

交通需要予測にもとづく適正な運賃算定と鉄道運賃共通化の実現性に関する研究

—相互直通運転区間（三鷹～高田馬場駅）を事例として—*

The Feasibility Study on Making the Railway Fare Common by Transportation Demand Estimation and Calculating the Decent Fare

—A Case Study of the Mutual Through Line between Mitaka Station and Takadanobaba Station—*

青木毅**・浅野光行***

By Takeshi AOKI**・Mitsuyuki ASANO***

1. 背景と目的

我が国の鉄道事業整備は、政府の補助金が前提となる欧州の整備方針とは異なり、事業者ごとの自立採算性のもとで整備が行われており、事業者間の競争を促し、世界的に極めて高いサービス水準に達している。しかしながら、少子高齢化や環境問題などの社会問題を背景に、都市計画の分野ではサステナブルでコンパクトなまちづくりが求められており、鉄道などの公共交通機関では、シームレス化やバリアフリー化が必要とされ、さらなる利用促進が必要不可欠である。

そこで、本研究では鉄道運賃制度がもたらす制度に着目し、改善方を考察する。また実現性の検証を行うことで、鉄道の利用促進に向けた今後の鉄道事業政策の一助となることを目的とする。

2. 概要

(1) 研究の概要

鉄道事業が抱える問題を解決する方策として、鉄道運賃共通化を取り上げ、SPデータをもとにした非集計行動モデルを用いた交通需要予測と、4つのシナリオによる共通運賃算定から、鉄道運賃共通化の有効性と導入時の課題を考察する。

(2) 鉄道運賃問題

公正報酬率規制にもとづいた自立採算性による運賃設定がもたらす弊害を以下に示す。

- ①異なる事業者を乗り継ぐ際の運賃割高問題
- ②同一OD間の複数経路における運賃格差問題
- ③事業者が、複数経路存在するOD間において、利用経路どおりの運賃を得られない問題

*キーワード：経路選択、鉄道計画、運賃共通化

**学生員、早稲田大学大学院創造理工学研究科建設工学専攻

***フェロー会員、工博、早稲田大学創造理工学部社会環境工学科教授

(東京都新宿区大久保3-4-1 51号館15階07室、

TEL03-5286-3408、FAX03-5272-9723)

④経路間での運賃格差により、需要が適正に配分されず施設の効率的利用が図れていない問題

(3) 鉄道運賃共通化

鉄道運賃制度がもたらす諸問題を解決する施策として、『乗継運賃の割引率の拡大』『鉄道運賃共通化』の2点が挙げられるが、同一OD間の複数経路における運賃格差問題を根本的に解消する施策は後者のみであることから、本研究では、運賃問題に対する改善方策として鉄道運賃共通化を考察する。

(4) 対象地選定

「鉄道運賃共通化の影響が現れやすい地域」を条件として、本研究の対象地域を以下のように選定する。

乗車駅：【JR三鷹駅～JR高円寺駅】までの6駅
降車駅：【JR高田馬場】

また以下に、対象地OD現行運賃と所要時間を示す。

表1 対象地ODの現行運賃と所要時間

始発駅	高円寺		阿佐ヶ谷		荻窪		西荻窪		吉祥寺		三鷹	
	東西線	JR線	東西線	JR線	東西線	JR線	東西線	JR線	東西線	JR線	東西線	JR線
普通券運賃(円)	270	160	270	160	290	210	290	210	300	210	300	290
定期券代(円/月)	10270	5040	10270	5040	11220	6300	11220	6300	11530	6300	11530	8820
所要時間(分)	13	20.5	15	22.5	17	24.5	20	27.5	22	29.5	24	31.5

3. 分析

(1) 既存モデルの再現性

a) 非集計行動モデルの基本式

ランダム効用理論によると、ある選択肢jの持つ効用(Utility:U_j)は、効用のうち、予測可能な要因による確定項をV_jとすると、以下の式で表される。

$$V_i = \beta_1 Z_{1i} + \beta_2 Z_{2i} + \dots + \beta_k Z_{ki} \quad (1)$$

β_k ：パラメータ

また、個人nが全ての選択肢の中から選択肢iを選ぶ確率P_{in}は、以下の式で表わされる。

$$P_{in} = \frac{\exp(V_i)}{\sum_{j \in J_n} \exp(V_j)} \quad (2)$$

b) アンケート調査

アンケート調査概要

本研究で行ったアンケート調査の概要を以下に示す。

表2 アンケート調査概要

アンケート概要	
アンケート配布地域	JR三鷹駅・西荻窪駅・高円寺駅周辺
アンケート配布方法	ポスティング
アンケート回収方法	郵便回収
アンケート対象者	対象駅付近に在住する人。
アンケート配布枚数	各駅につき、650枚。合計1950枚
アンケート配布日時	JR西荻窪駅: 2007年12月7日(金) 12:30~19:00 JR高円寺駅: 2007年12月9日(日) 11:30~15:00 JR三鷹駅: 2007年12月10日(月) 11:30~15:30
アンケート回答内容	(1) 鉄道運賃共通化時における利用経路選択問題 『定期券購入時と切符券購入時において、高田馬場駅まで行く際に、鉄道運賃共通化(仮想)の場合、どちらの経路を利用しますか?』 (2) 経路選択要因の重要度の5段階評価 (3) 個人属性

アンケート調査結果

交通需要予測時に利用する回答項目のアンケート調査結果を以下に示す。

表3 鉄道運賃共通化時の利用経路

定期券購入	三鷹		西荻窪		高円寺	
	回答数	百分率%	回答数	百分率%	回答数	百分率%
東西線直通経路	54	56.8	70	58.3	37	52.1
JR線中央線~山手線経路	41	43.2	50	41.7	34	47.9

切符購入	三鷹		西荻窪		高円寺	
	回答数	百分率%	回答数	百分率%	回答数	百分率%
東西線直通経路	81	86.2	104	86.7	59	83.1
JR線中央線~山手線経路	13	13.8	15	12.5	12	16.9

c) 既存モデル式の選定

乗換に関する説明変数を含む 10 つの既存の非集計選定モデル^{1) ~ 3)} に対し、アンケート調査結果の再現性が高いモデル式を、本研究で用いるモデル式として選定する。

以下に、券種別(定期・切符)に選定したモデル式のパラメータを示す。

表4 本研究でも用いるモデル式のパラメータ

モデル	説明変数とパラメータ(1)				
	ラインホール費用	イグレス時間	乗換時間	待ち時間	乗車時間
定期	-0.00251	-0.13049		-0.14156	-0.06595
切符	-0.00389		-0.243		-0.17

モデル	説明変数とパラメータ(2)				
	混雑指標	商業集積地ダミー	始発駅ダミー	階段昇段時間	水平移動時間
定期		1.29284	0.33508	-0.01003	-0.001028
切符	-0.0005				

(2) 交通需要予測

a) 鉄道OD経路選択確率の算出

選定した非集計行動モデルを用いて、共通化時と現行運賃時における券種別経路選択確率の算出結果を示す。

表5 鉄道OD経路選択確率算出結果

運賃状況	券種	選択確率(%)											
		三鷹		吉祥寺		西荻窪		荻窪		阿佐ヶ谷		高円寺	
		東西線	JR線	東西線	JR線	東西線	JR線	東西線	JR線	東西線	JR線	東西線	JR線
共通化時	定期	47.4	52.6	39.2	60.8	39.2	60.8	39.2	60.8	39.2	60.8	39.2	60.8
	切符	82.9	17.1	82.9	17.1	82.9	17.1	82.9	17.1	82.9	17.1	82.9	17.1
現状	定期	46.8	53.2	34.0	66.0	34.5	65.5	34.5	65.5	32.9	67.1	32.9	67.1
	切符	82.3	17.7	77.4	22.6	78.0	22.0	78.0	22.0	76.0	24.0	76.0	24.0

b) 鉄道OD総利用者数の推計

算出された経路選択確率を用いて、券種別鉄道OD総利用者数を推計し、以下に券種合計の駅別・事業者別の鉄道OD総旅客人キロを示す。ただし、推計時の元データとして平成12年度大都市交通センサスを用いる。

表6 駅別・事業者別の鉄道OD総旅客人キロ推計結果

券種合計の駅別OD(人キロへの拡大)		三鷹	吉祥寺	西荻窪	荻窪	阿佐ヶ谷	高円寺
始発駅合計(人)		4537					
駅別(人)		921	1737	511	555	550	282
営業キロ	東西線経路	メトロ	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9
		JR	9.4	7.8	9.9	4.9	2.6
	JR線経路	メトロ	0	0	0	0	0
		JR	16.5	14.9	13.0	11.1	9.7

現状運賃時		東西線経路	JR線経路	東西線経路	JR線経路	東西線経路	JR線経路
駅別利用者数(人)		502	794	241	258	249	121
旅客人キロ別(人・キロ)		419	943	270	297	302	142
旅客人キロ合計(人・キロ)		6679	9285	2360	2036	1618	639
旅客人キロ(人・キロ)		6915	14058	3516	3302	2925	1203
旅客人キロ合計(人・キロ)		13594	23343	5876	5338	4542	1842

共通化時		東西線経路	JR線経路	東西線経路	JR線経路	東西線経路	JR線経路
駅別利用者数(人)		508	886	265	284	285	138
旅客人キロ別(人・キロ)		413	851	246	271	266	124
旅客人キロ(人・キロ)		6753	10366	2597	2243	1851	730
旅客人キロ合計(人・キロ)		6822	12682	3202	3011	2577	1058
旅客人キロ(人・キロ)		13576	23047	5799	5254	4428	1788
旅客人キロ合計(人・キロ)				53891			
旅客人キロ(人・キロ)		メトロ		9224			
旅客人キロ(人・キロ)		JR		44667			

(3) 適正な運賃算定

固定費の大きい公益企業においては、収支均衡条件の制約のもとで、社会的余剰を最大化(厚生損失最小化)するセカンドベストな価格設定: ラムゼイ理論による価格形成が理想的である。しかしながら、本研究のように、料金共通化つまり価格から見れば単一のサービスを提供することになり得る状態では、ラムゼイ価格は平均費用価格と一致する。以下に平均費用価格の算定式を示す。

$$AC = \frac{TC}{Q} \quad (3)$$

AC: 平均費用価格, TC: 総費用, Q: 需要量

a) 費用関数算出

費用関数算定方法

本研究では総費用関数算出データとして『平成16年度鉄道統計年報』を参照する。本研究では建設費用の算出が困難な為、採算可能ライン総費用を収支係数の統計上データから以下のように定義する。

$$\begin{cases} \text{収支係数} = 0.5 \\ \text{収支係数} = \text{直接経費} / \text{収入} \end{cases}$$

$$\text{採算可能ライン総費用} = 2 \times \text{直接経費} \quad (4)$$

費用関数算出結果

平成16年度鉄道統計年報における鉄道事業者の費用データより費用関数を求める。

表7 費用関数推定結果

直接経費	費用関数	寄与率: R ²
線路保存費	y = 0.688x	0.907
電路保存費	y = 7E-09x ² + 0.537x	0.937
車両保存費	y = 3E-08x ² + 0.700x	0.969
運転費	y = -3E-08x ² + 2.287x	0.97
運輸費	y = 45.23x ^{0.800}	0.967
保守管理費	y = 7.545x ^{0.794}	0.832
輸送管理費	y = 2E-08x ² + 0.323x	0.823
運送費	y = 406.2x ^{0.730}	0.979
案内宣伝費	y = 1E-09x ² + 0.158x	0.939
厚生福利施設費	y = 0.332x ^{0.917}	0.965
一般管理費	y = -3E-08x ² + 0.954x	0.976

b) 現状収入算出

鉄道運賃共通化時の検証を行うためには、現行運賃における収入との比較は必要不可欠である。以下に、算出した非集計行動モデルによる経路配分予測の算出結果をもとに、現行運賃における収入の算出結果を示す。

表8 現状収入（一日当たり）

		現状収入計算(円)						
券種	経路名	事業者名	始発駅					
			三鷹	吉祥寺	西荻窪	荻窪	阿佐ヶ谷	高円寺
定期券	東西線経路	メトロ	73013	93215	27175	30152	27909	12949
		JR	56700	72389	19805	21975	16255	7542
JR線経路	メトロ	JR	0	0	0	0	0	0
		JR	112837	175849	49994	55472	44288	20548
切符券	東西線経路	メトロ	24697	54402	17281	17750	17979	9118
		JR	24697	54402	16129	16567	14383	7294
	JR線経路	メトロ	0	0	0	0	0	0
		JR	10234	22284	6809	6994	6065	3076
券種合計	事業者別収入	メトロ	405639					
		JR	842587					
	経路別収入	東西線経路	733778					
		JR線経路	514449					
		全合計	1248227					

c) 運賃算出

収入の算定基準として、駅別・経路別・事業者別の計3つの算定基準が考えられる。したがって、採算性の観点から、表8の現状収入をもとに3つの共通運賃算定のシナリオと平均費用価格による共通運賃算定シナリオの計4つのシナリオを提案する。(表9)

シナリオ1

シナリオ1では、算出された駅別OD旅客人キロと費用関数より算出した平均費用価格を最適運賃として採用するシナリオである。鉄道運賃共通化時における共通運賃は、運賃単価に乗車駅から終点までの営業キロを乗じて算出を行う。シナリオ1では、運賃単価に対して東西線経路営業キロを乗じた場合とJR線経路営業キロを乗じた場合の2パターンでの運賃を算出する。

シナリオ2

シナリオ2では鉄道運賃共通化時における事業採算性を検証する単位を駅とし、現状収入に対する採算性から駅別の共通運賃を算出する。

シナリオ3

シナリオ3では対象地である三鷹駅～高田馬場間を単純化した一つの事業者とみなし、事業者全体の現状収入に対する採算性から対キロ制の共通運賃単価を算出する。算出された運賃単価に対して、経路別の営業キロを乗じることで、計2つの経路別運賃を算出する。

シナリオ4

現行運賃時における事業者（東京メトロ・JR）収入と鉄道運賃共通化時における事業者採算性から対キロ制の事業者別運賃単価を算出する。算出された運賃単価に、事業者に応じた営業キロを乗じることで、事業者別の運賃を算出する。

シナリオ一覧と運賃算出結果

表9 運賃算定のシナリオ提案

運賃算定方法	
シナリオ1	平均費用価格による運賃算出
シナリオ2	駅別採算性から見た駅別共通運賃算出
シナリオ3	一事業体における採算性から見た対キロ制の共通運賃単価による経路別運賃算出
シナリオ4	現状事業者採算性から見た対キロ制の事業者別運賃単価による事業者別運賃算出

表10 運賃算定結果

シナリオ	経路/事業者	三鷹	吉祥寺	西荻窪	荻窪	阿佐ヶ谷	高円寺	運賃単価
シナリオ1	東西線	1096	964	807	651	535	437	82
	JR線	1359	1227	1071	914	799	700	82
シナリオ2	東西線	328	272	268	268	231	231	25~44
	JR線	328	272	268	268	231	231	20~27
シナリオ3	東西線	308	271	227	183	151	123	23
	JR線	382	345	301	257	225	197	23
シナリオ4	メトロ	172						44
	JR	311	281	245	209	183	160	19

4. 評価

(1) 需要予測からみた鉄道運賃共通化の評価

交通需要変化の計測を行った結果(表5)、“鉄道運賃共通化は交通需要に大きな変動は与えない”という算出結果になった。したがって、鉄道運賃共通化は現在の鉄道事業問題を解決する方策として有効であると考えられる。これは、整備・運営を行う鉄道事業者への影響は少ないながらも、アンケート結果からも明らかのように、50歳以上高齢者は乗換エネルギーを必要としない東西線経路を多く選択しており、鉄道運賃共通化が鉄道事業のバリアフリー化を促すと判断できるからである。また社会的にも、鉄道運賃共通化により鉄道利用者の経路選択が運賃に依存しなくなることで、鉄道運賃共通化の導入がシームレスな鉄道網の実現につながると考えられる。

(2) 運賃算定からみた鉄道運賃共通化の評価

運賃算定結果(表10)から、シナリオごとに鉄道運賃共通化の実現性を評価する。

a) シナリオ1における評価

シナリオ1は、他のシナリオとは異なり経済学の平均費用価格という概念から独自に運賃算出を行った結果、“平均費用価格による共通運賃が現行運賃に比べ約300~450%UPという算出結果”になった。これは、“鉄道事業の事業採算を運賃収入のみで推計することは困難である”ということを示している。したがって、鉄道事業における今後の利用促進に向けた補修事業や新路線の建設を考えた場合、行政の補助金などが必要不可欠である。

b) シナリオ2における評価

シナリオ2では、事業採算性検証単位を駅と考え、駅別の現行運賃時収入採算から運賃を駅ごとに算出を行った。算出結果は、“利用者数に対する同一ODの異なる経路における現行運賃の平均値”となった。これは算出方法として、“もっとも単純で簡単に算出できる方法”で

あるが、シナリオ2の算定方法を用いた場合には、“利用者数が大きく異なる、もしくは現行運賃が大きく異なる複数経路が存在する場合には、鉄道運賃共通時には収入面で大きな差が生じる”ことが予想できる。したがって、シナリオ2の方法で共通運賃算出を行う場合には、事業者間における収入配分の規定や事業評価に関する新たな指標が必要になる。

c) シナリオ3における評価

シナリオ3では、鉄道運賃共通化対象地域を一つの事業体とみなし、事業採算性検証単位として海外事例で見られる運輸連合のような事業体を考えた場合の運賃算定方法であり、対キロ制の共通運賃単価を経路別営業キロに乗じることで、経路別運賃が算出された。シナリオ3では、“対キロ制の運賃算定”を用いている点で、シナリオ2に比べ“柔軟性・公平性に優れている”。しかしながら、対キロ制を用いていることで、対象とするODの営業キロを新たに算定する必要性が生じる。これは運賃単価が20円/人・キロ程度である為、共通運賃が対象経路の営業キロに大きく影響されてしまうからである。また、シナリオ3もシナリオ2と同様に、事業者間における収入配分の規定や事業評価に関する新たな指標の設定が絶対条件に挙げられる。

d) シナリオ4における評価

シナリオ4では、事業採算性の検証を現在の事業者ごとに行い、現行運賃時の収入を維持する運賃を算出した。シナリオ4による運賃は、事業者ごとに算出することになる為、共通運賃にそのまま置き換えることはできないが、運賃算定方法の一つとして検証を行った。

鉄道運賃共通化時における共通運賃の理想的な算定方法とは、どの鉄道事業者も損失を生じないような方法である。そこで、シナリオ4は事業者ごとの採算性から運賃を算定する方法である為、シナリオ4で算定された運賃は“事業者に損失を生じさせない共通運賃の最低基準”となり、他の方法で算定した運賃を評価する一つの指標となり得る。

したがって、本研究の対象ODでは、“東京メトロとしては東西線運行区間（中野駅～高田馬場駅）において、一人当たり172円/人確保できれば採算が見込め、またJRとしては運賃単価が18.9円/人・キロ確保できれば採算が見込める”ということが示された。

e) シナリオの選択

以上に述べた4つのシナリオの運賃算出結果より、もっとも実現性があるシナリオは、シナリオ2であると考えられる。これは、シナリオ4の算出結果から、鉄道事業者に損失を生じさせないような運賃算定方法として、シナリオ1とシナリオ2の2つに限定され、さらに大幅な運賃水準の上昇は、実現性に欠けるということを考慮した結果である。

6. 総括

(1) 得られた知見

本研究で得られた知見を以下に3つ挙げる。

- ①鉄道運賃共通化が鉄道事業のシームレス化・バリアフリー化を考慮した運賃制度問題の改善方策として有効である。
- ②鉄道運賃共通化の実現に向け、収入配分の規定や事業評価に関する新たな指標の設定・対象路線に対する営業キロの算定方法の確立・改修工事や新路線建設時における行政の補助金投入が必要である。
- ③東京メトロは営業区間で運賃172円/人、JRは運賃単価18.9円/人・キロが確保できれば、鉄道運賃共通化導入前後で収入が維持できる。

(2) 課題

本研究での問題点、また今後研究内容を向上させる為の手法上の課題を以下に示す

a) 非集計行動モデル構築に関する課題

実験計画法を用いた完全な仮想状況下における多選択型のSP調査を実施し、鉄道運賃共通化の影響を正確に反映できる新たな非集計行動モデルの構築が課題として考えられる。

b) 交通需要予測方法に関する課題

集計型4段階推計法を用いた交通需要予測が必要であると考えられる。

c) 平均費用価格算出における課題

すべての鉄道事業に係る運営費用・建設費用に対して費用関数の算出が必要であると考えられる。

参考文献

- 1) 金子雄一郎：大都市圏における鉄道運賃の問題と改善方策～運賃共通化の検討を中心として～、運輸政策研究、Vol. 7-2, pp. 10-19, 2004
- 2) 金子雄一郎：都市鉄道における運賃弾力化の検討～ロンドン地下鉄を対象として～、運輸政策研究、Vol. 7-1, pp. 45-51, 2004
- 3) 武田健太郎、中川大、青山吉隆：社会便益を考慮した都市鉄道の運賃形成のあり方に関する研究、土木学会年次学術講演会講演概要集第4部、Vol. 59, pp. 4-306, 2004
- 4) 鄭丙斗、西村昂、日野泰雄：鉄道経路選択モデルとその需要予測への適用に関する一考察、交通科学、Vol. 26-1, pp. 37-47, 1997
- 5) 土方康裕、中村文彦：鉄道経路選択モデルを用いた利用者便益の計測、土木学会年次学術講演会講演概要集第4部、Vol. 48, pp. 76-77, 1993
- 6) 加藤浩徳、芝海潤、林享、石田東生：都市鉄道駅における乗り継ぎ利便性向上施策の評価手法に関する研究、運輸政策研究、Vol. 3-2, pp. 9-20, 2000
- 7) 依田淳一、森地茂、岡本直久、宮川泰彦：旅客の通勤鉄道経路選択に関する研究、土木学会年次学術講演会講演概要集第4部、Vol. 46, pp. 386-387, 1991
- 8) 土居厚司ほか：鉄道を利用した通勤トリップの経路選択特性の分析について、土木計画学研究講演集、No. 16, pp. 327-334, 1993