

実ネットワーク上の経路選択行動を考慮した配分手法に関する基礎的研究(2)

愛媛大学工学部 正会員 朝倉康夫

愛媛大学工学部 正会員 羽藤英二

1. はじめに

従来の交通配分手法は経路を列挙することなく行われるケースが少なくない。これは経路列挙のための計算コストや、行動モデルを精緻化することで生じる求解性、あるいはネットワークモデル全体を修正することで生じる他の土地利用モデル等との整合性の確保などの問題に拠る。一方、現実の交通流パターンでは、限られた本数の経路に需要が流れていると考えられる。一般的に利用者の経路選択行動は不確実性を含むので、時間最短経路のみが利用されるわけではない。利用者の経路選択行動に関わる要因は、時間コストの他に様々なものが考えられる。経路自体が持つ特性、すなわち経路に固有の属性は、要因のひとつとして考えることができる。つまり、人々は時間コストとそれ以外の経路に固有の属性をもとに経路選択を行っているものと仮定できる。同様に、経路に着目してネットワークフロー分析を行う際は、配分対象となる経路(リンク)を決定しなければならない。その際にも、時間コストとそれ以外の経路に固有の属性を考慮することが望ましい。乗り継ぎ問題や、経路固有の課金システムといった経路に固有の属性を考慮するためには、経路単位の分析を行わなければならない。本研究では経路の列挙を前提とした均衡配分手法の基本特性について数値解析を通じて分析を行う。

2 定式化とアルゴリズム

経路交通量を明示的な未知変数とした均衡配分のアルゴリズムとして Simplicial Decomposition 法がある。Damberg et al.により提案された本アルゴリズムは Hearn et al. が開発した従来のアルゴリズムを拡張したものである。経路交通量を明示的に扱うため、大規模なネットワークへの適用は難しいとされているが、計算機能力の向上で、適用範囲が広がる事が期待できる。経路を明示的に取り扱うことで経路の重複問題を取り扱うことが可能となる。

経路の重複問題は例えば以下のように PCL モデルを用いて確率利用者均衡問題として以下の式(1)で定義できる³⁾。

$$\min. Z = Z_1 + Z_2 + Z_3 \quad (1)$$

$$Z_1 = \sum_a \int_0^{x_a} t_a(w) dw$$

$$Z_2 = \frac{1}{\theta} \sum_{rs} \sum_k \sum_{j \neq k} \beta_{kj} f_{k(kj)}^{rs} \ln \left[\frac{f_{k(kj)}^{rs}}{\beta_{kj}} \right]$$

$$Z_3 = \frac{1}{\theta} \sum_{rs} \sum_k \sum_{j \neq k} (1 - \beta_{kj}) (f_{k(kj)}^{rs} + f_{j(kj)}^{rs}) \ln \left[\frac{f_{k(kj)}^{rs} + f_{j(kj)}^{rs}}{\beta_{kj}} \right]$$

$$x_a = \sum_{rs} \sum_k f_k^{rs} \delta_{a,k}^{rs} \quad \forall a \in A$$

$$q_{rs} = \sum_k f_k^{rs} \quad \forall rs \in W$$

$$f_k^{rs} \geq 0 \quad \forall k \in K_{rs}, \forall rs \in W$$

ここで、

$t_a(x_a)$: リンク a のリンクコスト

x_a : リンク a の交通量

q_{rs} : OD ペア rs 間の交通量

$f_{k(kj)}^{rs}$: OD ペア rs 間で経路 k と経路 j の重複に着目するときの経路 k の交通量

$\delta_{a,k}^{rs} = 1$: OD ペア rs 間 k 番目経路がリンク a を含むとき

$= 0$: 含まないとき

σ_{kj} : 経路 k と経路 j の重複に関する指標 ($0 \leq \sigma_{kj} < 1$)

$$\beta_{kj} = 1 - \sigma_{kj}$$

目的関数(1)について、第1項は Wardrop 均衡配分に、第2項と第3項は確率的配分にそれぞれ相当する。MNL 型確率的利用者均衡配分と同様に、この最適化問題を用いれば、確率的利用者均衡配分が Wardrop 均衡配分の一般化となっていることも容易にわかる。上記最適化問題の解である経路交通量とリンク交通量の一意性は保証されている。

式(1)は経路交通量を含み、経路ベースの解法が必要となる。経路交通量を未知変数とする Simplicial

Decomposition 法は、経路集合を特定した限定親問題

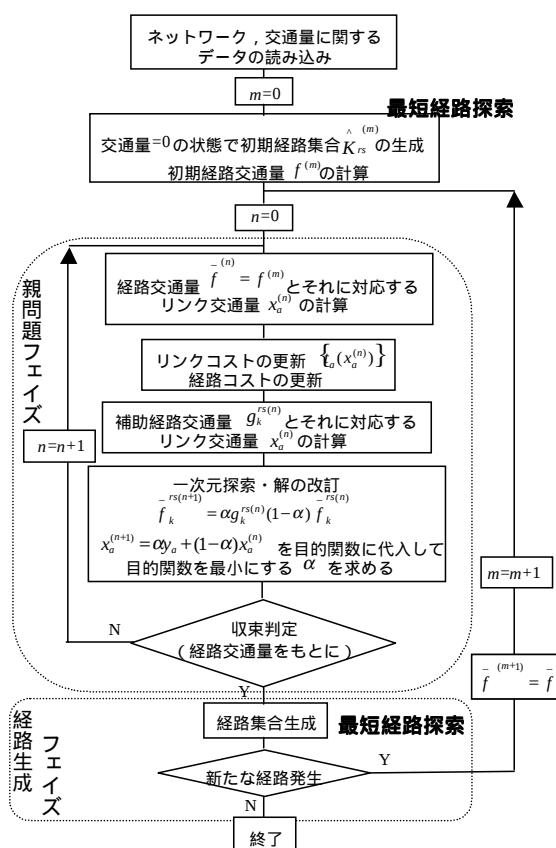


図-1 Modified DSD 法アルゴリズム

を解くフェイズと経路集合を拡張する経路生成のフェイズより構成されている。図-1 に解法のフローチャートを示す。

従来の需要固定型確率的利用者均衡モデルでは物理的に利用可能な全経路が利用されるため、厳密解を求めるためには全ての経路を生成しなければならない。現実の交通量パターンでは、かなりの割合の交通量が、限られた本数の経路に流れていると考えられ、非現実的な経路の列挙に計算コストを費やすことは現実的といえない。

本アルゴリズムでは現実的な経路選択枝集合の列挙が課題となることが Damerg et al により指摘されている。Hato&Asakura はメンタルマップと非補償型の経路選別アルゴリズムを適用することで多数の経路選択枝から現実的な選択枝集合に絞りこむ現実的なアルゴリズムを提案している。以下に計算例を示す。

3. 数値計算例

数値計算に用いたネットワークはノード数 9, リンク数 12 で構成される 1OD の仮想ネットワークである。BPR 関数のパラメータは、 $\alpha = 1$, $\beta = 3$, 交通容量=1000 台とし、OD ペア間の需要 2000 台を発生させた。

従来の PCL 型確率的利用者均衡配分と、経路所要時間の他に右左折数を考慮した非補償型の経路選別を考慮した PCL 型の確率的利用者均衡配分結果を列挙された経路パターンの観点から比較する。

表-1 経路列挙パターン

経路kと経路j	L_k	L_j	L_{kj}	σ_{kj}
k=1, j=2	20.0	35.0	0.0	0.000
1, 3	20.0	25.0	10.0	0.447
2, 3	35.0	25.0	0.0	0.000
経路kと経路j	L_k	L_j	L_{kj}	σ_{kj}
k=1, j=2	25.0	40.0	0.0	0.000
1, 3	25.0	25.0	5.0	0.200
2, 3	40.0	25.0	5.0	0.158
1, 4	25.0	30.0	5.0	0.183
2, 4	40.0	30.0	10.0	0.289
3, 4	25.0	30.0	0.0	0.000

Note:

上段：従来のアルゴリズム。

下段：右左折数を考慮した PCL 型確率利用者均衡モデル

表-1 に列挙された経路間の関係パラメータ σ の値を示す。列挙された経路数は従来のアルゴリズムで 2 本、右左折数を考慮したアルゴリズムでは 4 本となった。提案した計算アルゴリズムの適用結果では、右左折数という経路に固有の属性を考慮したため、最短コスト経路よりもコストの高い経路を選択する場合がある。その結果、既に経路集合に含まれる経路と同一であるような経路が生成されにくいため、最終的に 4 本の経路が生成されている。PCL 型確率的利用者均衡配分では、必ずしも経路コストが小さいほど、多くの交通量が負荷されるわけではないことが大きな特徴と言える。

参考文献

1. Damberg, O., J.T. Lundgren and M. Patriksson; An Algorithm for the Stochastic User Equilibrium. Transportation Research, Vol.30B, No.2 pp.115-131, 1996.
2. Hearn, D.W., S. Lawphongpanich and J.A. Ventura; Restricted Simplicial Decomposition: Computation and Extensions. Mathematical Programming Study, 31, pp.99-118, 1987.
3. Schlomo Bekhor and Joseph N. Prashker; FORMULATIONS OF EXTENDED LOGIT STOCHASTIC USER EQUILIBRIUM ASSIGNMENTS. Transportation and Traffic Theory, Ceder, A. (ed.), Pergamon Press, pp.351-372, 1999.
4. Hato, E. and Asakura, Y. Incorporating Bounded Rationality Concept into Route Choice Model for Transport Network Analysis. European Transport Conference 2000 in Cambridge, Behavioural Modelling, Vol.441, pp.1-12, 2000.