

金沢大学 正員 飯田 恭敬
三重県庁 正員 〇山川 悟

1. まえがき

本研究は、各交差点における時々刻々の観測交通量をデータとして、各種道路網内交通量を比較的簡単に、しかもかなりの精度で推計する方法論を構築しようとするものである。本方法の適用が実用的にあれば実際の道路網運用の最適化がはかれることや、社会的、経済的あるいは物理的要因の道路網交通流への影響が計測できるなど交通工学的な面での意義はきわめて大きいと考えられる。具体的方法としては、道路網規模が大きくなるにともない取扱う変数数は飛躍的に増大するので道路網を構成する個々の最小(基本)ループを単位ループ(Unit Loop, UL)とし、まず最初に各単位ループに対する発生・集中・ODおよび経路交通量を求める(Phase I)、その後この結果を利用し、単位ループの統合を順次行なっていく(Phase II)という2段階法をとる。

2. 単位ループについての推計法(Phase I)

図-1は、ある1つの単位ループについて道路網をグラフ化したもので各交差点での右折・左折、直進の導動と、各交差点における発生・集中を表わすものである。各交差点の流入・流出部はその方向別にロード $I_m(M)$ および $O_m(M)$ で示されており、これらの点で交通量 $F[I_m(M)]$, $F[O_m(M)]$ が観測されているものとする。ここに、 $I_m(M)$ は交差点 m から交差点 n の流入部、 $O_m(M)$ は交差点 n に向う交差点 m の流出部である。単位ループ領域に対する流入・流出交通量は、単位ループ外周部の交差点における $F[I_m(C_k)]$, $F[O_m(C_k)]$ で与えられる。これらを単位ループ領域内OD交通の発生・集中点の一部として考える。ただし、図-1において実線で示している交通量は、単位ループ内交通量と無関係なのであらかじめ削除しておく。一語、道路区間 m, n の発生・集中点を D_{mn} とし、その発生・集中交通量をそれぞれ $G[D_{mn}]$, $A[D_{mn}]$ とすると次の関係が成立する。

$$F[I_m(M)] - F[O_m(M)] + F[I_n(M)] - F[O_n(M)] = G[D_{mn}] - A[D_{mn}] = \Delta T_{mn} \quad (1)$$

すなわち道路区間 m, n における流入・流出交通量の差 ΔT_{mn} は、その区間の発生・集中交通量の差に等しいのである。これより ΔT_{mn} は、いま既知なので $G[D_{mn}]$ を仮定すれば $A[D_{mn}]$ はあらずと定まる。このようにして得られる $G[D_{mn}]$, $A[D_{mn}]$ と外周部の発生・集中交通量 $F[I_m(C_k)]$, $F[O_m(C_k)]$ をあわせてOD表における周辺分布交通量として与える。最初はとりあえずこのOD周辺分布交通量を仮定する。なおこのとき同一地点間のOD交通量は存在しないので零とする。また先に除去した無関係なOD交通量も同様に零としておく。さてOD周辺分布交通量を基準化して相対的発生量 a_i ($\sum_{i=1}^n a_i = 1$)および b_j ($\sum_{j=1}^m b_j = 1$)が得られるので問題は次の式(2)の条件を満足し、かつ推計地点交通量が観測交通量と一致するようなOD交通量 $N\rho_{ij}$ を求めることである。ここに ρ_{ij} はODパターン(基準化されたOD交通量)で、 N は単位ループ内の総トリップ数である。

$$\sum_{j=1}^m \rho_{ij} = a_i, \quad \sum_{i=1}^n \rho_{ij} = b_j \quad (i, j = 1, 2, \dots, 12) \quad (2)$$

ここで ρ_{ij} とOD交通 i, j 間の r 番目の経路 r への配分率 α_r^{ij} を総称してそれぞれ ρ , α と表わせば、 $F[I_m(M)]$ と $F[O_m(M)]$ の推計値 $E[F[I_m(M)]]$, $E[F[O_m(M)]]$ は ρ と α のみの関数になる。このとき、観測値と推計値の誤差の平方和 $S_{\rho\alpha}$ は式(3)のようになる。

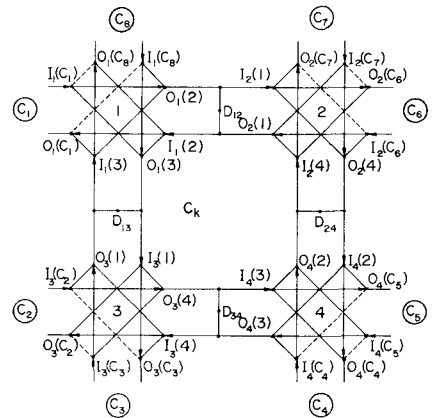


図-1. 道路網ユニットのグラフ化

$$S_{\rho\alpha} = \sum_m \sum_n \{ EF[I_m(m)] - F[I_m(m)] \}^2 + \sum_m \sum_n \{ EF[O_m(m)] - F[O_m(m)] \}^2 \quad (3)$$

いま α_r^{ij} が与えられたときの誤差の平方和 $S_{\rho\alpha}$ を最小にする ρ_{ij} は (4) 式のようなラグランジュ方程式を作り、式 (5) の連立方程式を解くことにより求まる。

$$Z_{\rho\alpha} = S_{\rho\alpha} + \sum_i \lambda_i \left(\sum_j \rho_{ij} - a_i \right) + \sum_j \mu_j \left(\sum_i \rho_{ij} - b_j \right) \quad (4)$$

$$\frac{\partial Z_{\rho\alpha}}{\partial \rho_{ij}} = 0 \quad (i, j = 1, 2, \dots, 12), \quad \frac{\partial Z_{\rho\alpha}}{\partial \lambda_i} = 0 \quad (i = 1, 2, \dots, 12), \quad \frac{\partial Z_{\rho\alpha}}{\partial \mu_j} = 0 \quad (j = 1, 2, \dots, 11) \quad (5)$$

また ρ_{ij} が与えられると、そのときの平方和 $S_{\rho\alpha}$ を最小にする α_r^{ij} は同様にして、式 (6)、式 (7) から決定できる。(λ, μ, ν はラグランジュの未定係数であり、 R は経路 $\epsilon \in R$ 本有する OD である。)

$$Z_{\alpha\rho} = S_{\alpha\rho} + \sum_{j \in R} \nu_j \left(\sum_i \alpha_r^{ij} - 1 \right) \quad (6)$$

$$\frac{\partial Z_{\alpha\rho}}{\partial \alpha_r^{ij}} = 0 \quad (i, j = 1, 2, \dots, 12), \quad \frac{\partial Z_{\alpha\rho}}{\partial \nu_j} = 0 \quad (j \in R) \quad (7)$$

式 (5) と式 (7) を繰返すと $S_{\rho\alpha}$ は、ある値に収束する。しかし、観測交通量と推計交通量が一致していないときは、さきに仮定した $G[D_{mn}]$ と $A[D_{mn}]$ の修正を式式をもって行なう。

$$G^{(t)}[D_{mn}] = G^{(t-1)}[D_{mn}] \left\{ \frac{F[I_m(m)] + F[I_n(m)]}{EF[I_m(m)] + EF[I_n(m)]} + \frac{F[O_m(m)] + F[O_n(m)]}{EF[O_m(m)] + EF[O_n(m)]} \right\} \times \frac{1}{2} \quad (8)$$

$$A^{(t)}[D_{mn}] = G^{(t)}[D_{mn}] - \Delta T_{mn}$$

このようにして観測交通量と推計交通量が一致するまで各単位ループごとにすべてについて行なう。

3. 単位ループの統合 (Phase II)

単位ループの統合において α_r^{ij} の決定に Phase I の結果が利用できる。その一例として OD 交通量の経路区間交通量の求め方を図-2 に示す。すなわち単位ループ 1 で OD 交通量に關係するのは OD 13 と OD 14 なので、これらの経路交通量は (a) のようになり、すべて既知である。一方、単位ループ 2 では OD 25 だけを考えればよく同様に (b) のようになる。(a) と (b) から OD 交通量の分配率を (c) に示す P_{uv}^{ij} となり、これを用いて経路区間交通量は ρ だけの関数で表わされる。この例では P_{uv}^{ij} は次のようになる。

$$P_{11}^{15} = \frac{\rho_{14} \alpha_1^{14}}{\rho_{13} + \rho_{14}}, \quad P_{12}^{15} = \frac{\rho_{13} + \rho_{14} \alpha_2^{14}}{\rho_{13} + \rho_{14}}$$

$$P_{21}^{25} = \alpha_1^{25}, \quad P_{22}^{25} = \alpha_2^{25}$$

以上の計算手順のフローチャートを図-3 に示す。

4. あとがき

現在交差点では流入部のみしか交通量の観測は行なわれていないが、この場合は ΔT_{ij} を零として計算を行なってもよい。留意すべきことは、道路区間交通量の適合度がかかり厳密に一致するように計算を行なわないと OD 交通量の誤差が大きくなることであらう。今後はいずれ観測からさらに改良を行なうことを考えている。

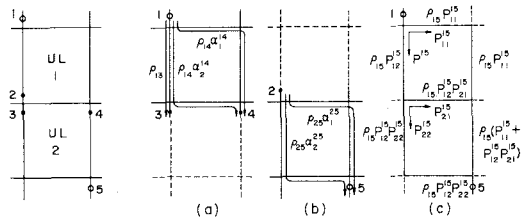


図-2 単位ループの統合の例

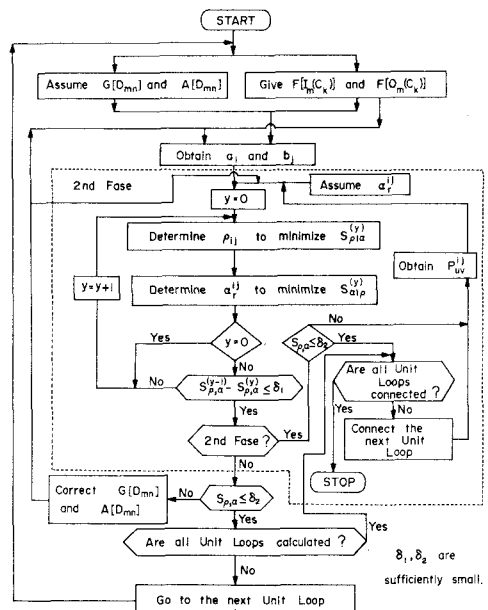


図-3 推計のためのフローチャート