修正重力モデルの調整係数の推定法

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モデルとして、数多くのモデルが開発されており、これらは、成長率法、重力モデル、確率モデルなどに大別される。各モデルは、それぞれ特色をもっているので、地区間交通量の予測に際しては、対象とする地域、交通目的および予測時点などを考慮して、最適なモデルを採用する必要がある。

従来のモデルのうち成長率法は、現状の交通パターンを各ゾーンの交通成長率で修正するものである。したがって、交通パターンの変化が小さい場合に、きわめてよい予測値を与えるが、交通パターン変化が大きい場合に使用することはできない。一方、重力モデルおよび確率モデルは地区間交通の発生機構をモデルに組み込み、交通パターンの変化にもある程度対応できるような構造になっているといえよう。しかし、いずれのモデルにおいても、種々の要因の影響を受ける社会現象である交通分布を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。各ゾーン間の交通量はそれぞれのゾーン間の社会・経済的な結合度の強弱によって変わるため、ゾーン間の交通量をそのゾーンの発生・集中量と、ゾーン間交通抵抗（距離、所要時間）のみで説明することには、限界がある。このために、修正重力モデルにおいては、各ゾーンペアごとに、地区間調整係数を導入している。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、修正重力モデルを提案し、そのモデルの地区間調整係数の性質を実績データを用いて検討する。そして、その検討結果に基づいて、調整係数の予測方法の開発を試みる。

2．モデル式

ここで用いる修正重力モデルは著者が提案したもので、下記のような構造をもっている。

従来の研究によれば、単純重力モデルでは、下記の式(1)で与えられるものの予測精度がよいことが知られている。

$$T_{ij}=k\sqrt{P_i A_j}\ t_{ij}^{-\gamma} \qquad (1)$$

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、k,γ＝定数

しかし、式(1)を実績値に適用して、k、γを決定しても、この式で与えられる交通量T_{ij}は一般に実績値$\bar{T}_{ij}$に一致しないので、式(1)のT_{ij}を実績値$\bar{T}_{ij}$に一致させるためには、ゾーンi，jに対して、式(2)で定義される調整係数K_{ij}を必要とする。

$$K_{ij}=\bar{T}_{ij}/T_{ij} \qquad (2)$$

ここでは、この調整係数K_{ij}を導入し、ゾーンiからjへの交通量は次式(3)で与えられると考える。

$$T_{ij}=kK_{ij}\frac{\sqrt{P_i A_j}}{t_{ij}^{\gamma}} \qquad (3)$$

地区間交通量 T_{ij} の j に関する和は、発生量に一致しなければならない。この条件より式(3)の k の値を求め、これを式(3)に代入すると次式を得る。

$$T_{ij} = P_i \cdot \frac{K_{ij}\sqrt{A_j}/t_{ij}^{\gamma}}{\sum_{k=1}^{N} K_{ik}\sqrt{A_j}/t_{ik}^{\gamma}} \qquad (4)$$

これが、ここで提案する修正重力モデルである。そして、T_{ij} の i に関する和を集中量に一致させるためには、次式(5)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。

$$A_j' = A_j \left[A_j \Big/ \sum_{i=1}^{N} T_{ij} \right]^2 \qquad (5)$$

3. 調整係数の特性の検討

式(4)の基本式は式(3)であるので、式(3)の K_{ij} の値が P_i、A_j、T_{ij}、t_{ij} の変化の影響をどのように受けるかを検討する。式(3)より次式(6)を得る。

$$\frac{dT_{ij}}{T_{ij}} = \frac{dK_{ij}}{K_{ij}} + \frac{1}{2}\left(\frac{dP_i}{P_i} + \frac{dA_j}{A_j}\right) - \gamma\frac{dt_{ij}}{t_{ij}} \qquad (6)$$

この式を変形すると

$$\therefore dK_{ij} = K_{ij}\left\{\frac{dT_{ij}}{T_{ij}} - \frac{1}{2}\left(\frac{dP_i}{P_i} + \frac{dA_j}{A_j}\right) + \gamma\frac{dt_{ij}}{t_{ij}}\right\} \qquad (7)$$

いま、ゾーン間所要時間 t_{ij} が変化しない場合を考えると、$dt_{ij}/t_{ij} = 0$ であるから

$$dK_{ij} = K_{ij}\left\{dT_{ij}/T_{ij} - \frac{1}{2}\left(dP_i/P_i + dA_j/A_j\right)\right\} \qquad (8)$$

となる。この式(8)より $dT_{ij}/T_{ij} = \frac{1}{2}(dP_i/P_i + dA_j/A_j)$ のとき、すなわちゾーン間交通量の変化率と発生・集中量の変化率の平均値が等しい場合には、K_{ij} に変化がないことがわかる。そして、

$dT_{ij}/T_{ij} \lesseqgtr \frac{1}{2}(dP_i/P_i + dA_j/A_j)$ のとき $dK_{ij} \lesseqgtr 0$ である。

また、発生・集中量に変化がない、すなわち $dP_i = dA_j = 0$ の場合を考えると、式(7)は

$$dK_{ij} = K_{ij}\left(dT_{ij}/T_{ij} + \gamma \cdot dt_{ij}/t_{ij}\right) \qquad (9)$$

式(9)のようになる。これより、$dT_{ij}/T_{ij} \gtreqless -\gamma\, dt_{ij}/t_{ij}$ のとき $dK_{ij} \gtreqless 0$ であることがわかる。すなわち、地区間交通量の変化率と所要時間の変化率との大小関係によって、調整係数が増減することがわかる。

4、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の K_{ij} の値(これらを K_{ij}^{y}, y=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} のもつ意味などから、K_{ij} の値は1.00を中心に区間(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} の特性を考慮した予測モデルを提案する。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。

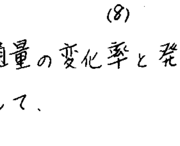

図-1、K_{ij} の経年変化

(1) 2時点でのOD交通量が与えられる場合/まず2時点でのOD交通量より K_{ij} を求める。このとき、K_{ij}^{35} と K_{ij}^{40} の値の変化状況には図-1の6つの場合があるので、各場合に応じて、

$$K_{ij}^{t} = 1 + \frac{b}{t-a} \qquad (10) \qquad\qquad K_{ij}^{t} = c + \frac{b}{t} \qquad (11)$$

を用いて、K_{ij}^{t} が時間の経過とともに1.00に近づくように予測する。式(10), (11)の代りに、次式(12), (13), (14)を用いることもできよう。

$$K_{ij}^{t} = 1 + \frac{b}{t^m} \qquad (12) \qquad K_{ij}^{t} = \frac{b}{t^m} \qquad (13) \qquad K_{ij}^{t} = c - \frac{b}{t^2} \qquad (14)$$

ここに a, b, c, m は実績値より決定する。

(2) 1時点でのOD交通量が与えられる場合/OD交通量より K_{ij} を求め、その値に応じて、次式(15), (16), (17)を用いて将来時点 t の調整係数の値 K_{ij}^{t} が1.00に近づくように推定する。

$$K_{ij}^{t} = 1 \pm \frac{1}{t-a} \qquad (15) \qquad K_{ij}^{t} = 1 + \frac{b}{t} \qquad (16) \qquad K_{ij}^{t} = 1 \pm \frac{1}{t^m} \qquad (17)$$

ここに a, b, m は実績値 K_{ij} より決定する。