

新交通システム需要予測の事後評価

—ピーチライナーを例として—

需要予測における誤差要因を解明するため、愛知県小牧市の名鉄小牧駅と桃花台ニュータウンを結ぶ桃花台線ピーチライナーを取り上げ検証した。計画者が4段階推計法を用いて行った需要予測値約31,000人/日は実績値約2,100人/日の約15倍の過大予測であった(比較年:1991年)。分析の結果、ニュータウン入居者数の予測誤差による「発生」段階で約1.7倍、分担率曲線の時間移転性や競合路線の未考慮による「分担」段階で約7倍の誤差が確認された。計画者と同じデータを用いて構築した非集計モデルでは、競合路線と予測時点の社会経済属性の前提が適切であれば、予測が実績に大きく近づくことが示された。

キーワード 需要予測, 事後評価, 4段階推計法, 分担率曲線, 非集計モデル

森川高行

MORIKAWA, Takayuki

Ph. D. 名古屋大学大学院環境学研究科都市環境学専攻教授

永松良崇

NAGAMATSU, Yoshitaka

名古屋大学大学院環境学研究科都市環境学専攻博士課程(前期課程)

三古展弘

SANKO, Nobuhiro

修(工) MBA 名古屋大学大学院環境学研究科都市環境学専攻博士課程(後期課程)

1—はじめに

今日、交通需要予測に対する信頼性がゆらいでいる。その主原因は、公共事業批判が高まる中いくつかの大規模交通プロジェクトにおける大きな過大予測が明らかになったことであろう。本州四国連絡橋の需要予測は実績の約2倍、東京湾アクアラインでは約3倍とも言われる。また、第3セクターによる新交通システムの経営悪化も当初の過大な需要予測とは無縁ではない。それでは需要予測の誤りの発生するメカニズムはどのようになっているのだろうか。本研究では、1970年代に計画された新交通システム桃花台線ピーチライナー(愛知県小牧市)における典型的な過大予測を題材にその原因を究明するものである。

桃花台線ピーチライナーは、小牧市東部に開発された桃花台ニュータウンと名鉄小牧線小牧駅を結ぶ新交通システムで、1970年代に4段階推計法を用いて需要予測が行われた¹⁾。その需要予測によれば1991年の予測利用者数は約31,000人/日であったが、実績は約2,100人/日であり、実に約15倍の過大予測となっている^{注1)}。

本研究における事後評価では、主として当時の資料から予測手法および予測値の入手が可能であった4段階推計法の「発生」段階の駅勢圏人口の推計誤差、および「分担」段階の分担率曲線の移転可能性の検証を行う。また、非集計手段選択モデルを分担率曲線に代わって用いた場合を想定し、非集計モデルと分担率曲線の予測精度の比較も行う。

本論文は以下のように構成される。まず、2章において需要予測の事後評価に関する文献のレビューを行い、本研究の位置づけを明らかにする。3章では桃花台ニュータウンと桃花台線ピーチライナーについて概観する。4章では当時の計画策定者(以下、計画者と略す)の需要予測手法を振り返り、5章では予測対象地域、発生段階、分担段階についての検証を行う。6章では非集計モデルを構築し、非集計モデルと分担率曲線の予測精度について検証する。7章で結論を述べる。

2—交通需要予測の事後評価に関する既存研究

1章で述べたように、本研究の事後評価では、予測対象地域の設定、発生段階、手段分担段階の検証を行い、分担率曲線と非集計モデルの予測精度の比較を行う。これらは、分担段階のモデルの検証と、その前提となる予測対象地域や発生段階の予測の検証に大別できる。そこで、関連文献を、分担段階およびその前提条件に分けて整理する。また、ピーチライナーの評価に関する既存研究も紹介する。

2.1 交通手段分担予測の事後評価

新規の交通機関の予測の精度の鍵となるのは、交通手段分担モデルである。分担段階に着目した事後評価の研究は多く、交通需要予測研究会²⁾は広島都市圏における1967年と1978年の分担率曲線を取り上げ、その時間移転性を検証している。検証した分担率曲線は被

説明変数に乗用車/(乗用車+公共交通)の分担率を、説明変数に乗用車/公共交通の所要時間比を用いている。結論として、分担率曲線を乗用車保有世帯と非保有世帯に分けた場合、その時間移転性に問題はなく、また通勤目的と全目的とでは類似した傾向を示す、としている。

一方で、分担段階に分担率曲線法を用いることに対する疑義も多い。千葉都市モノレール延伸計画のために発足した検討委員会³⁾では、過去の予測時に用いた分担率曲線の説明力の低さから、延伸計画のための予測では非集計モデルを構築している。ここでは、非集計モデルを用いる理由として、分担率曲線よりも理論的に優れていることを述べているが、精度的に分担率曲線よりも優れていることは明示的に述べられていない。

近年では、非集計手段選択モデルが分担段階に適用されることが増えている。非集計モデルによる需要予測に関する検証例として、わが国の幹線鉄道の需要予測に初めて非集計モデルを適用した新幹線と在来線の直通運転化(山形新幹線)の需要予測⁴⁾がある。そこでは、非集計モデルに起因して発生した予測誤差は相対的に小さいと結論付けている。

しかし、4段階推計法において以前は支配的に用いられてきた分担率曲線の時間移転性や、分担率曲線と非集計手段選択モデルの予測精度を、実際のプロジェクトを用いて詳細に事後評価した事例は少ない。

2.2 予測のフレームワークおよび入力値の事後評価

分担段階に対し、予測対象地域の設定や発生段階は、分担段階の入力データを与えるものである。予測の誤差は伝播されることから、これらの入力データの誤差が最終的な誤差に大きな影響を与えることは免れない。

需要予測の評価に関して、その前提条件に問題が多いとする研究事例は多い。需要予測の事後評価の先駆的研究である交通需要予測研究会²⁾は、予測において人口などの入力値の誤差が与える影響は大きいことを指摘している。土井・柴田⁵⁾は、東海道新幹線に着目して、経済成長率などの前提条件を正しく考慮できなかったことに誤差の原因があることを指摘している。山形新幹線の需要予測ではモデルの入力値に起因する誤差が大きいこと⁴⁾、千葉都市モノレールの需要予測³⁾では、分担率推定モデルへの入力値(将来人口)が予測誤差に影響したとしている。計画の失敗事例を不確実性の観点から評価したHall⁶⁾は、ロンドン第3空港やロンドン都市高速道路は前提条件である人口予測が誤りであったと指摘している。

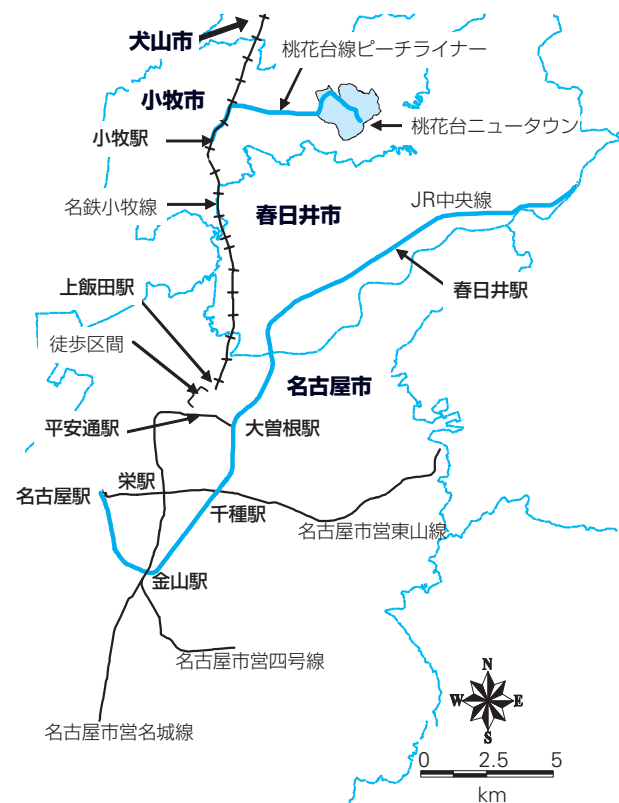
2.3 桃花台線ピーチライナーの予測評価

桃花台線ピーチライナーの需要予測の評価は、交通需要予測研究会²⁾でも行われているが、検証時点ではピーチライナーはまだ完成しておらず、評価対象は主としてニュータウンの入居者数に限られていた。しかし、1)前提条件となっている都心までの鉄道の接続は、実現がかなり先になりそうなこと、2)ニュータウン内で各駅の駅勢圏を1kmと考えているが、新交通を使わずに、JR中央線春日井駅でパークアンドライドをする住民がかなり多いと思われることを80年代半ばに既に指摘している。

3 プロジェクトの概要

3.1 桃花台ニュータウン

桃花台ニュータウンは、名古屋市中心部から約15km北の小牧市東部に位置し、1990年の計画入居者数を5.4万人として1960年代中頃に構想された。(図—1を参照)当時、名古屋都市圏の人口増加は著しく、同ニュータウンはその受け皿となる目的のため計画された。しかし、1970年代のニュータウン建設費の高騰、およびニュータウンの下水処理施設建設に伴う周辺住民との調整の難航により、造成工事が大幅に遅れた。その結果、1978年には1990年の計画入居者数を4.7万人に変更することを余儀なくされている。しかし、1990年における実際の入居者数は、同年の国勢調査によると約1.6万人であり、計画入居者数の約3分の1にとどまっている。

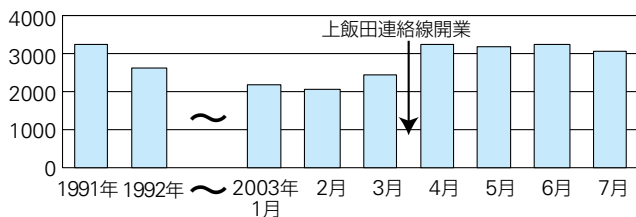


■図—1 桃花台線ピーチライナー周辺地域(1991年当時)

3.2 桃花台線ピーチライナー

桃花台線ピーチライナーは、桃花台ニュータウンと名鉄小牧駅との間、約7.7kmを結ぶ新交通システムで、1979年に計画が決定し、1986年開業を目指した。しかし、実際の開業は1991年3月にまでずれ込んだ。愛知県の行った需要予測¹⁾によれば、1991年には30,878人/日の利用を見込んでいるのに対し、実際の利用者数は2,131人/日にとどまり、14.5倍の過大予測となっている^{注1)}。

なお、当初直通運転される予定であった名鉄上飯田駅と市営地下鉄平安通駅の間は、上飯田連絡線の開通する2003年3月まで鉄道ネットワークが整備されていなかった。そのため、桃花台ニュータウンからピーチライナーを使い名古屋方面へ出るためには、両駅間の約800mはバスを利用する(約5分)か、歩く(約12分)という不便を強いられた。このようなネットワーク整備の遅れも、需要が予測ほど伸びなかった一因と考えられる。なお、上飯田連絡線開通前後の利用者数は、図一2に示す通りである。徒歩区間が解消され、ピーチライナー料金が平均約3割値下げされたことにより、利用者数は増加したものの予測値には依然遠く及んでいない。



■図一2 上飯田連絡線開通前後のピーチライナー利用実績(人/日) ^{注2)}

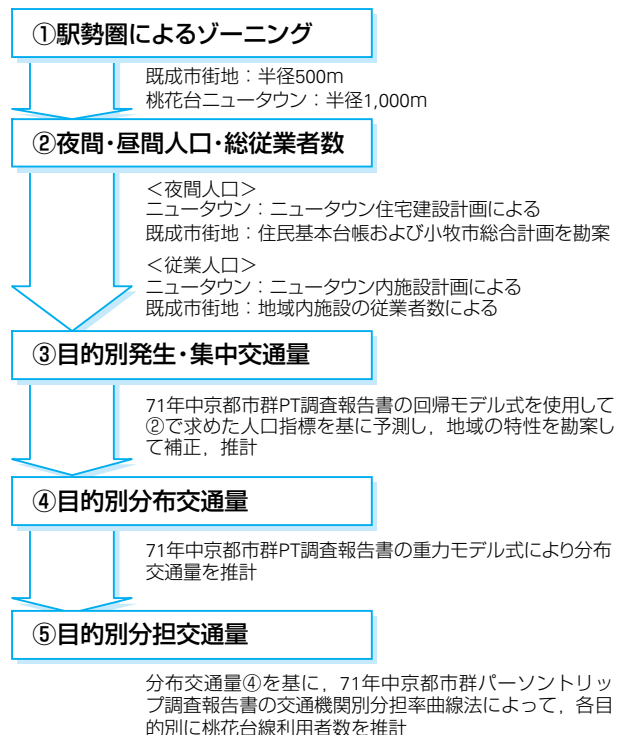
また、ピーチライナーの競合路線にはJR中央線がある。桃花台と名古屋都心である栄の間におけるピーチライナーおよびJR中央線のサービスレベルを表一1に示す。アクセス時間は別にして、費用、所要時間、運行本数のいずれをとってもJR線のほうが優位になっている。また、最近発展が著しいJR名古屋駅周辺へのアクセスを考えると、JR中央線が圧倒的に有利なことは言うまでもない。新しい動きとしてニュータウンからJR中央線春日井駅へのバス運行を住民主導により、2002年10月にあおい交通(株)が開始した(料金：300円、所要時間：27分)。このことは、住民もピーチライナーよりもJRを支持していることの現れと考えられる。

■表一1 公共交通のサービスレベル比較(2003年9月)

	ピーチライナー (桃花台⇄栄)	JR中央線 (春日井⇄栄)
費用	770円	730円
所要時間	53分	46分
朝ラッシュ時本数	5本/時	11本/時

4——計画者の需要予測手法の概略

本章では、当時の計画者が行った需要予測の手法を入手可能な資料に基づいて説明する。桃花台線計画誌¹⁾(以後「計画誌」と略す)に基づいて予測手順を改変して図一3に示す。予測は典型的な4段階推計法の手順に則しており、①駅勢圏によるゾーニングを行った後、②夜間・昼間人口・総従業者数の推計(発生)、③目的別発生・集中交通量の推計(発生・集中)、④目的別分布交通量の推計(分布)、⑤目的別分担交通量の推計(分担)となっている。まず、計画者が予測の対象とした地域について4.1で述べ、各プロセスを4.2~4.5において説明する。



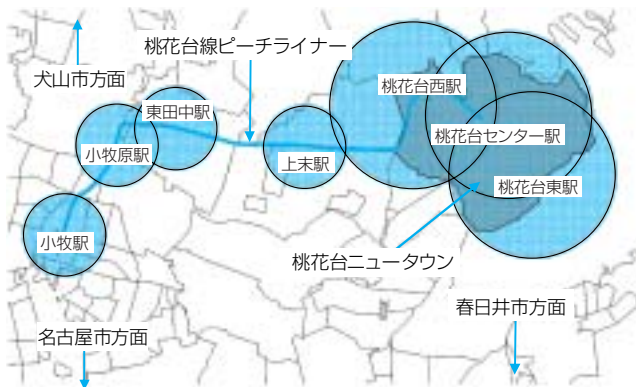
■図一3 計画者の予測手順

4.1 予測対象地域

計画者はピーチライナーが桃花台ニュータウンの住民の足となることを想定しており、予測の対象とするODペアを、桃花台線沿線内々、桃花台⇄小牧市、桃花台⇄名古屋方面、桃花台⇄犬山方面に限定している。よって、計画者が行ったピーチライナーの利用者はこれらのODをトリップする場合に限られる。

4.2 駅勢圏によるゾーニング(図一3①に対応)

計画者は駅勢圏を既成市街地では半径500m、ニュータウンでは半径1,000mと設定している。駅勢圏を図一4に示す。ここで桃花台ニュータウンはピーチライナーの駅勢圏でカバーされる形になっている。



■図—4 ピーチライナー駅勢圏
(大きい円の半径は1km, 小さい円の半径は500m)

4.3 駅勢圏人口の推計(図—3②に対応)

計画者の考える駅勢圏人口として計画誌中では、夜間人口、昼間人口および従業人口が挙げられている。しかし、昼間人口については予測値は得られているものの、予測法は不明であった。また、従業人口については予測法の記述はあるものの予測値は見当たらない。そのため、夜間人口についてのみ紹介する。夜間人口は、ニュータウンについてはニュータウン住宅建設計画によって、既成市街地については住民基本台帳および小牧市総合計画を勘案して推計されている。実際の推計値として1990年(国勢調査年次に対応)と1991年(ピーチライナー開業年次に対応)の値を表—2に示す。今後、この予測値を計画夜間人口と呼ぶ。

■表—2 計画夜間人口(人)

1990年	1991年
55,887	56,028

4.4 発生・集中および分布交通量の推計(図—3③④に対応)

目的別発生・集中量は回帰モデル式によって、目的別分布交通量は重力モデル式によってそれぞれ求められることが計画誌中に示されているものの、その推計値については不明であった。

4.5 桃花台線利用者数の推計(図—3⑤に対応)

桃花台線利用者数の推計には71年パーソントリップ調査(PT71)報告書⁷⁾の目的別分担率曲線法を用いることが計画誌中に示されている。PT71の分担率曲線は、求められる分担率の種類によって4種類に分かれ、さらに、目的と対象OD地域の昼間人口密度によって細分される。具体的な分類を表—3に示す。

計画誌中には、求める分担率に関して4種類のどれを用いたかという記述はない。しかし、筆者らの推測ではマストラ/機関(機関はマストラ+自動車)の分担率曲線を用いてマストラの分担率を算出し、ピーチライナーの分担率としていると思われる。その理由としては、1) (徒歩+

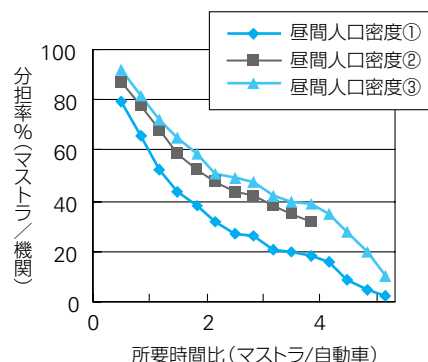
二輪)/全手段や二輪/(徒歩+二輪)は明らかにピーチライナーの分担率を算出するには適さない、2) 計画誌中において桃花台線以外のマストラについての記述がなく、鉄道/マストラの分担率曲線からマストラ内でのピーチライナーの分担率を算出しているとも考えにくい、ことが挙げられる。残されたマストラ/機関の分担率曲線では、マストラ=ピーチライナーとすれば、ピーチライナー/(ピーチライナー+自動車)の分担率を算出することが可能である。マストラ/機関の分担率曲線の一例として全目的のものを図—5に示す。

■表—3 PT71分担率曲線の分類

求める分担率	説明変数	分担率曲線の種類
(徒歩+二輪)/全手段	ゾーン間距離	目的別 [†] 、昼間人口密度別 [‡] の組み合わせ21種類
マストラ/機関	マストラ/自動車の時間比	目的別 [†] 、昼間人口密度別 [‡] の組み合わせ21種類
鉄道/マストラ	鉄道/バスの時間比	目的別 [†] の7種類
二輪/(徒歩+二輪)	ゾーン間距離	全目的を対象に1種類

注1: 目的別[†]は、出勤、登校、帰宅、業務、日常的行動、非日常的行動と全目的の7分類。昼間人口密度別[‡]は、対象とする出発地、目的地の昼間人口密度の違いによる分類であり、昼間人口密度が、①出発地、目的地ともに0~10,000人/km²、②出発地、目的地の一方が0~10,000人/km²でもう一方が10,000人/km²~、③出発地、目的地ともに10,000人/km²~、の3分類。

注2: マストラは公共交通機関(=鉄道+バス)。機関はマストラ+自動車。



■図—5 マストラ/機関の分担率曲線(全目的)

4.6 予測手法の推測可能性と推計値の有無

本節では、本章のまとめとして、各段階における予測手法の推測可能性と推計値の有無を表—4に整理する。これは、需要予測の事後評価は当時の予測手法が推測可能であるとともに、その予測値が存在しなければ実行できないことから、次章以降の事後評価が可能な事項を明確にするためである。今回の各プロセスのうち、予測手法、推計値ともに明らかになっているものは②駅勢圏

■表—4 需要予測各段階の推計手法の推測可能性と、推計値の存在有無

段階	推計値	手法の推測	推計値
②駅勢圏人口	桃花台沿線夜間人口	可	有
	桃花台沿線昼間人口	不可	
	桃花台沿線総従業者数	可	無
③発生・集中交通量	目的別発生・集中交通量	可	無
④分布交通量	目的別分布交通量	可	無
⑤分担交通量	ピーチライナー利用者数	可	有

人口, ⑤分担交通量の2点であるため, 今後の検証はこの2点を中心に行う。

5 需要予測の検証

本章では, 4.6で可能と判断された項目に対してまず検証のポイントを整理(表一5)した後, 実際の検証に入る。まず, 「検証1: 予測対象地域」では, ピーチライナーの予測対象ODと予測年次のピーチライナー利用実績のあるODを比べることで対象地域設定の妥当性を見る。次に「検証2: 駅勢圏夜間人口」では, 当時の予測値と予測対象年次における夜間人口を比較することによりその妥当性を見る。「検証3: 分担率曲線の時間移転性」では, 分担率曲線の入力データとなる分布交通量の予測値が得られていないため, 計画対象年次における分布交通量の実績値を入力データとして与えたときの分担交通量を算出し, これを実績値と比較する。これにより, 予測誤差のうち分担率曲線法というモデル自体に起因する程度を特定する。最後に「検証4: 非集計モデル」においては, 分担率曲線法に代わるモデルとして, 当時利用可能な最高水準の予測手法として非集計モデルを位置づけ, これによる予測と分担率曲線による予測値および実績値を比較する。検証1~3までを以下の5.1~5.3で行い, 検証4については章を改め6章でモデルを構築, 検証する。なお検証対象年はピーチライナー開業の約半年後の1991年秋にPT調査が行われていることから1991年とする。ただし, 検証2は人口についての国勢調査データの制約から1990年とする。

■表一5 検証項目の整理

検証項目	検証の内容
<検証1> 予測対象地域	計画者が設定した予測対象地域と1991年PT調査におけるピーチライナー利用実績のあるODを比較
<検証2> 駅勢圏夜間人口	計画夜間人口と1990年の国勢調査の町丁目単位夜間人口から算出される駅勢圏人口の比較
<検証3> 分担率曲線の時間移転性	対象地域における1991年分布交通量を所与として分担率曲線による予測値を算出し, これを1991年の実績交通量と比較
<検証4> 非集計モデル	PT71データを用いて非集計モデルを構築し, これによる予測値を分担率曲線による予測値および1991年の実績値と比較

5.1 検証1: 予測対象地域

計画者は予測対象ODを桃花台線沿線内々, 桃花台⇔小牧市, 桃花台⇔名古屋, 桃花台⇔犬山に限定し, それ以外においてはピーチライナー利用トリップが発生しないと仮定している。ここで, 実際の桃花台線利用者のOD交通量と比較することによって対象地域設定の妥当性を検証する。PT91によるピーチライナー利用交通量(表一6)によれば, 予測対象地域外でも1割強の交通量が存在している。予測対象地域の設定においては, 過小予測の可能性があったことが分かる。

■表一6 PT91によるピーチライナー利用実績OD(人/日)

桃花台⇔小牧市	1,352
桃花台⇔名古屋	497
桃花台⇔犬山	74
桃花台線沿線内々	208
予測対象地域外	325

5.2 検証2: 駅勢圏夜間人口

検証2においては計画誌の1990年の計画夜間人口と1990年の国勢調査による実績夜間人口を比較する。実績夜間人口は, 1990年当時の地図を用いて駅勢圏内の夜間人口を町丁目単位で集計した。町丁目単位の人口データは入手できた最小単位のものであるが, 当然のことながら駅勢圏に部分的に含まれる町丁目の人口をどの程度カウントするかにより差が生ずる。

今回は, a) 駅勢圏に部分的に含まれる町丁目の夜間人口についてはその半分をカウントする場合(実績夜間人口(半分カウント))と, b) 部分的にでも駅勢圏に入っている町丁目の夜間人口を総てカウントする場合(実績夜間人口(全部カウント)), の2つについて集計する。半分カウントの仮定は面積のごくわずかしが駅勢圏に含まれていない町丁目の人口も半分カウントされるため, かなり粗い仮定であるという疑念も生じよう。しかし, ほとんどの面積が町丁目に含まれていても半分しかカウントされない場合も同程度存在し, その影響は相殺されると考えられる。また, 町丁目の中においても人口密度の差があることから面積による単純配分は避け, 半分カウントの方法を採用した。また, 全部カウントは予測の最大値の目安ともなる。

方法a), b)による駅別の駅勢圏夜間人口と計画夜間人口を表一7に示す。計画夜間人口55,887人と比べ, 1990年の実績値は半分カウントの場合32,762人, 全部カウントの場合47,791人となり, それぞれ1.7倍, 1.2倍の過大予測となっている。

■表一7 駅勢圏夜間人口(人)

駅名	実績夜間人口 (半分カウント)	実績夜間人口 (全部カウント)
小牧駅	5,922	9,864
小牧原駅	4,248	8,493
東田中駅	2,344	4,688
上末駅	819	1,637
桃花台ニュータウン [†]	15,754	15,754
桃花台駅 [‡]	3,679	7,355
夜間人口計(イ)	32,762	47,791
計画夜間人口*(イ)	1.7	1.2
夜間人口計2(ロ) [†]	64,008	79,037
計画夜間人口*(ロ)	0.87	0.71

[†] 桃花台ニュータウンに47,000人入居を仮定

[‡] ニュータウン内の全町丁目と桃花台ニュータウンと称する。桃花台駅は桃花台ニュータウン内の全駅(桃花台西駅, 桃花台センター駅, 桃花台東駅)の総称である。ただし, 桃花台駅の駅勢圏は桃花台ニュータウンを完全に含むため, 表中の桃花台駅には, 桃花台駅の夜間人口から桃花台ニュータウンの夜間人口を除いた値を記入。

* 計画夜間人口は55,887人(表一2)

注: 小牧原駅, 東田中駅, 上末駅, 桃花台駅は駅勢圏に完全に含まれる町丁目がないため半分カウントは全部カウントの2分の1になる

次に、算出された実績夜間人口のうち、桃花台ニュータウンにおける夜間人口の実績値15,754人に着目し、仮に1990年の計画入居者数47,000人が入居した場合を考える。この仮定に基づいて算出される夜間人口を夜間人口計2と称し、表一7に示す。夜間人口計2は筆者らが妥当であると考え半分カウントの場合には約0.87倍、全部カウントによる参考値でも約0.71倍の過小予測となった。駅ごとの駅勢圏人口の予測値が得られていないため、結論付けることはできないが約0.87倍という値から判断すると、計画者が駅勢圏夜間人口を意図的に過大設定したとは思われず、桃花台ニュータウン居住者数の見込み違いが大きな影響を与えている。

5.3 検証3：分担率曲線の時間移転性

ここでは、予測の対象地域である桃花台線沿線内々、桃花台⇄小牧市、桃花台⇄名古屋、桃花台⇄犬山のODを取り上げ、PT91の実績OD交通量（機関利用者）を所与としたときのピーチライナーの利用者を分担率曲線により求める。これと91年の実績分担交通量を比較することで分担率曲線の時間移転性を検証することができる。

分析はPT91の基本ゾーン単位（人口約20,000人を目処に分割され、例えば、小牧市は5ゾーンに、名古屋市は108ゾーンに分割される）で行う。基本ゾーンの分割は町丁目よりも粗いため、ここで計算されるピーチライナー利用者数は、計画者が行った方法よりも過大であることに注意が必要である。説明変数となる所要時間比は91年のネットワークデータを用い、昼間人口密度は91年当時のものを用いた。なお、分析では基本ゾーンの内々トリップは除外しており、比較対象となる実績値は1,923人/日となる^{注3)}。

目的別分担率曲線による予測値を目的別予測値とし、簡略化のため全目的的分担率曲線を用いた予測値を全目的予測値とする。91年当時は、名鉄上飯田駅と地下鉄平安通駅の間に未開通の約1kmの徒歩区間があったが（図一1参照）計画時にはこのようなネットワーク整備の遅れは見込まれていなかった。このため全目的予測値においては、徒歩区間が解消されない場合の所要時間による全目的予測値（徒歩有）と徒歩区間が解消された場合の所要時間による全目的予測値（徒歩無）を算出し、実績値と併せて表一8に示す。

まず、実績値を見ると対象ODにおいてバス利用者はかなり少ないことが分かる。このことから、分担率曲線を用いる際にバスを除外したことは予測に大きな影響を与えなかったといえる。一方、ピーチライナー以外の鉄道利用者（主にJR中央線）が全鉄道利用者の87%を

占めている。このことからピーチライナーの競合路線であるJR中央線など他の鉄道を見捨てるべきではなかったことがわかる。各予測値を比較すると目的別と全目的的分担率曲線を用いた場合で利用者数にほとんど差がなかった。また、徒歩区間が解消された場合の効果は、分担率曲線モデルでは単に所要時間が減少するだけであるので、3,000人/日（約1割）増加するという予測になっている。

■表一8 分担率曲線による予測値（人/日）

	実績値	目的別予測値	全目的予測値（徒歩有）	全目的予測値（徒歩無）
鉄道 [†]	12,753	—	—	—
バス	1,098	—	—	—
ピーチライナー	1,923	29,303	29,211	32,264
自動車	71,870	58,463	58,555	55,502

[†] 鉄道の実績値のうち11,310人/日はJR利用

ここで、表一8の予測値は、PT91の基本ゾーンに対応したものであり、面積として駅勢圏よりも大きいことに注意する必要がある。そこで、この影響を考え、PT91の基本ゾーンの夜間人口（桃花台を含む基本ゾーンの75,324人）と実績夜間人口（半分カウント）（32,762人）の比でピーチライナー利用予測者数を配分することによって算出されるピーチライナー利用者数を全目的予測値（徒歩有）¹⁾、全目的予測値（徒歩無）²⁾とし、表一9に示す。これによると約7倍の過大予測となっていることがわかる^{注4)}。

■表一9 分担率曲線による予測値（人口配分後）（人/日）

	実績値	全目的予測値（徒歩有） ¹⁾	全目的予測値（徒歩無） ²⁾
ピーチライナー	1,923	12,705	14,033
予測値/実績値	—	6.6	7.3

なお、今回の分担率曲線による予測誤差をOD別に分析したところ、自動車の所要時間の短い比較的近距离のODペアにおいて、公共交通が過大予測になるように、大きく外れることが分かっている。マストラ/自動車の所要時間比を説明変数とする分担率曲線を都心と郊外を結ぶODと郊外の近距离のODに一律に適用することには問題があったと考えられる。（付録1を参照）

5.4 検証1～検証3のまとめ

ここで、これまでに算出した過大予測となりうる要因をまとめ、表一10に整理する。既に述べてきたように、全体では過大予測は約14.5倍である。このうち、これまでの計算で「発生」段階の誤差が約1.7倍、「分担」段階の誤差が約6.6～7.3倍程度と推測している。これらの誤差を掛け合わせても約11.3～12.4倍程度であるが、残された約1.2～1.3倍程度の誤差は今回の検証の対象外である、駅勢圏夜間人口以外の「発生」、「発生・集中」および「分

布」の段階に起因するものと考えられる。しかし、今回の検証でも「分担」段階の誤差が十分に大きいことが分かり、桃花台線ピーチライナーの需要予測における誤差の最大の原因を突き止めることができた。

■表—10 過大予測の要因整理

		過大予測割合
過大予測		約14.5倍
内 訳	「発生」段階に起因(表—7)	約1.7倍
	「分担」段階に起因(表—9)	約6.6~7.3倍
	その他に起因	約1.2~1.3倍

6——検証4：非集計モデルの有効性

本章では、これまでの分析において需要予測に対して最も顕著な誤差を与えたと考えられる分担段階に着目し、分担率曲線法に代わる手法として非集計モデル(今回はロジットモデルを使用)の有効性を検討する。従来の集計型4段階推計法は、1)信頼性の高いモデルを構築するためには多くのデータが必要、2)きめ細かいサービスレベル変数が入らない、3)個人属性を入れることができない、4)モデルの理論的根拠が弱い、という欠点が指摘されている⁸⁾。これに代わる手法として1970年代半ばに開発された非集計モデルは、ピーチライナーの需要予測の行われた1979年においては利用可能であった。まず、6.1において1971年当時のデータを用いて非集計モデルを構築し、続いてその有効性を検証する。

6.1 非集計モデルの構築

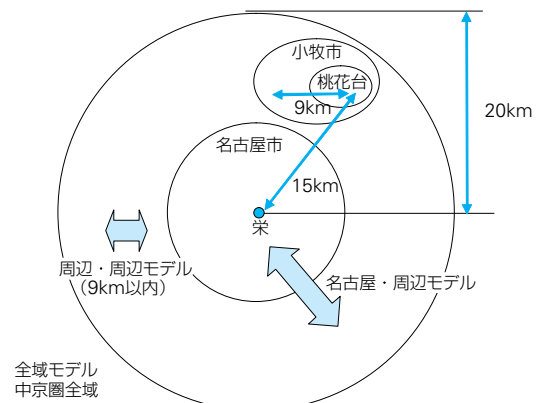
構築するモデルは、分担率曲線においてマストラと自動車の分担を考えていたことから、マストラと自動車の2肢選択とする。予測の対象としては計画者が取り上げていた地域のうちから、トリップ数が少なかった桃花台線沿線内々、桃花台⇄犬山を除外し、桃花台⇄小牧市、桃花台⇄名古屋に限定する^{注5)}。

モデルは推定に用いるデータに従って対象地域別に3種類構築する(表—11、図—6)。「全域モデル」は、PT71の対象地域全域のトリップを対象に構築する。これは、同じく中京圏全域で構築された分担率曲線による予測と比較するためである。一方、今回のような名古屋市とその周辺に存在するニュータウンを結ぶような新交通システムを考えた場合、都市圏全域レベルのモデルを用いるよりは、類似した地域を対象にしてモデルを構築し、それによって予測をしたほうが妥当であるという考えもある。そこで、名古屋⇄桃花台の予測には名古屋市とその周辺地域のトリップを対象にした「名古屋・周辺モデル」を用い、桃花台⇄小牧市の予測には名古屋市周辺から名古屋市周辺への短距離のトリップを対象にした「周辺・

周辺モデル」を用いる場合も考える。また、名古屋・周辺モデルと周辺・周辺モデルを合わせて今回の予測対象の「類似地域モデル」と称する。

■表—11 モデルの対象地域

全域モデル	中京都市圏全域のトリップ(名古屋周辺40km圏)
名古屋・周辺モデル	名古屋市と名古屋市周辺地域のトリップ。桃花台⇄名古屋市中心部の距離が約15kmであることから、名古屋市の中心部(栄)から半径20kmの円内にセントロイドが含まれる基本ゾーンから名古屋市を取り除いたドーナツ状の地域を想定する(図—6)。名古屋市とドーナツの地域間のトリップを対象。
周辺・周辺モデル	名古屋市周辺から名古屋市周辺への短距離のトリップ。図—6のドーナツ部分からドーナツ部分に至るトリップのうち基本ゾーンのセントロイド間距離が9km以下のトリップを対象にモデルを構築。なお、桃花台⇄小牧市の最大距離を基準に9kmを設定。



■図—6 対象ゾーンエリア

モデル対象地域の機関分担率は表—12に示す通り、中京圏全域では自動車利用者が約6割を占めるが、名古屋市とその周辺地域では公共交通も5割強を占めている。しかし、周辺地域の距離の短いトリップでは約8割を自動車交通に依存している。なお、全域モデルの推定に際しては、無作為に抽出した15,000サンプルをランダムに用いた。抽出サンプルにおけるシェアも併せて示す。

■表—12 PT71機関分担率(トリップベース)

	全域モデル		名古屋・周辺モデル	周辺・周辺モデル
	母集団	サンプル		
サンプル数	131,210	15,000	12,337	851
マストラ	39.6%	40.2%	53.8%	20.9%
自動車	60.4%	59.8%	46.2%	79.1%

推定に用いるLOSデータのうち、所要時間はPT71年の所要時間回答値を各OD、各機関別に加重平均して算出した。費用は71年当時のデータを入手できなかったことから、入手できた91年当時の費用を物価上昇率で割り戻した(表—13)。そのため、費用のデータに関して71年と91年のネットワークの差は考慮されていない。

モデルの推定結果を表—14に示す。説明変数には、可能な限り多くのサービスレベルや個人の社会経済(Socio-economic, SE)属性を導入し、分担率曲線の説明

変数である所要時間以外に抜け落ちていた重要な変数について把握することを試みた。その結果、性別、年齢、職業、免許保有、目的、名古屋ダミーといった変数を説明変数に加えることができた。

ほとんど総ての変数は5%有意水準と符号条件を満足しており、修正 ρ^2 も良好な値を示している。免許保有のパラメータは相対的にかなり大きいため、免許保有と自動車利用は密接な関係があると考えられる。このような個人属性の導入は、従来の4段階推計法によるモデルの弱点であった。

■表—13 推定に用いたLOS変数(71年)

自動車所要時間	各OD別自動車利用サンプルの所要時間の方向別加重平均
マストラ所要時間	各OD別バス・鉄道の利用者の所要時間の加重平均をとり、さらに方向別の加重平均
各交通手段別費用	公共交通費用に端末は考慮せず、バス・鉄道の利用者数に応じて各ODで費用の加重平均を取り、方向別にも加重平均。自動車費用は走行料金と高速料金からなり、各ODで方向別の加重平均。以上を91年の費用のデータをもとに作成し、物価上昇率で割り戻し、71年の費用とした。 ^{注6)}

■表—14 モデルの推定結果

	全域モデル	類似地域モデル	
		名古屋・周辺モデル	周辺・周辺モデル
説明変数 [†]	推定値(t値)	推定値(t値)	推定値(t値)
定数(公)	1.16(19.0)	2.37(33.9)	1.39(4.3)
時間(h)	-0.425(-4.0)	-1.15(-13.2)	-3.06(-2.7)
費用(¥100)	-0.414(-12.4)	-0.323(-12.0)	—
男性(車)	0.810(15.2)	0.587(9.5)	0.720(2.8)
名古屋(車)	-1.01(-20.9)	—	—
20-30(公)	0.138(2.8)	0.183(3.6)	0.376(1.6)
学生(公)	0.733(9.6)	1.25(13.2)	1.47(3.2)
免許(車)	2.66(51.1)	2.65(48.2)	2.91(11.5)
業務(車)	1.68(20.1)	1.65(16.9)	1.40(3.2)
自由(車)	0.509(7.4)	1.17(13.7)	1.33(4.1)
N	15,000	12,337	851
修正 ρ^2	0.415	0.354	0.531

[†]説明変数は時間、費用のみ選択肢共通であり、それ以外は括弧内に示された選択肢の効用関数に入る(ただし、公、車はそれぞれ公共交通と自動車を示す)。名古屋：0かDに名古屋を含むダミー、20-30：20歳以上30歳以下ダミー、免許：自動車免許保有ダミー、業務：業務目的ダミー、自由：自由目的ダミー。

6.2 比較の考え方

分担率曲線法・非集計モデルのいずれにおいても、予測対象年次における分布交通量をまず予測し、分担交通量を求めることが一般的となっている。しかし、計画誌中に予測分布交通量についての記述がなかったため、本研究では、分担段階の入力値に91年の実績分布交通量を与える。比較に用いるモデルの概略を表—15に整理する。

■表—15 比較モデルの概略

	モデル構築に用いるデータ	予測の検証に用いるデータ
分担率曲線	PT71	PT91実績分布交通量 91年のLOS変数
非集計モデル	PT71	PT91の実績分布交通量と個人属性 91年のLOS変数

公共交通・自動車の2肢選択モデルの公共交通には基本的にピーチライナーを仮定する。しかし、91年の桃花台⇄名古屋のOD交通量においてJRが無視できないほど大きいため、非集計モデルにおいては桃花台⇄名古屋のサービスレベルとしてはピーチライナー、JRの2つを考える(表—16)。

■表—16 仮定するマストラの組み合わせ

桃花台⇄名古屋	桃花台⇄小牧
PEACH	PEACH
JR	PEACH

よって、分担率曲線の1種類、非集計モデルの4種類(「全域」・「類似地域」モデルと桃花台⇄名古屋に仮定する公共交通の組み合わせ)、の合計5種類の予測値が得られる。ここで、予測に用いたLOS変数の算出法を表—17に整理する。

■表—17 予測に用いるLOS変数(91年)

分担率曲線	ネットワークデータの所要時間
非集計モデル	ネットワークデータの所要時間 ネットワークデータの費用(アクセス、イグレスは無視)。

6.3 予測分担率の結果

5つの予測値および実績値を表—18、図—7に整理し、考察する^{注7)}。

分担率曲線と非集計モデルの桃花台⇄名古屋にPEACHを仮定した場合を比較する。非集計モデルは、類似地域モデル、全域モデルともに実績に比べ、約10ポイ

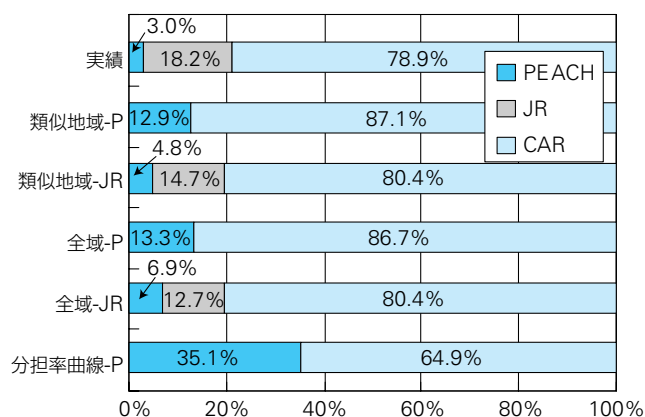
■表—18 予測結果*

モデル名 [†]	名古屋 [‡]	小牧 [‡]	シェア(%)		
			PEACH	JR	CAR
実績	—	—	3.0	18.2	78.9
類似地域-P	P	P	12.9	—	87.1
類似地域-JR	JR	P	4.8	14.7	80.4
全域-P	P	P	13.3	—	86.7
全域-JR	JR	P	6.9	12.7	80.4
分担率曲線-P	P	P	35.1	—	64.9

*PIはPEACHの略。

[†]モデル名、名古屋⇄桃花台に仮定する公共交通機関の順で記述。

[‡]「名古屋」は桃花台⇄名古屋に、「小牧」は桃花台⇄小牧に仮定する公共交通機関。



■図—7 予測分担率結果(図中の記号は表—18と共通)

ントの過大予測である。分担率曲線はさらに20ポイント超の過大予測となっている。

次に、非集計モデルの桃花台⇔名古屋にJRを仮定した場合を見る。類似地域モデル、全域モデルともに実績に比べ、ピーチライナーは2～4ポイント程度の過大予測である。特に、類似地域モデルは約2ポイントの過大予測であり実績に大きく近づく。また、類似地域モデルを用いて、各個人で個別のOD特性である時間、費用、名古屋ダミーを用いるが、それ以外の変数については91年の対象地域内における全トリップの平均値を入力して予測した結果を参考のために示す。結果は、ピーチ(2.4%)、JR(12.5%)、自動車(85.0%)となり、集計値が予測される程度でも非集計モデルの移転性は十分に高いことが示された。

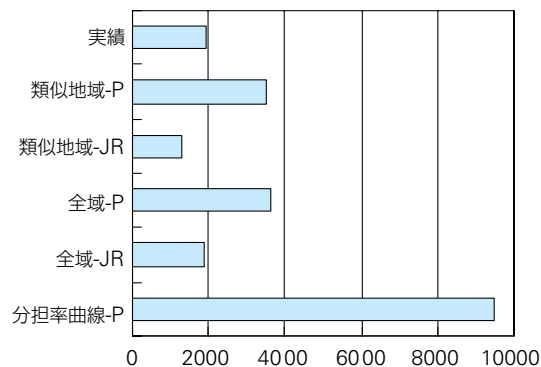
6.4 まとめ

分担率曲線はどの非集計モデルよりも実績値から遠い。説明変数に所要時間しか用いない分担率曲線の時間移転性は、非集計モデルに比べ劣ると考えられる。時間移転性の高い分担率曲線を得るには、交通需要予測研究会²⁾が自動車保有世帯別に分担率曲線を検討したような工夫が必要であろう。

今回、適切な予測ができなかった理由に、桃花台⇔名古屋で競合するJR中央線を考慮していなかったことが挙げられる。これは、非集計モデルにおいて、桃花台⇔名古屋において公共交通にJRを仮定した場合には実績に近い予測値が得られたことから明らかである。

今回対象とした桃花台⇔名古屋・小牧市においてピーチライナーの需要予測という観点から、最も実績値に近かったのは、名古屋・周辺モデルを用いて桃花台⇔名古屋(ただし公共交通としてJRを仮定)、周辺・周辺モデルを用いて桃花台⇔小牧市を予測した場合であった。非集計モデルにおいてはSE変数やOD交通量の予測などを正しく行うことができれば需要予測を適切に行う可能性を示すことができた。また、予測を行うときには可能な限り、対象地域と類似した地域でモデルを構築することが望ましいといえる。

また、表-18、図-7の予測結果を5.3節で行ったのと同様の人口配分を行って算出されたピーチライナー利用者予測値を参考のため図-8に示す。桃花台⇔名古屋にピーチライナーを仮定した場合の予測値は分担率曲線も含め、実績に比べ過大となっている。非集計モデルで桃花台⇔名古屋にJRを仮定した場合には、予測値が実績値に大きく近づく。非集計モデルで競合JR線を考慮したときの予測値が実績値に近くなることは、シェアだけでなく、利用者数の比較からも支持されている。



■図-8 ピーチライナー利用者予測値(人/日)(図中の記号は表-18と共通)

7 結論

本研究では、需要予測の事後評価の事例として桃花台線ピーチライナーを取り上げて分析を行った。得られた知見を以下に箇条書きにする。

- ・約14.5倍の過大予測のうち、「発生」段階に起因するものが約1.7倍、「分担」段階に起因するものが約6.6～7.3倍、その他に起因するものが約1.2～1.3倍程度であった。
- ・PT91のピーチライナー利用実績から見ると、予測対象地域の設定に見込み違いがあった可能性がある。
- ・「発生」段階の誤差の大部分は桃花台ニュータウンの入居者が予測の約3分の1程度だったことに起因すると考えられる。
- ・「分担」段階の約7倍の誤差は競合路線であるJR中央線を考慮しなかったことと分担率曲線の時間移転性の低さに起因すると考えられる。
- ・非集計ロジットモデルでは、競合路線を考慮し、予測時点でのSE変数やOD交通量を予測できれば、実績に近い値を得ることができた。
- ・非集計モデルでは、類似した地域でモデルを構築したほうが予測精度が高かった。地域移転性の高い非集計モデルといえども、モデルの推定には予測対象地域と交通条件の類似した地域を選定することが重要である。
- ・競合路線の問題は、まさに交通需要予測研究会²⁾の危惧(2.3を参照)が的中した形になっている。夜間人口推計などで計画者の恣意的な過大予測などはないと考えられるが、分担段階の競合路線の設定は改善の余地があったと言える。
- ・今回のような需要予測が事前になされていれば、プロジェクトの再検討が必要であった可能性も十分にある。プロジェクト実施の判断基準としての需要予測の重要性を再確認した。

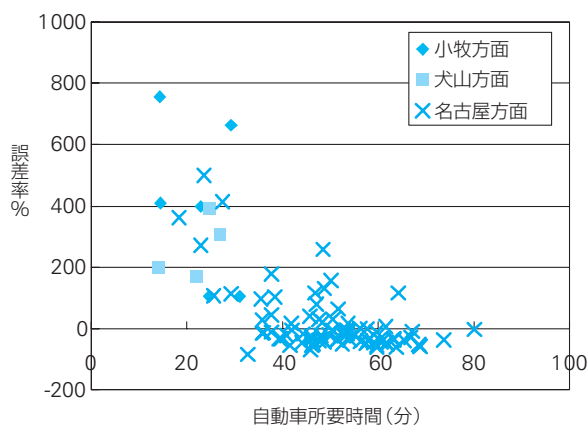
今回は計画誌中で予測手法、推計値ともに明らかになった部分にのみに焦点を当てて分析したが、その他

の予測段階や前提条件の妥当性については評価を行うことができなかった。予測技術の進化のためには事後評価は欠かせない作業である。今後、需要予測の信頼性向上のためにも事後評価が可能な技術的資料を残すことの必要性も確認できた。

謝辞：中京都市圏総合都市交通計画協議会からデータの提供を受けた。ここに記して謝意を表する。

付録1

予測対象地域におけるODペア別に、公共交通の「(推計値－実績値)/実績値×100%」で計算される誤差率を、横軸に自動車所要時間を取って、付図一に示す。なお、ここでは公共交通にピーチライナー以外も含むため、自動車所要時間が長い地域でピーチライナーがよく予測されているとは解釈できないことに注意を要する。



■付図一 分担率曲線の誤差率

注

注1) 桃花台新交通(株)への訪問調査では1991年には3,281人/日の利用実績があったが、この中には計画時点の予測対象地域外からのトリップも含まれる。本研究では、後の比較のため、対象地域内の利用者数のみを1991年の第3回中京都市圏パーソントリップ調査から集計し、実績値とする。

(原稿受付 2004年1月13日)

注2) 桃花台新交通(株)への訪問調査によるため、予測対象地域外の利用者も含む。

注3) 基本ゾーンの内々に関するトリップは、表一6の「桃花台線沿線内々」とほぼ同義である。しかし、内々の旅行時間はゾーン区分の設定に大きく依存し、信頼性も高くない。また、計画誌によると、全予測利用者数のうち、桃花台線沿線内々という短距離の利用者は1%強しか占めておらず、実質予測対象地域外とみなしても良い。また、実績値もそれほど大きな割合を占めていない。以上の理由から、内々は分析対象から除外した。なお、本節および付録1に示す理由から、内々を分析対象に加えた場合には分担率曲線による誤差がさらに大きくなる可能性がある。

注4) ピーチライナー利用実績のある1,923人/日は、ほとんどがニュータウンのある小ゾーン(基本ゾーンよりも小さいゾーン)をOからDに持つことを確認しているため、実績値は人口配分しない。

注5) 非集計モデルと分担率曲線の比較では、どちらも基本ゾーン単位で分析するため、5.3のような人口配分は行わない。

注6) マストラの物価上昇率は、都市交通年報⁹⁾のバスと鉄道の10km運賃および初乗り運賃を参考にし、400%とした。自動車(走行、高速料金)の物価上昇率はガソリンの物価上昇¹⁰⁾および自動車燃費¹¹⁾を参考に205%とした。

注7) 本章での分担率曲線と非集計モデルの比較は、基本的にシェアの比較で行う。これは、実績値と比較する場合に必要な人口配分の仮定(5.3節を参照)を避けるためである。

参考文献

- 1) 愛知県土木部[1984], 新交通システム桃花台線計画誌(発想から着工まで), 愛知県
- 2) 交通需要予測研究会[1987], 交通計画における予測の事後評価に関する研究, トヨタ財団助成研究報告書(研究代表者: 新谷洋二)
- 3) 千葉都市モノレール検討委員会[2002], 千葉都市モノレール事業に関する提言
- 4) 小泉啓[2003], 鉄道需要予測の事後分析事例, 土木学会誌Vol. 88, No.7, pp.19-21
- 5) 土井利明, 柴田洋三[1997], 東海道新幹線の需要予測に関する事後的分析, 土木学会論文集, No.562/IV-35, pp.121-131
- 6) Hall, P. [1980], GREAT PLANNING DISASTERS, Weidenfeld & Nicolson (抄訳, 太田勝敏, 永井護ら[1986], 計画の失敗, 日交研シリーズA-97(大規模環状道路の現状と評価)付録A-2)
- 7) 中京都市圏パーソントリップ調査協議会[1971], 第1回中京都市圏パーソントリップ調査報告書
- 8) 例えば, 河上省吾, 松井寛[1987], 交通工学, 森北出版
- 9) 運輸省運輸政策局[1993], 都市交通年報, 運輸経済研究センター
- 10) 総理府統計局[1971, 1991], 小売物価統計調査年報
- 11) 運輸省大臣官房情報管理部[1971], 陸運統計年報, 第9巻 第13号
- 12) 運輸省運輸政策局情報管理部[1991], 自動車輸送統計年報, 第29巻 第13号

Post-Project Evaluation of the Demand Forecast for a New Transit System

By Takayuki MORIKAWA, Yoshitaka NAGAMATSU and Nobuhiro SANKO

Methods of demand forecast for a new transit system, Tokadai Peachliner, are evaluated. The ridership originally predicted by the authority using 4 step method is 31,000 passengers/day in 1991, which resulted in the overprediction of 15 times. We found that the authority overestimated 1.7 times larger at the 'trip generation' stage and 7 times at the 'modal split' stage. We also found that the disaggregate modeling approach could better reach the observed value when the competing JR line and socio-economic variables are well considered.

Key Words ; demand forecast, post-project evaluation, 4 step method, modal split curve, disaggregate model

この号の目次へ <http://www.jterc.or.jp/kenkyusyo/product/tpsr/bn/no25.html>