キーワード

需要予測, 交通計画, 波動輸送

野 末 尚 次

鉄道総合技術研究所

1. はじめに

鉄道の経営のためには、輸送需要に適合した計画の立案が最も重要である。新しい路線の建設、速度向上、運賃料金の設定、臨時列車の設定等に対する輸送需要の変化は、提供されるサービスに対する利用者の交通機関選択行動の結果として顕在化する。

この利用者の交通機関選択行動は、対象地域の社会経済状況や交通ネットワークの整備状況に依存し、非常に複雑な非構造的な問題となるため、従来は、利用者の交通機関選択行動はブラック・ボックスとし、計画者の経験に基づいて簡易な経験式による推定が行われてきた。

しかし、最近のコンピュータ技術の発展と計画技術の進歩により、社会経済環境と交通環境と交通機関選択行動を明示的にモデル化したインテリジェントな意思決定支援システムの開発が可能となった。

需要予測のベースとなる技術は、交通行動モデル、社会経済データベース、地理情報処理、ネットワーク処理、時系列処理、及び、これらの処理に適合したグラフィカル・インターフェースである。

ここでは、上記の機能を組み込んだインテリジェントな需要予測システムについて紹介する。

2. 交通需要予測の枠組⁽¹⁾

交通需要予測は、1)発生・集中量の推定、2)分布交通量の推定、3)交通機関選択の推定、4)ルート選択の推定、5)波動需要の推定の5段階のステップで行われる。

しかし、需要予測も非常にバラエティがある。

- ・新線計画：2000年に、リニアを利用して東京～大阪間を旅行する年間の旅客数の推定
- ・列車計画：来年の10月10日の13時～14時の間に、東京～新大阪間を旅行する旅客数の推定

問題により、特定のステップが重要となるが、(a)社会経済環境の変化、(b)交通環境の変化、(c)時間波動の変化の大きさの重要度を検討することで決定される。

まず(a)が大きい場合には、交通需要全体の発生・集中量の推定が中心となり、マクロ経済に基づいた地理情報処理が行われる。(b)が大きい場合には、交通機関相互の選択が中心となり、交通機関／ルート選択の確率効用理論に基づいた非集計行動モデルが、対象地域の交通流動調査に基づいて構築され予測が行われる。(c)が重要な場合には、過去の利用実績に基づいた時系列分析が中心となる。

非集計行動モデルは、確率効用理論により定式化される。いま、iからjへ複数の行き方（代替案）がある場合を考える。交通機関kを利用する場合の効用 U_k を、駅までのアクセス・イグレス時間、乗車時間、運賃、乗り換え回数等の交通機関の特性値を用いて次式で定義する。

$$U_k = V_k + \varepsilon_k \quad k = 1, \dots, n$$

$$V_k = a_0 T_k + a_1 C_k + a_2 N_k + \dots$$

$a_0, a_1, \dots$: パラメータ
 $T_k, C_k, N_k \dots$: 交通機関kの特性値
 ε_k : 同一の二重指数分布で独立な確率変数

このモデルでは、「効用が最大の交通機関が選択される」とし、交通機関mが選択される確率 P_m は次式となる。

$$P_m = P_r \{U_m = \max [U_1, \dots, U_n]\}$$

$$= e^{V_m} / (e^{V_1} + e^{V_2} + \dots)$$

パラメータは、交通流動調査により個人毎の交通機関選択データを収集し、それに各個人の可能な代替ルートを付加して上記の選択確率を定め、その最尤推定により求める。

このモデルに、新しい計画のサービス水準を設定することにより、選択率の変化が予測できる。

3. 地理情報処理と路線計画支援システム⁽²⁾

利用客は地域的に分布しているため、非集計行動モデルを用いる場合には、各自の利用駅、駅までのアクセス・イグレス時間、乗車時間等を個別に求める必要がある。

このような人口分布等の地理的な処理を行う地理情報処理システム、及び、バス路線や鉄道のネットワークを乗り継いで行く場合の複数の代替経路を生成するための経路生成システムが開発されており、予測に必要な膨大なデータの自動生成が可能で、ネットワーク計画を支援する統合的

Prospects of Application of Artificial Intelligence to Electric Railways.

VI Intelligent Transportation Demand Forecasting Systems

By Naotugu Nozue (Railway Technical Research Institute)

な意思決定支援システムが構築されている。

バス路線計画システムを例に、機能の概要を示す。

(1) 基礎データベースとモデルの構築

＊国勢調査データより 200M メッシュデータ（対象地域を 200M の格子状に分割し、各格子毎に方面別の通勤・通学人口等を集計）を作成

＊該当地域周辺対象の交通流動調査結果から、交通機関分担モデルおよび経路選択モデルを構築

(2) バス路線計画支援機能

＊バス停留所の登録：停留所の位置を画面地図上でマウスによりビジュアルに設定

＊バス路線の設定：画面地図上のバス停を順次結ぶことによりバス路線を登録し、路線毎の運行頻度、平均運行速度、道路混雑等による渋滞時間を設定

＊バス路線別利用率の推定：各メッシュ毎に、都心までの鉄道乗車駅を考慮した路線の利用率を推定

- 1) 交通機関分担率（徒歩、自転車、バス）の推定、
- 2) 経路選択（利用する鉄道駅とそこまでのルート）

＊バス路線別利用者数の推定：各メッシュからの路線別の利用率に、方面別通勤・通学者数を掛ける事により、路線別の利用者数を推定

横浜市港北ニュータウンの現状のバス路線に対するモデルの整合性を確認した後、地下鉄開業後のバス路線計画案を作成し、推定・評価を行うことにより実施案を作成した。

4. 混雑均衡モデルと列車運行パターン評価⁽³⁾

列車の運行パターン（特急の停車駅、追い越し駅、運行本数等）の評価には、優等列車の時間短縮、乗り換え回数の増加が関係するが、これは前述のモデルで表現できる。

しかし、実際の列車選択では混雑度が重要な要素となっているため、列車の運行パターンに対して混雑を考慮した利用者便益の評価システムが開発されている。

混雑に伴う不効用を、混雑率の関数として表現し、確率効用モデルの効用関数の一部に組み込んでいる。鉄道の運行パターンをネットワークで表現して経路の所要時間等の計算を行っているが、混雑率により利用経路の効用値が変動するため、収束計算により均衡解を求めている。

西部池袋線の実績で現況再現した結果では、このモデルが有効であることが確認され、評価に用いられている。

5. 波動需要予測と列車設定計画⁽⁴⁾

鉄道の波動需要は、季節波動、週間波動、時間波動に分離できる。波動需要の処理は、列車設定計画支援システムにより統一的な処理が可能である。このシステムは列車の利用実績のデータベースの構築と、波動需要の分析・予測、及び、それに基づいた列車設定計画が可能である。

次年度の列車の設定計画では、本年度の実績データより時間帯別の季節波動、週間波動を予測するとともに、次年

度のイベントや旅客の伸び率を勘案してベースとなる次年度の時間帯別の波動パターンを生成する。

しかし、臨時列車の設定が必要な連休部分では、休日の曜日配列（例えば、土・日・祝、金・祝・日等）により、旅行客のピーク時間帯は大幅に変化する。このシステムでは、連休パターンに対しては、予測時点と同一の連休パターンを過去の実績データの中から抽出し、この過去のデータから抽出された週間波動を利用して予測している。

6. 変動需要予測と弾力的列車設定⁽⁵⁾

波動需要計画では、前項で述べたように、過去の実績をベースとした計画が事前に設定され、時刻表として公表される。しかし、計画後の景気の変動や天候の不順等により、当初の予測と大幅に異なる変動には対処出来ない。

このためには利用客の申込に基づいたデマンド運行方式があるが、鉄道車両の運用計画等の面で実現が困難である。また、利用客が計画を立てる場合にも、列車が事前に確定していなければ非常に不便である。

この点を解消するために、「緑の窓口」への予約実績を利用した弾力的な列車設定方式が研究されている。

現在の列車設定は、想定した輸送需要に近い列車設定を行っているが、弾力的列車設定では、この列車を60%程度に抑え、この列車に対する予約状況（列車出発の1ヵ月前から開始）の確率過程に基づき臨時列車を出発の10～14日前に確率計画法により設定する方式である。

実際の予約情報に基づいた1ヵ月間のシミュレーション結果では、実績に比較して85%程度の列車設定でほぼサービスが可能であり、また、混雑を検知して実績より多く列車設定を行う場合が3%程度という結果がえられた。

この方式は、部分的には利用されているが、前記の問題が解決されないため、本格的な採用には至っていない。

（平成7年12月1日受付）

文 献

- (1)野末：交通ネットワークを最適化する、鉄道総研報告、8、4、p1-6、平成6年
- (2)柴田、野末：地理情報処理に基づいた交通計画、鉄道総研報告、8、2、p15-20、平成6年
- (3)家田、他：利用者均衡配分法による通勤列車運行計画の利用者便益評価、土木計画学論文集、6、p177-184、昭和63年
- (4)福谷：列車設定計画支援システムの開発、鉄道総研報告、4、9、p36-40、平成3年
- (5)野末、他：予約情報を利用した波動輸送方式、JREA、28、9、昭和60年

野末 尚次 1966年 東京大学工学部計数工学科卒業
同年 日本国有鉄道・鉄道技術研究所入社、
90年 財）鉄道総合技術研究所室長、95年
技師長 現在に至る。92年より電気通信大学
情報システム学研究科客員教授。
オペレーションズ・リサーチ、交通工学、
意思決定支援システムの研究に従事