

地方中核都市における既設道路橋の地震防災上の一重要度評価手法

Importance Evaluation of Existing Road Bridges in Local Cities for Seismic Disaster Prevention

成行義文*, 平尾 潔**, 小林耕司***, 川村武慶****

Yoshifumi Nariyuki, Kiyoshi Hirao, Koji Kobayashi and Takenobu Kawamura

- * 工博 徳島大学助教授, 工学研究科エコシステム工学専攻 (〒770-8506 徳島市南常三島町 2-1)
- ** 工博 徳島大学教授, 工学部建設工学科 (〒770-8506 徳島市南常三島町 2-1)
- *** 工修 (株)四電技術コンサルタント (〒790-0951 松山市天山町 208 番地)
- **** 徳島大学大学院生, 工学研究科建設工学専攻 (〒770-8506 徳島市南常三島町 2-1)

The objective of this study is to propose a procedure for evaluating the importance factor of existing road bridges in local cities for seismic disaster prevention. Importance factors in relation to both a road network and attributes of road bridges are considered in this procedure. Assuming that a near-field earthquake with a magnitude of 7.7 occurred at the eastern half segments of the Median Tectonic Line in the Shikoku Island, we applied this procedure to road bridges in the central part of the City of Tokushima. The results of each evaluation are visually displayed on personal computer by using GIS. From evaluation of results, it is shown that the importance factor of road bridges is evaluated quantitatively and systematically by using the procedure proposed here.

Key words: existing road bridge, seismic retrofit, importance evaluation, seismic disaster prevention, GIS

1. はじめに

示方書の改定あるいは経年劣化等により、現行の耐震基準を満たさなくなった道路橋を速やかに耐震補強することは、都市の地震防災上極めて重要なことである。したがって、限られた時間と費用という2つの現実的な制約条件のもとで、最も効果的な道路橋の耐震補強計画を策定する必要がある。そのためには、図-1に示すように、道路橋の重要度と耐震補強コストの両者を勘案して、耐震対策を施す優先順位を決めるのが合理的であると思われる。ここで、道路橋の重要度は、通常の社会ならびに経済活動等への貢献度だけでなく、有事の際の住民の避難・救援活動あるいは被災箇所の応急復旧活動等の地震防災活動への貢献度あるいは影響等も考慮して評価するのが望ましい。

一般に都市における道路ならびに道路橋はその路線規模等に応じてそれぞれ管轄が異なり、生活上あるいは地震防災上、実質的には同一地域に存在するにも関わらず、管理機関ごとに各種補強対策等が施されているのが現状である。特に地震防災の観点から道路橋の耐震対策を行うためには、所轄を超えた総合的な対策計画を策定する必要があるものと思われる。また、大地震による道路橋の損壊は、地方都市においても、その地域社会ならびに周辺に大きな影響を及ぼすと考えられるため、各地方に立脚した合理的な既設橋の耐震補強計画が必要である。

佐藤ら¹⁾は、大都市における既設道路橋の地震防災対策事業実施の優先順位を合理的に決定するための枠組みを示し、道路橋の地震防災上の重要度を橋そのものの属性に基づく重要度と道路網のネットワーク特性に基づく重要度の両者から評価する手法を実務的な観点から提案

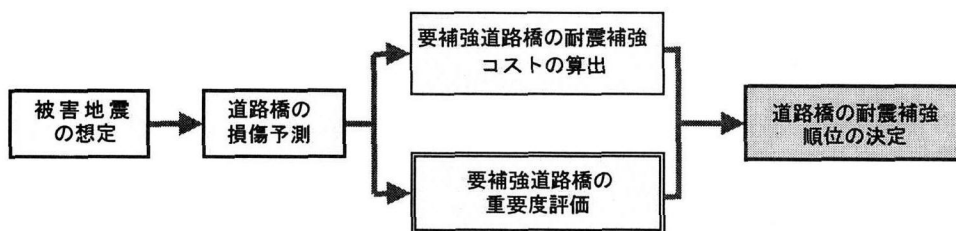


図-1 既設道路橋の耐震補強優先位決定の流れ

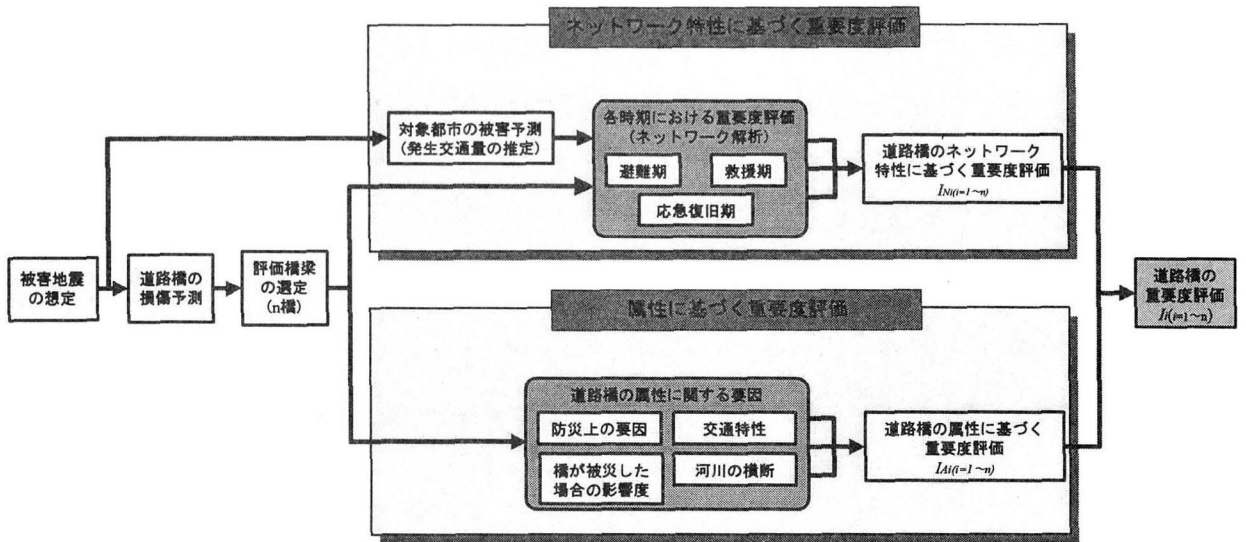


図-2 道路橋の地震防災上の重要度評価手順

している。また、道路ネットワークの耐震性の定量的評価に関する研究も積極的に行われている^{2)~4)}。若林²⁾は、地震災害時の道路網連絡信頼性の向上という観点から、耐震強化重要区間を確率重要度を用いて決定する方法を示している。能島³⁾は、道路ネットワークの最大フローを評価指標とした確率論的な信頼性解析手法を提案するとともに、施設改善の優先順位を決定する道路網の地震防災戦略を示している。また、野崎・杉田ら⁴⁾は、道路ネットワークの耐震性を計算するための実用的な手法を導くことを目的として、ネットワーク耐震性指標と区間重要性指標を提案し、簡単なモデルケースを対象としてそれらの指標の妥当性を検証している。しかしながら、一般の地方都市を対象としたより実用的な道路橋の耐震補強順位決定法は未だ提案されていないのが現状である。

以上のようなことより、本研究では、各県庁所在地のような地方中核都市における既設道路橋の合理的な耐震補強順位決定手法を導くための基礎的な研究として、地震動規模、道路橋の損傷度ならびに対象地域の被害状況

等を考慮し得る既設道路橋の地震防災上の一重要度評価システムの構築を試みた。本手法は、基本的には前述の佐藤ら¹⁾の手法に、想定地震に対する対象都市の被害予測⁵⁾ならびに道路橋の損傷予測⁶⁾の2つの予測手法を組み込むとともに、ネットワーク特性に基づく道路橋の重要度評価方法の改善を図ったものである。

徳島市中心部を対象とした適用例により、本評価システムの妥当性ならびに評価結果のGIS表示の有用性について若干の検討を行った。

2. 道路橋の地震防災上の重要度評価手順

本研究における道路橋の重要度評価手順は、図-2に示すとおりである。まず、評価対象地域に大きな被害を及ぼすと考えられる地震を想定する。ついで、対象地域の各道路橋の損傷予測を行い、その結果をもとに評価対象とする橋梁を選定する。そして、道路網の持つネットワーク的な側面から橋梁の位置する路線・区間を見た場合の重要度 (I_N)、ならびにネットワーク特性以外の各種

表-1 損傷度のランク分け

ランク	損傷の程度
As	落橋、倒壊
A	大被害 (耐荷力の低下に著しい影響有：要取り替え)
B	中被害 (耐荷力の低下に影響有：要補強)
C	小被害 (短期間なら耐荷力の低下に影響なし：要補修)
D	被害なし

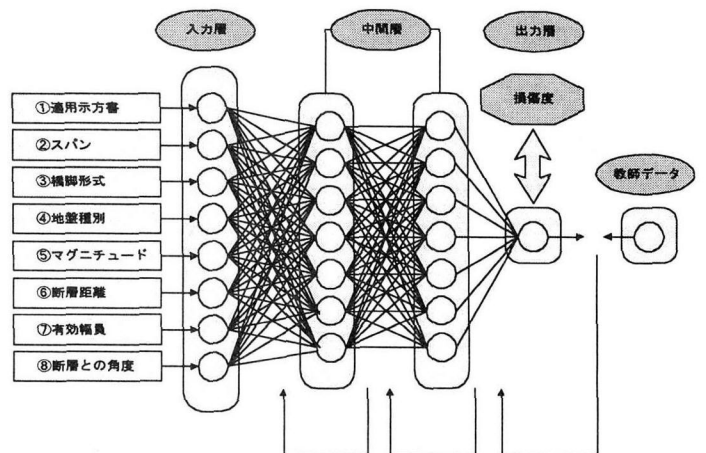


図-3 ネットワークモデル

要因, すなわち, 防災上の要因, 交通特性, 河川の横断状況, 被災時の影響度などの主として道路橋の属性に基づく重要度 (I_{Ai}) をそれぞれ求め, 最後にそれらを統合して各道路橋の地震防災上の重要度 (I_i) を求める。

以下に, 各段階の概要について述べる。

2. 1 道路橋の損傷予測と評価橋梁の選定

想定地震に対する評価対象地域内の既設道路橋の損傷予測手法とし, 古川らの方法⁶⁾を用いた。これは, 橋梁の被害が比較的顕著であると思われる国内の 12 個の被害地震による道路橋の損傷度と各地震動ならびに各道路橋の属性等のデータを用いたニューラルネットワークに基づく被害予測システムである。ここに, 損傷度の判定に際しては, 「道路震災対策便覧 (震災復旧編)」⁷⁾を参考にして, 耐荷力に関する損傷度を表-1 のように 5 ランクに分類している。

本研究では, 古川らの手法⁶⁾を適用する際に, 入力層のパラメータとして「有効幅員」と「断層との角度」を追加して, 計 8 種類のデータを用いるようにした。また, 教師データは古川らがデータベース化している 243 橋分のデータを使用し, 無被害の橋梁に対する架空の教師データは使用していない。解析に用いたネットワークは, 何パターンか試した中で, 最も精度の良かった 4 層 (各ユニット数 $8 \times 7 \times 7 \times 1$, 図-3 参照) とした。また, ここでは, 非線形最小化問題を解くための非線形計画法として, アルゴリズムが比較的簡便な反復線形計画法 (SLP 法) を用いているが, パラメータ数が多い場合, その収束性が悪くなる傾向があるため, 評価関数 (誤差関数) を変形した後に SLP 法を適用する改良 SLP 法を併用している。学習回数は SLP 法を最初 100 回行い, その後は改良 SLP 法で最大 5001 回学習するように設定した。本手法は, 設計書の年代や最大支間長など橋梁の諸元のみを用いて, それらの損傷度の概要を把握することができるように最大の特徴がある。

以上のような損傷度予測システムを用いて, まず, 想定地震に対する対象地域内のすべての道路橋の損傷度を推定し, 損傷度が B 以上の橋梁を重要度評価の対象とする。

2. 2 道路橋のネットワーク特性に基づく重要度評価

図-4 は, 前出の図-2 における「ネットワーク特性に基づく地震防災上の重要度評価」の流れを示したものである。まず, 前述の「評価橋梁の選定」とともに「評価対象地域の被害予測」および「発生交通量予測」を行い, ついで, 避難期 (震後数時間程度), 救援期 (震後概ね 2~3 日程度), 応急復旧期 (震後 1 週間程度) の各段階における重要度をそれぞれ評価する。そして最後に各時期の重要度をもとに, ネットワーク特性に基づく総合的な重要度を求める。以下に各ステップについて説明する。

1) 対象都市の被害予測と発生交通量予測

震後の各時期における道路橋の重要度を道路網のネッ

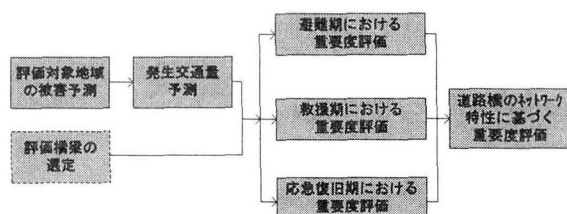


図-4 ネットワーク特性に基づく重要度評価手順

トワーク特性の観点から評価するためには, まずその発生交通量を推定する必要がある。評価対象地域を予めいくつかの細かい地区に分割し, 想定地震による各地区の被害を「国土庁地震被害想定支援マニュアル」⁵⁾を用いて予測し, その被害に応じた交通量が各地区の代表点を起終点として発生するものとした。本来このマニュアルは, 「南関東地域直下地震被害想定」のために作成されたものであるが, 日本の他の地域にも適用し得る内容となっており, 被害の概要を予測するのに有用と考えられる。

2) 各時期における重要度評価

震後の 3 時期の交通は, その目的が比較的明確に異なっていると考えられる。したがって, 交通の起終点 (OD 点) ならびに道路橋のネットワーク上での重要度の評価方法等は各時期で当然異なる。

各道路橋が道路ネットワークの耐震性に及ぼす影響を定量的に評価する手法としては, 1. で述べたように, 佐藤ら¹⁾, 若林²⁾, 能島³⁾, 野崎ら⁴⁾の手法がある。これらの内, 佐藤ら¹⁾ならびに野崎ら⁴⁾の手法は, 他の手法に比べて, より実用的であると思われるが, 次のような問題点がある。すなわち, 佐藤ら¹⁾の方法では, 道路ネットワークにおける各リンクの重要度を求める際に, リンクの被災パターンを考慮することができない。また, 野崎ら⁴⁾の手法では, リンクの被災パターンを設定し, 着目する被災リンクのみを復活させた場合のネットワーク耐震性への貢献度により各被災リンクの重要度を評価している。しかし, このような重要度は, 震前対策を施す最優先リンクの決定においてのみ有用であり, それ以降のリンクの震前対策順位の決定には, あまり意味を持たないと考えられる。この理由は, 一般に, 複数のリンクの耐震対策が同時に完了することは少なく, また, 全てのリンクに対する震前対策が終了する前に被災する可能性があるため, 震前対策が完了したリンクを除いた被災パターンにおける最優先リンクをその都度求め直す必要があるためである。

以上のようなことより, 本研究では, 以下に示すようなネットワーク解析の繰返しにより, 避難期, 救援期ならびに応急復旧期の各時期における道路橋の補強順位を決定した。

① 避難期

この時期は, 緊急避難行動が主で個々の移動のトリッ

ブ長が短いため、評価対象都市の道路網を広域的なネットワークとして正確に評価することは困難である。しかし、避難行動は短時間で集中的な交通量が発生し、一時的ではあるが特定の道路橋の交通量が大幅に上がり、救援期や応急復旧期よりも交通の集中度は高くなる可能性があると思われる。したがって、この時期は個々のトリップ長が短く、比較的局所的なネットワーク特性を有するという特徴があるものの、救援期ならびに応急復旧期と同様に地震防災上、道路橋の果たす役割が非常に大きいと考えられる。

避難期には主として各分割地区の中心ノードを始点とし、広域避難場所や避難所等を終点とする交通が発生するものと考えられる。また、この時期に発生する交通は、余震や火災による二次的な被害を少なくするためにも限られた時間内に所定の場所へ到達することが重要である。したがって、この時期には、各道路橋の時間的な貢献度を間接的に評価し得るOD間交通の総トリップ長を尺度として、ネットワーク特性に基づく重要度を評価することとした。

図-5は、避難期における道路橋の重要度の評価手順を模式的に示したものである。まず、想定地震によりBランク以上の損傷を受けると予測された道路橋が存在するリンクをすべて切断する。これは、震前に全く耐震補強を行っていない場合に相当する。ついで、どの橋に耐

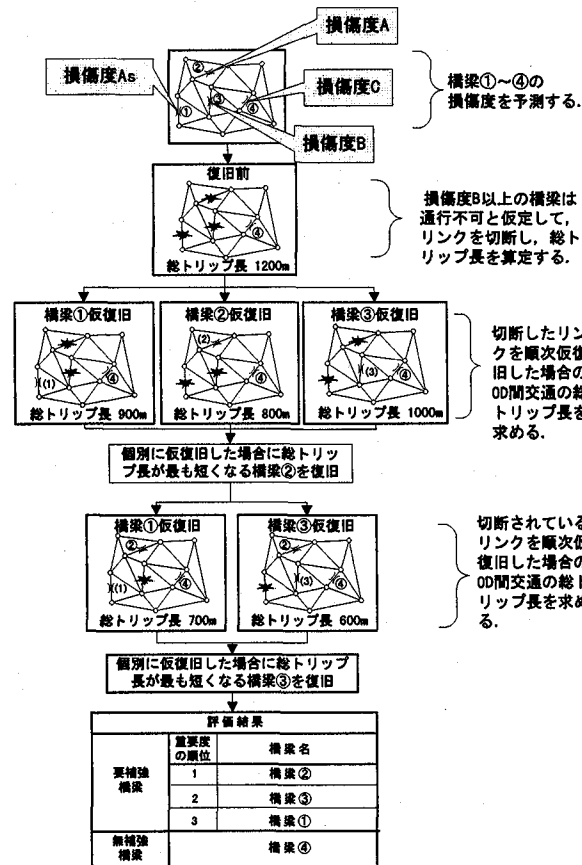


図-5 避難期・救援期における道路橋の重要度評価法
(総トリップ長)

震補強を行っておけば、最も効果的であるかを比較検討するために、切断されたリンクを1つずつ順次復旧してゆき、それぞれの場合のOD間交通の総トリップ長をダイクストラ法⁸⁾により求める。総トリップ長を最短にするような復旧リンクが、この時期における最重要道路橋を表しており、このリンクのみを優先的に復旧するものとする。以下、同様に、未復旧のリンクを復旧させながら同様の操作を繰返し、全ての要補強道路橋の序列を決定する。

ここで、同時に復旧するリンク数を1としたのは、前述のように複数個の道路橋の耐震補強が同時に終了することはほとんどなく、さらに、地震がいつ発生するかが全く予想できないためである。また、各地区の中心ノードから発生する交通の目的地は一般に複数個設定されているが、現実的にはそのほとんどの交通がより近い目的地を指向するものであると思われる。したがって、ある起点から発生する全交通が複数の目的地へ同様に到達とした場合のOD間交通の総トリップ長には、遠い目的地に対するトリップ長が支配的となり、著しく現実に反する結果となる恐れがある。このような欠点を少しでも是正するため、本研究では、複数の目的地を有するOD間交通の総トリップ長を求める際、各目的地までのトリップ長の逆数の比により簡易的にトリップ長が長いOD間交通量を低減することとした。

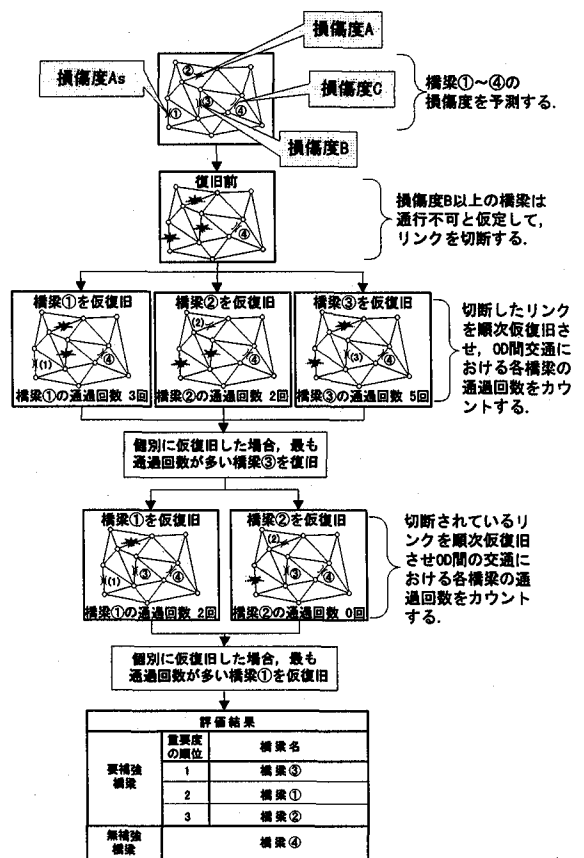


図-6 応急復旧期における道路橋の重要度評価法
(通過回数)

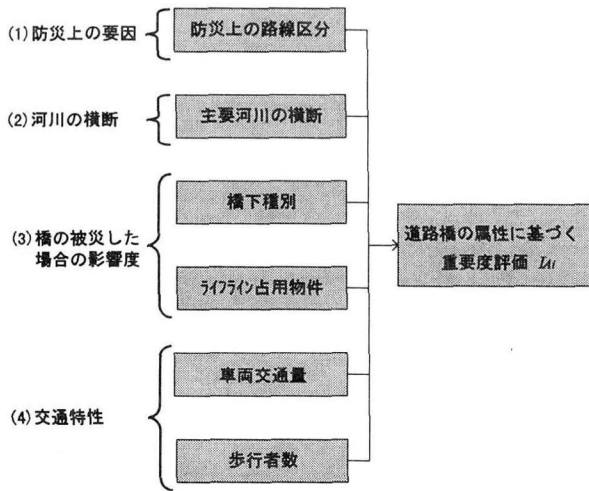


図-7 属性に基づく重要度評価手順

②救援期

この時期における最も重要な交通は、被災者の救助活動を目的とした救援車両の移動であると考えられる。したがって、この場合には、各地区の中心ノードを終点とし、消防団、公共機関、医療施設の存在するノードならびにネットワークの端点等を始点とする交通が発生すると仮定した。この時期も前出の避難期と同様に、所定の場所への迅速な移動が重要であるため、ネットワーク特性に基づく重要度評価には、OD間交通の総トリップ長を尺度として用いた。評価手順は、避難期と同様図-5に示す通りである。

③応急復旧期

この時期は、避難期あるいは救援期に比べてその期間が長いので、食料供給のための交通あるいは生活物資や廃棄物の輸送など多種多様な交通が大量に発生する。ここでは、これらの中で最も重要な交通の一つと思われる応急復旧車両の移動に注目することにした。この場合、各地区の中心ノードを交通の終点とし、公共機関、陸海空の輸送拠点ならびに消防団等の存在するノードを始点とした。さらに、この時期は、評価地域外との交通量が多いことを考慮してネットワークの端点を主要拠点と考え、これらも交通の始点とした。また、この時期は、任意の交通が所定の時間内に達成し得ることに加え、大量の物資輸送が行えること(確実性+大量性)が重要となるため、着目した路線・区間の総通過回数をネットワーク特性に基づく重要度評価の際の尺度とした。図-6は、応急復旧における重要度評価法を模式的に示したものであり、図-5とは、基本的に評価尺度が異なるだけである。

以上のようにして、震後の各時期において最も効果的と思われる道路橋の耐震補強順位をそれぞれ決定する。それらを3等分して、それぞれ上位グループから順に3点、2点、1点の評点を与え、さらに各時期($j=1\sim 3$)の評点(X_{ij})に適切な重み付け(W_{NMj})をして足し合わせ、各道

表-2 防災上の路線区分の評価基準

	評価基準	評点 Y_{i1}
防災上の 路線区分	避難道路・避難経路に指定	3
	避難道路に指定	2
	避難経路に指定	1
	その他	0

表-3 橋下種別の評価基準

	評価基準	評点 Y_{i3}
橋下種別	道路・鉄道	3
	上流に主要繋留施設	2
	その他	0

路橋の総合評点 M_{Ni} を求める(式(1))。ここでの重み $W_{NMj}(j=1\sim 3)$ は後出の3. に示すように、防災計画における各時期の重要度を相対的に表す主観的な指標である。

$$M_{Ni} = \sum_{j=1}^3 W_{NMj} \cdot X_{ij} \quad (1)$$

さらに、 $M_{Ni}(i=1\sim n)$ の大きい順に並べて再度3等分し、それぞれ上位グループから順に3点、2点、1点の評点を与え、これを各道路橋のネットワーク特性に基づく重要度評価値 I_{Ni} とする。

2. 3 道路橋の属性に基づく重要度評価

図-7は本研究で考慮した道路橋の属性区分ならびにそれらに含まれる要因を示したものである。これらの要因のうち、「防災上の路線区分」ならびに「橋下種別」の評点は、予め設定された表-2および表-3のような評価基準により求めることとした。

「主要河川の横断」は、地域の分断を引き起こす可能性に関する重要な要因である。ここでは、橋長が長いほどその可能性が高いと考え、橋長の長い順に並べて3等分し、それぞれ上位グループから順に3点、2点、1点の評点(Y_{i2})を与える。「道路橋に付随するライフライン占有物件」としては、大別して電気・ガス・水道・通信の4種類があるが、ここでは、その種類が多い順に道路橋を並べて3等分し、それぞれ上位グループから順に3点、2点、1点の評点(Y_{i4})を与える。

また、「交通特性」については、各道路橋を「車両交通量」あるいは「歩行者数」の多い順にそれぞれ並べて3等分し、上位グループから順に3点、2点、1点の評点(Y_{i5} , Y_{i6})を与える。

以上のような各要因の評点(Y_{ik} , $i=1\sim n$, $k=1\sim 6$)に適切な重み(W_{AMk} , $k=1\sim 6$)を乗じて加え合わせ、この段階における道路橋 i の総合評点 M_{Ai} を式(2)より求める。ここに、重み W_{AMk} , ($k=1\sim 6$) は後出の3. に示すように、防災計

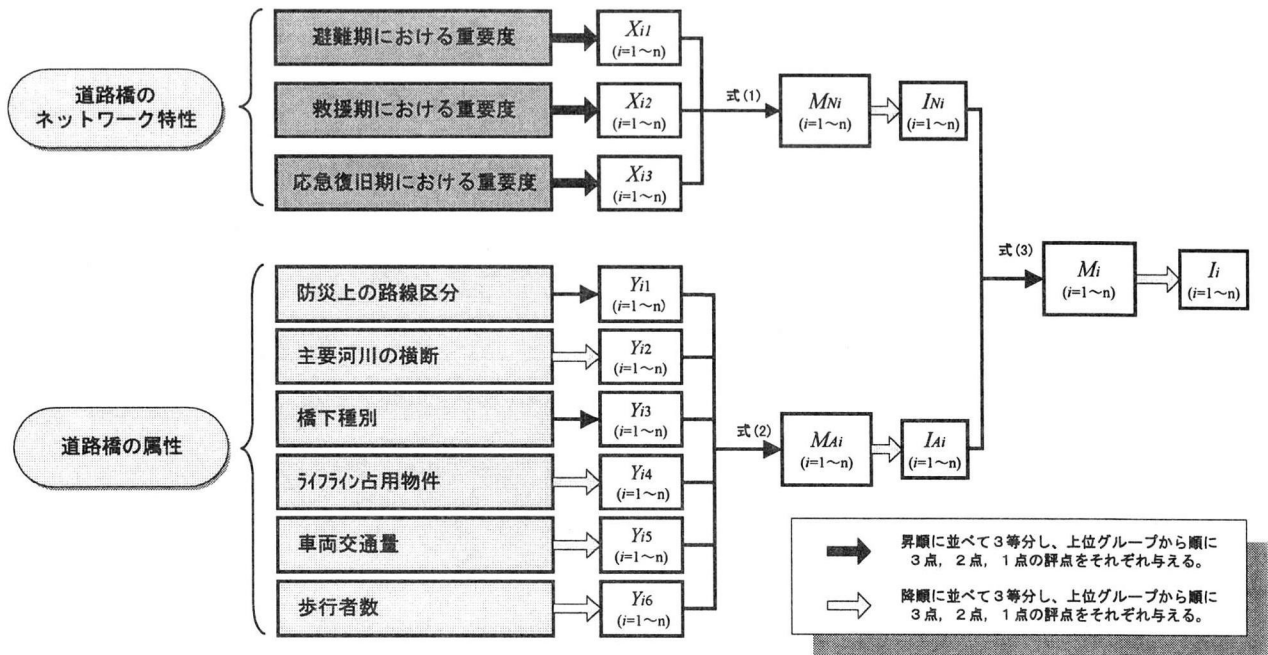


図-8 道路橋の重要度 ($I_i, i=1\sim n$) の算定方法

画の特性を反映するための主観的な指標である。

$$M_{Ai} = \sum_{k=1}^6 W_{AMk} \cdot Y_{ik} \quad (2)$$

さらに、 $M_{Ai} (i=1\sim n)$ の大きい順に道路橋を並べて3等分

表-4 ネットワーク特性に基づく重要度評価の際の重み一覧

	評価区分	係数	重みパターン		
			I	II	III
ネットワーク特性に基づく重要度	避難期	W_{NM1}	3	1	1
	救援期	W_{NM2}	3	1	1
	応急復旧期	W_{NM3}	1	3	1

表-5 属性に基づく重要度評価の際の重み一覧

	評価区分	要因	係数	重みパターン		
				I	II	III
属性に基づく重要度	防災上の要因	防災上の路線区分 ^{※)}	W_{AM1}	3	1	2
	河川の横断	主要河川の横断	W_{AM2}	2	3	2
	橋の被災した場合の影響	橋下種別	W_{AM3}	2	2	2
		占有物件	W_{AM4}	1	2	2
	交通特性	車両交通量 ^{※1)}	W_{AM5}	3+(9)	3+(9)	3+(9)
		歩行者数 ^{※1)}	W_{AM6}	1+(3)	1+(3)	1+(3)

※1 平常時の重要度を考慮するために()内の重みを足し合わせる

し、それぞれ上位グループから順に3点、2点、1点の評点を与え、これを各道路橋の属性に基づく重要度評価値 I_{Ai} とする。

2. 4 道路橋の総合的な重要度評価

「ネットワーク特性に基づく重要度評価値 (I_{Ni})」と「属性に基づく重要度評価値 (I_{Ai})」を用いて、式(3)より総合的な評点 M_i を求める。

$$M_i = W_N \cdot I_{Ni} + W_A \cdot I_{Ai} \quad (3)$$

ここに、 W_N および W_A は実務者等により対象地域の特性ならびに防災対策の方向性等を勘案して主観的に設定される重み係数である。そして、各道路橋を評点 M_i の大きい順に並べて3等分し、それぞれ上位グループから順に3点、2点、1点の評点を与え、これを最終的な評価値 I_i とする。以下、 $I_i=3, 2$ および 1 の各場合をそれぞれ「最重要」、「重要」および「一般」と表わす。

図-8は、2. 2~2. 4で述べた道路橋の地震防災上の重要度 ($I_i, i=1\sim n$) の一連の算定手順をまとめとしてフローチャートで示したものである。式(1)~(3)中に含まれる各種重み係数の与え方の一例を、後述の適用例で示す。

表-6 総合的な重要度評価の際の重み

道路橋の重要度	評価要因	係数	重み
道路橋の重要度	ネットワーク特性に基づく重要度 I_{Ni}	W_N	2
	属性に基づく重要度 I_{Ai}	W_A	3

3. 本手法の適用例

本評価手順の妥当性を検討するために、徳島市(人口30万人弱)の中心部(5km×8km)を対象とした適用例を作成した。本来対象範囲はもう少し広く設定すべきであるが、本研究がどちらかというシステムの構築に重きを置いていること、対象範囲が地盤工学的にも地震に対する脆弱性が特に指摘されている地域であること、また、現有のコンピュータのハードウェアの演算能力および記憶容量に無理が生じない規模とすること、等を勘案して、適用範囲を前述のように設定した。

まず、対象範囲の道路網を約1000のノードと約1700のリンクに分け、ネットワーク解析用の道路網ネットワークを作成した。ネットワークの作成にあたっては、数値地図ソフト「Atlas Mate」を用いて、車両の交通が可能と思われる路線を選定した。次に、四国における中央構造線東半分で大規模なマグニチュード7.7の直下型地震が発生すると想定し、古川らの損傷度予測手法⁶⁾を用いて、72個の評価対象橋梁を選定した。また、ネットワーク解析に必要な震災後の各時期における交通量を、国土庁地震被害想定支援マニュアル⁵⁾を用いて推定した。これに際し、評価対象地域を78地区⁹⁾に分割して各地区の地震被害推定を行い、各地区の中心ノードを起終点とする交通

量を予測した。

前出の図-8に従って、道路橋のネットワーク特性ならびに属性の両者を考慮した重要度評価を行う際、各段階での総合的な評価値を算定するための式(1)~(3)に含まれる重み係数の値により評価結果が異なってくると考えられる。本研究では、ネットワーク特性に基づく重要度評価値 M_{Ni} を求める際の式(1)中の重み係数 W_{NMj} ($j=1\sim3$)ならびに属性に基づく重要度評価値 MA_i を求める際の式(2)中の重み係数 W_{AMk} ($k=1\sim6$)をそれぞれ表-4ならびに表-5のように設定した。表中、パターンIは「人命優先」を、またパターンIIは「復旧活動優先」をそれぞれ想定したものであり、パターンIIIは両者の中間的な場合である。また、地震防災上の重要度ばかりでなく、普段の道路橋の重要性を評価に取り入れるために、表-5中に示すような比較的大きな重みを車両交通量と歩行者に関する評点に付加した。表-6はネットワーク特性に基づく重要度 (I_{Ni}) と属性に基づく重要度 (L_{Ai}) を統合する際の重みを示したものである。ここでは、属性に関する要因数がネットワーク特性に基づく要因数よりも多いこと、および属性に関する重要度評価では、地震防災上のみではなく一部平常時における重要度も考慮していること等を勘案して、 WA を若干大きくしている。

図-9は、重みパターンIを採用した場合の対象地域

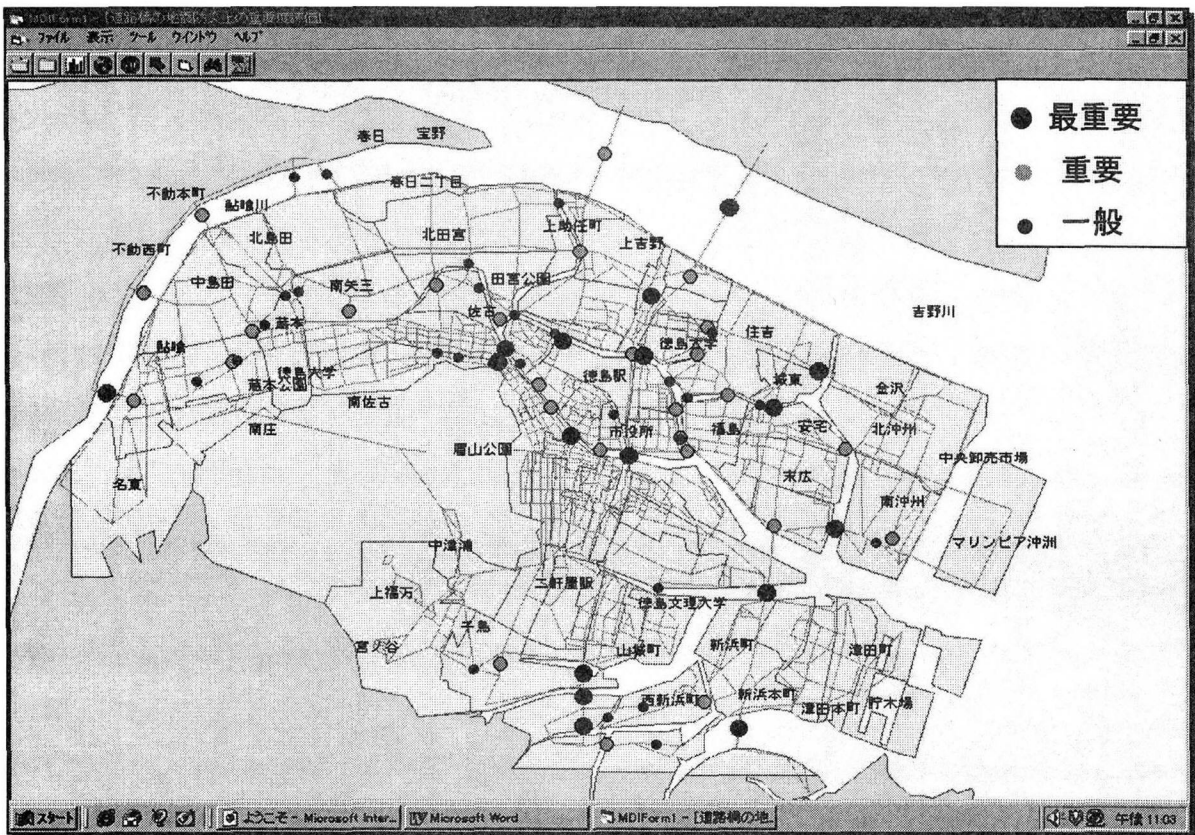


図-9 徳島市中心部を対象とした既設道路橋の重要度評価例のGIS表示(重みパターンI)

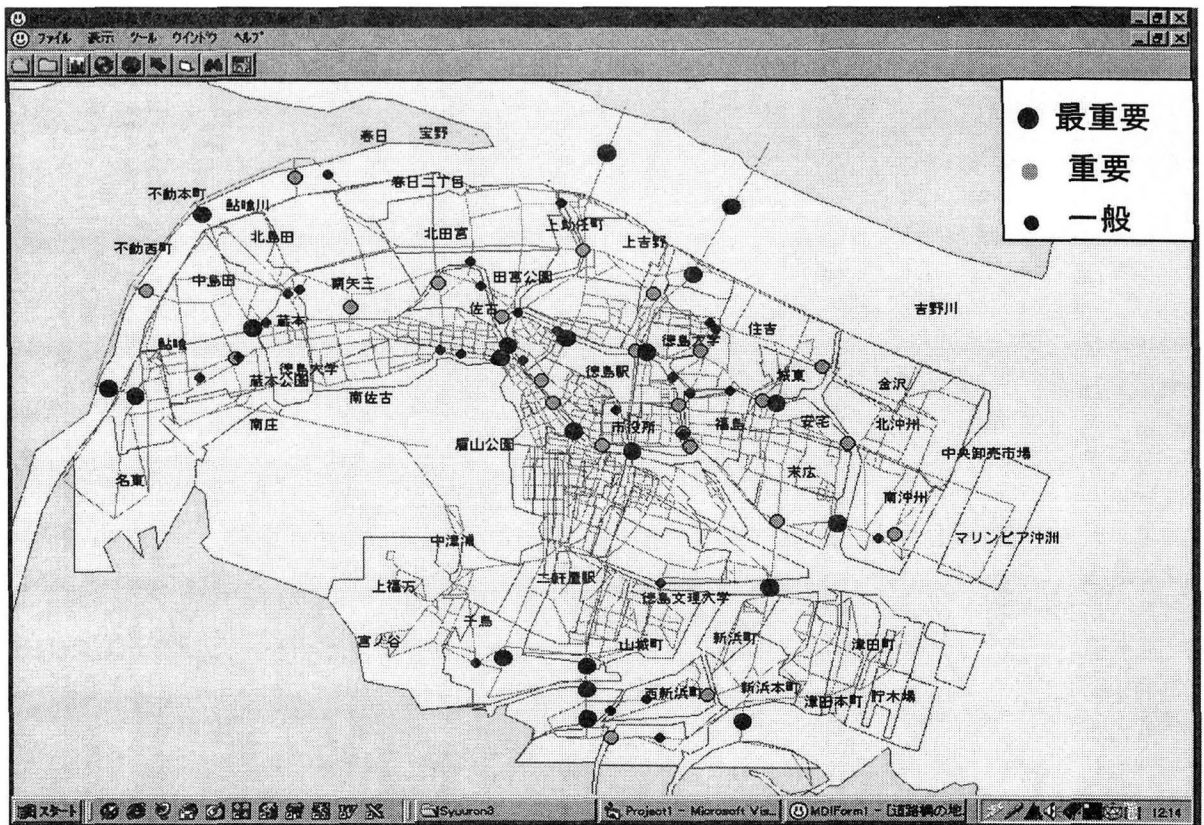


図-10 徳島市中心部を対象とした既設道路橋の重要度評価例のGIS表示(重みパターンⅡ)

における道路橋の地震防災上の重要度評価結果のGIS表示である。GISの作成にはVisual Basicを用いた。各道路橋の重要度ランクが、2. で述べたように、「最重要」、「重要」、「一般」の3段階で表示されている。実際のパソコン画面上ではカラー表示されているため、評価結果をより直感的に把握することができる。図-10は「復旧活動優先」とした重みパターンⅡの場合の評価結果を同様に示したものである。「人命優先」としたパターンⅠ(図-9)の場合に比べ、ネットワークの上部端点にあたる道路橋の重要度が高く評価されているのがわかる。これは、復旧活動の際には、評価対象地域外との交通量が增大することより、妥当な結果であると考えられる。重みパターンⅢの場合は、図-11に示すように、重みパターンⅠ(図-9)とⅡ(図-10)の場合の中間的な結果となっている。

本システムでは、図-9～11のような最終的な評価結果だけでなく、対象地域の被災状況あるいはネットワーク特性ならびに属性に基づく各重要度評価結果等、各段階における種々の結果も同様にGIS表示することができる。例えば、評価対象地域における各地区の被災状況の推定結果あるいは避難期における道路橋の重要度評価結果(重みパターンⅠ)等の途中結果を示すと図-12あるいは図-13のようである。したがって、各段階における評価結果をパソコンとの対話形式で確認しながら作業を進

めることができ、各要因に付ける重みなどに関する専門家の意見も迅速に結果に反映することが可能である。

4. おわりに

地方中核都市における道路橋の耐震補強計画策定に有用と思われる既設道路橋の地震防災上の重要度評価のための一枠組を示した。また、各種評価結果の比較・検討の際にGISの利用が大変有効であることを確認した。

本手法の実用化のためには、対象都市ならびに橋梁の被害推定手法に関する検討とともに、適正な評価範囲の設定方法あるいは各評価ステップにおける重みの合理的な決定法等、さらに検討すべき課題も多い。これらについては、今後、実務経験者等専門家の意見を参考にしながら検討してゆきたいと考えている。

謝辞：本研究を行うにあたり、平成10年度文部省科学研究費補助金(特定領域研究A(2)「都市直下地震(A04公募研究)」)による補助を得たことを付記する。また、建設省徳島工事事務所、徳島県土木部ならびに小松島港開発事務所、および徳島市土木部ならびに消防局には、本研究に必要な貴重な資料をご提供いただいた。関係各位に深甚なる感謝の意を表します。

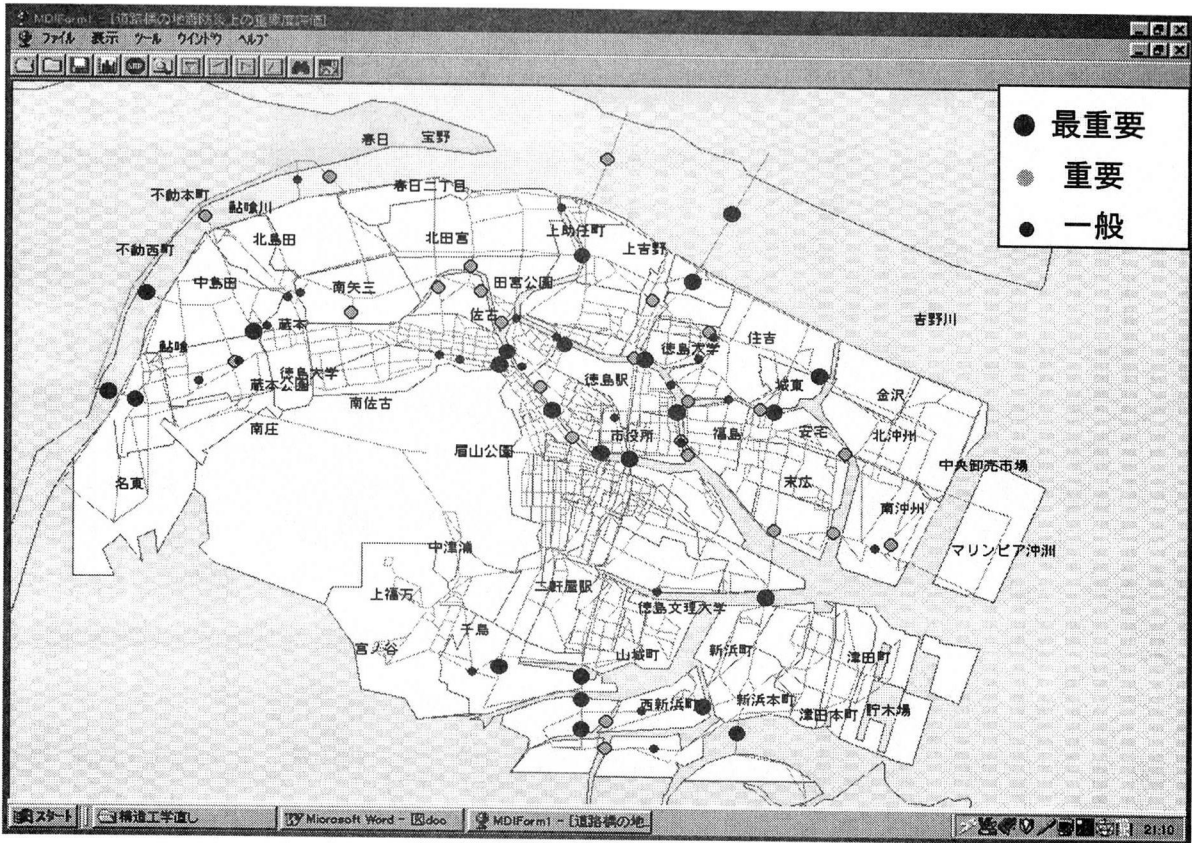


図-11 徳島市中心部を対象とした既設道路橋の重要度評価例のGIS表示(重みパターンⅢ)

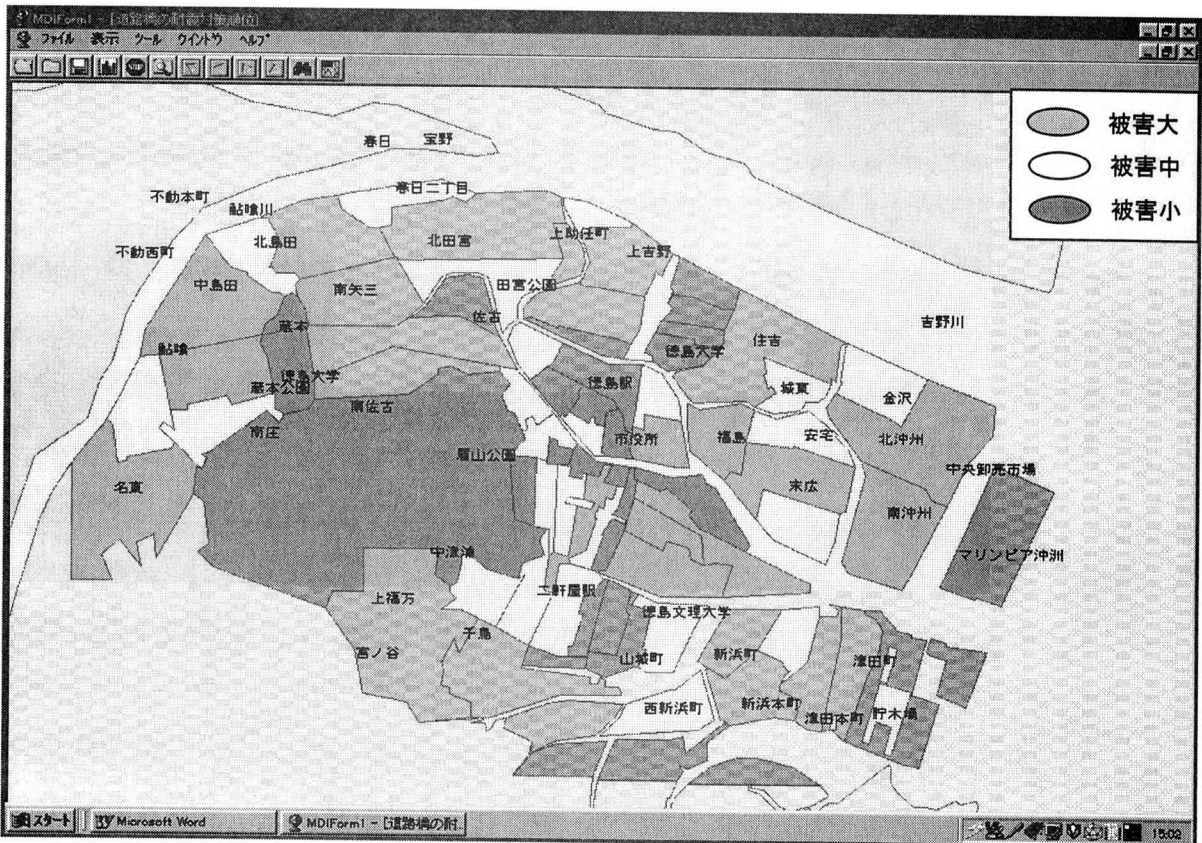


図-12 徳島市中心部を対象とした各地区の全建物大破数の推定結果

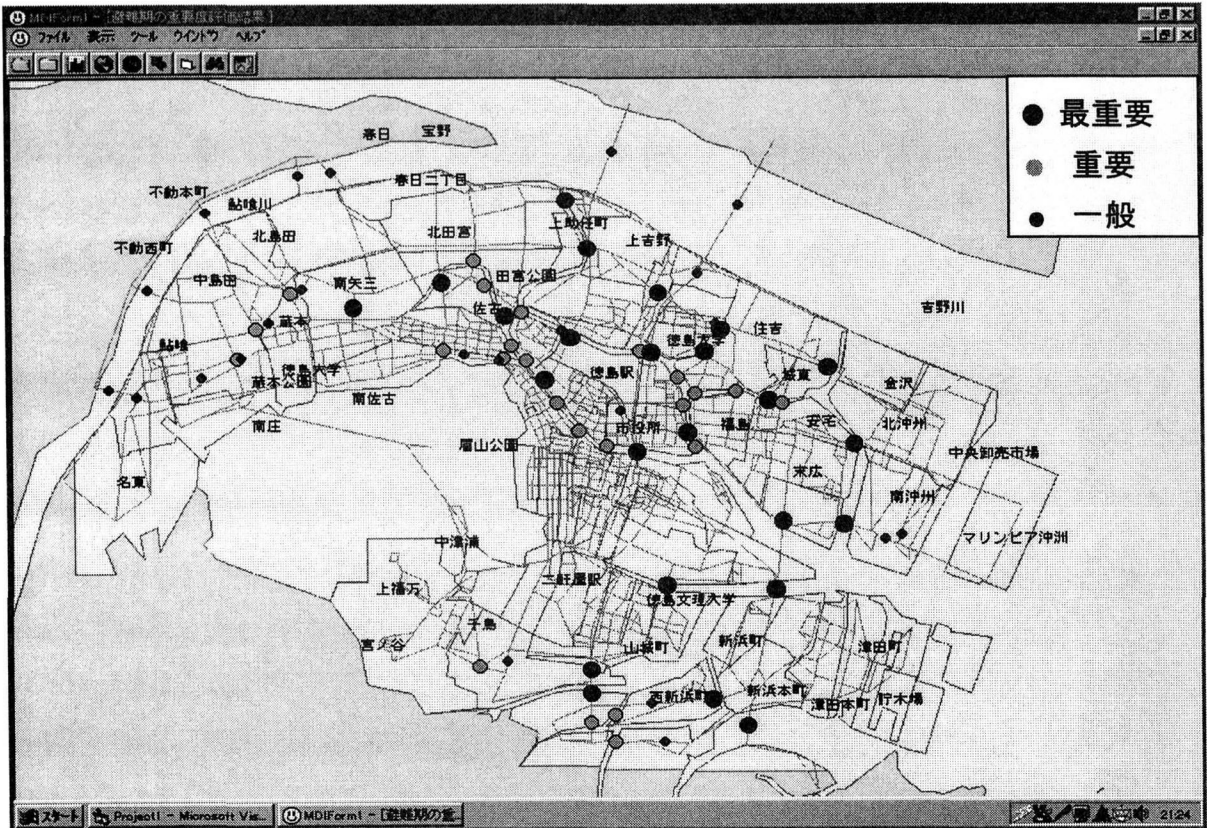


図-13 徳島市中心部を対象とした避難期における重要度評価結果(重みパターン I)

参考文献

- 1) 佐藤次郎・篠崎之雄・佐伯光昭・磯山龍二：大都市における既設道路橋の地震防災上の重要度評価手法，土木学会論文集 No.513/I-31，pp.213-223，1995
- 2) 若林拓史：地震災害時における道路網連結信頼性と確率重要度による耐震強化重要区間の決定法，阪神・淡路大震災土木計画学調査研究論文集，pp.237-246，1997.
- 3) 能島暢呂：ネットワーク信頼性解析に基づく道路網の地震防災戦略について，第24回地震工学研究発表会講演論文集，pp.1293-1296，1997.
- 4) 野崎智文・杉田秀樹：道路ネットワークの耐震性評価手法の提案，土木技術資料 40-8，pp.44-49，1998.
- 5) 国土庁：地震被害想定支援マニュアル，< <http://www.nla.go.jp/boushi/manual/index.htm> >，1997
- 6) 古川幸信・沢田 勉・平尾 潔・成行義文：道路橋の地震被害調査と被害予測への応用，第24回地震工学発表会講演論文集，pp.1109-1112，1997.7.
- 7) 日本道路協会：道路震災対策便覧(震災復旧編)，日本道路協会編集，1998.2
- 8) 茨木俊秀・福島雅夫共著：Fortran77 最適化プログラミング，岩波書店，pp.237-264，1991.
- 9) 徳島市統計調査推進協議会：統計徳島 徳島市の町丁別人口 '97 秋季増刊号

(1998年9月18日受付)