分布 分担 配分を考慮した需要予測モデル

名古屋大学工学部　正員　河上省吾

1. はじめに

一般の交通需要予測においては、交通現象を発生 分布 分担 配分の各段階に分けて予測する方法が用いられている。すべてのトリップにこの4段階があり、各段階相互に関連があるにもかかわらず、段階ごとに分けて予測する場合は、トリップの各段階の相互関連性を十分考慮できないという欠点があった。ここでは 各現象の相互関係をより緊密にとらえたモデルの開発を目指し、分布・分担 配分を一体化した予測モデルについて検討する。

まず 従来用いられていた分布 分担 配分の各モデルを直列に結合し、配分モデルのOut put を分布モデルのゾーン間所要時間として再度用い ゾーン間所要時間が一定値に収束するまで計算をくり返すフィードバックモデルが考えられる。このモデルについては 既にある程度検討を行なった。ここでは、単なるくり返し計算からなるモデルでなく 交通現象の法則性を考慮したモデルの開発を試みる。

2 交通現象の法則性

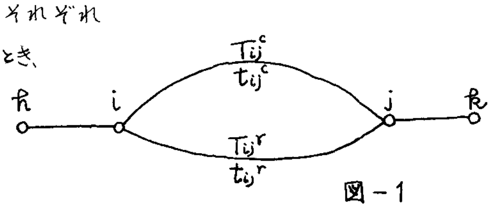
都市内の交通現象の法則性を記述することはきわめてむつかしいことであるが、ある対象地域に分布している交通需要を全体的にながめるとき 全体を規定する法則として従来から使用されており また ある程度の信頼性をもっていると考えられるものとして、(1)総所要時間最小 (2)時間費用を考慮した総費用最小、(3)ある生起確率の下で同時生起確率最大、(4)熱力学との類似性による熱力学ポテンシャル　最小 などが挙げられよう。これらの法則は独立ではなく、それぞれ関連をもっている。

ここでは 予測モデルの開発を目指すので、まず(3)の同時生起確率最大を採用して検討を進め、順次他の基準についても検討する。

3 モデル

ここでは ゾーン間輸送手段として 自動車と鉄道の2経路があり 両者の分担率は その所要時間比によって一意に決まると考える。そして ゾーン間交通量は重力モデルによって表わされると仮定する。この場合 各経路の配分交通量は分担率によって決まり 配分段階を簡略化したことになるが、各経路の配分交通量による所要時間の変化は考慮できるので、モデルの特性の検討は可能である。

いま ゾーン i, j 間の自動車と鉄道による交通量をそれぞれ T_{ij}^{c}, T_{ij}^{r} とし それぞれの所要時間を t_{ij}^{c}, t_{ij}^{r} とするとき、T_{ij}^{c}, T_{ij}^{r} は次式で与えられると考える。



図－1

$$T_{ij}^{c} = k K_{ij} G_i^{\alpha} A_j^{\beta} t_{ij}^{-\gamma} y_{ij} \qquad (1)$$

$$T_{ij}^{r} = k K_{ij} G_i^{\alpha} A_j^{\beta} t_{ij}^{-\gamma} (1 - y_{ij}) \qquad (2)$$

$$T_{ij} = T_{ij}^{c} + T_{ij}^{r} = k K_{ij} G_i^{\alpha} A_j^{\beta} t_{ij}^{-\gamma} \qquad (3)$$

ここに T_{ij}＝ゾーン i, j 間の交通量、G_i＝ゾーン i の発生交通量、A_j＝ゾーン j の集中交通量

y_{ij}=ゾーンi,j間の自動車分担率，$t_{ij}=t_{ij}^c y_{ij}+t_{ij}^r(1-y_{ij})$：平均所要時間

K_{ij}=ゾーンi,j間の調整係数，　k，α，β，γ＝定数

そして，ここでは　G_i, A_j　があらかじめ与えられている場合を考えているので　次式が成立しなければならない。$G_i=\sum_j(T_{ij}^c+T_{ij}^r)=\sum_j T_{ij}$　(4)　　$A_j=\sum_i(T_{ij}^c+T_{ij}^r)=\sum_i T_{ij}$　(5)

また，t_{ij}^c はゾーンi,j間の道路交通量によって変動するが　ここでは　各ゾーン間の交通の経路をあらかじめ設定しておき，各道路区間の所要時間は　通過交通量の1次関数で与えられると仮定するとゾーンi,j間の所要時間t_{ij}^c は次式(6)で与えられる．

$$t_{ij}^c=\sum_{\ell\in Path(i,j)}\left\{a_\ell\sum_{k,\ell\in B}T_{k\ell}^c+b_\ell\right\} \quad (6)$$

ここに　ℓ＝リンク番号，B＝リンクℓをゾーン間交通量が通過するゾーンペアグループ

$Path(i,j)$=ゾーンi,j間の最短経路　ここでは　ゾーン間交通量は最短経路を利用すると考える。

いま　$T=\sum_i G_i=\sum_j A_j$とおくと　式(1),(2)で与えられる各経路別交通量モデルにおいては，ゾーンi,j間の各経路別トリップが生起する先験確率が　式(1),(2)をTで除した式で与えられると仮定していると考えることができる。したがって，ゾーンi,j間の経路別交通量 T_{ij}^c, T_{ij}^rが生起する同時確率Pは次式(7)で与えられる。

$$P=\frac{T!}{\prod_{ij}(T_{ij}^c!)(T_{ij}^r!)}\prod_{ij}\left(\frac{kK_{ij}G_i^\alpha A_j^\beta t_{ij}^{-\gamma}}{T}\right)^{T_{ij}}y_{ij}^{T_{ij}^c}(1-y_{ij})^{T_{ij}^r} \quad (7)$$

確率的に最も起り易い交通量を求めるためには，条件式(4),(5)の下で，$\max P$を与えるT_{ij}^c, T_{ij}^rを求めればよいので　スターリングの公式およびラグランジュの未定係数法を用いて　式(4),(5)の下で$\max \log P$を与えるT_{ij}^c を次のようにして求める．

まず，次式(8)で定義される関数Fを考え，$\partial F/\partial T_{ij}^c=0$，$\partial F/\partial \lambda_{ij}=0$，$\partial F/\partial \mu_i=0$　を与えるT_{ij}^cを求めれば，これからT_{ij}^rを決めることができる．

$$F=\sum_i\sum_j\left\{-T_{ij}^c\log T_{ij}^c-T_{ij}^r\log T_{ij}^r+T_{ij}\log K_{ij}-\gamma T_{ij}\log t_{ij}+T_{ij}^c\log y_{ij}+T_{ij}^r\log(1-y_{ij})\right\}$$

$$-\sum_i\mu_i\left(G_i-\sum_j T_{ij}\right)-\sum_j\lambda_j\left(A_j-\sum_i T_{ij}\right) \qquad (i=1,2,\quad,n,\ j=1,2,\quad n-1) \quad (8)$$

いま，T_{ij}^c と T_{ij}^r の関係および t_{ij}, y_{ij} と T_{ij}^c の関係を考慮して　$\partial F/\partial T_{ij}^c=0$　を誘導すると次式(9)を得る．

$$\left\{\log T_{ij}^c-\log y_{ij}-\log K_{ij}+\gamma\log t_{ij}-\mu_i-\lambda_j\right\}\left\{\frac{T_{ij}^c}{y_{ij}}\frac{\partial y_{ij}}{\partial T_{ij}^c}-1\right\}=\gamma\frac{T_{ij}^c}{t_{ij}}\frac{\partial t_{ij}}{\partial T_{ij}^c} \quad (9)$$

また　$\partial F/\partial \lambda_j=0$，$\partial F/\partial \mu_i=0$．はそれぞれ式(4),(5)と等しくなる。

したがって，式(4),(5),(9)をT_{ij}^c の連立方程式として解けば，確率的に最も起こり易い交通量を求めることができる。

この連立方程式の解は　次のようにして求める。

まず　式(4),(5)をT_{ij}^cで表わす．

$$G_i = \sum_j (T_{ij}^c / y_{ij}) \qquad (i = 1, 2, \cdots, n) \qquad (10)$$

$$A_j = \sum_i (T_{ij}^c / y_{ij}) \qquad (j = 1, 2, \cdots\cdots, n-1) \qquad (11)$$

次に y_{ij} および t_{ij} を T_{ij}^c の関数として表わし $\partial y_{ij}/\partial T_{ij}^c$, $\partial t_{ij}/\partial T_{ij}^c$ を求める。
そして、以下のくり返し計算法により解を求める。

(1) μ_i, λ_j の適当な初期値を仮定する。

(2) 式(9) を満足する T_{ij}^c を逐次計算法で求める。

(3) 得られた T_{ij}^c を式(10), (11)に代入し、式(10)を満足しない場合は 満足するように μ_i を修正し、式(11) を満足しない場合は満足するように λ_j を修正する。もし 式(10), (11)を満足しておれば 求められた T_{ij}^c が最適解となっている。

(4) 修正された μ_i, λ_j を用いて (2)～(3)をくり返す。