

1. まえがき 道路の交通容量はこれまで自動車の通行に対する物理的容量 (crude capacity) を考え、これを基礎に道路工学的設計が行われていたが、自動車交通量の増大に伴って渋滞、事故、環境悪化などの放置できない問題を生み出すに至っている。これに対し従来の通行可能容量に代って、渋滞、事故、環境等の各種の側面から考えた通行の許容量すなわち交通環境全般から考えた環境交通容量 (environmental capacity) の考へ方の導入の必要性が提議されてあり、その実施に当っての種々の問題点の検討は今後の大きな課題である。ここではこのような環境交通容量を前提とした道路網容量の計算方法について考察してみた。

2. 環境交通容量問題の考へ方 自動車交通が環境面に及ぼすマイナス面の影響はつぎの2つに分けて考えることができる。すなわち、①道路沿道の局地的に及ぼすもの、および②道路沿道の局地的のみでなく広域的、全市的に及ぼすものである。①に属する要因は、騒音、振動、排気ガス、交通事故その他であり、②に属する要因には排気ガスによる広域的大気汚染などが代表的なものと考えられる。前者は道路区間の通過交通量に關係し、後者は全道路区間の総走行キロに關係すると考えられる。(したがって道路網の環境交通容量に対しては、各道路区間(リンク)に対する環境交通容量制限と道路網全体における総走行台キロ制限(あるいは総排出生染物質量制限等)の2種類の制約条件下での最大フロー問題としての定式化が可能となると考えられる。

なおリンクに対する環境交通容量は多種の要因を考慮して設定されるべきものであるが、同じ交通量でも車種構成、走行モードなどにより沿道環境に与える影響はかなり異なると考えられるが、簡単化のために交通量のみで規定されるものとする。また交差点交通量に対する環境交通容量を考慮する場合もリンクに変形した扱いが可能であるからとくに融けなない。広域的に与える影響も簡単化のために一定の排出率を設定すれば、総走行台キロによって規定されるものと考えられることができる。

3. 道路網の環境交通容量の計算法 この問題は一定のODパターンをもつ交通需要に対し、各リンク別に課せられる環境交通容量による制約および総走行台キロ制約の下での最大フロー問題といえるが、これはこれまでの最大フロー問題に総走行台キロ制約が追加された問題である。この解法としては従来の厳密解法としてのL.P.定式化⁽³⁾、および近似解法アルゴリズムのルート配分法⁽⁴⁾をそれぞれ修正したものが利用できる。

いまゾーン間のODパターンを $P = \{p_{ij}\}$, $\sum_j p_{ij} = 1$, ($i, j = 1, 2, \dots, n$) で表わすと、全発生交通量が丁の時ゾーンiからjに至る交通量 x_{ij} は $p_{ij}T$ で表わされる。一方、道路網の区間k ($k = 1, 2, \dots, m$) の環境交通容量を C_k , 長さを l_k とする。また総走行台キロの制限量を L とする。

1) L.P.定式化 つぎの4種の制約条件を満たし、目的関数 $T = \sum_{i,j} x_{ij}$ を最大にするL.P.問題として定式化できる。(i) ODフロー連続条件 すべてのフローはOD間を連続して流れ、中間で消滅しない。区間kの始点ノード、終点ノードをそれぞれ y_i とし、逆方向区間を k' とし、 x_{ij} のうち区間k, k' を通る交通量を f_{ij}^k , $f_{ij}^{k'}$ とすると、すべてのODペア、ノードに対してつぎの(1)式が成立たねばならない。

$$(1) \quad \sum_j (f_{ij}^k - f_{ij}^{k'}) = x_{ij} \quad (y = i \text{ のとき}), \quad -x_{ij} \quad (y = j \text{ のとき}), \quad 0 \quad (y \neq i, j \text{ のとき})$$

(ii) ODパターン一定の条件 すべてのODペアに対して、OD構成率を一定とするから(2)式が必要となる。

$$(2) \quad \frac{x_{ij}}{\sum_{i,j} x_{ij}} = \frac{x_{ij}}{T} = p_{ij} = \text{一定}$$

(iii) リンクの環境交通容量制限 すべてのリンクにおいて(3)式が成立しなければならぬ。

$$(3) \quad \sum_{i,j} (f_{ij}^k + f_{ij}^{k'}) \leq C_k, \quad (k, k' \text{ 区間は交通で } C_k \text{ とする})$$

(iv) 総走行台キロ 総走行台キロが制限内になければならぬから、(4)式が必要である。

$$(4) \quad \sum_k \{ C_k \sum_j (f_{ij}^k + f_{ji}^k) \} \leq L_k$$

2) 近似計算アルゴリズム 本計算法はODフローを最短経路に、区間容量(環境交通容量)、総走行台キロの制約のもとでできるだけ多くのフローを配分しようとする方法であり、各くり返し計算過程で1つずつ道路区間の残余容量制約の限界に達する配分交通量を増加させて行き、2種のどちらかの制約で打ち切れるまでくり返し配分交通量を増加させる方法でルート配分法と呼んでいる。アルゴリズムは以下に示すようである。

ステップ1 すべてのODフロー f_{ij} をOD間の最短路に配分する。この配分による道路区間長への配分交通量を g_k で表す。

ステップ2 各道路区間長について(5)式で計算される t_k を求める。これは全OD交通量が t_k のとき、区間 k において配分交通量と(残余)交通容量が丁度等しくなることを示している。このような t_k をすべての区間について求めると m 個の値が得られるが、全体として受け入れられるのはどの区間でも容量以上のフローが流れないようにするためにその最小のものとなる。すなわちこの回に実行可能な全OD交通量は(6)式で求められる t_1 となる。

$$(5) \quad t_k = C_k / g_k, \quad k=1, 2, \dots, m, \quad (6) \quad t_1 = \min \{ t_k \}, \quad k=1, 2, \dots, m.$$

ステップ3 この交通量 t_1 が流れた時の総走行台キロ L_1 は(7)式で求められるから、走行台キロの制約を満たしているかどうかを(8)式で判定する。もし条件を満たしておればステップ4に行き、満たしていなければステップ7に行く。

$$(7) \quad L_1 = \sum_k t_1 \cdot g_k \cdot l_k \quad (8) \quad L_1 \leq L_e$$

ステップ4 上のステップ2で求めた交通量 t_1 が流れると、各道路区間の残余の交通容量が減少する。区間 k について残余容量は(9)式で計算される。また走行台キロについても同様の計算を行ない、(10)式で残余走行台キロを求める。(9)式の操作で少なくとも1つの区間の残余容量が0となるので、この区間にはもうフローを流し得ないのでネットワークからこの区間を取り除く。

$$(9) \quad C_k - t_1 \cdot g_k = C'_k, \quad k=1, 2, \dots, m, \quad (10) \quad L_e - L_1 = L'_e$$

ステップ5 上のステップ2で区間を取り除いたことにより、ネットワークが切断されたかどうかを判定する。切断されていなければステップ1に帰り計算をくり返し、 $t_2, t_3, \dots, L_2, L_3, \dots$ を求める。この時制約は前回求めた残余量を用いる。もしネットワークが切断されるとフローはそれ以上流れ得ないのでくり返し計算は終了し、ステップ6へ行く。

ステップ6 これまでのくり返し計算で得られたフロー $t_1, t_2, \dots$ を合計してネットワークが受け入れた全交通量 T を求める。これが最大フローの近似値である。

$$(11) \quad T = t_1 + t_2 + \dots$$

ステップ7 ネットワークが切断される前に走行台キロ制約で打ち切られる場合である。この場合は残余走行台キロに相当するフロー t_e を求めて加える。 t_e はその回の走行台キロの増加量と配分交通量の増加量との比例関係より内挿して求める。最大フローはこれまでに流れたフローを合計して求める。

$$(12) \quad T = t_e + t_1 + t_2 + \dots$$

4. あとがき 環境交通容量に關しては、単路、支差路における環境交通容量の設定の考へ方、交通効率(利便性)と環境の妥協案の考へ方、さらに地味特性、道路特性、交通特性などとの関係など基本的な問題が残っており、今後各方面からの研究が必要である。また道路網容量についても交通量、走行台キロだけでなくその他の要因からの制約に關しても検討すべき問題が残されている。

参考文献 (1) C. Buchanan 他, Traffic in Towns, H.M.S.O. 1963 (2) J. Antoniou, Environmental Management—Planning for Traffic, McGraw-Hill 1991 (3) 三好、山村, 道路網における最大総トラップ数について, 第23回土木学会年次学術講演録第IV, B昭和47年 (4) 西村, 容積計画における交通施設容量の解析について, 第1回交通工学研究発表論文集 B昭和47年