

3501 輸送障害に遭遇した旅客の経済損失評価法

正 [土] ○武藤 雅威 (鉄道総研)

An Evaluating Method for an Economic Loss of the Passengers

Who Encountered with Railway Transport Disorders

Masai MUTO, Railway Technical Research Institute, 2-8-38, Hikari-cho, Kokubunji City

This study has focused on an evaluating method for an economic loss of the passengers who encountered with railway transport disorders. We developed a selective model for passenger behaviours, for two major actions taken either an alternative route or patiently waiting for train services to be resumed. The time value at the time of the disorder is calculated by a model parameter ratio between the travel time and the fare. We accordingly proposed a new evaluation index, which indicated the amount of loss as calculated by the product of the time value and the loss time of total passengers.

Keywords: transport disorders, alternative route, economic loss, time value, disaggregate logit model

1. はじめに

人身事故などの発生により鉄道路線に輸送障害が起きると、その列車に乗車中、もしくはこれから乗車する予定の旅客に対して、時間や費用の損失というような影響を少なからず与えることがある。不特定多数の利用者が広域にわたり存在する都市鉄道では、輸送障害により多くの列車に運休や遅延が発生した場合、その損失規模の総数は莫大なものとなる。国土交通省の交通政策審議会陸上交通分科会鉄道部会での答申においては、「輸送への影響を最小化することが求められており、効率的な対策を実施すべく、総遅延時分をはじめとする新たな評価指標について、検討をすることが必要である」¹⁾と指摘されており、輸送障害に伴う影響度の定量化についての関心が社会的にも高まっている。

本研究では、輸送障害による被害規模を旅客の経済損失の観点から定量的に評価するために、その評価法(評価指標)を構築することを目的とする。

2. 損失額の算出方法

評価指標は、輸送障害により全旅客が待たされた総影響時間(分)を貨幣換算することで、旅客の損失額(円)として表すこととしたい。この換算には、輸送障害時の時間評価値(円/分)を用いることとする。一般に、時間評価値の計測方法としては、「所得接近法」と「選好接近法」が知られている²⁾。「所得接近法」とは、節約される時間を所得機会に充当させた場合に獲得される所得の増分をもって時間評価値とする考え方で、利用者の時間当たり賃金(例えば、ある地域での一人平均月間現金給与額を平均月間労働時間数で除すること)により計測される。「選好接近法」とは、時間の節約を獲得するのに犠牲にしてもよい金額と節約時間との関係を現実の交通行動データから分析し、時間評価値として計測するものである。都市鉄道利用者の移動目的には、通勤・通学、業務のほかに買い物やレジャーなどの私的目的があり、所

得接近法で計測した時間評価値を評価指標に用いた場合、特に私的利用者の損失額を過大に推計する恐れがあると考えられる。

一方、選好接近法により時間評価値を計測するには、輸送障害に遭遇した旅客の選択行動を再現できるモデルを構築する必要がある。これまでに筆者は「列車運転再開時の旅客数予測に関する研究」³⁾(以下、前研究)にて、輸送障害で運転中断に遭遇した旅客が「経路迂回をする」か「運転再開を待つ」かの選択行動に着目し、その経路選択モデルを非集計ロジットモデル型にて構築することで、不効用値の算出を試みている。前研究では、「運転再開を待つ」という選択に関わる所要時間を、「平常運転時の所要時間(乗車時間+乗換時間)」に、その旅客が想定する「運転再開までの見込み時間」を足し合わせたものと定義している。ただし、このモデルに採用した説明変数は所要時間に関する変数のみで、ほかには他社線への迂回時にかかる不効用をダミー変数(迂回で他社線を利用=1)として表現するに過ぎなかった。時間評価値の計測のためには、このモデルに迂回に要する運賃を新たに説明変数として加える必要がある。これにより、時間のパラメータ(1/分)を運賃のパラメータ(1/円)で除することで、輸送障害時の時間評価値(円/分)が計測できる。

旅客が損失した時間は、元々行う予定であった労働やレジャーなどに費やされるものであるから、平常運転時の需要予測モデルで計測された時間評価値を用いて損失額を算出しても構わないとの考え方もあろう。その一方で、輸送障害時において、旅客は当初のタイムスケジュールどおりに予定していた行動をとりたいため、平常運転時より高い対価を支払う意思を持つことも予想され、平常時と輸送障害時では時間評価値が同質でないとの考え方もあり得る。よって本研究では、選好接近法により計測された平常運転時と輸送障害時の両者における時間評価値の比較分析を併せて試みることとする。

3. 輸送障害遭遇時の旅客行動を把握するための調査

3.1 調査概要

輸送障害遭遇時に旅客が実際に起こした行動を把握するため、遭遇した当日中に回答できるような調査システムとして、前研究と同様にインターネットを利用したアンケート調査（以下、Web 調査）を適用した。その方法は、以下のとおりである。

予め Web 調査会社に登録しているモニタ会員に対して、自身が輸送障害に遭遇した場面での即日回答を依頼しておく。京阪神圏での駅や電車内で、人身事故や鉄道設備の故障、災害の影響などで、5分以上電車が来ない、もしくは電車が動かないというような運転中断に遭遇し、次のような体験をした会員から回答を得た。

- (1) 運転が再開されるのを待った（以下、「待ち」）
- (2) 他の鉄道路線に乗り換えた（以下、「迂回」）
- (3) 徒歩もしくはバスやタクシーに乗り換えるなど、鉄道を利用しなかった（以下、「他機関」）
- (4) 行くことをやめた（以下、「とりやめ」）

Web 調査の主な設問を Table 1 に示す。遭遇日時や利用予定の経路（利用路線と乗換駅）、利用券種、輸送障害の原因などの基本的な利用・遭遇状況のほか、運転再開までの見込み時間「運転再開まで何分かかるといったか（聞いたか）」を尋ねている。行動結果が「迂回」の人には実際に迂回した経路のほか、その時に振替輸送を利用したか、利用しなかった人には支払った追加運賃額を尋ねている。「待ち」の人には、経路迂回することも考慮したか、さらに、もし迂回した場合の想定経路や追加運賃の予想額までを尋ねている。

Web 調査での回答期間は 2007 年 11 月 18 日から 2008 年 2 月 29 日までとし、各会員には調査期間内に一度のみ回答を許す方法により、計 2,684 サンプルを取得した。大都市圏での鉄道利用頻度が比較的多いと思われる 20～50 歳代の現役世代を中心にサンプルを取得している。目的別では、出勤・登校、業務・受験のような業務目的と私用先へ行くなどの私的目的が混在している。また、サンプルを多く取得できた輸送障害発生日の原因・状況を調査したところ、人身事故などの発生により多くの運休本数が発生し、数万人以上に影響が及ぶような規模の輸送障害事例を含んでいることがわかっている。

Table 1 Web 調査での主な設問

遭遇時の状況
日時、移動目的、出発地・到着予定地
利用予定経路、その利用頻度
利用券種（普通券、定期券、回数券、フリーキップ、その他）
輸送障害の原因、輸送障害を知った場所
到着地変更の有無、その時の振替輸送の有無
（自己予測もしくは情報提供による）運転再開までの見込み時間
行動結果
行動結果（待ち、迂回、他機関、とりやめ）
「待ち」の追問
迂回考慮の有無、迂回した場合の想定経路
迂回した場合の追加運賃の予想額
「迂回」の追問
迂回路、振替輸送利用の有無、支払追加運賃
その他
振替輸送制度の認知度（よく知っている、ある程度、言葉は知っている、全く知らない）、過去の利用経験

3.2 集計分析結果

まず、行動結果別の集計値を Fig.1 に示す。あくまでも鉄道を利用する「待ち」と「迂回」で全体の 92% を占めている。「待ち」は全体の 76% で、そのうち迂回路があることを認知していながらも待った人は全体の 31% 程度である。「他機関」と「とりやめ」は少数に過ぎない。

「迂回」の人に対しては、実際に振替輸送票を利用したかどうか、利用しなかった場合はその追加支払運賃額を尋ねており、65% が振替輸送票を利用（迂回運賃が無料）もしくは利用しなくとも追加支払額が 0 円だったと回答している（Fig.2）。言い換えれば、35% が運賃の自己負担を伴いながら迂回をしていることになる。また、迂回路があることを認知していながらも「待ち」の行動をとった人に対して、“もし迂回をした場合にいくらの追加運賃がかかると思うか”を尋ねた設問では、無料と思った人は 35% に過ぎず、49% の人は追加運賃がかかることを予想しているという回答結果を得ている（Fig.3）。このように、「迂回」か「待ち」かの行動結果を問わず、迂回することに対して追加運賃の支払いを考慮している旅客が相当数存在していることが判明した。これは、「迂回」か「待ち」かの行動選択モデルに、新たに迂回に要する運賃を説明変数として加えることが可能であることを示唆しているものと考えられる。

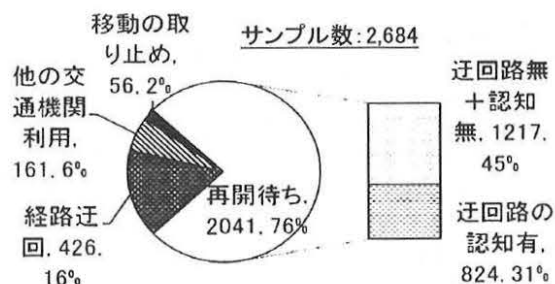


Fig.1 行動結果

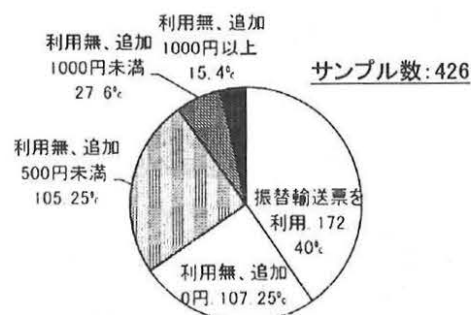


Fig.2 「迂回」の追加運賃支払実績

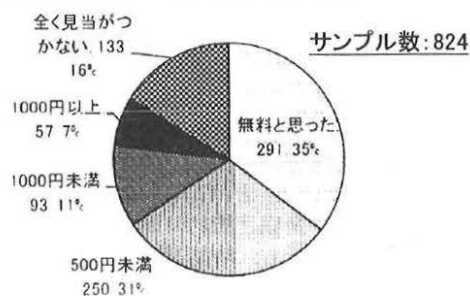


Fig.3 「待ち」の追加運賃予想額

4. モデル構築による時間評価値の計測

集計分析結果を踏まえて、「迂回」対「待ち」の行動選択モデルを構築する。Fig.1 で示したように、鉄道への「迂回」は426 サンプルであるが、「他機関」の161 サンプルのうち、バスなどの公共交通機関を利用して迂回したサンプルをモデル構築用に加えて、「迂回」側として計587 サンプルを抽出した。一方、「待ち」のサンプルのうち、迂回経路を認知しており、迂回の可能性を有するものが824 サンプルであり、これを「待ち」側とした。ただしこの両者で、回答された迂回経路が不明瞭なもの、迂回経路が主として公共交通機関以外（徒歩、二輪車、自動車、タクシー）を利用するもの、幹線を利用した広域な迂回で京阪神圏外の路線での行動結果を回答したものなどを分析にそぐわないサンプルとして除外した。

以上の抽出作業により、「迂回」で381 サンプル、「待ち」654 サンプル、合わせて1,035 サンプルを分析対象サンプルとした。これらのサンプルを用いて、「迂回」対「待ち」の行動選択モデルを構築して、時間と運賃のパラメータを算出する。このモデル型には、前研究と同じく非集計ロジットモデルを用いた。本研究では、時間評価値をできるだけ正確に計測するため、効用関数の説明変数を所要時間と運賃、定数項のみとし、他の要因からの影響を排除することとした。

「待ち」経路の所要時間は前研究と同様に、その平常運転時の所要時間に運転再開見込み時間を足し合わせた時間と定義した。「迂回」経路の所要時間は、その平常運転時の時間である。一方、「迂回」に要する追加運賃についての基本的な考え方は、以下のとおりである。

- (1) 自社線内での「迂回」→無料
- (2) 自社線から他社線への「迂回」
 - (a) 振替輸送実施時→無料
 - (b) 振替輸送をしていない時
 - ① 定期券→「迂回」運賃分
 - ② 普通券→「待ち」と「迂回」の運賃差額分

モデルでは時間と運賃のパラメータが有意性・安定性を保持していなければ、正確な時間評価値を計測できない。非集計モデルの構築経験から言えば、分析サンプルの中に、明らかに逆の選択をしているような特異的なサンプルが多く存在することで、モデル全体に係るパラメータに影響を及ぼすことが懸念される。本研究では、分析対象の1,035 サンプルから700 サンプルをランダムに複数回抽出して複数個のモデルを構築し、パラメータの有意性を検定することで安定的なパラメータを得ることを試みた。700 サンプルの内訳は、Web 調査時のサンプル比「迂回」（鉄道＋バス）：「待ち」＝36:64 から、「迂

回」252 サンプル、「待ち」448 サンプルとした。モデル構築回数は10回とした。結果をTable 2 に示す。

パラメータの有意性を表すt値をみると、時間パラメータのt値は全てのモデルにおいて、絶対値で1.96（5%水準）を超えており、全てに有意性が認められるが、運賃パラメータでは6つのモデルのみに有意性が認められた。このように時間パラメータは安定性を有するが、運賃パラメータには抽出したサンプルによってバラツキがあることがわかった。さらに、t値が有意となった6つのモデルで計測した時間評価値に異質性がないかをトンプソンの棄却検定（Thompson test）により判定した。その結果、7回目モデルの計測値（49.6 円／分）は他の5つのモデル（29.3, 30.9, 29.2, 34.5, 30.3 円／分）とは“同じ母集団では無い”と判定できるため、分析対象から除外した。以上より、京阪神圏で鉄道の輸送障害に遭遇した旅客の時間評価値を30.8 円／分（5つのモデルによる計測値の平均値）と計測した。

5. 時間評価値を用いた経済損失評価指標の提案

5.1 平常運転時との比較分析

まず、計測した時間評価値がどの程度の大きさであるのかを分析する。比較対象として、平常運転時における鉄道旅客の時間評価値を需要予測モデルにて計測した例を紹介する。京阪神圏では、国土交通省近畿地方交通審議会答申第8号（2004年）で用いられた需要予測モデル⁴⁾において、選好接近法にて移動目的別の時間評価値を計測した例がある。その時間評価値をTable 3 に示す。

また、第4回京阪神都市圏パーソントリップ調査（2000年）によると、鉄道旅客（乗車時）における平休日時間帯・移動目的別のトリップ数構成比はTable 4 に示すとおりである。この通年の構成比をもとに「近畿地方交通審議会需要予測モデル」の移動目的別時間評価値を加重平均したところ、全目的での時間評価値は31.2 円／分と算出された。本研究において輸送障害時の時間評価値を30.8 円／分と計測しているの、平常運転時と輸送障害時の時間評価値はほぼ同等の値をとることとなった。これにより、首都圏などの他地域における輸送障害時の時間評価値についても、平常運転時の評価値を準用できる可能性があると考えられる。

なお、本研究にて計測した時間評価値は、公共交通機関を用いた迂回行動のみを想定した場合での数値であることに留意する必要がある。実際の迂回行動には、タクシーで長距離を移動するなど、時間評価値が特段に高いと考えられる状況も出現するが、本研究では特異的な手段と考え、分析対象外としたためである。

Table 2 モデルのパラメータ算出および検定結果

回目	時間の パラメータ	時間の t値	運賃の パラメータ	運賃の t値	定数項 パラメータ	定数項 t値	時間評価値 (円／分)	尤度比	t値 検定	トンプソンの 棄却検定
1	-0.043	-9.51	-0.0015	-2.82	-0.89	-8.02	29.3	0.316	○	○
2	-0.047	-9.91	-0.00087	-1.83	-0.84	-7.76	54.5	0.300	×	—
3	-0.043	-9.52	-0.0014	-2.57	-0.83	-7.71	30.9	0.300	○	○
4	-0.044	-9.49	-0.00089	-1.84	-0.84	-7.68	49.3	0.296	×	—
5	-0.046	-9.85	-0.00061	-1.22	-0.95	-8.50	74.5	0.313	×	—
6	-0.049	-9.65	-0.0017	-2.71	-0.82	-7.26	29.2	0.326	○	○
7	-0.050	-10.3	-0.0010	-2.15	-0.89	-8.03	49.6	0.316	○	×
8	-0.044	-9.59	-0.0013	-2.38	-0.83	-7.62	34.5	0.304	○	○
9	-0.047	-9.75	-0.0015	-2.87	-0.77	-7.02	30.3	0.308	○	○
10	-0.046	-10.1	-0.00083	-1.64	-0.92	-8.16	55.7	0.314	×	—

5.2 平休日時間帯別の時間評価値の推定

より精緻な評価指標とするために、本研究で計測した時間評価値を平休日時間帯別に細分化する。時間評価値 30.8 円/分を平休日全時間帯（全日）での平均値と見なして、交通審議会需要予測モデルによる時間評価値の目的別の比率（Table 3）、およびパーソントリップ調査での平休日時間帯・移動目的別トリップ数構成比（Table 4）の各データから、京阪神圏の鉄道旅客が輸送障害に遭遇した時の平休日時間帯別の時間評価値を Table 5 に示すように推定した。これにより、輸送障害で列車運行に影響が及んだ時間帯毎に異なる時間評価値を用いて、その重み付けをすることで、より精緻に損失額を算出することができる。

5.3 経済損失評価指標の提案と試算例

経済損失の評価指標として、輸送障害に遭遇した全旅客が待たされた総時間（以下、総影響時間、単位：人・分）を輸送障害時の時間評価値で貨幣換算して求めた損失額（円・人）を提案する。算出方法を以下に示す。

$$\text{損失額} = \text{時間評価値} \times \text{総影響時間}$$

(円・人) (円/分) (人・分)

総影響時間については、影響に関わる列車本数を運転再開までとするか、ダイヤ復旧までとするかなど、鉄道事業者により、その定義や算出方法が異なっているのが

Table 3 平常運転時の時間評価値の例(京阪神圏)

	時間評価値(円/分)
通勤目的	39.2 (1.000)
通学目的	13.3 (0.339)
自由目的	22.2 (0.566)
業務目的	49.1 (1.253)

()内は通勤目的を1としたときの比率

Table 4 平休日時間帯・移動目的別トリップ数構成比(%)

	時間帯	通勤	通学	自由	業務
平日	朝(3~9 時台)	67.2	20.2	7.6	5.0
	昼(10~15 時台)	24.9	10.2	40.5	24.4
	夜(16~26 時台)	42.1	13.4	31.0	13.6
	全 日	48.4	15.4	23.8	12.4
休日	朝(3~9 時台)	37.0	5.8	53.0	4.2
	昼(10~15 時台)	10.1	2.4	85.1	2.4
	夜(16~26 時台)	15.1	2.8	78.7	3.4
	全 日	17.8	3.3	75.8	3.1
通 年*		42.7	13.2	33.5	10.7

※全日のトリップ数比および年間日数(平日 245 日、休日 120 日)で加重平均した値

注) パーソントリップ調査ではこのほかに帰宅目的があるが、本表では通勤～業務の4目的に按分して加算した

Table 5 平休日時間帯別の時間評価値

	時間帯	時間評価値
平日	朝(3~9 時台)	32.8 円/分
	昼(10~15 時台)	31.7 円/分
	夜(16~26 時台)	31.5 円/分
休日	朝(3~9 時台)	28.8 円/分
	昼(10~15 時台)	24.1 円/分
	夜(16~26 時台)	25.1 円/分
全日平均		30.8 円/分

Table 6 損失額の試算結果

路線・原因	X線人身事故	Y線人身事故
発生時期	2008 年夏	2008 年秋
遅れ本数	120 本	22 本
最大遅れ	75 分	64 分
運休本数	53 本	19 本
影響人員	87 千人	28 千人
総影響時間	2,384 千人・分	557 千人・分
影響時間帯	平日昼～夜	平日夜
時間評価値	31.5 円/分*	31.5 円/分
損失額	75 百万円	18 百万円

※平日昼と同夜の時間評価値を時間帯毎の影響人員数で加重平均した値

実状である。このため本研究では、ダイヤ復旧までの影響人員、運休本数、総遅延時分、遅延本数などのデータを元に輸送障害一件毎に総影響時間を概算し、その一例として用いることとした。実際に京阪神圏の鉄道路線で発生した輸送障害一件毎に損失額を試算した結果を Table 6 に示す。このように、列車の運休が数十本に及ぶような輸送障害では、旅客の損失額が総額で数千万円規模にのぼることが判明した。

前述のとおり、鉄道事業者により総影響時間算出の考え方が異なる。試算例ではダイヤ復旧までの総影響時間を用いており、運転再開までの総時間とするよりは大きめの損失額に算出されている。このため、本指標は事業者間の比較ではなく、一事業者において輸送障害の規模を金額的に把握するための部内評価に用いられることを想定している。

6. まとめ

本研究では、輸送障害による被害規模を旅客の経済損失の観点から評価する手法として、京阪神圏における旅客の輸送障害遭遇時の時間評価値を計測し、その評価値と乗車中もしくは乗車予定の全旅客が待たされた総影響時間との積で算出される損失額で示す評価指標を提案した。この指標により、ある路線で発生した人身事故の影響で列車の運休が数十本に及ぶような輸送障害例において損失額を試算したところ、その総額は数千万円規模にのぼることが判明した。また、公共交通機関を用いた迂回行動のみを分析対象とした場合の計測値であることに留意する必要があるものの、平常運転時と輸送障害時の時間評価値はほぼ同等との分析結果を得た。

本研究で提案した評価指標は、“お客様にどの程度迷惑をかけたか”という輸送障害の規模を示す指標として用いるほか、リスク評価や輸送障害対策として施工する設備投資の判断などに活用できると考えられる。

参考文献

- 1) 国土交通省交通政策審議会陸上交通分科会鉄道部会：環境新時代を切り拓く、鉄道の未来像、www.mlit.go.jp/common/000017980.pdf, 2008
- 2) 国土交通省鉄道局監修：鉄道プロジェクトの評価手法マニュアル 2005, pp.27-28
- 3) 武藤雅威：列車運転再開時の旅客数予測に関する研究, 土木計画学研究・講演集, Vol.36 (312), CD-ROM, 2008
- 4) 箕面市北大阪急行線延伸検討委員会：北大阪急行線延伸整備計画策定調査報告書, 2007