

■ 展望・解説 ■

磁気浮上鉄道 現状と展望

Maglev Transport Now and for the Future.

川 嶋 眞 生*

Maumi Kawashima



1. はじめに

古えの昔から魔法の絨毯のように、何らの支えなく空中に浮き走り去る乗物は、長い間人類の夢であった。1840年代に発明されたリニアモータと浮上技術を組み合わせれば、この夢が叶えられたのであるが、周辺技術が当時発達しておらず試みもされなかった。その後1世紀以上経った1960年代、高速で快適な軌道交通機関の研究が始まり、空気浮上、磁気浮上の技術開発が進められた。1970年代には仏、英、米での空気浮上車両の開発は、350~420km/hの速度まで達したが、その環境性の問題が解決できず、並行して開発が進められた磁気浮上方式へ開発の重点は移って行った。又この時期はパワーエレクトロニクス技術が大巾に進展した時代でもあり、GTOの使用による推進系の大容量、小型化が進んだこと、コンピュータおよびエレクトロニクス技術の高度化は、自動化、小型軽量化への進展に大きく寄与し、磁気浮上鉄道の開発は着実に実用化へと進むことが出来た。世界各地で浮上案内技術、リニアモータ等の要素技術が活発に行われたが、実験線化へとスケールが大となるにつれ、開発費の問題等もからみ、現在では日、西独、英の三国が実用あるいは実用化への開発を行っているのみである。

2. 磁気浮上鉄道とは

磁気浮上式とは、磁石の発生する力によって車両を支持、案内する方式で、従来の車輪に対して磁気車輪と表現している文献もある。磁気力により支えられているので空中に浮いて見え、これが最大の特徴である。使用される磁石は永久磁石、超電導磁石、電磁石の三種類である。

2.1 支持方式

磁石による支持は図-1に示す二つの原理による。誘

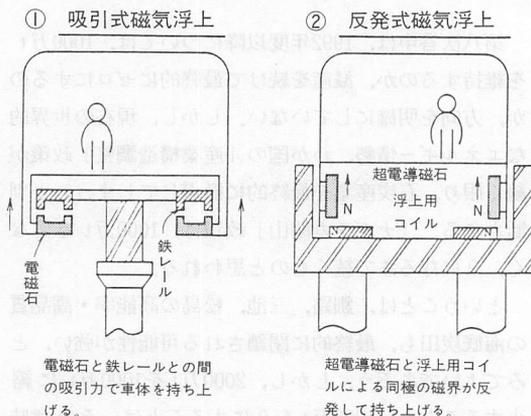


図-1 磁気浮上原理図

導反発浮上は、車両上の磁石が地上に置かれた短絡コイルに対して並進運動すると、短絡コイルに電流が誘導され、この電流による磁石と車上磁石の間に働く反発力を支持力に用いるものである。超電導磁石という強力な磁石を使うことによって、反発力を大きく取れることが特徴となる。車の並進速度が遅いと誘導電流も小さいので、支持力が充分の値になるまでは車輪による支持が必要である。車輪があることは、事故時の車速低下又は磁石の事故による落下時には安全側に作用するので信頼性は高い。

吸引制御方式は支持用の鉄レールと磁石との間に働く吸引力で車を支持するもので、吸引力はレール、磁石間のギャップ長に依存する。この支持機構は不安定系なので、ギャップ長を検出し、常にこれが一定になるよう磁石に流す電流値を制御する。この方式は能動的な支持方式である。

2.2 案内方式

案内の原理は支持と同じ原理である。レールと磁石の配置を90度回転させた状態で用いる。図-2に案内方式を図示する。車重の軽量化という面、軌道構造の単純化という面から、支持：案内の磁石を兼用したり、推進用のリニアモータの界磁磁石と案内磁石を兼用す

* 住友電気工業㈱研究開発本部電磁応用システム開発室長

〒554 大阪市此花区島屋1-1-3

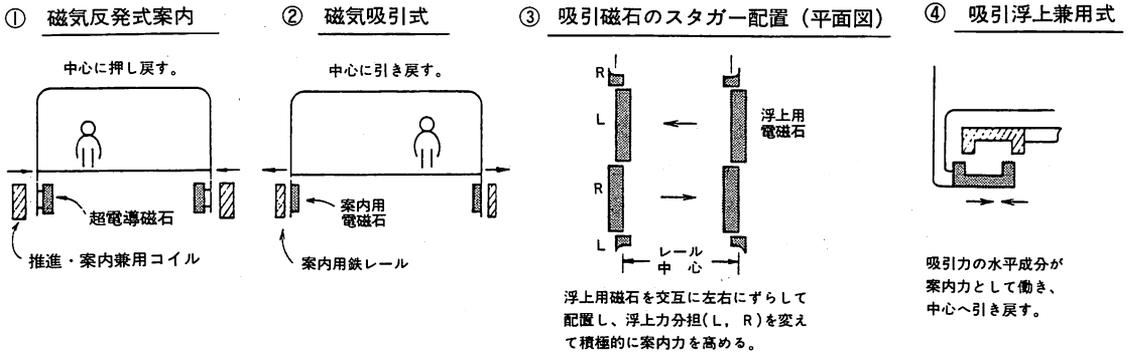


図-2 磁気案内原理図

ることが実用化システムでは採用されている。

2.3 推進方式

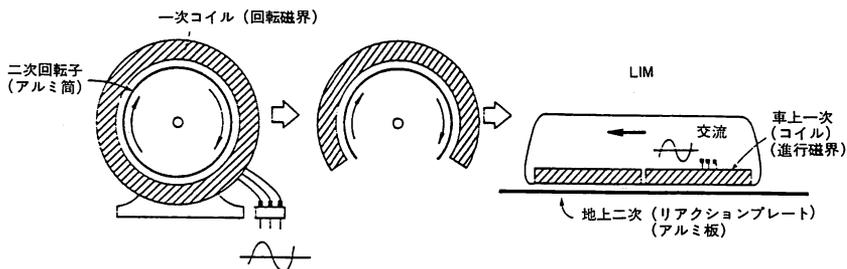
車両は軌道と接触せず走行するのでリニアモーターが用いられる。リニアモーターとしては誘導形、誘導形同期形である。図-3に原理図を示すリニア誘導モーター(LIM)は2次側の構造が簡単であるが、エネルギー効率はあまり良くない。高速では端効果により効率が下がるので300km/h以下での速度範囲で使用されよう。LIMの構成には2次導体を両側から1次巻線ではさむ両側式と、1次巻線が片方のみの片側式がある。片側式は構成が簡単化できるので利用されているが、非対称な磁気回路の構成から、1次側、2次側間に垂直力

が働くこと、中心がズレると左右力が発生することにより、浮上案内系に影響を与えるので、推進制御と浮上案内力との取合せに考慮する必要がある。リニア同期モーター(LSM)は界磁磁石を必要とするので、構造上地上1次形となる。この界磁磁石は支持、案内用磁石と兼用できる。同期運転できるのでエネルギー効率は良い。

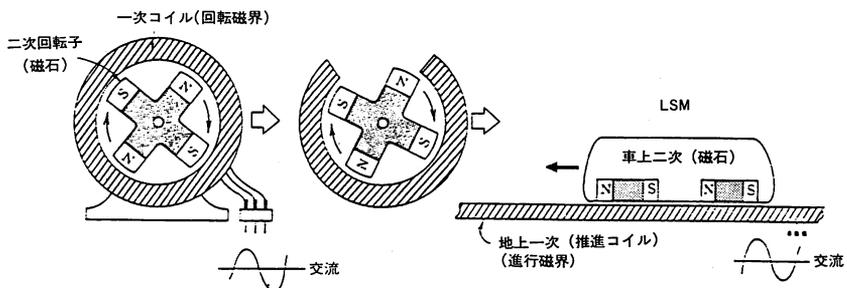
モーターの一次側が車上有るか、地上にあるかによって、それぞれ車上一次方式、地上一次方式という。

地上一次方式では車には界磁磁石のみで、制御系案内機器類を考慮しても所要電力は小さいので、バッテリーやリニアジェネレーターで電力を供給でき接触集電

① LIM(リニア・インダクション・モーター、誘導モーター)



② LSM(リニア・シンクロナス・モーター、同期モーター)



リニア・モーターは、通常のモーター(回転)を直線状に展開して回転力(トルク)の代りに直進力(スラスト)を出すようにしたもので、この力が直接車体を駆動・制動する。

図-3 リニアモーター原理図

する必要がない。超電導方式だと永久電流モードで磁石を使用するので給電は不要となり、リニアジェネレータもより小型のもので良い。車上一次方式は車上にLIMの1次巻線、VVVF電源系一式を塔載するので重量増となる。又供給電力も大きく接触集電に頼ることになる。300km/hなら在来鉄道でも集電可能であるから利用できるが、集電騒音はさけられず、保守面も従来並となる。以上浮上案内方式、推進方式による特性比較を簡単に表1にまとめた。又表1に上記に述べた要素技術を組合せたシステムを示すが、この内技術面実用面から以下の三種類に絞られている。

- (1) 超電導誘導反発浮上式LSM<地上一次方式>
- (2) 常電導吸引制御浮上式LSM<地上一次方式>
- (3) 常電導吸引制御浮上式LIM<車上一次方式>

(1)は(財)鉄道総合技術研究所で、(2)は西独のトランスラピット06として、(3)は英国バーミンガムマグレブ及び日本のHSSTである。

3. 磁気浮上鉄道の特徴

磁気浮上車は軌道と接触せずに走行するので、ここから全ての特徴が出てくる。高速化、低騒音、低振動、

経路選択性、省エネ、低保守性である。

(1) 高速化及び経路選択性 摩擦駆動によるスベリ現象がないので、モータ動力を大とすることにより、500km/h以上もの高速化が可能となるし、急勾配登はんも可能となる。これにより山岳部はもとより都市内での経路選定の自由度が大となり、敷設長の短縮化も可能となる。

(2) 低騒音 接触集電を採用した場合は集電音によってあまり低下するとは考えられないが、リニアジェネレータを採用した場合は車体の風切り音のみとなる。軌道と車体との空隙形状、車体全体としての形状は空力学的デザインの採用で騒音低下を計る必要がある。

(3) 低振動 車重を支持、案内する電磁石又はリニアモータは、軌道に対して作用面積が大きいので、桁にかかる荷重密度は車輪に比べ桁違いに小さい。衝撃荷重密度も同様小さいので桁振動数を低周波数、小振幅に押えることが可能となる。

(4) 低保守性 駆動部に機械的リンク機構が不要なこと、非接触走行によるレール摩耗のなきこと、などは、車両及び軌道の保守作業量を大巾に低減させることを意味している。保守は集電機構及び電気・電子系設

表1 磁気浮上鉄道の要素技術の組合せ¹⁾

*実用システム

磁気浮上方式		電磁吸引制御方式 (EMS)				誘導反発方式 (EDS)			
		支持案内分離方式		支持案内兼用方式		超電導磁石		常電導磁石	
		横方向 磁束方式	突極支持磁石・横方向 磁束案内磁石	横方向 磁束方式	突極 磁石方式	浮上・案内 推進兼用	浮上・案内 分離兼用		
地上一次 リニア 同期モータ 方式	鉄心形		技術的に両立せず					技術的に可能 部分的に *M-Bahn で実現	TR-05 *TR-06
	空心形	設計例あり	技術的に両立せず		技術的に両立せず		・国鉄 MLU	国鉄ML500 カナダ 概念設計 西独EET	国鉄研 モデル 部分的に国鉄 ALPS 概念設計
車上一次 リニア 誘導モータ 方式	片側式	運輸省EML プロジェクト MBB KOMET	技術的に可能、 概念設計例あり		・HSST プロジェクト	*バーミンガム プロジェクト	原理的には、EETで試験		
	両側式	技術的に可能	技術的に両立せず		TR-02 TR-04	技術的に可能	原理的に可能		
	U形二次	ULIMAS 概念設計	両立せず		技術的に可能だが困難	技術的に可能だが困難	技術的に好ましくない		
車上一次 誘導子形 リニア モータ方式	ホモ ポラ 同期 モータ	ルーマニア Magnibus	両立せず		技術的に好ましくない		経済的に両立せず		
	ヘテロ ポラ 同期 モータ	DELSYM 概念設計	両立せず		技術的に両立せず		技術的に両立せず		

備が主体となる。電子系はモジュール化、ハイブリック化をすすめることができ、系の二重化、三重化を計り信頼性を向上させることもできるのでより一層、保守の簡素化を可能にする。

(5) 省エネルギー 高速になると摩擦エネルギーによる損失分が浮上エネルギー、モータ効率の悪さによる損失増分を上廻るようになる。

この他に車体下廻りを小型化でき、小断面車両の構成も可能でありトンネル径の減少化を計ることも可能である。かように技術的、社会的に有利な特徴を有しているので、これらの特徴を十分に活かすことが大切である。実用化に結びつけるには経済的でなければ実現はされない。この件については、次章、その適用領域において、比較対象をはっきりさせ、経済性を述べる。

4. 適用領域と経済性

輸送機関は所要時間と所要費用、それに利用時の要求内容によって選択される。図-4に示されるように距離が数10km以内では、鉄道より自動車の方が早いし、費用面でも安い。あまり変らない。但し都市内になると利用時間帯やルートによって逆になる場合もある。100km~400kmの距離では高速鉄道は自動車より早く、しかも費用は安く、飛行機も競争相手ではない。飛行機が高速鉄道より時間的にも費用面でも有利になるのは500km~700km以上の距離である。しかし列車速度が400km/h以上ともなると800km~1000kmまでも鉄道は有利になってこよう。いずれにしても利用時の時間と費用への重みづけ、それに快適性、便利性、などが比較されて輸送機関は選択される。この観点から考慮すると、磁気浮上鉄道は300km/h~500km/hという速度範囲では従来鉄道では達成できないので飛行機との経済性を論ずれば良い。100km/h~300km/hの領域では従来の車輪式高速鉄道と、100km/h以下では在来鉄道、新交通、モノレール、自動車、バス等との比較となる。

前章で述べたように磁気浮上車は非接触走行という面から、車両浮上エネルギーの減少を計ることが要求され、軽量化がすすめられる。この事は、駆動エネルギーを軽減することはもとより、軌道桁に対する荷重密度をより小さくすることにもなり、桁の軽量化にも通ずる。軌道構造の面から一般道路との平面交叉はできないので、交叉点は高架又は地下式を採用しなければならないが、在来鉄道でも安全面から平面交叉はなる

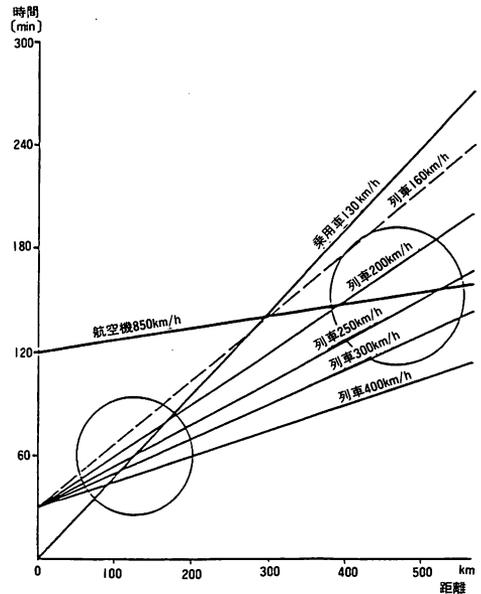


図-4 種々の最高速度の鉄道システムと航空機、乗用車の所要時間の比較

べく採用しない方向にあるので、この点からみれば、同じ条件にあるといえる。道床は鉄道のようなバラスト敷は利用できなく、モノレールや新交通システムのコンクリート道床となる。浮上鉄道の最大の強みである車重の分布荷重負担と軽衝撃荷重は、軌道建設費を大巾にてい減できるものと考ええる。運行費の面から考えても、補修費の減と、電気料金の差額(低速ではリアモータ効率の悪さによる電力料金増と浮上用電力)がどうなるかということである。保守点検、補修の簡素がはかられば、在来交通機関と同等かやや有利になるのではと考える。これらは実用実験線でのデータより検証されることになろう。

5. 磁気浮上鉄道の実用及び開発現状

英国ではすでに低速領域での実用化を行っており、早や3年を経過している。同様な低速領域で、永久磁石を用いて車重の95%を負担させ、残りの5%を車輪で持たす方式(Mバーン)を実用化したのが西独である。高速領域に磁気浮上の特徴を発揮させようと頑張っているのが、西独でのTR-06、日本のLMU-002.HSS Tである。この三方式はいずれも実用規模車両又は実用実験車両でテストを行えるような段階にきている。上記5方式についての現状を簡単に述べる。

5.1 バーミンガム マグレブ²⁾

英国では磁気浮上車の適用を低速域と決め、1973年

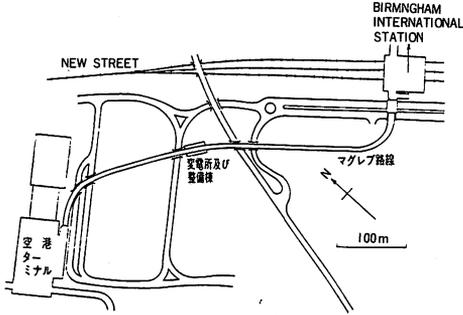
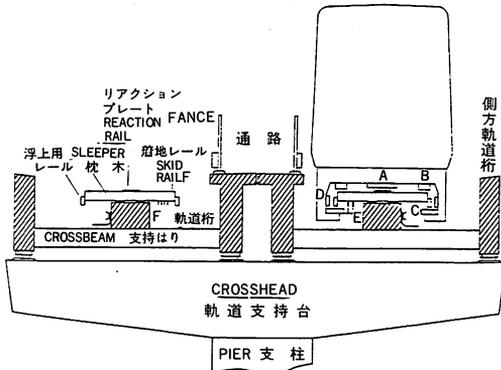


図-5 バーミンガムマグレグ路線図²⁾



- | | |
|----------|------------|
| A LIM | D 側方支持ローラー |
| B 着地脚 | E 集電器 |
| C 浮上案内磁石 | F 集電線 |

図-6 バーミンガムマグレグシステム及車両断面³⁾

以来国鉄技術センターにてEMS車上一次 LIM方式が研究されてきた。74年には100mの実験線で長さ 3.5 m、自重 2.7 tonの車両が作られテストされた。軌道は 8 mRの S字カーブや 1/20 勾配が設けられ、後には電動式分岐器も付加された。実用化したのは The People Mover Group(PMG)で、バーミンガム国際空港ターミナルビルと国鉄駅を結ぶ約600m長のシステム(図-5参照)を84年に完成させ 8月より本格的運行を開始した。複線軌道で 2両をシャトル運行(10数時間/日)させ現在迄約 3ヶ年営業運転している(但し無料)。車両はアルミ製の台枠に FRPの車体を乗せたもので 8座席、40人乗、LIMは床下中央に 1台、浮上案内兼用磁石は左右に 4個づつ有している。直流 600 Vの剛体トロリーで電力は供給され、LIMは PWMインバータで制御され、浮上電力は 1 KHzのトランジスタチョッパで電力供給されている。車両及びシステムを図-6³⁾に示す。

5.2 トランスラピッド 06(TR-06)^{4), 5)}

西独では1960年代後半より磁気浮上鉄道の研究が進

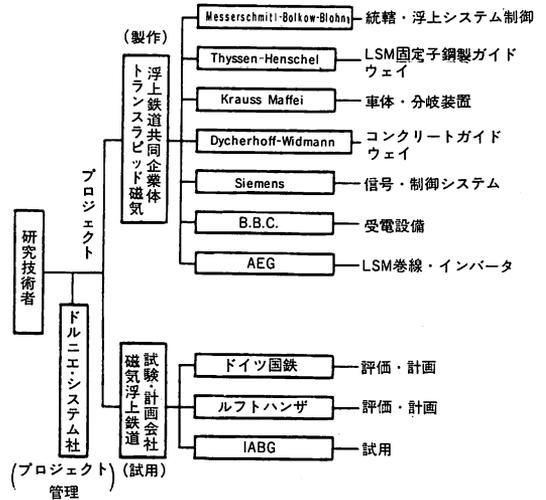


図-7 実験線プロジェクト組織図¹⁰⁾

められ、超電導反発浮上方式、車上一次 LIM方式、地上一次 LSM方式など並列に研究された。1977年システムの選択が行われ、常電導磁気浮上方式のうち、地上一次 LSM方式を先ず開発するという方針を打ち出し、79年ハンブルグでの国際交通博に70人乗りの TR-05 が出展され、1 kmの走行路を最大 90km/hで走行し、約 4万人の乗客を運んだ。これが磁気浮上車で客を乗せた最初の試みである。

その後実用化開発のため、研究技術省はエムスラントに 31.5kmの実用実験線を建設する計画をたて、現在約 20.5kmが完成している。車両は TR-06(2両連結、長さ 54.2m、122ton、192座席、max 400km/h)で、現在迄に 355km/hを達成している。この実験線の建設及び試験運営は図-7¹⁰⁾に示す形式で行われている。軌道は図-8に示すように南北に 2つのループを持ち、連続走行ができる。高架が主体で高さ 5~6mに、標準長 25mの PCシングルビームで作られている。北、南ループの半分は鋼製のガイドウェイが採用されている。地上一次方式なので、ガイドウェイには、LSMの一次側ステータと案内用レール及び、滑走用のレールが取り付けられている(図-9参照)。TR-06の車両は高速走行に耐えるよう空力的設計がされ、空気抵抗の減少を計っている(写 1 参照)。浮上推進兼用の電磁石と案内電磁石は図-10に示すシャーンにまとめてつけられていて、片側 4 シャーン、計 32 ヶの浮上推進兼用電磁石と 28 ヶの案内電磁石を持つ。LSMステータは図-11に示すようにガイドウェイ下側に取付けられた枠の中に 10kV級の絶縁電線の波巻によって構成されている。車

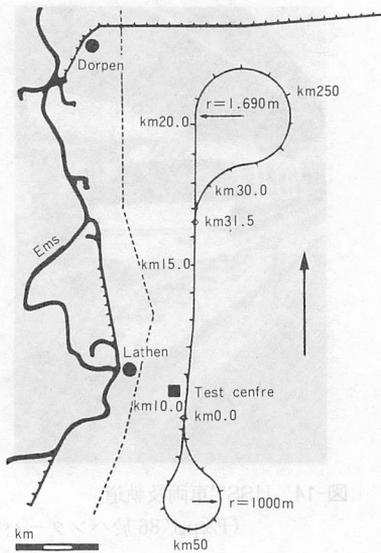


図-8 TR-06実験線路図⁵⁾

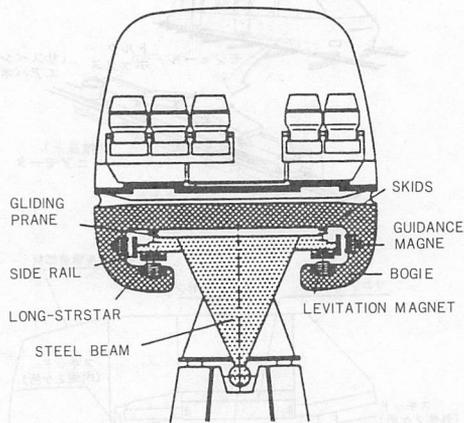
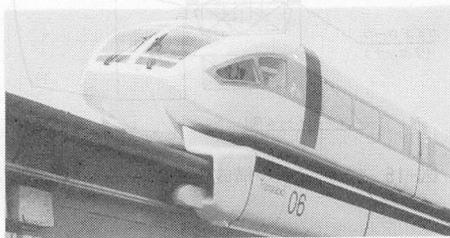


図-9 TR-06車両断面図⁵⁾



写1 TR-06車両

上用電力は(主として浮上用, 1.55kW/t)はリニアジェネレータによって供給される。

5.3 Mバーン⁶⁾

永久磁石で車重の95%以上を支持し、地上一次LSMで推進するMバーンは、ドイツ連邦研究技術省の援助とブラウンシュバイク工科大学の指導のもとに、1973

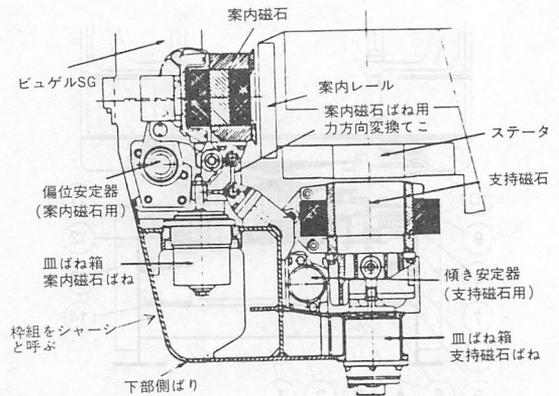


図-10 磁気車輪⁵⁾

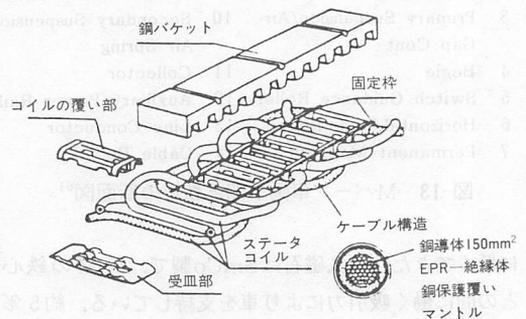
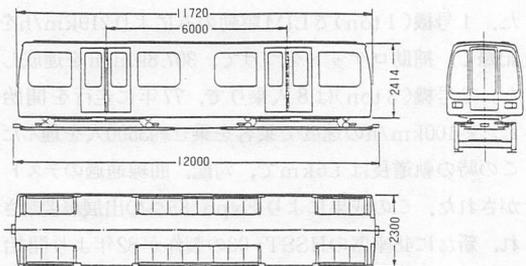


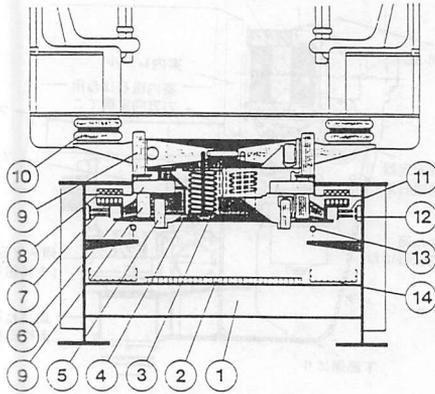
図-11 LSMの構成⁵⁾

年設立された Magnetbahn GmbH によって開発がすすめられた。75年より同大学構内で1400mの試験線と3両の車両で各種テストが行われた。ベルリン市はこの実験結果よりMバーンの採用を決め、1.6km路線を83年より建設し、実用実験を行っている。車両形状は図-12で、システムは無人運転である。車両は駆動装置を持たず、荷重支持も小さいので、支持車両も小さくてよく、そのためボギーも小型化でき車高を大中



重量: 空車	36 t	max 3m/S ²
収容人員: 通常	71人	最大速度: 70 km/h
	max 132人	最大曲線半径: 50 m
加速度:	1.3 m/S ²	

図-12 Mバーン車両寸法⁶⁾



- | | |
|----------------------------|------------------------------------|
| 1 Guideway Cross Section | 8 Travelling Field Stator |
| 2 Emergency Escape Path | 9 Vertical Guide Rollers |
| 3 Primary Suspension/Air | 10 Secondary Suspension/Air Spring |
| 4 Bogie | 11 Collector |
| 5 Switch Guidance Rollers | 12 Auxiliary Power Rail |
| 6 Horizontal Guide Rollers | 13 Line Conductor |
| 7 Permanent Magnets | 14 Cable Duct |

図-13 Mバーン車両下部と軌道の断面図⁶⁾

に低くできた。永久磁石はSmCo製で、LSMの鉄心との間に働く吸引力により車を支持している。約5%の車重と案内はスペーサ用車輪で支持されている。地上一次のLSMは、車の永久磁石とガイドウェイに取付けられている鉄心と3相巻線から構成される。図-13にこれらの支持、案内構成を示す。荷重の変動に対して磁石と鉄心間距離を機械的に変える機構を採用し、支持力制御を行っているのも1つの特色である。ベルリンでの運営は87年5月に開始された。又このシステムをラスベガスで運営すべく、87年後半より軌道建設に着工する予定で、運行開始は89年の予定である。

5.4 HSST⁷⁾

HSSTの開発は日本航空により75年度から開始された。1号機(1 ton)でLIM駆動のみにより219km/hを記録し、補助ロケットをつけて、307.8km/hを達成した。2号機(3 ton)は8人乗りで、77年に走行を開始し、約100km/hの速度で乗客を乗せ約3500人を運んだ。この時の軌道長は1.6kmで、勾配、曲線通過のテストがされた。この成果によりExpo'85への出展が要請され、新たに48座席のHSST-03の製作が82年より開始された。設計、製作に際しては、日本航空と住友電工は共同企業体を組み、共同開発を行った。HSST-03は実際に客を乗せ運営するので、安全性、信頼性につき、きめ細かい設計を行っている。車両外観を図-14に示す。HSST-03は車上一次LIM推進である。この

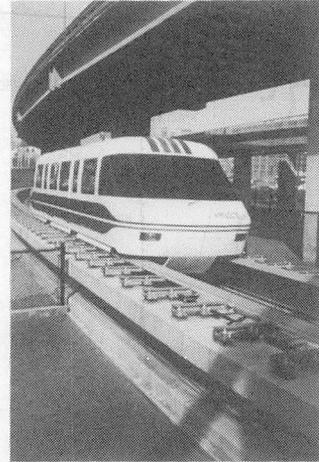


図-14 HSST車両及軌道 (Expo'86 於バンクーバー)

<モジュール>

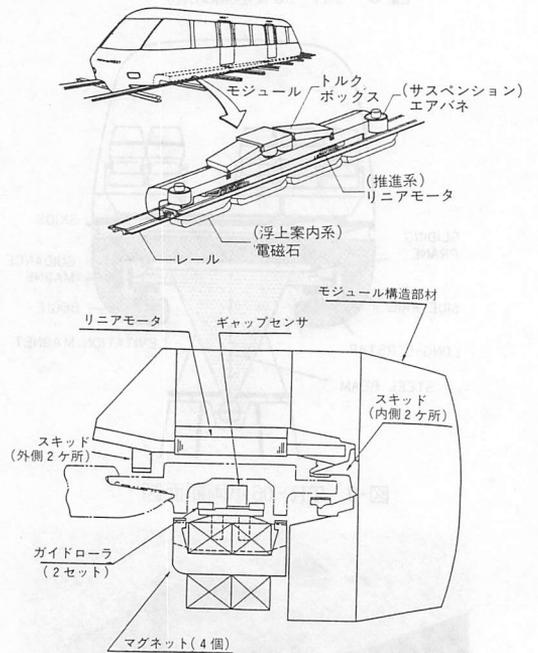


図-15 モジュール構成とモジュール断面図⁷⁾

車両の特色は、モジュールと呼ばれる浮上案内兼用磁石4ケと、LIM1ケとを1つの構造体にまとめたものを、車の両側に3ケずつ取付け、支持案内を個々独立に行わす方式を採用したことにある(図-15)。博覧会場の都合もあり、軌道長も短く、筑波では350mの直線、バンクーバーでは250mR、1,100 mRのS字型450mであったが低速域のデータを解析し300km/hシミュレート用基礎データ採取テストも行われた。両博

表3 リニアドライブシステムの鉄道への応用例⁹⁾

目的		HSST03	TR-06	MLU-001	M-バーン	バーミンガム
方式		低速デモ線	高速実験線	高速実験線	都市内交通	空港アクセス
軌道		450m なし 250m	31.5km 有 1,000m	7 km なし 10,000m	1.6km 有 50m	620m なし 45m
車重		13.8×2.95×3.0 12.2 t 15.0 t 48人	54.2×3.7×3.9 102 t 122 t 192席	28.4×3.3×3.0 30 t 32席	12×2.3×2.3 8 t 17 t 71人(ピーク132人)	6.0×2.25×3.0 4.8 t 8.0 t 40人
両面最高速度		40km/h 1両	400km/h 2両編成	400km/h(1両) 3両編成	80km/h 2両編成	5.5km/h 1両
リニア・モータ		式 SLM 6台/両 0.15 m 18極/モータ 13 mm 自然空冷 150 kg/モータ 2.83×0.49×0.7 0.2(30km/h時) 11.2 kN/両	地上一次LSM 0.258 mm 320極 10 mm 自然空冷 66 kg/極 極巾0.232 m 0.76(245km/H) 43 kN/両	地上一次LSM 2.1 m 4極/両/片側 150 mm(有効) Lp. He 電機子巾1.1 m 51 kN/両	地上一次LSM 20 mm(最大) 440 kg/モータ	SLIM 1台/両 0.24 m 7極 20 mm 強制空冷 1.853×0.202×0.9 0.21(55km/H時) 4 kN/両
制御装置		地上置PAN 380 kVA 5~100 Hz 600 V A.C	地上置PWM 2 MVA×16 0~215 Hz 2.6 kV D.C	地上置C. C. 10MVA×2 0~33.1 Hz	地上置PWM ~50 Hz 900 V D.C	車載PWM 240 kVA ~60 Hz 70 kg/相 600 V D.C
浮上・支持		式 常電導吸引浮上 U形鉄心 浮上・案内兼用 24個/両 11 mm 106 kg/個 1.25 kW/ton	式 常電導吸引浮上 橢圓形鉄心 浮上・推進兼用 32個/両 10 mm 330 kg/個 1.55 kW/ton	式 超電導反発浮上 I形超電導磁石 浮上・推進・案内兼用 8個/両 100 mm(有効) 650 kg/個	式 永久磁石吸引半浮上 橢圓形鉄心 浮上・推進兼用 4個/両 20 mm	式 常電導吸引浮上 E形鉄心 浮上案内兼用 8個/両 15 mm 135 kg/個 1.8~1.9 kW/ton
全消費電力		3.3kWh/往復(筑波)			1.0kWh/車/mile	1.6kWh/往復
騒音(25m地点)		58dB(A)30km/H	82dB(A)300km/H			
運行信頼度		99.7~99.96%			98.1~99.6%	98%
建設費					25~35百万DM/km	総額350万ポンド

覧会で乗客約108万人、24,644往復、約16,000km走行、信頼性99.84%を得た。低速領域では、連結、分岐等のテストを加えれば実用化は早期に計られよう。高速域については実用実験線での実証が期待されるものである。

5.5 MLU-001, 2⁸⁾

国鉄は1960年代よりリニアモータ推進浮上鉄道の研究を始め、72年超電導浮上LSM実験車の浮上走行に成功し、77年に宮崎県下に1.3kmの実験線を建設し、T型ガイドウェイでML-500の走行実験を開始した。79年12月に、7.0kmの区間を用いて517km/hの世界記録を樹立した。実用化を考慮し、U字型軌道に改造し、80年よりMLU-001車両の走行実験に移った。1両で400km/h、2両で305km/hを達成した。超電導磁気浮上の基本技術は、小型軽量高性能の超電導磁石の製作と、車載冷凍システムの小型軽量化にあった。これらの技術向上は著しく、この性能向上により実

用化の目途がついたといえよう。車上電源はリニアジェネレータによる電力で充分供給能力があり、これにより集電騒音のないことが大きな強みとなった。87年4月より、乗客を70~80人乗せる44座席の実用規模車両LMU-002のテストが開始された。この車両の諸元を表2に、断面を図-16に示す。

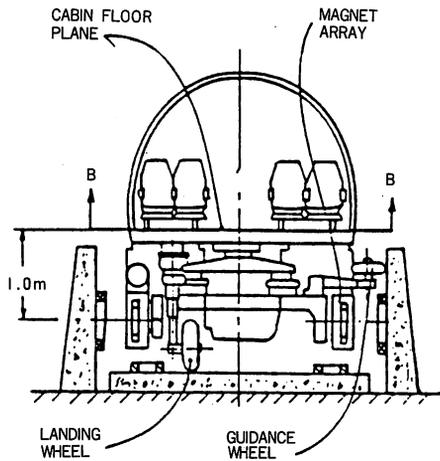
400km/hを第一目標としてテストし、安全性、信頼性データを採用ことにしている。このシステムも分岐、勾配、等のテストを付加し、実用化へのテストが期待される。

6. おわりに

以上5例の諸元をまとめて表3⁹⁾に示す。初めに述べたごとく、低速域ではすでに実用に供され、評価を受けている。高速域では、実用実験線での検討を行っているか、準備段階である。磁気浮上鉄道は社会的ニーズを充分満足す乗物であると考えられ、それ故、

表2 MLU-002 諸元⁸⁾

Vehicle dimensions	Length x Width x Height	22.0 m × 3.0 m × 3.7 m
	Mass	17 t
	Seating capacity	44
Superconducting coil	Number of coils	6 poles × 2 rows
	Magnetomotive force	700 kA
	Pole pitch	2.1 m
Suspension	Lift	196 kN
	Effective gap	110 mm
Guidance	Guidance force	83.3 kN at 50mm shift
	Effective gap	more than 150mm
Propulsion	Thrust	0 - 79.4 kN
	Phase	3
	Frequency	0 - 28Hz
	Voltage	5800 V
	Current	900 A
Maximum speed		420 km/h

図-16 LHU-002車両及軌道断面図⁸⁾

安全性、信頼性、経済性等実験線を通して充分の検討がされることを期待している。交通機関は公共性が強く、特に鉄道については大量輸送機関であるから安全規制につき充実した検討がなされ、磁気浮上の特徴である低公害性、快適性それに経済性をもって社会に一刻も早く受け入れられることを期待する。

参考文献

- 1) 「磁気吸引、磁気反発浮上輸送機関の性能比較」 正田英介 昭和60年電気・情報関連学会連合大会 I-173~176
- 2) 「Maglev transit link for Birmingham Airport-systems engineering」 V. Nenadovic, maglev transport Oct. 9-10 1984 p. 169~175
- 3) 「Civil Aspect of Maglev Design」 J. H. Zicha, International Conf. on Maglev & Linear drives May 14~16. 1986 p. 69~87
- 4) 「Status of high speed maglev train development in the FRG」 E. Gottzein, D. Rogg, Maglev transport Oct. 9-10. 1984 p. 23~36
- 5) 「The Statute of the Transrapid Maglev Test Facility in Emsland」 H. Alcher, Maglev transport Oct. 9-10. 1984, p. 155~158
- 6) 「The M-Bahn system」 G. Heidelberg, Niemity, H. Weinberger, Maglev Transport Oct. 9-10, 1984 p. 159~168
- 7) 「低公害汎用車体支持システムの研究開発」 社団法人、日本鉄道技術協会
- 8) 「MLU-002 Prototype Maglev and Future Plan」 Y. Kyotani, H. Tanaka, International Conf. on Maglev and Linear Prives. May. 19-21, 1987
- 9) 「鉄道関連への応用システム」 細田、藤原 昭和62年電気学会全国大会 S11-3-3
- 10) 「欧州鉄道新輸送方式調査団報告書」 社団法人 鉄道電化協会 昭和60年8月
「新しい交通機関の実現と国立機関」 正田英介 p. 1~15