

均衡配分手法による道路網容量算定について

The Road Network Capacity Estimation Method by The Transportation Equilibrium Assignment

室蘭工業大学大学院 〇学生員 阿 部 裕子 (Yuko Abe)
 函館工業高等専門学校 正会員 佐々木 恵一 (Keiichi Sasaki)
 室蘭工業大学大学院 学生員 劉 斌 (Liu Bin)
 専修大学北海道短期大学 正会員 榎 谷 有三 (Yuzo Masuya)
 室蘭工業大学工学部 フェロー 斎 藤 和夫 (Kazuo Saito)

1. はじめに

道路網容量は、容量を中心としたネットワーク計画における量的評価要因として、また計画道路網の交通処理能力の把握、自動車交通量の抑制計画、土地利用・都市施設整備計画など既存道路網の交通処理能力を超えるような交通需要の増大に対する各種計画を考えるうえでも重要な要因である。

従来の研究では、道路網容量の算定手法として配分シミュレーション法(OD 構成比一定のもとで総トリップを漸次増加させながら、各 OD 交通を分割等時間配分で行う配分方法)を基にし、アークの物理容量を超過しない最大フローを道路網容量として算定する手法等について考察してきた¹⁾。しかし、これらの方法には経路の迂回の限界が考慮されていないこと、手順の違い、適用結果の妥当性・信頼性等の判断が難しいこと、また利用者行動条件や混雑状況の限界判定が極端すぎることなどの問題点がある。そこで本研究では従来法の問題点を解消した、各リンクに容量制約のあるネットワークにおいて、利用者交通選択を考慮した道路網容量の算定法について検討する。また、現実の大規模ネットワークとして、札幌都市圏道路網への適用を試みるとともに、配分手法が及ぼす道路網容量への影響について考察を行う。

2. 均衡条件下での道路網容量

道路網容量は「ネットワークにおけるノード i からノード j に至る最大フロー値は、 i と j を分離するあらゆるカットセットの中の最小カット容量に等しい」という必要十分条件を満足しなければならない。つまり容量超過した道路区間の部分集合がはじめてカットセットをなす交通量と定義される。従って、ここに示す道路網容量とは、道路網中のどの道路区間の交通容量も越えないため OD 需要の確実性と大量性が評価可能となる。

これらのことから、いずれも道路網容量を規定する最小カットに注目した分析が必要となる。

そこで本研究では、配分シミュレーション法をもとに算定した道路網容量をガイドラインとして、これに相当する交通需要を第3節で示すリンク容量制約をもつ利用者均衡配分法を用いて配分し、需要(各アークの配分交通量)と供給(各アークの交通容量)のバランスを考慮したすなわち、アーク容量に対するアークの配分交通量の割合が 0.9 を越えるアークを抽出する。これにより道路網が非連続となるカットが形成されていれば、それを最小カットとし、そこで最小カットより求められるフロー水準を道路網容量として算定する。

3. 解析方法

道路網容量とは、一般にネットワーク特性(道路網形態、各道路区間の交通容量等)とフロー特性(発生・集中交通量、分布交通量、OD 交通量等)によって規定される。

ネットワーク容量を求める方法は数種類提案されているが、ここでは Excess Demand Formulation を用いる。このモデルは以下のような数理計画問題として定式化される²⁾。

$$\bar{u}_{od} = \text{constant} \quad (1)$$

$$\text{Min. } F(x, e, q) = \sum_{ij} \int_0^{x_{ij}} t_{ij}(\omega) d\omega + \sum_{od} \bar{u}_{od} e_{od} \quad (2)$$

subject to

$$x_{ij} = \sum_{od} \sum_r f_r^{od} \delta_{ij,r}^{od} \quad \forall ij \quad (3)$$

$$\sum_r f_r^{od} = q_{od} \quad \forall od \quad (4)$$

$$q_{od} + e_{od} = \bar{q}_{od} \quad \forall od \quad (5)$$

$$e_{od} \geq 0 \quad \forall od \quad (6)$$

$$f_r^{od} \geq 0 \quad \forall r, od \quad (7)$$

ここで

$\bar{q}_{od}, \bar{u}_{od}$: OD ペア od 毎に与えられる定数

f_r^{od} : OD ペア od の r 番目経路の交通量

q_{od} : OD ペア od の最大交通量

e_{od} : OD ペア od の超過 OD 交通容量(需要)

x_{ij} : リンク ij の交通量

t_{ij} : リンク ij のリンク性能(コスト)関数

$\delta_{ij,r}^{od}$: リンク・経路結合行列(OD ペア od の r 番経路リンク ij を含めば 1, そうでなければ 0)

リンクコスト関数は容量制約を考慮した以下の関数型を用いた。

$$t_{ij}(x_{ij}) = t_{ij}(0) * \left(1 + \gamma \frac{x_{ij}}{c_{ij} - x_{ij}} \right) \quad (8)$$

c_{ij} : リンク交通容量

γ : パラメータ(1.00)

4. 札幌都市圏道路網を対象とした適用

対象とした札幌都市圏道路網は第2回道央都市圏パーソントリップ調査の結果に基づいて作成したものである。道路網アーク数 1,969 本(そのうち一方通行 48 本)、ノード数 644 個(そのうちセントロイド 168 個)から構成されている(図-1)。各アークゼロフロー時所要時間、交通容量等はパーソントリップ調査の結果を基に設定した。



図-1 札幌都市圏道路網及び探索された最小カット

配分シミュレーション法(等分割時間配分法)では、総トリップ数 160 万台まで配分計算を行い、道路網容量 $NC=1,047,619$ 台が求められている³⁾。これを基に対象地域の全交通需要 100 万台から 160 万台まで逐次配分を行い、最小カットが発生した時点で計算を終了し、超過交通需要を差し引いて算出した。そうすると、総走行台数 1,141,693 台のとき図-1 に示す容量超過アーク 16 本から構成される最小カットが発生した。このときのフロー水準は $1,177,922$ 台(=カット容量($\Sigma C_a=132,000$)/当該カットを通過しようとする OD 構成比の和($\Sigma P_i=0.112$))であり、この値が均衡配分手法を用いた札幌都市圏の道路網容量として算定される。

5. 均衡配分手法が及ぼす道路網容量への影響

ここでは、算定された道路網容量を規定する最小カット断面におけるフロー特性(各 OD 交通の配分交通量)の面から、配分手法が道路網容量算定に与える影響について考察する。まず、対象地域の交通需要(1,177,922 台)を配分したときの配分交通量と道路網容量の比から配分率 W_a を求めた。これを基に、排他的 OD 交通のフロー水準 F_i' (=カット容量 ΣC_a /各アークの配分率の和 ΣW_a)を算定することができる。また、道路網容量を規定するフロー水準と排他的 OD 交通のフロー水準との比較から、カットにおける迂回の影響等について迂回率 U ($=1-NC/F_i'$)を算定することができる。これらの結果を、均衡配分法及び分割配分法(既往の手法)についてまとめたものが表-1 である。これより、迂回率に着目すると、均衡配分法では 1.8% であるのに対し、分割配分法では 6.3% とおよそ 4.5% も上まわっている。この要因として分割配分手法では、飽和したアークがカットを構成する前に部分カットを除去し、不自然な大回りの配分経路にまで配分交通量を迂回させやすくなっていることが考えられる。そこで、図-2 は最小カットを構成する 16 本のアークについて、配分率をまとめたものである。

表-1 道路網容量及びカット断面配分率

	均衡配分法	分割配分法
ΣC_a (カット容量)	132,000	132,000
ΣP_i (カットを構成する OD 構成比の和)	0.112	0.126
ΣW_a (配分率の和)	0.110	0.118
NC (道路網容量)	1,177,922	1,047,619
F_i' (排他的 OD 通過に対するフロー水準)	1,199,939	1,118,644
U (%) (迂回率)	1.8	6.3

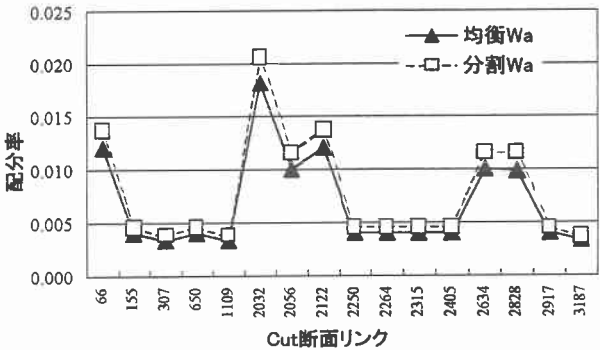


図-2 最小カット断面配分率比較

これより最小カットを構成する全アークにおいて、均衡配分法での配分率は、分割配分法より一様に値が小さいことがわかる。これは、従来から指摘される分割配分法の問題点である分割回数・比率等の恣意的操作のほか、混雑状況の限界判断が極端過ぎるため、無理な迂回を強いることにより配分交通量を過大評価してしまう等の影響があると考えられる。これらを踏まえると、均衡配分手法を用いることで、より厳密な道路網容量を求められると考察される。

6. おわりに

以上本研究では、大規模道ネットワークとして札幌都市圏道路網を対象に、従来の研究より等分割時間配分法を基礎として求めた道路網容量をガイドラインとして、利用者均衡配分法を用いた道路網容量の算定を行った。そこで、配分手法が道路網容量に及ぼす影響として最小カット断面における各アークの配分率の比較を行った。これにより、利用者の経路選択行動を最適化した結果、達成される均衡配分法を用いた方が、既往の手法より精度の高い道路網容量が求められることが確認された。よって、今後は均衡配分法を用い算定した道路網容量を基に、道路網感度分析を行うために必要とされる最小カットよりさらにフロー水準の大きい(第 2, 第 3 のカット)カットの探索方法についても考察を行っていく。

7. 参考文献

1) 榎谷・十二里・田村・斉藤：「カット探索手法の札幌都市圏道路網への適用」、第 19 回交通工学研究発表会論文報告集, pp.141-144, 1999
2) 赤松隆、宮脇治：「利用者均衡条件下での交通ネットワーク最大容量問題」、土木計画学研究・論文集、No.12, pp.719-729
3) 阿部・劉・榎谷・田村・斉藤：[札幌都市圏道路網を対象とした道路網感度分析]、土木学会北海道支部論文報告集第 56 号, pp. 346-349, 2000