

(社)システム科学研究所 正員 大矢正樹
山梨大学工学部 正員 星野哲三

1. はじめに

従来の確率的配分モデルでは、配分計算を行う前に各ODペアごとに配分の対象となる経路を決定しておく必要があった。確率的配分では競合経路の組み合わせによって解が異なるから、このいわゆる「経路先決問題」は確率的配分理論が解決すべき大きな課題である。Dialの配分モデル¹⁾は容量制約のある場合には収束しないという欠点をもつものの、競合経路探索を行わないという発想においてこの課題の解決に重大な示唆を与えるものであった。本研究は吸収マルコフ連鎖を利用した、経路を先決しない確率的均衡配分理論の提示を目的とするものである。

2. 競合経路集合とネットワークパターン

運転者の選択対象となる経路を「その経路を走行することにより、運転者が距離的に常に起点から遠ざかりかつ終点に近づく経路」と定義する。この定義を満たす全ての経路を各ODペアごとに探索することは実用上かなり困難であるが、このような経路が通る道路区間(その向きを考慮して以下アークと呼ぶ)を決定するのは比較的容易である。初めに2つのノードを結ぶアークが3本以上ある場合にはダミーノードを設けて、2つのノードを結ぶアークがたかたか2本であるようにする。次に各ODペアごとに、起点および終点から任意のノードまでの最短距離 $P(i)$, $Q(j)$ を計算する。そして $P(i) < P(j)$ かつ $Q(i) > Q(j)$ なる日アーク $i \rightarrow j$ を採用し、 $P(i) > P(j)$ かつ $Q(i) < Q(j)$ なる日アーク $j \rightarrow i$ を採用することとする。これにより、各ノードを結ぶアークは1つのODペアについてたかたか1本しか存在しないことになる。例えば Fig-1 のネットワークで OD ヤア 3 → 2 について考えれば Fig-2 の様なアーク集合が選ばれることになる。この様な OD ヤアごとのアーク集合をネットワークパターンと呼ぶこととする。

ネットワークパターンに属するアークによって配分対象経路が与えられることは自明である。またその時の配分対象経路の数および経路長が有限の値をとることにも注意しておこう。

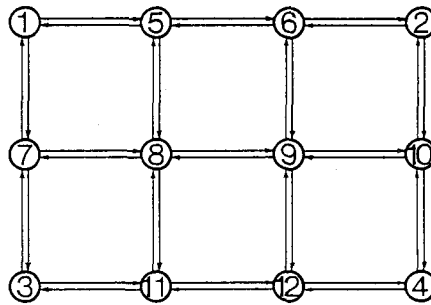


Fig-1

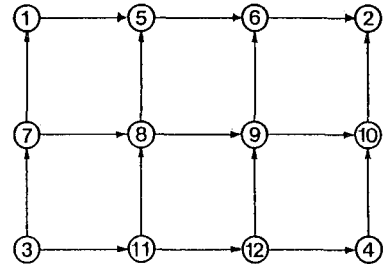


Fig-2: OD 3 → 2 のネットワークパターン

3. 吸収マルコフ連鎖を利用した配分モデル

本研究では配分対象経路 λ の配分率は式(1)で与えるものとする。なおこのモデルでは競合経路集合ではなく

$$P_{\lambda}^k = \frac{\exp\{-\theta(t_{\lambda}^k - t_{\lambda}^{k*})\}}{\sum_{\lambda} \exp\{-\theta(t_{\lambda}^k - t_{\lambda}^{k*})\}} \quad (1)$$

ここに

P_{λ}^k : OD ヤア k のパス λ の配分率

t_{λ}^k : " " のパス λ の走行所用時間

t_{λ}^{k*} : " " の最短経路の走行所用時間

θ : 発散パラメータ ($\theta > 0$)

ネットワークパターンが与えられるから、(1)式から経路交通量を求めその和としてアークフローを求めるということはできない。しかし(1)式でODペア交通量を配分した時の、各ノードにおける右を折道進率(ノード間遷移確率)が求まるが、吸収マルコフ連鎖を利用して直接アークフローを計算することが可能である²⁾。今ネットワーク上に映画のカメラを置いて、あるODペアに属する車が各経路を式(1)で定められた台数だけODに達するまで走行する様子を撮影したとする。撮影後スクリーン上にフィルムを逆巻きして映すと、各車が後向きに終点Dから起点Oに向か、て走行するのを見てとれるだろう。当然のことであるが車が後向きに走行してもアークフローは変わらない。Fig-3に示すようにノードへの流入交通量と流出交通量に、流出交通量が流入交通量に変わるわけである。この時の各ノードにおける分岐率、例えばFig-3におけるノードjからノード i_1, i_2, i_3 への分岐率 $P_{j i_k} (k=1,2,3)$ は

$$P_{j i_k} = w_{i_k j} / W_j \quad (2)$$

で与えられることができる。ただし、

$$w_{ij} = W_i \cdot \alpha(i, j), \quad W_j = \sum_i w_{ij}, \quad W_O = 1 \quad (3)$$

$$\alpha(i, j) \equiv \exp \{ \theta [P(j) - P(i) - t_{ij}] \} \quad (\theta > 0) \quad (4)$$

ここに

$P(i)$: 起点Oからノードiまでの最短時間

t_{ij} : アーク $i \rightarrow j$ の走行所用時間

w_{ij} : アーク $i \rightarrow j$ のアークウェイト

W_j : ノードjのノードウェイト

である。ノード間遷移確率が求まれば例えば起点が1、終点があるNであれば遷移確率行列は

$$P = \begin{pmatrix} 1 & 0 & \dots & 0 \\ p_{12} & p_{13} & \dots & p_{1N} \\ p_{21} & p_{22} & \dots & p_{2N} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ p_{N1} & p_{N2} & \dots & p_{NN} \end{pmatrix} \quad \text{ここに } p_{ij} = w_{ij} / W_j \quad (5)$$

のように定まり、ノードjへの流入交通量は、(6)式

$$X = (0, \dots, 0, U) (I - Q)^{-1} \quad (6) \quad X_{ij} = X_j \cdot p_{ji} \quad (7)$$

ここに、 $X = (X_1, \dots, X_{N-1})$, X_i : ノードiのノードフロー, U : ODペア $1 \rightarrow N$ のODペア交通量を与えられる。またODペア $1 \rightarrow N$ に関するアークフロー X_{ij} は式(7)で与えられる。以上の計算を繰り返すODペアに関してくり返せばアークフローが得られる。全体の配分フローをFig-4に示す。

4. 問題点と今後の課題

問題点としては、ネットワークパターンの記憶に多量のメモリーを必要とする点、収束計算がヒューリスティックな反復計算によっているため収束の保証が必しもない点、今後の課題として(1), (4)の分散パラメータ θ の値の決定方法の開拓があげられる。

参考文献 1) R. Dial: A Probabilistic Multipath Traffic Assignment Model which Obviates Path Enumeration, Trans. Res. Vol. 15, pp. 101-111, 1971
2) 大友正樹: 吸収マルコフ連鎖を利用した交通配分モデルの影響評価について, 第4回土木計画学研究会発表集, pp. 430-433, 1982
3) 大友正樹: 経路を決定しない確率的経路配分に関する考察, 第5回土木計画学研究会発表集, pp. 377-406, 1983

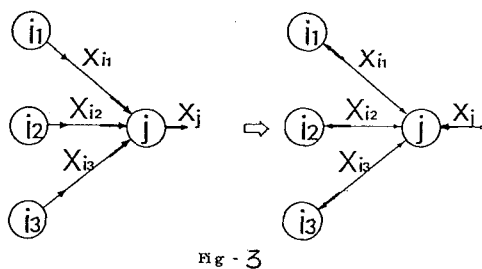


Fig-3

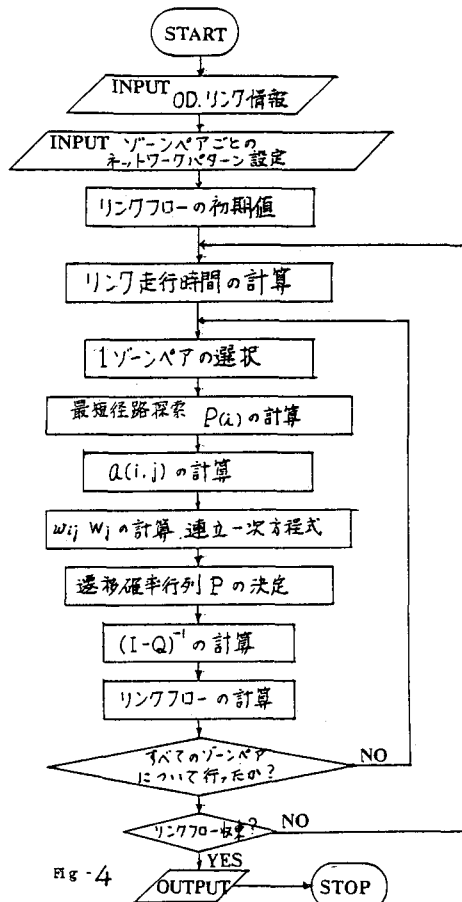


Fig-4