

高 速 鉄 道 に つ い て

文献調査委員会

1. は し が き

東海道新幹線の開通はわが国の鉄道に新たな息吹きを与えた。それはひとりわが国の鉄道のみならず世界の鉄道にも脚光をもたらした。最近のニュースによれば、わが国の東海道新幹線の成功に刺激されてアメリカでも、いわゆる北東回廊と称されるニューヨーク～ワシントン間、フィラデルフィア～ハリスバーグ間に最高速度 256 km/h の急行電車を走らす計画であるという。

昭和 39 年 10 月 1 日に開業した東海道新幹線は、表一に示すように着実な伸びを示し、42 年 7 月には開業以来の延べ乗車人数が 1 億人を越え、平均 1 日乗車人数は開業の年には 6 万人であったものが、41 年度には 2 倍の 12 万人となり、42 年 11 月 5 日には 24 万人という記録を作る盛況である。

表一 東海道新幹線 3 年の経過

	39 年度 (10月開業)	40 年度	41 年度	42 年 (8月末まで)
乗車人数 (1日平均) 人/日	60 539	84 841	119 955	147 689
最大乗車人数 人/日	3/27 92 901	1/3 184 626	3/27 238 178	4/2 230 455
輸送人キロ (1日平均) 10 ⁸ 人キロ/日	21 459	29 181	39 695	48 183
平均乗車キロ キロ	355.0	343.9	330.9	326.2
収 入 億円	194	550	892	446
支 出 〃	274	672	727	—
	10/1	10/1	10/1	10/1
列車設定本数 (片道)	30	43	上り 61 下り 60	平日 66 土曜 68 日祭 69

このような高速鉄道の成功は、旅客の速度向上あるいは時間短縮への強い欲求によることもさることながら、確固たる経済的基盤と技術的基盤に踏まえて成就されたのであるが、ここでは比較的土木工学に近い技術的基盤について高速鉄道の展望を試みようとするものである。

ただ高速鉄道といっても 3 つの段階に分けて考えることができる。第 1 は路面交通に対比して呼ばれる従来の都市高速度鉄道や在来の幹線鉄道(表定速度 30~90 km/h 位)、第 2 は東海道新幹線クラスの鉄道(最高速度 300 km/h 位まで)、第 3 はさらに高速の高速鉄道であ

る。第 2 と第 3 の高速鉄道の間には工学的に画然たる区別があるので、第 3 の高速鉄道については特に超高速鉄道と称する。

2. 高 速 鉄 道

高速鉄道は陸上における安全・正確・確実な経済的大量輸送機関として人類が速度への挑戦の結果成長してきたものといえよう。速度への欲求は尽くるところがないが、交通機関としてはあくまで安全・正確・確実で経済的でなければならない。

世界の鉄道のスピードの記録を見ると表二のとおりであり、フランスの電気機関車による 331 km/h (広軌) が最高であり、狭軌では日本の架線試験電車による 175 km/h が最高である。しかし、営業列車の最高速度はわが国の東海道新幹線の 200 km/h であり、諸外国の優等

表二 世界の鉄道のスピード記録

動力	年月	国名	軌間	列車または機関車	最高速度 (km/h)
蒸気機関車	1938.7	イギリス	1435	4-6-2 マロード機	201
〃	1954.12	日本	1067	C62	129
ディーゼル 動車	1939.6	ドイツ	1435	ディーゼル動車列車	215
電気機関車 および電車	1903.	ドイツ	1435	電車(2両)	209
〃	1938.7	イタリヤ	1435	電車(3両)	210
〃	1955.3	フランス	1435	C-C電機(No.7017) B-B電機(No.9004)	331(世界最高) 331(〃)
〃	1959.7	日本	1067	こだま号(電車)	163
〃	1960.11	日本	1067	架線試験電車	175(狭軌最高)
〃	1963.3	日本	1435	新幹線試験編成(電車)	256

表三 世界の代表的列車の表定速度

鉄 道	列車名	区 間	区間 (km)	表定速度 (km/h)	備 考
アメリカ	ユニオン・パシフィック	シテイ・オブ・デンバー	デンバー-シカゴ	1690	103.5 機関車けん引
ドイツ国鉄	ラインゴールド	ロッテルダム-バーゼル	789	107.1	〃
フランス国鉄	ミストラル	パリ-マルセイユ	863	114.0	〃
イギリス国鉄	プリストリアン	ロンドン-プリストル	191	114.7	〃
ソ連国鉄	クラスナヤ・ストレラ	モスコフ-レニングラード	651	82.2	〃
日本国鉄	あさかぜ	東京-博多	1198	70.4	〃
日本国鉄	ひかり	東京-新大阪	515	129	電車列車
イタリヤ国鉄	セテペロ	ミラノ-ローマ	632	103	電車列車

注：日本の列車は 1964.10 現在、他は 1962 年における比較である。

列車の最高速度は 140~160 km/h である。われわれが鉄道を利用する場合問題になる表定速度（停車時間も含めた発駅から着駅までの平均速度）は表-3 のとおりで、世界の代表的列車の表定速度は 110 km/h 前後となっている。

わが国では、東京~大阪間の到達時分と表定速度を見ると表-4 のとおりであり、昭和 11 年の 69.5 km/h から 36 年の 85.6 km/h まであまり速度の向上が見られなかったが、新幹線が開通して 40 年 10 月からの東京~大阪 3 時間 10 分運転（ひかり）では 163 km/h と

表-4 東京~大阪到達時分と表定速度の推移（最高速列車）

昭和		動力種別	到達時分	表定速度
11	東海道本線	E.L.からS.L.	8時間00分	69.5 km/h
23	"	"	11 47	47.2
31	"	E.L.	7 30	74.2
36	"	E.C.	6 30	85.6
39.10	新幹線ひかり	E.C.	4 00	129
40.10	" こだま	"	5 00	103
	" ひかり	"	3 10	163
	" こだま	"	4 00	129

注：東京~大阪 556.4 km，新幹線は東京~新大阪 515.4 km
E.L.：電気機関車けん引，S.L.：蒸気機関車けん引，E.C.：電車

なっている。

現在方式の鉄道で列車速度を制約する技術的諸要因としては車両自身の走行性能，すなわち動力装置，走行装置，ブレーキ装置などによる速度の制約のあることはいうまでもないが，このほかに車両の構造と軌道・架線などの構造との関係において作用する種々の要因によって列車速度は制約される。たとえば

- 1) 走行中の異状動揺あるいは横圧などによる車両の脱線
- 2) 曲線部における遠心力による車両の脱線転覆
- 3) 車両動揺による乗客の不快
- 4) 車両の走行中の振動・衝撃・横圧などによる軌道の破壊
- 5) パンタグラフの衝撃あるいは離線などによる架線の機械的電気的な破壊

などである。これにより列車は最高速度ならびに曲線および分岐器における速度の制限をうける。

前述のように新幹線によって格段と高速化されたわけだが，線路規格も非常に向上されているわけで，新幹線と在来線の線路規格を比較すると表-5 に示すとおりで

表-5 新幹線と在来線の線路規格

		新 幹 線 (東海道新幹線)	在 来 線 (1級線)
軌 間	標 準	1.435 m	1.067 m
	ラ ッ ク	最大 5 mm ($R \leq 400$ m の曲線)	最大 30 mm
曲 線	軌 間 の 公 差	+6 mm -4 mm	+7 mm -4 mm (クロッシング部 +5 mm -3 mm)
	最 小 曲 線 半 径	2500 m (+400 m)	800 m (+400 m)
側 線	側 線 (乗降場に沿う部分)	1000 m (端部 500 m)	800 m (+500 m)
	側 線 (分岐付帯)	500 m (回送列車, 貨物列車 200 m)	460 m (+240 m)
	側 線	200 m	160 m (+120 m 分岐内曲線 100 m)
	緩和曲線の長さ L(m) C: 実カント (m) Cd: カント不足量 (m) V: その最高速度 (km/h)	$L=300 C$ $L=6.2 CV$ $L=7.5 C_d V$ } のうち最大の長さ	$L=1000 C (+L=400 C)$ $L=10 CV (+L=7 CV)$ $L=9 C_d V (+L=7 C_d V)$ } のうち最大の長さ
直 線	直 線	100 m 以上 (不可能な場合両緩和曲線を直接結ぶ)	20 m 以上 (やむをえない場合で両緩和曲線を直接結ぶとき別で可)
	側 線	相当の長さ	カントのついていない直線を 5 m 以上
円 曲 線 の 長 さ	カ ン ト	100 m 以上 (不可能な場合両緩和曲線を直接結ぶ)	20 m 以上 (分岐付帯の場合を除く)
	カ ン ト	最大 200 mm	最大 105 mm
勾 配	最 急 勾 配	15‰ (18‰ $l \leq 2.5$ km, 20‰ $l \leq 1$ km)	10 ‰ (電車専用線路 35 ‰)
	側 線	回送列車 (30‰ $l \leq 0.25$ km) 貨物列車 3‰	3.5 ‰ (車両の解結・留置をしない場合 同上) 3.5 ‰ (車両の解結・留置をしない場合別で可)
最 小 縦 曲 線 半 径 (縦断)	側 線	10000 m (5000 m $V \leq 110$ km/h)	4000 m ($R \leq 800$ m の場合) 3000 m ($R > 800$ m の場合)
	側 線		1.9 m (一般の場合) 4.3 m (一般の場合) 4.9 m (トンネル・跨線橋などの場合) 5.7 m (電車線高さ標準の場合)
建 築 限 界	幅 (片 側) (直線部分)	2.2 m (一般の場合)	2.75 m 以上 (+2.6 m) (高さ 6 m 以上の築 堤では加算を要す)
	高 さ	4.9 m (電車線のない場合) 6.45 m (トンネル・跨線橋などに対して) 7.7 m (一般の場合)	3.8 m (+3.6 m) (隣接する 2 中心間隔の片方 4.5 m (+4.0 m)) 4.0 m (必要な場合 3.8~3.4 m 可) (曲線部では加算を要す)
施 工 基 面 幅 (片側) (直線部分)	電 車 線 な し	3.0 m 以上	
	ト ン ネ ル ・ 跨 線 橋		
軌 道 中 心 間 隔	電 車 線 標 準		
	停 車 場 外	4.2 m (4.0 m $V \leq 110$ km/h)	
停 車 場 内	停 車 場 外	4.6 m (必要な場合 4.2 m 可) ($R < 2500$ m では加算を要す)	
	停 車 場 内		

注：* やむをえない場合
カントとは曲線における左右レールの高さの差をいう

表一6 諸外国における高速鉄道建設計画

国名	輸送区間	目標到達時分	速度 (km/h)	目 途	記 事
アメリカ	ニューヨーク〜ワシントン (360 km)	3 時間	最大 256	1967.10 試運転開始	交流電車、試験期間 (2年間) 176 km/h モノレールなどあらゆる形態のものを検討の結果複線電気鉄道を採用
	ロスアンゼルス (160 km)		最大 112 平均 54	1972 営業開始 (第1ルート)	
	サンフランシスコ (120 km)		最大 128 平均 80	1971 営業開始 (南 Alameda の線)	
	クリーブランド市〜ホップキンス国際空港 (30 km)		平均 83	1968 営業開始	
カナダ	モントリオール〜トロント (540 km)	4 時間	平均 135	1967 営業開始	ガスタービン 空港地下に直通
イギリス	ロンドン〜ニューカッスル (430 km)	2時間25分	最大 240 平均 160	1970 営業開始	ガスタービン ふり子式車体
フランス	5 線 区	9 時間	最大 200 位	(1954 以来試験) 1967.4 試 験	直流方式など ガスタービン (ディーゼルと結合可) 貨物 (高速貨車)
	パリ〜マルセイユ		最大 120 平均 96	1967.6 営業開始	
ドイツ	マンハイム〜フライブルグ ハノーバ〜ブレーメン		最大 200		人口 10〜50 万都市を 200 km/h で結ぶ鉄道網
	ミュンヘン〜アウグスブルグ (60 km)		200		
ソ 連	モスコ〜レニングラード (650 km)	3時間40分	最大 200 〜250	1967 試 験	万国博覧会の呼びものとして建設、将来営業運転 試験で 205 km/h を達成

ある。大幅に変更されている主なものは、軌間・最小曲線半径・最小縦曲線半径であり、勾配の規格は新幹線がすべて電車化されているためむしろ緩和されている。高速化に際し勾配は経済的にある程度克服されるのに対し、角速度に影響する曲線半径は物理的にどうしても高速化の制約条件になるからである。なお、山陽新幹線の規格は東海道新幹線の規格よりさらに向上されている。

また列車の高速化のために東海道新幹線建設に際し特に研究された主な問題を列記すると

空気力学：列車の空気抵抗

トンネル内空気圧変動、車体の気密列車風、列車のすれちがい

集 電：架空電車線

パンタグラフ

信号保安：列車集中制御装置 (CTC)

自動列車制御装置 (ATC)

車内信号

(列車風とは列車の進行により地上に誘起される風をいう)

などがあげられよう。

最近諸外国でもわが国の東海道新幹線クラスの高速度鉄道の建設計画は各所に見られ、それ等を表一6に示す。

3. 高速鉄道から超高速鉄道へ

高速鉄道から超高速鉄道への基礎的問題を探ってみよう。

高速化のための条件として安全・快適・経済性はもろろんのことであるが、技術的な重要な基礎的問題は

- 1) 波動による障害
- 2) 振動：軌道の不整による振動 (乗心地、輪重の変

動)、蛇行動

3) 曲線通過の問題 (カント)

4) 粘着 (駆動)

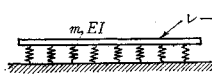
である。

波動による障害とは、何でも動く物体というものがその物体の置かれている周囲の媒質の中を伝わる波動の速度によって速さの制限を受けるという問題である。飛行機でいえば、飛行機によって生じる空気の圧縮波の伝わる速さ (音の速さ)、いわゆる音の壁で、この速度は 1224 km/h (340 m/sec) である。ジェット機は高空の空気が稀薄なところを飛ぶことによってこの壁を越えているということであるが、この問題を鉄道に照らして考えると 図一1 に示すようなレールを伝わる横波の速さと架線を伝わる横波の速さの問題がある。前者についていえば、列車速度がこの速度に近くなると抵抗が非常に大きくなり、後に大きな山ができるので軌道を破壊する。現在の新幹線についてこの速度を計算してみると、レールに対しては 1800 km/h で問題ないが、架線に対しては 400 km/h であるので、現在の新幹線よりも少し高速になると架線の問題が大きな問題になってくるということである。

図一1 波動による障害

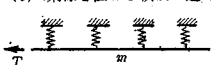
(1) 音速 $u = 340 \text{ m/s} = 1224 \text{ km/h}$

(2) レールを伝わる横波の速さ



$$u = \sqrt{2 \frac{EI}{m}} = 500 \text{ m/s} = 1800 \text{ km/h}$$

(3) 架線を伝わる横波の速さ



$$u = \sqrt{\frac{T}{m}} = 110 \text{ m/s} = 400 \text{ km/h}$$

軌道の不整による振動は簡単に模型化して考えると図-2に示すようであり、レールの上に車輪、車輪の上に台車、台車の上に車体というふうになべ装置によって連接され、変形をもったレールの上を車両が走ると当然振動が生じるが、実際問題として問題になるのは乗心地に関する車体の振動加速度と、車輪の脱線・粘着力に関する軸重の変動である。乗心地の問題について車両模型を使って計算すると速度 100~400 km/h について種々な波長 S に対して上下振動加速度 $a\omega^2$ は図-3のようになる。この乗心地係数は経験的にきめられたもので、1より下であれば乗心地がよく、2より上になると乗心地がわるく、3以上であれば非常に悪いということである。東海道新幹線では1.5以下を目途に設計され、この図で1.5のところを見るとそれに対する速度は230 km/h位であるということがわかる。蛇行動とはたとへ軌道に不整がなくとも高速になると車両が横に振れだす現象であるが、これに対しては最近いろいろと研究が進んで振動が起らないように台車を設計できるようになったということである。

なお、国鉄の列車速度調査委員会の報告（在来線を対象とする）によれば、乗客に対する加速度の許容限度は一般走行時は表-7に示すように考えられており、加減速時一般列車0.08 g、近距離通勤列車0.11 g、曲線通過時0.09 g（定常的な横方向加速度の限界）、分岐器通過時0.14 g（腰掛けている場合）とされている。

また軌道の横圧の限度は主として乗上り脱線と軌道の破壊から抑えられ図-4に示すとおりである。軌道の破壊は車両と軌道のいかににより定まるので、軌道破壊係数 A は

$$A = L \cdot M$$

(L : 荷重係数, M : 構造係数)

$$L = K \cdot T \cdot V$$

(K : 車両係数, T : 列車の通過トン数, V : 列車速度)と考えられ、鉄道技術研究所では、車両係数 K は

$$K = \frac{1}{1 + \epsilon \eta}$$

(ϵ : 車両のばねに関する係数, η : ばね上重量/ばね下重量)

(ϵ は道床振動に対してばね上を完全にしゃ断するようなばねのとき $\epsilon=1$, 全く無効のとき $\epsilon=0$ とする)としている。

図-2 軌道の不整による振動

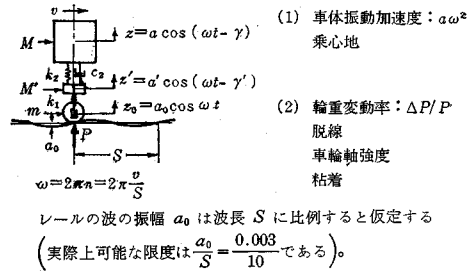


図-3 車両の振動性状

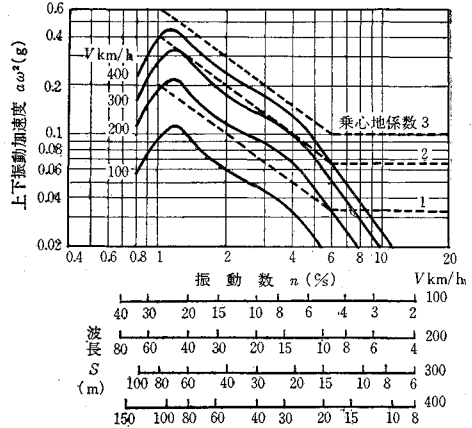
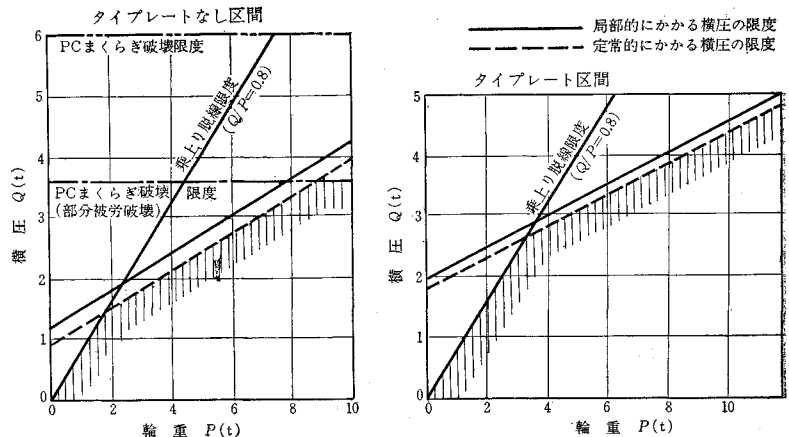


表-7 乗客に対する加速度の許容限度

加速度の方向 加速度の のかり方	姿勢		左		右	
	前	後	立	座	立	座
定常的	0.08	0.10 g	0.08 g	0.09 g	(0.13 g)*	
変	0.07 g/s		0.07 g/s			
振動 (単位 g)	0.025 (f=4~15 のとき) 0.0016 f (f>15 のとき)		0.08 (f<1 のとき) 0.08/f (f=1~4 のとき) 0.02 (f=4~12 のとき) 0.0016 f (f>12 のとき)		0.2/f (f=1~6 のとき) 0.033 (f=6~20 のとき) 0.0016 f (f>20 のとき)	

- 注: 1) g は加速度 (=9.8 m/sec²=35.28 km/h/sec)
 2) f は振動数 c/sec (サイクル/秒)
 3) * はエレベータ設計上の基準値
 4) 振動の限界については、必ずしも 5% 限界であるとはいえない。

図-4 軌道横圧限度 (50 kg レール)



曲線通過の問題は、カント計算速度と実際速度の相違による横方向加速度の問題であるが、高速になればなるほど一寸のことに乗客は不安を感じるということであるので、新幹線の場合横方向加速度の限界は 0.05 g 位であると考えられる。いま曲線半径 2500 m として最大カント 200 mm とすれば、停止した場合横方向加速度は曲線の内側の方向に 0.13 g であり、列車速度が 200 km/h の付近で平衡状態となり、曲線の外側の方向に 0.05 g の横方向加速度を生ずる列車速度を求めると 240 km/h ということになるので、東海道新幹線の線路規格では、曲線で 240 km/h 位しか走れないということになる。これに対して、現在では特異な試みであるが、フランスでは車体を重心より上で支えるという振り車両（懸垂式モノレールの車両もこれに属すると考えられる）が作られており、またわが国では加速度計によって超過遠心力を検知し、それに応じて油圧筒を作動させて自動的に車体を傾けてやるという車両も実験に成功しているということで、曲線通過の問題で乗心地の問題は一応解決しているわけである。

粘着の問題とは、列車が高速になると列車抵抗が急激に大きくなるが、鉄道が車輪とレールの間の摩擦（粘着）によって駆動するという方式をとる限り、駆動力には限度があるという問題である。列車抵抗には通常走行抵抗・勾配抵抗・曲線抵抗が考えられ、新幹線 12 両 ($W = 720 \text{ t}$) の走行抵抗 R は

$$R = (1.2 + 0.025 V) 720 + 0.1481 V^2$$

(R : kg, V : km/h)

で表わされる。走行抵抗には機械的な抵抗も空気の抵抗もあり、ともに高速になると増していくが、特に空気の抵抗は速度の二乗にしたがって増す。勾配や曲線がある場合、走行抵抗に勾配抵抗・曲線抵抗が加算されて列車抵抗となる（下り勾配ではもちろん差し引きされる）。また列車が高速になると長いトンネルでは、トンネルにおける列車の空気抵抗も勾配抵抗などと同様に加算されなければならない。それは条件によっては勾配に換算して 10% にも達する。さて列車の加速力は図-5 に示すようにけん引力と列車抵抗の差であるが、動力がそんなに大きくない場合、けん引力は動力の大きさによって決まる。しかし動力をどんなに大きくしようとも車輪が空転してしまえば有効なけん引力になりえないので、車輪とレールの間の摩擦係数（粘着係数）で決めるけん引力の限界がある。

粘着係数は試験機による実験の結果図-6 に示すようになり、速度の上昇とともに低下する。東海道新幹線における現場実験の結果は、粘着係数 μ がだいたい $\mu_0 = \frac{27.2}{V+85}$ と $\mu_w = \frac{13.6}{V+85}$ (V : 速度 km/h) の線の中に収まるので、粘着力の計算には安全側に撒水した場合の μ_w

図-5 列車抵抗・けん引力・粘着力

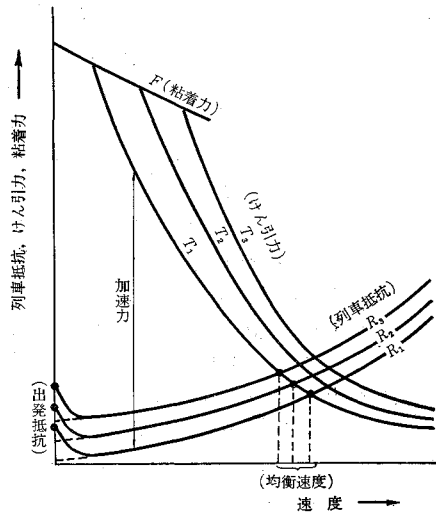


図-6 速度と粘着力

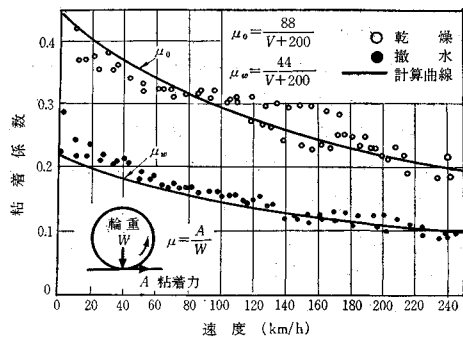
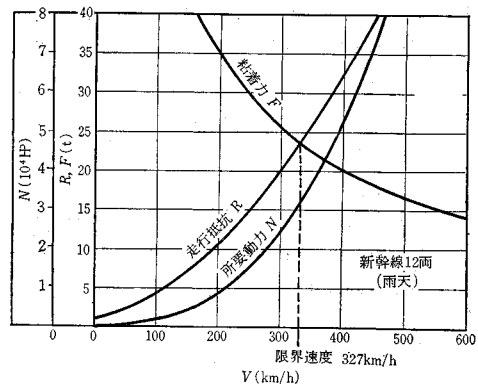


図-7 走行抵抗と粘着力

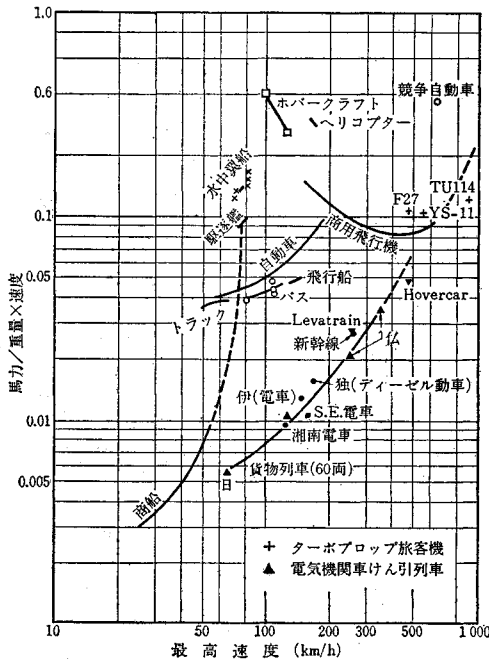


をとる。かくしてこの粘着係数より求めた粘着力と列車抵抗の基準の場合である走行抵抗をとり、両者がバランスする速度を求めると図-7 に示すように 327 km/h となる。この約 330 km/h という速度がもはや粘着を利用して車両を走らせるということの可能な限界速度であるということである。そこで実用的運転速度としては 250

～300 km/h が限度であると考えられる。

図-7 には所要動力 ($N = \frac{VR}{270} \times \frac{1}{\eta}$ [HP] $\eta = 0.9$) も併記してある。このように鉄道は限界速度に近い速度を出しうるように動力を装備した新幹線といえども、鉄道は船をのぞく他の交通機関より馬力効率が優れていることが図-8 よりよく解る。さらに粘着力による限界速度を越える超高速鉄道であっても、鉄道は馬力効率がまだまだ優位にある経済的な交通機関であることが期待できる。

図-8 各種交通機関の速度と馬力効率



4. 超高速鉄道

ここでは超高速鉄道の方式とその開発の現況を諸文献より一瞥してみよう。

高速鉄道を実用上 300 km/h 以上の速度で走らせるための大きな問題点は振動・粘着・集電であり、具体的には車両の駆動方式をどうするか、また車両の支持方式をどうするか、という問題である。そこで高速鉄道の方式を速度段階により示してみると図-9 のようになり、車両の駆動方式としてはリニアモータ、プロペラ、ジェットが考えられ、支持方式としては車輪、エアクッションが考えられている。

リニアモーターは、粘着によらない駆動方式として最近注目されているもので、その原理図は図-10 に示すようで、現在の丸いインダクションモータを切って伸ばしたようなものであり、モータの中の回転部分のローター

図-9 速度と高速鉄道の方式

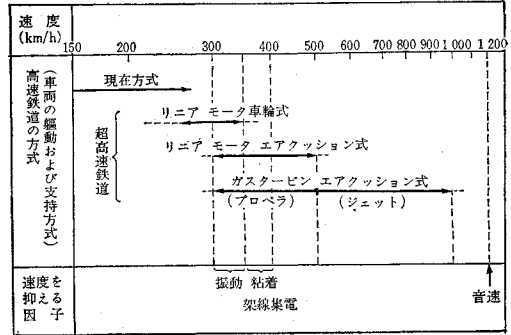
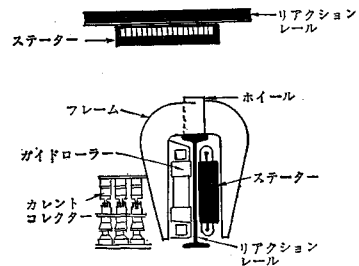


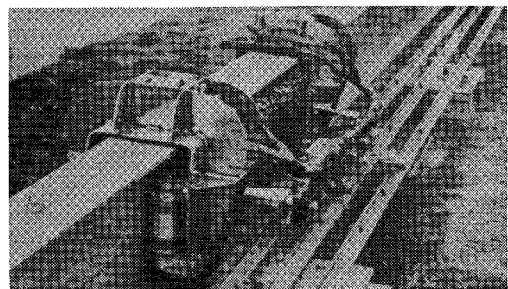
図-10 リニアモーターの原理図



とまわりのステーターの間の電氣的誘導作用を、車上のステーターと地上のリアクションレールとの間の電氣的誘導作用に置換えたものである。したがって、車上のステーターと地上のリアクションレールの間をできるだけ小さい間隔 2～3 mm 位に保たねばならないという技術上の問題点があるが、高速運転には性能がよいので将来が期待されている。鉄道技術研究所ではその模型がいろいろ作られており、たとえば図-11 に示すようなものである。これはモノレールタイプであるが、駆動方式にリニアモータを使用するというは一応支持方式とは無関係であり、支持方式がふつうの鉄道と同様な車輪であるリニアモータ台車模型も作られている。速度が 300～350 km/h の超高速鉄道はそのようなタイプのものも考えられる。

もっと高速にしようとする、支持方式に車輪を使う現在方式では振動の問題その他で不可能であるので、た

図-11 リニアモーター車両台車の模型 (鉄研)



たとえばホバークラフトのようなエアクッションを利用することになる。リアモーターは、現在の普通のモーターに比べればずっと軽いということであるが、高速にしようとするとき大きな馬力を出さなければならなくなるので、現在の技術でいくとかなり重いということである。そこで馬力当りの重量が小さい動力に頼るといことになるので、エンジンはガスタービンにするということになり、駆動方式はプロペラかジェットにするということになる。

諸外国の超高速鉄道開発の現況を拾ってみよう。アメリカでは 1965 年 9 月に“陸上高速度交通機関研究法”が制定され HSGT と略称される陸上高速度交通機関の調査研究が MIT (Massachusetts Institute of Technology) などで行われ、HSGT は現存する鉄道とは根本的に異なったもので、幹線の速度は 320~480 km/h、安全・天候・騒音・振動などの面から完全覆工、支持方

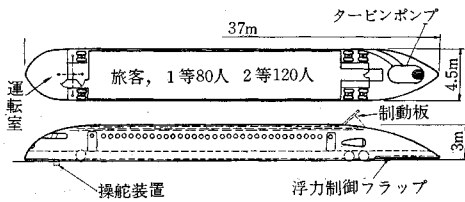
式はエアクッションで、他の都市内外輸送機関と緊密に連絡した新しい都市輸送機関になろうとっている。図-12(a) は MIT が HSGT の一例として報告に掲げたものであるが、幹線・支線列車間の乗換は走行中にカプセルによって行なうなどの構想も含まれているようである。

HSGT の構想としてはほかにも、Ford の Leve Car (図-12 (b) 2階式、乗客 200 人、ターボプロップ、速度 240~560 km/h)、レンスラー工科大学 J.V. Foa 博士のチューブ鉄道 (図-12(c) 長さ 40 m、乗客 140 人、ファンジェット、速度 400~640 km/h)、MIT 学生の Glideway (図-12(d))、General American Transportation Corporation の RRollway (図-12 (e)) がある。

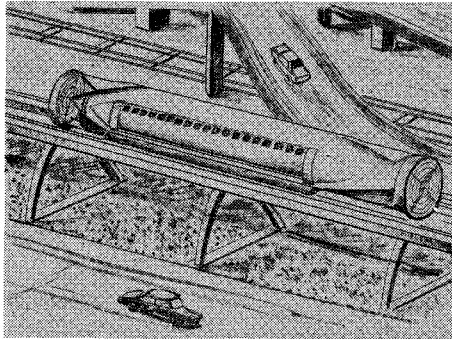
Glideway は“Glideway System”と称し、MIT システム工学コースの学生達 40 名による共同研究課題として提案されたものであって、Seifert 教授らによって指

図-12 各国の超高速鉄道の構想

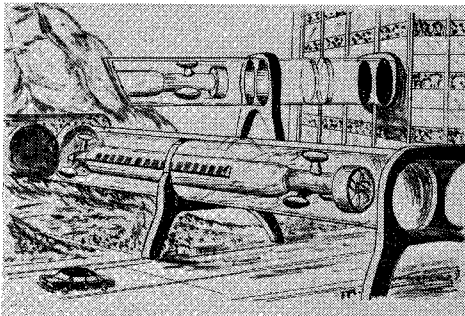
(a) MIT のガスタービン駆動高速鉄道 (アメリカ)



(b) フォードのレバーカー (アメリカ)

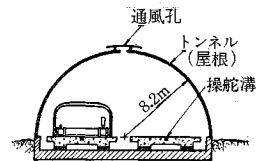


(c) レンスラー工科大学チューブ鉄道 (アメリカ)

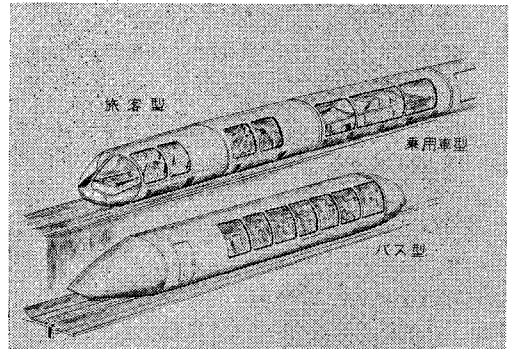


車両諸元

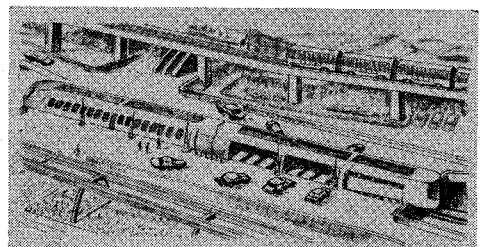
長さ	37m
高さ	3m
幅	4.5m
重量	68ton
旅客	200人
速度	455km/h
出力	5000HP
(油圧モータ, ポンプ)	



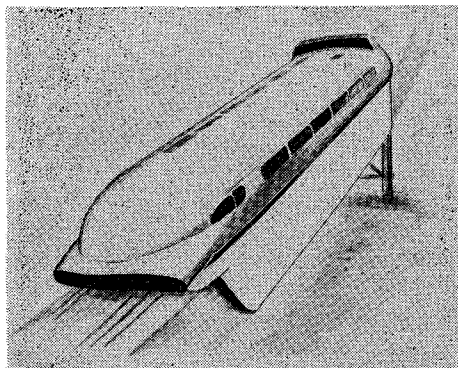
(d) MIT 学生の Glideway (アメリカ)
(旅客列車様式、バスモジュール)



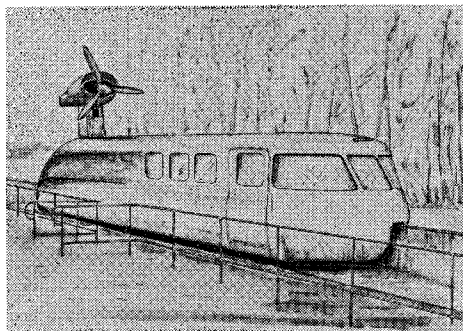
(e) GATC の RRollway (アメリカ)



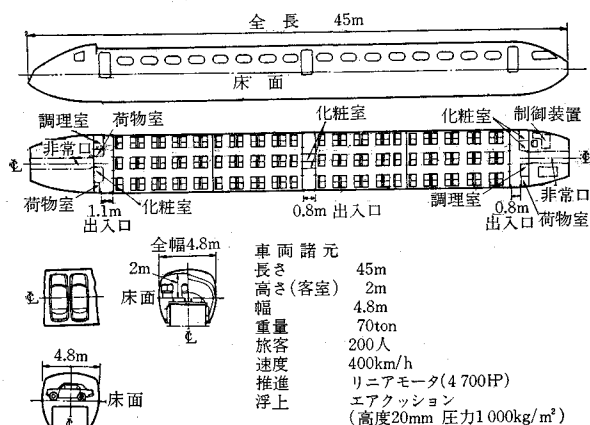
f) Tracked Hovercraft (イギリス) 1/25 模型



g) Aerotrain (フランス)

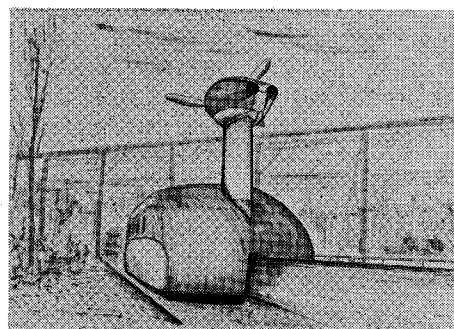


実物想定図



車両諸元	
長さ	45m
高さ(客室)	2m
幅	4.8m
重量	70ton
旅客	200人
速度	400km/h
推進	リニアモーター(4700HP)
浮上	エアクッション (高度20mm 圧力1000kg/m ²)

自動車載せた場合



導され、技術的内容はもちろん、研究開発システムや社会的・経済的・政治的見地からも検討が加えられている。図-12(d)で旅客列車様式には前部に旅客が乗ってその後に乗用車が乗っている。またオートモジュールといって単独の乗用車を乗せるものも考えられている。RRollwayは軌間5.5mの超広軌で、車体幅7.3m、長さ40mで速度240~320km/hとされている。

イギリスではホバークラフトの広範囲な特許をもっているHDL社(Hovercraft Development Limited)が研究している“Tracked Hovercraft”(図-12(f))がある。これは1966年6月の世界最初のホバーショーに際し特設の試験線で走らせたもので、エアクッションで浮きリニアモーターで走る模型で、つぎの段階には廃線を利用して人の乗れるディーゼル機関付大型模型の実験を計画中であるという。

フランスではJ. Bertin氏が研究開発した“Aerotrain”(図-12(g))がある。これはイギリスよりはるかにおくれて着手されたが、政府の強力な援助により進歩が速かったという。試験車(実物の約1/2, 6人乗り)

は長さ10m、重量2.5t、単位長重量250kg/mであり、実物でも800kg/m以下になり、1967年12月には速度345km/hrを記録した。試験線は約7km(完成すると約11km)敷設され、ほとんど水平・直線であるが、一部分半径1500mのSカーブがつけてあり、断面は逆T形プレコン製で幅1.8m、中央壁の高さ約55cmで乗心地は特に良いそうである。1966年11月にはAerotrainの建設法案が閣議で可決され、1968年には約100kmの建設が見込まれ、実物大の試験が計画されているという。

路線と軌道についての資料としては、深層トンネル・浅掘トンネル・地表・高架の利害得失を比較したMITの報告(表-8)があり、深層トンネルを推奨しているが、いちがいに速断できない。またMIT学生のGlidewayのガイドウェイは図-13のようにになっている。標準計器を使って100m当り2.5cmの精度で作ることができ、車両が車輪を使って走行する場合でもその荷重を楽に支持できるとしている。

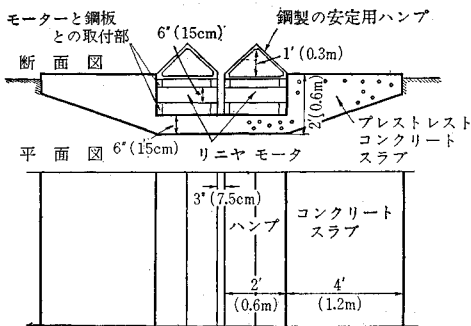
超高速鉄道の構想としてかなり具体的に打ち出されているものをまとめると表-9のようになる。この表でイギリスの構想はどの程度信憑性があるか疑問であり、多分に想像的であると思われる。またイタリアについては直接の情報ではないので確かではない。

振り返ってわが国における超高速鉄道の特異な研究と

表-8 MIT の路線比較

線路選定	トンネル		地 表	高 架
	深層トンネル	浅掘トンネル		
線路選定	弾力性大	市街地で深基礎建物や地下工作物で制限される。	市街地で土地利用に非常な制限を受ける。	市街地で土地利用道路位置である程度制限される。
現状への影響	なし	効用の妨害	妨害が大、特に市街地で、道路などはガイドウェイに橋をかけなければならない。	構造物および空間が影響を受ける。
一般の隔離と安全	非常によい。一般とは完全に隔離される。	堅岩トンネルと同様	よくない。フェンスなどの特別の構造物を一般の安全と騒音防止のために設備の要あり。	良い、一般とは適当な隔離となる。
脆弱性	計画的なサポーター以外は比較的耐え、修復は困難	堅岩トンネルと同様	適当に脆弱で適当に修繕困難	極端に脆弱で修復は非常に困難
美学および心理学上の問題	外観上には問題なし、旅客は閉じ込められた影響と視覚上の欠乏に苦しむ	堅岩トンネルと同様	現在の道路、鉄道の形式と同様	構造物が非常によく見えるので高架鉄道と同様に問題を引き起こす。
一時的変形	無視できる。	ほとんど無視できる。	0.1° のオーダにできる。	大体 1° のオーダでできるが車両のスピードと加重される。
長期的変形	地震の地域以外は無視できる。	1 in のオーダ	1° あるいは 1° のオーダにできるが、移動がとめられないなら悪い土質は架構にする。	1° のオーダにできる。
用地費	無視できる。	無視できる。	非常に高い、特に市街地で	高いが現在道路の空間の利用で減少できる。
建設費	高いがはっきりしない(掘削機械の進歩、建設中に思わぬ欠陥のある地帯に入る)。	高いがはっきりしない。掘削費は高価、選定および工作物の移送、基礎の支柱	最小価格	建造物に金がかかる。特に市街地で
運営費	通路や通風などの設備に関して金がかかる。	堅岩トンネルと同様だがそれより金はかからない。	最小価格	地表線路よりはほんの少し金がかかる。

図-13 MIT 学生 Glideway のガイドウェイの構造

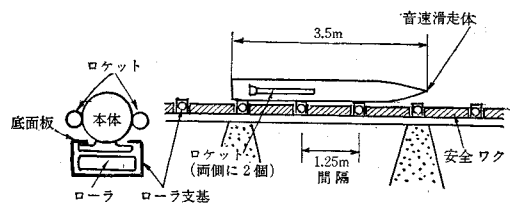


(ソ連)に紹介され旅客列車の運転速度を増大する技術的発見の方向を示していると評されている。

5. 国鉄における高速鉄道の計画

超高速鉄道についてはまだまだ解決されなければならない技術的問題も多いが、最近の技術の発達はめざまし

図-14 名城大における音速滑走体



しては、名城大 小沢教授の音速滑走体(図-14)がある。300 m のコースを速度 920 km/h で走ったという。実用化にはまだまだ時間がかかると思われるが、グドック誌

表-9 諸外国における超高速鉄道の構想

国名	輸送区間	目標到達時分	速 (km/h)	軌道	車両	記 事
アメリカ	ワシントン～ボストン (740 km)	2 時間	最大 640 表定 370	チューブ 1/4～1/3 地下	エア・クッション リニアモータ駆動	商務省の担当で計画の決定と予算化に 2～3 年、建設に 5 年を要すると見られ 1975 年に完成する予定である。建設費は 30～40 億ドルと見込まれている。
イギリス	ロンドン～プリストル マンチェスター エデンバラ (640 km)	40 分 55 分 100 分	最大 480	高架 人形	エアクッション 電動ターボファン リニアモータ駆動 2 階構造 150 人乗 43 t	Hovercraft Development Limited 社において開発が進められている。
フランス	パリ～リヨン (450 km) オルレアン (120 ㎞) オルライ (11 ㎞)	70～90 分 25～35 分 4～5 分	最大 400	高架 3.5 m I 型コンクリート製	エア・クッション プロペラ推進 定員 80～100 人	フランス政府は飛行列車の試作、実験を行なうことを決定している。試作第 1 号車は 2 年以内に完成の予定といわれる。
イタリア	100～500 km の都市間		最大 400	高架 3 m I 形	エア・クッション プロペラ推進 定員 100 人 自重 25 t	

いので、超高速鉄道の運転が技術的に可能となる日もそう遠くはないであろう。しかし超高速鉄道が経済ベースにのる実用的交通機関たりうるには相当の技術の進歩が期待されなければならないと考えられる。

そこで、当面の問題は、東海道新幹線方式の高速鉄道(多少の改善はもちろんである)を他にいかに適用していくかという問題であろう。現在、国鉄では山陽新幹線の新大阪～岡山間が、昭 42.3 に着工され、昭 47.4 に開通するべく工事が進捗中である。それはやがて博多まで延長されるであろうが、さきに昭 41.1 に国鉄よりわが国の背骨にあたる札幌～博多間の新幹線計画が“20 年後の国鉄”ということで発表され、昭 42.5 には鉄道建設公団 篠原副総裁(当時土木学会会長)が土木学会総会において“鉄道の現状と将来”ということで国土の均較ある発展のために高速鉄道によって全国鉄道網を再編成する構想を発表された。また昭 42.6 には富山県知事から北陸まわりの東京～大阪間新幹線の構想が発表されている。

昭 42.9 には再び国鉄が“全国新幹線鉄道網・首都圏高速鉄道網の整備について”ということで高速鉄道網の構想を発表したが、これは最近の人口の大都市集中とそれともなう種々の問題を解決するための政策を検討するための政界よりの諮問に対する回答として発表されたものである。

その内容は地方中核都市と東京～大阪などの大都市圏

とを3～4時間で直結して(一部の地を除く)1日行動圏とする、あるいは首都圏への人口集中に対し住宅地域や業務地域の画期的な新配置を行ない「過密なき集中」を実現するために高速鉄道を建設しようというもので、図-15、16、表-10 に示すような構想のものである。

また東京～大阪間については、東海道新幹線の輸送需要の伸びが予想を上まわるほどいちじるしいので、もう一つの東海道新幹線が考えられている。それには、東京～大阪間は直線距離で約 400 km であるので現在の“ひかり級”新幹線でもルートを選べば2時間30分で結ぶことができるのであるが、平均速度 350 km/h、最大速度 500 km/h で東京～大阪間を1時間30分で結ぶというリニアモータ駆動の超高速鉄道の構想も考えられている。

このような構想の実現をはかるためには輸送需要の見とおし、輸送方式、技術上の問題、経済性など多くの問題点があるが、土木技術の問題としてはトンネル掘さく技術の問題が中でも重要ではないかと考えられる。またこの計画の推進のためには国の計画としての立法化の方法、資金確保の手段、国土開発・住宅・道路など国の重要計画との協調方式などが重要な問題であるとされている。

道路投資など他の交通機関整備とのかねあいもあるであろうが、要は、稠密な人口、複雑な地形などわが国の特殊事情を十分考慮の上国民経済的視野から合理的な将

図-15 全国新幹線鉄道網

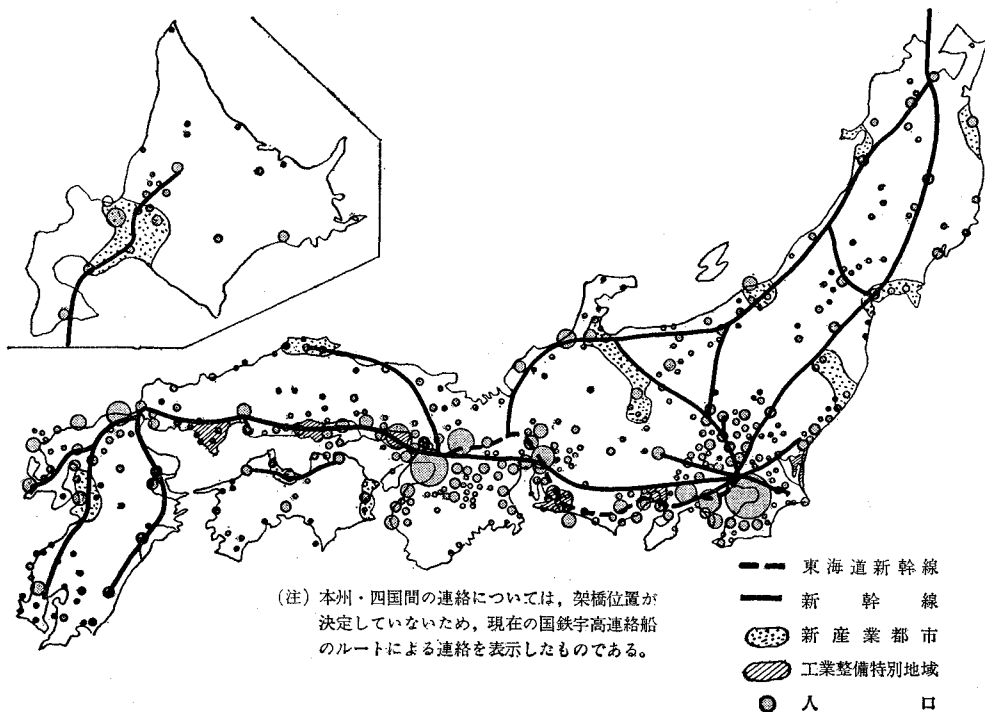
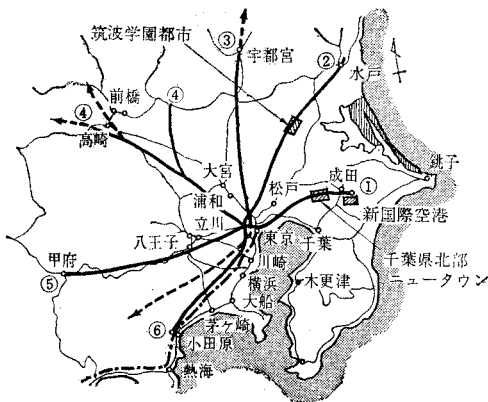


表-10 東京～大阪からの到達時間

	都市名	現在 (41.10)	46 年度	新幹線網
		時分	時分	時分
東京	旭川	21.55	17.50	6.20
	札幌	19.25	16.10	5.50
	青森	10.24	8.00	3.50
	仙台	4.44	3.50	1.50
	秋田	8.30	6.40	2.50
	新金沢	4.45	3.50	1.30
	名古屋	5.58	5.30	1.50
	大坂	2.00	2.00	1.40
	高松	3.10	3.10	2.30
	岡山	7.55	6.10	3.40
	広島	5.50	4.10	3.20
	博多	8.00	6.20	4.10
大阪	鹿兒島	12.15	10.20	5.40
	鹿児島	19.33	14.40	7.10
	金沢	3.43	3.00	1.20
	広島	4.22	3.00	1.40
	松山	6.00	4.00	1.30
	高松	4.15	3.00	1.10
大阪	松山	7.30	5.50	1.50
	博多	8.35	6.30	3.10
	長崎	11.30	8.20	3.50
	熊本	10.26	7.50	3.50
	鹿兒島	15.53	10.30	4.40
	大分	10.05	7.20	3.20
	宮崎	13.41	9.50	4.10

注: 1) 46 年度は在来線整備による高速化によるものである。
 2) 46 年度の新幹線は東京～岡山間である。
 3) 新幹線の最高速度は 250 km/h, 平均速度は 200 km/h である。

図-16 首都圏高速鉄道網



来の輸送体系がいかにあるべきかということが最も基本的な問題であろう。

参考文献

a) 引用文献
 1) 鉄道の現状と将来, 篠原武司, 土木学会誌 1967.7
 2) 将来の高速鉄道について, 松平 精, 経営科学 1966.12
 3) 超高速鉄道開発の現況, 栗原 彰・武富 章, 鉄道技研速報 昭 42.6
 4) 将来の東海道線 (超高速鉄道の必要性の検討), 高橋寛, 鉄道技研速報 昭 42.3
 5) 超高速鉄道のガイドウェイ, 高橋 寛, 鉄道線路 1967.6
 6) 20 年後の幹線鉄道網, 坂 芳雄, 交通技術 1967.10
 7) 列車速度委員会の成果, 山之内秀一郎, 交通技術 1963.8
 8) 外国鉄道と国鉄の列車速度, 海老原浩一・岡部俊男,

JREA 1965.5

9) 将来の高速鉄道 (現在鉄道のスピード限界) 栗原 彰, JREA 1965.5

b) 総合的文献

1) 高速鉄道の研究, 鉄道技術研究所監修
 ① 線路 ⑥ 車両のブレーキ
 ② 軌道 ⑦ 空気力学・空気調和・騒音
 ③ 車両の動力性能 ⑧ 架空電車線とパンタグラフ
 ④ 車両の強度 ⑨ き電方式
 ⑤ 車両の運動 ⑩ 信号保安
 2) 各国列車スピード (主題別文献目録), 鉄道技研・技術情報部 1966.8
 ① 列車速度一般 ③ 各国における高速列車
 ② 超高速鉄道 ④ 列車速度・制約要因
 3) 高速鉄道 (小特集), JREA 1967.4
 高速鉄道と技術上の問題点, 杉田安衛
 高速車両における振動問題, 松井信夫
 高速車両の走り装置, 石沢応彦
 高速鉄道における列車制御, 河辺 一
 超高速鉄道 (主として推進と浮上動力について), 栗原 彰
 超高速鉄道の夢と土木技術, 町田富士雄・石崎昭義
 4) 外国鉄道技術情報, 高速運転特集号 (その1), 日本国有鉄道 昭 42.3
 ORE (UIC (国際鉄道連合会) の技術研究所) の高速運転第2回会号 (1965) においてフランスから発表されたもの "R.G.C.F" 1966.3, ドイツ国鉄で研究されたもの "ETR" 1966.6 (いずれも現在線の高速化を対象とする) の抄訳
 5) 外国鉄道技術情報, 高速運転特集号 (その2), 日本国有鉄道 昭 42.3
 MIT 学生によるアメリカ北部回廊用高速陸上輸送体系の提案として 1965 年春に発表された "Glideway System" の各章 (まえがき, 第 1~12 章) ごとの抄訳

c) 一般文献

1) "サンフランシスコ港湾高速鉄道における 4 方式の ATO システムについて", Railway Signaling & Communications (1964.9)
 2) "新しい高速車両の構想", Railway Age (1965.7)
 3) "高速運転の将来性", 鉄道輸送 (ソ連) (1965.7)
 4) "高速チューブ輸送", Scientific American (1965.8)
 5) "軌道上を走るホバークラフト (第2報)", The Engineer (1966.6)
 6) "高速列車の所要エネルギー", Railway Gazette (1966.7)
 7) "シドニー～メルボルン間の高速鉄道計画", Railway Transportation Vol. 15, No. 7 (1966.7)
 8) "エアクッション技術と高速鉄道", Revue Generale des Chemins de Fer (1966.9)
 9) "クレベランド空港の高速鉄道", Railway Gazette (1966.9)
 10) "エアロトレインに関する考察", Convention on Guided Land Transport (1966.10)
 11) "市内と空港を結ぶ高速鉄道の建設", Engineering News-Record (1966.11)
 12) "高速鉄道輸送ルネッサンス", Civil Engineering Vol. 36, No. 12 (1966.12)
 13) "ニューヨーク～ワシントン間を結ぶ高速鉄道計画", Railway Gazette, Vol. 122, No. 24 (1966.12)
 14) "ロサンゼルス的高速鉄道", Railway Gazette (1967.1)
 15) "ロサンゼルス的高速鉄道", Civil Engineering, Vol. 31, No. 2 (1967.2)
 16) "ストックホルムにおける高速鉄道の発達", Railway Gazette, (1967.2)

- 17) “地球上の高速鉄道の安全”, Railway Gazette (1967.2)
- 18) “都市間輸送用の騒音の少ない“ホバートレイン”をイギリスで計画している”, I.R.C.A. No. 4 (1967.4)
- 19) “サンフランシスコ湾岸高速鉄道 (BART) の ATC の決定”, Railway Gazette Vol. 123, No. 12 (1967.6)
- 20) “フランス国鉄の高速貨物列車”, La Vie du Rail No. 1102 (1967.6)
- 21) “フランスのターボトレイン”, La Vie du Rail No.1105 (1967.7)
- 22) “イギリスのターボトレイン”, International Railway Journal Vol. 12, No. 7 (1967.7)
- 23) “ニューヨーク〜ワシントン間を結ぶ新高速車両”, Railway Age Vol. 163, No. 5 (1967.8)
- 24) “超高速鉄道について”, グドック誌 (ソ連) (1967.9)
- 25) 飯山雄次: 人間工学からみた高速鉄道, JREA (1966.5)
- 26) 小野純朗: SST (超音速・大量化) に備えて一主として空港・都心間輸送の世界的傾向一, 交通技術 (1967.7)
- 27) 宇佐美吉雄: リニアモータ, JREA (1964.1)
- 28) 宇佐美吉雄: リニアモータその後, JREA (1965.1)
- 29) 宇佐美吉雄: リニアモータとその応用, 日本機械学会第280回講習会 (1967.6)
- 30) 関 長臣: リニアモータ応用の現状, 交通技術 (1967.7)
【担当委員 宮田 一: 国鉄鉄道技術研究所】

再版間近い

日本の土木技術 — 100年の発展のあゆみ —

日本の今日における輝かしい土木技術発展の陰には、明治初期から約100年にわたる多くの先輩方の努力を見逃してはなりません。本書は従来あまり見られなかった土木技術史の領域に目を向け、現在を力強く支えている数々の貴重な業績を新しい体系で追ったきわめてユニークな書籍です。若い技術者とくに、これから土木工学の真髄をきわめようとする学生諸君、建設会社に就職された新入社員に、土木とは何か、そしてなすべき仕事は何だろうか、という問題意識を高める上に貴重な書籍ですので学校、会社等でまとめて購入されるようおすすめします。

体 裁: A5判 488 ページ 上製箱入美本 定 価: 1 200 円 送 料: 150 円

PC不静定構造物の設計

Y. ギヨン 著

極東鋼鉄コンクリートKK・工博
藤田亀太郎 監修

わが国経済の未曾有の発展につれて、新幹線、高速道路網、港湾設備、住宅等の建設が盛んになり、これに伴ってプレストレストコンクリートの利用も爆発的に増加した。本書は現在世界におけるPCの第一人者であるギヨン博士が、その該博な知識と経験にもとづいて、PC不静定構造物について、計画の立て方から、計算法、設計の細部に至るまでを平易直截に解説したものであり、関係者にとって無二の必読書となるであろう。

宮崎 昭二 訳
津野 和男

《主な内容》不静定プレストレストコンクリート構造物の一般論・単純なケーブル配置で、許容力度を満足するコンゴードケーブル形状・PC連続げたの一般式・連続げたの設計計算例・キャップケーブルに関する注意、キャップケーブルとハンチとの類似性・大きな連続構造物で一樣でないケーブルを用いる場合・アーチとラーメン・高層ラーメン構造物の設計・施工目地と調整・経済比較

B5判・370頁・上製箱入
定価2,500円

現場 必携 コンクリートポケットブック

千葉工業大学教授 大島久次・千葉工業大学助教授 羽倉弘人編……………ポケット判・上製・232頁・価600円

共立出版株式会社

東京都文京区小日向4・振替東京57035

図書目録送呈