

列車無線電話用無線装置

U. H. F. Radio Telephone Equipment for Train Radio Telephone
Service of the Japanese National Railways

寺井和巳* 丸浜徹郎*
Kazumi Terai Tetsurō Maruhamma
今西久弥** 佐々木一彦**
Kyūya Imanishi Kazuhiko Sasaki

内 容 梗 概

国鉄東海道線に施設された列車無線電話の無線装置について述べる。列車無線電話は列車移動局と、沿線に配置された地上基地局とを400 Mc 帯のFM無線電話で結び、さらにその通話を東京、静岡、名古屋、大阪の4統制局に置かれる交換機に集線して、国鉄業務台を通して業務用通話を、また電電公社市外台を通して一般公衆用通話を行わしめるものである。

第1節 緒言にはおもな特長を、第2節では列車電話の概要と東海道線の置局計画を、第3節では無線機器の性能、第4節では方式上の特長、第5節では技術的問題点および今後の研究課題を述べる。

1. 緒 言

今回、国鉄東海道線東京-大阪間590 kmに施設された列車無線電話は、その規模および特殊性において世界に例をみないものであり、移動無線の電話交換技術として通信方式に一つの方向を提供したものである。

そのおもな特長を上げると次のとおりである。

- (1) 電波を節約し保守上の便を考慮した小ゾーン方式を採用している。すなわち、置局計画において混信妨害しない範囲で同一電波を重複使用し、2通話路に対して使用周波数6波をもって東海道全線の通話を確保している。
- (2) 列車移動局が走行するに従って連絡する地上基地局が切替わるが、この小ゾーン切替えは移動局着信のS/N比比較の形で自動的に行われるので常に最良の通話が保持される。
- (3) 空中線系は、鉄道沿線にそって有効に電界強度をうるために、各種複合形のものを地形に応じて設計してあり、送信電力を有効に使用している。
- (4) 信号系はバイブレーショングリードセレクトタの使用、特殊スケルチ方式の採用、各信号回路時定数の適切な設定、雑音に強い信号伝送方式、交換動作シーケンスの採用など、移動無線における回線の質の変動に対して安定に動作する対策がなされている。
- (5) 公衆通信の立場から一定の通話時間が保証されている。このため小ゾーン方式の特長を生かした前後2ゾーンを閉塞する方式を採用している。
- (6) 取扱い是一般電話方式と同じで特殊な考慮を必要としない。

これら特長に関して本稿は主として無線機器および空中線系に関するものを述べてある。伝送系、伝送機器および交換制御系、交換装置に関しては別稿論文に詳細に述べられる。

2. 列車無線電話の概要

2.1 東海道線列車無線電話方式の概要

国鉄東海道線列車無線電話は、列車移動局と、沿線14箇所に配置された地上基地局とを結び、さらにその通話を東京、静岡、名古屋、大阪の4統制局に置かれる交換機に集線して、国鉄業務台を通して業務用通話を、また電電公社市外台を通して公衆用通話を行わしめるものである。列車移動局と基地局との間は、400 Mc 帯 FM 無線

機で連絡される。地上基地局送信には2波を与え、相隣れる基地局にそれぞれ1波を割り当ててある。列車移動局は、相隣れる基地局よりのそれぞれの電波を別個に受信しながら走行し、そのS/Nを比較しつつ、S/N良好なるほうを自動的に選択する。列車移動局送信は1波が与えられている。地上基地局は常時送信状態であり、列車移動局は通話時のみ送信機が起動することとなる。通信方式はもちろん同時送受話方式となっている。上記のような方式により、混信妨害のない離れた2地点においては、同一の電波を使ってそれぞれ独立した通話を行うことができ、電波の節約に役立っている。実際にはさらに同一地点においても同時に2通話を行うことができるよう、さらにもう1システム分の電波が与えられており、合計6波をもって、全線いかなる場所においても2回線の通話路が得られるようになっている。地上基地局と統制局とを結ぶ回線は、アプローチ回線と呼ばれており、ケーブル搬送装置を主体として構成されている。上述のとおり、各基地局ごとに2回線の通話路が必要であり、さらに各基地局を無人化するために遠方監視制御ならびに打合わせに使用するための1通話路が付加され、合計各基地局当り3通話路が用意される。このため搬送端局装置としては12通話路方式のケーブル搬送端局装置が施設された。

統制局間を結ぶ回線は、中継回線および追跡回線と呼ばれ、前者はほかの統制局管内にある列車を呼び出すために使用され、後者は移動する列車を追跡して通話を継続せしめるために使用される。

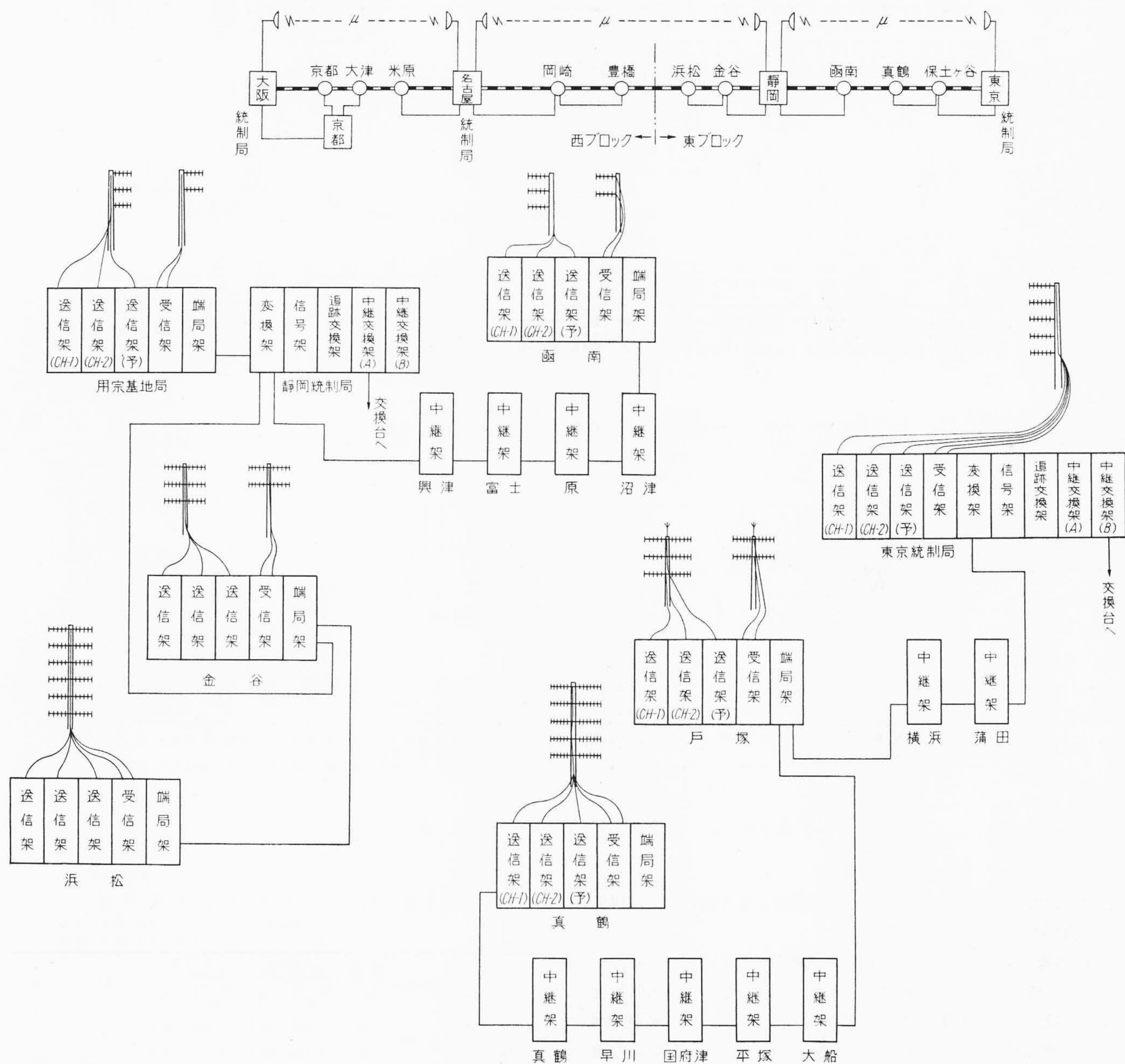
これらの回線は既設のマイクロウェーブを利用している。

地上列車台からの呼びは自動選択呼出であって、列車台において当該列車番号をダイヤルすることにより、自動的に多周波組合わせ信号に変換されて送出され列車を捕促する。列車移動局における信号受信器としてはバイブレーショングリードセレクトタが使用され、その急しゅんな選択特性により、回線雑音による誤動作を十分抑制し、かつ、40編成強の急行列車に対しても個別呼出を可能ならしめている。バイブレーショングリードセレクトタの動作を安定にするため、信号伝送方式としては、伝送回路の同期ずれの影響を相殺する副搬送波方式がとられている。列車からの呼びは直通式で、最寄りの統制局の交換台へ接続される。列車からの信号は音声帯域内信号で、統制局における受信器には抑圧形信号器が用いられている。

列車が捕促され固定された通話は、列車の走行に伴って、順次基地局を自動的に切替えながら継続される。列車移動局においては、相隣れる基地局よりのそれぞれの電波を受信し、S/N比良好なるほうを自動的に選択し、かつ同時に通話帯域外の周波数偏倚方式の信号をもってその選択を統制局に通報し、統制局においては、その信号に基づいて列車を自動的に追跡する。

* 日本国有鉄道

** 日立製作所戸塚工場



第1図 東海道線列車無線構成図

列車移動局ならびに統制局交換台における扱者の操作は、それぞれ通常の直通式ならびにトールダイヤル式とまったく同様で、特にわずらわしい操作は不要である。

2.2 無線回線計画

2.2.1 無線周波数の検討

列車無線に使用される周波数はいずれが適当であるかということについては1950年頃からドイツ鉄道省の実験⁽¹⁾、アメリカベル研究所の実験⁽³⁾などにおいて450 Mc 帯がイグニッションによる雑音も少なくして市街地ではきわめて有利であることが報告されている。

また 1952 年に New York 市周辺で行った 150, 450, 900 Mc および 3,700 Mc の比較実験⁽⁴⁾データにおいても市街地用としては 450 Mc 帯がほかの周波数に比して圧倒的に有利なことが分かり、東海道沿線のように市街地の連続する地域の列車無線には 450 Mc 帯が有利であることが考えられていた。

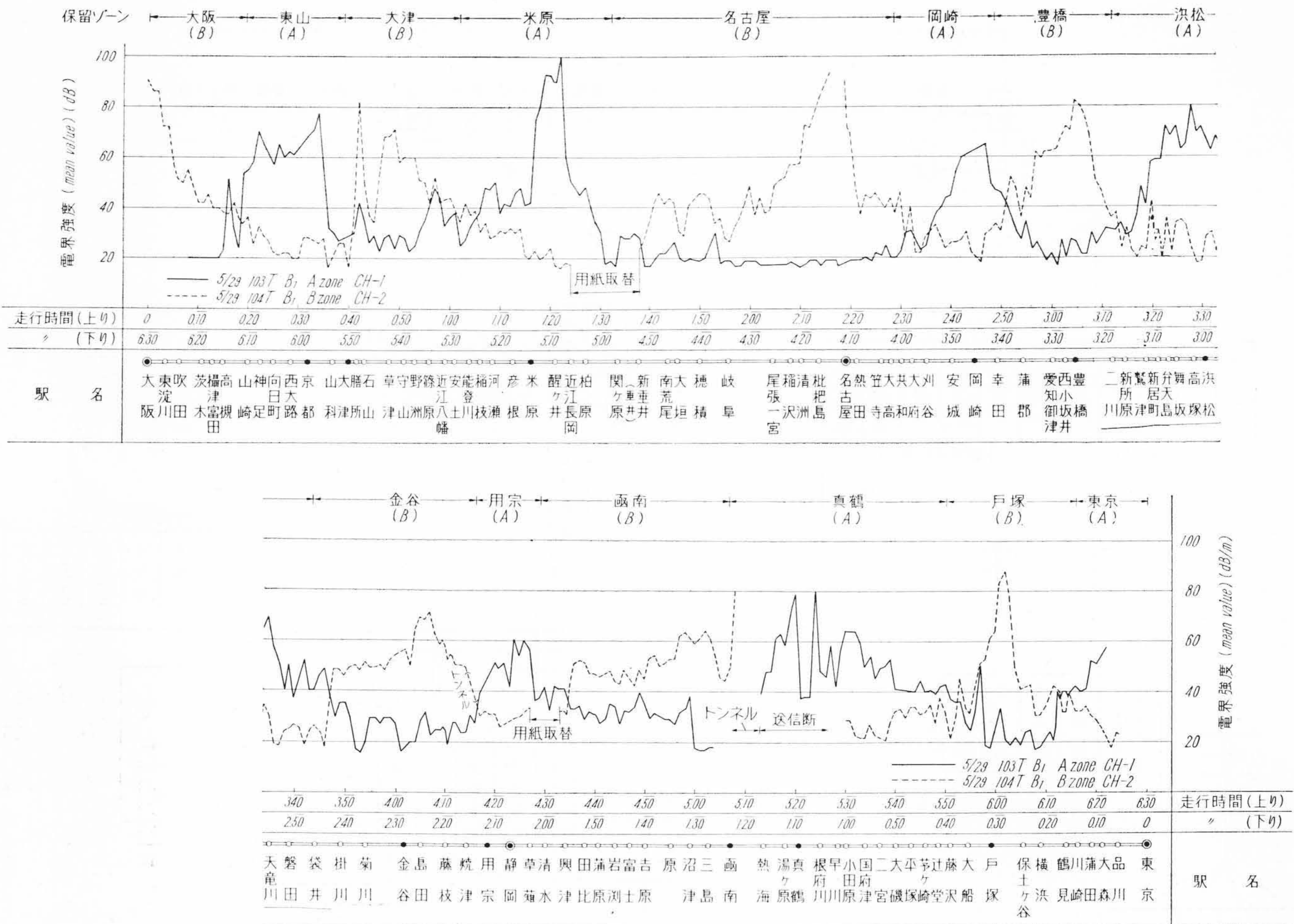
日本においても近年 450 Mc 帯用真空管 6939 (Q Q E^{02/5} 相当), 5F20RA (4C×250B), 4F16R (6816 相当), 2B94 (Q Q E

^{06/40} 相当)などの国産が可能となり、一方 150 Mc 帯無線機は各地で使用されてその電波割当が困難な状況にあったため、国鉄列車無線には450Mc帯を使用することと決定されたものである。

2.2.2 無線回線置局計画および結果

東海道列車無線は通話の品質として「東海道線全線の間、トンネル内を除く地域の95%以上がS/N比35dB以上であること」を目標とし、これに基き置局計画が行われた。

このため置局計画に当っては、数次にわたり東海道沿線の電波伝ぱん試験を実施し、目標としては次の理由により電界強度 30dB 以上を確保するように置局計画がたてられた。すなわち 400 Mc 帯受信機の感度は、受信機入力 6 dB において S/N 比は 20 dB 以上となる。伸長率 2 倍の Compander を使用することにより、20 dB の S/N 比を 35 dB 以上に改善できる。450 Mc 帯利得 0 dB のアンテナ実効高は約 -12 dB であり、フィード損失 2 dB をみこむと受信入力 6 dB に対しては電界強度 20 dB が必要であり、さらに地域的定在波による変動として 10 dB を見込んで、必要電界強度を 30 dB 以上とした。



第2図 東海道線沿線電界強度図

伝ぱん試験の結果から置局計画は第1図のとおり東海道沿線14箇所に基地局に置くことと決定した。

実回線において測定した電界強度は第2図のとおりであり、トンネルを除いては鷺津、刈谷、関ヶ原、近江八幡および山科付近などを除いては 30 dB 以上の電界強度が得られており、初期計画に近いデータとなっている。走行試験において得られた全線の通話の質 (S/N 比) は各小ゾーンについて第1表のとおりであり、トンネルを除き約 93% の地域で S/N 比 35 dB 以上、97% の地域で S/N 比 30 dB 以上が得られている。

電界強度の変動として 10 dB 見込んだことは局部的には不足であり、これが弱電界地域において通話の質の問題よりも信号系に大きな妨害を与え、信号器誤動作、交換接続不能の原因となり、その対策に苦心が払われた。

3. 無線機器

3.1 概要

無線装置は、基地局周波数範囲送信 462~462.5 Mc, 受信 412~412.5 Mc (移動局はその逆), 定格出力基地局 100 W, 移動局 40 W の同時送受話方式極超短波無線電話装置で、基地局用は送信架Ⅰ, ⅡおよびⅢ, 受信架の4架に分かれ、2チャンネル (以下CHと略記する) の列車無線送受信系統を構成する。

移動局用は第3図に示すとおり CH-1 および CH-2 の2架から成り、1編成の列車無線系統を構成する。

統制局 (東京, 静岡, 名古屋, 大阪) においては搬送装置 (変換架, 信号架) および交換機 (追跡交換架, 中継交換架AおよびB)

第1表 東海道全区間通話 S/N 比

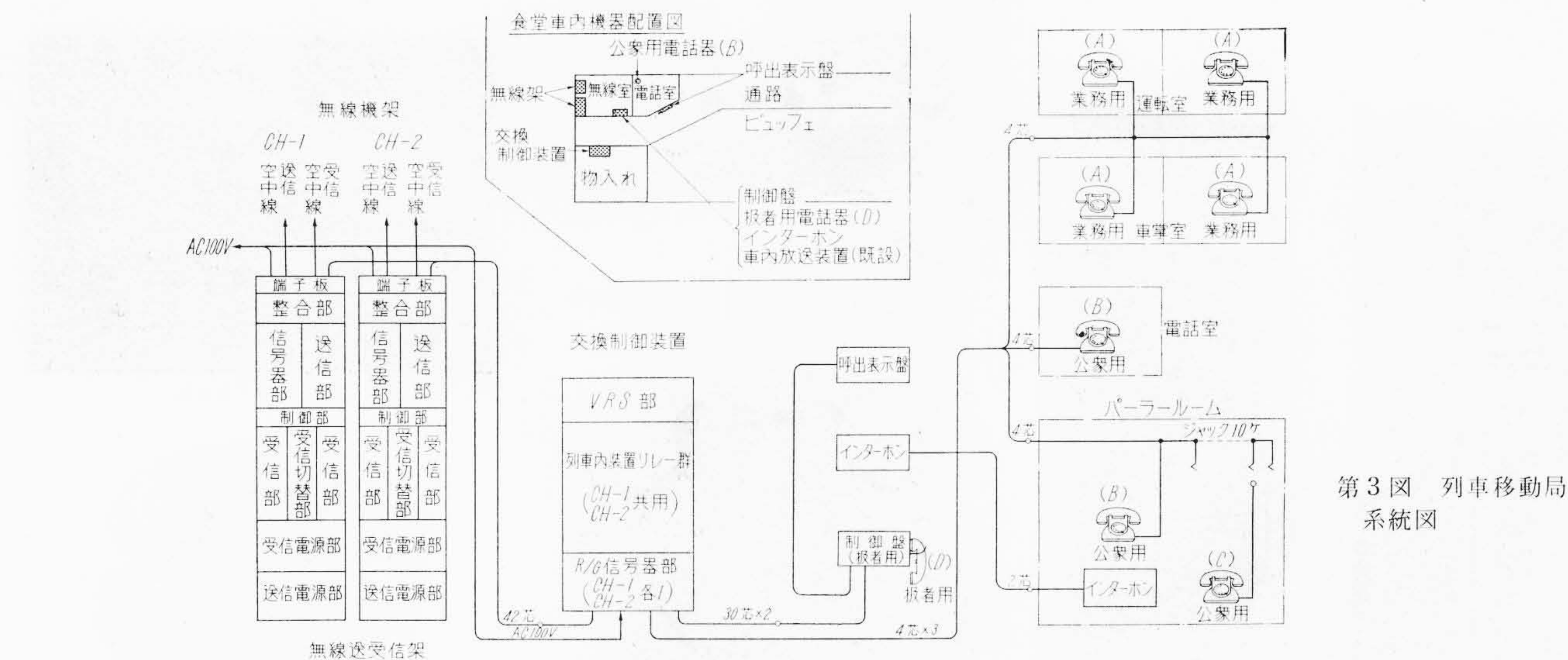
測定車 6月12日 下り 第2つばめ
6月15日 上り 第1つばめ

小ゾーン	距離 (km)	切替地点	通過時間 (秒)	S/N比 30 dB 以上		S/N比 35 dB 以上		記 事
				時間 (秒)	%	時間 (秒)	%	
東京	16	川崎	687	685	99.7	655	95.3	不感地帯はトンネル
戸塚	33	藤沢	1,445	1,446	99.4	1,377	94.6	
真鶴	57	丹那	2,580	2,075	80.4	1,985	76.9	
函南	57	興津	2,235	2,197	98.2	2,131	95.3	
用宗	13	日本坂	965	911	94.4	837	86.7	日本坂, 金谷トンネル
金谷	60	袋井	2,085	1,790	85.9	1,661	79.7	
浜松	39	鷺津	1,530	1,308	85.5	1,254	82.0	
豊橋	42	幸田	1,594	1,544	96.9	1,438	90.2	
岡崎	28	大府	1,186	1,123	94.7	1,028	86.7	関ヶ原付近悪し
名古屋	84	柏原	3,570	3,371	94.4	3,108	87.1	
米原	47	篠原	1,800	1,620	90.0	1,391	77.3	
大津	30	山科	1,313	1,288	98.1	1,270	96.7	
東山	27	高槻	1,334	1,159	86.9	1,136	85.2	トンネルは約5%
大阪	54		1,064	1,064	100	1,061	99.7	
計	587		23,398	21,581	92.2	20,332	86.9	

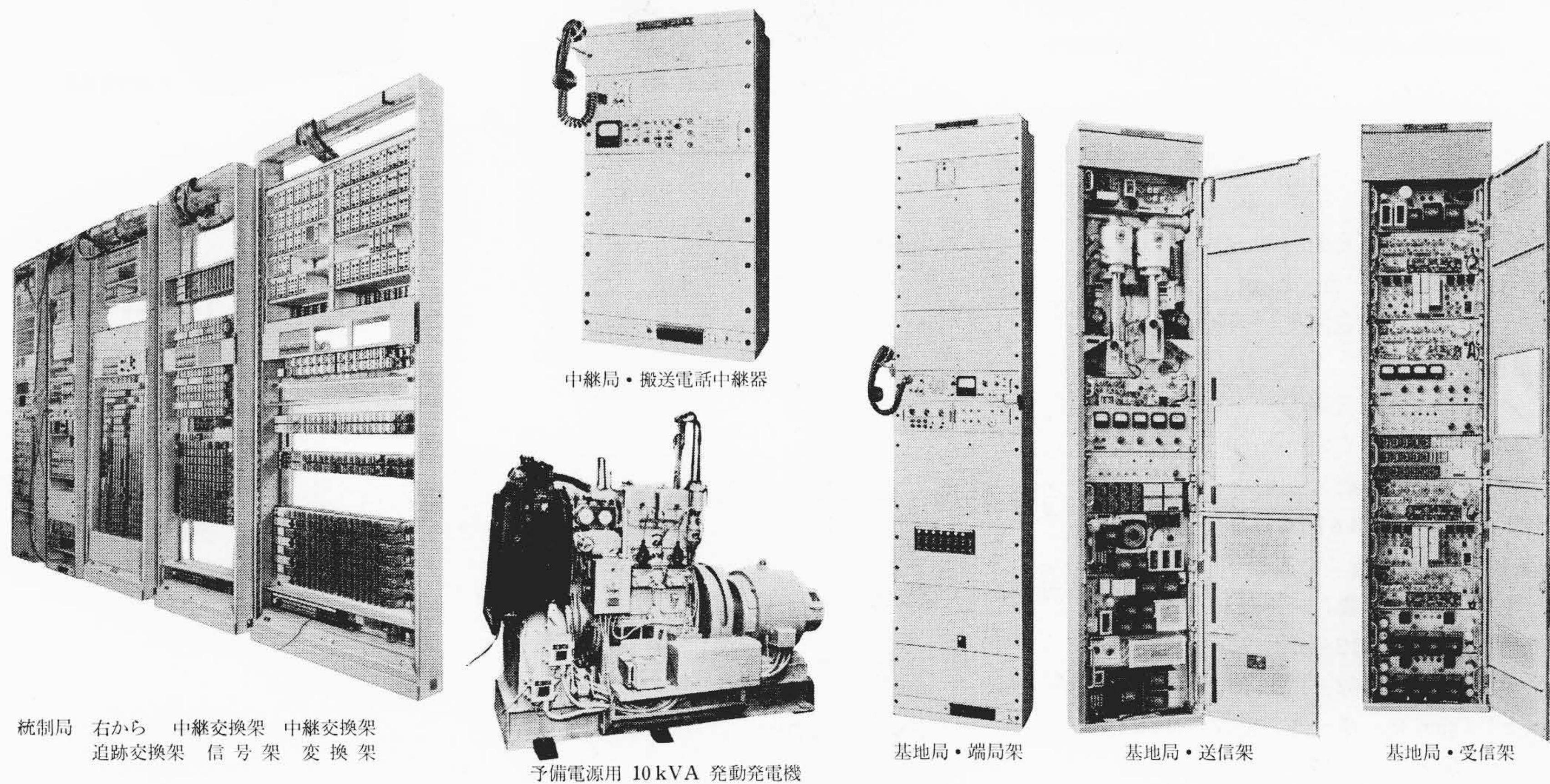
と接続され、基地局 (戸塚, 真鶴, 函南, 用宗, 金谷, 浜松, 豊橋など) においてはアプローチ用搬送端局装置 (端局架) に接続されて、統制局より遠方制御および監視が行える方式となっている。

移動局は交換制御架に接続され、送信の起動, 停止そのほか動作の制御はいっさい交換制御架のリレーグループにより行われる。

基地局の送信架ⅠおよびⅡは、おのこの CH-1 および CH-2 に



第3図 列車移動局系統図



第4図 列車無線地上設備図

使用されるもので、送信架Ⅲは両CHに対する予備送信架となっている。

受信架には、CH-1用2台およびCH-2用2台計4台の受信部が実装されており、各CHとも片側受信部の故障時には通話路は自動的に他の側の受信部へ切替えられる。

送信架においても受信架においても故障時の切替えはすべて自動的に行われる。

移動局においてはCH-1およびCH-2各架に送信部1、受信部2(AおよびB)が実装されており、列車の進行により基地局ゾーンが切替わるときは、受信部AおよびBが交互に動作して回線を構成する。第4図は地上設備、第5図は車上設備および使用状況を示してある。

3.2 電気的性能

3.2.1 送信部

- | | |
|------------|--------------------------------------|
| (1) 周波数範囲 | 基地局 462~462.5 Mc
移動局 412~412.5 Mc |
| (2) 周波数通倍数 | 36 |
| (3) 周波数偏差 | $\pm 5 \times 10^{-6}$ 以内に調節可能 |

- | | |
|---------------|--|
| (4) 送信出力 | 基地局 100W 以上
(出力低減可能約 50 W)
移動局 40W 以上
(出力低減可能約 25 W) |
| (5) 出力インピーダンス | 50Ω |
| (6) 負荷整合 | SWR=1.5 の負荷に対し整合する |
| (7) スプリアス輻射 | 帯域内 -80 dB 以下
帯域外 -60 dB 以下 |
| (8) 最大周波数偏移 | 音声 基地局 ± 7 kc
移動局 ± 5 kc
100%変調 基地局 ± 10.5 kc
移動局 ± 7 kc |
| (9) 変調周波数特性 | 1 kc を基準として
0.3kc -10.5 $\pm$ 3 dB
2kc +6 $\pm$ 2 db
3.6kc +11 $\pm$ 2 db
ただし 20% 変調 |



第5図 列車無線車上設備および使用状況図

(10) ひずみ率

1 kc 20%変調にて-30 dB以下

(11) 残存雑音変調

1 kc 70%変調で -40 dB以下

(12) 変調入力

1 kc 70%変調にて -4 ± 3 dBm(13) 変調入力インピーダンス 600 Ω

(14) 系統図

基地局 第6図 移動局 第7図

3.2.2 受信部

(1) 周波数範囲

基地局 412~412.5 Mc

移動局 462~462.5 Mc

(2) 局発通倍数

第1局発 36

第2局発 6 (第1局発の)

(3) 中間周波数

第2中間周波数 5.25 Mc

第3中間周波数 455 kc

(4) 受信周波数偏差

 $\pm 1 \times 10^{-5}$ 以内

(5) 帯域幅

6 dB 低下で ± 13 kc 以上

(6) 選択度

 ± 25 kc に対して 70 dB 以上(7) 入力インピーダンス 50 Ω

(8) スプリアス感度

-70 dB 以下

(9) 受信感度

20 dB 雑音抑圧の受信入力

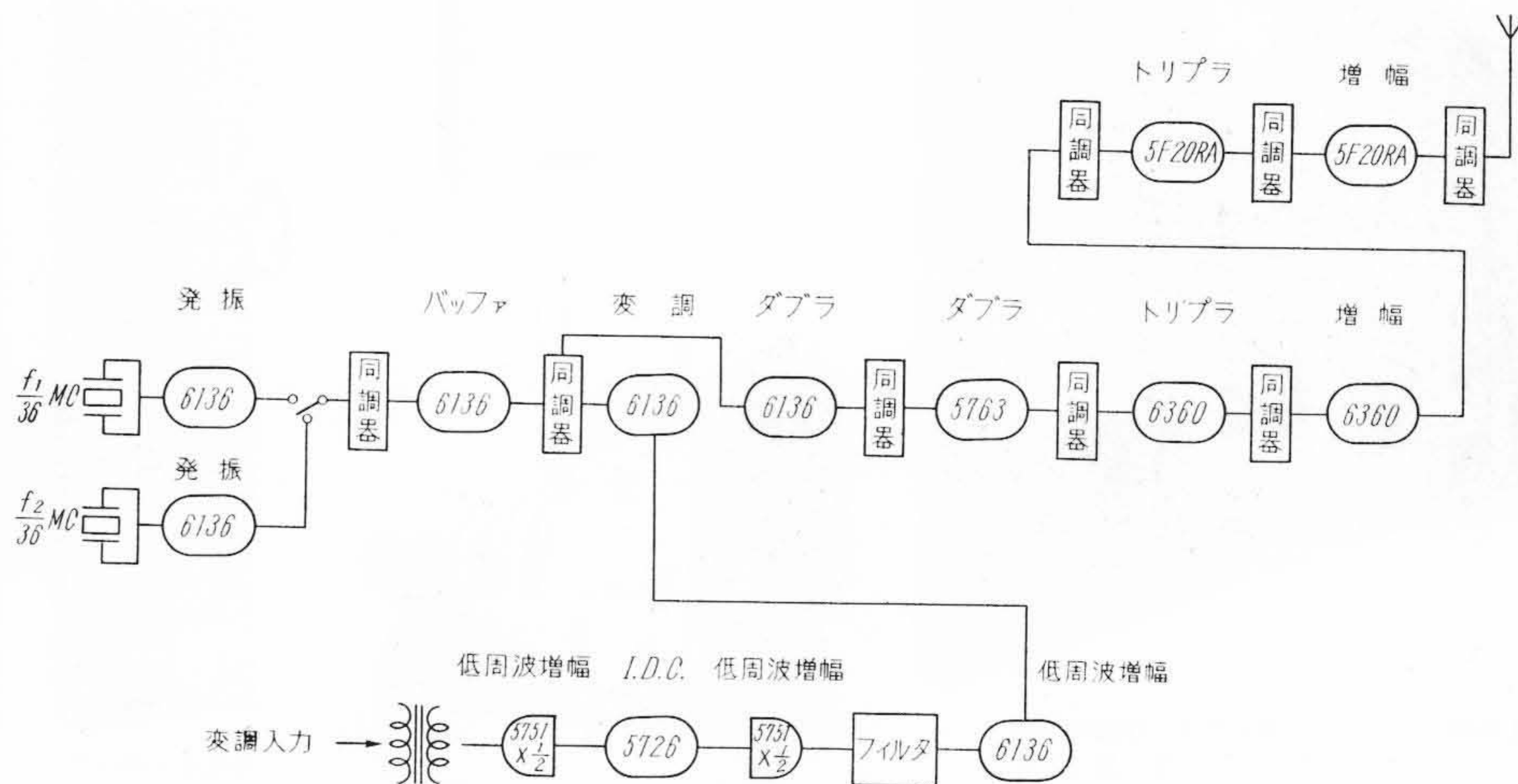
10 dB (μ V) 以下

(10) 相互変調

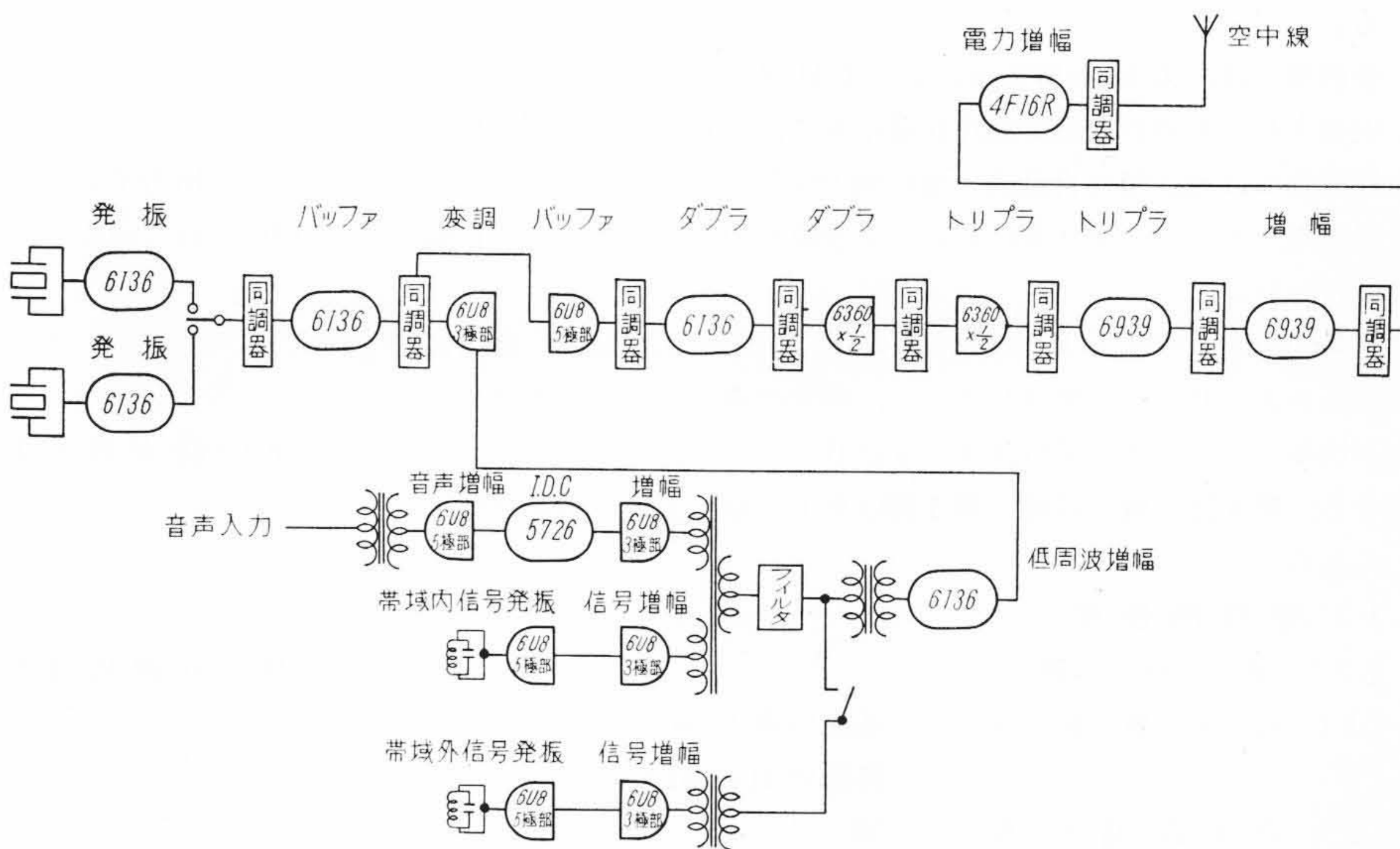
60 dB 以上

(11) 感度低下

77 dB 以上



第6図 基地局送信機系統図



第7図 移動局送信機系統図

- (12) 最大無ひずみ出力
出力インピーダンス 600Ω
で+4 dBm 以上 (10%ひずみ)
- (13) 周波数特性
1 kc を基準として
 $0.3\text{kc} + 10.5 \pm 3\text{dB}$
 $2\text{kc} - 6 \pm 2\text{dB}$
 $3.6\text{kc} - 11 \pm 2\text{dB}$
ただし 20% 変調
- (14) 系 統 図
第 8 図

3.2.3 電源消費

基地局送信架

約 1 kVA (100W 送信時)

受信架

約 0.5 kVA

移動局送受信架

約 0.7 kVA (40 W 送受信時)

3.3 構造

基地局用送信架、受信架は幅 250, 奥行 225, 高さ 2,350 mm の標準架に組み込まれて、各パネルはプラグイン構造である。移動局用 CH-1, CH-2 の 2 架はとびらの開閉方向が異なる以外はまったく同じ構造構成となっている。

4. 方式の特長

4.1 信号方式

列車無線においては信号方式を適正に選ぶことが総合動作上きわめて重要なことである。

無線信号方式は大別するとパルス

方式とトーン方式の 2 種類があり、おのおの利害得失を有しているが、一般的に移動無線においてはトーン方式のほうが動作確実で有利であるといえる。

日本でも、近時 Vibration Reed の国産が可能となるにおよび、郵政省電波監理局においても Vibration Reed を使うトーン方式の使用をタクシー無線用あるいは広報用、サービス業務用無線などの選択呼出装置に推奨している。

Vibration Reed はその急しゅんな選択特性から通話 S/N 比 0dB 付近の雑音においても信号を検出することができるので移動無線用として最適であるといえる。

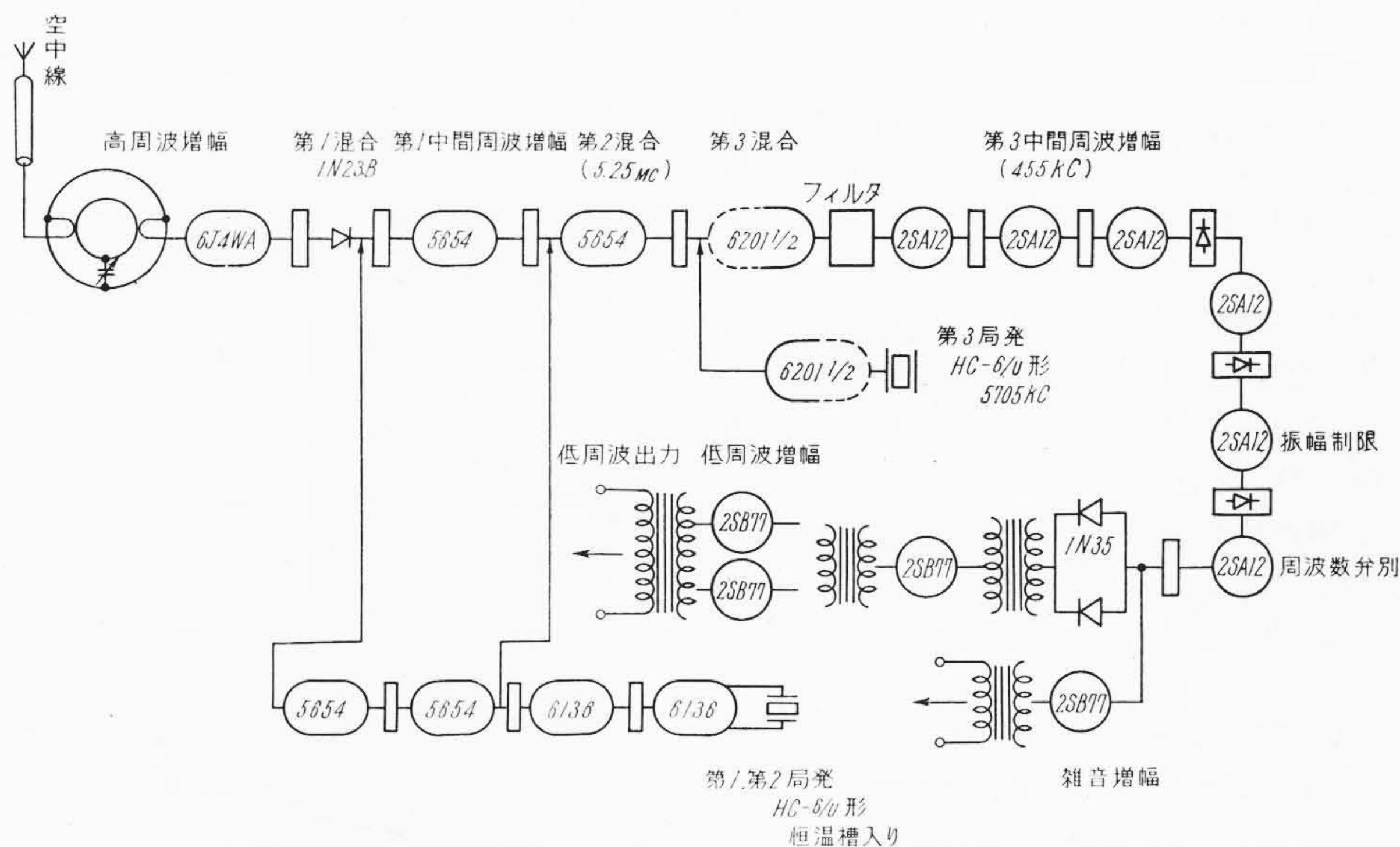
第 9 図にその選択特性の一例を示す。今回の列車無線においても移動局用信号受信回路には Vibration Reed を使用し、二周波同時受信後リレー回路においてチェック回路を付して動作の確実性を保証してあるので無線受信機のセットノイズあるいは外来雑音に対しても誤動作無く良好に動作している。

4.2 基地局スケルチ方式

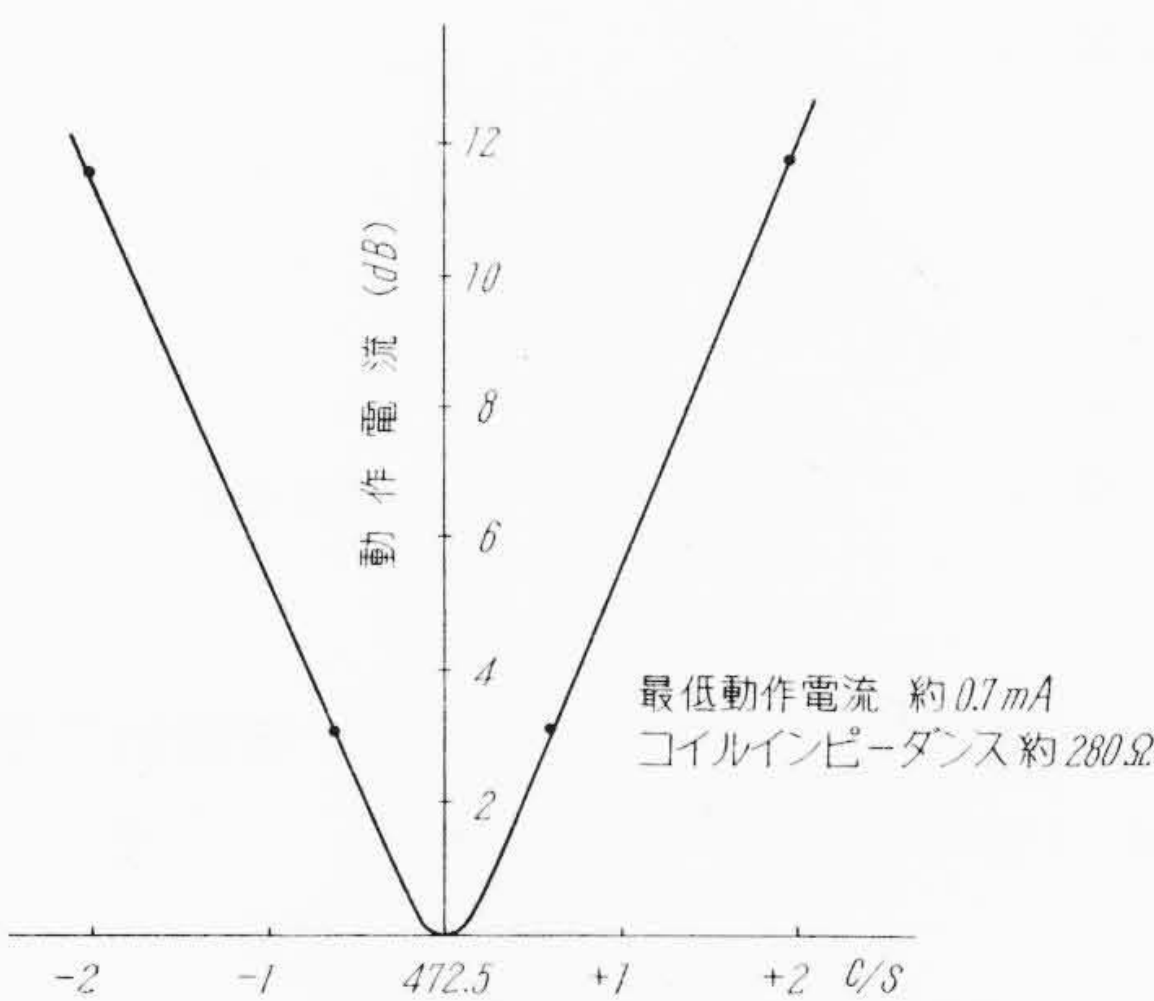
FM 無線機に使用されるスケルチ回路は一般に次の三通りある。

- (1) ディスクリミネータ出力の FM 性雑音を利用するもの
- (2) リミッタ段の AM 性雑音を利用するもの
- (3) ディスクリミネータ出力の雑音と中間周波段グリッドの直流負電位を差動的に使用するもの

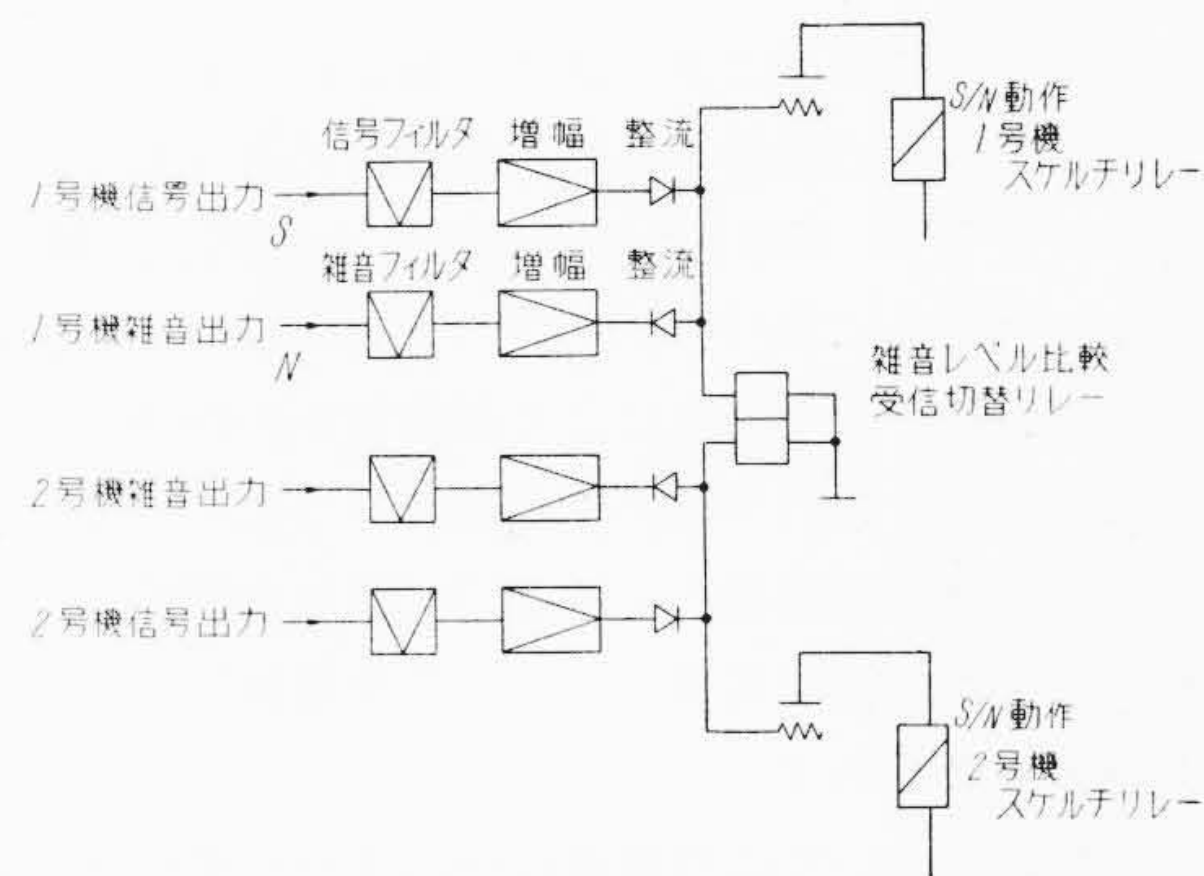
そのいずれも微弱受信入力においては受信機の雑音抑圧特性を利



第 8 図 受信機系統図



第 9 図 リードセレクトア選択度特性例



第 10 図 基地局受信切替およびスケルチ回路ブロックダイヤグラム

用しているため外来雑音による瞬間誤動作はさげられない。

列車無線基地局においてスケルチが誤動作すると雑音を統制局信号器に送り、基地指定信号 f (SD) (信号の説明は別項「列車無線電話用交換制御方式」の部に述べられる) あるいは加入者監視信号 f (SV) の誤動作をまねき呼出および追跡交換動作を妨害することになる。

この誤動作を防止するため第 10 図に示すとおり移動局発信の f (SD) 信号の S と雑音 N を差動的に動作させて所定の S/N 比において急しゅんにスケルチを開く回路としてある。すなわち、外部雑音による N レベルの変動があってもスケルチが誤動作しない回路方式を採用してある。

4.3 空中線

基地局用空中線は軌道に沿わせた輻射特性をもたせて送信機出力を最も有効に使用することを考慮した。

輻射特性は軌道の曲りおよび電波の伝ぱん状況を調査した上で第 11 図に示すように東京局は一方向性 8 素子八木空中線、戸塚、金谷、浜松局は 2 方向性 10 素子八木空中線、真鶴局は 3 方向性 13 素子八木空中線、用宗、函南局は一方向性 5 素子八木空中線とし、八木空中線の組合わせにより指向性を軌道に合わせて配置した。

また、電界強度を希望する値に設定するため異電力分配器を利用して希望の割合に電力の分配を行っている。

たとえば戸塚局においては送信機の出力を東京方向には 70%、藤

沢方向には30%というように希望の分配率で電力分配を行っている。

代表的な空中線系の一例として真鶴局の概略を述べる。空中線系統は第12図のとおり構成し、3本の空中線の総合指向特性は第13図のように希望の形としている。

電力の分配率は大船方向5，真鶴方向3，熱海方向2割合で行ってあるが分配器は分布定数回路の整合トランスのインピーダンスを選ぶことにより分配率を所定の比に決めている。

空中線の受信電力は受信機2台に各逆位相で損失少なく供給されることになる。

移動用空中線は列車の天蓋に装備するに適した環状スロットアンテナを使用した。

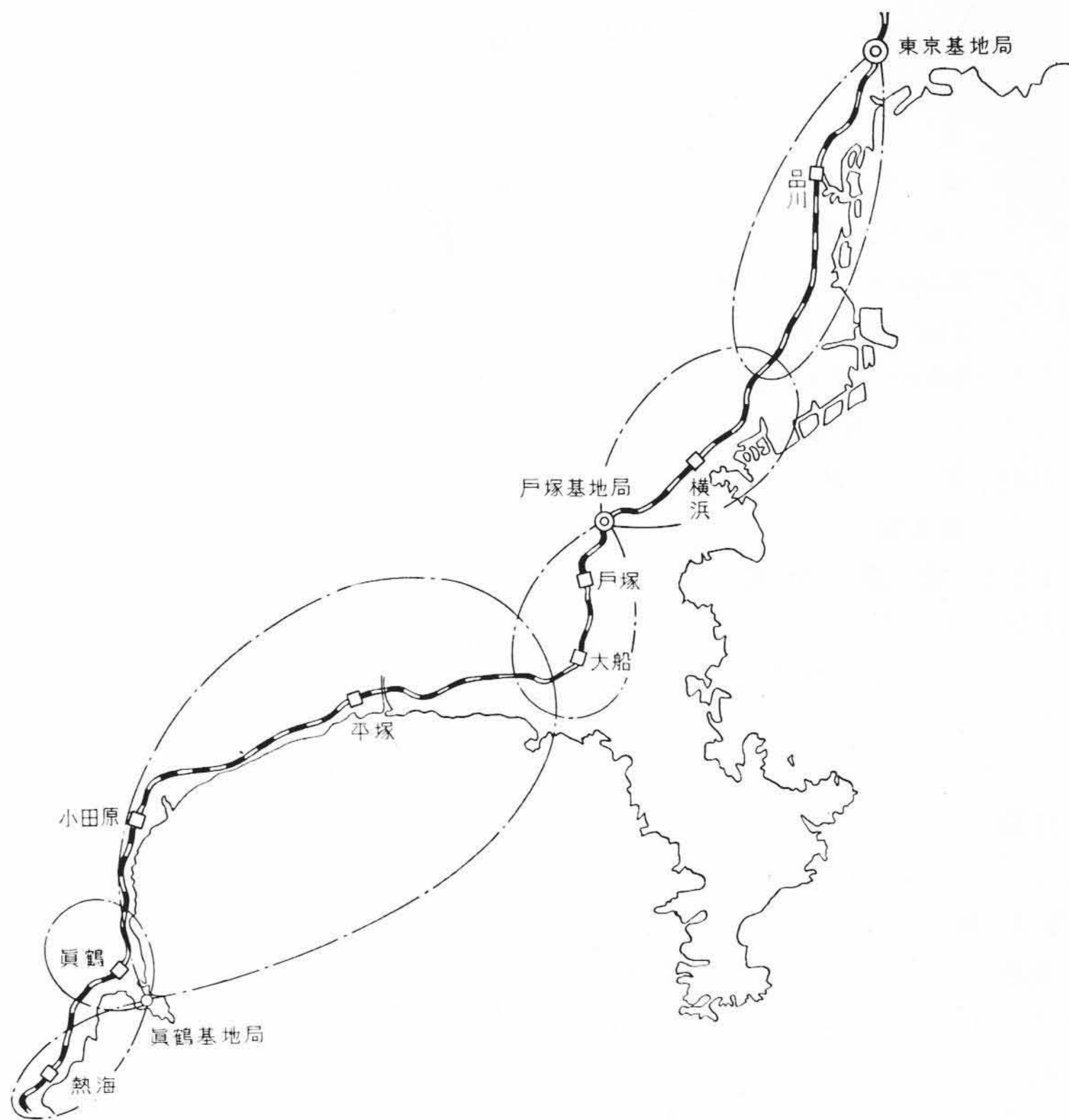
4.4 移動局ゾーン切替え方式

移動局におけるゾーン切替えは基地局における受信切替回路と同じく受信機出力の雑音電力比較を行い、雑音の少ない側の受信機に回線を接続させる。

この雑音増幅器の特性は入力対出力が直線的な一般の増幅器(第14図Aの特性)では切替えレベル差は第14図Cの曲線のように受信入力低下とともにレベル差が少なくなり、特性がはさみ状に圧縮されて動作上好ましくない。このため雑音増幅器の最終段に可変相互コンダクタンス管5749(6BA6高信頼管)を使用し、第14図aの曲線のようにS/N低下すなわち5749の入力振幅の増大に伴い格子側の整流による偏倚電圧の作用により g_m の低下傾向を強め一種の圧縮特性を与えている。

この特性の増幅器により第14図b曲線のように切替範囲全般にわたりほぼ一様な切替えレベル差を確保している。第15図はその実測データを示す。

移動局においては列車進行中に2台の受信機(Aゾーン用およびBゾーン用)が動作してその雑音出力レベルを比較して自動的にS/N良好な側のゾーンに切替わり、同時に基地局指定信号を切替えて統制局へゾーンの切替ったことを表示して追跡交換を行う方式となっている。



第11図 列車無線東京ゾーン基地局空中線指向特性計画図

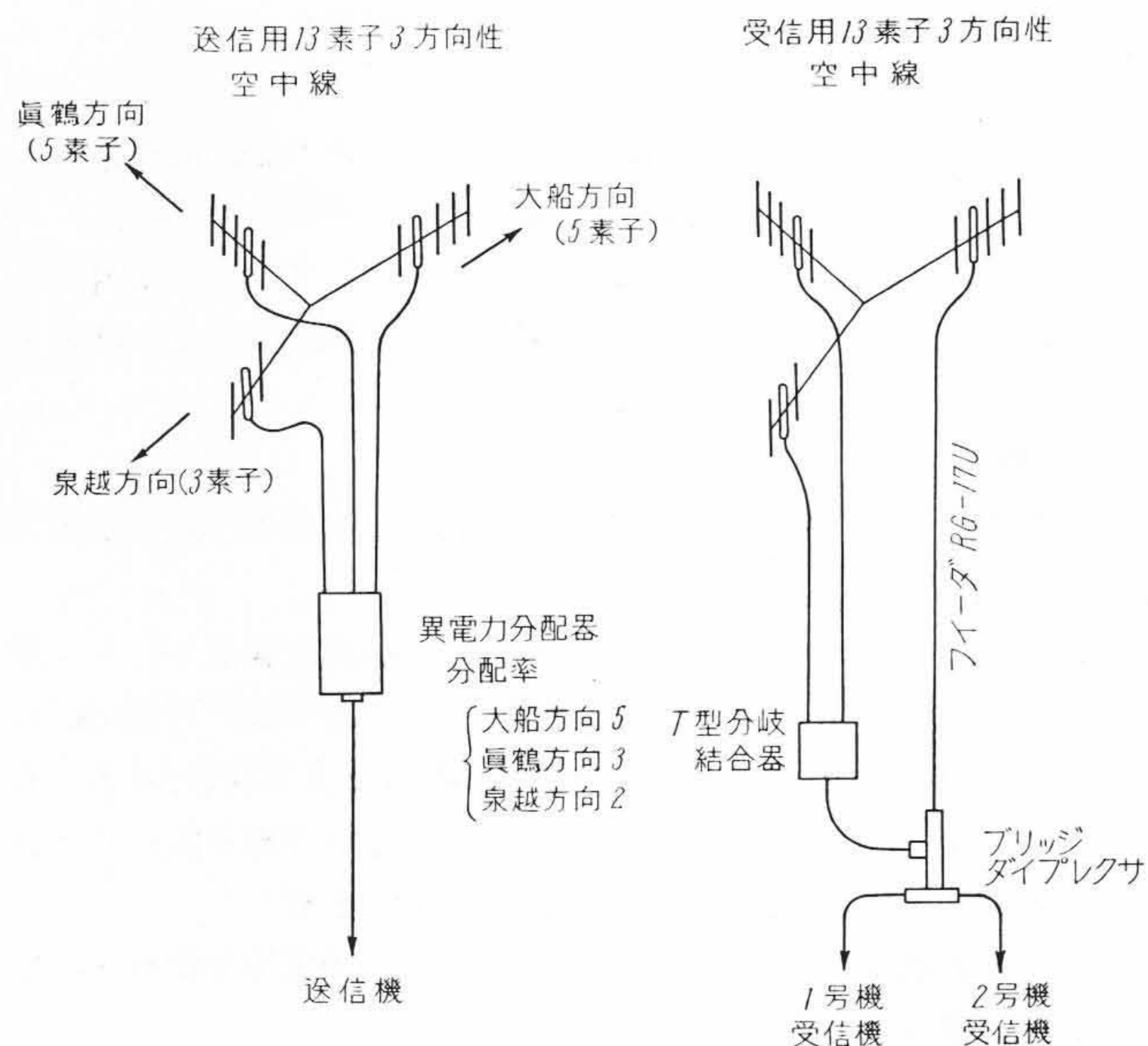
5. 技術的問題点および今後の研究課題

5.1 雑音

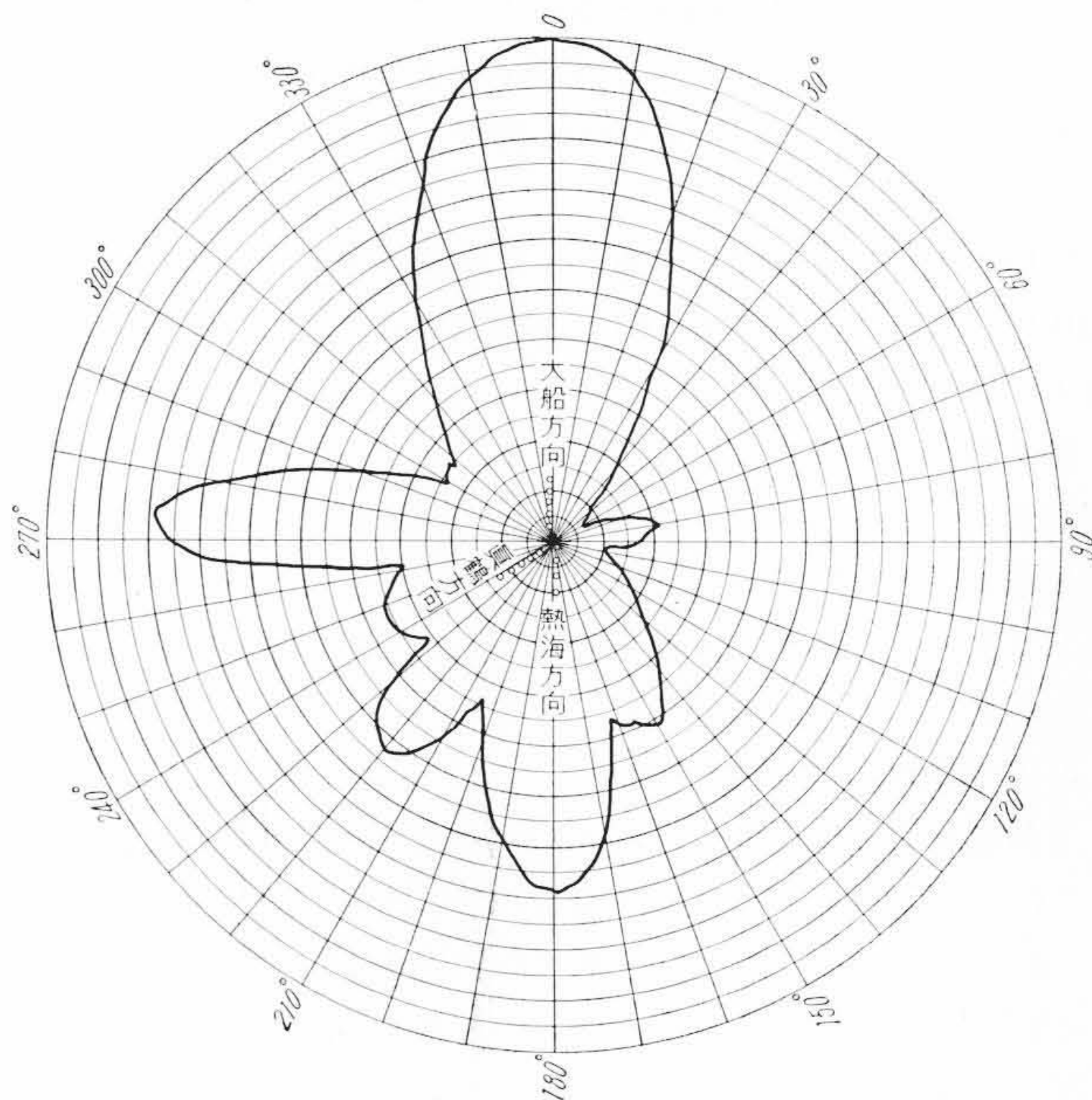
交換動作に妨害を与える雑音には一般的なもの、列車無線特有のものがある。

(1) 電界の定在波

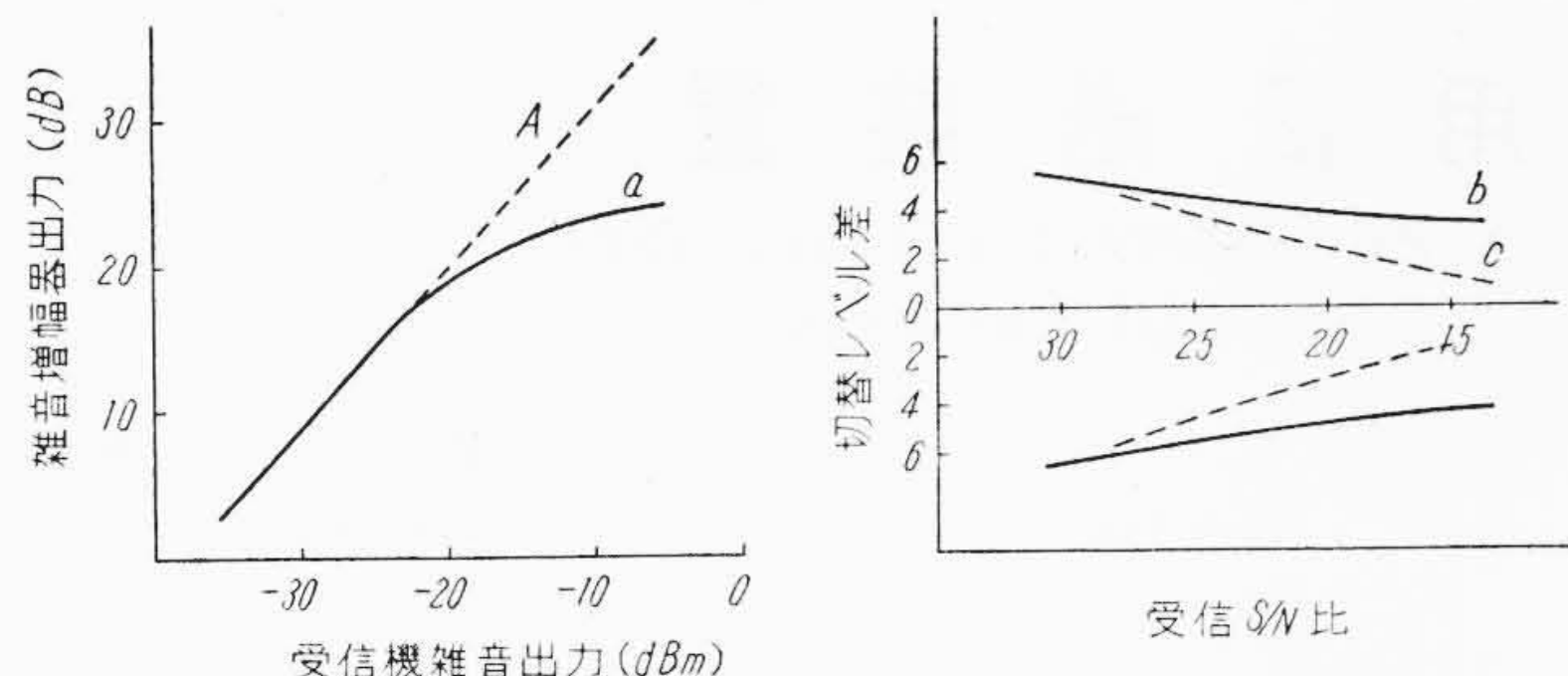
電界の地域的定在波が15~20 dBあり、その中を列車が走行するため電波の瞬断の形となり、5~10 ms 幅のパルス性雑音が低周波出力に現われる。当然のことながらこの現象は弱電界地区で最もはげしい。



第12図 真鶴基地局空中線系統図



第13図 真鶴局複合空中線指向特性



第14図 受信切替雑音増幅器特性説明図

(2) 受信機のセットノイズ

基地局スケルチは微弱入力で動作するが、スケルチ最低動作点付近の弱電界においては受信機セットノイズのため信号器が誤動作する。基地局スケルチの感度を下げることはゾーン切替え動作上および Over Reach 障害上からの制限がある。

(3) 列車走行による雑音

現象としては列車のスピードが大きいとき、ほかの列車とすれちがうとき、列車がブレーキをかけているときなどにみられる雑音で電気機器より発するもの、あるいは電界中を導体(列車)が横切るため、あるいはトロリー線、柱などが原因とみられる。後者の原因については Stay Noise として外国の文献にもみられる⁽¹⁾⁽²⁾。これら特に Standing Wave による急しゅんな電界の微細変動のためこの中を高速で疾走することにより、弱電界地区走行中に受信機セットノイズレベルに近いパルス性雑音が現われる。

(4) Over Reach

後述する Over Reach の問題も擬似的雑音として交換接続動作を妨害する。

以上の各種雑音に対する対策は無線回線に対しては適当な手段がなく、主として信号系、交換系の改善に重点を置いた。すなわち f (S D) 信号回路をパルス性雑音に対して強くするとともに、交換動作シーケンスを変更するなどの対策をとっている。

5.2 今後の課題

列車無線方式の回線の質を向上させるため、将来とも考えなければならない研究課題の二、三につき述べる。

5.2.1 弱電界対策

前述したとおり現在なお弱電界で交換接続率の低い地域が残されている。

列車無線置局計画として Active Network の増設により電界強度を増すことは後述する Over Reach の問題および経済的見地から好ましくない。

したがって局地的に認められる弱電界地域に対しては経済的にも引合う方法による補強を必要とする。

たとえば反射板を使い局部的に電界強度を上げるなどの方法が考えられる。

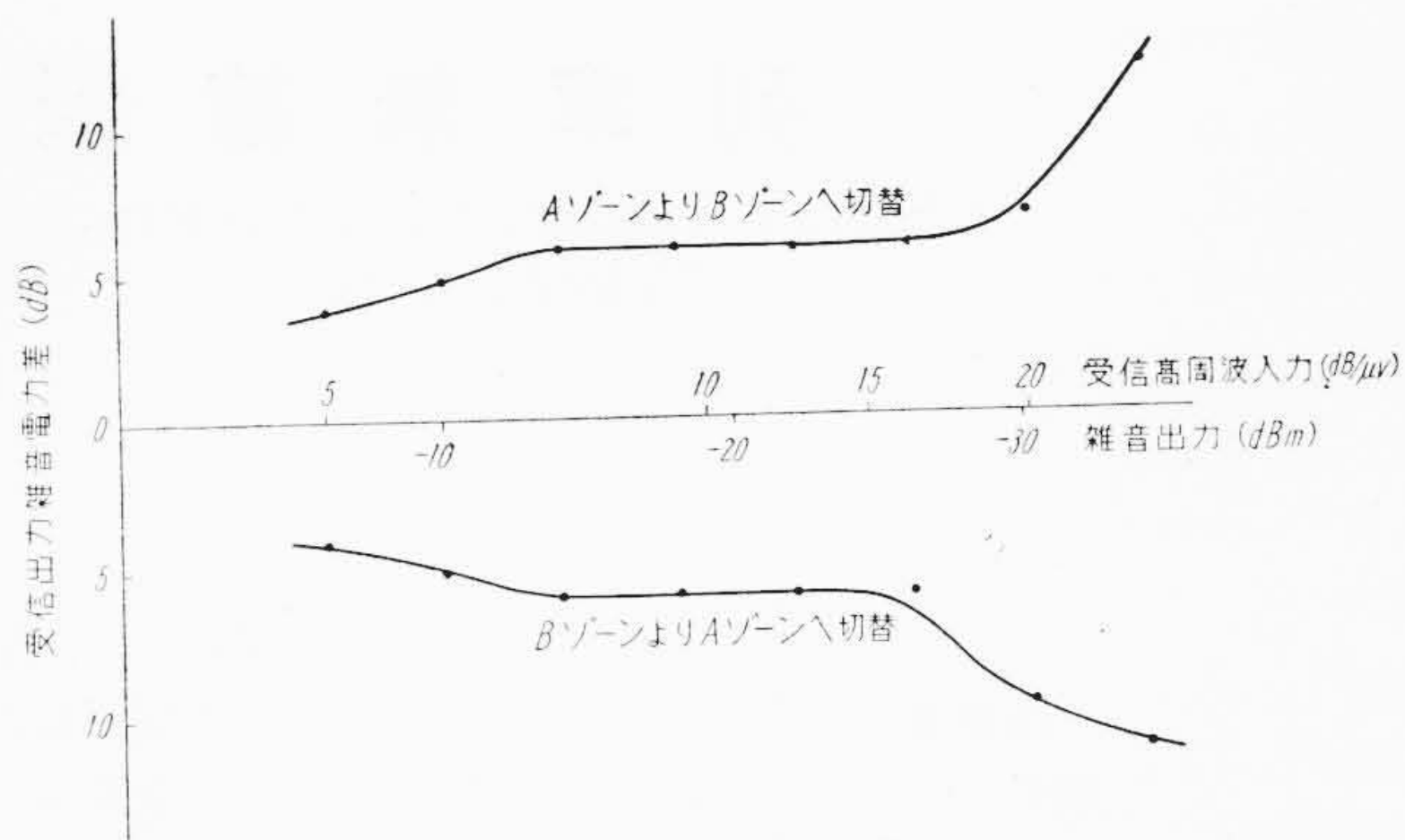
また電界の定在波による雑音、列車走行に起因する雑音に対しては、たとえば Space Diversity 方式による対策、列車側アンテナ方式による対策が考えられる。

5.2.2 トンネル対策

トンネル内は現在不感地域としてあるが、平行二線または同軸線方式などを使用し、UHF によりトンネル内伝ぱんを行う方法が検討されている。

5.2.3 移動局 AB ゾーン切替え

第 4.4 項のように移動局は 2 台の受信機の雑音出力の比較を行



第15図 移動局ABゾーン切替動作特性

い、ゾーンの切替えを行っているが、ある地域においては電界強度のほぼ等しい地域が広範囲におよび、かつ地域的定在波も大きいので AB ゾーン切替えがしばしば行われる場所がある。現在切替えレベル差 3 dB、切替え所要時間 2 秒以上に調定してあるが、これよりも切替えレベル差を大きく調整すると、S/N が悪くなくてもゾーンを保留するという不都合が現われてくる。ゾーン切替え方式についてはさらに研究中である。

5.2.4 Over Reach 対策

小ゾーンを一つ飛越して移動局からの発信電波が着信されると交換不接続となる。この対策も信号器、交換機を含めて技術的見通しが立ちつつある。

6. 結 言

以上述べたとおり東海道線列車無線は過去に外国には二、三の例はみられるが、わが国においては最初のもので、その規模および特殊性においてまったく世界で例を見ない新規に開発された方式であり、移動無線の電話交換技術として通信方式に一つのエポックを提供しうることができたものと考えられる。現用している特急電車に設備したため、その現地試験は難渋をきわめたが、今回得られた貴重な資料はさらに将来の移動無線に対する方式設計技術の基礎となることと信ずる。

終りに臨んで、今回の列車無線開発に種々ご指導いただいた郵政省電波監理局、電電公社、日本国有鉄道、日立製作所ならびに国際電気株式会社の関係各位に厚く感謝の意を表する。

参 考 文 献

- (1) Untersuchungen Zum Betriebsgugfunk: Telefunken Zeit (Aug. 1952)
- (2) Experimental Radio Telephone Service for Train Passengers I. R. E. (Aug. 1951)
- (3) A Test of 450 Mc Urban Area Transmission to a Mobile Receiver, I. R. E. (Nov. 1950)
- (4) W. Rar Young: Comparison of Mobile Radio Transmission at 150, 450, 900 and 3,700 Mc, BSTJ No. 6 (Nov. 1952)
- (5) Vehicle Radio Telephone becomes a Bell System Practice, B. L. R. (April 1947)
- (6) Switching Methodes for VHF Networks, I. R. E. (Dec. 1951)
- (7) 今西, 太田: 日立評論 37, No. 2 (昭 30-2)
- (8) 佐藤ほか: 日立評論 36, No. 10 (昭 29-10)