

地震防災のための道路網および緊急施設整備計画に関する研究

Development of road networks and regional facilities for prevention of disaster

廣瀬 義伸^{*1}・近藤 光男^{*2}・綾 貴穂^{*3}・山根 丈^{*4}

By Yoshinobu HIROSE, Akio KONDO, Takao AYA and Joe YAMANE

1. はじめに

兵庫県南部地震によって道路交通は大きな被害を受けたことは周知のとおりである。道路本体が被災したことに加え、道路付属施設や沿道構造物の倒壊等の発生のために、多くの箇所道路が寸断され、道路ネットワークの機能が低下し、激しい交通渋滞が発生した。交通渋滞は、被災直後の救援・救助活動などの緊急を要する交通の大きな妨げとなった。さらに、幹線道路ネットワークの寸断は復興を目指す被災地域の経済活動、さらには周辺地域の経済活動に対しても大きな影響を与えた。この震災の経験より、災害時においても一定レベル以上で機能するような道路ネットワークの構築が求められるようになった。

ところで、道路ネットワークの構築や評価に関しては、稼働停止関数を用いた手法¹⁾、確率重要度を用いた信頼性解析²⁾、並列多重化システムとしての道路ネットワークの代替性評価³⁾、自然災害を考慮した道路網評価に関する基礎的考察⁴⁾等の研究成果が報告されているが、簡便な被害予測手法の提案はほとんど例がない。一方、災害時には各関係機関から得られる多様な情報を統合的に管理し効率的な処理を行って、緊急活動を支援する必要がある。その情報処理の共通のベースとして地理情報システム(GIS)の有効性が指摘されている⁵⁾。さらに、GISは事前の災害予測や災害対策の検証などにつ

いても有効である。災害に強い道路ネットワークの構築を検討するためにも、道路計画の策定過程からGISを活用するとともに、比較的簡便な被害想定シミュレーションが可能なシステムを構築する必要がある。

本研究では、地震災害時における道路網の状況および交通状況をシミュレーションするために、まずリンク信頼度について定義し、そのリンク信頼度に基づいて災害時道路網を作成する手法を提案する。そしてケーススタディとして、徳島県に大地震が発生した場合に生じる道路網の被害、およびそのときの交通状況をシミュレーションし、その結果に基づいて、効果的な緊急施設配置計画および道路整備計画を作成するために必要な情報を、GISを用いて表現することによって提供することを目的とする。

2. 研究対象地域および想定地震の設定

本研究では、方法論とその適用事例について述べるが、以下では具体的な適用地域において方法論を説明し、同時に分析結果について考察を行っていく。本研究で対象とした地域は、徳島県全域であり、国道、主要地方道、一般県道および1級2級市町村道からなる道路網を用いる。図-1に道路網を示す。これらの道路網に車道幅、車線数、地盤の種類、液化判定基準、土地利用などの属性をGISに入力しリンクデータ(7,658リンク)を作成した。

次に、本研究では、図-2に示すような3種類の地震⁶⁾を想定し、これを事例として用い、分析を進める。想定地震1は、紀伊水道沖の南海トラフ(北緯33°, 東経135°)を震源とするマグニチュード8.4の海溝型地震、想定地震2は中央構造線に沿う断層型地震、さらに想定地震3は鮎喰川断層に沿う断層型地震である。

キーワード: 防災計画, GIS

*1 正会員, 工修, 徳島大学工学部建設工学科

(〒770-8506 徳島市南常三島町2-1,

Tel.0886-56-7340 / FAX.0886-56-7341)

*2 正会員, 工博,

徳島大学大学院工学研究科エコシステム工学専攻

*3 学生員,

徳島大学大学院工学研究科エコシステム工学専攻

*4 工修, (株)間組



図-1 分析対象とした道路網

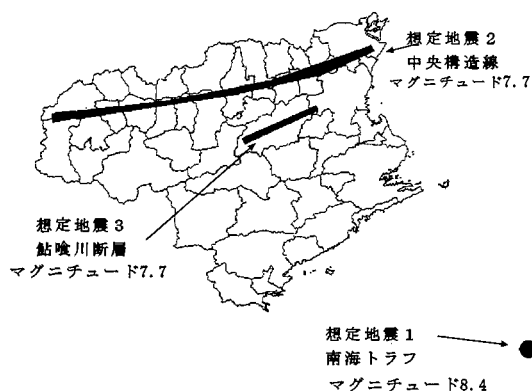


図-2 想定地震の種類

3. リンク信頼度推計手法⁷⁾

本研究では、地震災害という不確実な事象による被災シミュレーションを取り扱っているため、橋梁を除く全道路リンクに対して、3つの指標を用いた指数分布に基づく信頼度判定モデルを構築し、モンテカルロシミュレーションによる信頼度解析を行うこととした。このアプローチをとった理由は、事象が不確実である上に、地震による道路構造別の被災メカニズムには様々なものがあるものの、現時点では実測データに基づく研究の蓄積が未だ充分でないことと、例え同等の地震力が複数の道路リンクに作用しても全てのリンクが同じ被災状況を呈するとは限らないことがあげられる。なお、橋梁に関しては、別途行われた被害予測の結果⁸⁾を引用した。

ここでは、道路リンクの切断が、地震による沿道構造物の倒壊に基づく閉塞や路盤をはじめとする道

路構造自体の破壊によって生じると考え、道路リンクの被災に係わる評価指標として、リンク長、車道幅員、地盤特性値の3つの指標を用いることとした。

リンク長については、リンクが長くなるほど道路構造破壊の危険が高まるという考え方、道路幅員については、幅員が狭くなるほど道路閉塞の危険が高まるという考え方であり、これらのモデルには地震動を入力変数に用いている。また、地盤特性値については、地盤条件が悪いほど道路本体および沿道構造物の破壊危険度が高いという考え方である。

リンク長が l のときのリンク残存確率は、式(1)に示す指数分布の確率密度関数に従うものとする。このとき、地震災害が生じたとき、道路リンクの長さが L までは残存する確率は、図-3の斜線部分の面積で表され、式(2)の通りとなる。これを、リンク長に関するリンク信頼度と定義する。

$$p(l) = \frac{1}{\mu_l} \exp\left(-\frac{l}{\mu_l}\right) \quad (1)$$

$$P(L) = \int_L^{\infty} p(l) dl = \exp\left(-\frac{L}{\mu_l}\right) \quad (2)$$

ただし、

μ_l : 平均損壊リンク長さ

$p(l)$: リンク長さが l のときリンクの残存確率

$P(L)$: リンク長 L におけるリンク信頼度

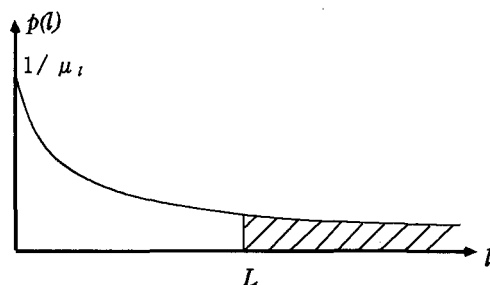


図-3 リンク長と残存確率

車道幅員、地盤特性値についてもリンク長と同様にして定義できる。ただし、車道幅員については、幅員が狭くなるほど閉塞の危険が高まるという考え方になるため、図-4に示すように、超過確率と非超過確率の違いが生じ、式(3)の定義となる。

地盤特性値は、式(4)により表される耐震設計を行う際に用いる地盤種別の分類指標⁹⁾であり、地盤特性値が小さいほど地盤が安定しているとされる。

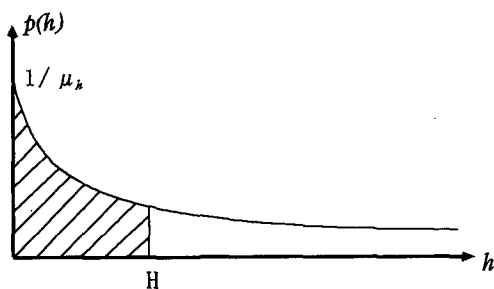


図-4 車道幅員と残存確率

$$P(H) = \int_0^H p(h) dh = 1 - \exp\left(-\frac{1}{\mu_h} H\right) \quad (3)$$

ただし、

μ_h : 平均損壊車道幅員

$p(h)$: 車道幅員が h のときリンクの残存確率

$P(H)$: 車道幅員 H におけるリンク信頼度

$$T_G = 4 \sum_{i=1}^n \frac{B_i}{V_{si}} \quad (4)$$

ただし、

T_G : 地盤の特性値 (sec)

B_i : i 番目の地層の厚さ (m)

V_{si} : i 番目の地層の平均せん断弾性波速度 (m/sec)

地盤特性値については、この指標の性質により、リンク長と同様に考えることができる。よって、地盤特性値に関するリンク信頼度は、式(5)で与えられる。地盤特性値によるリンク信頼度の変化は、リンク長の場合と同じく図-2と同様の傾向を示す。

$$P(Z) = \int_0^Z p(z) dz = \exp\left(-\frac{1}{\mu_z} Z\right) \quad (5)$$

ただし、

μ_z : 平均損壊地盤特性値

$p(z)$: 地盤特性値 z のときリンクの残存確率

$P(Z)$: 地盤特性値 Z におけるリンク信頼度

平均破壊値 μ_l 、 μ_z および μ_h は、式(6)～(8)に基づいて算出した。

a) リンク長に関する平均破壊値 : $\mu_l = (a_0 / a_i) \cdot s_i$ (6)

b) 地盤特性値に関する平均破壊値 : $\mu_z = (a_0 / a_i) \cdot s_z$ (7)

c) 車道幅員に関する平均破壊値 : $\mu_h = (a_i / a_0) \cdot s_h$ (8)

ただし、

a_0 : 震源の地震最大加速度

a_i : リンク i の所在地における地震最大加速度

(リンク所在地の地震最大加速度は、Joyner-Boore の地震最大加速度の距離による減衰式⁸⁾より求めた。)

s_i : 全リンクのリンク長平均値

s_h : 全リンクの車道幅員平均値

s_z : 地盤特性値の平均値 (本研究では 1.0 とした)

これら3種類の信頼度指標からモンテカルロシミュレーションによって災害時の道路網を作成する方法を図-5に示す。シミュレーションに使用する乱数は、区間[0,1]の一樣乱数とする。まず、リンク長、車道幅員、地盤特性値のリンク信頼度をGISによって必要な値を取得して算出する。次に、あらかじめ設定した規定リンク信頼度に達しなかった指標の数ごとに定めたリンク切断確率に基づき、モンテカルロシミュレーションによって、対象リンクが切断されるかどうかを求める。規定リンク信頼度は、3つの指標一律に0.5と仮定するとともに、リンク切断確率は、規定リンク信頼度に達しなかった指標の数が3個のリンクの90%、2個のリンクの60%、1個のリンクの30%が切断されると仮定した。規定リンク信頼度のウェイト、規定リンク信頼度下回り指標数によるリンク切断確率は、実績データに基づく道路被災メカニズムが明らかになった時点で、修正が可能である。

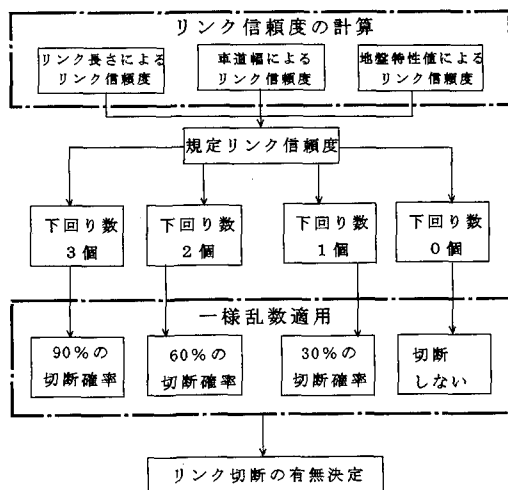
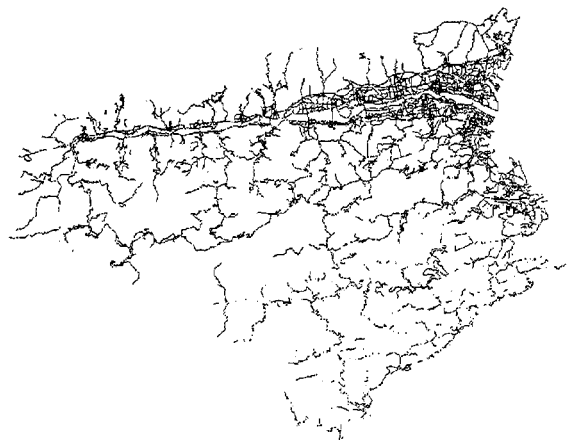


図-5 乱数による切断リンク抽出法

作成された災害時道路網をGISで表示した図を図-6～8に示す。



図－6 想定地震1における道路網



図－7 想定地震2における道路網



図－8 想定地震3における道路網

図－6に示す想定地震1における道路網図をみると、徳島県南部で多くの道路が切断している状況がよく現れている。図－7および図－8の道路網では、

図－2の想定地震2および3の震源となる断層に沿った地域の道路が多く切断している。このように、いずれも道路網も震源地に近い道路の通行可能性が減少しており、このシミュレーションモデルによって概ね妥当な結果が得られることが明らかである。

4. 道路網信頼度解析

(1) 計算手法およびパターン

本研究で用いた交通量計算手法について述べる。まず、平常時のOD交通量には、平成2年度道路交通センサスを用いた。ゾーンはセンサスBゾーンを小学校区に分割し、ゾーンの人口比率で交通量を細分した。災害時の発生・集中交通量は、各ゾーンの被災度に応じて交通量が減少すると考え、その被災危険度の代理指標として液状化判定基準⁹⁾をとりあげ、平常時の発生・集中原単位に液状化判定基準の指標に基づいて算出した減少率を掛けたものを用いた。液状化判定基準とは、各想定地震においてその地盤の液状化の起こりうる可能性を6段階に分けた指標である。本研究においては、「可能性なし」、「非常に低い」、「低い」の判定の出た地盤は液状化を起こさない、または起こしたとしても被害は軽微であると仮定し、「中位」、「高い」、「非常に高い」の判定の出たゾーンについてのみ、式(9)～(11)に基づいて、各々の判定別の面積比から減少率を求めた。

$$E_i = (0.2S_{中} + 0.3S_{高} + 0.5S_{非常に高}) / S_i \times 100 \quad (9)$$

$$d_i = \frac{(100 - E_i)}{100} \quad (10)$$

$$e_j = \frac{(100 - E_j)}{100} \quad (11)$$

ただし、

E_i : i ゾーンにおける損壊率 (%)

S_i : i ゾーンにおけるゾーン面積

$S_{中}$: i ゾーンにおける液状化判定基準が「中位」の面積

$S_{高}$: i ゾーンにおける液状化判定基準が「高い」の面積

$S_{非常に高}$: i ゾーンにおける液状化判定基準が「非常に高い」の面積

d_i : i ゾーンにおける発生交通量減少率 (%)

e_j : j ゾーンにおける集中交通量減少率 (%)

このようにして得られた発生・集中交通量に重力

モデルを用いて分布交通量を求めた。重力モデル¹⁰⁾を式(12), 式(13)に示す。また、交通量配分方法には分割配分法を用いた。なお、緊急輸送のための通行規制を考慮するために設定した分析計算パターンを表-2に示す。

$$X_{ij}=kG_i \cdot A_j \cdot f(T_{ij})$$
$$f(T_{ij})=exp(\gamma_1 T_{ij} + \gamma_2 T_{ij}^{0.5})$$

(12)

(13)

ただし、 X_{ij} : ゾーン ij 間における分布交通量
 G_i : i ゾーンにおける発生交通量
 A_j : ゾーン j における集中交通量
 T_{ij} : ゾーン ij 間の時間距離
 $k, \alpha, \beta, \gamma_1, \gamma_2$: 係数

表-1 重力モデル回帰結果

定数項	係数	t 値
k	163.175	16.304
α	0.263	13.666
β	0.263	13.543
γ_1	0.113	23.471
γ_2	-1.750	-33.492
決定係数	0.6857	
サンプル数	1,824	

表-2 分析計算パターン

想定局面	通行規制の有無	分析ケース
平常時	規制なし	1
想定地震 1	規制なし	2
	1 次通行規制	3
想定地震 2	1.2 次通行規制	4
	規制なし	5
	1 次通行規制	6
想定地震 3	1.2 次通行規制	7
	規制なし	8
	1 次通行規制	9
	1.2 次通行規制	10

注) 1 次通行規制: 大臣管理の国道の通行規制
2 次通行規制: 県管理の主要な道路の通行規制

(2) 重要路線の抽出

災害時においては、避難、緊急車両、救援物資の輸送など、通常時には存在し無い目的の交通量が増加することや、切断リンクの迂回路となるために交通が集中することによって、交通量が増えるリンクがある。それらのリンクのうち、増加量の激しいリンクを防災計画の面からみた重要リンクととらえる。この重要路線の抽出は、表-2 の各パターンの配分計算を行い、各想定地震のリンク評価値と交通量増加量を平常時と比較することによって行った。その結果、どの想定地震においても重要路線として抽出された道路は、県内の主要幹線道路の迂回路と

なりうる路線であり、平常時の交通を代替させる経路が抽出された。また、徳島県の地形の特徴として吉野川をまたぐ路線にも、重要路線が多い。このような観点より、国道や主要地方道など平常時交通量の大きい路線同士を接続している路線および迂回路の整備が必要となってくる。また、吉野川にかかる橋梁および周辺の道路整備は不可欠である。

5. 道路整備計画の効果分析

(1) 整備対象路線と計測手順

重要路線の抽出によって各想定地震で抽出された路線の中から、図-9 に示す、徳島県での主要幹線である国道11・55・192・195号および徳島自動車道を整備対象路線とする。また、計測手順は、図-10 のとおりである。災害時の道路網をベースとし、シミュレーションにより切断が推定された高速道路や国道のリンクを強化し、被災しないように整備することによって生じる効果(回復する効果)を計量し、道路整備における重要路線を指摘する。なお、時間価値は、3,000(円/時間・台)とする。

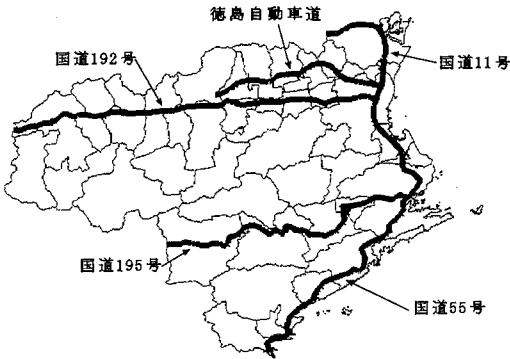


図-9 整備対象道路

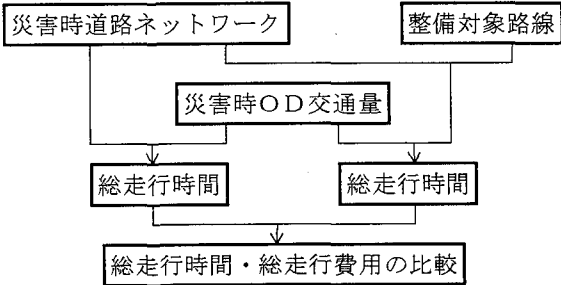
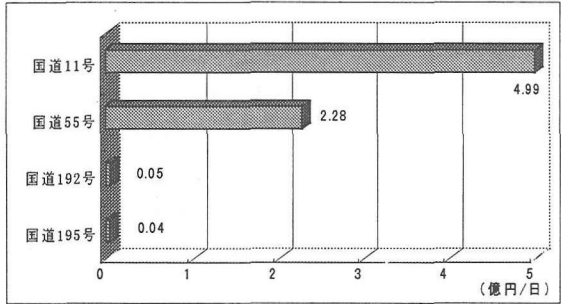


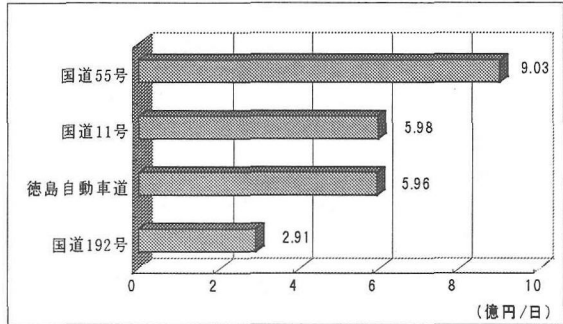
図-10 道路整備効果の分析手順

(2) 結果と考察

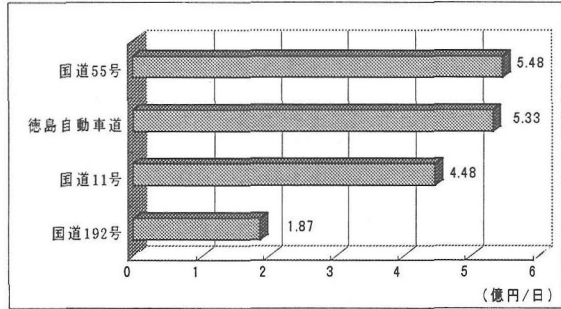
道路整備効果をより多くもたらす路線順に総走行時間費用の減少額を図－1 1～1 3に示す。想定地震1では、国道55号が上位になっており、県南部が大きな被害を受ける状況がよく現れている。想定地震2および3では、各断層に沿う道路網が被害を受けるため、徳島自動車道、国道192号が大きな効果をもたらす。全体的に見て、国道55号は災害に備えて信頼性が高い路線にする必要がある。県道・市町村道等についても同様の検討を加えることによって、道路防災投資の効果の検討が可能であり、効率的な道路防災計画の立案に寄与すると考えられる。



図－1 1 想定地震1における道路整備効果額



図－1 2 想定地震2における道路整備効果額



図－1 3 想定地震3における道路整備効果額

6. 緊急施設配置計画¹¹⁾

災害時においては、交通は至る所で遮断され、緊急物資を輸送することは困難となる。このため、地震災害時の緊急車両および緊急施設の配置問題の重要性は高い。ここでは、地震災害時に起こるであろう交通渋滞、あるいは道路閉塞などに対し、望ましい緊急車両の走行対策および緊急施設の配置計画を表－2に示す10ケースについて検討する。

(1) 配置法

緊急施設の配置には、まず、現在の行政組織を考えると各市町村に最低1つの緊急施設あるいは緊急車両を配置することが望ましいと考える。次に、災害救助のための緊急施設配置の目的は、より多くの市民を効率よく救助するという観点から、救助対象人口と、施設からの救助対象地域への距離（あるいは時間距離）の積和が最小になる場所に配置することである。これは、施設配置に対する制約条件付き最適化問題となる。そこで、救助対象ゾーン*i*の人口を*P_i*、施設ゾーン*j*から*i*への時間距離を*t_{ij}*、総ゾーン数は*n*として、次のような目的関数とこれに対する制約条件を設定した。

目的関数

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n P_i t_{ij} \delta(j) \delta(ij) \rightarrow \min \tag{14}$$

ただし、 $\delta(j)$ ：ゾーン*j*に施設がある場合に1、
ゾーン*j*に施設がない場合に0となる
ダミー変数
 $\delta(ij)$ ：各*i*について、*t_{ij}*が $\delta(j)=1$ を満足し、
かつ *t_{ij}*(*i*=1～*n*, *j*=1～*n*)が最小となる
場合に1、それ以外は0となるダミー変数

制約条件

- ・条件1 孤立ゾーンには無条件で施設を配置する
- ・条件2 孤立ゾーンがある市町村は、条件1の施設配置で終了する
- ・条件3 孤立ゾーンがない市町村には当該市町村内の1ゾーンに1つの施設を配置する

(2) 配置結果と考察

表－2の分析ケース1, 2, 4の施設の配置計画を、GISで表し、図－1 4～1 6に示した。図の

◎は孤立ゾーンでの配置であり、Yが表示されている施設は条件3での配置である。

図－15，16の配置結果から、県南部で孤立ゾーンが多く発生していることがわかる。また、通行規制の有無による施設配置に変化がないことから、緊急施設の配置問題は地震によって生じる被災道路網の状況によって大きく左右されるといえる。

次に、各市町村において、当該市町村に立地した施設への所要時間が最短であるゾーン数の比率を式(15)で算出した。この式で算出される値 SD_i を市町村 i でのカバー率と呼ぶ。さらに、各市町村のカバー率の徳島県全体における平均値を求めた。

$$SD_i(\%) = \frac{N_{\#}}{N_i} \times 100 \tag{15}$$

- SD_i : 市町村 i のカバー率
- $N_{\#}$: 市町村 i にある全ゾーン数のうち当該市町村の施設への所要時間が最短のゾーン数
- N_i : 市町村 i の全ゾーン数

各市町村のカバー率は、表－3のとおりである。なお、全市町村の平均値は、61.6 %である。表－3をみると、都市部では高い比率を示し、都市部以外では多くの地域で50～70 %にとどまった。県内の大部分を占める都市部以外の数字および平均値を見る限り、消防等の防災活動は町村間の広域連携が重要であると考えられる。

表－3 各市町村の緊急施設のカバー率 (%)

市町村	率	市町村	率	市町村	率	市町村	率
徳島市	95.7	上那賀町	50.0	上板町	66.7	一宇村	50.0
鳴門市	94.4	木沢村	50.0	吉野町	66.7	穴吹町	50.0
小松島市	95.0	木頭村	50.0	土成町	66.7	木屋平村	50.0
阿南市	91.7	由岐町	50.0	市場町	66.7	三野町	66.7
勝浦町	50.0	日和佐町	50.0	阿波町	66.7	三好町	66.7
上勝町	50.0	牟岐町	50.0	鴨島町	66.7	池田町	75.0
佐那河内村	100.0	海南町	50.0	川島町	66.7	山城町	50.0
石井町	80.0	海部町	50.0	山川町	66.7	井川町	66.7
神山町	50.0	穴喰町	50.0	美郷村	50.0	三加茂町	50.0
那賀川町	50.0	松茂町	66.7	脇町	66.7	東祖谷山村	50.0
羽ノ浦町	50.0	北島町	80.0	美馬町	50.0	西祖谷山村	50.0
鶯敷町	50.0	藍住町	80.0	半田町	50.0		
相生町	50.0	板野町	66.7	貞光町	50.0		

7. おわりに

本研究では、地震災害時の道路網の評価と道路網の整備、および緊急施設の配置について検討してきた。以下に本研究で得られた主な成果をまとめる。



図－14 平常時・通行規制なし(ケース1)の配置結果



図－15 想定地震1・通行規制なし(ケース2)の配置結果



図－16 想定地震1・1，2次通行規制(ケース4)の配置結果

(1) まず、指数分布を用いたリンク信頼度を定義し、道路リンク切断の要因となる3種類の指標を用いてリンク信頼度を求め、乱数によって切断リンクを推定し、地震による災害時道路網を作成する手法を提案した。その後、平常時道路網の交通状況と災害時道路網において災害時OD交通量による交通状況を推定し、両者の比較検討を行った。この結果、地震による交通への影響が非常に大きく、主要な国道である国道11号、192号、55号とその迂回路の重要性が改めて明らかとなった。

(2) 次に、特に地震によるリンク被災の交通に与える影響が大きい主要国道を重要路線として抽出選定し、地震防災投資が行われたと仮定した場合の道路整備効果を算出することによって、想定した地震の特徴を示すとともに、災害時に備えた道路整備計画立案の指針を示すことができた。

(3) さらに、震災発生時に効率的な救急・救助体制を確立することを目的とした緊急施設配置計画においては、制約条件付き最適化問題として定義した目的関数を解くことによって施設配置を行った。その結果、通行規制などの行政的手法よりも、ネットワークの被災危険度に応じた施設配置を事前に行う必要があることが明らかになった。また、カバー率を算出して分析したことにより、緊急施設等の防災施設は市町村間の連携が重要であることがわかった。

本研究では、マクロ的かつ比較的簡便に切断道路リンクを推定し、道路ネットワークの被害を推計す

る手法を独自に作成することができたが、その理論的背景は必ずしも充分ではない。兵庫県南部地震などの既存データを用いて、災害時道路網を作成する手法や災害時OD交通量を推計する手法に関して、今後、さらに検討を加える必要がある。また、本研究では被災直後の静的な状況の推定を行っているが、速やかな復旧・復興施策の立案のために、道路復旧過程を取り込んだ動的なシミュレーション手法への発展を検討する必要があると考えている。

[参考文献]

- 1) 藤原健一郎, 朝倉康夫, 柏谷増男: 交通ネットワークにおける災害時のフローの変化を考慮したODペア間の信頼度の指標, 土木計画学研究・講演集, No18, pp.737-740, 1995.
- 2) 若林 拓史: 地震災害時の道路網連結信頼性と確率重要度による区間の評価・阪神間道路網を例として, 土木計画学研究・講演集, No18(2), pp.613-616, 1995.
- 3) 南 正昭: 都市間道路ネットワークの代替性評価に関する研究 土木計画学研究・講演集, No14, pp.295-300, 1991.
- 4) 嶋田喜昭, 加藤哲男, 本田義明: 自然災害を考慮した道路網評価に関する基礎的考察, 日本都市計画学会学術研究論文集, No30, pp.97-102, 1995.
- 5) informatix: 空間情報システム(SIS)事例紹介セミナー, informatix, 1996.
- 6) 徳島県地震防災アセスメント調査委員会: 徳島県防災アセスメント報告書, 1998.
- 7) 大村 平: 信頼性工学のはなし, 日科技連, pp.45-75, 1988.
- 8) 土質工学会: 土質・基礎工学のための地震・耐震工学, 壮光社, pp.70-72, 1985.
- 9) 徳島大学工学部建設工学科地盤研究室: 想定地震別液状化検討結果報告書, 徳島大学工学部建設工学科地盤研究室, 1996.
- 10) 土木学会: 交通需要ハンドブック, 技報堂出版, 1981.
- 11) Richard L.Church, Kenneth L.Roberts: GENERALIZED COVERAGE MODELS AND PUBLIC FACILITY LOCATION, PAPERS OF THE REGIONAL SCIENCE ASSOCIATION, VOL.53, pp.117-135, 1983.

地震防災のための道路網および緊急施設整備計画に関する研究

廣瀬 義伸・近藤 光男・綾 貴穂・山根 丈

本研究では、地震災害時における道路網の状況および交通状況をシミュレーションするために、まず確率モデルによるリンク信頼度を定義し、そのリンク信頼度に基づいて災害時道路網を作成する手法を提案した。ケーススタディとして、徳島県で大地震が発生した場合に生じる道路網の被害、およびそのときの交通状況のシミュレーションをGISを用いて行った。その結果に基づいて、効果的な緊急施設配置および道路防災投資効果について検討を加え、防災計画立案に対する提言を行った。

Development of road networks and regional facilities for prevention of disaster

By Yoshinobu HIROSE, Akio KONDO, Takao AYA and Joe YAMANE

The study aims to analyze the damages that will happen to the traffic on road networks, to evaluate important links in the network, and to examine the allocation of regional facilities when the strong earthquake has occurred. In this analysis, GIS is introduced and is used for illustrating the road networks and traffic flow. As a result, strong earthquakes influence traffic on road networks seriously and important links are pointed out which will decrease the damages when the earthquakes occur.