

乗継利便性向上の視点から見た鉄道駅施設改良による便益計測モデルの構築*

A Model for Estimating the Benefit of Improving Transfer at Urban Railway Station

加藤浩徳**・石田東生***・加藤新一郎****・芝海 潤*****

By Hironori KATO, Haruo ISHIDA, Shinichiro KATO and Jun SHIKAI

1. はじめに

近年、鉄道相互の乗継に係る「継ぎ目」を解消し、出発地から目的地までの移動を全体としてスムーズにするという「シームレス化」に対する社会的要請が高まっている。しかし、鉄道駅における乗継利便性向上の効果を客観的に評価するための手法が開発されているとは言い難い。そこで、本研究では、鉄道駅における異なる鉄道路線間の乗継を対象に、駅施設の改良によって鉄道利用者ならびに鉄道事業者に発生する利用者便益と供給者便益とを計測するモデルを構築することを目的とする。なお、本研究では、異なる鉄道路線間の乗継を対象とし、列車種別間の乗継(急行と各駅停車等)やアクセス交通と鉄道との乗継等は対象とはしない。

2. 乗継実態調査の実施

(1)調査の概要

鉄道駅における乗継の実態に関する既存の統計資料は存在しない。そこで、筆者らのグループは、首都圏の130駅、408パターンを対象に独自の乗継実態調査を実施した。調査は、ピーク時とオフピーク時にそれぞれ実施し、調査項目は表1の通りである。乗換時間に関して、ピーク時とオフピーク時について調査を実施したのは、駅施設における混雑が乗継時間に与える影響の実態を把握するためである。

表1 乗継実態調査の調査項目

大項目	調査項目
乗継時間に関する項目	<ul style="list-style-type: none"> ・上り階段の所要時間[秒]と待ち時間[秒] ・下り階段の所要時間[秒]と待ち時間[秒] ・通路の移動時間[秒] ・上下エスカレータの所要時間[秒] ・改札等での待ち時間[秒]
施設内容に関する項目	<ul style="list-style-type: none"> ・上り階段の段数[段]と幅員[m] ・下り階段の段数[段]と幅員[m] ・通路の距離[m]と幅員[m] ・上りエスカレータの幅員と対応階段数[秒] ・下りエスカレータの幅員と対応階段数[秒] ・改札の数と上り下り別の解放改札数 ・階段設置数

* Keywords 経路選択, 公共交通需要, 鉄道計画
 ** 正員 博(工) (財)運輸政策研究機構調査室
 (〒105-0001 東京都港区虎ノ門 3-18-19, e-mail:kato@jterc.or.jp)
 *** 正員 工博 筑波大学社会学系
 **** 正員 日本鉄道建設公団東京支社
 ***** 正員 工修 (株)ライテック社会調査・計画室

(2)調査結果の概要

ピーク時の乗継時間とオフピーク時の乗継時間との関係を示したものが、図1である。

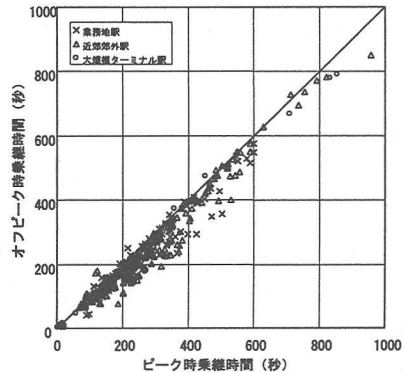


図1 ピーク時・オフピーク時の乗継時間

注:大規模ターミナル駅とは、東京、新宿、渋谷、池袋、上野、品川、横浜、川崎駅、業務地駅とは大規模ターミナル駅を除く山手線内の駅、近郊部外駅とは上記以外の駅をそれぞれ指す

また、平均の乗継時間をピーク時とオフピーク時とで比較すると前者が4.4分であるのに対し後者は3.6分となり、ピーク時の混雑によって2割程度乗継時間が増加することが明らかとなった。

3. 駅施設改良事業評価モデルの構築

(1)モデルの概要

駅施設改良事業評価モデルは、駅間 OD 表や各種交通サービス条件が所与の下で、乗継条件の変化によって発生する利用者便益と供給者便益を計測するものである。乗継所要時間ならびに車両内混雑率が、鉄道経路流動量(乗継流動量を含む)に依存して変化する構造となっているため、繰り返し計算を行うことによって最終的な鉄道流動量を算出する。

評価モデルは、「乗継流動サブモデル」、「鉄道経路選択サブモデル」、「便益計測サブモデル」の3つのサブモデルから構成され、計算フローは図2の通りである。なお、本モデルは平成7年大都市交通センサスの流動データを基本的

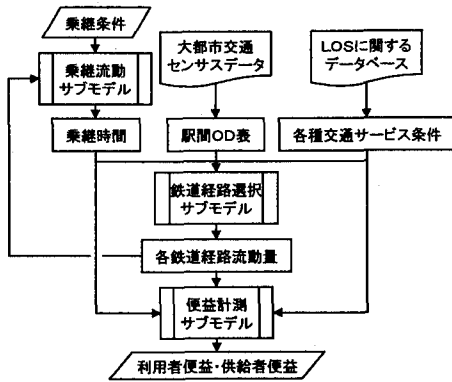


図2 駅施設改進黨業評価モデルの構造

に使用する。

(2)乗継流動サブモデル

乗継流動サブモデルは、乗継条件と乗継流動量(鉄道経路流動量の一部)を入力として、駅構内における乗継所要時間を出力するモデルである。本研究で実施した乗継実態調査の結果をもとに、乗継経路上の混雑度と乗継所要時間との関係を求めている。

1)上り階段待ち時間算定式

上り階段の待ち時間と混雑度との関係を直線回帰式によって推定した。推定結果は式(1)の通りである。

$$t_{wait} = 136.57 \cdot con_1 + 4.273 \quad (1) \quad (9.27)$$

ここで、 t_{wait} : 上り階段待ち時間[秒], con_1 : 上り階段等の混雑レベルを表す指標(流動量/施設容量)である。また、式(1)の下括弧内はt値である。

混雑指標と階段待ち時間との関係を図示したものが図3である。

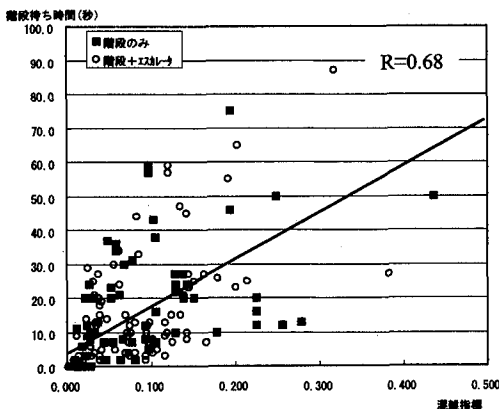


図3 階段待ち時間算定式の推定結果

2)上り階段歩行速度算定式

上り階段歩行速度を、階段の混雑度によって直線回帰する式を推定した。推定式は式(2)の通りである。

$$v_{up} = -0.9649 \cdot con_1 + 1.761 \quad (2) \quad (-5.30)$$

ここで、 v_{up} : 上り階段歩行速度[段/秒], con_1 : 上り階段の混雑レベルを表す指標である。また、式(2)の下括弧内はt値である。混雑指標と上り階段歩行時間との関係を図示したものが図4である。

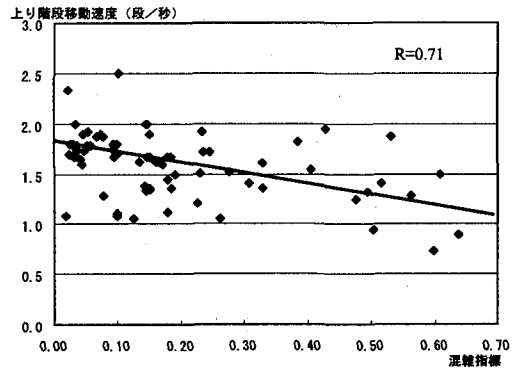


図4 上り階段歩行速度算定式の推定結果

3)下り階段歩行速度算定式

下り階段歩行速度算定式は、階段の混雑度による降段速度の変化を表すものである。推定式は式(3)の通りである。

$$v_{down} = -1.045 \cdot con_2 + 1.883 \quad (3) \quad (-8.31)$$

ここで、 v_{down} : 下り階段歩行速度[段/秒], con_2 : 下り階段の混雑レベルを表す指標である。式(3)の下括弧内はt値である。混雑指標と下り階段速度との関係を図示したものが図5である。

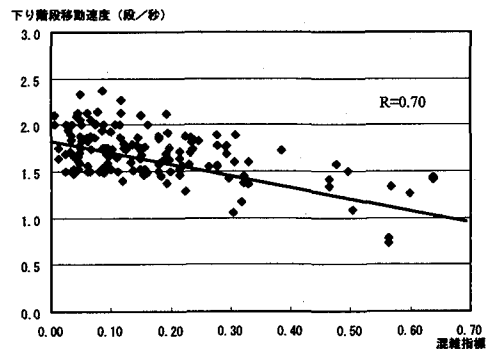


図5 下り階段歩行速度算定式の推定結果

4)水平通路歩行速度算定式

水平通路の歩行速度と混雑度との関係を線形式を仮定し

推定した。結果は、式(4)の通りである。

$$v_{level} = -2.814 \cdot con_3 + 1.141 \quad (4)$$

$$(-7.73)$$

ここで、 v_{level} :水平通路の歩行速度[m/秒]、 con_3 :水平通路の混雑レベルを表す指標である。また式(4)の括弧内はt値である。混雑指標と水平通路歩行速度との関係を示したものが図6である。

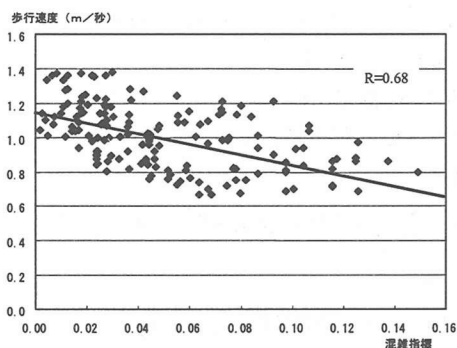


図6 水平通路歩行速度算定式の推定結果

(3) 鉄道経路選択サブモデル

鉄道経路選択サブモデルは、初乗り・最終降車駅間の鉄道利用経路を目的別(通勤、通学、業務、私事)と属性別(高齢者(65歳以上)、非高齢者)に推計する非集計ロジットモデルである。モデルのパラメータ推定には、平成7年大都市交通センサスのデータを使用した。また、車両内混雑指標については、既出の「鉄道プロジェクトの費用対効果分析マニュアル99」¹⁾に準拠した。

1) 通勤目的のモデルパラメータ推定結果

乗継要素別の変数を用いるタイプと乗継要素を分離せず乗継時間を変数として用いるタイプの両方について検討を行い、いずれも符号条件等で有意な結果が得られた。

(a) 乗継要素別の変数を用いるタイプの推定結果

パラメータの推定結果は、表2の通りである。

これより、まず高齢者・非高齢者ともに上り階段の時間評価値が最も高く、抵抗が大きいことがわかる。次に、高齢者は上り階段と下り階段がほぼ同じ時間評価値となっていることから、高齢者にとって下り階段は上り階段と同程度の抵抗を持つことが確認できる。

(b) 乗継時間を変数として用いるタイプの推定結果

パラメータの推定結果は、表3の通りである。

これより、時間評価値は乗車時間では非高齢者の方が高いが、乗継時間では逆転することがわかる。これは、高齢者の乗継抵抗が非高齢者と比較して大きいことを意味する。

表2 通勤目的の経路選択モデルパラメータ推定結果1

(乗継要素別の変数を用いるタイプ)

変数	単位	非高齢者	高齢者
乗車時間	分	$-1.06 \times 10^{-1}(-4.89)$	$-1.25 \times 10^{-1}(-4.79)$
費用	円	$-2.51 \times 10^{-3}(-2.54)$	$-3.11 \times 10^{-3}(-2.91)$
車両内混雑指標		$-4.89 \times 10^{-4}(-1.75)$	$-1.61 \times 10^{-4}(-1.68)$
上り階段時間	分	$-1.74 \times 10^{-1}(-1.22)$	$-2.25 \times 10^{-1}(-1.63)$
下り階段時間	分	$-1.61 \times 10^{-1}(-1.54)$	$-2.24 \times 10^{-1}(-1.15)$
水平歩行時間	分	$-1.31 \times 10^{-1}(-1.68)$	$-1.64 \times 10^{-1}(-1.89)$
エスカレータ時間	分	$-9.36 \times 10^{-2}(-1.01)$	$-1.27 \times 10^{-1}(-1.34)$
尤度比		0.172	0.184
的中率		76.2%	71.2%
サンプル数		354	342

【時間評価値】			
乗車時間	円/分	42.0	40.1
上り階段時間	円/分	69.1	72.2
下り階段時間	円/分	64.1	72.0
水平歩行時間	円/分	52.3	52.6
エスカレータ時間	円/分	37.3	40.9

注:カッコ内はt値

表3 通勤目的の経路選択モデルパラメータ推定結果

(乗継時間を変数として用いるタイプ)

変数	単位	非高齢者	高齢者
乗車時間	分	$-1.70 \times 10^{-1}(-4.92)$	$-2.01 \times 10^{-1}(-4.18)$
費用	円	$-3.89 \times 10^{-3}(-2.23)$	$-4.80 \times 10^{-3}(-3.24)$
車両内混雑指標		$-5.02 \times 10^{-4}(-1.79)$	$-6.20 \times 10^{-4}(-1.68)$
乗継時間	分	$-2.43 \times 10^{-1}(-6.72)$	$-3.68 \times 10^{-1}(-4.42)$
尤度比		0.197	0.184
的中率		81.2%	76.0%
サンプル数		392	382

【時間評価値】			
乗車時間	円/分	43.7	42.0
乗継時間	円/分	62.6	76.6

注:カッコ内はt値

2) 通学目的のモデルパラメータ推定結果

パラメータの推定結果は表4の通りである。ここで、通学目的の鉄道利用者のうち、高齢者のデータサンプルは極端に少なかったため、モデルパラメータの推定は行えなかった。

表3と表4を比較すると、通学目的の時間評価値は、通勤目的と比較してかなり低くなっていることがわかる。

表4 通学目的の経路選択モデルパラメータ推定結果

変数	単位	非高齢者
乗車時間	分	$-1.24 \times 10^{-1}(-3.55)$
費用	円	$-1.17 \times 10^{-2}(-2.41)$
車両内混雑指標		$-1.53 \times 10^{-3}(-1.78)$
乗継時間	分	$-1.74 \times 10^{-1}(-1.22)$
尤度比		0.177
的中率		73.1%
サンプル数		381

【時間評価値】		
乗車時間	円/分	10.6
乗継時間	円/分	17.6

注:カッコ内はt値

3) 業務目的のモデルパラメータ推定結果

モデルパラメータ推定結果は表5の通りである。

時間評価値をみれば、通勤目的のモデルよりも低めの数

値となっているが、高齢者については乗継時間の時間評価値がかなり高くなった。ただし、高齢者のサンプル数が32とかなり少ないため、あくまでも参考結果として見るべきと考える。

表5 業務目的の経路選択モデルパラメータ推定結果

変数	単位	非高齢者	高齢者
乗車時間	分	$-8.45 \times 10^{-2}(-2.75)$	$-9.64 \times 10^{-2}(-4.18)$
費用	円	$-2.50 \times 10^{-3}(-3.52)$	$-2.97 \times 10^{-3}(-3.24)$
乗継時間	分	$-1.46 \times 10^{-1}(-2.51)$	$-2.13 \times 10^{-1}(-4.42)$
尤度比		0.163	0.135
的中率		69.2%	61.2%
サンプル数		240	32
【時間評価値】			
乗車時間	円/分	33.8	32.4
乗継時間	円/分	58.5	71.8

注:カッコ内はt値

4) 私事目的のモデルパラメータ推定結果

モデルパラメータ推定結果は、表6の通りである。

時間評価値を見ると、乗継時間については、乗車時間の3～4倍程度高い結果となった。これは私事目的では、乗継を強く忌避することを示していると考えられる。また、高齢者についてはサンプル数が49と少ないことから、あくまでも参考結果と見るべきと考える。

表6 私事目的の経路選択モデルパラメータ推定結果

変数	単位	非高齢者	高齢者
乗車時間	分	$-6.23 \times 10^{-2}(-2.76)$	$-1.25 \times 10^{-1}(-4.79)$
費用	円	$-2.89 \times 10^{-3}(-2.99)$	$-3.11 \times 10^{-3}(-2.91)$
乗継時間	分	$-2.06 \times 10^{-1}(-2.12)$	$-1.61 \times 10^{-1}(-1.68)$
尤度比		0.159	0.140
的中率		65.5%	58.2%
サンプル数		209	49
【時間評価値】			
乗車時間	円/分	21.6	20.9
乗継時間	円/分	71.1	86.4

注:カッコ内はt値

(4) 便益計測サブモデル

便益計測サブモデルは、駅施設改良事業の行われる場合(with ケース)と行われない場合(without ケース)について、鉄道経路選択サブモデルにより算出された流動量をもとに、利用者便益と供給者便益とを算出するモデルである。

1) 利用者便益の計測

特定年度の利用者便益は、消費者余剰法に基づく以下の式(5)によって OD ペア毎に計算し、それらを全ての OD ペアについて合算することで求める。

$$UB = \sum_z \sum_{rs} \frac{\alpha_z}{2} (Q_{z,rs}^0 + Q_{z,rs}^1) (C_{z,rs}^0 - C_{z,rs}^1) \quad (5)$$

ここで、

UB : 対象年度の利用者便益[円/年]

$Q_{z,rs}^i$: 属性・目的 z の rs 間の流動量[人/日] (i は改

良有りのときは1, 改良無しの場合は0. 以下同様)

$C_{z,rs}^i$: 属性・目的 z の rs 間の一般化費用[円]

α_z : 属性・目的 z の年間拡大係数

である。なお、一般化費用は、鉄道経路選択サブモデルから得られた効用関数をもとに、ログサム変数を用いることによって算定するものとする。

2) 供給者便益の計測

特定年度の供給者便益は、以下の式(6)に基づいて算定する。

$$SB = \sum_z \sum_{rs} \alpha_z (F_{z,rs}^1 \cdot Q_{z,rs}^1 - F_{z,rs}^0 \cdot Q_{z,rs}^0) - MC \quad (6)$$

ここで、

SB : 対象年度の供給者便益[円/年]

$F_{z,rs}^i$: 属性・目的 z の rs 間の運賃[円]

MC : 駅施設改良により新たに発生する運営費[円/年]である。また、駅施設改良により新たに発生する運営費は、既存の資料等をもとに適宜設定するものとする。なお、駅施設改良に要する投資額は、費用便益分析における費用に当たると解釈し、供給者便益にはカウントしない。

3) 残存価値等の取扱いについて

駅の各種施設については、耐用年数に達すれば再投資が行われるものと考え、計算期末に残存する価値を、残存価値として便益に加えた。その他、税の取扱い等の便益計測上の各種条件は、「鉄道プロジェクトの費用対効果分析マニュアル 99」¹⁾に準拠した。

4. おわりに

本研究では、駅施設改良事業によって発生する利用者便益と供給者便益を計測する手法を開発した。この手法を用いて実際の事業について費用便益分析を行うことを今後の課題としたい。

参考文献

- (財)運輸政策研究機構, 「鉄道プロジェクトの費用対効果分析マニュアル 99」, 1999
- 加藤浩徳・芝海 潤・林 淳・石田東生, 都市鉄道駅における乗継利便性向上施策の評価手法に関する研究, 「運輸政策研究」(印刷中)