

リニア・モーターカー（62・1・17）

天野 光三（S 23理）

——天野でございます。23年理科甲でございますので、私より後輩の方はほとんど数える程しかいらっやいません。本日お見えになっている奥田会長先生を始め恩師の米谷先生、また奥川先生にも三高で教えていただきました。今日は大先輩の皆様方のお役に立てるようなお話が出来ますかどうか、出来る限り私の知っておりますところをわかり易くやさしく、との御注文を受け、ている訳でございます。実は私こういう話が毎月行われておりますことは存じておりましたが、いつも忙しく追い回されておりまして出た事がございませんでした。それで今年一月七日に恐る、恐る、という話をさせていただけばいいのか知りたいと思ひまして互礼会に來た訳です。

甚だ動機は不純でございましたけれども、その時にお話を伺いますと、なるべくわかり易くやさしく、いいとのこと、「それならまあ何とかやらしてもらえかな。」と思つておりました。

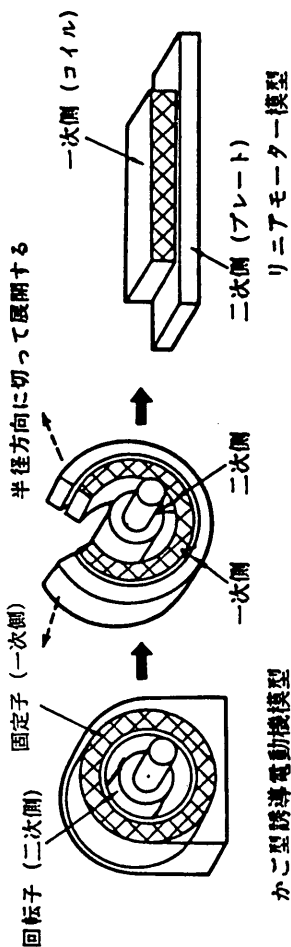
ところが私の隣におられた方、まだ初対面で誰だかよく分からなかったんですけど、これからお話し上げようと思っっているリニア・モーターや超電導の事を理論的にもすごく詳しく質問される方がいらっしやいまして、あとで伺ったら物理学の三谷先生でした。これはわかり易くと言われておりまして、「これはやっぱり三高というのは怖いなあ」と思ったのが実感です。今日も実は大先生や御専門の方がいらっしやる所で甚だお話がしにくいんでございますが、まあ三谷先生には専門的なことは又後で、詳しく教えていただくということで、なるべくわかり易くお話をさせていただきますと思います。

先程米谷先生から御紹介がございましたが、私は昭和39年まで国鉄にいました。これは新幹線が開業した年であり、東京オリンピックの年です。それで大学へ帰らないかと言われまして、まあ京都に帰れるのは有難いんだけど、国鉄もその頃は非常に活気がありまして生き生きとやっておりますので、正直のところ未練もあった訳でございます。ところが私が辞めた年から国鉄は赤字になりました。私が辞めたから国鉄が赤字になったとは申しませんが、……。

本論に入る前から脱線しまして、リニア・モーターが脱線すると具合が悪いんでございます。私、鉄道工学という授業もやっておりますけれど、いつも脱線ばかりしましてわれながら困っております。ところで今日の本論ですが、パンフレットを持って参っておりますので、回覧をさせていただきます。その一つは、日本国有鉄道が作っております「浮上式鉄道」というパンフレッ

トでございます。御存知の宮崎に試験線がございまして、世界最高517 km/hを出している車両でございます。それから、第二のパンフレットは中央新幹線期成同盟会のもので、東京都、山梨県、愛知県、三重県、大阪府が中央道にリニア・モーターの新幹線を作ろうという、一府六県の期成同盟会でございます。その中には山梨県選出の金丸副総理がいらっしやいまして、これが非常に熱心でして、山梨県庁にはリニア・モーターカーを推進する対策室という組織がございまして、促進運動をやっております。それから三つめが山梨県が作った資料でございます。私、山梨県の宣伝をするために来た訳じゃございませんけれど、一応リニア・モーターカーというのは、こういうものであるというのをこれらの資料で御覧いただければ、と思います。お手元に三枚のレジメをお配りをいたしておりますが、これから本論に入ります。

今日は(1)としてリニア・モーターとは何か、リニア・モーターカーという鉄道はどういう風に使われるのか、(2)としてリニア・モーターカーは何故必要なのか、どういう利点があるのか、ということ、それから(3)として世界の高速鉄道は時速200 kmがもう常識になっておりますが、更に300 km/h、400 km/hを目指してヨーロッパ諸国がしのぎを削っているという状態でございます。この辺の情勢を、それから(4)が我が国のリニア・モーターカーの計画、こういう順序でお話をさせていただきます。



かご型誘導電動機模型

一次側 (コイル) を車両の台車に装架し、二次側 (プレート) を地上のレールの間に敷ける方式 (たとえば ICTS 方式) と逆に、地上に一次側のコイルを敷設し、車両側にプレートのみを敷ける方式がある。

図-1 リニアモーターの原理

の一次側と書いてあります固定子に電流を流しますと、その中にある回転子が磁場の作用で回ります。

(1) リニア・モーターカーとは？

だすというのが普通のモーターでございます。そしてこれをずっと平たく伸ばしますと一番右の端のようになります。実は右の端の図は、網目がうってあるのが上下逆になっておりますが、そのまま切つて伸ばしますと、下側が網目になります。ここではこの図は一次側と二次側が上下逆になっておりますけれども、一次側の方に電流を流しますと、二次側の方が回転するかわりに、今度は直線方向に動き出すようになります。こういう形にしたのがリニア・モーターでございます。今、網目が上下逆転してると言いましたが、これは上にしても下にしても同じことになります。網目の方に電流を流す場合と地上の方に電流を流す場合とあります。ですから一番右の図の上に乗るのが車両だと考えますと、パンタグラフで電流を流してそれで走る場合と、車両には電流を流すかわりに、地上のコイルだけに電流を流して運転するという方式と、両方ございます。それを車上一次と、地上一次と言っております。これがリニア・モーターの原理でございます。ですから浮き上がるかどうかはリニア・モーターとは別なんです、リニア・モーターというのは、ただこういう線状のモーターの事を言う訳です。

次に鉄道の場合はどうなのかと言いますと、図2ですが、レールというのは三つの役割を果たしています。例えば①と書いた支持力ですね、重力がございましたから、これが重力を支える上向きの力、それから横の②という力、案内力ですね。これは図を御覧いただきますと、レールの内側に車輪のフランジが出ております。フランジが両側にありますので、それで蛇行しても脱線し

ない、と言うのは、レールの二番目の役割ですね。昭和61年12月に、余部鉄橋で、脱線して落ちましたのは下からの突風が車体を約3 cm浮き上がらせたからです。この3 cmというのはフランジの高さですね。この図のフランジの高さだけを浮き上がらして、その時列車が走っておりますと、必ず蛇行が伴いますから、横の力があるわけですね。ところがこのフランジの横応力がなければ、簡単に横へ脱線してしまいます。そして速度が大きければ大きいほど、横振動というものは大き

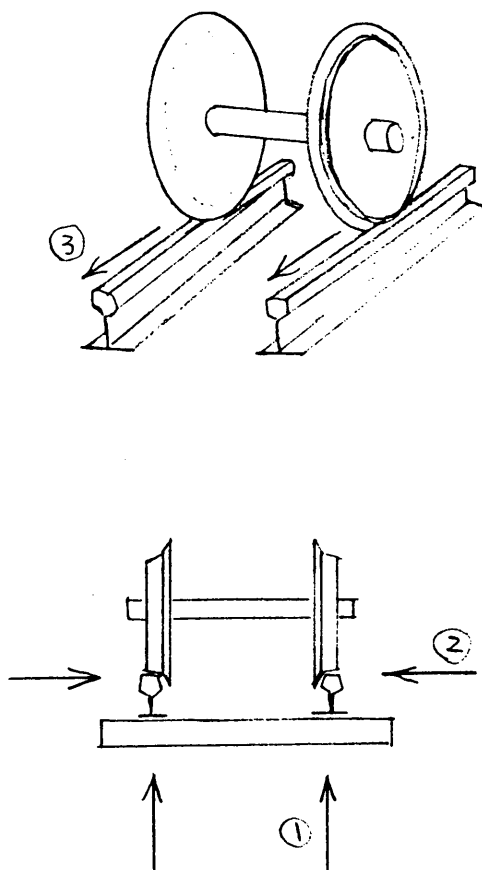


図-2 レールの3つの役割

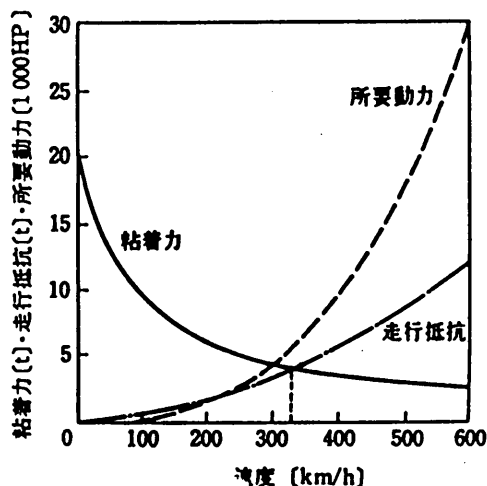


図 - 3 走行抵抗と粘着力の関係

くなっていきます。だから風がある時は、まず停止する。あるいは必ず徐行する、これはもう鉄則でございます。要するに、①の支持力と②の案内力がレールと車輪の役割です。しかし、それだけでは列車は全然走らないわけです。前へ進む力というのは上にあります③の力でありまして、これは車輪がモーターで回転しますと、レールとの間に摩擦がありますから、摩擦の力を利用して前進をする。これが三番目の力であります。

ところが、速度がだんだん上がってまいります。図3なんですけれども、左下が0と書いてあります。これは時速0でありまして、100 km/h、200 km/h、300 km/hというふうにだんだん速くしていきますと、この図の中で縦軸に粘着力と書いてあります。これは摩擦力と同じことなんです。速度が上がってきますと、摩擦がだんだん小さくなってきます。で、一方、走行抵抗というのは、速度が上がれば大きくなってきます。これは前に風を切って進むとか、あるいはシリンドー、車

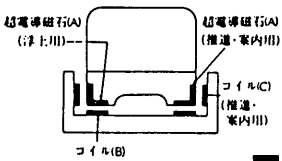
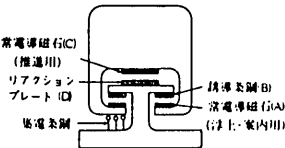
軸と台車の間の回転摩擦とか、速度が上がれば上がるほど、走りにくくなってきます。丁度この右の方に下がる曲線と、右の方に上がって行く曲線の交点の場所、330 km/hぐらいの所、この所へ行きますと、前に動こうとする力と、後ろから引っ張り止めようとする力が丁度バランスしますから、これ以上になりますと、車輪が空転いたします。レールの上に油を塗っておけば、これは空回りします。また雪道でいくらふかしても自動車の車輪が空回りするのと同じ状態です。ですから330 km/h以上スピードが出ない。非常に簡単に言いますと、レールを使って走る鉄道では、上限のスピードは大体330 km/hであるといえます。それ以上スピードを出そうと思えば、レールと車輪を使ってたら駄目なんですね。勿論、他にも理由がございます。蛇行動、先ほど言いました、横揺れですね、普通のレールでは330 km/hをこえると脱線の危険が出たり、パンタグラフと銅線が溶けてしまう、というような問題点もございます。ですからニア・モーターにしなければいけない理由というのは、もしスピードを330 km/h以上出そうと思えば、レールをなくしてしまう必要があるのであります。こういうスピードアップに伴う必然性の外にもニア・モーターの利点が色々ございますが、それは又後で御説明をすることにしたと思います。

ところで先ほど言いました三番目の力だけをニア・モーターに置き換えて、①と②は依然として車輪のまま残すというリニア・モーターカーがあります。これの時は100 km/h以下ですが、今大阪で準備中の花と緑の博覧会へ行く地下鉄が、この車輪付きのリニア・モーターカーで計画

されております。大阪の南港に試験線を作りまして、実際にそれを走らせるという試験が始まっております。何故リニア・モーターカーを使うかと言うと、先ほど言いましたスピードアップが目的ではなく、トンネルの断面を小さくするのが目的です。普通の電車だと、車両の床下にモーターが付いております。それから抵抗機とか電気機器を足元にいっぱい抱き込んでいますので床下を低くすることができないんですね。ところが、リニア・モーターカーですと、プレートを二枚向かい合わせるだけで走るわけですから、モーターの高さの分だけ車体を低くし、その分だけトンネルの断面を小さくすることが出来ます。例えば東京・大阪・名古屋の地下鉄のトンネルの直径は単線分で普通5mというのが多いです。それを仮に4mにすると面積では $5 \times 5 \parallel 25$ が $4 \times 4 \parallel 16$ で済むわけです。大体60%ぐらいの断面ですね。ですから工費が4割節約できるか?というと、そうではございません。オープンカット工法といって地表面から掘り下げてゆく場合は、ほとんど安くならないんでございますが、モグラのように横穴で掘ってゆく場合は、20%ぐらい工費を安くすることが出来るようです。

それから他にも線路が急勾配でもよいという利点がございます。そういう利点がありまして大阪でも計画されております。これと同じ車輪つきのリニア・モーターカーがカナダのバンクーバー市内で7.3kmのところで既に営業運転をしております。最高時速は70 km/hぐらいしか出せませんが、そういう都市内の地下鉄、都市交通としてのリニア・モーターカーがございます。この急勾

表 - 1 MLU-001とHSST

	MLU-001	HSST
断面図	 超電導磁石(A) (浮上用) 超電導磁石(A) (推進・案内用) コイル(B) コイル(C) (推進・案内用) ■ 一次側コイル ▨ 二次側コイルまたはリアクションプレート	 常電導磁石(C) (推進用) リアクションプレート(D) 超電導磁石(B) (浮上・案内用)
浮上	超電導電磁誘導反発型 車上の超電導磁石(A)と、車両が通過する時だけ磁石となる地上コイル(B)との反発力を利用して浮上させる。	常電導電磁吸引型 車上の電磁石(A)に電流を流して誘導条路(B)に吸いつく力により車体を浮上させる。
推進	LSM方式 側壁内面のコイル(C)に電流を流し、超電導磁石(A)との間に生じる引張り合力を利用して駆動する。 (車両の集電が不要)	LIM方式 車上の常電導磁石(C)が通常の電動機の固定子、車上のリアクションプレート(D)が回転子に相当する。 (車両の集電が必要)
低公害性	低公害である。	低公害である。
ガイドウェイの施工精度	浮上高さが約100mmもあるので特に精度維持が不要。(超高速鉄道に向いている。)	浮上高さが10～15mmしかないので精度をきびしく管理する必要がある。

配でも強いということ、それだけトンネルとか曲線区間、線路を選ぶのが容易でございまして、それも安く出来るという利点になります。ここまでは車輪付きのリニア・モーターカーの話をしましたけれども、今度は車輪のないものの話に入ります。

これは車輪がないわけですから正確にはもう「車体」じゃないですね。「浮上体」と言うべきかもしれませんが、車輪がない形のリニア・モーターカーにはどんなのかあるかと言いますと、二つに分か

れまして、一つは空気浮上式、一つは磁気浮上式でございますね。空気浮上式というのは、ホバークラフトのように、空気を吹き出して、その空気圧を利用して車体を浮き上がらせる、これは宇野・高松間の宇高連絡の所にもございますし、あるいはドーバー海峡など、200人乗り、300人乗りというホバークラフトが実際に就航しております。これを使って超高速鉄道の試験をやったのが、フランスでございます。フランスは昭和40年代のはじめに早くも80人乗りのエアートランという高速の鉄道をつくって実験をやったわけですが、もう今はすっかり諦めております。何故かと申しますと、ものすごい音がしまして町の中はともあんなもの使えるものじゃない、ということでございます。もっぱら磁気浮上式になっております。磁気浮上式を分けますと表1がございますが、左側が反発式でして、磁石の力で車体を押し上げているのが反発式、右側のH S S Tと書いてありますのが、これは日本航空が開発している方で、吸引式と言いまして、車体が磁石の力でぶら下がっているわけです。右側の図で上の方に向き合っている磁石は推進用の磁石です。下に二つ、両側についているのが車体を引っ張り上げる磁石対ですね。この二つの方式の反発式と吸引式、それぞれ利害得失がございますが、大きく分けますと、こういう風に分けることができます。

次に常電導と超電導についてお話しします。コイルに電流を流せば磁場が生じて電磁石になります。H S S Tや西ドイツのリニアモーターカーは常温で、普通の電磁石の原理を利用している、

つまり常電導方式であります。

それに対して国鉄が開発してきたのは超電導方式というもので大きい違いがあります。ある種の合金は絶対零度すなわち摂氏マイナス二七三度で電気抵抗がゼロになる現象があり、これを超電導現象といいます。リニアモーターカーに積んだコイルを絶対零度に保ち、そこに強力な電流を流すと電気抵抗がないのですから電流は永久に流れ続け、強力な浮上力が得られます。これによって車体（車輪がないから浮上体？）を地表から約10 cmも浮かすことができ、時速五百軒という高速も出せるようになります。これに対して常電導方式では電力消費が大きくて1 cm程度しか浮かせないで超高速走行に種々の問題がでてきます。

ところでさきほど、絶対零度で電気抵抗がゼロになるのが超電導現象だと言いました。そして長い間そう信じられて来たのですが、最近の僅か半年の間に、絶対零度でなく、五〇度や一〇〇度でも超電導現象を生じる「高温超電導体」の研究開発が奇跡的に進歩しました。バリウムとイットリウムを用いるある種のセラミックスで、まだすぐ実用化という訳にはいかなけれども、リニアモーターカー以外にも超電導の応用範囲は著るしく広くなる楽しみができました。絶対零度までに冷やすために高価な液体ヘリウムを使っていたのが、空気の $\frac{4}{5}$ を占める無尽蔵の窒素ガスでよくなるのも間近かです。こうなると最初から超電導方式で開発を進めてきた国鉄型の優位ははつきりしますが、この情勢を見て西ドイツが常電導方式から超電導方式に切り換えてく

ることも多分に予想されます。

(2) リニア・モーターカーは何故必要か

先ほど言いました330 km/h以上を超高速鉄道と定義しますと、これはレールと車輪では、到達できないスピードであり、これを越えるためにはリニア・モーターでなければならぬことになります。じゃあ速く走ればどんな利点があるのかと申しますと、例えば東京―大阪間を一時間で行けるようになるのと飛行機に乗っていた人も、そっちへ戻ってくる。バスで伊丹空港まで一時間とか、羽田空港から三〇分というようなアクセス時間がいらぬ。そういう風に速くなるという便利さと同時に、コストが節減出来る。たとえば現在ひかり号の車両は東京―大阪間を一日に二往復できます。ところがリニア・モーターカーで東京―大阪間を一時間で行けるとしますと、一日六往復ぐらいは楽に出来るわけですね。ですから車両費が安くて済む、運転手や車掌の業務の効率も同時に大きくなるというようなコスト節減にもつながります。

それからリニア・モーターの利点では、公害がないということですね。飛行機のようなエンジンもございませんで、サーツという風を切る音だけです。全く騒音がない、震動がない、というのが大きな利点。それから非常に急な勾配でも登れる。新幹線は10/1000以下という勾配です。

1 km 走る間にやっと 10 m 上れるのを $\frac{10}{1000}$ の勾配といいますが、このリニア・モーターですと $\frac{60}{1000}$ くらいまで急な勾配であっても平気で上り下りが出来ます。この急勾配で登れることにどんな利点があるかというと、トンネルの長さを短く橋も短くして、工事費を安く済ませる事が出来る。リニア・モーターカーのそのほかの大きな利点は、線路の補修がほとんどいらないなることです。車体と軌道の間に空気のクッションが入るので、レールの補正とか、レールを取り替えるという補修費が少なくて済むということであります。

(3) リニア・モーターカーの技術開発

このリニア・モーターカーの技術開発ですが、表 2 に国鉄における浮上鉄道開発の経過があります。1972 年（昭和 47 年）、つまり 15 年前に鉄道技術研究所の中で 480 m という試験線を作りまして、そこで磁気浮上の走行に成功したのがまず最初でございます。それで 77 年 9 月（昭和 52 年）に時速 112 km、これは 1.3 km の試験区間を使っております。それからずっと試験を続けまして、79 年（昭和 54 年）12 月に時速 517 km、これが今でも破られていない世界記録であります。7 km の試験区間を使用してあります。2 年かかってやっと試験線 7 km が出来上がったわけです。西ドイツは最近非常に熱心にこのリニア・モーターの開発に力を入れておりまして、ハンブルグの近くの

表 - 2 国鉄における浮上鉄道開発の経過

1960年代初期	リニアモータ推進浮上式鉄道の研究を始める			東京 (技研)
70	超電導磁気浮上の基礎試験装置完成			
72	超電導磁気浮上LSM推進実験車磁気浮上走行に成功 (LSM200) 超電導磁気浮上LSM推進実験車磁気浮上走行に成功 (ML-100)			
74	ガイドウェイ試験装置完成 電力供給システムモデル完成			
75	超電導磁気浮上LSM推進実験車完全非接触走行に成功 (ML-100A)			
77. 7	宮崎実験線で逆T形ガイドウェイを使い走行実験を開始 (ML-500)			
9	112km/h を達成 (補助支持による)	1.3km区間使用		
78. 3	301km/h を達成	3.1km区間使用		
11	347km/h を達成	4.7km区間使用		
79. 1	横断トンネル走行実験 (運輸省からの委託研究による)			
5	ヘリウム冷凍機搭載走行実験			
12	517km/h を達成	7.0km区間使用		
80. 11	宮崎実験線でU形ガイドウェイを使い走行実験を開始 (MLU 001)			
81. 4	251km/h を達成	4.0km区間使用		
11	2 両連結走行実験を開始			
82. 7	305km/h を達成 (2 両連結)	7.0km区間使用		
9	有人走行実験を始める			
11	3 両連結走行実験を開始			
83. 8	1 両400km/h を達成			

				宮崎 (実験線)

各国における浮上式鉄道の開発状況

	西ドイツ	カナダ	アメリカ	イギリス	ソビエト
開 発 目 的	ヨーロッパの大都市を高速で結ぶ新しい鉄道システムの開発	気象条件に左右されぬ安定な都市間高速輸送システムの開発	都市間高速輸送システムの開発	都市間高速輸送システムの開発	高速鉄道輸送システムの開発
方 式	常電導磁気浮上 LSM 推進	超電導磁気浮上 LSM 推進	—	超電導磁気浮上 LSM 推進	—
開 発 主 体	国 (研究技術省)	国 (カナダ鉄道地上輸送研究所)	国 (運輸省)	国	国
ス ケ ジ ュ ー ル	1980年：コンソーシアム結成へ 1983年から走行試験	近年中にプロトタイプによる試運転を計画している	—	—	1980年代末までに実現化

アムスランドで 31.5 km という試験線を作って「トランスラピッド」の走行実験をやっております。

日本の国鉄は、御存知のように昭和46年頃から生産性向上運動の後処理の失敗から労務管理が潰滅状態になり職場の荒廃の結果、余剰人員がたまってしまいました。禁治産状態になってしまった。で、こんなお家のつぶれそうな時に試験線でもあるまい、というわけでこのリニア・モーターカーの実験というのは非常に資金面で苦しくなっていました。それなりに努力はしていたんですけどもほとんど進歩をとめていたようなものです。この間に西ドイツにぐっと追いつかれてしまいました。現在西ドイツでは96人乗りで、時速310 km ぐらいで実験を繰り返しています。④

日本の場合は、有人の試験車を作っているんですけども、残念ながら時速400 km/h ぐらいを出そうと思いますと、危なくて人を乗せられないんですね。試験線がたった7 km しかありませんので、スタートと同時に思いきり最高速に上げて、それで最高速が出たと思ったらその瞬間に急ブレーキをかけないと向こうへ突き抜けて飛び出してしまいます。スピードをあげる実験でなく、ブレーキで停める実験のようなものです。そういう状態で人を乗せた実験が出来ないので、やはり少なくとも長さ30 km ぐらいの試験線がある、有人走行実験を始めたのが1982年の9月ですが、一両で、400.8 km/h という記録を新しい車で作っておりますが、この間5年間ほどあんまり見るべき成果が出ていない。その間に西ドイツが一番熱心に一年間500億円ぐらいかけて試験をやっております。それから普通の新幹線タイプではフランスのTGVというのがございますが、ドイツの96

れども、まだ実用化する場所が見つかっていない。つくば万博とか、あるいはバンクーバーで86年に開催された交通博、そういういわばデモンストレーションという段階でございます。それから西ドイツが都市交通用として考えておりますのが、Mバーンという、そんなに高速が出ないリニア・モーターでございます。これは磁気浮上タイプと車輪付きタイプと両方の技術開発をやっているものであります。その他日本では日立製作所が日立に試験線をもっておりまして、車輪付きのリニア・モーターの開発をしております。ま、色々そういった例が世界にございまして、恐らくこの数年、あるいは十年ぐらいの間には世界中でかなりの場所で、実用化が進んでいくと思っております。

次に日本の新幹線が世界の高速鉄道の中で、どんな位置付けにあるんだろうか、ということをお話いたします。図4の1900年から左の欄を縦に見ていただきます。1900年というのは明治33年でございますが、その後1920・1930・1950・1970・1980・1990年までで、左の方に太い折れ線を書いておられますけれども、これが日本の国鉄の速度で右の方がだんだん速度が速くなるわけでございます。上の欄を御覧いただきますと、50・100・150・200という風になっておりまして、新橋―神戸間の特急とか新橋―下関間、それから昭和20年、1945年頃に点線で左によっておりますが、この頃とはにかく運んでくれれば良いという時代で、スピードは遅かったわけです。今度は上の方の時速200kmという所を御覧いただきまして、そのちよっと下の所に明治45年頃でございますが、ドイツでは最高

速度210 km/hを出してゐるわけですね。これはお客さん乗っておりません。ポツツとした黒いのは試験線です。ECと書いておりますのは電車ということでございます。

ドイツで明治40年頃に、電車で210 km/hというスピードを出しております。フランスがSLと書いておりますのは、これは蒸気機関車で、172 km/h、ドイツは明治末当時圧倒的に速い列車を持っていた。それから1940年、だんだん下がってまいりますと1940年、昭和15年ですが、イギリスで蒸気機関車で202 km/hを出した。これもお客は乗っておりません。イタリーが203 km/hを出した。それからだんだん下の方へ下がってまいりまして1956年、日本の国鉄ではその左の方にモハとか小田急とか書いております。この辺が日本のスピード記録でございまして、150 km/h前後。1967年でございますが、東海道新幹線がございます。試験線じゃなくて、お客を乗せた列車で200 km/hを超えた210 km/h。その当時からすれば、まさに画期的な出来事でございます。フランスは鉄道のスピードについては自信を持っている国でございまして、日本にやられたというので、すぐに追いかけるようにして200 kmの実用運転をやっております。それからイギリスではHSTでDCというのはディーゼル動車であります。200 km/hを出している。それからドイツも200 km/hを出している。大体日本の東海道新幹線がきっかけになって世界の鉄道は200 km/h時代に突入しました。

東海道新幹線というのは、まさに当時の常識を超えた高速鉄道でございました。私は42年にフ

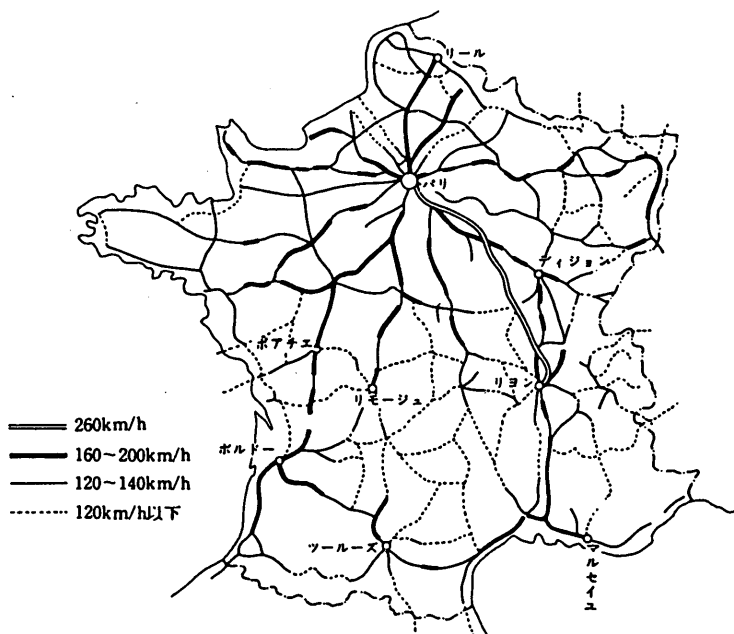


図 - 5 フランス国鉄の各線区最高速度 (1982年7月現在)

フランスに行った時に、フランスの鉄道技師が東海道新幹線は一日に二往復ぐらいか、三往復ぐらい走っているのかと聞きましたけれども、そういう感覚なんです。日本の鉄道に速さで負けたことをものすごく残念そうな表情をしたのを今でもよく覚えております。

フランスはその後、あらゆる努力を新幹線を追い抜くことに傾注をしまして、あっという間にTGVをつくって抜き返したのですが、昭和40年頃の日本はマラソンにたとえ

ますとかつて瀬古選手、ものすごく強かったですね。二位以下を見えなくなる所まで離して走れる、独走態勢であった。ところが、今やフランスのTGVというのはもう独走的に前へ出ております。日本の新幹線は、30人ぐらいの第二集団の中であらうじて一歩前へ出ているという状態ですね。それはどこから来るのかと申しますと、日本の場合は狭軌だということです。JRは狭軌ですから最高速度はせいぜい120 km/hぐらいです。なんとかして130 km/hにすることを目標にしておりますけれども、振子型電車とか、いろいろ技術改善をやってもまだ今後10年、15年にわたり幹線のすべてを130 km/hで走ることとは無理だと思います。地下鉄とか、あるいは阪急、近鉄などはご存知のように標準軌であり、ゲージが1 m 43 cm 5 mmあるわけですね。それに対して国鉄の場合は1 m 6 cm 7 mmです。ですからモーターの大きさは体積にすると半分以下で、それに安定も悪いのでスピードの競争をしろと言っても無理なのです。つまりドイツやフランスの鉄道は最初から全国線の線路が、新幹線の線路であると考えてもよろしいんですね。ですから日本の場合は、東海道新幹線、山陽新幹線、上越、それから東北ですか、これだけしかないわけなんです、フランスの場合、ほぼ全区間が少し手を入れるだけで新幹線のレールになる。図5でパリを中心として放射状に幹線鉄道が出来ております。TGVというのは、パリから右下の方へリヨンまで約470 km、これが新しい線路で、260 km/hまで出しておるわけです。で、それ以外の線で太く塗ってある所がご

ざいます。これがですね、今から5年前で既に160 km/h以上で走ってる区間であります。ですからその後5年間には、この抜けている所がほとんど全部黒く埋まっているはずです。ですから200 km/h、こだまクラスがこの黒い所を走っているということでございます。

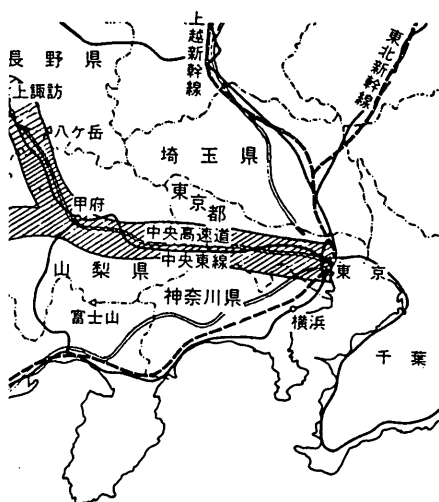
日本の場合には、確かに東海道新幹線が出来た頃は、高速鉄道では世界一、ダントツだったわけですが、フランスのように、全国土にあまねく200 km/h鉄道が走るという時代からしますと、もうずいぶん後進国になりつつあるということが言えるわけです。で、リニア・モーターの技術というのは、これは確かにまだ世界最高なのでございますが、それを実用化していくというところに、徐々にギャップが生れつつあると言えます。例えば東海道新幹線方式っていうのは、これはコロンブスの卵だといえますね。踏切りやポイントがない、駅が非常に少ないわけですね。速く走れるのは決して車両の性能だけじゃございませんで、速く走れるような線路も必要だということです。鉄道でここまで出来るという、いわばお手本を東海道新幹線が世界に示したということです。太平洋戦争ですね、緒戦では日本が非常に調子が良かった。これは山本五十六司令長官の編み出した航空機による機動戦法であり、これがいいんだということをハワイの真珠湾とか、マレー沖で示しました。この戦法を実証したのは日本が初めてだと思います。それを見て、これから航空機の時代だ、というので、アメリカが航空機の生産とかパイロットの養成に力を入れる。

それで体制が逆転した一つの理由でしょう。日本が最初に手本を示し、後からそれをうまく使われてしまったというのは、この東海道新幹線もそうでありまして、リニア・モーターの鉄道についても今同じような事が起こっている、という風に思うわけでございます。

(4) リニア・モーターカーの可能性と期待

で、その次に、わが国のリニア・モーターカーにはどんな計画があるかということで、ちょっと御説明をいたしたいと思えます。まず車輪付きのリニア・モーターカーでございますね、車輪の付いたりニア・モーターカーというのは、大阪の京橋から花博の会場まで行く地下鉄は、この車輪付きのリニア・モーターカーでやろう、そのための実験を、南港で試験線を作って今、始めておりますが、これは先ほど言いましたようにトンネルの断面積を小さくするということが、主な目的でございます。それから電力消費の効率がいいとか、そういう利点もあるわけなんです、一方マイナスも残っております。非常に強烈な磁場を作って、それがお客さんの時計とかあるいはテープレコーダーとかに影響がないか、あるいは熱が発散いたしました、地下鉄の通路の温度が高くなってしまうのではないだろうか、など色々なことも言われております。必ずしもプラスだけではないということでございます。

その次にH S S T、これは浮上いたします。御存知のように、日本航空がもともとは都心から



概要

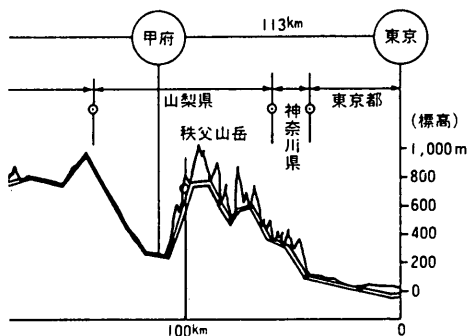
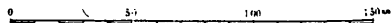
中央リニア新幹線は内陸部を通過するため、山岳区間が多く路線の計画に当たっては、急峻な地形を克服し、かつ建設費の低廉をはかる。

沿線都市の活性化のために適切な駅の配置とする。

- ・計画区間 東京～大阪間
- ・線路延長 約 500km
- ・計画最高速度 500km/h
- ・最急勾配 40～70‰
- ・総工事費 約 3 兆円
- ・工期 約 7 年

凡例

- 在来線
- - - 新幹線(既設)
- 高速道
- ▨ 中央新幹線



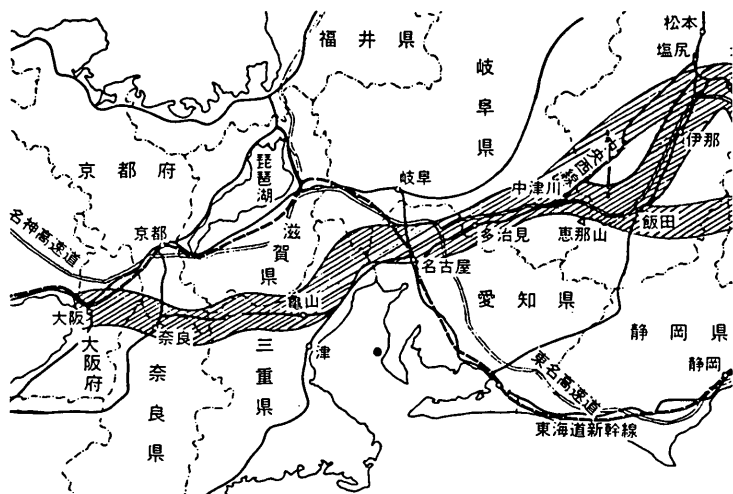
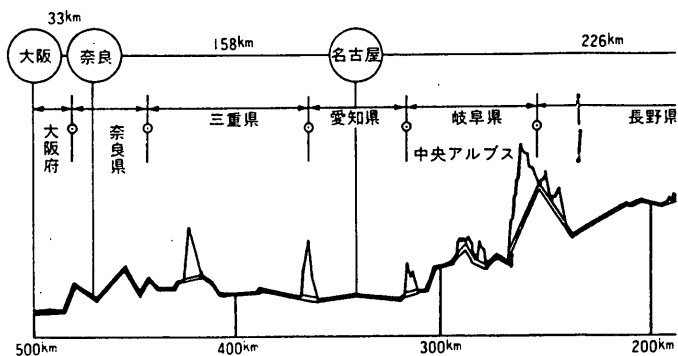


図 - 6 中央リニア新幹線（東京～大阪間）



飛行場までを速く連絡出来るようにしようということで開発をしたものでございます。その考え方は勿論いいんですが、どこに通せばいいのかという問題があります。道路の上といいますと、すでに高速道路が出来ていたり、なかなかそれを通す通路空間が見つからない。たとえば羽田と東京都心間にはモノレールが出来ておりますね。ああいう形で成田空港と東京の間とか、あるいは関西新空港から大阪都心などに使えるのではないか。もともとそういう所に使おうという目的で開発が行われたわけなのでございますが、なかなかそれを通せるような通路空間が見つからない。今、大宮と成田空港の間で地元が非常に熱心にそれを作ろうとしておりますけれども、何と言いましても資金がいります。大体1 kmあたり、40億では出来なないと思いますね。50億円ぐらい10 kmありますと、少なくとも500億円ぐらいかかってしまいます。その資金をどこから集めてくるか、それからそれが出来たとしましても、それをどうやって償還をし、後の収支を償っていくのか。経営的になかなか採算が合わないということが問題で、いい場所が見つかっておりません。

今、関西新空港の対岸といいますか、陸地側のところに、大阪府が海を埋立てて4 kmぐらいの細長い臨空タウンをつくる計画をしております。関西新空港が開港いたします時にはそこで空港博覧会をやり、その会場の中に、このH S S Tを走らせる計画があります。しかし客寄せ用だけでよければ赤字でもよいのですけれども、長期にわたってとても収支がとれない。次には国鉄が開発を進めてきた方式でございますが、札幌の千歳空港と札幌の間を10分ぐらいで結び、と、地

元が非常に熱心にそういう運動を進めております。

もう一つの計画は先ほども言いました東京・大阪を結ぶ中央新幹線プランです。東京・甲府をつなぎ、ここで比較案が図6に示すように三つございます。上諏訪の方へ廻る案と、中央アルプスの山塊を長いトンネルでズバツと抜く案などです。それから恵那山、中津川、名古屋を通って、残念ながら京都には寄れそうもありませんけれども。この三つのルート案のうちどれにするかについては政治力も、多少は関係してくるかもしれません。そういう風な鉄道というのは、ローカル線も一緒なんです、非常に政治的に利用されるところがあります。これは又脱線になります。宮崎には、現在7kmの試験線がありまして、この試験線が40kmいるのならば、現在ある7kmをそのまま使って延長してくれ、という運動を盛んにやっております。山梨県は将来中央リニア新幹線が出来る内の一部を試験線で作ってくれないかという意見が出てきております。このリニア・モーターの中央新幹線の話をちょっとさせていただきますと、東海道の東京、名古屋、大阪間というのは、現在新幹線で1日14万人が利用しております。

一昨年の8月、大きな航空機事故がございましたが、それまでは、飛行機に一日1万人乗っております。で、その飛行機が落ちた後、一挙に半分以下、3分の1ぐらいになっちゃったんですが、合計15万人が動いてる。飛行機の空席さえあれば、安全であれば、やはり東京―大阪間を1時間で行きたいという、非常に強い需要があるということだと思います。東京―大阪間、確か

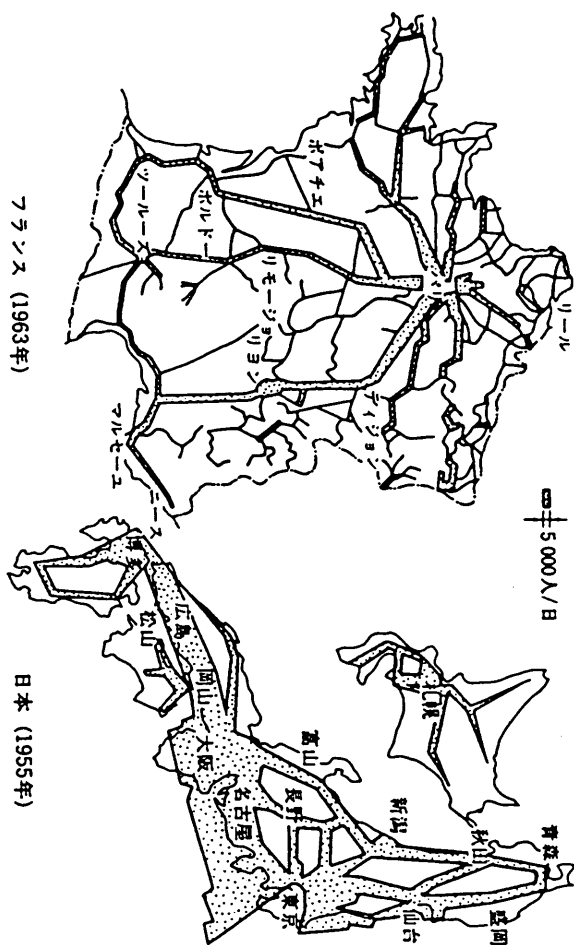


図-7 幹線鉄道の旅客輸送量 (文献2より引用)

に昭和29年に、3時間10分で行けるようになった。これはもう画期的なことだった。人類の500年の歴史っていうのは速く目的地に行くためのそういう技術を求めている。東京―大阪間というのはまさに世界でも例のない産業・人口・情報・資本、あらゆるものが超高密度に集積しているところであります。地球儀のどこを探しても、わずか500kmでそこに人口が500万も集まっているというような所がございません。その例といたしまして、図7はフランスと日本の、縮尺を合わせた地図です。フランスの場合は、パリが大都市でありまして、全国土からこういう風に放射状に集まってくる、線の太さはその上を流れている交通量を示しています。それに対して日本はこれだけ多くの人が動いているということなんです。

東京、名古屋、大阪、岡山、広島、福岡という幹線の太さですね。1日15万人というのは、世界の例のない量と同時に質の高い流れでございます。つまり費用がかかっても速く行きたいということを求めています。だからフランスの幹線は線の太さはせいぜい鹿児島本線か日豊線か羽越線、それぐらいのものなんです。ですからなぜ日本に、世界で最初に東海道新幹線が生まれたか。一つは大量の人が一つの線状に速く移動したいという強い需要があるということです。仮に飛行機ではジャンボ一機で500人ですが、利用率が七割ぐらいで計算しますから350人ぐらい。100機でも3万5000人ですから15万人といえますと、東京―大阪間だけで一日400機ぐらい飛ばないと運

べない。それから自動車やバスで運んでも、東京大阪間専用の20車線くらい的高速道路がある。だから大量に速く行きたいという需要がある所には、やはりこういう超高速鉄道の需要があるということですよ。

もう一つの必要条件は、総合的な鉄道技術があるということですね。この技術（シーズ）とお客（ニーズ）の両方があるからこそ、日本で初めて新幹線が生まれたわけでございます。それから国土の交通は、いかにあるべきかという総合的交通体系という見方からいたしますと、300 km、500 kmの特に東海道側にはまだ誘発交通量といまして、便利になればそれじゃあ、行こうかという需要がまだ出てくる可能性があるということですね。その他に、やはりニア・モーター新幹線が必要だとして、作れるだろうか、ということなんです。これは建設費を含めまして、全部いれて3兆円ぐらいかかるだろうと言われております。そんなお金がどこにあるか、ということなんでしょう。これは例えばこういう考え方をしてはどうかと思えます。今、東京には経済、政治、情報、学術、技術、文化など、あらゆる機能が集中しつつあります。日本経済をここまで引っ張ってきたのは、その経済メカニズムが効率よく運営できるシステムが関東平野一帯に集まったためである。例えばエレクトロニクスだとか、セラミックス、バイオ、そういう技術開発が、関東平野に非常に有利な形で展開をすることが出来た、というような条件が日本経済をここまで引っ張ってきたと思うわけでございます。しかし活発に活動する都市というのは、確

かにいい都市なんですが、それと同時にそこに住んでる人が快適な日常生活をエンジョイしておられるだろうか、ということも、その都市がいい都市であるという非常に大事な要素であろうと思っただけです。東京の人は、ゴルフへ行くには5時頃起きないととても出来ないとか、通勤が2時間とか2時間半というのは驚かないようです。東京で知人と食事をして夜の9時頃になったらもうそわそわして、9時半頃になったら怖いもんじゃないにして帰っていく。宇都宮よりもっと向こうだとか、平塚の先だとか、そういう所に住んでいる人ですから。大阪では友達と飲んで夜の12時、1時になっても平気です。京阪神の方が住みよいと思うわけです。東京ではどう考えても1日中陽が当たらないようなマンションに洗濯物が干してありますし、それで月家賃が15万円もする。欧米諸国の感覚からすればとても人間の住めない状態になってますね。

時間がありませんので、あんまり脱線してられないんですが、東京というのが本当にこのままでいいんだろうか。で、昨年（昭和61年）12月に四全総の中間報告が出まして、御存知のように、さらに東京に集まってもいいじゃないか、という風な方針が出されました。今、全国からそれに対して猛烈な反対が出て袋だたきつていいいますか、総スカンを食っているように感じますが、何とかして東京にばかり集めない方法を考えなきゃいけないんじゃないか。ところが官僚やオピニオンリーダーを含む東京の人たちは、東京が過密になるならば、100km圏の中で、宇都宮だとか、あるいは八王子だとかに展開していこうというように関東という自分のコップの

中でしか考えていらっしやらないような気がするわけでございます。そのうえ、100 km 圏では足りないというので300 km 圏っていうような話がちらつとでたりしておりますけれども、東京では坪当り300万、500万で驚かない。坪当り1億円がでも驚かなくなってる。これはもう明らかに異常だと思えますね。何で37万^{km}ある国土を有効に活用しようという考え方をしないんだろうか、ということです。そういう見方をしますとこのリニア・モーターの中央新幹線っていうのが浮き上がってくるわけでございまして、東京から大阪まで1時間で来れる、ということになりますと、これは八王子とか立川の辺に大阪が移っていくのと同じことになるわけでございますね。名古屋ですと、これは40分ぐらいで行けますから、もっと近い三鷹とか吉祥寺の辺になっちゃうわけです。

ところで東京には霞ヶ関ビルをあと90棟ぐらい建てるだけの需要があると言われております。一つのビルが1 haとし、大阪より東京では^m当り100万円高価だとしますと、90棟で9兆円というお金になります。大阪でビルを建てるよりも東京で建てれば土地代だけで9兆円高くつくわけでございます。ですから大阪でビルを90棟建てまして、9兆円を生み出すことができます。そしてその中心までリニア・モーターの新幹線を作るわけです。そうするとリニア・モーターの建設費の3兆円ぐらい簡単に生み出せておつりがきてしまします。仮にその半分として4.5兆円ぐらい、3兆円でリニア・モーターを作って、あと1兆5000億残りますからそのお金で関西新空港の他に、関西文化学術研究都市の近くに国際空港を作る、というお金も出てくると思います。

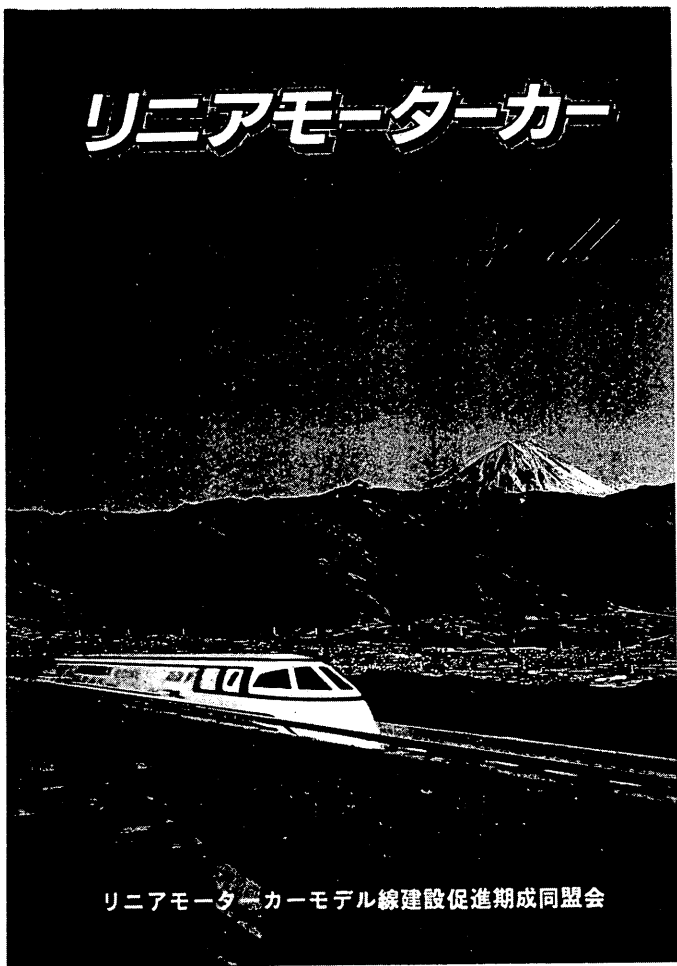
リニア・モーターというのは、鉄道技術の次の時代、来たるべき時代には、世界各国でですね、普及していく新しい技術であります。我が国におきましては、現在は技術的には世界の最高レベルでございますけれども、実用の面ではうかがうと負けてしまいます……という状態になっているということを申し上げて終らせて頂きます。時間を頂戴いたしまして、ありがとうございます。

（京都大学教授（工学部交通土木工学教室））

⑧ 87年12月に西ドイツでは時速406kmの記録を出し、日本の400.8kmという有人世界記録を遂に追い越した。

参考資料

リニアモーターカー



リニアモーターカーモデル線建設促進期成同盟会

リニアモーターカーによる中央新幹線の効果

同様では、21世紀の交通手段にふさわしい超高速鉄道としてリニアモーターカーの開発を進めています。

宮崎県の実証線において、昭和51年12月には無人走行で317km/h、57年1月には有人走行で305km/hを記録して実証は着実に進み、61年度には、ほぼ終了し実用化の目途がつきつつあります。

しかし、営業化に向けての最終確認試験を行うためには、新しくトンネルや橋のある長い区間をもったモデル線の建設が必要とされています。

このモデル線の建設に際しては、今後の実験に必要な条件を整え、同時に、首都圏に近い地域であって、しかも将来営業線として活用する箇所が望ましいといわれています。本県はまさにその最適地といえます。

リニアモーターカーモデル線を東京都内から本県中央部に至る中央新幹線ルート上に早期実現を期して参ります。

この建設は中央新幹線の開業を早め、本県の産業・経済・文化のより一歩の発展に寄与するものであります。

県民の理解を深め、関係各位の深いご理解とご支援をお願い申し上げます。

リニアモーターカーモデル線建設促進県民連合会
会長 山梨県知事 望月 幸明

① 便利になります。

- ・ 時間短縮による行動圏の拡大
- ・ 快適性の向上

② 産業が発展します。

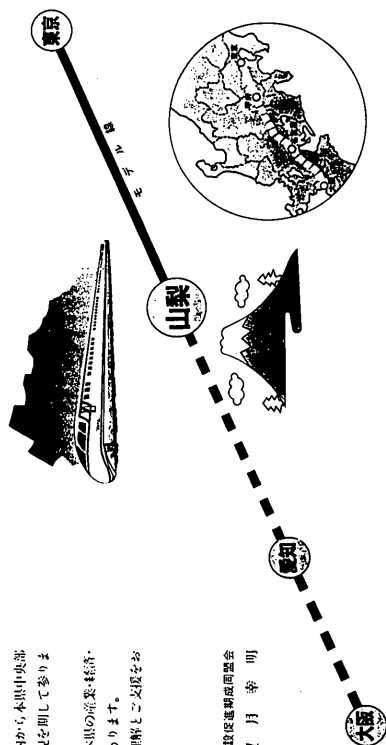
- ・ 地場産業の活性化
- ・ 新産業の創出

③ 都市の成長を促進します。

- ・ 文化経済交流圏の拡大
- ・ 都市のイメージ向上

④ 観光の発展が期待されます。

- ・ 観光客の増加
- ・ 観光誘致圏の拡大



豆 知 蔵

●磁気浮上式(リニアモーターカー)鉄道とは

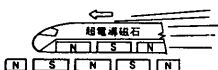
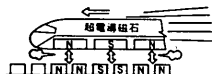
レールも車輪もなして(但し専用の走行路は必要)電磁石により、車体を走行路上に浮き上がらせ推進する新しい方式の鉄道を言います。

なぜ、浮き上がるのか?

リニアモーターカーは、電磁石の同じ極性(N極とN極、又はS極とS極)同士のおたがいに反発する力によって車体は浮き上がります。

なぜ、走るのか?

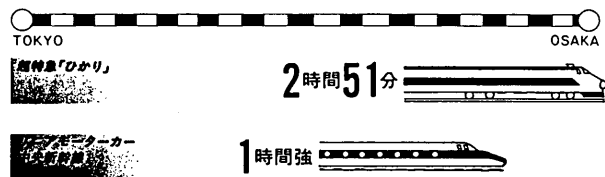
リニアモーターカーは電磁石同士の引き合う力、反発する力によって、車体を走らせます。



●在来の鉄道との比較

項 目	磁 気 浮 上 式 鉄 道	在 来 の 鉄 道
速 度	500km/h以上可能	実用上300km/h以下
加 減 速 度	乗客に不快感を与えない範囲で大きくできる	車輪とレールの摩擦力による限界がある
運 転	地上から制御する	車上で制御する

●東京：大阪間所要時間の比較



問い合わせ先

山梨県企画管理局
リニアモーターカー対策室
甲府市丸の内一丁目6番1号
TEL 0552-37-1111(内線3180)

山梨県東京事務所
東京都千代田区平河町二丁目6番3号
(都道府県会館内)
TEL 03-264-4936-4938