

新幹線と在来線との直通運転について

河合 篤*

わが国の幹線高速鉄道は、東海道新幹線を始めとする新幹線ネットワークを軸として整備が進められてきたが、新幹線の沿線地域と非沿線地域との間で鉄道の利便性に格差が生じている。

このため、新幹線の効果をより広い地域に拡大するための一方策として、新幹線と在来線との間に直通列車を運転する構想が提案され、モデルプロジェクトの工事が間もなく開始されることになった。

本論では、このプロジェクトの背景、概要、技術的課題等について紹介する。

A Direct Service between the "Shinkansen" (Bullet Train) and Conventional Railroads

Atsushi KAWAI*

The main expressways in Japan have been built mainly based on the "Shinkansen" network centering on the "Tokaido-Shinkansen." A gap has appeared in the convenience of railway service between the area along the "Shinkansen" lines and other areas.

As a result, as a measure to spread the positive effects of the "Shinkansen" to other areas, a plan to operate a direct service between the "Shinkansen" and conventional railroads has been proposed, for which work on a model project is slated to begin soon.

In this article, we would like to introduce the background and outline of the project, and to discuss some of the technical problems.

1. 新幹線と在来線との直通運転構想の背景

昭和39年に東海道新幹線が開通して以来、わが国の幹線高速鉄道は新幹線の建設を中心に整備が進められ、在来線は都市間旅客輸送の分野では、新幹線のフィーダー機能を担うものとして位置づけられてきた。

昭和45年に制定された全国新幹線鉄道整備法では、国土の均衡ある発展を図るため全国の主要都市を時速200km以上の幹線鉄道で効率的に連結する、とされ、それに基づいて全国7,000kmに及ぶ新幹線ネットワークを構築する基本計画が決定された(Fig. 1 参照)。

しかしながら昭和48年末のオイルショックを契機とする日本経済の急激な変化と国鉄の経営状況の悪化によって、新幹線の建設は大幅に遅延し、完成した新幹線は1,800kmにとどまっている。

このような状況の下で在来線の幹線は、当分の間、都市間輸送の大きな部分を引き続き担い続けることとなったが、最高速度が新幹線の $\frac{1}{2}$ 以下であり、多くの場合新幹線との乗り継ぎを余儀なくされることから、新幹線の沿線地域と非沿線地域の間では鉄道の利便性に格差が生じ、産業振興或いは人口定住の面からも問題が指摘され、非沿線地域から利便性向上に対する強い要望がなされている(Fig. 2 参照)。

一方、鉄道経営の面からは、相次ぐ高速自動車道の整備によってこれまで鉄道の最も有利といわれてきた300～400km帯において、特に在来線が道路との厳しい競争条件にさらされることとなり、長期的に安定した経営を維持していく上で、このような在来

*運輸省大臣官房国有鉄道改革推進部施設課専門官
Special Assistant, Facilities Div.,
National Railway Restructuring Promotion Dept.,
Ministry of Transport
原稿受理 昭和63年3月22日

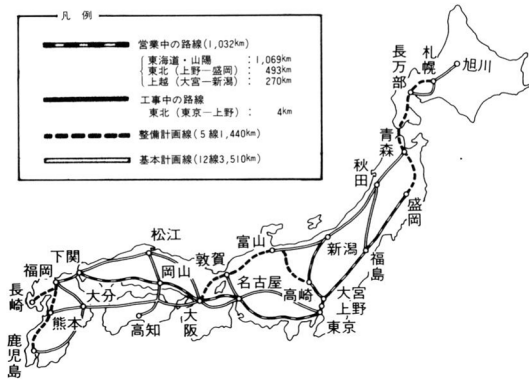


Fig. 1 全国新幹線鉄道網
A map showing the nationwide "Shinkansen" network

線に対して大幅なサービスの改善を行い、競争力の強化を図る必要が生じている。

在来線の競争力を確保するための方策は、各線の施設の状況、輸送量、競争条件、許容投資額によって多様であるが、その大略はFig. 3のように整理される。

一般在来線は曲線部が多く、抜本的な速度向上を行うためには大規模な投資による改良工事若しくは新幹線の建設が必要となることから、比較的少額の投資で高い効果を得るための一方策として、新幹線と在来線との間に直通列車を運転し、全体として表定速度*の大幅向上と乗換えの解消を図るというプロジェクトが提案されたものである。

2. 直通運転の方式

新幹線は、主たる区間を200km/h以上の高速で列車を走行させるため、在来線とは大きく異なったシステムを採用している (Table 1 参照)。

特に直通運転を行う上で最も大きな障害となるものは軌間の相違であり、これを克服するためには在来線区間に標準軌 (1,435mm) の軌道を導入するか、車両側で両方の軌間に対応し得る方策を採用する必要がある (Fig. 4 参照)。

車両側で対応する方法としては、2つの車輪の間隔を変化させられるようにしたゲージ可変方式と、台車を交換する台車交換方式とがあり、列車本数が少なく、長距離にわたって直通運転を行う場合には有利な方法である。

*出発地と到着地との間の距離を、待ち時間等を含めた総所要時間で除した平均的な速度

海外では、ソ連~ポーランド間、フランス~スペイン間の国際列車でゲージ可変方式が採用されているほか、ソ連、オーストラリア国内及びソ連、中国と近隣の諸国間、フランス~スペイン、フィンランド~スウェーデン間等で台車交換方式による直通列車が運転されている。

しかしながら車両側で対応している例は、これまでのところ全て機関車で牽引される無動力車両であり、車軸或いは台車部分に複雑な構造を有する電動車、特に超高速走行が必要となる本プロジェクトに適用する場合には技術的に未解明な部分が多い。

一方軌道側で対応する方法としては、どちらかの軌間を他方に合わせて改軌する方法と、双方の軌間を併せた線路 (3線軌条または4線軌条:dual gauge track) とする方法がある。

改軌方式は、工事が比較的単純で開業後の保守も容易であり、長期的には広い範囲での軌間の統一が図れることから、同一国内での直通運転を行う際には多くの国で採用されている方式である。わが国においても私鉄においては戦前から広く採用されており、特に有名なものとしては、近鉄名古屋線の大阪線直通のための改軌、京成電鉄の都営地下鉄乗入れのための改軌がある。

また、異なった軌間の鉄道のネットワークが双方共広域に亘っている場合で、一方を改軌することが困難な場合には、線路を複軌間 (dual gauge) とする方法を採用することとなる。わが国では、箱根登山鉄道の小田原~箱根湯本間に、小田急電鉄の列車を乗入れさせるため3線軌条を採用しているほか、青函トンネルにおいても、将来新幹線列車を走行させる場合に備えて、3線軌条化のための準備がなされている。また海外においては、オーストラリア、

Table 1 新幹線と在来線のシステムの相違
The differences in systems between the "Shinkansen" and conventional lines

		新 幹 線	在 来 線
軌 道	軌 間	1,435mm	1,067mm
	最小曲線半径	2,500m	160~400m
	最急勾配	15%	35% (電車専用線の基準)
架 線 電 圧		25000V	直流 1500V 交流 20000V
架 線 高 さ		4,800~5,300mm	4,800~5,400mm
信 号 保 安 装 置		ATC	通常ATS
最 高 速 度		220~240km/h	最高120km/h
車 両 限 界 (幅員)		3,400mm	3,000mm
	(車体高さ)	(レール面から)4,500mm	(レール面から)4,100mm

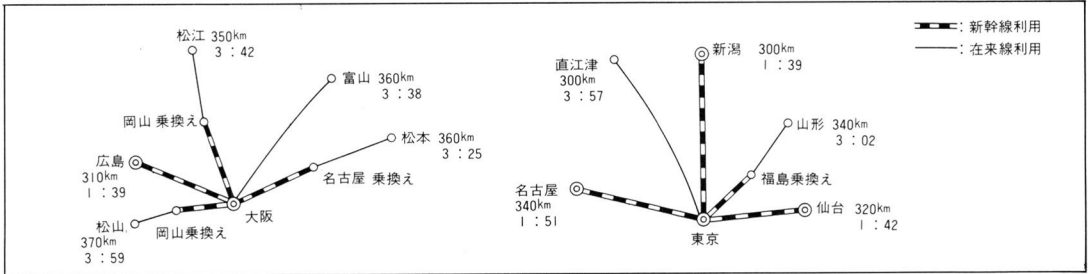


Fig. 2 大都市から300km圏の所要時間 (新幹線と在来線との利便性の差異)

The time required to reach the areas located within 300 km of the major cities
(The difference in convenience between the "Shinkansen" and conventional railroads)

ブラジル等において3線軌条の例がみられる。

新幹線と在来線との直通運転を行う場合には、当面、技術的に未解明な部分の多い車両側での対応より、既存技術の延長上において比較的解決の容易な軌道側での対応によって事業を進めることとした。また改軌方式にするか複軌間方式とするかについては、複軌間方式が、分岐器部分の構造が極めて複雑になる等、工事費、保守費等の面で経費増となることから、貨物輸送に支障がなく、旅客輸送の面でも比較的他区間との独立性の高い区間では、改軌方式を採用することとし、必要に応じて複軌間方式を採用することとした。

3. 直通運転のための工事の概要

直通運転のために線路を改軌或いは複軌間へ変更する場合の工事は、まず既存の枕木の間に新しい軌間の枕木を敷設し、道床(レールの下の砂利の部分)の幅を拡大する等の準備工事を行い、準備が完了した時点で既存のレール、枕木を撤去して、新しい枕木にレールを敷設するという手順になる。

また直通運転のために在来線から新幹線ホームへのアプローチ線を新設する工事も同時に行う。

基本的には、既存のレール、枕木を全て除いて新

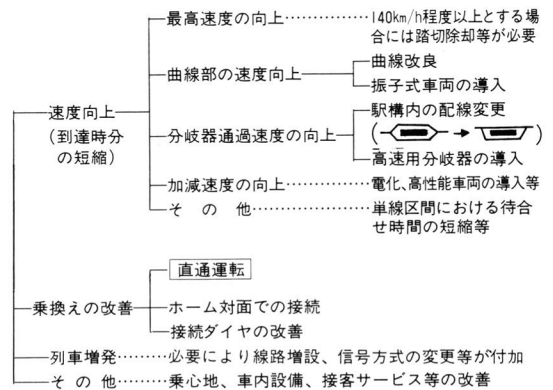


Fig. 3 在来線の競争力確保のための方策

Measures to retain the competitiveness of conventional lines

しい線路を敷設することになるため、この工事に併せてFig. 3に示すような速度向上のための諸施策(最高速度向上のための路盤強化、局所的な曲線改良、駅構内の配線変更、高速用分岐器の導入等)を極めて少ない追加投資で実施することができる。

このような工事に要する費用は、線区の特性及び標準軌の導入方式によって大きく異なるが、目安としては、複線区間で改軌の場合、5億円/km、複軌間とする場合7~10億円/km程度と想定されている。

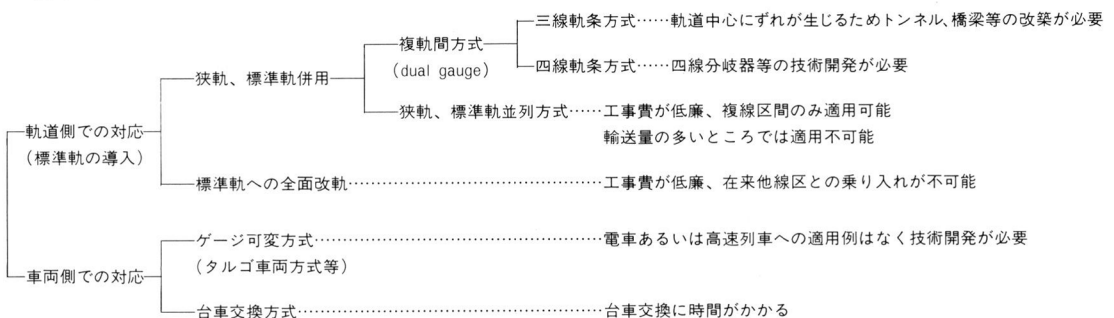
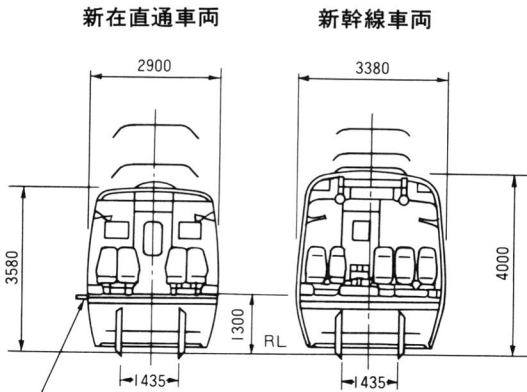


Fig. 4 新幹線と在来線との直通運転方式

Systems for a service of direct operation between the "Shinkansen" and conventional lines



新幹線区間のホームでの乗降のための折たたみ式ステップ

Fig. 5 直通運転用車両と新幹線車両との断面の相違
The sectional difference between the cars for direct service and the "Shinkansen"

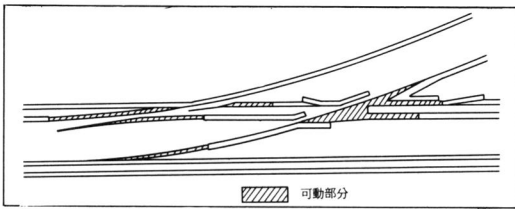


Fig. 6 四線分岐器の例
(四線軌条から狭軌が分岐する場合)

An example of a 4-line junction device
(for a case when a narrow-gauge track branches off from four lines)

工事の実施による速度向上の効果は、在来線部分のみをとれば表定速度にして最大でも10km/h程度であり、新幹線の建設（現在計画中の整備新幹線の場合35～40億円/km）のように表定速度を2倍（90km/h程度→190km/h以上）に引き上げるような大きな効果はないものの、直通運転区間のうち在来線部分が比較的短い場合には、乗換えの解消と既設新幹線部分の高速性が相まって、全体として「こだま」タイプの新幹線列車並みの高速性を期待できるようになる。

4. 直通運転用車両の概要

軌間の相違については軌道側で対応することとしたため、車両側は標準軌の台車で統一することができるが、直通運転用車両はTable 1に示した軌間以外のシステムの相違点すべてに対応し得る性能を有する必要がある。

大部分の在来線には、トンネル、跨線橋、急曲線部等が多く存在することから、まず車両の大きさは

Table 2 直通運転のための技術開発課題

The problems in the technical development of a service of direct operation

部門	項目	技術開発の概要
車	車体	在来線で運転可能な軽量車体の開発
	台車	高速性能と急曲線通過性能を併せて備えた台車の開発
	パンタグラフ	大スパンで高速性を備えたパンタグラフの開発
両	動力	高速性能と急勾配対応の性能を備えたVVVF (Variable Voltage Variable Frequency) 方式の開発
	連結器	短時間で新幹線車両との分割併合を可能とする装置の開発
軌道 (複軌間方式の場合)	枕木・締結装置	座席に対して安定性のある構造(翼付枕木等)の設計
	分岐器	複雑な構造となる4線分岐器の設計と保安装置の開発
	保守対策	保守機械及び雪対策(外側と内側のレールのすき間及び複雑な構造となる分岐部分での除雪・触雪対策等)
電	軌道回路 (複軌間方式の場合)	標準軌列車と狭軌列車の判別方法
	気	気
電	気	VVVF車対応の諸システムの開発(変電所における再生電力への対応、信号保安機器類への悪影響の防止等)

それらの構造物に対応できる大きさでなければならず、基本的には在来線の一般車両と同一のサイズ(新幹線車両より一回り小型のもの)としなければならない (Fig. 5 参照)。

また台車等走行装置については、線形のよい新幹線区間で200km/h以上の高速で安定して走行するとともに、在来線区間の急曲線、急勾配区間でも比較的高速で安全に走行し得るよう、新幹線車両以上の性能が要求され、さらに電気、信号系統についても新幹線と在来線の双方のシステムに対応し得る設計としなければならない。

従って定員1人あたりの車両費は、新幹線車両の約1.6倍、在来線車両の約3倍にのぼるものと想定されている。

また直通列車が大都市の新幹線ターミナルまで乗入れる場合には、新幹線の線路、ターミナル容量に不足を来すことも想定されることから、必要に応じて新幹線列車との分割併合運転（在来線との分岐駅において、在来線方面への列車と、引き続き新幹線を利用して遠方へ行く列車とを分割して運転する方法）も採用することも考慮しなければならない。

5. 直通運転を実現するための技術的課題

これまで述べてきたような工事を行い、新しい車両を新造するためには、これまで必要のなかった新たな技術開発を行う必要がある。

Table 2にその概要を示すが、車両部門では、新幹線と在来線双方の異なったシステムを調和させるための技術開発、軌道部門では主として複軌間方式（特に四線軌条方式）を採用する場合の技術開発、その他の分野では、新たな車両を導入するために派生する問題等を解決するための技術開発がそれぞれ必要となる。

特に、車両部門においては、急勾配区間での高速性能を小型軽量の機器類で確保するためにVVVF方式の制御装置が必要とされており、新幹線での高速走行にも耐え得る装置の早期完成が大きな課題となっている。また軌道部門においては、全く未知の分野である四線分岐器 (Fig. 6 参照) の試作と長期試験の実施が特に重要な課題と考えられている。

6. 直通運転実施のための経営上の課題

本プロジェクトは、鉄道事業者の観点からは他の交通機関との競争力を強化し、長期的に安定した鉄道経営を実現することを目的として実施するものであるが、一方で数百億円オーダーの初期投資と新幹線以上の車両費を負担するという経営上のリスクを同時に背負うものでもある。

従ってプロジェクトの実施にあたっては、経営上のリスクに見合うだけの十分な誘発需要が見込めることが最大の前提条件となる。

そのためには、現在既に相当程度の需要が存在していること、直通運転の区間が乗換えの解消による効果の十分発揮される範囲内であること、工事を要する在来線の延長が相対的に短く、全体として他の交通機関と十分な競争力を維持し得る表定速度となることの3点が、プロジェクト実現の可否を決する要因となる。

具体的な範囲は検討対象とする線区によって異なると考えられるが、輸送量では5,000人程度以上、乗車時間が3~4時間程度以下、在来線の延長が100km程度の範囲にあることが、概ねの目安になるものと考えられている。

また、本プロジェクトは比較的少ない投資で高速鉄道の効果が広い地域に拡大でき国土の均衡ある発展に寄与するものであること、沿線地域の鉄道の利便性が著しく向上し、地域の振興に資することから、国及び地元としても事業推進のための助成措置を講じる必要がある。

7. 東京～山形間におけるモデルプロジェクトの概要

以上新幹線と在来線の直通運転の一般的な概要を述べてきたが、このプロジェクトの実施にあたっては技術的な課題も多く、また経営的にも未知の分野であることから、比較的效果の高いと想定される区

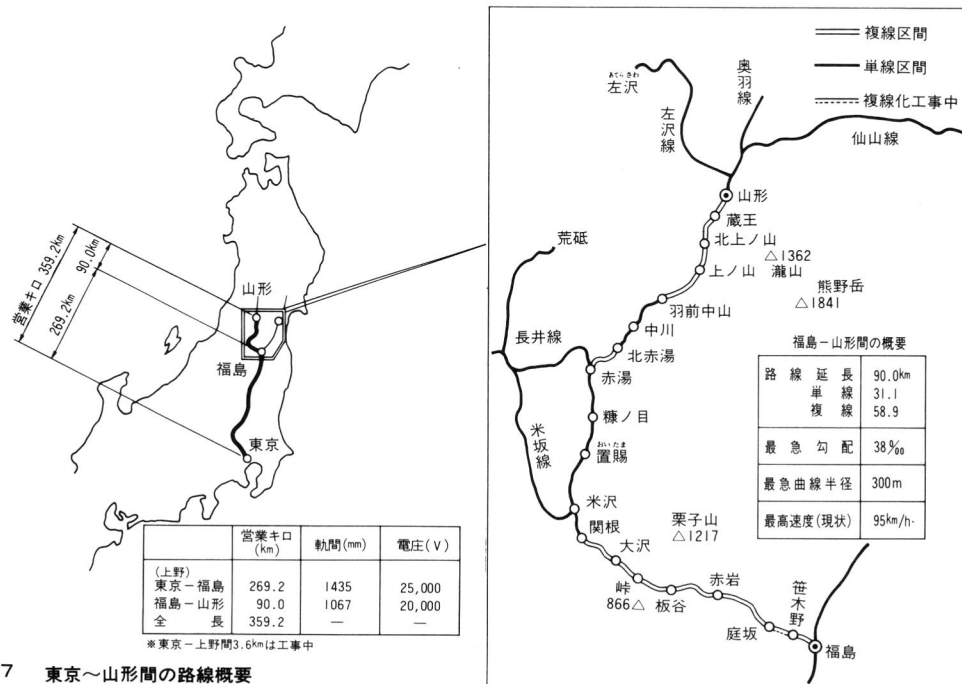


Fig. 7 東京～山形間の路線概要
An outline of the line between Tokyo and Yamagata

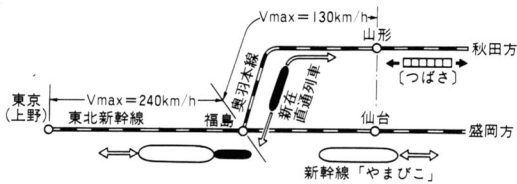


Fig. 8 転送形態のイメージ
An image of the type of transport

間においてモデルプロジェクトを実施してその成果を見極めることが重要であると考えられる。

このため工事費が安く、他の交通機関との競争条件も有利と考えられる東京～山形間をモデルプロジェクトの対象として選定し、本年度より在来線の改良工事に着手することが決まり、事業の内容も固まってきたことから、その概要を紹介する (Fig. 7 参照)。

①直通運転方式

福島～山形間の在来線 (奥羽線) のうち、貨物輸送に支障を及ぼさない区間については現在の線路を全て標準軌に改軌し、貨物輸送を存続させる区間については複軌間方式 (3線軌条方式) を採用する。

これに要する工事費は概ね280億円、工期4～5年と想定され、完成は昭和67年度と見込まれている。

②輸送形態

直通列車は東京 (または上野) ～山形間を運行し、途中福島駅で仙台方面の新幹線列車と分割併合運転を行う (Fig. 8 参照)。

列車の最高速度は新幹線区間で240km/h、在来線区間で130km/hとし、在来線区間においてスピードアップを図る。これによって東京～山形間の所要時間は現在より30分程度短縮される。

また、現在福島～山形以北に運転されている特急「つばさ」は山形始発となり、新庄、秋田方面との都市輸送を確保するとともに、福島～山形のローカル輸送は全て標準軌車両により運行することとし、現行の当該区間の地域輸送も引き続き確保する。

③事業の推進体制

事業を円滑に実施するため、山形県、JR東日本、関係市町村等の出資により第三セクターを設立し、この会社が軌道の改良工事、車両の新造を行い、完成した施設及び車両をJR東日本にリースする。

国は工事費のうち管理費等間接的な経費を除いた分の2割をこの第三セクターに補助金として交付し、第三セクターは国からの補助金及び出資金のほか、

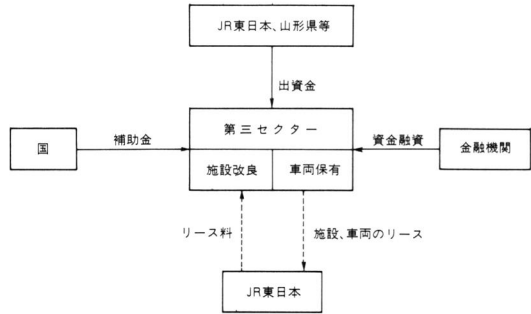


Fig. 9 事業の実施形態
The type of the project operation

必要に応じて金融機関からの融資を受けて事業を実施する。

現在第三セクターの出資総額は90億円を予定しており、プロジェクト推進の一つの課題である初期投資のための資金調達の問題は、この第三セクターが解決することとなる (Fig. 9 参照)。

④本年度の予定

昭和63年度は総額12億円 (うち国庫補助1.7億円) の工事費により、施設の設計、駅、橋梁の改築等の工事を実施することとしている。

8. おわりに

新幹線と在来線との間で直通列車を運転することは、これまでの新幹線と在来線との2本立てで構築されてきた幹線鉄道体系に新たなシステムを付加することになり、特に中距離都市間輸送の分野でこれまで新幹線の恩恵を受けられなかった地域に高速鉄道の効果をもたらす上で極めて有効であると考えられる。これによって地方の住民にとって大都市がより身近なものとなり生活環境が向上するばかりでなく、大都市の住民にとっても、日常遠く離れている各地の雄大な自然やふるさとの町がぐんと接近することになる。

しかしながら本プロジェクトは、未だ技術的な課題や経営上の未解明な部分を残していることから、当面は東京～山形間のモデルプロジェクトの進展を見守ることになるだろうが、並行して精力的に未解決の諸課題を解決し、広く各地域でこの方式が実現していくことを祈るものである。

参考文献

1) 財団法人運輸経済研究センター『新幹線と在来線との直通運転に関する調査研究報告書』昭和63年3月