IV-77　正規重力モデルによるＯＤ分布予測

金沢大学工学部　飯田恭敬
建設コンサルタントセンター　○ 松田正人

1. まえがき

重力モデルは現在最もよく用いられているＯＤ分布予測モデルであるが，正規化条件式あるいは周辺分布交通量条件式を満足しないのが欠点とされている。本報告では，正規化係数を導入することにより，この欠点を克服した正規重力モデルを提案する。この正規重力モデルはゾーン間の交通抵抗が将来も変化しないと仮定した現在パターン型である場合，モデル構造としてはデトロイト法とまったく同一であることが証明できる。したがって，このモデルはデトロイト法と重力モデルを結合したモデルと考えてよく，非現在型パターンにも適用が可能である。

2. 正規重力モデル

ゾーンi，j間のＯＤ交通量t_{ij}が，ゾーン間距離あるいは所要時間などの交通抵抗と無関係に決まると仮定すれば，一般にt_{ij}は(1)式で表わされる。

$$t_{ij} = T_i \frac{U_j}{\sum_j U_j} = \frac{T_i U_j}{T} \tag{1}$$

すなわち，ゾーンiからの発生量T_iがゾーンjへ集中する割合は，ゾーンjの相対的集中量，つまり対象地域全体の総トリップ数$T=\sum_j U_j$ に対するゾーンjの集中量U_jに比例すると考えられる。しかし，実際には各ゾーン間の交通抵抗が異なるため，(1)式で求められるＯＤ交通量t_{ij}は実測値とは一致しないのが普通である。そこで，交通抵抗を表わす関数としてR_{ij}を考え，(2)式のようにすると実測値に一致させることができる。

$$t_{ij} = \frac{T_i U_j}{T} R_{ij} \tag{2}$$

ここで，R_{ij}はゾーンi,j間の交通抵抗が大きいほど，その値が小さくなる性質のものである。交通抵抗要因としては，ゾーン間距離あるいは所要時間その他さまざまなものを考えることができるが，ここではそれらをすべて含んだものとしてR_{ij}を用いている。このモデルによる将来予測は次のように行なう。将来におけるゾーンi，j間の交通抵抗を表わす関数としてR'_{ij}を用いると，将来のＯＤ交通量x_{ij}は(3)式で表わされる。

$$x_{ij} = \frac{X_i Y_j}{X} R'_{ij} \tag{3}$$

したがって，将来における発生集中量X_i, Y_jが与えられたとき，x_{ij}の推定にはR'_{ij}の推定が必要となる。短期予測を行なう場合，すなわち，現在ＯＤパターンが将来においてあまり変化しないと思われる場合は，R'_{ij}はR_{ij}と近い値を示すと考えられるので，R'_{ij}の推定値として便宜的にR_{ij}を用いてもよい。そこで(2)式を変形すると

$$R_{ij} = t_{ij} \frac{T}{T_i U_j} \tag{4}$$

が得られるので，現在ＯＤ表からR_{ij}を求め，(3)式のR'_{ij}に代入すれば将来のＯＤ交通量x_{ij}を求めることができる。長期予測を行なう場合，とくに現在ＯＤパターンが将来大きく変化すると思われる場合は，将来値R'_{ij}は現在値R_{ij}からかなり異なると考えられるので，$R'_{ij} \fallingdotseq R_{ij}$とみなすことはできない。そこで次のような方法をとる。前述のようにR_{ij}は交通抵抗を表わしているので，交通抵抗要因の１つとしてゾーンi,jの中心間所要時

間r_{ij}を考え，R_{ij}をr_{ij}の関数として表わしてみる。R_{ij}はr_{ij}が大きくなると小さくなると考えられるので，次のような関数形を仮定してみる。

$$R_{ij}=K_{ij}/r_{ij}^{\alpha} \tag{5}$$

まず(4)式により現状のR_{ij}を求め，$K_{ij}=1$とおいて最小自乗法により係数αを決定し，次に$K_{ij}=R_{ij}r_{ij}^{\alpha}$より$K_{ij}$を求める。したがって，この$K_{ij}$は(2)式で表わされるOD構造との隔りを示す調整係数といわれるものであり，r_{ij}で表わしきれないさまざまな交通抵抗要因を表わしていると考えることができる。このようにすると，将来における所要時間r'_{ij}からR'_{ij}を求めることができ，ODパターン構造の変化に対応することが可能となる。(3)式によって求められるOD交通量x_{ij}は，正規条件式(6)を満足しないのが普通である。

$$\left.\begin{aligned}\sum_j x_{ij}&=\frac{X_i}{X}\sum_j Y_j R'_{ij}=X_i\\ \sum_i x_{ij}&=\frac{Y_j}{X}\sum_i X_i R'_{ij}=Y_j\end{aligned}\right\} \tag{6}$$

そこで，正規化係数A_i，B_jを導入し(7)式のようにしてこれを正規化する。

$$X_{ij}=\frac{A_i X_i B_j Y_j}{X}R'_{ij} \tag{7}$$

A_i, B_jを求めるには，(6)式から次式が得られるので，

$$A_i=\frac{X}{\sum_j B_j Y_j R'_{ij}} \quad (8) \qquad B_j=\frac{X}{\sum_i A_i X_i R'_{ij}} \quad (9)$$

はじめにB_jに適当な初期値を仮定して(8)式によりA_iを求め，このA_iを(9)式に投入して新たなB_jを求める。この操作を(8)，(9)式を同時に満足するA_i，B_jが求まるまで繰り返し，収束したこれらの値を(7)式に入れると正規条件式を満たす将来OD交通量が得られる。

3、現在パターン型正規重力モデルとデトロイト法との関係

現在のODパターンが将来においてあまり変化しないと考えられる現在パターン型の場合，すなわち，$R'_{ij}\doteqdot R_{ij}$とみなせる場合については，(4)式を(7)式に代入すると

$$x_{ij}=\frac{A_i X_i B_j Y_j}{X}t_{ij}\frac{T}{T_i U_j}=(A_i B_j)t_{ij}\frac{\frac{X_i}{T_i}\cdot\frac{Y_j}{U_j}}{\frac{X}{T}}=(A_i B_j)t_{ij}\frac{F_i F_j}{F}\doteqdot t_{ij}\frac{F'_i F'_j}{F} \tag{10}$$

となり，デトロイト法のモデル式が得られる。ここに，F_i，F_j，Fはそれぞれゾーンi，jの発生量および総トリップ数の成長率で，ダッシュは正規化された状態を表わす。したがって，現在パターン型としての正規重力モデルは，収束計算法が異なるだけで，モデル構造としては，デトロイト法と全く同じであることがわかる。

4、あとがき

正規重力モデルを現在パターン型として用いる場合は，デトロイト法と構造的には同じであるが重力モデルでODを表現するため，現在交通量が零でも将来交通量が零となることは回避できる。しかし，非現在パターン型として将来推計を行なう場合はR'_{ij}の与え方が問題となる。R'_{ij}はゾーン間の交通抵抗を表わすもので将来のゾーン間所要時間r'_{ij}と密接な関係を有する。しかし，r'_{ij}のみでR'_{ij}をすべて説明できるものではなく，これを補うものとして調整係数K_{ij}が用いられている。この現実値とのずれを補正する調整係数が将来も安定したものであるのかどうか確かではないし，それに実績ODもたまたま得られた結果であるため調整係数そのものの信頼性にも疑問がある。したがって，R'_{ij}は調整係数およびゾーン間所要時間の双方の与え方に関係してくる。これらのことについては今後検討を加えることが必要であるが，もし，R'_{ij}の変化によるODパターン変化が敏感でなければ，実用上はr'_{ij}のみを操作して予測してもよいのではないかと思われる。