

が払われている。

またもう一つの特長としては、トンネル内の通話を可能ならしめるため、トンネル用無線電話中継機（以下ブースタと呼ぶ）を含む導波線による誘導放射方式を採用して、全線の完全通話を図った点があげられる。これもまた新技術であるので実用化には長年の研究が必要であった。

新幹線列車無線電話システムは、無線、交換、搬送の通信総合技術により確立されたシステムであり、その規模の大きさ、独創性は移動無線電話システムとして画期的なものであると言える。

2. 概 要

2.1 総合システム

本システムは、運転指令専用の運転指令回線と、一般乗客用公衆電話サービスならびに列車乗務員の業務電話サービスに使用される業務公衆電話回線（以下サービス回線と呼ぶ）によって構成される。

運転指令回線は、列車運転乗務員と東京統制局内の運転指令室との間の通話回線であり、平常運転時の連絡に用いられるが、緊急時には列車側からの非常呼ならびに指令室側からの一斉指令も可能である。

サービス回線の構成は、国鉄業務通信においては東京、静岡、名古屋、大阪の4統制局を取扱交換所としてあり、一般公衆通信においては、電電公社の取り扱いに合わせて東京、名古屋、大阪の3統制局を中心とし、静岡の交換扱い通話は東京を中継する設計となっている。

総合システムの概要を第1図に示す。

2.2 回線構成

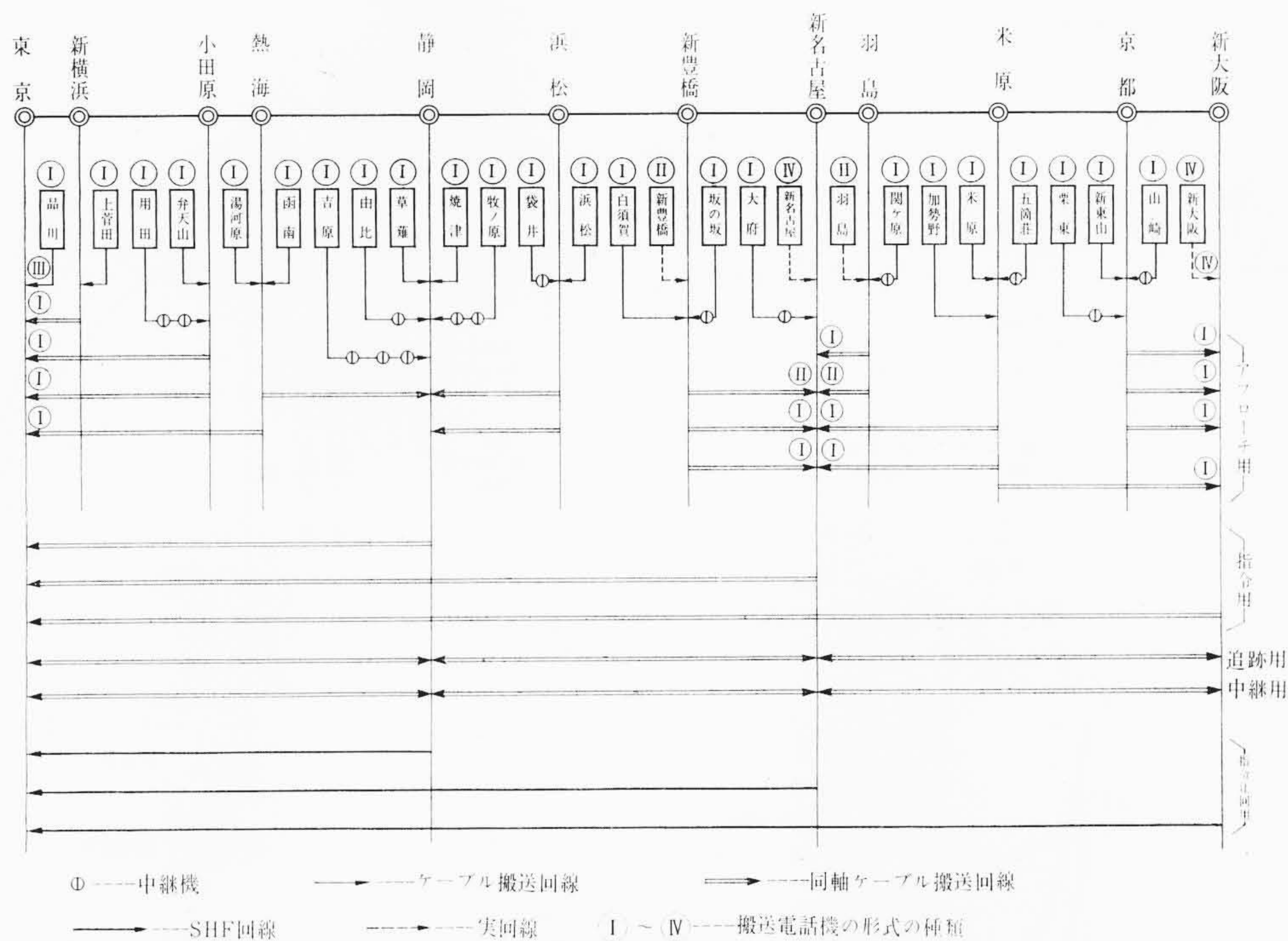
列車移動局と統制局間ならびに統制局相互間の回線はそれぞれ次のとおり構成される。

- | | |
|----------------------------|-------------------------|
| (1) 移動局—基地局間 | 400 Mc/s 帯 PM 方式無線回線 |
| | 基地局→移動局方向 8 通話路多重波 1 波 |
| | 移動局→基地局方向 単一波 8 波 |
| (2) 基地局—変換局間
(基地局—統制局間) | 群別 2 線式ケーブル搬送回線 |
| | 9 通話路多重 (うち 1 通話路はリモコン) |
| (3) 変換局—統制局間
統制局—統制局間 | 細心同軸ケーブル回線 |

移動局—基地局間の無線回線としては、予想される通話量の大きさから運転指令回線 2、サービス回線 6、計 8 回線が必要であるが、この無線回線の構成は、電波の有効利用および経済的理由から基地局電波に 400 Mc/s 帯 PM 方式無線多重電波を採用した。基地局の配置は弱電界区間の絶滅を図るためおよびきめの細かい閉そくを行ない通話量を上げるために、新幹線沿線に 27 局を配置した。

基地局—変換局間のアプローチ回線は、細心同軸ケーブルに介在する心線を線路として利用したケーブル搬送により構成してある。

変換局—統制局および統制局—統制局間の伝送線路としては、鉄



第2図 地上回線網構成図

道線路に平行して埋設された細心同軸ケーブルによる超多重回線の通話路の一部が利用された。全線の地上回線網構成は第2図に示すとおりである。

2.3 通話路数

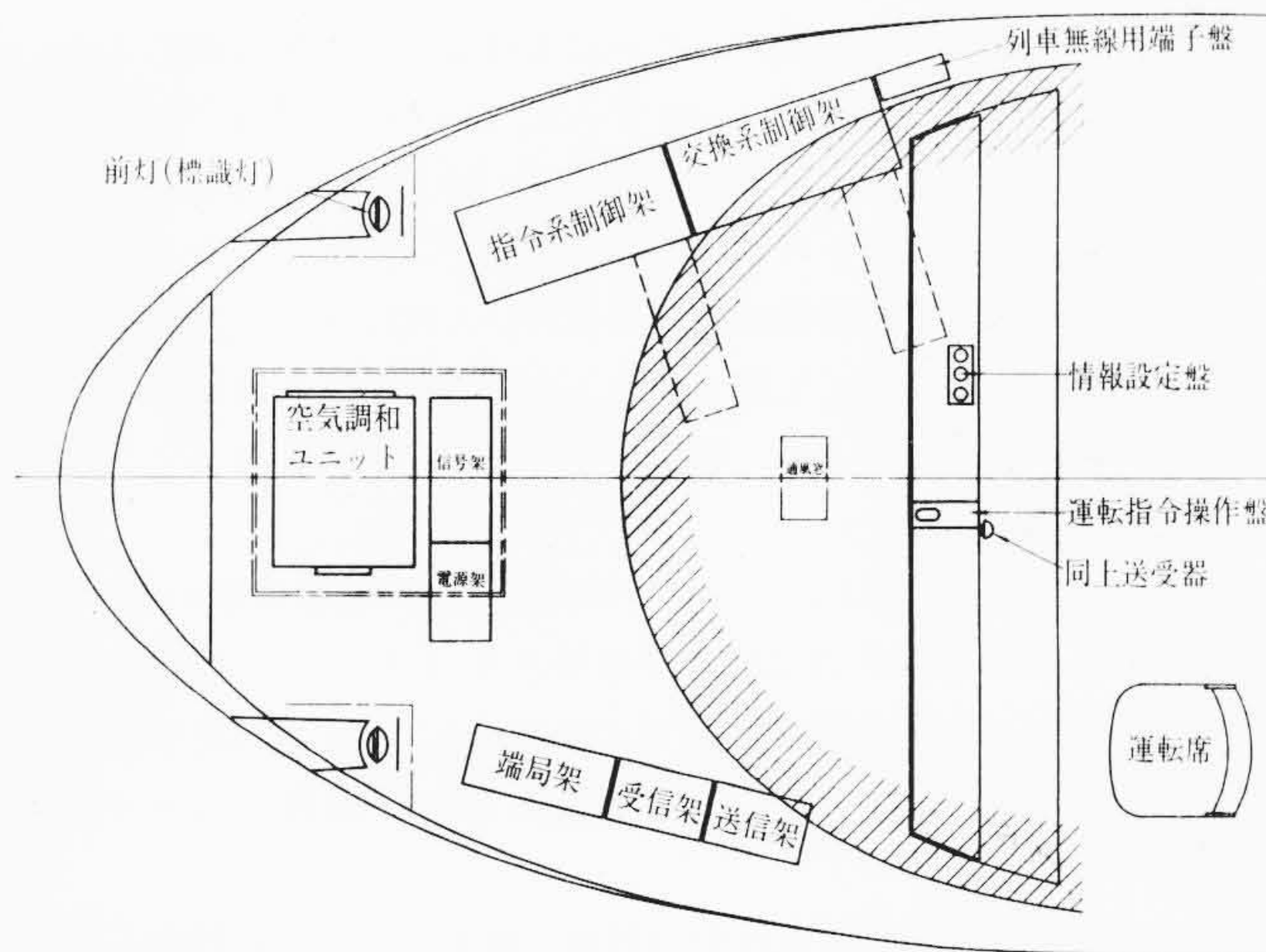
統制局よりの基地局対応の通話路数は 8 CH であり、そのうち 2 CH を運転指令通話専用とし、6 CH をサービス回線用として使用している。

運転指令回線の 2 CH は常時はそれぞれ上り下り専用として使用するが、緊急時はいずれの通話路よりも発信可能としてある。サービス回線はどの旅客列車も使用可能であるが、1 列車からの同時使用可能通話路数は最大 2 CH と限定し、移動局設備の簡易化を図っている。

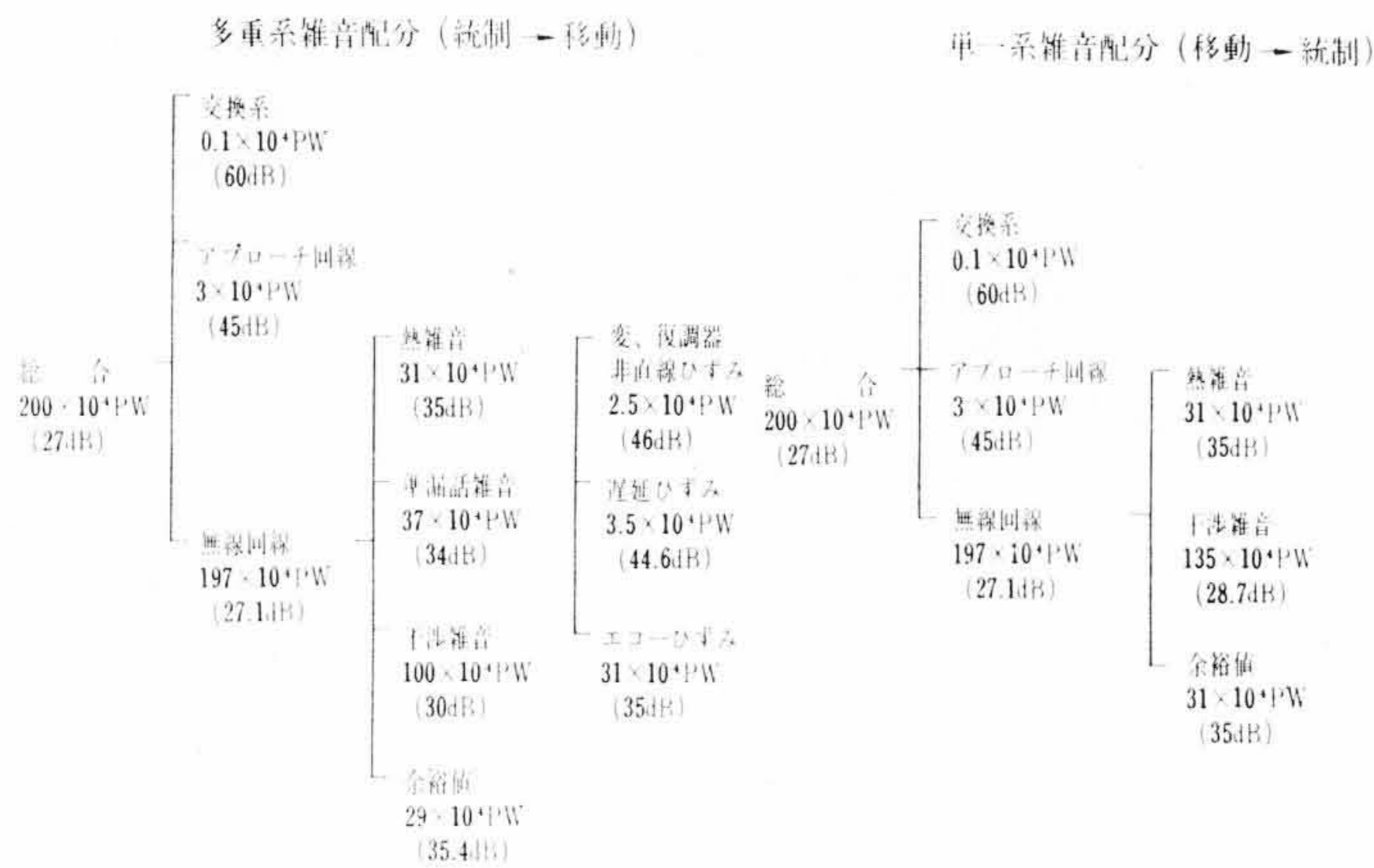
2.4 移動局設備

移動局設備は運転席前部のボンネット内に収容実装されている。したがって機器は小形化しており、第3図に示すように配置されている。

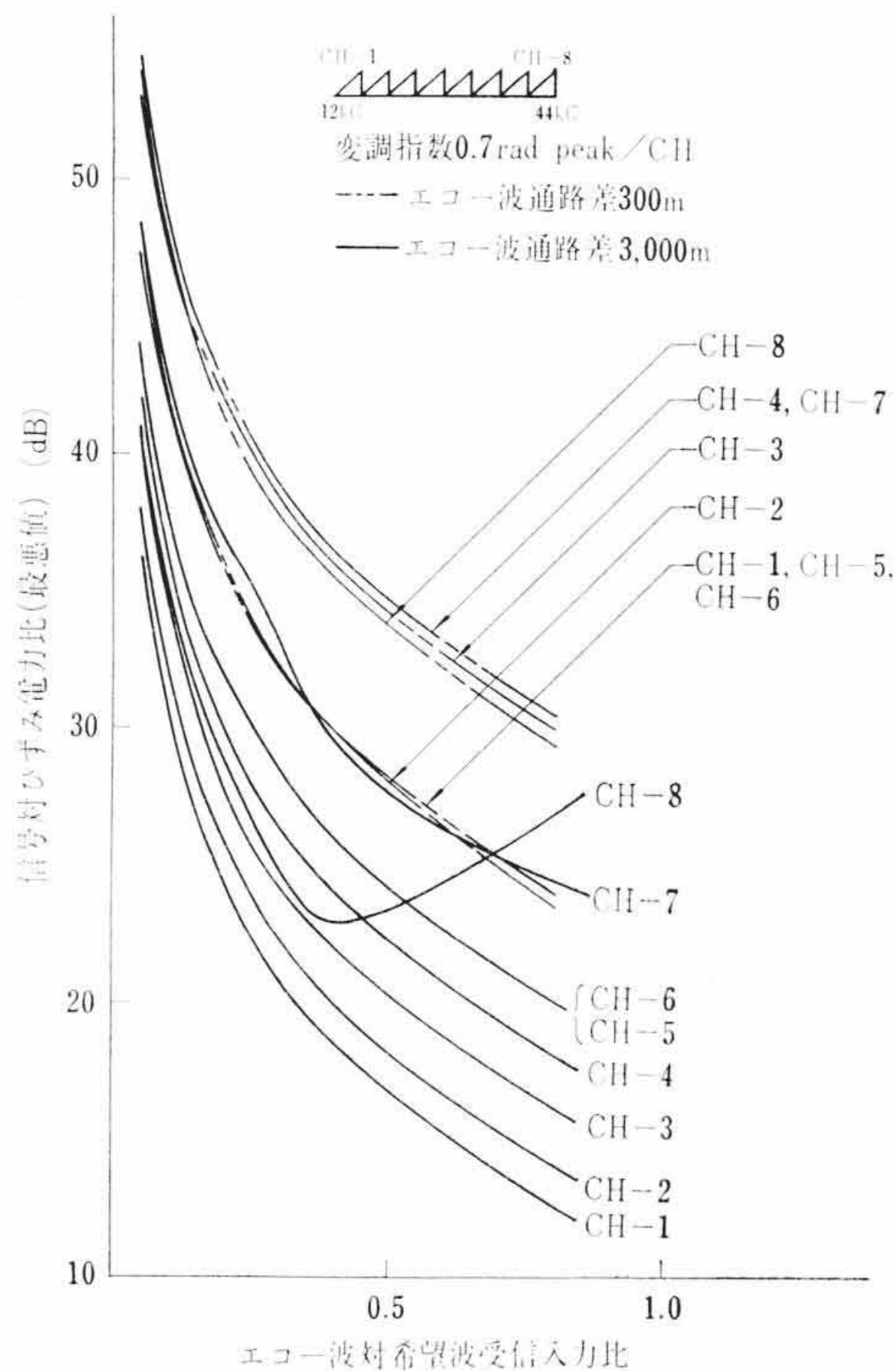
なお空中線には指向空中線を採用、その指向切替ならびに多重系



第3図 移動局機器配置図



第4図 雑音配分



第5図 エコーによる多重受信機準漏話雑音 (計算値)

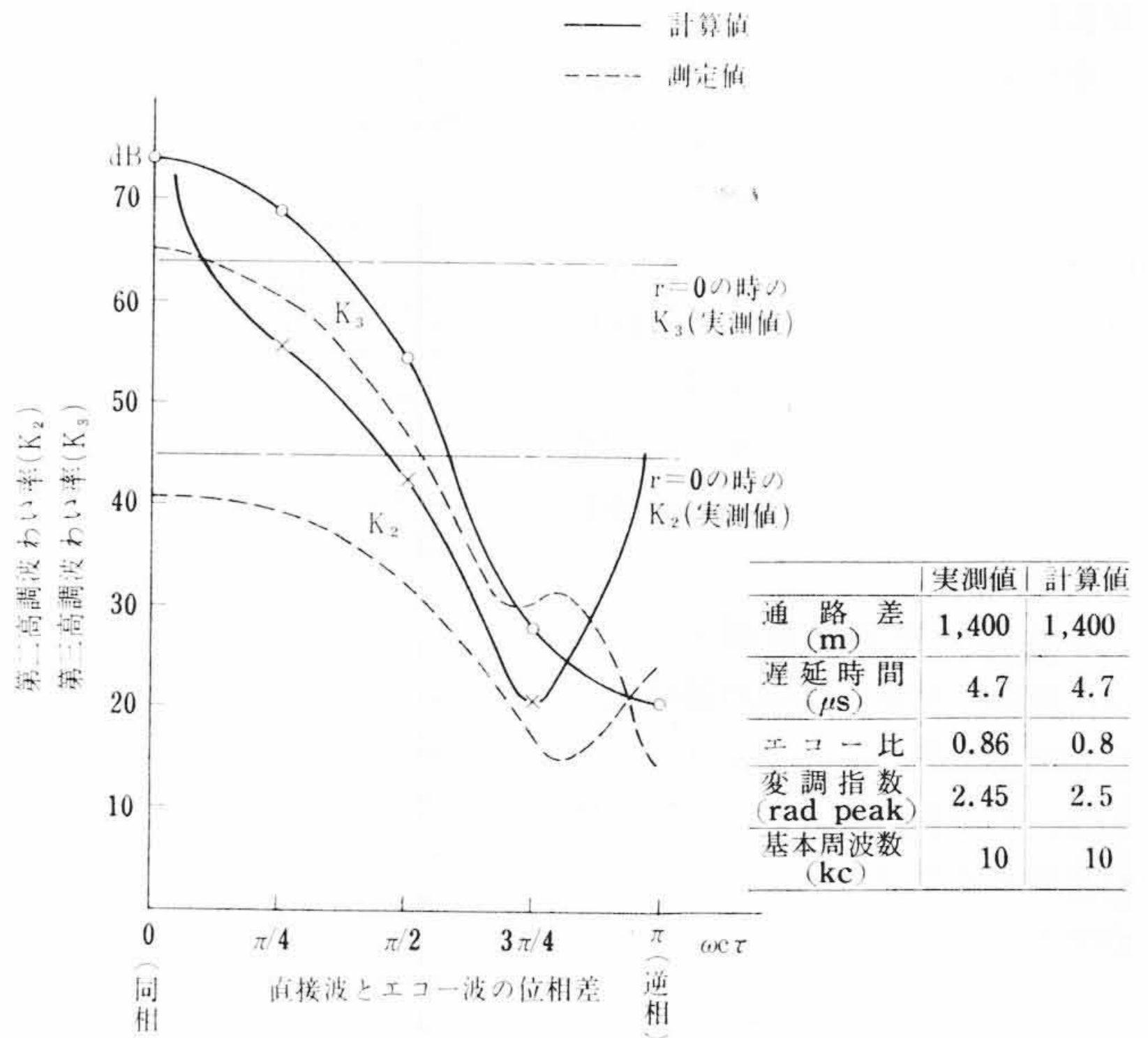
受信電波の切替は、軌道間に設置された地上子 (アイデントラ) による強制切替方式を用いた。

2.5 品質

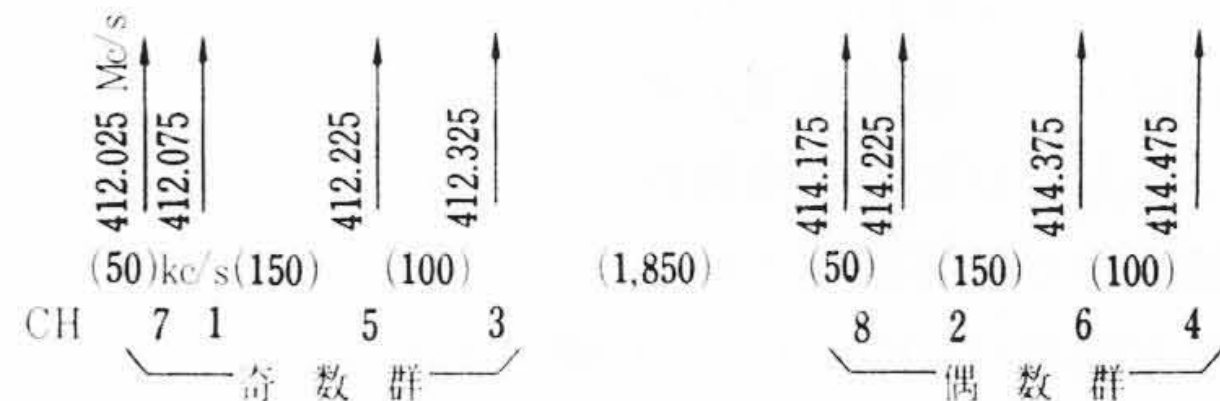
新幹線列車無線電話システムにおける雑音配分は第4図による。このうち特に問題となるエコーひずみについては、計算では第5図のようにエコーひずみによる準漏話はきわめて大きくなるが、走行試験、室内実験によりその程度を確認したところによると、走行中のエコーひずみによる準漏話雑音発生のひん度はきわめて少なく、また室内実験で確認しても第6図のようにきわめて短時間のパルス性雑音が観測されるのみで、通話品質を極度に低下させることはないという結論に達した。

全線の地域率 50% 以上において移動局受信の電界強度が 50dB μ /m 以上であれば通話 S/N 27 dB が確保され、したがって地域率 90% 以上では S/N 20 dB が確保できるであろう。S/N 20 dB ではコンパンダによる改善を加えれば S/N 35 dB 以上の品質となり十分実用性ありといえる。

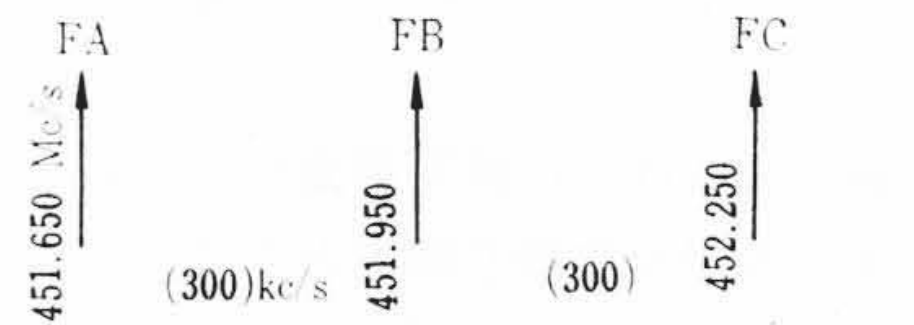
接続率は正常状態では走行中の列車と地上間で交互に呼出しを行ない、平均 99% を目標と考えている。



第6図 移動時におけるわい率の変化 (室内実験値)



第7図 移動局より基地局向の電波配置



第8図 基地局より移動局向けの電波配置

3. 方式設計

3.1 電波割当

移動局送信は 1CH 用電波 8 波を使用し、通話時のみ発射される方式となっている。周波数配置は第7図に示すとおりで、ブースタの相互変調を防止することが困難であるので、群内の三次相互変調をさけた配置としてある。基地局の送信は多重の電波を使用して常時発射されているため、オーバーリーチによる同一周波数干渉を避ける必要があり、2波を順次割当てする方式を原則とし、必要な箇所にはさらに1波を使用してある。その周波数配置および各基地局の電波割当は第8,9図のとおりである。

3.2 無線回線設計

基地局ゾーン内における無線回線設計の基準は、移動局受信電界強度 50 dB μ /m 以上、基地局受信電界強度 38 dB μ /m 以上を目標として置局設計が行なわれた。第10,11図に設計の基準を示す。

3.3 搬送回線設計

多重通話路周波数配列を第12図に示す。このうちアブローチ回線は群別2線方式を用いており、特に回線長が長い場合は搬送電話中継機により線路損失の補償を行なっている。

回線の総合レベルダイヤを第13図に示す。

3.4 監視制御方式設計

基地局は無人とし、統制局より遠方監視制御される。また監視制御用回線のパイロット信号を基地局で折返すことにより回線の常時監視が行なわれている。その方式ならびに信号を第1表、監視制御

東京統制局管内

1	2	3	4	5
品川	上菅田	用田	弁天山	湯河原
FA ₁	FB ₁	FC ₁	FA ₂	FB ₂

小計 5局

静岡統制局管内

1	2	3	4	5	6	7	8
函南	吉原	由比	草薙	焼津	牧ノ原	袋井	浜松
FA ₁	FB ₁	FC ₁	FA ₂	FB ₂	FA ₁	FB ₁	FC ₁

小計 8局

名古屋統制局管内

1	2	3	4	5	6	7	8	9
白須賀	新豊橋	坂野坂	大府	新名古屋	羽島	関ヶ原	加勢野	米原
FA ₂	FB ₂	FC ₂	FA ₁	FB ₁	FC ₁	FA ₂	FB ₂	FC ₂

小計 9局

大阪統制局管内

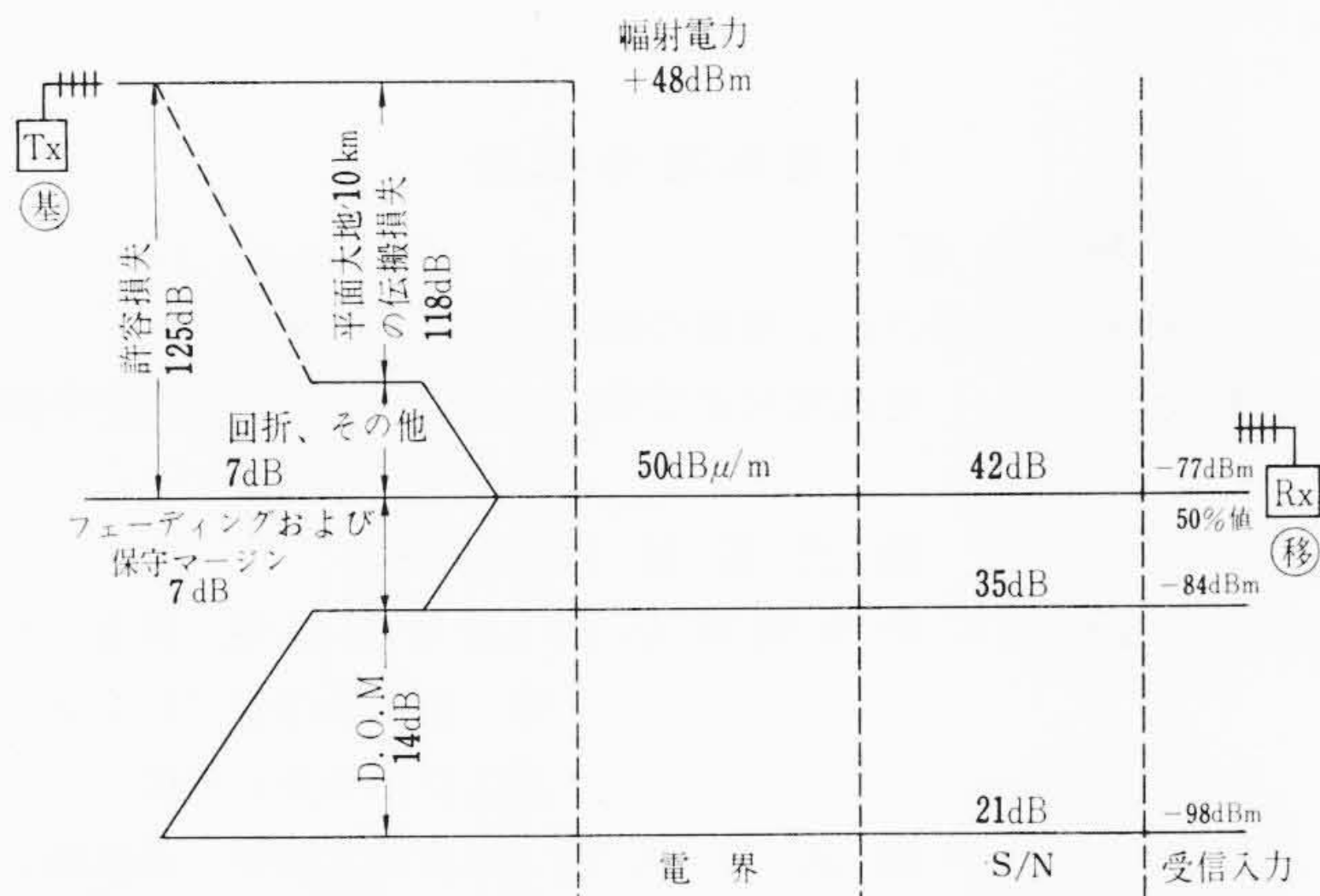
1	2	3	4	5
五箇荘	栗東	新東山	山崎	新大阪
FA ₁	FB ₁	FC ₁	FA ₂	FB ₂

小計 5局

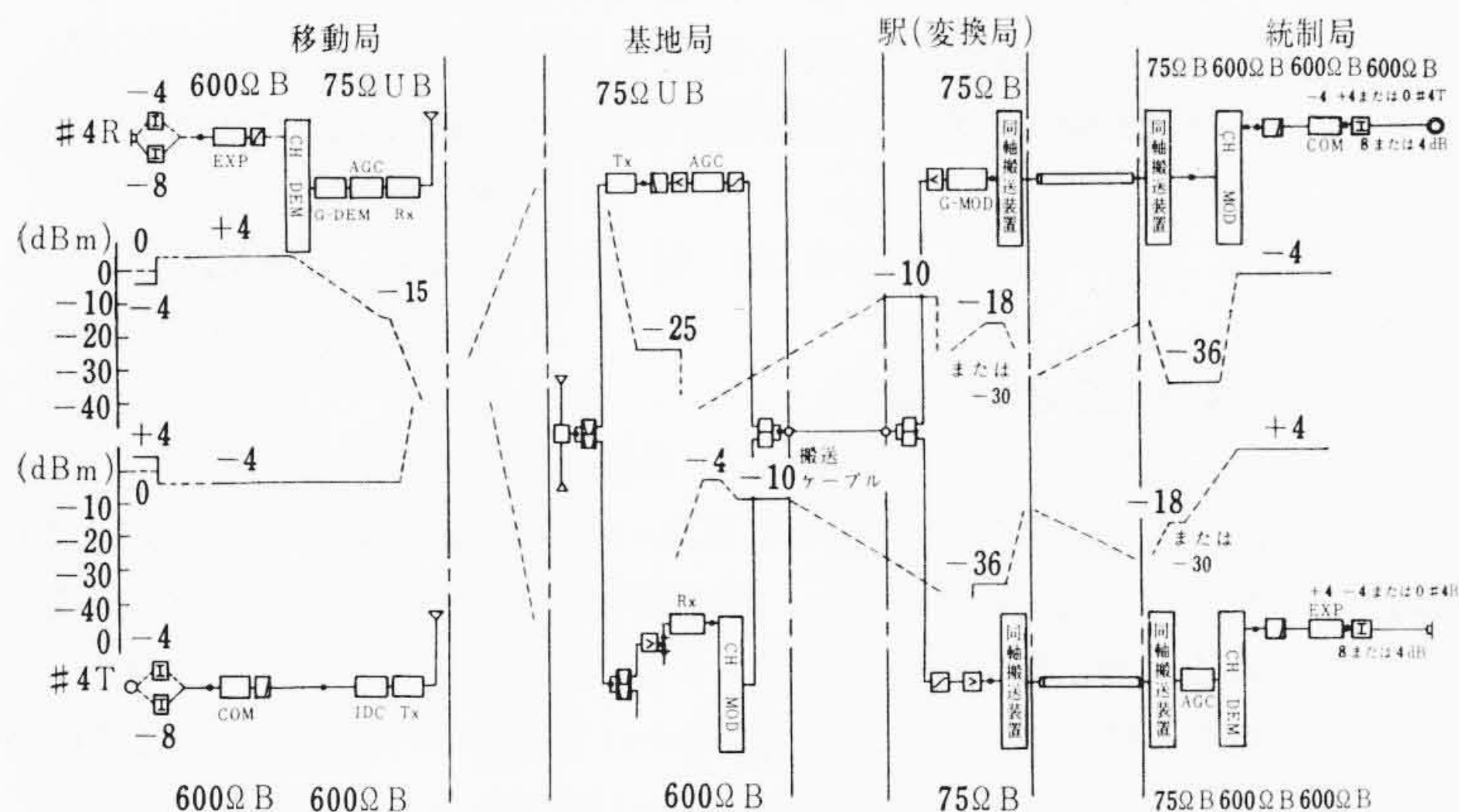
計 27局

注: FA~FCの1または2のサフィクスは後述の帯域内信号の識別コードである。

第9図 基地局名および電波割当



第10図 多重系(基地→移動)回線設計

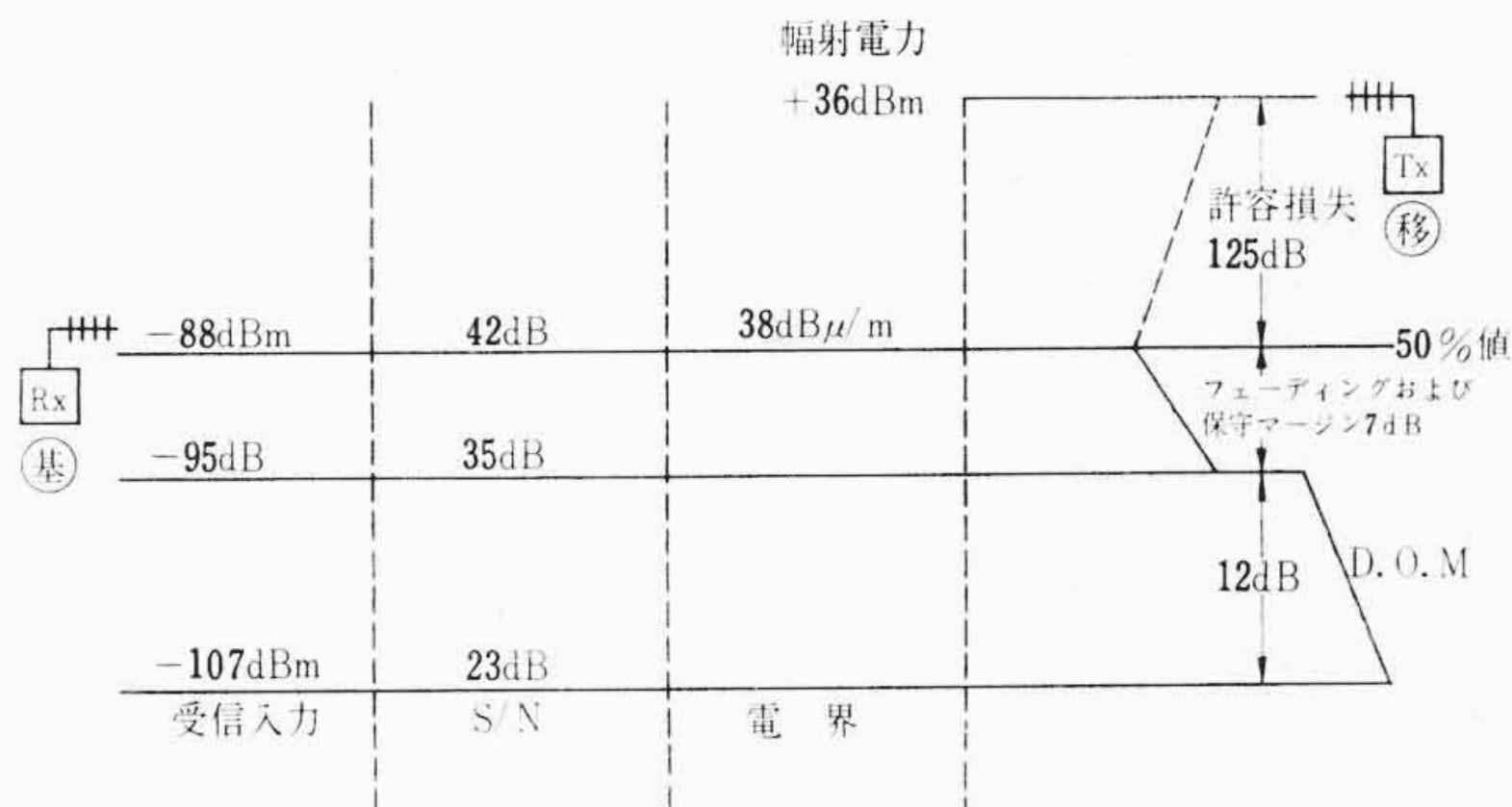


第13図 総合レベルダイヤ(指令回線)

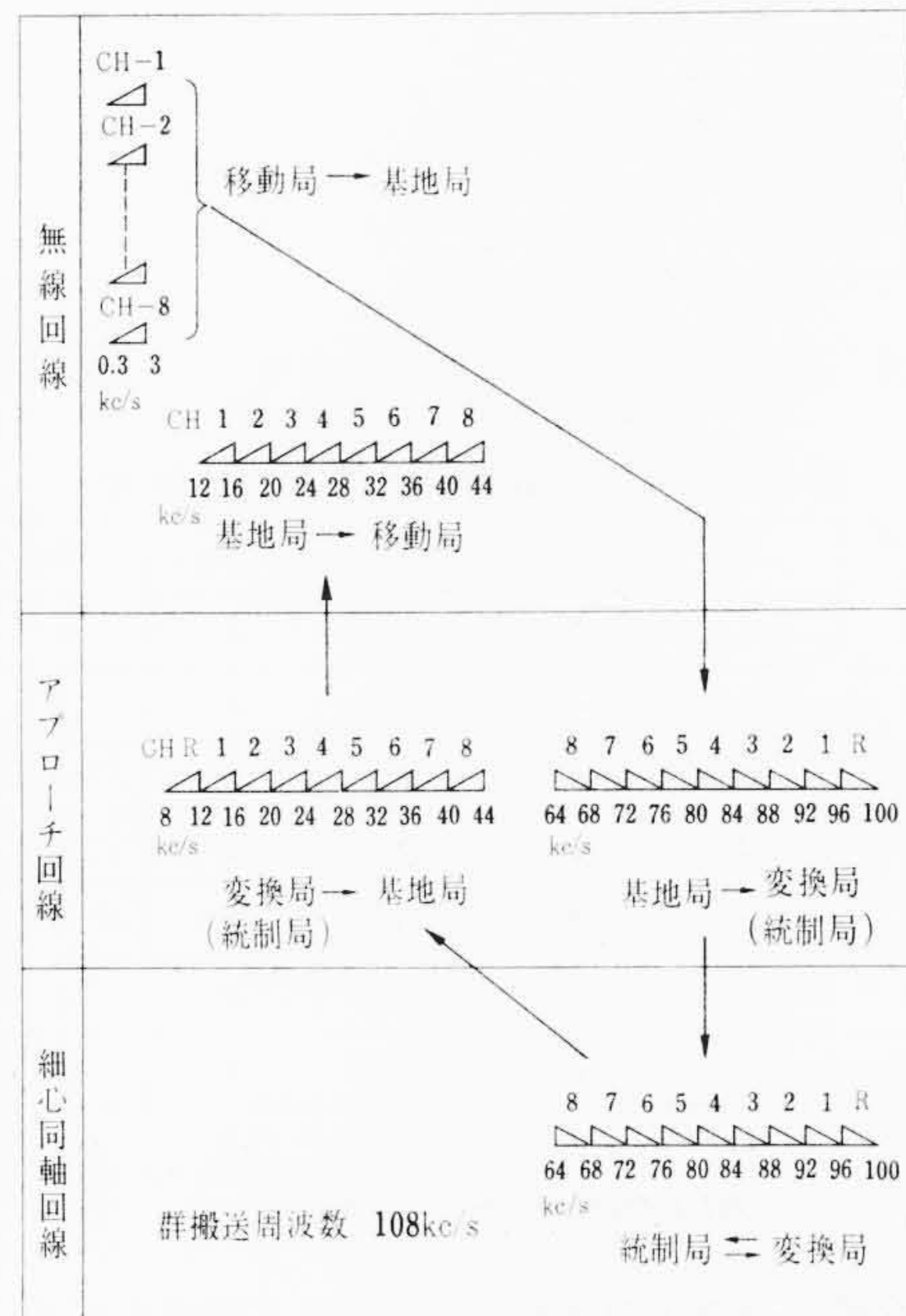
項目を第2表に示す。

3.5 交換方式設計

交換点は4線交換, 無減衰を原則としている。列車呼出は列車位置に無関係に呼び出しが可能であり, 再呼出機能を有する。指令回



第11図 単一系(移動→基地)回線設計



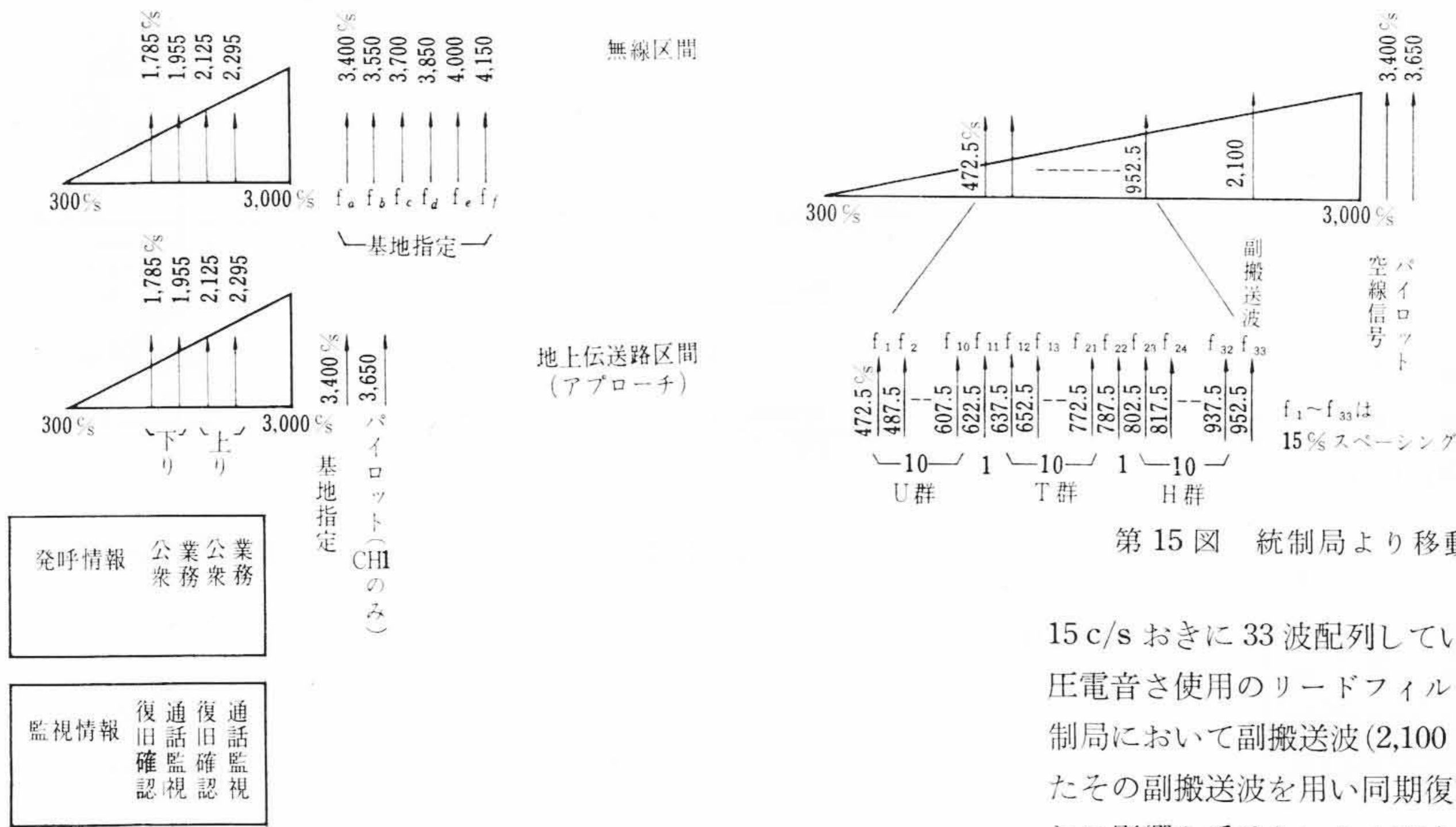
第12図 無線回線および地上伝送路周波数配列

第1表 遠方監視制御方式および信号

信号周波数	2,635, 2,975 c/s (両方向)
監視方式	基地局→統制局 閉電式
表	現
走査	位置符号
チェック方式(監視)	パリティ
チェック方式(制御)	折返し
使用継電器	ワイヤスプリングリレー, リードリレー

第2表 遠方監視制御項目

局舎	室温上昇, 扉開放
エンジン	エンジン起動, エンジン使用中, エンジン電圧異常, エンジン過電流, エンジン燃料不足, エンジン障害
電源	商用電源異常, 調整電圧異常
無線機	送信機1号動作, 送信機2号動作, 送信機1号障害, 送信機2号障害, 受信障害ルートI, 受信障害ルートII
端局	搬送障害, 搬送異常
トンネル	ブースタ数+2 (最大12)
その他	表示完了, リモコン障害
制御項目	エンジン
無線機	送信機1号, 送信機2号, 送信機障害復旧, 送信停止
その他	ロックリリース, チェック, 予備(3)



第 14 図 移動局より統制局向けの信号

第 3 表 基地局指定信号組合せ

ゾーン		A ₁	B ₁	C ₁	A ₂	B ₂	C ₂
周波数	CH 1	a	b	c	d	e	f
	CH 2	b	c	d	e	f	a
公衆業務系	CH 3	c	d	e	f	a	b
	CH 4	d	e	f	a	b	c
	CH 5	e	f	a	b	c	d
	CH 6	f	a	b	c	d	e
	CH 7	f	a	b	c	d	e
	CH 8	e	f	a	b	c	d

a, b, …… f はおのおの f_a, f_b, …… f_f を表わす

線における交換制御方式の詳細については 4 項で述べる。

3.6 信号方式設計

3.6.1 移動局→統制局

(a) 基地局指定信号

通話帯域外 6 周波を使用し、移動局より発信中には基地局対応の 1 波が通話に重畳される。基地局では移動局よりの信号を選別して着信指定を行なう。なお相互変調妨害を避けるため通話路ごとに使用周波数をずらすこととし、周波数の割当は第 3 表のとおりとしてある。基地局指定信号は各基地局において通話路ごとにアプローチ回線の帯域外信号（1 周波無通話時送出）に直流中継されて統制局に基地局指定信号着信の情報を与えている。

(b) 監視信号

通話帯域内 4 周波を運転指令回線では通話監視信号、復旧確認信号、列車の上下別信号に用い、さらにサービス回線では業務公衆の識別に用いている。

(c) 周波数配列

移動局→統制局方向に使用する信号周波数配列を第 14 図に示す。

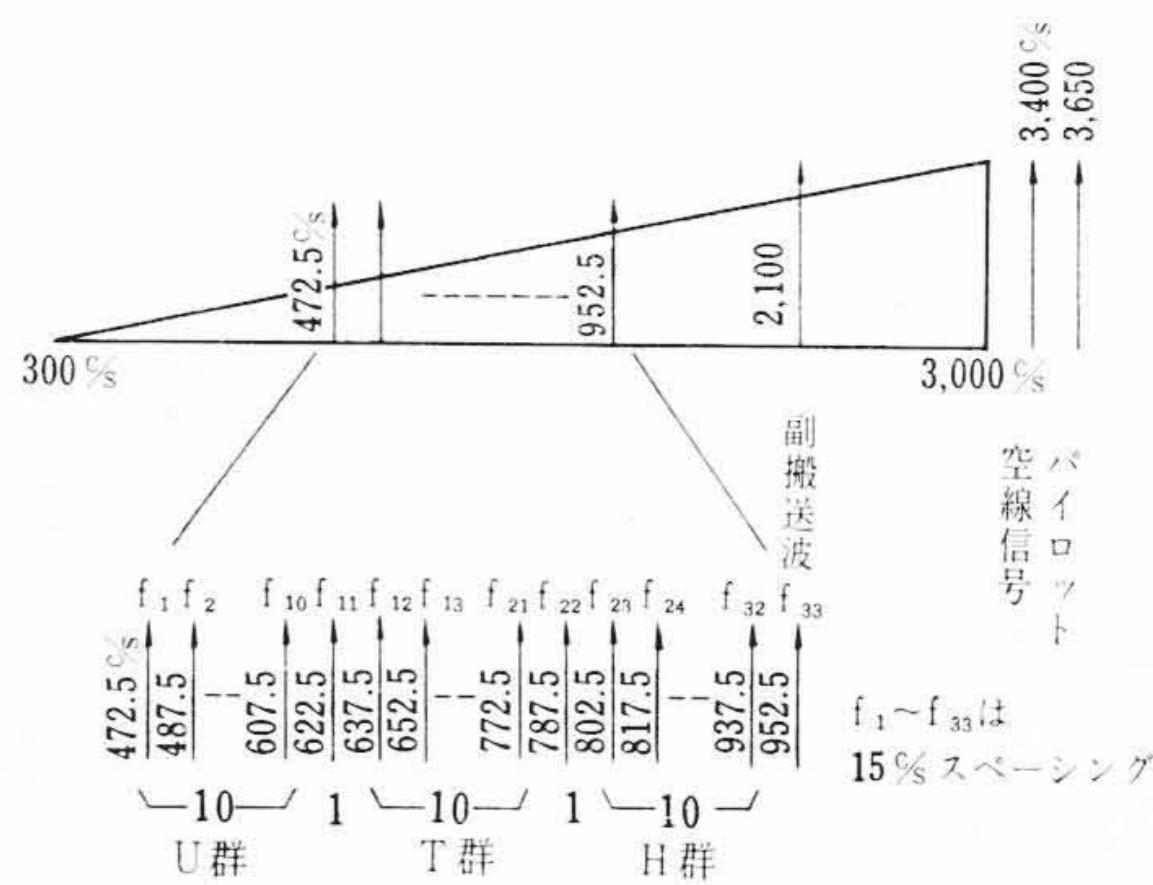
3.6.2 統制局→移動局

(a) 空線信号

通話帯域外 1 波を回線の空線表示に使用している。回線の使用および閉そく状態ではこの信号が送出されず断となる。

(b) 選択制御信号

通話帯域内（10+1）波 3 群計 33 波の信号を用いる。信号の使用法は各群をそれぞれ 1, 10, 100 位のけたとして、同時に 3 波送出して列車番号 3 数字を選択する。選択制御信号周波数は



第 15 図 統制局より移動局向けの信号

15 c/s おきに 33 波配列しているので狭帯域信号器が必要であり、圧電音さ使用のリードフィルタを用いている。選択制御信号は統制局において副搬送波（2,100 c/s）で変調し、移動局においてはまたその副搬送波を用い同期復調することにより搬送回線の同期ずれの影響を受けないよう工夫されている。

(c) パイロット信号

回線の監視のために CH-1 の帯域外にパイロット信号を流している。移動局においてはこの信号により多重受信機の自動切替を行なって故障を診断している。

(d) 周波数配列

統制局→移動局方向に使用する信号周波数配列は第 15 図のとおりである。

4. 運転指令回線

4.1 使用機器

運転指令回線に使用される機器の構成は次のとおりである。

基地局設備	無線電話送受信機（送信架，受信架，空中線共用架）
統制局設備	指令親電話機（指令制御架，指令信号架，指令操作盤〔指令者台および指令長台実装〕）
変換局設備	搬送電話機（中継変換架）
中継ハット設備	搬送電話中継機（中継機）
移動局設備	無線電話送受信機（送信架，受信架，端局架，電源架）
	自動交換機（指令系制御架，信号架，運転指令操作盤，情報設定盤）

4.2 回線網構成

各基地局対応の指令回線は、所属統制局において上り下り用各通話路ごとに集約され、さらに東京-大阪間の細心同軸ケーブル回線で東京指令統制局に導かれ、指令親電話機を経て運転指令台に接続される。運転指令台は各統制局ゾーン内の 4 座席と指令長台の計 5 座席より構成されるが、各指令者台は移動局からの呼に対して隣接ゾーンまで重複して担当することが可能である。

4.3 接続種類

接続の種類としては、次の呼びが可能である。

(a) 指令者よりの列車個別呼

特定列車を列車番号によって呼び出す。

(b) 指令者よりの列車一斉呼

全列車を上り下りおよび統制局ゾーン単位で呼び出す。ただし

指令長は全ゾーン呼び出しが可能であり、他の指令者は担当地域のみに限定される。

(c) 列車運転席より指令者に対する一般呼

(d) 列車運転席より回線使用中の場合の非常呼

4.4 通話および閉そく方式

通話は両方向同時送受話方式であるが、一斉呼の場合のみ移動局側はプレストークとし、同一ゾーン内の同一周波数干渉により通話不能となるのを防いでいる。

回線閉そくは通話路と統制局単位ごととし、通話中の統制局ゾーンならびにその両側各1ゾーンを閉そくすることにした。閉そくされないゾーンでは干渉を起さない程度に離れておるので、同一周波数を用いて重複して通話が可能である。列車走行により統制局ゾーンが替わったときは、統制局指令制御架のリンクで呼の追跡が行なわれる。

5. トンネル内 UHF 伝送対策

5.1 目的ならびに経過

現東海道線列車無線電話システムにおいては、トンネル内での送受信は不可能であり、トンネルの多い地域においては通話を扱っていないが、新幹線では高速度列車の安全運転、さらに非常時対策として不可欠の運転指令用回線として用いられるため、その重要度は大きく、本システムの信頼度、安定度は非常に高度なものとする必要がある。したがってトンネルも不感地帯として残すことが許されず、トンネル内に誘導放射方式による UHF 伝送対策を施して、通話可能区域の増大を図っている。

トンネル内 VHF 伝送対策については、昭和 29 年に小規模ながら日立製作所において実用化した例*があるが、今回国鉄東海道新幹線全線のトンネル延 67 km について実用化を図るため、昭和 35 年より現東海道線の既設トンネルにおいて、国鉄技研を中心に研究が進められて来た結果、各方式の技術的データが固まり最終的に以下に述べられる方式が採用されるにいたったものである。

5.2 設 備 概 要

トンネル内 UHF 伝送対策とは、基地局電波をトンネル外の空中線で受信しトンネル外のブースタにより増幅してからその出力をトンネル内壁面に張った導波線にき電し、誘導される電界により列車移動局空中線と導波線とを静電的に結合する方式をいう。長大トンネルにおいては導波線の伝送損失をトンネル内用ブースタにより中継増幅して、標準 500m おきの補償を行なっている。移動局から発射される電波は以上とまったく逆のルートで基地局へ送られる。トンネル対策の設計例を第 16 図に示す。

5.3 導 波 線

導波線としては平衡伝送形式の平行二線ならびに不平衡伝送形式の開放同軸ケーブルの二つが考えられ、その両方式についてモデル線地区トンネルその他で試験を重ね、いろいろ検討の結果、新幹線においては主として平行二線式導波線を採用した。

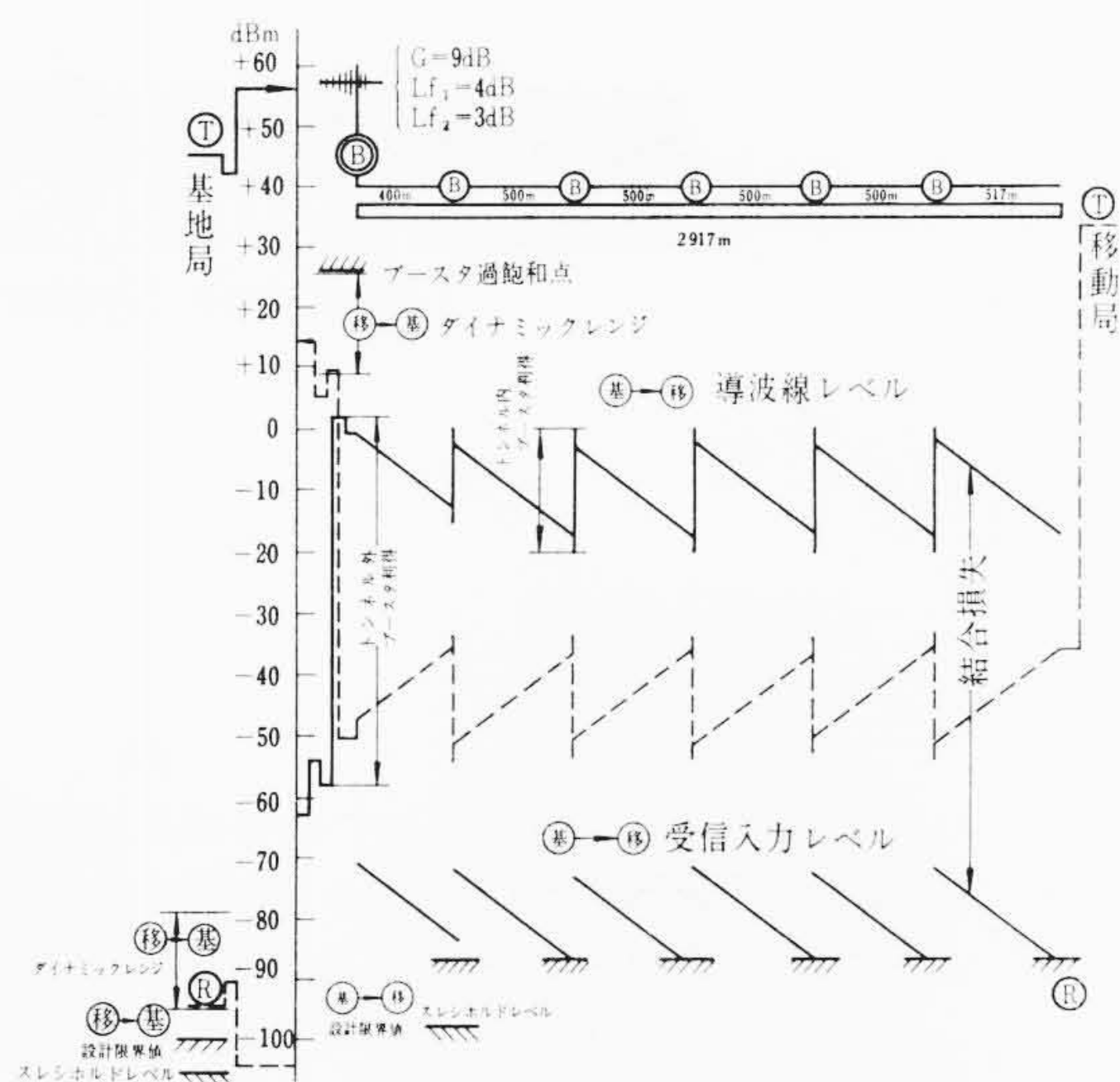
5.4 今後の問題点

今後の問題としては新丹那トンネルなどの長大トンネルにおけるトンネル対策の安定性の確認が必要である。長大トンネルにおいてはブースタ利得、導波線伝送損失の微小変動の相加が問題となる。

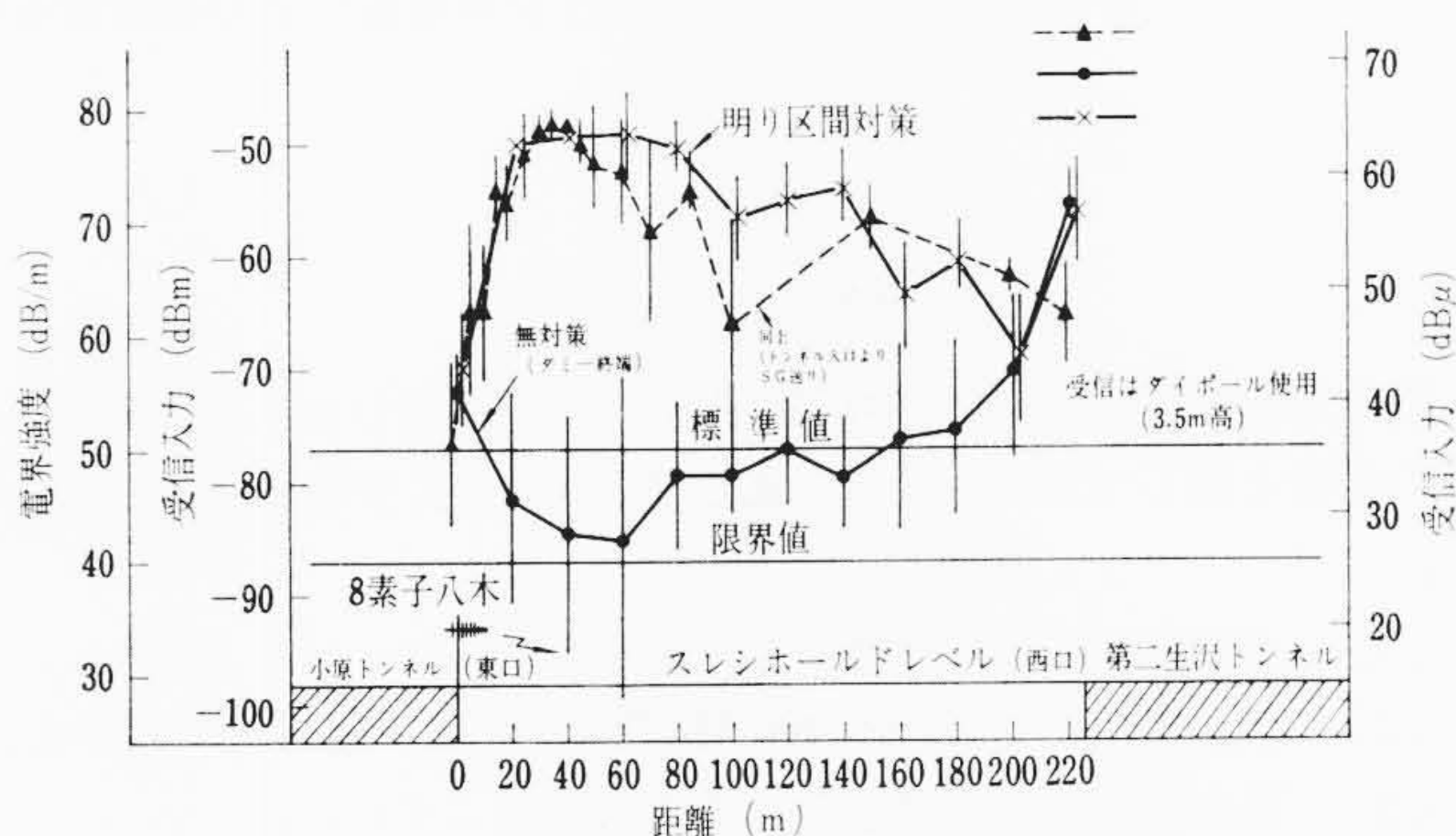
5.5 明り区間（出口）対策

トンネルとトンネルの間の弱電界区間をわれわれは明り区間と名付けた。明り区間対策としては、トンネル対策導波線路の終端を擬似負荷接続とせず空中線を接続して、トンネル出口に電波をふく射させ弱電界区間の縮小を図った。

その対策例を第 17 図に示す。この方式により局所的な弱電界対策が可能となった。



第 16 図 トンネル対策設計例（静岡県牧の原トンネル）



第 17 図 明り区間対策例（実測値）

6. 結 言

東海道新幹線列車無線電話システムは、新幹線における任務の重要性からいってその完成の意義はすこぶる大きい。現在までに完成した運転指令回線のシステムを主として述べたが、追ってサービス回線も完成の予定である。本システムは、交換、無線、搬送の総合技術により完成されたものであり、トンネルを含む長距離の安定な移動無線電話システムが開発されたことは特記に値する。本システムは、現在現地試験を重ねているが、完成の暁はその活躍が大いに期待される。

終わりに今回の列車無線電話システムの開発に対してご指導いただいた列車無線委員会、郵政省電波監理局、日本電信電話会社、日本国有鉄道の関係各位に深甚の謝意を表する次第である。

参 考 文 献

- (1) 列車無線に関する研究報告書：鉄道通信協会（Mar. 1962）
- (2) 新幹線高速運転用通信装置の保守に関する調査研究報告書：鉄道通信協会（Mar. 1963）
- (3) 新幹線高速運転用通信装置の保守に関する研究報告書：鉄道通信協会（Mar. 1964）
- (4) 中村、石原、遠藤、田島、平子：日立評論 45, 1823（昭 38-11）
- (5) 日立評論：鉄道電子機器特集号 39-1961（昭 36-3）
- (6) Hitachi Review Vol. 10, No. 4（Dec. 1961）
- (7) 中村、石原、野上、堀田：移動局を有する一交換系のトラフィック、通信学会全国大会予稿（昭 36）
- (8) 石原、丸浜、田島：400 Mc/s 帯無線回線による新幹線列車無線の回線設計基準、通信学会全国大会予稿（昭 37）
- (9) 石原、佐々木、稲葉：PM外重通信におけるエコーひずみの室内実験について、通信学会全国大会予稿（昭 37）
- (10) 徳永、景山、川勝：日立評論 45, 399（昭 38-2）
- (11) 今西、太田：日立評論 37, 459（昭 30-2）

* 実用新案登録第 440876 号「トンネルを含む無線通信装置」東長年