

東海道新幹線開業後の 高速鉄道網の最適化試算結果に関する考察

波床正敏¹

¹正会員 大阪産業大学教授 工学部都市創造工学科 (〒574-8530 大阪府大東市中垣内 3-1-1)
E-mail: hatoko@ce.osaka-sandai.ac.jp

わが国の幹線鉄道網は1964年の東海道新幹線に始まり、以後、山陽新幹線、東北・上越新幹線と建設され、約50年を経た現在は一部の整備新幹線が開業するに至っている。オイルショック以降、長らくの間新規着工が凍結されたことなどが影響し、当初の全国的計画の完成までには、なお長期を要する状況にある。現状の新幹線網の形成は、適切なインフラ整備だったのか、それとも過小あるいは過大な整備だったのかは明確では無い。

そこで本研究では、東海道新幹線開業時を基準として近年の2010年頃の人口分布等を想定し、遺伝的アルゴリズムを用いて最適な幹線鉄道網を探索した。探索結果と実際の幹線鉄道網を比較し、現在の幹線鉄道網が旅客の一般化費用を最小化するようなネットワークに近いのか、それとも移動時間のみを最小化するようなネットワークに近いのかなどについて分析を行い、最近までの幹線ネットワーク整備政策が適切であったかどうかについて考察を行うこととする。

Key Words: trunk railway network, expected value of general cost, ideal network, genetic algorithm

1. はじめに

(1) 研究の背景

わが国の幹線鉄道網は1964年の東海道新幹線に始まり、以後、山陽新幹線、東北・上越新幹線と建設され、約50年を経た現在は一部の整備新幹線が開業するに至っている。オイルショック以降、長らくの間新規着工が凍結されたことなどが影響し、当初の全国的な新幹線整備計画はまだなお長期を要する状況にある。現状の新幹線網の形成は、適切なインフラ整備だったのか、それとも過小あるいは過大な整備だったのかは明確では無い。“歴史にIFは禁物である”と言われるものの、現在とは異なる幹線鉄道網の姿が適切であったのか、それとも、現在のネットワークが概ね妥当であるのか興味深く感じられる。

(2) 本研究の目的

本研究では、東海道新幹線以外的高速鉄道が存在しない幹線鉄道網の状態を基準として、ほぼ人口ピーク時の2010年頃の人口分布等を想定し、遺伝的アルゴリズム (Genetic Algorithm: GA) を用いて最適な幹線鉄道網を探索した。探索結果と実際の幹線鉄道網を比較し、現在の幹線鉄道網が旅客の一般化費用を最小化するようなネットワークに近いのか、それとも移動時間のみを最小化する

ようなネットワークに近いのかなどについて分析を行い、東海道新幹線整備後の幹線ネットワーク整備政策が適切であったかどうかについて考察を行う。

わが国的高速鉄道網を中心とする幹線鉄道網整備は、1964年の東海道新幹線に始まるが、これ以降の幹線鉄道整備はどうあるべきであったかについて、高速鉄道として東海道新幹線だけが存在するような幹線鉄道ネットワークを前提として、期待一般化費用(Expected Value of General Cost: EVGC)および期待所要時間(Expected Value of Traveling Time: EVTT)を指標としてGAを用いて最適化を行い、現状のネットワークと比較分析する。

なお本研究は、現時点の人口分布を前提とした場合、現状のネットワークに過不足があったか、ネットワーク形成の基本政策に課題が無かったかを考察するものであり、計算結果が今後のわが国の幹線鉄道網の適切な方向性を直接指し示すものではない。

2. 期待一般化費用(EVGC)と期待所要時間(EVTT)

(1) 定義について

EVGCは、すでにその考え方が提唱されて10年以上、EVTTは20年以上を経ているが、あらためてその概要を説明する。以下はEVGCについてのものである。

2 地点間の移動に要する一般化費用(本研究では、時間的コストと金銭的成本を考慮し、前者に時間価値を乗じたものと後者との和とする)は、一般的には利用する便ごとに乗車時間や料金が異なるので(例えば、快速列車と特急列車とでは、時間だけでなく金銭的成本も異なる)、各便の出発時刻においては図-1の●点のように示される。また、他の時刻を出発時刻とした場合は、次便までの待ち時間という新たな時間的コスト(・・・を金銭価値換算したもの)が加わり、図中の斜め線のようになる。旅行開始時刻に対して目的地に最も小さい一般化費用で到着することを想定すると、斜め線のうち実線部分をつなぎ合わせたノコギリ状のグラフが時刻に対する一般化費用の時間変化を表している。この場合、鎖線部分はより小さな一般化費用で到着する便があるので利用されない。このノコギリ状のグラフを平均して指標としたものが期待一般化費用(Expected Value of General Cost: EVGC)である。EVGCは、各便の所要時間が小さく、運行頻度が高く、運賃・料金が少ないほど小さな値となり、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、あるいは便によって費用が大きく異なっていて実質的に利用できる便が限られる場合などには指標値が大きくなる。実際のダイヤに沿って算出することで、乗継ぎの良否についても考慮できる。

EVTTについても基本的な考え方は同じで、前述の説明のうち、一般化費用を単に時間に置き換えたものになる。

(2) EVGCに基づく最適化について

EVGCは利用者(需要側)の視点における指標であるため、EVGCを基準にネットワークを最適化した場合、その結果は交通事業者側(供給者側)の収支変化を考慮していないため、必ずしもEVGCの改善は事業者を含めた社会的改善とは限らない。

しかし、EVGCが総合的な移動抵抗を表現する指標であることを考慮すると、EVGCの改善は地域間の交流拡大や、交流拡大の副次的影響としての長期的な地域活性化

化につながると考えられる。逆に、供給者便益を考慮した社会的な最適解であっても、EVGCが改善されない場合には地域間交流の拡大につながらず、都市間交通整備を行っても沿線地域の活性化につながらない可能性がある。

このようなことから、本研究では、都市間交通の改善を通じて、長期的な地域活性化を実現すべきとの立場から、ネットワークの最適化基準の一つとして、EVGCを用いることとした。

(3) EVTTに基づく最適化について

一方、EVTTは運賃変化を考慮出来ないなど、EVGCに比べて計算が簡略化されているために、移動抵抗を計測する指標としては表現力が劣る面がある。しかしながら、運賃変化に関しては、利用者(需要)側の費用増は交通事業者(供給者)側の収入増と見ることもできるため、社会全体ではキャンセルアウトされていると見ることもできる。その場合、EVTTで計測された値は、純粋に交通事業の提供による社会的付加価値の向上分を表現していることが可能である。すなわち、移動時間として無駄に捨てられていた移動者の時間を、他の生産的な活動に振り向けることが出来るようになったという創造的な基本的効果を計測している。したがって、EVTTの指標計測が簡便であるからと言って計測結果が無用であることを意味しない。

このようなことから、本研究では、都市間交通の改善を通じて、社会的な付加価値がどれだけ新たに創出するかという観点から、もう一つのネットワークの最適化基準として、EVTTを用いる。

3. 分析の基本的な枠組み

(1) 分析対象ネットワークについて

本研究では、東海道新幹線以外的高速鉄道が存在しない幹線鉄道網の状態を基準として、図-2(および表-1)のような沖縄を除く都道府県を結ぶ幹線鉄道網(JR・第3セクター)、および航空路(1日5往復以上の路線)を対象として分析を行う。

表-1 分析対象路線の扱い

2010年の 現実の路線の状況	本研究での取り扱い
2010年時点の在来線	そのまま在来線として扱う
北越急行、智頭急行	当初予定の低速ローカル線として扱う
2010年時点の新幹線	開業直前の在来線の状態扱う
東海道新幹線	そのまま新幹線として扱う
並行在来線の無い 新幹線の予定線	新線建設の有無のみを扱う (四国新幹線海峽部や中央新幹線等)
※ 中央新幹線	奈良・京都・京田辺の各経由3ルート扱い
5往復以上の航空路線	取り扱い対象

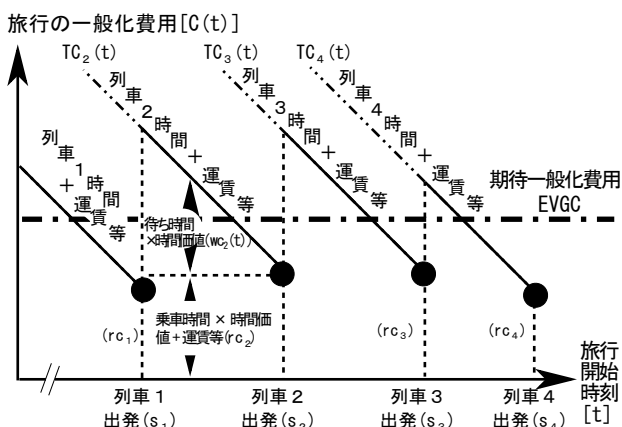


図-1 EVGC(期待一般化費用)の考え方

主要地点間の所要時間や運行頻度については基本的には流動データの年次を考慮して2010年時点としたが、東海道新幹線以外の新幹線については、表-1のように新幹線開業直前の並行する在来線の状態(例えば山陽新幹線ならば、新幹線開業前の山陽本線)で分析する。中央新幹線と四国新幹線(海峡横断部)は、新設だけを考慮し、バス路線などについてはネットワークとして考慮していない。各路線の運行周期は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(2010年)と同数とした。

評価値計算に用いたEVGCの計測地点は、各都道府県の県庁所在都市の代表駅とし、北海道は全国幹線旅客純流動調査にあわせて四分分割している。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) 基本的な計算方法

これまでの一連の研究では、一定の費用制約値を設け、その費用制約下において実質的な総犠牲量が最小となるような改良対象路線・改良対象内容・運行ダイヤ設定(列車の出発タイミング)の組合せをGAによって求めていた。しかし、最適解を求めることだけに着目すると、費用制約値の設定とそれに基づくGA計算作業を繰り返し行わなければならないため、計算時間が長くなりがちである。そこで、計算手順を一部変更し図-3のような手順で実施した。

まず、特に費用の上限を設けずに各路線の改良レベルを表現する集団を生成した後、個体nに対応するネット



ワークについてEVGCを計算し、以下の方法で流動量を考慮したEVGCの総和 S_n を計算する。

$$S_n = \sum_i \sum_j (A_{ij} \text{EVGC}_{ij}) \quad [1]$$

S_n : 個体nに対するEVGC総和
 A_{ij} : ij間の幹線旅客純流動量 *
 EVGC_{ij} : ij間のEVGC

ij間の幹線旅客純流動量については、本研究の計算開始時点で2010年の都道府県間の幹線旅客純流動調査の結果が公表されていなかったため、2005年の都道府県間の幹線旅客純流動調査の結果(秋期平日、鉄道および航空)をもとに、発生・集中量が都道府県の国勢調査人口に比例すると仮定し、都道府県間の旅客流動量をデトロイト法で調整して[1]の A_{ij} の値として使用した。

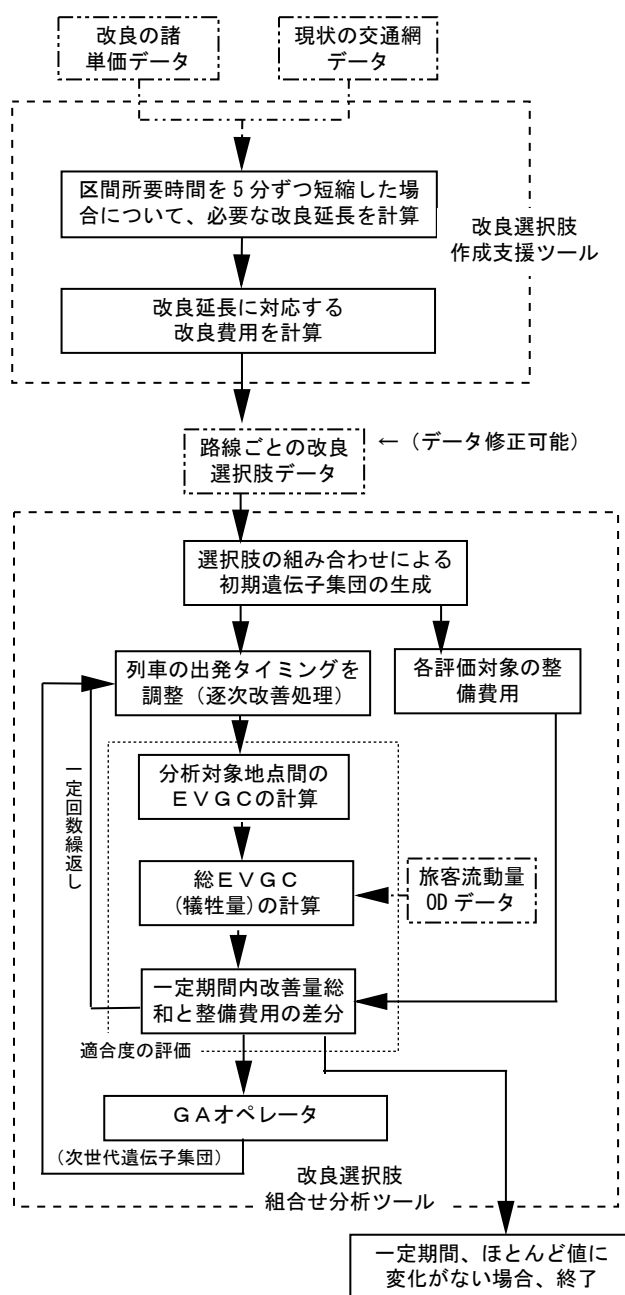


表-2 在来線の改良単価設定(2010 年度価格)

改良前の条件				改良後の条件				キロ 単価 億円	参考事例
単	電	振	表 定 速 度 km/h	単	電	振	表 定 速 度 km/h		
単	電	振	51.5	単	電	振	69.7	0.67	紀勢線白浜以南高速化試算
"	"	"	51.5	"	"	非	96.8	14.07	同, ミニ新幹線化(路線付替)
複	"	"	85.5	複	"	振	92.0	0.13	阪和線高速化試算
"	"	"	86.7	"	"	"	98.9	0.85	紀勢線白浜以北高速化試算
"	"	"	86.7	"	"	非	115.1	12.93	同, ミニ新幹線化(路線付替)
"	"	"	94.6	"	"	振	106.2	5.86	高尾 - 甲府 130km/h 化試算
"	"	"	94.6	"	"	"	123.1	21.06	同, 160km/h 化試算
単	非	非	46.3	単	非	非	56.8	0.22	津山線高速化事業
"	"	"	57.4	"	電	"	67.9	2.11	山陰線:園部 - 福知山改良
"	"	"	58.8	"	非	"	68.8	0.15	宮福線高速化試算(KTR 車)
"	"	"	58.8	"	電	振	90.4	1.97	同, (651 系電車)
"	"	"	58.8	"	"	非	78.7	1.36	同, (485 系電車)
"	"	"	63.2	"	"	"	83.0	6.14	北越急行 130km/h 運転試算
"	"	"	63.2	"	"	"	105.0	5.61	同, 160km/h 運転試算
"	"	"	66.2	"	非	振	73.7	0.10	中村線高速化事業
"	"	"	68.3	"	"	"	88.6	0.43	智頭急行 130km/h (気動車)
"	"	"	68.3	"	電	"	92.9	1.28	同, (381 系電車)
"	"	"	68.3	"	"	"	100.5	2.18	同, 160km/h 運転試算
複	電	"	68.8	複	"	非	87.1	5.05	山形新幹線
単	"	"	68.8	単	"	"	83.7	0.30	日豊線(延岡 - 宮崎)改良
"	"	"	71.4	"	"	"	90.9	4.89	秋田新幹線
"	非	"	72.4	"	非	振	81.6	0.78	高德線(高松 - 徳島)改良
"	電	"	72.4	"	電	非	99.7	4.87	山形新幹線延伸
複	"	"	78.8	複	"	"	85.5	1.63	白新線・羽越線高速化試算
単	非	"	79.5	単	非	振	97.6	0.34	山陰線(鳥取 - 米子)高速化
複	電	"	85.4	複	電	"	100.5	0.20	日豊線(大分以北)高速化

次に、現況ネットワークにおいて列車の発車タイミングだけ調整した結果 S_0 を使い、EVGC の総和の改善量を計算する。

$$\Delta S_n = S_n - S_0 \quad [2]$$

EVGC は一般化費用として計算されているため、 ΔS_n は貨幣価値標記された効果量(利用者便益)になっている。これを 40 年分集計し、個体 n に対応する整備費用 C_n との差分を計算することで、個体 n に対応する評価値 f_n を計算する。

$$f_n = 40 \times \Delta S_n - C_n \quad [3]$$

f_n は、整備費用が利用者の利便性向上にどれだけ反映されたかを示す指標と考えることができ、正の値の場合は投入した整備費用以上の利用者便益があったことを表す。

なお、EVTT を最適化の基準とした場合については、[1] の「EVGC_{ij}」の部分 EVTT と時間価値 VOT の積「VOT×EVTT_{ij}」で置き換えたものになる。

(3) 改良選択肢の作成方法

路線の改良単価や建設単価が結果に影響を与えるが、本研究では、在来線の改良単価を表-2、新線の建設単価および新幹線の高速化の単価を表-3 のように設定した。また、より実際の整備に近くなるように、表-4 の基準を用いて区間ごとの整備選択肢を作成した(表-5)。

表-3 新線建設・新幹線速度向上費用の単価設定

	億円 / Km	表定速度 (Km/h)	備考
新線 130km/h	29.30	91.9	複線電化[延長 10.0km 以上]
新線 160km/h	45.28	113.1	複線電化[延長 12.3km 以上]
新線 200km/h	59.74	156.1	複線電化[延長 15.4km 以上]
新線 260km/h	60.88	213.3	フル規格新幹線[200Km 以上]
新線 500km/h	206.20	453.9	リニア新幹線
新幹線高速化	0.84	+10.1	最高速度向上幅 10km/h あたり

表-4 改良選択肢の採用基準

- (1)改良対象路線が曲線を高速走行できる振子式車両を使用している場合、同様の車両を使用する参考事例の路線データを使用する。そうでない場合は、制限なし。
- (2)改良対象路線が非電化で改良選択肢が電化の場合は電化費用を計上。
- (3)改良対象路線が電化の場合で、改良選択肢が非電化の場合についても、電化費用を計上。
- (4)なるべく類似のケースを参考とするために、改良対象路線の「表定速度 +10%」を計算し、これ以下の表定速度である参考事例の中から路線データを選ぶ。
- (5)過大な速度とならないようにするため、改良後の表定速度は、選択肢の速度向上幅を加算するか、選択肢の改良後表定速度か、いずれか小さい方を採用。
- (6)直接的に速度に影響しないため、単線・複線の別は選択肢採否の条件にしない。ただし、参考事例が複線化路線の場合、必要に応じて線増費用等を計上。
- (6)新線建設はいかなる場合も選択可能とするが、260km/h 以上の新線(フル規格新幹線)は全幹法に示された区間(実質的に並行してる区間)のみとする。ただし、それ以外の路線における新線建設は可能とする。
- (7)大都市近郊区間では、在来線の改良を行わない。

表-5 東北本線(盛岡 - 仙台)の改良選択肢(例)

番	分	億円	改良後の状態	特急料金	参考事例
1	124	0.0	複線電化非振子	A 特急料金	基本
2	118	863.4	複線電化非振子	ミニ新幹線	山形新幹線
3	115	22.9	複線電化振子	A 特急料金	阪和線高速化試算
4	113	1665.1	複線電化	ミニ新幹線	秋田新幹線
5	105	33.7	複線電化振子	A 特急料金	日豊線(延岡 - 宮崎)
6	103	747.0	複線電化振子	A 特急料金	智頭急行 160km/h 試算
7	103	1665.5	複線電化	ミニ新幹線	山形新幹線延伸
8	98	1920.8	複線電化	A 特急料金	北越急 160km/h 試算
9	93	2212.5	複線電化	ミニ新幹線	紀勢線白浜以北ミニ
10	91	7747.4	複線電化	A 特急料金	新線 160km/h
11	66	10221.5	複線電化	A 特急料金	新線 200km/h
12	49	10416.6	複線電化	東北新幹線	新線 260km/h
13	41	10991.5	複線電化	のぞみ号相当	新線 300km/h
14	38	11280.6	複線電化	のぞみ号相当	新線 320km/h
15	34	11713.5	複線電化	のぞみ号相当	新線 350km/h

基本的には本研究に関連する一連の研究の単価設定を踏襲し、2010 年度価格に計算しなおしたものである。新幹線の整備費用については、国の交通審議会における整備新幹線の整備費用単価は表-3 よりも高めの設定がなされているが、算定根拠が不明であるため、実績値を元とした表-3 のような値を採用した。山陽新幹線や東北・上越新幹線などの既設新幹線についても、実際の建設費用では無く、この単価を用いて分析している。なお、四国新幹線の海峡区間については、青函トンネルの整備実績を参考に別途整備費用を算定している。中央新幹線については、

交通審議会の資料を参考に整備費用等を設定した。

(4) 運賃および特急料金の設定

運賃および特急料金の水準については、原則として現状水準とした。リニア新幹線については、東京－大阪間の特急料金および運賃が東海道新幹線よりも2000円程度高くなるような水準に設定している。

運賃および特急料金の計算手順は、原則として現状の運賃・料金と同じ方法で行うが、現行のJR線における運賃および料金の計算手順については、乗り継ぎ運賃計算などは考慮したが、それ以外については、特定区間運賃等の例外的取り扱いが多くて極めて煩雑であるため、計算結果が大きく異ならない範囲で簡略化をはかった。

(5) 時間価値および乗換抵抗について

時間を貨幣価値換算する際の時間価値VOTの値につい

ては、文献3)を参考に、VOT=77.8円/分と設定した。また、同資料を参考に、異種交通機関の乗換抵抗を1回あたり27分相当と設定し(ただし、アクセス交通、イグレス交通を除く)、EVGCを計算する際に貨幣価値換算した上で乗換抵抗として加算している。

5. 最適化計算の結果概要について

(1) EVGCに基づく最適化の結果

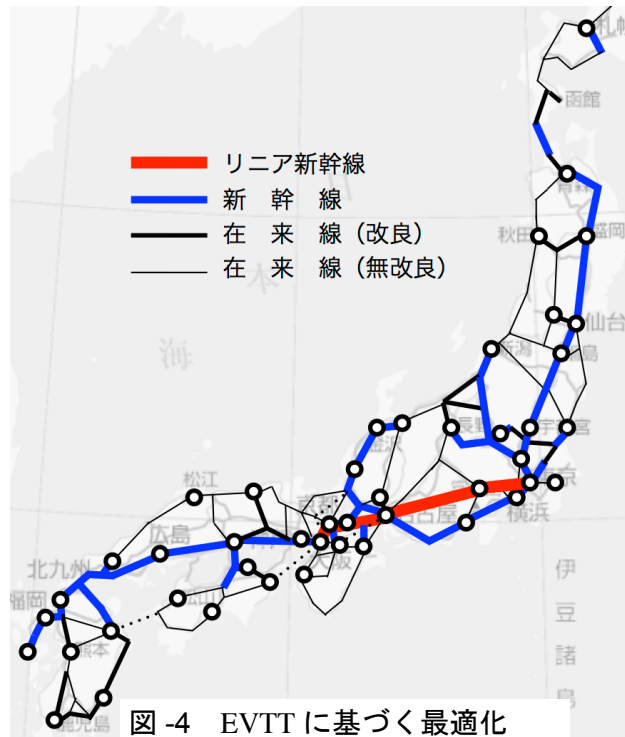
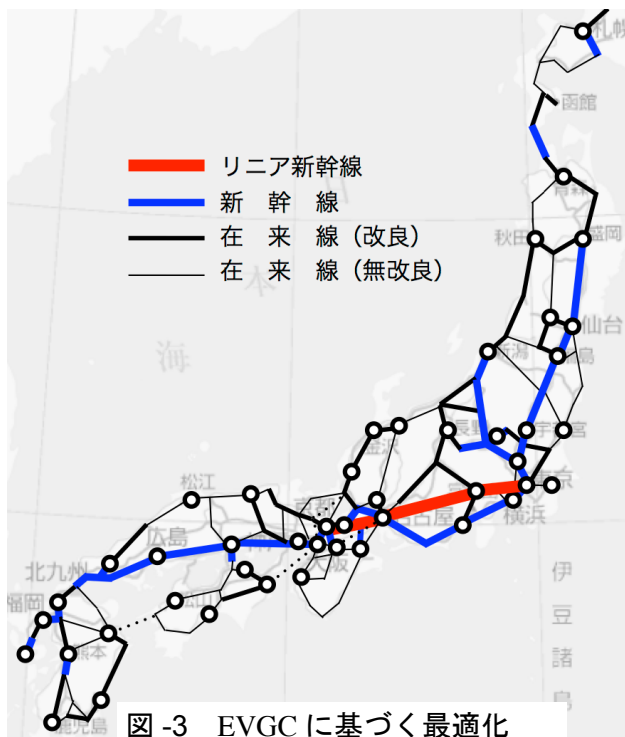
EVGCに基づく最適化計算を行った結果、[3]による評価値が最大となったのは、整備費用総額20兆6228億円の場合で、このときの路線概要は図-3および表-6の中央のような状況となった。なお、200km/h運転のスーパー特急は「新幹線」に含めて示している。

500km/h運転を想定した中央新幹線は、ほぼ全線にわたって建設するという結果になった。経由地のうち、全

表-6 最適化結果の概要

主な路線	実際の整備(2010年時点)			EVGCに基づく最適化			EVTTに基づく最適化		
	対応	区間	備考	対応	区間	備考	対応	区間	備考
北海道(幹)	幹建	青函トンネル部分	対応工事中	在改 幹建	函館-青森、札幌-旭川 青函トンネル部分	(幹)対応	在改 幹建	函館-青森 青函トンネル部分	(幹)対応
北海道 南回り(幹)				幹建	札幌-南千歳		幹建	札幌-南千歳	
東北(幹)	幹建	新青森-東京	2010年全通	在改 幹建	青森-盛岡 盛岡-東京	一部SP特	幹建	青森-東京	
常磐線				在改	友部-上野		幹建 在改	水戸-友部 取手-上野 友部-取手	SP特 "
羽越(幹)				在改	秋田-新潟、長岡-直江津		在改	長岡-直江津	
奥羽(幹)	在改 "	秋田-盛岡 新庄-福島	ミニ新幹線 ミニ新幹線	在改 "	秋田-大曲-(盛岡) 山形-福島		在改	秋田-大曲-(盛岡)	
仙山線				在改	山形-仙台		在改	山形-仙台	
上越(幹)	幹建	新潟-大宮	1982年開業	幹建	新潟-大宮		幹建	新潟-大宮	
北越急行	在改	六日町-犀潟	1997年開業	在改	越後湯沢-直江津		在改	越後湯沢-直江津	
北陸(幹)	幹建 "	高崎-長野 長野-金沢	1997年開業 工事中	幹建 在改 "	高崎-軽井沢 軽井沢-直江津 富山-敦賀	SP特	幹建 " 在改	高崎-長野 金沢-敦賀 長野-直江津	
北陸・中京(幹)				在改	敦賀-米原		幹建	敦賀-米原	
中央(幹)				リニア	品川-京都		リニア	品川-新大阪	京都経由
関西線、紀勢線 伊勢鉄道				在改 "	名古屋-亀山-津 四日市-津		在改	亀山-津	
近鉄京都線				幹建	京都-奈良	SP特	幹建 在改	京都-新田辺 新田辺-奈良	SP特
山陽(幹)	幹建	新大阪-博多	1975年全通	幹建 在改	新大阪-小倉 小倉-博多	一部SP特	幹建	新大阪-博多	
山陰(幹)				在改 幹建	岡山-城崎、益田-山口 山口-新山口		幹建	山口-新山口	
智頭急行	在改	上郡-智頭	1994年開業	在改 "	姫路-上郡 上郡-智頭-鳥取		在改 "	姫路-上郡-岡山 上郡-智頭-鳥取	
四国(幹)				在改	坂出-高松-徳島		幹建 在改	多度津-坂出-高松 高松-徳島	
四国横断(幹)	幹建	瀬戸大橋部分	橋梁は完成	幹建 在改	岡山-茶屋町 茶屋町-坂出		幹建	岡山-坂出	
九州(幹) (鹿児島)	幹建	博多-鹿児島中央	2011年全通	幹建 在改 "	博多-鳥栖、熊本-新八代 鳥栖-熊本 新八代-鹿児島中央		幹建 在改 "	博多-鳥栖 鳥栖-熊本 新八代-鹿児島中央	
九州(幹) (長崎)	幹建	武雄温泉-諫早	工事中	幹建 在改	鳥栖-佐賀、諫早-長崎 佐賀-肥前山口		幹建	鳥栖-長崎	
東九州(幹)				在改	大分-隼人		幹建 在改	小倉-大分 大分-鹿児島中央	

※ (幹)…新幹線 幹建…新幹線建設 リニア…リニア新幹線建設 在改…在来線改良 SP特…スーパー特急方式



幹法に基づく予定線では奈良を経由することになっているが、奈良、京都、京田辺の3ルートを選択出来るようにして計算した結果、京都ルートが選択され、終点も京都となった。終点が京都になった原因としては、大阪の代表地点を新大阪駅ではなく乗換が必要な大阪駅にしたことが影響しているものと考えられる。奈良や三重については、比較的短距離の中央新幹線へのアクセス高速鉄道を建設するという結果になっている。

通常の形式の新幹線については、山陽新幹線が概ね全線建設(新山口[小郡]以西がスーパー特急、小倉以西は在来線改良)となった。西端部分が実際の建設状況と異なっているのは、想定した建設単価が実際に比べて高かったことが影響しているものと考えられる。なお、新幹線の建設単価が大きく異なっているのは山陽新幹線だけであるが、計算結果としてほぼ全線建設という結果になっているので、単価設定が計算結果全体に与える影響は少ないと考えられる。東北新幹線は盛岡以南の建設、上越新幹線は全線建設という結果になった。これら2線の建設単価については、想定と実際の大きな乖離は無い。それ以外については北陸新幹線の高崎 - 軽井沢間がスーパー特急になっているほかは大半が在来線改良という結果になっており、いわゆる整備新幹線5線区を建設するという結果にはなっていない。

2010年頃までに実際に建設された路線と比較してみると、山陽、東北、上越新幹線の建設に関しては概ね計算結果と実際とが合致、整備5線についても完成していないという点では概ね合致しているが、整備が決定され、工事が進行しているという点では現実と異なっている。一方、実際と計算結果が大きく食い違った点としては、中央新

幹線(リニア)の建設が実際には全く進んでいないこと、在来線幹線の改良があまり進んでいないことなどが挙げられる。

(2) EVTTに基づく最適化の結果

EVTTに基づく最適化計算を行った結果については、整備費用総額25兆1483億円の場合で、このときの路線概要は図-4のような状況となった。および表-6の右側のような状況となった。

中央新幹線(リニア)については、EVTT基準での最適化の場合でも、大阪までの全線建設という結果になった。経由地は奈良や京田辺ではなく、人口の多い京都となった。

通常の新幹線については、山陽、東北、上越の各新幹線が全線建設という結果になった。整備新幹線については、北海道新幹線は在来線の改良という形になったが、東北新幹線は前述の通り青森まで建設、北陸新幹線は長野以东と富山以西が建設になっており、敦賀以西の大阪方面への接続方法としては、いわゆる米原ルートになっている。九州新幹線は長崎ルートが全線建設という結果になっているが、鹿児島ルートについては路線改良にとどまっている。このほか、岡山から四国方面に伸びる新幹線の建設が結果として示されている。

実際に建設された路線網と比較してみると、山陽、東北、上越、北陸[長野]の各新幹線の建設に関しては計算結果と実際とが合致しているが、北陸新幹線については現実は東側から延伸されているのに対し、計算結果では西側が優先されている。九州新幹線についても2011年に鹿児島ルートが全線開通したのに対し、計算結果では長崎

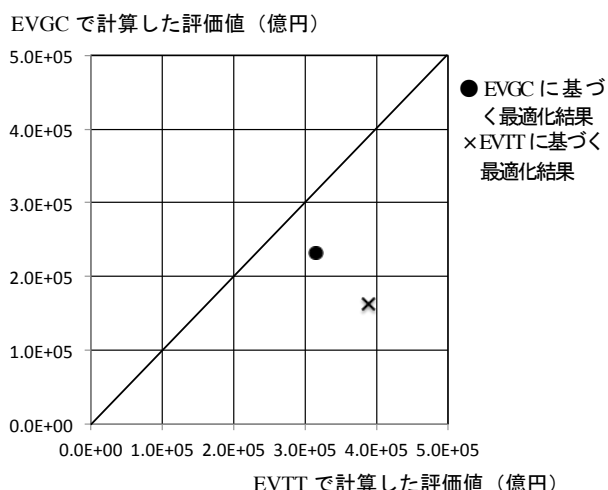


図-5 最適化基準の違いと評価値

ルートになっているほか、東九州新幹線の一部の建設が結果として出ている。このほか、常磐線の水戸以南での区間において大幅な高速化が計算結果として示されている。さらに、EVGCの場合と同じく、中央新幹線(リニア)の建設が実際には全く進んでいない上、着工されようとしているルートは法律上のルートの拘束を受け、必ずしも数値的最適解と同じにはなっていない。

(3) 2つの評価指標からの検討

前述のようにEVGCに基づく最適化は、基本的には利用者の視点での最適化であり、EVGCに基づく最適化を行うことによって移動抵抗が低減され、交通量の拡大が期待される。いっぽう、EVTTに基づく最適化については、移動時間が短縮されても運賃が上昇する場合があります、必ずしも交通の拡大につながらない可能性があるものの、利用者の支払いとしての運賃上昇は、事業者側では収入増と考えることも可能であり、海外への支払いが増えるような事態で無い限り、国内的には必ずしも社会的損失ではない。したがって、EVTTに基づく最適化は、投じた資金がどれだけの時間短縮につながるかという交通機関としての純粋な生産性向上の視点と考えることができる。このことから、[3]式の評価値がEVGCおよびEVTTいずれの視点に基づいて計算されても正であれば、公共投資としては許容範囲内であると考えることができる。

図-5は、横軸にEVTTで最適化した場合の[3]式による評価値であり、縦軸はEVGCによるものである。EVGCで最適化したネットワーク(図-3に相当)についてEVGCに関する最終的な評価値を計算すると同時に、全く同じネットワークでEVTTに関する評価値も計算し、図上に示すと●点のようになる。同様に、EVTTで最適化した結果(図-4に相当)についてもEVGCに関する評価値も同時に計算し、図上に示すと×点のようになる。いずれの最適化結果についても、評価値自体は両軸の値ともに正になっており、公共投資としては許容範囲内(いずれの観点

でも、少なくとも非悪化)であることが確認できる。

6. 分析結果のまとめと今後の課題

(1) 実際の構想鉄道網の形成過程に関する考察

まず、実際に形成された高速鉄道網について、計算結果と比較しながら考察した結果をまとめる。まず、EVGC、EVTTいずれの最適化基準に基づく計算結果から見ても共通して言えることとしては、次のようになる。

- ・整備新幹線を除く新幹線(山陽、東北、上越)については、建設が実現されたことは適切であった。
- ・中央新幹線がリニア新幹線として、現在(2010年頃)までに建設されていることが望ましかったが、実現していない。
- ・在来線については、基本的には東海道新幹線以後に実施された改良等を織り込んだネットワークを前提として計算を行ったが、なおいくつかの路線で更なる改良をした方が良いことが示されている。

一方、最適化基準により計算結果が異なった部分については、次のように考察される。

- ・旅客の移動抵抗という観点(EVGC)では整備新幹線の建設は必ずしも必須ではないという計算結果になったが、図-3のネットワークと2000年頃の実際の新幹線網の形態は(リニア新幹線を除き)ほぼ同じであることから、実際のネットワークは結果的に旅客の移動抵抗が小さくなるようなネットワークが形成されてきた可能性がある。
- ・幹線鉄道投資が時間短縮という交通機関としての純粋な生産性向上にどれだけ役立ったかという観点(EVTT)では、東北新幹線の延伸が実現されたことは適切であったが、北陸新幹線については整備が遅れていると言え、整備の順番も東から西に延ばすのではなく、逆の方が適切であったと思われる。
- ・九州島内の整備については、現実には西側に南北の高速鉄道が整備されたが、他の形態が検討されても良かった可能性がある。
- ・常磐線の高速度化や四国の一部の新幹線、東九州新幹線の一部区間など、最適化の観点によっては建設が容認できる区間もあるが、実際にはほとんど検討すらされていない。

以上をまとめると、これまでのわが国の幹線鉄道網整備について、つぎのような点が指摘できる。

- ・旅客の総合的な移動抵抗低減という点では、一部を除き、概ね適切な幹線鉄道網整備であった。
- ・適切な財源確保が出来なかったことが原因と考えられるが、中央新幹線などの優良なプロジェクトを実現することが出来なかった。
- ・整備5線の建設にとらわれすぎて、また、東京から

の路線網延伸という整備方法にとらわれすぎて、国土全体の幹線鉄道網の適切な姿を実現することが出来なかった。

- ・ 全幹法に基づく基本計画に示されていない在来線幹線に対して、有効な政策が確立されていなかった。

(2) 今後の研究課題

本研究では、高速鉄道として東海道新幹線だけが存在する仮想的な幹線鉄道網を基準として EVGC および EVTT という 2 つの評価指標を用い、GA によって最適な幹線鉄道網を計算し、これまでに実施された実際の整備について考察を行ったが、今後の研究課題としては以下の点が挙げられる。

- ・ 現在のネットワークの存在を前提とした場合、今後のネットワークはどうあるべきか。
- ・ ナショナルミニマムとしての高速交通サービスの提供として見た場合、今後のネットワークはどうあるべきか。
- ・ 今後の国土整備の重要なキーワードとなるであろう「強靱性」「多様性」といった観点を盛り込んだ場合、

今後のネットワークはどうあるべきか。

また、分析手法上の課題としては、以下の点が挙げられる。

- ・ GA は「概ね実用的な解」を求める手法であり、絶対的な最適解とは限らないので、計算結果を何らかの合意形成に実際に利用する場合に、どのように理解を得てゆくか。
- ・ 計算に時間がかかりすぎており、いかに短時間で実用的な解を得るか。

参考文献

- 1) 波床正敏, 中川大: 戦略的視点に基づく長期的幹線鉄道網の構築方針に関する考察, 土木計画学研究論文集 Vol.27, No.4, pp.653-664, 2010
- 2) 野村友哉, 青山吉隆, 中川大, 松中亮治, 白柳博章: 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.627-635, 2001
- 3) 鉄道・運輸機構: 平成 20 年度事業評価監視委員会参考資料, p.33, <http://www.jrft.go.jp/01Organization/org/pdf/jk20-7.pdf>

(2013. 08. 02 受付)

A STUDY ON RESULT OF OPTIMIZED TRUNK RAILWAY NETWORK AFTER OPEN OF TOKAIDO SHINKANSEN

MASATOSHI HATOKO