

大阪モノレール車両と運輸管理システム

Urban Transit Monorail Cars and Transportation Control System for Osaka Rapid Railway Corporation

大阪モノレールは、北九州モノレール小倉線に次ぐ都市形跨(こ)座式モノレールの第2号であり、平成2年6月1日に千里中央～南茨木間の6.6 kmの区間で第一期開業をした。

本モノレールは、東京モノレール羽田線、北九州モノレール小倉線などの建設を通じて積み重ねたインフラを含むモノレール全体にわたる技術を結集し、これを最大限に反映させるとともに、最新の技術を極力採用し、近代的かつ都市景観にマッチしたスマートなモノレールとなっている。

モノレール車両の運転は、ATC(自動列車制御装置)によるワンマン方式であり、変電所や通信設備など一貫した思想のもとに構築した自律分散形運輸管理システムと連携をとって運用されている。

石川耕介* Kôsuke Ishikawa
岡田博司** Hiroshi Okada
大木英俊*** Hidetoshi Ôki
田平尚臣**** Masuomi Tabira

1 緒 言

従来、大阪府での既存の鉄道網は、大阪市を中心として放射状に形成されてきた。このため、都市圏の拡大に伴い、放射状に展開するJRおよび各私鉄路線と交差しながらそれらを結び付ける、いわば外環状線の役割を持つ交通機関として、大阪モノレールが建設されることになった。

この計画に沿って、千里ニュータウンと、万国博覧会の開催によって急激に発展した北大阪地区での大阪国際空港～阪急京都線南茨木間の約13.7 kmの事業特許を取得し、今回そのうちの千里中央～南茨木間6.7 kmの区間について第一期開業したものである(図1、表1)。今後、大阪国際空港方面への第二期計画が引き続き進められる。

大阪モノレールは、国の建設補助を受ける都市形跨(こ)座式モノレールとしては、昭和60年1月に開業した北九州モノレールに次ぐ第2号であり、北九州モノレールの建設を通じて得られた成果を十分に反映させ、大阪モノレールとしての改良・変更などを加えて完成した。

車両については、制御装置を界磁チョッパ方式とし、省エネルギー化を図るとともに、運転方式をATC(Automatic Train Controller: 自動列車制御装置)によるワンマン運転方式としている。

運輸管理システムについては、今後の路線拡張に柔軟に対応することを前提に、本線に在線する列車群の運行を円滑に

行うとともに停留所および変電所を一括管理するために、光ファイバループ伝送路による自律分散形システムを導入することとした。この運転管理システムと、ホームモニタITV(工業用テレビジョン)システム、案内放送・表示システム、列車無線システムなどの保安通信系とを一貫した思想で構築し、



図1 大阪モノレール路線図 平成2年6月に千里中央～南茨木間が第一期開業し、今後、大阪国際空港方面への西進計画、門真市方面への南進計画が引き続き進められる。

* 日立製作所 システム事業部 ** 日立製作所 交通事業部 *** 日立製作所 笠戸工場 **** 日立製作所 水戸工場

表1 大阪モノレール路線規模 平成2年6月の第一期開業と、第二期開業(予定)の路線規模を示す。

No.	項 目	第 一 期	第 二 期
1	開 業 時 期	平成2年6月	平成5年(予定)
2	路 線 長	6.6 km	6.8 km
3	駅 数	5 駅	4 駅
4	変 電 所	2 か所	2 か所
5	車 両 数	24両(4両×6編成)	20両(4両×5編成)
6	運 転 間 隔	3 分	3 分
7	運 転 方 式	ワンマン運転	ワンマン運転

対乗客案内サービスの向上と同時に、効率的かつきめ細かい管理・運営に役立たせている。

2 モノレール車両(1000系)

2.1 編成および主要諸元

編成はM_{C1}(制御電動車)-M₂(中間電動車)-M₁-M_{C2}の全電動客車4両固定編成で、2両で1ユニットを構成する跨座式モノレール車両である。列車に乗務する係員は運転士一人で、いわゆるワンマン運転対応の車両となっている。

この車両の外観を図2に、主要諸元を表2に、形式図を図3に示す。

2.2 車体および接客設備

車体構造は全アルミニウム合金製の溶接構造で、薄肉大形



図2 車両外観 アルミ無塗装仕上げの車体に、大阪府のシンボルカラーであるウルトラマリンブルーを配し、スピード感あふれるデザインとなっている。

表2 主要諸元 許容軸重11t/軸の都市形跨座式モノレールの大形車両である。

項 目	仕 様
形 式	跨(こ)座式モノレール(大形)
車 種	2軸ボギー制御電動客車および電動客車
編 成	4両固定編成(M _{C1} +M ₂ +M ₁ +M _{C2})
軌 道 け た 寸 法	幅850mm×長さ22m×高さ1,500mm
電 車 線 電 圧	直流 1,500V
主 電 動 機	80kW×16台/編成
加 速 度	3.0km/h/s
減 速 度	常用最大：4.0km/h/s、非常：4.5km/h/s
最 高 均 衡 速 度	約85km/h
乗 車 人 員	定員：494人/編成(うち座席172人)、 満員：1,036人/編成
車 両 寸 法	長さ：60.2m/編成、幅：2.98m、 高さ：3.74m(軌道面上)
許 容 軸 重	11t/軸
自 重(標記)	108.6t/編成
台 車 形 式	鋼板溶接構造2軸ボギー跨座形台車
制 御 装 置	他励界磁チョップパ制御装置：二組み/編成、電力回生ブレーキ付き
制 動 装 置	電気指令式電磁直通ブレーキ、保安ブレーキ付き
補 助 電 源	65kVA、GTOサイリスタインバータ装置：2台/編成
列 車 検 知 装 置	連続誘導式
A T C	連続誘導式
冷 房 装 置	屋根上形分散方式18.6kW×2台/両

注：略語説明 ATC(Automatic Train Controller：自動列車制御装置) M_{C1}、M_{C2}(制御電動車)、M₂、M₁(中間電動車)

型材および中空材の導入によって構体の簡略化、軽量化を図っている。

室内の床面は全面平面床構造で、座席配置はロングシートとして客室空間を広く確保するとともに、輸送力の増大を図っている。側窓は下窓を固定、上窓が内側に傾斜して開く構造とし、開口部には乗客の道路への物品投下を防止するための対策を施している。また屋根上には18.6kWの冷房装置が1両当たり2台取り付けられており、ダクトによって導かれた冷風が室内を冷房し、冬季は座席下に取り付けた反射形シーズヒータによって暖房する。

運転室は編成の両端にあり、島式ホームでのワンマン運転に対応するため、運転席は右側に配置してある。

客室内部を図4に、運転室を図5に示す。

2.3 台車および駆動装置

跨座式モノレール車両用の台車は2軸ボギー式で、走行輪と水平輪(案内輪および安定輪)を持ち、いずれもゴムタイヤ

式であり、それぞれにパンク時の対策として補助車輪を備えている。また台車枠の上面に空気ばねを用いて、車体を直接支持するボルスタレス構造を採用している。

主電動機の駆動力は、ゴム継手を介して直角駆動減速装置によって走行車輪に伝えられる。減速装置は2段減速式で低騒音化対策が講じられている。台車の外観を図6に示す。

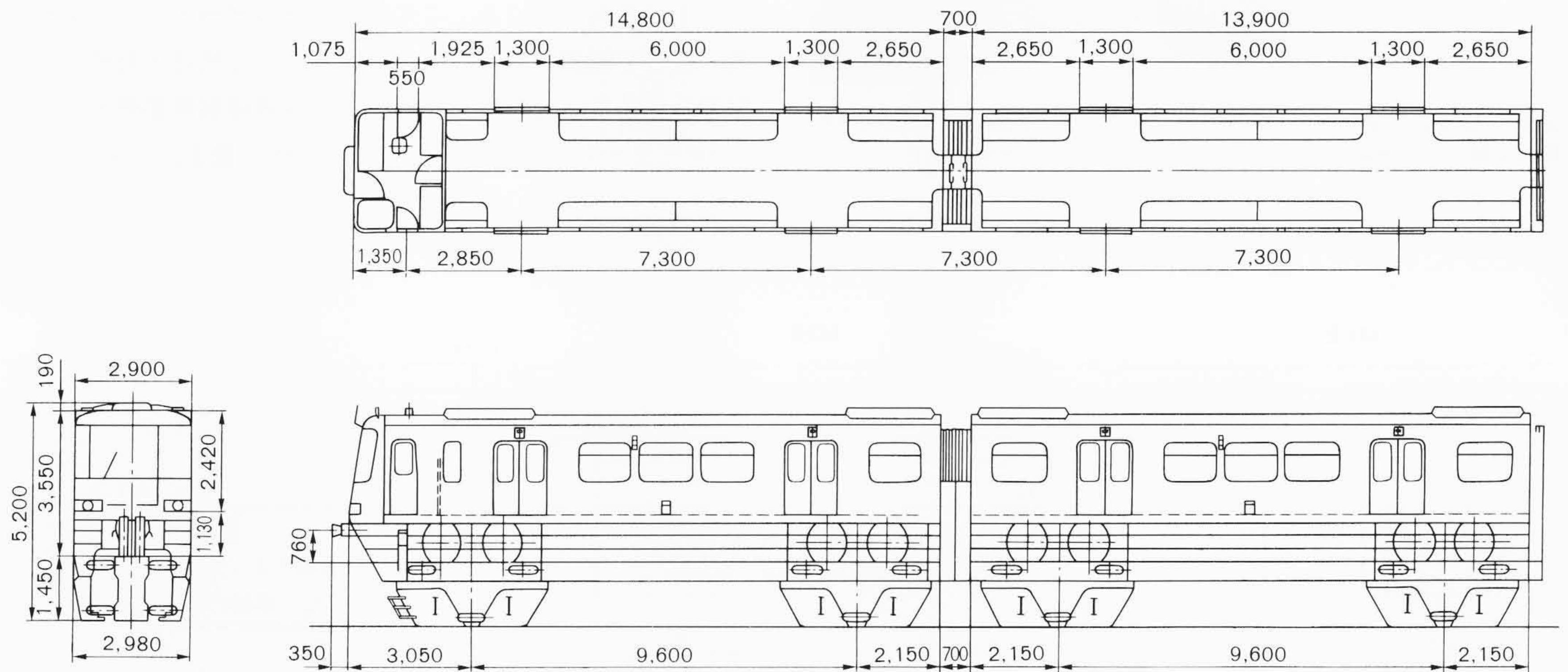


図3 形式図 Mc₁(制御電動車)-M₂(中間電動車)-M₁-Mc₂の全電動車4両固定編成で、編成長60.2m、定員494人/編成である。



図4 客室内部 床面は全面平面床構造で、座席配置はロングシートとして客室空間を広く確保している。



図5 運転室 全面に大形曲面ガラスを採用して視界を拡大し、島式ホームでのワンマン運転に対応するため、運転席は右側に配置してある。

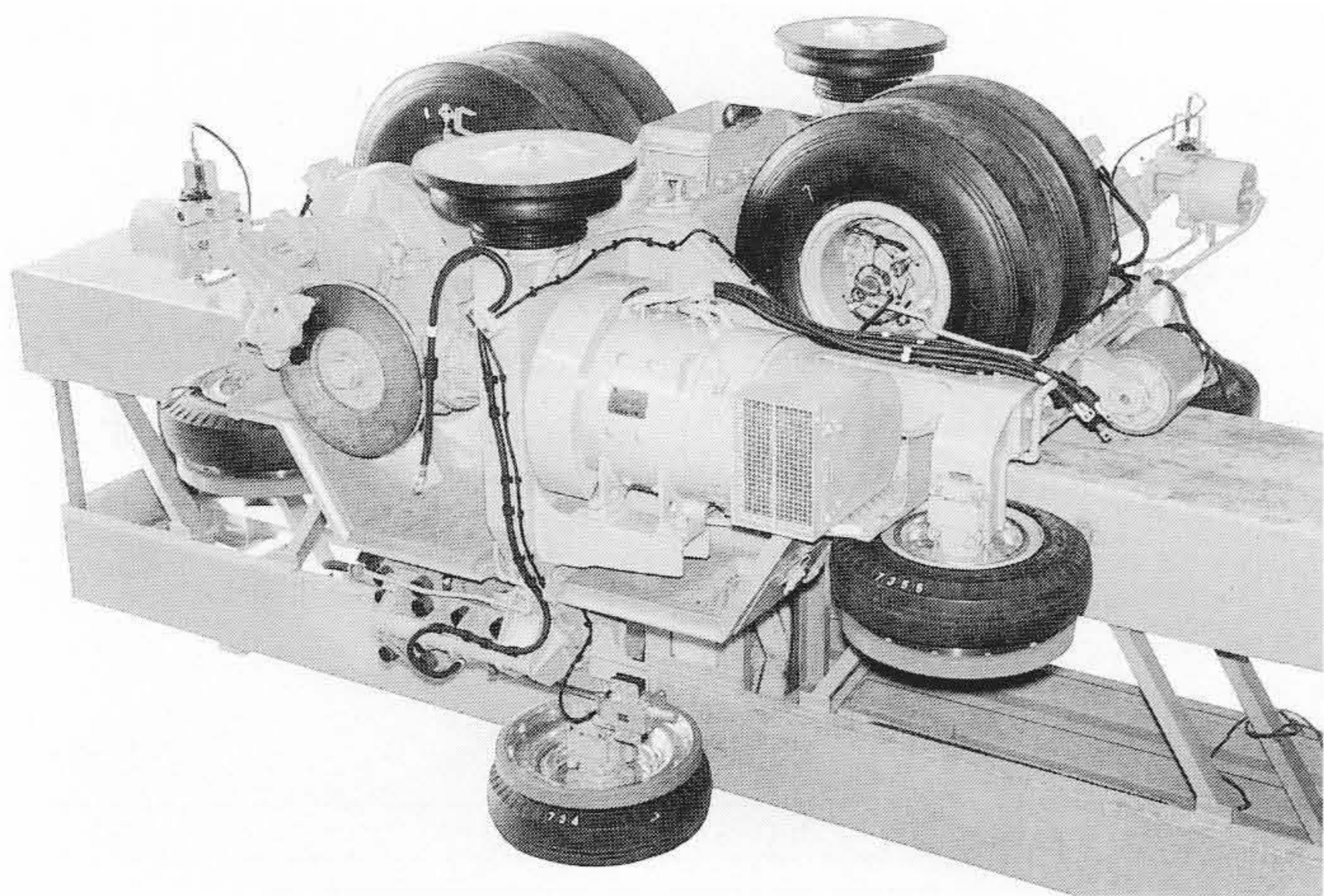


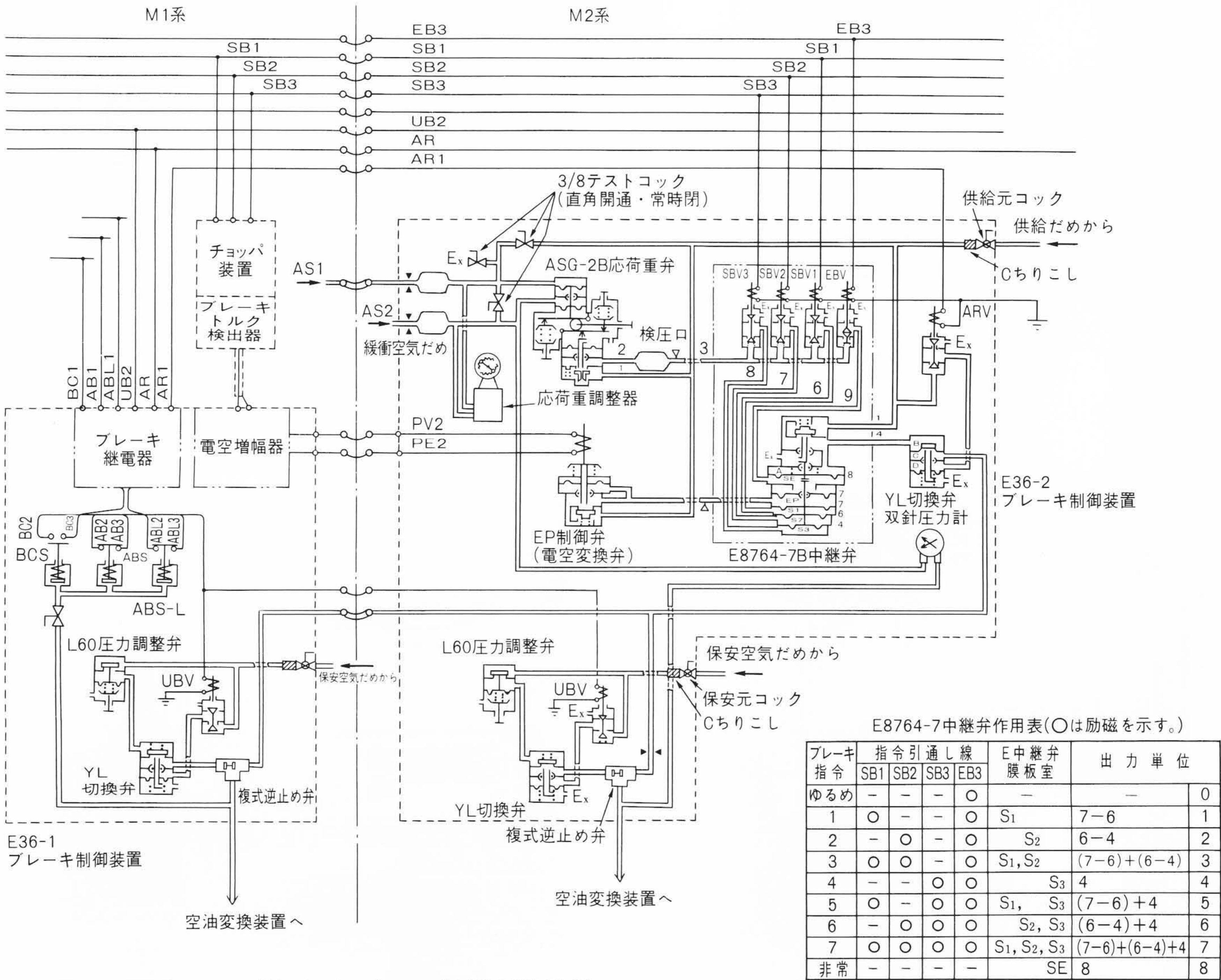
図6 台車の外観 2軸ボギー式台車で、走行車輪4輪のほか案内車輪4輪と安定車輪2輪があり、いずれもゴムタイヤ式である。

2.4 制動装置(ブレーキ装置)

制動装置は、応答性に優れた電気指令式電磁直通空気ブレーキと電力回生ブレーキの併用とし、常用・非常系は2両1ユニット方式として機器の小形・軽量化や保守の簡易化を図っている。また別系統で作用する保安ブレーキと、ばねを動力源とした駐車ブレーキを設けている。ブレーキ作用系統図を図7に示す。

2.5 主電動機および制御装置

主電動機は、直流複巻電動機で容量80 kWのものを1両当たり4台装備している。この主電動機は界磁チョップ制御装置によって制御され、高速性能はもちろん低速走行性能も確保するために、補償巻線を設けて分巻界磁制御範囲を10%から200%まで制御可能とした。主な仕様を表3に示す。



注：略語説明 ABS (ブレーキ不足気圧スイッチ), ARV (不緩解開放電磁弁), BCS (ブレーキシリンダ気圧スイッチ), EBV (非常ブレーキ電磁弁) SB₁, SB₂, SB₃ (常用ブレーキ電磁弁), URB (保安ブレーキ電磁弁)

図7 ブレーキ作用系統図 電気指令式電磁直通ブレーキ方式で、常用・非常用ブレーキ系は2両1ユニット方式とし、小形・軽量化とともに保守の簡易化を図っている。

表3 主電動機的主要仕様 主電動機は、直流複巻電動機で容量80kWのものを1両当たり4台装備している。

項目	仕様
形式	直流複巻補償巻線付き自己通風形
定格	1時間定格
出力	80kW, 375V 240A分巻界磁電流25A, 1,140r/min
絶縁種別	電機子：H種, 界磁：F種

制御装置は、定速運転制御を円滑に行うためと走行電力を節減するため、電力回生ブレーキ付き界磁チョップ制御方式を採用した。

主制御器は1ユニットに各一組みを備え、それぞれ主電動機8台を制御する。界磁チョップ装置にはGTO(ゲートターンオフ)サイリスタを使用し、装置の小形・軽量化が実現できた。

主幹制御器は、力行ハンドルとブレーキハンドルを1本にまとめた構造で、デッドマン装置を持っており、操作性や応答

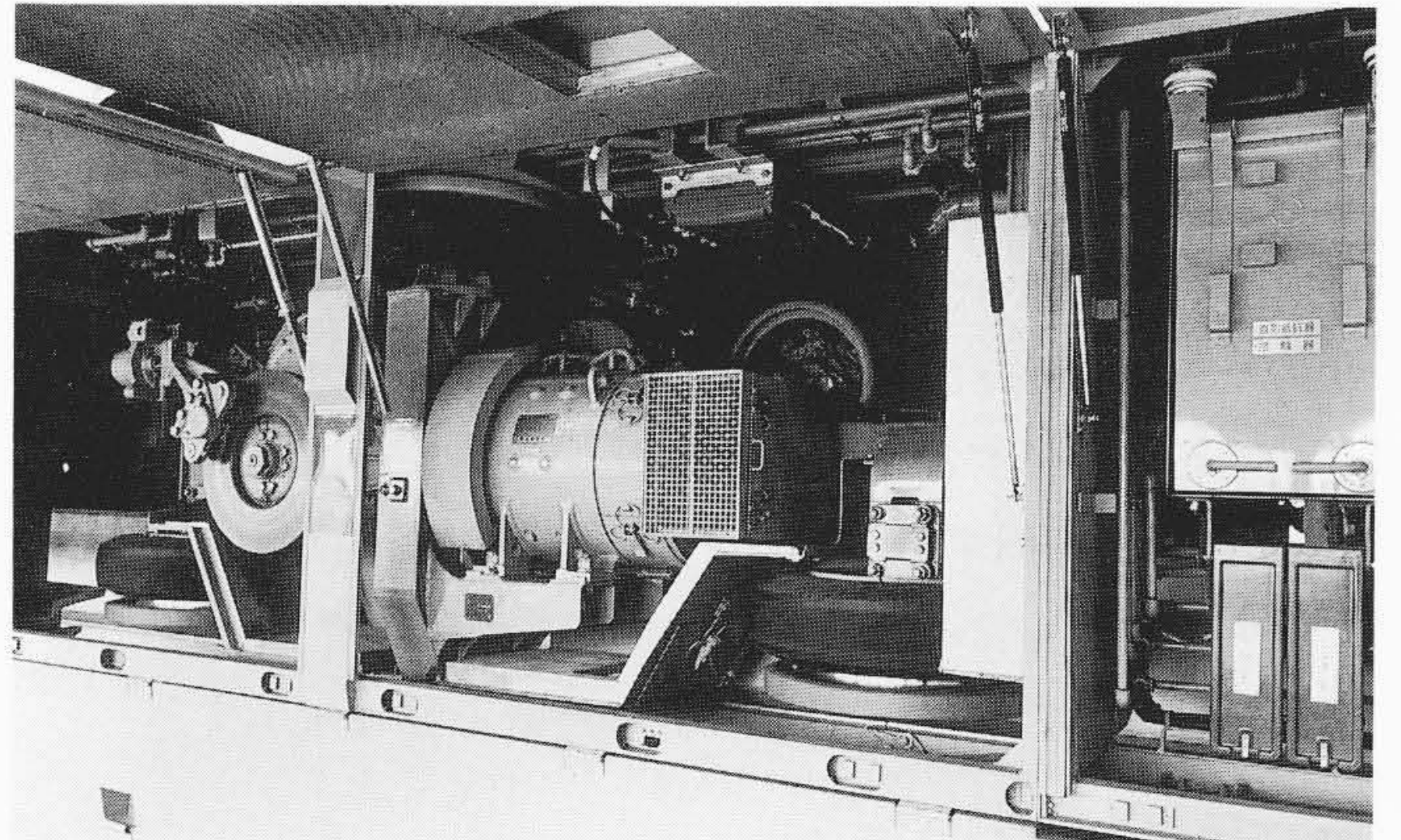


図8 主電動機取り付け状況 主電動機は直流複巻電動機で、容量80kWのものを1両当たり4台装備している。

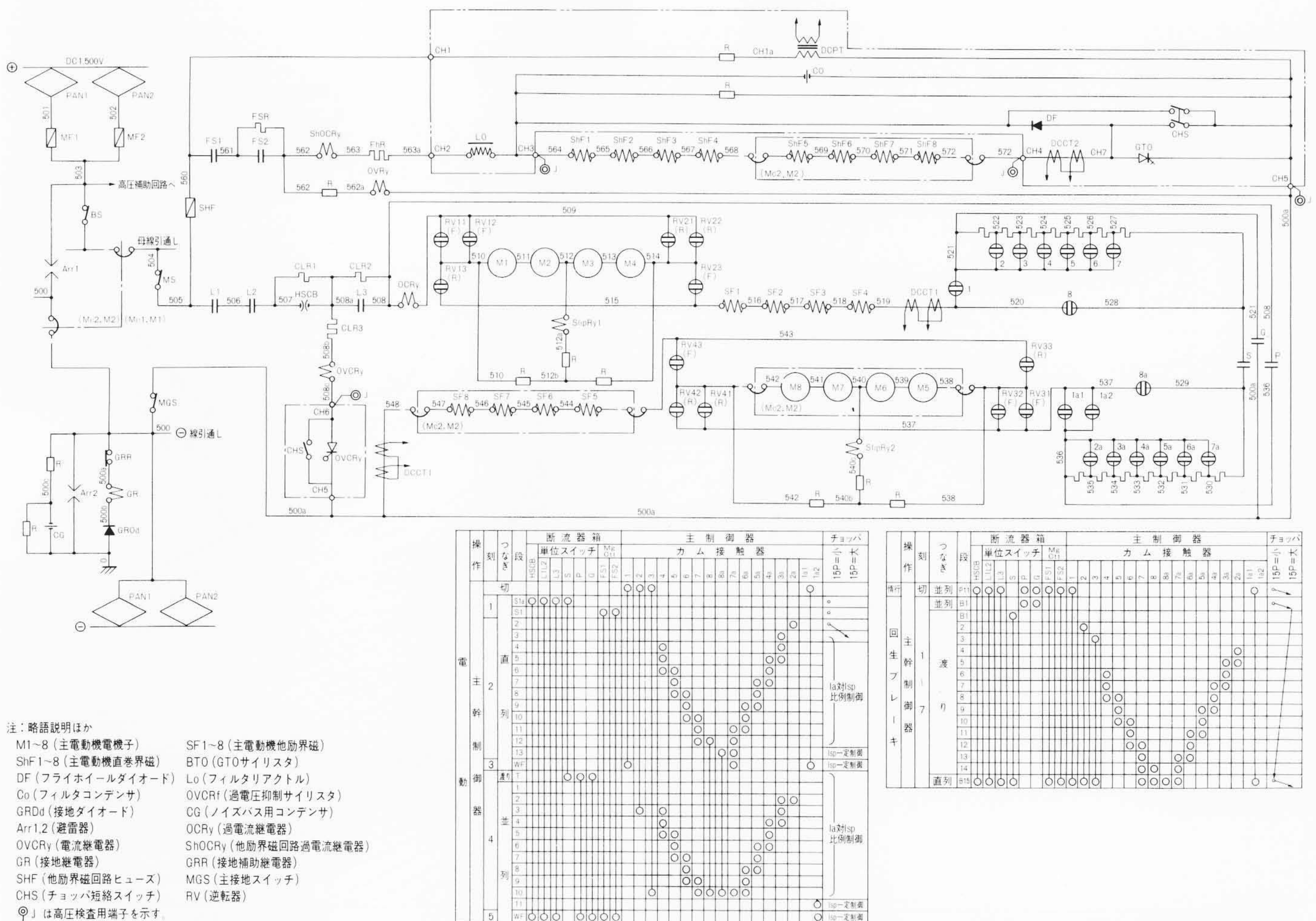


図9 主回路つなぎ図 電力回生ブレーキ付き界磁チョップ制御方式で、主制御器は1ユニットに各一組みを備え、それぞれ主電動機8台を制御する。

性が向上した。主電動機取り付け状況を図8に、主回路つなぎ図を図9に、ノッチ曲線図を図10に、界磁チョッパ装置の外観を図11にそれぞれ示す。

2.6 信号保安装置

信号保安装置として、車内信号装置、ATCおよびTD(列車検知装置)を設けている。ATCは、軌道けた上部のループ線から制御速度条件を受信し、車内信号装置に現示するとともに列車の速度を照査して、自動的に列車を減速または停止させ、安全運転を確保することができる。

TD装置は、列車の前部および後部から軌道けた上部のループ線へ信号波を常に送信し、地上側で列車の存在を連続的に検知する方式である。ATC装置の外観を図12に示す。

3 運輸管理システム

3.1 特 長

本システムの主な特長は次のとおりである。

(1) 従来、各サブシステムごとにシステム化を考えて、個別

にコンピュータ、専用の伝送系を設置していた。大阪モノレールでは運行管理、電力管理、駅設備・防災管理、非常系管理の4サブシステムを同一のハードウェアおよび伝送系で共用する構成とすることで、サブシステム間を有機的に結び付け、かつ経済的な構成とすることが、可能となった。

(2) 各端末装置をマイクロコンピュータを用いてインテリジェント化し、処理の重点を駅や変電所の処理装置に移し、制御の応答性を向上させた。また、処理装置異常時の危険をできるだけ局所に抑えて障害の波及を防止し、システムの全面的な停止を避けるようにした。

(3) 中央、各駅および各変電所間の情報伝送にループ伝送方式を採用し、1回の発信で全個所で情報が受信でき、故障時には故障個所をう回して情報伝送ができる自律分散ループ伝送方式を採用した。

3.2 機 能

本システムの機能は、(1)列車の運行制御および駅案内広報を行う運行管理機能、(2)変電所および各駅電気室を管理する

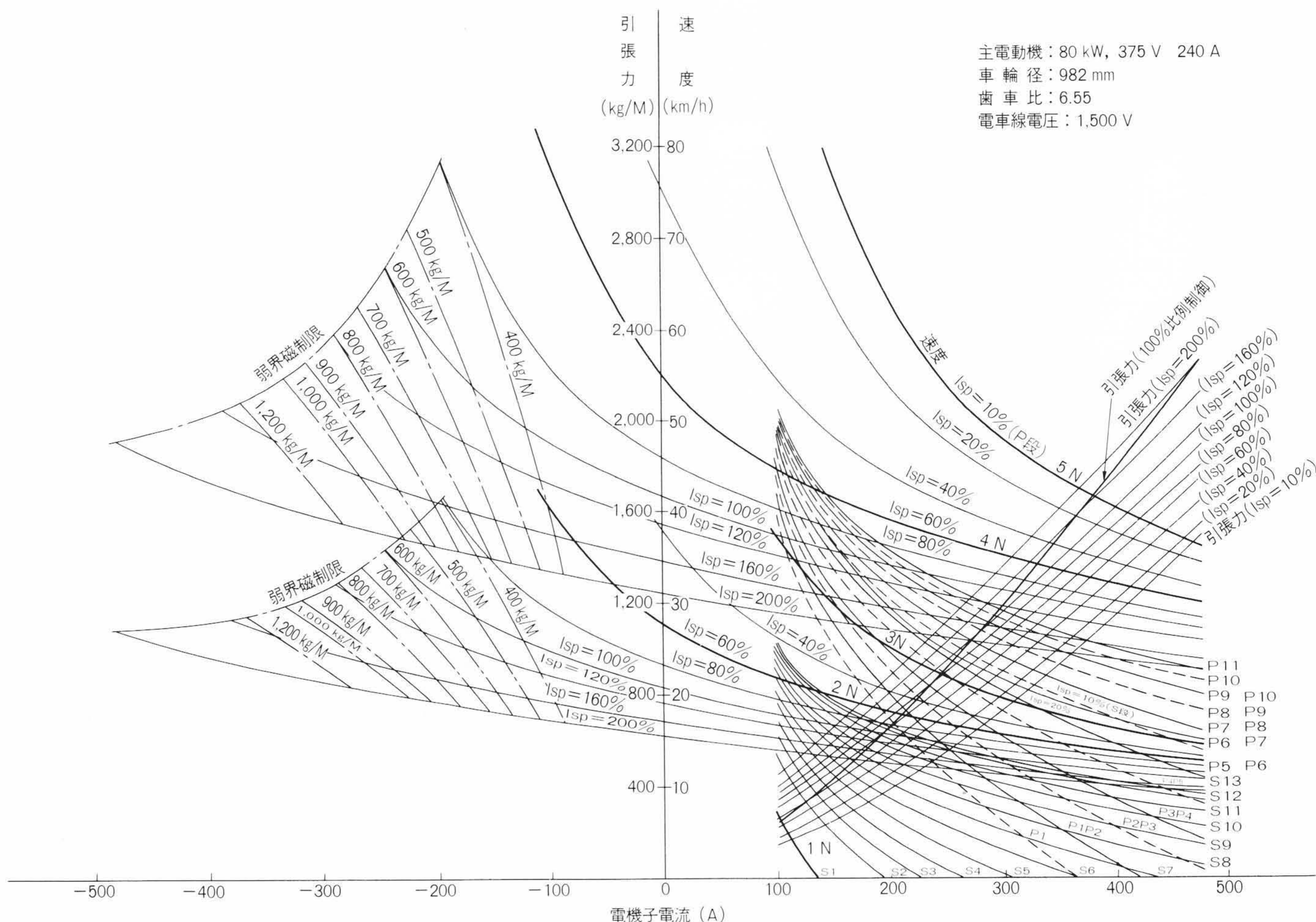


図10 ノッチ曲線 界磁チョッパ制御方式の特長を生かし、分巻界磁制御範囲を10%から200%まで制御し、広範囲な走行性能を確保している。

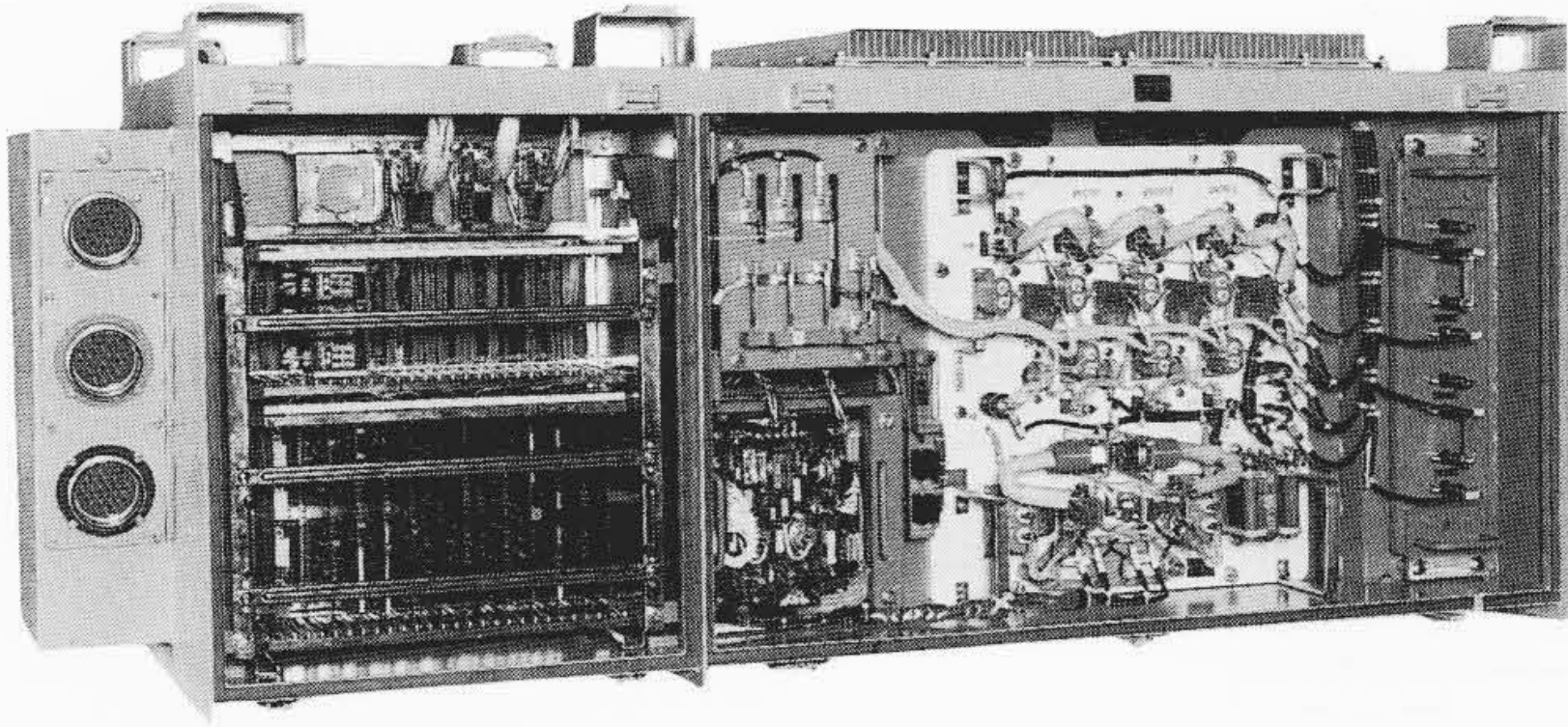


図11 界磁チョッパ装置の外観 制御素子にGTO(ゲートターンオフ)サイリスタを使用し、装置の小形・軽量化を図った。

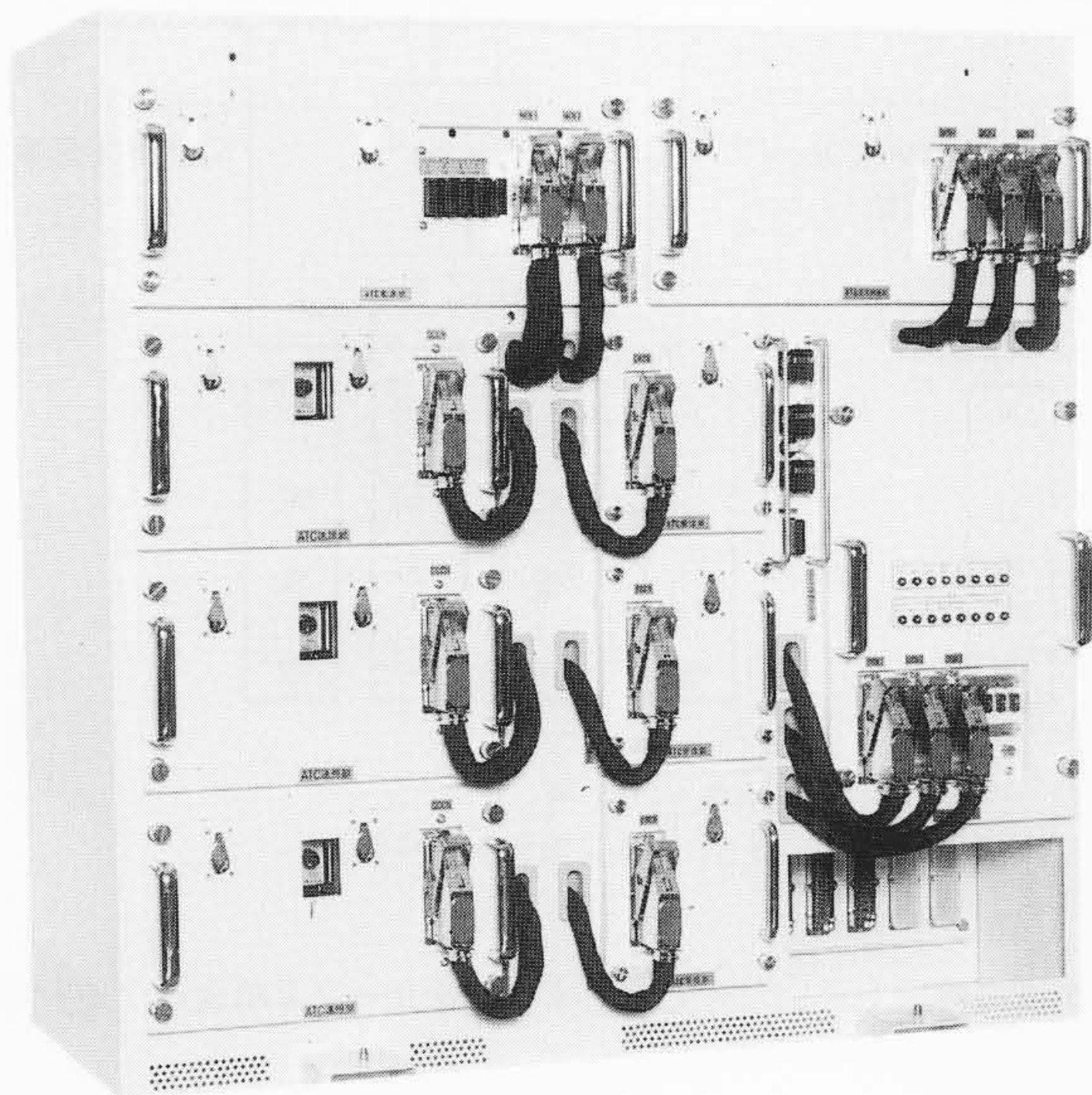


図12 ATC装置の外観 回路方式は実績のあるフェールセーフ化されたデジタル式リング演算を基本とし、カスタムLSIを使用した三重系構成である。

電力管理機能、(3) 駅設備の動作監視を主体とする駅設備・防災管理機能、(4) 非常事態に対応するための非常系管理機能から成る。

以下に、本システムの主な機能を各サブシステムごとに述べる。

(1) 運行管理機能

各駅制御装置が中央装置からダイヤグラム情報を受信し、列車位置情報を継電連動装置から取り込み、駅制御装置内で実在列車と1対1に対応する列車追跡情報を作成し、あらかじめ決められた論理判断のもとで進路制御、案内表示、案内放送制御を行う。

また中央装置は、各駅制御から送信された列車追跡情報をもとに運行表示盤に運行状況を表示し、運行実績記録をプリンタに出力する。

(2) 電力管理機能

中央装置が各変電所、各駅電気室の状態を常時監視し、機器の動作状態および故障内容を電力系統表示操作盤および故

障集約表示盤に表示するとともに、伝送系を介して変電所機器のON/OFF制御を行う。

また各変電所の電力量の日報、月報および機器の動作記録や故障記録をプリンタに出力する。

(3) 駅設備・防災管理機能

本機能は各駅の設備異常情報と防災設備情報を、中央指令所の運行表示盤に表示する。

(4) 非常系管理機能

本機能は中央、駅、車上で非常事態が発生した場合、非常発報および発報信号を発令する。なお、非常発報の場合は各変電所のき電停止も行う。

また、中央、駅で列車の非常停止制御を行う。

これらの制御を統括的に行う中央指令室を図13に示す。

3.3 システム構成

本システムは、指令所に設置するCPU(中央制御装置)、運行表示盤、指令卓などの中央システム機器と各駅に設置する駅制御装置(連動駅用:LCU-A, 一般駅用:LCU-B)、駅監視盤、案内表示器および各変電所に設置する変電所制御装置(LCU-S)で構成される。また、中央、駅および変電所間のデータ伝送路は、二重ループ構成の自律分散形システムである。

システム全体構成図を図14に示す。

3.4 フォールバック機能

本システムは中央、駅に分散設置した各計算機がそれぞれ独立し、自律できることを基本としてシステムを構成し、この基本に沿ったフォールバック方式をハードウェア・ソフトウェアの両面から採用し、1か所のハードウェアの故障がシステム全体の停止に波及しないように危険分散をしている。

本システムのフォールバックモードは次の4モードである。

(1) CPU両系停止モード

CPUの両系CPUがダウンし、駅LCU自体は正常なモードで、

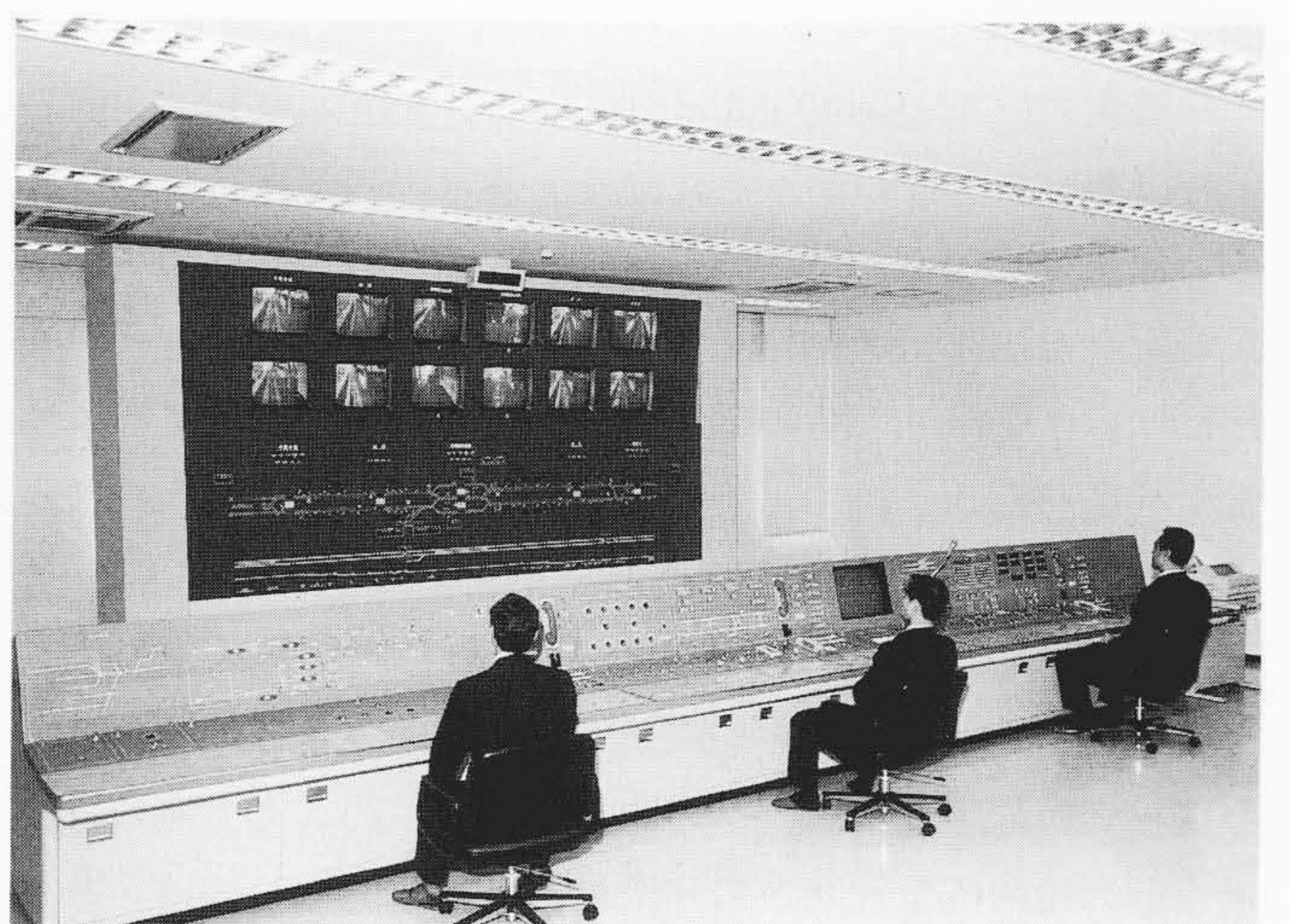
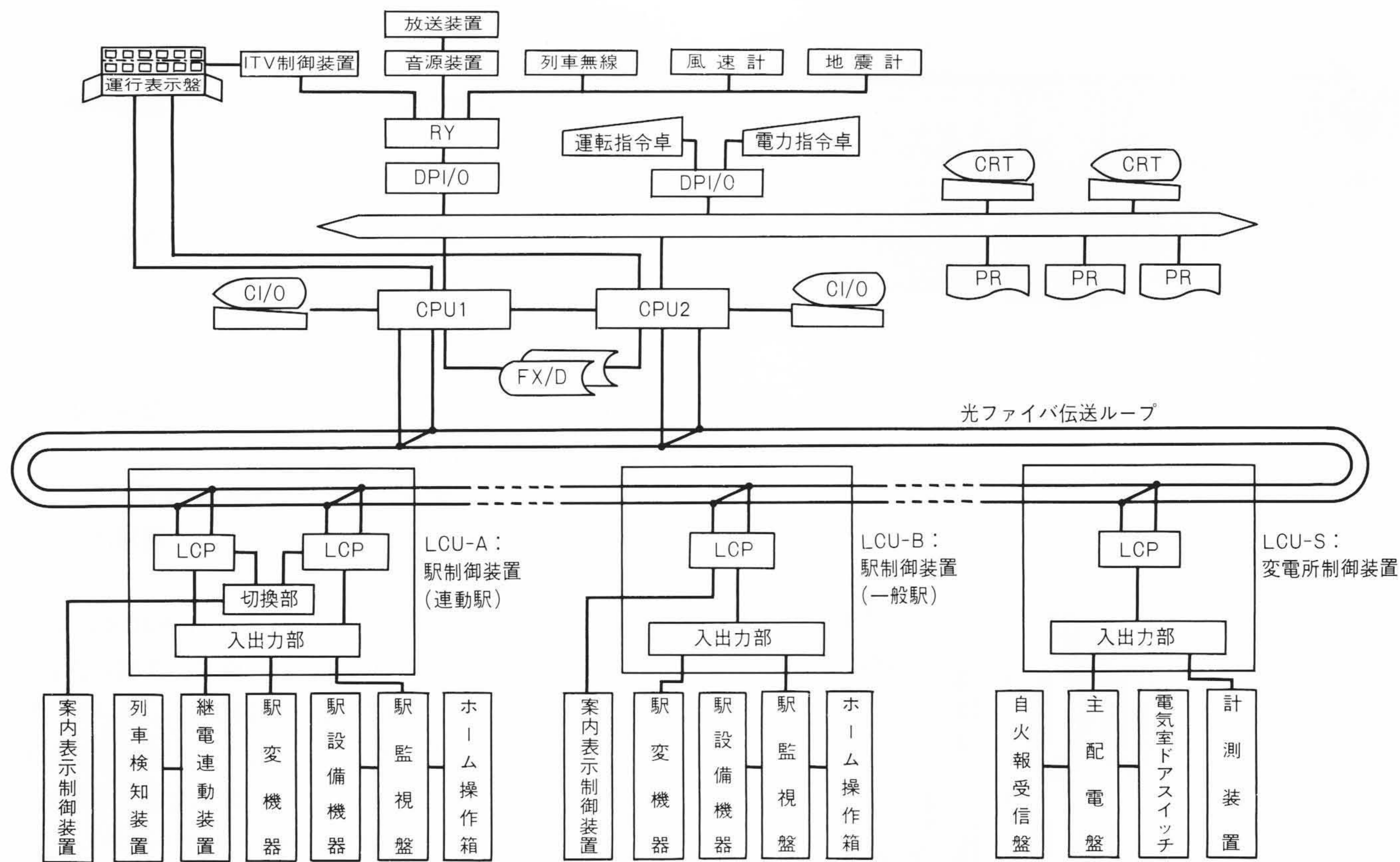


図13 中央指令室 運行、電力、駅設備・防災、非常系の管理を、中央指令室で統括的にやっている。



注：略語説明 CPU (中央制御装置), FX/D (外部記憶装置), CI/O (コンソール入出力装置), DPI/O (プロセス入出力装置)
RY (リレー装置), PR (プリンタ装置), LCP (ローカル処理装置), LCU-A, B (駅制御装置), LCU-S (変電所制御装置),
ITV (ホームモニタテレビジョン), 自火報 (自動火災報知器)

図14 運輸管理システム全体構成図 中央指令所に設置したCPUと、駅および変電所に設置したLCUを光ファイバ伝送ループで結合し、運行管理、電力管理、駅設備・防災管理および非常系管理を行う。

進路制御、案内表示は中央CPUから受信済みのダイヤグラムにより、駅LCUが行う。

(2) LCU-A停止モード

連動駅のLCU-Aが停止したモードで、停止した連動駅LCU-A区間だけ制御ができないが、停止区間以外の連動駅は通常の制御を行う。

(3) LCU-B停止モード

一般駅のLCU-Bが停止したモードで、停止した駅の案内表示だけ制御できないが、それ以外は通常の制御を行う。

(4) LCU-S停止モード

変電所のLCU-Sが停止したモードで、停止した変電所の制御だけできないが、停止した変電所LCU-S以外の変電所は通常の制御を行う。

4 結 言

大阪モノレールは第一期開業後、順調に運営されており、今後、大阪国際空港方面への西進、および門真市方面への南進などの路線延長計画があり、都市交通機関としていっそう

整備されることになっている。

日立製作所は、計画の初期段階から建設、営業開始まで、一貫したエンジニアリング対応を行っており、車両、運輸管理システム、通信などインフラ外設備の主要製品の設計・製作を担当している。今後は、さらに最新の技術を積極的に取り入れ、より魅力のある交通システムの発展に寄与していく考えである。

終わりに、大阪高速鉄道株式会社および大阪モノレール運行システム設備建設工事共同企業体の関係各位に対し、深謝の意を表す次第である。

参考文献

- 1) 佐伯, 外: 大阪モノレール1000系車両, 車両技術, 90, 10, 192号(平2-10)
- 2) 佐伯, 外: 大阪モノレール運輸管理システム, 第27回サイバネ論文集, 501(平2-11)