

道路交通システムの震後機能性能の評価法\*  
EVALUATION METHOD OF SYSTEM SERVICEABILITY  
OF ROAD NETWORK DURING SEISMIC DISASTER

\*\*

\*\*\*

榎谷有三・斎藤和夫

By Yuzo MASUYA and kazuo SAITO

The malfunction of the road network system produces bad effects on daily livelihood and industrial activities for a long time after the earthquake. This paper proposes the evaluation method of serviceability which reflects the sufficient condition of the road network functionally. A method is described to calculate the critical capacity of the road network which indicates the condition of all trips not generating and attracting subject to the earthquake. A numerical example of 10-node network model is executed to examine the validity of the method.

1. まえがき

震災に伴う道路交通システムの機能低下は、道路網全体の機能（都市機能）を麻痺させ、ひいては市民生活から産業活動に至るまで広範囲の分野で大きな影響を与える。道路交通システムの場合は震後の避難・救援あるいは復旧等の諸活動のための重要な機能を担っていることから、震災後の道路交通システムの挙動をシステムの機能低下の面から事前に分析し、検討することは防災対策上重要な課題のひとつである。<sup>1)</sup>

震災に伴う道路交通システムの被害は、道路の亀裂・段差、橋梁構造物等の損壊あるいは交通信号機の損壊などの道路施設の物理的損傷によって各リンクの通行不能あるいは交通容量の減少という形で発生し、これに従属して交通混雑や渋滞の発生などのシステムの機能低下というシステムの損傷をもたらす。すなわち、道路交通システムのようなネットワークシステムは構造物の震害という点の被害から線の被害、ひいては面の被害を受ける。<sup>2)</sup> 道路交通システムがシステムの機能性能であるかどうかは、必要条件としての連結性能および十分条件としての機能性能それぞれの面から考えなければならないが、本研究においては連結性がある程度確保された道路網を対象に後者の機能性能の面から考察する。

\* キーワーズ：道路交通システム、震後機能性能、  
極限道路網容量

\*\* 正会員 工博 苫小牧工業高等専門学校助教授  
土木工学科（〒059-12 苫小牧市錦岡443）

\*\*\* 正会員 工博 室蘭工業大学工学部教授  
土木工学科（〒050 室蘭市水元町27-1）

機能性能の評価法については、既に著者も道路網容量および発生可能交通量という評価要因を通して考察してきたが、<sup>1)</sup> 本研究においてはすべてのOD交通の発生・集中が不可能となるとき道路網容量

である極限道路網容量の考え方を基礎にシステムの機能性能の評価法を考察した。そして、この極限道路網容量の算定手法を通して機能性能の評価を行うと、震災時において道路網全体で処理可能な交通量のみならず、各OD交通が道路網の交通処理能力の面から抑制対象となる頻度、さらには各OD交通の発生・集中可能な交通量あるいは抑制すべき交通量の期待値をも求めることができる。また、各OD交通の値から各ゾーンごとの発生・集中可能な交通量をも算定することができる。その結果、震災後の道路網の運用面からはいずれのOD交通あるいはゾーンを対象に各種の交通規制・制御を施すべきかを考えるときに有用な情報を提供することができる。

## 2. 震後機能性能の評価法

### (1) 機能性能の評価要因

各リンクの交通容量が与えられたときOD構成比（OD交通量の相対比）一定のもとで道路網全体で処理可能な交通量である道路網容量は、あるOD交通が走行不可能な状態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交通量として求められる。したがって、抑制対象となるOD交通に関してはどのような経路選択を行ってもリンク交通量が交通容量に達したリンクを通らないことには発生・集中できない状態である。しかし、他のOD交通においては交通容量に達していないリンクを通過して走行可能な状態でもある。震災時のように各リンクの交通容量が減少して道路網の交通処理能力が低下する異常事態においては、震災後の道路網の効率的な運用という面からも平常時の交通処理能力として一般に用いられている道路網容量だけでなく、さらに交通容量に達していないリンクを通過して走行可能なOD交通についても考えるべきと思われる。これらの点から、著者等はある特定のOD交通に対してだけ発生・集中の抑制を行ってできるだけ多くのOD交通を発生・集中させるといふ発生可能交通量の算定についても考察してきた。しかしながら、この要因の算定手法は発生・集中の抑制を受けるOD交通を少なくし、同時に発生可能交通量をできるだけ多くしようという観点からのひとつの抑制方法を通して算定してい

ることから、震災に伴って道路網の交通処理能力が低下したとき、各OD交通が混雑・渋滞に遭遇することなく発生・集中可能な交通量あるいは逆に円滑な走行状態を確保するためには各OD交通に対してどの程度の発生・集中の抑制を行えばよいかなどについては言及できない。

そこで、本研究においては増大する自動車交通需要を既存道路網の交通処理能力の範囲内にとどめるために抑制すべき個々のOD交通量を求めることができる極限道路網容量の算定手法を通してシステムの機能性能の評価法を考察した。この極限道路網容量は、道路網を構成する各リンクの交通量が交通容量に達した状態であるとともに、既存道路網の交通処理能力の面からすべてのOD交通が上限に達したときの道路網容量である。<sup>3)</sup>したがって、この容量算定手法の考え方を通して震災時のように各リンクの交通容量が減少するような異常事態における道路網全体の交通処理能力のみならず、需要（OD交通量）と供給（リンク交通容量）のバランスを考えたときの各OD交通の発生・集中可能な交通量あるいは抑制すべき交通量をも算定することができる。また、各OD交通の値をもとに各ゾーンにおいて発生・集中可能な交通量あるいは抑制すべき交通量をも把握することができる。そして、これら各OD交通あるいは各ゾーンに関する情報を基に、震災後の各種の対策を施すときによりきめ細かい具体的な施策が実施可能になると思われる。

震災後の道路機能の確保を考えるときには、震後の復旧過程をも考慮した機能性能の評価法が必要であると指摘されている。道路に要求される機能を震後の時間経過（復旧過程）とともに考えると、一般に連結性→確実性→大量性→安全性へと大きく移り変わっていく。<sup>4)</sup>そこで、これら震後の復旧過程とともに要請される機能の変化と先の三つの要因との関係を考えると、道路網容量は大量性から安全性へと徐々に復旧水準を上げていく震災復旧の第3段階に用いられる要因である。一方、発生可能交通量および極限道路網容量は確実性から安全性へとある程度連結性が確保された震災復旧の第2段階に用いられる要因と思われる。また、発生可能交通量は極限道路網容量による算定を踏まえて具体的な各種の規制・制御による抑制方法が決められたときの算定手

法として特に有用になってくるとされる。

(2) 極限道路網容量の算定手法

極限道路網容量の算定手法としては、交通量配分手法を繰り返して算定する方法も考えられているが、<sup>5)</sup> 震災時のように各道路施設の被害状況が確率的な現象を伴う場合には多数回のシミュレーションすなわち多数回の交通量配分を行う必要があることから、本研究においては著者等が道路網の感度分析で考察したカット行列およびOD-カット行列を基礎に簡単な行列演算によって算定する手法を考える。<sup>3)</sup>

また、震災時の道路網を対象とした極限道路網容量の算定にあたっては、平常時の道路網を対象としたときの算定手法を基に次のような点を前提とする。

- ①各OD交通の需要交通量が与えられているとき、各OD交通の需要交通量のうち発生・集中可能な交通量は当該OD交通が通過するカットのうち最もフロー水準の小さいカットを通過する交通量がカット容量(カットを構成するリンクの交通容量の和)に達するときに得られる。
- ②そして、各OD交通の抑制量は当該カットで抑制対象となるすべてのOD交通を各OD交通の構成比に従って一定の割合で抑制する。
- ③一方、各OD交通が通過するカットのうち、最もフロー水準の小さいカットを通過する交通量が当該カットの交通容量に達しないとき、当該カットを最もフロー水準の小さいカットとするOD交通は抑制対象とはならず、このようなOD交通の発生・集中可能な交通量は需要交通量そのものとなる。
- ④そして、震災に伴う道路網全体の処理可能な交通量すなわち極限道路網容量は各OD交通の発生・集中可能な交通量の和となる。

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交通の需要交通量を  $Q_k$  とする。また、極限道路網容量の算定に必要な式(1)、(2)のカット行列  $C$  及びOD-カット行列  $K$  は道路網の感度分析等を通してすでに得られているものとする。<sup>1)</sup> ここで、それぞれの行列の要素  $C_{ij}$ 、 $K_{ij}$  はカット  $i$  にリンク  $j$  を含むとき及びカット  $i$  を  $j$  番目のOD交通がするとき 1、そうでないとき 0 とする。また、 $l$  はカットの本数である。そうすると、震災に伴う極限道路網容量の算定手順は次のとおりである。

$$C = \begin{matrix} & \begin{matrix} 1 & 2 & \dots & m \end{matrix} \\ \begin{matrix} 1 \\ 2 \\ \vdots \\ l \end{matrix} & \begin{bmatrix} C_{11} & C_{12} & \dots & C_{1m} \\ C_{21} & C_{22} & \dots & C_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ C_{l1} & C_{l2} & \dots & C_{lm} \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (1)$$

$$K = \begin{matrix} & \begin{matrix} 1 & 2 & \dots & m \end{matrix} \\ \begin{matrix} 1 \\ 2 \\ \vdots \\ l \end{matrix} & \begin{bmatrix} K_{11} & K_{12} & \dots & K_{1r} \\ K_{21} & K_{22} & \dots & K_{2r} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ K_{l1} & K_{l2} & \dots & K_{lr} \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (2)$$

- (1)各OD交通の需要交通量  $Q_k$  から式(3)、(4)にて需要交通量の和  $TQ$  及び構成比  $p_k$  を求める。

$$TQ = \sum_{k=1}^r Q_k \quad (3)$$

$$p_k = Q_k / TQ \quad (k=1, 2, \dots, r) \quad (4)$$

- (2)各OD交通の  $p_k$  に関する式(5)の行列  $P$  と行列  $K$  とから式(6)にて各カットを通過するOD構成比の和  $P_i$  を求める。ここで、 $t$  は転置を示す。

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

$$P_i = K \cdot P \quad (6)$$

- (3)行列  $P$  の要素  $P_i$  の逆数を対角要素とする式(7)の行列  $D$  を求める。ただし、 $D_{ii} = 1 / P_i$  である。

$$D = \begin{matrix} & \begin{matrix} 1 & 2 & \dots & l \end{matrix} \\ \begin{matrix} 1 \\ 2 \\ \vdots \\ l \end{matrix} & \begin{bmatrix} D_{11} & & & \\ & D_{22} & & \\ & & \ddots & \\ 0 & & & D_{ll} \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (7)$$

- (4)各リンクの交通容量に関する式(8)の行列  $V$  の要素に、ある震災パターンに対する各リンクの交通容量を代入して、式(9)で震災に伴う各カットの容量  $M_i$  を求める。

$$V = [V_1, V_2, \dots, V_m]^t \quad (8)$$

$$M = C \cdot V \quad (9)$$

- (5)行列  $D$  と  $M$  から式(10)にて震災に伴う各カットのフロー水準  $F_i$  を求める。

$$F = D \cdot M \quad (10)$$

- (6)  $F_i$  と需要交通量の和  $TQ$  とを比較し、 $F_i < TQ$  となる容量不足カット(通過する交通量がカット容量を上回るカット)があれば手順(7)へ。もし、すべてのカットが  $F_i > TQ$  であれば発生・集中の抑制対象となるOD交通がないことから計算

を終了する。このとき、 $TQ$ が極限道路網容量となる。

(7)  $F_i < TQ$  となる容量不足カットを式(2)の行列 $K$ から取り出すとともに、該当するカットを $F_i$ の小さ順に並び変えてOD-カット行列 $K'$ を作成する。ここで、容量不足カットの本数を $l'$ とする。

(8) 行列 $K'$ において、各OD交通が最もフロー水準の小さいカットにだけ属するとして行列 $L$ を作成する。

(9) 行列 $L$ の各行において、すべての要素が0となる行を除いた行列を $L'$ とする。また、行列 $K'$ においても行列 $L$ から除かれた行を除いて行列 $K''$ を作成する。行列 $L'$ 、 $K''$ のカットの本数を $l''$ とする。

(10) 各OD交通の発生・集中可能な交通量を $q_k$ とし、この交通量 $q_k$ を要素とする行列を式(11)とする。そして、要素 $q_k$ の初期値として当該OD交通の需要交通量 $Q_k$ とする。

$$q = [q_1, q_2, \dots, q_r]^T \quad (11)$$

(11) 行列 $K''$ の $i$ 行の行ベクトルを $K_i$ として、式(12)で各カットにおいて発生・集中の抑制をすべき交通量 $G_i$ を求める。

$$G_i = K_i \cdot q - M_i \quad (12)$$

(12)  $G_i$ の値が正值のときは手順(13)へ。負値のときは当該カットにおいて抑制しなくてもよくなったところから手順(17)へ行く。

(13)  $G_i$ が正值を取るカットにおいて、抑制対象となるOD交通の構成比の和 $R_i$ を求める。

$$R_i = L_i \cdot P \quad (13)$$

(14) カット $i$ で抑制対象となるOD交通の発生・集中可能な交通量 $q_k$ を求める。ここで、 $r_i$ はカット $i$ で抑制対象となるOD交通の数である。

$$q_k = q_k - p_k / R_i \cdot G_i \quad (k=1, 2, \dots, r_i) \quad (14)$$

(15) 式(14)で求められた $q_k$ をそれぞれ式(11)の行列 $q$ に代入して手順(11)へ行く。

(16) 手順(11)~(15)を順次フロー水準の小さいカットから $l''$ 本のカットまで繰り返す。

(17) ある震災パターンに対する極限道路網容量 $N$ は各OD交通の $q_k$ から式(15)で求められる。

$$N = \sum_{k=1}^r q_k \quad (15)$$

ここで述べた手順は、需要が供給を上回る容量不足ごとに、当該カットで抑制対象となるOD交通の抑制量を求めて各OD交通の発生・集中可能な交通量 $q_k$ を算定することである。そして、各OD交通の抑制量は式(14)の右辺の第2項で求められるが、この事は前述の前提条件②から考えられる。

### (3) 震後機能性能の評価法

震災時の各道路施設の被害は不確実性の高い要素によって影響を受けることから、震災時の機能性能の評価は確率的に考えなければならない。そこで、本研究においては地震が発生した場合の各リンクの交通容量の減少程度を確率的に予測して、それをもとに道路網の機能性能を定量的に求める。また、評価法としては実際のシステム解析にも容易なモンテカルロシミュレーションを用いることとする。<sup>1)</sup> 評価法の主な手順は次の通りである。(1)各道路施設の被害は具体的には交通容量に影響を与えるとして、各施設の被害確率を交通容量の減少程度の関数として求める。(2)手順(1)で求められた被害確率を用いて各道路施設の被害のシミュレーションを行い、ある震災パターンに対する各リンクの交通容量を推定する。(3)手順(2)で得られた各リンクの容量を用いて、ある震災パターンに対する道路網の機能性能の評価をおこなう。このとき、各OD交通の発生・集中可能な交通量及び極限道路網容量は(2)で述べたアルゴリズムを通して算定する。(4)各リンクの交通容量は道路施設の被害状況に依存し、ここでは被害を確率現象として考えているため、モンテカルロシミュレーションを多数回繰り返す。(5)各シミュレーションごとに求められる各OD交通の発生・集中可能な交通量及び極限道路網容量から式(16)、(17)でそれぞれの期待値 $\tau q_k$ 、 $N_T$ を求める。そして、これらの値から震後機能性能の評価を行うとともに、機能低下に伴う各種の問題を検討するための種々の分析を行う。

$$\tau q_k = \frac{1}{M_s} \sum_{i=1}^{M_s} q_k \quad (k=1, 2, \dots, r) \quad (14)$$

$$N_T = \frac{1}{M_s} \sum_{i=1}^{M_s} N_i \quad (15)$$

ここで、 $M_s$ ;シミュレーション回数、 $q_k$ ;  $i$ 番目のシミュレーションのときの $k$ 番目のOD交通の発生・集中可能な交通量、 $N_i$ ;  $i$ 番目シミュレーションのときの極限道路網容量

### 3. 計算例

簡単な適用例を通して震後機能性能の評価法について考察する。図-1の道路網（リンク上の数字はリンク番号、( )内はリンク距離(km)）、表-1の各OD交通の需要交通量（需要交通量の和は60000台）、構成比を与えて行う。各リンクの車線数は1車線とし、交通容量は12000台とする。極限道路網容量の算定に必要なカット行列及びOD-カット行列はカット行列の作成手法を通して得られているものとする。<sup>1)</sup>そして、ここで計算対象とするカットは図-1～図-3に示されている39本とする。

#### (1) 極限道路網容量の算定

ここではモンテカルロシミュレ

ーションで得られた結果の一例として各リンクの交通容量が図-4のように減少した場合を通して、極限道路網容量の算定を行う。図-1～図-3で得られたカットを対象に各カットのフロー水準 $F_k$ を求めて需要交通量の和 $TQ$ (60000台)と比較したところ、 $F_k < TQ$ となる容量不足カットとしては表-2及び図-4に示す7本のカットが求められた。これら7本のカットを対象にフロー水準の大小順に並

表-1 各OD交通の需要交通量（右上半分）と構成比（左下半分）

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1		5700	4620	5700	5040	6240	3360	840	1020	300
2	0.095		2280	1320	720	780	380	0	1440	60
3	0.077	0.038		3000	960	900	300	300	0	180
4	0.095	0.022	0.050		1740	1320	420	240	1200	60
5	0.084	0.012	0.016	0.029		4080	780	180	0	0
6	0.104	0.013	0.015	0.022	0.068		1920	180	240	120
7	0.056	0.006	0.005	0.007	0.013	0.032		780	300	60
8	0.014	0.0	0.005	0.004	0.003	0.003	0.013		660	60
9	0.017	0.024	0.0	0.020	0.0	0.004	0.006	0.011		240
10	0.005	0.001	0.003	0.001	0.0	0.002	0.001	0.001	0.004	

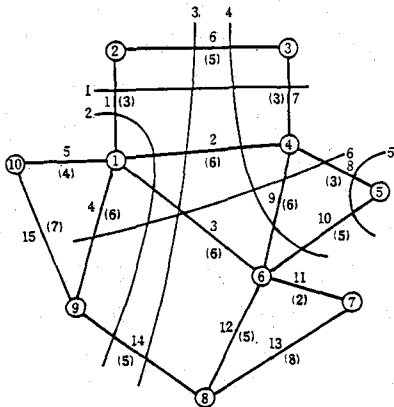


図-1 既存道路網と計算対象カット(1)

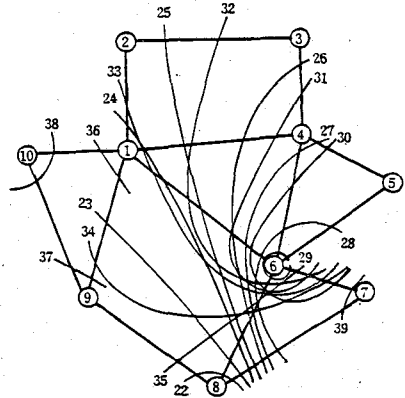


図-3 計算対象カット(3)

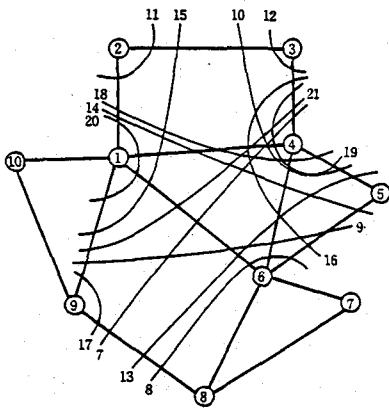


図-2 計算対象カット(2)

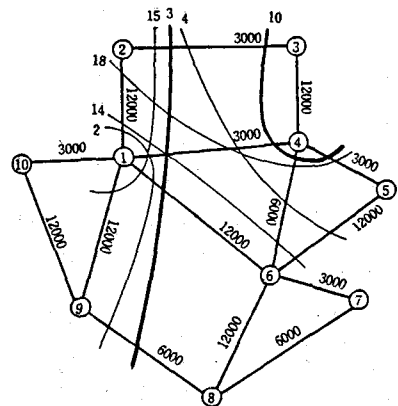


図-4 ある震災ボタンに対する各リンクの交通容量と容量不足カット

び変えたOD-カット行列K'が図-5である。そして、この行列K'から各OD交通が最もフロー水準の小さいカットにだけ属するとした行列Lを作成し、さらに2.(2)の手順(8)、(9)からすべての要素が0となる列(カット)を除いた行列L'が図-6である。そして、手順(10)以降を行うと、まず最もフロー水準の小さいカット10に対する抑制量として式(12)から6540台(=60000×0.359-15000)が求められる。そうすると、カット10を通過するすべてのOD交通が抑制対象となり、たとえばOD 2-3の発生・集中可能な交通量は式(14)より1588台(=2280-0.038/0.359×6540)となる。次に、フロー水準の小さいカットとしてカット3を対象に抑制量を求めたところ5476台となった。このカット3に対する抑制量はカット3のフローから求められる値10140(=0.569×60000-24000)より小さいが、この事はカット3を通過するOD交通のうちすでにカット10で抑制されたOD交通(たとえば、OD

2-3、2-4など)があるためである。そして、カット3で抑制対象となるOD交通のうち、OD 2-5の発生・集中可能な交通量は510台(=720-0.012/0.313×5476)となる。ここで、0.313はカット3で抑制対象となるOD交通の構成比の和である。順次、フロー水準の小さいカットを対象に計算を行ったところ、この計算例ではすでにカット10、3で抑制された交通量によってカット4、18で抑制する必要がなくなった。そうすると、図-4の震災ボタンに対する極限道路網容量は47984台となった。なお、この震災ボタンに対して道路網容量、発生可能交通量を求めたところ、それぞれ41783、49860台であった。

(2) 震後機能性能の評価

震災時における各リンクの交通容量の減少程度は確率的な現象になるが、ここでは各施設の被害が独立であるポアソン過程であると仮定した。いま、各リンクの被害発生率の平均箇所数を $\nu$ 、リンク距離をdとすると、各リンクが被害を受けない安全である確率は $\exp(-\nu d)$ となる。ここで $\nu$ の値として、リンク1、7は既存道路網の最小カットを構成することからすでに何らかの防災対策が施されているとして0.05箇所/Km、他のリンクは0.10箇所/Kmとそれぞれ仮定した。一方、各リンクが被害を受けたときの交通容量の減少程度は、被害発生箇所数などによって異ってくるが、ここでは問題を簡単にするためリンク1、7の確率関数は $P(X=12000) = \exp(-\nu d)$ 、 $P(X=9000) = 0.1$ 、 $P(X=6000) = 1 - \exp\{(-\nu d)+0.1\}$ とする。また、他のリンクは $P(X=12000) = \exp(-\nu d)$ 、 $P(X=6000) = 0.25$ 、 $P(X=3000) = 1 - \exp\{(-\nu d)+0.25\}$ のようにそれぞれ2段階の被害状況を仮定した。

1000回のシミュレーションを行って極限道路網容量を求めたところ図-7の頻度分布となり、期待値は55201台である。この結果から、道路網の円滑な運用を図るためには平均的に5000台前後発生・集中の抑制を施さなければならないことが窺える。一方、すべてのOD交通が発生・集中可能な頻度は267回であった。なお、この例に対する道路網容量及び極限道路網容量の期待値はそれぞれ50071、55323台であった。次に、極限道路網容量の算定の過程で得られた各OD交通の発生・集中可能な交通量の期

表-2 図-4の震災ボタンに対する各カットの容量、フロー水準及び抑制量

カット	カット容量(台)	通過するOD構成比の和	フロー水準(台)	抑制量(台)
2	33000	0.598	55184	0
3	24000	0.569	42179	5476
4	24000	0.494	48583	0
10	15000	0.359	41783	6540
14	33000	0.561	58824	0
15	30000	0.525	57143	0
18	24000	0.450	53333	0

OD交通

	1-2	2-3	2-4	2-5	2-6	2-7	2-8	2-9	2-10
カ 2	1	0	0	0	0	0	0	0	0
ッ 3	0	1	1	1	1	1	1	0	0
ト 4	0	1	1	1	0	0	0	0	0
10	0	1	1	0	0	0	0	0	0
14	1	0	0	0	1	1	1	1	1
15	0	1	1	1	1	1	1	0	0
18	1	0	0	0	1	1	1	1	1

図-5 OD-カット行列K'(ノード2を中心として)

	1-2	2-3	2-4	2-5	2-6	2-7	2-8	2-9	2-10
10	0	1	1	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	1	1	1	1	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	1	0	0	0	0	0	0	1	1

図-6 行列L'(ノード2を中心として)

待値を取りまとめたのが表-3（右上半分）である。また、表-3（左下半分）には需要交通量との差、すなわち抑制量の平均値についても取りまとめた。さらに、表-4には各OD交通が1000回のシミュレーションのうち抑制対象となった頻度について取りまとめた。これらの結果から、平均的に500台以上も発生・集中の抑制をしなければならないOD 1-3、1-4、1-5、1-6から抑制量0のOD 1-9、1-10、9-10などがあることが窺える。また、抑制対象となる頻度においてはOD 1-3、1-5、3-10などが1000回のうち600回以上である。なお、表-5には需要交通量(5700)が同じであるOD 1-2、1-4の発生・集中可能な交通量の頻度を示した。そして、これらの結果をもとに震災後の道路網の運用面からいずれのOD交通に対して各種の規制・制御を含めた何らかの対策を施さなければならないかについて考えるこ

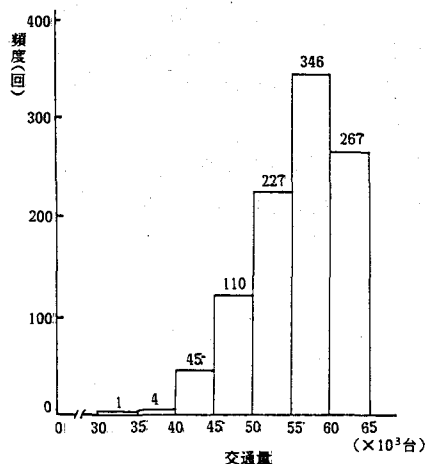


図-7 極限道路網容量の頻度分布

表-3 各OD交通の発生・集中可能な交通量の期待値(右上半分)と抑制量の平均値(左下半分)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1		5401	4071	5048	4264	5594	2993	757	1020	300
2	299		2115	1210	629	711	326	0	1365	57
3	549	165		2954	899	866	286	287	0	159
4	652	110	46		1651	1288	406	233	1103	53
5	776	91	61	89		3830	726	168	0	0
6	646	69	34	32	250		1900	178	224	112
7	367	34	14	14	54	20		767	278	55
8	83	0	13	7	12	2	13		618	56
9	0	75	0	97	0	16	22	42		240
10	0	3	21	7	0	8	5	4	0	

とができる。表-6は各OD交通の値をもとに各ゾーンごとに取りまとめたものである。この結果から、特にゾーン1を発生・集中するOD交通(OD 1-9、1-10を除いて)に対して何らかの対策を施さなければならないことが窺える。また、ゾーン5を発生・集中するOD交通も他のゾーンに比べて抑制対象となる交通量が多いことが(B/A)の値からも窺える。そして、これらの事は表-4の結果が示すように、ゾーン1、5を発生・集中するOD交通に500回以上抑制対象となるOD交通が多いことから理解できよう。

表-4 各OD交通の抑制対象となる頻度(回)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1		343	615	587	694	531	546	515	0	0
2			328	396	530	450	474	341	343	343
3				102	275	230	260	252	466	615
4					190	138	173	163	419	587
5						246	277	268	527	527
6							39	26	343	343
7								54	363	363
8									326	326
9										0
10										

表-5 OD 1-2,1-4の発生・集中可能な頻度

交通量(台)	各交通量に対する発生・集中可能な頻度	
	OD1-2	OD1-4
2000-2500	0	5
2500-3000	2	13
3000-3500	11	48
3500-4000	22	50
4000-4500	55	103
4500-5000	97	134
5000-5500	104	150
5500-6000	709	497
5700	658	413

表-6 各ゾーンの発生・集中可能な交通量の期待値及び抑制量の平均値

ゾーン	1	2	3	4	5
発生集中する需要交通量：A	32580	12660	12540	15000	13500
発生集中可能な交通量の期待値：B	29448	11814	11637	13946	12167
抑制量の期待値	3132	846	903	1054	1333
B/A	0.897	0.933	0.928	0.930	0.901

	6	7	8	9	10
15780	8280	3240	5100	1060	
14703	7739	3067	4848	1033	
1077	541	173	252	47	
0.932	0.935	0.947	0.951	0.956	

#### 4. あとがき

以上、本研究は地震に対する道路交通システムのシステムの機能性能の評価法について考察した。本研究をまとめると以下になる。

(1)システムの機能性能を表わす評価要因としてすなわち道路網全体の交通処理能力を表わす要因として、すべてのOD交通の発生・集中が不可能となるとき道路網容量である極限道路網容量を取り上げた。

(2)そして、この要因をカット行列及びODーカット行列を通して簡単な行列演算によって算定できる手法を考えた。その結果、各道路施設の被害状況が確率的な現象を伴う場合には多数回のシミュレーションを繰り返さなければならないが、このような場合でも容易に機能性能の評価を行うことができる。

(3)また、極限道路網容量の算定を通して震災時における各OD交通の発生・集中可能な交通量の期待値あるいは抑制対象となる頻度なども求めることができた。

(4)さらに、各OD交通の値から各ゾーンごとの発生・集中可能な交通量の期待値をも求めることができた。

本研究で考察した評価法は、震災後ある程度道路網の連結性が確保された状態に対して、道路網の運用面からOD交通あるいはゾーンを対象に各種の交通規制・制御を施すときに有用な情報を提供できるものと思われる。しかしながら、今後は大規模な道路網にも適用できるようなアルゴリズムへと改善を図って行かなければならない。また、極限道路網容量を評価要因としたときの復旧戦略についても各リンクが容量不足カットに含まれる頻度などを通して考察を進めて行きたい。

#### 参考文献

- 1) 榎谷有三：震災時における道路網の機能性能の評価法、交通工学、Vol.19 No.5、pp3-16、1984
- 2) 片山・磯山：「ライフラインの地震防災」、現代のエスプリ、No.181、pp78-96、至文堂、1982
- 3) 榎谷有三：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
- 4) 日本道路協会：道路震災対策便覧（震災復旧編）、1988
- 5) 飯田恭敬：道路網の合理的運用について、第12回日本道路会議論文集（特定課題）、1975