

## 交通需要予測による地域計画

(独) 鉄道・運輸機構	浅見 均*
(株) ドーコン	小美野 智紀
(株) 日本コンサルタンツ	竹内 龍介

交通需要予測は四段階推定法に依るのが一般的である。四段階推定法は1950年代にアメリカで開発された交通需要予測手法で、日本はもとより全世界的に利用されている。四段階推定法の枠組は、対象地域をゾーニングし、1) 発生・集中、2) 分布、3) 交通機関分担、4) 経路選択の四段階で交通量を推定する手法、と表現することができる。

四段階推定法の最大の特徴は、上位の交通量予測値が下位交通量予測に配分されていく（下位の交通量は上位の交通量予測値にコントロールされる）という点にある。即ち、生成交通量（総交通量）→発生・集中交通量→分布交通量→交通機関別分担交通量→交通機関・経路別交通量という段階を経て交通量は予測され、上位予測値は下位予測値合計に一致する。

本論文では、四段階推定法による交通需要予測手法、とりわけ近年の人口データ・土地利用データを活用した手法についてレビューする。併せて、従来の交通需要予測主体であった交通事業側ではなく、沿線地域側が主体となって交通需要予測を行い、その成果を地域計画立案・策定に用いるよう提案するものである。

## **A proposal study of regional planning by demand forecasting of transport**

ASAMI Hitoshi (JRTT)

OMINO Tomonori (Docon)

TAKEUCHI Ryusuke (JIC)

Demand forecasting of transport by four step method is globally common.

We will propose a new way of demand forecasting in this study. This new way should be suitable not only for each transport planning (ex. Feasibility study, social benefit analysis, and so on), but also for regional planning or urban planning.

This new way should be valuable not only for transport management side, but also for regional/urban planning side to do decision making process of regional (re)developing. This new way is based on population data and land use data, by looking down upon all range of region, by seeking strong O/D pair. And this new way can evaluate develop or improve new transport service, including feeder transport service to contact railway stations.

## 交通需要予測による地域計画

(独) 鉄道・運輸機構 浅見 均\*  
(株) ドーコン 小美野 智紀  
(株) 日本コンサルタンツ 竹内 龍介

### 1. 研究の背景と目的

交通需要予測は四段階推定法に依るのが一般的である（四段階推計法と表記される場合もある）。四段階推定法は1950年代にアメリカで開発された交通需要予測手法で、日本はもとより全世界的に利用されている。四段階推定法の枠組は、対象地域をゾーニングし、1) 発生・集中、2) 分布、3) 交通機関分担、4) 経路選択の四段階で交通量を推定する手法、と表現することができる。

四段階推定法の最大の特徴は、上位の交通量予測値が下位交通量予測に配分されていく（下位の交通量は上位の交通量予測値にコントロールされる）という点にある。即ち、生成交通量（総交通量）→発生・集中交通量→分布交通量→交通機関別分担交通量→交通機関・経路別交通量という四段階を経て交通量は予測され、上位予測値は下位予測値合計に一致する。以下、これを「コントロール・トータル」と呼ぶ。

交通需要予測は交通プロジェクトのFeasibility評価、すなわち当該プロジェクトの需要を定量的に算出し、財政スキームが成立するか否かを判断する評価手法として用いられてきた。更にその後、社会的便益評価の基礎理論となるなどの発達・発展を遂げている。

本論文では、交通需要予測の精度向上に関してレビューするとともに、人口データ・土地利用データを活用した交通需要予測の有する特色を活用し、交通需要予測による地域計画について提案することを目的とする。

### 2. 四段階推定法に関するレビュー

#### 2.1 交通需要予測批判の経緯

対象が何であれ予測に精度が求められるのは当然としても、交通需要予測の精度向上が求められた要因の一つに、所謂「無駄な公共事業」批判に対応を迫られたことは、特記する意義があるといえる。当該プロジェクトの需要（利用者数など）が予測を下回ると、マスコミ報道が批判一色となる例は決して珍しくなく、特に2003年前後に展開された批判には厳しいものがあった。

交通需要予測批判の典型例は沖縄都市モノレール（ゆいレール）開業に関する報道で、需要予測値と開業直後の実績に関して「一日当たりでは31,314人。需要予測に36人届いていない」（沖縄タイムス[12]）と、約0.1%に過ぎない微小な差をあげつらう記事が提供された事実がある。

もう一つの典型例は川崎縦貫高速鉄道整備の事前評価（川崎市[8]、川崎縦貫高速鉄道線研究会市民部会[9]）である。特に後者[9]の評価は、客観的評価の体裁を採りながら、評価者の主観・思いこみ・裁量等を抛りどころとする、理論なき感情的指弾に等しかった。この種の批判が受容された理由は定かでないが、市民から厳しい交通需要予測批判が展開された時期があった事実は認識しておく必要がある。

交通需要予測の信頼性、とりわけ予測値と実績の乖離については学会・専門家にも問題意識が共有されるようになり、土木学会誌[4]の特集では13名の著者により交通需要予測の課題が論じられた。

同特集に寄稿した屋井は交通需要予測研究の第一人者であり、交通需要予測不信に関して論じ[21]、かつ市民の意識を構造化して分析し集大成した[22]。

交通需要予測批判、批判に対する議論が大々的に交わされた一方、交通需要の予測値と実績の乖離を事後に定量的分析を加えた既存研究は少なく、森川ら[11]、埼玉高速鉄道検討委員会[14]、運輸政策研究機構[7]等を挙げ

られるにとどまる。

表ー1 SR委による需要予測値と実績の乖離分析

## 2.2 埼玉高速鉄道検討委員会による分析

これら数少ない既存研究にしても、「予測値と計画値の『分離』」(屋井[21])、「逆算して将来人口を求めたのではないか」という疑念(大西[13])等の機微に触れる論点は採り上げていない。

そのなかで、埼玉高速鉄道検討委員会[14](以下「SR委」と略す)による分析は、交通需要予測値と実績値の乖離に強い問題意識を有して取り組んでおり、有用有益な成果となっている。以下、SR委の分析内容についてレビューする。

SR委では、開業前時点での四段階推計法に基づく需要予測において10要因について着目し、それぞれの要因における予測と実績の乖離について分析している。その結果は表ー1に示すとおりで、10要因のうちゾーニング設定(中ゾーン→町丁目)が突出して効いており(-34.3%)、バスネットワーク設定(再編前提→実状に合わせる)がこれに次ぐ(-16.7%)。他の8要因で目立つのはモデル運賃感度(-7.0%)、分布交通量(-5.0%)程度であり、前記2要因を除けば高い精度で予測されていたことがわかる。

要因	影響率 (%)
人口フレーム	▼1.0
発生・集中交通量	△2.1
分布交通量	▼5.0
自動車保有率	▼0.7
鉄道利用OD	△3.6
埼玉高速鉄道運賃	▼1.2
バス運賃割引	△0.9
バスネットワーク	▼16.7
モデル運賃感度	▼7.0
ゾーニング設定	▼34.3

## 2.3 ゾーニング細分化による交通需要予測精度向上

前項まで記したとおり、日本には交通需要予測の精度向上を求める社会的要請が存在している。交通需要予測の精度向上は、モデル精度向上ほかさまざまな断面で図られている。ここで本論文では、SR委分析において予測実績乖離の最大要因とされたゾーニングについて着目する。

交通需要予測の精度を向上するにあたり、ゾーニング細分化が有効であることは古くから知られていた。その半面、データ構築の難しさ、需要予測計算の指数的大増等の制約から、ゾーニング細分化が進んだのはここ四半世紀の間である。ゾーニング細分化が進行中の基礎データの一つに全国幹線旅客純流動調査[10]が挙げられる。そのゾーニングは1990年実施の第1回調査では都道府県単位で、北海道のみ4分割した50ゾーンであったところ、1995年実施の第2回調査から全国207生活圏ゾーンに細分化されている。

更に有用な基礎データは、国勢調査地域メッシュ統計四次メッシュ(以下500mメッシュ)人口データと国土数値情報土地利用細分メッシュデータ(以下100mメッシュ土地利用データ)である。これは入手容易なオープンデータであり、しかも同一様式で全国を網羅しているため価値が高い。これら基礎データは標準地域メッシュにより共通コーディングされているとともに、国内の地理情報標準であるJPGISに則るデータで、コンピューターの性能向上や環境改善、GISエンジンの高度化に伴い、発達・発展を遂げつつある。

首都圏の交通需要予測は、稠密に発達したネットワーク、多様化する目的地・交通機関選択、コミュニティバスのような新規の端末交通システム導入等に対応する必要がある。しかしながら、従前の最小ゾーンは東京都市圏パーソントリップ調査で夜間人口15,000人を目安とした地域計画レベル、交通需要予測の実用上は中ゾーン(首都圏計で高々2,000ゾーン)程度であり、ゾーニングの粗さに関する問題が顕在化していた。

この段階からのゾーニング細分化は、複数町丁目または1kmメッシュ程度であったところ、内山ら[20]、日比野[5]は500mメッシュ人口データを100mメッシュ土地利用データに配分、これを最少ゾーンとし、更に地図データを基礎とする道路ネットワークから端末交通毎の駅アクセス利便性を考慮した統合型交通行動モデルを構築し、交通需要予測の精度向上を図った。この基礎理論から交通需要予測ツール実用化を目指したのは浅見ら[3]で、その集大成が中村[15]、佐藤ら[16]である。

## 2.4 交通需要予測の社会的ニーズ変化と新しい方向性

今日の日本では、幹線・都市交通ネットワークとも、骨格となる部分はほぼ概成した。短中期的には、全く新規の大規模交通プロジェクトが検討される状況はまず考えられない。無垢の地図上にフリーハンドで線を引くが如き、新規性の高い交通プロジェクトが存在する可能性はごく稀少で、すなわち、Feasibility 評価に関する交通需要予測の社会的ニーズは縮小傾向、と考えるのが妥当である。

交通需要予測に関しては、より精緻な社会的ニーズが表面化しつつある。具体的には、交通結節点など複数の交通モードを乗り継ぐ交通ネットワーク形成に伴う利用者行動の予測、シェアサイクル・カーシェアリングやコミュニティバスといった狭い範囲を対象とした利用者行動の予測などである。ここで前者は I I A 特性 (Independence from Irrelevant Alternative : 所謂赤バス青バス問題) と関連し、交通需要予測では古くから探求されてきた課題であり、近年では日比野ら[6]、柴田ら[17][18]の成果がある。

交通需要予測とはやや異なる観点で、人口データ・土地利用データを活用した交通研究もなされている。浅見・小美野[1][2]は、500mメッシュ人口データと 100mメッシュ土地利用データを用い、駅圏人口推移と駅毎乗降客数推移を組み合わせ分析し、地方鉄道経営再建事例の研究を行った。浅見・小美野[1][2]に交通需要予測を採り入れれば、鉄道計画策定にあたり、より有用な代替案の評価が、事前・事後とも容易になると考えられる。

浅見・小美野[3]は都市計画と地方鉄道経営再建の連携についても論じており、人口データ・土地利用データを活用した交通需要予測は、鉄道計画と地域計画の連携に寄与しうると考えられる。

## 3. 人口データ・土地利用データを活用した交通需要予測

本論文での主題、交通需要予測を用いた地域計画について論じる前に、人口データ・土地利用データを活用した交通需要予測について、浅見ら[3]に基づいて概説する。

### 3.1 人口データ

100mメッシュでの交通需要予測を実施するにあたっては、これに対応した人口データ構築が必須となる。具体的な手法としては、式(1) のような人口配分モデルにより、500mメッシュ人口データもしくは町丁別人口データから 100mメッシュへの人口配分を行う。この 100 メッシュを一つのゾーンとして交通需要予測を行う。

$$N_i = \frac{w_i}{\sum w_i} N_0 \quad (1)$$

$N_i$  : 各 100mメッシュ人口

$w_i$  : 土地利用データより得られる当該 100mメッシュの平均人口密度

$N_0$  : 配分元の 500mメッシュ人口もしくは町丁別人口

ここで町丁別人口データが出てくるのは、500mメッシュ人口データにODデータが付随していないことによる。それゆえ町丁目単位からの集成が一般的であるODデータと組み合わせるべく用いるものである。

### 3.2 駅に属するデータ

今日では、国土地理院発行「数値地図 2500」のように、道路をほぼ完全に網羅した正確かつ精緻な道路網データが普及している。これら道路網データを活用し、需要予測対象各駅から 100mメッシュ中心までの駅アクセス時間データをアクセス手段毎に構築する。

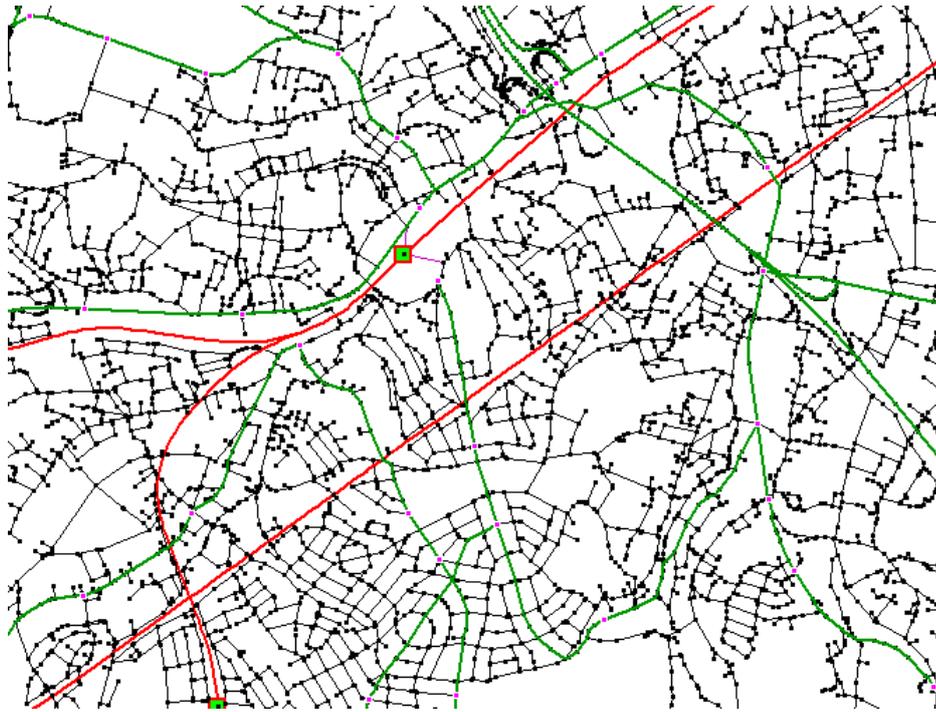


図-1 駅を起点とする道路網データの出力例

併せて、駅に属するデータを構築する。必要となるデータは、各駅から目的地までの所要時間、運賃、列車の運行本数などのサービス水準に関するものである。

### 3.3 駅選択確率

前節までに構築した駅アクセス時間データと、駅毎のサービス水準データに基づき、駅選択確率が算出できる。モデルの構造はアクセス手段選択と駅選択の二段階からなるネステッド・ロジットモデルで、式 (2)～(4) のように表される。

$$P_i = \frac{\exp V_i}{\sum \exp V_i} \quad \text{---(2)}$$

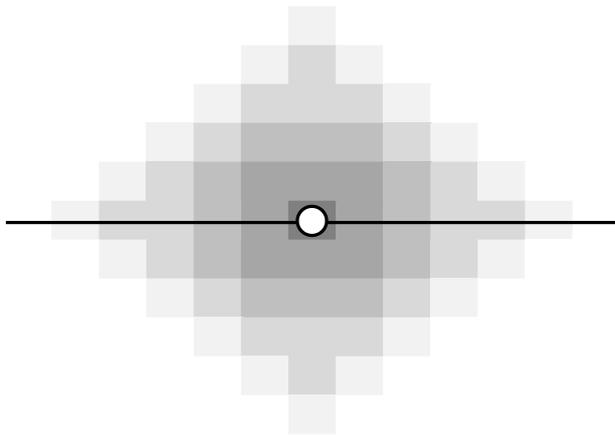
$$V_i = \sum V_{si} + V_{sa} \quad \text{---(3)}$$

$$V_{sa} = \ln(\sum \exp V_{aj}) \quad \text{---(4)}$$

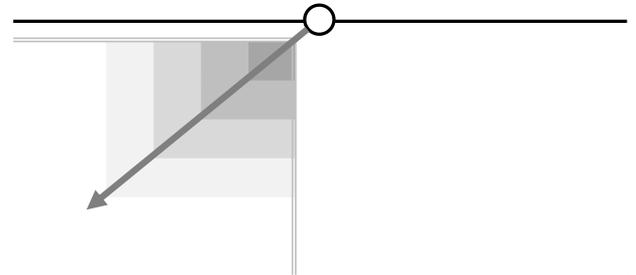
- $P_i$  : 各駅の選択確率
- $V_i$  : 各駅の選択効用
- $V_{si}$  : 鉄道属性効用 (所要時間・運賃など)
- $V_{sa}$  : 鉄道駅アクセス効用
- $V_{aj}$  : 駅アクセス手段効用 (徒歩・自転車・バスなど)

得られる出力結果は各メッシュの需要予測対象範囲内全駅に対する選択確率である。これに各メッシュ発の交通量を乗じて集計すれば、駅・区間毎の利用者数予測値となる。

以上までの手法により、高精度での交通需要予測値が得られることになる。



図ー 2. 1 駅選択確率出力例  
(列車の速度向上)



図ー 2. 2 駅選択確率出力例  
(地理的障壁を克服する道路等新設)

#### 4. 交通需要予測を用いた地域計画の提案

交通市場が成熟しつつある現下の日本において、交通需要予測に如何なる社会的ニーズがあるだろうか。

交通事業側を主体と考えれば、所要時間短縮、運賃値下げ等、サービス水準変動のオプションに対する需要変動評価をまず挙げられる。これは既存研究の延長線上にあり、伝統的手法といえる。ただし、各交通事業のマネジメントは各鉄道会社が行っており、外部からコミットできなければ、地域計画に活用することは難しい。

ここで視点を交通事業側から沿線地域側に移してみると、交通需要予測に新しい可能性が見えてくる。各交通機関のサービス水準変動のみならず、端末交通のサービス水準変動、あるいは交通サービス結節改善等まで含めた評価を行い、その結果を地域計画に反映させる方向性である。すなわち、交通プロジェクト（サービス水準変動オプション）の Feasibility 評価を基礎として、地域計画を策定していく手法の提案である。

交通事業のうち鉄道事業は明治の昔から独自性・独立性が強く、地域計画とりわけ都市計画との連携が稀薄であった。そのため、沿線地域側から鉄道事業側への要望事項があってもなかなか通じず、鉄道事業側から沿線地域側への貢献は専ら鉄道事業側の実績として喧伝される傾向があった（例えば東京急行電鉄[19]）。

この歴史的経緯からすれば、3.3 にて提示した駅選択確率のアウトプットは、沿線地域側にとっては革命的手法になりうる可能性をも指摘できる。従来は交通事業側が独占していた交通需要予測を、公表・公開されている人口データ・土地利用データ等を基として、沿線地域側をはじめとする第三者が実施し、かつその成果を交通事業側に主張できるようになれば、その社会的意義は大きいはずである。

近い将来の日本では、全国的な高齢化、人口減少、さらに都市部等特定地域への人口集中が進んでいくと見込まれる。交通事業（鉄道事業）側から見ると、都市鉄道や幹線鉄道でさえ、地域計画・都市計画と連携しなければ、十分な水準の利用者数を確保できなくなる可能性を想定しなければならない。また、沿線地域側から見ると、地域の活力を維持・向上していくためには、交通事業との連携は有力な選択肢の一つとなるはずである。

本論文は、公表・公開されている人口データ・土地利用データ等に基づく交通需要予測手法を用い、沿線地域側を主体となって交通需要予測を行い、その成果を地域計画立案・策定に活用するよう提案するものである。交通事業と沿線地域との関係において、地域計画と交通計画が連携する可能性、更には沿線地域による地域計画が主体となる方向性がありうると、本論文が発想転換の一助となれば幸いである。

なお、本論文は筆者らの私的研究に基づくものであって、文責は全て筆者ら個人に帰属し、それぞれの所属組織の立場・意見等を代表するものではないことを明記しておく。

## 参考文献

- [1] 浅見均・小美野智紀, “地方鉄道の経営再建に関する事例研究——和歌山県貴志川線を例として”, 『地域学研究』, 第43巻, 第4号, pp513-526, 2014年3月
- [2] 浅見均・小美野智紀, “高松都市圏における地方鉄道経営再建に関する事例研究”, 『地域学研究』, 第45巻, 第2号(掲載決定)
- [3] 浅見均・高久寿夫・金山洋一, “鉄道と都市の計画支援システムとして有効な新しい需要予測法”, 土木計画学研究・講演集, No21(2), pp309-312, 1998年11月
- [4] 土木学会誌, “交通需要予測特集”, 2003年7月
- [5] 日比野直彦, “鉄道利用者の交通行動に焦点をあてた都市鉄道計画のための分析手法に関する研究”, 東京理科大学学位論文, 2004年3月
- [6] 日比野直彦・兵藤哲郎・内山久雄, “高密度な鉄道ネットワークへの実適用に向けた非 IIA 型経路選択モデルの特性分析——改良型 C-logit モデルの提案”, 『土木学会論文集』, No. 765/IV-64, pp131-142, 2004年
- [7] 運輸政策研究機構, “需要予測手法の改善と活用方策に関する調査報告書”, 2005年3月
- [8] 川崎市, “川崎縦貫高速鉄道線整備事業に関する検証結果”, 2003年4月
- [9] 川崎縦貫高速鉄道線研究会市民部会, “川崎縦貫高速鉄道線提言書——効率的で採算性のとれる事業を目指して”, 2002年10月
- [10] 国土交通省, “全国幹線旅客純流動調査”, 1990年(第1回)~2010年(第5回)
- [11] 森川高行・永松良崇・三古展弘, “新交通システム需要予測の事後評価”, 『運輸政策研究』, Vol. 7, No. 2, pp20-29, 2004年夏
- [12] 沖縄タイムス(夕刊), “都市モノレール2月も予測割れ”, 2004年3月1日
- [13] 大西隆, “千葉都市モノレールにおける需要予測の罪と罰”, 『土木学会誌』, Vol. 88, No. 7, pp25-27, 2003年7月
- [14] 埼玉高速鉄道検討委員会, “埼玉高速鉄道の延伸及び経営に関する提言”, 2005年2月7日
- [15] 中村英夫, “都市鉄道計画へのGISの適用——「GRAPE」の開発”, 鉄道政策の新たな展開に向けて——鉄道整備基礎調査報告シンポジウム, 2003年3月4日
- [16] 佐藤政季・蓼沼慶正・浅見均・小泉啓・中村英夫, “GISを活用した交通計画支援システム「GRAPE」の開発”, 土木学会2002年技術開発賞
- [17] 柴田宗典・奥田大樹・武藤雅威・鈴木崇正, “旅客の嗜好性と選択肢の選別プロセスを考慮した幹線鉄道の分担率推定手法の開発”, 『運輸政策研究』, Vol. 17, No. 1, pp2-11, 2014年春
- [18] 柴田宗典・奥田大樹・鈴木崇正, “交通機関の乗り継ぎを考慮した幹線鉄道の需要予測モデル”, 『RTRI REPORT』, Vol. 28, No. 4, pp47-52, 2014年4月
- [19] 東京急行電鉄株式会社, “多摩田園都市——開発35年の記録”, 1988年10月31日
- [20] 内山久雄・日比野直彦, “アクセス交通を考慮した首都圏鉄道計画へのGISの適用”, 運輸政策研究, Vol. 2, No. 4, pp12-20, 2000年冬
- [21] 屋井鉄雄, “交通需要予測批判——その解消のため今なすこと”, 第66回運輸政策コロキウム, 運輸政策研究所, 2003年9月16日
- [22] 屋井鉄雄・福田大輔・根橋和也, “交通需要予測不信を巡る市民意識の分析”, 土木学会論文集D, Vol. 62, No. 1, pp131-144, 2006年3月