

中央大学博士論文

海外での高速鉄道計画作成支援方法の開発

Harutoshi Hayasaka

早坂 治敏

博士（工学）

中央大学大学院
理工学研究科
都市環境学専攻

平成 30 年度

2019年3月

序章

0-1 研究の背景

物理的に一定な距離の移動時間を短縮して、貴重な時間を有効に活用する視点から、新幹線鉄道、高速道路及び航空機等の高速交通機関は、それぞれの有する機能と役割分担を踏まえて、現在、先進諸国において、その存在はなくてはならないものになっている。

なかでも、日本の新幹線鉄道は、現在から半世紀以上も前の1964年に開業して以来、その大量輸送性、安全性、定時性及び速達性が利用者から絶対的信頼を寄せられているといっても過言ではない。

このような、新幹線鉄道に代表される超高速鉄道は、今や、経済面で先進国に追いつき追い越そうとしている韓国や台湾でも開業し、利用者は順調に増加している。ましてや、開発途上国であるインドやインドネシア等のアジア諸国でも高速鉄道を採用しようとする機運が高まっているのは、ご同慶の至りである。

しかしながら、現実を慎重に踏まえると、経済的には未だに発展途上である国々が国威の発揚という観点や政治的な要請だけから高速鉄道を建設しようとすることは、国家経済の破綻とも背中合わせのハイリスクを伴うことも事実であることは論を俟たない。

すなわち、鉄道プロジェクトの評価は、一般的には国家経済的見地からなされる経済評価と、企業としての財務的見地からなされる財務評価によって行われる。経済評価の対象としての便益としては、通常、時間便益、輸送コスト便益、事故減少便益等が計量化されて経済評価の算定に用いられる。財務評価では、便益に相当するものとして、運賃収入が計算に用いられる。²⁾

鉄道プロジェクトは、財務評価は低い場合が多いが、経済評価による経済的内部収益率(EIRR)が、その国の資本の機会費用より高ければ、フィージブルであるとして実行する価値があるものと判断される。²⁾

従来、鉄道は、道路交通等、他の輸送モードと異なり、車両のみならず、インフラストラクチャーを含め、システム全ての建設を自己負担でまかなうという点、また、その公共的性格から運賃が政策的に抑えられる等の理由で財務評価が低くなる場合が多い。²⁾

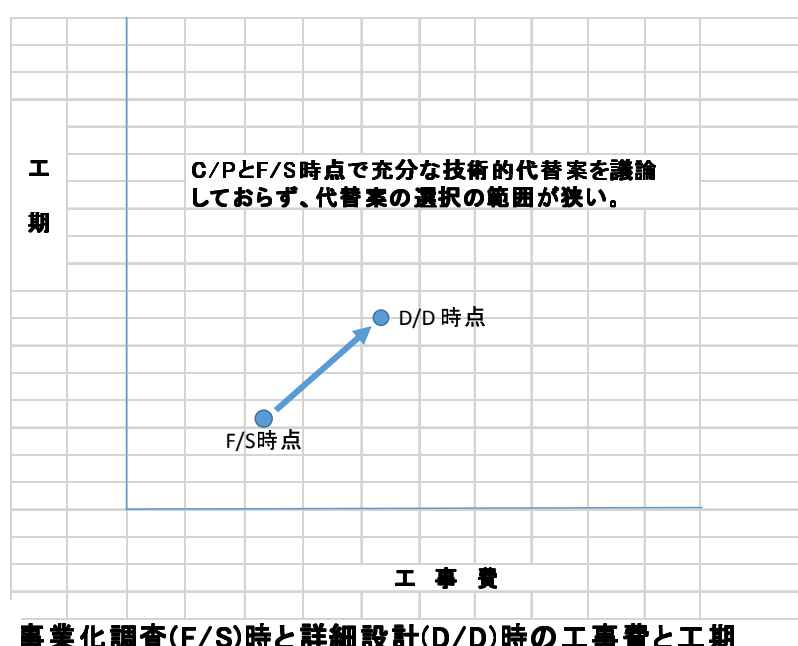
しかし、鉄道は通常の経済評価の計算に含める計量化できる便益のほかに、環境保全、沿線開発関連産業の発展促進、雇用機会の拡大等多くの間接便益を有しており、財務評価が低くても、EIRRがその国の資本の機会費用より大きければ、その国の社会経済を支える重要なインフラストラクチャーとして実施に移すべく考慮されるべきである。²⁾

一方、財務評価が悪いということは、そのプロジェクトを安易に実施すれば、鉄道の経営が悪化するということを意味する。したがって、プロジェクトの実施に当たっては、鉄道の健全な経営を確保するために必要な建設資金に対する低金利の借款及び運営費に対する一定の政府の資金補助等を必要条件とすべきである。それと同時になぜ財務評価が悪いのかの分析を通じて、制度的問題(すなわち、政府・社会と鉄道との関係での諸問題:政策的低運賃、赤字線の維持、失業対策、労働問題等)、鉄道自身の経営効率の問題(生産性、

技術水準、組織、経営管理方法等)を明らかにし、これらの問題に対する対策を検討すべきであろう。²⁾

先進国での高速鉄道の建設と運営という成功物語を途上国が夢見ること自体それはそれで一向に構わないが、それが現実問題となると、相当に冷静な判断と、非常に冷徹な分析が必要となるのはいうまでもない。

なお、日本は、運輸交通分野における鉄道の役割を重視し、多くの開発途上国鉄道に資金協力及び技術協力を行っている³⁾が、確かに海外における高速鉄道プロジェクトは多いが、日本による海外の高速鉄道への貢献は余りうまくなされていない。その理由の1つは日本が提案する事業費は高く、かつ、工期が長いということである。(図—1を参照)



図—1 事業化調査(F/S)時と詳細設計(D/D)時の工事費と工期

高速鉄道を対象とした計画について扱った先行研究としては、台湾や中国など日本が技術協力を行い導入された高速鉄道について、事業の実施体制・役割分担を中心に示している論文があるが、各事例におけるプロジェクトの意思決定プロセスといった事項に関する分析がなく、路線計画や規格の選定に関する整理が十分になされていない。

高速鉄道の整備に関する既存研究については、日本における新幹線の導入効果としての東海道新幹線の需要予測に関する事後分析の論文があり、GDPや運賃施策により利用者数を説明しているが、新幹線導入前後に関する考察がされていない。また、海外における高速鉄道の適用性については、インド高速鉄道整備を例に、高速鉄道の整備時期について1人当たりGDPや人口密度などを用いている論文があるが、発展途上国や新興国においては、所得階層により交通手段の選択行動が異なることが考えられる。これらは整備効果に関する比較のみで、その背景にある技術や関連する制度の検討が十分に行われていない。⁴⁾

0-2 研究の目的

筆者は、上記の背景のもとに、事業化調査(F/S)のときに、技術的代替案を対象国の相手側(C/P)と十分に検討していないことに原因があるのではないかと考えるに至り、それを解決するために技術的代替案を C/P と話し合い決定していくためのコミュニケーションが必要であることから、高速鉄道を導入する際の F/S 段階での高速鉄道計画の作成支援方法の開発を行うことを研究の目的としたものである。

0-3 研究の構成

本研究の構成は以下のとおりである。

第 1 章では、日本の陸上交通路の発展と明治・大正・昭和初期の時代の鉄道建設の歴史を整理する。また、弾丸列車計画が東海道新幹線整備に及ぼした影響についても検証する。第 2 章では、日本の高速鉄道整備計画の論点と経緯について整理する。第 3 章では、日本と欧州各国の高速鉄道の技術基準についての比較を行う。第 4 章では、日本の高速鉄道計画の決め方と技術的代替案の検討について考察する。第 5 章では、海外の高速鉄道計画作成支援方法についての一般化を検討する。さらに、事業化調査時点の事業費と工期に影響する項目のチェックリストを提案する。第 6 章では、ケーススタディとして、インドの政策決定者向け鉄道施設計画の決定手順（案）を提案する。

用語の定義 * 駅を建設すべき都市や大半の路線位置を所与の条件として、鉄道建設の設計を行う際に
選択すべき要素を分類する。

基本仕様・・・採用すべき鉄道の基本的な仕様（例）広軌、狭軌

技術基準・・・基本仕様を所与として、機能や性能に関して技術的な限界を示す基準
（例）曲線半径、最急勾配

要素形式・・・必要な機能を実現するために選択可能な技術、構造及び工法の種別
（例）バラスト軌道、スラブ軌道

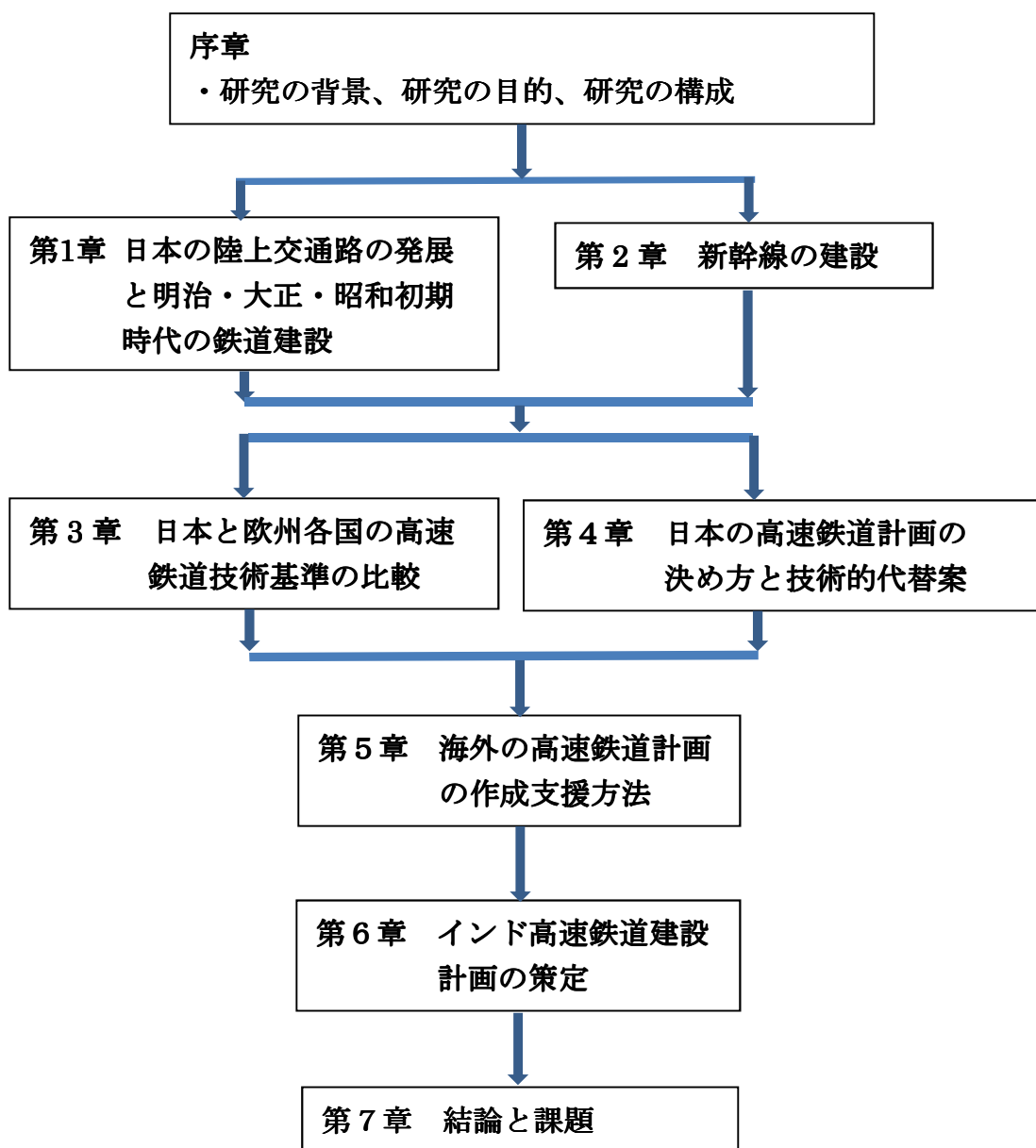
施工方法・・・鉄道に必要な構造（形状）を実現するために選択し得る工法
（例）NATM 工法、シールド工法

鉄道形態・・・線路や駅の構造に具体的形状を与えるために決定すべき要素
（例）明かり区間、トンネル区間

・ 参考文献

1. 黒田定明：開発途上国鉄道と我が国政府開発援助、サンワ、2002年5月
2. 黒田定明、赤塚雄三、早坂治敏：鉄道分野における我が国政府開発援助の現状と課題、JARTS 151号、pp.69~70、海外鉄道技術協力協会、1997年9月
3. 黒田定明、赤塚雄三、早坂治敏：鉄道分野における我が国政府開発援助の実績と考察、p.1、海外鉄道技術協力協会、1997年3月
4. 早坂治敏、竹内龍介、小林 貴、鹿島 茂：日本の弾丸列車計画が東海道新幹線建設に及ぼした影響に関する研究、第56回土木計画学秋大会、研究・講演集、2017年11月

本論文の構成



第1章 日本の陸上交通路の発展と明治・大正・昭和初期の時代の鉄道建設

1-1 日本の陸上交通路

1-1-1 陸上交通路の発展

日本の陸上交通路は、古来ながく首都であった京都を中心とする近畿地方と、江戸を中心とする関東地方を結ぶ東海道が中心になって進んでいった。東海道五十三次がつくられて、四百年を経過していることもこのことを物語っている。鉄道の場合もこれと軌を一にして東京～神戸を結ぶ東海道の鉄道建設から開始した。当時は資材の輸送を、主として海運に頼っていたので、まず東京・大阪と、その外港である横浜・神戸を結ぶ鉄道から建設が始まり、次第に路線を延伸していった。

1872年10月14日に新橋～横浜間に日本で最初の鉄道が開業したとき、世界最初の鉄道ストックトン・ダーリントン鉄道がイギリスで開業してから47年が経過していた。1830年代には欧州主要国と米国で鉄道が開業しており、日本の鉄道は欧米諸国よりも半世紀近くも遅れて営業が開始されたことになる。欧米以外でもインド（1853年）、オーストラリア（1854年）、スウェーデン（1856年）、南アフリカ（1860年）、インドネシア（1868年）、などで日本より早く鉄道が開業し、1869年にはアメリカ大陸横断鉄道も開通していた。

欧米諸国から遅れて開業した日本の鉄道は、先進諸国に追いつくために全力を傾注した。技術の自立は、まず土木の分野で1880年、京都～大津間の逢坂山トンネルを日本人だけの手で完成させたことから始まり、1901年に官営八幡製鉄所の操業開始によりレールや橋梁材料の自給体制が整い、1910年代には、純国産の標準型蒸気機関車が大量に生産されるようになった。

最重要路線である東海道本線（東京～神戸間）は、官設鉄道として建設されたが、東北本線、山陽本線、鹿児島本線など後の主要幹線の多くは民営鉄道による私設鉄道として建設され、日露戦争後の1906年に国有化された。ちなみに、東北本線は、もともと日本鉄道が建設した路線で、かつ、日本最長の営業キロを持つ路線であり、1891年に全線開通している。この日本鉄道は、日本初の私鉄であり、現在の東北本線以外に、高崎線、常磐線など、東日本旅客鉄道（JR 東日本）の路線の多くを建設・運営していた会社である。山陽本線は、神戸駅から下関駅までは、私鉄の山陽鉄道の手により開通した。鹿児島本線は、門司港駅～八代駅間は、私鉄の九州鉄道により開業している。八代駅～鹿児島駅間は、1927年（昭和2年）に全通している。東海道本線は1889年9月に全通したが、軌間1,067mmの狭軌で急曲線と急勾配の多い路線であったため、1896年に運転を開始した急行列車は、新橋～神戸間を17時間22分要して運転された。

1-1-2 広軌改築論と弾丸列車計画へ至るまでの経緯

国際的には軌間が 1,435mm のものを標準軌、これより広いものを広軌、狭いものを狭軌と呼んでいた。開通した我が国の鉄道は、国力の伸長に伴い、その後いくつかの課題の解決にせまられるに至った。

その第一は、開業に当たって、イギリスを中心とする外国の指導を受けたこともあり、植民地鉄道の規格とされる 1,067mm の、いわゆる狭軌軌道として建設されたため、輸送力増強やスピードアップの実施に困難を伴ったことである。1,067mm という軌間は、もともとイギリスの植民地用として普及したもので、ニュージーランド、南アフリカ、スーダン、インドネシア、台湾などでも採用された。

二つ目は、東海道線は国の手で建設されたものが多く、多数の私鉄と国鉄が群立して、円滑な直通運転に支障が生じたことであった。

特に、明治中期の日清・日露戦争に当たっての軍事輸送に際して、その問題点が顕在化することになった。

日本の鉄道の軌間は、1870 年 4 月（明治 3 年 3 月）、鉄道建設のために日本政府が雇用した外国人技師長 E・モレル(Edmund Morel)が、はじめて民部兼大輔大隈重信と会見したとき、大隈の判断で決められた。鉄道建設推進の中心人物大隈は、会うなりモレルから「ゲージは、どうしましょうか」と訊ねられ、それが鉄道建設にとってまず決めなければならないことだということが、とっさに理解できなかった。モレルから説明を受けて意味を理解した大隈は、「日本は土地も広くないし、元来が貧乏な国であるから軌幅は狭い方が宜かろう」と大した検討もしないまま簡単に決めて答えた。

日本の鉄道は、創設当時、イギリスの技術者の指導により建設された。日本に鉄道の軌間が 1,067mm の狭軌鉄道が導入されたのは、日本の地形が急峻であり、経済的、社会的にも鉄道の大量輸送の必要性があまりあるとは認められなかったことなどから、当時、世界の植民地で多く建設されていた狭軌鉄道があてはめられたと言われている。²⁷⁾

これに対して、欧州やアメリカにおいては、軌間が 1,435mm の鉄道が多く建設されてきた。したがって、欧州等では、これを標準軌道と称されてきた。ところが、日本においては、軌間が 1,067mm の狭軌軌道が多く建設され、標準のように思われてきたことから、軌間が 1,435mm の鉄道は、広軌鉄道と称されてきた。

狭軌鉄道は広軌鉄道に比べて工事費を節約できるが、車両の大きさや牽引能力、高速化に限界があり、これらのことが後の鉄道政策や技術の発展にとって大きな制約条件となった。とはいえ、輸送量も少なく、高速化の必要性も乏しかった初期の鉄道にとって、軌間の選択はあまり重要な問題ではなく、むしろ限られた予算で迅速に鉄道網を築きあげるためには、より安価な狭軌を選択したことが少なからず寄与した。

(1) 軍部の広軌改築論

軌間とは線路の幅のことで、正確にはレール面から 14 mm以内でレールの頭部の間隔が一番狭い箇所の距離をいい、ゲージとも呼ばれている。これは列車の運行速度、輸送力、施設および車両の規模等、すべての項目を決定づける基本的基準となるもので、極めて重要なものである。したがって、鉄道の軌間によって現代史が書き換えられたともいわれ、軌間は国家権力を示す一つの指標として世界でも注目されてきた。

1869年11月10日、廟議によって鉄道建設が決定したが、軍部はこれに反対であった。鉄道は時期尚早で、まず軍備を拡充せよ、という理由からである。この軍部が鉄道を見直したのは、1877年2月に西南戦争が起こり、鉄道による軍事輸送の機能とその効果を改めて認識したことからである。その後、軍事輸送の研究を進めていた参謀本部陸軍部は、軌間の問題に言及し、狭軌鉄道では輸送量、速度といった面で軍事上の要求を満たすことができないので、広軌鉄道に改築すべきであると主張した。軌間について最初に問題が提起されたのは、1887年のことで、参謀本部陸軍部からであった。³¹⁾ 具体的には、1887年に「鉄道改正建議案」として有栖川宮熾仁参謀本部長から井上勝鉄道局長官に対し、軍事輸送の観点から欧米並みの広軌に改築すべきであると諮問された。これに対して井上長官は、経済的観点から広軌化の意思はないと回答したが、納得しない軍部は翌年の1888年に「鉄道論」を発表して広軌化の必要性を訴えた。

その後、1893年には貴族院議員陸軍中将谷干城が第1回鉄道会議に「鉄道ニ付建議」と題して主要な軍施設に接続する鉄道の広軌化を主張した。この時も鉄道側は、広軌化よりも複線化を促進することで、輸送能力の不足を補うと反論した。²⁶⁾ 特に、1894年の日清戦争の結果、巨額の賠償金が支払われることとなったときこそ広軌鉄道に改築すべき好機であるとし²⁷⁾ 改軌（それまでの狭軌鉄道を、現在の新幹線なみの標準軌間の1,435mmに改築する）をはかるべきとの声と、多数の私鉄を買収し、全鉄道を国有化して運営の一元化をはかるべし、との国有化論が強く主張されるに至った。この結果、国有化については日露戦争後の1906年に実現し、主要な鉄道はすべて国有化し、一元管理がなされることになった。改軌論の方はその後もくすぶり続け、改軌問題が政治問題化して、政友会、民政党の二大政党の政争ともなり、文字通り国論を二分する論争となった。新線建設に重点を置く建主改従論と、改軌を主張する改主建従論の対立がそれである。1887年から1907年にかけては軍部を中心に、広軌改築問題が展開されるにいたった。

例えば、1896年2月の第9階帝国議会において、衆議院議員市島謙吉ほか31名が「東海道鉄道敷設ニ関スル質問書」を提出し、東海道本線の複線化工事に際して、これを広軌化する意思があるか否かを質したが、政府はその必要性を否定する見解を示した。しかし、この議会では更に幾つかの広軌案が提出され、政府としてこれを無視できなくなったため、逓信省に軌制取調委員を置き、具体的な検討を進めることとした。そして、広軌と狭軌の得失、改築の方法、改築費等について審議を開始した。この軌制取調委員は、参謀本部、鉄道技師仙石貢、阪鶴鉄道株式会社顧問南清、関西鉄道株式会社社長白石直治からそれぞれ

れ広軌改築問題について意見を求めた。参謀本部は日清戦争に際し、鉄道の輸送力が軍部の要求するほど十分でなかったことから、狭軌鉄道は軍事上の要求を満たすことができないと判断し、広軌の改築を一日も早く実現すべきである、まして日清戦争の結果、巨額の賠償金が支払われることになった現在こそ、広軌改築の好機であると述べた。ほかの三人も社会的軍事的観点からやはり広軌を選ぶべきであると意見を述べた。

軌制取調委員は、まず軌間の調査を行い、各国の経験から見て国際標準軌間(1,435mm)は鉄道運輸の発達に適合しており、列車速度、輸送力等の点で他の軌間に劣るところはないとの結論をだした。このほか、広狭両軌についての建設規程を構想し、曲線、施工基面、道床、橋梁、トンネル、停車場、分岐器、機関車、客貨車、その他の規格を定めた。また、軌道改築費予算を作成するため、建設費予算価格標準を定め、更に広軌改築予算標準を定めた。

その後、鉄道部内に広軌化の支持者が少なかったことや、軍部も軍事輸送にとって軌間の問題は重要な論点ではないとして、これを取り下げたため、軌制取調委員は結論を出すことなく1898年度限りでその調査業務を終え散会した。また、1905年、鉄道王と呼ばれていたアメリカのサザン・パシフィック鉄道のエドワード・ヘンリー・ハリマン社長が来日し、広軌改築とその資金融資計画を持ちかけたが、日本政府側が躊躇したため立ち消えとなった。

このように、戦前の弾丸列車が構想されるまでは、1886年(明治19年)頃から始まる日本の広軌改築論の長い歴史があった。1886年に陸軍参謀本部で鉄道の広軌必要論が提起され、それに政治家が加わって広軌改築の決議案が衆議院で取り上げられた。しかし、この議論の結末は、陸軍による諸外国の鉄道事情調査の結果、欧州に派遣されていた陸軍少佐大沢界雄が1898年に帰国して、軍事輸送の機能を高めるためには、線路系統を整理して連絡を確実にすることが大切で、軌間の広狭はあまり関係はないと主張し、この「軍隊の集結輸送の迅速こそが勝利につながる」との意見が陸軍を支配し、参謀本部でも広軌論は次第に弱まり、軍部は広軌改築論を放棄して、むしろ国有化による全国鉄道の一元的経営を強く主張するようになっていった。かくして、「鉄道は兵器なり」と軍部が強引に推進してきた広軌改築論は、軍部自らの手で葬り去られた。

その後、明治時代には私設鉄道が数多く建設されているが、土木・機械関係の幹部技術者の中に、速度向上や輸送力増強のため狭軌の鉄道を広軌に改築すべきとの主張があり、一部のトンネルや橋梁を広軌の規模で建設するなど、いろいろな試みがなされた。

ところが、日露戦争後は政府の財政の窮迫から、これまで私鉄によって建設されてきた幹線を買収し、国有化することが先決になり、1906年の鉄道国有法によって主な私鉄の買収が決定した。

(2) 後藤新平の広軌改築論(1908年～1911年)

日露戦争が修了し、国内の重工業の著しい発展とともに国内の輸送需要も急速に増大し

た情勢の中で、1908年7月に第二次桂内閣の逓信大臣に就任した後藤新平は、広軌改築計画を早急に取り掛かるべき鉄道政策の一つとして、強力に推進しようとした。すなわち、鉄道国有化の目標とする軍事的・経済的効率化の達成のためには、広軌改築が国有化以後の鉄道政策の第一の課題たるべき必然性を論じた。

狭軌鉄道を広軌に改築すべしという意見は、明治時代半ば以来、軍部、鉄道技術者、政治家の間に根強くあり、南満州鉄道初代総裁を経て1908年12月に鉄道院初代総裁となった後藤新平は、広軌論の急先鋒であった。

日清、日露戦争を経て大陸への進出が始まり、更に重工業の飛躍的發展によって輸送需要が増大すると再び軌制問題が注目され、こうした背景のもとに1909年、鉄道院総裁、後藤新平は広軌改築に関する調査を命じた。鉄道院がようやく動き出したことは、鉄道国有化に伴ってその機能をいち早く充実させる必要があり、また、後藤が地方線区の建設よりも幹線の拡充にその主眼をおいたためとされる。調査は1910年にまとめられ、後藤はその結果に基づいて帝国議会に予算案を提出する準備に着手し、その一方で1910年10月14日には関係各現場機関に対して、今後建設する構造物は広軌定規に基づいて工事を行うよう通達した。

その後、桂首相兼蔵相および後藤総裁はこの広軌化計画の円滑な決定をはかるため、政界、財界に対して、精力的に根回し工作を開始し、政府の意図の徹底を期した。桂首相兼蔵相は1910年11月15日、大阪経済会招待会において、この計画について説明している。また、後藤総裁は、当面の目標を彼が考えている鉄道体系のうち、普通鉄道の機能向上に置き、そのために広軌改築化する必要性があるとした。また、軽便鉄道は広軌改築計画の補助的役割を果たすために必要であるが、広軌改築に伴い国鉄としての建設が遅れるので、その建設は主として民間資本の投資に依存し、これに補助金交付の措置を意図していた。

予算案は1911年の第27回帝国議会に提出されたが、1911年2月9日の分科会において政友会の反対多数で削除され、その代案として広軌化調査委員会の設置が可決された。この委員会は活発な議論を展開し、1911年8月7日には広軌改築の必要性を説いた6件の建議を提出し、その成果の一切を「広軌鉄道改築準備委員会調査始末一斑」と題して出版した。しかし、1911年8月30日、桂内閣の総辞職によって鉄道院総裁として広軌反対派の原敬が就任し、財政上の見込みが立たないためこれを実行しないとされた。続いて鉄道院総裁となった床次竹二郎は、広軌改築見越工事を中止してこれらの復旧を命じ、広軌化計画は政友会の反対によって頓挫した。

(3) 鉄道院の広軌化計画 (1914年～1918年)

1914年、第二次大隈内閣の成立とともにかねてより広軌化を主張していた仙石貢が総裁に就任し、1914年7月15日に広軌鉄道改築取調委員を指名して新たな調査を開始した。この委員会は、現行狭軌（現行の建設規程のまま）、強度狭軌（狭軌の能力を最大限に発揮するよう改良）、普通広軌（ドイツで採用されているもので、広軌鉄道改築準備委員会

が示したものとほぼ同一)、強度広軌(普通広軌の基準を拡大し、極度の能力を発揮するもの)の4種類について調査を行い、1年後に強度広軌が適切であるとの結論に達した。更に貴族院は1915年、第37帝国議会において軌制決定の要望を政府に対して表明したため、1916年4月4日、内閣に軌制調査会を設置したが、内閣更迭のために結論を議決に至らずに1916年10月5日に散会した。

しかし、1916年10月9日、三たび後藤新平が総裁に就任すると直ちに広軌化計画を具体化するため、中止されていた広軌改築見込み工事を再開するよう閣議に諮り、1年後の1917年12月になってようやく認められた。ただし、この決定は政友会への配慮から狭軌改良のために広軌と同等の施設が必要であるとするもので、広軌化決定には、なお慎重な態度を示した。この間、鉄道院内部では広軌化に向けて構想が練られ、その成果を「国有鉄道軌間変更案」として公表し、大井工場および横浜線原町田付近の現車試験で技術的にも充分可能であることを証明しようと試みた。大井工場では、当時ロシアとドイツの国境に設置されていたブライストスプレッヒャー式輪軸取替装置が試作され、広軌改築期間中における広軌・狭軌乗入れのための車軸取替方法が検討された。また、横浜線原町田～橋本間では広軌の線路が敷設され、蒸気機関車1両と客車・貨車各3両を広軌に改造して現車試験が行われた。試験は1917年5月から8月にかけて実施され、広軌改造機関車(2020形)が狭軌よりも2~3割大きい牽引力を示すことなどが確認された。

このほか、これと前後して、将来の広軌化が容易に行えるように軌間をそのままとして車軸の長さを広軌並みとした客貨車用の長軸車輪が開発され、1917年4月18日付・達第304号で客貨車用の7t長軸と10t長軸が制定されたほか1925年6月2日付・達第442号で12t長軸が追加されて、その後の標準車軸として普及した。

こうした実証試験や長軸車輪の設計を経て、広軌改築案は1919年度の予算に計上する予定であったが、政友会の同意を得ることができず延期された。

ところが、この計画も原敬を始めとする政友会系議員に反対されて実現には至らなかった。しかし、広軌改築計画はその後も内閣が代わるたびに問題化し、大正時代の初めまでの十数年間も二転三転、激しい論争が政界を巻き込んで続けられたが、結局、1918年、建主改従の政友会の原内閣が成立し、鉄道院総裁となった床次竹二郎は1919年の貴族院で広軌改築は不要と答弁して、改軌論はとらず、狭軌のまま輸送力増強を行う方向が確定され、論争に一応の終止符が打たれ、広軌化計画は事実上放棄されるに至った。

(4) その後の論争

その後も広軌改築問題は論争が続き、1920年には狭軌論の立場から鉄道省建設局長、大村鍬太郎は、「軌間ノ変更ハ不必要デアル」と題する論文の中で狭軌のままでも欧州並みの規格の車両を運転することが可能であり、軌道の強化や長軸台車の採用により、列車速度や動揺を広軌並に向上でき、トンネル断面が小さく、改築に多大な予算を必要とすることなど34項目を列記し、「更ニ是迄折角育テ上ゲタ狭軌デアルカラ、充分ニ努力シテ日

本特有ノ技術ヲ發達サセ、外国ノ 1,435mm 軌間ノモノニ優ルトモ劣ラザル様ナルモノヲ作り、吾々ノ誇リトシタイ。」と結んだ。

これに対して、前鉄道院副総裁、古川阪次郎は 1920 年に発表した「我国鉄道の軌制に関する説明」の中で軌制調査会の資料を引用し、速度の増大、安全の確保によって経済的輸送が実現でき、国際的基準の採用によって外国と同等の技術水準を確保でき、戦時において日本の鉄道資材をそのまま大陸へ持ち込め、将来における輸送需要に弾力をつけ得ることなどを列挙し、これに反駁している。

(5) 島安次郎氏の広軌改築論

前鉄道院技監、島安次郎の広軌改築論は、1921 年に「軌間ノ変更」と題する論文¹⁾を発表し、当時の内閣が鉄道改築論議を中止したとき、後藤新平・中村是公(満鉄総裁歴任)の勧めにより執筆した意見書といわれている。その論旨は、

- (i) 旅客交通、貨物需要を旺盛にして国運の発展を期するためには、速度向上、大型車両使用の基礎となる広軌に改築しなければならない。
- (ii) 改軌せず改良しても狭軌では広軌並の輸送力は得られない。曲線の面からも安全度は広軌の方が大きい。
- (iii) 広軌は蒸気機関車の自由にできる構造上からも有利で、電化の場合においても集電装置、架空電線の関係からも安全度が高い。
- (iv) 経費はそれほどかからない。

等、あらゆる技術的観点から狭軌論者に反論したものである。

同氏は最後の節である第 14 節で、「軌間変更ノ方法ニ就テ不安ヲ感ズルナラバ尚大ニ研究ヲ行フベシ」と述べている。しかし、折からの関東大震災や経済恐慌によって広軌改築問題は再び省みられることもなく長い論争史に終止符が打たれた。

過去、幾度となく機運の高まった広軌改築計画が成立しなかった理由の一つは、時の成立内閣により絶えず方針の変更を余儀なくされ、広軌改築計画の浮沈が鉄道の専門家の判断ではなく、政治的判断に委ねられた点にある。また、戦争や経済の好不況によって影響を受けたことも実現に至らなかった理由の一つである。こうした中であって、狭軌鉄道のまま広軌並みの輸送力を追求する努力も続けられ、大形ボギー客車の登場や特急「燕」の実現など、その水準も世界的に見てなんら遜色のないものに達しつつあった。しかし、このような努力が逆に広軌改築計画にとって、マイナスに作用したことも事実である。すなわち、広軌派の中心的存在であった島安次郎の考案による狭軌用の長軸が、狭軌のままでも安定した走行を確保できるとする狭軌派の主張の一材料として引用されたことからうかがい知ることができる。

1923 年(大正 12 年)の関東大震災の頃を機に広軌改築論は下火となり、結局は立ち消えになっていた。そして、日本の広軌鉄道の問題は 1938 年頃の弾丸列車構想まで日の目

を見ることはなくなった。¹⁹⁾速度向上の実現には、狭軌ではどうしても一定の限界があった。したがって、狭軌論や改軌論などのほか、むしろこれまでの鉄道とは別に、鉄道技術の自立と日本の工業化が進むにつれて、東京と大阪を高速の鉄道で結ぶ構想が生まれ、広軌の新線を建設して抜本的な速度向上を図ろうという動きがあった。1-12で詳述するが、その一つは、1907年の安田善次郎はじめ、財界の主唱した「東海道電車構想」である。東海道本線とほぼ並行して東京～大阪間に1.435mm軌間の広軌電化路線を新設し、80km/hで両市間を結ぼうという請願の提出がそれである。しかし、主要鉄道はすべて国有にするという当時の鉄道国有法の建前から、政府はこれを認めず日の目をみることはなかった。

今一つの動きとしては、昭和時代に入ってから「弾丸列車」構想である。これこそ今日の東海道新幹線の源流をなすものであり、今日の新幹線は、この構想の遺産のうえに成り立つものが多い。

いずれにせよ、改軌論争に終止符が打たれた後の国有鉄道は、狭軌のまま施設の改良と輸送力の増強に努め、相応の成果を挙げていったが、1930年代になると日本の大陸進出に伴い、大陸との輸送を重視する観点から、東海道・山陽本線に並行して標準軌複線の「新幹線」を建設する構想が生まれた。

ここで、広軌改築推進・反対の主要人物と両派の論争の事由を整理してみたのが次表である。この表で興味を注がれるのは日本の鉄道建設黎明期の関係者である井上勝が20年の時を経て広軌化反対派から賛成派に態度を変えているという事実である。

表1 広軌改築推進派・狭軌改良推進派の主張の根拠

西 暦	広軌改築推進派	狭軌改良推進派	主張の根拠	備 考
1870 年 4 月		Edmund Morel 大隈重信(民部兼 大輔)	大隈が「我国は土地が広くなく元 来が貧乏な国であり軌幅は狭い 方が良かろう」と大した検討せず 簡単に決定。	軌間に狭軌採用
1887 年	有栖川宮熾仁(参謀本 部長)	井上勝(鉄道局長 官)	有栖川宮参謀本部長が、軍事輸送 の観点から欧米並みに広軌にす べきと諮問。これに対し、井上長 官は、経済的観点から広軌化の意 思はないと回答。	鉄道改正建議案
1893 年	谷干城(陸軍中將)		主要な軍施設に接続する鉄道の 広軌化を主張。	鉄道に就き建議
1896 年 2 月	市島謙吉(衆議院議員) ほか		東海道本線の複線化工事に際し て、これを広軌化する意思がある か否か質問。	第 9 回帝国議会 での東海道鉄道 敷設に関する質 問書
1896 年 6 月	仙石貢(鉄道局運輸課 長)	南清(山陽鉄道会 社技師長)		東京商業会議所 『東京経済雑誌』
1898 年		大沢界雄 (陸軍 少佐)	軍事輸送の機能を向上には、線路 系統を整理し、連絡を確実にする のが大切で、軌間の広狭は関係な いと主張。	諸外国鉄道事情 調査
1905 年	エドワード・ハンリー・ハリマン (米国サザン・パシフィック 鉄道の社長)		鉄道王と呼ばれたハリマン社長が広 軌改築の資金融資計画を持ちか けたが、日本政府が躊躇し立ち消 え。	
1907 年	井上勝は日露戦争を 経て 1906 年 3 月の鉄 道国有法公布後、広軌 改築論を主張 ³²⁾			「鉄道誌」副島八 十六編『開国五十 年史』 井上は鉄道院顧 問
1908 年 12 月	後藤新平(鉄道院初代 総裁)		狭軌鉄道を広軌に改築すべしと いう意見は明治時代半ば以来、軍 部、鉄道技術者、政治家の間に根 強く、南満州鉄道初代総裁を経て	広軌建設計画策 定

			鉄道院総裁となった後藤新平は、 広軌論の急先鋒。	
1910年 11月	桂太郎(首相兼蔵相) 後藤新平(鉄道院初代 総裁)		後藤総裁は、当面の目標を普通鉄 道の機能向上に置き、そのために 広軌改築化の必要性があるとし た。	大阪経済界招待 会で広軌化計画 の根回し
1911年 8月		原敬(鉄道院第二 代総裁)	財政上の見込みが立たないとし て、広軌鉄道推進を実行しないと した。	第27回帝国議会
1912年 12月	後藤新平(鉄道院第三 代総裁)			再度広軌化計画 提案
1913年 2月		床次竹二郎(鉄道 院第四代総裁)	広軌改築見越工事を中止し、復旧 を命じ広軌化計画は政友会の反 対で頓挫。	広軌改築見越工 事中止、復旧命令
1914年 4月	仙石貢(鉄道院第五代 総裁)		現行狭軌、強度狭軌、普通広軌、 強度広軌の4種類について調査 し、強度狭軌が適切との結論。	広軌鉄道改築取 調委員の指名
1915年 9月	添田寿一(鉄道院第六 代総裁)			鉄道広軌化提案
1916年 10月	後藤新平(鉄道院第七 代総裁)		政友会への配慮から狭軌改築の ために広軌と同等の施設が必要。	国有鉄道軌間変 更案
1918年 4月	中村是公(鉄道院第八 代総裁)			鉄道広軌化方針 推進
1918年 9月		床次竹二郎(鉄道 院第九代総裁)	改軌論はとらず、狭軌のままで輸 送力増強を行う方向が確定され、 論争に一応の終止符。	第41回帝国議会 の貴族院で広軌 改築不要論を答 弁
1920年		大村鋤太郎(鉄道 省建設局長)	狭軌のままでも欧州並みの規格 の車両を運転することが可能で、 軌道の強化や長軸台車の採用に より列車速度や動揺を広軌並に 向上でき、トンネル断面が小さく、改 築に多大な予算を必要とすること を理由として挙げている。	軌間変更不要論
1920年	古川阪次郎(前鉄道院 副総裁)		速度野増大、安全の確保により、 経済的輸送ができ、国際的基準の	軌制調査会資料 による改軌賛成

			採用により、外国と同等の技術水準を確保でき、戦時において、日本の鉄道資材をそのまま大陸に持ち込め、将来の輸送需要に弾力をつけ得る。	論
1921年	島安次郎(前鉄道院技監)		旅客交通、貨物需要を旺盛にして国運の発展を期し、速度向上、大型車両使用の基礎となる広軌に改築。改軌せず改良しても狭軌では広軌並の輸送力は得られない。広軌は蒸気機関車の自由にできる構造上から有利で、電化の場合でも集電装置、架空電線の関係からも安全度が高い。	広軌改築論：軌間の変更

出典：筆者作成

1-1-3 関西鉄道の広軌化計画

政治的動向とは別に、将来の広軌化に備えた準備を着々と進めた鉄道会社が、現在の関西本線およびその支線群の前身となった関西鉄道である。1888年に設立されたこの私設鉄道は、名阪間のライバル関係にあった官設鉄道に対抗してユニークな旅客サービスを実施したことで知られており、また技術顧問（後に社長）に帝国大学工科大学教授、白石直治を迎え、独自の設計による土木構造物や車両を登場させた。関西鉄道は、名古屋～柘植間は官設鉄道に準じた規格で建設を進めたが、柘植以西の線路については将来の広軌化を想定して、予めドイツの建築限界に基づく線路規格を設定した。その時期は1897年頃とされ、手始めに伊賀上野～賀茂間の島ヶ原トンネル、大河原大トンネル、大河原小トンネルなどがこの規格で完成した。しかし、構造物を広軌の規格で建設したにとどまり、広軌の採用までには至らなかった。

1-2 弾丸列車計画が東海道新幹線整備に及ぼした影響

1-2-1 計画の立案から具体化

1938年頃から鉄道省で軌間1,435mmの軌道に最高速度150km/hの列車を走らせて、東京～下関間を9時間で結ぶ鉄道の建設を計画し議論していた。公式文書ではこの鉄道を「広軌新幹線」と呼んでいるが、その頃対馬海峡に海底トンネルを掘り、この鉄道を使い東京発の列車を北京まで走らせるというアジア大陸鉄道との一貫輸送ルートを形成しようという遠大な構想も出ていたので、当時のマスコミが「弾丸列車」という表現を使い出したようである。

1938年12月に、当時の国有鉄道を運営していた鉄道省の内部に「鉄道幹線調査分科会」が設置され、「鉄道主要幹線の輸送力拡充、内地大陸間の交通系絡に関する事項」について調査研究が開始された。

分科会は「両本線の軍事輸送生産力拡充計画の実施、大陸諸政策の具体化等による旅客貨物の移動が著しいこと」を認め、本線路の輸送力拡充に関して基礎的事項の調査に当たった。この検討原案が弾丸列車計画の発端と言われている。

分科会では2案がまとめられた。1つは狭軌別線案であり、延長は981.8km、工費2億5,700万円、最短工期4年。2つ目は広軌別線案であり、延長971.6km、工費4億7,500万円、最短工期6年である。所要時間は東京・大阪間4時間50分、東京・下関間9時間50分としている。

さらに、1939年7月には、前述の分科会が廃止され、新たに「鉄道幹線調査委員会」が勅令をもって設置され、輸送力増強のための方策が具体的に検討されるようになり、同年11月に早期に東京・長崎間に別線の高規格鉄道を敷設することが必要であるという結論が出された。結論として出された答申の具体的な項目は、以下の通りであった。

東海道本線及び山陽本線における国有鉄道の輸送力拡充方策に関する答申

東海道本線及び山陽本線の輸送力拡充方策としては東京・下関間に線路増設の要あるものと認めその具体的事項に関し左の如く決議せり

1. 増設線路は、現在線に併行することを要せざること。
2. 増設線路は、これを複線とすること。
3. 増設線路においては、長距離高速列車を集中運転することとし、貨物列車運転のため高速度運転を阻害せざること。
4. 増設線路の軌幅は1435mmとすること。
5. 前2号に関する工事中の過渡的措置については、随時具体的の調査研究を要するを以て、これを当局の善処に俟つこと。
6. 増設線路及び建造物の規格は、これを鮮満の幹線鉄道と同等、若しくはそれ以上のものとする。

希望決議

1. 増設線路においては、東京大阪間 4 時間半、東京下関間 9 時間運転を目標とすること。
2. 本計画は物資及び労務動員計画に重大なる関係ありと思料するを以て、この点につき充分なる考慮を払い、且つ速やかに之が実現を期すること。

以上

この答申が弾丸列車計画の骨子となったわけであるが、この答申を作成するまでに議論された主な点をあげると以下の項目が挙げられる。

- ①増設線路を現在線に併行してつくるか、別線にするか
- ②軌幅を、狭軌にするか、広軌にするか
- ③運転の動力を、蒸気にするか電気にするか
- ④運転速度をどの程度にするか。

以上のことは、東京～大阪間あるいは、東京～下関間の所要時間をどのくらいにするかという議論になる。なお、当時在来国鉄には存在していない形式の鉄道であったので、何一つ規程もなかった。そこで、まず第一に、線路の大略を決め、概算を出すのに必要最小限に新幹線基準を作らなければならなかった。そのため建設基準委員会を設立し、当面の目標の朝鮮・満州は勿論、欧米の基準を研究し、同時に沿線の 1/2,500 の地図を作成した。当時の線路選定方針の一つとして、「線路は、原則として長距離輸送を目的とする旅客列車ならびに貨物列車を運転するものとする。」というのがあった。¹²⁾したがって、貨客併用ということであった。

①については、国鉄部内においては、現在線、すなわち東海道線・山陽線に併行していわゆる複々線にする意見が多数であったが、当時大きな発言力を持っていた軍部においては、別線論が盛んであり、いろいろと議論を交えた結果、必ずしも並行することを要しないということになり、今日の新幹線の姿が生まれた。

ここで、上述の「別線論が盛ん」という理由は、以下を根拠としている。すなわち、日本における鉄道建設計画は、はじめから軍部の影響を、常に、しかも強く受けてきた。軍部は、戦時における軍事輸送に占める鉄道の重要性を西南戦争以後認識して政府の鉄道政策に常にかかわってきていた。とくに陸軍の場合そうであって、1887 年には「鉄道改正建議案」を作成して、井上勝鉄道局長官に諮問している。その要点は、日本の幹線が海岸経由であり敵の攻撃を受けやすいので、その対策を考えること、大量輸送が可能なように軌間を広軌に改めること、幹線の複線化を行うこと、などであった。

②の広軌、狭軌の議論は、軍部においては日満支（日本・満州・支那の略）直通運転という見地から広軌論が主張され、国鉄部内においては、現在線との車両の共通運用という見地から狭軌論が主張され、一時は、広軌構造狭軌、すなわち建造物は広軌規格、車両は狭軌とし、車軸は広軌も可能にするという、今日では考えられないような議論で、日時を費やしている。

③の運転動力を電気にするか、蒸気にするかについても甲論乙駁があり、国鉄は全線電化の希望に対し、軍部の意見は電化絶対反対であった。理由は、電化の場合、変電所を爆破されると全線で運転が止まるので、信頼性がないということであった。そこで両者の妥協策として、長大トンネル区間と都市付近のみ電化とし、他の区間は蒸気となった。この間の面白い議論として、蒸気機関車で長大トンネルを高速度で通過すると、酸素が欠乏して機関車の火が消えるのではないかと大真面目で論じ合っている。

④の運転速度については、東京～大阪、東京～下関間の到達時分をどのくらいにするかの問題であり、利用価値の点からあまり議論はなく、東京～大阪 4 時間半、東京～下関間 9 時間が決まった由。最高速度としては、時速 150km、将来 200km まで上げられることを考慮に入れるということであった。具体的な将来 200km/h 運転に関しては、「1-11 車両計画」を参照。

希望決議の 2 項目は、過渡的な措置をその場合に応じて調査研究して対処する事柄である。例えば、列車の所要運転時間は最重要事項であり、詳細は路線選定、その他の技術開発の成果を待つ必要があること、資材・労働力の供給には多大の考慮を払う必要があること等を指している。ちなみに、主要資材は、鋼約 45 万トン、銅約 1.2 万トン、労働力は延べ約 7,500 万人と予想されている。（表—2、3 参照）

この時点で、鉄道省の内部では、新しい幹線を敷設するということから、「新幹線」、「広軌幹線」という用語でこの計画を称していたが、新聞などの世間一般では、弾丸のように

表 2 新幹線建設に要する資材

年度 資材	鋼 (トン)	銅 (トン)	木材 (m ³)	セメント (袋)
1940 年度	160	15	2,700	67,000
1941 年度	1,500	60	20,000	466,000
1942 年度	3,000	100	43,300	1,070,000
1943 年度	8,000	275	84,000	2,073,000
1944～1954 年度	441,340	11,050	1,378,000	22,424,000
計	454,000	11,500	1,528,000	26,100,000

出典：参考文献 24 P.203

速い列車が走るということから、「弾丸列車」という用語を使用するようになった。なお、「新幹線」という言葉はこの時に用いられたのが最初とされ、戦後に当初「東海道新幹線」と呼んで立案されていた「東海道広軌別線敷設計画」は、後に、この表記を用いて「東海道新幹線」と呼ばれるようになった。

表 3 新幹線建設に要する労働力

年 度	延べ人員 (人)	1 日平均 (人)
1940 年度	92,000	300
1941 年度	1,235,000	3,900
1942 年度	2,979,000	9,300
1943 年度	5,628,000	17,600
1944～1954 年度	65,212,000	18,800
計	75,146,000	15 年間 1 日平均 15,800 人

出典：参考文献 24 p.203

1-2-2 弾丸列車計画と東海道新幹線計画及びプロセスの概要比較

計画概要

弾丸列車計画は、1937 年の日中戦争勃発により軍事輸送が急激に増大した東海道本線や山陽本線の輸送力拡充として東京～下関間約 1000km を標準軌 (1435mm) の別線を新設して最高時速 150km の列車が 9 時間で結ぶ鉄道建設として 1938 年より計画され⁴⁾、1940 年建設計画が決議され、1941 年に着工したが第 2 次世界大戦の戦況悪化により 1944 年に中止された。

戦後になると、自動車発達と高速道路建設に伴い輸送増加分は道路などへの転換により解消すると想定されていたが、戦後復興に伴う需要増大により輸送力が限界を迎えた東海道本線の対応として、高速運転大量輸送が可能な標準軌線路の新規建設の案が再浮上し、1956 年に 5 月に国鉄内で検討が始まった。

両計画の内容を表 4 に示す。区間や所要時刻をみると、東京と大阪の起終点が一致し、当該区間の所要時間も東海道新幹線の当初計画が 4 時間と一致している。また、サービスでは双方ともに貨物営業の検討は同一で、本数も弾丸列車が若干多いが同水準である。計画は基本的に一致している。一方、区間は異なるが、東海道新幹線は工期が 5 年と短いことが分かる。

表 4 弾丸列車計画と東海道新幹線計画の全体計画内容比較

項目	弾丸列車計画	東海道新幹線（当初計画）
区間	東京～大阪～下関（970km）	東京～（新）大阪間（515km）
所要時間	東京～大阪間 4 時間 （最速）	東京～（新）大阪間 3 時間 10 分 （当初 4 時間）（最速）
貨物営業	貨物駅 7 駅（吹田迄 4 駅）	なし（将来の運行可能性は残す）
列車本数	42 本（片道、東京～大阪間）	30 本（片道、開業当初）
工費	約 5 億 5000 万円 （1940 年価格：東京～下関間）	約 1900 億円（東京～新大阪間） （1957 年価格）最終的には 3800 億円
工期	昭和 15 年～昭和 29 年（予定）	昭和 34 年～昭和 39 年

出典：須田³⁰⁾より筆者作成

計画から開業までの検討・事業プロセス

高速鉄道の計画から事業開始までのプロセスを、計画及び建設事業実施に着目して整理すると、計画段階では、a) 計画決定、b) 仕様選定、c) 技術開発、工事段階で d) 路線検討、e) 用地買収、f) 施工を経て開業となる。両計画のプロセスを表 5 及び表 6 に示す。東海道新幹線の大きな特徴には、f) 施工において起工式から開業までが 5 年 6 か月と短期間であったことがあるが、弾丸列車計画が約 10 年（東京～姫路間）の計画に対し、区間は異なるものの 2 分の 1 に期間が短縮されている。

この要因を検討するため、まず各段階での事業期間に着目すると、計画段階のうち、a) 計画決定から工事開始が確定するまでの期間では、弾丸列車計画が 2 年 8 か月に対し、東海道新幹線が 2 年 11 か月とほぼ同様の期間である。また、b) 仕様選定及び c) 技術開発では、弾丸列車計画は路線設定や隧道工事開始に必要な最低限の仕様及び技術選定し、工事進捗に応じ車両などの具体仕様決定や設計、製造を行う計画であったと想定されるものの²⁴⁾、事業が途中で中止されたために具体的な期間を比較できない。なお、東海道新幹線の技術開発は 6 年 3 か月ともっとも長い、弾丸列車の基本諸元を引き継いだことや当該期間までの技術発達という要素があり、開業前に本線で試験運転を行えるよう進捗していた。

工事段階を見ると、d) 路線選定は東海道新幹線の区間が短いものの、3 年 10 か月から 2 年 8 か月に短縮され、e) 用地買収は弾丸列車計画の 5 年に対し東海道新幹線は 4 年 10 か月でほぼ同様である。しかし、弾丸列車計画は途中で中止となったことに対して、東海道新幹線は用地買収が完了していたことから、弾丸列車計画が用地買収完了まで継続されていたと考えると 5 年以上は要したことになり、工期が短縮できたことが分かる。

また、計画段階と工事段階の流れに着目すると、弾丸列車計画の場合 a) の計画決定から、仕様選定及び技術選定を通し、c) 路線選定、d) 用地買収、f) 施工という工事順序にのっとり順々に開始されており、新丹那トンネルの技術検討のため工実施確定から施工まで 1 年要したが、東海道新幹線は予算成立後すぐに、c) 路線選定のうちの具体的作業、用地買収、施工を開始しており、弾丸列車計画での既決定・既着手区間を踏襲したことがわかる。

表5 弾丸列車計画の計画から開業までの検討・事業プロセス

年	計画段階			工事段階		
	a) 計画決定	b) 仕様選定	c) 技術開発	d) 路線選定	e) 用地買収	f) 施工
1938	◆2月 検討開始(鉄道省「幹線調査分科会」)					
1939		◆6月 検討開始(鉄道省「建設技術委員会」)		◆6月 検討開始(鉄道省「建設技術委員会」) 地形測量開始		
1940	3月 国会で予算成立 ▼9月 工事実施確定	9月 審議議決	◆7月 新幹線丹那隧道研究会発足(鉄道省) 8月 停車場内の線間調査	12月 地形図完成、中心測量開始	◆年度中 用地買収に開始(詳細不明)*	
1941		▼11月 決裁(路線選定での概算建設基準)	8月に工事認可			◆8月 着工(新丹那隧道、日本坂隧道)
1942						
1943				▼3月 路線選定完了(除:東京・下関ターミナル・鈴鹿山脈越え)		
1944					▼年度中 用地買収に完了予定	▼6月 戦局悪化で中止
1949						▼東京～姫路完成予定
1954						▼全線完成予定
期間	2年8か月	—	—	(3年10か月)*	(5年)*	(区間10年 全線15年)

備考 * : 開始月、予定完了時は不明。(斜字): 予定されていた項目。 ◆▶ : 事業実施期間 ---- : 予定事業期間 -▶ : 事業間連携

表6 東海道新幹線計画の計画から開業までの検討・事業プロセス

年	計画段階			工事段階		
	a) 計画決定	b) 仕様選定	c) 技術開発	d) 路線選定	e) 用地買収	f) 施工
1956	◆5月 検討開始(国鉄「東海道線増調査会」)					
1957						
1958	12月 新幹線建設認可(経済企画庁「交通関係僚協議会」)	◆4月 検討開始(国鉄「新幹線建設基準検討委員会」)	◆車両、電力、信号通信の研究・実験開始※	◆8月 調査開始(航空測量、地質、現地調査)		
1959	▼3月 国会で予算成立	▼3月 運輸省に特認申請提出		◆3月 調査完了 ◆検討開始※ 11月 運輸大臣中間駅認可	◆弾丸列車の既買収用地返還交渉、新規買収開始※	◆4月 起工式(新丹那トンネル)
1960				▼1月 東京・大阪駅決定	(3月末 26.2%完了)	1月 橋梁施工開始(相模川、酒匂川)
1961		▼8月 主要事項決定		▼1月 岐阜県下認可 ▼3月 全線ほぼ終了	土地強制収用法特別措置法制定・活用(3月末 50.5%完了)	
1962		▼4月 認可	◆6月 実験試運転開始		(3月末 87.4%完了)	全線着工(路盤工事等)※
1963					(3月末 99.5%完了)	
1964			▼3月 本線試運転開始 8月 全線試運転開始		▼1月 用地買収完了	1月 新丹那トンネル完成 7月 軌道敷設終了 ▼10月 開業
期間	2年11か月	4年1か月	6年3か月	2年8か月	4年10か月	5年7か月

備考 ※ : 開始月は不明だが、年度初等(4月)と想定。 ◆▶ : 事業実施期間 ---- : 予定事業期間 -▶ : 事業間連携

出典 : 交通協力会²⁶⁾, 角本³⁴⁾, 地田²⁴⁾より筆者作成

1-2-3 弾丸列車計画と東海道新幹線の計画段階での比較

計画の決定にかかる構想・方針の比較

両計画の検討構想及び方針を表7に比較する。計画背景は、両計画ともに在来線の輸送力

増強が目的で一致している。

技術方針では、弾丸列車以前より速度向上や輸送力増強の観点で在来線の標準軌採用が議論されていたものの、工事費用の問題で既整備の狭軌鉄道網の改軌は実現できなかったが、弾丸列車や新幹線は輸送力増強が目的の線増の新線の建設であり、軌間は在来別線の標準軌をできた。

また、貨物輸送も双方とも構想として含んでおり、構想や方針は類似性が高いということがいえる。

表 7 弾丸列車計画と東海道新幹線計画の構想・方針の項目比較

	弾丸列車計画	東海道新幹線計画
背景	<ul style="list-style-type: none"> ・1937年に勃発した日中戦争の軍事輸送需要の急激な増大に伴う、輸送力増強の根本的な改善策の必要性 ・東海道・山陽本線の輸送力増強を基本に大陸との一貫ルート形成を目指す 	<ul style="list-style-type: none"> ・戦後の経済成長による東海道線の輸送力ひっ迫に伴い、道路・鉄道を含む総合的な交通量の現状把握、各交通機関の輸送力の現状、将来の輸送需要を総合的に検討
軌間・在来別線	<ul style="list-style-type: none"> ・東京～下関間に線路増設の必要性を認め、複線別線と決定（別規格の整備が可能） ・「東京～下関間の幹線輸送配分」、 「大陸との交通系統確立」、 「列車速度向上」を目的に標準軌と決定 	<ul style="list-style-type: none"> ・「狭軌併設」、 「別線」、 「広軌別線^{注1}」の案を比較したが、高速運転の観点より広軌別線案を妥当とした
貨物輸送	<ul style="list-style-type: none"> ・戦力の増強に資するため、貨物輸送増強に重点を置いた 	<ul style="list-style-type: none"> ・貨物輸送の将来運行の可能性を残し、車両設計や列車ダイヤ検討を実施

注1：ここでの「広軌」の表記は標準軌（1435mm）を示す。

出典：交通協力会²⁶⁾，日本国有鉄道³³⁾より筆者作成

仕様選定

計画における仕様の比較を表8で行う。軌間は標準軌と同様であり、線形を決定する上で必要となる曲線半径や勾配を見ると、曲率半径は同一であり勾配は東海道新幹線の方が高いため、弾丸列車計画の仕様を適用できた。また、電化方式や運転方式は異なるものの、車両規格は車高以外が同一である。

さらに、駅数もほぼ同様であり、仕様等を比較しても類似性が高く、計画や仕様を継承しているといえる。

表 8 弾丸列車計画と東海道新幹線の仕様比較

	弾丸列車	東海道新幹線
最高速度	150 km/h	210 km/h
軌間	1435 mm	1435 mm
勾配	10 ‰	15‰ (一部 20‰)
曲線半径	標準 2500 m	標準 2500 m
電化方式	直流 3000 V (一部非電化)	交流 25000 V
運転方式	機関車牽引 (動力集中方式) 東京～静岡：直流電化 (EL), 他区間 (SL)	交流電化による電車方式 (動力分散方式) 全電動車
車両規格	客車幅 3.4 m, 車高 4.8 m, 車長 25 m	電車幅 3.4 m, 車高 4.5 m, 車長 25 m
道路との交差	幅員 2.7 m 以上の道路は極力立体交差	全線立体交差
駅数	11 駅	12 駅

出典：角本³⁴⁾より筆者作成

技術開発

高速運転の実現には、電力の大量消費を必要とするが、交流電化方式は直流方式に比べ高電圧であり、送電距離を長距離化や変電所を削減できるという効果がある。

弾丸列車の計画の時点では日本では未確立であったが、1935年に欧州で商用周波数交流の試験を開始され、戦後になり実用化に向けた本格的な試験を開始し、1951年に試験結果が公表された。その後、日本では1954年に試験開始され1957年に採用された。

また、加速度が大きく到達時間や折返時間の短縮が可能で、機関車に比べ軸重や車両重量分散ができ軌道負担軽減や構造物簡素化可能な動力分散方式は、戦前より国内外の都市高速鉄道で採用されていたが、戦後日本で乗り心地改善のための台車改良を長距離電車の実用試験が開始され、1950年に湘南電車が完成し、1958年に東京～大阪間で長距離電車が運行開始された。これらは弾丸列車計画から新幹線計画の間で技術が進歩した点であり、新幹線計画で採用ができた。

1-2-4 弾丸列車計画と東海道新幹線の工事段階での比較

路線選定

両計画ともに、在来線の輸送力のひっ迫に伴う線路増強を目的に在来線の東海道線に平行した路線を選定した。弾丸列車計画は、東京のターミナル位置及び鈴鹿山脈越えの難工事の理由からルートが未決定であった名古屋～草津間を除き、概略ルート案は決定済みであった。

そのような中、東海道新幹線は工期5年の計画で、弾丸列車計画を基本に既買収用地や工事済みトンネルの活用を前提としていた。

弾丸列車計画と東海道新幹線計画の一致率を、東海道新幹線の駅間の経由地から検討した結果を表9に示す。未決定区間の他、山岳地が海岸線に迫る小田原～熱海間、山嶺と海岸沿い限られた用地の中でのルート選択が必要な三島～富士間、浜名湖の横断位置選定が必要な浜松～豊橋間など、地形制約に加え地質条件や支障物により選定に時間を要するこ

とが理由と考えられる。

表 9 東京～大阪間の線路選定区間と一致率

駅	東京	新横浜	小田原	熱海	三島	静岡	掛川	浜松	豊橋	名古屋	京都	新大阪
東海道新幹線 路線	○ — ○ — ○ — ○ — ○ — ○ — ○ — ○ — ○ — ○ — ○ — ○ — ○											
距離 (km)	駅間	25.5	51.2	18.7	15.9	56.1	43.9	27.6	35.3	67.8	134.3	39.1
	累計	(25.5)	(76.7)	(95.4)	(111.3)	(167.4)	(211.3)	(238.9)	(274.2)	(342.0)	(476.3)	(515.4)
一致状況	一致延長: 217.9 km 一致率 42.3%											

凡例 ○ : 弾丸列車と路線が一致する区間 — : 路線が一致する区間

出典 : 交通協力会²⁶⁾より著者作成

駅計画

両計画の計画駅選定状況を表 10 に示す。双方とも基本的に在来線併設で、弾丸列車は東海道線区間で 11 駅、東海道新幹線で開業当初 12 駅を計画しており、駅位置は概ね一致する。

弾丸列車計画は東京と大阪のターミナル駅及び、中間駅で工事上課題や中心市街地内の建設困難な横浜及び浜松は別途新駅で検討し、ルート未決定の名古屋と京都の間は駅設置計画が無かった。東海道新幹線計画は、東京駅、浜松駅と大阪駅は旅客の利便性を踏まえ既設駅併設に変更になり、名古屋と京都の間は工事難易度を踏まえ弾丸列車計画とは異なるルートが選定され、岐阜県内の岐阜羽島駅及び北陸本線との接続駅の米原駅が追加された。

構造物検討

両計画の構造種別延長及び延長比を表 11 に示す。弾丸列車計画では車両仕様決定後、建築限界、施工基面幅や橋梁荷重基準を決定し、東京～下関間の計画全体の構造物の選定では全線立体交差でなく橋梁や高架橋の構造物は 5%未満であったが、東海道新幹線では弾丸列車計画を踏襲しつつ全線立体交差とし、橋梁や高架橋の比率は増加した。また、工期 5 年の制約から弾丸列車計画の買収用地やトンネル工事進捗を生かし、工期短縮に資する構造物を検討した。用地買収が困難な東京都内の品川と多摩川の間は既設貨物線を生かし用地確保したが、既設線並行での曲線速度制約を受け工費も掛かったため、他では採用されず、また、高速道路との一体整備も上記と同様の理由で非採用となった。

表10 弾丸列車と東海道新幹線の計画駅一覧

計画駅	弾丸列車	東海道新幹線	一致
東京	旅客輸送利便、首都交通政策、防空上の検討から市ヶ谷駅を最有力と検討	旅客利便性と都市計画上の検討から既存路線接続を踏まえ東京駅とした	×
横浜	東海道本線横浜駅を当初計画したが、工事上の課題から菊名駅付近を計画	鉄道や道路接続を考慮し、菊名～小机間（新横浜駅）に決定	○
小田原	東海道線と小田急線の間併設	弾丸列車計画時の買収用地を活用	◎
熱海	（丹那トンネル工事の兼合いを鑑み小田原駅や三島駅での代替も想定）	在来駅に併設	—
三島／沼津	当初は沼津駅併設案が検討したが、途中から三島駅併設に変更	（開業後に三島駅設置）	◎
静岡	当初は在来線北側併設を検討したが、静岡大火災の復興計画と並行し検討	弾丸列車計画の取得用地を活用し在来駅に併設	◎
浜松	当初は在来駅乗入を計画したが市中枢部横断の欠点があり、別位置を検討	当初在来駅南側に新駅設置を計画したが、繁華街を避け在来線と併設	×
豊橋	在来駅南側に併設	弾丸列車での買収用地を利用	◎
名古屋	既設駅併設	名古屋市の区画整理事業を併せ実施し、在来線西側に併設	◎
岐阜羽島	—	岐阜県側の県内駅設置要請を受け設置	—
米原	—	北陸本線との接続を考慮し設置	—
京都	在来駅の市内側に併設	当初は工事費より既設駅南側に新駅設置を検討し地元要請で在来駅併設	◎
大阪	東淀川駅付近の新設	他路線接続が可能な大阪駅併設を検討したが、駅混雑や家屋密集地の問題から弾丸列車計画案を再検討し、路線接続の利便性が高い新大阪駅に決定	○

凡例 ◎：両計画で一致，○：両計画でほぼ一致，×：両計画で一致せず，—：弾丸列車計画では未決定

出典：交通協力会²⁶⁾より筆者作成

表11 弾丸列車と東海道新幹線の構造種別延長及び延長比

	弾丸列車（東京～下関間）		東海道新幹線（東京～新大阪間）	
	延長(km)	比率(%)	延長(km)	比率(%)
総延長	982.9	100.0%	515.4	100.0%
土工	—	—	274.0	53.2%
橋梁	34.3	3.5%	57.1	11.1%
高架橋	19.6	2.0%	116.0	22.5%
トンネル	118.0	12.0%	68.4	13.3%

出典：地田²⁴⁾、一橋大学⁴⁴⁾より筆者作成（注：弾丸列車は東京～下関間の全体が一括したため、その値を掲載）

用地買収

弾丸列車は工事計画認可後、東京～下関間のうち約300kmの設計が認可され線路選定が完了し、東海道新幹線区間でもある東京～大阪間は合計208kmの区間の路線選定が完了し、用地買収済区間は合計約80.1kmであり、後に新幹線用地に転用された。両計画での路線選定区間と新幹線用地への転用区間を表12に示す。

表 12 東京～大阪間の線路選定区間と新幹線用地への転用区間

駅	東京 ～ 新横浜 ～ 小田原 ～ 熱海 ～ 三島 ～ 静岡 ～ 掛川 ～ 浜松 ～ 豊橋 ～ 名古屋 ～ 京都 ～ 新大阪															
東海道新幹線 路線	○ — ○ — ○ — ○ — ○ — ○ — ○ — ○ — ○ — ○ — ○															
弾丸列車路線 選定完了区間 (208.1 km)	相模川付近 ～早川 24.0		湯河原付近～ 由比付近 55.1		袖師～ 静岡 8.6		静岡～ 東益津 12.3		袋井～ 浜松 18.1		二川付近～ 名古屋付近 82.2		東山 付近 1.8		大阪付近 6.0	
新幹線用地へ の転用区間 (80.1 km)	相模川付近 ～早川 24.0		伊豆山～函南間 (三島駅裏一部) 20.0								二川～塩津間 30.1		大高～ 笠寺間 6.0			
進捗状況	路線選定: 40.4% (選定完了区間/総延長) 用地買収: 20.6% (完了区間/総延長のうち表5に示した高架橋、トンネル延長除く)															

凡例 ○ : 弾丸列車と路線が一致する区間 — : 路線が一致する区間

出典 : 交通協力会²⁶⁾、角本³⁴⁾ より著者作成

表 13 弾丸列車計画のトンネル工事計画延長と工事施工延長の比較

工事件名 ^{注2}	計画延長(km)	工事施工延長(km)	進捗率(%)
日本坂隧道その他工事(西口)	4.04	4.04	100
新丹那隧道その他工事	9.60	2.08	21.6
日本坂隧道その他工事(東口)	0.66	0.66	100
新東山隧道工事(上り線)	1.865	1.865	100
合計	16.165	8.645	53.5

注2 : その他工事とはトンネル建設工事に付随する工事を示す。

出典 : 日本国有鉄道³³⁾より筆者作成

施工

計画路線のうち、施工の決定したものは、1941年8月の日本坂隧道工事その他の総計4件、約16kmが着工された。工事の計画延長と中止となるまでの工事施工延長を表13に示す。

1-2-5 弾丸列車計画による効果の検証

計画の決定と各施策の効果

弾丸列車計画が東海道新幹線計画に与えた影響と要因を計画段階と工事段階の各プロセスに分け表14に整理する。計画段階のうち、計画決定では整備目的や仕様は一致しているが期間が同様、仕様選定や技術開発は弾丸列車計画の中止により定量的効果が把握できないものの、国鉄内部で弾丸列車計画の基本的な仕様を踏まえつつ、電化・電車等新技術の採用も併せて検討し認可を受けていることから、定性的な影響があることが分かる。

その一方、工事段階について、弾丸列車計画で進捗していた路線計画、用地買収、施工について、それらを活用し、東海道新幹線計画が進捗したことから、定量的な効果があると考えられる。また、弾丸列車計画は日中戦争に伴う輸送力増強といった軍事的要素が強かったが、戦後になって日本の体制が移行しても事業を継続できたという点も、直接的でないが貢献しているといえる。また工事段階についても、山陽新幹線は新大阪～岡山間で許可から開業まで6年7か月、東北・上越新幹線も着工から開業まで10年要していることと比較しても工期短縮ができたと考えられる。計画を引き継いだ影響が大きいといえる。

定性的効果

定性的な効果を見ると、計画の決定と各施策の効果及び表14で示したように、東海道新幹線計画が弾丸列車計画を引き継いでいたことがわかる。計画段階では、計画決定から

仕様選定についておおむね引き継いでいるが、高速化に必要な要素として技術開発を取り入れたということになる。

表 14 東海道新幹線の各項目の弾丸列車計画への影響とその要因

項目	内容	効果	合意形成の過程
計画段階	a) 計画決定	△	東海道本線の輸送力増強を目的に別線増強を検討し、その際に標準軌の採用を前提とした。
	b) 仕様選定	△	新幹線建設基準委員会で土木、車両、電化:弾丸列車の研究成果や新技術を考慮した検討が行われ、戦後の技術進歩した交流電化や長距離高速電車の検討も併せて実施。
	c) 技術開発	△	
工事段階	d) 路線選定	○	弾丸列車計画を基本としたルートを前提に選定。
	e) 用地買収	○	弾丸列車計画での既買収用地の活用を前提とし、土地強制収用法の特別措置法も活用。
	f) 施工	○	新丹那隧道等、弾丸列車 その他材料・運搬機械発達、作業機械化で速度向上。

凡例 ○：弾丸列車の影響を定量的に把握可能、△：弾丸列車の関連性を定性的に把握可能
 出典：交通協力会²⁶⁾、角本³⁴⁾より著者作成

定量的効果（工期・費用短縮）

工期短縮効果

工事期間の短縮について、上記までにとりまとめた弾丸列車での各プロセスにおける進捗を踏まえた東海道新幹線の残事業区間とそれに要した事業期間をもとに、東海道新幹線の km 当たり所要要間を算出し、その値に弾丸列車の進捗区間を掛けて短縮期間を算出した結果を表 15 に示す。

表 6 に示したように各事業が平行で進められたが、全体でみる最短では各プロセスで最短であった路線選定 1 年 3 か月、最長で各プロセスの短縮効果の合計である 4 年 5 か月短縮という値が最終的な短縮効果としてとらえることができる。

表 15 弾丸列車計画が新幹線計画に及ぼした定量的影響（工期短縮効果）

	弾丸列車での進捗区間	東海道新幹線残事業区間 ^{注4}	進捗率	事業期間	km 当たり所要期間	短縮期間
路線選定	208.1 km	307.3 km	40.4%	2 年 8 か月	0.10 月/km	1 年 10 か月
用地買収	80.1 km	309.3 km	20.6%	4 年 10 か月	0.19 月/km	1 年 3 か月
施工 ^{注3}	2.1 km	7.5 km	21.7%	4 年 10 か月	7.71 月/km	1 年 4 か月

注 3：施工にもっとも期間を要した新丹那トンネルの事業をもとに算出

注 4：用地買収では、総延長（515.4 km）よりトンネル区間（68.4 km）及び橋梁区間（57.1 km）を除く

工事費用圧縮効果

工事費用の短縮については、事業進捗の効果が事業費として明確になる用地買収及び施工の 2 段階に着目して算出する。工期短縮効果と同様に、東海道新幹線の残事業区間とその工事費用をもとに km あたり費用をもとめ、その値に弾丸列車の進捗区間を掛けて工事費用圧縮効果を算出した。なお、トンネル工事費は詳細データが無いため、静岡幹線工事局管内の工事施工延長 1km 当たり加重平均工事費を採用した。⁴⁶⁾ 結果を表 16 に示す。そ

の結果、用地買収による費用削減効果は 154.6 億円、トンネルの削減効果が 79.0 億円で、合計 234 億円の効果があった。これを表 4 の東海道新幹線の事業費（当初 1900 億円）に足し合わせた額で割ると 11%と約 1 割前後削減できたととらえられる。

表 16 弾丸列車計画が新幹線計画に及ぼした定量的影響（費用圧縮効果）

	弾丸列車での 進捗区間	東海道新幹線 残事業区間 ^{注5}	進捗率	工事費用	km 当たり 費用 ^{注6}	縮減費用
用地買収	80.1 km	309.3 km	20.6%	598 億円	1.93 億円/km	154.9 億円
施工	8.6 km	60.4 km	12.5%	-	9.14 億円/km	79.0 億円

注 5：用地買収では、総延長（515.4 km）よりトンネル区間（68.4 km）及び橋梁区間（57.1 km）を除く。

注 6：詳細データが無いため、日本国有鉄道⁴⁶⁾より静岡幹線工事局管内の工事施工延長 1km 当たり加重平均工事費を採用

1-3 弾丸列車計画から東海道新幹線計画へ

1-3-1 弾丸列車計画等の東海道新幹線計画への変貌

戦争がはげしくなり、弾丸列車計画はやむなく中止となり、日本は敗戦というかたちで 1945 年の終戦を迎える。

その後、日本は戦後の復興期を迎え、鉄道・道路をはじめとする交通関連の社会基盤の整備に全力を傾けることになった。

これまでの日本の鉄道で、幹線の長距離高速鉄道の計画はどのような経緯をたどってきたかをまとめたのが表 17 である。²¹⁾

表 17 日本における高速鉄道計画

項目	(1)日本電気鉄道 1909 年～	(2) 広軌新幹線 (弾丸列車計画) 1939 年～	(3)日本鉄道 1946 年	(4)東海道新幹線 1958 年～
区 間	東京～大阪	東京～下関	東京～福岡	東京～新大阪
距 離	460.4km	971.6km	1,060km	515.9km
軌 間	1,435mm	1,435mm	1,435mm	1,435mm
動力方式	電車	蒸気・電気機関車 牽引	電気機関車牽 引・電車	電車
到達時間・	東京～大阪 6 時間	東京～大阪 4 時間 東京～下関 9 時間	東京～大阪 4 時間 東京～福岡 10 時間	東京～新大阪 4 時間
最高速度	80km/h	150~200km/h	150km/h	210km/h
停車駅	渋谷・松田・静岡・	東京・横浜・小田	東京・横浜・静	東京・新横浜・小

	名古屋・亀山・野田（のち青山・西横浜・御殿場・静岡・北浜松・岡崎・名古屋・亀山・北奈良・桜宮）	原・三島・静岡・浜松・豊橋・名古屋・京都・大阪・神戸・姫路・岡山・尾道・広島・徳山・小郡・下関	岡・名古屋・京都・大阪・岡山・広島・下関・福岡	田原・熱海・静岡・浜松・豊橋・名古屋・岐阜羽島・米原・京都・新大阪（のち三島・新富士・掛川・三河安城を追加）
総工費	1 億円（のち 2 億 5000 万円） （現在価格：7000～8000 億円、15.2～17.4 億円/km） （のち現在価格：1 兆円、21.7 億円/km）	5 億 5610 万円 （現在価格：1 兆 3750 億円、14.2 億円/km）	35 億円 （現在価格：1 兆 7500 億円、16.5 億円/km）	1735 億円 （のち 3800 億円） （現在価格：1 兆 2000 億円、23.3 億円/km） （のち現在価格：2 兆 6000 億円、50.4 億円/km）

出典：参考文献 21、p.447

1906 年（明治 39 年）に成立した国有鉄道法は、関西鉄道を始めとして、殆どの私設鉄道を国有化し、鉄道を国の一元管理のもとに置いた。明治期の鉄道網は、国により建設された官設鉄道と、民間資本によって建設された私設鉄道に大別されたが、東海道本線や北陸本線、中央本線、信越本線などを除くと、殆どの幹線が私設鉄道によって建設された。1906 年度末における営業キロは、官設鉄道は 2,411km に対して私設鉄道は 5,288km であった。軌間は 1,067mm で統一されてはいたものの、別々の会社が運営していることによる弊害が問題となり、「全国鉄道ノ管理ヲ統一シ之ガ機能ヲ發揮シ軍事上及経済上遺憾ナキヲ期スルハ刻下ノ急務ナリト認ム」という理由で鉄道国有法が可決・成立した。

この鉄道国有法にあえて対抗するようにして 1907 年 2 月、日本電気鉄道と称する会社の設立が申請された。（図 1 参照）

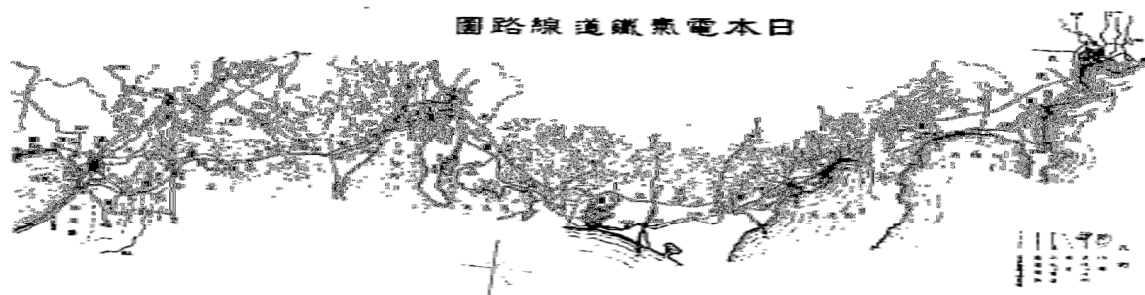


図 1 日本電気鉄道路線図²⁶⁾

(1)は、安田善次郎（富山県出身の実業家で、安田財閥の祖）を含む当時の財界人、特に立川勇次郎（岐阜県大垣市出身、東京で弁護士として活動後、実業家へ転身し、京浜電気鉄道、現在の京浜急行電鉄の創業者）が发起人総代となった計画であり、電車というのが特徴と言える。この鉄道は、東京（渋谷）を起点として松田、静岡、名古屋、亀山を経て大阪（野田）に至る延長約 460km を走る軌間 1,435mm の電気鉄道であった。弾丸列車構想が出る 30 年も前に民間人によって、しかも、弾丸列車構想の中でも動力を電気にするかどうか決めかねていたのに、当時すでに電気鉄道と決定していたことは、弾丸列車の考え方を先取りするものであった。当時の電気鉄道はまだ大都市でようやくボギー電車による運転が始まったばかりで、その適用範囲は都市内の緩速交通にあると評価されていた頃であった。ちなみに、立川勇次郎が設立した関東最初の電気鉄道である大師電気鉄道（後の京浜電気鉄道株）は、我が国で最初に広軌を採用した鉄道となり、以後、関西の幾つかの電気鉄道・軌道が広軌により開業した。これらはいずれも都市内または都市間近傍の輸送に限定されたものである。

この申請に対する当局側の姿勢は、鉄道国有化の精神に逆行する計画であり、政府の鉄道収入にも多大な影響をあたえ、今日の電気鉄道の実績では成業は困難であり、かつ、「一地方の鉄道」の枠をはみ出し、鉄道国有法の規定に触れたことから認可はされず、1928 年まで7次にわたってほぼ同じ内容の申請が繰り返し替えされたが同じ理由により拒絶された。申請者側は、アメリカではすでにこの計画を上回る長距離電気鉄道が、いわゆるインターアーバンとして実現しており、追って大阪～下関間、東京～青森間にも敷設したいと主張した。

1918 年に行われた第五次の申請書によれば、総工事費 2 億円、最高速度約 112km/h、表定速度約 80km/h、で 1 時間ごとに発車し、東京～大阪間、約 474km を 6 時間で結ぶ計画であった。また、電気設備は架空線式の直流 3,000V を用い、300 馬力の電動機を 4 台搭載した電気機関車で客車 5～6 両を牽引するとしていた。このように明治末期には、すでに広軌別線とした今日の新幹線の原型ともいべき計画が民間資本家によって出願されていた。これらは、技術的に未知数であった電気鉄道の将来性に着目していたという点で先見性のある計画であった。

(2)の広軌新幹線は、弾丸列車計画であり、1937 年から当時の鉄道省で検討が開始された計画で、1937 年 7 月 11 日公布の鉄道幹線調査会官制により発足した。数次にわたる鉄道幹線調査会に審議を経て、1940 年に至り、鉄道会議は東京～下関間に新幹線を増設することを決定し、議会は同年から 15 年間の継続事業として予算を議決し、同年中に用地買収と長大トンネルの建設工事に着手したが、1941 年に開戦した太平洋戦争の戦局悪化に伴い、工事中断に追い込まれた。この弾丸列車計画によって定まった各種の規格、路線ルート、買収した用地、完成した一部のトンネルや工事中断した新丹那トンネルなどは、戦後の東海道新幹線に活かされることになる。

(3)は、第二次世界大戦後の五島慶太（長野県出身の実業家）を中心とする計画である。

この計画は、全線電化で、電気方式は架空線式、直流 3000 Vとしており、アメリカの資本を導入することとしていた。日本電気鉄道(株)とほぼ同じような計画が申請されているが、日本の終戦直後のことでまだそのような時期でないという理由で却下されている。

1-3-2 新幹線の着工（工事実施計画）から開業まで

鉄道建設は、以下のようなプロセスで推進される。

①事業説明会、②中心線測量、③設計協議、④構造物設計、⑤用地幅杭建植、⑥用地説明会、⑦用地測量・境界立会・各種調査、⑧用地協議・取得、⑨工事発注、⑩工事説明会、⑪工事監理、⑫工事完成 検査・監査、⑬鉄道施設貸付・開業

ここで、道路建設の場合も、①から⑪までは、ほぼ同様のプロセスで事業が進行し、構造物工事が完成すると、舗装・照明などの比較的短期間で済む設備工事が行われ供用となる。

一方、鉄道の場合、⑪のうち、トンネルや高架橋などの構造物が完成すると。軌道・設備の工事が行われ、設備監査・検査、試運転、開業というスケジュールで進む。

整備新幹線の場合、開業直後から高速列車を安定的に運行させることが至上命題であり、また、開業後は短時間の列車間合いを利用して工事作業を行うことが困難になる。したがって、開業後でなければ実施不可能な工事、例えば、開業後の列車走行に伴う騒音・振動等の実測結果を踏まえた環境対策工事の追加・手直しを除き、設備を完成させ、開業監査・試運転に臨む。

試運転の場合、最初から営業速度で試運転して終了というわけにはいかず、設備監査・検査、電力・信号システムや各種設備の動作確認、車両の低速運転から始まる速度向上試験（並行して運転要員や指令要員の養成・訓練）なども行う必要がある。

北陸新幹線（長野～金沢〈白山車両基地〉開業の際には新たな雪害対策システムの導入（上越新幹線では、沿線の水源が豊富であったことから、河川から取得した水を加温して散水する「散水消雪」が基本。一方、北陸新幹線の水源に恵まれない地域では「散水消雪」が困難であるため、発熱パネルによる「融雪」と夜間の除雪車走行による「除雪」を組合せて実施）のため、設備の完成後、開業までに「2回の冬季」を確保し、雪害対策の実施運用（2013年冬）⇒結果評価・手直し⇒再度の実施運用（2014年冬）を行い、2015年3月の開業となった。

北陸新幹線 長野～金沢間では、1998年に一部区間（長野～上越）のフル規格工事実施計画の認可を受けてから、鋭意事業説明・用地買収を進め、2010年3月末時点で長野～金沢間の用地取得率は、面積ベースで99.2%、地権者数ベースで97.4%に達した。

1-3-3 東海道新幹線の路線選定

路線選定に当たって最も大きな問題は、始発駅の位置と東京都内の路線及びこれらに関連する、新横浜駅の決定であった。新横浜駅以遠は、主として戦前の弾丸列車計画の既買

収用地を利用したものである。⁸⁾ 選定区間及び認可期日を示すと図2のとおりである。

駅位置の選定

(1) 東京駅

1964年の東海道新幹線開業時に起点駅となった。開業時の新幹線ホームは2面3線であったが、現在は3面6線である。東北・上越・北陸新幹線とはレールはつながっていないが、国鉄時代には乗入計画があったことから、14・15番線ホームは上の方向にカーブしている。



図2 東京幹線工事事務局管内選定区間及び認可年月日

弾丸鉄道計画では、東京ターミナルとして、東京・市ヶ谷・新宿・荻窪の4案が比較検討された。市ヶ谷案が旅客輸送の利便性、首都の交通政策、防空上の配慮から、利便さで東京案に次ぎ、安さでは荻窪案に次ぐが、都市計画上から見て最も有利とされていた。同時に、貨物施設・旅客操車場についても旅客駅と関連するものとして検討された。しかし、いずれもが結論には達しえなかった。³⁷⁾

結局、新幹線の始発駅となるべき位置については、戦前の弾丸列車計画の時にも決定をみなかったもので、当時においてもやはり他の交通機関との関連、都市計画等に考慮が払われてはいたが、軍事的要素が大きな比重を占めて検討されていた。

東海道新幹線の始発駅の選定では、まず、地積からみた可能性と利用者の分布より候補地をいくつか挙げ、これを更に比較検討して決めている。³⁸⁾

都市計画的見地からは、すでに東京都の人口が西方に移っていることから、飽和点に達している東京駅周辺を避け、東京周辺部の副都心もしくは新しい交通の中心となりうる場所を選ぶべき、との主張がかなり根強くあった。

そこで、候補地としては、

1. 山手方面 (イ) 米軍住宅基地のワシントンハイツ (現・代々木公園)、(ロ) 淀橋

浄水場跡（現・新宿副都心）、（ハ）新宿駅西口広場、（ニ）明治神宮外苑、（ホ）新宿御苑

2. 中央部 （イ）市ヶ谷付近、（ロ）代官町（現・北の丸公園）付近、（ハ）竹橋（気象庁）付近、（ニ）飯田町駅（飯田橋駅付近にあった貨物駅）

3. 東海道方面 （イ）品川駅（山、海側）、（ロ）汐留駅（かつて汐留に存在した貨物駅）、（ハ）東京駅（八重洲）、（ニ）東京駅（丸の内）、（ホ）皇居前広場

であったが、このうち、1. の（二）と（ホ）及び2. の（ハ）と（ニ）は、所要地積（約6万㎡を考えた）がとれないので除外された。



図3 東海道新幹線の始発駅の14候補地

1. 山手方面

ワシントンハイツ案は、国有地であり、アプローチが地形・地質上山岳トンネル工法採用可能な山手ルートであることから、工費・工期的には有利であり、広さは十分であるが米軍が使用中で早急な返還は困難であろうと思われ、又他の交通機関との連絡も良く取れなかった。

淀橋浄水場跡は移転が終わった後でないとならぬと着工ができないので工期的にみて不安があったが、他の交通機関との連絡はワシントンハイツよりよかった。

新宿駅西口広場は地下鉄案であるが、地下鉄や、北方延伸のことを考えると地下3階位の駅となり、他の交通機関との連絡は良いが、地質が含水砂層で非常な難工事が予想された。

2. 中央部

市ヶ谷付近、代官町付近は面積的にも良く、路線も山手方面案と殆ど同じであるが、他の交通機関との連絡は少ない。

3. 東海道方面

品川の山側案は地下で、海側案は高架と想定したが、これらの案は東京まで乗入れない場合には、せめて品川で在来線と連絡をとりたいという考えからであったが、本線2本だけの施工ならともかく、駅設備を施工することは困難に思われた。

汐留も高架案で、やはり品川案と同じ考え方からであるが、貨物駅を移転するのに相当の日時を要するので工期的に無理であり、もし着工しても、仮設でないと開業ができないと判断された。しかも、実際には貨物駅の付近には付帯した倉庫等の施設も多いので移転は不可能に近かった。

東京の八重洲案には1重高架案（普通の高架）と2重高架案（在来線が下）とがあり、前者は狭軌線増で計画したものを新幹線に振り替える案である。しかし、実際は東京駅の7番ホームを施工したときには新幹線を想定して計画したものが、その後の通勤客の激増により、狭軌線の増強が強く主張されたので、幹線敷を狭軌線増に使用する計画をたてたものであって、原案に戻したものであった。

2重高架案というのは1重高架案で新幹線が狭軌線増敷を使用すると、将来通勤客のための線路増設ができなくなるので、狭軌は狭軌で線増し、その上に更に新幹線の高架を設けるものである。中間の2重高架は複線であるから施工は困難とはいえ、可能であったが、狭軌線に新橋駅ホームを増設することは困難であった。東京駅構内を2重高架にすることは、施工時に在来線を相当支障するし、また使用するホーム数も調整しなければならないという問題もあって、将来狭軌線増を必要としたときは地下を通して東京付近に候補地を求めることにして2重高架案は取りやめになった。

東京の丸の内案は地下案であるが、途中で地下鉄があるため、相当の深さになり、また丸の内本屋の改築にも関連があつて早急に具体案を決めることは難しいので除外された。

皇居前広場は地下案で高輪台増上寺裏を経て広場に至る路線で将来北方に延伸する場合も比較的楽であるが、東京駅とは500m以上離れているのが難点だった。

1960年当時の、東海道線遠距離客の都内各駅の集札状況によると、東京を便とする客3に対し、新宿は1に過ぎなかったこと、また、交通機関別の調査によると、国電乗換60%・乗用車25%・徒歩15%であることから、国電・地下鉄との連絡が必要と考えられた。当時、国鉄本社新幹線総局孝司局長として、路線・駅などの計画立案責任者であった宮沢吉弘氏によると、最後に残ったのが、東京駅併設案と皇居内堀通り地下案であった。⁷⁾

東京駅併設案の利点は、乗換の便の良さとともに、狭軌分ではあるが、用地が既に確保されていたことだった。国鉄は、幹線調査会発足以前から東海道線の複々線化が必要になると見通し、戦後復興の都市計画において、それを考慮に入れて実施するように要請していた。東京・有楽町・新橋では、その用地は既に確保されており、また、東京駅にもホーム3線増設できるよう、大丸駅ビル建設時に考慮しており、これを利用することが、当時の用地事情から考えて、最も都合が良いことであった。

一方、皇居内堀通り地下案の利点は、工事費はかかるが、前後のルートが自由に選択で

き、特に北へ延伸するにも地下で行くので工事上のこと以外に困難なことはなく、客車操車場を北方に建設することにより、東京ターミナルでの引上げが容易で列車の発着本数を増やすことが出来る。現東京駅とは 500m 離れるが新旧丸ビルの間駅の駅前道路下にムービングフロアで結ばよよいということであった。(現在の京葉線の東京駅が有楽町側と東京駅の駅中心とを繋いでの「動く歩道」をイメージすると良い。)

この両案は、国鉄部内で両案ともに 10 余りに及ぶ設計図が示され、2 年半以上議論し、東京駅併設案支持と皇居前地下案支持の比率が 2 対 1 くらいだったこともあり、東京駅併設案の採用となった。

ただし、国鉄 東京幹線工事局の編纂になる、東海道新幹線工事誌 一般編によると、新幹線旅客の利用交通機関は国電が圧倒的であろうという想定から、京浜東北線、山手線、東海道線の各線が通っている東海道方面に選定を限定することにし、品川、汐留、八重洲、皇居前の 4 案について、①利用者の便、②乗換の便 (国電、地下鉄、高速道路)、③用地取得の難易、④現在線との関係、⑤工費、⑥工期、⑦北への延伸、⑧その他 を比較検討した結果、八重洲 (1 重高架) が最も無難ということになった。

しかしながら、都市計画の面からは、東京駅付近がますます混雑するという理由で、反対の意見が強く述べられたが、新幹線の利用客を容易にさばくためには国電が一番集中している東京駅がよいということになった。

これについて、東京都は都市計画上からは好ましくないが、国鉄がどうしてもというのなら止むを得ない。しかし、新幹線の高架下には必要以上の商業施設は入れないということに同意された。³⁸⁾

東京ターミナルが東京駅八重洲口に決まったことにより、東京品川間は、東海道線の海側に沿った在来線の線路増設用地を振り替えて使用した。その先の品川・多摩川間では、貨物線であった品鶴線の在来用地を活用することになった。

(2)新横浜駅

新幹線の横浜駅は戦前の弾丸列車計画でも横浜線との交差位置ということになっていた。しかし、横浜市内の新幹線の利用客は横浜線だけの連絡では、たとえ横浜線を増強したとしても大部分の旅客は二回の乗換を余儀なくされる不便がある。そこで、当初は京浜線の東神奈川辺で併設 (山側に地下で) することも考えたが、施工のため相当道路を支障するので、無理であろうと判断された。本来なら駅位置を決定してからそれにしたがってルートを決めるべきであるが、横浜市の裏側では駅はここでなければならないという決定的な場所もなかった。結局、在来線の横浜駅とは直線距離にして約 4.5km 離れた場所に設置された。

鶴見川の流域は地質が悪く、また氾濫のおそれもあったので、ルートは出来るだけ山沿いに考えたのであるが、あまり山沿いになると、道路や民家が多いので一応その堺をルートに考えて横浜線との交差個所を駅とし、駅部分は直線になるようにしたので、新横浜駅

は新幹線の島式ホームを設備した代表的な駅となった。なお、新幹線の左側（海側の山沿い）には将来私鉄が乗入れて連絡出来るようにある程度の余地は残っている。

新横浜駅の位置については横浜市も国鉄案に賛成して、都市計画により駅前広場も国鉄の経過どおり、20,000 m²とすることで協議がまとまった。

新横浜駅の位置概要

幹線ルートは、東横線と横浜線を結ぶ三角形の底辺となる部分を東西に走る。この付近一帯は鶴見川の氾濫原の水田で、横浜線の菊名、小机間の溝の口付近で立体交差し、すべて高架橋で設計された。

一般に新幹線の駅は東海道本線の抜本的輸送力の増強のために在来線の主要駅をつらね連絡を計る併設駅が多く、中間駅で新設されるのは新横浜駅と岐阜羽島駅の2つだけである。

新横浜駅の位置の決定に当たっては、二次交通機関の接続と輸送力の観点より、横浜線の複線化を考慮し、横浜線との接続を考えた。

また、都市計画上現横浜駅付近は飽和状態で市街地の発展は北上の傾向にあったので将来の商工業と人口の重心の推移を考えた。

新横浜駅の乗降客の将来推定

新幹線駅の乗降客の二次交通利用は横浜駅の現状に基づき、東京都南部の4つの区（世田谷区、目黒区、品川区、大田区）の駅勢圏を加えて考え、開業時には横浜線の一部複線化及び道路の一部完成程度であまり期待できず、国鉄76%、自動車とバスが24%くらいであるが、1975年には道路網の発達整備、バス網の完備、自家用車の普及で、国電39%、バス32%、タクシー21%、自家用車8%と推定した。

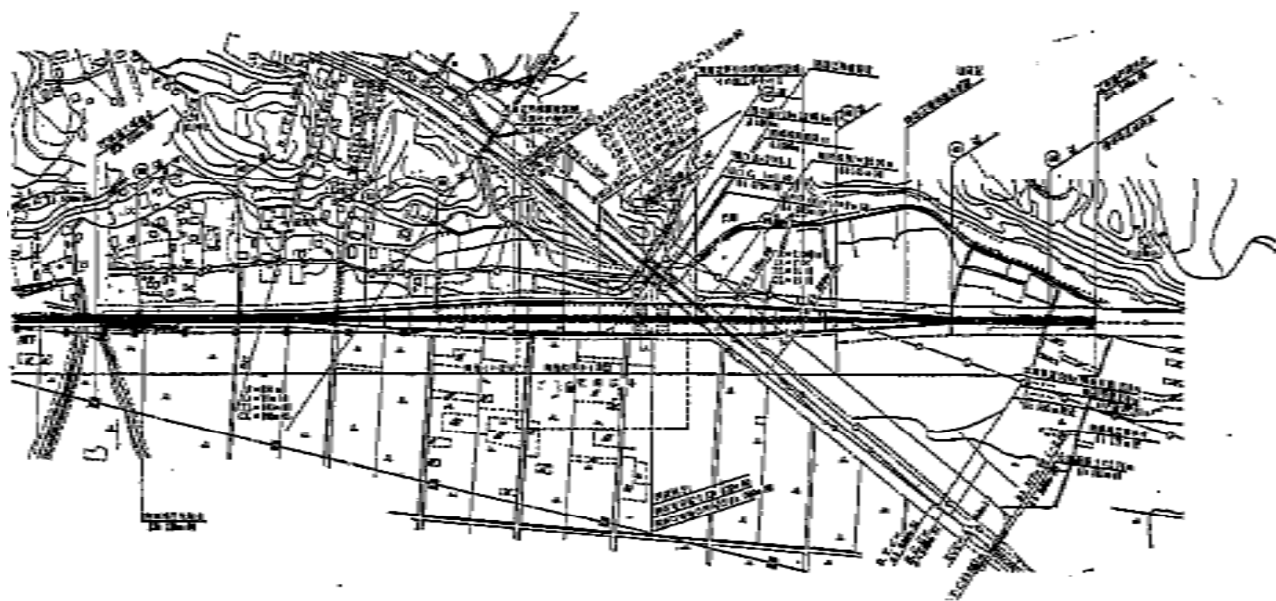


図4 新横浜駅平面図

(3)名古屋駅

弾丸列車計画による新名古屋駅停車場敷地として、1942年から1945年にかけて、用地買収が行われ、終戦とともに、中止になっている。当時の路線計画では、路線はなるべく直線にということで、駅中心部は併設するが、その他は若干離れて用地幅も2倍近い幅員で計画線が入っており、この区域内の用地を、当時区画整理中であった則武耕地整理組合、牛島耕地整理組合等から、換地予定地を「従前買収」としたもので、その後、換地証の交付を受けている。ただし、買収は計画による所要面積の半分にも満たないうちに終戦となり中止された。東海道新幹線の名古屋駅は、東海道本線の名古屋駅を西北に大拡張し、同市内通過線は大高駅から東海道本線と並行し新線は天白川を渡って市内に入り、熱田駅の西方を迂回、当時の東洋一の大高架橋を渡って新名古屋駅に滑り込むことに内定していた。

(4)京都駅

大阪幹線工事局は、1959年12月16日に設置され、東海道新幹線の滋賀県、京都府、大阪府内の建設工事を担当した。担当工事区間は、柏原付近から大阪に至る約130kmで、東京～大阪全区間の約515kmの約4分の1にあたる。新幹線駅では米原駅、京都駅、新大阪駅が含まれる。東海道新幹線の山科～京都間では、当初は京都市の中心部を避けて伏見地区を通るルートが検討されたが、京都市議会が、用地取得に協力するので既存の京都駅に停車場を設けるようにと再三要請を繰り返したため、市街地に乗入れることになったが、用地取得にはやはり多大な困難が伴った。

(5)新大阪駅

東海道新幹線の終点、新大阪駅についても決定までは紆余曲折があった。弾丸列車計画で大阪の駅は、現在のJR京都線（東海道本線）東淀川駅に設けられる予定だった。この東淀川駅自体、将来的に「弾丸列車新大阪駅」になる駅として、1940年に新設された駅だった。1938年に鉄道省企画委員会に置いて、輸送力の拡充ならびに内地・大陸間の交通幹線として、東京～下関間に「広軌新幹線」の敷設が具体化し、1940年の第75議会で工費約5億6000万円、1940年度以降15か年計画として可決された。本計画による大阪付近の状況を示すと、現京都駅より東海道線に沿って南下、大山崎付近より東海道線と淀川の間を淀川沿いに南西進、三島郡鳥飼村を経て当区井高野町に入り、江口町より大道町に至り西転、上新庄・國次町を経て現東淀川駅北側に新大阪駅を設置ということになっていた。庫の新大阪駅の計画は、国立公文書館の「大阪都市計画街路中追加変更ノ件」という1943年の書類に示されている。この都市計画図の中に新幹線鉄道と計画道路が書き足されている。

しかし、戦後の東海道新幹線建設に当たって、再検討した際、大阪から山陽方面への延伸を考えると北方貨物線という貨物線沿いに線路を建設することが望ましいことから、その北方貨物線と東海道本線の分岐点付近に駅を設置することになり、現在の新大阪駅が誕

生した。

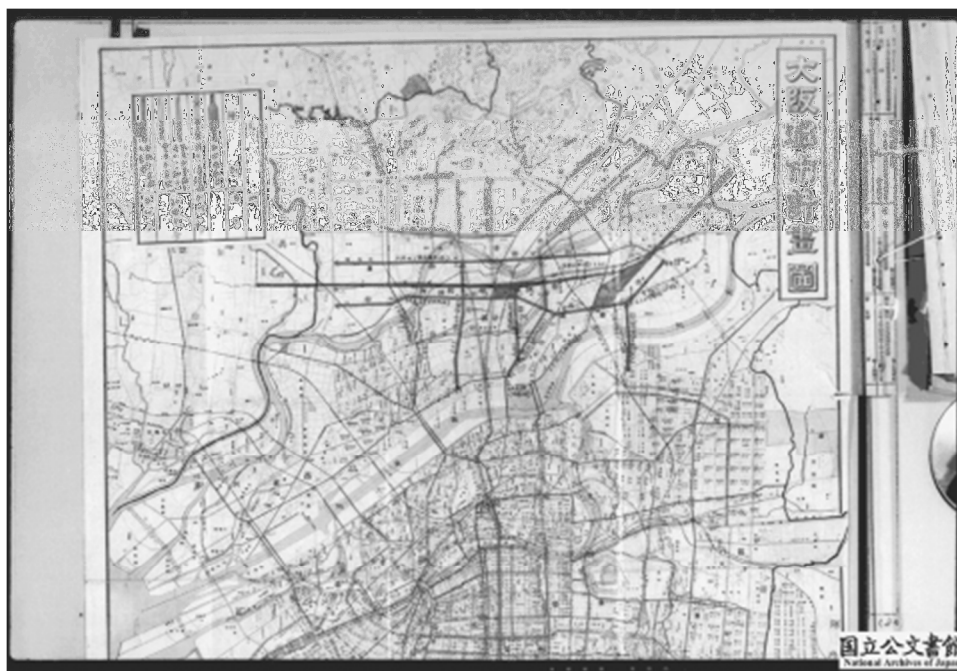


図5 1943年の大阪都市計画図

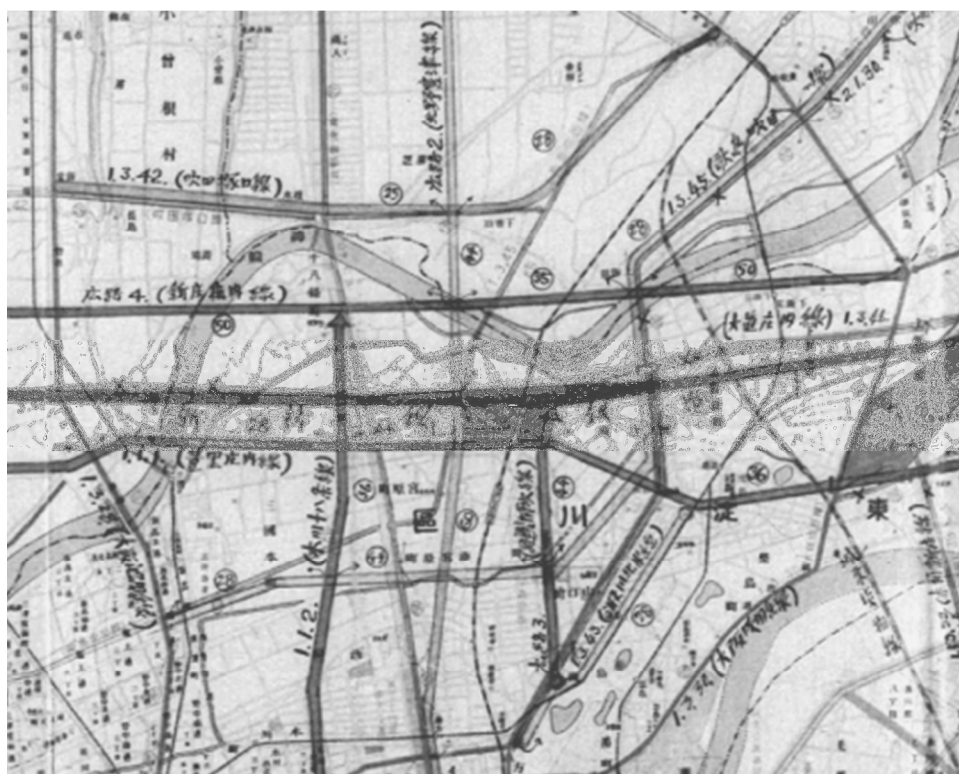


図6 都市計画図の中に新幹線鉄道と計画道路が各たされている。中心の四角い部分は新大阪駅前広場、右側の菱形の黒く塗られた部分は新幹線貨物駅

下図は戦前の弾丸列車計画の新大阪駅付近の路線を示す。現東淀川駅北側に新大阪駅を設置する予定で、原東淀川区豊新付近には貨物駅を、鳥飼付近には貨物操車場を、立花付近には客車操車場が予定されていた。



図7 戦前の弾丸列車計画の新大阪駅分の路線図

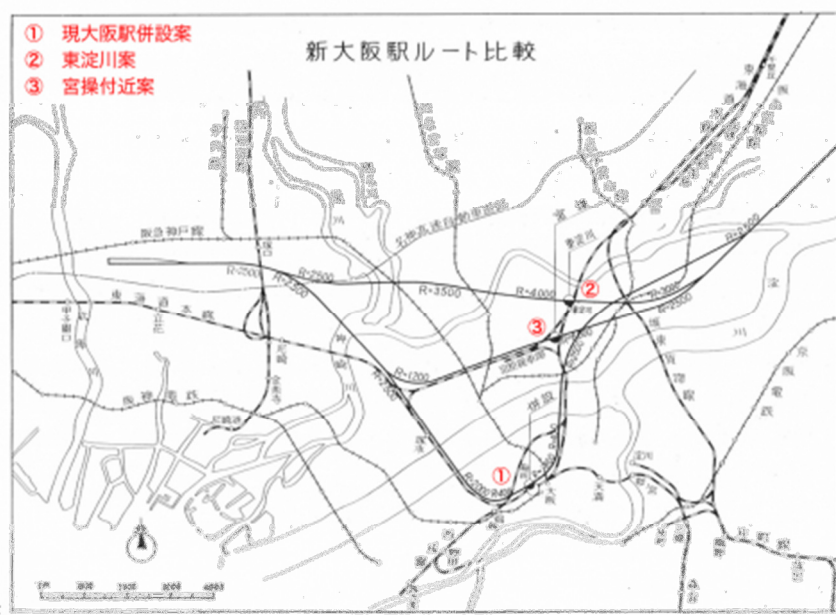


図8 東海道新幹線の新大阪駅付近の路線計画図

東海道新幹線の新大阪駅の計画においては、4案が検討されていた。

(1) 現大阪駅併設案

これは、大阪駅北側に併設する案であるが、周辺の交通混雑にさらに拍車をかけることや、用地取得の難しさ工事費の増大等が大きな課題であった。

(2) 東淀川案

これは戦前の弾丸列車計画の路線を踏襲する案で、東淀川駅の北約 200m の位置に設置する案である。この案は用地取得の点で、小住宅が雑居しており、大阪駅併設案について難しいとされていた。

(3) 宮原操車場付近案

この案には更に 2 案があり、宮原操車場を移転してその跡に新設する案と宮原操車場東側のデルタ地帯に新設する案とがあった。前者は用地買収の点でひじょうに有利であったが、宮原操車場ほど優れた立地の操車場の代替用地が他では得られないという理由で、後者の案が有力候補になった。

(4) 梅田貨物駅付近案

これは梅田北ヤードに新設する案である。これにも 2 案があり、梅田貨物ホームの上を高架橋にし、貨物駅と立体的に利用する案と、梅田駅東端を中心に地平に新設する案であった。これらの案も大阪駅併設案と同様に道路交通の混雑を助長するのと、頭端式ホームになるので、列車がスルーで抜けられないため、スイッチバックの運転方式になってしまうという欠点があった。

最終的には 1960 年の国鉄常務理事会で、宮原操車場付近案に決定している。東淀川案と宮原操車場案は条件がよく似ているが、用地取得の民家の件数が、前者は約 550 戸、後者は約 400 戸で、東淀川案の方は 1.4 倍近く件数が多く、さらに、将来の山陽方面への延伸も考慮すると、宮原操車場付近案の方が有利だという判断が働いたものと推測される。



図 9 新大阪駅と大阪駅

大阪のターミナルは、東海道本線の大阪駅から少し北に寄った場所で、淀川の対岸にある宮原操車場東側が選ばれた。ここは、淀川を渡らずに済むうえに、大阪市の中心から外れた場所で、用地取得も比較的容易であろうと期待されたが、土地ブローカーへの対応に苦慮することになった。

結局、大阪幹線工事が担当した区間には、戦前の弾丸列車計画の段階で買収済みの区間はなかったが、1959年12月から始めた区間の用地買収を1963年10月には完了させている。

1-4 日本および諸外国における鉄道の速度向上計画と輸送力拡大計画

1-4-1 線路増設計画の背景

1935年当時の日本の人口は、今日（2012年）の6割程度の約7,200万人であった。このうち、東京・下関間の沿線都市人口は約1,510万人で全国の約21%に相当した。東海道沿線は当時から都市の規模が大きく、人口密度も高い。主要都市の人口は、東京588万人、横浜70万人、静岡20万人、名古屋108万人、京都108万人、大阪299万人、神戸91万人、広島31万人、下関13万人である。このような背景の1935年頃から東海道線の旅客・貨物の動きには、大きい変化がみられるようになってきた。日本の大陸進出と、それに伴う諸外国との紛争など、日本が準戦時体制のような状態になり、これを反映して、客貨の利用実績が急速に増加を示すようになった。そして東海道線の「輸送力不足」が顕在化してきた。さらに大陸、とくに当時、日本が勢力を伸ばそうとしていた中国東北地域との間の客貨の交流が、顕著となってきた。

また、航空機の利用が一般化されていなかった当時、欧州諸国との往来に際して、シベリア鉄道経由が最短ルートとして注目され、日本の鉄道と大陸鉄道との連絡が大きい意味をもつに至った。

「弾丸列車計画」は、第二次世界大戦前の東京・下関間の線路増設計画のことをいう。この計画は、鉄道省建設局内で構想が生まれた。すなわち、この弾丸列車構想は、1938年頃に当時の鉄道省の中で議論され、軌間1435mmの軌道に最高時速150kmの列車を走らせて、東京～下関間約1,000kmを9時間で結ぶ鉄道建設の計画である。¹⁹⁾ この計画は、さまざまな検討を経て実現可能な事業として本格的に浮上した。1932年には満州国が成立したため、日本から朝鮮半島・中国大陸へ向かう輸送需要は年々急増していた。東京・大阪から満州国へ向かう当時の最も早い路線は、東海道本線・山陽本線（以下、「両本線」と略記する。）で下関まで行き、関釜連絡線で玄界灘を渡って釜山に上陸後、さらに朝鮮総督府鉄道（鮮鉄）・南満州鉄道（満鉄）を利用するという路線であった。ところが、当時、両本線はすでに重要幹線であるために輸送力が逼迫した状態であった。例えば、両幹線の営業キロは当時の国鉄線（省線）の6.6%（表18参照）に過ぎなかったものの、輸送量は全体の30%以上を占めていた。1939年度の省全線の総旅客輸送人員は16億人、総輸送人キロ（*1）は421億人キロである。このうち、両本線は、5.3億人、159億人キロであ

り、それぞれ省全線の33.1%、37.8%。省全線の総貨物輸送量は、1.2億トン、246億トンキロである。このうち、両本線では、0.47億トン、81.4億トンキロ^(*)であり、それぞれ、省全線の39.2%、33.1%に相当している。特に、1937年7月7日に盧溝橋事件が起こり日中戦争が勃発すると、そのままでは輸送量の増加に対処しきれなくなると危惧されるようになった。

*1：人キロとは、旅客の輸送量を示す基本的な単位である。1人は1キロ移動することを1人キロという。貨物も同様で、1トンが1キロ移動で1トンキロとなる。

表 18 国鉄全線(省全線),東海道・山陽両本線営業キロ,旅客・貨物及び駅数

1940年3月末現在

種別	省全線	東海道本線	山陽本線	両線計	記事
営業キロ	18,287.1(100)	691.6(3.8)	516.2(2.8)	1,207.8(6.6)	
旅客輸送億人キロ*	421(100)	116(27.6)	43(10.2)	159(37.8)	
貨物輸送億トンキロ*	246(100)	53.4(21.7)	28(11.4)	81.4(33.1)	
駅数					
一般駅	3,273	105	97	202	
旅客駅	374	26	—	26	
貨物駅	106	25	4	29	
計	3,753(100)	156(4.2)	101(2.7)	257(6.9)	

出典：参考文献 24 p.13 備考 1. 駅数には仮駅・仮乗降場は含まない。

*の行は著者が追記 2. () 内は、省全線を100とした場合の指数。

1-4-2 東海道・山陽両本線の輸送量と逼迫する年度の推定

表 19 に省全線及び東海道・山陽両本線の運輸量、実績と推定を示す。

表 19 省全線及び東海道・山陽両本線の運輸量、実績と推定

西暦 年度	省全線				東海道本線、山陽本線			
	旅客 延人キロ (億人キロ)	指数	貨物 延トンキロ (億トンキロ)	指数	旅客 延人キロ (億人キロ)	指数	貨物 延トンキロ (億トンキロ)	指数
実績 1938	336	100	212	100	126	100	68	100
推定 1939	342	102	217	102	128	101	67	100
1943	434	129	284	134	161	127	90	133
1949	531	158	346	163	195	155	109	162

1953	597	177	385	181	219	173	122	181
1958	678	202	436	205	248	196	138	204
1964	776	231	497	234	282	223	157	233

出典：参考文献 24 p.25

次に、東海道。山陽両本線の線路容量が逼迫する年度を次表に示す。

表 20 東海道、山陽両本線の線路容量が逼迫する年度

区 間	線路容量	所要列車回数		逼迫年度 西暦
		1949 年度	1958 年度	
	回	回	回	
大船・国府津	137	175	222	1943
国府津・沼津	137	155	187	1944
沼津・静岡	128	140	173	1946
静岡・浜松	121	137	167	1945
浜松・豊橋	127	138	170	1946
豊橋・大府	127	138	168	1946
大府・名古屋	143	182	225	1942
名古屋・大垣	138	150	185	1947
大垣・米原	117	132	164	1945
米原・草津	133	141	173	1947
草津・大津	140	172	212	1943
明石・姫路	130	138	166	1947
姫路・岡山	118	120	149	1949
岡山・倉敷	135	145	177	1947
倉敷・糸崎	129	117	143	1954
糸崎・海田市	119	113	137	1952
広島・麻里布	126	109	131	1957
麻里布・徳山	126	120	148	1952
徳山・小郡	120	103	125	1957
小郡・幡生	120	109	135	1954
幡生・下関	126	142	175	1945

出典：参考文献 24 p.28

注：回は、1日平均片道回数を示す。

表 20 における線路容量は、複線、自動信号区間として 1 日片道の所要列車運行回数を示している。線路容量は各区間で異なるが、117～143 本となる。線路容量が逼迫する年度は、1945 年前後であり、この時期に東海道・山陽の両本線の輸送力が限界に達すると判読できる。逼迫年度が一番早い区間が大符・名古屋間で、1942 年度には所要列車回数が線路容量 143 を上回る。これに大船・国府津間、草津・大津間の 1943 年度、国府津・沼津間の 1944 年度が続く。逼迫が一番遅いのは広島・麻里布間、徳山・小郡間の 1957 年度である。

1-4-3 日本における戦前・戦中の鉄道の高速度化

戦前においては、輸送力の確保・路線の建設による延伸こそが主目的であり、対抗できるような他の輸送機関はなかったために、現在ほど高速度性への要求自体は大きいものではなかったが、運転上、隘路となっていた区間の新線切り替えや上越線のような短絡線の建設を行う等、線区・列車によって相違はあったものの、高速度化に対する努力はなされていた。広軌化の計画が放棄される中で、狭軌鉄道の能力をフルに発揮すべく様々な試みが実施されたが、最も画期的なことは 1930 年に登場した特急「翼」であった。当時の鉄道省運輸局運転課長の結城弘毅は、特急列車の大幅な速度向上を行うため、勾配区間における補助機関車の走行解放の実施、水槽車の増結による給水停車の減少、走行中における機関車乗務員の交代、停車駅数の大幅な削減など様々な工夫を行った。これによって、東京～大阪間は一挙に 2 時間 40 分も短縮され、8 時間 20 分で結ばれるようになり、更に 1934 年には丹那トンネルが完成して、東海道本線は御殿場経由から熱海経由に変更され、東京～大阪間は 8 時間、表定速度 69.6km/h で結ばれて戦前における最高記録を達成した。²⁶⁾ なお、特急「燕」は、1930 年 10 月に設定されているが、この特急にしても、表定速度は 68.2km/h というように、当時としては 70km/h 以上に速度を上げることは不可能な状態であった。

一方、電気鉄道の発達とともに客車列車に匹敵する性能を持つ高性能電車も次々に登場し、私鉄の阪和電気鉄道（現在の阪和線の前身）では、狭軌ながら 200kW の強力な電動機を搭載した電車を投入し、1933 年には特急「黒潮」号により天王寺～和歌山間をノンストップ 45 分、表定速度 81.6km/h で走破し、「燕」を凌いで戦前における我が国の最高表定速度を記録した。

また、蒸気機関や電気動力に代わる第三の駆動方式として内燃動力に注目が集まり、1933 年にはドイツの「フリーゲンダー・ハンブルガー」号が最高速度 160km/h の営業運転を開始したのをはじめ、米国でも「ゼファー」号、「シティ・オブ・サリナ」号といった流線形高速ディーゼル車が登場した。

日本でも 1937 年に電気式ディーゼル動車キハ 43000 形を試作したが、戦時体制への情勢変化もあって発展しなかった。

日本の狭軌鉄道の高速度化は、戦時体制とともに下火となった。

1937年に日中戦争が勃発し、輸送需要が急激に拡大すると輸送力増強に対する根本的な改善策が必要となってきた。特に、東海道・山陽本線は輸送能力がすでに限界に達する状態となってきたため、思い切った改善策を早急に立てる必要に迫られていた。表21、22に示す通り、日中戦争前の1932年に比較して、開戦直後の1938年は、貨物輸送が、両本線でトン数は188%に増加、トンキロで、2倍以上の217%に増加している。このような背景に基づいて弾丸列車の計画が生まれた。

表 21 省全線及び東海道・山陽両本線貨物輸送 トン数

単位：千トン

種別	西暦年度	省全線	東海道本線	山陽本線	計
貨物	1932	61733	16407	4508	20915 (100) 【33.9】
	1938	109588	29461	9770	39231 (188) 【35.8】
	1939	122767	34761	12035	46796 (224) 【38.1】

出典：参考図書 24 p.18

() 内の数値は、1932年度を100とした場合の指数

【 】内の数値は、全線に対する割合(%)

表 22 省全線及び東海道・山陽両本線貨物輸送 トンキロ

単位：百万トンキロ

種別	西暦年度	省全線	東海道本線	山陽本線	計
貨物	1932	10561	2196	922	3118 (100) 【29.5】
	1938	21228	4531	2225	6756 (217) 【31.8】
	1939	24574	5342	2798	8140 (261) 【33.1】

出典：参考図書 24 p.19

() 内の数値は、1932年度を100とした場合の指数

【 】内の数値は、全線に対する割合(%)

1-4-4 海外の鉄道の状況

ここで、当時の欧米諸国の鉄道の状況と我国のそれとを比較してみる。鉄道先進国であるイギリス、アメリカ、ドイツ、フランス、イタリア各国の人口、鉄道の旅客輸送量、人口一人当たりの乗車回数及び一人当りの平均乗車キロを比較したのが、表23である。

表 23 海外鉄道との比較(乗車回数と乗車キロ (1937年頃))

国名	人口 (千人)	旅客輸送人員 (千人)	人口一人当り 乗車回数 (回)	1人平均 乗車キロ (km)
日本(国鉄)	72,223	1,137,536	16	25
イギリス	46,008	1,303,329	28	26
アメリカ	129,257	497,228	4	80
ドイツ	65,128	1,808,041	28	28
フランス	41,907	626,412	15	43
イタリア	43,504	146,228	3	72

出典：参考文献 24 p.10

これによると、イギリスやドイツでは、日本よりも人口は少ないものの、旅客の輸送量は多く、国民の鉄道の利用率は高いことがわかる。アメリカ、イタリア、フランスは1人当たりの乗車キロが長い。

次に、輸送をその質の面から考察してみると、更に相違が明確になる。表 24 に 1937年頃の海外の主要な鉄道の運行速度を示す。この表から見て取れるように、海外の主要路線では、急行の平均速度は、ドイツで 120km/h、イギリス、フランス、イタリアで 100km/h

表 24 海外主要鉄道の運行速度 (1937年頃)

国名	鉄道名	区間	延長 (km)	所要時分 (時、分)	平均速度 (km/h) (急行列車)	平均速度 (km/h) (区間列車)
イギリス	ロンドン ノースイースター	ロンドン・ グラスゴー	704	8° 30′	83	30
	サザン	ロンドン・ サザンプトン	155	1° 30′	103	30
アメリカ (東部)	ニューヨーク セントラル	ニューヨーク・ シカゴ	1538	16° 00′	96	42
アメリカ (西部)	ユニオン パシフィック	ロサンジェルス・ シカゴ	3677	39° 45′	93	—
ドイツ	国鉄	ベルリン・ ハンブルク	287	2° 17′	124	34
		ベルリン・ ミュンヘン	675	8° 15′	82	40
フランス	ナショナル	パリ・リャーブル	228	2° 00′	114	43

イタリア	国鉄	ローマ・ナポリ	214	1° 48′	118	51
		ローマ・ミラノ	660	7° 00′	94	45
ドイツ・フランス	国鉄、 ナショナル	ベルリン・パリ	1069	13° 30′	78	—
満州国*	南満州鉄道	大連～新京	701	8° 30′	82.5	—

出典：参考文献 24 p.10 に*の行を筆者が追記

を超え、延長が 1,000km 以上の路線でもアメリカでは 90km/h を超える高速運転を当時でも実現していた。

以上のように、当時の主要な鉄道の先進国と日本とを比較してみると、日本の鉄道は、人口の割には利用率が低く、先進諸国に遅れている事柄が多く、速度向上を含めて鉄道の近代化を図る必要性が認められる。

ただし、日本の鉄道建設の進展に伴い、技術の蓄積が進み、技術水準が大幅に向上している。例えば、日本の鉄道技術者はドイツの当時の最高速度 150km/h を大いに意識し、且つ、満鉄の最高速度 120km/h をも相当に意識していたとも伝えられている。

1-4-5 輸送力拡大と速度向上の課題等

日本の鉄道に関する論点のうち、日清・日露戦争に関連する輸送力拡大と速度向上という課題に関する解決の項目と具体策を整理してみたのが表—25 である。軍部は日清戦争の前後から、軍事輸送のために輸送力の増強を図らねばならないとして、軍事的重要な線路の広軌改築を唱えていたが、その後むしろ線路系統の整備・統一したほうがより効果的であると、国有化による線路系統の整備統一を主張するに至った。²⁹⁾ 日露戦争後、我が国の重工業の発展は著しく、機械工業部門は徐々にその基盤を固めつつあった。そこで 1909 年、鉄道院総裁後藤新平は「機関車番号及形式称号」を改正するとともに従来、鉄道工場で行っていた車両製造を原則として機関車の新製は民間工場にゆだね、鉄道工場では車両の検査・修理を行う方針を立てた。この方針に基づいて 1913 年度から民間工場と鉄道院との共同設計態勢を実現した。民間工場への発注を行うことによってその製作技術の育成をはかるとともに、生産態勢の確立をはかったのである。機関車メーカーとしては、従来の汽車製造会社に川崎造船所が加えられ、1911 年に製作を開始した。

輸送力増強に対応するために、より高い性能を持つ機関車の開発は緊急の課題であったが、大量の機関車を一挙に増備することは不可能であったので、幹線用の機関車としてテンダ機関車の設計が 1909 年から開始された。地方支線の輸送需要に対しては、当分の間タンク機関車が現有車両で対応することになった。

表 25 鉄道の輸送力拡大と速度向上

課 題	背 景	課題解決の項目	具体的な方策	都市内鉄道との関連	記 事
輸送力拡大	・日清、日露の総力戦体制に伴う戦時輸送の活発化	・線路容量 ・機関車性能 ・路線計画	・軌間拡大（狭軌⇒標準軌） ・複々線化 ・別線による線路増設 ・高性能の機関車開発（規格化と量産化） ・車両編成長の増加	幹線としての拠点間輸送力の増強と乗客の都市内鉄道への乗換抵抗の緩和策をどのように調和させるのか。同様に貨物の積替えの時間を如何に最少化できるか。 ⇒フィーダー・サービスの効率化	・法制度の整備 ・事業予算の確保 ・輸送の機関分担（道路計画考慮） ・諸外国の対応策を参照
速度向上	・速達性向上の要請	・機関車の性能 ・動力の見直し 蒸気⇒ディーゼル 蒸気⇒電気 ・線形と勾配	・高性能の機関車開発（規格化と量産化） ・全線の電化 ・勾配の緩和 ・直線の長大トンネル採用 ・線形改良	速度向上という速達性にとってトレードオフとなる幹線鉄道と都市内鉄道の乗換及び貨物の積替えによる時間のロスを如何に最少化できるか	・技術基準の整備 ・事業予算の確保 ・諸外国の対応策を参照

出典：筆者作成

1-5 第1章の結論

第1章では、弾丸列車計画が東海道新幹線整備に及ぼした影響を要因別に体系化して把握し、政策や計画の意思決定や取組の影響と、工期や費用といった定量的に測定可能な影響に分け具体的な影響の検証を行った。その結果、東海道新幹線を5年間という短期間で整備する際に弾丸列車計画の計画内容が東海道新幹線でも踏襲しており、戦後の交流電化や車両技術革新が加わったことがある。また、弾丸列車計画での買収用地を活用し、期間短縮や用地費削減が図れ、さらに掘削工事が完了していたトンネルを活用して、建設費の削減ができた。これらの技術については戦前と戦後の体制変化があったにもかかわらず、引き継ぐことができたことがわかる。

参考文献：

1. 島安次郎：参考資料 軌間の変更、土木学会誌、第7巻第2号、pp.343～365、1921年4月
2. 中村謙一：会長講演、東京下関間新幹線鉄道に就いて、土木学会、第27巻第3号、p.191、1941年3月
3. 菊池明：会長講演、道路の性格と高速自動車道路、土木学会誌、第41巻第7号、pp.1～7、1956年7月

4. 宮沢吉弘：東海道新幹線の計画について、土木学会誌,第 44 巻第 8 号、pp.7~13、1959 年 8 月
5. 田中倫治：交通施設建設計画の諸問題 — 鉄道 —、土木学会誌,第 44 巻第 5 号,pp.1~7,1959 年 5 月
6. 尾之内由紀夫：交通施設建設計画の諸問題 — 道路 —、土木学会誌,第 44 巻第 6 号,pp.1~7,1959 年 6 月
7. 仁杉巖：東海道新幹線について、土木学会誌,第 46 巻第 7 号、pp.37~42、1961 年 7 月
8. 新幹線編集小委員会：特集 東海道新幹線、土木学会誌,第 49 巻第 10 号、pp.11~41、1964 年 10 月
9. 土木学会編集部：新幹線あれこれ、土木学会誌,第 49 巻第 10 号、pp.42~53、1964 年 10 月
10. 土木学会編集部：弾丸列車から夢の超特急まで,土木学会誌,第 49 巻第 10 号,pp.54~57,1964 年 10 月
11. 藤井松太郎：東海道新幹線について、土木学会誌,第 50 巻第 1 号、pp.26~30、1965 年 1 月
12. 大石重成：東海道新幹線が生まれるまで、土木学会誌,第 56 巻第 2 号、pp.2~8、1971 年 2 月
13. 瀧山養：新幹線鉄道と浮上式鉄道、土木学会誌,第 64 巻第 1 号、pp.80~90、1979 年 1 月
14. 高橋克彦：日本鉄道物語、講談社、1989 年 10 月
15. 井上勇一：鉄道ゲージが変えた現代史、中央公論社、1990 年 11 月
16. 沢和哉：日本の鉄道 120 年の話、築地書館、1993 年 7 月
17. 守田久盛：鉄道路線変遷史IV、鉄道の生い立ちを訪ねて、吉井書店、1993 年 8 月
18. 新幹線の 30 年、その成長の軌跡、東海旅客鉄道(株)新幹線鉄道事業本部、p.2、1995 年 2 月
19. 仁杉巖：構想拝見、弾丸列車構想、土木学会誌,第 82 巻第 1 号、pp. 6~9、1997 年 1 月
20. 仁杉巖：世界の高速度鉄道ブームを作った新幹線、土木学会誌,第 85 巻第 9 号,pp.67~72,2000 年 9 月
21. 原田勝正：日本鉄道史 — 技術と人間 — 刀水書房、pp.446~449、2001 年 6 月
22. 吉村恒 (監修)：トンネル物語、山海堂、2001 年 12 月
23. 須田 寛：東海道新幹線 50 年、交通新聞社、2014 年 3 月
24. 地田信也：弾丸列車計画 — 東海道新幹線につなぐ革新の構想と技術 — 交通研究協会発行、成山堂書店発売、2014 年 9 月
25. 佐藤信之：新幹線の歴史、中公新書 2308、中央公論新社、2015 年 2 月
26. 新幹線 50 年史、公益財団法人 交通協力会、交通新聞社、2015 年 4 月
27. 住田俊介：世界の高速度鉄道とスピードアップ、p.63、日本鉄道図書 (株)、1994 年 9 月
28. 小島英俊：鉄道技術の日本史、中公新書 2312、中央公論新社、2015 年 3 月
29. 日本国有鉄道百年史 第 12 巻、交通協力会、1973 年 3 月
30. 須田 寛：東海道新幹線 50 年、交通新聞社、2014 年
31. 「鉄道改正建議案」有栖川宮熾仁陸軍参謀本部長から井上勝鉄道局長宛諮問、1887 年
32. 老川慶喜：明治期の広軌改築論—井上勝と後藤新平—、社会科学論集、第 142 号、pp.35~46、2014 年 6 月
33. 日本国有鉄道東海道新幹線支社：東海道新幹線工事誌 土木編、pp.1~5、1965 年 3 月
34. 角本良平：新幹線開発物語、中公文庫、2001 年
35. 鉄道・運輸機構 HP 鉄道の建設、鉄道ができるまで、2016 年 11 月 24 日閲覧
36. 川西 徹：新幹線の工期 (用地温故知新 その 1)、2016 年 7 月
37. 高松良晴：もう一つの坂の上の雲 鉄道ルート形成史、日刊工業新聞社、pp.70~71、2011 年 7 月

38. 日本国有鉄道 東京幹線工事局 東京第二工事局：東海道新幹線工事誌 一般編、pp.19~21、1965年3月
39. 日本国有鉄道大阪工事局、大阪工事局 50 年史、1977 年
40. 大阪府東淀川区：大阪府東淀川区史、1956 年 6 月
41. 土井利明、柴田洋三：東海道新幹線の需要予測に関する事後的分析、土木学会論文集、第 41 巻、第 562 号、pp.121~131、1997 年
42. 佐藤芳彦：海外鉄道プロジェクト、成山堂書店、2015 年
43. 経済産業省：平成 23 年度 インフラシステム輸出促進調査等事業（円借款・民活インフラ案件形成等調査）インドネシア・ジャカルタ～バンドン間 高速鉄道導入検討調査報告書、2012 年
44. 一橋大学鉄道研究会：整備新幹線構想を問う、一橋大学祭研究報告、1993 年
45. 角本良平：新幹線 軌跡と展望 政策・経済性から検証、交通新聞社、1995 年
46. 日本国有鉄道 静岡幹線工事局、東海道新幹線工事誌、東京第二工事局発行、1965 年

第2章 新幹線の建設

2-1 新幹線に関する歴史的背景

新幹線は多くの国民に利用されている輸送機関であり、社会資本としての認知度はきわめて高い。しかしながら、その認知度に比して、新幹線にかかる歴史的背景、技術開発、整備新幹線の枠組みなどの知識や情報は、皆が十分に有しているとは言えない。そこで、本稿では、新幹線に関わる歴史的背景をたどってみることにする。

2-1-1 新幹線計画へつながる東京・大阪間の交通機関の歴史的変遷

交通機関は、「時間をサービス」することがその使命と考えられる。安全・安定運行を大前提としつつ、この使命達成が期待される。

第一に、移動に必要な時間を極力短くするという速達性の要請。第二に、移動に必要な時間を極力快適かつ有意義な時間を過ごせること。即ち、混雑がないことは勿論のこと、快適な車内空間が提供されて、鉄道利用に付帯するよりよいサービスが提供されること。高速鉄道の実現はこの二つの要請を満足するものとして期待されてきた。

関西と関東を結ぶ東海道は、立地条件からみて、古来日本の交通網の中核として大きい役割を果たしてきた。即ち、古来奈良、京都、大阪等の関西地方が政治経済の中心であった。12世紀に鎌倉幕府が設けられて以来、消長はあったものの、国の中枢機能が京都等の関西と鎌倉・江戸の関東と二つに分かれ、その間を結ぶ交通が我が国の発展にとって重要な役割を担ってきた。

我が国が近代国家として成立した明治維新以後も、東京が政治の中枢に、大阪が経済の中枢となる、いわゆる二眼レフといわれる国の二極化が進み、東海道は二都市を結ぶ国内交通の中軸となった。明治になって建設された鉄道は、関東~関西を結ぶ東海道線が真っ先に国により着工された。国道も近年の高速道路の整備も、東西の両地域を結ぶ道路から建設された。このため、明治時代以降も絶えず関東~関西間の東海道等の整備改良が国家的要請となり、近代日本の交通網は東海道を要として発展してきた。

新幹線の歩みをたどるには、明治以来の広軌論争から、東京・下関弾丸列車計画、東海道新幹線計画とその計画推進の経緯をたどらなければならない。

明治政府は、官設鉄道を建設するに際して、軌間を狭軌(1,067mm)とすることを決定したが、これは、当時の我が国が経済的にも後進国であったことから、大量輸送の必要性が認識されなかったため、建設費が低廉で容易に線路を延伸できる狭軌が選択されたものであった。²⁾その後1887年(明治20年)には、陸軍より軍事輸送の面から、速度・輸送力ともに優る広軌(1,435mm)を採用するように主張されたが、広軌を採用することは既設の線路の改築を必要とするため多額の資金を必要とし、むしろ速やかに全国に鉄道網を整備することを優先すべきとの観点から、広軌使用に至らなかった。しかし、1937年に日中戦争が勃発すると、軍事輸送の面から広軌弾丸列車構想が具体化することになった。

1937年、日中戦争が勃発し軍事輸送が急激に増大するに及んで、輸送能力が既に限界に達したので、思い切った改善策が必要になった。そこで浮上したのが「弾丸列車計画」で

あった。

工事は、1941年に日本坂トンネル・新丹那トンネル・新東山トンネルから着工された。しかし、やがて太平洋戦争の戦局が悪化し、資材や人員不足のためついには中止のやくなきに至った。そして、日本は敗戦というかたちで終戦を迎えた。戦後の国鉄は、相次ぐ事故やアクシデントが発生し、暗雲に閉ざされていた。さらに、自動車の発達と高速道路の建設によって、鉄道はもはや斜陽とまでいわれるようになった。

そのような状況のとき、1955年5月、十河信二氏が国鉄総裁に就任した。このころ、既に東海道本線の輸送力は飽和状態に達し、その輸送力不足が日本経済の発展の最大の隘路となっていた。これを打開するには新幹線しかない、と、十河総裁は1956年5月、国鉄本社内に「東海道線増強調査会」という審議調査機関を設置した。そして、技師長に島秀雄氏を据え、国家的観点から新幹線問題に対処することになった。この新幹線計画が発表されると、大衆は「夢の超特急」と呼んで、鉄道への夢を託した。

しかし一方では、新幹線計画を評して「世界の四大バカ」をつくるようなものだという人さえあった。一つはエジプト王の墓、二つは中国の万里の長城、三つは戦艦大和、そして四つ目が新幹線だというのである。

そうした中で、列車輸送計画、建設基準、車両構造計画、線路計画等が鋭意進められていった。とりわけ、用地の買収に当たっては、技術関係の職員も用地職員と一体となって、この難問題を打開した。

2-1-2 新幹線建設への動機

新幹線の建設への動機は以下のことが考えられる。

第一の動機は、我が国の鉄道網の根幹をなす東海道線の改良と整備への期待である。1872年、新橋～横浜間、1874年、神戸～大阪間の鉄道建設が国により、イギリス人、エドモンド・モレル等の指導のもとに開通し、1889年には東京～神戸間の東海道線が国有鉄道最初の幹線として全通する。そして、1913年には早くも全線複線化が完成し、当時、国内最長の複線区間となっている。さらにその後、東海道線の高速化を図るための様々な努力が続けられている。1906年の「最急行列車」の運行は、はじめて急行料金制度が適用された混獲的な急行列車となった。1930年には「特急つばめ」が運行され、東京～大阪間を8時間20分は狭軌鉄道としては、当時の最高水準であり、東海道高速化の期待を物語り、その後の東海道新幹線実現への大きい動機となったと言える。

第二の動機は、1907年頃に構想された東海道電車計画である。これは、第1章で既述の安田善次郎等の経済界からの提唱であり、東京～大阪間に当時で言う広軌(1,435mm)の電化路線を建設、時速80kmで両都市を結ぶ高速電気鉄道の請願が国に提出された。この構想は、広軌という点、時速80km/hという当時としては画期的な高速、さらに電車運転を計画する等、まさに今日の東海道新幹線の前身ともいえるべき構想だった。しかし、当時、幹線の鉄道は国有とすることが決定されており、実現はしなかったが、東海道新幹線建設への

動機の一つとなる注目すべき提案であった。

第三の動機は、外国鉄道の動向であった。イギリス、ドイツ、フランスなどの鉄道先進国では、20世紀に入ると鉄道の高速度化に注力し、「百マイルトレイン」(時速160km)を目標に、競って開発を進めた。第一次世界大戦後の昭和初期までにこの多くは実現している。蒸気運転のほか、電気、ディーゼル運転の列車も登場した。日本が運営していた中国東北地区の南満州鉄道でも、日本には存在しなかった固定編成客車を用いて、蒸気機関車による特急「あじあ」が1934年に運行を開始し、最高時速120kmを実現している。これは広軌高速化を日本の国内で果たせなかった海外での成功事例であり、これも東海道新幹線建設の大きい動機となっている。

第四の動機は、第1章に既述した国による「広軌幹線鉄道計画」、すなわち「弾丸列車計画」の具体的な策定である。太平洋戦争で中断されたが、1941年には着工まで進み、今日の東海道新幹線のベースとなっており、この遺産の上に新幹線は実現したといっても過言ではなく、動機から一歩進んで、東海道新幹線の第一歩をしるしたともいうべきものである。

2-1-3 鉄道斜陽化論とその例外地域としての東海道

1955年当時は、モータリゼーションの時代、航空の時代が来るといわれており、陸上輸送を独占していた鉄道輸送は、「さしあたっては、部分的に、鉄道の輸送力増強は必要だが、道路が整備されれば、輸送難も解消されるので、そのうち、かつて汽車が馬車にとってかわったように、自動車・飛行機が鉄道にとってかわるだろう」という風潮が国民、さらには国鉄の内部にもあった。これが「鉄道斜陽化論」である。実際に、1951年には日本航空が設立され、また、道路においても、1954年5月に第一次道路整備5か年計画を策定し、1954年から1958年度の総事業費3,300億円の支出を決めており、1957年には「国土開発縦貫自動車道建設法」が制定され、その翌年には名神高速道路が着工されていた。さらにその後の1959年には第二次道路整備5か年計画(総事業費1兆円)、1961年の第三次(同2兆1千億円)へとエスカレートしていく。これほど我が国政府が道路に力を入れたのは、多分に占領時代の影を引きずって、なにかと言えばアメリカの意向を尊重する風潮があったからだとも言われている。事実、欧米、とりわけアメリカにおいて鉄道線路が次々にはがされていったのが実態なのであった。

我が国に新幹線が開通するまでには幾つかの山を越えねばならなかった。その最大の山は、第二次世界大戦後の交通革命下において、すべての鉄道は斜陽化すべきものという先入主(preconceived idea)であった。

我が国においては、1950年の朝鮮動乱以後、経済力の回復とともに交通革命の兆しが表れてきた。1951年には民間航空が再開され、その頃から自動車台数も急速に増加するようになった。東京～神戸間の高速道路計画も発表された。鉄道もようやく戦前の水準に立ち返ったけれども、このような他の交通手段の発達を前提にして将来の方向を予測し、長期

計画を立てるべき段階であった。

1955年頃は、世間の多くの人々は鉄道の斜陽化を必至とみなし、当時の国鉄内部においても、その将来について消極的に考える人が多かった。表1に示す通り、鉄道輸送量は年々増加の一途たどり、隘路区間の輸送力増強は今後必要としても、やがて、道路が良くなれば輸送難は解消すると考えていた。

東海道についても、そのように主張された。東海道は我が国で最も輸送量の多い大幹線ではあるけれども、この地帯には鉄道以外の道路に代表される交通機関も高度に発達している。既に民間航空もあり、内航海運も伸びてきている。既述のとおり高速道路計画もある。これは海岸経由であろうと、山間の中央道であろうと、鉄道の負担を軽減するに違いない。従って、1956年秋に完了する鉄道の電化計画が終了すれば、東海道線は大改良を必要としないと判断された。国鉄近代化のために1957年から開始された第一次五か年計画においても、東海道線の線路増設は採択はされていなかった。

しかしながら、この五か年計画を決定した1956年の好景気によって東海道線の輸送は行き詰まり、これを契機として国鉄内部でも東海道線をなんとかしなければならぬという空気が生まれ、1957年には、その対策が運輸省を中心に本格的に検討されることになった。同年8月に運輸大臣の諮問機関として設置された「日本国有鉄道幹線調査会」は同年11月に「高速道路を建設しても1961、1962年頃には東海道の輸送力は全線にわたって行き詰まるから、線路増設が必要である」との結論を明らかにし、この前提をもとにどのような規格の線路をつくるべきかを1958年7月に答申した。

高速道路建設と新幹線建設の二者択一、あるいは同時施工は、我が国政府全体の大問題であり、関係各省の閣僚で構成する「交通関係閣僚協議会」においても別途審議が進められた。

その結果、1958年12月に、以下のような結論が提出された。

- ・鉄道から高速道路へ転移する輸送量は、旅客約10%、貨物約5%と推定。
- ・鉄道か道路かの、いずれか一方のみの能力を増強してもそれぞれの分野における将来の輸送需要の増加には対処できない。
- ・日本経済の発展とともに、現在の国鉄東海道線は近い将来にその能力の限界に達すると考えられ、東海道新幹線計画は早期に着工する必要がある。
- ・当該計画は全線が開業しなければ効果を発揮できない点に留意して、短期間に完成するのが望ましい。

その後の東海道線旅客輸送量の伸びは、当時の推定よりもはるかに大きく、そのため東海道線の列車回数も適正な限度とされていた1日1方向120回を超えて増加している。

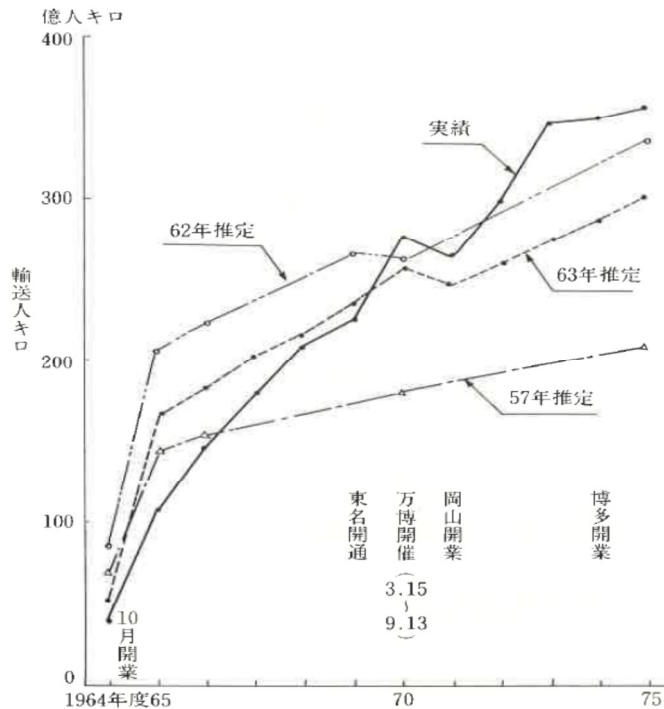


図1 東海道新幹線 人キロの推定と実績⁹⁾

上図において、1957年度の予測は政府の所得倍増計画以前の国民経済を反映していた。その後の予測と比べて、成長が低く予想されていたにも拘らず、この投資は有利と判断された。次に1962年には国民経済の高度成長見通しに基づき、当初の5割増し以上の輸送量が見込まれた。この段階までは在来線と新幹線の振り分けは単に乗換回数だけにより算定され、料金と所要時間は考慮されなかった。翌1963年はこれらの点も考慮に入れて、前回より若干低い見通しとなった。

新幹線の旅客人キロは、1975年度に

1957年推定 198億5000万人キロ

1962年推定 330億7500万人キロ

1963年推定 299億5500万人キロ

とされた。これらに対し実績は、1962年予測値を6%上回った。なお、図の1970年あるいは1971年が下がっているのは高速道路の影響を見ているからである。実際には名神高速道路は1965年7月、東名高速道路は1969年5月に全通し、この想定より早かった。

高速道路開通の影響は確かにあったにもかかわらず、鉄道の伸びる力も大きかったので、1970年までは新幹線利用は上昇している。ことに1970年は大阪万国博覧会の開催があり、1962年予測値を越えている。1971年にはその反落があったが、1969年までの傾向を1971年まで結べば、この段階では新幹線の輸送量は順調であったと言える。

さらに1970年代前半に山陽新幹線開通の影響が加わっている。1972年度以降も1962年予測値を上回っている。

以上のことから、予測はかなり正確であったとの印象を受ける。しかし、この手法を他の路線に使用して10年以上後をこの程度に予測できるかは断言できない。この時期は我が国の高度経済成長期であり、1973年の石油危機の影響も山陽新幹線の開通という好条件で緩和されたからである。

予測は1975年までしかなされていない。その理由は、この輸送量に対し、1975年には在来線・新幹線ともに能力の限界に近づくと考えられたからである。

2-1-4 新幹線の輸送量と鉄道における新幹線の位置づけ

新幹線は、その高速性が注目されるが、当初は輸送力増強を目的として計画されたものである。1964年に開業した東海道新幹線は、輸送力の逼迫に対応するために建設された需要追従型の新幹線であった。高速性を国土の均衡ある発展に活かそうとして整備が進められたのは1972年に開業した山陽新幹線以降であった。東北以降の新幹線は1970年成立の「全国新幹線鉄道整備法」に基づいて整備されてきた。宇都宮以南や高崎線の首都圏通勤需要による隘路解消も目的であったとはいえ、東海道新幹線よりあとの新幹線は地域開発型新幹線と位置付けられる。

路線長の異なる鉄道各路線同士の輸送量を比較するのに適した指標は「輸送密度」である。これは、単位時間当たりの対象路線の各乗客の乗車距離を合計した「人キロ」を路線距離で除した値であり、単位時間に断面を通過した旅客数と言い換えることができる。現在の日本では、1日当たりの通過旅客数で示されることが多い。

ここで2009年度における各新幹線の輸送密度を比較してみる。(図4) 1日当たりで、東海道が断然トップで21万人、山陽と東北が6万人程度、上越が4万人、北陸が2万人弱、最少の九州は8千人弱である。

定期券旅客、すなわち通勤通学のための新幹線の使われ方を比較すると、路線間の使われ方の差がきわめて小さくなる。(図5) 最高は東海道が7,000人弱であるが、最低の九州でも1,000人強であり、開きが6倍程度でしかない。

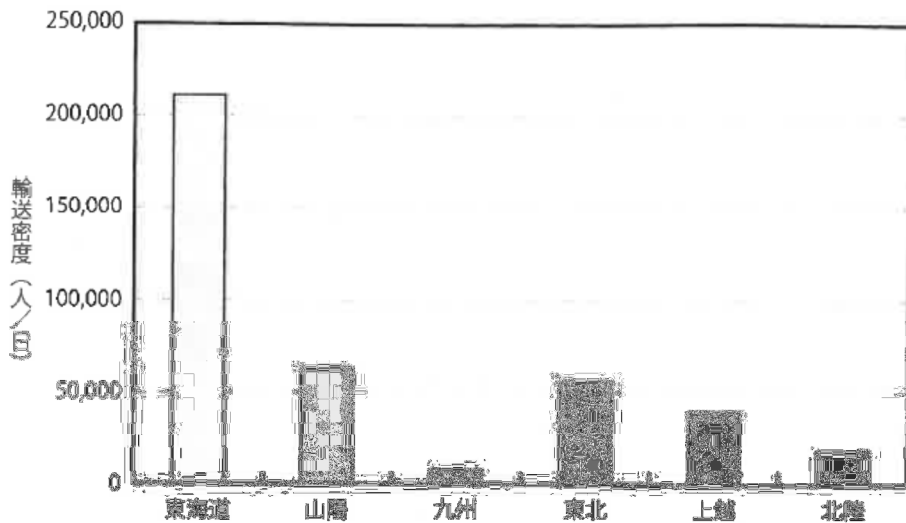


図4 輸送密度 (往復旅客 2009 年度) 13)

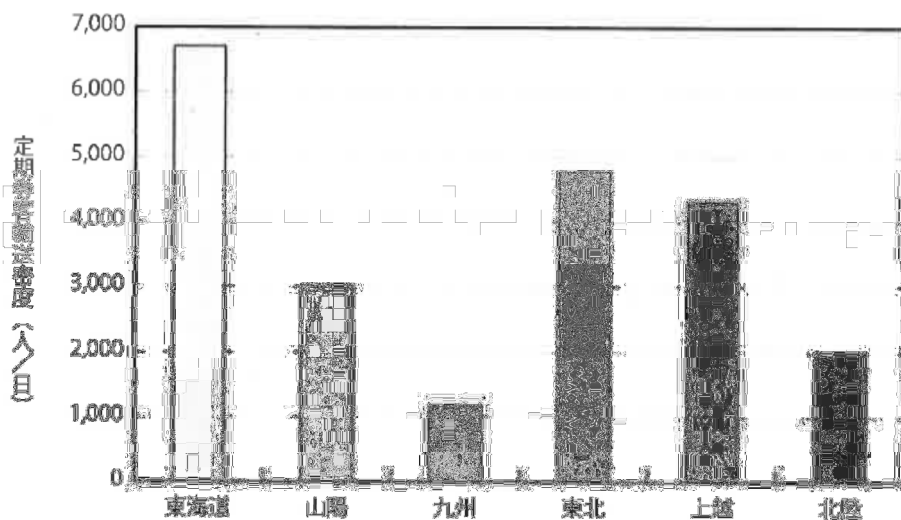


図5 定期券旅客の輸送密度 (往復旅客 2009 年度) 13)

2-2 東海道新幹線の必要性

2-2-1 東海道線の輸送量の実績と見通し

東海道線は、日本の6大都市（東京、横浜、名古屋、京都、大阪、神戸）並びにその他の30余都市を結ぶ我が国の最重要路線であって、その延長はわずか590kmにすぎないが、沿線都府県の人口は、3,600万人に達し、全人口の40%を占め、工業生産額も日本経済の最も重要な地区として全国総生産額の60%以上を占めていた。

したがって、交通量も極めて大きく、東海道線は全国鉄延長のわずかに3%に過ぎないが、旅客、貨物はそれぞれ全国鉄年間輸送量の24%、23%を占め1日片道列車回数も既に旅客において60~80回、貨物において50~60回に及んでいて、全線複線化され、1956年に全

線電化されているとはいえ、既に世界最高の列車回数を持ち、線路の修繕、保守のための余裕も殆どなくなってしまう、もはや増加する輸送需要に応ずることができない。すなわち、輸送力は輸送量の増加に及ばないまでに行き詰まってきた。当時の輸送実績を表1に示す。1936（昭和11）年度の指数を100とすると、1957年度は、旅客で327、貨物で344に達している。

表1 東海道線輸送実績

年 度	旅 客		貨 物	
	輸送 100 万人和	指 数	輸送 100 万ト和	指 数
1936	7,368	100	3,197	100
1949	13,705	186	5,109	160
1950	15,345	208	5,925	185
1951	17,368	236	7,606	238
1952	18,691	254	8,479	265
1953	19,455	264	8,967	281
1954	20,298	276	8,722	273
1955	21,442	291	9,482	297
1956	23,260	316	10,714	335
1957	24,094	327	10,972	344

出典：参考文献3、 p.7

東海道新幹線は、在来線の輸送力を抜本的に強化するために建設されたものであり、在来線と異なる標準軌（軌間1,435mm）であるが、在来線の別線線増として計画された。

線路の増設を計画する場合、在来線に隣接して併設するケースは「張付線増」と言い、単線を複線化する場合の一般的な方式となっている。これに対して、「別線線増」は、在来路線に関わらないで路線を設定する方式であり、比較的駅間が長く、高速を追求する路線の計画に適している。

当時の日本国有鉄道法に基づく在来線の線増工事として運輸大臣認可を得て整備された。同時に時速250kmを超える高速運転のための基本的事項について建設規程の特認を得ている。1956年時点の東海道本線（複線）は、ほぼ全区間において複線片方向120回/日が限界とされている列車運行回数に近づいており、早急な輸送力増強が求められていた。

そこで、1957年8月に政府は閣議決定に基づいて、運輸省に「日本国有鉄道幹線調査会」を設置し、関係各省並びに各界代表、学識経験者を委員として、半年間にわたり種々の面から輸送量の今後の見通しが検討された。

東海道線の将来の輸送量の推定に当たっては、高速自動車道の計画を考慮せずに、鉄道の輸送量を算定し、次に高速自動車道が完成した場合に、鉄道から高速自動車道に移る量を算定し、鉄道の輸送量から差し引いて、東海道が現状のままで輸送需要に応じ得るかどうかを検討し、ついで新幹線が開通した場合における自動車道への転移量の修正や新

幹線の誘発輸送量を考えている。

なお、陸運、海運の関係は当然考慮の中に置かれ、種々議論されたが、海陸輸送分野は、すでに当時ほぼ固定し、運賃体系の著しい変更がない限り、特に東海道沿線に関し、数量に現れるほどの転移は行われなとの結論であり、航空機については、今後の発展を考慮しても、その輸送量は極めて小さく、鉄道輸送に影響を及ぼすことはなく、これらについての修正は不必要であると結論づけられた。³⁾ そこで、東海道線の輸送量の推定は、客貨とも、まず将来の全国鉄の輸送量を想定して、それから過去の全国輸送量と東海道輸送量との関係を基礎として算出された。表 2 に示す通り、1956 年度を基準として 1975 年度を推定した場合、定期旅客が 143%、定期外旅客が 220%と約 2 倍以上となり、これらをまとめると平均人キロでは 96%増となる。貨物輸送量の推定は表 3 の通りであり、貨物の増加量は旅客より多く 2.2 倍近くになっている。

表 2 東海道線旅客輸送量の推定 (単位 : 100 万人キロ)

年度	定期旅客		定期外旅客		合計	
	輸送人キロ	増加率	輸送人キロ	増加率	輸送人キロ	増加率
1956	5,144	100	11,146	100	16,290	100
1964	6,219	121	16,139	145	22,358	137
1970	7,024	137	20,706	186	27,730	170
1975	7,379	143	24,535	220	31,915	196

出典 : 参考文献 8

表 3 東海道線貨物輸送量の推定 (単位 : 100 万トンキロ)

年度	輸送トンキロ	増加率
1956	10,714	100
1964	15,964	149
1970	19,928	185
1975	23,335	218

出典 : 参考文献 8

2-2-2 東海道線輸送需要の推定

東海道線の輸送需要は、2-2-1 で既述のとおり、1975 年度においては 1956 年度に対比して、旅客で約 2 倍、貨物においては約 2.2 倍に達し、その後さらに増加するものと推定した。

2-2-3 各種交通機関の輸送計画

東海道線が負担する需要を推定するには、他の交通機関の輸送計画によって、東海道線からこれらに転換される輸送量を推定する必要があり、これを検討した結果、次の結論に達した。

(イ) 東京～神戸間高速自動車道

東京～神戸間高速自動車道は、東海道線と最も関係が大であると考えられる。従って、これに東海道線から転換する輸送量については、中央縦貫道及び東海道高速道の両案について、特に詳細に検討している。高速自動車道のうち、名古屋～神戸間については1962年度、東京～名古屋間については1965年度にそれぞれの使用を開始するものとするれば、1965年度において東海道の輸送量の打ち、旅客約10～19%程度、貨物約4～5%程度の量が鉄道から転換するものと推定している。

(ロ) 内航船舶

東海道における内航海運の輸送量は津九年増加しているが、戦時中及び戦後において内航海運から陸運へ貨物が転換されたため、戦前と比較すれば鉄道に対する海運の比率は低下している。しかし内航海運の復興に伴い、すでに海運へ復帰すべき貨物はおおむね海運へ移行済みであって、今後、運賃、その他の経済事情に著しい変化がない限り、鉄道から船舶へ転換される貨物の量は考慮を要する程度には至らないものと推定している。

(ハ) 航空機

航空機による輸送量は、近年その増加が著しく、将来ともその傾向は続くものと予想されるが、東海道線の輸送量に比して極めて少ないので、今後鉄道から航空機へ転換される両派、質的には若干の影響を予想されるが、絶対量の点では殆ど考慮を要する程度には至らないものと推定している。

2-2-4 東海道線の輸送の行き詰まる時期

東海道線の輸送の行詰りの推定は、東海道線の輸送需要から他の交通機関への転換量を差引いた量について、国鉄5か年計画完了時における輸送力をもって検討した。国鉄5か年計画における東海道線についても増強計画は、京阪、名古屋、阪神地区における線路増強及び停車場改良並びに車両増備等であって、長期にわたる輸送需要に対する根本的な対策ではない。従って、東海道線の最小輸送需要から最大の転換量を考慮してもなおかつ、東海道線の輸送力は1961～1962年頃において、ほぼ全線にわたって輸送の行詰りを来すものと推定した。

なお、推定に当たっては、最多客期における平均乗車効率を100%に緩和するものとし、列車回数については同一線路に種々の列車を運行する方式及び線路の保守等を勘案し、概ね120回を限度としたものである。

列車の設定回数の可能限界—ある線路上運行する列車の設定回数は、その線路上を運転する列車の速度差、有効時間帯—利用者が列車を利用するのに都合の良い時間帯、線路歩車作業の所要時間帯等によって左右される。

東京や大阪のように大都市付近の電車区間のように、速度の等しい電車が、いわゆる「平行ダイヤ」で運転され、深夜から早朝までは、運転が休止されるところでは、その時間帯において保守作業が行われるので、複線であっても片道400回以上の列車の運行本数を設

定することが可能となるが、東海道線のように、旅客の特急列車、急行列車、ローカル列車、さらに貨物の急行列車、ローカル列車まで各種の列車が運行され、しかもその延長が500kmを超える線路では区間別にある一定時間を保守作業のために充当することができないため、列車の運行可能回数は極度の制約を受け、当時は120回が限度と考えられていた。1959年当時の諸外国の現状と比較してみると、次表のようになる。

表 4 列車運行回数比較

1959年現在

区 間	軌道	下り	上り	計
東海道線 (米原～彦根)	複線	122 本	122 本	244 本
東北線 (小牛田～石越)	単線	41 本	42 本	83 本
フランス Etampes～Touiry	複線	93 本	90 本	183 本
アメリカ Cleveland～Buffalo	複線	34 本	31 本	65 本

出典：参考文献 3

これを見ると、複線区間で片道100本以上の運行を設定しているところはなく、40本くらいでも複線を持っており、120本以上になると4~6線というのが諸外国の実例であった。

2-2-5 狭軌増設論とモノレール論

東海道線の線路増設として複線を敷設する場合、どのような形の線路にするかが次の議論の焦点であった。1957年頃の国鉄は、戦災から復興したとはいえ、その経営は苦しく、また、至る所に改良の必要があった。蒸気から電気、ディーゼルへの動力革新や速度向上など、鉄道近代化の計画が進められてはいたけれども、東京～大阪間500kmの線路増設を一気に行うことが資金的に果たして可能かどうかを危ぶむ空気が国鉄内には強かった。

そこで、この大事業の必要は認めるとしても、できるだけ長い期間に、鉄道経営に無理を書けないようにして実施しようという方向が強く主張された。東海道線が行き詰まるといっても、区間によって列車回数の多い少ないがある。最も早く行き詰まる東京、名古屋、大阪付近だけを先に増設すればさしあたりの投資は少なくて済み、しかもただちに役立つというわけである。

これに対して、せっかく500kmの計画であるならば、従来の規格にとらわれずに、最新の技術を採用入れ、もっと近代的な鉄道をつくるべきであるという主張が他方でなされた。その中にはモノレール論も含まれていた。

我が国には、不思議なことにモノレール論者が多い。1957、1958年頃もモノレール熱の高いときで、ドイツのアルウェーク(Alweg)型(跨坐型)のテスト線が完成し、その成果が目されていたし、上野動物園のモノレール(懸垂型)の工事も進行中だった。

当時、モノレールの長所としては、高速と低廉とが挙げられていた。速度の点では、在来の鉄道に比して比較的早く、300km/hも可能と伝えられていた。しかし、当時の試験

線では数 10km/h どまりであり、証明済みの高速ではなかった。新幹線においてモノレールの採用を見送った決定的な理由は、その分岐器であった。鉄道は道路とは異なり、追い越しや折返しに分岐器を必要とする。その操作が面倒であれば、頻繁な運転はできない。短い区間に等速度の列車を走行させる場合は支障がないとしても、長距離の鉄道では支障が出る。モノレールの弱点と言える。

2-2-6 我が国の高速道路網の整備計画の変遷

a. 日本の高速自動車網の概念

我が国最初の高速道路網の概念は、1930年代に始まったドイツ、アメリカ、イギリスなどの欧米での計画や整備に刺激された（表5）、1942年に内務省土木局が公表した平地での速度として160km/hを想定した上下分離の4車線の自動車専用の道路である。この概念は1943年に全国自動車国道網計画として公表されている。この高速道路網は国内の軍事的、産業的に重要な施設が立地している地域を結んだものであり、総延長は5,500kmである。特に、東京～神戸間については詳細な検討が行われたが、実施にまでには至らなかった。この理由としては戦時中であり、財政的に余裕がなかったことに加え、当時、東京～下関間に新たな鉄道の建設計画があり、この調整が難しかったことも挙げられるのではないかと考える。（表6）。²⁸⁾

次によく知られる概念は、1949年に民間から公表された開発縦貫自動車道である。この概念は、当時富士製鉄所の会長であった田中清一氏による提案で、同氏の積極的な広報もあり、広く社会的に知られるようになった。国土の未利用地の開発、未利用資源の開発、遠藤の開発を目的とし、既存の経済的集積地である都市を結ぶのではなく、日本の中心の山間部を貫くもので、前述の概念の高速道路とは大きく異なるものであった。²⁸⁾

表5 1930年代の海外での高速道路網計画の概要²⁸⁾

国名	内容
ドイツ	1930年、総延長7,500kmの全国的な高速道路網の建設計画を発表 中央分離帯、往復分離の4車線、立体交差 道路の両側200mは建設を制限 1942年までに3,900kmを整備
イギリス	道路技術者協会が、総延長4,500kmの全国的な高速道路網構想を発表 政府が認めなかったため戦後まで建設されず
アメリカ	1920年代より、ターンパイクと呼ばれた自動車専用の雄郎道路が建設 1939年アメリカで46,700kmの国防州際道路整備計画を発表

出典：参考文献31

表 6 我が国の初期の高速道路の概念²⁸⁾

① 1943年 5,500 kmの全国自動車国道網計画 ・ドイツのアウトバーンに刺激、 ・軍事的、産業的に重要な地点を結ぶ、 ・新たな費用負担の考え方と建設の効率化のための組織をあわせて提案
② 1947年 国土開発縦貫自動車道構想・・・主な目的は以下の3点 ・国土の未利用地の開発 ・未利用資源の開発 ・沿線の開発

出典：参考文献 31

この2つの概念をもとに多くの議論が行われ、その結果として、我が国最初の高速道路網計画としてまとめられたのが、1957年に国土開発縦貫自動車道建設法として決定された高速道路網である。この高速道路網計画の後、個別路線についての計画が相次いでなされ、これらをまとめるとともに、今後必要と考えられる路線を加えて、総延長7,600 kmの本格的な高速道路網計画が1966年国土開発幹線自動車道建設法として作成された。(表7)²⁸⁾

表 7 我が国の高度経済成長時期の高速道路網計画²⁸⁾

法律名	内容
① 1957年 国土開発縦貫自動車道建設法 これ以降の高速道路計画 1960年 東海道幹線自動車道建設法 1963年 関越自動車道建設法 1964年 東海北陸自動車道建設法 1965年 九州横断自動車道建設法 1965年 中国横断自動車道建設法	技術的問題の検討 長大トンネル 制度の検討、道路運送法、道路法
② 1966年 7,600 kmの国土開発幹線自動車道建設法	主な目的は産業の生産性向上と国民の生活領域の拡大への対応 道路網の形態は国土を縦貫する路線を基本 人口10万人以上の都市から2時間以内にICを設置

出典：参考文献 31

b. 全国自動車国道網計画

太平洋ベルト地帯で同時に施工が推進されていた東海道新幹線の競合路線としての名神・東名高速道路計画との切磋琢磨を以下に既述する。「(社)日本道路協会 日本道路史」

30)によると、行政計画編の全国自動車網計画に以下のような記述が見受けられる。

1943年に公表された「自動車国道説明書」の概説において、「近代道路交通は、自動車交通を基調とし、運営に当たっても、鉄道との調整を図り、陸上交通の総合的機能を発揮すべきである。」とある。さらに、「自動車国道は、自動車専用道路であり、その構造によって、自動車の性能を極度に発揮させ、従来の自動車輸送距離を是正し、また、国府県との連絡により、鉄道との運輸調整を円滑にして、自動車政策の遂行を助長できる。」と自動車国道の意義と背景を述べた後、自動車国道の特徴と必要性について以下のように説明している。

1) 道路は、自動車保有台数の増加に対応して、同率もしくはそれ以上の程度で整備されるべきであり、自動車国道網の建設は、最も的確に目的にかなうものである。

2) 鉄道輸送が逼迫している現状を考えれば、陸上輸送の増強を鉄道のみで行うことは期待できず、自動車による道路輸送の整備が必要である。このためには、既存国府県道の改良、建設では不十分で、自動車専用の国道を建設し、鉄道輸送を梗塞しつつある中距離の貨物及び旅客輸送を移し、高速輸送を可能にするのが得策である。

3) 自動車国道により、広範な沿道の土地利用条件が著しく改良され、特に工業立地上、原材料、燃料、製品等の輸送距離、時間の短縮は、その地方の工業的開発に飛躍的良好条件を与え、工業の分散を助長するとともに各地域の有機的結合を強め、同時に都市人口の地方分散を容易にさせる効果は大なるものがある。

4) 鉄道との比較

a) 鉄道と新幹線との比較 広軌鉄道は、専用の機関車、客貨車等を特別に建設する必要があるばかりでなく、在来の狭軌鉄道への乗り込みが不可能で、積降しに手数がかかるが、自動車国道にはこのような短所がない。

b) 広軌鉄道は、相当な長距離区間が完成して初めて効用を発揮するが、自動車国道は150km ないし 200km 程度の完成によって、その地方の自動車交通の面目を一新し、鉄道輸送を緩和できる。特に鉄道貨物の半数以上が 200km 未満の中距離、近距離輸送物資である現状においてはなおさらであろう。

c) 広軌鉄道は、その性質上、停車場を少なくすべきものなるがゆえに、沿線開発に効果が少ないが、自動車国道は沿道の必要地点で在来道路へ連絡できるため、広範囲に産業立地条件を改良し、したがって工業分散の国策をあわせて遂行しうる。

① 鉄道が、爆撃、水害等により橋梁その他主要部分を破壊されると相当長期にわたり物資輸送力を喪失するのに対し、自動車国道は、破壊地点において、一般道路により迂回しうるため、物資輸送力に及ぼす影響は僅少である。

② 自動車国道建設によって、特定に急を要するもの等特定物資及び特定人の長距離、高速度輸送を任意の時刻になしうる。

③ 鉄道と自動車国道とを平行させても相侵すことなくまた不経済でないこと。鉄道輸送の目的は旅客貨物の大量長距離輸送にあり、自動車国道の使命は中距離高速度輸送にあ

る。また、輸送貨物の種類においても、経済上、各々その適性輸送物資があり、両者は、元来その使命を異にしている。したがって、両者の輸送配分の合理化によって相互に完全な交通輸送機能を発揮しうる。

この説明にもみられるように、当時の道路政策は、自動車保有量の増加と増加に対応する道路整備、軍事輸送の要請による輸送体系の確立を基調として、自動車特に貨物自動車の飛躍的増大を図ること、自動車、鉄道間に適正な輸送配分を行い、陸上輸送力の強化を図ること、自動車事業について、鉄道並びに道路との総合的運用を図ること等にあった。

c. 自動車国道設計方針

自動車国道の設計方針としては、①人馬及び低速車の交通を許さないこと、②鉄道軌道及び他の道路との交差をすべて立体交差とし、国府県道との連絡は重要路線においてのみ行い、連絡点との間隔は 10 ないし 20 km とすること、③路線の選定に、天災その他において、鉄道及び現在道路と同時に災害を受けるおそれのある地点をできるだけ避けること、④橋梁及び重要構造物に対しては、特に防空その他を考慮して位置を選定し、構造を簡易にし、種類を統一することとしている。

d. 自動車国道網並びに計画大要

自動車国道網計画のうち、最優先区間として東京～神戸間が最初に取り上げられた。この区間の調査を更に進める必要から、1943 年より「国道建設調査費」によって具体的な調査がはじめられたが、その中でも最も調査が進み、実施計画を作成するまでに至ったのは、中距離物資輸送のために緊急区間として調査の進められた名古屋～神戸間である。

調査は、1943～1944 年の 2 年間にわたって進められ、名古屋～神戸間の全路線について 1/10,000 の地形測量調査、重要構造物については 1/500 の測量、路線の選定、踏査等が行われた。その結果、路線は、天災ないし爆撃などにより、鉄道及び道路が同時に被害を蒙る地点を極力避け、木曾川に沿った山間部を通る、いわゆる木曾川ルートと称される路線（現在の近畿道名古屋大阪線に近い）が選定され、総延長は 201km、概算建設費 2 億円と積算された。この調査結果をもとに内務省土木局より建設のための予算要求もなされたが、結局、戦局の逼迫もあって認められなかった。この後、自動車国道の計画は、戦況の悪化のために中断し、戦後 1951 年の調査の再開を待つことになる。

なお、当時の計画は、現在の国道のような有料道路としてはとらえておらず、あくまでも無料公開の原則に基づく道路として建設が予定されていた。

e. 東京～神戸間高速自動車道調査

高速道路の歴史は、戦前の 1940 年、旧内務省土木局において行われた重要道路整備調査がその始まりである。戦後、調査が再開されたのは記述の通り、1951 年である。当時の我が国は、おりしもサンフランシスコ平和条約を締結し、平和国家への第一歩を踏み出した

時であり、また、経済の復興の面でも、朝鮮戦争による特需景気によって経済が刺激され、鋳工業生産においては、ほぼ戦前の水準に達するなど、戦後の荒廃から立ち直り、1955年以降の高度成長、経済の拡大への足掛かりを得た時期でもあった。こうした時代背景のもとで、経済の復興に伴う輸送需要の増大に対処し、産業の開発、経済の振興に役立てるために、外貨を導入して自動車専用道路を建設しようとする気運が盛り上がり、東京神戸間有料道路調査として、高速道路の調査が再開された。当時の建設省当局及び有識者の間には、① 産業の復興が著しく、電力、鉄鋼、石炭、セメント等の主要資源の生産において戦前の水準を突破し、産業の伸長に伴う輸送需要が増大していること。② 輸送需要の増加にもかかわらず、鉄道輸送が伸びず反面道路輸送は年 2 割の増加を示し、鉄道の供給能力が限界に達していること、③ 自動車保有台数が戦前の倍以上に達していること、④ 特に東京～神戸間は、全人口の 33%、全国工業生産額の 50%以上、全国自動車の 51%を有し、輸送量の増加が著しいと予想されるが、これに対し、現道の改良、東海道本線の拡張、弾丸列車の新設をもってしても、輸送需要を満たせないこと、などの認識があり、更に当時の道路行政が、現道の維持監理に追われていたため、外資導入による高速道路建設の必要性が強く意識された。

(1) 経済調査

採算性を調査するために実施された経済調査は、1951年から1952年にかけて行われ、輸送の実情の把握のもとに、既存の道路及び鉄道から高速道路への転換輸送量の推定に重点を置き、また交通量の推定においては、人口統計(demographics)による人口の推移と産業の生産力の推定を主な要素として、転換交通量及び交通量の伸びから高速道路の将来交通量を予測し、採算性の検討をしている。

主な調査項目は、本道路の勢力圏の推定、勢力圏内の輸送機関の現況調査、主要道路の現況調査、勢力圏内相互間輸送実績の調査、転換交通量の推定、将来における物資輸送量の変化の推定、本道路の経済価値と経済的影響について、となっている。

さらに詳しく見れば、以下の通りである。³²⁾

1) 新設高速道路による輸送量推定のための調査

i) 鉄道から高速道路に転換される物資の品目別、輸送距離別の分野を判定するための調査

① 鉄道運賃率の調査

② 自動車運送費の調査

ii) 鉄道による発送到着別、品目別輸送量調査

iii) 鉄道から高速道路に転換される貨物量の推定

iv) 現在の道路から高速道路に移る貨物交通量推定のための調査

① 各種自動車について普通道路と高速道路との運転費の比較

② 主要道路について出発地、到着地別交通量調査

2) 高速道路による旅客輸送量推定のための調査

- i) 鉄道から高速道路に転換されるべき旅客数推定のための調査
- ii) 現在道路から高速道路に転換されるべき旅客数推定のための調査
- 3) 高速道路に予想される自動車交通量及びその将来の増加推定
- 4) 費用支出及び収入の比較方法

このような膨大な資料、アンケート調査、面接等の方法により、転換交通量の推定をしている。

この調査は、戦後初めての本格的な経済調査であり、結果は1952年6月に建設省道路局より「東京神戸間自動車道路建設計画経済調査報告書」として報告され、その後のさまざまな経済調査の基礎となっている。

この調査によれば、東京～神戸間の日平均推定交通量は、最低の区間で4,700台、最高15,000台、全線平均7,000台となっており、約20年で償還可能と推定された。

本道路の内部条件として、鉄道との関連では、専用道路と鉄道との所要時間の比較、輸送原価として、鉄道の貨物運賃、道路及び鉄道の旅客運賃を考慮している。

建設省道路局が1954年6月にまとめた「東京神戸間高速有料道路建設計画書」の概説によると、「東京～神戸間の有料道路は、鉄道輸送を圧迫するものではなく、短距離は自動車へ、長距離は鉄道へと、経済原則にのっとりた陸上輸送機関間の合理化を実現するものとしており、鉄道と道路の合理的な輸送分担の考え方が存在している。」とある。

(2) ワトキンス報告書の鉄道関連の言及事項³³⁾

1956年4月から8月まで、足掛け5か月日本に滞在し、綿密な調査を行った成果である同報告書の「輸送需要および効果」で鉄道に言及した項目を引用する。

- ・神戸・名古屋地域には、もっと大きい鉄道輸送能力が必要である。
- ・鉄道は、道路輸送に当然転換すべき貨物および海上輸送に当然転換すべき貨物を、現在輸送している。
- ・大都市内に工場、鉄道操車場、倉庫およびドックを含む工業地域への出入りのための、特別なトラック用路線が必要である。
- ・鉄道輸送から道路輸送への転換により得られる輸送費の節減は、1ないし20%に及ぶが、平均すればわずかに約10%に過ぎない。

さらに、同報告書の「資本の供給と競合需要」で鉄道に言及した項目を引用する。

- ・公共事業のうちには、支出の増加が望ましいものもある。このことは、道路だけでなく、国鉄や、港湾や、開拓や開墾に対する支出についてもあてはまるであろう。

f. 東京～神戸間の高速自動車道路について³⁴⁾

(1) 東京・神戸間の情勢

1950年代の東京から神戸に至る沿道、1都、2府、8県につき、人口、工業生産額、工場数および自動車保有台数等を全国の数量と比べてみると、次表のとおりとなる。

表 8 東京・神戸間,1都2府8県の人口,工業生産額,工場数及び自動車保有台数

	1都、2府、8県(A)	全国(B)	A/B (%)
人口(1950年)	32,250千人	89,276千人	36.1
工業生産額(1953年)	3,517,389千円	5,708,607千円	61.6
工場数(1952年)	88,797	172,613	51.4
自動車台数(1954年)	795,751台	1,328,218台	57.7

出典：参考文献 34

この表によると、東京から神戸に至る沿道、1都、2府、8県は、その経済力が、全国の殆ど50%以上を占めており、しかもその中心は、京浜、中京、京阪神の3台地域と、それらの間にある沼津、吉原、清水、静岡、浜松、豊橋、岡崎、一宮、岐阜、大垣、大津等を中心とする経済地域からなっている。これらの地域は全国で上位の大部分を占める大きな生産地域であるとともに、人口の集中する大きな消費地域でもあり、これらの地域を相互に結ぶ直通輸送の要求度は、他の地域とは比較にならないほど高いものである。さらに、東京・神戸間は都市区域が殆ど連続しており、地方の短距離輸送および沿道サービスの要求の程度も他の地域に比べて飛躍的に大きい。

(2) 貨物輸送の1950年代の現況と将来の輸送需要

1950年代の東京～大阪間の貨物輸送量について、鉄道輸送量と自動車輸送量の実態を述べる。

a) 鉄道輸送量 1952年度に国鉄経理局が発行した鉄道統計年鑑から東海道本線、関西線の駅別の車扱い年間通貨貨物トン数を次に示す。いずれも上り下り合計である。

東京～横浜 平均 14,600,000 t、
 横浜～名古屋 平均 12,500,000 t、
 名古屋～大阪 平均 16,500,000 t

b) 道路輸送量 建設省が実施した経済調査の結果によると、以下の項目の数字が求められている。即ち、東海道線にほぼ平行し、国府県道を利用し、貸切トラックにより、20 km以上運搬された出発地、目的地別年間輸送量(1950年度)。小口積み合せトラックにより、20 km以上運搬された出発地、目的地別年間輸送量(1950年度)。これらにより、1952年度におけるトラックによる東京・神戸間の国府県道上を輸送された貨物量を推定し、各地点の通貨トン数として表すと、

東京～横浜間 約 6,000,000 t
 横浜～小田原間 約 2,000,000 t
 小田原～名古屋間 約 1,500,000 t
 名古屋～京都間 約 8,000,000 t
 京都～大阪間 約 6,000,000 t

である。

c) 将来の輸送需要の伸び 鉄道による貨物の全国年間輸送量および自動車による全国年間輸送量を推定するために、年々の増加率を1952年以後、等比級数的に5%と仮定している。この5%という数字は過去の輸送量の増加の傾向、人口の増加率、自動車保有量の変化等を参考にして仮定したものである。1952年度の総貨物輸送量(通貨トン数)から1965年度の輸送需要を想定すると、年間で、

東京～横浜間 約 36,500,000 t

静岡～名古屋間 約 27,000,000 t

名古屋～大阪間 約 46,000,000 t

と見積もられている。

(3) 1955年当時の輸送施設の容量

a) 鉄道の輸送能力 鉄道輸送は、操車、列車編成、線路有効長、線路容量その他によって、その能力に限度があるが、ここで、線路容量のみについて、その容量をみると、複線で自動閉塞信号を有する場合、列車回数は、概ね1日片道100～200回である。これに、客車と貨車の比率を53:47、貨車利用率を50%として、年間輸送容量は10,000,000～13,000,000 tと推定される。

b) 道路の輸送能力 1955年当時の国道を十分改良舗装できるものと仮定しても、1955年当時の東京～横浜間の程度に改良されない限り、混合交通の二車線の道路では、往復600台/hで24時間を想定することは困難である。理論的に最大の輸送能力は1,000台/hとして、トラックと乗用車の比率を61:39、平均4tで盈車率0.613として、東京～横浜間、京都～神戸間 合計で13,000,000 t その他 4,000,000～10,000,000 tと推定される。

2-3 新幹線と世界銀行の融資

2-3-1 世銀融資の背景

国鉄が制度的に認められている借入財源としては、財政融資と鉄道債券による民間資金借入がある。このほかに政府の出資という方法もあるが、この方は行われなかったから、もっぱらこれらの二つの借入金に期待することになった。しかし、政府や民間の資金にも限度があるので外国の資金も話題になった。¹⁰⁾

外資の方法としては、国際復興開発銀行(IBRD)(以下「世界銀行」または「世銀」と略記)からの借入と外債の発行の二つが考えられた。しかし、1958年当時、欧米で鉄道は斜陽産業と見做され、米国内の鉄道会社自体が社債の発行に困難を感じていた。まして日本の国鉄が債権を発行することは不可能と判断された。残る道は世界銀行であった。世界銀行からの借款は1953年に電力関係、ついで鉄鋼、造船、愛知用水公団などの実績があった。しかし、1957年まではいずれも資材の輸入を条件とした借入であった。ところが幸いにも1958年になると、そのような条件のない借入の例が電力関係で行われるようになった。国

鉄が新幹線を建設するとしても特に資材を外国から輸入する必要はなく、1957年以前の条件ならば世界銀行からの借入もまず望み薄であった。1958年、まさに新幹線計画発足のときに、このような条件のない借入の道が開かれた。

2-3-2 世銀借款交渉

これに希望を託して、世銀との接触は早くも1958年秋から始められた。当初、世銀側の意向として「産業開発を主としたものに限る。また、技術的に既に証明済みのものでなければならない。」という二つの方針が示された。世銀側は世界一速い鉄道を建設するのはこのいずれにも合致しないと考えていたようである。これに対して、まず第一の事業の性格については、「新幹線は旅客輸送だけではなく、貨物輸送も行う。旅客輸送の相当部分も経済活動のためである。また新幹線開通により、現在の東海道線の貨物輸送力は増大する。」という説明がなされた。第二の技術問題については「欧米の鉄道も高速化に努力し、すでにフランスでは331km/hの記録を立てている。技術的に250km/h運転の鉄道は既に証明済みである。」と回答した。

国鉄と世銀との見解にはかなりの開きがあった。ワシントンにある世銀の目から見れば、「既に米国鉄道の旅客輸送は通勤以外は衰退し、1965年には旅客列車は消滅するという予想さえあった。後進国で大量に貨物を運ぶ鉄道ならお金を貸した事例もあるが、日本のような工業国で、いまさら旅客輸送の鉄道を建設するのは理解できない。既に自動車と航空機の時代である。高速道路にはお金を貸しても鉄道には貸すべきではない。」と判断したのも無理からぬことであった。

1959年になって、引き続き政府関係者の努力が続けられ、国鉄自体の交渉も何回か行われた。

1958年当時、島秀雄氏等の国鉄の新幹線建設の当事者が最も心配していたのは、新幹線建設資金の安定確保の点であった。当時、国鉄にとって、1000億円を超す大事業の資金調達は難しく、自己資金のほかに外貨を導入すべきとの意見が強まった。新幹線の経営を考えると可能な限り低利の資金を調達する必要に迫られたが、高度経済成長期に入りかけた国内資金は一般的に高金利であった。⁷⁾ 完成には数年かかる長期プロジェクトであり、政府の予算制度が単年度主義であることから不安定性は大きかった。

そこで思いついたのが5.75%という当時としては低利の世界銀行からの借款であった。世銀から日本の戦後復興のために借り入れる割当額の約半分はまだ残っていた。そのうちの一部を新幹線建設に回してもらうように要請することであった。

十河総裁が信念的に東海道本線の輸送力増強を目指して広軌別線でやりたいと各方面に要請していた1959年頃、当時大蔵大臣だった佐藤栄作氏から、「5年間で500km以上の幹線をつくることは一内閣の時代には到底出来ないから、計画が政変に影響されない様に方策を考える必要がある。そのためには世銀の借款を導入して政府保証契約をつけるのが良い方法だと思うが、これには国鉄が世銀を納得させる必要がある。世銀が納得すれば、政

府は優先順位を一番にしてあげよう。」という示唆があった。⁵⁾

善は急げということで、佐藤蔵相は、渡米の機会に世銀の当局者とかけ合われた。借入ようとする金額は問題ではなく、政府がこうした形で新幹線計画について世銀にコミットするところに意義があった。

世銀は日本政府の要請を一応了承し、世銀の最終的な態度は、その融資が世銀のポリシーに合致するかどうか審査した結果決めるということになった。

国鉄当局は、種々議論を重ね、世銀に多くの資料を送付した。しかし、世銀が来日する前に、情報として新幹線が世界にも類例を見ない画期的な鉄道であるとするれば、それは戦後の窮迫からの復興を助けることを目的とした世銀融資のポリシーに合わないとか、貨物輸送ならまだしも高速旅客輸送の建設に融資するのはおかしい、などといった話が国鉄当局の耳に入ってきた。島氏等の基本的な考え方は、在来線の貨物を含む輸送力を最も合理的に強化する方法として、新線を旅客中心にしていこうということだった。しかし、これには当時の国鉄内部にも十分理解せず、新線にも貨物輸送すべきだと単純に発言するものもあり、まして世論の合意を得るには時間も足りない状態だった。

したがって、世銀に対しても一応本心を隠し、新線にも貨物輸送をしないわけではないとの態度で島氏等は臨んでいる。

1959年10月16日、世銀のマーチン・M・ローゼン副総裁/極東部長が公式来日したときに十河総裁から世銀に対し、1億ドルの借款の申し入れがなされた。これから先、世銀の納得を得るのは国鉄の責任となった。続いて、国鉄は、同年12月に代表団をアメリカの世界銀行本部に送り、新幹線計画が十分にペイするプロジェクトであることを強調した。

当時、世銀の一般的な方針として、地熱発電のような試験的なものや、新技術のものは融資対象にしないということになっていたのも、日本では弾丸列車などとマスコミの対象となっていたものを説明するのに国鉄の島秀雄氏は「新幹線には何ら新技術は使われていない。すべてプルーフド・テクニクである」と説明された。

世銀融資は、主に発展途上国の経済発展に向けられており、日本のような先進工業国に融資されることはなかった。国鉄内部でも危惧する向きが多かったが、おりしも、名神高速道路の建設に世銀からの融資の取り付けが実現したことで、この借款導入への積極的な姿勢は強まっていった。それに、政府や国鉄内部に残る広軌別線不要論に対して国際的な後ろ盾を得たいという政治的な配慮もあった。⁷⁾世界銀行は、その本名の「復興開発銀行」が示すように、発展途上国や戦後疲弊した国の復興開発のための機関であるので、当時すでに高度経済成長の緒につこうとして同機関の融資援助を受ける段階を脱しつつありと見られている中で、急行旅客線建設のために融資を求めるのはその主旨にもとるものであり、徒に失笑を招いて恥をさらすものであるとし、「世銀に求めるべきものがあるとするれば、むしろ重貨物鉄道線の建設こそあるべきである」といった議論が新幹線反対の気分を含めて日本人の中に再び巻き返してチラホラして来る始末となった。

そこで、貨物鉄道を第一に考える米国系の人には、この計画では貨物輸送の隘路となっ

ている高速旅客列車を別線（新幹線）に写し、在来線を存分に活用して貨物輸送力の増強を行うことを説明された。その結果、1960年5月にバン・ヘルデン氏を長とする世銀の正式の調査団が来日することになった。当時は既に新丹那トンネルその他の工事が進んでおり、又鉄道技術研究所の研究成果も上がっていた。東海道線が文明国として世界一人口密度の高い地域を走っており、いかに輸送の需給がアンバランスであるか、高速道路（既に1960年3月に尼崎～栗東間の4,000万ドルの借款が成立していた）ができて依然として鉄道の必要なことが世銀にも認識された。また200km/h運転の常用も技術的に可能なことが理解されたようである。¹⁰⁾ 同調査団は国鉄鉄道技術研究所を中心に各地の東海道新幹線建設現場の実況等も視察し、秋には世銀の融資予定が内定した。そして、日本国政府の承認も得られて、1961年5月、十河総裁が渡米し、ワシントンで十河総裁とブラック世銀総裁との間に金額は総額8,000万ドル（288億円、1米ドル360円）、年利率5.75%、3年半据え置き、20年償還の借款契約が、日本政府代表の朝海大使と世銀代表アイリフ副総裁との間には政府保証契約が調印されて、1年半前の佐藤蔵相の示唆が実現した。この借款は財政融資よりも長期低利で、それだけ開通後の経営の負担が小さい。金額については、工事費の約40%の2億ドルが国鉄の希望であった。しかし、一事業計画としてそれだけ巨額の先例がなかった。東京～大阪間をいくつか分割し、それぞれの事業計画について借入契約するという案もあったが、それも技術的に困難であり、結局8,000万ドルに落ち着いた。これは工事費総額の約17%であった。なお、条件として、車両と鋼橋は国際入札とすることになったが、必ず輸入しなければならないというのではなく、世界中で最も安いものを使うという条件であったから、国鉄として支障はなかった。借款額は当初の目標の半分以上ではあったけれども、工事費の17%が確保されたことは資金面に明るい見通しを与えた。¹⁰⁾ ところで、世銀との交渉過程において、借款を認めるためには当時の「鉄道先進国」にあまりにも強い刺激となる250km/hの最高速度は望ましくないとのことで、計画は200km/hを用いることに修正された。新幹線は200km/hとのイメージはそこから始まった。

世銀借入金の借入れについては、貸付契約付属覚書により、東海道新幹線工事決算額に対して一定率を乗じた金額を世銀貸付金勘定から引き出せることになっており、1961年度30%、1962年度45%、1963年度25%の割合で1964年3月までに全額を借り入れた。

この世銀借入金の借入条件は年利5.75%、償還方法は1964年11月15日を第1回とし、1981年5月15日を最終回とする半年年賦元利均等（每期元利370万ドル）払であった。また、前記付属覚書書の通貨規定により、借入通貨は米ドル・英ポンドまたは日本が自由に米ドルまたは英ポンドと交換できる通貨であり、借入れた通貨をもって償還および利払いすることが規定されている。国鉄が実際に借り入れた通貨は米ドルのほかドイツマルク（2658万3000マルク）およびカナダドル（290万4000ドル）であったが、ドイツマルクおよびカナダドルについては1970年5月期までで償還を完了した。

なお、次表に世銀と国鉄との借款交渉の経緯を示す。

表9 世銀借款交渉の経緯

西 暦	日本側	世銀側	記 事
1953～1957年	電力、鉄鋼、造船、愛知用水公団		いずれも資材輸入を条件とした借入
1958年秋	鈴木英明（国鉄から外務省ニューヨーク日本総領事館出向）が世銀借款のために奔走		国鉄は世銀と初めて接触
1959年7月	国鉄の山田明吉経理局長と中西幸雄調査役が訪米 ³²⁾	マーチン・M・ローゼン極東部長、ケラージュ日本課長	借款の予備交渉を開始
1959年9月	佐藤栄作 大蔵大臣 訪米	ユージン・ブラック総裁 ³²⁾	引き続き政府関係者の努力
1959年10月	十河信二国鉄総裁が1億ドル借款の申入れ	マーチン・M・ローゼン副総裁/極東部長が公式来日	
1959年12月	世銀借款に関する最初の使節団が渡米		施設関係者では金谷明 調査役が参加
1960年1月	島秀雄、兼松學らが訪米し、東海道新幹線計画の詳細を世銀に説明。 ²⁸⁾		世銀の鉄道スタッフに対し、島が新幹線を「証明済の技術(proved technique)」と理路整然と技術的に説得。 ²⁸⁾
1960年3月			高速道路（尼崎～栗東間 72km）の4,000万ドルの借款が成立
1960年5月	十河総裁、島技師長、大石常務理事、兼松常務理事ほか ³¹⁾	バン・ヘンデル氏を団長、ギユンター・リュベック氏を副団長とする世銀の正式調査団が来日	国鉄技術研究所、東海道新幹線建設現場視察（調査団は約1か月間日本に滞在）
1960年9月	水田大蔵大臣が訪米し、世銀本部で借款の必要性を力説。 ³²⁾	ウィリアム・アイリフ、パーク・ナップ両副総裁、ローゼン極東部長 ³²⁾	東海道新幹線建設計画について、1961年1月から最終交渉に入るという回答を得る。 ³²⁾
1961年1月2日～2月3日	世銀当局と渡米国鉄代表団との間で交渉、最終契約の創案確定	マーチン・M・ローゼン極東部長	この交渉には兼松常務理事、宮沢吉弘工事局長らが参加
1961年5月2日	十河国鉄総裁、兼松常務理事、蔵田秘書が渡米 朝海浩一郎駐米大使 ³²⁾	ブラック世銀総裁と借款契約調印、アイリフ世銀副総裁と政府保証契約調印、鈴木源吾世銀日本担当理事が調印に立ち会い。 ³²⁾	借款契約額は8,000万ドル（*） （年利率5.75%、償還期間は20年、うち据置3.5年）
1970年5月			東海道新幹線の世銀からの借入通貨

		ドイツマルク、カナダドルの償還を完了
1981年5月	国鉄分の世銀借款を完済（当初1ドル360円で、8,000万ドルは288億円であったが、完済したときは、円高で元金の返済総額は233億円となり、55億円得をした計算になる。	
1990年7月	1953年～1966年にかけて世銀から総額8億6,300万ドル（31件）の借款完済	

出典：筆者作成 ＊＊＊＊＊＊＊＊＊国鉄からの申し込み金額は当初2億ドルだったが、世銀はあまりにも高すぎるとして1億ドルに削り、最終的に電電公社（現NTT）がらみの外債分（2,000万ドル）を含めて両社で1億ドルということになった。1口8,000万ドルという融資は、世銀史上3番目の大きさだった。³⁾

参考文献：26 日本国有鉄道、東海道新幹線工事誌、土木編 pp.447～450、東海道新幹線支社 1965年3月
 25 日本国有鉄道：日本国有鉄道百年史 第12巻、pp.684～685 財団法人 交通協力会、1963年12月
 27 近藤正高：新幹線と日本の半世紀、1億人の新幹線—文化の視点からその歴史を読む、交通新聞社、2010年12月

次に、借り入れた外貨は、1米ドル＝360円の基準レートで換算した288億円を債務額に計上しており、償還についても基準レートにより換算した額をもって計上し、いずれも実勢レートと基準レートとの差額は営業外収入または営業外経費をもって処理している。

なお、1971年度には円切り上げによる基準レートの変更に伴い、1971年度末債務残5385万8000ドル（193億8900万円）を1米ドル＝304円90銭（1972年3月31日実勢レート）で再評価し、29億6800万円の評価益を計上し、債務額の減額を実施できた。

世銀では、いまでもこう語り継がれている。「数ある世銀借款の中で、最も成功し、実り豊かで、かつ世銀にとって最も誇らしい融資が、日本の東海道新幹線である。」

借款の際に、①世銀が資金を出す、5分の4は日本政府が負担すること、②物価高騰による修正は、5分の1は世銀が持つが、5分の4は日本政府が責任を持つこと、③1964年10月の東京オリンピックまでに完成させること、などを約束させられた。特に東京オリンピックまでに完成させるという条件が、東海道新幹線建設の制約となった。

2-4 東海道新幹線の建設

2-4-1 東海道新幹線計画のあらまし

1958年4月、国鉄に「新幹線建設基準調査委員会」が設けられ、ここで新幹線計画の基本事項がまとめられた。まず、航空測量による路線調査、沿線地形、地質調査を経て、路線と位置が決定された。駅は在来線併設（岐阜羽島を除く）とし、その配線は図2が基本となる。（熱海は地形の関係上、待避線はない）駅部を含め全線立体交差であり、高架橋の延長は103km、長大橋梁の延長は21km、トンネル延長は70kmである。ターミナルは東京駅併設とし、大阪駅は将来の山陽方面への延伸を考慮して新大阪とされた。

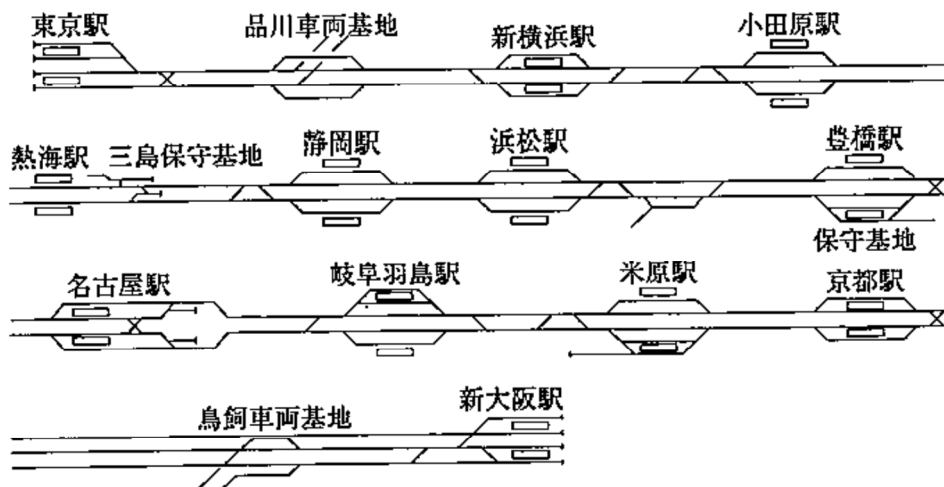


図2 東海道新幹線各駅の配線略図（1964年の開業当時）

運輸面の主要項目については、次のように決定された。

1975年時点の東海道線の輸送需要を経済見通しを勘案して推計、高速新幹線開業による需要誘発効果を上乘せした。更に開業が近づいている東名・名神両高速道路への転移分を差し引いて、東海道の総輸送需要を算定した。そのうえで、利用距離・所要時間を勘案して在来線と新幹線利用分に振り分けた。それによって、計画の基礎となる東海道新幹線の需要量が区間別に推定されている。ちなみに、1975年度の東海道線の総旅客量の推定値は文献8では319億人キロ、文献1では336億人キロとなっている。これは1956年度実績233億人キロの1.3～1.4倍となる。

表10 高速自動車道への転移率

	年度	旅客人キロ	貨物トンキロ
縦貫自動車道の場合	1962	680	112
	1965	2192	672
	1970	2792	856
	1975	3568	1096
東海道の場合	1962	680	112
	1965	3280	792
	1970	4184	1008
	1975	5360	1296

出典：参考文献3

注：名古屋～神戸間は1962年度に、東京～名古屋間は1965年度に完成と仮定

運行の最高時速を210kmとすることを念頭に。途中駅通過型の列車は東京～新大阪間を約3時間、各停型は約4時間運転を目標としてダイヤを設定し、当時隔のダイヤを組む。列車制御はATC（自動列車制御方式一車上信号方式）とする。そして、CTC（集中制御装

置)により、各駅の信号・ポイントは東京の中央指令所で遠方制御することを計画している。この ATC、CTC の設計には徹底したフェイルセーフ方式を取り入れ在来線にはない画期的な新システムであった。

動力の方式は、当時、運転を開始した電車特急で成功した電車による動力分散方式を採用することになった。新車両の諸元は、車長 25m、車幅 3.4m と、広軌を活かした大型のものを予定し、列車編成は 12 両編成とした。

電源方式は 25kV、60Hz の交流方式とし、全車両モーター付きの編成とした。

開業時の線名については、当初、「東海道高速線」とすることにされていたが、新幹線の名称が国内外に知れ渡っていたため、営業線名も「東海道新幹線」と呼称することになった。英文も SHINKANSEN に統一された。ただ、東海道線の線路増設（複々線化）として認可を受けた経験から、正式線名は、東海道本線（新幹線）となった。

複々線化であることから、運賃は当然のことながら、在来線と同じとなった。ただし、料金については、そのサービス度（高速性、車内設備等）を考慮して、在来線よりやや割高なものとし、ABC3 種の新幹線特急料金が設定された。「A」料金は東京～新大阪間所要約 3 時間運転の列車に、「B」料金は約 4 時間運転、「C」料金は約 5 時間運転の徹車に適用することになり、「A」料金が在来特急料金の 6 割増程度という設定になった。開業当初は一部徐行運転の都合上、東京～新大阪間最速列車が 4 時間運転、また各駅停車型は 5 時間運転となり、それぞれ「B」、「C」料金で開始することになった。1965 年からそれぞれ 3 時間 10 分、4 時間運転となり、「A」、「B」料金の適用となった。なお、当時は、自由席はなく、全席座席指定であった。

駅は、岐阜羽島を除き、在来線併設なので、在来駅にホームを増設することになった。当初はホームや社内には一切広告は設置せず、駅員詰所はホームの端部に配置し、見通しの良いすっきりとしたホームを実現させようとした。駅名の掲示は高速列車からも見やすいように、平仮名から漢字主体のものにするなど、きめ細かい対応を考えた。ホーム延長は 12 両対応とし、将来に備えて 4 両分の延伸の余地を残した。

2-4-2 東海道新幹線の着工

太平洋戦争の戦後の復興が一段落し、日本経済が安定する 1955 年頃になると、東海道新幹線の建設が再び真剣に検討され始めた。それは幹線の輸送需要が増加に転じ、特にその中核路線であった東海道の輸送需要が逼迫し始めたからである。1956 年には全線電化が完成、電車特急や高速貨物列車等が増発されていったが、当時の東海道線には全国鉄線の 4 分の 1 の客貨が集中し、列車本数も東京方では片道 200 本、中間の名古屋付近でも 100 本を超え、同じ線路を速度、種別の異なる様々な列車が走る混合交通のため、輸送力は急速に限界に達するに至った。1955 年頃になると、東海道線の輸送力不足は我が国の経済発展の隘路とさえ言われるに至り、東海道線の抜本的増強が国家的課題となってきた。この状況を打開するため、国鉄では「東海道線増強調査会」を 1956 年に発足させ、抜本的増強策

の検討に入った。

国鉄に設けられたこの調査会では、東海道線の抜本的増強策として以下の 3 案が検討された。

①狭軌複々線化案、②狭軌別線建設案、③広軌別線建設案

当初は、当時の財政事情から①案が有力であった。その理由は、資金事情を見ながら少しずつ工事に着手でき、完成区間からすぐ使えると考えられたからである。しかし、当時の十河信二国鉄総裁は、南満州鉄道理事の経験から、「近代的高速鉄道の実現は広軌別線によるほかなし」と強力に主張し、「国においても広軌案をもとに東海道線の増強策を検討されたい」旨、強く要請している。この背景には 1957 年 5 月に、東京銀座山葉ホールで開催された国鉄鉄道技術研究所の研究発表講演会があった。当時の研究所長と関係技術者が発表し、東京～大阪間に広軌新幹線を建設すれば、最速 250km/h 運転が可能であること、そのためには新しい線路、信号・保安システムも開発が可能とした。電車による高速運転が望ましく、それは現在の国鉄で実現すべきとの発表を行ったことが、この広軌別線案推進の大きな支えとなった。これ以降、東海道線輸送力増強方策は、我が国政府レベルでの国策としての検討を待つことになった。

国は、東海道線の輸送力増強問題が重要な国策にかかわるものと認識し、1957 年に運輸省に「日本国有鉄道幹線調査会」を設置し、国鉄の「東海道線増調査会」での検討経過をふまえて、具体的な増強策の検討に取り組んだ。国鉄内にも政府の調査会の事務局的役割を果たすべく幹線調査室が設けられ、主として技術面からこの調査会での検討を補佐した。そして、1958 年 7 月に、調査会の答申が発表された。

答申は、東海道線の抜本的輸送力増強が急を要すると指摘し、次の理由で広軌別線建設が適当と述べている。即ち、輸送力が大きく、速度向上が可能なこと。進歩した技術を導入し、近代的鉄道システム構築が可能なこと等、その理由を述べ、次のように規格基準を提案している。

①軌間 1,435 mm 広軌複線鉄道、②交流電化方式、③曲線半径 2500m 以上、④勾配 1000 分 10 以下、⑤工期 5 年程度、⑥総工費は 1948 億円 とする。

財源は、他の工事費の節減、財政投融资等を中心に賄い、運賃値上げに依存しないこと、さらに広軌新幹線の収支を明示すること、在来線と一体運営（営業キロも同じ）とし、近代的で高効率な鉄道として運営すること等を求めている。

この答申を受けて、政府はこの工事を東海道線の線路増設（複々線化）として認可することになり、いよいよ東海道新幹線は着工に向けてそのスタートを切ることになった。1964 年に予定されていた東京オリンピックに間に合わせるべく、5 年前の 1959 年 4 月、熱海市新丹那トンネル東口で起工式が行われた。

2-4-3 東海道新幹線工事の状況

1959 年 4 月以降、工期の長い長大トンネルと試運転用のモデル線となる鴨宮付近の工事

を手始めに、全線で逐次着工された。第 1 章で述べた弾丸列車計画の際の買収済用地や掘削が進んでいた日本坂・新丹那トンネルなどの遺産は、工期短縮に役立った。

しかし、経済の高度成長と東京オリンピックを控えた工事ブームの時期に当たったため、用地費、資材費の高騰の影響もあり、予定工事費を大きく上回る状態となった。結果的に総工費 3800 億円(表 11 参照)に達し、国会等で増額が大きい問題となり、度重なる予算改定と財源調達に忙殺されたが、世銀借款を含め殆ど借入金で賄うことになった。1962 年には延長 12 km の鴨宮モデル線が完成した。長大トンネルはすべて 1963 年までに完工した。用地買収は困難を極め、1 年で買収完了の予定が 1964 年まで要するところまで出る状態で、工事は遅れがちとなった。用地買収の遅れで、全線のレール締結が終了したのは 1964 年 7 月であった。このため、全線試運転の期間が短縮されてしまった。

表 11 東海道新幹線工事費膨張の経過

(1) 1,972 億円 ⇒ 2,926 億円

(単位：億円)

事 項 別	当初計画	増 加 額						改訂額
		地価等	設計協議	計画変更	賃金等	その他	計	
用 地 費	146	364					364	510
路盤および 軌道工事費	1,225		159	19	166		344	1,569
電気工事費	184		5	73	16		94	278
車 両 費	100							100
総 係 費	70					56	56	126
小 計	1,725	364	164	92	182	56		2,583
利子および 債務取扱諸表	247					96	96	343
計	1,972	364	164	92	182	152	954	2,926

(2) 2,926 億円 ⇒ 3,800 億円

(単位：億円)

事 項 別	原計画	増 加 額								改訂額
		用地	賃金の 値上り	設計 協議	設計 変更	工事保証 金および 工事負担	モデル線 試験の結 果の採用	その他	計	
用地費	510	88							88	598
路盤および 軌道工事費	1,569		117	271	191	31	11		621	2,190
電気工事費	278		19	5	34		41		99	377
車両費	100						30		30	130

総係費	126							5	5	131
小計	2,583	88	136	276	225	31	82	5	843	3,426
利子および 債務取扱諸表	343							31	31	374
計	2,926	88	136	276	225	31	82	36	874	3,800

出典：参考文献 9

2-4-4 開業時の東海道新幹線

東京・下関間弾丸列車計画設時から今日まで新幹線の主な基準の比較は次のとおりである。

表 12 新幹線の主本線における主な基準の比較

	東京・下関間 弾丸列車計画	東海道	山陽 東北・上越	北陸以降	記 事
*-1 設計最高速度	150 km/h (約 200 km/h)	210 km/h	260 km/h	260 km/h	()は将来
軌 間	1,435 mm	1,435 mm	1,435 mm	1,435 mm	
車 両 限 界	高さ:4,800 幅員:3,400	高さ:4,500 幅員:3,400	高さ:4,500 幅員:3,400	高さ:4,500 幅員:3,400	高さ:レール面上 基礎限界
建 築 限 界	高さ:5,150 幅員:4,400	高さ:7,700 幅員:4,400	高さ:7,700 幅員:4,400	高さ:7,700 幅員:4,400	高さ:レール面上 基礎限界
最小曲線半径	2,500m		4,000m		一般限界
最大 カント量	160	200	*-2 180/200	200	
最 急 勾 配	上り:10‰ 下り:12‰	15‰ 2.5km 以 内 18‰ 1.0km 以 内 20‰	15‰ 10.0km の平 均勾配 12‰	15‰ (35‰)	()は列車性能 により限定
縦 曲 線 半 径	5,000m以上	10,000m以上	15,000m以上		
軌道中心間隔	4.2m		4.3m	4.2m/4.3m	主本線間
基本軌道構造	バラスト		バラスト スラブ	スラブ	
レール種別	60	50T	60		
電気方式	直流 3,000V	交流 25,000V			

出典：参考文献 35 *-1 設計最高速度は、営業最高速度と必ずしも一致しない。

*-2 東北新幹線盛岡～八戸間は最大 200 mmとしている。

東京オリンピック開幕直前の 1964 年 10 月 1 日に東海道新幹線は開業した。当初は「ひかり」「こだま」それぞれ 1 時間ごと、1 日 60 本運転（東京～新大阪最速 4 時間）での営業開始であった。内訳は「ひかり」28 本、「こだま」32 本であった。東京～新大阪間の表定速度は、128.9km/h となった。また、最高速度 210km/h は当時の世界最高速列車であった。新幹線と並行する在来東海道線は、東京～大阪間の昼行特急は全廃、急行列車は減便、普通列車は東京、沼津、静岡、浜松、米原等を始終着とする短区間列車に立て替え増発し、それぞれの区間ごとに乗客が利用しやすい等時隔の新幹線接続ダイヤを構成していった。また、新大阪からの山陽方面への連絡ダイヤ整備のため、向日町（京都府）に客車操車場

を新設、新幹線を受けて新大阪以西の山陽方面特急・急行ネットダイヤを構成した。この結果、東京～熊本間が1日で到着できる等、乗客の行動範囲を大幅に広げることができた。このような幹線と在来線を接続するダイヤの原型が新幹線開通時に形成され、以後の国鉄の列車ダイヤを、高速特急列車と都市圏鉄道を中心に再編成していく契機となった。

下図は、東海道新幹線を含む日本の新幹線の工事費と工期であるが、工事費は、完成当時の工事費ベースである。比較上は、デフレーターで補正する必要がある。

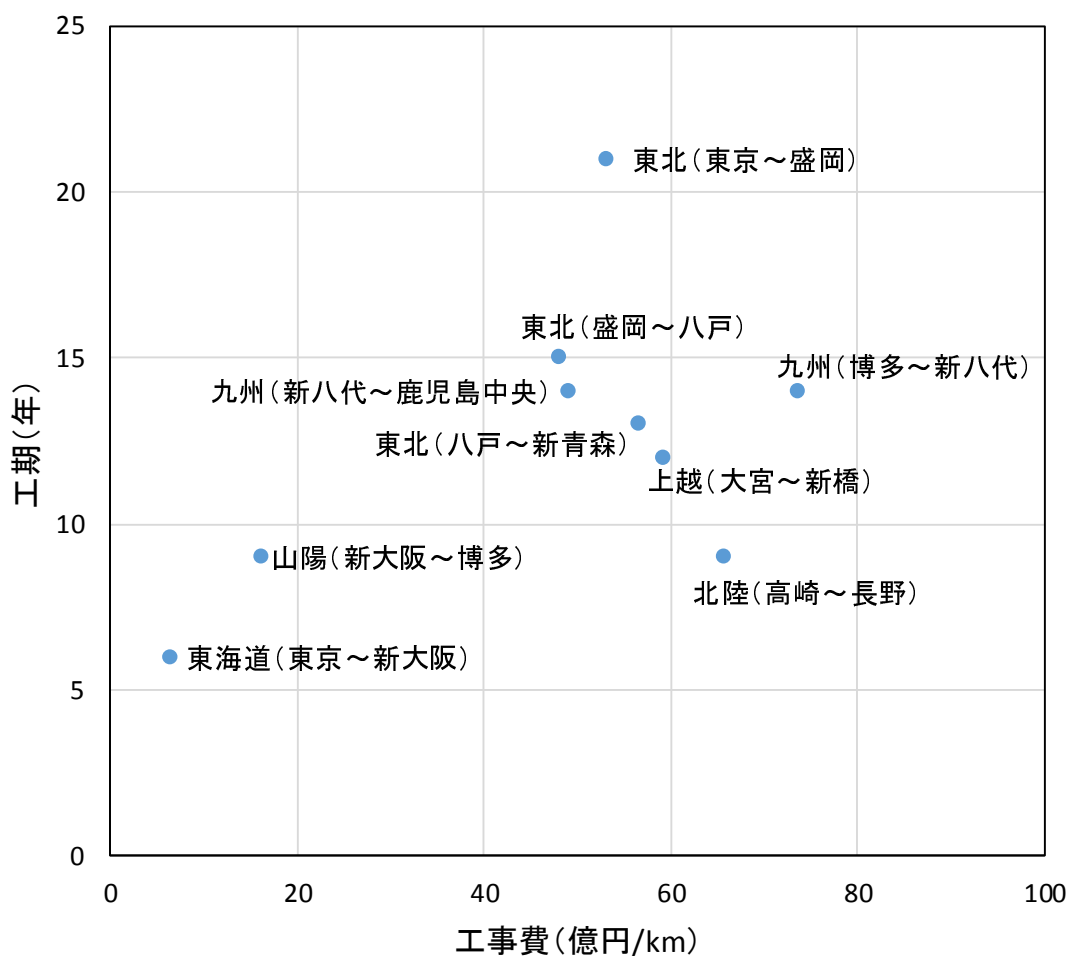


図3 日本の新幹線の1km当たりの工事費と工期 (筆者作成)

2-4-5 東海道新幹線と貨物輸送の構想

旧国鉄時代、東海道新幹線の東京～大阪間を結ぶ幻の「貨物新幹線」構想があった。高速貨物輸送を目的にした貨物新幹線は、第二次世界大戦前の弾丸列車計画と、戦後の東海道新幹線計画においてそれぞれ計画されていたが、いずれも実現せず幻のままに終わっている。

大阪府摂津市には専用の高架橋が造られ、事業が資金難などで中止された後も当時の名残をとどめてきたが、JR東海は老朽化が進んだとして全てを撤去した。

高架橋が残るのは、鳥飼車両基地（摂津、茨木市）近く。鳥飼に計画された貨物専用の駅まで車両を誘導する目的で、新幹線開業（1964年）の前年、本線の上に一部が完成した。

旧国鉄の資料などによると、貨物新幹線は1編成30両で、深夜に東京と大阪を5時間半で結び、150個の5トンコンテナを一度に運ぶ構想。鳥飼のほか東京、静岡、名古屋の計4か所で駅の用地買収を終え、専用車両の設計も進んでいた。



写真1 撤去工事が始まる前の貨物新幹線の高架橋（2003年5月）＝大阪府摂津市

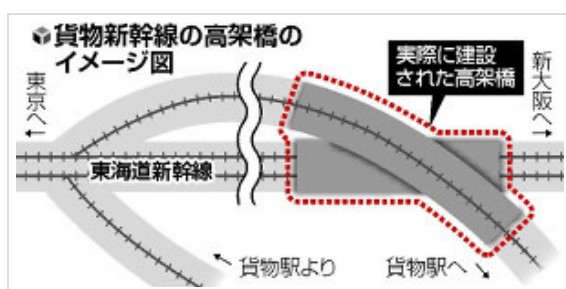


図3 貨物新幹線の高架橋のイメージ

旅客と貨物の混合運転を行うと、旅客列車は350～250km/hの高速運転であるのに対し、貨物列車は、160km/h程度の運行速度であることから、旅客列車に運行本数の制約を受けてしまうことになる。

(a) 大戦前の新幹線計画

この新線計画は、全線複線、軌間は1,435mmの標準軌間を採用し、最高運転速度150km/h（将来、旅客列車は東京～大阪間で200km/h）の旅客列車と貨物列車を運転する計画であった。いずれも機関車牽引方式とし、貨物列車は、小口貨物輸送を主体とした急行貨物列車と普通貨物列車の2種類で、列車荷重は急行列車が700t（13両）、普通列車が1,200t（40両）として計画された。運転時間は計画ダイヤ案によれば、急行貨物列車は、東京～大阪間を約5時間40分、大阪～下関間を約6時間で結ぶ、最高運転速度は150km/hであった。

電気運転は軍部の意見を考慮して最小限とし、主体は大出力蒸気機関車の牽引で計画された。

したがって、電化区間は大都市と長大トンネルがある東京～静岡間および名古屋～姫路間が計画され、電気方式は直流 3,000v であった。勾配は上り連続 10‰、下り連続 12‰、橋梁設計荷重は KS25 以上、停車場有効長は貨物列車 600m であった。

貨物列車関連の車両・設備の概要は次の通りである。

車両限界は、南満州鉄道の車両限界をもとにし、高さ 4800 mm、幅 3400 mm と大きなものであった。

1) 機関車

本線用機関車：貨物用電気機関車 HEF10 形式

(1C+1C、重量 190t 定格出力 5500kw)

貨物用蒸気機関車 HD60 形式

(2D2 テンダ機関車、重量 180t)

入換用機関車：HE10 形式 (1E1 タンク機関車)

HE11 形式 (1E1 タンク機関車)

2) 貨車

大陸鉄道への乗入れ運輸と高速運転を考慮して、当時のワキ 1 形式有蓋車をモデルにした 30 トン積ボギー有蓋車であった。

全長 13m、自重 22t、荷重 30t、容積 75 m³、最高運転速度 150km/h

3) 貨物駅

小口貨物扱い駅は、横浜、沼津、静岡、浜松、京都、神戸、姫路、岡山、広島 の 9 か所、貨物専用駅は、東京、名古屋、大阪、下関 の 4 か所。新鶴見など 7 か所の貨物操車場には在来線に接続する狭軌連絡線が計画された。

以上のように計画されたにもかかわらず、貨物新幹線計画の立ち消えとなった理由は以下のことが考えられた。

画期的な高速貨物輸送が実現しなかった理由には、

- ・資金事情の制約
- ・輸送保守間合い
- ・旅客需要の増大

などがあつたためといわれるが、建設資金の一部を世界銀行の借款でまかなうために申し込んだ際に、貨物輸送もすると説明したいきさつがあり、本当に貨物輸送をする意向があつたのか疑問が多い。

この時に検討されたコンテナ輸送方式は、在来線でフレートライナー列車として実現し、貨物予定地として買収した用地でそれぞれ東京貨物ターミナル駅、大阪貨物ターミナル駅が設置され、東海道線、山陽線のコンテナ輸送の拠点駅として生かされている。

今日でも物流業界において、新幹線を利用する「新幹線貨物輸送」の要望は強く、しかも、地球環境保全やエネルギー問題を考えたとき、新幹線に貨物列車を運転する機会を失ったことは大きな損出だったといえる。

しかし、このときに検討されたコンテナ電車は形を変えて 2003 年 3 月の時刻回生から東京貨物ターミナル～安治川口間で運転開始した「スーパーカーゴ」で実現している。

一般に貨物輸送では、速度よりも輸送コストが重視される傾向があり、ことに原材料ではそうであるが、工業製品や食料品では高速を必要とするものが多い。新幹線の開業当時、東海道地域ではトラック輸送が急激に伸びており、京浜地区と京阪神地区相互の貨物輸送では、鉄道とほぼ同量を運ぶに至っている。このようなトラックの普及は、その輸送時間が短いためにほかならない。

従来の鉄道輸送では、駅における積み卸しと途中のヤード（操車場）における貨車の組み替えのために時間が長くかかった。この点では、トラックは戸口から戸口へと運んでくれるから輸送に要する時間が短くて済む。運転速度だけからいえば、鉄道より速いわけではないが、待ち時間が少ないからである。

しかし、トラックでは、一車当たりの輸送量がせいぜい 10 t、米国でも 20 t 程度で、しかも長距離では二人の乗務員を必要とする。労働効率からも、経費的にも有利ではない。鉄道はこの点で大量輸送の長所を持っている。そこで、鉄道と自動車の長所を組み合わせた輸送方法が生み出された。これがコンテナ及びピギーバック輸送である。コンテナ輸送は、既に 1959 年から汐留～梅田間で本格的に行われるようになってきている。これは積荷 5 t のコンテナ 5 個を乗せる貨車 24 両を連結したものである。発着駅の貨車とトラックとの授受が箱のままフォークリフトで行われるので簡単敏速であり、箱のまま戸口から戸口へ運ばれる点はトラック輸送に似ている。しかも途中の輸送は鉄道を利用するのでコストは安い。ピギーバック輸送というのは、コンテナの代わりにトラック、トレーラーあるいはトレーラーの荷台の部分の部分を貨車に乗せて運ぶ方式である。この方式は、米国や西欧では 1955 年ころから急速に普及してきた。新幹線において貨物輸送を行う以上は、その高速性能を十分に生かすことが望ましかった。計画の当初、これらの新しい方式が世界の鉄道界で急速に発展する気運にあり、新幹線はもっぱら、これらの方式によることとしていた。しかしながら、我が国のトラック輸送において大型トレーラーが少ないことと道路事情が悪いことを考慮し、最初の段階では 5 t トラックのコンテナ輸送を行い、ピギーバック輸送は将来の道路の改良を待って行うこととしていた。

コンテナの規格を決めたのは 1959 年であるが、新幹線の利用も予定して、標準軌・狭軌いずれにも共通の寸法を採用することにした。（図 4 参照。）その際、両者の貨車の幅が違

う点を有効に生かし、上図のように決定した。即ち新幹線車体で可能な幅を在来線では 90 度向きを変えて列車の方向に積載することにしたのである。新幹線では貨物列車の長さを 450m 以内として、一列車で 150 個の 5 t コンテナを運ぶことにしていた。

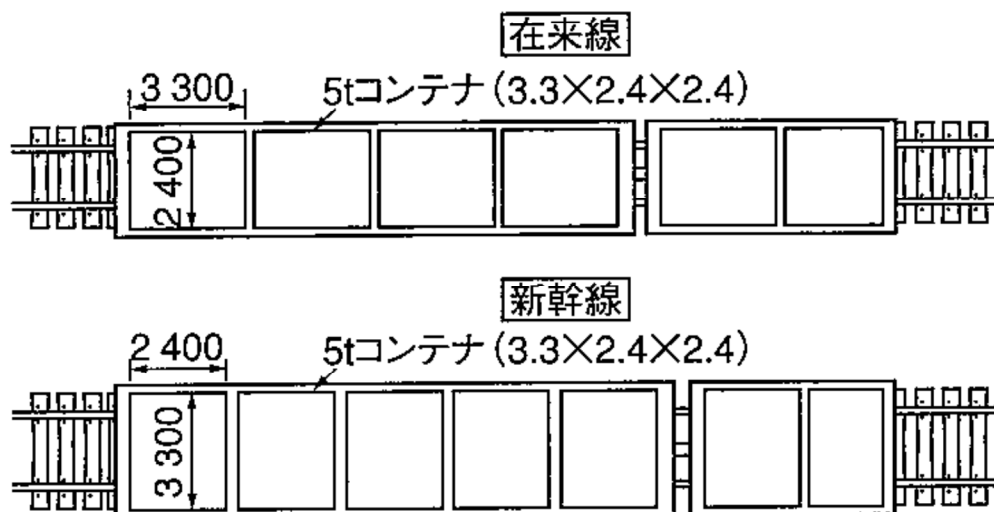


図 4 コンテナ積載方法

我が国の鉄道コンテナは、1928 年から研究を開始し、1930 年 4 月使用開始計画に着手し、同年 9 月に設計図が完成したが、年末の火災で図面資料を焼失してしまった。1931 年 1 月から再度着手し、イ号 1t 積コンテナが 5 月 1 日に試用開始になった。有蓋車車載による小型コンテナ輸送は、好評を博し、1935 年 2 月から本格化した。日中戦争の激化にとともに、貨車の運用効率の低下、コンテナの使用料の問題、通運事業者の消極的な取組などの理由から、1939 年 9 月 30 日をもってコンテナ制度を廃止し、黎明期のコンテナ輸送は中止された。

・戦後試行期のコンテナ

試行をもとに、自動車輸送からの転移、小口混載からの転移、荷造り費、集配および積卸し、駅留・駅託、集配区域、コンテナの取り卸し、貨物の取入れ・取出し、車輪付の是非、フォークリフト及びクレーンの使用、集配自動車の規格などコンテナ輸送全般について検討が加えられた。当時、顧客の多くは 3t コンテナでは大きすぎる、運賃が高いなどとあまり関心を示さなかったが、国鉄は 3t コンテナを「輸送近代化とサービス改善」の中心に据えて推進をはかることとした。

当時のコンテナシステム構想には「コンテナは小さいほど利用効率が高いが、大型コンテナ（当時は 5t コンテナを大型コンテナと呼んでいた。）を採用するのは、鉄道が戸口から戸口への一貫輸送を目指す純理論的・理想的着想に基づいたもので、数年後、10 数年後の

効果を狙った」とあり、さらに、「将来、コンテナが大型化し、車扱貨物を対象とするまで発展すれば、5t以上が理想だが、さしあたっては、3t程度のコンテナが妥当である」とした。また、大型コンテナの使命を「大型（コンテナ）は、将来、鉄道の生きてゆく一つの道として発展させなければならない。そのためには当面、小型を基盤とし、後に大型化を築き上げることが必要である」としている。

我が国のコンテナの当初の計画では1t、3t、5tの3案があったが、1tは戦前のコンテナでの実績から積載効率が低い、5tは荷役機械とトラックの現状から困難であり、車扱い輸送と競合などの理由から採用されなかった。3tは無蓋車に満載でき、荷役機械、トラックの制約がないこと、ドイツ連邦鉄道の3tコンテナが成功を収めていたことなどから、3tに決定された。1955年10月に2.5t積有蓋コンテナ3000形式（総重量が3tであったため、3tコンテナと称された）が5個試作された。これが1956年6月から8月まで無蓋車のトラ30000形式に積載され、汐留～梅田間で試験輸送が開始された。1956年4月からは、笹島～梅田間、汐留～笹島間を試験輸送区間に加え、1956年4、5月に試作した車輪付きコンテナ5個を使用し、1957年3月まで試験輸送が行われた。

1957年4月から汐留～梅田間で集配付きで営業が開始されたが、取引単位に適合しない、軽量貨物（少量、小口混載）は運賃が割高になる、コンテナの個数が少なく利用しづらいなどの理由で、1959年5月に運用が中止し、容積、荷重を増大した5t積コンテナに引き継がれた。

・5t積有蓋コンテナの開発

最初の5tコンテナは前述のとおり、新幹線での使用を前提にしていた。新幹線の上部車両限界が在来線のものとは異なり、四角断面になっていること、最大勾配15%としたのはコンテナ輸送を前提とした名残である。²¹⁾

1959年3月に以下の条件で5tコンテナが試作された。

- ・規格は、荷重を取引単位5tとする。
- ・幅は、トラック側板を立てたまま積載できること。
- ・高さは、トラック積載時に道路輸送の制限高さ（3.5m）以内であること。
- ・長さは、新幹線で構想されていたコンテナ専用電車に合わせること。

片開きで、鋼製、アルミニウム製、木製の3種類が試作され、同年5月よりチキ5000形式に積載され、汐留～梅田間の試験輸送が開始された。この結果、アルミ製はコストが高いこと、木製は鋼製とほぼ同じ重量で、強度が劣るため、量産は鋼製の片開きとなった。²¹⁾

貨物駅の集配範囲は、トラックの普及した当時、かなり広くても差し支えないと考えられたので、貨物駅は京浜、静岡、中京、京阪神の4地域に1か所ずつ設けることにし、位置を選定した。貨物駅は旅客駅と異なり、広大な面積を必要とし、また道路網との接続に便利な場所でなければならない。そのような好条件の土地はおのずと限られてくる。東京では大井付近の埋め立て予定地、静岡では静岡市東郊の柚の木（従来の静岡駅貨物もここに移転）、名古屋では庄内川左岸（戦前計画による既買収地）、大阪では淀川北岸の鳥飼大

橋付近（三島町）に決定した。

これらの4つの貨物駅の他には途中にヤードを設けず、それぞれの駅からの貨物列車が着駅へ直行するのを原則としている。その運行時間帯は夜間であるが、運転時間は東京～大阪間で5時間半であり、今夜遅く集貨したものが翌早朝には目的地に到着し、そこで朝早くから配達できる。午前中には荷主のところに届くことになる。都市交通の点からみても、夜間や早朝の集貨配達は昼間の混雑緩和に役立つとされた。

以下に示す写真は、筆者が南インドの Old Goa 近郊のコンカン鉄道(Konkan Railway)の Karmali 駅で現認したインドのブロードゲージ(1,676mm)でのピギーバックの事例である。この時は、トレーラーが50台連結されており、1編成の貨物列車長はディーゼル機関車を含めると500mを越えていた。

なお、コンカン鉄道は、マハラシュトラ州のローハーからゴアを經由してカルナタカ州のトールールの南方で南部鉄道の路線につながる地点までを結ぶ延長741kmのインド西海岸の鉄道路線であり、かつて日本からの技術協力がなされている。川を渡る橋梁では、中央部分にトラス橋、その前後にコンクリート橋を適用している個所も現認された。



写真2 インド国コンカン鉄道の Karmali 駅で現認したピギーバックによる貨物列車1編成のトレーラーが50両で、ディーゼル機関車を含めると全長は500mを超える。

(2015年11月15日 筆者撮影)

2-5 第2章の結論

第2章では、日本の高速鉄道の整備の経緯を東海道新幹線の建設を事例として概観した

- 新幹線建設の動機は、東海道線の改良・整備への期待、東海道電車計画、鉄道先進国の鉄道高速化、弾丸列車計画の具体的な策定。
- 鉄道における新幹線の位置づけは、東海道新幹線は輸送力増強を目的として計画、山陽新幹線以降の新幹線は、地域開発型。
- 東海道線の輸送の行き詰まりが、東海道新幹線の着工へのきっかけの一つ。
- 新幹線の本線の主な技術基準は東海道新幹線以降で設計最高速度、最小曲線半径、縦曲線半径以外は殆ど変化がない。
- 貨物新幹線構想は弾丸列車計画と東海道新幹線計画の双方にあり、いずれも実現せず。

参考文献：

1. 須田 寛：東海道新幹線 50 年、交通新聞社、2014 年 3 月
2. 国土交通省：日本鉄道史、pp.20~21、2012 年 7 月
3. 宮沢吉弘：東海道新幹線の計画について、土木学会誌、第 44 巻第 8 号、p.7、1959 年 8 月
4. 新幹線の 30 年、その成長の軌跡、東海旅客鉄道(株)新幹線鉄道事業本部、p.3、1995 年 2 月
5. 島 秀雄遺稿集、—20 世紀鉄道史の証言—、日本鉄道技術協会、p.2、2000 年 3 月
6. 島 秀雄：私の履歴書、日本経済新聞社、1975 年 4 月～5 月
7. 佐藤信之：新幹線の歴史、中央公論新社、p.51、2015 年 2 月
8. 仁杉 巖：東海道新幹線について、土木学会誌、第 46 巻第 7 号、p.37、1961 年 7 月
9. 角本良平：新幹線 軌跡と展望 政策・経済性から検証、交通新聞社、1995 年 7 月
10. 角本良平：新幹線開発物語、中央公論新社、2001 年 1 月
11. 仁杉 巖：新幹線を知る 第 1 回 総論 土木学会誌、第 96 巻第 2 号、2011 年 2 月
12. 住田俊介：新幹線を知る 第 2 回 新幹線のスピードアップの足跡 土木学会誌、第 96 巻第 3 号、2011 年 3 月
13. 大内雅博：新幹線を知る 第 3 回 新幹線の輸送量と位置づけ、土木学会誌、第 96 巻第 4 号、2011 年 4 月
14. 平石和昭：新幹線を知る 第 4 回 新幹線の役割と効果を活かす工夫、土木学会誌、第 96 巻第 5 号、2011 年 5 月
15. 松崎貞雄：新幹線を知る 第 5 回 ルート選定と線形、土木学会誌、第 96 巻第 6 号、2011 年 6 月
16. 山岸 明：新幹線を知る 第 6 回 軌道と構造物、土木学会誌、第 96 巻第 7 号、2011 年 7 月
17. 玉井真一：新幹線を知る 第 7 回 建設コストの縮減、土木学会誌、第 96 巻第 8 号、2011 年 8 月
18. 梅田雅司：新幹線を知る 第 8 回 フリーゲージトレインの技術開発、土木学会誌、第 96 巻、第 9 号、2011 年 9 月

19. 廣田良輔：新幹線を知る 第9回 国鉄時代の新幹線整備の枠組みと国鉄経営、土木学会誌、第96巻第12号、2011年12月
20. 梶原大督、中野剛志、藤井 聡：「交通」における物語研究 ―東海道新幹線を事例として― 土木計画学研究・講演集、2011年
21. 日本の貨車：技術発達史：明治5（1872）年～平成16（2004）年、日本鉄道車両工業会、p.405、2008年3月
22. 日本国有鉄道：日本国有鉄道百年史 第12巻、交通協力会、pp.684~685、1973年12月
23. 日本国有鉄道、東海道新幹線工事誌 土木編、東海道新幹線支社 pp.447~450、1965年3月
24. 近藤正高：新幹線と日本の半世紀、1億人の新幹線―文化の視点からその歴史を読む、交通新聞社、p.77、2010年12月
25. 高橋団吉：新幹線をつくった男 島秀雄物語、小学館、p.195、2000年5月
26. 高階秀爾、芳賀 徹、老川慶喜、高木博志：鉄道がつくった日本の近代、成山堂書店、p.158、2014年11月
27. 大蔵公房：日本国有鉄道幹線調査会答申、1958年7月
28. 鹿島 茂 主査：道経研シリーズ A-161 これからの社会における道路ネットワークに関する研究、(財)道路経済研究所、pp.2~4、2009年7月
29. 高橋団吉：新幹線を走らせた男 国鉄総裁 十河信二物語、デコ、2015年10月
30. 日本道路史、(社)日本道路協会、1977年10月
31. 台 建、加瀬正蔵、山根 孟、杉山好信：昭和の道路史、全国加除法令出版、1990年8月
32. 吉田喜市：高速道路建設史 ―高速道路のあけぼの―、全国高速自動車道国道建設協議会 旬刊高速道路編集局、pp.48~49、1972年10月
33. 名神高速道路建設誌編纂委員会：名神高速道路建設誌 総論、日本道路公団、pp.13~14、1966年12月
34. 菊池 明：道路の性格と高速自動車道路、土木学会誌、第41巻、第7号、1956年7月
35. 高速鉄道研究会：新幹線 高速鉄道技術のすべて、山海堂、p.57、2003年10月

第3章 日本と欧州各国の高速鉄道の技術基準の比較

3-1 技術基準の比較

日本の高速鉄道と、特に欧州各国、フランス、ドイツ、スペイン及びイタリアの高速鉄道の技術基準と諸元を比較し、それらの数値の相違について、主に技術的観点とその背景からどのようなことが浮き彫りにできるのかを、とりわけ、土木構造物、車両及び電気の各観点から設計上の数値の相違について、その諸元が設定された各国の時代背景とともに、その数値を採用するに至った必要性を探りつつ考察を進める。

表1 日本と欧州各国の高速鉄道の技術基準と諸元の比較

項目	日本	フランス	ドイツ	スペイン	イタリア	記事
最初の路線 開業年	1964	1981	1991	1992	1988	
軌間 (mm)	1435	1435	1435	1435	1435	
設計最高速度 (km/h)	260	350	330	300	350	
現在の営業最 高速度(km/h)	320	320	300	300	300	
最小曲線 半径(m)	4000	6250	4670	4000	5400	
最小縦曲線 半径(m)	15000	25000	22000	24000	20000	
最大カント (mm)	200	180	160	140	160	
許容カント 不足(mm)	90	85	150	100	130	
最急勾配 (‰)	35	35	40	12.5	15	*13
軌道中心間隔 (m)	4.3	4.8	4.7	4.3	5.0	
車両幅 (m)	3.4	2.9	3.1	2.9	3.0	
最大軸重 (t)	11.2	17	19.5	17.2	17	
施工基面幅 (m)	11.7	14.2	13.7	13.3	13.0	

標準複線トンネル 断面積(m ²)	63.5	100	92	75	100	
軌道構造	バラスト、 スラブ	バラスト	バラスト、 スラブ	バラスト	バラスト	
饋電電圧	AC25kV, 50/60Hz	AC25kV, 50Hz	AC15kV, 16 ^{2/3} Hz	AC25kV, 50Hz	DC3kV	
饋電方式	AT	AT	直接	直接	直接	
電車線方式	ヘビー、 シンプル	シンプル	変Y シンプル	変Y シンプル	ツイン シンプル	
総張力 (kN)	58.8	46	48	30	75	
電車線総断 面積(mm ²)	500	266	240	190	540	
径間長 (m)	50	63	70	65	60	
トロリー線波 動伝播速度 (km/h)	521/506	503	569	427	427	
信号方式	車内信号	車内信号	車内信号	車内信号	車内信号	
列車検知	有絶縁 軌道回路 有絶縁/無絶縁 軌道回路 (駅中間)	無絶縁 軌道回路	無絶縁 軌道回路	無絶縁 軌道回路	有絶縁 軌道回路	
逆転運転	不可	可	可	可	可	
旅客と貨物の 混合運転	不可	可 (2012年から貨 物運行は休止)	可 (夜間のみ 貨物運行)	可 (夜間のみ 貨物運行)	不可	*14
在来線列車 乗入れ	不可	不可	可	可	可	
延長(km) 上段運行中 下段建設中	2615.7 551	2005 1881	1228 726	2225.1 2172.7	943.9 241	
編成長 (m)	405	238	358	200	328	
定員(人)	1323	510	703	417	576	

連結方式	非接続	接続	非接続	一軸接続/ 非接続	非接続	
1両当たりの 価格(億円)	3.4	N/A	N/A	N/A	N/A	
1km当たりの 線路修繕費 (億円)	1.12 *1	N/A	N/A	0.13 *3	N/A	
1km当たりの 営業経費 (億円)	4.6 *1	N/A	N/A	N/A	N/A	
1km当たりの 建設費(億円)	54.64 (1999年価格) 整備新幹線の 盛八,高長,八鹿 340.8km	13.70 *5 (2009年価格) LGV東ヨーロッパ線 パリ～ヌ間 300km	30.65 *2 (1997年価格) ケルン～ラインマイン間 177km	23.11 *3 (2013年価格) AVE全線 3000km	43.38 *4,*5 (2009年価格) トリノ～ナポリ間 888km	外貨換算率: 1ユーロ＝ 128.4円
工期(年)	盛八 14 高長 8 八鹿 13年 上記の平均で 11.7	着 2002.1.28 開 2007.6.10 工期 5.3 *6	着 1995.12.13 開 2002.8.1 工期 6.6 *7	着 1989.3.16 開 1992.4.21 工期 3.1 *8 マトリート～セ ビア間 471.8km	トリノ～ミラノ間 125km 着 2002 開 2009.12.5 工期 7 ミラノ～ボローニャ間 182km 着 2004.1 開 2008.12.13 工期 4.9 ボローニャ～フィレンツェ 間 78.5km 着 1996.6 開 2009.12 工期 13.5 フィレンツェ～ローマ間 253.6km 着 1970.6.25 開 1992.5.26 工期 21.9	ナポリ北側 20kmは遺跡 発掘調査で 2019年1月 現在工事中。 ボローニャ～フィ レンツェ間 はイタリアの高 速新線計画 の中で最難 関工事路線 で路線長 78.5kmのう ち73.8kmが トンネル区間。

					ローマ～ナポリ間 204.6km 着 1994 開 2005.12.11 工期 11	
路盤	64km(12%)	220km(88%)	177km(54%)	445km(95%)	120km(50%)	*6
橋梁・高架橋	170km(31%)	17km(7%)	30km(9%)	10km(2%)	46km(20%)	
トンネル	308km(57%)	13km(5%)	120km(37%)	16km(3%)	71km(30%)	
	盛岡・青森, 高崎・長野, 博多・鹿児島	ウァランス～ マルセイユ	ハノーファー～ ビュルツブルク	マトリート～ セビリア	ローマ～フィレンツェ	
記事	旅客専用	旅客専用	旅客・ 貨物両用	旅客・ 貨物両用	旅客・ 貨物両用	

出典：参考文献 1、2、3、4、5、6、7、35,36 等に基づき筆者作成

3-1-1 先進国高速鉄道の技術基準と諸元の比較

表 1 に先進国高速鉄道の技術基準と諸元を示す。これらの項目のうち以下に主要な項目について歴史的経緯を含めた考察を行う。

軌間は、鉄道の線路を構成する左右のレールの間隔である。ゲージ (gauge) ともいう。レールには幅があるため、レール頭部の内側の最短距離と規定される。軌間は、鉄道の機能・能力に関わる重要な要素であり、また、軌間の異なる鉄道の間では、通常は、直通運転は不可能である。世界で最も普及している軌間は 1,435mm(4 フィート 8.5 インチ)で、標準軌(Standard gauge)と呼ばれている。

この標準軌の起源は、紀元前 1 世紀にイギリス、当時のブリタニアに侵入したローマ軍の戦車(二輪馬車)の車輪間隔にさかのぼる。この戦車の跡が道路に轍となって残り、後世、他の車もその轍に合うように製造され 1825 年に世界で最初に営業運転したジョージ・ステューブンスンの蒸気機関車も、その間隔を採用した。このように鉄道先進国イギリスの技術が世界に敷衍されるとともに、この標準軌の多くの国々で採用されるようになり、現在、全世界の線路延長の約 60%が標準軌である。⁷⁾

3-1-2 日本における技術基準の歴史

1. 技術基準

新幹線の技術基準は、大量・高速・安全という新幹線の特性を最大限に発揮できるように、各種試験や研究に基づき決定されている。その基礎的なものは戦前の弾丸列車計画時に検討されて、東海道新幹線建設時におおよそ現在の基準が制定され、その後開業した山陽、東北・上越新幹線など逐次改良・改正を加えて今日に至っている。

1-1.沿 革

今日の新幹線の各技術基準の成立ちは、国鉄誕生の明治時代まで遡上する必要がある。当時、鉄道の計画に当り、イギリスに技術支援を依頼していたが、鉄道の基本である軌間(Rail Gauge)については、国土の地形及び輸送量他を考慮したうえで、1,067 mm(3ft6in)として規程・基準を制定した。狭軌とすることにより建設費は広軌(標準軌)に比べ低減され、新線の建設は容易に進展し、毎年新線が建設され昭和に入り全国 2 万kmの鉄道網が完成した。一方、この時期には大陸との連絡を目的とする広軌別線の幹線増設の機運も高まっていた。

(1)東京・下関間新幹線計画時(弾丸列車計画時)

弾丸列車の愛称で呼ばれる超高速鉄道計画は戦前、東海道、山陽両本線の輸送力の増強及び大陸と内地間の一貫輸送を考慮した広軌(標準軌)による旅客及び貨物の高速・集中運転として計画された。弾丸列車の建設基準については国有鉄道建設規程改正委員会において「東京・下関間新幹線建設基準」として審議し、運転、信号保安の基準と同時に 1941 年 11 月 18 日に決裁された。

(2)東海道新幹線計画時

東海道本線の輸送状況は、1950 年頃から輸送力の限界が議論されるようになり 1957 年 8 月には「日本国有鉄道幹線調査会」が設置され、東海道における新規路線建設の必要性について審議を進め「東海道に新規路線を建設する必要あり、かつ着手は緊急のことであると認める」との答申が同年 11 月になされた。その後さらに路線のとりべき形態及び具体化の方策について審議が行われ、1958 年 7 月「東海道における新規路線は広軌別線を適当と認める」旨の結論を骨子とする報告書がまとめられた。建設基準についても同年 4 月、東海道広軌別線に関する事項を調査審議するため、国鉄内に「新幹線建設基準調査委員会」が設置され広軌新幹線建設に必要な建設基準を審議のうえ決定した。

この建設基準の調査及び審議は、高速鉄道の基本設計の骨組みを作ることであるので、従来からの在来線の技術、戦前の満鉄の技術、諸外国の技術等全般的な検討審議を経て決定されている。この建設基準が 1964 年 9 月 30 日付運輸省令第 70 号「新幹線鉄道構造規則」(当時は東海道新幹線鉄道構造規則)で、現在の新幹線計画の基礎となっている。

(3)新幹線建設関係規程

新幹線の建設に当たっての関係規程は鉄道営業法第 1 条の規程により前述した「新幹線鉄道構造規則」(1964 年 9 月 30 日付運輸省令第 70 号)及び「新幹線鉄道運転規則」(1964 年 9 月 30 日付運輸省令第 71 号)の規程に基づき、各鉄道事業者が心得、基準、要領を定めている。

その後、社会的な規制緩和の流れを受け、鉄道の技術規制に関して抜本的な改正が行われ、仕様や寸法を規定したこれまでの「仕様規程」から、備えるべき性能を規定する「性

能規程」とする「鉄道に関する技術上の基準を定める省令」(2001年12月25日付国土交通省令第151号)が定められ、鉄道事業者は自己責任の下で省令に適合する「実施基準」を定めている。一方、国も省令の具体的解釈を「解釈基準」として定めている。

3-1-3 先進国高速鉄道の技術基準比較表に基づく考察

日本における速度向上の可能性については、高速化研究会(1990年9月～1993年2月)において現状のJRの速度向上に対する取り組み等を総合的に勘案し、将来360km/h運転を可能とするように、緩和曲線長および縦曲線半径を決定することを基本としている。

なお、設計最高速度は現計画どおり国交大臣からの整備計画に基づく建設の指示による260km/hである。

曲線の曲がり具合は、「半径(radius)」の大きさを表すのがわかりやすく、世界的にこれが一般的な表示法となっている。最小曲線半径として、フランスの事例の6250mを採用すると、設計最高速度は、約375km/hを設定することが可能になる(図1参照)。⁸⁾

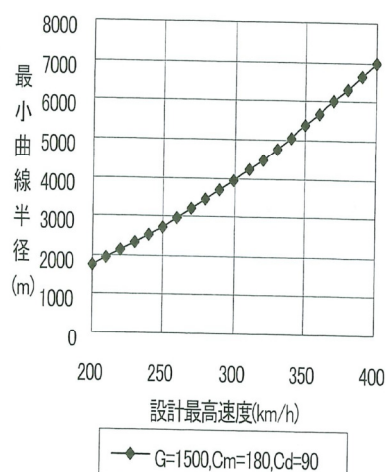


図1 設計最高速度と曲線半径(新幹線) (出典:参考文献8)

曲線区間では外側レールが内側レールより高くなっているが、その高さの差を「カント(Cant)」または「カント量」という。また、左右のレールはそれぞれ、まくらぎ上面に対して外側を少し持ち上げて敷設するが、この個々のレールの傾斜も英語では単に「Cant」という。このように英語では単に「Cant」というと少々紛らわしいので、「内外レールの高さの差」の意味では、「Superelevation」がよく使われる。

線路の勾配は水平距離と高低差の比で表す。最急勾配40‰はドイツに実績がある。

軌道中心間隔の基本的考え方⁹⁾

軌道中心間隔は、隣接する軌道の中心間の距離をいい、列車動揺、線路の軌道変位、列車すれ違い時の風圧に対する安全、乗客および乗務員が車両の窓から顔や手を出した場合の安全、隣接線で作業を行う係員の安全、線間退避、作業用器具の留置、特大貨物の輸送

等の諸条件を考慮し、線路状況（本線および停車場）に応じて定めるものである。

新幹線の軌道中心間隔は、車両限界の基礎限界最大幅に、次に示す必要幅を加えて決定される。

- ①軌道保守作業上の安全性
- ②列車すれ違い時の風圧
- ③列車風による作業員安全
- ④橋梁の設計時の必要空間（下路桁）
- ⑤軌道敷設の誤差
- ⑥曲線区間における拡幅

新幹線の軌道中心間隔は、次のとおりとしている。

①本線（列車速度が300km/h以下のものに限る）の直線における軌道中心間隔は、車両限界の基礎限界の最大幅に800mmを加えた数値以上とし、作業上必要な場合には、これを拡大すること

②曲線における軌道中心間隔は、車両の偏移に応じ、①の軌道中心間隔を拡大したものでなければならない。

軌道中心間隔は、表2に示すように中国、イタリア、韓国は、5.0mを採用し、かつ、日本のように車体幅を3.38mとしても、1編成列車で、定員は1300人以上を確保することが可能である。

表2 高速鉄道採用国の線路中心間隔とすれ違い幅

単位：営業速度 km/h、線路中心間隔、車体幅、すれ違い幅 mm

国名	区間	営業速度	線路中心間隔	車体幅	すれ違い幅	車種
日本	東北新幹線	320	4,300	3,380	920	E5
			4,300	2,945	1,355	E6
中国	設計速度 350km/h 区間	350	5,000	3,380	1,620	CRH380BL
			5,000	3,365	1,635	CRH381AL
	設計速度 300km/h 区間	250	4,800	3,380	1,420	CRH2A
	設計速度 250km/h 区間	200	4,600	3,328	1,272	CRH1A
ドイツ	ケルン・フランクフルト	300	4,500	2,950	1,550	ICE3
		280	4,500	3,020	1,480	ICE2
フランス	パリ・カレー	300	4,500	2,904	1,596	TGV-R
	パリ・リヨン	300	4,200	2,904	1,296	TGV-A
スペイン	マドリッド・セビリヤ	300	4,300	2,904	1,396	AVES100
イタリア	ローマ・フィレンツェ	250	5,000	3,000	2,000	TGV/ETR575
韓国	ソウル・釜山	300	5,000	2,970	2,030	KTX 山川

出典：参考文献 35 に基づき筆者作成

日本の高速鉄道は、旅客専用線で、かつ、電車方式であり、機関車方式の列車編成と比較して、最大軸重が11 t程度とフランス、ドイツおよびイタリアの軸重17 tの65%程度、ドイツの軸重の57%程度と35~43%も軽量であることから、下部構造としての鉄道路盤構造物への軸重による破壊力を大幅に軽減できる。軸重が重くなると、軌道や構造物の設計荷重を大きくする必要が生じるだけでなく、車輪とレールの接触部の金属学的検討がより重要になる。

トンネル断面積を比較してみると、欧州各国のうち、スペインの75 m²を除く各国は、90~100 m²であるのに対して、日本の場合、圧倒的に小さく63.5 m²しかない。日本はこの理由として、狭い国土を有効活用する観点と、建設費を低減できるという利点で採用に至っている。しかしながら、これは、車両の面から言うと前提条件として、気密構造を必要としていることになる。更に、トンネルに車両が突入する際に、トンネル坑口の反対側に、所謂、微気圧波対策としての緩衝工の設置が必要になることと、もしも、トンネル坑口がすぐに、谷に接している場合、橋台基礎に緩衝工による死荷重が余分に作用することから、橋台はその上載荷重の増加分に耐えうるようにマッシュにせざるを得なくなり、ひいては、建設費の増嵩の要因ともなる。

昨今は、トンネル建設機械の性能が向上したことにより、機械掘削を採用した場合、掘削のサイクルタイムが小さくなったことから、トンネル断面が多少大きくても、掘削やズリだしの所要時間は大いに短縮されており、大きな断面は、むしろ、機械化掘削に適している。

軌道構造には、バラストとスラブの2種類がある。ちなみに、「バラスト(Ballast)」とは、元々、船の安定性を増すために船底に積まれた重量品、すなわち「底荷」のことをいい、石炭輸送船の復路に使われた「底荷としての砂利」が、用語とともに鉄道線路に転用された歴史を持つ。⁷⁾

一方、マクラギを支持・固定する構造体が「道床(Track bed)」で、「バラスト」は、その道床を構成する粒状体である。日本では、「道床」と「バラスト」を混同して使用することも多い。⁷⁾

また、「有道床」は「バラスト道床」を意味し、「無道床」は「コンクリート道床(直結道床)」または「橋まくらぎ構造」を指す。⁷⁾

「スラブ(Slab)」とは、平たい厚板のことである。土木分野では、普通、コンクリートや鋼製の床板のことをスラブと称している。高架橋の床もスラブである。

バラストやマクラギを用いない構造の「スラブ軌道」は、1960年代の東海道新幹線建設時にその基本形が発明され、日本の省力化軌道の代表となった。スラブ軌道の、レールを支えるコンクリート板が「軌道スラブ」である。この軌道スラブの下に「CA(セメント・アスファルト)モルタル」を注入して高さ調整をする。

なお、スラブ軌道のうち、材料費を節減する目的から、いわゆる「枠型スラブ」が開発され、順次、新幹線建設に採用されているが、九州新幹線の明かり区間では、桜島等の活火山の噴火による火山灰が降り積もることにより枠型スラブの空洞部に堆積することを防止する観点から、採用には至っていない。また、北海道新幹線では、冬期の積雪が同じく、枠型スラブの空洞部に堆積することによる除雪の困難性を回避する観点から、採用されていない。¹²⁾

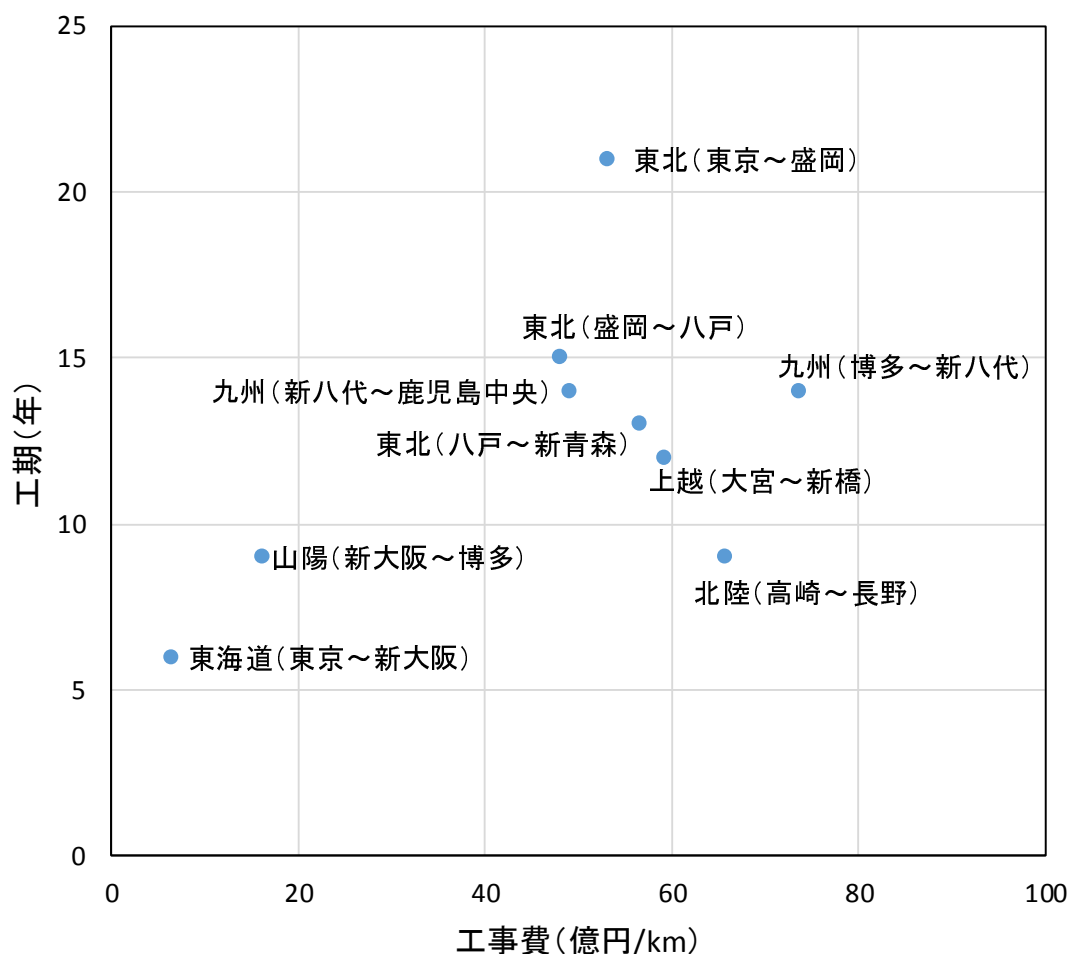


図2 日本の新幹線の1kmあたりの工事費と工期

出典：筆者作成

以下に示す図3は欧州各国の高速鉄道の1kmあたりの工事費と工期である。日本の整備新幹線と比較すると、整備新幹線は押しなべて欧州の高速鉄道よりも工事費が高くかつ工期も長いことがわかる。イタリアの高速鉄道であるTAVのフィレンツェ～ローマ間がとびぬけて工期が長いのは沿線住民の反対運動や財源不足、地質の問題など諸般の事情で工事が順調に進まなかったのが理由である。また、ボローニャ～フィレンツェ間が13.5年の工期を要したのは、イタリアの高速新線計画の中で一番の難工事路線であり、イタリアの高

速路線の 18.7km の最長トンネルを含むからである。

なお、TAV の工事費のみ予算ベースの数字であり、他の線区は実績ベースの数字である。

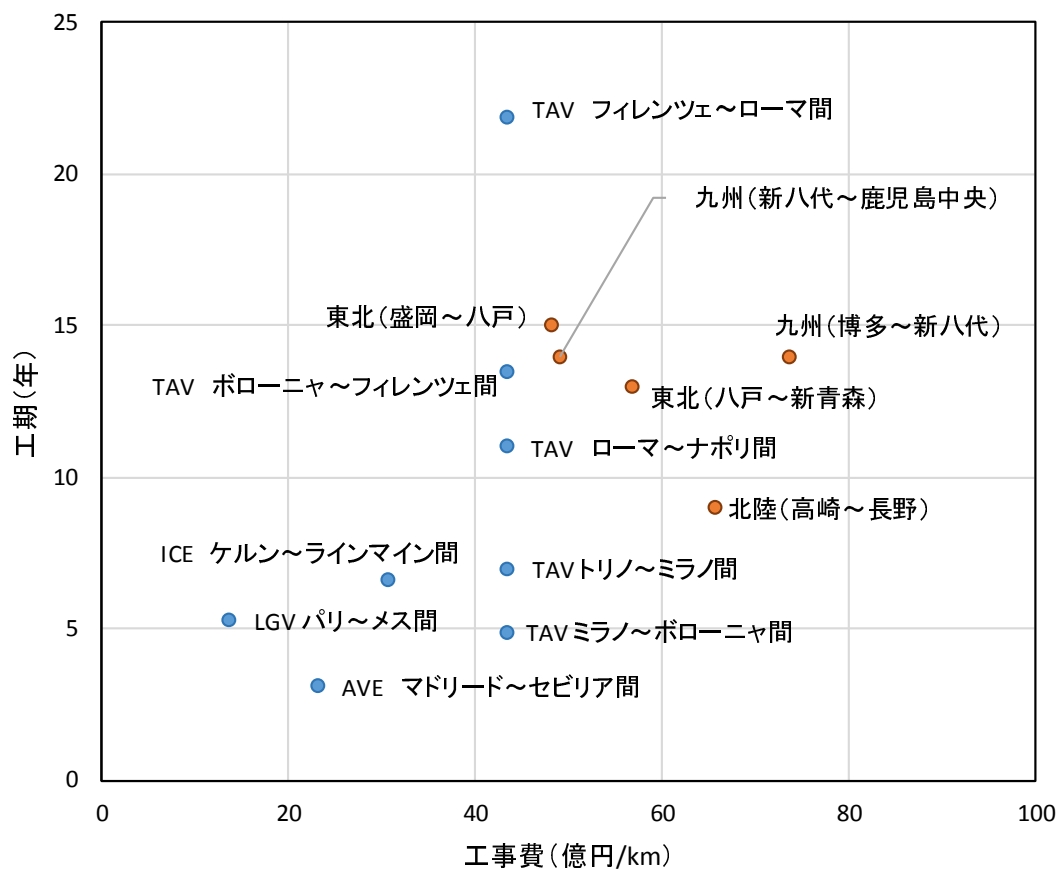


図3 欧州各国の高速鉄道の1kmあたりの工事費と工期

出典：筆者作成

日本の整備新幹線である盛岡～八戸間、高崎～長野間及び八代～鹿児島中央間の合計340.8kmの平均の建設費であり、他の欧州諸国よりも高価である。この理由は、日本の場合、騒音・振動対策のための環境対策費および耐震設計により割高になっていることが挙げられる。フランスとドイツの1km当たりの建設費はフランスが13.7億円であるのに対してドイツのそれは30.65億円と、約2.2倍となっている。この理由は、フランスの鉄道構造物の種別が殆ど切取・盛土の明かり構造物であるのに対して、ドイツのそれはトンネル区間がかなりの区間に存在するからである。例えば、フランスの地中海線（ヴァランス～マルセイユ間）250kmでは土工220km（88%）、橋梁・高架橋17km（7%）、トンネル13km（5%）であるのに対して、ドイツのハノーファー～ビュルツブルク間327kmでは、土工177km（54%）、橋梁・高架橋30km（9%）、トンネル120km（37%）となっている。

3-1-4 新幹線列車乗車中の乗客死亡事故 50年間無事故の影響

鉄道は、極めて安全性の高い交通機関であるが、事故の可能性がないわけではない。事故には「対鉄道（列車）」、「対異種（自動車・人）」、「施設内（火災・転落など）」、「対自然（気象・地震など）」といった条件で発生する。¹⁰⁾

日本の新幹線での無事故の定義は、これらのうちの「対鉄道（列車）」の場合である。新幹線は、1964年の開業以来無事故である。新潟中越地震により上越新幹線が脱線したが、これはむしろ、地震が起きても死亡事故にはつながらないことを意味しており、新幹線の安全性が証明されたと考えられる。「施設内（火災・転落等）」の場合、残念ながら、事故が1件発生している。旅客が死亡する事故は1995年に駆け込み乗車の乗客の手を新幹線のドアに挟んで引きずり死亡させた三島駅乗客転落事故の1件、1人だけである。

一方、欧州勢であるが、TGVは1992年、1993年、2000年に脱線事故を起こしている。ICEは、ドイツのエシェ[®]で死者101名となる事故を起こしている。安全面については、新幹線はTGV・ICEよりも優位に立っていると言える。

事故（Accident）とは別に、インシデント（Incident：潜在的事故要因）という言葉がある。インシデントは無数に存在し、その中で人命・身体の損傷など災害が発生した場合が事故となる。大事故は、人的要因、故障や欠陥など機械や装置別の要因、自然条件や事業者の経営姿勢など外的環境要因の3つが複合・重なり合って発生する。労働災害における経験則の一つであるハインリッヒの法則（Heinrich's law）によると、1つの重大事故の背後には、29の被害の小さな事故と被害は伴わないが、「ヒヤリ・ハット」した300件の事例、さらに潜在的な事故につながる可能性を持った無数のインシデントが存在するとされている。¹⁰⁾この法則は、「ハインリッヒの災害トライアングル定理」または「障害四角錐」とも呼ばれている。この法則は、日本の国鉄（現・JRグループ）にも影響を与え、「330運動」称する運動が国鉄時代に存在した。

新幹線システムは、世界の高速鉄道のビジネスモデルになっている。日本の新幹線の開発と運営に当たっては、第一に、「安全の確保」に注力し、必要な時間をかけて、安全のチェックを行い、公共交通機関として、社会から信頼を得ている。新幹線は、単に他国に先駆けて早い時期に高速鉄道を開業したというだけではなく、新しい高速鉄道としてのコンセプトに基づいて新幹線を建設し、安全な運行を継続して、鉄道事業として成功し、社会・経済の発展に貢献してきたという鉄道のビジネスモデルを創造してきた。

新幹線は、巨大なシステムとして運用され、安全性、定時性が確保されているが、今後の更なる高速化に対しては、騒音、振動の低減等の既知の課題以外に新たな課題が出てくる可能性がある。

用語の定義³⁷⁾

- ・省力化軌道：軌道保守量の低減を目的とし、軌道構造物と路盤とで構成する構造物の総称
- ・軌道構造物：レール、レール締結装置、軌道スラブおよびてん充層等で構成する構造物
- ・軌道スラブ：レール締結装置から伝達される列車荷重を支持するプレキャストコンクリート板であってレール1本あたり複数のレール締結装置を有するもの
- ・てん充層：軌道スラブまたはまくらぎを直接支持するためCAモルタル等をてん充した層
- ・CAモルタル：てん充層および突起周辺にてん充されるセメント、アスファルト乳剤、細骨材、各種混和剤および水からなるモルタル
- ・スラブ軌道：路盤上にてん充層を介して軌道スラブを設置した軌道構造物

3-1-5 技術基準の相違が建設費、工費、維持・運営費、乗客の乗心地に及ぼす影響

表4は、営業最高速度、最小曲線半径、最小縦曲線半径、最大カント、最急勾配、軌道中心間隔、車体幅、施工基面幅、標準複線トンネル断面、軌道構造、饋電電圧、饋電方式、電車線方式、逆転運転、旅客と貨物の混合運転、車両編成、1編成車両定員が建設費、工費、維持・運営費および乗客の乗心地に及ぼす影響について考察したものである。以下に、結果を記述する。

- ・営業最高速度に関しては、速度向上を目指すほど、建設費と運営費は増加する。一方、乗客の乗心地は向上する。
- ・最小曲線半径は大きくするほど、乗客の乗心地は改善される。
- ・最小縦曲線半径に関連する線路の勾配変化が大きいと、車両の浮き上がり脱線の危険度が高まる。また、上下動加速度が大となり、乗心地が悪化する。
- ・新幹線の最大カントは、傾斜による乗心地上の限度から200mm以下となっている。
- ・新幹線の勾配には、在来線にはなかった勾配延長という概念があり、勾配が列車運転や車両そのものに与える影響は、勾配そのものの値とともに、その延長も関係してくる。
- ・日本の車両の最大軸重が、欧州各国に比べて軽量である理由は、欧州各国はプッシュ・

プルの機関車方式であるのに対して、日本は各車両にモーターが搭載されている電車方式であることから、機関車方式では1編成車両の全体を牽引する力を必要とするため軸重を大きくせざるを得ず、電車方式の場合、それを回避することができるため、最大軸重を軽減することができることによる。

- ・施工基面幅の決定要素は一般的に、①軌道中心間隔、②軌道構造上の所要幅員、③作業用通路幅員、④電気関係施設物であり、このうち、施工基面幅を広くすると、軌道中心間隔も広くすることが可能になり、列車同士のすれ違い時の動揺が軽減され、乗心地が向上する。

- ・トンネル断面積が大きいほど建設費は増加する。一方、トンネル断面積が小さい場合、トンネル内での車両の対面通行に伴う風圧による繰返し荷重の影響を軽減するため、車両を頑丈に製作する必要性があり、車両製作費の増加の要因となる。

- ・軌道構造としてのバラスト軌道とスラブ軌道の顕著な相違は、初期投資費用の面では、前者の方が後者の方より建設費は安価であるが、LCCの観点としての、運営上の維持管理費の点からは、スラブ軌道の方が省力化軌道としての長所を發揮できる。すなわち、バラスト軌道の維持管理の主な問題は軌道変異進みが比較的大きいことと労力を要することである。そこで、維持管理作業を抑制するため、本線部分ではスラブ軌道を採用し、一方、車両基地など車両の走行速度が遅く、ある程度の軌道変異を容認できる個所は初期投資費用を抑える目的で一般にバラスト軌道を採用する。

- ・逆転運転を可能にすると、昼間に逆転運転閉鎖が可能になり、その間に軌道の保守作業ができることから、夜間作業を減らすことが出来る。

- ・旅客と貨物の混合運転の場合、軸重の大きい貨物機関車の走行によるレールの波状摩耗発生で、レール削正を要し、運営のための維持管理費が増加する。

表3 技術基準の相違が建設費、工期、維持・運営費および乗客の乗心地に及ぼす影響

項目	建設費（下部工）	建設費(車両費を含む上部工)	工期	維持・運営費	乗客の乗心地	記 事
営業最 高速度	速度向上目指すほど、下部構造としてのインフラを耐久性のあるもので構築する必要があり、建設費が高くなる傾向にある。	速度向上を目指すほど、上部構造としてのインフラを耐久性のあるものに構築する必要があり、建設費が高くなる。高速対応の車両製作費が増加する。	速度向上を目指すほど、路線線形として曲線より直線を選択する傾向になることから、路線延長は短縮され、工期は短くなる場合もある。	速度向上目指すほど、常時、摺動する部分、例えば、架線等の取替頻度が高くなり、維持・運営費が増加する要因となる。	速度向上目指すほど、速達性が高まるので、乗客にとって時間価値が増加する。	
最小曲 線半径	曲線半径の大小は、運転速度、建設費、改良費に影響するので、日本の場合 JR 各社の社内規定で規定している。曲線半径を大きくすると、緩和曲線長が長くなり建設費増加の一因となる。	曲線半径の大小は、運転速度、建設費、改良費に影響するので、日本の場合 JR 各社の社内規定で規定している。曲線半径を大きくすると、緩和曲線長が長くなり、車両運行上の保安設備の設置等で、設備費が増加する。	最小曲線半径を大きくするほど、線形は良くなるが、支障する既設構造物が増加する可能性があり、移転交渉が長引き、工期が延びる懸念がある。	半径が大きくなるほど、車両の運行速度が向上する。また、曲線区間のレール摩耗量が少なくなり、運営上は維持・運営費が節減できる。	曲線半径が大きいほど、曲線通過時の遠心力が小さくなり、乗客にとっての乗心地が改善される。	現行の一般的な車輛が所要のカント不足量の範囲内で設計最高速度の8割程度の速度を保持できることを基準に定められた。
最小縦 曲線半 径	建設費を考慮し乗心地、上下方向遠心力は速度 250km/h の場合 0.05g まで許容し、縦曲線半径は 10,000m 以上とする。縦曲線半径を大きくすると擦付け区間延長が延び、建設費増加の一因となる。	最小縦曲線半径が大きいほど、車両に無理な荷重がかかりにくくなり、車両の損傷の程度が減少することになり、車両維持経費の節減に寄与する。	最小縦曲線半径を大きくすると、擦付け区間の延長が延びることとなり、支障物件を回避できない場合は地権者との用地買収交渉に時間を要し工期が延びる要因となる。	線路の勾配変化が大きいと車両連結器に無理な力がかかり、車両が浮き上がり脱線を招く危険がある。また、連結器の維持管理量が増え、運営上好ましくない。	線路の勾配変化が大きいと、凹凸いずれの場合でも上下動加速度が大となり、結果として乗客の乗心地を悪くする。	縦曲線の半径は乗心地、安全性、見通し、軌道整備の条件から決定している。

最大カント	列車がある速度で曲線を通過する場合、車両に遠心力が働いて、外側に転倒する危険性が生じる。これを防ぐために曲線部分に設けた左右のレールの高さをカントという。直線部分に比較して、作業が複雑になることから、建設費は多少増加する。	乗客の乗心地の改善のために、車両側の対策として、振り列車の導入により、車両製作費増加の要因となる。	直線部分に比較して、カントを設定する区間は、基本的に作業量が増えることから、工期に影響する場合もある。	遠心力による軌道構造への悪影響を防ぐため、遠心力を相殺し又は軽減するように、軌道に傾斜を付ける。これによって、軌道への横圧が軽減され、軌道の修繕費が減少し、運営費用が削減される。	乗客の乗心地の改善のために、車両側の対策として、振り列車を導入している。	新幹線は、新幹線構造規則でカント量は200 mm以下となっている。これは150 mm以上の種々のカントを付けた場合の実験を繰り返し、傾斜による乗心地上の限度から決定した数値である。
最急勾配	最急勾配を大きくとればとるほど、迂回せずに最短路線を選択することが可能となり、下部工としての建設費も節減することができる。一方、最急勾配を小さくすると迂回する路線を選択することとなり、建設費が増大する可能性がある。	地形上の理由で、運営欄に記載した内容によることが困難な区間では、列車の動力発生装置動力伝達装置、走行装置、及びブレーキ装置の性能を勘案して35%とすることができる。最急勾配を大きくとると、車両の登坂能力とブレーキ装置の能力を向上させる必要があることから、車両の技術開発費用がかさむことにつながる。	日本、フランス、ドイツでは、すでに35%ないし、40%用の車両は開発済であるが、スペイン、イタリアは最急勾配が15%程度であることから、車両の開発が必要な場合は、工期に影響がでる可能性がある。	新幹線の勾配の限度は、急勾配が電車に与える影響が大きいものは、主電動機の温度上昇(温度上昇120℃)であり、これを勘案して本線路の一般勾配を15%とし、線路延長2.5km以内の区間に限り18%、線路延長1km以内の区間に限り、20%とすることができる。最急勾配がきつほど主電動機の温度上昇による耐久性への影響がある。	新幹線の勾配には、在来線にはなかった勾配延長という概念が取入れられている。勾配が列車運転や車両そのものに与える影響は、勾配そのものの値とともに、その延長も関係してくる。急な勾配であっても、その延長が短ければ影響は小さく、乗客の乗心地への影響も軽減される。	北陸新幹線の高崎～軽井沢間では、高度が大きく、この区間については、列車のモーターやブレーキなどの性能を考慮して、30%まで認めることになった。また、九州新幹線の一部区間においても、35%が採用されている。

軌道中心間隔	軌道中心間隔が広いほど、軌道敷の用地を必要とすることから、用地買収費が増加する。日本を比率 1.0 とすると、フランス、ドイツ、スペイン、イタリアのそれらは 1.12、1.09、1.00、1.16 となり、約 10～16%用地幅が増加する。	軌道中心間隔が広いほど、軌道敷の用地を必要とすることから、電車線関連の施設の材料費及び設置費用が増加する。	軌道中心間隔が広く、地権者との用地買収交渉が難航した場合、工期が延びる可能性がある。	逆転運転にも関連するが、軌道中心間隔が広いほど、昼間の軌道の保線作業を活線施工としても安全性を保つことが出来る。	軌道中心間隔が広いほど、対向車との擦れ違いでの風圧による列車動揺が軽減されることから、乗客への乗心地が改善される。	鉄道の上り線と下り線の間隔設定は、列車のすれ違いによって生じる風圧などに対して安全性を確保したものでなければならない。
車両幅 (m)	車体幅を広げると、列車同士のすれ違い時の風圧による車両の動揺を軽減するため、軌道中心間隔を広げることで下部工の建設費が増加する要因になる可能性がある。	車体幅を広げると、車両の開発費用に影響を及ぼす場合、車両費の増加に直結する。	影響はない。	車体幅が広いほど、1 編成車両の収容人員が増加し、運営収入増となり維持管理費に充当できる。	車体幅が広いほど、シートの幅に余裕ができ、乗客への乗心地の改善につながる。	国名 車両幅(比率) 日本 3.4 (1.00) フランス 2.9 (0.85) ドイツ 3.1 (0.91) スペイン 2.9 (0.85) イタリア 3.0 (0.90)
最大軸重	軸重が大きいほどインフラとしての下部構造をマッシュに構築する必要がある。記事欄に示す通り、欧州各国の軸重は、日本より死荷重だけで 50～70%増しとなり、衝撃力を加えると下部工への影響は更に大きくなる。	最大軸重を大きくすると、車軸、車輪ともに重量が増大し、車両費が増加する直接の要因になる。	軸重を大きくすると、下部工をマッシュな構造とせねばならず、スレンダーな構造に比べて、インフラ部分の構築の工期が増える要因となる。	列車がある速度で曲線を通過する場合、外軌側レールに大きな軸重が働くとともに、車両の轉向により大きな横圧が生じ、さらに遠心力によって横圧が加えられる。このため軌道破壊が大きくなり、保守量が増えることになり、維持管理費が増加する。	列車がある速度で曲線を通過する場合、遠心力が外側に働くため、乗客が外側に引かれ、乗心地が悪くなる。	軸重は、日本を比率 1.0 とすると、フランス、ドイツ、スペイン、イタリアのそれらは 1.52、1.74、1.54、1.52 となる。

<p>施工基面幅</p>	<p>鉄道用地の広さに直接影響することから、広くすると、用地面積が拡大し、用地費が増加する。支障家屋が存在する場合、移転費用が増加する。日本の施工基面幅の比率を1.0とすると、フランス、ドイツ、スペイン、イタリアのそれらは1.21、1.17、1.14、1.11となり、約10～20%の施工基面幅の増加となる。</p>	<p>線路直角方向に設置する電車線の架線を吊り下げるビームの長さが長くなり、材料費、設置の工費ともに増大する要因となる。</p>	<p>難航地権者がいる場合、用地買収交渉に時間を要し、工期が延びてしまう恐れがある。</p>	<p>隣り合う線路同士の間隔と鉄道の施設の幅は、新幹線をはじめとする鉄道の建設・運営においてきわめて重要な意味を持っている。施工基面幅が広いほど昼間の軌道の保線作業を活線施工で行っても安全性を保つことができる。</p>	<p>施工基面幅を広くすると、それに伴い、軌道中心間隔も広くすることが可能になり、列車同士のすれ違い時の風圧による車両の動揺（横揺れ）が軽減されることから、乗り心地が改善される。</p>	<p>施工基面幅の決定要素は一般的に以下の項目となる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・軌道中心間隔 ・軌道構造上の所要幅員 ・作業用通路幅員 ・電気関係施設物
<p>標準複線トンネル断面面積</p>	<p>トンネル断面面積が大きいほど、トンネルの建設費は増加する。一方、日本のトンネル断面面積（約64㎡程度）より大きい場合、緩衝工の設置は不要になる。欧州各国のトンネル断面面積は約20～60%の増加となり、掘削費増加の要因となる。</p>	<p>トンネル断面面積が小さい場合、トンネル内での車両の対面通行に伴う風圧による繰返し荷重の影響を軽減するため、車両を頑丈に製作する必要性があり、車両製作費の増加の要因となる。トンネル断面面積が大きいほど、軌道中心間隔を大きく設定できるので、風圧の軽減になる。</p>	<p>トンネル断面面積が大きいほど、掘削土量が増加するので、トンネル掘削ブリの土捨場の確保に関して、土捨場の候補地の地権者との借地交渉が難航した場合は、全体の作業工程に影響を及ぼす可能性がある。</p>	<p>トンネル断面面積が大きいほど、運行形態にもよるが、日本以外のフランス、ドイツ、スペイン、イタリアの各国は逆転運転も可能としているので、昼間にトンネル内での軌道の維持管理が可能となる。</p>	<p>同左により、昼間の軌道の維持管理の際には、徐行運転をすることになるので、高速列車としての速達性が一部犠牲になることがあり、乗客にとっての乗り心地が低下する恐れがある。</p>	<p>日本のトンネル断面面積の比率を1.0とすると、フランス、ドイツ、スペイン、イタリアのそれらは1.57、1.45、1.18、1.57となる。</p>
<p>軌道構造</p>	<p>バラスト軌道は、まくらぎからの重圧を効率よく分散させ路盤に伝えるので、低振</p>	<p>東海道新幹線の軌道構造の決定に当たり、破壊の程度から定まる保守費と建設費の利子と減価償</p>	<p>速度向上による軌道破壊と保守間合いの減少等により、保守要員の需要増加が想定</p>	<p>バラスト軌道とスラブ軌道の顕著な相違は、初期投資の面では、前者の方が後者の方</p>	<p>長大レールを採用すると、レールの継目である遊間が減少することから、運行に伴う</p>	<p>近年では、保線機械や検測車の改良が進んだこと、騒音低減</p>

	動・低騒音であること、排水が良いこと、建設費が安いことなどの利点があるが、強度が低く軌道狂いを生じやすいため、保守管理に手間がかかるという課題がある。	却費の合計が最小となる軌道構造を選択したが、結論としては在来線の東海道本線と破壊の程度が同一となる構造とした。	されたが、就業人口減少、労働時間短縮、作業環境等により、軌道保守労働力の逼迫が必至の社会情勢となった。これに対応すべく、新しい省力化軌道としてスラブ軌道が開発された結果、軌道保守工事の工期短縮に貢献した。	より建設費は安価であるが、LCCの観点としての、運営上の維持管理費節減の点からは、スラブ軌道の方が省力化軌道としての長所を發揮できる。	車両の振動が軽減されるので乗客の乗心地が改善されるという利点がある。	の見地などから、バラスト軌道の良さが見直され、九州新幹線において、一部の区間（約9km）で、再びバラスト軌道が採用されている。
饋電電圧	鉄道では、トンネル断面等土木構造物の大きさとの兼ね合いもあり、経済性等を考慮し、国際標準規格でもある25,000Vを新幹線の標準電圧とした。饋電電圧は、電車線での電圧降下を考慮し、車両の標準電圧より1~2割高く設定し、30,000Vとなっている。日本の場合、山岳地域や海底トンネルのような地形条件下で変電所間隔を長くすることの必要性和大きな電圧変動に対応出来るという理由から、最高・最低電圧が欧州の値より高い。		饋電電圧を高圧にすると、変電所間隔を長くできることから、変電所建設の費用を軽減することが可能となる。したがって、変電所の建設箇所を減らすことにより、工期の短縮の可能性はある。	高圧であるほど、電圧降下によるエネルギー・ロスが少なくなることから運営上、運行に伴う経費の節減につながるという利点がある。	饋電電圧を高圧にすると、変電所間隔を長くできることから、変電所建設に伴う地域住民への環境負荷を軽減することが可能となる。	
饋電方式	AT 饋電方式は、変電所の設置箇所数を削減できることから、電気関連工事としての土地の造成工事が節減できることで、下部工としての建設費を低減できる。	AT 饋電方式は、変電所から送電する電圧を電車線電圧(車両に供給する電圧)の2倍にすることで、電気車への電流が1/2になるので、電圧降下が小さくなり、変電所間隔を長くすることが出来る。結果的に、変電所の建設費が節減される。	AT 饋電方式は、変電所の設置箇所数を削減できることから、電気関連工事の工期を短縮することが可能となる。	交流 AT 饋電方式は、集電上の弱点も少なく大電力の供給に適している。また、該当する区間以外のレールに流れる電流は減少するので通信誘導等の悪影響が軽減されるので、維持管理費の節減上好ましい。	AT 饋電方式は電磁誘導現象による通信線への影響を小さくできるので、乗客の乗心地向上につながる。	

電車線方式	1 編成列車の先頭と最後尾に機関車を連結が可能なことから、機廻り線が不要となり、下部工の建設費が節減できる。	1 編成列車の先頭と最後尾に機関車を連結が可能なことから、機廻り線が不要となり、下部工の建設費が節減できることから、架線や電柱を節減でき、上部工の建設費の縮減につながる。	1 編成列車の先頭と最後尾に機関車を連結が可能なことから、機廻り線の建設が不要となり、工期の短縮に貢献できる。	支持物の構造が簡素で信頼性と耐久性が高い。建設費が軽減できて保守もしやすいことから維持管理費の節減につながる。	支持物の構造が簡素で信頼性と耐久性が高いことから、離線等が少なく雑音の発生を軽減できるので、乗客に影響する車内騒音の軽減につながる。	
逆転運転	単線で運行が可能なことから、建設の当初から必ずしも複線での建設の必要性はないことから、用地費を含めて下部工の建設費を節減することが可能である。	単線で運行が可能なことから、建設の当初から必ずしも複線での建設の必要性はないことから、建設費を節減することが可能である。	単線で運行が可能なことから、建設の当初から必ずしも複線での建設の必要性はないことから、工期の短縮につながる。	昼間に逆転運転閉鎖が可能になり、その間に軌道の保守作業ができることから、夜間作業を減らすことが出来るので維持管理費の低減に寄与する。	同左により、昼間の軌道の維持管理の際には、徐行運転をすることになるので、高速列車としての速達性が一部犠牲になることがあり、乗客にとっての乗心地が低下する恐れがある。	万が一運転事故等で最寄駅に停車の必要がある場合、最も近い駅に逆転運転で到達が可能なことから、サービスの向上につながる。
旅客と貨物の混合運転	貨物列車を運行するための機関車は、一般的に軸重が大きいことから、比較的強固な軌道構造とする必要がある。このことから、下部工の建設費は旅客列車のみを運行する場合に比べて増大する可能性がある。	旅客列車と比較して、貨物列車の1 編成の車両重量が大きいことから、貨物機関車の牽引力が大きくなり、消費電力の関係から架線の電流が多くなる。それに伴い、架線とパンタグラフとの離線が発生した場合、スパークによる架線の損耗が促進され、架線交換による工事費が増大する一因となる。	貨物列車のコンテナヤードの新設のための用地買収や信号設備の設置工事等に伴い、工期は確実に伸びることになる。	軸重の大きい貨物機関車の走行によるレールの波状摩耗発生で、レール削正を要し、運営のための維持管理費が増加する。運行速度が遅い貨物列車が昼間に走行すると旅客列車は速達性考慮の平行ダイヤが設定できず、運営上好ましくない。	軸重の大きい貨物機関車の走行によるレールの波状摩耗の発生で車内騒音が増加し、乗客にとっての乗心地が低下する。(ドイツとスペインが夜間に貨物列車が高速鉄道で運行している。)	ドイツの ICE の開発時の防音車輪ではレール波状摩耗の防止に効果がなく 1992 年頃にゴムを入れた弾性車輪を急遽使用したが、この車輪が破損して大事故発生。

編成長	記事欄に記載の通り、車両の編成長は欧州諸国のそれよりも長いため、日本は駅部の乗降場を長くしなければならず、建設費が高くなる。	記事欄に記載の通り、車両の編成長は欧州諸国のそれよりも長い ため、1編成の車両費は高くなる。	記事欄に記載の通り、車両の編成長は欧州諸国のそれよりも長いため、保守基地の建設の期間が比較的長くなる懸念がある。	記事欄に記載の通り、車両の編成長は欧州諸国のそれよりも長いため、保守基地の規模は欧州諸国のそれよりも規模が比較的大きくなることから運営費としての維持管理費が増大する。	車両編成長が長いほど、1編成車両の旅客収容力が高く、確実に座席に着席することが出来ることから、乗客の乗心地の向上につながる。	日本の車両の編成長405mの比率を1.0とすると、フランス、ドイツ、スペイン、イタリアのそれらは0.58、0.88、0.49、0.81となる。
定員	特に影響はない。	日本の1編成車両の乗車定員は欧州各国のそれよりも多いため、車両内の座席や諸設備の数量が多くなり、車両費が比較的高くなる可能性がある。	日本の1編成車両の乗車定員は欧州各国のそれよりも多いため、車両の製造の工期は比較的長く取らざるを得ない場合がある。	日本の1編成車両の乗車定員は欧州各国のそれよりも多いため、乗車率が同一の場合、営業収入が多い分維持管理費に充当が可能になる。	日本の1編成車両の乗車定員は欧州各国のそれよりも多いため、普通車の場合、座席間隔が多少窮屈であることから、乗客の乗心地は低下する。	日本の1編成車両の定員1323人を比率1.0とすると、フランス、ドイツ、スペイン、イタリアのそれらは0.39、0.53、0.32、0.43となる。

出典：参考文献 32 に基づき筆者作成

表4 前記の表3の項目を評価した結果のチェックリスト

項目	建設費(下部工)	建設費 (車両を含む上部工)	工期	維持・運営費	乗客の乗心地	記事
営業最高速度↑	×	×	△	×	○	
最小曲線半径↑	×	×	△	○	○	
最小縦曲線半径↑	×	○	×	勾配変化が大の時×	勾配変化が大の時×	
最大カント	△	×	△	○	○	
最急勾配↑	○	×	△	×	△	
軌道中心間隔↑	×	×	×	○	○	
車体幅↑	×	×	△	○	○	
最大軸重↑	×	×	×	×	×	
施工基面幅↑	×	×	×	○	○	
トンネル断面積↑	×	○	×	○	×	
軌道構造(スラブ軌道)	×	ライフサイクルコストは○	○	○	○	
饋電電圧↑	○	○	○	○	○	
饋電方式(AT饋電)	○	○	○	○	○	
電車線方式	○	○	○	○	○	
逆転運転	○	○	○	○	△	
混合運転	×	×	×	×	×	
編成長	×	×	×	×	○	
定員	△	×	×	○	×	

出典：筆者作成 凡例：↑・・・「大きく」又は「増加」、↓・・・「小さく」又は「減少」、○・・・良い、△・・・どちらともいえない、×・・・悪い

表 5 前記表 3 を項目別に建設費(下部工),建設費(車両を含む上部工),工期,維持・運営費、乗客の乗心地から見た評価のチェックリスト

営業最高速度	速度を向上させると建設費と運営費は増加するが、速達性が高まり乗客の乗心地は向上する。
最小曲線半径	曲線半径を大きくすると建設費は増加するが、運営費は節減され、乗客の乗心地は改善される。
最小縦曲線半径	縦曲線半径を大きくすると、車両の維持経費は節減されるが、それ以外の工期、維持・運営費、乗客の乗心地の評価は低下する。
最大カント	カント設置で遠心力による軌道への横圧が軽減し好ましく、乗客の乗心地が改善される。
最急勾配	最急勾配を大とすると最短距離となり建設費が節減されるが、車両はブレーキ性能向上と主電動機の耐久性への影響がある。
軌道中心間隔	軌道中心間隔が広いほど用地買収費が増大。日本の軌道中心間隔を比率 1.0 とすると欧州は 1.09～1.16 で 10～16%増加している。
車両幅	日本の車両幅を比率 1.0 とすると仏、独、西、伊のそれは 0.85、0.91、0.85、0.90 で幅が広いほど収容人員が増加する。
最大軸重	日本の最大軸重が比率 1.0 の場合仏、独、西、伊は 1.52、1.74、1.54、1.52 で欧州各国の軸重は 50～70%増しで下部工への負担力が大きい。
施工基面幅	日本の施工基面幅の比率が 1.0 の場合仏、独、西、伊は 1.21、1.17、1.14、1.11 となり、約 10～20%の施工基面幅の増加となる。
トンネル断面積	日本のトンネル断面積の比率が 1.0 の場合仏、独、西、伊は 1.57、1.45、1.18、1.57 となり、約 20～60%の掘削断面積の増加となる。
軌道構造	バラスト軌道はマクリの重圧を効率よく分散し路盤に伝えるので低振動低騒音で、かつ排水が良く建設費は安い。低強度で軌道狂いが生じやすく、保守管理に手間がかかる。スラブ軌道は工期が短縮でき、運営上の維持管理費面からは省力化軌道の長所を発揮できる。
饋電電圧	饋電電圧が高いことで変電所建設箇所を減らし建設費軽減と工期短縮に貢献し、エネルギーロスが少なく運営経費を節減できる。
饋電方式(AT 饋電)	AT 饋電方式の採用で変電所からの送電電圧を 2 倍にし、電気車への電流が 1/2 になるので、電圧降下が小さくなり、変電所間隔を長くすることができるので、変電所設置箇所数を減らし建設費の節減となり、工期短縮ができる。
電車線方式	編成車両の前後部に機関車の連結が可能で機廻り線の建設が不要になり、建設費の削減と工期短縮ができる。
逆転運転	単線運行が可能で、複線建設の必要がなく建設費の削減が可能。
混合運転	混合運転は貨物列車の機関車軸重が大であることによる軌道破壊の維持管理面と並行ダイヤを組めないことの運営面から好ましくない。
編成長	日本の 1 編成長の比率が 1.0 の場合仏、独、西、伊は 0.58、0.88、0.49、0.81 となり旅客収容力が高く、乗客の乗心地の向上になる。しかし、編成長が長いことから、建設費は高くなる。1 編成の車両費は高い。保守基地の建設工期は比較的長くなる。運営費は増大する。
定員	日本の 1 編成車両定員の比率が 1.0 の場合仏、独、西、伊は 0.39、0.53、0.32、0.43 となり、同一乗車率では運営上好ましい。

以上の評価結果のチェックリストをまとめると、以下のとおりになる。

建設費から乗客の乗心地までの評価が全てよい項目は、饋電電圧、饋電方式および電車線方式が該当している。逆に、全て悪い項目は最大軸重と混合運転が該当している。4つの評価が良い項目は、軌道構造（スラブ軌道）と逆転運転が該当している。逆に4つの評価が悪い項目は、編成長が該当している。次に3つの評価が良い項目は該当なし。逆に3つの評価が悪い項目は、営業最高速度、軌道中心間隔、施工基面幅、定員が該当している。以上のことから言えることは、電気関連の項目が押しなべて評価が高く、インフラ関連の項目と車両運行関連の項目の評価が悪いという結果になっている。

3-2 世界の高速度鉄道の基本特性¹⁾

3-2-1 高速度鉄道の基本特性の概観

本稿では、高速度鉄道の主要5か国について、その基本特性の概観を行う。

(1) 日本

- ・1964年、東海道新幹線の開業により、世界の高速度鉄道時代の幕開けとなった。
- ・在来線から完全に独立した高速専用線（踏切を完全に排除）、信頼度の高い保安システム、車内信号方式、電車方式等、高速専用独立線方式を確率した。
- ・一部の路線で、在来線への乗入（在来線の広軌化）を行っている。

特徴：高速専用独立線方式、一部の路線でターミナル駅から在来線に乗入れ

(2) フランス

- ・1981年 LGV 南東線の開業により、日本に次いで世界で2番目、ヨーロッパで最初の高速度鉄道の運行を行った。
- ・在来線の線路容量に余裕があったため、都市部の駅への乗入は、新線建設を行わず在来線を活用するという高速専用線とは異なる高速度鉄道の方式を確立した。車両は、在来線と同様の機関車方式列車を採用した。
- ・高速度鉄道のターミナル駅から直接在来線に乗入れることで、地方都市や国際列車の運行も行っている。
- ・高速新線についても、当初は貨物との共用を計画していたが、高速度鉄道の速度向上、需要の高まりにともない、現在は高速旅客専用線とする方針変更を行っている。

特徴：高速新線を主体に一部に在来線を活用、高速新線上は、高速旅客専用線が基本、ターミナル駅から在来線への乗入

(3) イタリア

- ・1988年、デレッテシマ(Diretissima)と呼ばれる高速線に高速電車 ETR450 を運行しヨーロッパで2番目の高速度鉄道国となった。
- ・フランスと同様、一部に在来線を活用する方式であるが、車両は電車方式が多く採用さ

れている。また、電力方式も、当初は在来線同様の DC3 kV で建設されたが、途中から AC25 kV に変更された。

- ・高速新線は、設計上は貨物列車の運行も考慮されているが、現時点で貨物の運行はされていない。

特徴：高速新線を主体に一部に在来線を活用、高速新線上は高速旅客専用線が基本、ターミナル駅から在来線への乗入

(4) ドイツ

- ・1991年、ハノーバー(Hannover)-ビュルツブルク(Wurzburg)、マンハイム(Manheim)-シュツットガルト(Stuttgart)の高速新線を含む区間で、ICE1が走行をしたのが、ドイツの高速鉄道の始まりである。

- ・ドイツの高速鉄道網の建設は、高速新線建設(NBS250km/h~300km/h)と在来線改良(ABS~230km/h)の組合せで進めている。

- ・第一世代の高速新線は、貨物との共用を前提にして建設されたが、保守の負担等を考慮し、第2世代の高速新線より、旅客専用線として建設されている。

- ・ハノーバー(Hannover)-ビュルツブルク(Wurzburg)間では、時間分離し、夜間に貨物輸送も行っている。また在来線改良区間では、貨物も運行されている。

- ・ICEは、高速専用線から国際列車を含め在来線に直行運行している。

特徴：高速新線建設と在来線改良の組合せ、高速新線上も貨物等の運行、ターミナル駅から在来線への乗入

(5) スペイン

- ・1992年にセビリア(Seville)線が開業し、高速列車AVEが運行を開始した。

- ・スペインは、在来線が広軌(1668mm)であるが、高速鉄道網は基幹線を標準軌の高速旅客専用線建設による方法を採用した完全な高速専用独立線方式となっている。

- ・高速新線は、マドリッドを中心に、放射状にこの高速新線網が建設され、現在の総延長は、約2500km、中国に次ぎ世界第2位の路線長を持つ。

- ・高速新線から、在来線への乗入も行われており、この場合には軌間可変車両が用いられる。在来線に乗入れる軌間可変車両の高速新線上の最高運転速度は250km/hに留まっている。

特徴：高速専用独立線と在来線改良の組合せ、高速新線上は、高速旅客専用線、可変軌間車両を用いて、ターミナル駅から在来線への乗入

次表に、旅客専用と貨客併用のメリットとデメリットの整理を試みた。

表〇 旅客専用と貨客併用のメリット・デメリット

	メリット	デメリット
旅客専用	並行ダイヤが組めるので、高速鉄道の速達性を発揮できる。 定時運行が可能となる。	貨物列車専用の別線が必要となる場合は、工事費が増大する。
貨客併用	貨物列車を夜間に運行すると、運行速度の速い旅客列車による運圧の影響がなくなり、貨物列車を安全に運行できる。	運行速度の遅い貨物列車が同一路線を走行すると、高速列車用の並行ダイヤが組めなくなり、速達性を生かせなくなる。 貨物列車の機関車の軸重が大きく、軌道構造に負担がかかり、軌道の維持管理費が増加する。

3-2-2 新幹線建設に伴う各施設・基準等の決定経緯

次表は東海道新幹線、山陽新幹線および東北・上越新幹線の建設に伴い、建設基準、駅位置の決定、車両基地の決定、橋梁、高架橋、土構造物、バラスト軌道、スラブ軌道、トンネルの調査、トンネルの路線計画、トンネルの設計（1）内空断面、トンネルの設計（2）支保工・覆工、トンネルの調査・設計に関する示方書の整備という項目に関して決定されてきた経緯について取りまとめたものである。

以下の表 6 に記載している内容を、簡潔に取りまとめると、以下のようになる。

・建設基準については、このうち、最高速度を規定する項目は①曲線半径とカント、②緩和曲線長、③勾配、④縦曲線半径、⑤軌道中心間隔、⑥施工基面幅であり、これらの項目は時代が変遷したことによる技術開発に伴い、以下のように数値や構造形式が変化してきている。

○曲線半径：2,500m→4,000m

○緩和曲線長：1.57 倍

○勾配：15/10,000→15/10,000、一部 12/10,000

○縦曲線半径：10,000m→15,000m

○軌道中心間隔：4.2m→4.3m

○施工基面幅：10.7m→11.6m

・橋梁：鋼橋→合成桁、PC 桁

・高架橋：ビームスラブ式ラーメン高架橋→ゲルバー式高架橋

・軌道構造：バラスト軌道→スラブ軌道

・トンネル支保工：木製支柱式支保工→鋼アチ支保工→吹付コンクリート、ロックボルト

表 6 新幹線建設に伴う各施設・基準等の決定経緯

項目	東海道新幹線	山陽新幹線	東北・上越新幹線	記事
建設基準	<p>建設基準は1958年4月より1961年8月に至る20回に及ぶ新幹線建設基準調査委員会の審議によって決定された。1959年5月には線路選定に必要な基準だけ決定し、運輸大臣の承認を得た。この建設基準は戦前に計画された弾丸列車の基準に数値的には似たもの、同じものがある。新幹線の基準を決める前提は、高速運転の電車列車で、速度は250km/hを目標としたことである。しかし、最終的には最高速度を200km/hにしている。</p> <p>建設基準のうち最高速度を規定するのは、①曲線半径とカント、②緩和曲線長、③勾配、④縦曲線半径、⑤軌道中心間隔、⑥施工基面幅である。</p> <p>○曲線半径とカント：本線の最小曲線半径は2,500m、許容最大カント量は200mm、実カント量は180mm</p> <p>○緩和曲線長：$L=6.2Cm \cdot V$ Cm:実カント量(m)、V:速度(km/h)</p> <p>○勾配：本線の最急勾配⇒15/1,000</p> <p>○縦曲線半径：10,000m(200km/hの場合)</p>	<p>山陽新幹線では、東海道新幹線開業後の運転、保守の経験より得られた改善すべき諸点の技術上の問題を検討して建設基準を改定している。</p> <p>○曲線半径とカント：将来の250km/h運転を考慮して、実カント量は停車時に乗客が不快感を来さない180mm以下とし、曲線半径は4,000m以上を標準とした。</p> <p>○緩和曲線長：東海道新幹線の200km/h運転の曲線通過時と同等の乗心地を250km/h運転でも得られるように緩和曲線長を1.57倍とした。</p> <p>○勾配：東海道新幹線の関ヶ原付近の連続急勾配区間(延長約12km、平均勾配約12/1,000)の運転実績で主電動機の温度上昇が限界に達することもあることから、山陽新幹線では最急勾配は同じ15/1,000であるが、10km間の平均勾配12/1,000という制限を追加した。</p> <p>○縦曲線半径：東海道新幹線の200km/h運転と同等の乗心地を250km/h運転でも得られるように半径10,000mを15,000mに増大した。</p> <p>○軌道中心間隔：東海道新幹線では4.2mであったが、山陽新幹線では夜行運行時の単線運転によ</p>	<p>計画最高速度を250km/hとし、主な建設基準は山陽新幹線とほぼ同様としたが、寒冷・降雪地域を通過すること、国鉄の経営合理化の方針に沿って徹底的なメンテナンスフリーを考慮すること等から、以下の項目は山陽新幹線とは異なる。</p> <p>○標準活荷重：東海道新幹線への乗り入れを考えると16tとするのが望ましく、軽量化の努力を払うことは勿論であったが、250km/h運転のための出力向上、雪害対策、異周波対策など、重量増加の要素が多いため標準活荷重の最大軸重を17tとした。東海道新幹線に軸重17tの車両が乗入れる場合、構造物は18tで設計されているので、強度的には問題はないが、構造物の疲労への影響、軌道保守量の増大の問題が生ずる。構造物の疲労に対しては乗入れの頻度が限られるので大きな影響はないこと、軌道の保守量の増大に対しては軌道構造の強化で対処可能と判断された。</p> <p>○本線有効長：旅客の輸送需要、東海道新幹線との直通等を考慮して東海道新幹線の旅</p>	

	<p>○軌道中心間隔：本線①停車場外 4.2m ②停車場内 4.6m</p> <p>○施工基面幅：原則として 10.7m</p> <p>○線路有効長：一般の場合 500m（貨物電車 15m×30 両+50m）、旅客専用の場合 450m（電車 25m×16 両+50m）</p> <p>○標準活荷重：軸重は 16t であるが、車両の設計目標軸重を 15t に対して、設計活荷重は疲労を考慮して 18t とした。</p>	<p>る保守作業、曲線部のバラストの散逸及び軌道敷設の公差、三主桁の設計等を考慮して、4.3m とした。</p> <p>○施工基面幅：山陽新幹線では軌道中心間隔の増 0.1m、道床バラストの法勾配を緩やかにしたことによる増 0.6m、作業用通路幅の増 0.2m、計 0.9m を増やして最小 11.6m とした。</p> <p>○標準活荷重：将来の高速化による車両の重量増、輸送量の波動による定員を超える乗車等から車両の軸重は 16t に近づくものとして、これに疲労割増 1.18 を乗じた 19t を設計活荷重とした。</p>	<p>客列車と同じ 400m とした。停止のための余裕量は東海道新幹線の実績から 30m とした。以上から本線有効長は 430m を原則とした。</p> <p>○軌道構造：標準の軌道構造は、①250km/h 運転のための軌道整備の向上、②積雪地帯における砂利の飛散、③バラスト道床での砂利の圧砕現象、④将来の軌道保守労働力供給の減少傾向等を考慮してスラブ軌道とした。このため、明かり区間の土木構造物は極力高架橋とし、土路盤区間のスラブ軌道構造については早急に技術開発を進めることとした。</p>	
<p>駅位置の決定</p>	<p>東京駅：東海道新幹線東京駅の位置選定に際し、防空は、当初より考慮外とし旅客の利便を最優先とする考え方と、都市計画的見地に、より重点を置く考え方とがあった。東海道新幹線で具体的に地形上可能であるとして検討された駅の位置は次の 10 か所である。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・山手方面：①ツツミ、②淀橋浄水場跡、③新橋駅西口広場 ・中央部：④市ヶ谷付近、⑤代官町付近 ・東海道付近：⑥品川駅（山側）、⑦品川駅（海側）、⑧汐留駅、⑨皇居前、⑩東京駅（八重洲中心） 	<p>山陽新幹線の駅配置は、利用客の利便、運転上の諸条件の確保、地域社会に与える影響などについて検討を行い、総合的な観点から決定された。考慮された基本的事項は以下のとおり。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・現在の優等列車の停車駅を考慮。 ・停車駅数は新幹線の高速性を阻害しないよう、現在の東海道新幹線の「こだま」の表定速度 130km/h を維持しうる数とする。 ・県庁所在地もしくはこれに近接した都市で駅勢人口の多いこと。 ・在来線の分岐駅あるいは道路など各種機関への連絡が便利な場所であること。 	<p>東北・上越新幹線の駅配置については、地域開発の動向、輸送上の条件、技術上の条件を総合的に判断して決定された。</p> <p>地域開発の将来性が分析された。すなわち、</p> <ul style="list-style-type: none"> ・人口、中枢管理機能の集積度、商工業活動、観光資源、道路等に関する地域の現状。 ・広域生活圈計画、産業開発計画、観光開発計画、道路整備計画の国及び県の将来計画。 <p>新幹線の特性を生かすため、以下の条件が考慮された。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・新幹線の高性能が十分に発揮できること。 ・総合して便利で効率の良い輸送体系が確立 	

<p>施工上からは、地形・地質上、山岳トンネル工法が採用可能な山手方面のルートが最も有利で、当初概略予算は国有地であるワシントンハイ付近に地下鉄を想定して算出されたものだった。</p> <p>駅位置選定経過は、淀橋・市ヶ谷・品川（山側）・代官町の諸案は都市交通網への連絡不便、土地の面積不足の理由で削除された。工費・工期上だんぜん優位であったワシントンハイは連絡上はなほだ不便との理由で賛同を得られず、その改良案としての新宿駅西口は、施工面で巨大な地下施工構築が地質上きわめて困難であり、鉄道経営上からみても東海道遠距離客の都内各駅集札状況によると、東京駅を利用する客3に対して、新宿駅は1に過ぎなかったため、賛同が得られず、丸の内付近としたいという要望が強まった。</p> <p>p.24</p>	<p>・駅の設置により新たな旅客需要が見込まれ、誘発旅客収入により駅設置で全経費が賄えること。</p> <p>・駅間距離が過小・過大にならないこと。山陽新幹線では最小の駅間距離は、姫路・相生間20.06km、最大の駅間距離は、三島・広島間60.2km、平均の駅間距離は37kmとなっている。</p> <p>・列車運転上からの最適最小区間： Vmax=200km/h→20km以上 （加速9km、減速5km） Vmax=250km/h→30km以上 （加速15km、減速10km）</p> <p>・列車運転上からの最大駅間・・・運転整理上から50km以下（特急列車の退避のため）</p> <p>駅位置選定の基本事項として以上の諸条件を挙げたが、実際の駅設置位置の決定に当たっては、地域の特性、前後のルートとの関係、工事費、工期等の事項を加え、総合的な観点から検討し決定される。山陽新幹線の新大阪・博多間については、新神戸、西明石、姫路、相生、岡山、新倉敷、福山、三原、広島、新岩国、徳山、小郡、新下関、小倉、博多の15駅が設置された。新神戸、新岩国を除き、いずれも山陽本線または鹿児島本線の在来駅に併設された。これらの平均駅間距離は約</p>	<p>されること。</p> <p>・異常時におけるダイヤ混乱の回復が早急にできること。</p> <p>技術上の条件として、曲線半径4,000m以上、勾配14%以下という厳しい条件で決定されるルートとの関連が配慮された。p.38</p> <p>最小駅間距離</p> <p>東北・上越新幹線は、250km/h運転を目標として計画され、この場合の必要な駅間距離は平坦線で加速に14km、減速に9km、計23kmである。一方、新幹線の運転保安はATCによって保たれ、ATC信号は車両のブレーキ力から3km単位で送信されるので、この面からの必要駅間距離は、24km(=3km×8段階)となる。以上の諸条件について調査検討の結果、駅配置は以下のとおり、決定された。</p> <p>○東北新幹線：東京、大宮、小山、宇都宮、那須、新白河、郡山、福島、新白石、仙台、古川、一ノ関、北上、盛岡。ただし、安定輸送の確保の観点からは、東京駅の容量不足のため、サブターミナルとして上野駅に2面4線の地下駅を設置した。</p> <p>○上越新幹線：大宮、熊谷、高崎、上毛高原、</p>		
---	--	--	--	--

		37km で、東海道新幹線の東京・新大阪間の約43km より短くなっている。 p.29	越後湯沢、浦佐、長岡、燕三条、新潟。この結果、平均駅間距離は東北新幹線（東京～盛岡間、496km）35km、上越新幹線（大宮～新潟間、269km）34km となっている。	
車両基地の位置決定	<p>車両基地の全体的な配置を決定するに当たっては、将来の新幹線計画を含めた想定輸送量、所要車両数、対応する検修量、車両基地の規模等により所要数を決定することになる。車両基地の位置の選定にあたっては、下記事項を検討する必要がある。</p> <ul style="list-style-type: none"> ○輸送量想定を行った結果の断面輸送量の段差の大きいところ。 ○空車回送が少なく、車両運用が最も効率的なところ。 ○駅から極力近いところ。 ○要員の確保が比較的容易であること。 ○規模が適正であること。 ○用地確保が容易であること。 <p>東海道新幹線の車両基地選定にあたっては、前述の諸条件を考慮して当初、東京地区は品川に、大阪地区は鳥飼に基地が設置された。</p>	<p>山陽新幹線の博多開業に伴う車両基地計画の策定は、列車計画、車両運用計画、新製車両の搬入計画、将来の全国新幹線鉄道網計画及び現在の設備能力の活用などを総合的に勘案しつつ進められた。</p> <p>車両基地の規模は、所要電車編成数と列車キロによってほぼ決定されるので、博多開業では各車両基地で対応できる規模の着発収容線、仕業検査、交番検査、台車検査、全般検査、臨時修繕などの検修設備及び乗務員休養施設などが新設増強された。山陽新幹線の博多開業における車両基地の配置は、岡山、広島に仕業検査施設を備えた電留基地を、博多には仕業、交番、全般の各検査設備を備えた総合車両基地をそれぞれ新設した。</p>	<p>東北・上越新幹線の車両基地策定の基本的な考え方：車両基地について当初は、羽越、奥羽、北海道、北陸の各新幹線を前提として検討された。また、東京駅を東海道・山陽の両新幹線の相互直通運転を行うとしていたので車両基地については東京（田端）に設けて、東海道・山陽の両新幹線がこれを使用し、既設の品川、大井基地の一部を東北・上越新幹線が使用するように計画したが、その後、新幹線総合調査委員会で再検討がなされ、</p> <ul style="list-style-type: none"> ○車両基地の相互利用はダイヤが乱れた時に車両、乗務員の管理が難しく、基地の構内作業が輻輳し乱れの影響範囲が拡大されること。 ○東北・上越新幹線の車両はボディマウントならびにパワーアップ等のために東海道・山陽新幹線の車両に比較し輪重が重いこと（軌道破壊の恐れ）等々で、直通運転に伴う問題点が当初の想定よりも大きいことが判明し 	

			てきたため、定期的な形での直通運転は行われ れないという方向付けがなされた。このた め、新設する田端車両基地は、東北・上越新 幹線で使用するようになった。	
橋梁	世界初の高速鉄道である東海道新幹線の鋼 橋に対し、部材はすべて溶接で組み立て、部 材同士は現場でリベットで連結するという、 全溶接橋梁を全面的に採用した。具体的 には、東海道新幹線の約 780 連 (9.3 万トン) の鋼橋のすべてに全溶接を採用した。 p.228,p.230	1971 年に架設が完了した山陽新幹線の新大阪～ 岡山間では、鋼橋としては合成桁が唯一の低騒音 橋として大量に採用された。さらに、岡山～博多 間になると、支間が 50m 以上の合成桁が 19 連に も及び、支間の長大化が一層進められた。新大阪 ～岡山間では、長大橋梁は殆どが PC 桁となった。 p.238	1974 年には、東北新幹線の山崎架道橋で、 中央径間の支間長が 76m のゲルバー形式の 3 径間の画期的な長大合成桁が採用されるに 至った。さらに 1983 年に架設された東北新 幹線荒川橋梁は支間 86.7m を有し、鉄道合成 桁としては最長のものとなった。p.241	
高架橋	東海道新幹線では延長約 116km の高架橋が 建設された。経済性を追求した最も合理的な 設計の検討が行われて、ビームスラブ式のラーメン 高架橋の標準設計図が作成された。道路との立 体交差では中央スパンを大きくした異径間ラメ ン高架橋が採用された。p.264	山陽新幹線岡山～博多間では、保守作業の省力化 のためにスラブ軌道を大幅に採用したため、スラ ブ軌道用標準高架橋として、変位の条件に対応す るため、張出し式高架橋に変わり、ゲルバー式高架 橋が採用された。p.266	東北・上越新幹線標準高架橋の一部に背割式 高架橋が採用され、比較的地盤の良い区間に 用いられた。この形式が採用された理由は、 スラブ軌道を用いた高架橋の継手箇所のだ わみ差を生じさせないためである。p.266	
土構造物	東海道新幹線の路盤規格は噴泥を殆どなく する、道床バラストのめり込みを少なくする を目標とした。しかし、路盤は開業後まもなく、 噴泥が多発した。掛川付近の泥岩ずりの 盛土区間で特に著しく発生した。噴泥発生の 原因は苛酷な列車荷重条件にあった。p.345	該当しない。	該当しない。	

<p>バラスト軌道</p>	<p>東海道新幹線の建設当時、スラブ軌道とバラスト軌道のどちらにするかで論争となり、信頼性の観点から従来通りのバラスト軌道が採用された。バラスト軌道は、マクラギからの重圧を効率よく分散させ路盤に伝えることで、低騒音・低振動であること、排水がよいこと、建設費が安いことなどの利点がある。一方、強度が低く軌道狂いを生じやすいため、保守管理に手間がかかる。</p>	<p>バラスト軌道は、保守に非常に手間がかかるため、山陽新幹線(岡山～博多間)は、新軌道構造であるスラブ軌道が主体となった。ただし、新大阪～岡山間 160.9kmのうち、スラブ軌道は高速運転に対する走行安定性の確認と大量敷設の施工方法の開発を目的としてトンネル区間と高架橋区間を合わせて軌道延長にして約 16km が敷設されている。したがって、残りの約 145km はバラスト軌道である。p.31</p>	<p>近年では、保守機械や検測車の改良が進んだこと、騒音低減の見地などからバラスト軌道の良さが見直され、2011年に全線開業した九州新幹線では一部の区間(約 9km)で再び、バラスト軌道が採用されている。</p>	
<p>スラブ軌道</p>	<p>該当しない。</p>	<p>山陽新幹線(岡山～博多間)では、スラブ軌道が本格的に採用された。スラブ軌道の合成桁は 4m と 5m の軌道スラブの使用を前提として、全長を m 単位とした。p.237 スラブ軌道はレールがコンクリートに固定されるので、軌道狂いが発生しにくく、省力化軌道の 1 つである。</p>	<p>東北・上越新幹線でも、全面的にスラブ軌道が採用されたが、スラブ軌道を全面的に採用した山陽新幹線(岡山以西)と続いて建設された東北・上越新幹線との大きな違いは、明かり区間のスラブ厚の増加と PRC 構造の採用である。東北・上越地方などの寒冷地では、凍害防止上、スラブのひび割れが問題になることと、スラブの剛性の確保、経済性などから、PRC 構造が採用された。p.634</p>	<p>スラブ軌道は、トンネル区間での適用では問題はないが、高架橋上での適用には配慮すべき点がある。高架橋の基礎形式によっては、基礎の不等沈下に伴い、桁やスラブ間に鉛直・水平方向の角折れや段違い、食い違いが発生することがある。</p>
<p>トンネルの調査</p>	<p>東海道新幹線のトンネルの調査は、1958年から 1959年にかけて国鉄鉄道技術研究所(技研)の協力のもとに、既存資料の検討、</p>	<p>山陽新幹線(新大阪～岡山間)は 1966年 10月に着手され、(トンネルは 31か所、総延長 58km、最長は六甲トンネルの 16.25km)建設に伴う調</p>	<p>上越新幹線の榛名トンネルや中山トンネルにおける湧水問題においては学識経験者を含めた湧水問題委員会が設置された。</p>	

	<p>断層、変質岩、湧水、軟弱層、地滑り、施工の難易などの判定のための地表踏査が行われ、補足として弾性波探査、ボーリング(JFT)が実施されている。弾性波探査はトンネル 67 か所のうち 11 か所で実施されている。以上は一部が外注されているが、殆どが技研の地質研究室が直轄で実施されている。積雪地帯の関ヶ原付近に関しては、これを避けるために鈴鹿越えなどの比較路線を検討するための地質調査も実施された。p.361</p>	<p>査が激増してきたため、従来のように技研が地質調査などを直轄で実施することが不可能となってきたため、1963 年より、国鉄本社線増課に地質担当補佐を置き、建設に係る地質業務を統括し、技研は調査の計画・推進・確認・成果の工事への反映などに重点を置くようになった。p.362</p> <p>トンネルの施工に伴う湧水問題は地表部の湧水という現象で工事が難航することから、トンネル坑内の湧水予測調査のほか、技研が中心となって湧水問題への調査、研究が行われた。p.363</p>	<p>オーストリアのラプセビッチ等により開発され命名された NATM について、技研では 1965 年ころからロックボルトの研究、1975 年ころからは模型による地山破壊過程及び覆工、ロックボルトの研究、1978 年の NATM 基礎実験などが行われた。NATM は 1977 年 3 月に上越新幹線中山トンネルで、1978 年 5 月には東北新幹線平石トンネルで本格的に採用された。p.363</p>	
トンネルの路線計画	<p>東海道新幹線のトンネルの路線計画は、一部を戦前の弾丸列車計画のトンネルをそのまま活用している区間がある。なかでも、新丹那トンネルと日本坂トンネルは、戦前に計画された路線をそっくり活用している。</p>	<p>新幹線における路線計画においては、列車の高速化により最小曲線半径が大きいこともあって、山陽新幹線の六甲トンネル（延長 16.25km）や新関門トンネル（延長 18.713km）などの長大トンネルが計画された。これは騒音などの環境問題、用地取得困難などから長大トンネルになっても極力トンネルにより路線計画をしている。p.364</p>	<p>東北新幹線では福島トンネル（延長 11.705km）、蔵王トンネル（延長 11.215km）、上越新幹線では大清水トンネル（延長 22.221km）、榛名トンネル（延長 15.35km）、中山トンネル（延長 14.857km）などが長大トンネルとなっている。これも騒音などの環境問題、用地取得困難、さらには雪害対策などから長大トンネルになっても極力トンネルにより路線計画をしている。p.364</p>	
トンネルの設計（1） 内空断面	<p>トンネルの内空断面は、建築限界の外側にケープルなどのスペースを確保するとともに、将来変状が生じたときの保守用空間を確保するなどの観点から一定の余裕をとること</p>	<p>山陽新幹線の新大阪～岡山間では最小曲線半径の増大と緩和曲線長の増大により、曲線区間の延長がトンネル全延長の 1/3 をこえるので、型枠の転用などの施工上の見地から、内空断面を曲直両</p>	<p>東北・上越新幹線でも曲線半径が 7,000m 未満のトンネルでは、トンネル内で故障した電車の台車などの検査が可能なように側壁部を広げた内空断面としている。具体的には曲</p>	<p>内空断面のアーチ部の半径は東海道新幹線から、山陽新幹線、東北新幹線及び上越新幹</p>

	<p>としている。</p> <p>新幹線の内空断面は戦前の弾丸列車計画の段階で決定され、それに基づき新丹那トンネルなど一部区間のトンネルが部分的に施工され、戦争の激化とともに中断された。東海道新幹線建設に当たってはすべて複線断面とし（戦前のものには単線トンネルの計画もあった。）、トンネル内の建築限界外の余裕を5 cmとし、アーチ起拱線までの内幅は同じ大きさとしている。p.365</p>	<p>用の一種類としている。建築限界外の余裕は東海道新幹線の経験に基づき、施工誤差、将来の保守に対する余裕から10 cmとしている。</p> <p>岡山～博多間では、曲線半径が7,000m未満のトンネルでは、トンネル内で故障した電車の台車などの検査が可能ないように側壁部を広げた内空断面としている。具体的には曲線型は側壁の半径を12,000 mmとしている。pp.365~366</p>	<p>線型は側壁の半径を山陽新幹線の岡山～博多間と同様に12,000 mmとしている。</p> <p>pp.365~367</p>	<p>線まで一貫して4,800 mmで同一寸法を採用している。レールレベルから施工基準面までの高さは東海道新幹線と山陽新幹線の新大阪～岡山間までは70 cm、同新幹線の岡山～博多間から東北・上越新幹線では40 cmとなっている。p.365</p>
トンネルの設計（2） 支保工・覆工	<p>木製支柱式支保工が全面的に鋼アーチ支保工に置換わったのは、1959年に着工された東海道新幹線の建設以後であり、大々的にH形鋼を使用した。木製支柱式支保工にくらべて鋼アーチ支保工は作業空間が広く取れるので、大型ドリルジャンボ、ずり積機などの使用がかのうとなって掘進速度が著しく向上し、また覆工時の木外しがなくなるので安全性が改善された。</p>	<p>山陽新幹線で多くのトンネルが施工されることとなったため、かねて国鉄で使われていた切取土砂岩石の分類をトンネルにも適用し、トンネル施工の実績の検討も吟味して、支保工・覆工の標準的な設計をまとめる動きが技研地質研究室などにあり、岩盤を4～5等級に分類し、それぞれに標準的な支保工のサイズ・建込み間隔・覆工厚を示すことになった。p.366</p>	<p>上越新幹線では、岩種別支保工、巻厚等が定められた。具体的には、岩種別をIからIVまでとし、覆工の巻厚はアーチ、側壁ともに、70 cm、70 cm、50 cm、50 cmとしている。東北・上越新幹線では、NATMがトンネルの標準工法となり、この場合の地山分類基準は岩石種別と弾性波速度が指標として採用されている。p.367</p>	
トンネルの調査・設計に関する示方	<p>1969年に「地質調査標準示方書」が制定された。p.362</p>		<p>1980年にNATMで施工されたトンネルの450余りの実施パターン、地質と計測のデータを収集し、統計手法を用いてデータの解析</p>	

書の整備			を行い、NATM 用の地山分類と設計パターンを盛り込んだ「NATM 設計・施工指針 (案)」が作成された。 p.363	
------	--	--	---	--

出典：参考文献 32 に基づき筆者作成

3-3 先進国高速鉄道の運営組織の比較、用地買収上の問題点等

3-3-1 高速鉄道建設時の新組織

欧州ではイコールフットィングという競争基盤の平等化理念のもと、1991年EU諸国の共通鉄道政策(EU指令91/440)として、上下分離とオープンアクセスを新たな鉄道経営の基本方針としている。^{17,18)}

フランスの場合：

フランス線路事業公社(RFF)は鉄道施設の管理、保守、建設を担う公営組織で、施設使用料を収入としている。列車運行はフランス国鉄(SNCF)が行っているが、欧州連合の規定で1997年に上下分離されていた。¹⁵⁾

2015年1月1日に鉄道システムの組織改革法が施行され、再統合され、統括・調整のための会社(SNCF Epic)というSNCFグループに再編された。²⁶⁾

ドイツの場合：

1993年に「ドイツ鉄道株式会社設立法」が制定され、1994年1月に旧東独の「ドイツ帝国鉄道(DR)」と「連邦鉄道(DB)」が合併し、ドイツ鉄道(榊)に改組された。東西鉄道組織統合とともに民営化・上下分離を行い、上部組織は長距離・近距離・夜行・貨物などの会社に分割した上でオープンアクセスを導入し新規参入会社にも線路使用を認めている。^{22,23)}

スペインの場合：

レンフェ(Renfe)は、スペイン政府100%出資の鉄道会社で1941年1月に設立。2005年1月に欧州連合の指令により、レンフェは列車運行を担うレンフェオペラードとインフラ管理を行うADIF(スペイン鉄道インフラ管理機構)に上下分離された。スペイン高速鉄道の整備事業はADIFが自己資金や民間資金等で遂行している。¹⁶⁾

イタリアの場合：

TAVは、イタリアの高速鉄道路線を計画し、建設、管理する高速鉄道会社で、1991年に設立された。TAVは、イタリア国内にとどまらず、欧州各国の高速新線網と接続し、フランスのTGV、ドイツのICE、スペインのAVEなどと統合した欧州の高速鉄道路線網を目指している。イタリアの鉄道の整備・運営主体は、上下分離を採用し、上部はトレインイタリア株式会社、下部はイタリア鉄道会社FSである。^{17,18)}

3-3-2 高速鉄道の用地買収上の問題点

フランスの場合：

TGVが高速走行可能な専用軌道は、軌間が1435mmでSNCFの在来線と同一なため、用地買収の難しい都市部では新線建設の必要がないのが特徴である。このため、都市部では既存の線路を走行し、市街地を出ると線形が良い専用線に入り、高速走行する。ターミナル駅は在来線と共用していることが多い。¹⁹⁾

ドイツの場合：

ハノーバー～ベルリン間の高速鉄道は、東ドイツ時代に廃止された路線跡を利用して建

設されているため、比較的短期間で竣功している。ハンブルク～ベルリン間は、トランスラピッド(リニアモーターカー)計画が、建設コスト問題から 2000 年に正式に計画が破棄され、高速鉄道 ICE を運行することとしている。²⁰⁾

スペインの場合：

マドリード・バルセロナ間的高速新線は地質学的な問題から当初予定していた最高速度で列車を走行させることが出来ていない。地質学者はアラゴン州の弱い粘土地盤に建設されたことに関して批判的であった。路盤の近くでは穴も発見されている。²¹⁾

イタリアの場合：

北イタリアは、ヨーロッパ全域をカバーする高速鉄道網の一環として南欧州高速鉄道網を整理する計画がある。パリからミラノを經由し、ローマまでが接続される。しかし、各地で住民の反対運動などのために、用地買収が暗礁に乗り上げており、一部区間は実現したものの、イタリア国内の鉄道網布設は困難な状況である。²²⁾

3-3-3 高速鉄道と在来線との乗換え、直通化の事例

フランスの場合：

そもそも在来線の軌間は 1,435 mm であり、高速鉄道の軌間と同じであることから、駅部区間は在来線に乗入れることを前提とした路線設計となっている。

ドイツの場合：

基本的に高速鉄道路線の設計はフランスの場合と同様であるが、路線によっては、新線を建設して対応する区間もある。

スペインの場合：

在来線の路線網の殆どは欧州での標準軌(軌間 1435 mm)ではなく、広軌(軌間 1668 mm)であり、フランスとの直通、高速新線と在来線の直通のために軌間可変車両を運転している。

イタリアの場合：

フレッチャルレンド(FA:銀の矢)という高速列車を運用して、高速新線区間と在来線区間を直通運転している。最高速度は、250km/h である。

表 7 別線と在来線乗入れのメリット・デメリット

	メリット	デメリット
別線	ライダースhipが増加しても在来線との駅部への入線待ちは発生せず、高速鉄道の速達性を発揮可能。	初期投資額は在来線乗入れよりも多くかかる。用地買収に時間を要すると、開業時期が遅延。新駅が在来駅と隔離している場合、二次交通とのアクセスが悪化する。
在来線乗入れ	在来線の既設駅への乗入れで、駅を新設する必要がない。	ライダースhipが増加すると、線路容量が不足する。

	乗降客の在来線との乗換え抵抗が軽減。 既存の二次交通とのアクセスが良好	合わせて、在来列車と駅への入線がかち合い、入線待ちで、高速列車の時間短縮効果が相殺される。
--	--	---

3-3-4 産業政策と鉄道経営

鉄道をより付加価値の高いものにする⇒雇用収入を増やすことになるのか。欧州鉄道産業連盟の予測によると、2015～2017年の年平均の鉄道産業（車両や保守、信号）などの市場規模は約23兆円で、うち欧州が46.4%を占める最大市場となっている。²⁸⁾

フランスの場合：

新たな産業政策的措置の提言を行ったものに「ベファ・レポート」と呼ばれている報告書がある。この報告書の前半でフランスの産業構造や過去の産業政策の分析を行っている。フランスの主要企業として、鉄道界からはアルストムが、重電・鉄道車両・造船として挙げられている。²³⁾

ドイツの場合：

鉄道自由化の度合いを表す指標となるのがドイツ鉄道の競合他社の輸送シェアであり、近距離の交通ではドイツ列車総キロ数に占める競合他社のシェアが継続的に伸び、2012年には25%に達している。鉄道貨物輸送の中期的長期的展望では、2020年から2030年には、年間2.5%近い成長が見込まれている。2014年のドイツの鉄道関連産業の売上高は前年比25%増の125億ユーロ（約1兆6000億円）²⁴⁾

スペインの場合：

鉄道部門の企業数は225社余りで従業員は11万人ほど。サービスは3つに大別。

- ・鉄道インフラ製造及び保守用製品
- ・車両及びその構成部品
- ・信号システム及び通信機器

上記以外に鉄道セクターに大きく関わっているのはエンジニアリング、コンサルタントそして建設部門がある。²⁵⁾

イタリアの場合：

イタリアの産業政策は、基本的にEUの共通政策に基づき策定されるのが殆どである。イタリアは、恒常的な財政赤字を抱えており、産業政策に振り分ける予算も必然的に切り詰めを余儀なくされている。広い意味では、イタリアの産業政策は、他の欧州諸国と同様、市場の自由、国営企業の民営化、内需拡大、プラント機械などのインフラ投資の促進、技術革新、国家機構の近代化などに重点を置いている。²⁷⁾

3-3-5 高速鉄道駅へのアクセス手段

2011年のEU交通白書で、HSRの目的として、中核空港へ高速鉄道アクセスの確保がある。これはHSRへのアクセスを改善し、地域鉄道のハブを形成しシームレスな旅行を実現

する試みである。²⁷⁾

フランスの場合：

ネットダイヤの導入、即ち、大きな駅間に鈍行や快速などの様々な運行サービスの提供を行う。また、停車時刻ダイヤに規則性を持たせ、わかりやすい状態に改善する。(日本で既に実施されている)空港・地方鉄道・地下鉄との結合強化を行う。例えば、高速鉄道への新たなアクセス手段として、そのまま鉄道に積むことができる折り畳み式自転車の利用である。²⁹⁾

ドイツの場合：

ターミナル駅から在来線への乗入を行っている。高速新線上も貨物等の運行を行っている。更なるスピード化。パリ～シュットガルト～ウィーン～ブダペストを高速鉄道で結ぶ計画。駅での停車時にスムーズな乗り降りができるように、乗客流動を改善するシステムとして手荷物の管理システム(駅で荷物を積み込む、預かる)、地域鉄道との接続性等の改善が予定されている。²⁹⁾

スペインの場合：

スペイン国鉄(RENFE)が運行する高速鉄道システムAVEはデッキに3段の階段があって、車いす利用者は一人では乗車できない。乗車するためには発車40分前までに、駅のカスタマーサービスに支援依頼が必要であり、電動リフトが登場し、下車駅でも降車を手伝ってくれる。³¹⁾ 可変軌間車両を用いて、ターミナル駅から在来線への乗入を行っている。

イタリアの場合：

新たに整備しているイタリアのHSR拠点駅であるローマのティブルティール駅は、在来ネットワークに接続するほか、市内交通に直結するハブ機能も持っており、地下鉄やバスに乗換えて市内各地の最終目的地まで行くことができるようになった。イタリアでは、現在、主要都市でHSRの拠点駅を整備しており、今後はトリノ、ボローニャ、フィレンツェ、ナポリにおいて新装開業が予定されている。³⁰⁾

日本場合：

駅前広場の整備、アクセスする交通手段、アクセスする主な事業者、交通関連施設の整備または土地利用状況といった観点から整理したのが次表に示すものである。事例として、新横浜駅と岐阜羽島駅を取り上げてみた。^{33),34)}

表8 新幹線駅の駅前広場と交通アクセス

	新横浜駅	岐阜羽島駅
駅前広場の整備	<ul style="list-style-type: none">・立体都市計画制度を用い、駅前広場を重層的に活用し、駅ビルと屋内交通広場、タクシープール、地下駐車場等をJR東海と共同で整備。・駅前広場(約17,400 m²)のバスターミナル及び歩	<ul style="list-style-type: none">・岐阜羽島駅周辺地域には、東海道新幹線駅であるJR岐阜羽島駅と名鉄竹鼻線の起点である名鉄新羽島駅の2つの鉄道駅がある。名鉄新羽島駅は、JR岐阜羽島駅と駅北広場が共有されており、それぞれの改

	行者空間を再整備し、円滑な交通処理と安全な歩行者空間の確保を目指す。	札口は 100m 程度しか離れていない。
アクセスする交通機関	<ul style="list-style-type: none"> ・ 東海道新幹線（高速鉄道） ・ JR 横浜線（在来線） ・ 横浜市営地下鉄 3 号線（地下鉄） ・ 環状 2 号線（タクシー、バス、自家用車等） 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 東海道新幹線（高速鉄道） ・ 名古屋鉄道竹鼻・羽島線（在来線） ・ 岐阜県道 1 号岐阜南濃線（タクシー、バス、自家用車、自転車、徒歩） ・ 名神高速道路一岐阜羽島 I.C.（貸切バス、自家用車等）
アクセスする主な事業者	<ul style="list-style-type: none"> ・ JR 東海・JR 東日本・横浜市交通局・神奈川県中央交通・相鉄バス・川崎鶴見臨港バス・京浜急行バス・横浜京急バス・東急バス 	<ul style="list-style-type: none"> ・ JR 東海・名古屋鉄道・名阪近鉄バス(路線バス)・羽島市コミュニティバス市内線・海津市営バス(コミュニティバス)
交通関連施設の整備または土地利用状況	<p>横浜市：</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 交通広場・連絡通路の整備 ・ 駅前広場の再整備 ・ 歩行者デッキの整備 <p>JR 東海：</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 新幹線駅改良 ・ 都市計画駐車場の整備 ・ 駅ビルの建設 	<p>羽島市：</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 岐阜羽島駅を交通結節点とした路線再編 ・ 運賃制度の変更 ・ 市内線・南部線の統合による昼間時間帯のサービス拡充 ・ 商業施設への乗入れ ・ 小型車の導入。 <p>JR 岐阜羽島駅周辺は、田・畑や低未利用地が存在。駅に近い場所には駐車場が多く立地。駅利用者の駐車場までの動線の改善が必要。観光バスの停車スペースがなく、確保の必要がある。</p>

出典：参考文献 33、34 に基づき筆者作成

3-4 高速鉄道の設計の考え方が技術に与えた影響

高速鉄道を整備するに当たり、設計の考え方が技術に及ぼした影響について、日本と欧州各国の事例から以下に述べる。

3-4-1 路線の設計の考え方が技術に与えた影響

高速鉄道と在来線との乗換え、直通化の事例でも記載したとおり、フランスの在来線の軌間は 1,435 mm であり、高速鉄道の軌間と同じであることから、駅部区間は在来線に乗り入れることを前提とした路線設計となっている。このことは、線路容量がそれほど逼迫していない場合は不都合なくスムーズな車両の運行計画を策定することができるが、線路容量が不足してくると、高速鉄道でも入線を待機する状況になる場合がある。この状態は駅

間での高速運転で運行時間を短縮した時間を帳消しにすることにつながりかねない。結果として、高速鉄道の特徴である速達性を否定することになりかねない。

ドイツの場合も基本的にはフランスと同一の路線設計の思想であることから、駅間で稼いだ運行時間の短縮効果が在来線の駅部区間でそがれる結果となっている。

3-4-2 路盤構造の設計の考え方が技術に与えた影響

鉄道路盤の形状寸法は 1872 年の日本の鉄道の創業当初より決められているが、路盤土の品質については 1945 年頃まで明確な規定はなかった。鉄道路盤の土質工学的な検討が開始されたのは 1955 年に国鉄が全国規模で実施した不良路盤の実態調査からである。この調査は、噴泥、振動、沈下の 3 項目について実施され、噴泥を起こしやすい土の性質が判明した。そのときの鉄道技研の報告書では、噴泥を起こしにくい土、すなわち、路盤土として好ましい土の条件として次の 4 つを同時に満たすものと規定している。

- ① 粒径 0.4 mm 以下の土が 70% 以下
- ② 粒径 0.075 mm 以下のものと 0.4 mm 以下のものとの比が 0.65 以下
- ③ 液性限界が 35 以下
- ④ 塑性指数が 9 以下

この全調査データは、その後東海道新幹線建設に必要な基準を作成するときに見直され、路盤噴泥が路盤表層の強度（現場 CBR）および道床バラストめり込み量との関係で検討され、これを図示したものが図 4 である。

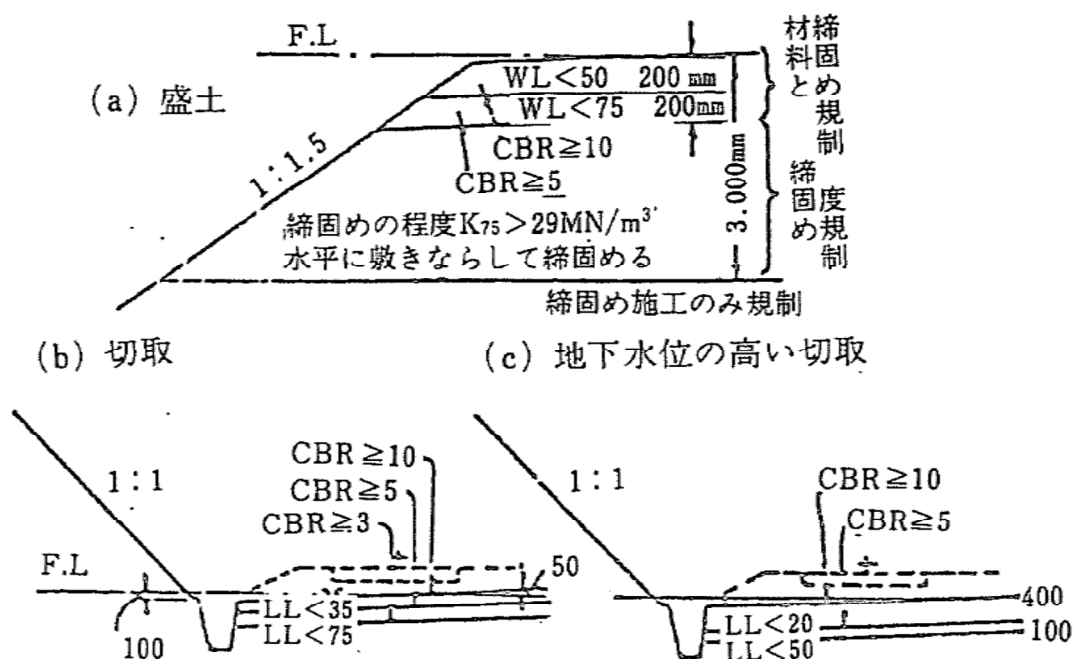


図 4 土工説明図 41)

3-4-3 トンネルの設計の考え方が技術に与えた影響

日本では高速鉄道である新幹線のトンネル断面は複線である。一方、欧州では、トンネルの延長が 5km 以上でトンネル内を走行する列車の速度が 200km/h 以上の場合は単線並列トンネルを基本とすることで、defact standard となっている。この理由は、トンネル通過の際の車両の火災事故に伴う保安対策のためといわれている。

青函トンネルの断面形式を単線型 2 本か、複線型 1 本か選定するに当たり、青函トンネル技術調査委員会でトンネル工事施工上の観点とトンネル完成・開業後の運営上の観点から、種々の議論がなされた結果を次表に示す。

表 9 新幹線トンネル断面選定の考え方

工事施工上の観点	完成後の運営上の観点
複線型 1 本の方が単線型 2 本に比べて掘削、覆工コンクリート等の施工量が少ない。(単線トンネル 2 本の場合の掘削土量及び覆工コンクリート量は、複線トンネル 1 本の場合の 20~30%増となる。)	長大トンネルに列車が進入した場合に受ける空気抵抗は、複線型の方が小さい。 (微気圧波対策のための緩衝工の設置の検討を要する。)
地盤注入を行う場合は、単線型 2 本の場合、2 本とも極めて綿密な作業を要する。 (地盤注入は補助工法であり、水底トンネルには必要な項目である。陸上トンネルでも、湧水量が多量な場合、導水工法との工費比較の観点から検討の余地がある。)	複線型 1 本とした場合、新幹線列車と在来貨物列車がすれ違う場合、新幹線列車が貨物列車に与える風圧の影響は実験の結果、貨物列車の走行安定性には特に影響がないことが確認されている。
新幹線断面では単線断面といえども、青函トンネルの地質のように、断層、褶曲、岩脈が輻輳している場合は、切羽の自立が難しいことから全断面掘削は不可能であり、単線断面採用の利点は少ない。	複線型でトンネル内の保守作業を実施する場合、隣接線を運行する列車速度が制限されることが多く、運行時間が多く要するという懸念がある。
工事数量や湧水量は一般的に複線型 1 本の方が少ないので、工事中の排水費用を含む工事費は単線型 2 本に比較して安くなる。	列車運行に伴うトンネル内温度上昇は複線型の方が高く、換気条件も単線型が有利。ただし、複線型も強制換気は可能である。

出典：筆者作成

なお、トンネルを単線断面とするか、複線断面とするかの選択については、本論文の第 4 章の 4-2-6 で改めて議論するが、その際に、トンネルの単線断面と複線断面のメリット、デ

メリットの整理も行うものとする。

3-4-4 橋梁の設計の考え方が技術に与えた影響

橋梁の設計の考え方で特筆されることは、標準化であるといえる。橋梁の設計に関する膨大な仕事を限られた人数の技術者で短期間に完成するための手段・方便でもあった。橋梁の径間は5m 毎、斜角は5度刻みとした。高架橋はラーメン形式とし、3m の跳ね出し付6m スパンの3径間全長②4m を中心に高さ径間数を標準とした。鋼トラス橋は60m³径間連続全長180m の開床式ワーレントラスを多用した。設計を標準化したメリットとして将来保守上の欠陥が生じた場合、同一形式の特定箇所を全て確認し修繕すれば欠陥を未然に防ぐ予防効果の利点が挙げられる。³²⁾

3-5 第3章の結論

第3章では、日本と欧州各国の建設基準を比較した。

その結果、最大軸重では欧州各国に比べてほぼ60%前後と軽量であることから、下部構造の鉄道路盤構造物へ軸重による破壊力が軽減されていることから、インフラの維持管理作業が軽減され、保守費用の削減ができる。

日本の高速鉄道のトンネル断面積は欧州のものに比べて6割から7割程度の断面積であることから、日本の高速鉄道のインフラはコンパクトな設計となっており、建設費が低減できる。

一方、1km 当たりの建設費は欧州各国と比べると、振動・騒音対策のための環境対策費と地震対策のための耐震設計により、割高になっており、建設費が増加する。

日本と欧州各国の高速鉄道の工事費と工期を比較した結果、整備新幹線は欧州の高速鉄道よりも工事費が高くかつ工期も長い。

建設費から乗客の乗心地までの評価が全てよい項目は、饋電電圧、饋電方式および電車線方式が該当している。逆に、全て悪い項目は最大軸重と混合運転が該当している。4つの評価が良い項目は、軌道構造（スラブ軌道）と逆転運転が該当している。逆に4つの評価が悪い項目は、編成長が該当している。次に3つの評価が良い項目は該当なし。逆に3つの評価が悪い項目は、営業最高速度、軌道中心間隔、施工基面幅、定員が該当している。以上のことから言えることは、電気関連の項目が押しなべて評価が高く、インフラ関連の項目と車両運行関連の項目の評価が悪いという結論になっている。

参考文献:

1. 鉄道要覧に基づき筆者作成
2. アンドレア・ハバーマウア：高速鉄道建設投資と財源方式の日独比較研究、運輸政策研究、p.33、第1巻、第3号、1999年、冬季
3. Europa Press、ようこそ SPAIN BUSINESS、p.1、2013年10月
4. 佐藤麗子：イタリア・高速鉄道網の完成について、研究員の視点、運輸調査局、pp.16~19、2010年

1月

5. La vie du rail 誌 2005 年 11 月 9 日号
6. 原口隆行：新幹線がわかる事典、pp.298～301、日本実業出版社、2005 年 6 月
7. 椎名公一：日英 鉄道線路土木用語辞典、(社) 日本鉄道施設協会、p.200、2004 年 6 月
8. 国土交通省鉄道局 監修：解説 鉄道に関する技術基準（土木編）第三版 p.44 図 13.2 設計最高速度と曲線半径（新幹線）、(社) 日本鉄道施設協会、2014 年 12 月
9. 国土交通省鉄道局 監修：解説 鉄道に関する技術基準（土木編）第三版 p.283 (社) 日本鉄道施設協会、2014 年 12 月
10. 秋山芳弘 編著：よくわかる最新鉄道の基本と仕組み 鉄道技術の最新情報を基礎から学ぶ 鉄道の常識、pp.274～275、秀和システム、2009 年 6 月
11. 独立行政法人国際協力機構,インド鉄道省、日本コンサルタンツ株式会社、株式会社オリエンタルコンサルタンツグローバル、日本工営株式会社:インド高速鉄道開発計画プロジェクト 最終報告書要約編、2015 年 7 月
12. 梅原 淳：最新 新幹線事情、平凡社、2016 年 3 月
13. 平成 24 年度 鉄道による低酸素社会の実現に向けた研究推進 報告書、p.3-11、(一財)運輸政策研究機構、2013 年 3 月
14. 望月旭：新幹線電車の技術の神髄「より速く」を追い求めた半世紀のあゆみ、交通新聞社、2015 年 12 月
15. 萩原隆子：フランスにおける組織改革の動向、運輸と経済、第 76 巻、第 1 号、2016 年 1 月
16. 野口知見：スペイン高速鉄道の現状と課題、運輸と経済、第 73 巻、第 12 号、2013 年 12 月
17. 秋山芳弘：イタリアの高速鉄道、鉄道ジャーナル、No.473、pp.122～127、鉄道ジャーナル社、2006 年 3 月
18. 仁賀木康之：第 59 回 運輸政策コネクト、運輸部門における各種の上下分離方式、運輸政策研究、第 5 巻、第 3 号、pp.64～65、2002 年秋季
19. 土木学会 土木計画学ハンドブック編集委員会：土木計画学ハンドブック、TGV、p.509、コロナ社、2017 年 3 月
20. (一社) 海外鉄道技術協力協会：世界の鉄道、pp.162～163、ダイヤモンド社、2015 年 10 月
21. (一社) 海外鉄道技術協力協会：世界の鉄道、pp.184、ダイヤモンド社、2015 年 10 月
22. 工藤裕子：イタリアの都市計画と土地利用、総合都市研究 第 62 号、pp.81～109、1997 年
23. 萩原愛一：最近のフランスの産業政策、レファレンス、p.86、2006 年 6 月
24. アント・レアス・ベッカー：ドイツ鉄道産業連盟副会長、第 4 回 鉄道技術展での発言、2015 年 11 月
25. セクターレポート、スペイン：鉄道産業、ICEX、2011 年
26. 萩原隆子：フランス国鉄における組織改革の動向、運輸と経済、第 76 巻、第 1 号、2016 年 1 月
27. JETRO ミラノ・センター、民営化の進展と今後の見通し(イタリア)、ユーロトレンド、2000 年 4 月
28. 富田頌子：日立、大型買収で念願の欧州鉄道事業に進出、週刊東洋経済、2015 年 3 月
29. ローラン・ギリー：グローバル競争における高速鉄道の役割、運輸政策研究所 第 35 回 研究報告会

特別講演、運輸政策研究、第17巻、第2号、2014年 Summer

30. 佐藤麗子：イタリア高速鉄道の新サービス、2012年
31. (一社) 海外鉄道技術協力協会：世界の鉄道、pp.184、ダイヤモンド社、2015年10月
32. 鉄道施設技術発達史編纂委員会：鉄道施設技術発達史、(社) 日本鉄道施設協会、p.208、1994年1月
33. 新横浜駅・北口周辺地区総合再整備事業について、横浜市都市整備局鉄道事業課、2007年10月
34. 羽島市地域公共交通網形成計画(案) 概要版、2016年2月
35. (一社) 海外鉄道技術協力協会：新幹線と世界の高速鉄道、2014年10月
36. 川嶋令三：日本 VS. ヨーロッパ「新幹線」戦争、講談社、2013年6月
37. 運輸省鉄道局 監修、鉄道総合技術研究所 編：「鉄道構造物等設計標準・同解説 省力化軌道用土構造物」p.2、1999年12月

第4章 日本の高速鉄道計画の決め方と技術的代替案

4-1 日本の高速鉄道計画の決め方

4-1-1 高速鉄道の駅位置の選定計画

新幹線の駅選定には、どのような条件を満たす必要があるのか。

駅は、規程上信号場や操車場と同様に停車場の中の個々の名称として分類され、その定義は「旅客の乗降又は貨物の取卸しを行うために使用される場所」とされている。しかし、新幹線は在来線とは異なり、旅客輸送のみを行っていることから、新幹線という駅とは旅客の乗降を行うために使用される場所、すなわち、旅客駅のことを指している。⁷⁾

主要都市間を結ぶ新幹線の旅客駅はその都市の玄関口であり、またバスや在来鉄道などの都市交通との結節点でもある。したがって、旅客にとって最も利用しやすい設備であると同時に、鉄道事業者にとっても効率的に旅客を誘導し、安全に快適な旅行を提供できる設備とする必要がある。

国鉄時代に開業した、東海道・山陽新幹線や東北新幹線の東京～盛岡間、上越新幹線は別線扱いということで、在来線特急が多く停車した駅が停車駅として選択されている。

その後に開業している整備新幹線は、いわて沼宮内駅や筑後舟小屋駅など、在来線特急が停車していないところに駅を選定しているところもあれば、佐久平駅や七戸十和田駅のように新幹線が開通して初めて駅が建設されたところもある。国鉄時代に開業した駅は基本的に駅間は長めに設定されており、50 kmを超える個所もざらにあった。例えば、かつては、静岡～浜松間も掛川駅がなく、営業キロで76.9 kmも駅間があった。東北新幹線の場合、郡山～福島間も同様にともと中間駅を設置する計画はなかったと思われる。実際に、郡山～福島間の新幹線は在来線に並行している区間はない。

4-1-2 幹線鉄道と大都市起終点駅⁵⁾

日本の国家の幹線軸を形成する幹線鉄道の大都市駅の立地形態について考えてみる。起点となる大都市と通過点となる地方都市に区分すると、前者では、終端駅と中間駅に区分され、その一部には分岐駅「連絡駅」が含まれる。

起点となることの多い首都やそれに準ずる大都市は、市街地の範囲も大きく、複数の鉄道駅を持つ場合が多い。東京には首都名を冠した東京駅の他に、新宿駅、上野駅等の各地区名を冠した駅があり、各々東海道方面、中央本線方面、東北本線・高崎線方面を中心に利用されている。

幹線軸上にある大都市駅は、一般に世界的にも四方八方へ路線を拡大しており、地理的に好適な位置の駅を起終点として列車を運転している。

一方で、異なる路線間の乗換を不要にする直通運転の魅力も高まってきている。JRでも1970年ころまで行われていた東北本線や高崎線等の特急列車の東京駅乗り入れを、東北縦貫線（宇都宮・高崎・常磐各線の列車の東京駅乗り入れ）として新たな構想の下に、計画された。この線路の建設計画は「東北縦貫線計画」として、2008年5月30日に着手さ

れ、JR 東は、2013 年 12 月 9 日に、このルート of 愛称を「上野東京ライン」と決定、さらに、この名称は鉄道路線の営業名としても使用され、2015 年 3 月 14 日のダイヤ改正と同時に開業した。

大都市は旅客のみならず、貨物の集散拠点でもあり、それに対応した貨物駅の整備も必要となる。鉄道の開業間もない時期には旅客駅の一角で貨物を取り扱う客貨供用駅が多かったが、やがて取扱量の増加によって客貨分離が進行した。日本における最初の貨物専用駅は 1891 年に日本鉄道が開設した秋葉原駅とされている。⁶⁾ 1914 年に現在の東京駅が完成し、創業以来の新橋駅が貨物専用の汐留駅に転用されたことも周知のとおりである。貨物には荷役と呼ばれる積替え作業が不可欠であり、その利便を考慮して、都市内貨物の主要移動路である水路を貨物駅に引き込むことが多かった。秋葉原や汐留はもちろん、大阪駅の客貨分離によって 1909 年に開設された大阪荷扱所も、その前面に大規模な船溜を有していた。

4-1-3 幹線鉄道の間駅と地方都市

現在の日本では、新幹線輸送を除き、ほぼ 100km 未満の地域輸送が中心となっている。そのため、JR は、国鉄時代から地元の利便性を確保するため、従来は長かった駅間距離を短縮すべく新駅の開設を続けてきた。例えば、1876～77 年の大阪～京都間鉄道開通時に、途中区間へ設置した駅は、僅かに吹田、茨木、高槻、山崎、向日町の五駅であったが、現在はその間に 14 駅があり、駅間距離も約 4 分の 1 にまで短縮された。つまり、明治期幹線鉄道の間駅設置は、地域の拠点市街地に限定されていた。

そのため、駅を設置された市街地は、城下町や宿場町などの格式ある町も多い。城下町の多くは、建設時に街道の引き込みや河川の付け替えを行い、また宿場町は、街の中心を街道が貫いていた。これらの街にとって交通の利便は、潜在条件のひとつであった。ところが、明治以後に建設された幹線鉄道は、大都市間直結を趣旨として建設したため、かつての城下町や宿場町といえども、すべてに立ち寄っては線形が悪くなり、列車運行やその速度向上の支障となる場合が多かった。そこで、中小の城下町や宿場町を外しても、直線になる線形や緩勾配の路線が選択された。

幹線鉄道が中間都市に接近するか否かは、その町の格や規模もさることながら、路線の線形や勾配で決定されると考えるのが理に適った解釈であると思う。多くのいわゆる「鉄道忌避」は、各地方の論理としてこそ合理性をもっているが、路線全体の建設目的に照らせば非合理的な解釈に過ぎないことが多い。鉄道は、点としての駅よりも線としての路線を優先するのが古今東西の一般的な趨勢といえる。⁵⁾

4-1-4 鉄道駅と交通機関の連携

大都市では、幹線鉄道の起点駅とは別に、郊外電車の起点駅が立地している場合が多く、両者を結ぶのが地下鉄、市街電車、バスなどの都市内交通機関である。

大阪市の幹線鉄道駅である大阪駅は、1874年の大阪～神戸間官設鉄道開業時に、当時の大阪市近郊の曾根崎村に設置され、その場所は付近の低湿地を埋めた「埋田」が「梅田」に転訛したという。ところが、政府は1885年に開業した阪堺鉄道（現・南海電気鉄道南海本線の一部）に梅田付近へ乗入れるように勸奨したが、大阪商人を中心にした発起人はそれを受け入れぬまま難波駅を起点に開業した。その後開業した私設鉄道は、阪堺鉄道の反骨精神に倣ってか難波近郊（大阪鉄道[現・JR 関西本線の一部]、高野鉄道 [現・南海電気鉄道高野線の一部]）や京橋付近（浪速鉄道 [現・JR 片町線]）に起点駅を開設し、

4-1-5 線路容量増加の代替案の比較

表1に線路容量増加の代替案の比較を示す。結論は、在来線改良の場合は、建設費が安く(約25%減)、即効性があるが、線路容量の大幅な改善にはつながらない。一方、別線線路増設（高速鉄道化）の場合は、建設費は高くつく(約30%増)が、速度向上(約240%増)と、線路容量の増加(約2倍)が期待できる。

表1 線路容量増加の代替案の比較

	在来線改良	別線線路増設
メリット	<ul style="list-style-type: none"> ・別線線増に比べて建設費が安くなる。(約25%減¹⁴⁾) ・在来線の駅を利用する高速鉄道は、既設の施設を継続して使える。 ・新駅の建設の必要性がないことから、建設費の節減となる。(約10%減¹⁴⁾) (なお上記25%に含まれる) ・改良の効果がすぐに期待できる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・直線性の良い路線を選定しかつ標準軌を採用すると、整備新幹線並みの大幅な速度向上(110km/h→260km/h,約240%増)が期待でき、且つ大幅な線路容量の増加に繋がる(約2倍¹³⁾)。 ・新駅設置による、地方創生が期待できる。 ・鉄道沿線の開発を同時並行させることで、地域総合開発のトリガーとなりうる。
デメリット	<ul style="list-style-type: none"> ・線路容量の大幅な改善にはつながらない。 ・線路線形の大幅な改良にはつながらない。 ・夜間作業が主となり、沿線住民に騒音等の環境負荷を与えてしまうことになる。(夜間作業のように施工に制約が伴うことにより、工期が約2倍要する) 	<ul style="list-style-type: none"> ・在来線改良に比べて建設費が高くなる。(約25%増) (付帯設備の増15%は内数) ・旅客設備等の付帯設備の容量が増えるので建設費が高くなる。(約15%増¹⁴⁾) ・既設線の近傍で工事施工する場合は、近接施工となるため、既設線の徐行運転または饋電停止をせざるをえなくなる。(施工に制約が伴うことにより、工期が約2倍要する)
結論	<ul style="list-style-type: none"> ・建設費が安く(約25%減)、即効性があるが、線路容量の大幅な改善にはつながらない。 	<ul style="list-style-type: none"> ・建設費は高くつく(約25%増)が、速度向上(約240%増)と、線路容量の増加(約2倍)が期待できる。

出典：参考文献13、14に基づき筆者作成

4-1-6 路線計画及び駅位置計画の検討の際に考慮すべき事項

路線計画と駅位置計画の際の主な方針と基準、環境配慮問題を表にすると以下の通り。

表 2 路線計画及び駅位置計画の検討の際に考慮すべき事項

	主な方針と基準	環境配慮問題
路線計画	<ul style="list-style-type: none"> ・高速運転のために曲線半径と勾配をできる限り緩くする。 ・地質と地形を考慮したうえで建設コスト削減を図る。 	<ul style="list-style-type: none"> ・土地収用、住民移転。 ・保存林、サンクチュアリー。 ・神社、仏閣を避ける。 ・静謐が必要な学校、病院付近を避ける。
駅位置計画	<ul style="list-style-type: none"> ・大量輸送システムとの接続性、または主要道路とのアクセス性の確保。 ・駅周辺の将来開発計画の可能性。 ・建設の容易性。 	<ul style="list-style-type: none"> ・土地収用、住民移転。 ・神社、仏閣を避ける。 ・静謐が必要な学校、病院付近を避ける。

出典：筆者作成

駅の配置⁷⁾

乗降客数は、その都市の人口、特性等に密接に関連している。そのため、駅の配置は都市の将来人口の発展性または在来線を含む他交通機関との整合等、総合的な見地からと、駅の設置による需要の増加および誘発効果を推定して決定され、運転上からは特急タイプで表定速度 130km/h 以上を確保できる範囲とし、目安として駅間距離は速度が 200km/h の場合で 20km 以上、250km/h の場合で 30 km 以上が望ましい。新幹線の駅間距離を表 3 に示す。これによると、東海道新幹線では平均駅間距離は 34.4km。以下、山陽新幹線で 30.8km。東北新幹線で 29.7km。上越新幹線で 33.7km。北陸新幹線で 23.5km であり、これらを平均すると、 $(34.4+30.8+29.7+33.7+23.5) \div 5 = 152.4 \div 5 = 30.5\text{km}$ となり、250km/h の場合で 30 km 以上が望ましいという目安を裏付けているのがわかる。

表3 新幹線の駅間距離⁷⁾

東海道 新幹線			山陽 新幹線			東北 新幹線			上越 新幹線			北陸 新幹線		
駅名	キロ程 (km)		駅名	キロ程 (km)		駅名	キロ程 (km)		駅名	キロ程 (km)		駅名	キロ程 (km)	
	延べ距離	駅間		延べ距離	駅間		延べ距離	駅間		延べ距離	駅間		延べ距離	駅間
東京	0	6.8	新大阪	515.4	32.7	東京	0	3.6	大宮	0	36.6	高崎	0	18.5
*品川	6.8	18.7	新神戸	548.0	22.8	上野	3.6	37.8	蕨	36.6	40.7	家中橋	18.5	23.9
新横浜	23.5	51.1	西明石	570.2	31.1	大宮	31.3	48.9	高崎	77.3	41.8	輕井沢	41.8	17.6
小田原	76.7	18.8	姫路	601.3	20.1	小山	80.3	28.8	上毛高原	119.1	32.2	佐久平	59.4	24.8
熱海	95.4	15.9	相生	621.3	55.0	宇都宮	109.0	43.4	越後湯沢	151.4	29.6	上田	84.2	33.2
*三島	111.3	23.7	岡山	676.3	25.8	那須塩原	152.4	26.1	浦佐	181.0	32.9	長野	117.4	
*新富士	135.0	32.4	新倉敷	702.1	30.9	新白河	178.4	35.5	長岡	213.8	23.6			
静岡	167.4	43.9	福山	733.1	17.4	郡山	213.9	41.2	燕三条	237.4	32.1			
*掛川	211.3	27.6	*新尾道	750.5	10.6	福島	255.1	31.1	新潟	269.5				
浜松	238.9	35.3	三原	761.0	30.9	白石蔵王	286.2	39.2						
豊橋	274.2	38.7	*東広島	791.9	29.3	仙台	323.4	38.5						
*三河安城	312.8	29.2	広島	821.2	44.2	古川	363.8	21.8						
名古屋	342.0	25.1	新岩国	865.4	38.2	* ¹⁾ 上野原	385.7	20.6						
岐阜羽島	367.1	41.1	徳山	903.5	41.0	一ノ関	406.3	25.1						
米原	408.2	68.1	新山口	944.6	24.1	*水沢江刺	431.3	17.3						
京都	476.3	39.0	*厚狭	968.7	23.8	北上	448.6	14.5						
新大阪	515.4		新下関	992.5	20.7	*新花巻	463.1	33.3						
			小倉	1013.2	58.9	盛岡	496.5	31.1						
			博多	1063.1		* ²⁾ 新井内	527.6	34.6						
			計	553.8		二戸	522.2	30.9						
			*博多南	1077.6		八戸	533.1							
平均駅間		34.4	平均駅間		30.8	平均駅間		29.7	平均駅間		33.7	平均駅間		22.5

※：各新幹線の開業後に設置した駅を示す。

・路線選定

ルート選定は、駅部と中間部に大別されるが、新幹線は投資額も大きく、在来線に比べて曲線半径や縦断勾配等の制限が厳しい。⁷⁾

路線計画（ルート選定）は、地形・地質調査および環境調査等に基づき、新幹線の路線の大要を決定するものである。この段階での検討が、のちに建設（用地取得、工事費、工期等）、運転（所要時間、運行ダイヤ等）、保守管理、周辺環境への影響など、建設中から開業後に亘り新幹線事業のあらゆる側面を左右することから、その基本となるルート選定はきわめて重要である。⁴⁾

鉄道、特に新幹線においては、曲線半径や、縦断勾配など線形計画上の制約条件が厳しいが、過去に蓄積された知識、経験や資料および近年の技術開発実績を背景に検討が行われている。⁴⁾

ルート選定的前提条件、すなわち最小曲線半径や最急勾配、最大カント（外側レールと内側レールとの高低差）等のような新幹線の規格が、新幹線の高速走行性、大量輸送性、安全性といった性格を特徴づけている。これらの規格には、既設線からの車両乗り入れを考慮し、全国に広がる新幹線路線網としてのインターオペラビリティ（相互運用性）が確保されていなければならない。また、将来的に線路増設や延伸、分岐等の計画がある場合には、その実現可能性を考慮し、路線計画に適切な対応を盛り込んでおく必要がある。⁴⁾

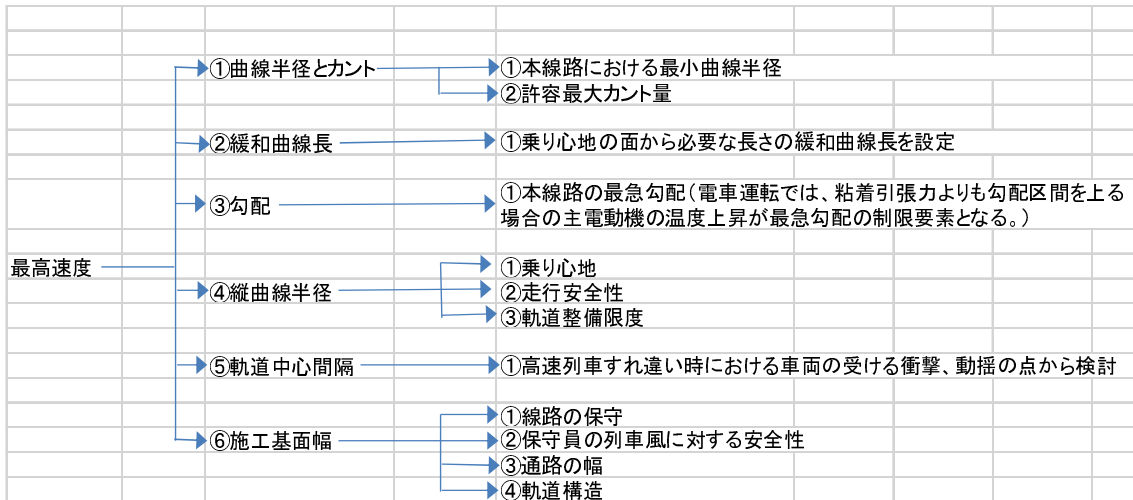


図1 設計最高速度を決定する要素 (出典：筆者作成)

図1の設計最高速度を決定する要素のうち、軌道中心間隔は、高速列車すれ違い時における車両の受ける衝撃、動揺の観点から検討をすることになる。この軌道中心間隔の基本的考え方は、本論文の第3章の3-1-3ですすでに国土交通省の解説「鉄道に関する技術基準に基づき説明済である。

駅間の路線選定：

駅間のルート選定に当たっては、交差条件（既設鉄道線、河川、道路、送電線等）、留意すべき地形（地滑り地形、沢部などの集水地形、河川などの浸食を受ける地形、片切取・片盛土の地形など）および既成市街地の現況など考慮すべき項目が多い。これらの条件から与えられる制約事項を踏まえ、基本となる構造計画を定め、トンネル区間においては坑口の位置等、橋梁・高架橋区間においてはスパン割等を勘案しつつ、適切な平面線形と縦断線形を決定していくことになる。

以下は、駅間におけるルート選定について、都市部、平野部、山間部の3つに大別して述べる。⁴⁾

都市部の路線選定：

都市部では住宅をはじめとして各種施設が密集しており、路線上に支障する物件が多く、用地買収が難しい。また、必然的に関係各所との協議も多くなる。そのため、次の点に留意してルート選定が行われている。

- ・列車の制限速度に支障がない範囲で曲線半径を小さくして、住宅密集地を回避して建設費の低減を図る。（全列車停車駅の周辺では、制限速度を考慮して、曲線半径 500m 未満の急曲線を採用した事例がある）。

- ・都市計画道路および土地区画整理事業等、都市側の将来計画と連携したスパン割検討

を進める（都市側に費用負担を求める事例がある）。

・鉄道、道路、河川等の公共施設の余地を有効活用する（在来線軌道敷を有効活用し、近接し並行したルートを選定することで、工期の短縮および工事費の縮減を図った事例がある）。

平野部の路線選定：

平野部は、新幹線の特長である高速走行を実現すべく、出来る限り直線かつ緩勾配となるよう比較的自由に路線選定できる区間である。ただし、市街地の分断、墓地、社寺仏閣、重要文化財、学校、病院および住宅団地、工業団地等はできるだけ避けなければならない。そのため、高速運転に支障のない範囲の大きな曲線半径や緩い勾配を用いるのが基本である。河川、沼地および湿地帯等を選定する場合には支障する物件は少ないが、地質条件には十分留意しなければならない。軟弱地盤地帯である場合が多いため、その深さや規模を調査し、迂回ルートにした場合との比較検討は十分行わなければならない。大河川との交差は、用地買収を伴わない点や環境保全上は得策であり、近年の橋梁技術の向上から、必ずしもルート選定上の問題個所ではなくなっている。ただし、流水面積の阻害を最小限にとどめ、橋梁の中央径間と側径間をバランスよく設計するためには、河川との交差は直角で渡ることが理想的である。

山間部の路線選定：

山間部ではトンネルの選定が主体となる。トンネルの地質の良し悪しは、施工の難易度を左右するので、広範囲にわたって地質調査を実施し、断層、湧水の有無および岩石の硬軟などを比較して施工の容易なルートを選択する。地滑り、偏圧を受ける恐れなど防災上問題のある個所には、トンネルの選定を避けるべきであるが、やむを得ない場合には、事前調査を十分に行い、予め対策工の実施をしておく。

また、新幹線では地形上の制約だけでなく、環境影響、雪害対策、防災対策および保守管理上の観点からトンネルが有利となる場合もみられる。長大トンネルは、一般に長期間にわたる施工を要し、路線の完成時期にも影響する場合があるため、着手時期や工区割に十分配慮し、斜坑、横坑、立坑等の設置検討を行って広軌短縮に努めることになる。

前述のとおり、鉄道路線の選定を支配する大きな要素は、曲線と勾配であり、それらの組合せにより線路容量や運転速度が制限を受けることになる。地質調査技術、測量技術や土木技術の進歩、車両性能の向上とともに、線路選定の自由度が増し、新幹線の路線選定もこのような技術の進歩を背景として、新しい高速鉄道に適する路線選定が行われることとなった。

新幹線鉄道は、高速鉄道として緩勾配で曲線半径の大きい路線となり、目的地を最短距離で結ぶことが重視された。このため多少の市街地や地盤条件の悪い箇所でも通過せざる

を得ず、また全線を立体交差としたため、工事費も増大することとなり、用地買収の難易などの諸条件を勘案しながら路線選定が行われた。¹⁵⁾

東海道新幹線の路線選定に当たって留意された点は、以下のように整理される。

- ① 広軌・別線で在来線と直通運転できないため、在来線との接続の便に配慮する。
- ② 始終点は東京、大阪とするが、将来の延伸を考慮して両端駅の位置を決める。
- ③ 中間駅は、新幹線と在来線によって総合的に輸送力の増強効果を発揮するように配慮し、在来線との連絡地点を慎重に調査して決定する。
- ④ 旅客輸送は、在来線との列車の接続や座席の確保などに留意し、旅客サービスに万全を期す。
- ⑤ 勾配は10‰以下、最小曲線半径2,500mを原則とし、交流電化方式を採用する。
- ⑥ 工期は5年、工事費は1,725億円を見込む。

また、一般的な留意点としては、以下のことが考慮された。¹⁵⁾

- ① 直線的なルートを原則とするが、駅などには曲線を用い、特に超特急停車駅は、高速走行をしないため、小曲線を許容する。具体的には、東京～多摩川間、京都付近、新大阪付近である。
- ② 戦前の弾丸列車のルートを基本とし、その後の技術力の進歩に立脚して総合的に再検討する。
- ③ 工期5年を前提とし、長期間の工事が予想される鈴鹿越ルートなどは放棄する。
- ④ 弾丸列車は平面交差を許容したが、東海道新幹線では全線を立体交差とし、取り付け勾配などを見直す。
- ⑤ 航空写真測量の技術を全面的に導入し、路線選定に活用する（弾丸列車でも試用）。
- ⑥ 集落、神社仏閣、文化財などの所在地は極力避ける（これらは、天災を避けた土地に位置するが多いため、結果的に新幹線は地盤条件の悪い路線を選ぶことになった）。

こうした新幹線の路線選定方針は、その後の新幹線の建設にも継承され、従来の路線選定の考え方を大きく変える契機となった。

・駅の位置

駅部は、直接その利用者の便益に関連するので、その位置の選定に当たっては十分な検討が必要となる。新幹線駅の設置位置については、地域の人口、利便性、交通網、駅へのアクセスの良否、在来線との連絡（在来線の併設駅か、新設駅か）、観光拠点としての役割、周辺開発計画等から将来の発展性に加え、新幹線が高速交通機関として機能を十分発揮できるような駅間距離等を考慮しながら、総合的な見地から駅の設置による需要の増加および誘発効果を推定して位置を決定する。²⁾ 結果として、主要な経過地は各県庁所在地を結

ぶのが基本となっている。4) 運転上からは、特急タイプで表定速度 130km/h 以上を確保できる範囲とし、目安として駅間距離は速度が 200km/h の場合で 20 km以上、250km/h の場合で 30 km以上が望ましい。また、列車運転上からの最大駅間は、運転整理上から 50km 以下が必要である。1)

4-1-7 整備新幹線の課題

整備新幹線には財源問題、並行在来線問題、新幹線騒音という課題がある。

財源問題とは、財政危機の中で、巨額の建設費を以下に調達するかという問題で、それは同時に毎年の予算額が少ないために工事が長期化するという問題も伴っている。整備新幹線の建設費は国・地方自治体・JR の三者が分担して負担しているが、国と自治体の財政は逼迫しており、整備新幹線向けの予算を増額しづらい状況にある。また、ミニ新幹線やスーパー特急で建設する予定だった区間が高額なフル規格に格上げされ、限られた財源の多くがそれらに配分されたことが、残された区間の工事が遅延・長期化する原因にもなっている。このような中、新幹線から在来線への直接乗入れが可能な新技術であるフリーゲージトレイン（軌間可変電車）の実用化に向けた試験が実施され、九州新幹線長崎ルートではこの技術を採用して建設費の圧縮を図る計画もある。8)

並行在来線問題とは、新幹線に並行する在来線の経営問題や廃止問題のことを言う。東北新幹線の場合は、八戸開業に伴い、東北本線盛岡目時間が IGR いわて銀河鉄道に、同目時～八戸間が青い森鉄道に経営が移管され、更に、東北新幹線新青森開業時に東北本線八戸～青森間が青い森鉄道に移管された。なお、青い森鉄道については、鉄道資産は青森県が所有し、運行は第三セクターの青い森鉄道㈱が行うという上下分離方式を、並行在来線では全国で初めて取り入れている。同線は沿線住民の日常生活に欠かすことのできない貴重な生活の足として極めて重要な役割を担っているとともに、一日に約 50 本もの貨物列車が昼夜を問わず走行することで、我が国の物流政策上重要な役割を果たしている。

一方、施設整備等の初期投資に多額の地元負担が生じた上に、収益性の低い区間であることなどから、極めて厳しい経営状況にあり、今後の鉄道の維持存続が危惧されているところである。従い、このような状況の中で、並行在来線をどのように維持していくかが大きな課題となっている。8) 鉄道事業者にとって、効率的な運営はもちろんのこと、地域が主体となった利活用促進のための取組を積極的に展開していくことが重要である。9)

新幹線騒音問題である新幹線から発生する騒音に対しては「新幹線鉄道騒音に係る環境基準」が定められ、鉄道事業者にはこの基準を達成することが求められている。

4-2 高速鉄道建設における技術的代替案の事例

東海道新幹線は、東京～新大阪間 515km を僅か 5 年で完成し、1964 年 10 月東京オリンピックの直前に開業している。第 1 章、第 2 章で既述のとおり、東海道新幹線が実現に至る背景には戦前の東京～下関間の弾丸列車計画の構想と路線選定、建設基準等に対する

研究等の蓄積があった。戦後の経済の急速な回復と発展は東海道線増強の緊急性について異論はなかったが、その方式については、広軌別線、狭軌別線、狭軌併設の 3 案があり、その選択には激しい議論があった。最終的には 1958 年 7 月運輸省の「幹線調査会」から標準軌別線の答申がなされ、同年 12 月閣議了解となり、1959 年 4 月に正式着工となった。工期は 5 年となっているが、実際には用地買収や各種協議が難航したため、殆どの土木工事は約 2 年で施工された。10) 全区間ですべての道路との平面交差を解消するため基本的には高架構造となり、コスト面から盛土が多用された。しかもその路線は当時空き地の多かった軟弱地盤地帯を通過したため、軟弱地盤上の盛土施工と高架橋、橋梁の基礎を含む構造

設計が大きな技術上の問題点であった。10)

構造物設計の基本方針は 3S 主義 (Standard, Simple, Smart) が掲げられ、可能な限り経済性が追求された。更に本格的な機械化施工が導入されるなど、設計、材料、施工面や開業後の保守管理等あらゆる面で、その後の我が国の鉄道技術及び土木技術の発展に多大な影響を与えた超ビッグプロジェクトであった。

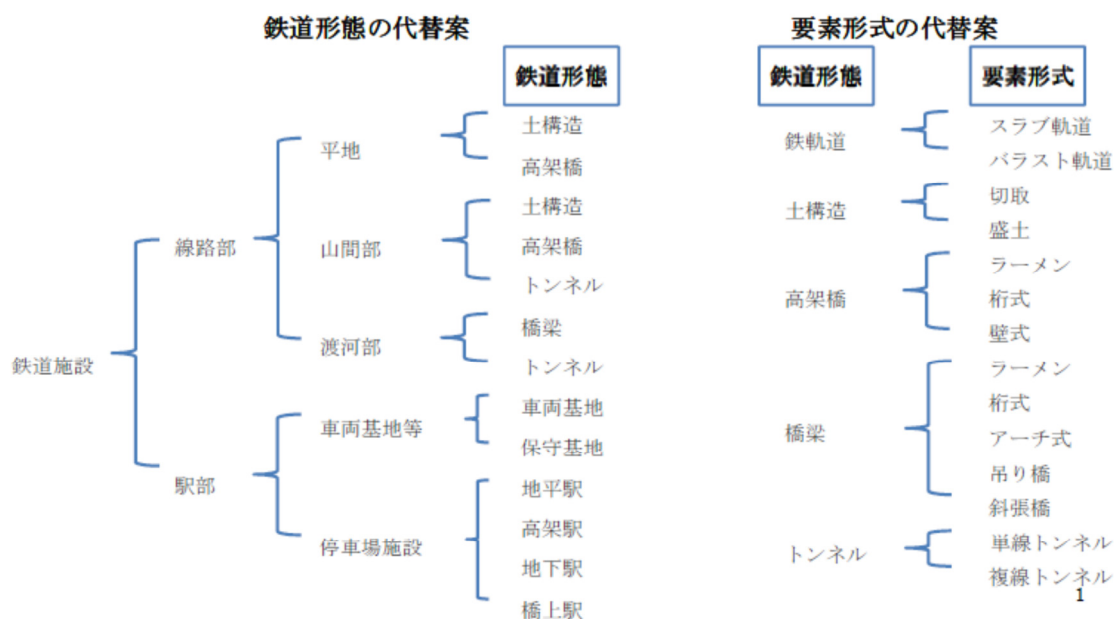


図 2 鉄道構造物の体系図 (出典：筆者作成)

鉄道を運行するために建設される建造物としての鉄道施設を体系として整理してみたのが図 2 に示すツリー図である。鉄道施設は、線路部と駅部に大別できる。線路部は平地、山間部そして渡河部に分ける。また、駅部は停車場施設と車両基地等に分ける。さらに、鉄道形態として細分化している。鉄道形態は、序章で定義したとおり、線路や駅の構造に具体的形状を与えるために決定すべき要素である。要素形式は、必要な機能を実現するために選択可能な技術、構造及び工法の種別である。

主な鉄道形態の個々の定義を以下に述べる。

- ・土構造・・・土または岩石を材料とした構造物で、土や岩石を盛ってその上に列車を通す盛土と、土や岩石を削って列車を通す切取に大別される。
- ・橋梁・・・河川や道路などを横断するために架けられる構造物。
- ・高架橋・・・橋梁の一種であり、橋梁の一定区間を連続させた構造物。
- ・トンネル・・・地下に列車を通すための空間を確保することを目的として建設される構造物

ここからは、地震条件、地形条件、地質条件および社会条件から考えられる技術的課題について、以下の通り整理する。

1) 地震条件から考えられる技術的課題：

・日本は、常に地震に見舞われる環境にあることから、鉄道構造物に耐震設計を考慮しているが、インドの場合、国土の北部地域を除き、(スウェーデンもそうであるが、) 基本的に耐震設計の必要は、ないものとしている。しかし、2015年5月にネパールを震源として発生した地震により、インドでも多数の人的、物的被害があり、にわかに耐震設計が注目されてきている。

高速鉄道では地震が発生した場合、できるだけ速やかに列車を停止させる必要がある。新幹線では対震列車防護装置(検知地震計、制御用感震器とも呼ばれる)を変電所に設置し、40ガル以上の地震発生を検知した場合、直ちに送電を停止することにより、列車防護を行っている。このシステムの考え方は東海道新幹線開業以前から構想されていたもので、1964年6月の新潟地震を契機としてさらに検討が進められ、1965年12月に東海道新幹線の全変電所に設置され、世界で初めての対震列車防護システムがスタートした。その後、各変電所に強震計(SMAC)と80ガルの制御用感震器が設置され、また、運転再開の迅速化など運用面での改良も行われた。

2) 地形条件から考えられる技術的課題：

・高速鉄道が、河川や道路などを横断する際には、直交架設ができずに、長大な橋梁にせざるを得なくなる。長大橋梁は、橋桁の垂直たわみ、横たわみ、斜角橋の斜角の限度などを定め、さらに、橋梁と縦曲線、円曲線、緩和曲線および分岐器との競合について制限を設け、高速運転に対する乗心地および走行安全度などについて技術開発を要した点が多い。東海道新幹線での技術開発の事例としては、長大橋梁は60mの3スパン連続ワーレントラスを標準とし、スパン約50m以上の橋梁は鋼トラス、50~35mのものはプレートガーダ、35~20mのものはプレートガーダ、合成桁、PC桁、スパン20m以下は鉄筋コンクリート桁を主として技術開発し採用している。

・地形条件から最急勾配を小さくすると、必然的に路線延長が長くなる迂回路線を選択す

ることになり、建設費は増大する。一方、最急勾配を大きくすると、迂回せずに最短距離を選択することが可能となり、下部工としての建設費を節減することができるが、勾配のきつい路線用の登坂力を強化した電車の技術開発が必要になる。すなわち、列車の動力発生装置、動力伝達装置、走行装置、およびブレーキ装置の性能を勘案して、日本では勾配が30%まで認めることになった。

3) 地質条件から考えられる技術的課題：

- ・明かり工事となる盛土・切取区間を施工する場合、特殊土が発生する区間の施工上の技術開発が必要になる。

- ・トンネル工事の場合、ヒ素などの有害物質が掘削土に混入してくる場合や湧水対策等の技術開発が必要になる。(東北新幹線の八甲田トンネルで経験)

東海道新幹線のトンネルの地質は、東部では火山岩系の岩石および火山灰系の洪積土層が多く、中部では第三紀層の軟岩、西部では古生層岩石が主体である。したがって、全般を通じ堅岩トンネルは殆ど存在せず、比較的軟らかい地質が大半を占めている。このことから、日本ではトンネルのシールド工法は軟岩用のシールド機が主体の技術開発がなされている。

4) 社会条件から考えられる技術的課題：

- ・高速鉄道予定路線の沿線の都市化が進展することにより、建設の工期短縮や狭隘部施工および環境対策などのために、多くの工夫や新技術を開発しなければならなくなかった。

とりわけ、東海道新幹線の開業後の列車走行に伴う騒音や振動が沿線の家屋、特に住宅、学校、病院等に及ぼす影響および建設された高架橋による日照障害や電波障害等が最も代表的な技術課題であった。高密度かつ長大編成の列車が200km/h以上で走行する高速鉄道の実現は世界最初のことであり、全くの未経験の分野であった。

- ・騒音・振動に関する行政指針等¹²⁾

(1) 騒音

1970年代当時、自動車の走行や航空機の飛行等、新幹線以外の交通騒音についても問題になっていた。これを解決するために、騒音の測定方法、評価方法、環境基準、対策の実施方法等が国の施策として逐次整備されつつあった。新幹線鉄道についても、緊急対策から環境基準の制定へと次第に騒音対策のルールが整備された。まず最初に、1972年12月20日に環境庁長官から運輸大臣への勧告「環境保全上緊急を要する新幹線騒音対策について」が提出され、緊急に実施されるべき対策についての方針が示された。その後の騒音対策の実施やこれに対する技術開発等の推移を見たうえで、1975年7月29日に、環境著長官告示として「新幹線鉄道騒音に係る環境基準」が定められ、具体的な対策実施のための

ガイドラインが示された。この環境基準の円滑な達成に資するために、1976年3月5日に「新幹線鉄道騒音対策要綱（閣議了解）」が定められ、対策の実施方法が具体的に示された。

（2）振動

一般に、振動は、その発生機構、伝播過程、家屋各部の挙動、人体への影響等が複雑であり、これに対する対策技術の開発は騒音対策に比べて極めて困難である。

そのため、工場、建設作業、自動車等の振動に対する測定方法、評価方法、規制基準等の制定は、ようやく1976年になってからであった。新幹線については、同年3月12日に、「環境保全上緊急を要する新幹線鉄道振動対策（環境庁長官から運輸大臣への勧告）」として対応策の指針が打ち出された。しかし、2018年現在、新幹線鉄道振動に係わる環境基準の制定には至っていない。

（3）騒音・振動防止対策の策定

新幹線の騒音振動問題は市街地の高架橋や鉄桁周辺に多発した。これに対して国鉄は部内の技術陣を結集して総合的な騒音低減に関する技術開発に取り組むこととして、1965年5月に「騒音研究会」を設置し、実態解明と技術開発に全力を注ぐこととした。

しかしながら、当時の鉄道騒音・振動の低減技術は、国内外とも十分に解明されているとは言えない状況であり、技術開発には相当の努力が必要であった。考えられる対策はすべて試行し、車両、架線、軌道、構造物の全般にわたって試験を行い効果を判定した。

このような経緯の中で実施された技術開発は、まず、沿線の騒音・振動の実態調査が実施され、車両、架線、軌道、構造物、基礎、地盤等における騒音と振動の発生機構、伝播機構、寄与度を解析し、これに基づいて、それぞれに対する防止対策が検討された。その結果、東海道新幹線に対して、各種の低減策が講じられ、そのうち施設の分野では発生源対策として鉄桁防音工法、防音壁等の開発が行われた。障害防止対策としては、沿線の家屋に対する影響の研究が行われ、その結果に基づいて家屋防音工法、防振工法等が開発された。さらに、山陽新幹線や当時建設中であった東北・上越新幹線も対策を推進する必要が生じた。すなわち、新技術の開発に急を要したことと、この時期に新幹線騒音・振動の多様性と総合的な研究開発の必要性が明確に認識されてきたことから、1978年6月から1980年6月までの2年間、東北新幹線小山地区の延長43kmの小山総合試験線で諸試験が実施された。保安度向上、異常時対策、将来技術の開発等とともに、騒音・振動対策も重要な試験項目として研究開発が行われた。

新幹線の騒音・振動の測定は環境庁、国鉄、沿線自治体等によって行われたが、測定目的、測定地点、測定条件、集計方法その他、必ずしも同じではなく、また初期データが公表されたものも少ない。

新幹線列車走行により発生する騒音は、おおそ次の4つの音源から成り立っていると考えられる。

- ①集電系騒音・・・架線、パンタグラフから発生する音
- ②空 力 音・・・車体が空気を切る音
- ③転 動 音・・・車輪とレールの接触音
- ④構 造 音・・・構造物が振動して発生する音

騒音及び振動に対する諸対策のうち施設関係のものをまとめると、図3のように整理される。

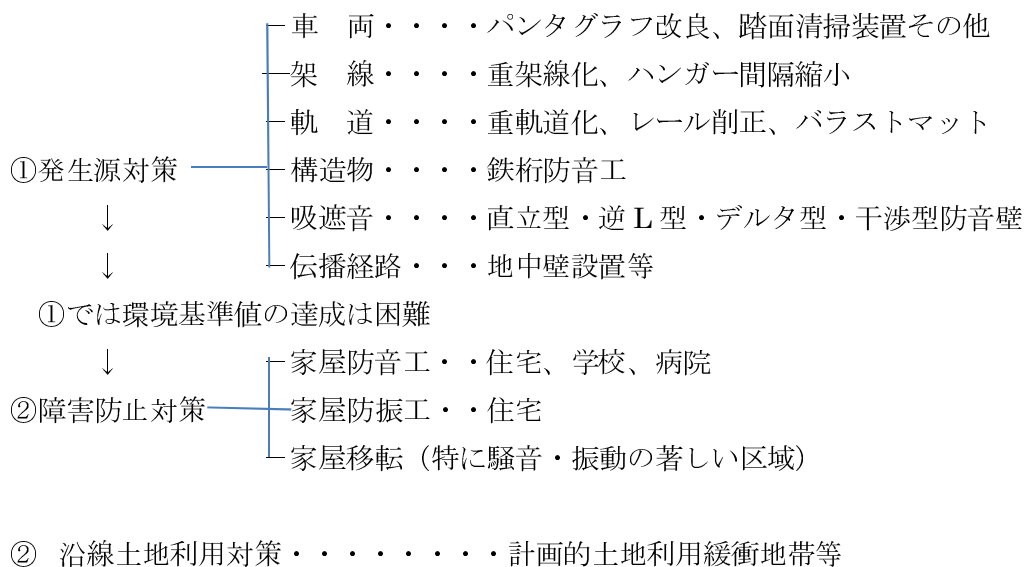


図3 新幹線騒音・振動対策の概要¹²⁾

以下に、高速鉄道構造物の整備における構造選定や構造物設計・施工上の技術的課題の対策を考察する。

4-2-1 上部工の代替案（スラブ軌道とバラスト軌道）の保守費用比較

日本では高速鉄道の嚆矢となる東海道新幹線においては、バラスト軌道による線路構造が採用され、その後の新幹線である山陽新幹線や東北・上越新幹線では徐々にスラブ軌道が採用されてきている。

スラブ軌道はバラスト軌道に比べて初期投資額は1.3倍ほど高くなるが、将来を見据えた保守費の観点からは一般に約9年弱で保守の経費がバラスト軌道よりも安くなる。(図4)したがって、スラブ軌道は、主に通過トン数が多くなる本線部分に適用し、バラスト軌道は、通過トン数が本線部分に比べて少ない車両基地や保守基地への連絡線や引き込み線に適用するのが望ましい。

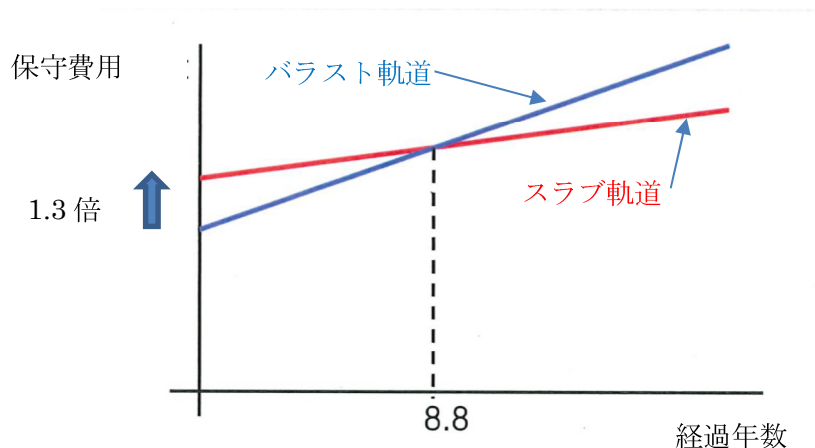


図4 バラスト軌道とスラブ軌道のライフサイクル・コスト比較

出典：参考文献 19 に基づき筆者作成

4-2-2 軟弱地盤上の盛土

新幹線は基本的に高架構造となるが、建設費の経済性が重視されたため東海道新幹線では延長約 229km、盛土数量は約 2,400 万 m³ に及ぶ盛土が施工された。盛土の一般的な形状は用地幅を少なくし、かつ、侵入を防ぐために高さ 1m ほどの腰土留壁を有する高さ 6~7m の盛土を採用した。盛土の施工で特に苦心したのは軟弱地盤上の盛土、関東ロームの転圧、高盛土の法面施工、腰土留壁を有する盛土の転圧、橋台背面に入れた裏込め切込砂利の転圧などであった。

軟弱地盤とは通常 N 値 5 程度以下の地盤をいうが、N 値 0~1 の極軟弱地盤も随所にみられた。これらは主としてピート、有機質シルト、軟粘土であり、1 軸圧縮強度は 0.1kgf/cm² 程度の極軟弱層であった。

軟弱地盤における盛土の条件としては、施工中に基底破壊を起こさないこと（円弧すべりの安全率 F は 1.2 以上）、開業後に必要な安全率 F を保持すること（F は 1.4 以上）、開業後の沈下量と沈下速度に対し軌道保守が可能であること（1 年間の沈下量 10 cm 以下）名田が必要とされた。施工は主としてサンドマット、サンドドレーン、盛土の段階施工により、軟弱層の圧密進行度とそれに伴う強度増加を見ながら進められた。また基底破壊を防ぐため必要に応じ側方に押え盛土が併用された。開業後の残留沈下を極力少なくするためにプレロードも計画されたが、工期の余裕がなく殆ど行われなかった。

このような工法は現場での土質試験とかなり割り切った圧密理論の適用により行われた。極軟弱地盤上の 6~7m の盛土は軟弱層厚 8~10m 前後の場合 2.5m 程度沈下することもあり、開業後に更にかんりの残留沈下を残して軌道保守上の大きな問題となった。現場では実際の圧密度の進行の把握が難しく、過大な盛土を行って基底破壊を起こした箇所もあった。当初の検討で沈下量が著しく大きいと想定された箇所については高架橋へ変更された。

10)

4-2-3 橋梁・高架橋等の設計

前述のとおり、構造物設計の基本方針は 3S 主義とされたが、高架構造や立体交差の多い現場で効率よく工事が進められるように、各種の桁、橋脚、橋台、高架橋などに対し非常に多くの標準設計が作成された。現場ではその組み合わせにより短期間に大量の橋梁工事が施工可能となった

1) 鋼橋

鋼橋の一般形式としては、上路・下路ガーダー、合成桁、下路トラスが採用され、橋長 40m を超えるものは開床式（無道床）として、道床が橋梁の上載荷重として付加されることにより静荷重が増加するという技術上の課題を解消している。また、施工時に近隣の住民に騒音として影響を与えていた従来のリベット接合をやめ、部材はすべて工場溶接により製作することとした。ただし、現場添接では溶接を用いず、高力ボルトが用いられた。

トラスは下路式で $60\text{m} \times 3 = 180\text{m}$ の 3 径間連続ワーレントラスが標準設計として主要河川に用いられた。また、従来、道床バラストを採用したことによりその上部工を支える橋脚をマッシュにせざるを得ないという技術上の課題は、無道床連続トラスにすることにより橋脚への上載荷重による負担が減り、橋脚躯体を細く美しく設計することができ、大河川に架設された新幹線橋梁全体の美観と経済性、施工性の向上に寄与した。

また、重量が重いという技術上の課題であったコンクリート桁をそれより軽い合成桁にすることで、地盤支持力や架設面で必要があるところに対応した。合成桁はスパン 12.5m~30m の標準設計が適用された。

2) 鉄筋コンクリート桁

RC 桁は従来から使用されてきたが、実用スパンをいかに長くするかということが技術上の課題であった。それが、実用スパン従来よりも長く 30m 迄拡大して標準設計が作成されたのは異形鉄筋の使用、コンクリートの許容応力度を目いっぱい使う断面、配筋としたこと、スパン 15m 以上では箱型断面として自重を軽減したことなどによる。

桁の形状はスパンに応じ、3~6m はスラブ、7~12.5m は T 形、15~30m は箱型とした。また、桁高制限を必要とするものには圧縮鉄筋を用いた複鉄筋桁がスパン 7~15m に対して設計された。これらの桁は断面が非常に絞り込まれているため、通常の曲げ、剪断に対する検討のほかに、主桁への荷重配分と捩れモーメントに対する検討も行われた。また、道路との交差は斜角が多いため、斜角桁の設計については模型試験等も行い設計方法が定められた。

3) プレストレストコンクリート桁

PC 桁は支保工による現場打ちコンクリートの施工が困難な個所や桁高が制限される個所などに多く使用された。標準設計としては経済性を追求した甲型と、できるだけ桁高を低くした乙型の 2 種類が作成された。PC 工法としては殆どがフレシネー工法によったが、

一部他の緊張工法も使用された。鉄道の PC 桁は、それまでの試験的な使用から大量使用になり、その後スパンの長大化が進んで発展していくことになる。¹⁰⁾

4) 高架橋

標準設計としては、直線型と $R=1500 \sim 5000\text{m}$ に対する曲線型の 2 種について、高さ $7 \sim 14\text{m}$ が設計された。このうち高さが 12m 以上のものには側径間の中間につき梁を配置し、柱と基礎の経済性が図られた。1 ブロック長は 24m となるが、これは上部コンクリートの 1 日の打設量や高架橋全体の配置計画を行う上で便利な長さとなっている。

高架区間中の立体交差個所には一般に鋼やコンクリートの単純桁が用いられるが、中央径間を $8 \sim 25\text{m}$ まで広げた異径間ラーメンの標準設計も作成された。

標準ラーメン高架橋は軟弱地盤でも多く使用されるが、基礎の水平抵抗力が不足あるいは不同沈下の恐れがある場合は、フーチングを相互に剛性の大きい地中梁（高さ 1.5m 、幅 0.5m ）で連結した地中梁式高架橋が設計された。

高架橋形式としては、壁式高架橋もある。これは横方向の壁を柱とし、中央部または端部に壁構造の箱型橋台を有する連続式高架橋である。この箱型橋台で線路方向の全ての水平力を受け、壁状の柱はうすく柔軟性に富み、縦方向の温度変化や乾燥収縮の影響を少なくしながら高架橋の横剛性を保つように設計され、その形状は美観に優れ近代的な感覚を有する高架橋である。この高架橋は、高さが高く地盤が良好な場合は経済的に有利とされたが、1 ブロック長が $50 \sim 100\text{m}$ と長いため、施工単位が大きいことや道路との交差関係等で高架橋配置計画にやや難点があるとされた。

5) 長いスパンの橋梁・高架橋が求められる理由

橋梁や高架橋が河川や道路と交差する箇所では、地形その他の関係から交差角が小さいことや、河川管理者や道路管理者との協議により、長大スパンが求められることによる場合が多い。

6) 橋梁・高架橋のスパンが長大化することのメリット・デメリット

メリット：

- ・沿線住民にとっての従来からの見通しを妨げることを軽減できる。
- ・交差する水路や道路の付け替えを軽減できることから、それぞれの管理者との協議が軽減される。
- ・橋脚数を軽減できることから、橋脚工事費の削減に寄与することができる。
- ・河川渡りの橋梁の場合、橋脚数を減らすことで、川幅に影響する阻害率を小さくできることから河川の流量に及ぼす影響を軽減できる。（上越新幹線の赤谷川橋梁ほか）
- ・橋脚数を減らすことで、河川を航行する船舶の通行の障壁を減らすことができる。
- ・谷部を通過する橋梁の場合、田畑等の耕作地を支障することなく通過することが可能に

なる。それに伴い、橋脚がないことにより、日蔭保障費が軽減できる。

デメリット：

- ・支間長が増大することにより、両端部の橋台がマッシュブになり、橋台工事費が増大する。
 - ・中間部のたわみ制限のための部材強化が必要になり、部材強化費が増大する。
 - ・長大斜張橋を採用した場合、気温の変化に対応したケーブルの張力の緊張管理を要する。
- (北陸新幹線の第二千曲川橋梁)

4-2-4 明かり構造物の代替案（盛土構造と高架橋）の比較

(1) 明かり構造物の代替案（盛土構造と高架橋）の断面形状

盛土構造と高架橋の断面形状の比較を以下に示す。盛土構造の方が用地幅を多く必要とする。したがって、高速鉄道の駅を在来線の駅に併設駅として構築する際は、駅前の既設のビル等の建造物の移転補償を伴う場合は、必要とする用地幅が、盛土構造の3分の1以下となる高架橋を選択するのが得策である。

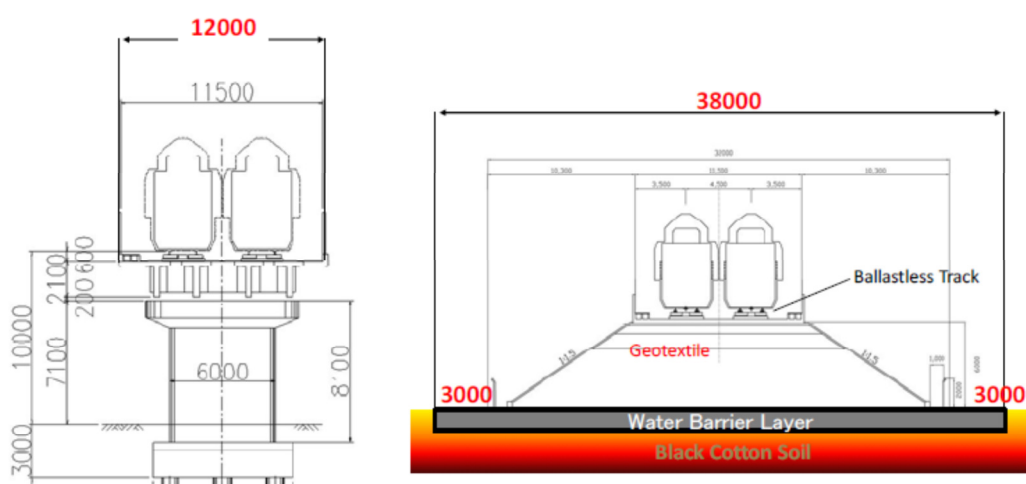


図5 明かり構造物の代替案（盛土構造と高架橋）の標準断面図 18)

(2) 明かり構造物の代替案（盛土構造と高架橋）のコスト比較

インドの平均土地価格は 1,139 (Rs/m²) であり、盛土構造の方が安価となる。土地価格が 24,000 (Rs/m²) を超えると、高架橋の方が安価となる。

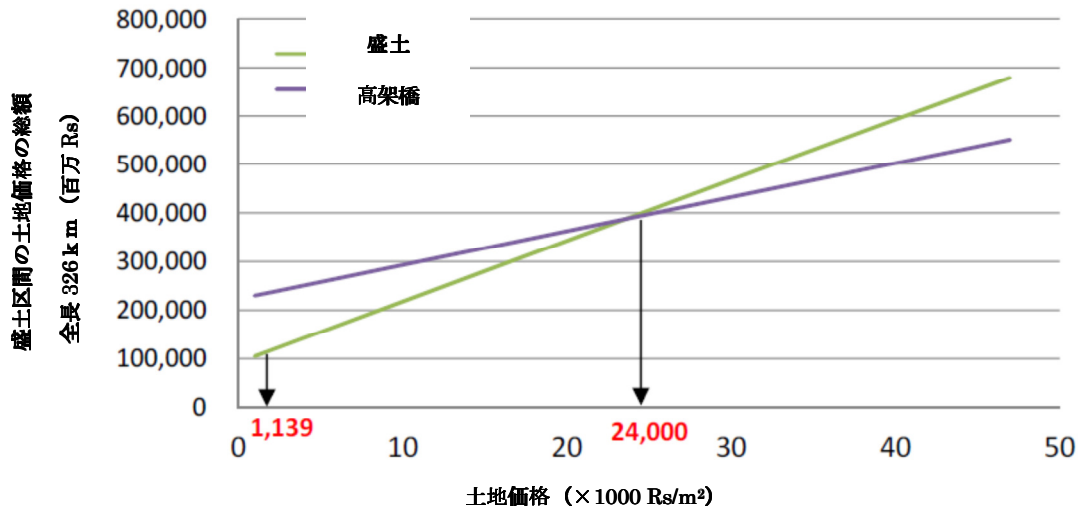


図6 盛土構造と高架橋のコスト比較図¹⁸⁾

4-2-5 駅の種類⁷⁾

高速鉄道は、都市間の高速および大量輸送が主目的である。したがって、駅は両都市における始末端駅と、その間の中間駅に分類されるが線路網上の位置および線路と乗降場の位置関係からは次のように分類される。

(1) 駅の種類

(a) 線路上の位置による分類

- ・ 終端駅・・・一般には、線路の終端にある駅（東京駅、新潟駅）
- ・ 中間駅・・・線路網の中間にある駅（熱海駅、新神戸駅、東広島駅、新花巻駅等）
- ・ 分岐駅・・・一つの線路から他の線路へ分岐する駅、相互に連絡運輸を行うので連絡駅ともいう（大宮駅、高崎駅、福島駅、盛岡駅等）
- ・ 交差駅・・・二つの線路が交差する箇所に設置された駅（新大阪駅、新横浜駅、古川駅、燕三条駅等）
- ・ 接触駅・・・線路が他の線路に接触している駅、新幹線の大部分の駅はこれに該当する。

(b) 駅の形態による分類

駅を形態により分類すると、以下の通り4つに分類される。

- ・ 地平駅・・・駅本屋が線路またはホームと同一レベルにある地平の駅で、都市化された地域では裏口を設置している場合が多い。現在、新幹線に該当駅はない。しかし、駅本屋

と線路またはホームが同一レベルではないが、駅本屋を地平に設置した例として北陸新幹線安中榛名駅がある。

・高架駅・・・高架駅は盛土高架あるいは事業用ビルを別棟とする場合を例外として、高架橋下に駅本屋を内蔵した形式が圧倒的である。すなわち、鉄道と道路との立体交差に伴い、高架構造物の下に設けた駅で、土地の有効利用や駅前広場から乗降口までの旅客歩行距離を短くするメリットがあり、大都市および都市近郊に多い形式である。現在では、新幹線を含めて、全国に相当数の高架駅が設けられているが、新幹線の駅ではこの形態で在来線と併設している場合が多い。高架下駅は、建設スペースや建物の高さに大きな制約を受けるとともに、階段、エスカレーターおよびエレベーターの位置変更が困難であることから、拡張性の低い駅舎形態であるといえる。そのため、新設時には、将来計画や需要予測に配慮した配置計画を策定することが重要である。

・地下駅・・・地下駅は地下に駅本屋を配置した駅で構造上、空間の自由度が小さく、大地下駅では乗降場と出改札口とコンコースが地下深くに構築された構造体の中に立体的に配置されるので、環境、旅客誘導、防災などについて従来の駅本屋とは異なった配慮が必要となる。新幹線では東北新幹線の上野駅がある。地下駅では列車、乗客、駅の照明による発生熱量によって温度が上昇し、空気も汚染する。このため駅構内に空気調節装置を設けて人工的に環境を制限する必要がある。また、災害時はもちろん通常時でも停電が許されないので予備発電設備等の対策が必要である。

・橋上駅・・・橋上駅は線路を跨ぐ歩行者専用の連絡橋に接続して、橋上に駅本屋を配置したもので、その利点として以下の諸点が考えられる。

- ① 駅の表・裏の一体整備が図られ、鉄道により人の交通が分断されない。
- ② 駅業務施設が集約され、効率的な駅業務運営が可能となる。
- ③ 線路増設時に駅用地の取得が不要である。
- ④ ペDESTリアンデッキとの組合せにより歩車分離が可能になる。
- ⑤ 駅構内の踏切道を廃止できる場合がある。

また、欠点としては、

- ① 工事費、保守費が割高になる。
- ② 駅の拡張性が低い。

以上のことから、橋上駅の新設時には駅の規模や平面計画の決定には十分な検討が必要になる。

駅を地下にするか地上にするかの選択では、東北・上越新幹線が該当する。東京駅が、東北・上越新幹線対応としては、1面2線のみとなることから、着発線容量が大幅に不足

するため、線路上の適当な位置にサブ・ターミナルを設ける必要が生じた。上野駅は、道路交通の利便さはもちろんのこと、営団地下鉄、京成電鉄、山手線、京浜東北線、高崎線、常磐線などの二次輸送機関にも恵まれ、地下鉄にすることにより、2面4線が可能となり、工事行程上からも上野駅を活線のまま地下での建設工事が、営業列車への影響、その他周辺沿道地区住民に対しての影響を考慮しても、新幹線都心乗り入れ開始予定に間に合うと判断され、上野に新幹線の地下鉄を新設することになった。

ここで、高速鉄道駅の代替案として、新幹線駅の形態による建設費の比較を行ってみた。いずれも1999年4月価格で、単位は億円である。ここでの比較の目的は、駅を地表駅から高架駅にした場合にどれくらい建設費が増加するかを検討することである。比較する場合の与件として、支障移転費がいずれも0億円の駅を選択した。

地平駅の場合：

A 新幹線 A 駅 2面2線・新設 駅延長 L=470m
用地費 9 土木費 43 支障移転費 0 開業費 32 計 84

高架駅の場合：

B 新幹線 B 駅 2面2線・新設 駅延長 L=470m
用地費 17 土木費 53 支障移転費 0 開業費 25 計 95

B 新幹線 C 駅 2面2線・新設 駅延長 L=470m
用地費 5 土木費 51 支障移転費 0 開業費 29 計 85

以上の「土木費」は、路盤関係と停車場費、車庫検修費、諸建物費を含む。

以上より、高架駅の場合の平均は1駅あたり90億円となる。したがって、地表駅と高架駅の建設費を比較すると、以下の通りとなる。

高架駅の建設費÷地平駅の建設費=90÷84≒1.07となり、高架駅の方が7%割高になっている。

4-2-6 トンネル代替案の選択

鉄道トンネルは、建築限界や電化方式（交流電化、直流電化）に基づき、多少の余裕を考慮して適切な断面を決めている。一般には単線のみを通す単線断面トンネルと、複線を一つの断面で通す複線断面トンネルに大別される。

日本の高速鉄道である新幹線のトンネル断面は、単線2本の並列案と複線1本案とを比較すると、新幹線型の円形断面では、単線型は半径4.4m、複線型は半径5.6mで単線2本の

掘削・覆工コンクリートの数量は、単線型 2 本の方が、複線型 1 本より 20～30%多くなる。

筆者が経験した青函海底トンネルでは、仮に工事に出水が発生した場合、山岳トンネルとは異なり、多量の水に対応することになるので、慎重に注入を行いながらの施工となる。単線トンネルを 2 本掘ることは、止水注入を 2 度繰り返すことになる。地質不良箇所では、全断面を同時に施工することは難しく、分割施工で対応せざるを得なくなる。したがって、工期が延びる原因となる。

複線断面の利点：

- ① 当初から複線で敷設する路線では、複線断面で一度にトンネルを掘削した方が施工機械を集中して使用できる。
- ② 上記に伴い、より経済的に施工できる。

複線断面の欠点：

- ① 施工法に関係なく同じ地形・地質条件であれば、断面積が大きいトンネルほど建設費が高くなる。

単線並列トンネルを選択する事由：

- ① 地質条件が悪く、大断面のトンネルを掘削することが難しい場合、
- ② 工期を短縮する必要がある場合、
- ③ 土被りが浅く、地中に大規模な空間を確保しにくい場合、
- ④ 用地幅に制約がある場合、

欧州では、延長5km 以上のトンネルで列車走行速度が200km/h 以上の場合、単線並列トンネルを基本としている。理由は、トンネル通過の際、車両脱線時や車両火災事故に伴う復旧の際の保安対策と、昼間に軌道保守等の維持管理を行うためである。また、トンネル内での列車火災発生時、日本では列車は停止せずにトンネルを脱出するが、欧州では多くの場合はトンネル内で停車して乗客を退避させる規定となっているため、一定間隔ごとに相互のトンネルの連絡通路を設けている。このように欧州規格では延長5km 以上の長大トンネルでは単線並列トンネルを基本に、更にトンネル断面も55 m²と大きくなっている。

新幹線トンネルの内空断面は戦前の弾丸列車計画の段階で決定され、それに基づき新丹那トンネルなど一部区間のトンネルが部分的に施工され、戦争の激化とともに中断されたが、同トンネルの曲線区間では、アーチの起拱線での内幅を 8m とし、起拱線より路盤までの高さを 3.35m としている。また、トンネル内空断面と建築限界との最小離れは 50 mm とし、トンネル断面はすべて複線断面で、在来線に比べて、軌間、線路中心間隔、建築限界が拡大されたため、在来線の複線断面よりも内幅、高さともに約 1m 大きい断面となっ

ている。直線用と曲線用の標準断面が設計され、直線用、曲線用ともアーチの起拱線での内幅は 9.6m である。起拱線より路盤までの高さは、直線用は 3.05m、曲線用は 3.35m とした。

東海道新幹線建設にあたっては、すべて複線断面とし、トンネル内の建築限界外の余裕を 50 mm とし、アーチ起拱線までの内幅は同じ大きさとしている。戦前の新幹線には単線トンネルの計画もあった。

トンネルの単線断面と複線断面のメリット・デメリット

単線トンネルが 2 本の場合

建設時

メリット：

- ・掘削径が複線断面に比べて小さいことから、掘進速度を一定に保つことが可能であり、工期はほぼ遵守できる。(英仏海峡トンネルで経験)
- ・掘削径が比較的小さいことから、地山を緩める程度が大断面のトンネルに比べて小さい。
- ・掘削距離が数 km の場合、掘削機は 1 台で 2 本の単線トンネルを掘進することも可能であり、掘削機の製作コストを 50%削減できる。(英仏海峡トンネルで経験：フランス側)

デメリット：

- ・緊急時の避難通路として 2 本のトンネルを少なくとも 1 編成車両長の間隔で 2 本のトンネルの中間部に連絡通路を設置する必要がある、トンネル建設費の増大の要因となる。(英仏海峡トンネルで経験)
- ・トンネル断面積が複線断面より小さいことから、車両のトンネル内走行に伴う空気圧を軽減する連絡坑を 2 本のトンネル間に数百メートルおきに、専用に設置する必要があることから、掘削費の増加の要因となる。(英仏海峡トンネルで経験)
- ・未固結、低強度地山の場合、補助工法を必要とし、複線 1 本の工費に比較して、約 40% の工費の増加となる。(英仏海峡トンネルで経験)
- ・小土被りの場合、地表面沈下を抑制するために、縦断線形の検討に留意しなければならない。また、第三者による地表からの工事（ボーリング削孔や地下室の構築等）を禁止するための区分地上権設定の必要がある。
- ・2 本のトンネルが相互に有害な影響を与えないように離隔距離を確保する必要がある。
- ・電気関係の諸設備の設置空間に余裕がなく、無理な設計となる可能性がある。

供用時

メリット：

- ・列車の運行に当たり、対面通行を採用した場合、1 本のトンネルの軌道の維持管理や電

気関連施設の交換等を昼間に行うことが可能となり、労働者を夜間勤務に従事させる必要がなくなり、深夜手当等の労務費の削減につながる。(英仏海峡トンネル)

- ・トンネル内での火災事故発生時に、トンネル内の換気を制御して、もう1本のトンネルで救援の車両運行を行って、乗客を安全に誘導することが可能になる。

デメリット：

- ・トンネル内の車両の運行頻度が増えて、トンネル内で上下方向の車両がすれ違う際に、気密構造でない車両の場合、空気圧による乗客への耳ツンの発生の可能性がある。
- ・トンネル内で、車両火災が発生し、それで、2本のトンネルの覆工が同時に損傷した場合、損傷個所の修復工事のために、2本のトンネルの車両運行が停止される場合がある。(英仏海峡トンネルで実際にこの種の火災事故で数か月間、車両(ユーロスターを含む)の運行が停止した実績がある。)

複線トンネルが1本の場合

建設時

メリット：

- ・ブーム式掘削機を使用する場合、掘削断面が広いことから、機能が向上している掘削機の性能をフルに発揮することが可能であり、掘削のサイクルタイムを短縮することにつながり、掘進速度を向上でき、急速施工が可能。(東北新幹線の八甲田トンネルで経験)
- ・トンネルの内空断面積が大きいことから、掘削したズリの運搬に坑内でベルコンを設置することが可能であり、動力に電気を使用することで、ガソリンエンジンを使用するダンプトラックを使用しないことから、トンネル内に二酸化炭素が発生することもなく、坑内の環境が改善される。(東北新幹線の八甲田トンネルで経験)
- ・上記にともない、トンネル内に送る空気量を減少することが可能になり、換気費用の削減につながる。送風機の小型化となる。
- ・掘削と覆工を同時に施工することが可能な場合、トンネル工事の建設のサイクルタイムを大幅に短縮することが可能になり、全体の工期が短縮できる。(北陸新幹線の秋間トンネルで経験)
- ・掘削したズリの運搬と、覆工コンクリートの生コンを交互に運搬するカプセル輸送を導入することにより、ダンプトラックを使用しないことから、トンネル内に二酸化炭素が発生することもなく、坑内の環境が改善される。(北陸新幹線の秋間トンネルで経験)
- ・電気関係の諸設備の設置空間に余裕ができ、無理な設計とはならない。

デメリット：

- ・膨圧性の地山を掘削する場合は、中間ストラットなどの仮設物の施工を余儀なくされる。さらに、多重支保工の採用も必要な場合があり、工期・工費ともに増大する。(北陸新幹線

の朝日トンネルで経験)

・T.B.M.を採用して低強度の地山を掘削する場合、掘進する際の切羽の地質の一軸圧縮強度の相違からスラストの偏心により、T.B.M.の姿勢制御が困難になり、掘削の方向が蛇行する場合がある。これに伴い、後日に縫返しをしなければならない場合がある。(青函トンネルで経験)

・掘削断面積が大きくなることに伴い、多段ベンチ工法を採用する場合、上半を先進させることから、支保工の建込みの際に、上げ腰をするため、断面積の余分な掘削をすることになり、掘削費は増大する。(北陸新幹線の新親不知トンネルで経験)

供用時

メリット：

・列車の運行に当たり、対面通行を採用した場合、列車が故障してトンネル内で停車した場合に、救援列車を故障列車の真横に停車させて乗客を素早く救援列車に移動させることが可能になる。

・長大トンネルの場合、トンネル内に消火設備を設置することが可能になり、列車火災が発生した場合にも消火活動が可能になる。

デメリット：

・坑内保守作業を昼間の列車運行時に行う場合、隣接線を通過する列車の速度制限に伴い、列車が遅延する一因となる。

ここで、インド高速鉄道の海底トンネル掘削の工事費と工期の考察を試みる。

図7のトンネル掘削単価を適用して、工事費を算出する。その際に、一般的な施工実績から、以下の掘進速度を適用して、工期の考察をする。

インド高速鉄道第1路線(ムンバイ～アーメダバード間)の海底トンネルの工事費と、工期を検討する。トンネルの施工深度は約20mであり、図の20m深度の単価を適用する。すなわち、NATMの場合、約30億円/km、シールド掘削の場合、約78億円/kmを採用する。ただし、シールド掘削にはシールド機的设计・製作・仮組・試運転費を含む。

施工速度は、NATMの場合、本坑、横坑ともに月進で100m/月、シールド掘削(掘削外径約13m)の場合は、300m/月、立坑(掘削外径約40m)の掘削速度は3m/月と仮定する。

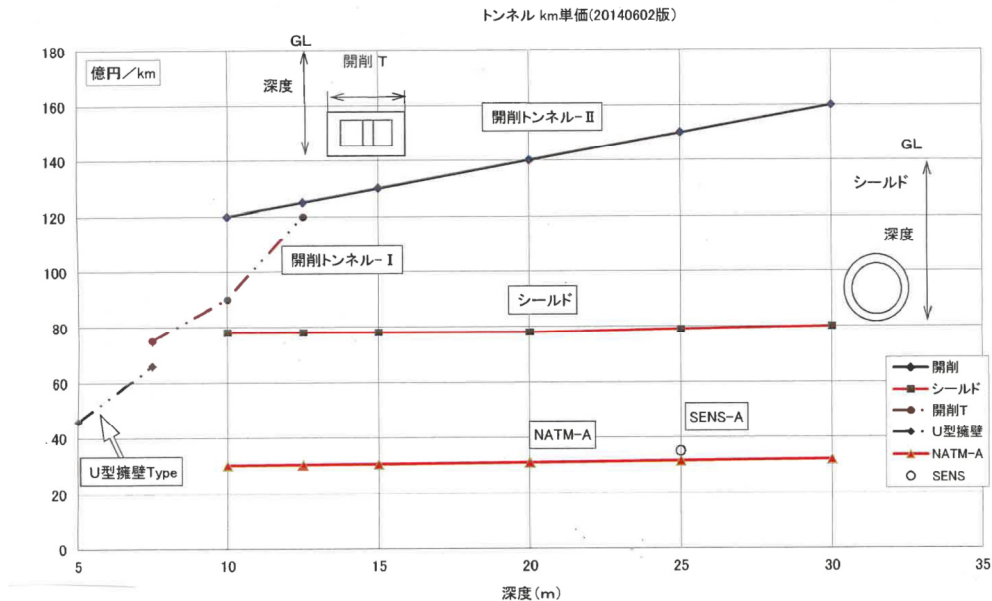


図7 トンネル掘削工法による深度と掘削 km 単価の関係

出典：鉄道・運輸機構の業務資料

ケース 1) NATM で海底トンネル全線 21,000m を片押し、すなわち切羽を1つで掘削する場合を想定すると、

工期：21,000m ÷ 100m/月 ÷ 12 か月 ÷ 12 か月 ÷ 17.5 年

工費：21km × 30 億円/km = 630 億円

ケース 2) NATM で海底トンネル全線 21,000m を両坑口から、すなわち切羽を2つで掘削する場合を想定すると、

工期：21,000m ÷ (100m/月 × 2 切羽) ÷ 12 か月 ÷ 12 か月 ÷ 8.8 年

工費：21km × 30 億円/km = 630 億円

ケース 3) NATM で海底トンネル全線 21,000m を両坑口からと横坑 1 本 (延長約 400m) を構築し、本坑想定区間に到達後両側へ、すなわち両坑口と合わせて切羽 4 つで掘削する場合を想定すると、

工期：横坑掘削工期 + 本坑掘削工期 = 400m ÷ 100m/月 + 21,000m ÷ (100m/月 × 4 切羽) ÷ 12 か月 ÷ 12 か月 ÷ 4.7 年

工費：横坑掘削費 + 本坑掘削費 = 9.2 億円/本 + 21km × 30 億円/km = 639.2 億円

ただし、横坑の掘削費は積算による査定。

ケース 4) NATM で全長 21.0km うち 5.0km を切羽 3 つで掘削し、残りの 16.0km を立坑 2 本構築(1 本目は深度約 40m、2 本目は深度約 20mであり、立坑の掘削工期は 1 本目の 40m の立坑で左右される)してシールドマシン 3 台で 3 つの切羽で掘削すると想定すると、工期の算定に当たり、NATM による工区の工期とシールド機による工区の工期を比較し、両工区ともに着工は同時期と仮定すると

NATM 工区の工期：横坑掘削の工期＋本坑掘削の工期＝400m÷100m/月＋5,000m÷(100m/月×3切羽)＝4.0＋16.7＝20.7 か月÷12 か月/年≒1.7 年

シールド機の工区の工期：立坑掘削の工期＋本坑掘削の工期＝40m÷3m/月＋16,000m÷(300m/月×3台)≒13.3＋17.8＝31.1 か月÷12 か月≒2.6 年

よって、工期はシールド機による工区の工期を採用して、2.6 年とする。

工費：横坑掘削費＋NATM による本坑掘削費＋立坑掘削費＋シールド機による本坑掘削費
 ＝9.2 億円/本＋5.0km×30 億円/km ＋60 億円/本＋30 億円/本＋16.0km×78 億円
 ＝9.2＋150＋60＋30＋1,248＝1,497.2 億円

ただし、立坑の掘削費は積算による査定。

以上の考察結果を以下のように表でまとめてみた。

表 4 インド高速鉄道海底トンネルの掘削工法の代替案による工期と工費の比較

ケース	1	2	3	4	記 事
本坑掘削工法	NATM	NATM	NATM 横坑 1 本	NATM＋シールド機 横坑 1 本、立坑 2 本	ケース 1 は片押し掘削 ケース 2 は両坑口掘削
工 期	17.5 年	8.8 年	4.7 年	2.6 年	
工 費	630 億円	630 億円	639.2 億円	1,497.2 億円	
環境への影響	環境保護地区への発破振動による影響がある。	同左	同左	環境保護区間の直下はシールド工法区間であり、影響は及ぼさない。	海底トンネルのムンバイ方に環境保護地区がある。
掘削地山への影響	発破工法による地山の緩みは生じる可能性がある。	同左	同左	シールド工法を採用する区間は地山の緩みは発破工法ほど生じない。	
恒常的排水への影響	上記の理由により、地山から恒常的湧水が発生する恐れがあり、止水のための補助工法を検討する余地がある。	同左	同左	上記の理由により、全線が NATM を採用する区間に比べて恒常的湧水は少なくなる可能性が高く、シールド工法の選定は維持管理費の節減に貢献する。	
技術移転	NATM はインド人技術者も習得しており、技術移転の必要性はない。	同左	同左	シールド機による掘削工法は、インド人技術者への技術移転の必要性はある。	

出典：筆者作成

4-2-7 建設時および開業後の課題とその対応

東海道新幹線の建設時の最大の課題は、正味の工期が非常に短かったことである。請負側も含めて全国から精鋭が集められ、全員の強い信念、努力、団結力があらゆる困難を克服へと導いた。

しかし、技術的には多くの未経験の難問に直面した。なかでも軟弱地盤に起因する技術的苦労は多かった。

1964年開業後の最大の課題は、軟弱地盤上の盛土の継続沈下であった。軌道保守の限界は、最大許容沈下量年間10cmとされていたが、開業当初は月間10mm以上の大きな沈下量を示した箇所もかなりあった。このため開業時には160km/hの徐行となり、東京～大阪間は4時間運転を余儀なくされた。しかし、圧密沈下の進行とともに、1年後には月間沈下量5mm以下となり徐行は解除された。課題となったのは、橋台などの沈下しない構造物と沈下する盛土との取合い部の沈下ギャップであった。この不同沈下部の保守は箇所数が非常に多いだけに軌道保守上の大きな課題となった。この課題は当初から想定されていたので、緩衝用の小橋台方式や、安定性の良いU型橋台などが試行されたが、解決策とはならず、圧密沈下の収束により課題は解消した。

また、盛土の沈下に伴うバラストの補充によりバラストの法尻が保守通路幅を狭くする課題も生じた。バラスト止めなどにより、通路幅の確保が行われたが、山陽新幹線では盛土の沈下に対する余裕を持った土工定規に変更することとなった。

開業の翌年の1965年は台風が多く、法面が大きく崩壊して全線不通となることもあった。法面対策として、盛土の土質に応じて排水パイプの挿入、法面杭打ち工、間知ブロック・格子枠工などを併用した。その他、線路勾配の落ち込み箇所、切取と盛土の境界部、橋台裏には横断排水溝を設ける等の処置をし、雨に対する防災強度は大きく向上した。

バラスト軌道の場合、鉄道独自の大きな課題に噴泥がある。開業後半年頃から高速走行による噴泥の発生が各地でみられるようになり、1966年頃には道床は泥濘状態となる所が激増した。そのため、「路盤噴泥対策研究委員会」が設置され、全線の地質・土質が分類されるとともに噴泥多発の要因が分析された結果、対策として路盤表面防水層と路盤横断排水溝の設置、道床厚不足の解消などの改良が図られ噴泥問題はほぼ解決された。

地震対策は大きな技術課題であるが、1968年5月の十勝沖地震(M=7.8)により当時複線化工事中の東北本線が大きな被害を受けたことを契機に東海道新幹線の既設構造物の耐震強化の研究が進められた。1978年には東海地震を想定した「大規模地震対策特別措置法」が制定され、これを受けて1979年8月には地震防災強化区域の指定が行われた。区域内に入る海老名市から湖西市に至る約215km間の耐震強化方法については「鉄道土木構造物耐震強化の研究委員会」で検討が行われた。その内容は、強化地域内のサイスミック・マイクロゾーニングによる各種構造物の耐震性の把握とその強化方法である。併せて走行安定性、P波による早期検知法などについても検討が行われた。

その結果、当面必要な対策として、軟弱地盤上の盛土についてはシートパイルを左右の

法尻に打設し、それらの頭部をタイロッドでつなぐ補強方法、橋台裏盛土の沈下対策としてはストラット工法やシートパイル締切り工法、盛土に付随する土留壁の補強法としてはタイロッド、アースアンカーによる補強、背面への注入、壁面補強などの対策が取られた。

RC ラーメン標準高架橋は全線水平震度 0.2 の震度法で設計されていたが、マイクロゾーニングで得られた応答スペクトルにより動的解析が行われた結果、変位はかなり生ずるが強度的は特に補強を要しないことが判明し、この高架橋は耐震性能にも優れていることが改めて立証された。高架橋の耐震補強策としては、軟弱地盤上の高架橋相互の目違い防止に重点がおかれ、PC 鋼線で隣接する高架橋の片持ち梁部を連結する目違い防止工が取られた。また、一般の高架橋については一部 RC 巻き、鉄板巻きによる補強が行われた。

4-3 第4章の結論

第4章では、日本の高速鉄道計画の決め方と技術的代替案について考察してみた。

上部工の代替案として、スラブ軌道とバラスト軌道を比較した結果、スラブ軌道はバラスト軌道に比べて初期投資額は 1.3 倍であるが、9 年弱で保守経費がバラスト軌道よりも安くなる。

明かり構造物の代替案として、盛土構造と高架橋を比較した結果、盛土構造は高架橋より、用地幅が約 3 倍必要である。

高速鉄道駅の代替案として、地平駅と高架駅の建設費を比較すると、後者は前者よりも 7%割高であった。

土木構造物の形状の選択による長所・短所を整理した。特に、トンネル代替案の選択の場合、単線トンネル 2 本と複線トンネル 1 本の建設時と供用時の長所・短所を整理して明示した。

参考文献：

1. 鉄道施設技術発達史編纂委員会：鉄道施設技術発達史、日本鉄道施設協会、1994 年 1 月
2. 大内雅博：〔統計講座〕輸送密度から鉄道の本質が見える、第 8 回、新幹線の建設順序、交通と統計、第 39 巻、第 2 号、2015 年 4 月
3. 佐藤信之：新幹線の歴史 政治と経営のダイナミズム、中公新書、p.137、2015 年 2 月
4. 松橋貞雄：新幹線を知る 第 5 回 ルート選定と線形、土木学会誌、第 96 巻、第 6 号、2011 年 6 月
5. 小池滋・青木栄一・和久田康雄：世界の駅・日本の駅、悠書館、2010 年 6 月
6. 上楽隆：鉄道貨物輸送と停車場、東神堂、1993 年
7. 高速鉄道研究会：新幹線 一高速鉄道技術の全て一、山海堂、2003 年 10 月
8. 澤 喜司郎、安原敬裕、上羽博人：交通とビジネス、成山堂書店、2007 年 3 月
9. 青森県企画政策部・観光国際戦略局：東北新幹線全線開業を地域の発展に生かす取り組み、運輸と経済第 71 巻第 10 号、運輸調査局、pp.90~91、2011 年 10 月
10. 構設史編集研究会編：鉄道構造物を支えた技術集団－国鉄構造物設計事務所の足跡－、(社) 日本鉄

道施設協会、2009年9月

11. 東北新幹線工事誌、(独)鉄道・運輸機構 鉄道建設本部 2012年3月
12. 鉄道施設技術発達史編纂委員会：鉄道施設技術発達史、日本鉄道施設協会、pp.909～913、1994年1月
13. 大内雅博：輸送密度から鉄道の本質が見える、一般財団法人、交通統計研究所、p.7、2016.9.
14. 国際協力機構：インド国高速鉄道開発計画プロジェクト【有償勘定技術支援】ファイナル・レポート要約編和文、p.12-3、2015.7.
15. 公益財団法人 交通協力会：新幹線50年史、2015年3月
16. 数字で見る鉄道2017、国土交通省鉄道局監修、(一財)運輸総合研究所発行、p.22、2017.11
17. 小野田 滋：鉄道・秘蔵記録集シリーズ 鉄道構造物を探る、講談社、p.28、2015.11
18. 国際協力機構：インド国高速鉄道開発計画プロジェクト【有償勘定技術支援】ファイナル・レポート要約編和文、p.9-8、2015.7.
19. 独立行政法人国際協力機構：インド高速鉄道第6路線 最終報告書 2013年6

第5章 海外の高速鉄道計画の作成支援方法

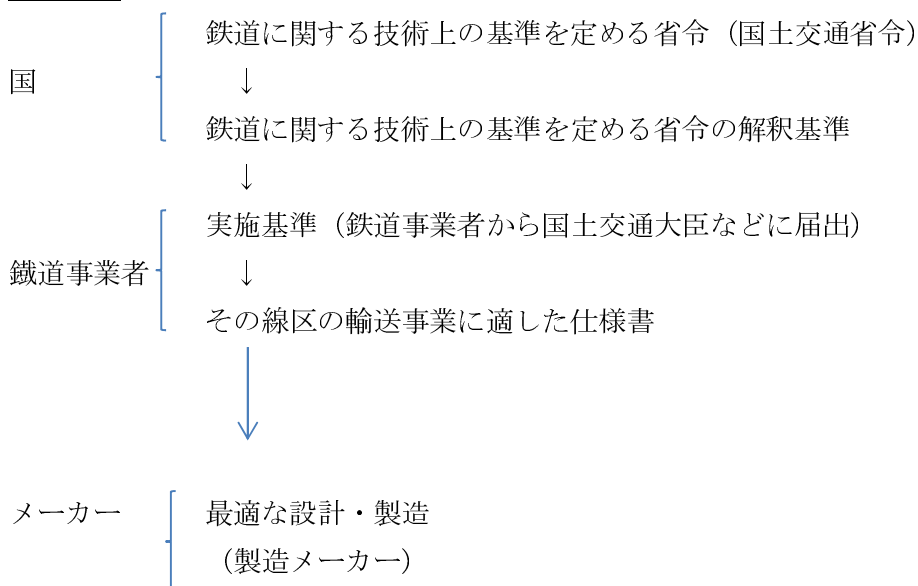
海外の高速鉄道計画の作成支援方法を示す前に、高速鉄道建設の関連図を以下に示す。



図1 高速鉄道建設の関連図

ここで参考までに、日本の新幹線の整備基準の流れを以下に示す。

技術基準



さらに、日本の新幹線の整備基準がなかった時点での日本の高速鉄道計画の背景を概観してみると以下のようなことが考えられる。

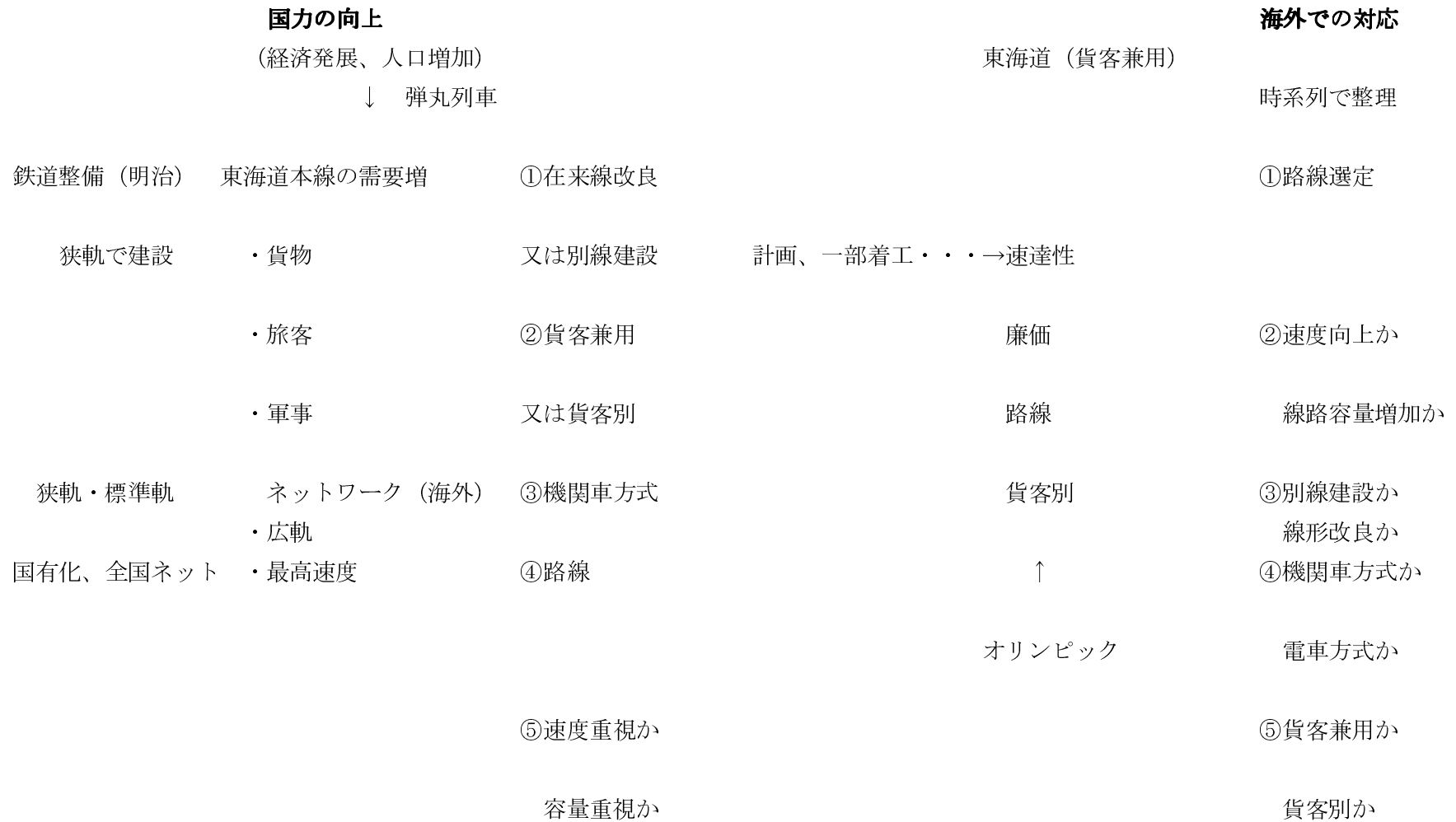


図 2 日本の高速鉄道計画 (新幹線の整備基準がなかった時点)

5-1 高速鉄道整備の各段階

5-1-1 基本計画段階

・調査の指示

高速鉄道建設に関する基本計画段階では、起点、終点および主な経過地が与件となる。さらに与件としては、以下の事項が必要になる。

自然条件としての、「地形・地質等に関する事項」、技術条件としての、「施設及び車両の技術開発に関する事項」、事業費としての、「建設に要する費用に関する事項」そして、輸送需要についての、「輸送需要量に対応する供給輸送力等に関する事項」である。

・ニーズの把握

次に、社会条件として、路線整備のニーズ、国・自治体などの計画の把握がある。

・基礎調査

基礎調査の項目としては、社会条件としての交通の現状調査、条件などの整理、路線の意義、必要性、緊急性の把握がある。駅位置の選定や輸送量の算定のための駅勢圏の調査、需要予測のための基本データの収集と分析、旅客駅の配線のための類似駅データの収集、車両基地の配線のための基地図の収集、構造物関係の標準一般図集の収集などがある。

さらに、適用する事業費のためのスキームの検討がある。基礎調査の段階では、概略の輸送需要の把握が必要になる。

・路線概略検討

路線概略検討の項目としては、路線検討条件の調査・整理、複数路線の比較検討、運航計画の検討がある。鉄道曲線の観点からは、平面・縦断線形表の作成がある。需要予測の観点からは、類似路線の調査、交通量調査、モデル作成、OD表作成がある。

停車場関係では、各駅の機能を検討するため、旅客専用駅とするのか、貨物も取り扱うのかの決定、駅の各線路有効長の決定、取扱車両数の規模の確定がある。また、旅客駅および車両基地の配線に関しては、概略配線計画の策定が必要である。旅客設備に関しては、概略の各設備嘉一計画の策定が必要である。

構造物関係では、特に橋梁や高架橋のスパン割を決める必要がある。

建設投資額に関しては、直接工事費（工事材料費、設備費、労務費）と間接工事費（建設機械損料、仮設費、保険費、現場管理費）から成る概算建設費と概算用地取得費を策定しておく必要がある。

また、輸送需要の推計を行うとともに、概略の工期の検討も行う必要がある。

・路線概要の決定

路線概要の決定の項目としては、社会条件として、社会経済効果の評価を行う必要がある。技術条件としては、路線、駅位置、車両基地等の概略決定がある。

路線関係では、軌間、軸重、電化、建築限界、車両限界、設計最高速度、最小曲線半径、最急勾配、施工基面幅、線間がある。

ここで、路線選定の考え方を以下に、詳述する。

路線計画は地形・地質、環境調査などにに基づき、得られるものであるが、新幹線の大要を決定する重要なものである。

路線の選定は、現地の状況、すなわち地形、地質状況、気象・水文、財埋蔵文化財等の状況、都市部市街地の状況、在来線の状況、河川、国道、高速道路計画の状況等を勘案して進めることとするが、具体的には箇条書きにすると以下のとおりである。

- 1 駅間はできるだけ最短距離になるように結ぶことを心掛ける。
- 2 駅の設置に当たっては在来線の主要都市駅には極力近づけるようにする
- 3 停車場区間は可能な限り直線でかつレベルとする。
- 4 曲線を設ける場合、曲線半径は可能な限り大きくする。
- 5 縦断勾配は可能な限りゆるい勾配を使用する。
- 6 軟弱地盤、自然災害の影響を強く受けそうな地域の通過は極力避ける。
- 7 人家密集地域（特に学校、病院、寺院等の近傍）の通過はできる限り避ける（騒音、振動などの社会環境面への配慮）
- 8 工業団地、都市開発計画等が予定されている区域での駅の選定、ルートの通過については関係者との打ち合わせ等の配慮をしたうえ決定する。
- 9 重要な文化財等のある区域の支障、横断等は避ける。
- 10 自然環境、動物保護等に及ぼす影響が懸念される場所への近接は避ける。
- 11 大きな河川の橋梁架設計画にあたっては極力河川に直角に渡るよう心掛ける。
- 12 主要道路、高速道路計画、在来線とは立体交差を計画するが、極力直角に渡るよう心掛ける。
- 13 主要道路、高速道路計画、在来線との立体交差、河川の交差に当たっては所定のクリアランスを確保するものとする。
- 14 施工基面は縦断線形の許す限り下げるように計画する。
- 15 地質の悪い場所でのトンネルはできるだけ避ける。
- 16 トンネル長は極力短くなるようにし、山の裾野ではなく山の芯に直角に入るように選定すること。
- 17 トンネル区間の勾配は工事施工上および保守上 0.5%以上とする。

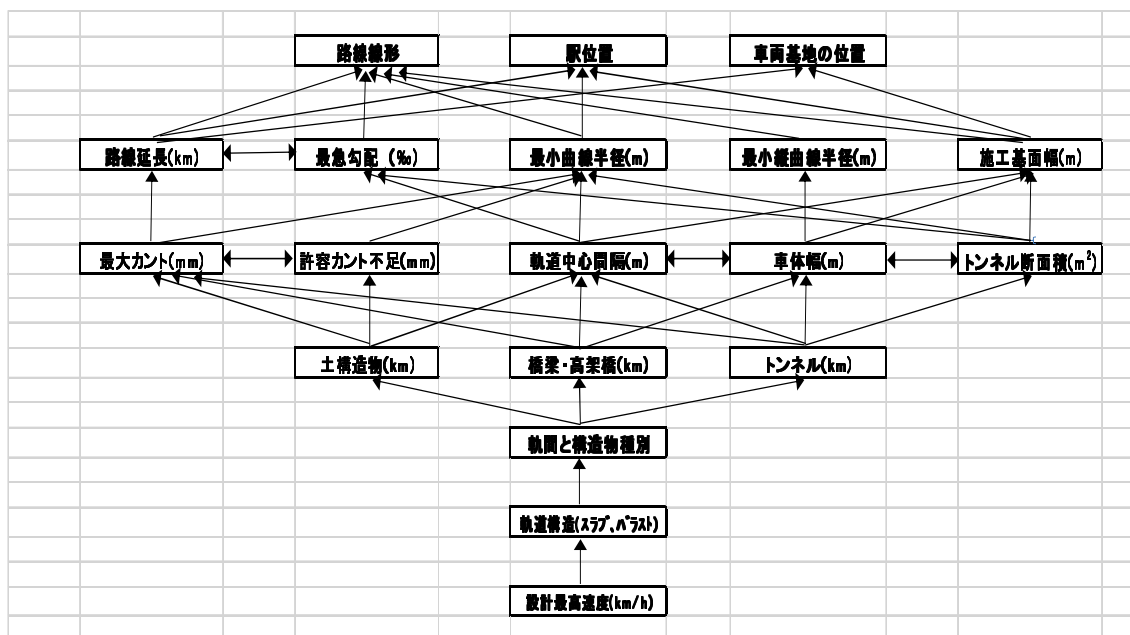


図3 路線線形、駅位置及び車両基地の位置の決定要素と階層

(出典：筆者作成)

図3に示すとおり、施工基面幅は軌道中心間隔と密接な関係を有するが、本論文第3章の表4の施工基面幅の記事欄に記載したとおり、決定要素としては、以下の3項目も追加される。すなわち、軌道構造上の所要幅員、作業用通路幅員、電気関係施設物である。これらの決定要素は、最終的には、鉄道事業者が必要とする鉄道用地の買収面積に影響を及ぼすので、事業化調査(F/S)の段階では、代替案をきちんと議論しておかないと事業の工期や工事費が増える原因になる。

図4に示す中で、駅位置に関しては5-2-3の整備計画の中で改めて議論するが、旧日本鉄道建設公団法施行令で基本計画の記載事項を規定しているが、「駐車場の位置」については工事实施計画の段階で決定することとしているので、項目としては除かれている。これは、理由としては、整備計画で予め駅位置が決定されていると、周辺の余地の高騰を招き、事業の執行を阻害することとなり、工事实施計画の段階で決定し、直ちに用地買収に着手するのが得策と考えられたと思われる。

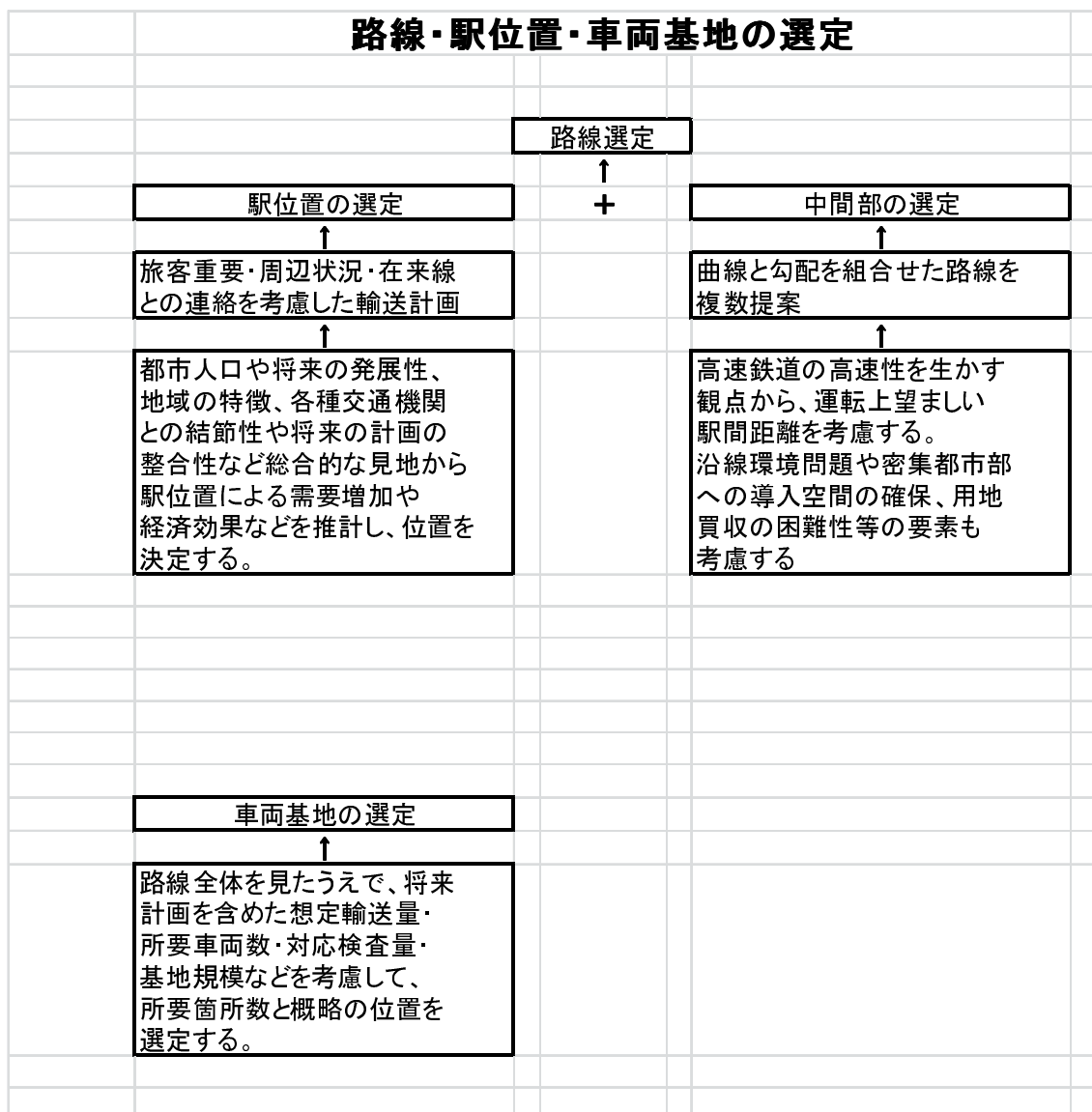


図4 路線・駅位置・車両基地の選定 (出典：筆者作成)

軌道関係では、バラスト軌道か直結（スラブ）軌道かの選択、レール種別の決定、分岐器種別の決定、締結装置種別の決定がある。

さらに、保守体制として、保守基地の配置の検討がある。事業費に関しては、事業性の検討の必要がある。

・事業化の決定

事業化の決定にあたっての社会条件としての事業主体、すなわち、運営主体の決定の必要がある。また、技術条件としての事業主体、すなわち、建設主体の決定の必要もある。

事業費に関しては、適用するスキームの決定と、資金調達方法の決定の必要がある。

さらに、概略の工期を設定する必要がある。

以上までが、高速鉄道建設計画のうちの、基本計画段階の手順ということになる。

5-1-2 整備計画段階

高速鉄道建設に関する整備計画段階では、各検討項目を同時並行で総合的に検討し、策定する必要がある。

・建設計画策定

建設計画策定に関する項目のうち、自然条件としては、地質調査と測量の実施がある。社会条件としては、事業認可手続き、関係機関との協議、都市計画決定等の手続きがある。技術条件としては、設計条件の検討、構造物等の概略決定、線形条件、構造物種別、形式の検討がある。

このうち、路線関係については、鉄道曲線に関して、緩和曲線や縦曲線を含む平面・縦断線形表の作成がある。

停車場については、旅客駅の詳細配線計画の策定、車両基地の詳細配線計画の策定、旅客設備の各設備配置計画の策定がある。

構造物関係については、各構造物一般図の作成がある。

軌道関係については、軌道構造の決定にあたり、軌道一般図の作成がある。保守体制については、保守基地の配置の決定、保守用資機材一覧の作成がある。

事業費については、車両費を除く年度別工事費の算出の必要がある。

建設投資額については、土木・軌道・施設・電気・機械関係工事費ごとの年度別建設費を算出する必要がある。

用地費についても、年度別の用地取得費を計上する必要がある。

工期に関しては詳細の工期を検討する必要がある。

・環境影響評価の基本設計

環境影響評価の基本設計に関する項目のうち、自然条件としては、「自然環境調査」があり、これは主として、環境保護地域の把握及び対策である。社会条件としては、「社会環境調査」があり、これは主として、概略支障物の把握や支障物件数量の把握である。

技術条件としては、高速鉄道の営業開始後の騒音・振動測定、日照などの影響の有無の確認、工事中の仮設道路、工事用車両の想定、工事中の汚水対策がある。

事業費に関しては、支障物件移転補償費の算出がある。

5-1-3 工事実施計画段階

・用地取得

用地取得に関する項目のうち、自然条件としては、土地利用状況調査がある。社会条件としては、住民移転交渉がある。難航地権者との交渉には時間を要することがある。前述に伴う技術条件としては、民地通過の延長や面積を算定する必要がある。これに伴い、事業費としての建物補償費用の算出や、用地関係費としての詳細用地取得費の算定の必要がある。

- ・建設業者等の選定

施工業者及び施工管理コンサルタントの選定の必要がある。

- ・詳細建設計画

詳細建設計画に関する項目のうち、自然条件としては、詳細測量及び地質調査、設計変更を含むものがある。技術条件としては、路線・駅位置・車両基地等の決定がある。

事業費としては、車両費を含む年度別詳細工事費の算出の必要がある。

建設投資額としては、土木・軌道・施設・電気・機械関係工事費ごとの年度別詳細建設費を算出する必要がある。

調達費としては、詳細の調達費を算出する必要がある。また、車両費も算出する必要がある。

工期は、詳細の工期を決定する必要がある。

- ・建設工事着手

建設工事着手に関する項目のうち、技術条件としては、部分出来形検査を行う必要がある。

建設工事のなかでも、全体の工事のクリティカルパスとなるトンネル工事は、他の工事に先立って、工事に着手される場合が多い。路盤工事、橋梁・高架橋の工事に引き続き、駅部工事、軌道工事、旅客設備工事、車両基地工事そして保守基地工事と続く。

事業費に関しては、工事実施計画の変更に伴い変更を要する場合がある。

工事実施計画の変更に伴い、工期の見直しが生ずる場合が多い。

- ・建設工事の完成・竣工

建設工事の完成・竣工に伴い、開業監査・検査が行われる。これに伴い、建設費の確定、用地費の確定、調達費の確定、車両費の確定となり、最終事業費の算定となる。

また、工期も確定する。

5-1-4 運営維持管理段階

- ・運営・維持管理

運営・維持管理のための車両更新費、運営費、維持管理費を年度ごとに計上することになる。

以上に記述した内容を以下に「鉄道プロジェクトの調査・建設・開業・維持管理の一般的な流れ」をフローとして示し、かつ、表1に「**高速鉄道建設計画の策定手順**」として示す。

鉄道プロジェクトの調査・建設・開業・維持管理の一般的な流れ（一般化の試み）

調査段階：

ニーズの把握・・・・・・・・・・○路線整備のニーズ、事業者の計画の把握

↓

基礎調査・・・・・・・・・・○交通の現状調査、条件等整理、
○路線の意義・必要性、緊急性の整理、
○概略輸送需要の把握、適用スキームの検討

↓

路線概略検討・・・・・・・・・・○路線検討条件の調査・整理、複数路線の比較検討、
○輸送需要の推計、運行計画の検討、概算事業費の算定

↓

路線概要の決定・・・・・・・・・・○事業性の検討、社会経済効果の評価、
○路線・駅位置・車両基地位置等の概要決定

↓

事業化決定・・・・・・・・・・○適用スキームの決定、
○事業主体・資金調達方法の決定

↓

建設計画策定・・・・・・・・・・○地質調査・測量の実施、設計条件の検討、
○構造物等の概略設計、建設費の算出、事業許可の手続き
○線形設計、構造物種別・形式の検討
○関係者との協議、環境影響評価、都市計画決定等の手続き

↓

環境影響評価の

基本設計・・・・・・・・・・○自然環境調査：環境保護地域把握及び対策、営業開始後の
騒音・振動測定、工事中の仮設道路、工事用車両の想定、
工事中の汚水対策

↓

○社会環境調査：概略支障物の把握、支障物件数量把握

用地買収・・・・・・・・・・○土地利用状況調査及び住民移転交渉、用地協議及び用地取得

↓

建設業者等選定・・・・・・・・・・○建設業者及び施工管理コンサルタントの選定

↓

建設工事段階：

詳細建設計画・・・・・・・・・・○詳細測量及び地質調査、設計変更を含む

↓

建設工事着手

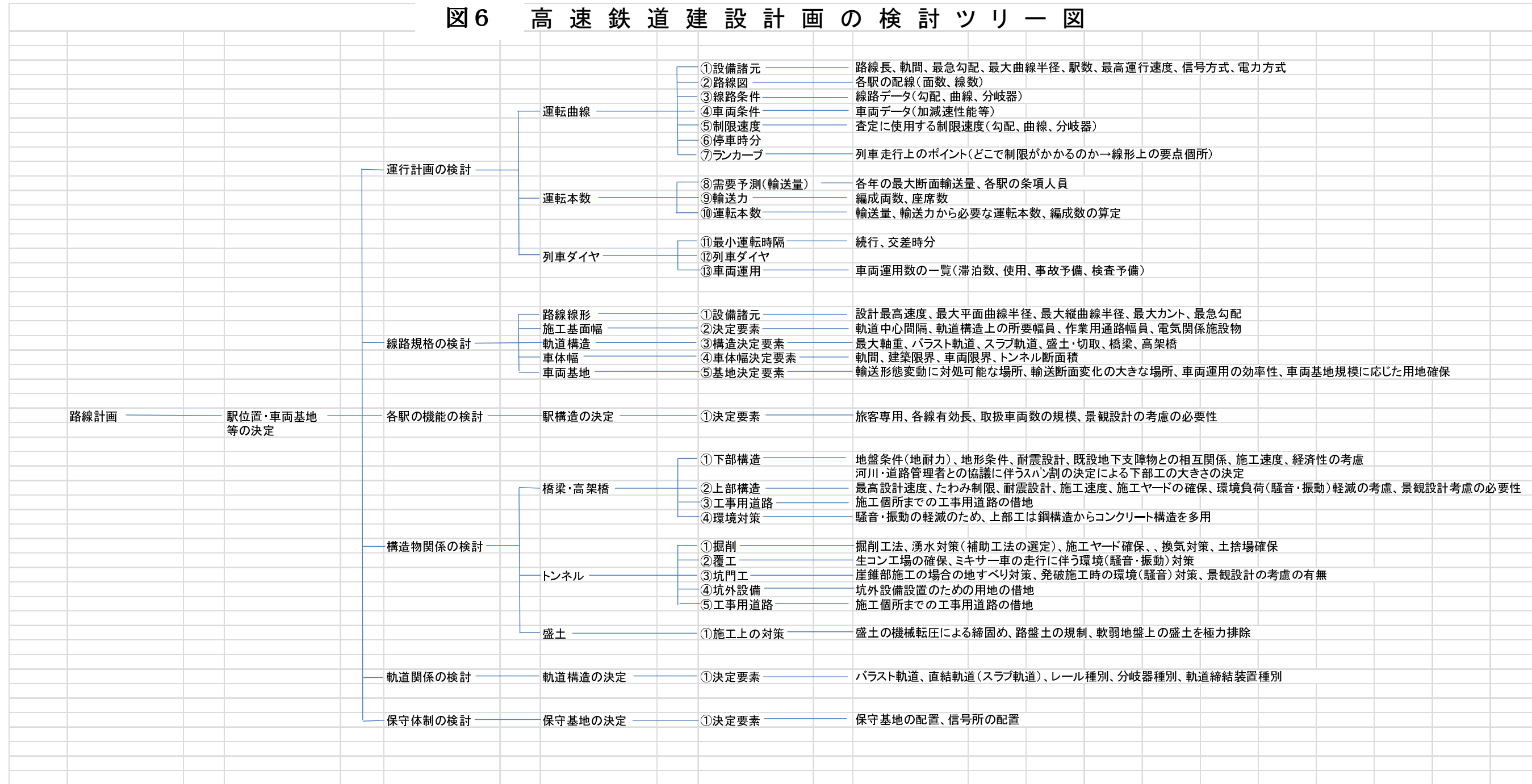
- 土木工事・・・・・・・・・・○土工（盛土、切取、ボックスカルバート）、○高架橋工事、
○橋梁工事、○トンネル工事
- 軌道工事・・・・・・・・・・○レール敷設（レール搬入、レール溶接）
- 駅部工事・・・・・・・・・・○地下駅の工事は高架駅の工事より先行、
○高架駅を主体とする工事
- 車両基地工事・・・・・・・・○車庫、保守基地を含む車両基地工事
- 電気工事・・・・・・・・・・○電車線、電柱基礎、信号・通信機器室、変電所等を含む電気
関連工事
- 車両製作・・・・・・・・・・○車両の技術基準・車両の構造、性能（軽量化、空力等）
- 諸設備調達・・・・・・・・○維持管理施設・機械の調達・設置
- ↓
- 教育・訓練段階：
- 人材育成・・・・・・・・・・○高速鉄道運営に従事する人材育成（運転士、車掌、維持管理
要員等：鉄道を構成する列車運転、車両、構造物、軌道、
電力、信号及び通信などの各部門に関連する要員の育成）
○維持管理マニュアル等の整備
- 試験運転・・・・・・・・・・○試験線による訓練運転及び人材育成（運転士、車掌、維持管
理要員等）、
○運転マニュアル等の整備
- ↓
- 開業監査・検査の実施・・○運営主体が受検主体となって開業検査を受検
- ↓
- 営業運転開始・・・・・・・・○運転マニュアル等の改定
- ↓
- 維持管理・・・・・・・・・・○維持管理マニュアル等の改定

表-1 高速鉄道建設計画の策定手順

		基本計画段階(起点、終点、主な経路地が与件)						整備計画段階		工事実施計画段階				運営維持管理段階			
		調査の指示	ニーズの把握	基礎調査	路線概略検討	路線概要の決定	事業化決定	建設計画策定	環境影響評価の基本設計	用地取得	建設業者等の選定	詳細建設計画	建設工事着手	建設工事完成・竣功	運営・維持管理		
イン プ ット	自然条件	・地形・地質等に関する事項			・路線検討条件の調査・整理			・地質調査・測量の実施	・自然環境調査 環境保護地域の把握及び対策	・土地利用状況調査		・詳細測量及び地質調査、設計変更を含む					
	社会条件		・路線整備のニーズ、国・自治体などの計画の把握	・交通の現状調査、条件などの整理 ・路線の意義、必要性、緊急性の把握		・社会経済効果の評価	・事業主体の決定(運営主体)	・事業認可手続き ・関係者との協議 ・都市計画決定等の手続き	・社会環境調査 概略支障物の把握 支障物件数量の把握	・住民移転交渉	・施工業者及び施工管理コンサルタントの選定						
	技術条件	・施設及び車両の技術開発に関する事項			・複数路線の比較検討 ・運行計画の検討	・路線・駅位置・車両基地等の概略決定	・事業主体の決定(建設主体)	・設計条件の検討 ・構造物等の概略決定 ・線形設計、構造物種別、形式の検討	・営業開始後の騒音振動測定、日照などの影響 ・工事中の仮設道路、工事用車両の想定 ・工事中の汚水対策	・民地通過の延長、面積		・路線・駅位置・車両基地等の決定	・部分出来形検査	・工事竣功検査 ・開業監査			
	路線関係																
	線路規格の決定					・軌間、軸重、電化、建築限界、車両限界、設計最高速度、最小曲線半径、最急勾配、施工基面幅、線間											
	鉄道曲線																
	駅位置の選定 輸送量の算定				・駅勢図												
	需要予測				・基本データの収集・分析	・平面、縦断線形表			・平面、縦断線形表(含緩和・縦曲線)								
	停車場関係																
	各駅の機能													・駅部工事	・駅部工事竣功		
	旅客駅の配線				・類似駅データの収集	・概略配線計画			・詳細配線計画								
	車両基地の配線				・基地図収集	・概略配線計画			・詳細配線計画					・車両基地工事	・車基工事竣功		
	旅客設備					・概略各設備配置計画			・各設備配置計画					・旅客設備工事	・旅客設備工事竣功		
構造物関係				・標準一般図集	・スパン割			・概略設計(各構造一般図作成)					・土木工事	・土木工事竣功			
軌道関係																	
軌道構造の決定						・バラスト軌道、直結軌道 ・レール種別、分岐器種別 ・締結装置種別		・概略設計(軌道構造一般図作成)					・軌道工事	・軌道工事竣功			
保守体制						・保守基地の配置		・保守基地の配置 ・保守用資機材一覧作成					・保守基地工事	・保守基地工事竣功			
ア ウ ト プ ット	事業費		・建設に要する費用に関する事項	・適用スキームの検討	・概算事業費	・事業性の検討	・適用スキームの決定 ・資金調達方法の決定	・年度別工事費の算出(車両費を除く)	・支障物件移転補償費の算出	・建物補償費用の算出		・年度別詳細工事費の算出(車両費を含む)	工事実施計画の変更に伴う事業費の変更	・最終事業費の算出			
	建設投資額	建設費	工事材料費														
			設備費														
			労務費														
		間接工事費	建設機械損料				・概算建設費			・年度別建設費の算出(土木・軌道・施設・電気・機械関係工事費)				・年度別詳細建設費の算出(土木・軌道・施設・電気・機械関係工事費)	・建設費の変更	・建設費確定	
			仮設費														
			保険料														
			現場管理費														
	用地関係費					・概算用地取得費			・用地取得費	・支障物件移転補償費	・詳細用地取得費			・用地費の変更	・用地費確定		
	調達費					・概算調達費		・調達費				・詳細調達費算出	・調達費の変更	・調達費確定			
車両費(運営費)											・車両費算出	・車両費の変更	・車両費確定	・車両更新費			
維持管理費														・運営費 ・維持管理費			
輸送需要		・輸送需要量に対応する供給輸送力等に関する事項	・概略輸送需要の把握	・輸送需要の推計											・事業の事後評価		
工期					・概略工期の検討	・概略工期の決定	・詳細工期の検討				・詳細工期の決定	・工事実施計画の変更に伴う工期の変更	・工期確定				

出典：筆者作成

図6 高速鉄道建設計画の検討ツリー図



出典：筆者作成

高速鉄道建設事業における業務内容と各土木・軌道技術と関連する業務を分類すると、次表の通りである。

表2 高速鉄道建設事業における業務内容と各土木・軌道技術と関連する業務の分類表

業務		Pre F/S (Pre-feasibility Study)	F/S (Feasibility Study)	E/S (Engineering Service)	施工監理 (Construction work Control)	その他	備考
路線関係							
線路規格の決定	Gauge、軸重、電化・非電化、建築限界、車両限界、設計最高速度、最小曲線半径、最急勾配、施工基面幅、単・複・複々別、線間、在来線の状況			鉄道建設に関する法、規程、基準、標準示方書、要領、手引きの整備 鉄道設備維持管理規程・マニュアル、公衆・旅客対応被災対策規程・マニュアルの整備 施工監理時は上記規程、マニュアルを基に設計(DBの場合)、施工の監督			
地形・地質図	S=1~5 万分の1 地形図入手 広域地質図入手	S=1/5,000~10,000 図面作成又は入手 周辺調査資料入手、地質調査箇所数	S=1/500~2,500 図面作成 地質調査実施、地質縦断・平面図作成		外注図 書作成	鉄道路線承認に必要 駅、キロ程等記入	
衛星、航空写真	Google Earth	KMZ File 作成	路線関係の左記各項目のF/SのレビューE/S 時の地形、都市計画、環境等の各詳細調査に基づき修正と最終 Tender Documents 作成		外注図 書作成		
路線選定	市街地、農地、山岳地、河川、他、路線必要用地面積						
鉄道曲線	平面、縦断線形表	平面、縦断線形表(含緩和・縦曲線)					
駅位置の選定	駅勢圏	駅位置の決定					
輸送量の算定	類似路線						
需要予測	基本データの収集・分析	交通量調査、モデル作成、OD表作成			外注図 書作成		
設計・計画協議	関係機関の情報収集・計画協議	関係機関の情報収集・計画協議	関係機関の情報収集・各種設計協議	各監督官庁との協議(DDはエンジニアコンサル、DB: Contractor)			
停車場関係							
各駅の機能	旅客専用、貨物専用、客貨両用、列車待避線併用、各線有効長、取扱車両数の規模						
旅客駅の配線	類似駅、基地図収集	詳細配線計画 各設備配置計画 旅客、貨物、車両、電気、機械及び建築担当者の条件入手 年度別工事費の算定	FIDIC 種別(新 Red, Yellow, Silver)による発注・入札図書作成別による基本配線、詳細配線、配置図作成	在来線詳細配線変更工事の協議 (DDはエンジニアコンサル、DB: Contractor) 工事監督 発注・入札図書協議、承認確認 設計変更対応 (時として設計変更関連対応)	外注図 書作成		
貨物駅の配線	概略配線計画						
車両基地の配線	概略各設備配置計画						
旅客設備	概略工事費算定						
貨物設備							
構造物関係							
土構造	標準一般図収集	概略設計(各構造一般図作成) 年度別工事費算定	FIDIC 種別(新 Red, Yellow, Silver)による発注・入札図書作成、基本設計、詳細設計、必要により標準設計の構造物設計計算書作成及び設計図作成 施工計画図作成、仮設構造物の検討 各工区及び建設全体工程作成 工種別数量算定、単価の基礎資料作成	DBの場合 Contractor 提出の詳細設計、施工図(計画)のレビューと承認作業。DDの場合施工図(計画)のレビューと承認作業。 工事監督。DB: Contractor の各種設計協議の承認確認。DD:エンジニアコンサルによる同協議の実施 (時として設計変更関連対応)	外注図 書作成		
コンクリート構造	スパン割り						
鋼構造	概略工事費算定(含年度別)						
合成構造							
トンネル							
橋梁構造							
高架橋構造							

軌道関係						
	軌道構造の選定	バラスト軌道、直結軌道 レール種別、分岐器種別 締結装置種別、枕木種別 概略工事費算定(含年度別)	概略設計(軌道構造一般図作成) 年度別工事費算定	FIDIC 種別(新 Red, Yellow, Silver)による発注・入札図書作成別による基本設計、詳細設計図作成	DB の場合 Contractor 提出の詳細設計、施工図(計画)のレビューと承認作業。DD の場合施工図(計画)のレビューと承認作業。 工事監督。DB : Contractor の各種設計協議の承認確認。DD:エンジニアコンサルによる同協議の実施(時として設計変更関連対応)	外注図書作成
	保守体制	保守基地の配置	保守基地の配置 保守用資機材一覧作成	線路保守規程・マニュアル等の作成 (土木、軌道、機械、建築)		
全体行程表		営業開始までの概略行程作成	営業開始までの各部門別詳細行程作成	鉄道会社設立計画、職員養成計画	会社設立準備	会社設立は、新規鉄道
環境関係						
	自然環境	環境保護地域把握及び対策 営業開始後の騒音・振動想定、工事中の騒音・振動想定、工事中の仮設道路、工事用車両の想定、工事中汚水対策		ES 時:Tender Documents への反映 施工監理：施工監理期間中の 環境項目モニタリングの検証	外注図書作成	
	社会環境	概略支障物の把握	支障物件数量把握		図書作成	
報告書等		要約、本文、説明資料	要約、本文、資料編、図面集、説明資料			
その他						
	ソフト関係	PPP と Direct Management、世界の事例、鉄道の収支(JRW 報告、鉄道統計年報等)、停車場の配線と運行、線路網の各国比較、建設費算定のベース、等々				

出典：筆者作成

*** 1 「概算事業費」**は、以下の項目の合計額となる。

- ・ 工事および調達費
- ・ 用地取得費
- ・ 管理費

*** 2 「建設費」**は、以下の項目の合計となる。

- ・ 土木関連工事費
- ・ 軌道関連工事費
- ・ 施設関連工事費（駅工事費、車両基地/工場ならびに保守基地工事費）
- ・ 電気・機械関連工事費（電気設備、電力設備、信号・通信設備費他）

*** 3 「社会経済効果の評価」**は、以下の項目となる。

・ 利用者への効果・影響に関する評価・・・鉄道新線整備によって、当該鉄道を利用する者が直接受けるサービス改善等の効果や影響を整理する。例えば、駅間の所要時間短縮、駅出入口からホームまでの移動時間の短縮、交通費用の削減等である。

・ 供給者への効果・影響に関する評価・・・例えば、利用者数の増加、営業費用の削減等の効果が考えられる。このうち、利用者数の増加は需要予測の結果等に基づいて整理する。

・ 社会全体への効果・影響・・・地域経済の活性化、例えば、鉄道新線整備の有無による沿線地域における総生産の変化や商業ポテンシャル（売上の可能性）に関する指標が考えられる。

5-2 高速鉄道建設の基本計画と整備計画

5-2-1 基本計画

- ・ 建設線の路線名
 - ・ 起点,終点及び主要な経過地
 - ・ 自然条件(地盤,地形等)
- (第5章の冒頭の記述の再掲)
- ・ 構造物種別(路盤、橋梁、トンネル)
 - ・ 距離 (路線延長)
 - ・ 線路線形 (最小曲線半径等)

5-2-2 基本計画の決定のための調査

- ・ 高速鉄道の輸送需要量の見通し・・・・・・・・・・・・・・ 輸送量、運用車両数（車両編成）

- ・高速鉄道の整備における所要時間の短縮及び輸送力増加がもたらす経済的効果・・・
- ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・利用者への効果・影響、例えば、時間短縮効果、
総所要時間、交通費用、乗換利便性（乗換回数等）、
運転時分、運転頻度
- ・高速鉄道の収支の見通し及び新幹線鉄道が他の鉄道の収支に及ぼす影響・・・・・・・・
- 供給者への影響・効果、例えば、費用節減効果、
利用者数の増加等

5-2-3 整備計画

- ・走行方式・・・・・・・・・・・・・・・・新幹線方式
- ・最高設計速度・・・・・・・・速達性（到達時間,表定速度）
- ・建設に要する費用の概算額・・・・・・・・初期投資額（資金フレーム,資金調達）
- ・その他必要な事項・・・・・・・・地質調査等

整備計画段階での新幹線の駅位置の決定

整備計画段階での新幹線の駅の位置決定は、下記事項を考慮して決定する。

（1）計画決定の手順との関係から

駅位置の決定にあたっては、地域計画、発展計画、運営計画等、別紙に示す事項を充分検討しなければならない。さらに路線計画、運営計画、在来線駅改良計画、地元の協力の状況等と駅位置とは密接不可分の関係にあるので、相互に関連させながら、詳細な検討をしなければならない。

したがって、具体的な計画決定の手順を考慮すると、路線について経過地域、基本的事項の決定（整備計画）及び着工の指示がなされた後でなければ関連する事項の詳細な検討及び必要な協議を行うことはできない。

仮に整備計画決定までの間において、このような詳細な検討と必要な協議を行うこととすれば、想定される幾通りかのルートごとに、これらの検討・協議を行うこととなり、時間がかかり、かつ、無駄や摩擦が多い。

（2）高速道路の場合との対比

高速道路の場合には、基本計画で連絡地を決定し、整備計画では連絡位置、連絡予定施設を決定している。

しかし、高速道路と新幹線では、下記のとおり、事情はかなり異なっている。

（ア）インターチェンジは、市街地には設けられず、郊外に設けるため、工事計画上は問題が少ない。

(イ) 道路は、曲線半径、勾配等の制限がゆるいため、先にインターチェンジが決定されていても、路線選定上技術的には容認できる。

(ウ) 高速道路のインターチェンジの間隔は新幹線の駅の間隔に比して小さくすることができる。

(エ) 列車運行計画、運営計画を必要としない。

(参考)

・公団法との対比

公団法20条に規定した基本計画は、本法の基本計画と整備計画に相当するものである。公団法施行令で基本計画の記載事項を規定しているが、「駐車場の位置」については工事実施計画の段階で決定することとしているので除かれている。

・用地の高騰を抑えるため

一般に、整備計画が決定されてから、工事実施計画の申請までにはかなりの期間が必要と考えられる。

整備計画であらかじめ駅の位置が決定されていると、周辺の土地の高騰を招き、事業の執行を阻害することとなる。

したがって、工事実施計画の段階で決定し、直ちに用地買収にとりかかるのが得策と考えられる。

高速鉄道の駅の位置決定に当たって、考慮検討すべき事項

1. 地域計画との関連（地域開発計画、都市計画）
2. 沿線都市の規模・将来の発展の可能性
3. 輸送需要との関連（旅客流動状況）
4. 路線計画との関連（駅予定地付近の地形、曲線、勾配、工事費との関連）
5. 高速鉄道と在来線の一体運営が可能なこと
6. 高速鉄道列車運行計画との関連（車両基地との関連）
7. 在来線駅改良計画との関連（支障構造物の移転変更、連絡設備との関連）
8. 地元の協力との関連

- ・都市計画、区画整理事業との関連（駅予定地付近のルート、駅予定地及び駅前広場等の確保に関する地元の協力体制）
- ・利用債等の資金の援助
- ・中間ルートに対する地元の協力

5-2-4 行為制限区域として指定できる土地

- ・線路施設(橋,ト初,排水施設及び線路防護用の鉄道林その他の施設を含む。)・・・・・・・・
- ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・軌間、建築限界、車両限界、トンネル断面積
- ・停車場施設・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・駅本屋（当初の駅、開業後の請願駅）
- ・車庫施設・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・車両基地
- ・検査修繕施設・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・車両基地
- ・運転保安施設・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・信号装置、転轍装置、通信信号機室等
- ・電気施設・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・電気関係施設物（電車線等）
- ・通信施設・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・信号・通信関係施設物

5-3 事業費、工期、維持運営

5-3-1 事業費

事業費を算定する場合の項目は以下のとおりである。

- ・ 本体工事費（建設費）の算定（外貨、内貨別）
- ・ 事業費の算定（建設費を基にコンサルタント費、予備費、一般管理費、物価上昇、付加価値税、建中利息、コミットメント・チャージ）
- ・ 事業行程の作成（事業承認、組織整備・関連精度整備、コンサルタント選定、各種調査、建設工程）

事業費算出担当者との担当者との打合せ内容は以下のとおりである。

- ・ 共通項目としては、各資料、データを受け取る期日、渡す期日の明確化
次に各担当者との打合せ事項は以下のとおりとなる。
- ・ 構造物、軌道担当者とは建設費の工種（特に、盛土、高架橋、橋梁の細分化工種の設定）と各工種単位の設定方法、施工法、数量算定、基礎データの作成方法について打合せる。
- ・ 駅、車両基地担当者とは、駅、車両基地（工場）の土木、軌道、電気（電力、信号通信）設備機器等の工種の設定を行う。数量、単位、単価等について、その担当範囲を明確にする。
- ・ 電気（電力、信号通信）担当者とは工種の設定、単位、数量、単価、基礎データの作成方法について打合せる。
- ・ 事業スキーム、経済・財務分析担当者とは円借款、上下分離のスキームごと及びキャッシュフローに関して事業費（コンサルタント費、予備費、一般管理費、物価上昇、付加価値税、建中利息、コミットメント・チャージ）の必要項目とその算定方法等の打合せを行う。

事業費算定の流れ

1. 関連担当者との事業費算定の基本方針の打合せ

- ・ 事業費担当者は、構造物・軌道担当者、駅・車両基地担当者、電気（電力・信号通信）担当者が作業を行う前に、施工法、構造形式（構造表作成）、工種別、単位、単価、数量等の作成基本方針を明確にするため、また資料、データを受け取る期日の明確化等について事前打合せを行う。
- ・ 事業費担当者は、車両基地・駅担当者とは作業に入る前に駅、車両基地・工場の土木、軌道、電気（電力、信号通信）設備機器等の各工種の設定を行う。数量、単位、単価等の作成基本方針について明確にするとともに、データを受け取る期日の明確化等について打合せを行う。
- ・ 事業費担当者は、事業スキーム、経済・財務分析担当者とは円借款、上下分離のスキームごと及びキャッシュフローに関して事業費の必要項目とその算定方法等の基本方針

について事前打合せを行う。

2. 事業費算定作業

事業費の算定に当たっては、以下の手順で行う。

- ・各工種の単価の構成基本方針、現地の施工実績単価調査等
- ・建設費（本体工事費）の算定
- ・各工種の内貨・外貨の算定
- ・調査、建設工程表作成、事業行程表（ロードマップ）の作成
- ・事業費の算定（コンサルタント費、予備費、一般管理費、物価上昇、付加価値税、建中利息、コミットメント・チャージ）

概算事業費算定に影響する項目（主なもの）

○建設計画策定時：

・地質調査データ・・・詳細地質調査による地質柱状図を作成した結果、当初想定した地質との相違があった場合

例えば、橋脚や橋台を構築する予定個所の支持層の深さが相違した場合、根入れ長さが相違することによる躯体の容積の変更に伴うコンクリート打設量の増減、鉄筋量の増減、コンクリート打設のための人工の増減等による積算価格の変更。

例えば、当初想定したトンネルの地質が相違した場合、掘削パターンの変更及びロックボルト打設本数の変更、コンクリート覆工の巻厚の変更等に伴う工事単価の変更による積算価格の変更。

・線形変更に伴う路線延長の増減による施工数量の増減による積算単価の変更

例えば、当初予定した計画路線内に埋蔵文化財が出現し、それがどうしても移転不可能な場合、路線を変更せざるをえなくなったときの線形変更による延長の増加による設計変更と積算価格の変更。

・縦断勾配変更に伴う構造物延長の増減による施工数量増減による積算単価の変更

例えば、当初予定の縦断勾配が変更されたことに伴う、トンネルの坑口位置が変更になる場合、トンネル全体の掘削延長の増減、およびトンネル坑口までの工事用道路の施工方法の変更や延長の増減に伴う積算単価の変更。

・構造物種別・形式・・・当初想定した構造物を変更することによる影響

例えば、盛土から高架橋への変更に伴う施工数量の変更に伴う積算単価の変更。これに伴う、用地買収費用の増減に伴う積算単価の変更。

・関係者との協議・・・地元説明会等で地権者から、環境対策の観点から防音設備の設置要請等があった場合

例えば、トンネル坑口の近くに居住する住民に対する微気圧波対策で、当初予定していなかった緩衝工の設置をせざる負えなくなった場合の増加費用に伴う積算単価の変更。

以上に示した概算事業費算定に影響する項目は、いずれも筆者が、過去に日本国内で新幹線計画を進めていた際に経験した内容に基づく項目であり、今後、途上国の社会基盤の整備の一環として高速鉄道を導入する際に国際協力をする観点からは、事業化調査(F/S)の段階で、代替案を事業者としっかり議論しておかないと、事業の工期や工事費が増える要因になるので、留意しなければならない。

高速鉄道の総費用を構成するツリーを以下に示す。

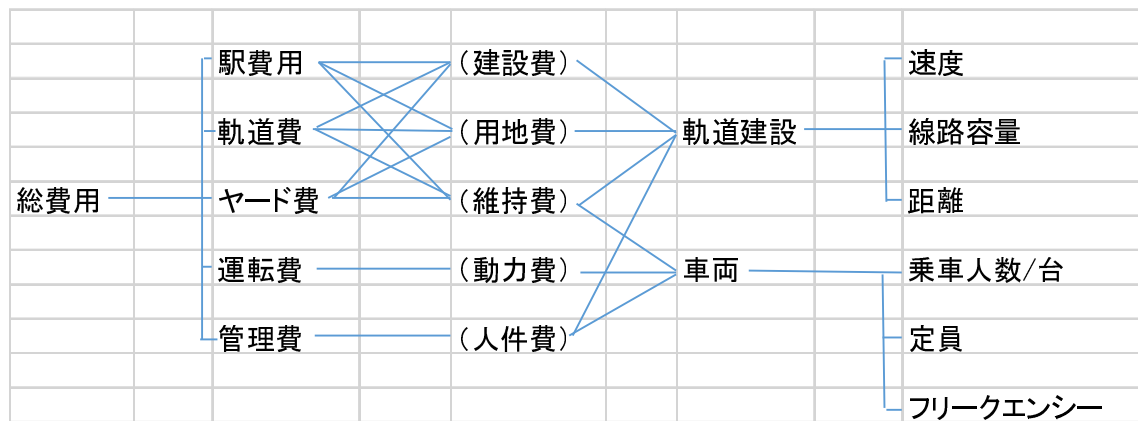


図7 高速鉄道の総費用の構成図（車両費を含む）（出典：筆者作成）

表3 高速鉄道構造物 単価分析

	工事種別	単位	単価（百万円）	記事
上部工	スラブ軌道（高架橋区間）	km	81.0	
	スラブ軌道（橋梁区間）	km	81.0	
	スラブ軌道（土工区間）	km	106.0	
	スラブ軌道（トンネル区間）	km	83.0	
	スラブ軌道（駅区間）	km	188.0	
	バラスト軌道(土工区間)	km	83.5	
下部工 (用地費は 含まない)	土構造物（盛土）	km	500.741	平均単価
	土構造物（切取）	km	190.282	同上
	高架橋	km	1,357.072	同上

	橋梁	km	2,080.658	同上
トンネル	海底トンネル	km	2,260.855	NATM
	陸上トンネル	km	1,795.039	同上
車両基地		1 式	30,073.369	
保守基地		1 式	2,960.538	
駅	地下駅	m ²	0.48071	
	高架駅	m ²	0.33736	

出典：「インド高速鉄道開発計画プロジェクト最終報告書 2015年6月」と「インド高速鉄道第6路線
最終報告書 2013年6月」に基づき筆者作成

・車両基地 1 式の内訳

土木関係	673,258 m ²	2,273 百万円
建物関係	152,340 m ²	13,951 百万円
軌道関係	1 式	574 百万円
電気・機械関係	1 式	13,275 百万円
合計金額		30,073 百万円

・保守基地 1 式の内訳

土木関係	330,026 m ²	1,027 百万円
建物関係	7,346 m ²	623 百万円
軌道関係	1 式	1,261 百万円
合計金額		2,961 百万円

・地下駅の内訳 (1 駅)

延べ面積	72,000 m ²	34,611 百万円 (単価 0.48071 百万円/m ²)
------	-----------------------	---

・高架駅の内訳(11 駅)

延べ面積	156,040 m ²	55,341 百万円 (単価 0.33736 百万円/m ²)
------	------------------------	---

単価と適用箇所の考察：上部工としての軌道は、土工区間の場合、スラブ軌道が 1km 当たり 106 百万円に対し、バラスト軌道は 83.5 百万円で、22%ほど安価である。下部工としての盛土構造から高架橋に構造を変更した場合、1km 当たりで、 $1,357.072 \div 500.741 = 2.7$ となり、約 3 倍近く建設費が高騰する。したがって、第 4 章の 4-2-1 で記述したように、スラブ軌道は初期投資額がバラスト軌道よりも高つくが、約 9 年弱で保守系費がバラスト軌道よりも安くなることから、スラブ軌道は主に通過トン数が多くなる本線部分に適用することとし、バラスト軌道は、通過トン数が本線部分に比べて少ない車両基地や保守基地への連絡線、引き込み線に適用することとする。

用地取得：盛土構造の場合、平均高さが約 6m の時に、盛土底面の幅は約 33m、これが、

高架橋の場合は、鉄道用地幅は約 11m と 3 分の 1 になることから、用地買収面積は延長あたり、3 分の 1 に減少する。インドでは、2013 年に政府や企業が土地を取得する際の住民補償などの細目を定めた新土地収用法(Right to Fair Compensation and Transparency in Land Acquisition, Rehabilitation and Resettlement Act, 2013)が公布された。新土地収用法では、政府が管轄する特別経済区等の国家事業では事前の地権者の同意を必要としないものの、所有者への「相応の補償」を義務付けている。さらに、土地の取得交渉の前に取得で生じる環境などを含む社会的影響の調査を行い、結果を交渉相手である土地所有者に公表するよう取得者側に義務付けている。土地を売却した人のその後の生活が成り立つように配慮されている。鉄道の用地買収については、鉄道法に基づいて実施できることになっているので必ずしも地権者の同意や社会的影響の評価は必須とはされない。

ここで、施工基面幅の違いによる建設費の比較を次表に示す。

表 4 施工基面幅の違いによる建設費の比較

項目	計画	推奨する幅	比較する計画幅	
施工基面幅		11.5m	12.0m	13.0m
(1) 建設費比率		1	盛土=1.009 高架橋=1.007	盛土=1.025 高架橋=1.020
(2) 用地費比率		1	盛土=1.013 高架橋=1.043	盛土=1.036 高架橋=1.020
(3)トンネル断面積		80 m ²	100 m ²	100 m ²
トンネル建設費比率		1	1.25	1.25
(4) 建設費 計		709,151million INR	721,651million INR	728,693million INR
		100%	102%	103%

出典：参考文献 2 に基づき筆者作成

表 4 について、考察を試みる。施工基面幅を 11.5m から 12.0m および 13.0m にそれぞれ広げた場合、建設費はそれぞれ、2%および 3%増加することが見て取れる。

ここで、事業費の構成の事例を以下にツリー図で表示する。³⁾

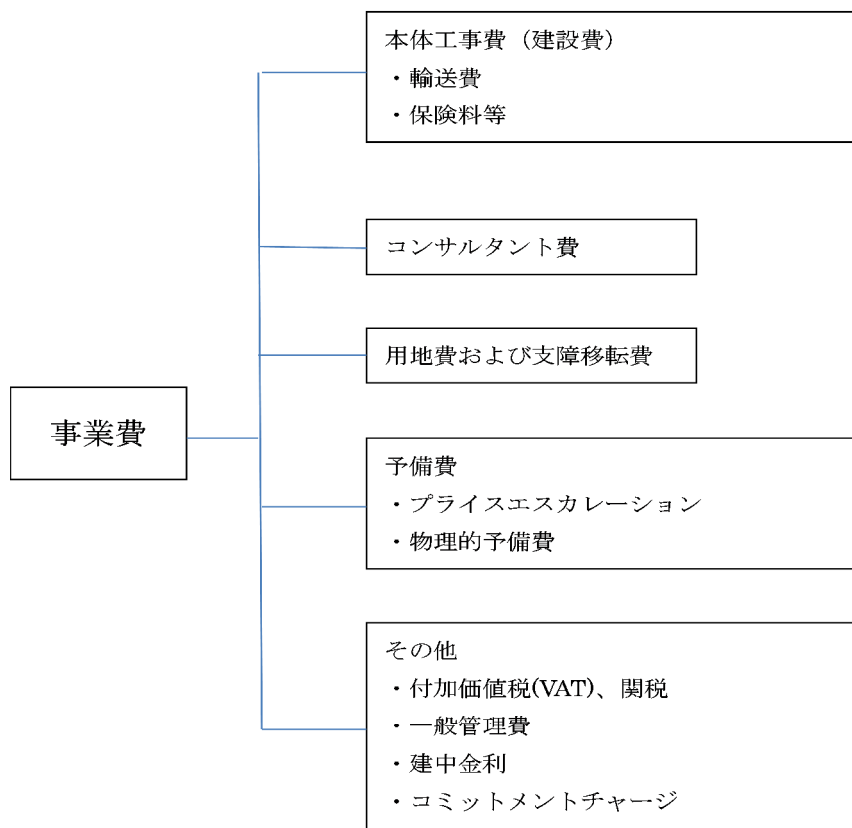


図 8 事業費の構成例

出典：参考文献 3 に基づき筆者作成

本体工事費（建設費）の構成

- ・ 土木構造物、軌道、駅建物と関連設備、電気設備（電力、信号通信）、車両基地・工場、保守基地等の工事費で構成される。
- ・ 他に機器等の輸送費用、保険料からなる。（海外からの機器等は、輸送費用、保険料を含む価格とするのが一般的である。）

ここで、輸送費用と保険料について項目を以下に詳細に記載する。

○輸送費用

- ・ 海上輸送料および陸上輸送料・・・輸入器材機器総費用が対象になる。
例：鉄道車両、信号設備一式、変電設備（電力）設備一式、通信設備一式、レールを含む軌道資器材一式
- ・ 保険料（機器および工事総費用対象）
例：海上保険、工事保険・賠償責任保険、PI 保険（船主責任保険）（PI とは、Protection（保護）& Indemnity（補償）の略で、船舶の運航によって生じる様々なリスクをカバーする保険であり、たとえば、船の事故が起きた時に所有者が負う損害賠償責任等の費用をカバーする保険である。）
他に貿易保険がある。

コンサルタント費

- ・コンサルタント費を算出する場合は、プロジェクト全体のマネジメント、調査・設計、工事発注図書作成、施工管理および竣工検査等が対象になる。
 - ・報酬部分は、人件費、宿泊費、日当等であり、報酬以外の部分は、航空運賃、現地移動費、事務所賃料、通信費、車両使用料、事務用品費等になる。
 - ・正式にコンサルタント費を算出する場合は、コンサルタントの全作業行程により MM を算定して、積み上げにより算定するが、一般的に工事費の外貨、内貨に 4% を掛けたもので算定している。コンサルタント単価は、国際コンサルタント、ローカルエキスパート、およびローカルサポートスタッフ等に分けて算定している。

予備費は、プライスエスカレーション（物価上昇分に対する資金）と予測不可能な要因による工事費の増大による物理的予備費の 2 つの要素からなる。

- ・プライスエスカレーション率は複利計算で効いてくることから、建設期間にもよるが、内貨分の工事費の 5 割増し、10 割増しとなる場合もある。
- ・物理的予備費（physical contingency）は、本体工事費、コンサルタント費ともに 5% としている。

VAT(付加価値税)、関税、その他

付加価値税、関税およびその他としては、一般管理費、建中金利、コミットメント・チャージがある。

- ・VAT および関税については、その国による。

インドの事例として、インドで生産できないために輸入すべきもので、インド現地企業の資産となる機材、機械機器、特別な技術に基づく施設については VAT および関税は免除する。

インドの土地収用については、VAT および関税は免除する。

インドの内貨の工事費の建設材料については 10% の VAT を課税とする。

輸入関税

- ・輸入関税は、インド国外から調達するものに適用するのが基本であるが、ODA を前提として、その国にもよることから調査が必要になる。

一般管理費、建中金利、コミットメント・チャージ

- ・対象国によって異なる可能性があるが、一般的に、一般管理費は、10%

建中金利は、円借款に関する本体工事費を対象に（土木、電気他設備）0.2%/年、

円借款に関するコンサルタント費を対象に 0.01%/年とする。

コミットメント・チャージは、円借款に関するものを対象として0.1%/年とする。
 なお、コミットメント・チャージは、未貸付残高にかかる手数料のことをいい、コミットメントフィーとも言う。コミットメントライン契約やプロジェクトファイナンスの未使用資金枠に対する手数料のこと。つまり銀行などの金融機関から、将来、いくらまで借りることができるよという、借入枠に対して支払うフィーのこと。

次表はインド高速鉄道 F/S 事業費の構成を示す。

表 5 インド高速鉄道 F/S 事業費の構成

単位：億円

全投資額 18,063	事業費 13,119	工事費・調達費	9,227	円借款対象
		コンサルタント費	549	円借款対象
		用地費	1,825	
		管理費	893	
		予備費	625	円借款対象
	その他経費 4,944	関税	699	
		物価上昇	2,327	円借款対象
		建中金利	1,916	円借款対象

出典：参考文献 2 に基づき筆者作成

総事業費 1,000	土木工事費（盛土,切取,高架橋,橋梁,トンネル他）	0.363
	軌道工事費	0.088
	駅工事費	0.075
	電気設備費	0.114
	車両基地/工場並びに保守基地費	0.036
	車両費（保守用車両を含む）	0.096
	用地取得費	0.153
	管理費	0.075

考察：

総工事費に占める土木工事費は、上記の通り、約 36%となっている。これは、路線の全線の土木構造物として盛土を主体にしていたものである。現在の詳細設計においては、インド側（NHSRC）の要請により、盛土から高架橋を主体に構造の設計を変更していることに伴い、土木工事費の総工事費に占める割合は増加しているものと推測される。盛土構造から高架橋に変更した主な理由は以下の通り。

- ・仮に盛土の平均高さを 6m とすると、法尻での盛土としての用地幅は約 33m。これに対

して、高架橋の場合は、約 11m となり、高架橋の方が約 3 分の 1 の幅でよいことになり、用地買収費はほぼ、3 分の 1 でよいことになる。

・特に、都市部においては、土地の不法占拠者を排除する費用と、代替地の確保の必要性を削減できる。

・インドの新用地法は、土地の所有者に有利な法体系となっており、企業者であるインド高速鉄道公社（NHSRC）が当地買収を行うのが、以前にも増して困難になっている。

ここで、日本の新幹線のうちの東北新幹線に限った工事費の内訳を以下に掲載する。

東北新幹線（大宮～盛岡間）工事費内訳（決算ベース）		（単位：億円）
用地費	1,902	
路盤費	5,873	
トンネル費	1,539	
停車場費	3,104	
雑工事	394	
軌道費	1,263	
電気工事費	2,124	
工場費	440	
工事付帯	424	
技術開発費	93	
その他	4,199	（東京～与野間の埼玉高速線の建設費を含む）
計	21,254	

東北新幹線（盛岡～八戸間）工事費内訳（決算ベース）		（単位：億円）
建設費	4,000	
用地費	274	
路盤費	2,400	
軌道費	300	
建物費	69	
電気費	164	
電車線路	56	
発電電所	129	
新幹線委託工事	411	
工所用建物		
工事付帯		
管理費		

東北新幹線（八戸～新青森間）工事費内訳（決算ベース）

（単位：億円）

建設費	4,118
用地費	185
路盤費	2,711
軌道費	279
建物費	121
電気費	196
電車線路	64
発変電所	121
新幹線委託工事	411
工事用建物	12
工事用機械	34
工事付帯	152
管理費	271

表 6 と表 7 に、事業化調査（F/S）時点での工事費と工期に影響する項目として、自然的条件から変更される事項と人為的条件から変更される事項に大別したチェックリストを提案する。これらの項目は、筆者が日本、インド、ベトナムおよびスウェーデンでの高速鉄道の計画・調査・設計および施工管理に携わった経験に基づき作成したものである。

表6 自然的条件変更による事業化調査時点の事業費と工期に影響する項目のチェックリスト

条 件	変更事項	対象項目	事業化調査時に確認すべきチェック項目
自然的条件	地質データ	橋梁・高架橋	<ul style="list-style-type: none"> ・地層の風化の程度と層厚・橋台、橋脚の根入れ深さ・コンクリート打設方法 ・桁の架設方法の代替案・同上代替案別の工費と工期・スパン割・用地買収計画
		トンネル	<ul style="list-style-type: none"> ・掘削パターンの代替案・支保工の形状寸法の代替案・支保工の建込間隔の代替案 ・ロンクボルト打設パターンの代替案・コンクリート覆工巻厚の代替案 ・上記の代替案別の工費と工期・トンネル坑口付近の地形、崖錐の有無の確認 ・トンネル土被りの確認
	地盤状況 (軟弱地盤 の出現)	橋梁・高架橋 ・盛土・切取	<ul style="list-style-type: none"> ・基礎構造の代替案・盛土構造の代替案・地盤強化工法の代替案・土壌置換工法の代替案 ・以上の代替案別の工費と工期
	湧水データ	トンネル	<ul style="list-style-type: none"> ・補助工法の代替案（注入工法、水抜き工法、地盤凍結工法等）・代替案の施工性の比較 ・代替案の効果の確認・代替案別の工費と工期

表7 人為的条件変更による事業化調査時点の事業費と工期に影響する項目のチェックリスト

条 件	変更事項	対象項目	事業化調査時に確認すべきチェック項目
人為的条件	土木構造物の形状・位置変更	トンネル断面積	<ul style="list-style-type: none"> トンネル本体掘削断面積・トンネル覆工厚の代替案・器材坑の形状と寸法の代替案 作業用通路幅と高さの代替案・路盤コンクリート施工手順の代替案 上記の代替案別の工費と工期
		路線線形	<ul style="list-style-type: none"> 水道管、ガス管等の埋設物・埋蔵文化財・神社、仏閣等の移設の可否 既設構造物の移転の可否・住民移転計画、補償方法・用地買収計画
		縦断勾配	<ul style="list-style-type: none"> トンネル坑口位置の代替案・トンネル全体の掘削延長 トンネル坑口の地すべりの痕跡と崖錐の有無の確認 トンネル坑口までの工事用道路の施工方法の変更や延長の増減に伴う工費と工期・高架橋の橋台、橋脚高さの変更に伴うコンクリート打設方法の代替案別の工費と工期・高架橋や橋梁の桁架設工法の代替案別の工費と工期・用地買収面積の増減に伴う積算単価の変更
	構造物種別の変更	<ul style="list-style-type: none"> 盛土⇒高架橋 高架橋⇒盛土 トンネル⇒橋梁 橋梁⇒トンネル 	<ul style="list-style-type: none"> 土構造物の高さ別の代替案・高架橋の高さ別の代替案・代替案の施工性の比較 代替案の効果の確認・代替案別の工費と工期・代替案別の用地買収面積比較 代替案を選択する前提条件としての各種規制の解除申請手続きの確認
駅位置の変更	駅本屋	<ul style="list-style-type: none"> 駅部前後の取付勾配・橋梁の桁下空頭（クリアランス）・平面線形・用地買収計画 トンネル坑口位置・トンネル延長・トンネル土被り・トンネル横坑設置の可否 分岐器設置位置・埋設水道管、ガス管等の防護、移設計画・速度制限箇所の確認 列車運行所要時分の確認・測量、地質調査 	

表 8 に、日本の新幹線に関する、線名、区間、延長、建設費、開業年を提示する。

表 8 新幹線、線別、区間別、延長、建設費、開業年月一覧表

線 名	区 間	延 長 (km)	建設費 (億円)	開業年月	備 考
東海道	東京～新大阪	515.4	3,800	1964.10	含車両
山 陽	新大阪～岡山	160.9	2,200	1972.3	
〃	岡山～博多	392.8	6,900	1975.3	
東 北	大宮～盛岡	467.8	21,254	1982.6	
〃	上野～大宮	26.8	6,756	1985.3	
〃	東京～上野	3.6	1,317	1991.6	
〃	盛岡～八戸	96.6	4,271	2002.12	
〃	八戸～新青森	81.8	3,847	2010.12	
上 越	大宮～新潟	268.9	16,860	1982.11	
北 陸	高崎～長野	117.4	7,797	1997.10	
〃	長野～金沢	135.7	17,800	2015.3	
九 州	新八代～西鹿児島	126.2	6,290	2004.3	
〃	博多～新八代	129.9	8,630	2011.3	
北海道	新青森～新函館北斗	149.0	5,500	2016.3	

出典：各種新幹線工事誌に基づき筆者作成

Note：建設費は決算額による。

5-3-2 工期

新幹線建設は長期にわたっている。たとえば、着工から開業までの期間は、東海道新幹線（東京～新大阪間）延長 515km は、1959 年 4 月 20 日に着工し、1964 年 10 月 10 日に開業しているため、5 年 6 か月を要している、この時の用地取得に関する実績は、先行して戦前の弾丸列車建設当時に一部取得しており、戦後に用地取得に要した期間は 1960 年 3 月～1963 年 5 月までで、3 年 2 か月を要している。東北新幹線(大宮～盛岡間)は、延長が 470km で、1971 年 11 月 28 日に着工し、1982 年 6 月 23 日に開業していることから、着工から開業までの期間は 10 年 7 か月を要している。用地取得に関する実績としては、関係地権者等の反対運動による測量調査着手の延期があった。用地取得に要した期間は、1971 年 10 月～1981 年 7 月までで、9 年 9 か月を要している。上越新幹線（大宮～新潟）は、延長が 275km で、1971 年 11 月 28 日着工で、1982 年 11 月 25 日に開業しており、着工から開業までの期間は 11 年を要している。用地取得に関する実績は、関係地権者等の反対による測量調査着手の延期があり、用地取得に要した期間は、1971 年 10 月から 1982 年 3 月までの 10 年 5 か月を要している。

新幹線建設に関する工程比較^{4)、5)}

東北新幹線

建設費：東京～新青森間	3 兆 7,445 億円	56 億円/km
内訳 建設主体、	建設区間	建設費
国鉄	上野～盛岡間	2 兆 8,010 億円
JR 東	東京～上野間	1,317 億円
鉄道・運輸機構	盛岡～新青森間	8,118 億円

路線延長：東京～新青森間 668.7km

建設期間：大宮～盛岡間 470km 1971 年 11 月 28 日～1982 年 6 月 23 日
(10 年 7 か月)

用地取得に要した期間 1971 年 10 月～1981 年 7 月 (9 年 9 か月)

用地取得に関する実績 関係地権者等の反対運動による測量調査着手の延期

(参考)

東海道新幹線

路線延長：東京～新大阪間 515km

建設期間：東京～新大阪間 515km 1959年4月20日～1964年10月10日
(5年6か月)

用地取得に要した期間 1960年3月～1963年5月 (3年2か月)

用地取得に関する実績 先行して戦前の弾丸列車建設時に一部取得 (約2割)

表8に、日本で建設された東海道、山陽、上越、東北、北陸、九州の各新幹線構造物の延長割合と工期を記載する。

この表を基に、加重平均で、1年あたりの工事延長を算出してみると、以下の通りとなる。

$$\frac{\sum L_n \times N}{\sum N} = \frac{516 \times 5 + 562 \times 8 + 275 \times 11 + 501 \times 20 + 95 \times 14 + 81 \times 12 + 126 \times 8 + 121 \times 13 + 128 \times 13}{5 + 8 + 11 + 20 + 14 + 12 + 8 + 13 + 13} = \frac{25668}{94} = 273\text{km}$$

この数字は、各新幹線が建設された当時の時代背景や、政府の予算措置の結果が影響していることから、一概に定量的な議論に使用できるような信頼性はない。

表9 新幹線構造物の延長割合と工期

新幹線名	全長	路盤		高架橋		橋梁		トンネル		工事費 (億円)	1km当たり 工事費(億円)	工期 (西暦)
		延長	比率	延長	比率	延長	比率	延長	比率			
東海道 (東京～新大阪)	516km	274km	53%	116km	23%	57km	11%	69km	13%	約3,300	6.4	1959～1964
山陽 (新大阪～博多)	562km	70km	12%	161km	29%	51km	9%	280km	50%	約9,100	16.2	1967～1975
上越 (大宮～新潟)	275km	3km	1%	132km	48%	33km	12%	107km	39%	約16,300	59.3	1971～1982
東北 (東京～盛岡)	501km	26km	5%	286km	57%	73km	15%	116km	23%	約26,600	53.1	1971～1991
東北 (盛岡～八戸)	95km	14km	14%	9km	9%	3km	4%	69km	73%	約4,565	48.1	1988～2002
東北 (八戸～新青森)	81km	12km	15%	15km	18%	4km	5%	50km	62%	約4,590	56.7	1998～2010
北陸 (高崎～長野)	126km	19km	15%	32km	25%	12km	9%	63km	51%	約8,280	65.7	1989～1997
九州 (博多～新八代)	121km	6km	5%	61km	50%	17km	14%	37km	31%	約8,920	73.7	1998～2011
九州 (新八代～鹿児島中央)	128km	15km	12%	16km	12%	9km	7%	88km	69%	約6,290	49.1	1991～2004

出典：各種新幹線工事誌に基づき筆者作成

5-3-3 維持運営

表 10 は旧国鉄時代の新幹線総局の編集になる「鉄道要覧」から引用した東海道、山陽新幹線の営業経費である。1985 年度の両新幹線を合算した線路 1km 当たりの修繕費は 1 億 1200 万円、同じく営業経費は 4 億 6000 万円である。

これらの経費を要した当時の営業運転速度は、210km/h であった。

運行の安全維持のための設備投資、保守費用、エネルギー消費など、運営のコストの増加が予測される。

表 10 1985 年度 新幹線 営業経費 (単位：百万円)

項 目		金 額	割 合	記 事	
経費	経営費	人件費	109,093	22.2	
		動力費	50,059	10.2	
		修繕費	120,244	24.4	
		業務費	44,456	9.0	
		小計	323,852		
	資本関係経費	租税及び公課	2,931	0.7	
		利子	96,335	19.6	
		減価償却費	57,842	11.7	
		繰延資産償却費	11,250	2.4	
		小計	168,358		
	計	492,210	100.0		

出典：日本国有鉄道 新幹線総局編集の「鉄道要覧」に基づき筆者作成

東海道新幹線路線延長 515.4km

山陽新幹線路線延長 553.7km

計 1,069.1km

1985 年度：線路 1km 当たりの修繕費 $120,244 \div 1,069.1 \approx 112$ 百万円

1985 年度：線路 1km 当たりの営業経費 $492,210 \div 1,069.1 \approx 460$ 百万円

高速鉄道の営業運転速度に関し、2015 年現在で、日本を含め、世界での最高速度は 320km/h である。これは、車輪と鉄レールによる粘着方式の高速鉄道の営業速度である。ちなみに、高速列車（鉄輪・鉄レール方式）の試験運転での世界最速記録はフランスの TGV が 2007 年 4 月 3 日に樹立した 574.8km/h である。

現在、日本で技術開発を行っている超電導リニア方式の新幹線は、保守コストの抑制と、地震などに対する安全性の確保の観点、沿線の関係地域の経済効果などから 500km/h 領域の高速鉄道として有効である。ちなみに超電導リニア方式の試験運転での有人走行世界最速記録は 2015 年 4 月 21 日に樹立した 603km/h である。

維持運営費に関する考察：

前述した修繕費や運営経費は、営業運転速度が 210km/h 時点のものであり、その後の車

両性能の向上に伴い、同速度は 2018 年時点で、東海道新幹線では 285km/h、山陽新幹線では 300km/h まで速度が向上している。車両の技術開発により、車両重量は徐々に軽量化されてきているが、運行速度向上により軌道に及ぼす衝撃力は増加することも考えられ、軌道を主体とする維持管理費は増大する可能性が考えられる。

インドに高速鉄道を導入する際には、今後、保守費の抑制と、特にインド高速鉄道第 1 路線の北部のアーメダバード付近の地震に対する安全性の確保に留意する必要がある。

5-3-4 鉄道の計画決定の全体像

下図に鉄道計画を決定する際の全体像を提案する。

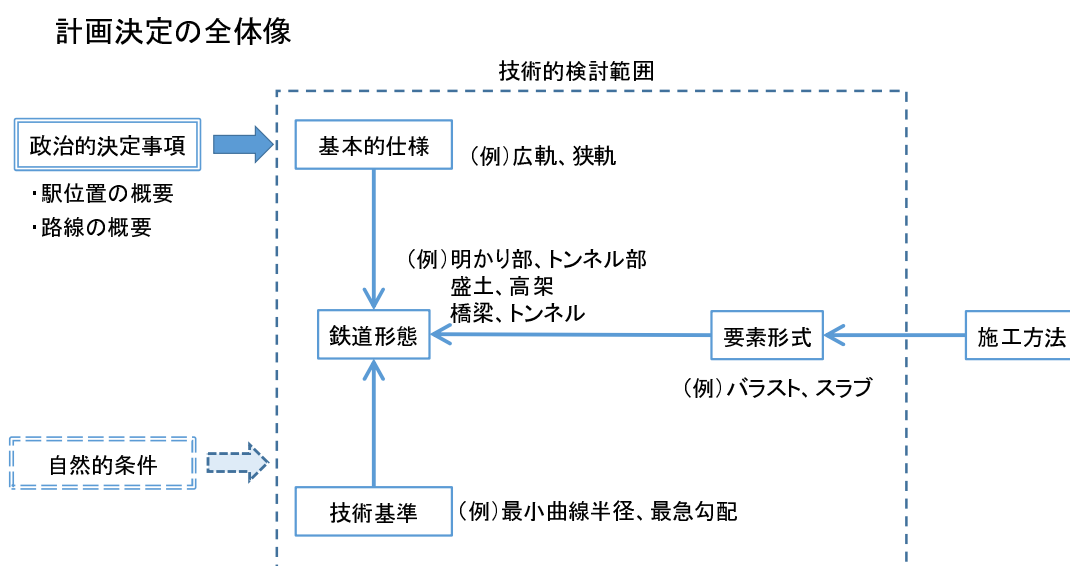


図 9 鉄道計画決定の全体像

5-4 第 5 章の結論

第 5 章では、高速鉄道計画の作成支援方法についての一般化を検討した。具体的には、基本計画段階での検討項目、整備計画段階での検討項目、工事実施計画段階での検討項目および運営維持管理段階での検討項目を示した。

また、高速鉄道計画の検討ツリー図を示した。具体的には、検討項目として、運行計画、線路規格、各駅の機能、構造物関係、軌道関係および保守体制の検討項目を示した。

さらに高速鉄道建設事業における業務内容と土木・軌道技術と関連する業務の分類を示した。技術項目は、路線関係、停車場関係、構造物関係および軌道関係となる。業務としては、予備的調査 (Pre F/S)、事業化調査 (F/S)、技術サービス (E/S)、施工監理となる。

事業費を算定する場合の項目および事業費算定の流れを示した。概算事業費算定に影響する項目は、高速鉄道を導入する際に国際協力をする観点からは、事業化調査 (F/S) の段階で、代替案を事業者としっかり議論しておかないと、事業の工期や工事費が増える要因に

なる。そのために、F/S 段階で事業費と工期に影響する項目を確認するためのチェックリストを提案した。

参考文献：

1. 独立行政法人国際協力機構：インド高速鉄道開発計画プロジェクト最終報告書 2015年6月とインド高速鉄道第6路線 最終報告書 2013年6月
2. 独立行政法人国際協力機構：インド国 高速鉄道開発計画プロジェクト【有償勘定技術支援】ファイナル・レポート 要約編和文、2015年7月 p.12-5
3. 江戸 清：事業費の構成、日本コンサルタンツ(株) 第10回勉強会資料、2016年
4. 梅原 淳：最新 新幹線事情、平凡社新書805、p.66、2016年3月15日
5. MAHSR 計画及び新幹線建設に関する工程比較、2017年10月
6. T.H. Naguen, G. Bhagavatulya and F. Jacobs : Risk Assessment: A Case Study for Transportation Projects in India, International Journal of Application or Innovation in Engineering & Management (IJAIEEM), Volume 3, Issue 9., Sep. 2014
7. RISK MANAGEMENT IN A LARGE-SCALE NEW RAILWAY TRANSPORT SYSTEM PROJECT: Evaluation of Korean High Speed Railway Experience. IATSS Research, Volume 24, Issue 2, Pages 53-63, June 2000.

第6章 インド高速鉄道建設計画の策定

6-1 インド高速鉄道建設の際の課題

6-1-1 新幹線建設を通じて採用されてきた技術項目の変遷

インド高速鉄道建設計画を策定するに当たり、ここで敢えて「新幹線建設を通じて採用されてきた技術項目の変遷」について記述するのは、本章の6-1-5でインドの高速鉄道計画をする際の構造物種別の選択をする場合に有益であると筆者が以下に述べる理由から判断したことによる。

日本でかつて建設されてきた東海道新幹線、山陽新幹線および東北・上越新幹線において、採用されてきた諸元を整理するに当たり、日本の高速鉄道である新幹線の建設を通じて採用されてきた技術項目のうち、軌道構造、橋梁、高架橋、軌道中心間隔、施工基面幅、駅位置の決定、駅構造の決定、車両基地、トンネル、曲線半径とカント、勾配、盛土、橋梁の騒音対策、新幹線の速度向上、環境問題について表1に示す。これらの諸項目は、そのときの時代の要請と技術開発の結果、最適なものとして選択されてきた。それは、時代の変遷とともに、代替案が変化してきている。

ここで、「新幹線建設を通じて採用されてきた技術項目の変遷」を基に言いたいことは何かを考える。

- ・建設技術は時代の変遷とともに技術の進歩により進化する。
- ・新幹線の建設は、既述の通り、建設距離にもよるが、5年から10年を超える長期にわたる。
- ・計画時点と実施の建設時点で使用できる技術が異なる。
- ・計画時点で決めておくべきことは、時代の変遷とともに変化しない事柄である。

ここでは、新幹線建設を通じて解決されてきた諸課題を通じて、時代とともに変化するもの（技術進歩）と、時代とともに変化しないもの（根源的なもの）を整理する。

表1 新幹線建設を通じて採用されてきた技術項目の変遷

項目	東海道新幹線	山陽新幹線	東北・上越新幹線
軌道構造	軌道構造は常時200km/hの高速運転を確保し維持管理が追従できるものが必要である。一般区間の線路は50Tレ、PC枕木、二重弾性締結装置、1,500mのロングレールを基本構造。基本的に大部分はバラスト軌道。	バラスト軌道、スラブ軌道。250km/h走行を勘案して建設基準が定められている。大阪～岡山間でスラブ軌道は高速運転に対する走行安定性の確認と大量敷設の施工方法の開発を目的としてトンネル区間と高架橋区間に軌道延長で約16km敷設された。	軌道構造は①250km/h運転のための軌道整備の向上②積雪地帯における砂利の飛散③バラスト道床での砂利の圧砕現象④将来の軌道保守労働力供給の減少傾向等を考慮してスラブ軌道とした。明かり区間の土木構造物は高架橋とし、土路盤のスラブ軌道は構造については早急に技術開発を進めることとした。

<p>橋梁</p>	<p>新幹線橋梁の設計の根本方針として、①Standard,②Simple,③Smart の3原則が示された。大橋梁は60m 3スパンの連続ワーレントラスを標準とし、スパン約50m以上の橋梁は鋼トラス、50～35mのものはプレートガング、35～20mのものはプレートガング、合成桁、PC桁、スパン20m以下にRC桁を主として採用した。高速運転であるため、有道床中に短区間無道床桁を設けることは車両振動及び保守上好ましくないため、同一軌道構造最小延長を40mとしたので、短い橋梁は全て有道床とした。このため合成桁、PC桁、下路鋼床板桁が多く採用されておりRC桁がスパン20m以上にも採用されている。</p>	<p>山陽新幹線の橋梁と東海道新幹線の橋梁の大きな相違点は、</p> <p>① 騒音対策及び維持管理軽減を考慮し、トラスやプレートガング等の鉄桁が大幅に減って、PC桁が主体を占めている。</p> <p>② 河川・道路管理者等との交渉協議により長大スパンが求められ、スパンが長大化した。</p> <p>③ 岡山・博多間でスラブ軌道用の橋梁が大幅に施工された。スパン5～30mにRC桁、15～50mにPC桁、20～50mに合成桁を採用。工法は支保工場所打ち工法、モノハルト工法、ディバダーク工法、ブロックキャッチレバ-工法等を採用している。</p>	<p>橋梁形式を決定する前提条件は、新幹線と在来線との全体計画から生じる条件（在来線との交差角度、直線か曲線か）、地質的条件（導水路、地下埋設物等）、地質条件（軟弱地盤等）、経済的条件（レベルを決定する際の橋梁の桁高等）である。p.867</p> <p>上越新幹線の橋梁の特色としては、信濃川の本流を1か所横断するのみで、支流或いは渓谷の横断で、長大橋というより、特異な橋梁が出現した。</p> <p>上越新幹線の橋梁の基本方針として、騒音防止と維持管理の観点から原則として鋼橋を排して全てPC橋及びRC橋とした。</p>
<p>高架橋</p>	<p>高架橋は大部分はスパン6mのRCラーメン構造が採用された。この形式以外にRC壁式高架橋や合成桁、PC桁、RC桁等単純桁と単独橋脚による高架橋が部分的に採用された。標準ラーメン高架橋は高架橋の経済性、施工性（施工時の問題点の有無）、外観等と、高架橋の高さ、軌道条件及び地盤状態に対する適応性を考慮して標準設計された。標準ラーメン高架橋は軌道の曲線半径が無量大より5,000mのもの（直線型）と5,000～1,500mのもの（曲線型）の2種について、高さ7、8.5、10、12、14mのものと曲線型16mの</p>	<p>山陽新幹線の高架橋は東海道新幹線のそれと比較して、</p> <p>① 標準スパンを6.0mから8.0m及び10.0mと大きくしたこと。</p> <p>② 柱を太くして剛性を高めたこと。</p> <p>③ 岡山以西のフチングは左右の基礎を連結し、剛結構造とした連続フチングを多用したこと。</p> <p>④ 新大阪・岡山間の高架橋の一部にスラブ軌道を採用し、岡山・博多間では高架橋延長の実に46%のスラブ軌道を採用したこと。</p> <p>高架橋の剛性は東海道新幹線の列車走行の経験から振動の遮断、騒音の減少を図るため柱を太くして剛</p>	<p>東北新幹線の建設計画はスラブ軌道を主体としたもので、高架橋間の相対変位がなるべくスラブ軌道に悪影響を及ぼさぬよう張出し式高架、フチング連結張出し、ゲルバー桁形式、背割式等の高架方式が検討された。その結果、許容部位が多く取れるゲルバー式高架橋と高架橋間の変位を小さくできる背割式を基本形式として選定した。設計構造形式は設計が明快で実績が多く経済性に優れたビームスラブ式ラーメン構造とした。ゲルバー式高架橋は4径間、延長35mを基準とした。背割式高架橋も4径間35mを基本とし</p>

	ものが設計されている。	性を高めたものである。	た。背割式高架橋は不等沈下の少ない良好な地盤地域を主体に採用した。
軌道中心間隔	<p>本線路</p> <p>①停車場外・・・4.2m</p> <p>②停車場内・・・4.6m</p> <p>ただし、構内作業上その必要のない場合・・・(4.2m)</p> <p>東海道新幹線の軌道中心間隔は高速列車すれ違い時における車両の受ける衝撃、動揺の点から検討された。その結果、省令(新幹線鉄道構造規則)の定め通り、4.2m(列車速度120km/h以下の個所では4m)で建設した。</p>	<p>軌道中心間隔 4.3m (4.2m) 山陽新幹線では夜行運行時の単線運転による保守作業、曲線部のバラストの散逸及び軌道敷設の公差、3主桁の設計等を考慮して4.3mとした。軌道中心間隔の決定については、次の事項を考慮する必要がある。①建築限界②高速列車すれ違い時の風圧③単線運転時の軌道・電気の保守作業④道床バラストの散逸及び軌道敷設の誤差⑤橋梁の設計⑥曲線半径と軌道中心間隔の拡幅</p>	<p>山陽新幹線以降は将来の速度向上時における安全、線路・軌道の敷設誤差等を考慮して、4.3mに拡大した。</p>
施工基面幅	<p>東海道新幹線は原則として10.7m。施工基面幅は①線路の保守②保守員の列車風に対する安全性③通路の幅員④軌道構造等から検討された。</p> <p>施工基面幅は2×(車両幅)+(車側間隔)+(車側から通路端までの安全退避距離)+(作業用通路幅)+(退避用通路幅)で決められる。</p>	<p>山陽新幹線の岡山以东は11.6m、岡山以西は11.4m</p> <p>11.6mの根拠は以下の通り： 軌道中心間隔の増0.1m、道床バラストの法勾配を緩やかにしたことによる増0.6m、作業用通路幅の増0.2m、計0.9m増で、10.7+0.9=11.6m</p> <p>施工基面幅は、次の事項から決定される。①軌道中心間隔②軌道構造上の所要幅③作業用通路幅④電気関係施設物設置⑤盛土路肩部の余裕</p>	<p>弾丸列車計画は、10.2m</p> <p>東海道新幹線の施工基面幅の根拠は以下の通り： 軌道中心間隔(4.2m)+車両幅(3.4m)+風圧限界(0.8m)×2+歩行用通路幅(0.5m)+作業用通路幅(1.0m~2.0m)=10.7~11.7m</p>
駅位置の決定	<p>中間駅の選定：旅客需要、投下資本、現在線連絡等の見地から駅の選定を行う。</p> <p>・駅勢人口10万人以上で現在線で特急停車駅、分岐駅等その線区で重要位置を占め、駅設置により、更に誘発旅客需要が見込まれ、誘発による収入増が全経費を賄えること。</p> <p>・駅間距離が過小、過大にならない</p>	<p>利用客の利便、運転上の諸条件の確保、地域社会に与える影響などについて検討を行い総合的な観点から決定された。考慮した基本的事項は以下の通り。</p> <p>・現在の優等列車の停車駅を考慮。</p> <p>・停車駅数は新幹線の高速性を阻害しないよう、現在の東海道新幹線の「こだま」の表定速度130km/hを維持しうる数とする。</p>	<p>地域開発の動向、輸送上の条件、技術上の条件を総合的に判断して決定された。</p> <p>地域開発の将来性が分析された。すなわち、</p> <p>・人口、中枢管理機能の集積度、商工業活動、観光資源、道路等に関する地域の現状。</p> <p>・広域生活圈計画、産業開発計画、観光開発計画、道路整備計</p>

	<p>いこと。</p> <p>新幹線東京駅の位置は、弾丸列車計画では正式決定はなされていないが、市ヶ谷・東京・新宿・荻窪の4案につき比較検討し、市ヶ谷案を最も有利との結論を出している。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・県庁所在地もしくはこれに近接した都市で駅勢人口の多いこと。 ・在来線の分岐駅あるいは道路など各種機関への連絡が便利な場所であること。 ・駅の設置により新たな旅客需要が見込まれ、誘発旅客収入により駅設置で全経費が賄えること。 ・駅間距離が過小・過大にならないこと。 <p>○列車運転上からの最適最小区間</p> <p>Vmax=200km/h→20km以上 (加速 9km、減速 5km)</p> <p>Vmax=250km/h→30km以上 (加速 15km、減速 10km)</p>	<p>画等の国及び県の将来計画。</p> <p>新幹線の特性を生かすため、以下の条件が考慮された。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・新幹線の高性能が十分に発揮できること。 ・総合して便利で効率の良い輸送体系が確立されること。 ・異常時におけるダイヤ混乱の回復が早急にできること。 <p>技術上の条件として、曲線半径 4,000m 以上、勾配 14‰以下という厳しい条件で決定されるルートとの関連が配慮された。</p>
駅構造の決定	<p>東海道新幹線の駅配線の基本形は通過列車のある場合は、相対式、通過列車のない場合は島式を原則としている。</p> <p>豊橋・米原駅を除いて全て高架駅として駅本屋設備を高架下に設け旅客が駅に着いてからホームまでの歩行距離を短くした。このため駅本屋設備の主要部分を収める高架橋は、ある程度経済性を犠牲にしてスパンを大きくとり、柱の数を出来るだけ少なくし、高架下であっても広々として、コンコース、出札所、改札口等がわかりやすいように設計した。</p>	<p>山陽新幹線の駅配線の基本形は東海道新幹線と同様に、通過列車のある場合は、相対式、通過列車のない場合は島式を原則としている。</p>	<p>東北・上越新幹線の駅配線の基本形は東海道新幹線、山陽新幹線と同様に、通過列車のある場合は、相対式、通過列車のない場合は島式を原則としている。</p>
車両基地	<p>車両基地は、昼間は車両を有効に活用し、夜間は収容、編成、整備、検査、修繕を行い、列車を運転する乗務員の拠点である。車両基地の配置決定には将来の新幹線計画を含めた想定輸送量、所要車両</p>	<p>山陽新幹線の博多開業に伴う車両基地計画の策定は、列車計画、車両運用計画、新製車両の搬入計画、将来の全国新幹線網計画及び現在の設備能力の活用などを総合的に勘案しつつ進められた。</p>	<p>車両基地の相互利用は直通方式（東海道新幹線は田端基地、東北・上越新幹線は品川及び大井基地に入出する）は、東京、品川間の線路容量が輸送の弾力性を確保するうえで重大なネックに</p>

	数、対応する検修量、車両基地の規模等により所要数を決定する。		なることから、新設する田端車両基地は東北・上越新幹線で使用するようになった。
トンネル	<p>山岳トンネルの木製支柱式支保工が全面的に鋼アチ支保工に置換わったのは、1959年に着工された東海道新幹線の建設以後である。東海道新幹線のトンネル数は67か所、総延長で68.5kmで、東京・大阪間515kmの13%に相当し、東海道線のトンネル総延長に比べて2.5倍に及んでいる。新幹線トンネルは全部複線型であり、軌間は1.435mであるので、在来線の旧国鉄で使用していた狭軌の複線型と比較すると、内幅、高さともにほぼ1m大きい。トンネル内空断面と建築限界との最小の離れは50mmとしている。また、トンネルの中央部に幅1m、高さ0.9mの保守用通路を設けている。</p>	<p>山陽新幹線では緩やかな線形を採用したことや、平野部での住宅密集化によって用地取得が困難なこともあり、東海道新幹線よりトンネルが多くなっている。東海道新幹線のトンネル断面は、戦前一部施工済の丹那隧道の断面にならったもので、建築限界の余裕は直線曲線とも最小50mmで、北陸隧道の195mm等と比較してもかなり小さく、施工上の誤差や電気設備の余裕、保守上の余裕としては狭隘であり、山陽新幹線ではこれを100mmとした。</p>	<p>東北新幹線大宮・盛岡間（約470km）は、トンネル本数111本、延長112kmと延長の約24%がトンネルである。地質が悪く土被りの浅いトンネルが多く、国道、鉄道、住宅等の直下を掘削しているトンネルもある。トンネル工法別に分けると、112kmのうち開削工法7km、山岳工法105kmで山岳工法が全体の94%を占める。施工上の特徴は以下の2つが挙げられる。</p> <p>① 大型機械導入による省力化工法の採用。</p> <p>② NATMに代表される新技術の導入。</p>
曲線半径とカント	<p>東海道新幹線の本線路の曲線半径は2500m、許容最大カント量は200mm、曲線半径、カント、速度との関係は次式で表される。</p> $V=11.3\sqrt{R \cdot C/G}$ <p>ここに、V：速度（km/h）、 R：曲線半径（m） C=Cm+Cd Cm：実カント量（mm） Cd：カント不足量（mm） G：軌間（左右レールの中心間隔）・・・1500mm</p> <p>曲線半径は2500mで、Cm=180mm、Cd=60mmとすればC/G=0.16、V=226km/hとなり</p>	<p>山陽新幹線では将来の250km/h運転を考慮して、実カント量Cmは停車時に乗客が不快感をきたさない180mm以下とし、カント不足量Cdはほぼ0となるように曲線半径R=4000m以上を標準とした。ただし、Cd=30mm程度までは東海道新幹線の実績から全線のうちの限られた少数の箇所であるならば大きな支障はないものとして、R=3500mの半径を線路選定上やむを得ない場合に認めることとした。</p>	<p>東北・上越新幹線の上野・大宮間については、路線選定上、曲線半径が1,000m以下の急曲線が多く、線形上の制約から110km/hの運転速度としている。</p>

	200 km/h の運転速度は十分安全である。		
勾配	<p>海道新幹線の本線の最急勾配として 15/1000 ただし、線路延長 1 km 以内に限り、20/1000。急勾配は当初、幹線調査会の答申により 10/1000 としていたが、これは貨物列車を電気機関車牽引とし、勾配途中における再起動時の粘着引張力からきめられたものである。しかし、その後、貨物列車も電気列車になったことと、路線計画において市街地または山地等複雑な地形の通過にはかなり厳しい基準で、さらに急な勾配が使用できれば工事費の低減が図れることから見直しが行われた。電車運転では、粘着引張力よりも勾配区間を上る場合の主電動機の温度上昇が最急勾配の制限要素となる。勾配中で停車後に再起動した場合、主電動機の温度上昇が限界値の 120°C に達する勾配となる。</p>	<p>東海道新幹線の関ヶ原付近の連続急勾配区間（延長約 12 km、平均勾配約 12/1000）の運転実績で、主電動機の温度上昇が限界値の 120°C に達することもあることから、山陽新幹線では最急勾配は同じ 15/1000 であるが、10 km 間の平均勾配 12/1000 という制限を追加した。東海道新幹線の基準では制限勾配の組合せや、最急勾配の長さについての定めがなく、これらの組合せによっては、主電動機は熱容量の面から非常に苦しくなる場合も考えられる。山陽新幹線は将来の速度向上、運転条件等を考えて「原則として本線における最急勾配は 15/1000 以下とし、10km 間の平均を 12/1000 以下とする」とした。</p>	<p>東北・上越新幹線の上野・大宮間については、線路勾配は地形上、経済性等を考慮して 15% を超える急勾配を採用しており、線路勾配が 25% の区間については運輸大臣の特別承認を受けた。</p>
盛土	<p>我が国最初の高速鉄道である東海道新幹線の建設に当たっては、盛土は、機械転圧による締固めと規制ならびに路盤土の材料規制を行うことが「土木工事標準示方書の追加ならびに訂正条項」として示された。</p> <p>東京・新大阪間 516km805m のうち、盛土延長は約 229km、切取延長は約 44km で、全線の 1/2</p>	<p>東海道新幹線において、法面崩壊、沈下、噴泥という盛土の 3 大欠陥がすべて発生し、大きな問題となったため、引き続き建設された山陽新幹線では、盛土の規制値は著しく強化された。東海道新幹線と比較して改正された主な点は以下の通りである。</p> <p>①標準法勾配の緩和・・・1 : 1.5⇒ 1 : 1.8</p>	<p>東北・上越新幹線の建設に当たっては、過去の土構造物の苦い経験と、スラブ軌道をはじめメンテナンスフリーの思想が強く打ち出されたため、土構造は殆どない。しかし、その後の整備新幹線では再び土構造が用いられている。適用地盤条件と盛土材料が厳しく規制されている。軟弱地盤上の盛土は不可能にな</p>

	<p>強が土工区間であった。盛土区間は道路との立体交差のため、高さは殆ど6～7mが標準となっており盛土量は約2,400万m³である。切取が比較的少ないのは山地が少ないのと、トンネル坑口部分の切り付けを極力少なくしたため、切取量は約600万m³である。これらの全土量3,000万m³の莫大な土工は、1961年から1963年にかけての1～2年間の短期間で施工された。</p>	<p>②盛土材料の規制強化・・・材料を厳選し、不良土を排除 ③締固め規制の改正・・・締固め度で評価 ④路盤幅に余裕・・・基本余裕+盛土沈下+地盤沈下の余裕 ⑤路盤材料規制の強化 ⑥土留壁使用の制限 ⑦軟弱地盤上の盛土を極力排除</p>	<p>り、圧縮性の大きい粘性土は使用不可となっている。このことにより、盛土の沈下は殆ど除去されることになった。法面崩壊に対しては、層厚管理材による法面の強化、路盤排水工による雨水の法面集中流下防止、砂質土に対しては排水ブランケットを設けることで、盛土内水位の低下が図られている。噴泥に対しては、道路の舗装に相当する強化路盤工で対処し、橋台裏にはアプローチブロックを設けている。</p>
<p>橋梁の騒音対策</p>	<p>東海道新幹線の既設の鋼橋に対する防音工の開発：鋼桁に直接、枕木を載せ、レールを敷いた無道床開床式鋼橋上を列車が通る場合、どの部位からどの程度の騒音が発生しているかを実橋で測定したところ、「レールと車輪との接触部から発生するもの」と「鉄桁の部材が振動して発生するもの」とが主体で両者はレベルがほぼ同等であることが判った。無道床開床式鋼橋の場合、遮音板によるのを主体とし、レールと車輪から発生する騒音と桁との振動により発生する騒音の両方を所定の質量を持った板で遮蔽するのが最も能率が良いことが判った。</p>	<p>山陽新幹線以降も合成桁橋は随所に用いられたが、無道床開床式鋼橋は騒音の点で採用されなくなった。1971年に架設が完了した山陽新幹線の新大阪～岡山間では、鋼橋としては合成桁が唯一の低騒音橋として大量に用いられた。岡山～博多間になると、50m以上の合成桁が19連にも及び、支間の長大化が一層進められた。山陽新幹線の構造物は、東海道新幹線の構造物の実績から騒音、振動を軽減するために、鋼構造に代わってコンクリート構造が多くなった。その結果、橋まぐらぎ式の鋼桁は皆無となり、合成桁が大量に用いられた。従って、新大阪～岡山間では長大橋梁は殆どがPC桁となった。</p>	<p>東北新幹線や上越新幹線では鋼トラスを採用したが、道路上や堤防の近くではコンクリート床板構造としたり、縦桁や横桁の腹版をコンクリートで包むなどして、厳しい騒音対策を施した。橋梁は環境保全のため、極力コンクリート桁を採用した。現地の状況により、スパンの長大化が可能になり、第2阿武隈川橋梁の105mは当時としては世界最長だった。橋梁、高架橋には移動式支保工工法、押出し工法、急速施工法、回転工法、主桁を受けた一体構造を採用した。</p>
<p>新幹線の速度向上</p>	<p>1964年10月、東海道新幹線が最高速度210km/hで開業した。開業当初の運転時間は、東京～新大阪間4時間（表定速度128.9km/h）であったが、軌道状</p>	<p>山陽新幹線（新大阪・岡山間）については、1965年9月に設置された山陽新幹線建設委員会で検討された。このときの方針は、「最高速度はとりあえず東海道新幹線と同じ</p>	<p>山陽新幹線での高速走行試験が不満足な結果の終わったため、1975年3月の山陽新幹線博多開業時の速度向上は見送り、東北・上越新幹線開業時から</p>

	<p>態の安定した 1965 年 11 月から 3 時間 10 分（表定速度 162.8km/h）となった。</p> <p>航空機との競争力を強めるため、特に東京・大阪間を 2 時間台とすることが強く望まれた。1983～1984 年には現車試験が行われ、走行安全上問題がないことや、環境対策によって騒音増大が抑制されることを確認した 1986 年 11 月のダイヤ改正で東海道・山陽新幹線の最高速度が 220km/h に向上された。</p>	<p>とするが、曲線半径や勾配など将来改造の困難なものは技術的発達を阻害しないように配慮する」であった。1970 年 2 月に新幹線建設委員会が設置され、この委員会で「最高速度をさらに向上するには技術的諸問題を解決する必要があるが、250km/h 程度までは可能と考えられるので当面最高速度は 250km/h とする」ことが決められた。この方針を受けて 1968 年 3 月から 951 形新幹線試験列車による高速走行試験が実施され、1972 年 2 月に 286km/h の日本最高速度を記録したが、著大輪重が多発し、ばね下輪重低減の必要性が指摘された。</p>	<p>260km/h 運転を行うことが 1973 年 4 月に決められた。この方針に従って 260km/h を目指した 961 形試験電車が製作され、1974 年から 1975 年にかけて山陽新幹線の岡山～福山間で試運転が行われたが、速度は 210km/h 止まりだった。1983 年 10 月から試験電車による長期耐久試験が実施され、1985 年 3 月の上の開業を機に東北新幹線の最高速度は 240km/h に向上された。</p>
<p>環境問題</p>	<p>1964 年の東海道新幹線の開業後 1 年を経過するころから、特に東京～大阪間 3 時間運転開始後、市街地における開床式鉄桁付近の騒音、沖積地域の高架橋沿線の騒音振動、電波障害、日照障害等に対して住民から強い抗議が起きてきた。</p> <p>新幹線鉄道の騒音対策のルールとして 1972 年 12 月に「環境保全上緊急を要する新幹線鉄道騒音対策について」が提出された。その後、1975 年 7 月に「新幹線鉄道騒音に係る環境基準」が定められた。この基準を達成するために、1976 年 3 月に「新幹線鉄道騒音対策要綱（閣議了解）」が定められ、対策の実施方法が具体的に示された。</p>	<p>山陽新幹線の建設に当たって、沿線各地に環境問題、特に騒音、振動を理由に新幹線通過反対が起きた。これに対して、新幹線構造物のマップ化、防音壁高の増加（1m→2m）等はもちろんのこと、最終的には新幹線構造物の両側に幅員 10～12m の側道を設置することで解決できた。その他、全線にわたって開床式鉄桁の使用の取りやめ、合成桁も可能な限りコンクリート・PC 桁に変更、バラストの敷設、防音壁高の増加等、環境対策に最善の配慮を行った。</p>	<p>環境保全に対する社会的な認識の急激な高まりに基づき、1975 年 7 月に新幹線鉄道騒音の環境基準、1976 年 3 月に振動についての指針値が定められた。これらの環境基準を達成するため、1976 年 3 月に「新幹線鉄道騒音対策要綱」が閣議了解され、音源対策、障害防止対策、沿線地域の土地利用対策の 3 つを柱として対策が進められた。</p> <p>特に、音源・振動源対策としては、東海道・山陽新幹線の経験を生かし、さらに小山総合試験線等の技術開発の成果を取り入れ各種の防止対策を実施した。新幹線の環境保全のテーマとしては、日照障害、テレビ障害がある。</p>

出典：参考文献 1 に基づき筆者作成

6-1-2 インドにおける高速鉄道の必要性³⁾

高速鉄道はインド国鉄による「Indian Railways Vision 2020」に示される目標を達成するために、以下に示す5つの項目を検討している。

(1) 安全性

高速鉄道は非常に安全な鉄道システムとして確立されており、東アジアや欧州を中心に運行されている。高速鉄道はインドにおいて安全性の高い輸送ネットワークを形成するために必要とされている。

(2) 大量輸送・高密度輸送

インドでは急激な人口増加や経済の成長、都市化等により、旅客輸送需要も急激に高まっている。高速鉄道の大量輸送性、高密度輸送性により、これらの需要に対し十分な輸送サービスを供給することができる。

(3) 都市間の輸送網の拡大

Railway Vision 2020では、インドの主要都市間の輸送を強化するため、7路線の高速鉄道を計画しており、このうち2020年までに4路線を開業するとしている。高速鉄道はその高速性、大量輸送性等により、インド国内の主要都市間の輸送網を強化する。

(4) 省エネルギー

世界中で環境保護に対する関心が高まる中、インド国鉄は二酸化炭素排出量の削減のための様々な努力を行ってきた。高速鉄道は他の交通モードに比べて非常に省エネルギーな交通モードであり、インドの環境保護に貢献することができる。

(5) 自然に対する強靱なインフラと高速鉄道システム

高速鉄道は非常に災害に強いインフラ、交通システムとして確立されており、日本のように自然災害が多い国においても安全な輸送サービスを提供している。本プロジェクトの対象地域であるインド西部においては、地震災害や雨風による災害が懸念されるが、高速鉄道の導入により、災害に強い交通網が形成される。

6-1-3 インドに高速鉄道を導入する際の課題²⁾

インドに高速鉄道を導入するには、種々の課題が考えられる。それらは、資金調達、政治的な意思決定、用地取得、技術の習得と訓練および運営組織体系の構築である。

・資金調達

高速鉄道建設計画には莫大な資金を必要とする。路線建設 1km 当たり、約 10 億ルピー程度かかると推算されている。具体的に言えば、ムンバイ～アーメダバード間の高速鉄道路線には約 5,000 億ルピーが必要になる。たとえば、インド国鉄が高速鉄道の建設主体であると仮定すると、インド国鉄には高速鉄道を採用するような巨額の財源はなく、PPP（官民提携事業方式）のアプローチも資本集約型で、収益の回収がかなり先になるので、このような長期プロジェクトには不向きである。そのため、高速鉄道建設プロジェクトには主として借款や中央政府もしくは州政府による資金拠出が求められる。したがって、プロジェクトのための財源調達が、インド側の建設主体が直面する第一の課題であると考えられる。

・政治的な意思決定

高速鉄道建設のための膨大な費用とそれを公的に調達する必要性から、高速鉄道の開業決定は政府に委ねられるし、それもまた、インド鉄道省の一存で決定できない。高速鉄道事業は建設主体に集中的な建設の努力を求めるが、インド政府も政治面、経済面で広大な国土にわたり何年かに及ぶ高速鉄道建設プロジェクトに国を委ねる覚悟が求められる。

・用地取得

高速鉄道事業を推進するためには線路を出来る限り直線で敷設できるように路線線形を設計する必要がある。曲線区間が多ければ運行速度の制限をしなければならない区間が増えるため、曲線区間の個所数を最小限にする必要がある。そのため、多くの場合、高速鉄道の路線は既存の在来線の鉄道と並んで選定されることはなく、まったく違う場所に選定される可能性がある。その場合には、当然のことながら、用地の取得が必要となり、これは、非常に厄介な作業であり、時間的にも、費用的にも当初の事業費の想定を上回りがちになって、プロジェクトの完成を遅延させることになりかねないことになる。

・技術の習得と訓練

高速鉄道は高度な技術の集大成であり、その技術は鉄道に関するあらゆる要素を網羅している。線路や軌道の構成、列車の発車指示と制御、遠隔伝達、電動牽引、動力源、車両、信号、運行管理などである。仮にインド国鉄を高速鉄道の運営主体とすると、この運営主体には現在のところ、高速鉄道システムを運営し、保守管理できるだけの経験がなく、また知識もない。運営主体がこのような技術を習得し、自分たちのものにするには、時間を要する懸念がある。

・運営組織体系の構築

高速鉄道は、既存のインド国鉄のシステムと比較すると、まったく異なる技術基盤の上に成り立っている。高速鉄道事業専門の独立した組織であれば、新システムを既存組織よ

り効果的に運営できると考えられる。特別目的事業体（SPV：Special Purpose Vehicle）を新たに設立する方が市場でのプロジェクトのための資金調達を独自に行うにも適している。開業してからは、その組織構造や運営・保守管理規則は、高速鉄道事業に特化したものにする。高速鉄道に伴う新技術の吸収にはその方がふさわしい。また将来、高速鉄道事業を拡大する際にも、この事業体に責任を持たせる方が好ましい。

6-1-4 インド高速鉄道の路線選定の考え方

線路縦断作成にあたっての取り決め事項

基本的に以下の事項をもとにして線路の高さ、縦断を決定していくこととする。

- 1 軌間 1,435 mm
- 2 軌道中心間隔 4.5m
- 3 最小曲線半径 $R=6,000\text{m}$
- 4 線路最急勾配 25/1000
- 5 最小縦曲線半径 $R=25,000\text{m}$
- 6 営業運転最高速度 320km/h 将来 350km/h
- 7 最大カント 200 mm、許容カント不足 100 mm
- 8 RL を縦断の基準とする
- 9 1 勾配長を 1,000m 以上とする。
- 10 構造物の種別（インド国鉄の方法による分類）

10-1 橋梁 河川に架かる構造物

Important Bridge 河川幅（Linear Waterway）が 300m 以上、または流下面積（Total Waterway）は 1,000 m²以上の河川に架かる橋梁。

Major Bridge 河川幅が 18.3m（60ft）以上、または開口部（Clear Opening）が、12.2m（40ft）以上の橋梁

Minor Bridge 上記以外の橋梁 数は圧倒的に多い。

10-2 ROB（Road Over Bridge）と RUB（Road Under Bridge）

鉄道と道路が交差する部分は道路が主体になっており、道路が鉄道の上を行く場合は、ROB と呼ばれ、逆の場合は、RUB となる。インド国鉄はこの呼称を規定している。日本では ROB は跨線道路橋、RUB は架道橋となるが、このまま ROB, RUB で覚えるのが早道である。ROB は桁方式が、RUB はラーメン箱桁構造が多い。また、RUB 内に水路が併設される場合でも、水路が主で、道路が従なら、区分は橋梁になる。日本の Bi は RtoR で示される。

10-3 インド国鉄の橋梁技術

鉄道の歴史は古いが、本格的な新線建設を実施していないので、橋梁技術は遅れている。支間の短い橋梁が多い。理由は、河道には通常は水が流れておらず、地質が良いため、下部工に余分な費用が掛からないので、河川も陸上も区別がつかない。したがって、支間は短くてよいということになる。また、単位でフィートやインチが残っており、30 フィート

から 100 フィートまで 10 フィート刻みの支間の橋梁がある。英国時代からの Template を使用している。30 フィート (9.15m) の河川橋梁が多くみられる。PC は近年になって使用し始めている。ラーメン高架橋は見たことはない。一方、道路においては長大連続 PC 橋など、斬新な構造、デザインの橋梁が随所で見受けられる。

11 必要桁下空頭 (RUB の場合)

高速道路、州道路、町村道、農道、人道などで、高さ、幅が異なるので、道路種別を明確にする必要がある。

12 RUB の場合の鉄道構造物の桁高

軌間は 1435 mm、軸重は 17 t を既定の数値として、縦断勾配を決定する際の目安として、日本の九州新幹線における桁高、主桁本数を以下に示す。

表 2 九州新幹線の桁高と主桁本数

径間	桁種別	桁高	主桁本数	記事
10m	RC-T	1.0m	2	
15m	同上	1.4m	4	
20m	同上	2.0m	4	
25m	PPC-T	1.9m	4	
30m	同上	2.1m	4	
35m	同上	2.4m	4	
40m	同上	2.4m	6	
45m	同上	2.9m	6	
80m	下路トラス	1.0m		

出典：筆者作成

基礎工については、杭、ケーソン等、多くの施工事例があるが、直接基礎の場合は、洗掘深を考慮すること。

13 河川の桁下空頭と RL 高さ

HWL、インドでは HFL (High Flood Level) + 余裕高 + 桁高 + 桁上部～RL までの数値 = RL とする。余裕高は Hydrological Analysis に基づき判断する。

14 定規 (盛土構造の場合)

(1) HFL と FL モンスーンによる集中的な降雨がある反面、適切な排水設備がないため、内陸部で滞水している地域が多い。既往の洪水記録から FL を冠水させないため、 $FL > HFL + 1m$ を厳守する。なお、この場合、中小の RUB は水没するが、地元でのヒアリングでは大きな関心事にはなっていない。

(2) 法面勾配 DFC (貨物専用線) の場合、32.5t という大きな軸重であったため、V1 : H2 という緩い勾配としたが、インド高速鉄道の場合は東海道新幹線と同様の V1 : H1.5 とする。

(3) 軸重 軌間が 1435 mmに決定し、車両の詳細設計が完了するまでに時間を要するが、新幹線の軸重 17t とし、輪軸配置を想定して、橋梁荷重として採用する。トンネル出口と橋梁区間の間に建設が想定される盛土区間においても、軌道面における列車通過時の男性変位量、残留沈下量の確認計算に使用する。車体幅は 3250 mm、最大軸重は 17t とする。

(4) 軌道中心間隔 軌道中心間隔は 4.5m とする。(この数値は F/S で提示した。)

(5) 施工基面幅 両側に保守作業、退避を考え、それぞれ、1m 幅の通路を設けることにより、施工基面幅を 11.5m とする。

(6) 緩衝工 インド国では騒音に関する法令はないことから、鉄道騒音は規制対象外ではあるが、人家が連担する地域では、緩衝工として、コンクリート壁を設置する。構造は低圧、高圧の電線トラフと一体化した鉄筋コンクリート製とする。壁の天端高さは RL+1m とする。人家の連担する地域では、線路を横断する乗客が多いので、それらへの安全対策上必要である。

(7) 軌道構造 スラブ軌道を考える。

RL~FL=約 650 mm (スラブ軌道) FL の下部に鉄筋コンクリート版 (約 30 cm厚)、粒度調整碎石層 (約 20 cm厚) とする。全体的に施工基面を下げる観点から、RUB が存在する場合は、RUB の鉄筋コンクリートボックス上床板に軌道構造を直接載荷させるか、粒調碎石をスラブ上に敷くことも考慮する。

(8) 盛土材料 材料については、盛土上部には遠隔地の碎石場から、盛土下部には近傍の土取場から確保する。インド国鉄のバラストは遠隔地の碎石場から列車あるいはトラックに積載して運搬している。碎石場では粒度、耐摩耗、強度等の品質に関する公的機関の試験成績表を有しており、問題はない。ちなみにインドの高速道路の盛土材料は近傍の土取場から購入している場合が多い。なお、インド貨物専用鉄道の場合は、軸重が大きかったため、盛土上部はブランケット材と称して、最上部 60 cm厚を CBR 値の大きな (CBR25) 市販されていない材料 (混合が必要) とされた。

(9) 用地幅の決定

高速鉄道の路線付近の規模の比較的大きな一般道路から進入可能な側に側道を設置する。高速鉄道の施工時の工事用道路として、また営業時には保守作業のアクセス道路として、その他緊急時の資器材の搬出入路として、用地を確保する。反対側には 1m の幅を取って、鉄道用地とする。この中に線路防護のための侵入防止柵を設置する。

なお、日本では側道は工事完了後、地方自治体に財産を譲渡し、管理を委譲しているところが多いので参考にすべきと考える。

(10) 地震について

インドは地震が少ない国ではあるが、パキスタン国境付近 (グジャラート州、アーメダバード付近) で 2001 年 1 月に M=7.7 の内陸地殻内地震があった。低地で一部は湿地帯であった。死者が約 2 万人、負傷者約 16 万 6 千人といわれている。インド国鉄では地域ごとに震度等級を定めており、設計は簡易な水平震度法によっている。

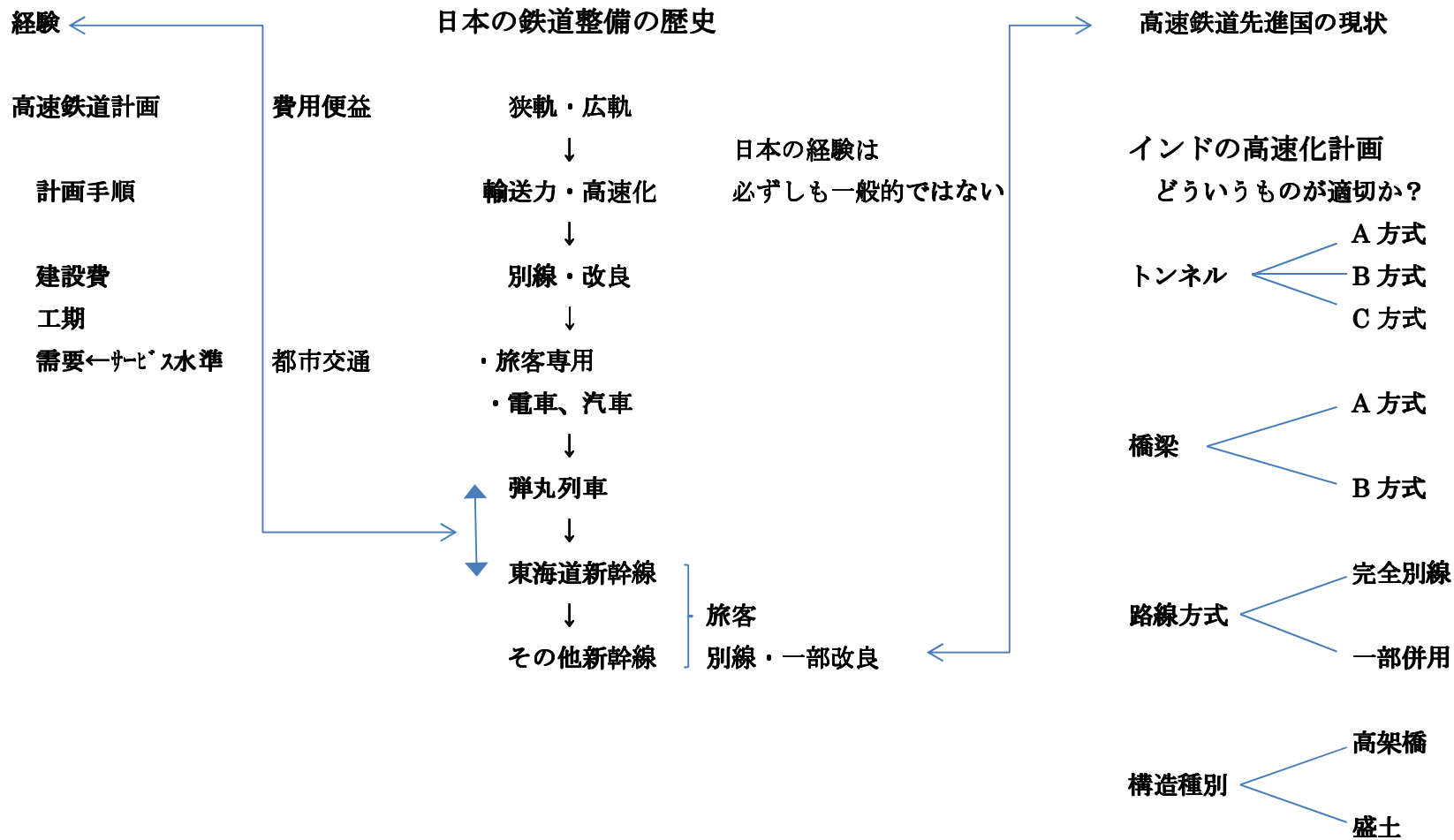


図1 インドに高速鉄道を導入する際の土木構造物（トンネル、橋梁）、路線方式及び構造種別の関連図

出典：筆者作成

6-1-5 インドの高速鉄道計画をする際の構造物種別の選択

表 1 に示す日本の新幹線建設を通じて採用されてきた技術項目の変遷に基づき、以下にインド用の諸元を提案する。

・軌道構造の選択：

軌道構造を大別すると、バラスト軌道とバラストレス軌道（スラブ軌道）がある、今後のインドにおける、物価の上昇や、保守要員の人件費の高騰を考慮して、当初から、維持管理コストの低減を考慮して、スラブ軌道を採用するものとする。初期投資費用はバラスト軌道に比べて一般的に高いが、約 9 年で初期投資費用を回収し、その後は、維持管理費用はバラスト軌道より廉価になる(第 4 章 p.IV-14、図 3 参照)ので、ライフサイクルコストの観点からスラブ軌道の採用を提案する。

・橋梁の選択：

橋梁の構造形式は、インドの鉄筋工の熟練度を考慮して、桁式高架橋を主体に選択することを提案する。

施工に制約がない場合の構造形式は、PC-I 形桁(支間 35m 以下)と PC-Box 桁(PSC-Box 桁を含む) (支間 35m 以上) を選定することを提案する。

施工に制約がある場合、経済性に優れ、インドで多くの施工実勢のある PC 連続箱桁橋(キャンチレバー工法) を標準構造として採用することを提案する。

・高架橋の選択：

高架橋の適用範囲は、高速鉄道との交差道路の頻度が多い「主要駅前後の市街化地域」および盛土構造物では地質条件で対応できない「表層付近の軟弱地盤地帯、もしくは洪水等の氾濫原地帯」の区間とすることを提案する。

高架橋を建設する際のインドの作業員の熟練度を考慮すると、構造物の鉄筋が複雑に絡み合う構造は避けるのが得策である。すなわち、施工の精度が要求されるラーメン高架橋よりも、桁式高架橋を選択することで、インド人の鉄筋工が容易に作業に従事することが可能になる。

・軌道中心間隔の選択：

東海道新幹線の軌道中心間隔は高速列車すれ違い時の車両の受ける衝撃、動揺の観点から検討され、4.2m で建設した。山陽新幹線では夜間走行時の単線運転時の保守作業、曲線部のバラストの散逸、軌道敷設の公差を考慮して 4.3m とした。日本の新幹線(設計最高速度 260km/h)におけるすれ違い時の風圧限界は 0.8m であるが、車両の先頭形状の改良等により風圧を低減させることによって、風圧限界 0.8m を変えることなく、営業最高速度 320km/h までの走行の実績がある。しかし、インドの高速鉄道は設計最高速度 350km/h で

あり、将来的な高速化や維持管理を考慮し、軌道中心間隔 4.5m を推奨する。

・施工基面幅の選択：

東海道新幹線の施工基面幅は、軌道中心間隔 (4.2m) + 車両幅 (3.4m) + 風圧限界 (0.8m) × 2 + 歩行者用通路幅 (0.5m) + 作業用通路幅 (1.0m) = 10.7m を原則としていた。インド高速鉄道の施工基面幅は、軌道中心間隔 (4.5m) + 車両幅 (3.4m) + 風圧限界 (0.8m) × 2 + 保守・避難用通路幅 (1.0m) × 2 = 11.5m を推奨する。

・トンネルの選択：

トンネル形状については、以下のように 2 つに大別される。

○単線並列トンネル

○複線トンネル

日本と欧州基準での長大トンネル火災対策の考え方の違いによるトンネル形状の違いは複線トンネルと単線並列トンネルとに分けられる。

日本におけるトンネル内火災発生時の基本原則は、列車がトンネルを出るまで走り抜ける、または次の駅まで到達することとなっている。一方、欧州におけるトンネル内火災発生時の基本原則は、トンネル内で列車を止めて、トンネル内で避難する方策をとる。

欧州では、延長 5km 以上のトンネルで列車走行速度が 200km/h 以上の場合、単線並列トンネルを基本としている。理由は、トンネル通過の際、車両脱線時や車両火災事故に伴う復旧の際の保安対策と、昼間に軌道保守等の維持管理を行うためである。また、トンネル内での列車火災発生時、日本では列車は停止せずにトンネルを脱出するが、欧州では多くの場合はトンネル内で停車して乗客を退避させる規定となっているため、一定区間ごとに相互のトンネルの連絡通路を設置している。このように、欧州規格では延長 5km 以上の長大トンネルでは単線並列トンネルを基本に、さらにトンネル断面も 55m² と大きくなっている。インド高速鉄道のトンネル断面は比較的大きなものを提案する。その根拠は、日本で経験したトンネルの微気圧波対策、すなわち、トンネルに車両が進入することに伴い、その反対側のトンネル坑口側での破裂音の発生を解消するための緩衝工必要となることを避けるためである。トンネル断面を大きくするとトンネル微気圧波対策の必要上設置される緩衝工を省略することが可能になる。

・路線方式の選択：

インドは、日本に比べて、鉄道用地を十分に確保することが可能である。したがい、在来線と併用して路線を建設するよりも、完全に別線として整備していく方が路線の線形を自由に選択することが可能である。すなわち、高速鉄道としての直線性を保てることから速達性を発揮できる。以上の理由により、インドの路線方式として、別線方式を提案する。

・構造種別の選択：

インドでは 2013 年に、新土地法が公布され、地権者の権利を手厚く保護する傾向となってきたことから、従前に比べて、鉄道事業者にとって用地の買収は困難になってきている。このことから、インドの鉄道事業者は盛土を選択するよりも高架橋を選択する傾向が強くなってきている。これは、なるべく、用地買収の手間を省いて、用地取得を効率的に行いたいとの鉄道事業者の意向が働いている。

・土木構造物の工法選択について：

土木構造物のうち、盛土構造と高架構造の採用に関して、考察を試みる。都市部では、一般的に住宅等が密集していることから、鉄道用地の取得の際に支障物件の移転補償費を考慮しなければならず、加えて用地取得交渉に時間を要することから、以上のことを回避する手段として高架構造を選択する場合がある。これらのことを踏まえたうえで土木構造物のうち、盛土構造と高架構造の得失を以下の通り整理してみた。

表 3 土木構造物（盛土構造・高架構造）の得失の整理表

構造物種別	場所	用地費増嵩の可能性	用地取得日数	支障物件数	構造物選択の可能性
盛土構造	市街地	用地買収費用に支障物件の移転補償費を加えると格段に費用が増加する可能性がある	支障物件の移転先を検討する必要性も加味する場合は、郊外に比べて長い工期を要する可能性がある。	郊外に比べて格段に支障物件数が増える可能性がある。	支障物件や導水路の付け替えおよび地域住民への景観設計上の配慮から盛土構造は避けるのが得策。
	郊外	郊外の地価は市街地に比べて安価であることから取得費用が増加する可能性はない。	市街地に比べて支障物件数が少ない場合が多く、比較的短期間で用地取得ができる可能性がある。	市街地に比べて比較的少なくなる可能性がある。	支障物件が少ない場合は、施工の容易さと用地費、用地取得日数を考慮すると盛土構造選択の余地はある。
高架構造	市街地	盛土構造に比べて必要とする用地面積は 3 分の 1 程度であり、用地費を抑制できる可能性がある。	盛土構造に比べて必要とする用地面積は 3 分の 1 程度であり、短期間で用地取得ができる可能性がある。	盛土構造に比べて必要とする用地面積は 3 分の 1 程度であり、支障物件数を削減できる。	支障物件や導水路の付け替えおよび地域住民への景観設計上の配慮から高架構造を選択するのが得策。
	郊外	市街地に比べてさらに用地費を抑制できる可能性がある。	市街地に比べてさらに短期間で用地取得できる可能性がある。	市街地に比べてさらに支障物件数を削減できる。	将来の維持管理費を考慮すると、高架構造の選択の余地はある。

出典：筆者作成

次に、盛土構造と高架構造を駅部と駅間に大別した場合についてのインドへの適用の可能性を検討する。

1) 駅部での適用の可能性：

a) 在来線の駅部に高速鉄道の駅を併設する場合

在来駅の周辺部にはすでに商業施設のビルや一般住宅の建物が近接しているのが実態であることから、高速鉄道用の駅を併設するための用地を確保する場合、これらの支障物件を事前に移設する計画を立案する必要がある。加えて利害関係者との度重なる協議が必要になる。さらに、支障物件の移転の概算費用の算出を行い、年次計画にそれらの移転費用の予算措置を行う必要がある。

次に、在来駅の利用者の動線を考慮した構造物の概略設計をする必要がある。インドの場合、2015年頃に改正された「新土地法」は、土地の所有者に対する補償が旧法に比べて格段に手厚くされたこと、さらにインドの土地の所有権に関する法律が複雑なことも影響して、各種のビルが密集している個所の用地買収は難航することが予想される。インドの現政権は、用地取得を容易にするための土地収用法改正を目指しているが、野党の反対でたなざらし状態にある。

b) 高速鉄道駅を新設する場合

高速鉄道の特徴である速達性を活用する観点から、新設駅をインドで選択する場合、比較的容易に自然のままの状態の未開発の土地(**green field**)を選択することは可能である。この場合、特に盛土構造を選択する際の留意点としては、黒綿土(**BCS : Black Cotton Soil**)をどのように処理するかという課題がある。この土壌の特徴は、乾燥した場合には極端なひび割れが発生することと、湿潤した場合は、膨張するという特性を兼ね備えているということである。このことから、在来線での対策は、黒綿土が存在する地表面から数mをそっくり良好な盛土材料で置き換えるという工法の採用や、鉄道の開業後から路盤を何度も突き固めるという維持管理を行っているという実態がある。これは、保線作業員の労務費が安価なうちはまだしも、今後、物価の上昇に伴う労務賃金の上昇が見込まれる場合は恒久的な対策をしなければならないという喫緊の課題になる可能性がある。

初期投資を抑えるという観点からは、盛土構造の採用が得策ではあるが、将来にわたっての維持管理を考慮すると、高架構造の採用が選択肢としては当然考えられる。

2) 駅間での適用の可能性：

a) 在来線にほぼ並行する路線を選択した場合

この場合、在来線の鉄道用地に依然として、余裕幅があり、この残地を有効利用することが可能であるならば、用地買収費用を節減する意味からも大いに利用する価値がある。理由は、改めて用地買収する必要がないことから確実に用地費の節約につながる。用地買収の期間が不要になり、建設の工期短縮に直結する利点があること。用地買収担当者

を増員する必要がないことから、人件費の削減につながり、ひいては工事費の削減にも貢献することになる。

在来線の鉄道用地に隣接して高速鉄道の路盤を構築する場合の建設時の課題としては、次のことも懸念材料として考えられる。

部分的に、鉄道用地の幅が不足する箇所が存在する場合、追加の用地買収が必要になる。いわゆる活線施工と言って在来線が営業運転している、真横でクレーン等の施工機械を稼働させる場合は、在来線の架線に接触する事故の可能性を排除できない。また、在来線に極めて近接して工事をせざるを得ない場合は、事前の安全対策の防護工を施す必要がある。さらに、在来線の徐行運転を依頼する必要性や、在来線の運行を一時的に止めるための饋電停止の措置を講ずる必要性が出てくる場合もある。

一方、在来線の路線線形が、必ずしも高速鉄道の線形に適する直線性を有さない場合、すなわち、曲線半径が小さい場合、高速鉄道の高速性能を生かすような線形の選択にはつながらない可能性がある。また、在来線と同様の盛土構造を採用した場合、高速鉄道の運行速度が 320 km/h というように在来線の 2 倍の速度で運行されると、運行に伴う軌道破壊が進行し、軌道の維持管理費用が増加する。

b)新線として路線が選定される場合

この場合は、高速鉄道の高速運行を発揮できる直線を選択することが可能であり、高速鉄道の本来の性能を引き出すことができる。

新駅の位置選定と同様に、自然のままの状態の未開発の土地(**green field**)を選択することは可能である。この場合の留意点は、高速道路等の線形構造物が先行して建設されている場合、高速鉄道の路線選定に制限を受ける可能性があるため、相互の位置関係を綿密に事前に調査して慎重に高速鉄道の線形を選定する必要がある。具体的には、高架構造の場合、高速道をと斜交するとき、支間が比較的長大になる可能性があり、道路管理者との協議の際に、道路側の中央分離帯内に高速鉄道の高架橋の橋脚を極力設置できるような協議を行うことで、支間を大幅に短縮できることが可能になる。このような協議の方法をインド側の構造物の計画立案者に技術移転することも重要である。

以上の考察を踏まえて、土木構造物（盛土構造・高架構造）の選択をインドに適用する場合の比較を以下の表 4 のように検討してみた。

表4 土木構造物（盛土構造・高架構造）のインドへの適用の検討表

構造物種別	場所		長所	短所
盛土構造 および 高架構造	駅部	新駅	比較的容易に未開発の土地を入手することが可能であり、支障移転の物件が少ないことから、用地買収費用を節減できる。また、高速鉄道の速達性を考慮した路線上に駅位置を選択できる。	バス、メトロ等の二次交通とのアクセスが不十分な場合、駅周辺の関連事業の開発を考慮する必要があることから、地方自治体との事前の協議で駅周辺開発をマスタープランに反映する必要がある。
		併設駅	在来線から高速鉄道への乗換え客にとっては、駅での乗換えの移動距離が短く利用しやすい。 高架構造を選択すると、所要面積が盛土構造の約3分の1であることから民間用地を買収する際に用地費を節減できる。	既設駅施設の移設や近接のビル等の構造物支障移転費用や移転交渉に時間がかかる。 盛土構造を選択すると、所要の面積が大きくなり、民間用地を買収の場合、代替地の手当や移転補償費がかさむ。
	駅間		在来線の鉄道用地に並行して盛土構造を構築する場合、用地買収の費用を軽減できる。	在来線の用地に並行して盛土を構築しても曲線半径が小さい場合は、高速鉄道の速達性を十分に発揮することはできない。

出典：筆者作成

6-1-6 インド高速鉄道の橋梁建設の工期の考察

インド高速鉄道の第1路線であるムンバイ～アーメダバード間の橋梁工事のうち、全体工期のクリティカル・パスとなる橋梁を事例として工期を考察してみる。

- ・構造形式：PSC 箱桁
- ・橋梁延長：1,260m＝60m/支間×21支間
- ・橋脚数：22本

工期の算定：橋梁工事のうち、全体工期を勘案して、クリティカル・パスの橋梁を選定

準備工：6か月（工専用道路、資機材仮置場、PRC箱桁製作ヤード造成）

・先行する橋脚は6本とする（P1, P18~P22）。理由は、現地の状況から、準備工の終了直後に、河川敷の施工ヤードの造成に着手できることによる。

基礎工：オープンケーソン工法（外径10m）を採用し、工期は6か月（1ケーソン基礎の施工日数180日）

下部工：2か月（橋脚の躯体部分の施工日数1か月、柱頭部（ピヤキャップ）の施工日数1か月）

雨期（8月のモンスーン）による作業休止期間1か月と査定。

小計 9か月

・後行する橋脚は14本とする。(P2~P10, P13~P17) 理由は、河川敷での瀬替え(河川の流路切替)を含む施工ヤードの造成のために、に約6か月間を要するため。

基礎工：オープンケーソン工法(外径10m)を採用し、工期は6か月(1ケーソン基礎の施工日数180日)

下部工：2か月(橋脚の躯体部分の施工日数1か月、柱頭部(ピヤキャップ)の施工日数1か月)
雨期にはかからないため、作業休止期間は0か月と査定している。

小計 8か月

・河川中央部の橋脚2本(P11~P12)

河川の流路を確保していた河川中央部の2本の橋脚部の施工は先行(6本)と後行14本のオープンケーソン工法による躯体部分と下部工の施工が完了後に着手するため、次の雨期を過ぎた段階になる。そのため、上部工の9径間の施工時も同時並行で河川中央部の2本の橋脚の施工が行われ、残りの上部工の12径間が終了する1か月前に河川中央部の2本の橋脚の下部工の施工が終了するようにする。

基礎工：オープンケーソン工法(外径10m)を採用し、工期は6か月(1ケーソン基礎の施工日数180日)

下部工：2か月(橋脚の躯体部分の施工日数1か月、柱頭部(ピヤキャップ)の施工日数1か月)
雨期(8月のモンスーン)による作業休止期間1か月

小計 9か月

上部工：スパンバイスパン工法 7か月

施工機械：架設機械は1組

施工パーティは1組(鉄筋工、型枠工、コンクリート工)

・全工期=準備工+先行+後行+河川中央部+上部工=6+9+8+9+2=34か月

ただし、上部工の工期7か月のうち5か月分は、河川中央部の工期中に施工できるので2か月のみを計上した。

6-2 インドの政策決定者向け高速鉄道建設計画の決定手順

6-2-1 インドにおける高速鉄道基本計画の策定³⁾

(1) 高速鉄道の定義

高速鉄道の定義を行う。国際鉄道連合においては、高速鉄道の定義は一義的には決まっていはいないが、以下のように高速新線と在来線の改良方式の2つに分けた定義が使われる場合が多い。

- ・高速新線：250km/h~350km/hの運行が行われる。
- ・在来線改良：200km/h以上の運行が行われる。

インド国の Indian Railways Vision 2020⁴⁾でも、高速鉄道は言及されており、

- ・高速鉄道：高速新線上で250km/h~350km/hの運行を行う。
- ・準高速鉄道：在来線を改良して160km/h~200km/hの運行を行う。

ここでも 2 つに分けて記述されている。

インドのムンバイ～アーメダバード間の高速鉄道建設計画は、新線建設方式のプロジェクトである。

(2) 運行速度の向上

世界の本格的な高速鉄道時代は、1964 年の日本の新幹線の開業で幕を開けた。この時の最高運転速度は 210km/h であった。その後の 50 年間で高速鉄道は各国に広がるとともに、インフラや車両、システム等のさまざまな技術の進展により大幅に向上した。現在、多くの国の高速鉄道の最高運転速度は 300km/h が主流である。

(3) 高速鉄道網の拡大

1964 年に開業した日本の高速鉄道の成功を受け、高速鉄道は 1980 年代以降、欧州各国に、また 21 世紀に入りアジアの各国にも拡大しており、その総延長は 20,000km を超えている。(2013 年 11 月現在)。現在、「高速新線上の 250km/h 以上の高速鉄道」を運行する国は、世界で 14 か国あり、すべての国で標準軌 (1435 mm) が採用されている。このうち、8 か国 (日本、フランス、ドイツ、スペイン、韓国、台湾、中国) が、最高速度 300km/h 以上または高速鉄道路線長 300km を超えている。

6-2-2 インド高速鉄道施設計画の決定手順 (案)

ここで、第 3 章、第 4 章および第 5 章の結論を踏まえて、ケーススタディとして、インドの政策決定者向けの鉄道施設計画の決定手順の案を提案する。

具体的には、以下のとおりである。

第 3 章の工事費と工期の比較の観点から、最適な工事費と工期になるような算定を考慮すること。

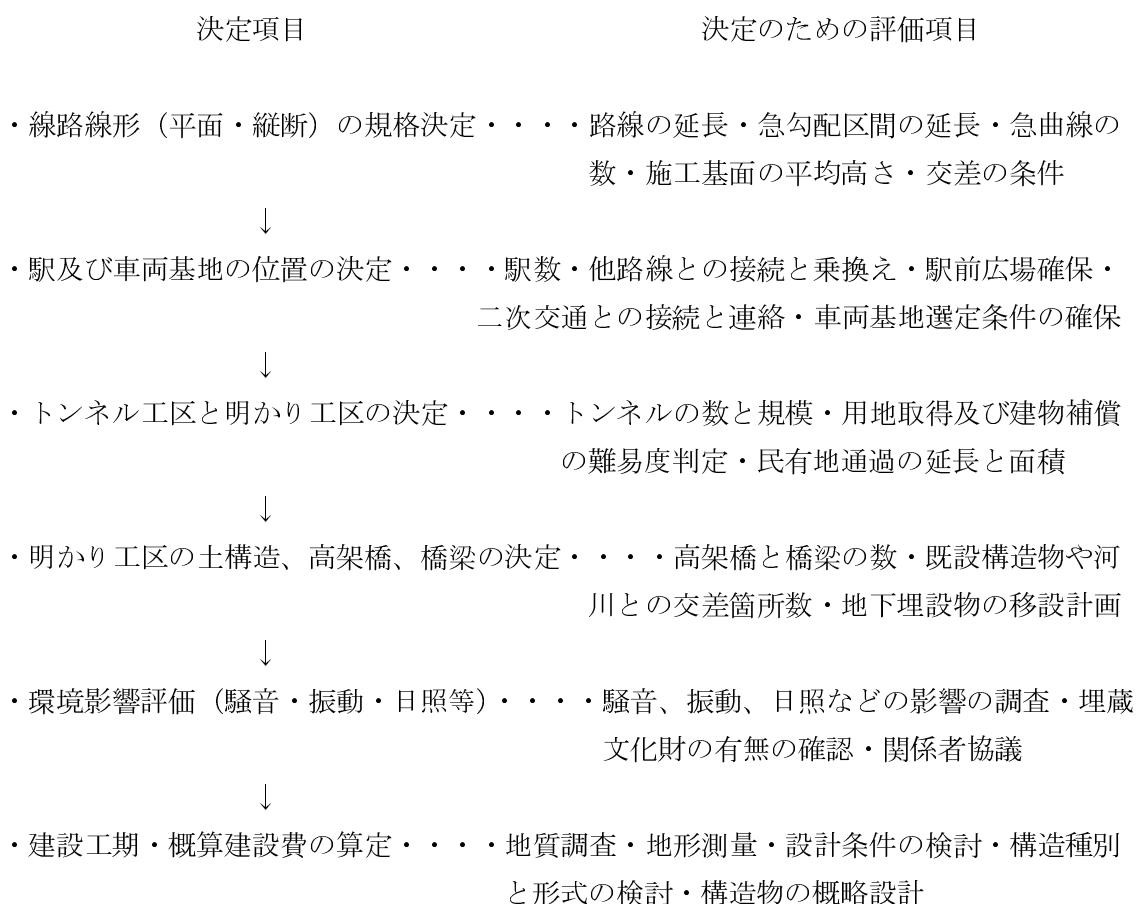
第 4 章の路線計画及び駅位置計画の検討事項の観点からの線路線形の規格決定と駅及び車両基地の位置の決定と環境配慮問題を考慮すること。

また、各種代替案の比較の観点からの明かり工区の土構造、高架橋、橋梁の決定を考慮すること。

第 5 章で筆者が提案した事業化調査の時点の事業費と工期に影響する項目のチェックリストの観点から、トンネル工区と明かり工区の決定、明かり工区の土構造、高架橋、橋梁の決定、及び建設工期・概算建設費の算定を踏まえたうえで、以下の流れの鉄道施設計画の決定手順の案を提案する。

左側に決定する項目を示し、右側に決定のための評価項目を示す。

○インドの政策決定者向けのインド高速鉄道施設計画の決定手順 (案)



ここで、特に留意したいのは、明かり工区の土構造、高架橋、橋梁の決定の場合、事業者側との詳細設計上のネゴが必要になる場合があるということである。

すなわち、F/S のときのリスクを洗い出しておく必要があるということである。このことは、F/S のときの代替案の少なさが詳細設計や契約書作成等の実施業務の時の事業者側とのネゴが難しくなるということに通じる場合がある。

日本の高速鉄道を海外に展開する際の問題点として、F/S の時に代替案をきちんと煮詰めておかないと、事業そのものの工期や工事費の低減や解消ができないことになる。すなわち、F/S のときに代替案を詰めておくと、事業者側による代替案への理解もしやすくなることで、コンセンサスを得やすくなるということを強調したい。

上記の下線部は、筆者が特にインドでの高速鉄道の事業化調査(F/S)に従事した経験に照らして、本研究での結論に相当するものと考えている最重要の事柄であると見なしている。

6-2-3 インドにおける高速鉄道候補路線の想定短縮時間

インド国鉄による「Indian Railways Vision 2020」の文書では、高速鉄道の候補路線として6ルートが挙げられている。その後1ルートが追加され、現在は7ルートである。最高速度を300km/h、表定速度を最高速度の70%とすると、候補路線とその他の路線では、時間短縮が次表のとおりになる。

表6 インドにおける高速鉄道候補路線の想定短縮時間

区間	距離(km)	現在の所要時間	高速鉄道の所要時間		短縮効果
			設定1	設定2	
Delhi~Amristsar	443	5時間5分	1時間50分	2時間4分	3時間10分
Mumbai~Ahmedabad	491	6時間45分	2時間	3時間	4時間45分
Hyderabad~Chennai	869	13時間	3時間30分	5時間31分	9時間30分
Chennai~Bangalore	362	4時間5分	1時間30分	1時間45分	3時間20分
Delhi~Kanpur	435	4時間40分	1時間40分	2時間	3時間
Delhi~Jaipur	308	4時間15分	1時間15分	1時間40分	3時間
Kolkata~Dhanbad	259	3時間		1時間5分	1時間55分

出典：参考文献2

注：設定1 最高速度を350km/hと仮定、設定2 表定速度を最高速度の70%と仮定

6-2-4 インド高速鉄道の縦断線形を決める際の方針（案）

【検討の方針】

縦断の線形決定には、「交差の高さ（構造物の高さ）」の確保は必要条件ではあるが、この外にも考慮しなければならない条件が多いことから、「交差の高さ」を仮設定して縦断線形の仮設定を行い、協議や構造物概略設計により「交差の高さ」が決定した段階で、縦断線形の修正を行う。

【考慮する条件】

1. 縦断線形の平滑化

- ・F/Sでは盛土である事から、工事費低減のために地盤に追従させ、盛土高の縮小を図っているため、全長508kmに対して358個所の勾配変更点（1.4km間隔）を設けている。
- ・盛土から高架橋への変更により、高さの差による工事費の差が縮小したので頻繁な勾配変更を避けて、1勾配長の延伸を図る。

（高低差による工事費の比率）

高さ10m 高さ15m 高さ18m

盛土ケース	100%	192%	260%
高架橋ケース	100%	105%	109%

- ・東北新幹線（最高速度 320km/h）の平均勾配変更点の間隔は 1.4km であるが、設計最高速度が 260km/h である事から、インド 350km/h に対して速度比から算定して、勾配変更点の間隔を 2.0km 以上とし、やむを得ないケースで 1.5km 程度で縦断線形の設定を行う。

2. 駅部の勾配（安全への配慮）

新幹線車両は、転動抵抗が小さく動き出し易いことから、駅部の勾配は水平とする。

3. 交差部のクリアを確保する

現時点では、協議・概略設計が確定していないことから、仮設定で行う。

4. 分岐部（駅部、車輛基地、保守基地等）への配慮

分岐器設置個所の線形は、基本は水平・直線である事が必要である。

5. 平面・縦断曲線の競合を避ける

- ・SOD では緩和曲線と縦曲線の競合が禁止されている
- ・平面の曲線と凸型縦曲線の競合には、カントの増加が必要であり、R=6000m の場合はカントの最大値を超えるため 350km/h → 340km/h への速度規制となる。

6. 構造物への配慮

- ・橋梁の高さを出来るだけ抑制する。高架橋については 15m 以下目途に設定したい。
- ・長大トンネルは、坑口以外に施工用の横坑・立坑が必要になるので避ける

7. 工事施工への配慮

- ・施工用の軌道基地等の設置に、配慮できる場合には行う。

6-3 インドの鉄道関係の組織と法令・基準および用地買収

6-3-1 インド政府の体制と鉄道関係制度

- ・インド政府の体制

インド独立後の 1949 年に新しいインド憲法が制定されたが、法律は植民地時代に制定されたものも有効であり、行政司法制度もその延長線上にあった。植民地時代には中央政府は総督が大きな権限を持って取り仕切る制度となっていたので、鉄道省などの中央機関は大きな実行力を持っている。インドでは鉄道省のもとでインド国鉄が鉄道事業を行ってきた

た。鉄道は鉄道法に基づいて事業が行われているので、地方州ごとに法令が異なることの影響はないとされている。

- ・鉄道安全委員

鉄道法第 3 章で鉄道安全委員会について定めている。鉄道安全委員 (Railway Safety Commissioner) は、民間航空省の傘下にあつて、鉄道省からは独立している。旅客鉄道の開業の安全性について最終判断をすることになる。

- ・鉄道関係制度

インドの鉄道事業が開始されてから 100 年以上を経た今日まで、インド国鉄が鉄道事業者であり、広軌鉄道を主体とした技術の規定が制定され、また、運転に関する駅の特異な取扱いや施設、設備および車両に関する保全手順マニュアル等が制定されている。

鉄道法 (Railway Act, 1989) は、鉄道事業実施の大枠を定めたものであり、実務レベルの細則が含まれていない。このため、技術規程が、技術基準・標準の制定手続きを経て、鉄道大臣の決定 (省令) または指示として制定されている。

鉄道法や既存の技術規程は在来線に対応したものであるもので、都市鉄道や高速鉄道のように電化や高頻度高速運転には、必ずしも対応できてはいない。運転乗務員の資格についても、蒸気機関車時代の機関助手制度を念頭に置いたものであり、近代的な動力車の運転士養成にはそぐわないところがある。電車運転士の資格認定については、デリーメトロの都市鉄道局で、新しい制度が実施されている。また、高速鉄道の運行のために特に新しい法律は必要ではないと考えられている。高速鉄道の技術基準は鉄道省が制定することになると考えられている。マニュアルやルールは、高速走行や列車制御技術に関しては、新しいものが必要になる。

6-3-2 インドの鉄道技術基準

インドの在来線の鉄道技術基準については、鉄道省が定めて公表している。技術内容の検討は鉄道省傘下の研究所である RDSO (Research Designs & Standards Organization) が担当している。

インドの高速鉄道用の技術基準については、鉄道省が主体的に取り組むことになると考えられるが、インドにおいて急速な技術開発に対応していくために、今後整備する必要がある。高速鉄道技術には、在来線の鉄道技術と異なるものがあるため、日本の高速鉄道技術を適宜提供することにより、円滑に迅速な技術基準制定を進めることが必要である。

6-3-3 用地買収

高速鉄道の建設に伴う用地取得については、すでに 6-1-3 の「インドに高速鉄道を導入する際の課題」として提示したが、ここでは、インドの土地収用法に関して記載する。

インドの旧土地収用法は、1894 年に制定された古い法律である。旧法は土地に対する補

償規定などは不明確な部分が多いため、土地所有者は補償額が少ないことに反発して反対運動に発展するケースが頻発した。2013年に政府や企業が土地を取得する際の住民補償などの細目を定めた新土地法が公布されている。新土地収用法では、政府が管轄する特別経済区等の国家事業では事前の地権者の同意を必要とはしないものの、所有者への「相応の補償」を義務付けている。さらに、土地の取得交渉の前に取得で生じる環境などを含む社会的影響の調査を行い、結果を交渉相手である土地所有者に公表するよう取得者側に義務付けた。土地を売った人のその後の生活が成り立つように配慮されている。

鉄道の用地買収については、鉄道法に基づいて実施できることになっているので、必ずしも地権者の同意や社会的影響の評価は必須とはされないが、新土地収用法の制定意義や政策的取組みとして、新法の尊重が必要であるので、今後の運用状況に注意する必要がある。

6-3-4 インド貨物専用線ルート活用の場合の得失についての検討

用地買収費を削減する観点から、かつて筆者がインド高速鉄道第1路線（ムンバイ～アーメダバード間）の事業化調査(F/S)に調査団の高速鉄道建設統括の立場で従事していた時に、インド鉄道省(MOR)からムンバイ～アーメダバード間をインド高速鉄道第1路線とある部分がほぼ並行して路線が続くインド貨物専用線(DFC)の残用地を高速鉄道用地に活用できないかの検討を依頼された時の筆者自身が行った検討結果を次表に示す。検討は3つの観点から行ってみた。

まず、用地取得上の観点からは、DFCの鉄道用地(ROW)にHSRを単線で敷設の可否から考察を試みてみた。増用地の必要がない場合は、用地費が節減され、かつ用地買収の事務費も節減される。次に、増用地の必要がある場合は、用地買収交渉の遅れに伴い、高速鉄道建設の着手そのものが遅れてしまう。

路線計画上または運転計画上の観点からは、DFCの最急曲線半径が700mであるため、高速鉄道(HSR)の特長である速達性が生かせれないことから、採用には至らない。

また、施工計画上の観点からは、表に記載の通り、DFCの開業後にHSRを施工することを余儀なくされた場合、活線施工を想定すると、安全対策のための防護の隔壁の設置や、貨物車両の接近警報装置の設備という防護設備費の計上や準備工の必要性などから工期も工費も増加することが確実である。

以上のことを総合して勘案すると、DFCルートを活用する場合、高速鉄道の路線として活用するにはデメリットが多すぎ、採用には至らなかったという結論に達している。

表 6 DFC ルート活用の場合の得失の整理

— 高速鉄道を単線で敷設する場合 —

観点	前提条件	HSR ルートと DFC ルートが近接して敷設される場合	記 事
用地取得	DFC の取得済 ROW に HSR の単線を敷設する余裕あり	DFC の ROW に余裕があり、増用地の必要がなく、そのまま DFC 用地内に HSR を単線で敷設ができる。⇒ 評価：○	用地費節減。 用地買収事務費節減。
	DFC の取得済 ROW に HSR の単線を敷設する余裕なし	DFC 用地以外に増用地の必要がある場合で、残地の形状によっては、用地の買収単価に差が出ることから、地権者によっては、用地買収交渉が難航する場合も想定される。 評価：×	用地買収交渉の遅延に伴う工事着工の遅れ。
運路転線計画画面上	HSR の速達性の重要度に重点を置くか否か	HSR ルートに比べて、DFC ルートは、一般的に線形が悪く(最急曲線半径 R=700m)、速達性の観点からは理想形とは言い難い。⇒運転時分が余計にかかる。⇒HSR の速達性が失われる。⇒単線運転であることから、緊急・異常時(線路故障、信号設備故障、車両故障で駅間に停車の場合)の対応の必要性がある。 評価：×	運転計画上の最適線形の選択が難しい。
施工計画画面上	工事施工上の難易度および工費・工期の検討	HSR を単線で建設する場合、DFC の開業後では、確実に活線施工となる。これにより安全対策費、環境対策費等で工費は約 3 割増高する。場合によっては、DFC 側に徐行運転や饋電停止を強いることとなり、これらにより、準備工の追加費用や工期の延伸等が要因となり、工事が大幅に遅延することが予想される。 評価：×	安全対策費・環境対策費等の追加費用の必要性 将来複線化の場合、更に増用地のための追加費用と用地買収期間を要し、建設費は割高となる。

出典：筆者作成

6-3-5 国別意思決定のプロセス

表 7 に日本、フランス、ドイツ、スペインそしてイタリアの国別の意思検定のプロセスとその問題点又は利点を示す。

表7 国別意思決定のプロセス

	日本	フランス	ドイツ	スペイン	イタリア
意思決定プロセス	日本ではトップダウンの要素と会議による集団での意思決定が混在している。合意を重視し、稟議が廻り、最終的に専門性を持たず、現場からも遠い上層部で検定される傾向がある。	フランスでは社会資本整備の意思決定過程や事業の進め方に対して、透明性や公正性を確保し、住民等の関係者の理解と協力を得るため住民参加の制度の導入を実施している。	ドイツでは意思決定過程に行政関係者だけでなく、様々な立場の人間を交えて議論が実施されている。すなわち、NGOをはじめ、民間人を参加させることが特に重要になっている。	スペインでは運輸インフラ事業の意思決定は計画と設計の複雑な過程を経て実施される。この過程には、経済及び環境評価、PI(パブリック・インボリューション)、技術分析を含んでいる。	イタリアでは合意形成過程そのものが重要といわれるが、2016年の憲法改正を問う国民投票は政府の老朽化した制度的枠組みを近代化し、意思決定過程を迅速化する試みで実施された。
問題点又は利点	意思決定が遅いことに対して、スピード感が要求される世界のビジネスの足枷となっている。意思決定ができる権限者が海外企業よりも少ないという原因がある。	リヨン～マルセイユ間のTGV整備計画に反対する反対運動⇒同計画の決定段階まで一般市民に情報が非開示されたことは手続きの不備である。	個人に割り当てられた仕事に関しては、必要な決定を行う権限は個人に付与される。⇒意思決定の速度が速い⇒個人のモチベーションを高める⇒よりフラットに意見交換⇒プラス効果	上記の過程の中にはOECDが推奨している戦略的環境評価SEA(Strategic Environmental Assessment)は取り入れられてはいない。	憲法改正を問う国民投票は、否決されている。意思決定過程に地方自治体やローカルな市民社会が参加することは容易ではない。

出典：筆者作成

以下に、インドの意思決定の仕方を列記する。

- ・インドでは、意思決定がまず行われ、その後、実施過程の詳細の検討がなされるのが一般的である。
- ・インドでは、意思決定は迅速であるが、実際にその事柄が実施されるまでに時間を要する。
- ・インドで日本の企業が接触する知識層は、アメリカ留学経験者も多く、経営者は上意下達式で素早い意思決定をする。
- ・日本人がインド人と仕事をする際には、意思決定の仕方を十分に話し合っておくことが重要である。決定が覆る可能性を出来るだけ事前に理解しておくことが要点である。

6-4 第6章の結論

第6章では、インドの高速鉄道建設計画の策定にあたっての課題、インドの政策決定者向け鉄道施設計画の決定手順（案）を提案した。

その際に、重要なことは、事業化調査(F/S)で代替案をしっかりと議論しておかないと実際に詳細設計に基づく契約書作成の段階で事業者の要望が多様化した場合に、事業のための工期や工事費が増加する可能性があるということを留意すべきである。

すなわち、F/Sで改良の余地があるということである。F/Sのときのリスクを洗い出しておく必要があるということである。このことは、F/Sのときの代替案の少なさが詳細設計や契約書作成等の実施業務の時の事業者側とのネゴが難しくなるということに通じる場合がある。

日本の高速鉄道を海外に展開する際の問題点として、F/Sの時に代替案をきちんと煮詰めておかないと、事業そのものの工期や工事費の低減ができないことになる。すなわち、F/Sのときに代替案を詰めておくと、事業者側が代替案への理解もしやすく、コンセンサスを得やすくなる。

参考文献：

1. 鉄道施設技術発達史編纂委員会：鉄道施設技術発達史、日本鉄道施設協会、2004年1月。
2. 運政機構資料 230106：日本財団助成事業、平成23年度 鉄道による低炭素社会の実現に向けた研究推進 報告書、p.2-65、2012年4月。
3. 独立行政法人国際協力機構：インド国 高速鉄道開発計画プロジェクト【有償勘定技術支援】ファイナル・レポート 要約編和文、2015年7月。
4. Government of India, Ministry of Railways：Indian Railways Vision 2020, 2009年9月。
5. 大内雅博：輸送密度から鉄道の本質が見える。一般財団法人、交通統計研究所、2016年9月
6. 日本貿易振興機構 海外調査部アジア大洋州課：インド鉄道市場の概要、2017年7月

第7章 結論と課題

7-1 結論

序章では、研究の背景、目的および構成を記述した。

第1章では、弾丸列車計画が東海道新幹線整備に及ぼした影響を要因別に体系化して把握し、政策や計画の意思決定や取組の影響と、工期や費用といった定量的に測定可能な影響に分け具体的な影響の検証を行った。その結果、東海道新幹線を5年間という短期間で整備する際に弾丸列車計画の計画内容が東海道新幹線でも踏襲しており、戦後の交流電化や車両技術革新が加わったことがある。また、弾丸列車計画での買収用地を活用し、期間短縮や用地費削減が図れ、さらに掘削工事が完了していたトンネルを活用して、建設費の削減ができた。これらの技術については戦前と戦後の体制変化があったにもかかわらず、引き継ぐことができたことがわかる。

第2章では、「新幹線の建設」として、日本の高速鉄道整備の論点と経緯について整理している。その結果、新幹線建設の動機は、東海道線の改良・整備への期待、東海道電車計画、鉄道先進国の鉄道高速化、弾丸列車計画の具体的な策定であることを確認している。

また、鉄道における新幹線の位置づけは、東海道新幹線は輸送力増強を目的として計画、山陽新幹線以降の新幹線は、地域開発型であることを確認している。

さらに、戦後の復興が一段落し、日本の経済が安定し、幹線の輸送需要が増加に転じ、特にその中核路線である東海道の輸送需要が逼迫し始めたことにより、東海道線の輸送が行き詰まったことから、東海道新幹線の着工へのきっかけの一つになったことを確認している。

新幹線の本線の主な技術基準は東海道新幹線以降で設計最高速度と縦曲線半径以外は殆ど変化がないことを確認している。

貨物新幹線構想は弾丸列車計画と東海道新幹線計画の双方にあり、いずれも実現しなかった。東海道新幹線計画で貨物新幹線が実現しなかった理由は、資金事情の制約、輸送保守間合いそして旅客需要の増大で貨物列車のダイヤを組めなくなったことであることを確認している。

第3章では、「日本と欧州各国の高速鉄道建設基準の比較」として、日本の高速鉄道と欧州各国、特にフランス、ドイツ、スペインおよびイタリアの高速鉄道の建設基準を比較している。その結果、最大軸重では欧州各国に比べてほぼ60%前後と軽量であることから、下部構造の鉄道路盤構造物へ軸重による破壊力が軽減されていること、日本の高速鉄道のトンネル断面積は欧州のものに比べて6割から7割程度の断面積であることから、日本の高速鉄道のインフラはコンパクトな設計となっており建設費が低減できる。

一方、1km当たりの建設費は欧州各国と比べると、社会的要請に基づく環境対策費と日

本に特有の地震対策のための耐震設計により割高になっており建設費が増加する。

建設費から乗客の乗心地までの評価が全てよい項目は、饋電電圧、饋電方式および電車線方式が該当している。逆に、全て悪い項目は最大軸重と混合運転が該当している。4つの評価が良い項目は、軌道構造（スラブ軌道）と逆転運転が該当している。逆に4つの評価が悪い項目は、編成長が該当している。次に3つの評価が良い項目は該当なし。逆に3つの評価が悪い項目は、営業最高速度、軌道中心間隔、施工基面幅、定員が該当している。以上のことから言えることは、電気関連の項目が押しなべて評価が高く、インフラ関連の項目と車両運行関連の項目の評価が悪いという結論になっている。

第4章では、「日本の高速鉄道計画の決め方と技術的代替案」として、日本の高速鉄道の決め方のうち、路線計画および駅位置計画の検討の際に考慮すべき事項と技術的代替案の事例を提示している。

その結果、線路容量増加の代替案として、在来線改良と別線線路増設（高速鉄道化）を比較すると、在来線改良の場合、建設費が安く（約25%減）、即効性があるが、線路容量の大幅な改善にはつながらない。一方、別線線路増設（高速鉄道化）の場合、建設費は高くつく（約25%増）が、速度向上（110km/h→260km/h、約240%増）と、線路容量の増加（約2倍）が期待できることを確認している。

上部工の代替案として、スラブ軌道とバラスト軌道を比較すると、スラブ軌道はバラスト軌道に比べて初期投資額は1.3倍であるが、約9年弱で保守経費がバラスト軌道よりも安くなることを確認している。

明かり構造物の代替案として、盛土構造と高架橋を比較した結果、盛土構造は高架橋より用地幅が約3倍必要であることを確認している。

高速鉄道駅の代替案として、高架駅と地平駅の建設費を比較した結果、高架駅は地平駅よりも7%割高であることを確認している。

土木構造物の形状の選択による長所・短所を整理している。特に、トンネル代替案の選択の場合、単線トンネル2本と複線トンネル1本の建設時と供用時の長所・短所を整理して明示している。

第5章では、「海外の高速鉄道計画の作成支援方法」として、海外での高速鉄道計画の作成支援方法についての一般化を検討した。具体的には、鉄道プロジェクトの調査段階の一般的な流れを示している。

また、最終的に鉄道事業者が必要とする用地買収面積に影響を及ぼす路線線形、駅位置及び車両基地の決定要素を示し、これらが特に事業化調査(F/S)の段階で代替案をしっかりと議論しておかないと事業の工期や工事費が増えることを明記している。

さらに、事業化調査時点の事業費と工期に影響する項目として自然的条件から変更される事項と人為的条件から変更される事項に大別したチェックリストを提案している。

第6章では、「インド高速鉄道建設計画の策定」として、第3章、第4章および第5章での結論を受けて、ケーススタディとしてインドの政策決定者向け鉄道施設計画の決定手順(案)を提案している。

その際に、重要なことは、事業化調査(F/S)で代替案をしっかりと議論しておかないと実際に詳細設計に基づく契約書作成の段階で事業者の要望が多様化した場合に、事業のための工期や工事費が増加する可能性があることを留意すべきであること。すなわち、F/Sで改良の余地があるということである。F/Sのときのリスクを洗い出しておく必要がある。このことは、F/Sのときの代替案の少なさが詳細設計や契約書作成等の実施業務の時の事業者側とのネゴが難しくなるということに通じる場合がある。

日本の高速鉄道を海外に展開する際の問題点として、F/Sの時に代替案をきちんと煮詰めておかないと、事業そのものの工期や工事費の低減ができないことになる。すなわち、F/Sのときに代替案を詰めておくと、事業者側が代替案への理解もしやすく、コンセンサスを得やすくなる。

7-2 課題

本研究では、発展途上国で高速鉄道を導入するに当たっての問題点を整理しきれなかったことである。それらの問題点を国際協力の観点から考察する際に、判断の指標をいくつか提案することを目指していたが、それは今後の課題である。

本研究では、このような課題を残してはいるが、本研究によって、海外の高速鉄道への技術協力という観点から、事業化調査の事業費と工期に影響する項目のチェックリストを提案している。この提案が、今後の海外の高速鉄道の技術協力にいささかでも役に立てば、幸いである。

謝 辞

筆者は、1974年に日本鉄道建設公団（現、独立行政法人 鉄道建設・運輸施設整備支援機構）に入社し、初任地の札幌支社、その後、青函建設局、北陸新幹線建設局、本社民鉄線部、北陸新幹線第二建設局、盛岡支社、本社新幹線部、本社企画調査部と鉄道建設業務に携わってまいりました。

その間、三度の出向時に、海外鉄道技術協力協会(JARTS)では、英仏海峡トンネルの技術協力、運輸省 運輸政策局では有償資金協力、そして、国際協力事業団（現、国際協力機構、JICA）では無償資金協力に携わりました。

その後、日本コンサルタンツ㈱に再雇用されて、国際協力に本格的に携わるようになってからは、調査のために外国の関係諸機関との協議を行うようになったことに伴い、博士号の必要性を痛感し、中央大学大学院理工学研究科で都市環境学を専攻しつつ、「海外での高速鉄道計画作成支援方法の開発」と題して研究を行ってまいりました。

本研究を遂行するに当たり、中央大学大学院理工学研究科 鹿島茂教授には、終始懇切丁寧なご指導と多くのご助言を賜り、衷心より感謝し、厚くお礼申し上げます。

また、本論文のとりまとめにあたり、中央大学大学院理工学研究科 志々目友博教授、同谷下雅義教授、同平川大貴准教授、東京海洋大学流通情報工学科 兵藤哲朗教授には、有意義なご指導、ご教示を賜りました。ここに心から感謝し厚くお礼申し上げます。

さらに、本論文の作成に当たりましては、中央大学理工学研究科 小林 貴 前助教（現、交通安全環境研究所 自動車研究部 研究員）、国土交通省国土交通政策研究所 竹内龍介主任研究官、同じ社会人大学院生の研究仲間であった 横浜市 環境創造局 黒澤之課長補佐、中央大学大学院理工学研究科 加藤正康氏には、ゼミでの討議において、貴重なご意見とご助言を賜りました。

なお、筆者が勤務している日本コンサルタンツ㈱の同僚である William Hayes 部長には、日常業務の合間に、本論文作成にあたって関連する英文参考文献の検索の都度お世話になり、ここに、心から感謝し、厚くお礼申し上げます。

最後に、本論文完成に至るまでの長い間、様々な形でご支援ご協力下さった多くの方々に深く感謝申し上げます。

2019年3月

早坂治敏