

# EVGC 最適化に基づく 理想的幹線鉄道網に関する考察

波床正敏<sup>1</sup>・中川大<sup>2</sup>

<sup>1</sup>正会員 大阪産業大学准教授 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

<sup>2</sup>正会員 京都大学大学院教授 工学研究科(〒615-8540 京都市西京区京都大学桂 C クラスター C1 棟)  
E-mail:nakagawa@urban.kuciv.kyoto-u.ac.jp

一昨年から去年にかけての研究では、九州の幹線鉄道網を対象に、期待一般化費用(EVGC)を評価指標としながら、一定費用制約下における最適な幹線鉄道ネットワークはどのようなものかをGAによる計算システムを用いて分析した。

本研究では、同様の分析方法を用いて研究対象を全国に拡大して分析するが、現況の幹線鉄道網を前提として将来における最適なネットワークを算出するとともに、在来線だけで構成された仮想的な幹線鉄道網を前提とした最適化計算も行い、これらの比較を行うこととする。これにより、理想的な(本来なら必要とされていたであろう)幹線鉄道網と、現実的にたどり着きうる幹線鉄道網との乖離を明らかにする。また、この結果を分析することにより、現在の幹線鉄道網の整備方針の課題や、今後の幹線鉄道網整備のあり方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

現在進行中の新幹線網整備が実現すると、全国のかなりの地域に対して高速鉄道サービスが提供されるようになる。しかし、このような鉄道網の形成は、1970年代の時代背景の下に策定された全国新幹線鉄道整備法の示す全体計画に基づいており、建設資金確保の目処がつくたびに逐次的に実施されてきている。

本研究に至る一連の研究では、「短期的な計画を繰り返して行う逐次的な計画を実施するよりは、目標とする路線網の全体像を確定した上で整備を行う戦略的な計画の方が…(中略)…効率的」<sup>1)</sup>との分析をしており、わが国の幹線鉄道網整備は果たして適切な方向に向かっているのかどうか、(しばしば“歴史にIFは禁物である”と言われるもの)興味深く感じられる。

### (2) 本研究の目的

本研究では、まず、現状の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)<sup>2)</sup>を評価指標として、将来における最適な幹線鉄道ネットワークはどのようなものかを遺伝的アルゴリズム

(Genetic Algorithm: GA)を用いた計算システムによって分析する。

わが国の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EVGCを指標として、GAを用いて最適化を行い、前述の結果と比較して分析する。

本研究では、このような分析を通じて過去の幹線鉄道政策および今後の政策の妥当性について考察を加えることを目的とする。

## 2. 期待一般化費用(EVGC)について

### (1) 定義について

EVGCは、すでにその考え方が提唱されて10年以上を経ているが、まだ一般的では無いので再度説明する。

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コストを考慮し、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コストも異

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.

### (2) EVGCでの最適化について

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, 必ずしも費用便益分析的な視点における社会的最適解ではない.

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につながると考えられる. 逆に, 供給者便益を考慮した費用便益分析的意味での社会的最適解であっても, 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と考えられる.

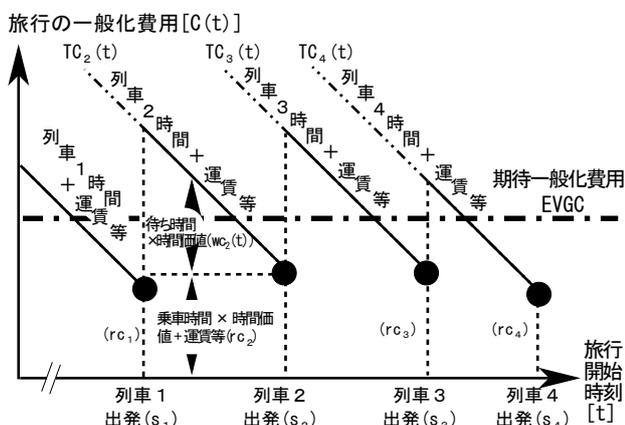


図-1 EVGC(期待一般化費用)の考え方

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としてEVGCを用いることとした.

## 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, 現状の幹線鉄道ネットワークを前提としての分析では, 図-2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. 主要地点間の所要時間や運行頻度については流動データの年次を考慮して2005年時点としたが, 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. 中央新幹線と四国新幹線(海峡横断部)は, 新設だけを考慮し, 並行線の改良は考慮しない. 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, 現状と同数とした.

また, 高速鉄道として東海道新幹線だけが存在する状況を前提とした分析では, 高速鉄道としては東海道新幹線のみを想定し, 現状において新幹線が開業している区間については, 新幹線開業直前の在来線の所要時間や特急料金を前提としたネットワークを用いた.

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



図-2 分析対象とした鉄道網

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

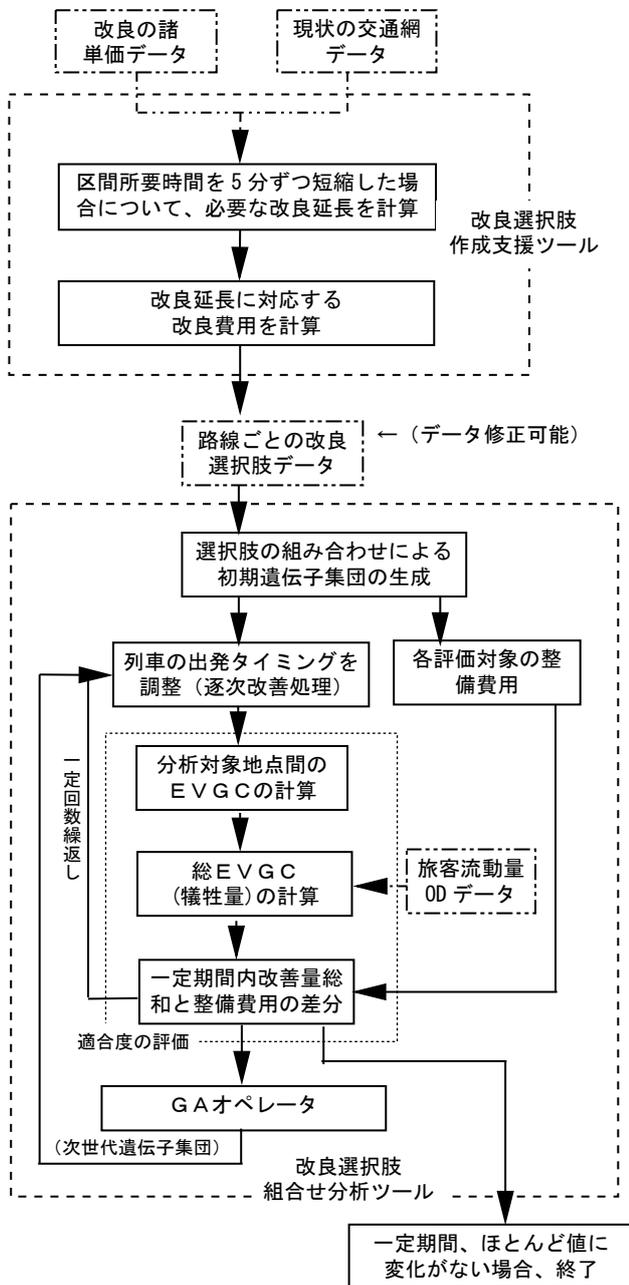


図-3 システムの構成概要

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\*  
 $\text{EVGC}_{ij}$ :  $ij$ 間のEVGC

$ij$ 間の幹線旅客純流動量については、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、2035年の将来人口推計値からさらにいっそう人口分布が変化したことを考慮して計算した。まず、各都道府県人口を以下の式で計算した人口となった場合を想定する(概ね2050年頃を想定)。

$$P(\text{strong})_i = P(2005)_i + (P(\text{future})_i - P(2005)_i) \times 1.5 \quad [2]$$

$P(\text{strong})_i$ : 人口変化が進んだ場合の地域  $i$  の人口  
 $P(2005)_i$ : 地域  $i$  の2005年度国勢調査人口  
 $P(\text{future})_i$ : 地域  $i$  の将来人口推計値(2035年)

この人口を用いて、都道府県間の旅客流動量をデトロイト法で計算し、[1]の  $A_{ij}$  の値として使用した。

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。

$$\Delta S_n = S_n - S_0 \quad [3]$$

表-1 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 複	電 化 振 子 表 定 速 度 km/h	単 複	電 化 振 子 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

表-2 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 260km/h	60.88	213.3	フル規格新幹線[20.0km 以上]
新幹線高速化	0.84	+10.1	最高速度向上幅 10km/h あたり

表-3 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り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。

EVGC は一般化費用として計算されているため、 $\Delta S_n$  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。

$$f_n = 40 \times \Delta S_n - C_n \quad [4]$$

$f_n$  は、整備費用が利用者の利便性向上に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。

### (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-1、新線の建設単価および新幹線の高速化の単価を表-2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-3の基準を用いて区間ごとの整備選択肢を作成した。

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-2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、実績値を元とする表-2のような値を採用した。ただし、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る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の値については、文献3)を参考に、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. 計算結果について

本原稿執筆時点で、数値計算が進行中であり、計算が終了するには今しばらくの時間を要する。

計算結果および結果の考察については、講演発表時に示すこととする。

### 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.jrnt.go.jp/01organization/org/pdf/jk20-7.pdf>

(2012.05.07 受付)

A STUDY for IDEAL TRUNK RAILWAY NETWORK BASED on OPTIMIZATION  
with EXPECTED VALUE of GENERAL COST

MASATOSHI HATOKO AND DAI NAKAGAWA