

地震時道路被害想定モジュールの開発

(株)熊谷組 ○永田 尚人¹名古屋工業大学 山本 幸司²名古屋工業大学 秀島 栄三³

Hisato NAGATA, Koshi YAMAMOTO, Eizo HIDEISHIMA

阪神・淡路大震災を契機として、地震被害の推定予測が、各地で行われてきている。しかし、災害時のインフラ被害を基にした緊急輸送について定量的な評価を行う取り組みは端緒についたばかりである。本報文で紹介する「地震被害時交通運用支援システム」は、GIS（地理情報システム）上で構築しており、震度推定をもとに道路の被害予測や通行が困難になる箇所を推定するものである。この推定をもとに通行可能な経路を探索し、目的地までの緊急輸送ルート・輸送時間を算出するなど緊急時の円滑な輸送計画策定に役立つことを示した。

【キーワード】 地震被害想定, GIS, 緊急物資輸送

1. はじめに

阪神・淡路大震災を契機として、地震被害や地域防災計画に関する問題点や課題が整理されてきている。顕著な例としては、地震発生直後から交通渋滞が発生し、緊急復旧活動が妨げられるなどがあげられる。危機管理の視点にたつと、地震発生後、被害を最小限に抑えるよう迅速かつ的確な応急対策を実施するためには、道路の役割は非常に重要である。

このため、発災直後の情報が輻輳する初動段階で迅速に道路被害情報を補うことの出来る分析ツールの開発は、今後の都市型災害に対応するために必要不可欠である¹⁾。特に、応急復旧時に重機・資材の投入計画を支障無く実施に移すことができるシステム開発は、建設系企業が災害の応急復旧に対して大きな貢献ができる分野と考えられる。

本稿では、災害時の初動対策の立案に資することを目的として、GIS（地理情報システム）上で構築した情報分析ツールである「地震被災時交通運用支援モジュール」について報告する。

2. システムの概要

都市の地震被害はさまざまな要因が複雑に絡み合い、時系列的にも被害の様相が異なるなどの確な

意思決定に対応していくためには、GISの活用は非常に有効である。GISを活用する利点として、以下の事項が考えられる。

- ① 被害の面的な広がりを見視的に認識できる
- ② 事前対策を立案できる（防災訓練等に活用）
- ③ リアルタイムに情報を入力・更新できる
- ④ 情報の共有化と提供ができる

このような特質を踏まえて、発災後の時間軸のさまざまな様相に役立つGISを活用した地震被害推定システムの開発を行ってきている。これにより、震災復旧時における食料・飲料水等の必要需要量および供給力の定量的な評価が可能となり、緊急物資輸送の効率的な実施や震災復旧時におけるガレキ処理に関する諸機材の投入計画や運搬計画の立案に大きな改善効果をもたらすものと考えられる。

(1) 地震被害推定システムの概要

「地震被害想定システム」は、任意の震源・エネルギーを持つ地震の想定震度推定をもとに3次メッシュ（1km×1km）を単位とした地震動強さを評価し、建物被害率、地震火災による焼失件数、避難所への避難者数等を算定するものである。

具体的特徴としては、

1 正会員 工修 技術研究所交通システム研究グループ 03-5261-5526
2 正会員 工博 工学部社会開発工学科 教授 052-735-5484
3 正会員 工博 工学部社会開発工学科 助教授 052-735-5586

- ① 迅速に域内の被害状況，被災地域を予測できる
 - ② 応急対策活動の調整を効率的に行うため，被害量と応急対策需要を予測できる
 - ③ 平常時においても，防災計画の策定や訓練等に利用できる
 - ④ 被害情報収集や応急対策支援を含めた総合的な防災システムの一部となるように構築できる
- 本システムの評価の概要フロー図を図-1 に示す。

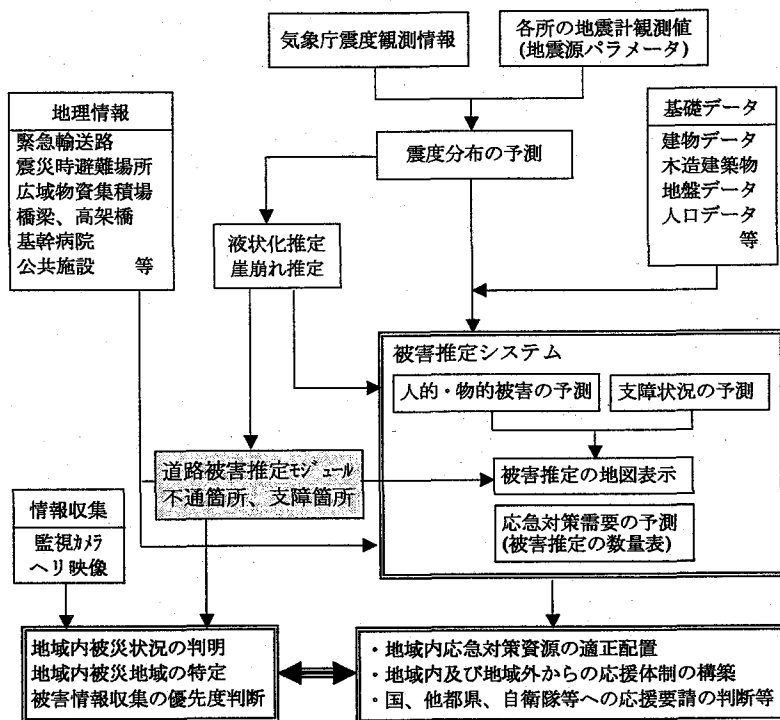


図-1 地震被害想定システムの概要

(2) 地震被害時交通運用支援システム

幹線道路は，震災時における円滑な救援・救急活動，消防活動，緊急物資輸送活動等に対して重要な役割を果たすものである。ここで紹介する「地震被災時交通運用支援システム」は，震度推定をもとに道路の被害予測や，通行不能または通行が困難になる箇所を推定するモジュールであり，地震被害想定システムの一部をなすシステムである。任意の地震による震度推定をもとに，メッシュ毎の通行可能な経路を探索し，目的地までの緊急輸送ルート・輸送時間を把握・分析できるものである。その分析結果から，被災時輸送可能量を算出するなど円滑な救援・救急活動や緊急輸送計画の策定等の対策立案に役立てることができる特徴を有している。

a) システムの要求機能

このシステムの要求機能は以下のとおりである。

- ① 任意の地点の震源を設定し震度推定を行う。
- ② 震度推定値をもとに，高架・橋梁・崖・街路閉塞の被害状況の評価を行う。
- ③ ダイクストラ法によるネットワーク解析機能を応用し，高架・橋梁・崖・街路閉塞の評価を基にして，目的地までの緊急輸送ルート・輸送時間・輸送可能量を算出する。

本システムは GIS 上で構築しているため，道路データの新規作成・更新・削除も容易に行うことができる。このため，震災時の被災現状調査結果を即座に反映させて緊急輸送の計画の再検討が可能である。

b) 被害想定手法について

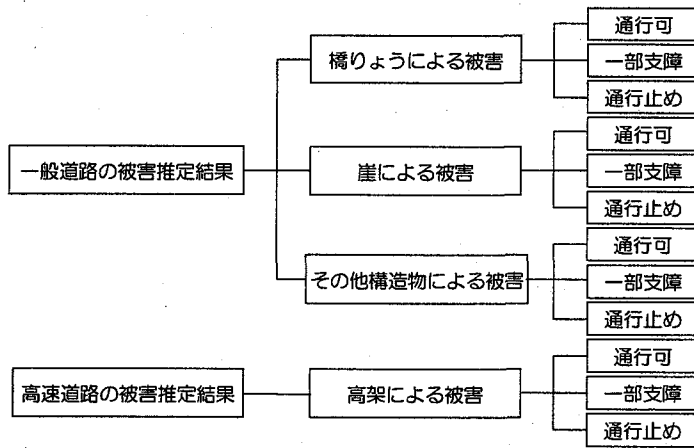
被害想定手法に関しては，行政機関等で実施されている「地震被害想定調査」²⁾で設定された震度別の路線延長あたり施設被害率をベースにしている。震度データ，高架・橋梁延長，耐震化指標，崖崩れ危険度，道路幅員から，高架・橋梁・崖・街路閉塞に対して個別のリンク毎に車両通行可能率を算出し，この通行可能率を直接緊急避難路のネットワークに反映させて，最短経路等の探索を行う。

c) 道路被害想定モジュールについて

道路被害想定モジュールは，「一般街路の被害推定」と「高速道路等の自動車専用道路の被害推定」から構成されている。対象となる道路は，大規模災害時の「緊急輸送路」が大部分を占める主要幹線道路網としている。このうち，高速道路等は，「高速自動車国道」および「それ以外の高規格な自動車専用道路」をさし，一般街路とは高速道路等以外の一般街路としている。

一般街路の被害推定は，「橋梁区間；耐震化の有無」，「崖」，「その他構造物」の3区分とし，このうち「その他構造物」とは，橋梁と崖部を除く施設全般の道路閉塞要因等の被害をさしている。高速道路等の被害推定は，阪神・淡路大震災の事例より高架・橋梁区間での被害を主要因として評価を行う。

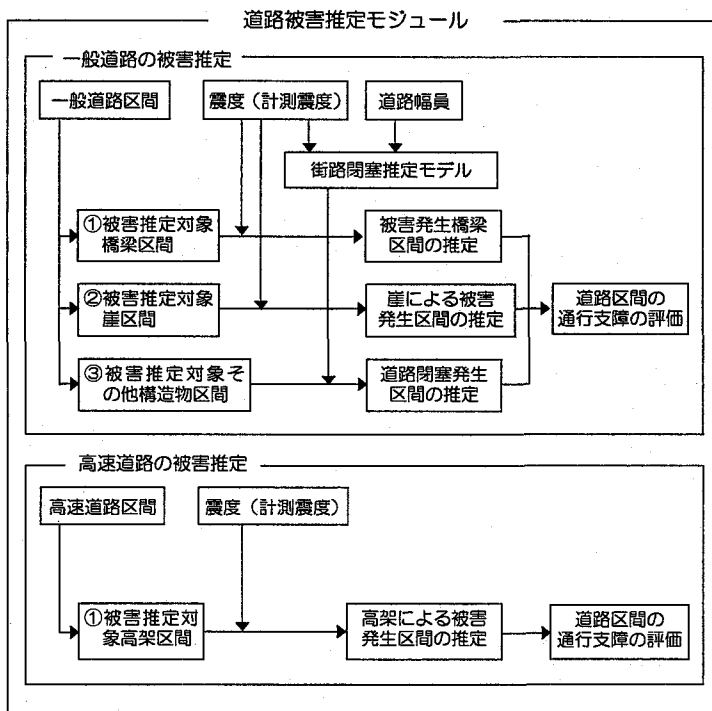
この手法は，東京における直下地震の被害想定²⁾における高架・橋梁区間の推定とほぼ同一の方法で評価する。評価指標としては図-2に示すように，各道路ごとに「通行可」，「一部支障」，「通行止め」の3指標に区分する。



図－２ 道路被害の評価指標

d) 推定方法について

推定にあたっては、一般道路の橋梁区間・崖区間・その他構造物区間、および高速道路の高架区間といった推定区分ごとに評価を行う。まず、3次メッシュ(1km メッシュ)ごとに算出された「震度(計測震度)」により、一般街路区間の耐震化橋梁区間および非耐震化橋梁区間、並びに、崖区間の被害を推定する。道路閉塞区間は、街路閉塞推定機能により、震度と道路幅員を用いて被害を推定する。高速道路等については、震度により、耐震化高架区間および非耐震化高架区間の被害を推定する。図－3に道路被害推定モジュールの概要を、表－1に東京都調査における高架橋等の被害確率を示す。



図－３ 道路被害推定のフロー

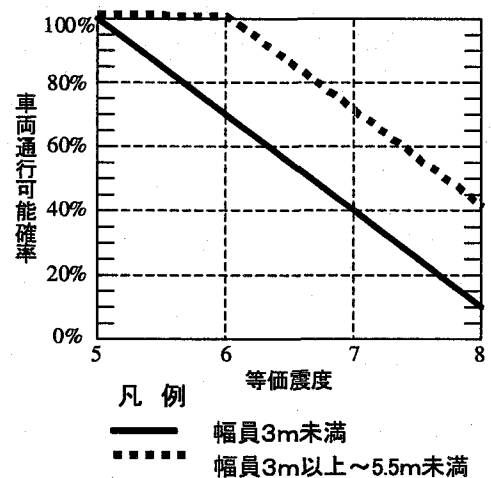
表－１ 橋梁、高架橋の被害確率

震度	落橋・倒壊率(箇所/km)	その他の被害率(箇所/km)
7	1.010	0.053
6強	0.086	0.206
6弱	0.003	0.014

その他の被害とは、支承損傷・橋脚損傷のことである。

e) 街路閉塞発生モデル

一般街路の地震被害による通行可能性について、街路閉塞発生モデルを利用し被害推定を行う。高橋ら³⁾は、家田ら⁴⁾ および塚口ら⁵⁾の航空写真を用いた街路閉塞の発生状況の調査結果から、震度階と街路幅員から街路通行可能率を求める予測モデルを開発している。道路被害想定モジュールでは上記を参考にして、汎用GISソフト上の街路幅員種別毎に地震動強さが与えられた場合の各街路の車両通行可能率を導くモデルを組み込んでいる。ここで、車両通行可能率とは、あるリンク中で車両が一部でも通行可能である確率と定義する。予測結果については、通行可の確率を数値で示す。一例として図－4に幅員3m未満のモデルおよび幅員3～5.5m未満のモデルを示す。この図の中で通行可能確率50%以下のリンクについて通行不能と判断している。



図－４ 一般街路の通行可能確率(例)

3. 神奈川県を対象とした地震による道路被害のマクロ予測

本稿では、神奈川県全域をプロトタイプエリアとして用い、阪神・淡路大震災レベルの直下型地震(M7.2 程度)による地震動強さを評価し、道路被害による通行不能箇所を算出する。震源が横浜市直

下あるいは川崎市直下で発生すると想定したケースについての予測結果事例を以下に示す。

図-5に震度の予測と崖崩れ箇所の予測（横浜市直下）、図-6、図-7に主要幹線道路の通行不能箇所と最適輸送経路（川崎市直下）の算定結果を示す。

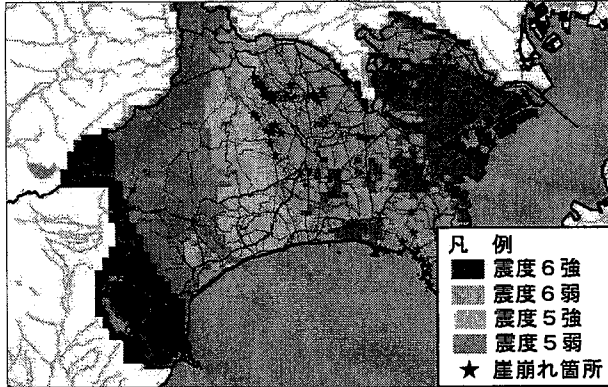


図-5 各メッシュの震度と崖崩れ箇所の予測

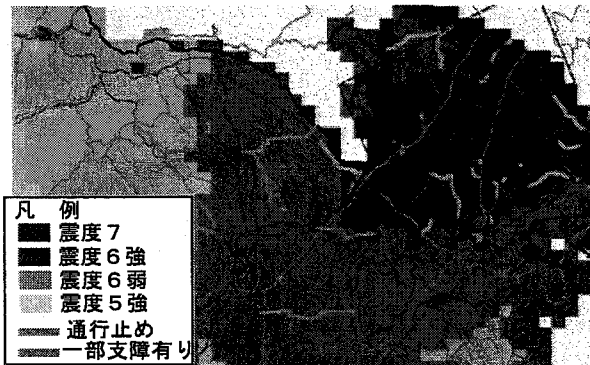


図-6 各メッシュの震度と道路被害の予測



図-7 道路被害を基にした最適輸送経路の選定

4. おわりに

本稿では、GIS上で構築した地震被災時交通運用支援モジュールについて報告した。震災は突然襲来するものであり、平時において震災への備えが必要となる。このためには地震被害の予測に基づく時系列を考慮したリスク評価分析が前提となる。

地震被害に関する課題としては、時空間的に被害の様相が連鎖的に変化することがあげられる。すなわち、救急活動、医療活動、消防活動、緊急物資輸送活動等の地域的オペレーションへの支援、被災地外からの広域救援物資輸送等の広域的オペレーション活動の支援、広域防災拠点と地域防災拠点あるいは物資集積拠点間のスムーズな緊急輸送計画の支援などである。もう一つの課題としては、震災時の情報取得および情報提供のあり方が挙げられる。

このような課題に対して本技術開発により、緊急物資輸送の効率的な実施計画立案や震災復旧時における需要量を基にした諸機材の投入および運搬計画の立案に対して大きな改善効果をもたらすなど、建設企業にとっても非常時における初動体制の意思決定支援システムとして社会への貢献を果たすことのできる技術と考えられる。

参考文献

- 1) 山崎文雄：リアルタイム地震防災システムの現状と展望，土木学会論文集，No.577/I-41，pp.1-16，1997.10
- 2) 東京都：東京における直下地震の被害想定に関する調査報告書，pp.110-116，1997.8
- 3) 高橋宏直，赤倉康寛，中本隆：大規模地震による街路閉塞シミュレーションの構築，土木学会論文集，No.632/IV-45，pp.77-92，1999.10
- 4) 家田仁，上西周子，猪俣隆行，鈴木忠徳：阪神大震災における「街路閉塞現象」に着目した街路網の機能的障害とその影響，土木学会論文集，No.576/IV-37，pp.69-82，1997.10
- 5) 塚口博司，戸谷哲男，中辻清恵：阪神・淡路大震災における街路閉塞状況に関する研究，阪神・淡路大震災土木計画学調査研究論文，pp.377-388，1997

The Development of Road Damage Estimation Module for Earthquake Disaster

Since the Great Hanshin-Awaji earthquake disaster, several estimation systems of earthquake damage prediction have been developed in some jurisdictions. However, the quantitative approach to estimation for supporting rescue and recovery activities has not been fully established. This study develops a support system for damage estimation including road network analysis of critical points by means of GIS (=Geographic Information Systems). This paper particularly shows that the system may contribute to the emergency activities by giving information on the best route choice.