メッシュ分割によるネットワーク表示の簡略化手法を用いた交通量配分計算法

A TRAFFIC ASSIGNMENT METHOD BY SIMPLIFYING
NETWORK REPRESENTATION OF MESH SUBAREAS

飯田恭敬・高山純一・横山日出男

By Yasunori IIDA, Jun-ichi TAKAYAMA and Hideo YOKOYAMA

This paper presents and discusses a traffic assignment method by simplifying network representation, in which the assignment calculation is performed alternately with the simplified network over the entire study area and with the detailed (or real life) network in each of the divided mesh area. The aims of development of this method are to reduce the computation time in the assignment and to attain high accuracy in estimation results. It is concluded through some numerical examples that the estimation errors for the simplified entire network and for the detailed network in each mesh are not significant if the degree of congestion is high and the number of iterations in incremental assignment is large.

1. はじめに

広域を対象とした大規模道路網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ので計算手法そのものの効率化をはかると同時に、ネットワーク表示の簡略化が必要となる。交通量配分に関する研究は、これまで専ら前者に重点が置かれ、幾多の重要な成果が得られてきた。しかし、後者についての研究はきわめて少なく取り残されてきた観がある。ネットワーク表示の簡略化として従来よく用いられているのは、たとえば幹線道路などの主要道路のみを表示し、その他の道路については省略す

るという方法である。しかし、このような単純な方法では、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。したがって計算の経済化、効率化と同時にネットワークの合理的表示方法が配分問題におけるこれからの重要な課題といえる。

大規模道路網を対象とした解析手法とネットワーク表示についての、これまでの研究を整理すると、以下のように大きく4つに分類することができる。

1つ目は、対象道路網を分割する考え方で、T.C. Huの方法¹⁾や林等の方法²⁾など、いくつかの研究がなされている。しかし、これらの方法は計算の効率化と節約化に主眼が置かれたものであり、ネットワーク表示の簡略化については言及されていない。特に、後者は多数のノードペア間の最短所要時間を求めるためのもので、交通量配分に用いることを目的とはしていない。

* キーワーズ ; 交通量配分, ネットワーク簡略化

** 正会員 工博 金沢大学教授 工学部建設工学科
(〒920 金沢市小立野 2-40-20)

*** 正会員 工修 金沢大学助手 工学部建設工学科
(〒920 金沢市小立野 2-40-20)

**** 正会員 工修 (株) 日本通運 中部重機建設支店
(〒450 名古屋市中村区名駅南 4-11-20)

2つ目は、ネットワークを階層化することにより交通量配分を行う方法で、C.F.Daganzoの方法³⁾や内山等の方法⁴⁾がある。Daganzoは道路を幹線道路と非幹線道路に区分し、最短経路探索の計算効率を高める工夫を行った。しかし、配分計算では必ず幹線道路を経てトリップが行なわれると仮定しているため、幹線道路から成るネットワークの設定方法に問題が残ると思われる。また、内山等は道路網の階層化に加え、OD交通量も長トリップと短トリップに階層化しており、配分計算ではまず長トリップを幹線道路から成る特定ネットワークに配分し、その後で短トリップを非幹線道路の集約による仮想ネットワークに配分している。しかし、この方法では幹線道路と非幹線道路の整合性に問題があり、現実道路網の詳細な配分結果を得ることは困難である。

3つ目は、ネットワークのリンク除去による方法(枝村等の方法)⁵⁾である。この方法は、リンク除去の基準(交通需要の小さいリンクから除去する)を明示的に取り扱った点では評価されるが、配分対象道路網の簡略化に配分手法を用いなければならないところに問題が残る。

4つ目は、ネットワークを連続体あるいは理想道路網と見なし、簡略化を行う方法(C.F.Daganzoの方法⁶⁾、J.C.Tanner et alの方法⁷⁾、G.F.Newellの方法⁸⁾)であるが、抽象的なアグリゲーションを取り扱ったものであり、現実道路網を対象とした実用的手法とは言い難い。その他、最近では交通量配分だけではなく、交通機関分担も含めた形で簡略化を行う非集計モデルによる新しい手法(N. Litinas and M. Ben-Akiva⁹⁾)も提案されている。

このように既存の各手法は、(1)計算技術の改良に的を絞っている。(2)特定の用途を目的に開発されている。(3)非現実的な抽象モデルにとどまっている。等の問題点を有しており、一般的な交通量配分手法として用いるには限界がある。そこで本研究では、計算機の経済的利用とネットワーク表示の簡略化を同時に達成することをねらいとする新しい方法を提案する。具体的には、対象道路網をメッシュ分割し、各メッシュごとに詳細ネットワークと簡略ネットワークを作成して、交互に配分計算を繰り返す。この方法により、対象域全体に対しても現実道路網のレベルで交通流の分析が可能となり、またメッシュ単

位に応じたマクロレベルでの交通挙動の把握もできるようになる。特定のメッシュに対応する地域の交通計画を策定したいときには、着目するメッシュのみを詳細ネットワークで表示し、他のメッシュは簡略ネットワークで表示して解析すればよい。メッシュの形状や大きさは任意であるが、計画レベルやその目的を考慮して決定すればよい。さらに、この方法はリンク交通量から現実道路網の交通流解析を行うモデルにも利用することができ、現実の大規模道路網に対する実用的計算手法の確立につながる。

本研究では、ネットワーク表示の簡略化の基本的考え方を述べたあと、4通りの配分計算法を示し、仮想ネットワークに対する数値計算の結果をもとに各計算法の特性と問題点を考察する。

2. ネットワーク表示の簡略化手法^{10)~12)}

ネットワーク表示を簡略化して配分計算を行う方法としては、これまで様々なものが提案されているが、ここでは図—1に示すように対象道路網(全域詳細道路網)をメッシュ分割し、メッシュごとに簡略ネットワークを作成して配分計算を行う新しい計算法を提案する。この方法の特徴は、簡略化した全域簡略道路網(図—2)を用いた全体配分と、その配分結果をメッシュ内詳細道路網へ再配分する詳細配分の2段階の配分計算(図—3)を交互に繰り返

図—1 対象道路網とメッシュ分割
(全域詳細道路網)

図—2 全域簡略道路網

すことにより、配分精度の保証と計算時間の節約を達成しようとするところにある。

図一三 簡略化配分手法の配分手順

ネットワークの簡略化はメッシュ内を通過する交通とメッシュ内から発生、あるいはメッシュ内へ集中する交通をそれぞれ1つの簡略アークで表示することにより行う。具体的には、図一四に示すように1つのメッシュには1個の集約ゾーンセントロイド(発着点N)と4個の集約中継点A, B, C, Dを設定し、発(着)ノードNと中継ノードA, B, C, Dを結ぶ簡略アークを発(着)アーク、中継ノード間を結ぶ簡略アークを通過アークとしてネットワーク表示する。ここで、ノードNはメッシュ内のゾーンセントロイド n_i (発生集中点)を集約したものであり、ノードA, B, C, Dはそれぞれメッシュ辺A, B, C, D上の中継点 a_k, b_k, c_k, d_k を集約したものである。

(1) 発(着)アークおよび通過アークの作成方法
ノード n_i から中継点 a_k への最短所要時間を $t_{n_i a_k}$ とし、その経路を利用する確率(利用率)を $P_{n_i a_k}$ ($\sum_k P_{n_i a_k} = 1.0$) とすると、ノード n_i から中継ノードAへの平均所要時間 $t_{n_i A}$ は式(1)で表すことができる。

$$t_{n_i A} = \sum_k t_{n_i a_k} \cdot P_{n_i a_k} \quad (1)$$

ここで、各ノード n_i の発生交通量比率 WO_{n_i} ($= O_i / \sum_j O_j$, O_i ; 発生交通量)を用いて、アーク所要時間の重みづけを行うと、ノードNから中継ノードAへの平均所要時間 t_{NA} (発アーク所要

図一四 メッシュ内簡略道路網

図一五 メッシュ内詳細道路網

$$t_{NA} = \sum_i t_{n_i A} \cdot WO_{n_i} \quad (2)$$

同様に、中継ノードAからノードNへの平均所要時間 t_{AN} (着アーク所要時間)も、集中交通量比率 WD_{n_i} ($= D_i / \sum_i D_i$, D_i ; 集中交通量)を用いることにより表すことができる。なお、中継ノードB, C, Dについても同様である。

一方、通過アークについてはメッシュ辺A全体から流入し、メッシュ辺C全体へ流出する通過交通量 F_{AC} のうち、中継点 a_k, c_k' を通過する交通量を $f_{a_k c_k'}$ とすると、その利用率 $P_{a_k c_k'}$ は式(3)で表される。

$$P_{a_k c_k'} = \frac{f_{a_k c_k'}}{F_{AC}} = \frac{f_{a_k c_k'}}{\sum_k \sum_{k'} f_{a_k c_k'}} \quad (3)$$

ここで、 a_k, c_k' 間の最短所要時間を $t_{a_k c_k'}$ とすると、通過アーク L_{AC} の平均所要時間は、式(4)のように表すことができる。他の通過アークについても同様である

$$t_{AC} = \sum_k \sum_{k'} t_{a_k c_k'} \cdot P_{a_k c_k'} \quad (4)$$

しかし、利用率は一般に未知であるため、ここでは、次に示すようないくつかの仮定により利用率を設定し、簡略化を行う。

(2) 利用者運転特性の仮定による利用率計算法
(従来法)¹⁰⁾

一般に、道路利用者の経路選択は様々であるが、概ね所要時間が短く、走行速度の速い混雑していない道路を選択するものと考えられる。そこで、次のような仮定を設定して利用率の計算を行った。

仮定1……利用率は所要時間 ($t_{n_i a_k}, t_{a_k c_k'}$) の逆比に比例する。

$$P_{n_i a_k} = \frac{(1/t_{n_i a_k})^\gamma}{\sum_k (1/t_{n_i a_k})^\gamma} \quad (5)$$

仮定2……利用率は平均速度 ($v_{n_i a_k}, v_{a_k c_k'}$) に比例する。

$$P_{n_i a_k} = \frac{v_{n_i a_k}^\beta}{\sum_k v_{n_i a_k}^\beta} \quad (6)$$

仮定3……利用率は平均速度と余裕交通容量
($h_{a_k, a_k}, h_{a_k, c_k}$) の積に比例する。

$$P_{a_k c_k} = \frac{h_{a_k c_k}^{\alpha} \cdot v_{a_k c_k}^{\beta}}{\sum_k \sum_{k'} h_{a_k c_k}^{\alpha} \cdot v_{a_k c_k}^{\beta}} \quad (7)$$

仮定4……利用率は所要時間の逆比と余裕交通容量の積に比例する。

$$P_{a_k c_k} = \frac{h_{a_k c_k}^{\alpha} \cdot (1/t_{a_k c_k})^{\gamma}}{\sum_k \sum_{k'} h_{a_k c_k}^{\alpha} \cdot (1/t_{a_k c_k})^{\gamma}} \quad (8)$$

ここで、余裕交通容量 $h_{a_k c_k}$ とは、各経路区間の交通容量から配分交通量を引いた最小値のことである。 α, β, γ はパラメータとする。

(3) 交通量の連続性を考慮した利用率計算法 (連続条件法)¹¹⁾

各メッシュごとに、利用者運転特性を仮定して求めた利用率をそのまま用いて簡略化配分を行うと、ゾーン境界(メッシュ辺)上で交通量が不連続となる。これは交通量の連続性を考慮せずに利用率を計算し、詳細ネットワークへの配分比率として用いているためである。そこで、ここではゾーン境界上のリンクで交通量の連続性が保たれるように、断面交通量 RX_{a_k} (観測されていないときにはリンク交通容量 C_{a_k}) の比率を用いて配分比率を修正する方法を提案する。

図一六 通過交通量の表示

図一六において、通過交通 F_{AC} を考える。このとき、中継点 a_k から流入し、メッシュ辺C全体へ流出する交通量 $f_{a_k} C = \sum_{k'} f_{a_k c_k}$ は断面交通量 RX_{a_k} の比率 ($RX_{a_k} / \sum_k RX_{a_k}$) で流入側中継点 a_k を通過すると仮定する(式(9))。同様に、 f_{Ac_k} (メッシュ辺A全体から流入した交通量のうち中継点 c_k を通過する交通量、 $\sum_k f_{a_k c_k}$) は断面交通量 RX_{c_k} の比率 ($RX_{c_k} / \sum_{k'} RX_{c_k}$) で流出側中継点 c_k を通過すると仮定する(式(10))。

ここで、 $f_{a_k c_k}$ のうち中継点 c_k を通過する確率

を $Q_{a_k c_k}$ とすると、式(11)が成り立つ。

$$f_{a_k c_k} = F_{AC} \cdot \frac{RX_{a_k}}{\sum_k RX_{a_k}} (= F_{AC} \cdot \frac{C_{a_k}}{\sum_k C_{a_k}}) \quad (9)$$

$$f_{Ac_k} = F_{AC} \cdot \frac{RX_{c_k}}{\sum_{k'} RX_{c_k}} (= F_{AC} \cdot \frac{C_{c_k}}{\sum_{k'} C_{c_k}}) \quad (10)$$

$$F_{AC} \cdot P_{a_k c_k} = f_{a_k c_k} \cdot Q_{a_k c_k} \quad (11)$$

ただし、 $Q_{a_k c_k}$ は式(5)、あるいは式(6)により設定する。式(11)に、式(9)を代入すると式(12)が得られる。

$$P_{a_k c_k} = \frac{RX_{a_k}}{\sum_k RX_{a_k}} \cdot Q_{a_k c_k} \quad (12)$$

式(12)は流入側の仮定を満たすが、流出側の仮定は満たさない。そこで、流出側の仮定も同時に満たすように、 $P_{a_k c_k}$ の修正を行う。なお、メッシュ内からの発生交通量、メッシュ内への集中交通量についても、同様にして配分比率の修正を行うことができる。

(4) 輸送計画問題の導入による利用率計算法 (輸送計画法)¹²⁾

分割配分法(IA法)は、各配分段階において最短経路へ分割OD交通量を配分する方法である。したがって、各配分段階においては総走行時間が最小になるように交通量配分が行われる。それゆえ、ここでは近似的にメッシュ内総走行時間が最小になるように経路選択が行われるとして配分を行う。そうすると、この問題は最短所要時間 $t_{a_k c_k}$ を輸送コストとした輸送計画問題(式(13)の目的関数最小化問題)として定式化することができる。ただし、制約条件は $f_{a_k c_k} \geq 0$ と式(9)、式(10)に示す流入側、流出側の条件式である。したがって、シンプレックス法を用いれば簡単に解を求めることができる。なお、発(着)アークの利用率は断面交通量(交通容量)の代わりに、発生(集中)交通量の比率を用いれば、同様にして計算できる。

$$G = \sum_k \sum_{k'} t_{a_k c_k} \cdot f_{a_k c_k} \rightarrow \text{Min.} \quad (13)$$

(5) 配分条件の仮定による利用率計算法 (配分条件法)¹²⁾

各配分段階における利用率 $P_{a_k c_k}$ の真実値は全域詳細道路網に対して交通量配分を行ったときに

得られる。しかし、詳細ネットワーク全体に対して最短経路探索を行うのでは、簡略化の意味がなくなるので、ここでは着目したメッシュとその前後の隣接メッシュ間（図一7）でネットワークを作成して交通量配分（ただし、配分に用いるOD表は隣接したメッシュ間のOD交通量である）を行い、得られた利用率を用いて簡略ネットワークを作成する方法を提案する。

図一7 通過アークの利用率計算ネットワーク

この方法は、配分比条件の成立を仮定したものであり、ネットワーク全体での経路選択が部分的に見た場合の経路選択に近似できるとしたものである。したがって、ネットワーク全体を対象とした経路探索は全域簡略道路網を用いて行い、メッシュ内詳細道路網に対しては着目メッシュを順次入れ換えて交通量配分を行うだけでよい。ゆえに、通過アークの場合は前後左右4方向に対して交通量配分を行い、発（着）アークの場合には着目メッシュと前後左右それぞれ1つずつの隣接メッシュ間（図一8）で交通量配分（利用率の計算）を行えばよい。このようにすることにより、交通量配分（経路探索）の簡略化が可能となる。

図一8 発着アークの利用率計算ネットワーク

3. 簡略化のためのゾーン分割の方法と計算効率

一般に、メッシュ分割を大きくし、メッシュの数 m を少なくすると、全域簡略道路網での経路探索は効率的になるが、メッシュ内詳細道路網での計算効率はそれほど向上しない。逆に、メッシュの数を多くすると、仮設中継ノード数が多くなり、全域簡略道路網での計算効率が低下する。ここでは、1つのメッシュに含まれるノード数（ゾーンセントロイ

ド数の平均値 $\bar{n}$ 、通過ノード数の平均値 $\bar{n}_o$ ）と分割の形状（メッシュ辺の数 n_L ）が、簡略化にどれほど寄与するかについて検討を行う。ただし、効率性の計算は最短経路探索に要する計算回数（1つのノードより出るリンク数が一定のとき、ノード数の約2乗のオーダーとなる）を用いて行う。

(1) 簡略化を行わない場合の計算回数

対象地域全体のノード数 N は、メッシュ内の平均ノード数 $(\bar{n}, \bar{n}_o)$ を用いると、ほぼ $N \approx m_z \cdot (\bar{n} + \bar{n}_o)$ になる。したがって、最短経路探索のための計算回数 W は概算的に式 (14) となる。

$$W \approx m_z \cdot \bar{n} \cdot \{m_z \cdot (\bar{n} + \bar{n}_o)\} \quad (14)$$

(2) 簡略化を行った場合の計算回数

簡略化配分を行う場合には、メッシュ内詳細道路網での利用率の計算 (W_p) と全域簡略道路網における配分計算 (W_s) が必要となる。

利用率の計算には、メッシュ内各ノード間の最短所要時間が必要となる。したがって、その計算回数 W_p はメッシュ内ノード数 $N_p \approx \bar{n} + \bar{n}_o + n_B/\lambda$ を用いて、 $W_p \approx m_z \cdot N_p^2$ のように表すことができる。ただし、メッシュ境界上の中継ノードについては、接続リンク数 λ により重みづけを行った。

全域簡略道路網におけるノード数 N_s は、 $N_s \approx m_z \cdot (1 + n_L/2)$ （中継ノード n_L が隣接メッシュ間で共有）となる。したがって、全域簡略道路網における計算回数 W_s は、 $W_s \approx m_z^2 \cdot (1 + n_L/2)$ となる。したがって、簡略化配分計算全体 W_H では次のようになる。

$$\begin{aligned} W_H &= W_p + W_s \\ &= m_z \cdot (\bar{n} + \bar{n}_o + \frac{n_B}{\lambda})^2 + m_z \cdot (1 + \frac{n_L}{2}) \end{aligned} \quad (15)$$

ここで、簡略化配分が有効となるのは、 $W > W_H$ のときである。したがって、この条件を満足する m_z （下限値）は式 (16) で表される。

$$m_z > \frac{2(\bar{n} + \bar{n}_o + n_B/\lambda)}{2\bar{n}(\bar{n} + \bar{n}_o) - (n_L + 2)} \quad (16)$$

一方、簡略化表示のもう一つの目的は、ノード数リンク数を減らし、計算機容量を削減することにある。したがって、詳細道路網全体のノード数 $N \approx m_z \cdot (\bar{n} + \bar{n}_o)$ 、リンク数 $L \approx 2m_z \cdot (\bar{n} + \bar{n}_o)$ よ

りも、簡略化した場合のノード数 $N_s = m_z \cdot (1 + n_L/2)$ 、リンク数 $L_s = m_z \cdot (n_L + 1) \cdot n_L/2$ を少なくする必要がある。よって、その条件は式 (17)、式 (18) となる。ただし、交差点は十字路を基本として考えた。

$$\bar{n} + \bar{n}_o > 1 + n_L/2 \quad (17)$$

$$4(\bar{n} + \bar{n}_o) > (n_L + 1) \cdot n_L \quad (18)$$

なお、メッシュ辺の数 n_L は一般に $n_L \geq 3$ であるため、式 (18) の条件式だけで十分である。ゆえに、簡略化のためのメッシュ分割は式 (18) を満足するように行わなければならない。

4. 簡略化配分法の適用性の検討

簡略化配分法の推計精度に影響を及ぼす要因としては、(1)簡略化ネットワークの作成および詳細ネットワークへの配分に用いる利用率 (パラメータ) の設定方法、(2)簡略化のためのメッシュ分割の大きさ、(3)分割配分回数、(4)ネットワークの形状とその特性 (交通容量と容量関数)、(5)OD交通量の大きさとODパターン、などが考えられる。この中で、(4)、(5)は対象地域によって決まるものであり、(1)～(3)は解析の手軽さ、精度など計画目的に応じて決定されるものである。

ここでは、シミュレーションを用いて簡略化配分法の推計精度を分析し、その適用性を検討する。分析には、図-9に示す格子状の対象道路網を用いたただし、NET1、NET2、NET3 はノード1～ノード31のメッシュ区分〔1〕～〔9〕に含まれる道路網を対象として、リンク所要時間とリンク交通容量を

3通りに変えて設定した道路網であり、NET4 は周辺ノード37～60を含めて作成した道路網である。

OD交通量の大きさ、ODパターンの特徴を示す指標として、リンクの混雑率 (平均値 γ_c)、メッシュ内のゾーン内々率 (平均値 γ_o) と通過率 (平均値 γ_T) を用いた。なお、走行時間関数 (容量関数) は式 (19) を用い、誤差は真実値 RX_k (全域

$$t_k = t_k^0 + 10 \left(\frac{EX_k}{C_k} \right)^4 \quad (19)$$

ここで、 t_k ; リンク k の所要時間

t_k^0 ; リンク k の初期所要時間

EX_k ; リンク k の配分交通量

C_k ; リンク k の交通容量

$$\delta = \sqrt{\frac{1}{RX} \sum_k \frac{(EX_k - RX_k)^2}{RX_k}} \quad (20)$$

ただし、 $RX = \sum_k RX_k$

図-9 数値計算に用いた対象道路網とメッシュ分割

図-10 平均混雑率 γ_c が推計精度 δ_D に及ぼす影響 (配分比率の修正無し)

詳細道路網に対して簡略化せずに配分した配分交通量に対する重み付き標準比率誤差（式（20））で表示する。

（1）平均混雑率が推計精度に及ぼす影響

利用比率の仮定式を代えて行ったシミュレーション結果（分割配分回数5回）を図一10（a）仮定1，（b）仮定2，（c）仮定3）に示す。仮定式中のパラメータの値によって推計精度は多少異なるが、全体的傾向としては平均混雑率 γ_c が大きくなると推計精度が良くなる傾向にある。これは、分割回数が少ないと、 γ_c が小さい場合に各配分段階における最短経路が特定の経路に集中するのに対し、 γ_c が大きい場合は最短経路が変化し、交通量がネットワークに分散するからである。

（2）利用比率の設定方法の違いによる影響

図一10に示すように、式（5）～式（8）の仮定式をそのまま用いたのでは、 γ_c が小さい道路網に対しては適用が困難である。この理由の一つは、 γ_c が小さい場合、詳細ネットワークへ再配分したときのメッシュ境界上での配分交通量が隣接メッシュ間で異なるためと考えられる。

そこで、交通量の連続性を考慮して配分比率の修正を行った。結果を図一11（仮定1）に示す。この図より、交通量の連続性を考慮すれば平均混雑率 γ_c が小さい場合でも、かなり精度が良いといえる。

図一11 平均混雑率 γ_c が推計精度 δ_D に及ぼす影響
（配分比率の修正有り）

図一12に、従来法（仮定1， $\tau=3.0$ ），配分比率条件法，輸送計画法を用いた場合の結果（NET4）を比較して示す。図より、配分比率条件法，輸送計画法においても平均混雑率 γ_c が大きくなると、推計精度が良くなる傾向にあることがわかる。特に、配分比率条件法は γ_c が小さい場合でも、従来法，輸送計画法に比べ推計精度が良いといえる。これは、今回

用いた対象道路網が比較的小さいため、配分比率条件法の仮定がかなり成立しているためと考えられる。

図一12 各簡略化配分法の推計精度 δ_D の比較

（3）分割配分回数が推計精度に及ぼす影響

分割配分回数の違いが推計精度にどのような影響を及ぼすかについて検討を行った。結果の一例を図一13に示す。図には分割配分回数を5回（白抜き）としたときと10回（黒塗り）としたときの誤差をそれぞれ縦軸（簡略ネットワークにおける誤差 δ_S ）と横軸（詳細ネットワークにおける誤差 δ_D ）にとり示してある。

図一13 分割配分回数が推計精度に及ぼす影響

図より、平均混雑率 γ_c が大きい場合、分割配分回数を多くすれば推計精度（特に、 δ_S ）が向上することがわかる。これは、ODペアによって異なる詳細ネットワーク上での最短経路を1本の簡略アークで表示して配分を行うためであり、配分回数を多くすれば、その影響が小さくなるためである。

ここで、配分計算に必要なCPU時間（FACOM-M 170-F）を比較すると、表一1のようになる。この

表一 簡略化配分法の計算時間の比較（分割配分回数5回）

	全域配分法	従来法	配分比条件法	輸送計画法
計算時間	11分39秒	6分2秒	6分4秒	5分52秒
計算機容量	252K	284K	293K	368K

表より、従来法、配分比条件法、輸送計画法のいずれの方法を用いても、対象道路網全体を一括に計算する場合（全域配分法）に比べ、かなり計算時間が短い（約半分）ことがわかる。しかし、計算機容量を比較すると、逆に全域配分法よりも少し増加している。これは、今回のケーススタディの場合、メッシュ分割数が $m_z = 9$ 、平均ノード数が $\bar{n} = 4$ 、 $\bar{n}_0 = 0$ 、 $n_B = 8$ 、 $n_L = 4$ であり、式 (18) は満足するが、式 (20) は満足されないためである。このことより、本研究で提案した簡略化配分法を用いれば、かなり計算時間の節約が可能であるといえる。しかし、計算機容量を節約するためには、もっとメッシュの大きさを大きくしなければならない。

5. まとめ

本研究では、対象道路網を大きくメッシュ分割し、ネットワーク表示を簡略化することにより、交通量配分計算を行う4通りの簡略化配分法を提案した。

数値計算例を用いた検討結果をまとめると、次のことがいえる。

(1) 提案した簡略化配分法を用いれば、簡略ネットワーク、詳細ネットワーク、どちらのネットワークにおいても、かなり良好な配分結果を得ることができる。しかし、混雑率 γ_c が小さい場合には、いずれの方法も配分精度はかなり悪くなる。

(2) メッシュ分割数が少ない場合には、配分比条件法が有効と思われる。

(3) 分割配分回数を多くすれば、簡略化による誤差を小さくすることができる。

(4) 輸送計画法はプログラム作成が容易であり、実用的手法としての発展の余地がある。

(5) 全域を対象とした分割配分法に比べ、計算時間の大幅な節約が実現できる。

ここでは示さなかったが、対象地域全体をすべて簡略化して配分計算を行うのではなく、いま着目している計画対象地域はそのまま詳細ネットワークとして残り、それ以外の地域を簡略化して配分計算を

行うことも可能である。なお、今回の配分計算では方法論の有用性を検証することが主目的であるので単純な分割配分法を用いている。

このように、本研究で提案した簡略化配分法は単に計算時間の節約だけではなく、簡略道路網に対しても、また詳細道路網に対しても、かなり良好な配分精度で配分できることが示された。しかし、平均混雑率が小さい場合には、問題点を残しているため (1) 簡略ネットワークでの配分に確率配分を導入し、配分経路を増やすことにより、簡略ネットワークでの配分誤差を小さくする、(2) メッシュ分割数あるいは分割形状と推計誤差の関係を解明する、などの検討を行うことが今後の課題である。

参 考 文 献

- 1) T.C.Hu; A Decomposition Algorithm for Shortest Paths in a Network, Operations Research, Vol.16, 1968
- 2) 林, 林, 野口; 階層的経路探索を用いた大規模道路網配分計算の簡略化手法, 土木学会年講, 第4部, 1982年
- 3) C.F.Daganzo; An equilibrium algorithm for the spatial aggregation problem of traffic assignment, Transpn.Res., Vol.14, pp.221 ~ 228, 1980
- 4) 内山, 福田; 階層化手法によるネットワークアサインメント, 土木学会年講, 第4部, pp. 393 ~ 394, 1982年
- 5) 枝村, 森津, 木下, 樋口; 配分対象道路作成の自動化, 第3回土木計画学研究発表会講演集, 1981年
- 6) C.F.Daganzo; On the traffic assignment problem with flow dependent cost—I, II, Transpn.Res., Vol. 11, pp.433~441, 1977
- 7) J.C.Tanner, et al; A strategic model for urban transport planning, Paper presented at The Planning & Transport Research & Computation Symposium on "Urban Traffic Models Research", Integrated Models Seminar, London (May), 1972
- 8) G.F.Newell; Traffic Flow on Transportation Networks The MIT Press Cambridge, Massachusettes, and London
- 9) Litinas N. and Ben-Akiva M.; Simplified Transportation Policy Analysis using Continuous Distributions, Transpn. Res., Vol.16, 1982
- 10) 飯田, 高山, 名倉; ネットワーク表示の簡略化による交通量配分, 土木学会年講, 第4部, 1982年
- 11) 飯田, 高山, 橋本; ネットワーク表示の簡略化による交通量配分の特性分析, 土木学会年講, 第4部, 1983年
- 12) 飯田, 高山, 横山; ネットワーク表示の簡略化による交通量配分計算法, 土木学会年講, 第4部, 1984年