経営科学 第10巻 第1・2号 (1966年12月)

<特別講演>

将来の高速鉄道について†

松平　精*

本日は将来の超高速鉄道という題で，話をするようにというご依頼を受けましたので，OR学会とは直接の関係はございませんが，みなさんの常識として，あまり専門にわたらない程度で，将来20年ぐらい後に，日本の鉄道はどうなるであろうか，あるいは世界の鉄道はどうなるであろうかといった問題についてお話してみたいと思います．

東海道新幹線ができて，これを契機として世界の鉄道は非常な勢いで，スピード・アップの傾向を見せております．

たとえばドイツでは，昨年の9月ミュンヘンで開かれた万国交通博覧会の呼びものとして，ミュンヘンと，60キロぐらい離れたアウグスブルグの間を時速200キロの列車の運転をやっております。これは博覧会の会期中だけでしたが，近い将来，実際の営業に移すということで，さかんに準備しております．

フランスにおいても，すでにこの数年来，時速200キロないし250キロの運転試験を，さかんにやっておりまして，非常に近い将来，営業運転として200キロ運転をやろうということになっているそうです．

ソ連でもモスコー．レニングラードの間で，時速200キロ運転をめざしているということが，伝えられています．これらはすべて日本の新幹線210キロ運転に，非常に大きな刺激を受けて，負けないでやろうということの現れだろうと思われます．

一方，鉄道は斜陽産業である，といわれておったアメリカでさえも，ボストン・ワシントン間の，ちょうど日本の東京，大阪に匹敵する大都市圏の中の交通として，やはり鉄道，あるいはそれに類した高速陸上交通機関が，必要であるという見地から，前のケネディ大統領の声がかりで商務省が中心となって，その計画がたてられ，MITその他で大がかりな研究が始められています．その計画の一環をなす最初の具体的な試みとして，とりあえず現在ある鉄道線路の上を，新たに高速用に設計した車両を，日本の新幹線と同じように，できるだけ速く走らせてみようじゃないか，ということがいわれておりまして，これに対して，すでにアメリカの2つの会社が，新しい車両の試作を発表いたしました．これを商務省が承認して，おそらく今年中には，実験に移

† 1966年5月10日　春季研究発表会講演

* 日本国有鉄道　鉄道技術研究所

© 日本オペレーションズ・リサーチ学会．無断複写・複製・転載を禁ず．

るだろうと思われます．これは最高時速160マイル（256キロ）です．この車両にはかなり新しい技術が使われておりまして，われわれとしても，非常に注目すべきものだと思います．

さらに，現在の鉄道形式を離れた，もっと別の形式の鉄道，それは時速300キロないし500キロのスピードを出そうという新しい形式の鉄道に対しての研究も，アメリカの高速陸上交通機関プロジェクトの外に，世界各国でさかんに行なわれております．特に今かなり進んでおりますのは，フランスで発明された，車輪を使わないで浮き上がって走る方式．それはすでに人間の乗れる車の実験までやって，かなり急速に研究が進められております．

こういった情勢があるわけですが，きょうここでお話したいと思いますのは，それでは現在の鉄道車両というものは，大体，時速何キロまで走れるだろうか，そして，それにはどういう障害があるか，また，その障害を乗り越えるためには，どういう手段を施せばいいか．そして，それを乗り越えたあとで出現すべき，将来の超高速車両というものは，いかなる形式のものになるであろうかといったことを，現在のわれわれの研究と，世界各国からの情報を，総合してお話してみたいと思います．

1964 WORLD HIGH SPEED TRAINS

COUNTRY	TRAIN	FROM	TO	Km	TIME(min.)	SPEED(Km/h)	NOTE
JAPAN	Hikari	Tokyo	Osaka	515.4	190	162.8	Nov. '65
	Hikari	Tokyo	Nagoya	342.0	149	137.7	
GERMANY(W)	Rhein Gold	Freiburg	Karlsruhe	134.0	59	136.2	
FRANCE	Mistral	Paris	Dijon	314.0	142	132.8	
U.S.A.	Superchief-El C.	Garden City	Lamar	160.0	73	132.0	
RUSSIA	No.5	Leningrad	Bologoe	319.0	149	128.4	
G.BRITAIN	West Riding	Hitchin	Refford	171.5	88	117.0	
ITALY	Settebello	Bologna	Piacenza	218.0	112	116.9	
BELGIUM	Blue Bird	Brussels	Mons	60.2	31	116.5	T.E.E.
SWEDEN	Stockholmaren	Faloping	Hallsberg	143.8	75	115.0	
DENMARK	1-158	Norre-Alslev	Vordigborg	20.0	11	109.0	
HOLLAND	Eight Trains	Driebergen Zeist	Ede-Wageningen	28.9	16	108.2	
SPAIN	Talgo Train	Medina del Canpo	Avila	87.7	48	107.2	

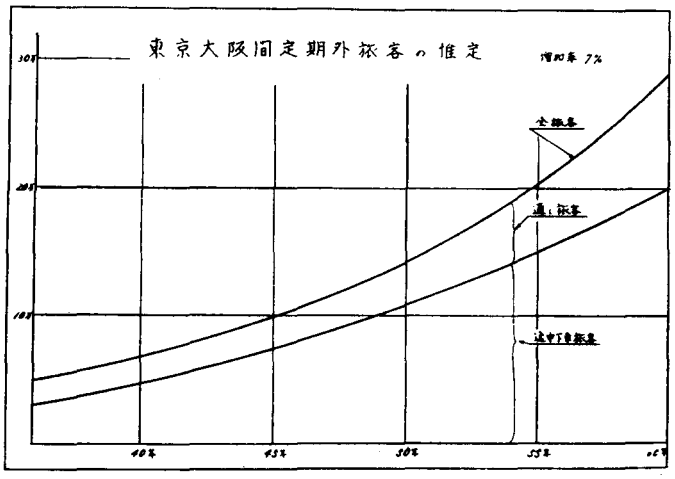
第1図

あとはスライドを見ながら，お話していきます．

最初に現在の形式の鉄道の営業上の最高スピードが，どのくらいかという表（**第1図**）を見ていただきたいと思います．これは1964年ですから，ちょっと古いのですが，これが発表されたのが昨年の6月で，当時はまだ日本の新幹線も，東京・大阪間は4時間運転でした．その後，日本は11月から3時間10分運転に切りかえております．この上の欄は，11月1日以降の値で，これから下は，当時の世界の記録であります。現在，新幹線の“ひかり”は，東京・大阪間を平均時速162.8キロで走っております．これをもし東京・名古屋間にすれば，約170キロというスピードに

© 日本オペレーションズ・リサーチ学会．無断複写・複製・転載を禁ず．

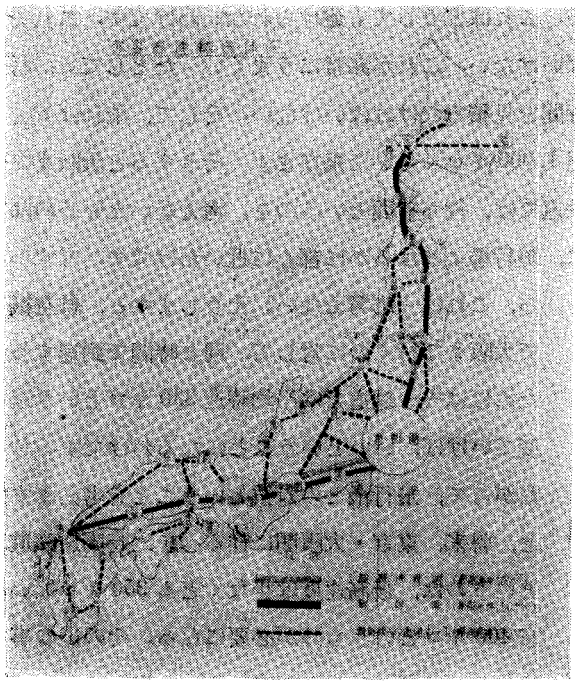
なります，これを各国の著名な高速列車，たとえば有名なフランスのミストラルが，パリ・ディジョン間を，平均時速133キロで走っているのに比べると，新幹線はそれらをはるかに引き離して，非常にかけ離れた高速鉄道であるということがわかります。これが，現在の鉄道のスピードでございます．



第2図

次にこの東海道新幹線が，いつ頃行き詰るか，ということを，考えてみたいと思います．**第2図**は東京・大阪間の定期券以外の旅客の推移を見たもので，旧東海道線の年間乗降客の記録から乗客の伸びが毎年7％ずつ増加する，という仮定に基づいて，昭和60年までの推移を書いた図であります．縦軸は一日片道の乗客数を表わします．これでわかることは，全体の旅客を，通し旅客と途中から乗降する旅客の二つに分けますと，大体3分の1は通し旅客のようで，この通し旅客の数が20年たつと，大体10万人になるということです．1日10万人運ぶということは，なかなか大変なことです．現在，東海道新幹線は1日に片道約55本走っておりますが，これを仮に朝6時から夜9時まで，10分間隔で，全部特急を出したとしても，その間に入る総本数は90本にしかならないわけです．新幹線はもともと5分ヘッドで計画されておりますから，さらにもっと詰めることもできますが，東京・熱海間とか，近距離旅客はもっとたくさんありますから，どうしても間に近距離用の“こだまクラス”を，入れなくてはいけない．そこで通しの超特急はそう入らもないわけです．だから，1日に100本という本数はなかなかむずかしいわけです．100本で，しか1列車の乗客の定員が，現在900人あまりですから，将来1列車12両を16両に増して1列車平均1,000人と仮定しますと，それを1日100本出して，はじめて10万人ということになるわけです．ということから考えましても，20年も経ちますと，東海道新幹線というものはもういっぱいになってしまう．その時期には，やはりもう1本何か，この新幹線を増強するか，あるいは別線を敷かなければならない，という事態にどうしてもなるわけです．このほかに飛行機，自動車の輸送ということも考えられますけれども，これは輸送量ということから考えますと，非常にわず

© 日本オペレーションズ・リサーチ学会．無断複写・複製・転載を禁ず．



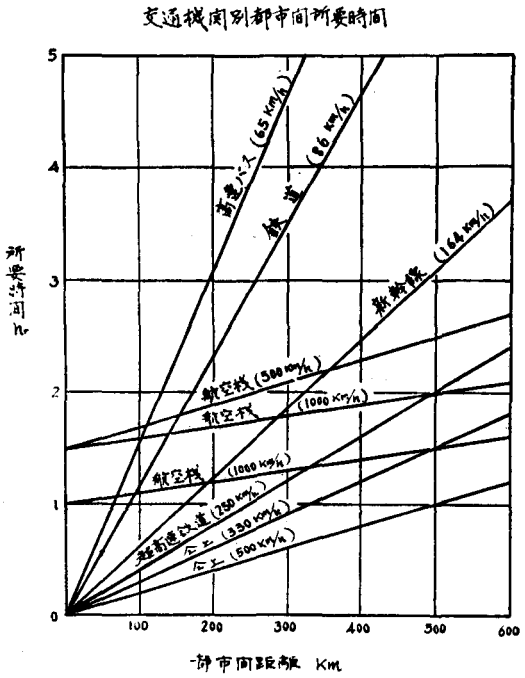
第3図

かなものでありまして，一般の旅客に関する限りは，やはり鉄道が圧倒的に有利であります．そこで将来20年後，早ければ15年ぐらいのちには，新しい鉄道を考えなければならないということが，浮び出てくるわけです．

次に，**第3図**はことしの正月に国鉄の審議室で発表され，新聞にも出た計画図ですが，20年後の鉄道輸送網はどうなっているか，ということの想像であります．東海道新幹線は，20年後には南は博多，北は札幌まで延びる．しかも，この新幹線の速度はおそらく最高毎時250キロ（現在は，210キロ）までは可能になるのではないか．その外に現在線があって，これも現在速度が110キロですが，この時分になれば，少なくとも130キロ，おそらく特殊な列車は150キロぐらいまでいくと思います．

それからさらに東京，大阪間はさっき言った理由によって，超高速の鉄道を敷かなければいけないのじゃないか．その速度は最高500キロぐらい出すものが必要ではないかということであります．

今時速500キロという数字が出ましたけれども，少くとも350キロ以上は必要と思われます．次にその根拠を申し上げます．**第4図**は航空機と鉄道車両との関連を考えたものです．横軸が都市間の距離で，東京・大阪間が約500キロ，縦軸は所要時間であります．航空機は首都のセンターから飛行場まで，どうしても時間がかかる．しかも，飛行場に行ってから，乗って実



第4図

© 日本オペレーションズ・リサーチ学会．無断複写・複製・転載を禁ず．

際に離陸するまでには，相当の時間がかかる．これはどうしても避けられないわけです．これを東京，大阪両方で，ある程度見積らなければいけない．これが非常にうまくいったとしても，将来，どうしても1時間ぐらいは，そういう時間を見積らなければいけない．そして，乗ればジェット機ですから，非常に速いわけです．時速1,000キロぐらいで飛びます．そうすると大阪まで1時間半ということになる．それに対して鉄道では，待ち時間というのを，考えないというのは勝手な話ですが，少なくとも東京駅の場合は，飛行場よりはるかに都心に近いわけです．ですから，これは一応考えない。そうしますと，航空機で大阪まで行くのに対して，同じ時間で到達するためには——鉄道では平均時速330キロという速度でいけば，いいということになるわけです．したがって，飛行機との対抗ということを考えますと，将来，東京・大阪間に作るべき，超高速鉄道というのは，最高速度は少なくとも350キロないし400キロというものが必要になる。その辺の事情が，この図でおわかりになるかと思います．

1. 高速化のための条件
   (1) 安全，(2) 快適，(3) 経済性
2. 高速化に対する問題点
   (1) 波動による障害
   (2) 振動
   (3) 曲線通過の問題
   (4) 粘着
   (5) その他

第5図

次は，高速度化するためにはどういうことが必要であるか，その条件はどういうものであるか．また，障害はどういうものであるかと，いうことを考えます（**第5図**）．条件としては，まず何といっても安全であるということが第一条件であります．安全でなければ，どんなに速くても意味がない．その上でスピードをあげていくわけです．それから，お客さんが乗る以上は，快適でなければいけない．また，経済性においてじゅうぶん他のものと対抗し得なければいけない．

ここでは一応経済性の問題は除外して，技術的なことを考えていきますと，高速化の問題点として出てくるのは，まず第一に波動による障害，これは説明しないと，ちょっとわかりにくいと思いますが，あとでご説明いたします．それから，車両の振動の問題があります．これは現実的な問題です．それから曲線を通過するときにいろんな問題が起ります．それから粘着の問題，現在の車両は何等かの動力で車輪を回して，その駆動力をレールに伝えて，車輪とレールとの摩擦力，これを粘着といいますが，それによって走るわけですが，この粘着に問題がある．こういったことについて逐次お話していきたいと思います．

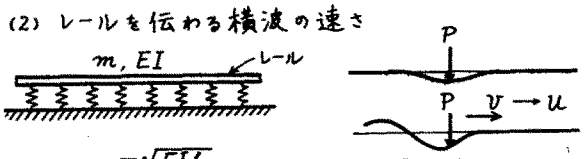
まず，波動による障害という問題でありますが（**第6図**），何でも動く物体というものは，その物体の置かれている周囲の媒介の中を伝わる波動の速度によって速さの制限を受けます．たとえば，空気中においては，飛行機の例でよくわかりますように，飛行機によって生じる圧縮波の伝わる速さ，つまり音の速さ，これが非常に大きな障害になるわけです．いわゆる音の壁です．この速度は毎秒340メートル，時速1,224km/hになります．ジェット機はすでに，この壁を超えることができます．しかし，これは非常な高空を飛ぶからできることでして，高空の非常に空気の薄いところへ行って，はじめて可能なのであって，おそらく，地上で音速を超えるということ

© 日本オペレーションズ・リサーチ学会．無断複写・複製・転載を禁ず．

3. 波動による障害

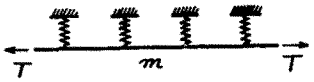
(1) 音速　$u = 340\ m/s = \underline{1,224\ km/h}$

(2) レールを伝わる横波の速さ



$$u = \sqrt{2}\sqrt[4]{\frac{EIk}{m^2}} \fallingdotseq 500\ m/s = \underline{1,800\ km/h}$$

(3) 架線を伝わる横波の速さ



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

第6図

は，実際問題として，私は不可能じゃないかと思います．極端に大きな抵抗の増加，かみなりのようなはげしい音の問題その他で，現実的には不可能に近い．だから，これは地上における輸送機関の最大の障害だと思います．

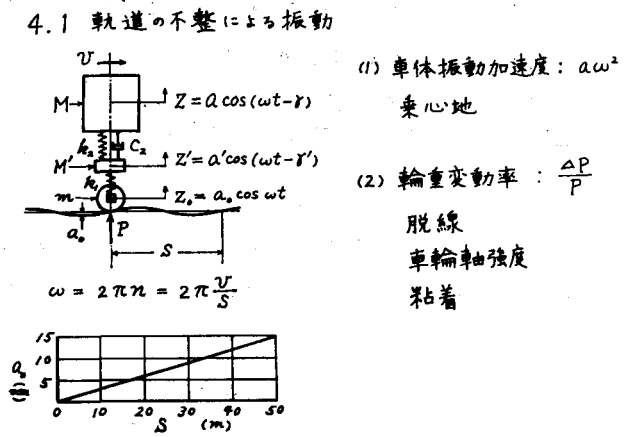
それから同じようなことで，レールを伝わる横波の速さというものがあります．これはこの図に書きましたように，レールの上に車輪が載って，Pという荷重がかかると，レールはこういうふうにたわんでいるわけです．そして，車輪が走ればたわみが車両と一緒に，ずっと動いて行くわけです．

ところで，一方このレールというものは，下の地盤に対して，こういうふうに弾性的に支持されていると考えられますので，このレールを伝わる横波の速度が考えられます。そこで車両の速さが，このレールを伝わる横波の速さに近づいてくると，どういう現象が起るかというと，ここに書いてあるように，車輪のうしろに非常に大きな波が起ってきます．定常波がうしろにずっとつながるわけです．そして車輪の前は，非常にけわしい坂になりまして，そのために抵抗がものすごく多くなる．これはまったく空気中の場合と同じで，非常に抵抗が多くなる．それからうしろに非常に大きな山ができますから，レールが壊れてしまうということで，この速度を超えることはできないわけです．ところが，幸いなことに，現在の新幹線に対してこの限界速度を計算してみると，大体1,800km/h という数字が出ます．したがって，これは音の速度よりも速いから，問題ないだろうということになるわけです．ただし，軌道を少しでも安くしようと思ってきゃしゃな構造にしますと（振動などの関係では，そのほうがいいのですが），うっかりそういうことをしますと，この問題がすぐ起ってきますので，なかなか現実に，無視できない問題であります．

それから同じようなことが，架線を伝わる，横波の速さについてもいえます．第6図（3）は架線を模型的に書いた図でありますが，架線はこういうふうに張力をかけられている．それから，上からこういうバネで吊られている。ここにある変形を与えれば，これは横波としてずっと伝わっていくわけです．この速さを計算しますと，毎秒110メートル，これは，時速400キロです．

© 日本オペレーションズ・リサーチ学会．無断複写・複製・転載を禁ず．

この値は東海道新幹線で実際に測定してみますと，ほぼこういう値が出てまいります。この値は新幹線電車は今は200キロそこらで走っているので，問題ありませんけれども，もう少しスピード・アップすると，必ずこれが障害になってくるわけです．以上いろいろと波動の障害ということを考えましたけれども，一番身近なのは，架線の問題であります．これを，どうして乗りこえるかというのが，非常に大きな問題になるわけです．



第7図

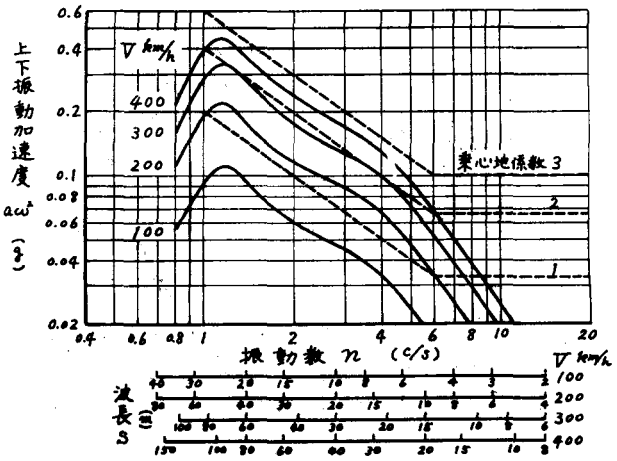
次は，振動について考えます（**第7図**）．車両というものは，非常に簡単に模型化して考えますと，上に車両の車体があり，バネ装置があって，下に台車の部分があるわけです．その下に，さらにバネを介して車輪があり，これがレールの上に載っております．レールはなにがしかの変形をもっていますから，この上を走りますと，車輪が上下にゆすられて，それによって車両に振動が誘起されます．この問題を考えなければならない．

これを考えるときに二つの問題がありますが，一つは車体の振動加速度．これはお客さんの乗り心地に関連した問題です．それからもう一つは輪重の変動です．この方は車輪の脱線とか強さ，あるいは粘着，こういったものに関連した問題です．こういうことを全部考えなければいけないわけです．

次に，乗り心地の問題だけを取り出して考えてみます（**第8図**）．まずレールの変形というかデコボコを，いろいろ仮定しなければならない．それにはレールの上下の波の振幅は，波長に比例すると仮定し，その振幅の大きさは，10メーター当り6ミリとして計算してあります．これは現在の東海道新幹線で線路の保守の経験から，実際上可能な限度を考えたものです．

そういう仮定のもとに，先ほどの車両模型を使って計算しますと，この図のような結果が出ます．縦軸は車体の上下振動の加速度であります。横軸には振動数をとってありますが，速度が与えられたときには，横軸はレールの狂いの波長にもなるわけです．ここに，乗り心地係数と書いてありますが，これが1というところは，ここから下であれば，車両としては非常に乗り心地が

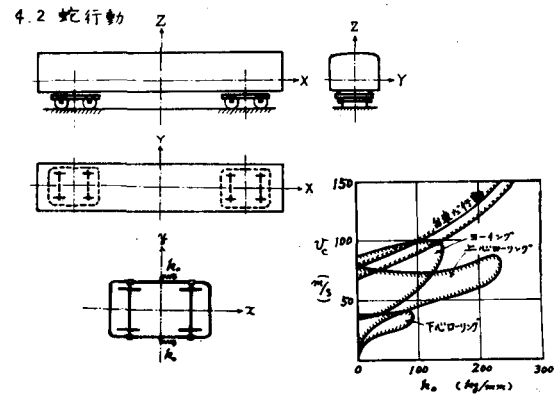
© 日本オペレーションズ・リサーチ学会．無断複写・複製・転載を禁ず．



第8図

よろしい．これは経験的にそうきめられているわけです．それから，1と2の間ならば，まずまずよろしい．2から上になると乗り心地はわるい．3以上は非常にわるいということです．東海道新幹線のときには，1.5というところを，標準にして，これよりも振動が超えないように設計したわけです．この図で1.5のところを見ますと，それに対する速度は，230キロぐらいになります．ですから，現在の東海道新幹線のような車両で，あの程度のレールの保守をやって，これから先，可能な速度というものは，乗り心地から考えると，230キロぐらいが限度であろうと，いうことがいわれるわけであります．

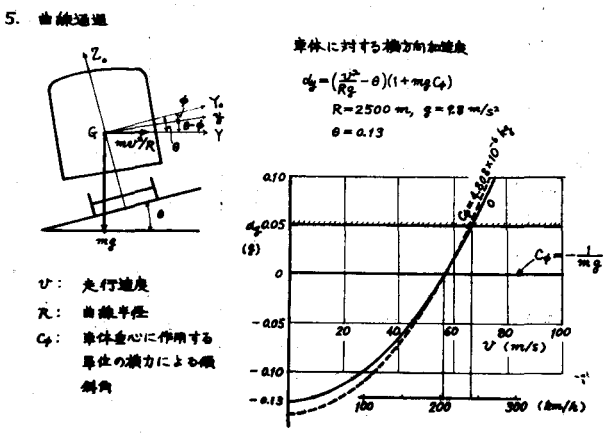
次に，振動としてもう一つ考えなければならないことは，蛇行動という現象があります（**第9図**）．これは鉄道用語で，特殊な言葉ですが，高速になると車両は自分自身で横に振れ出す性質を持っております．これはいわゆる自励振動でありまして，それ自身で不安定であります．たとえレールがどんなにまっすぐ作ってあっても，自分自身で振れ出す．こういう現象を持っております．これは高連車両に対して，非常に大きな障害であります．しかしこれに対しては最近いろいろと研究が進んで，こういう振動が起らないように台車を設計することができるようになって来ましたので，決定的な障害にはならないということになります．



第9図

次は，曲線通過のことについて，一言申し上げます（**第10図**）．車両が曲線を通過するときは鉄道の場合には　軌道側にこういう傾きをつけてあります．これをわれわれはカントと言っております．このカントをつけて，ここを通る車両の遠心力と重力が，ちょうどバランスするように

© 日本オペレーションズ・リサーチ学会．無断複写・複製・転載を禁ず．



第10図

してあるわけであります．この合力が斜面に対して，垂直になっておれば，乗っているお客さんは，少しも横の方向に力を感じないわけです．現在の新幹線は，ちょうど200キロで走ったときに，中のお客さんは横に力を感じないように適当なカントをつけてあるわけです．

ところが，もしそのカントのままでもっとスピードをあげていきますと，車体に対して横の方向に，余計な遠心力がかかってくるわけです．これは乗っていると，横にからだが押しやられますからよくわかるわけです．これがあまり大きくなると，お客さんは乗り心地がよくないと，文句を言うわけです．この曲線通過時の乗り心地の問題につきましては，数年前から古いこだま型の電車などを使って，かなり詳細な研究が行なわれました．これには官能検査の手法を利用して研究所の卜部博士などが，非常に努力してくれたわけですが，その結果，横にどのくらいの加速度がかかったら，乗客は不快だと言うかということが，大体はっきりしてきたわけです．それによると　大体横方向に0.09 g かかると，100人のお客さんのうちで，5人は乗り心地がよくないという．

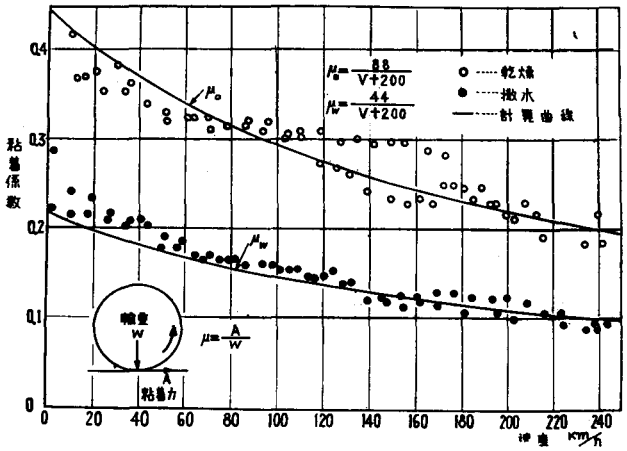
しかし，この実験は従来の鉄道車両で測りましたので，せいぜい時速70キロから80キロぐらいでやっておりますので，新幹線のように200キロ，あるいは，今後考えられる250キロとか，もっと高速になりますと，そんなにgがかかったのでは，おそらく不平が出るだろう．高速になればなるほどちょっとのことに乗客は不安を感じるということがありますので，一応横加速度に対する限界は0.05 gであるというふうに考えます．

それで，第10図は縦軸に，乗客の感じる横方向の加速度を，横軸は曲線を通過する速度をとってあります．この図で，速度ゼロのところで考えますと，ここでは−0.13 g となっています．ということは，直線で停まったときには，カントのため車体が内側に傾いているわけです．したがって，お客さんは非常に不快を感ずるわけです．

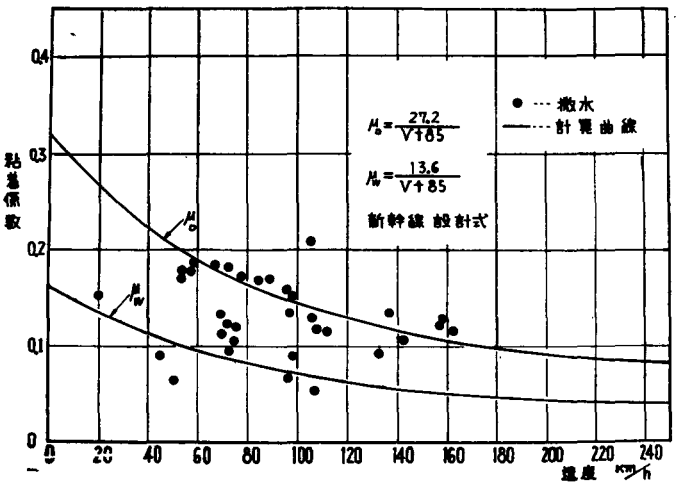
そこで，速度をしだいにあげていくと，だんだんに遠心力がかかってきますから，人間の感ずる横方向加速度が，ゼロに近付いてきて，ちょうど200キロの付近で，バランスするわけです．

© 日本オペレーションズ・リサーチ学会．無断複写・複製・転載を禁ず．

ところが，これより速度を増すと，今度は横方向の加速度が，どんどん増してくるので，先ほど言いました限界を0.05 gにおさえますと，それに対応する曲線通過の速度は240キロということになる．ということは，現在の東海道新幹線のあの線路のままで，スピードをあげていくと，曲線を通過するときの乗り心地のほうからおさえられてしまう．曲線ではせいぜい240キロぐらいしか，走れないということであります．



第11図



第12図

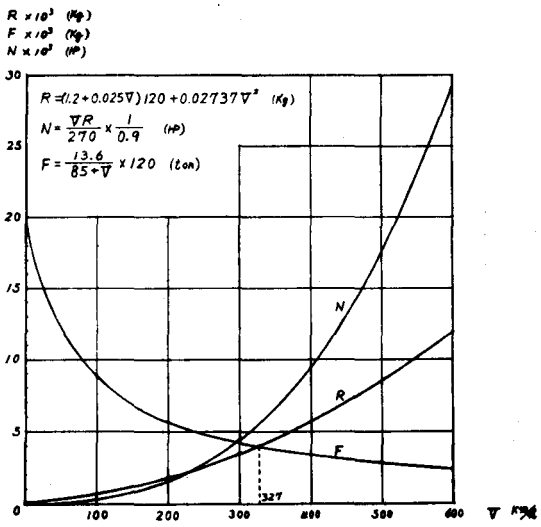
この曲線における乗心地の問題は，このスライドでは説明がございませんが，振り子式の電車というのがありまして，台車に対して車体を振り子のように，車体の重心より上のほうで支えるようにしますと，曲線通過のときに，自分自身で傾いてくれて，いつでも遠心力と重力がつり合うようになりますから，その場合は，乗っているお客さんは何も遠心力を感じない．こういう車両は，現にフランスでは実験的に作っております．

© 日本オペレーションズ・リサーチ学会．無断複写・複製・転載を禁ず．

それから，振子式でなく，加速度計によって超過遠心力を検知して，それに応じて油圧筒を作動させて，車体を傾けてやるという自動制御式の車両も考えられまして，小田急と東芝車両とで共同で実験したのが，すでに4年ぐらい前に成功しております．

したがって，そういうことをやれば，曲線通過の問題で，乗り心地の問題は，一応解決するわけであります．

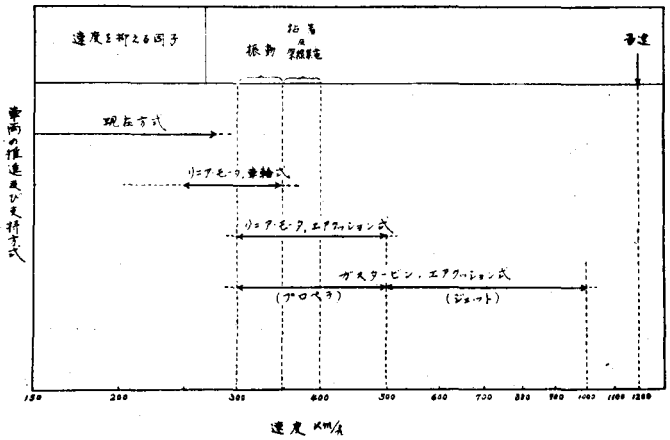
次に，粘着の問題について，**第11図**で粘着係数というのは，車輪とレールの間の摩擦係数に，相当するものですが，そういうものが，速度とともにいかに経過していくか，ということを表わしたのが，第11図と**第12図**であります．前の図は，研究所の中に特別なそういうことを，調べる試験機を作りまして，それで実験した結果であります．後の図は実際に，東海道新幹線で粘着を調べた結果であります．第12図中に2本の線がありますが，レール，車輪がぬれている場合と乾いている場合とで，これは設計上想定した線です．それに対して，実際に水をまきながら，東海道新幹線でやった実験の結果が，ここに黒でプロットしてあります．これは性質上非常に散らばるのです．ですから，設計としてはこの粘着係数の値は，充分余裕を見て低くとらなければいけないわけです．



第13図

さて今のように粘着係数が速度が高くなるにつれてどんどん減ってくる．それで今書いてあった，下の線を使って東海道新幹線の場合について，粘着力の速度に対する関係を書くと**第13図**の曲線Fのようになってくる．一方，車両の抵抗というものは，機械的な抵抗もあれば，空気の抵抗もあるわけですが，それはいずれも，高速になると，特に空気の抵抗は，高速になると速度の二乗にしたがって，どんどん増してくるわけです．ここに，Rと書いたのはそれでありまして　これは速度とともに，急激に上がってくる．粘着の曲線Fと抵抗の曲線Rは，ある点で交わるわけです．この点から上の速度になるとどうなるかというと，車両の上でどんなに大きなエンジンを積み，あるいはモータで馬力を出してやっても，車輪から粘着によってレールに伝えられる力はその抵抗力に打ち勝てないわけです．したがって，どんなに車両から力を出してやっても，車輪はから廻りするだけで，決してそれ以上速く走ることができない．ということは，この点が粘着による車両の速度の限界であるということになります．新幹線の車両が2両連結で走って，最悪の場合，すなわち雨が降って一番スリップしやすい状態で，計算したのがこの図で，この限界の速度は，

© 日本オペレーションズ・リサーチ学会．無断複写・複製・転載を禁ず．



第14図

約330キロであります．だから，330キロぐらいになると，もはや粘着を利用して，車両を走らせるということは不可能だということであって，この辺に粘着の1つの限界点があるわけです．

そこで，今までお話しましたことを総合して，車両の速度の限界というものは，どういうものであるか，ということを表したのが，**第14図**であります．速度を抑える因子として，振動，粘着集電の問題など，いろいろございますが，それらによる速度の限界は大体この図に示すように，300キロから400キロあたりに入ってきます．もちろん，これにはいろいろ対策があるわけですが，対策をじゅうぶんにした上でも，この辺のところへくると，考えられるわけです．

現在方式の鉄道車両というものは，これは東海道新幹線よのうなものをとっても，250ないし300キロが限度ではないかと考えられます．

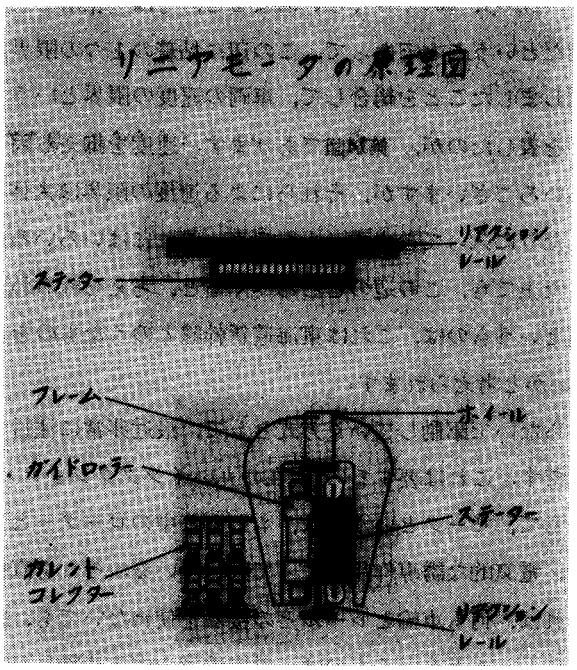
ところで，粘着によらないで駆動していく方式として，最近非常に注目されてきたのは，リニア・モータというものです．これは要するに，現在の丸いインダクション・モータを，切って広げたようなものでありまして，モータというのは，もともと中のローターとまわりのステーターとが，別に接触しないで，電気的な誘導作用によって回っている．それを直線の上で，行なわせているわけです．そうすれば，何も車輪とレールとの接触を使わないでも，駆動力は与えられるわけです．そして車輪とかレールとかいうものは，単に重量を支える役目だけをさせるということで使うならば，一応，現在の鉄道車両の格好はしていますが，実際の駆動方式はリニア・モータを使うというものが，300キロないし350キロの辺で考えられます．もちろん，このためには線路は，現在のようなゲージではいけないわけです．東海道新幹線は，やっと昔の日本の狭軌（1067ミリ）から少し大きくなって，いわゆる標準軌（1435ミリ）という大きさになったわけです．しかし，今われわれが考えておりますものは，少なくもゲージの幅は，3メートルとか4メートルとか，そのくらいにしなければいけない．そのくらいにすれば，曲線通過のときに安全上その他の不都合な問題は起らないであろう．だから，車輪レールといっても，これは現在のようなものじゃなくて，全然違う形式のものであります．

© 日本オペレーションズ・リサーチ学会．無断複写・複製・転載を禁ず．

それから，さらにこれ以上のスピードを出そうとすると，もうこの辺で車輪を使うということは，振動の問題その他で不可能であります．そこで，その場合には浮き上がってしまう．空気を下に吹きつけて浮き上がってしまう．たとえば，ホーバー・クラフトのようなものです．それによって，直接に軌道とは接触しないで走るという，そういう形式をとれば，またスピードは上げられる．

そこで300キロの辺から500キロぐらいのところでは，リニア・モータを使って，エアークッションを利用することによっていくんじゃないか．

それから，さらに高速になる場合はどうか．この場合には，リニア・モータのほかに，粘着を使わないで駆動するものとして，頭に浮かぶのはプロペラ形式，あるいはジェット，その他もあるわけです．このリニア・モーターというのは，現在の技術でいくと，やはりかなり重いわけです．現在の普通のモータにくらべればずっと軽くなるはずですが，それにしても，非常に高速で



第15図

大きな馬力を出すためには，どうしても重くなります．

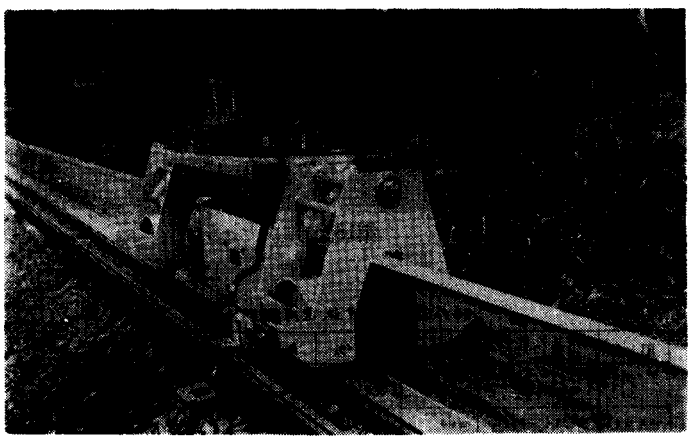
そこで500キロから以上にもなると，リニア・モータを利用しますと，モータだけの重量で，お客さんが乗る余地がないということにもなりかねない，どうしても，馬力当りの重量が少ない動力に頼らなければいけない．これはやはりガス・タービンにならざるを得ないと考えられます．

そこで，500キロ以上の高速をねらうならば，ガス・タービンでエアークッション，推進は最初のうちは航空機でも使っておりますような，ターボプロップ形式もいいでしょう．しかし，さ

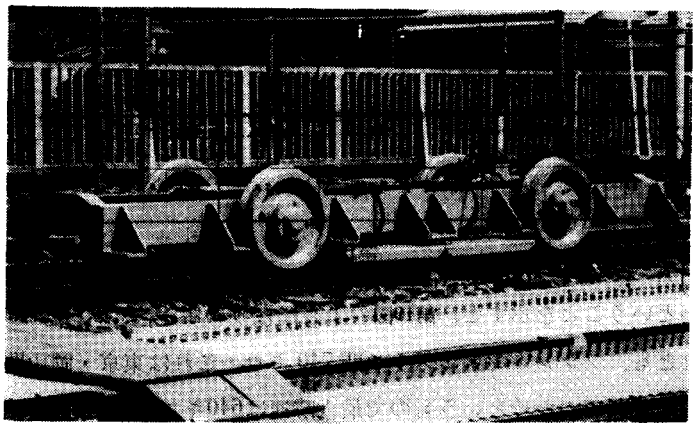
© 日本オペレーションズ・リサーチ学会．無断複写・複製・転載を禁ず．

らに高速になれば，やはりジェットになる．結局，この辺は航空機と同じでありますが，大体1,000 キロくらいのところをめざして，徐々に進歩して行くのではないかというふうに考えます．

次は，**第15図**にリニア・モータの原理が書いてありますが，このステーターというのが，従来のインダクション・モータの外側の部分，コイルを捲いた部分であります．それから，ここにリアクション・レールと書いてあるのが，まん中のローターの部分に相当します．



第16図



第17図

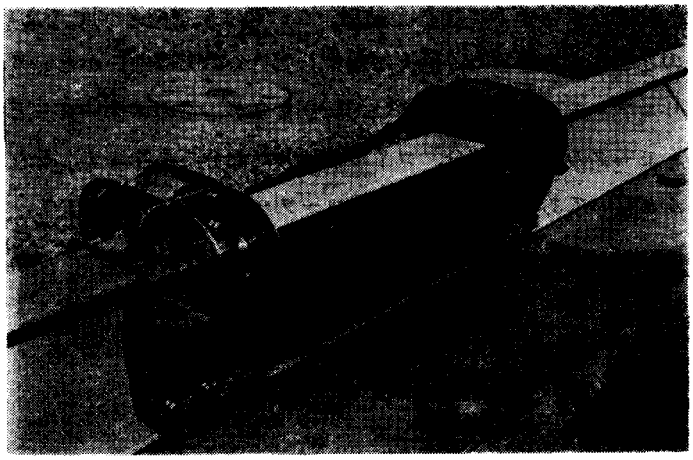
第16図は鉄道技術研究所で作りました，リニア・モータ車両の写真です．研究所では約3年ぐらい前からリニアーモーターの研究をやっておりますが，これが第1号機でありまして，車輪が下に付いており，リアクション・レールは，まん中のアルミであります．

第17図は2号機でありまして，この場合はリアクション・レールとしては，レールそのものを利用してみたわけです．しかし，これはレールの幅やその他の関係で，あまり効率はよくないので実用にはちょっとなりかねます．

第18図は，6号機でありまして，これは現在も実験をやっているものであります．

ところで，こういった従来の鉄道にとらわれない，超高速車両に対して，諸外国がどういう研

© 日本オペレーションズ・リサーチ学会．無断複写・複製・転載を禁ず．



第18図

諸外国の超高速鉄道建設計画(案)

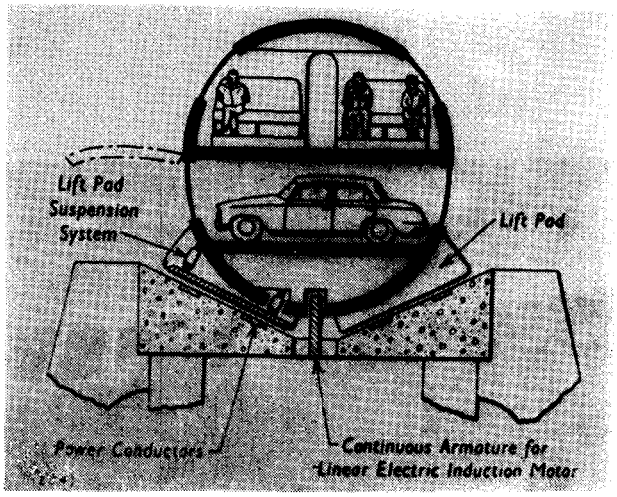
国名	輸送区間 距離 Km	所要時分	速度 Km/h	軌道	車両
アメリカ	ワシントン－ボストン 740 Km	2時間	最大640 最大370	チューブ 1/5～1/3 地下	エア・クッション リニアモータ 駆動
イギリス	ロンドン－ブリストル マンチェスター 640Km エジンバラ	40分 55分 1時間40分	最大480	高架	エア・クッション、電動ターボファン リニア・モータ 駆動 二階描造 150人乗 43t
フランス	パリ――リヨン 約500Km その他	1時間10分	最大440	高架 中3.5m 上野コンクリート製	エア・クッション プロペラ推進 定員80～100人
イタリー	100～500Km の新市間		最大400	高架 中3m 上野	エア・クッション プロペラ推進 定員100名 重量25t
ドイツ	マンハイム－フライブルグ ハノーベー－ブレーメン		最大200	現在方式	現在方式
ソ 聯	モスコー－レニングラード 650Km	3時間40分	最大200	現在方式	現在方式

第19図

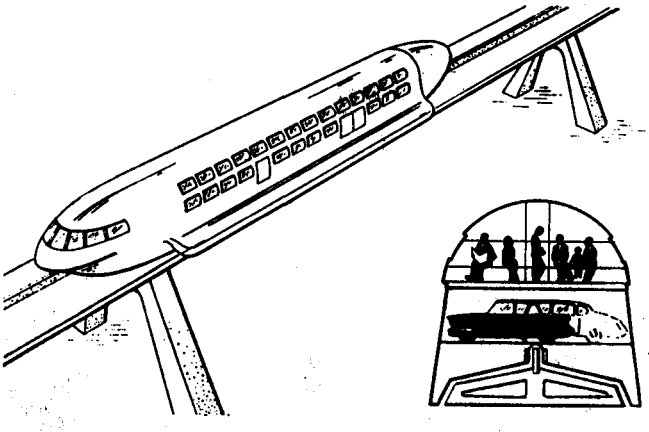
究をやっているかということを示すと，**第19図**のようになります．アメリカでは，先ほどちょっと触れましたけれども，ワシントン・ボストン間740キロ，これは東京・岡山間にほぼ相当いたします．この間を2時間でつなぐというもので最大時速は640キロ，平均時速は370キロです．これは地下にトンネルを堀り，エアークッション・リニア・モータを使う．この辺の詳細はまだわからないわけです．これに対してはいろんなアイデアが出ておりますが，あとから写真でお見せいたします．それから，イギリスではロンドン・エジンバラの640キロの間を，やはりエアークッション・リニア・モータを使って走る。フランスの事情については最初にちょっと申しましたが，エアークッション・プロペラ駆動でパリ・リヨン間を，最大時速500キロで走る．これはかなり実験が進んでおります．それからイタリーは，こういう記事がソ連の雑誌を通じて出ておりましたので，イタリーからの正確な情報はありませんが，ここにあげておきました．

第20図は，今述べましたイギリスの考え方で，こういうのが雑誌に出ております．これがどのくらい信憑性があるかということは問題で，多分に想像的であると思います．下の部分に自動車

© 日本オペレーションズ・リサーチ学会．無断複写・複製・転載を禁ず．



第20図



第21図

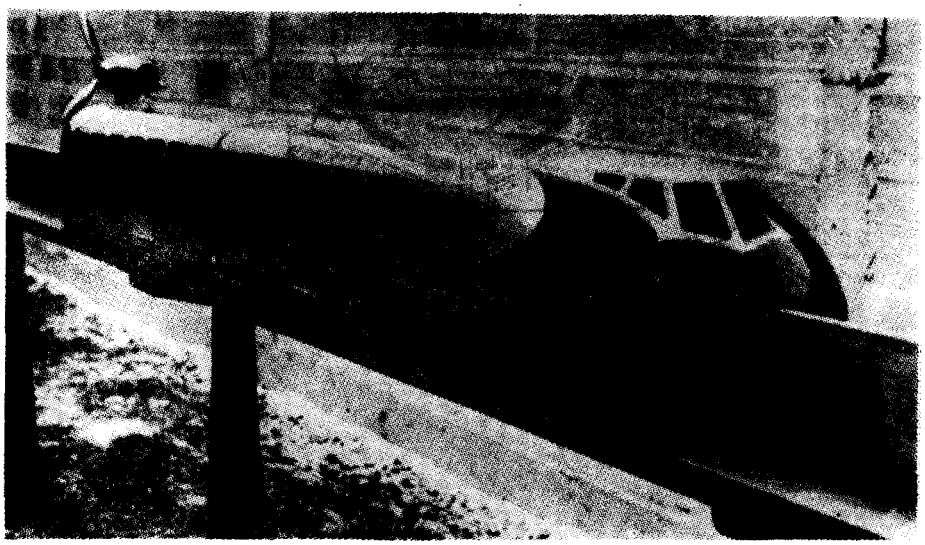
を積んで上の部分に乗客が旅るというものです．

第21図は，これも同じような構想で，この車両がこういう，いわゆるモノレール式に高架の上を走るわけです．

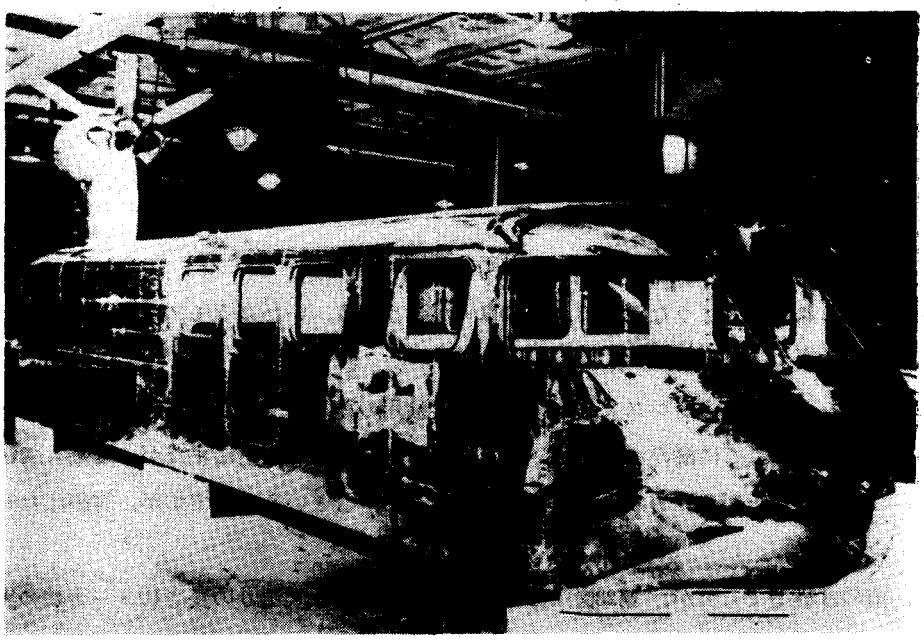
次に**第22図**は，これはフランスでやっている，実験用の模型です．ごらんのようにプロペラで駆動しております．ここに縦のかなり深いウエッブがあって，この上にまたがって乗っているわけです．これは浮き上がるための馬力が非常に少なくてすむということですが，詳細はわかりません．

次に，前のは模型でしたが，**第23図**はことしになってから6人乗りの長さ10メートルの実物模型を作り，パリの郊外に約6キロくらいの試験区間を作って，そこで試運転をやって，時速135キロの試運転に成功したということです．それで原理的にはこれでいけるということになって実用化にますます力を入れている様子です．ただ，プロペラを使っているということは，われわれ

© 日本オペレーションズ・リサーチ学会．無断複写・複製・転載を禁ず．

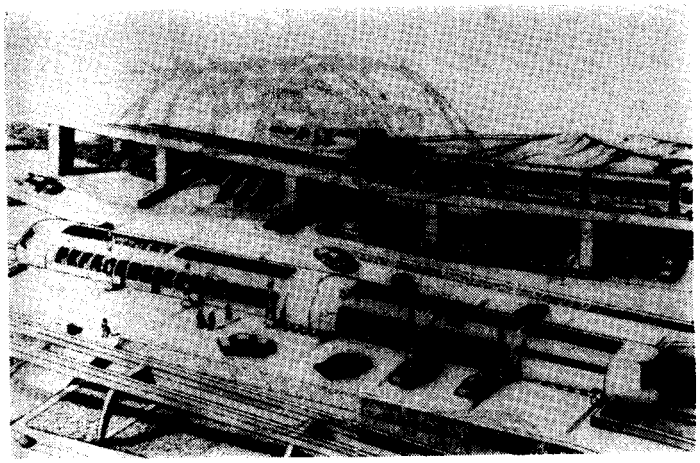


第22図



第23図

© 日本オペレーションズ・リサーチ学会. 無断複写・複製・転載を禁ず.



第24図

第25図

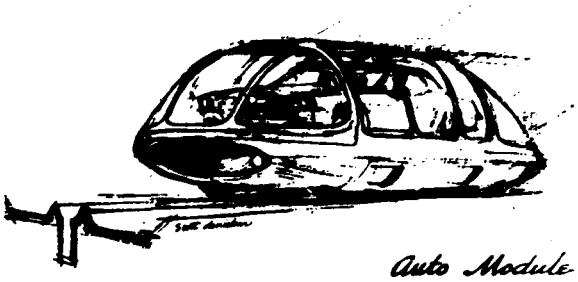
としては問題であると考えております．

次は，アメリカで，ワシントン・ボストン間の高速鉄道ですが，いろいろと一見とっぴな形式が考えられているようです．**第24図**は従来の形式の鉄道でありまして，ただその線路のゲージが非常に広い．ここに4本の線路がありますけれども，実際に車両を支えているのは，このうちの2本だろうと思います．このゲージは，5.5メートルぐらいの広いものです．車両非常に幅が広く，長さが約40メートルで，新幹線の2両分ぐらいになります．そして自動車が横づけに中に入る．アメリカのことですから自動車を一緒に考えなければだれも乗ってくれない．上の右図のものは，これに連絡して通勤用に市内だけを回る完全に自動化された列車です．

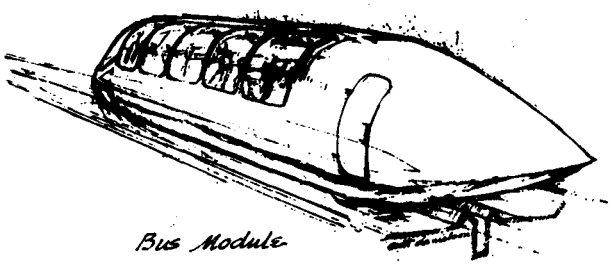
第25図はフオードの構想でフオードはすでに10年前にレバー・パッドという考え方を出していますが，そのパッドによって浮いて走る．これの推進は，ターボプロップです．

次は，ＭＩＴから発表された構想です．アメリカでは目下，ボストン・ワシントン間のいわゆ

© 日本オペレーションズ・リサーチ学会．無断複写・複製・転載を禁ず．

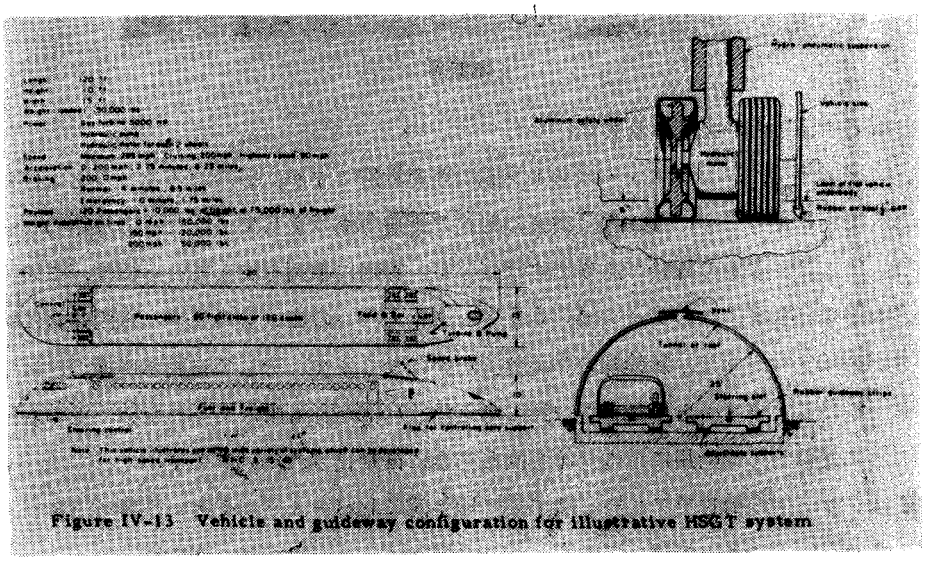


第26図



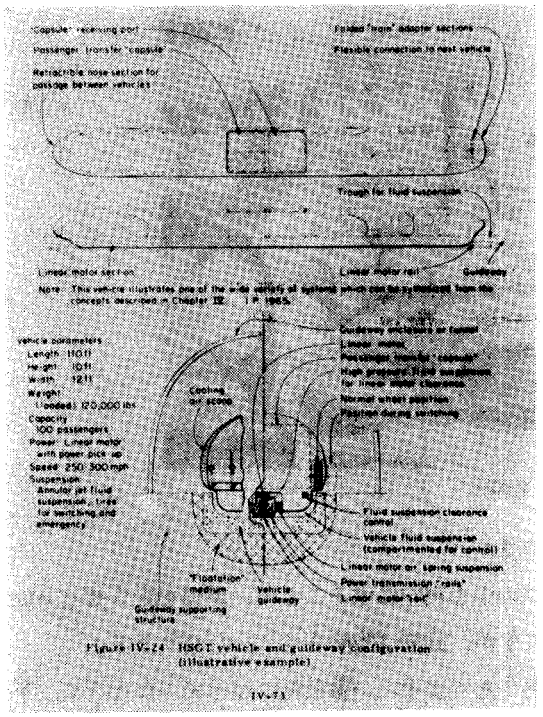
第27図

る東北廻廊の高速陸上輸送のための大きなプロジェクトが作られております．それは商務省が中心になってＭＩＴその他で熱心な調査研究が進められています．**第26図**は，ＭＩＴの学生が考えたものです．これはオート・モデュールと書いてありますが，中に乗用車が入っております．軌道のほうにさっきのリニア・モータのステーター側を置いておくわくわけです．それで車両側にはまん中に1枚の板を出しておく．そしてはっきりわかりませんが，低速のうちは車輪で車両を



第28図

© 日本オペレーションズ・リサーチ学会．無断複写・複製・転載を禁ず．



第29図

支えてリニア・モータで駆動して走り，高速になると，浮き上がってしまう．これはおそらくラムプレッシャーを利用するのだと思います．

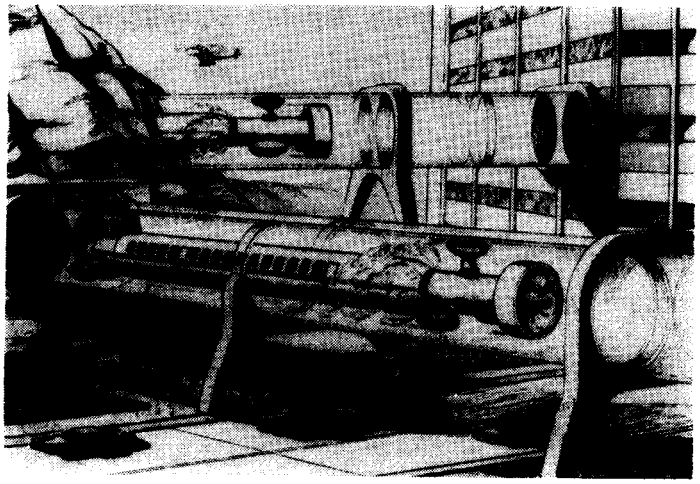
第27図 はバス・モージュール，これはバス形式でありまして，原理はまったく同じであります．

次に**第28図** はＭＩＴが正式に第１回の報告として，アメリカ商務省に提出した報告に出ているものです．これを見ると長さ120フィート，幅15フィート．ニューマチック・タイヤを使って油圧駆動です．そして車体の中にガスタービン駆動のオイルポンプがあり，そこで油圧を発生して，車輪をハイドロリック・ドライブするわけです．そしてもう一つのおもしろい点は，高速になると前から空気を吸いこんでフラップ装置によってだんだん浮力を与えるわけです．あまり浮かんでしまうと，タイヤの粘着で走ることができなくなりますから，この辺のかね合いをみながら，少しずつロードを軽くしてやる．それによって抵抗を減らすけれども，駆動力，粘着のほうは保っていくわけです．それから操縦はどうするかというと，下の軌道というか，舗道に相当するところのまん中に一本溝がずっと堀ってありまして，この中にステアリング・ロッドの先がはまっていますから，結局，前方の車輪は先のほうで，いつでもステアーされていくわけです．それによって，運転手はいなくても走っていくということであります．スピードは，最高時速285マイル（456キロ）巡航速度は200マイル（320キロ）ということであります．

第29図 はＭＩＴのもう一つの考え方で，今度はリニア・モータを使う．この断面図でおわかりになるように，これは浮いてしまうわけです．下のＵ字型にくぼんだベッドの中に腹がＵ字型になっている車両がはまり込みまして，そして空気をふき出して，この間に圧力を保って浮いてしまう。そしてリニア・モータによって駆動する．それから低速のときは車輪が出ていて，高速になると引き込める．このほうが，前のよりスピードは速くて，最高時速300マイル（480キロ）出る．非常におもしろいのは，カプセルがここに付いておりまして，途中で降りるお客さんがいれば，カプセルに入り，それだけがスッと抜けるようになっております．このカプセルをローカル線の列車が受けて希望のところへ停まるという考え方です．

次は，**第30図**のチューブ鉄道で直径4.5メートルのチューブの中を走る．これもこの辺のジェ

© 日本オペレーションズ・リサーチ学会．無断複写・複製・転載を禁ず．



第30図

ットのふかし方が，非常におもしろいのであります．

次は，これはまた別の形式で，単にチューブの中を真空にすることで，車両を走らせるという方式で，これも非常に突飛でおもしろい着想ですが，詳細は省略させていただきます．

以上が超高速鉄道に関する現在の世界の情勢であります．一番最初に述べましたように，東海道新幹線は約20年後には行き詰まる．その時期にはどうしても何か今お話したような超高速鉄道を作る必要がある．ところがそのような新しいものは作ろうと決めてから少くとも5年から10年はかかるわけです．研究はさらにその前にやっておかなければいけないというので，私どもの研究所では今から研究を進めております．先ほどお見せしたように，リニア・モータであるとか，浮き上がって走るための基礎研究をやっております．今年からはさらに実際の車両を頭にえがいて，東京・大阪間にもし走らせるとすればどういうふうになるか，ということで，もう少し具体的な研究に入っております．この研究の詳細はまだ発表の段階に至っておりませんので省略致します．

以上で一応，私のかなり夢のような話を終ったわけですが，なんらかの意味でご参考になれば幸いだと思います．

© 日本オペレーションズ・リサーチ学会．無断複写・複製・転載を禁ず．