

都市鉄道の運賃共通化検討のための 利用者行動分析

都留 崇弘¹・福田 大輔²

¹学生非会員 東京工業大学修士課程学生 環境・社会理工学院 土木・環境工学系 〒152-8552 目黒区大岡山 2-12-1-M1-11)
E-mail: t.tsuru@plan.cv.titech.ac.jp

²正会員 東京工業大学准教授 環境・社会理工学院 土木・環境工学系 (〒152-8552 目黒区大岡山 2-12-1-M1-11)
E-mail: fukuda@plan.cv.titech.ac.jp

東京の鉄道ネットワークは複数の鉄道事業者から構成されており、利用者は複数の事業者を乗り継ぐ経路を利用するケースが多く見られるが、運賃は事業者毎に加算されるため割高感を与えている。その結果、運賃の安さに焦点化が行き過ぎる余り所要時間や乗換回数等の面では必ずしも優れていない経路を選ぶという、利用者の選択の歪みが生じている可能性がある。そこで、事業者別の運賃制度が利用者の選択行動に及ぼす影響を把握するため、利用者の経路選択モデルを構築して経路選択傾向の実態を明らかにした。また、選択の歪みの解決策として運賃共通化の導入効果についてシミュレーションし、安価な側の運賃、高価な側の運賃、中間的な共通運賃を採用した場合のそれぞれにおいて、社会的便益がどのように変化するかについての試算を行った。

Key Words: fare integration, rail passenger route choice model, economic benefit

1. はじめに

(1) 背景

東京の鉄道網は、複数の事業者によって構成されている。そのため事業者ごとに運賃体系も異なっており、利用者にとって運賃体系の全容が把握しにくい状況となっている。また、複数の事業者の路線が通る駅が数多く存在するため、同一起終点に対して複数の経路が存在するケースが多い。鉄道利用者は色々な要因を考慮して自らの経路選択を行う。最も重要な要因は所要時間と運賃だが、その他にも乗換回数や所要時間、待ち時間（運行頻度）、路線の混雑度等が挙げられる¹⁾。しかし一般に、鉄道運賃は事業者を乗り継ぐ毎に運賃体系が初期化される、複数の事業者を乗り継ぐような経路では初乗り運賃が乗り継ぎ毎に加算され、結果として利用者に割高感を与えている。そのため、利用者は運賃が安いという理由でだけで、所要時間や乗り換え回数等その他の要因においては必ずしも優れていない経路を選んでしまうという「選択の歪み²⁾」が生じている可能性がある。

複数の事業者が存在することによる複雑な運賃体系と、利用者の選択の歪みを解消する料金施策の一つとして、運賃共通化 (fare integration) が挙げられる。運賃共通化とは、複数の事業者のサービスを利用したときに、一つの事業者のサービスを利用したときと同じ運賃体系が適用されるというものである。それぞれの経路同士の運賃格差は是正され、結果として選択の歪みが解消される。また、複数経路が存在する起終点においては適切な

鉄道需要の分散も期待され、ネットワーク全体での混雑の解消につながると同時に、利用者の公平性も増大すると考えられている。

このような運賃共通化に関する研究はこれまでも数は少ないながらも検討されてきた。例えば Takahashi²⁾ は、ミクロ経済学的な分析に基づき、運賃共通化による利用者と事業者の経済厚生改善と利用者行動の歪みの軽減の可能性について理論的な検討を行っている。また、Marchese³⁾ は、簡単なネットワークを想定して運賃共通化を行った場合の利用者の選択行動の分析を行っている。

特に東京圏を対象として運賃共通化の影響を分析した研究も見られる。金子⁴⁾ は、都心部の2つのエリアを対象に交通需要分析手法を用いてシミュレーションを行い、利用者便益および事業者収入の変化を推計している。また北野⁵⁾ は、通算制による運賃システム共通化案を提示し、その導入効果の定量的評価を行っている。しかし、複数事業者を乗り継ぐような鉄道利用者の経路選択行動の実態について詳しく分析した研究は見られない。

(2) 共通化の方法

北野⁵⁾ では、割高な乗継運賃の問題点を明らかにすると共に、運賃共通化の方法について整理している。以下にその代表的方法を列挙する。

- 併算割引：連絡乗車の際、運賃を会社ごとに計算し合算した後で固定額を割り引く。

- 初乗り運賃を下げる：乗継運賃の割高感を取り除くことを企図したものが多く。
- 通算制：連絡乗車の場合も当該移動の総乗車距離により運賃を算出するもの。事業者によって運賃が異なる場合は計算上の工夫がされる。
- 共通運賃制：各事業者が共通の運賃表を使用し、当該移動の総乗車距離もしくはゾーン数により運賃を算出する。
- 経営一元化：経営統合により連絡乗車そのものを取り除く。

運賃共通化の方法としてはこの5つが代表的であるが、たとえ併算割引や初乗り運賃を下げたとしても、利用者の割高感には完全に解消されないと考える。また経営一元化は首都圏鉄道事業者の成立経緯等を考えた場合には実現可能性が低いと思われる。通算制⁵⁾はそれらの幾つかの課題を解消すると期待されるものの算出方法が複雑であり、日常的な利用者以外の人々にとっては把握が難しいことが懸念される。

(3) 本研究の目的

本研究では、事業者別の運賃制度が利用者の選択行動に及ぼす影響を実際の利用者行動データから明らかにすると共に、距離制による共通運賃化の導入効果を試算することを目的とする。はじめに、実際の利用者行動データ(大都市交通センサス個票データ)を用いて、東京メトロと都営地下鉄両方が運行している起終点ペアにおける実際の利用者の経路・時刻などの選択行動を明らかにする。その際、経路の運賃や乗車時間に加え、乗り換え時間、混雑率、駅待ち時間などが利用者の選択行動に及ぼす影響についても考慮するものとする。さらに、構築した経路選択モデルを用いて運賃共通化を実施した前後での利用者の経路選択行動変化をシミュレートし、新しい運賃システムの導入による事業者の収入、利用者の便益の変化を試算する。特に本研究では、距離制による共通運賃制を導入した場合を考えているが、これはゾーン制による共通運賃制では、同じ距離でも通過するゾーン数によって運賃が異なり、厳密な意味で歪みが解消するものではないためである。

2. 基礎分析

(1) 分析対象

本研究では、東京都営地下鉄と東京メトロという二つの地下鉄事業者の両方が通過する29駅間の812ODペアを分析対象とする(図-1、図中黒く囲まれた駅が都営とメトロ両方が通る29駅)。鉄道利用者の経路利用実績データとしては、2010年の首都圏大都市交通センサスのアンケート個票データを用いる。

はじめに、これら29駅間のODペア(29×29-29=812個)を抽出する。なお、地下鉄の駅間の移動は少なくとも1回の乗り換えで十分に移動が実現可能であるため、乗換回数を0回または1回の人に限定して分析することとした。ただし分析対象者の中には、JRや民鉄など他社線を含んでいる経路を利用している人も多く含まれており、その場合は地下鉄利用部分の経路のみを抽出して分析することとした(図-2)。また、トリップ目的に関しては、サンプル数の多い通勤・買い物・業務目的のトリップのみを抽出して分析を行う(表-1)。

(2) OD経路別詳細データ

基礎分析では、812ODペアのうち利用者数の多い上位140Dペア(表-2)について、利用者の選択経路を詳細に分析する。それぞれのODについて、利用者が実際に通った経路の利用者数と、所要時間と運賃との関係を把握するため、以下の手順でデータを整備する。

a) 所要時間

- 乗車時間：東京メトロ・都営地下鉄それぞれのHPにある乗換案内より算出
- 乗換時間：2010年 大都市交通センサス鉄道ターミナル乗換施設実態調査より算出
- 待ち時間：各鉄道利用者の利用時間帯における電車の運転間隔の半分の時間により設定(電車間隔は、東京メトロと都営地下鉄の時刻表から算出)
- 総所要時間：乗車時間と乗換時間と待ち時間の総和

b) 運賃

- 経路運賃：東京メトロの乗換案内より算出。

以上の方針で、利用者が利用した全経路に対して所要

表-1 目的別サンプル数

目的	乗換1回	乗換なし	Total(人)
通勤	652	6452	7144
通学	21	225	246
業務	184	835	1020
買い物	37	258	295
通院	517	3223	3740
その他私事	0	0	0
帰宅	0	0	0
不明	33	142	175
Total	1445	11175	12620

表-2 利用者数の多い140Dペア

乗車駅	降車駅	全数	全経路数
押上	大手町	123	2
新宿	大手町	110	7
大手町	押上	101	3
大手町	新宿	83	7
新宿	日本橋	54	4
押上	新宿	53	4
新宿	押上	45	6
日本橋	新宿	38	3
月島	押上	26	2
押上	月島	25	2
日比谷	新宿	18	3
新宿	門前仲町	16	5
飯田橋	押上	10	4
大手町	人形町	10	2

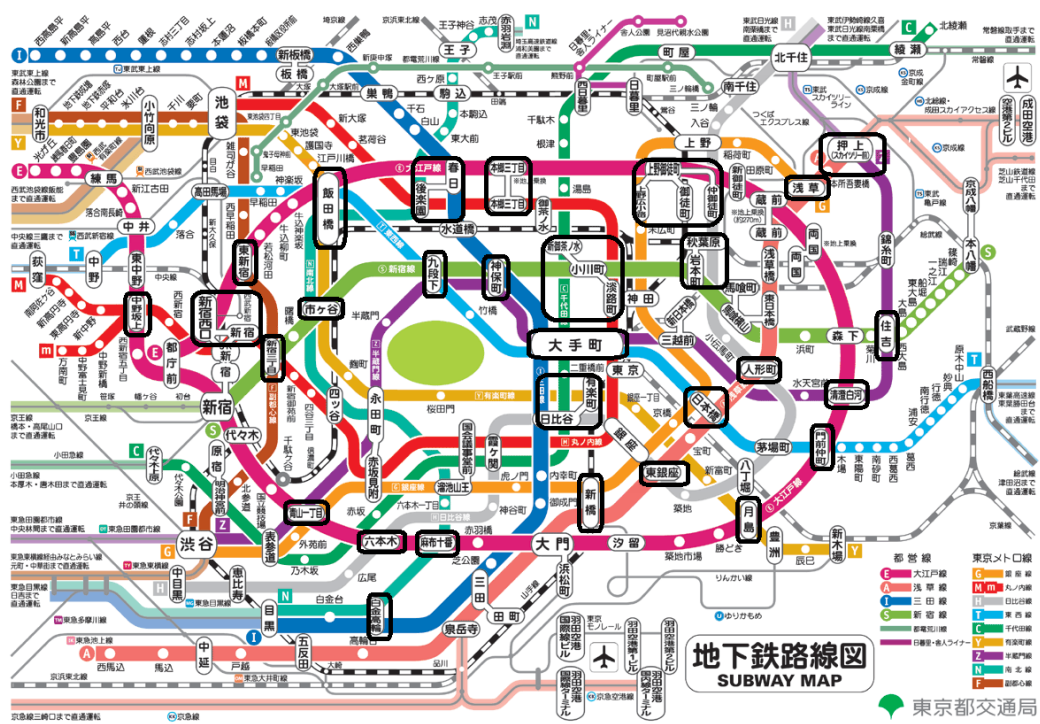


図-1 都営地下鉄と東京メトロの両方が通る都心 29 駅の抽出 (東京都交通局資料を一部加筆修正)

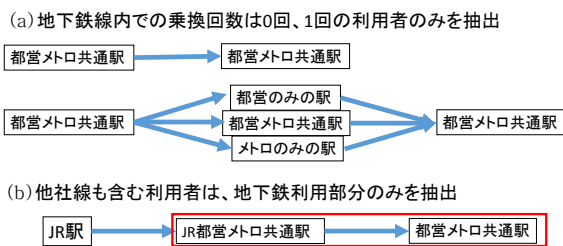


図-2 地下鉄利用区間の抽出方法の例示

時間と運賃を算出し、それぞれの OD について最短経路と最安経路を算出した。

(3) 経路選択傾向の基礎分析

a) 最短経路と最安経路が同じ場合

最短経路と最安経路が同一である駅間 OD の代表的として、押上-大手町間(表-3)が挙げられる。大半の利用者が安くて早い一番目の経路を選択しているが、乗り継ぎがあり高くて遅い二番目経路を利用する人も若干名存在していることが分かる。

b) 最短経路と最安経路が異なる場合

最短経路と最安経路が異なる OD として、大手町-新宿間(表-4)が挙げられる。大手町・新宿のような大ターミナル駅間同士の場合には、時間が長くて運賃が安いルート(例、一行目)を選択する人もいれば時間が短くて運賃が高いルート(例、二行目や三行目)を選択する人もいることが分かる。但しその中には運賃

以外のその他の属性で優れていないルートを選択する人も含まれている可能性があり、そのような場合には選択の歪みが発生している可能性が考えられる。

c) 時間・運賃の組み合わせと利用者の選択傾向の関係

仮に所要時間と運賃という二つの属性のみしか考慮しない場合、鉄道利用者は、経路選択する上で所要時間も運賃も最小限に留めたいと考えるが、その傾向が実際にあるかどうかを確認する。図-3には、表-4を元にして作成した大手町~新宿間の OD 利用者の時間・運賃に対する利用者分布を示す。ここで円の大きさは、回答者の数を表している。原点により近い運賃と所要時間の組み合わせにおいて、利用者の数が多くなることが確認される。同様の傾向は、全ての 13OD ペアでも確認されており、利用者は所要時間も運賃も最小限に留めようとする傾向があることが示唆される。

さらに、抽出した 14OD ペアそれぞれについて、最短経路と最安経路を抽出し、それら二経路間での所要時間差と運賃差を比べると表-5のようになる。ただし、日比谷-新宿間については最短経路と最安経路が同一となっている。

(4) 時間・運賃が利用者の経路選択に及ぼす影響

表-5で述べた 14 ペアのうち、日比谷-新宿間を除いた 13OD ペアについて、それぞれの OD の全利用者の中で、最短経路を選ぶ人の割合と所要時間差、最安経路を選ぶ人の割合と運賃差を比較する。なお、最短経路や最安経路が複数存在する OD に関しては、利用者数も複数

表-3 押上-大手町 (最短経路と最安経路が一致している例)

乗車駅 1	降車駅 1	乗車駅 2	降車駅 2	1 回目路線	2 回目路線	総数	料金	時間
押上	大手町	none	none	半蔵門線	none	110	195	15
押上	日本橋	日本橋	大手町	都営浅草	東西線	13	269	17

表-4 大手町-新宿 (最短経路と最安経路が異なる例)

乗車駅 1	降車駅 1	乗車駅 2	降車駅 2	1 回目路線	2 回目路線	総数	料金	時間
大手町	新宿	none	none	丸の内線	none	35	195(最安)	20
大手町	神保町	神保町	新宿	都営三田	都営新宿	29	216	13.35(最短)
大手町	九段下	九段下	新宿	東西線	都営新宿	14	269	14.78
大手町	淡路町	小川町	新宿	丸の内線	都営新宿	2	269	15.56
大手町	九段下	九段下	新宿	半蔵門線	都営新宿	1	269	15
大手町	神保町	神保町	新宿	半蔵門線	都営新宿	1	269	14.28
大手町	永田町	赤坂見附	新宿	半蔵門線	丸の内線	1	195(最安)	25.62

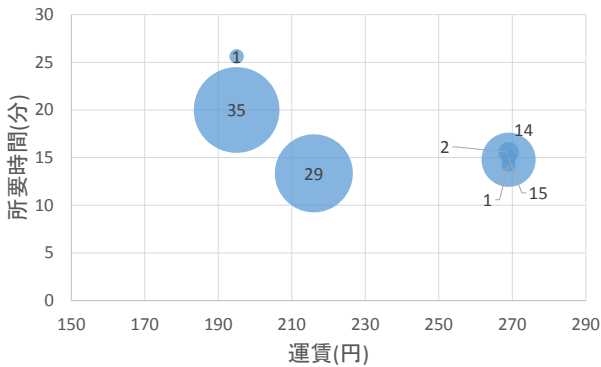


図-3 大手町～新宿間の時間・運賃に対する利用者分布

表-5 最短経路・最安経路間の時間差・運賃差

乗車駅	降車駅	時間(分)			料金(円)		
		最短	最安	時間差	最短	最安	料金差
押上	大手町	14.71	15	0.29	269	195	74
新宿	大手町	15.17	20	4.83	216	195	21
大手町	押上	14.17	15	0.03	269	195	74
大手町	新宿	15.42	20	4.58	216	195	21
新宿	日本橋	17.03	22.11	5.08	269	195	74
押上	新宿	29.42	36.08	6.66	267	237	30
新宿	押上	27.53	36.47	8.94	267	237	30
日本橋	新宿	17.78	21.23	3.45	269	195	74
月島	押上	16.49	23.1	6.61	269	216	53
押上	月島	16.62	23.6	6.98	269	216	53
日比谷	新宿	16.53	16.53	0	216	216	0
新宿	門前仲町	21.03	30.48	9.45	299	195	104
飯田橋	押上	22.1	25.4	3.3	216	195	21
大手町	人形町	5.97	8.36	2.39	269	165	104

カウントしている。

ここで、複数の最短経路の経路利用者数の全利用者に対する割合を時間優先率と称する。また、複数の最安経路の経路利用者数の全利用者に対する割合を運賃優先率と称する。それぞれの算定式と、表-4 に示す大手町-新宿間において算出したものを例として以下に示す。

$$\text{時間優先率} = \frac{\text{時間優先利用者 } 29 \text{ 人}}{\text{全 OD 利用者 } 83 \text{ 人}} \times 100 = 34.9 \%$$

$$\text{運賃優先率} = \frac{\text{運賃優先利用者 } 36 \text{ 人}}{\text{全 OD 利用者 } 83 \text{ 人}} \times 100 = 43.4 \%$$

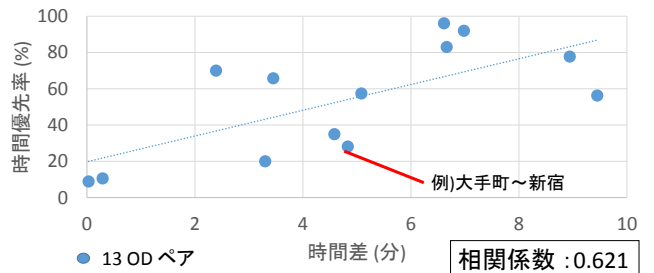


図-4 時間優先率と経路時間差の関係

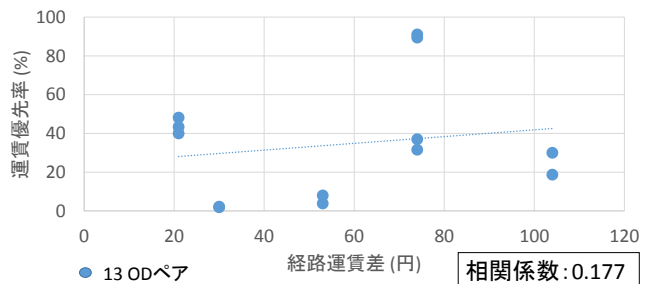


図-5 運賃優先率と経路運賃差の関係

図-4 は、先述の 13OD ペアに対して時間優先率と所要時間差の関係を示したものである。また図-5 は、運賃優先率と運賃差の関係を示したものである。これらより、所要時間差と時間優先率の間には正の相関がある一方、運賃差と運賃優先率の関連性はほぼ無いことが分かる。すなわち、利用者は経路を選ぶ際に運賃よりも所要時間を優先して選ぶ傾向にある可能性があることが示唆される。

3. 利用者の鉄道経路選択モデルの構築

前節で行った基礎分析より、鉄道利用者は、時間・運賃を最小限に抑えるような経路を選択する傾向があり、特に運賃よりも所要時間を重視する傾向があることが

確認された。前節では、所要時間として乗車時間・乗換時間・待ち時間の総和を算出し、経路選択との関係进行分析していたが、本節では、より詳細に、これら三つの時間要素を説明変数として与えた経路選択モデルを構築・推定することで利用者行動をより詳細に分析する。

(1) 選択肢集合の設定

基礎分析と同様、2010年の大都市交通センサス個票データを用いて、先述の812ODペアにおける鉄道利用者（通勤・買い物・業務目的トリップ）を分析対象とする。この812ODペアそれぞれに対し、LOSのサービス水準に基づいて利用者毎に経路選択肢集合を構築した⁶⁾。ODペアによって選択可能な経路数は異なり、最大で5つの経路を選択肢集合に含むこととなった。その上で、各経路の鉄道運賃・乗車時間・乗換時間・待ち時間を大都市交通センサスの個票データに紐付けし、非集計行動モデル構築用のデータセットを構築した。

(2) 効用関数の特定化

本研究では一般的な多項ロジットモデルを適用する。その際、通常の線形効用関数に加え、属性間の非補償性（ある属性の水準が低下しても、その分の効用減を他の属性の水準の上昇によって補うことができないような意思決定構造）を考慮可能な一般化平均効用関数についても、比較対象として推定する。なお、いずれのモデルでも、説明変数には、鉄道運賃、乗車時間、乗換時間、待ち時間を用いる¹⁾。

a) 補償型モデル（線形効用関数）

$$V_i = \beta_F Fare_i + \beta_L LT_i + \beta_T TR_i + \beta_W WT_i \quad (1)$$

ここで、 i : 経路選択肢、 $Fare_i$: 鉄道運賃、 LT_i : 乗車時間、 TR_i : 乗換時間、 WT_i : 待ち時間(分)、 $\beta_F, \beta_L, \beta_T, \beta_W$: 未知パラメータである。

b) 非補償型モデル（非線形効用関数）

線形効用関数では、説明変数同士が完全代替性を有していると仮定しており、補償型モデルとも呼ばれる。しかし、実際の鉄道利用者の場合、特に今回の事例のような運賃体系に歪みが生じているような状況では、利用者はある特定の属性にだけ焦点を絞り、他の説明変数属性値については考慮せずに経路を選択することも考えられる。そのような属性間の非補償性を考慮可能なモデルとして、一般化平均効用⁷⁾を適用する。効用関数は以下のとおりとなる。

¹⁾ 列車の混雑率に関してはパラメータが有意でなかったため予め除外している。これは、今回の分析対象が東京都心部に限定されていることから、混雑率のバラツキが小さいことが理由として考えられる。

$$V_i = A\{((\beta_F Fare_i)^{\frac{1}{\alpha}} + (\beta_L LT_i)^{\frac{1}{\alpha}} + (\beta_T TR_i)^{\frac{1}{\alpha}} + (\beta_W WT_i)^{\frac{1}{\alpha}})\}^{\alpha} \quad (2)$$

ここで α, A : 一般化平均効用のパラメータである。なお式中の大カッコ内の各要素は正の値をとる必要があることから、各 β の値は正值となり、その結果、スケール項 A は負値となることが期待される。

なお、代替性パラメータ α の値によって説明変数間の代替性は以下のとおりに変化する。

- $\alpha \rightarrow -\infty$ のとき、代替性はない(変数のうち最小値で効用決定)
- $-\infty < \alpha < +1$ のとき、不完全代替性(説明変数の値が小さい属性を比較的重視)
- $\alpha \rightarrow +1$ のとき、完全代替性(線形効用関数)
- $+1 < \alpha < +\infty$ のとき、不完全代替性(説明変数の値が大きい属性を比較的重視)
- $\alpha \rightarrow +\infty$ のとき、代替性はない(変数のうち最大値で効用決定)

(3) パラメータ推定結果（全サンプル）

まず、全サンプルデータを用いて線形モデルと非補償型モデルそれぞれを推定した結果を表-6に示す。線形モデルについては全説明変数の符号、変数間の推定値の絶対値の大小関係等は直観にあったものとなっており、いずれも統計的に有意となっている。一方非補償型モデルについては、代替性パラメータ α の推定値が-3.606となっており、説明変数の値が相対的に小さい属性を重視する不完全代替性型の意思決定構造に近いことが示唆される。但し、自由度修正済み尤度比は非補償型モデルの方が有意に小さく適合度は高くない。そこで以降の分析では通常の線形効用関数ロジットモデル（補償型モデル）のみの推定結果を示すこととする。

(4) 目的別・時間帯別・年齢階層別の推定結果

サンプルを目的別に分けて推定した結果を表-7に示す。全サンプルとそれぞれの目的での推定結果を比べ

表-6 経路選択モデルの推定結果（全サンプル）

パラメータ	補償型 推定値 (t 値)	非補償型 推定値 (t 値)
鉄道運賃 (円)	-0.547 (-6.534)	1.375 (1.251)
乗車時間 (分)	-0.198 (-6.534)	2.071 (1.173)
乗換時間 (分)	-0.258 (-12.29)	4.354 (1.447)
待ち時間 (分)	-0.538 (-9.499)	7.736 (3.397)
α		-3.606 (-7.843)
A		-10.18 (-5.794)
初期尤度	-1746	-1746
最終尤度	-1229	-1371
尤度比	0.296	0.215
修正済み尤度比	0.293	0.212
サンプル数	3395	3395

表-7 目的別推定結果

	通勤	買い物	業務
パラメータ	推定値 (t 値)	推定値 (t 値)	推定値 (t 値)
鉄道運賃 (円)	-0.430(-4.510)	-0.605(-2.797)	-1.251(-2.420)
乗車時間 (分)	-0.229(-13.472)	-0.064(-2.048)	-0.264(-4.484)
乗換時間 (分)	-0.225(-9.625)	-0.517(-7.182)	-0.350(-3.169)
待ち時間 (分)	-0.577(-8.253)	-0.238(-2.058)	-0.596(-2.605)
初期尤度	-1189	-385.9	-124.9
最終尤度	-827.5	-266.7	-77.78
尤度比	0.304	0.309	0.377
修正済み尤度比	0.301	0.299	0.345
サンプル数	2093	947	282

表-8 時間帯別推定結果

	朝	昼
パラメータ	推定値 (t 値)	推定値 (t 値)
鉄道運賃 (円)	-0.546(-5.452)	-0.482(-2.968)
乗車時間 (分)	-0.237(-13.783)	-0.100(-4.249)
乗換時間 (分)	-0.203(-8.467)	-0.456(-9.329)
待ち時間 (分)	-0.638(-9.044)	-0.300(-3.095)
初期尤度	-1195	-551.7
最終尤度	-813.8	-389.6
尤度比	0.319	0.294
修正済み尤度比	0.315	0.287
サンプル数	2110	1285

表-9 年齢階層別推定結果

	64 歳以下	65 歳以上
パラメータ	推定値 (t 値)	推定値 (t 値)
鉄道運賃 (円)	-0.531(-6.103)	-0.464(-1.112)
乗車時間 (分)	-0.198(-14.045)	-0.099(-1.999)
乗換時間 (分)	-0.256(-11.805)	-0.097(-0.924)
待ち時間 (分)	-0.550(-9.325)	-1.464(-3.995)
初期尤度 (分)	-1614	-85.40
最終尤度	-1137	-52.56
尤度比	0.296	0.385
修正済み尤度比	0.293	0.338
サンプル数	3105	194

ると、通勤目的の利用者は乗車時間のパラメータの絶対値が増加している。これは、朝は時間に追われている利用者が多く、早く着く経路を優先しやすいためだと考えられる。また、買い物目的利用者で乗車時間のパラメータの絶対値が逆に小さくなっており、時間的に束縛がない昼間のサンプルが多いことの影響を受けているものと推察される。

また、時間帯・年齢別にパラメータ推定を行った。表-8は、時間帯別の推定結果である。ここで「朝」とは、午前10時以前に乗車したサンプルを、「昼」とは午前10時から午後5時の間に乗車したサンプルを意味する。また、表-9には、高齢・高齢者によってサンプルを分けた上で推定を行った結果を示している。

これらの各セグメント間での誤差項のスケールの違

表-10 目的別モデルの時間評価値

時間評価値 (円/分)	全サンプル	通勤	買い物	業務
乗車時間	36.2	53.3	10.6	21.1
乗換時間	47.1	52.3	85.5	28.0
待ち時間	92.9	134.2	39.3	47.6

表-11 時間帯別・年齢階層別モデルの時間評価値

時間評価値 (円/分)	全サンプル	朝	昼	64 歳以下	65 歳以上
乗車時間	36.2	43.4	20.7	37.3	21.3
乗換時間	47.1	37.2	94.6	48.2	20.9
待ち時間	92.9	116.8	62.2	103.7	315.6

いを考慮した上で比較するため、ここでは各時間要素の貨幣換算価値どうしを比較することとする。具体的には各時間評価値は、各時間変数のパラメータを鉄道運賃パラメータで除した値として求めることができる（単位は円/分）。それらの算出結果を、表-10、表-11に示す。目的別の時間評価値を示した表-10によると、通勤目的では総じて時間評価値が高くなっている。一方買い物目的では、乗換時間評価値のみが高くなっている。これは、乗換案内などのサイトで事前に経路を検索してから移動する時間的余裕があるからだと考えられる。一方業務目的では、総じて時間評価値が低くなっている。業務中の移動による鉄道運賃は、利用者が所属している会社から支給される場合が多く、費用を削減することを利用者は考えず、結果的に時間評価値が低下していると推察される。また、時間帯別・年齢階層別の時間評価値を示した表-11によると、朝時間帯は乗車時間と待ち時間の時間評価値が高い反面、昼時間帯では乗換時間の時間評価値が高くなっている。朝は電車の運転間隔が密であることから乗換時間自体を重視する傾向が低いと推察される。また、高齢者に関しては乗車時間評価値と乗換時間評価値が小さい反面、待ち時間評価値は高くなっている。

4. 運賃共通化施策のシミュレーション

(1) 共通化の方針

本節では、東京の地下鉄ネットワークに対して運賃共通化した場合の利用者の選択行動をシミュレーションする。東京メトロと都営地下鉄両方が通る駅間の362ODペアの538,864人の利用者に対して、構築した経路選択モデルのうち補償型モデルの全目的の推定結果を用いて運賃共通化による経路交通量変化を算出すると共に、運賃共通化前後での利用者便益・供給者便益・社会的便益を比較する。

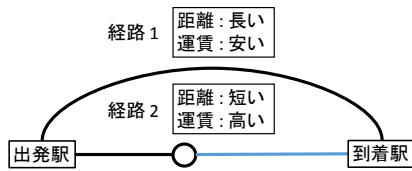


図-6 運賃共通化検討のための単純鉄道ネットワーク例

共通化する運賃額として、次の3ケースを設定する。

- ・ケース1:最安経路の運賃に共通化
- ・ケース2:最高経路の運賃に共通化
- ・ケース3:経路の平均の運賃に共通化

図-6に示した単純なネットワークを例に考えると、ケース1では両経路の運賃が経路1のものに共通化される。次にケース2では両経路の運賃が経路2のものに共通化される。またケース3では、経路1と経路2の運賃の平均値が共通運賃として採用されることとなる。

(2) 便益の算出

上記3ケースそれぞれによって812ODペア全てにおいて運賃共通化がなされたと仮定し、その前後での経路選択行動変化に基づいて利用者便益、供給者便益、社会的便益を算出する。ここで、利用者便益は、式(2)のログサム変数の変化分として算出される(β_F (1/円)は鉄道運賃パラメータ)。

$$\text{利用者便益} = \frac{1}{|\beta_F|} \log\left(\sum_i \exp(V_i)\right)$$

また供給者便益は、運賃共通化前後の運賃収入の差によって求められる。その上で、利用者便益と供給者便益の合計値として社会的便益を算出する。

(3) 便益の試算結果

便益試算結果を表-12に示す。ケース1では正の利用者便益が発生している一方、ケース2では利用者便益は負となっている。また、ケース3でも利用者便益が微小ながらも負となっているが、これは、運賃共通化前の時点でも、運賃が高い経路よりも安い経路の方が利用者が多いためであったと推察される。一方いずれのケースでも、供給者便益は利用者便益とは逆の符号となっている。特にケース2における供給者便益の大きさが卓越していることが堅調である。これは、現状の都営地下鉄と東京メトロの距離当たり単価等運賃原価が大きく乖離していることを反映した結果と考えられる。逆にケース1では東京メトロの運賃水準に合わせるため、供給者便益はマイナスとなっている。今回の試算では供給者便益として都営地下鉄分と東京メトロ分を分離することができておらず、それらの主体別にどの程度の供給者便益/不便益が生じているのかを算出することは今後の課題である。

表-12 各運賃共通化施策導入に伴う経済便益の試算結果

シナリオ	利用者 (千円/日)	供給者 (千円/日)	社会的 (千円/日)
ケース1	+24	-4,736	-4,712
ケース2	-47	+11,520	+11,473
ケース3	-9	+2,881	+2,871

表-13 OD間距離と鉄道利用者数・LOSの関係の例

便益の変化	新宿-中野坂上	大手町-押上
経路1の時間(分)	4.7	14.8
経路2の時間(分)	6	18.7
経路1の運賃(円)	154	349
経路2の運賃(円)	163.25	178.75
経路時間差(分)	1.3	3.9
経路運賃差(円)	9.25	170.25
OD利用者数	22521	101

当該ODペア集合における鉄道利用者数が50万人以上と大きな数値であるにもかかわらず、利用者便益の増減は日あたり万円単位程度と小さくなっている原因として、OD間距離の長短によって利用者数(OD交通量)も大きく異なることが挙げられる。より具体的には、短い距離で運賃が安いODペアの鉄道利用者数は相対的に多く、逆に長い距離で運賃が高いODペアでは鉄道利用者数が少なくなっている。例えば、新宿-中野坂上のODペアの鉄道利用者数は、大手町-押上のODペアの鉄道利用者数と比べてかなり多くなっている(表-13)。長いODである大手町-押上ほど時間差も運賃差も広がっており、運賃共通化による運賃変化分は長いOD間ほど顕著になるが、地下鉄利用者の移動の場合には、新宿-中野坂上のような短いOD間での利用者数の方が圧倒的に多い。そのため、利用者便益として集計化するとその額が小さくなってしまったものと考えられる。

5. まとめと今後の課題

本研究では、東京の地下鉄における運賃共通化施策の導入効果を分析するため、利用者の経路選択実績データの基本特性分析を行った上で、二種類の鉄道経路選択モデル(補償型モデルと非補償型モデル)を構築し、経路選択の規定要因に関する詳細な分析を行った。その上で、運賃共通化に伴って生じる便益の試算を行い、それぞれの共通化ルールのもとでの利用者および事業者にとどのような便益変化が生じるかを検討した。その結果、最安経路への共通化施策によって正の利用者便益が生じるもののその額は小さく、逆に最高経路の運賃に共通化することで大きな正の供給者便益が生じることが確認された。また、平均運賃に共通化するルールのもとでは、先に述べた二つのルールの中間的な結果が試算された。なお、供給者便益の額に比べて利用者便益の額のスケールが小さくなっているが、その理由

として、一般的に地下鉄利用者の OD 距離は短く、運賃共通化の影響を大きくは享受できない鉄道利用者が多いことが考えられる。

今後の課題としては、まず、上記で示された試算結果の精査（東京メトロと都営地下鉄の間での収益（供給者便益）の配分方式の検討や、共通化の影響を受けやすい/受けにくい OD の抽出とその要因分析等）を行う必要がある。次に、運賃共通化を行った場合のシミュレーションでは共通運賃制を導入したが、他の共通化方法に対しても同様のシミュレーションを実施して、施策間の比較を行う必要がある。第三に、非補償型モデルの場合の利用者便益算出法についても検討し、補償型モデルとの比較を行う必要がある。最後に、今回は地下鉄事業者のみを対象にして分析したが、相互直通運転の普及を考えると、民鉄事業者と地下鉄事業者間での運賃共通化、あるいは、民鉄事業者間での運賃共通化施策などの影響分析についても検討する必要があると考えられる。

参考文献

- 1) Kato, H., Fukuda, D., Yamashita, Y., Iwakura, S. and Yai, T.: Latest urban rail demand forecast model system in the tokyo metropolitan area, 2016. Unpublished manuscript.
- 2) Takahashi, T.: Economic analysis of tariff integration in public transport, *CSIS Discussion Paper (The University of Tokyo)*, 2014.
- 3) Marchese, C.: The economic rationale for integrated tariffs in local public transport, *The Annals of Regional Science*, Vol. 40, No. 4, pp. 875–885, 2006.
- 4) 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, No. 2, pp. 10–19, 2004.
- 5) 北野喜正：都市鉄道における運賃システムの改善に関する研究：通算制の検討（第 120 回運輸政策コロキウム講演資料），運輸政策研究，Vol. 18, No. 3, pp. 60–69, 2015.
- 6) Kato, H., Kaneko, Y. and Inoue, M.: Comparative analysis of transit assignment: evidence from urban railway system in the tokyo metropolitan area, *Transportation*, Vol. 37, No. 5, pp. 775–799, 2010.
- 7) 森地茂，目黒浩一郎，小川圭一：一般化平均概念を用いた交通情報提供の影響分析手法に関する研究，土木学会論文集，No. 555, pp. 15–26, 1997.

(2016. 7. 31 受付)