IV-66　修正重力モデルによる通勤・通学交通の予測精度の分析

名古屋大学工学部　正員　河上省吾

1．はじめに

地区間交通量の予測のためには、重力モデルが最もよく用いられている。単純重力モデルは、ゾーン間の交通量をゾーンの発生・集中交通量と、ゾーン間交通抵抗（距離，所要時間，経費）とで説明するものであるが、種々の要因の影響を受ける社会現象である交通分布を比較的単純な数学モデルで表現しているため、その予測精度はあまりよくない。このような単純重力モデルの欠点を補うために開発されたのが修正重力モデルで、このモデルでは、単純重力モデルで説明し切れないゾーン間の社会、経済的な結合度を表わす地区間調整係数を各ゾーンペアごとに導入している。この調整係数の的確な予測ができれば、修正重力モデルの予測精度は他のモデルより相当よくなると考えられるが、現在まで、将来の地区間調整係数の予測方法が開発されていない。

そこで、本研究では、著者の提案している修正重力モデルにおける地区間調整係数の推定法を開発し、名古屋市の通勤、通学交通量の実績値を用いて、このモデルの予測精度を検討する。

2．修正重力モデル

本研究で用いる修正重力モデルは次のようなものである。

$$T_{ij} = P_i \cdot \frac{K_{ij}\sqrt{A_j}/t_{ij}^{\gamma}}{\sum_{j=1}^{N} K_{ij}\sqrt{A_j}/t_{ij}^{\gamma}} \qquad (1)$$

ここに、T_{ij}＝ゾーンiからjへの交通量，P_i＝ゾーンiの発生交通量，A_j＝ゾーンjの集中交通量，t_{ij}＝ゾーンi，j間の所要時間，N＝ゾーン総数，k，γ＝定数

なお、式(1)で求めたT_{ij}のiに関する和を集中量に一致させるために、次式(2)を用いてT_{ij}のiに関する和がA_jにほぼ一致するまで、A_jを修正するくり返し計算法を用いる。

$$A_j^{(l+1)} = A_j^{(l)}\left[A_j \Big/ \sum_{i=1}^{N} T_{ij}\right] \qquad (2)$$

ここに、$A^{(l+1)}$は$(l+1)$回目のくり返し計算のためのA_jの修正値で、$A^{(1)}=A_j$である。

3．調整係数の予測モデル

昭和35，40，45年の名古屋市通勤・通学交通に関するK_{ij}の値（これらをK_{ij}^t，t＝35，40，45で表わす）の分布状況およびその時間変化の状況，さらにK_{ij}^tのもつ意味などから，K_{ij}^tの値は1.00を中心に比較的狭い区間、名古屋市の例では区間（0.0，6.0）に分布して時間の経過とともに1.00に近づく傾向にあることがわかった。

このようなK_{ij}^tの特性を考慮した予測モデルを提案する。すなわち、K_{ij}^tは原則的に，時間の経過とともに1.00に近づき，過去のデータで1.00から離れる傾向をもっている場合にも，1.00からの偏差が小さくなるようなモデル式を導入する。なお、ここでは，1時点および2時点でのOD交通量がある場合について考える。

3－1．2時点でのOD交通量が与えられる場合

まず2時点t_1，t_2でのOD交通量より$K_{ij}^{t_1}$，$K_{ij}^{t_2}$を求める．このとき、$K_{ij}^{t_1}$と$K_{ij}^{t_2}$の大小関係および両者と1.00の大小関係により，K_{ij}^tの変化傾向は6つの場合に分けられる．各場合に応じて，K_{ij}^tが時間の経過とともに1.00に近づくか1.00からの偏差が小さくなるようなモデル式を導入する。モデル式の例を次式(3)～(5)，(6)～(8)に示す．

Model 1； $K_{ij}^t = 1 + \frac{b}{t-a}$ (3)，　$K_{ij}^t = c + \frac{b}{t}$ (4)，　$K_{ij}^t = \frac{b}{t-a}$ (5)

Model 2； $K_{ij}^t = 1 + \frac{b}{t^m}$ (6)，　$K_{ij}^t = c + \frac{b}{t^2}$ (7)，　$K_{ij}^t = \frac{b}{t^m}$ (8)

ここに、a，b，c，mはゾーンペアごとに実績値より決定する。

3－2．1時点でのＯＤ交通量が与えられる場合

1時点でのＯＤ交通量よりK_{ij}をおめ、その値に応じて将来時点tの調整係数の値K_{ij}が1.00に近づくように推定するモデル式を用いる。モデルの実例を示すと、次式(9)，(10)，(11)のようである．

$$\text{Model 1}\,;\ K_{ij}^{t}=1\pm\frac{1}{t-a}\quad(9),\quad \text{Model 2}\,;\ K_{ij}^{t}=1+\frac{b}{t}\quad(10),\quad \text{Model 3}\,;\ K_{ij}^{t}=1\pm\frac{1}{t^{m}}\quad(11)$$

また、1時点のＯＤ交通量を用いて将来を予測する場合、近い将来時点で、地区間調整係数がほとんど変化しないと考えられるときには、K_{ij}^{t}が変化しないと考えて将来交通量を予測することができる。

4．予測精度の検討

昭和35，40年の名古屋市通勤・通学ＯＤ交通量に基づいて、ここで提案したモデルにより、昭和45年の通勤通学交通量を推定し、昭和45年の実績交通量と比較して、予測モデルの実績値に対する適合性すなわち予測精度について検討する。予測モデルによる予測結果の実績値に対する適合性の判定は、予測交通量と実績値の比とその標準偏差およびχ^2値によって行なう。なお、χ^2値は次式で計算されるものである。モデルの適合性の判定法はいくつかあるが、ゾーン　ペアごとに精度を検討するのがよいと考えられるので、ここでは、ゾーン　ペアごとの

$$\chi^2=\sum_{i,j}^{N}(T_{ij}-\bar{T}_{ij})^2/\bar{T}_{ij},\quad ここに、\bar{T}_{ij}=実績交通量 \tag{12}$$

適合性の総合評価値であるχ^2値を用いることにした。

前節で述べた各K_{ij}の予測モデルにより、昭和35，40年から45年の交通量を予測し、それぞれのχ^2値および比とその標準偏差を示したのが、表－1である。この表によれば、以下のようなことがわかる。

2時点（35，40年）の交通量から予測する場合の予測精度は、式(3)～(5)のModel 1の方が(6)～(8)のModel 2よりわずかではあるがよい。

1時点の交通量から将来を予測するモデルでは、昭和35年と40年のいずれから45年の交通量を予測する場合にも、式(10)の予測精度がよい。なお、40年から45年を予測する場合は、40年のγ，K_{ij}が45年でも変わらないとした場合の予測精度がきわめてよい。これより、短期予測では、γ，K_{ij}が変化しないと考えてよいであろう。

参考文献：S. Kawakami ; A Gravity model for trip distribution, Proc. of sixth international symposium on transportation and traffic flow theory. Aug. 1974

Table **1.** Accuracy of Gravity Model Forecasts Made for a 10-year Historical Period for Nagoya City

Forecasting model of K_{ij}^{70}		Value of γ	Mean value of ratio G.M./O-D	Standard deviation of ratio G.M./O-D	Value of χ^2
$K_{ij}^{70}=K_{ij}^{65}$		2.187	0.926	0.252	11,879
		1.996	1.11	0.313	31,588
$K_{ij}^{70}=K_{ij}^{60}$		1.996	1.03	0.129	4,458
		2.187	0.848	1.43	10,392
$K_{ij}^{70}=1\pm\frac{1}{t-a}$	('60)	2.187	1.19	0.666	134,491
	('60)*	2.187	1.02	0.465	82,604
	('65)	1.996	1.38	0.715	134,134
	('65)*	1.996	1.16	0.489	70,782
$K_{ij}^{70}=1+\frac{b}{t}$	('60)	2.187	0.988	0.205	11,765
	('60)*	2.187	0.971	0:214	12,557
	('65)	1.996	1.08	0.150	6,231
	('65)*	1.996	1.06	0.148	5,665
$K_{ij}^{70}=\dfrac{1+\frac{b}{t-a}}{C+\frac{b}{t}}$	Model 1	1.996	0.985	0.146	4,356
$K_{ij}^{70}=\dfrac{1+\frac{b}{t^{m}}}{C+\frac{b}{t^{2}}}$	Model 2	1.996	0.981	0.151	4,745

"(t)" shows that the value of K_{ij}^{70} is forecasted by using the value of K_{ij} in the year t.
"*" shows that $K_{ij}^{70}=K_{ij}^{t}$ in the model.