

浮上式鉄道実験線U形車両制御システム

Vehicle Control System of U-Shaped Guideway for Magnetic Levitated Test Line

日本国有鉄道の宮崎浮上式鉄道実験線は、逆T形ガイドウェイで昭和54年12月に517km/hを樹立した後、ガイドウェイを逆T形からU形に変更する工事が行われ、昭和55年11月から走行実験が再開された。U形化のねらいは、実用的ガイドウェイ形状で、未解決の開発要素をすべて解決しておくことにある。

本稿では、逆T形で既設の地上設備容量を変更することなくまとめられているU形車両制御システムの電磁力特性シミュレーション結果と、3両編成対応の設備改良の概要及び新設された機能を中心に、全体設備構成について紹介する。

深瀬茂雄* *Shigeo Fukase*
小池茂喜** *Shigeki Koike*
中村 清*** *Kiyoshi Nakamura*
高橋 宏**** *Hiroshi Takahashi*
高橋孝夫*** *Takao Takahashi*

1 緒 言

日本国有鉄道の宮崎浮上式鉄道実験線は^{1)~7)}、昭和51年度に宮崎実験センターが開設されて以来約4年半の間実験に供されてきたが、その地上の電気・機械設備の規模は、逆T形軌道用実験車であるML-500(単機)の全長13.5m(電氣的有効長は8.4m)で重さ10tの車両を500km/hで走行させて停止させるのに十分であり、かつ設備の余裕はもっていなかった。表1に宮崎実験線の地上電気・機械設備の概要を示す。図1は逆T形ガイドウェイで当初想定された推力・浮上力及び案内力の速度依存性を示す。この特性は、昭和54年12月に517km/hを樹立したことによりほぼ確認されているが、それによると、ガイドウェイ構造物に使用された磁性鋼材による磁気抗力が無視されていた分だけ加速力の低下を招いた以外はほぼ計算どおりであったと思われる。磁性鋼材による磁気抗力の電磁力特性計算への算入の問題は、現在検討中の課題である。

昭和55年1月以来、宮崎実験線のガイドウェイの桁上構造物を将来の実用形車両に合った軌道構造であるU形に改良する工事が進められてきている。この設備変更の考え方の基本

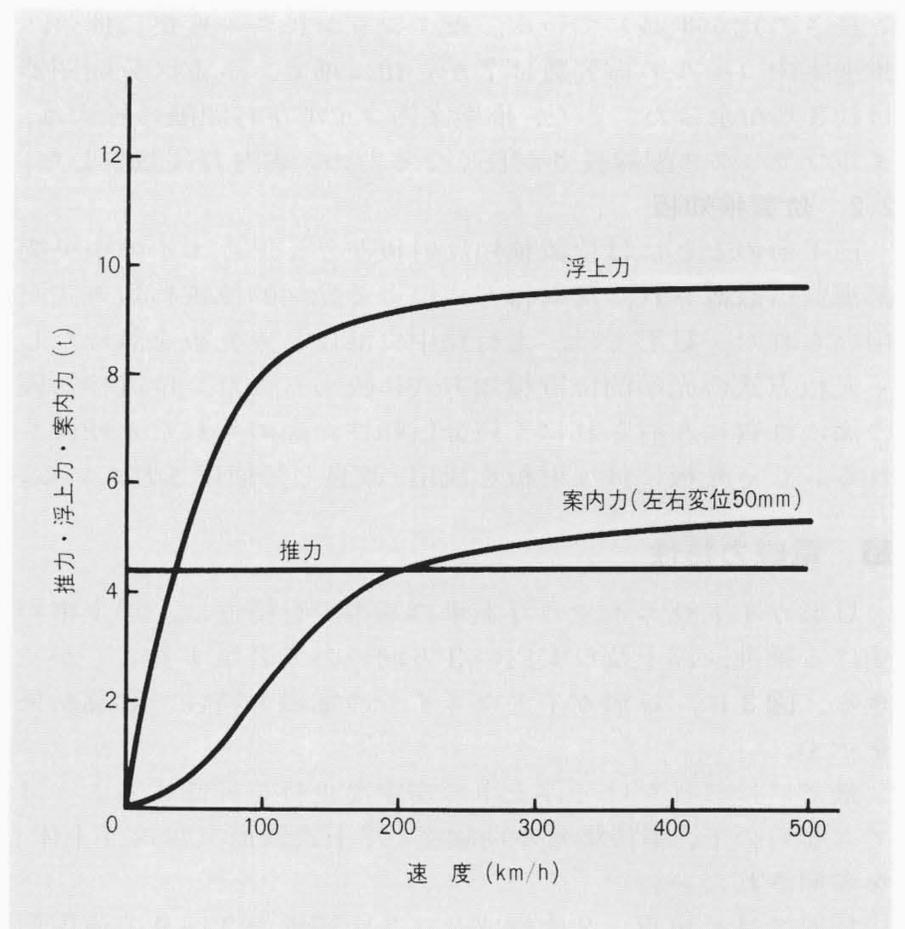


図1 逆T形ガイドウェイでの電磁力特性 浮上力と案内力は速度ゼロでは得られず、速度とともに増すが100~200km/h以上では、ほぼ一定値となる。推力は、低速域では磁気抗力、高速域では空気抗力により減殺されて加速力となる。

表1 地上電気・機械設備の概要 宮崎実験線の地上電気・機械設備の電氣的諸元を示す。

機 器 名	諸 元
推進案内コイル	定格電流: 550A, 耐電圧: 対地 AC3,000V
き 電 線	定格電流: 1,100A, 電圧: AC3,000V
サイクロコンバータ (2台)	最大出力電流: 1,100A
	出力周波数: 0~33.1Hz
	出力電圧: 最大 3,000V
	出力容量: 9.64MVA/台
	入力電圧: AC 2,880V 三相
周波数変換装置 (MG)	入力周波数: 120Hz
	入力容量: 10MVA/台
	出力電圧: AC 11kV
	出力周波数: 120Hz
周波数変換装置 (MG)	出力容量: 25MVA
	入力電圧: AC 11kV 三相
	入力周波数: 60Hz

注: 略語説明 MG (電動発電機)

は、逆T形で使用された諸設備を極力流用し、U形の実験に必要なものだけを新設又は改造することである。このため、車両の新製は当然であるが、地上設備はほとんどが流用又は改造となっている。こうした中で、どのようにして3両編成走行や有人走行などの将来の実用化を目指して、必要な技術的開発要素を盛り込み解決していくかについて苦心の配慮がなされており、本稿ではその一端を紹介する。

2 ガイドウェイのU形化

ガイドウェイ沿線の電気・機械設備は、推進案内用及び浮上用の地上コイル、位置検知用反射板、地点検知板、漏洩同軸

* 日立製作所機電事業本部 ** 日立製作所水戸工場 *** 日立製作所日立研究所 **** 日立製作所日立工場

ケーブル及び交差誘導線がガイドウェイ上部構造物に据え付けられており、移設の対象となった。このほかにも、き電線、き電区分閉器及び通信・制御関係の沿線設備があるが、これらは移設対象とはされなかった。

2.1 地上コイルの移設

ガイドウェイのU形化の手順は、(1)ガイドウェイ上の電気・機械設備の撤去・養生、(2)中央突部の撤去、(3)案内側壁の新設と走行路の整正、及び(4)電気・機械設備の据付・配線の順で行なわれる。地上コイルは、地上コイルのほか、配線ケーブルや取付材料も再使用するため丁寧な取扱いが行なわれている。図2にU形ガイドウェイの写真を示す。U形化に伴う変更点の主な特徴は、(1)セクション長さの変更と(2)推進案内コイル左右間隔の拡大である。セクション長さの変更は、逆T形軌道時の単車の電氣的有効長さ8.2mに対応して、セクション長さを29.4mとしていたのに対し、U形では3両編成の電氣的有効長さ $8.2\text{m} \times 3 = 24.6\text{m}$ に対応するため42mに改められたものである。車両の電氣的有効長さに対するセクション長さの比が半減している。セクション長さの変更に伴い、推進案内コイルの直列数は7から10に増え、き電区分閉器は約3割が余った。また、推進案内コイル左右間隔の拡大は、ヌルフラックス配線長さが長くなるため、案内力は減少した。

2.2 位置検知板

逆T形するときには位置検知反射板がガイドウェイの中央突部海側に設置され、反射板方式による光学的位置検知方式が用いられた。U形では、走行路中央部にしゃ光板を設けたしゃ光板方式の光学的位置検知方式に改められた。位置検知板の面の性質に左右されにくい信頼性が高められたと期待される。しゃ光板には反射板を流用・改良して使用されている。

3 電磁力特性

U形ガイドウェイでの浮上車の基本走行特性は、浮上車の受ける推進、浮上及び案内の3方向の力で表現することができる。図3に、U形ガイドウェイでの電磁力特性の計算結果を示す。

厳密にはこれだけで浮上車の安定な走行を評価することはできないので、本特集号の別論文「浮上式鉄道実験線浮上体」を参照されたい。

U形では、単車、2両編成及び3両編成の3通りの運用形態が考えられており、7km全線完成時の最高速度はそれぞれ400km/h、300km/h及び200km/hと期待されている。前掲図1

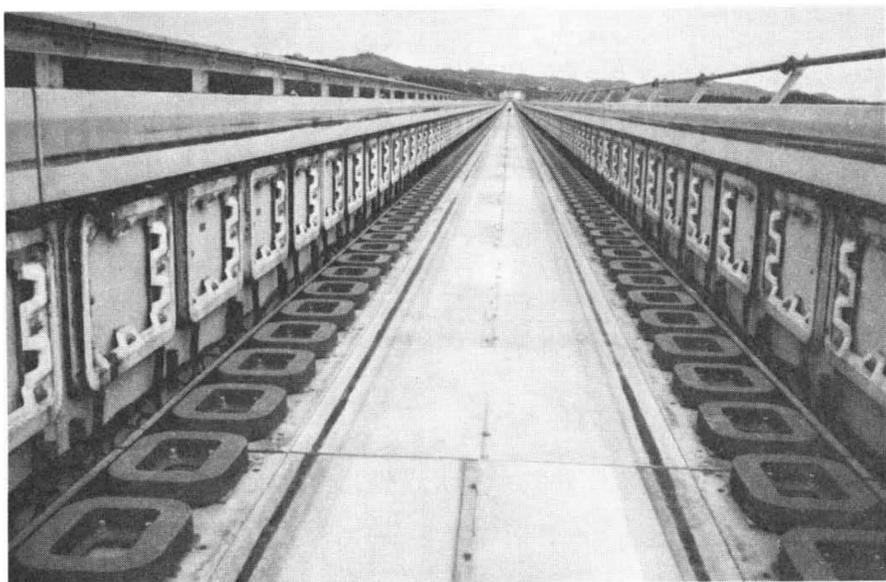


図2 U形ガイドウェイ 軌道のU形化改造後の状況を示す。全線完成時の軌道長さは7kmとなる。

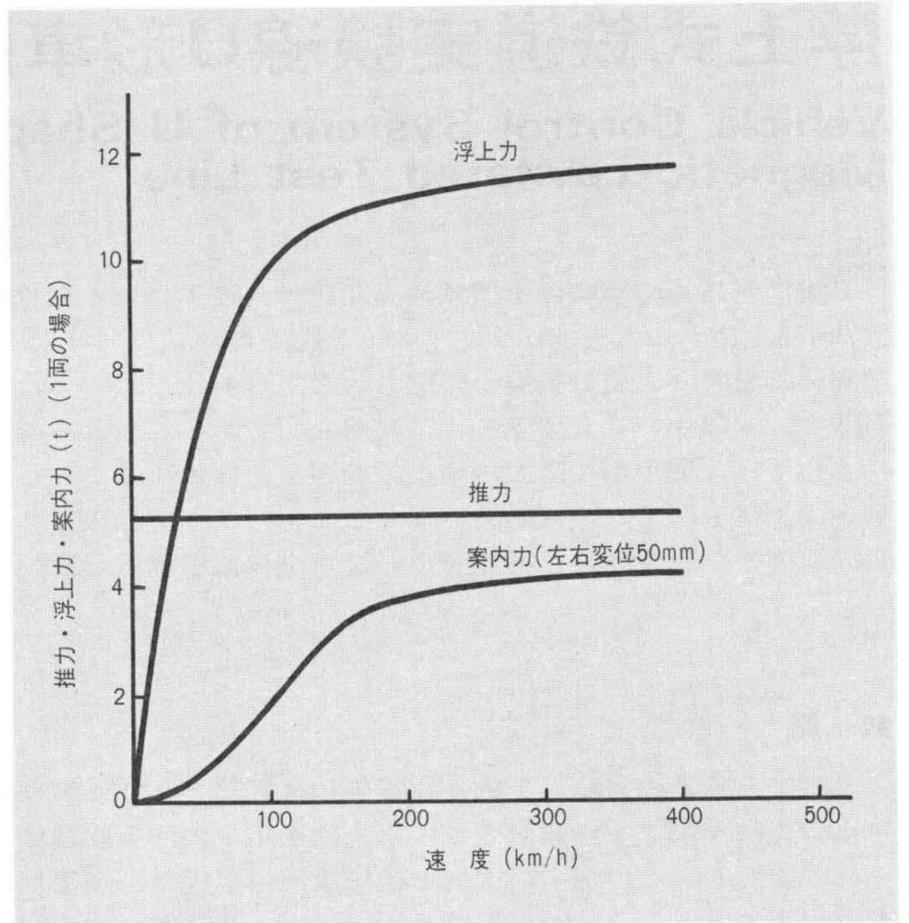


図3 U形ガイドウェイにおける電磁力特性 図1と比較し、案内力特性がやや劣っている傾向をもつ。これは、ヌルフラックス配線長さが伸びたためと考えられる。

の逆T形の特性和比較して、セクション長さが大きくなったにもかかわらず推力が増しているのは、車上側の超電導磁石の起磁力を増したためで、案内力が低下しているのは2.1項に述べたとおりである。

一方、浮上車の重量は、装備としては、かつて13tにまとめられた逆T形軌道用ヘリウム冷凍システムを搭載した実験車ML-500Rと同等であるにもかかわらず、ML-500並みの10tである点で軽量化の成果が認められる。

4 制御系の改良

4.1 給電制御システム

図4に推進案内コイルに電力を供給する系統図を示す。九州電力株式会社から、66kV、60Hzの三相交流を受電し、同期電動発電機で11kV、120Hzの三相交流に変換し、サイクロコンバータにより推進案内コイルに給電する。サイクロコンバータは変電所に2台設けられており、推進案内コイルに流す電流を最大1,100Aまで、また周波数を0Hzから33.1Hzまで連続制御する。サイクロコンバータは2台のうち、1台は奇数セクションに、他の1台は偶数セクションに給電する。各サイクロコンバータが給電するセクションは、車両の存在するセクションとその前のセクションであり、き電区分閉器の切換開閉により通電セクションが選ばれる。車両が2セクションにまたがっているときには、両方のサイクロコンバータから電力供給される。このようにして、車両の推力変動は生じない。上記のような給電方式を複合給電方式と称している。き電区分閉器の開閉制御は、交差誘導線を用いた車両位置検知によって行なわれており、開閉のタイミングはサイクロコンバータの出力電流が零付近になったときに休止時間を設けて行なわれる。サイクロコンバータの出力電流・位相・周波数の制御は、車両の位置及び速度と走行パターンに同期して行なわれる必要があるため、変電所では、次に述べる車両

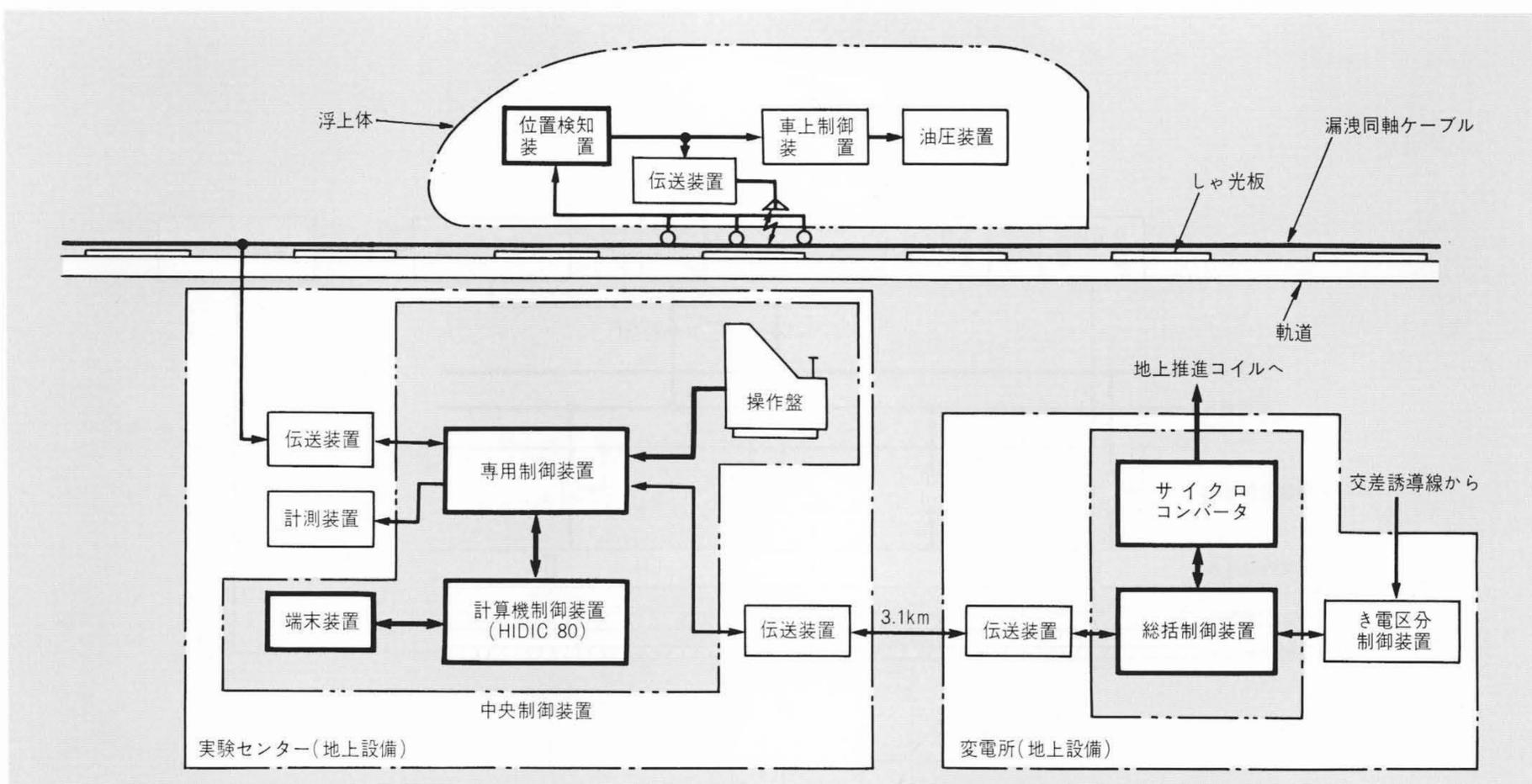


図5 宮崎実験線の車両運転制御システムの構成 車上の位置検知装置の信号を地上の中央制御装置に伝送し、位置、速度及び加速度を求めて、操作盤からの運転司令とあらかじめ定められた走行パターンに照らして必要な推力を計算し、その推力にふさわしい指令を変電所に与える。

表2 新設機能の目的と方法の概要 軌道のU形化に伴い、制御計測上新設された機能の目的と方法の概要を示す。

新設機能	目的	方法
後進時自動走行	後進走行速度の向上により、実験効率を上げる。将来の実用車制御方法に、より近いものとする。	前進、後進双方にバックアップ用ブレーキパターンを設定する。
定点停止	将来の実用車制御方法に、より近いものとする。	停止点对应地上推進コイルを直流励磁する。
絶対位置検知	定点停止機能をバックアップする。	軌道に磁気センサを設け、浮上車の超電導磁石の磁界を検知させる。
単相位置検知走行	三相分の位置検知信号により走行制御していたものを、単相分だけで行なえるようにする。	単相分だけの位置検知信号から制御装置により三相分を合成する。

6 結 言

宮崎実験線の車両制御システムの概要について紹介し、次の点を明らかにした。

- (1) ガイドウェイのU形化は、将来の浮上式鉄道の車両とガイドウェイに最適と思われる軌道断面形状での実験データの収集がねらいであり、運転制御システムとしては、定点停止機能などの機能追加を行ない、制御の質的改善が図られたこと。
- (2) 給電設備やガイドウェイ上の電気・機械設備の増強を行わずに、3両編成走行実験を行なえるように改造したこと。
- (3) 電磁力特性は逆T形に比べて、セクション長さの変更や推進案内コイル間隔の拡大が若干影響したこと。また、7km全線使用した場合の最高走行速度は、単車で400km/h、2両編成で300km/h、3両編成で200km/hと期待されていること。

なお、宮崎実験線では編成走行や有人走行など新たな挑戦に備えて、従来の高速走行実験達成のために行なわれたのと同様に、様々な改良を加えながら段階的な実験ステップを経た開発が必要で、今後の成果に期待したい。

終わりに、本プロジェクトの推進のため全力を傾注して御指導、御鞭撻をいただいている日本国有鉄道の関係各位に対し、深く感謝する次第である。

参考文献

- 1) 中島, 外: 浮上式鉄道実験線用浮上体, 日立評論, 60, 4, 297~300 (昭53-4)
- 2) 山田, 外: 浮上式鉄道実験線用車両制御装置, 日立評論, 60, 4, 301~304 (昭53-4)
- 3) 小池, 外: 浮上式鉄道実験線用給電装置, 日立評論, 60, 4, 305~310 (昭53-4)
- 4) 狩野, 外: 浮上式鉄道実験線用推進案内用地上コイル, 日立評論, 60, 4, 311~312 (昭53-4)
- 5) H. Nagaoka et al.: Maglev Test Vehicle ML-500 Running on Inverted-T-Shape Guideway, Hitachi Review, 30, 2, (1981-4)
- 6) H. Takahashi et al.: Maglev System Ground Coils for Propulsion and Guidance, Hitachi Review, 30, 2, 97~101 (1981-4)
- 7) S. Koike et al.: Propulsion Control System for Test Vehicle ML-500, Hitachi Review, 30, 2, 103~108 (1981-4)