

IV—15 道路網容量から見た土地利用活動について

苫小牧工業高等専門学校 正員 榎 谷 有 三
 室蘭工業大学 正員 斉 藤 和 夫

1. まえがき

OD交通のような多種フロー問題を扱う場合には次のような2つの問題がある。ひとつは、流すことが可能なフローの総量を最大にする最大フロー問題であり、他のひとつは各種の要求フローが与えられたとき、これらが実現可能であるかという実現可能問題である。道路網においてこれらの問題を考えると、前者はいわゆる道路網容量問題であり、後者は土地利用活動の立地配分問題となる。前者については著者等も既にLP問題を通して考察を行ってきた。本研究においては後者の立地配分問題、すなわち住宅団地開発、工業団地開発あるいは都市活動施設など各種の新規土地利用活動の適切な規模と配置を道路網容量の面から考察しようとするものである。このような土地利用活動を道路網容量の面から考えることは、自動車交通の増大に対する考え方が従来の需要を先取りする需要追従型計画から、需要自体をも管理し既存施設を有効適切に利用しようとする交通管理型計画へ移行しようとする現在においてはより一層重要となってくる。

実現可能問題においては、基本となる多重カット条件という有限個の不等式を満たすことが多種フロー存在のための必要十分条件であることが知られているが、本研究においては単一ゾーン（地域）を対象に各種の土地利用活動を立地させようとする場合について考えることから、著者等が道路網の感度分析で考察したODーカット行列を基礎に考察する。ここでは、まず各ゾーンの立地可能量の上限値をODーカット行列を基に簡単な行列演算によって算定できる手法を開発する。そして、これら算定された各ゾーンの立地可能量の上限值から、各種の土地利用活動を道路網容量の面からはいずれのゾーンに立地させればよいか、あるいはどの程度の規模まで立地可能であるかなどについて考察する。

2. 道路網容量と土地利用パターン

道路網容量は、一般に各リンクの交通容量が与えられたとき、各OD交通の構成比一定のもとで道路網全体で処理できる交通量として定義されていることから、各種の新規土地利用活動の立地に伴う土地利用パターンの変化は道路網容量をも変化させる。すなわち、住宅団地開発あるいは都市活動施設などの新規土地利用活動の立地は、立地された当該ゾーンの発生・集中交通量を変化させ、引いては対象道路網における各ゾーン間の分布交通量（OD構成比）をも変化させることから、道路網容量をも異なったものとなってくる。従来、土地利用パターンの変化に対しては、土地利用の発展を妨げることなしに、土地利用の機能を有機的に結つけるような交通網（道路網）のパターン、いわゆる需要追従的な土地利用の発展パターンに調和した道路網パターンの建設が望まれていた。しかしながら、昨今の道路建設の財源難あるいは自動車交通の激増に伴う社会問題の深刻化などによって、自動車交通需要の増大に対しては前述のように需要自体をも管理し既存施設を有効適切に利用しようとする交通管理型計画へ移行している。こうした中で、新規の土地利用活動の立地にあっても、立地活動に見あった道路の新設あるいは拡張は厳しい状況にある。このような点から、あるゾーンに新規の土地利用活動を立地させようとしたときの規模を既存道路網の交通処理能力の面から、すなわち道路網容量の面から検討することは十分意義がある。そして、これら各ゾーンの立地可能量を道路網容量の面から検討することは、新規の土地利用活動の立地配分パターンを決定する際にも有用な情報を提供できるものと思われる。しかしながら、従来このような道路網容量と土地利用パターンの関係については必ずしも十分な研究が行われていなかったことから、ここでは単一のゾーンを対象に立地配分を行ったときの道路網容量の算定手法、すなわち各ゾーンの立地可能量の上限値の算定手法についてODーカット行列を通して考察する。

3. 各ゾーン（地域）の立地可能量の上限値の算定手法

道路網容量は、前述の道路網容量の定義からも理解できるようにネットワーク特性とフロー特性によって規定される。従って、ネットワーク特性としての各リンクの交通容量が与えられたとき、フロー特性としての各OD交通の構成比が変化すると、すなわち新規の土地利用活動の立地によって土地利用パターンが変化すると道路網容量も変化する。このように、土地利用パターンの変化に伴って道路網容量がどのように変化するかを考えるときには、土地利用パターンの変化に伴う各OD交通の構成比の変化（分布交通量の変化でもある）について考えなければならない。ここでは問題を簡単にするため、立地されたゾーンにおける新たな発生・集中交通は、現在のOD表に基づき同じ相対比で発生・集中するものと仮定して議論を進める。また、いま n 個のノードと m 本のリンクからなる道路網上に r 個のOD交通が存在するものとし、 k 番目のOD交通の構成比を p_k とする。さらに、計算対象とする W 本のカットは道路網の感度分析を通して得られているものとして、カット行列 C およびOD—カット行列 K をそれぞれ式(1)、(2)とする。

$$C = \begin{matrix} & \begin{matrix} 1 & 2 & \cdots & m \end{matrix} \\ \begin{matrix} 1 \\ 2 \\ \vdots \\ W \end{matrix} & \begin{bmatrix} C_{11} & C_{12} & \cdots & C_{1m} \\ C_{21} & C_{22} & \cdots & C_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ C_{W1} & C_{W2} & \cdots & C_{Wm} \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (1)$$

$$K = \begin{matrix} & \begin{matrix} 1 & 2 & \cdots & r \end{matrix} \\ \begin{matrix} 1 \\ 2 \\ \vdots \\ W \end{matrix} & \begin{bmatrix} K_{11} & K_{12} & \cdots & K_{1r} \\ K_{21} & K_{22} & \cdots & K_{2r} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ K_{W1} & K_{W2} & \cdots & K_{Wr} \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (2)$$

ここで、要素 C_{ij} 、 K_{ij} はそれぞれカット i にリンク j を含むとき、およびカット i を j 番目のOD交通が通過するとき1、そうでないとき0を取る。また、 C は $(W \times m)$ 行列、 K は $(W \times r)$ 行列である。

各ゾーンの立地可能量の上限値の算定手順は次の通りである。

(1) 各リンクの交通容量に関する式(3)の列ベクトル L を、式(4)のようにカット行列 C に右側から掛けて各カットの容量 M_w を求める。ここで、 t は転置を示す。また、 L は $(m \times 1)$ 列ベクトル、 M は $(W \times 1)$ 列ベクトルである。

$$L = [L_1, L_2, \cdots, L_m]^t \quad (3)$$

$$M = [M_1, M_2, \cdots, M_w]^t = C \cdot L \quad (4)$$

(2) 各OD交通の構成比に関する式(5)の列ベクトル P を、式(6)のように行列 K に右側から掛けて各カットを通過するOD構成比の和 P_w を求める。ここで、 P は $(r \times 1)$ 列ベクトル、 P は $(W \times 1)$ 列ベクトルである。

$$P = [p_1, p_2, \cdots, p_r]^t \quad (5)$$

$$P = [P_1, P_2, \cdots, P_w]^t = K \cdot P \quad (6)$$

(3) 各カットを通過するOD構成比の和 P_w に需要交通量 F を掛けて各カットを通過するOD交通量の和 D_w を求める。さらに式(8)にて各カットの残余容量 V_w を求める。ここで、 D 、 V はそれぞれ $(W \times 1)$ 列ベクトルである。

$$D = [D_1, D_2, \cdots, D_w]^t = F \cdot P \quad (7)$$

$$V = [V_1, V_2, \cdots, V_w]^t = M - D \quad (8)$$

(4) 各OD交通がいずれのゾーンを発着点とするかを示す式(9)のOD—ゾーン行列 N に、式(10)に示す各OD交通の構成比 p_k を対角要素とする行列 P' を左側から掛けて行列 N' を作成する。ここで、 N 、 N' は $(r \times n)$ 行列、 P' は $(r \times r)$ 行列である。

$$N = \begin{matrix} & \begin{matrix} 1 & 2 & \cdots & n \end{matrix} \\ \begin{matrix} 1 \\ 2 \\ \vdots \\ r \end{matrix} & \begin{bmatrix} N_{11} & N_{12} & \cdots & N_{1n} \\ N_{21} & N_{22} & \cdots & N_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ N_{r1} & N_{r2} & \cdots & N_{rn} \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (9)$$

$$P' = \begin{matrix} & \begin{matrix} 1 & 2 & \cdots & r \end{matrix} \\ \begin{matrix} 1 \\ 2 \\ \vdots \\ r \end{matrix} & \begin{bmatrix} p_1 & & & 0 \\ & p_2 & & \\ & & \ddots & \\ 0 & & & p_r \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (10)$$

$$N' = P' \cdot N \quad (11)$$

(5) 行列 N' において、各列ごとに各列の要素の和を求めて各ゾーンで発生・集中する OD 構成比の和 N_i を式(12)で求める。

$$N_i = \sum_{k=1}^r N_{ki} \quad (i=1, 2, \dots, n) \quad (12)$$

(6) 行列 N' に OD-カット行列 K を左側から掛けて、各ゾーンごとに発生・集中する OD 交通のうち、各カットを通過する OD 構成比の和 Q_{wi} を式(13)で求める。ここで、 Q は $(w \times n)$ 行列である。

$$Q = K \cdot N' \quad (13)$$

(7) 各ゾーンごとに、各ゾーンを発生・集中する OD 交通のうち各カットを通過する OD 交通の相対比 R_{wi} を式(14)で求める。ここで、行列 R は $(w \times n)$ 行列である。

$$R_{wi} = Q_{wi} / N_i \quad (i=1, 2, \dots, n; w=1, 2, \dots, W) \quad (14)$$

(8) 各ゾーンに新規の土地利用活動を立地させたときの各カットにおける処理可能交通量 F_{wi} を、式(8)の残余容量 V_w と R_{wi} から式(15)で求める。

$$F_{wi} = V_w / R_{wi} \quad (i=1, 2, \dots, n; w=1, 2, \dots, W) \quad (15)$$

(9) 各ゾーンごとに、各カットにおける処理可能交通量 F_{wi} のうち最小値 F_i を式(16)で求める。

$$F_i = \min \{F_{1i}, F_{2i}, \dots, F_{wi}, \dots, F_{Wi}\} \quad (i=1, 2, \dots, n) \quad (16)$$

そうすると、式(16)で求められる値 F_i が、各ゾーンにおいて立地可能な上限値となることから、各ゾーンに新規の土地利用活動を立地しようとするとき、道路網の交通処理能力の面からは F_i を超えるような立地配分は不可能となる。そして、 F_i が各ゾーンにおいて新たに発生・集中可能な交通量であるから、各ゾーンに F_i に相当する土地利用活動を立地させたときの道路網容量は $(F + F_i)$ となる。従って、既存道路網の有効な利用という面からはいずれのゾーンに立地させればよいか、あるいはどの程度の規模まで立地可能かなどは各ゾーンの F_i を比較検討すればよいこととなる。

4. 計算例

簡単な適用例を通して、道路網容量から見た各ゾーンの立地可能量の上限値の算定について考える。図-1の道路網、表-1の OD 構成比(右上半分)を与えて行う。各リンクの車線数は1車線とし、交通容量は12000 台とする。なお、OD 交通は対称性を仮定して三角 OD 交通のみを与えている。また、カット行列および OD-カット行列作成のときに定式化される道路網容量増強問題において、各 OD 交通の走行可能な経路は最短経路を中心に3~5本選定した。道路網の感度分析で考察したカットの探索手順を通して図-1、2に示す23本のカットが探索された。そして、これら23本のカットを対象に計算を進める。表-1(右上半分)の OD 構成比一定のもと

で都市が発展したとき、その道路網容量はカット1が最小カットとなり、69767台である。いま、ここでは交通需要が55000台あるとして、各ゾーンに新規の土地利用活動を立地するとき、各ゾーンにおいてどの程度の規模まで立地可能であるかについて考える。3. で述べた手順を通して各ゾーンの立地可能量の上限値を求めると、表-2に示す結果を得た。表-2の道路

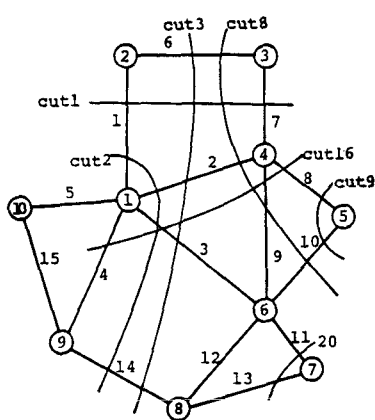


図-1 対象道路網と計算対象カット

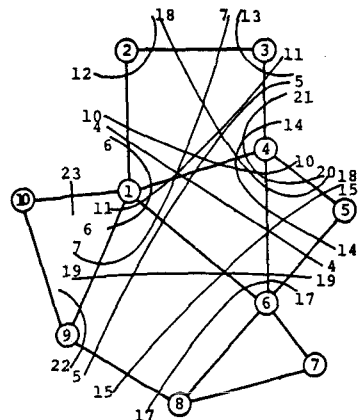


図-2 計算対象カット

表-2 各ゾーンの立地可能量の上限値および道路網容量

ゾーン番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
各ゾーンを発生集中するOD構成比の和 N_i	0.547	0.211	0.209	0.250	0.225	0.263	0.138	0.054	0.085	0.018
上限値を規定するカットの番号	2	1	1	1	10	17	20	2	1	1
規定するカットを通過するOD構成比の和 Q_{w_i}	0.525	0.173	0.171	0.072	0.225	0.228	0.138	0.026	0.024	0.004
相対比 R_{w_i} ($=Q_{w_i}/N_i$)	0.960	0.820	0.818	0.288	1.000	0.867	1.000	0.481	0.282	0.222
規定するカットの残余容量 V_w	15110	5080	5080	5080	11625	28255	16410	15110	5080	5080
立地可能量の上限値 F_i ($=R_{w_i}/V_w$)	15743	6195	6208	17638	11625	32592	16410	31382	17991	22860
道路網容量	70743	61195	61208	72638	66625	87592	71410	86382	72991	82860

表-1 現在のOD構成比とゾーン1に立地したときのOD構成比

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1		0.095	0.077	0.095	0.084	0.104	0.056	0.014	0.017	0.005
2	0.113		0.038	0.022	0.012	0.013	0.006	0.0	0.024	0.001
3	0.091	0.030		0.050	0.016	0.015	0.005	0.005	0.0	0.003
4	0.113	0.017	0.039		0.029	0.022	0.007	0.004	0.020	0.001
5	0.099	0.009	0.012	0.023		0.068	0.013	0.003	0.0	0.0
6	0.123	0.010	0.012	0.017	0.053		0.032	0.003	0.004	0.002
7	0.066	0.005	0.004	0.005	0.010	0.025		0.013	0.005	0.001
8	0.017	0.000	0.004	0.003	0.002	0.002	0.010		0.011	0.001
9	0.020	0.019	0.000	0.016	0.000	0.003	0.004	0.009		0.004
10	0.006	0.001	0.002	0.001	0.000	0.002	0.001	0.001	0.003	

網容量は交通需要

55000台に立地可能量の上限値 F_1 を加えたものである。この結果から、ゾーン6、8、10などへの立地が道路網容量の面からは望まれることが窺える。一方

、ゾーン2、3、5などの立地においては、OD構成比一定としたときの道路網容量より下回り一層道路混雑等を招くこととなる。このように、道路網容量の面から新規の土地利用活動の立地を考えたとき、立地されるゾーンによって道路網容量も大きく異なってくる。したがって、立地にあたっては既存道路網の交通処理能力についても十分配慮することの必要性が提起されるところである。そして、これらの計算結果は実際の立地配分を考えると、いずれのゾーンに立地すべきかを考えるとき有用な情報を提供するものと思われる。なお、表-1(左下半分)には、ゾーン1に表-2に示す15743台に相当する土地利用活動を立地したときの各OD交通の構成比を示している。

5. あとがき

以上、本研究においては単一のゾーンを対象に新規の土地利用活動を立地させる場合について考察を行ってきた。そして、ここではOD-カット行列を基礎に簡単な行列演算によって、道路網容量の面からみた各ゾーンの立地可能量の上限値が算定できる手法について考察を行ってきた。しかしながら、実際の立地配分にあたっては複数のゾーンを対象に行われることから、今後は本研究での成果を踏まえ、さらに先に述べた多重カット条件の考えかたを応用して複数のゾーンを対象にした立地配分問題についても考察を進めて行く予定である。また、道路網容量とともに他の要因をも考慮した立地配分問題についても考察を進めて行きたい。

参考文献 梶谷有三：自動車交通抑制策が道路網容量に及ぼす影響、交通工学、Vol 20 No6, 1985

黒沢・辻井：多種フロー問題における多重カット条件の効率の良い算法、信学論、Vol.65-A、No.2、1982