え が き

見ているうちに色があやしくなり、そのたびに、家中でつまみのまわりをいちばん良く知っている‘テレビの主’がかけつけた初期のカラーテレビはもはや語り草になった。

ここ数年のこの著しい進歩には、受信機側では各種の自動調節機能の採用などのいわゆる安定性向上のための研究成果が非常に大きく寄与している。

安定性向上のための重要な問題の一つに、動作のたびにくりかえされるいわゆる経時変化がある。実際‘テレビの主’を必要とする原因は大半がこの経時変化である。

本文ではこれに関連してシャドウマスク式カラー受像管のコンバージェンスとランディングの経時変化の問題をとりあげ、原因と対策について述べる。

2. コンバージェンス経時変化とその対策

2.1 コンバージェンス経時変化

三電子銃形カラー受像管の欠点であるコンバージェンスには、経時変化もある程度は宿命である。

受像管に原因するコンバージェンス経時変化はスタティックコンバージェンスに関係したものだけと見なすことができる。

この経時変化は図2.1に示すように偏向を切ってけい光面にスポットを出し、これを顕微鏡で観測して測定する。図2.1で(a)はコンバージェンスの完全な状態、(b)は経時変化等による典型的なずれ(ミスコンバージェンス)の発生した状態を示す。このずれの量はシャドウマスクの穴ピッチを単位として測るのが簡単で比較的精度も良いので一般に広くおこなわれている。実際的にもずれが1ピッチを越えると実用上の問題となりはじめる。

さてコンバージェンス経時変化の認められる受像管を前記の方法で観察すると、スポットの移動はほとんどの場合動作開始後20分の間に起こりその後安定する。とくに始めの10分間は変化が著しい。

この変化の原因については、

(1) 電子銃の熱的な変形。

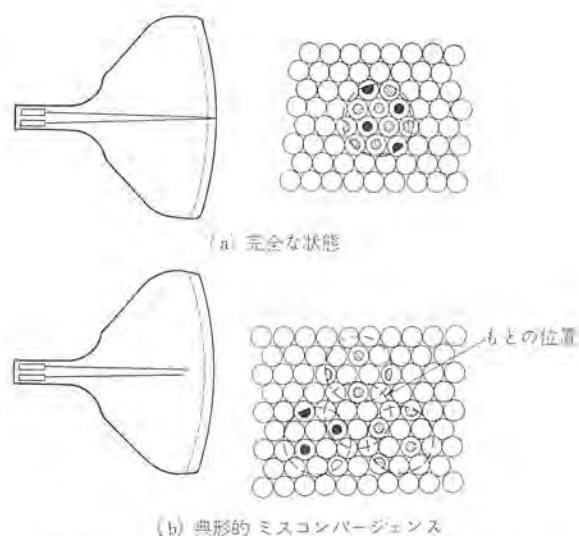


図 2.1 スタティックコンバージェンスとけい光面での拡大
Static Convergence.

(2) 電子銃を囲んでいるネック管ガラス内壁や電極の絶縁支持体(ビードガラス)の電位の経時的な変化のふたつが考えられる。

後者は、この部分で管内スパークが起ってネック管やビードガラスにたまっていた電荷が放電したと思われるときに、一瞬コンバージェンスがずれ、ただちにではあるが移動の経過が十分認められる程度のはやさで回復することから、この問題に関係していることが予想される。

うえにあげたふたつの原因別の調査は、受像管のヒータ電圧または陽極電圧のどちらか一方を先に印加して、十分時間が経ってから他方を加え、その直後に起こるスポットの移動を観測すればよい。この結果、初めに考えられていた両方が原因してコンバージェンスが経時変化を起こすことがわかった。

2.2 電子銃の熱変形

上記のような方法で電子銃の熱変形によるスポットの移動を観測したところ、移動はほとんどラジアル方向にのみ起こり、時間とともに変わる様子はほぼ先に記したとおりであり、移動量は初期の受像管

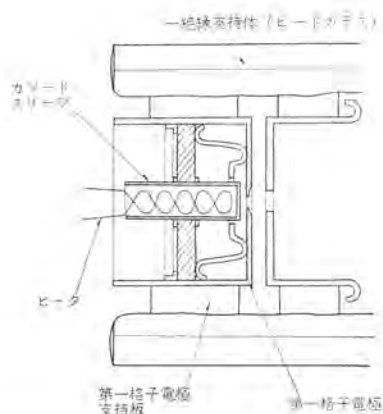


図 2.2 第一格子電極断面図
Cross sectional view of G1 electrode.

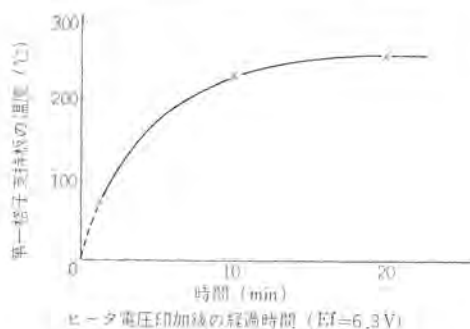


図 2.3 第一格子電極支持板の温度変化
Temperature variation of G1 strap.

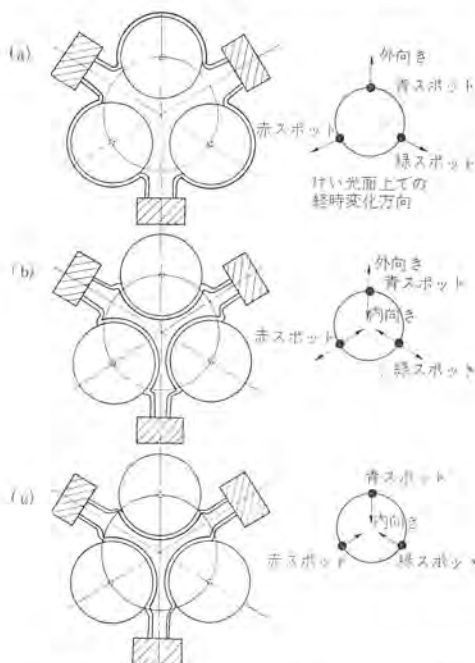


図 2.4 第一格子電極の各種支持法とコンバージョン 経時変化方向
Various methods of supporting G1 electrodes and the direction of movement of the beams.

では 1~1.3 ピッチ (0.6~0.8 mm) であった。

さらに調査したところ、この移動はわれわれの場合第一格子電極を絶縁支持体 (ビードガラス) に固定している電極支持板がヒータの熱で変形を起し、第一格子電極が電子銃軸に対し移動することが原因であることがわかった (図 2.2)。実際にヒータ電圧印加後のこの支持板の温度変化を測ってみると図 2.3 のようになり、経時変化が約 20 分間にわたって起こることとよく一致する。

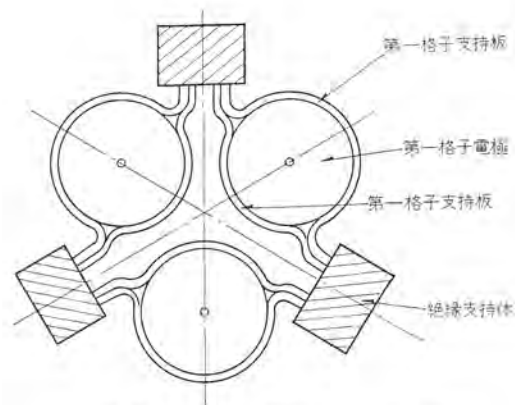


図 2.5 第一格子電極支持法 (改良形)
Improved method of supporting G1 electrodes.



図 2.6 第一格子電極支持法 (改良形)
Picture showing the improved method.

この対策はいろいろ考えられるが、われわれはこの支持の方法を研究してみた。

図 2.4 は第一格子電極支持方法の例である。右図に示す矢印はスポットの移動方向を示したものである。(a)(b)(c)とも電極の偏移は生ずるが傾向に著しい差がある。(a)においてはヒータ電圧印加後のスポット移動は 3 電子銃中心に対して外向きであり、(c)においては内向きである。しかしこれは微妙なものであってこのことはたとえば(b)のように形状を変えた場合、ヒータ電圧印加後約 10 分間はスポットが外向きに移動し、その後内向きに移動しはじめ 20~30 分でもとの位置付近で安定することからもわかる。

そこで(a)形支持板による経時変化量と(c)形支持板のそれとを等しくできたならばこの原因による経時変化を除去することが可能になると予想される。

実際に図 2.5 のような支持板を採用しさらに両支持板の形状を注意深く検討することにより、熱変形の影響のほとんどない電子銃を作ることに成功した (図 2.6)。

2.3 ネック管と絶縁支持体の電位変化

この原因によるスポットの移動は、先の熱的なものに比べ安定に要する時間が短く方向が一定していない。

この経時変化は図 2.7 に示したように電子銃の主レンズを構成する第 3、第 4 格子電極間隔を通しネック管内壁と電極絶縁支持体の電位変化が浸透し、電子ビームの軌道を変えるためと考えられる。

このような経時変化を軽減する方法として、

(a) 主レンズ電極間けきをネック管内壁電位変化の影響を受けない程度にせまくする。

(b) 主レンズ部分を一定電圧を与えた金属円筒で囲い、ネック管内壁電位変化の影響をしゃへいする⁽¹⁾。

(c) 内部導電膜を主レンズ部分まで延長する (ここに高抵抗材

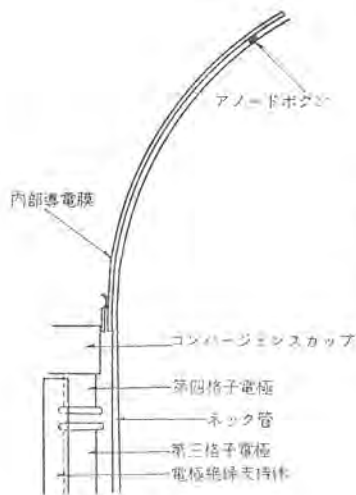


図 2.7 電子銃主レンズ
部分概略
Schematic sketch around
main lens.

料を使うことが多い)。

などが一般におこなわれている。しかしこれらはいずれも一長一短があり特に後二者は絶縁支持体の電位変化に対しては効果がない。

筆者らは、当社の採用している程度の主レンズ間げきであれば、内部導電膜をコンバージェンスカップ上端まで短かくして主レンズに対向するネック管内壁の電位を下げ、さらにネック管内壁と絶縁支持体を十分清浄にすることによって、この種の経時変化は実用上の問題にならない値以下に保てるとの結論に達し、特に目新しい機構的な補正方法は採っていない。

3. ランディングの経時変化とその補正

3.1 ランディングの経時変化

この問題については 17 形の場合についてであるが、当社の場合の報告が詳細になされており⁽²⁾、サイズが違ってもほぼ同様の取扱いができるがここでもう一度簡単に説明する。

まず後述のようなランディング経時変化補正機構を有しない受像管を動作させて観察するとつぎのような経時変化が生ずる。(測定には目盛入りの顕微鏡または顕微鏡写真を用いる)

(1) ランディング状態は動作開始後約 1 時間にわたって変化し、飽和状態に達する。

(2) このときランディング点は図 3.1 に示すようにけい光面中心から半径方向外向きに移動する。

(3) 動作を止めると(電源を切断する)ランディング状態はほとんど逆向きに变化してゆき、数時間後に元の状態にもどる。(完全に元の状態にもどるには約 10 時間を要する)

19 形のこのような受像管の画面周辺部でラジアル方向の移動量を実測した例を図 3.2 の実線に示す。この例では約 0.08 mm の移動が生じている。画面のこの部分ではけい光体ドットの直径が約 0.36 mm、シャドウマスクの穴径したがってビームによる発光点の直径が約 0.20 mm であることを考えるとこの数値はかなり大きいものであることがわかる。

このような従来のカラー受像管では、電源投入後約 15~30 分間動作させた時点で、偏向ヨーク、ピュリティ、コンバージェンスを調整し、画面全体にわたって、ランディングを最良に調整していた。このような、いわゆる妥協調整を行なえば、ランディングの経時変化を実用上ほとんど問題ない程度にみなすことができる。図 3.3(a) は上述の妥協調整されたカラー受像管を電源切断後、周囲温度まで十分冷やしたのち、再度電源投入直後のランディング状態である。(b) は同一画面の

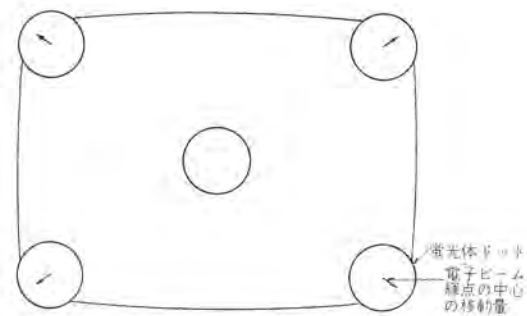


図 3.1 ランディングの経時変化の方向
Changing of register.

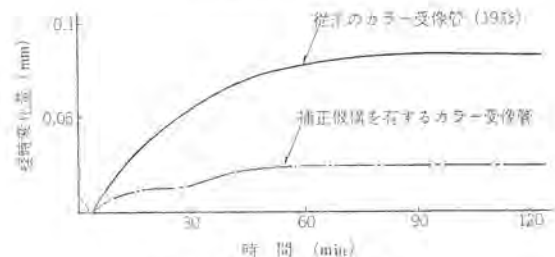
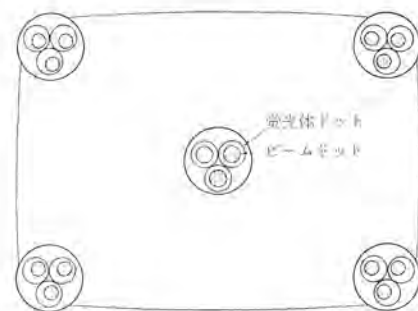
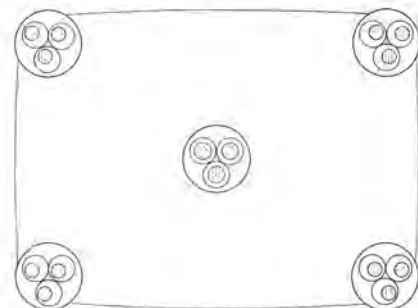


図 3.2 補正機構の効果
Effect of compensation.



(a) 電源投入直後



(b) 約1時間後

図 3.3 妥協調整
Compromised setting.

約 1 時間後のランディング状態である。中心でのランディングの経時変化はほとんどみられない。しかし、周辺ではランディングの経時変化が相当みられ、その向き、大きさは前述のとおりである。妥協調整の効果で、電源投入直後および約 1 時間後でも、電子ビームは指定のけい光体ドットにのみあたり混色は生じていないから、画面全体にわたって、常に、正確な色表現が行なわれている。しかし、個々のカラー受像管は、種々の要因により、ランディング特性に、ある程度のばらつきを有しており、ランディングの経時変化によっては、混色が生じ、画面に色ずれ、色むらとなって表われる可能性があった。実際にこのような現象があらわれなくても、周辺部の特性を維持するた

めにシャドウマスク穴径を余分に小さくしたり、調整のための待ち時間が必要であったのは大きな欠点であった。

3.2 ランディング経時変化の原因

この経時変化の原因は先の文献に報告されているようにシャドウマスクの熱膨張によるものである。このことは受像管をテレビジョン受信機ごとと完全な冷状態から動作を開始させて経時変化を見るほかに、受像管をカットオフ状態にしておいて他の部分を前もって十分動作させておいてからラスタを測定するなどして確かめることができる。

このようにして調査すると、前記の移動量 0.08 mm は、ビーム射突に伴うシャドウマスクの熱変形に起因するものが約 0.05 mm 、受信機内の温度上昇に伴うパネルとシャドウマスクの熱変形の差に起因すると思われるものが約 0.02 mm 、コンバージェンスの変化やコイルアセンブリの特性変化によると思われる原因のはっきりしないものがあり残りを占めていることがわかる。

このように、シャドウマスクの熱変形によるものが、ランディング経時変化の大部分とみなされうるから、これを補正できれば、カラー受像管のランディング特性は従来より相当良くなることが予想される。

実際、子細な実験をやるまでもなくこのような現象はシャドウマスク式カラー受像管のひとつの宿命でもある。

すなわち、シャドウマスクのビーム透過率は平均約 13% で、残りの大部分の電子ビームは、そのエネルギーのほとんどをシャドウマスクに与え、シャドウマスクの温度は周囲に比べ約 30°C 高くなる。

セット内は、回路部品が発生する熱のため周囲に比べ温度が平均約 30°C 高い。受像管内面には、アルミ膜がほぼ全面にわたって蒸着されているから熱放散は悪いといえる。さらに、パネル（ガラス）の熱膨張係数は約 $90 \times 10^{-7}/^\circ\text{C}$ 、シャドウマスク、フレーム（共に鉄）の熱膨張係数は約 $120 \times 10^{-7}/^\circ\text{C}$ である。以上のことから、結局シャドウマスクの熱膨張は、パネルのそれに比較するとかなり大となる。

3.3 シャドウマスク熱膨張の補正

シャドウマスクの熱膨張によるランディングの経時変化の様子を図示すると図 3.4 のようになる。電源投入直後冷えている状態のシャドウマスク M_c は、熱膨張の結果 M_H の状態となり、シャドウマスクの特定の穴 H_c は H_H へ移動する。したがって、この特定の穴を通過してけい光体ドット P_c にあたるべき電子ビーム B_c は、シャドウマスクが熱膨張した時点では B_H の軌道を通り、隣接のけい光体ドット P_H にあたってしまう可能性がある。

この移動を減少させる方策にはつぎのようなものが考えられる。

(1) シャドウマスクおよびフレームに熱膨張係数の小さい材料を使用する。

(2) フレームの形状を変える。

(3) 熱膨張したシャドウマスクを管軸に平行に移動させる機構をとり入れて熱膨張の影響を逃げる。

(1)についてはシャドウマスク本体の材料を変えることは今のところ非常に困難である。前記文献⁽²⁾ではフレームに熱膨張係数の小さい材料を使用することを提案している。実際フレームに鉄・ニッケル合金のアンパーのようなものを使うことは十分可能で効果も期待できるが価格的な問題が生ずる。

(2)はわれわれも経験している事実であり、特にフレームのスカート部（パネル側壁に平行な部分）の形状が経時変化に微妙に影響するようである。実際アメリカでは特殊な形のフレームを使ってこの問題を少なくしている例があるようであるが、どのような設計をすればよいか今のところ不明確でかつ完全に近い補正は困難なものと予想

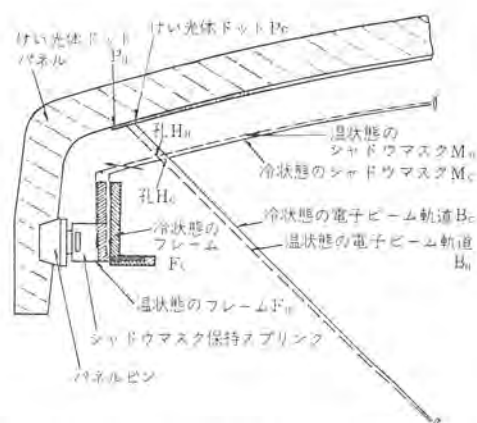


図 3.4 シャドウマスク熱膨張によるランディングの変化
Effect of thermal expansion of shadow mask.

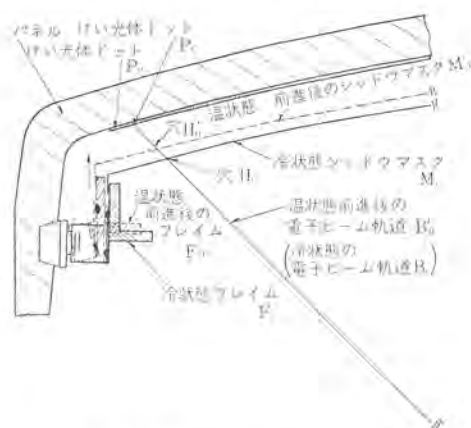


図 3.5 経時変化補正機構の原理
Scheme of compensatory measure.

される。

(3)は RCA が以前から提唱している方法で、われわれもこの方法を応用している。

図 3.5 にこの補正機構の原理を示す。熱膨張したシャドウマスク M_H を何らかの方法で、パネル面に向かって前進させて M_H' の位置にもちきたすと、注目していたシャドウマスクの穴は H_H' の位置に移動し、この穴 H_H' を通る電子ビーム軌道 B_H' は、熱膨張前の電子ビーム軌道 B_c と一致し、したがって、熱膨張後においても、熱膨張前にあたっていたけい光体ドット P_c にあたり、ランディングの経時変化はないということがいえる。

シャドウマスクの熱膨張に応じて、シャドウマスクをパネルに向かって前進させる機構としては種々の方法が考えられているが、その数例を、図 3.6⁽³⁾、図 3.7、図 3.8⁽¹⁾に示す。図 3.6 はバイメタル板を利用する方法、図 3.7 は 2 本または 3 本以上の熱膨張の異なったワイヤを支持ばねに使用する方法である。

図 3.8 において (a) はヒンジに力が加わり、ヒンジは矢印の向きに動き、他端はフレームを介してシャドウマスクを前進させる。

(b) はシャドウマスクの周辺にリンクを設けてフレームに溶接し、シャドウマスクが熱膨張して広がると、このリンク部分が矢印の向きに動きシャドウマスクを前進させる。

(c) は往復台を利用して、シャドウマスクの熱膨張に応じて、シャドウマスクを前進させる方法である。

われわれは最初に記したバイメタルを使用する方法を用いている。この機構⁽³⁾にも少し説明をつけ加える。図 3.6 において (a) は

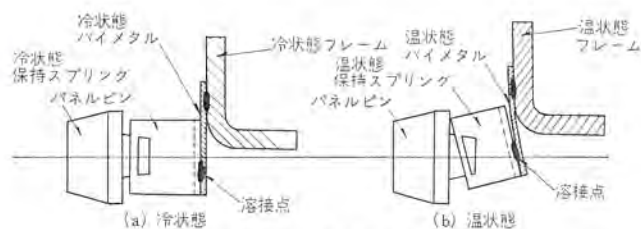


図 3.6 バイメタルを利用した補正機構
Compensation with bimetals.

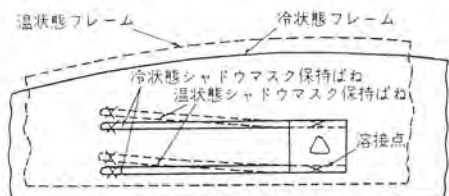


図 3.7 シャドウマスク保持ばねに異なった熱膨張係数を有するワイヤを利用する補正機構
Compensation with composed wire-springs of different thermal expansion.

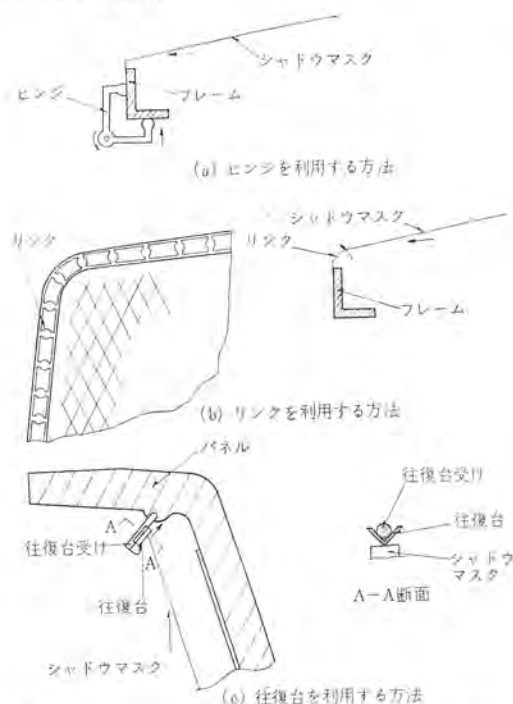


図 3.8 ヒンジ、リンク、往復台を設けた補正機構⁽²⁾
Various compensatory structure.

電源投入直後の冷状態を示している。シャドウマスクの温度が上がると、(b)に示すように、その熱はバイメタルに伝わり、バイメタルは湾曲し、シャドウマスクの熱膨張に対応してフレームを介してシャドウマスクを前進させる。

実際にバイメタルを利用する場合には、補正しようとする量、シャドウマスク、フレーム、保持スプリング等の関連でバイメタルの形状は決定される。また、バイメタルの材質、加工、熱処理、放出ガス等の問題についても十分検討しなければならない。

われわれの場合、マスクをパネルに固定するのにパネルに植えられた4個のピンのうち3個のピンを用いているが、この場合には4ピン



図 3.9 バイメタル使用のシャドウマスク
Shadow-mask with bimetals.

ともに使って保持する場合とは違ったバイメタルの利用方法を工夫した方がよいことがわかった。

以上の検討結果に基づいて、熱膨張補正機構を採用した場合の経時変化の様子を図 3.2 の鎖線に示す。この場合も移動は半径方向のみである。この程度になれば妥協調整の必要がなく、カラーテレビ据付、調整は従来よりスピードアップできる。タッチレスとしての要素がさらに加わったわけである(図 3.9)。

なお本文では半径方向の移動のみについて述べているが、動作中にシャドウマスクが管内でわずかに回転したり、平行移動したりすることもある。これについては前記ピンの位置やばねの熱膨張係数、形状等が影響することが認められており、前もってこれらを十分検討しておかねばならない。

4. む す び

カラー受像管のコンバージェンスとランディングの経時変化について簡単に述べた。

この種の安定性向上策は大きくわけて、原因そのものをとりのぞく方法と、原因に真正面からあたらず一種のフィードバックによって‘補正’する考えとがあるが、電子管のような特殊な装置では、ひとつの原因に対し上記二法の選択を含め全く異なった対策がいくつか考えられる場合が多い。

経時変化の問題がクローズアップされ、研究が進むにつれて、各社がそれぞれ特長ある対策を立てる場合が多くなってきた。これらの比較によってメーカーの考え方がある程度うかがえるのは非常に興味深い。

ここに述べたようなテーマは、今後は、機能を保ちつついかにして製造コストを下げるかと言う方向に向けられるであろう。

最後に本文作成にあたって種々ご教示いただいた諸氏に深く感謝する次第である。

参 考 文 献

- (1) 山崎：日立評論 49, 7 (昭42)
- (2) 鷲尾：TV学会誌 16, 7 (昭37)
- (3) 米国特許：No. 3330980 COLOR KINESCOPES
- (4) 日本特許：第241819号 電子管

偏向コイル内部磁界分布とコンバージェンス補正磁界

比田井 猛*・川田 雄彦*・長谷川 実*・猿田 貞吉*

Relation between Internal Magnetic Field of Deflection Yoke and Correction Value of Convergence

Denkionkyo Co., Ltd. Takeshi HIDAI・Takehiko KAWADA・Minoru HASEGAWA・Sadayoshi SARUTA

In a color TV receiver equipped with a three electron gun shadow mask type color picture tube, the electron beam in the tube, when passing the deflection field, undergoes various geometrical phenomena by the internal magnetic field distribution so as to produce an image on its surface as a result. Herein is discussed relation between the deflection field distribution, which is the most difficult to correct by means of externally attached circuit, and the convergence correction value so as to explain what part of the internal field affects the picture in what manner. The article also aims at to help TV set designers determine the grade of deflection coils.

1. ま え が き

最近のカラーテレビジョン受信機は、希土類けい光物質を用いた高輝度・高色純度受像管の実用化により急激な進歩で一般需要を呼び起している。これにともない簡単に調整でき、サービスが容易で安定した特性を長時間にわたり保持できる受信機への要求は、ますます強まりつつあるのが現状である。

現在一般に使われているシャドーマスク形3色受像管を用いた受信機では、受像管ネット部にコンバージェンスヨーク、ラテラルマグネット、ピュリティマグネット、偏向コイルといった偏向および色度調整を行なう部品が使われており、その部品に流す電流の大きさ、波形を調節して良い画質をうるような構造となっており、その部分をコンバージェンス回路とよばれている。したがってこの部分の機構および調整は白黒受像機にはない複雑さを設計製造面、さらにサービス面で持つのが実情である。

本文ではコンバージェンス回路と密接な関係を持つ偏向コイル内部磁界分布について記し、偏向コイル内部磁界分布とコンバージェンス補正電流および受像管の関係において、適切な偏向コイル使用によるコンバージェンス調整の容易化および今後の可能性について述べる。

2. 受像管内電子ビームの偏向磁界による影響度の計算方法

受像管内電子ビームが電磁偏向磁界により偏向される軌道の理論式は、基本的には電子の持つ質量、電子の運動速度、偏向磁界が運動している電子に及ぼす力による方向変化の関係により電子の運動方向が決定される。この運動方向および偏向過程を立体的に分布した偏向磁界と、等速運動をする電子の関係で求めようとする試みは、種々の方法でされている。

最も精度が得られると思われる一つの方法としては、フィルム社が試みた方法で偏向磁界を電子が通過する際、磁界空間をせまい立方体に細分し、その体積内部のおのおのについて磁界偏位を測定により求めることである。図2.1のように仕切られた立方体一つずつについて体積内の磁界ベクトル u を測定する。電子の運動方程式は磁場を一階偏微分することにより求められる。電子の運動速度は受像管アノード電圧、電子の質量より決まるから、微小立方体に電子がいる位置と方向が決まれば立方体より出る電子の位置、方向を決定

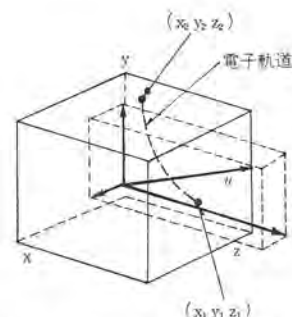


図 2.1 微小立方体内の磁界と電子の運動
Magnetic field in small cubic and electron movement.

することができる。その計算過程は立方体への入口の座標を (x_1, y_1, z_1) 、出口の座標を (x_2, y_2, z_2) とし、磁場 u に対する x, y, z 座標への磁界強さを u_x, u_y, u_z とすると時間 t の関数として

$$x_2 = x_1 + \left(\frac{du_x}{dt}\right)t + \left(\frac{d^2u_x}{dt^2}\right)t^2 + \left(\frac{d^3u_x}{dt^3}\right)t^3 + \dots$$

$$y_2 = y_1 + \left(\frac{du_y}{dt}\right)t + \left(\frac{d^2u_y}{dt^2}\right)t^2 + \left(\frac{d^3u_y}{dt^3}\right)t^3 + \dots$$

$$z_2 = z_1 + \left(\frac{du_z}{dt}\right)t + \left(\frac{d^2u_z}{dt^2}\right)t^2 + \left(\frac{d^3u_z}{dt^3}\right)t^3 + \dots$$

t : 電子の z_1 から z_2 への通過時間

この計算過程を微小立方体内に磁界の存在する範囲にわたりくり返し行ない、電子の軌道が形成される。3電子銃受像管の電子軌道を求めるには、3本の電子銃に対しおのおのの水平および垂直コイルの磁界の範囲、地磁気の影響度、3電子銃間距離、電子銃傾き角度、偏向磁界とスクリーン間距離、スクリーン面の曲率等受像管構成部分の必要データ、さらに3電子銃より出る3電子ビームが、シャドーマスク面で集中するためのフィードバック磁界源を求めることが必要である。

この計算過程において青・緑・赤3電子ビームが各許容誤差内にはいるまで、コンバージェンス磁界による補正初期条件をフィードバックしながら計算を行ない、最終電子軌道が求められた時点でコンバージェンス補正量も求めることができる。

ここで使用する計算過程を図2.2に示す。

上記解析法は、偏向磁界内空間における磁界測定が全立体にわたり均一条件でなされ、電子通過位置での計算が積分される結果、精度は最も信頼できる結果をうることができるが、磁界測定の区分はできるかぎり小さな検出素子を用いて、可能なかぎり多くの測定デ

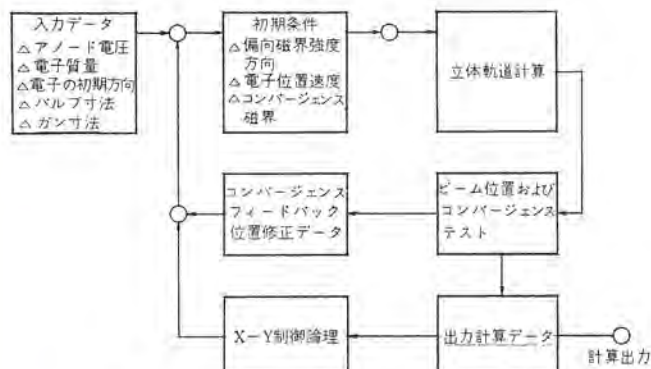


図 2.2 電子計算プログラムによる電子軌道計算
Calculation of electron orbit by electric computer program.

ータを取る必要があり、一つの偏向コイルを測定するのに数千個所の測定を必要とする。またコンバージェンス補正値を含めてフィードバックさせ、多数回のフィードバック計算を行なわせる必要があるため、電子計算機の高速度のものが必要となる。

そこで他の方法として、偏向コイル内の磁界の状況を偏向コイル中心軸における磁界の強さを軸上各点で求めた値と、軸に直角な面での磁界の中心軸上における磁界の強さとの比較において測定し、そこで得られた二つの独立磁界分布の関数式を用い、電子の質量および速度、受像管構造部の寸法条件を与えて、電子の軌道・ラスタ・ひずみ・直線性ひずみ・フォーカスひずみ等を計算する方法がシルバニヤ社・フィリップス社・IBM社・NHK技研等により提案されており、近似計算ではあるが偏向角度の比較的小さな範囲では、比較の実験値と合致するところからよく用いられてきている。

ここでは偏向コイル中心軸上の磁界分布と、軸上各点における軸に直角な部分の磁界状況を微小ホール素子を用いて測定し、コンバージェンス補正値を実験により得られた磁界分布より求めようとする。

3. 磁界分布の測定方法

偏向コイル内の磁界分布を測定する場合重要なことは、コイル内空間各点の磁界強度を正確に読み取ることである。本実験ではInSbを用いた微小ホール素子を製作して検出素子として測定を行なった。

測定回路は図 3.1 に示すが、被測定用偏向コイルに流す電流 I_1 には 50 Hz 商用電源を用い、ホール素子に流す素子電流 I_2 には 1 kHz の交流電流を用いた。検出素子の動作は、ホール素子に流す電流が検出端子において、磁界ゼロのときバランスして出力ゼロとなるようにホール素子動作点を選定すると、偏向コイル電流 I_1 でホール素子電流 I_2 を過変調を起す状態となり、さらに偏向コイルより遠距離の微

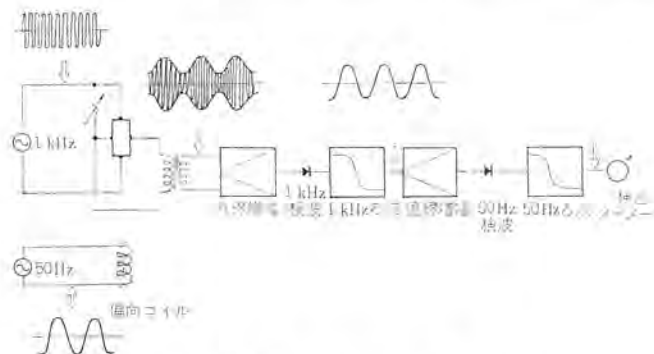


図 3.1 磁界測定回路
Circuit for measuring magnetic field.

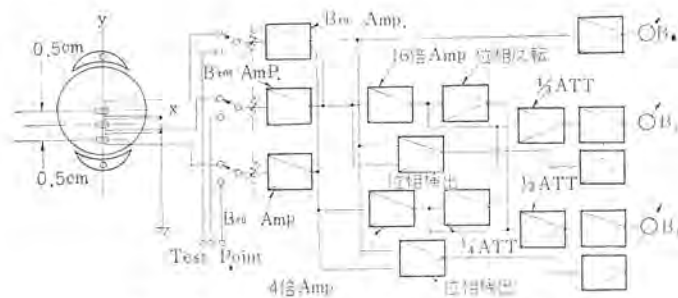


図 3.2 B_0, B_2, B_4 同時測定ブロックダイアグラム
Block diagram of measuring B_0, B_2, B_4 at the same time.

小磁界を測定する場合、ホール起電力と磁界の関係が非直線傾向を持つてくる。さらにホール素子電流 I_2 が素子を流れるとき、内部抵抗の電圧依存性を接合部付近で生じ高調波成分を持った素子電流となり、完全に検出電圧を磁界ゼロで検出出力ゼロとすることがむずかしいと言う欠点を持つ。

したがってホール素子出力端子にホール素子電流と同じ電流をバイアス電流として重畳し、ある既知の磁界強度における素子電流 I_2 の偏向コイル電流 I_1 による変調度が、50%となるようにバイアス電流を調整して測定を開始した。

検出出力は 50 Hz で変調された 1 kHz 信号を所要の振幅まで増幅し、ダイオードによる AM 検波を行なう。検波された 50 Hz 信号はさらに所要の振幅になるまで増幅され、得られた 50 Hz 信号をさらに直流に整流しメーターを振らせるようにした回路である。

さらに精度を上げた測定を行なうことと測定を簡易化するためには、検出素子を 3 個使用して B_0, B_2, B_4 を同時に測定する方法がある。Z 軸に直角な面で偏向コイル対を結ぶ線上における磁界の強さは、下記の式で表わされる。Z 軸上より離れた距離を y とすると、

$$B_x = B_0 + B_2 y^2 + B_4 y^4$$

$$B_y = 0$$

$$B_z = 0$$

で表わされるから、軸上に一つの検出素子を置き、0.5 cm 離れた y 軸上に一つの検出素子を置き、さらに 1 cm 離れた y 軸上に一つの検出素子を置いたとき、3 個の検出素子より得られる検出電圧は

$$B_{x0} = B_0$$

$$B_{x0.5} = B_0 + \frac{1}{4} B_2 + \frac{1}{16} B_4$$

$$B_{x1} = B_0 + B_2 + B_4$$

となり、 $B_{x0}, B_{x0.5}, B_{x1}$ を測定することにより B_0, B_2, B_4 の値を求めることができる。この測定方法は、3 個の検出素子の諸特性を完全に合った物を使用しなければならないが、軸上各点での測定を等価的に行なうのみで測定がいちじるしく簡易化する長所を持つものである。本測定器のブロックダイアグラムを図 3.2 に示す。

4. 偏向コイル内部磁界分布と画面の関係

偏向コイル内部磁界分布が画面(シャドーマスク面)に及ぼす影響にはつぎのようなものが考えられる。

- (1) 水平および垂直方向の偏向電流対偏向角の関係、すなわち偏向能率
- (2) 水平および垂直偏向時の直線性
- (3) 水平および垂直偏向のラスタ・ひずみ

(4) 水平および垂直偏向時または同時偏向時の非点収差

が考えられる。そのうち(1)の偏向能率は、偏向コイルに流す電流に対して発生した磁界中を電子が通過する磁界の距離により決定されるが、この項目はコイルと通過ビームの相対距離を短く設計する。偏向コイルの磁界長を長くする。偏向コイルに流れる電流を大きくすることにより目的の偏向角度をうるることができる。

(2)における直線性ひずみは、偏向コイル内の銅線の持つ直流抵抗分・コイル内の浮遊キャパシティ・受像管偏向角度による偏向中点とフェイスプレート間距離の差等により発生するが、偏向コイルに流すのこぎり波電流を適当にひずませた回路構成を作るとか、受像管周辺部に永久磁石を取付け補正を行ったり、場合により、水平偏向コイルを垂直偏向コイル組合わせ位置を 90° から傾むけて配置するなどして補正を行なうことが可能である。

(3)のラスタひずみは偏向コイル内磁界分布により発生する可能性を多く持ち、発生度合も偏向角度とフェイスプレートの形状により変化する。磁界分布の偏向ヨーク磁界による影響度としては、偏向ヨークフェイスプレート寄りの磁界分布の影響が、ラスタひずみに関しては最も大きく影響を与えるので、ラスタひずみ補正に関しては前端フラッジ部の磁界分布を調節することにより調整可能である。

しかしラスタひずみに関しては、直線性ひずみ補正と同様永久磁石を受像管周辺部に設けラスタひずみ補正を行なうとか、比較的単純な位置関数を持ったラスタひずみに関しては、水平偏向電流を垂直パラボラ電流で変調するとか、垂直偏向電流に水平偏向パラボラ電流を変調して重畳するなどして外部回路で補正することが可能である。現在のカラー受信機においては、大半のものがこの変調器を設けているので偏向コイル磁界分布により発生するラスタひずみは、単純な二次関数波形となるような設計を偏向ヨークについて行なえばよい。

(4)の非点収差を生じさせる偏向ひずみは、フェイスプレート構造より偏向中点とフェイスプレート(シャドーマスク)間距離が、受像管構造上異なる寸法に設定されているが、偏向磁界の非点収差への影響がなければフォーカス電極電圧を可変にすることにより、画面全体にフォーカスを結ばせることができる。しかし偏向コイルにより発生する非点収差はその量を見逃す程度に大きく、外部の補正回路により比較的単純な範囲で補正できない項目を含むため、偏向コイル内部磁界分布と非点収差の影響については真剣に考慮を払う必要がある。

この非点収差は3電子銃カラー受像管において3電子銃から発射された各電子ビームのフェイスプレート上へのランディング位置にそのまま適用され、色ずれとなって表われるため、偏向コイル内部磁界分布とコンバージェンス補正電流の関係について以下述べることにする。

5. スタティックコンバージェンス補正 および受像管組立誤差

3電子銃シャドーマスクカラー受像管は、3点光源より発した光線を適当な補正レンズを通した後シャドーマスク穴を通してフェイスプレート面を露光させ、順次3色ドットを形成させた後、電子銃をそう入し、排気して製作されるものであるが、3電子銃の組立誤差、受像管周辺部強磁性体の残留磁気、地磁気の影響等により、偏向を受けない受像管の3ビームは必ずしも中心部一点に結像せず、かなり受像管個々で様々なビームランディングをする。

図5.1は受像管電極電圧は動作条件をくずさず一定値を印加し、コンバージェンスヨーク、ブルーラテラルマグネット、ピュリティマグネット、偏向コイル

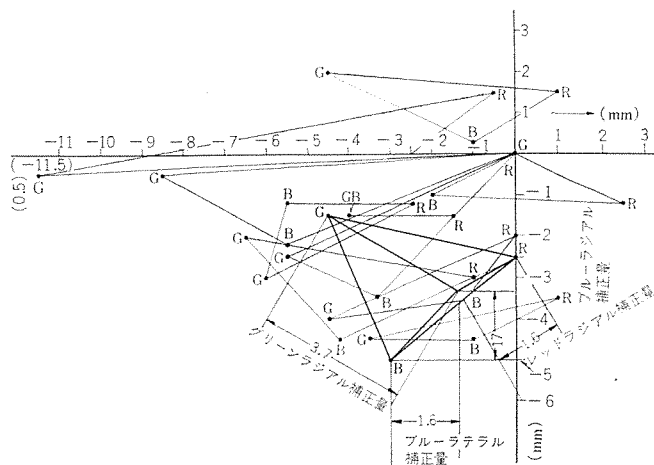


図 5.1 19形3電子銃カラー受像管 フリースポットランディング
Free spot landing of 19" three gun color picture tube.

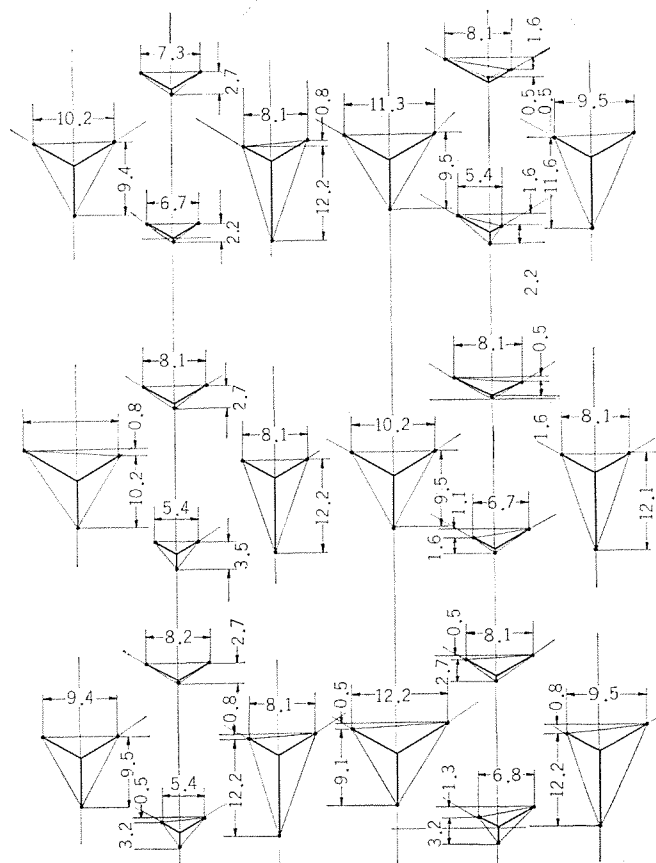


図 5.2 19形3電子銃カラー受像管を変えたときのコンバージェンス補正值(使用した偏向ヨークは測定したものとは違う)
Corrected value of convergence in changing 19" three gun color picture tubes (Deflection yoke used is not the same one measured).

を取り除き受像管を脱磁した後、順に交換して測定した値である。この表より幾何学的中心位置にランディングするビームはほとんどなく、三角形状もかなり変形したものとなっていることがわかる。この値は地磁気の影響を含んだものであるが、各ビームのスタティックコンバージェンス補正量およびブルーラテラル補正量を示す数値となる。

またこの測定結果で得られた受像管を用いブルーラテラルマグネット、ピュリティマグネット、コンバージェンスヨーク、偏向コイルを実動状態に取り付け、スタティックコンバージェンス調整を行なった後、ダイナミックコンバージェンス回路は3電子銃とも動作させない状態でのコンバージェンス補正量を測定した結果を図5.2に示す。

この結果より電子ビームの静的補正を行ない中心部に調整することにより、ビーム軌跡はダイナミックコンバージェンス補正には大きな誤差として表われないことがわかる。全体の測定結果よりわかることは垂直偏向によるスポットトリオは上下とも対称形状をしているが、水平偏向時には左右の形状が変化しているところから、試験用に使用した偏向コイルの水平コイルの磁界対称性がわるいものが使われたものと思われる。

この測定結果よりフリースポットランディング位置が、幾何学的中心位置に近いところにランディングする受像管ほどダイナミックコンバージェンス補正が簡単に調整できるという実験結果も得られている。

6. 齊一な偏向磁界の偏向中点および等価磁界長

受像管内を運動する電子ビームの磁界による偏向軌跡・等価磁界長を求めるには、近似ではあるが偏向コイル中心軸を z 軸とし、 z 軸上各点で磁界強度を測定し、得られた中心軸上磁界分布に基づき定積分計算を行ない、偏向中点 z_m ・等価磁界長 l ・等価磁界強度 B_0^* を求めることができる。得られた軸上磁界分布曲線をフェイスプレート側を正方向に取ると磁界分布曲線は $B_0(z)$ で表わされる。この曲線の一回定積分値を b 、二回定積分値を a 、1回定積分値の3乗の定積分値を c とすると a, b, c は下記の式にて表わされる。 z_l は偏向磁界の長さとする

$$b = \int_0^{z_l} B_0(z) dz$$

$$a = \int_0^{z_l} d\varepsilon \int_0^\varepsilon B_0(z) du$$

$$c = \int_0^{z_l} \left\{ \int_0^z B_0(u) du \right\}^3 dz$$

$$z_m = z_l - \frac{b}{a}$$

として求め、偏向中点合致法により等価磁界長 l ・偏向中点 z_m ・等価磁界強度 B_0^* は下記のようになる。

$$l = 4 \left(\frac{a}{b} - \frac{c}{b^3} \right)$$

$$z_m = z_l - \frac{b}{a}$$

$$B_0^* = \frac{b^4}{4(ab^2 - c)}$$

前記測定装置を用いて、90°偏向シャドーマスク形カラー受像管用偏向コイルの軸上磁界分布を測定した結果を、水平コイルを図6.1、垂直コイルを図6.2に示す。得られた磁界分布曲線を積分した数値は下記のようになる。

	水 平 コ イ ル	垂 直 コ イ ル
z_l (cm)	22	22
b	138.0	135.7
a	1,837.5	1,766.1
c	2.80×10^7	2.59×10^7
I (mA)	250	180
l (cm)	10.52	10.60
B_0^* (G)	12.97	12.84
z_m (cm)	8.68	8.99

上記測定結果から、水平コイルに対して垂直コイルのほうが中心軸より遠方に巻かれており、コイル長は短い傾向にあるが大体同一等

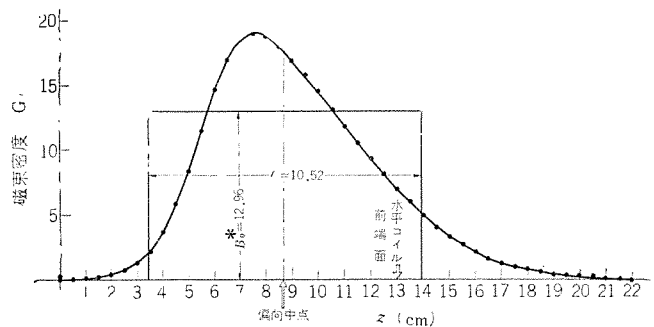


図 6.1 水平コイル軸上磁界分布
Magnetic field distribution on horizontal coil axis.

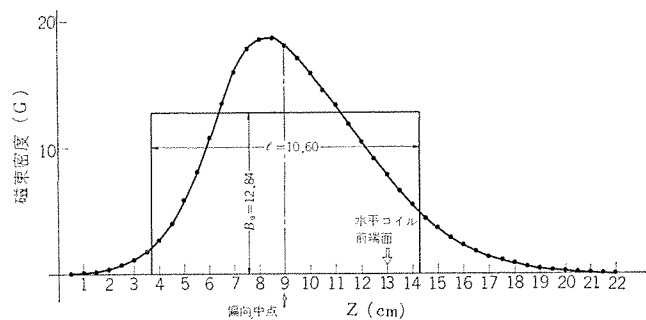


図 6.2 垂直コイル軸上磁界分布
Magnetic field distribution on vertical coil axis.

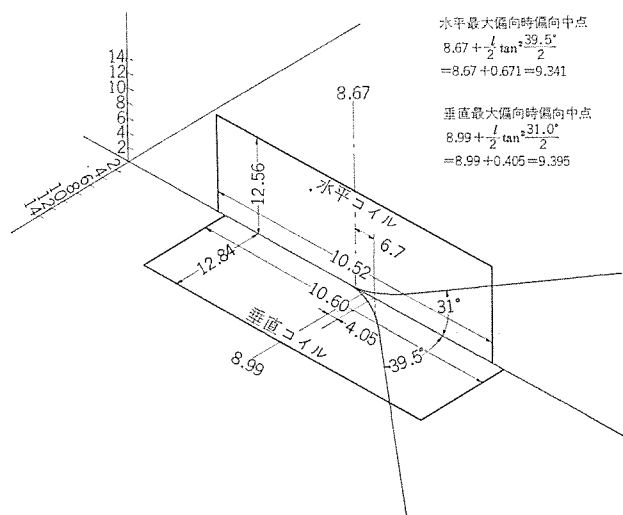


図 6.3 偏向角度による偏向中点の移動
Displacement of deflection center by deflection angle.

価磁界長となっている。また偏向中点は水平コイルのほうが、垂直コイル偏向中点に対して約3mm電子銃側に寄っている。これは90°偏向受像管偏向角度の最大偏向角が水平偏向半角で39.5°、垂直偏向角半角で31°であるから、最大偏向時の偏向中点の前進寸法 $z_m\delta$ は、偏向半角を β で表わすと

$$z_m\delta = \frac{l}{2} \tan^2 \frac{\beta}{2}$$

で表わされ、最大偏向時の偏向中点の前進寸法は下記のようになる。

水平偏向コイル 偏向中点 = $8.68 + 0.671 = 9.341$

垂直偏向コイル 偏向中点 = $8.99 + 0.405 = 9.395$

すなわち最大偏向時における偏向中点は、概略一致してくる傾向にある。この模様を図6.3に示す。

7. 偏向磁界の非斉一性が非点収差に及ぼす影響

前述のように非点収差の偏向コイルによる影響を、外部回路により補正することがむずかしいから、コイル内磁界分布は注意をはらい目的に合ったものを製作する必要がある。中心磁界よりy軸上に移動した点の測定には、図7.1の方向に磁界検出素子を移動して測定し、z軸各点で同様の測定を行なう。測定結果を水平コイルについては図7.2、垂直コイルについては図7.3に示す。この得られたグラフより右側・左側別々に軸近辺における半径を求め、その逆数を用いて等価磁界強度 B_0^* で除した値を $\nu(z)$ として z の関数として用いる。すなわち

$$\nu(z) = \frac{B_z(z)}{B_0^*}$$

として表わされる。

平面スクリーンに投影される非点収差について、測定より得られた $\nu(z)$ を用いて必要な数値を計算すると、得られた $\nu(z)$ 関数に荷重関数 $WF_1(z)$, $WF_2(z)$ を掛けたい定積分を行ない、集中誤差に関する数値 F_1 および F_2 を求める。すなわち

$$F_1 = \frac{1}{l^2} \int_0^{z_l} \nu(z) \cdot WF_1(z) dz$$

$$F_2 = \frac{1}{l} \int_0^{z_l} \nu(z) \cdot WF_2(z) dz$$

ここで WF_1 , WF_2 は下式で表わされる。

$$\begin{aligned} WF_1(z) &= z^2 \left(p_0 + \frac{l}{2} - z \right)^2 > 0 \quad z \leq l \\ &= 2l \left(z - \frac{l}{2} \right) \left(p_0 + \frac{l}{2} - z \right)^2 > 0 \quad z > l \\ WF_2(z) &= \left(p_0 + \frac{l}{2} - z \right)^3 > 0 \end{aligned}$$

偏向磁界による電子ビームのひろがり、赤・緑・青3電子ビームを含む円すい形状の1本の電子ビームとして考えたときにも同様に考えることができるから、近似計算による偏向コイル内部磁界分布が斉一であるとしたときのコンバージェンス補正值と、非斉一磁界から生じる補正值との和として計算すればよい。

X方向にだけ偏向されたときのビームのひろがり、平面スクリーンに偏向された距離を X_i とすると第1次の誤差は

$$\begin{aligned} x_1 &= -\frac{S}{p_0^3} (F_{0m} - F_1) x_i^2 \cos \varphi \\ y_1 &= -\frac{S}{p_0^3} (F_{0s} + F_1) x_i^2 \sin \varphi \end{aligned}$$

ここで S は偏向中点での軸中心とビーム間距離、 φ はビーム間の相対角度、 p_0 は偏向中点とシャドーマスク間距離である。

$$F_{0m} = \frac{6p_0 - l}{4} \text{ (斉一磁界の横方向のビームずれ)}$$

$$F_{0s} = \frac{6p_0^2 - 3p_0l + l^2}{6l} \text{ (斉一磁界に直角方向のビームずれ)}$$

$$F_{0c} = \frac{l}{3} \text{ (両方向に関係するビームずれ)}$$

また第2次の収差は

$$\begin{aligned} x_2 &= \frac{S^2}{p_0^3} (3 \cos^2 \varphi - \sin \varphi) x_i + F_2 \cdot \frac{S^2}{p_0^3} \cos 2\varphi \cdot x_i \\ y_2 &= -\left(\frac{1}{2} p_0 + F_2 \right) \frac{S^2}{p_0^2} \sin 2\varphi \cdot x_i \end{aligned}$$

で表わされる。

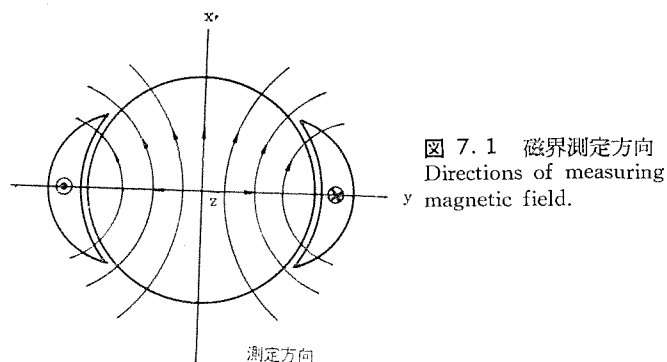


図 7.1 磁界測定方向
Directions of measuring magnetic field.

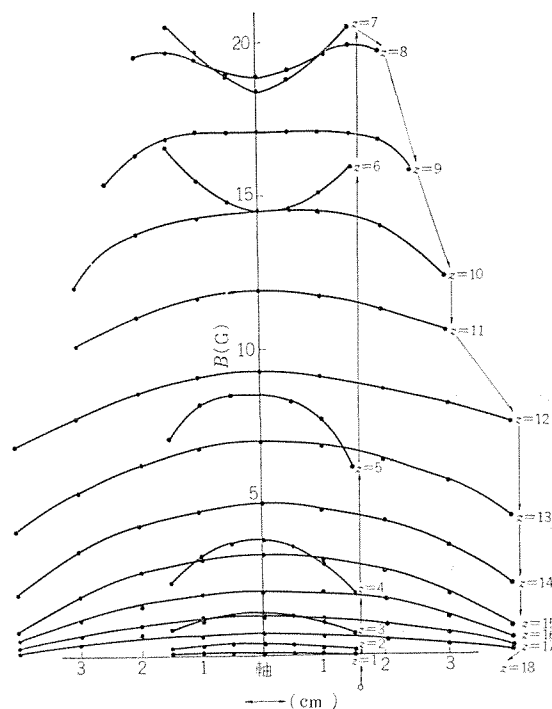


図 7.2 水平コイル磁界強度測定値
Measured values of magnetic field of horizontal coil.

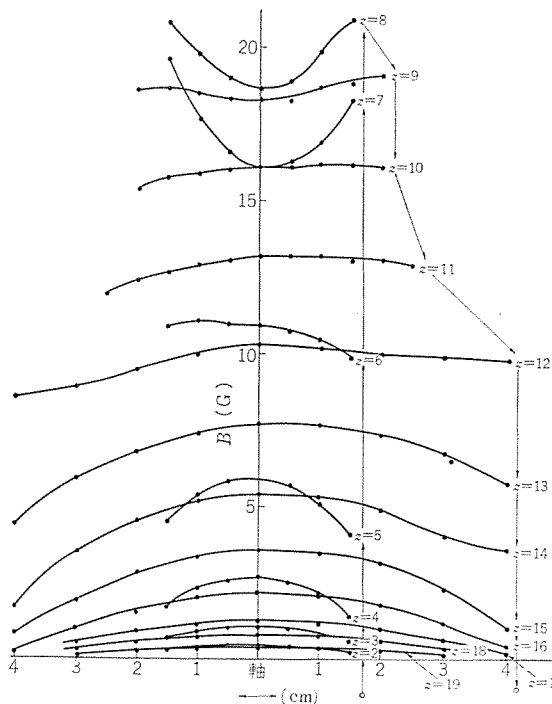


図 7.3 垂直コイル磁界強度測定値
Measured values of magnetic field of vertical coil.

x 方向および y 方向の偏向が加わった場合には、さらに下記の付加項が加わる。

$$x_3 = -(F_{0c} + F_1^h + F_1^v) \frac{S}{p_0^3} x_i y_i \sin \varphi$$

$$y_3 = -(F_{0c} + F_1^h + F_1^v) \frac{S}{p_0^3} x_i y_i \cos \varphi$$

電子ビームは偏向中点では円周上に配置され、 120° おきの配列となっているので φ に 120° および 240° を代入して置換し、さらに x 、 y 座標として表わされた移動量を 120° 置きのビームラジアル補正方向に書きかえる。各ビームの補正量を赤・緑・青の値を各 ΔrR , ΔrG , ΔrB , ΔtB として表わすと、補正量は下式により表わされる。

水平偏向のみの場合

$$\Delta rRH = \frac{S}{p_0^3} (F_{0m}^h - F_1^h) x_i^2 - \frac{\sqrt{3}}{2} \frac{S^2}{p_0^3} (p_0 + 2F_2^h) x_i$$

$$\Delta rGH = \frac{S}{p_0^3} (F_{0m}^h - F_1^h) x_i^2 + \frac{\sqrt{3}}{2} \frac{S^2}{p_0^3} (p_0 + 2F_2^h) x_i$$

$$\Delta rBH = \frac{S}{p_0^3} \left(\frac{3}{2} F_{0s}^h - \frac{1}{2} F_{0m}^h + 2F_1^h \right) x_i^2$$

$$\Delta tBH = \frac{S^2}{p_0^3} \left(\frac{9}{4} p_0 + 3F_2^h \right) x_i$$

垂直偏向に対しては

$$\Delta rRv = \frac{S}{p_0^3} (F_{0s}^v + F_1^v) y_i^2 - \frac{1}{2} \frac{S^2}{p_0^3} (p_0 + 2F_2^v) y_i$$

$$\Delta rGv = \frac{S}{p_0^3} (F_{0s}^v + F_1^v) y_i^2 - \frac{1}{2} \frac{S^2}{p_0^3} (p_0 + 2F_2^v) y_i$$

$$\Delta rBv = \frac{S}{p_0^3} \left(2F_{0m}^v - \frac{1}{2} F_{0s}^v - \frac{5}{2} F_1^v \right) y_i^2 - \frac{S^2}{p_0^3} \left(\frac{5}{4} p_0 + F_2^v \right) y_i$$

$$\Delta tBv = 0$$

水平、垂直両偏向時のときは

$$\Delta rRHv = \Delta rRH + \Delta rRv + \frac{\sqrt{3}}{2} \frac{S}{p_0^3} (F_{0c} + F_1^h + F_1^v) x_i y_i$$

$$\Delta rGHv = \Delta rGH + \Delta rGv - \frac{\sqrt{3}}{2} \frac{S}{p_0^3} (F_{0c} + F_1^h + F_1^v) x_i y_i$$

$$\Delta rBHv = \Delta rBH + \Delta rBv$$

$$\Delta tBHv = \Delta tBH + \frac{S}{p_0^3} (F_{0c} + F_1^h + F_1^v) x_i y_i$$

ここで H_h , V_v のサフィックスは各水平偏向コイルおよび垂直偏向コイルに属するものを示す。

8. 斉一磁界に対するコンバージェンス補正值

z 軸断面各点における磁界分布が、まったく斉一な磁界と仮定した場合、 z 軸上のみの磁界強さを測定すればよく $v^h(z)$ および $v^v(z)$ とも z_0 となるから F_1^h , F_1^v , F_2^h , F_2^v とも z_0 となる。このとき 19 形 90° 偏向用受像管寸法をそう入して

	水 平 コ イ ル	垂 直 コ イ ル
l	10.52	10.60
p_0	27.0	27.0
S	0.55	0.55
F_{0m}	37.9	37.9
F_{0s}	57.5	57.0
F_{0c}	3.51	3.51

となり、偏向距離 x 方向 20 cm, y 方向 15 cm にとった平面スクリーン上でのコンバージェンス補正量を図 8.1 に示す。斉一磁界分布の偏向コイルより得られる補正量は、必ずしも少ない補正量ではないが

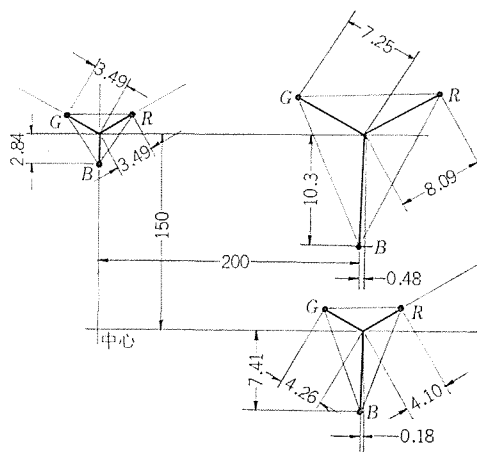


図 8.1 斉一磁界でのコンバージェンス補正值
Corrected values of convergence in uniform magnetic field.

R , G , B とも大略同量の補正量により補正可能であるが、 ΔtB のラテラル方向の補正不可能項は、水平偏向時のみの場合 0.18 mm 程度、水平・垂直両偏向付加時には 0.48 mm 程度“B”の縦線が内側に寄ったコンバージェンス調整結果として残ることになる。

9. 非斉一磁界に対する考察

実際の偏向コイル内部磁界分布は、完全な斉一磁界ではないので F_1 および F_2 は存在し、その符号と大きさの取り方によりコンバージェンス補正量は変化する。その符号・大きさより望ましい偏向コイル内磁界分布について考えると、

(1) 補正量を示す式よりわかるように、斉一磁界における F_{0m} および F_{0s} は等価磁界長 l を大きくできるように、偏向コイル長を設計すると数値を小さくできるし、 F_1 および F_2 も l を大きくとることにより得られる数値を小さく設定できるので、できるかぎり l は長くなるように設計したほうがよい。

(2) コンバージェンス補正のこぎり波補正電流を少なくし、水平コイルにおける ΔtBH を少なくするため、 F_2^h の値は負にとり $\frac{1}{2} p_0$ に近い値に設計すべきである。また垂直コイルの F_2^v も負にとり $\frac{1}{2} p_0$ に近い値に設計したほうがのこぎり波補正電流値を小さくできる。この磁界分布のコントロールは、荷重関数が電子銃側に近い部分で大きな数値を示すから、直線部電子銃側磁界分布を比較的強いパレル磁界にすることにより目的を達することができる。

(3) ΔtB の補正量はラテラルマグネットに動的補正電流を加えないかぎり補正不可能となるので、絶対値ができるだけ z_0 に近い値にすべきである。このためには F_1^h の極性と F_2^v の極性を逆にして、その和の値が $-\frac{l}{3}$ の値になるようにすることにより補正不可能な ΔtB を減少できる。

(4) (3)の項目より F_1^h と F_1^v の値は極性を逆にすべきであるが、 R , G の放物線補正電流を少なくし、 B の放物線補正電流を多くする場合には F_1^h を正にとり F_1^v を負にとる。偏向コイル内部磁界分布を F_1 の項目で手を加える場合には、 WF_1 が z の大きな値すなわちシャドーマスクに近いフラッジ部の磁界分布を、パレル磁界になるよう垂直コイルを選定し、水平コイルをピン磁界にすることにより目的を達することができる。 F_1^h を負にとり F_1^v を正にとると補正電流値は RG 対 B のおのおので逆になる。

(5) 放物線補正電流値を減らすためにも F_1^h と F_1^v の値は加えた場合 z_0 に近い値が望ましい。

(6) 偏向コイルの磁界長を受像管偏向中点・シャドーマスク間距離

3



図 10.4 は 左右・上下に分けて得られた 磁界分布曲線を数値積分し、先に得られた平面 スクリーン 上での コンバージェンス 補正量に代入して得られた補正量を示す。このことからわかることはできるかぎり 水平コイル の左右磁界分布および 垂直コイル 左右磁界分布は対称性を持つことが必要である。たとえば第一象限の F_1^h の値と F_1^v の値が前述の値を保っていたとしても、第二象限で使用される数字は水

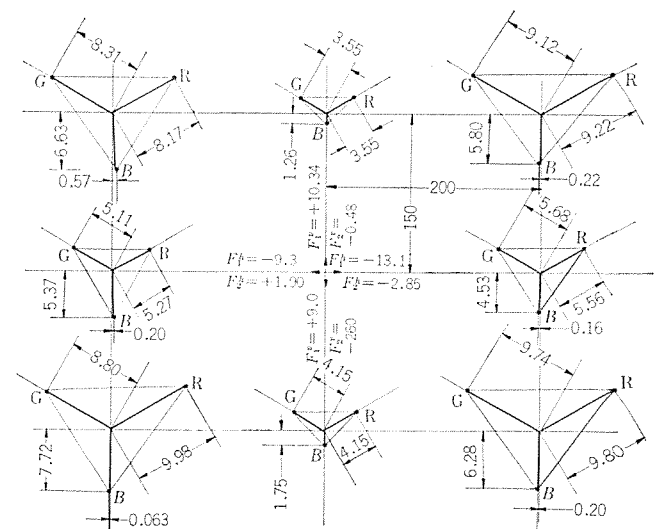


図 10.4 測定値における コンバージェンス 補正量
Correction values of convergence at measured points.

平コイルの左側磁界分布の F_1^h を使用するが垂直コイルは第一象限で
使用した F_1^v をそのまま使用することになるから、第二象限での
 F_1^h の持つべき量は第一象限における F_1^h の値と同じ量となるべき
である。

同様に第3象限では第1象限の F_1^h をそのまま使用すること
になるから、第3象限の F_1^v の値も第1象限の F_1^v の値がそのまま
使用されることが望ましく、全画面で第1象限で得られる数字をそ
のまま適用できるよう、左右磁界分布が対称となるよう処置を講ず
べきである。左右非対称磁界分布の大きく表われた偏向コイルは、
単純な二次放物線補正電流および一次のこぎり波補正電流では、補
正できない座標関数を持つ複雑な補正電流を必要とするため、S字
うねりが残り、偏向コイルとして量産品には使用できなくなる。

ΔtB は斉一磁界分布の場合、水平・垂直偏向を同時にかけた場合
水平方向単一偏向の場合よりも増大するが、 F_1^h および F_1^v が逆極
性を持ちその和が負の場合には、 ΔtB の値を減少させることができ
るので望ましい。

11. む す び

主として偏向コイル内部磁界分布とコンバージェンス補正電流につい
て述べたが、3電子銃カラー受像管に使用する偏向コイルでは、でき
るかぎり電子ビームを回転させないで、シャドーマスクを通過させるこ
とが必要である。このためには F_1^h および F_1^v の取る値には十分注
意をはらい製作する必要があると思う。またラテラル方向の補正は動
的には不可能なので注意を要する。さらに水平・垂直コイルの磁界
分布対称性は極力よくする必要がある。

また内部磁界分布の修正にあたっては、ラスタ・ひずみ修正には前

端部フラッジ部分の磁界分布が最も影響度が大きく、青ビームラテラル方
向の修正および放物線電流修正は同じく前端部フラッジ磁界修正が
効果的であり、のこぎり波修正および水平偏向単体のラテラル方向修
正には、後方直線部の磁界分布修正が役にたつことがわかる。また
磁界分布測定の実効率を上げることが今後の問題として残るであろう。

参 考 文 献

- (1) R. Bloomsburgh, R. Jones, J. King and J. Pietrolewicz,
Philco Co. : A Computer Program for Color Tube Screen
Design, IEEE Trans BTR-11, (July, 1965)
- (2) J. Haantjes, J. Lubben : Errors of Magnetic Deflection I,
Philips Res. Rep. 12, 46-48 (1957)
- (3) 別所, 大石 : ブラウン管における電磁偏向の実用的解析, NHK
技術研究 17, No. 6, 別刷
- (4) Carl C. T. Wang : Computer Calculation of Deflection
Aberration in Electron Beams, IEEE Trans ED-14, No. 7
(July, 1967)
- (5) Carl C. T. Wang : Production and Analysis of One-
Dimensional Magnetic Deflection Fields, IEEE Trans
ED-15, No. 1 (Jan., 1968)
- (6) R. G. E. Hutter, Sylvania Electronic Products Inc., Flushing
N. Y. : Electron Beam Deflection, J. Appl. Phys. 18,
(Aug., 1947)
- (7) 藤村 : 19形カラー受像管のラジアルミスランディング, 三菱電機技
報 39, No. 7 (昭40)

カラーテレビ受信機の品質保証体制

下 秋 忠 雄*・糟 谷 忠 範*

Quality Assurance Structure of Mitsubishi Color TV Receivers

Kyôto Works Tadao SHIMOAKI・Tadanori KASUYA

It was in February, 1968, when TV Division was transferred and joined to an existing Tube Division so as to start New Kyoto Works as an integral TV plant. It is already a year and a half since then; during this period the diffusion of color TV sets in the market is really wonderful and the works have been kept busy in increasing its production from one step to another. The color TV receivers turned out here as staple products are assured of their qualities, since quality assurance structure explained in this text is firmly established in every stage of manufacturing in the plant under the discipline of the Company. "Quality Service", thus the color TV receivers shipped out being sure to satisfy the purchasers.

1. ま え が き

近来、世にもはやされているカラーテレビジョン受信機は、千数百におよぶ電子部品より構成されており、また、家庭電気品としての大衆にアピールする商品でなくてはならない。技術の進歩と顧客や販売店の好みにマッチさせながら、複合製品としての製造上の品質保持、市場動向に適合したタイミングよい販売等を促進向上させるために、当社では、絶えまない努力により、顧客の満足する三菱カラーテレビを世に送り出している。ここでは、そのカラーテレビの製造に際しての企画より、サービスにいたる間に行なわれるべき品質保証体制の概要について述べる。

2. カラーテレビジョン受信機の品質保証体系の概要

はじめに、当社カラーテレビ製造部門の組織概要を説明する。その

一つの特長は、カラー受像管からセットにいたる一貫生産の体制が整備されていること、また、開発・設計から製造・検査・サービスまで、一連の活動がテレビ製造部門に統括されていることで、表2.1に示す組織図に、各部門の主要業務と連携について記してあるので、その構成内における品質保証システムの概況を理解していただけるものと思う。

カラーテレビの製造ラインにおける品質保証体系は、表2.2に示すとおり、生産効率を最大限に発揮できるように、レイアウトされたコンベアラインの各主要ステージに検査・チェック個所をもうけ、また、適切な管理検査個所において、動作・性能検査、各種環境試験・寿命試験等を実施することにより、十分な品質を確保すべき体系が確立されている。ここで特記すべきことは、数十時間にわたって実施されているエージング工程があることである。この数百米におよぶエージングラインでは、使用条件にシミュレートした条件でラインのステージ分

Kyôto Works quality control system.

表 2.1 京都製作所品質管理組織表

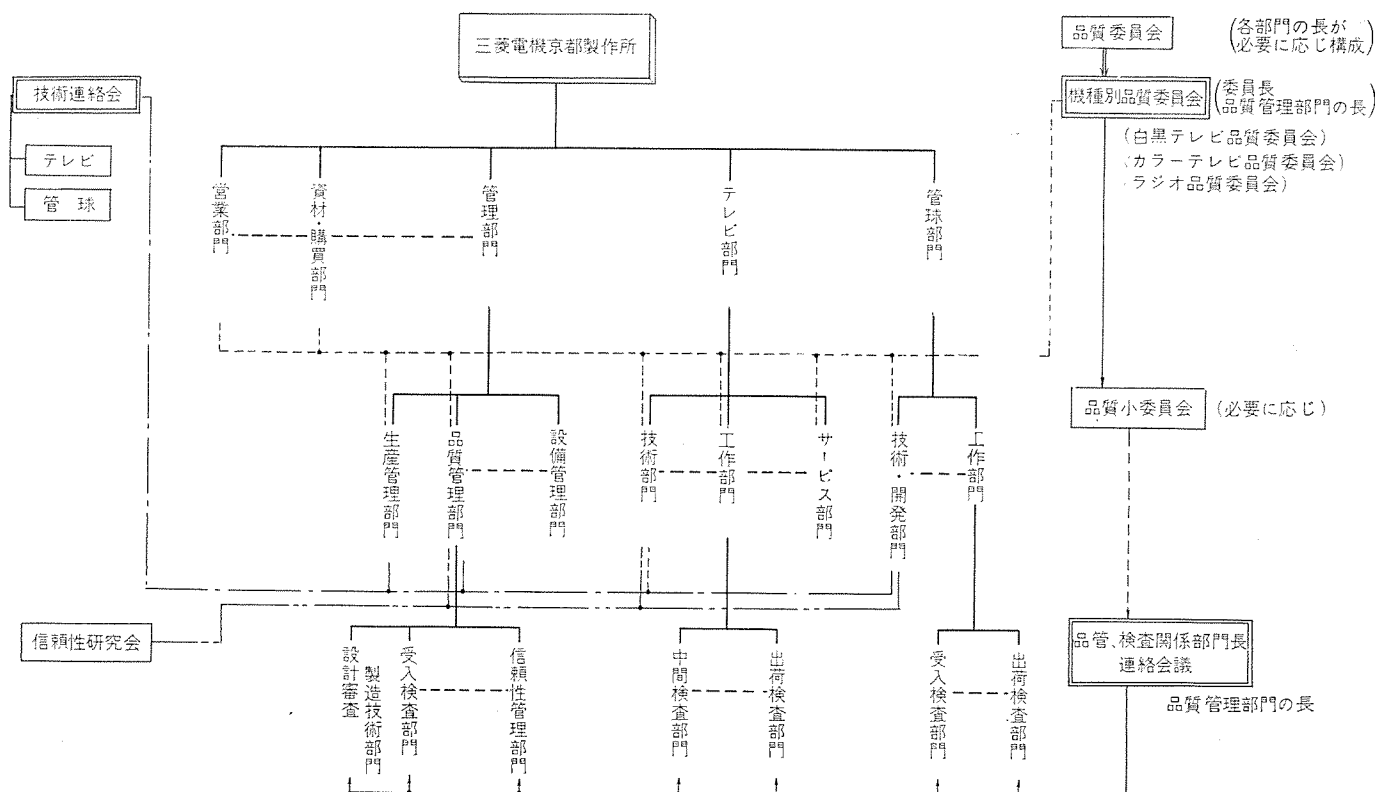
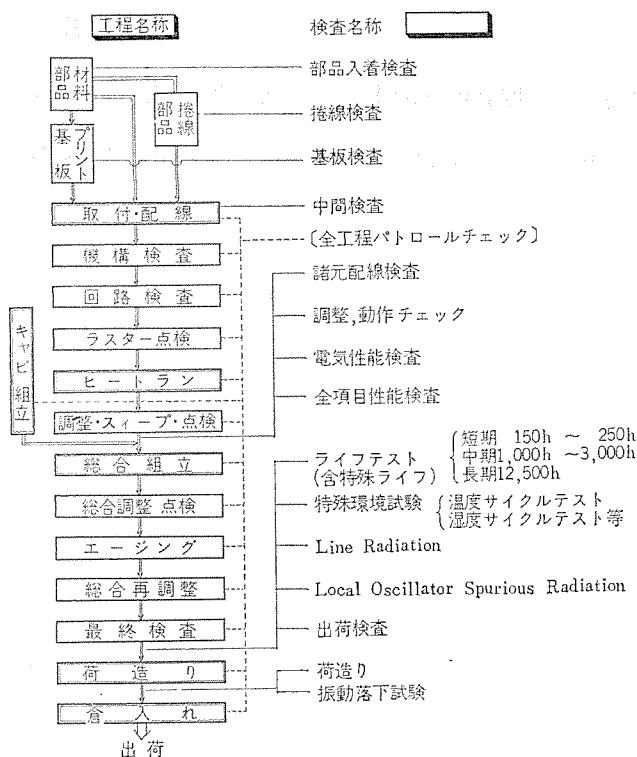


表 2.2 カラーテレビ製造ラインにおける品質保証体系
Quality assurance system in Color TV manufacturing process.



割が行なわれており、この工程を完了することによって、経時変化特性の安定化、初期不良の除去等が実施され、カラーテレビの総合信頼度をより効果的に向上させ、上述の各種信頼度試験と相まって顧客に喜ばれ、満足してもらえるカラーテレビを造りあげている。

3. 各段階における品質保証活動

品質保証活動は当然のことながら、製品々質に関係ある各部門の各人が日常の職務を通じて行なうべきものである。その基本理念としては、当社の「品質に関する覚書」に明示されているとおりであり、市場の要求品質を満足する適切な寿命・信頼度と、経済性のある合理的設計・製造がなされ、十分なアフターサービスを通じて、市場の情報収集段階からアフターサービス段階まで、一貫した品質保証体制を確立し、積極的に各段階での職務活動を遂行している。各段階のアウトラインについては、表 3.1 に示すとおりであり、その内容については、各段階ごとに説明を付記する程度にとどめたい。

(1) 市場情報収集段階

この段階では市場の要求を最大限、幅広くかつ的確に、アクションに結びつけられるような市場情報を、正確な情報網を通じ、適時・適切に収集される。また、市場におけるクレームなどの改善を次期新製品に、もり込んで行くといった点で、アフターサービス段階と切り離すことのできない段階でもある。とくに家庭用電気製品であるカラーテレビは、一般家庭に密着度が高く、それだけに市場の声は重要であり、その収集・は握と活用とは必要欠くべからざるものである。

(2) 企画段階

この段階は、市場動向調査に基づき市場の要求を予測し、市場の要求（品質・性能のみならずデザイン・価格等顧客の欲求面も含む）、技術および製造能力ならびに収益性を勘案して、新製品の開発・生産の可否の方針を決定する段階である。

ここでは事業部方針に基づき、科学的根拠によって販売対象・製

品のセールスポイント（メリットなど）・発売のタイミング・目標価格・品質レベル・生産量・宣伝方法・アフターサービス態勢・設備投資の可否等が確定される。

(3) 開発段階

企画段階で決定された方針に基づき、新製品の技術的内容・意匠につき生産性・製造原価を含め検討がなされる。

この段階では設計部門はまず設計方針を確立し、意匠・電気回路・機構・使用部品・材料等について、その性能・信頼性・作業性・使用性・安全性・互換性・サービス性・荷造り・運搬性等を考慮に入れ、営業部門はその販売・サービスについての方策を計画する。また、工作部門は人員・設備計画を立案し、関連部門との協力のもと、実施上の問題点に関する検討を行なう。

これらの検討ののち、市場状況との相関を再検討し、新製品の仕様を決定し、生産規模（生産時期・数量・価格等）が明確化される。

(4) 設計段階

この段階では新規開発の技術的事項を取り入れることはもちろん、社内外でのクレーム、過去の失敗等、蓄積された経験的技術の集積と標準化についても十分考慮し、また作りやすい信頼性のある製品（品質レベルを落とすことなく安く作ることも含む）の設計ということ念頭におき、決定された仕様にもとづく具体的な生産設計を電気回路・機構・意匠等について行なう。

(5) 第一次量産試作（プリアプロ試作）

この段階は設計の意図に従い試作品を作り、それが決定された設計品質に合致し、量産性・信頼性・有用性あるいは使用上・サービス上の顧客の要求を十分満足させるものであるかどうか、主として電気性能・機構面について検討し、要すれば改善し確認する段階である。なお規格に定められた使用条件での検討のほか、予想される最悪の特殊環境条件（温度・湿度・電源・電界・振動・落下等）、寿命的な信頼性、サービスの難易についても検討し、設計仕様が確認される。

(6) 第二次量産試作（マスコプロ試作）

前段階で確認された設計仕様に従い、量産品と同一の材料・部品を使用して組立てられた量産試作品により、その製品の量産準備および量産時の品質レベルの推定を行ない、必要とあれば、改善を加えるとともに確認する段階である。また、ここでは量産時に対する作業者の教育・作業手順・加工要領・治工具・作業方法等量産性についても、最も合理的かつ能率的な方法が適用できるよう検討され、量産準備が行なわれる。

(7) 総合確認段階

この段階では量産初期の製品につき、信頼性試験・実用試験等により量産品が当社の新製品として、販売してから顧客の満足を得られるかどうかを総合的な立場で再確認を行ない、量産導入の可否が決定される。

(8) 量産段階

この段階は、最終的に決定された図面・規格・仕様・調整点検要領書・作業指導票ならびに品質基準に従い、量産を行なう段階である。

ここでは量産品の品質を常に定められた水準に維持し、生産効率を向上させることを重点とするとともに、突発的品質変動に対しても速やかに対策処置を行ない生産工程の安定化が計られている。また、品質変動に即応するサービス態勢をととのえ、影響を最小限にとどめる努力もはらわれる。

表 3.1 テレビ受信機の品質保証体系

TV set's quality assurance system.

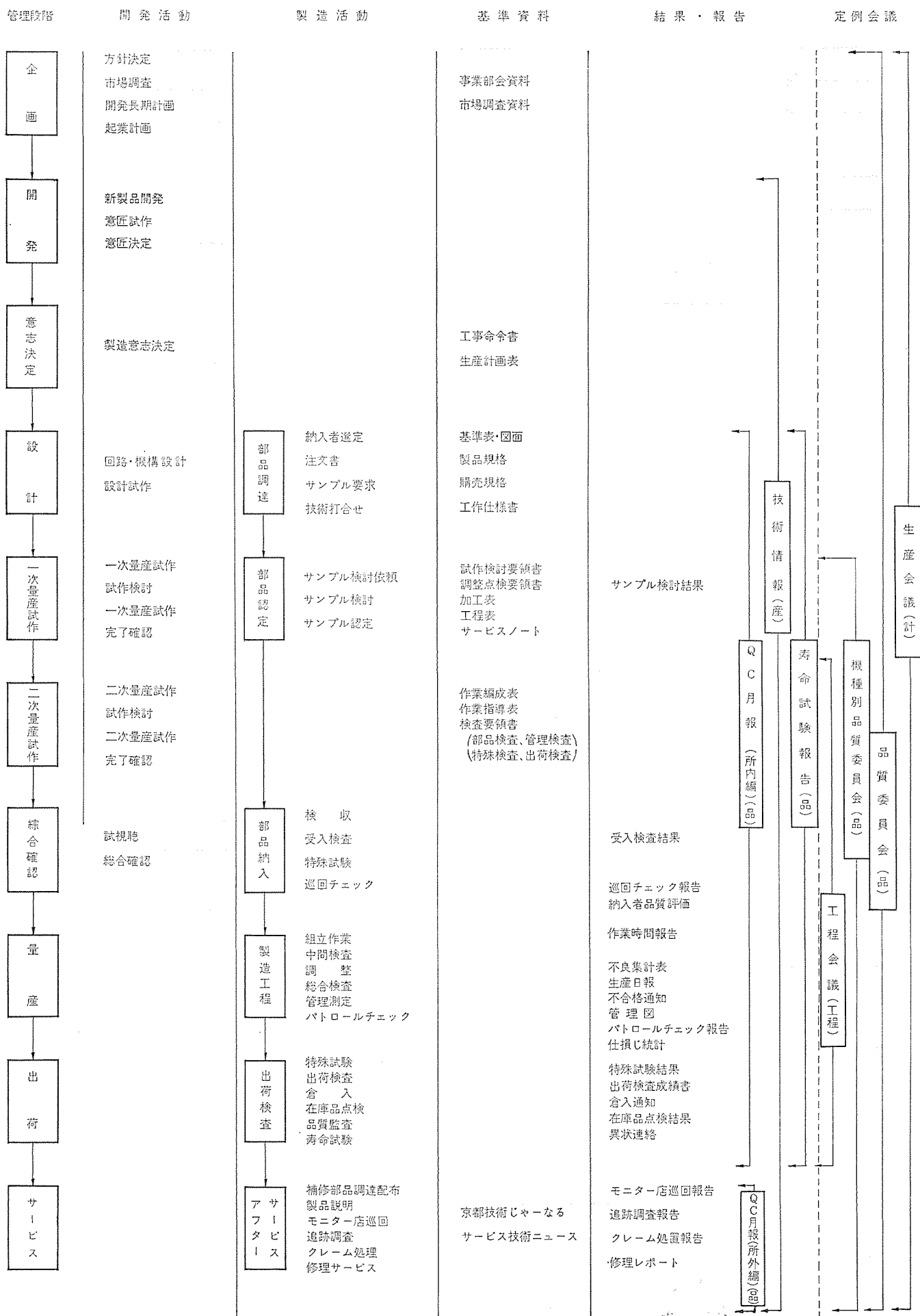
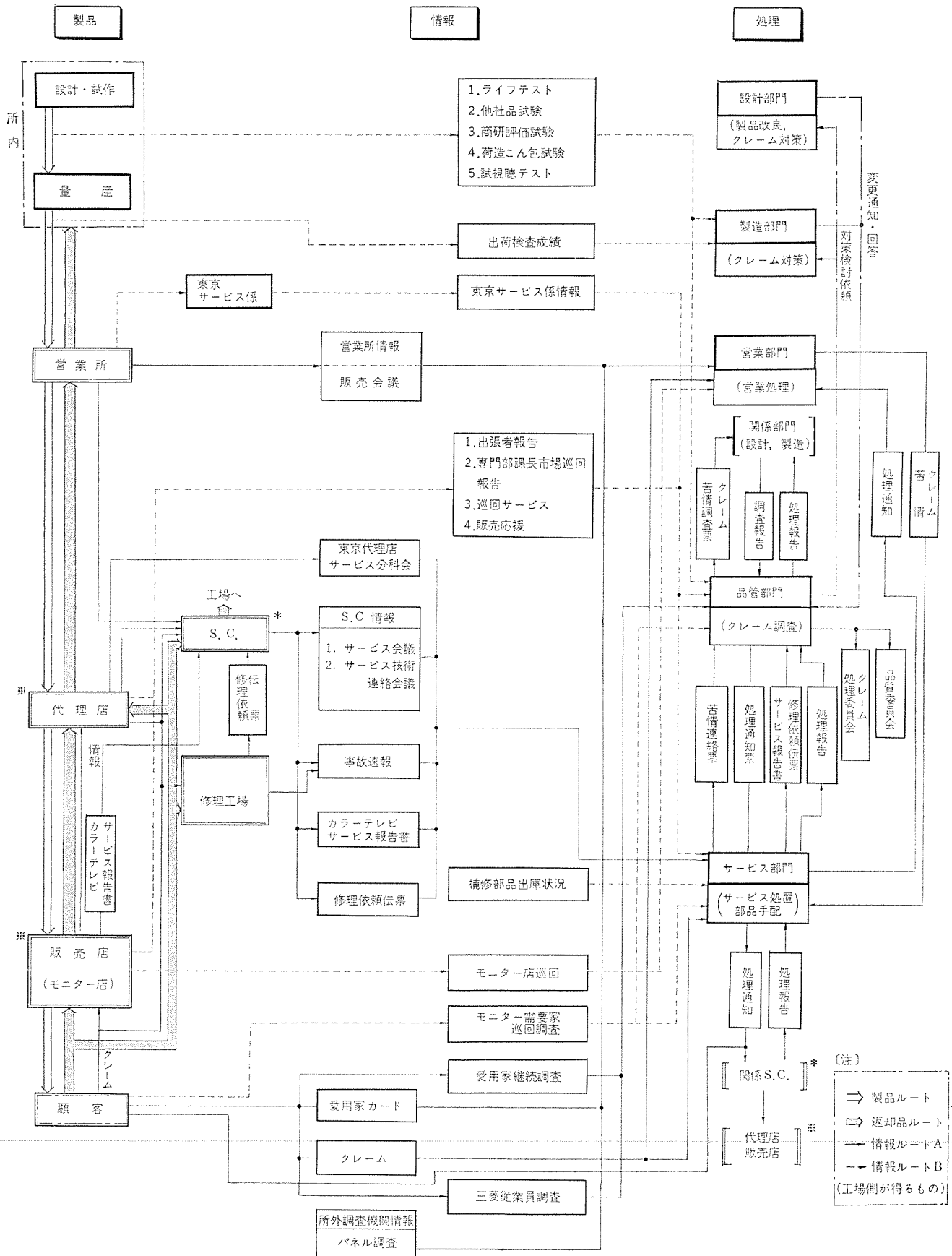


表 3.2 市場品質情報体系図

Market information system diagram of quality.



(9) 出荷段階

前段階により生産された製品に対し、出荷検査・寿命試験等により出荷品質の確認と出荷後の品質の保証を行ない、倉入出荷、可否の判定を下すと同時に、積極的に品質情報を提供し、各関連部門の連携活動における協力化・円滑化がはかれる段階である。

(10) サービス段階

この段階は、倉入後出荷・販売された製品につきアフターサービスを行なうとともに、顧客の要求、市場の動向等の品質情報をうる重要な一つの段階である。

ここでは各種クレームに対しては、迅速かつ良心的な処置を行なうことはもちろん、積極的に潜在クレームの発見・収集が行なわれ、改善すべき品質項目および品質水準、ならびに顧客の要望事項等をは握し、次期新製品の企画・開発・設計の改善参考資料をうる。

市場における品質情報の収集・は握・活用ルートおよびクレーム情報入手と対策処置ルートについては、表3.2に示されたとおりであり、ここによりその品質情報の活用状況を推測していただけるものと思う。

(11) その他

各段階における相互の関連をより一層密にするために各種定例会議が開かれており、また委員会制度によるプロジェクトチームがそのテーマごとに活動している。量産時における品質面の状況連絡、調整および検討事項に関しては機種別品質委員会により、開発・設計時における技術的調査・検討に関しては、技術連絡会がそれぞれ定期的に開催され、各部門の相互連携を円滑にしており、毎月1回、製造面に関する報告書の一部として「技術情報」「QC月報」が発行されている。

4. カラーテレビの信頼性管理

品質保証とは、出荷時点における品質をただ単に保証するというだけではなく、顧客の全使用期間にわたって、その製品の品質を保証することにある。すなわち使用後何か月あるいは何年後に、その製品について、どのような故障がどれくらい発生するか、という時間の要素を考慮した製品の品質保証を行なう必要がある。これにより、サービス態勢をより合理的に確立する一助とすることができ、顧客の使用壽命に関する満足も今まで以上に得られることになる。このために、開発・設計からサービス段階まで、表4.1に示すような信頼性保証ステップにしたがい、各段階において、信頼性の各種試験が実施されている。このほか追跡調査・モニター店巡回等により、顧客・販売店のなまの声をメーカーが直接入手して、信頼性データの密度をより正確なものとし、社内データとの比較分析を行ない、すみやかに設計・サービス等各関連部門にフィードバックして活用している。なお、これら各段階における情報の集約・蓄積および活用・フォローの中心は品質管理部門が担当している。

5. 将来への展望

以上述べたように、カラーテレビの急速な技術的進歩と激烈な販売競争に打ち勝つためには、より良い製品を、より安く、よりタイミングよく、世に送り出して顧客の満足を得なければならないが、今後の方向として、つぎのことがあげられる。

(1) 信頼性管理を含めた総合的品質管理の実施

一般にテレビ受信機等の故障の形態は、図5.1に示すとおりであるが、まず、初期故障を“0”にすることを目標として、使用部品材料の信頼度、作業の信頼度を上げるための種々の施策を実施するとともに、前述の妥当な時間のエージングをおこなって、その達成を期

表 4.1 信頼性保証 ステップ

Steps of reliability assurance.

ステップ 内容	開発・設計	一次量産試作	二次量産試作	量 産			ライフテスト			サービス
				パイロットラン (ただしベーンシク シャーン)	エージング	出荷検査	短 期	中 期	長 期	
目 的	開発方針に基づく意匠、回路機構、使用部品、材料の決定、設計品質基準の設定	設計品質基準の妥当性の検討、固有信頼度の予測	量産の準備製造品質の推定、達成信頼度の予測	達成信頼度の確認	初期信頼性保証	製造品質の保持保証	信頼性確認サービス対策資料、設計資料の集取	信頼性確認サービス対策資料、設計資料の集取	信頼性確認サービス対策資料、設計資料の集取	総合的品質信頼度の実績結果のフィードバック
内 容	試作品検討 性能検討 特殊試験 新部品検討	部品サンプル 性能検討 特殊試験、サービス性、作業標準の検討	性能検討 特殊試験 試視聴試験	管理検査 試視聴試験	定時点検	出荷検査 管理検査 特殊試験	定時点検 性能測定			サービス内容 調査故障内容 調査追跡調査
確 認	製品規格 〔TV製造部長〕	P試完了 確認報告書 〔TV製造部長〕	M試完了 確認報告書 〔TV製造部長〕	総合品質 確認者 〔所 長〕		出荷検査成績書 〔工作課長〕	ライフテスト完了報告書 〔品 管 課 長〕			市場品質状況 報告書 〔品管課長〕
設計品質	(設 定)	→(検 討)	→(確 認)							→(調査・検討)
製造品質		(設 定)	→(検 討)	→(確 認)		→(保 証)				→(調査・検討)
固有信頼度	(設 定)	→(検 討)	→(確 認)							→(調査・検討)
達成信頼度	(初期信頼度)		(設 定)	→(確 認)		→(保 証)				→(調査・検討)
	(長期信頼度)			(設 定)				→(確 認)		→(調査・検討)

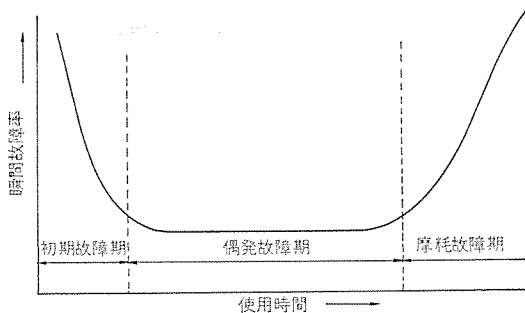


図 5.1 テレビ受信機等の故障分布
TV set's bath-tub curve.

する。また、偶発故障期の故障率を極力低くするために、部品の長期信頼度の検討・改善，ならびに開発設計の段階においては，信頼度設計をおこない，発生した故障については，あらかじめ万全のサービス体制を整えて，対策を早急に実施する。摩耗故障期については，妥当な耐用年限を全うするための合理的な部品の選択，ならびに設計をおこなうなどのことが進められている。

(2) 各種信頼性試験とフィールドデータの相関性の確立

信頼性を保証するためには，各種の寿命試験・環境試験等をおこなって確認する必要がある，京都製作所内に，昨年6月，ライフセンタ

ーという信頼性のテストセンターを発足させた，逐次設備も充実し組織も確立したので，本格的に信頼性追求の段階に入った。市場調査・追跡調査等と相まって，各種信頼性試験の結果のフィードバックをおこなうとともに，フィールドデータとの相関を確立して，上記各故障期間における信頼度の予測を適確におこない，顧客にとって，より経済性があり，より信頼性のあるカラーテレビを作ることに努めたい。

6. む す び

三菱カラーテレビの品質保証体制の概要を述べたが，品質保証ということは，製品の企画段階から開発設計・製造・販売・サービスに至る一連の直接関連部門のみならず，総務・経理・資材・製造管理等の間接部門も一致協力して実施しなければ，その実を上げることはできない。また，市場の情報を速やかに収集して，これを製品の改良あるいは新製品の開発に反映させるためには，販売部門・サービス部門，また販売店・代理店・サービスセンター等の絶大な援助と協力を必要とするが，製造時の品質保証体制の現状と将来方向を理解願ひ，今後ともあいさずさえて，努力してゆきたいと考えている。

なお，当社京都製作所の担当製品である白黒テレビ，トランジスタラジオ，自動車ラジオ，カーステレオ，ブラウン管についても，同様の体制で品質保証を実施していることを付記しておく。

照明とカラーテレビジョン受信機

沢崎 俊幸*・伊藤 晃徳*

Illumination of Room and Color TV Receivers

Consumer Products Research Laboratory

Toshiyuki SAWAZAKI・Terunori ITOH

Effect of illumination on the visibility of color TV receivers is a matter of importance. In such a place as exhibiting color TV sets, considerable care is exercised to the illumination of the room. But when the set is watched at the ordinary home, not much attention is paid to the lighting of the surrounding. Then experiments have been conducted to find what is the best indoor illumination in both quality and quantity in watching the color TV receivers in general domestic environment. The result has revealed that the optimum indoor illumination is 25~100 lx. These values, however, are subject to change as a matter of natural course depending on the development of the color TV in such a factor as the improvement of brightness.

1. ま え が き

1928年にイギリスのベアードが、走査円板を用いた有線カラーテレビの実験を行なっていたら、各種の方式が多方面で研究された。1953年12月に、米国のFCC（連邦通信委員会）がNTSC方式を正式に採択していたら、とくに最近のカラーテレビ受信機の普及はめざましいものがある。

その間、テレビを見る場合の室内照明の研究は、おもにモノクロテレビについて、また受像管輝度と室内照度およびランプの幾何学的配置についての研究は、Leigh A. Roehr などにより行なわれている。一般に、あまり室内を暗くすると目の疲労が激しくなる（コントラストが強すぎると、どう（瞳）孔開閉のためこう（虹）彩の運動がひんぱんになり、目の筋肉が疲労する）ので、暗すぎず明るすぎない（コントラストが低下するが）適度な室内照度で見ることがよいといわれている。

カラーテレビの場合は、モノクロテレビに比べて画面輝度が低いので、室内照度を幾分おとして見るほうがよいといわれている。実際家庭でカラーテレビを見る場合には、どの程度の明るさが適当か、また、どういう種類のランプ（けい光ランプ）が適しているだろうか。“見やすさ”を基準にし、Scheffeの対比較法を用い、0~400 lxの室内照度と4種類のけい光灯について測定した。

2. 実 験

2.1 実験条件

一般家庭でテレビを見ることを条件にしたので、実験室内に8畳相当の洋間を作成（図2.1）し、光源には40 W けい光灯8本を取り付けた三菱デラックスパネルDB-43 B（図2.2）を用いた。デラックスパネルの使用理由は、室内照度分布のむらを少なくするためである。壁面材料の分光反射率およびデラックスパネルの分光透過率を図2.3に示す。デラックスパネルの分光透過率は可視域においてほぼフラットであるが、壁面および天井材料の色をマンセル記号で表わせれば2.5GY 5/2となり、無彩色に近い黄緑色となる。被験者の構成（表2.1）は17~36才の男子9名女子5名の従業員であるが、ほとんどの被験者は官能試験が初めてなので、一般の消費者とあまり変わらないが、2名だけは照明設計技術者である。テレビはA社およびB社の19形デラックスカラーテレビであり、調整は輝度を最大、コントラストを最

適条件にセツトし、試験中は一定に保った。ただし、色濃淡および色相は番組、チャンネルの違いなどにより随時調整した。

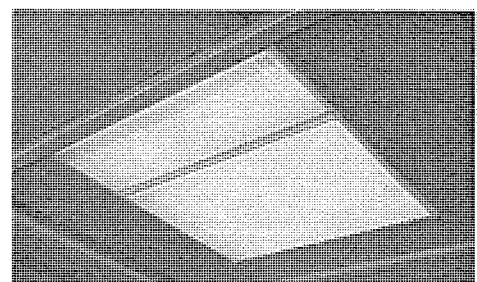
2.2 照度分布と輝度分布

官能検査での照度測定点（図2.4の⑤）を基準にして、室内の照度分布（表2.2）および被験者が好みの位置より画面を観察するとき、視野にはいる壁面（図2.4の△印）の輝度を測定した（表2.3）。表2.2はランプの取付けを図2.5のようにしたときの照度分布（けい光灯の種類による見え方実験での照度分布）である。ランプを個々に点灯したときと、全数点灯したときと照度分布の差はほとんどなく、また、照度分布のむらも少ない。

ただし、M・Nはテレビ画面への垂直入射照度である。



図 2.1 実験状況 Experiment.

図 2.2 照 明
Fluorescent lighting of experiment room.

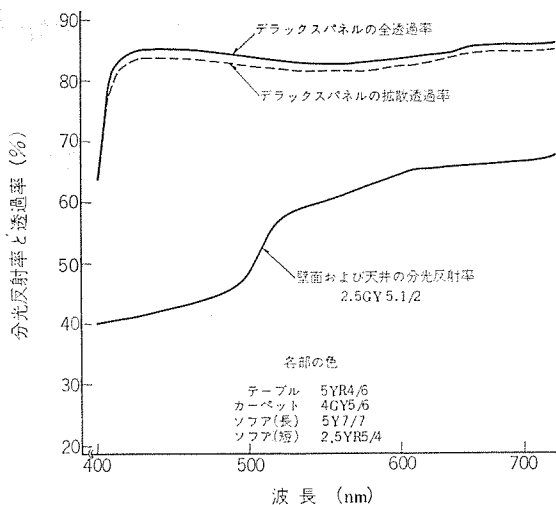


図 2.3 室内材料の分光反射率およびデラックスパネルの分光透過率
Spectral reflectance of objects in the room and spectral transmittance of de-luxe panel.

表 2.1 被実験者の性別および年齢別構成 (人)
Experimentees classified according to sex distinction and ages.

年 令	17~20	21~30	31~40	別
計 性				
男	1	5	3	9
女	2	3	0	5

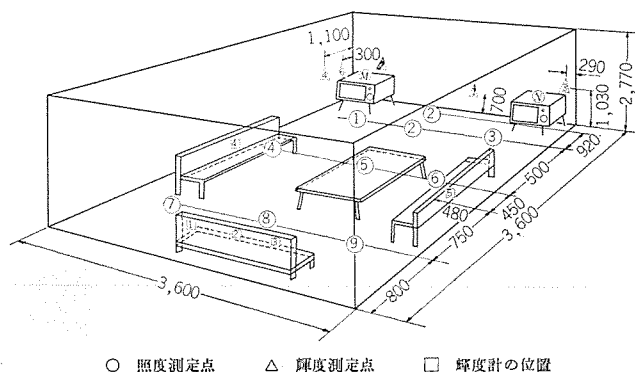


図 2.4 室内の照度および輝度測定点
Measuring points of illumination and brightness.

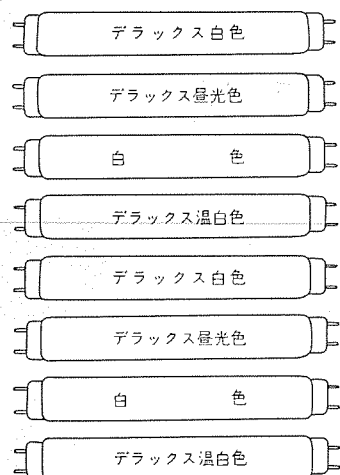


図 2.5 ランプの配置
Arrangement of lamps.

表 2.2 室内照度分布 (lx)
Intensity of illumination (lux) at measured point (Fig. 2.4).

測定点	全 数	点 灯	デラックス色	デラックス色	白 色	デラックス色
1	73		77	75	70	70
2	95		105	100	90	87
2'	70		76	78	65	65
3	75		90	85	77	77
4	78		78	77	77	77
5	100		100	100	100	100
M	30		30	29	23	30
7	54		50	51	60	60
8	68		62	62	75	72
N	35		40	35	35	40

表 2.3 室内輝度分布 (単位: ft-L)
Brightness at measured point (Fig. 2.4).

照度測定点 ⑤の照度 (lx)	輝度計 の位置	輝 度 測 定 点						
		1	2	3	4	5	6	7
400	1	10	8	8.5	10.5	9.5	11	11
	2	11	9	9	11	11	12	12
	3	9	8	8	9	9	11	11
	4	10	9	8	9	9	10	11
	5	10.5	9	7.5	9	9	10.5	11
200	1	5	4	4.5	5	4.5	5.5	5.5
	2	5.5	4	4	5	5.5	6	6
	3	4.5	4	4	4.5	4.5	5	5
	4	5	5	4	5	5	5	5
	5	5	4.5	4	4.5	4.5	5.5	5.5
100	1	2.5	1.5	2	2.5	2.5	2.5	2.5
	2	3	2	2.5	3	3	3	3
	3	2	1.5	2	2.5	2	3	3
	4	2.5	2.5	2	2	2	3	3
	5	2.5	2.5	2	2	2	3	3
50	1	1	1	1	1	1	1	1.5
	2	1.5	0.5	1.0	1.5	1.5	1.5	1.5
	3	1	0.5	1	1	1	1.5	1.5
	4	1	1.5	1	1	1	1.5	1
	5	1	1.5	1	1	1	1.5	1

2.3 実験方法

2.3.1 室内照度がテレビ画面に与える影響

視力などの差により画面の見やすい位置は、被験者によって異なるので図 2.4 の適当な位置より画面を観察する。判定方法は、演色性実験に利用されている継時比較法と Scheffé の一対比較法⁽²⁾を併用した。たとえば、室内照度が 50 lx の状態で 1 分間画面をながめ、25 lx に下げてから 20 秒以上たって判断し、前の明るさのほう

- 確かに見やすければ +2
- いくぶん見やすければ +1
- ほとんど差がなければ 0
- いくぶん見にくければ -1
- 確かに見にくければ -2

という評点をあたえる。照度は 0, 25, 50, 100, 200, 400 lx の 6 段階で実験したので、その組み合わせは ${}_6C_3=15$ 回の実験になる。さらに順序の影響 (すなわち照度 i と照度 j を比較するのに、 i を基準として j を評価する場合と、 j を基準として i を評価する場合の 2 とおり)、けい光灯 (白色, デラックス 白色), テレビ (A 社, B 社), 画面 (モノクロ, カラー) の種類を加えたので実験回数は 16 倍となり、1 人の被験者は総計 240 回の比較判定を行なった。テレビを 2 台用いたのは、受像管自身の明るさはほぼ等しいが、前面 ガラスの透過率が A テレビ (25%) と B テレビ (70%) で異なることと、色相がいくぶん異なるからである。なお、照度は室内中央の テーブル 上 (図 2.4 の⑤) で測定した (高さ約 50 cm)。なお、照度は小形調光装置③により調光した。

2. 3. 2 けい光灯の種類が画面の見やすさに与える影響

前項で求めた最適照度 (50 lx) でけい光灯の種類を変え、どちらがより見やすいかを判定した。判定方法は前項と同じ方法である。けい光灯は4種類 (FLR 40 W-DL, FLR 40 W-DL/M, FLR 40 W/M, FLR 40 WW-30 DL) を用いたので、実験回数は $4C_2=6$ 回の実験になり、さらに順序の影響、画面 (モノクロ、カラー) およびテレビ (A社・B社) の種類を加えたので実験回数は8倍となり、1人の被験者は総計48回の比較判定を行なった。4種類のランプは、デラックスパネル内へ入れてスイッチで切替えたが、スイッチを入れてもすぐには完全に点灯しない (ラピッドスタート形であるが) ので、しばらくしてから前のランプを消灯し、照度をなるべく一定に保つよう心がけた。そのため、前のランプの照明光とあとのランプの照明光が混在している状態が1秒程度あった。なお、前項では指定時間を被験者の主観に任せるというミスを起こしたため、ほとんどの被験者が数秒で判定してしまい、順序効果が有意となった。したがって、この試験では順序効果を減らすため指定 (30 秒後) するまで判定させなかった。

3. 結 果

被験者 O_i が、組合せ ($A_i \cdot A_j$) に与えたスコアを x_{ijl} で表わし x_{ijl} に次の構造を仮定して推定および検定をする。

$$x_{ijl} = (\alpha_i - \alpha_j) + (\alpha_{il} - \alpha_{jl}) + \gamma_{ij} + (\delta + \delta_i) + \varepsilon_{ijl}$$

x_{ijl} : 基準側とした明るさ (変化後の明るさ) j に対して判定される照度 i の評点

α_i, α_j : 照度 i および j のテレビ画面の見やすさ

α_{il} : 個人的な感覚の相違

γ_{ij} : 照度 i と j が組合わかったことにより、とくに i が良く評価される効果 (組合せ効果)

δ : 提出順序 (順応) の平均的效果

δ_i : 順度 (順応) 効果の個人差

ε_{ijl} : 観測誤差

3. 1 室内照度がテレビ画面に与える影響

白色けい光灯 および デラックス 白色けい光灯 で行なったテレビ画面に与える室内照度の影響は、図 3. 1 および図 3. 2 から明らかなように、当然のことながらテレビを見る場合には見やすい明るさが存

在し、その範囲は 25~100 lx である。一方見やすい明るさにも個人差があり、一義的に物理量を決めることはあまり好ましくなく、好みに応じて各人に合った明るさに調整したほうがよい。図 3. 1 と図 3. 2 の結果は画面がモノクロとカラーであり差が見られない。ということは色相・彩度は見やすい明るさにほとんど影響を与えないで、明度のみが影響を与えていると考えてよい。すなわち、カラーであるから室内を暗くして見るときれいに見えるのではなく、ブラウン管輝度が低いために室内を暗くすれば、コントラストがはっきりしてよく見えるということになると思う。また、図 3. 1 と図 3. 2 では試料光源の色温度があまり変わらないためと思われるが、特性の傾向としてはほとんど差を示していない。実験方法の項でも述べたが、明るさを変えてから画面を見ている時間が被験者によってばらつきがあったため、順応効果が現われている (表 3. 1~3. 8)。これも、被験者によってその効果に差が見られるが、組合わせ効果は存在しない。

3. 2 けい光灯の種類が映像色に与える影響

前節の明るさに対する結果と同様に、見やすい光源 (デラックス 白色・白色・デラックス 昼光色) は存在する (図 3. 3)。ただし個人差があることも前節と同様である。この場合の被験者間のばらつきの大きな原因は好みであろう。昼光色のような青白い寒々とした光を好む人、実験を行なった時期が冬であったため暖色系の光が一般に好まれるというように——。しかしながら、最終的な推定結果は白色系の色が見やすいという結果がでている。この結果は、日本の自然光の色温度は、欧米 (6,740°K) に比べて低いという結果が、近年照明学会で発表されていることと考え合わせてみると、光の場合は、順応よりも慣れが大きな factor を占めているのではないだろうか、(カラー画面の白色の色温度 9,300°K)。明るさを変化した実験では、変化後の画面を見ている時間が被験者によってばらつきがあったため、順応効果が現われたので、この試験では変化後の画面を見ている時間 (30 秒) も規制した。そのため、カラー画面ではその効果があった (表 3. 9~3. 12) が、白黒画面ではその効果が現われなかった。モノクロは画面に色がついていないので、ランプの光色に影響されやすく順応効果が現われたものと思う。被験者の感想によれば、Bテレビ (前面ガラスの透過率 70%) のほうが光源により画面の色が

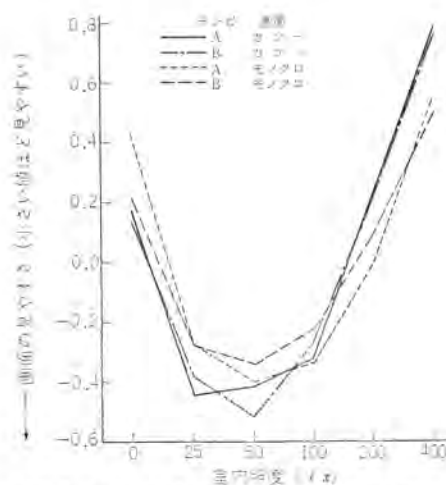


図 3. 1 白色けい光灯の照度を変えた場合のテレビ画面の見やすさ

Visibility of TV receivers by variance of illumination of 40 W white fluorescent lamps.

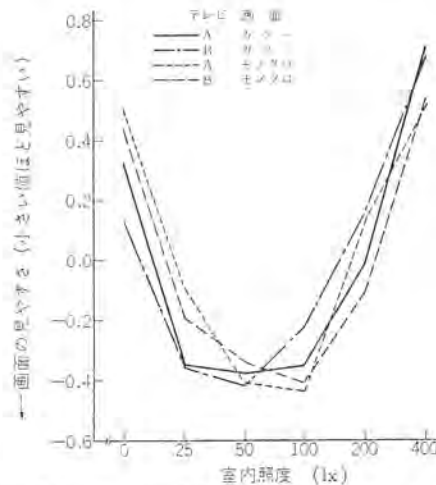


図 3. 2 デラックス 白色けい光灯の照度を変えた場合のテレビ画面の見やすさ

Visibility of TV receivers by variance of illumination of 40 W de-luxe white fluorescent lamps.

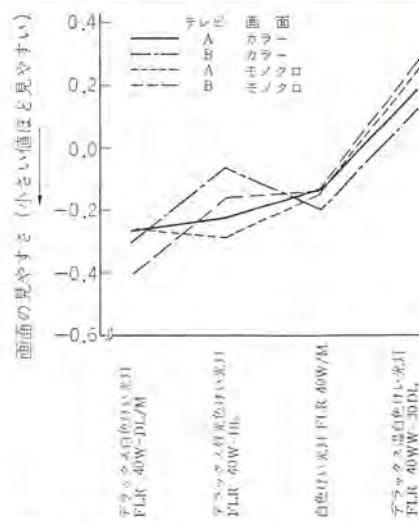


図 3. 3 けい光灯の種類によるテレビ画面の見やすさ

Visibility of TV receivers by using various fluorescent lamps

表 3.1 室内照度を変えた場合の効果の検定
Effect of factors when brightness exchanged (color TV ;
A, white fluorescent lamp).

要 因	平 方 和	自 由 度	不 偏 分 散	分 散 比	検 定
主 効 果 α	167.4	5	33.5	53.2	* *
主 効 果 * 個 人 α_i	168.8	65	2.6	4.13	* *
組 合 効 果 γ	9.2	10	0.92	1.43	
順 序 δ	10.7	1	10.7	17.0	* *
順 序 * 個 人 δ_i	17.9	13	1.4	2.2	*
誤 差 ε	205	326	0.63		
総 計	579	420			

光 源 : 白色けい光灯 テレビ : A 社 画 面 : カラー

表 3.2 室内照度を変えた場合の効果の検定
Effect of factors when brightness exchanged (monochromatic
TV ; A, white fluorescent lamp).

要 因	平 方 和	自 由 度	不 偏 分 散	分 散 比	検 定
主 効 果 α	154	5	30.8	44.5	* *
主 効 果 * 個 人 α_i	198	65	3.04	4.39	* *
組 合 効 果 γ	14.9	10	1.49	2.15	*
順 序 δ	7.20	1	7.20	10.4	* *
順 序 * 個 人 δ_i	7.77	13	0.598	0.862	
誤 差 ε	226	326	0.693		
総 計	608	420			

光 源 : 白色けい光灯 テレビ : A 社 画 面 : モノクロ

表 3.3 室内照度を変えた場合の効果の検定
Effect of factors when brightness exchanged (color TV ;
B, white fluorescent lamp).

要 因	平 方 和	自 由 度	不 偏 分 散	分 散 比	検 定
主 効 果 α	143	5	28.8	42.2	* *
主 効 果 * 個 人 α_i	189	65	2.91	4.29	* *
組 合 効 果 γ	7.26	10	0.762	1.12	
順 序 δ	6.69	1	6.69	9.85	* *
順 序 * 個 人 δ_i	20.8	13	1.60	2.36	* *
誤 差 ε	221	326	0.679		
総 計	589	420			

光 源 : 白色けい光灯 テレビ : B 社 画 面 : カラー

表 3.4 室内照度を変えた場合の効果の検定
Effect of factors when brightness exchanged (monochromatic
TV ; B, white fluorescent lamp).

要 因	平 方 和	自 由 度	不 偏 分 散	分 散 比	検 定
主 効 果 α	136	5	27.3	40.1	* *
主 効 果 * 個 人 α_i	186	65	2.87	4.22	* *
組 合 効 果 γ	6.88	10	0.688	1.01	
順 序 δ	9.45	1	9.45	13.7	* *
順 序 * 個 人 δ_i	17.3	13	1.33	1.96	*
誤 差 ε	222	326	0.680		
総 計	578	420			

光 源 : 白色けい光灯 テレビ : B 社 画 面 : モノクロ

影響されやすいが、しばらくするとその差は感じられなくなるということであった。これは前面ガラスの差によるもので、物理的には当然考えられることであるが、ほとんどの被験者がそれを感じなか

表 3.5 室内照度を変えた場合の効果の検定
Effect of factors when brightness exchanged (color TV ;
A, de-luxe white fluorescent lamp).

要 因	平 方 和	自 由 度	不 偏 分 散	分 散 比	検 定
主 効 果 α	189	5	37.8	82.1	* *
主 効 果 * 個 人 α_i	199	65	3.07	6.67	* *
組 合 効 果 γ	3.83	10	0.383	0.83	
順 序 δ	1.37	1	1.37	2.98	* *
順 序 * 個 人 δ_i	8.70	13	0.668	1.46	
誤 差 ε	150	326	0.460		
総 計	552	420			

光 源 : デラックス白色けい光灯 テレビ : A 社 画 面 : カラー

表 3.6 室内照度を変えた場合の効果の検定
Effect of factors when brightness exchanged (monochromatic
TV ; A, de-luxe white fluorescent lamp).

要 因	平 方 和	自 由 度	不 偏 分 散	分 散 比	検 定
主 効 果 α	137	5	27.5	64.8	* *
主 効 果 * 個 人 α_i	254	65	3.90	9.20	* *
組 合 効 果 γ	6.83	10	0.683	1.60	
順 序 δ	4.61	1	4.61	10.9	* *
順 序 * 個 人 δ_i	17.2	13	1.32	3.11	* *
誤 差 ε	138	326	0.424		
総 計	558	420			

光 源 : デラックス白色けい光灯 テレビ : A 社 画 面 : モノクロ

表 3.7 室内照度を変えた場合の効果の検定
Effect of factors when brightness exchanged (color TV ;
B, de-luxe white fluorescent lamp).

要 因	平 方 和	自 由 度	不 偏 分 散	分 散 比	検 定
主 効 果 α	197	5	39.5	82.1	* *
主 効 果 * 個 人 α_i	208	65	3.21	6.67	* *
組 合 効 果 γ	4.39	10	0.439	0.91	
順 序 δ	0.95	1	0.95	1.98	
順 序 * 個 人 δ_i	14.1	13	1.09	2.27	* *
誤 差 ε	157	326	0.481		
総 計	582	420			

光 源 : デラックス白色けい光灯 テレビ : B 社 画 面 : カラー

表 3.8 室内照度を変えた場合の効果の検定
Effect of factors when brightness exchanged (monochromatic
TV ; B, de-luxe white fluorescent lamp).

要 因	平 方 和	自 由 度	不 偏 分 散	分 散 比	検 定
主 効 果 α	91.0	5	18.2	39.3	* *
主 効 果 * 個 人 α_i	280	65	4.30	9.29	* *
組 合 効 果 γ	6.01	10	0.601	1.30	
順 序 δ	3.09	1	3.09	6.67	*
順 序 * 個 人 δ_i	17.3	13	1.33	2.87	* *
誤 差 ε	151	326	0.463		
総 計	548	420			

光 源 : デラックス白色けい光灯 テレビ : B 社 画 面 : モノクロ

ったということは、その現象に気付かぬうちに順応したことを示しており、これもこの試験にはラップの好みが出たことを示していると思う。

表 3.9 室内照明用ランプを変えた場合の効果の検定
Effect of factors when fluorescent lamp exchanged
(color TV ; A).

要 因	平 方 和	自 由 度	不 偏 分 散	分 散 比	検 定
主 効 果 α	14.8	3	4.93	13.3	* *
主 効 果 * 個 人 α_i	41.7	39	1.07	2.89	* *
組 合 効 果 γ	1.45	3	0.483	1.30	
順 序 δ	0.05	1	0.05	0.14	
順 序 * 個 人 δ_i	4.78	13	0.37	1.00	
誤 差 ε	40.2	109	0.37		
総 計	103	168			

テレビ : A 社 画 面 : カラー

表 3.10 室内照明用ランプを変えた場合の効果の検定
Effect of factors when fluorescent lamp exchanged
(monochromatic TV ; A).

要 因	平 方 和	自 由 度	不 偏 分 散	分 散 比	検 定
主 効 果 α	21.3	3	7.10	17.3	* *
主 効 果 * 個 人 α_i	43.4	39	1.11	2.71	* *
組 合 効 果 γ	5.16	3	1.72	4.20	* *
順 序 δ	0.17	1	0.17	0.41	
順 序 * 個 人 δ_i	12.4	13	0.95	2.32	* *
誤 差 ε	44.5	109	0.41		
総 計	127	168			

テレビ : A 社 画 面 : モノクロ

表 3.11 室内照明用ランプを変えた場合の効果の検定
Effect of factors when fluorescent lamp exchanged
(color TV ; B).

要 因	平 方 和	自 由 度	不 偏 分 散	分 散 比	検 定
主 効 果 α	12.0	3	4.00	11.0	* *
主 効 果 * 個 人 α_i	45.1	39	1.16	3.22	* *
組 合 効 果 γ	5.37	3	1.79	4.97	* *
順 序 δ	0.07	1	0.07	0.19	
順 序 * 個 人 δ_i	2.93	13	0.225	0.64	
誤 差 ω	39.6	109	0.36		
総 計	105	168			

テレビ : B 社 画 面 : カラー

表 3.12 室内照明用ランプを変えた場合の効果の検定
Effect of factors when fluorescent lamp exchanged
(monochromatic TV ; B).

要 因	平 方 和	自 由 度	不 偏 分 散	分 散 比	検 定
主 効 果 α	28.1	3	9.37	42.5	* *
主 効 果 * 個 人 α_i	55.7	39	1.43	6.50	* *
組 合 効 果 γ	1.64	3	0.547	2.60	
順 序 δ	0.12	1	0.12	0.55	
順 序 * 個 人 δ_i	8.38	13	0.645	2.91	* *
誤 差 ε	24.1	109	0.221		
総 計	118	168			

テレビ : B 社 画 面 : モノクロ

4. 考 察

4.1 室内照度がテレビ画面に与える影響

特殊条件(実験室内)のもとで行なった実験に基づいて、国際無線通信諮問委員会 (CCIR) へ日本の提案として出されたデータ (Room illumination 30~100 lx)⁽⁴⁾と、この実験で得られた室内最適照度が 25~100 lx とほぼ同じ値を示していることは興味深い。このことは室内条件にあまりこだわらなくてもよいことを示しているのではないだろうか。

また、前面ガラスの透過率の差により、室内照度が画面輝度に与える影響は、Bテレビのほうが大きい (室内照度 400 lx で M : 1.8 ft-L, N : 3.3 ft-L) のにもかかわらず差が表われていない。これは光源の拡散性がよい場合には、反射防止用ガラスの役割は少ないことを示していると思う。照度範囲が 25~100 lx 程度まで見やすさがほぼ変わらないことは、現在の家庭照明でほぼ満足できるが、個人個人の見やすい明るさには差があるので、調光装置があればさらに好ましい。また、S. Schlare⁽⁵⁾の実験結果と同様に、この実験でも、モノクロ画面とカラー画面を見る場合の見やすい明るさが同程度であったということは、現在のテレビの明るさ程度では、見やすい明るさは色に関係なく、テレビ画面の輝度に関係するといえよう。

4.2 けい光灯の種類が影像色に与える影響

同じ白色系のランプでもデラックス形のほうがいくぶん好まれる傾向を示している。これは画面を見る場合の室内照明が良好な明るさであったとしても、当然のことながら室内照明用のランプ演色によ

って、テレビ画面の演色が影響を受けることを示している、と考えてよいであろう。しかしながら、実用の室内照明用光源ではほとんど演色による影響はなく、図 3.3 から明らかなように光源の色温度が見やすい明るさに大きく関係しているということがいえよう。

5. む す び

この試験ではいろいろなテレビ鑑賞条件のうち、被験者にその視力に合う視距離を、画面の高さの 3~10 倍の範囲内で任意に選ばせて、部屋の明るさ、照明の質という 5 面から検討した。部屋の明るさは 25~100 lx の範囲で見やすく、(疲れない、きれいに見える、はっきり見えるなど)、照明の質という面では慣れた光という意味も含めての色温度が影響しており、実用光源 (けい光灯) の演色性はあまり問題はないということができよう。

最後に、実験用セットを提供して下さった松竹大船撮影所、およびこの実験に終始ご協力いただいた社内関係者に深謝いたします。
(昭和 43-8-7 受付)

参 考 文 献

- (1) L. A. Roher : Illum. Enging, 58, 4
- (2) 工業における官能検査ハンドブック : 日科技連出版
- (3) 森本 : 三菱電機技報 40, No. 9, 1,448 (昭 41)
- (4) 長谷川 : テレビジョン 22, No. 5, 347 (昭 43)
- (5) S. Schlare : J. Gen. Physiol., 21, 165 (1937)

カラーテレビジョン受信アンテナの問題点

倉 田 健 一*

Consideration on Color TV Receiving Antenna

Kyoto Works Kenichi KURATA

The antenna for color TV receiver has excellent performance and durability compared with ordinary antenna, but it is not necessarily built with different technique.

In general, not only users of TV receivers but sellers and servicing men of the sets have poor understanding on the TV antenna. In many cases sufficient consideration is not given in to the selection and installation of the antenna by them. This is liable to bring unsatisfactory result.

Particularly the above facts have great bearings to successful operation of color TV sets. These problems are taken up and viewed from various angles. Conclusion thus made available as a result of study is described herein in reference to actual operation state.

1. ま え が き

一般に カラーアンテナ という言葉の意味するものは、

- (1) 指向性、VSWR などの特性が比較的よいもの。
- (2) アンテナ と フィーダ の接続方法に考慮が払われており、機構的にも耐久性などの点より配慮されているもの。
- (3) エレメント に赤または黄などのあざやかな色で着色がされているもの。

以上のような条件をすべて満たすものである。

このような条件の包含する内容について以下述べることにする。もちろんここに述べる内容は白黒 テレビ の受信 アンテナ についても言えることであり、今後発展を予想される UHF テレビジョン の受信 アンテナ についても、なんらかの示唆を与えるものである。

2. カラーテレビ受信アンテナの特性

テレビジョン 受信 アンテナ として市販されているもののカタログには次のような項目が記されている。

- (1) 利 得
- (2) VSWR
- (3) 半値幅
- (4) FBR

順を追ってこれらの項目について述べる。

2.1 利 得

カラーテレビ 受信 アンテナ においては、利得よりはむしろ、他の特性が重要視される傾向があるが、やはり無視できない項目である。特にわが国では カラーテレビ の購入者として、微弱電界地区にあたる農山村地区の購入者を無視することができず、このような地区では、法定電界強度以下でカラー放送を受信することが多いと考えられるため、利得を無視することはできない。

ここで電界強度と受信状態との関係について実験を行なったので、その結果にふれておくと、8~10 素子の利得 6 dB 程度の全チャンネル用アンテナを使用した場合、電界強度として 60 dB 以上あればまず満足のできる カラー 画面が得られる。54 dB 程度までであれば、種々の工夫をすることにより一応の画質を得ることは可能である。54 dB を下まわるとノイズが増加し、50 dB をきると良好な画質を得ることはできない。

カラーテレビジョン 受信機の購入者は、それまで白黒受信機を使用している場合が多い。このような場合にその白黒の画質から判断して、カラーを受信したときの画質を推定する必要がある。

実験の結果によると、白黒放送を受信して画質評価 3 以上が得られるときには、カラー放送を受信してもその画を楽しむことができる。なお画質評価とは、画を実際に受像管上で判定したときの状態を示すもので、

- | | | |
|----|---|-------------------|
| 評価 | 5 | ノイズが認められない。 |
| | 4 | ノイズがあるが気にならない。 |
| | 3 | ノイズが気になるが邪魔にならない。 |
| | 2 | ノイズがひどくて邪魔になる。 |
| | 1 | 受信不能。 |

以上の 5 段階評価によっている。

この実験結果を厳密に評価するならば、受信機の雑音指数と利得についても言及する必要があるわけであるが、これは一応のめやすとなる。

2.2 定在波比 (SWR)

カラーテレビ 受信 アンテナ の諸特性のなかでは、強電界用・弱電界用の別なく最も重要な特性である。

定在波比が大きく、テレビジョン 受信機との整合がわるくなると画質に悪影響を与える。放送信号の伝送能力がおちてノイズが増加したり、帯域特性に影響を与えて画の解像度が劣化したり、またカラー放送においては、主搬送波とカラー搬送波間にレベル差が生じて色飽和度に影響を与えることになる。

定在波比はもちろんアンテナのみが問題ではなく、受信機側にもいくつかの問題がある。受信機の入力回路の定在波比は常に一定ではなく、受信機の高周波増幅回路に供給される AGC 電圧により変動する。このことは電界強度により、テレビジョン 受信機の定在波比が変動することを意味している (図 2.1 参照)。また テレビジョン のチャンネル帯域は 6 Mc もあるため、この間を一定の定在波比に保つことはむづかしい。

このような問題について、受信機の定在波比を改善すべく努力しているものの、量産品であるための種々な制約があり、現在のところ、3 以下にすることはむづかしい。そこで、セッターの勝手な言い分となるかもしれないが、アンテナに期待するところ大となるわけである。(図 2.2 参照)

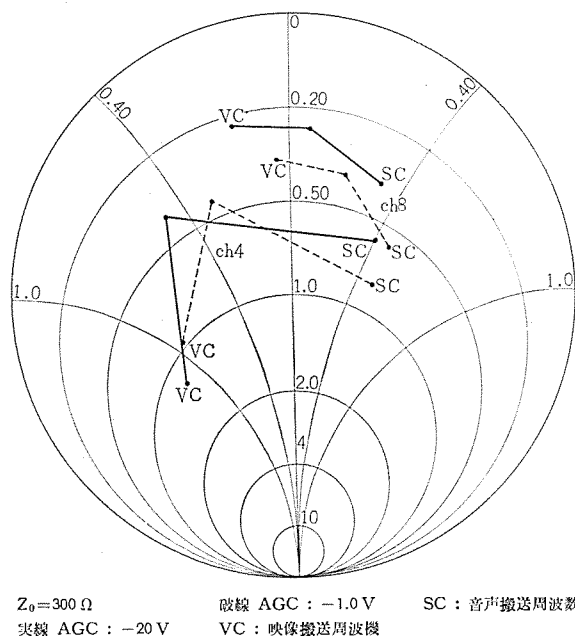


図 2.1 テレビジョン受信機の入力インピーダンス (19 CK-650 形受信機)
Input impedance of TV receiver.

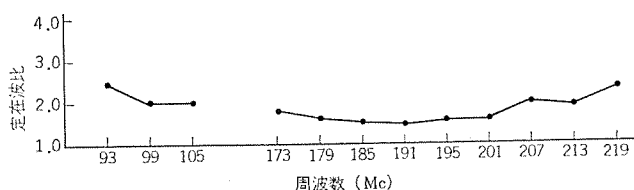


図 2.2 アンテナの定在波比の例 (N社 5 素子八木アンテナ)
Example of the standing wave ratio of antenna.

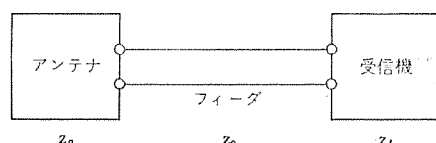


図 2.3 アンテナフィーダ受信機の接続
Connection of antenna feeder receiver.

定在波比改善の一つの方法として、受信機のアンテナ入力端子に正確なインピーダンスを持った抵抗減衰器を使用する方法があり、電界強度の強い地区においてはこの方法を推奨したい。

なお、定在波比と伝送能率についてはつぎのような解析が行なわれる。

図 2.3 のようにアンテナ、フィーダ、受信機を接続した場合にアンテナから見たインピーダンス Z_{0l} は

$$Z_{0l} = Z_0 \frac{Z_l \cos h\gamma l + Z_0 \sin h\gamma l}{Z_l \sin h\gamma l + Z_0 \cos h\gamma l}$$

ただし Z_0 : フィーダのインピーダンス

l : フィーダ長さ

γ : 伝搬定数

アンテナとフィーダ結合点における進行波電圧 E_{0l} を求めると、

$$E_{0l} = \frac{Z_0 Z_l}{(Z_l Z_a + Z_0^2) \sin h\gamma l + (Z_a + Z_l) Z_0 \cos h\gamma l} E_a$$

ただし E_a : アンテナ誘起電圧

Z_a : アンテナのインピーダンス

Z_l : テレビジョン受信機のインピーダンス

アンテナとフィーダ間の定在波比を S_l 、フィーダと受信機間の定在波

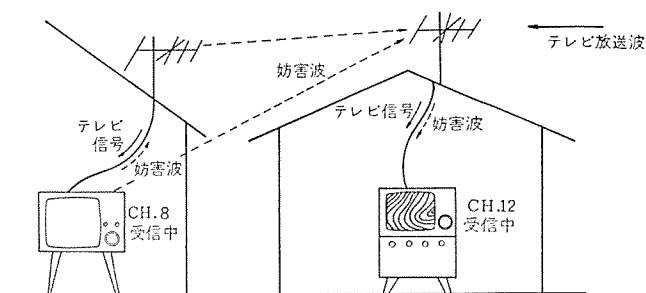


図 2.4 局発妨害
Local oscillation disturbance.

比を S_a としアンテナ誘起電圧のうち、どの程度が実際に受信機に流れこむかを求めると (伝送能率 η)

$$\eta = \frac{4S_a S_l}{\{(S_l S_a + 1) \sin h\gamma l + (S_a + S_l) \cos h\gamma l\}^2} \quad (1)$$

上式により、アンテナ、フィーダ間さらにフィーダ、受信機間の定在波比と、フィーダ損失がわかれば、各チャンネルの周波数に対する伝送能率が求められる。

2.3 指向性

指向性は普通、半値幅と FBR であらわされる。良好な指向性のアンテナとは、FBR の値が大きく半値幅が狭いということである。この特性も重要なものであり、人工雑音が多い地区、ゴーストの出る地区においてはとくに重視するべきものである。

人工雑音のなかでとくに注目する必要のあるのは、付近のテレビジョン受信機からの局発妨害である。テレビジョン受信機はスーパーヘテロダイン式であり、中間周波数 26.75 Mc の上側ヘテロダインを行なっている。チャンネル配置の関係からして、妨害源の受信機と妨害を受ける受信機の受信チャンネルが次の関係にすると受信障害を生ずる。

妨害源のチャンネル	CH 4	5	6	7	8
妨害を受けるチャンネル	8	9	10	11	12

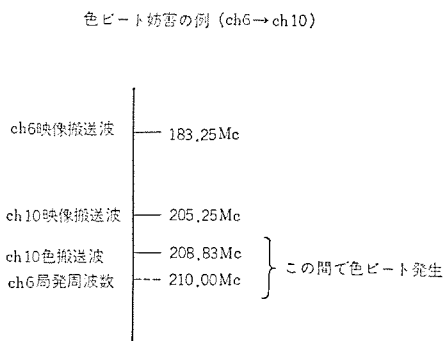
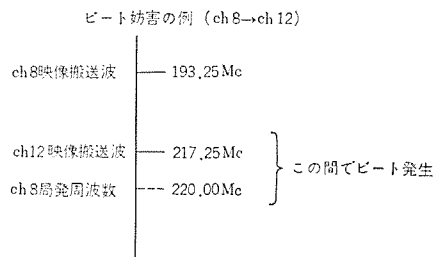
CH 8 から CH 12 へ妨害を与える場合以外は、チャンネル周波数の関係から、比較的影響は少ないが、カラーの場合は副搬送波の付近に妨害を生ずることになる。妨害波が映像搬送波の付近にある場合は、白黒の木目模様のビートしま (縞) を生じ、副搬送波の付近にある場合には色のついた木目模様はいる。(図 2.4 参照)

このような妨害波のふく射を防ぐため、EIAJ 規格が設定されふく射電界強度が制限されており、この規制が実施されている最近のテレビジョン受信機では問題が少なくなっている。

一方、国内のテレビジョン受信機のオールチャンネル化 (UHF, VHF 両方のテレビジョン放送が受信可能な受信機) で、その中間周波数は、58.75 Mc に移行しつつあるが、このような受信機においては、チャンネル配置上からまったく問題はなくなってしまう。

さて一般に現在のカラーテレビジョン受信機について、カラー放送受信時妨害を画面に認めはじめる場合の DU 比 (放送波と妨害波の比) は 50 dB 程度であるといわれている。したがって良好な指向性をもったアンテナを使用して、DU 比をあげるように工夫することが大切である。たとえば多素子、八木アンテナの FBR は 15 dB 程度あることを考えると、50 dB の DU 比に対しこの 15 dB の意味の大きいことが理解できる。

さらにゴーストについて言及するならば、山や大きなビルディングなど電波反射物の存在する地域での、アンテナの選定と設置は細心の注意が必要である。このような反射物体からの電波は、ゴースト像を作



※注：一般に視聴者は微調（すなわち局発周波数）を低くあわせる傾向があり、この点も考慮する必要がある。

図 2.5 ビート妨害
Beat disturbance.

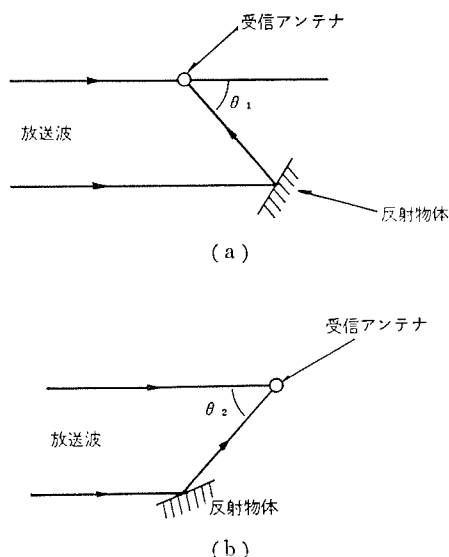


図 2.6 反射物体の位置
Position of reflecting object.

り画質を劣化させるばかりでなく、周波数特性にも影響を与え、映像搬送波と副搬送波との間にレベル差を生じ、色飽和度が変化する。すなわちゴースト像には飽和度の変化した色がつき、カラー放送の価値をいちじるしく劣化させる。この現象は反射波の強度が強いほど顕著にあらわれるものである。

反射物体までの距離は、ブラウン管画面にあらわれるゴースト像と直接波による像との距離から、計算により求められる。

$$S = \frac{8 \times 15^5}{W} d \text{ cm}$$

ここで d ：本像とゴースト像の間隔 (cm)

W ：ブラウン管の横幅 (cm)

S ：直接波と反射波の行程差 (cm)

ここで求める S はゴースト源までの距離ではなく、直接波と反射波の行程差である。したがってゴースト源までの距離を求めるには、次の計算を行なう必要がある。

$$l = \frac{S}{1 + \cos \theta_1} \quad \text{反射物体が後方にある場合 (図 2.5 (a))}$$

θ_1 ：受信点において、電波の進行方向にむかい、それより反射物体をみた角度

l ：反射物体までの距離

$$l = \frac{S}{1 - \cos \theta_2} \quad \text{反射物体が前方にある場合 (図 2.5 (b))}$$

θ_2 ：送信アンテナと反射物体のなす角度

いずれの式も送信アンテナまでの距離が十分遠い場合になりたつものである。ただし、これらの式は概算であり、 W の値についても厳密には、受像管のスキニング幅を正確に調整するべきものである。

3. カラーテレビジョン受信アンテナの機構

わが国においては、テレビジョン受信アンテナは受信機の販売競争の犠牲となり、軽視されることになってしまった。テレビジョン受信機におけるアンテナは、まるで景品のようなものとなってしまっている。

したがって販売する側から言えば、なるべく安価なものを提供することになり、需要者からすれば、勝手に受信機についてきたものであるから、まるで無関心ということになる。このようなことから発生する問題はつぎのようなものである。

まず特性のよいアンテナは使用されない。したがって各電気特性がわるい状態で、受信機へ信号がはいってくる。アンテナの設置についても細心の注意がはられない。安価なアンテナは電気的特性に問題があると同時に、機構面の簡略化が行なわれ、耐久性に問題が生じてくる。

NHK の調査によるとテレビジョン受信機自体は悪くないにもかかわらず、不十分な映像を見ている家庭が 10 軒に 4 軒あるとのことである。その原因のうちアンテナ・フィーダに問題のあるもの 240 万世帯、ビルの陰によるもの（これも間接的ではあるが、アンテナの問題に帰着する。）60 万世帯となっている。

白黒テレビに関しては、それほど痛切さを感じないとしても、カラーテレビにとってはこのような傾向は致命的である。そこでカラーテレビ関係者は、カラーテレビ用アンテナには派手な着色を行ない、アンテナ無関心層に対する啓発を開始したわけである。

つぎに詳細に機構面について、その問題点に検討を加える。

3.1 給電点の構造

テレビ受信アンテナは、ほとんど多素子八木アンテナが使用されている。このアンテナで問題となるのは、アンテナとフィーダの接続点の構造である。3～5 素子程度の景品アンテナについて言えば、この箇所への配慮が払われておらず、単にちょう（蝶）ねじでフィーダをしめつけるだけのもので、露出された構造となっている。この接合点をハンダ付けすることにより、この欠点はいくらかでも救えるわけであるが、景品アンテナにそこまでの考慮を払うサービス員はいない。

このように露出されたものは半年、1 年とたつほどに風雨により、あるいは塩害により、また大気中のいおう（硫黄）成分などにより、劣化し接触不良をきたすことは目にみえている。

カラーテレビ受信用として販売されているアンテナは、この箇所への配慮が行なわれている。風雨に露出しないようカバーがつけられており、一部のものでは同軸形フィーダが接続できるような設計となっ

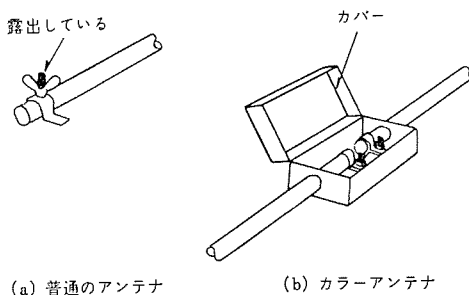


図 3.1 給電点の構造
Construction of feeding point.

ている。

3.2 その他の構造

耐久性、組立てやすさ、重量などについて十分な考慮がなされていなければならない。

アンテナは風雨にさらされる状態で使用される。したがって容易に腐食されず、また台風時の風雨にも耐えなければならない。「風が吹けば——」はおけ(桶)屋だけにしたい。さらにすずめ(雀)はおろか、はと(鳩)程度の鳥がとまることがあり、そのとびたつときの圧力についても配慮が必要である。

エレメントの材質・太さ・止め方などが耐久性を左右するものだろう。といって重量が大きくなるのも問題である。あまりにも重いアンテナは、設置作業のさい負担となるばかりでなく、ポール・支持具・保持具に負担をかけることにもなる。多素子のもので、いかに重いものであっても、3kgまでにとどめるべきであろう。

組立てやすさについても考えなければならない。組立て方法については、無論説明書に記入なされているが、アンテナ設置のように屋外作業を行なうものについては、説明書が十分に読まれることは少ないと見なければならない。したがって説明書がなくても、アンテナ設置に多少ともなれたサービス員に組み立てられる程度でありたい。実際に市販されているカラーテレビ受信アンテナを調べたところ、多素子のアンテナで、5分～10分で組み立てが可能がほとんどであったが、なかには20分以上かかるもの、説明書がない限りエレメントの配列がわからず、組み立て不可能のものもあった。

以上わかりきったことであるが、実際に町を歩いて調べてみると、エレメントの折れたり欠けたりしたアンテナ、組み立て方を間違えたアンテナに出あうことがあまりにも多い。

4. カラーテレビジョン受信アンテナの設置状況

カラー受信アンテナの設置方法として考えられるものに、単独アンテナと共用アンテナがある。共用アンテナとは他のテレビ受信機と共同で使用するもので、整合や妨害波の点からして好ましいものではない。

またカラーテレビ受信アンテナの素子数としては5素子以上のものが市販されている。フィーダのインピーダンスとして300Ω平衡形をつかうアンテナ、75Ω同軸形を使うアンテナ、わずかの加工を行なうことによりこの両方に流用できるアンテナの3種類がある。

このようなことについて、昭和42年末より当社のカラーテレビジョン受信機各機種にアンケート用紙を入れ、受信機据付員に報告してもらった結果を分析するとつぎのようになる。

アンケートは約1万枚発送した。回収率は2割程度である。なおこのアンケート調査の信頼度を確認するため、同様の調査を別途当社の技術者によって行なった。その結果によるとアンケートは、よく実情

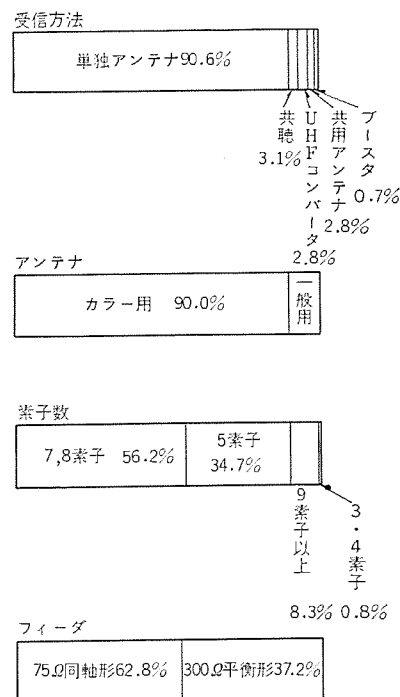


図 4.1 アンテナの使用状態
Antenna operating state.

を示していることが証明された。

(a) 受信方法

単独アンテナ使用が90%程度であった。問題ありと思われる共用アンテナは3%程度である。その他共聴によるもの、UHFコンバータによるもの、プースタによるものがみられる。

(b) アンテナ

カラーテレビ受信アンテナが90%程度使われており、「カラーテレビはカラーアンテナを」とのPRは予想以上にゆきとどいている。

(c) アンテナの素子数

5素子が35%であり、他は7素子以上である。4素子以下はほとんど使用されていない。なおこれは全国平均であるが、電界強度の強いところでは、5素子の使用が60%を越えている。このことは、電界強度の強いところで、さらに指向性、VSWRのよい7素子以上を普及させることが、かなり困難であることを示している。

(d) フィーダ

75Ω同軸形は63%、300Ω平衡形が37%程度となっている。カラーテレビ受信アンテナの使用率が90%でありながら、同軸形フィーダの使用率の低いことは問題であろう。同軸形フィーダを使用するには現在のところ整合器が必要である。またこのフィーダの加工には多少の知識と経験が必要である。高価額であると言うことのほかにこのような点も普及を阻害している一つの原因であろう。なおさらに詳細に分析すると、カラーテレビ受信アンテナで同軸形フィーダの使用率66%、一般用アンテナで同軸形フィーダの使用率は15%となっている。

さて、ここで多少気になることがある。それはカラーテレビの正価とカラーテレビ受信アンテナの使用率の相関である。

全国平均で調査した結果によると、最も価格の高い19形コンソール形受信機では、カラーテレビ受信アンテナが90%強使用されているが、価格の安い15形の受信機については、80%弱となっている。この間に各機種の価格とカラーアンテナの使用率が相関をもって並んでいる。

今後カラーテレビの普及に伴って、低価格のものが数多く販売され

と思われるが、需要者に十分 PR を行なう必要がある。

5. アンテナの選び方と建て方

それでは実際にアンテナを選ぶとき、建てる時にどのような注意をするべきかについてまとめてみた。

アンテナの選び方としては、電気的特性、構造について前述の各項目を参照していただきたい。われわれも実際に何種類かのアンテナを使用してみた結果、本来優秀な特性をもちながら、エレメントの組み立て方、フィーダの接続方法によっては非常に悪い結果を示すものがあった。これらは、テレビ受信アンテナの性格をわきまえていない設計というべきであろう。

さて、フィーダは耐久性、電気的特性その他から同軸形を使用するべきである。同軸形にもその太さに応じて種類があるが、一応 5C-2V を標準としたい。価格の面から、3C-2V が使われることが多いが、この場合にはしん(芯)線がより線のものを使う。これはフィードロスよりもむしろ断線に注意しなければならないからである。

アンテナは強中電界地区で、人工雑音がない良好な場所では、5素子でもよいが、それ以外の地区では7素子以上のものを使いたい。カラー用と称するものを使うのは当然である。

ただし、7素子以上のものとなると一般用としても、よく設計されているものもある。

最後に、アンテナ設置の心得についてふれる。

(1) アンテナは正確に組み立てること。

正しく組み立てないことには、アンテナは設計された性能を発揮できない。エレメントが傾いたりしていないか確認をする。

(2) 山・建物・樹木などの影響を受けない位置に。

直接波については無論、反射波についても考慮が必要。とくに最近ビルディングの建築がふえ、そのかげでいわゆる「ビルかげ」の問題が大きくなってきている。

(3) 自動車道路・高圧送電線・ネオンサイン・電車などから極力

はなすこと。

このようなものは人工雑音を出すと同時に、たとえば電車や航空機は通過時に電界に変動を与え、画面にフラッタ現象を発生する。

(4) 近所のテレビ受信アンテナから離すこと。とくにその真前、真後は避けかつ高さも変えること。

旧形のテレビジョン受信機の局部発振回路から妨害波が出ていることがある。一般に使用される八木アンテナの垂直、水平面の指向性から、二つのアンテナの位置がこのような場合にはもっとも妨害を受けやすくなる。

フィーダについては、300Ω 平衡形を使用した場合、種々の注意事項があるが、75Ω 同軸形の場合にはさして注意すべき問題はない。

6. む す び

カラーテレビと白黒テレビでは果す役割が異なっており、需要者の期待度も異なる。たとえば同一内容の放送を白黒画面で見たときと、カラー画面で見たときに、感銘を受ける個所が異なるとの話をきいたことがある。またカラー放送では鑑賞の要素が強くなる。さらに受信機の価格の差などを考えても、カラーテレビに要求される技術レベルはかなり高い。品質面ばかりではなく、アンテナのような部品についても同様である。さらに大気汚染のアンテナに与える影響、交通機関の発達による人工雑音、大都市ばかりでなく中小都市においても、ビルかげの問題など、アンテナをめぐる問題は増大してきている。

そこでアンテナに関する問題点を広い角度からとらえて検討してみた。本文が、カラーテレビ関係者のアンテナに対する認識を改める役にたつことを願うものである。

参 考 文 献

- (1) 石橋、鈴木：受信機入力回路の非整合とその影響、テレビ学会誌 9, No. 3



特許と新案

ミシンの上糸案内装置

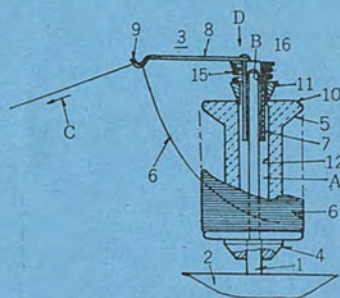
考案者 三津沢 武夫

この考案は、ミシンアームの糸立棒にそう(挿)着されたボビンの上糸が、ミシンの実動中に糸立棒にからむことのないようにした上糸案内装置に関するもので、図に示すようにミシンの実動中に上糸(6)がひっぱられたとき、その引張力により保持筒(7)および緩衝ばね(15)を介してボビン押え(11)を上糸ボビン(5)に圧接するようにしたものである。

このようにすると、上糸(6)がひっぱられて上糸ボビン(5)が回転するときには、必ずこの上糸ボビン(5)に制動力が作用するので、上糸ボビン(5)がむやみに空転して上糸(6)が糸立棒(1)にからみつようなことがなくなり、簡単な構成で目的を達成することが

ができる。

(実用新案第 822847 号) (山川記)



励磁機の切換方式

発明者 斎藤 豊・久松 章三・長沢 保明

この発明は発電機の常用励磁機と予備励磁機の切換方式に関するものである。

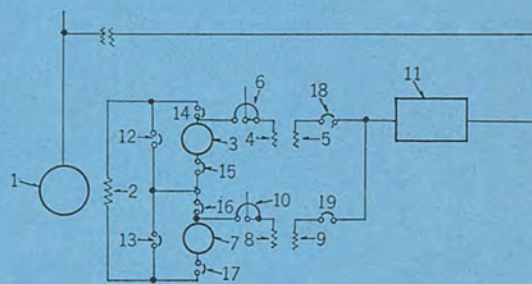
従来この種切換方式は高度の技術を要し、操作を誤ると2台の励磁機間に横流が流れ、励磁機を損傷する恐れがあり、しかも切換中は自動電圧調整は全く行なわれず系統に対する貢献度もない。これに対しこの発明は切換中においても自動電圧調整を行なうことができ、しかも操作が簡単で確実に切換える方式を提供するものである。

この発明を図により説明する。開閉器(13)、(14)、(15)を閉じて、常用励磁機(3)の使用中は発電機出力電圧に應ずる自動電圧調整器による他励巻線(5)励磁と、分巻巻線(4)励磁との合成励磁で励磁機(3)の出力電圧が決定され、発電機(1)の界磁巻線を励磁し、発電機出力電圧を所定値に保持する。次に常用励磁機(3)から予備励磁機(7)に切換える場合を説明すると、第1に常用機(3)の分巻界磁調整抵抗(6)を調整して他励磁のすべてを分巻励磁に移すとともに、予備機(7)の分巻界磁調整抵抗(10)を予備機(7)の出力が零になるように調整する。第2に開閉器(16)、(17)を閉じ、第3に開閉器(18)、(13)を開き、開閉器(19)を閉じて自動電圧調整器(11)を予備機(7)の制御に切換え、常用機(3)と予備機(7)とを直列運転

する。このとき発電機(1)の励磁はすべて常用機(3)が持っており、予備機(7)の出力は零であるが、発電機(1)の出力に変動があれば、自動電圧調整器(11)が働き予備機(7)を励磁し出力を出すので自動電圧調整の制御は行なわれている。

第4に界磁調整抵抗(6)を調整して常用機(3)の出力を下げると発電機出力電圧が低下するので、自動電圧調整器(11)の働きにより予備機(7)の出力が増加して全体として励磁量は変わらない。このようにして常用機(3)の出力を零にすると励磁機の負担は完全に予備機(7)に移る。第5に開閉器を閉じ、開閉器(14)、(15)を開放して切換は完了する。

(特許第 506160 号) (太田記)



搬送保護継電装置

発明者 北浦 孝一

この発明は零相循環電流の存在するような系統に適用しても不正動作を行なうことのない搬送保護継電装置に関するものである。

図によりこの発明の一実施例を説明するに、図 1 は $n=3$ 回線の場合を例示してある。また以下の説明では最悪条件を検討するため、

特許と新案

器等からなる故障検出要素であり、感度、動作速度等に関して適度の協調をとっている。すなわち FD_1 は搬送波スタート用であり、 FDX は搬送波停止またはトリップ回路形成用であるから、 FD は FDX よりも高感度に設定され、動作は早く、復帰はおそいものとなっている。 S は開閉器であるが、この発明の方式には必要がなく説明の便宜上そう入したものであり、この開閉器 S を閉成して点線部分を除去すると全く従来のもの、すなわち特許第 407189 号（特公昭 37-13227 号）に示されるように異周波打返し式方向比較方式の搬送保護継電装置となる。

(特許第 503544 号) (太田記)

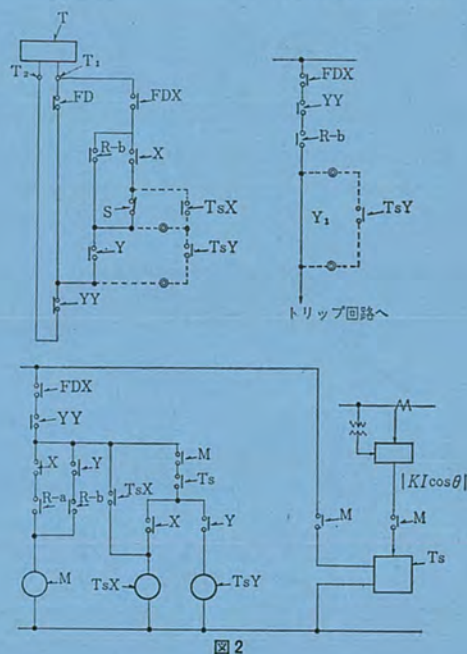


图 2

型彫り方法

発 明 者 津 枝 正 介・斎 藤 長 男

小さな電流で加工されるものであって、型台としてステンレス鋼を使用しても型面を光沢面となし得ないものである。ここでステンレス鋼について、その被加工面が光沢を呈するに十分な電流を実験で求めると、電流密度にして 15 A/cm^2 以上の電流密度において光沢面が得られた。この実験において電解液は 30% の食塩水溶液を使用し、電極には四六黄銅により構成したものを使用した。

(特許第 502332 号) (古沢記)

Technical drawing of a mechanical assembly, likely a pump or valve mechanism, showing a cross-section with numbered components (1-20). The drawing includes a handle (12) connected to a shaft (10) which drives a series of gears and a piston (16) within a cylinder (17). A valve (14) is also shown.

吸込口改良うず流れ形ポンプの特性

井上 誠 治*

Performance of WESTCO Pumps with a Redesigned Suction Inlet

Fukuoka Works Seiji INOUE

Of several types of well pumps, those with vortex flow outnumber the rest of type, Mitsubishi has been supplying WESTCO pumps as ones falling under the category, but has worked an improvement on them at their inlets so as to prevent cavitation and to elevate the suction performance. In general this type of pumps are mostly good for lifting water to the height of 6 m, whereas the WESTCO pumps redesigned are able to such up water as high as 8 m, working steadily from the height of 7 m. They are now well commented in the market.

This article describes the improvement made on the suction inlet and the performance compared with that of the old design, and also various problems concerning the reconstruction of the part.

1. ま え が き

井戸ポンプ用として、現在、機種・台数ともにうず流れ形ポンプが多く採用されているが、さきに井戸ポンプ全般について、需要家がポンプを選定するうえでの機種・性能・構造の概略⁽¹⁾について記したが、本文では当社がキャビテーション防止対策として吸込口を改良し、吸上げ性能を向上させたいうず流れ形ポンプの特性・設計上の問題点などの検討結果についてのべたい。

2. 吸込口改良の構造

井戸ポンプ用うず流れ形ポンプの実吸上げ高さは一般に6 mが多い。これは水温の影響、吸込管の諸損失等を見込んで安全な吸上げ性能を表示しているものであるが、吸上げ性能が最も大きな影響を及ぼしているのは、ポンプのはね車作用水通路入口付近の圧力降下であることが明らかになっている⁽²⁾。この点に着目し、当社ポンプでは昭和33年来、吸込口を改良し、はね車作用水通路入口付近に発生する圧力降下量を低減し、キャビテーションを防止できるので、100 W～200 W形ポンプで実吸上げ高さ8 m、250 W～750 W形の多揚水量形で7 mという安定した高吸上げ性能を有し、市場で好評をえている。またこういう吸込口の改良を行なうことではね車作用水通路

の乱れが強くなり、揚程自身も高くなり、ポンプ効率も吸込口を改良しないポンプに比べて向上している。吸込口改良の構造としては、吸込口より圧力降下が発生する箇所にかけて、図2.1に示すごとく各方向・軸方向に水通路断面積を拡大している。

3. ポンプ特性

3.1 ポンプ試験装置

ポンプ試験装置を図3.1に示すが、実験用ポンプは直流モータにて駆動されるが、駆動軸にトルクメータピックアップならびに電子式回転計を取り付け、一定回転数にて実測できるようにしている。揚水量はあらかじめ修正したフロート式流量計で実測した。また実吸上げ高さは自由に調節でき、しかもポンプ試験中の水位は常に一定に保たれるように、井戸に設けられたフロートスイッチ、DP形水中ポンプ、ならびに水そう(槽)と井戸間の水位調節用管に設けられた電磁弁等により、自動的に制御できるようにしている。

3.2 ポンプ特性曲線

ポンプ特性曲線を図3.2、4.1に示す。図3.1は実吸上げ高さ8 m、図4.1は実吸上げ高さ0.3 m、吸込管の横引き、おのの1 mにおけるポンプ特性曲線を示している。ところで、図3.2は同一ポンプについて、吸込口拡大を全然おこなわないもの、最適に拡大したもの、その中間程度に拡大したものについて実測したが、この図でわかるとおり、吸込口を拡大しないポンプではキャビテーションにより、揚水量11 l/mmを流量限界点とし、流量は著しく減少して

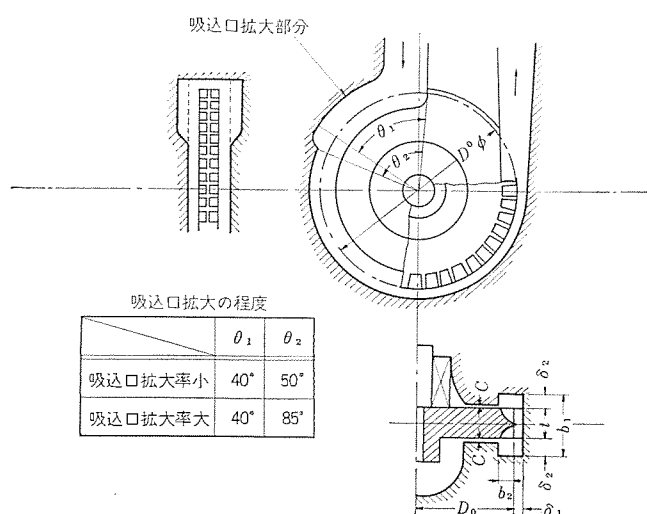


図 2.1 うず流れ形ポンプ部分断面図
Cross section of part of the pump.

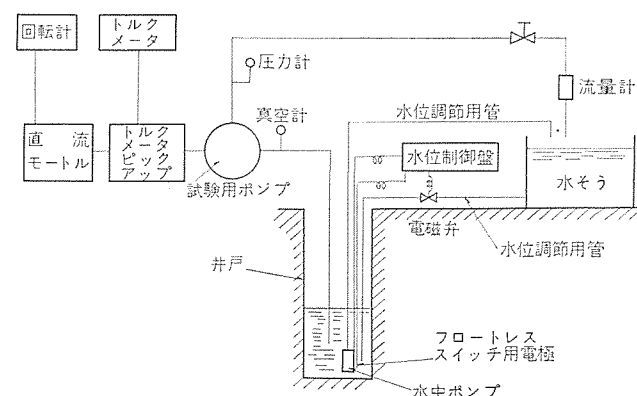


図 3.1 試験装置
Installation of pump test.

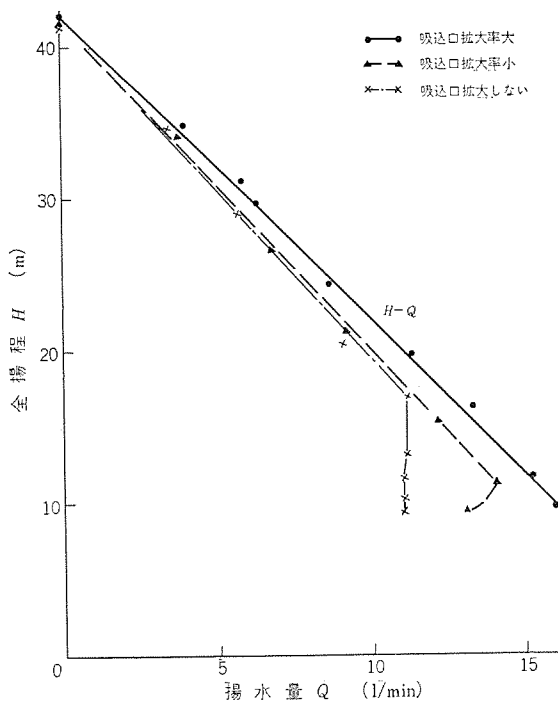


図 3.2 うず流れ形ポンプ揚程-揚水量曲線
H-Q characteristic curves of WESTCO pump at 8m suction height.

いる。また中程度の吸込口を拡大したものでは、揚水量 14 l/min がキャビテーションによる流量限界点であることがわかる。一方吸込口を最適に拡大したポンプでは、実吸上げ高さ 8 m でもキャビテーションによる流量の減少傾向は全くみられず、かつ揚程-揚水量曲線において揚水量に対する揚程は、揚水量の全範囲で高い値をえている。また軸動力-揚程曲線についていえば、低揚程では各ポンプ間にあまり軸動力の差がなく、高揚程で吸込口の拡大の程度によりわずかながら軸動力が増加する傾向を示している。しかし、ポンプ効率についていえば、最適に吸込口を拡大したポンプが最もよく、他は劣っている。なお、図 4.1 では吸込口拡大を全然おこなわないものと、最適に拡大した両者のポンプについての特性曲線を示すが、実吸上げ高さが 0.3 m であるためキャビテーションによる流量下降傾向はみられない点以外、実吸上げ高さ 8 m のばあいと両者においてほぼ同様な性能の傾向を示している。

4. ポンプ特性式と検討結果

4.1 ポンプ特性式

本文では葛西・妹尾両氏のポンプ特性式⁽³⁾を基礎に吸込口を拡大したうず流れ形ポンプの特性式について検討したものであるが、まず、基礎となる特性式についてのべる。

$$H+h=\frac{L-L'}{g} \cdot \frac{kU}{\delta A} \cdot \frac{AUq_0-Q}{q_0-0.5} \quad (4.1)$$

ここで

$$q_0=1+\frac{y_0}{\delta} - \frac{0.4343}{\log_{10}\left(1+\frac{\delta}{y_0}\right)} \quad (4.2)$$

$$y_0=\frac{\mu}{\rho kU} \quad (4.3)$$

$$h=5.9 \times 10^{-4} \left(\frac{Q}{A}\right)^2 \quad (4.4)$$

$$L'=\frac{11.3Q}{AUq_0} \quad (4.5)$$

また

$$T=T_m+2.215 \times 10^{-7} \xi \frac{D \cdot AL\rho k_0 U^2}{\delta \log_{10}\left(1+\frac{\delta}{y_0}\right)} + \psi \rho \frac{D}{2} A \left(H+\lambda \frac{U^2}{1960}\right) \times 10^{-3} q_0 \quad (4.6)$$

上式中

H : 全揚程 (cm 水柱)

Q : 揚水量 (cm^3/s)

T : トルク ($\text{cm} \cdot \text{kg}$)

T_m : 機械摩擦トルク ($\text{cm} \cdot \text{kg}$)

L : 水通路の長さ (cm)

L' : 有効に働かぬ水通路の長さ (cm)

A : 水通路断面積 (cm^2)

δ : 水通路 2 乗平均深さ (cm)

D : はね車平均有効直径 (cm)

U : 直径 D_0 のところのはね車の周速度 (cm/s)

h : 水通路内圧力降下量 (cm 水柱)

ρ : 密度 (g/cm^3)

μ : 粘度 (ポアーズ)

k_0 : 水通路内の真の乱れ係数

k : 内部漏れを考慮した見かけの乱れ係数

λ : 入口損失係数と出口損失係数との和

ψ : 修正係数

なお、 $A=b_1\delta_1+2b_2\delta_2$

$$D=\{b_1(D_0+\delta_1)+2b_2(D_0-b_2)\}/(b_1+2b_2)$$

$$\delta=\sqrt{(\delta_1^2b_1+2\delta_2^2b_2)/(b_1+2b_2)}$$

式中の b_1 , b_2 , δ_1 , δ_2 , D_0 は図 2.1 に示すポンプ各部の寸法である。ここで、全揚程-揚水量との関係は式 (4.1) で表わされるが、いま縮切揚程 H_{\max} 、ならびに理論上最大揚水量 Q_{\max} にて式 (4.1) を変形すると、

$$H_{\max}=\frac{LkU^2q_0}{g\delta(q_0-0.5)} \quad (4.7)$$

$$Q_{\max}=AUq_0 \quad (4.8)$$

$$H+h=\frac{L-L'}{L} \left(H_{\max}-\frac{H_{\max}}{Q_{\max}}Q\right) \quad (4.9)$$

となる。

以上で全揚程-揚水量との関係は式 (4.9) で、全揚程-トルクとの関係は式 (4.6) で示されることになる。

4.2 吸込口改良時の特性式の検討結果

うず流れ形ポンプの吸込口を改良したばあい、はね車の作用水通路での圧力降下量が少なく、かつ吸込口拡大部分で乱れが十分発達し圧力増加に寄与できるので、吸込口を改良しないポンプより揚程が高くなるわけである。これは水通路での圧力降下が少なく、水通路での圧力増加作用が早められたとみられるので、有効に働かない水通路長さが減少し、有効な水通路長さがふえたといえる。したがって、吸込口を改良したポンプ特性式として、従来の特性式について圧力降下量・水通路長さ等についてまず検討すればよいことになる。

いま、吸込口を拡大した改良形ポンプと、吸込口を改良しないポンプの特性曲線を広範囲にとるため、実吸上げ高さ 0.3 m、吸込管横引き 1 m という低揚程で比較試験すると、図 4.1 に示すポンプ特性曲線がえられる。この図よりつぎのことが明らかである。

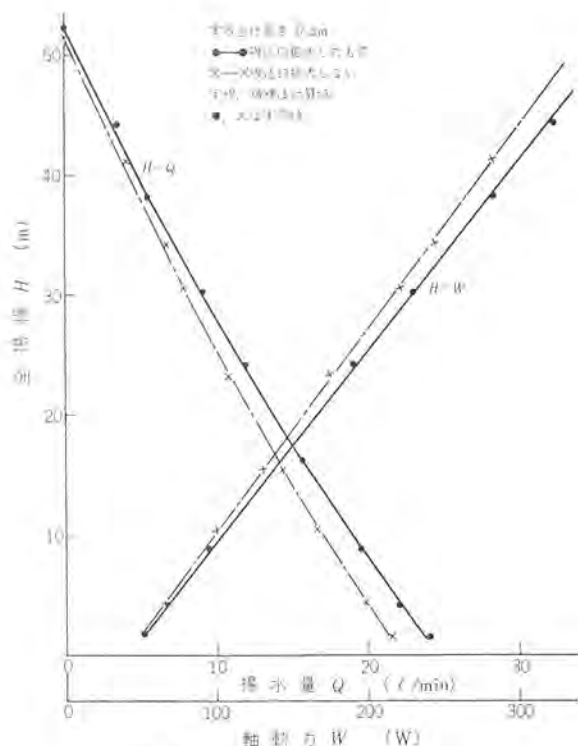


図 4.1 うず流れ形ポンプ特性曲線
Characteristic curves of WESTCO pump at 0.3 m suction height.

(a) 揚水量に対する揚程は改良形のほうが高いが、揚程が高くなるほど差が小さくなり、縮切り揚程ではあまり差がない。

(b) 最大揚水量は改良形ポンプが多い。

(c) 軸動力—揚程曲線では、同一揚程に対して改良形のほうが揚程が高くなるほど軸動力も大きくなっている。

ここで、縮切り揚程が改良形で、ある程度高ければ乱れ係数についても考慮すべきであるが、今回の実験ではあまり差がないので、改良形とそうでないポンプは同一の乱れ係数としている。

さて、揚程—揚水量曲線に関し式 (4.9) の特性式と、実測値より明らかな (a)・(b) よりみて、吸込口改良のポンプ特性式としては、 Q_{\max} ならびに前述の圧力降下量 h 、有効に働かぬ水通路長さ L' について検討すればよいが、まず、最大揚水量が改良形で多い故、式 (4.8) をつぎのようにおく。

$$Q_{\max} = AUq_0 C_1 \dots\dots\dots (4.10)$$

C_1 : 修正係数

したがって、式 (4.5) の L' も変わる。なお、 L' の 11.3 は 6 とすることで吸込口改良の有無にかかわらず実測値は特性式に一致する。

$$\therefore L' = \frac{6Q}{AUq_0 C_1} \dots\dots\dots (4.11)$$

つぎに圧力降下量 h も吸込口を改良することで減少するので、式 (4.4) はつぎのようにおく

$$h = 5.9 \times 10^{-4} \left(\frac{Q}{A} \right)^2 \cdot \frac{1}{C_1^2} \dots\dots\dots (4.12)$$

ところで、最近の井戸用うず流れ形ポンプでは、従来の 4 極モートル付きから 2 極モートル付きの形式へ変更され、ポンプは小形化されているが、このようなポンプに吸込口を改良するばあい、4 極モートル付きに比べて水通路長さに対する吸込口拡大部分の割合が大き

ならざるをえないので、こういうポンプの特性式としては、水通路断面積の異なる 2 台のポンプを直列に連結した組合せポンプとして、特性式を検討すべきが妥当と思える。しかしながら設計上からも複雑になるので、上記のように h , L' , Q_{\max} の項について式 (4.10), (4.11), (4.12) に示すとおり修正したものであるが、これは吸込口の拡大の程度に見合った係数 C_1 を水通路断面積 A に乗じて、見かけ上水通路断面積が大きくなったとして特性計算をしようとするものである。この見かけ上の水通路断面積を特性式に代入することで、図 4.1 の実線に示すごとく、計算値は実測値に一致させることがわかった。

つぎに軸動力—揚程曲線について検討すると、(c) 項に記したとおり吸込口を拡大したポンプは軸動力が増加しているが、吸込口の拡大の全水通路長さに対する割合が大きくなり、この拡大した水通路のため軸動力が増加したものとする。したがって、式 (4.6) において前記同様水通路断面積として、若干大きい見かけ上水通路断面積 AC_1 を代入することで、図 4.1 に示すように特性式は実測値に合わせうる。なお、機械摩擦トルク T_m として、最近の小形ポンプに使用されているアンバランス形メカニカルシールを軸封装置として使用するばあい、揚程に比例してトルクも増大するのでそれを見込む必要がある。

以上の吸込口を拡大したポンプは、実吸上げ高さが浅いばあいにおいても拡大しないポンプに比べてポンプ効率が高く、実吸上げ高さが深いばあいには、キャビテーションによる揚水量の減少・揚水不能がないので、井戸ポンプとしての実用価値は大きいといわねばならない。

5. む す び

(1) うず流れ形ポンプとして、またキャビテーション防止対策として吸込口を適当に拡大することで、実吸上げ高さ 8m より安定した揚水性能がえられる。

(2) キャビテーション防止対策として吸込口を拡大したうず流れ形ポンプでは、揚程—揚水量曲線において吸込口を拡大したポンプほど揚水量に対する揚程は高く、軸動力—揚程曲線では高揚程時軸動力が増大する傾向にあるが、ポンプ効率としては吸込口を拡大したポンプのほうがよい。

(3) 吸込口を拡大したうず流れ形ポンプでは、水通路断面積として吸込口の拡大率を考慮した係数を乗じ、見かけ上の水通路断面積を特性式に代入することで、実測値に一致した計算値がえられる。したがってこのような吸込口拡大のポンプ設計時には、こんな簡便なる設計法が十分利用できる。

以上吸込口を拡大したうず流れ形ポンプの特性ならびに特性式の検討を行なったが、当社ではよりよいキャビテーション対策、ポンプ特性の向上、騒音の低減等について研究を続けており、今後とも需要者各位の要望にそいたいと願っている。

参 考 文 献

- (1) 青柳, 井上 : 三菱電機技報 41, 695 (昭 42)
- (2) 葛西, 妹尾 : 機械学会論文集 19, 85 号 (昭 29)
- (3) 葛西, 妹尾 : 機械学会論文集 17, 56 号 (昭 26)

MELCOM-3100 ソフトウェア (5)

— ACE コンパイラ システムの概要 —

国分 倫任*・有坂 秀夫*
首 藤 勝**・魚田 務臣**

MELCOM-3100 Software (5)

— General Description of ACE Compiler System —

Mitsubishi Heavy Industries, Ltd. Tomonobu KOKUBUN・Hideo ARISAKA
Mitsubishi Electric Corp., Kamakura Works Masaru SUDO・Katsuomi UOTA

As main translators for business applications of MELCOM-3100 system series, COBOL and ACE compilers and MACRO-CODER assembler are now available.

ACE is a problem oriented language for exclusive use in the business data processing, aiming at the reduction of items to be written in a program, by standardizing the flow of the business data processing.

Herein is described the compiler system in reference to the outline of the language and the compiling method and their application as a main topic.

1. ま え が き

MELCOM-3100 システムシリーズの事務データ処理用の主力トランスレータとしては、COBOL および ACE コンパイラと MACRO-CODER アセンブラが供給されている。COBOL や MACRO-CODER が、事務データ処理以外の応用分野にも使える手続き向き言語であるのに対し、ACE は事務データ処理専用企画された問題向き言語である。

ACE 言語の根本思想は事務データ処理の流れを標準化し、標準化の対象になった機能は言外の機能としてプログラムに指定しなくてもよいようにし、対象外の機能だけをプログラムに指定させるようにすることである。言語の簡潔さ、プログラムの書きやすさの観点からはアセンブラ言語はいうにおよばず、COBOL 言語の追随さえ許さない。また、プログラムの虫取りの便宜を考えてコンパイラを構成したので、デバッグも容易であり、手軽に使うことができる。

ここでは、MELCOM-3100 ソフトウェア体系における ACE システムの位置、ACE の言語とコンパイル方式および応用結果について概要を記述する。

2. MELCOM-3100 ソフトウェア体系における ACE システムの位置

一般にシステムの要素がシステム全体の中で占める位置について考察することは、システムの性格を明確にし、設計方針を確立するためにきわめて重要なことである。ACE システムについていえば、システムが MELCOM-3100 オペレーティングシステム全体に占める位置について考えることと、とくに言語体系の中での守備範囲を明確にすることが重要である。

2.1 オペレーティングシステムにおける位置づけ

図 2.1 に 3100/10 T オペレーティングシステムの構成を示す。この図が示すように ACE システムは処理プログラムの中で手続き向き言語プロセッサの範囲に入れられている。言語上からいえば、ACE のような

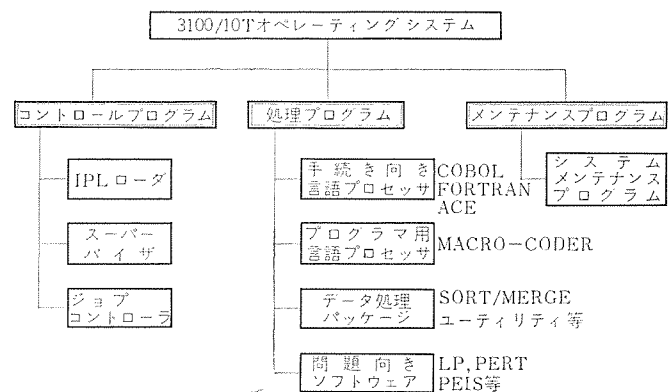


図 2.1 MELCOM-3100/10 T オペレーティングシステムの構成
MELCOM-3100/10 T operating system.

ジェネレータ形の言語は厳密には GPSS や LISP と同様な問題向き言語に属するが、オペレーティングシステムでの位置を考える場合は単純にコンパイラとしてとらえておくほうがよい。

2.2 言語体系における位置づけ

図 2.1 に示したように MELCOM では事務データ処理言語として、ACE のほかに COBOL と MACRO-CODER が装備される。これらの言語は同じ応用分野をもっているが、実用上の言語の得・不得手がある。それらを相補うように言語およびプロセッサを構成することが考えられ、ACE の守備範囲がつぎのように設定された。

(1) 入力レコードの読取り → 処理 → 出力レコードの書き出しという定形化されたフローをもつ作業を基本にし、入力レコードの選択、ファイルのマッチング、キー項目の変化の検出(コントロール切り)などの各種のオプションを付加した形をもった作業。

(2) 複雑な論理的判断をしない作業。

(3) 報告書を、体裁を整えて出す作業。

守備範囲はもちろん原則的なものであり、厳密に境界線が引けるものではなくまたその必要もない。典型的な事務計算を行なう事業所の計算機室について、ACE 言語で書くプログラムをこのような選

-

-

-

MELCOM-ACE CODING FORM B

プログラム名 _____

002 ページ (全 4)

入力レコード明細書

作成者名 _____ 作成日付 年 月 日

カード番号		処理条件 (注1)	ファイル名 (注2)	項目指定		加算指定	比較項目 (注5)	レコード選定		業務記号
ページ	行番号			名前	位置 始点 終点			小数点位置 宛先名	桁数 (注3)	
002	010	P1	CARD	TEMP1	1	60	KASA1	9		TEST-I
	020	I		TEMP2	8	130	KASA2			
	030	I		TEMP3	15	240	KASA3			
	040	I		TEMP4	26	290	KASA4	6		
	050	I		TEMP5	31	370	KASA5			
	060	I								
	070	P2	TAPE I	TEMPA	1	60	KASAA	9		
	080	I		TEMPB	8	130	KASAB			
	090	I		TEMPC	15					

○印は必須、空白部は任意、その他の部分は書いてはならない。

(注1) P1~P9以外を書いてはならない。

(注2) 01~99(10位の0は必要)以外を書いてはならない。

(注3) 書かなければ項目指定の桁数と同じとみなす。

(注4) L1~L9以外を書いてはならない、必ずL1から順に使用すること。

(注5) K1~K9以外を書いてはならない。

(注6) E(等価)N(基準値外)G(基準値より大)L(基準値より小)。

(注7) カラム60~72は空白にしておくこと。

←は左づめ、→は右づめを表す。

コメント行にはカラム8に*を入れる。

図 3.2 MELCOM ACE CODING FORM B——入力レコード明細書
MELCOM ACE CODING FORM B——Input-record specification sheet.

MELCOM-ACE CODING FORM C

プログラム名 _____

003 ページ (全 4)

処理手続書

作成者名 _____ 作成日付 年 月 日

カード番号		処理条件 (注2)	項目1 リテラル	項目2 リテラル	宛先指示	結果標識(注2) 計算結果 正 零 負 比較結果 1>2 1=2 1<2	桁溢れ標識(注2)	業務記号
ページ	行番号							
003	010	P1	DISPLY	@TEST-I	START			TEST-I
	020	P1	OFF			P2		
	030	P1	ON			L1		
	040	P1	ON			P2		
	050	P1	SUB	TEMP1				

(注1) 冒頭処理はLS、細目処理は空白、合計処理はL1~L9、LR、しめくり処理はLLである。

(注2) 01~99, L1~L9, LR, P1~P9, KG, KE, KL, OF, 以外を書いてはならない。

(注3) 加減乗除算の行のみ書くことができる。

(注4) カラム70~72は空白にしておくこと。

←は左づめ、→は右づめを表す。 コメント行にはカラム8に*を入れる。

図 3.3 MELCOM ACE CODING FORM C——処理手続書
MELCOM ACE CODING FORM C——Calculation specification sheet.

を形成するレコードの設計を行なう。この明細書では、

ファイル名の行

レコード選定の行

項目指定の行

の3種の記述行によって入力関係の動作を記述する。

入力レコード明細書の記入欄は機能的に六つの部分からなっている。

(a) アセンブラやコンパイラでのGETやREADに相当する動作とタイミングを指定する“読取条件”と“ファイル名”の欄。

(b) 論理レコードのフィールドを定義し名前を与える“項目指定”の欄。

(c) レコードが連続的に計算機に読み込まれたときに特定の項目の変化を見つけ(コントロール切れを見つけ)、合計計算などの特別な処理を行なう条件を設定する“コントロールレベル”の欄。

(d) ファイルの中のレコードを選別し、計算処理やデータ出力のときに使う標識を立てる“レコード標識”と“レコード選定”の欄。

(e) 複数個の入力ファイルのときマッチングの条件を指定する“比較項目”の欄。

(f) 処理手続書に加算を指定しなくても自動的に小計をとるフィールドを指定する“加算指定”の欄。

(3) 処理手続書 図 3.3

004 ページ 全 4)
1 2 3

出力レコード明細書

作成者名 _____ 作成日付 _____ 年 _____ 月 _____ 日

カード番号		カ ー ド 分 割 記 号	ファイル名	出力条件 (注1)	プリンタ ス キ ャ ン 改 行	項目名	始点	リテラルまたは編集様式	業務記号
ページ	行番号			および	印刷前 印刷後 印刷前後				
004	010	O	PRINT						TEST-I
	020	O	T LR		0 5				
	030	O				31	@KASAN-CHECK LIST CARD@		
	040	O	T LR		3				
	050	O			KASA1	10			
	060	O			KASA2	20			
	070	O			KASA3	30			
					KASA4	50			

(注3) カラム66～72はブラントにしておくこと。

○印は必須、空白部は任意、その他の部分は書いてはならない。

図 3.4 MELCOM ACE CODING FORM D——出力レコード明細書
MELCOM ACE CODING FORM D——Output-record specification sheet.

実際に行なわれる データ 処理手続きのうち、 入出力に関するもの
および ACE が自動的に行なう 標準処理に関するもの以外の部分が、
この指示書に書かれる。他の三つの指示書が必要であるのに対し処
理手続書は必要がなければ書かなくてもよい。

処理手続書の記入欄は機能的に四つの部分からなっている。

(a) 処理が行なわれるブロックとコントロールレベルとを指定する
“処理レベル”の欄。

(b) 処理が行なわれる条件を指定する“処理条件”の欄。

条件は入力レコード明細書のレコード標識、コントロールレベル、比較項目の欄の指定によって設定されるものと、処理手続書の他の行の結果標識またはけたあふれ標識によって設定されるものがある。

(c) 条件が満足したとき実際に行なうデータ処理を表わす
“項目1”，“操作コード”，“項目2”および“あて先指示”の欄。

処理の指示は“項目 1 と項目 2 とに操作コードで示した操作を
 施し、結果をあて先指示に送れ”の形式（いわゆる 3 番地の命令
 形）を基本にして行なう。演算の種類によって項目 1、項目 2、
 あて先指示を欠くものもある。操作コードの種類は 21 種である。

(d) 演算処理の結果にもとづいて、または無条件に、立てるべき標識を指定する“結果標識”および“けたあふれ標識”の欄。

(4) 出力レコード明細書 図 3.4

ファイル明細書で出力装置を割当てたファイルは、出力レコード明細書によってファイルを形成するレコードの詳細な設計を行なう。この明細書では、

ファイル名の行
レコード指定の行
項目指定の行

の3種の記述行によって出力関係の動作を記述する。

出力レコード明細書の記入欄は、機能的に五つの部分からなっている。

(a) アセンブラやコンパイラでの PUT や WRITE に相当する動作とタイミングを指定する“ファイル名”と“出力の時期”の欄。

(b) レコード全体または特定のデータを出力する条件を指定す

る“出力条件”の欄。

条件は入力レコードによって立てられるか、計算処理の結果立てられる標識によってつくられる。

(c) 出力レコードを構成するデータ項目と、その編集様式およびレコードにおける項目の位置を指定する、“項目名”、“始点”、“標準編集様式”および“リテラルまたは編集様式”の欄。

編集様式は COBOL の ピクチャ 指定とまったく同じ文法で指定される。

(d) 合計処理のような累算の場合に出力したあと、0に戻すことを指定する“出力後消去”の欄。

(e) プリンタ出力の場合 ページ体裁を整えるためのスキップや改行を指定する“ラインプリンタ”の欄。

ACE のコーディングシートは、プログラムの便宜を考えて見出しや欄外の注記にくふうをこらした。おもなものをあげると、

(1) 見出しをすべて和文にした。

(2) 見出し欄に矢印をつけて項目を左につめて書くか右につめて書くかを明示した。

(3) 注記を充実させて間違いやすいあるいは忘れやすい事項を注意した。

などである。このくふうによってプログラム時にちょっとした事項で説明書を参照することがなくなった。

4. ACE のコンパイル方式

最近では コンパイラ は珍しいものではなくなり、 コンパイル 方式もかなり定形化されてきている。しかし各 コンパイラ はそれぞれ独特の個性をもっている。この個性は設計方針から生まれるものである。ACE コンパイラ の設計方針をつぎのように設定した。

(1) デバッグを容易にし、手軽に使えるコンパイラとする。

(2) オブジェクトプログラムの能率化を図る。

このような方針のもとに図 4.1 に示すように

文章の解析部 (Lexical Analysis)

メモリ の割付部 (Memory Allocation)

オブジェクト生成部 (Object Generation)

の三つの論理フェーズ、七つの物理フェーズからなるコンパイラを作成した。以下に論理フェーズに注目して、ACEのコンパイル方式の特長点を中心に記述する。

4.1 文章の解析部

ソースプログラムを読みとり項目の解析とチェックを行ない、オブジェクト命令を生成しやすい形に変換する。この過程で各種のコンパイル表が操作されるのはいうまでもない。

この章の冒頭であげた設計方針の第1

“デバッグを容易にし手軽に使えるコンパイラとする”

は、すべて文章解析部で実現させることである。これを具体的にするためにつぎのような事項に配慮した。

(1) プログラムのエラー検出を徹底させる。

記入項目の単独チェックはいうに及ばず、関連項目のチェックを細かく行なう。たとえば入力レコード明細書の比較項目の欄に記入された項目は、ファイル明細書の中の

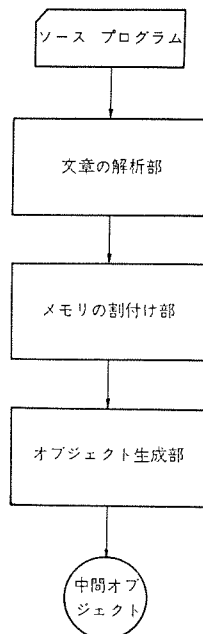


図 4.1 ACEコンパイラの論理上のフェーズ構成
Logical structure of ACE compiler.

ファイル名
入出力装置
入出力区分
マスターファイル
処理終了指示
EOF 標識

についてチェックされ、さらに入力レコード明細書の

読取条件

ファイル名

項目指定

についてチェックされる。他の項目についても同様に考えられるすべての関連項目について相互チェックされる。

(2) 不記入項目の自動埋込み

プログラムが記入しなかった必要項目には、可能な限りあらかじめきめてある標準のものを自動的に埋込んでコンパイルを進める。埋込まれた項目はコンパイルリストにプリントされるので、プログラムはそれを調べてそのまま正規のプログラムとするか訂正するかをきめることができる。図 4.2 は ACE のコンパイルリストの一例である。この図の①で示した個所は、印刷最大行数が指定されていなかったので標準シートを使うとして 060 (行) が与えられた例である。

(3) エラーは自動訂正の上コンパイルを進める。

検出したエラーは一定の法則に従ってシステムが自動的に訂正する。自動訂正はその結果をそのままプログラムが使うことを目的とするのではなく、プログラムを訂正するときのヒントを与える目的で設けた機能である。したがって自動訂正されたプログラムは実行不可能である。

(4) エラーの表示を便利にする。

手続き向き言語のコンパイラではエラー表示をメッセージによって行なうのが普通である。これはエラーの原因が複雑で見分けにくいことによる。しかし ACE のような表記入の言語では 1 カ所に記入できる項目がきめられているので、エラーの原因も比較的簡単に理解できるから、メッセージによる方式は良くない。ACE では図 4.3 に示したようにエラー個所の真下にエラーである旨を表示するようにした。その下の行は自動訂正の内容である。(図 4.3 のプログラムは意味のないプログラムである。)

MELCOM-3100 ACE COMPILE LIST

SAGYO SHIJISYO LIST FILE MEISAI SYO

GYOMUKIGO TEST-1

PAGE 001

CARD NO	CARD KUBUN	FILE MEI	I.O SOCHI KIGO	PRINT BANGO	I.O MASTER GYOSU	OWARI KUBUN	BLOCK SHIJI	RECORD FACTR	LABEL JISU	HYOJYUN SHIJI	LABEL NAMEAE	SHITEI BANGO	EOF HOZON	SONOTA
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
123456	7	89012	34	56	789	0	1	2	345	67890	1	2345678901	23456	789 01 2 3 4 567
001010	F	CARD	CR						60				E1	
001020	F	TAPE1	TU	3		I	E	10	81	S	KASAN-DATA	00001		
001030	F	PRINT	LP						132					

060

①

図 4.2 コンパイルリストの一例 (正しいプログラム)

An example of compiler list (correct program).

SAGYO SHIJISYO LIST NYURYOKU RECORD MEISAI SYO										GYOMUKIGO ER CHECK				PAGE 004	
CARD NO	CARD KUBUN	YOMITORI JYOKEN	FILE MEI	HYO SHIKI	KOMOKU MEI	SHI TEN	SYU TEN	SYOSU TEN	ATESAKI MEI	KETA SU	CONTROL LEVEL	HIKAKU KOMOKU	HIKAKU JYOKEN	RECORD SENTENCHI	
0123456	7	89	1	01234	56	78901	23456	78901	2	34567	89	01	23	4	567890123456789
004010	1		PA E P1	F											
→ 読取り条件 P A がエラーであり P 1 に自動訂正されたことを示す。															
004020	1			G			1	2							
004030	1			H			3	7					K1		
004040	1			I			8	10					K2		
004050	1			J			11	15					K3		
004060	1		FM												
004070	1			K			1	80							
004080	1		FILEC E FA###												
ソース・プログラムを見出し行に合わせてプリント：ソース行 エラー項目であることを示す "E" : エラー指示行 } 3行1組 ファイル名 "FA" に自動訂正されたことを示す : 修正行															
004090	1			L			1	81							
ERROR KEY NAME MULTI DEFINE } 全体的なエラー・メッセージ															
ERROR		NON MASTER	SIGN												

図 4.3 コンパイルリストの一例 (エラープログラム)
An example of compiler list (error program).

4.2 メモリの割付部

この部分は物理的には文章の解析部の一部として編成されている。ACE の文法から推察できるように、メモリの割付は簡単に行なえるので、この部分については特長的な事項はない。

4.3 オブジェクト生成部

文章の解析部とメモリの割付部とで作られた情報をもとにして、オブジェクト命令を生成しアウトプットする。

オブジェクトプログラムの能率化を図るために COBOL コンパイラ で使われているマイクロプログラム (高能率のサブルーチンと考えてよい) を全面的に採用した。また ACE には標識と呼ばれるスイッチ類がひん繁に使われるため、この処理速度を上げることがオブジェクトプログラムの能率化のひとつのキーポイントであり、主として標識の ON/OFF およびテストに関する機能をうけもつ8種のマイクロプログラムを新らしく作成した。これによってスイッチ類をひん繁に使った場合の処理時間の増加を最小限に止め、能率向上に寄与している。

5. 応 用 結 果

ACE コンパイラ は現在 MELCOM-3100 の使用者によって活用されており好評を得ている。このうちの三菱重工業(株)東京製作所における適用結果について記述する。

(1) 適用した業務

最初入出力ファイルとも1個のプログラムについて ACE を使用するという基準を設けたが、使用してみると非常に簡単にプログラムでき

ることがわかったので、この原則をはずし、きわめて複雑な論理処理や計算処理を行なうもの以外はすべて ACE 言語で書くことにした。全か動プログラムの60~70%が ACE プログラムになろう。

(2) 適用結果

他の言語と比較してつぎのことがいえる。

(a) プログラムがきわめて簡単である。フローチャートはほとんど書かれなかった。(ステップ数はカード枚数で6~250枚である。)

(b) デバッグが簡単である。コンパイラの能率が良く、リストが親切であるためデバッグのために計算機にかける回数が COBOL の約半分である。

(d) 他人のプログラムが容易に理解できるため管理に好都合である。

(e) 標準フローをみだりに変更できない欠点がある。これが必要なプログラムはあらかじめわかるので他の言語でプログラムを書くことができる。

6. む す び

以上 ACE の言語とコンパイラの概要を記述した。

応用結果によって実証されたように、この種の言語は手続き向き言語に比較して簡便に使えるため、今後事務データ処理分野で大いに活用されてゆくものと思われる。事務データ処理の形態の標準化が進むにつれて、この種の言語もさらに改良が加えられ便利になるであろう。

ACE は計算機システムを使用する立場にある人間と、供給する立場にある人間とが、文法やコンパイル方式について十分議論して作成したものであるので細かい配慮がなされていると思う。大方のご批判をうけたまわりたい。

参 考 文 献

- (1) 国分, 有坂, 首藤, 魚田 : 事務用言語 ACE コンパイラ とその応用, 昭和 42 年度情報処理学会大会予稿集
- (2) 首藤, 魚田 : 事務処理用言語 MELCOM-ACE とそのコンパイラ, 昭和 43 年電気四学会連合大会予稿集 (No. 2481)
- (3) 三菱電機 : MELCOM ACE 説明書
- (4) 嶋村, 首藤, 藤井, 中山 : MELCOM-3100 ソフトウェア (1)

——モデル 10 T プログラムの概要—— 三菱電機技報, 41, No. 4 (昭 42)

- (5) 首藤, 関本, 武田, 三光 : MELCOM-3100 ソフトウェア (2)
——モデル 30 T オペレーティングシステムの概要—— 三菱電機技報, 41, No. 10 (昭 42)
- (6) 首藤, 中山, 末沢, 東海林 : MELCOM-3100 ソフトウェア (3)
——モデル 30 T におけるプログラムの処理—— 三菱電機技報, 42, No. 3 (昭 43)
- (7) 首藤, 野田, 石川, 長田 : MELCOM-3100 ソフトウェア (4)
——10. PT システムの概要, 三菱電機技報, 42, No. 4 (昭 43)
- (8) L. M. Friedberg : RPG, The Coming of Age, Datamation, 13, No. 6 (June, 1967)

アナログ計算機用デジタル入出力装置

桑田 博*・篠田 東吾*

Digital Input/Output Systems for Analog Computers

Kamakura Works Hiroshi KUWATA・Togo SHINODA

As the application ware of analog computers expands, the requirement for the hardware is becoming more intensive with a simultaneous aim of more convenience. For instance automatic computer made control and digitalizing output/input data are deemed essential functions in future.

This paper describes the outline of digital input/output devices for use with Mitsubishi analog computers. The apparatus are capable of performing mode control of the analog computer, automatic setting of coefficient potentiometers and function generators, and working out time variable functions and high density sampling of computer solutions based on a paper reader and a typewriter. So an analog computer combined with this device constitutes a hybrid computer system of offline use.

1. ま え が き

大形アナログ計算機とデジタル計算機とにより構成される、本格的なハイブリッド計算機システムとしては、国立防災センタに納入した洪水計算用シミュレータなどがすでに紹介されているが、デジタル計算機と直接データの授受は行なわないまでも、アナログ計算機（以下アナコンという）の入出力をデジタル化したいという要求は、最近著しく高まっている。

当社ではすでに三菱重工業(株)広島研究所、千葉大学工学部などに各種のアナコン用デジタル入出力装置を製品化し、納入してきたので、この機会に当社の大形アナコン EA-7160, EA-7250 のいずれにも接続可能な MEL-LINK 7160/7250 形アナコン用デジタル入出力装置の概要を紹介する。図 1.1 に本装置の外観図を示す。

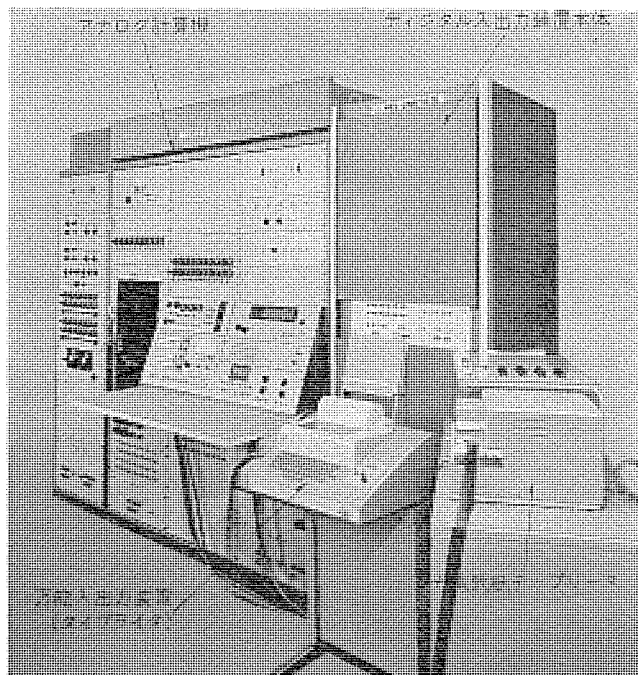


図 1.1 MEL-LINK 7160/7250 形アナログ計算機用
デジタル入出力装置（外観図）
Appearance of type MEL-LINK 7160/7250 digital I/O
system for analog computer.

MEL-LINK 7160/7250 は、紙テープとタイプライタをベースにしたデジタル入出力装置（以下 DI/O という）であり、EA-7160/7250 形アナコンと連動することにより、アナコン操作の自動化、演算機能の拡大をはかることができる。すなわち演算モードの制御、ポテンシオメータの自動設定、時間関数発生等の入力機能をもっている。こうした機能があらかじめパンチされたプログラムテープによって自動的に、あるいはタイプライタによって手動で実行できる。

本装置の主要構成要素は、万能入出力装置、光電式紙テープリーダー、論理回路、操作盤等である。アナコンと DI/O とを連動することにより、次のような機能が実行できる。

(1) 操作の自動化および自動演算

演算モードの制御、レコーダのオンオフ、計算リレーのオンオフ、ポテンシオメータの設定等が紙テープによって自動的に行なわれる。すなわちプログラム演算が可能であり、タイプライタによる手動操作もできる。

(2) 時間関数の発生

紙テープの内容を D/A 変換することにより、最高 2 チャンネルの時間関数を発生させ、演算方程式の入力信号（外力）とすることができる。

(3) 演算解のデジタル表示

リセットおよびホールド時に、演算解のアナログ値、ポテンシオメータの設定値をデジタル化し、タイプライタおよびパンチアウトすることができる。

(4) 演算波形の高密度サンプリング

アナコンを繰返し演算モードにし、演算波形のある時間間隔 Δt でサンプルホールドして、タイプライタおよびパンチアウトすることができる。

(5) 紙テープを介してデジタル計算機との情報交換が可能

デジタル計算機で作成したテープ（時間関数発生やポテンシオメータ設定等のプログラム）を本装置で実行させること、およびアナコン演算波形のパンチテープをデジタル計算機に読み込ませることが可能である。このことは、紙テープを介した一種のオフラインハイブリッド計算を可能にしたことを示すものである。（もちろん本装置だけでも、テープ作成、テープ再生、テープ打出しのオフライン操作が可能である）。

(6) プログラムの保存

紙テープにパンチした演算プログラムは、希望のときいつでも実行させることができる。すなわちプログラムの保存が非常に容易になる。

2. 構成要素

表 2.1 に構成要素の仕様一覧表を示す。

図 2.1 にシステムの構成図を示す。

表 2.1 構成要素の仕様
Performance of each constitution block.

構成要素	機能および標準仕様
1. 万能入出力装置	タイプライタ、紙テープリーダ、紙テープパンチ、10 字/秒、8 単位
2. 光電式紙テープリーダ	200 字/秒、8 単位
3. 論理回路盤	制御動作、論理動作を行なう 高安定トランジスタ NOR 使用
4. リレー盤	アナコンの制御、呼び出し用
5. 操作盤	操作および動作の表示
6. 接栓(せん)盤	機器間の接続
7. 電源	±12V -30V 論理回路用電源 リレー用電源

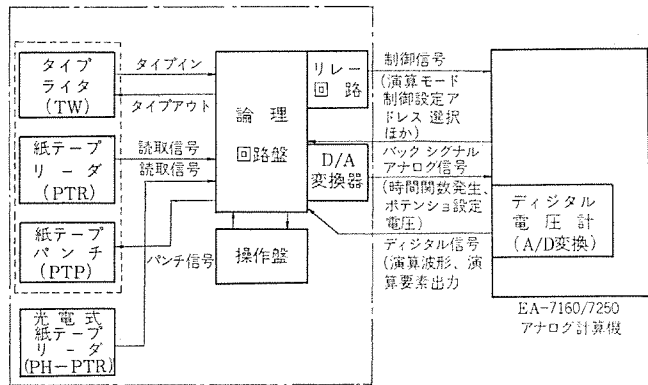
3～7 は独立架に収納

3. 機能の詳細

表 3.1 に機能の詳細を示す。

表 3.1 機能の詳細
Details of performance.

項目	内容	備考
1. 演算モードの制御	1.1 バランスチェック、リセット、コンピュータ、ホールド。	タイプライタおよび紙テープより制御可能。
	1.2 スタティックプロブレムチェック、ダイナミックプロブレムチェック。	
2. 自動設定	2.1 ポテンシオメータの自動設定、設定された値が自動的にタイプアウトされる。	アドレスやキャラクタ、数値やキャラクタで設定。 ただしむだ時間発生器の自動設定はオプション。
	2.2 ポテンシオメータ、関数発生器、むだ時間発生器の自動設定、ポテンシオメータ関数発生器は設定された値が自動的にタイプアウトされる。	
3. 計算リレーの ON-OFF 制御	2 チャンネル。	各チャンネル独立に ON-OFF 可能。
4. 記録器の制御	ペンレコーダの ON-OFF、X-Y レコーダのペンの UP-DOWN 制御	タイプライタおよび紙テープより制御可能。
5. 時間関数発生	5.1 低速: 1～2 チャンネル、1 データ/秒/チャンネル 出力: 0～±09.9V、0.1V 単位 符号+3 けた	
	5.2 高速: 1～2 チャンネル、20 データ/秒/チャンネル(光電式紙テープリーダによる) 出力: 0～±99.0V、0.1V 単位、符号+3 けた	
6. 演算解のデジタル表示	タイプアウト パンチアウト 符号+4 けた+小数点位置表示	リセットホールド時、A/D 変換器はアナコンのデジタルボルトメータを使用してもよい。
7. 演算波形の高密度サンプリング(演算波形の記録)	繰返し演算リセット時間 0.1s。コンピュータ時間 2～3s。サンプリング間隔 5～100 ms。サンプリング点 10～200 点	サンプリング間隔とは繰返し演算による等価的時間幅を示す。
8. 条件待ち機能	アナコンがホールドになるまで読取りをストップ、10 秒間待って次の命令を実行。	
9. ジャンプ機能	アナコンの条件によりテープの内容をジャンプする。	
10. ペル鳴動	テープの内容を実行しているとき、その命令を適所にそう入しておき、実行の確認ができる。	
11. オフライン動作	パンチテープの作成 テープ内容の打出し テープの再生	タイプライタ単体で動作可能。



MEL-LINK7160/7250 デジタル入出力装置

図 2.1 システムの構成図
System configuration of the digital I/O device.

4. 命令語

4.1 命令語の構成

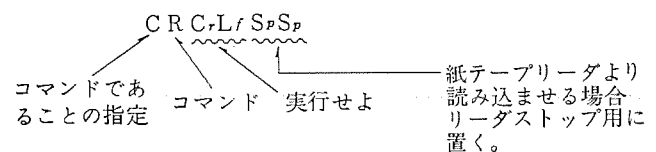
命令語はコマンド、アドレス、データの 3 ブロックから構成される。コマンドは「コンピュータせよ」「ポテンシオメータの設定を行なえ」などの制御指令を表わし、アドレスはアナコンの演算要素のアドレスを表わし、データはポテンシオメータの設定の数値データを表わす。

コマンドは英字 1 文字、アドレスは英字 1 文字 数字 2 文字 計 3 文字 (ただし計算リレーに関しては数字 1 文字のみ)、データは数字 3 文字で表わされ、それぞれ C(Command), A(Address), D(Data) を指定してからコマンド、アドレス、データを与え、最後に Cr(Carrier Return), Lf(Line Feed) により初めて命令語が実行される。

なお紙テープリーダをストップすべき命令の場合には、Lf の後に Sp (Space) または ALL MARK を 2 字分置く。

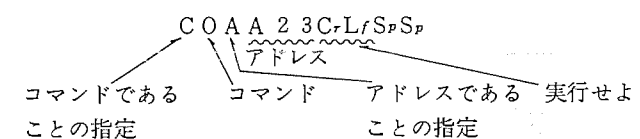
【例-1】 コマンド のみの場合

「アナコンをリセットモードにせよ」



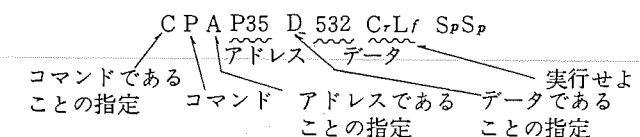
【例-2】 コマンドとアドレス の場合

「AMP-A 23 の出力 タイプアウト」



【例-3】 コマンド、アドレス、データを含む場合

「ポテンシオメータの設定」



4.2 命令語の内容

表 4.1 命令語の内容を示す。

4.3 誤りのチェック

(1) テープ読取りミス

偶数パリティチェック方式を採用している。パリティチェックにひっかかった場合は、操作盤上にランプ表示するとともにペルを鳴らす。

表 4.1 命令語の一覧表
List of instruction command.

Item	Command	Contents	Remarks	Command Form
1	B	Balance check	Analog Computer Control Command	C B Cr Lf
2	R	Reset		C R Cr Lf
3	C	Compute		C C Cr Lf
4	H	Hold		C H Cr Lf
5	S	Static Problem Check		C S Cr Lf
6	I	Dynamic Problem Check		C I Cr Lf
7	U	Pen Recorder OFF & X-Y Recorder pen Up		C U Cr Lf
8	V	Pen Recorder ON & X-Y Recorder pen Down		C V Cr Lf
9	P	Potentiometer Setting by ADDRESS & DATA	Setting Command	C P A P 3 1 D 2 4 5 Cr Lf
10	N	Relay ON by ADDRESS		C N A O Cr Lf
11	E	Relay OFF by ADDRESS	Data Input Output Command	C E A 1 Cr Lf
12	L	Tim Function Generation		C L Cr Lf
13	M	High Density Sampling in High Speed Operation		C M Cr Lf
14	O	Selective Output Scanning		C O A A 1 6 Cr Lf
15	W	Wait for Hold mode	Wait for Condition	C W Cr Lf
16	T	Wait for time in 10sec		C T Cr Lf
17	J	Jump for Condition	Jump Command	C J Cr Lf
18	K	Jump stop for J		C K Cr Lf
19	Y	Tape Stop	Special Command	C Y Cr Lf
20	Z	Ring Bell		C Z Cr Lf

(2) コマンドミス

たとえば演算モードが Balance Check 以外のときにポテンショメータの設定を行なった場合は、テーフードを停止し、ランプ表示パネルを鳴らす。

(3) アナコンオーバーロード

アナコンがオーバーロードした場合は、ランプ表示しベルを鳴らす。

(4) Blank Address の チェック

ポテンシオメータの設定においては、設定終了後ただちに実際に設定された値が自動的にタイプライントされる。したがってもし誤ってBlank Address（実装されていないポテンシオメータのアドレス）の設定を実行した場合は、設定された値のタイプライントがないことで、プログラムミスであったことがわかる。

テープによって実行している場合は、設定された値のタイプアウトがないのはもちろん、テープはストップしたまま次に進まないことでわかる。このとき強制的に次の命令を実行させる場合は、操作盤上の P-SET Back Signal の押しボタンにより擬似設定終了信号を与える。

(5) プログラムミスの訂正

命令語は前述のようにインプット（コマンド、アドレス、データ）と実行（Cr, Lf）に分かれていますので、インプットの過程で命令を誤ってもなんら支障ない。すなわち誤った命令をタイプしたときは、その命令だけ C(Command の C) から打直せばよい。Cr をタイプしたあとは訂正できない。この場合は命令を与え直す必要がある。テープにミスパンチした場合は ALL MARK によりまつ(抹)消する。

5. ハードウェアの概要

図 5.1 に本装置のシステムブロック図を示す。

5.1 万能入出力装置

万能入出力装置の構成は大別して、Key-board printer, Tape puncher, Tape reader の三つからなる。

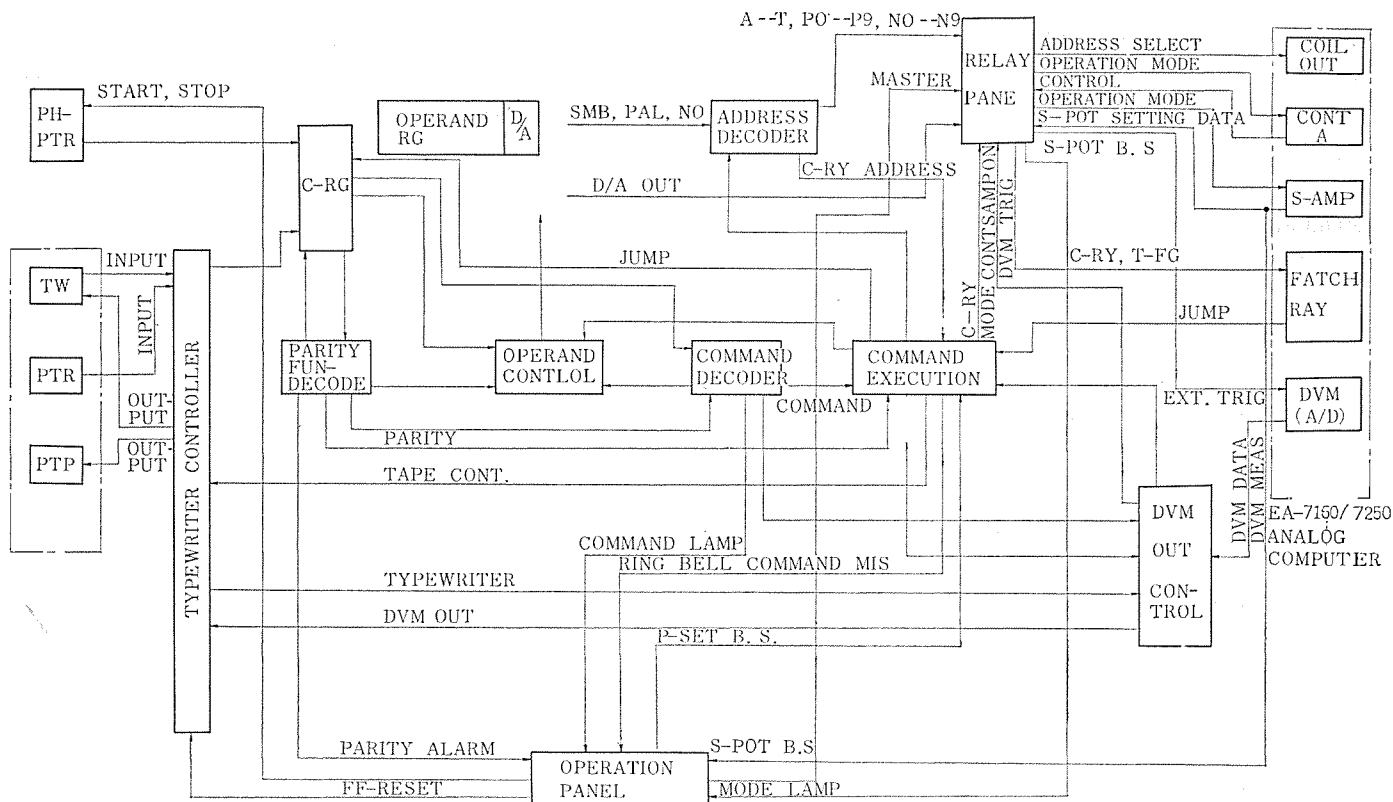


図 5.1 MEL-LINK 7160/7250 システムブロック 図

System block diagram of MEL-LINK 7160/7250.

機能は

- (a) Key-board Send+Print+Punch
- (b) Reader Send+Print+Punch
- (c) Receive Print+Punch

の3通りを持つ。もちろん、プリントまたはパンチが不要のときは切っておくことができる。

5.2 光電式紙テープリーダー

読取り速度は200字/秒で、8単位並列に読取られる。本装置は高速時間関数発生データの読取りに使用される。

5.3 論理回路盤

(1) TYPEWRITER CONTROLLER

万能入出力装置とそのController間のデータ伝送は直列11ビット(スタート1ビット+データ8ビット+ストップ2ビット)を1キャラクタとして行なわれるが、DI/O内では並列に転送される。したがってDI/Oへのインプットの場合は、万能入出力装置より直列に送られてくる11ビットの内容をシフトレジスタに読め込ませる。この時同時にビット数をカウントして文字の区切りを検出し読込み信号を出し、DI/Oにインプットする。

逆にDI/Oから万能入出力装置へのアウトプットの場合には、1キャラクタ分のデータ8ビットを、コントローラ内のシフトレジスタに並列にセットし、万能入出力装置のタイミングに同期してシフトパルスを送り、万能入出力装置に直列にデータを転送する。

(2) COMMAND REGISTER

TYPEWRITER CONTROLLERあるいは光電式紙テープリーダーからはいつてきた8単位信号を受け、コマンドはCレジスタを経てコマンドデコーダに、オペランドはオペランドレジスタに、ファンクション(C, A, D, Cr, Lfなど)はファンクションデコーダに送られる。

(3) PARITY, FUNCTION DECODER

パリティチェック回路、およびC, A, D, Cr, Lf, ', ", -などのファンクションに対するデコーダを有する。

(4) COMMAND DECODER

Cレジスタの内容を20種類のコマンドにデコードする。

(5) COMMAND EXECUTION

各コマンドの実行を行なう。コマンドB, H, I, U, V, R, S, Tはコマンド実行と同時にテープストップ指令をTYPE WRITER CONTROLLERに送り、一定時間後にテープストップ指令を送る。その他コマンドP, M, O, W, Yおよびアラーム時に必要に応じテープをストップする。またコマンドN, Eによる計算リレーの制御、コマンドJ, Kによるジャンプ機能の制御、およびコマンドミス、パリティ、アナコンオーバーロード、パワーアラームによるベル鳴動などの機能を実行する。

(6) OPERAND REGISTER

補数回路、選択ゲート、バッファレジスタ、オペランドレジスタ1, 2, D/A変換回路2チャンネルなどより構成され、コマンドP, O, N, E, Lのアドレス、データを記憶する。データはD/A変換され、アナコンにアナログ電圧として与えられる。

(7) OPERAND CONTROL

オペランドレジスタの制御回路である。アドレスのシンボル、パネル、ナンバーおよび、データの±, 100, 10, 1の順序に従ってゲートをあけ、入力信号をバッファレジスタに転送する。また時間関数発生時は、チャンネルインデックス', ", によりチャンネルIまたはIIを指定する。

(8) ADDRESS DECODER

オペランドレジスタ1より転送されたシンボル、パネル、ナンバーに対応する

コードをそれぞれシンボルA~Y, パネルP0~P9, ナンバーN0~N9にデコードし、リレー盤にリレー駆動信号を送る。

(9) DVM OUT CONTROL

コマンドP, M, Oの時アナコン内のデジタル電圧計の出力(符号+10進4けた)を順次万能入出力装置にアウトプットするための制御回路である。

DVMのトリガ(計測指令信号)は、コマンドPではサーボアンプの出力が0になったとき、コマンドMではアナコンの繰返し演算に同期して、またコマンドOではCrによる命令実行によりそれぞれ発生される。

5.4 リレー盤

アナコンとDI/O間のインターフェースとして必要なリレーを実装する。演算制御リレーはコマンド実行回路からの指令により、アナコンに演算制御指令信号を送る。アナコン内の演算制御盤のインターロック回路を経て、実際に演算制御が行なわれると、そのバックシグナルをふたたびリレー盤で受け、ロジックおよび操作盤に演算モード信号を与える。

アドレス選択リレーは、アドレスデコーダから送られたシンボルA~Y, パネルP0~P9, ナンバーN0~N9のアドレス選択信号を受け、アナコン内の呼出し回路に演算要素呼出し信号を送る。その他マスター/スレーブ切替用、DVMトリガ用、計算リレー駆動用、サーボアンプバックシグナル用などのリレーを有する。

5.5 操作盤

操作盤はDI/O本体の操作および実行中のコマンドの表示などを行なう。

図5.2に操作盤の前面図を示す。

(1) COMMAND

すべての命令の実行中のコマンドを表示する。

(2) ALARM

異常状態が発生したときベルが鳴り、その原因を表示する。(コマンドミスときはテープはストップする)

(3) ANACOM MODE

BALANCE CHECK, RESET, COMPUTE, HOLD, HSO (High Speed Operation)のアナコン演算モードを表示する。

(4) P-SET BACK SIGNAL

コマンドPのとき、設定中(サーボモータON中)はランプが点灯し、設定終了時に消える。

(5) FF-RESET

論理回路のすべてのフリップフロップをリセットする押しボタンである。

(6) BELL-OFF

ALARMが発生し、ベルが鳴っているときBELL-OFFを押すことにより止めることができる。

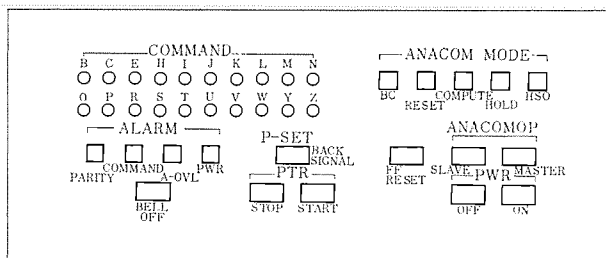


図 5.2 操作盤前面パネル
Operation panel.

SLAVE: アナコンが手動制御モードになる。すなわちアナコンとDI/Oとは連動しない。

MASTER : アナコンの制御が手動から DI/O 側に移る。すなわち
アナコンと DI/O とが連動する。

(8) PWR-ON, OFF

DI/O 本体の電源の ON/OFF を行なう。

(9) PTR-START-STOP

光電式紙テープリーダーのテープスタート、ストップ操作を行なう。

6. 命令の実行

6.1 アナコン制御命令

(1) コマンド B, R, C, H, S, I, U, V

テープまたはタイプライタより実行させる。これらの命令はコマンドだけでオペランド(アドレス、データ)をもたない。アナコン本体に制御信号を与えるだけの命令である。コマンド B, H, I, U, V の時は命令実行と同時にいったんテープをストップし、1秒後に自動的にスタートし、次の命令を読み取る。コマンド R, S の時は10秒間ストップする。

6.2 設定命令

(1) コマンド P (ポテンシオメータの設定)

テープまたはタイプライタより実行させる。図 6.1 はオペランドをもつ命令、すなわちコマンド P, O, N, E, L に関する機能図である。

万能入出力装置からの 8 単位入力信号の オペランド 部を バッファレジスタで受け、アドレスはオペランドレジスタ 1 に転送され、シンボル、パネル、ナンバに区別され、アドレスデコーダに送られる。データはバッファレジスタで保持し、その内容のコード(2 進化 10 進 3 けた)に従ってリレー駆動回路(JB)によりリードリレー(RR)を駆動して D/A 変換し、ポテンショメータ設定基準電圧として、アナコン内のサーボンプに送られる。アドレスとデータが与えられるとポテンショメータが設定され、設定終了後 DVM が駆動されて実際に設定された値を計測し、タイプライタに打ち出される。

(2) コマンド N, E (計算リレーの制御)

テープまたはタイプライタより実行させる。アドレスは0, 1の2チャンネルであり、シンボルのレベルで指定する。計算リレーの制御信号はプレパッチボード上に与えられる。

6.3 データ入出力命令

(1) コマンド L (時間関数発生)

テープより実行させる。データはバッファレジスタで受けた後、チャンネル I ならオペランドレジスタ 1 に、チャンネル II ならオペランドレジスタ 2 に転送さ

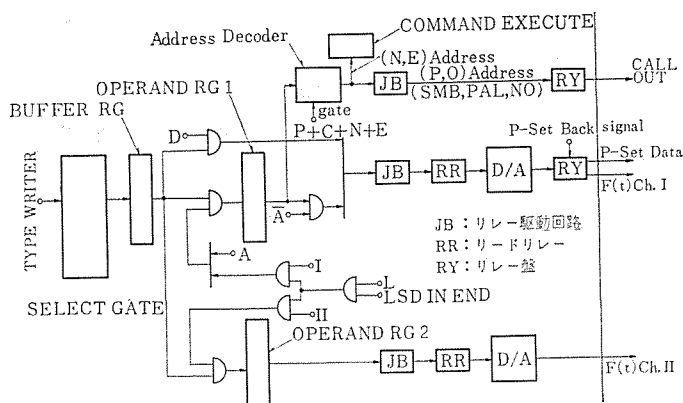


図 6.1 オペランド機能図
Operand control system.

れ、おのおの2進化10進3けたのコードをD/A変換し、時間関数としてアナコンに送られる(図6.1参照)。

データは C, L, Cr, Lf のあとに チャンネルインデックス(' または ") + 符号 + 3 けたの データ を続けて パンチ する。チャンネル I, II の順序は発生すべき関数の形に従って自由にとることができる。すなわち図 6. 2 に示すように チャンネル I の変化が激しい部分ではチャンネル I のデータを多く、チャンネル II の変化が激しい部分では、チャンネル II のデータを多くとっておけば精度を向上することができる。

(2) コマンド M (演算波形の高密度 サンプリング)

テープまたはタイプライタより実行させる。コマンド M を読み込むとアナコンは自動的に HSO(高速繰返し演算)モードになり、図 6.3 に示すような低速、高速の二つの積分器 (I_1 および I_2) のきょ(鋸)歯状出力によりサンプリングパルスを発生する。演算波形はこのサンプリングパルスに従い、メモリバでサンプルホールドされ、DVM で A/D 変換され、タイプアウトおよびパンチアウトされる。図 6.4 の #1, #2, #3, …… はそれぞれアナコンの 1, 2, 3 回目の繰返しにおいてサンプルされる

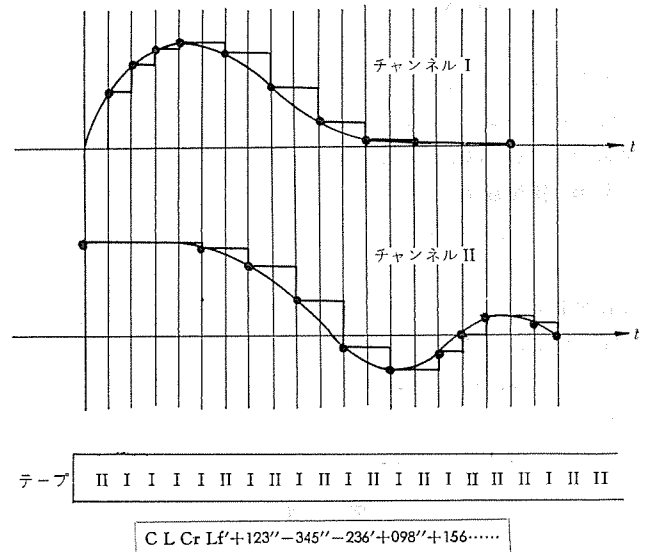


図 6.2 時間関数発生
Time function generation.

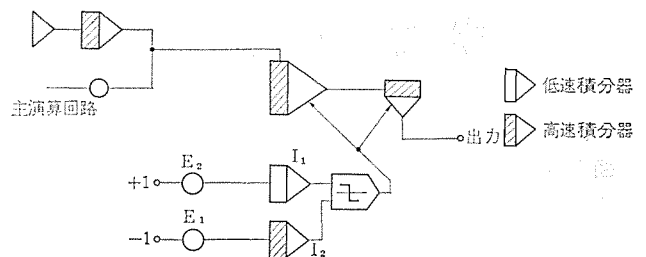


図 6.3 高密度サンプリングのための接続図
Simulation diagram of high density sampling.

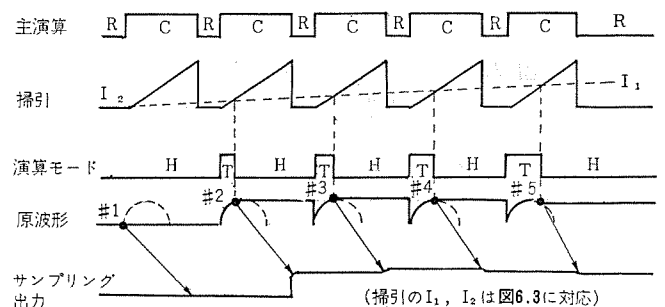


図 6.4 高密度 サンプリング
High density sampling.

点を示す。

タイプアウトは1データが符号+4けた+小数点位置表示であり、1データ印字するごとに自動的にCr, Lfが行なわれる。

(3) コマンドO (演算解のデジタル表示)

テープまたはタイプライタより実行させる。コマンドPのアドレスと同様に指定され、呼出された出力はDVMでA/D変換され、その値をタイプライタに打出す。

6.4 条件待ち命令

(1) コマンドW (ホールド待ち)

テープより実行させる。

(2) コマンドT (時間待ち)

テープより実行させる。コマンドTはコマンドR, Sと同様に10秒間テープをストップする。

コンピュータ時間待ちその他はん用の時間待ち命令として使用する。20秒待つときは、この命令を2回続けて実行する。

6.5 ジャンプ命令

(1) コマンドJ, K

テープより実行させる。アナコンのプレパッチボード上のJ端子がON(“1”)なら、コマンドレジスタの入力側のゲートを閉じ、以下の命令の実行を阻止する(テープはストップしない)。コマンドKはコマンドJの解除命令であり、以下の命令の実行を再開する。

6.6 特殊命令

(1) コマンドY (テープストップ)

テープより実行させる。無条件にテープをストップする命令である。命令を解読すると直ちにTYPEWRITER CONTROLLERにテープストップ指令を出す。

(2) コマンドZ (ベル鳴動)

テープより実行させる。命令を解読すると操作盤内のベルを鳴らす。テープのスタート・ストップ、次の命令の実行には無関係である。

7. 応用例

ごく簡単な応用例としてパラメータの自動変更計算を記してみる。

[問題]

$$\frac{d^2y}{dt^2} + k \frac{dy}{dt} + y = 0 \quad \left. \frac{dy}{dt} \right|_{t=0} = \dot{y}_0$$

において、 k を0.1づつ0.1~0.5の間で変化して y を求めよ。

[接続図]

図7.1のとおりとなる。

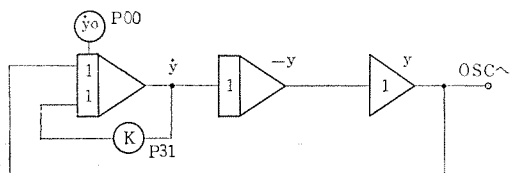


図 7.1 パラメータの自動変更計算 (応用例)
Example of application.

[プログラム]

```
C B Cr Lf Sp Sp      バランスチェック
C P A P 3 1 D 1 0 0 Cr Lf Sp Sp  k=0.1
C R Cr Lf Sp Sp      リセット
C V Cr Lf Sp Sp      ペンダウン
C C Cr Lf            コンピュータ
C T Cr Lf Sp Sp      10秒待ち
C U Cr Lf Sp Sp      ペンアップ

C B Cr Lf Sp Sp
C P A P 3 1 D 2 0 0 Cr Lf Sp Sp  k=0.2
C R Cr Lf Sp Sp
C V Cr Lf Sp Sp
C C Cr Lf
C T Cr Lf Sp Sp
C U Cr Lf Sp Sp

...

C B Cr Lf Sp Sp
C P A P 3 1 D 5 0 0 Cr Lf Sp Sp  k=0.5
C R Cr Lf Sp Sp
C V Cr Lf Sp Sp
C C Cr Lf
C T Cr Lf Sp Sp
C U Cr Lf Sp Sp

C B Cr Lf Sp Sp      バランスチェック
C Y Cr Lf Sp Sp      テープストップ
```

8. む す び

以上、アナコン用デジタル入出力装置についてMEL-LINK 7160/7250形を中心に概要をのべた。

この装置はアナコンの自動演算装置、時間関数発生装置、あるいは演算解のデジタル表示装置などとして、従来のアナコンの機能を飛躍的に拡大せしめ、アナコンをより便利な身近なものとして再認識させたが、さらに紙テープを介してデジタル計算機と結合される一種のオフラインハイブリッド計算機システムを構成できるものであり、この装置のハードウェアをそのまま生かして能率の良いハイブリッドリンケージシステムに拡張することも可能である。

参 考 文 献

- (1) 柴谷, 桑田, 篠田, 岸浪: アナコン用デジタル入出力装置の方式, 電学連大 (昭43)
- (2) 柴谷, 多田, 持田, 井塚, 佐藤: MELCOM EA-7200シリーズ全トランジスタ式アナログ計算機, 三菱電機技報, 42, No. 3, 68 (昭43)

最近のノーヒューズしゃ断器およびトライパックしゃ断器

和田 宏康*・山本 啓一*

The Latest series of Type NF no-Fuse Breaker and Type NFT TRI-PAC Breaker

Fukuyama Works Hiroyasu WADA・Keiichi YAMAMOTO

No-fuse breakers are in the limelight owing to the popularization of handling electric power nowadays. New series of type NF no-fuse breakers and type NFT TRI-PAC breakers have features of occupying less space, low costs and high reliability used in the electric distribution and control system. The former breakers are developed to be provided with 30~2000 ampere frames, having an interrupting rating of 100 kA at 450 volts AC with instantaneous tripping elements. Rated short time current of 50,000 ampere at 4 cycle time delay is available with a type NF 2,000 ampere frame. The latter breakers also have an increased interrupting rating as high as 180 kA at 460 volts AC. Another series of type NFT-C TRI-PAC breakers have made much improvement in cooperation with magnetic switches, affording higher reliability to the Company's control center.

1. ま え が き

本誌の前身である雑誌「三菱電機」第34巻に、高見ほかの「新形ノーヒューズしゃ断器」が掲載されてからすでに10年になる。当時播らん(藍)期にあったノーヒューズしゃ断器界にあって、当社はいち早く800 A フレームまでのシリーズをととのえ、業界をリードしてきた。種々の形態のエネルギーの中で、電力はその制御の容易な点がいちじるしい特長であり、ことにノーヒューズしゃ断器は、電路の開閉保護を大衆化するという点において、電力の普及発達に大いに貢献している。そして、その後の需要拡大期を経て、今日のらん(爛)熟期をむかえたノーヒューズしゃ断器は、またきびしい業界の情勢を反映して、昔日の面影をとどめないほど小形化・高性能化・多様化されてきた。一例をあげると、10年前の225 A フレームノーヒューズしゃ断器は、H形と称していたが、1958年には、これと同じ大きさで400 A フレームA形が開発され、さらに1965年には、これと同じ大きさで800 A フレームB形が発表されるにいたっている。同じ225 A フレームについて言えば、H形はAC 550 V 15,000 Aのしゃ断容量であったが、1960年に発表された225 A フレームD形は、H形の2/3の大きさであるにもかかわらず、AC 550 V 20,000 Aのしゃ断容量を有し、さらに1965年に発表された225 A フレームF形は、D形のさらに2/3の大きさでAC 550 V 25,000 Aのしゃ断容量を有している。

このように電力需要の大衆化をささえてきた当社ノーヒューズしゃ断器は、現在、連続定格2,000 A、しゃ断容量AC 460 V 100 kAの大容量のものまでをシリーズ化して、トッパメカとしての責務を果たし、さらに電気設備の集中化に伴う短絡容量の増大に対処して、AC 460 V 180 kAの大しゃ断容量を有するトライパックしゃ断器を800 A フレームまでシリーズ化している。

またノーヒューズしゃ断器は、従来選択しゃ断方式の主回路しゃ断器として用いることができなかったが、定格短時間電流50,000 A(4サイクルにおいて)を有するNF 2000形が発表されて、ノーヒューズしゃ断器の応用分野をいっそう拡大した。

さらに負荷短絡のさい、コントロールセンタ収納機器(電磁開閉器)の損傷を軽減する目的で、開発された小形・高限流しゃ断の特性を有する機器保護用トライパックしゃ断器は、制御装置の信頼性をいっそ

う増大させるものと考えられる。

本文では、このようなノーヒューズしゃ断器およびトライパックしゃ断器の発達の成果を、紙面の許すかぎり記載したい。

2. 種類と定格

ノーヒューズしゃ断器およびトライパックしゃ断器は、大きくわけてつぎの三つに分類される。

BH形ノーヒューズしゃ断器

NF形ノーヒューズしゃ断器

NFT形トライパックしゃ断器

2.1 BH形ノーヒューズしゃ断器

BH形ノーヒューズしゃ断器は、主として電灯分電盤用しゃ断器として使用されるもので、表2.1に示すような種類がある。それらのうち

(1) BH形は最も古い製作歴と高い普及度を有するもので、端子は電線締付けおよびバー接続が可能になっている。

(2) BH-K形は、JEM-R 2022「電灯分電盤用単極配線用しゃ断器協約寸法」、および建設省「分電盤基準」に適合する互換性しゃ断器である。

(3) BH-P形は電源側がプラグイン式端子のもので、取付けに便利なBPA形取付台が用意されている。また指定により負荷側もプラグインとすることができる。

(4) BH 100形は分電盤の主回路しゃ断器として、BH形と同一盤内に取りつけられるように、しゃ断器の奥行きがBH形と同じ寸法になっている。

(5) BH-G形は、440 V 級三相4線式回路の1線-中性線間に使用できる分岐回路用しゃ断器である。

2.2 NF形ノーヒューズしゃ断器

NF形ノーヒューズしゃ断器は、主として低圧屋内電路のき電用、分電用および分岐回路用しゃ断器として使用されるもので、表2.2に示すようにつぎの三つに分類できる。

(1) 一般用NF形ノーヒューズしゃ断器は、440 Vクラスを含む回路に使用できるもっとも一般的な、小形・高性能のモールドケースしゃ断器で、表に見られるように30 A フレームから2000 A フレームまで

表 2.1 三菱 BH 形 ノーヒューズ シャ断器仕様一覧
Ratings of type BH no-fuse breakers.

適 用		一 般 分 電 盤 用				分電盤主回路用		互 換 性 プ レ ー カ				プ ラ グ イ ン 式		AC 460 V 三 4 線 式 用 (プラグイン式)
形 式 記 号		BH				BH 100		BH-K				BH-P		BH-G
フ レ ー ム の 大 き さ (A)		50				100		50				50		50
極 数		1	2	1	2	2	3	1	2	1	2	1	2	1
定格電流 (A)	基準周囲温度 一般 40°C (25°C) 船用 45°C	10 15 20 30 40 50		10 15 20 30 40 50		60 75 100	15 20 30 50 60 75 100	15 20 30 40 50		15 20 30 40 50		(10) 15 20 30 30 40 50		15 20 30 40 50
定 格 電 圧 (V)	AC	110	110/220	220		220		110	110/220	220		110	110/220	265
	DC	125		125		—		125		125		125		—
定 格 し ャ 断 容 量 (A)	JIS	AC	5,000		110 V 5,000 220 V 2,500	2,500		5,000		110 V 5,000 220 V 2,500		5,000		2,500
		DC	1,000		1,000	—		1,000		1,000		1,000		—
	NK	AC	—	125 V 5,000 250 V 2,500	—	—		—		—		—	125 V 5,000 250 V 2,500	—
		DC	—	125 V 2,500	—	—		—		—		—	125 V 2,500	—

がシリーズ化されている。

(2) AC 220 V 専用品は、単機容量のあまり大きくない電源の 200 V クラスの電路に用いられる経済的な小形シャ断器で、ヒューズスイッチの代わりに用いても、開閉容量が大きいのので安心して使用できる。

(3) 高性能品は、一般用ではシャ断容量が不足するばあいなどに用いるものでやや特殊な用途のものもある。

2.3 NFT 形トライバックシャ断器

NFT 形トライバックシャ断器は、NF 形ノーヒューズシャ断器に FLT 形限流ヒューズを内蔵させたもので、AC 460 V 180 kA のシャ断容量を有する。表 2.3 には現在標準としているトライバックシャ断器を示すが、このうち NFT 800 形は近日発売のもので、まだ 460 V 180 kA の性能は確認されていない。

またこのほかに、コントロールセンタ用に開発された機器保護用トライバックシャ断器があるが、これについては 7 章 にのべる。

3. ノーヒューズシャ断器のおもな規格

3.1 JIS C 8370「配線用シャ断器」

225 A フレーム以下、シャ断容量 10,000 A 以下のものについて規定されており、昭和 41 年に 2 回めの改正が行なわれて今日に至っている。三菱ノーヒューズシャ断器はいずれも JIS に適合する。

3.2 電気用品取締法「配線器具」

昭和 31 年に公布された電気用品取締法にもとづいて制定された電気用品の技術上の基準（通産省令第 85 号）に、同法第 20 条の型式認可試験の可否の基準が示されており、この省令は定格電圧が AC 100 V 以上 300 V 以下で、定格電流が 100 A 以下の交流の電路に使用されるものに適用される。

3.3 JEM-1071「配線用シャ断器」

前記 JIS の範囲をこえる工業用を対象とした大容量のものについて、1964 年に 800 A フレームまでが制定され、1966 年には NEMA の改訂に準じて基準周囲温度を 40°C とし、1,000 A フレームが追加さ

れて現在にいたっている。なお JEM-1071 では JIS の範囲外のものと包含させる意味で、シャ断容量が 50,000 A までのもの、付属装置を有するものなどが規定されており、三菱ノーヒューズシャ断器は、いずれも JEM に適合する。

3.4 NK 規則

日本海事協会の鋼船規則では、第 4 付属規定において気中シャ断器および埋込シャ断器について規定している。この規定には、わが国でははじめてトライバックシャ断器について規定しており、さらにいわゆるモータブレーカについても触れている。三菱ノーヒューズシャ断器は NK 規則に適合する。

3.5 NEMA-ABI Molded case circuit-breakers

これは米国の規格で、トライバック形式のものを含む規格として世界最初のものである。三菱ノーヒューズシャ断器はいずれも NEMA に適合する。

3.6 CSA C 22.2 Service Entrance and Branch Circuit Breakers

これはカナダの国家規格で、ノーヒューズに関する内容は UL に似ている。三菱ノーヒューズシャ断器は、CSA に適合するが認定はとっていない。

3.7 UL 489 Service circuit breaker and branch circuit breaker

これは米国 Underwriters' Laboratories Inc. の制定になるもので、ノーヒューズに関するものは 1954 年版に 600 A フレームまで規定があり、毎年 supplement が出され、現在は 1,600 A までが含まれているようである。

3.8 BS 3871 PART I PART II

PART I は、AC 415 V 以下 100 A 以下 シャ断容量 9,000 A (対称値) 以下のものに適用され、PART II は、AC 415 V 以下 DC 250 V 以下 フレームサイズ 100 A フレーム以上 1200 A フレーム以下 シャ断容量 10,000 A (対称値) 以上のものに適用される。三菱ノーヒューズシャ断器は、シャ断容量が 10,000 A をこえるものについては PAR

表 2.2 三菱 NF 形ノ一ヒューズしや断路器

[illegible]

注) (1) 定格電流 30 A 以下のしゃ断容量は 10,000 A
(2) 定格電流 50 A 以下のしゃ断容量は 10,000 A
(3) 定格電流 5 A、10 A のしゃ断容量は 7,500 A
(4) 定格電流 25 A のしゃ断容量は 10,000 A
(5) 定格電流 50 A 以下のしゃ断容量は 10,000 A
(6) NF 1000-B NF 1200-B は近日発売の予定
(7) () の定格は在庫していない、ご注文より製作する

表 2.3 三菱 NFT 形トライバックしゃ断器
Ratings of type NFT TRI-PAC breakers.

適 用			高 し ゃ 断 容 量 品									
形 式 記 号			NFT 100		NFT 225		NFT 400		NFT 600		NFT 800	
フレームの大きさ (A)			100		225		400		600		800	
極 数			2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
定格電流 (A)	基準周囲温度 一般 40°C 船用 45°C		15, 20, 30, 40, 50, 60, 75, 90, 100		125, 150, 175, 200, 225		125, 150, 175, 200, 225, 250, 300, 350, 400		450, 500, 600		700, 800	
定格電圧 (V)	AC		550		550		550		550		550	
定格しゃ断容量 (A)	JIS JEM	AC	550 V	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000
		AC	460 V	180,000	180,000	180,000	180,000	180,000	180,000	180,000	—	—
	NK	AC	500 V 対 称 値	80,000	80,000	80,000	80,000	80,000	80,000	80,000	80,000	80,000

注) NFT 800 は近日発売予定

T II に適合する。50 A フレーム以下については端子および表示を若干変更する必要がある。

3.9 その他

船用ノーヒューズの規格として、NK のほかに LR (Lloyd's Register of Shipping), AB (American Bureau of Shipping), NV (Norsk Veritas), GL (Germanischer Lloyd) などがあるが、三菱ノーヒューズしゃ断器はこれら船用に使用を認められている。

4. ノーヒューズしゃ断器の構造と動作

4.1 構造

ノーヒューズしゃ断器は、図 4.1 に示すように、開閉機構および自動引きはずし装置を、モールドベース、カバーの中に、一体に組み立てたものである。開閉機構は、蓄勢ばねをそなえたトグルリンク機構によって開閉される接点開閉機構が主要部分をなし、一方には、過電流に応じてトグルリンク機構を釈放させる自動引きはずし装置があり、他方には、デアイオン消弧装置を配置し、これらがモールドケース内に、一体にコンパクトに組み立てられている。

4.2 開閉機構

開閉機構は、取っ手によって“ON”“OFF”に操作されるが、過電流のばあいには自動引きはずし装置の受け金が、回転してクレドルが釈放されるので、取っ手が“ON”の位置に拘束されていても自動引きはずしは妨げられない。いわゆる「引きはずし自由」(トリップフリー)の構造である。

自動引きはずしされたあとは、再投入に先だってクレドルを受け金にかける操作(リセット)が必要である。これは、自動引きはずし(トリップ)の位置にあるとってを強く“OFF”の方向へ引くことによってなされる。とってとは、このように“ON”“OFF”“トリップ”の三位置を示すので、とっての位置によって、しゃ断器の動作状態を知ることができる。接触子の運動は“ON”操作、“OFF”操作、“トリップ”のいずれのばあいにも、蓄勢ばねによるクイックモーションであるから、操作者の緩急に関係なくつねに正しい操作がなされる。

3 極のしゃ断器では、モールドケースのベースおよびカバーの隔壁によって、各極間が完全に電氣的に隔離されているので、極間距離が一般の気中しゃ断器より縮小され、全体がきわめて小形に組み立てられる。トグルリンク機構は、通常中央の極にあって中央極の接触子腕

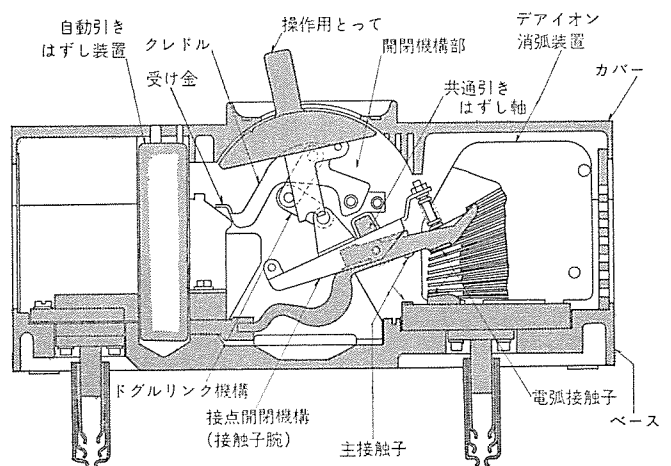


図 4.1 ノーヒューズしゃ断器の構造
Construction of type NF no-fuse breaker.

を開閉するが、各極の接触子腕は、極間の隔壁を貫通している共通の絶縁軸に強固に固定されているので、3 極の接触子はいかなるばあいにも同時投入・同時しゃ断するいわゆる「共通引きはずし形」の構造である。配線用しゃ断器では、モールドケースの一つの形式をフレームといい、その中に組み立てられる自動引きはずし装置の最大定格の値をもって、フレームの大きさといっている。

4.3 自動引きはずし装置

自動引きはずし装置の構造は図 4.2 に一例を示すように、受け金の一端がトリップのラッチに係合しており、熱動引きはずし素子が湾曲してトリップを回転させると、受け金の係合がはずされてクレドルが釈放される。これが過電流による熱動引きはずし動作である。また、過電流の大きさがある限度をこえると、電磁引きはずし素子の吸引が起こり、トリップロッドを経て可動鉄心がトリップを回転させ、瞬時にクレドルが釈放される。

この電磁石による瞬時動作の始まる電流値を、電磁引きはずし電流と呼んでいるが、この電流値は、カバーの外部から図 4.2 の電磁引きはずし電流調整ボタンを回転させて、変更することができるようにした可調整の構造のものもある。(主として 400 A フレーム以上のもの)

多極しゃ断器では、各極に熱動および電磁引きはずし装置があり、

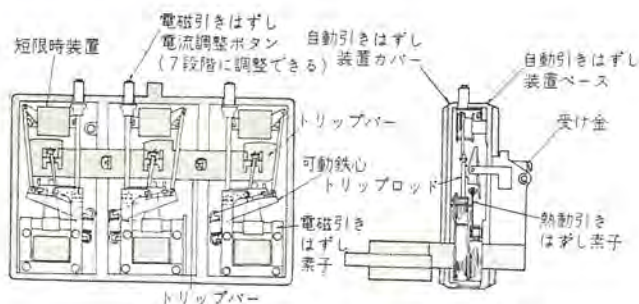


図 4.2 自動引きはずし機構の動作
Construction of trip-unit.

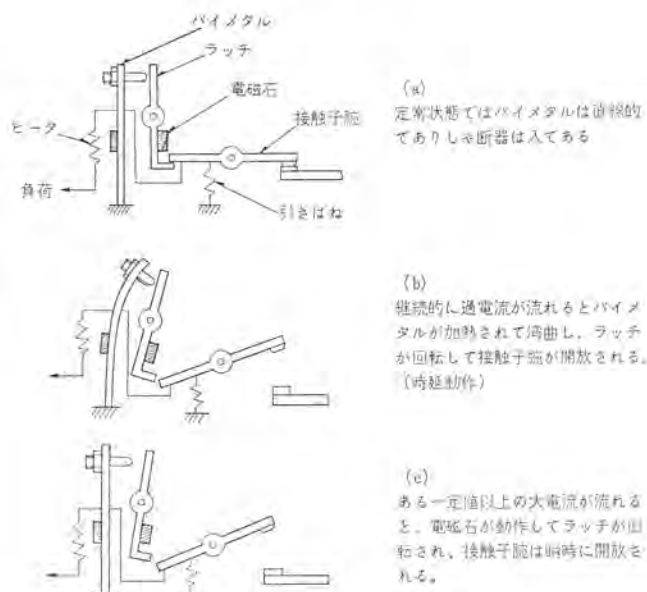


図 4.3 熱動-電磁引きはずし方式
Schema of thermal-magnetic trip mechanism.

それらが各極に共通のトリップバーに作用するので、いずれの極の過電流によっても全極同時にしゃ断する。

また、図 4.2 のように自動引きはずし装置が、それ自身の自動引きはずしベース、カバーの内部に、一体に組み立てられているばあい、これをトリップユニットと呼び、熱動引きはずし定格を変更できるように、トリップユニットを、同一のしゃ断器フレーム内で可換式とした取換え形トリップユニットもある。

4.4 引きはずし方式

(1) 熱動-電磁式引きはずし方式

図 4.2 のように、自動引きはずし装置の時延引きはずし要素としてバイメタルを用い、瞬時引きはずし要素として電磁石を用いる方法を、熱動-電磁式（または単に熱動式）というが、これを模型的に図解すれば、図 4.3 のようになる。

熱動式は、このようにバイメタルがある一定温度に達すると動作するので、つぎのような利点がある。

(a) 電線は、周囲温度が高いときには許容電流が低下する。熱動式ノーヒューズしゃ断器は、この電線の許容電流の減少率と類似の熱特性を有するので、高い周囲温度においても、安全に電線を保護できる。

(b) ラッチを引きはずすに必要な力にくらべて、バイメタルの湾曲力は大きいので、動作部の摩擦の影響はほとんどなく、長期間にわたって動作特性が安定している。

(c) オイルダッシュポットを使っていないので、油漏れの恐れがない。

(d) 225 A フレーム以上では、熱動素子と電磁素子を別個に備えているので、瞬時引きはずし電流値が、その時延引きはずし特性に影響を与えずに可調整にすることができる。

(e) 取付姿勢や外部磁界、あるいは周波数の影響は通常の用途では考慮する必要がない。

三菱ノーヒューズしゃ断器は、ほとんどが熱動-電磁式であるのでその性能はすぐれたものである。

(2) 完全電磁式引きはずし方式

これは、時延引きはずし要素として、オイルダッシュポット付きの電磁石を用いたもので、熱動-電磁式に対して完全電磁式（または単に電磁式）と呼んでいる。

電磁式は制動油中の鉄心の移動を利用するので、取付姿勢（鉄心重量）や外部磁界の影響を受けやすく、また、ふたの密封が不完全であると、温度変化による制動油の膨張により、油漏れが生ずるおそれもあるが、当社のものは、この点十分な設備と品質管理のもとで製造されているので、このようなおそれはなく、つぎのような利点を有する。

(a) 制動油の粘度や、鉄心と円筒の間隔を加減することにより、特殊な時延動作特性のものを製作できる。

(b) コイルのアンペアターンを一定にして、コイルの太さと巻数を変えることにより、熱動式ではできない小電流定格のものも製作できる。

5. ノーヒューズしゃ断器の特性および性能

5.1 過電流に対する動作特性

(1) 過電流に対する動作特性

ノーヒューズしゃ断器は、本来配線を過電流および短絡電流から保護するために設けられるものであり、前述の JIS C 8370, JEM-1071 などの規格の名称も、その意味で「配線用しゃ断器」となっている。

これらの規格においては、定格電流の 200 % および 125 % の電流における動作時間を表 5.1 のように定めている。ただし、試験はいずれも室温 40°C における状態から通電をはじめ、200 % 試験は各極ごとに、125 % 試験は各極同時に通電して動作時間を測定する。

その他の過電流に対する動作時間は、図 5.2 に一例を示すように、一定の範囲内では、おおむね過電流の大きさに逆比例するような特性を有している。これを反限時特性といっている。表 5.1 の動作時間が定められるに際して、過電流に対する電線の温度上昇、どの程度許容するかが問題になる。

JIS では、これを 70 deg の上昇(周囲温度を電線の基準周囲温度 30°C と仮定し、短時間過電流に対する電線導体最高温度の限度は 100°C)。以内に制限すればよいものと考えている。

その根拠は、電線工業会電線過電流調査委員会の報告「600 V ビニール電線、600 V ゴム絶縁電線の過電流に対する諸特性について」(電気学会誌 74 巻 791 号)にあると考えられる。

実際のしゃ断器の引きはずし特性については、表 5.1 の範囲内で各社まちまちであるが、引きはずし時間の下限は負荷の特性から定まる需要曲線によって制限される。

通常それらは電灯回路においては越流または水銀灯などの起動電流が考えられ、動力回路においては電動機の起動電流がある。

三菱ノーヒューズしゃ断器の動作特性は、これらの起動時間に対して十分裕度を有するよう設計・調整されている。

表 5.1 200% および 125% 電流引きはずし
Operating limit at 200% and 125% overload.

しゃ断器の定格電流 (A)	動作時間 (分)	
	200% 電 流	125% 電 流
30 以下	2 分以内	60 分以内
30 をこえ 50 以下	4 分以内	60 分以内
50 をこえ 100 以下	6 分以内	120 分以内
100 をこえ 225 以下	8 分以内	120 分以内
225 をこえ 400 以下	10 分以内	120 分以内
400 をこえ 600 以下	12 分以内	120 分以内
600 をこえ 800 以下	14 分以内	120 分以内
800 をこえ 1,000 以下	16 分以内	120 分以内
1,000 をこえ 1,200 以下	18 分以内	120 分以内
1,200 をこえ 1,600 以下	20 分以内	120 分以内
1,900 をこえ 2,000 以下	22 分以内	120 分以内

注) 1,000 A をこえるものについては IEC recommendation による。

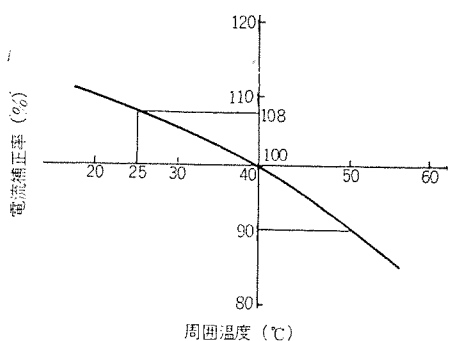


図 5.1 温度補正曲線の例
Example of ambient compensating curve.

(2) 周囲温度の熱動引きはずし特性に及ぼす影響

この点については、4.4 節に述べたので、ここでは温度補正曲線について述べる。

温度補正曲線の一例を図 5.1 に示すが、この図によると基準周囲温度 40°C で調整されたノーヒューズしゃ断器は、周囲温度 50°C で使用すると、定格電流が 40°C における値の 90% に低下する。

したがって、40°C における 200% 電流引きはずし時間と同じ動作時間をうる電流値は、50°C においては定格電流の 180% の電流値ということになる。

逆に 25°C の室温において、40°C における 200% 動作時間を推定するには、図 5.1 によれば、216% の電流で試験を行なえばよい。

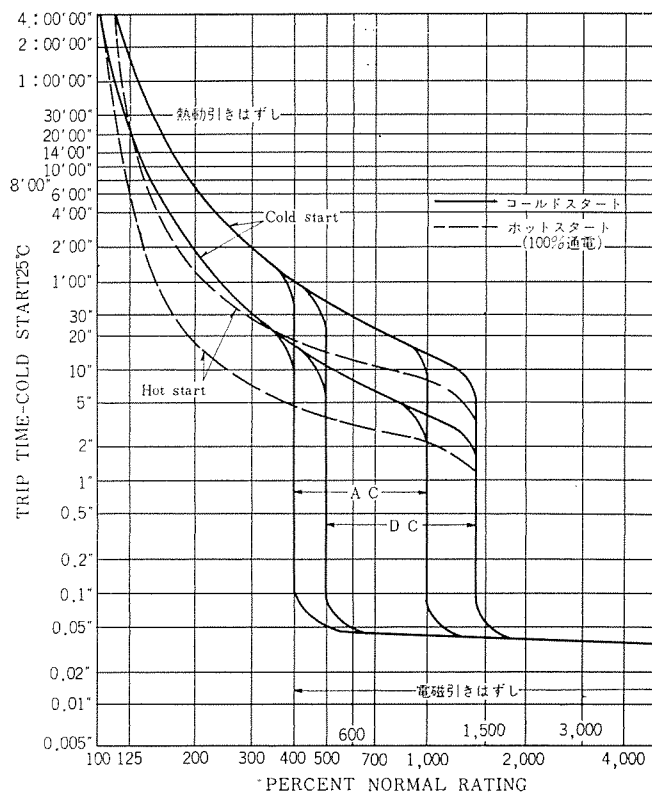
温度補正曲線は、厳密には周囲温度による電流補正曲線というべきであるが、従来の習慣上、温度補正曲線と呼んでいる。

この補正曲線は、それぞれのフレーム、定格電流によって異なるので、三菱ノーヒューズしゃ断器のカタログを参照されたい。

(3) 基準周囲温度

基準周囲温度が 40°C であることは、3.3 節にも述べたが、これはノーヒューズしゃ断器が、配電盤やコントロールセンタ等の盤内に使用されることが多いうえ、盤内温度は室温より 15°C~25°C 程度高い温度であることが知られているからである。

一方、保護されるべき電線の基準周囲温度は 30°C であるので、ノーヒューズしゃ断器の基準周囲温度が 40°C であることは、協調上矛盾があるように感じられるが、ノーヒューズしゃ断器は盤内にあっても、



最大-最小動作特性曲線 (コールドスタート・ホットスタート)
NF 400 A フレーム, B 形 3P 250~400 A 40°C

図 5.2 ホットスタート動作特性の例
Cold start and hot start characteristics curves.

保護されるべき電線は盤外にあるので、上記のように、基準周囲温度が異なることは、むしろ、妥当であると考えられる。

(4) ホットスタート 動作特性

前述の表 5.1 で述べた動作特性は、ノーヒューズしゃ断器が、電流を負担していない (室温に冷却された) 状態から通電を開始した場合の動作時間を表わし、これをコールドスタートの動作特性と呼んでいる。通常、過負荷は起動電流を対象として考えるので、コールドスタートの動作特性を検討すれば十分であるが、抵抗溶接機や間欠運転を行なう電動機などの場合には、ノーヒューズしゃ断器が、十分に冷却されていない状態から過負荷が起きるので、ホットスタートの動作特性が必要になる場合がある。

ホットスタートの動作とは、ノーヒューズしゃ断器が、ある程度電流を負担している状態から所定の過負荷電流の通電を開始した場合の動作をいう。

過負荷になる前に負担している電流が定格電流の 50% である場合に、これを 50% ホットスタート動作特性と呼んでいる。

とくに断わりのない場合は、100% ホットスタート動作を意味する。しかし、実用上は 50%、または 75% ホットスタートの用途が多いと考えられる。

図 5.2 にはホットスタート動作特性の一例を示す。

5.2 短絡電流に対する特性

(1) 電磁引きはずし特性

過電流の大きさが一定値をこえると、ノーヒューズしゃ断器は、電磁引きはずし要素により瞬時に動作する。電磁引きはずし動作の始まる電流値を、電磁引きはずし電流と呼んでいる。

熱動-電磁式引きはずし方式では、電磁引きはずし電流値は時延

引きはずし特性とは独立に設定することができ、また三菱 ノーヒューズ
しゃ断器は、この電磁引きはずし電流値を可調整の構造としたもの
が多い。その利点は、他の器具との保護協調が容易に得られること
である。

たとえば、電磁開閉器の接点の開閉容量をこえた電流に対しては、
開閉器を保護するために、ノーヒューズしゃ断器の電磁引きはずし電流
を、開閉器の短時間電流容量より低く設定することが必要であるが、
熱動可調整電磁の ノーヒューズしゃ断器では、これは容易である。

電磁引きはずし電流は、その設定値の前後にある許容幅（通常そ
の定格電流に等しい程度の幅）をもっており、その下限の電流値に
おいては動作せず、その上限の電流値においては瞬時動作するよう
に調整されている。

この場合、瞬時動作の動作時間は、電磁石が動作するに要するリ
レー時間、接触子が開くに要する開極時間、およびアークが消滅する
までに要するアーク時間の三つの部分から成り、とくに、これら三
つの時間の総計であることを表わす意味で、全しゃ断時間というこ
ともある。

電磁引きはずしの全しゃ断時間は、しゃ断器の大きさ（フレーム）に
より多少異なるが、1000 A フレーム A 形および 1200 A フレーム A 形
を除けば、ほとんど 0.5～0.1 サイクルで動作する。（表 5. 2 参照）

また、とくに選択しゃ断を考える場合は、全しゃ断時間に満たない
短時間に、下位の分岐しゃ断器がしゃ断し得ても、電磁石の慣性
や開極時間などがあるので、主しゃ断器がそれだけの時間遅れをも
って動作することがある。

したがって、選択しゃ断を考える場合は、主しゃ断器の復帰可能
時間（アンラッチングタイム）を知らなければならないが、そのおおよそ
の値は、カタログにリレー時間平均として記載されている。

（2）短絡しゃ断性能

三菱 ノーヒューズしゃ断器は、表示されたしゃ断容量の短絡回路を、
O-2 分-CO の動作責務で確実にしゃ断するが、その後の使用に際
しては、消弧室や接点などの点検を十分に行ない、これらに異常が
なくても当分の間は、温度上昇などに注意する必要がある。

ただし、100 A フレーム以下のしゃ断器では、短絡しゃ断を行なっ
たことが明白な場合は、予備品と取り換えるのが原則である。

また ノーヒューズしゃ断器は、小形経済性のために、自己の瞬時引
きはずし装置によってしゃ断しうる時間や、通過エネルギーよりも大
きな（電流）²×時間に対しては、裕度の少ない設計となっているの
で瞬時引きはずし装置を取り除いて、他のしゃ断器とカスケードに使用
することによっても、通過エネルギーの限度をこえた回路に用いる
ことはできない。（表 5. 2 参照）

ただし、限流装置を有するトライバックしゃ断器などで、後備保護
されるときは適当な注意のもとで、ノーヒューズしゃ断器を、カスケード
に使用することができる。（表 5. 3 参照）

5. 3 その他の性能

その他の性能としては、過負荷開閉・絶縁耐力・コード保護・耐振
動・耐衝撃・耐触性・耐湿性・低気圧特性・高周波特性など、考慮
すべき項目は多いが、これらは、通常の使用条件ではあまり問題に
ならないし、ここで詳細に述べることは多岐にわたるので、それぞ
れの規格や技術資料集を参照されたい。

ここでは、しばしば誤った考えで使用される耐久性能について述
べるにとどめる。

ノーヒューズしゃ断器は、しゃ断器である。したがってしゃ断が本務

表 5. 2 しゃ断時間および許容通過エネルギー
Interrupting time and allowable let-through energy.

フレームの大きさおよび形 式	定格電圧 (V) AC	定格しゃ断 容量 (A)	開極時間 サイクル 注 1	アーク時間 サイクル	全しゃ断時間 サイクル	許容通過 I^2t A ² s ×10 ⁶
BH	220	2,500				
NF 30	460	2,500				0.03
NF 50-A	460	5,000	0.2～0.5	0.2～0.4	0.5～0.7	0.21
NF 50-B	550	5,000	0.2～0.5	0.3～0.6	0.5～0.9	0.48
NF 50-C	220	5,000				0.09
NF 100-B	550	15,000	0.2～0.3	0.3～0.4	0.5～0.7	1.1
NF 100-C	220	7,500	0.2～0.5	0.2～0.4	0.4～0.7	0.27
NF 100-E	550	10,000	0.2～0.3	0.3～0.4	0.5～0.8	1.2
NF 225-F _G	550	25,000	0.2～0.4	0.3～0.5	0.6～0.8	3.5
NF 400-B	550	30,000	0.3～0.5	0.3～0.5	0.7～0.9	7.2
NF 600-B	550	30,000	0.4～0.6	0.3～0.5	0.8～1.0	12.2
NF 800-B	550	30,000	0.4～0.6	0.3～0.5	0.8～1.0	17.0
NF 1000-B	550	30,000	0.4～0.6	0.4～0.6	0.8～1.2	20
NF 1200-B	550	30,000	0.4～0.6	0.4～0.6	0.8～1.2	22
NF 1600	550	75,000	0.4～0.6	0.4～0.6	0.8～1.2	90
NF 2000	550	75,000	0.4～0.6	0.4～0.6	0.8～1.2	90
NFT-100	550	180,000	0.03～0.06	0.07～0.34	0.1～0.37	—
NFT-225	550	180,000	0.07～0.09	0.09～0.28	0.16～0.39	—
NFT-400	550	180,000	0.08～0.1	0.05～0.27	0.16～0.37	—
NFT-600	550	180,000	0.08～0.1	0.1～0.29	0.17～0.46	—
NFT-800	550	100,000	0.14～0.27	0.14～0.35	0.32～0.5	—

- 注) (1) トライバックしゃ断器のばあいには消弧時間を示す。
(2) 開極、アークおよび全しゃ断時間の単位は 60 c/s ベースとする。
(3) 開極時間とは短絡開始後しゃ断器の接触子が開離をはじめるまでの時間とし、
アーク時間とは接触子開離の瞬間からアークが消弧されるまでの時間をいう。
全しゃ断時間は短絡開始後アークが消弧されるまでの時間をいう。
(4) 定格電圧より低い電圧に対してはしゃ断時間は若干短くなるが大きな差は
ない。

であり開閉は第二である。通常、電力回路では断路・開閉・しゃ断
・保護継電器の役目を、それぞれ別個の機器で分担させるのが原則
であるが、低圧回路では経済性の観点から、この四つ機能をすべて
ノーヒューズしゃ断器に負わせることもある。

しかし、開閉器は開閉寿命と開閉ひん繁度が生命であるので、可
動部重量や接触圧力はあまり大きくできない。一方、しゃ断器は、
強力な消弧性能と接触圧力が要求されるので、開閉寿命や開閉ひん
繁度は開閉器に及ばない。ノーヒューズしゃ断器に規格上保証される開
閉回数は、表 5. 4 のとおりであるので、開閉器として使用される
場合の参考にされたい。

なお、とくに注意されたいのは、ノーヒューズしゃ断器に電圧引きは
ずし装置を取りつけて、電気的にトリップさせる場合のトリップ耐久
（電氣的引きはずし耐久）は、JIS・JEM 規格には規定がないが、
IEC Recommendation によると機械的開閉耐久回数の 10 % と規定
されている。

表 5.3 NFB で後備保護される NFB のしゃ断容量
Interrupting ratings of branch circuit breakers on cascade system.

後備しゃ断器 分岐しゃ断器	NF 100-E	NF 100-B	NF 225 F & G	NF 225-D & E NF 400-A & B	NF 600-A NF 800-A	NF 600-B NF 800-B	NF 1000 NF 1200	NF 1600 NF 2000	NFT 100 (15~30 A)	NFT 100 (40~100 A)	NFT 225 NFT 400	NFT 600
NF 30	5,000	5,000	5,000	3,000	2,500	3,000	2,500	2,500				
NF 50-B	10,000	10,000	10,000	10,000	7,500	10,000	7,500	7,500	100,000	20,000	10,000	10,000
NF 60	10,000	10,000	10,000	10,000	7,500	10,000	7,500	7,500	100,000	20,000	10,000	10,000
NF 100-E	—	—	25,000	25,000	20,000	20,000	20,000	20,000	100,000	100,000	30,000	30,000
NF 100-B	—	—	25,000	25,000	20,000	20,000	20,000	20,000	100,000	100,000	30,000	30,000
NF 225 F & G	—	—	—	35,000	35,000	35,000	35,000	35,000	—	—	60,000	50,000
NF 400-B	—	—	—	—	35,000	35,000	35,000	50,000	—	—	100,000	100,000
NF 600-B	—	—	—	—	—	35,000	35,000	50,000	—	—	—	100,000
NF 800-B	—	—	—	—	—	—	35,000	50,000	—	—	—	—
NF 1000 NF 1200	—	—	—	—	—	—	—	50,000	—	—	—	—

表 5.4 ノーヒューズしゃ断器の耐久試験回数
Numbers of operation at endurance test.

しゃ断器の定格電流 A	開閉ひん度 回/分	開 閉 回 数		
		通 電	無 通 電	合 計
0~ 100	6	6,000	4,000	10,000
101~ 225	5	4,000	4,000	8,000
226~ 600	4	1,000	5,000	6,000
601~ 800	2	500	3,500	4,000
801~1,000	1	500	2,500	3,000
1,001~2,000	1	500	2,000	2,500

電圧引きはずし装置や不足電圧引きはずしは、一種の Emergency Trip (非常時引きはずし) として設計されているので、これを常用開路手段として用いることは避けるべきである。

なお、ノーヒューズしゃ断器は、保守の手数の少ないことを、特長の一つにあげているので、規格上の規定もあり、100 A フレーム以下のものでは内部点検のできない構造となっている。

しかし、225 A フレーム以上のものでは、モールドカバーの取りはずしができるので、接点部の点検や消弧装置の取換えが可能である。

したがって、上記耐久回数は一応のめやすとし、注意深く保守を行えば、十分長期間使用することができる。

以上、ノーヒューズしゃ断器の性能について述べたが、ノーヒューズしゃ断器は小形・高性能・大容量化の途をたどり、その用途はますます拡大しつつある。つぎに新しく開発された 2,000 A ノーヒューズしゃ断器と、大きなしゃ断容量をもつ機器用保護用トライバックしゃ断器について紹介する。

6. NF 2000 形ノーヒューズしゃ断器

以上により、最近のノーヒューズしゃ断器、およびトライバックしゃ断器について概要を把握されたと思うが、つぎにその代表的なものの例として、この節では NF 2000 形ノーヒューズしゃ断器をのべる。

6.1 大容量ノーヒューズしゃ断器

(1) 連続電流量

ノーヒューズしゃ断器は、その構造上有効な冷却方法がないので、大

容量化は必然的に導体断面積の増大を招く。可どう(撓)導体も断面積が大きくなると、その剛性により接触子圧力を減殺するようになる。また接触子部における発熱を減じ、接触の信頼性を向上させるために、接触子はできるだけ多数の独立した接触圧力を持つように分割される。NF 2000 形は、その主要部において 2A/mm² 以下の比較的低い電流密度を有するように設計され、また接触子も 1 極当たり 4 個の主接触子と 1 個の電弧接触子を有している。このように導電部の大容量化はなされうが、ノーヒューズしゃ断器の大形化の限界を示唆する要素には、つぎのようなものがある。

(a) 操作力——ノーヒューズしゃ断器は、その用法が簡便であることを旨としているため手動で操作されなければならない。NF 2000 形しゃ断器では、補助トッテを用いたときの操作力が 10 kg 程度であるが、これより大きな操作力を有するものでは、取付け位置によっては操作が困難になるであろう。

(b) モールドケースの成形——大形ノーヒューズしゃ断器では、ガラス繊維強化のフェノール樹脂、あるいはポリエステル樹脂などでモールドケースを成形するが、これらは 100~500 kg/cm² の成形圧力を必要とする。NF 2000 形では、モールドケースの射影面積は 1,7000 cm² 以上にも達するので、500 トンをこえる成形プレスによらなければならない。このような大きい成形品になると、プレス容量と成形サイクルからその経済性が吟味されることとなる。すなわち、大形ノーヒューズしゃ断器の盤構成上における利点が、モールドケース成形における困難を十分補いうるものでなければならない。

(2) 短時間電流量

前述のように NF 2000 形ノーヒューズしゃ断器は、十分大きな導体断面積を有するがこれだけでは十分でない。小容量のノーヒューズしゃ断器では、短時間電流量を要求されるような用途に用いられることはすくないが、大容量のしゃ断器は、電源しゃ断器、あるいは電しゃ断器として用いられることが多いので、大きな短時間電流量を備えなければならない。これをそなえさせるにあたって問題となるのは接触子圧力である。接触子部における電磁反発力 F は、電流 path の envelope 代表直径を A とし、接触子の接触面半径を a とすると、ノーヒューズしゃ断器のばあいにも概略 Snowdon の式

$$F = \frac{UI^2}{4\pi} \log \frac{A}{2a} \quad (N)$$

ただし I は電流瞬時値 (A)

で求められることが報告されている。ここに a は、 $a \propto \sqrt{\text{接触圧力}}$ の関係があるので、接触圧力が大きいことは、単に電磁反発力 F に耐える力を与えるだけでなく電磁反発力 F を低い値に抑制する効果がある。経験によれば、NF 2000 形 ノーヒューズ シャ断器の接触子圧力約 4 kg では、1 接点当たり約 20,000 A の電流をこえると電磁反発による接点の開離がはじまる。1 極当たり 5 対の接点を有する NF 2000 形 ノーヒューズ シャ断器では、短時間電流容量は 50,000 A であり投入容量 110,000 A を有する。1 対の接触子でこれだけの短時間容量を得ようとすれば、25 倍の接触圧力、すなわち 1 極当たり 100 kg の接触圧力を要することとなり、ノーヒューズ シャ断器の構造ではまったく不可能となる。

(3) 引きはずし特性

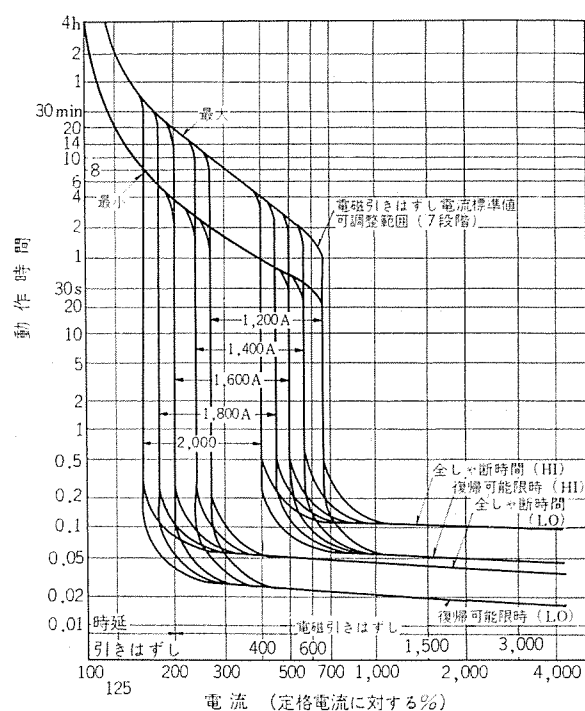
ノーヒューズ シャ断器は、その内蔵する引きはずしリレーを駆動するのに CT を用いず、主電流によりサーマル素子の発熱を得ている。したがって、大容量になると伝熱系の熱容量が増すため熱時定数が大きくなる。電路の保護に望ましい引きはずし動作特性をうるために、サーマル素子は極部的な伝熱系の発熱で動作させなければならない。その 1 方法として空けきのある CT 方式が採用される。この方式によれば、主電流回路に発熱源がないので過電流容量を大きくすることができる。

つぎに大電流領域における引きはずし特性については、前述の短時間電流容量と相応呼して、これを生かすために短限時引きはずし特性が要求される。この特性は、電磁引きはずし装置に機械式限時装置を組合わせることにより、容易に得られる。そして、従来のノーヒューズ シャ断器にはなかった選択シャ断方式の主回路シャ断器としての用途がひらかれるのである。保護協調の面においては、NF 2000 形 ノーヒューズ シャ断器は、単に選択シャ断が可能であるというばかりでなく、従来気中シャ断器ではできなかったノーヒューズ シャ断器の Back up が可能である。それは、ノーヒューズ シャ断器は、瞬時引きはずしのシャ断時間がたかだか 1 サイクルであるという特長があるからである。要約すれば、NF 2000 形は瞬時引きはずし付きとすれば、ある範囲で下位のノーヒューズ シャ断器のバックアップが可能であり、短限時引きはずし付きとすれば、下位のノーヒューズ シャ断器との間に選択シャ断が可能である。

6.2 仕様および用法

NF 2000 形 ノーヒューズ シャ断器の定格および仕様を表 6.1 に示す。長限時および瞬時引きはずしは、従来のノーヒューズ シャ断器と同様、熱動-電磁式である。短限時引きはずしの復帰可能時間は、電磁引きはずしの設定が低いほど短くなるが、表 6.1 にもあるようにその最小の値は 60 サイクルペースで約 1 サイクルある。したがって、下位のほとんどのノーヒューズ シャ断器と協調が可能である。しかし、旧形の NF 1000-A 形および NF 1200-A 形 ノーヒューズ シャ断器を使用するばあいは、シャ断時間が 1 サイクルをこえるので、NF 2000 形の電磁設定を高くする必要がある。また NF 2000 形を瞬時引きはずし付きとして、他のノーヒューズ シャ断器をバックアップさせるばあいは、表 5.3 の範囲内で被保護シャ断器のバックアップが可能である。

このように NF 2000 形 ノーヒューズ シャ断器は、従来気中シャ断器が使用された分野にも進出したが、気中シャ断器の用途のすべてを



最大-最小動作特性曲線
NF 1600 形 1,200 A~1,600 A NF 2000 形 1,800~2,000 A
熱動-短限時引きはずし付き

調整つまみの位置	電磁引きはずし電流標準値 (A)
L 0	3,200 ± 800
1	4,000
2	4,800
3	5,600
4	6,400
5	7,200
H 1	8,000 ± 800

図 6.1 NF 2000 (短限時付) の動作特性
Operating characteristics of type NF 2000 no-fuse breaker (with short time).

カバーするものではない。そのおもなる相違点については、つぎにのべるが、要はその回路の要求に適した最も経済的な、かつ信頼性のある選定を行なえばよいということである。

6.3 DB 形気中シャ断器とのおもな相違点

この点に関しては、NF 2000 形と DB-50 形比較表 (表 6.1) にもあるとおり次の点があげられる。

(1) 短限時引きはずし時間は、NF 2000 が固定式であるのに対して、DB-50 形では 0.1 秒、0.2 秒、0.4 秒の 3 種が可能である。したがって、DB 形では多段の選択シャ断が可能であるが、NF 2000 形では NF 2000 形を主回路とする一段の選択シャ断のみが可能である。

(2) 後備保護方式に用いるときのシャ断容量限界値が、NF 2000 形では瞬時引きはずし付きの場合より大きくならないが、DB 形では大きくなる。これは、NF 2000 形の定格短時間電流が DB 形ほど大きくないからである。しかしながら、これは適用上のさしたる支障にはならない。

(3) DB 形では短限時と瞬時の組合せが可能であるが、NF 2000 形ではこれは可能でない。

(4) DB 形では直流定格の場合も長限時が可能であるが、NF 2000 形では瞬時のみとなる。

(5) DB 形では長限時引きはずしが可調整であるが、NF 2000 形は固定式である。

(6) 比較表には表われていないが、相違点のうちで最も大きい

表 6.1 NF 2000 形 ノーヒューズ しゃ断器と DB 50 形 気中しゃ断器比較
Ratings of type NF-2000 no-fuse breakers compared with type DB air circuit breakers.

その 1

項 目			NF 2000	DB-50
定 格 電 圧			AC 50 c/s 60 c/s 550 V	AC 50 c/s 60 c/s 600 V
定格電流 (A)	最 大 値		2,000	1,600
	最小値	AC 600 V (550 V)	800	200
		AC 500 V	800	350
		AC 250 V	800	600
直列コイル定格電流の標準(A)			800, 1,000, 1,200, 1,400, 1,600, 1,800 2,000	40, 50, 70, 90, 100, 125, 150, 175, 200, 225, 250, 300, 350, 400, 500, 600, 800, 1,000, 1,200, 1,600
定格しゃ断電流非 対称三相 平均値 (kA)	瞬時付	AC 600 V (550 V)	75	50
		AC 500 V (460 V)	100	60
		AC 250 V (220 V)	150	75
	短限時付	AC 600 V (AC 550 V)	4 c/s 50	0.1 秒 50
				0.2 秒 50
				0.4 秒 50
		AC 500 V (AC 460 V)	4 c/s 50	0.1 秒 60
				0.2 秒 55
				0.4 秒 50
		AC 250 V (AC 220 V)	4 c/s 50	0.1 秒 65
				0.2 秒 60
				0.4 秒 50
後備しゃ断方式に 用いるとき の限界 値	AC 600 V	75	100	
	AC 500 V	100	100	
	AC 250 V	150	120	
直列過電流引きはずし方式			熱動式長限時(非可調整) 可調整瞬時 短限時(時限固定) 以上の組合せも可(ただし瞬時と短限時の組合せを除く)	空気式可調整長限時 可調整瞬時 可調整短限時 以上の組合せも可

その 2

項 目		NF 2000	DB 50
直流定格	定格電圧	DC 250	DC 250 V
	定格電流 しゃ断容量 引きはずし方式	2,000 A 40,000 A 瞬時引きはずしのみ	2,000 A 50,000 A AC 用と同様
引き は ず し 目 盛	瞬時引きはずし	7 段階 LO 3,200 A 1 4,000 A 2 4,800 A 3 5,600 A 4 6,400 A 5 7,200 A HI 8,000 A	つぎの 6 種 瞬時のみ付(コイル定格に 対する%) a 100, 125, 150, 175, 200 b 200, 300, 400 c 300, 450, 600 長限時+瞬時(コイル定格 に対する%) b 400, 600, 800 e 500, 750, 1,000 f 800, 1,250
		非可調整	つぎの 2 種(コイル定格に 対する%) a 80, 100, 125 b 80, 100, 120, 140, 160 長限時開極時間目盛り (省略)
	短限時引きはずし	引きはずし電流目盛 瞬時のばあいと同じ 定格しゃ断容量における 動作時間 c/s (60 c/s ベース) 電磁引きはずし設定 復帰可能時間 (最小) 開 極 時 間 全しゃ断時間	引きはずし電流目盛 つぎの 2 種(コイル定格に 対する%) a 400, 600, 800 b 500, 750, 1,000 短限時開極時間目盛り つぎの 5 種 a 0.1 秒 b 0.2 秒 c 0.4 秒 d 0.1, 0.2 秒 e 0.2, 0.4 秒
電圧引きはずし装置		定格電圧 AC 110 V DC 48 V AC 220 V DC 100 V AC 440 V DC 200 V	DC 125 V 2.5 A

その 3

項 目		NF 2000	DB 50
不足電圧引きはずし装置		コイル電圧が定格の 70~30% に下がったときに引きはずす 定格電圧 AC 110 V AC 220 V AC 440 V DC 100 V	コイル電圧が定格の 60~30% に下がったときに引きはずす
補 助 ス イ ッ チ		接点容量 AC 460 V 5 A DC 250 V 5 A a, b 接点 3 回路まで	接点容量 AC 600 V 10 A 18 回路まで
警 報 ス イ ッ チ		接点容量および回路数 補助スイッチと同じ	a, b 接点 1 回路
電氣的ロックアウト装置		不足電圧引きはずし装置と同じ	電氣的ロックアウト装置
操 作		手動あるいは電動操作	手動あるいはソレノイド方式
す え 付 方 式		表面形 裏面形 埋込形 引出形	引 出 形
重 量 (引出形)		110 kg	180 kg
外 形 寸 法 (引出形)		幅×高さ×奥行 466×646×658	幅×高さ×奥行 495×684×718

ものの一つにあげられることは、短絡電流をしゃ断したときの部品の取換え・修理・保守点検の難易の問題である。

DB 形しゃ断器では、アーク接点をはじめと多くの部品が更新可能であり、元来、保守点検を十分に行なうことを前提として設計されている。

これに比べて NF 2000 形は モールドケース しゃ断器であり、取扱いが簡単安全で保守点検を極力要しないような構造になっているので、短絡しゃ断をしばしば行なうことを目的とするような用途、たとえば短絡試験設備の後備しゃ断器として用いるような用途には適当でない。

(7) 特殊用途

DB 形しゃ断器では、磁気吹消しコイルを有する高速度しゃ断や界磁しゃ断器などの特殊用途が可能であり、また電気操作による定格投入時間が 0.25 秒と、NF 2000 形の 1/2 程度であることから、異系統の同期投入やインターロックに対する速動性も NF 2000 形より若干すぐれていると考えられる。

(8) 経済性

DB 形しゃ断器では引出形を原則としているが、NF 2000 形では比較表に見られるとおり、引出形のほかに表面バー接続・裏面スタッド接続・埋込取付けわく付きが可能であり、配電盤面しゃ断器としての経済性も十分考慮されている。

7. 機器保護用トライパックしゃ断器

7.1 機器保護の要求の発生

ヒューズ付絶縁箱しゃ断器である当社のトライパックしゃ断器は、低圧電路の保護を主目的とし、大きなしゃ断容量をもつものであるが、最近その性能として大短絡電流を電路に損傷を与えないでしゃ断することはもちろん、事故を起こした電動機回路の電磁接触器をも再使用可能のように保護し、事故後の復旧を容易かつ敏速に行なうことのできるものが望まれるようになった。すなわち、トライパックしゃ断器による電磁接触器の後備保護の性能が新たに求められている。この要求を満足させるため電源容量の大きい電動機回路用しゃ断器として、機器保護用トライパックしゃ断器 NFT 100 C および NFT 400 C が開発された。

短絡時に生ずる電磁接触器の事故原因としては、

(1) 接点の溶着

(2) 接点のはね上がりにもない、大きなエネルギーをもったアークの発生
の二つがある。

前者による事故は、しゃ断器が短絡電流を取り除いた後、電磁接触器を新品と取り換えなければならず、復旧作業のための停電中の生産中止の損害が考えられ、接点のはね上がりは、その発生アークにより電磁接触器自身が相間短絡を起こして破壊され、さらには盤内にアークが移行して新しい事故原因となることがある。

機器保護用トライパックしゃ断器は上記二つの事故を取り除く性能をもっている。

7.2 仕様および特性

電動機分岐回路においては、一般に電動機の保護は電磁開閉器の熱動過電流継電器によって行ない、電路の保護はしゃ断器によって行なうが、機器保護用トライパックしゃ断器は独特の限流ヒューズを内蔵することにより、しゃ断容量の増大と電磁接触器の保護の一石二鳥の効果をもたせたものである。電磁接触器は開閉ひん度が多いことを特長として設計されているため、接触圧力は比較的小さなものが製作されている。接触圧力が低いということは、通過短絡電流に対し接点部の熱的強度が小さいことを示しており、これを保護するためには、内部限流ヒューズのエレメントの断面積を小さくし限流される割合を大きくしなければならないが、限流の割合は電動機の起動特性を考慮した需要曲線によって制限される。

限流ヒューズは NFT 100 C 用として FLT 15 C, FLT 35 C, FLT 65 C および FLT 105 C が、また NFT 400 C 用として FLT 155 C および FLT 305 C があり、それぞれしゃ断器接点と協力して三菱電磁接触器 M 形および S 形を保護する。また従来のトライパックしゃ断器と同様、ヒューズの溶断および装着忘れによる三相回路の欠相防止のための機械連動をそなえている。

また NFT 100 C は 8 段積コントロールセンタに適するよう、長さ 166 mm、高さ 110 mm、幅 140 mm につくられ、NFT 400 C は従来のトライパックしゃ断器 NFT 225 と同様、長さ 384 mm、高さ 139 mm、幅 210 mm の外形である。

この機器保護用トライパックしゃ断器の仕様を表 7.1 に、電動機分岐回路に設置した場合の保護協調例を図 7.2 に、限流特性を図 7.3 に示す。

7.3 電磁接触器接点の保護

図 7.4 に示す接点の材料に銀合金を使用した場合、接点の溶融

電流瞬時値 $i(A)$ と、接触圧力 $P(g)$ および接点の曲面半径 $r(cm)$ との関係は次式で推定される。

$$i = K \sqrt[3]{r \cdot P} \dots \dots \dots (7.1)$$

$$K : \text{定数 } 0.52 \times 10^3 (A \cdot g^{-\frac{1}{3}} \cdot cm^{-\frac{1}{3}})$$

また図 7.4 は式 (7.1) により接触圧力と接点の溶融電流との関係を示しており、この電流値以内で限流しゃ断を行なえば接点は溶融しないといえる。しかしながら、接点の溶融は必ずしも溶着を意味するものではない。限流ヒューズで限流しゃ断する場合は、通過せん(尖)頭電流値が溶融点に達しても、その電流波形は全しゃ断時間が 2 ms~5 ms のパルス状であるので、接点の溶融箇所は非常に小さな点に限られ、発生熱はただちに奪われて溶着にはいたらない。機器保護用トライパックしゃ断器の設計にあたっては図 7.4 を限流ヒューズの通過せん頭値のめやすとしたが、このグラフの値をこすものに関しては実験により接点が溶着しないことを確かめた。

7.4 接点のばね上がり

短絡時に図 7.5 に示す銀合金 ($r=0.5 cm$ とする) の接点の開離方向に働く電磁反発力 $F(g)$ は、電流瞬時値 $i(A)$ の自乗に比例し、接触圧力 $P(g)$ の立方根に反比例し、次式で示される。

$$F = Ai^2 \log e \frac{B}{\sqrt[3]{P}} \dots \dots \dots (7.2)$$

$$A : 10.2 \times 10^{-6} (g \cdot A^{-2})$$

$$B : 6.18 \times 10^2 (g^{\frac{1}{3}})$$

また図 7.5 は式 (7.2) により求めた通過電流瞬時値 $i(A)$ と接点の反発力 $F(g)$ との関係を示している。一般に電磁接触器の接触圧

表 7.1 機器保護用トライパックしゃ断器の定格
Ratings of TRI-PAC breakers for machine protection.

形 名		NFT 100 C		NFT 400 C	
定 格	極 数	2	3	2	3
	定格電圧 V (AC)	550		550	
	定格電流 A 周囲温度 40°C	限流ヒューズ FLT 15 C 付	10, 15	限流ヒューズ FLT 155 C 付	125, 150
		FLT 35 C 付	20, 30		
		FLT 65 C 付	40, 50, 60	FLT 305 C 付	175, 200 225, 250 300
		FLT 105 C 付	75, 90, 100		
後 備 保 護 さ れ る 電 磁 接 触 器	しゃ断容量	AC 550 V 100 kA		AC 550 V 100 kA	
	後備保護される電磁接触器	限流ヒューズ FLT 15 C 付	M-15	限流ヒューズ FLT 155 C 付	M-155
		FLT 35 C 付	M-35		
		FLT 65 C 付	M-65	FLT 305 C 付	M-305
		FLT 105 C 付	M-105		

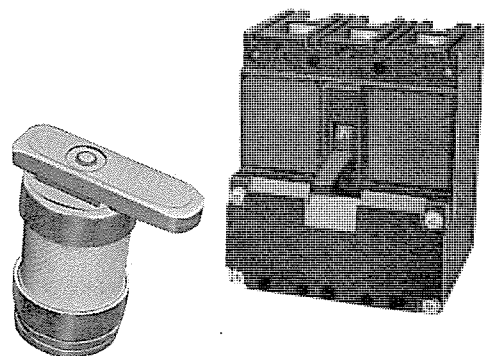


図 7.1 機器保護用トライパックしゃ断器 (NFT 100 C) と内蔵されている限流ヒューズ (FLT 形)
TRI-PAC breaker NFT 100 and its current limiting fuse type FLT.

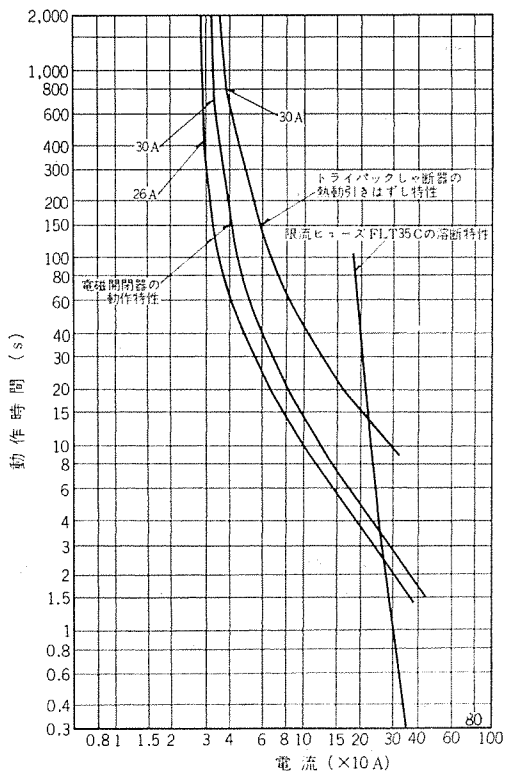


図 7.2 機器保護用トライパックしゃ断器と電磁開閉器の動作特性の協調例

Example of cooperation characteristics between TRI-PAC breakers and magnet switches.

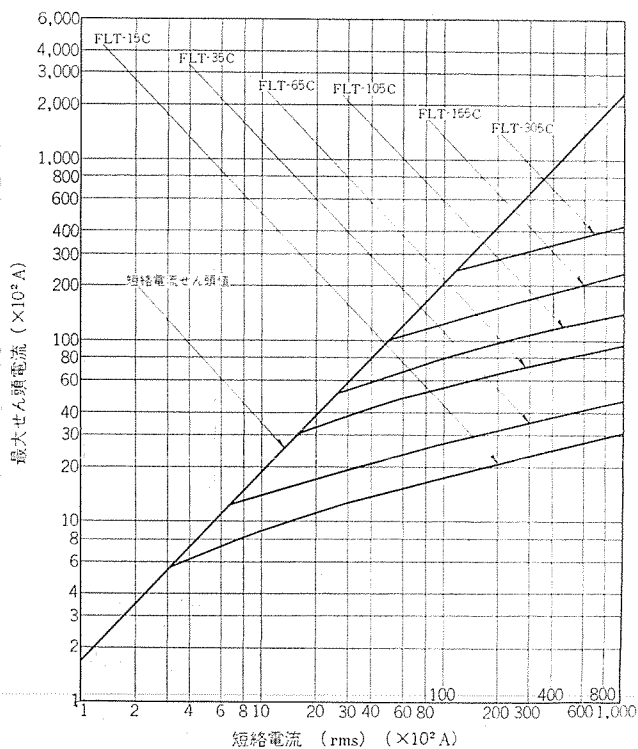


図 7.3 機器保護用トライパックしゃ断器の FLT 形限流ヒューズの短絡電流—通過最大せん頭電流特性

Prospective short-circuit current (rms) vs. let-thru maximum peak current characteristics of current limiting fuses type FLT for TRI-PAC breakers.

力は小さい定格のもので約 100 g, 大きい定格のもので約 2,000 g であるが, この接触圧力で, はね上がりなくするためには小さい定格のもので 1,600 A, 大きい定格のもので 7,000 A 以内に 限流しな

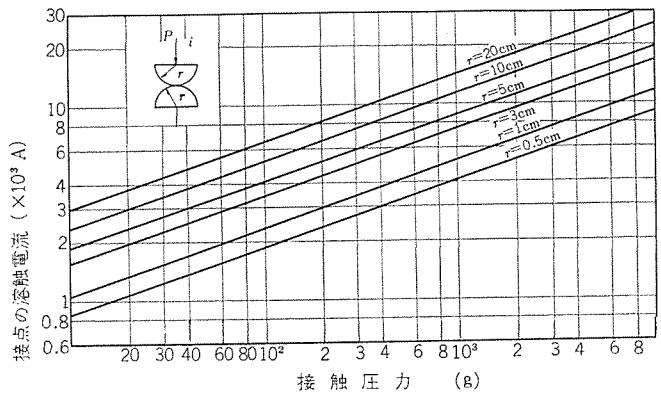


図 7.4 接触圧力と溶融電流
Contact pressure vs. melting current of contacts.

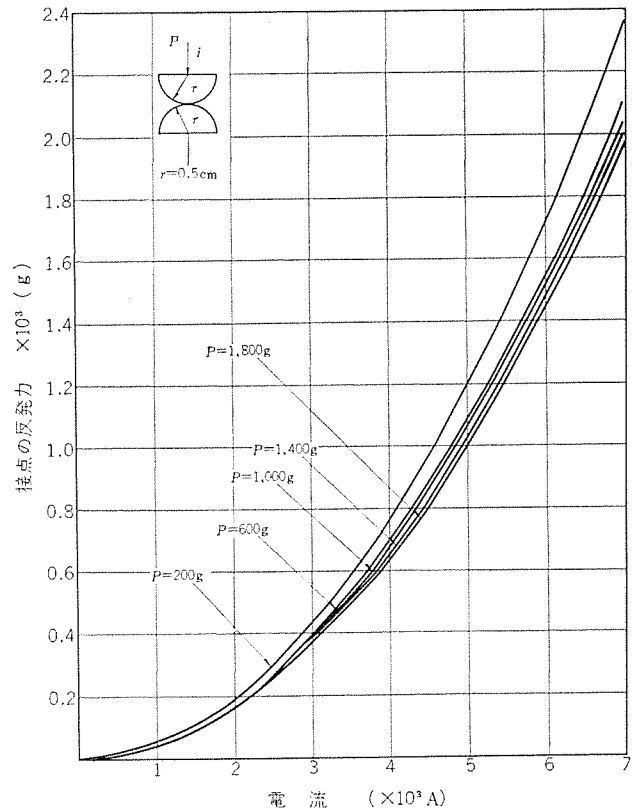


図 7.5 通過電流と接点の反発力
Let-thru current vs. repulsion force of contacts.

ければならない。機器保護用トライパックしゃ断器のしゃ断容量は AC 550 V 非対称 100 kA であり, その瞬時値は 200 kA にも達するが, これを電磁接触器の接点反発しない電流値までに限流することは, ヒューズの溶断特性が電路の正常な突入電流とクロスすることになりむずかしい。したがって, ここに発表する機器保護用トライパックしゃ断器で電磁接触器を後備保護するとき, 電磁接触器接点のはね上がるが, そのとき発生するアーク電流はヒューズにより限流されたものであり, アークエネルギーは小さく接点の損傷は少なく, アークの他への移行はない。

7.5 シャ断試験

しゃ断試験は, 機器保護用トライパックしゃ断器と電磁接触器とのカスケード組合せにより, 三相 550 V 60 c/s 非対称 100 kA $Pf=0.1$ で行なった。

動作責務は O-CO-CO で, 初めの CO はしゃ断器で投入し, あとの CO は電磁接触器で投入した。試験の結果, 電磁接触器は溶着

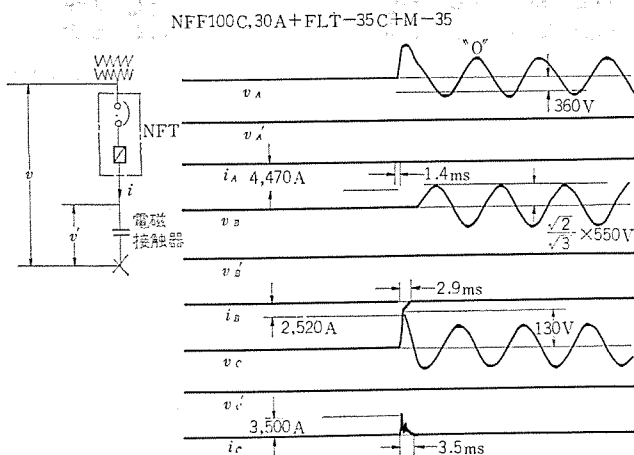


図 7.6 機器保護用トライパックしゃ断器 NFT 形 30 A と電磁接触器 M-35 形とのカスケードしゃ断試験オシログラム
(三相 550 V 60 c/s 100 kA PF=0.1 動作責務 “0”)
Interrupting test of TRI-PAC type NFT and the contactor M-35 in cascade connection (3 phase 550 volts 60 c/s 100 kA PF=0.1 duty “0”)

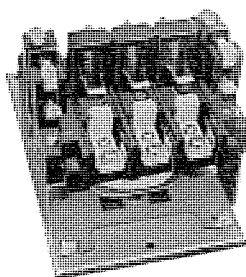


図 7.7 機器保護用トライパックしゃ断器で後備保護された電磁接触器 M-65
Contactor M-65 protected by TRI-PAC.

・相間短絡等を起こさないで保護され、引続き再使用は十分可能であった。試験結果のオシログラムを一例として図 7.6 に示し、しゃ断

後の電磁接触器の接点部分の写真を図 7.7 に示す。

7.6 機器保護用トライパックしゃ断器の要約

機器保護用トライパックしゃ断器は AC 550 V 100 kA のしゃ断容量を有するほか、電動機回路の電磁接触器を後備保護する。したがって、事故後の電磁接触器のとりかえの必要はなく、接触器接点部のアークのほかへの移行はない。

また NFT 100 は長さ 165 mm でできており 8 段積みコントロールセンタに納まる。限流ヒューズ内蔵にともない欠相保護装置は、従来のトライパックしゃ断器と同様に備えている。

8. む す び

ノーヒューズしゃ断器は小形高性能となり、その定格・仕様も多様化し広く一般に使用されるに至った。とくに最近産業規模の大形化に伴い、ノーヒューズしゃ断器も大容量化し、定格 2,000 A のものが出現した。このしゃ断器は短限時特性をもたせることができ、下位ノーヒューズしゃ断器と協調をとることが容易となった。

ノーヒューズしゃ断器はまた電動機回路に多く使用されており、この回路に使用される電磁開閉器などの機器を短絡事故から保護することが真剣に検討されるようになった。また電源容量の増大に伴い、大きなしゃ断容量が必要とされるようになり、この目的を達するため、機器用トライパックしゃ断器が開発された。これら新しいノーヒューズしゃ断器についての紹介のほか、ノーヒューズしゃ断器の規格・構造・性能などを説明し、従来あまりノーヒューズしゃ断器に親しみのなかったかたがたにも、ご理解いただければ望外の喜びである。

参 考 文 献

- (1) 高見ほか：三菱電機 34, No. 3 (昭 35)
- (2) 高野ほか：三菱電機 40, No. 5 (昭 41)
- (3) Ragnar Holm : Electrical Contacts Handbook.
- (4) 倉西：弾性学 (日本機械学会)

誘導機特性の理論計算法

近藤 博通*・小倉 新三*

Theory of Calculation of Induction Machine Performances

Central Research Laboratory Hiromichi KONDO・Shinzo OGURA

The construction of the induction machine is simplified by dividing the unit into several regions having coaxial cylinders. Then, medium of each region is assumed to be ruled by a uniform constant, to each region is applied the solution of Maxwell equation of cylindrical infinite coordinates, and from this the performances of induction machines are worked out. This is a method described herein. Examples of numerical calculation when the method is applied to general purpose three phase induction machines are given and a fact is pointed out that, in actual small sized machines, a magnetic permeability in the equivalent θ direction of the medium between the primary and the secondary is found pretty high. As an example of unbalanced machine, a condenser motor is taken up and a calculation method of its performance is discussed herein.

1. ま え が き

誘導機はその構造が比較的単純であるので、種々の単純化仮定を用いて、マクスウェルの方程式を直接適用して内部電磁界を算出し、それを誘導機の運転特性の解析のために使用しようという試みは、かなり以前からおこなわれてきた⁽¹⁾。最近では E. Mishkin⁽²⁾が直角座標を用いた近似計算解を導出しているが、継鉄の部分 $\mu=\infty$ の媒質としてとり扱っていること、歯率の効果を含まないことなどのため、その近似性、とくにたとえば二重かど形機や深みぞ形機などに対する適用性については、なおかなりの問題が残されているというべきである。

E. Mishkin のとり扱いについて簡単に述べると、その要点はみぞのある部分、すなわち、固定子の電機子巻線の装着された部分や回転子のかど導体の部分の構造を、それぞれ平均化して、一種の非等方透磁率つまり透磁率が、単純なスカラー量でなく歯に沿った向きには大きく、これと直交する向きには小さいようなテンソル量で表現される巨視的媒質として表現し、一方、巻線あるいはかど導体などは、このような媒質の中に適当な印加電流分布あるいは導電度を表わすことによって、これにマクスウェルの方程式を適用しようとするにある。言い換えれば現実の機械のみぞ幅と歯幅の比を変えることなく、みぞ数を無限に多くした場合の極限的な構造を仮想して考察しているわけである。

E. Mishkin が先に述べたように、直角座標で計算した点を改良して円筒配位により、一方継鉄の部分なども適当な媒質定数をあてはめて、より現実の機器への近似度を高めた解析を行なうことはさして困難なことではない。

本論文はこの方向への E. Mishkin の方法の拡張、すなわち、誘導機の構造を、円筒座標において半径が一定の同心円筒の境界で区切られたいくつかの層媒質と考えられる領域に分けて、各領域についてマクスウェルの方程式の解を求め、その結果と誘導機の定常運転特性を関係づける試みについて述べている。この場合、みぞのある部分については、半径方向と円周方向とで値の異なる非等方透磁率を考えている。また端効果については、実際の機械においてたとえばソリッドローター形のものなどは特性算定上非常に重要であるが、積層鉄板の鉄心を使い、かど導体を備えた通常のものにおいては、

その特性に及ぼす影響は小さいと考えられるので、ここでは機械のモデルとしては軸方向に無限長のものを考え、特性算定上は実機の鉄心の軸方向長さに換算するに止めて特別の補正は加えていない。

一般にこのような解析的とり扱いは、結果の表式がかなり複雑となることが欠点ではあるが、最近の大型電子計算機の使用の普及ともなっており、計算表式はかなり複雑であっても、むしろ種々のパラメーターの及ぼす影響を明確にとらえうる。たとえばみぞ形状やかど導体の形状構造の変化が、最終的な運転特性にどのような効果を及ぼすか。あるいは入力交流波形の変化の影響などが、プログラム中のいくつかのパラメーターの変化によって、容易に検討しうるような解析計算法が得られることに対する要求は、きわめて大きいものと考えられる。

ここでは理論解析計算の概要と、その最も単純な適用例として標準かど形誘導機に関する数値計算の結果、およびコンデンサモーターの特性解析法についての考察について論述することとしたい。

2. 理 論

2.1 巻線分布と電機子起磁力

いま電機子巻線は n 相の多相交流電源によって励磁されるものと考え、これに接続される各相の巻線の空間的な分布が、 $g_k(m\theta)$ [ターン/メートル] ($k=1, 2, \dots, n$) であるとする、静止系すなわち電機子に固定した観測者が見る電機子の電流分布は、各相の電流入力を $J_k f_k(\omega t)$ で表わすと、

$$\sum_{k=1}^n J_k g_k(m\theta) f_k(\omega t) \quad [\text{A/m}^2] \dots\dots\dots (2.1)$$

と書ける。ただし m は極対数、 ω は入力交流の基本波角周波数である。次に回転子の回転角速度を ω_R/m とおくと回転子に乗った回転系の観測者が観測する電機子電流は

$$\sum_{k=1}^n J_k g_k(\omega_R t + m\theta) f_k(\omega t) \quad [\text{A/m}^2] \dots\dots\dots (2.2)$$

となる。式(2.2)において $g_k(\omega_R t + m\theta)$, $f_k(\omega t)$ をそれぞれ $\omega_R t + m\theta$ についてフーリエ級数展開を行なうと、その一般項は

$$\left. \begin{aligned} J_{kNMa} \sin N(\omega_R t + m\theta) \sin M\omega t \\ J_{kN Mb} \cos N(\omega_R t + m\theta) \sin M\omega t \\ J_{kN Mc} \sin N(\omega_R t + m\theta) \cos M\omega t \\ J_{kN Md} \cos N(\omega_R t + m\theta) \cos M\omega t \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (2.3)$$

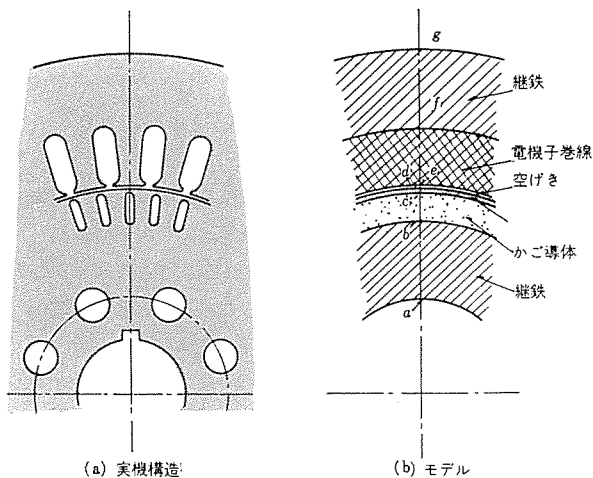


図 2.1 誘導機のモデル化
Model of conventional induction machine.

によって与えられるが、これらは一般に

$$\left. \begin{aligned} J_{kNMA} &= \sin\{(N\omega_R + M\omega)t + Nm\theta\} \\ J_{kNMB} &= \sin\{(N\omega_R - M\omega)t + Nm\theta\} \\ J_{kNMC} &= \cos\{(N\omega_R + M\omega)t + Nm\theta\} \\ J_{kNMD} &= \cos\{(N\omega_R - M\omega)t + Nm\theta\} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (2.4)$$

などの項に分解されるので、結局電機子電流分布として

$$Ae^{i\xi} + C.C. \quad [A/m^2] \dots\dots\dots (2.5)$$

ただし $\xi = M\theta + \Omega t$, また A は複素定数,

$C.C.$ は複素共役を表わす。

と書き表わされる一般項について考察すれば、最終的に求める電磁界は各項に対応する解の総和として与えられることとなることがわかる。

2.2 誘導機の構造と計算上の領域区分

図 2.1 は誘導機の計算モデルとして、各構成部分を同心円筒配位のいくつかの一樣媒質領域に分つ操作の一例を示したものである。図に示した例においては誘導機全体を、(1)軸・(2)回転子鉄鉄の部分・(3)回転子スロット(かご導体)・(4)スロット開口あるいは閉こう(溝)の部分・(5)空けき(隙)・(6)電機子巻線(固定子スロット)・(7)固定子鉄鉄の部分・(8)外空間の計 8 個の領域に分けており、それぞれの境界は実機における相当値を選ぶこととし a, b, c, \dots, g によって考えるものとする。

これらの領域のうち(5)および(8)の媒質は大気であるから、媒質定数は透磁率 $\mu_0 (=4\pi \times 10^{-7})$ ・導電度 $\sigma=0$ とおくことができる。領域(1)は鋼の μ, σ を用いて計算することも可能であるが、多くの誘導機では、回転子鉄鉄の軸に近い部分に図に示したような通風孔を持っていて、電磁界が軸にはいるのが阻止されるので、ほとんど電磁界がはいり込まない部分までを含めて、これを(5)(8)と同様大気領域と考えるのが便利である。

その他の領域においては鉄材料が含まれるため、その飽和特性・ヒステリシス、さらに磁界強度が空間的位置によってかなり変化することなど複雑な問題を内包している。しかし、ここでは第 1 近似として領域(2)および(7)においては、一樣等方透磁率 μ で $\sigma=0$ の媒質、(3)、(4)および(6)においては、非等方透磁率 $\mu = (\mu_r, \mu_\theta)$ 、導電度については(3)が σ_s 、(4)、(6)では $\sigma=0$ の媒質であると仮定することとし、 μ あるいは μ_r, μ_θ の値について飽和の効果を勘案することとする。ただし計算の出発にあたって各領域の磁束密度は未知であるから、 μ あるいは μ_r, μ_θ の値は推定値からはじめてく

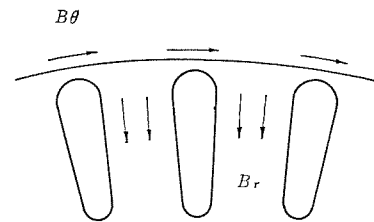


図 2.2 かご導体付近の磁束の微視構造
Microscopic configuration of flux near the cage conductors.

り返し計算の結果決るべきものであり⁽³⁾、かくして一次近似的には鉄心飽和の効果を勘案することが可能である。

その操作を簡単に述べると、(3)および(6)の領域では鉄心の透磁率を μ 、歯の幅を l_l 、みぞ幅を l_s とすれば

$$\mu_r = \frac{l_l}{l_l + l_s} \mu, \quad \mu_\theta = \frac{\mu_0 \mu (l_l + l_s)}{\mu_0 l_l + \mu l_s} \dots\dots\dots (2.6)$$

が成り立つ。実際にはこの部分では磁束の θ 方向成分はそう高くはないので、 μ_θ を算出する場合の μ の値は ∞ と考えても大きな誤りとはならない。 μ_r の算出のために使用すべき μ の値は、計算から得られた r 方向の磁束密度 B_r から実際に歯の部分の鉄心における磁束密度 $B_{r \text{ iron}} = ((l_l + l_s)/l_l) B_r$ に相当する値となるべきである。これらの計算において、 l_l や l_s の比や B_r したがって μ の値などは必ずしも領域内において一定ではなく、 μ の値の効果も磁界の波形によって影響を受けるものであるから、ここで得た μ_r, μ_θ の値はかなり概略的な平均値を与えるものとなることはいなめない。もしさらに近似度を高める必要がある場合には、領域の分割数をもっと多く選ばなければならない。

領域(4)における μ_r, μ_θ の値は、ここが開こう(溝)である場合には式(2.6)から求められるが、実際の機械ではいわゆる千鳥形漏えい磁束などのため、計算値よりはかなり高く選ばれることが必要である。閉こうの場合には、磁束の形は図 2.2 に示すようになると考えられ、 μ_r は式(2.6)の値を用いてさしつかえないものと考えられる。 μ_θ の場合には、スロットに対向する部分では磁束が通りやすくなることを考慮して、 B_θ から推定される $\mu_{\theta \text{ iron}}$ を用いて

$$\mu_\theta = ((l_l + l_s)/l_s) \mu_{\theta \text{ iron}} \dots\dots\dots (2.7)$$

によって近似される。ただし、実機ではやはり千鳥形漏えい磁束などのため等価的な μ_θ はかなり高くなる。

2.3 電磁界方程式とその解

領域(1)、(2)、(5)、(7)および(8)に適用すべきマクスウェルの方程式は、

$$\left. \begin{aligned} \text{rot } H &= 0 \\ \text{div } H &= 0 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (2.8)$$

と書くことができる。 $H_z=0$ を用いて両式から H_θ を消去すると

$$r^2 \frac{\partial^2 H_r}{\partial r^2} + 3r \frac{\partial H_r}{\partial r} + H_r + \frac{\partial^2 H_r}{\partial \theta^2} = 0 \dots\dots\dots (2.9)$$

が得られる。式(2.5)にしたがって $H_r = A(r) e^{i\xi} + C.C.$ の形に解を求めると、

$$\left. \begin{aligned} H_r &= [A_r^{M-1} + B_r^{-M-1}] e^{i\xi} + C.C. \\ H_\theta &= i[A_r^{M-1} - B_r^{-M-1}] e^{i\xi} + C.C. \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (2.10)$$

が求められる。 A, B は境界条件から決められるべき定数である。

領域(3)においては、

$$\left. \begin{aligned} \text{rot } H &= j = \sigma_z E \\ \text{rot } E &= -\partial B / \partial t \end{aligned} \right\}$$

$$\left. \begin{aligned} \operatorname{div} B &= 0 \\ B &= (\mu_r, \mu_\theta) \cdot H \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (2.11)$$

が成り立つ。第1式の rot をとり第2式を代入して E を、また、最後の式から B を消去し、前と同様にして H_θ を消去すれば

$$\frac{\mu_r}{\mu_\theta} \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left\{ r \frac{\partial}{\partial r} (r H_r) \right\} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2}{\partial \theta^2} H_r = \sigma_z \mu_r \frac{\partial H_r}{\partial t} \dots\dots\dots (2.12)$$

が求められる。ここで $p = M\sqrt{\mu_\theta/\mu_r}$ とおくと、上式は p 次のベッセル方程式となり、 p は通常は非整数であるから

$$\left. \begin{aligned} H_r &= \frac{1}{r} [A I_p(\sqrt{i\sigma_z \mu_\theta \Omega} r) + B I_{-p}(\sqrt{i\sigma_z \mu_\theta \Omega} r)] e^{ik} + C.C. \\ H_\theta &= (iM\sqrt{i\sigma_z \mu_\theta \Omega}/p^2) [A I_p'(\sqrt{i\sigma_z \mu_\theta \Omega} r) \\ &\quad + B I_{-p}'(\sqrt{i\sigma_z \mu_\theta \Omega} r)] e^{ik} + C.C. \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (2.13)$$

が求められる。ただし p が整数の場合には $I_{-p}, I_{-p}' \rightarrow K_p, K_p'$ におきかえられる。かど導体中の電流密度 J [A/m²] は式 (2.11) 第1式から求められて、

$$j_z = \sigma_z E_z = -(\sigma_z \mu_r \Omega r/M) H_r \dots\dots\dots (2.14)$$

と書き表わされる。

領域(4)および(6)においては、

$$\left. \begin{aligned} \operatorname{rot} H &= i(\alpha e^{ik} + C.C.) k \\ \operatorname{div} B &= 0 \\ B &= (\mu_r, \mu_\theta) \cdot H \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (2.15)$$

が成り立つ。ただし領域(4)では $\alpha=0$ である。まず $\alpha=0$ において一般解を求め、次いで定数変化法によって $\alpha \neq 0$ の特解を求めるというステップによって

$$\left. \begin{aligned} H_r &= [A r^{p-1} + B r^{-p-1} - i p^2 \alpha r / M(4-p^2)] e^{ik} + C.C. \\ H_\theta &= i [A r^{p-1} - B r^{-p-1} - i 2 \alpha r / (4-p^2)] e^{ik} + C.C. \\ E_z &= -(\mu_r \Omega r / M) H_r \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (2.16)$$

が求められる。 p は一般には非整数であるがたまたま $p=2$ となった場合には、上式の最初の2式の代わりに、

$$\left. \begin{aligned} H_r &= [A r + B r^{-3} - i \alpha (r \ln r) / M] e^{ik} + C.C. \\ H_\theta &= i [A r - B r^{-3} - i \alpha r (1 + 2 \ln r) / 4] e^{ik} + C.C. \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (2.17)$$

が用いられるべきである。

3. 標準小型誘導機に関する解析計算例

ここでは、前節に述べた理論を適用して、はん用の4極三相誘導機の標準的なものの定常運転特性を算出する過程と、その数値計算例について述べる。構造およびその近似モデルには、図2.1に示したものをとり、 $a \sim g$ の数値には表3.1に示す値を採用した。

3.1 方程式

簡単のため基本波成分のみを考え、各相の巻線は完全に平衡しているものとして、たとえばU相巻線のみに着目してその入力電流を、

$$j_u = j \sin \omega t \dots\dots\dots (3.1)$$

またU相巻線の空間分布を、

表 3.1 $a \sim g$ の数値
Numerical values of $a \sim g$.

(単位: mm)

a	26.0
b	47.1
c	55.8
d	56.8
e	57.0
f	74.0
g	90.0

$$w_u = w \cos 2\theta \dots\dots\dots (3.2)$$

とし、回転方向を θ の負方向にとると電機子起磁力は $J \sin \xi (\xi = \omega + 2\theta)$ 、ただし $J = \frac{3}{2} w j$ によって与えられる。すなわち、電機子起磁力の e^{ik} の成分に関する電磁界を求めることが必要である。

$$\alpha = J/2i \dots\dots\dots (3.3)$$

であるから、これに対応する(1)~(8)の各領域における電磁界は、(2.10)、(2.13)、(2.16)および(2.17)の各式にしたがって直ちに表現される。いま各領域における解に含まれる未定係数 A および B を領域の番号を付して A_k, B_k と表示することとすると、領域(1)および(8)はそれぞれ $r=0$ および $r=\infty$ を含むことから、 $B_1 = A_8 = 0$ でなければならない。残りの $A_1 \sim B_8$ の14個の未定係数は $r=a, b, \dots, g$ における境界条件

$$\left. \begin{aligned} \mu_{rk} H_{rk}(k, k+1) &= \mu_{r(k+1)} H_{r(k+1)}(k, k+1) \\ H_{\theta k}(k, k+1) &= H_{\theta(k+1)}(k, k+1) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (3.4)$$

によって決定される。ただし上式でたとえば $H_{rk}(k, k+1)$ は、領域 $(k) [k=1, 2, \dots, 7]$ における H_r の解の領域 (k) と $(k+1)$ の境界における値を示す。かくして得られる14元の方程式をまとめて書き表わすと図3.1に示すようになる。ここで係数行列は対角線に近い要素以外はすべて0であるから、解の導出にはたとえば掃き出し法を用いることが有効である。

3.2 回路方程式と特性計算

U相巻線の両端にかかる電源電圧の実効値を V_s 、巻線の抵抗を R とすると回路方程式

$$\sqrt{2} V_s \sin(\omega t + \phi) + V \operatorname{ind} = R j_u \sin \omega t \dots\dots\dots (3.5)$$

が得られる。これまでの計算では j_u を仮定し、一方U相巻線に現われる $V \operatorname{ind}$ は式(2.16)から、鉄心の軸方向長さを l として、

$$\begin{aligned} V \operatorname{ind} &= \int \int_{u \text{ 相巻線}} E_s w_u(\theta) l r d r d \theta \\ &= \int \int_{u \text{ 相巻線}} - \left(\frac{\mu_r \omega r l}{M} \right) \left[\left\{ A_6 r^{p-1} + B_6 r^{-p-1} - \frac{p^2 J r}{4(4-p^2)} \right\} e^{ik} + C.C. \right] \\ &\quad \cdot w_u(\theta) r d r d \theta \dots\dots\dots (3.6) \end{aligned}$$

によって与えられるから、式(3.5)に代入して V_s および ϕ を逆算することができる。すなわち、 $V \operatorname{ind} = V' \sin(\omega t + \psi)$ とすれば、

$$\sqrt{2} V_s = \sqrt{(R j_u - V' \cos \psi)^2 + (V' \sin \psi)^2} \dots\dots\dots (3.7)$$

である。こうして求められた V_s の値が実際の電圧値と異なる場合には、当初仮定した j_u の値が正しくなかったわけであるので、 j_u の仮定値に電源電圧の実効値と式(3.7)から得られる値の比を乗じて補正する。この j_u の実効値を J_u とすれば相巻線に入る電力は、

$$P_u = V_s J_u \cos \phi \dots\dots\dots (3.8)$$

によって計算され、各相分の総和をとれば誘導機全体としての電気入力 P が求められる。 u 相巻線における抵抗損失は $R J_u^2$ であり、これを各相について合計すれば一次損失 L_p がわかり、

$$\left. \begin{aligned} \omega T &= P - L_p \\ \eta &= \frac{(1-s)\omega T}{P} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (3.9)$$

から出力トルクおよび効率が導出される⁽⁴⁾。

3.3 数値計算例

表3.1に示した数値を図3.1の方程式に代入し、鉄心の透磁率に関して数回のくり返し計算をした結果の数例を図3.2~3.5に示す。図3.2は、かど導体をアルミニウムとした場合の導電度 $\sigma = 1.3 \times 10^7$ (Ω/m) に対して、かど導体材料をより導電度の低い材料に変

$$\begin{pmatrix} 1 & -\frac{\mu_2}{\mu_0} & -\frac{\mu_2}{\mu_0}a^{-1} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & -1 & a^{-1} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & b^2 & b^{-2} & -\frac{\mu_{r3}}{\mu_2}J_p(b) & -\frac{\mu_{r3}}{\mu_2}J_{-p}(b) & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & b & -b^{-3} & \frac{2k}{P_3}J_p(b) & \frac{2k}{P_3}J_{-p}(b) & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -\frac{\mu_{r3}}{\mu_{r1}}J_p(c) & -\frac{\mu_{r3}}{\mu_{r1}}J_{-p}(c) & C^{p_1} & C^{-p_1} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -\frac{2k}{P_3}J_p(c) & -\frac{2k}{P_3}J_{-p}(c) & \frac{2}{P_4}c^{p_1-1} & -\frac{2}{P_4}c^{-p_1-1} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & d^{p_1} & d^{-p_1} & -\frac{\mu_0}{\mu_{r1}}d^{p_1} & -\frac{\mu_0}{\mu_{r1}}d^{-p_1} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{2}{P_4}d^{p_1} & -\frac{2}{P_4}d^{-p_1} & -d^2 & d^{-2} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & e^2 & e^{-2} & -\frac{\mu_{r0}}{\mu_0}e^{p_0} & -\frac{\mu_{r0}}{\mu_0}e^{-p_0} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & e^2 & -e^{-2} & -\frac{2}{P_0}e^{p_0} & \frac{2}{P_0}e^{-p_0} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & f^{p_0} & f^{-p_0} & -\frac{\mu_{r1}}{\mu_{r0}}f^2 & -\frac{\mu_{r1}}{\mu_{r0}}f^{-2} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{2}{P_0}f^{p_0} & -\frac{2}{P_0}f^{-p_0} & f^{-2} & f^{-2} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & g^{-4} & -\frac{\mu_0}{\mu_{r1}}g^{-4} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & -g^{-4} & g^{-4} \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} A_1 \\ A_2 \\ B_2 \\ A_3 \\ B_3 \\ A_4 \\ B_4 \\ A_5 \\ B_5 \\ A_6 \\ B_6 \\ A_7 \\ B_7 \\ B_8 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ -\frac{\mu_{r0}}{\mu_0} \cdot \frac{P_0^2 J}{4(4-P_0^2)}e^2 \\ -\frac{J}{4-P_0^2}e^2 \\ \frac{P_0^2 J}{4(4-P_0^2)}f^2 \\ \frac{J}{4-P_0^2}f^2 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

図 3.1 未定係数 $A_1 \sim B_8$ を決める方程式 Equations to determine the coefficients $A_1 \sim B_8$.

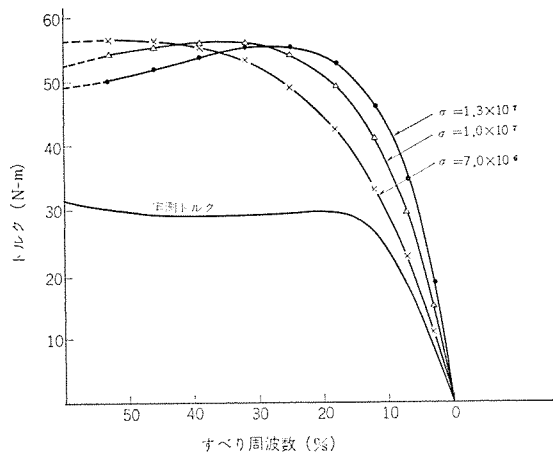


図 3.2 計算例(1) かご導体の導電度を変化させた場合
Example of calculation (1) : in case when the conductivity of squirrel cage conductors was varied.

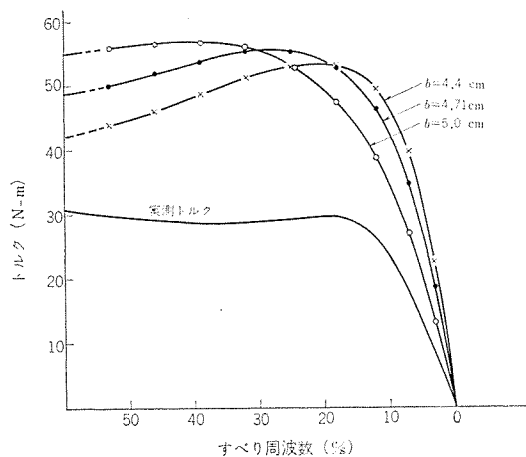


図 3.3 計算例(2) かごスロットの深さを変化させた場合
Example of calculation (2) : in case when the depth of rotor slots was varied.

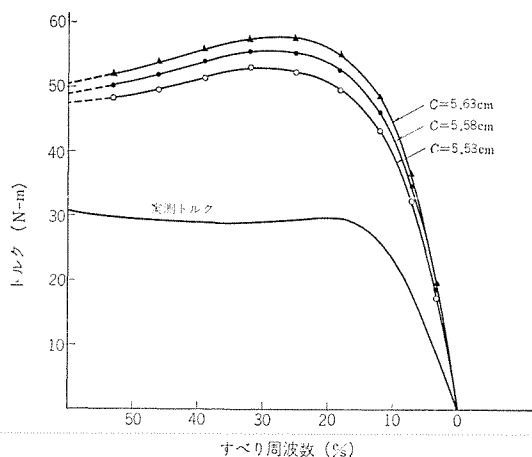


図 3.4 計算例(3) かごスロット構造をわずかに変化した場合
Example of calculation (3) : in case when minor alteration is given to the shape of rotor slots.

更した場合のトルク曲線の変化の様、図 3.3 は、かご導体のスロット深さを与える b の値を、実際値 ($b=4.71$ cm) より小さく (深みぞ) あるいは大きく (浅みぞ) した場合の効果、図 3.4 は、閉こう部(溝)部の鉄心厚さを変化した場合 (実際値は $c=5.58$ cm)、また図 3.5 は、閉こう部の鉄心厚さは一定であるが、その部分の θ 方向

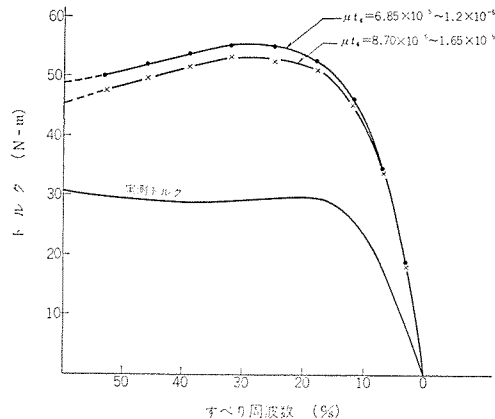


図 3.5 計算例(4) $\mu+4$ を変化した場合
Example of calculation (4) : in case when the value of $\mu+4$ is varied.

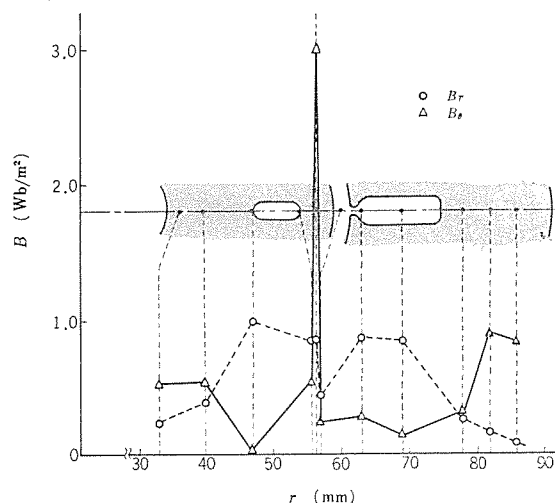


図 3.6 各部磁束密度(ピーク値)の計算例
Example of calculation of flux density (peak value) at various points.

の透磁率をわずかに変化せしめたときの影響を示したものである。

これらの結果において、それぞれの要因が最終特性に及ぼす影響がかなり特長的に表われているが、とくに閉こう部の鉄心定数と構造が最終特性に対して支配的な効果を持つことが認められる。図 3.6 は、結果の一例について各部の磁束密度を r および θ 方向に分けてそのピーク値を示したものであるが、上述の閉こうの鉄部分においては、 θ 方向の磁束密度が著しく高い値をとる事実が明確に示される。これらの θ 方向への磁束の効果は、等価回路的には一次あるいは二次巻線の漏えいインダクタンスに相当するものであるが、よく知られているように、小形機において力率がかなり低くなる事実のほとんどは、ここに述べた一次二次間に介在している物質の等価的な $\mu\theta$ の値がかなり高いことによって説明される。いいかえれば、かりにスロット部分 ($b \sim f$ の範囲) の等価的媒質定数 $\mu\theta$ が非常に小さくなるような構造あるいは材料の製造が可能となれば、力率は著しく改善されるはずである。図 3.2~3.5 において、実測トルクは計算で推定されるよりかなり低くなっているが、実機では、いわゆる千鳥形漏えい磁束の作用で、 $\mu\theta$ が実質的にさらに高くなっているものと考えられ、これらの効果のは握と、その低減法の考察が重要な意味を持つものと考えられる。

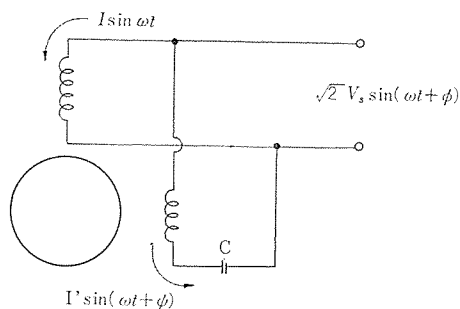


図 4.1 コンデンサモーター回路
Circuit of condenser motor.

4. コンデンサモーターの特性計算

各相巻線の分布や電流が不平衡の場合の例としては、コンデンサモーターがあげられる。この場合でも、1相の定在的な固定子電流分布は $e^{i\xi}$ と $e^{i\xi'}$; $\xi = \omega t + m\theta$, $\xi' = \omega t - m\theta$ の2成分によって合成されると考えれば、各成分について、前述の計算過程を適用することによって電磁界を計算することが可能である。

いま図 4.1 に示すような構成を考え、主巻線電流を $I \sin \omega t$ 直交巻線電流を $I' \sin(\omega t + \phi)$ と仮定すると、一次巻線部分における軸方向電界 E_z は、

$$E_z = [AI + A'I']e^{i\xi} + [BI + B'I']e^{-i\xi} + C.C. \dots\dots\dots (4.1)$$

ここで A, A', B, B' は t, ω, ω_R (回転子の回転速度)
 $a, b, c, \dots \mu, \sigma$ などを含む関数

の形に求められる。これを式 (3.6) と同様にして主巻線について総和したものを V_{ind} 、直交巻線について総和したものを V'_{ind} とおくと次の回路方程式が成立する。

$$\left. \begin{aligned} \sqrt{2} V_s \sin(\omega t + \phi) + V_{ind} &= RI \sin \omega t \\ \sqrt{2} V_s \sin(\omega t + \phi) + I' \cos(\omega t + \phi) / \omega C + V'_{ind} &= R'I' \sin(\omega t + \phi) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (4.2)$$

ここで R, R' はそれぞれ主巻線および直交巻線の抵抗、
 C はコンデンサの容量である。

式 (4.2) から I, I', ϕ, ψ を解けば主回路およびコンデンサ回路の電流が求められるので、これらと電源電圧の積を求めることによって両回路を流入する電力が求められ、これから一次抵抗損を差し引けば二次入力が計算される。したがって二次入力から二次抵抗損を引き去れば、機械出力が算出できることとなる⁽⁵⁾。二次抵抗損 L_s の算出は次式による。

$$\begin{aligned} L_s &= \int_0^{2\pi} \int_a^b \left\{ \frac{1}{T} \int_0^T \frac{j_z^2}{\sigma} dt \right\} r d\theta dr \\ &= \frac{4\pi}{\sigma} \int_a^b (\alpha^2 + \beta^2 + \gamma^2 + \delta^2) r dr \dots\dots\dots (4.3) \end{aligned}$$

ただし a, b は図 2.1 によりかご導体部分を領域づける r の値、

T は周期 (すべり) であり、 α, β は、

$$\begin{aligned} \alpha^2 + \beta^2 &= (\sigma \mu r_3 \Omega_1)^2 [(A^2 + A'^2) (\text{ber}_p^2 kr + \text{bei}_p^2 kr) \\ &\quad + (B^2 + B'^2) (\text{ber}_{-p}^2 kr + \text{bei}_{-p}^2 kr) \\ &\quad + 2(AB + A'B') (\text{ber}_p kr \text{ber}_{-p} kr + \text{bei}_p kr \text{bei}_{-p} kr) \\ &\quad + 2(AB' - A'B) (\text{bei}_p kr \text{ber}_{-p} kr - \text{ber}_p kr \text{bei}_{-p} kr)] \dots (4.4) \end{aligned}$$

ここで $\Omega_1 = \omega - \omega_R$, $A_3 = A + iA'$, $B_3 = B + iB'$

$k = \sqrt{\sigma \mu g_3 \Omega_1}$ ただし $p \neq$ 整数 を仮定

また、 γ および δ は上式において、 $\alpha \rightarrow \gamma, \beta \rightarrow \delta, \Omega_1 \rightarrow \omega + \omega_R, A_3 \rightarrow A_3', B_3 \rightarrow B_3'$ におきかえて求められる。ただし A_3, B_3 はかご導体領域における Ω_1 の成分に対する解を与える定数、 A_3', B_3' は Ω_2 成分に対する定数を示す。なお、これらの積分計算は、

$$\begin{aligned} \int x (\text{ber}_{\pm p}^2 x + \text{bei}_{\pm p}^2 x) dx &= x (\text{ber}_{\pm p} x \text{bei}'_{\pm p} x - \text{bei}_{\pm p} x \text{ber}'_{\pm p} x) \\ \int x (\text{ber}_p x \text{ber}_{-p} x + \text{bei}_p x \text{bei}_{-p} x) dx &= \frac{x}{2} [\text{bei}_p' x \text{ber}_{-p} x - \text{ber}_p' x \text{bei}_{-p} x + \text{ber}_p x \text{bei}_{-p}' x - \text{bei}_p x \text{ber}_{-p}' x] \\ \int x (\text{bei}_p x \text{ber}_{-p} x - \text{ber}_p x \text{bei}_{-p} x) dx &= \frac{x}{2} [\text{ber}_p x \text{ber}'_{-p} x + \text{bei}_p x \text{bei}'_{-p} x - \text{ber}_p' x \text{ber}_{-p} x - \text{bei}_p' x \text{bei}_{-p} x] \dots\dots\dots (4.5) \end{aligned}$$

による⁽⁶⁾。

5. む す び

誘導機の特性の理論計算の一方法として、円筒配位におけるマクスウェル方程式の解を簡略化したモデルに適用する方法について述べ、平衡多相機に対する適用例および不平衡機の例として、コンデンサモーターに対する適用法について考察を加えた。これらの理論的な取り扱いが今後の誘導機的设计上あるいは構造の改良などにいささかでも寄与する点があれば幸いである。 (昭和 43-7-8 受付)

参 考 文 献

- (1) F. Ollendorff : Archiv für Elektrotechnik, 24, p. 129~150, p. 612~634, p. 715~730 (1930)
- (2) E. Mishkin : Quart. Journ. Mech. and Applied Mathematics, 7, Pt. 4, p. 472 (1954)
- (3) E. I. King : IEEE Transactions, PAS-85, Sept., p. 927 (1966)
- (4) 近藤, 小倉 : 昭和 42 年電気四学会連合大会 566
- (5) 近藤, 小倉 : 昭和 43 年電気四学会連合大会 507
- (6) H. Dwight : Tables of Integrals and Other Mathematical Data ; The Macmillan Co., (1947)

フランス原子力庁納め ML-5 形線形電子加速器

入江 浩一*・根本 幸昭*・上 富 勇*・美濃和芳文*・塩 田 勝

ML-5 Electron Linear Accelerator for Commissariat a L'énergie Atomique in France

Central Research Laboratory Koichi IRIE・Yoshiaki NEMOTO・Isamu UETOMI
Yoshibumi MINOWA・Masaru SHIOTA

A ML-5 electron linear accelerator delivered to the Commissariat a L'énergie Atomique in France is a very powerful X-ray generator for its small size. The accelerator unit is below 2 meters in total length, and microwave power supplied to it is above 5 MW at 2,856 MHz. With this apparatus an electron beam having an energy ranging from 2 MeV to 7 MeV is available. Even at 3 MeV X-ray output of more than 1,000 R/min at 1 m can be obtained. The direction of X-ray radiation is changeable in the range of $\pm 15^\circ$ from a horizontal position. In addition, it has principal performances such that the maximum peak beam current is above 500 mA, the maximum average beam current above 800 μ A, the energy spread below 10 % and the minimum beam diameter about 3 mm. The article describes the composition of the device, a result of adjustment test and technical problems, too.

1. ま え が き

ML-5 形線形電子加速器は、本年 3 月 フランス 原子力庁に出荷された国産線形電子加速器の輸出 1 号機である。この仕事は、三菱電機製の線形電子加速器の 1 号機である ML-1 形についての電気学会資料の英訳を、フランス 原子力庁が Saclay 研究所より入手したことに始まっている。1966 年 5 月、国際技術交易社を経由して、さらに詳細な情報を求める引合が当社にあり、そのなかで客先の要求するラジオグラフィ用としての基本的な性能は、

電子のエネルギーは 2 MeV から 5 MeV

焦点は径 2 mm 以下

軸上 1 m での X 線強度は 800 から 1,000 R/min

水平面に関して、ビームの軸は $\pm 15^\circ$ 向きが変わる

であることがわかった。これに対して当方は、ML-5 形として、最高エネルギー 5.4 MeV、ビーム径約 2 mm、エネルギー幅 10 %、X 線出力 1,000 R/min at 1 m の性能を示した。9 月に客先の技術者 2 名が打合せのため来日し、最終的な仕様が決められた。しかし契約上種々の問題があり、契約は 1967 年 4 月となった。

1968 年 1 月工場組立を終わり、直ちに総合調整にとりかかった。調整でもっとも時間もかかり、困難であったのは、ビーム径の問題であった。調整の途中の段階で不具合個所の手直しをおこない、3 月にはほぼ契約仕様書に定める性能が満足されることがわかったので、原子力庁の技術者二人を迎えて立合試験をおこなった。

本文は、本格的な X 線発生装置としてどのような問題があったか、その対策をどのように設計にとりいれたか、試験の結果それがどの程度解決されたか、残っている問題は何か、を明らかにして、今後同機種製の参考にしようとするものである。

2. 基 本 設 計

2.1 基本性能

客先技術者との打合せが決められた ML-5 形の最終的な契約書に示された性能は、次のとおりである。

電子エネルギー： 2 MeV から 5 MeV まで可変

ビーム電流： 最大 500 mA (せん頭値)、最大 800 μ A (平均値)

パルス幅： 4, 2, 1 μ s

パルスくりかえし： 40 から 400 PPS まで可変

ビーム径： ビーム取出窓で約 2 mm

エネルギー幅： 約 $\pm 5\%$ 以下

X 線出力： 3 MeV の電子でターゲットをたたいたとき、
前方方向 1 m で約 1,000 R/min

さらに引渡し試験の項目として、上記性能の確認のほか、24 時間連続運転をおこなうことが決められた。

2.2 基本設計上の問題点とその対策

前記の性能を満足させるため、ML-5 形の基本設計で考慮すべき点は、次のようなものであった。

(1) エネルギーを 2 MeV から 5 MeV まで広範囲に変えること。とくに低エネルギーでも大きなビーム電流がとれること。

(2) 3 MeV の電子で 1,000 R/min at 1 m の X 線をうること。これには平均電流約 800 μ A が必要である。

(3) 直径 2 mm に集束されたビームをうること。

(4) 2 mm の径で最大ビーム電流 800 μ A に耐えるビーム取出窓とターゲットの問題。

(5) エネルギー幅を 10 % 以下にすること。

これらの問題に対して、次のような処置をとった。

(1') エネルギーの可変は、加速管に供給されるマイクロ波電力によっておこなう。とくに低エネルギー側では、周波数を少し高いほうへずらせることによって、安定な動作をうることができる。

(2') 3 MeV で 800 μ A の電子ビームをうるためには、せん(尖)頭出力 2 MW のマグネトロンではマイクロ波動力が足りない。それゆえ、5 MW 出力のクライストロンを使用する。パルス幅 4 μ s、パルスくりかえし 400 PPS でせん頭ビーム電流 500 mA をうる加速管は、さして困難ではない。

(3') 直径 2 mm のビームをうる方法については、電子銃のエミジョンに十分余裕があるので、加速管系にはいる前にスリットを置き、加速管まわりの空心ソレノイドコイルによる磁場により、そのままの径

で加速管終端に導き、ここで集束電磁石によりターゲット上に最小のスポットとなるよう集束することを考えた。

(4) 材質・厚さ・冷却方法が問題となる。窓は強制空冷とし、アルミおよびチタンで厚さを変えて実験により決めることとした。ターゲットは、片側を直接水冷とし、材質は白金で厚さは発熱とX線出力との兼ねあいで最適なものを実験的に決めることとした。これらの実験結果については後に述べる。

(5) エネルギー幅を10%以下におさえるため、入射系の構成は、ブリバンチャとパンチャを設け、これらと加速管との組み合わせについてビーム力学的に検討し、エネルギー幅を狭くするようパラメータを決めた。

2.3 基本設計

加速管は、従来使用してきたサプレッサ孔つきのML-5A形⁽¹⁾⁽²⁾で、ディスクの厚さを2mmから4mmに変えたものを使用することとし、ディスクの厚さの変更にもともなう特性の変化の計算値と試験空

シャントインピーダンス r : 51 M Ω /m
電界減衰定数 I : 0.37 Neper/m
群速度 v_g : 0.0084 C
Q値 Q : 9200

として基本設計をおこなった。

加速管長: 0.7 m
マイクロ波入力: 3.5 MW
最大エネルギー: 7 MeV

3 MeV 500 mA 出力に必要なマイクロ波電力: 2.5 MW

結果的には、この基本設計は高エネルギー側に余裕をとりすぎたものとなった。すなわちTV社から輸入したクライストロンは最高出力は6 MW以上あり、かつ加速管の特性からみて加速管は長すぎ、低エネルギーのビームが得にくいことになった。

3. 装置の概要

図3.1は本体部の外観を示す写真、図3.2は装置の概略の大きさを示す配置図、図3.3は装置の構成を示す系統図である。以下に装置の主要部分について概要を説明する。

3.1 ブリバンチャ、パンチャ、加速管

ブリバンチャは、速度変調形の空どうであり、パンチャは定位相速度形で長さは約0.15 mである。これらと加速管を組み合わせ、相互間のドリフトスペース、マイクロ波電力とその位相などを適当に選ぶことにより、最適のビーム透過率とパンチングを得ている。その構成と動作の概要を図3.4に示してある。

マイクロ波電力は、1本のクライストロンの出力を分割して与えられており、導波管回路系の構成を簡単にするためとビーム性能の調整を容易にするために、各分岐回路には減衰器をはぶき移相器のみとした。電力の配分は方向性結合器の結合度によって定められている。

3.2 電子銃およびビーム誘導系

電子銃は、Iカソード (Impregnated

cathode) を用いた2極管であり、カソード電圧-80 kVで最大エミッション電流のせん頭値は4 A以上得られる。エミッション電流の制御は、カソード温度の制御、すなわちヒータ電力によってなされる。これに用いられるパルス変調器は、水素入りサイラトロン4G48Pをスイッチチューブとして用いるライン形パルサであり、パルストランスと組み合わせて、出力は最大100 kV 30 Aである。

ビーム誘導系の構成を図3.5に示す。スリットは厚さ4 mmの無酸

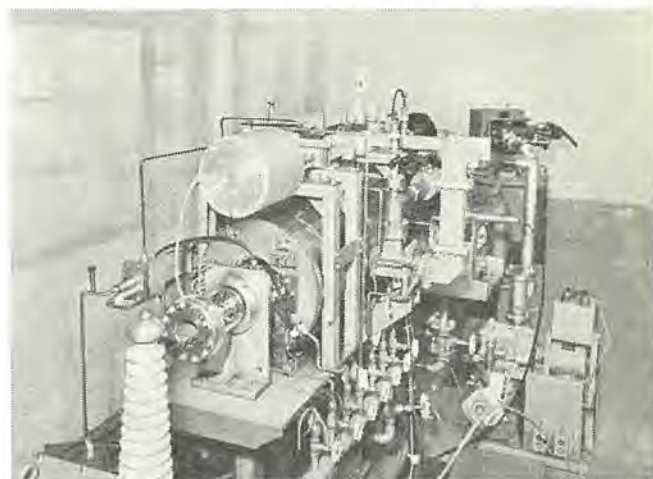


図3.1 ML-5本体部外観
Exterior views of the accelerator main unit of ML-5 electron linear accelerator.

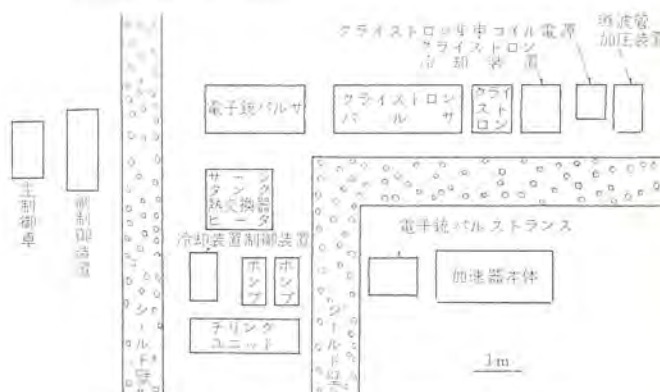


図3.2 ML-5形線形電子加速器配置図
Layout of ML-5 electron linear accelerator.

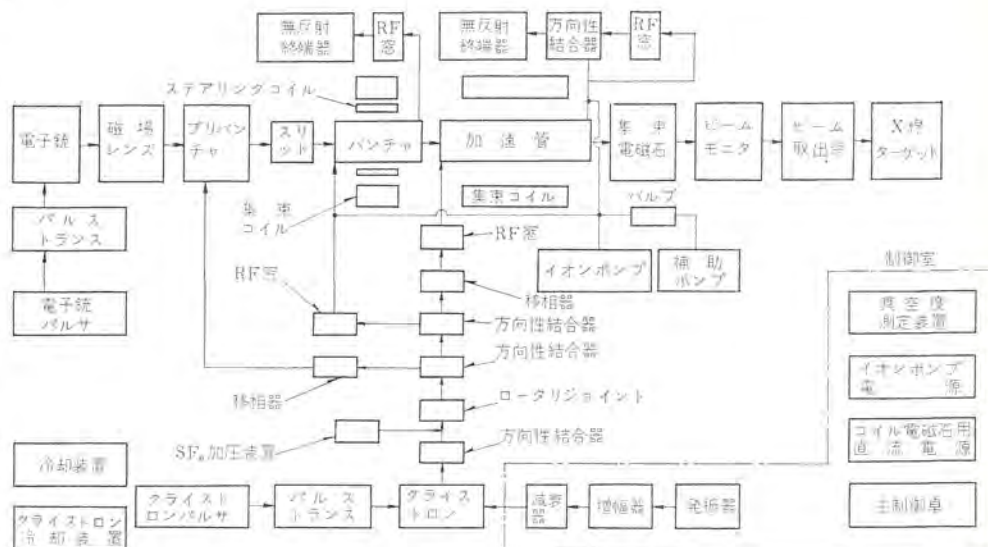


図3.3 ML-5形線形電子加速器構成図
Schematic diagram of ML-5 electron linear accelerator.

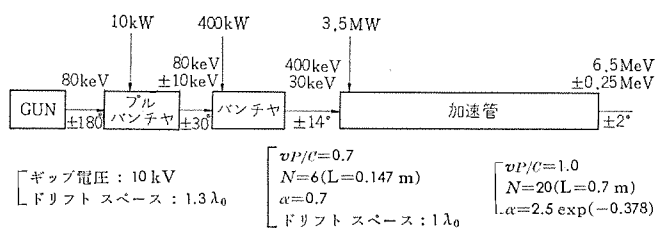


図 3.4 バンチング系の動作概要
Outline of bunching performance.

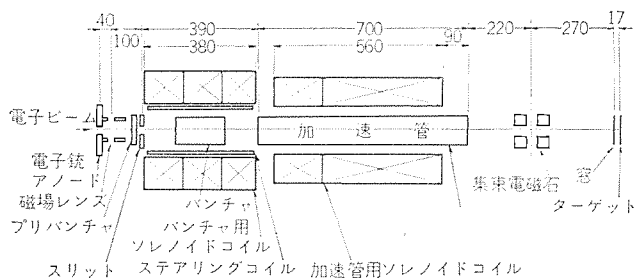


図 3.5 ビーム誘導系の構成
Constitution of beam guidance system.

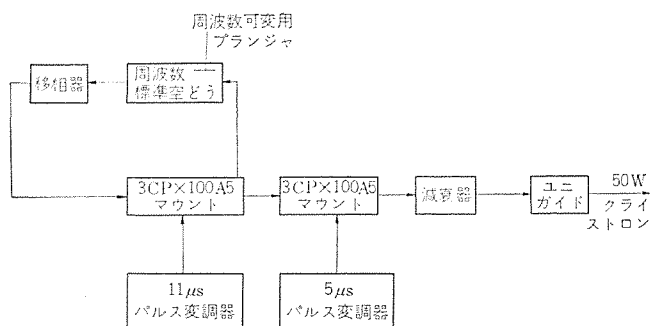


図 3.6 発振器の構成
Schematic diagram of 2,856 MHz oscillator.

素銅板に直径 3 mm の穴をあけたものである。ソレノイドコイルは中心で最高 1,000 ガウス以上の磁場を発生しうるものである。

3.3 マイクロ波電力源

最終の電力管には、フランス TV 社のクライストロン TV-2012 を用いている。これにより 2,856 MHz でパルス出力 5 MW 以上が得られる。これに必要なパルス変調器は 140 kV 150 A でライン形パルスと昇圧比 1:10 のパルス変圧器とによって得ている。スイッチ用のサイクロン VC-1257 をのぞいて電子管はすべて半導体化されている。PFN は 10 セクションの LC 低域ろ波器で、各セクションのインダクタンスの値が独立に調整できる L 形であり、パルス波形の平坦(坦)度の調整が容易にできる構造となっている。これによって、ビーム電流のエネルギー幅を大幅に改善できる。

発振器は、板極管 3CPX 100 A 5 に正帰還をかけて発振させ、帰還ループに周波数標準空どうを入れて発振周波数をきめている。この出力を一段増幅して、クライストロン TV-2012 としての入力としている。発振器の回路構成を図 3.6 に示してある。

3.4 導波管回路

大電力マイクロ波伝送回路は、一般に耐電力性をあげるために、真空にするか絶縁ガスで加圧する。ML-5 の場合は SF₆ ガスを用い、1.4 kg/cm² (ゲージ圧) に加圧している。SF₆ を選んだ理由は、N₂ やフロンに比べて低い圧力で十分な耐電力性が得られること、放電に際して比較的安定であることなどによる。導波管は、圧力による変形をふせぐため、肉厚を 4 mm と厚くしている。

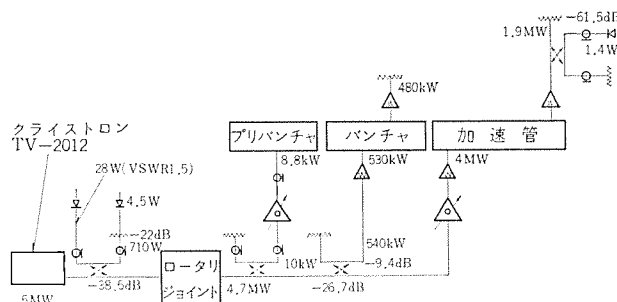


図 3.7 導波管回路動作系統図
Function diagram of waveguide system.

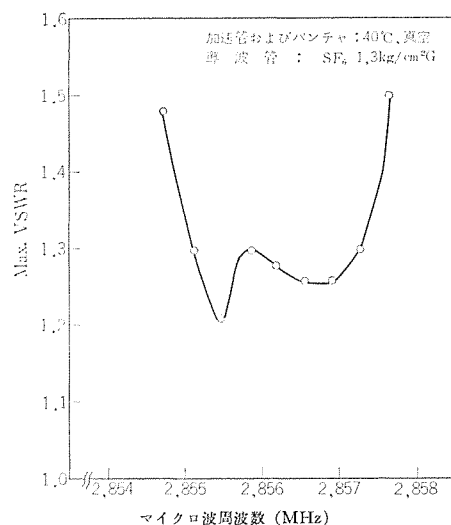


図 3.8 導波管回路の入力整合特性
Matching characteristics of waveguide system.

クライストロンからプリバンチャ、バンチャ、加速管に、所定のマイクロ波電力が分配供給されるが、これらには一定の電力関係と位相関係が必要である。厳密に一定の位相関係を保つには、導波管の温度制御や圧力制御が必要であるが、本装置では線路差が小さいのでその影響は無視できるので省略している。導波管回路の系統図を図 3.7 に示してある。

クライストロン出力導波管および加速管出口導波管に方向性結合器をとりつけ、クライストロン出力、負荷からクライストロンへの反射電力、加速管通過電力波形のモニタをおこなっている。検波器としては動作の安定性をうために RCA 社のマイクロ波用 2 極管 6173 を用いている。これは 10 W 入力、25 Ω 負荷で出力電圧は 4 V 以上という高感度のものである。高調波の影響をのぞくため、検波器の前にフィルタを入れている。

クライストロンを固定し、本体部を回転させるため、導波管回路にはロータリジョイントを用いている。これは従来レーダに用いられていたものである。一般的な特長は、配置をコンパクトにするため、ベンドを使用せず、すべてコーナーとしたこと、フランジは角形の気密バットフランジであることなどである。無反射終端器に水負荷を使ったほかは東北大向けライナック用の開発品である⁽³⁾。

図 3.8 は、クライストロン出力よりみた総合の整合特性である。

3.5 ターゲット部

ターゲットの材質を白金としたのは、主として次の理由による。

- (1) 3 MeV で 1,000 R/min at 1m をうるため、できるだけ X 線発生効率の良いものを使う必要がある。
- (2) ターゲットの着脱および冷却機構を容易にするために、ターゲッ

表 3.1 ML-5 主制御卓の機能
Functions of ML-5 main control desk.

パネル名	機 能
Gun Heater	ヒータ電源 ON OFF, ヒータ電圧調整, ヒータ電圧指示, ヒータ電流指示
Gun Pulser	低圧 ON OFF, 高圧投入準備完了指示, 高圧 ON OFF, 高圧ロック, 高圧調整, 直流電圧指示, エミッション平均電流指示, Fault 指示
Klystron Pulser	低圧 ON OFF, 高圧投入準備完了指示, 高圧 ON OFF, 高圧ロック, 高圧調整, 直流電圧指示, クライストロン平均電流指示, Fault 指示
Beam・RF Power & Phase	ビーム電流と RF 電力指示, プリバンチャおよび加速管移相器駆動と指示
RF Driver	電源 ON OFF, Reset
Focusing & Steering coil	電磁レンズ, ソレノイドコイル, 集束電磁石 励磁電流調整および切替指示, ステアリングコイル, 電流調整, 極性切替, 電流指示
Trigger & Safety	トリガパルス繰返し設定, トリガパルス遅延時間調整, 反射電力およびパルサ出力電流 過大 安全回路レベル設定
Monitor	

トは真空中におかず, 空気中に置いた。したがって高温に対して安定であり融点も高いものが必要である。

冷却は, 片側直接水冷として, 厚さの決定は 3 MeV 500 μ A という強力なビームが設計段階で利用できなかったため, 最終調整時までもちこされた。窓の材質と厚さの決定も同じ事情であった。冷却は, 強制空冷, しかもビームスポットの位置に直接ノズルを向けて吹きつけるという方法をとった。

一般にターゲット部では, コリメータおよび X 線に混入する電子線の処理という問題があるが, これは本装置の供給外とした。試験時の測定には, X 線ブルーそのものをシールドして電子線の影響をのぞいた。白金のレンジは 3 MeV で約 0.7 mm であるから, これ以上のエネルギーまたはこれ以下の厚さでは電子線の混入はさけられない。

ターゲットと加速管のあいだに, 電流変成器形の電流モタを置き, 常時加速器の出力ビーム電流をモニタできるようにしてある。

3.6 排気装置

加速器の軸方向の長さを短くし, ビームの透過率を良くするため, 真空引口は導波管に設けた。主排気ポンプは排気速度 50 l/s のイオンポンプ 1 台で, これで加速器運転に十分な真空度が得られている。あらびきは油回転ポンプとメカニカルブースタポンプとにより, 大気圧からでも約 30 分でイオンポンプ起動の状態に達する。また約 12 時間のイオンポンプ運転停止後でも, そのままイオンポンプは再起動する程度に放出ガスおよびリークは低減されている。

真空度のモニタは, 2 個の冷陰極電離真空計とイオンポンプのイオン電流とによっておこなっている。

ガasket およびバルブはすべて金属製である。この時点では, 全金属製のゲートバルブの信頼度が低かったため使用しなかったが, 電子銃と本体部の間にゲートバルブを設けることは望ましいことである。それは, 電子銃の部品交換のときに本体部を空気にさらすのをふせぐという意味よりも, 本体部の, たとえば窓の交換のとき, 電子銃部を空気にさらすことからふせぐという意味からである。I カソードは一度空気にさらすと, エミッション能力が復活するのに数時間を必要とするからである。

3.7 冷却装置

クライストロンのコレクタ冷却は TV 社特許の蒸発冷却方式である。加速管とバンチャは 40 \pm 0.5 $^{\circ}$ C に温度制御されている。水がよどれ

ていると熱伝達係数が低くなって来るから, とくに高温となる部分, たとえばターゲットなどは注意を要する。冷却水としては純水循環方式が望ましい。

3.8 制御保護装置

制御室に主制御卓と副制御装置をおき, 運転準備完了後は, 制御室ですべて遠隔操作できるようになっている。副制御装置には, ソレノイドコイル 電源 5 個・磁場レンズ 電源・ステアリングコイル 電源・集束電磁石電源・イオンポンプ 電源・冷陰極電離真空計・マイクロ波発振器が設置されている。主制御卓の機能は表 3.1 にまとめている。

4. 性 能

4.1 Loading 特性

クライストロンの出力とマイクロ波周波数とをパラメータとして, 加速されたビーム電流とそのエネルギーを測定した。結果を図 4.1 と図 4.2 に示してある。エネルギーは 7 MeV から 2 MeV まで変えられ, ビーム電流の最大値はせん頭値で 600 mA 以上が容易に得られた。加速管に供給する RF 電力によってエネルギーを変える方法は, RF 電力の小さなところでは, ビーム電流の値をも小さくしてしまう。本装置の場合, クライストロン出力 1.5 MW で 2 MeV, 250 mA が限界であった。図 4.1 で, 直線は 2.3 項にもとづいて, 加速管部で理想状態でのエネルギーゲインの計算結果である。バンチャの効果や位相スリップは計算にはいっていないから, 単なるめやすを与えるにすぎない。

4.2 エネルギー幅

エネルギー幅の測定結果を表 4.1 にまとめている。マイクロ波電力の大きいほど, ビーム電流の小さいほどエネルギー幅は狭くなっている傾

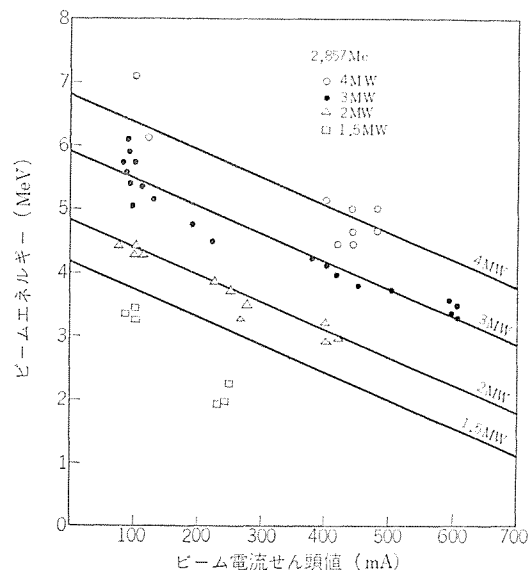


図 4.1 ビームローディング特性
Beam loading characteristics.

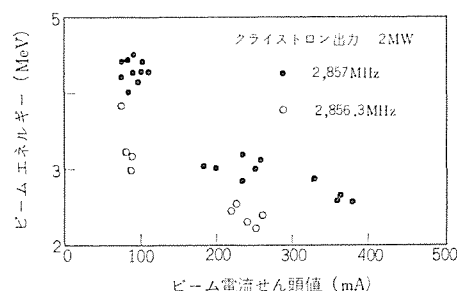


図 4.2 ビームローディング特性の周波数特性
Frequency characteristics of beam loading.

表 4.1 エネルギー幅測定結果の例
Results of energy spread measurements.

クライストロン出力 MW	ビーム電流(せん頭値) mA	ビームエネルギー MeV	エネルギー半値幅 %
4	120	7.0	5
4	480	5.0	6
3	88	5.9	4
3	610	3.6	8
2	100	4.3	7
2	360	2.6	10
1.5	100	3.3	9
1.5	230	1.9	12

マイクロ波周波数 2,857 MHz
ビームパルス幅 3 μ s

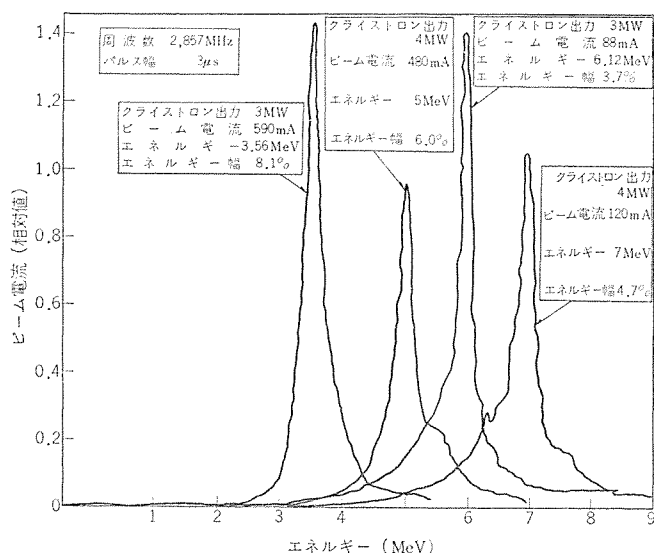


図 4.3 エネルギー スペクトル (I)
Energy spectrum (I).

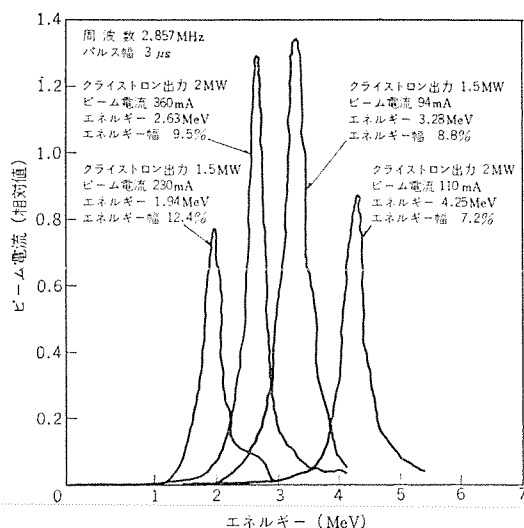


図 4.4 エネルギー スペクトル (II)
Energy spectrum (II).

向がある。これは、パンチング系の設計計算を簡単にするため、ビーム負荷を無視して設計したためであろう。図 4.3 と図 4.4 にエネルギースペクトルの形を示してある。2 MeV から 7 MeV の範囲で、ほとんど 10 % 以下にはいっており、最適に調整すると 4 % 以下にもなることがわかった。周波数は、2,857 MHz が最適ではないが、エネルギーの全可変範囲にわたって、かなり良好な結果が 2,857 MHz で得

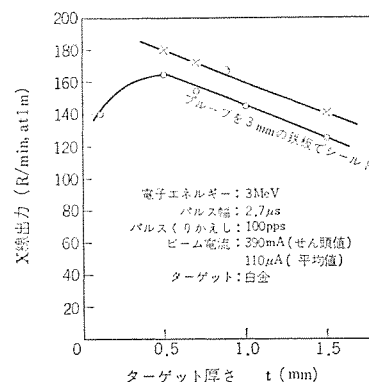


図 4.5 ターゲット厚さと X 線出力との関係
Effect of target thickness on X-ray output.

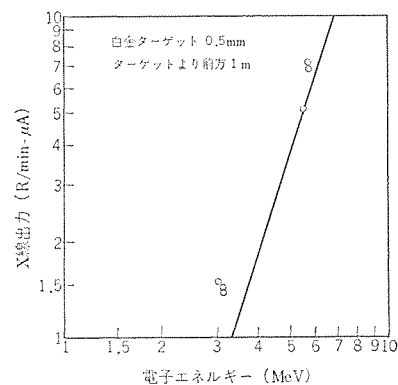


図 4.6 白金ターゲットよりの X 線出力のエネルギー特性
Energy dependency of X-ray output from Pt target.

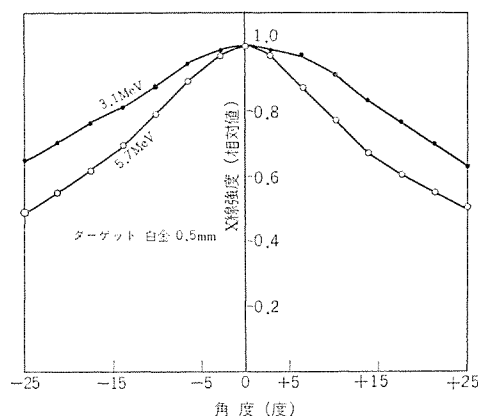


図 4.7 X 線出力の角度分布におよぼす電子エネルギーの効果
Effect of electron energy on angular dependency of X-ray output.

られる。

4.3 X 線出力

図 4.3 は白金ターゲットの厚さと X 線出力との関係を示している。3 MeV で白金のレンジは約 0.7 mm である。0.5 mm で最大出力となりこれはレンジの約 70 % の厚さである。

白金ターゲットをたたく電子のエネルギーを変えて X 線出力を測定した結果を整理したものが図 4.6 である。実線は本装置の設計に利用した文献⁽⁴⁾にある X 線出力特性である。3 MeV 1 μ A で 1.5 R/min, 5 MeV 1 μ A で 5 R/min 程度がターゲットより 1 m で得られる。

図 4.7 と図 4.8 は X 線の角度分布の測定結果である。前方方向より 25° の角度では、0.5 mm のターゲットで、3.1 MeV で 64 %、

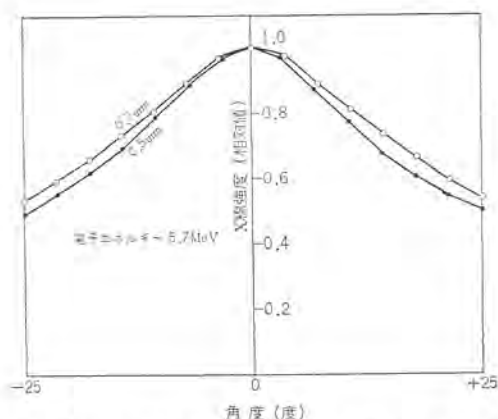


図 4.8 X線出力の角度分布におよぼすターゲット厚さの効果
Effect of target thickness on angular dependency of X-ray output.

5.7 MeV では 50 % に出力は減少する。ターゲット厚さの効果は、図 4.8 に示すように 5.7 MeV の電子エネルギーのとき、0.7 mm では 54 % に減少する。すなわち電子ビームのエネルギーが高いほど、ターゲットの厚さが薄いほど、角度分布はシャープになる。

4.4 電子ビームの径

加速された電子ビームの径の測定は種々の方法が提案されているが、ここでは二つの方法を用いた。一つは、ビームの通路に感光紙を置き、ビームによる感光を用いる方法、他は円形アパチャをおきてこれの通過電流と、アパチャのないときの電流の比よりビーム径を評価する方法である。第一の方法の利点は、ビーム強度の強い部分は紙が焼けるので、これによって強度中心の位置と大きさを知ることができる点である。第二の方法は、モニタしながらビーム径の調整ができる点が長所である。この二つの方法を併用し、ビーム径に関する情報を得た。

ビーム径をしぼるための集束電磁石の性能は、電磁石へ入射される電子ビームの性質——発散角・エネルギー・幅・入射角など——によって大きな影響を受ける。そこでこれらをまず最良の状態に調整しなければならぬ。

第二の方法をスリット法と呼ぶことにして、これで電流比を測定した結果は、エネルギー・エネルギー幅・ビーム電流の違いを含んでほとんどすべての場合 30~70 % である。また集束電磁石によって電流比は 2~4 倍増加している。

スリット法により最適の状態に調整しておき、ビームを停止し、感光紙を窓面にはりつけて、再びビームを出して感光させた。照射時間は数秒から 2 分程度である。この方法によると、ビームのスポットは円形でなく長円形であった。原因は、集束電磁石によるのではなく、これにはいるビームの性質によるものであり、空心ソレノイドコイルの磁場によるものらしいが、正確な原因の探究は未解決となっている。最良の状態では 2 mm×3 mm 程度の長円形のなかに大部分の電子をうることができ、ほとんどすべての場合でも 3 mm×4 mm 以下にすることができた。なお、X 入射部のスリットは径が 5 φ のものと 2 φ のものとで比較したが、大きな差はなかったため、最終的には 3 φ とした。このスリットを通ったビームをそのままの径で加速管終端に導くという初期の計画は十分果せなかった。

4.5 連続運転

本装置は 24 時間連続定格となっており、立合試験においても、午後 1 時より翌日午後 6 時まで 29 時間連続運転をおこない、なんら異常はなかった。しかし、最高出力での連続長時間運転では、ビ

ーム取出窓とターゲットの寿命が問題として残った。

窓はチタン 0.05 mm とアルミ 0.1 mm を比較したが、結果的にはアルミ 0.1 mm を用いた。チタンの場合は、機械的強度が大きいので薄くして発熱を小さくできるが、熱伝導が悪く、ビームの直接あたる小面積で局部的に非常に高温になり、この部分の機械強度が小さくなり、真空側に局部的にくぼむ。高温部が小さく、かつくぼんでいるので強制空冷も効果がうすくなるのではないと思われる。ついにこの部分にピンホールができて真空が劣化する。高温になった部分は、空気側が白くざらざらになっており、手でふれても非常にろくなっている。

アルミの場合は、機械強度が小さく厚くなり、発熱が大きくなるが、熱伝導がよく高温部の面積は、チタンにくらべてはるかに大きく、チタンの場合が 2 φ 程度ならば、アルミの場合は 10 φ 以上で、この部分がわずかにくぼむ。放熱面積が大きいので、強制空冷もよく効き、温度もさほど上昇しないものと思われる。窓の寿命試験は十分できなかったが、注意深い強制空冷によれば 800 μA でもかなり長時間の使用が可能と思われる。

本装置の工場調整および試験では空気圧 0.5~1 kg/cm² の空気源から約 5 mm 径のノズルで、窓面のビーム位置を約 10 mm の距離から吹きつけた。工場配管による空気源は、かなり油でよごれており、数時間の使用で窓面には油が付着し、これが高温で焼けて黒い膜として窓のアルミ面に焼きついて必要がしまった。この点に注意するあり、ファンなどによる空気源が望ましい。なお本装置の構成では、ターゲットからの後方散乱電子により窓全面にわたりかなりの発熱があることがわかった。

ターゲットは、X 線にまじる電子線をなくするためには厚くするほうがよいが発熱が増す。0.7 mm の厚さでは 800 μA の電子ビームには耐えられず、かなり短時間で白金はとけてしまった。ターゲットの後面は直接水冷であるが、水冷方式を変えて、ターゲット面で流速を増すような水路としたが、大きな効果はなかった。この場合も、冷却水によごれにより、ターゲット面によごれが焼きついており、これが相当冷却効果を弱めていると考えられる。冷却水をきれいにしてどの程度効果があるかは確めていない。最終的には 0.5 mm とし、これで最高出力の 60 % 程度で 5 時間連続運転した。しかし最高出力での運転は 5 分程度にとどめたため、どのくらいもつか明らかではない。窓の例から類推すると、融点が高いことよりも熱伝導の良い材料をえらぶことが良さそうであるが、白金以外のターゲットを用いて試験する機会はなかった。

5. 技術的問題点

総合調整および引渡試験を通じて明らかとなった問題点を次に列挙しておく。今後 ML-5 形の製作の場合は、これらの点について改造するなり、実験によって対策をたてておく必要がある。

(1) 出力ビームのエネルギーは 2 MeV から 7 eV まで可変であるが、2~5 MeV であれば、とくに低エネルギーでの特性の向上のためにも加速管の長さは空どう短かくして 0.6 m とすればよい。

(2) 本形式のようなパンチング系では、加速管部で電子ビームの位相のスリップがある。この場合は経験的に最適動作周波数は設計周波数よりも高いほうへずれる。整合の周波数特性にはこのことを考慮に入れておく必要がある。

(3) クライストロンの出力でビームエネルギーを制御する方式は、それにとともにブリパッチャやパンチャへの入力も変わり、パンチング特性も

変わる。したがってビーム性能も変わるという本質的な欠点をもつ。

(4) プリバンチャの効果はそれほど大きくないから、今後は装置を単純にするためプリバンチャを使用しない方式で十分と思われる。

(5) ビーム径はきれいにしきれなかった。これは集束電磁石へ入射する電子ビームの性質が悪いためらしい。ソレノイドコイルによる磁場が対称でない場合、コイルの軸を加速管と独立に調整できる必要がある。さらにステアリングコイルについても、ビームの角度の補正をおこなうか、ビーム軸のシフトをおこなうか機能的に再検討が必要である。

(6) 窓にはまだ研究要素が残っている。0.1 mm のアルミを使うとしても、強制空冷ならば、専用のきれいな空気源を設ける必要があるし、さらに蒸発冷却と言うことも考えられる。

(7) ターゲットは最大の問題点である。現在の直接冷却方式では、冷却水をきれいにし、さらにターゲットの厚さを X 線発生効率が許される程度に薄くするほかない。次に考えられるのは、同じ方式でターゲットの材質を変えることを試みることである。たとえばタングステンなどが第一に考えられる。

(8) 冷却と真空については、ビームがあたって発熱するところ、たとえば、磁場レンズ・スリット・プリバンチャ・集束電磁石用ダクト・ビームモニタ・窓などは冷却する必要がある。そして、これら発熱する真空部品は、熱処理を十分しておかないと真空劣化をおこして、ビーム加速に支障をきたすことになる。

(9) 本装置は、出力電子ビームやエネルギーをモニタしながら運転

するものではない。あらかじめ調整時に、目的のビームをうるための各パラメータの値を決めておいたが、再現性はかならずしもよくなかった。制御方法・運転方法には徹底的な再検討が必要である。

6. む す び

本装置は、本年1月中旬組立完了して総合調整に入り、途中一度手直し工事期間を含んで3月はじめひとりの調整を終わり、契約仕様書の規定をほぼ満足させることができた。3月中旬客先の技術者2人の立合のもとに引渡試験が延べ4日間にわたりおこなわれ、性能の確認と運転方法の説明および実習がなされ、試験レポートに調印された。全装置は、3月末パリ着で空輸された。

受注から1年で、全装置を製作・調整して客先に無事引渡すことができたのは、まったく関係諸部門の努力の結果である。本装置には、前記のような問題もあったが、この種の装置としては優秀な機械として客先に受け入れられたことは幸いであり、当社の加速器技術もこれによってさらに一段向上するものと思われる。

参 考 文 献

- (1) 戸田ほか：三菱電機技報，42，No. 2，355（昭43）
- (2) 電子通信学会：電子装置研究会資料，ED 67-38（昭42-12）
- (3) 戸田ほか：三菱電機技報，42，No. 2，297（昭43）
- (4) Nucleonics，Feb. (1959)

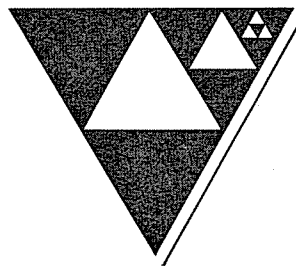
正 誤

本誌 Vol. 42 No. 7 の新製品紹介の欄で、写真6（1040ページ左側）と写真8（1041ページ左側）がそれぞれ互に入りかわっていますので訂正いたします。

なお、1041ページ2行目の高耐圧大電力キリストFT 500は高耐圧大電力サイリスタFT 500のミスプリントでありますので訂正いたします。

最近登録された当社の実用新案

名 称	登 録 日	登 録 番 号	考 案 者	関 係 場 所
こま送り信号除去装置	42-12-13	828231	成木利正・寺田 武 (田中武夫)	郡山製作所 (商品研究所)
空気清浄機	42-12-13	838239	牛越 諒	中央研究所
静電式記録方式の荷電装置	42-12-13	838240	竹田俊幸・野田昭吉 (木陽三郎)	大船製作所
単相誘導電動機の起動装置	42-12-13	838242	戸崎保弘	静岡製作所
スナップスイッチ	42-12-13	838243	加藤 悟・相河富雄	群馬製作所
電磁石装置	42-12-25	839536	松原英二・高見 昭	姫路製作所
定電圧回路	42-12-25	839580	太田 堯久	通信機製作所
ジューサー	43- 1-11	839834	武井久夫・服部 信道	群馬製作所
チャンネル 切換装置	43- 1-11	839835	浜口道雄・岡本勝義	通信機製作所
ポット式石油 ストーブ	43- 1-11	839836	赤羽根正夫・桜井 信捷	静岡製作所
温風機	43- 1-11	839837	新倉宗寿・天野 勤	中央研究所
換気扇取付装置	43- 1-11	839838	入沢 淳三	中央研究所
電気掃除機の リモートスイッチ	43- 1-11	839839	武井久夫・加藤 悟	群馬製作所
電気車の回生制動しゃ断装置	43- 1-11	839840	小原 太郎・芦谷 正裕	伊丹製作所
電気掃除機	43- 1-11	839841	武井久夫・長 嶺 元	群馬製作所
電波反射膜	43- 1-11	839842	前田裕雄・大久保真一 (喜連川 隆・東野義夫)	鎌倉製作所
液体加熱装置	43- 1-11	839843	海 野 賢	静岡製作所
歯刷子殺菌装置	43- 1-11	839844	田中知衛	大船製作所
操作電動機の無接点制御装置	43- 1-11	839845	三橋英一	伊丹製作所
電気車制動制御装置	43- 1-11	839846	小原 太郎・太田 韓雄	伊丹製作所
ヒューズ 付刃形開閉器	43- 1-11	839847	立石 俊夫	神戸製作所
ヒューズ 付刃形開閉器	43- 1-11	839848	立石 俊夫	神戸製作所
機関点火時期調整装置	43- 1-11	839849	浅山嘉明	姫路製作所
導波管結合装置	43- 1-11	839850	中根茂樹・小浦 哲仁	通信機製作所
直流発電装置	43- 1-11	839851	河村博敏	神戸製作所
電気布裁断機	43- 1-11	839852	森 田 稔	和歌山製作所
捕虫器用水銀灯	43- 1-11	839853	佐々木武敏	和歌山製作所
車両用充電発電機の電圧調整装置	43- 1-11	839854	平田 毅	姫路製作所
扇鎖錠装置	43- 1-11	839855	神谷 秀男	神戸製作所
磁石発電機の制御装置	43- 1-11	839856	水田和幸	姫路製作所
変速電動工具	43- 1-11	839857	佐々 静男	福岡製作所
分巻自動式同期機の励磁装置	43- 1-11	839858	森 南	長崎製作所
密閉式電動圧縮機	43- 1-12	840033	森井欣次	静岡製作所
無刷子式交流発電機	43- 1-12	840193	石橋光雄	姫路製作所
機関点火用信号発電機	43- 1-12	840194	三木隆雄	姫路製作所
コンデンサモータ	43- 1-12	840195	杉山昌司・横山昌弘	名古屋製作所
変圧器油の容積変動検出装置	43- 1-12	840196	川中 進・橋 存司	伊丹製作所
消弧室	43- 1-12	840197	木村雅夫	名古屋製作所
単相コンデンサ電動機のコンデンサ 装着装置	43- 1-12	840198	梶谷定之・滝本 貞固	名古屋製作所
計数表示複合放電管	43- 1-12	840199	吉光康良・岡田武夫	中央研究所 (新技術開発事業団)
電圧検出装置	43- 1-20	840405	寺田 真・松本 忠士	神戸製作所
機関用始動電動機のピニオン 移行用電磁石装置	43- 1-20	840409	高見 昭	姫路製作所
タイムスイッチ	43- 1-20	840411	新川成美	福山製作所
多陽極計数放電管	43- 1-20	840450	岡田武夫	中央研究所 (新技術開発事業団)
コイルの巻枠	43- 2- 7	841363	植竹勝人・岩村清志郎	京都製作所
時計装置などの箱	43- 2- 7	841364	新川成美	福山製作所
端子装置	43- 2- 7	841365	梶田保雄・大矢 敏靖 (山田 忠好)	名古屋製作所
直流電力制御装置	43- 2- 7	841366	赤松昌彦	中央研究所
導線接続装置	43- 2- 7	841367	高村 明・熊沢 幸芳	稲沢製作所
母線切換断路器保護装置	43- 2- 7	841368	守屋 忠信	神戸製作所
最大値選出回路	43- 2- 7	841369	石 田 芳	中央研究所
パルス 幅伸長回路	43- 2- 7	841370	小 田 稔	中央研究所
逆接続保護回路	43- 2- 7	841371	竹 垣 弘・河野実則	通信機製作所
小形信号灯	43- 2- 7	841372	立石 俊夫	神戸製作所



新製品紹介

三菱ダイシンカ MC-50VB 形電解加工機

当社電解加工機の優秀性は世界的注目を浴び、これまで国内はもとよりソ連、東独、チェコに輸出され、米国アノカット、シンシナ社とともにビッグスリーの地位をほこっているが、さらに欧米諸国からも多数の引合を受けている。

今回開発した MC-50VB 形は、従来の気体混入方式に加え下記の特長をそなえている。

(1) 加工面積が変化しても電流密度が一定に保たれるよう電源系および送り機構を改良したため、加工精度がより向上するとともに操作性がきわめて良好となった。

(2) 加工速度は任意の値に設定することができ、この値は速度メーターに表示される。

(3) コラム、ベッドおよび主軸部は剛性の高い箱形構造とし、可動部はローリングコンタクトによってガイドする方式を採用したため、スティックスリップ・摩耗・焼付きが完全に防止でき、円滑な送りと長期にわたる高精度が保障できる。

(4) 電解液ポンプの容量を大きくしたため、加工面積の大きい場合でも極潤部を流れる電解液量は十分であり、したがって安定な加工ができる。

(5) 電解液中に懸濁する溶出物の除去には、接液部に全面ゴムライニングを施した横形自動排出遠心分離機を採用したため、電解液に対する耐食性が向上し保守が容易かつ経済的となった。また分離機による処理量は従来機に比較して増大した。

(6) 加工そう(槽)の大きさを従来機より大きくし、そう内での操作性を向上させた。

(7) 電解液そうの容量を大きくしたため、放熱面積が増加し電解液の温度変化が少なくなった。また要求により冷却装置も取付可能で、液温変化による誤差が少なく精度的に非常に安定な加工が可能である。

(8) 極性転換用導体および超硬電源(いずれも特別仕様)の取付で逆極性の加工、高炭素鋼超硬合金などの加工が可能である。

(9) 機械全体をコンパクトにまとめたため、従来機よりも据付面積が減少し、かつ据付作業が容易となった。

以上のように当社独特の気体混入方式に上記の特長を加え、世界をリードする電解加工機であるとの定評を得、関係業界からの注目をうけ、国内向けには本年5～7月の間に4台納入し、タービンブレード、鍛造型などの加工に活躍している。また国外へはソ連などの共産圏数カ国から追加発注があり、そのほか西欧諸国からも多数の引合がある。また電解加工のソフトウェアとして、タービンブレードの加工技術、および鍛造型の電極設計技術を完成し、加工機の実用性を高めている。

適用される応用例としては下記のようなものである。

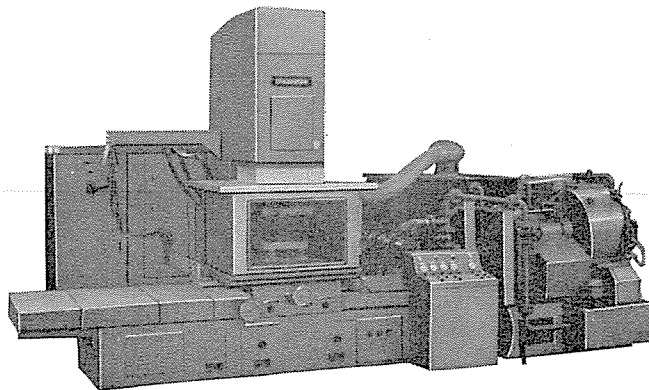
三次元形状、複雑な形状の加工

例：タービンブレードの加工、鍛造型の加工
異形穴の量産加工

例：スプライン穴および軸、引抜きおよび押出しダイスのアプローチ部の加工

仕 様

電 源 部	
入 力 電 圧	220/200 V 60/50 c/s
入 力 電 力	190 kVA
出 力 電 圧	DC 4~12 V
最 大 許 容 電 流	DC 5,000 A
機 械 部	
電極送りストローク	300 mm
電極送り速度	0.3~5 mm/min
電極送り制御方式	定電流密度方式
加工外形寸法	1,200 mm(幅)×990 mm(奥行)×740 mm(高)
被加工物最大寸法	550 mm(幅)×500 mm(奥行)×400 mm(高)
被加工物取付面寸法	850 mm(幅)×600 mm(奥行)
最大加工深さ	200 mm
電極および被加工物取付面間距離	650 mm
被加工物移動距離	300 mm(左右)×250 mm(前後)
被加工物取付時の加工そう中心の移動距離	1,200 mm
補 機 部	
電解液そう有効容量	3,000 l
ろ過方式	自動排出形遠心分離機 HZ-63
主ポンプ	多段式渦巻ポンプ TC-KW 50 mmφ×8 段
加 工 性 能	
最大加工面積	250 cm ²
加工速度	0.3~5 mm/min
単位時間の加工量	85 g/min/5,000 A (被加工物が鉄の場合)
くりかえし精度	±0.05 以内 (単純穴加工の場合)
仕上面粗度	5~20 μHmax.
被加工材料物質	普通鋼、ステンレス鋼、ニッケル合金、ステライト
電極材質	黄銅、銅、鉄
重 量	
機 械 本 体	10,000 kg
ろ 過 装 置	1,900 kg
電 解 液 そ う	1,250 kg
電 源、制 御 盤	3,000 kg



三菱ダイシンカ MC-50 VB 形電解加工機

[名古屋製作所]

+

[illegible]



目も良いうえ、ビタミンA・Cなどの栄養素の酸化分解も抑制され、また臭みの発散が少ないため 移り 香も 少ないなどの 実用的 メリットがある。(図 2)

技術革新の花形 エレクトロニクス の技術を冷蔵庫に應用して、全自動冷凍冷蔵庫を実現したのが“電子ゼロタッチ” MRA-150 PC である。これは半導体として n 形に属する サーマスタ とよばれるものを利用し

(3) 強制空冷放熱器“ビルトイン”MR-240PB (図4)

従来の冷蔵庫について言えば、庫内からくみあげた熱量は、庫外の放熱器から捨てているわけで、この放熱器が冷蔵庫の背面にあったため冷蔵庫を据付ける際に冷蔵庫背面はもちろん、左右側面および上面もある程度の空間をおかねば正規の冷凍能力は発揮できなかった。一方このビルトイン形は、周囲の空間を全く省いて据付けられるもので、とびらを開けるための冷蔵庫を面だけを残して、文字どおり壁の中へビルトインすなわち壁埋め込み形といえるものであり、高級断熱材使用の薄壁形とあいまって、業務用としてその営業面積を最大限に有効活用できるものである。

このビルトイン形は、放熱器をファンモータとともにコンパクトにまとめ、圧縮機のある機械室に設置したもので、冷却用空気を冷蔵庫とびら下部の左部から吸い込み右部から放出している構造となっている。

(4) 超実用形冷蔵庫“ゆとり”MR-135PB, MR-160PB

冷蔵庫の普及率も 70% を越え、完全な生活必需品となっており、買い増し、買い換え需要とともに大容量でコンパクトで良く冷え、そして大幅に価格が安いという超実用品の開発の声がふえている。これはヨーロッパ的とくに全世界をふうびしているイタリア的な考え方のもので、MR-135 PB, MR-160 PB がこれに該当する。たとえば MR-135 PB についていえば、外形寸法は MR-105 D と同一であるが、その内容積は 124 l と従来の MR-140 AC (129 l) なみで、そしてその価格は 80 l なみの超実用形である。

(5) 家具調冷蔵庫“お好み3面パネル”MR-105 DC, MRA-125 ABC

三菱独特のメリットで好評だったお好みとびらを、さらにメリットアップしたもので、だれでも、どこでも、いつでも簡単にとりかえられる。1台で2台分の両面パネルが3面パネルとなり、パネルをはずせばそのまま純白の冷蔵庫として使用できるようになり、文字どおり1人3役となっている。

(6) その他の機種

上記 7 機種に加えて、独身者向け MR-070 D、小家族向け MR-105 D、本格的 2 とびら 2 温度 MRA-180 FB、超大形業務用 MR-325 PB の各機種であり、各仕様を表 1 に示す。

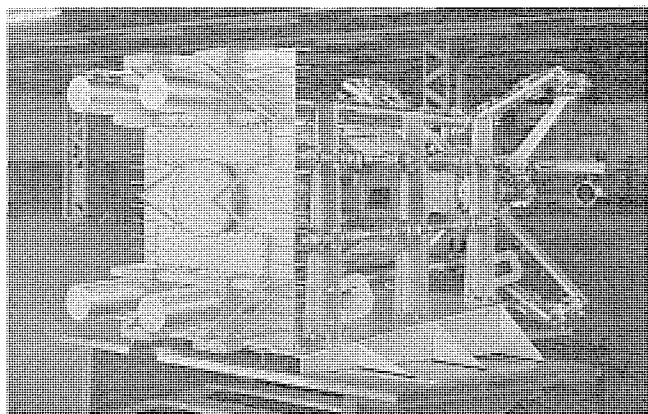
「静岡製作所」

NEWS FLASH

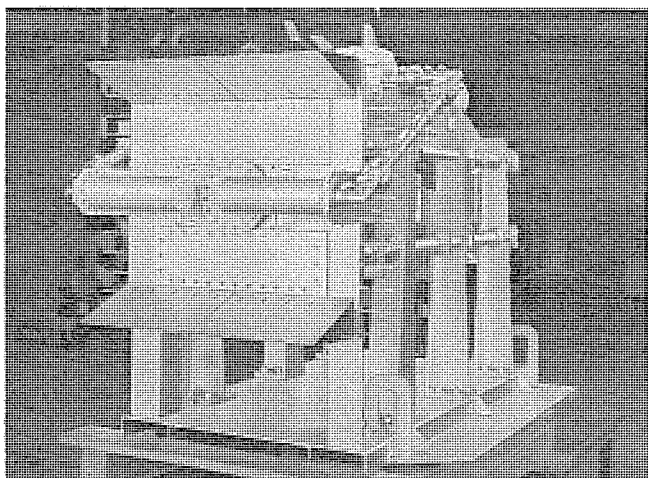
■ 大口径空中線用多周波帯共用低雑音一次放射器

当社は、日本電信電話公社の鹿児島—奄美大島—沖縄を結ぶ見通し外マイクロ回線に、バックネット形空中線や10mパラボラ空中線用一次放射器を納入しているが、最近、回線の増加と送信電力の増加に伴って、一次放射器内部に発生する酸化部分の非直線性によって、各周波数の間に結合が生じ、干渉雑音が発生して問題になってきている。当社では、昭和42年夏から調査と技術的検討を続けてきたが、今回、非直線性を示す酸化部分の発生を抑制し、特殊な整合素子を用いた広帯域整合による低雑音一次放射器を完成した。

この一次放射器は700 Mc帯水平偏波用ダイポールアレイ、800 Mc帯垂直偏波用方形ホーンアレイおよび2 Gc帯水平、垂直偏波共用円形ホーンが一体になった構造であるが、放射器の全面に金めっきを施して酸化部分の発生を軽減するとともに、放射器開口の前面に特殊な形状のリアクタンス素子を装荷することによって、広帯域整合をおこない、放射器内部におけるマイクロ波電流の集中化を避けて、雑音の発生を抑えていることを特長としている。



バックネット 形空中線用一次放射器



10 m パラボラ 空中線用一次放射器

この一次放射器のおもな性能は下表のとおりである。

大口径空中線用一次放射器の性能

周波数 Mc	偏波	電力 kW	電圧定在波比	
			平均	最大
2,115~2,300	水平	2	1.2	1.4
2,115~2,300	垂直	2	1.2	1.4
700~738	水平	2	1.25	1.5
749~896	垂直	3	1.25	1.5

[鎌倉製作所]

■ わが国で最初の事業用ブラシレスタービン発電機 完成

——九州電力大分発電所納め 278 MVA, 3,600rpm 機——

神戸製作所ではこのたび九州電力大分発電所向け1号機として、事業用最初のブラシレスタービン発電機を完成し、8月6日、各電力会社・共同火力・自家発関係者多数を招待して公開運転を行なった。

ブラシレス励磁方式は、発電機の軸端に交流励磁機（回転電機子形同期発電機）と回転整流器（回転軸上にシリコン整流素子を取り付けたもの）を直結し、交流励磁機の三相交流出力を回転整流器で整流して直流に変え、そのまま発電機の界磁巻線に導くもので、

- (1) ブラシがないために故障がない
- (2) 保守が簡単
- (3) 予備励磁機が不要
- (4) 基礎や付属装置が簡単
- (5) 小形軽量
- (6) 大容量機の製作が直流励磁機よりはるかに容易

などの利点を持っている。

当社では昭和34年からブラシレス励磁方式の開発を始め、昭和37年に150 kWのブラシレス励磁装置一式を試作して詳細研究を行ない、昭和40年に日本カーバイト魚津工場にわが国で最初のブラシレスタービン発電機を納入、その後順調な運転を続けて今日に至っている。

今回完成した九州電力大分向け278 MVA発電機用ブラシレス励磁装置は、容量が格段に大きく、しかも事業用発電所に初めて採用されたという点で、画期的な製品でありその意義は大きい、おもな要目はつぎのとおりである。

発電機 278 MVA, 90 % PF, 0.58 SCR, 20 kV, 3 kg/cm² H₂, 60 c/s, 3,600 rpm, 内部冷却

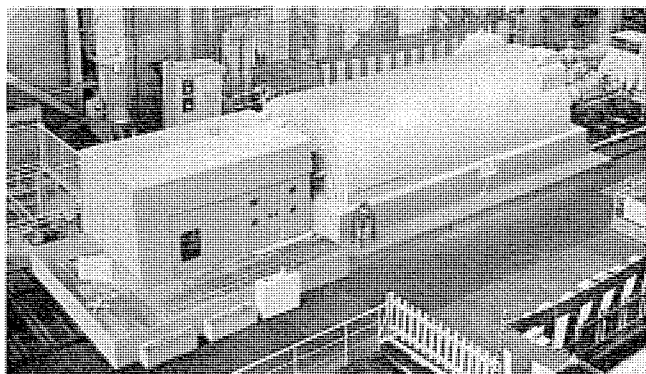
励磁機 950 kW, 375 V, 3,600 rpm

A V R サイリスタ増幅器使用

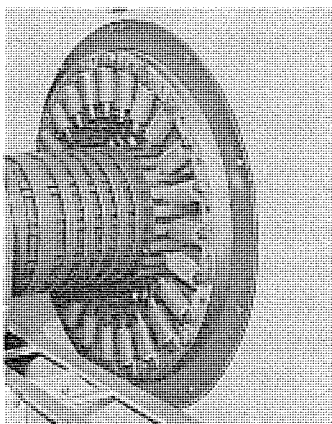
当社では火力および原子力発電所向けのタービン発電機用として

この励磁方式をすでに6台納入、19台製作中であり、その中には関西電力美浜発電所（原子力）の1号機400 MVA、2号機560 MVA、タイ国 YEA 向け250 MVAなども含まれている。

なお、九州電力大分向け上記278 MVA 発電機は三菱重工製の250 MW 蒸気タービンと直結されるもので、昭和44年9月、現地で運転開始の予定である。



公開運転中の278 MVA 3,600 rpm ブラシレスタービン 発電機



950 kW 375 V 回転整流器

[神戸製作所]

■ 帝都高速度交通営団新東西線用制御装置完成

この制御装置は、その制御内容から見て在来の東西線用制御装置とまったく同様であるが、各種カムスイッチおよび補助継電器など、使用機器全般にわたって新形式を採用し、装置の軽量化を計るとともに、保守点検を容易とし、回帰延長をねらった点に大きな特長を有するものである。

主要要目

架線電圧	: DC 1,500 V
制御方式	: 100 kW 主電動機8台一括制御、発電ブレーキ付き、応荷重装置付き、定加減速制御
加減速度	: 加速度 3.5 km/h/s 減速度 4.0 km/h/s (常用)
主回路方式	: 力行直列17段、力行並列25段、弱界磁段10段、制動41段を有するパーニヤ制御方式で、

力行時の直並列渡りは、特殊渡り方式

制御電源電圧 : AC 200 V 60 c/s, DC 100 V

制御空気圧力 : 5 kg/cm²

特長

(1) 電車性能は在来の東西線と同様、乗りごちを十分考慮するとともに、オフスポンギングを行ないブレーキ作用時の電気ブレーキ応答性の向上を計るなど各種高性能を有している。

(2) 新形式の小形高性能カムスイッチを使用することにより、在来の制御装置においては、歯車連結された2軸によりトランスファスイッチ、パーニヤスイッチおよびセレクトスイッチを駆動して41段の制御段数を制御していたが、これらのスイッチを1軸1回転にて制御することを可能とし、カム軸駆動機構を著しく簡単化して保守点検をきわめて容易にしている。

(3) 補助継電器は、在来のUG-500形継電器にかわって新形式の小形継電器、UG-700形を使用することにより、点検の必要なこれら補助継電器は、すべて前面に配置するなど保守点検の容易な機器配置を可能としている。

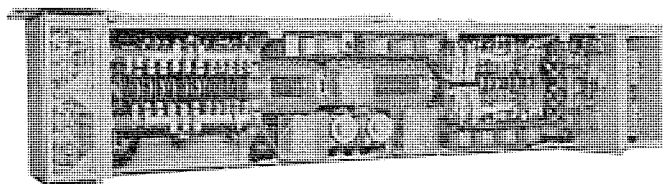
なお、UG-700形継電器は次の特長を有している。

(a) ナイラッチにより、防じんカバーがワンタッチで着脱できる。

(b) UG-500形と比べ、非常に小形で取付床面積が小さくてよい。

(c) プラグイン方式で継電器単体の着脱が容易である。

(4) カムモータ制御および限流値制御方式は、有接点部分を有しない、おもに磁気増幅器とサイリスタから構成される完全無接点方式で、応答性の向上と保守の簡易化を計っている。



帝都高速度交通営団東西線向け CB-40 C-1 形主制御器

[伊丹製作所]

■ 米国アルコア社よりブラジルアルコミナス向け大容量シリコン整流器一式受注

当社では、このたび米国アルコア社より、ブラジルアルコミナス社向けとして55,860 kW 490 V 114 kAの大容量シリコン整流器を受注した。

本機は、ブラジルのミナスジェライス州に新設される年産5万トンのアルミ精錬および2.5万トンのアルミ溶解工場に使用されるもので、世銀入札において一番札で当社に決定したものである。今回の受注は、先の豪州アルコア社向け100,750 kW 675 V 175 kAシリコン整流器に続き、アルコア社向けとして二度目の大容量シリコン整流器の受注である。

これは世界最大のアルミメーカーであるアルコア社に地盤を築いたとともに、シリコン整流器の輸出実績の面でも国内他メーカーをリードしたと思われる。

[伊丹製作所]



■ 世界最初のレーザ式座標測定装置完成

鎌倉製作所では、中央研究所の協力を得て、新日本工機(株)と協同で、世界ではじめてレーザ光線を用いたモデル測定機(レーザ式座標測定装置)を完成した。この装置は自動車のモデルなど複雑な曲面を持つ物体の三次元座標値をモデルに無接触でならい測定する機構になっており、高精度かつ高速度でデータを収集・記録するので、自動車用金型の製作に際してのモデル測定に大きな威力を発揮する。本装置の主原理は、He-Neレーザ光を対物レンズを通してモデルに照射し、このレンズの焦点位置でのレーザ光微小スポットが常に被測定モデル面上にあるように、レーザ検出器をならい制御し、同時に他の二次元をMELDAS-4200で位置決めして、モデルの座標数値を得ている。

収集された座標数値データを、電子計算機や数値制御工作機械に連動させれば、自動設計・自動加工システムを組むことができる。

レーザによる位置検出方法は、すでに日本をはじめ各国に特許出願中であり、自動車、船舶、あるいは航空機や精密加工部品などの測定にその応用範囲は広い。特長は、

- (a) モデルに接触しないで測定できる。
- (b) 精度が高い(最大10ミクロン)。
- (c) モデルの材質に制限されない。
- (d) 作業を完全に自動化でき、連続的に走査するので測定時間が大幅に短縮できる。

(1) ならい制御仕様

モデル検出器 : レーザ使用非接触形
 検出器光学系 : 送受共用単光学系で首振り機構により9方向測定可能
 検出精度 : 再現精度 ± 0.01 mm, ばらつき ± 0.003 mm

追従速度 : 最大 1,000 mm/分

焦点スポット径 : ± 0.3 mm ϕ

(2) 位置決め制御仕様

使用装置 : 全 IC 化数値制御装置 MELDAS-4200

最小指令単位 : 0.01 mm

送り速度 : 10~999 mm/min

測定間隔 速度 : 8 単位紙テープにより指令

位置検出方式 : リニヤインダクションによるアナログフィードバック方式

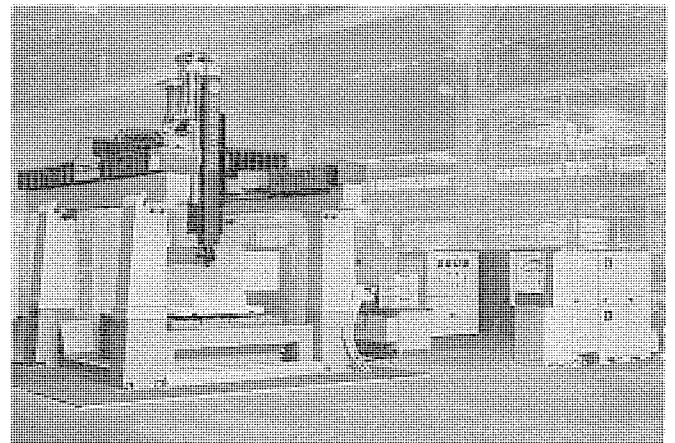
(3) 出力制御機能

出力形式 : 表示, 印字, 紙テープせん孔

出力座標値 : X, Y, Z 3 軸, 絶対値または相対値(切換にて使用)

表示 : 10 進 6 けた (3 軸)

印字 せん孔速度 : 500 字/分



レーザ式座標測定装置

[鎌倉製作所]

次号予定

三菱電機技報 Vol. 42, No. 11.

帝都高速度営団試作電車電機品特集

《特別寄稿》

○地下鉄電車の特異性と試作電車の構想について

《特集論文》

○試作車用電機品の概要

○主電動機および車両性能

○回生ブレーキ付き新方式チョッパ装置

○新形カム式制御装置

○新方式ブレーキ装置

○IC化ATC装置

《普通論文》

○電動機絶縁の機能試験

○電気車用主電動機の絶縁試験

○電車総合試験装置

○車両用冷房装置

○ZnSe結晶のFranz-Keldysh効果とその実用性

○広帯域トンネルダイオード増幅器の実用化

○カーボンブラックグラフトポリマを用いた電導塗料のペースレジによる抵抗値の変化

○電力保護継電器の静止化

○振動系の共振域通過

○貨車偏重測定装置

三菱電機技報編集委員会

委員長 小倉弘毅

副委員長 片岡高示

常任委員 明石精

石川理一

上田重夫

宇佐美重夫

大野寛孝

神崎遼人

北川和人

小堀富次雄

鈴木正材

祖父江晴秋

山田栄

横山茂

尾畑喜行

黒田忠光

南日達郎

林昇寿

松元雄蔵

和田義勝

(以上50音順)

昭和43年10月22日印刷 昭和43年10月25日発行
「禁無断転載」定価1部金100円(送料別)

編集兼発行人

東京都千代田区丸の内2丁目12番地 小倉弘毅

印刷所

東京都新宿区市谷加賀町1丁目 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 高橋武夫

発行所

三菱電機株式会社内 「三菱電機技報社」
東京都千代田区丸の内2丁目12番地 (三菱電機ビル内)
(電) 03-212-6111 (内線 3818)

発売元

東京都千代田区神田錦町3の1 株式会社オーム社書店
(電) 03-291-0921 振替東京 20018

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12番地 (三菱電機ビル) (電) 03-212-6111

大阪営業所	大阪市北区梅田町8・西阪神ビル	(電) 06-312-1231
名古屋営業所	名古屋市中村区広井町3-88・名古屋ビル	(電) 052-561-5311
福岡営業所	福岡市天神2-12-1・天神ビル	(電) 092-75-6231
札幌営業所	札幌市北二条西4-1・北海道ビル	(電) 0122-26-9111
仙台営業所	仙台市大町4-175・新仙台ビル	(電) 0222-21-1211
富山営業所	富山市桜木町1-29・明治生命館	(電) 0764-31-8211
広島営業所	広島市中町7-32・日本生命ビル	(電) 0822-47-5111
高松営業所	高松市鶴屋町5-1	(電) 0878-51-0001
東京商品営業所	東京都千代田区丸の内2-12・三菱電機ビル	(電) 03-212-6111
大阪商品営業所	大阪市北区堂島北町8-1	(電) 06-344-1231
名古屋商品営業所	名古屋市中村区広井町3-88・名古屋ビル	(電) 052-561-5311
福岡商品営業所	福岡市天神2-12-1・天神ビル	(電) 092-75-6231
札幌商品営業所	札幌市北二条西4-1・北海道ビル	(電) 0122-26-9111
仙台商品営業所	仙台市大町4-175・新仙台ビル	(電) 0222-21-1211
富山商品営業所	富山市桜木町1-29・明治生命館	(電) 0764-31-8211
広島商品営業所	広島市中町7-32・日本生命ビル	(電) 0822-47-5111
高松商品営業所	高松市鶴屋町5-1	(電) 0878-51-0001
新潟営業所	新潟市東大通1-12・北陸ビル	(電) 0252-45-2151
中央家電営業所	東京都千代田区丸の内2-12・三菱電機ビル	(電) 03-212-6111
城北家電営業所	東京都文京区大塚3-3-1・新茗溪ビル	(電) 03-944-6311
城南家電営業所	東京都世田谷区池尻3-10-3 三菱電機世田谷ビル	(電) 03-411-8181
城西家電営業所	東京都杉並区清水1-10-1	(電) 03-392-6823
横浜家電営業所	横浜市中区富士見町3-4	(電) 045-251-2226
大宮家電営業所	大宮市寿能町1-34・大宮公園ビル (電) 0486-41-5324 43-4116・0156	
千葉家電営業所	千葉市新宿町2-49・三菱電機千葉ビル	(電) 0472-27-5486~8
静岡出張所	静岡市七間町9-10・池田ビル	(電) 0542-53-9186
長崎出張所	長崎市大黒町3-1・長崎産業交通ビル	(電) 0958-23-6101
岡山出張所	岡山市西長瀬字村北122-1 三菱電機岡山ビル	(電) 0862-24-0331
中央研究所	尼崎市南清水字中野80	(電) 06-491-8021
商品研究所	鎌倉市大船2-14-40	(電) 0467-6-6111
神戸製作所	神戸市和田崎町3-10-1	(電) 078-67-5041
伊丹製作所	尼崎市南清水字中野80	(電) 06-491-8021
三田工場	三田市三輪町字父々部85	(電) 07956-4371
長崎製作所	長崎市丸尾町6-14	(電) 0958-23-6211
稲沢製作所	稲沢市井之口1100	(電) 0587-32-4121
和歌山製作所	和歌山市岡町9-1	(電) 0734-23-7231
鎌倉製作所	鎌倉市上町屋3-2-5	(電) 0467-6-1111
通信機製作所	尼崎市南清水字中野80	(電) 06-491-8021
北伊丹製作所	伊丹市大鹿字主ヶ池1	(電) 0727-72-5131
熊本工場	熊本市奄田町弓削720	(電) 0963-62-7211
名古屋製作所	名古屋東区矢田町18-1	(電) 052-721-2111
福岡製作所	福岡市今宿青木690	(電) 092-88-0431
福山製作所	福山市緑町1-8	(電) 0849-21-3211
姫路製作所	姫路市千代田町840	(電) 0792-23-1251
相模製作所	相模原市小山字久保224	(電) 0427-72-5131
世田谷工場	東京都世田谷区池尻3-1-15	(電) 03-414-8111
静岡製作所	静岡市小島110	(電) 0542-85-1111
中津川製作所	中津川市駒場町1-3	(電) 05736-5-2121
大船製作所	鎌倉市大船5-1-1	(電) 0467-6-6111
郡山製作所	郡山市栄町2-25	(電) 02492-2-1220
群馬製作所	群馬県新田郡尾島町大字岩松800	(電) 0276-22-4311
藤岡工場	藤岡市本郷字別町1173	(電) 02742-2-1185
京都製作所	京都府乙訓郡長岡町大字馬場小字図所1	(電) 075-921-4111
ラジオ工場	尼崎市南清水字中野80	(電) 06-491-8021
札幌営業所	札幌市北二条東12-98	(電) 0122-22-3976