

列車無線電話用交換制御方式

Switching System for Train Radio Telephone Service of the Japanese National Railways

寺井和巳* 野上邦茂** 平子叔男**
Kazumi Terai Kunishige Nogami Yoshio Hirako

内 容 梗 概

東海道 590 km にわたる FM による国鉄列車無線電話の開発建設の一環として、日立製作所戸塚工場では、日本国有鉄道電気局通信課との共同研究により、列車無線用交換制御方式をまったく新規なものとして開発し、無線部門、伝送部門とあわせて実用化した。

本文では主として、列車無線電話用交換制御方式として要求される特殊機能と、それら条件を満たすべく開発された方式の概要について述べてある。

1. 緒 言

今回実用化された列車無線系統は、主として電波帯の節約と非サービスエリアの減少を期して、比較的多数の基地局を沿線に配し、各局は小さなゾーンを分担するいわゆる小ゾーン、多数基地局方式が採用された。

本交換制御方式としては、この多数配置された無線基地局を有機的に制御し、線上に配置された基地局で一つ置いたゾーンでの同一電波の重複利用による電波帯の節約使用と、列車進行に伴う基地局の切替え動作を確立し、通話の連続性を確保し、あわせて既設一般公衆および業務の電話回線網との接続を行うことを目的としたものである。したがって本制御方式は無線回線、既設の一般電話回線網、さらに東京より大阪に至るマイクロ回線など種々の回線との接続条件により限定され、しかも比較的高度の接続制御を行うに当って、制御信号は無線回線、搬送回線、マイクロ回線などを、一貫して通す必要があり、このために音声周波帯域の信号器を用いて、すべてこの接続制御を行う必要があったが、これが本交換系の困難な問題点の一つであった。

なお今回第一期の計画としては東海道本線の昼間の特別急行列車第1、第2の各「つばめ」、「こだま」を対象として行ったが、設計としては東海道線全急行列車に設備できるように考慮してある。

2. 計 画

400 M c/s 帯の数回の伝播実験に基づいて、置局計画がたてられ、その結果第1図に示す14箇所無線基地を設置することとなり、一方列車に対する通話対象として公衆ならびに鉄道業務用の既設の一般電話回線網を考へて、さらに鉄道の運転などの管理区分も考慮された上、列車無線と、一般回線網の接続点には、統制局と呼ぶ東京、静岡(業務のみ)、名古屋、大阪の4箇所が選ばれた。本交換接続方式は、この基地局と統制局との置局計画に基づいて推進された。

一方設計に際して本交換制御方式に対する特殊要求条件としては次のとおりである。

- (1) 小ゾーン方式を採用する場合の最大利点である電波帯の節約すなわち、適当に離れている場合は混信妨害しない範囲において、同一周波帯の電波の重複使用を最大限に活用すること。
- (2) 公衆用、業務用に同じ施設を共用するが、公衆、業務間は非接続としておくこと。
- (3) 料金を伴う公衆接続ではもちろんのこと、業務接続でも一

* 日本国有鉄道

** 日立製作所戸塚工場

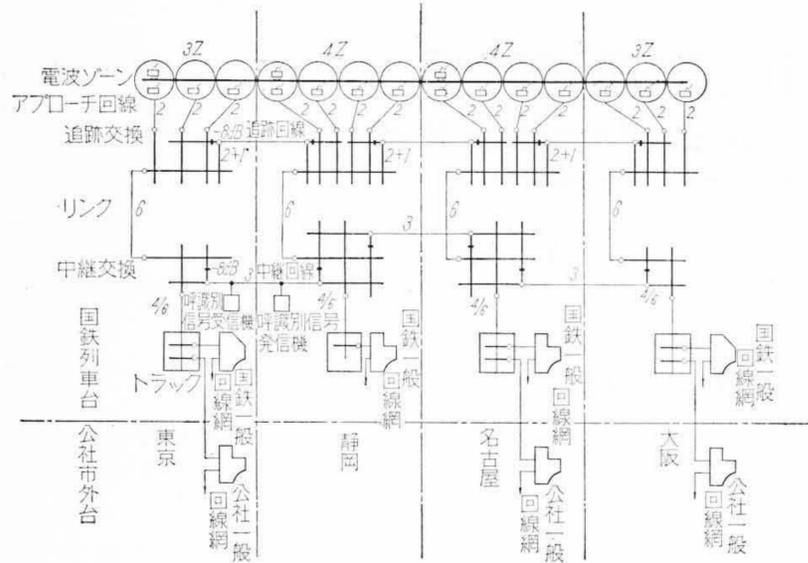
第1図 基地局配置と通過時分

基地局番号	基地局名	境界	ゾーン距離	距離程	通過時分		
		東京		0km			
1	東京		26km		19分	15分	13分
		川崎		26km			
2	戸塚		24km		18分	14分	12分
		藤沢		50km			
3	真鶴		56km		42分	36分	28分
		丹那トンネル		106km			
4	函南		62km		46分	37分	31分
		興津		168km			
5	用宗		22km		16分	13分	11分
		日本板トンネル		190km			
6	金谷		45km		34分	30分	22分
		袋井		235km			
7	浜松		45km		34分	30分	22分
		鷺津		280km			
8	豊橋		36km		27分	21分	18分
		幸田		313km			
9	岡崎		34km		25分	20分	17分
		大府		350km			
10	名古屋		75km		56分	45分	37分
		柏原		425km			
11	米原		45km		34分	27分	22分
		篠原		470km			
12	大津		23km		17分	14分	11分
		蓬坂トンネル		507km			
13	京都		28km		21分	17分	14分
		山崎		535km			
14	大阪		55km		41分	33分	27分
		神戸		590km			
速 度					80km/h	100 km/h	120 km/h

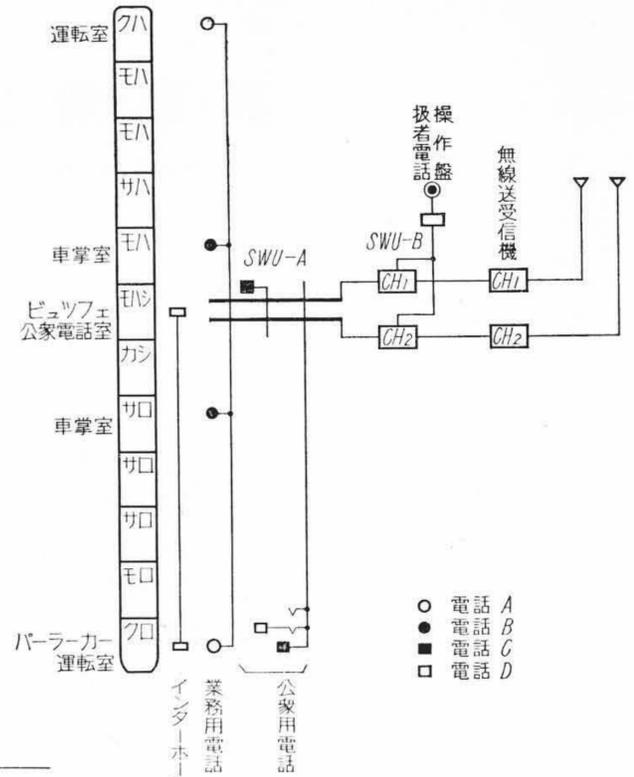
度接続された通話はある一定の通話時間を保証し、通話に関する不安定感を通話者にいたかせぬこと。またもし通話時間を保証しえぬ場合はむしろ接続を行わないこと。

(4) 一般的要求として一度接続された呼は経済的に許す範囲で基地局を切り替え追跡することにより、通話の継続性と安定性をうること。

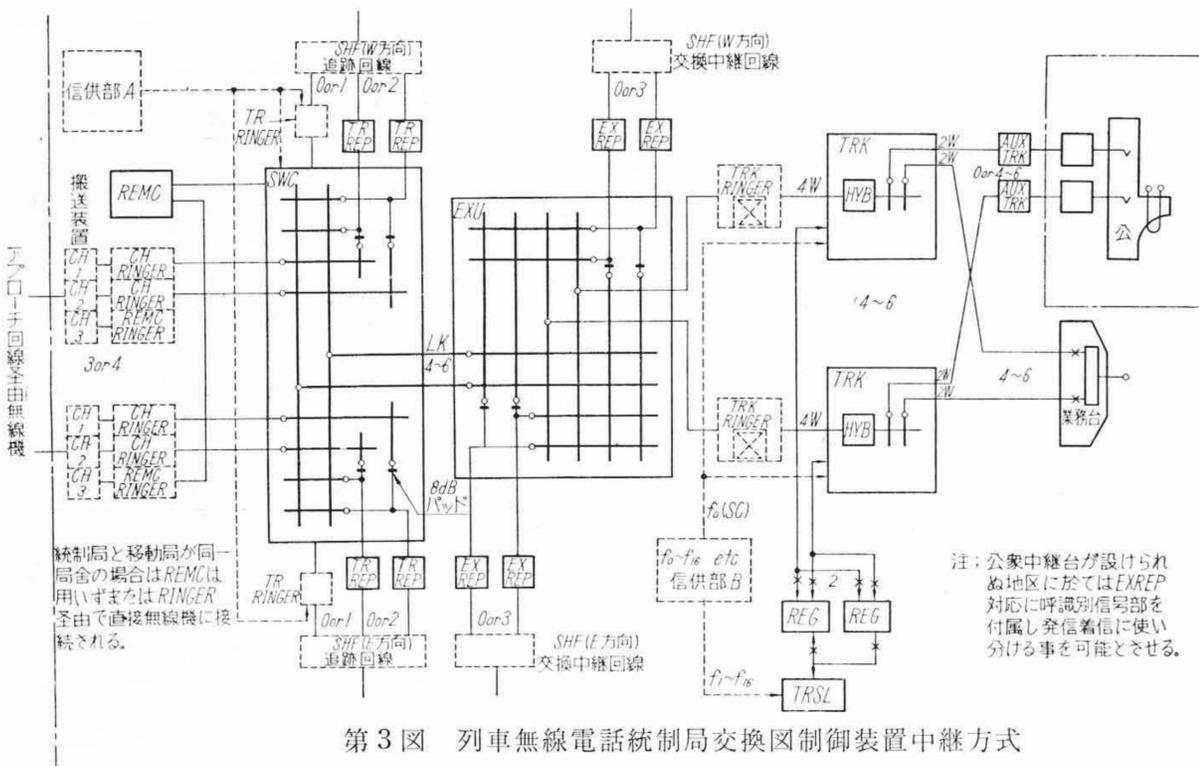
(5) 高度の通話品質をうるために、交換は4線交換とし、既設



第2図 列車無線電話接続系統図



第4図 列車無線電話移動局接続系統図



第3図 列車無線電話統制局交換図制御装置中継方式

略号	方式名称
SWU	追跡交換ユニット
REMC	遠隔監視制御装置
TR REP	追跡回線レピータ
LK	リンク
TRK RINGER	トランク信号部
CH RINGER	通話路信号部
TRK RINGER	追跡信号部
EXU	中継交換ユニット
REG	レジスタ
TRSL	トランスレータ
TRK	トランク
AUX TRK	補助トランク
EX REP	交換中継回線レピータ
HYB	ハイブリッドコイル

一般回線と接続する点で、2線に変換することとし、さらに将来必要に応じ4線のままの授受も可能とし、高度の通話品質を保つことを可能とすること。

(6) 取扱いに関してはできるだけ一般電話方式と同様として、特殊な考慮を不要とすること。

(7) 特に公衆系では列車の進行位置を考慮することなく常に同じ操作で、どこを進行中の列車にでも接続できること。

(8) 接続回線数としての2回線を最大限に利用し、上り下り列車に共用し回線断による列車地上間の連絡不能の率を減少せしめること。

(9) 対象列車としては、第一期計画は上り下りの“つばめ”“こだま”の各第1号、第2号車計8編成として、さらに次期計画として、現在の急行列車に若干余裕をとり、上り下りを含め50編成程度となしうること。

(10) 列車内では公衆用としては、パーラーカーの座席位置とビュッフェに設けられた公衆用電話室とから列車内取扱者の案内を介して通話可能とし、さらに業務用としては、運転室、車掌室から直接発信通話可能とし、また列車内取扱者を介して着信可能とすること。

(11) 列車内取扱者が操作する操作盤は、簡単な中継台としての機能を有し、即時接続、待時接続、接続替などを行いうるようにし、特に不なれな客に対しても安定感のある通話ができるように高度のサービスを可能とすること。

(12) 列車運行に関する非常連絡、指令などに用いられるので、たとえほかの列車などによりチャンネルが使用されていてもその通話に優先して、業務の非常通話を行わずことを可能とすること。

(13) 一般急行などに設置し、運転指令などを各列車に広く流すのには、その指令をいっせい指令の形式で行うことが望ましいので、業務電話にはいっせい指令の機能を有すること。

3. 回線構成、中継方式

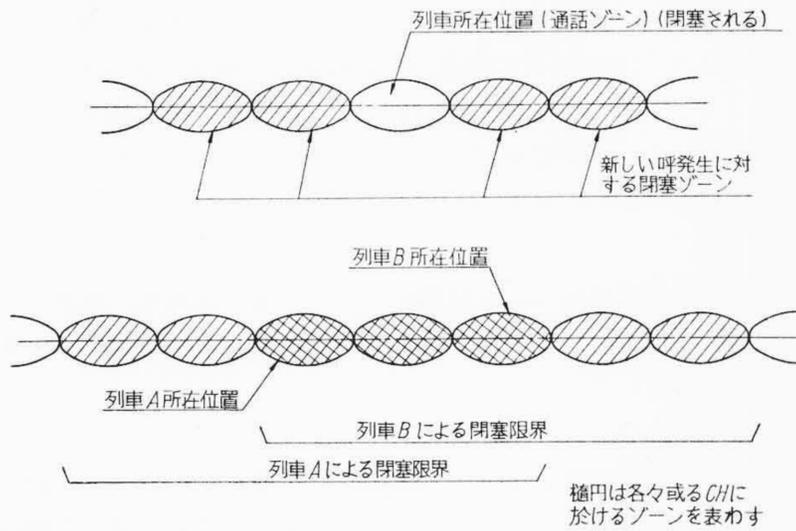
前項のような特殊要求に基づき、第2, 3, 4図のように統制局と移動局の接続系統、中継方式、ならびに閉塞方式が決定された。

3.1 チャンネル(CH)の設定

通話路はある任意地点において、2通話が可能であることとして設定された。また基地局の切替えは進行する移動局が二つの基地局からの電界の強弱を判定して、その判定信号を基地局に返して接続を制御する方式を採ったため、基地局としては、常時電波を発射する方式とし、移動局はこれに対し無通話時は電波発射を行わない。

割当周波数としては、基地局から移動に対しては同時に全基地局より電波をだしているため、隣接ゾーンではビートなどの干渉による妨害を防ぐため1CH(Channel)当り十分に離れた400Mc/s帯の2波を用い、これを各基地局に一つ置きに順次割当ててあり、2CH分として400Mc/s帯4波を用いている。

したがって移動局での電界強度の比較はこの2波(AとB)を行うだけであり、このA、Bの区別と沿線上の大略の位置により一義的



第5図 閉塞説明図

に基地局と対応する。

一方移動局から基地局に対しては、各CHにつき400Mc/s帯1波を用い計2波を使用する。この場合移動局進行途上に同一CHで、二つ以上の通話中の列車が近接して、混信干渉などの現象を起さぬように制御装置で閉塞制御を行うこととした。

3.2 通話時間の確保と閉塞

通話時間は現用の公衆回線で用いられている3分間を1通話とし、その3通話分以上を保証することが望まれ、もしこれを保証できぬことがあらかじめ判明している時には、むしろ不接続で、話中表示することが望まれる。

一方小ゾーン方式として決定された今回の列車無線基地局1ゾーンの最小列車通過時間は大体15分程度であり、各無線基地局を開塞単位とすると、その間では3通話が可能であり、今回はこれをそのまま利用し、次のような閉塞方式を採った。

- (1) あるゾーンで通話接続が行われた場合、その通話の移行性を考慮して、そのゾーンの前後各2ゾーンをそのチャンネルに関して新しい呼の発生に対して閉塞する。
- (2) 同一チャンネルで前後2ゾーンずつを閉塞した列車二台が相互に接近してきた場合、その閉塞ゾーンが互に重なり、さらに2台の列車が、互に閉塞し合っているゾーンにはいった時、片方または両方の通話の時間計時を開始し、強制切断要求準備にはいる。この計時は最低9分間として行い、その時間を経過した場合は強制切断音および、扱者により終話を表明してから切断するので、この通話は一応3通話以上行われたことになる。計時を受けるほうの通話の決定は次の手順で行われる。すなわち2台の列車が近接してきて、どちらかがゾーン切替えして他方により閉塞されているゾーンに入った時、ゾーン切替えの行われたほうが計時監視を受ける。両方とも順次切替えが行われた時には両通話とも計時を受ける。

上記方法により、最悪の場合、すなわち2ゾーン間を置き、通話接続された2通話がおのおの切替わり近接しても、この二つの通話は隣接ゾーンの相隔たれた両端にいるので、両者が近接して混信干渉が起る前に両者とも計時切断を受ける。

3.3 アプローチ回線構成

基地局、統制局間を接続し、無線機を交換機に導く回線としてアプローチ回線と呼ぶ回線を用いている。回線としては実回線、搬送回線、多重無線などがその地区状況に応じ用いられ、おのおの2CHで構成される。このほかに基地局、統制局が隔たれている時は第3CHで打合わせ回線と遠方監視制御を行っている。

3.4 追跡回線構成

列車移動とともにある統制局端末ゾーンより、ほかの隣接する統制局の端末ゾーンに通話が移行する場合、通話時分の確保のために

第6図 列車無線電話統制局移動局間信号周波数表
統制局→移動局 400 Mc/s帯4波 $f_1(462.025 \text{ Mc})$, $f_2(462.125 \text{ Mc})$, $f_3(462.275 \text{ Mc})$, $f_4(462.475 \text{ Mc})$ を用い下記信号で変調する。

記号	機能識別名称	周波数 c/s	組合せ	備考	
f(VC)	空線信号	3450	2C1	帯域外	
f(BY)	閉塞信号	3600		帯域外	
f(SL)	選 択 信 号	S(復旧)	$f_1=472.5$ $f_3=607.5$ $f_2=487.5$ $f_{10}=622.5$	$f_{14}+f_{16}$	第1期計画 業務呼 公衆呼 下りこだま1 f_1+f_2 f_1+f_3
		S(再信)	$f_3=502.5$ $f_{11}=637.5$ $f_4=532.5$ $f_{12}=652.5$	$f_{15}+f_{16}$	下りつばめ1 f_2+f_3 f_1+f_4 下りつばめ2 f_2+f_4 f_3+f_4
		S(一斉呼)	$f_5=547.5$ $f_{13}=667.5$ $f_6=562.5$ $f_{14}=682.5$	$f_{14}+f_{15}$	下りこだま2 f_1+f_{14} f_2+f_{14} 上りこだま1 f_3+f_{14} f_4+f_{14}
		S(列車) (車別×公衆別×上下別)	$f_7=577.5$ $f_{15}=697.5$ $f_8=592.5$ $f_{16}=712.5$	16C2	上りつばめ1 f_1+f_{15} f_2+f_{15} 上りつばめ2 f_3+f_{15} f_4+f_{15} 上りこだま2 f_1+f_{16} f_2+f_{16} 臨時編成 f_3+f_{16} f_4+f_{16}

移動局→統制局 400 Mc/s 2波 $f_1(412.025 \text{ Mc})$, $f_2(412.125 \text{ Mc})$ を用いおのおのCH1, CH2に用い下記信号で変調する。

記号	機能識別名称	周波数 c/s	組合せ	備考
f(SD)	基地局指定信号	3450, 3600	2C1	帯域外
f(CSE)	ク ラ ス 識 別 信 号	2295 (非常)	3C1	
f(CSB)		1615 (業務)		
f(CSP)		1785 (公衆)		
f(SV)	通話監視号	2125		
f(RC)	復旧確認号	1955		

通話の追跡は最初に通話を扱った統制局より隣接2ゾーンまでは、ほかの統制局のゾーンまで通話の追跡を行い、この目的に用いる回線は統制局間 SHF (Super High Frequency) 電話回線中2回線が用いられ、チャンネル1, 2におのおの対応する。

なおこの時、隣接統制局に相互に接続閉塞状況の転送、ならびに打合わせ連絡用の電話回線用としてさらに1回線のSHF回線を使用している。

3.5 中継交換回線構成

ある統制局より任意の地点で進行中の列車を呼出す時に、統制局間を中継または、タンデム中継する目的に用いる回線で、統制局より移動局を捕捉するのに用いるが、静岡統制局に限り、公衆接続は直接行わないので静岡統制局に着信した公衆呼は東京に導く必要がある、この目的にも中継回線を流用する。この中継回線に用いる通信線としては、隣接統制局間3CHとし、SHFまたは搬送電話回線3回線が用いられた。

3.6 交換機の配置

以上のように回線構成を接続制御するために、接続系統図にみるとおり交換機としては追跡交換機と、中継交換機を置く。追跡交換機は列車進行とともに移動する通話を固定するとともにトラフィック密度の薄いアプローチの呼を集め、少ない出線に集約するためのもので、各チャンネル(CH1, CH2)についてゾーン(3または4)すなわちアプローチ回線を垂直にとり、一方通話を固定し、中継交換機に導くリンクを水平にとり、この間を完全群で交換するが、さらに追跡回線をリンク位置と、ゾーン位置に出入線を収容しており、隣接統制局までの追跡も行う。

中継交換機は列車の運行に左右されることなく、どの統制局からも目的列車の進行位置に関係なく同じ操作により、呼びだすことができるようにするためのもので追跡交換機と中継交換機の間であり、通話を固定するリンクを水平側に収容し、垂直側に収容した中継線装置と交換し、さらに中継交換回線をリンク位置と中継線位置に出入線を収容しあわせてタンデム交換することを目的としている。

第 7 図 追跡回線および遠隔監視制御用信号周波数
統制局相互間追跡信号(fs 信号器)ただし打合わせ回線(0.3~1.85 kc)
と同一CHによる。

信号	機能および意味	周波数 c/s	組 合	注
f (11B)	CH1 1st 隣接ゾーン着信可能	2,500	4C ₁ ×2C ₁	fs 信号がともにこないとき CH1 1st 隣接ゾーン局操
f (11S)	CH2 1st 隣接ゾーン着信中	2,590		
f (12B)	CH1 2nd 隣接ゾーン着信可能	2,730	4C ₁ ×2C ₁	fs 信号がともにこないとき CH1 2nd 隣接ゾーン局操または CH1 3rd 隣接ゾーン着信
f (12S)	CH2 2nd 隣接ゾーン着信中	2,820		
f (21B)	CH2 1st 隣接ゾーン着信可能	2,960	4C ₁ ×2C ₁	fs 信号がともにこないとき CH2 1st 隣接ゾーン着信
f (21S)	CH2 1st 隣接ゾーン着信中	3,050		
f (22B)	CH2 2nd 隣接ゾーン着信可能	3,190	4C ₁ ×2C ₁	fs 信号がともにこないとき CH2 2nd 隣接ゾーン局操または CH2 3rd 隣接ゾーン着信
f (22S)	CH2 2nd 隣接ゾーン着信中	3,280		

遠隔監視制御信号 ただし打合わせ回線(0.3~1.8 kc)と同一 CH による。

統制局 → 基地局		統制局 → 基地局	
f ₁ =3315 c/s	監視制御信号	f ₁ =3315 c/c	監視制御信号
f ₂ =2975 c/s	監視制御信号	f ₂ =2975 c/s	監視制御信号
f ₃ =2635 c/s	CH1 閉塞完了	f ₃ =2635 c/s	CH1 障害閉塞
f ₄ =2295 c/s	CH2 閉塞完了	f ₄ =2295 c/s	CH2 障害閉塞

4. 信 号

4.1 統制局基地局間信号方式

統制局基地局間に用いる信号周波数は第 6 図周波数表に示すとおりであるが、通話中に信号監視を必要とする信号を音声帯域外、そのほかを音声帯域内とし、特に統制局より基地局に対しては、信号内容に列車呼出符号の数多い信号が必要なため、リードセクタによる急しゅんな選択性を利用し、狭い帯域内に 15 c/s 間隔の 16 波を配している。

4.2 追跡回線用信号方式

追跡回線用信号方式は隣接統制局の状況を相互に送りあい、追跡閉塞動作をするもので、SHF 線 1 回線の帯域内高部を用い隣接統制局間で、相互に情報を伝達する。

なお同回線の帯域の下部は打合わせ電話に用いる。信号周波数としては FS 方式で第 7 図に示す。

4.3 遠隔監視制御信号方式

アプローチ回線と並行する連絡電話回線と共用の 1CH により行う遠隔監視制御用の信号は両方向おのおのの 4 周波であり、そのうち 2 周波ずつを遠隔監視制御に用いほか 2 波を各 CH おのおのの閉塞関係の信号に用いた。

4.4 呼 識 別 信 号

列車より静岡に対する公衆着信は、中継交換回線を経て東京に着信させる必要があり、この目的のために 3315 c/s の信号機を静岡、東京間の中継交換回線に付してある。静岡側が発信機、東京側が受信機である。本信号は静岡よりの公衆着信を表示する。

4.5 信号の使用法

列車無線に用いられた信号としては以上であるが、制御動作に直結するものの機能類別は大略下記のとおりである。

(1) 統制局より移動局への帯域外信号

f (VC) 3,450 c/s

この信号は移動局に対し、ゾーン接続可能を表示するもので、f (VC) の有無により、おのおのの移動局よりの発信の可否を決定する。

f (BY) 3,600 c/s

この信号は直接制御には関係なく、もっぱらパイロットとして使用され、たとえばリードセクタ用信号の自動利得制御のパイロットなどに用いられ、回線状況監視に用いられる。

(2) 統制局より移動局への帯域内信号 f (SL)

f (列車呼)

この信号はリードセクタ信号のうち、列車指定に用いられるもので、16 周波中 2 周波の組合わせの 120 通りのうち f (再信), f (いっせい呼), f (復旧) の 3 通りを除く 117 通りが使用可能であり、公衆業務別を非接続機能付与のために考えると、58 列車まで選択が可能である。

f (再信)

この信号は統制局より移動局に対して通話連絡後、抜者呼出信号をふたたび送ることを主目的としたもので、さらに多少他目的にも流用している。

f (いっせい呼)

この信号は統制局より、列車に対して業務上のいっせい指令を行う目的で用いる信号で、全列車ともこの信号を受けた時は捕捉される。

f (復旧)

この信号は列車無線のような、回線の瞬断がある場合の復旧用信号としては有用なもので、統制局よりの復旧制御で移動局を復旧させるのに用いられる。

(3) 移動局より統制局への帯域外信号

f (SD)

この信号は基地局の指定信号と呼ばれ、交換起動、ゾーン指定電波断表示、追跡指令の信号などとして用いられる。その場合の論理条件としては次のとおりである。

(a) 統制局で無閉塞状態の時に移動局より送られてくる f (SD) は移動局よりの交換要求指令とする。

(b) 統制局より呼出中に移動局より送られてくる f (SD) は応答信号として、呼の固定を行う。

(c) 接続通話中に f (SD) の断は電波断として取扱い、電波断表示(トンネル通過中)を行う。

(d) 接続通話中にそのリンケージしていたゾーンの f (SD) がなくなり、隣のゾーンに現われた時は追跡切替えを行う。

(4) 移動局よりの統制局への帯域内信号

f (SV)

通話監視信号として用いられ、移動局の応答状況を監視するのに用い、帯域内であるために裏信号として用いられ f (SV) 断により、応答状態を表現するので、接続シーケンスにも影響を有し、接続制御時、通話時とも用いられる。

f (CSP)

移動局より公衆呼を発した表示に用いられ、公衆、業務間の非接続機能を確認するために用いられる。

f (CSB)

移動局より業務呼を発した表示に用いられ、公衆、業務間の非接続機能を確認するために用いられる。

f (CSE)

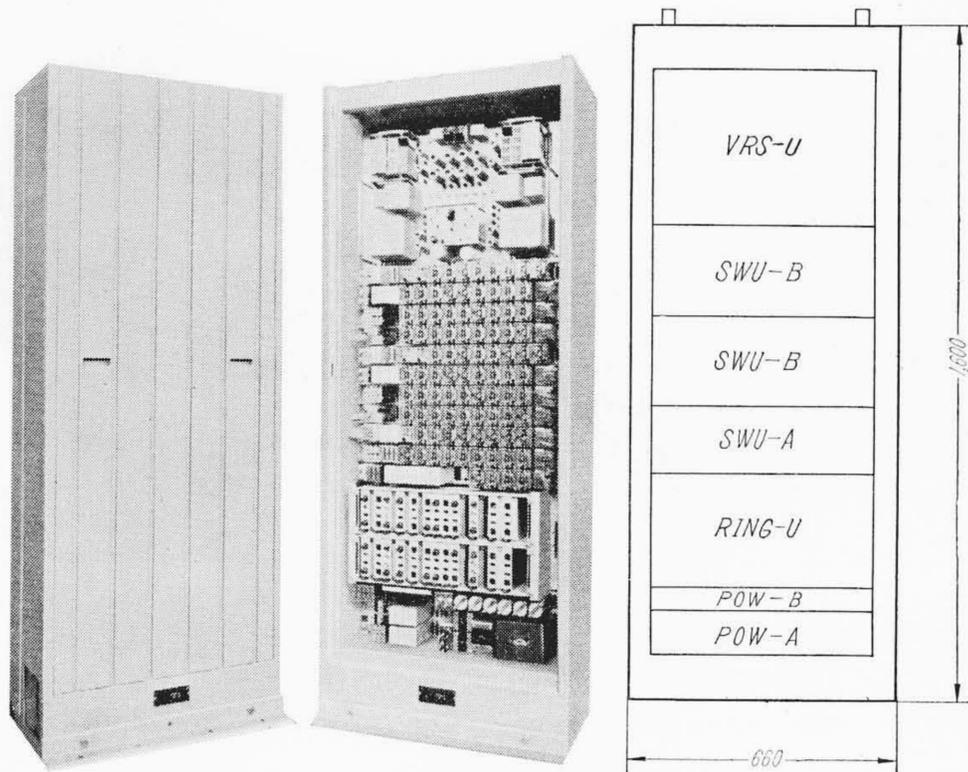
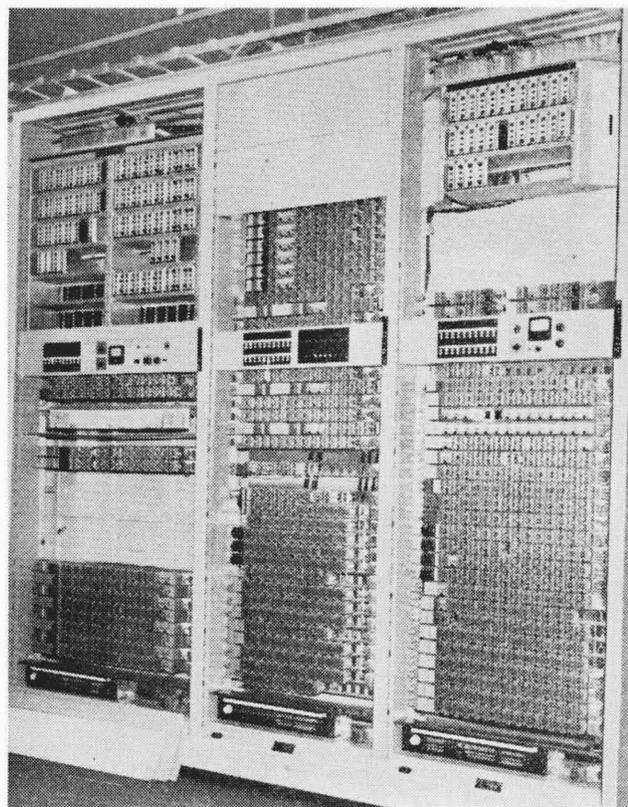
チャンネル話中時に非常業務連絡のため、列車よりの非常呼を行う時に強制切断要求を出すために用いる。

f (RC)

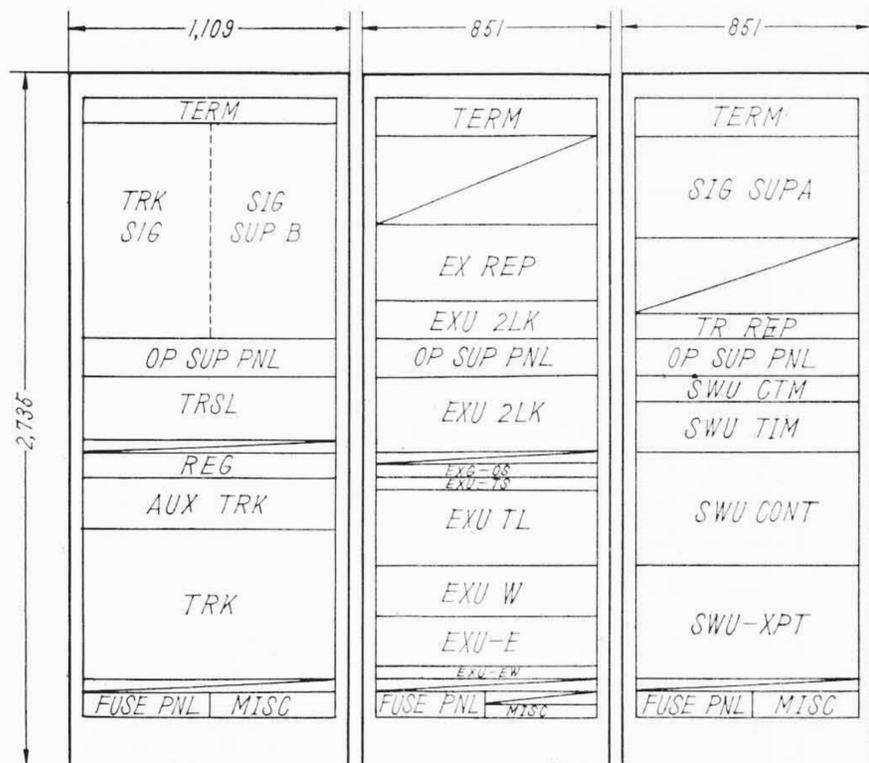
基地局よりの復旧信号を受けたことの応答として用い、復旧動作をじん速、かつ確実にするのに用いる。

5. 移動局接続系統ならびに構成

移動局接続系統は第 2 図接続系統図のとおりであり、CH1CH2 の 2 回線に対し、業務 1、公衆 2 の電話回線があり、任意接続が行われる。列車よりの発信は、業務呼は自動形式で、公衆呼は列車内抜者による抜者サービス形式である。同時通話数は最大 2 であるが通話制限を付し、1 とすることは可能である。公衆通話、業務通話の



第9図 移動局交換制御架



非接続は自動的に行われる。

6. 装置、機器構成

各統制局の交換制御装置は、標準形式のリレー架3架より構成されており、スイッチング部品としては、主として、ワイヤスプリングリレーを用い、信号用部品としてはトランジスタを使用している。第8図にその外観図および装置内容を示す。

移動局の構成としては交換制御装置は半自立形、小形標準架に収められており、電源はエリミネータでスイッチング部品としては、主として、ワイヤスプリングリレーを用いている。(第9図参照)

電話機および操作盤は、今回特に新しく設計されたものであり、電話機は標準の4号形電話機を基本にして、送受独立の4線式とし、さらにマウスピースには指向性をもたせ、車内雑音をひろわないようにし、また送話機では、低周波を500 c/s程度より遮断し低い周波数成分に多い雑音を遮断し、多少 S/N の増加を期している。操作盤に関しては、操作の便を考え、電鍵は反発式のランプ内蔵電鍵を用いている。

7. 接続動作の説明

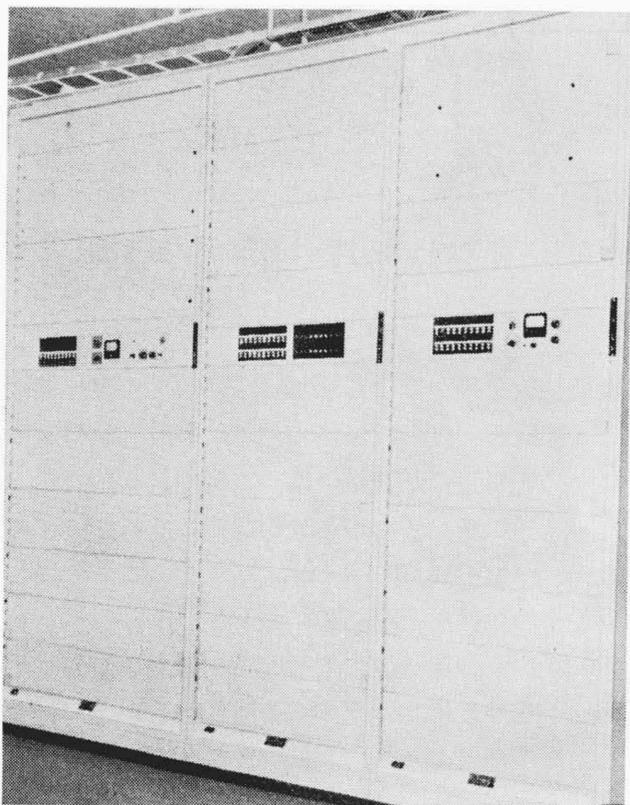
第3図の中継方式図について代表的な一般接続の接続動作を説明する。

7.1 統制局中継台よりの普通発信

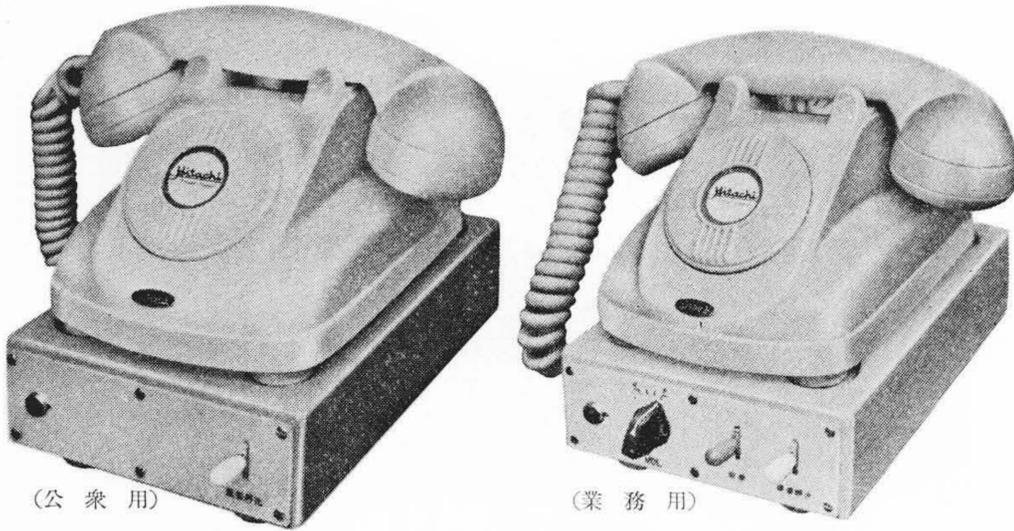
統制局よりの一般発信は、一般回線網よりの呼を受けつけた公衆台または業務台の扱者の操作により呼が発せられることにより始まり最初に TRK (Trunk) が捕捉され、ただちに REG (Register) を捕捉する。REG は台に TRK 経由で発信音を返し、ダイヤルを発信台にうながす。扱者の列車対応の2数字ダイヤルをレジスタは計数蓄積し、TRSL (Translator) を起動し、ダイヤルコードを音声帯域内周波の組合わせの列車呼出コードに変換し、TRK およびトランク信号部経由で通話線に呼出信号を接続する。

一方 TRK では REG より2数字蓄積完了符号を受け、EXU (Exchange Unit) を起動し、あいている LK (Link) を捕捉し、さらに SWU (Switching Unit) を起動する。

ゾーンの選択順を示すために、例を静岡地区よりの発信にとれば、静岡統制局に属する CH 1, CH 2 のあいているゾーンすべてを捕捉し、通話路信号部経由でアプローチ回線を経て無線機に列車呼出信号を発せしめる。もし静岡の交換ゾーンを列車が進行中であり、列



第8図 統制局交換制御架



第 10 図 移動局電話機



第 11 図 移動局操作盤

車が話し中でなければ列車からは基地局指定信号による応答が返り、これは通話路信号部信号機で受信され、その信号は SWU に伝えられ、列車の進行中のゾーンのどちらかの CH が、一つだけ固定され、またトランク信号部では通話監視信号による応答信号を受信し、TRK にその信号を伝え列車呼出信号を消し、REG, TRSL を開放する。さらに TRK よりは台側に呼出音を送出し、移動側の応答とともに通話路を構成せしめる。もし列車が話中の場合、またはほかの統制局に属するゾーンを進行中で、最初の呼出しに応答しなかったときは、静岡 EXU LK 部において時間監視(約1.6秒)をなし、タイムアップとともに静岡 SWU を開放し、静岡 EXU を逆開放せしめる。静岡 EXU が逆開放されると TRK は第 2 試行を行い、静岡の EXU を再起動するが、この時は LK 位置にある中継交換回線の東京(東)向きものを捕捉する。捕捉された中継交換回線は東京統制局に延長され、東京統制局の EXU を TRK 位置より起動し、あき LK を捕捉し、先と同様手順により列車を呼び出す。列車が、この時そのゾーンを進行中で応答すれば、呼はただちに固定され、先と同様手順を経て通話に入るが、ここでも列車を捕捉できなければ、LK では時間監視により、タイムアップとともに東京統制局 SWU を開放し、また東京より東のサーチは不用なので、静岡の EXU を逆開放する。静岡 EXU は第 3 試行により西側、すなわち名古屋向けの中継交換回線を捕捉し、先と同様に、名古屋統制局のリンクをトランク位置より捕捉し、続いて SWU を起動し名古屋管内を探索する。列車より応答が返れば、呼を固定して通話にはいるが、不在または、話中であれば、リンクの時限監視により、タイムアップになり、名古屋 EXU は逆開放を受け、一度解かれ、すぐ大阪行中継交換回線を選択し交換中継回線をトランク位置よりリンク位置にタンデム接続する。大阪に延長された呼は、大阪 EXU を起動し、LK を捕捉し、SWU を起動し、大阪管内を呼び出す。応答があればそのまま通話を固定するが、さらに応答が得られぬ場合には、列車話中とみなし、静岡統制局に逆開放信号を送り、静岡では全ゾーン話中として、中継台側に話中音を選出する。このように呼出しは時間監視により次々と全ゾーンを呼び出すが、その時の手順はまったく同じことを順に繰返すことによる。この時の西または東の呼出し順序は統制局により異なり、次の表の順による。

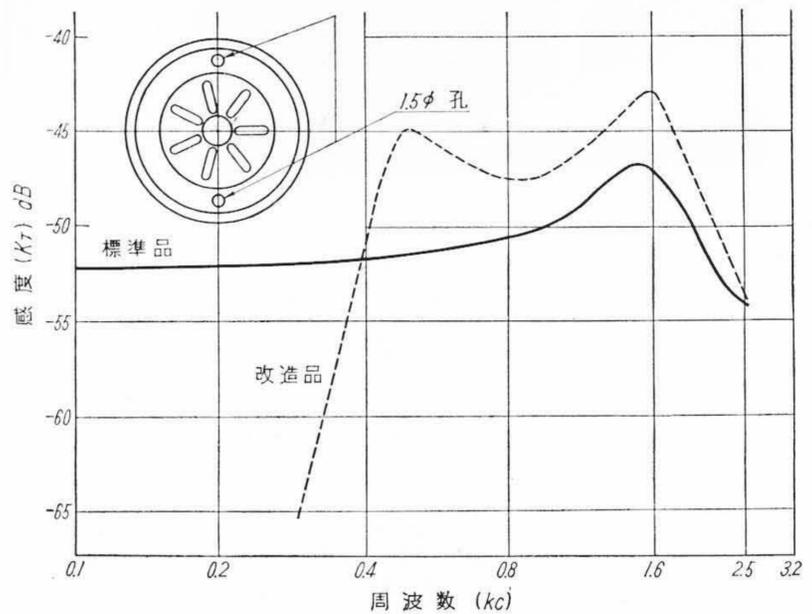
7.2 移動局よりの一般発信

移動局より発信されると、移動局に最も近い基地局で、通話路信号部の信号機により SWU に対し着信信号を与え、SWU を起動し、リンクを捕捉せしめて、さらに EXU を起動して TRK に接続され、国鉄業務台または、公衆市外台に着信表示を与え、扱者応答により通話に入る。業務、公衆の区別はクラス識別信号による。

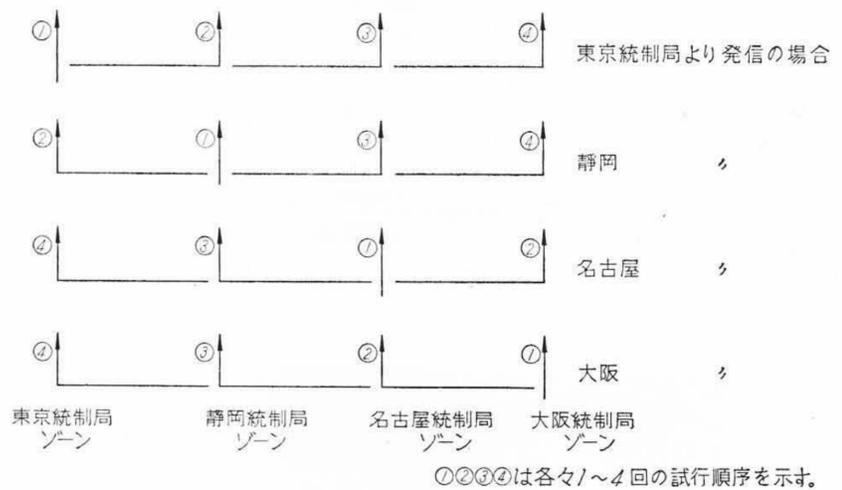
7.3 その他の接続種類

接続種類としては前項、および前々項の一般呼のほか、統制局よりの列車に対するいっせい指令呼と、列車よりの統制局に対する

本改造品は T-4 送話器振動板に穴あけを行ったものである。



第 12 図 送話機改造特性



第 13 図 ゾーン呼出順序

非常呼とがあり、非常呼を行う時は普通呼に優先せしめる。

8. 実施結果

工場内擬似試験を行ったのち、現地に設置し、実際無線機、線路、搬送装置などと接続し、さらに実際の列車に移動局を搭載して総合試験を行なった。この時の試験結果は、工場内試験に比し、信号に妨害を与えるノイズが多かったが部分的に改良を行いノイズによる妨害に対処して、所期の成績をうる事ができた。この場合に問題となった部分とその処置を下記に述べる。

(a) 400 Mc/s 帯搬送波に生じた定在波の中を列車が相当の高速度で進行することにより発する衝激性雑音が音声帯域周波の信号を乱し、その結果交換系に誤信号をあたえて誤動作を招く原因となった。

これに関しては信号器に緩動作、緩復旧特性をもたらしめ信号

第14図 接続率一例

局名	6月14日 上り 第2 こだま 列車→地上			6月12日 下り 第1 こだま 地上→列車		
	呼出回数	接続回数	%	呼出回数	接続回数	%
東京統制局	81	77	95	81	76	94
東京	14	14	100	15	15	100
戸塚	39	37	95	39	36	92
真鶴	28	26	93	27	25	93
静岡統制局	114	105	92	113	105	93
函南	34	30	88	33	29	88
用宗	28	17	94	18	18	100
金谷	19	26	90	29	25	87
浜松	33	32	97	33	33	100
名古屋統制局	124	114	92	125	108	86
豊橋	27	25	73	26	22	85
岡崎	16	15	94	15	14	93
名古屋	57	53	93	60	52	87
米原	24	21	88	24	50	83
大阪統制局	61	55	90	59	56	95
大津	30	28	97	29	27	93
京都	12	10	83	12	12	100
大阪	19	17	89	18	17	94
総合	380	351	92	378	345	91

局名	6月12日 下り 第1 つばめ 地上→列車			6月12日 上り 第2 つばめ 列車→地上		
	呼出回数	接続回数	%	呼出回数	接続回数	%
東京統制局	83	78	94	84	79	94
東京	18	18	100	17	16	94
戸塚	40	39	98	42	41	98
真鶴	25	21	84	25	22	88
静岡統制局	117	107	91	118	110	93
函南	33	31	94	35	31	89
用宗	21	19	90	23	23	100
金谷	30	27	90	28	26	93
浜松	33	30	91	32	30	94
名古屋統制局	135	124	92	133	128	96
豊橋	27	25	93	29	28	97
岡崎	15	13	87	17	17	100
名古屋	60	55	92	57	55	97
米原	33	31	94	30	28	93
大阪統制局	63	56	89	65	59	91
大津	30	28	93	32	30	94
京都	15	11	73	14	11	79
大阪	18	17	94	19	18	95
総合	398	365	92	400	376	94

自身の誤動作を減少せしめるとともに、制御条件論理としても雑音性信号機の作動をその接続シーケンスより検出することにつとめ誤動作率を激減せしめ、実用上無害とした。

(b) 移動局より発する電波に対する隣接局受信や、異常伝ぱんや山の反射などに基く一つ置いた隣接局に対する過到達(オーバーリーチ)による信号機の論理条件外の誤動作に起因する交換系動作に対する妨害が一部認められた。

この場合は一応(a)項同様に信号機の誤動作率をタイムコントロールなどで減少せしめるとともに論理条件外の動作に対してはできるかぎり応動せぬよう、論理条件を必要動作にのみ限定し、この種の信号機誤動作に対処した。

(c) 本方式ではたとえば統制局より移動局に送る信号のうち、音声帯域外信号は列車走行の付近(たとえば大阪)の局より出るが、音声帯域内信号は呼を発した遠く(たとえば東京)の局より出るなどの、各統制局の組み合わせが行われるので、回線、無線機などの周波数特性に対し、送入信号のレベルで等化を行うなどの手

段は用いることができず、ひいてはおのこの局の信号レベルはある許容範囲内で一致していることが必要で、実際に試験の当初はこれらレベル特性のばらつきで、相当の地域的な誤動作が認められた。

これの対策としては機器回線の特徴を東京より大阪に至るまで厳密に調整することにより所期の結果をうることができた。

またこの場合交換系では誤動作信号と正規信号の検出を時間監視などで行い、誤動作信号の時間的な許容度を大にすることにより改善を行った。

以上のような事項、そのほかいくつかの障害があったが、これらに対しては別途処置を行い総合的試験としての接続率試験を行ったが、そのうちの一例を第14図に示す。

この場合は長いトンネルのように明らかな不感地帯のみをさけ、そのほかは1率に3回/3分間ごとの率で呼出しを行うことにより行った。したがって試験方法のせひについては異論もあろうが、一応の総合接続動作に関する資料となるものである。その結果としては山の陰など不感地帯を入れても概略90%以上の接続率であり、さらに電界強度の是正などを行えばこれ以上の接続率も期待できるので一応の目的は達したと考えられる。

また本交換制御装置のとおり、必要信号が多くなると制御に関しては時限制御監視をどうしても多く必要とする。(たとえば東京統制局管内に列車が不在であることの識別は、応答時間の監視のタイムアップにより検出する)

したがって本交換制御方式ではいかに時限制御を導入するかが問題点であり、また機器にいかなるものを用いるかが問題であった。これに対して、今回のタイミング素子としては蓄電器抵抗による時定数を利用した有極リレー回路、トランジスタ回路を多用し、前者は蓄電器1 μ f当り10ms \pm 15%、後者は1 μ f当り400ms \pm 20%の時間を得た。実際の接続時間に関しては移動局より統制局を呼び出すのに0.7秒、さらに統制局より移動局を呼び出すのに1~10秒程度を必要とした。この時間のうち、おもなものは移動局送信機の送信立ち上りの時間保証0.2秒、バイプレーティングリードセレクトの立ち上りの時間約0.4秒、そのほか信号受信確認0.1秒などの集積で統制局より移動局を呼ぶ動作では、これが各統制局ゾーンを次々と検索するために重複している。

9. 結 言

以上述べたとおり、列車無線交換制御方式は、過去において、規模においても、また、その特殊性においても、参考となる方式もなく、もっぱら交換制御技術の応用として、まったく新規に開発したが、一般的な移動性の設備に対する電話交換技術としては、その一部を満たすに過ぎないけれども長距離性の移動通信方式に対しては一つの方式を提供しうることができた。

本方式は移動性通話を扱うものであり、また、それも現在東海道線に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性設備に対する通信設備に対しての技術的発展の基礎となると考えられる。

終りに臨んで、今回の方式開発に種々ご指導いただいた郵政省電波監理局、日本電信電話公社、日本国有鉄道、ならびに日立製作所関係各位に厚く感謝の意を表す。

参 考 文 献

- (1) W. Keister, A. E. Ritchie S. H. Washburn: The Design of Switching Circuit. (Bell Laboratories Series)