

# 震災時における災害拠点病院の連携を支援する 道路網整備に関する研究

## Study on the Equipment of Road Network for Cooperation of the Key Disaster Hospitals at Earthquake Disaster

乗京 和生\*, 小池 則満\*\*  
Kazuo NORIKYO, Norimitsu KOIKE

**Abstract** Key disaster hospitals have been established throughout Japan. There exist many unclear points regarding the kind of cooperation that should be offered in an earthquake disaster. As the cooperation among the key disaster hospitals may depend on the flow of injured persons, it is important to forecast this flow of injured persons. In the present study, we applied sociometry to show the simple flow of injured persons. We examined about the equipment of emergency road network to transport injured persons securely. Thus, we confirmed importance of high standard road network against wide area flow.

### 1. はじめに

わが国では阪神・淡路大震災が発生した後、災害医療の重要性が改めて認識され、1996年に厚生省健康政策局長より各都道府県知事に対して出された通達<sup>1)</sup>を根拠に、都道府県で災害拠点病院の整備が進められている。災害拠点病院には災害発生時に地域の病院を支援する役割があるが、それらの置かれる状況、また災害拠点病院間の連携の状況は、震災時に発生する負傷者の動きに大きく左右されると予想される。また、震災発生時に重要な輸送路となる緊急輸送道路は、負傷者搬送や災害拠点病院間の連携が円滑になされるために、十分な震災対策整備が必要であると考えられる。

### 2. 研究目的

大地震の被災地では地震発生直後、建物の下敷きになる、落下物に当たる、骨折、火事による火傷などで負傷者が大量に発生する。被災地には全国各地から応援が駆けつけ、消防による消火活動、警察と自衛隊による人命救助が行われる。しかし、阪神・淡路大震災に係る自衛

隊災害派遣は、自衛隊の発足以来最大規模となったが、地方公共団体が被災状況を把握するのが困難で、自衛隊に対する災害派遣要請が遅延し、自衛隊の医療救援をはじめ災害派遣活動が迅速に行えなかった<sup>2)</sup>。さらに、初期段階に救助にあたる人数には限りがあるため、人命救助は主に地域住民が自ら行うことになる。阪神・淡路大震災において救出された人は、家族・隣人によるものが最も多いとされている<sup>3)</sup>。その結果、一般の人々による負傷者搬送が行われ、負傷者の搬送状況は複雑なものになると予想される。

多数の負傷者を受け入れることになる病院にとって、負傷者の動きは各病院が置かれる状況、また病院間の連携の状況を大きく左右するものとなることから、その予測は重要であると考えられる。

災害時の人の行動に関する研究では主として、火災や事故、水害や地震による津波など局地的な災害における人々の避難行動の把握や搬送計画についての提言を行っており<sup>4) 5)</sup>、地震など広域的な被害が予想される災害において負傷者の流れがどのようになるかは具体的には論じられていない。また、震災発生時において確実に通行できる道路としては緊急輸送道路の他に想定できないが、仮に一般車両が緊急輸送道路を通行した場合、被災地やその周辺道路では大渋滞が発生する恐れがある。あらかじめ道路ごとにどれだけの車両が利用するかを把握して

\* 愛知工業大学大学院 建設システム工学専攻

\*\* 愛知工業大学 工学部 土木工学科

おくことが、円滑かつ効率的な災害時の輸送・搬送活動を行うために重要となると考えられる。さらに、震災によって通行不可能になるなど道路に影響が及ぶ恐れがあることから、震災対策整備を行う際の優先度を定めておく必要もある。

そこで本研究では、社会調査の分析手法のひとつであるソシオメトリーを用いて、流動の状況を単純化したモデルで予測することにより、マクロ的な視点から震災時の負傷者流動について考察する。その結果をもとに道路の利用状況を予測し、震災時の医療・搬送計画に対して基礎的データを構築するとともに、災害拠点病院の連携を支援する道路網整備について提言を行うことを目的とする。

3. 研究の流れ

本研究の流れを図-1 に示す。まず、研究対象地域における医療に関する人の動向がわかるデータを用意する。そのデータをもとにして、複数の災害シナリオについてソシオメトリーによる集団構造分析を行って、研究対象地域内の負傷者流動に関する集団構成、交流の状況を求める。得られた結果より、負傷者の受入れ可否判定、緊急輸送道路の利用状況予測を行い、道路網の震災対策整備や震災時の搬送計画について考察する。なお、研究対象地域として愛知県を取り上げる。

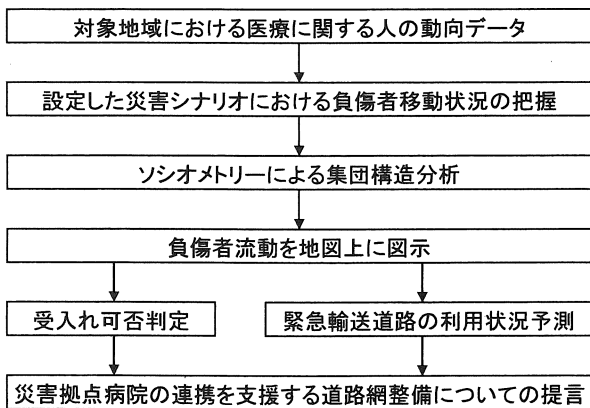


図-1 本研究の流れ

4. ソシオメトリーによる負傷者流動分析

4-1 負傷者流動データの構築

ソシオメトリーとは、様々な社会現象を数量的に測定・記述する手法のひとつであり、集団の構成を分析することに用いられる<sup>6)</sup>。分析結果を「ソシオグラム」という方法によって図示すると、簡単に集団構造が表現され直感的に特性の把握ができるという長所があり、建築

計画の分野では病院における病室の分け方と患者の人間関係や、集合住宅団地における居住者の交流の分析に応用されてきた<sup>7)</sup>。このソシオメトリーを用いて、震災時の各地域間の負傷者流動をマクロ的に把握できれば、災害時の搬送計画策定に際して有用なデータになると期待される。

なお、本研究では二次医療（入院医療）圏または市町村をひとつの地域構成単位（以下、「単位地域」とする。これは、災害拠点病院のうち、地域災害医療センターが二次医療圏に原則として1か所ずつ整備されていること、医療に関する統計が二次医療圏別にまとめられていることなどが理由である。二次医療圏及び市町村の枠組みは、2001年現在のものを使用する。

4-2 地域間を移動する負傷者数の予測

震災時に負傷者が病院に向かう際、近い病院や普段通っている病院の他に、認知度が高い病院を選ぶ傾向があり、病院の選択において影響を及ぼす要因のひとつとされている<sup>8)</sup>。したがって、当該単位地域で受け入れられなかった負傷者は、なじみのある他の単位地域へと向かうものと考えられる。

そこで本研究では、二次医療圏（以下、「医療圏」）間の人の移動を表すものとして、平常時の一般病床の入院患者動向<sup>9)</sup>から、医療圏外に診療を受けに行っている人の比率である医療圏間の依存率を求めて地域間依存率（表-1）とし、単位地域内で対応できなかった負傷者を他の単位地域へ分配する際に用いる。地域間依存率を式(1)より求める。

$$W_{ij} = \frac{X_{ij}}{100 - Y_i} \cdot 100 \tag{1}$$

ここで、 $W_{ij}$ : 医療圏*i*から医療圏*j*への地域間依存率 (%)  
 $X_{ij}$ : 医療圏*i*から医療圏*j*への一般病床移動率 (%)  
 $Y_i$ : 医療圏*i*における自地域依存率 (%)

平常時の入院患者動向には、病院の魅力度やアクセス交通などの地域状況による影響も入っていると考えられるため、医療圏間の人の動向を示す基礎データに足ると考える。

表-1 地域間依存率

医療圏	負傷者住所地医療圏									
	名古屋	海部津島	尾張中部	尾張東部	尾張西部	尾張北部	知多半島	西三河北部	西三河南部	東三河北部
名古屋	78.2	62.3	81.0	50.8	56.3	54.7	24.6	26.4	6.0	33.3
海部津島	6.6	7.3	0.8	15.5	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
尾張中部	2.5	2.4	0.0	4.8	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
尾張東部	62.0	4.3	2.4	5.3	20.8	17.3	38.6	27.6	6.4	16.7
尾張西部	2.5	10.5	9.0	0.4	16.5	0.3	0.4	0.6	0.0	2.1
尾張北部	9.9	2.4	18.0	3.6	20.3	1.6	2.5	1.1	0.0	4.2
知多半島	5.8	0.7	0.0	1.6	1.1	1.3	2.1	4.6	0.9	2.1
西三河北部	3.3	0.0	0.1	5.3	0.5	0.9	1.6	16.1	6.0	2.1
西三河南部	3.3	0.2	0.1	6.1	1.1	0.9	20.8	29.8	6.4	20.8
東三河北部	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	18.8
東三河南部	4.1	1.2	0.5	1.2	0.5	1.3	3.6	2.1	23.0	73.4

単位: %

4.3 移動率の算出方法

4.3.1 医療圏を単位地域とした移動率

以下に示す式より医療圏*i*から医療圏*j*への負傷者移動率 $p_{ij}$ を求めるが、分母に入れる数値を変更した以下の2通りを考える。

a) 地域内総移動者数を用いた移動率

$$p_{ij} = \frac{\{N_i - B_i \cdot (1 - b_i / 100)\} \cdot W_{ij} / 100}{\sum_{i=1}^n P_i} \quad (2)$$

ここで、 $N_i$ : 医療圏*i*で発生する負傷者数 (人)

$B_i$ : 医療圏*i*内の病床数 (床)

$b_i$ : 医療圏*i*の一般病床利用率 (%)

$n$ : 対象地域内医療圏数

$P_i$ : 医療圏*i*から流出する負傷者数 (人)

分母に対象地域全体の負傷者数を用いることで、式(2)で算出される移動率 $p_{ij}$ から得られる分析結果は対象地域全体で見た中での移動の様子(流動図)を示すことになる。単に負傷者の移動数が多ければ「太い」流れとして表示することになるため、各医療圏をまたぐ負傷者数の量的な関係を把握する際に有効と考えられる。

b) 各医療圏総移動者数を用いた移動率

$$p_{ij}' = \frac{\{N_i - B_i \cdot (1 - b_i / 100)\} \cdot W_{ij} / 100}{P_i} \quad (3)$$

分母に各医療圏の負傷者数を用いることで、式(3)で算出される移動率 $p_{ij}'$ は各地域の負傷者数に対する評価となる。比較的規模の小さな医療圏の流動は、方法a)では絶対量が少ないために分析結果の中に現れにくい。本方法では $p_{ij}'$ の絶対量が小さくても当該医療圏における比率が高ければ強調される形になる。したがって、各医療圏にとっての主要な依存先医療圏を把握することができる。

4.3.2 市町村を単位地域とした移動率

市町村単位で計算を行う場合、市町村内で対応できなかった負傷者を当該市町村外へ分配する形をとる。負傷者が流れ出す市町村が属する医療圏内にある他の市町村へも負傷者を分配するため、医療圏単位の場合と異なり一般病床移動率 $X_{ij}$ により分配する。例えば*i*医療圏*p*町から*j*医療圏*q*町への移動率 $p_{pq}$ は式(4)より求められる。

$$p_{pq} = \{N_p - B_p \cdot (1 - b_p / 100)\} \cdot X_{ij} \cdot \frac{B_q}{\sum_{k=1}^s B_k} / \sum_{h=1}^s P_h \quad (4)$$

ここで、 $N_p$ : 医療圏*i*で発生する負傷者数 (人)

$B_p$ : *p*町の病床数 (床),  $B_q$ : *q*町の病床数 (床)

$m$ : 医療圏*j*内市町村数

$s$ : 対象地域内市町村数

$P_h$ : 対象地域内*h*町から流出する負傷者数 (人)

4.4 ソシオメトリーによる集団構造の分析手法

集団構造分析の流れは図-2の通りであるが、ここでは医療圏単位の分析における実際の計算過程を述べる。想定東南海地震が発生<sup>10)</sup>したと設定し、a) 地域内総移動者数を用いた移動率により計算した場合について以下に示す。なお、本研究では全ての災害シナリオについて、冬の早朝5時に発生した場合の想定を用いる。

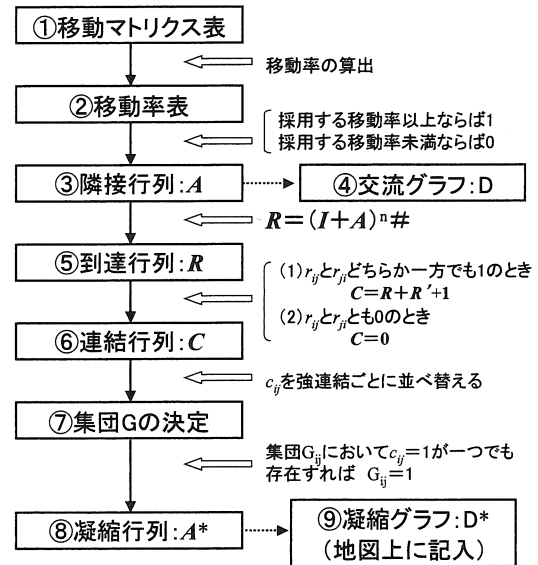


図-2 ソシオメトリーによる集団構造分析の流れ

(1) 隣接行列

隣接行列は、実際に交流のある地域間の関係を表すものであり、求められた移動率(表-2)のうち採用する移動率、今回の場合2%以上を $U_i$ から $U_j$ へ「流れがある」として1、2%未満を0としたものを行列*A*とする。*j*行*i*列( $i=j$ )として、行列*A*の列は $U_1$ から $U_j$ への関係を示している。

表-2 負傷者移動率 (想定東南海地震) 単位:%

医療圏	負傷者住所地医療圏										
	$U_1$ 名古屋	$U_2$ 海部津島	$U_3$ 尾張中部	$U_4$ 尾張東部	$U_5$ 尾張西部	$U_6$ 尾張北部	$U_7$ 知多半島	$U_8$ 西三河北部	$U_9$ 西三河南部	$U_{10}$ 東三河北部	$U_{11}$ 東三河南部
$U_1$ 名古屋	5.95	2.21	0.00	5.06	0.00	10.01	0.00	4.40	0.00	3.55	
$U_2$ 海部津島	2.20	0.26	0.00	1.54	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
$U_3$ 尾張中部	0.83	0.18	0.00	0.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
$U_4$ 尾張東部	20.64	0.33	0.09	0.53	0.00	3.16	0.00	4.59	0.00	1.78	
$U_5$ 尾張西部	0.83	0.80	0.32	0.00	0.00	0.06	0.00	0.10	0.00	0.22	
$U_6$ 尾張北部	3.30	0.18	0.64	0.00	2.02	0.30	0.00	0.19	0.00	0.44	
$U_7$ 知多半島	1.93	0.05	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.76	0.00	0.22	
$U_8$ 西三河北部	1.10	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.30	2.68	0.00	0.22	
$U_9$ 西三河南部	1.10	0.02	0.00	0.00	0.11	0.00	3.81	0.00	0.00	2.22	
$U_{10}$ 東三河北部	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	1.999	
$U_{11}$ 東三河南部	1.38	0.09	0.02	0.00	0.05	0.00	0.66	0.00	3.82	0.00	

$$A = \begin{pmatrix} U_1 & U_2 & U_3 & U_4 & U_5 & U_6 & U_7 & U_8 & U_9 & U_{10} & U_{11} \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \end{pmatrix} \quad (5)$$

(2) 到達行列

$U_i$  から  $U_j$  へパスがあれば  $U_i$  から  $U_j$  へ交流可能であるから、 $r_{ij}=1$ 、なければ  $r_{ij}=0$  として到達行列  $R$  で表す。行列記号式を式(6)に示す。

$$R=(I+A+A^2+\dots+A^n)\#=(I+A)\# \quad (6)$$

式(6)に従って  $R$  を求めるには、 $R_1=I+A$ 、 $R_2=(I+A)^2\#$ 、 $\dots$ 、 $R_k=(I+A)^k\#=R_{k+1}=R$  を計算する。ここで、 $I$ : 単位行列、 $\#$ : ブール算法であり、この例の場合  $R=R_2=R_3$  となる。

$$R = \begin{pmatrix} U_1 & U_2 & U_3 & U_4 & U_5 & U_6 & U_7 & U_8 & U_9 & U_{10} & U_{11} \\ U_1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ U_2 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ U_3 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ U_4 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ U_5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ U_6 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ U_7 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ U_8 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 \\ U_9 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ U_{10} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ U_{11} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (7)$$

(3) 連結行列

連結行列  $C$  は地域  $i$  と地域  $j$  が非連結ならば 0、一方連結ならば 2、強連結ならば 3 を  $j$  行  $i$  列目に記入することによって得られる。 $U_i$  と  $U_j$  どちらかに成分があれば、行列記号によって式(8)で表される。

$$C=R+R^t+1 \quad (8)$$

ここで、 $R^t$  は  $R$  の転置行列である。また、 $r_{ij}$ 、 $r_{ji}$  がともに 0 ならば、 $c_{ij}=0$  とする。この連結行列により強連結成分が得られ、 $U$  を並べ替えることによって地域集団  $G_1 \sim G_9$  に分けられる。これに従って隣接行列  $A$  を並べ替えたものを行列  $B$  とする。

$$C = \begin{pmatrix} U_1 & U_2 & U_3 & U_4 & U_5 & U_6 & U_7 & U_8 & U_9 & U_{10} & U_{11} \\ U_1 & 3 & 3 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 0 & 0 & 0 \\ U_2 & 3 & 3 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 0 & 0 & 0 \\ U_3 & 2 & 2 & 3 & 0 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 0 & 0 & 0 \\ U_4 & 2 & 2 & 2 & 0 & 3 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 0 & 0 & 0 \\ U_5 & 2 & 2 & 2 & 2 & 1 & 3 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 0 & 2 & 0 \\ U_6 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 1 & 3 & 2 & 2 & 2 & 0 & 2 & 0 \\ U_7 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 3 & 0 & 1 & 0 & 2 & 0 \\ U_8 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 0 & 3 & 0 & 0 & 0 \\ U_9 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 0 & 0 & 3 & 0 & 0 \\ U_{10} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 2 & 2 & 2 & 0 & 0 & 0 & 3 & 0 \\ U_{11} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 2 & 2 & 2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 3 \end{pmatrix} \quad (9)$$

$$B = \begin{pmatrix} U_1 & U_2 & U_3 & U_4 & U_5 & U_6 & U_7 & U_8 & U_9 & U_{10} & U_{11} \\ U_1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ U_2 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ U_3 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ U_4 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ U_5 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ U_6 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ U_7 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ U_8 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ U_9 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ U_{10} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ U_{11} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ U_{12} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ U_{13} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ U_{14} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ U_{15} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (10)$$

(4) 凝縮行列、凝縮グラフ

行列  $B$  より凝縮行列  $A^*$  を作ることができる。また、 $G_i$  から  $G_j$  に定向線が存在する場合、凝縮グラフ  $D^*$  を描くことができる。

$$A^* = \begin{pmatrix} G_1 & G_2 & G_3 & G_4 & G_5 & G_6 & G_7 & G_8 & G_9 \\ G_1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ G_2 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ G_3 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ G_4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ G_5 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ G_6 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ G_7 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ G_8 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ G_9 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ G_{10} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \quad (11)$$

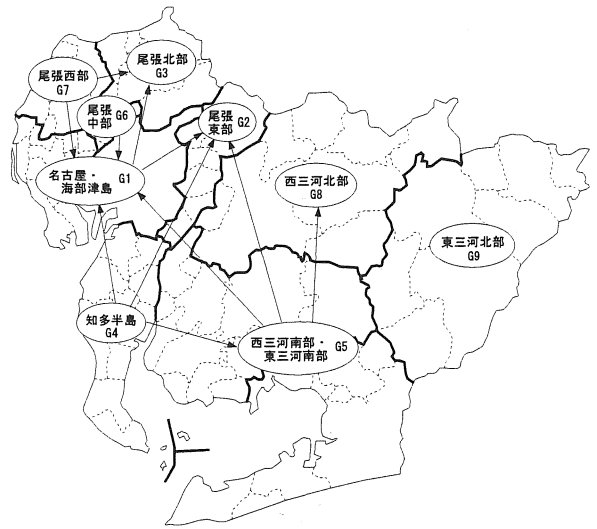


図-3 凝縮グラフ  $D^*$

図-3の凝縮グラフから、11 医療圏は 9 集団に分けられ、負傷者流動は  $G_1 \sim G_8$  に集中しており、 $G_9$  については流動がないことがわかる。

5. 負傷者流動の分析結果と受入れ可否判定

5.1 受入れ可否の判定方法

負傷者流動の分析結果については、図-3 に示したように負傷者の動きが矢印で表現されるが、それら負傷者の動きは受入れ先で受け入れてもらえるかどうかに関係なく発生する。そこで実際に受入れ側医療圏が対応できるかどうか、つまりその矢印が有効かどうか確認するために受入れ可否判定を行う。単位地域内で負傷者が発生したとしても当該単位地域内で対応でき、他の単位地域に依存しない自地域完結となった単位地域では病床が余っており、その数に応じて負傷者を受け入れられると設定する。また、受入れ順は単位地域間の直線距離の近い箇所からとする。

5.2 医療圏単位の分析結果と受入れ可否判定

医療圏単位については、a) 地域内総移動者数を用いた移動率で、2%以上を採用し計算した結果より受入れ可否判定を行う。

5.2.1 想定東海地震 (図-4)

東三河北部医療圏・東三河南部医療圏 (以下「医療圏」省略) から尾張北部、尾張東部への流れは受入れ可能だが、名古屋への流れは受入れ不可能である。したがって、尾張北部、尾張東部、またここでは流れが現れていないが西三河北部へ向かえば、受入れが可能となると考えられる。知多半島は被災地でもある西三河南部に依存することになり、受入れは難しい。この場合、知多半島の負傷者を尾張東部や西三河北部へ誘導する必要がある。

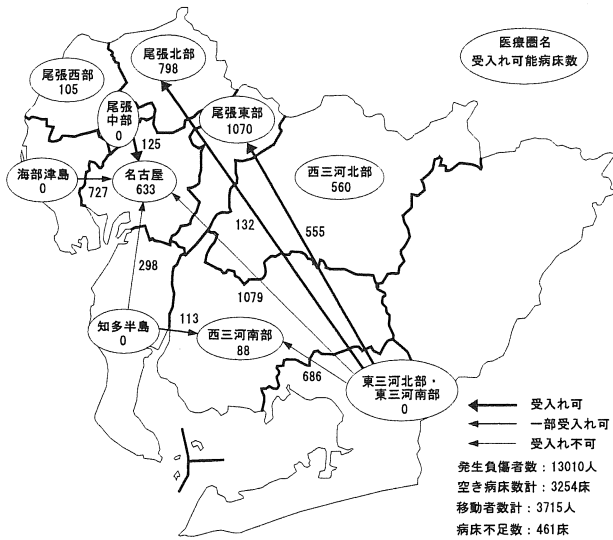


図-4 受入れ可否判定 (想定東海地震)

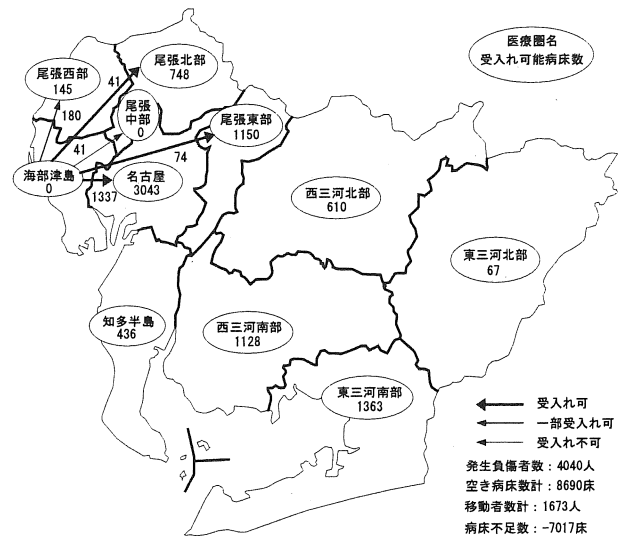


図-6 受入れ可否判定 (養老-桑名-四日市断層帯)

5・2・2 想定東海・東南海地震連動 (図-5)

県内で発生する負傷者の規模が大きいため、自地域完結となる尾張東部、尾張北部でも、医療圏内の負傷者に対応するため受入れ対応能力が多少低下する可能性があるが、受入れ地として重要な役割を持つと予想される。名古屋は完全に被災地となるため、名古屋に依存している海部津島、尾張西部の負傷者は隣接する三重県や岐阜県に受け入れてもらう必要がある。

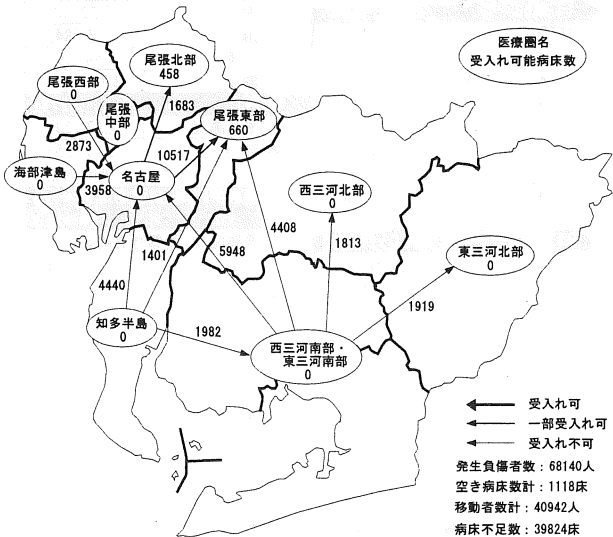


図-5 受入れ可否判定 (想定東海・東南海地震連動)

5・2・3 養老-桑名-四日市断層帯 (図-6)

唯一、負傷者が流れ出す結果となった海部津島から周辺医療圏への流れがある。他の災害シナリオと比較して矢印1本当たりの移動人数が非常に少なく、県西部内で負傷者に対応できる。したがって、この災害シナリオで大きい被害が想定されている三重県や岐阜県方面からの負傷者を受け入れる余裕がある。

5.3 市町村単位の分析結果と受入れ可否判定

想定東海地震を設定した場合の分析結果を図-7に示す。市町村単位については0.1%以上の移動率を採用し計算した結果より受入れ可否判定を行う。医療圏単位の分析結果(図-4)では把握できない医療圏内での負傷者流動の様子もみることができる。

沿岸部を中心に6つの市町村集団が形成されている。被害が大きいと想定されている東三河地方での負傷者は医療圏内での受入れは困難なため、分析結果にもあるように西三河南部や尾張東部への搬送が有効であると考えられる。西三河南部で発生する負傷者はほぼ医療圏内に対応できるが、集団⑥(刈谷市、碧南市)をはじめ医療圏西部から岡崎市へ、西から東への流動が内部であることがわかる。名古屋市へ流れ込む負傷者も名古屋市内に対応できると予想される。

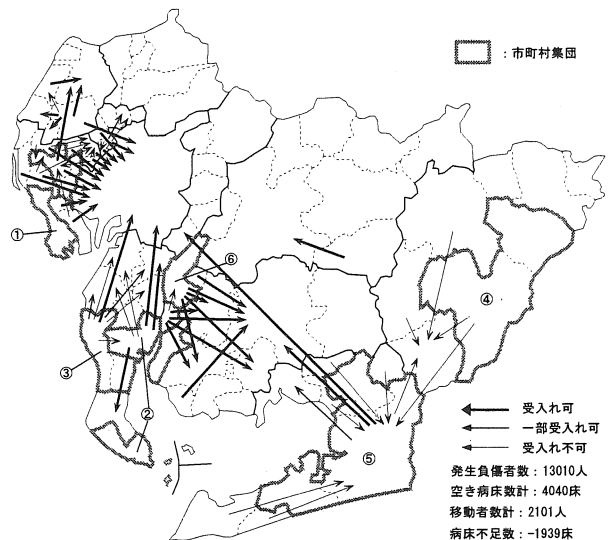


図-7 受入れ可否判定 (市町村単位, 想定東海地震)

6. 緊急輸送道路の利用状況予測

6-1 予測方法

緊急輸送道路は本来、地震直後から発生する緊急輸送を円滑かつ確実に実施するために、あらかじめ指定されるものである<sup>11)</sup>。緊急輸送道路を一般の人々による負傷者搬送にも活用するという前提で、道路別にどれだけの負傷者が通過するか、利用状況予測を医療圏境ごとに行う。対象とする緊急輸送道路は第1次緊急輸送道路とする。これは第1次緊急輸送道路が広域的な緊急輸送を対象とした道路網になっていること、また、大まかな利用状況を把握するために予測を行う道路を絞ることが理由である。

負傷者が移動するところ、またその人数については、医療圏単位で a) 地域内総移動者数を用いて分析した結果より求められたものとする。負傷者は各市町村を出発地とし、*i* 医療圏の *p* 町から受入れ医療圏 *j* へ移動する負傷者数  $P_{pj}$  は式(12)より求める。

$$P_{pj} = P_{ij} \cdot \frac{S_p}{\sum_{p=1}^l S_p} \quad (12)$$

ここで、 $P_{ij}$  : 医療圏 *i* から医療圏 *j* へ移動する負傷者数 (人)  
*l* : 医療圏 *i* の市町村数  
 $S_p$  : *p* 町から流出する負傷者数 (人)

選択する道路は、受入れ医療圏へ向かう緊急輸送道路のうち役所・役場から最短距離のものとする。被災側医療圏内の各市町村から受入れ医療圏までの経路が決まったら、式(12)より求めた負傷者が受入れ医療圏へ向かう際に通過する緊急輸送道路について、医療圏をまたぐ箇所ごとに通過負傷者数を算出する。それぞれの道路で通過負傷者数が求まったら、医療圏をまたいで移動する負傷者数合計に対する割合を式(13)より求め負傷者通過率  $C_k$  とし、緊急輸送道路の利用状況をランク分けする際に用いる。

$$C_k = \frac{R_k}{T} \cdot 100 \quad (13)$$

ここで、 $R_k$  : 緊急輸送道路 *k* を通過する負傷者数 (人)  
*T* : 対象地域内移動者数 (人)

ランク付けは表-3 に示すように行う。医療圏集団内の道路は双方方向の負傷者移動が考えられるため、負傷者通過率 10%以上の道路とともに最重要路線とする。

表-3 利用状況によるランク付け

利用状況	ランク
集団内道路	最重要路線
負傷者通過率10%以上	
負傷者通過率1%以上10%未満	

6-2 予測結果とその考察

6-2-1 想定東海地震 (表-4, 図-8)

平常時より重要な路線となっている国道1号、国道23号などで負傷者通過率が高くなっている。また、医療圏をまたぐ道路が少ない箇所でも、他の道路に流れが分散することがないため、通過率が高くなっていることがわかる(例: 国道155号(31))。集団を構成する東三河北部・東三河南部間にある国道151号が最重要路線と考えられるが、広域的な流れについては85人のみであることが表-4よりわかる。

愛知県全体でみると、国道151号(45)と負傷者通過率が10%以上となった4本の緊急輸送道路を合わせた計5本が、震災対策整備の優先度が高い道路と考えられる。

表-4 利用状況予測結果 (想定東海地震)

負傷者通過率(通過負傷者数・人)					
番号	道路名	通過率(%)	番号	道路名	通過率(%)
1	国155(新)	0.00 (0)	26	伊勢湾岸道	0.00 (0)
2	国155(旧)	0.00 (0)	27	知多半島道路	3.39 (126)
3	名神高速	0.00 (0)	28	県59	0.00 (0)
4	国22	0.00 (0)	29	国247	4.63 (172)
5	県65	0.00 (0)	30	伊勢湾岸道	0.00 (0)
6	国155	0.00 (0)	31	国155	3.53 (131)
7	東名阪道	0.00 (0)	32	国155	3.53 (131)
8	名古屋高速	0.00 (0)	33	国153	0.00 (0)
9	国23	0.00 (0)	34	国1	42.99 (1597)
10	国302	0.00 (0)	35	国23	0.00 (0)
11	国1	6.59 (245)	36	国155	0.00 (0)
12	東名阪道	0.00 (0)	37	東名高速	1.02 (38)
13	東名阪道	0.43 (16)	38	国248	3.53 (131)
14	県68	11.68 (434)	39	国155	0.22 (8)
15	国22	2.69 (100)	40	国247	2.26 (84)
16	東名阪道	0.65 (24)	41	衣浦トンネル	0.54 (20)
17	名古屋高速	0.00 (0)	42	国23	2.75 (102)
18	東名阪道	0.00 (0)	43	国1	61.21 (2274)
19	国19	0.00 (0)	44	東名高速	1.97 (73)
20	東名阪道	0.00 (0)	※45	国151	2.29 (85)
21	東名高速	0.03 (1)	※: 集団内道路		
22	東名高速	1.02 (38)	最重要路線: 負傷者通過率 10%以上		
23	国153	0.00 (0)	重要路線: 負傷者通過率 1%以上10%未満		
24	国1	28.05 (1042)	1%未満		
25	国23	0.00 (0)			

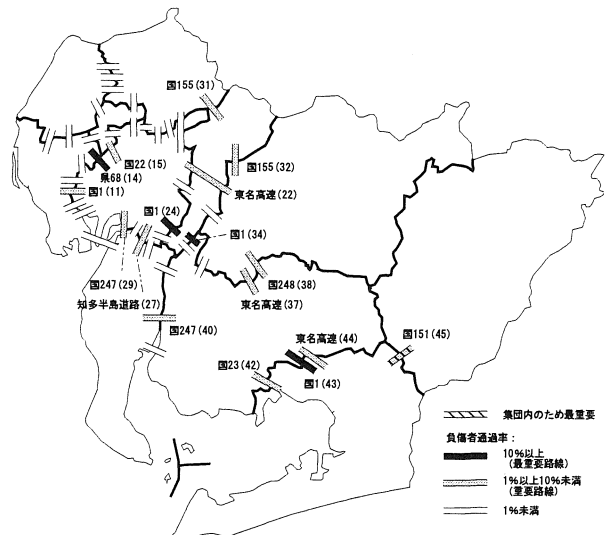


図-8 利用状況予測結果 (想定東海地震)

6・2・2 想定東海・東南海地震運動 (図-9)

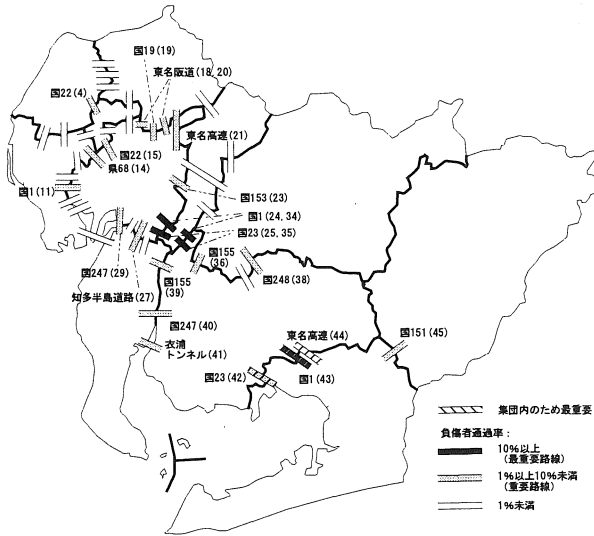


図-9 利用状況予測結果 (想定東海・東南海地震運動)

集団を構成する西三河南部・東三河南部間にある3本の最重要路線のうち、国道1号(43)は負傷者通過率も高くなっており、広域的な流れも多く通過することから、並行して位置している東名高速(44)とともに万全の震災対策が必要である。負傷者通過率によって最重要路線となった4本の道路のうち、名古屋と尾張東部の境にある国道1号(24)と国道23号(25)では、名古屋から尾張東部へという西から東への流れが通過することになる。さらに、知多半島、西三河南部・東三河南部からの流れも加わって双方向の流れが発生するため、整備の優先度は高いと考えられる。

6・2・3 養老-桑名-四日市断層帯 (図-10)

負傷者通過率が高い道路の分布は県西部に収まっている。海部津島のみから負傷者が流れ出すため、負傷者は各道路を南西から北東方向へ通過する。

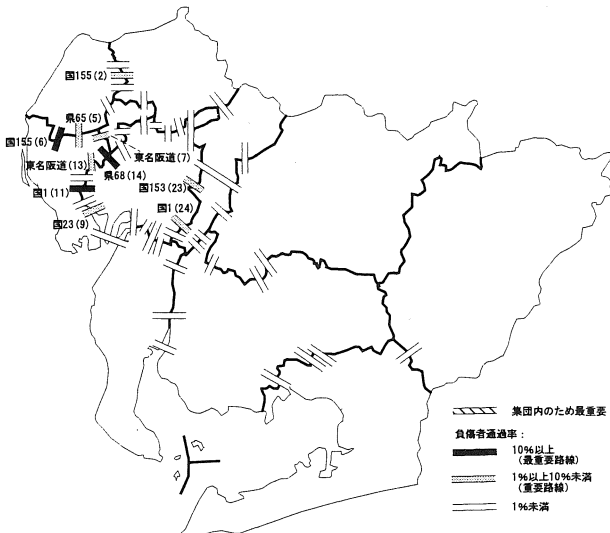


図-10 利用状況予測結果 (養老-桑名-四日市断層帯)

6・2・4 各災害シナリオの比較

各災害シナリオを、ランク付けされた道路数で比較したものが表-5であるが、被害が大きい災害シナリオほど重要とされた道路数は多くなっている。この理由としては、被害が大きい災害シナリオほど被害を受ける範囲が広く、広域的な移動が多くなり、負傷者が複数の道路を通過して受入れ医療圏へ向かうため、全体に負傷者通過率が上昇するということが考えられる。また、被害を受ける範囲が小さい災害シナリオほど、重要とされた道路のうち最重要路線数が占める割合が高く、少数の道路に負傷者が集中する傾向があることも読み取れる。

表-5 負傷者通過率によるランク付け道路数

災害シナリオ	()内の単位: %		
	想定東海地震	想定東海・東南海地震運動	養老-桑名-四日市断層帯
最重要路線数	4 (8.9)	5 (11.1)	3 (6.7)
重要路線数	13 (28.9)	18 (40.0)	7 (15.6)

( )内は道路総数45に対する割合 集団内道路については負傷者通過率によりランク分け

6・3 通行不可能区間を考慮した場合の予測結果

震災時に大きな被害を受けると想定されている地域では、落橋や崖崩れ等によって緊急輸送道路の機能が著しく低下する恐れがある。そこで、被害想定の中で「緊急輸送に大きな支障が発生すると想定される区間」とされている部分が通行不可能になると設定した場合についても利用状況を予測し、震災による道路への影響がない場合との比較を行う。

6・3・1 想定東海地震 (図-11)

通過負傷者数が変化する道路は国道23号(42)と国道1号(43)の2本である。豊橋市と渥美半島の3町から県西部へ向かう負傷者が選択する道路が変わったため、国道23号(42)の利用者が増加し、その分国道1号(43)の利用者が減少している。それによってこれら2本の道路のランク付けも逆転している。

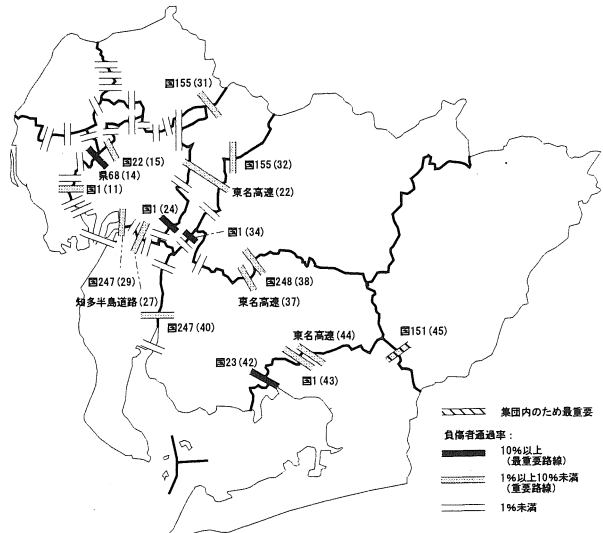


図-11 予測結果 (想定東海地震, 影響あり)

### 6・3・2 想定東海・東南海地震連動 (図-12)

通行不可能区間の影響により利用者がなくなる国道 22 号(4, 15)、県道 68 号(14)、国道 1 号(34)、国道 155 号(36)等の道路を利用していた負傷者が迂回し、主に国道 1 号(11)、国道 153 号(23)、国道 248 号(38)で利用者が増加していることがわかる。

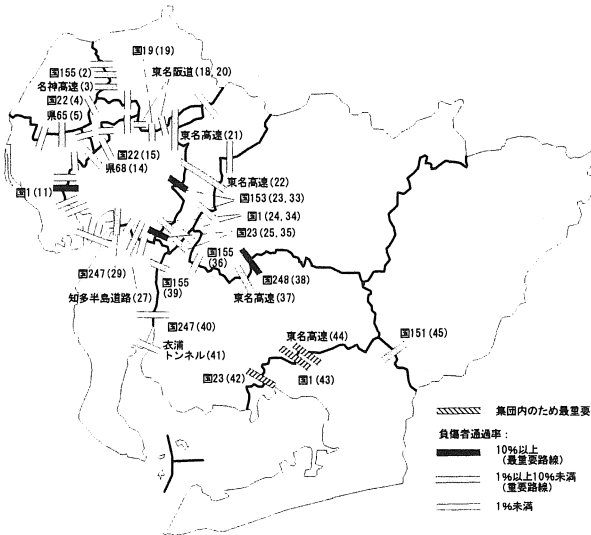


図-12 予測結果(想定東海・東南海地震連動, 影響あり)

## 7. まとめ

本研究では、ソシオメトリーを用いて震災時における負傷者流動を把握し、その結果より受入れ可否判定、緊急輸送道路の利用状況予測を行った。以下に本研究より得られたことをまとめる。

- (1) 負傷者流動分析より、大規模な病院がある都市部へ負傷者が流れる傾向が確認できたが、そのような地域も被災地となり受入れが困難になる可能性があることから、被災していない地域への誘導が重要となることがわかった。
- (2) 緊急輸送道路の利用状況予測より、普段の社会活動において重要となっている道路が震災時にも重要な道路となることがわかった。更に震災による影響を考慮した場合、通行不可能となった道路の代替となる緊急輸送道路で利用者が増加することが示されたことにより、広域的な流動に対して幹線道路の整備が重要であることを確認した。

## 8. 今後の研究課題

- ① 本研究では、負傷者移動数を算出する際に各医療圏、市町村の受入れ能力を空き病床数と統一したが、受入れ能力は各病院が属する地域における人的・建物被害の程度、医療救護チームの受入れ状況等により大きく

変わってくると考えられることから、その評価方法の確立が必要である。

- ② 緊急輸送道路の利用状況予測については、本研究では第 1 次緊急輸送道路のみを対象としたが、これは対象地域全体でみた場合のたまかな利用状況ではない。市区町村単位の細かな人の動向がわかるデータを使用し、市町村単位での分析の精度の向上を図った上で第 2 次緊急輸送道路の利用も含めた細かい道路網を設定して予測を行う必要がある。

## 参考文献

- 1) 厚生省健康政策局長：災害時における初期救急医療体制の充実強化について(健政発第 451 号 平成 8 年 5 月 10 日), 1996.
- 2) 箱崎幸也, 岡本美佐子, 林美千代, 中川克也, 仲野智恵子, 赤沼雅彦, 桑原紀之, 白浜龍興：自衛隊災害派遣と合同防災訓練(特に医療救援に関して), 日本集団災害医学会誌 Vol. 7 No. 2, pp123-129, 2002.
- 3) 梶谷義雄, 本久仁美, 多々納裕一, 岡田憲夫：人間活動時空間分布に着目した大規模災害時の被害ポテンシャル評価に関する研究, 土木計画学研究・論文集 Vol. 20 no. 2, pp355-364, 2003.
- 4) 片田敏孝, 児玉真：十勝岳噴火災害の進展過程における住民の心理と行動に関する研究, 土木計画学研究・論文集 Vol. 18 no. 2, pp239-244, 2001.
- 5) 山田稔：那珂川下流域における水害時の避難行動に関する研究, 2000 年度第 35 回日本都市計画学会学術研究論文集, pp391-396, 2000.
- 6) 古川孝, 深井俊英, 小池則満：ソシオメトリーによる地域連携特性の評価指標に関する研究, 愛知工業大学“研究報告” No. 37, pp139-148, 2002.
- 7) 日本建築学会編：建築・都市計画のための調査・分析方法, 井上書院, pp59-64, 1987.
- 8) 小池則満, 宇治和幸, 秀島栄三, 山本幸司, 深井俊英：震災時における傷病者行動特性と搬送計画に関する一考察, 土木計画学研究・論文集 Vol. 18 no. 2, pp325-330, 2001.
- 9) 愛知県地域保健医療計画(2001), 愛知県健康福祉部医療福祉計画課, 2001.
- 10) 愛知県防災会議地震部会：愛知県東海地震・東南海地震等被害予測調査報告書—想定地震に基づく被害想定一, 2003.
- 11) 愛知県防災会議事務局編：愛知県地域防災計画—地震災害対策計画—(平成 15 年 6 月修正), 2003.

(受理 平成 16 年 3 月 19 日)