

大規模ネットワーク交通量配分のためのリンクベースの感度分析手法

金沢大学 理工学域環境デザイン学類 学生員 ○大谷 慶
金沢大学 理工研究域環境デザイン学系 正会員 中山晶一郎
金沢大学 理工研究域環境デザイン学系 フェロー 高山 純一

1. はじめに

大規模道路ネットワークの交通量配分を行うには、膨大な計算機容量と計算時間を要するものとなる。配分結果の精度を確保しつつ、計算費用を減らすための工夫を行うことは非常に重要である。特に最適料金の決定などでは、異なった料金ごとに配分を行う必要があり、配分計算を多数行う必要がある、よって、少しの計算時間の短縮も合算すると大幅な短縮になる。

ネットワーク集約化の目的として、実際のネットワークよりも規模(リンク, ノード数)の小さい計算用のネットワークを合理的に作成することにあると考えられる。最も簡単な方法として、主要なリンク(幹線道路)のみを抽出し、他のリンクを削除する方法が挙げられるが、不要なリンクを削除しているため、計算費用の節約には寄与しても、配分結果に対する精度が保証されず、交通計画の基本データとしての利用価値が減ることになる。

これに対し、Connors¹⁾の提案する感度分析を用いたネットワークの集約化は、有料道路または、公共交通と一般道路を含むネットワークにおいて、一般道路を一本の仮想リンクに集約することで、計算時間を短縮することができる。しかし、Connorsの理論では高速道路へのアクセスに一般道路を利用する場合に適用できないことが問題点として挙げられる。この問題に対し、岡本ら²⁾は、感度分析を用いた経路集約方法を提案するとともに、高速道路へのアクセスに一般道路を利用する場合においても適用可能なネットワーク集約化手法を構築し、その手法を大規模ネットワークに適用することで、感度分析を用いた経路集約化の妥当性の検討を行った。しかし、経路集約法は大規模ネットワークでは、経路数が膨大となり、計算で用いる行列計算が行えない場合がある。

そこで、本研究では、感度分析を用いた経路集約法を拡張し、経路ベースではなく、リンクをベースとし

た感度分析手法を提案する。そして、その手法を大規模ネットワークに適用し、リンクベースの感度分析手法の妥当性を検討する。

2. 確率的利用者均衡配分の定式化

(1) リンクパフォーマンス関数

本研究では、リンク旅行時間の計算式として式(1)で与えられるBPR関数を用いることにする。式(1)は通常のBPR関数に有料道路を考慮し、料金項を付加したものである。ただし、一般道路では通行料金 ξ_a は0で設定する。

$$t_a(x_a) = t_{a0} \cdot \left\{ 1 + \alpha \cdot \left(\frac{x_a}{C_a} \right)^\beta \right\} + \frac{\xi_a}{\omega} \quad (1)$$

ここで、 $t_a(x_a)$: リンク a の旅行時間、 t_{a0} : リンク a の自由旅行時間($x_a=0$)、 C_a : リンク a の交通容量、 α, β : BPR関数のパラメータ、 ξ_a : リンク a の通行料金、 ω : 時間評価値である。

(2) 経路選択確率

本研究では実用的に利用可能なロジットモデルによる経路選択確率を仮定する。各道路利用者は次式のロジットモデルに従い、経路選択確率 p_k^r を決定していると仮定する。

$$p_k^r = \frac{\exp(-\theta c_k^r)}{\sum_k \exp(-\theta c_k^r)} \quad (2)$$

ここで、 p_k^r : OD(r)に対する経路(k)の経路選択確率、 c_k^r : OD(r)に対する経路(k)の経路旅行時間、 θ : ロジットモデルのパラメータ(分散パラメータ)である。

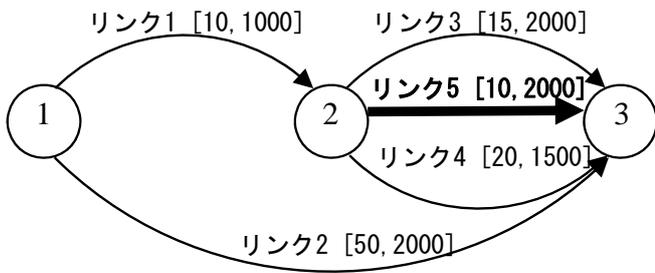


図-1 仮想ネットワーク

([]内は自由走行時間(分), 交通容量(台))

表-1 OD 交通量と経路情報

ODペア	OD交通量(台)	経路	通過リンク
(1)→(2)	2000	1	1
(1)→(3)	1000	2	1 3
		3	1 4
		4	2
		5	1 5
(2)→(3)	1000	6	3
		7	4
		8	5

3. 感度分析の定式化

感度分析は、分析したいアウトプットをいくつかの変数(パラメータ)に分解し、その変数が変動した時、アウトプットにどの程度影響を与えるのかを調べる手法で、Connors¹⁾の提案する感度分析は、確率的利用者均衡配分をベースに、リンク交通量をアウトプットとし、リンク交通量を線形近似式で表すことで配分にかかる計算時間を短縮することを提案している。リンク交通量は式(3)として表される。

$$\mathbf{z} = \mathbf{z}_0 + \mathbf{A} \cdot (\mathbf{y} - \mathbf{y}_0) \quad (3)$$

ここで、 \mathbf{z} : 一般道路リンク交通量, \mathbf{y} : 高速道路リンク交通量, \mathbf{y}_0 : 参照高速道路リンク交通量, \mathbf{A} : コンスタンマトリックスである。なお \mathbf{A} は以下の式で表される。

$$\mathbf{A} = -(\nabla_{\mathbf{z}} \mathbf{d})^{-1} \cdot \nabla_{\mathbf{y}} \mathbf{d} \quad (4)$$

$$\nabla_{\mathbf{z}} \mathbf{d} = \mathbf{I} - \mathbf{Q} \cdot \nabla_{\mathbf{c}} \mathbf{P} \cdot \Delta^T \cdot \nabla_{\mathbf{x}} \mathbf{t} \cdot \nabla_{\mathbf{z}} \mathbf{x} \quad (5)$$

$$\nabla_{\mathbf{y}} \mathbf{d} = \mathbf{Q} \cdot \nabla_{\mathbf{c}} \mathbf{P} \cdot \Delta^T \cdot \nabla_{\mathbf{x}} \mathbf{t} \nabla_{\mathbf{y}} \mathbf{x} \quad (6)$$

ここで、 \mathbf{d} : ギャップ関数ベクトル, \mathbf{Q} : OD 需要ベクトル, \mathbf{P} : 経路選択確率ベクトル, \mathbf{t} : リンク旅行時間ベクトル, Δ : OD ペア ij 間にリンク a が含まれるとき 1, そうでないとき 0 となる変数の行列である。

4. 仮想ネットワークへの適用

配分計算を行う対象ネットワークはノード数 3, リンク数 5 の図-1 に示す仮想ネットワークである。実線のリンクはすべて一般道路(リンク 1~4), 太線のリンクは高速道路(リンク 5)とする。時間価値は 50 円/分と

設定する。ネットワークは 3 ノード, 5 リンクであり, 3 つの OD ペアがある仮想ネットワークである。OD ペアについては, ノード 1 からノード 2 へ向かう OD ペア 1, ノード 1 からノード 3 へ向かう OD ペア 2 とノード 2 からノード 3 へ向かう OD ペア 3 の 3 つである。そして, OD 交通量については, OD ペア 1 に 2000 台, OD ペア 2 に 1000 台, OD ペア 3 に 1000 台を設定する。また, 経路については OD ペア 1 の中で, リンク 1 からなる経路を経路 1, OD ペア 2 の中でリンク 1 とリンク 3 からなる経路を経路 2, リンク 1 とリンク 4 からなる経路を経路 3, リンク 2 からなる経路を経路 4, リンク 1 とリンク 5 からなる経路を経路 5, OD ペア 3 の中でリンク 3 からなる経路を経路 6, リンク 4 からなる経路を経路 7, リンク 5 からなる経路を経路 8 とする。以上の OD ペア, OD 交通量, 経路についてまとめたのが表-1 である。ここで, OD は 2 つ設定し, ノード 1 から 3 の OD を OD1, ノード 2 から 3 の OD を OD2 とする。BPR 関数のパラメータ α, β については, それぞれ 1, 2 で設定する。

以上のネットワークにて感度分析手法を適用する。

5. まとめ

本研究では, 感度分析の妥当性の検討を行う。その結果については講演時に発表する。

参考文献

- 1) Connors, R. D : Aggregation Of Traffic Networks Using Sensitivity Analysis , UTSG, January 2008, 2A1.1 - 2A1.11
- 2) 岡本裕也, 中山晶一郎, 高山純一 : 感度分析による経路集約化法を用いた確率的利用者均衡配分の効率的計算, 土木学会論文集 D3(土木計画学), Vol.67, No.5(土木計画学研究・論文集第 28 卷), 2011.12.