

信州大学大学院 学生員 ○前田 依也
信州大学工学部 正 員 奥谷 巖

1. はじめに

4段階推定法に基づく交通需要予測手法は、膨大な作業を必要とするため、より合理的な手法の開発が必要となっている。特に最近では、4段階推定法の各ステップにおけるモデルの簡略化に対する研究成果が、数多く発表されてきている。しかし、4段階のプロセス全体の中で考えた場合、意味のある精度を含む範囲内で、モデルの簡略化と精緻化を含めたより合理的な予測手法の開発が重要である。そこで、筆者らは、合理的な手法開発の基礎研究として、車線数決定の際の4段階推定法に沿った累積誤差分析を行ない、すべてのステップが最終的な精度に影響を及ぼさず、影響の与え方に強弱が存在することを述べた。この分析手法では、乱数によって決定される誤差の期待値と分散を各推計ステップに入力し、累積誤差を求めることによって、車線数の期待値と分散を決定した。その上で、車線数の分布は正規分布であると仮定し、精度の評価を行なった。しかし、車線数の分布の正規性については明らかでなく、あくまで仮定であるとした。したがって本研究では、車線数の分布が実際にはいかなる分布になるかを、シミュレーションによって考察したものである。

2. 誤差の正規性

一般に、予測値に対する誤差の分布は正規分布と仮定することが多いが、実際には明らかとなっていない。そこで、全国各地486の市町村の人口予測値と実際の人口とを用い、誤差の分布を調査した。ここで、誤差を表わす指標として、次の誤差率 α を定義する。

$$\alpha = (X - \bar{X}) / \bar{X} \quad \text{但し、} \bar{X}: \text{真値} \quad X: \text{予測値} \quad (1)$$

この誤差率 α の分布を、図-1に示す。正規分布としたときの、 χ^2 分布による適合度検定では、5%の有意水準で正規性が認められた。よって、人口の予測値に対する誤差の分布は、図から $N(0, 0.1)$ の正規分布と仮定することができる。一方、トリップ原単位などの、4段階推定法に必要なデータの予測誤差分布は、データ不足のため明らかでない。しかし、上記人口予測の結果から、4段階推定法の入力データとなる予測値に関しては、その誤差分布は正規分布と仮定する。

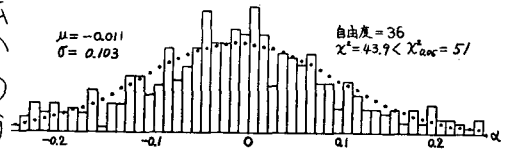


図-1. 人口の誤差分布

3. 誤差率の期待値と分散

推定システムの名ステップにおける期待値と分散を考える。ただし、紙面の制約上、および各ステップとも同様な関係が多いため、次の一例だけを示す。まず、 R を総発生トリップ推定値とすると、職業別の場合には、

$$R = \sum_i P_i t_i \quad \text{但し、} P_i: \text{職業別人口予測値} \quad t_i: \text{職業別発生トリップ予測値} \quad (2)$$

という関係となる。(1)式より、各々の予測値を誤差率 α によって示すと、次式となる。

$$\hat{R}(1 + \alpha_R) = \sum_i \hat{P}_i \hat{t}_i (1 + \alpha_{P_i} + \alpha_{t_i} + \alpha_{P_i} \alpha_{t_i}) \quad \text{但し、} \hat{R}, \hat{P}_i, \hat{t}_i: \text{真値} \quad (3)$$

期待値と分散は、 $\hat{R} = \sum_i \hat{P}_i \hat{t}_i$ — (4) を考慮し、また、 $E[\alpha_R \alpha_{t_i}]$, $V[\alpha_{P_i} \alpha_{t_i}]$ は微小と考える。

$$\hat{R} E[\alpha_R] = \sum_i \hat{P}_i \hat{t}_i (E[\alpha_{P_i}] + E[\alpha_{t_i}]) \quad (5)$$

$$\hat{R}^2 V[\alpha_R] = \sum_i \hat{P}_i^2 \hat{t}_i^2 (V[\alpha_{P_i}] + V[\alpha_{t_i}]) + \sum_{i,j} \hat{P}_i \hat{P}_j \hat{t}_i \hat{t}_j \sqrt{(V[\alpha_{P_i}] + V[\alpha_{t_i}])(V[\alpha_{P_j}] + V[\alpha_{t_j}])} \quad (6)$$

となる。ここで、 P_{ij} は相関係数である。

4. 車線数の決定

2.のようにして、4段階推定法の各ステップの期待値と分散を考え、各ステップを連続して計算することによ

り、累積誤差を含む車線数の期待値と分散を決定することができる。なお、各ステップの入力データの誤差率の期待値と偏差は、実際にはわからないので、いろいろな場合を想定して決定する。つまり、期待値と偏差を一樣乱数によって決定するものとし、乱数発生の範囲を変化させることによって、多くのケースを扱うことにする。また、期待値については、プラスとマイナスの両符号を取り得るため、個々の入力データの符号も、乱数を用いて決定できるようにする。表-1は乱数発生の範囲の一例であるが、この範囲内で、個々の入力データが過大推定となることが多い場合についての、車線数の期待値 $E[N]$ と偏差 $\sqrt{V[N]}$ の計算結果を示すと表-2のようになる。なお、この推定値の精度は、図-2に示すように、仮に期待値 $E[N]$ 、偏差 $\sqrt{V[N]}$ の正規分布とすれば、斜線で示した真値を取り得る範囲の面積で表わすことができる。また真値の範囲は、データに誤差がない場合の車線数が3.05車線となることから、これを偶数化して4車線と考え、図-2の分布で4車線と判断する範囲(2.3~4.3)とするわけである。

表-1. 入力データの誤差率の期待値と偏差の範囲

	α の期待値の範囲	α の偏差の範囲
総人口 P	0.01	0.1
職業別人口 P_i	0.15-0.3	0.05-0.2
職業別発生原単位 t_i	0.02-0.05	0.05-0.2
乗物利用率 U	0.15-0.3	0.05-0.2
ゾーン別発生比率 S_i	0.15-0.3	0.05-0.2
ゾーン別吸引比率 T_j	0.15-0.3	0.05-0.2
リンク別OD比率 ω_{ij}	0.15-0.3	0.05-0.2
交通機関別OD比率 ω_{ij}^m	0.15-0.3	0.05-0.2
同乗者数 η_{ij}	0.15-0.3	0.05-0.2
ルート配分率 ϕ_{ij}^k	0.15-0.3	0.05-0.2
30分間交通量 K	0.0	0.05-0.2
重方向交通量 D	0.0	0.05-0.2

5. 車線数の分布形についての検討

2.で述べたように、入力データの予測値の誤差分布を正規分布と仮定すれば、(3)式における α_R と α_{ti} の分布は正規分布することになる。よって、(5)式のように $\alpha_R \alpha_{ti}$ なる積の項を無視した場合には、(3)式左辺の α_R の分布も正規分布することになる。この α_R は、次のステップの入力データになるため、(5)式のような形の計算だけであれば、正規性は保たれる。しかし、誤差率の積の項の影響を全く無視できるとは限らないことと、OD分布交通量を求めるステップでの収束計算、加えて次に示す整合条件のために、最終的な結果となる車線数の分布は、正規分布とならない恐れもある。

$$\sum_i S_i = 1, \sum_j T_j = 1, \sum_m \omega_{ij}^m = 1, \sum_k \phi_{ij}^k = 1 \quad (7)$$

但し、 S_i : i ゾーン発生トリップ比率

T_j : j ゾーン吸引トリップ比率

ω_{ij}^m : (i,j) 間の交通機関 m の分担率

ϕ_{ij}^k : (i,j) 間の交通のルート k への配分率

すなわち、4.で述べた精度の評価を行なうときの仮定が、正しいとは限らないということである。したがって、車線数の分布を調べる必要があるが、個々の誤差率の分布から理論的に導き出すことが困難なため、シミュレーションによって求めることとする。図-3がそのアルゴリズムであり、4.で求めた結果との比較のため、入力データの誤差率の期待値と偏差値は、4.の方法で求めた値と同じになるようにする。誤差率 α は、仮定より、正規乱数によって決定する。なお、4.のように期待値と分散を扱うのではなく、誤差率そのものに注目し、何回もの推定を行なうのであるから、(3)式における $\alpha_R \alpha_{ti}$ なる項は無視しないで行なう。他のステップでも同様。この結果から、車線数の分布を判断することができる。なお、計算結果は当日発表とする。

(参考文献)「交通需要予測における誤差分析」 土木学会中部支部研究発表会概要集 S.55.

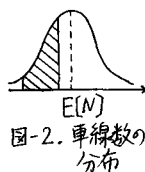


表-2. 車線数の期待値と偏差および精度

$E[N]$	$V[N]$	精度(%)
5.00	0.96	22.9

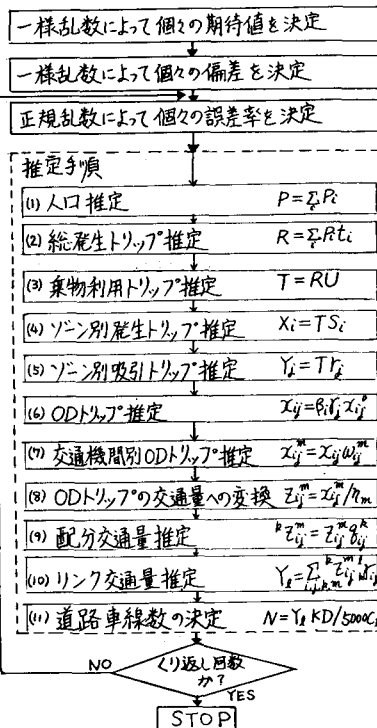


図3. シミュレーションのアルゴリズム