

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*

A Comparative Study on Effects of Basic Policies for Trunk Railway Network Formation*

波床 正敏**・中川 大***

By Masatoshi HATOKO**, Dai NAKAGAWA***

1. はじめに

全国新幹線鉄道整備法(1970)は、新幹線整備により全国的な幹線鉄道網を実現するものだが、新幹線整備の有用性など¹⁾が一般に理解されつつあるものの、現時点では計画全体の完成の目途は立っていない。一方、スイスの幹線鉄道政策 Rail2000 では、1987 年以降、主要駅での乗継ぎ利便性向上を実現するために、路線改良や新線建設、高性能車両の投入などを行ってきており、新線整備延長は短いものの、鉄道利用者数を伸ばしており、今後のわが国の幹線鉄道政策の参考になると考えられる。

本研究は、日本がスイスと同様の幹線鉄道政策を採用した場合、従来の新幹線整備のみの方策と比べて、一定の費用制約下でどのような幹線鉄道体系を構築しうるかを計算により明らかにするものである。本研究では例として、九州を取り上げて分析した。

2. パルスタイムテーブルシステムについて

(1) スイスの幹線鉄道政策 Rail 2000

Rail 2000 では、図 1 のように²⁾、主要幹線において終日 30 分間隔の長距離列車運行をおこない、同時に新線建設・路線改良・高性能車両の投入などによって主要駅間を 30 分の倍数以内で結ぶようにした。これにより、主要駅では必ず他の幹線路線への乗継ぎが短時間で可能となっている。Rail2000 の結果、列車本数が 12%、列車キロは 14%、それぞれ増加するとともに、ネットワーク全体で旅客数が平均 8%、改良対象路線で約 20%増加するなど³⁾、大きな効果を上げている。

(2) パルスタイムテーブルシステムの成立要件

Rail 2000 では、パターンダイヤ採用とともに、主要駅での乗継ぎが良好となるように駅間所要時間と出発時刻の調整がおこなわれているが、このような運行システムをパルスタイムテーブルシステム (以下、PTS) と呼ぶ。PTS の成立条件としては、次の各項が挙げられる⁴⁾。

* キーワード：幹線鉄道計画, 全国新幹線鉄道整備法, Rail2000

** 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)

- ①乗継ぎ元と乗継ぎ先の運行間隔をそろえること。
- ②不必要に乗継ぎ先の出発時刻を遅らさないこと。
- ③交通結節点が 1 つだけで閉ループが無い場合は、交通結節点への集合時刻さえ決めればよい。
- ④ネットワーク上の閉ループに沿って一周した際のリンク走行時間の総和は、運行周期の整数倍とする。
- ⑤複数の交通結節点が存在する場合、これらの間のリンク走行時間は、運行周期の半分の整数倍とする。

(3) わが国幹線鉄道網における PTS 構築課題について

わが国の幹線鉄道網を対象として PTS を構築する場合、次のような考慮すべき課題が存在する。

- ①路線により運行頻度が異なる
- ②乗継ぎのための停車時間確保が難しいことがある
- ③乗継ぎを意図する必要がない場合がある
- ④隣接する交通結節点間が非常に短い場合がある
- ⑤費用制約が存在する

実際の幹線鉄道網では、このような複雑な事情を考慮して乗継ぎ利便性を考慮した改良計画を立案する必要がある。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。

3. 分析対象と分析方法

(1) 分析対象地域とネットワーク

分析対象地域は九州とした。表 1 のように、九州は参考とするスイスと面積が同程度であり、関門海峡部分のみで他地域とつながっているため、分析しやすい。また、評価値計算に用いた期待所要時間(以下、EVTI)の計測地点としては、図 2 に示す広域生活圏の中心都市(含

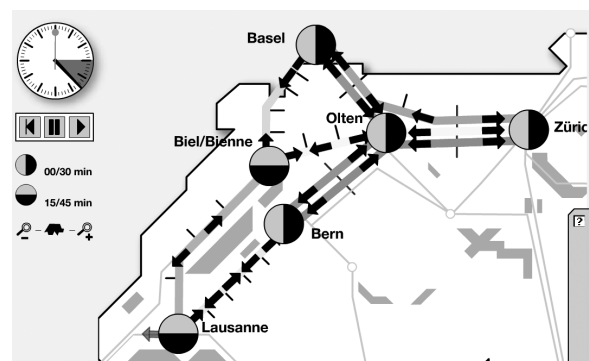


図 1 Rail 2000 の運行システム

む県庁所在都市)の中心駅とした。九州外からの流動を考慮する際の代表地点は、小倉駅とした。

分析対象ネットワークは、図2に示した九州内のJR線および第3セクタ鉄道、福岡市営地下鉄の一部とし、九州新幹線鹿児島ルートが全通した状態を想定する。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。

(2) 改良費用の算定条件

路線改良に要する費用のkmあたり単価および改良後の平均速度は、文献5)などを参考に表2のように設定した。表2をもとに、図2の各区間ごとに現状、および5分の整数倍の短縮量となるような選択肢を例えば表3のように作成した。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採用した。

(3) 評価方法

分析対象とした全区間について、前項の方法で作成した改良選択肢、および各交通結節点を都市間列車が発着する時刻を5分刻みで変化させた場合の全組み合わせの中から、改良費が設定以下かつ評価値最小のものを選ぶ。

広域生活圏の中心都市相互間のEVT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。

EVT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

表1 スイスと九州の概要

	人口 [万人]	面積 [km ²]	人口密度 [人/km ²]	路線延長 [km]	地域区分
スイス	739	41,000	180	約3,000	26州
九州	1,345	42,200	318	約2,100	7県、生活圏数25

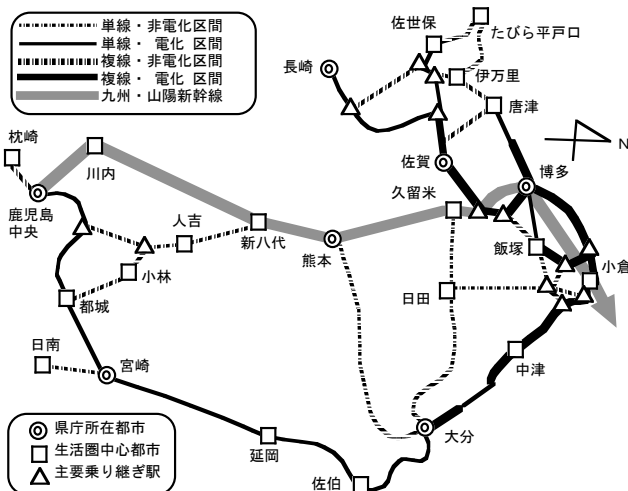


図2 分析対象都市(駅名)・鉄道ネットワーク

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。

全組合せについて評価値を計算することは非現実的なので、本研究ではGAを用いて、実用的な解を算出した。集団数300、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。50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。

(4) 分析ケース設定

分析ケースは、整備費用0億円(速度向上無しでダイヤ調整のみ実施)および500~2,500億円までは500億円きざみ、以後2.5兆円まで2,500億円きざみの計15ケースとした。また、PTSの周期は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。

各費用制約額について、現行の幹線鉄道整備方法である新幹線の建設と速度向上のみによる方法(以下、現行の整備方法)とRail2000のようにあらゆる整備手法を組み合わせる方法(Rail2000的整備方法)とについて、GAを用いて都市間の総移動時間が最小となる整備内容および列車出発時刻の組み合わせを求めた。

4. 整備費用ごとの所要時間短縮による便益

表2 キロあたり路線改良単価設定

在来線	億円/Km	平均速度 (Km/h)	備考
複線化	3.00	—	160Km/h 運転の場合必須
電化	2.00	—	160Km/h 運転の場合必須
130Km/h 単線	0.52	90	元路線表定速度90Km/h未満区間
130Km/h 複線	0.80	100	元路線表定速度90Km/h未満区間
160Km/h 運転	7.10	112	元路線表定速度90Km/h以上の場合
160Km/h 新線	40.00	128	スーパー特急相当[改良長20Km以上]
260Km/h 新線	70.00	208	フル規格整備新幹線相当[20Km以上]
300Km/h 運転	1.60	240	九州新幹線で、区間長20Km以上
320Km/h 運転	2.40	256	〃
350Km/h 運転	3.60	280	〃
320Km/h 運転	0.80	256	山陽新幹線で、区間長20Km以上
350Km/h 運転	2.00	280	〃

表3 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	12.6	〃	24.2	130Km/h 単線
3	45	28.3	〃	54.4	〃
4	40	229.3	複線電化	60.3	130Km/h 複線
5	35	2091.9	複線電化	52.3	160Km/h 新線
6	30	3090.6	複線電化	44.2	260Km/h 新線
7	25	3734.4	〃	53.3	〃
8	20	4378.3	〃	62.5	〃
9	19	4543.0	〃	64.9	〃

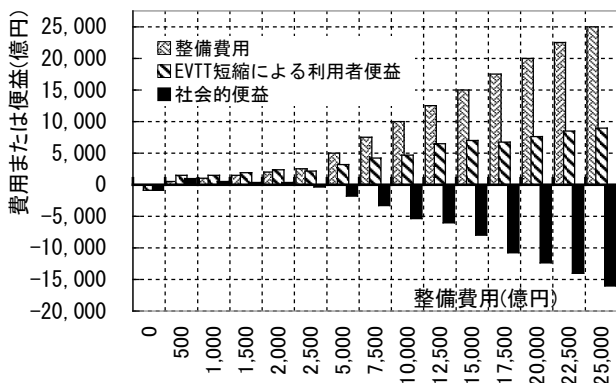


図3 整備費用と便益（現行の整備方法）

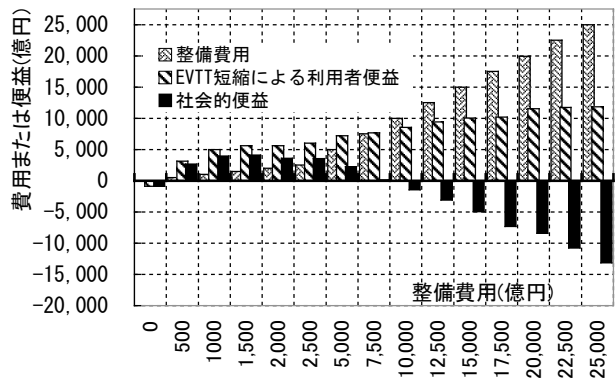


図4 整備費用と便益（Rail2000的整備方法）

図3は、現行の整備方法によって九州の幹線鉄道網整備を進めた場合について、整備費用制約、EVTT短縮による利用者便益、およびこれらの差分としての社会的便益額を示したものである。利用者便益については、2005年時点の実際のEVTT(九州新幹線は新八代以南のみ)をもとに計算した総移動時間を基準に、各分析ケースにおける総移動時間との差分を計算し、文献6)を参考に1分=69.4円として40年分の便益額を計算したものである。また、図4はあらゆる在来線改良を採用できるRail2000的整備方法による結果である。

両者とも、整備費用が大きくなると利用者便益の伸びが頭打ちの傾向だが、現行の整備方法に基づく図3に比べて、Rail2000的整備方法に基づく図4の方が、一般的にEVTT短縮による利用者便益の値が大きく、特に整備費用1兆円程度以下において、その差が顕著である。

また、現行の整備方法に基づく図3では、整備費用が2,500億円程度までは社会的便益が非常に小さく、整備費用500億円において社会的便益が1,000億円程度で最大となるのに対し、Rail2000的整備方法に基づく図4では整備費用7,500億円程度までは社会的便益額がプラスであるとともに、整備費用1,000～1,500億円程度において最大(社会的便益4,000億円程度)である。

図4によると、整備費用1,000～1,500億円付近と2兆5,000億円の場合とを比べると、前者の費用は20分の1だが、利用者便益は約半分にもなっている。

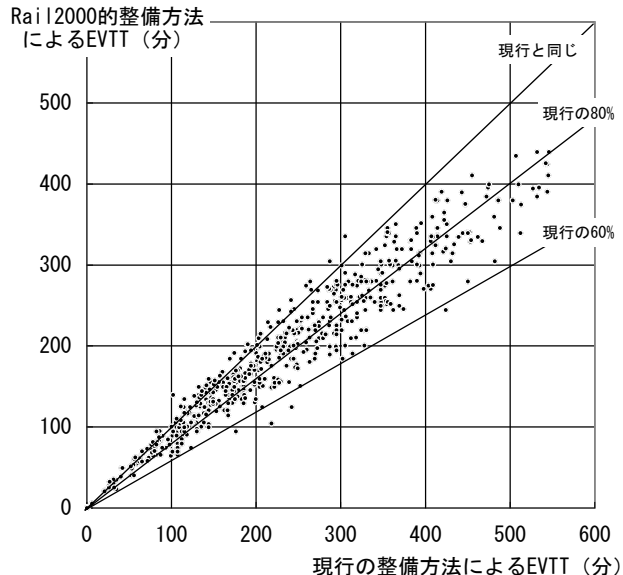


図5 整備手法の違いによる都市間のEVTTの差

5. 都市間の期待所要時間の比較

図4において社会的便益がほぼ最大になった整備費用1,500億円の条件下において、分析対象とした全都市間のEVTTを現行の整備手法とRail2000的整備手法の両方について計算し、比較できるように図示したものが図5である。横軸に現行の整備方法によるEVTTの値を、縦軸にRail2000的整備手法によるEVTTの値をそれぞれとり、一区間ごとに点を打ったものである。図中の斜め45°線よりも上にプロットされた区間は、現行の整備方法に比べてRail2000的整備手法の方がEVTTの値が大きくなる区間であり、逆に、この線よりも下にプロットされた区間は、Rail2000的整備手法の方が値が小さくなる区間である。

一見してわかるように、多数の区間において現行の整備方法に比べてRail2000的整備手法の方がEVTTの値が小さくなっている。このことから、図4のような結果は、特定の区間の所要時間が大きく短縮されたことに起因するのではなく、多くの区間において所要時間が短縮されたことを反映していることがわかる。

6. 形成される幹線鉄道ネットワークの傾向について

図6および図7は整備費用2兆5,000億円の条件下において、現行の整備手法とRail2000的整備手法の両方について計算して結果を図示したものである。この費用制約では、両手法とも社会的便益は大きくマイナスである。基本的な傾向は両者とも似ており、長崎本線(図の右中央から中央上方向への路線)や日豊本線(図の右下から左への路線)などにおいて、高速新線が建設されることになっており、すなわち完全な形ではないが九州新幹線長崎ルート(現在は整備計画区間)や東九州新幹線(現

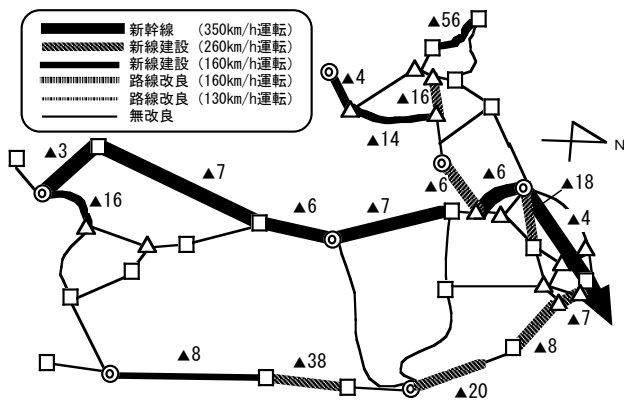


図6 現行の整備方法に基づく路線網(2兆5千億円)

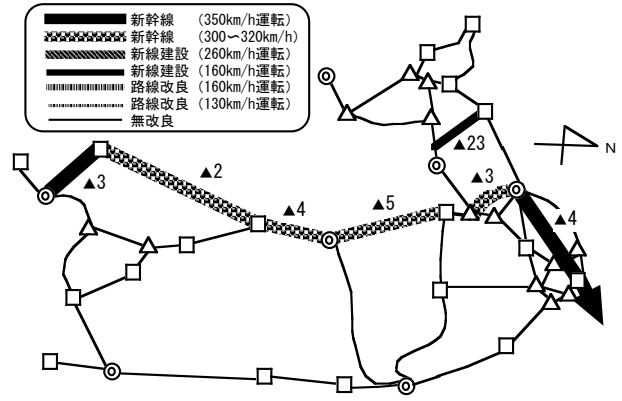


図8 現行の整備方法に基づく路線網(1,500億円)

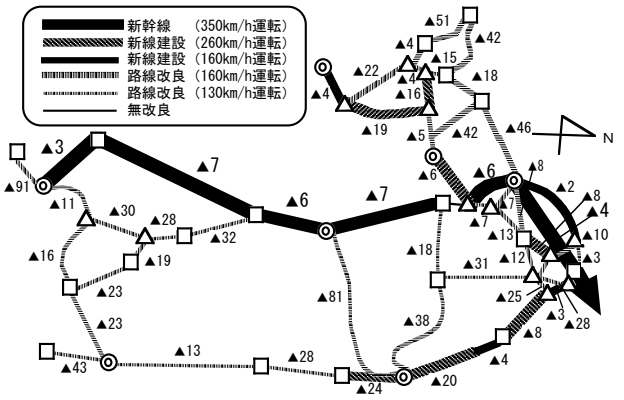


図7 Rail2000的整備方法に基づく路線網(2兆5千億円)

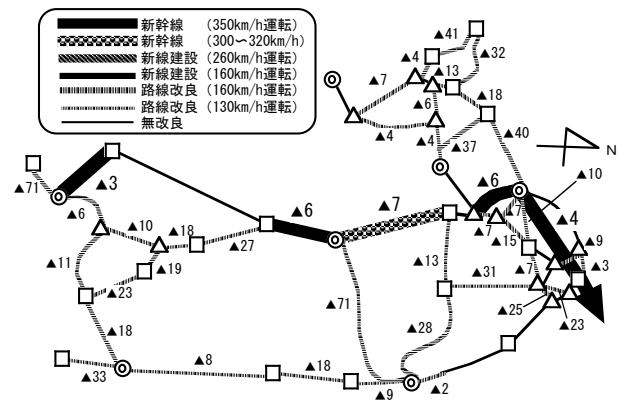


図9 Rail2000的整備方法に基づく路線網(1,500億円)

在は基本計画区間)などが建設される。大きな違いは、在来線の改良にあり、図7では、図6に比べて宮崎県下(図の左下部分)における新幹線建設が無い分、多くの在来線路線において時間短縮が行われている。

図6および図7は、整備費用1,500億円の条件下についての結果を図示したものである。1,500億円の費用で整備できる新幹線の路線延長としては20kmあまりでしかなく、有効な時間短縮手段にはならない。このため、図8では必ずしも旅客流動が多くない区間の新線建設によって、制約条件を満たすような解を求めている。一方、図9では高速新線の建設は一切行われていないが、各路線の改良により、全体的な利便性の向上が図られている。

7. まとめと今後の課題

以上のように、Rail2000的な幹線鉄道の整備手法は、比較的小規模な投資で比較的大きな効果を引き出せる可能性が高いことが示された。すなわち、今後のわが国の幹線鉄道整備の基本策としては、乗継ぎ利便性向上を目指し、高速新線整備だけにこだわらず、あらゆる手段を講じてゆくことが重要であると考えられる。

本研究では、九州を対象として総移動時間短縮の観点から分析を行ったが、運賃変化を考慮した分析や、総量

のほかにも地域ごとのバランスの観点での最適化基準の導入なども考えられる。また、全国的な分析をおこなうことによって、今後の全国的な幹線鉄道体系の姿を探ることも重要な課題である。

【謝辞】

本研究の数値計算を行うにあたり、大阪産業大学都市創造工学科海岸工学研究室の水谷夏樹先生には、大変お世話になりました。末筆ながら感謝の意を表します。

【参考文献】

- 1) 中川・波床: 整備新幹線評価論 - 先入観にとらわれずに科学的に評価しよう -, ピーテック出版部, 2000. 10
- 2) SBB: Informationen-Bahn2000 (<http://mct.sbb.ch/mct/bahn2000>)
- 3) 加藤: 「スイスの都市間鉄道サービス改善に向けた取り組み: RAIL2000プロジェクトとその後のSBBの研究開発」, 運輸政策研究 Vol. 9 No. 2 2006 Summer, pp. 59-061, 運輸政策研究機構
- 4) 波床・中川: 「公共交通網におけるパルスタイレブシステム成立条件に関する研究」, 土木計画学研究講演集 34, CD-ROM, 2006
- 5) 運輸経済研究センター: 「在来線の高速化に関する調査研究報告書」, p. 36, 1993
- 6) 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