

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 EVGC

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

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

1. はじめに

従来、交通プロジェクトを評価する際に用いられていた交通機関の利便性を表す指標では、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が考慮されていない場合が多い。そのため、例えば所要時間が同じでも、フリークエンシーが変化する場合のような、ダイヤ設定の違いが便益に及ぼす影響を計測することは困難であった。

また、現在整備新幹線を始めとする多くの都市間公共交通プロジェクトが進行しているが、これらの多く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、供給者サイドからの評価が利用者と供給者の双方を考慮した社会的見地からの評価と一致するとは限らない。そこで、利用者便益・供給者便益を単独で評価するのではなく、利用者・供給者双方を考慮した総合的なプロジェクト評価を行う必要があるといえる。

そこで本研究では、交通利便性指標として、運賃・ダイヤやフリークエンシーなどの都市間公共交通の特性を考慮できる EVGC¹⁾(Expected Value of Generalized Costs: 期待一般化費用)を用いる。そして、プロジェクト評価の対象として、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取り上げ、北陸新幹線のダイヤを数パターン設定し、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計測することで、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、プロジェクトの総合的な評価を行うことを目的とする。

*Key words: 交通計画評価、公共交通計画、EVGC

** 学生員 京都大学大学院工学研究科

*** フェロ 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

(〒606-8501 京都市左京区吉田本町 075-753-5759)

2. EVGC の特性と算出方法

(1) 従来の指標の問題点と EVGC の優位性

交通プロジェクト、特に都市間における公共交通プロジェクトを評価する際に用いられる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・フリークエンシーは考慮されない場合が多い。その一方、EVGC はダイヤ・フリークエンシーなどを考慮できる特性を持つ交通利便性指標である。ここで、従来の指標を用いて都市間公共交通の利便性を表す際の問題点と、EVGC を用いることによる優位性について整理する²⁾。

①都市間公共交通においては、実際に列車に乗車する時間と比較して、次の便を待つための待ち時間や、乗換駅における待ち時間が大きい。また、便によって一般化費用が大きく異なる場合も多いが、従来用いられている最短所要時間や一般化費用等の指標では、これらの現象を考慮できない。しかし、EVGC は待ち時間や乗換時間を全て考慮していること、出発時刻毎に一般化費用が最小となる経路を探索することで、便毎の一般化費用の違いを考慮することができる。

②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、フリークエンシーが低い場合、その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。

③既に航空便が設定されている都市間に高速鉄道が

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評価は行えないが、EVGCならば、新たに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。

④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、かなり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。

さらに、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設定されており、③で述べたようにこの両都市間において、北陸新幹線が完成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。

(2) EVGC の定義と算出方法

本研究で用いる EVGC は、「出発時刻毎の最小一般化費用を、その出発時刻に出発する確率（出発分布）を考慮して加重平均したもの」と定義する。これを式で表すと式(1)のように表せる。

$$EVGC_{i \rightarrow j, m} = \int_0^T GC_{i \rightarrow j, m}(t) f_{i \rightarrow j, m}(t) dt \quad \text{式(1)}$$

$$\text{s.t.} \quad \int_0^T f_{i \rightarrow j, m}(t) dt = 1$$

ただし

i, j : ゾーン（都道府県）

t : 出発時刻、 T : 24 時間

m : 交通モード（1 : 自動車、2 : 公共交通）

$EVGC_{i \rightarrow j, m}$: 交通モード m におけるゾーン i j 間の EVGC (円/人)

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

$f_{i \rightarrow j, m}(t)$: ゾーン i j 間において、ゾーン i を出発時刻 t に出発する確率

本研究における時間価値の設定については、全国幹線旅客純流動調査⁴⁾と、自動車と公共交通の EVGC を用いて交通機関選択モデルを構築し、その結果から 69 円/分とした。

公共交通では、ダイヤを考慮して出発時刻毎に全ての経路の一般化費用を算出し、それらの中で一般化費用が最小となる経路を探索し、出発時刻毎の最小一般化費用を算出する。さらに、出発分布については、深夜に出発する場合には早朝まで待って出発する場合がほとんどであるため、6:00 からその日のうちに相手ゾーンに到達しうる最遅出発時刻までをコアタイムとした上で、コアタイム内の出発時刻毎の最小一般化費用を単純平均したものを EVGC として定義することとする。

なお、本研究では EVGC の計測を自動化するため、PC 上で EVGC を計測するためのシステムを構築した。公共交通における EVGC 計測システムの鉄道・航空・旅客船・高速バスのネットワークは、平成 7(1995)年、平成 11(1999)年の時刻表データを基にして作成した。

3. 北陸新幹線の設定

本研究でプロジェクト評価の対象とした北陸新幹線は、図 1 のような東京～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。

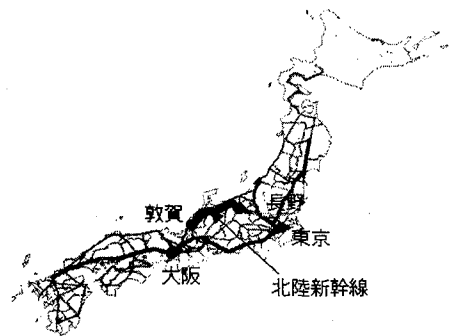


図 1 本研究で考慮した公共交通ネットワークと北陸新幹線のルート図

平成 12 年 6 月現在、敦賀以西のルートは未定であるので、本研究では、敦賀～大阪間は在来線に軌間可変型の新幹線車両が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。なお、建設費は長野～敦賀間で2兆5,000億円と仮定する。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。

まず、Without case の設定は、1999年におけるネットワークとする。そして、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1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2のとおりである。

表1 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2 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
パターン1	24	18
パターン2	48	36
パターン3	12	9

With case では、北陸新幹線に並行する在来線の特急列車を廃止し、航空便は存続させることとした。北陸新幹線の料金は、現在の新幹線と同様の設定とした。

4. 北陸新幹線の便益計測

本章では、3章における設定を基にして、北陸新幹線の利用者便益、供給者便益を算出し、北陸新幹線の便益評価を行う。

(1) 利用者便益の算出方法

年間利用者便益 UB_b の算出方法としては、消費者余剰法の考え方より、式(2)に示されるショートカット公式を用いた。需要関数は、式(3)に示される関数型を採用して、全国幹線旅客純流動調査 ϕ を用いて

推定した。推定結果については、表3に示す。

$$UB_b = \sum_i \sum_j \frac{1}{2} (OD_{i \rightarrow j}^{without} + OD_{i \rightarrow j}^{with}) \times (EVGC_{i \rightarrow j}^{without} - EVGC_{i \rightarrow j}^{with}) \times 365 \quad \text{式(2)}$$

$$OD_{i \rightarrow j} = \alpha \cdot POP_i^{\beta_1} \cdot POP_j^{\beta_2} \cdot EVGC_{i \rightarrow j}^{\gamma} \quad \text{式(3)}$$

ただし、

$OD_{i \rightarrow j}$: ゾーン*i*から*j*への一日当たり交通量

POP_i : ゾーン*i* (都道府県) の人口

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

表3 需要関数の推定結果

		推定値	t 値
定数項	$\ln \alpha$	-14.045	-17.4364
出発地人口	β_1	1.219	43.6150
到着地人口	β_2	1.192	42.6350
EVGC	γ	-1.555	-38.2582
自由度補正済 決定係数		0.7546	
サンプル数		2,022	

表3より、需要関数の決定係数は0.7546と高い値を示しており、モデルの適合度は高いといえる。

(2) 供給者便益の算出方法

次に、年間供給者便益 SB_b 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(4)のように定義する。

$$SB_b = \sum_i \sum_j (Cost_{i \rightarrow j}^{with} \times OD_{i \rightarrow j}^{with} - Cost_{i \rightarrow j}^{without} \times OD_{i \rightarrow j}^{without}) \times 365 - (RC^{with} - RC^{without}) \quad \text{式(4)}$$

ただし、

$Cost_{i \rightarrow j}$: ゾーン*ij*間の交通機関の運賃・料金の合計

RC : 年間営業費

式(4)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。

営業費用の算出方法は、JR貨物を除くJR全社の営業費用 ϕ を、車両走行キロで除することで年間の車両走行キロあたりの営業費用を算出する。車両走行キロあたりとすることで、列車1本が増発された

場合の営業費用の増加を容易に算出できるという利点がある。そして、With case で新たに設定した列車の車両走行キロを算出して、その運行にかかる営業費の増加分と、在来線の廃止した列車の車両走行キロを算出して、廃止したことによる営業費の減少分を用いて算出する。その結果、1995年における年間車両走行キロあたりの営業費は、686.3円/km・両となった。

(3) 利用者便益、供給者便益の算出結果

以上をふまえて、各パターンの利用者便益 UB_b 、供給者便益 SB_b およびそれらを合算した結果は表4のように、そのうち供給者便益の内訳は表5のようになった。また、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4 各パターンの便益(億円/年)

With case	UB_b	SB_b	$UB_b + SB_b$
パターン1	1,655.6	820.4	2,476.0
パターン2	2,157.1	447.6	2,604.7
パターン3	1,140.8	887.9	2,028.7

表5 供給者便益の内訳(億円/年)

With case	運賃収入の増加	営業費用の増加
パターン1	984.1	163.7
パターン2	1,352.5	904.9
パターン3	660.9	-227.0

表6 各パターンの総便益と費用便益比

With case	総便益	B/C
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

表6より、パターン1とパターン2とでは、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。表4、表5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、列車本数の増加に伴う営業費用の増加が大きくなり、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

よりも小さいものの、供給者便益については、表5より営業費用の増加が負であることより、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かかる費用の方が大きくなっており、パターン3の供給者便益は3パターン中で最大となった。

表4より、利用者の立場から見て便益が最大となるのはパターン2の場合であるが、供給者の立場から見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、供給者サイドからの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1ではなくパターン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。

5. おわりに

本研究では、都市間公共交通における交通利便性指標としてEVGCを用い、北陸新幹線のダイヤを3パターン設定して、それぞれのパターンで利用者便益・供給者便益を算出した。その結果、ダイヤ設定によって利用者便益・供給者便益がそれぞれ変化することを算出した。また、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。

<参考文献>

- 1) Yoshitaka Aoyama, Dai Nakagawa 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) 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.
- 4) 国土庁計画・調整局 : 第2回全国幹線旅客純流動調査, 1995.
- 5) 運輸省鉄道局監修 : 平成7年度鉄道統計年報, 1997.