

## 輸送障害に遭遇した旅客の経済損失評価法

輸送情報技術研究部 交通計画  
研究室長 武藤 雅威

### 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。本研究は、輸送障害により旅客に及ぼす被害規模を旅客の経済損失(損失額)の観点から定量的に評価ができるように、その評価指標を提案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)として表すこととする。この換算には、輸送障害時の時間評価値(円/分)を用いる。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。「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、時間評価値を計測する方法である。そこで、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、その行動選択モデルを作成することで、輸送障害時の時間評価値の計測を試みる。このモデルに所要時間と迂回に要する運賃を説明変数として採用し、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)が算出できる。

### 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、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。予めWeb調査会社に登録している京阪神圏在住の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き、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、次のような行動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調査の主な設問を表1に示す。遭遇日時や移動目的、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、振替輸送の有無などの遭遇時状況のほか、運転再開までの見込み時

間「運転再開まで何分かかると思ったか（聞いたか）」を尋ねている。遭遇時の行動が「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、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 日から翌年 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。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、目的別では通勤・通学、私用などの日常的な移動目的のサンプルを主に取得した。また、サンプルを多く取得し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た。

### 3.2 集計分析結果

まず、遭遇時行動の集計値を図 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として認知していながらも「待ち」の人は全体の 31%である。「他機関」と「とりやめ」は少数派である。

「迂回」の人に対する振替輸送票の利用有無、追加支払運賃額の集計結果（図 2）では、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。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、迂回路があると認知していながらも「待ち」の人に対して、“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”を尋ねた設問の集計結果（図 3）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た。

表 1 Web 調査での主な設問

遭遇時状況
日時，移動目的，出発地・到着予定地 利用予定経路（路線・乗換駅），その利用頻度 利用券種（普通券，定期券，回数券，その他） 輸送障害の原因，輸送障害を知った場所 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
遭遇時行動と意思
とった行動（待ち，迂回，他機関，とりやめ） 待ちの追問～迂回考慮の有無，もし迂回した場合の想定経路と追加運賃予想額 迂回の追問～迂回路，振替輸送利用有無，支払追加運賃額

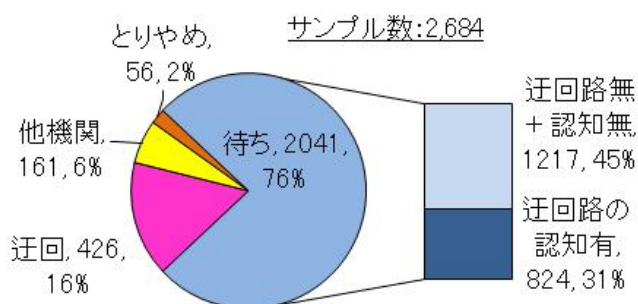


図 1 輸送障害遭遇時にとった行動

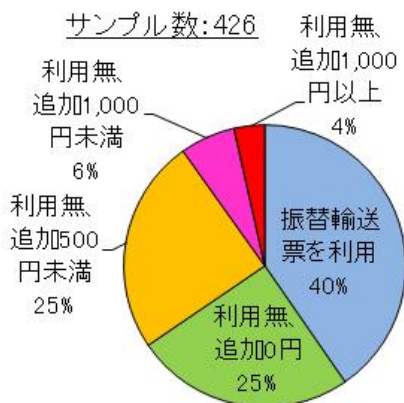


図 2 「迂回」の追加支払運賃額実績

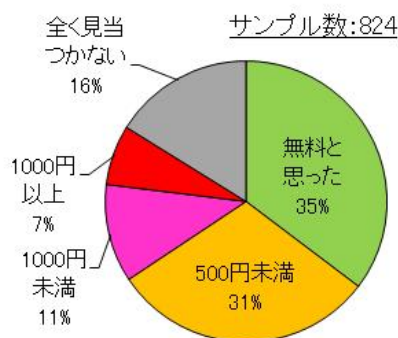


図 3 「待ち」が「迂回」した時の追加運賃額予想

このように、「迂回」か「待ち」かの行動を問わず、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。

#### 4. モデル作成による時間評価値の計測

集計分析結果を踏まえ、「迂回」対「待ち」の行動選択モデルを作成して、時間と運賃のパラメータを算出する。モデル型は、交通需要予測の経路選択問題で汎用されている非集計ロジットモデル (Disaggregate logit model) である。時間評価値をできるだけ正確に計測するために、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、その平常運転時の所要時間に運転再開までの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。また、「迂回」に要する追加運賃についての基本的な定義を表2に示す。

表2 「迂回」に要する追加運賃の定義

迂回路線	振替輸送	所持券種	追加運賃
自社線内	不問	不問	無料
他社線への迂回	有	不問	無料
	無	定期券	「迂回」運賃分
		普通券	「待ち」との差額分

モデル作成用として、図1で示した「迂回」のサンプルに、「他機関」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加えて、「迂回」側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サンプルを「待ち」側とした。ただしこの両方で、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（自動車など）を利用したものなど不適格なサンプルを除外し、結果的には「迂回」で381サンプル、「待ち」654サンプル、計1,035サンプルを分析対象サンプルとした。

モデルでは時間と運賃のパラメータが有意性と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。サンプル中に、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れば、モデル全体に係るパラメータに影響を及ぼす。よって、分析対象の1,035サンプルから700サンプルをランダムに10回抽出して10個のモデルを作成し、パラメータの有意性を検定しながら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から、「迂回」が252、「待ち」が448に固定した。検定結果を表3に示す。

表3 モデルの検定結果

回目	時間		運賃		時間評価値	トプソンの検定
	パラメータ	t値検定	パラメータ	t値検定		
1	-0.043	-9.51○	-0.0015	-2.82○	29.3	○
2	-0.047	-9.91○	-0.00087	-1.83×	54.5	—
3	-0.043	-9.52○	-0.0014	-2.57○	30.9	○
4	-0.044	-9.49○	-0.00089	-1.84×	49.3	—
5	-0.046	-9.85○	-0.00061	-1.22×	74.5	—
6	-0.049	-9.65○	-0.0017	-2.71○	29.2	○
7	-0.050	-10.3○	-0.0010	-2.15○	49.6	×
8	-0.044	-9.59○	-0.0013	-2.38○	34.5	○
9	-0.047	-9.75○	-0.0015	-2.87○	30.3	○
10	-0.046	-10.1○	-0.00083	-1.64×	55.7	—

パラメータの有意性を表すt値による検定では、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、全てに有意性(表3中の○)が認められたが、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。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）により判定したところ、7回目の計測値（49.6円／分）は他の5つの値（29.3, 30.9, 29.2, 34.5, 30.3円／分）とは“同じ母集団からの標本ではない”と判定できたため、分析対象から除外した。以上、5つのモデルによる計測値の平均により、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／分と算出した。

## 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、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、既存の需要予測モデルによる平常運転時の時間評価値などを参照して、平休日時間帯別の時間評価値を表4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、重み付けをすることで、より精緻に損失額を算出できる。

表4 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

### 5.2 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）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。

$$\text{損失額（円・人）} = \text{時間評価値（円／分）} \times \text{総影響時間（人・分）}$$

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るのが実状である。本研究では、ダイヤ復旧までの影響人員、遅延本数、運休本数、総遅延時分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表5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。なお、この試算例ではダイヤ復旧までの総影響時間を用いており、運転再開までの総影響時間とするよりは損失額が大きめとなる。この定義が事業者により異なるため、本指標は事業者間の比較ではなく、一事業者内における規模比較のための部内評価に用いられることを想定している。

表5 損失額の試算例

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
遅延本数	120本	22本
最大遅れ時間	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
発生時間帯	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

※両時間帯の評価値を各々の影響人員数で加重平均

## 6. おわりに

提案した評価指標は、“お客様にどの程度ご迷惑をかけたか”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る。

## 参考文献

武藤ほか：輸送障害に遭遇した旅客の経済損失評価法，鉄道総研報告，vol.23，No.8，pp.35-40，2009