

文献にみた超高速鉄道

佐 藤 吉 彦*

1. ま え が き

わが国における超高速鉄道^{a)}の開発については、昭和45年12月に行なわれた運輸経済研究センターの技術予測¹⁾、運輸技術審議会における審議²⁾を通じて強い関心が示されている。

交通界における超高速鉄道の役割については、種々の意見が述べられているが、旅行距離と輸送需要の関係に関して検討した西ドイツの H. Busch の図-1³⁾はひとつの解答を与える。Busch は、現在の輸送需要を満たすためには、これら輸送機関の間でふたつの不足部分があるという。そのひとつは 300 m~8 km の間で、「歩くには遠すぎるが乗物に乗るほどではない」距離に対するものであり、もうひとつは 80~500 km の間で、「地上の乗物に乗るには遠すぎ、飛行機に乗るには近過ぎる」距離に対するものである。超高速鉄道は、わが国⁴⁾およびアメリカ⁵⁾における検討結果から見ても、この後者の空白を埋めることを意図したものであるといえよう。

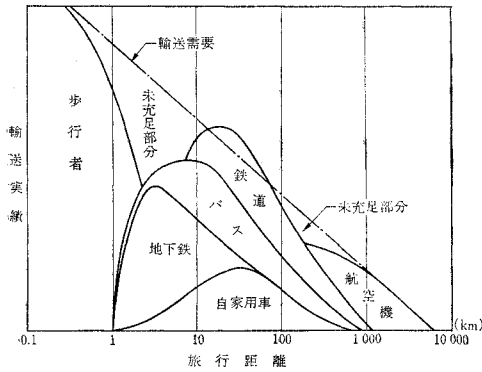


図-1 旅行距離と輸送需要の関係
(西ドイツにおける場合)

2. 超高速鉄道に対する提案

超高速鉄道に対する具体的な提案を総括したのが表一

* 正会員 工博 国鉄鉄道技術研究所軌道研究室主任 研究員 兼 研究管理室補佐

1) である^{b)}。これらには構想の提案から開発が進行中のもの、需要の面から方式の選定を主とするものまで種々の内容のものが含まれ、合計6か国 25 の計画がある。このうち過半数の13はアメリカが占め、ついでフランス・西ドイツ・日本の各3があり、イギリス2、スイス1が続く。しかし、人間を乗せる程度の試験車の段階まで開発がすすみ、現在もさらにその研究がすすめられているのは、リニアモーター試験車および T.A.C.V. (以上アメリカ)、アエロラン (フランス)、A.P.T. およびホバートレン (以上イギリス) の5計画である。また、将来計画が論じられているのは、アメリカの北東回廊計画、フランスのアエロランとパリーリオン計画、イギリスのホバートレンと A.P.T.、西ドイツのロールバーン計画に加えて、日本の第2新幹線の7計画である。

3. 技術的背景

(1) 概 論

超高速鉄道の方式については、以上のようにいくつかの提案があるが、その構成をシステムの価値⁹⁾の立場から検討すると、その支持・駆動に関する部分の影響が圧倒的に大きい。支持の方式としては、鋼車輪/レール・空気浮上・磁気浮上・滑走支持があげられ、駆動の方式としては、粘着駆動、リニアモーター、プロペラ・ジェット、チューブ鉄道がある。このうち、超高速鉄道の方式として現在注目されているのは、鋼車輪/レール・空気浮上・磁気浮上およびリニアモーターなので、これらについては次項以下に項を改めて述べるが、その他のものについて若干の解説を行なうと次のようである。

滑走支持¹⁰⁾はごく簡単な装置で、地上でマッハ 2~5 の領域に達している点が興味ぶかい。粘着駆動は車輪とレールの間の粘着を利用した在来の駆動方式である。プロペラ・ジェットは、軽量の機関で大出力が得られる点

a) 「超高速鉄道」という用語について、この報告書では在来の方式の鉄道では達し得ないであろう速度を実現するために新たな要素を取り入れたガイドされた高速陸上輸送機関という意味で用いる。

b) 文献 7) の表-1と 8) の表-1.1 によるものにその後提案された計画を加えた。

表-1 世界各国における超高速鉄道の計画

No.	国名	名称	目標速度 (km/h)	支持	駆動	特徴	内容
1	ア メ リ カ	北東回廊計画				方式別の輸送需要に関する広汎な研究が行なわれている。	各方式の実用性の検討
2		ロールウェイ	240~320	鋼車輪/レール	粘着	広軌で自動車も運搬する。	構想
3		リアモーター試験車	400		リアモーター(車上一次)	試験を目的とする。	実物試験
4		ローラロード	190~240	タイヤローラ	ローラー	固定されたローラー上を車体が支持駆動される。	構想
5		チューブを抱いて走るモノレール	480~800	ゴム車輪		チューブ状車両支持部材の表面に付けられた3本のレールで支持案内する。	構想
6		T.A.C.V. (軌道付空気浮上車両)	400	空気浮上	リアモーター(車上一次)	凹型のガイドウェイの中を車両が走行する。周辺ジェット型エアパッドによる。	詳細計画
7		グライドウェイ	240・560		リアモーター(地上一次)	MITの特別コースの共同研究の結果として提案された。ラム型エアクッションによる。	詳細計画
8		ホベアー	160~640			W型のガイドウェイを用いる。プレナム型エアパッドによる。	構想
9		レバカー	400~640		ターボブロップ	方形の鋼製レールを用いる。レバパッド型エアクッションによる。	部分試験
10		電磁浮上列車	480	磁気浮上	リアモーター(車上一次)	車上の超電導コイルから地上の常電導コイルへの誘導による反力で浮上する。	構想
11		チューブ内飛行列車	600	空気浮上	内的推進	チューブ内の空気の利用を積極的に利用する。	模型実験
12		真空チューブ鉄道	800		圧力差	大気を汚染することがない。	模型実験
13		G.V.T. (真空重力鉄道)	640~800	鋼車輪/レール	圧力差+重力	乗客が感ずる以上に加速される。	模型実験
14	フ ラ ン ス	バリーリオン計画	300	鋼車輪/レール	粘着	両端では既設線を利用する。	建設計画の調査
15		レールジェット	300		リアモーター(車上一次)	既設の軌道のレールをリアクションレールとして用いる。	模型実験
16		アエロトラン	250~300	空気浮上	ターボブロップ リアモーター	実用計画が検討されている。プレナム型エアパッドによる。	実物試作
17	イ ギ リ ス	A.P.T. (改良旅客車)	320	鋼車輪/レール	粘着	既設線上を走行する。	実物試作
18		ホバートレン	400~480	空気浮上	リアモーター(車上一次)	試験線を建設中、周辺ジェット型エアパッドを用いる。	試験線建設中
19	西 ド イ ツ	ロールバーン	400	磁気浮上 あるいは 空気浮上	リアモーター	方式に関する検討が行なわれている。ハンブルググループ・ミュンヘン間。	建設の際の方式の調査
20		トランスラピッド	500		リアモーター	超電導磁気浮上による。	構想
21		吸引式磁気浮上		磁気浮上		永久磁石を用いる。	構想
22	スイ ス	TEEブリッツ	480	鋼車輪/レール	ターボブロップ	列車の後部で推進する。	構想
23	日 本	第2新幹線				開発計画が検討されている。東京-大阪間	開発計画の調査
24		鉄研提案(1967)	350	鋼車輪/レール	リアモーター	当時の技術的見解を総合した。	構想
25		音速滑走体	980	鋼ローラ	ローラー+ターボジェット	最高速度 2430 km/h に達した。	模型実験

が注目されるが、騒音・空気汚染等の点で地上で用いるには問題がある。チューブ鉄道¹¹⁾は、トンネルが多くなった際検討を要する空気抵抗の問題を避け、むしろ空気の存在を積極的に利用することを考えることにより生まれたもので、内的推進、真空チューブ鉄道、真空重力鉄道等がある。とくに、真空重力鉄道は 800 km/h に達するものと想定され、実現すれば地上で営業が考えられる最高速の乗物になる。

(2) 鋼車輪/レール方式

鋼車輪/レール方式は、その長い歴史のなかで徹底的

に最適化されて現在に至っているので、その信頼性は高い。しかし、その速度を向上しようとするといくつかの問題点が出てくる。この問題を鉄道技術研究所における検討結果¹²⁾、ならびにアメリカから出された報告¹³⁾におけるものを総括して示すと表-2 のようである。

これらを大別すれば、No. 1~3 のソフトウェアの問題と No. 4~6 のハードウェアの問題に分けられる。1の動荷重は、レールの敷設形状、支持弾性等の変化および車輪の形状に関係し、レールと車輪の間に働く力の特性に関するものである。2の粘着は、車輪で駆動あるいは制動する場合のほか、単に従輪として働く場合でも、

表-2 鋼車輪/レール方式における問題点

項目	問題点	対策
1 動荷重	軌道狂い、車輪形状の不備、質量のアンバランス、車輪のフラットにより生じ、車輪、軌道の強度、安定走行に影響を及ぼす。	ばね下質量の減少
2 粘着	車輪による駆動力、ブレーキ力を制限する。	増粘着・非粘着駆動
3 蛇行動	限界速度に近づく。	最適設計の実施、新しい機構の提案
4 車輪	遠心応力、接触応力、踏面のジェリング、踏面の摩耗が増大すると予想される。車輪の固有振動との共振についても一応の検討が必要	動荷重の減少、新踏面形状の採用
5 車軸	曲げ応力の増大とそれに付随したひびわれ発生確率の増大	材質の強化、独立車輪の採用
6 レール	接触応力、ジェリングおよび踏面の摩耗が増大すると予想される。固有振動との共振についても検討を要する。	動荷重の減少

その走行速度の変化に追隨して回転し滑走しないために必要な特性である。この際、粘着係数は速度の上昇とともに漸減するので、その原因の究明を含めて特性を明らかにしておくことが、とくに必要である。3の蛇行動は鉄道車両固有の現象で、車両の構成に応じて一定の速度に達した際に発生する左右方向の自励振動をいう。以上は、4~6のハードウェアの具体化の際ならびに脱線・転覆など、走行安全の立場から十分検討される必要がある。

(3) 空気浮上

空気浮上は、1948年以来イギリスの国立研究開発公団において研究がすすめられ、ホバークラフトとして実用化された。陸上でガイドされた車両としての実用化は、1965年以降開発がすすめられているフランスのアエロトランが最初である。このような空気浮上車両の計画としては、このほか現在試験線の建設のすすめられているイギリスのホバートレンの計画、試験車の詳細計画がたてられてロスアンゼルス空港とサンフェルナンドパレーの間 16.3 miles (26.2 km) に営業線の建設が計画

されているアメリカの T.A.C.V. 計画が著名である。

空気浮上の方式としては、表-3 に示す 6 方式がある⁹⁾。このうち、現在実用化がすすめられているのは、フランスのアエロトランにおけるプレナム型とイギリスのホバートレンおよびアメリカの T.A.C.V. に使用が計画されている周辺噴流型である。また、吸引型は、都市内交通機関の支持装置として、フランスのユルバにおいて実用化が計画されている¹⁵⁾。

(4) 磁気浮上

東京一大阪間に建設されるであろう第2新幹線の車両支持方式のひとつとして、磁気浮上がクローズアップされている^{2), 16)}。この磁気浮上の方式としては次の4つがある。

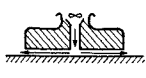

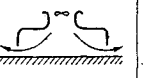
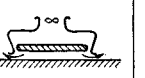

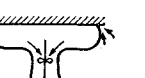
- ① 永久磁石による場合
- ② 電磁石による場合
- ③ 超電導磁石とその誘導電流による場合
- ④ 車両に設けた界磁を地上を流れる電流により直接浮上させる場合

① は、最近における強力かつ保持力のよい永久磁石の実現を背景に実験がすすめられているもので、ウェスチングハウスにおける実験¹⁷⁾ (浮上高さ 6.35 mm, 婦人1人を乗せた)、日本万国博覧会における展示が著名であるが、交通博物館等の模型もこれによっている。以上は反撥力を利用しているが、吸引力を利用したものとして表-1 No. 21 の計画がある¹⁸⁾。

② は、永久磁石を強力な磁場にさらすと消磁したり反転したりする問題を避け、強力な磁場を得る目的で考えられたものである。この場合でも、車上は再着磁が容易なので、永久磁石により地上は電磁石による等の構想も示されている¹⁷⁾。

③ の超電導磁気浮上は、アメリカの J.R. Powell と G.R. Danby により提案されたもの¹⁹⁾で、レンツの法則を利用して図-2 のように、車上に設けた超電導コイル

表-3 空気浮上の方式

方式	I	II	III	IV	V	VI
項目	レババット型	可携底型	プレナム型	周辺噴流型	ラム翼型	吸引型
構成						
採用が考えられている計画	レバカー		アエロトラン	ホバートレン T.A.C.V.	グライドウエイ (注) 浮上速度に達するまで別の支持装置が必要である	ユルバ
備考	非常に平滑なガイドウェイを必要とする				浮上力は前進運動によって得られる	

c) 主として文献 14) によりまとめた。

と、その強力な磁場により地上の導体との間に発生する反発力を利用してのもので、その開発は日本のほかアメリカ西ドイツで検討されている。この方式は、ひとつの魅力ある方式ではあるが、その開発には多くの今後の解決されるべき問題を含んでいる²⁰⁾。

④は、界磁をフレミングの左手の法則に基づいて強力な電流により直接浮上させようというもの²¹⁾で、浮上については常電導でもよく比較的容易であるが、駆動の機構については、さらに研究を進める必要がある。

(5) リニアモーター

リニアモーターは、これをモデル的に示すと図-3のように回転モーターを切り開いたもの²²⁾で、車輪の粘着力を介することなしに、直接地上に反力をとって車両に駆動力を働かすことを考えた装置である。

この原理は1891年モーリスプランにより提案されたが、車両の推進機関としての試験は1962年イギリスにおいて始められた。リニアモーターは、直流モーター・同期モーターおよび誘導モーターのいずれにおいても成立するが、構造の簡単な点から現在までの研究は大部分誘導モーターに関するものである。このリニア誘導モーターは、さらにその界磁を地上におくか車上におくかによって、地上一次と車上一次方式にわかれる。地上一次の場合には、車上の駆動動力以外に車上で必要とされる電力に対する車上設備を設けることができれば集電する必要もなくなるが、そのモーターの大部分を地上に連続して設備しなければならないことになるので、初期投資が大きくなる。車上一次の場合には、集電の問題のほか、駆動のための設備の点から車両重量が大きくなりやすい問題がある。

このリニアモーターの利点としては

- ① 駆動力が車輪の粘着や速度と無関係に得られる
- ② 回転力の変換装置が不要である
- ③ 車両重量を軽減できる
- ④ 短時間ならば大きな出力を出せる

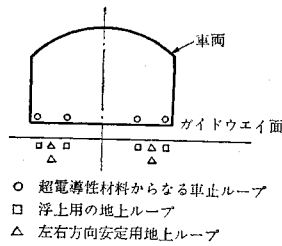


図-2 超電導磁気浮上におけるコイルの配置

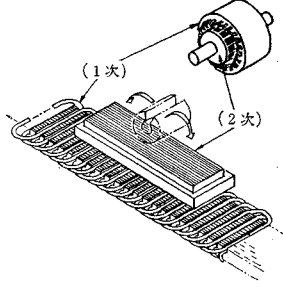


図-3 リニアモーターの構成

- ⑤ 騒音がない
 - ⑥ 空気が汚染しない
- があり、欠点としては
- ① 地上に設置する界磁(または二次導体)が長いので費用がかさむ
 - ② 力率や効率が低い
 - ③ 曲線や分岐装置の設計がむずかしい
 - ④ 小さなエアギャップの保持がむずかしいがある²³⁾。

リニアモーターを営業用に用いるためには、その欠点の解消が必要であるが、無公害で大出力を出せる他の方法がないことから、現在、超高速鉄道の駆動動力の本命として、各国において精力的にその研究開発が進められている。

このなかで、試験車の段階まで達したのは、フランス・アメリカおよびイギリスのものである。フランスでは、アエロトランの一連の研究のなかで1969年に180-44と呼ばれる試験車がつくられた。アメリカでは、1970年に表-1 No. 3に示した試験車がつくられた。イギリスでは、現在建設中のホパートレンの試験車にこれを設備する。日本では、国鉄のほか大学・メーカーに試験機が設けられ、電気学会のシンポジウムにも取り上げられている²⁴⁾。

4. 各国における開発の推進

(1) 文献に見た関心度^{7), 25)}

超高速鉄道に対する関心の程度を明らかにするために昭和44年度鉄道技術研究所において、日本科学技術情報センター(JICST)発行の「科学技術文献速報」(1958年3月~1969年6月)および鉄道技術研究所発行の「鉄道技術文献抄録」(1959年2月~1969年5月)の文献抄録カードの中から200 km/hを越える鉄道^{d)}に関するカード512枚を選び、これをホールソートカードに作製して、いくつかの調査を行なった。

掲載雑誌の国別雑誌数は表-4のようで、125種類に及ぶ。雑誌数・文献数とも、日本とアメリカで半数を占めるが、イギリス・フランスおよび西ドイツの合計も1/3に近い。発行年別文献数は図-4のようで、1965年以降急激に増加している。

超高速・在来方式別および研究段階は表-5に示すようである。ここでいう超高速とは、粘着駆動によらない新形式の鉄道のことであり、共通とは社会・経済的検討

d) 210 km/hは200 km/hに含め、東海道新幹線とドイツ・フランスにおける200 km/h運転で、これを主題としたものは除いた。200 km/h以下でもユルバのように新しい要素をもつものはこのなかに入れた。

表—8 アメリカにおける研究分野と研究開発費

研究分野		研究 単位	開 発 費
		1000	ドル()内は%
システム工学			11 200 (6.3)
高速鉄道の 研究開発	車両の野外試験による研究	5 816 (3.3)	30 125(17.0)
	レールと車両の動力学	6 800 (3.8)	
	車両の支持とガイド	5 354 (3.0)	
	実験的軌道構造	3 123 (1.2)	
	車両駆動システム その他レール関連の研究開発	9 511 (5.4) 521 (0.3)	
アンコンベンショナルなシステムの研究開発	軌道上のエアクション車両	26 586(15.0)	46 485(26.2)
	チューブ車両システム	19 899(11.2)	
新しい技術の研究開発	通信とコントロール	11 956 (6.7)	47 240(26.6)
	集電	8 579 (4.8)	
	障害物探知	2 659 (1.5)	
	リニアインダクションモーター	12 117 (6.8)	
	磁気浮上 トンネル掘削	4 950 (2.8) 6 979 (3.9)	
HSGT 試験設備			11 583 (6.5)
ワシントン—ニューヨーク間のデモン ストレーション			12 779 (7.2)
ボストン—ニューヨーク間のデモン ストレーション			9 486 (5.3)
資料収集活動			4 720 (2.7)
オートトレインのデモンストレーション			3 887 (2.2)
計			177 505(100.0)

討し、MIT を中心とする各大学・研究所等の公共機関、航空機製造会社・鉄道会社・電機会社・コンサルタント等の民間企業多数に研究開発を依頼している。この依頼先は、アメリカ国内のほか、カナダ・イギリスが多く、日本の名前もあがっている。

(3) フランスにおける場合

フランスは、1955年3月28,29日にCC 7107とBB 9004号機関車を用い、それぞれ4両編成の2列車で在来方式の鉄道の最高速度331km/hに達した。フランスは、その後も速度向上に関するいくつかの研究を行ってきたが、現在はアエロトランとパリ—リヨン新線建設のふたつの計画が著名である。

a) アエロトラン²⁹⁾

アエロトランの開発は、1957年ベルタン・シー協会がエアクションを車両に応用することを考えたことよって始まり、1965年とくにガイドされた空気浮上車両の実現を旨としたアエロトラン協会が設立されたことよって本格的なものとなった。

このアエロトラン協会よって推進されている計画は3つある。その1は、パリの南西約50kmの田園地帯にゴメツ・ラ・ピユとリムール間6.7kmに建設された1/2模型ガイドウェイ(通称ゴメツ線と呼ばれている)を用いて行なわれているものである。その2は、パリ—オルレアン間113kmのうちオルレアン側18kmに建設されている実物大ガイドウェイ(オルレアン線と呼ばれている)によるものである。その3は、ゴメツ線の別線として建設された3kmのリニアモーター試験線によるものである。

この試験線とその試験車は、表—9に示すとおりである。ゴメツ線には01,02の2両の試験車があり、1969年1月22日、02号試験車により422km/hの最高速度を出した。オルレアン線は1969年9月13日試験が開始され、250-80試験車で最高速度300km/hで試験が続けられている。

表—9 アエロトラン用試験車の特性

試験車	試験線	速度	収容人員	ガイドウェイ	支持ガイド	推進	ブレーキ	寸法重量
01	ゴメツ線	実績最高 34.5 km/h 巡航 190 km/h	6人	鉄筋コンクリート プレキャスト部材 水平部 1.8m 垂直部 55cm 支間 6m	ブレナム型エア クションパ ッド(複数)による	200 km/h プロベ ラ (Continental) 303 km/h ロケッ ト 345 km/h ターボ ジェット(マルボ LVI)+2ロケット	①プロベラの逆進 ②パラシュート ③垂直部の把握 ④滑走ブレーキに ついて試験	総長 11.3m 幅 2.0m 高さ 1.58m 総重量 2.5t
		実績最高 422 km/h						
180-44	ゴメツリニア モーター試 験線	最高 200 km/h 巡航 180 km/h	40~44人	垂直部アルミ材 水平部タール材 舗装		Melin & Gerin 社製リニアモータ ー	常用 リニアモーター 緊急 垂直部の把握 エアを切り滑走	総長 14.4m 幅 2.8m 高さ 3.09m 総重量 11.5t
250-80	オルレアン線	最高 300 km/h 巡航 250 km/h	64~96人	鉄筋コンクリート およびPCのプレ キャスト部材をポ ストテンション 水平部 3.4m 垂直部 90cm 支間 20m	支持およびガイ ドにおおの6 パッドを用いる	Turano III E3 ガスタービン2個 でエアスクルー 1個を回転	①プロベラピッチ の逆向 ②垂直部の把握 ③パラシュート ④エアを切り滑 走	総長 26m 幅 3.2m 高さ 5.35m 総重量 20t

表-4 掲載雑誌の国別文献数

国名	雑誌種類数	文献数	百分率
日本	34	157	31
アメリカ	37	146	28
イギリス	19	57	11
フランス	9	46	9
ドイツ	10	36	7
その他	16	70	14
合計	125	512	100

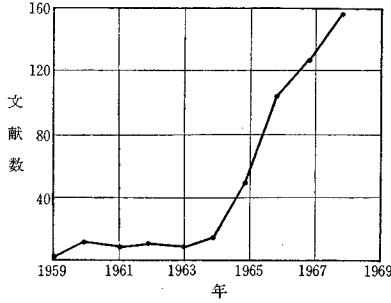


図-4 発行年別文献数

表-5 超高速在来方式別および研究段階別の文献数

研究段階	文献数	超高速	在来	共通
1. 一般および構想	234	133 (6)	73	34
2. 基礎研究	41	37 (1)	4	1
3. 応用理論	56	39	12	5
4. 応用実験(模型実験)	42	32 (1)	9	2
5. 現場試験	117	35 (1)	76	7
6. 関連技術	22	20	0	2
合計	512	296 (9)	174	51

注：() 内は超高速、在来方式に重複している文献数。

等を扱っていて、超高速・在来方式の別に関係しないものである。この表から次のことがわかる。ここで取り上げた文献の60%は超高速を論じており、10%は共通として30%が在来方式に関するものである。研究段階は、超高速ではこの時期にはまだ一般的論文とか構想というものが多いのに対し、在来方式ではこれに加えて現場試験関係の文献が多い。

文献の内容は表-6に示すとおりで、支持および駆動方式では、空気浮上とリニアモーターに関するものが多く、動力関係では、ガスタービンに関するものが多かった。具体的な構想が明確な文献数は、表-7に示すとおりで、フランスのアエロトラン、イギリスのホバートレン、アメリカの諸計画に関するものが多い。

(2) アメリカにおける場合^{7),26)}

アメリカにおける都市間旅客輸送は現在大部分自家用車で行なわれており、これに飛行機とバスが多少加わる程度である²⁷⁾が、近年、社会・経済的見地から新形式のガ

表-6 主要内容別文献数

(1) 支持および方式

文献内容	空気浮上	磁気浮上	リニアモーター	プロペラジェット	集電
文献数	94	15	59	15	8

(2) ガイドウェイその他

文献内容	トンネル	超高速ガイドウェイ	保安・制御	騒音	ガスタービン
文献数	24	10	20	7	64

表-7 構想別文献数

アエロトラン(フランス)	52
ホバートレン(イギリス)	24
レバカ(アメリカ)	12
チューブ鉄道(アメリカ)	12
ユルバ(フランス)	9
グライドウェイ(アメリカ)	8
エクスプレスウェイシステム(アメリカ)	5
真空チューブ鉄道(アメリカ)	5
真空重力鉄道(アメリカ)	3
音速滑走体(日本)	2
重力鉄道(アメリカ)	1
ロールウェイ(アメリカ)	1

イドされた高速陸上輸送機関の開発が行なわれている。

1962年C. Pell 上院議員がこの問題を提起し、故ケネディ大統領が商務省にその研究を命じた。この結果、1963年商務省に高速陸上輸送局が設けられ、1965年9月には「高速陸上輸送機関開発法」が制定され、ひとつのエポックを画した。この法律は、

① 高速陸上輸送機関に関する新しい技術の研究開発を行なう

② 新しい高速陸上輸送機関に必要な諸特性と大衆の反応を明らかにする

③ 国内の輸送機関の改善に有効なすべての情報や統計資料を収集調査することを規程している。

さらに、1967年4月にはアメリカ合衆国政府に運輸省が設置され、高速陸上輸送局は、そのなかの連邦鉄道局の下に入り、さらに強力にその研究開発を推進することとなった。

研究開発のための費用としては、高速陸上輸送局の発表²⁸⁾によれば、1966年から1968年までの3年間に3571万ドル(129億円)が契約されたほか、1968年度中に1247万ドル(45億円)が使用可能で、さらに1969年から1973年までの5年間の費用として1.29億ドル(465億円)を見積った。この8年間の研究分野とその研究費は表-8に示すとおりで、システム工学、高速鉄道、新形式(アンコンベンショナル)システム、新しい技術の研究開発に加えて、高速試験設備・デモンストラーションそして資料の収集と多岐にわたっている。

これら各分野における研究件名をシステム工学的に検

アエロトランの開発費³⁰⁾は、オルレアン線の建設費が200万フラン/kmで延長18kmなので総額3600万フラン(23億円)であり、250-80試験車の製作費が1500万フラン(10億円)と公表されているので、合計37億円である。ゴメツ線については、30億円程度が投資されたといわれる。

b) パリーリオン新線建設計画³¹⁾

1969年12月11日、フランス土木学会・自動車技術協会・フランス航空宇宙連合会の主催で、「中・長距離旅客大量輸送」に関するシンポジウムが開かれた。この際フランス国鉄の調査局長 de Fontgalland氏は「フランスにおける鉄道の特急輸送による都市連絡の計画」と題する講演を行ない、パリーリオン間に高速運転の新線を建設することを自動車道路の場合に対比して検討した結果、この計画が有効であり、1976年には着工できると述べている。

この計画は、車体傾斜装置のある車両をガスタービンで駆動し、250~300km/hでパリーリオン間420kmを2時間で結ぼうというものである。計画は、以下の項目について詳細な検討を行なっている。

① 新線建設計画、② 高速に関する技術的計画、③ ガスタービン試験車、④ 軌道、⑤ 線路構造物、⑥ 輸送需要の分析、⑦ 経済的研究

(4) イギリスにおける場合

イギリスでも現在ふたつの計画が進行中である。

a) ホバートレン³²⁾

ホバートレンについては、1966年以降ホバークラフト開発会社が1/25模型をつくり、その特性に関する研究を行ってきたが、1970年新たに設立したトラクト・ホバークラフト社の手によりケンブリッジ近郊に3miles(4.8km)の試験線を建設した。この試験線は、最終的には17miles(27km)になる予定である。試験車は空気浮上で車上一次リニアモーター駆動し、400km/hで走行することを目標としている。この試験線の建設費は、69万ポンド(5億8000万円)である。

b) A.P.T.³³⁾

一方、A.P.T.(Advanced Passenger Train—改良旅客列車)は、イギリス国鉄の鉄道の近代化を目標として整備したダービーの鉄道技術研究所の研究結果から生れた提案である。この計画では、2軸車を用い、車体にアクティブな傾斜機構を付け、ガスタービンで駆動することにより、既設線を150mile/h(240km/h)で走行でき、さらに、継目をなくするなど軌道構造の改良を行えば、200mile/h(320km/h)の走行も可能であるとしている。このほか、粘着特性を改良するために、プラズマトーチの使用を考えている。

(5) 西ドイツにおける場合

西ドイツの場合、ドイツ連邦鉄道は1972年ミュンヘン・オリンピックを契機に、新製電車を用いてミュンヘン・ウィルツブルグーハノーバー—ブレーメン間に200km/h運転を行なう計画をもっているが、さらに1980年頃を目標として、空気あるいは磁気浮上など新形式支持によるロルバーンと称する超高速鉄道を建設する計画を示した³⁴⁾。

ロルバーンは、ハンブルグーハノーバー—エッセン—ケルン—フランクフルト—マンハイム—シュツットガルト—ミュンヘンで400km/hで走行し、ハンブルグーミュンヘン間を2時間半で結ぶ構想である。この計画に関連して、ドイツ連邦鉄道はメッサーシュミット—バルコー—ブロー社に研究を委託した。この研究の結果は「今後の旅客輸送」と題してまとめられており、その要旨は次のようである。

「歩行は、動く歩道等の完備のほか、他交通と分離することにより全天候型の交通手段となる。自動車はさらにふえるが、公害の点からさらに改善されるだろう。コーバス等、新しい交通設備はさらに整備されるだろう。鉄道は今後250km/hを越え、さらに存在するだろう。空気浮上車両は有望と思える。磁気浮上は、超電導方式のものが今後30年の間に実現し、成功するだろう。真空チューブ鉄道も今後30年の間には実現の段階に達する。ジャンボは1000人の規模に達する。STOL(短距離離着機)は広汎に利用される。水上は、空気浮上船が用いられるだろう。」

5. あとがき

昭和45年4月13日、第3回国際鉄道サイバネチックス・シンポジウムの開会式において、日本国鉄の磯崎総裁は、「21世紀の新しい鉄道を目指して」と題して「東海道新幹線の輸送能力は近い将来限度に達すると考えられるので、東京—大阪間に技術的に可能ならば、在来方式によらない超高速の新しい陸上輸送機関の建設を考えている」という趣旨の講演を行なった。

超高速鉄道は、以上述べてきたように、現在各国で激しい競争のもとに、その開発がすすめられている。この際われわれ日本人にとって重要なことは、この日本の国土の中に最も具合いのよい交通システムを実現することである。また、その方式については、現在ひとつの理想の姿として磁気浮上方式がクローズアップされているが、これの実現のためには、リニアモーターおよび車体の案内に、車輪あるいはエアクッションを用いなければならないであろうことを含めて、きわめて総合的

な研究が必要である。さらに在来方式からこれに至るまでの間には、多数の方式が存在し、これらのあるものは今後計画される全国新幹線網に適用される可能性をも含んでいる³⁹⁾。これらのことは、鉄道技術が21世紀に向けて新たな時代を迎えようとしていることを示している。これら超高速鉄道については、鉄道技術研究所において従来もリニアモーター・新車輪支持・空気浮上および磁気浮上に関する基礎的な研究が行なわれてきたが、さらにこれらを総合し、本格的な開発をすすめるべき段階に達している。

【追記】この分野における研究は、現在急速にすすめられており、この報告を執筆したのちに発表された主要なものとして、昭和45年5月9日の新聞朝刊に伝えられた西ドイツの磁気浮上試験車の完成と、わが国の鉄道技術研究所における超電導磁気浮上試験装置の完成がある。後者については、文献³⁷⁾がその概要を伝えているので重複を避けるが、前者については手近かなもので適当なものがないので、この報告と別に本誌の豆知識欄に収録した(72ページ参照)。

(1971年7月12日)

文 献

- 1) 武藤裕宜：予想される運輸関係技術の将来，JREA，第13巻6号，pp. 6857-6863，昭和45年6月。
- 2) 超高速鉄道の技術開発—運輸技術審議会の部会報告，交通研究，昭和46年2月。
- 3) Busch H.：Personentransportsysteme der nächsten Jahrzehnte，Die Bundesbahn，Nr. 21，1970年11月。
- 4) 天野光三：近未来の新幹線鉄道を考える—都市間輸送と日本の高速鉄道，科学朝日，第29巻5号，pp. 31-35，昭和44年5月。
- 5) 赤木新介：スピードと経済性からみた交通機関の適性分野，日本機械学会誌，第72巻611号，pp. 1629-1636，昭和44年12月。
- 6) High Speed Ground Transport，Railway Gazette，No. 11，pp. 417-421，1969年6月7日。
- 7) 佐藤吉彦・青戸章・平野雅之・宮本征夫：超高速鉄道とそのガイドウェイに関する文献調査，鉄道技術研究資料，第27巻5号，pp. 11-16，昭和45年5月。
- 8) 宮本征夫：超高速鉄道の研究(1)-I. 研究の現状，鉄道線路，第18巻2号，昭和45年2月。
- 9) H. チェスナット：システム工学の方法(糸川英夫監訳)，日本経営出版会，昭和44年12月。
- 10) Les Vitesses Limites sur Rails et la Propulsion par Réaction，La Vie du Rail，pp. 13-17，1968年1月8日。
- 11) 「超高速鉄道のガイドウェイ方式」研究グループ：超高速鉄道の研究(4)，4. チューブ鉄道，鉄道線路，第18巻5号，pp. 29-30，昭和45年5月。
- 12) 原朝茂：超高速鉄道に関する研究の現状と問題点，鉄道技術研究資料，第25巻3号，pp. 5-9，昭和43年3月。
- 13) Evenson，D.A. & A. Kaplan：Some Problems of Wheel/Rail Interaction Associated with High Speed Trains，Bull. of IRCA，1969年9月。
- 14) Bliss，D.S.：Application of Air Cushions to High Speed Guided Land Transport，Hovering Craft & Hydrofoil，Vol. 6，No. 2，pp. 16-22，1966年11月。
- 15) Ford，T.：Air Cushion Monorail Development，Hovering Craft & Hydrofoil，Vol. 7，No. 9，1968年6月。
- 16) 一条幸夫：21世紀の鉄道，至誠堂，昭和45年2月。
- 17) 宇佐美吉雄：超高速鉄道について(5)，電気車の科学，第21巻10号，pp. 31-36，昭和43年10月。
- 18) Magnetische Schwebeführungen für Schnellbahnen，Die Bundesbahn，43 Jg，Heft 8，ss. 372-373，1969年4月。
- 19) Powell，J.R. & G.R. Danby：Magnetically Suspended Trains：The application of superconductors to high speed transport，Cryogenics and Industrial Cases，1969年10月。
- 20) 山本彬也：超電導磁気浮上列車，日本物理学会誌，第26巻2号，昭和46年2月。
- 21) 松井一三・梅森 肅：直流リニアモーターによる超高速鉄道システム，電気鉄道，第47巻5号，昭和46年1月。
- 22) Chirgin，K.M.：Linear Induction Motor Research in the U.S.A.，Bull. of IRCA，pp. 851-866，1967年12月。
- 23) Linde，L.J.：Some Aspect of Electric Propulsion，HSGT Journal，Vol. 2，No. 1，pp. 165-180，1968年1月。
- 24) S. 4 最近のリニアモータについて，昭和46年電気学会全国大会(シンポジウム)
- 25) 平野雅之：超高速鉄道に関する研究(2)，II. 各国における研究の進展とその関心，鉄道線路，第18巻3号，pp. 27-29，昭和45年3月。
- 26) 青戸章：超高速鉄道に関する研究(2)，III. アメリカにおける研究活動，鉄道線路，第18巻3号，pp. 29-30，昭和45年3月。
- 27) 佐藤吉彦：アメリカ鉄道散見記(2)，3. 北東回廊高速列車運転計画，鉄道線路，第15巻1号，p. 46，昭和42年3月。
- 28) Office of HSGT：Program Activity，Engineering Research and Development (May 1968)，HSGT Journal，Vol. 2，No. 3，1968年9月。
- 29) 佐藤吉彦：超高速鉄道の研究(6)，V. アエロトランその後，鉄道線路，第18巻7号，pp. 21-25，昭和45年7月。
- 30) Aerotrains Prototype is Completed，Railway Gazette，Vol. 125，No. 19，pp. 747-748，1969年10月3日。
- 31) Les très grandes vitesses ferroviaires sur infrastructures nouvelles，R.G.C.F. No. spécial，1970年1月。
- 32) Wrixon，T.：Britain's Hovertrack Plans，Air-Cushion Vehicles，Vol. 14，No. 89，pp. 9-12+26，1969年11月。
- 33) Smith，S.F.：The Advanced Train，HSGT Journal，Vol. 2，No. 3，pp. 460-475，1968年9月。
- 34) Fonck K.H.：Bundesbahn plant neue Verkehrssysteme Phantastische Zukunft：Hamburg-München in 21/2 Stunden，Verkehr und Technik，Jg. 23，Ht. 2，s. 30，1970年2月。
- 35) 長浜正雄：国土開発に果たす国鉄の役割，森垣常夫「編明日に挑む国鉄」交通協力会出版部，pp. 235-252，昭和45年9月。
- 36) 超高速鉄道に関連した試験機器，鉄道線路，第19巻2号，昭和46年2月。
- 37) 磁気浮上列車に挑む—超電導磁気浮上基礎試験装置—完成交通技術，第26巻，第7号，pp. 34-37，昭和46年7月。

(1971.5.8・受付)