

# 東海道・山陽新幹線列車無線システム

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

東海旅客鉄道株式会社および西日本旅客鉄道株式会社では、平成元年3月、東海道・山陽新幹線列車無線システムの更新を行った。

東海道区間は全線にLCX(Leakage Coaxial Cable)を布設して、大容量・高品質な無線回線を構成して、データ伝送などニューメディア伝送を可能にするとともに、山陽区間でも無線回線の利用効率の向上を行い、公衆電話サービスの充実が図られた。

列車内にはおおむね2両に1台の割合でカード式公衆電話機が設置され、街頭の公衆電話機と同じ操作で全国自動即時通話が可能になった。

日立製作所は、列車無線システムを構成する地上・車上の電話用交換設備、車上の電話機・操作盤などのマンマシンインタフェース、列車無線回線を構成する基地局無線搬送装置と中継機などを納入した。

松本和臣*	Kazuomi Matsumoto
今井宏明**	Hiroaki Imai
成瀬浩一***	Kôichi Naruse
有田與幸****	Yoshiyuki Arita
水川二郎*****	Jirô Mizukawa

### 1 緒 言

東海道・山陽新幹線の列車無線システムは、昭和39年の東海道新幹線開業以来、岡山開業、博多開業と増設・改良が行われてきたが、特に東海道区間の設備の老朽化、通信容量の不足、機能の陳腐化が目立つようになった<sup>1)~3)</sup>。

このため、民営分割前の日本国有鉄道時代から、社団法人鉄道通信協会での研究委員会をはじめとして、あらゆる面から検討された結果、全面的なシステム更新が行われることになり、平成元年3月にシステムの切替が行われた。

今回のシステム更新の特徴は次のとおりである。

(1) 東海道区間は全線LCX<sup>4)</sup>(Leakage Coaxial Cable)方式とし、周波数繰り返し利用効率の向上、狭帯域化による周波数利用効率の向上により、従来と同一周波数帯域のなかで通信容量の大幅な増加と、通信品質の向上を図った。

また、山陽区間は従来の無線設備をそのまま使用するが、電波伝搬状況の調査結果に基づいて、周波数繰り返し利用効率を改善し、通信容量の向上を図った。

(2) 東海道区間では、従来の電話系のほかにデータ系を設けて、事故情報および列車動揺情報などのデジタル伝送を行っているが、ファクシミリやパーソナルコンピュータ通信など乗客に対するニューメディアサービスも実施可能であり、今後の拡張が期待されている。

(3) 今回のシステム更新では、おおむね2両に1台のカード

式公衆電話機と、個室には着信応答、車内扱者との通話やコレクトコール発信のできる電話機などの端末機器を配置して、乗客サービスの向上を図った。

なお、カード式電話機は街頭の公衆電話機とまったく同じ操作で、全国自動即時通話ができるようになっている。

(4) 公衆電話網または鉄道電話網と接続するために、統制局に設置される業務公衆系交換機はフルデジタル交換機とし、東海道区間の列車無線基地局と接続するアプローチ回線、および統制局相互間の中継回線は光PCM(Pulse Code Modulation)回線で構成して、列車無線地上回線網はデジタル1リンク接続を実現した。

本稿では、更新システムの概要と無線回線設計の概要について述べる。なお、本誌の別論文で業務公衆系交換機と移動局システムについて述べる。

### 2 システム概要

線状のサービスエリアを持つ列車無線の方式は、空間波方式とLCX方式に分類される。空間波方式は、山上などに設置した基地局無線局と列車移動局の間で回線を構成する。

LCX方式は線路に沿ってLCXを布設し、LCXの外部導体に開けられたスリットを介して、移動局のアンテナと電波的な結合を行って回線を構成する。

\* 東海旅客鉄道株式会社 \*\* 西日本旅客鉄道株式会社 \*\*\* 日立製作所 戸塚工場 \*\*\*\* 日立製作所 情報通信システム事業部  
\*\*\*\*\* 日立電子株式会社

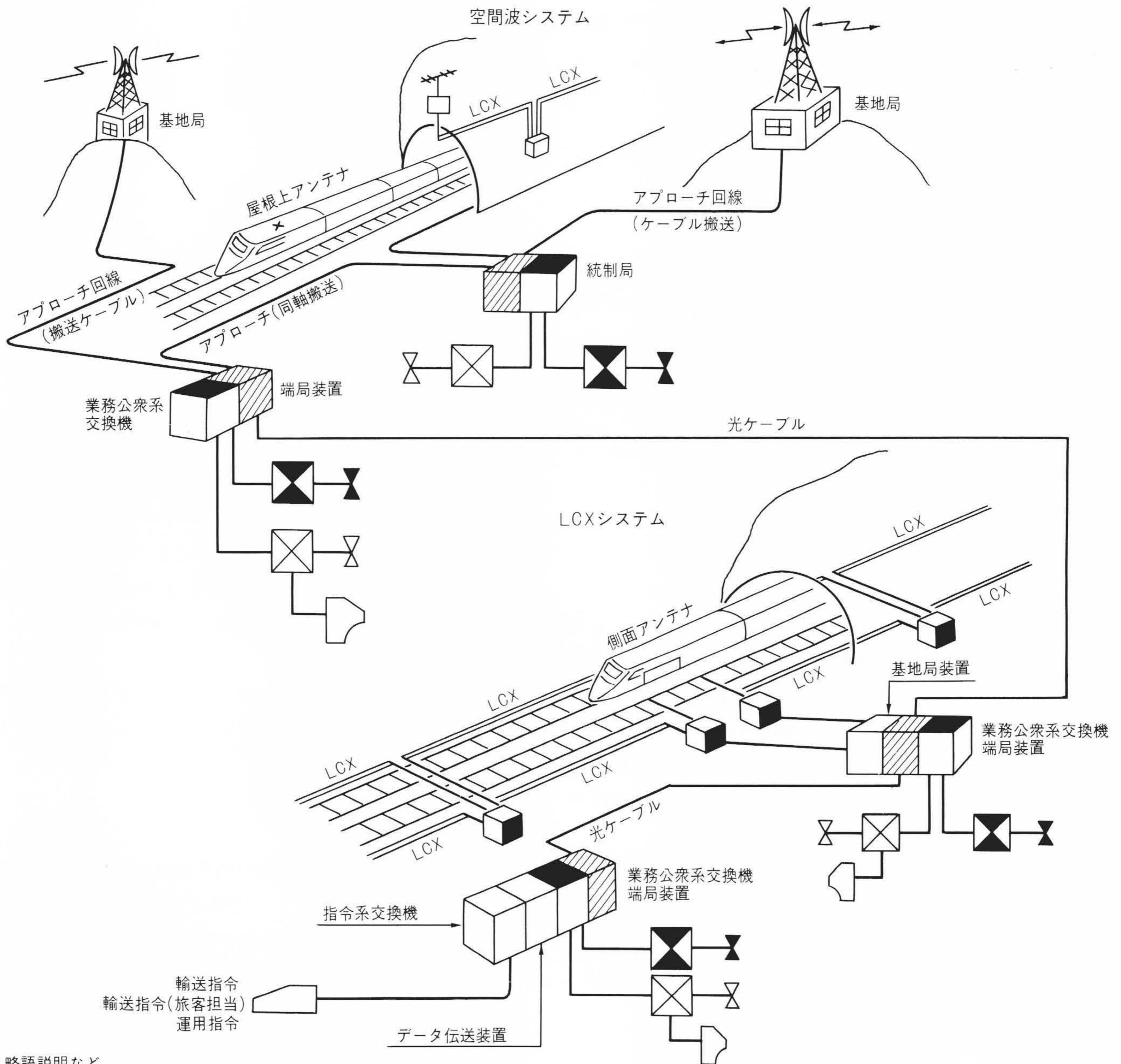
ケーブルの布設や、信号のケーブル伝送に伴う減衰を補償するための中継機など設備は大がかりになる。しかし電波伝搬が密結合で行われるため、通常の移動無線のようにフェージングの発生などが少なく、良好な品質が得られること、および同一周波数の電波を短い距離で繰り返し使用できるため、電波利用効率が格段に良いという特徴がある<sup>5)~7)</sup>。

空間波方式とLCX方式の列車無線システムのイメージ図を図1に示す。

新幹線列車無線システムは、図1に示すように運転士と中央指令所の輸送指令員または運用指令員との連絡のための運

転指令系、車掌と中央指令所の輸送(旅客担当)指令員の連絡のための旅客指令系、データ伝送を行うためのデータ系および乗客と公衆電話網加入者、乗務員と鉄道電話網加入者との電話サービスを行う業務公衆系から構成される。

開業当初の東海道新幹線列車無線システムは、空間波方式で共電式電話サービスを実施していたが、東北・上越新幹線では、LCX方式のもとでデータ伝送と全国自動即時通話サービスを実施した。今回のシステム更新では東海道区間では同一周波数帯域のなかでさらに大容量の通信を可能にするとともに、空間波方式の山陽区間でも、10円単位課金の全国自動



注：略語説明など

LCX (Leakage Coaxial Cable), NTT (日本電信電話株式会社)

◻ (業務公衆系交換機), ◯ (端局装置), ◻ (中継機), ◻ (NTT列車台)

◻ (鉄道交換機), ◻ (鉄道電話加入者), ◻ (交換機), ◻ (公衆網加入者)

図1 新幹線列車無線システム概念図 空間波方式は、屋根上アンテナで基地局と結合する。LCX方式は、側面アンテナでLCXと密に結合する。

表1 新幹線列車無線システム仕様比較 更新後、東海道新幹線は大容量の回線となっている。業務公衆系の機能は、山陽新幹線と更新後東海道新幹線が同じである。

項目	旧東海道新幹線・山陽新幹線	東北・上越新幹線	更新後東海道新幹線
無線方式	無線方式	空間波方式(基地局送信SS-PM多重波, 移動局送信 FM単一波)	LCX方式(基地局送信SS-PM多重波, 移動局送信 FM単一波)
	無線周波数	基地局送信 400 MHz帯 3波 移動局送信 400 MHz帯 10波(50 kHz離隔)	基地局送信 400 MHz帯 1波 移動局送信 400 MHz帯 24波(25 kHz離隔)
回線品質	通話S/N比	全線の90%でSN比35 dB以上	全線の99%でSN比40 dB以上
	符号誤り率	—	1,200ビット/sで $1 \times 10^{-4}$ 以下
列車無線チャンネル容量 (1列車最大同時通話数)	通話S/N比	全線の99%でSN比40 dB以上	全線の99%でSN比40 dB以上
	符号誤り率	—	8kビット/sで $10^{-4}$ 以下
チャンネル選択方法	空線ランダム選択	空線ランダム選択	進行方向別優先順位付きランダム選択

注：略語説明 SS-PM(Single Sideband-phase Modulation), GMSK(Gaussian filtered Minimum Shift Keying)

即時通話サービスを可能とした。

新幹線列車無線方式の各諸元の比較を表1に示す。

### 3 網構成

新幹線列車無線システムは、運転指令系、旅客指令系、データ系および業務公衆系のそれぞれ独立した通信網の集合体であると言える。

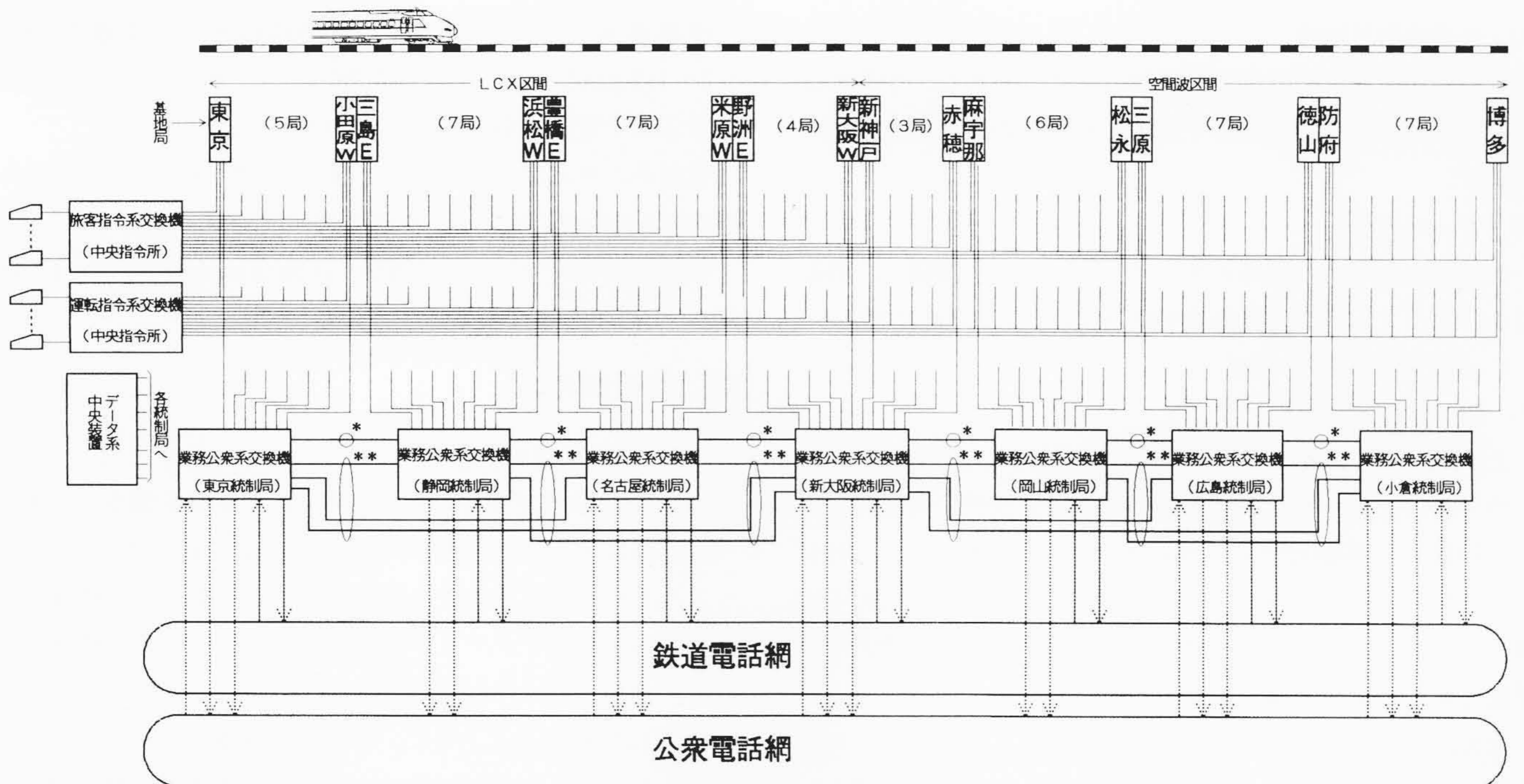
運転指令系および旅客指令系は閉じたシステムであるが、データ系は中央の装置を介して他のシステムと、業務公衆系

は各統制局の交換機を介して、公衆電話網および鉄道電話網に接続される。

東海道・山陽新幹線列車無線システムの網構成を図2に示す。

#### 3.1 無線回線

移動局と無線基地局を接続する回線であって、図2に示すように東海道区間はLCX方式31ゾーンで、山陽区間は空間波方式31ゾーンで構成している。



注：略語説明ほか W (West), E (East), \* (統制局間を移動する呼のための追跡回線) \*\* (地上発信呼を列車在線統制局まで中継する中継回線, および統制局相互の情報送受信のための共通線信号回線)

図2 東海道・山陽新幹線新列車無線システムの網構成 列車と中央指令所、鉄道電話網および公衆電話網との間の回線を構成する。一つの駅に二つの基地を設置する場合、駅の東側のゾーンを受け持つほうにE、駅の西側を受け持つほうにWを付けて基地局名としている。

### 3.2 アプローチ回線

アプローチ回線とは、図1に示すように基地局と中央指令所または統制局を接続する回線である。

東海道区間では、運転指令系および旅客指令系は光PCM回線とマイクロ波FDM(Frequency Division Multiplex)回線で2ルート化されて、中央指令所に設置されたそれぞれの交換機に接続される。データ系は光PCM回線でデータ系統制局装置に接続されたのち、データ系中央装置に接続される。業務公衆系は光PCM回線で統制局の業務公衆系交換機に接続される。

山陽区間では、すべての回線が2ルート化されたケーブル搬送または同軸搬送回線で統制局に接続され、運転指令系および旅客指令系の回線は中央指令所まで延長され、業務公衆系の回線は交換機に接続される。

### 3.3 統制局相互間の回線

業務公衆系統制局交換機を相互に結ぶ回線には、図2に示すように次のものがある。

#### (1) 中継回線

公衆電話網または鉄道電話網から移動局を呼び出すとき、列車の在線する統制局まで呼を中継するための回線である。

東京から新大阪までの各局と、新大阪から小倉までの各局はそれぞれ網状に接続し、東海道区間と山陽区間にわたる呼は新大阪統制局を中継して接続する。

#### (2) 追跡回線

隣接する統制局相互間を接続し、移動局が隣接する統制局ゾーンへ移動したとき、通話を継続させる。

#### (3) 共通線信号回線

統制局相互間を中継回線と同様に網状に接続し、中継回線および追跡回線の接続制御や統制局相互間の情報の送受信に用いる。

#### (4) データ回線

東海道区間の4統制局とデータ系中央装置を接続し、移動局を呼び出すとき、在線位置を問い合わせるために用いる。

### 3.4 地上網との間の回線

#### (1) 対公衆電話網回線

公衆電話網と業務公衆系交換機の間には、(a)移動局からの自動即時呼を日本電信電話株式会社市外交換機に接続するための回線、(b)移動局からのコレクトコール、地上からの呼び出しに対する応答、番号案内など交換台に接続するための回線、(c)列車を呼び出すための回線の3種類があり、それぞれ呼量に応じた数が設備されている。

なお、静岡および岡山統制局では地上からの呼び出しの取り扱いは行っておらず、東京または大阪へ申し込む方式としている。

#### (2) 対鉄道電話網回線

鉄道電話網と業務公衆系交換機の間には、移動局からの呼

を交換機に接続する回線と、地上から移動局を呼び出すための2種類の回線が設備されている。

なお、地上の鉄道電話網加入者が移動局を呼び出すときは、業務公衆系交換機を呼び出したのち、第2ダイヤル音に続いて列車番号をダイヤルする方式としている。

## 4 回線設計

### 4.1 無線周波数

LCX方式では、安定した受信入力レベルが得られるので空間波区間に比べて多チャンネル化が図れる。

東海道区間では移動局→基地局方向の単一波無線を狭帯域化して、東北・上越新幹線(24チャンネル容量)に比べて大容量化(41チャンネル容量)を図った。

### 4.2 LCX方式雑音配分

空間波方式の無線回線は従来のものであるが、LCX方式の回線設計は次に述べるとおりとした。

無線区間の総合SN比40 dBを確保するものとし、コンパンダ(音量圧伸器)による改善効果を13 dB見込んで、無線系SN比を27 dBとした。

このうち、干渉雑音は中継機によるIM(相互変調ひずみ)が主である。今回のシステムでは、基地局→移動局方向に音声系とデータ系の2波を通すことによる不要波の発生、多チャンネル化による移動局→基地局方向の干渉雑音の増加を抑えるため、中継機のIM特性を東北・上越新幹線に比べて5 dB改善した。

### 4.3 LCX方式回線設計

標準基地局サービスエリアを20 kmとし、中継間隔を1.3~1.5 kmとしたが、置局条件によってサービスエリアが変動するので最大25中継できるものとした。

電話系の無線回線設計諸元を表2に、明かり区間(トンネル外)のレベルダイヤグラムを図3に示す。

電話系の電界マージンは明かり区間22 dB以上、トンネル区間17 dB以上を確保できるようにした。

## 5 設備概要

### 5.1 LCX方式基地局装置

LCX方式基地局装置の外観を図4に、系統を図5に示す。

電話系は統制局との間のアプローチ回線を構成する1.5 Mビット/s多重化装置、無線の送受信を行う送受信架で構成し、データ系はマルチメディア多重化装置と送受信架で構成している。

LCXは無線信号とともに、中継機用電源としてインバータ装置から供給されるAC400 Vを伝送するため、分岐架が設けられている。

中継機の状態は制御監視架で監視され、基地局装置の状態とともにCICシステム(通信情報制御監視装置)で中央指令所は

表2 電話系無線回線設計諸元 LCX方式の場合の無線機器および伝送条件に関する諸元を示す。

(a) 基地局→移動局

項目		諸元
基地局	送信出力	+36 dBm
	送信周波数	450 MHz帯 2波
	中継機出力	+26 dBm
	標準変調度	0.2 rad rms/チャンネル
	通話路帯域	0.3~3 kHz
	通話路圧縮率	$\frac{1}{2}$
	空線信号	3.4 kHz(T.T以下 8 dB)
最大 LCX 損失	明かり区間	-84 dB
	トンネル区間	-89 dB
移動局	実効空中線利得	3 dB
	受信帯域幅	640 kHz
	受信機雑音指数	9 dB
	受信機スレッシュホールドレベル	-98 dBm(SN比=19 dB)
	通話路伸長率	2

注：略語説明 T.T〔試験音(Test Tone)〕

(b) 移動局→基地局

項目		諸元
移動局	送信出力	+36 dBm
	送信周波数	410 MHz帯 40波
	実効送信出力	+27 dBm
	標準変調度	1.4 rad peak
	通話路帯域	0.3~3 kHz
	通話路圧縮率	$\frac{1}{2}$
	基地局指定信号	146.2 Hzまたは156.7 Hz基地局識別信号に合わせ、どちらか1波を使用(変調度0.35 kHz)
最大 LCX 損失	明かり区間	-83 dB
	トンネル区間	-89 dB
基地局	受信帯域幅	8 kHz
	受信機雑音指数	9 dB
	受信機スレッシュホールドレベル	-117 dBm
	中継機雑音相加(25中継)	14 dB
	基地局入力レベル補正	-6 dB
	受信実効スレッシュホールドレベル	-109 dBm(SN比=14 dB)
通話路伸長率	2	

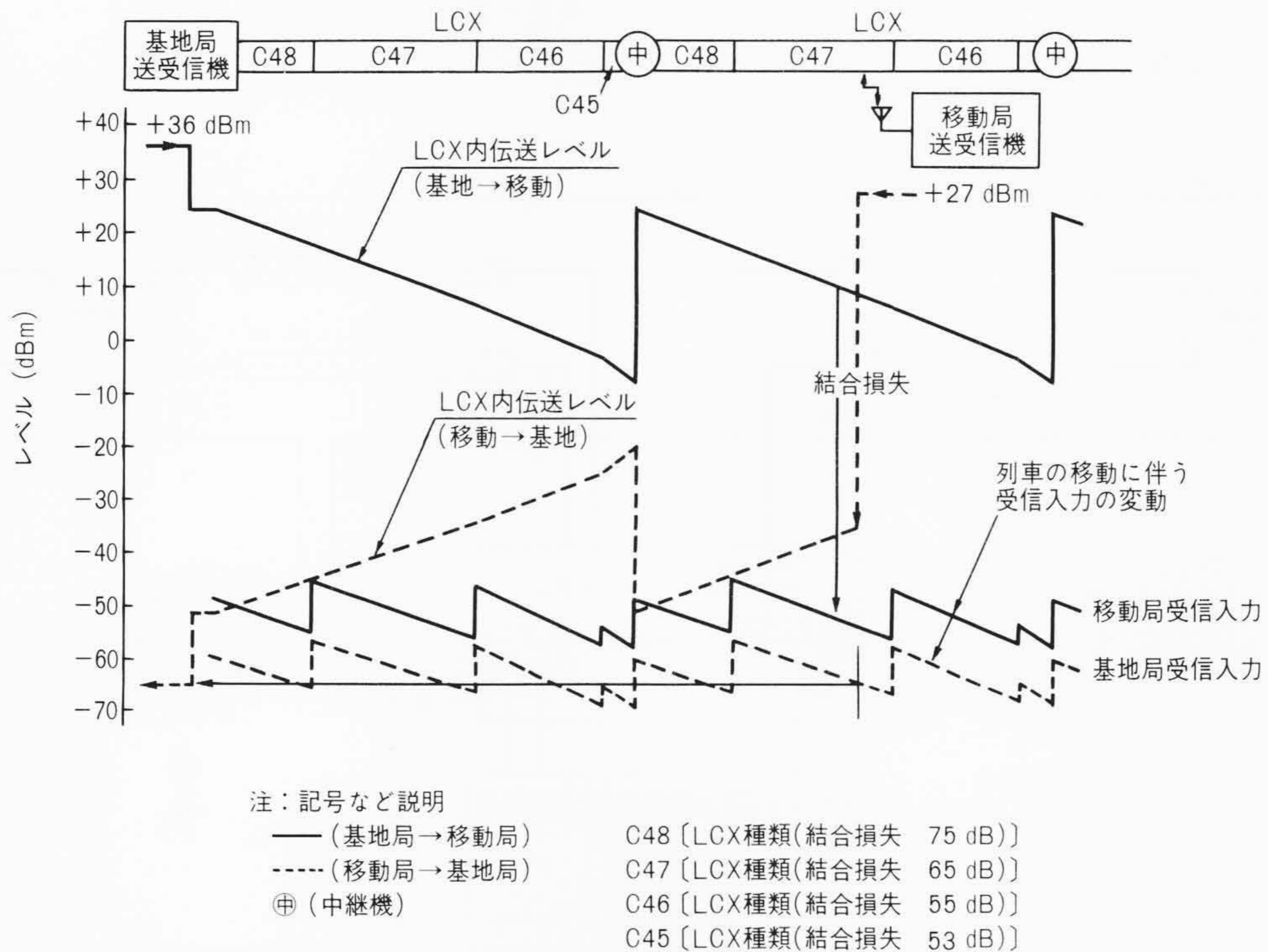


図3 東海道新幹線電話系無線回線標準レベルダイヤグラム(明かり区間) 結合損失の異なるLCXの組み合わせにより、安定な電界が得られる。

かに伝送され、各保守部門で監視されて必要に応じて制御が行われる。

(1) 送受信架

アプローチ回線とは通話路ごとに接続される。図6に示すように、基地局→移動局方向はSS-PM(Single Sideband-

phase Modulation)34チャンネル多重であり、電話30チャンネルと同報2チャンネルを端局部で12~148 kHzに多重化して、二重化された送信機でPM変調され送信される。

移動局→基地局方向はチャンネルごとに設けられたシンセサイザ方式受信機で受信される。なお、指令系チャンネルの共通

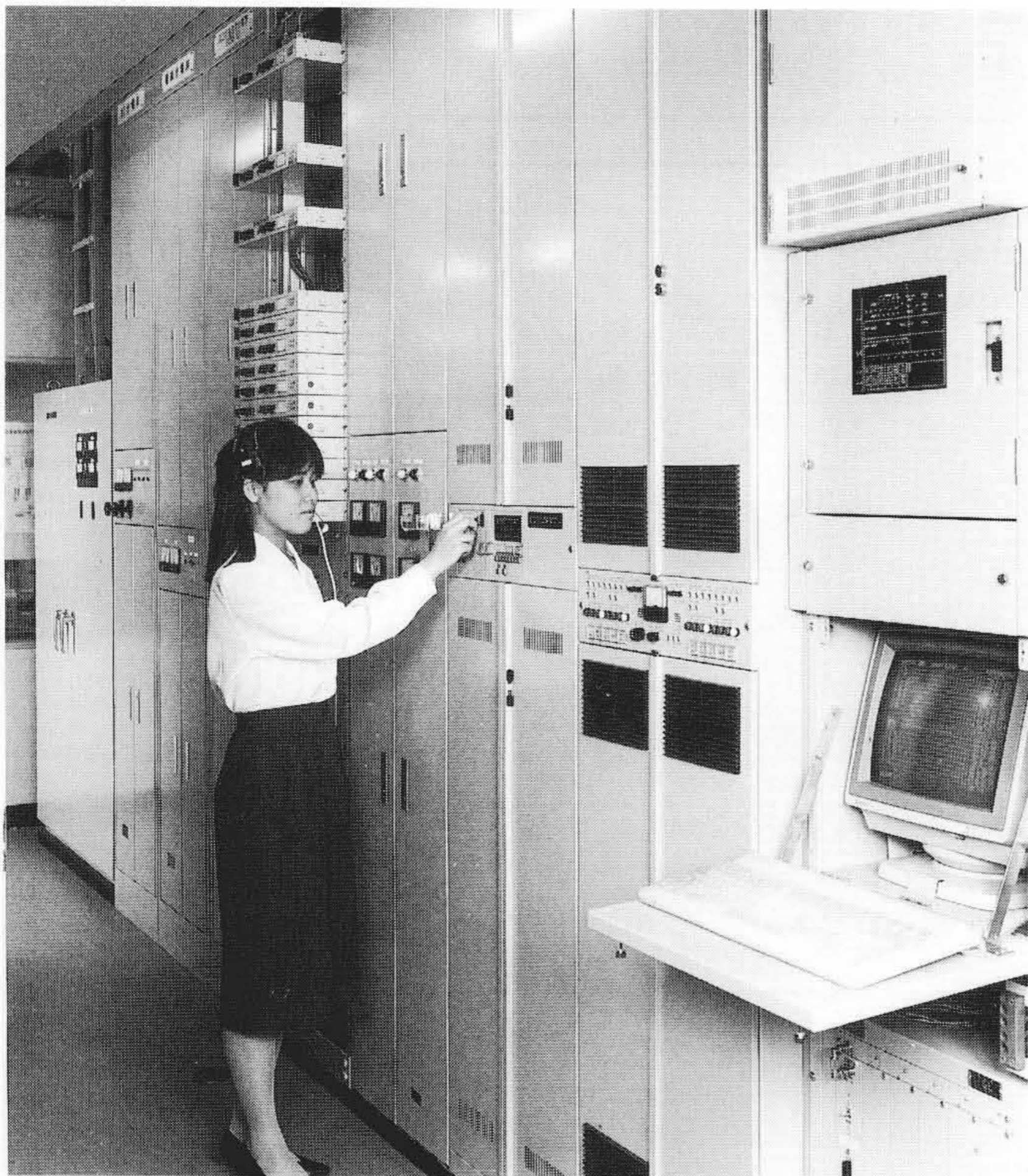


図4 LCX方式基地局外観 手前から中継機監視用CRT, 送受信架12形および送受信架11形で, いちばん奥は分岐架を示す。

予備機が2台設置されている。

(2) 制御監視架

一対のケーブルで無線中継装置の監視を行う。150ビット/sでポーリングを, 300ビット/sで情報の収集を行い, 基地局でCRTに表示するとともに, CICシステムにシリアルインタフェースで転送する。

5.2 LCX方式無線中継装置

沿線に設置される中継装置には, 無線信号の中継を行う中継装置と, LCXの終端監視を行う無線中継装置がある。

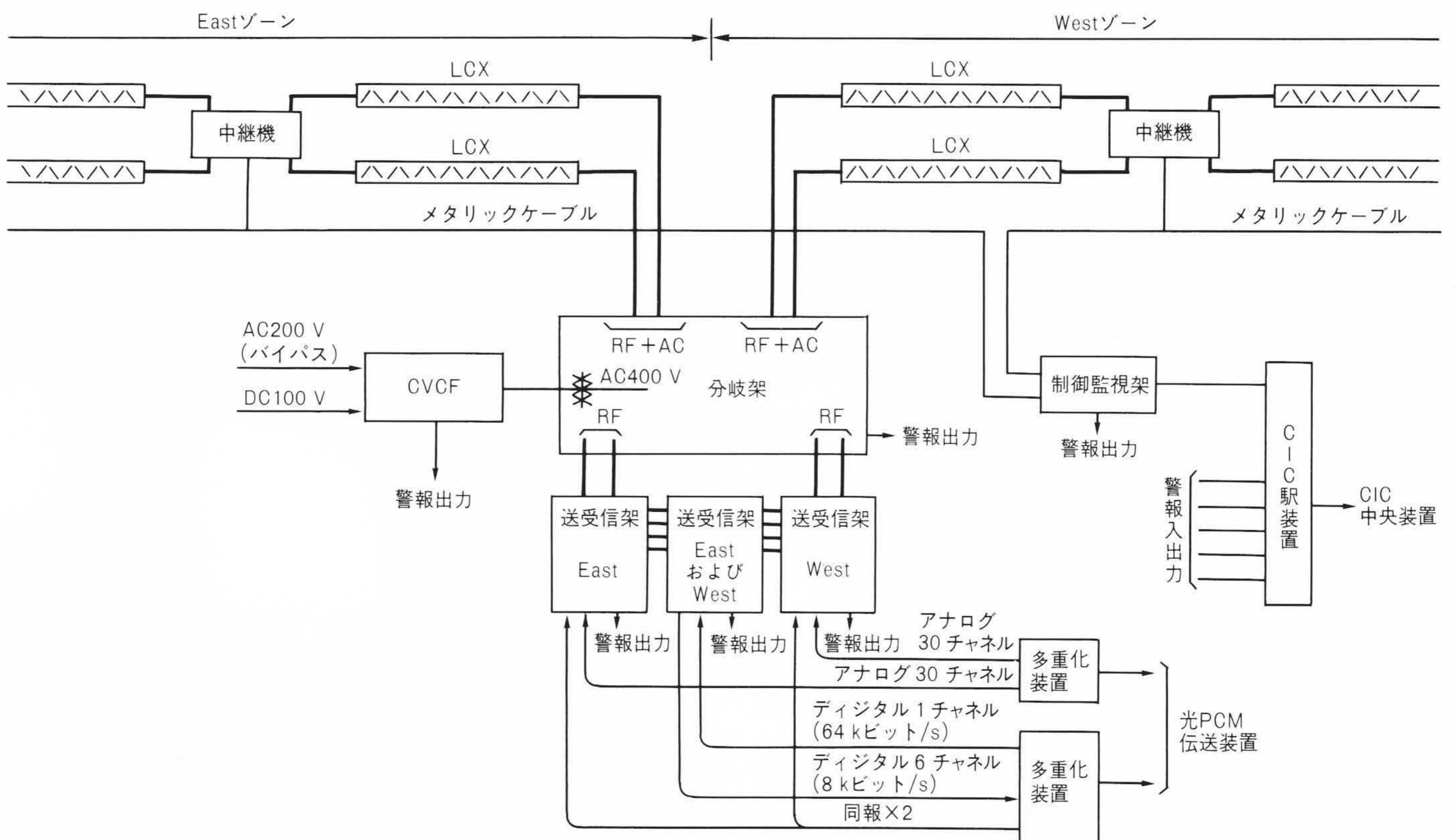
前者の中継装置の系統図を図7に示す。中継架は無線信号の増幅および基地局への監視信号の伝送を行い, 増幅器は基地局↔移動局の双方向の信号を共通増幅する方式とし, 自動利得制御の安定化, 高信頼性化および監視の容易さを図っている。

電源架は無線信号とAC400Vの分離, 重畳および絶縁トランスによるAC400Vの中継, ならびに中継架へのAC100Vの供給を行う。

5.3 指令系交換装置

運転指令系および旅客指令系交換装置は中央指令所に設置され, 指令卓と移動局の間の交換接続を行う。

東京~博多間を運転指令系は14ゾーンに, 旅客指令系は12



注: 略語説明など RF (無線周波), CIC (通信情報制御監視装置), CVCF (定電圧定周波電源), PCM (パルス符号変調)  
 Eastゾーン (基地局の東側のエリアをカバーする基地局ゾーン)  
 Westゾーン (基地局の西側のエリアをカバーする基地局ゾーン)

図5 LCX方式基地局系統図 標準的な機器室には, Eastゾーン基地局, Westゾーン基地局の2基地局が設置されている。

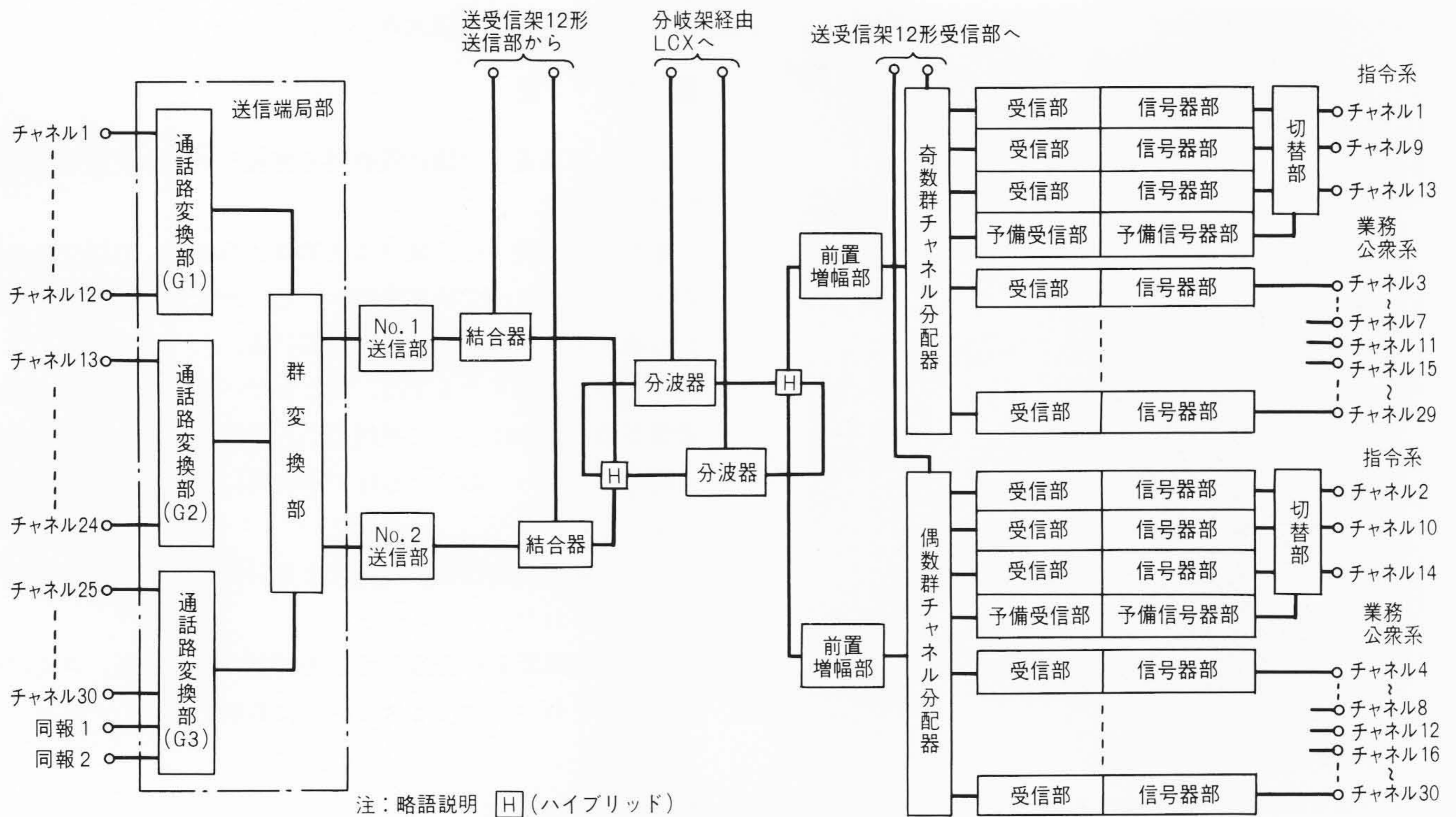


図6 送受信架系統図 送信はSS-PM34チャンネル多重、受信は単一波受信機30チャンネルの容量を持つ。

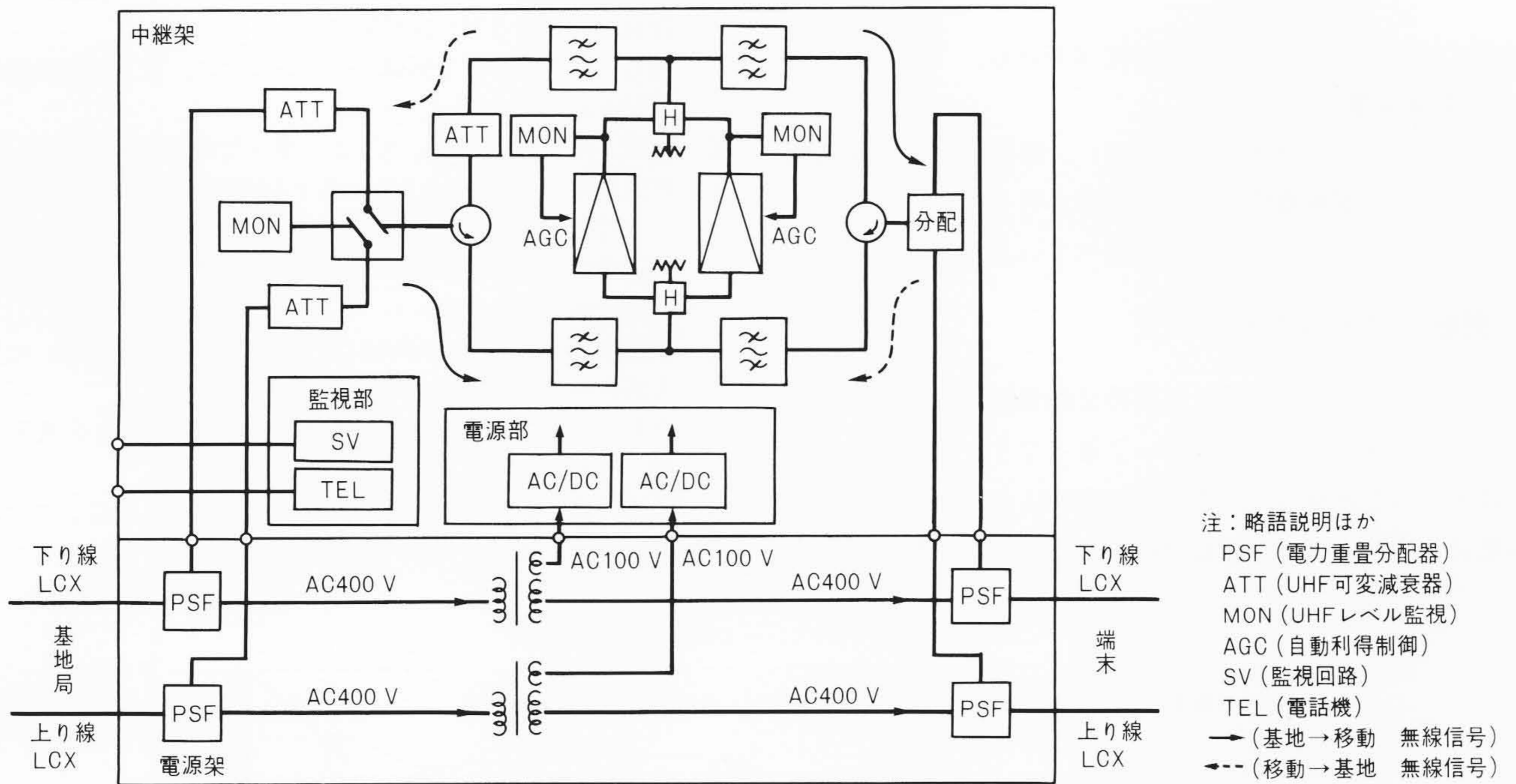


図7 無線中継装置系統図 LCXには無線信号とAC400Vが重畳されて伝送される。AC400Vは中継機電源として使う。

ゾーンにそれぞれ分割され、指令卓はそれぞれに割り当てられた地域に属するゾーンの移動局と通話を行う。

移動局からの着信は当該在線ゾーン担当の指令卓に表示され、指令卓からの発信は担当範囲のゾーンに対して行われる。なお、一斉指令は上り下りの列車進行方向を指定するほか、担当するゾーン全線または一部のゾーンを指定して行うこと

もできる。

また、指令卓相互で割込、転送、3者通話ができる。指令系交換装置の外観を図8に示す。

#### 5.4 業務公衆系交換装置<sup>8)</sup>

移動局と公衆電話・鉄道電話の地上網との交換接続、地上からの発信呼の中継、列車移動に伴う呼の追跡などを行う。

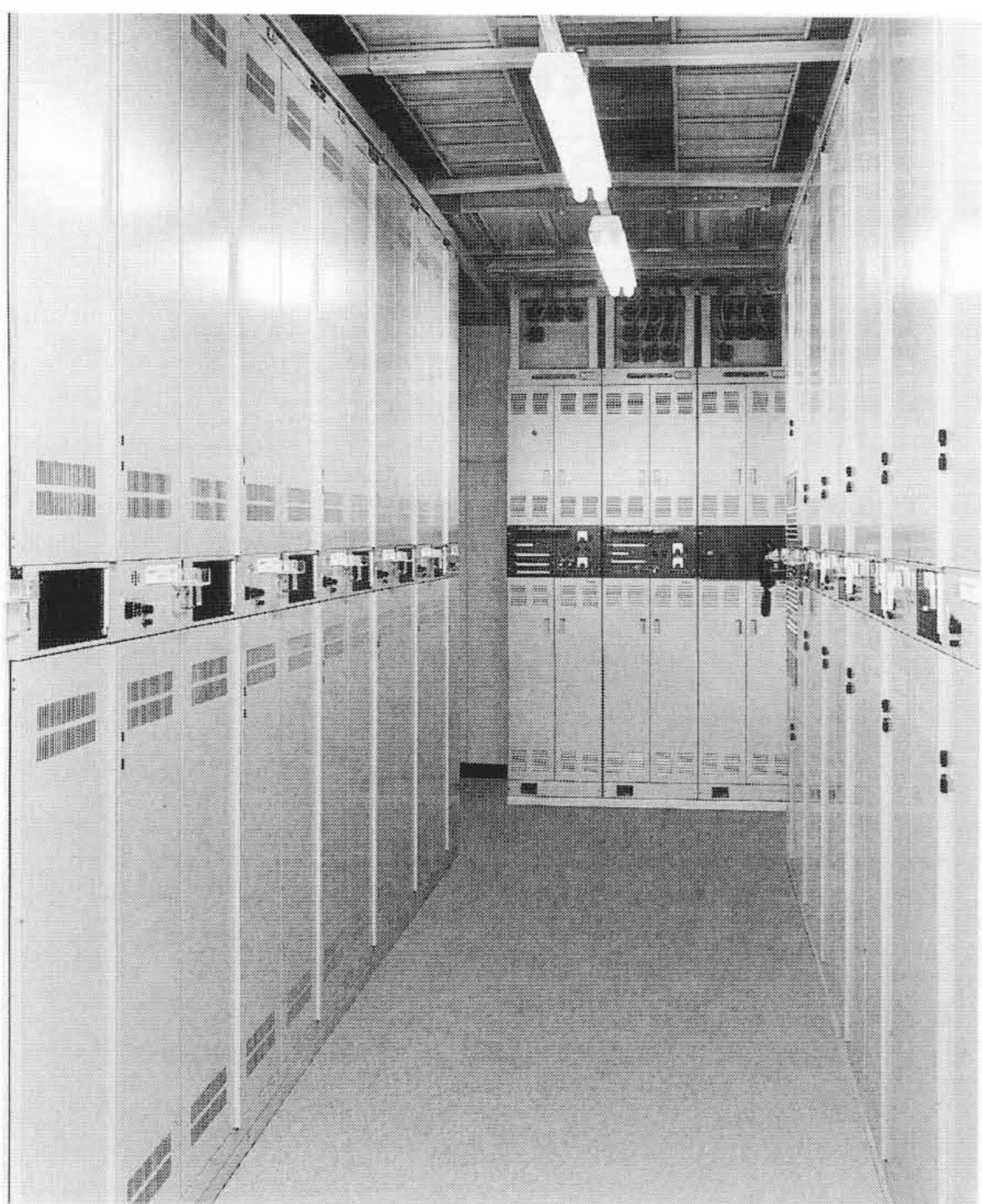


図8 指令系交換機の外観 指令系交換機は、運転指令系と旅客指令系に分かれている。

詳細については、本号別論文で述べている。

### 5.5 移動局装置<sup>9)</sup>

地上設備との間で無線回線を構成し、移動局内の各種端末と地上網の間の回線構成のための制御を行う。

詳細については、本号別論文で述べている。

## 6 更新システムの利用状況

システム更新の前後の各1年間の公衆電話利用状況を図9に示す。更新後の通話回数が5～7倍となり、東海道区間に限れば8倍以上となって、まだ増加傾向にある。このことは回線数および電話機の増加した結果であり、乗客サービスの

向上に果たした役割は大きい。

## 7 結 言

以上、東海道・山陽新幹線列車無線システム更新の概要について述べた。

かつてわが国では近畿日本鉄道株式会社で、外国では米国のメトロライナーで列車無線サービスが実施されたが、いずれも現在ではサービスを停止している。

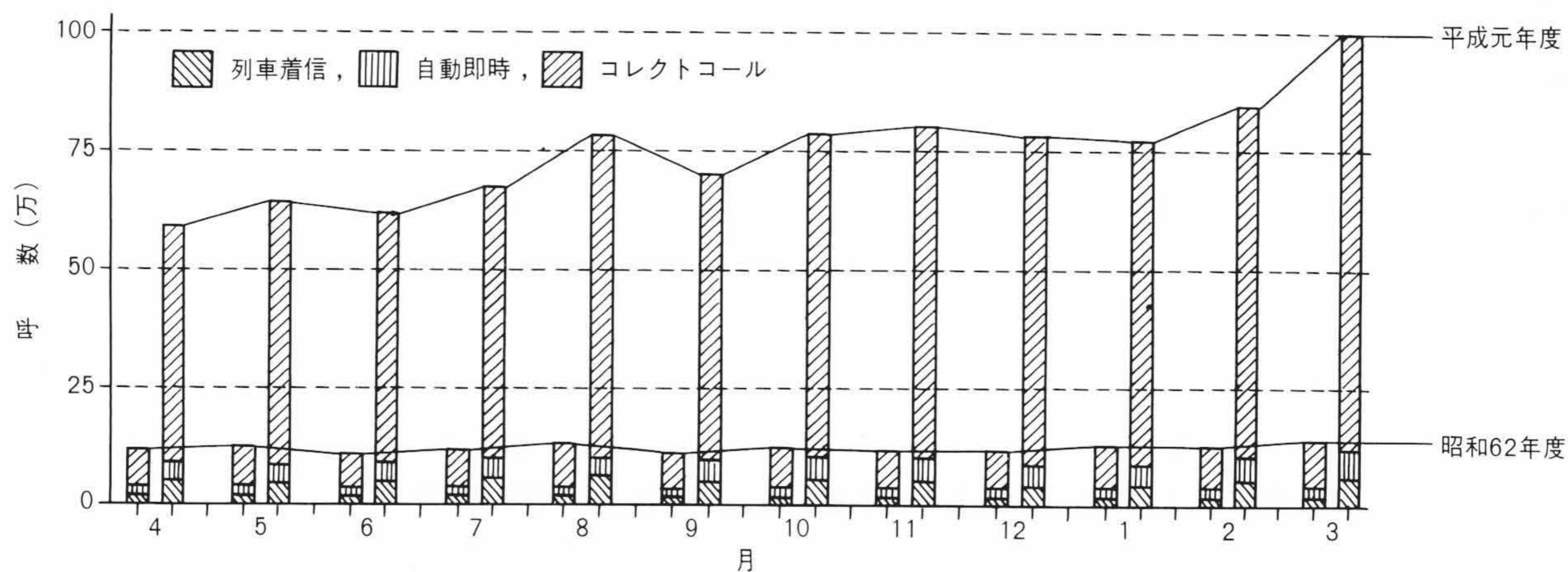
今回の更新システムでは、新しいサービスの提供、大幅な通信容量の増加によって利用者から好評を博し、予想を上回る利用率となっており、もはや新幹線には必要不可欠な設備となっている。

また、幾多の新技术の導入により、保守運用面でも大幅な改善がなされた。

今後、山陽新幹線をはじめ他の幹線に対しても、さらに改良・増設を行い、サービスの向上に貢献したい。

## 参考文献

- 1) 中村，外：新幹線列車無線電話システム，日立評論，46，5，126～131(昭39-3)
- 2) 中村，外：新幹線列車電話用交換無線および伝送装置，日立評論，46，3，132～142(昭39-3)
- 3) 渡辺：新幹線の電子制御・通信システム，電子情報通信学会(昭49-3)
- 4) 岸本，外：LCX通信システム，電子情報通信学会(昭39-3)
- 5) 鉄道業務における無線利用に関する研究委員会報告書，社団法人鉄道通信協会(昭58-3)
- 6) 鉄道業務における無線利用に関する研究委員会報告書，社団法人鉄道通信協会(昭59-3)
- 7) 鉄道業務における無線利用に関する研究委員会報告書，社団法人鉄道通信協会(昭60-3)
- 8) 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)
- 9) 深沢，外：東海道・山陽新幹線列車無線用移動局システム，日立評論，72，9，855～860(平2-9)



注：列車着信（公衆電話網からの列車乗客呼出し依頼呼），自動即時（ダイヤル自動即時呼）

図9 公衆電話月別呼数 公衆電話の利用はさらに増加傾向にある。