

京都大学 正員 佐佐木綱

同 正員 井上博司

1. まえがき

本研究は、走行時間関数すなわち道路区間の走行所要時間と交通量の関係を非線形に仮定して、等時間原則による交通量配分および総所要時間最小化原則による交通量配分の計算法を論じるものである。走行時間関数を線形に仮定した場合には、繰り返し収束計算によって両配分原則にしたがう配分交通量を求めることができる¹⁾。ここでは、走行時間関数を解の近傍で線形化することによって、線形走行時間関数を用いた配分の方法を応用しうることを示し、配分計算の手順を述べる。

2. 線形走行時間関数を用いた等時間原則交通量配分の方法

はじめに、特定のODペア i に関するOD交通量のみを等時間原則にしたがうように配分する方法を述べる。いま i の交通量 X_i と所要時間 T_i の関係を $T_i = a_i X_i + b_i$ とおき、

X_{ij} : OD i の p というパスフロー, $R^i = (r_{pi})$: OD i のパス行列

S_i : OD i の OD 交通量,

n : OD i のパスの数,

$r_{pi} = \begin{cases} 1 & \text{パス } p \text{ が } i \text{ を通るとき} \\ 0 & \text{パス } p \text{ が } i \text{ を通らないとき} \end{cases}$

とすると、等時間原則交通量配分は次のように定式化される。

$$\text{OD条件式} \quad \sum_p X_{ip} = S_i \quad (1)$$

$$\text{等時間条件式} \quad \left. \begin{aligned} \sum_k c_{pk} + w_p &= t_i^0 & (\text{for } X_{ip} > 0) \\ \sum_k c_{pk} + w_p &\leq t_i^0 & (\text{for } X_{ip} = 0) \end{aligned} \right\} (p=1, 2, \dots, n) \quad (2)$$

ここに、 $c_{pk} = \sum_j a_j r_{pj} r_{kj}$, $w_p = \sum_j r_{pj} b_j$ である。

上の連立一次方程式、不等式の解は次のようにして求められる。すなわち、OD交通量をゼロフローの状態から与えられたOD交通量 S_i になるまで徐々に増加し、その都度OD間の最短経路に流し、交通量を積み上げていく。はじめにはゼロフロー時の最短経路に交通量が流れるが、パスフローがある量に達すると、その所要時間が別のパスの所要時間と等しくなる。そこで今度はこれらの2本のパスに所要時間が等しくなるような割合で交通量を流していく。すると同様にパスフローの和がある量に達すると、その所要時間がさらに別のパスの所要時間と等しくなる。今度はこの3本のパスに所要時間が等しくなるような割合でOD交通量を流していく。同様のことを行ってパスフローの和が与えられたOD交通量に等しくなるまでこの操作を行う。計算の途中でOD交通量がある量に達すると、ある特定のパスフローがゼロとなり、さらにOD交通量を増加させるなら、パスフローが負の値をもつようになることがある。パスフローは非負でなければならぬから、このときにはそれ以上そのパスには交通量を流さないようにする。このような計算のアルゴリズムは電子計算機によってすべて自動的に行うことができる。

一般的な複数のODペアを有する場合には、はじめにゼロフロー時の最短経路に予備

配分しておき、つきにある特定のODペアーについて着目し、その他のODのパスフローを固定して考える。このとき、着目するODについて等時間原則にしたがうようなパスフローは上に述べた方法によって求めることができる。このパスフローの修正の操作を各リンクの交通量が収束するまで順次ODを遷移させてすべてのODペアーについて行うことによって各リンクの配分交通量が求められる。

3. 非線形走行時間関数を用いた等時間原則交通量配分の方法

まず、走行時間関数の線形化の方法を述べる。いま、リンク j の交通量を X_j 、走行所要時間を $T_j = f_j(X_j)$ 、あるステップにおいて求まっているリンク j の交通量を X_j^0 とする。このとき、 $f_j(X_j)$ をリンク j の交通量に関する解の近似値 X_j^0 の近傍で次のように線形化する。

$$f_j(X_j) \cong f_j(X_j^0) + (df_j(X_j)/dX_j)_{X_j=X_j^0} (X_j - X_j^0) \quad (3)$$

ここで、 $a_j' = (df_j(X_j)/dX_j)_{X_j=X_j^0}$ 、 $b_j' = f_j(X_j^0) - (df_j(X_j)/dX_j)_{X_j=X_j^0} X_j^0$ とおくと、

$$f_j(X_j) \cong a_j' X_j + b_j' \quad (4)$$

となる。式(4)のように線形化された走行時間関数を用いて次のステップの配分計算を行う。このような走行時間関数の線形化の方法を用いて一般的な等時間原則交通量配分を行う計算の手順は次のようである。

- i) すべてのODについてゼロフロー時の最短経路探索を行う。
- ii) OD交通量を配分する順序は、ゼロフロー時の最短経路の所要時間の短い順とする。
- iii) すべてのODについてゼロフロー時の最短経路にOD交通量を予備配分する。
- iv) ODペアー1に着目。各リンクの配分交通量により走行時間関数を線形近似する。ODペアー1のパスフローを道路網から除き、最短経路探索を行う。
- v) ODペアー1のこれまでに求まった何本かの経路について、等時間原則をみたすパスフローを前記の方法によって求め、各リンクに流す。
- vi) iv)、v)と同様の操作をODの配分順序にしたがってすべてのODペアーについて行う。
- vii) iv)、v)、vi)のパスフローの修正の操作を、各リンクの交通量が収束するまで行う。収束した値が配分交通量となる。

4. あとがき

非線形走行時間関数を仮定した等時間原則交通量配分の方法を述べてきた。このような配分法の問題は、走行時間関数が単調増加であるとしても、リンクフローに関しては解は一意的であるが、パスフローに関しては解は一意的ではないことである。すなわち、予備配分と配分順序の如何によってパスフローの値は変化する。非線形走行時間関数を用いる場合の利点は、容量近くでその勾配が十分きつくなるようにすることによって各リンクの容量制限を行うことができる点にある。ただしこの場合には、前もってすべてのOD交通量を流しうるかどうかの道路網の容量に関する吟味を行っておかなければならない。なお総所要時間最小化原則による交通量配分については、等時間原則交通量配分との関連によってまったく同一のアルゴリズムを用いて配分交通量を求めることができる。

(参考文献) 1) 井上博司:「輸送計画の配分および等時間原則による配分に関する研究」, 土木学会第25回年次学術講演会講演集第4部, 昭和45年