

# 東海道・山陽新幹線列車無線用移動局システム

## Train Radio Mobile System for the Tokaido and Sanyo Shinkansen

東海道・山陽新幹線列車無線システムの更新にあたり、移動局設備を全面的に取り替えた。

ニュースを地上から伝送するなどニューメディアの導入とともに、乗客にとって効用の大きい公衆電話サービスが電話機数、回線数の大幅増、全国自動即時ダイヤルの実施などによって、飛躍的に改善された。

これら機能、容量がともに格段に増加するほか、新たなサービスを提供するために、無線回線制御方式を全面的に変更した。システム切り替えを一夜で実施するために、新旧両機能を持った設備を従来と同じスペースに実装し、大幅に小形化した。

また、車内ケーブルの心線数の増設は困難であったため、既設の心線数で増加する端末機器が収容できるよう、インタフェースを全面的に変更した。

深沢彰夫\* *Akio Fukazawa*  
生田弘美\*\* *Hiromi Ikuta*  
東 政信\*\*\* *Masanobu Higashi*  
奥津雄次\*\*\* *Yūji Okutsu*  
成瀬浩一\*\*\*\* *Kōichi Naruse*

### 1 緒 言<sup>1), 2)</sup>

新幹線列車無線移動局システムは、新幹線の列車内に設置され、列車内の乗客・乗務員と地上の公衆電話網や鉄道電話網などを經由して各種通信を行うために用いられる。

今回のシステム更新では、通信容量の拡大、通信品質の向上、サービス内容の充実および保守運用機能の改良を行った。特に、乗客サービスの面では、データ伝送によるニュース表示など新たなサービスの導入が行われ、今後さらに内容の充実が期待されている。一方、従来実施されている公衆電話サービスでも大幅な電話機設置台数の増設を行い、標準形カード公衆電話機による全国自動即時サービスの実施により、街頭の公衆電話機とまったく同じ操作で、いつでも電話が利用できるようになった。

これらシステムの大幅な拡張を行うのに際して、既存車両の機器設置スペース、車内ケーブルの心線数などの増設は車両の改造を必要とし困難であった。そのため、新旧両機能を持った装置を旧システムと同一スペースに搭載できるよう小形化するとともに、端末機器に必要なケーブル心線数も通話路を4線式から2線式にするなどして大幅な削減を行った。

また、通信容量の増加、機能の複雑化に伴い、信頼性の向上、保守運用機能の充実が必要であり、回線制御方式、信号方式の全面的な変更を行った。

以下、電話サービスを主に、移動局システムの概要、構成

機器の機能概要および回線制御方式について述べる。

### 2 移動局システムの概要

移動局のシステム総合系統図を図1に、100系(2階建て)電車の機器配置図を図2に示す。

移動局システムは運転指令系、旅客指令系、業務公衆系およびデータ系の4系に分かれている。

装置は空中線、無線送受信装置、データ伝送装置、信号制御装置および各種端末機器に分けられている。空中線、多重化された信号を受信復調する受信機や端局の一部、列車番号および列車在線位置の情報を取り扱う部分、ならびに電源関係を除くと系ごとの独立制を極力維持するようにし、系相互が互いに予備系として機能するようにするとともに、各系の主要部分は二重化するなど信頼性の向上を図った。

#### (1) 運転指令系

運転席に設置された運転指令操作盤を用いて、個別着信、個別発信、一斉指令受令・応答、緊急発信ができ、系を構成する大半の装置は二重化されている。しかし、車内ケーブルや運転指令操作盤など一重系の部分の故障などに際し、地上との連絡手段を確保するために業務系の電話機が併設されている。

#### (2) 旅客指令系

\* 東海旅客鉄道株式会社 電気部信号通信課    \*\* 西日本旅客鉄道株式会社 電気部信号通信課    \*\*\* 日立電子株式会社  
\*\*\*\* 日立製作所 戸塚工場

車掌室には運転指令系と同様の機能を持つ旅客指令操作盤と業務用電話機が設置されている。業務内容によってどちらかが使用されるとともに、互いに予備系としても用いられる。

また、車内巡回などで不在の場合には、旅客指令系では指令内容が自動録音され、業務系では着信呼がビュッフェ扱者に自動転送される。

(3) 業務公衆系

おおむね2両に1台の公衆電話機、個室客室の電話機、地上からの乗客への着信呼の受け付け、および車掌不在時の業務着信呼の受け付けのための扱者操作盤ならびに前述の運転席および車掌室の業務用電話機が設置される。

これらの端末機器のトラヒックを考慮して、1移動局は最大同時8通話が可能である。

なお、扱者操作盤および個室用電話機は、コレクトコール発信、着信応答および端末機器相互通話だけが可能である。

### 3 構成機器の主要機能

#### 3.1 空中線

空中線は、東海道LCX(Leakage Coaxial Cable)区間用の側面スカートアンテナ4面と、山陽空間波区間用の屋根上ア

ンテナ2面で構成される。

#### 3.2 無線送受信装置

##### (1) 受信部

多重波の受信機であり、空間波用、LCX音声系用およびLCXデータ系用の3種類各2台が、それぞれ前後または左右2面ずつのアンテナに接続されている。

また、空間波用とLCX用の受信出力を判定して、空間波区間とLCX区間のシステム切換信号を出力する。

##### (2) 線路部

それぞれ2台の受信機の出力を合成して、ダイバーシチ受信を行う。

##### (3) 送信部

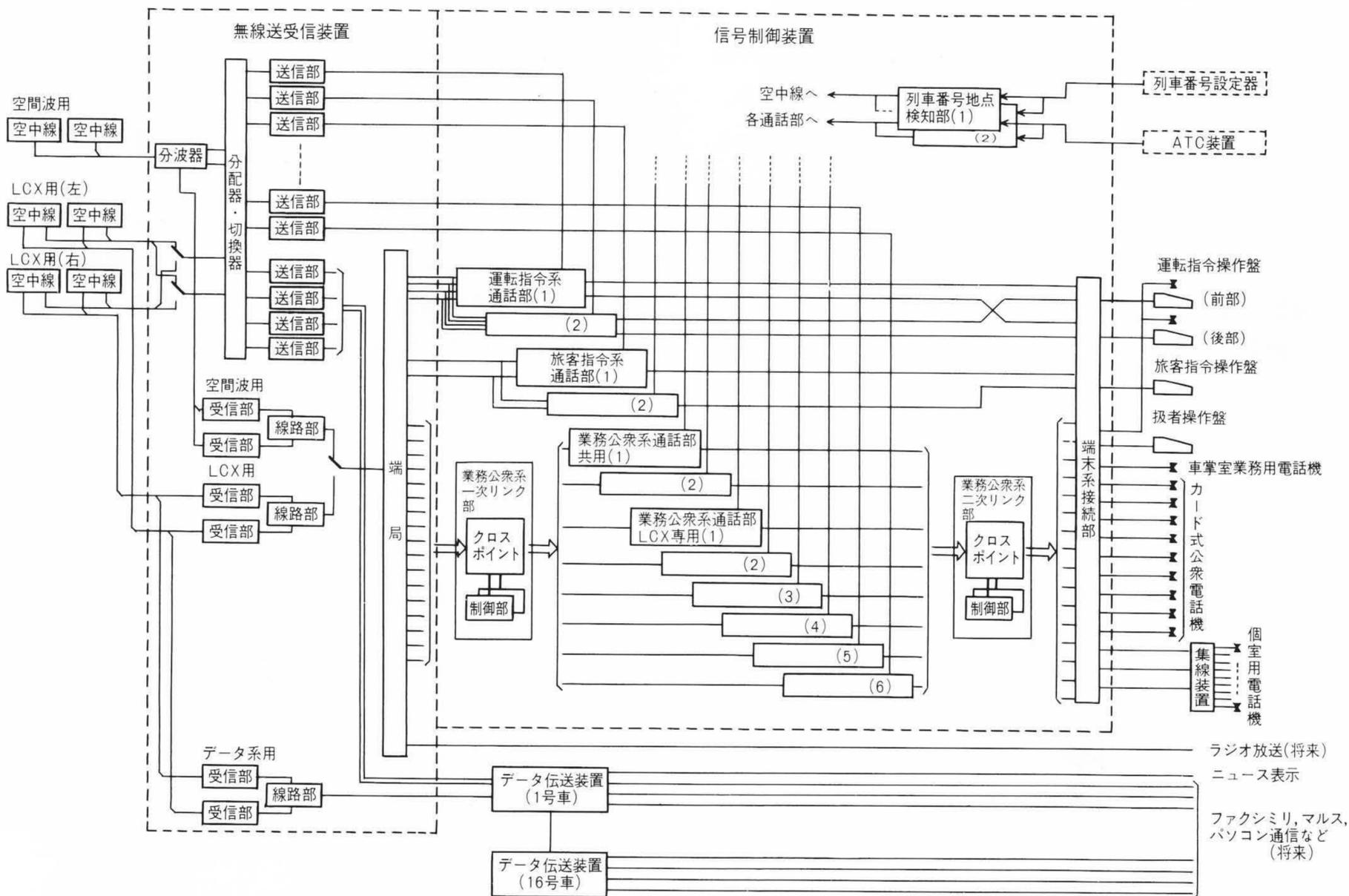
単一波の送信機であり、空間波・LCX共用、LCX専用およびデータ用の3種類がある。

##### (4) 端局

周波数多重信号の復調回路である。

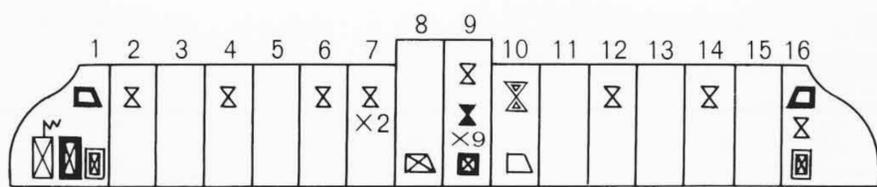
#### 3.3 データ伝送装置

データ系の回線制御、誤り制御、PAD(パケット組立・分解)、端末機器とのインタフェース機能などを持つ。



注：略語説明 LCX (Leakage Coaxial Cable), ATC (Automatic Train Control), パソコン (パーソナルコンピュータ)

図1 移動局システム総合系統図 移動局システムは、運転指令系、旅客指令系、業務公衆系およびデータ系に分かれる。



注：記号説明

- |           |  |
|-----------|--|
| (無線送受信装置) | (扱者操作盤)                                |
| (信号制御装置)  | (車掌室業務用電話機)                            |
| (データ伝送装置) | (個室用電話機)                               |
| (集線装置)    | [ 個室用電話機は、2階<br>建て車両の各個室に設<br>置してある。 ] |
| (運転指令操作盤) |  |
| (旅客指令操作盤) | (カード公衆電話機)                             |

図2 列車内の機器配置図 無線送受信装置、信号制御装置などの主要部分は列車ボンネット内に設置し、端末装置は各車両に分散して設置している。

### 3.4 信号制御装置

列車内に分散設置される各種電話系端末機器と無線回線の接続、無線回線制御およびこれらに必要な列車進行方向や在線位置の判定などを行う。

外観を図3に示す。

#### (1) 列車番号地点検知部

運転席の列車番号設定に基づいて、列車の進行方向および列車(ダイヤ)番号の検出を行う。

LCX区間では無線送受信装置からの信号により、空間波区間ではATC(Automatic Train Control)装置から供給される地上子信号の種類、および組み合わせから在線する無線ゾーンの種別を判定する。この結果に基づき空中線の指向性切換、受信周波数の切換および回線制御に必要な情報の出力を行う。

#### (2) 運転指令系通話部および旅客指令系通話部

運転指令操作盤または旅客指令操作盤と、無線回線の接続制御を行う。定常状態では列車の進行方向によって、無線回線のチャンネル番号および二重化された通話路部のどちらを使うかは一義的に定められているが、回線や装置に異常が発生した場合には自動的に正常な回線や装置に切り換えられ、また乗務員の操作によって使用する回線を切り換えることもできる。

#### (3) 業務公衆系一次リンク部

無線回線の受信回路と業務公衆系通話部を接続するクロスポイント、および二重化された制御回路で構成している。

無線回線からの着信時には空き通話部を、車内からの発信時には空き無線回線を選択し接続する。このとき、後述するように空間波区間とLCX区間の回線数、同時通話数に差があること、および回線利用効率の向上のために定めたアルゴリズムに従って回線選択を行う。

#### (4) 業務公衆系通話部

送信機と1対1に対応して設けられ、空間波・LCX共用が2回路、LCX専用が最大6回路実装される。

着信時には一次リンク部から、発信時には二次リンク部から起動され、統制局との間で接続制御信号の送受信を行うとともに、端末機器との間で情報の送受信を行う。

接続制御の詳細については後述する。

#### (5) 業務公衆系二次リンク部

業務公衆系通話部と端末機器、および端末機器相互を接続するためのクロスポイントと二重化された制御回路で構成している。

#### (6) 端末系接続部

端末機器を接続するインタフェース回路(BORSHT; Battery-feed, Over-voltage-protection, Ringing, Supervision, Hybrid, Testing)である。列車内はインパルス性雑音が多く、ケーブルの絶縁不良の発生も予想されることから、信号制御装置の内部回路とインタフェース回路は、交流回路は変成器で、直流回路はホットカップラまたはリレーで結合し、電源回路も分離して別系統とし十分な耐圧を確保した。

また、車内ケーブルの必要心線数を削減するために、通話線を2線式にしたが、固定通信網に比べて各種の回線の中継伝送のためにレベル変動が大きい。鳴音・準鳴音安定度を確保するために、ハイブリッド回路の端末機器側は常時終端するとともに、BON(Building Out Network)回路を挿入して、反響損失を最大になるようにした。

さらに、端末機器の操作ボタン、表示ランプなどの情報伝送は、従来はそれぞれに1本の心線を使用していたが、1対のケーブルで送受信するようにした。信号方式にはダイヤル信号の受信と回路の共通化を図って、PB(プッシュボタン)信号を用いた。

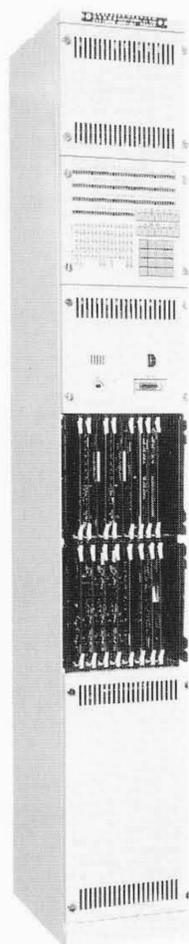


図3 信号制御装置の外観 信号制御装置は、電話系の各端末装置の交換制御を行う。

### 3.5 端末機器

#### (1) 運転指令操作盤

運転指令操作盤は前後の運転席に設置される。その機能を表1に、外観を図4に示す。

#### (2) 旅客指令操作盤

車掌室に設置され、機能は運転指令操作盤に準じるほか、不在時に指令内容を録音するための留守番録音機能がある。

#### (3) 扱者操作盤

ビュッフェなどに設置される。機能を表2に示す。

#### (4) カード式公衆電話機

日本電信電話株式会社が設置しており、標準品の非常呼出ボタン(110番, 119番)を扱者呼出ボタンとした以外の操作は同一である。

なお、扱者呼出ボタンは、地上からの呼出があったとき、カードがなくても通話ができるように設けたものである。

#### (5) 業務用電話機

前後の運転席には発信専用電話機が、車掌室には発着信可能な電話機が設置される。

表1 運転指令操作盤および旅客指令操作盤の機能 運転席に設置され、中央指令所の指令員と個別・一斉・緊急通話ができる。旅客指令操作盤は、上記機能のほかに留守番電話機能がある。

機能	内容
上り, 下り設定・表示	上り, 下りの回線指定および表示
空線表示	指定した回線の空き表示
呼出表示	ランプ(個別着信で点灯, 一斉着信で点滅) スピーカから呼出音
障害表示	ランプが点灯し, スピーカから警報音
緊急呼出スイッチ	指定した回線が話中のとき操作する。空き回線選択または割り込んで発信
モニタスイッチ	同一ゾーン内, 他列車の通話モニタ

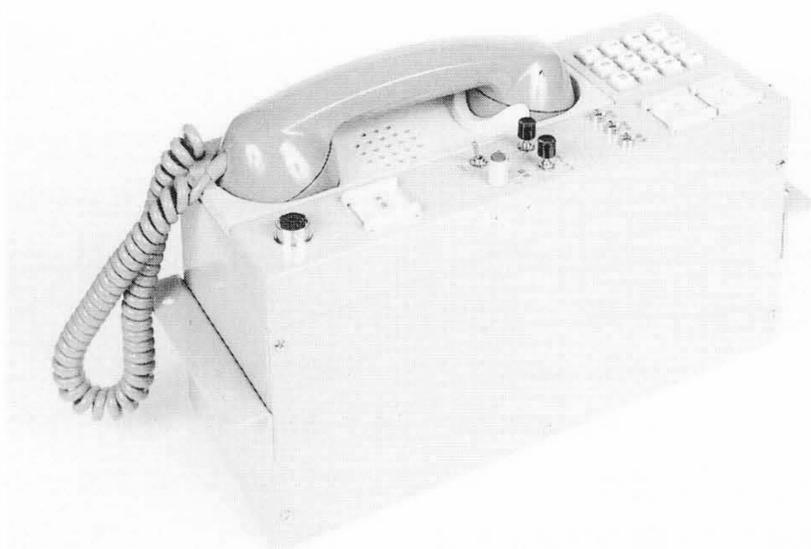


図4 運転指令操作盤の外観 1号車および16号車の運転席に設置している。

表2 扱者操作盤の機能 ビュッフェに設置され、車内の電話機, 無線回線との通話や回線交換を行う。

機能	内容
内線接続	車掌室業務用電話機, カード式公衆電話機および個室用電話機との通話を行う。発信はボタンを押してダイヤル後に通話する。着信はボタンを押して応答する。
業務, 公衆接続	地上との業務, 公衆通話時に, それぞれのボタンを押す。発信はボタンを押して“106”ダイヤルする。着信はボタンを押して応答する。
着信表示	着信時は, 上記内線・業務・公衆のいずれかが点滅し, 同時にベルが鳴動する。
空線表示	業務公衆系の無線回線が使用可能なときに点灯する。
転送表示	車掌室で「不在」操作を行っていることを表示する。車掌室への着信が転送されてくる。

なお、車掌室業務用電話機の不在ボタンを操作しておくと、不在時の着信呼はビュッフェ扱者操作盤に転送される。

#### (6) 集線装置および個室用電話機

2階建て電車の個室にはビュッフェ扱者との相互通話, 地上へのコレクトコール発信および地上からの着信への応答ができる電話機が設置される。

これらの電話機は、車内ケーブルの心線数を減少するために集線装置を設置した。この集線装置は、信号制御装置の公衆電話回線を最大3回線, 個室用電話機を最大9回線収容できる。

## 4 回線制御方式<sup>3), 4)</sup>

今回のシステム更新にあたり、運転指令系および旅客指令系については、サービス内容の大きな変更はなかったこと、システム更新に先立って中央指令所の移転に伴う、中央の交換機の新設があったため、回線制御方式は基本的に従来システムを踏襲することにした。

業務公衆系は、空間波方式のまま残る山陽区間を含めて、カード式公衆電話機による全国自動即時ダイヤルを実施し、保守機能・運用管理の機能向上を図るための列車番号や端末機器種別情報など、伝送する情報が大幅に増加したので信号方式の全面的な見直しが必要になった。

また、LCX区間に比べて、空間波区間の無線回線数が少ないが、この間を移動する列車の通話を継続させ、回線を効率よく利用するために回線選択方法の検討が必要となった。

### 4.1 信号方式

信号方式を検討するにあたり考慮すべき条件は、次のとおりである。

- (1) 空間波区間は東北・上越新幹線やシステム更新後の東海

道区間に比べて雑音が多い。

(2) 列車からの発信時には、ダイヤル番号、列車番号、端末機器種別、課金情報など従来システムに比べてはるかに大量の情報を伝送する必要がある。

(3) 一方では、応答や終話などの呼監視信号はそれ自体情報量は少ないが、伝送遅延時間は課金周期に比べて十分小さくする必要がある。

(4) また、これらの呼監視信号は音声伝送中に受信される必要があるため、音声による誤動作を防ぐ必要がある。

以上の条件のもとに、最近の移動無線システムに用いられるようになったデジタル信号方式と、交換システムで用いられている多周波信号のうちPB信号方式とMFC(Multi Frequency Code)信号方式について、伝送試験を実施した。

交換システム用信号として双方向伝送が可能なMFC(CCITT R2)と音声誤動作のほとんどないPB信号を選んで実験を行った。

一例として、PB信号をコンペルド方式で伝送した場合の伝送方式と測定結果を図5に示す。この伝送方式は、統制局から送出する信号は移動局からの応答信号が受信されるまで継続し、移動局からの応答信号が断になって、かつ信号の送出を止めてから60 ms以上経過すると次の信号を送出する。移動局は統制局からの信号が受信されている間、応答信号を送出するようにしたものである。

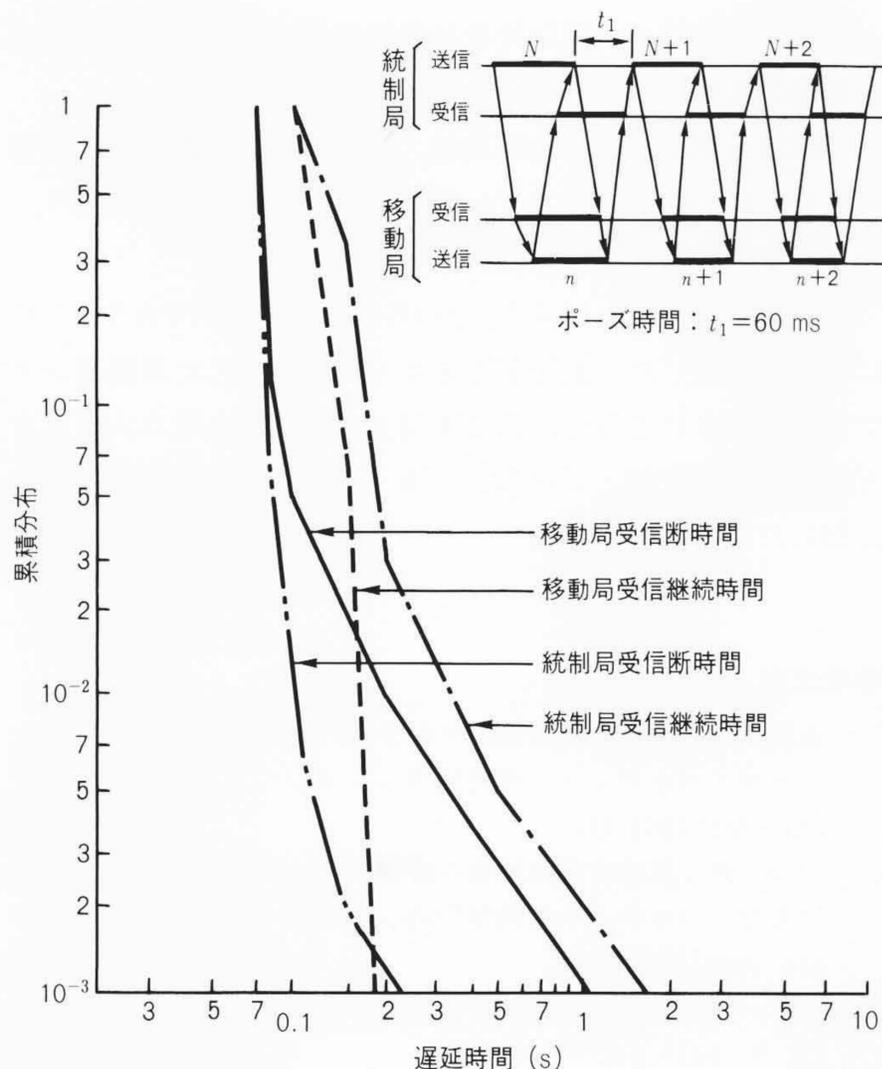


図5 PB信号の伝送方式と測定結果 測定結果は、信号の受信あるいは断となっている時間を、累積分布として集計している。

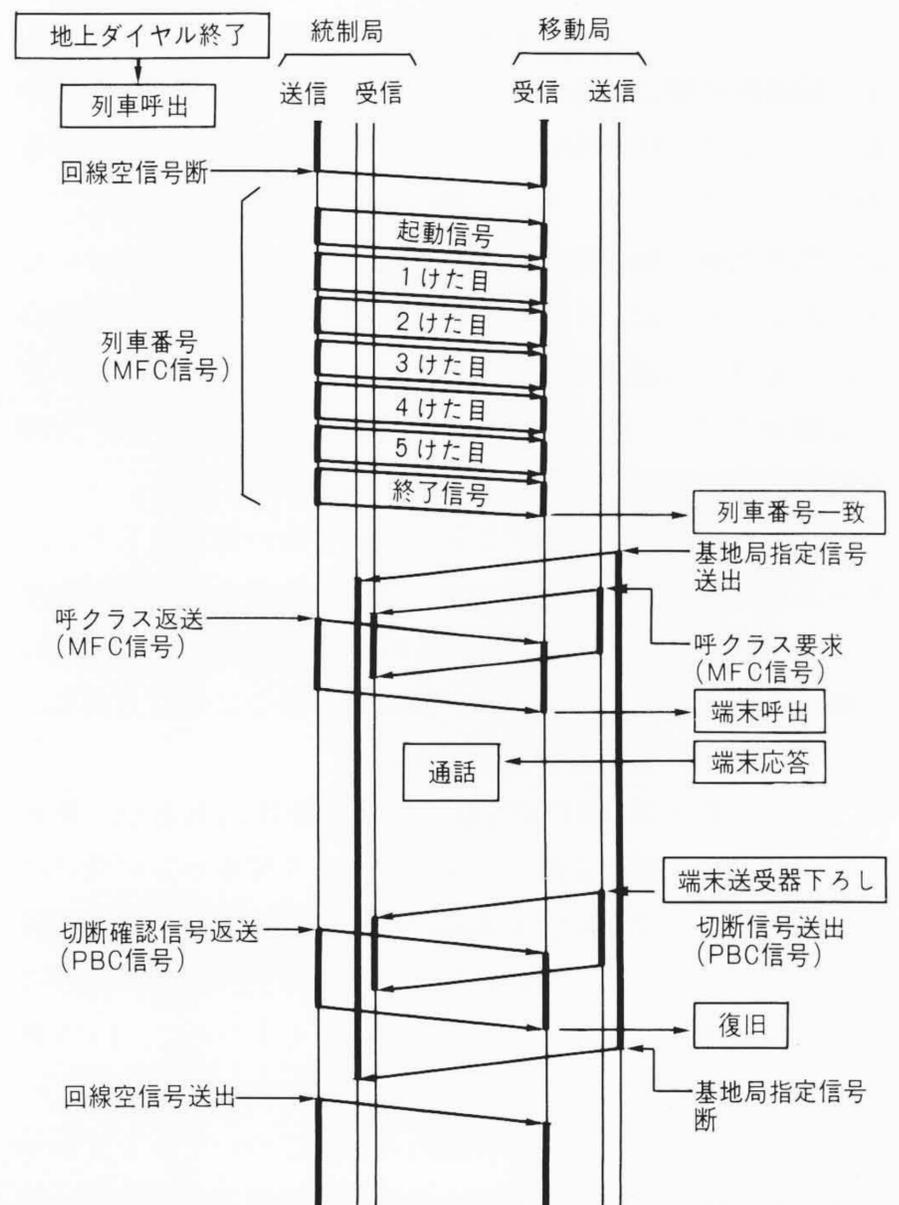
測定結果は、それぞれの局で信号が受信されている時間と断となっている時間を、ある時間を越える累積分布として集計した。すなわち、信号の送出から確認信号の受信までが99%の確率で約400 ms以内に行われている。

また、誤りは皆無に近いが、一つの信号が電波の瞬断によって二つの信号として受信される現象があるので、信号割当に“R”符号を設けることとした。例えば“1111”という信号は“1R1R”と伝送し、同一信号が複数個連続して受信されても1個の信号とすることによって対処することにした。

これにより、交換システムで用いられる信号は列車無線回線でも十分な信頼性が確保でき、呼監視信号の伝送に関しては、デジタル信号よりも伝送遅延が少ないことから、移動局、統制局の交換機と親和性のある交換システム用信号を用いることにした。

具体的には、ダイヤル番号、列車番号、端末機器種別、課金指数などの選択信号に類する情報はMFC信号とし、音声伝送とシーケンス上区別ができない呼監視信号はPB信号をコンペルド方式とした。接続先が確定する前に伝送する列車番号以外はコンペルド方式として確実な伝送を行うようにした。

接続制御シーケンスの一例を図6に示す。



注：略語説明 MFC (Multi Frequency Code), PBC (Push Button Compelled)

図6 業務公衆系統統制局→移動局接続制御シーケンス 列車番号は移動局からの基地局指定信号を受信するまで最大5回繰り返し送出する。

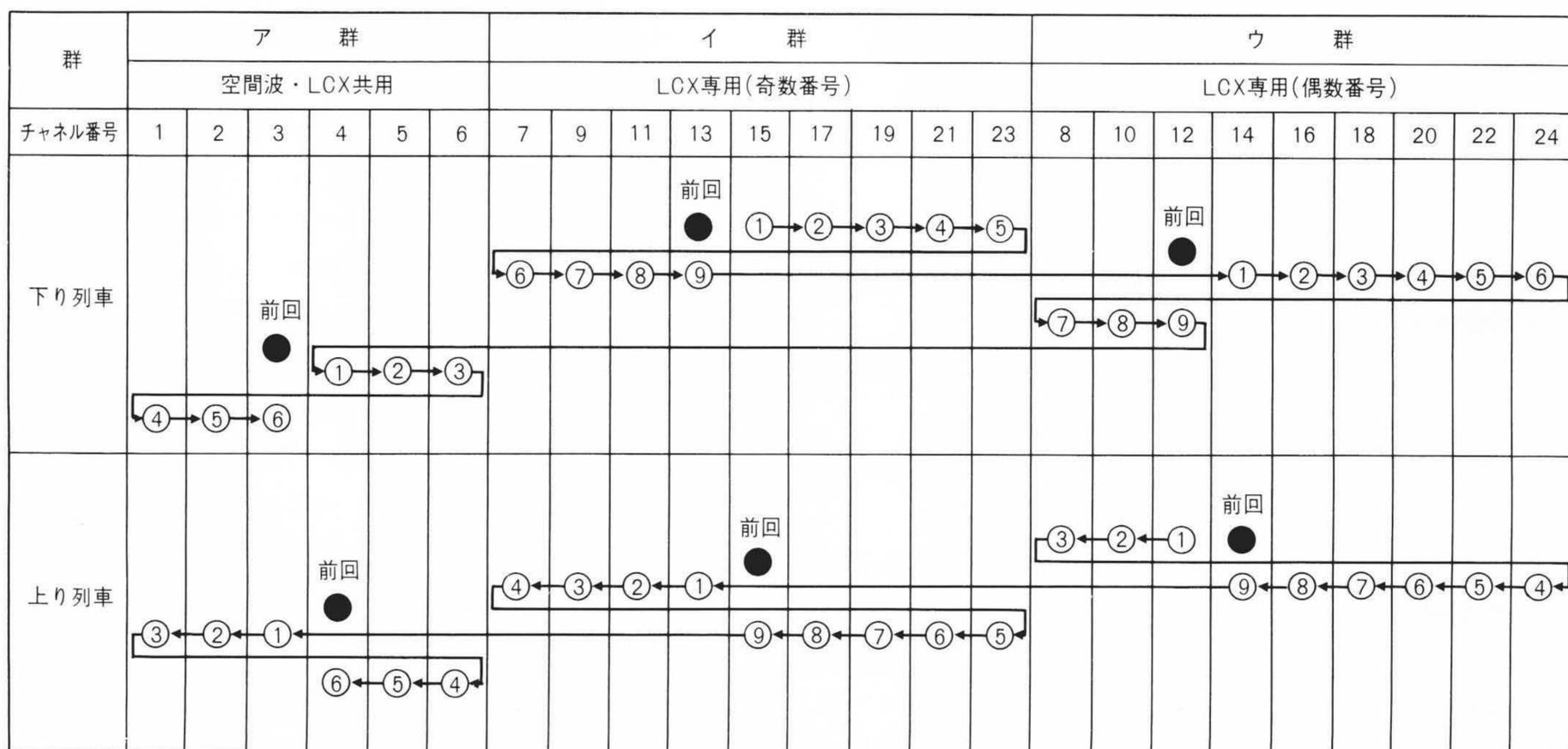


図7 列車無線の回線選択方法 下り列車はイ群→ウ群→ア群の順に、上り列車はウ群→イ群→ア群の順にチャンネル番号を選択する。

### 4.2 回線選択方式

呼数の95%を占める列車発信呼の空きチャンネル選択の方式によって、接続率や回線利用効率が大きく変わる。このためには、以下に述べる条件を考慮する必要がある。

- (1) 短時間の間に複数の呼が発生して同一チャンネルを選択すると、いわゆる呼の衝突を生じて正常な接続ができなくなるので、できるだけランダムに選択させるのが望ましい。
- (2) 列車無線は他の移動無線と異なり、線上の移動体サービスであるため、同一チャンネルを使用中の列車が接近する場合には一定以上の通話時間を保証するために、あらかじめ一定の距離分のゾーン閉塞(そく)を行う必要があるが、同一方向や反対方向に進行する列車相互間では少なくてよい。

このため、統制局で列車位置、進行方向の情報をもとに、チャンネルごとに列車進行方向別に使用を許可する信号を送出するようにしたが、さらに回線利用効率を向上するためには、移動局が使用可能なチャンネルが複数ある場合に進行方向別に優先順位を設けることも有効である。

- (3) 東京～新大阪間はLCX方式で回線数は24あるが、新神戸～博多間は6回線である。新大阪の下り列車からの発呼には新神戸ゾーンに入っても通話が継続できるよう、空間波区間と共通の6回線だけを選択させる一方、上り列車の発呼に対しては新神戸以西の列車への影響をなくすために、LCX専用のチャンネルを優先的に選択させる必要がある。

以上の条件を考慮して、各種のモデルについてシミュレーションを実施した結果、図7に示す回線選択方法とした。すなわち、無線回線を空間波・LCX共用のア群、LCX専用奇数番号のイ群、およびLCX専用偶数番号のウ群の3群に分割し、

下り列車はイ→ウ→アの順に、上り列車はウ→イ→アの順に空き回線を選択するようにした。また、群内の回線選択順位は前回の選択番号をもとに決めるようにして、複数列車が同一回線を同時に選択する確率を減少した。

## 5 結 言

以上、東海道・山陽新幹線列車無線の更新システムのうち、移動局システムの概要について述べた。

回線数・電話機数の大幅増加、カード式公衆電話機の設置により、いつでも全国どこへでも電話ができるようになり、利用者から好評を得ている。

現在、高速運転が可能な、300系電車の試験中であり、これには今回開発した移動局装置をさらに小形化した移動局システムが搭載されており、保守運用上の新機能を取り入れるなど数々の改良を加えている。今後、さらにサービスの向上を目指した努力を続ける。

### 参考文献

- 1) 近藤, 外: 新幹線列車無線次期システムの車上装置, 鉄道におけるサイバネティクス利用国内シンポジウム論文集, 21回, 581~585(1984-11)
- 2) 田口, 外: 新幹線列車無線の新システム対応移動局, 鉄道におけるサイバネティクス利用国内シンポジウム論文集, 23回, 641~645(1986-11)
- 3) 松本, 外: 東海道・山陽新幹線列車無線システム, 日立評論, 72, 9, 841~848(平2-9)
- 4) 今井, 外: 東海道・山陽新幹線列車無線用業務公衆系交換機, 日立評論, 72, 9, 849~854(平2-9)