

一方通行システムを含む道路網を対象としたカットの探索

01601681 専修大学北海道短期大学 榎谷有三 MASUYA Yuzo

1. まえがき

自動車交通需要の増大に伴って交通渋滞・混雑あるいは大気汚染など各種の道路交通問題が生じているが、これらの問題の多くは交通需要と交通供給(各道路区間の交通容量及び道路網)のアンバランスによって引き起こされている。したがって、交通渋滞や麻痺に遭遇することなく円滑な交通機能を確認するためには需要と供給のバランスを図る必要がある。そして、このような需給のバランスの面から道路網を評価するためには、まず増加する交通需要に対して既存道路網はどの程度まで処理できるのか、さらには既存道路網の容量を超える需要交通量を処理しようとするときにはどのような断面(カット)で容量不足が生じるかなどについて考える必要がある。

著者らは、これらの問題を考えるために道路網において処理し得る最大交通量を表わす道路網容量の算定および道路網容量を規定する最小カット、さらには最小カットよりフロー水準の大きいカットの探索等を通して種々考察してきた。しかしながら、これらの考察はおもに道路区間の容量を両方向同じに扱う無向グラフを対象に試みてきた。本研究においては、一方通行システムを含む道路ネットワークを対象に、すなわち各道路区間に方向性を持たせたアークからなる有向グラフを対象にカットの探索について考察を試みるものである。本研究では、道路網容量増強問題をLP(線形計画)問題として定式化するとともに、LP問題の相補性定理を基礎にカットの探索を試みた。

2. 道路網容量増強問題によるカットの探索

いま、 m 本のアークからなる道路網上に q 個のOD交通が存在するものとし、 k 番目のOD構成比を p_k とする。このとき、各OD交通の配分交通量の変数としてはルート交通量を用いる。そして、 k 番

目のOD交通の走行可能な経路の本数を n_k 、そのうちあるルート r に配分される交通量を Y_r^k とする。さらに、需要交通量を F とする。まず、制約条件としては式(1)のOD交通量に関する連続条件、式(2)の各アークの容量増強に関する変数 x_i と配分交通量 Y_r^k を組み込んだ交通容量制限に関する条件、さらに、式(3)、(4)の各変数に関する条件もある。

$$\sum_{r=1}^{n_k} Y_r^k = p_k \cdot F \quad (k = 1, 2, \dots, q) \dots\dots(1)$$

$$\sum_{k=1}^q \sum_{r=1}^{n_k} \delta_r^k \cdot Y_r^k \leq C_i + c_i \cdot x_i \quad (i = 1, 2, \dots, m) \dots\dots(2)$$

$$Y_r^k \geq 0 \quad \begin{cases} k = 1, 2, \dots, q \\ r = 1, 2, \dots, n_k \end{cases} \dots\dots(3)$$

$$x_i \geq 0 \quad (i = 1, 2, \dots, m) \dots\dots(4)$$

ここで、

δ_r^k : k 番目のOD交通の r 番目のルート交通量がアーク i を通過するとき1、そうでないとき0を取る定数

C_i : アーク i の交通容量

c_i : アーク i の単位幅員当たりの交通容量

目的関数としては、道路網を評価し得る要因であればいずれでもよいが、ここでは式(5)の総建設距離TLを定式化する。

$$TL = \sum_{i=1}^m d_i \cdot x_i \quad (\min) \quad \dots\dots(5)$$

ここで、 d_i : アーク i の建設距離

そうすると、式(1)の F をパラメータとして、 F を逐次増加させるパラメトリックLPを行うと、逐

次式(5)の目的関数を最適化するような各OD交通の配分交通量と各アークの容量増加量が求められて道路網容量の増強を行うことができる。そして、道路網容量の増強に伴って、道路網容量を規定する最小カットおよび最小カットよりフロー水準の大きいカットが発生する。このとき、カットの探索は増強問題(主問題)に対する双対問題の双対変数から、すなわち相補性定理から容易に行うことが可能である。いま、 λ_i 、 w_i をそれぞれ式(2)の余裕変数及び双対変数とすると、相補性定理より式(6)の関係式を得る。

$$\lambda_i \cdot w_i = 0 \quad \dots\dots(6)$$

式(6)の関係式から2つの変数の取りうる組合せは3通り考えられるが、このうち $\lambda_i=0$ 、 $w_i>0$ をとるアーク*i*が交通需要の増加に伴う隘路区間として、すなわちカットを構成するアークとして探索することができる。そして、交通需要*F*を逐次増加させたときの各アークの w_i の値の変化から容易にカットを探索することができる。

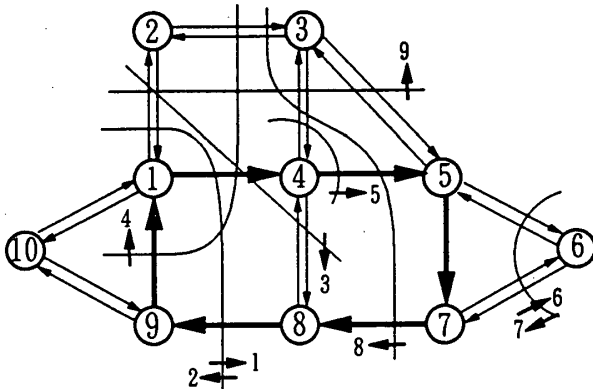


図-1 対象道路網及びカット
表-1 OD構成比及びアーク距離

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1		0.0475	0.0385	0.0475	0.0420	0.0520	0.0280	0.0070	0.0095	0.0025
2	500		0.0190	0.0110	0.0060	0.0065	0.0030	0.0000	0.0120	0.0005
3	∞	300		0.0250	0.0080	0.0075	0.0025	0.0025	0.0000	0.0015
4	300	∞	500		0.0145	0.0110	0.0015	0.0020	0.0100	0.0005
5	∞	∞	600	300		0.0350	0.0065	0.0015	0.0000	0.0000
6	∞	∞	∞	∞	300		0.0160	0.0015	0.0020	0.0010
7	∞	∞	∞	∞	400	300		0.0065	0.0025	0.0005
8	∞	∞	∞	400	∞	∞	300		0.0055	0.0005
9	400	∞	∞	∞	∞	∞	∞	300		0.0020
10	300	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	300	

表-2 各カットのフロー水準

カット	交通容量	通過するOD構成比	フロー水準
1	6120	0.2990	20468
2	6120	0.2990	20468
3	3600	0.1610	22360
4	6120	0.2605	23493
5	6120	0.2490	24578
6	3600	0.1370	26277
7	3600	0.1370	26277
8	7920	0.3005	26356
9	5400	0.1720	31395

3. 計算例

ここでは、図-1に示す24本のアークからなる既存道路網および表-1のOD構成比(右上半分)(対称性を仮定して四角OD表の右上半分のみ示した)、アーク距離(左下半分)を与えて行う。各OD交通の走行可能な経路は最短・次最短を中心に2~4本選定した。各アークの交通容量は、両方向及び一方通行それぞれにたいして1800、4320台(2割増)とした。交通需要*F*を目的関数とするLP問題を解いたところ、カット1、2が最小カットとして発生して道路網容量20468台を得た。そして、*F*の初期値、増加値をそれぞれ20000台、1000台としてパラメトリックLPを行い、各アークに対する双対変数の値の変化からカットを探索したところ、図-1に示す7本のカットが探索された。表-2にはこれらのカットのフロー水準(=カットの交通容量の和/通過するOD構成比の和)を示した。

4. あとがき

以上、本研究では道路網容量増強問題をLP問題として定式化するとともに、相補性定理を基に最小カットおよび最小カットよりフロー水準の大きいカットの探索を試みた。今後はさらに、ここで探索されたカットを基に感度分析等に必要な他のカットの探索手法についても考察を試みていく。

<参考文献>

- 1) 榎谷・加来：道路網容量による道路網の感度分析について、土木学会論文報告集、No.343、1984
- 2) 榎谷・田村・斎藤：道路網感度分析のためのカット行列およびOD-カット行列の作成手法に関する研究、土木学会論文、No.494/IV-24、1994