

東海道・山陽新幹線列車無線用業務公衆系交換機

Train Radio Telephone Exchange for Tokaido-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を更新した。日立製作所では、東海、西日本両旅客鉄道株式会社の指導のもと、新幹線開業当初からのシステム構築などで得た新幹線列車無線特有のノウハウを反映させ、業務公衆系交換機を開発した。この交換機は、新幹線列車無線用としては初めて蓄積プログラム制御方式のデジタル交換機を採用し、交換機間の信号方式にはNo.7共通線信号方式を用いた。また、ソフトウェア開発には仕様記述言語であるSDL(Specification and Description Language)を採用し、設計の高効率化および設計品質の向上を図った。

今井直文*	Naofumi Imai
湯原 裕**	Hiroshi Yuhara
成瀬浩一***	Kôichi Naruse
末崎栄一***	Eiichi Suezaki
太田正孝***	Masataka Ôta
奥津雄次****	Yûji Okutsu

1 緒 言

新幹線列車無線システムの電話サービスには、列車の運転制御と旅客サービスに関する指令伝達を行う指令系、車上乗務員と地上職員との間の業務用電話、および乗客と地上公衆網加入者との間の公衆電話を接続する業務公衆系がある。業務公衆系交換機は業務公衆系システムの中で中核をなし、東海道・山陽新幹線の場合、東京、静岡、名古屋、新大阪、岡山、広島および小倉の7統制局に設置されている。従来の業務公衆系交換機はアナログ布線論理制御方式であり、機能的には、乗客から電話をする場合も交換手経由の接続で、接続可能な地域も沿線だけに限られていた。

今回開発した業務公衆系交換機は、蓄積プログラム制御方式のデジタル交換機を採用して機能の向上を図り、列車内に設置したカード式公衆電話機から全国自動即時通話を可能とした。

また、移動体通信の特徴である追跡交換機能や無線回線制御方式などについては、新幹線の特殊性を十分考慮して開発した。

信頼性向上策としては、ハードウェアを冗長構成とし、ソフトウェアの設計にSDL(Specification and Description Language)を導入して、設計品質の向上および保守性の向上を図っている。

本稿では東海道・山陽新幹線列車無線システム用の業務公衆系交換機について、その特徴とハードウェアおよびソフトウェアについて述べる。

2 特 徴

東海道・山陽新幹線新列車無線システムでの業務公衆系交換機(図1)の特徴を以下に述べる。



図1 業務公衆系交換機 この図は、東京統制局設置の業務公衆系交換機である。

* 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 **** 日立電子株式会社

(1) 追跡交換機能

- 新幹線列車無線には以下に示す特殊性がある。
- (a) 自動車や船舶などの移動体が「面」で動くのに対し、列車は「線上」を定められた方向に移動する。
 - (b) 新幹線の場合は1列車に多くの電話機を設置しているため、複数端末が同時に高速で移動する。

これらの特徴を考慮して、列車が移動しても通話が継続できるように、常に列車側の呼接続状態を監視し、移動とともに交換機内の通話路を切り換えていく追跡交換機能を持っている。各業務公衆系交換機には、7～11の小ゾーン(1基地局でカバーしている無線区間)が収容されている。業務公衆系交換機は、この小ゾーン単位で接続、交換処理をしており、列車が隣の小ゾーンに移動したことを検出したら、通話路を切り換える。列車移動(通話中呼の移動)検出には、移動局から通話中回線に対し送出しているSD信号(基地局指定信号)を用いている。SD信号が隣接ゾーンに現れ、今まで在線していたゾーンで消滅したことを検出したとき、通話中呼が移動したとみなし、通話路を切り換える。追跡処理概要を図2に示す。業務公衆系交換機間は、追跡処理だけに用いる追跡回線を介して、共通線信号で同期を取りながら回線切換を行っている。

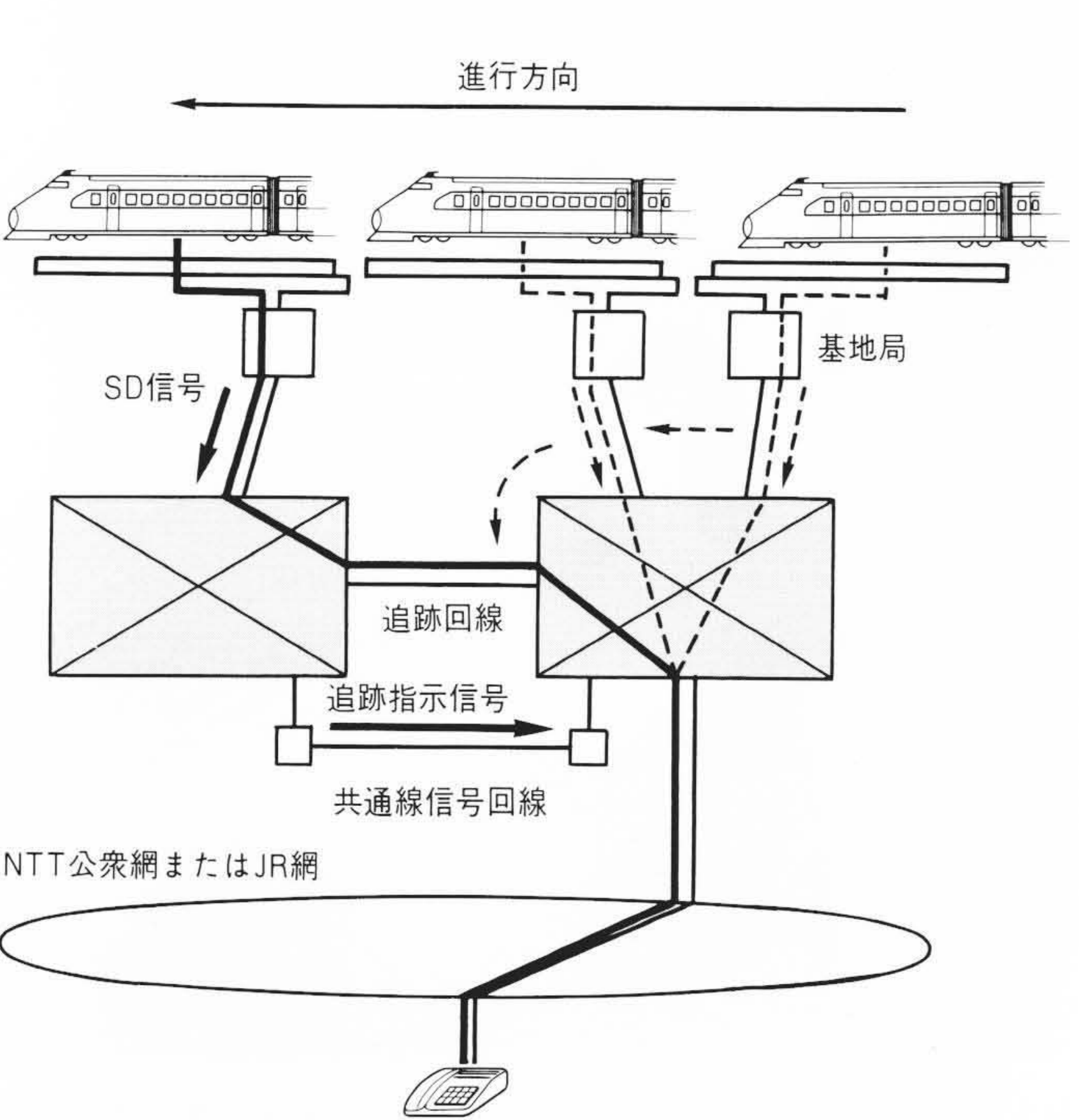
(2) 対移動局信号方式

業務公衆系交換機と移動局間は、無線回線を含むため瞬断を考慮した信号方式とする必要がある。一般的に用いられて

いるMF(Multi Frequency)信号であると、情報のある一定の信号長で送信側からシーケンシャルに送出するだけなので、確実に受信側に届いたかどうかの確認がとれない。したがって、ヨーロッパなどで用いられているMFC(Multi Frequency Coded)信号方式(R2方式)を基本とし、瞬断の影響を受けないよう改良した独自の信号方式を開発し、採用した。R2方式の信号シーケンス概要を図3に、新列車無線システムでのMFC信号シーケンス概要を図4に示す。R2の方式は、「信号断」情報を送信側で確認することによって次シーケンスに進むのに対し、列車無線用のMFC方式は、「信号の変化」を確認したことで次シーケンスに進むことを特徴としている。

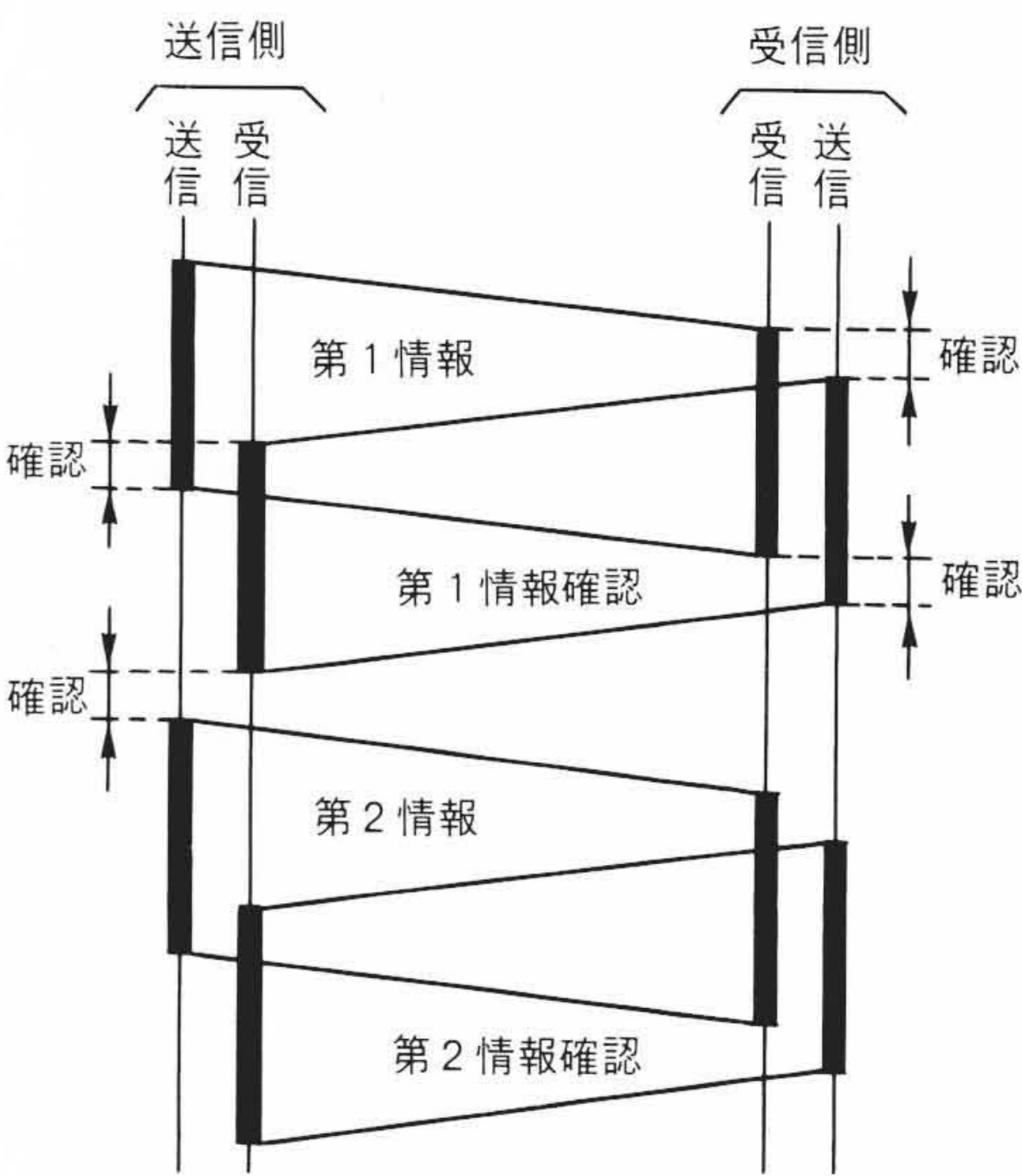
(3) 列車呼出方式

地上公衆網加入者から、列車に乗っている人に電話をする場合、オペレータに列車名を告げて呼び出してもらう。(例えば「ひかり××号に乗車しているAさん」)。このとき公衆網からは業務公衆系交換機に対して「列車番号」が送られ、業務公衆系交換機ではこの「列車番号」によって指定された列車を呼び出す。従来システムでは、指定された列車の現在位置が不明だったため、東京から博多まで全線にわたり全ゾーンに対して呼出を行い、応答を待つ方式をとっていた。しかし、この方式であると該当列車が走行しているゾーン以外では無線回線の無効捕捉(そく)となり、他の呼へも影響を及ぼす可能性がある。



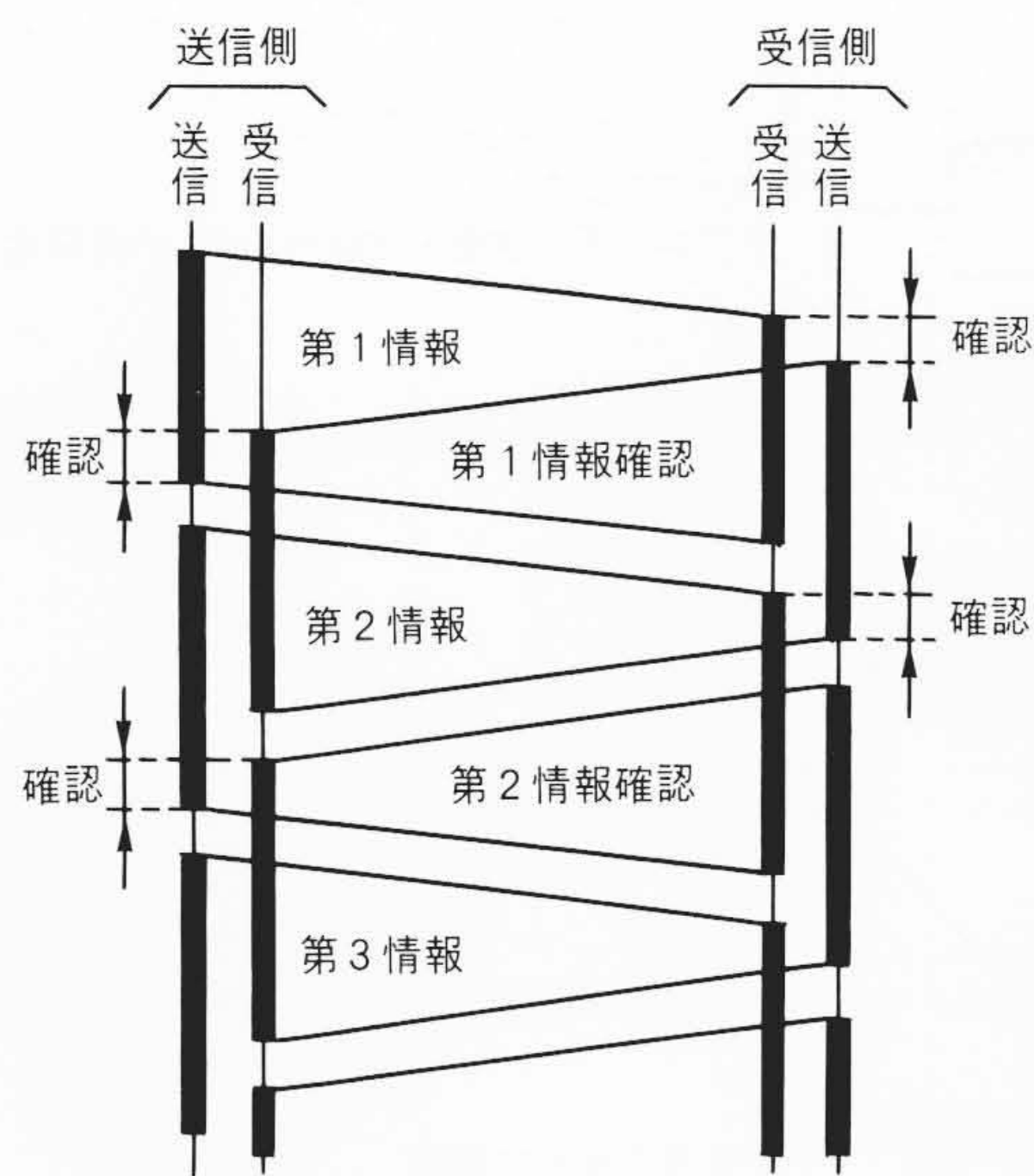
注：NTT公衆網(日本電信電話株式会社公衆網)
JR網(業務用鉄道電話網)
SD信号(基地局指定信号)

図2 追跡処理概要 SD信号が現れるゾーンが変わることを検出し、通話路を切り換えている。



- (1) 「第1情報」信号受信を確認した受信側では、「第1情報受信確認」信号を送出する。
 - (2) 「第1情報受信確認」信号受信を確認した送信側では、「第1情報」信号送出を停止する。
 - (3) 「第1情報」信号の「断」を確認した受信側では、「第1情報受信確認」信号送出を停止する。
 - (4) 「第1情報受信確認」信号の「断」を確認した送信側では、「第2情報」信号を送出する。
- (以下、同様)

図3 MFC(R2)信号シーケンス概要 R2の方式は、「信号断」情報を受信側で確認することによって次シーケンスに進む。



- (1) 「第1情報」信号受信を確認した受信側では、「第1情報受信確認」信号を送出する。
- (2) 「第1情報受信確認」信号受信を確認した送信側では、「第1情報」信号送出を停止し、タイミングをとった後「第2情報」信号を送出する。
- (3) 受信側では、「第1情報」信号の「断」の後「第2情報」信号を受信するが、「第1情報」信号から「第2情報」信号に変化したことを確認後「第1情報受信確認」信号送出を停止し、「第2情報受信確認」信号を送出する。
- (4) 送信側では、「第1情報受信確認」信号「断」の後「第2情報受信確認」信号に変化したのを確認し「第3情報」信号を送出する。
(以下、同様)

図4 新列車無線システムでのMFC信号シーケンス概要
列車無線用のMFC方式は「信号の変化」を確認したことで次シーケンスに進む。

新列車無線システムでは、列車に対する呼出要求があるごとに、業務公衆系交換機から列車位置を管理しているデータ系に対し該当列車の現在位置を問い合わせ、そのゾーンと進行方向のゾーンの2ゾーンだけを呼び出す方式とした。

呼び出し方式の概要を図5に示す。

3 ハードウェア

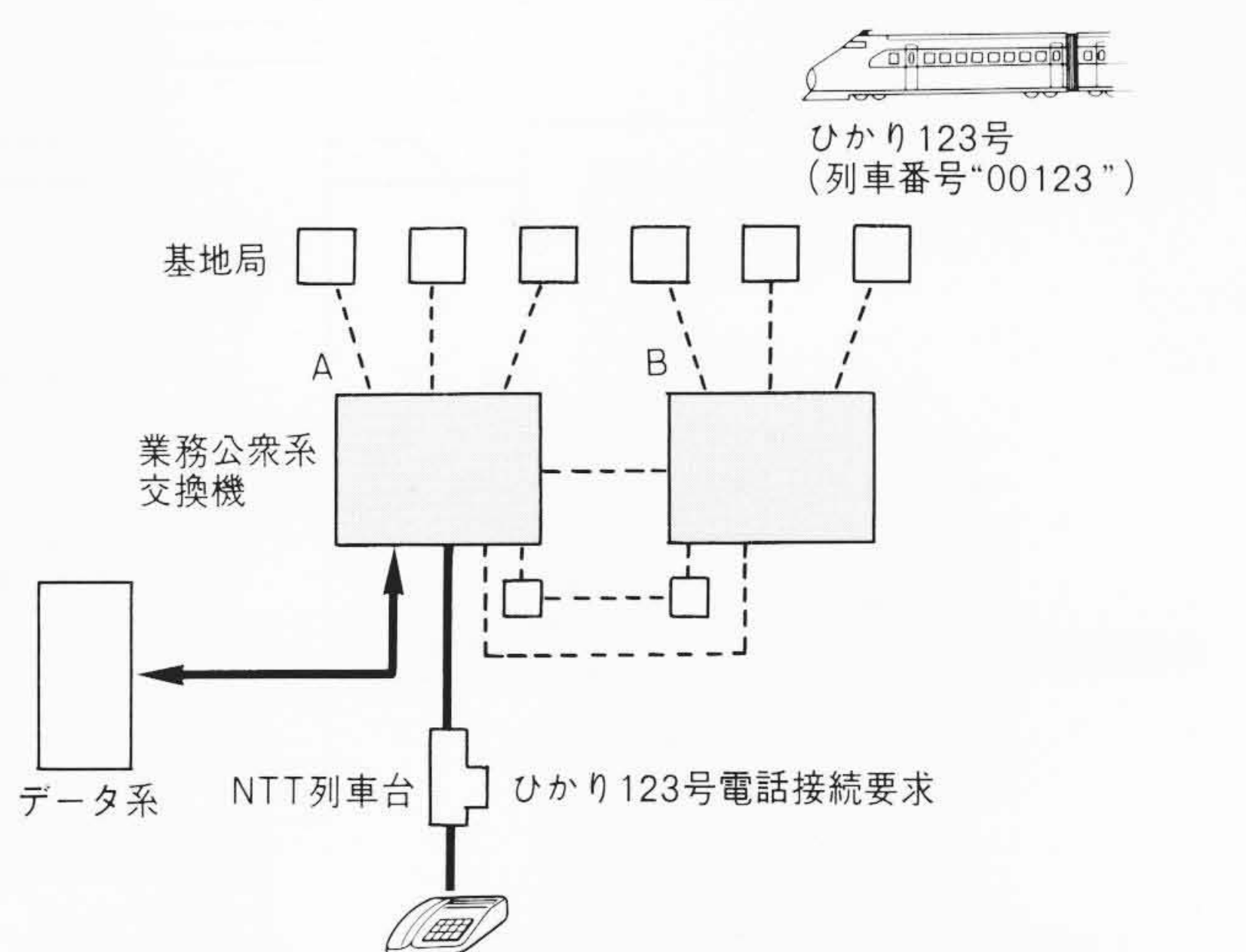
3.1 機器構成と容量

東海道・山陽新幹線新列車無線システムでの業務公衆系交換機のハードウェア構成を図6に、業務公衆系交換機の容量を表1に示す。

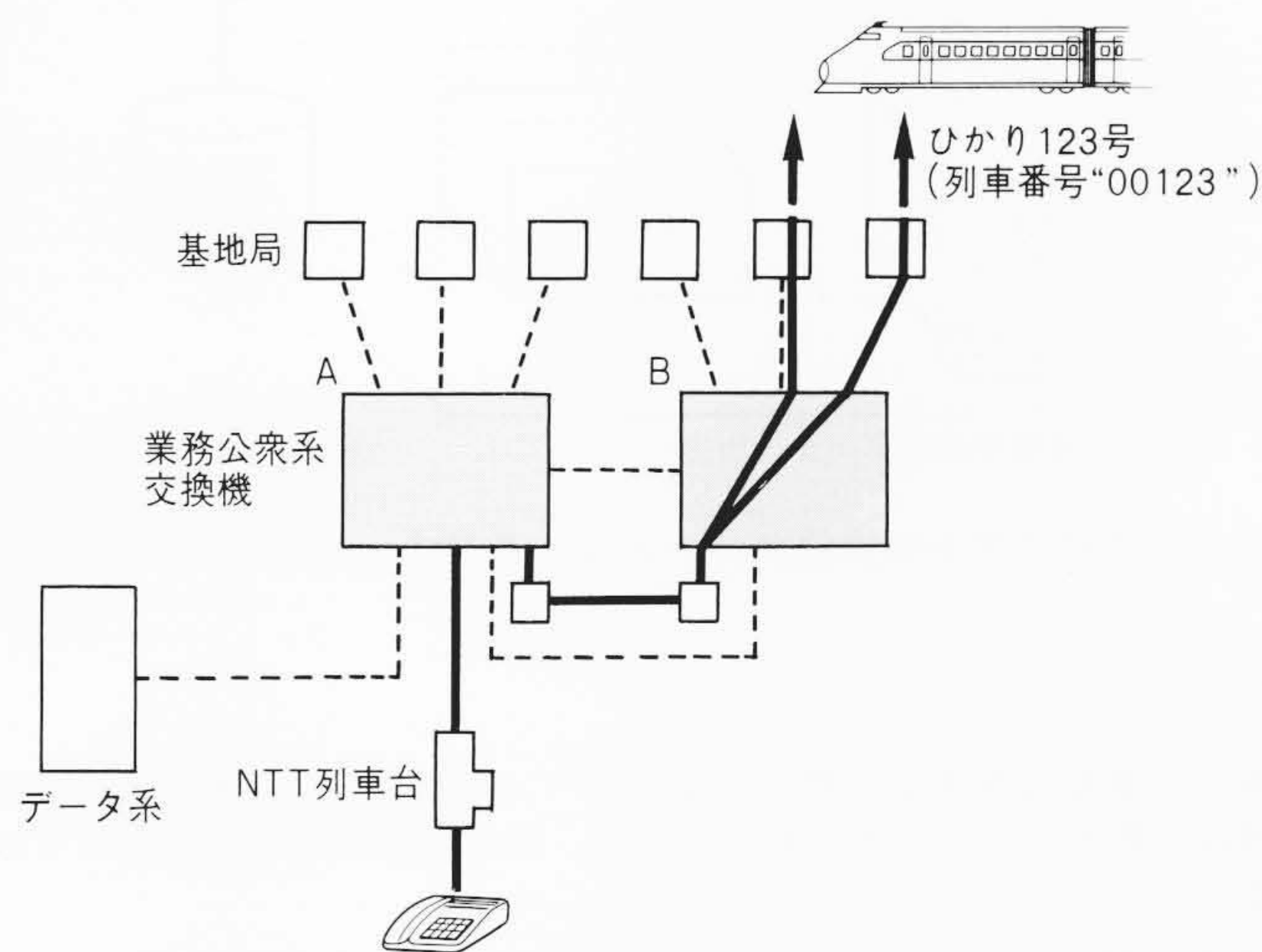
この交換機は、交換制御系で完全二重化構成をとり、通話路系で $n+1$ の冗長構成をとることにより、信頼性を向上させている。また、各業務公衆系交換機間の呼接続・追跡・閉塞(そく)などの制御用としての共通線信号装置、列車位置情報の問い合わせ制御用としてのデータ系インタフェース装置、通話状態の可視監視用としてのアプローチ内列車移動表示装置を持っている。

3.2 外部インタフェース

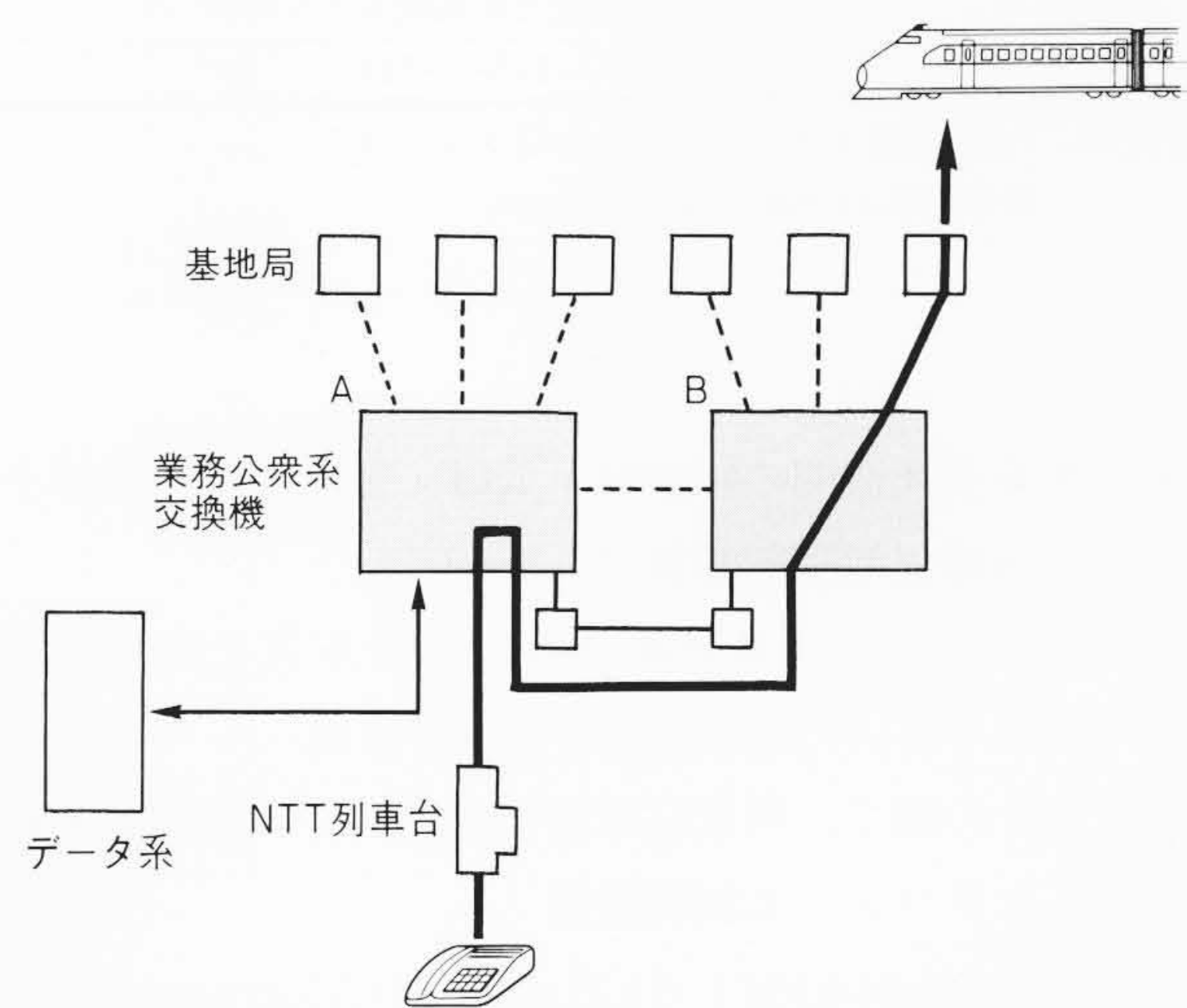
業務公衆系交換機のインタフェース装置としては以下に示す装置がある。



(a) ひかり123号への電話接続要求を受信した業務公衆系交換機Aは、データ系に列車番号“00123”の現在位置を問い合わせる。



(b) データ系から得た位置情報に従って、該当ゾーンとその進行方向1ゾーンの計2ゾーンを呼び出す。
(業務公衆系交換機Bへは、共通線信号で呼出を指示する。)



(c) 列車番号“00123”の列車からの応答を検出し、太線で示す通話路を形成する。

図5 列車呼出方式 列車に対する呼出要求があるごとに、データ系に対し列車の現在位置を問い合わせ、そのゾーンと進行方向の2ゾーンだけ呼び出す。

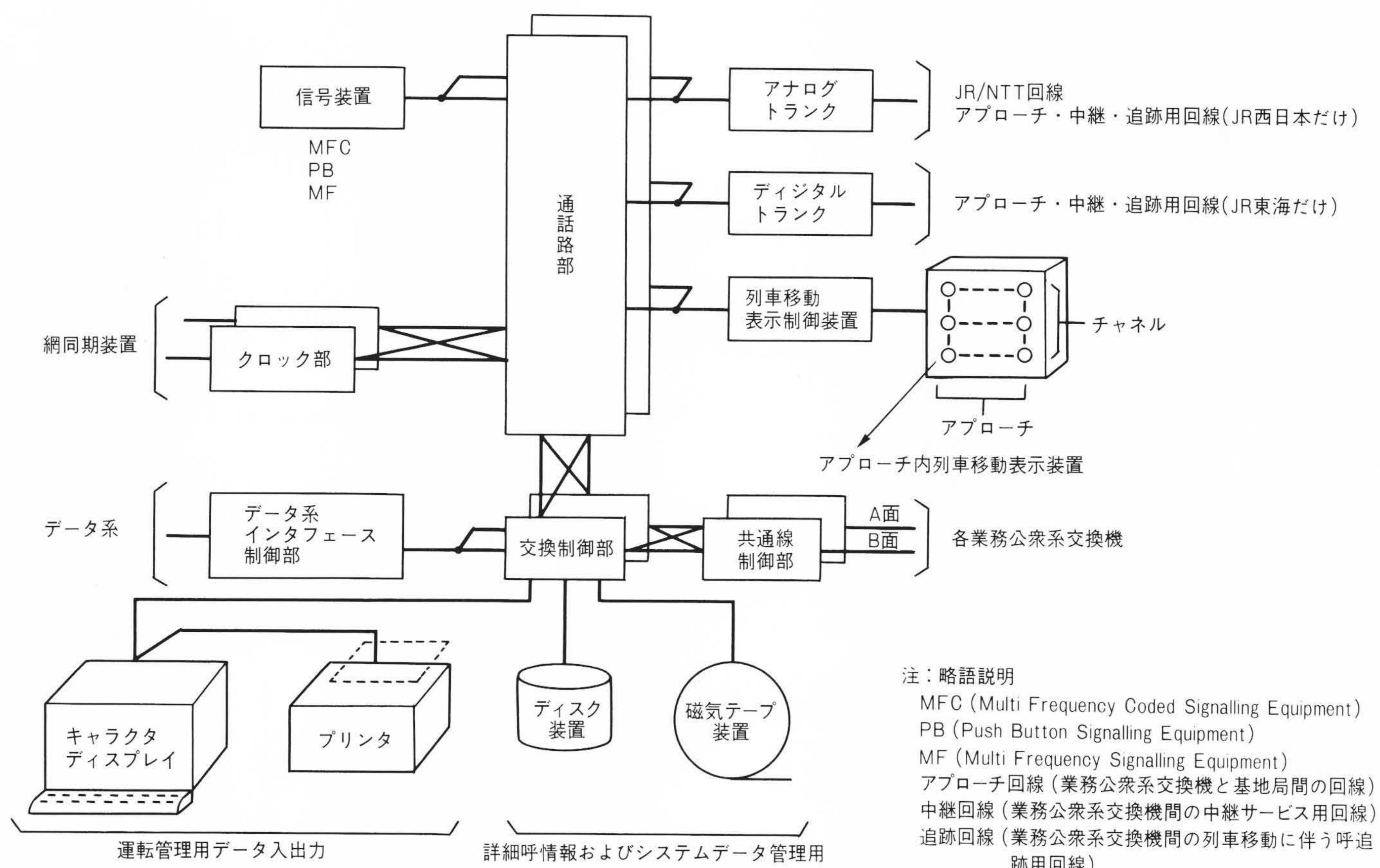


図6 業務公衆系交換機のハードウェア構成 交換制御系で完全二重化構成を、通話路系でn+1の冗長構成をとっている。

表1 業務公衆系交換機の容量とスイッチ構成 業務公衆系交換機は、最大の局で1,920回線を收容し、最大呼処理量は7 KBHCAである。

項目	内容
トランク数	最大1,920回線
通話路容量	最大640アールン
呼処理量	最大7k BHCA
スイッチ構成	(T)・T-S-T・(T)

注：略語説明 T(時分割スイッチ), S(空間スイッチ), BHCA(Busy Hour Call Attempt)

- (1) 業務公衆系交換機間の呼接続・追跡・閉塞などの制御を行うための共通線信号制御装置
- (2) 移動局との間で、列車無線独自の信号方式を実現するMFC信号装置, PB(プッシュボタン)信号装置
- (3) データ系との間で、列車位置情報の問い合わせ制御を行うデータ系インタフェース制御装置
- (4) 網同期装置から64 kHz+ 8 kHzのAMI (Alternate Mark Inversion)信号を受信し、従属同期動作をするクロック装置
- (5) JR網・NTT公衆網との間で、呼接続を行うアナログトランク装置

外部インタフェースの概要を図7に示す。

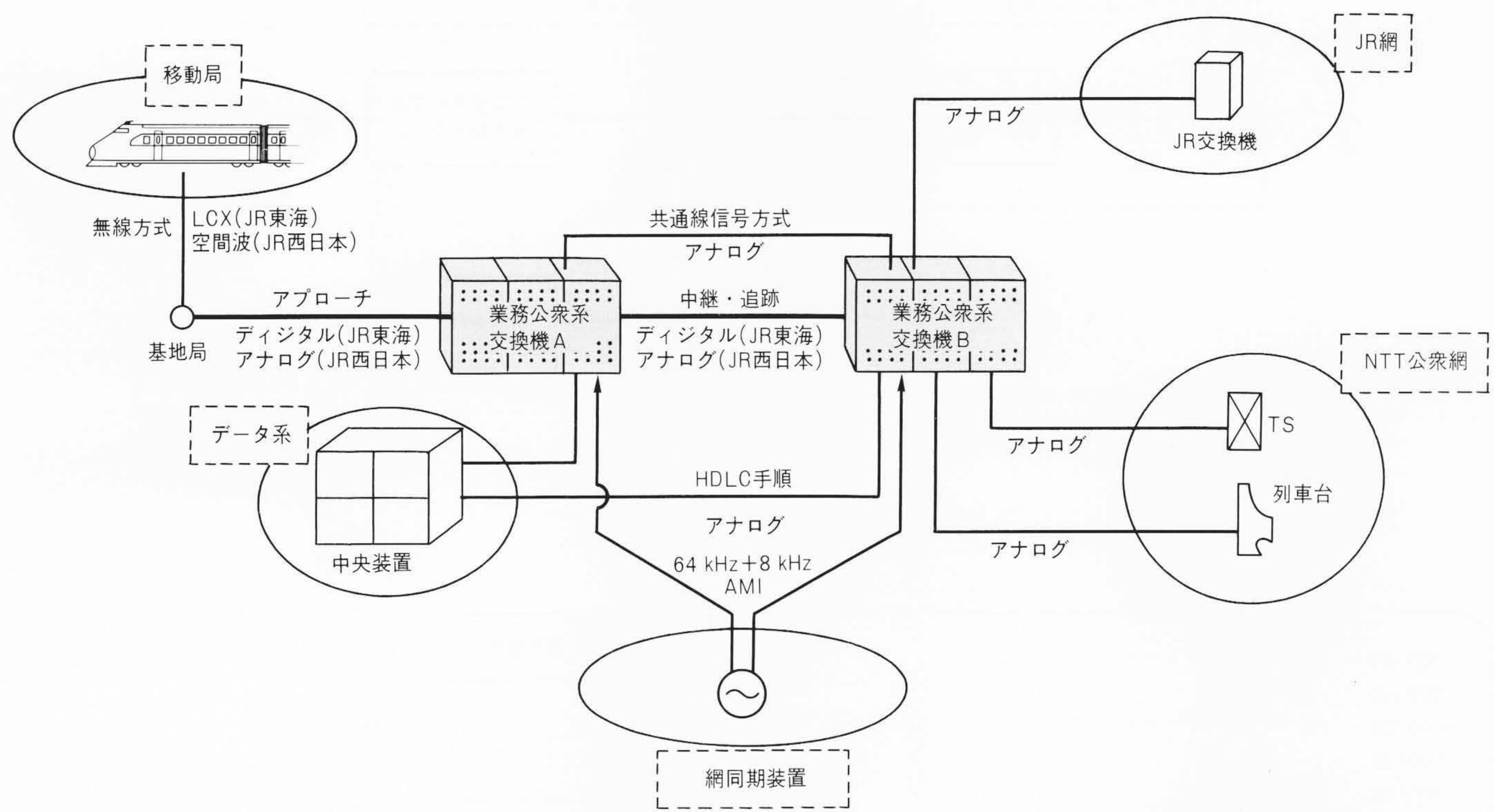
4 ソフトウェア

4.1 制御方式

業務公衆系交換機は、図8に示すように発信側の各種回線からの呼に対し、スイッチを用いて着信側の各種回線に接続する。そして、表2に示すような組み合わせで、交換サービスを実現している。

業務公衆系交換機では、機能分散ソフトウェア方式^{1),2)}を採用した。交換処理機能を回線に着目したグループに分割し、発信側と着信側のグループの組み合わせで呼接続を実現している。交換処理の機能グループを図9に示す。

例えば、列車電話からNTT一般加入者への呼は発信側アプローチ回線グループと着信側出回線グループの組み合わせで制御される。これらのグループ間は粗結合であり、交換処理はメッセージと呼ぶOSを介したプロセス間通信によって相互に情報をやりとりしながら実行される。以上の機能分散化により、自回線の接続相手を意識する必要がなくなるため、プログラムの単機能化が図れる。これにより、列車無線システムの特徴の一つである追跡交換処理は、図9に示すアプローチ回線グループ内で処理が閉じることになる。この単機能化によってプログラム構造も単純となり、信頼性の高いソフトウェアが実現できる。



注：略語説明 LCX (Leakage Coaxial Cable), HDLC (High Level Data Link Control), TS (Transit Switch), AMI (Alternate Mark Inversion)

図 7 外部インターフェース概要 移動局、データ系、NTT公衆網、JR網とのインターフェースを持ち、クロックはNTTクロック網から供給されている。

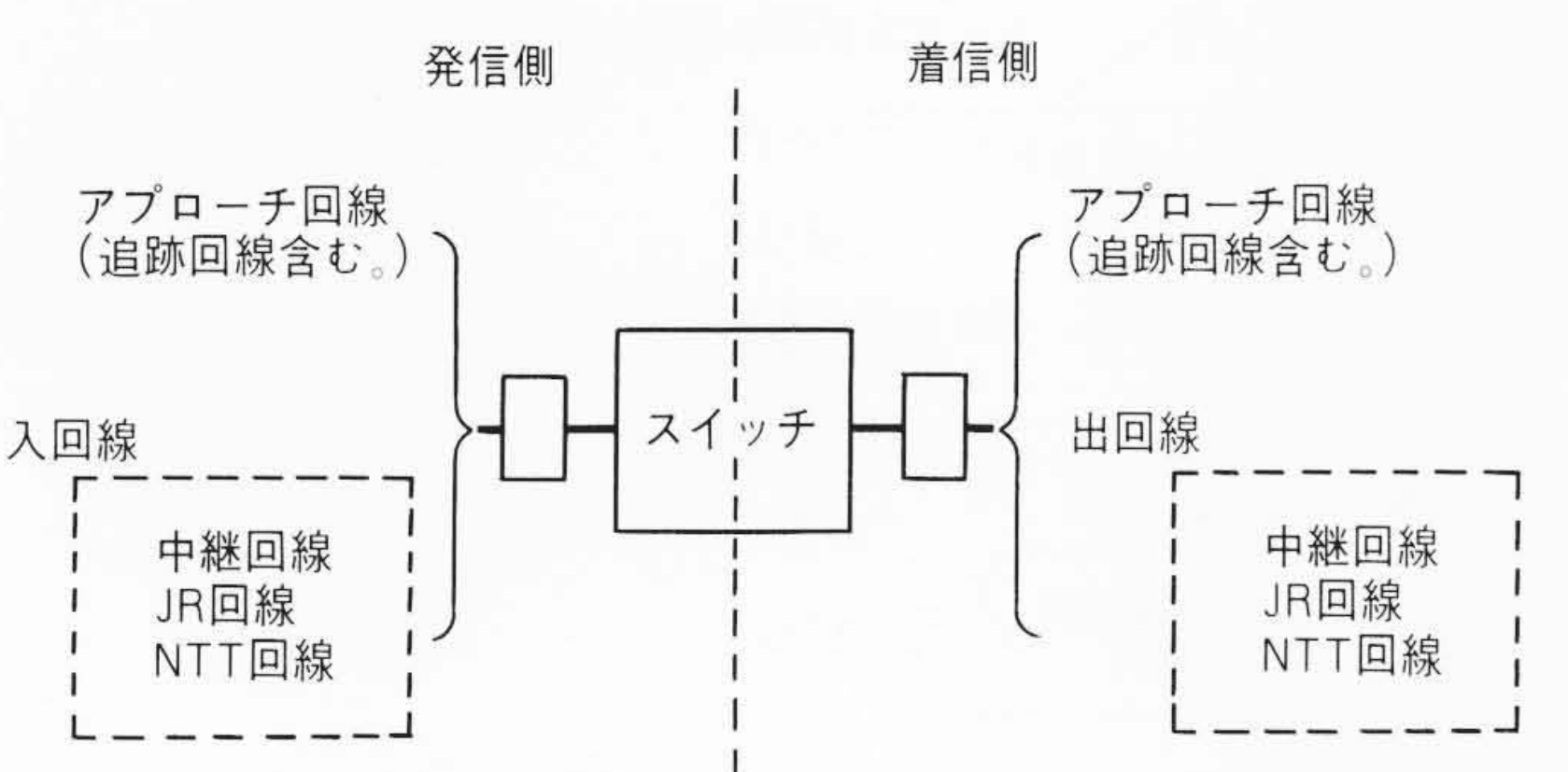


図 8 業務公衆系交換機の交換処理 発信側の各種回線からの呼に対し、スイッチを用いて着信側の各種回線に接続する。

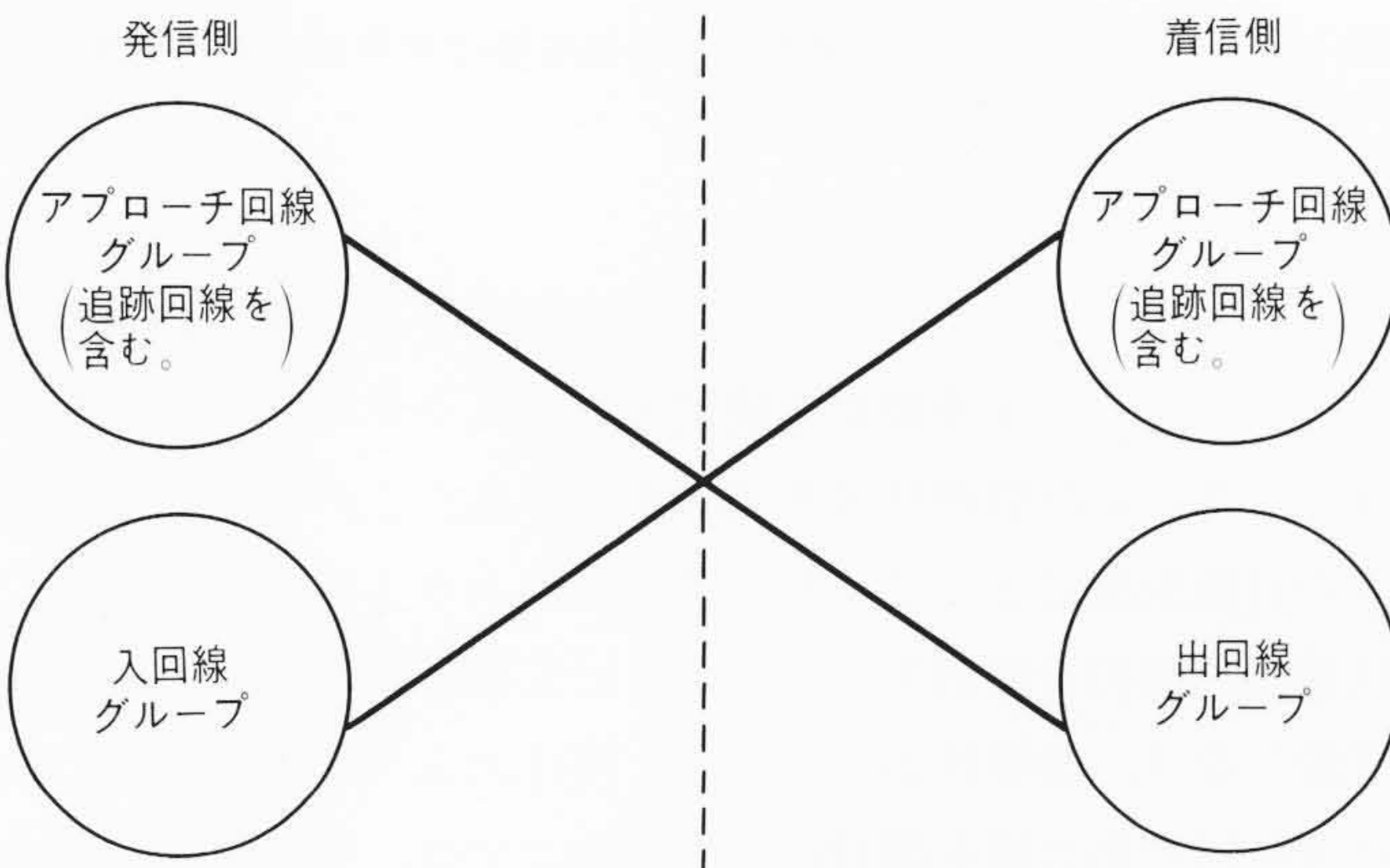


図 9 交換処理の機能グループ 交換処理機能を、回線に着目した機能グループに分割し処理している。

表 2 呼種ごとの回線組み合わせ この表に示す組み合わせで、交換サービスを実現している。

項番	呼 種	発信側回線	着信側回線
1	公衆(列車電話発信)	アプローチ回線	NTT回線
2	業務(列車電話発信)	アプローチ回線	JR回線
3	公衆(列車電話着信)	NTT回線	アプローチ回線
		NTT回線	中継回線
		中継回線	アプローチ回線
4	業務(列車電話着信)	JR回線	アプローチ回線
		JR回線	中継回線
		中継回線	アプローチ回線

4.2 ソフトウェアの実現方法

交換機の仕様記述方法としてCCITT(国際電信電話諮問委員会)ではSDL³⁾を勧告している。業公系交換機では、各状態グループでの処理方式として状態遷移制御方式¹⁾を採用しており、この状態遷移の記述にSDLを使用している。このSDLによるソフトウェア開発を、日立製作所のクリエイティブワークステーション2050に搭載したSEWB⁴⁾(Software Engineering Workbench)を用いて行っている。その開発手順を図10に

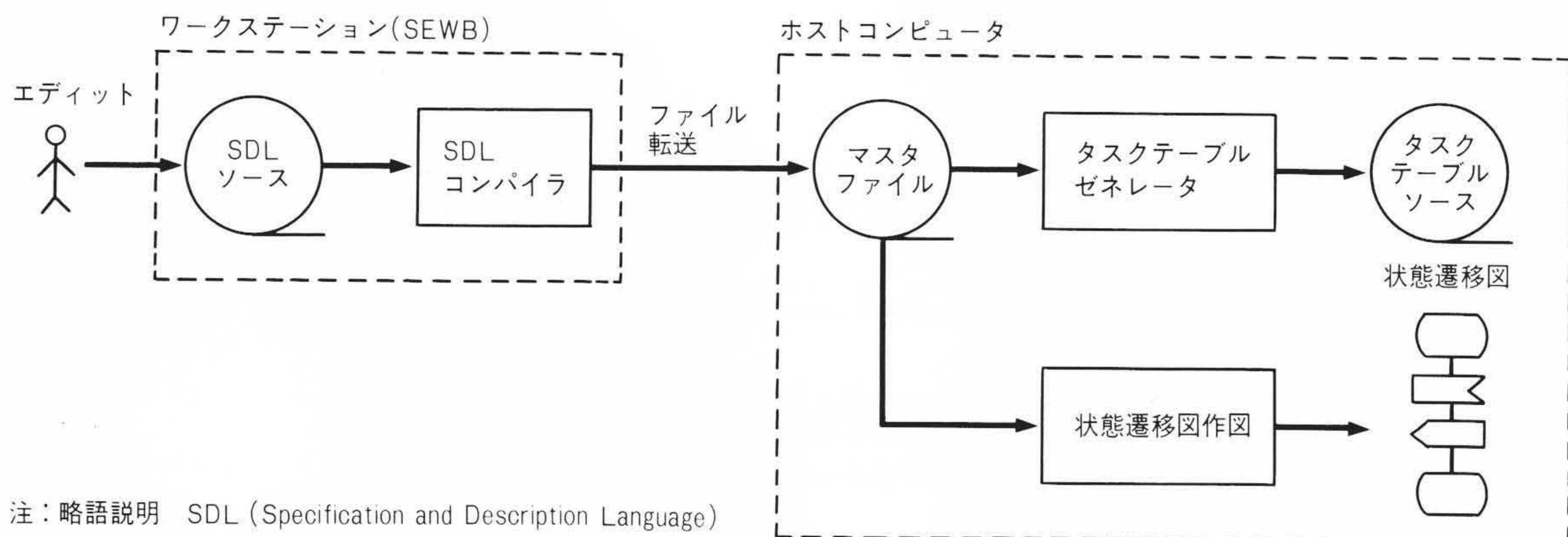


図10 SDL支援システム 設計者がSDLを入力すると、交換動作を規定するタスクテーブルを自動生成し、さらに状態遷移図を自動出力する。

```

000100 /* * * * * * */
000110 STATE 730;
000120 /* * * * * * */
000130
000140 INPUT CJMPE;
000150 DECISION AATANL;
000160 (1): DECISION TDRQTP;
000170 (1): OUTPUT COMD(CD, DRQTINF);
000180 NEXT STATE 740;
000190 ENDDECISION;
000200 ENDDECISION;

```

図11 SDL入力例 列車電話への呼出を受け付けたときの列車位置問い合わせ処理の入力例を示す。

示す。同図に示すように、設計者はSDLを入力または変更することにより、交換動作を規定するタスクテーブルを自動生成し、さらに状態遷移図を自動出力する。このタスクテーブルの自動生成によって、高品質のソフトウェアが実現でき、状態遷移図の自動出力によって常に正確な交換動作の把握が可能となり、保守性が向上する。SDLの入力例を図11に、状態遷移図の出力例を図12に示す。ここでは、列車電話への着信呼を受け付けた場合の列車位置問い合わせ処理を示している。

5 結 言

以上、東海道・山陽新幹線新列車無線システム用として開発した業務公衆系交換機の特徴、ハードウェア・ソフトウェアの概要について述べた。

新幹線列車無線用交換機として初めてデジタル交換機を採用、共通線信号方式、データ通信なども導入し、信頼性、保守性および機能面での向上を実現できた。

今後は、この交換機開発で得た知識、ノウハウを新移動体通信関連装置の開発に反映させていく考えである。

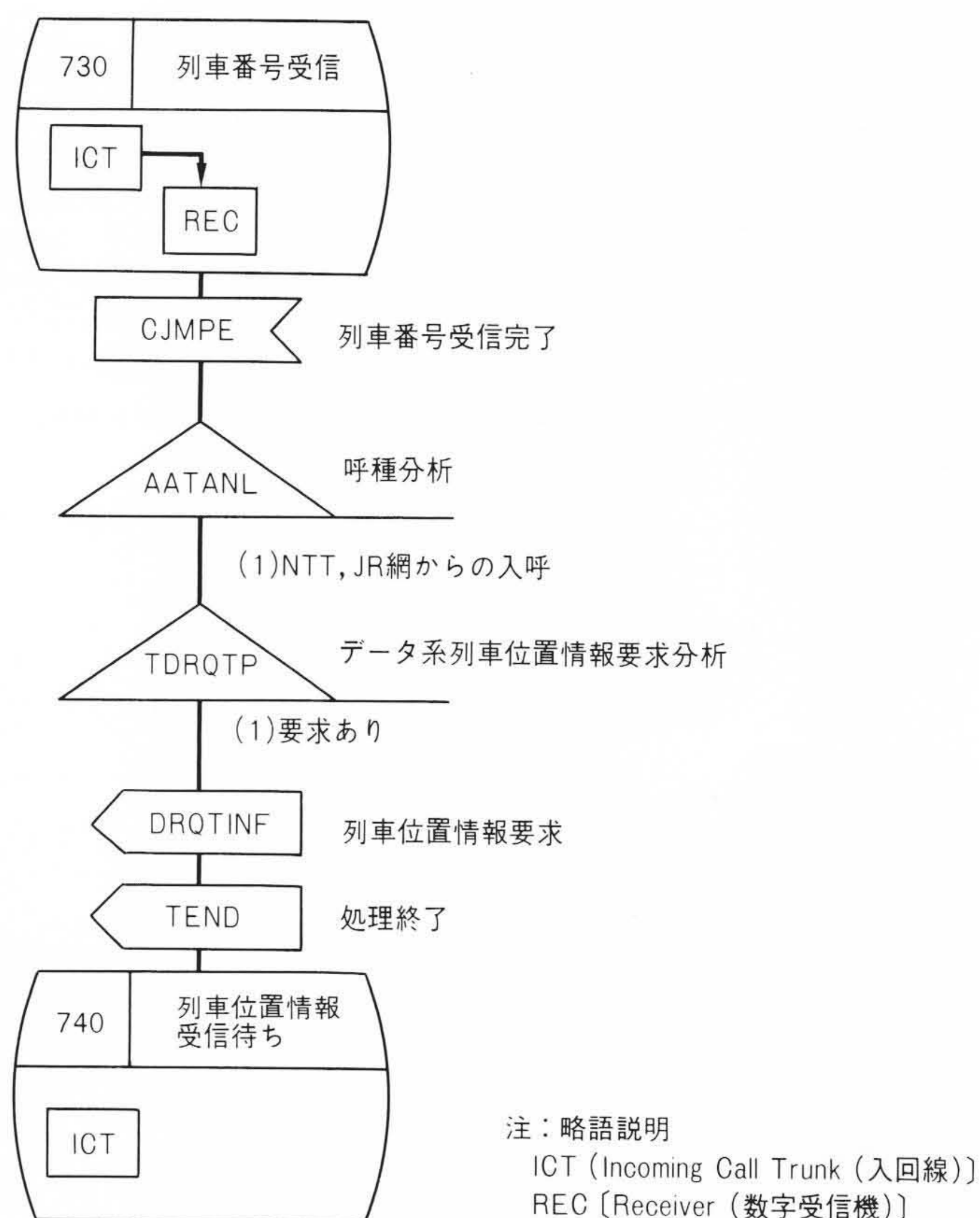


図12 状態図出力例 図11の入力を実施した場合の状態図出力例を示す。

参考文献

- 1) 檜山, 外: 電子交換機の機能分散ソフトウェア方式, 日立評論, 64, 3, 175~180(昭57-3)
- 2) 檜山, 外: 分散型遷移方式に基づく交換プログラムの構成法, 電子通信学会論文誌(B), J61-B, pp. 785~792(昭57-6)
- 3) CCITT: "Recommendation Z. 101" Blue Book, IV, 4 (1988)
- 4) 増井, 外: マイクロコンピュータソフトウェア分野での"SEWB"適用, 日立評論, 70, 2, 123~128(昭63-2)