

IV-5

道路網感度分析におけるカット行列作成手法の適用について

室蘭工業大学 学生員 篠原 修司
 室蘭工業大学 正 員 斉藤 和夫
 苫小牧高専 正 員 榎谷 有三

1. はじめに

道路網を評価する一つの指標に道路網容量がある。ネットワーク全体の交通処理能力を表わす道路網容量の研究は、これまで方法論に関するものが多く、実際道路網に適用した研究例は比較的少ない。榎谷・斉藤¹⁾は、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を逐次計算・探索し、カット行列を作成する手法を提案した。本研究は、この手法を実際道路網に適用することにより、カット行列作成に関する実証的検討を行う。

2. 道路網容量の算定

本研究では、OD構成比一定の下で総トリップ数を変化させ、各OD交通をその時の配分原則に従い配分する配分シミュレーション法を用い道路網容量を算定する。以下に、算定の手順を述べる。

(1) 分割配分法

本研究で用いた分割配分法の手順は以下の通りである。

- STEP.1** 配分計算繰返し回数 $n=1$ とおく。
STEP.2 再配分計算繰返し回数 $m=1$ とおく。
STEP.3 リンクコスト関数によりリンク所要時間を求める。
STEP.4 各Cゾーンのセントロイド間で最短経路を探索する。(容量超過リンクにはOD交通量を流さない。)
STEP.5 N 分割したOD交通量を各ODペア間の最短経路に配分する。(リンク交通量は累加する。)
STEP.6 配分したリンクが容量超過リンクになったか否かの判定を行う。容量超過の場合

は、 N 分割したOD交通量から超過分を除きSTEP.5をやり直す。

STEP.7 複数の容量超過リンクによりカットが求まるまでSTEP.1からSTEP.6を繰返す。ただし、STEP.6において配分したリンクが容量超過リンクになった場合はSTEP.2からSTEP.6を行う。

(2) リンクコスト関数

分割配分法で用いるリンクコスト関数として式(1)のBPR関数を用いることとする。

$$ta(Va) = ta(0) \left\{ 1 + \alpha \left(\frac{Va}{Ca} \right)^\beta \right\} \quad \cdots (1)$$

ただし、 $ta(Va)$: リンク a の所用時間 (分)

$ta(0)$: ゼロフロー時のリンク a の
所要時間 (分)

Va : リンク a の交通量 (台/日)

Ca : リンク a の容量 (台/日)

α, β : パラメーター

ゼロフロー時のリンク所要時間には、リンク距離をゼロフロー時の速度で除した値を用いた。容量には道路構造令から、各リンクの道路規格と車線数を考慮した値を用いた。また、パラメーターについて、筆者ら³⁾はすでに、室蘭市に適合度の高いパラメータは米国道路局の $\alpha=0.15, \beta=4$ に近い値であることを明らかにしているため、この値を用いることとする。

3. カットの探索手法について

最小カットの探索は配分シミュレーション法でトリップ数を徐々に増加させていき、容量超過リンクを除去し、除去したリンク群によりカットが

構成されるかどうかの検定を接続行列を用いた方法により行う。

(1) 最小カットとフロー水準

まず、得られた各カットの最大フロー（以下、フロー水準） F_q を式(2)から得る。どのカットにおいてもフローが物理容量を超過しない最大のフロー、つまり道路網容量 NC は式(3)で示される。このように、フロー水準が最小となるカットが最小カットである。

$$F_q(K_t) = C_q(K_t) / P_q(K_t) \quad \dots\dots\dots(2)$$

$$NC = \min\{F_q(K_t)\} \quad \dots\dots\dots(3)$$

ただし、 $F_q(K_t)$ ：カット K_t のフロー水準

$C_q(K_t)$ ：カット K_t の容量

$P_q(K_t)$ ：カット K_t を通過するOD

構成比の和

NC ：道路網容量

(2) 最小カットよりフロー水準の大きいカットの探索

最小カットよりフロー水準の大きいカットを探索する。ただし、交通需要が道路網容量を超過したときの仮定として次の3点を挙げておく。

① 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かつ配分率も同じとする。

② 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 最小カットも含め、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を行う。

探索手順を説明する。

STEP.1 繰返し回数を $n=1$ とし、

STEP.2 道路網容量相当のトリップを配分したときの各リンクの配分交通量から、各リンクの配分交通量の比率 W_a 、残余容量 $Ca^{(n)}$ を算出する。

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

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

ただし、 W_a ：配分率

$Ca^{(n)}$ ：残余容量

STEP.3 正値の残余容量 $Ca^{(n)}$ を持つ全てのリンクについて次式(6)で与えられる $fa^{(n)}$ を

求める。

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

これはリンク a が容量に達するために、道路網全体に負荷すべきトリップ数であり、それらのうち最小のものを fn として配分していく。

$$fn = \min\{fa^{(n)}\} \quad \dots\dots\dots(7)$$

STEP.4 式(8)によって、残余容量を更新する。

$$Ca^{(n+1)} = Ca^{(n)} - fn \cdot W_a \quad \dots\dots\dots(8)$$

このとき、式(7)で最小値をとるリンクの残余容量は0をとることになる。容量に達しているリンクについては式(9)により増強容量 $Za^{(n)}$ を与える。

$$Za^{(n)} = fn \cdot W_a \quad \dots\dots\dots(9)$$

STEP.5 新たなカットが発生するか否かの判定を再び接続行列を用いて探索する。ここでカットが発生した場合STEP.6へ、発生しない場合は $n=n+1$ とし、STEP.3へ戻る。

STEP.6 新しいカットのフロー水準を式(10)により算出する。

$$F_q = \{NC + \sum_n fn\} - \sum_a \sum_a Za^{(n)} / \sum_a W_a \quad \dots\dots\dots(10)$$

更にフロー水準の大きいカットを探索するためにSTEP.3へ戻る。

以上のような方法で最小カットとそれよりフロー水準の大きなカット群が得られ、これらによりカット行列の作成を行うことができる。

4. 実際道路網を対象としたカット探索結果

(1) 対象地域

本研究では、対象地域を昭和55年度の室蘭市・伊達市・登別市の3市から構成される室蘭圏とし、データは昭和56～57年度総合都市交通体系調査報告書（室蘭圏）²⁾のものを利用した。表-1に室蘭圏の社会指標、表-2に室蘭圏ネットワークデータを示す。

(2) 計算結果

2章で述べた手法を用いて室蘭圏に実際配分計算を適応した結果、総トリップ数107939台の時に、道路網内に配分不可能なOD交通が発生した。

よって接続行列を用いて最小カットの探索を行ったが、その際に以下のように2つの考慮すべき

表-1 室蘭圏社会指標（昭和55年）

	室蘭市	登別市	伊達市
人口（人）	150199	56503	34705
面積（ha）	8199	20658	16898
自動車保有台数(台)	41537	16774	12367

表-2 室蘭圏ネットワーク
データ（昭和55年）

ノード総数	214
セントロイド総数	75
リンク総数	292
Cゾーン総数	54

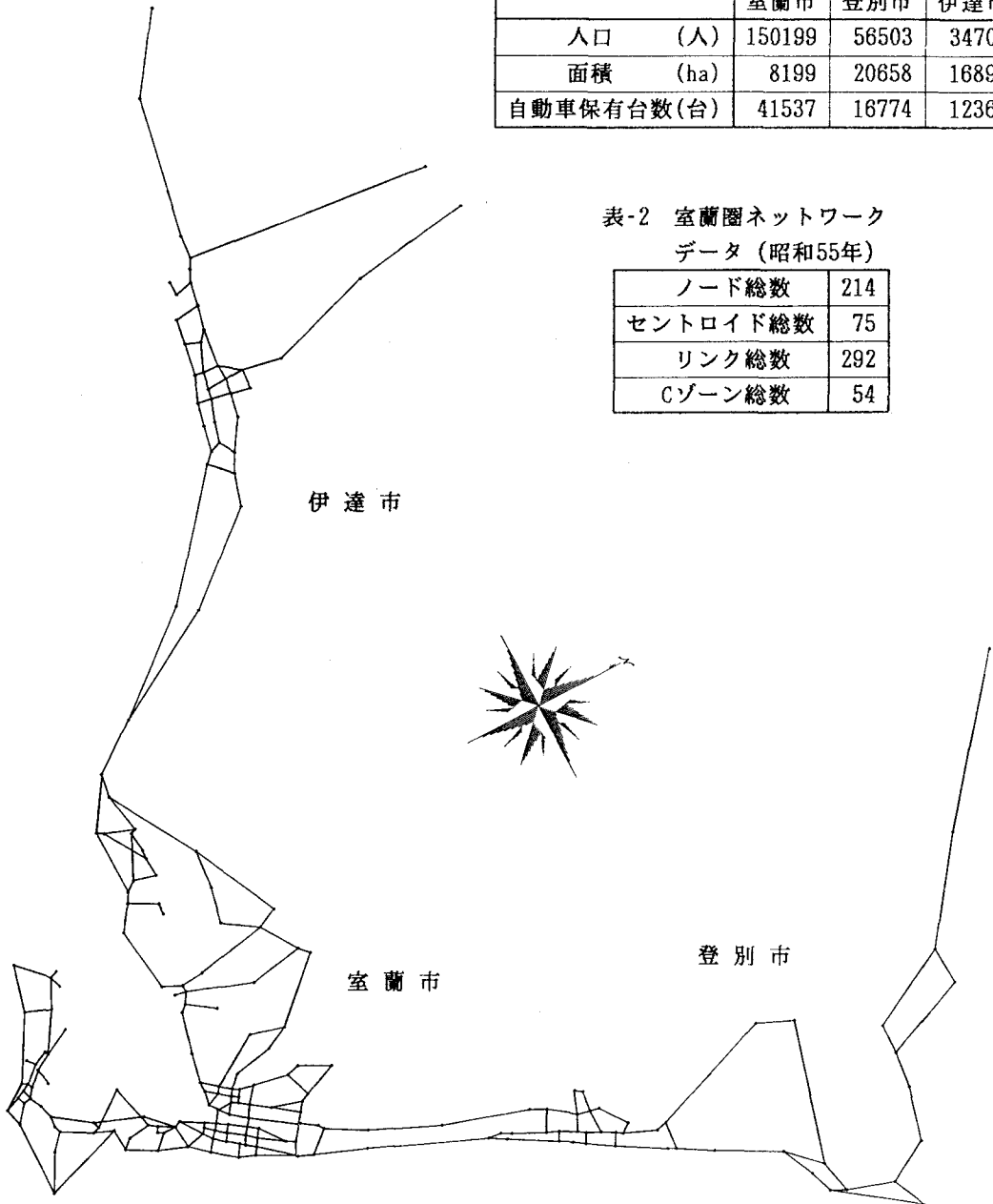


図-1 室蘭圏ネットワーク図

カットが発生した。

① リンク155,156によるカット

図-2に示すように、接続行列による計算ではカット1が検出された。このとき式(2)から、フロー水準 $F_q(1)=106942$ が算出される。しかし、リンク155,156の配分交通量の構成比率を比較すると、カット内のセントロイド97からのOD交通は11%であり、それに対してカットを通過するOD交通は89%であるので、このカットは通過交通に起因して発生したものと考えられる。

② リンク186,187によるカット

図-3に示すカット2では、ノード142がセントロイドではなく、なおかつ周辺リンクを用いた迂回交通も十分可能な状態のため、接続行列による計算ではカットと判定されたが、ここでは単に容量超過リンクの連続部分であり最小カットの比較す

べき対象とするのには問題がある。

以上①②の考察より、最小カットはリンク155,156より構成されるカット1とした。よって式(3)より、道路網容量NCは106942台となる。

次にこれよりフロー水準の大きいカットの探索を3章(2)の方法により繰返し回数 $n=21$ まで行なった。その結果を表-3、図-2,3に示す。

③ リンク10,60によるカット

通常、リンク60は容量超過するようなリンクではなく、リンク10が容量超過したことによりその迂回交通の影響を受けていることが分かった。

これは、本研究において経路の迂回の限界を考慮していないためであり、このことを考えるとカットを構成するリンクはリンク10のみとしてとらえるべきである。

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

繰返し 回数 n	fa ⁽ⁿ⁾ 最小 値のリンク	fnの値	カットを構 成するリンク	カット の容量	OD構成 比の和	フロー 水準
1	82	5842	—	—	—	—
2	182	552	—	—	—	—
3	183	93	—	—	—	—
4	80	412	—	—	—	—
5	181	3788	181,182	22000	0.1936	113640
6	16	155	—	—	—	—
7	17	1304	—	—	—	—
8	179	1197	—	—	—	—
9	185	875	—	—	—	—
10	180	1405	179,180,181	33000	0.2728	120959
11	28	196	28,158	22000	0.1798	122364
12	184	432	183,184	23000	0.1877	122560
13	196	1266	—	—	—	—
14	60	619	10,60	17000	0.1368	124258
15	29	1249	28,29	24000	0.1922	124878
16	178	879	—	—	—	—
17	83	728	—	—	—	—
18	250	1050	—	—	—	—
19	247	3792	—	—	—	—
20	252	209	—	—	—	—
21	253	3393	253	11000	0.0828	132784

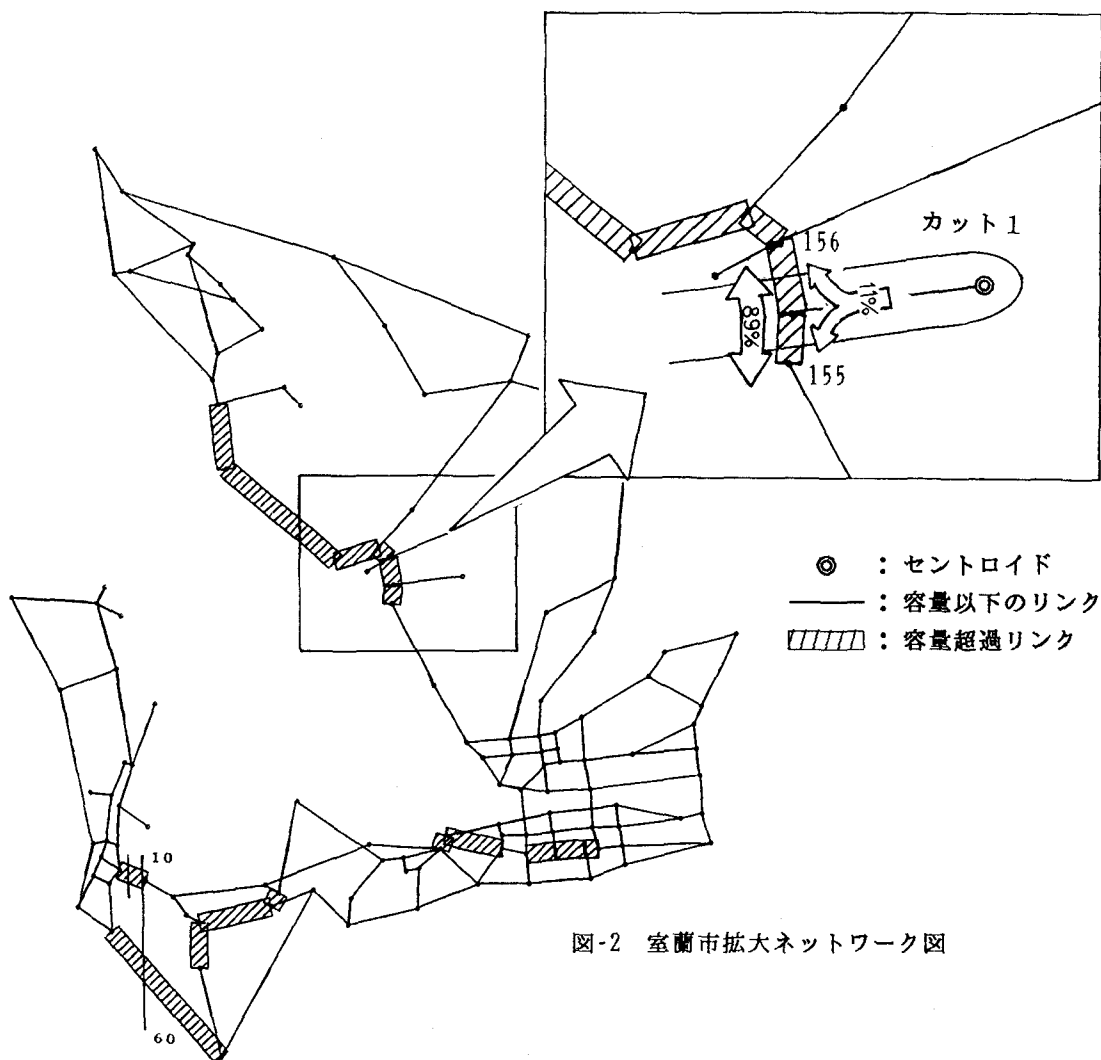


図-2 室蘭市拡大ネットワーク図

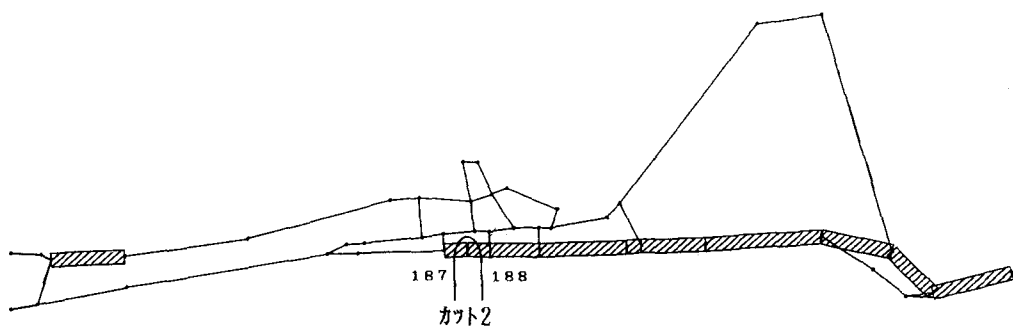


図-3 登別市拡大ネットワーク図

5. まとめ

本研究では、まず実際道路網を対象として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行ったわけであるが、今回、実際道路網に適用するにあたって留意すべき点がいくつか挙げられた。

全てのノードがセントロイドであると仮定した道路網のモデルを考えたとき、この道路網の最小カットは接続行列による計算でそのまま導くことが可能である。しかし、実際の道路網では全てのノードがセントロイドではないため、検出されたものがそのままカットとして取り扱えない場合が生じざるを得ない。よって、カットを発生させたOD交通がどのようなものから構成されているのかを逐次考慮する必要がある。

今回研究を進めていく中で特に感じたのは、迂回交通による影響である。迂回交通の影響を調べるには、各OD交通のとった経路を調べなければならず、かなりの労力を要する。これに対処するには、例えばゼロフロー時の所要時間の何倍かにリンク所要時間が達したとき、迂回の制限を行うなどして、非現実的な迂回交通を避け、道路網容量を過大に評価することを避けることができるであろう。

最後に、プログラミング、データ整理等に対して、本学4年生の三木田正則君と竹田俊昭君の協力を得たことを付記し、感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 榎谷・斉藤 「道路網感度分析におけるカット行列の作成手法」土木計画学研究・講演集 No.13 1990年11月
- 2) 北海道室蘭圏広域都市計画協議会編 昭和56～57年度総合都市交通体系調査報告書（室蘭圏） 1983年3月
- 3) 篠原・斉藤・榎谷 「走行時間関数を用いた配分交通量推定法の検討」土木学会北海道支部 論文報告集 1990年2月