

道路網感度分析におけるカット行列の作成手法

Cut Matrix for Sensitivity Analysis
of Road Network

樹谷有三*・斎藤和夫**

By Yuzo MASUYA and Kazuo SAITO

A road network has a capacity for a traffic flow as an upper bound of the ability of traffic acceptance, because each node and link in road network has a traffic capacity. In this paper, the road network capacity is estimated by the Incremental Assignment Simulation. We discuss the method of formulating the Cut Matrix required to quantitatively analyze the effects that the changes of link capacity have on the road network capacity. A numerical example of 10-node network model is executed to examine the validity of the method.

1. まえがき

道路網の感度分析とは、道路網を評価する要因に影響を与える条件が変化したとき、評価要因がどのような影響を受けるかという影響度を把握することと考えられる。したがって、道路網を評価し得る要因に対しての各種の感度分析が考えられるが、本研究においては道路網の交通処理能力を表す道路網容量を通して行うものとする。この道路網容量は、各種の道路網計画、運用計画あるいは土地利用計画を行うときの量的評価要因として、また道路網の運用効率を表す要因として考えられており、特に昨今の自動車交通需要の増大によって生じる交通混雑、大

気汚染などの各種の道路交通問題に対する種々の対策案を道路交通の面から評価するうえでも重要な要因のひとつである。

道路網容量による道路網の感度分析は、道路網容量が一般にネットワーク特性およびフロー特性によって規定されることから、これらの特性が変化するとき道路網容量がどのような影響を受けるかを定量的に分析することによって行うことができる。著者らは、この感度分析を行うためにまず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、LP問題の相補性から最小カット（すべてのカットのうちでフロー水準が最小のカット）を含めてよりフロー水準の大きいカットを逐次探索した。さらに、グラフ理論を応用して、これら探索されたカットから感度分析に必要なカット行列及びOD-カット行列の作成を試みた。そして、作成されたカット行列等を通して既存道路網の交通処理能力を上回るような自動車交通需要の増大に対処する各種の対策手法を

* 正会員 工博 苫小牧工業高等专科学校助教授
土木工学科（〒059-12 苫小牧市錦岡443番地）
**正会員 工博 室蘭工業大学工学部教授
建設システム工学科（〒050 室蘭市水元町27-1）

考察してきた。^{1)、2)}

しかしながら、LP問題を基礎にしたカットの探索は、LP問題の定式化にあたって事前に各OD交通の走行可能な経路を選定しているとはいえ、必ずしも各OD交通の経路選択挙動を十分に踏まえたものとはなっていない。すなわち、LP問題の場合はある目的関数を最適化するように各OD交通を配分するため、OD交通によっては当該OD交通の全ての需要交通量が最短経路以外に配分されることもある。そこで、本研究では従来のLP問題を基礎にしたカットの探索手法で得られた成果を踏まえて、各OD交通の経路選択挙動を考慮したカットの探索手法について考察する。

2章では、既往の道路網容量の算定手法について概観するとともに、ある配分原則（等時間原則）を用いたときの道路網容量の算定手法について考察する。3章では、道路網容量を規定する最小カット及び最小カットよりフロー水準の大きいカットの探索手法について考察する。さらに、4章では感度分析に必要なカット行列の作成手法について考察する。そして、5章では10ノードモデルを対象に具体的な計算例を示す。

2. 道路網容量の算定手法について

(1) 既往の研究

道路網容量は前述のように道路網全体で処理可能な交通量であるが、その定義の仕方については用いる道路網容量の算定手法によってそれぞれ異なってくる。従来の各種の道路網容量算定手法を主な4つの要因を通して分類整理すると次のようになる。

(1) 各OD交通の配分方法：

OD構成比一定のもとで、総トリップ数を漸次増加させながら各OD交通をある配分原則にもとづき配分する配分シミュレーション法^{3)~6)}、フローシミュレーションを経ないで唯一の最適解を求めるLP法⁷⁾及びカット法⁸⁾、あるいは事前に各種の交通量配分手法を用いて各OD交通の走行可能な経路を選定してLP法で最適解を求める方法⁹⁾、などがある。

(2) 道路網容量を規定する最小カットの求め方：

LP法及びカット法では最適解等を通して容易に最小カットが探索されるが、配分シミュレーション

法においては次のような大きく2つの方法がある。ひとつは、配分の段階ごとにリンク交通量を調べ、容量に達したリンクの集合がカットを構成するかどうかを検討する方法³⁾である。他のひとつは、総トリップ数を漸次増加させる段階で、容量に達したリンクを順次除去してゆき、除去されたリンクの集合がカットを構成するかどうかを検討する方法^{4)、6)}である。

(3) 道路網容量の算定方法：

あるひとつのOD交通でも発生・集中の抑制すなわち走行不可能になったとき、他のすべてのOD交通も一定の割合で発生・集中の抑制を受けるとしたときの累加フローを求めるか^{3)、4)、6)}、あるいはすべてのOD交通が発生・集中の抑制を受けるまで配分を繰り返して、各段階で配分されたOD交通量の和とするか^{5)、10)}、などがある。

(4) 制約条件の設定：

物理的条件としての各リンクの交通容量制限式のほかに、総走行台時間（距離）、環境許容容量あるいは総エネルギー消費量などのように交通量増大に伴うマイナス要因を制約条件として組み込んで、経済的あるいは環境的容量を算定することも考えられている。^{8)、11)}

以上のように従来から各種の道路網容量算定手法が考察されてきたが、本研究では前述の各OD交通の経路選択挙動を考慮できる配分シミュレーション法を基に道路網容量の算定について考察する。

(2) 道路網容量の算定について

前述のように、本研究の目的とすることは道路網容量を規定する最小カット及び最小カットよりフロー水準の大きいカットを逐次探索して、感度分析に必要なカット行列を作成することである。そこで、ここでは既往の各種の配分シミュレーション法を基に道路網容量の算定について考える。配分シミュレーション法としては、OD構成比一定のもとで総トリップ数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方法^{3)、6)}を用いる。また、道路網容量を規定する最小カットの探索は、総トリップ数を漸次増加させる段階で容量に達したリンクを順次除去してゆき、除去されたリンクの集合がカットを構成するかどうかを検討しながら行うものとする。そうすると、道路網容量は探索されたカットのうち、

フロー水準が最小となるカットのフロー水準として求められる。

道路網容量の算定手順は図-1に示すフローチャートのように以下となる。

step. 2は、リンク走行時間の計算であり、ここでは式(1)のBPR(Bureau of Public Roads)タイプの関数を用いることとする。

$$Sa(Va) = ta_0 \{1 + r(Va/Ca)^k\} \quad (1)$$

ここで、

Va : リンク交通量 Ca : リンク容量

ta_0 : $Va=0$ のときの走行時間

r, k : パラメータ

step. 3は、step. 2で求めた各リンクの走行時間を用いて各OD交通の最短経路を探索する。

step. 4、5は、step. 3で記憶された各OD交通の最短経路にOD交通量(ΔT_{ij})を负荷して各リンクの配分交通量(ΔVa)を求めるとともに、各リンクの配分交通量を更新する。

step. 6は、step. 5で更新された配分交通量が当該リンクの交通容量を超えているかどうかを検討する。

step. 7は、容量超過リンクの集合(あるいは部分集合)がカットを構成するかどうかを検討するものであり、このカットの探索手法については3章で詳述する。

step. 8は、step. 7で探索された各カットのフロー水準 Fq を式(2)で求めるとともに、そのうちフロー水準が最小となるカット(最小カット)をも求める。そうすると、式(3)に示すように最小カットのフロー水準が道路網容量 NC となる。

$$Fq = (\text{カット}q\text{の交通容量}) / (\text{カット}q\text{を通過するOD構成比の和}) \quad (2)$$

$$NC = \min \{Fq\} \quad (3)$$

step. 9、10は、道路網容量に相当する総トリップを配分したときの各リンクの配分交通量を求めるものである。この配分結果については、3章で述べる最小カットよりフロー水準の大きいカットを探索するとき用いられる。

以上、従来用いられている配分シミュレーション法(分割等時間配分で行う方法)の手順を基に、道路網容量を規定するカット(最小カット)を探索するとともに、道路網容量の算定手法を考察した。

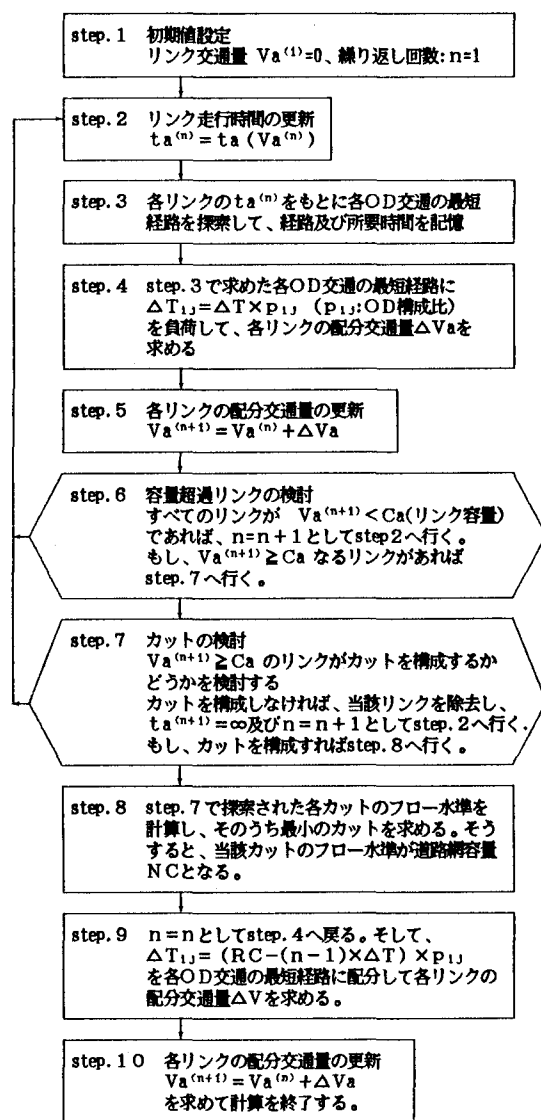


図-1 道路網容量の算定手順

3. 最小カット及び最小カットよりフロー水準の大きいカットの探索手法

(1) 最小カットの探索手法

道路網容量を規定する最小カットの探索は、前述のように総トリップ数を漸次増加させる段階で容量に達したリンクを順次除去してゆき、除去されたリンクの集合あるいは部分集合がカットを構成するか

どうかを検討しながら行う。最小カットを探索する手法、いわゆるネットワークの非連結性の検定法としては各OD交通間の最短経路探索を用いた方法⁶⁾、あるいは接続行列を用いた方法³⁾などがある。本研究においては後者の接続行列を用いた方法を基に、最小カットを構成するリンクをも容易に求められる方法について考察する。

いま、 n 個のノードと m 本のリンクからなる道路網の接続行列を E (行列 E は $(n \times m)$ 行列)とする。ここで、行列 E の要素はノード i がリンク j の端点であれば1、そうでないとき0を取る。そうすると、容量超過リンクの集合(あるいは部分集合)がカットを構成するかどうかの探索手法は以下となる。

step. 1 対象道路網のリンクを容量超過リンク(以下、超過リンクという)と容量以下のリンク(以下、以下リンクという)に分ける。

step. 2 行列 E の各行において、超過リンクに対応する列のみが1で、他の列(以下リンクに対応するリンク)がすべて0を取る行ベクトルが存在するかどうかを調べる。もし、存在すれば step. 4へ、存在しなければ step. 3へ行く。

step. 3 最上位(便宜上このようにする)にある行ベクトルにおいて、以下リンクの要素が1である列を探索し、次にこの列ベクトルにおいてその要素が1である行を求め、この行を最上位の行にmod 2で加えて接続行列を退化させる。そして、step. 2へ行く。

step. 4 当該行ベクトルは、容量超過リンクによって構成されるカットによって他のノードと切断されていることから、当該行ベクトルを行列 E から除去して step. 2へ行く。もし、行列 E に行ベクトルがなくなったときには step. 5へ行く。

step. 5 step. 4で除去された各行ベクトルを対象にノード集合及びカットを構成するリンクを求める。このとき、ノード集合は各行ベクトルがstep. 2で加えられてきた行ベクトルに対応するノードによって求められる。また、カットを構成するリンクは行ベクトルの要素(超過リンクに対応する列ベクトルの要素が1であるリンク)から求められる。

このような手順を通して、カットによって切断されるノードの集合のみならずカットを構成するリン

クをも容易に求めることができる。また、この探索手法は最小カットも含めた他のカットが同時に発生する場合にも適用できる。そして、道路網容量を規定する最小カット及び道路網容量は2章のstep. 8の手順によって求められる。

(2) 最小カットよりフロー水準の大きいカットの探索手法

最小カットよりフロー水準の大きいカットを探索する場合には、道路網容量を超えるような交通需要に対応する各OD交通量をどのように配分するか、あるいは最小カットも含め容量不足カットを構成する各リンクの容量増強をどのようにするかなどの問題がある。本研究においては、カットを探索して需要(各OD交通の需要交通量)と供給(既存道路網における各リンクの交通容量)とのバランスを分析することが目的であることから、次のような仮定を前提としてカットの探索を試みる。①道路網容量を超えるような交通需要に対する各OD交通の配分対象経路は、交通需要が道路網容量に達したときに得られた各OD交通の配分対象経路と同じで且つ配分率も同じとする。②すなわち、交通需要が道路網容量を超えたときの各リンクに配分される交通量の比率は、交通需要が道路網容量に達したときに得られた各リンクの配分率と同じとする。③したがって、道路網容量を超えるような交通需要のときには、最小カットも含めて容量不足カットを構成するリンクでは各リンクの配分率に相当する容量増強が行われるものとする。そうすると、最小カットよりフロー水準の大きいカットの探索手順は以下となる。

step. 1 2章の step. 9、10で得られる道路網容量に相当する総トリップ数を配分したときの各リンクの配分交通量から、式(4)、(5)で各リンクの配分交通量の比率 W_a 及び残余容量 $Ca^{(1)}$ を求める。また、繰返し回数を $i=1$ とする。

$$W_a = V_a^{(n+1)} / NC \quad (4)$$

$$Ca^{(1)} = Ca - V_a^{(n+1)} \quad (5)$$

step. 2 残余容量 $Ca^{(1)}$ が正值であるリンクに対して次式(6)で計算される $fa^{(1)}$ を求める。

$$fa^{(1)} = Ca^{(1)} / W_a \quad (6)$$

この $fa^{(1)}$ は、総トリップ数を $fa^{(1)}$ だけ増加させると、リンク a においては配分交通量と交通容量とが等しくなることを意味する。さらに、各リ

リンクの $f a^{(1)}$ のうち式(7)にて最小値を取るリンクを求める。そして、この $f i$ に相当するトリップ数を配分する。

$$f i = \min \{ f a^{(1)} \} \quad (7)$$

step. 3 step. 2 で求められた $f i$ が配分されたとき、各リンクには $f i \cdot W a$ の交通量が配分されることから、式(8)にて各リンクの残余容量を更新する。このとき、式(7)で最小値を取るリンクの残余容量は0となる。

$$C a^{(i+1)} = C a^{(i)} - f i \cdot W a \quad (8)$$

一方、容量に達しているリンクに対しては、式(9)で求められる容量 $Z a^{(1)}$ が増強されるものとする。

$$Z a^{(1)} = f i \cdot W a \quad (9)$$

step. 4 step. 3 で残余容量が0になったリンクとすでに容量に達しているリンクとの組み合わせで新たなカットが発生するかどうかについて、前節(1)で述べたカットの探索手法を通して検討する。もし、カットが発生しなければ $i = i + 1$ として step. 2 へ行く。カットが発生していれば step. 5 へ行く。

step. 5 新たに発生したカットのフロー水準 $F q$ を求めるために、当該カットを構成するリンクを対象に式(10)の計算を行う。

$$F q = \{ N C + \sum_i f i \} - \sum_i \sum_a Z a^{(1)} / \sum_a W a \quad (10)$$

step. 2 から 4 をすべてのリンクの残余容量が0になるまで、あるいは感度分析に必要なカットを考慮してあるフロー水準に達したとき計算を終了する。

以上のような手順を通して最小カットよりフロー水準の大きいカットを容易に探索することができる。しかし、ここでは感度分析に必要なすべてのカットが探索できないので、最小カットも含めここで探索されたカットを基に感度分析に必要なカット及びそれらのカットから作成されるカット行列については次章にて考察する。

4. カット行列の作成手法について¹⁾

本研究において対象とするカットは、極小カット(カットの中にカットを含まないいわゆるネットワ

ークを3つ以上に分割しないカット)である。そこで、ここではグラフ理論の定理「ループを含みぬスター(star)は極小カットである」を応用して、3章で探索されたカットを基に感度分析に必要なカット及びカット行列(カットとリンクの接続行列)の作成手法について考える。いま、3章で探索された最小カットも含め最小カットよりフロー水準の大きいカットの本数を p とする。そうすると、カット行列の作成手法は以下となる。

step. 1 3章で探索された最小カットを含めた p 本のカットを対象にカット行列を作成する。

step. 2 step. 1 においてカットを構成するリンクを、内部領域(平面グラフにおいて、何本かのリンクで囲まれている領域)だけに接するリンク(以下内部リンクという)と外部領域(囲まれていない領域)にも接するリンク(以下外部リンクという)とに分ける。

step. 3 step. 1 で作成されたカット行列において、外部リンクに対応する列に1の要素をもつ行ベクトル(カット)が2つ以上存在するかどうかを調べる。もし存在すれば、それぞれのカットはその外部リンクで交わっているので、該当する行ベクトルを mod 2 で加えて新しいカットを求める。

step. 4 step. 3 で作成された行列と step. 1 での行列との組み合わせで、step. 3 と同様のことを行う。組み合わせは、それぞれの行列から1つずつ取り出す組み合わせだけを考えればよい。

step. 5 このように、新しく作成された行列と step. 1 の行列との組み合わせで逐次感度分析に必要なカット(極小カット)を探索していく。そして、これまでの計算回数は p 回である。

step. 6 さらに、内部リンクだけにしか連結していないノードがあれば、内部リンクからなるカットをも求める。

step. 7 step. 1 から 6 までの過程で探索されたすべてのカットのフロー水準を求め、各カットを当該カットのフロー水準によって小大順に並びかえてカット行列を作成する。

このような簡単な行列演算を通して、道路網感度分析に必要なカットからなるカット行列を作成することができる。

5. 計算例

簡単な例題を通して、感度分析のためのカット行列の作成を試みる。図-2の道路網(図中のリンク上の番号はリンク番号)、表-1のOD構成比及びリンク距離を与えて行う。なお、OD交通は対称性を仮定して三角OD交通のみを計算する。各リンクの交通容量は12000台、また式(1)の走行時間関数のパラメータは $r=2.62$ 、 $k=5$ とする。

まず、図-1に示すフローチャートに従って道路網容量の算定を行う。 $\Delta T=10000$ 台としてトリップ数を漸次増加させると、総トリップ数が70000台のときリンク1,3,7が容量超過となった。そして、これら容量超過したリンクを対象に、3章で述べた手順を通して最小カットを探索すると、図-2に示すリンク1,7からなるカット1(最小カット)が求めら

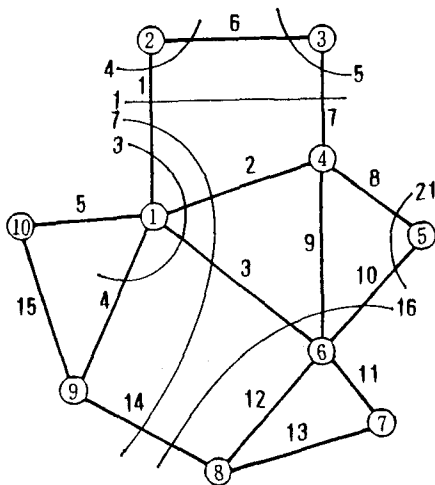


図-2 対象道路網と探索されたカット

表-1 各OD交通の構成比と各リンクの距離(m)

	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	500		0.038	0.022	0.012	0.013	0.006	0.0	0.024	0.001
3	∞	500		0.050	0.016	0.015	0.005	0.005	0.0	0.003
4	800	∞	300		0.029	0.022	0.007	0.004	0.020	0.001
5	∞	∞	∞	300		0.068	0.013	0.003	0.0	0.0
6	600	∞	∞	600	400		0.032	0.003	0.004	0.002
7	∞	∞	∞	∞	∞	200		0.013	0.005	0.001
8	∞	∞	∞	∞	∞	500	600		0.011	0.001
9	600	∞	∞	∞	∞	∞	∞	500		0.004
10	400	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	700	

れた。なお、図-3にはカット1及びカット1を構成するリンクを求める計算過程の一部を示した。このカット1のフロー水準が $69767(=24000/0.344)$ であることから、道路網容量は69767台となる。さらに、この道路網容量に相当する総トリップ数を配分したときの各リンクの配分交通量の結果を表-2に示した。

		リンク															
ステップ1		(1)	2	(3)	4	5	6	(7)	8	9	10	11	12	13	14	15	
ノ	1	1	1	1	美	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	2	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	3	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
	4	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	
	5	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	
	6	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	
	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	
	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	
	9	0	0	0	美	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
	10	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
ステップ2																	
1+9	1	1	1	1	美	美	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	2	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	3	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
	4	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	
	5	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	
	6	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	
	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	
	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	
	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
	10	0	0	0	0	美	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
ステップ7																	
1+9+10+8 +6+4+5+7	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	2+3	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0

図-3 最小カットを求める計算過程

表-2 各リンクの配分交通量、配分率及び残余容量

リンク	配分交通量	配分率	残余容量
1	12000	0.1720	0
2	11864	0.1701	136
3	12000	0.1720	0
4	9022	0.1293	2978
5	809	0.0116	11191
6	9840	0.1410	2160
7	12000	0.1720	0
8	6497	0.0931	5503
9	7075	0.1014	4925
10	9201	0.1319	2799
11	7235	0.1037	4765
12	5404	0.0775	6596
13	2393	0.0343	9607
14	7377	0.1057	4623
15	451	0.0065	11549

次に、最小カットよりフロー水準の大きいカットの探索について3章(2)で考察した手法を通して行う。まず、各リンクの配分率及び残余容量を各リンクの配分結果から求めると表-2となる。そして、この表-2の結果から残余容量が正値を取るリンクを対象に $f a^{(1)}$ を求め、さらにこれらのリンクのうち最小値 $f i$ を取るリンクを求めて行く。このように3章(2)のstep. 2から5を順次繰り返すと表-3の結果を得る。ここでは、各リンクの残余容量及び探索されるカットのフロー水準等を考慮して表-3に示すリンクまで逐次計算を行った。従って、この例ではリンク 5、11、12、13、15の5本のリンクはいずれのカットにも含まれなことになる。また、リンク 4は当該リンクの配分交通量等を考慮して4章で述べた外部リンクとして扱う。そうすると、表-3及び図-2に示すように最小カットよりフロー水準の大きいカットとして6本のカットが探索される。なお、これらのカットのフロー水準については表-4に示している。

図-2に示す最小カット及びこれら探索されたカットを基に、4章で述べた手順を通してカット行列の作成を行う。図-4の計算ステップ 1に示されているように、まず図-2のカットからなるカット行列を作成し、逐次4章の step. 4以降を行うと14本のカットが探索される。ここでは4回の計算ステップ 回数で最小カットよりフロー水準の大きいカット、すなわち感度分析に必要なカットが求められた。これら探索されたカットについては図-5に示した。なお、前述のようにリンク 4も外部リンクとして扱っている。この例では step. 6の内部リンクのみから

なるカットは探索されなかった。そして、表-4に示すように図-2及び4のすべてのカットのフロー水準を求め、各カットをフロー水準の大小順に並び換えて作成したカット行列が図-6である。なお、表-3に示す各カットのフロー水準は、各カットの容量を当該カットを通過するOD構成比の和で割ることによっても容易に算定できる。

		リンク														
ステップ		(1)	2	3	(4)	5	(6)	(7)	(8)	9	(10)	11	12	13	(14)	15
ステップ1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	7	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	16	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
ステップ2	21	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	2(1+3)	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	6(1+7)	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
	8(3+4)	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	20(3+7)	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	9(4+7)	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
ステップ3	19(16+21)	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1
	11(7+16)	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
ステップ4	10(11+1)	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
	15(11+3)	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	12(11+4)	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	14(11+21)	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
ステップ5	13(21+10)	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0
	18(21+15)	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
	17(21+12)	0	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0

図-4 極小カットを求める計算過程

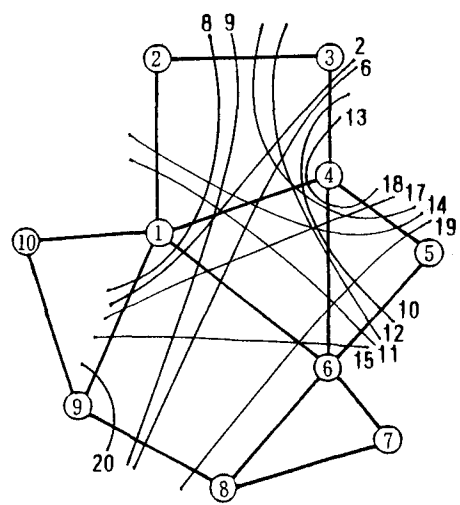


図-5 図-4の計算過程で得られたカット

表-3 最小カットよりフロー水準の大きいカットを求める計算過程

繰り返し回数: i	$f a^{(1)}$ 最小値のリンク	$f i$ の値	発生したカットの番号
1	2	800	なし
2	6	14515	4、5
3	10	5909	なし
4	4	1804	3
5	14	20693	7
6	11	2228	なし
7	9	2617	16
8	8	10527	21

そして、この図-5のカット行列を通して、ネットワーク特性としての各リンクの交通容量の変化が道路網容量にどのような影響を及ぼすかについて考察することができる。また、自動車交通需要の増大に対して道路交通の面からはどのような対策を施すべきを考えるうえでも有用な情報を提供できる。

表-4 各カットのフロー水準

カット	容量	OD構成比の和	フロー水準
1	24000	0.344	69767
2	48000	0.643	74607
3	48000	0.643	74607
4	24000	0.313	76668
5	24000	0.313	76668
6	48000	0.620	77446
7	48000	0.620	77446
8	48000	0.612	78379
9	48000	0.589	81518
10	48000	0.575	83429
11	48000	0.575	83429
12	48000	0.544	88174
13	48000	0.537	89455
14	48000	0.537	89455
15	48000	0.535	89785
16	48000	0.511	93928
17	48000	0.506	94932
18	48000	0.496	96803
19	48000	0.472	101637
20	24000	0.235	102102
21	24000	0.225	106664

		リ　ン　ク														
カ ツ ト		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	6	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	7	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	8	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	9	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	10	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0
	11	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
	12	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0
	13	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0
	14	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
	15	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
	16	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0
	17	0	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0
	18	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
	19	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0
	20	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	21	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0

図-6 カット行列

6. あとがき

以上、本研究においては従来のLP問題を基礎にしたカットの探索手法で得られた成果を踏まえて、各OD交通の経路選択挙動を考慮できる配分シミュレーション法を基に道路網感度分析のためのカット行列の作成手法について考察した。今後は、3(2)で述べた最小カットよりフロー水準の大きいカットの探索にあたって設定した仮定についてさらに検討を行う。また、カット行列の作成手法を踏まえて、フロー特性と道路網容量の関係を分析するために必要なOD-カット行列の作成手法について考察を進めて行くとともに、大規模な道路網への適用についても今後試みて行く。

参考文献

- 1) 榊谷・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、第343号、1984
- 2) 榊谷・斉藤・加来:フロー特性と道路網容量の関係について、土木計画学研究・講演集、No.10、1987
- 3) 飯田恭敬:道路網の最大容量の評価法、土木学会論文報告集、第205号、1972
- 4) 西村 昂:ルート配分法による最大ODフロー問題へのアプローチ、土木学会論文報告集、第242号、1975
- 5) 高山純一・小田満広:旅行時間に対する満足度から見た道路網容量評価法、第17回日本道路会議論文、1987
- 6) 朝倉康夫・和田拓也:松山都市圏における道路網の最大容量に関する実証的研究、愛媛大学工学部紀要、第12巻1号、1990
- 7) 三好逸二・山村信吾:道路網における最大総トリップ数について、土木学会第23回年講、1968
- 8) 西村 昂:道路網容量理論に関する一考察、土木学会論文報告集、第249号、1976
- 9) 榊谷有三:LP問題による道路網容量の算定に関する研究、土木計画学研究・論文集、No.3、1986
- 10) 榊谷有三:震災時における道路網の機能性能の評価法、交通工学、第19巻5号、1984
- 11) 西村 昂:ネットワーク容量の計画、土木学会土木計画学講習会テキスト、Vol.18、1987