

山梨リニア実験線用運転制御システム

Drive Control System for Yamanashi Maglev Test Line

高山雅幸*

Masayuki Takayama

糟谷直大*

Naohiro Kasuya

宇佐美和夫*

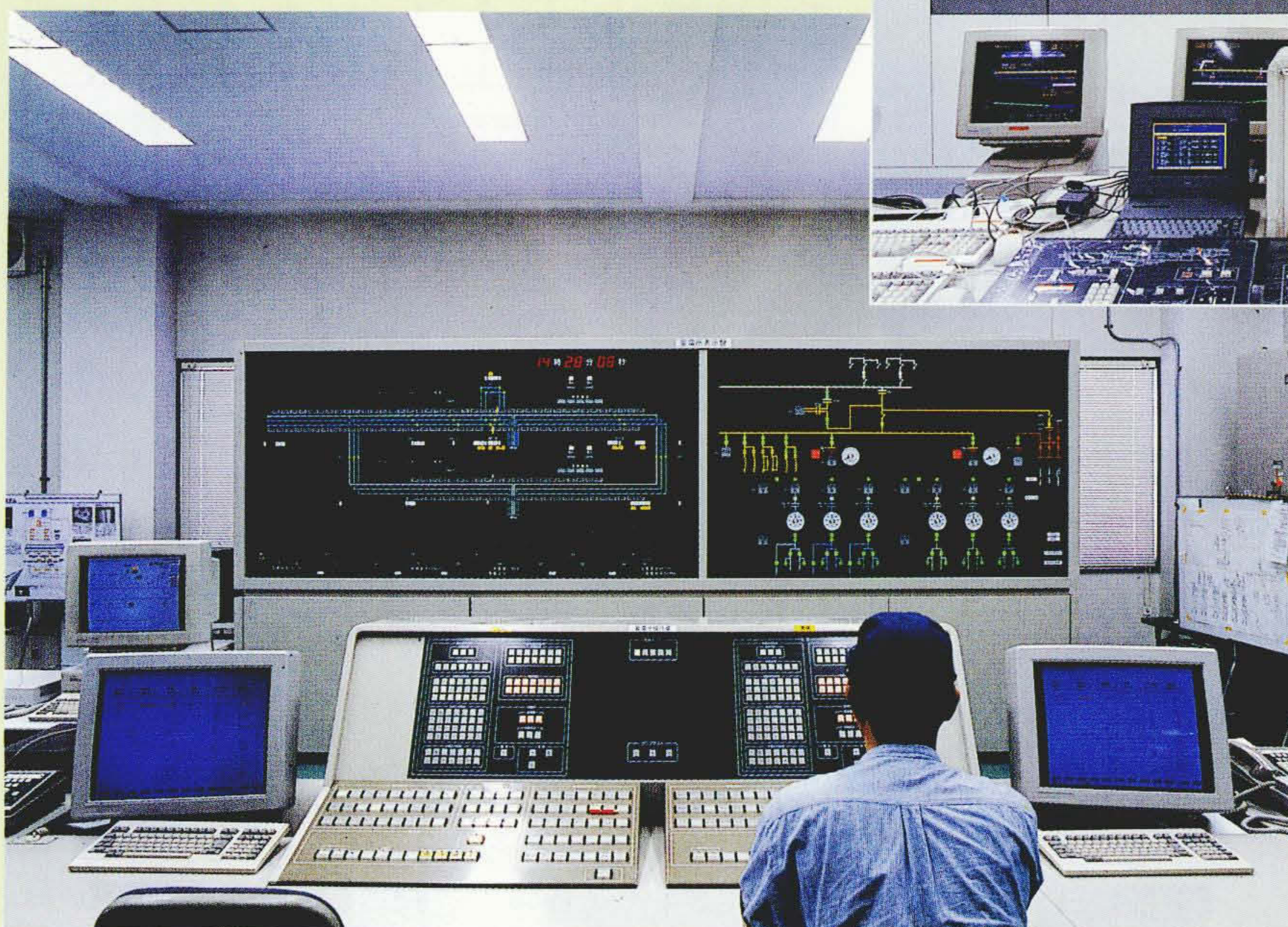
Kazuo Usami

宮入公明**

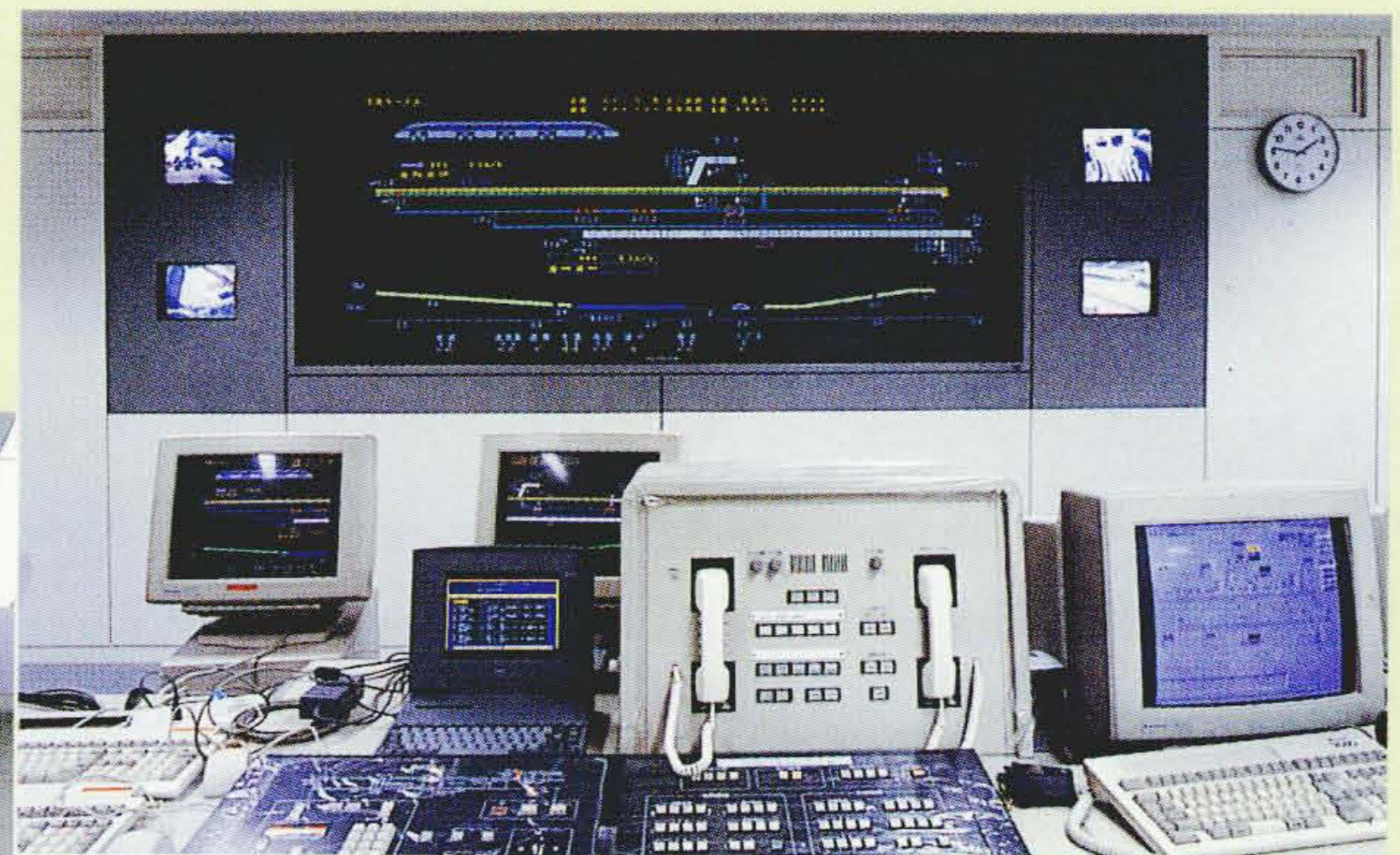
Kômei Miyairi

山畳一広*

Kazuhiro Sanjô



(a) 変電所操作卓と表示盤



(b) 大型表示装置

山梨リニア実験線駆動制御システム

このシステムは、山梨リニア実験線の電力変換設備、駆動制御装置、き電区分開閉器の操作を行うと同時に、変電所機器の動作状況、列車位置、速度、進行方向などの走行状況を表示する機能を持っている。大型表示装置では、70型ディスプレイ2面に列車の運行状況と車両の状況を交替図形で表示し、視認性の向上を図っている。

山梨リニア実験線は山梨県境川村を起点とし、秋山村に至る延長42.8 kmの路線である。現在、このうちの約18.4 kmを先行区間として、1997年春の走行実験開始に向けた総合的な調整試験が実施されている。

超電導磁気浮上式鉄道は、地上一次式リニア同期モータを動力とした交通システムである。したがって、列車の運転、制御は地上に設置された電気設備で行っており、従来の鉄道システムとは機能、位置づけなどが異なったものとなっている。

日立製作所は、宮崎実験線に納入した中央制御装置、総括制御装置などの開発実績を基に、財団法人鉄道総合技術研究所、東海旅客鉄道株式会社とともに、山梨リニア実験線の運転制御システムを構成する運行管理システム、駆動制御システム、車上制御システム、および電力変換器の開発を行っている。

現在、各システムともに、山梨実験線で組合せ機能確認調整試験の最終段階に入っている。

*日立製作所 水戸工場 **日立製作所 交通事業部

1. はじめに

超電導磁気浮上式鉄道では地上一次制御方式を採用しており、地上側に設置された電力変換器が地上推進コイルに供給する電流を制御して個々の列車の速度を制御している。

1組の電力変換器で制御できるのは1編成の列車で、各変換器のき電範囲が該当電力変換変電所の制御範囲となり、各閉塞(そく)境界区間に等しい。また、地上推進コイルはセクションと呼ばれる単位に分割され、き電損失低減のため、列車が在線するセクションに通電するようにしており、通電セクションは列車の位置や速度に応じて切り換えている。

このように電力供給システムを制御している運転制御システムは、運行管理システム、駆動制御システム、保安制御システム、設備管理システム、および車上制御システムなどで構成している。

ここでは、日立製作所が担当した運行管理システム、設備管理システムに採用した大型表示装置、駆動制御システム、および車上制御システムの概要について述べる。

2. 電力供給システムと運転制御システム

山梨リニア実験線の電力供給システムと運転制御システムの構成を図1に示す。

2.1 電力供給システム

リニア同期モータの電機子に相当する地上推進コイルに給電する電力供給システムは、154 kV 2回線で受電し、主変圧器で66 kVに降圧した後、電力変換器から、き電線、き電区分開閉器を経由している。

き電方式は3組のき電回路を持つ三重き電方式を採用している(図1参照)。1組の電力変換器は3組(3系分)のPWM(Pulse Width Modulation)インバータを備え、3系分交互に敷設された地上推進コイルに対して、駆動制御システムからの指令に基づいて可変電圧、可変周波数の電流を供給する。列車へのき電は、3系のうち常に二つの系からサイクリックに行い、一つの系がダウンしても、残りの2系を使って列車を走行することが可能である。

さらに、電力変換変電所間に複数の境界区分開閉器を設置し、列車群の運行状況に応じて変換所の列車に対する給電範囲を変更することにより、閉塞区間長を可変して列車間隔が調整できる構成としている。

2.2 運転制御システム

運転制御システムは、列車運行の定時性を確保し、列

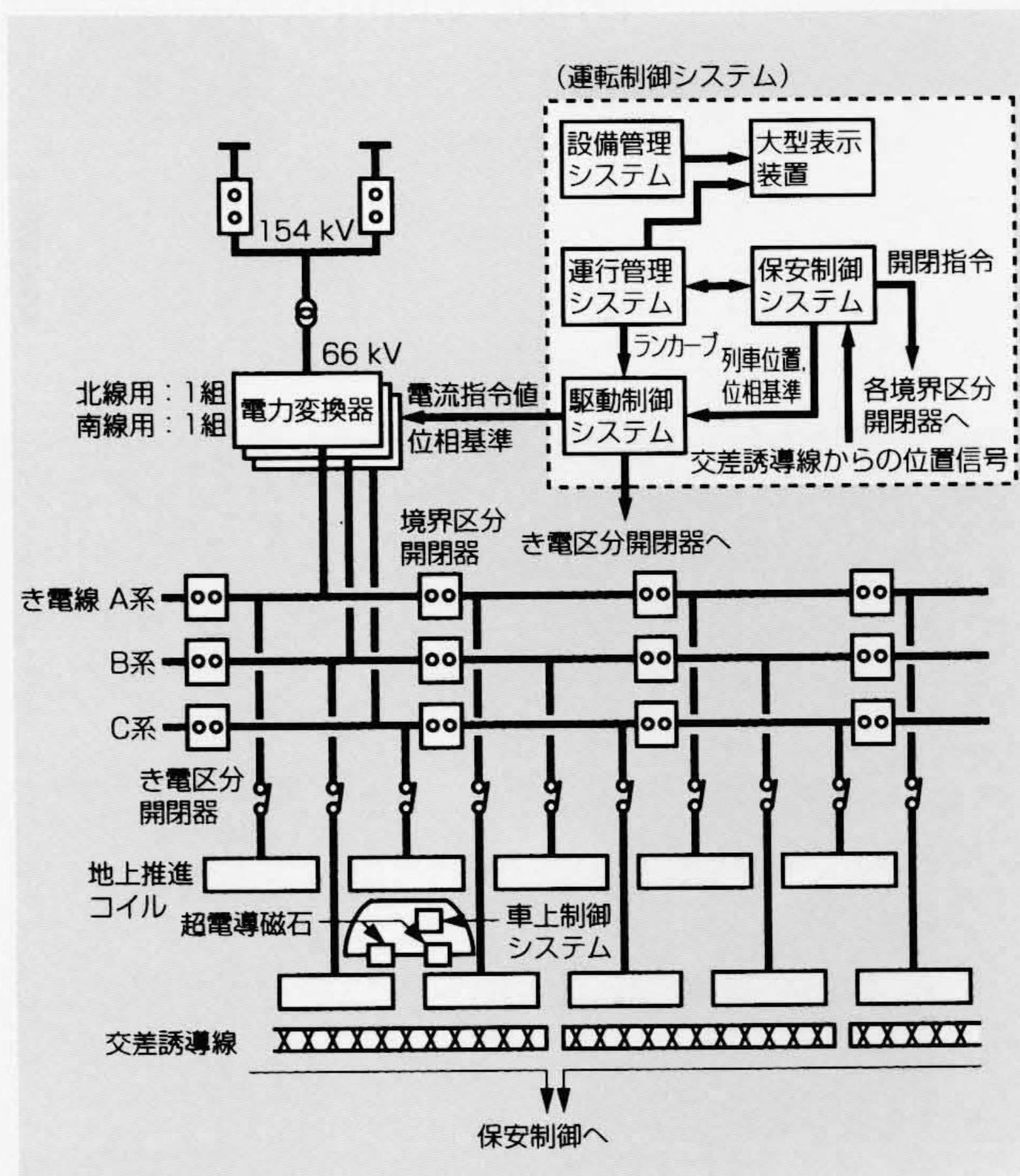


図1 電力供給システムと運転制御システム

電力供給システムの各装置に指令を与えることにより、磁気浮上式列車の走行制御を行う。

車群を効率よく、かつ安全に運行制御するシステムである。運転制御システム(図1参照)を構成する各システムの主要機能は次のとおりである。

2.2.1 運行管理システム

列車ダイヤの作成と管理、駅間走行時分に基づくランカーブの作成と駆動制御システムへの指示、列車群の群管理機能に基づく保安制御への地上進路、およびき電進路の指示と運行状況の監視を行う。

2.2.2 保安制御システム

運行管理システムからの指令により、地上進路やき電進路(閉塞進路)の構成、鎖錠・解錠、き電進路構成に伴う境界区分開閉器の開閉制御を行う。また、列車の位置・速度を常に監視し、許容速度を超過した場合、直ちに保安ブレーキ制御を行う。

2.2.3 駆動制御システム

運行管理システムからの走行パターンの指示に従って列車の制御を行う。また、列車位置に対応してき電区分開閉器を制御し、き電セクションを順次切り換える。

2.2.4 設備管理システム

運転制御システムを構成する各装置の状態監視と、列車の運行に関する指令と運行状況の監視を行う。

2.2.5 車上制御システム

車上機器の制御と監視，および地上からの制御指令に基づくブレーキ制御，ドア制御，脚の上げ下げ制御を行う。

3. 運行管理システム

3.1 運行管理システムの概要

(1) 概 要

運行管理システムは，走行計画に基づいて個々の列車の走行制御，列車群の管理を行うとともに，線区全体の列車の運行状況を監視する役割を担っている。

このシステムが適用される超電導磁気浮上式鉄道は，列車の最高速度が550 km/hという超高速で高密度な輸送を行うものである。運転時間も非常に短いため，一時的な設備故障でも線区全体に及ぼす影響が大きいと予想される。また，在来鉄道とは異なって地上一次制御による駆動方式を前提とするため，従来の運転取扱者による制御操作や監視判断を常時必要とする運転制御は適当でなく，通常の運転制御はすべて自動化している。

運行管理システム全体の構成は上記の考え方を基に，独立した機能単位に分割し，一部機能がダウンしても他のシステムへの波及を最小限に抑えるように分散型システムとし，またリアルタイム制御性や信頼性を考慮した階層構造をとったシステム構成としている。運行管理システムの全体構成を図2に示す。

(2) 運行管理システムの各サブシステムの機能

- (a) 中央運行管理システム：運行状況監視機能(列車運行監視，沿線・設備監視)，計画管理機能(実施計画作成，実績・統計)，保守機能(設備データ保守，模擬走行試験)
- (b) 地区運行管理システム：地上進路制御，駅構内制御
- (c) 走行管理システム：列車走行制御，き電進路制御，電力変換所境界可変制御，車上機器制御

3.2 運行管理システムの制御論理

山梨リニア実験線は超電導磁気浮上式鉄道であり，従来の鉄道にない特有の制御論理機能を持っている。

(1) 進路制御論理

磁気浮上式鉄道では，従来の地上進路制御(分岐器や信号機の制御)機能に加え，新たに，き電進路制御機能が導入された。これは電力変換器が1列車だけを駆動する方式であるため，電力変換器を制御中のどの列車に割り当てることが最も有効かを決定し，割り当てられた電力変換器の制御範囲と地上進路との整合性を確保する機能である(図3参照)。

(2) 速度パターン作成論理機能

安定した旅客輸送を目的とした，定時刻運転制御のための速度パターン作成論理機能である。これは，ダイヤの運転時刻，臨時の速度制限，走行遅延，車両機器状態などの情報と保安制御システムからの許容速度などの最

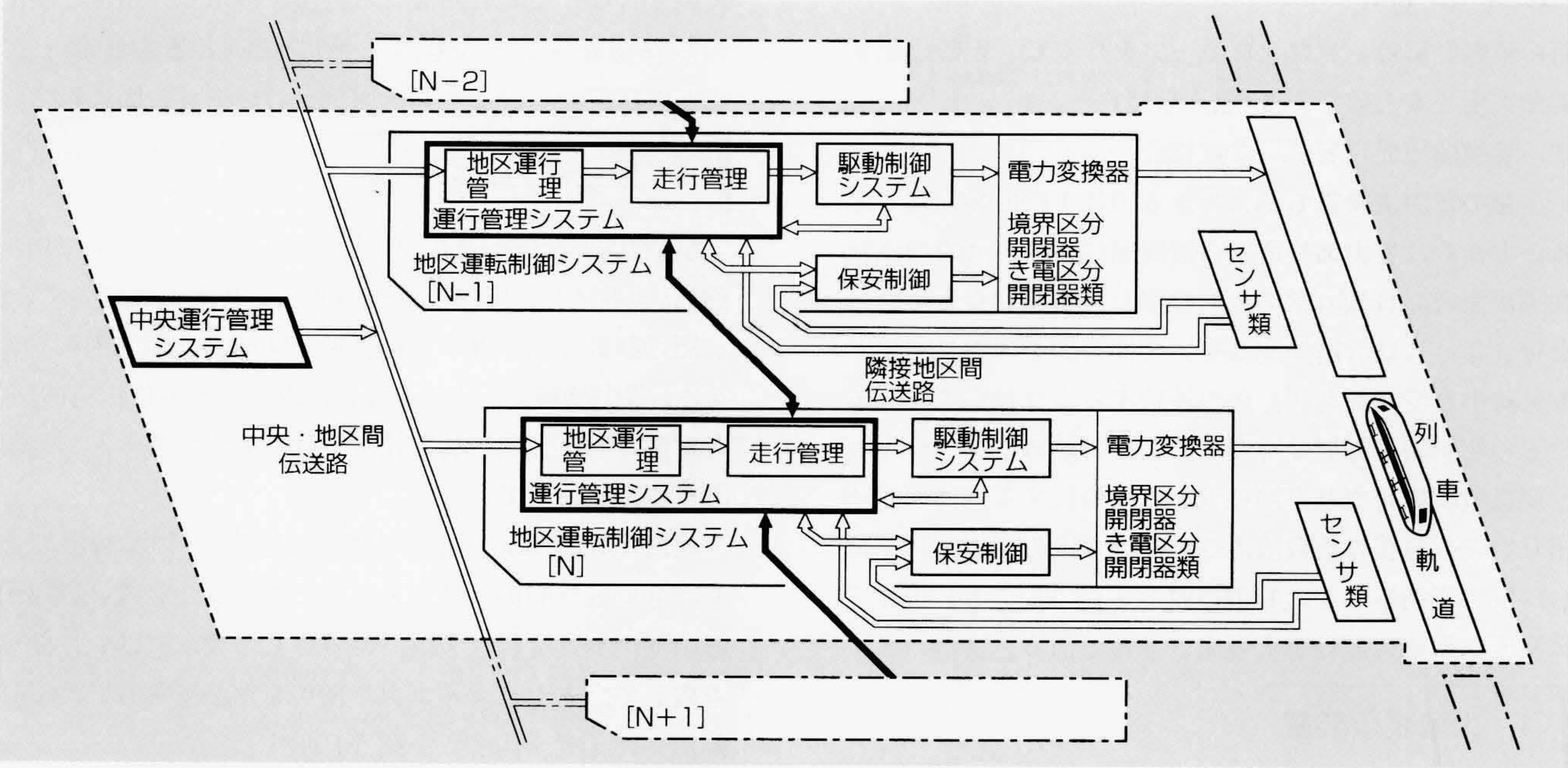


図2 運行管理システムの全体構成

運行管理システムの構成は将来の営業線を考慮したシステム構成としている。各変電所ごとに地区運転制御システムを割り当てている(…N, N-1, …)。山梨リニア実験線の運転制御システムは[]で囲んだ範囲(N-1：北線地区運転制御システム，N：南線地区運転制御システム)であり，運行管理システムはこの中の[]で囲んだ部分である。なお営業線では，地区運行管理は駅，走行管理は変電所に置かれる。

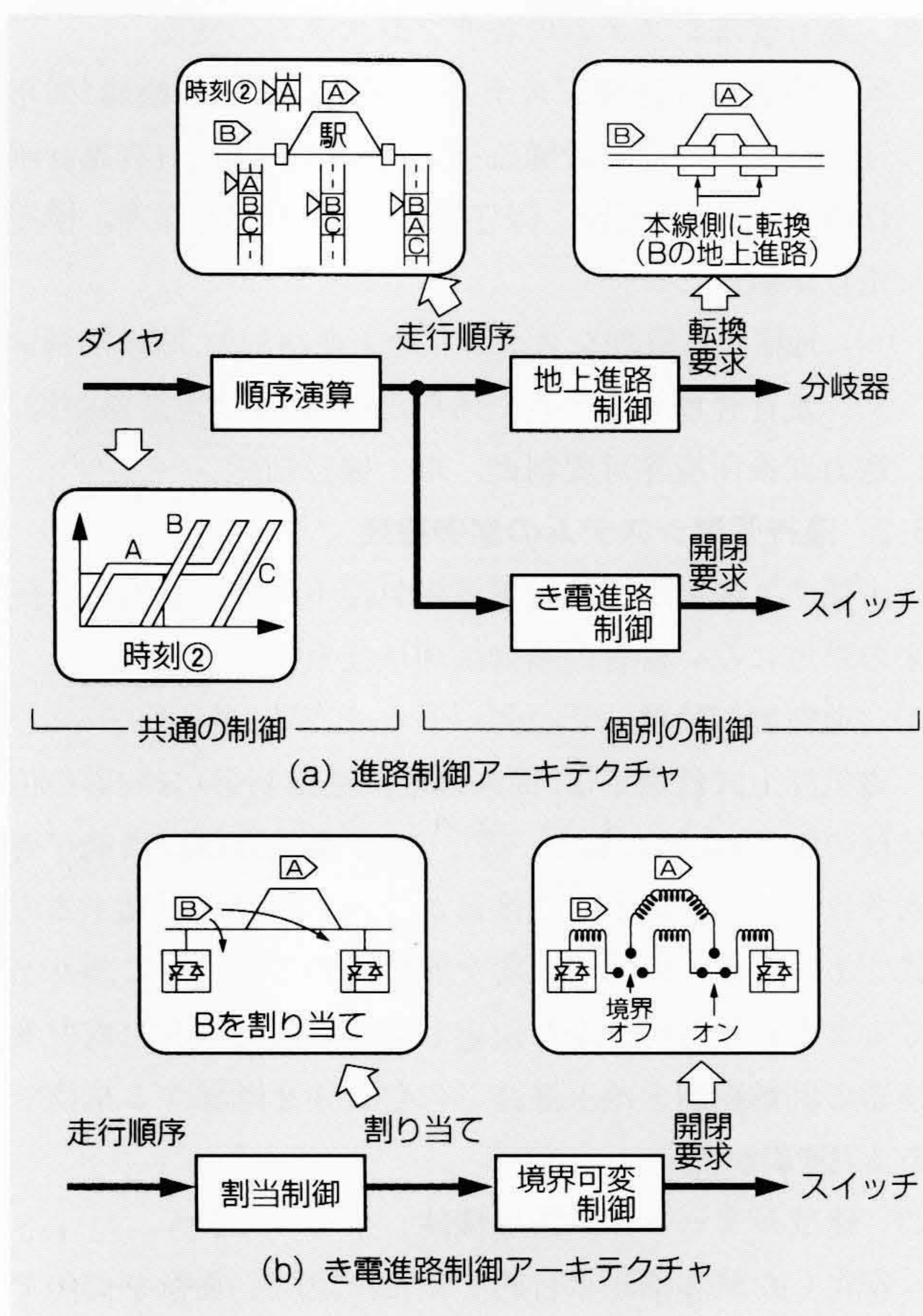


図3 進路制御

超電導磁気浮上式鉄道では、従来の地上進路制御(分岐器および信号機制御)の概念にき電進路制御という概念を導入した。

新の情報を反映させたランカーブを作成し、定時運転制御を実現するものである(図4参照)。

(3) 変換所境界可変制御論理機能

1組の電力変換器で制御できるのは1編成の列車であることから、電力変換所の設置間隔により、列車の運転間隔が決定される。営業運転に際し、効率的な列車制御を行うためには、隣接する電力変換器間で列車に対する推進制御を変更させず、かつ連続するように電力変換器ごとの駆動制御範囲を可変させる必要がある。

変換所境界可変制御論理機能は、隣接する電力変換器相互間のき電線に複数設置された境界区分開閉器を制御し、電力変換器ごとの制御範囲を変更することによって高密度な列車の運行を実現するものである。

4. 大型表示装置

超電導磁気浮上式鉄道は列車が地上側で運転制御されるシステムであるため、地上の指令室で車上モニタを行う必要があり、従来のモニタシステムに比べて画面の視

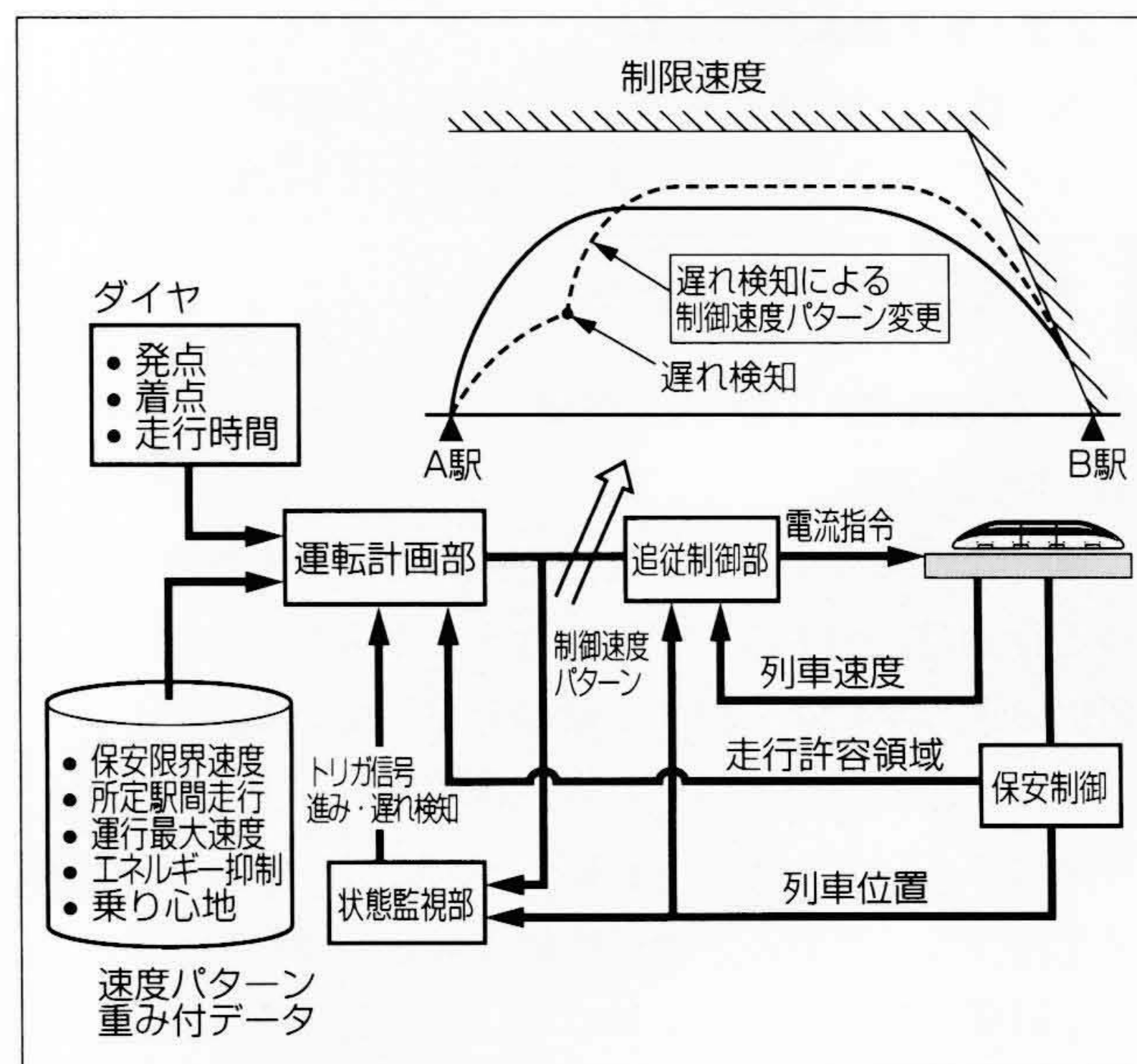


図4 定時運転制御

安定した旅客輸送を目的とした定時刻運転制御のための速度パターン作成論理を開発した。

認性や状況把握の迅速さがより強く求められる。

そこで実験線では、運行管理や設備管理、保安制御などの各システムが個々に取得、制御している情報をLANを介して一元管理し、再編集を行って状況を逐次モニタ表示することにした。実験指令長や指令員などの試験員に対して、車両の運転状況や設備故障の有無など、走行実験を行ううえで必要となる情報を提示し、迅速な状況判断や意思決定を支援する大型表示装置を提供している。状況表示のモニタ画面例を47ページの図に示す。

5. 駆動制御システム

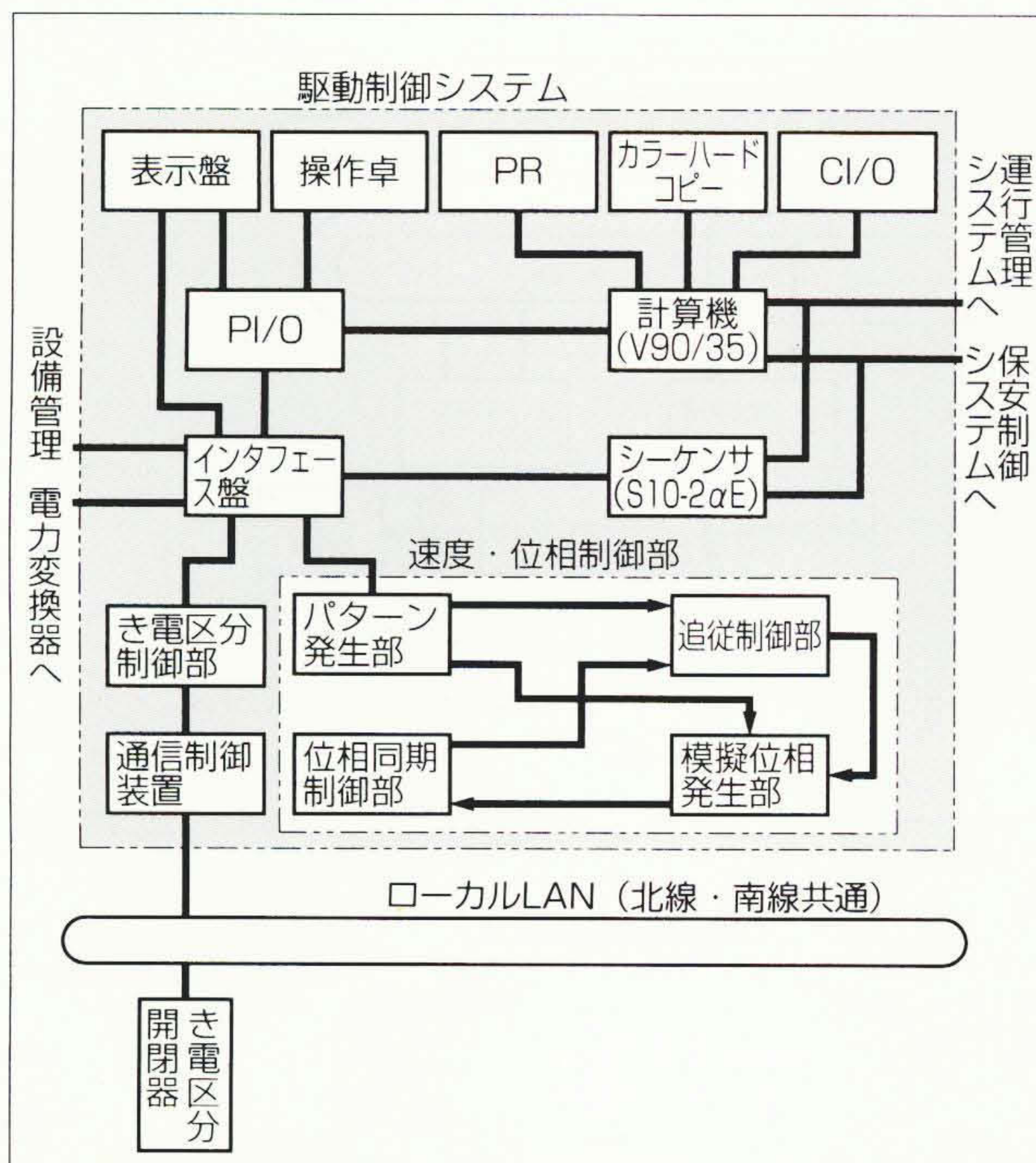
駆動制御システムは、駆動制御管理部、速度・位相制御部、き電区分制御部の三つのサブシステムで構成する。

駆動制御管理部は、運行管理システム、保安制御システム、電力変換器と、自システム内の速度・位相制御部、き電区分制御部間の制御統制を行う装置であり、制御用計算機を使用している。

速度・位相制御部は列車の速度制御を行う装置であり、き電区分制御部は列車位置に対応したき電区分開閉器の開閉制御を行う装置である。その要求機能や性能を考慮して、ともにマイコンを使用した装置とした。駆動制御システム全体構成を図5に示す。また、シミュレーションで走行させた走行試験データを図6に示す。

5.1 駆動制御管理部

速度・位相制御部とき電区分制御部に対する各種モー



注：略語説明 PR(Printer)
CI/O(Console Input and Output)
PI/O(Process Input and Output)

図5 駆動制御システムの全体構成

駆動制御システムでは、運行管理システム、保安制御システム、および設備管理システムからの指令や情報を基に、電力変換器に対して電流指令値と位相基準を出力し、列車を制御する。

ドの設定、走行パターン・電流パターンの指示、制御開始・終了などの指示を行うほか、各種異常の検出と異常に対応した処理などの制御統制を行う。

また、電力変換器と連携した特殊な処理として、駆動制御管理部内のヒューマンインタフェースで設定した走行パターンや電流パターンにより、地上推進コイルに通電して試験を行う機能がある。上記の制御に関連してヒューマンインタフェースやジャーナルの管理と印字、試験データの管理を行うほか、運行管理システム、保安制御システムとの通信制御、設備管理や電力変換器との信号インタフェースを行う。

5.2 速度・位相制御部

速度・位相制御部は、(1) 運行管理システムから指示されたランカーブに基づいて列車の速度制御パターンを作成するパターン発生部、(2) パターン発生部から出力された速度指令値に従って速度追従制御を行う追従制御部、および(3) 保安制御システムから入力された位相信号に基づいて、位相基準と列車の位置、速度、加速度を演算して電力変換器に出力する位相同期制御部から成る。

(1) パターン発生部は、運行管理システムから指示され

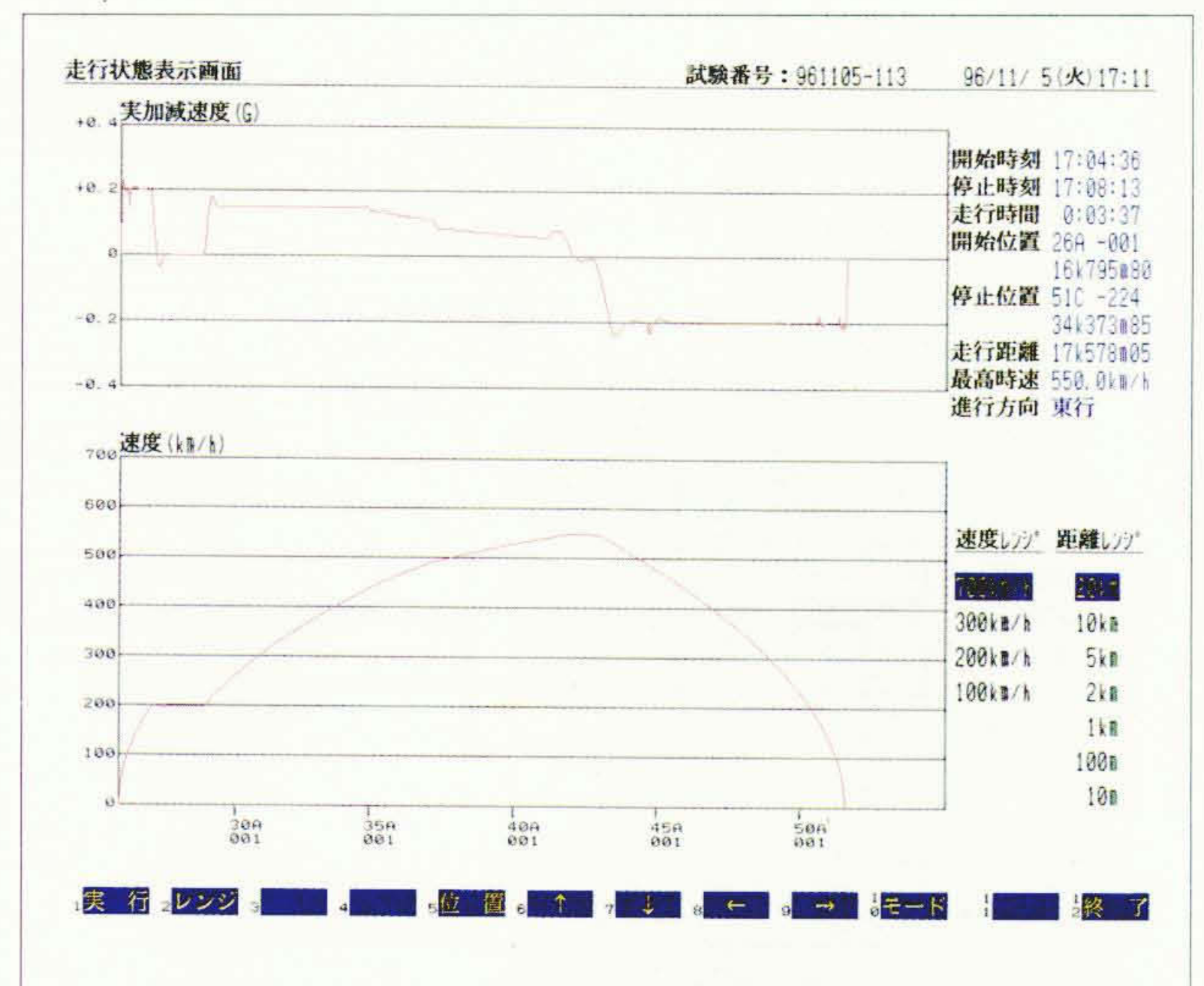


図6 シミュレーション走行試験データ

シミュレーションにより、最高速度550 km/hで走行したときの試験データの例を示す。

たランカーブの加減速度変化点を一定の加減速度変化率で徐々に推移させ、連続した速度データになるように作成する機能を持っている。

(2) 追従制御部は、パターン発生部から指示された速度指令値に列車の速度が追従するように、電流指令値を演算して電力変換器に出力する。

(3) 位相同期制御部は、電力変換器に対して位相基準を発生する装置で、保安制御システムから入力された位相に含まれるノイズ除去や、入力位相を取り込む処理時間などの遅れによる影響を抑える機能を持っている。

5.3 き電区分制御部

き電区分制御部は、電力変換器のインバータの出力が列車の在線するセクションだけにき電されるように、き電区分開閉器の開閉制御を行う。

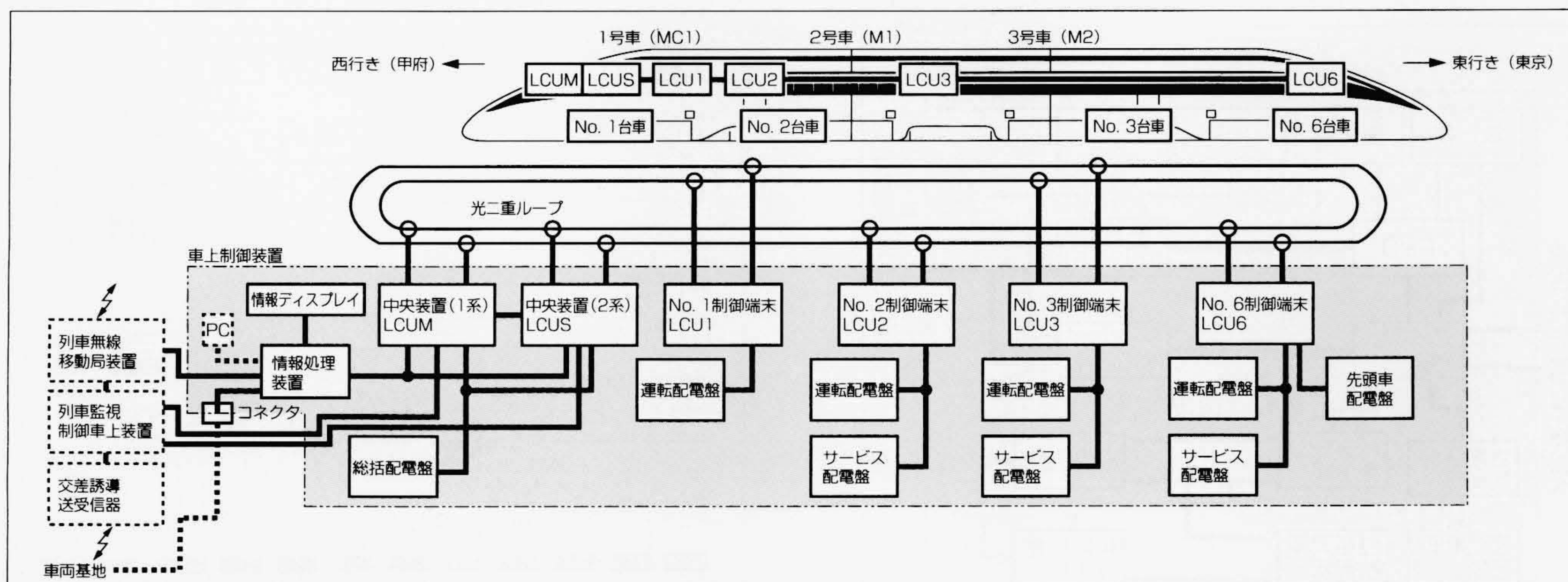
電流を通電している状態で開閉しないようにするために、各セクションのき電区分開閉器を開閉するとき、列車位置を検知して列車が各セクションの所定の位置に来たときにインバータの起動・停止を行うように指令を出している。

6. 車上制御システム

車上制御システムは、車上データ伝送系を用いて車両制御に必要な情報を一括伝送、管理し、車両機器の運転制御や状態監視を行うものである。山梨リニア実験線第一編成車両の車上制御システムの全体構成を図7に示す。

6.1 車上データ伝送システム

車上データ伝送システムは、車上制御中央装置(以下、



注：略語説明 LCUM(Master Local Control Unit), LCUS(Slave Local Control Unit), LCU(Local Control Unit), PC(Personal Computer)

図7 車上制御システムの全体構成(第一編成車両)

車上制御システムは、中央装置と各台車ごとの制御端末装置、機器インタフェース用のI/O装置、および情報ディスプレイ装置で構成する。

車制中央と略す。)と各台車ごとに設けられた車上制御端末装置(以下、車制端末と略す。)間の基幹伝送路に光ファイバを用いた二重ループ構成の自律分散ループ伝送システムを採用し、高信頼化を図っている。ループ中に異常箇所が発生した場合には自動的に迂(う)回路が構成され、情報の伝送路が確保される。各台車とその付近の機器とのインタフェースは分散型I/O(Input and Output)装置で行い、車制端末とは直列伝送でデータ授受を行うことにより、ぎ装用ケーブルを低減している。

6.2 車両運転制御

車制中央では、地上からの制御指令や、列車位置・速度などの情報を、列車監視車上装置(以下、列監と略す。)から直列伝送で受信する。車制中央はこの情報を基に、脚上げ下げ制御、ブレーキ制御、側ドア制御、サービス機器の一括制御などを行う。車制中央、列監とも二重系となっており、相互に相手装置の異常を監視している。2系とも異常になった場合は、ハードウェア的に非常停止するようにしている。なお、車上単独ブレーキなどを使用する制御線は引通し線による制御を行っている。

6.3 車両状態監視

車両の各機器の情報は、情報処理装置を介して運転台

の情報ディスプレイ装置(カラー液晶表示器)に表示するとともに、列監や列車無線移動局装置経由で地上に伝送する。また情報処理装置では、機器の故障記録、バイタル信号の動作記録を行ってメンテナンス性を向上させている。なお、車両基地での機器の動作試験やメンテナンス作業のため、基地内に設置された基地情報装置との接続を行っている。

7. おわりに

ここでは、山梨リニア実験線運転制御システムを構成する各システムを対象に、日立製作所が担当したシステムの概要について述べた。

山梨リニア実験線では、現在、1997年春から予定されている走行実験開始に向けて調整試験の最終段階に入っている。

実験線での各種確認試験が円滑に進められ、所期の目的が達成できるように引き続き努力していく考えである。

終わりに、各システムの設計、製作に当たっては、財団法人鉄道総合技術研究所および東海旅客鉄道株式会社の関係各位から終始ご指導をいただいた。ここに深く感謝する次第である。

参考文献

- 1) 関：リニア新幹線の技術的諸問題，鉄道と電気技術，1992.11，Vol.3，No.11
- 2) 池田，外：リニアシンクロナスモータ推力制御系の開発，電気学会論文D，108，8（昭63）
- 3) 宮崎，外：超電導磁気浮上式鉄道，電気学会誌，99，805(昭54-9)
- 4) 北本，外：浮上式鉄道，電気学会誌，105，1077(昭60-11)