等時間原則による交通量配分

京都大学工学部　正員　飯田恭敬
京都大学大学院　学生員　○萩原達朗

1．まえがき

等時間原則に従がう交通量配分法とは，「各ＯＤ交通ごとにその間に存在するパスのうち利用されるパスについては所要時間が同じで，利用されないパスについてはこれより所要時間が大きくなる」ということを満足する配分法である。この原則は直観的で特に理論的根拠もないが，われわれが経路を選択するとき，距離的に最短な経路が混雑していることがわかると，少々回り道になっても交通混雑がなくスムーズに走行できると思われる，すなわち時間的により近いと思われる経路を選ぶことに通じる。本論文では三角形だけから構成される道路網について，各ＯＤ交通ごとに存在する経路の交通量（パスフロー）を変量として等時間原則による交通量配分を論じる。

2．パスフローによる等時間原則の定式化

各ＯＤ交通につき経路を一本と限定した第一次配分を行い，これより得られる各三角形内の各リンク相互の所要時間の関係から等時間成立パターンを決定する。そうすると各ＯＤ交通の経路は先の第一次配分と等時間成立パターンより探索される。こうして求まった配分対象経路があるＯＤ交通に関していくつか存在するとき，各パスを流れる交通量をパスフローと定義しておくと，パスフローの条件としてはつぎのようなＯＤ条件式が成立している。

$$S^k = \sum_p x_p^k \qquad (k;\ 1,2,\cdots,r) \tag{1}$$

ここに S^k はＯＤが k の交通量であり，x_p^k はＯＤが k でパスが p のパスフローを示している。

さて道路区間 ij の走行所要時間 T_{ij} が交通量に線形依存するものと仮定して以下論をすすめる。

$$T_{ij} = l_{ij}\left(a_{ij}\sum_{k,p\in ij} x_p^k + b_{ij}\right) \tag{2}$$

ここに l_{ij} は道路区間長，a_{ij}, b_{ij} は道路の構造面から決まる定数，$\sum_{k,p\in ij} x_p^k$ は道路区間 ij を通るパスフローの総計すなわち交通量を示している。

こうしておくと，ＯＤ交通 k の等時間経路数が n_k 本あって，そのうちの経路 p の所要時間を T_p^k とすると，次式が成立している。

$$T_1^k = T_2^k = \cdots = T_{n_k}^k \qquad (k;\ 1,2,\cdots,r) \tag{3}$$

これをパスフローで表記するとつぎのようになる。

$$\sum_{ij\in k,1} l_{ij}\left(a_{ij}\sum_{k,p\in ij} x_p^k + b_{ij}\right) = \sum_{ij\in k,2} l_{ij}\left(a_{ij}\sum_{k,p\in ij} x_p^k + b_{ij}\right) = \cdots = \sum_{ij\in k,n_k} l_{ij}\left(a_{ij}\sum_{k,p\in ij} x_p^k + b_{ij}\right) \tag{4}$$

$$(k;\ 1,2,\cdots,r)$$

これからわかるように，各ＯＤ交通についてみると独立なる等時間条件式の数は (n_k-1) 個である。ここで各ＯＤ交通に対し１個づつ式(1)のＯＤ条件式が成立しているので，式(4)の等時間条件式が全ＯＤ交通について重ねてみても各ＯＤ間相互に対し独立性が保持される

ものとすると、条件式の数はOD条件式r個と等時間条件式$\sum_{k=1}^{r}(m_k-1)$個とを加えあわせて$\sum_{k=1}^{r}m_k$個となる。一方変量の数は経路数と同じであるから$\sum_{k=1}^{r}m_k$個である。したがって条件式の数と変量の数が一致するので、このときは式(1)と式(4)から構成される連立方程式を解けばよい。しかし一般的にはすべてのOD交通について等時間条件式を重ね合わせたとき条件式の独立性が保持されなくなる。いま、あるOD交通に関する経路のいずれかに他のOD交通の経路の両端点が内包されていなければ短距離ODと称し、内包されるときは長距離ODと称することにする。そうすると長距離ODの等時間条件式はすべて短距離ODのそれで表わせるので、独立な条件式の数は$\sum_{k=1}^{r}m_k$より少なくなり、上の連立方程式の階数が退化する。このことからわかるように等時間原則を満足する各リンク交通量は、あるとすれば、それはただ1つであることはわかっているがこの区間(リンク)交通量をパスフローに落として求めたくとも一意的には定まらない。つまり区間交通量がある一定値でありさえすればそこを通過するOD構成の内訳はどうでもよいということである。そこで本論文では等時間原則による交通量配分のパスフローを求めるにあたり、つぎの2つの立場を考えることにした。

3、等時間原則による配分における2つの立場

i)、情報不均等な立場

長距離ODの等時間条件式は短距離ODのそれでもって形成できるので、長距離ODに関するパスフローはOD条件式を満足しかつ非負であるという条件を満たす範囲内で先決してもよい。そこで長距離ODのパスフローの先決をつぎのような情報不均等な立場で行なうことにした。すなわち情報不均等な立場とは、長距離ODになるほど途中経路に関する情報量(交通混雑など)が乏しくなるという仮定に立つことである。このときは長距離トリップになるほど距離を基準に、短距離トリップになるほど時間を基準に各経路に配分がなされる。こうして長距離ODのパスフローが先決されると、残った短距離ODのパスフローは式(1)と式(4)から構成される連立方程式を解くことによって求まる。

ii) 情報均等な立場

情報均等な立場とはトリップ距離に関係なく、その間の経路に関する情報量が等しいという仮定に立ったときである。したがってこのときは、「ある2地点間で交通量が分流するとき、その2地点間にわたって通過するどのOD交通についてもその間の各経路への配分比率は同一である」という仮定でつくられる配分比条件式が満たされている状態だと考えてもよいであろう。この配分比条件式は等時間条件式の不足数だけいつも補うことが可能なので一意的なパスフローの解が得られる。しかし配分比条件式を導入すると上記の連立方程式が非線形となってくるため求解が困難となる。そこで情報均等な立場での計算は情報不均等な立場での配分計算から出発して、配分比条件式を満足させるような収束計算で配分を行なう。なお例題については講演当日発表する。

〈参考文献〉 飯田恭敬 パスフローによる交通量配分 交通工学 Vol.4 1969