

建設省 正員 〇 桐越 信
 北海道大学 正員 山形 耕一
 北海道大学 正員 五十嵐日出夫

1. はじめに

都市交通計画では、交通需要予測の最も一般的なプロセスとして、発生交通量と集中交通量の予測——分佈交通量の予測——交通機関別交通量の予測——配分交通量の予測という四段階交通需要予測プロセスを採用している。四段階交通需要予測プロセスでは数多くの数学的モデルが用いられるが、モデルによる予測値には、その操作の諸段階において様々な誤差が介入する。これらの誤差をその発生段階によって分類すると、モデル設定段階での誤差、設定されたモデルのパラメータ推定段階での誤差、さらにモデルに取り入れられた説明変数予測の予測段階における誤差の3つに大別される。四段階交通需要予測プロセスでは、これらの誤差が発生、集中から配分に至る各段階で生じるとともに各段階の予測値は次の段階の入力となるので誤差は以降の予測段階につぎつぎと伝播する。このことが交通需要予測の予測精度の正確な把握を困難なものにしている。そこで本研究では、予測精度への影響要因をいくつか取り上げ、これらが注目する予測量にどのように影響するかを分析し、データの調査精度、モデルの精度、さらには予測のための入力データの作成精度のバランスの上に立った交通需要予測プロセスを構築することを目的としている。

2. 予測精度分析の理論的検討

本研究では、予測精度への影響要因として、①モデル作成時のデータの精度、②モデルの精度、③モデルに取り入れられた説明変数の予測誤差の3つを取り上げた。予測精度に対して①、②、③の影響を考えると、予測対象 Y_0 と予測誤差 ω_0^* の関係は図1のようになる。図1にお

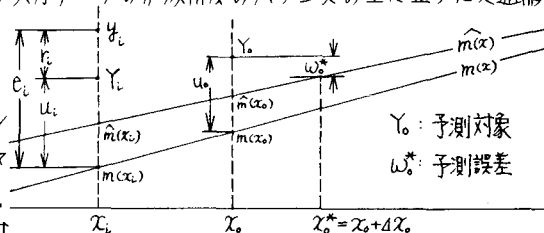


図1 予測対象と予測誤差

いて、 r_i は外的基準の観測誤差を、 u_i はモデル作成時のモデルと現象との乖離を、 Δx_0 はモデルに取り入れられた説明変数の予測時における予測誤差を表わしている。モデルとして重回帰モデルを考えると $m(x) = \beta_0 + \sum_{k=1}^p \beta_k x_k$ であるが、

$$E[\omega_0^{*2}] = (K+1)6_u^2 + K6_r^2 + \sum_{k=1}^p V[\Delta x_{k0}](V[\hat{\beta}_k] + \beta_k^2) \quad (1)$$

となる。ここで、 $6_u^2, 6_r^2$ はそれぞれ u_i, r_i の分散であり、

$$K = \frac{1}{n} + \sum_{k=1}^p \frac{\bar{x}_k^2}{S_k^2} + \sum_{k=1}^p \frac{x_{k0}^2}{S_k^2} + 2 \sum_{k=1}^p \sum_{k'=1}^p \frac{x_{k0} x_{k'0}}{S_k S_{k'}} - 2 \sum_{k=1}^p \frac{x_{k0}}{S_k} \sum_{k'=1}^p \frac{\bar{x}_{k'}}{S_{k'}} S_{k'k}$$

S_k^2 は説明変数間の偏差平方和・積和行列の逆行列の対角要素

である。(1)式で、 $(K+1)6_u^2$ は全予測誤差に対するモデルの不適合による影響を表わし、 $K6_r^2$ はモデル作成時のデータの精度による影響を表わし、 $\sum_{k=1}^p V[\Delta x_{k0}](V[\hat{\beta}_k] + \beta_k^2)$ はモデルに取り入れられた説明変数の予測時における予測誤差の影響を表わしている。

3. シミュレーションによる予測精度分析

本研究では、交通需要予測プロセスのうち、「発生交通量と集中交通量の予測——分佈交通量の予測」の部分を取り出し、前節で示された各要因の影響を多段階予測を考慮してシミュレーションにより定量的に分析した。シミュレーションでは、モデル作成時のデータおよびモデルに取り入れられた説明変数の入力データにいくつかの水準の誤差を与え、これらの組合せにおける予測値と仮定された真値との一致性を検討した。またモデルの精度については発生交通モデル、集中交通モデルでは1~4変数の4つのモデルを、分佈交通モデルではパラメー

タの推定方法をかえて2つのモデルを作成し、各モデルにおける予測精度を(2)式の一致性指標により、検討した。

$$C = 1.0 - \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{Y}_i - Y_i)^2}{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2} \quad (2)$$

ここで、モデル作成時のデータの精度の影響をみるために、 Y_i は誤差を与える前の真値と仮定した原データにおける発生交通量、集中交通量、分布交通量である。 $\bar{Y}$ はそれらの平均であり、 $\hat{Y}_i$ は発生交通モデル、集中交通モデル、分布交通モデルのアウトプットである。

表1 発生交通モデル

4. 予測精度分析の結果

4.1 発生交通量予測の予測精度分析

真値と仮定された原データにおいて、重回帰分析によって作成された発生交通モデルが表1である。モデル作成時のデータの精度が発生交通モデルの一致性指標に与える影響は平均発生交通量の相対誤差で25%を越えると表われる。モデルに取り入れられた説明変数の予測誤差の影響は説明変数Xの相対誤差の水準の増加とともに大きくなる。この傾向はCASE3、CASE4で特に著しく、相対誤差の水準が15%を越えるとCASE1、CASE2よりも予測精度は低下する。F検定をベースとした重回帰分析の変数増減法による変数選択では、CASE4のモデルが最良のモデルとなるが、予測モデルにおける変数の取り込みすぎは予測精度を悪くする傾向にある。

CASE 1	$1G_{it} = 21633.63 + 3.04X_{1it}$	$R^2 = 0.889$
CASE 2	$2G_{it} = 952.35 + 2.86X_{1it} + 1.20X_{2it}$	$R^2 = 0.977$
CASE 3	$3G_{it} = -179.21 + 3.08X_{1it} + 5.00X_{2it} - 8.21X_{3it}$	$R^2 = 0.993$
CASE 4	$4G_{it} = 711.39 + 3.40X_{1it} + 4.67X_{2it} - 7.28X_{3it} - 2.49X_{4it}$	$R^2 = 0.995$

X_1 : 従業員総数, X_2 : 夜間人口, X_3 : 就業人口, X_4 : 第2次従業員人口

表2 分布交通モデル

(1)	$T = 0.03 \times \frac{G^{0.64} A^{0.63}}{D^{1.39}}$	$R^2 = 0.610$
(対数変換による回帰法)		
(2)	$T = 0.00017 \times \frac{G^{0.96} A^{0.96}}{D^{11.7}}$	$R^2 = 0.802$
(非線形回帰法)		
T: 分布交通量, G: 発生交通量		
A: 集中交通量, D: 時間距離		

4.2 分布交通量予測の予測精度分析

真値と仮定した原データに対して、分布交通モデルとして採用したグラビティモデルのパラメータを求めた結果が表2である。表2において、

(1)はグラビティモデルのパラメータを対数変換により線形化して求めたものであり、(2)は非線形回帰法によって求めたものである。発生交通モデル、集中交通モデルに取り入れられた説明変数が予測誤差を持つ場合の分布交通量予測の予測精度を表3に示す。表3において、CASE1~CASE4は採用した発生交通モデル、集中交通モデルに対応しており、グラビティモデルのパラメータは非線形回帰法によって求めている。ここでは説明変数の予測誤差に基づく発生交通量、集中交通量予測段階での予測誤差が伝播し、説明変数の予測誤差の水準RSD(X)の増加とともに、分布交通量予測の予測精度は低下している。とくにCASE3、CASE4ではこの傾向が著しく、RSD(X)が15%を越えると、CASE1、CASE2よりも予測精度は低下する。

表3 発生交通モデル、集中交通モデルに取り入れられた説明変数が予測誤差をもつ場合の分布交通量予測の予測精度(非線形回帰法)

たものであり、(2)は非線形回帰法によって求めたものである。発生交通モデル、集中交通モデルに取り入れられた説明変数が予測誤差を持つ場合の分布交通量予測の予測精度を表3に示す。表3において、CASE1~CASE4は採用した発生交通モデル、集中交通モデルに対応しており、グラビティモデルのパラメータは非線形回帰法によって求めている。ここでは説明変数の予測誤差に基づく発生交通量、集中交通量予測段階での予測誤差が伝播し、説明変数の予測誤差の水準RSD(X)の増加とともに、分布交通量予測の予測精度は低下している。とくにCASE3、CASE4ではこの傾向が著しく、RSD(X)が15%を越えると、CASE1、CASE2よりも予測精度は低下する。

RSD(X)	CASE 1	CASE 2	CASE 3	CASE 4
0.025	0.645	0.716	0.785	0.799
0.050	0.643	0.709	0.772	0.788
0.075	0.630	0.703	0.703	0.724
0.100	0.626	0.694	0.661	0.692
0.125	0.615	0.690	0.634	0.670
0.150	0.604	0.679	0.542	0.585
0.175	0.599	0.634	0.466	0.521
0.200	0.575	0.628	0.365	0.424
0.225	0.567	0.618	0.240	0.399
0.250	0.546	0.591	0.231	0.349

5. おわりに

本研究では、予測精度への影響要因をいくつか取り上げ、これらが注目する予測量にどのように影響するかを検討し、交通需要予測プロセスにおけるモデル作成、予測作業の精度面での関連性について把握することができた。また本研究により予測モデルの簡略化の方向が示唆された。

本研究を進めるにあたり、適切な御助言をいただいた北海道大学佐藤馨一助手に感謝いたします。

一参考文献一

1)山形耕一、柳越 信：交通需要予測プロセスの予測精度について、第1回土木計画学研究発表会講演集、1979年、1月