

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*

The Evaluation of the Benefit of the Intercity High-speed Train Project Using the EVGC*

野村 友哉**, 青山 吉隆***, 中川 大****, 松中 亮治*****, 白柳 博章*****

By Tomoya NOMURA, Yoshitaka AOYAMA, Dai NAKAGAWA, Ryoji MATSUNAKA and Hiroaki SHIRAYANAGI

1. はじめに

現在、建設が進められている北陸新幹線や九州新幹線のような都市間公共交通では、フリークエンシーが交通機関の利便性に大きな影響を与えられられる。しかしながら、従来、このような都市間高速鉄道プロジェクトを評価する際に、交通利便性指標として用いられてきた最短所要時間では、都市間公共交通の特性であるダイヤやフリークエンシーを十分に反映できないため、例えば、最短所要時間が変化しなくても、フリークエンシーが増加するようなプロジェクトでは、最短所要時間を用いて定量的な評価を行うことは困難である。よって、都市間高速鉄道プロジェクトを正確に評価するためには、ダイヤ・フリークエンシーを考慮した交通利便性指標を用いる必要があるといえる。

また、都市間高速鉄道プロジェクトの評価にあたり、従来は採算性など供給者サイドからの評価が重視されてきた。しかし、供給者サイドから見た場合、ダイヤは最も供給者便益が高くなるように設定されることが多いが、必ずしもそのようなダイヤ設定が、利用者サイドから見た最適なダイヤ設定であるとは限らない。よって、利用者・供給者双方を考慮した上で、プロジェクトの社会的評価を行う必要があるといえる。

そこで本研究では、ダイヤやフリークエンシーといった都市間公共交通の特性を考慮することができる交通利便性指標として、Nakagawa¹⁾、野村²⁾らが提案したEVGC(Expected Value of Generalized Costs: 期待一般化費用)を用いることとし、その算出方法と特徴について述べる。また、都市間公共交通の特性を考慮して評価する必要があると思われる北陸新幹線を対象として、ダイヤを3パターン設定し、EVGCを用いてそれぞれのパターンについて利用者便益と供給者便益を算出する。これより、ダイヤ設定が利用者便益と供給者便益に与える影響を定量的に算出し、プロジェクトの社会的評価を行うことを

目的とする。

2. 交通利便性指標に関する既存の研究とその問題点

(1) 既存の研究

都市間における高速鉄道プロジェクトの評価を行った研究として、近年では、山形新幹線の開業効果の計測³⁾、北海道新幹線の開業効果の計測⁴⁾といった研究が挙げられる。これらの研究では、交通利便性指標として、単なる所要時間から算出される一般化費用を用いており、交通機関のダイヤ・フリークエンシーを考慮した評価となっていない。

また、交通利便性指標に関する研究として、奥山ら⁵⁾は、目的地への目標到達時間を複数設定し、その時刻までに到達できる最遅出発時刻と目標到達時刻との差をもって最短所要時間としている。この研究では、ダイヤはある程度考慮しているが、フリークエンシーについては考慮できていない。また、中川ら⁶⁾は、最短所要時間に代わる指標として、積み上げ所要時間を提案しているが、この指標では、ダイヤ・フリークエンシーは考慮されているものの、費用を考慮していないため、運賃による交通利便性の変化を考慮することはできない。

上記のように、交通利便性指標として、従来は最短所要時間や最短所要時間を与える経路の一般化費用が用いられてきた。これらの指標では、所要時間や運賃は考慮されるが、都市間公共交通の特性であるダイヤ・フリークエンシーを反映することは困難である場合が多い。その理由について、出発時刻と一般化費用との関係を踏まえて以下で考察する。

(2) フリークエンシーを考慮する必要性

図1は、ある2都市間を結ぶ交通機関が鉄道1種類の場合に、列車の出発時刻を時刻 t_0 、 t_1 とし、列車の所要時間と運賃から算出される一般化費用を a と仮定したときの出発時刻と一般化費用との関係を図示したものである。従来用いられている一般化費用とは、図1の a に相当するものである。

ここで、時刻 t ($t_0 < t < t_1$)に出発する場合を考える。時刻 t からみて、最も早く出発する列車の出発時刻は t_1 であるので、 $t_1 - t$ に相当する待ち時間が発生して

*Key words: 交通計画評価、鉄道計画、EVGC

** 学生員 京都大学大学院工学研究科

*** フェロー 工博 京都大学大学院工学研究科

**** 正会員 工博 京都大学大学院工学研究科

***** 正会員 工修 京都大学大学院工学研究科

***** 学生員 工修 京都大学大学院工学研究科

(〒606-8501 京都市左京区吉田本町 Tel&Fax 075-753-5759)

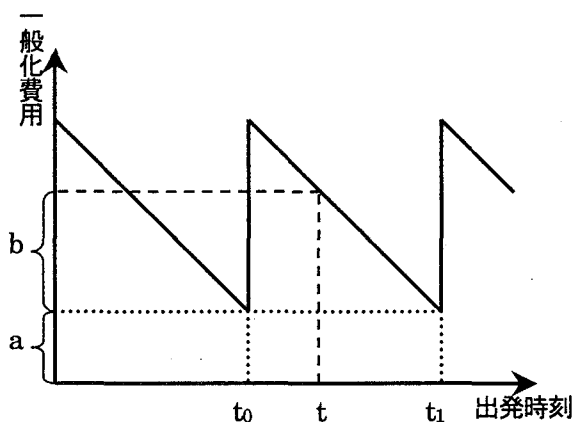


図1 出発時刻毎の一般化費用

所要時間が増加することになる。この、待ち時間による所要時間の増加を貨幣換算したものが図1上のbに相当する。つまり、時刻tに出発する場合の一般化費用は、 $a+b$ となる。これを全ての出発時刻に適用して、出発時刻と一般化費用との関係を図示すると、図1の実線部分のようになる。これより、一般化費用は出発時刻によって大きく変化することがわかる。

次に、フリークエンシーが変化する事例として、時刻tに新たに列車が設定された場合を考える。この場合における出発時刻と一般化費用との関係を図示すると、図2のようになる。図2から分かるように、時刻tから時刻tまでの間で、時刻tに列車が設定されたことにより一般化費用が減少していることが分かる。

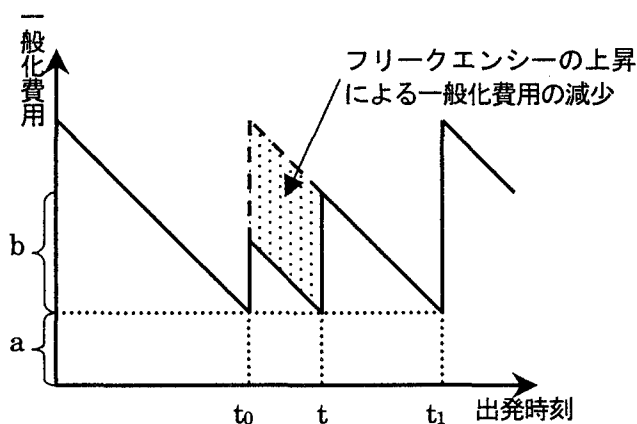


図2 列車が増発された場合

次に、交通機関が複数存在する場合として、都市間において鉄道と航空の2種類の交通機関が存在する場合を考える。例として、フリークエンシーは鉄道の方が航空より高く、航空の一般化費用cと鉄道の一般化費用dは、航空の方が鉄道よりも低い $c < d$ となるような場合を考える時、出発時刻毎の一般化費用は図3のようになる。

図3において、実線部分は各時刻に出発した場合に最小となる一般化費用を表している。フリークエンシーを考慮しない従来の指標の場合、航空の一般化費用の方が小さいため、この2都市間において最小の一般化費用を

与える交通機関として航空が評価されるが、航空のフリークエンシーは鉄道のそれに比べて低いため、出発時刻によっては鉄道の一般化費用の方が低くなる時間帯もあり、鉄道のフリークエンシーの高さが評価されないことになる。また、実際の都市間交通においては、図3のように一定のフリークエンシーを保って便が運行されることは少ないため、時間帯によって一般化費用が最小となる交通機関はダイヤによっても変化することが分かる。

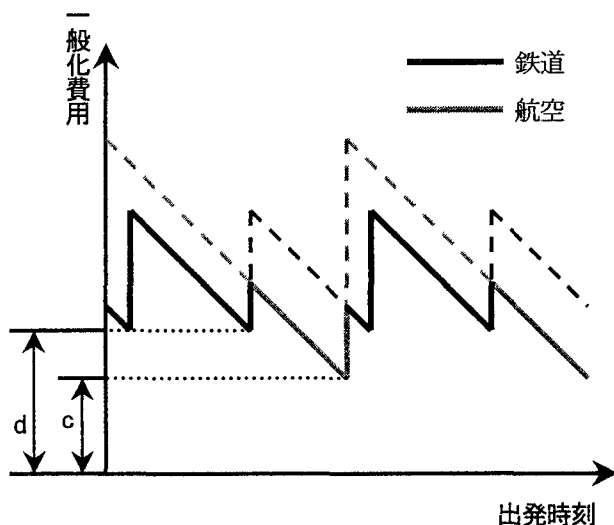


図3 複数の交通機関を考慮した場合の出発時刻毎の一般化費用

以上より、従来の最短所要時間を用いた評価では、所要時間が同じODではフリークエンシーの高低に関わらず同じ評価となる。しかし、フリークエンシーが高い場合と低い場合とでは利便性に大きな差があることは明白であり、フリークエンシーを考慮した評価を行うことが必要であると思われる。

(3) ダイヤを考慮する必要性

乗り換えのあるような都市間の所要時間については、一般的には、ある一定の乗り換え時間を設定し、各リンクの最短所要時間を足し合わせることで計測する方法が用いられてきた。しかし、実際の都市間交通では、ダイヤ上の接続によって乗り換え時間が大きく異なり、都市間の交通利便性に大きな影響を与えているものと考えられるため、一定の乗り換え時間を設定する方法ではこのようなダイヤ上の接続の利便性を十分に考慮することができない。よって、フリークエンシーだけでなく、ダイヤも十分に考慮できる指標を用いて評価を行う必要があるといえる。

以上の考察より、都市間の一般化費用はダイヤ・フリークエンシーの影響を受けて出発時刻によって異なるものであることがわかる。そこで、都市間の交通利便性を正確に評価するためには、出発時刻毎の一般化費用を算出することで、ダイヤ・フリークエンシーを考慮することのできる交通利便性指標を用いる必要がある。次の3

章において、ダイヤ・フリークエンシーを考慮できる指標である EVGC の定義およびその具体的な算出方法について述べる。

3. EVGC の定義と算出方法

(1) EVGC の定義

本研究では、EVGC を、「出発時刻毎の一般化費用の期待値」と定義する¹⁾。これを式で表すと、式(1)のように表せる。

$$\begin{aligned} EVGC_{i,j,m} &= \int_0^T GC_{i,j,m}(t) f_{i,j,m}(t) dt \quad \text{式(1)} \\ GC_{i,j,m}(t) &= C_{i,j,m}(t) + \omega T_{i,j,m}(t) \\ \text{s.t. } \int_0^T f_{i,j,m}(t) dt &= 1 \end{aligned}$$

ただし

i, j : ゾーン (都道府県)、 t : 出発時刻

ω : 時間価値 (円/分)、 T : 24 時間

m : 交通機関 (1 : 自動車、2 : 公共交通)

$EVGC_{i,j,m}$: 交通機関 m におけるゾーン ij 間の EVGC (円)

$GC_{i,j,m}(t)$: ゾーン i を時刻 t に出発するときのゾーン ij 間の最小一般化費用 (円)

$C_{i,j,m}(t), T_{i,j,m}(t)$: ゾーン i を時刻 t に出発するときのゾーン ij 間の費用 (分)、所要時間 (円)

$f_{i,j,m}(t)$: ゾーン ij において、出発時刻ごとに算出した $GC_{i,j,m}(t)$ の期待値を算出するための関数

期待値を算出する時間帯の設定方法には様々あると考えられる。本研究では、公共交通については、日常の生活時間帯を考慮し、「朝 6:00 から、その日のうちに目的地に到達できる最も遅い出発時刻」として、ゾーンペア毎に設定した。自動車については、都市間においては、出発時刻ごとで一般化費用の大きな変化はないものと仮定し、自動車の一般化費用は全ての出発時刻で一定とした。

なお、期待値を算出するための関数である $f_{i,j,m}(t)$ は、公共交通では、ゾーン ij 間において、計測開始時刻を $t_{i,j,m}^{start}$ 、計測終了時刻を $t_{i,j,m}^{end}$ とするときに、式(2)で表される関数である。なお、自動車では、全ての出発時刻において一般化費用は一定とし、時刻 t によらず $f_{i,j,m}(t)$ は一定であると仮定する。

$$f_{i,j,1}(t) = \frac{1}{T} \quad (0 \leq t < T) \quad \text{式(2)}$$

$$f_{i,j,2}(t) = \begin{cases} \frac{1}{t_{i,j,2}^{end} - t_{i,j,2}^{start}} & (t_{i,j,2}^{start} \leq t \leq t_{i,j,2}^{end}) \\ 0 & (0 \leq t < t_{i,j,2}^{start}, t_{i,j,2}^{end} < t < T) \end{cases}$$

以上のように定義した EVGC は、都市間における交流可能性を表す指標である、と捉えることができる。

(2) EVGC の算出方法

本研究で定義した EVGC を算出するためには、全国の都道府県間の一般化費用を出発時刻毎に算出する必要があるが、これには膨大なる作業量が必要である。そこで本研究では、EVGC の算出を行うための、公共交通、自動車システムそれぞれのネットワークをデータベース化し、PC 上で EVGC を算出するシステムを構築した。このシステムの概要について簡単に説明する。

a) 公共交通における EVGC 算出システム

公共交通については、平成 7 (1995) 年および平成 11 (1999) 年の時刻表に記載されている鉄道・航空・旅客船・高速バスおよび空港アクセス機関のうち、盲長線のような都市間移動に用いられない路線を除いた全路線を対象とした。本研究で用いる EVGC は、ダイヤ・フリークエンシーを考慮した指標であるので、対象とした路線について、不定期列車や明らかに都市間移動に用いられないような一部の各駅停車を除いた全列車に関する運行時刻データならびに運賃・料金データ、主要駅における乗り換え時間データをデータベースとして収録した。本システムに含まれる交通機関の便数は約 1 万本である。構築したネットワークのうち、鉄道路線のネットワークを図 4 に示す。

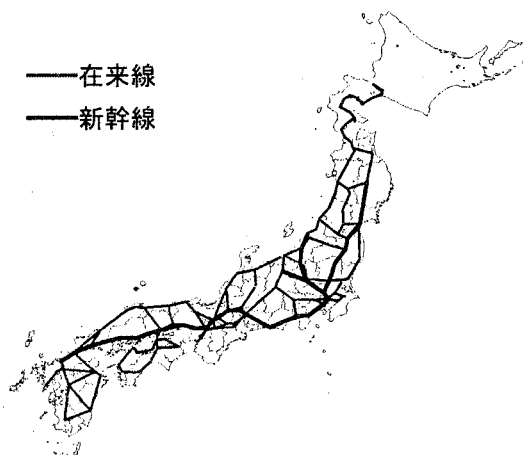


図 4 本研究で構築した鉄道ネットワーク

作成したデータベースを用いて、出発時刻を 10 分刻みで変化させ、それぞれの出発時刻について全ての経路

の一般化費用を算出し、その中で一般化費用が最小となる経路をダイクストラ法で探索して、その出発時刻における最小一般化費用を決定するシステムを構築した。そして、式(1)を用いてEVGCを算出する。ここで、一日において、最も一般化費用が最小となるような一般化費用を日最小一般化費用と定義し、EVGCとの比較を第5章において行うこととする。

b) 自動車におけるEVGC算出システム

自動車におけるデータベースは、道路地図データ⁷⁾を参考にして、全国的高速道路・国道、主要な都道府県道・市区町村道、車両航走可能なフェリーを対象としたネットワークから構成されている。データベースに収録されているリンク総数は約10万本である。

リンク走行速度および所要時間については、平成6(1994)年の道路交通センサス一般交通量調査⁸⁾から求めた市区町村単位のOD交通量を用いて、分割配分法によりリンク交通量を決定し、リンクの種・級や車線数などのリンク属性を考慮して算出した。費用項は、有料道路等の通行料金と走行費用との合計である。なお、走行費用は、道路投資の評価に関する指針(案)⁹⁾を参考として算出した。

(3) 時間価値の推定

本研究における時間価値については、自動車と公共交通との交通機関選択モデルを構築し、選好接近法により推定した。

本研究で構築した交通機関選択モデルでは、ゾーン*ij*を移動する際に交通機関*m*を選択する確率が、ゾーン*ij*間において交通機関*m*を選択した場合の効用の確定項により決定されるものとする¹⁰⁾。なお、効用の確定項は式(3)のように、EVGCの線形関数として表せると仮定する。

$$V_{i,j,m} = \alpha EVGC_{i,j,m} \quad \text{式(3)}$$

$$EVGC_{i,j,m} = C_{i,j,m} + \omega T_{i,j,m}$$

ただし

$V_{i,j,m}$: ゾーン*ij*間において交通機関*m*を選択した場合の効用の確定値

$C_{i,j,m}, T_{i,j,m}$: ゾーン*ij*間において交通機関*m*を選択した場合の費用、時間の期待値

α : パラメータ

ここで、効用の誤差項がガンベル分布に従うとすると、ゾーン*i j*間を移動する際に交通機関*m*を選択する確率は、ロジットモデルの考え方によって、式(4)のように表せる。

$$P_{i,j}(m) = \frac{\exp V_{i,j,m}}{\sum_m \exp V_{i,j,m}} \quad \text{式(4)}$$

ただし

$P_{i,j}(m)$: ゾーン*ij*間を移動する際に交通機関*m*を選択する確率

また、実際のOD交通量を用いると、ゾーン*ij*間を移動する際に交通機関*m*を選択する確率は、式(5)のように表せる。

$$P_{i,j}(m) = \frac{OD_{i,j,m}}{\sum_m OD_{i,j,m}} \quad \text{式(5)}$$

ただし

$OD_{i,j,m}$: ゾーン*ij*間における交通機関*m*のOD交通量¹¹⁾

時間価値の具体的な推定方法を図5に示す。この推定方法では、最初に時間価値を任意に設定してEVGCを算出しておく必要があるため、1995年における所得接近法で推定した26円/分を時間価値の初期値として設定した。そして、設定した時間価値を用いてEVGCを算出し、その結果と式(4)、式(5)より時間価値を推定する。推定した時間価値と設定した時間価値とが一致するかどうかを判定して、一致していればその値を時間価値として採用し、一致しなければ推定した値を時間価値の初期値として更新し、再度EVGCを算出して新たに時間価値を推定する。

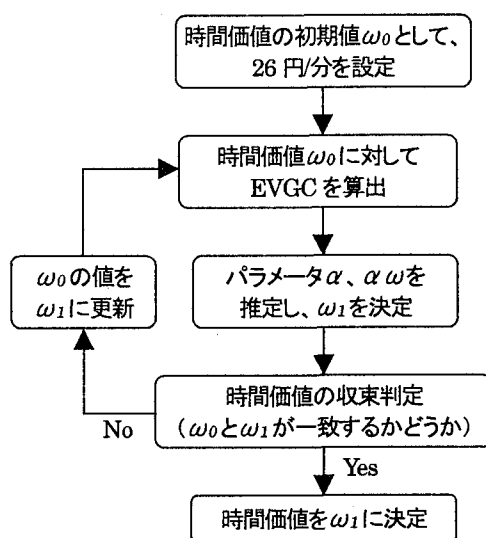


図5 時間価値の推定フロー

今回推定した結果は表1のとおりであり、69円/分となった。初期値として与えた所得接近法による26円/分よりかなり大きい値となっているが、本研究では移動時間の比較的長い都市間交通を対象としているため、時間価値が高めとなるのは妥当であるといえる。以降の分

析では、この 69 円/分を時間価値として採用する。なお、紙面の都合上、表 1 では各パラメータの推定値及び t 値については割愛しているが、全ての t 値は有意であり、決定係数については、各推定時において 0.778 前後と比較的高い値となった。

表 1 時間価値の推定結果

	設定した時間価値 ω_0 (円/分)	推定した時間価値 ω_1 (円/分)
Step1	26.0	50.6
Step2	51.0	62.7
Step3	63.0	66.1
Step4	66.0	67.5
Step5	68.0	68.8
Step6	69.0	69.4

(4) EVGC の算出結果

公共交通における期待一般化費用の算出結果の一例として、1995 年における東京→広島および東京→高知における出発時刻毎の最小一般化費用の計測結果を図 6 に示す。東京→広島では主に新幹線、東京→高知では主に航空が用いられており、フリークエンシーの高い新幹線と低い航空とでは待ち時間による一般化費用に大きな差があることが図 6 から確認できる。

4. 指標としての EVGC の有用性

本章では、実際に従来の指標を用いて都市間公共交通プロジェクトの評価を行う際の問題点と、指標として EVGC を用いることによる有用性について整理する⁹⁾。

①新幹線や航空機などの高速交通機関が運行されている都市間でも、そのフリークエンシーが低いような都市間では、フリークエンシーが高い区間と比較して交

通利便性が低くなるが、従来の指標ではこのフリークエンシーの差による交通利便性の差を考慮できない。しかし、EVGC を用いれば、フリークエンシーの高低に伴う交通利便性の違いを表現することができる。

②既に航空便が設定されている都市間に、新たに高速鉄道が運行される場合、最短所要時間はほとんど変化しないため最短所要時間では高速鉄道の運行による効果を評価することができないが、EVGC ならば、高速鉄道が運行されることによるフリークエンシーの変化を考慮できるため、評価が可能である。

③ダイヤ設定の変更により、運転本数が増減するような場合、最短所要時間では運転本数の変化を表現することはできないが、EVGC ならば、運転本数の変化、すなわち、フリークエンシーの変化を考慮できるため、ダイヤ設定の変更による交通利便性の違いを表現することができる。

以上より、従来の指標では都市間公共交通の利便性を十分に表しているとはいえないが、都市間公共交通の特性を考慮できる EVGC を用いることによって、ほぼ正確に都市間公共交通の利便性を表すことができるといえる¹⁾。

また、EVGC の有用性を定量的に確認するために、交通利便性指標として EVGC と日最小一般化費用、最短所要時間それぞれを用いて需要関数を推定した。推定した式は式(6)に示す重力モデルを採用した。需要関数の推定結果を表 2 に示す。

$$OD_{i,j} = \alpha \cdot POP_i^{\beta_1} \cdot POP_j^{\beta_2} \cdot G_{i,j}^{\gamma} \tag{式(6)}$$

ただし

$G_{i,j}$: 交通利便性指標

$OD_{i,j}$: ゾーン*i* から *j* への交通量¹⁰⁾

POP_i : ゾーン*i* (都道府県) の人口

$\alpha, \beta_1, \beta_2, \gamma$: パラメータ

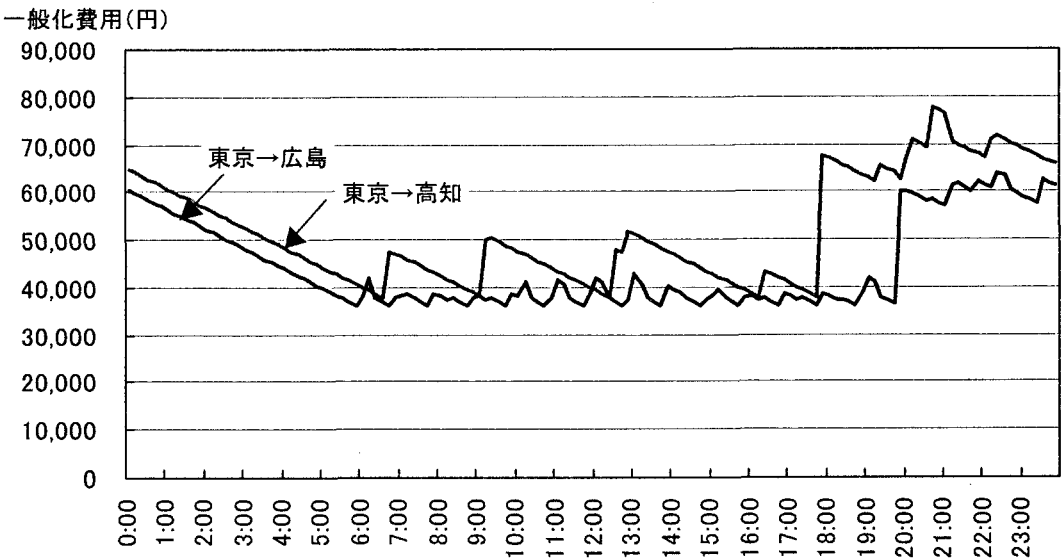


図6 東京→広島、東京→高知における出発時刻毎の一般化費用

表2 需要関数の推定結果 ()内はt値

パラメータ		最短所要時間	日最小一般化費用	EVGC
定数項	$\ln \alpha$	-19.4796 (-24.7459)	-15.5841 (-20.0040)	-14.0447 (-17.4364)
出発地人口	β_1	1.1482 (37.9170)	1.2465 (44.7192)	1.2195 (43.6150)
到着地人口	β_2	1.1261 (37.2646)	1.2125 (43.4738)	1.1917 (42.6350)
指標	γ	-1.6652 (-32.5960)	-1.4913 (-38.1910)	-1.5550 (-38.2582)
自由度補正済決定係数		0.7227	0.7543	0.7546
サンプル数		2,022	2,022	2,022

表2より、EVGCの決定係数は0.7546と高い値を示している。EVGCを用いた推定と、日最小一般化費用および最短所要時間を用いた推定結果と比較して、決定係数の値はわずかながらEVGCが最も高くなっている点、およびEVGCは、最短所要時間や日最小一般化費用では考慮できない交通機関のダイヤやフリークエンシーを考慮することができる、という点からも、EVGCの指標としての有用性が確認できる。

本研究でケーススタディとした北陸新幹線に関しては、東京と富山・金沢両都市間に航空便が既に設定されており、②で述べたようにこの両都市間において、北陸新幹線が開通しても、最短所要時間はほとんど変化しないと考えられる。このことから、北陸新幹線はEVGCを用いて評価を行うことが適切であると考えられる。次の5章において、EVGCを用いた北陸新幹線の社会的な評価を行う。なお、本研究では、指標による便益評価の違いについても考察を行うために、EVGCだけでなく、日最小一般化費用を用いた評価も同時に行う。

5. 北陸新幹線の社会的な評価

(1) 北陸新幹線の設定

本研究で評価の対象とした北陸新幹線は、図7のように東京～長野～富山～大阪を結ぶ路線であり、東京～長野間は既に完成している。

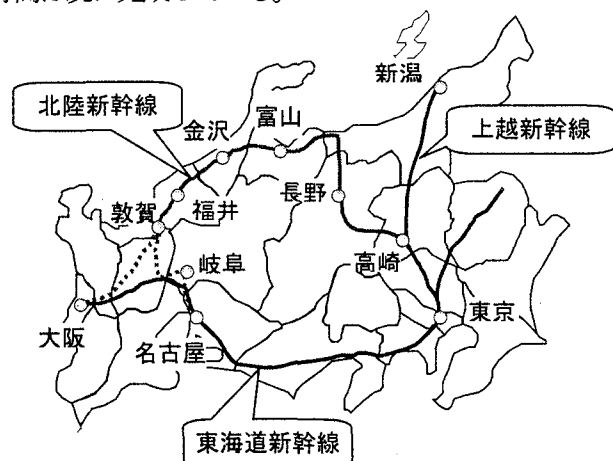


図7 北陸新幹線のルート図

長野～敦賀間は、全区間フル規格による整備を前提とする。平成13年2月現在、敦賀以南のルートは未定であるので、本研究では、北陸新幹線の車両を軌間可変型とし、敦賀以南は在来線に乗り入れる形式を想定する。この方式は、大阪までフル規格で整備する場合と比較して速達性では劣るが、建設費の圧縮という点では優位と考えられる。また、この方式では、北陸と近畿だけでなく、北陸と中京間も新幹線で結ぶことが可能になる。本研究では、現在在来線で北陸と名古屋を結ぶ優等列車が設定されていることを考慮し、北陸新幹線は名古屋にも乗り入れる設定とした。

本研究で用いるEVGCは、交通機関のダイヤ・フリークエンシーを考慮した指標であるため、With caseとWithout caseの設定を明確に行う必要がある。なお、北陸新幹線が開業しても、自動車の一般化費用、交通量は変化しないものと仮定し、本研究における北陸新幹線の評価は、公共交通のみについての評価である。

a) Without case の設定

Without caseの設定は、1999年におけるネットワークとする。時間価値は1995年のネットワークで推定した69円/分をそのまま適用した。

b) With case の設定

With caseの設定は、本研究ではダイヤ設定の違いによる影響を比較するため、表3のような3つのパターンを設定した。それぞれのパターンにおける、主な区間の一日当たりの片道列車本数は表4のとおりである。

パターン1の本数設定は、東京発については、東京～北陸を結ぶ在来線特急列車の運転本数を基に、大阪発については、大阪～北陸を結ぶ在来線特急列車の運転本数を基に設定した。ダイヤ設定は、東京発については、長野新幹線のダイヤを北陸方面に延長した形で設定した。

With caseでは、北陸新幹線に並行する在来線の特急列車は廃止し、それ以外の航空便・高速バスは存続させ、これらのサービス水準は変化しないこととした。また、北陸新幹線の料金は、現在の新幹線と同様の設定とした。

表 3 北陸新幹線のダイヤ設定

With case	北陸新幹線の列車本数の設定
パターン 1	在来線の現行の運転本数を基にして設定
パターン 2	パターン 1 の約 2 倍
パターン 3	パターン 1 の約半分

表 4 主な区間の片道運転本数(本/日)

With case	大阪・富山間	東京・富山間	名古屋・金沢間
パターン 1	24	18	15
パターン 2	48	36	30
パターン 3	12	9	7

(2) 利用者便益の算出方法

年間利用者便益 UB_{ib} の算出方法としては、消費者余剰の考え方より、式(7)に示されるショートカット公式¹²⁾を用いた。

$$UB_{ib} = \sum_i \sum_j \frac{1}{2} (OD_{i,j}^{without} + OD_{i,j}^{with}) \times (EVGC_{i,j}^{without} - EVGC_{i,j}^{with}) \quad \text{式(7)}$$

なお、需要関数については、式(6)で推定した需要関数を用いた。

(3) 供給者便益の算出方法

次に、年間供給者便益 SB_{ib} についてであるが、本研究では、公共交通事業者全体に帰着する便益を供給者便益とし、式(8)のように定義する。

$$SB_{ib} = \sum_i \sum_j (Cost_{i,j}^{with} \times OD_{i,j}^{with} - Cost_{i,j}^{without} \times OD_{i,j}^{without}) - (RC^{with} - RC^{without}) \quad \text{式(8)}$$

ただし

$Cost_{ij}$: ゾーン ij 間の交通機関の運賃・料金の合計

$RC^{with} - RC^{without}$: 営業費用の差額

式(8)において、右辺第 1 項は With case と Without case との運賃収入の差額を、第 2 項は営業費用の差額を表している。

営業費用については、まず原単位として、JR 貨物を除く JR 全社の営業費用¹³⁾を車両走行キロで除した、年間の車両走行キロあたりの営業費用を用いる。1995 年における年間車両走行キロあたりの営業費用は、686.3 円/km・両となった。そして、各パターンについて、With case で新たに設定した列車の車両走行キロから在来線で廃止した列車の車両走行キロを減じて、北陸新幹線開通による年間車両走行キロの増加分を算出し、これに年間車両走行キロあたりの営業費用 686.3 円/km・両を乗じた値を、

営業費用の差額とする。車両走行キロあたりの営業費用とすることで、同一路線でも列車本数の異なるような場合でも営業費用の違いを容易に算出できるという利点がある。

(4) 利用者便益、供給者便益の算出結果

以上をふまえて、EVGC を用いたパターン 1 の場合について、都道府県別に発生する利用者便益を図 8 に示す。図 9 はパターン 2 について、EVGC を用いて算出した便益額と日最小一般化費用を用いて算出した便益額との比を都道府県別に示したものである。また、EVGC および日最小一般化費用を用いた、各パターンの利用者便益 UB_{ib} 、供給者便益 SB_{ib} およびそれらを合算した社会的便益の結果を図 10 に、そのうち供給者便益の内訳を表 5 に示す。

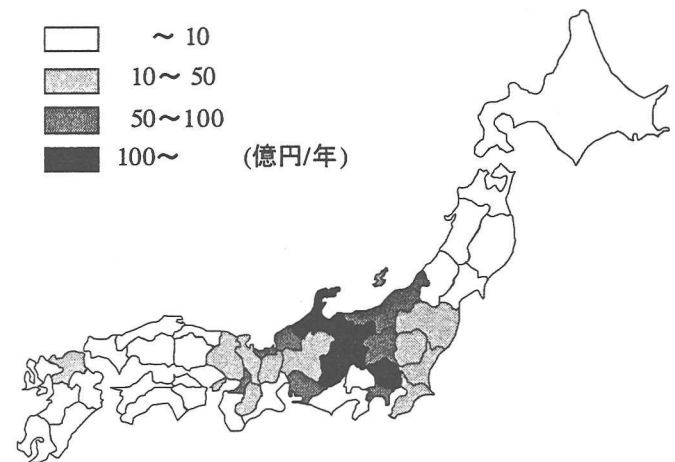


図 8 都道府県別の利用者便益
(EVGC によるパターン 1 の評価)

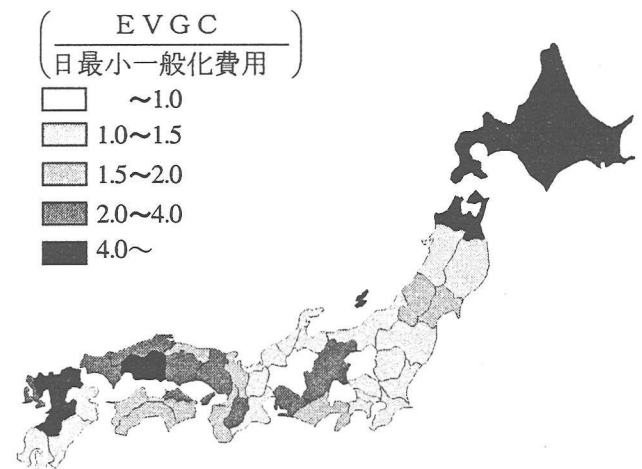


図 9 EVGC と日最小一般化費用を用いて
算出した便益額の比率(パターン 2)

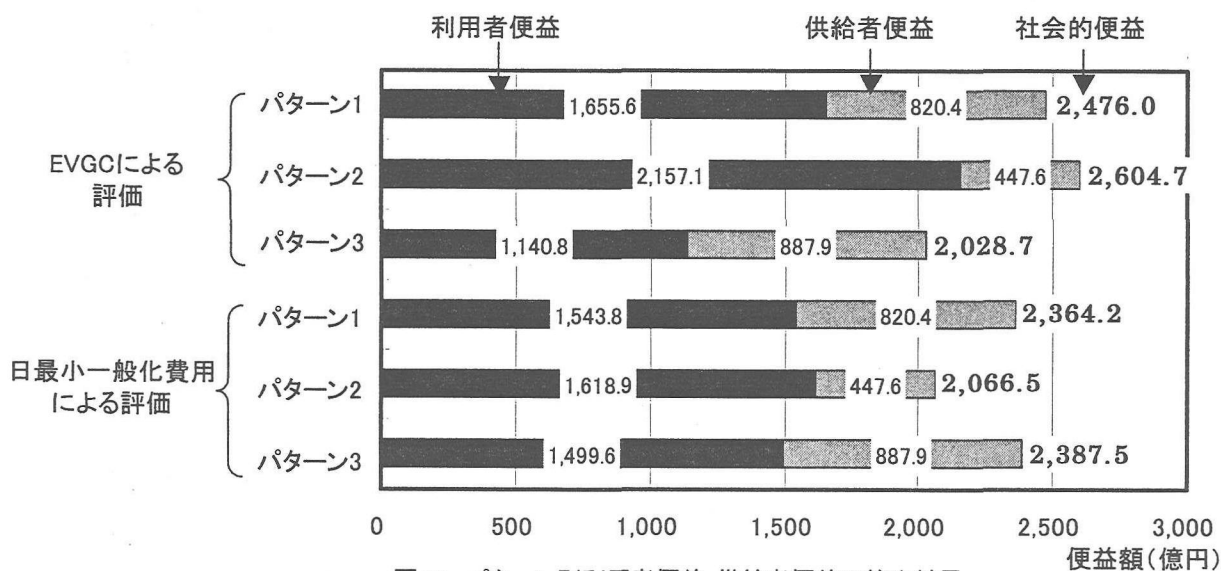


図 10 パターン別利用者便益・供給者便益の算出結果

表 5 供給者便益の内訳(億円/年)

With case	供給者便益 (A ₁ -A ₂)	内訳	
		運賃収入 の増加(A ₁)	営業費用 の増加(A ₂)
パターン1	820.4	984.1	163.7
パターン2	447.6	1,352.5	904.9
パターン3	887.9	660.9	-227.0

長野～敦賀間の建設費を2兆5,000億円、プロジェクトライフを50年、社会的割引率を4%とするとときの各パターンの総便益および費用便益比(B/C)は、表6のようになった。

表 6 各パターンの総便益と費用便益比

	With case	総便益 B	B/C
日最小一般化費用による評価	パターン1	5兆788億円	2.03
	パターン2	4兆4,393億円	1.78
	パターン3	5兆1,287億円	2.05
EVGCによる評価	パターン1	5兆3,190億円	2.13
	パターン2	5兆5,955億円	2.24
	パターン3	4兆3,580億円	1.74

図8より、利用者便益は北陸新幹線の沿線地域に多く発生しているのがわかる。特に長野県は、東京方面への利便性にほとんど変化がないにもかかわらず、大きな便益額が発生している。これは、長野県には大きな空港がないため、新幹線開業によるフリークエンシー上昇、所要時間短縮効果が大きいためだと考えられる。

次に、日最小一般化費用による評価と、EVGCによる評価との違いについて考察する。図9より、北陸新幹線沿線地域ではEVGCによる便益額は概ね日最小一般化費用による便益額の1.5～2倍であるのに対し、北海道、広島、福岡など北陸新幹線とは大きく離れた地域では4

倍以上と、大きな差が発生している。これは、所要時間短縮効果に加えてフリークエンシーの増加による効果が大きいことが考えられる。現在、北陸地方から北海道、広島、福岡方面へは航空便は1日1～2本しかなく、北陸新幹線の開業により東京を経由して航空便に乗り継いだり、大阪を経由して新幹線に乗り継いだりすることでこれらの都市への利便性が大幅に向上するものと考えられる。

また、図10より、日最小一般化費用を用いた利用者便益は、ダイヤ設定によらずほぼ一定となった。しかし、EVGCを用いた評価では、運転本数の多寡が利用者便益に大きな影響を与えていることが確認できる。つまり、フリークエンシーを考慮したEVGCによる評価と、考慮していない日最小一般化費用による評価とでは利用者便益に大きな差が現れており、ダイヤ設定の違いを正確に評価するためには、EVGCを用いて評価を行う必要があることがいえる。

なお、供給者便益については、フリークエンシーの影響を受けないため、EVGCによる評価と、日最小一般化費用による評価は同一となった。

次に、パターン別の評価について、EVGCを用いた算出結果を基にして考察する。表6より、パターン1とパターン2とでは、EVGCを用いて算出した総便益はほぼ同額であるが、その内訳は大きく異なっている。図10より、パターン2については、列車本数が多いために利用者便益はパターン1よりも大きくなっているが、逆に供給者便益については、表5より、列車本数の増加に伴う営業費用の増加分が大きく、その結果パターン1よりも供給者便益は小さくなった。

パターン3については、総便益はパターン1、2よりも小さくなっているが、供給者便益は図10より3パターン中最大となっている。これは、パターン3では運転本数が少ないために利用者便益が小さくなったが、逆に

供給者便益は、表 5 より営業費用の増加が負、つまり、新たに運転する新幹線にかかる費用よりも、在来線で廃止した特急列車に必要な費用の方が小さくなったためである。つまり、供給者サイドから見た場合、パターン 3 が最適なダイヤ設定となる。

図 10 より、EVGC による評価では、利用者サイドからみて便益が最大となるのはパターン 2 の場合であるが、供給者サイドからみて便益が最大となるのはパターン 3 の場合であり、ダイヤ設定によって主体ごとに帰着する便益が大きく異なることがわかる。

以上より、供給者サイドからみた最適なダイヤ設定は、運転本数が最も少ないパターン 3 であるが、利用者・供給者の双方を考慮した、社会的に最適となるのはパターン 2 となることがわかる。このことから、供給者にとっての最適なダイヤ設定が、必ずしも社会的に最適な設定であるとは限らないことがわかる。

6. おわりに

本研究では、都市間の交通利便性に大きな影響を与えると考えられる、ダイヤ・フリークエンシーを考慮できる指標として EVGC を定義し、交通利便性指標として EVGC を用いることによる利点について整理した。そして、ケーススタディとして北陸新幹線を取り上げ、北陸新幹線のダイヤを 3 パターン設定し、それぞれのパターンについて EVGC および日最小一般化費用を用いて利用者便益・供給者便益を算出した。その結果、ダイヤ・フリークエンシーを考慮していない日最小一般化費用では、ダイヤパターン毎に利用者便益について大きな差はなかったが、ダイヤ・フリークエンシーを考慮できる EVGC では、ダイヤ設定によって利用者便益が大きく変化し、供給者にとって望ましいダイヤ設定が、必ずしも利用者・供給者双方を考慮した社会全体にとって望ましいダイヤ設定であるとは限らないことを定量的に明らかにした。

プロジェクト評価の際に EVGC を用いることにより、

従来の指標では考慮できなかったフリークエンシーの増加、ダイヤ改定等による影響を評価することが可能となり、鉄道プロジェクトについて、より多面的な評価が可能になるものと思われる。

【参考文献】

- 1) Dai Nakagawa, Yoshitaka Aoyama and Ryoji Matsunaka : The benefits of large-scale transport projects using the expected value of generalized costs (EVGC), 6th RSAI World Congress 2000, 2000.5.
- 2) 野村友哉, 青山吉隆, 中川大, 松中亮治, 白柳博章 : 都市間公共交通の特性を考慮した交通利便性指標の提案, 平成 12 年度土木学会関西支部年次学術講演会 pp.IV-24-1-2, 2000.6.
- 3) 岡田隆, 竹内研一, 片岡賢司, 山崎隆司, 坪田卓哉 : 新在直通プロジェクトの効果に関する分析, 土木計画学研究・講演集, No.22(1), pp.435-438, 1999.10.
- 4) 土屋誠之, 原口征人, 佐藤馨一 : 北海道新幹線の開業効果に関する研究, 土木学会第 55 回年次学術講演会概要集第 4 部, pp.IV-395-396, 2000.9.
- 5) 奥山育英, 濱口一起, 高梨誠 : 公共交通における交通時間に関する研究, 土木計画学研究・講演集, No.15(1), pp.505-512, 1992.11.
- 6) 中川大, 波床正敏, 加藤義彦 : 交通網整備による都市間の交流可能性の変遷に関する研究, 土木学会論文集 No.482/IV-22, pp.47-56, 1994.1.
- 7) 財団法人日本デジタル道路地図協会 : DRM デジタル道路地図, 1998.
- 8) 建設省道路局 (編) : 道路交通センサス, 1995.
- 9) 道路投資の評価に関する指針検討委員会 (編) : 道路投資の評価に関する指針 (案), 財団法人日本総合研究所, 1998.
- 10) 土木学会 (編) : 非集計行動モデルの理論と実際
- 11) 国土庁計画・調整局 : 第 2 回全国幹線旅客純流動調査, 1995.
- 12) 運輸省鉄道局監修 : 鉄道プロジェクトの費用対効果分析マニュアル 99, 財団法人運輸政策研究機構, 1999.
- 13) 運輸省鉄道局監修 : 平成 7 年度鉄道統計年報, 1997.

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

野村 友哉, 青山 吉隆, 中川 大, 松中 亮治, 白柳 博章

本研究では、まず都市間公共交通において、交通利便性に大きな影響を与えるダイヤ・フリークエンシーを考慮する必要性について考察した。そして、ダイヤ・フリークエンシーを考慮できる指標として EVGC を定義し、EVGC の指標としての有用性を示した。そして、北陸新幹線をケーススタディとしてダイヤを 3 パターン設定し、それぞれのパターンについて EVGC 及び日最小一般化費用を用いて利用者便益・供給者便益を算出した。その結果、EVGC を用いた場合、ダイヤ設定によって利用者便益が大きく変化し、供給者にとって最適なダイヤ設定が社会的に最適であるとは限らないことを明らかにした。

The Evaluation of the Benefit of the Intercity High-speed Train Project Using the EVGC

By Tomoya NOMURA, Yoshitaka AOYAMA, Dai NAKAGAWA, Ryoji MATSUNAKA and Hiroaki SHIRAYANAGI

In this study, we described the necessity to consider the timetable and frequency which influence the facility for the intercity transportation. So, we define the EVGC as the indicator for intercity accessibility, which can reflect the timetable and frequency, and we verify the usefulness of the EVGC. Targetting the Hokuriku Shinkansen, we set up the three types of the timetable, then, we measure the user's and the supplier's benefits respectively using the EVGC and the minimum generalized costs. As the result, the timetable that is the most suitable for the supplier is not always the most suitable for society.
