

修士学位論文

ラッシュ時の鉄道における 需要供給均衡モデルに関する考察*

東京大学大学院経済学研究科 現代経済専攻

修士課程 2 年生

竹田英秋†

平成 17 年 1 月 7 日

概要

ラッシュ時の鉄道の混雑率を決定する輸送能力と利用者数のうち利用者数は運賃、都心・沿線郊外の生産年齢人口数、及び従業者数によって決定される。本稿では需要側の利用者数を決定する回帰式を推定し、要因の影響の大きさを算出するとともに、推定を行う。利用者数を左右する大きな要因は沿線の生産年齢人口比率と従業者数の変動であり、近年、郊外の生産年齢人口比率の低下が利用者数に負の影響を及ぼしている。供給側の輸送能力の増強も混雑率の低下に大きく影響している。ここ 10 年の輸送能力の増強により中央線で約 16%、いわゆる都心回帰現象により約 2%、生産年齢人口比率の低下により約 20% とそれぞれ混雑率の低下をもたらしている。今後も生産年齢人口比率の低下、及び都心回帰現象の進展により、混雑率の更なる低下が進む。

* 本稿の作成にあたっては、金本良嗣教授、八田達夫教授の御指導を頂いた。また、平成 17 年度東京大学大学院都市経済ワークショップの参加者の方々からも大変有意義なコメントを頂いた。記して深く感謝の意を表したい。もちろん、ありうべき誤りはすべて筆者の責である。

† eishu@mtf.biglobe.ne.jp

1. はじめに

東京圏において都心と郊外とを結ぶ鉄道のラッシュ時の混雑率は近年、大部分の路線において減少が続いている。例えば、JR中央線の快速電車の最大の混雑率は、1981年に258%であったものが2001年には218%、西武池袋線においては236%から162%にまで減少している。この原因として様々な要因が考えられるが、それらの要因はそれぞれどれだけ混雑率の減少に貢献しているのだろうか。

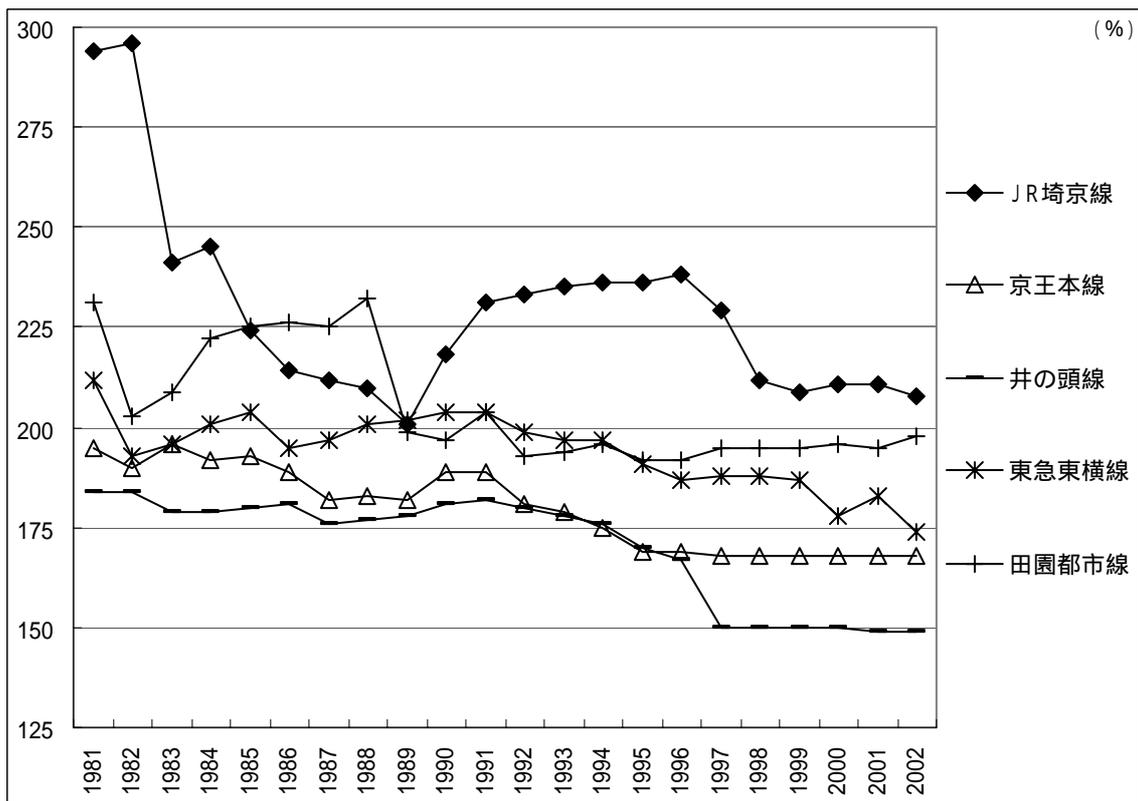
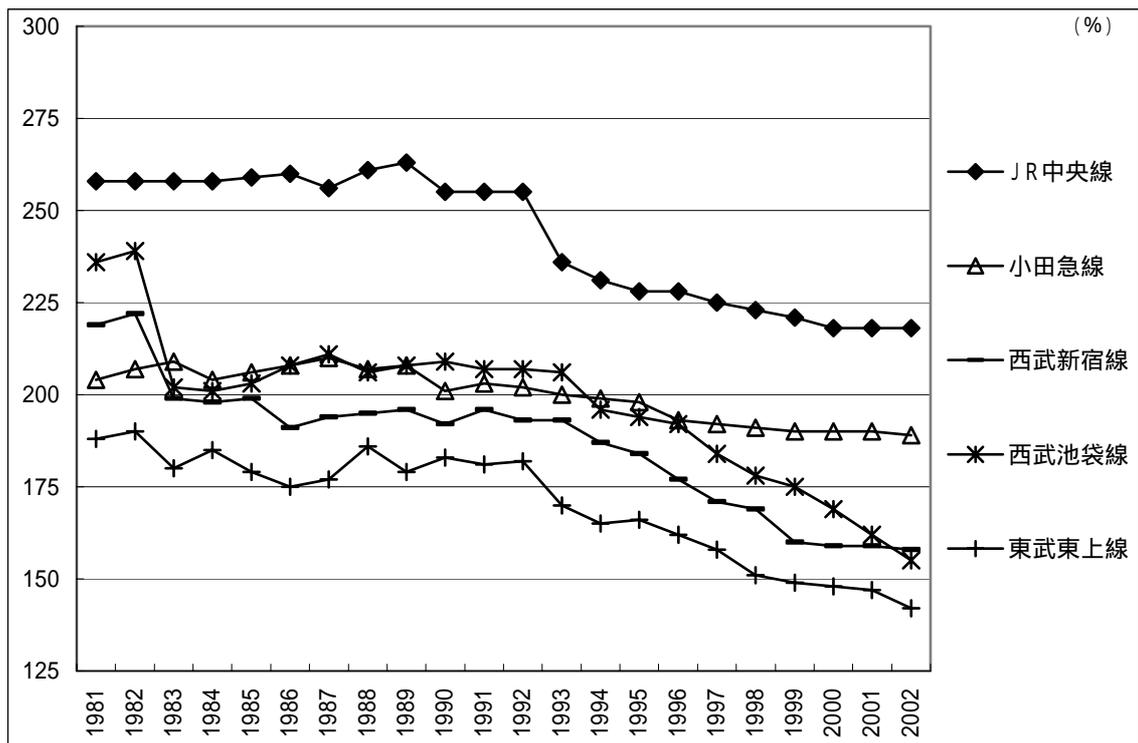
鉄道の混雑率の減少の要因としては、供給側である鉄道事業者が提供する鉄道の輸送能力の増強と、需要側である鉄道の利用者数の減少が挙げられる。

ラッシュ時の鉄道の輸送能力は、鉄道事業者による複々線化や車両の大型化などにより着実に増加しており、現在も多くの路線において輸送能力増強のための工事が行われている。

一方、東京圏において都心と郊外とを結ぶ鉄道のラッシュ時の利用者数はバブル崩壊後、多くの路線において減少が続いている。その要因として、第1に沿線の居住人口数の減少、第2に都心の居住人口数の増加、第3に景気低迷による都心の従業者数の減少、最後に運賃の増大などが挙げられる。

これらに影響を及ぼす現象として考えられるのは、まず、わが国における人口の高齢化の進行である。主な労働力となる年齢層（15歳から64歳）の割合を示す生産年齢人口比率は、1990年代前半をピークに増加から減少に転じている。これはラッシュ時に鉄道を利用する主な年齢層の減少を意味している。生産年齢人口比率の減少による混雑率への影響を分析することによって、人口の高齢化がラッシュ時の鉄道の利用者数及び混雑率に与える影響を考察することが可能となる。次にここ数年、いわゆる都心回帰と呼ばれる現象により、バブル期に居住人口数の減少が著しかった東京都心において居住人口数が回復傾向にあることが考えられる。一方で郊外に居住する生産年齢人口数の増加は頭打ちとなっている。

これらを踏まえ本研究では、ラッシュ時の鉄道の混雑率を決定する需要と供給の双方の要因をモデルに基づき、定量的に分析、考察し、合わせて与件が変化した場合のシミュレーションを行う。その結果、最近の都心回帰現象や高齢化現象が、利用者数及び混雑率の減少に大きな影響を与えていることが明示される。



【図1-1】 混雑率の推移*

* 『都市交通年報』

2. 現状分析

ここでは混雑率、及びそれに影響を与える要因の動きを記述する。対象期間は1981年から2001年の21年間とする。対象路線は副都心である新宿、池袋、渋谷を起点として都心部と西側の郊外を結ぶ路線、及び3つの副都心を通過するJR埼京線とし、【表2-1】にあるように10路線を選んだ。なお、分析対象は平日朝の上り列車の最混雑時間帯（1時間）の最混雑区間とする。最も混雑するのは各路線ともだいたい朝8時前後となっている。

会社・路線名（及び支線）	起点	終点（及び支線の終点）	最混雑区間	時間帯
JR中央線快速（青梅・五日市線）*	新宿	大月（奥多摩・武蔵五日市）	中野 新宿	8:00～9:00
小田急小田原線（江ノ島・多摩線）	新宿	小田原（片瀬江ノ島・唐木田）	世田谷代田 下北沢	7:48～8:48
京王本線（相模原・高尾線）†	新宿	京王八王子（橋本・高尾山口）	下高井戸 明大前	7:40～8:40
西武新宿線（拝島・多摩湖線）	西武新宿	本川越（拝島・西武遊園地）	下落合 高田馬場	7:44～8:44
西武池袋線（秩父線）	池袋	吾野（西武秩父）	椎名町 池袋	7:42～8:42
東武東上線（越生線）	池袋	寄居（越生）	北池袋 池袋	7:30～8:30
JR埼京線（川越線）	大崎‡	大宮（高麗川）	池袋 新宿 §	8:00～9:00
東急東横線	渋谷	横浜 **	祐天寺 中目黒	7:50～8:50
東急田園都市線††	渋谷	中央林間‡‡	池尻大橋 渋谷	7:50～8:50
京王井の頭線	渋谷	吉祥寺	神泉 渋谷	7:50～8:50

【表2-1】 対象路線の概要 § §

* 中央線各駅停車（緩行線）は含まない

† 京王電鉄の新宿～京王八王子間の正式名称は京王電鉄京王線であるが、井の頭線との混同を避けるため、本稿では京王本線と表記する

‡ 1984年までの路線名称は赤羽線、起点は池袋駅

§ 1985年までの最混雑区間は、板橋 池袋 間

** 2004年2月までは桜木町駅（横浜市）

†† 2000年までの路線名称は新玉川線（渋谷～二子玉川園）及び田園都市線（二子玉川園以遠）

‡‡ 1984年4月まではつきみ野駅（大和市）

§ § 混雑率・輸送能力・利用者数のデータの調査は毎年11月に行われ、『都市交通常報』（監修：国土交通省総合政策局、発行：財団法人 運輸政策研究機構）に掲載

2.1 混雑率、輸送能力及び利用者数

(1) 混雑率

混雑率は、【図1-1】に見られるように、一部の路線を除き、バブル期の前後でその動きが大きく異なっている。1980年代には大部分の路線で緩やかに減少している。1989年前後にわずかながら上昇している路線が存在するが、1990年代以降は再び下落傾向にある。混雑率が200%を超える路線は1981年時点では10路線中、京王本線、井の頭線、東武東上線の3路線を除く7路線にのぼっていたが、2001年時点ではJR中央線、埼京線の2路線のみとなっている。

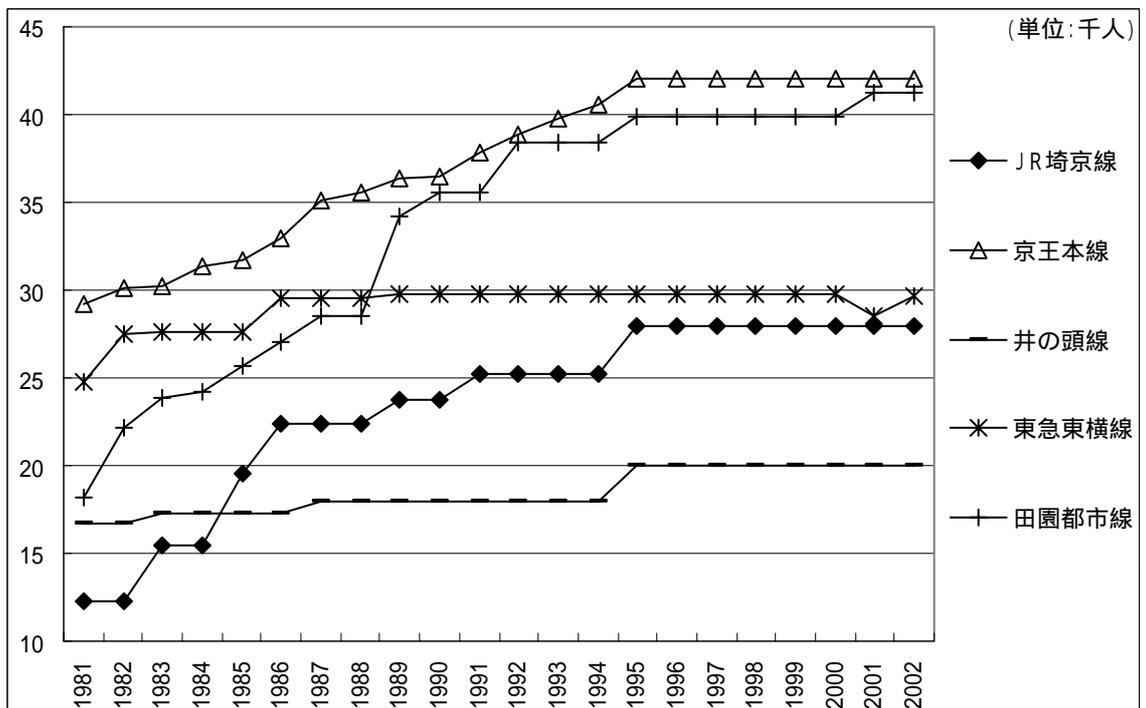
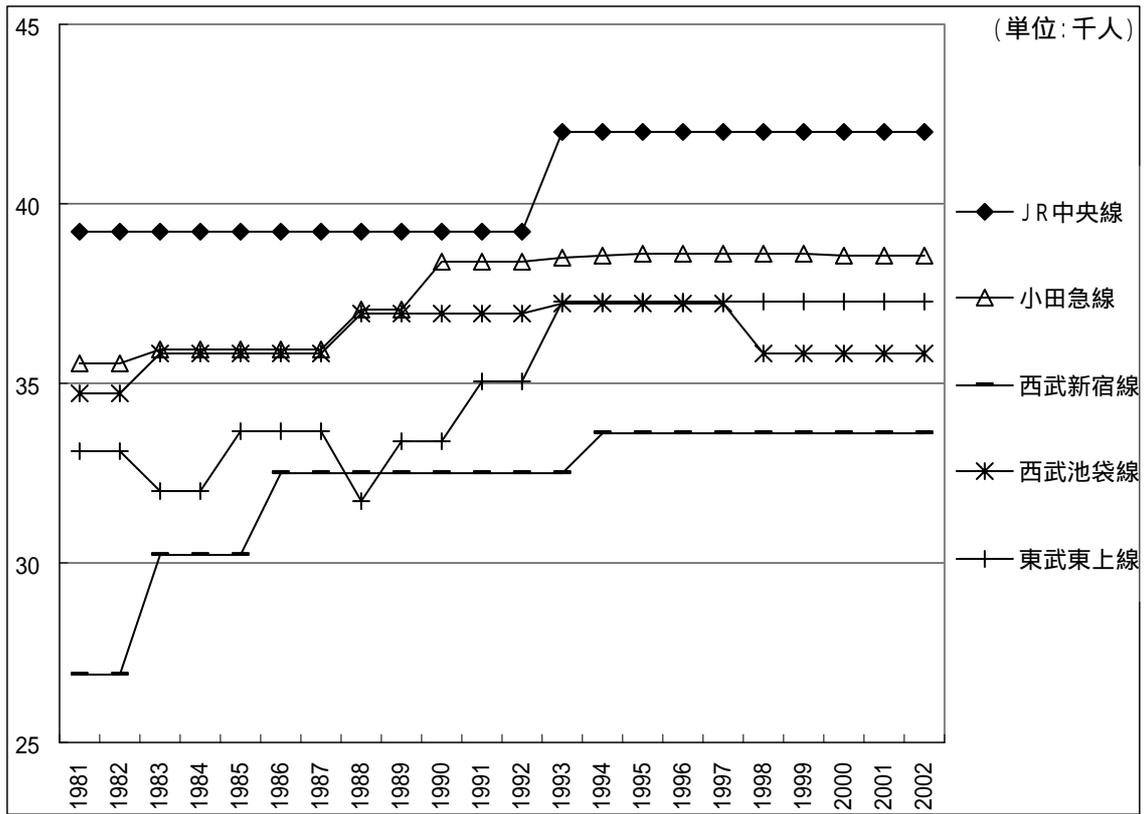
混雑率の低下は利用者数の減少及び輸送能力の増加の双方が影響している結果の表れといえる。輸送能力の決定は各鉄道事業者によって行われるが、利用者数の減少がどのような要因で生じているかを分析するのが本研究の主なテーマとなる。

(2) 輸送能力

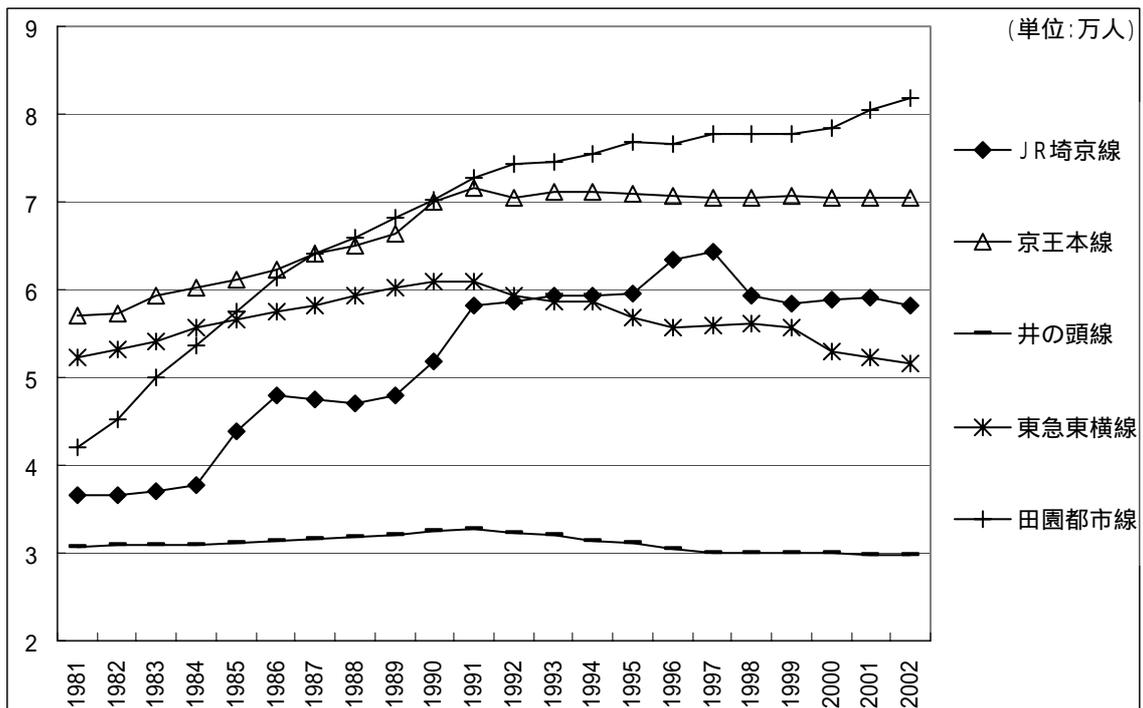
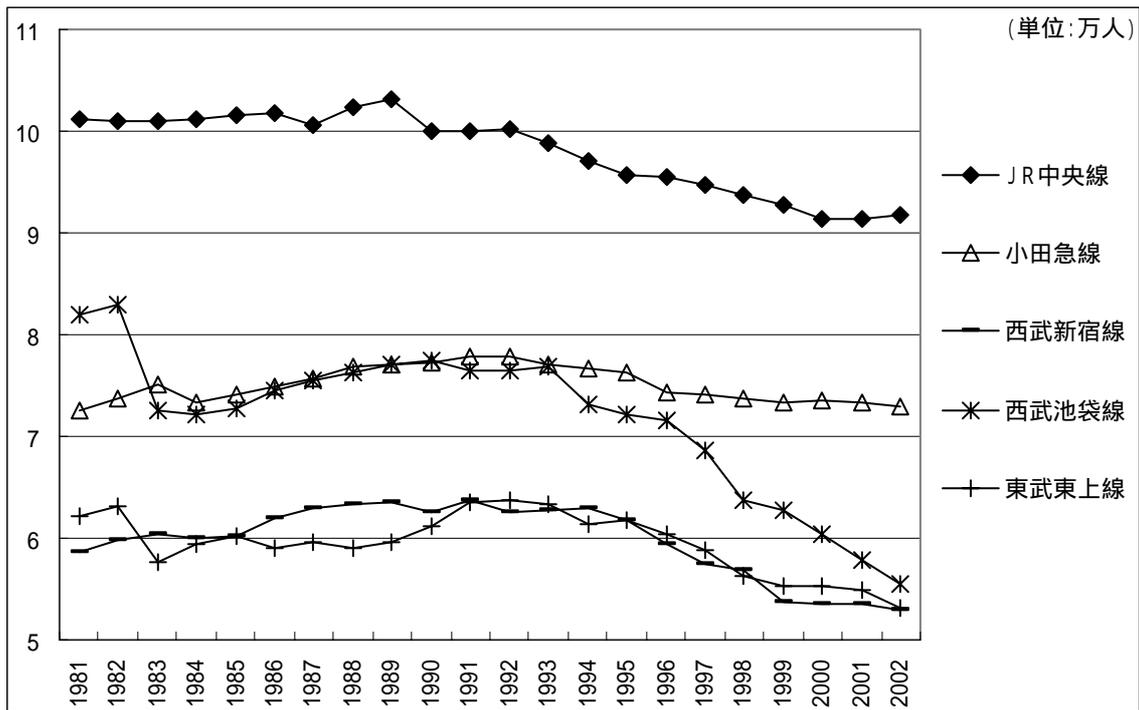
輸送能力は、【図2-2】に見られるように、複々線化による増発や車両の大型化等により一部を除き増加している。特にJR埼京線及び東急田園都市線においては、2001年の輸送能力は1981年に比べて2倍以上に達している。現在、小田急線や東急田園都市線において複々線化等の工事が進行中であり、今後も輸送能力の更なる増強が見込まれる。

(3) 利用者数

利用者数は、【図2-3】に見られるように、1980年代は初期に有楽町線の延伸開業による影響を受けた西武池袋線及び東武東上線を除き、ほぼ一貫して増加の傾向を示してきた。しかし、利用者数は1990年代前半をピークに減少に転じている。対象路線の中でも特にJR中央線、西武新宿線、西武池袋線及び東武東上線の利用者数の減少の幅は特に大きい。これに対して開業時期が遅いJR埼京線及び東急田園都市線は、最近まで増加が続いている。また、京王本線および井の頭線の減少幅は小さい。



【図2-2】 輸送能力の推移



【図2-3】 利用者数の推移 (上図)

【表2-4】 対象路線の主な出来事(1980年代以降)* (次頁)

* 参考: 『都市交通年報』(運輸政策研究機構) 『JTB時刻表』(日本交通公社) 『各鉄道事業者 Webサイト』

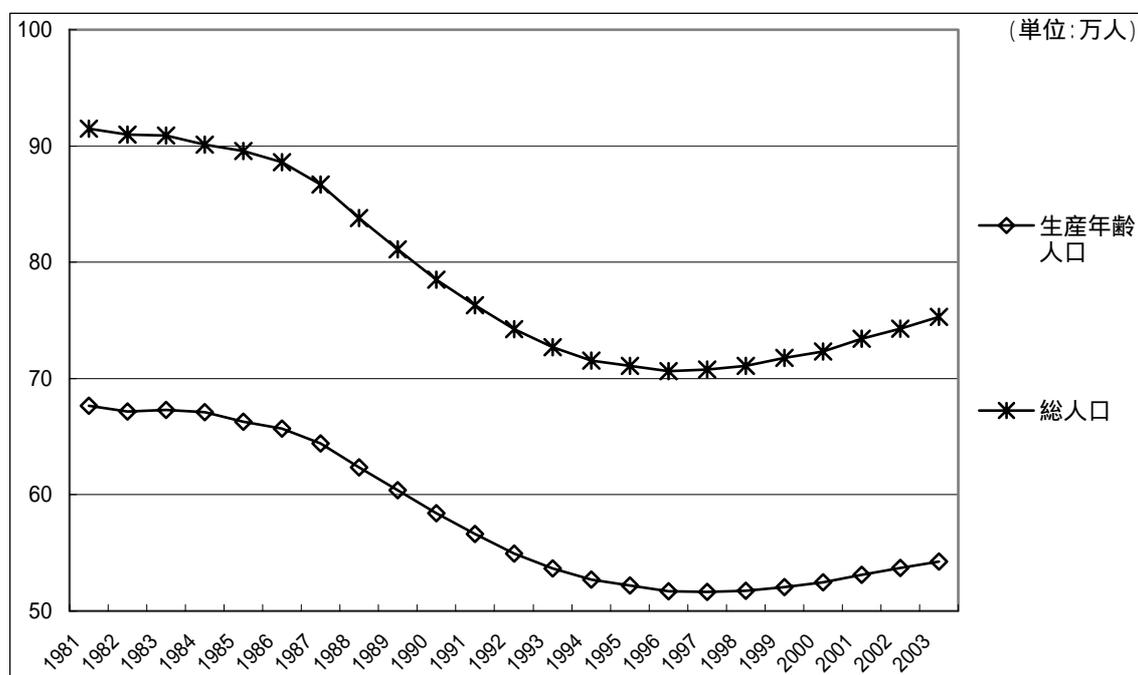
年月	関係路線	主な出来事
1981年 4月	旧国鉄	運賃改定（平均上昇率 約9.5%）
1981年 5月	大手私鉄各線	運賃改定（平均上昇率 約15.9%）
1982年 4月	旧国鉄	運賃改定（平均上昇率 約6.7%）
1983年 6月	西武池袋・東武東上線	営団有楽町線 池袋～営団成増間開業
1983年10月	西武池袋線	西武有楽町線 小竹向原～新桜台間開業（営団線と直通運転）
1984年 1月	旧国鉄・大手私鉄	運賃改定（平均上昇率 国鉄 約8.2%、私鉄 約13.8%）
1984年 4月	東急田園都市線	つきみ野～中央林間（大和市）間開業
1985年 4月	旧国鉄	運賃改定（平均上昇率 約4.3%）
1985年 9月	旧国鉄埼京線	赤羽～大宮間（戸田経由）開業 川越線と直通運転開始
1986年 3月	旧国鉄埼京線	新宿～池袋間開業
1986年 9月	旧国鉄	運賃改定（平均上昇率 約4.8%）
1987年 8月	東武東上線	有楽町線 営団成増～和光市間開業 東上線と直通運転開始
1988年 5月	京王本線	相模原線 京王多摩センター～南大沢（八王子市）間開業
	大手私鉄各線	特定都市鉄道整備積立金制度導入（平均上昇率 約10.9%）
1989年 4月	J R・大手私鉄	消費税導入による運賃改定（平均上昇率 約3%）
1990年 3月	京王本線	相模原線 南大沢～橋本（相模原市）間開業
1990年 4月	小田急線	多摩線 小田急多摩センター～唐木田（多摩市）間開業
1991年 4月	京王本線	相模原線 多摩境駅（町田市）開業
1991年11月	大手私鉄各線	運賃改定（平均上昇率 約1.9%）
1994年12月	西武池袋線	西武有楽町線 新桜台～練馬間開業
1995年 9月	大手私鉄各線	運賃改定（平均上昇率 約18.3%）
1996年 3月	J R 埼京線	新宿～恵比寿間開業
1997年 4月	J R・大手私鉄	消費税率改定による運賃改定（平均上昇率 約1.9%）
1997年12月	西武新宿・池袋線	都営12号線（現 大江戸線） 練馬～新宿間開業
	京王本・井の頭線	特定都市鉄道整備積立金制度利用終了による値下げ（約6.8%）
1998年 3月	西武池袋線	営団有楽町線と西武池袋線の直通運転開始（新木場～飯能間）
2000年 9月	東急東横線	東急目黒線開業 営団南北線・都営三田線と直通運転開始
2002年12月	J R 埼京線	恵比寿～大崎間開業 りんかい線と直通運転開始

2.2 需要要因の分析

本稿の分析における人口の指標は、生産年齢人口数（15歳～64歳）とする。人口の高齢化が進む状況においては、通勤ラッシュの時間帯に利用者が多いと思われる年齢層を対象として特定することが重要である。

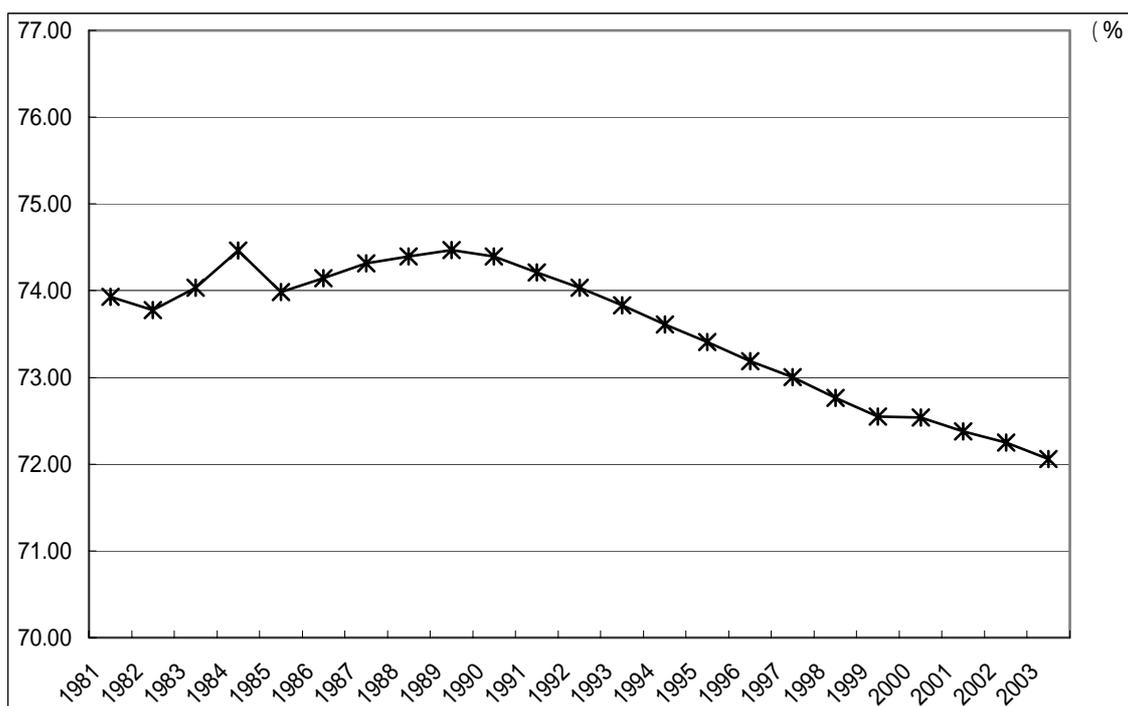
(1) 都心の人口

都心5区（千代田・中央・港・新宿・渋谷）の生産年齢人口数は、【図2-5】に見られるように、1980年代前半には緩やかに減少しながらも、5区合計で67万人前後の人口数を保っているが、1980年代後半以降、1年あたりの減少幅が拡大している。これはバブル期に都心の地価が急激に上昇した時期と重なる。1981年に約67万人であった生産年齢人口数は1997年には約51万人にまで減少している。しかし近年、都心回帰現象といわれるように、1998年以降は徐々に回復傾向にあり、本研究の対象範囲の最終年である2001年には約53万人にまで回復し、また2003年には約54万人となるなど、回復傾向は続いている。



【図2-5】 都心における居住人口数の推移*

* 『住民基本台帳による 東京都の世帯と人口』（東京都総務局統計部人口統計課）



【図2 - 6】 都心における生産年齢人口比率の推移*

(2) 沿線の人口

各路線の沿線の範囲は各路線が通過している自治体及び極めて近接している自治体とする。ただし、都心5区および豊島区は沿線自治体に含まない。ここでは路線別に、【図2 - 8】に生産年齢人口数、【図2 - 9】に全年齢層を対象とした人口数、また【図2 - 10】に生産年齢人口比率を示した。

沿線の生産年齢人口数は、都心近くを走る京王井の頭線を除いて、1980年代はほぼ一貫して増加している。しかし、1990年代に入ると、東急東横線及び田園都市線を除く各路線において、伸びが頭打ちになる路線が増加し、一部路線では減少に転じている。一方、各線の沿線の全人口数（全年齢層を含む）は、伸び率は鈍化しているものの、1990年代以降も増加が続いている。この2つの傾向の違いは生産年齢比率の動きによってもたらされている。

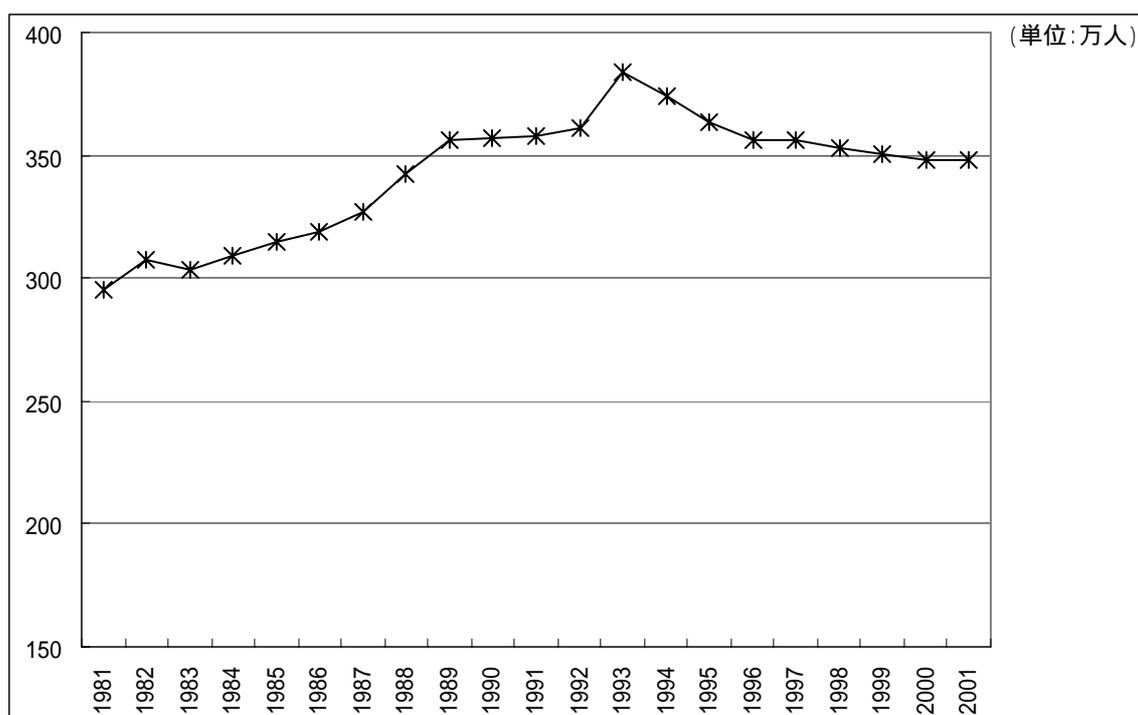
生産年齢人口数は全人口数に生産年齢人口比率をかけたものとなるが、生産年齢人口比率は自治体によって異なるため、ここでは各路線の沿線の合計の生産年齢人口数を全人口数で割ることで各路線の生産年齢人口比率を計算する。その結果、生産年齢人口比率は1

* 『住民基本台帳による 東京都の世帯と人口』（東京都総務局統計部人口統計課）

1980年代にはほぼ一貫して増加傾向を示しているが、各路線とも1990年代前半に74%前後になったのをピークとして減少に転じている。生産年齢人口数のみならず、0歳から14歳までの年齢の人が全人口数に占める割合も減少しており、人口は全体的に高齢化傾向にある。

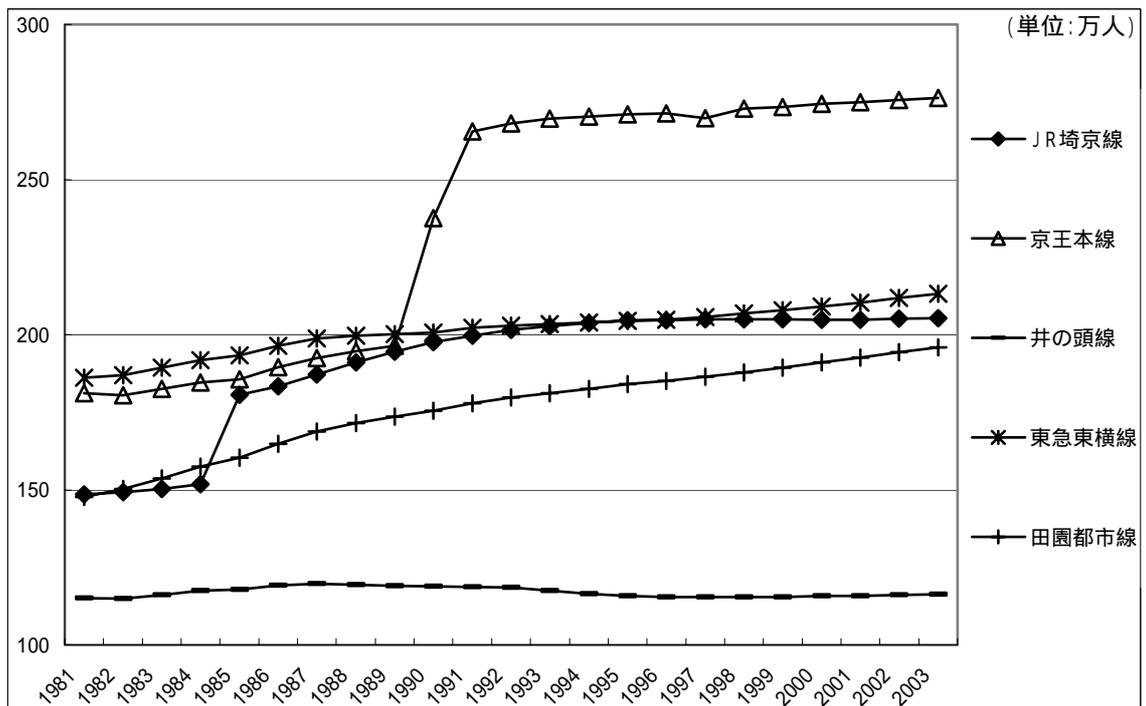
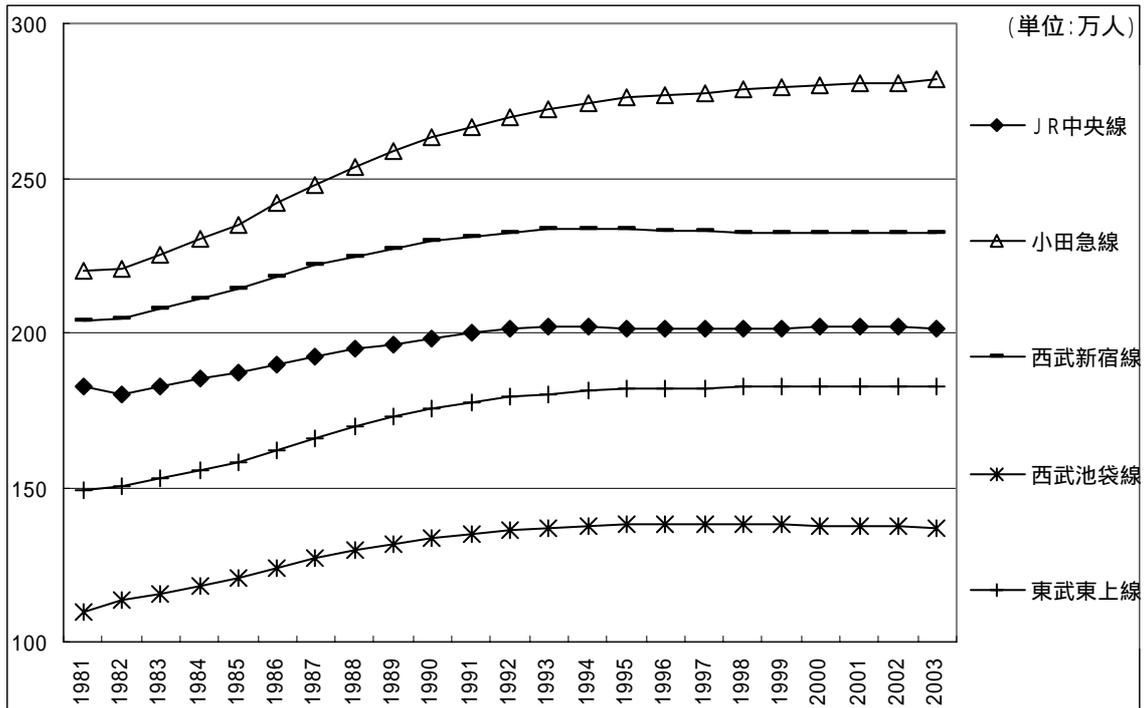
(3) 都心の従業者数

都心5区の従業者数は、【図2-7】に示されるように、1980年代から1993年まではほぼ一貫して増加している。特に1980年代後半のバブル景気の時期には増加率が高い。しかし、1994年以降は減少に転じており、バブル経済崩壊後の景気の低迷の影響を受けている。



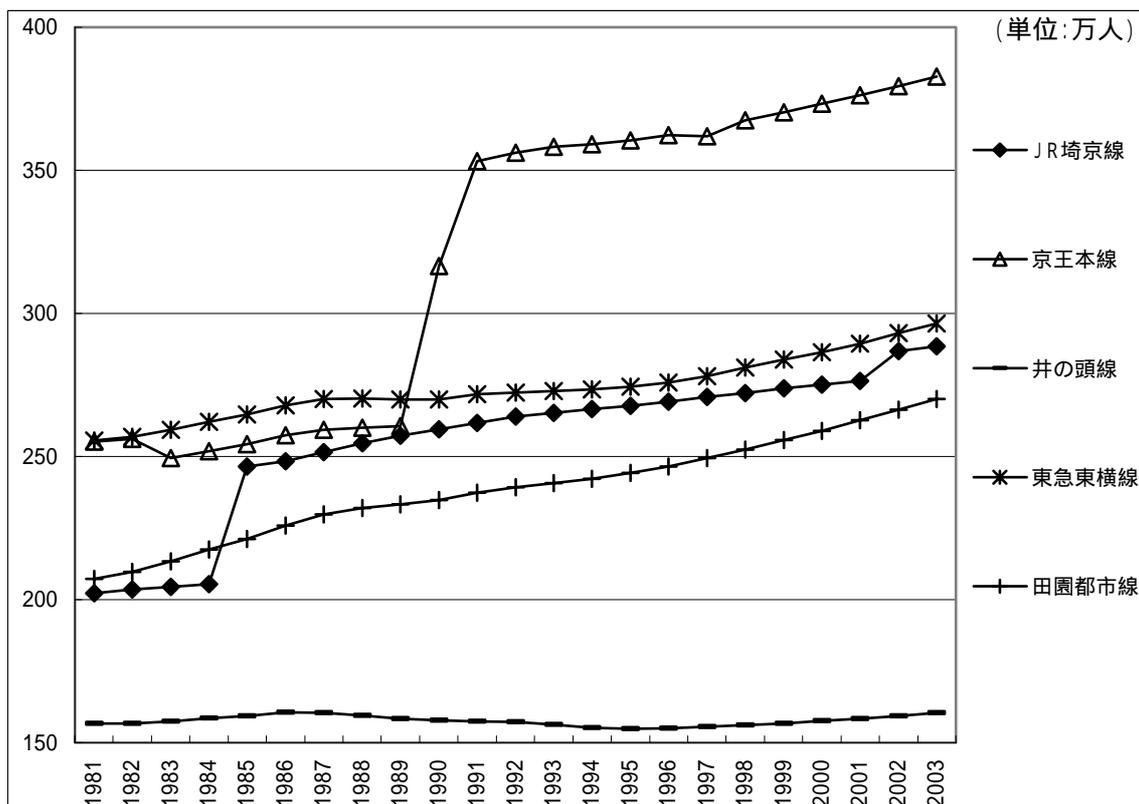
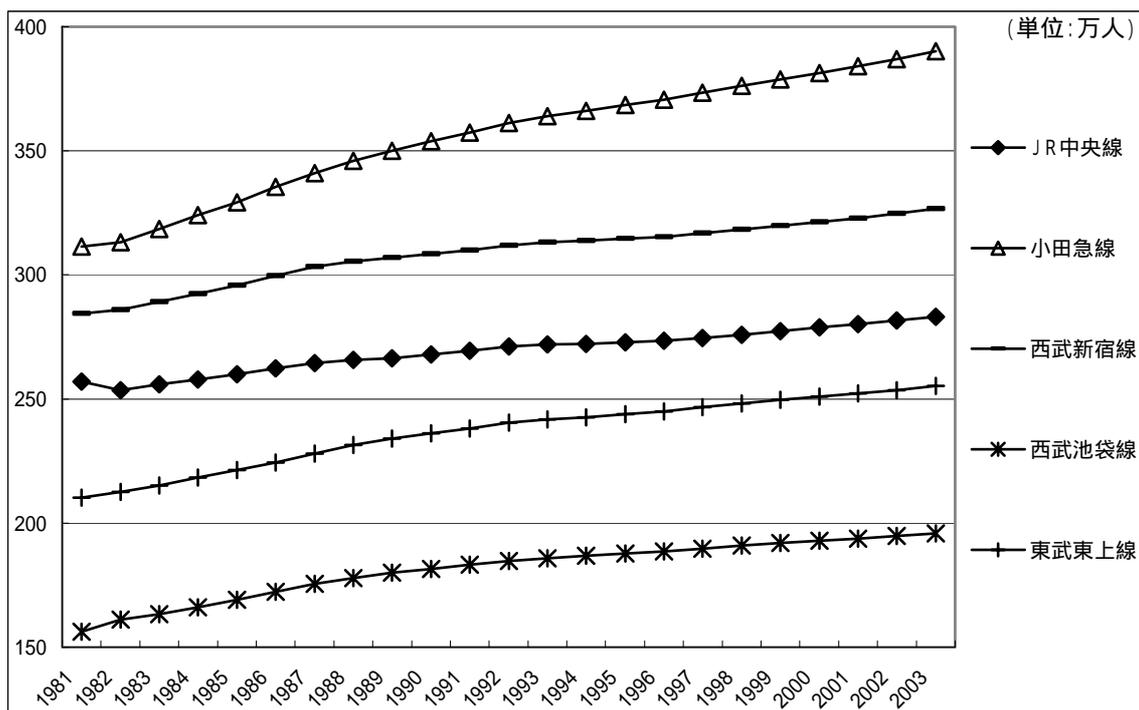
【図2-7】 都心における従業者数の推移*

* 『経済・労働統計年報』（東京都産業労働局産業政策部調査研究課）
『事業所・企業統計調査報告』（総務省統計局）



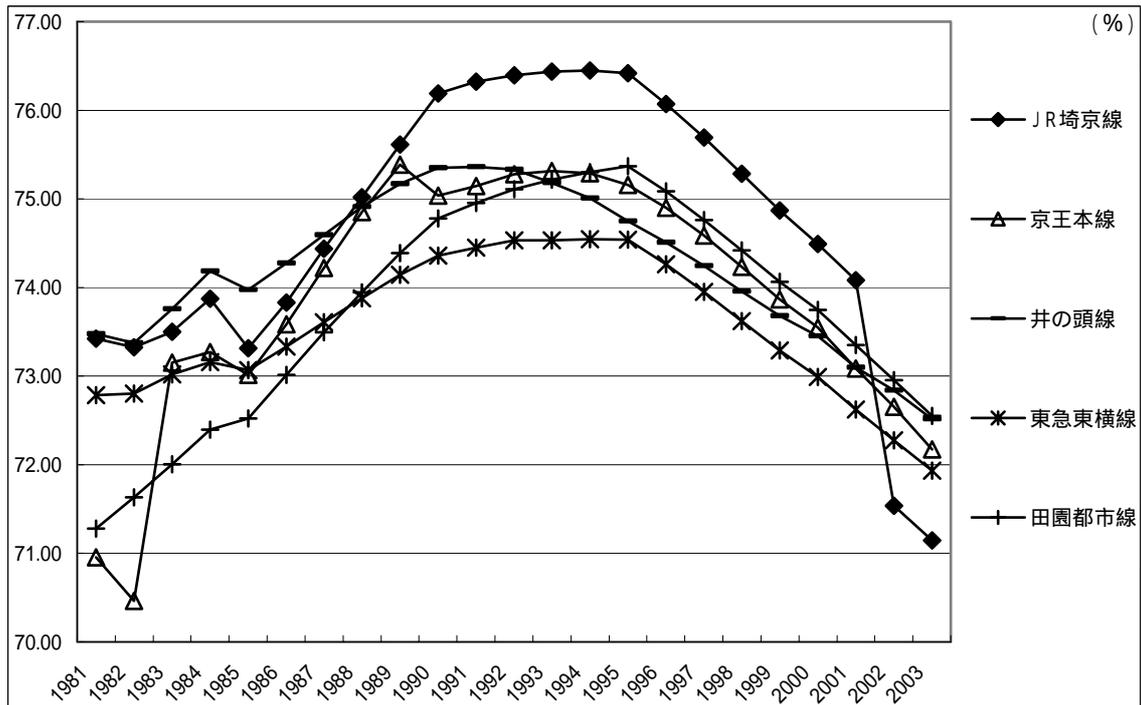
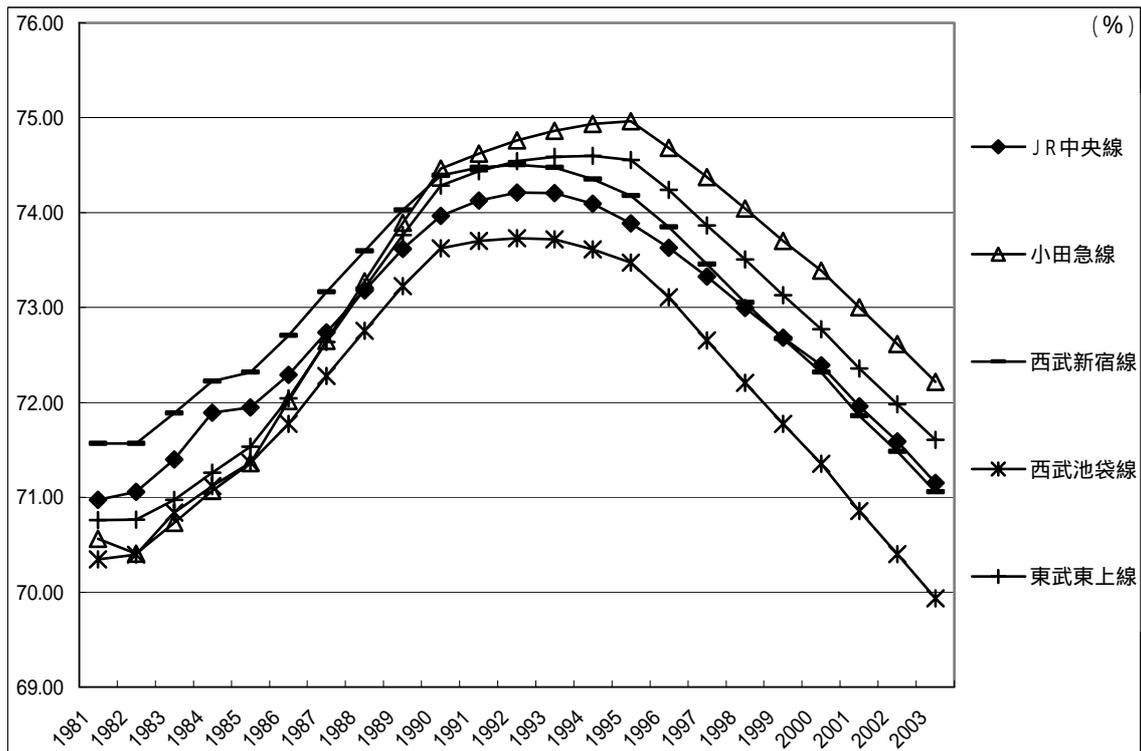
【図2-8】 沿線の生産年齢人口数の推移*

* 『住民基本台帳による 東京都の世帯と人口』(東京都総務局統計部人口統計課)
『国勢調査報告』(総務省統計局)
『住民基本台帳人口要覧』(財団法人 国土地理協会)



【図2-9】 沿線の全人口数（全年齢層対象）の推移*

* 『住民基本台帳による 東京都の世帯と人口』（東京都総務局統計部人口統計課）
『国勢調査報告』（総務省統計局）



【図2 - 10】 沿線の生産年齢人口比率の推移*

『住民基本台帳人口要覧』(財団法人 国土地理協会)

* 『住民基本台帳による 東京都の世帯と人口』(東京都総務局統計部人口統計課)

『国勢調査報告』(総務省統計局)

『住民基本台帳人口要覧』(財団法人 国土地理協会)

(4) 運賃

運賃は、対象区間が非常に多いことや初乗り運賃の存在、距離による賃率の差異などから、実際の数値を使用することは困難であるため、指数化したものを利用した。まず、【表2-11】に示したとおり、各路線ともターミナル駅から利用者の比較的多い郊外の主要駅までの距離が25km近辺に集中していることを踏まえ、25kmを基準区間とする。そして、1981年の旧国鉄の25kmの1ヶ月通勤定期の運賃を100とし、各年の各事業者の25kmの1ヶ月通勤定期の運賃を指数化したところ、【図2-12】のような結果となった。

なお、JR、私鉄の全路線とも1989年、1997年に消費税関連の運賃引き上げを行っている。以下ではその他の年について言及する。

鉄道の運賃は総括原価主義により決定されている。総括原価主義ではまず、主な原価要素である人件費、修繕費、経費、諸税、減価償却費、事業報酬を査定する。その上で改定前の運賃で旅客需要（輸送量）と収入金額を試算する。その上で旅客需要を所与のものとして、総括原価（必要収入）を個別輸送需要に配分し、改定後の運賃水準を求める。運賃は国土交通大臣（旧運輸大臣）の認可を受けた上で決定されており、鉄道事業者側の裁量の余地は狭い。改定前の運賃で旅客需要と収入金額を試算しているために、鉄道会社の輸送能力が同じ期の運賃水準によって左右される可能性は低い。運賃は鉄道事業にかかる費用によって決定されていると考えられる。

関東の大手私鉄（引き上げの時期や回数が異なっている京成、相鉄を除く）では、1981年、1984年、1988年、1991年、1995年に運賃の引き上げを行っている。1988年には輸送力増強工事の費用の積み立て等に関して税法上の優遇等が受けられる特定都市鉄道整備積立金制度が創設されたことによる値上げが行われるなど、近年の値上げの要因となる費用の上昇要因は、輸送能力増強工事による費用の増大によるものが大きい。また、値上げを行うにあたっては、輸送能力増強に関連する利用者が多いと思われる定期券利用者に応分の負担を求めるという考え方にに基づき、普通運賃の引き上げとともに定期券割引率の引き下げが行われている。このため、普通運賃の引き上げ率より定期運賃の引き上げ率のほうが高い数値を示している。

なお、京王電鉄では特定都市鉄道整備積立金制度の利用が終了したことに伴い、1997年に大手私鉄としては戦後初の運賃の引き下げを行っている。後に分析するが、同社では利用者数の減少幅が他社に比べて小さくなっており、この運賃引き下げによる影響が注

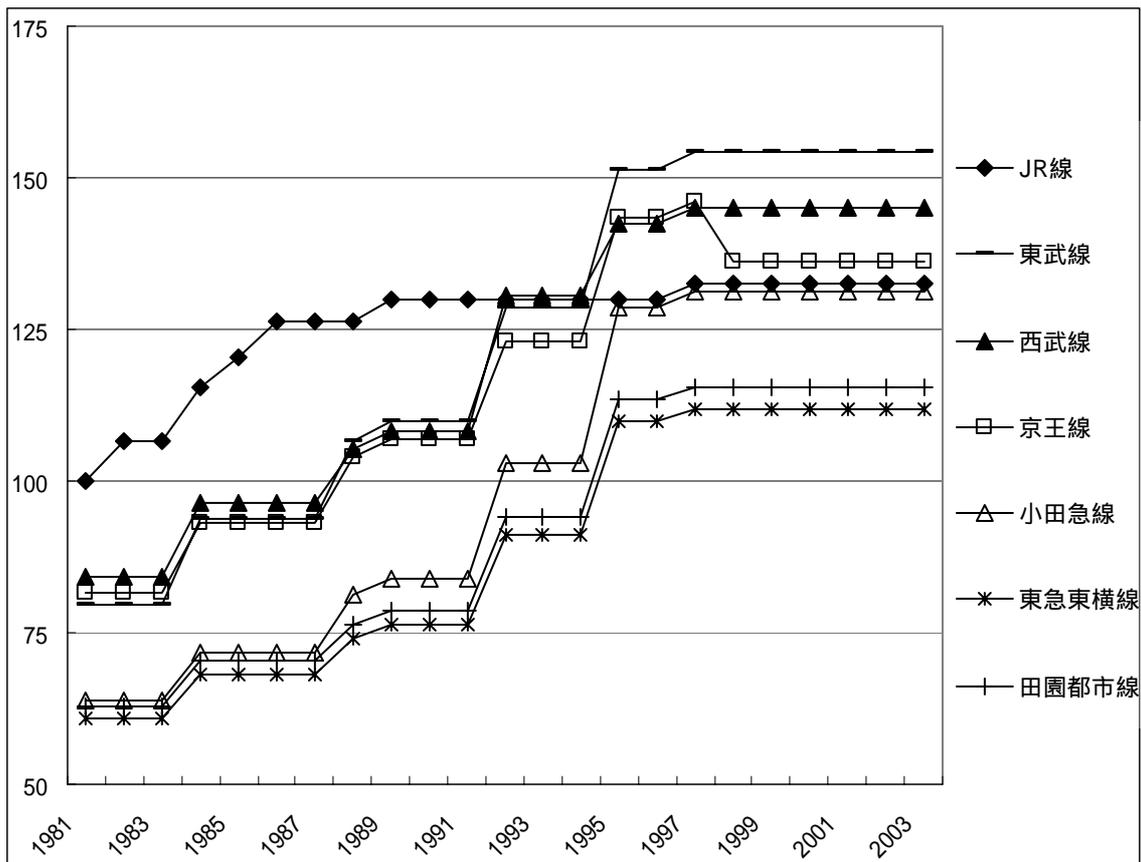
目される。

一方、旧国鉄及びＪＲ東日本についてみると、旧国鉄時代は１９８１年、１９８２年、１９８４年、１９８５年、１９８６年と１９８３年を除きほぼ毎年、運賃引き上げが行われていた。しかし、民営化以降、消費税関連以外の運賃改定は行われていない。また、旧国鉄及びＪＲでは私鉄に比較して定期運賃の割引率が高いため、普通運賃よりも定期運賃のほうが私鉄との格差は低い。近年の私鉄の度重なる定期運賃の引き上げにより、現在では、東武、西武、京王における２５ｋｍの１ヶ月通勤定期の運賃はＪＲより割高となっている。

会社・路線名	起点	郊外の主要駅	距離	有料特急の有無
ＪＲ中央線快速	新宿	立川	27.2km	あり
小田急小田原線	新宿	町田	30.8km	あり
京王本線	新宿	聖蹟桜ヶ丘（多摩市）	26.3km	なし
西武新宿線	西武新宿	所沢	28.9km	あり
西武池袋線	池袋	所沢	24.8km	あり
東武東上線	池袋	川越	30.5km	なし
ＪＲ埼京線	新宿	大宮（さいたま市）	28.3km	なし
東急東横線	渋谷	横浜	24.2km	なし
東急田園都市線	渋谷	長津田（横浜市緑区）	25.6km	なし
京王井の頭線	渋谷	吉祥寺（武蔵野市）	12.7km	なし

【表２ - １１】 ターミナル駅（起点）より郊外の主要駅までの距離*

* 『マイライン東京時刻表』（交通新聞社）



【図2-12】 通勤定期の運賃の推移（2.5 km区間の相対水準）*

3. 分析にあたっての仮定と概要

3.1 分析にあたっての仮定

本研究では、需要と供給の双方が決定される要因の変化によって起こる混雑率について考察し、合わせて与件が変化した場合のシミュレーションを行う。このため分析にあたっての理論的枠組みをまず示す。

まず、供給側であるが、鉄道事業者が決めることができるのは、運賃と輸送能力であるが、前述の通り、運賃は総括原価主義によって決定されるため事業者の裁量の余地は乏しい。本研究では運賃は事業者にとっては所与のものとし、供給に影響を与えることは無いものと仮定する。このため、鉄道事業者は需要側によって決定される利用者数を所与とし、輸送能力のみを決定する。

* 『JTB時刻表』（日本交通公社）、『数字で見る鉄道』（国土交通省鉄道局）

次に、需要側であるが、ここではラッシュ時の利用者数が、第1に沿線の生産年齢人口数、第2に都心における生産年齢人口数、第3に都心における従業者数、第4に運賃と、以上の4つによって決まるものと仮定する。

このうち沿線生産年齢人口数の増加は、利用者数に正の影響を及ぼす。沿線の生産年齢人口はかなりの割合の人が都心に通勤するものと仮定できる。また、都心における従業者の多くは、郊外より通勤することとなる。したがって、都心における従業者数が増加すれば、利用者数も増加する。

これに対し、都心における生産年齢人口数の増加は利用者数に負の影響を及ぼす。従業者が郊外ではなく都心に居住すれば、ラッシュ時に鉄道を利用する必要はないため、利用者数に負の影響を及ぼす。また、運賃の増加は利用者へ他の路線の利用を利用させる動機を与える。具体的に代替が生じるケースとしては、JR中央線と京王本線、小田急線と東急田園都市線、西武新宿線と東武東上線の関係が挙げられる。

そして、利用者数と輸送能力をもとに混雑率が自動的に計算されることとなる。

3.2 分析にあたっての概要

流れとしてはまず、各路線の沿線に居住する生産年齢人口数 (n)、都心に居住する生産年齢人口数 (h)、都心における従業者数 (l)、及び通勤定期の運賃 (p) の4つを説明変数として、朝のラッシュ時の鉄道に対する需要関数 (D) を推定する。

$$D = D(\text{運賃, 都心人口数, 沿線人口数, 都心従業者数}) \quad (\text{需要関数}) \quad \dots (1)$$

最混雑駅間輸送能力 (c) は先決で、最混雑駅間混雑率 (k) は $k = \frac{D}{c}$ となる。

次に推定された需要関数をもとに需要の推定値を計算する。

同時に供給関数 (S) との連立式をもとに、混雑率の推定を行う。

$$S(\cdot) = D(\cdot) = Q \quad (\text{需要と供給の均衡}) \quad \dots (2) \quad Q \dots \text{最混雑駅間利用者数}$$

$$k = \frac{S}{c} = \frac{D}{c} \quad (\text{混雑率}) \quad \dots (3)$$

そして需要及び混雑率の要因分析を行う。そして、説明変数の生産年齢人口数や従業者数、輸送能力などの数値を変えることで需要及び混雑率がどのように変化するか、推定を行い比較する。

3.3 需要関数

需要関数では、各路線にダミー変数を使用し、t値が有意（両側95%水準）な路線のダミー変数のみ採用する。また、各路線のダミー変数のほかに、新線の開業などに伴う各線の状況の変化を考慮して以下のダミー変数を使用し、t値が有意な値を示したもののみ採用した。

変数名	期間	対象路線	備考
大江戸線ダミー	1998～2001年	西武新宿線・西武池袋線	練馬～新宿間開業
京王相模原線ダミー	1991～2001年	京王本線	南大沢～橋本間開業
有楽町線ダミー	1983～2001年	西武池袋線・東武東上線	池袋～営団成増間開業
赤羽線ダミー	1981～1984年	埼京線	赤羽線当時

【表3-1】 ダミー変数

3.4 供給関数

供給は、需要側の分析により、ほぼ自動的に決定されるので、特に回帰分析等を行う必要はなく、需要側の結果を元に代入を行うことになる。すなわち、需要側の結果である利用者数を分子とし、分母である輸送能力で除している。なお、輸送能力の数値は特に断りの無い限り、実際の数値を使用している。

4. 需要の計算・分析

4.1 需要関数の推定

以上の仮定を踏まえた上で、まず最小二乗法によって需要関数の推定を行う。結果を以下に示す。

推定結果

$$D = \alpha_1 + \beta_2 p + \beta_3 h + \beta_4 n + \beta_5 l + \beta_6 \lambda + \beta_i d_i$$

決定係数 0.927188 修正済み決定係数 0.922753 Durbin-Watson 比 0.162932

説明変数	推定係数	標準偏差	t値
通勤定期運賃 (p)	-219.975	27.3207	-8.05159
都心の生産年齢人口数 (h)	-0.03678	0.015195	-2.42041
沿線の生産年齢人口数 (n)	0.021071	0.00121	17.4407
都心の従業者数 (l)	0.00815	0.00295	2.76461
有楽町線ダミー (λ)	-10075.5	2661.44	-3.78572
JR中央線快速ダミー	58234.9	1320.32	44.1068
小田急小田原線ダミー	15529.6	1407.91	11.0303
京王本線ダミー	10718.9	1367.21	7.84001
西武新宿線ダミー	12127.5	1260.26	9.62306
西武池袋線ダミー	53644.1	2860.81	18.7513
東武東上線ダミー	32595	2723.76	11.9669
東急田園都市線ダミー	18818.2	1333.33	14.1137
定数項 (α)	20114.2	19635.4	1.02439

状況の変化に伴うダミー変数のうち、有意な値を示したのは有楽町線の開業に関するダミー変数のみであった。また、各路線別のダミー変数ではJR埼京線と東急東横線のダミー変数が有意な値を示さなかったため除去した。

符号条件は理論では運賃と都心の生産年齢人口数の回帰係数が負の値となり、沿線の生産年齢人口数と都心の従業者数が正の値となるが、以上の式の回帰係数の符号条件も理論と条件が一致している。各説明変数とも t 値は両側 95%水準を満たし、有意である。

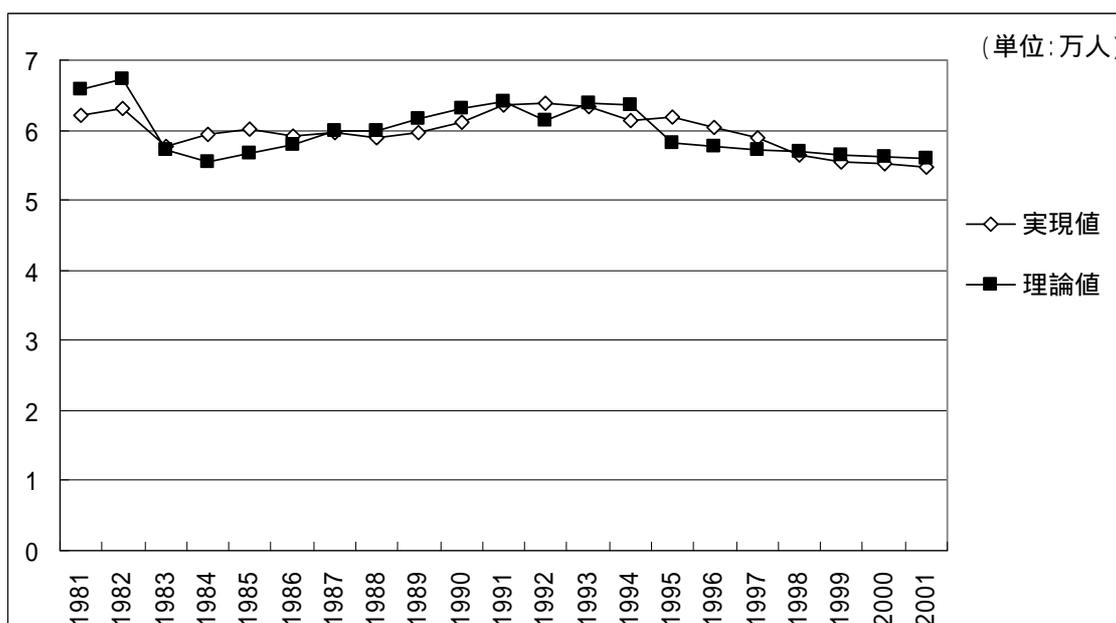
t 値をもとに分析すると、沿線の生産年齢人口数の変化が利用者数の決定に及ぼす影響が大きいことが読み取れる。一方、都心の生産年齢人口数及び従業者数が利用者数の決定に及ぼす影響は小さい。

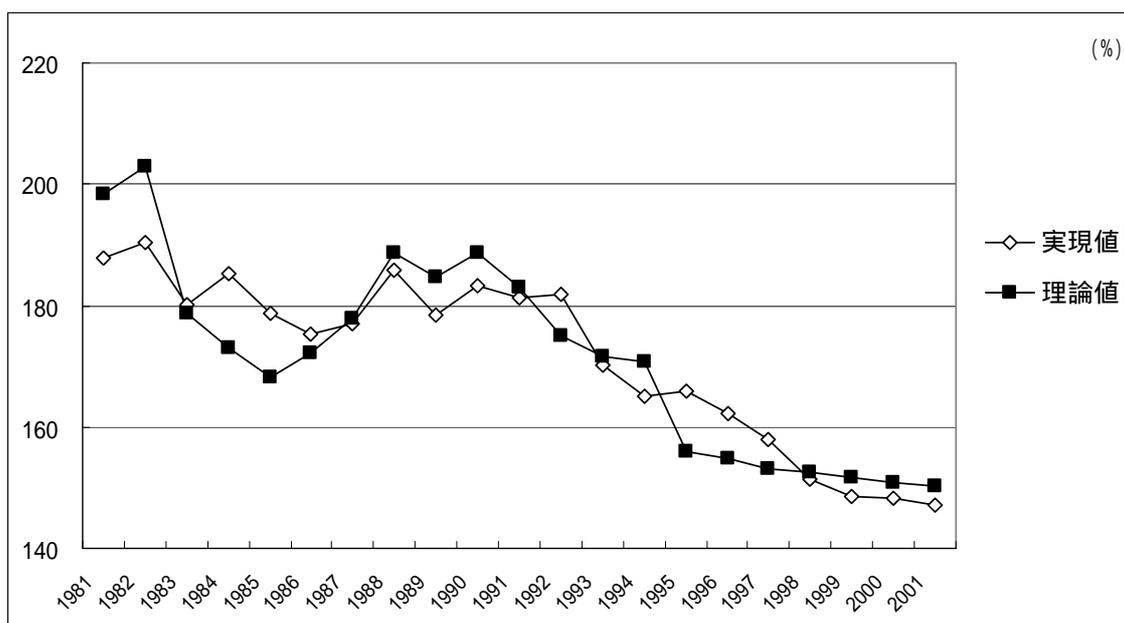
4.2 実現値と理論値との比較

求められた推定式をもとに利用者数、混雑率の理論値を推定し、実現値と比較を行う。ここでは東武東上線を例にして検討する。東上線は路線の長さも適当であり、優等列車が走っていない。また、長い区間をほぼ並行して走る競争路線も有楽町線以外には存在しない。大きな外的変化要因も有楽町線の和光市までの延伸開業（1987年）以外には無いため、平均的なサンプルとして適当であると思われる。

利用者数、混雑率とも実現値に対して理論値が大きく離れることは無い。混雑率は板橋区、及び練馬区付近で有楽町線の延伸開業が相次いだ1980年代中頃に実現値と理論値の乖離が見られるが、その他では安定している。

【図4-1】 利用者数の理論値





【図4 - 2】 混雑率の理論値

4.3 寄与度

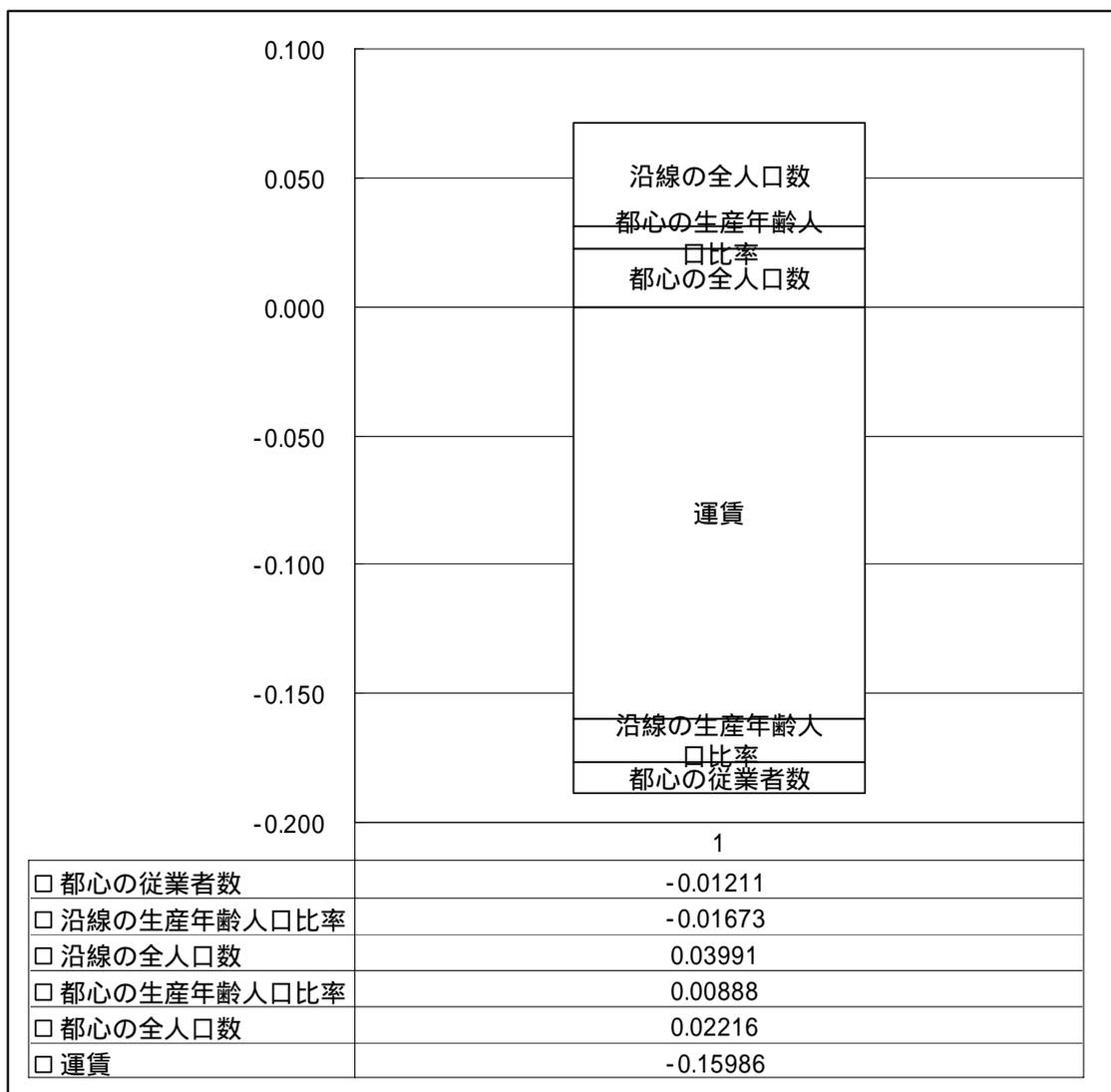
次に、混雑率の理論値が有楽町線開業後で最も高い1990年から2001年までの間に利用者数が減少した要因を分析するために、同じく東武東上線を例にして、各要因の寄与度を計算する。

(1) 沿線の生産年齢人口数

沿線の全人口数の変動による利用者数への影響は正であるのに対して、沿線の生産年齢人口比率の変動による影響は一貫して負となっている。沿線の全人口数の変動のほうが倍以上大きいため生産年齢人口数は増加しているが、生産年齢人口比率の変動が打ち消すことで、生産年齢人口数の変動が利用者数に与える影響が減少している。生産年齢人口比率の減少は運賃に次いで利用者数の減少のもっとも大きな要因となっている。

(2) 都心の生産年齢人口数

都心の全人口数は1997年以降、都心の居住生産年齢人口数は1998年以降、減少から増加に転じており、この状況がこのまま続けば今後は利用者数の減少要因となる。しかし、2001年時点では1990年の水準まで人口数が回復していないため、この分析では利用者数の増加要因となっている。



【図4 - 3】 寄与度

(3) 都心の従業者数

1994年以降に都心の従業者数の減少が続いているのを反映し、都心の従業者数の影響は利用者数の減少に寄与している。しかしその影響は減少要因の中では最も小さい。

(4) 運賃

東武鉄道で1990年以降に運賃が改定(値上げ)されたのは、1992年、1995年、1997年(消費税関連)の3回である。しかし、その影響は他の減少要因を合計したものの5倍近くとなっており、非常に大きい。

4.4 定期券利用者と定期外利用者を分離して分析したケース

以上の分析では定期券利用者と定期外利用者をまとめて分析を行っていた。しかし、定期券の利用者は勤務先から定期運賃が支給されるケースが多いと考えられる。また以上の分析によると都心の生産年齢人口が利用客に及ぼす影響は少ないものと考えられる。これらを踏まえ、定期券利用者と定期外利用者を分離した分析を行った。

(1) 分析に当たっての定義

定期券利用者と定期外利用者の按分はピーク時における定期券利用者の比率を輸送人員に乗ることによって求めた。定期券利用者の比率は分析期間では一貫して減少している。また、さらに運賃はそれぞれの路線について定期券、定期外それぞれについて旅客運賃収入を旅客輸送人キロで除した1人1キロあたりの運賃を消費者物価指数で除したものを、運賃に関する指数(運賃指数)として採用した*。JRについては国鉄時代のデータや路線別データの定義が困難であったため、分析からはずした。

また、都心の生産年齢人口については説明変数から除き、都心の労働力については、定期外利用者に多いと思われるパート労働者数、アルバイト労働者数の動向を反映させるために、東京都の実質GDP(都内GDP)を代理変数として採用した。沿線人口数、運賃指数、都内GDPの三つは対数変換して分析に使用した。またダミー変数のうち大江戸線、有楽町線については関係する路線別に設定を行った。また、周辺条件が他の路線と異なる点が多い京王井の頭線は分析からはずした。

以上により、JR中央線、埼京線と京王井の頭線が分析対象からはずれている。

* 『都市鉄道需要の計量分析 交通需要の運賃弾力性の計測』交通学研究(山田浩之、綿貫伸一郎、1995年研究年報)

(2) 定期券利用者

以上を踏まえた上で、まず定期券利用者について需要関数の推定を行う。

推定結果

$$D = \alpha_1 + \beta_2 \log p + \beta_3 \log n + \beta_4 \log l + \beta_5 \lambda + \beta_i d_i$$

決定係数 0.760309 修正済み決定係数 0.732863 Durbin-Watson 比 0.326931

説明変数	推定係数	標準偏差	t値
運賃指数(定期券)(p)	-46.8518	20.3837	-2.29849
沿線の生産年齢人口数(n)	230.150	111.410	2.06579
都心GDP(l)	115.728	60.3339	1.91812
大江戸線ダミー(西武新宿線)	-102.004	25.1745	-4.05187
大江戸線ダミー(西武池袋線)	-205.542	25.5047	-8.05900
相模原線ダミー(京王本線)	43.4140	20.7767	2.08955
有楽町線ダミー(西武池袋線)	-164.239	35.5097	-4.62518
有楽町線ダミー(東武東上線)	-94.5583	34.6508	-2.72889
定数項			
小田急小田原線	-3551.66	1323.37	-2.68381
京王本線	-3673.05	1319.61	-2.78344
西武新宿線	-3661.50	1307.87	-2.79960
西武池袋線	-3269.96	1240.27	-2.63649
東武東上線	-3514.65	1273.00	-2.76091
東急東横線	-3677.98	1293.34	-2.84379
東急田園都市線	-3550.60	1279.67	-2.77461

結果を考察すると、符号は理論を満たすものの、t値はあまり高いものではなく、決定係数も4.1の分析と比較すると低くなっている。

(3) 定期外利用者

続いて、定期外利用者について需要関数の推定を行う。

推定結果

$$D = \alpha_1 + \beta_2 \log p + \beta_3 \log n + \beta_4 \log l + \beta_5 \lambda + \beta_i d_i$$

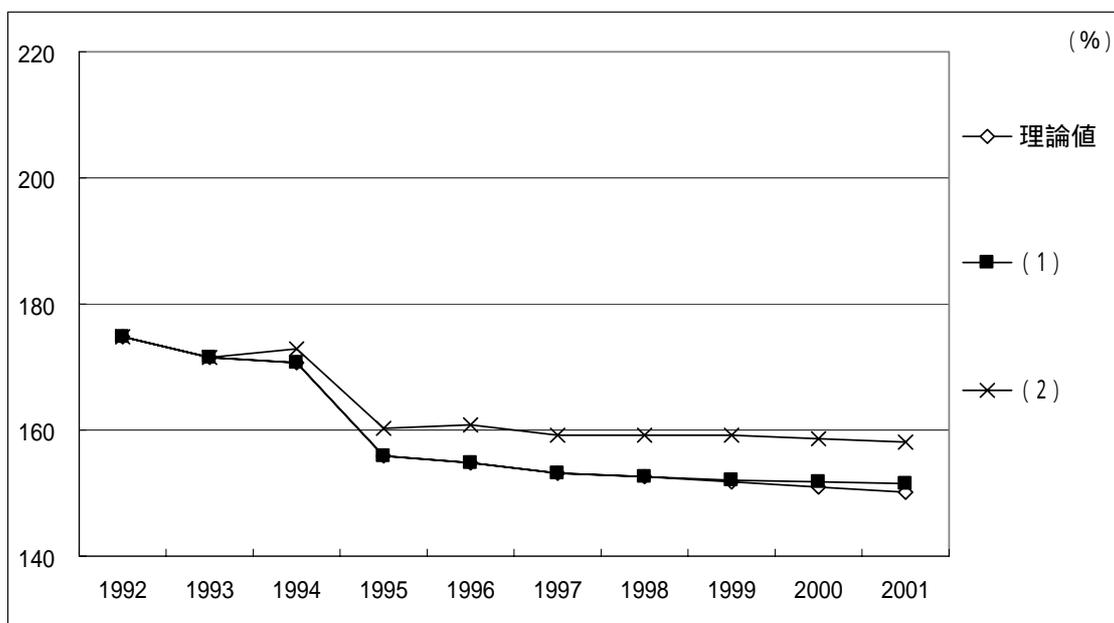
決定係数 0.778422 修正済み決定係数 0.753050 Durbin-Watson 比 0.208056

説明変数	推定係数	標準偏差	t値
運賃指数(定期外)(p)	-596.327	2607.48	-0.228699
沿線の生産年齢人口数(n)	34397.9	11577.8	2.97102
都心GDP(l)	13113.1	5381.25	2.43680
大江戸線ダミー(西武新宿線)	-9647.65	2403.75	-4.01358
大江戸線ダミー(西武池袋線)	-15836.4	2457.22	-6.44483
相模原線ダミー(京王本線)	5088.97	1955.54	2.60233
有楽町線ダミー(西武池袋線)	-15069.1	3327.70	-4.52840
有楽町線ダミー(東武東上線)	-9978.71	3287.35	-3.03548
定数項			
小田急小田原線	-548424.0	144336.0	-3.79963
京王本線	-559587.0	144088.0	-3.88364
西武新宿線	-556841.0	142799.0	-3.89948
西武池袋線	-511220.0	136124.0	-3.75555
東武東上線	-540636.0	139342.0	-3.87992
東急東横線	-557784.0	141391.0	-3.94498
東急田園都市線	-542031.0	139806.0	-3.87703

結果を考察すると、符号は理論を満たすものの、t値は運賃指数について非常に低い値となっている。会社から運賃を支給されている定期券利用者に対して、定期外利用者は運賃に関して弾力性が高いものと想定していたが、(2)と比較すると結果は逆であった。会社から運賃を支給されている定期券利用者についても、運賃が鉄道路線の選択に影響を与えている可能性がある。

5. シミュレーション

4.1節で求められた推定式をもとに、与件を変化させ、シミュレーションを行う。与件が変化したケースとして以下の6つを想定し、引き続き東武東上線においてシミュレーションを行う。そして理論値と比較する。



【図5 - 1】 東上線の混雑率のシミュレーション (1) \ (2)

(1) 都心回帰が起こらなかった場合

都心5区の生産年齢人口数が1997年以降、増加せずに1997年の値のままにとどまると仮定する。いわゆる都心回帰現象が生じなかった場合である。

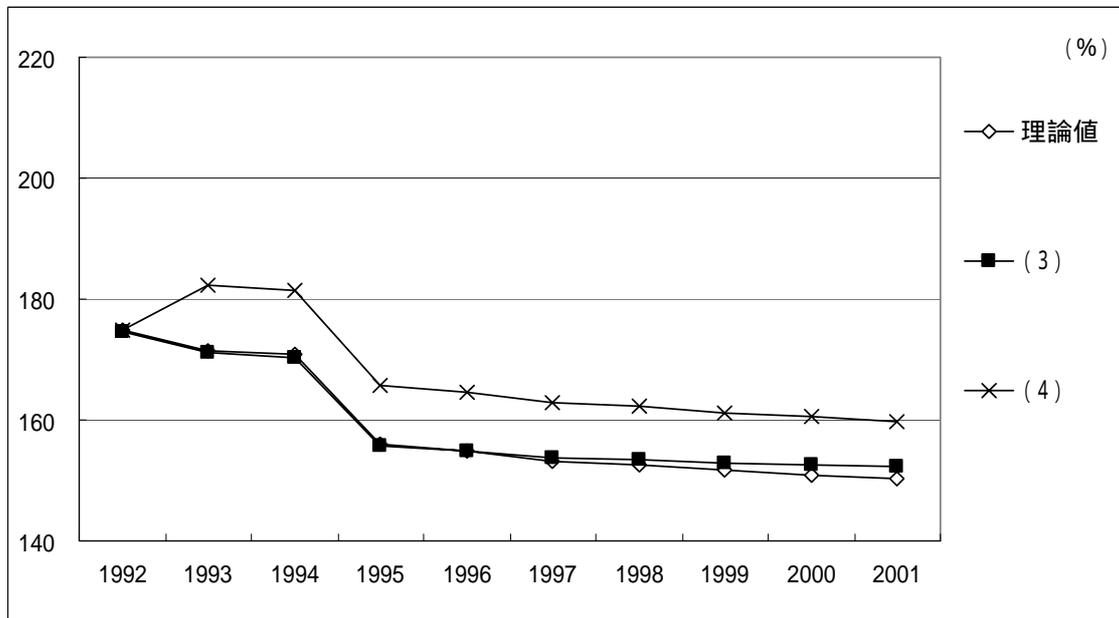
このとき理論値との差は1.5ポイントにとどまっている。しかし、都心回帰現象はまだ始まってから日も浅いため、現時点では実際の生産年齢人口数に比べるとそれほど差は無いが、このまま都心回帰現象が続けば、より差が広がることになる。

(2) 都心の従業者数がバブル崩壊後に減少しなかった場合

都心5区の従業者数が1993年の水準にとどまり減少しないものと仮定する。これによりバブル崩壊による従業者数の減少が混雑率に及ぼした影響を考察する。

変化を見ると、1993年から1995年までの間、従業者数の減少が無ければ1994年に混雑率が増加し、その後も従業員数の減少がない場合と比べて混雑率は高い水準で

とどまっている。この期間の混雑率の減少の主な要因は従業者数の減少によるものであるといえる。そして、2001年における理論値との差は7ポイント弱まで開いている。



【図5 - 2】 東上線の混雑率のシミュレーション (3) (4)

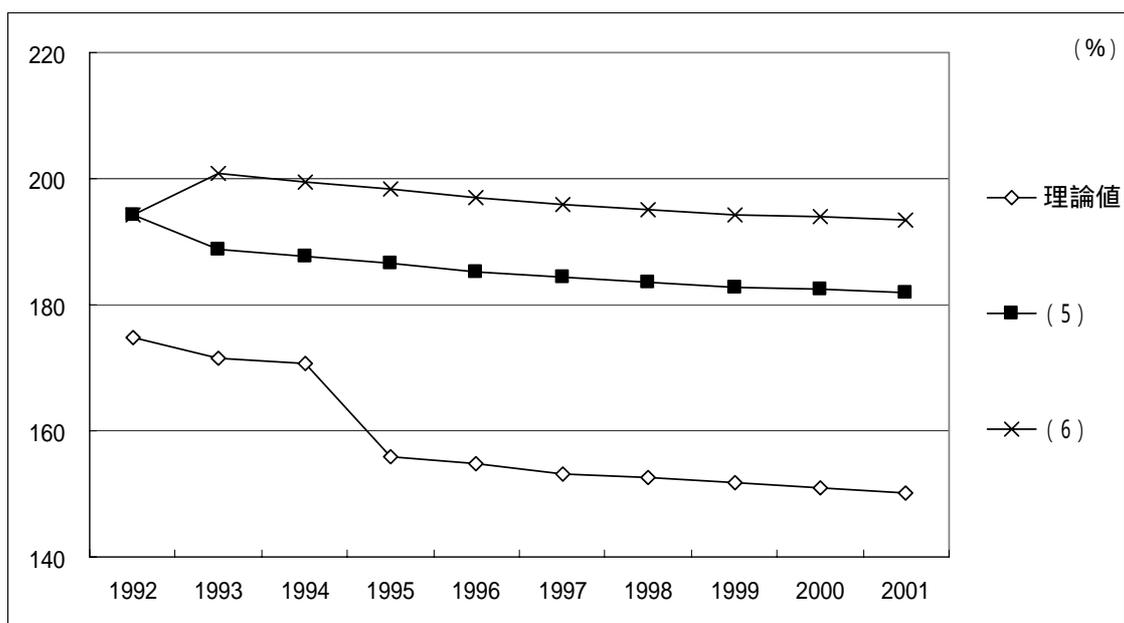
(3) 生産年齢人口比率が低下しなかった場合

生産年齢人口比率の低下は人口の高齢化の影響が大きいものと考えられる。これを踏まえ高齢化が生じなかった場合のシミュレーションを行う。具体的には各自治体の生産年齢人口比率が最も高い年の水準にとどまり、生産年齢人口比率の低下が起こらなかったと仮定する。これにより高齢化の影響を考察する。

その結果、2001年時点で2ポイント強の差がついている。高齢化による沿線の生産年齢人口比率の減少が混雑率の変化に与える影響の大きさを読み取ることができる。

(4) 輸送能力の増強を行わなかった場合(1991年以降)

輸送能力が増強されない場合のシミュレーションを行う。輸送能力は各線とも着実に増強されているが、ここでは1991年の水準に輸送能力がとどまったものと仮定する。これにより輸送能力の増強の影響を考察すると、1992年から1993年にかけての理論値の減少は輸送能力の増強が要因であるといえる。



【図5 - 3】 東上線の混雑率のシミュレーション (5) (6)

(5) 運賃が消費者物価指数と同じ上昇率にとどまった場合

対象路線の運賃は同時期の消費者物価と比較すると上昇率が高い。鉄道事業者の負担する費用の増加が影響しているものと考えられる。これを踏まえ、運賃が消費者物価指数と同じ上昇率にとどまった場合のシミュレーションを行う。その結果によると理論値との大きな差がつく。

(6) 運賃が消費者物価指数と同じ上昇率にとどまり、輸送能力増強を行わなかった場合

上の(4),(5)のケースが同時に生じた場合の考察を行う。運賃の上昇率が消費者物価指数より高くなった背景には、輸送能力の増強による鉄道事業者の負担の増加が背景として挙げられるものと推察される。このケースでは運賃を大きく引き上げない代わりに輸送能力の増強工事も行わないケースを想定している。

(4)と同様に輸送能力の増強が混雑率に与える影響は大きい。混雑率の減少には、鉄道事業者による輸送能力の増強という供給側の要因が大きく影響していることが読み取れる。

6. 結語

本研究では、ラッシュ時の鉄道の利用者数及び混雑率が決定される要因について考察を行った。これにより、需要側の要因である、いわゆる都心回帰による都心の生産年齢人口数の変化と、高齢化による生産年齢人口比率の低下、及び供給側の要因である輸送能力の増強が、混雑率の変化に大きく影響を及ぼしていることが考察された。

本研究のこれからの展開としては、地価の変化により都心と郊外の人口数の変化を説明することで地価と混雑率との関係を考察することや、予測人口数の使用、生産年齢人口比率の変化が将来に及ぼす影響の推測、および混雑率の変化によって生じる時間費用・疲労費用を計算し、輸送能力の増強工事の費用と比較することなどが挙げられる。

参考文献・資料

- 〔 1 〕 『通勤の疲労コストと最適混雑料金の測定』(山鹿久木、八田達夫、2000年9月)
- 〔 2 〕 『私鉄運賃の研究 大都市私鉄の運賃改定 1945年～1995年』日本経済評論社(森谷英樹、1996年1月)
- 〔 3 〕 『各年度版 数字で見る鉄道』運輸政策研究機構(国土交通省鉄道局、各年度)
- 〔 4 〕 『首都圏大手私鉄の輸送人員の動向とその背景』(日本政策投資銀行都市開発部鉄道班、運輸と経済第60巻第8号2000年8月)
- 〔 5 〕 『都市鉄道需要の計量分析 交通需要の運賃弾力性の計測』交通学研究(山田浩之、綿貫伸一郎、1995年研究年報)
- 〔 6 〕 『都市交通年報』運輸政策研究機構(国土交通省総合政策局、各年度)
- 〔 7 〕 『マイライン東京時刻表』交通新聞社(2003年7月)
- 〔 8 〕 各鉄道事業者 Web サイト
 - ・ JR東日本 <http://www.jreast.co.jp/>
 - ・ 小田急電鉄 <http://www.odakyu-group.co.jp/>
 - ・ 京王電鉄 <http://www.keio.co.jp/>
 - ・ 西武鉄道 <http://www.seibu-group.co.jp/railways/>
 - ・ 東武鉄道 <http://www.tobu.co.jp/>
 - ・ 東京急行電鉄 <http://www.tokyu.co.jp/>
 - ・ 東京地下鉄(東京メトロ) <http://www.tokyometro.jp/>
 - ・ 東京都交通局(都営地下鉄) <http://www.kotsu.metro.tokyo.jp/>