

# NEC・FM トランジスタラジオ受信機

柿 沼 明\*  
河 原 安 次 郎\*\*  
宮 脇 知 生\*\*\*

## 1. 緒 言

トランジスタの高周波での特性改善が進むにつれて、最近では UHF まで使用範囲が拡大され、一般のラジオの分野においても、まず VHF について開発をすすめ、現在では殆んど問題なく実用化され、更に UHF までその使用範囲を拡げつつあります。

当社においては一昨年暮に、VHF 用トランジスタ・V-1006 A, B, C, D の 4 種が開発され、同時に商品工場において、その応用回路の検討を進め、1 昨年 5 月には VHF・FM トランジスタラジオ・NTF-1001 型を発表し、引続き 1 昨年 12 月には、世界最少を狙った NTF-901 型を試作し、昨年 4 月に生産を開始し、輸出を始めました。

わが国においては、昨年初めより VHF の FM 放送の本放送を目標に郵政省が中心となり、NHK、民放、電子機械工業会等が加わって調査を進め、本年中には本放送が認可となる気運が濃厚で、NTF-1001 型、NTF-901 型の国内での活躍の近いことを期待しているわけです。

以下、NTF-1001 型、および NTF-901 型 AM/FM トランジスタラジオの概要を御紹介致します。

## 2. 概 説

### 2-1 NTF-1001 型 AM/FM ラジオ

#### 2-1-1 規格

\* 商品事業部商品工場第一技術部ラジオ課長  
\*\* " " " 設計主任  
\*\*\* " " " 課員

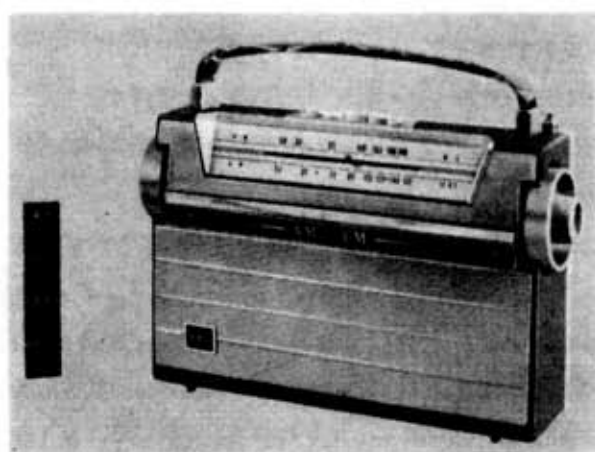


写真 1 NTF-1001 型

受信周波数	AM 535~1605 Kc/s
	FM 88~108 Mc/s (輸出)
	78~98 Mc/s (国内)
中間周波数	AM 455 Kc/s
	FM 10.7 Mc/s
	AM 中間周波 2 段増幅、AGC スーパーヘテロダイナ
回路方式	FM 高周波 1 段、中間周波 3 段増幅、レシオ検波、スーパーヘテロダイナ
トランジスタ	10 石
ダイオード	4 石
サーミスタ	1 石
出力	無歪最大 150 mW (10%歪)
	最大出力 250 mW
スピーカ	丸型 10 cm ダイナミックスピーカ
電源	単 2 号乾電池 6 ヶ 9 V

大きさ 246×156×75 mm  
 重量 1.9 kgr (乾電池を含む)

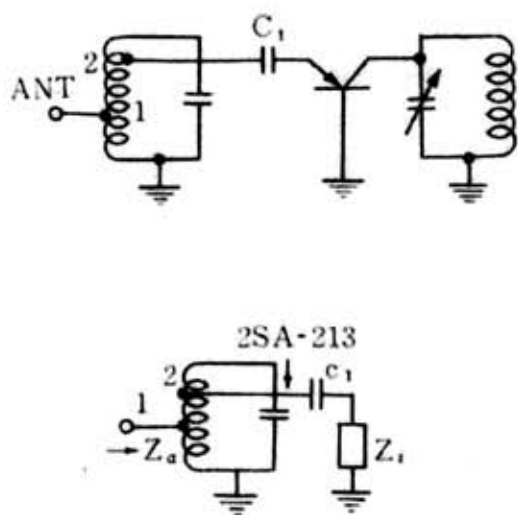
2-1-2 FM チューナ回路

FM チューナには VHF 用に開発されたスーパーダロン  
 トランジスタ 2SA-213、2SA214 を使用していますが、  
 2SA-213 は高周波増幅に、2SA-214 は周波数変換回路  
 に使用しています。トランジスタの  $f_{\alpha}$  が 130 Mc/s 程  
 度のため高周波増幅、周波数変換部共にベース接地回路  
 を採用しています。

2-1-3 高周波増幅回路

2SA-213 をベース接地、エミッタ入力回路で使用し、  
 周波数 100 Mc/s で 6~10 db 程度の電力利得が得られ  
 ます。

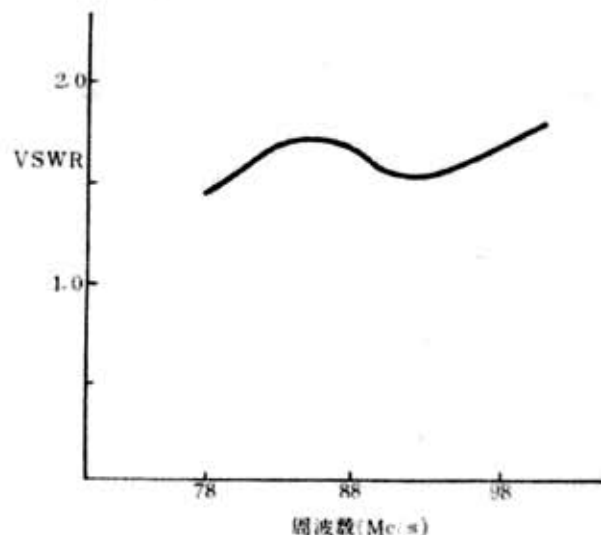
アンテナ回路は 20 Mc/s の広帯域を必要とするため  
 Q の低い非同調回路を用い、アンテナインピーダンスは  
 75 Ω 不平衡としました。なお非同調回路は中心周波数が 1  
 00 Mc/s (輸出バンド)、88 Mc/s (国内バンド) とし帯  
 域 3 db 幅で 20 Mc/s として設計されています。第 1 図  
 について説明しますと、アンテナ回路と 2SA 213 のエ  
 ミッタ入力側との整合はコイルのタップと  $C_1$  によっ  
 て行ないます。またコイルの負荷 Q は 5 程度に選び、ア



$Z_a$ : アンテナインピーダンス: 75Ω  
 $Z_i$ : トランジスタ入力インピーダンス

第 1 図

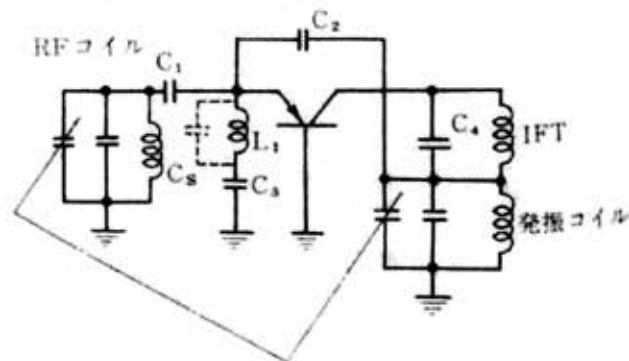
ンテナおよびエミッタ入力回路のタップの位置をきめま  
 す。なおエミッタ側から見たトランジスタの入力インピ  
 ーダンスは 100 Ω 前後として設計されていますこの結果  
 アンテナの SWR を 78~98 Mc/s の範囲で測定し第 2  
 図に示すように 2 以下に収めることができました。



第 2 図 受信機アンテナ入力端 VSWR

2-1-3 周波数変換回路

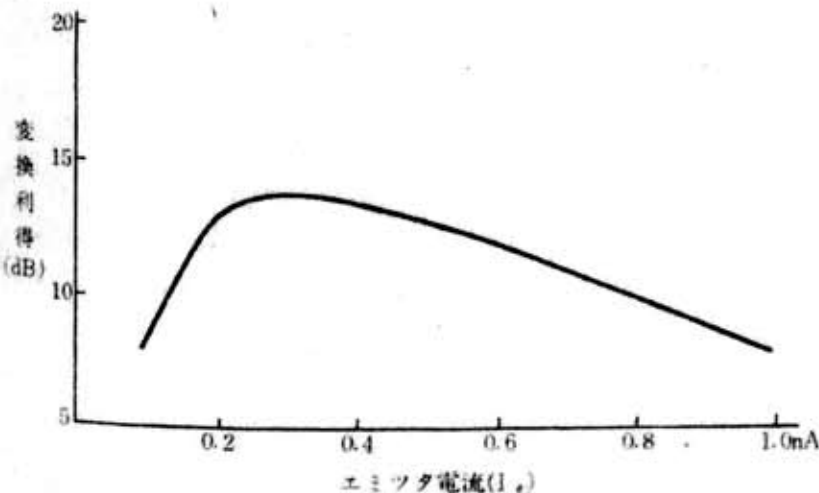
高周波増幅回路と同じにベース接地回路を採っていま  
 すが、トランジスタの遮断周波数が 130 Mc/s 程度であ  
 るため自励発振混合器として働かせるにはかなりの困  
 難があり種々実験の結果第 3 図に示すような回路に落ち



$$\frac{1}{2\pi\sqrt{L_1 C_3}} \approx 10.7 \text{ Mc/s} \quad \frac{1}{2\pi\sqrt{L_1 C_4}} \approx 100 \text{ Mc/s}$$

第 3 図

着きました。図中の IFT は 10.7 Mc/s の中間周波トランスで同調容量  $C_4$  はトランジスタの出力インピーダンスによって決定されるべきであります。この場合は発振コイルその饋還エネルギーの伝送の兼ね合いから余り小さな容量は選べません。この IFT では 50 PF の容量で 100 Mc/s 附近ではかなり低いインピーダンスとなるように設計されています。次に高周波コイルとエミッタ入力回路との整合は  $C_1$  によって調整されていますが、 $C_1$  を余り大きな値を選ぶと高周波コイルの影響が強くなって著しい周波数特性が生じて発振が不安定となります。これは発振の饋還容量  $C_2$  についても同様のことが言えるわけで、実験結果から  $C_1, C_2$  共に 3 PF 前後を選びました。ここで  $C_1$  に 3 PF を選ぶことは周波数変換後の IF (中間周波数) 10.7 Mc/s について考えると、相当に高いインピーダンスとなりエミッタ回路の I.F. の側路効果を妨げ混合利得を下げます。この影響を少なくするためコイル  $L_1$  とコンデンサ  $C_3$  を I.F. に直列共振させて 10.7 Mc/s では極めて低いインピーダンスとなり側路効果を持つようにし一方では 100 Mc/s 帯では  $L_1$  が大きなインピーダンスとなるように設計されています。なお  $L_1$  と  $L_2$  の漂遊容量  $C_3$  とで 100 Mc/s 近くに並列共振させて更に高ダインプンスとすることも可能であります。この回路の採用により混合利得の増加と妨害比の改善が可能となりました。



第 4 図

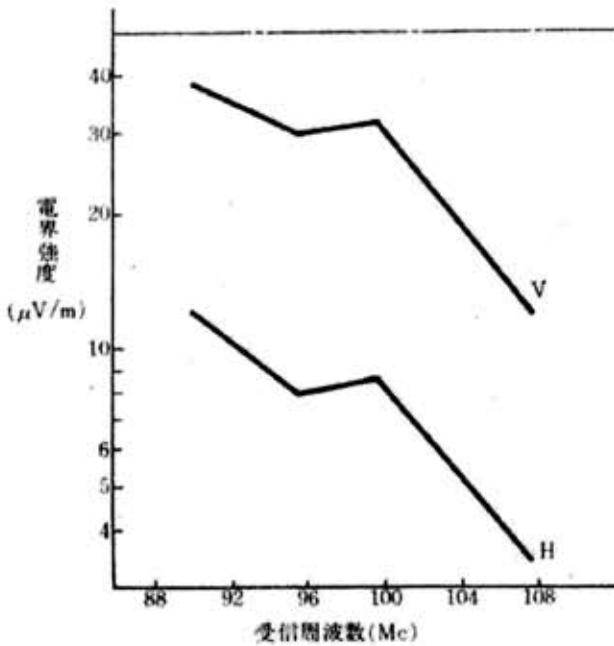
自動発振の周波数変換器のためエミッタ電流の選定には注意を払わなければなりません。最高の利得を得るにはエミッタ注入電圧を最適にするように発振強度を適当にすることが必要で、同時に電源電圧が 30~40% 低下した場合にも安定に発振することも要求されます。しかし必要以上に発振を強くすることは不要輻射の点から不利となります。参考に第 4 図にエミッタ電流を変化させた場合の変換利得の変化の割合を曲線に示します。なおこの場合回路定数はバイヤス回路を除いて一定とします。図からわかるように最適範囲は比較的狭く、この段での利得のバラッキがセット全体の中で一番大きく、これをコントロールすることが大きな問題となっている。

第 1 表 各国不要輻射規定

	規定電界強度	測定距離	周波数範囲	備考
米 国	50 $\mu$ V/m	100 ft	70~130Mc	I RE 測定法
英 国	300 $\mu$ V/m 500 "	3 m "	68~100Mc 100~174 "	I EC 測定法
ド イ ツ	150 $\mu$ V/m	30 m	68~174Mc	アンテナ高 3m I EC 測定法
ス イ ス	3000 $\mu$ V/m	3 m	87.5~ 111Mc	I EC 測定法
フィンランド	1.0 $\mu$ W	2 m	87.5~ 100Mc	送受信アンテナ 1 m

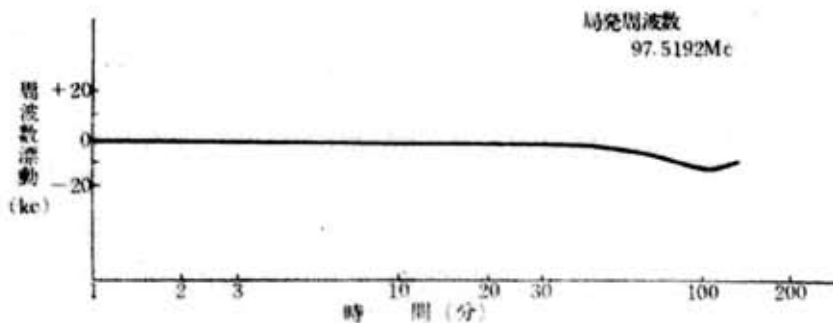
この受信機は VHF 帯を使用しているため、不要輻射に関する世界各国の規定に合格しなければ輸出できません。第 1 表に世界各国の規定を列挙した。このために種々のアンテナへの発振出力漏洩防止の回路が研究され発表されています。例えば発振出力をトランスを介して

位相反転してアンテナに帰す方法、チューナ部分をシールドケースに取めてしまう方法等があります。しかしこの受信機の場合特別な回路を使わなくとも、高周波増幅回路と発振強度の選び方によりこれらの規格に合格し、すでに米国については FCC 規格に合格し型式検定を受けている。その結果を第 5 図に示します。図で V は垂直方向、H は水平方向の輻射を示します。なおこの測定結果は日本機械金属検査協会の測定によるものです。次に AFC について、この受信機では採



第5図 不要輻射

用していないが簡単な AFC 方式は種々あります。例えばバリキャップを使用するもの、発振トランジスタのエミッタ電流を検波直流電圧でコントロールするもの、コレクタ電圧を変化させるもの等があります。しかし一般にトランジスタ受信機は自身で発熱することはないので周囲温度の変化に対してのみ考慮すればよく、これは L, C の温度補償を行なうことにより、かなりの温度範



第6図 局発周波数浮動

圍で安定な発振器とすることが可能であります。したがってコストの点からこの受信機には AFC を採用しませんでした。しかし高級な受信機を考える場合には当然 AFC をつける必要がある。第6図には受信機をスイッチンしてからの局部発振周波数の漂動特態を示してあ

ります。図からわかるように周囲条件に変化がなければ殆んど局発周波数が変化しないことがわかります。

2-1-4 中間周波増幅回路

2 SA-215, 216 を使用し 3 段増幅で電力利得は 60~65 db 程度としています。各段を最適条件に選ぶなら総合で 70 db まで取ることは可能であります。この受信機は AM, FM 両用のため種々の制限があります。例えば FM の IF 初段は AM の周波数変換器として働かせてありエミッタ電流に制限があります。また中波でのノイズフィギュアがよいトランジスタでなくてはいけません。次に第7図に示す通り、IF 段は全て AM, FM 共通で FM の IF 2 段目は AM の IF 初段となり AGC がかけられてあり、FM の IF 2, 3 段は共に AM の IF となって 10.7 Mc/s, 455kc/s の同調回路が 2 個直列に接続されています。このため各段の中和をとることはきわめて困難で AM, FM 共に出力インピーダンスを低く設計し安定に増幅させ利得を制限しています。

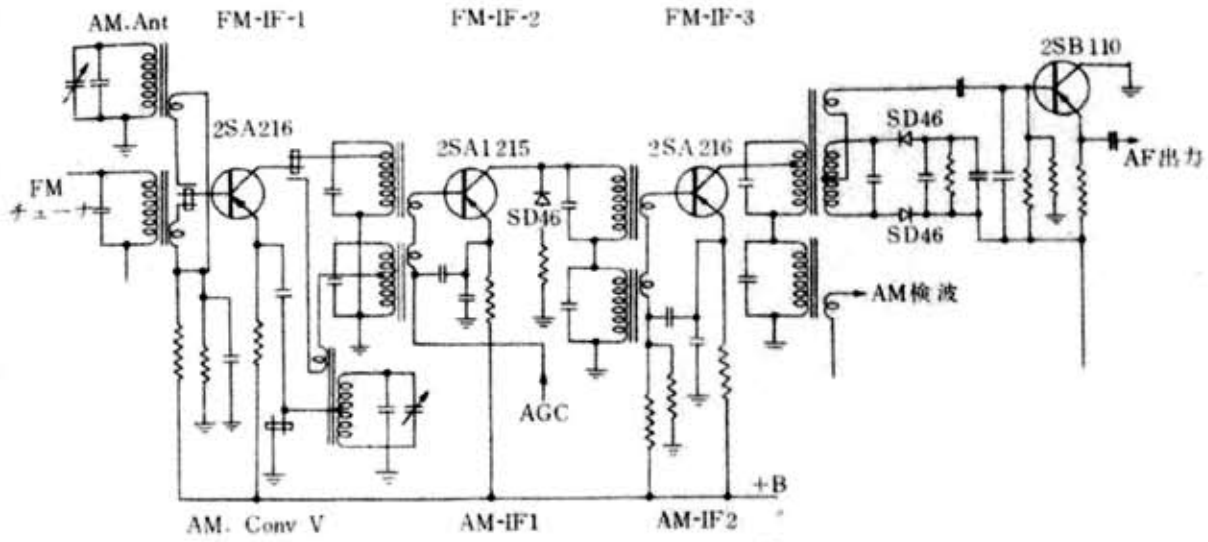
帯域幅は歪の点から ±100 kc/s 程度に選び、リミッターとして特に強入力でも働くように IF 2 段目のコレクタ回路に SD-46 を使用している。

2-1-5 検波段

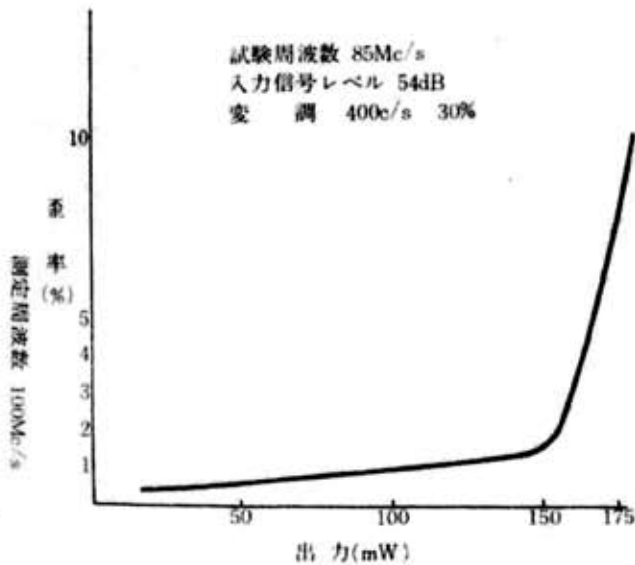
リミッター作用のあるレシオ検波方式を採用し、回路定数を減らすため不平衡型を使用している。ここで問題となるのは検波段の低周波出力インピーダンスが高いことでこれに低いインピーダンスの低周波回路を直接接続することは、相当の整合損失となり、一方検波回路の同調 Q を著しく下げる。これを改善するため第7図に示すごとくコレクタ接地の整合トランジスタを検波段出力と低周波入力段との間に設けてあります。

2-1-6 低周波回路

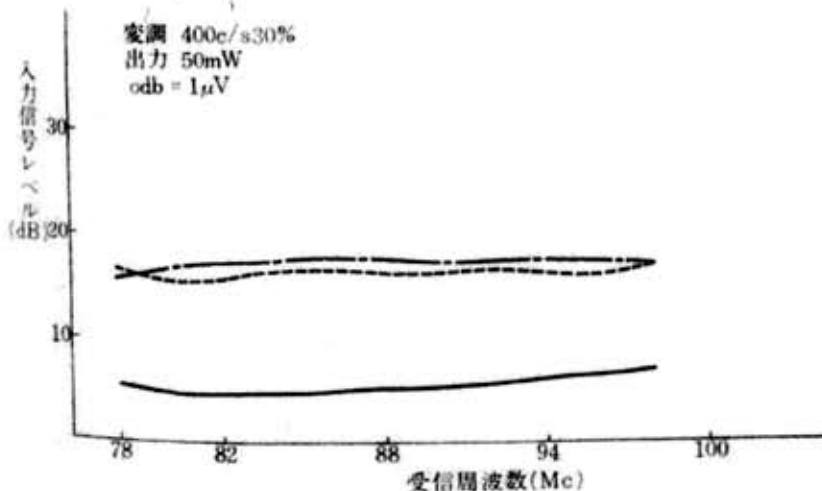
三段増幅で特に変わった所はなく、無歪最大出力は、150 mW で電力利得は約 60 db 程度で負載歪を 2 段目にかけて歪を少なくしています。出力対歪の特性曲線は第



第7図



第8図 出力対歪



第9図 感度特性

8 図に示します。

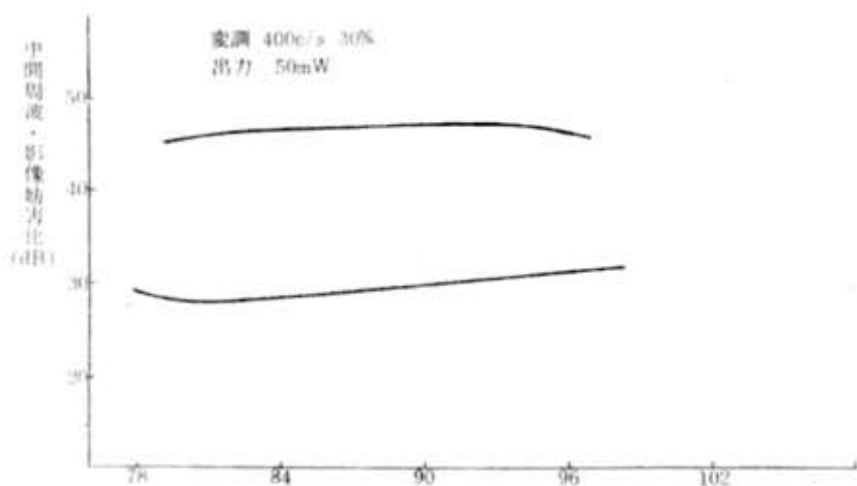
2-1-7 総合性能

以上 NTF-1001 型について概要を記したが、総合性能については第9図～第15図に示してあります。このラジオの国内バンドはバンド 78~98 Mc/s としているがこれはまだ日本では正式に FM バンドが定めていないので暫定的に設計したものであります。

2-2 NTF-901

2-2-1 規格

- 受信周波数 AM 535~1605 kc/s
- FM 88~108 Mc/s (輸出)
- 78~98 Mc/s (国内)
- 中間周波数 AM 455 kc/s
- FM 10.7 Mc/s
- 回路方式 AM AGC 附中間周波 2段増幅スーパーヘテロイン。
- FM 高周波一段、中間周波3段増幅、レンジ検波、スーパーヘテロダイン
- トランジスタ 9石
- ダイオード 4石
- サーシスタ 2石
- 出力 無歪最大 100mW (10%歪)



第 10 図 妨害特性

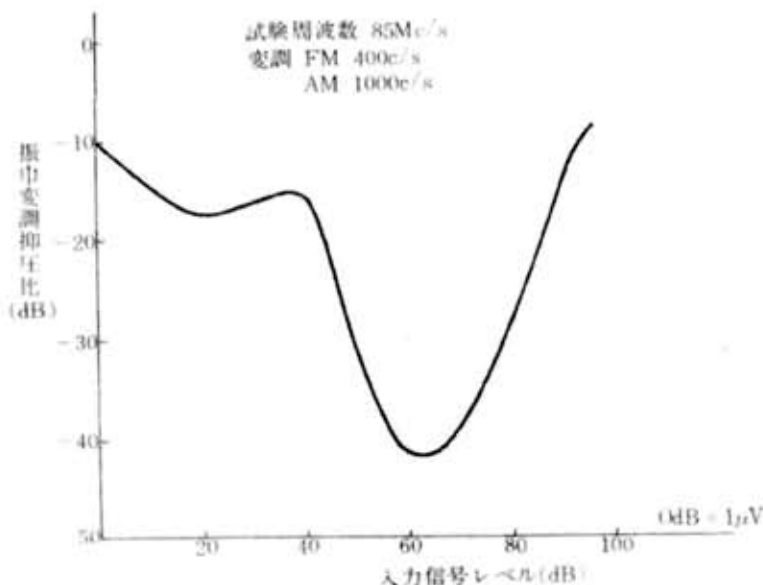
	最大	150mW
スピーカ	6.6 mW	ダイナミック スピーカ
電源	単 3 号乾電池 4 個	6V
大きさ	149.5×90×39.5	mm
重量	500 gr	(電池共)

この受信機は先の NTF-1001 とは回路的には、本質的には同じであります。設計上小型化を目標とし、一応 AM/FM 受信機としては他に例を見ない程度にできたと考えています。

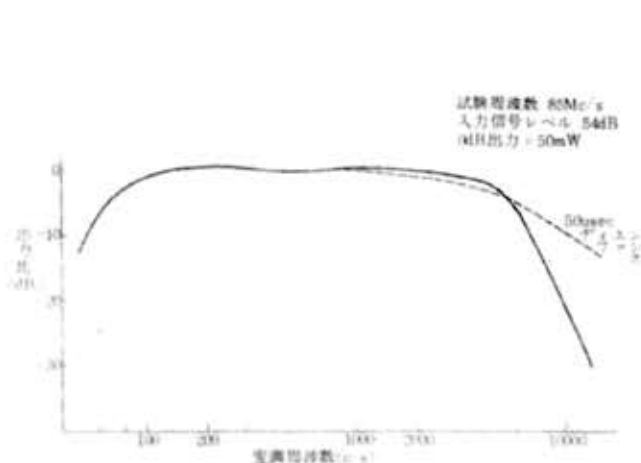
小型化については電気部品の小型化が先ず要求され、バリコン、スイッチ、IFT 等は日本の技術では一般ラジオ部品としては最小のものを使用し、回路的には出力トランスを省く OTL 方式を採用トランジスタはレフレックス回路を使って 1 石省き 9 石とし、電源は単 3 号乾電池を使用して小型化しました。

2-2-2 OTL 回路

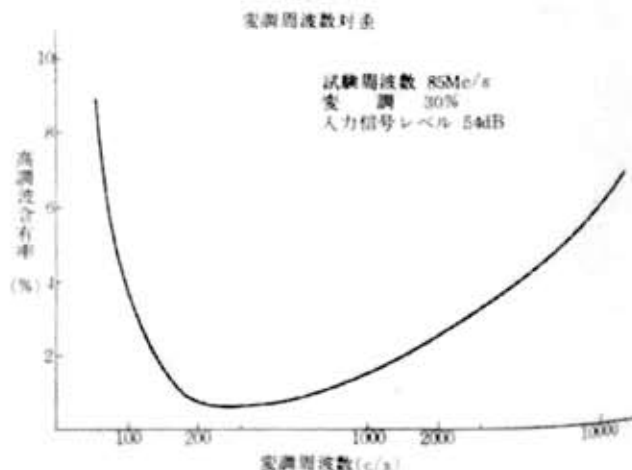
これは第 16 図に示すように、入力側でトランスを使って位相を反転させ、出力側は一方はエミッタ、他方はコレクタから出力を取ります。この回路の欠点は



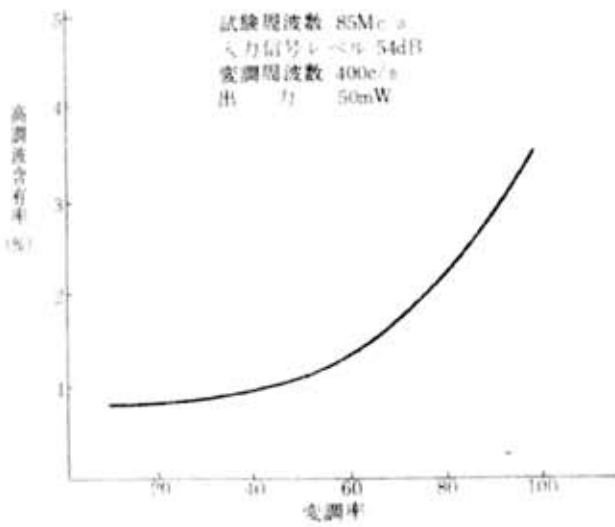
第 11 図



第 12 図 電氣的忠実度特性



第 13 図 変調周波数対歪



第14図 変調率対歪

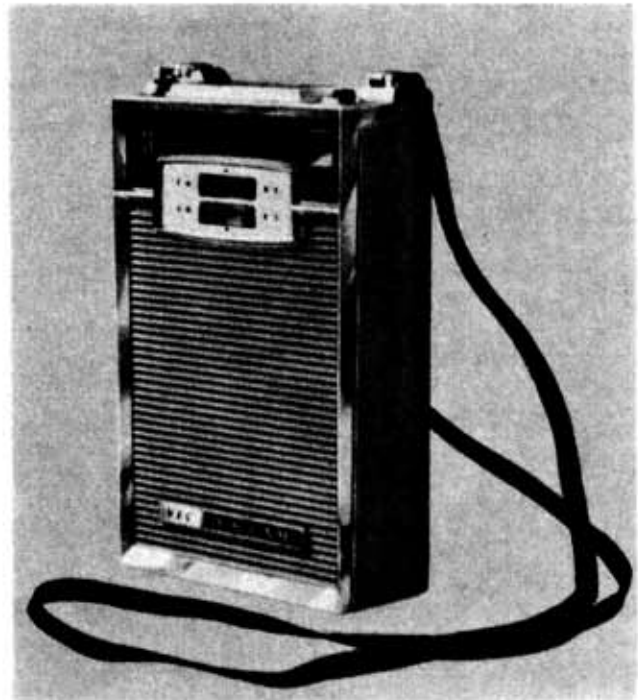
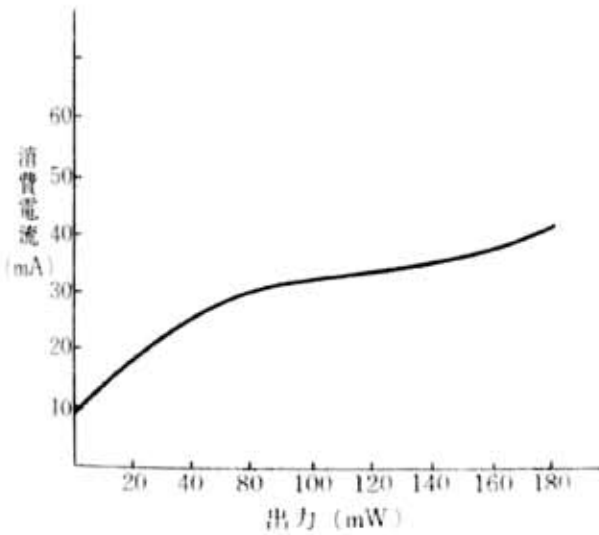


写真2 NTF-901型



第15図 出力対消費電流特性

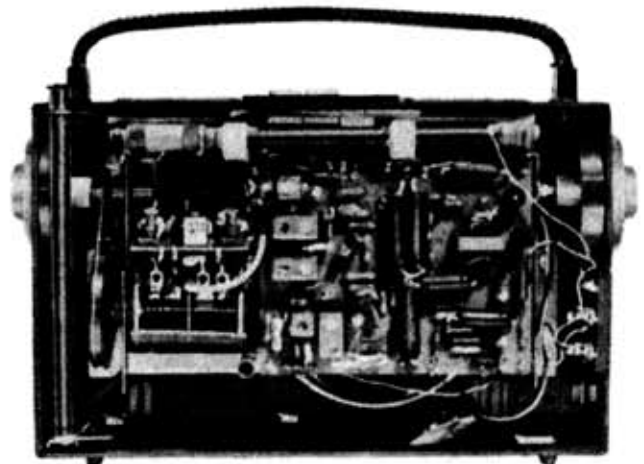
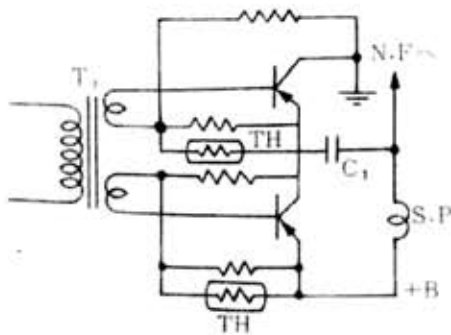


写真3 NTF-1001型内部



TH:サーミスタ S.P.:スピーカ T:入力トランス

第16図

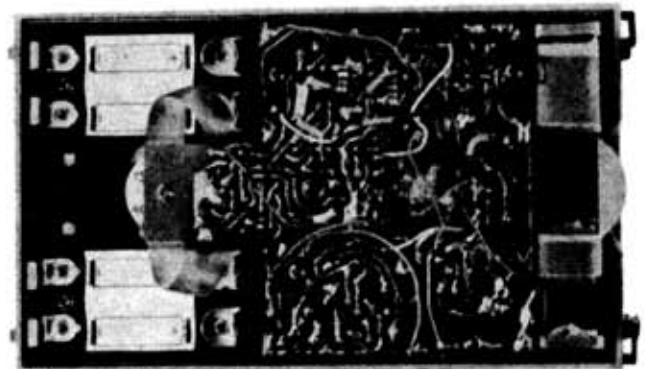
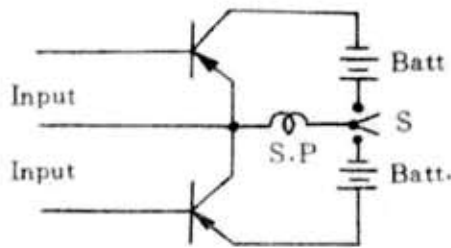
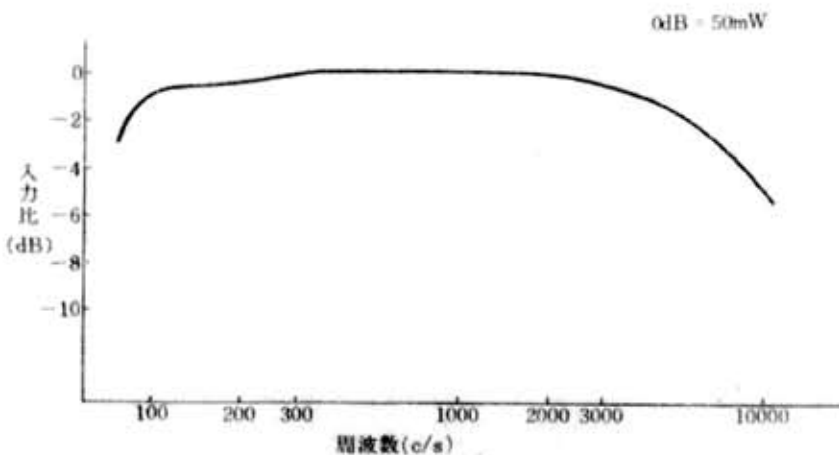


写真4 NTF-901型内部

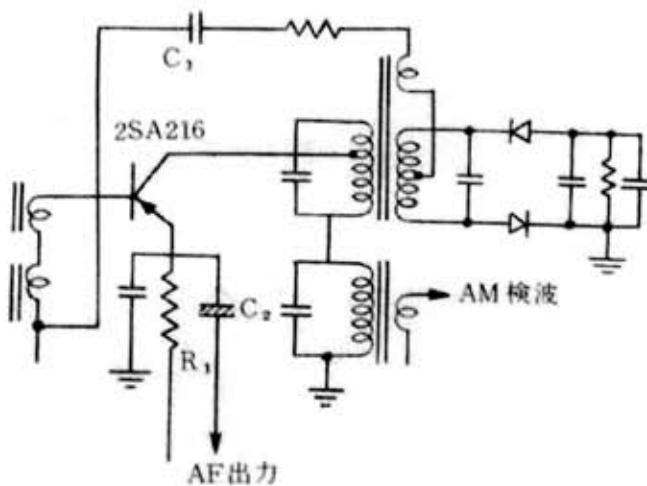


S : ダブルスイッチ    Batt : バッテリ

第 17 図



第 18 図 周波数特性



第 19 図

それぞれのトランジスタが電源の半分の電圧しか利用できない点にあり、トランジスタの低電圧での特性改善が要求されます。一方長所としては、大きな出力トランス

が省かれスペース・ファクターがよいこと、スピーカも特別なものが必要でなく、わずかにインピーダンスが高いものでよいこと、出力トランスがないので変成器歪がなくなり、周波数特性も改善されます。周波数特性を悪くする要因としては第16図の  $C_1$  の容量が挙げられ、この容量が  $30 \mu F$  とか  $100 \mu F$  という値のため、低い  $100 \text{ c/s}$  附近の周波数では相当のインピーダンスとなり、スピーカ出力が低下すると共に、位相もずれてきます。この欠点を防ぐには電源側を二分して第17図のごとく電池

の場合電源スイッチが若干複雑となります。この低周波回路の総合周波数特性を第18図に示す。

2-2-3 レフレックス回路

NTF-1001とは異なり、1石トランジスタを減らすため検波段と低周波段とのインピーダンス整合に使用していた2SB-110を省き、この働きをIFの最終段で行なわせるもので第19図に示すように検波出力を  $C_1$  を通じてトランジスタ (2SA-216) のベース側に入れ、出力をエミッタ側から  $C_2$  を通じて取り出すものであります。可聴周波数で考えると、このIF段はコレクタ接地回路と考えて差支えありません。したがって可聴周波ではベースの入力インピーダンスが高く、殆んどバイアス抵抗に相当するインピーダンスと考えられます。またエミッタ側はエミッタ抵抗  $R_1$  が  $1 \sim 3 \text{ k}\Omega$  程度であるので、この段のエミッタ出力インピーダンスは極めて低くなるわけで、検波段の高インピーダンスと低周波段の低インピーダンスの整合が可能となります。

この回路で中間周波段と低周波段との両方の働きをしているわけであるが、相互の周波数が離れているので相互に干渉することはなく、ただ強電界の場合大きな検波出力がベース・エミッタ間に入り、トランジスタの電流動作点が遮断電圧以上となって歪の原因になることがあります。この影響はIFの2段目にSD-46

を使ってリミッタ効果を持たせ、強電界での不都合を除いています。

### 2-2-4 小型部品

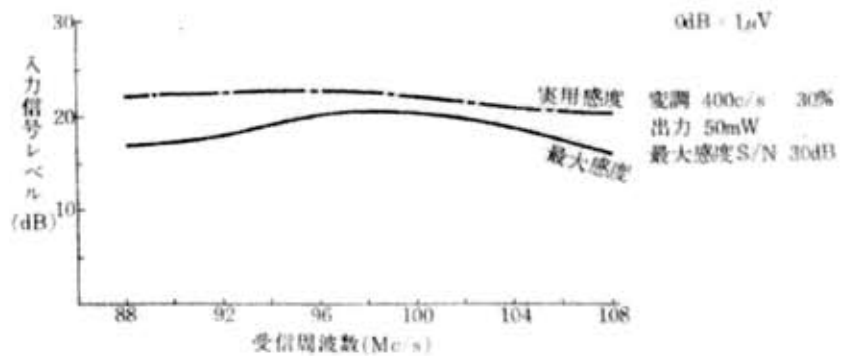
この受信機には種々の小型部品が使用されていますが、特にその中で IFT、バリコン、スイッチ等が小さく、IFT は  $7.5 \times 7.5 \times 13$  mm、バリコンは AM, FM の四連トリマーがついて  $20 \times 20 \times 17.5$  mm、スイッチは 4 回路 2 接点のもので、接点は入出力回路を同時に切替えるため一列に並べられ細長い形となり、厚みが 5 mm と非常に薄くできています。その他 VHF 用のアンテナは 6 段引伸しのホイップアンテナでアンテナ角度を自由に換えられるように回転ボールがついたものを使用しています。

### 2-2-5 総合性能

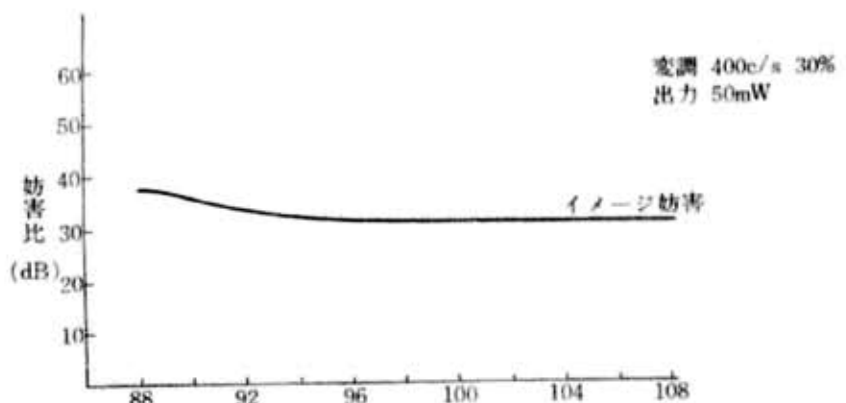
以上概要を紹介致しましたが、性能について第20図より第25図まで図示致します

## 3. む す び

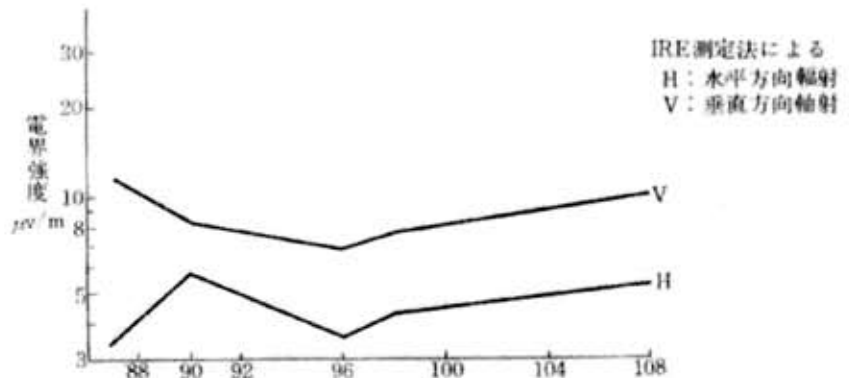
以上 AM/FM・トランジスタラジオの概要について、回路構成、性能を重点にご紹介致しました。VHF・FM ラジオは、国内では一般に知られておりませんが、米国、ヨーロッパ等の FM 放送の普及している国々へは相当量のトランジスタ式を輸出しており、一般のトランジスタラジオに加えて更に輸出の大きなホープとなりつつあります。また一方国内での本放送を期待しつつ更に一段と努力し、改良を加え、創意を盛り込みよりよい製品を生み出すべく努力を続ける所存です



第 20 図 感 度 特 性

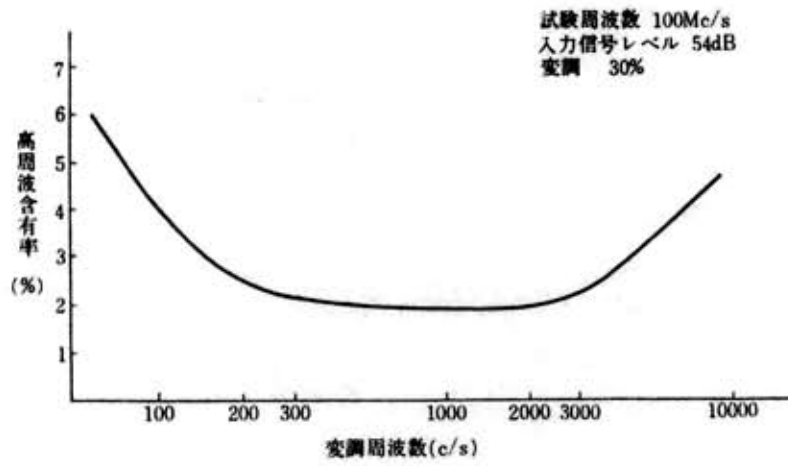


第 21 図 妨 害 特 性

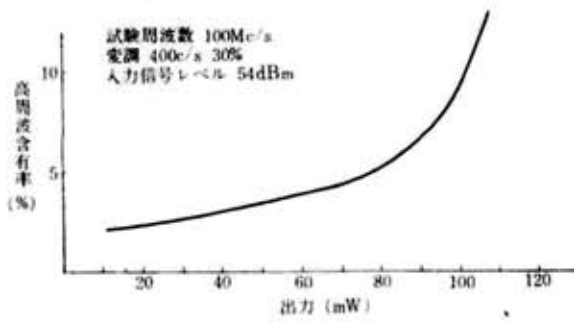


第 22 図 不 要 輻 射

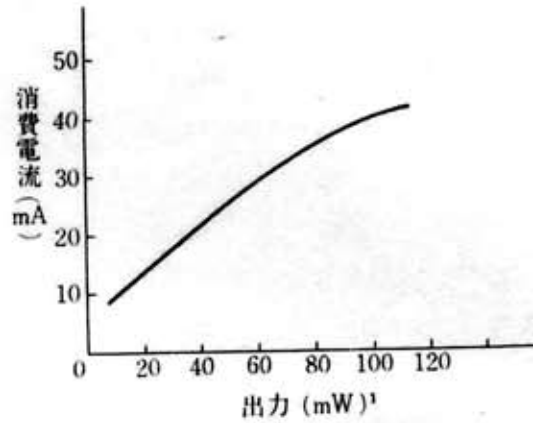
終わりに、トランジスタ FM ラジオの誕生に多大の協力をいただきました半導体工場の技術陣の皆様へ深く感謝致します。



第 23 図



第 24 図 出力対歪



第 25 図 出力対消費電流

