

1. はじめに

本研究では、交通パターンの一指標として地域間結合度を定義し、従来の地区間交通量予測モデルが現在の地域間結合度と将来のそれとの関係をどのように表現しているかを検討する。これにより、各モデル式の構造の統一的な分類を試みる。

2. 地域間結合度

もし地区間の交通に対する抵抗が全くなく、交通量のゾーン内、 j 間の分布が一様分布であると仮定すると、地区 i, j の現在の発生・集中交通量 T_i, U_j が与えられたとき、地区間交通量 t_{ij} は次式で与えられる。

$$t_{ij} = T_i U_j / T \quad T = \sum_i T_i = \sum_j U_j \quad (1)$$

ところが、実際の i, j 間の交通量 t_{ij} は t_{ij} に等しくない。これは、 i, j 間の距離および所要時間に代表される交通抵抗や地区間の結びつきによって、交通量 t_{ij} が t_{ij} より上あるいは以下になつてゐる。したがって、 t_{ij}/t_{ij} の値で地区間の交通抵抗と結びつきの度合を総合した、交通上の関係の強さを表わすことができる。ここでは、これを地域間結合度と名付け、 R_{ij} で表わすことにする。そして、 R_{ij} を OD 交通パターンの一指標であると考へる。一般に地域全体の交通量が一律に k 倍になつたとき、交通パターンは不変であると考へられるが、OD パターンを R_{ij} で表わせば、交通量が一律に k 倍になつたときの地域間結合度 R'_{ij} は元の R_{ij} に等しくなり、交通パターンを表示するための指標のもつて必要条件を満たしている。また、OD パターンの類似性の比較は、(R_{ij} と R'_{ij} の比較)

$$\chi^2 = \sum_{i,j} \frac{(t'_{ij} - t_{ij})^2}{t_{ij}} = \sum_{i,j} \frac{T_i U_j (R'_{ij} - R_{ij})^2}{R_{ij}}, \quad \text{あるいは} \quad \sum_{i,j} (R'_{ij} - R_{ij})^2$$

で行なう。同一地域の同一地区分割 OD 表においては、これらの値がいまいちほど OD パターンは似ていふと判断する。

3. モデル式の比較

つぎに、OD パターンを R_{ij} で表わしたとき、各予測モデルが将来の OD パターンをどのようにとらえてゐるかを考察してみよう。いま現在のゾーン内、 j 間の地域間結合度を $\bar{R}_{ij}$ とし、将来のそれを R_{ij} とすると、 $\bar{R}_{ij} = t_{ij} T / T_i U_j$ 、 $R_{ij} = x_{ij} X / X_i Y_j$ である。ここには、 x_{ij} 、 X_i 、 Y_j はそれぞれ将来の地区間交通量、発生および集中交通量を表わし、 $X = \sum_i X_i = \sum_j Y_j$ である。そして、 X 、 X_i 、 Y_j がそれぞれ T 、 T_i 、 U_j の a_i 、 b_j 倍であるとき、各モデルの基本式における R_{ij} と $\bar{R}_{ij}$ の関係について検討する。そのために、各モデル式を R_{ij} と $\bar{R}_{ij}$ を用いて表わすと次のようになる。まず、現在と将来の地区間所要時間が不変である場合について考察する。

(1) 成長率法 (現在パターン法)

(a) 平均成長率法

$$R_{ij} = \frac{C}{2} \left(\frac{1}{a_i} + \frac{1}{b_j} \right) \bar{R}_{ij}$$

(b) デトロイト法

$$R_{ij} = \bar{R}_{ij}$$

(c) フレータ法

$$R_{ij} = \frac{C}{2} \left\{ \frac{\sum_i t_{ij}}{\sum_i b_i t_{ij}} + \frac{\sum_j t_{ij}}{\sum_j a_j t_{ij}} \right\} \bar{R}_{ij}$$

成長率法は、 x_{ij} を与えられた発生・集中量に一致させるためにくり返し計算を行なうので、上式は必ずしも最終結果の R_{ij} と $\bar{R}_{ij}$ の関係を与えていないが、モデル式の構造から原則的には上式に近い関係が成立していることが推測できる。

(2) 重力モデル

(a) モデル 1, $t_{ij} = k T_i U_j Y_{ij}^{\sigma}$
 $R_{ij} = C \bar{R}_{ij}, \bar{R}_{ij} = t_{ij} T_i / T_i U_j$

(b) モデル 2, $t_{ij} = k \sqrt{T_i U_j} Y_{ij}^{\sigma}$
 $R_{ij} = \frac{C}{\sqrt{a_i b_j}} \bar{R}_{ij}$

(c) 米国道路局モデル
 $R_{ij} = C \cdot \frac{\sum_k \frac{K_{ik} U_k}{Y_{ik}^{\sigma}}}{\sum_k \frac{K_{jk} U_k}{Y_{jk}^{\sigma}}} \cdot \bar{R}_{ij}$

ここに、 Y_{ij} は i, j 間の所要時間を表わし、 σ は経験的に定められる定数である。重力モデルでも予測交通量を発生、集中量に一致させるために修正計算法を用いるので、 R_{ij} と $\bar{R}_{ij}$ はほぼ上式に近い関係をもつとしかいえない。また (c) 以外は、 $\bar{R}_{ij}$ が実際の地域間結合度を表わしていない。なぜなら、それぞれのモデル式で表わされた交通量 t_{ij} を現在交通量とみなして $\bar{R}_{ij}$ を求めようとすることになるからである。ここでは、このような地域間結合度を $\bar{R}_{ij}$ で表わした。したがって、 t_{ij} は平均的な値となるので、 $\bar{R}_{ij}$ も平均的な値となっている。これが重力モデルの実績値に対する適合度を悪くする原因の一つであろう。モデル 1 と 2 では、2 の方が実績値に対する適合度がよいが、これは将来予測に依りて、1 では C だけを考慮しているのに対して、2 では C, a_i, b_j をすべて考慮していることによると考えられる。米国道路局モデルは、調整係数 K_{ij} を導入しているので、 $\bar{R}_{ij}$ がほぼ実際の地域間結合度に近い値を示していると考えられる。

(3) 確率モデル

(a) 介在機会モデル

$$R_{ij} = \frac{C \left\{ e^{-L_1 b_k U_k} - e^{-L_2 (b_k U_k + b_j U_j)} \right\}}{b_j \left\{ e^{-L_1 U_k} - e^{-L_2 (U_k + U_j)} \right\}} \bar{R}_{ij}$$

(b) 競合機会モデル

n :ゾーン数

$$R_{ij} = C \cdot \frac{\left\{ \frac{1}{\sum_{k=1}^n b_k U_k} - \frac{1}{\sum_{k=1}^n b_k U_k} \right\} \left\{ \frac{1}{\sum_{k=1}^n U_k} - \frac{U_j}{\sum_{k=1}^n U_k} \right\}}{\left\{ \frac{1}{\sum_{k=1}^n U_k} - \frac{1}{\sum_{k=1}^n U_k} \right\} \left\{ \frac{1}{\sum_{k=1}^n b_k U_k} - \frac{b_j U_j}{\sum_{k=1}^n b_k U_k} \right\}} \bar{R}_{ij}$$

(c) エントロピー法 $R_{ij} = \alpha U_i U_j Y_{ij}^{\sigma}$ の場合: $R_{ij} = \bar{R}_{ij}$

確率モデルも重力モデルと同様に、現在の地域間結合度としては、モデル式による推定交通量 t_{ij} に対する $\bar{R}_{ij}$ を用いている。また、交通量を与えられた発生、集中量に一致させるために修正計算を行うので、上式に近い関係が成立しているといえる。

以上に述べた地区間交通量の予測モデル式をその基本構造から分類すると、 $R_{ij} = A_1 \bar{R}_{ij}$ とみると $A_1 = \%a_i, \%b_j, \frac{1}{2}(\%a_i + \%b_j), \% \sqrt{a_i b_j}, A_1 = C, A_2 = 1$ の三つの型に分けられる。モデルのほとんどが平均成長率法に代表される A_1 に属し、デトロイト法とエントロピー法とが A_2 に属す。

ところで、実績値に対するモデルの適合度の比較結果によると、平均成長率法とデトロイト法との間にはモデル式の構造に差があるにもかかわらず、両モデルの適合度に差がなく、モデルの構造があまり違わない^(平均)成長率法と重力モデル 2 との間に相対的な適合度の差があった。これらの点を考慮すると、モデルの適合度の良し悪しは、 $\bar{R}_{ij}$ として実際の値を用いているのかどうかによるように思う。

さらに、将来において、地区間所要時間 Y_{ij} および σ の値が Y_{ij}^0 および σ^0 に変化する場合、上記モデル式のうち、 Y_{ij} を含むものは $R_{ij} = (Y_{ij}^0 / Y_{ij}^{\sigma}) A_1 \bar{R}_{ij}$ となる。

多くの地区間交通量の予測モデルの構造は、モデル式を用いて将来交通量の第一近似値を求め、その第一計算と、この値を予測の前提として発生、集中量に一致させるための修正計算法である第二計算に分解できる。上に述べたモデル式はいずれも第一計算の方法を式で示したもので、これは三つの型に分類できるところを指摘した。第二計算の方法は、単なる修正計算法と交通量分布の同時確率最大というようにその意味を方法に大別できる。