

1. まえがき 都市内の交通は、通常時間的にも空間的にも平衡な分布パターンを示すことが知られているが、この平衡状態に着眼して、主として確率的なアプローチによる交通量配分モデルをすでに提案しているが、このモデルはまた都市内のOD分布の推定にも応用しうることが明らかにされている<sup>2)</sup>。そこで本文では、本モデルをOD分布の推定に適用した場合の実証的研究を行ない、その適用性を評価する。

2. 交通量分布モデルの概要 モデルの定式化にあたり、まず対象地域内の交通の総走行台時分(または総走行台キロ)を与えたときの、確率的に最も実現しやすい分布パターンというものを考える。この際に、理論上でトリップ分布の自由な組合わせを考えるために、トリップの互換性の仮定が必要となる。まず $r$ 個の交通発主ゾーンと $s$ 個の交通吸収ゾーンから成る対象地域を考え、その中に全体で $N$ トリップの交通が各ゾーン間に分布する状態を考える。発主ゾーン $i$ の標準化された発主交通量を $u_i$ 、吸収ゾーン $j$ の標準化された集中交通量を $v_j$ 、またゾーン $i$ を出発した車がゾーン $j$ に向う遷移確率を $P_{ij}$ 、またそのときの所要時分を $t_{ij}$ で表わす。したがって $N$ トリップによる総走行台時分 $E$ は、

$$E = N \sum_i \sum_j u_i P_{ij} t_{ij} \tag{1}$$

で表わされる。ところで、任意の総走行台時分 $E$ (任意ではあるが一度選べば固定する)が $N$ トリップによって共有される可能な配分状態は一般にはほかに無数に存在する。その中で最も確率的にみて起り易い分布パターンとして次式をえる<sup>1)</sup>。

$$\text{Max.} (\ln Z_E - \gamma E) \tag{2}$$

上式の $Z_E$ は任意の分布に関しておよそ可能なすべての組合わせの数を表わし、 $Z_E = N! / \prod_i N_i!$ で表わされるものである。ただし組合わせは総走行台時分 $E$ と矛盾しない範囲で考えられるべきものである。また $\gamma$ は常数で、平均トリップ当り走行時分 $\bar{t}$ により $\gamma = \ln(1 + 1/\bar{t})$ から一意的に決まる。

(1)式を $u_i$ 、 $P_{ij}$ 、 $t_{ij}$ を用いて( $v_j$ は式中にあらわれない)書きなおし整理すると、

$$\text{Max} (-\sum_i u_i \ln u_i - \sum_i \sum_j u_i P_{ij} \ln P_{ij} - \gamma \sum_i \sum_j u_i P_{ij} t_{ij}) \tag{3}$$

となり、上式を次の条件式

$$\sum_i u_i = 1, \quad \sum_j v_j = 1, \quad \sum_j P_{ij} = 1, \quad \sum_i u_i P_{ij} = v_j \tag{4}$$

のもとで解けばよい。(3)式の(1)項および(2)項を、統計力学の平衡条件式(ヘルムホルツの自由エネルギー式)にならうと、それぞれトリップ発主エントロピー、トリップ分布エントロピーと呼ぶ。

さて一般には、各ゾーンの発主または集中交通量は、各ゾーンの土地利用、経済活動に大きく支配される。したがって $u_i$ 、 $v_j$ は別に与えた方がよい。このとき(3)式のトリップ発主エントロピーは常数項となり、解はくり返し計算によって次のようにえられる。

$$P_{ij} = \alpha_i \beta_j \exp(-1 - \gamma t_{ij}) \tag{5}$$

ただし $\alpha_i$ 、 $\beta_j$ は、 $\alpha_i = e / \sum_j \beta_j \exp(-\gamma t_{ij})$  と  $\beta_j = e v_j / \sum_i \alpha_i u_i \exp(-\gamma t_{ij})$  とから収束計算によって求める。

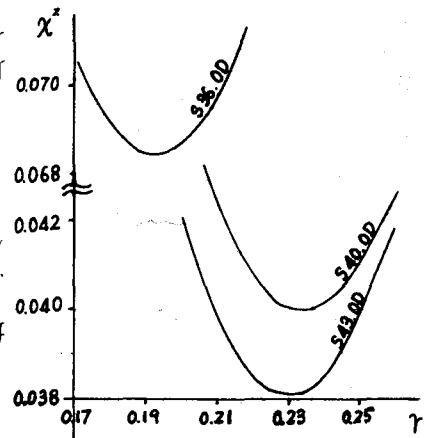
ところで上式からOD確率  $u_{ij}$  は

$$u_{ij} = \alpha_{ij} u_i P_j \exp(-\gamma t_{ij}) \quad (6)$$

と書ける。ただし上式で  $\alpha_{ij} = \alpha_i / \sum_j \alpha_{ij} u_i \exp(-\gamma t_{ij})$  としている。これは総走行自時分を固定した場合に確率最大化によって求めたODパターンが重力モデル構造を有することを示している。

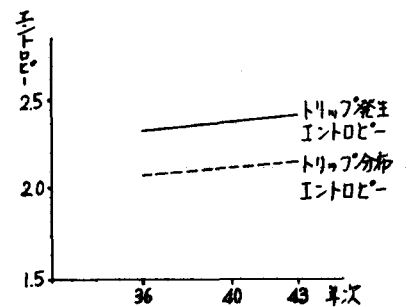
3. 適用例 モデルの適合性を検討するため、名古屋14区を例にとりて計算を行なった。本モデルの前提にはトリップの互換性の仮定がなされているため、その適用もこの仮定を満足する目的および車種の交通に限られるべきであるが、本文では資料の関係からやむをえず昭和43年の乗用車によるOD交通実績値を用いた。ただしゾーン内相互の交通は計算の対象から除外し、また  $\gamma$  としては便宜的にゾーン間距離を採用している。なお計算の結果はかなり良好であった(計算結果は当日発表の予定)。なお計算に用いた  $\gamma$  の値は平均トリップ長  $\bar{t}$  から一意的に決まるが、昭和43年の実績ODから得られた平均トリップ長(ゾーン内相互を除いた平均)は7.142 km、そのときの  $\gamma = 0.2347$  であった。 $\gamma$  の値を変化させてOD交通量を計算し、これと実績ODとの適合度を  $\chi^2$  値により検定した結果を図-1に示す。図中には同じく昭和40年および36年の実績ODについて計算した結果も示されているが、各年次とも  $\gamma$  の値が実績値から得られた平均トリップ長にほぼ一致したときの  $\gamma$  の値で適合度も最大になることが判明した。以上の計算結果から判断すれば、トリップの互換性の仮定からみても必ずしも満足すべき適用例でない乗用車のODにもかかわらず、 $\gamma$  と  $u_i, v_j$  を与えて  $\bar{t}$  を固定したときの確率的に最も起りやすいODパターンが、実績ODを十分表わしうるということが明らかとなり、本モデルの実用性が証明されたと言ってもよいであろう。ただし前節で述べたように、本モデルはその構造からいって重力モデル構造を有する交通に対してのみ適用が限定されるものである。

図-1  $\gamma$  の値と適合度 ( $\chi^2$  値) の関係



つぎにOD分布とエントロピーの関係を検討するため、名古屋市の実績ODから得られるトリップ発生エントロピー値およびトリップ分布エントロピー値の経年変化を見ると、図-2に示すように両エントロピー値がほぼ直線的に増加していることがわかる。これは都市空間における人間の創造活動によって、交通の分布パターンにおけるエントロピーを減少させる方向にあなにもかかわらう。なお全般的にはエントロピーは年々増加し、分布パターンの空間的均等化が進行していることを示しており、これはまた都市の拡大を裏付けているとも考えらる。

図-2 エントロピーの経年変化



参考文献

- 1) 松井寛 "交通量分布解析の統計学的接近" 第24回土木学会年次学術講演会概要集 昭和44年9月
- 2) 松井寛 "交通量分布パターンの確率論的考察" 土木学会論文報告集 (投稿中)