

日本国有鉄道納め

浮上式鉄道実験線用車両制御装置

Controller for Experimental Levitated Vehicle of High Speed Ground Transportation Supplied to the Japanese National Railways

かねてより日本国有鉄道が中心となり、研究開発を進めていた浮上式鉄道は、その基礎実験段階を終了し、開発目標速度500km/hを目指す実験線が、宮崎県日向市美々津～都農町間に建設された。

この実験線は、実験線北端(日向市美々津)に建設された実験センター及び実験線中間点付近(東都農)に建設された変電所で、走行車両の運転制御を行なうものである。

実験センター内の中央制御装置は、制御用計算機HIDIC 80と判断機能をもつ専用制御装置とで構成され、走行前の実験条件設定から走行後のデータ処理までを行なう。走行車両には、ブレーキ制御のバックアップを行なう車上制御装置と光学式位置検知装置とを搭載し、中央制御装置が車両の運転制御を行なう。

山田和博* Yamada Kazuhiro
栗原和男* Kurihara Kazuo
栗本正治** Kurimoto Masaharu

1 緒 言

超高速で走行し、公害の少ない新しい鉄道として日本国有鉄道の指導のもとに開発が進められている浮上式鉄道は、これまでに基礎実験¹⁾、短距離走行実験を行なってきた。

このほど、宮崎県日向市美々津～都農町間約7kmにわたり、日豊本線とはば並行して浮上式鉄道宮崎実験線が建設され^{2)~4)}、その一部分が完成した。

この実験線では、車両を走行させるためリニアシンクロナスマータ(以下、LSMと略す)を使用しており、車両の運転制御は、すべて地上の制御装置で行なう。実験線北端に建設された実験センター内の中央制御装置が走行制御を行ない、中間点付近の変電所内にLSMを制御する総括制御装置が設置されている。

以下、車両の運転制御の中心となる中央制御装置、車両に搭載された車上制御装置及び位置検知装置の機能並びに構成について述べる。

2 概 要

浮上式鉄道としてこの実験線で研究される方式は、超電導磁気浮上LSM推進方式である。

走行する車体は浮上体と呼ばれ、超電導磁石を搭載している。浮上方式は、超電導磁石と地上の軌道上に並べられた浮上コイルとの間に誘起される磁気反発力を利用する誘導反発式である。推進には、地上一次形LSMを使用しており、地上コイルに流す電流及び位相に対応した推進力が発生する。

浮上体の運転制御は、浮上体の位置と状態を把握し、必要な電力をLSMに供給することにより加速し、あらかじめ計画し設定された速度で定速走行を行なった後、回生ブレーキにより減速停止するという方法で行なう。必要な場合には、発電ブレーキ及び緊急ブレーキが使用される。

このような制御を行なうため、車両制御装置として、中央制御装置、車上制御装置及び位置検知装置や変電所設備などが設置されている。

表1に、主要性能及び諸元⁵⁾を示す。

表1 主要性能及び諸元⁵⁾ 様々な走行実験に対応できるように、自動、手動両方式の走行を可能とした。非粘着駆動のため、加・減速度を大きくとることができる。

項 目	方 式	諸 元
浮 上	超電導誘導反発磁気浮上式	浮 上 力：10t 有 効 間 隔：100mm
推 進	地上一次両側式 LSM (リニアシンクロナスマータ)	推 力：4.4t 相数・電圧・電流： 三相，3,000V，1,100A 周 波 数：0～33.1Hz
ブ レ ー キ	電気及び機械ブレーキ	回 生：2.6t 発 電：(ピーク)2.5t 緊急(機械式)：(平均)3.5t
制 御	パターン制御自動走行 操作員による手動走行	—
浮 上 体	—	重量・全長：10t，13.5m
目標最高速度	—	500km/h

3 車両制御装置の構成及び機能

車両制御装置は、図1に示すように中央制御装置、車上制御装置及び位置検知装置から構成されている。

3.1 中央制御装置

中央制御装置は、制御用計算機HIDIC 80を使用した計算機制御装置とLSM制御信号発生、ブレーキバックアップ制御などを行なう制御回路を内蔵した専用制御装置及び操作盤などの端末装置から構成され、設定データに基づく走行条件の決定から、運転制御、走行後の簡単なデータ処理までを行なう。

中央制御装置機能一覧を表2に示す。

計算機制御装置は、実験ごとに異なる制御条件の設定確認

* 日立製作所水戸工場 ** 日立電子エンジニアリング株式会社

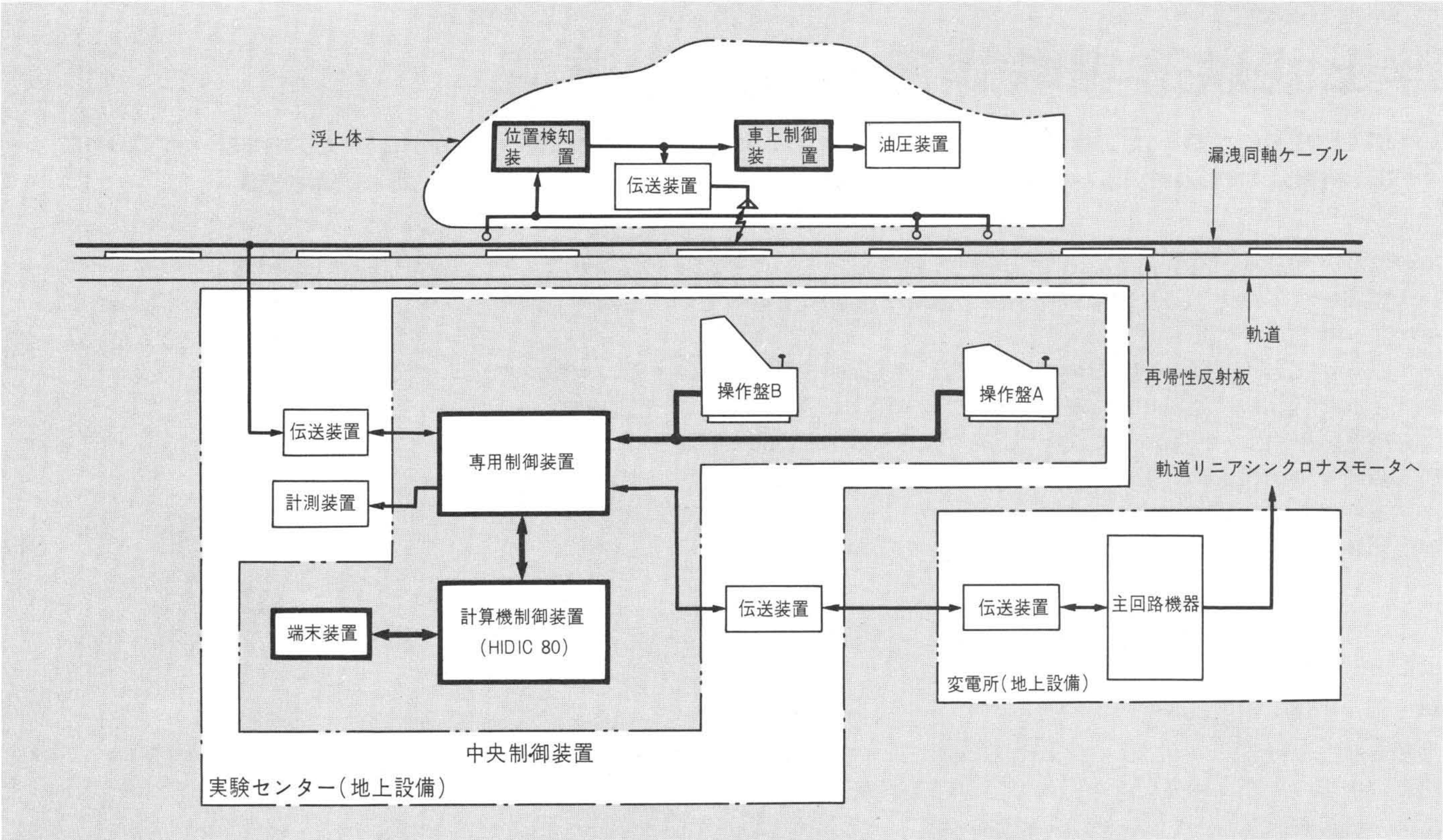


図1 制御装置の構成 制御の主体は地上の中央制御装置であり、浮上体には制御に必要な位置検知情報の検出装置とバックアップブレーキ制御用の車上制御装置とが搭載されている。

作業を簡易化することを主目的としており、専用制御装置は、制御信号の発生及び計算機制御装置が動作不能になったときのバックアップブレーキ制御を主目的とする。

浮上体走行時、計算機制御装置と専用制御装置とは連動して動作し、LSM制御信号を発生する。計算機制御装置は、計画速度をあらかじめ決定された自動走行パターンから求め、浮上体の走行速度と計画速度との速度偏差を小さくする推力を算出する。この推力に、磁気抵抗、空気抵抗などの走行抵抗を加味し、LSM電流値を算出する。専用制御装置は、LSM電流値と位置検知装置から伝送された位置信号により

決定されるLSM電流位相とを合成し、LSM制御信号を発生する。

計算機制御装置は、計画速度、浮上体速度、算出した電流値などを制御データとして収集する。

実験管理関係の機能は、次に述べるとおりである。

(1) 走行開始前に実験計画に基づく設定データ(実験パラメータと称す)から計画走行速度を算出し、自動走行パターンとして記憶する。このとき、カラープロセスディスプレイ(以下、CRTと略す)に、自動走行パターンをグラフィック表示する。

表2 中央制御装置の機能一覧 計算機制御装置と専用制御装置が連動して動作し、走行制御を行なう。走行制御を行なわないとき計算機制御装置は、実験管理関係の機能を発揮する。

計 算 機 制 御 装 置		専 用 制 御 装 置	
走行制御関係	1.位置信号合理性チェック	1.入力信号合理性チェック	
	2.距離速度演算	2.距離速度演算	
	3.自動走行制御	3.LSM電流制御	
	4.手動走行制御	4.支持案内車輪昇降制御	
	5.ブレーキ制御	5.バックアップブレーキ制御	
	6.システム異常処理	6.機器異常処理	
	7.走行状況表示		
実験管理関係	1.自動走行パターン編集		
	2.操作記録作成		
	3.制御データ収集		
	4.計測データ統計処理		



図2 中央制御装置の工場内試験状況 中央制御装置は、HIDIC 80 計算機と専用制御装置とで構成され、両者は密接な連動がとられている。



図3 宮崎浮上式鉄道実験センター全景 浮上体は、実験センターから遠隔制御される。



図4 中央制御装置操作盤A 運転制御に必要最小限の機能を備えている。前方の軌道を見渡すことができるよう、パネル面の傾斜を大きくとり全高を低くした。

- (2) 制御装置の操作、異常情報などの内容と発生時刻とをタイプライタで記録する。
- (3) 走行実験終了後他の計測装置で収集したデータの簡単な統計処理を行なう。また、模擬走行機能として、位置検知装置からの位置信号と等価な模擬信号とを発生し、実際の走行実験を行わずに制御装置の動作確認を行なうことができるようになっている。

図2に模擬走行機能による工場内試験状況を、図3に浮上体の制御を行なう実験センター全景を、図4に操作盤Aの外観を示す。

車上制御装置は、主に中央制御装置のブレーキ制御が不能となった場合の緊急ブレーキ制御のバックアップ装置であり、小形軽量の制御箱で浮上体に搭載されている。

この装置は緊急ブレーキにより安全に停止できる速度を、緊急ブレーキパターンとして記憶し、中央制御装置とは独立に、速度、距離の演算及び速度照合を行ない、速度が緊急ブ

レーキパターンを超えたことを検知すると、緊急ブレーキを動作させる機能となっている。

3.3 位置検知装置

位置検知装置は浮上体に搭載され、LSM電流の位相を正確に求めることを主目的とする。位置検知は、地上に設置された反射板を光学的に検知する方式である。反射板は、LSM推進コイルに対し一定の関係になるよう軌道に沿って取り付けられている。

光学式の反射板検出部は三組み設置され、三相信号を得るようになっており、検出された信号は中央制御装置に伝送され、LSM電流位相の基準信号演算、及び浮上体位置・速度の把握に使用される。

また光学式であるので、光路障害対策として検出部を二重気密構造とし、検出用の光が通過する部分は熱線入りガラスを使用して、集光レンズなどの曇りを防止するようになっている。

4 走行制御方式

中央制御装置による走行制御は、自動走行と手動走行の二とおりから選択できる。

4.1 自動走行

CRTのキーボードから実験パラメータ(出発地点、停止地点、最高速度、加速度及び減速度)を設定し入力すると、計算機が自動走行パターンを編集し、結果をCRTにグラフィック表示する。

自動走行パターンを確認し、操作盤の自動スタートスイッチを押すと浮上体は走行を開始する。

走行中、計算機制御装置は位置検知装置からの信号に基づき距離、速度を演算し、自動走行パターンに追従して走行するようなLSM電流値を算出する。専用制御装置は、内蔵する制御回路の演算結果と計算機制御装置の算出結果をもとに、LSM制御信号を発生し変電所の総括制御装置に伝送する。

また、専用制御装置に内蔵する制御回路は、車上制御装置、位置検知装置及び変電所内制御装置からのすべての伝送信号に対し、一定の処理を行なう。伝送信号のうち、機器異常信

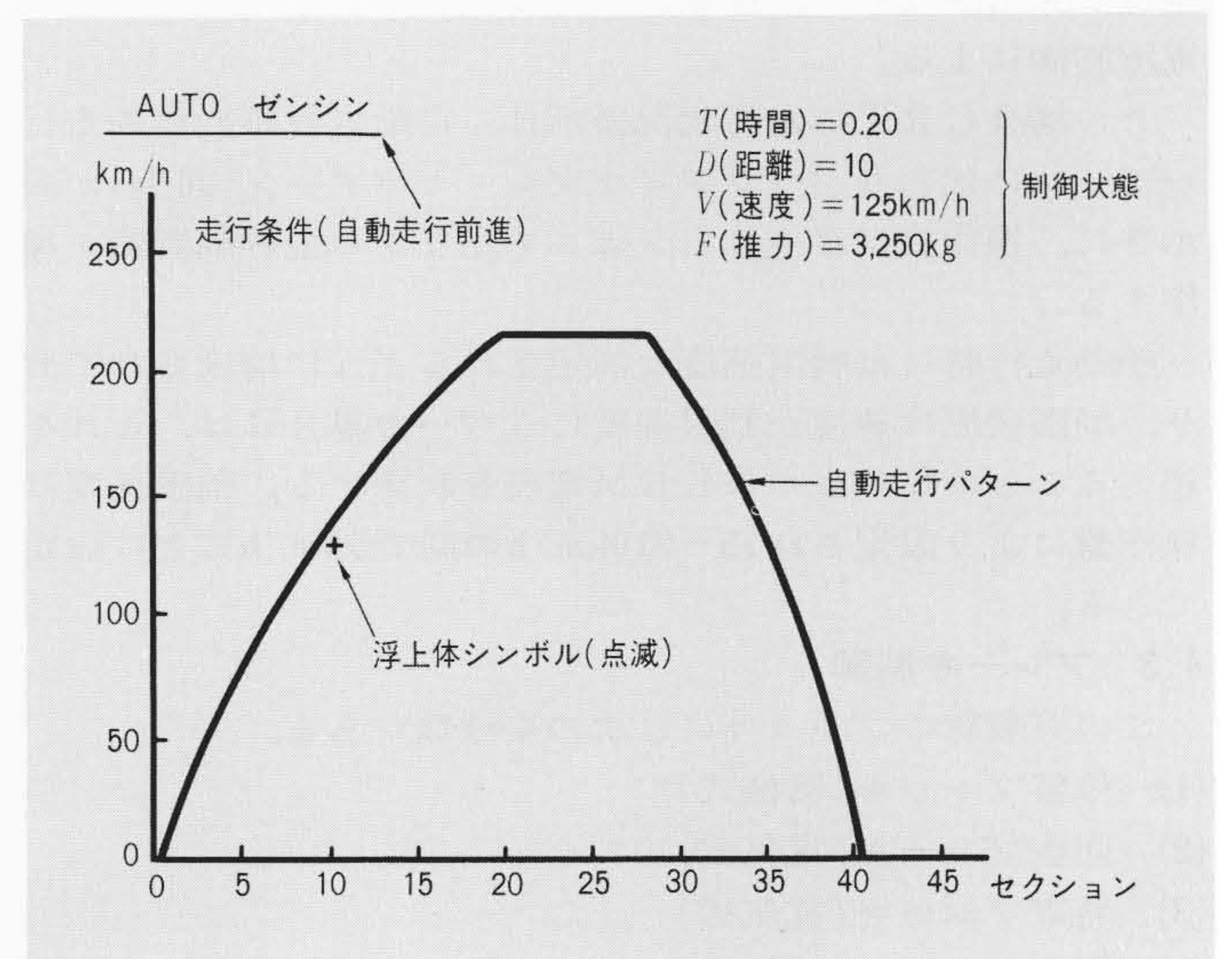
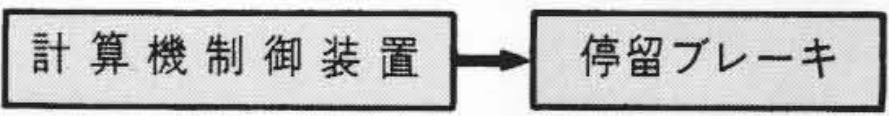
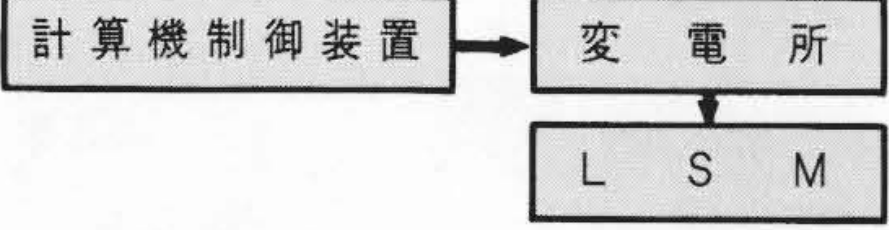
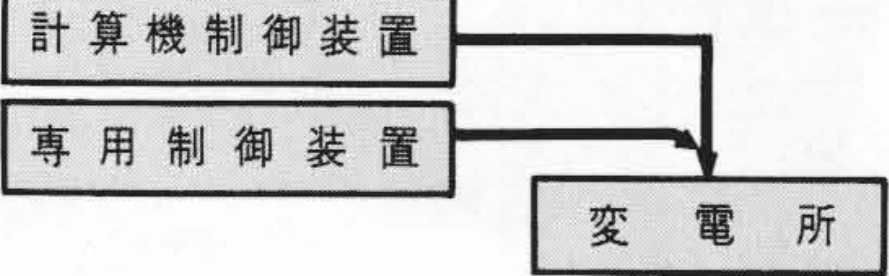
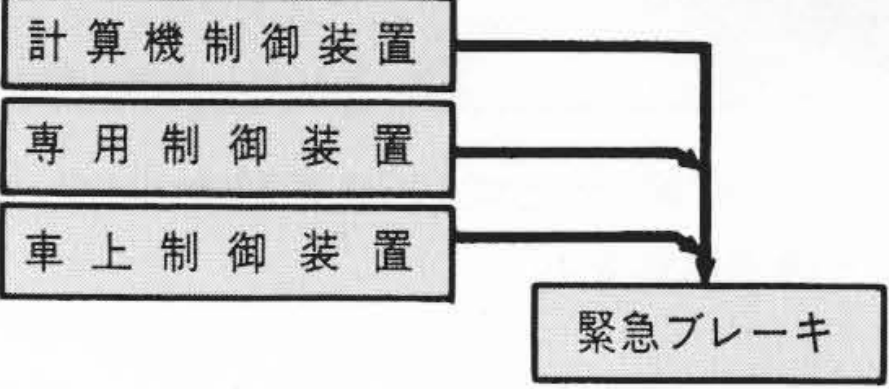


図5 自動走行中のプロセスディスプレイ走行状況の表示例 曲線部分は自動走行パターンである。走行中は、浮上体を示すシンボルが点滅しながら移動する。上部に走行条件、右側に制御状態をデジタル表示する。手動走行時、自動走行パターンの代わりにバックアップブレーキパターンを表示する。

表 3 使用ブレーキの一覧 ブレーキは4種類用意されており、通常は停留ブレーキ、回生ブレーキを使用しており、バックアップ用ブレーキとして発電ブレーキ、緊急(機械)ブレーキが設けられている。

ブレーキ種別	方 式	使 用 条 件	指 令 系 統
停留ブレーキ (機械式)	浮上体に取り付けてあるブレーキシュー(一組み)で軌道上のI形鋼をはさみ込む機械式ブレーキ(油圧)	通常走行(10km/h以下)	
回生ブレーキ (電気式)	変電所のサイクロコンバータによる電力回生ブレーキ	1.通常走行 2.回生ブレーキパターンを超えたとき 3.異常検知	
発電ブレーキ (電気式)	LSMに発生する誘起起電力を変電所に設置した抵抗器で消費する発電ブレーキ	1.発電ブレーキパターンを超えたとき 2.異常検知 3.制御装置停電	
緊急ブレーキ (機械式)	浮上体に取り付けてあるブレーキシュー(四組み)で軌道上のI形鋼をはさみ込む機械式ブレーキ(油圧)	1.緊急ブレーキパターンを超えたとき 2.異常検知 3.制御装置停電	

号とブレーキ動作要求信号は、専用制御装置で対応する処理終了後計算機制御装置に伝達される。計算機制御装置はLSM電流値を一定値に変更し、CRTに警報表示を出し操作員の注意を促す。

浮上体の走行状況は、CRTに位置・速度で示され、また、自動走行パターンと浮上体を示す点(浮上体シンボルと称す)も同時に示される。位置、速度及び浮上体シンボルは一定周期で表示内容の更新が行なわれ、特に浮上体シンボルは、CRT画面上を点滅しながら移動するので、操作員は自動走行パターンに対する走行状況の把握を直感的に行なうことができる。

自動走行は前進だけで行なわれ、最高速度は500km/hを目標としている。

図5に、走行状況表示画面の一例を示す。

4.2 手動走行

特殊な条件での走行実験(前進)と後進走行に対しては手動走行が採用されるが、運転は主幹制御器のノッチによるLSM電流制御による。

この場合CRTの走行状況表示は、自動走行時の自動走行パターンに代わりバックアップブレーキパターン(回生)が表示され、操作員は浮上体シンボルを見ながら主幹制御器を操作する。

手動走行時には制限速度が設定されるように構成されており、制御装置は速度が制限速度に近づいた場合には、これを超えることのないようにLSM電流を制御する。制限速度は操作盤により設定され15～210km/hの間で5km/hごとに設定できる。

4.3 ブレーキ制御

この実験線のブレーキには次の4種類がある。

- (1) 停留ブレーキ(機械式)
- (2) 回生ブレーキ(電気式)
- (3) 発電ブレーキ(電気式)
- (4) 緊急ブレーキ(機械式)

通常の制御では、停留ブレーキ、回生ブレーキを使用し、回生ブレーキが不良となったときのバックアップ用として発電ブレーキ、緊急ブレーキを備えている。

指令に対する優先順位は、高いほうから順に、緊急ブレー

キ、発電ブレーキ、回生ブレーキ、停留ブレーキの順である。

表3に使用ブレーキの一覧を示す。

ブレーキの指令系統は、緊急ブレーキが3系統、発電ブレーキが2系統あり、いずれか一つの系統が動作指令を発すれば、直ちにそれぞれのブレーキが動作する。

回生ブレーキパターン、発電ブレーキパターン及び緊急ブレーキパターンは、回生ブレーキ、発電ブレーキ及び緊急ブレーキのそれぞれが動作して、安全に停止できる速度をパターン化して記憶するものである。回生ブレーキパターンは、計算機制御装置だけが記憶し、手動走行のときだけ使用される。

各ブレーキパターンの停止地点は、走行開始地点に対し緊急ブレーキが最も遠く、発電ブレーキ、回生ブレーキの順に近づくよう決められている。

5 結 言

以上、浮上式鉄道実験線用車両制御装置の機能、及び構成について述べた。

現在、走行実験は実験線全長の約 $\frac{1}{3}$ を使用して繰り返し行なわれ、車両制御装置を含む全装置について諸特性確認のため、各種データを収集しつつある。

今後、速度向上実験を行ない、目標最高速度500km/hの実現に向け、研究が更に進められる予定である。

終わりに、車両制御装置の設計製作に当たり、種々御指導をいただいた日本国有鉄道の関係各位に対し、深く感謝の意を表わす次第である。

参考文献

1) 村戸：LSM推進制御装置試験，電気車の科学，Vol. 27，No. 8，p. 20 (1974)
2) 京谷：浮上式鉄道宮崎実験線，電気学会雑誌，97巻，8号 p. 687(昭52-8)
3) 前川：浮上式鉄道実験線の電気設備，JREA Vol. 20，p. 11363(1977)
4) 武田，杉本，鬼頭：浮上式鉄道実験線，JREA Vol. 19，p. 10596(1976)
5) 井上：浮上式鉄道実験線における車両と付属設備，JREA Vol. 20，p. 11367(1977)