Ⅳ-45　交通施設計画における需要推計誤差の影響

信州大学大学院　学生員　○前田欣也
信州大学工学部　正員　奥谷巖

1. はじめに

将来の交通施設を計画する際に必要なことは、交通需要推計をいかに的確に行なうかということであり、この交通需要推計には、発生交通量、分布交通量、交通機関別交通量、配分交通量の各段階を経るのが一般的である。しかしながら、需要推計における推計値と測定値との間には、必ず誤差が発生する。よって推計値の将来交通に対する信頼度を知ることは重要である。このとき必要となるのは、各段階における誤差でなく、各段階の誤差がいかに最終的な推計値まで伝播するかであり、どの段階における精度の良否が最終的な誤差に影響を及ぼすかを知ることである。本研究では、交通施設計画における一例として道路の車線数決定に注目し、各推計段階の誤差率を定義することによってその期待値と分散の伝播の様子を調べ、誤差が推計の最終段階に及ぼす影響を考察するものである。

2. 誤差の表現　一期待値と分散一

誤差を表わす指標として、次のような誤差率αを定義する。

$\alpha=(X-\overset{*}{X})/\overset{*}{X}$　　但し、X：推計値　　$\overset{*}{X}$：真値（測定値）　(1)

これは、$X=\overset{*}{X}(1+\alpha)$なる関係式を考えたものであり、$\alpha>0$は過大推計を、$\alpha<0$は過小推計を表わすものである。なお、OD分布交通量推計ならば、現在パターン法、重力モデル等により各種の予測値が与えられるが、ここで推計値Xとは各種の予測値を一般的に表わすもので、誤差率αは各予測手法に対応した誤差を示す。誤差率αは予測手法により違った値になるために、ある分布をするが、その分布は確定しているわけでない。そこで、各種の報告書による486の人口推計のデータとその真値から得られる誤差率を調べ、正規分布としたときのχ^2分布による適合度の検定を行ったところ、有意水準5%で適合性が認められた。しかし、その他の推計値の誤差率が正規分布するかどうかはデータ不足のため明らかでない。したがって以下では、推計の各ステップを経るに従って誤差率の期待値と分散の伝播状況にのみ注目して分析を進める。

3. 各ステップのモデル式

本研究ではパーソントリップ法を用いて、誤差率の期待値と分散が伝播する様子を各段階別に考察する。

ステップ1　人口推計　　総人口をP、職業別人口を$P_i\ (i=1,n)$　とすると、$P=\sum_i P_i$ (2) となる。両辺の期待値をとると、$E[P]=\sum_i E[P_i]$ (3) となるが、総人口および職業別人口の誤差率をα, α_iとすると(3)式より$\overset{*}{P}E[\alpha]=\sum_i \overset{*}{P}_i E[\alpha_i]$ (4) が得られる。しかし、(4)式の等号成立が保証されないため、調整変数γを用いて、等号が成立するように$\overset{*}{P}E[\alpha]=\gamma\sum_i \overset{*}{P}_i E[\alpha_i]$ (5) と調整し、ここで得られた$\gamma E[\alpha_i]$を職業別人口の誤差率の期待値とする。分散についても同様にして、$V[P]=\sum_i V[P_i]+\sum_{i\neq j}\sum \rho_{ij}\sqrt{V[P_i]\cdot V[P_j]}$ (6) の右辺に調整変数γをかけることによって誤差率の分散$V[\alpha_i]$が得られる。ここで、総人口の推計値が大きければ、職業別人口の推計値も総体的に大となり、明らかに各職業別人口推計値は正なる相関をもつと考えられる。

ステップ2　目的別総発生トリップ推計(R^a)　　目的を記号aで表わし、目的別職業別発生トリップ原単位をt_i^aとすると、R^aは$R^a=\sum_i(P_i t_i^a)$ (7) となる。右辺期待値をとれば、$\sum_i E[\overset{*}{P}_i(1+\alpha_i)\cdot\overset{*}{t}{}_i^a(1+\alpha_i^a)]=\sum_i \overset{*}{P}_i \overset{*}{t}{}_i^a\cdot E[1+\alpha_i+\alpha_i^a+\alpha_i\alpha_i^a]$ (8) となるが、α_iとα_i^aを独立とみなし$\alpha_i\alpha_i^a$は微少として(8)式は$\sum_i \overset{*}{P}_i\overset{*}{t}{}_i^a E[1+\alpha_i+\alpha_i^a]$ (9) に等しいとする。この場合は、ステップ1のような調整は必要とせず$E[\alpha_{R^a}]=\sum_i \overset{*}{P}_i t_i^a(E[\alpha_i]+E[\alpha_i^a])/\overset{*}{T}_a$ (10) となる。分散も同様であるが、ステップ1と同じ意味で相関係数は正となる。

ステップ2-1　目的別乗物利用トリップ推計(T^a)　　目的別乗物利用率をu^aとすると、$T^a=R^a u^a$ (11)

方法はステップ2と同じで、$E[\alpha_{Ta}]=E[\alpha_{Ra}]+E[\alpha_{ua}]$, $V[\alpha_{Ta}]=V[\alpha_{Ra}]+V[\alpha_{ua}]$ (12) となる。

ステップ3　目的別ゾーン別発生トリップ推計(X_i^a)　iゾーン発生トリップ比率をS_i^aとすると、$\sum_i S_i^a=1$ (13) なる関係があり、$X_i^a=T^aS_i^a$ (14) となる。式(13)の関係より$E[\sum_i S_i^a]=\sum_i E[S_i^a]=1$ (15) が成立し、よって$\sum_i \overset{*}{S}_i^a E[\alpha_{s_i}]=0$ (16) なる関係がある。一般に等号は不成立のため調整変数γを用い、$\sum_i \overset{*}{S}_i^a(E[\alpha_{s_i}]-\gamma)=0$ (17) を満たすγを求めることにより(14)式より期待値は$E[\alpha_{x_i^a}]=E[\alpha_{Ta}]+E[\alpha_{s_i}]-\gamma$ (18) となる。また分散については、$V[\alpha_{Ta}]=\sum_i \overset{*}{S}_i^{a2}(V[\alpha_{Ta}]+V[\alpha_{s_i^a}])+\sum_i\sum_{j\neq i} \rho_{ij}\overset{*}{S}_i^a\overset{*}{S}_j^a\sqrt{(V[\alpha_{Ta}]+V[\alpha_{s_i}])\cdot(V[\alpha_{Ta}]+V[\alpha_{s_j}])}$ (19) であり、相関係数は(17)式と同じく正である。等号成立させるために、調整変数γにより$\hat{V}[\alpha_{s_i^a}]=\gamma V[\alpha_{s_i^a}]$ (20) とし$V[\alpha_{s_i^a}]$の代りに$\hat{V}[\alpha_{s_i^a}]$を(19)式に代入して、γを変化させながら収束させる。このようにして求められた$V[\alpha_{s_i^a}]$を使うと、$\alpha_{s_i^a}$とα_{Ta}は独立であるので(14)式より$V[\alpha_{x_i^a}]=V[\alpha_{Ta}]+V[\alpha_{s_i^a}]$ (21) となる。

ステップ4　目的別ゾーン別吸引トリップ推計(Y_j^a)　$Y_j^a=T^ar_j$ 但し$\sum_j r_j=1$ (22) ステップ3と同じ。

ステップ5　目的別ODトリップ推計(x_{ij}^a)　$X_i^a=\sum_j x_{ij}^a$, $Y_j^a=\sum_i x_{ij}^a$ (23)から得られる期待値$\overset{*}{X}_i^aE[\alpha_{x_i^a}]=\sum_j \overset{*}{x}_{ij}^aE[\alpha_{x_{ij}}]$, $\overset{*}{Y}_j^aE[\alpha_{Y_j^a}]=\sum_i \overset{*}{x}_{ij}^aE[\alpha_{x_{ij}}]$ (24) を誤差に関する連立方程式と考え、$E[\alpha_{x_{ij}}]$を求める。まずx_{ij}の初期値を$x_{ij}^o=X_iY_j\xi_{ij}$ 但し、$\xi_{ij}=\overset{*}{\xi}_{ij}(1+\alpha_\xi)$ (25) で与えられると考えれば、$E[\alpha_{x_{ij}^o}]=E[\alpha_{X_i}]+E[\alpha_{Y_j}]+E[\alpha_{ij}^\xi]$ (26) が得られるが、この$E[\alpha_{x_{ij}^o}]$を(24)式に代入しても等号成立は保証されない。そこで、$E[\alpha_{x_{ij}^o}]$を$E[\alpha_{x_{ij}}]=\beta_i\gamma_jE[\alpha_{x_{ij}^o}]$ (β_i, γ_j: 定数) (27) でもって調整する。このβ_iとγ_jは、式(27)を式(24)に代入することにより、$\beta_i=\overset{*}{X}_i^aE[\alpha_{X_i}]/(\sum_j \overset{*}{x}_{ij}\gamma_jE[\alpha_{x_{ij}^o}])$, $\gamma_j=\overset{*}{Y}_j^aE[\alpha_{Y_j}]/(\sum_i \overset{*}{x}_{ij}\beta_iE[\alpha_{x_{ij}^o}])$ (28) となり、適当な初期値γ_jを与えることにより収束計算によって決定される。分散については、式(23)の分散をとればよい。このとき相関係数は正となる。また、方程式は非線形となるので上記の式(27),(28)の方法は用いることはできず別の収束計算を採用した。

ステップ6　目的別交通機関別ODトリップ推計　$x_{ijm}^a=x_{ij}^aw_{ijm}$ 但し、$\sum_m w_{ijm}=1$ (29)。w_{ijm}は交通機関別分担率を表わす。ステップ3と同様の方法によって$E[\alpha_{x_{ijm}^a}]$, $V[\alpha_{x_{ijm}^a}]$が求められる。

ステップ7　ODトリップの交通量への変換(z_{ijm}^a)　η_mをmなる交通機関の同乗者数の逆数とすることにより交通機関mの交通量は、$z_{ijm}^a=x_{ijm}^a\eta_m$ (30) で表わされる。ステップ2で$i=1$としたときと同様の方法により、$E[\alpha_{z_{ijm}^a}]$, $V[\alpha_{z_{ijm}}]$が得られる。また、交通機関は自動車とその他の交通機関に分類。

ステップ8　目的によるOD間交通量の合計　$z_{ijm}=\sum_a z_{ijm}^a$ (31) から$E[\alpha_{z_{ijm}}]$, $V[\alpha_{z_{ijm}}]$を得る。

ステップ9　配分交通量推計　(i,j)間の交通量のルートkへの配分率をg_{ij}^kとし、$z_{ijm}^k=z_{ijm}g_{ij}^k$ 但し、$\sum_k g_{ij}^k=1$ (32) より、ステップ3と同様にして$E[\alpha_{z_{ijm}^k}]$, $V[\alpha_{z_{ijm}^k}]$が得られる。

ステップ10　リンク交通量推計　ℓなるリンクの推定交通量をY_ℓとすると、$Y_\ell=\sum_i\sum_j\sum_k\sum_m z_{ijm}^k\cdot{}_k^\ell r_{ij}$ (33) 但し、${}_k^\ell r_{ij}$はz_{ij}がリンクℓを通ったとき1、そうでないとき0とする。式(33)の期待値と分散をとる。

ステップ11　道路車線数決定(N)　$N=Y_\ell KD/(5000C_D)$ (34) 但し、K: 30番目時間交通量, D: 重方向交通量, C_D: 設計交通容量とする。このとき$E[\alpha_N]=E[\alpha_{Y_\ell}]+E[\alpha_K]+E[\alpha_D]$, $V[\alpha_N]=V[\alpha_{Y_\ell}]+V[\alpha_K]+V[\alpha_D]$ (35) となる。

4. 車線数決定の際の信頼性

3. において、必要車線数の誤差率の期待値と分散が求められた。これと真値とを用いて必要車線数の推計値の期待値と分散が求められる。この分布については明らかでないが、正規分布と仮定してみることにより、適する車線数を与える確率を信頼度として表わす。つまり、推計値Xより得られた車線数Nに対して

$$N-2+C<X'\leq N+C \quad 但し、C=0.3\sim0.4 \qquad (36)$$

なるX'の範囲の確率を求めることとなる。

なお、計算結果については当日発表する。

参考文献：　奥谷、二羽「交通計画における需要予測誤差の影響」　昭和53年度土木学会中部支部概要集