幹線街路網の交通量配分計算法について

北海道大学工学部　正員　山村悦夫

1. 緒言

最近の都市における交通渋滞は都市への過度の人口集中と自動車保有台数の急激なる増加などによって，都市活動に著しい障害をもたらしている。

これを解決するためには，都市の地域間の交通量を幹線街路網に配分することにより，各街路にどれだけの配分交通量があたえられるかを究明することが必要である。

このことは，交通障害を打破する交通施設計画のみならず，都市計画街路網の基本構成の基礎分析として欠くことのできないものである。

この小論においては，幹線街路網へのゾーン間交通量（断面交通量）を配分する計算法を考察するものである。そこで，第22回年次学術講演会（1967年）にて発表した配分対象経路選定法により策定した幹線街路網において，特に容量制限法を考慮した配分方法を考察する。

2. モデルの概要

(1) ゾーン間交通量（断面交通量）は，このネットワーク・システムの全輸送時間（走行時間×台数）が最小になるように幹線街路網へ配分する。

(2) この方法においては，交通量増大による速度低下により転換する場合を考察し，左折，右折の待ち時間を考慮する。

(3) いわゆる，街路に容量制限のある，容量制限法を考察する。

3. 理論考察

はじめに，幹線街路網をネットワークにモデル化をなし，定式化のために次の変数を定める。

$V_{ik}^{m,n}$ ：地域kの区間（m, n）の区間速度　$l_{i,k}^{m,n}$ ：地域kの区間（m,n）の区間距離

$F_i^{m,n}$ ：街路（m, n）へ配分される配分交通量，i＝1, 2 は水平，垂直方向を示す。

$C^{m,n}$ ：街路（m, n）の制限容量　$\nabla^{m,n}$ ：中心（m, n）からの発生交通量を示す。

$K_L^{m,n}$，$K_R^{m,n}$ ：左折，右折の場合の待ち時間．

ここにおいては，碁盤目型街路網とするが，他の街路網型の場合も同様に考察できる。

$\phi_{i,k}^{m,n}$ ：各k地域別の道路評価値関数であり，ここでは走行時間を評価値とする。

一般に　$v_{i,k}^{m,n} = c_{i,k} / a_{i,k}(F_i^{m,n}) + b_{i,k}$　とすると，

$$\phi_{i,k}^{m,n}(F_i^{m,n}) = l_{i,k}^{m,n} \cdot \{a_{i,k}(F_i^{m,n}) + b_{i,k}\} / C_{i,k} \quad \cdots\cdots \quad (1)$$

ここで，$a_{i,k}$，$b_{i,k}$．$C_{i,k}$ は係数で地域別にあたえられる。

次に，交通量配分過程を離散型最適時間過程として考察する。そこで，全輸送時間を最小にするように最適配分操作変数系 $\{U_{i,j}^{m,n}\}$ を決定し，最適経路を求める。

$$U_{i,j}^{m,n} = \begin{cases} 1 & \text{配分交通量が i 方向の経路へ配分される場合} \\ 0 & \text{そうでない場合} \end{cases}$$

$$F_1^{m,n} = U_{1,1}^{m,n} \cdot F_1^{m,n-1} + U_{1,2}^{m,n} \cdot \nabla^{m,n} + (1 - U_{2,1}^{m,n}) \cdot F_2^{m-1,n} + (1 - U_{2,2}^{m,n}) \cdot \nabla^{m,n} \quad \cdots\cdots (2)$$

$$F_2^{m,n} = (1 - U_{1,1}^{m,n}) \cdot F_1^{m,n-1} + (1 - U_{1,2}^{m,n}) \cdot \nabla^{m,n} + U_{2,1}^{m,n} \cdot F_2^{m-1,n} + U_{2,2}^{m,n} \cdot \nabla^{m,n} \quad \cdots\cdots (3)$$

$$T_1^{m,n} \fallingdotseq T_1^{m,n-1} + U_{1,1}^{m,n} \cdot \phi_{1,k}^{m,n}(F_1^{m,n-1}) \cdot F_1^{m,n-1} + U_{1,2}^{m,n} \cdot \phi_{1,k}^{m,n}(\nabla^{m,n}) \cdot \nabla^{m,n} + (1 - U_{2,1}^{m,n}) \cdot \phi_{2,l}^{m,n}(F_2^{m-1,n}) \cdot F_2^{m-1,n} + (1 - U_{2,2}^{m,n}) \cdot \phi_{2,l}^{m,n}(\nabla^{m,n}) \cdot \nabla^{m,n} + K_L^{m,n}(1 - U_{2,1}^{m,n}) \cdot F_2^{m-1,n} + K_L^{m,n}(1 - U_{2,2}^{m,n}) \cdot \nabla^{m,n} \quad \cdots\cdots (4)$$

$$T_2^{m,n} \fallingdotseq T_2^{m-1,n} + U_{2,1}^{m,n} \cdot \phi_{2,l}^{m,n}(F_2^{m-1,n}) \cdot F_2^{m-1,n} + U_{2,2}^{m,n} \cdot \phi_{2,l}^{m,n}(\nabla^{m,n}) \cdot \nabla^{m,n} + (1 - U_{1,1}^{m,n}) \cdot \phi_{1,k}^{m,n}(F_1^{m,n-1}) \cdot F_1^{m,n-1} + (1 - U_{1,2}^{m,n}) \cdot \phi_{1,k}^{m,n}(\nabla^{m,n}) \cdot \nabla^{m,n} + K_R^{m,n}(1 - U_{1,1}^{m,n}) \cdot F_1^{m,n-1} + K_R^{m,n} \cdot (1 - U_{1,2}^{m,n}) \cdot \nabla^{m,n} \quad \cdots\cdots (5)$$

$$T = \sum_{m=1}^{M} T_1^{m,n} + \sum_{n=1}^{N} T_2^{m,n} \quad \cdots\cdots (6)$$

総輸送時間を最小にするように配分操作変数系 $\{U_{i,j}^{m,n}\}$ を定めることになる。そこで，補助変数 $\psi_i^{m,n}$ $(i=1,\cdots,4)$ とハミルトニアン関数 $H^{m,n}$ を導入する。ここで，$\psi_3^{m,n} = \psi_4^{m,n} = 1$

$$H^{m,n} = T_1^{m,n-1} + T_2^{m-1,n} + U_{1,1}^{m,n} \cdot F_1^{m,n-1}[\psi_1^{m,n} + \phi_{1,k}^{m,n}(F_1^{m,n-1})] + U_{1,2}^{m,n} \cdot \nabla^{m,n}[\psi_1^{m,n} + \phi_{1,k}^{m,n}(\nabla^{m,n})] + F_2^{m-1,n} \cdot (1 - U_{2,1}^{m,n})[\psi_2^{m,n} + \phi_{2,l}^{m,n}(F_2^{m-1,n}) + K_L^{m,n}] + \nabla^{m,n} \cdot (1 - U_{2,2}^{m,n})[\psi_1^{m,n} + \phi_{2,l}^{m,n}(\nabla^{m,n}) + K_L^{m,n}] + F_1^{m,n-1} \cdot (1 - U_{1,1}^{m,n}) \cdot [\psi_2^{m,n} + \phi_{1,k}^{m,n}(F_1^{m,n-1}) + K_R^{m,n}] + \nabla^{m,n} \cdot (1 - U_{1,2}^{m,n})[\psi_2^{m,n} + \phi_{1,k}^{m,n}(\nabla^{m,n}) + K_R^{m,n}] + F_2^{m-1,n} \cdot U_{2,1}^{m,n}[\psi_2^{m,n} + \phi_{2,l}^{m,n}(F_2^{m-1,n})] + \nabla^{m,n} \cdot U_{2,2}^{m,n}[\psi_2^{m,n} + \phi_{2,l}^{m,n}(\nabla^{m,n})] \quad \cdots\cdots (7)$$

$$\psi_1^{m,n-1} = U_{1,1}^{m,n}[\psi_1^{m,n} + \phi_{1,k}^{m,n}(F_1^{m,n-1})] + U_{1,1}^{m,n} \cdot F_1^{m,n-1} \cdot \partial\phi_{1,k}^{m,n}(F_1^{m,n-1}) / \partial F_1^{m,n-1} + (1 - U_{1,1}^{m,n}) \cdot [\psi_2^{m,n} + \phi_{1,k}^{m,n}(F_1^{m,n-1}) + K_R^{m,n}] + (1 - U_{1,1}^{m,n}) \cdot F_1^{m,n-1} \cdot \partial\phi_{1,k}^{m,n}(F_1^{m,n-1}) / \partial F_1^{m,n-1} \quad \cdots\cdots (8)$$

$$\psi_2^{m-1,n} = (1 - U_{2,1}^{m,n})[\psi_2^{m,n} + \phi_{2,l}^{m,n}(F_2^{m-1,n}) + K_L^{m,n}] + F_2^{m-1,n} \cdot (1 - U_{2,1}^{m,n}) \cdot \partial\phi_{2,l}^{m,n}(F_2^{m-1,n}) / \partial F_2^{m-1,n} + U_{2,1}^{m,n}[\psi_2^{m,n} + \phi_{2,l}^{m,n}(F_2^{m-1,n})] + F_2^{m-1,n} \cdot U_{2,1}^{m,n} \cdot \partial\phi_{2,l}^{m,n}(F_2^{m-1,n}) / \partial F_2^{m-1,n} \quad \cdots\cdots (9)$$

そこで，数値解析のアルゴリズムは次の手順に従う。

(1) すべてのノードで配分操作変数系 $\{U_{i,j}^{m,n}\}$ を仮定する。

(2) 開始ノードより各段階のノードで配分交通量 $F^{m,n}$ を求め，式 (1) より評価値 $\phi^{m,n}$ を定め輸送時間 $T^{m,n}$ をもとめる。

(3) 集中ノードから配分操作変数系 $\{U_{i,j}^{m,n}\}$ の検討のため各段階のノードにおいてハミルトニアン関数を最小にするように各段階の配分操作変数系を定める。

(4) もし配分交通量が街路容量を超える場合には次の条件を考慮する。 $U_{i,j}^{m,n} = \begin{cases} 1 & F^{m,n} \leq C^{m,n} \\ 0 & F^{m,n} > C^{m,n} \end{cases}$

(5) 次に (2) へもどり配分操作変数を定める 2 つの連続する集合が等しくなるまでくりかえす。

実際の札幌市への適用については発表の時に詳細を示す。

参考文献 (1) 山村悦夫；「地域と交通」第11集 1966，(2) 同；OR学会春季研究発表会概要 1967/1968．
(3) 同；第22回土木学会学術講演会 1967． (4) S. Katz J Electr Cont 1962．
(5) C.S. Wang and L.T. Fan Ind Eng Chem Foundamentals 3 38 1964．
(6) T. Yang and R. Robert J. High Divi 1966． (7) T.A. Watteworth and P.W Schuldiner J Eng Mech Divi 1963．