

## リニア・中央新幹線の実現に向けて

土井利明\*

リニア・中央新幹線は、国鉄、JRグループが開発して来た超電導磁石を利用したリニアモーターカーにより、東京～大阪間を約1時間で結ぼうという壮大な計画である。

日本経済の発展の大動脈輸送を担ってきた東海道新幹線が開業したのが1964年10月、その当時とは日本の社会、経済環境、国民の生活水準、価値観、意識も大きくかわりつつある。

21世紀の国際情報化社会に対応した、より速く、より快適な新しい交通手段の出現が今、望まれている。リニア技術の実用化のための山梨リニア実験線建設も始まり、リニア・中央新幹線は21世紀初頭の実現に向け、第1歩を踏み出した。

### Toward the Realization of the Chuo Linear Express

Toshiaki DOI\*

The Chuo Linear Express is a spectacular project to link Tokyo and Osaka in one hour by means of the Linear Motor Car MAGLEV which utilizes the superconducting electromagnets formerly developed by Japanese National Railways and now being developed by the JR group.

Commencing operations in 1964, the Tokaido Shinkansen has contributed a great deal to Japan's socioeconomic development by linking the major Japanese centers. Meanwhile, Japanese society and economic environment have been changing greatly as well as the individual sense of value.

To cope with the worldwide trend toward information oriented society of the 21st century there is now a yearning for a new faster, more comfortable means of transportation to appear. To fulfill this desire, the construction of an extensive test track for the application of the MAGLEV techniques has begun, and the first step toward the realization of the Chuo Linear Express at the beginning of the 21st Century has been taken.

#### はじめに

中央新幹線は東京一極集中の排除、情報化社会への対応、沿線地域の発展等からその実現が望まれている。

これを鉄道事業として見た場合、何とんでも東海道新幹線のパンクの救世主という役割を果たすべきバイパス路線に位置付けられる。

東海道新幹線は、伸び続ける利用客に輸送力が追いつかず、大変な混雑状況が続いている。この傾向は今後も助長されるものと予測されるが、今後、列車本数の増大による輸送力の増強を進めても、将来に向けての抜本策とはなり得ない。

又、構造物の老朽化も正視すべき事実である。この若返りには膨大な工事費の他、度重なる運休や徐行による大きな輸送サービスの低下が内包されている。

そこで抜本策としてバイパスの線増が必要であるということになる。

そのルートは、現東海道新幹線沿いにすることも考えられない訳ではないが、沿線都市の高密度の発展状況から用地が得られにくいこと、又、東海地震などの不測の大災害で同一条件下にさらされてしまうこと、そして何よりも新たな地域の発展性を期すべきであることから、全国新幹線鉄道整備法で基本計画路線として位置付けられている中央新幹線をベースにすることが適当であると考えられる (Fig. 1)。又、その列車 (Fig. 2) のスピードはより高速域を目指してJRの独自技術であるリニアモーターカーを使ってみてはどうかということで、リニア・

\* 東海旅客鉄道(株)総合企画本部リニア・中央新幹線推進部長  
General Manager, Corporate Planning Division Chuo Linear  
Express Promotion Dept., Central Japan Railway Co.  
原稿受理 1991年1月10日

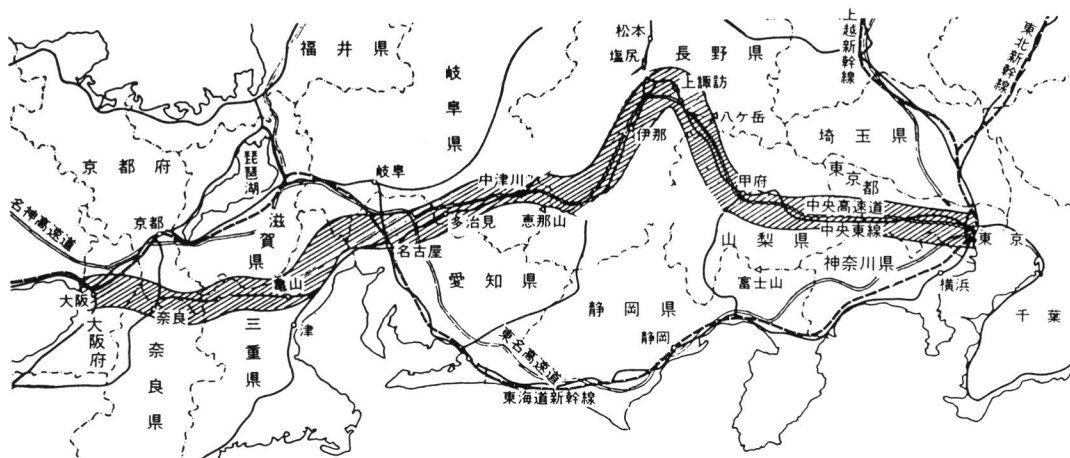


Fig. 1 リニア・中央新幹線（東京～大阪間）概要図

中央新幹線の実現に向けて取り組んで来ている。

そうした中で一方では、リニアモーターカー技術は未だ解決すべき幾多の課題を抱えているのも事実である。裾野の広い技術の各分野の力で結集して、あり余る情熱を以てこれに当たってもそう容易なものではない。

しかし実現の暁には、経済やライフスタイルに与えるインパクトは計りしれないほどの夢のある交通機関であることは言を待たない。

今まさにこの実現にチャレンジしていこうとしているわけである。

以下逐次解説を加えていくこととする。

## 1. リニア技術開発

### 1-1 リニア技術開発の経緯

昭和37年、東海道新幹線の開業を2年後に控え、新幹線技術の完成に取り組んでいたその年に、当時の鉄道技術研究所においてリニアモーターの研究が開始された。昭和44年からは超電導磁石による誘導反発方式の検討を開始し、昭和52年7月には宮崎実験線において走行実験が開始された。54年12月には実験車両ML-500により、いわゆる鉄道では最も速い時速517kmの世界最高記録を達成した。

新幹線の次を担う未来の高速鉄道としてチャレンジするのにふさわしいシステムとしてこの超電導磁気浮上方式が最終的に文字どおり浮上するまでには、さまざまな方式、例えばエアクションで車両を浮上させる空気浮上方式や超広軌の車輪・レール方式等々も世界的に研究されてきたが、国鉄・JRは安定性、騒音等の環境問題、目標とする時速500kmの高速への実現性からこの超電導磁気浮上式鉄道方式を採



Fig. 2 リニア実物大模型 MLU00XI (写真)

用することとなった。

そもそも地上における鉄道輸送システムとしては従来の鉄車輪方式すなわちレールと車輪の粘着により駆動力を伝達する方法、あるいは粘着には限界があるため飛行機のようにプロペラ等により空気の反力を利用して推進する方法があるが、それ以外には磁石により推進する方法しかないと言える。

この磁石を使用した推進方式は陸上交通、特に鉄道システムにおいては、今後50年、否、もっと時間が経過し研究が進んでも、その原理においてはまさに究極の技術であると思われ、その意味で「リニアモーターカーの原理は不滅である」と言える。

### 1-2 リニア技術は時間との戦い

リニア技術も研究が開始されてから、30年の長い年月を数えている。今から20年前に初めて浮上してその原理の実証をし、10年前には輝かしい世界最高記録を達成した。

今までのリニア技術開発は日本国有鉄道時代の苦しい財政状況により、研究を地道に何とか継続してきたというのが実情であった。いわば具体的に活用する場を持たずに基礎的研究・実験が進められてき

た。その後、東海道新幹線の抱える幾つかの問題を解決する中央新幹線のモードとしてリニアモーターカーは着実に注目を集めるようになって来た。やっと具体的な適用の路線が見えたわけである。

一方、技術開発はただ長い時間をかければ成功し得るものではなく、実用化のターゲットを定め「いつまでに」という開発期限を設定して、集中して開発することが成功のポイントであると言われている。

21世紀にふさわしいリニアモーターカーにより中央新幹線を実現していくために、宮崎実験線での成果を踏まえリニア技術開発を徹底的に進め、その実現の目処を得るため、ほぼ営業線仕様での実験を行う山梨リニア実験線を早期に建設し、実用化に必要な幾多の開発や確認試験を今後5年以内に行い、実用化の目処を得ようとしている。

このようにリニア技術開発は21世紀初頭の中央新幹線の開業にターゲットを絞り、進めることになるが、もしリニアモーターカーの技術開発が間に合わなければ、中央新幹線は従来の新幹線の改良タイプで建設することになるわけで、リニア技術開発はまさに時間との戦いであると言える。

### 1-3 今後の技術課題

超高速大量鉄道輸送システムとしてリニアが営業ベースで、安全性・信頼性が満たされること、また経済的であることが必要とは言うまでもない。安全性は交通機関の命とでも言うべき大命題である。東海道新幹線が開業以来29億人以上の利用客を選び、一人の負傷者も出していないのは「人類の交通史に比類を見ない大偉業である」とことある毎に言われ続けてきた。事実そのとおりである。

この安全性は東海道新幹線のバイパスルートとしても絶対に損なうことは出来ない。

又、東海道新幹線は日本の大動脈として毎日正確

Table 1 実験線比較表

	宮崎実験線	山梨リニア実験線
1. 延長	7 km 時速500km/hで 1~2秒	42.8km 時速500km/hで約3分
2. 曲線半径	10,000m 路線端部に位置するため高速走行は不可	8,000m
3. 勾配	最急勾配5% 延長400m	最急勾配40% 延長1.4km以上
4. すれ違い	全線単線	一部複線
5. トンネル	なし (全線が高架橋)	あり (全延長の80% がトンネル)

に、安定的に運行されているが、リニアモーターカーを使った新しい輸送システムにおいても、当然のことながら同等の安定性が求められる。

更に経済性、すなわち建設コストと運行経費は将来の営業運賃に結果的に跳ね返ることになる。大量輸送機関としての使命を考えると、現在の新幹線運賃から大きくかけ離れた負担を利用客に強いることは出来ない。出来るだけコストを低く抑えた経済的な輸送システムにしていく必要がある。

整備状況の極めて良い時に、大変高い運賃で輸送をすることなら現在の技術でも直ちに可能であろうが、問題はより高次元の信頼性、経済性の確保にあるのであり、リニア・中央新幹線はこれらの課題をクリアしてはじめて実用化が可能になるわけである。

### 1-4 山梨リニア実験線

前述したようにリニア技術の実用化までには、宮崎実験線で積み上げてきた基礎技術だけでは不足しており、今までの宮崎実験線にはない複線、カーブ、急勾配、トンネル等の営業線には欠かせない種々の条件を備えた実験線での走行試験が不可欠である。

以下、実験線について述べる。

#### 1) 山梨リニア実験線の概要 (Table 1)

建設計画では実験線は一部複線区間を含めた総延長約42.8km、最急勾配40% (延長1,000mで40mの高低差、新幹線は15%)、最小曲線半径8,000m (新幹線は2,500~4,000m) でその内34.5km (全延長の約80%) がトンネル区間となっている。実験線の平面図及び縦断線形はFig. 3のとおりである。平成2年度に着工、平成6年度までの5年間で完成という計画であるが、工事の進捗に伴い途中の平成5年度から順次実用化に必要な各種の実験を行うこととなっている。また実験に使用する車両は、3両と5両の2編成で、最高速度時速550kmでの連続高速走行試験、高速トンネル突入試験、高速すれ違い試験、複数列車制御試験等を行う予定となっている。

又、山梨リニア実験線における今後の技術開発の進め方の基本となる考え方は、東海道新幹線の輸送力限界を考慮し、可及的速やかに実用化の目処を立てること、並びにプロジェクトとして成立し得る経済性を確保することを目標とし、段階的・弾力的な考え方に立ち効率的に開発を進めることとされている。

#### 2) 実用化までに必要な具体的な実験項目

実用化までに山梨リニア実験線において技術開発あるいは確認することとなる主な技術的課題は次の

とおりである。

(1) 走行安定性及び乗り心地の確認

曲線部や緩和曲線上での走行安定性の確認や乗り心地試験、急勾配区間でのブレーキ性能確認を行う。

(2) 超電導磁石等の車両機器、地上設備機器の信頼性、耐久性の確認

高速連続走行試験による車両機器及び地上設備の耐久性、信頼性の確認が必要となる。

(3) トンネル内の高速走行の問題点の解明

高速でのトンネル突入時及びトンネル内での走行

安定性、走行抵抗の測定等がある。また、高速でトンネルに突入するために生ずる微気圧波対策の確認や圧力変動に伴う車体強度の確認を行う。

(4) 構造物設計基準

時速500kmでの列車のすれ違い時に安定して走行可能なガイドウェイ中心間隔（線路中心間隔）や経済的なトンネル断面等の決定を行う。

(5) 変電所の渡り制御の確認

連結車両の高速走行により、負荷が大きい場合の変電所渡り制御の試験・並列き電試験を実施して変

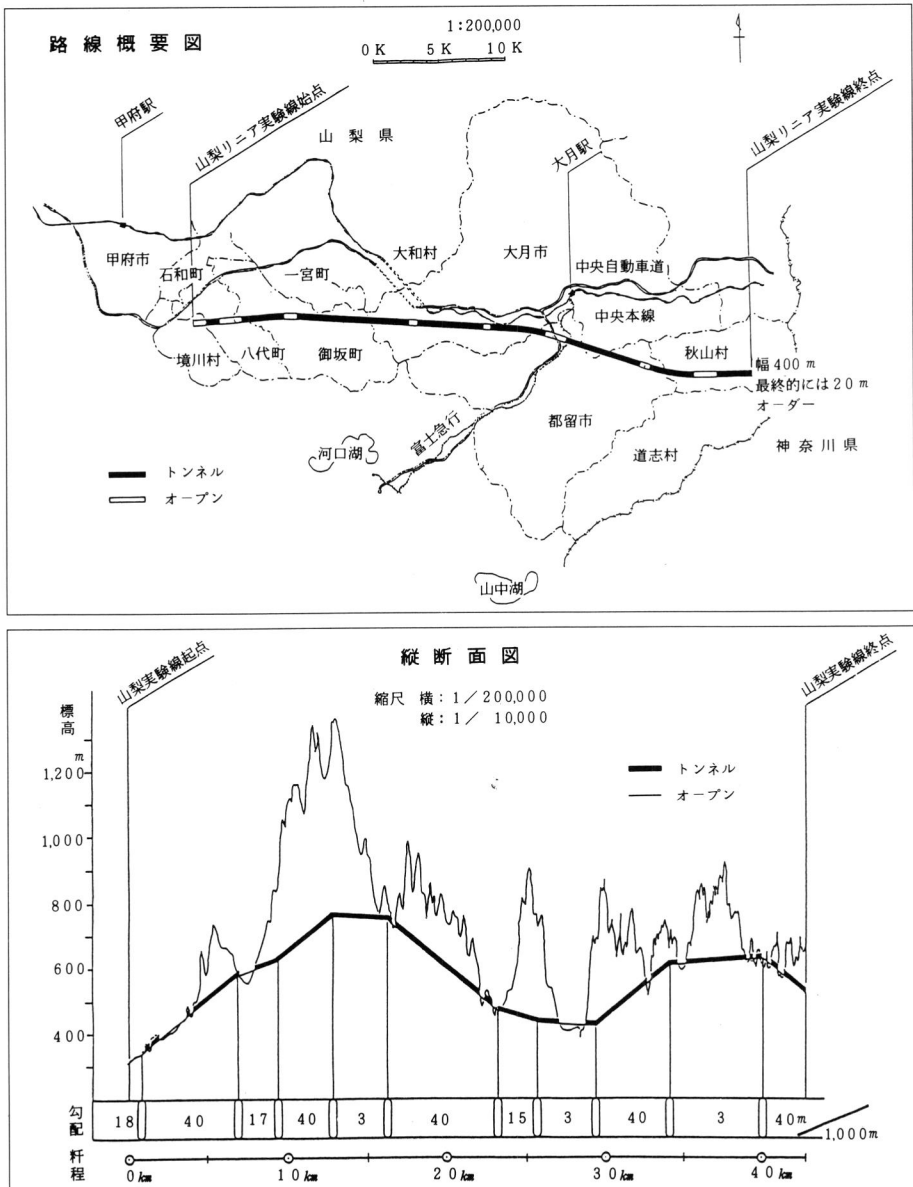


Fig. 3 山梨リニア実験線路線概要図、縦断面図

電所渡り制御システムの確立を図る必要がある。

(6) 複数列車の運転制御システムの確認

中間駅を想定した待避、追越し、続行列車の制御等、複数列車の運転制御システムを確認する。

(7) その他

建設・運営コストの把握、保守基準の確立、環境測定、車上電源システムの性能確認等を行う。

(8) 超電導磁石と空力特性が決め手

以上述べたようにリニア技術は幾つものクリアすべき項目がある。しかし、リニアならではの技術は2つに集約されると言ってもよい。

一つは超電導磁石を使うことであるが、交通機関としてこの超電導磁石を用いるのはJRリニアだけである。超電導磁石は、液体ヘリウムの極超低温下(−269℃及至僅かに高温下)でコイルの電気抵抗がなくなり、一度流した電流が半永久的に流れ続け、しかもその電流が大きく設定できるので見掛け上強い永久磁石が得られることになる (Fig. 4)。

リニアはこれを車上に積んで走るが、このことで電気を車上に供給しないでも強い磁石が得られる特徴を生むことになる。

しかしこの超電導磁石は何らかの原因で熱侵入が起こり、極超低温が崩れると磁石のコイルは電気抵抗が発生し、電流により更に発熱し、発熱は更にコイルの抵抗を増す……という悪循環でついには電流は全く流れなくなり磁石は磁石でなくなる。これが瞬時に起こる。これをクエンチ現象と言う。

宮崎の実験線では未だにこのクエンチ現象が時々生じている。しかしリニアでの超電導磁石は推進力、案内力、浮上力を得る文字どおりの心臓部である。

磁石の信頼性を現在の東海道新幹線のレベルと同

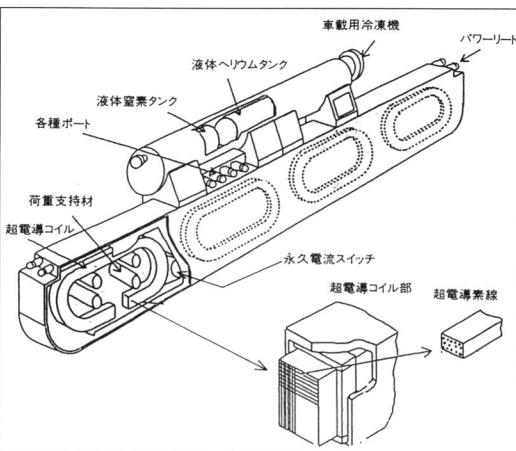


Fig. 4 超電導磁石の構造

等程度確保するには超電導磁石1個当たりの平均故障間隔は少なくとも3億km程度が要求されることとなる。一つの磁石がクエンチ現象を起こしたとき他の磁石が代替するとしても、この超電導磁石の信頼度の向上はリニア特有の課題であり、最も重要なテーマである。

二つ目の大きな技術的課題として高速で走行する車体の空気力学上の問題がある。旅客飛行機は1,000 km/hで飛ぶが、それは空気の薄い高度でのことで、地上の空気の濃いところで営業線として500km/hで走る乗物はまだ何処にもない。例えば走行による前面の空気抵抗、騒音として発生する空力音もその一つである。この空力問題を先頭形状の工夫や車体表面の平滑化などによりクリアしていかなければならない。

この他意味合いは全く異なるが、磁場が人体に与える影響について最近議論を呼んでいる。毎日の日常生活の中において電化製品などからかなりの磁場が発生していることはまぎれもない事実であるが、そのなかで我々は健康な生活を営んでいるわけで、この日常生活の中にある磁気レベルまでシールドなどにより磁場をおさえることで、磁場の問題はリニア特有の問題とは成り得ないことになると考えている。

とどまるところ、リニア技術は超電導磁石の安定性と空気の濃い地上での未曾有の500km/h走行による空気力学上の問題にほぼ行き当たると言えよう。

3) 山梨リニア実験線の建設の仕組み

山梨リニア実験線建設及び関連する宮崎と国立(鉄道総合技術研究所所在地)等でのリニア技術開発に要する所要額及び財源手当てについて、国のフレームはTable 2のとおりとなっている。

実験線のインフラ部分に相当する汎用性のある土木構造物等の施設に係わる部分、いわゆる実験基盤施設投資については、関連道路整備等を一部山梨県が負担することを除きJR東海が1,360億円を負担し、構造物を保有することとしている。

又、実用化技術開発費、宮崎と国立を含めた基礎技術開発費等の負担については、一部国庫補助金489億円、山梨県協力金160億円を前提に、JR総研707億円(日本開発銀行融資500億円、JR各社の一般負担金207億円)及びJR東海の特別負担金605億円となっている。

一方、用地費については、取得主体としてJR総研がこれにあたり、必要な資金を市中銀行から山梨県

Table 2 山梨リニア実験線に要する資金調達（平成2～9年度）

（単位：億円）

所要額	事業主体	財源手当					
		JR東海	JR総研			国	山梨県
			開発銀行 融資	JR 一般負担	その他		
A. 実験基盤施設投資(山梨実験線) (内訳)	1,487						
①実験基盤施設投資 〔汎用性のある土木構造物等の 施設に係わる投資〕	1,360	JR東海	実験基盤施設投資 1,360			※1 (用地費90)	
②用地	90	JR総研					関連工事等
③関連道路整備等	37	山梨県					37
B. 基礎技術開発費 宮崎実験線・国立研究所における 試験費 〔国庫補助率1/2〕	135						
	135	JR総研			67		国庫補助金68
C. 実用化技術開発費(山梨実験線) (内訳)	1,686						
①実用化実験投資 〔実験終了後取り扱う電気設備投資等の 施設に係わる投資〕	1,143	JR総研	特別負担 605	※2 500			国庫補助金 設備・試験費 387
②実用化試験費	405	JR東海					国庫補助金 (利子) 34
③関連利子 〔国庫補助率 (利率率の1/4相当額補助含む)1/4〕 地元補助率 10%程度〕	138						小計 421
D. 運営費	140	JR総研			140		
小計					500	207	[90]
合計	3,448		1,965		[797]		489
							197

注1) 建設主体はJR東海、JR総研、日本鉄道建設公団の三者。

※1) 用地に係わる90億円は、JR総研に対して山梨県が金融機関に融資斡旋及び損失補償を行い、当該融資の返済は将来の経営主体又はJR東海の資金による。

※2) JR総研が借り入れる開銀融資500億円は、JR東海との連帯債務とし、返済はJR一般負担による。

※3) JR総研に対する地元協力金160億円は無利子貸付金とし、返済は将来の経営主体の資金による。

の損失補償を受けて調達し、最終的に営業線を経営することとなるJR東海に将来譲渡することとしている。

このフレームの中でまとめてみるとJR東海は実験基盤施設投資に1,360億円、実用化技術開発費に605億円を負担することとなると共に、JR総研が日本開発銀行から借り入れる500億円についても連帯債務とするなど、全体的に資金面ではJR東海の占めるウェイトが極めて高い仕組みとなっている。

#### 4) 実験線建設決定から着手式までの経緯

この実用実験線としてのリニア実験線は、運輸省が設置した超電導磁気浮上式鉄道検討委員会（委員長・松本嘉司東京理科大学教授）において、平成元年8月7日、18道府県の対象候補地から実験項目の達成度、将来の有効活用の可能性（営業線としての使用）、地元の協力度、以上3点を選定基準として山梨県内に選定された。

平成2年6月7日平成2年度政府予算が成立したのを受けて、翌6月8日運輸大臣からJR東海、JR総研、日本鉄道建設公団に対し、超電導磁気浮上方式

鉄道山梨実験線に係わる技術開発の基本計画と建設計画の作成とそれに伴う一連の手続きを内容とする通達を示され、併せて実験線の概略ルート（20万分の1）が公表された。

それを受けて事業主体であるJR東海、JR総研は通達に基づく技術開発の基本計画の作成を行うと共に、JR東海、JR総研、日本鉄道建設公団からなる建設主体3者は建設計画の作成を進め、6月22日には山梨県知事への建設計画の意見照会を行う等、所要の手続きを進め、6月25日には運輸大臣にあて承認申請を行い、同日付けでの承認を得た。

以降、地元山梨県に対し、環境アセスについて県条例は制定されていないものの、事業実施に先立ち環境への配慮を充足する建設とするため、事業者が自主的に行うこととして、山梨県との間で定めた手続きに沿って環境影響調査報告書の送付等を行い、それらを受けて地元説明会の開催を行う等、本格的な着工に向け準備を進めてきたところである。

なお、去る11月28日には山梨県都留市において、大野運輸大臣、金丸信リニア中央エクスプレス国会

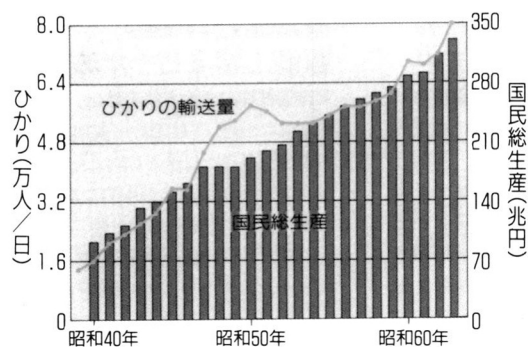
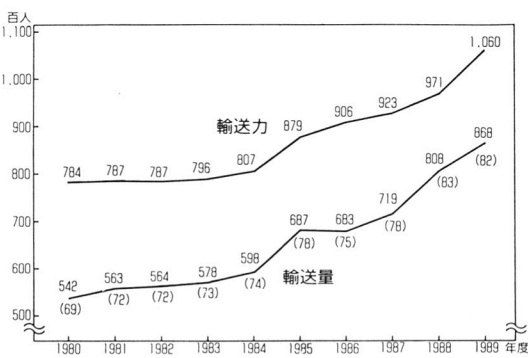


Fig. 5 国民総生産と新幹線輸送量との推移



注) ( ) は乗車効率率。

小田原～静岡間下り終日輸送量。

Fig. 6 「ひかり」の輸送量の推移

議員連盟会長等を迎え、山梨リニア実験線着手式及び同記念式を行い、新たな段階を迎えた。

## 2. 中央新幹線の実現に向けて

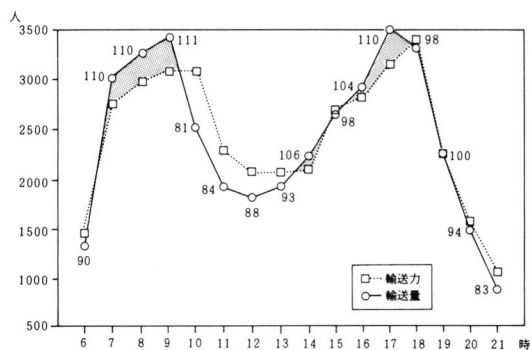
### 2-1 背景と必要性

#### 1) 東海道新幹線の果たした役割

経済、文化の牽引者として近代日本の発展を支えてきた鉄道、その大きな役割は今も昔も変わらない鉄道の使命である。

東海道新幹線は昭和39年の開業以来27年間に渡り、年間1億人の利用客を安全にしかも正確に輸送し続けてきている。この間、東海道新幹線は日本の大動脈として経済社会の発展に大きく貢献するとともに、現在では首都圏、名古屋圏、近畿圏の三大都市圏を結ぶ大量高速輸送機関として、欠くことの出来ないものとなっていることは今更言うまでもない。昭和40年から昭和60年までの間GNPは4倍になったが、同様に東海道新幹線の「ひかり」利用客も4倍になった。これは日本の経済の発展と東海道新幹線の役割を如実に示すものと言える。

又、最近においては、東京圏における地下の高騰



注) 平成元年10月。小田原～静岡間自由席下り。

終日平均乗車効率99%。

Fig. 7 「ひかり」の時間帯別乗車人員及び乗車効率

等が起因となって新幹線を利用した遠距離通勤・通学が顕在化して来ている。

#### 2) 東海道新幹線の抱える問題

##### 〔輸送力の限界〕

東海道新幹線の輸送量は、昭和62年4月の民営分割当時政府が予想した毎年微減という試算に対して3年余りで30%の増加となっていることに象徴されるように、利用客は増加の一途を辿り、321億人キロ(昭和62年度実績値)から374億人キロ(平成元年度実績値)と混雑を極め、輸送力の不足はいまや大きな社会問題となりつつある(Fig. 6、7)。

現在の東海道新幹線は1時間に「ひかり」7本、「こだま」4本が走っており、今後毎時「ひかり」8本、「こだま」3本を実施するが、現有地上設備での列車設定本数はこれが限界となっている。

この東海道新幹線の大幅な輸送需要の伸びの原因として、内需拡大政策等により国内経済の規模が拡大したこと、近年とみに著しい東京圏への中枢機能集中の結果として、東海道新幹線を使つてのトリップ数が構造的に増加したこと、急速に普及しつつある週休2日制等による余暇時間の拡大、生活水準の向上によるモビリティが高まったこと等が複合したことによるものと考えられる。

又、近年の新幹線を利用した遠距離通勤・通学等の動向を考え併せても輸送量の増加傾向は、今後においても着実に進行するものと想定される。

東海道新幹線の今後の輸送量の伸びを過去の実績や実質経済成長率等から勘案して、堅調に年平均2%とした場合においても、今後品川新駅、車両基地の設置により1時間に15本の輸送力を確保することが、リニア・中央新幹線実現までの緊急避難的急務となっている。しかし、それも抜本策とは言えない。

これからの問題の抜本策として21世紀初頭には第2東海道新幹線とも言われるバイパスとしてのリニア・中央新幹線の開業が是非とも必要となってくるわけである。

東海道新幹線が東京～大阪間の大動脈の輸送の使命を将来にわたり全うし、利用客の信頼と要望に応じていくためには、21世紀初頭の中央新幹線の開業と、中央新幹線につなぐまでの間の東海道新幹線輸送力増強施策の実現が必要である。

#### 〔構造物の老朽化〕

東海道新幹線は建設後四半世紀を経過しており、列車回数の増大、スピードアップ、環境対策による防音壁などの荷重増など土木構造物は当初設計時に考えたよりはるかに酷使されている。

現段階においては安全上全く問題はないが、酷使は土木構造物の健全な寿命を短くして来ており、今後10年～20年のオーダーで考えた場合、取替を必要とする土木構造物が発生してくることが予測される。

東海道新幹線の土木構造物の設備数（橋梁70km、高架橋102km、トンネル69km、切取り46km、盛土231km）は膨大であること、また、同一時期に建設されて、かつ全線ほぼ同じ本数の列車が走り、同じ使われ方をしていることなどから、いたみも全線同時多発的に生じることになる。したがって将来取替を行う必要が出てきた場合には全線的な大規模な取替となることから、列車運行に与える影響は非常に大きくなることが考えられる。

この意味からも東海道新幹線の構造物の取替が必要となる時期までに、東海道新幹線を代替する中央新幹線の登場が望まれている。

#### 〔災害に対する危険分散〕

東海道新幹線が通過している神奈川県の一部から静岡県にかけての地域は、大規模地震に備えた防災対策強化地域に指定されている。そこを東海道新幹線は200km以上にわたって通っている。

東海道新幹線の地震対策は最も進んだシステムを採っているため、紹介すると、概ね3つに大別される。

①地震が発生したらなるべく早くそれを探知して列車を止める。

このために伝搬速度の速いP波（縦波）の探知装置を設け、その後に来る主動揺を与えるS波が到達するまでにブレーキをかけてスピードを低下もしくはストップさせる。

②地震通過後、施設の変状の有無を確認し、出来

るだけ早く列車運転を再開する。

被害の有無の確認は、P波及びS波から震源の位置、マグニチュード（M）の大きさを割り出す。概ねM5程度以上の場合には被害が起り得るが、この場合線路を点検して被害有りの場合は運転規制を行う。またM4程度以下の場合、直ちに運転を再開する手配を取る。

③大規模地震については、長期不通を防止する目的で補強を行う（大規模地震で絶対に壊れないということではない）。

したがって本論に帰るが、震災による構造物の変状が生じることが全くないとは言えない。

又、東海道新幹線は他の新幹線と比較して盛土構造の区間が圧倒的に多いという特徴がある。

これは建設時期が一番古いことに起因しているが、この盛土構造は台風等の雨に大変弱い構造であり、平成2年の台風期にも多大の運休、遅延をもたらしたのは記憶に新しい。

これらのことを考えると震災の危険地域を通過しない、また雨等の災害にも強いもう一本のバイパスが望まれるわけである。

#### 3) 日本の更なる発展のために

中央新幹線は東海道新幹線の抱える輸送力の限界、土木構造物の老朽化、災害に対する危険分散の観点からその必要性を述べたが、少し角度を変えてリニアの有用性を考えてみたい。

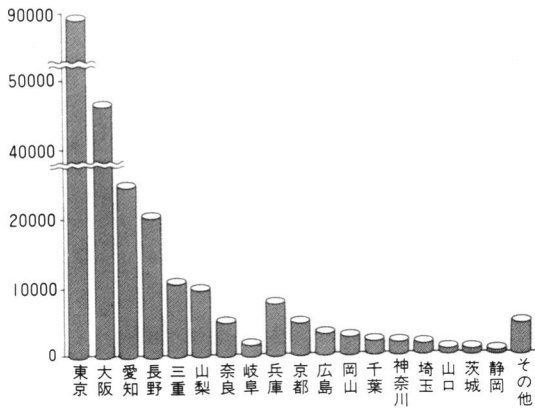
人の「より早く移動したい」という欲求は、「衣」「食」「住」と並んで人間の生活の中の重要な要素であり、不変的な欲求であると言われている。

おおよそ交通史では駕籠から人力車、馬車、陸蒸気、……、新幹線等々のより高速の乗物が登場してきているが、どれも開業には大なり小なりの反対はあり、又それが克服されて来たわけで、一定の採算性と環境条件が整えば人間はより早い交通機関を得ようとするものようである。

過去25年間、日本経済の発展を支え続けたきとも言える東海道新幹線であるが、量的には輸送力の増大で隔世の感があるほど改善されたが、質的にはアコモデーションの改良はあるものの、肝心のスピードは210km/hから10km/hアップしたに過ぎない。

その間、我が国は産業構造の転換により、いわゆるソフト化社会を迎えている。ソフト化社会は、情報が溢れ、正しい情報、真に欲しい情報を得るためにFace-to-Faceの情報処理が更に重要度を増していると言われている。





注) 単位: 百万円/年。

Fig. 8 地域別時間便益

東京～大阪間3時間は25年前は新鮮で驚異的であったが、これから先、更に何十年もそうであるならば、やはりそれは少し遅すぎると思える。

少なくとも今までの東海道新幹線が日本経済の発展に果たした役割と同じものを期待し続けるのには無理があると言わなければならない。

リニア・中央新幹線は更なる日本経済の発展の次代のエースとして大きく貢献するものとして設定されることが望ましいと考えられる。

第四次全国総合開発計画では、将来の望ましいあるべき姿として一極集中を排除して多極分散型国土形成を掲げているが、その実現のために重要な施策の一つが高速交通機関網の整備による「交流ネットワーク構想」であり、東京～大阪間を約1時間で結ぶリニア中央新幹線は沿線地域の整備と相まってその効果が期待されている。

リニアが一極集中を加速するのか機能の分散をもたらすのかは、税制などの他の施策との組み合わせでいろいろな解が存在すると思われるが、国および地元を含めて様々な知恵を出せば東京にどうしても残らなければならない機能を除けば大半の機能は分散が可能と考えられる。

いずれにしても高速大量輸送機関が手段としては先ず必要である。他方、手段だけを取り上げて分散あるいは拡散の議論は出来ないわけで、その生かし方とセットで本当の分散に向けた工夫が待たれている。

またリニアモーターカー技術の開発は日本独自の技術であり、特に超電導技術は21世紀の産業、社会、国民生活に革命的变化を与える技術ともいわれている。これらの関連技術を用いて国際社会に貢献する

ことは、経済大国として、また技術立国の日本にとって、大変意義のあることであると言える。

## 2-2 リニア・中央新幹線の波及効果

リニア中央新幹線が与えるインパクトは、時間的にも、空間的にも広範囲に及び、また効果の帰属する主体も多様である。またこの波及効果にはプロジェクトの計画・建設段階で発生するデモンストレーション効果、建設資材の需給増及び雇用増等の事業効果と供用段階に発生する施設効果があり、特に後者については、利用者に与える効果、沿線住民に与える効果、地域社会に与える効果、国・一般社会に与える効果等さまざまなものがある。ここでは利用者に与える効果についてふれてみたい。

### 1) 超高速性が生み出す可能性

超高速性—これは最大の魅力といえる。東京～大阪間を約1時間圏とするリニア・中央新幹線の超高速性は旅行時間の短縮、行動圏の拡大等の効果に加えこれまで不可能であったことを可能にするという大きな便益を利用者に与えることとなる。例えば単身赴任のお父さんが、子供の誕生日には仕事が終わってから自宅へ帰る等、今まで物理的に不可能と諦めていたことが少なくともこと時間に関しては可能となってくる。

行動圏の拡大は利用者の直接的な便益だけでなく、地域間の交流を活発化することにより、市場圏、ビジネス圏の拡大等、学術・文化の交流の活発化、国民生活・行動スタイルの変化等の社会的効果を及ぼすと想定される。

超高速性は不可能を可能にする大きな力を持っているのである。

### 2) 時間短縮による効果試算

リニア・中央新幹線の時間短縮は利用者延べ4,890万人/年、1人当たりの平均時間短縮時分87分となり、年間7,100万時間、金額換算で1時間当たり3,000円の便益とすると年間2,100億円と評価される。便益を地域別にみると全体の8割が沿線9都府県に帰属するが、残り2割は沿線以外の地域にもその効果をもたらすこととなる (Fig. 8)。

### 3) 他の交通機関の利用者に与える効果

東海道新幹線は東京・名古屋・大阪相互間の直行旅客の大半がリニア・中央新幹線に転移し、約5割の利用客となると試算される。その結果東海道新幹線は輸送力に余力を生じ、混雑の解消や、静岡、浜松、米原などでの停車列車(ひかり)の増大、通勤新幹線として新たな活用が可能となり、利用者には

従来と異なる意味でより便利な新幹線となっていくと思われる。

又、東京～大阪間での航空機の利用者の一部がリニア・中央新幹線に移ることにより、羽田、大阪空港等の容量に余力が生じ、それを地方空港との輸送に割り当てることで、地方との交通網の改善を図ることも可能と思われる。

実際はこのように単純に議論は出来ないものの、逆に少なくともリニアが東京～大阪間に建設される場合、リニアと航空機は単なる競合関係ではないと考えている。

### 2-3 中央新幹線の実現手法——誰が、何時までに、どんなモードで、どんな手法で実現するのか

#### 1) 誰が

JR東海は昭和62年の会社発足と同時に東海道新幹線の抱える問題等から中央新幹線の早期実現と東海道新幹線と中央新幹線の一元経営の必要性をことある毎に申し述べてきたところであるが、「東海道新幹線と中央新幹線の一元経営」についてはこの6月、運輸省から明確な見解が示されたことにより新たな段階を迎えている。

又、それを受けてJR他社もJR東海が「一元経営」を前提に山梨リニア実験線に約2,000億円支出するというのを了承した。

又、昨年の2月には全国新幹線鉄道整備法により運輸大臣からJR東海と日本鉄道建設公団に中央新幹線の地形・地質に関する東京～大阪間の全線調査指示がなされた。今まではルートの一部である甲府・名古屋間に限定された調査指示であったが、今回、全線調査指示を受けた意義は大きい。

今後この調査結果を受けて営業主、建設主体が運輸大臣から正式に指名され、営業線建設着手という手続になるが、前述の見解と分離して考えてみても過去の新幹線建設の例からすれば、全線調査指示を受けたものがその任をも委ねられると考えられる。このように誰がやるかが現段階で可能な範囲で明らかになったことは、リニア・中央新幹線実現に向けて大変意義のあることといえるわけである。

#### 2) 何時までに

リニア技術開発の今後のスケジュールは、「東海道新幹線の抱える問題」から考えて、21世紀初頭に「中央新幹線」を開業するべしという大目標があるが、この大目標を基準に現在全てのスケジュールが組まれている。

中央新幹線の建設は短くても7～8年は必要と思われる、それから逆算するとリニア技術の中央新幹線への適用の確定は今から5～6年で目処を付ける必要がある。

今から5年でリニアの実用化を確認し、その後7～8年で営業線の建設をし、21世紀の初頭には開業しようというグランドプランが描かれている。

いずれにしても山梨リニア実験線の建設もスタートし、関係者の最大限の努力をぶつけて、目標を達成していくチャレンジは始まった。

#### 3) どんなモードで

リニア技術開発と共に東海道新幹線の改良型として将来350km/h運転を目指した300X系新幹線の開発も並行して進められている。

リニア技術は、とにかく初めて実用化する技術であり、宮崎実験線ですでに超高速走行に成功しているとはいえ、超高速大量輸送として中央新幹線に適用していくためには、克服すべき技術的課題が数多くあることは前述したとおりである。

リニア技術開発に向けては関係者に自信もあり、最大限の努力もしていくわけであるが、21世紀初頭に100%確実に間に合うとは言い切れない。技術開発を進める技術陣としては不退転の決意でこれに臨んでいるが、利用者には輸送を提供すべき鉄道事業者としては、詰まるところリニアと心掛けてオール・オア・ナッシングとすることは許されまい。中央新幹線が十数年後に営業を開始するのに間に合わなければ、次善の策を講じなければならないことになる。それは公共交通機関の責務でもある。

リニアモーターカー技術開発が万が一うまく行かない場合、それは経済性や信頼性においては問題があるケースであるが、その場合中央新幹線は新幹線改良型のレール車輪方式で建設することになる。

この限りにおいてはリニアは手段であり、目的ではないと言えるが、それだけに何とかリニアを活用したいとの熱意が湧くのも又事実である。

あくまで「リニア」で中央新幹線の開業を目指し、万々がーのための「300X系新幹線」開発である。

#### 4) どんな手法で

事業方式を議論する場合、そのプロジェクトの採算性の善し悪しが大いに影響を及ぼす。

採算性は低い公共性の高いプロジェクトは、公的資金を多く導入し、公的機関主導型のプロジェクトとして推進される。一方、採算性の高いプロジェクトは、民間資金を導入し、民間主導型のプロジェ

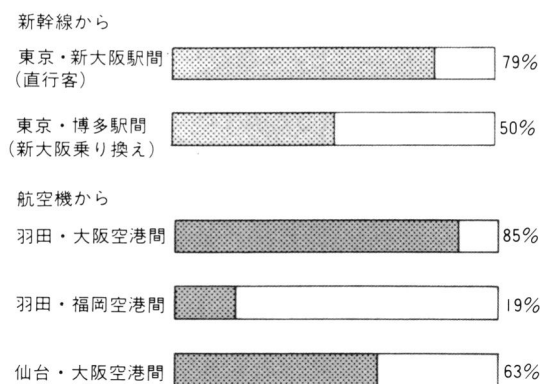


Fig. 9 主要区間における現在交通機関からのリニア・中央新幹線への推定転換率

クトとして推進されているのが最近の社会資本整備事業の趨勢となっている。

いくつかの前提条件をおいた上での試算では、「リニア・中央新幹線」単独では、非常に採算性の高いプロジェクトであるという結果がでている。

しかしこの優良プロジェクトも東海道新幹線の収支と一体的に考えた場合、東海道新幹線を利用して東京・名古屋・大阪間の直行客はその半分以上

がりニア・中央新幹線に転移し、東海道新幹線は赤字路線となってしまう。リニア・中央新幹線と東海道新幹線を合算した場合でも建設費5兆円強とすると採算は取れるかどうかギリギリと考えられる。(参考として記載すると、主要区間における現在交通機関からのリニア・中央新幹線への推定転換率はFig. 9のとおりである。)

他方、リニア・中央新幹線の公共性は好むと好まざるにかかわらず極めて高く、公的資金によって充実した社会資本を形成すべき側面もある。

事業方式の決定に当たっては、公共性をどこまで包括して、国、地方自治体の資金支出がどの程度なされるかが大きなポイントとなる。

民営分割後のJRが公共性と企業性の間でこのように大きなプロジェクトに取り組むことは、今後の基幹交通体系の整備の大きな試金石になるものと思われる。

最後にリニア技術を花開かせ21世紀にすばらしい贈り物をしたいと関係者は思い続けている。

ご批評、ご助言をお願いしたい。

## SSTの就航条件とその可能性

野田親則\*

米国の航空技術活性化政策に刺激されて、欧米日で次世代SSTを開発する関心が高まってきた。これは環太平洋圏に適する航続性能を備え、環境保全の要件に適合し、超音速広胴機の後継機となり得る経済性をもち、既存のインフラストラクチャーのもとで在来機と共存できる。昨年末英仏独の機体メーカー5社が共同研究グループをつくり、米国エンジンメーカー2社が共同で実行性検討を行うことを合意した。国際協同開発に発展するよう望む。

### Second Generation SST, Requirements and Feasibility

Chikanori NODA\*

The 1985 policy document "National Aeronautical R&D Goals" by OSTP of White House stimulated effectively the interests of the second generation SST program in US, Europe and Japan. The new SST will have long range capability for the Pacific Rim dimension, be environmentally acceptable, compatible with the existing infrastructures, and hopefully economical to replace the long range subsonic transport aircraft. Five leading manufacturers of the long-range large transports in US and Europe have started joint studies of SST program and GE and PWA also agreed to perform jointly the feasibility studies of the powerplants of SST. The tendency may well develop into an international joint development program for the next generation of SST.

#### 1. はじめに

SSTの開発を英仏ソ米が競って始めたのは1960年代の初頭のことであった。707やDC 8が世に出て数年過ぎた頃である。英仏のコンコルド型は1962年末から協同開発に入って、1976年はじめから商業運航に入った。現在ではAF、BA両社とも不採算路線を逐次整理して、定期便は欧州JFK線だけを運営している。製作は試作機2、生産先行機2、生産機16、計20機である。生産が僅か16機に過ぎないのは、完成時期のおくれ、その他購入契約締結の諸条件が成立しなかったこと、とくに1973～74年の第1次燃料危機によって燃料単価が数倍に急騰したことが決定的な打撃となって予約取消しが行われ、AFとBAの分だけで生産が打ち切りとなったことによる。

コンコルドの組立ラインは英仏に重複して設けられ、エンジンの生産も英仏両方で行われた。生産終

了後も設備は両国に保存され、特殊な開発施設も両国に分けて保存されていた。

しかしこのような状態の維持は財政的負担が大きいで近年次第に整理されて来た。近年コンコルドに興味を示す運航会社が現れたが、時すでに遅く、生産再開はできなかった。

ソ連のTu-144型機は初飛行をコンコルドに先立って行ったが、かなり大規模な設計変更があって、実用試験的な貨物便の運航に入った。その後旅客便開始の報もあったが消息は絶えて、完全な実用化に達したのか疑わしい。近年人工衛星に搭載する機器の高々度飛行試験にTu-144を利用したとの報道があり、若干の飛行可能機が残っているらしい。

米国のSSTはケネディ大統領の政策によって1963年夏に号令が発せられた。まもなく跡を継いだジョンソン大統領の代に、競争の段階を終えて、1967年はじめから開発の第3期(試作機2機、飛行100時間まで)に入った。第3期に勝ち残った案はボーイング社の可変後退翼の2707-200で、重量過大の不利を解決できず、試作機の設計の確定を1年延期して、

\* 日本航空(株)常勤顧問  
Advisor, Japan Airlines  
原稿受理 1991年1月17日

根本的に再検討となった。結局1968年終り頃になって固定2重デルタ翼、水平尾翼つきの2707-300型を試作機案と決めた。この頃大統領選挙があって、共和党のニクソンが勝ち、1969年1月に就任した。SST計画は新政府の政策の一環としてホワイトハウスの検討が重ねられ、9月下旬によくニクソンによって計画推進の断が下された。試作機2機のためのFY70予算9,600万ドルと、第3期全体(1974年まで)の予算6億6,200万ドルを議会に要請した。続く議会の公聴会ではSSTの経済性と環境への影響の議論が注目された。結局運輸省のFY70予算は、SST関係を含んで1969年11月に成立した。

明1970年は「環境の年」と呼ばれた。年頭に学術団体の環境シンポジウム40回が行われ、大統領の年頭教書と2月の特別教書で環境が説かれ、4月22日の第1回「地球の日」行事には国会議員500名を含む2,000万人の国民の参加があり、EPA(環境庁)が設置され、ベトナム戦線では枯葉剤の使用が中止される、等々があった。とくに活動家達が議員の票決の実績を調べて、環境問題の理解に問題ありと烙印を押した国会議員12人のうち、7名が11月の選挙戦で落選したことは、その後の議員の挙動に少なからず影響を与えた。将来多数のSSTが成層圏を飛ぶようになると、環境に与える影響は検討する必要があるとされたが、この評価の基礎となる科学的知見が不十分であることが明らかとなり、H. M. Jackson上院議員の提案になる法案が1970年夏に成立して、運輸省は科学プログラムを組織し、得られた知見を1974年末までに議会に報告するよう指示を受けた。この科学プログラムをCIAP(Climatic Impact Assessment Program)と称する。

FY1971SST予算はこのような雰囲気の中かで難行し、下院は通過したが上院で否決となり、両院協議会で2億9,000万ドルの原案は2億1,000万ドルに減額妥協が図られ、1971年3月までの支出が認められた。

1971年4月以降の予算は一層紛糾した。まず下院で僅差で否決、上院で挽回するため、大統領は議会工作をつくしたが、票決は同じく僅差で否決となり、計画続行は不可能となった。こうして1971年3月末に計画の中止と清算業務の命令が出された。このとき第3期の作業は、試作1号機の製作進度は、15%で5ヵ月後に総組立が開始されるところであった。清算は3週間という短期間で行く指令が出され部品や治具などは埋立地に投棄された。

米国のSST計画が挫折した理由は、限られた財源のもとでの予算の優先順位であったと思われる。議会での討論ではSSTの経済性の疑問と、成層圏の環境を損う懸念がとくに目立った項目であった。前者はSST計画は採算がとれないから政府の計画で開発するのだという攻撃と、米国の伝統的な航空機工業の優位を保持して貿易収支に貢献するという反論の対立であり、後者は不完全な科学的知見のために勝負のつけられない論点であった。運輸省がCIAPを組織して科学的知見を集めることになったのは、極めて妥当な結論であったように思う。SST計画を中止して清算のために要した支出は、試作機を完成して試験をするに要する費用と大差ないということなので、結果論ではあるが計画の第3期まで済ませて中止した方が賢明で、将来のためになったのではないかと、といささか残念である。

## 2. 環境保全の要件—第1 関門

次世代のSSTの設計に入るには、その前に目標とする用途に合うような性能、機能を実現するために必要な基礎技術を開発する必要がある。つまり空気力学、推進機関、材料、構造、システムなどの分野で必要とする技術項目を選別して、開発し、設計に活用できる程度に完成しておかねばならない。目標が高いほど技術開発のコストは大きく期間も長い。その技術を応用して、SSTを設計、製作、試験、そして実用化へ進む。

技術開発のコストがむだにならないために、まずSSTは環境保全の要件に合格できるかどうか見通しをつけることが望ましい。SSTにとっての重要な要件は、

- (1) エンジンの排気が大気中(成層圏および対流圏)の微量成分に大きな打撃を与えないこと。
  - (2) 居住地区の上空で超音速巡航が許される程度にまでソニック・ブームを弱めることが望ましいこと。
  - (3) 空港騒音は亜音速輸送機に適用する規則に合格すること(シカゴ条約付属書16, Vol. I, Chapter 3)。
  - (4) 規定化されていないが、温室効果ガスの排出量が亜音速輸送機に比べて著しく増加しないこと。
- の4点である。

### 2-1 エンジンの排気

第1世代SSTが開発に入る前のIATA SSTシンポジウム(1961年4月)でも、つづいてIATAが作った「SSTの重要な設計目標」(1962年7月、俗に「10戒」)でも、ここで取り上げる意味の問題は認識され

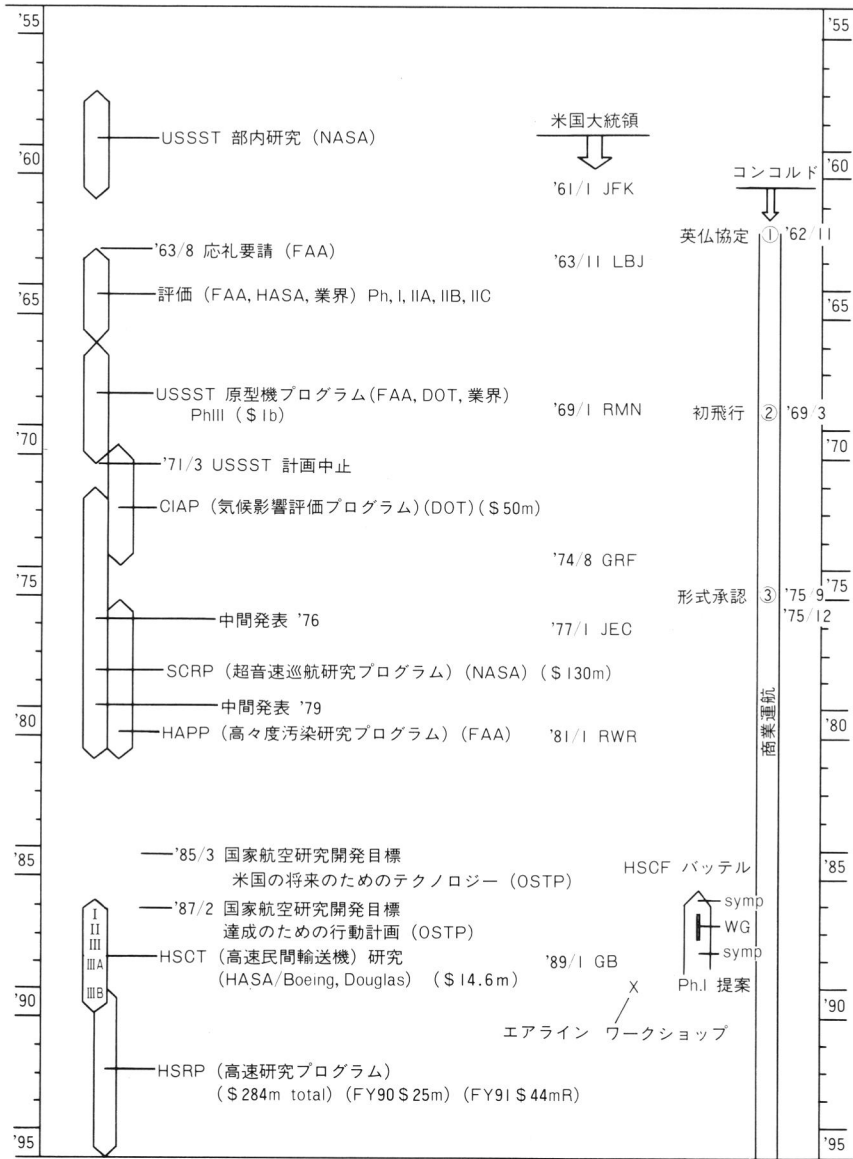


Fig. 1 SSTマイルストーン

ていなかった。排気の見に見える黒煙、CO、NO<sub>x</sub>、SO<sub>2</sub>などが空港周辺や低空を汚染する問題は規制され、必要な改善は行われていた。1969年頃には、「地球的規模の環境悪化を招くおそれのある人間活動」のリストのなかに、500機程度のSST大フリートの成層圏内飛行が挙げられており、米国議会の討論でもしばしば引用された。

その結果、すでに述べたようにCIAPが組織された。その活動には運輸省のほかには9省庁、外国の7機関が参加し、内外の大学や研究機関から約1,000名にのぼる専門家の努力を結集した。実質3年間のプ

ログラムで、結論にまで達し得なかった項目もあったが、気球、人工衛星、WB-57機、コンコルドなどによる観測が行われ、大気モデルの改良に貢献し、予測に利用できるモデルが開発された。

CIAPの結果、SSTに起因する潜在的な危険と判定された連鎖は、紫外線連鎖と気候の連鎖の2種だけで、その他に重大なものはないと結論された。

紫外線連鎖は排気のなかのNO<sub>x</sub>が成層圏の特定高度に滞留して、触媒として大気内のオゾンを減らし、地表に達する紫外線が増加し、生物学的影響を起こすことを意味する。

気候の連鎖のおもなものは燃料に含む硫黄が燃焼してできるSO<sub>2</sub>で、ほかにH<sub>2</sub>OとNO<sub>x</sub>もより少ない程度で、温度、風、降雨などの気候要素に影響する。SO<sub>2</sub>はまず酸化されて、次に水蒸気と反応して硫酸の固体粒子となる。粒子が成長して1μm以上の大きくなり、成層圏内に懸濁して、高度によっては3年間位滞留する。粒子は太陽入射光を遮り、地表温度を下げる効果となる。同時に地表から反射して宇宙空間に逃げる放射を遮り、地表温度を上げる効果をもつ。両者は3:1の比で冷却効果が勝つので、総合的には冷却作用となる。オゾンに対する影響を少なくするためにはエンジンのNO<sub>x</sub>排出指数EI (g/kg燃料)を減らすことが必要である。コンコルドのエンジンの巡航時NO<sub>2</sub>EIが18であるのに対して、燃焼技術の工夫によって約3に下げられるとされた(GEとロールスロイス)。また実験室の条件では0.3~0.1に下げる可能性があると言われた。気候連鎖に関係ある硫黄の含量は民間用燃料規格では許容限度が0.3%重量となっている。CIAPが米国のJetA製品64種を分析調査したところ0.01~0.18%の範囲で、平均値は0.045%重量であった。燃料のS含量を0.05%とすれば、SO<sub>2</sub>EIは1 (g/kg)となる。

CIAPが1974年末に終了すると、航空関連ではFAAがHAPP (High Altitude Pollution Program)で、大気科学の分野ではNASAのUARP (Upper Atmosphere Research Program)がCIAPの延長に相当する研究を引き継いだ。

UARPは対流圏界面から、成層圏、中間圏、そして熱圏の下層までを研究の対象とし、当面の重点は成層圏に置いた。世界のSSTの生産はコンコルドとTu-144を併せて30機にすぎず、SSTの影響は現実の問題ではないのに対して、工業製品のCFC (塩化弗化炭素)が増産され、各種の用途に使用されて、結局は大気中に放出、オゾン層に影響することの方が現実の問題として重視されて、研究は続けられた。

オゾン層の将来を推定する手段は大気の数値モデルである。モデルは大気の成分相互の化学反応、太陽放射による光化学反応、および大気の運動(輸送)を考える。最も簡単な種類は1-Dモデルで高度を変数として考える。2-Dモデルは高度と緯度を変数にとる。最も複雑なものは3-Dモデルで高度、緯度、経度を変数にとる。現在3-Dモデルは未完成で、実用の域に達するのに少なくとも3年を要する。現在の世界水準は2-Dのうち、化学反応と気温とを未知数として連立的に解き、大気運動は与えられ

たものを使用している。2-Dモデルで、化学反応、気温、大気運動のすべてを未知数として連立的に解くものは現存していない。成層圏でオゾンが生成するのは、酸素分子が紫外線の照射を受ける光化学反応による。また成層圏でオゾンが消滅する反応はClO<sub>x</sub> (x=0, 1)、NO<sub>x</sub> (x=1, 2)、HO<sub>x</sub> (x=0, 1, 2)などが触媒として働きオゾンを変えて酸素に変える反応である。

ClO<sub>x</sub>の起原は主として人為的なCFCで、ほかに自然の起原もある。ClO<sub>x</sub>の消滅はClがCH<sub>4</sub>、H<sub>2</sub>、HO<sub>x</sub>などと反応してHCl(塩酸)となり、対流圏に拡散して、降雨によって除去されることによる。NO<sub>x</sub>の起原はSSTのエンジン内の燃焼と、土壌からのN<sub>2</sub>Oの発生などである。消滅はNO<sub>2</sub>とOHが反応して、HNO<sub>3</sub>(硝酸)となり、対流圏に拡散して降雨によって除去されることによる。NO<sub>x</sub>は対流圏内では光化学スモッグ反応によってオゾン生成に働く。HO<sub>x</sub>の起原は水蒸気で、エンジン排気の主成分であり、自然の大気にも多量に存在する。

このようにClO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>、HO<sub>x</sub>は相互に反応して消滅したり、一時的貯蔵の状態になったりするから、排気のNO<sub>x</sub>がオゾンに与える影響は、ClO<sub>x</sub>やHO<sub>x</sub>の存在如何によって左右される。大気モデルの水準は1970年代はじめ以来改良を重ねて来たから充分利用に耐える状態にある。どの程度のオゾンの減少が許容できるかが決まれば、エンジンのNO<sub>x</sub>EI次第で許容機数が決まることになる。

このような規則設定に関することは大気関係の科学者以外に、航空当局、環境庁などが参画し、なお国際的なコンセンサスのもとに進められるべきである。

オゾン減少の許容限度が公式に検討されたかどうか承知していないが、非公式な意見としてはオゾン総量の1~2%減は許容されるが5%減は許容されるかどうか疑問という人もある。

地表から高空までのオゾン総量について言えば、典型的な日をとると地球上の地点によって、300%の開きがあり、例えば米国の南部と中部で30%の開きがある。さらに地球上の分布は日毎、月毎に変化し、1つの地点に関して言えば日々の変化と週間ごとの変化は25%、年間平均値は年により10%程度の変化がある。

このように変化のはげしい自然の背景の上で人為的な変化量を抽出するという難しさがある。過去10年間の日々の観測を地球全体について、人工衛星、航空機、気球、地上観測所で行ったデータが大が

りな統計処理を施して、世界全体の平均値で変化の認識可能な限度は0.5%と計算される。そしてモデルによる減少量が0.5%以下ならば許容されるとする考え方がある。とにかく許容量を決めることは将来の仕事である。

## 2-2 ソニック・ブーム

超音速飛行の経路に沿った地表にはソニック・ブームと称する一過性の衝撃音が達する。その音圧は時間軸に関してN字型の波形となる。耳に感ずる強さは波形のピークの高さや、ピークに達する時間などの関数で、それらは飛行高度、飛行重量、進行方向に直角な平面で切った機体の断面積の前後方向の分布などの関数になる。

SSTは上昇経路の途中で音速を超え、その後からブームが発生する。超音速で加速しながら巡航高度に達する。超音速に加速するときの高度は巡航高度より低いから、加速時のブームは巡航高度に達した後のブームより強い。巡航中は重量の減少に伴って高度を上げて行くから、重量と高度の効果が累加してブームは弱まる。ソニック・ブームの強さは例えば2.0/1.5psf (ポンド/ft<sup>2</sup>) などと表わされるが、大きい数値は加速時、小さい方は巡航時のブームの音圧を意味する。

居住地区の上空で超音速飛行が許されるかどうかは意見の分かれる事柄で、コンコルドの運航者は最も悲観的である。米国内ではSR71やその他の軍用機、また局地的にはスペースシャトルの再突入の際など、ソニック・ブームが地表に達する場合がある。そのような経験から1.0psf程度以下は支障がないとの意見もあるが、規則制定に関連して論議されたかどうか不明である。とくに暗騒音のレベルが高い都市内では1.0psfのブームは認識困難との説もある。仮に1.0psfが許容されるとしても、現実のSSTでそのように低い値にすることは容易ではない。

以上の事情からソニック・ブームの規制として考えられるケースには以下のようなものがある。

①陸地上空は超音飛行が禁止される。この場合陸上通過を亜音速で行うか、陸上を避ける迂回コースを超音速で飛行するか、の選択となる。

②ソニック・ブームの強さに許容限度を設けて、それ以下なら超音速で陸地上空の飛行を許す。この場合、海上用の巡航M数より低いM数、例えばM1.5で陸地上空を飛ぶ案なども検討されている。

③陸地上空通過用のコリドールを設定して、そのなかで超音速飛行を許す。現在のFAR91-55はソニ

ック・ブームが陸上に及ぶ飛行を禁止している。この制定の経緯を見ると、1970年頃SSTの予算案の審議の際に、ソニック・ブームの懸念が反対論の材料となっていたときに、ニクソン大統領が陸地上空での超音速飛行を禁止する規則を制定する約束をしたことに端を発している。規則が発効したのは1973年頃で、すでに米国のSSTは開発中止となっており、米国として競争手段を持たないコンコルドに対して、規則の制約を加えたものと見られている。SSTのソニック・ブーム規則は建造物などに損害を与えるほどの音を問題にしているのではなく、特殊の音に対する不快感を対象としている。主観的要素に立脚した規則は制定が難しいと思うが、現在の規則が十分な検討の上で、合理的に定められたとは認め難い。次世代SSTの登場前に十分な討議と国際的合意のもとに、新たに規則を作ることを望みたい。ソニック・ブームはSSTの出現を否定するほど強い条件ではないけれども、陸地上空の超音速飛行が禁止されるならば、SSTを使用できる路線が減るか、もしくは陸地上空を亜音速で通過することのために経済上の不利を蒙るなどの影響がある。

## 2-3 空港騒音

超音速機用のエンジンでは、その排気ジェットの色度が、巡航速度に対応して高速である必要がある。離着陸の際にもこのジェット速度が維持されているならば、エンジン騒音の成分のうちで、ジェット騒音が卓越して、通常の消音の方法では規制値以内に納めることができない。

考えられている対策は離着陸時に流量を増してジェット速度を下げることである。可変バイパス比または可変サイクル・エンジン(VCE)と称する。VCEは騒音を下げるだけでなく、低速での効率を高める効果もあるから、予備燃料の減少や、亜音速での燃料消費の減少にも有効である。現行の騒音規定はコンコルド型機の開発が進んでから制定されたので、最初に耐空証明を取得した機体での実測値を許容最大値として認める形となっている。コンコルド型でない新しいSSTに適用される基準は未制定であるが、FAR36では近年の第2世代SSTの動きに応じて、新しいSST用の騒音基準を検討しており、1990年5月に官報で規則案が公示された。現在最終決定の段階になっている。この案では、SSTは亜音速輸送機と同じ扱いになり、FAR36 Stage 3の騒音限界が適用される。空港周辺の騒音を受ける人々の身になれば、理に合うもので、運航者の主張するところ



ろでもある。Stage 3の規則に合格することはかなりの挑戦と思われるが、VCEにその他各種の消音技術を組み合わせることによって、できるだけ少ない代償で解決することを望みたい。

#### 2-4 温室効果

CO<sub>2</sub>が温室効果ガスの主体であったが、近年各種の微量成分の合計がCO<sub>2</sub>の温室効果を凌ぐ程になってきた。エンジンの排気の成分ではCO<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>O(成層圏)、NO<sub>x</sub>(対流圏)が作る対流圏のオゾンなどが温室効果ガスである。CO<sub>2</sub>の排出を問題にすることは、すなわち燃料消費そのものを問題にするのと同義である。この意味で燃料/ATK(有効トン・km)または燃料/ASK(有効座席km)がCO<sub>2</sub>排出指数となる。このような指数は運航費の要素として扱われているが、温室効果ガスCO<sub>2</sub>の排出指数としての意味が加わる。当面の基準は亜音速長距離輸送機の値をとるのが適当だろう。

#### 3. SSTの市場は十分か

コンコルド型機は13~14機がAF、BA社によって欧州JFK線だけに運航しており、ファースト・クラスの20~26%増の運賃のもとに、特殊の常顧客層によって採算性を維持している。当然稼働率は低いが、後継の機種が生まれるまで、この路線を維持できるよう温存を図っているという。次世代のSST開発には巨額を要するから、それを負担する十分な製造機数に見合う需要が期待できるだろうか。

- (1) まず近年には亜音速機の航続性能が向上して、直航の長距離路線が普及している。旅行時間の短縮効果はあるが、肉体的負担も増しているので、高速機を望む声が高まっている。
- (2) 21世紀初頭までの航空輸送の需要予測によれば、環太平洋地域、欧亚路線の成長率は他の地区に比べてより高い。2010年頃にはこの地域の交通量(RPK)は大西洋地域と同等になる。全世界を見ると、長距離路線、すなわちSSTの潜在的市場、の比率は現在より高まる。以上のようにSSTの市場にとっての好条件はあるが、SSTが占有できる市場は次の条件によって左右される。
- (3) SSTは亜音速長距離機の航続性能に匹敵できるか。もしも劣るならばその分の市場は獲得できない。
- (4) 運航費において亜音速機と競争できるか。速度を度外視して同運賃が可能なら、明らかにSSTが有利であり、時間価値を考えればSST運賃が若干高く

て、両者が均衡する。

- (5) SSTによる需要喚起があれば、その分SSTの占有率が高まる。以上の諸条件を数量化した米欧日のメーカーなどによる数種の需要予測では、21世紀初頭で数百機程度の十分な需要であるが、当面は複数機種を吸収できるほどではない、というのが多数の結論である。

#### 4. 既存のインフラに対する適合性

IATAの「10戒」で要求したのと同様に、次世代のSSTはそれが実用化される時期において、同時代の亜音速輸送機と共に、同一運航環境のなかで共存できなければならない。すなわち、超音速機専用のスーパーハブ空港で、独特の支援を受けて運航するというものでは、社会にとって十分有用なものになり得ない。

かつてピストン機からジェット機への変革の際にジェット機の特性的故に全世界の空港が一斉に大規模な改造を要したことは、航空界の苦い教訓として銘記されている。現在では空港の滑走路増設、延長すら容易ではない。まして新空港などは不可能と言えるくらいに困難である。必要条件は「滑走路長と舗装強度の要求は亜音速輸送機が必要とする値を超えないこと」となる。

また空港に接続する空域のなかで、亜音速機の流動に融合することも必要で、そのために「空港近傍での飛行特性、たとえば低速飛行、降下経路角、空中待機のパターンなどに関して亜音速機と同様な扱いを受けても大きな不利が生じない」ことを要する。

SSTの巡航は16~20km程度の高度で成層圏内で行われるから、空間の交通容量を拡大することとなり、巡航速度の相違があっても、不都合は起きない。超音速機は翼幅はせまいが、胴体は長くなるから、誘導路の曲がりのフィレットや、前脚より前方にある操縦者のためのターン誘導線などは修正を要するだろう。

巡航M数が2.5位なら亜音速機用の燃料と同じ品種でよいがM3に近くなると、温度安定性の高い品種となる可能性もあり、別個の貯油施設を要するだろう。これは対処可能である。M5級となると液化メタン、液化水素などを使うことになると、関連施設は重大な影響のある事項となる。

#### 5. テクノロジー

##### 5-1 必要技術の開発

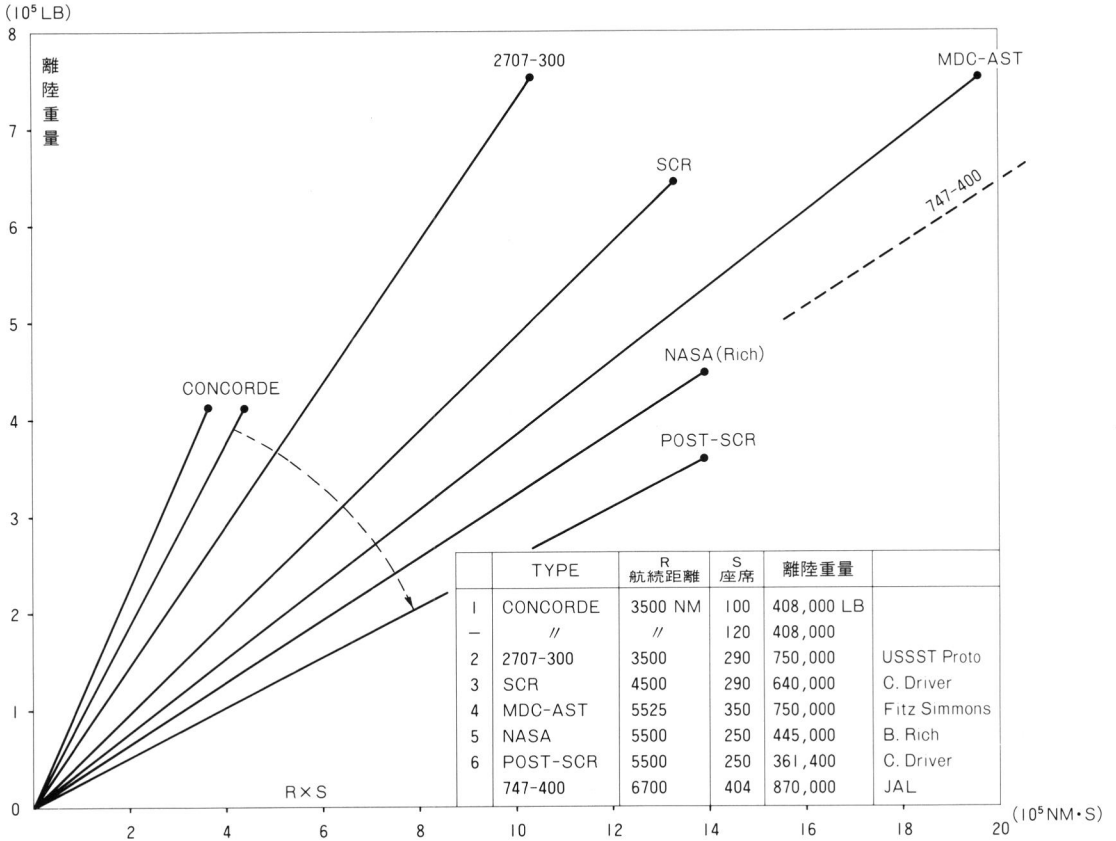


Fig. 2 SST概念設計案

環境上の条件を満たすことができる見通しを得たならば、機種設計のための技術の開発に進むこととなる。

SSTにとって推進システムは特に重要であるから、設計に入るまでにできるだけ実用に近いデモンストレータ級のエンジンを運転して、性能などの確認を済ませておくことが、設計に入ってからリスクを回避するために極めて望ましいとされる。

この種の重要技術の開発は米国ではNASAのような機関で負うところが多い。米国大統領府から出された航空研究開発政策は、技術開発に力を入れて、航空機工業が優位を挽回して維持できるようにする、という点を強調している。NASAは米国の工業界を支援するのであって、SSTの設計を国際共同開発で行うかどうかは工業界が決めることだという。また技術の開発を国際共同開発で行うことは、それが米国の利益に合致する場合には有り得るという。

技術開発の重要項目として材料が挙げられる。新

材料が実用化されるまでには長期間を要する。熱可塑性プラスチック、金属マトリックス複合材などが含まれる。空力分野では層流制御、すでに述べたVCEも重点項目に属する。

5-2 テクノロジーの基礎

コンコルドの実飛行の経験はプロトタイプの飛行開始(1969年3月)から現在まで21年強を重ねており、軍用機ではSR71が1962年以来昨年の引退まで長期にわたりM3級の飛行を行った。これらは次世代SSTの開発に当たって参考となることはもちろんである。

基礎研究の分野ではNASAのSCR(Supersonic Cruise Research)プログラムがある。初期にはAST(Advanced Supersonic Technology)やSCAR(Supersonic Cruise Aircraft Research)などの名で呼ばれたこともある。

SCRは米国SSTの開発が中止となった後に1972年半ばから1981年まで続けられた。将来再びSSTの

開発に入るときのためにNASAが行った研究プログラムである。その目標は、①SSTの技術の基盤を拡大すること、②現在および将来のSSTが米国の環境および経済に与える影響を推定するために必要なデータを求めること、③空力的効率、構造と材料、推進システム、安定性操縦性等の進歩を将来のSST案に導入したときに得られる利点と相互のトレードオフを行うこと、である。

SCRの10年の成果は大きく、空力効率は揚抗比10.5以上（コンコルド、USSSTで約7.5）となり、ASK（有効座席km）当たり燃料消費では広胴機の域に達し、コンコルドの38%までに激減した。座席当たり空虚重量はDC-10-30と同等となった。チタンのSPF/DB（superplastic forming/diffusion bonding）などの新しい構造技術が開発されて、重量や製造コストが著しく改善された。VCEのコンポーネントの研究にかなりの予算が投下された。SCRに参加した某メーカーの幹部は、進歩したSSTの到来は必至と感じ、開発のタイミングだけが未知数だと述べた。

SCRで抽出された有効な新技術を、設計者に提供する程度まで完成することを目的として、研究の次段階に進出することを期して6億6,200万ドルの予算要求を1981年に行ったところ不成立に終わった。理由として、財源の不足とエアラインの関心の欠如が挙げられた。SCRはその進行中に1976年と1979年に、中間報告の会議を開催したが、エアライン代表の出席は皆無であった。米国のエアラインは1978年規制緩和法の実施以来の大変革に当面して、次世紀近くに生まれるSSTについて真剣に考慮を払う余裕はなかったと思われる。

NASAはSCRの終了後、部内研究として若干の項

目は継続した。出現が期待される技術を取り込んだSSTの概念設計案は747-400の効率を上まわるものとなっている（Fig. 2）。

### 5-3 次世代SSTの特性

#### 1) 航続距離

目標は6,500NM(12,000km)。かなり高度の目標であって、空力、推進、材料/構造にわたってかなりの進歩を前提として、ようやく実現可能と思われる。

米国の航空研究開発政策（1985）では米国の地点から、環太平洋地域の最遠重要地点へ直航できることを提唱している。コンコルドの時代には北大西洋路線が世界の主要な市場であったから、3,500NM(6,500km)の航続距離は順当な選択であった。次世代のSSTが長距離路線に活躍している超音速機の論理的な後継者となり得るためには、その1条件としてこの程度の航続性能が必要であろう。

最初から6,500NMを目指すのではなく、最初は5,000NMを目標として、将来の改善によって第2段階で6,500NMを達成する計画のメーカーもある。ソニック・ブームの規則の成行によって、航続距離の要求が変化することに注意すべきである。

#### 2) 離着陸

既設空港の滑走路長以内で済むように離着陸性能をきめる。VCEの採用は離着陸にとっても好都合である。

#### 3) 速度

巡航M数の選択は設計の多くの点に影響を及ぼすから慎重に行うべきである。すなわち空力加熱、構造材料、推進システム、燃料品種、燃料タンク、冷却方式、車輪収納、シール剤、等々に影響する。各社の概念設計はM2以下からM3.2位までが検討さ

Table 1 航空の研究開発目標—米国の将来のためテクノロジー

目標 1	超音速領域 次世紀に向けて刷新をはかる。
目標 2	超音速領域 長距離、高効率 (環太平洋圏の距離、発展する市場)
目標 3	大気圏外への領域 将来のために代替輸送手段を確保する。 (低地球軌道への輸送、大気内の極超音速飛行、米国の優位確保)

注) ホワイトハウス科学技術政策局—OSTP—1985/3。  
この開発目標は米国のみならず諸外国をも大いに刺激した。また、目標3は最も強い刺激となった。

Table 2 わが国の近況—超音速輸送機開発プロジェクト

1. 開発調査	<ul style="list-style-type: none"> <li>市場、仕様、設計技術、試験開発、環境影響</li> <li>第1期、平1〜平3 平1・6400万円、平2・6800万円 これに先立ち 昭62、昭63 に開発動向調査を行う。</li> <li>通産省によりSJAC（日本航空宇宙工業会）IADF（航空機国際共同開発促進基金）に委託。</li> </ul>
2. 推進システム研究開発	<ul style="list-style-type: none"> <li>「大型プロジェクト」制度、技術研究組合（国際化）</li> <li>M0〜5、ターボジェット+ラムジェット（コンバインドサイクル）</li> <li>平1〜平8、280億円、平2年度・16.21億円</li> </ul>
3. 先進材料研究開発	<ul style="list-style-type: none"> <li>「次世代産業基盤技術研究開発」制度</li> <li>平1〜平8、150億円</li> <li>金属間化合物、高融点Nb（Mo）系、高比強度Ti-Al系</li> <li>先進複合材、金属マトリックス、炭素</li> </ul>

注) いずれも国際共同開発への参画を志向している。

れている。

#### 4) 最大離陸重量

これ自体が目標となる性質のものではない。空力、推進、構造、システム等を総合した優秀さの指標として重要である。一定の座席数と航続距離のもとで、亜音速輸送機の離陸重量を目標とすべきである。

### 6. 国際共同開発

1985年のホワイトハウスの航空研究開発政策で、亜音速、超音速、大気圏外へ、の3目標が示された (Table 1)。亜音速目標は航空機工業がすでに着手していることであり、大気圏外へのカテゴリーでは政策に呼応したプログラムが発足し、急速に展開された。超音速目標については、プログラムは存在していなかったため、米政府や業界内の要請として、次世代SSTの実行性検討にとりかかり、その結果次第で何らかのSST開発プログラムに入ることを推進する希望が強かった。

バットル記念研究所はこのような要請を受けて、メーカー、運航者、財界、政府などの関係者が国際的な対話を持つ場を提供することを手始めとして活動を始めた。1986年と1988年の2回のシンポジウムを行い、その中間の期間には4種の作業部会をそれぞれ数回ずつ運営した。他方バットル社は米欧日の関係者多数に個別の接触を行って、意見の集約に努めた。

以上の結果、関係者の意見は積極的に推進することを支持していると判断して、SST開発全4段階の第1段階として、「評価ならびにプログラムの計画作業」を2年間、1,700万ドルの規模で行う趣旨書を作り、世界のメーカー、エアライン等に対して1988年12月に参加要請を行った。これによると、SSTの市場は2兆5,000億ドルを超える巨大なものであるが、

必要な基礎技術の開発費と、SSTの開発費が巨額にのぼり、リスクの大きいことが障害となる。それを乗り越える方法を立案することが、提案する初期段階の仕事である。バットルの提案は多くの賛成を得たが、米国の有力メーカーが賛成しなかったために実現するに至らなかった。米国メーカーの反対は、提案の業務は本来メーカーが自ら行うべきもので、その多くはメーカーが着手もしくは完了しているし、コストの見積りが過大である、等であった。

1990年5月に米欧の大型長距離輸送機メーカー5社 (ボーイング、ダグラス、アエロスパシアル、ブリティッシュエアロスペース、ドイチェエアバス) がSSTの共同研究グループを作ったことを発表した。当面の1年間に環境上の要件、型式承認の基礎条件、市場性、国際共同の利点などについて共同研究を行い、これまでメーカーが個々に行って来た研究を集大成するという。

エンジンメーカーのGEとPWAは1990年10月に共同研究の合意成立を発表した。M1.5~3.5のSST用エンジンの開発の実行性検討を共同で行うものである。この2社は機体メーカーと密接な連絡を保ちつつSSTの市場に満足し、技術上の障害を克服したならば研究段階から先に進むという。

これらのメーカーの動きは国際共同開発の入口の第1歩を踏み出したもので、これらのグループが順調に発展して行くことを期待したい。わが国の航空工業界もかねて国際共同開発に参加の希望をもちながら、関係先との接触を保って来たから、参加は遠からず実現すると思う。

このような共同開発は運航者の側から見ると、メーカーの無競争という問題を抱えることとなる。しかしSSTの競争相手は亜音速輸送機であって、この競争は極めて手強い挑戦となることが必至である。

## テクノスーパーライナーの実用化に向けて

西村博和\*

テクノスーパーライナーの研究開発は、積載重量1,000トン、速力50ノットの大洋航行が出来る貨物船を実現しようとするものである。実現されれば、航空機と在来船舶の中間的な新しい輸送手段として国際物流、国内物流のいずれにも変革をもたらすものとして期待されている。物流システムとして実現するためには、港湾整備等の周辺環境整備を研究開発と並行して進めることが重要な課題である。

### Problems Surrounding Practical Use for Techno Super Liner

Hirokazu NISHIMURA\*

The research and development plan for Techno Super Liner is intended to realize high speed cargo-ships which has 1,000 tonns of carrying capacity and 50 knots of speed as well as ocean going sea-worthiness. When accomplished, it is expected to bring revolutionary reform over international cargo transport and Japanese domestic cargo transport. The most important task to materialize the Techno Super Liner project as a new cargo transportation system is to consolidate infrastructures such as port establishments.

#### 1. はじめに

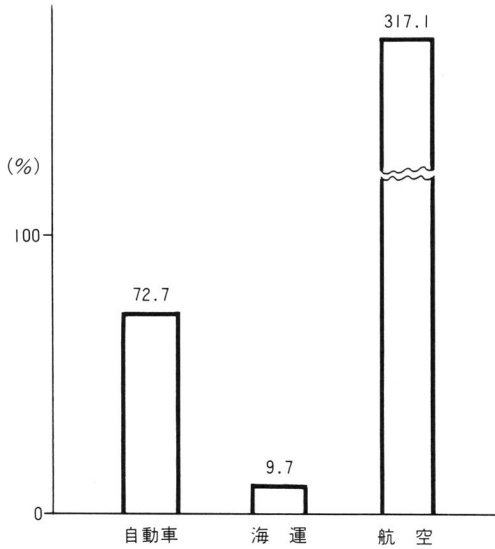
我が国の造船界は、過去約40年間に船舶の専用船化、大型化、自動化、省エネ化等に対する技術開発において、世界の最先端を歩み続けてきた。唯一、遅れをとっていた高速艇の技術開発分野においても、今、新しい輸送ニーズに対応した新しい輸送モードを実現するという形で最先端に近づこうとしている。それがテクノスーパーライナー計画の技術的側面である。

新しい輸送ニーズの1番目は、高速貨物輸送である。極東・東南アジアの近隣諸国と我が国の国際水平分業の進展は目覚ましく、製品、半製品、部品の輸出入が軽薄短小化、高付加価値化等の様々の形態変化を伴いながら著しい進展を見せている。また、養殖エビに代表される生鮮食料品の輸入量の伸びも

著しい。これらの輸送に共通して望まれているのが高速性と定時性である。航空貨物はその高速性を生かして著しい伸びを見せており、一方、定期船の分野では大型のフルコンテナ船による定時性を生かした定曜日ウィークリーサービスが進展している。また、航空機とコンテナ船を組合せたシー&エア輸送も高速性と輸送コストについての妥協的輸送形態として著しい伸びを示している。このような状況において、航空機よりは遅いが、運賃は安く、コンテナ船よりもはるかに輸送時間が早いという中間的な海上貨物輸送が望まれている。

新しい輸送ニーズの2番目は、国内貨物輸送におけるモーダルシフトの担い手である。近年の国内物流はトラック輸送の伸びによって支えられて来たといっても過言ではない (Fig. 1 参照)。しかしながら、トラック輸送の進展は一方で道路混雑や大気汚染という社会的問題を引き起こし、更に運転手不足による輸送能力の限界は、国内貨物の海上輸送への転換を迫っている。ここにおいても、従来のトラック輸送のドア・ツー・ドアの高速性と利便性を確保

\* 運輸省海上技術安全局技術課開発企画官  
Planning Officer, Technical Div., Maritime Technology  
and Safety Bureau, Ministry of Transport  
原稿受理 1991年1月16日



注1) 昭和50年度～62年度。  
2) 運輸省「陸運統計年報」「貨物地域流動調査」より作成。

Fig. 1 主要輸送モード別輸送量の伸び  
(国内、トンキロベース)

した海上輸送でなければ新たなニーズに対応することにはならないことは論を待たない。

テクノスーパーライナーの研究開発は、このような新しいニーズに対応した超高速貨物船を実現しようとするものであり、造船技術的に見れば、材料工学、機械工学、システム工学等の最先端技術を採用することにより、従来の造船技術では突破することのできない技術的な壁をブレイクスルーし、超高速船の実現に必要な設計技術を確認しようとするものである。

テクノスーパーライナー研究計画の具体的な開発目標は、以下のとおりである。

- 積載貨物重量：1,000トン  
(但し、20ft コンテナ換算で150個の積載容量を確保する。)
- 速力：50ノット (時速93km)
- 航続距離：500海里 (約1,000km) 以上
- 耐航性能：sea state 6 (有義波高6 m) での耐航性能を有すること
- 船型：複合支持型 (浮力、翼揚力、空気圧力の複合的組合せによるもの)

この開発のために、石川島播磨重工業、川崎重工業、住友重機械工業、日本鋼管、日立造船、三井造船、三菱重工業の造船大手7社を構成組合員とする「テクノスーパーライナー技術研究組合」が設立さ

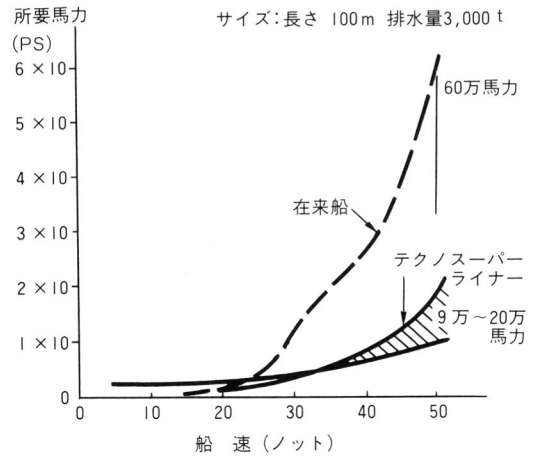


Fig. 2 新形式超高速船と在来船の所要馬力比較

れ、平成元年度から5年度の5年間で実用化の一手前に至る研究を行い、設計技術の確認を目指している。

## 2. 既存技術の応用と

### テクノスーパーライナー計画

#### 2-1 高速船

船舶は、「積載する」、「移動する」という輸送機関一般の性質に加えて「水の浮力を利用する」という性質を持っている。この「水の浮力を利用する」という特質は、他の輸送機関に較べて一面、非常に有利な特質である。空気の比重は、水の1/800であり、例えばヘリコプターは1トンを持ち上げるために数百馬力のエネルギーを必要とするが、排水量型の船舶は浮かぶことについては何等のエネルギーも必要としない。しかしながら「積載する」、「移動する」となると話が違ってきて、空気の800倍もの質量を排除して動かなければならない。高速になればなるほど推進力として非常に大きなエネルギーが必要となるのである。Fig. 2は船舶のスピードと推進馬力の関係を描いたものである。通常の排水量型の船舶の場合、馬力はスピードの3乗に比例する。このため長さ100mで排水量3,000トンの排水量型船舶の場合、50ノットのスピードを出すためには約60万馬力もの高馬力が必要となってしまう。所要馬力の問題に加えて、船舶が水と空気の境界層を移動することから避けることが出来ない「波浪による動揺」という問題がある。Fig. 3は、速力と耐航性能の関係を見たものである。水中翼船の場合、従来の水面貫通型の水の中翼ではなく、翼全体を没水させてフラップ

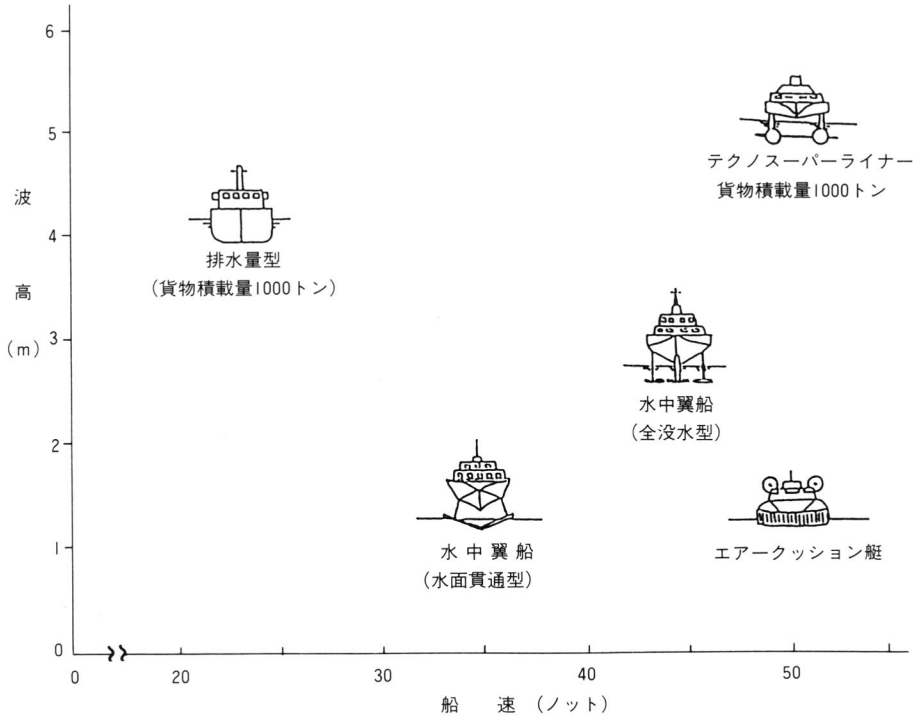


Fig. 3 速力と耐航性能の関係

により翼角を変化させることにより波浪の影響を受けずに荒天でも航走できる船もある。しかしながら、この場合は積載重量が数十トン程度のものに止まっているのが現状である。エアークション艇のように海面から浮上して抵抗を減少させる考えもある。この場合、積載重量は100トン程度まで実用化されているが、波高1m程度までしか航行できないのが実状である。耐航性と所要馬力という2つの問題が従来の高速船の分野を排水量が小さくても成り立つ旅客船の範囲に限定し、沿海区域という波浪の小さい海域に航行区域を限定して来たのである。最近、小型旅客船のみならずカーフェリー等の分野においても高速化に対するニーズが増加し、水中翼や空気圧力の利用の仕方に新しい工夫を加えた船舶や、浮力を利用する在来の排水量型の分野でもカタマラン船型の細長化といった在来造船技術の改良が図られてはいるが、いずれも積載能力、高速性能及び耐航性能のいずれかを優先すると他方が成立しないという限界に突当たっている。

## 2-2 テクノスーパーライナー研究計画の4つのブレイクスルー

テクノスーパーライナーは、積載能力と高速性能、高速性能と耐航性能という2種類の互いに排斥し合う性能を2つともに両立させて、大洋を定期船とし

て航行できる超高速貨物船を実現しようとするものである。誤解を恐れずに言うと、先に見た具体的開発目標は、造船技術的にみれば象徴的な開発目標にすぎない。象徴的という意味は、「到達できない目標を象徴として置く」という意味ではなく「種々の応用範囲の中の代表として置く」という意味である。例えば、積載重量は500トンから3,000トン程度の範囲をカバーできるであろうし、速力は40ノットから60ノット程度の範囲をカバーできるであろう。航続距離についていえば、太平洋を横断するに必要な4,000~5,000海里は無理でも、東南アジアと日本を結ぶために十分な距離としての1,000海里という値は、十分応用範囲の中に入っているのである。しかしながら、これらの応用は1,000トン、50ノット、sea state 6という具体的な開発目標を造船技術的に達成し上げたうえでの問題である。「造船技術的に達成する」という意味は、5年間の共同研究期間の中で設計技術を確立し、更に実際の建造に当たって現実の問題になってくる工作上的問題、溶接施行上の問題等も解決するということである。

開発目標は、速力、積載重量、耐航性能のいずれをとってみても従来船舶技術の常識を破るものになっており、これを実現するためには、機械工学、航空工学及び制御工学上の最新技術を造船技術に取り

込む必要があるが、これを造船技術上の問題としてとらえた場合、ブレイクスルーすべき課題は「船型概念の確立」、「構造・材料」、「推進システム」及び「船体姿勢制御」という4つにまとめられる。

まず船型概念について述べる。Fig. 4及びTable 1はTSL研究開発を開始するに当たって船型の目安をつけるための検討に使用されたものである。船体を支持する方式は、水の浮力を利用する浮力支持方式、水中翼の揚力を利用する揚力支持方式と空気圧力支持方式の3つの支持方式に大別される。

浮力支持方式のうち、在来の排水量型船舶ではFig. 2で見たように高速化に問題が大きすぎる。細長化、双胴化を図っても高速化、高耐航性には限界がある。潜水船や半没水船等の没水浮体方式は、波浪の影響を受けないという大きな魅力を持っているが、高速化を中心としたその他の評価指標が難しいことに加えて、商船として採用されるためには港湾施設等の造船技術以外の様々な制約条件が大きすぎる。

揚力支持方式は、近年、ジェットフォイルという全没水翼を利用した画期的な高速船が開発され、小型船としての改良は十分見込まれるが、大型化、高経済化が難しい。

空気圧支持方式のうち、在来の周辺噴流型では耐航性能の向上が望めない。

このような検討の末、これら3つの支持方式の複数を組合せて、航空機と同程度以上の就航率を確保することを目指してsea state 6でも安全運航できる高耐航性能、50ノットの高速性能に加えて1,000トンの貨物重量と500海里以上の航続距離を確保できる燃料搭載能力を持つ大型船を実現するための複合支持方式を検討することになった (Fig. 4)。

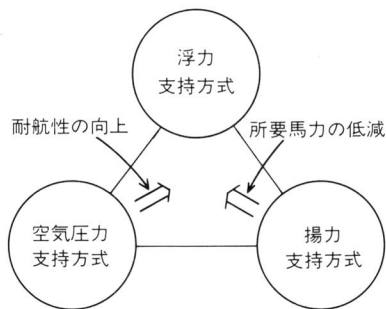


Fig. 4 船体支持方式

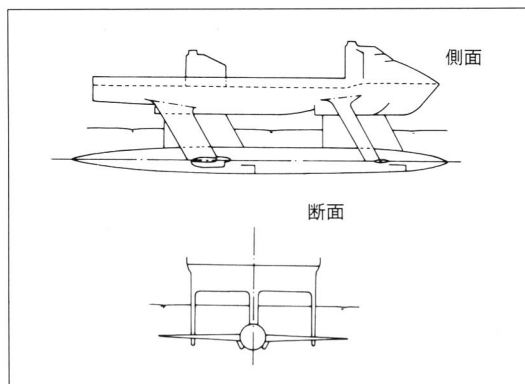


Fig. 5 複合支持型(揚力式)

### 2-3 TSL実用化への2つのアプローチ

複合支持船型は、浮力、翼揚力、空気圧力の支持3分力の分担割合の変化によって無数の組合せが考えられる。TSL研究組合では、この中から、3分力各々の基本特性と相互干渉特性が良く判り、かつ、目標値を達成する可能性が最も高い2つの基本船型を選び出した。これらの船型は、複合支持船型という概念の中では要素船型として位置づけられる。

その1つは翼揚力と没水体の浮力で支持する方式である (Fig. 5 参照)。この船型は、水面貫通部を極

Table 1 船体支持方式の検討

	評価項目 具体的目標	高速化 50ノット	高耐航性 SS 6	大型化 100t/500海里以上	高経済化	総合的評価	備考
浮力	水上						
	在来船型	×	△	○	○	×	
	細長船型	△	△	△	△	△	一般に双胴 (L/B(単明)=15~20)
	水中						
	没水浮体	△	○	△	△	△	
揚力	水中翼	○	○	△	△	△	
空気圧	周辺噴流型	○	×	△	△	×	
	サイドウォール	○	△	○	○	△	L/B=2~3
複合支持		○	○	○	○	○	

注1) ○可能性がある △難しい ×非常に難しい。

2) 総合的可能性：全ての評価項目を同時に達成出来るかについての評価。



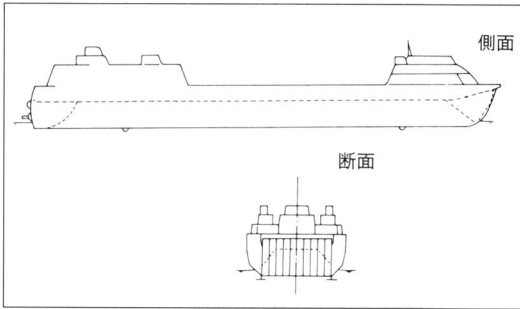


Fig. 6 複合支持型（空気圧力式）

小化することによって波と船体の縁を切り耐航性能の向上を図るという発想に立っている。水面貫通部を極小化するという同様の理由から空気圧力は利用しない。翼揚力と没水体の支持力分担割合は、載貨重量と航海速力の変化に応じて異なることになる。推進特性は、定性的には載貨重量が小さい、または速力が大きい場合は翼揚力の分担割合を大きくした方が、また載貨重量が大きい、または速力が小さい場合は没水浮体の分担割合を大きくした方が良くなることが判っている。この船型の最大の課題は船体抵抗の低減—所要馬力の低減である。定性的にみれば翼の抵抗は翼面積すなわち「長さの2乗」に比例する。一方、没水体の抵抗は没水体の表面積すなわち「長さの3乗」に比例する。これだけなら、没水体を止めて水中翼だけで船体を支持すれば抵抗性能は良くなるということになるが、1,000トンという貨物重量に自重を加えれば3,000~4,000トンにも登る排水量を翼だけで支えることは強度的に成り立たない。翼の枚数を増やすと翼相互間の干渉によって性能が急激に低下するといった問題をかかえている。TSL研究組合では、没水体と水中翼で支持力を各々50%ずつ分担する船型を基本船型に据えて、翼と没水体の形状、翼の位置等を様々に変えることによって船型の最適化研究を行っている。一方、この船型の最大のメリットは抜群の耐航性能である。これまでの模型試験によっても波浪中の抵抗増加が殆どないことが判っており、例えば大型の超高速旅客船としても応用されるのではないかと期待もかけられるところである。

もう1つは支持力の大部分（約8割）を空気圧力で保持するとともに、残りを水中翼と側壁の浮力で保持しようとするものである（Fig. 6参照）。この船型の最大のメリットは所要馬力が少ないことである。船型コンセプトとしてはSESに近いものであるが、以下の点で船型・船体構造的に根本的な違いがある。

まず翼揚力と側壁の浮力を積極的に利用することによって、船型の概念を変革したことである。次に船型の大型化と共に細長化（小型SESの長さ／幅比が2~3であるのに対し、この船型では4~6）を図り、加えて、前後部の大型柔軟シール構造を改革することによって高耐航性能を確保しようとしているのである。更に、在来の小型SESの姿勢制御がルーバー（圧縮空気を船体外部に逃がす弁）制御のみに頼っていたのに対し、ルーバー、空気圧力ファン（空気を船体内部に送り込むファン）と水中翼を能動的に制御することにより耐航性能の格段の向上を図っている点である。

この船型は、波浪による影響を、まず「浮上る」ことによって極小化すると共に、「正面から受けた波の形をそのまま船体後方に送る」という発想に立っている。このため、前後部の大型柔軟シールの材料と構造が重要な役割を果たすことになる。しかしながらsea state 6での耐航性を確保するためにはこれだけでは不十分であり、先に述べたアクティブな姿勢制御によって十分な耐航性能を確保しようとしている。これまでの模型試験では姿勢制御システムを搭載した性能確認は行われていないが、船型上の改革のみによってもsea state 6での耐航性は確保できるとの見通しが得られているところである。

2つの船型に共通した特長は、積載重量と比較して積載面積、積載容積が大きくとれることである。例えて言うならば、重厚長大貨物には不向きで軽薄短小貨物に向いているということである。

TSLの2つ目のブレイクスルー技術は構造・材料の改革である。在来の大型船で使用される鋼以外の新材料を採用して可能な限りの軽量化を図るとともに、直接強度計算と信頼性手法に基づく新しい強度評価法を確立してスキャンリングに採用し、在来船舶と同等の構造強度を確保することが課題になっている。このため、高い強度を要求される部材については100キロ級の高張力鋼（従来の船舶に利用されているものは30キロ級）やチタン合金を、余り強度を要求されない構造材料には耐食アルミ合金を、上部構造にはFRPの使用を考慮するなど様々な異種材料の組合せを検討するとともに、波浪外力や衝撃外力を予測し構造応答を正確に求める構造解析のシステム化が課題になっている。また、シール構造については、在来のものが300kg/m<sup>2</sup>程度であるのに対し、本開発では1,000kg/m<sup>2</sup>以上のクッション圧力に耐える必要がある。シール構造が巨大化するため高

強度かつ高耐久性のシール材の開発が重要な課題になっている。

これまでの研究において、テクノスーパーライナーの構造材料として可能性のあるもののデータベースの作成をほぼ完了し、溶接性、加工性等の材料試験もほぼ終了した状況にある。シール構造についても陸上大型模型による性能確認で所期の目的を達成できる目処がついた状況にある。構造解析システムについても、船全体の3次元FEMモデルを効率的に解析できるシステムを作り上げ、現在、様々な構造解析を実施しているところである。

3番目の技術課題に推進システムの課題がある。テクノスーパーライナーの原動機には軽量で高出力の航空機用ガスタービンを採用することを前提にしており、原動機についての技術開発は行わない。船用ガスタービンの大幅な省燃費化は技術的には重要な課題ではあるが、膨大な開発費が予想されること、研究開発期間も長大になることが予想されるために、早期の実用化を目指すテクノスーパーライナー開発では断念せざるを得ないテーマである。

しかしながら、推進システムは従来のプロペラ推進に替って全く新しいウォータージェット推進システムが選ばれた。これは、40ノット程度の速力を境界にして推進効率がプロペラ推進よりも良くなることが予想されたことによる。逆に言えば、50ノットを前提とした場合、プロペラ推進ではキャビテーション等の技術的問題に解決の目処が立ち難い。一方でウォータージェット推進の場合は、解決すべき技術課題が明確で5年間の研究期間のうちに解決できる目処が立ったために選ばれたものである。この推進方法は現在、小型高速艇の領域でかなり利用され、注目されているものであるが、大型高速船での使用は今回のプロジェクトが初めてである。

推進システムの開発要素は、ガスタービンからの動力を伝達する減速装置、ウォータージェットポンプ本体、船体下部の水取入口から空中への吐出口に至る管路システムに分かれる。減速装置とウォータージェットポンプについては、現在4千馬力程度に対応するものが商品化されているが、本開発においては2～5万馬力の高馬力に対応させ、かつ、小型、軽量、高効率が最大限に要求されることから原動機事業部門の精鋭による共同開発が行われている。管路システムについても、高速域でのキャビテーション問題という大きな問題を抱えていたが、システム設計がほぼ終了し、大型模型による確性試験によ

て確認が行われる等、着々と開発成果が上げられている。

4番目の技術開発課題は、船体姿勢制御システムである。複合支持型船型では翼揚力や空気圧力を船体支持力として利用するだけでなく、波浪中での船体姿勢制御にも使う。この船が外洋を航行する定期船として利用されるためには、航空機と同程度以上の就航率を確保する必要があり、そのためにはsea state 6という荒天にあっても支障なく航行できる堪航性が必要である。通常の排水量型船舶はもちろん、大部分の高速艇においても能動的な姿勢制御は行われていない。しかしながら長さ100m程度の複合支持船型でこの要件を満たすためには、波浪中での自船の動揺特性を完全に認識し、動揺を翼角や空気圧力などの制御で速やかに安定させる能動的なコンピュータ姿勢制御システムを確立することが必要不可欠の条件になっている。このシステムでは、姿勢制御の遅れによる動揺を避けるためにフィード・フォワード機構も重要な課題となっている。

現在研究は、現代制御理論に基づく制御アルゴリズムの試設計を行い、制御システム開発用のシミュレータのプログラムに適用された段階まで進展している。制御装置についても、翼のフラップや舵とのリンク機構、アクチュエータの制御方式やシステム構成等について試設計を行い、模型による特性試験によって改良が図られている他、空気圧-水中翼制御系についても模型による特性試験が順調に進んでいる。

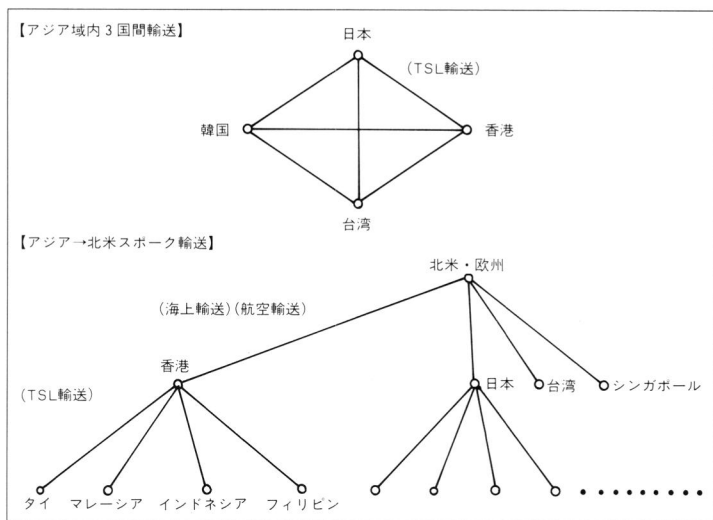
技術研究組合の開発スキームでは、以上述べた要素技術を3～4年でブレイクスルーし、平成4年度から5年度にかけて実海域を航行する縮尺モデル船を建造し、各種性能の検証評価を行うことになっている。

#### 2-4 実用化に向けての技術課題

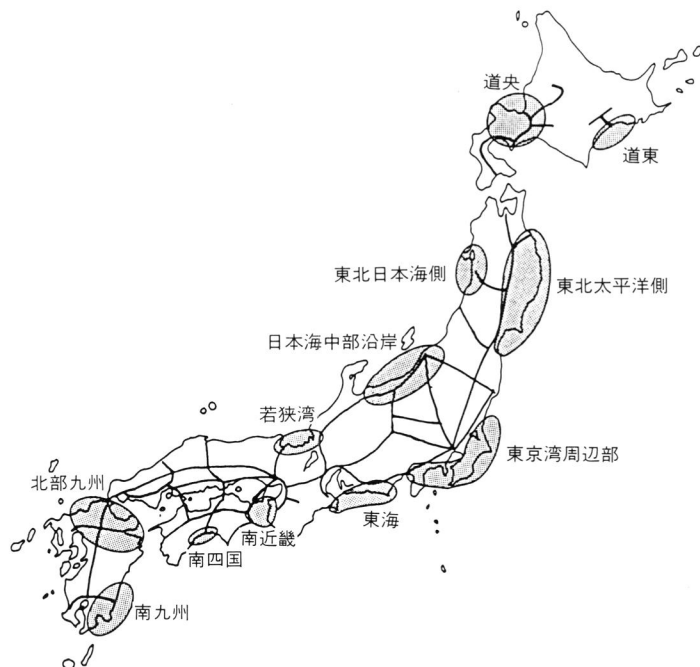
先にも述べたとおり、この開発は造船大手7社による共同研究として進められている。企業間の共同研究は、各社の競争とか技術的ノウハウの漏洩による自社の不利益といったネガティブな一面を持っている。技術研究組合ではこのような共同研究の弊害を避けるために様々の事前取決めを行っている。例えば、既得の技術ノウハウについては事前に申告することによって当該企業の権益を守るという措置をとっている。一方で、共同研究だからこそ進展するという大きな側面も持っている。本研究開発の場合、国の補助金が出される国家プロジェクトということ

もあり、参加各社の得意とする最先端の技術を利用できるという一面に加えて、解決すべき諸問題を各年度の事業計画等で明確にし、ひとつひとつ着実に目的を達成して実効をあげていくという方法がとれることも有効な側面のひとつである。これまでのところ、5年間の事業計画は着実にこなされており、研究は順調に進展している。

技術研究組合での7社の共同研究は、設計技術を確認する平成5年度で終了し、その後は各社独自に実用商船としてのテクノスーパーライナーの開発に進むことになる。この段階には、実際の需要に対応した応用設計とともに工作・建造上の幾つかの問題が残される。同時に乗組員の配乗計画や船内の高速荷役システムといった現実的で重要な問題も残されることになる。テクノスーパーライナーは船体姿勢制御システムに見られるようにコンピュータ制御をフルに活用した船舶である。これは操船・操機システムにも当てはまる。50ノットの高速で安全運航を行うためには徹底した自動化によって乗員の判断操作を極少にしなければならない。このためには、航海設備、機関設備の区別なく船内のあらゆる設備を統轄管理する高機能のコンピュータ制御システムが必要になって来る。このシステムには、平成元年度までの5年間「知能化船プロジェクト」として研究された高度自動運航システムのノウハウが生かされることになるであろう。テクノスーパーライナーは、本船に荷役設備を持たず、陸上からの高速荷役に頼る方式で計画されている。荷役設備は持たないとしても、高速荷役を実現するためには本船側に何等かの対応策がとられなければならない。例えばバケット方式による大量一括荷役とか、高速ロールオン・ロールオフ荷役等の構想があるが、その具体化は実用化段階の



資料) (助)シップ・アンド・オーシャン財団「超高速船導入円滑化委員会」  
 Fig.7 テクノスーパーライナーによるハブ・アンド・スポーク輸送



- 注1) 積載量1,000トン級速度50ノット船舶で1日1便又は2日に1便が前提。
  - 2) 1日1便は2日に1便における採算ベースの貨物量と2000年における想定地域間貨物量(雑貨貨物量の10%又は20%)の比較及びトラック、鉄道との時間差により想定。
  - 3) 従って、船舶、積載量、輻輳海域における夜間運航の可否。燃費等諸条件が変化すれば、様々な運航形態、ネットワークが考えられる。
  - 4) 図中の太線は国幹道計画における整備計画区間までを示している。
- 出典) 運輸省港湾局編「豊かなウォーターフロントをめざして」

Fig.8 超高速貨物船対応ターミナルの配置(想定)

問題として残されている。このような実用化に当たっての諸課題は、1~2年で解決されるであろうというのが開発に携わって

問題として残されている。このような実用化に当たっての諸課題は、1~2年で解決されるであろうというのが開発に携わって

いる関係者の大方の見解である。

### 3. テクノスーパーライナー物流システムを 実現するための周辺環境整備

冒頭で述べたとおり、貨物船としてのテクノスーパーライナーの用途は大きく2つに分かれる。国内輸送におけるモーダルシフトの担い手としての役割と国際輸送における新たな高速物流の担い手としての役割である。国内物流については、鉄道、トラックという既存の競合輸送手段があることから輸送需要がどの程度のものかを予測することは現段階では非常に難しい。ただ定性的には、運転手不足や道路混雑によりトラック輸送の伸びは鈍化するであろうという予測、NO<sub>x</sub>、SO<sub>x</sub>等の環境問題により総量規制措置がとられれば必然的に海上輸送へのモーダルシフトが行われるであろうとの指摘、鉄道による貨物輸送は、旅客輸送におけるダイヤの過密化のため能力増強には限界に近づいているとの指摘がなされているところである。

一方、国際輸送については、アジア域内の3国間輸送や香港・台湾・シンガポール・日本をハブ港にし、ハブ拠点までをテクノスーパーライナー、ハブ拠点から先の北米・欧州には海上コンテナ船や航空貨物輸送を用いるハブ・アンド・スポーク輸送（Fig. 7 参照）というような具体的な提案がなされており、輸送需要の定量化も試みられようとしている。

国内物流、国際物流のいずれの場合においても、周辺のインフラストラクチャーの問題がテクノスーパーライナー物流システム実現のための最大の課題になっている。50ノットの高速性を生かすためには、荷役の高速化と並んで背後消費地への2次輸送の高速化が鍵を握っている。超高速船に対応した港湾の全国配置の設定（Fig. 8 参照）には、2次輸送の高速化を優先した検討が行われようとしていることはこの点の重要性を示すものである。港湾整備においては、超高速船に適合した大量かつ高速の荷役システムの開発も待たれるところである。国際輸送に関しては、通関などの貿易手続きの迅速化、シーアンドエアを考慮した航空から海上へ、またその逆に積み換えの迅速化も課題である。

また、航行安全の問題がある。テクノスーパーライナーは、一般の排水量型船舶と較べると旋回能力や緊急停止能力等の操縦性能に卓越した能力を持つ船舶である。この特徴を生かして、速力制限や夜間航行の問題を中心とした高速航行の安全性の評価や安全対策の確立を図ることが重要な課題になっている。

このような周辺の諸問題を抱えながらも研究開発は、各界の期待を担って着実に進展している。20世紀の最後の5年間、しかもその遅くない時期には様々のバリエーションに応用されたテクノスーパーライナーが実現している可能性が強いのである。

## 21世紀初頭の交通社会

国武吉邦\* 中村英夫\*\*

山本雄二郎\*\*\* 吉村秀實\*\*\*\* 武田秀夫\*\*\*\*\*

高速化は科学技術の進歩に依存するところが極めて大きいですが、経済的に裏付けられたものでなければ実用には至らない。近年、各交通機関での高速化が具体的に検討されているが、本特集では、道路、鉄道、航空、海運の各モード別にそれらの実現可能性について技術面、経済面から論じ、高速交通がどのようにもたらされていくのかを探った。また、これらの検討をもとに当該シンポジウムでは、21世紀初頭における高速交通社会を考えるに当たっての視点とその行方について出席者各々の専門的立場から幅広く論じた。

### The Transportation Society at the Beginning of the 21st Century

Yoshikuni KUNITAKE\* Hideo NAKAMURA\*\*

Yujiro YAMAMOTO\*\*\* Hidemi YOSHIMURA\*\*\*\*

Hideo TAKEDA\*\*\*\*\*

Although high speed systems are dependent on technical progress to a very large degree, the technics developed for these systems will not attain practicality unless they are financially attractive also. In recent years various transportation agencies have conducted substantive examinations on high speed systems. In this special issue we consider the possibilities inherent in highway, rail, air and marine transport methods, by each mode, from both the technical as well as economic viewpoint in seeking how to bring about high speed transportation. Moreover, based on these examinations, we held broad discussions benefiting from the various standpoints of the experts which participated in the symposium held for this review in pondering the methods and methodologies to achieve the high speed transportation society envisioned for the outset of the 21st century.

#### 90年代の交通の流れはどうか

武田（司会） 今日「高速交通社会の行方」ということで、21世紀まであと10年となりましたが、この今世紀最後の10年間は大体どうなるのかから始めて、来世紀へ向けてあるべき姿、あるいは今は決まっているけれど、本来ならこうであるべきだ、とい

うようなことをご自由にお話しいただきたいと思えます。まず吉村さん、なにか総括的にそのへんでお考えがございましたら……。

吉村 最初からこう言っただけですが、私はあらゆる交通安全標語の中で、今までの一番の傑作というのは「せまい日本そんなに急いでどこへ行く」だと思っています。個人的にはもう少しゆとりを持って

\*三井造船機特機システム事業部事業部長補佐  
Manager, Defense Systems Engineering Dept.,  
Mitsui Engineering & Shipbuilding Corp.

\*\*東京大学工学部教授  
Professor, Faculty of Engineering,  
University of Tokyo

\*\*\*高千穂商科大学商学部教授  
Professor, Takachiho University

\*\*\*\*NHK解説委員  
News Commentator, Japan Broadcasting Corp.

\*\*\*\*\*本田技術研究所  
Executive Chief Advisor,  
Honda R&D Co., Ltd.  
1991年2月13日実施

いきたいと思いますが、逆に1990年代というのは、例えば、鉄道を見てみると、一旦はほかの交通分野に比べると後退していたものが、最近になって見直されてきた、という感じがします。高速化ということも含めて「鉄道ルネッサンス」の時代と言われているようですけれど、そんな時代が来ようとしています。一方、道路交通の方は、あまりに高速化が進んで、ソフト面から見直さねばならない。ですから、片やルネッサンスで新しいものをつくり出していく、片やできたものを見直していくという、高速交通社会の中では非常に波乱に富んだ10年になるのではないかと考えています。

**武田** 鉄道が見直されているというのは、旅客というよりはむしろ、物流という要素が多いような気がします。中村さん、そのへんはいかがでしょう。

**中村** 必ずしもそういうことではないのではないのでしょうか。確かに物流の方の鉄道のシェアが回復基調にある、とは言われています。だけど貨物だけじゃなくて、旅客の方も最近はお客を集めていますし、日本国内だけでなく、ヨーロッパなんかでもまた見直されているようです。特にそのひとつは、鉄道の本来の機能である高速、もうひとつは信頼性、それともうひとつは快適さ、そのへんの所を本気で改善しようという努力を、この数年やってきている、その成果でもあると思うんですね。つまり、鉄道はどうして後退したかという、まず時間、経路、行き先など自由な交通ができる自動車交通が盛んになり、一方では高速の航空機があって、高速性と利便性という両面から鉄道はどんどん遅れをとっていったわけです。ところが自動車交通の方は、道路は手一杯になってしまってちっとも高速でも便利でもなくなってしまったし、航空機にしても、空港施設がもう満杯で、こちらもちっとも高速じゃない。だからそれにとってかわるものとして、鉄道が、ドイツでもフランスでも相当見直されているのではないかと感じるんですけれどね。

**武田** 日本の現状としては、新幹線があれだけサービスを提供して、それに他が引っ張られて、いいですか、単純に引っ張られてとは言えないと思うんですけれど、鉄道全体が何か見直されているような気がします。

**中村** 国際的にそうだと思うんですよ。日本の新幹線の成功というのは大変なインパクトを与えて、ヨーロッパでの鉄道の高速化の新しい構想も生み出したし、プロジェクトをも促進した。それが今のフラ

ンス、ドイツの新幹線とか、ドーバー海峡のトンネルとかというものにつながっていったと思うんです。さっき吉村先生が道路交通のソフトの見直しということをおっしゃいましたが、ひとつはドア・ツー・ドアでの高速性というのが、自動車でも航空でもものすごく失われてしまった。これは日本でも外国でも同じだと思うんです。もうひとつは、航空にしても道路にしても、大変な容量不足、供給不足の状態が、特に近年著しい。東京の上空だけでなく、どの国の大都市でも空も超過密状況になっていて、その結果、交通時間の信頼性が非常に低下しているということがあるのではないかと思います。

**武田** 確かに日本でも国内航空もものすごく盛んになりましたね。例えばジャンボをあんまり短距離で運航しているというのは日本独特だと思うんですけれども、このあいだ熊本に行くジャンボに乗りましたけれど満杯なんですね。あれを見てみると、そういう高速交通の花盛りといいますか、早くも頭打ち、という感じがしないでもないんですが、航空については山本さんにかがってみたいのですが。

**山本** 航空に限って言えば、日本の国内航空には固有の問題があると思うんです。中村さんが容量不足とおっしゃる中で、特に空港のキャパシティ、中でも東京と大阪がどうにもならない。お客さんは増える、飛行機はそれ以上飛ばせない、ということで超過密状態が続いているんです。そういう状況が鉄道を浮上させる要因のひとつになっていると思います。

先ほどからお話が出ておりました鉄道の復権の問題ですけれども、一昨年、日、米、欧の政策担当者の集まった国際シンポジウムがありまして、中村さんとご一緒しましたけれども、そこで話を聞いておりますと、明らかにECでは鉄道復権なんです。その理由は先ほどお話が出ていたとおりなので繰り返しません。もうひとつつけ加えますと、道路交通がもたらす環境問題の深刻化なんですね。それやこれやで、鉄道へシフトしつつあるようです。

ただ、これは要するに引き算のようなものなんですね。航空がうまくいかない、道路がうまくいかない、船舶はちょっと事情が違いますけれども、したがって鉄道だという、そういう消極的な意味での回帰だと思います。

それとは別に、これも中村さんがおっしゃっていましたが、やはり高速化の実現ということが鉄道の可能性を広げることになった。つまり積極的な意味もあると思うんです。特にフランスのTGVの新

幹線を上回るスピードは、鉄道を復権するに足るという認識を広めた大きな要素の一つだと思うんです。

だから先ほど申しました引き算の結果としての鉄道の復権とTGVの高速化がインパクトを与え、それが英仏海峡トンネルとか、いろいろな新しい展開をもたらそうとしているのではないかと思います。日本の場合には新幹線がこの次どうなるかですね。

空港の問題は、実施しつつありますけれど、いわゆる3大プロジェクトによって東京と大阪の空港制約の解消ができたとしても、一体いつまでもつのか。

結局基本的には高速化ということ、一般論になってしまいますが、試行錯誤しながら、あるいは新しい技術に期待しながら追求していく一方で、いろいろな制約条件が顕在化してくる、これがこの向こう10年なのかな、とそんな予感があります。

#### 環境、安全、自動化が大きな課題に

**武田** 今のお話をうかがっていると、この10年だけでなく、来世紀、2020年くらいまでを考えても、すでに下地ができたといいますか、どこかで途切れて突然変わるというものではなくて、鉄道にしても航空、道路、それから船、すべてなんとかしなければいけないということからしますと、今大体熟成して、それがベクトルになってずっと来世紀まで伸びていくという感じが非常に強いんですけども、そのへんで何かご意見がございましたら。

**中村** ひとつはこれから今まで以上に大きな要因として出てくるのは、山本さんもおっしゃった環境の問題ではないでしょうか。わが国でも、これまでも環境の問題は議論にはなってきたのですが、これが非常にクリティカルな問題として取り上げられているかという、必ずしもそうではない。これからは本当に深刻なものになっていくと思えて仕方がないんですが。

**山本** それは私も似たような印象をもっています。さっきも申し上げた、いろいろな制約条件が顕在化してくる中で、やはり最大の問題は環境だと思います。例えばニア新幹線をつくるとか、ものすごい大規模空港をつくるというようなときには、そのために必要な交通空間を確保するのはたいへんなことなんです。これは完全に環境問題になってくる。そこで新しく出てくる交通機関のもたらす環境上の問題、これは避けて通れないでしょう。

それから、その次に出てくるのは安全の問題ではないか、という感じがしています。仮に高速化

を指向してスピードが速くなればなるほど、今までの交通機関とは違った形でというか、幾何級数的に問題の難しさが出てくるのではないかと。

まだほかにもあるかもしれませんが、特に言えば環境、その次に安全という問題をどうクリアしていくかによって、21世紀初頭の交通社会の姿はずいぶん変わってくる気がします。

**吉村** 私は、安全と環境というのは同じ土俵といえますか、安全の中に環境問題も入っているのではないかと考えています。昨年の10月、東京で、初めての国際的な鉄道安全会議が、JR東日本の主催で開かれました。30数ヶ国が集まりましたが、何といてもプライオリティの第一位は安全でした。ところが、高速化とか自動化が進めば進むほど、人と機械の接点といいますか、「マン・マシン・インターフェイス」が重要になってきて、これからはその点を最も高めていく時代になってくるのではないのでしょうか。

**武田** 新幹線は運行開始以来、一人も死傷者を出していない、これはすばらしいことなんですが、例えばJRさんが今研究していらっしゃるの、新幹線の信号システム。あれは非常に安全なんですけれども、あれをさらに列車と列車の間隔を詰めるとか、運行密度を上げるということで、今まで固定閉塞区間ということをやっていたのを、無線を使って移動閉塞区間で、つまり自動車みたいに前の列車に接近して後ろの列車が走るという、例えばそういうことを考えている。これがうまくいけばなお一層安全だと。それから飛行機なんかは、これは細かい問題ですが、今の管制官は音声でやっている、まあレーダーは使っていますけれど、密度が上がると非常に問題が増えてくるのではないかという気がするのですが、そのへんの安全ということで、何かお考えとかご提案はありますか。

**吉村** これは難しい問題です。自動化とか機械化が目指したものは、航空機にしても自動車にしても、「フェイルセーフ、フルプルーフ」が基本的な理念だったと思うんですが、あまりにも自動化なりが進んでいくと、操縦士や運転士自身が、これは言葉は悪いんですが、いわば馬鹿の状態になってしまう、ということです。基本的には機械は人間が考え出したものだし、そこには故障もあるし欠陥もある。いざという場合に最終的にイニシアチブを取るのは人間であるべきなだけけれど、あまりに自動化が進んでいくと、とっさに対処できない人間になってしまっている。そのあたりをどう解決していくかがこれか

らの重要な課題になる、という感じがします。

**武田** 安全ということから、自動化という新しい問題が出てきたわけですが、国武さん、船の自動化といえますか、そのへのフィロソフィといえますか、特に船関係ではいかがでしょうか。

**国武** 船の自動化の流れというのは、乗組員をいかに削減するか、あるいは作業をいかに簡易にするかという方向で来ましたものですから、外部環境に対する安全というものに関して自動化が大きな流れを果たしたとは言えないと思います。現在では航路保安官の管制も含めて総合的な安全が図られるような全体的な仕組みになっています。特に狭水道、それから漁船等の密集したところでの安全が今唯一の問題になっているところだと思います。だから水域の総合的な管制という形で安全の向上が図られたということですね。もちろん船自身が高速で走っていて、どのくらいの距離で止まるかとか、そういう船自身の固有の性能という面での安全は既に技術開発をなされつつあるんですけども、どうしても他のものとの、特に船の場合ですと大きな船と小さな漁船の衝突とか、あるいは海底、あるいは岩との接触とか、そういう問題が海難の原因になるわけなんです。したがってそういう総合的な管制と、それから船自身のいろいろな衝突の予防措置といえますか、その両面からの検討が大切ですね。

**武田** 飛行機の方は何か安全、自動化ということで技術振興とか、そういう面ではどうですか。

**山本** 自動化と安全の問題が出ていますが、高速化を指向すれば当然そういう自動化ということが必要になってくると思います。その場合にどういう対応が必要であるかということで航空に限って申し上げますと、実は航空は既にこの問題に直面してしまっているんですね。最近、A320という第4世代のジェット機が入ってきましたけれども、これは完全にハイテク化されていて、昔風の操縦桿がなくなっちゃったんです。それに極端に言えば、パイロットがいなくても離着陸できてしまう。だけど、ちゃんとパイロットがいる。

航空の安全の今までの傾向を見ると、不安全要素といえますか、インシデント、要するに事故にまでは至らないけれどちょっとヒヤッとしたりとか、ハッとしたりとか全部含めると、大体70%の原因は人間なんです。つまり、昔はいろいろな機械が故障したとか、ハード面に原因があったんですけども、それがだんだんクリアされて、どうしても残ってしま



国武吉邦氏

ったのが人間なんです。航空の安全を一言で言えと言われたら、ヒューマン・ファクターということになると思うんです。いかにそれに対応していくかが問題です。

それでこの問題について何か結論は出たのかというと、残念ながらキメ手は見つかっていません。既に今、自動化が進み、例えば東京とニューヨーク十何時間飛ぶといっても、パイロットが実際に操作するのはほんの少ししかないわけですね。その間、一体何をしたらいいのか、そういった運航の中でパイロットが果たすべき役割は何か、それから万一何かあったときの対応、これはまず減多にないわけですが、それをどうやって訓練するか。結局シミュレータを使ってやるわけです。このヒューマン・ファクターに対する対応策を見つける努力はこれからも続けられるでしょうが、21世紀にかけての最大の問題として残りそうな気がします。

**武田** 自動車の方は飛行機と違って、一般の人が運転するというところでハンディキャップがありますけれども、例えば高速道路を、ドイツが実験をしたように、自動化して手放して走るのがいいのかといえますと、確かに技術的には実験をしたんですからできるわけですけども、何万台もの自動車のそれぞれがそういう装置を持って高速道路を走るとなると、故障による事故の発生を完全にゼロにできるか。だから、手放しの自動運転はなかなか実現することではないと思えます。ほとんど不可能命題に近いのではないかという気もしまして……。逆に道路の方も、多様な輸送化が始まりまして、いろいろ考えていただいていると思います。





山本雄二郎氏

**中村** 自動運転というのは今どういう段階にあるのか、私はよく知らないのですが、おっしゃるように、我々が要求されるのは、極めて高密度な交通をさばくという前提で、あらゆることを考えなければいけないということのため、先ほども出ましたように、解決不能と思われるようなたくさん残るのかと思います。ただ、場所や状況によってはまだ可能などころもあり得ると思います。それは一般的な自動車交通ばかりではなくて、何か特別な貨物交通であるとか、特定の区間における交通、そういうふうに捉えるなら、私は遠くない将来に実現性があるのではないかと思います。そういうものを基礎にして、だんだん適用範囲が広がっていくということなのではないかと思いますね。

#### 航空機の高速化はどこまで進むか

**武田** ここでちょっと来世紀ということをお考えいただいて、それぞれ21世紀の目玉になるようなプロジェクトを提案されているのですが、例えば、リニア新幹線であるとか、そういうものがあります…。山本さん、飛行機はSSTとかがありますが、マッハ3くらいから、もっとすごい、大気圏外に出るようなものまでいろいろ取り沙汰されていますが、実現性についてはどのようにお考えですか。

**山本** 私は実現性まで語る資格はないのですが、ただ、常識的に考えられることは、航空に限って言えば、国際交通と国内交通に分けてみていかなければいけないと思うんですね。それで、国内的に一体、航空輸送がこれからどうなるのかということなんですけれども、日本は海越え、山越えが多いとか、南

北に長いとか、地形的に航空に非常に適している面があることは事実だと思います。東京—大阪間のように、国内線に500人以上のジャンボ機を飛ばすことは他の国ではあまりないと思うんです。だから、新しい技術が出てきて、第2世代のSSTが登場したとしても、私は国内線では利用の可能性はあまりないのではないかと思います。

一方、国際線になると、例えば太平洋というような非常に大きな大洋を越えて行くわけですから、高速化は相当大きいと思います。ただ、レーガン大統領時代に言われたオリエントエクスプレス、東京—ワシントン間を2時間とか3時間というようなことになるともう、航空というよりは航空プラス宇宙とか、半分ロケットじゃないかと思えますね。それは乗り心地はどんなことになるのか、空港施設をどうするのか、など、今までの航空輸送とはかなり違った次元で対応しないと無理なんじゃないか、という感じがします。

まあ、そこへいくのはまだ先の話でしょうから、その前に第2世代のSSTを考えてみますと、いろいろな開発計画を聞いた限りでは、現在の国際空港の規模を拡張しないで済むような離発着の性能を持つとか、環境問題もこれ以上起こさないようにするとか、在来型の空港施設を使うことを前提にしており、それでないとう実用化は難しいということらしいです。ただ、需要的にいて、コンコルドの例でご承知のとおり、16機つくってやめてしまったという、技術成功、経済失敗みたいなことがあったわけですから、そのことを考えると、本当にできるのかな、という気はしますけれど。最終的に、可能性があるとするれば、国際共同開発が軌道に乗り、各国がどこでも使える汎用性を持った第2世代のSSTを商業化させた時だろうと思っています。

**武田** 第2世代のSSTというのはマッハ3くらいになる、と野田先生が論文でお書きになっているんですが、既存の空港を使えるということと、例えば東京—ワシントン便みたいな航続距離を持っていないと、まずお客は集まらないということを言われているんですが。

**山本** 結局コストの問題というか、運賃の問題になると思うんですね。コンコルドがだめになったのは、航続距離が短かったのと、120人くらいしか収容能力がなかったからです。したがって、非常に高い運賃になり、しかもトータルタイムでいうと在来型のジャンボとあまり変わらないということになりました。

航続距離1万キロで、マッハ3ということになれば、今までより3分の1、少なくとも半分くらいの時間で飛べるわけです。しかし、そうなると、一番最初に吉村さんがおっしゃった「せまい地球、そんなに急いで…」という話になるかもしれませんね。そのへんになると、もう、技術を離れて、社会とか人間とか、別の問題になるのかもしれない。

**武田** これは武田文夫先生の論文にあるのですが、人間の高速飛行をしたいという欲求はずっと続くであろうから、高速に対して否定的な考えを持つ必要はあまりないのではないかと。そうしますと、例えばワシントンへ行くのに運賃は上がっても時間は半分、3分の1くらいになりますと、それはそれで需要を生んで進んでいくのではないかと、そういうことなんですけれど。

**山本** 私も高速化を否定する必要はないし、高速指向は続くと思います。しかし分極化するのではないのでしょうか。国際線では可能性があるが、国内線ではなくなる、とか。リニア新幹線だって、あるところではつくる必要もあるし可能性もある、あるところでは不要だし可能性もない、全部が全部リニア、というわけにはいかない。そうすると、高速化と一口に言っても、だんだん分極化していく可能性があると思います。

**国武** その、時間は半分、運賃は上がる、ということですが、船舶の場合よく言われるのは、座席に縛りつけられた状態でいられる限度が2時間とか3時間とか、そういう話があるんですね。それは鉄道でも飛行機でも同じようなことが言えると思いますが、3時間程度だったらあまり問題はない、しかし6時間というたいへんだ。じゃあ高速化して、6時間を3時間にしました、ここで運賃が2倍になるのは許されるのかどうか。あるいはコストが2倍になるのはどうか。そんなことは許容されないのではないかと。肉体的な疲労という面での効果はジャスティファイされるのかな、何かそういうクリティカルな時間といいますか、そういうのがどこかに存在する。

**武田** 武田文夫先生は閾値という言葉を使っていますね。

## 2点間の高速化よりアクセスの見直しを

**中村** 今、分極化するという話が出ましたが、高速化といいますと、社会的なインパクトという意味からすると、これはドア・ツー・ドアでの時間を減らしていくということに意味があるんじゃないでしょ



中村英夫氏

うか。こういうことはコンコルドのインパクトとド・ゴール空港やヒースローあるいはガトウィック空港への鉄道アクセスの開通の社会的影響の違いが象徴的かと思います。だから、我々はまだまだ高速化しなければいけないことがたくさんあるわけですが、その重点一つはドア・ツー・ドアで高速化する、ということで、そうでないと本当のニーズに応えるものは出せないと思います。

**吉村** おっしゃるとおりだと思います。自動車も飛行機も今やそれほど速い乗物ではなくなってきています。ドア・ツー・ドアのことからすると、高速道路はいいが、高速道路を下りてから自分の家へ辿り着くまでのアクセスはどうなっているかといいますと、これがもう、絶望的な状態になっています。どの飛行場も手狭で、飽和状態です。だから自動車も飛行機も当分は頭打ちの状態だと思います。東京ーワシントン間を速くしたところで、アクセスの部分が解決できないと、これはいくら開発してもあんまり意味がないのではないかと気がします。

**中村** 鉄道的高速化だって、社会的なインパクトが一番大きいのはどちらかという和在来の幹線、ないしそれに類するもので、そこではアクセスの時間というのは相対的に非常に小さいわけですね。だけど幹線の部分が非常に遅い。だから、例えば今の山形新幹線とか秋田新幹線とかという在来型の改良、これはやはり地域にとっては猛烈なインパクトをもたらすものですね。もちろんリニアモーターもいいんだけど、そういうような在来線の改良とか高速化というものは、地域にとってはそれ以上に大きな意味を持っている、と私は思うんですがね。



吉村秀實氏

**山本** ちょっと私流に整理してみますと、高速化というときに私自身がよく混乱するんですが、まず第一に高速化と超高速化を分けて考えなくてはいけないと思うんです。超高速化でリニアとかSSTとか、技術的に非常に華々しいものが目につきやすいんですけど、超高速化がすべてではない。

第二に高速化の中でも、速度を上げるという意味の高速化と、時間を短くするという意味の高速化と2種類あるかもしれないですね。特に超高速化は、東京—ワシントン間のSSTとか東京—大阪間のリニアとか、2地点間輸送としては意味があるんですけど、各駅停車みたいなことをやっては何にもならない。その場合、交通の特性であるネットワークをどう生かすか。それでアクセスがうまくいかないとということになると、中村さんのおっしゃったように、ハイスピードになってもトータルとしてドア・ツー・ドアの時間は一体どうなるのか、という問題が残ると思います。

現在、東京—大阪間はジェット機で飛行時間50分くらいですけど、このあいだ乗り合わせたのが外国人のお年寄りの団体で、ちょうどまんなかへんに座っている。私は一番後ろにいたので、その人たちが出るのを待っていたわけですが、出てくるのに27分かかってしまった。飛行時間の半分以上、機内から出るだけでかかった。そういうことを考えると、高速化でも、速度を速くすることと時間を短くすることは必ずしも重ならないかもしれません。

**武田** 超高速、例えばリニア新幹線にしても、今度の1万4,000キロの道路計画にしても、いろいろお話を聞くことがありますが、アクセス交通のことを専

門家でお話しになる方というのはあまりいらっしやらないかもしれませんが、それだけ難しい問題だということですね。

**中村** というよりは、誰もが言うまでもなく大事な問題だということ認識しているからでしょう。だからこそ成田アクセスの鉄道が開通しますし、これは大きなインパクトをもたらすと思います。それから世界中いろいろな都市、特にヨーロッパで激しいのですが、ECの統合ということで、都市圏間競争という時代に入っていますが、その場合発展にとって一番大事なことは何かを考えている。その筆頭に挙げられるのがアクセスなんです。そのためにチューリッヒだってジュネーブだってアムステルダムだって、大きな投資をここ数年間やってきていますよね。日本はそれより一歩遅れて、これからしばらくは、そこにかんがりの投資がなされるんじゃないでしょうか。羽田の沖合展開と同時に新しい鉄道が入りますし、大阪の関西新空港も新しい鉄道が入ります。今までのアクセスというのは道路がほとんど負担していたんですが、まだ他にもこういう可能性を持つ空港があるはずですよ。そんな大きな投資でなくて、地域経済上大きな意味を持つところがね。

**武田** 船はアクセスとっていいかわかりませんが、例えばテクノスーパーライナーですが、あれが時速100キロ近くで走って、近距離ということなんですが、あれはその速度を持って港に入ったときに、それに対応して素早く荷物を積下ろししなければいけないというあたりは、やはり船と同じくらいの技術問題になってきますね。

**国武** そうですね。ターミナルの将来像といいますか、そういう面からみますと、輸送手段、ビークルそのものが高速化しただけでは全体の輸送システムとしての高速化が果たされないという点で、他の輸送機関と全く同じだと思います。

**武田** システム全体で考えなければいけない。

**国武** そういことだと思えますね。特に高速化になればなるほど、アクセスの時間の割合が相対的に大きくなりますから、トータルの、輸送システム全体としての経済性にもすごく大きな影響が出てくると思います。

**武田** スーパーライナーそのものの可能性はどうなんでしょうか。

**国武** 平成元年から研究開発がなされていますけれども、技術的には時速100キロの物流用船舶といいますか、そのことは可能だと思います。したがって、開

発はなされるんですが、その実用化という面からみますと、やはりそれを支えるインフラ、アクセス、ターミナルを含めまして、支援がなされないとせっかくの船が生きてこない、とそういうことだと思うんです。

**武田** 物の運賃が上がっても、それは例えばトラックなんかと競争しても、十分引き合うのでしょうか。

**国武** 国内では、今例えば北海道—東京というひとつの長距離輸送を考えてみますと、船ですからどうしても大量輸送という前提になりますけれども、長距離のトラックと鉄道、それと航空、スーパーライナーみたいな高速の船、在来のフェリー、そういったものが競合し合う時代が、おそらく21世紀までのあいだに来るだろうと思いますね。その中で、何が荷主さんにとって選択の基準になるかといいますと、どうしても経済性とそれから定時性といいますか、それが大きな要素になってくると思うんですよね。そういう面から今研究がなされているんですが、一応その土俵に上がって競争できるようなポテンシャルは持っているのではないかと思います。特に長距離トラックの場合の労働力不足というのは非常に顕在化してきていますから、今すぐにでも荷主さんが荷物の輸送形態を変え得るのではないかと期待はされております。

**武田** 飛行機の方では、ティルトローターというのが今いろいろ言われていますが、例えばアメリカなんかだと、あれがメインの空港へのアクセスという形で需要も伸びそうなんですが、日本では逆にあれがトランクといいますか、そっちの方になってしまうのではないかなと思うんですが。

**山本** ティルトローターまでいくとちょっとはつきりしないんですが、その前に小型機による旅客輸送がどこまで根付くか、ということがあると思います。現状ではいいか悪いかは別にして、非常に冷めている気がする。やはり量的にみると、これが主流になるとは考えにくいですね。日本では基幹的空港の容量が一杯だったり、航空管制の問題などいろいろあって、ティルトローターの登場で国内航空輸送が大きく変わる、という予感はありませんね。

**武田** 飛行場としては100メートル四方くらいでいいそうですね。騒音の問題とかあると思いますが。

**山本** まあヘリコプターと同じことになるんじゃないですか、離発着のときは。でも、またそこで「そんなに急いで」になっちゃうんですよ。

**吉村** 高速化は結構なことなんだけれど、やはりそ



武田秀夫氏

れを支える人間の問題を抜きにしては考えられません。船舶の荷捌きというのは、従来は時間がかかって、その間船員さんは休養を取ることができました。ところが、港湾施設を利用するにはお金がかかる。早く荷捌きをやらなければいけない。コンテナ化が進み、船員さんが休む時間なんかありません。同じように自動車の場合でも、最近聞く話では、24時間営業のスーパーマーケットに指定された時間通りにおにぎりを届けるために小型トラックが何度も走らなければならない。それが都市の交通量の激増に拍車をかけている。運転手さんはそれこそ時間に追われて休む間もない。だから、高速化ということと、それを支える人間のゆとりということを併せて考えていかないと、必ず挫折してしまうような気がします。

#### 通勤交通の高速化はどうか

**中村** 今ちょうど人間のゆとりという話がでてきたのですが、そこでどうしてもひとつのテーマとして考えるべきなのは通勤交通の高速化ということだと思います。例えば横須賀線が鎌倉まで5分速くなった。1日5分速くなるということは1年で2日から3日余暇時間が増えたのと同じなんです。だから鎌倉や逗子の市民は1年368日になったわけですよ(笑)。今1時間以上電車に乗っている人、それが10分速くなれば年に5日増える。これは大変なことですよ。そういう意味で通勤交通の高速化にもっと本気で取り組まなければいけないと思うんですけれどね。

**武田** JRさんは500キロ新幹線ができれば今の新幹線は通勤線になる、というふうに踏んでいるようで

すが……。

**中村** うーん、それはどうでしょうか。今の新幹線を通勤になんか使ったらかえって逆じゃないですかね。都市構造はコンパクトになることが必要なので、それに本来の長距離のお客が圧迫されてしまいますよ。例えば羽田のアクセスだって、あれを通勤のために使い、中間に次々に駅をつくっていくというのはちょっとおかしい使い方だと思うんですよ。浜松町の駅を使うのは、一般の旅客は大体航空を使う人ですから、かなりの人は東京の町をよく知らない上、大きな荷物を持っている。通勤ラッシュ時はそこで大変な混雑でしょ。そこに通勤客がくるというのは、大変危険な状態だと思うんですよ。ただ現実にはそういう交通需要があるわけだから、それを交通事業者がやるのをやめると言うことはできない。せめて何か適当な区別をして、ある時間帯はこれだけの車両は航空客専用になる、だけど航空客は普通の通勤客より多く払ってもらおう、とかね、そういう使い分けの必要性は絶対あると思うんです。

**山本** リニアができて新幹線通勤、というのは私もどうかな、と思うんですね。そこまで一足飛びにというのはどうかな、と。それにリニアができることによって並行する新幹線や、さらにその前にある在来線をどうするかという問題が出てくると思います。それらとリプレースできるものなのかなという気はしますね。

**中村** 私はリニアのことはちょっと置くにしても、第2東海道新幹線は必要だと思います。今の線の大規模改築に備えるとかいろいろな意味でね。それから勿論容量的にも。だけどそのとき、ああいうふうな長距離の幹線鉄道を通勤に使うとか、そんなことはすべきでない。三島や宇都宮からの通勤者をもっと増やすとすると、そのために東京の人と、交通が増え、それにターミナルの負担も増えるわけでしょう。だから、これは鉄道だけの問題じゃなくなって、都市政策や国土計画の立場から考えていかなければいけないと思うんですがね。

**武田** とかく超高速ということに目を奪われがちだけれども、通勤交通という面でも、それだけではいけないということですね。

**中村** それぞれ固有の機能を持っていて、その固有の機能を最もよく活用することが、全体として一番うまくいくわけですから。

**山本** 第2東海道新幹線の必要性はおっしゃるとおり絶対だと思います。それがリニアなのか現在の新

幹線なのか、あるいはもっと別の方法なのか、それが次の問題ですね。

**中村** そうですね。東海道・山陽新幹線は1964年から30年間、かれこれ30億人もの旅客を全く死傷者なしで運んだが、これはすごいことで、このシステムはものすごく評価すべきなんだけど、だからといってこれからも、同じものをつくれればいい、ということじゃない。技術も大変に進んでいるし、計画周辺環境も違っているから新技術に移行していったら当然と思うんですよ。逆に高速道路なんていうのは50年間同じコンセプトのまま、ほとんど変わらずにきている。これもなんとかしなければいけないんだけど、今、その途上にあるという気がしますね。

#### 高速化で新しい需要は生まれるか

**武田** ところで、高速化の先、つまり高速化によって生活がどう変わるかということのを少し考えてみたいのですが。速い輸送がまた新しい需要を生む、ということも十分あり得ますよね。つまり、ある2点間を速く移動できれば、浮いた時間を何に充てるかということ、仕事をもっとたくさんやって帰って来るというだけじゃなくて、半分の時間でそこへ行けるようになった、その分行く回数を増やすようになるかもしれない、これは新しい需要を呼び起こすわけです。その他にも、速く行くことによって、例えば食事を3回しなければいけなかったのが1回で済むようになって、その分の費用が浮くとか、いろいろ変わってくると思うのですが、そのへんはいかがですか。

**吉村** 科学的にはどうなのかよくわかりませんが、例えば山手線に1時間乗ると、新幹線に1時間乗るとでは、どちらが疲労感があるかということ、個人的には明らかに新幹線の方が車体も座席も良いのに疲労感があると感じられるんです。飛行機で1時間と新幹線で1時間ということになると、飛行機の方が疲れる。どうも、移動することに伴う疲労感というのは、時間ではなくて、距離なのではないでしょうか。科学的根拠は何もありませんが、今の新幹線の東京—大阪間が3時間、これが2時間短縮されても、新しい需要と呼べるようなものが生まれるとは思えないのですが。

**中村** 初期の段階では、もちろん武田さんがおっしゃるとおりのことが起こっていて、いわゆる開発交通とか誘発交通とかいう名前では呼ばれるような新たな交通需要がしかも大量にそれから発生してきた。

だけどそれだってやはり限界効用は当然遞減するわけで、これから先は、そんなに飛躍的に変化が出るものでもない、ということも確かなんじゃないですか。

**武田** 一方では、さっき分極化というお話がありましたけれど、例えば船の場合のように、速いということを目指したものと、クルージングのように交通そのものをゆっくり楽しむというのも出てくると思うんです。そういうふうにも両方に分かれて充実していけば、また需要の方も2極化していくというか、それでどんどん伸びるんじゃないかと思いますが。

**国武** 利用者としてはその選択の幅が広がるのは結構なことだと思います。例えば、鉄道が今東京―博多間6時間ですが、急ぐときは飛行機を使うわけです。これは1時間ちょっと。ところが鉄道が3時間くらいになったらどちらを使うことになるのか。まあ運賃や快適性などいろいろ総合的に判断するわけですけれど。それから、船の場合ですと、先ほどおっしゃったように開発需要というのが起きてくるのかなと思うんです。例えば物流でテクノスーパーライナーが非常に流行る。そうすると今まで全然運ばれていなかった荷物が運ばれるようになる。そういう開発需要も期待されるのではないか、という気はしているんですけれど。

**吉村** 確かに海はもっと開発する要素があるんじゃないかという気がしますね。

**中村** そのテクノスーパーライナーというのもしばらしいプロジェクトだと思うんですけど、さっきおっしゃったように、ひとつの問題は、需要の大きいところでの大変な過密状態じゃないかと思います。瀬戸内海でもそうですが、それをどう解決するかが第一の大きな課題じゃないでしょうか。

**国武** そうですね。日本の周辺に新しい海上の航路の軸といいますか、そういう形のをインフラを含めて、それに関連するアクセスも含めて整備する、それで初めてシステムが生きてくるだろうと思いますね。

**中村** 1,000トン運べるということは、20トントラックで50台分。これは大きなインパクトを持ちますね。

**山本** 高速化で需要が増えるかどうか。いくらかは増えるだろうと思うんです。ただ多くは現在の高速機関を利用しての人に対応するのであって、新規需要の発生というところまでいくかということ、どうでしょうか。その次の超高速化ということになると、さてそれがどうなるか、ちょっと今見通しが立てられないですね。

**武田** いろいろ議論していただきましたが、環境とか安全、それから人間性の問題など全体的に大変な課題を背負いながらこれから進んでいかなければならないということですね。改めて今日のお話でそのへんの多くの課題を教えていただいたと思います。どうもありがとうございました。

## PROJECTS &amp; CONFERENCES

現在世界で進行中の交通に関係する開発研究プロジェクトや最近行われた国際会議の話題です。

## 大都市交通混雑緩和対策に関する 国際シンポジウム

**開催日** 1990年12月6日

**開催場所** 全共連会館大会議室（東京都千代田区）

**参加者** 講演（海外からの招聘者3名）、パネルディスカッション・パネリスト（海外3名、国内4名）、会場参加者約180名。

**講演の概要** オックスフォード大学のP. M. ジョーンズ氏は、交通混雑緩和対策として、10の具体策を事例等に基づきその特徴、長所、短所等について説明した。結論として氏は、単独の対策のみでは効果が期待できないため、数種の対策を包括的に行う必要性や環境及び安全性の向上につながる対策が必要であると強調した。オランダ運輸公共事業省のH. J. ストゥール・ホールスト氏は主に交通需要管理の方策としてリアルタイムに道路情報を収集し、状況に応じた交通管理を行うダイナミック・マネジメント・システムの紹介とランドスタッド地区に導入計画のあったロードプライシングの調査内容について報告した。シンガポール自動車登録局長のポア・ティン・ハウ氏は土地面積が狭隘な国状を前提に実施している新車購買権利の入札制度、中心商業地域への入域許可制度等の道路交通政策の現状と今後について報告した。

**パネルディスカッションの概要** 最初に国内のパネリスト4名から対策案、課題等が提言された。コーディネーターである東京大学の太田勝敏氏は、道路新設等の供給サイドの対策の限界が明らかになった今日、需要サイドの対策の重要性を指摘し、同大学の越正毅氏は隘路交差点付近の路上駐車排除や信号改善、公共輸送機関の改善、都市内物流手段の整備の必要性を述べた。

海外からのパネリスト、会場の参加者も参加し、我が国の実状に適合する対策や交通混雑緩和に対するハイテク機器、情報システムの有効な活用方策等について熱心な論議が続いた。

執筆：岩川博和

（助運輸経済研究センター調査役）

## 第70回TRB年次大会

70th Annual Meeting of  
Transportation Research Board

**開催期間** 1991年1月13日～17日

**開催場所** 米国ワシントンDC

**参加者** 米国の連邦政府、州政府、地方政府の交通行政官、大学の交通研究者、交通にかかわる企業関係者及びコンサルタント、さらに国外からの参加者を加えて約5,000人が参加した。

**会議の内容** TRBは米国の国家研究評議会（NRC）の下部組織として道路建設に関する調査研究を目的に1920年にHRBの名称で設立された非営利機関である。1974年にはより広く交通問題に関する研究を行うべく現在の名称であるTRBに変更された。

TRBの年次大会は毎年1月にワシントンで行われ、今年の会議では全部で237のセッションにおいて1,000以上の論文が報告された。今年の会場ははじめて3カ所に分かれ、グループ1（交通システム計画及び行政）がワシントンヒルトンホテルで、グループ2（交通施設の設計と建設）がオムニショアハムホテルで、そしてグループ3（交通施設の運用、安全、及び維持管理）がシェラトンワシントンホテルで行われた。セッションは朝の8時半から夜の10時頃まで続き、熱心な討議が行われていた。日本からの論文発表数は比較的少なく約10編程度であった。

水曜日の昼食会では、TRBの活動報告、各種の表彰に続いてボスキン大統領経済諮問委員長の基調講演があった。また、最終日には連邦政府の交通省の各局長（連邦道路局、連邦鉄道局、都市交通局、国家道路交通安全局、研究及び特別プログラム局）と、産業界、労働界、大学からのパネリストによる「地表交通の新しい方向」と題するパネルディスカッションが催され、一週間の会議の幕を閉じた。

**問い合わせ先** Transportation Research Board 2101 Constitution Avenue, N. W. Washington, D. C. 20418

執筆：古池弘隆

宇都宮大学工学部教授

## 平成2年度 研究調査報告会ならびに 第12回国際交通安全学会賞授賞式を開催

来る平成3年4月22日(月)、東京大手町の経団連会館・国際会議場において、平成2年度研究調査報告会、第12回国際交通安全学会賞授賞式が開催されます。

研究調査報告会では、平成2年度に実施された15本の研究調査テーマの中から、以下の4テーマについて報告の予定です。

### 自転車事故に関する調査研究

鈴木春男(PL:千葉大学文学部教授)  
丹波一夫(自動車事故対策センター理事)

岩村吉晃(東邦大学医学部教授)  
山川 仁(東京都立大学工学部助教授)

自転車は、自動車と歩行者という両端の間で広汎かつ簡便に広い年齢層に利用されている。今日わが国における自転車の保有台数は7,000万台といわれ、自動車台数を上回っているが、自転車乗用中の交通事故死者も全体の1割以上である。

昨年度運輸省より委託された同テーマの調査研究をベースに本年度は事故現場視察、多発事故パターンの研究を行い、自転車事故の背景と対策について考察を加えた。

### 都市の道路交通改善—地域に根ざした視点から—

中村英夫(PL:東京大学工学部教授)  
大蔵 泉(横浜国立大学工学部教授)  
加藤 晃(岐阜大学学長)  
川上洋司(福井大学工学部助教授)  
川嶋弘尚(慶應義塾大学理工学部助教授)

古池弘隆(宇都宮大学工学部教授)  
鈴木春男(千葉大学文学部教授)  
竹内伝史(中部大学工学部教授)  
永井 護(宇都宮大学工学部助教授)  
本多義明(福井大学工学部教授)  
山田 稔(大阪大学工学部助手)  
森地 茂(東京工業大学工学部教授)

ほか警察庁、建設省、地元自治体等のメンバー

本研究は、マクロな統計的手法による事故解明とそれに基づく対策のゆきづまりを打開するために、交通「現場に立ち戻って」実際の現象を「足で調べる」調査を実施することにより、現象の背後にある要因をいねいに洗い出してゆこうとするものである。従って、地域、地区、あるいは地点の個々の条件によって引き起こされる問題に着目しつつ、長期計画の施策づくりに不可欠の裏付けデータを蓄積してゆく。

本研究は、地域圏の調査を担当する福井グループと宇都宮グループ、また東京圏の調査を担当する東京グループの3つの調査の連繫によって全体の深化を図ってゆく。

初年度(平成元年度)は事故データの分析を中心に各地域の特性把握と問題点の洗い出しを心がけた。第2年度(平成2年度)は各地域の問題点のミクロな調査・分析を実施することにより、改善への方向性を探った。3年目はそれらの調査分析に基づいて、今後とられるべき改善等をまとめてゆく予定である。

### 交通危険学の研究<(特)自動車安全運転センター委託研究>

長山泰久(PL:大阪大学人間科学部教授)  
臼井伸之介(労働省産業安全研究所研究官)  
蓮花一己(帝塚山大学教養学部助教授)  
樋泉史彦(㈱三菱プレジジョンシミュレーター・情報システム営業部主幹)

安全運転の重要性は、だれしもが認めるところであるが、「安全運転とはなにか」について、体系的、集約的に教える運転者教育が、今日行わ

れているとは言い難い。

本研究は、米国の運転者教育やドイツの交通教育、運転者教育を参考にしながらも、それらの中では問題にされていない「運転者自身の心の中にある危険」にまで言及し、日本ではこれまでに必ずしも行われていなかった「交通危険学」という分野の新しい基盤を作ろうとした試みである。

### 自動車の走行速度を規定する要因に関する調査研究

野口 薫(PL:千葉大学教養部教授)  
小口泰平(芝浦工業大学工学部教授)  
片倉正彦(東京都立大学工学部教授)  
鈴木春男(千葉大学文学部教授)  
山田卓生(横浜国立大学経済学部教授)

横田信録(日本道路公団調査情報室調査役)

Klaus Landwehr(元千葉大学教養部助教授)

道路交通においては、規制速度と実勢速度に大きなずれが生じている場合が多いが、このずれをもたらす要因を明らかにし、適正な速度を定義することが本研究の目的である。そのために、実勢速度の調査、供用前後の自動車道路における走行実験、ビデオ画像による走行速度推定、ドライバーへのデプスインタビューを実施した。また、これらの結果に基づいて、規制速度設定に関するいくつかの提言も試みる。

第12回国際交通安全学会賞授賞式では、理想的な交通社会の実現に対して貢献著しい業績2件、論文2件が決定され、警察庁長官及び総務庁長官(代理)の臨席のもと岡村会長より賞が授与されます。

今回の受賞者とその内容は以下の通りです。



## 業績部門

当部門は、理想的な交通社会の実現に対して、①研究、施策の推進、普及、啓発等 ②機器の開発、あるいは設備、施設の建設等に多大な業績をあげたものを対象に、過去3年以内に成果が顕著となった業績の中から選考されます。

**業績題目：**日本で初の幼・小・中・高一貫した実践的安全教育——実った先生・生徒一体の努力——

**受賞者：**学校法人 生光学園（幼稚園・小学校・中学校・高等学校）

**授賞理由：**徳島県の生光学園では、安全教育を真の人間教育ととらえ、園児、児童、生徒の発達段階に応じた独自の教育を独自のカリキュラムによって実施している。その一つに、高等学校におけるバイク通学解禁があげられるが、これは、今現在、生徒がもっとも興味を持っている二輪車を教材として、体験的安全教育を行おうとするものである。これらの教育は、単に学校側からだけでは成し得ず、先生と生徒が一丸となって取り組んだ成果であり、またここに大きな意義がある。これからの交通社会を担う青少年に対する教育の貴重な試みとして高く評価された。

**業績題目：**青函連絡船廃止後のターミナル区域の再生

**受賞者：**函館市

**授賞理由：**明治以来、交通の最重要拠点として発展してきた函館は、造

船業の衰退、鉄道から航空への交通手段の推移、更に青函トンネルの開通に伴って、連絡船が廃止される等、都市としての危機に立たされた。そこで、函館市を中心に、連絡船ターミナル施設の新たな再利用をはじめ、港湾地区の再生化を計る計画が立てられた。ウォーターフロントを整備し、古い煉瓦造り倉庫やその跡地を魅力的な空間として再利用し、新しい都市の魅力を創造し、人々の交流の場を生み出そうとするものである。こうした交通革命の中で実施されている函館の試みは、同様のウォーターフロント整備の中でも極めて特徴的であり、高く評価されるとともに今後一層の発展が期待される。

## 著作部門

当部門は、理想的な交通社会の実現に関連する過去2年間に初版として刊行された優れた著作・出版物の中から選考されます。

尚、今年度は該当作品がありませんでした。

## 論文部門

当部門は、国際交通安全学会誌（IATSS Review）ならびにIATSS Research（英文論文集）に掲載された論文の中より選考されます。

**論文名：**高齢ドライバーと高齢歩行者の交通特性について

**受賞者：**溝端光雄

**授賞理由：**'90年代後半には、免許保有者、自動車保有者の3割以上が60

才以上という高齢化社会を迎えるにもかかわらず、高齢化交通に関する研究は極めて少ない。著者は、高齢者による交通行動の解析を行い、この解析結果をもとに、青壮年ドライバーに比べて左寄りの通行位置、曲線部での不安定な位置取り、対向車の回避での臨機応変な運転操作の不得手等、交通施設の設計に必要な多くの知見を紹介しており、これからの社会状況に対応し、これらの研究成果が意味するところは大きいと評価された。

**論文名：**Explanation of and Countermeasures Against Traffic Congestion

渋滞のメカニズムと対策

**受賞者：**越 正毅、赤羽弘和、桑原雅夫

**授賞理由：**本論文は、週日の都市交通においては、交差点近傍の路上駐車車の排除や交通信号制御の改善等、交通のボトルネックへの対策を、また、休日の行楽地においては、一方通行路の設定等改善への可能性を示している。これらの研究は、交通渋滞の状況の実データに基づく分析と、その結果に基づく解決策の検討という基本的なアプローチによって問題解決への道を示し、道路交通の運用者と利用者が、それぞれになすべき方向を明らかにしたものであり、交通社会へ貢献するところが大きいと評価された。

## 第3回 KOIII Awardの受賞者決定

KOIII Awardは、モビリティにかかわる文化とその実践に心を尽くし、「遊び心」「冒険心」「意外性」「人間的」「感動的」「創造性」「将来性」の7つのキーワードをもった方々に贈られます。

第3回KOIII Awardは、自転車競技の第一人者であり、また、抽象

画家でもある加藤 一さんに贈られることとなりました。加藤一さんは、幼少の頃より、絵と自転車に情熱をもち、それぞれの分野で輝かしい業績をおもちです。現在は、フランスにて画家としてご活躍中であり、その絵は速度感にあふれ、風を感じさせます。1983年、日本人として初め

てフランスの国際自転車競技功労賞であるギドン・ドール（金のハンドル）賞を授与されました。現在国際プロ自転車競技連盟副会長。

贈呈式は、4月22日（月）、東京大手町の経団連会館にて行われる予定です。

# IATSSフォーラム経過報告

第17回IATSSフォーラムは、シンガポールから2名、マレーシアから15名の参加者を迎え、2月2日に開講しました。

日本の近代化についてのさまざまな講義、グループ研究、視察旅行、ホームステイなど多彩なプログラムに基づき、友好的な雰囲気のもとで

意欲的に学び合い、4月12日(金)、東京・大手町の経団連会館において、レポート発表会と修了式を行う予定です。

## ●編集後記

▼「より早く」が交通機関に対しての人類の夢であった時代から、「社会性、経済性の範囲内でより早く」といった時代に入った現在、ある意味では現実がロマンを過ぎけたとの見方も否定できない。その一方で、できる限り早く移動したいという願望も相変わらず根強い。20世紀が高速交通の大部分を実現させてしまったとみるべきか、あるいは21世紀に更なる高速化の可能性が残されているとみるべきかは、大きな関心事であろう。各所で21世紀論が活発である。本特集の狙いは夢と現実の間を論ずることで新たな21世紀初頭論を展開することに置かれた。

2年間の編集委員会の任務も、時間的側面だけに限るとゴールが見えてきた。意欲とは裏腹に反省だけが

残るが、これも凡人なるが故と自戒している次第である。(杉山)

▼暖冬といわれ、豪雪地帯とされているところでもここ数年雪が少なかった。ところが、今年は5年ぶりの大雪で「降るべき雪が降らないと落ちつかない」といっていた雪国の人たちも「もう充分」というほど降り続けている。

生まれも育ちも雪国ならば、雪との付き合いから生活のチエもあり、雪と車との付き合い方も充分にご承知である。ところが、スノーチェーンさえ一人で付けたことのない人など、雪が降り出せばお手上げ。特に都会人は雪に弱い。2月下旬、雪の降る高速道路で交通事故が多発した。長距離夜行バスがスリップして道路下に転落したり、玉突き事故に巻き

込まれたり、雪の道の恐ろしさをまざまざと見せつける事故が続いた。丁度その頃、盛岡にいて雪の降る夜の駅前をホテルの窓から眺めていたら、家も道路も真っ白なのに、その雪道を自転車でスイスイ走っている人を6人ほど見かけた。雪道の自転車は滑りやすく、雪だらけの車輪が動かなくなったり大弱りした子供の頃の記憶があるから、自転車スイスイにはびっくり。そういえば、冬のシベリアでマロース(最寒)の雪道を普通のタイヤで走る車に乗せられたことがあるが、スリップ一つしなかった。スノータイヤの不足を運転技術で補っているわけだが、盛岡の自転車といい雪国の人は単に雪に強いのではなく、それなりの「腕前」を持っているのである。(杉田)。

## IATSS Reviewへの投稿について

財団法人国際交通安全学会は交通と安全にかかわる諸問題に対して、広い分野から叡智を集め、学際的に取組んでいくことを目指して、昭和49年9月に設立されました。

IATSS Reviewは、この学会の機関誌として年4回刊行されます。“交通の科学”およびそれに隣接する諸科学の研究者、実務家などからの意欲的な投稿を歓迎いたします。

### 投稿規定

1. 投稿論文は未発表のものに限る。掲載された場合、著作権は当学会に所属する。  
なお、掲載原稿は返却しない。
  2. 原稿の長さは、8ページ以内とする。
  3. 掲載についての採否、順序、印刷上の体裁などは、本誌編集委員会に一任される。  
なお、編集委員会は投稿者に対し内容の修正、加筆、短縮などを依頼する場合があります。
  4. 掲載の場合は、掲載誌2部、抜刷り20部を贈呈する。
- ◎ 本誌に掲載された論文は、国際交通安全学会賞・論文部門の選考対象となります。
- ◎ 投稿希望者は、当学会内の学会誌編集委員会事務局にお問い合わせください。「執筆要領」と所定の原稿用紙をお送りします。

## 編集委員会

委員長 杉山雅洋

委員 大蔵 泉, 太田博雄, 加藤誠巳, 杉田房子  
武田秀夫, 中川 學, 森地 茂

## IATSS Review

国際交通安全学会誌

**Vol. 17, No.1** (年4回発行 通巻67号)

東京都中央区八重洲2-6-20 郵便番号104

財団法人 国際交通安全学会

電話 03(3273)7884代

平成3年3月20日発行

発行人 三上和幸

定 価 1,200円(年間購読料 4,320円<sup>千</sup>込) 消費税込

International Association of

Traffic and Safety Sciences

No. 6-20, 2-chome, Yaesu, Chuo-ku, Tokyo

104 Japan

Tel. Tokyo (3273)7884



*International Association of Traffic and Safety Science*

**IATSS**

Vol.17, No.1 ■ March, 1991

**Review**

*SPECIAL SUPPLEMENT*

**The Future of the High Speed Transportation Society**

*SYMPOSIUM*

**The Transportation Society at the Beginning of the 21st Century**