

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

A new method of Travel Demand Forecasting for Planning of Railway and Urban

with computer aided planning system

浅見 均* 高久 寿夫** 金山 洋一***

by Hitoshi ASAMI, Hisao TAKAKU, Youichi KANAYAMA

1. はじめに

鉄道公団では「都市鉄道計画分析評価システム研究会」を組織し、利用者行動を個人行動に近いレベルで論理的にとりこみ、既存の手法に内在する技術者の判断要素を排した、鉄道新線の需要予測システムの開発に取り組んできた。

このシステムは複雑多様化した駅・路線選択が行われている都市圏における鉄道新線需要予測にも対応するもので、鉄道側のみならず、アクセス道路網整備など都市側の施策に対しても、その効果を定量的かつ即時的に分析可能である。

今回報告する内容は新手法の一部を構成するもので、鉄道側・都市側双方の計画支援システムという位置づけである。

図-1に新手法の全体フローを示す。

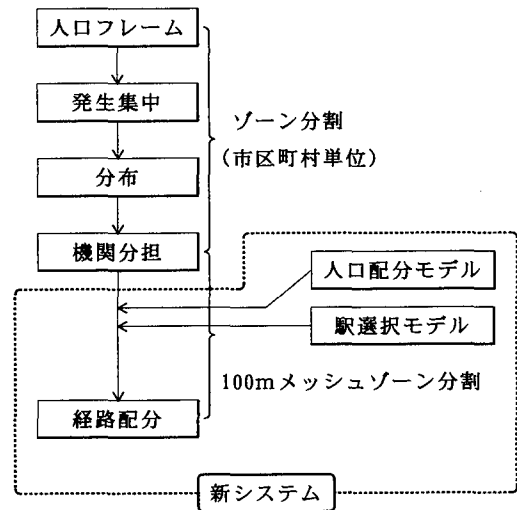


図-1 新手法のフロー

2. 既存の需要予測手法の問題点

(1) ゾーン代表駅固定による利用者行動との乖離

既存の需要予測手法では、予測対象範囲をいくつかのゾーンに分割して、各々のゾーン毎に利用者が選択する代表駅を少数に絞りこみ、予め固定しておく手法が用いられている。ゾーン代表駅及びアクセス経路の設定は熟達した技術者の判断に委ねられている。

現在の都市圏及びその近郊では複数の鉄道路線を選択できるのが一般的で、目的地や駅までのアクセス手段などにより、駅・路線の選択が複雑な多様性を備えるようになっている。

この現状においては、ゾーン代表駅設定に技術者の判断が介在する限り、粗漏が生じるリスクが常に存在する。このリスクを排除するためには、技術者の判断によらずに代表駅設定を行う論理的なアプローチが必要である。

(2) ゾーン分割の粗さによる利用者行動との乖離

複雑多様化した駅・路線選択が行われている状況に対応した需要予測を行うには、ゾーン分割の細分化が必要である。

ところが、ゾーン分割を細分化するに従い、適切なゾーン代表駅・アクセス経路設定に要する手間は指数的に増大することなどから、ゾーン分割の単位は市区町村ないしはそれらを若干分割した範囲にとどまり、それ以上の細分化は進んでいない。

キーワード：計画手法論 鉄道計画 都市計画

* 正会員 工修 日本鉄道建設公団東京支社計画部調査課 課長

** 正会員 日本鉄道建設公団東京支社計画部調査課 補佐

***正会員 日本鉄道建設公団東京支社計画部調査課 課長

〒171-0021 東京都豊島区西池袋1-1-1 メトロポリスビル19階

Tel 03-5954-5225 Fax 03-5954-5237 E-mail h.asami@jrcc.go.jp

(3) アクセス距離・アクセス手段設定の単純化による利用者行動との乖離

既存手法のアクセス経路の設定は、技術者が個々に査定する作業で、多大な手間を要する部分となっている。結果として作業の簡素化を図るため、アクセス距離・アクセス手段の設定が機械的に単純化されてしまう場合もある。

単純化の例として、各ゾーン中心から代表駅までのアクセス距離を直線近似することがある。この措置によると現実の道路網やバス路線の状況が考慮されないため、予測結果の信頼性は低くなる。

また、アクセス手段（交通機関）単純化の例としては、徒歩・バスのみを考慮することが挙げられる。実際には、自転車・バイク・自家用車などによるアクセスもありえるので、これらを採り上げる必要がある。

(4) 新規代替案の検討が困難

実務上、需要予測が一度で完了する事例はほとんどない。予測結果を得たのち、条件を変化させた代替案により駅・路線選択確率及び利用者数変動を把握するニーズは恒常的に存在する。

ところが、需要予測の演算には大型電算機（WSクラス）が必要であること、ゾーン分割・アクセス距離の設定などに相当な手間を要することから、需要予測に要する費用・時間は決して少なくない。

そのため、一度予測結果を得た後に、前提条件を変更して再度演算を行おうとしても、時間と費用の制約から断念せざるをえないケースがままあるのが実状である。

3. 新手法で採用したアプローチ

前章に記した問題点を解決するため、

- ①ゾーン分割を 100m メッシュに細分化し



図-2 地図データ出力例（船橋市中心部付近）

- ②実際の道路網に即した地図データを用い

- ③全てのアクセス手段について

- ④需要予測対象範囲内の全駅に対する

- ⑤駅アクセス時間を自動的に得る

ことにより、多様で複雑化した駅・路線選択行動を、論理的なアプローチにより、短時間で容易に推計できるシステムを開発した。同システムには地理情報システム（GIS）の手法を活用し、視覚的に明かな表示ができるようにした。

4. 駅選択確率の算出

(1) 人口データの構築

既存の人口データは最小単位でも 500m メッシュ（国勢調査）または町丁別（住民基本台帳）のもので、100m メッシュでの需要予測を行うにあたってはこれに対応した人口データ構築が必要となる。

ここでは土地利用データに基づく人口配分モデルを構築し、500m メッシュ・町丁別人口データから 100m メッシュへの人口配分を行った。このモデルは式-1 のとおりである。

$$N_i = \frac{w_i}{\sum w_i} N_o \quad (\text{式-1})$$

N_i : 各 100m メッシュ人口

w_i : 土地利用別平均人口密度

N。： 500mメッシュもしくは町丁別人口

(2) 道路網データの構築

需要予測対象範囲のゾーン（以下メッシュとする）中心点から各駅までのアクセス時間を算出するにあたり、道路網データ構築プログラムを開発した。

このプログラムの開発により、公道をほぼ完全に網羅した正確かつ精緻な道路網データを、短時間で容易に構築できるようにした。

道路網データの素材としては、鉄道・道路・行政界等の地図データがCD-ROMに記録された、国土地理院発行『数値地図2500』を採用した。

(3) 駅アクセス時間データの構築

前節で構築した道路網データをもととして、駅アクセス時間データを自動的に算出するプログラムを作成した。

このプログラムは、各メッシュ中心点から各駅までの所要時間を最短とする経路を構成し、この最短所要時間を駅アクセス時間として出力する。これにより、細分化されたメッシュ中心点から、

- ①需要予測対象範囲内の全駅までの
 - ②全てのアクセス手段（徒歩・自転車・バイク・バス・自動車）による
- 駅アクセス時間データが構築される。

(4) 鉄道属性データの構築

対象とする各鉄道路線に属するデータを構築する。必要な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である。

(5) 駅選択確率の算出

前節までに構築した駅アクセス時間データ・鉄道属性データを説明変数として駅選択確率が算出される。モデルの構造はアクセス手段選択と駅選択の2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。

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

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

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

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} ：駅アクセス効用

V_{aj} ：アクセス手段効用

出力結果は、各メッシュの需要予測対象範囲内の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、各駅・各区分毎の利用者数が予測できる。

その出力結果例は図-3のとおりで、

- ①視覚的に明快な表示
- ②短時間での容易な実行
- ③利用者数の定量的な把握

の3点を実現する利点を有している。

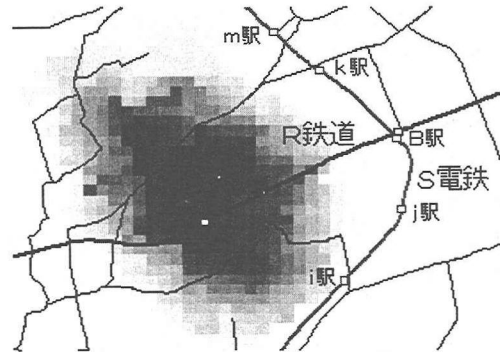


図-3 R鉄道A駅の選択確率分布

5. 計画支援ツールとしての代替案比較

(1) 計画支援ツールとしての代替案比較

このたび開発したシステムは、鉄道利用者の経路配分計算を独立してパソコン上で行うことから、新規代替案の再計算は容易かつ短時間で実行可能である。そのため、様々な計画支援ツールとしての利用が可能である。以下にその例を示す。

- ①列車運行計画
- ②路線選定計画・駅配置計画
- ③道路計画・バス路線編成計画

①は列車運行計画の条件変化（最高速度の向上や運行本数の増加など）による、駅・路線選択行動の変化をとらえて、需要予測を行うものである。

このような、鉄道の所要時間・運賃・運行本数などの水準変化による利用者数変動の再計算はごく短時間で実行可能である。需要予測対象範囲の広さに

もよるが、パソコンで数時間程度で予測結果を得ることができる。

②は路線選定・駅配置について複数の代替案を作成し、需要予測を行うものである。

③は道路新設やバス路線再編成などに対応した地図データを作成したうえで、需要予測を行うもので、これは都市側に属するアプローチである。

②・③のような再計算には駅アクセス時間データの再構築を伴うので、予測結果を得るまでパソコンで1日程度を要する。

以上のように、鉄道側の計画を支援するばかりではなく、駅へのアクセス改善につながる道路計画・バス路線編成計画のような都市側の計画を支援するツールとしても利用できるなど、システムの適用可能範囲は極めて幅広い。

(2) 代替案比較の例

モデルとしてR鉄道の沿線を分析すると、A駅を選択確率分布が高い範囲は他路線との競合において相対的に狭く、道路整備がなされていない南西側では特に狭い(図-3)。この状況に対応する施策案としては、例えば、

I 案：R鉄道の表定速度の向上(鉄道側)

II 案：北西側へのバス路線の新設(都市側)

III 案：南西側への道路の新設(都市側)

といった方策などが考えられる。

3案に沿い再計算すると、駅選択確率の増分及び範囲は図-4～6のように表される。I案では増分の幅が小さいものの、広い範囲で選択確率が増している。II案では増分の幅が大きいものの、その範囲

は局地的である。III案はI・II案の中間的なもので、道路整備による影響がわかる。

6. あとがき

今回開発したシステムは、様々な状況に対応した代替案の比較を、論理的なアプローチにより、複雑多様な駅・路線選択が行われている都市圏においても、短時間かつ容易に実行できる点に特色がある。かつ、鉄道計画の支援に資するツールであるばかりでなく、都市側の面的な整備計画にもそのまま利用できる、極めて有用なものとなっている。

今後は、費用対効果分析まで即時的に行えるようにするなど、システムの高度化及び活用方策の深度化に取り組みたい。

都市鉄道計画分析評価システム研究会では、運輸政策研究所・東京理科大など各機関に御協力を頂いている。この場をお借りして深謝の意を表したい。

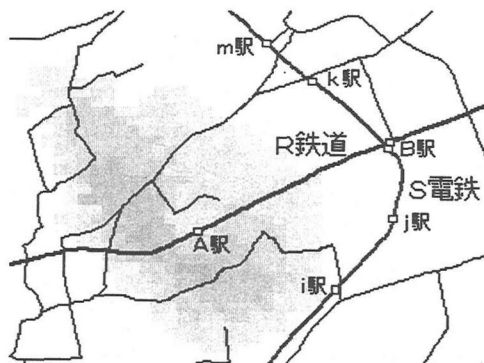


図-4 I案による駅選択確率の増分

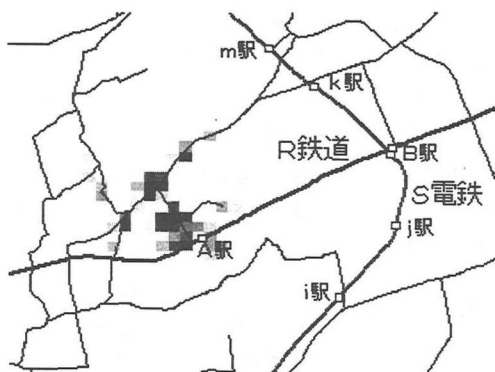


図-5 II案による駅選択確率の増分

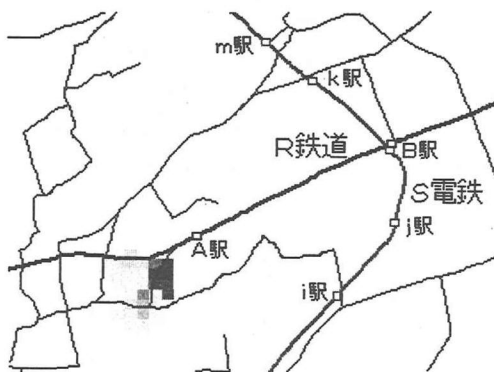


図-6 III案による駅選択確率の増分