Ⅳ－27　経路交通量を変数とする確率的利用者均衡モデルの計算法

愛媛大学大学院　学生員　○大草裕二郎
愛媛大学工学部　正会員　　朝倉康夫

1. はじめに

交通量配分を中心とするネットワークフロー分析ではリンク単位の分析に主眼が置かれる．しかし，距離に比例しない料金体系や公共交通における乗り換え回数等，リンクコストでは表現できない経路固有の属性を考慮する際は，経路単位での分析が必要である．

そこで本研究では，経路交通量を未知変数として確率的利用者均衡モデルを解く場合の計算法を示す．また，リンク単位の計算法による結果との比較を行う．

2. 使用モデルと計算法

2.1 需要固定型確率的利用者均衡モデル

本研究では需要固定型確率的利用者均衡モデルを用いることにする．以下に経路交通量を未知変数とする場合の需要固定型確率的利用者均衡モデルと等価な最適化問題を示す．

$$\min . Z(f) = \sum_{ij} \int_0^{x_{ij}} t_{ij}(\omega) d\omega$$

$$+ \frac{1}{\theta} \sum_{rs} \sum_{k} q_{rs} \frac{f_k^{rs}}{q_{rs}} \ln \frac{f_k^{rs}}{q_{rs}} \qquad (1)$$

subject to

$$x_{ij} = \sum_{rs} \sum_{k} f_k^{rs} \delta_{ij,k}^{rs} \qquad \forall (i,j) \in A \qquad (2)$$

$$q_{rs} = \sum_{k} f_k^{rs} \qquad \forall (r,s) \in W \qquad (3)$$

$$f_k^{rs} \geq 0 \qquad \forall k \in K_{rs},\ \forall (r,s) \in W \qquad (4)$$

$t_{ij}(\omega)$: リンク ij のリンクコスト関数

q_{rs} : OD ペア rs 間の交通量

x_{ij} : リンク ij の交通量

f_k^{rs} : OD ペア rs 間 k 番目経路の交通量

$\delta_{ij,k}^{rs}$: = 1 : OD ペア rs 間 k 番目経路がリンク ij を含む
　　0 : 含まないとき

2.2 計算アルゴリズム

本研究では経路交通量を未知変数とする解法の中でも代表的な Simplicial Decomposition 法を用いて 2.1 の最適化問題を解く．

Simplicial Decomposition 法は，経路集合を特定した限定親問題を解くフェイズと経路集合を拡張する列生成のフェイズより構成されている．

図 1 に Simplicial Decomposition 法のフローチャートを示す．

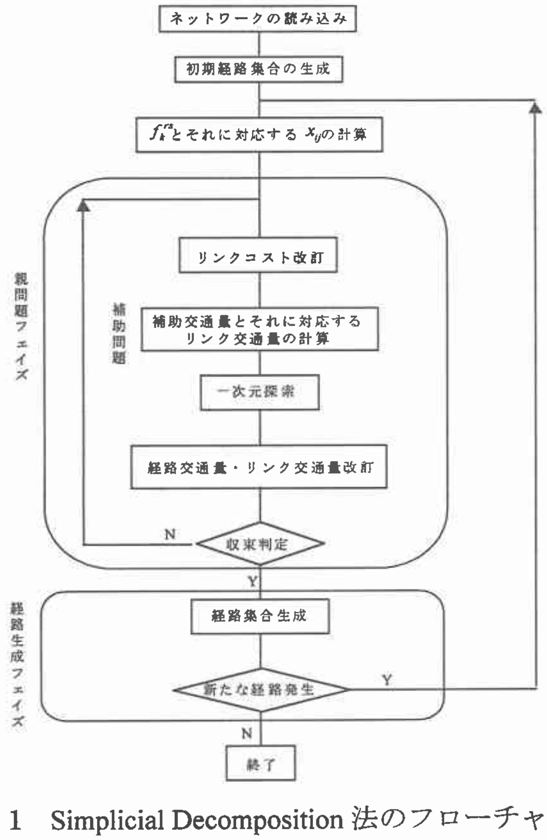

図 1　Simplicial Decomposition 法のフローチャート

f_k^{rs}，補助経路交通量は，経路コスト C_k^{rs} を説明変数とし，q_{rs} をロジット型配分することにより求める．

限定親フェイズでは，限定された経路集合に対する経路交通量を用いて元の問題を表現し，その経路交通量を最適化する問題となる．

列生成フェイズについては，限定親問題の解である経路交通量 $\{f\}$ をネットワークに負荷したときのリンクコストを求め，それに対する OD 間の最短経路探索を行う．求めた最短経路が既に生成された経路集合に

含まれていなければ，それまでの経路集合に追加する．経路集合に新たに加える経路がなくなれば列生成フェイズを終了する．

Simplicial Decomposition 法の特徴は，配分対象となる経路を限定することである．すなわち，経路集合に含まれる経路に対してのみ交通量が負荷され，経路集合に含まれない経路には交通量が負荷されない．

3. 計算例

3.1 前提条件

図 2 に使用ネットワークを示す．

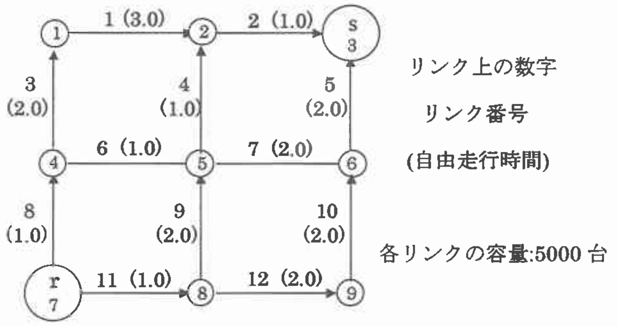

図 2　使用ネットワーク

・ リンクコストは BPR 型関数を用いる．

$$t_a(x_a) = t_{a0}\left\{1+\alpha(x_a / C_a)^{\beta}\right\} \qquad (5)$$

$\alpha = 1.0, \beta = 3.0$ とし与件とする．

・ 1OD(ノード 7→ノード 3)とし，q_{rs} は 2500 台，5000 台，10000 台の 3 パターンを想定する．

・ 経路選択率:θ は 0.01 ,1.0 の 2 パターンを想定する．

3.2 計算結果

q_{rs} =2500 のとき，θ=0.01 ,1.0 ともに経路は 1 本生成され，同一経路である．q_{rs} =5000 のとき θ=0.01 ,1.0 ともに経路は同じものが 2 本生成される．ただし θ が異なるので経路交通量とそれに伴う経路コストは異なる．q_{rs} =10000 について，表 1 に θ =0.01 のとき生成される経路とその属性，表 2 に θ =1.0 のとき生成される経路とその属性をそれぞれ示す．

表 1　θ =0.01 のときの生成経路とその属性

経路	通過ノード	f_k^{rs}	C_k^{rs}
経路1	7,4,5,2,3	2529.8	8.073
経路2	7,8,9,6,3	2470.1	10.415
経路3	7,8,5,2,3	2523.9	8.319
経路4	7,4,5,6,3	2776.2	10.186

表 2　θ =1.0 のときの生成経路とその属性

経路	通過ノード	f_k^{rs}	C_k^{rs}
経路1	7,4,5,2,3	3420.2	8.898
経路2	7,8,9,6,3	1806.6	9.500
経路3	7,8,5,6,3	974.3	10.094
経路4	7,8,5,2,3	2195.2	9.344
経路5	7,4,5,6,3	1603.7	9.648

θ =0.01,1.0 のときでは生成される経路の本数や形状が異なっていることがわかる．

4. Simplicial Decomposition 法と Dial の比較分析

4.1 Dial の概要

Dial のアルゴリズムとはリンク交通量を未知変数とし，経路の列挙を行わず計算するものである．ただしこのアルゴリズムは配分対象とする経路の限定を行っている．配分対象となる経路とは，起点から遠ざかるノードのみから構成されているものである．

4.2 計算結果

図 2 のネットワークについて，3.1 と同一の条件で Dial のアルゴリズムを適用した。

q_{rs} =2500,5000,10000 ともに全てのリンクに交通量が負荷される．

Dial と比較するためには Simplicial Decomposition 法で求めた経路交通量をリンク交通量に変換する必要がある．表 3 には，q_{rs} =10000 について， Simplicial Decomposition 法と Dial それぞれの方法で求めたリンク交通量を示す．

表 3　リンク交通量配分結果

リンク番号	Simplicial Decomposition法 $\theta=0.01$	Simplicial Decomposition法 $\theta=1.0$	Dial $\theta=0.01$	Dial $\theta=1.0$
1	0.0	0.0	1,663.1	807.4
2	5,053.7	5,615.4	5,061.1	5,855.5
3	5,006.0	5,024.0	3,365.6	4,470.7
4	2,476.2	2,578.1	3,288.2	2,448.5
5	4,994.0	4,976.0	4,971.4	4,721.9
6	2,470.1	1,806.6	1,650.7	1,696.0
7	0.0	0.0	1,663.1	807.4
8	5,053.7	5,615.4	3,398.0	5,048.1
9	4,946.3	4,384.6	4,938.9	4,144.5
10	5,006.0	5,024.0	5,028.6	5,278.1
11	2,523.9	3,169.5	3,320.6	3,025.9
12	2,470.1	1,806.6	1,650.7	1,696.0

Dial では全てのリンクに交通が負荷されているのに対して，Simplicial Decomposition 法では全てのリンクに負荷されていない．よって，Dial と比較したとき Simplicial Decomposition 法のほうが，より限定的な配分パターンを表現しているということが言える．