

21世紀の幹線鉄道網の構築方針に関する研究*

A Study on Building Policy for Japanese Trunk Railway Network in 21st Century*

波床 正敏**・中川 大***

By Masatoshi HATOKO**・Dai NAKAGAWA***

1. はじめに

21世紀に入って10年近く経過し、国土計画も一連の全総計画から国土形成計画へと新たな方向に変化してきている。だが、幹線鉄道網の基本案については、高度経済成長期の全国新幹線鉄道整備法(以下、全幹法)以降、30年以上にわたって新たな全国計画が策定されていない。同法における整備計画路線(整備新幹線)の建設は徐々に進行しているが、基本計画路線の整備は全く進んでおらず、在来幹線を含めた国土全体の幹線鉄道政策については将来のビジョンが示されているという状況ではない。

最近になって、中央新幹線の一部区間をリニア新幹線として建設する方針が運営会社から出され、具体化に向けて進み始めている。このような新設路線の出現は幹線鉄道網に新たな展開をもたらす可能性があるが、全国的な幹線鉄道網に関する議論は依然として進んでいない。

整備新幹線やリニア新幹線など一部区間の新幹線建設の議論だけではなく、在来線改良も含めた国土全体のネットワークの将来像を示すことが必要である。

本研究では、都道府県間を結ぶ幹線鉄道網について、新幹線建設と幹線改良をどのように組み合わせれば、国土全体として利便性の高い幹線鉄道ネットワークを構築できるかについて、数値解析を用いて分析を行うことを目的とする。

2. 分析内容与方法

(1) 分析の枠組み

本研究では、全国の幹線鉄道網の主要区間ごとに路線改良のレベルを選択することによって、投入費用によってどのような幹線鉄道体系を構築しうるかを、明らかにする。本研究では、費用制約下における、改良対象路線・改良対象内容・運行ダイヤ設定の組合せ最適化問題ととらえて分析をおこなった。構築される路線網の評価にあたっては、単なる列車の走行時間だけでなく、乗継ぎの利便を反映しうる指標として期待所要時間

(Expected Traveling Time: EVTT)を採用した。

路線の改良レベルの設定にあたっては、今後の幹線鉄道方針は必ずしも既存の全幹法だけにとらわれる必要がないため、これまでの研究の結果¹⁾⁻⁴⁾を参考に、新線建設だけでなく、在来線改良も選択肢に加えて分析した。

(2) 分析対象

分析対象地域は沖縄を除く都道府県を結んでいる幹線鉄道網(JR線および第3セクタ鉄道)とした。主要地点間の所要時間や運行頻度については旅客流動量のデータ年次を考慮して2005年時点のものを基本としたが、新幹線については、2007年末時点で工事中の区間が完成した状態を想定した。中央新幹線および四国新幹線の海峡横断部分については、既設の幹線鉄道が存在しないため、路線の改良は考慮せず、新設だけを考慮した。

評価値計算に用いたEVTTの計測地点としては、各都道府県の県庁所在都市の代表駅とした。在来線または新幹線相互の乗継ぎ時間は2分、在来線と新幹線を乗り継ぐ場合は7分必要であるとした。

(3) 路線改良費用・新設費用

本研究の分析では、路線の改良や建設に要する費用の設定状況が結果に影響を与えるが、本研究では比較的近年に実施された複線化・電化・在来線高速化・新線建設の各事例や試算値の平均を算出⁵⁾⁻¹⁰⁾することにより表1のように単価の設定を行った。また、新幹線の高速化については、東海道新幹線の高速化事業(のぞみ号の運転)の事例をもとに、速度向上幅に比例して改良費用単価も大きくなるように設定した。なお、いずれもデータ年次の違いを考慮するため、企業物価指数(総平均)を用いて2005年度価格に換算した。

改良後の表定速度についても表1に示しているが、運転速度が明らかになっている幹線主要区間の表定速度を用いて設定した。新幹線の表定速度については、区間の最高速度と表定速度の関係を分析して設定した。160km/h以上の速度で走行できる高速新線については、整備延長の最小値を設けているが、これは延長が短いと列車が最高速度に達する前に区間の終点に達してしまうことを考慮したものであり、近年の整備新幹線の駅間距離を参考に、260km/hで20kmと設定している。

表1をもとに、幹線の主要区間ごとに現状、および5

*キーワード：幹線鉄道計画, 全国新幹線鉄道整備法, 国土形成計画

** 正員, 博士(工), 大阪産業大学工学部都市創造工学科
(大阪府大東市中垣内3-1-1, Tel: 072-875-3001 (ex.3722),
E-mail: hatoko@ce.osaka-sandai.ac.jp)

*** 正員, 工博, 京都大学大学院工学研究科
(京都市西京区京都大学桂, Tel: 075-383-3225,
E-mail: nakagawa@urban.kuciv.kyoto-u.ac.jp)

表1 キロあたり路線改良・建設単価設定

	億円/Km	表定速度 (Km/h)	備考
複線化	13.10	—	単線→複線の線増費用
電化	0.98	—	複線の場合は2倍必要 160Km/h運転の場合必須
単線 130Km/h化	0.62	83.2	単線のまま、電化費用は別
複線 130Km/h化	1.24	91.9	複線化・電化費用は別
単線 160km/h化	2.85	106.0	単線のまま、電化費用は別
複線 160km/h化	5.70	113.1	複線化・電化費用は別
新線建設 160km/h	35.95	113.1	複線電化[整備延長 12.3km以上]
新線建設 260km/h	58.18	213.3	フル規格整備新幹線相当[20Km以上]
新線建設 500km/h	188.9	453.9	リニア新幹線相当[38.5km以上]
新幹線高速化	0.78	+10.1	最高速度の向上幅 10km/hあたり

分の整数倍の所要時間となるような選択肢を、例えば表2のように作成した。このように改良の程度を離散的な値にして選択肢とすることにより、費用制約下における、改良対象路線・改良対象内容・運行ダイヤ設定の組合せ最適化問題として分析できるようにした。なお、同じ時間短縮量で改良方法が複数ある場合は、改良費用の小さい方法を用いて選択肢を作成した。

(4) 評価方法

分析対象とした全228区間について、前項の方法で改良選択肢を作成するとともに、各交通結節点における列車の出発時刻を5分刻みで変化させ、その組み合わせ(単純計算で約 1.2×10^{636} 個)の中から、改良の総費用が設定された費用以下であり、なおかつ以下に述べる評価値が最小のものを選ぶこととした。これは、ナップサック問題であり、解析的に最適解を求めることが難しい。

本研究では、乗車時間や待ち時間などを含めた旅客の実質的な移動時間が少ないほど良い鉄道ネットワークであるとの観点から分析を行った。すなわち、都道府県庁所在都市間のEVTTと全国幹線旅客純流動調査(2005年)の流動量(鉄道、秋期平日)とを乗じて総移動時間数を計算し、これを評価値として使用した。運賃変化や他の交通機関からの移転、区間ごとの利用者数変化に伴う運行本数の増減は考慮していない。

分析指標として使用したEVTTは、交通機関そのものの所要時間、乗継ぎ、ダイヤ構成などを総合的に表現する指標である。間欠運行している都市間交通の各便の所要時間が小さく、運行頻度が高いほど小さな値となる。また各便の所要時間や運行本数が同じ場合でも、団子運転のような実質的な利便性が低い場合には値が大きくなる。実際のダイヤに沿って算出することで、乗継ぎの良否も考慮可能である。

1.2×10^{636} 個の全ての組合せについて評価値を計算することは非現実的なため、本研究では遺伝的アルゴリズム(Genetic Algorithm: GA)を用いた計算システム²⁰⁾を用い

表2 日豊線(大分-佐伯)の改良選択肢(例)

番	分	億円	状態	改良長(km)	備考
1	54	0	単線電化	0	基本
2	50	22.4	〃	36.1	130Km/h 単線
3	45	96.4	単線電化	33.8	160Km/h 単線
4	40	150.0	〃	52.6	〃
5	35	1184.6	複線電化	63.0	160Km/h 複線
6	30	2535.3	複線電化	43.6	260Km/h 新線
7	25	3063.5	〃	52.7	〃
8	20	3591.6	〃	61.7	〃
9	19	3775.9	〃	64.9	〃

表3 整備費用制約のケース設定

費用制約	0兆円(ダイヤ調整のみ), 1兆円, 3兆円, 5兆円 7.5兆円, 10兆円, 15兆円, 20兆円, 25兆円 30兆円, 35兆円, 40兆円, 50兆円
------	--

て、実用的な解を算出した。集団数1,000、トーナメント方式、突然変異率0.05、交叉率0.7、エリート戦略併用などとした。100世代にわたって評価値が改善されない場合、解に達したと判断した。

なお、計算時間はIntel Visual Fortran 9.1でコンパイルしたプログラムをCore 2 Quad (3.0 GHz, 4コア同時使用)、Windows Vista (64bit)の機器で計算した場合、1ケースあたり1ヶ月程度である。

(5) 整備費用制約などのケース設定

整備費用制約のケース設定は、費用0億円(速度向上無しでダイヤ調整のみ実施)を含めて表3に示した計17ケースとした。基本計画線を含めた全国の新幹線計画を完成させるには概ね35兆円を要することから、それよりもやや大きい値の50兆円を費用制約値の最大値とした。

各路線の列車の運行周期は60分を基本とし、最低毎時1本運行とした。すでに毎時1本以上運行されている区間については、現状と同じ運行本数とした。

3. 整備費用制約と所要時間短縮量

図1は、整備費用制約に対する総所要時間短縮量を示したものである。ただし、本原稿投稿時点で計算が完了していないので途中経過を示しているが、九州に関する分析などの経験に照らして、最終的な結果と全体的傾向の大きな差はない。整備費用が大きくなるほど総所要時

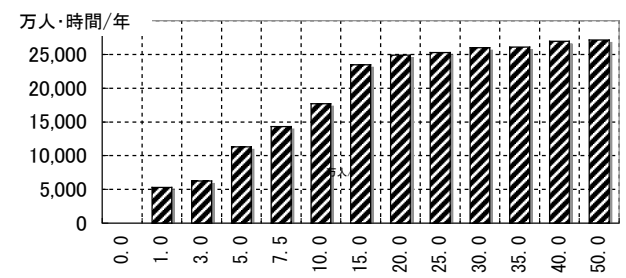


図1 整備費用と時間短縮量(途中経過) (兆円)

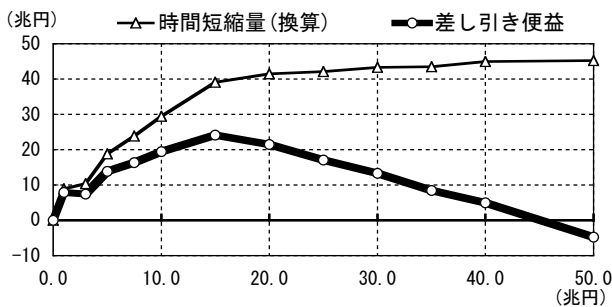


図2 費用制約と差し引き便益の比較(途中経過)

間短縮量は増大しているが、同時に投資額あたりの短縮量が小さくなる傾向があり、費用制約15兆円付近を境に急速に伸びが鈍化し、20兆円付近でほぼ頭打ちとなっている。この図ではどの程度の投入費用で、効果が最大になるのかわかりにくいので、本章では、総所要時間の短縮量を金額換算したもののから整備費用を差し引いた。

まず、総所要時間の短縮量を文献21)を参考に1分あたり69.4円の比率で便益額に変換するとともに、一定期間を累計した。本研究では文献22)において便益の計算期間が30年および50年とされていることを参考に、計算期間を40年とした。なお、航空等からの移転や誘発需要の発生、あるいは人口分布の変化などによる旅客流動のパターン変化、運賃変化については考慮していない。

図2は上述の方法で計算した結果(図1と同じく途中経過)であるが、費用制約が40兆円を超えると差し引き便益額が零になる。また、費用制約が15兆円の場合に差し引き便益額が最大となる。

4. 形成される幹線鉄道ネットワークの特徴

(1) 費用制約25兆円の場合



図3 費用25兆円の場合の幹線鉄道網

図3は、時間短縮量がほぼ頭打ちとなっている費用制約25兆円の条件での幹線鉄道網を図示したものである(途中経過)。25兆円とは、通常の新幹線なら約3500kmの建設費に相当し、すべてを新線建設に振り向ければ整備新幹線の未着工部分に加えて、基本計画線の大部分を建設することが可能である。

さて図3では、東京ー大阪間にリニア新幹線が整備されることが最大の特徴である。既設の新幹線については可能な限り高速化されるとともに、整備新幹線の北陸新幹線は米原方面、京都方面、大阪方面すべて整備される。そのほか、山形・秋田の両ミニ新幹線はフル規格化、常磐線・総武線・中央線・篠ノ井線・奈良線・阪和線・智頭急行線・山陰線の一部・岡山から四国各県への路線などもフル規格新幹線の建設となっている。他の在来線についても高速化されており、ほぼすべての都道府県庁所在都市が高速鉄道で結ばれるような計算結果となっている。

しかし、整備費用が15兆円を超えると、図1や図2からわかるように時間短縮量が明確に頭打ちになっており、経済的な視点とは別の基準-例えば、すべての都道府県庁所在都市を高速鉄道で結ぶことを目標など-によって評価されるべき計画であると言える。

なお、図3は計算の途中経過を図示したものであり、最終的な計算結果は若干異なる(特に九州島内)ものと考えられる。より最終結果に近いものについては、講演発表時に示す。

(2) 費用制約35兆円の場合

いっぽう図4は、費用制約35兆円の条件での計算結果を図示したものである(途中経過)。この段階では、ほぼ

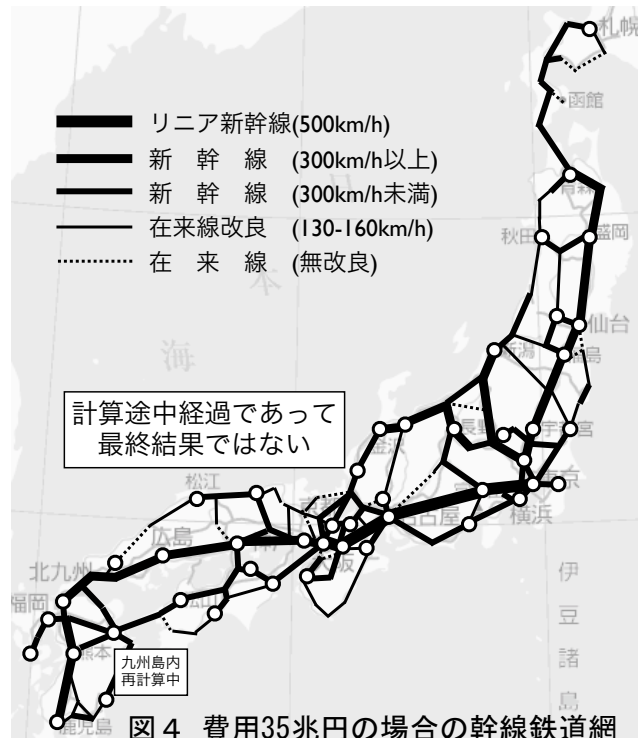


図4 費用35兆円の場合の幹線鉄道網

すべての幹線で高速新線である新幹線建設、もしくは在来線の高速が実施される。一部区間が在来線改良になるものの、近畿ー北海道に至る日本海縦貫線が新幹線化されるとともに、近畿ー四国ー九州に至る四国新幹線も整備される結果となっている。

このような鉄道網を形成するには、例えば、既存の国土軸とは別に新たな国土軸を形成することを目標にするなどの視点に基づく必要があると考えられる。なお、この段階でも差し引き便益は負ではない(図2)。

5. わが国の幹線鉄道整備政策に関する考察

本研究では新幹線建設だけでなく、幹線鉄道の改良を含めてネットワーク全体に投入する資金と得られる幹線鉄道網の利便性について分析を行った。この結果、整備費用が15兆円までは大きな効果がみられる一方、15兆円を超えると総所要時間の短縮量が頭打ちの傾向になることがわかった。

また、差し引き便益額が最大となる整備費用も15兆円であり、このときの時間短縮量を金額換算すると約40兆円になることがわかった。整備費用15兆円という額は小さな値とは言えないが、大きな社会的便益が発生するものであることや、わが国の社会資本整備全体の規模(国費だけで10年間で約80兆円)からみて決して莫大すぎるわけではない。

また、①15兆円のすべてが負担となるわけではなく、現行のスキーム下で建設する区間については施設の貸付料収入が還元されるものであること、②中央リニア新幹線の東京ー名古屋間については運営会社による投資も見込まれていること²⁰⁾、③現状における新幹線整備への公的投資額が年間約3000億円程度であること、などを考慮すると、このような交通体系は21世紀半ばまでには実現可能と考えられる。

6. 今後の研究課題

喫緊の課題としては、本稿作成のための計算が完了していないことである。速報的な数値を使用しているため、基本的傾向は把握できているものの、数値の精度に課題が残っている。

本研究では、都道府県庁所在都市を代表地として分析を行ったが、面積が大きな都道府県も存在するため、生活圈を考慮した分析なども必要と思われる。

また、本研究では幹線鉄道網の評価基準を期待所要時間としたが、運賃変化などを考慮するために期待一般化費用(EVGC)を採用したり、航空や自動車などの交通機関からの移転などを考慮した分析も必要と思われる。

さらには、実際にネットワークを構築するための具体

的な財源調達の方法などについても研究課題があるものと考えられる。

【参考文献】

- 1) 波床・中川:「わが国幹線鉄道網の再構築に向けたネットワーク構造の分析 - 幹線鉄道網へのハブシステム導入可能性 -」, 土木計画学研究講演集 33, 2006年
- 2) 波床・中川:「わが国幹線鉄道網の再構築に向けた基本政策の影響に関する分析 - ポスト全国新幹線鉄道整備法に向けて -」, 土木計画学研究講演集 35, 2007年
- 3) 波床・中川:「幹線鉄道整備の基本方針がネットワーク形成に与える影響の比較分析」, 土木計画学研究講演集 36, 2007年
- 4) 波床・中川:「公共交通網におけるパルスタイムテーブルシステム成立条件に関する研究」, 土木計画学研究論文集 Vol. 24, no. 4, pp. 693-702, 2007年
- 5) 亀岡市:「JR山陰本線(嵯峨野線)複線化事業の取り組み情報第1号」, http://www.city.kameoka.kyoto.jp/contents_detail.php?co=kak&frmId=185, 2006年10月31日
- 6) 京都府:「山陰本線京都ー園部間の複線化について」, <http://www.pref.kyoto.jp/koho/kaiken/kaiken2003/030402/030402komoku1.html>, 2003年4月2日
- 7) 佐賀県:「西九州ルートってどんなもの?」, <http://www.pref.saga.lg.jp/at-contents/kenseijoho/shinkansen/nazenani02.html>, 2007年
- 8) 愛知県:「平成15年度行政活動評価調査(愛知環状鉄道複線化等整備推進事業)」, <http://www.somusomu.pref.aichi.jp/hyouka/h16/16b/b1205.pdf>, 2004年12月
- 9) 佐藤:「関西の鉄道新線建設例をめぐって」, 鉄道ジャーナルNo. 391, 1999年5月号, p. 58, 1999年
- 10) 兵庫県:「JR加古川線の電化開業及び高架切替について」, <http://web.pref.hyogo.jp/contents/000060361.pdf>, 2004年7月5日
- 11) 嶺南広域行政組合:「小浜線紹介電化事業の概要」, <http://www.obamasen.com/introduce/electro.html>, 2007年
- 12) 日本鉄道建設公団高速化研究会編:「三セク新線高速化の軌跡」, 交通新聞社, 1998年
- 13) 葛西:「国鉄改革の真実」, 中央公論新社, 2007年
- 14) 国土交通省:「新幹線鉄道の整備」, http://www.mlit.go.jp/tetudo/shinkansen/shinkansen6_QandA.html#q3, 2002年
- 15) 青森県:「東北新幹線概要」, <http://www.pref.aomori.lg.jp/kokikaku/shinkansen/morihati.html>, 2005年
- 16) 鹿児島県:「九州新幹線鹿児島ルート計画概要」, <http://www3.pref.kagoshima.jp/shinkansen/gaiyou/gaitou-zu2.htm>, 2004年
- 17) 国土交通省:「整備新幹線の取扱いについて 政府与党合意」, http://www.mlit.go.jp/tetudo/shinkansen/shinkansen6_kanren.html, 1996年12月25日
- 18) 高速鉄道研究会編著:「新幹線 - 高速鉄道技術のすべて -」, pp. 217-225, 山海堂, 2003年
- 19) 札幌市:「北海道新幹線の概要」, <http://www.city.sapporo.jp/shimin/shinkansen/gaiyo/keikaku.html>, 2007年
- 20) 波床・中川:「GAを用いた都市間鉄道網計画策定支援システムの開発」, 2007年度土木情報利用技術論文集 Vol. 16, pp. 71-82, 2007年
- 21) 野村・青山・中川・松中・白柳:「EVGCを用いた都市間高速鉄道プロジェクトの便益評価に関する研究」, 土木計画学研究・論文集 Vol. 18 No. 4, pp. 627-636, 2001年
- 22) 国土交通省:「鉄道プロジェクトの評価手法マニュアル 2005」, <http://www.mlit.go.jp/tetudo/jigyohyoka/1.pdf-5.pdf>, 2005年
- 23) 東海旅客鉄道株式会社:「自己負担を前提とした東海道新幹線バイパス、即ち中央新幹線の推進について」, http://jr-central.co.jp/news/release/_pdf/000001078.pdf, 2007/12/25