

## 技術研究開発調査費

まちづくりにおける防災評価・対策技術の開発

地区施設等の救出・救護への効果分析

地区施設等の避難問題への効果分析

(幹線系道路の防災評価に関する研究)

Development of Assessment and Countermeasure Technologies  
for Disaster Prevention in Town Planning

Analysis of the effectiveness of facilities in the area for rescue and relief efforts

Analysis of the effectiveness of facilities in the area for evacuation problems

(Study on an Evaluation of Seismic Safety of Highway Networks against Earthquakes)

(研究期間 平成 11～15 年度)

主任研究官 大谷 康史

Senior Researcher Yasushi Ohtani

In the theme, I study about an evaluation of seismic safety of highway networks against earthquakes. Contents of study are as follows.(1)A evaluation method of Highway Networks against an earthquake (2).An estimation method of traffic volume after an earthquake.(3) A evaluation method of traffic situation after an earthquake.

〔研究目的及び経緯〕

1. 研究目的

避難活動・救出救護活動・緊急輸送活動に対する地区の防災活動に際しては、地区内街路はもとより、地区と防災拠点間を結ぶ幹線系道路までを視野に含めた検討が必要である。本課題では、地区内街路との連続性に配慮しながら、被災地区を起終点とする各種緊急活動を支える幹線系道路の防災評価手法(図1)を構築することを目的とし、以下に示す検討を行い、成果のとりまとめを行う。

(1) 幹線系道路の機能障害危険度の評価手法

道路施設(橋梁等)や道路占用・沿道施設(沿道建築物等)の地震被害に起因する道路機能障害の事前評価手法を構築する。

(2) 地震時の交通需要の予測手法

地震時の緊急活動に伴う交通需要を含めた地震時の交通需要の事前予測手法を構築する。

(3) 地震時の交通状況の評価手法

上記(1),(2)の手法を組み合わせた交通状況シミュレーションにより、評価時期や評価シナリオに応じて、幹線系道路の交通状況を分析し、評価・表示するための交通状況評価手法を提案する。評価内容とは、

①地震に対して脆弱な道路区間の把握、②地震発生後交通が集中する道路区間の把握、③各地区への緊急活動に対する道路機能の把握、④各種防災対策の効果の評価等である。

(4) 幹線系道路の防災評価マニュアルの作成

上記(1)～(3)について、評価・予測に必要なパラメータ設定の考え方や被害想定を基にした交通に係る条件設定等をマニュアル形式にとりまとめる。

2. 研究経緯

平成13年度は、主に短期評価における交通需要予測、交通状況シミュレーション(図1の網掛け部分)について、神戸地域をケーススタディーの対象として取り上げ、以下の検討を行い手法の枠組み構築を行った。

(1) ケーススタディーにおける評価対象地域・道路の設定

ケーススタディーにおける評価対象地域・道路の設定を行うとともに、設定の考え方を整理した。

(2) 幹線系道路の機能障害危険度評価

昨年度に提案した機能障害危険度評価手法に基づき、評価対象地域内の幹線系道路について、各区間の閉塞確率、交通容量期待値を算出した。

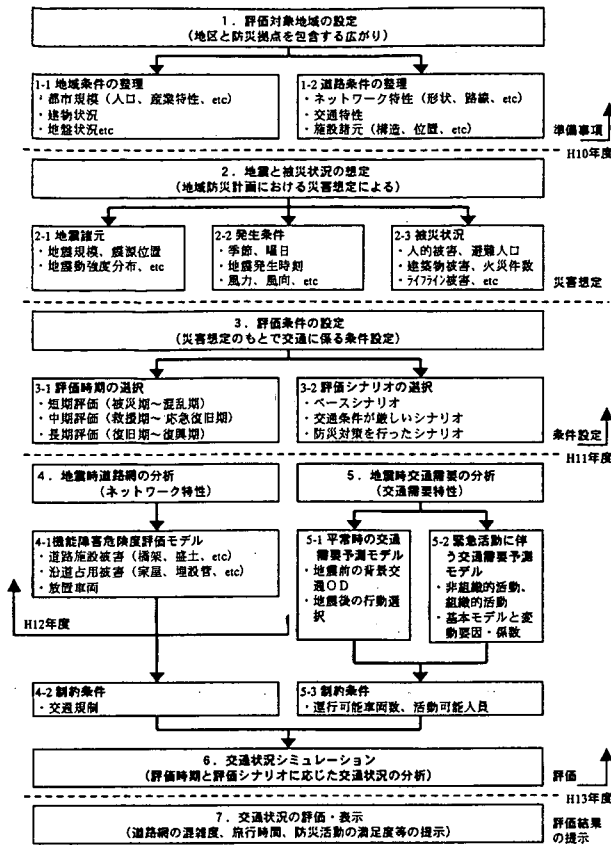


図1 地震時の交通状況評価の全体フロー

(3) 地震時の交通需要予測

パーソントリップ調査結果のODデータを基に、阪神・淡路大震災後のアンケート結果を用いて、背景交通ODを作成した。また、阪神・淡路大震災時の調査結果に基づく原単位と人口データ等より、緊急活動ODを作成し、両者を合わせて短期評価用ODとした。

(4) 交通状況シミュレーション

短期評価用幹線系道路ネットワークモデル上に短期評価用ODを発生させて、シミュレーションを行った。

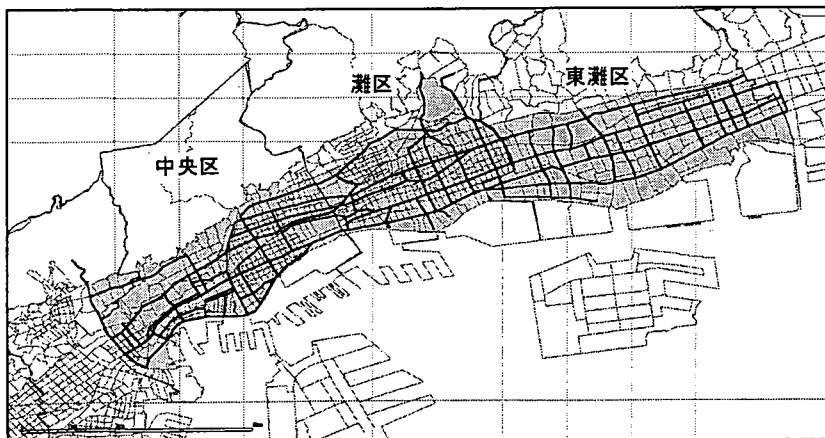


図2 評価対象道路区間の設定

【研究内容】

1. ケーススタディの評価対象地域・道路の設定

(1) 評価対象地域

神戸地域のケーススタディーにおいては、対象地域を地区施設評価の検討対象である神戸市東灘区「深江駅東地区」、「深江西地区」、「深江本山第3小地区」の3地区を含む東灘区及び隣接する灘区、中央区の3区の都市部とした。

(2) 評価対象道路

道路区間は、以下の基本方針により図2のとおりとした。

- ・都市計画法による都市計画道路の幹線街路を基本ネットワークとする。
- ・幹線街路であっても、2車線以上の道路幅員を有していない場合は、対象外とする。
- ・都市計画道路以外の道路でも交通状況上重要と考えられる2車線以上の道路は対象として加える。
- ・高速道路については、地震直後に通行規制（通行止め）を実施するため今年度の検討対象である短期評価（発災後3時間）では対象外とする。

2. 幹線系道路の機能障害危険度評価

図3に道路区間の機能障害危険度評価の全体フローを示す。神戸地域におけるケーススタディーでは、1995年の阪神・淡路大震災時の評価を行うために、道路施設や沿道施設の条件は、地震前の神戸市のGISデータを用いて設定している。

(1) 被災関数と施設被害時の影響の設定

今回のケーススタディーでは、閉塞要因として現時点で被災関数が明らかにされている橋梁、高層・低層建築物のみを考慮することとした。路上放置車両の影響については3.4(2)で述べる。

1) 橋梁の被災時の影響

橋梁が検討対象区間に含まれる場合は山崎ら<sup>1)</sup>の被災関数において、被害ランクA(被害大)およびAs(落橋)のとき完全閉塞を起こすものとした。また、跨道橋の場合は被害ランクAsの場合のみ、完全閉塞するものとした<sup>2)</sup>。

2) 高層建築物の被災時の影響

高層建築物が、被災し幹線系道路に倒れてきた場合は、完全閉塞するものとした。被災関数としては、林らの関数<sup>3)</sup>を用いることとした。ここで、被災した高層建築物が幹線系道路に倒れ

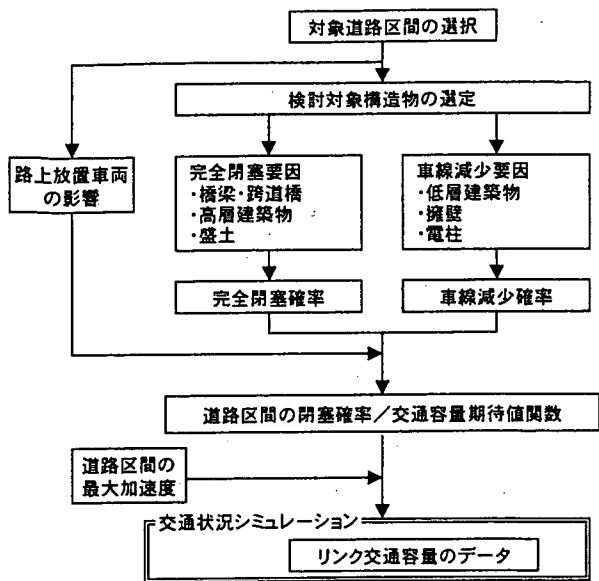


図3 道路区間の機能障害危険度評価全体フロー

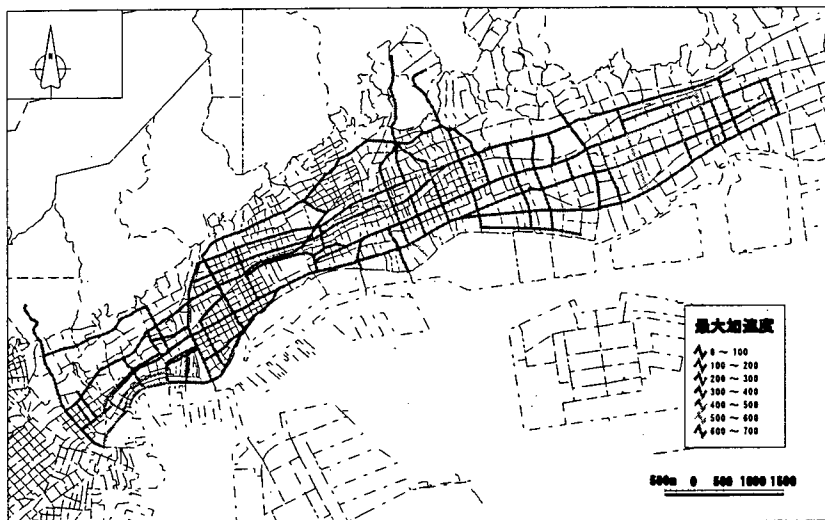


図4 対象リンクの最大加速度

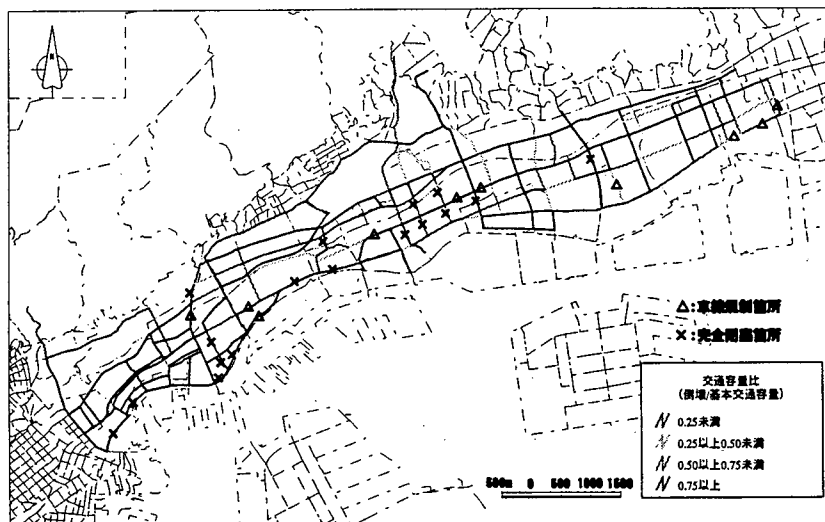


図5 施設被害による各道路区間の交通容量の低下

込む確率については、神戸市中央区の被災事例において、被災高層建築物のうち路線の交通に影響を与えたものの割合が約3%であったことから、最終的に完全閉塞を起こす確率は、「被災確率×0.03」とした。

### 3) 低層建築物の被災時の影響

低層建築物の被災関数として、高層建築物と同様に、林らの関数<sup>3)</sup>を用いた。被災時に幹線系道路にガレキがはらみ出す確率は、阪神・淡路大震災調査報告<sup>4)</sup>より、0.482とした。また、低層建築物被災時にガレキが敷地より道路にはらみ出す量については、同報告書を参考に決定した。

### (2) 計算結果

図4に阪神・淡路大震災時における地盤上の強震記録から推定した最大加速度を示す。その最大加速度が作用した場合の交通容量の平常時比（地震時の交通容量期待値/基本交通容量）を図5に示す。図

5中には、被災調査による機能障害発生箇所（手法で考慮している、橋梁、沿道建築物の被害による閉塞）を合わせて示している。評価結果と被災調査結果を比較すると、被災箇所と交通容量の平常時比の小さい道路区間に違いも見られるので、今後、詳細検討を行っていく予定である。

### 3. 地震時の交通需要予測

地震後のOD予測においては、基本となる背景交通量を予測するとともに、地震時に発生する緊急活動に伴う交通量を予測する必要がある。表1に阪神・淡路大震災時の実態を踏まえて整理した緊急活動とその発生時期を示す。緊急活動ODは、組織的緊急活動（消防活動など官公庁が行う活動や、公共インフラの復旧に関する活動）と非組織的緊急活動（個人による負傷者の搬送や、避難など）の2つに大きく分けられる。

本研究では、発生時期に応じて、これら2種類の活動を考慮することとした。ここでは、短期評価（発災後3時間経過後）を行うためのODマトリクス（地震後3時間のOD）を作成する。短期評価用ODの構成は、図6に示すとおりである。

#### (1) シナリオ設定

本ケーススタディでは、発災時刻を

表1 地震時の緊急活動と発生時期

緊急活動等の種類	緊急活動等の内容	活動発生時期		
		短期	中期	長期
救急・救助	消防署の救助活動及び救急車による傷病人の搬送を対象とする。	○	△	
物資調達・物資供給	域外から物資倉庫等配送拠点までの移動と配送拠点から避難所等への移動の2種類の移動を対象とする。		○	○
電力	電力復旧における応急復旧活動と本格復旧活動を対象とする。		○	△
ガス	ガスの修理、点検等の活動のための交通を対象とする。		○	△
水道	水道管の修理、点検等の活動のための交通を対象とする。		○	○
道路・交通系復旧	交通系の復旧処理として応急措置と復旧措置の2種類を対象とする。		○	△
建築物系解体・がれき処理	道路上のがれきや倒壊建物のがれき処理等の作業対象とする。			○
避難(広域・域外)	広域・域外への避難に伴う、車輛による避難を対象とする。	△	○	
人の搬送	病院等への個人による搬送を対象とする。	○		
家族的安否確認	勤務先等出先からの帰宅行動や、親戚等の安否確認行動等を対象とする。	○		
物資搬送	個人的な支援物資の輸送や物資調達に伴う移動を対象とする。		○	

注) ○は、活動の主たる発生時期を示す。△は、従たる発生時期を示す。

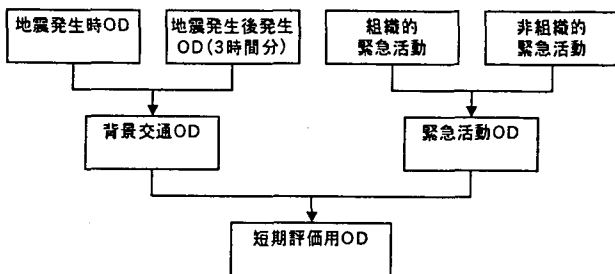


図6 短期評価用ODの構成

表2 短期評価のための平常時ODから地震後のODへの置き換えの考え方

対象	地震前の目的	地震後発生後の行動
地震発生時OD	通勤	帰宅80% 行動継続20%
	通学	帰宅80% 行動継続20%
	自由	帰宅80% 行動継続20%
	業務	帰宅80% 行動継続20%
	帰宅	帰宅100%
地震発生後発生OD	通勤	通常時の25%が発生
	通学	通常時の25%が発生
	自由	通常時の0%が発生
	業務	通常時の0%が発生
	帰宅	通常時の55%が発生

夕方18時に設定し、発災後3時間経過した時点での交通状況について評価を行った。交通推計については、発災時から3時間経過時点までの3時間分のODを想定し交通推計を行った。

(2) 短期評価用背景交通ODの推計

1) 地震後の背景交通ODの考え方

短期評価用背景交通ODは、第3回京阪神都市圏パーソントリップ調査結果(1990年)より求めた。この調査では活動目的を5種類(通勤、通学、自由、業務、帰宅)に区分しているが、地震後の

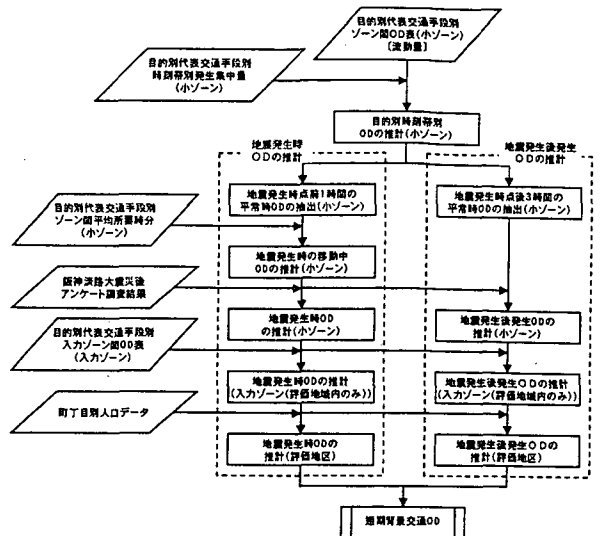


図7 短期評価用背景交通ODの推計フロー  
背景交通ODは、これら平常時ODに対して地震時に地震後に行われた京阪神都市圏交通計画調査(京阪神都市圏交通計画協議会、1995年7月実施)のアンケート結果を基に、活動の変更を考慮して表2に示すとおり設定した。

具体的には、地震発生時に行っている活動については、地震が発生したらどう行動するかという想定質問の回答を基に地震後の行動を設定した。また、地震発生後に行われる予定であった活動(地震発生時には未だ当該活動を行っていない)は、地震発生日における実際の行動調査結果を基に地震後の行動を設定した。以下、これら2つの地震発生による活動変更後のODについて、前者を地震発生時OD、後者を地震発生後発生ODと区分して呼ぶこととする。

2) 短期評価用背景交通ODの推計

短期評価用の背景交通ODの推計フローを図7に示す。パーソントリップ調査結果を基に地震発災時ODと地震発生後発生ODを推計し、両者を合わせて短期評価用背景交通ODとする。

(3) 組織的緊急活動ODの推計

1) 組織的緊急活動OD

組織的緊急活動ODとしては、主として消防署の行う活動としての救急・救助および消火・消防を取り扱い、阪神・淡路大震災時のデータから求められた発生原単位を基に推計する。

ただし、本ケーススタディーにおいては、救急・救助活動ODについては、緊急車両の出動件数の実データにより消防署一地区、地区一一次医療機関のODを設定した。消火・消防活動ODについては、震災直後に当該対象地域で発生した火災18件に対して消防署から火災箇所へのODを設定し

表3 短期評価用OD

目的	内々		内外		外内		外々		合計	
	交通量	割合	交通量	割合	交通量	割合	交通量	割合	交通量	割合
地震発生時OD	6,607	33.1%	3,533	17.7%	2,245	11.3%	7,563	37.9%	19,948	22.7%
地震発生後発生OD	2,033	3.3%	22,561	36.3%	9,031	14.5%	28,602	46.0%	62,227	70.8%
救急・救助活動OD	354	100.0%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	354	0.4%
消火・消防活動OD	31	100.0%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	31	0.0%
避難活動OD	3,468	87.0%	517	13.0%	0	0.0%	0	0.0%	3,985	4.5%
搬送活動OD	1,315	100.0%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	1,315	1.5%
合計	13,808	15.7%	26,611	30.3%	11,276	12.8%	36,165	41.2%	87,860	100.0%

た。

2) 非組織的緊急活動OD

非組織的緊急活動ODとしては、避難（広域・域外）、人の搬送を取り扱い、阪神・淡路大震災時のデータから求められた発生原単位を基に推計する。

避難活動ODは、広域避難場所及び域外への避難を想定し、人口、人口に対する避難トリップの発生原単位、地震発生後3時間以内の避難者の実績調査結果より求める。

搬送活動ODは、個人による傷病者の最も近い一次医療機関への搬送を想定し、人口、人口に対する避難トリップの発生原単位（3時間内に集中すると仮定）より求める。

(4) 短期評価用OD推計結果

表3に短期評価用ODを示す。なお、表3に示す“内”とは図2の青色部分を指し、“外”とはそれ以外の部分を指す。また、外々ODは対象地域内の通過ODのみを抽出している。

4. 交通状況シミュレーション

交通状況シミュレーションの条件を以下に示す。

(1) 道路区間速度の設定

道路区間速度は道路交通センサスの箇所別基本表に記載されている指定最高速度を用いる。

(2) 道路区間交通容量の設定

道路区間の交通容量については、前述の地震被害による容量低下の他に、交差点と路上車両の影響を考慮することとした。

1) 交差点を考慮に入れた交通容量

平常時における交差点の交通容量は文献<sup>5)</sup>を踏まえて設定した。交差点の容量は、概ね2車線道路で平常時の道路区間の交通容量の80%、4車線以上の道路で道路区間の交通容量の40%程度となる。解析では、被災時の道路区間の交通容量と、その道路区間の両端の交差点の平常時交通容量の3つを比較し、最も少ない値をリンクの交通容量に用いることで、交差点による交通容量の低下の影響を反映した。

2) 路上駐車の影響

地震前からの路上駐車、地震発生に伴う車両の

路上への放置は、いずれの道路区間でも発生する可能性があり、過年度の検討によれば両者を合わせた放置車両による道路占有率は高い場合で15%程度である結果を得ている。そこで、ある程度の延長の道路区間では路上駐車車両の存在は避けられないものと考えられる。ただし、極短い距離では車両が無い場合も考えられるため、今回のケーススタディーでは便宜上区間長が50m以下のリンクでは路上駐車は起きないものとしている。それより長い道路区間については、路上駐車が存在するものとして、道路幅員を考慮して交通容量を低減している。

3) 地震時の道路区間交通容量

地震時の道路区間の交通容量は、地震被害による容量低下および1)~2)を踏まえ交差点の交通容量と、被災および路上駐車の影響を考慮した道路区間の交通容量の内、最も少ない交通容量とすることとした。

(3) 交通量配分手法

交通量配分手法としては分割配分を用い、各リンクの距離、交通量-走行速度の条件(Q-V式)により設定した所要時間より最短時間となるOD間の経路を探索し、各リンクに交通量を累加した。Q-V式を図8に示す。各パラメータは、以下のように設定する。

①交通容量

・Q2(可能交通量、台/時)：地震被害、交差点および路上駐車の影響を考慮した交通容量を設定

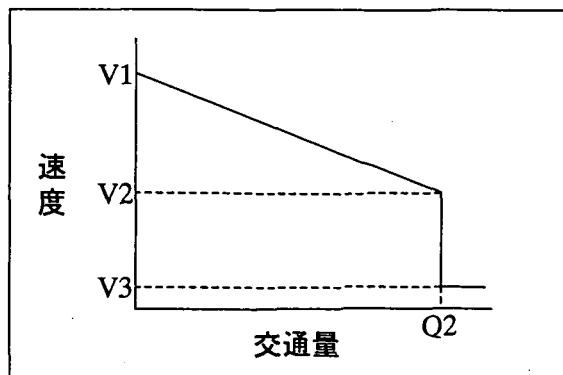


図8 Q-V式

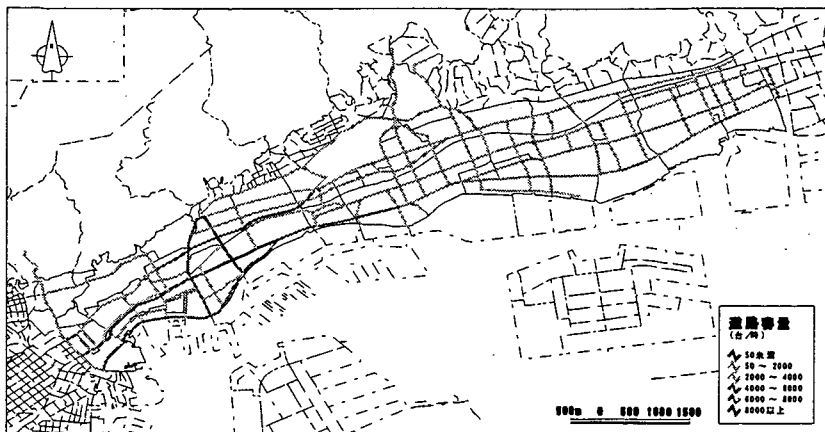


図9 地震時解析用ネットワークの交通容量

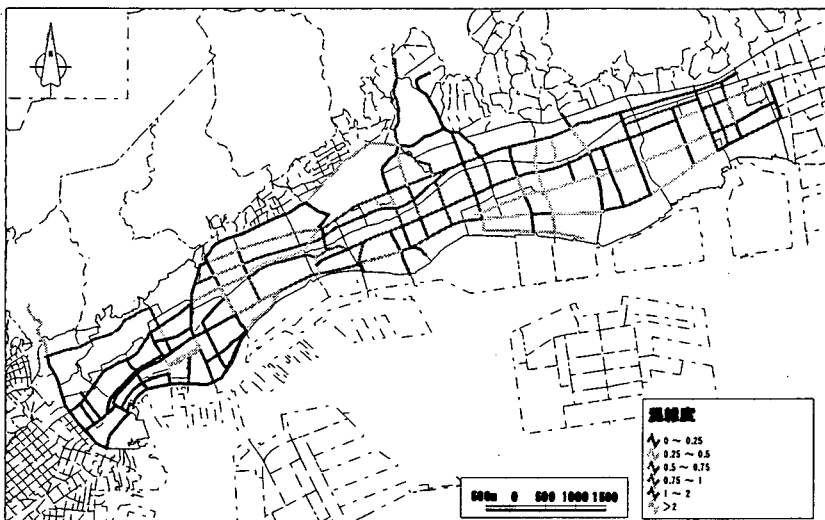


図10 地震時混雑度

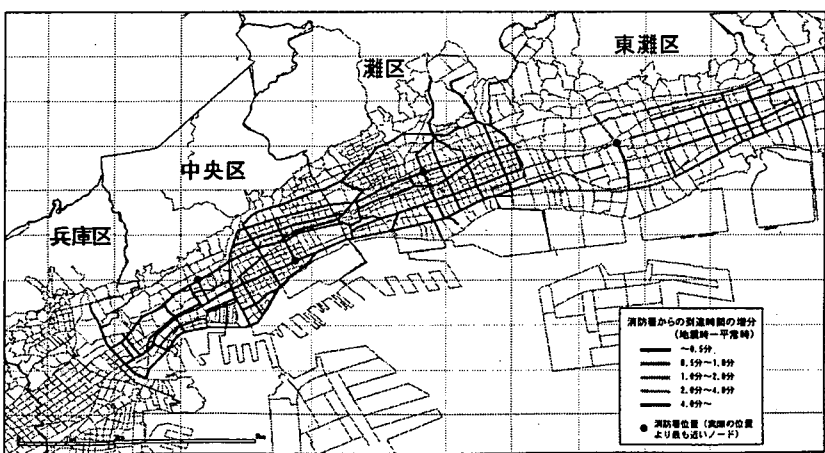


図11 消防署からの到着時間の地震時と平常時の差

する。

②走行速度

- ・V1 (自由流速度、km/時)：規制速度
- ・V2 (限界速度、km/時)：V1の2分の1
- ・V3 (渋滞速度、km/時)：V1の10分の1

(4) シミュレーション結果

神戸市のケーススタディーとして、図9に示す地震時解析用ネットワークに、表3に示すODを発生させて、シミュレーションを行った。シミュレーション結果の一例として、図10に混雑度を示す。施設被害が多く、交通容量が低下した対象地区の東側において、混雑度が高くなっている。また、図11には、対象地区にある4箇所の消防署からの各道路区間(各区間の中心)までの地震時と平常時における所要時間の差を示している。混雑度が高い東部地区において到着時間の増加が推定されている。なお、到着時間計測の起点は実際の消防署位置から最も近いノード(交差点位置)としており、図にはそれぞれの消防署に対応した、4カ所の●で示している。

5. 今後の検討方針

来年度は、本ケーススタディ結果を検討し、問題点・課題を抽出して、評価手法に改良を加えるとともに、改めて評価条件の設定を行い、手法の適用事例として提示できるよう再試行を行うこととする。

参考文献：

- 1)山崎文雄,大西淳一,田山聡:高速道路構造物の早期被害推定法の提案,第3回都市直下地震災害総合シンポジウム,pp.403-406,1998.10
- 2)社団法人日本道路協会:道路震災対策便覧(震災復旧編),1988.2
- 3)林康裕,宮腰淳一,村田和夫:1995年兵庫県南部地震の地震動強さと建物被害の検討,清水建設 IRI 研究報告 97-01,1997.3
- 4)阪神・淡路大震災調査報告(交通施設と農業施設の被害と復旧):阪神・淡路大震災調査報告編集委員会,社団法人土木学会,1998.

5)社団法人日本道路協会:道路の交通容量,1984.9

6)建設省建築研究所・土木研究所:防災まちづくり技術開発における個別技術課題に関する調査報告書,2000.3

# 危機管理技術研究センター地震防災研究室

Earthquake Disaster Prevention Division, Research Center for Disaster Risk Management

## 宇宙・情報技術を活用した震災対策支援システムに関する研究 Study on Application of Remote Sensing Technologies and Advanced Information Technologies for Earthquake Disaster Prevention

(研究期間 平成 11 ~ 14 年度)

主任研究官 真田 晃宏  
Senior Researcher Akihiro SANADA

### 【研究目的及び経緯】

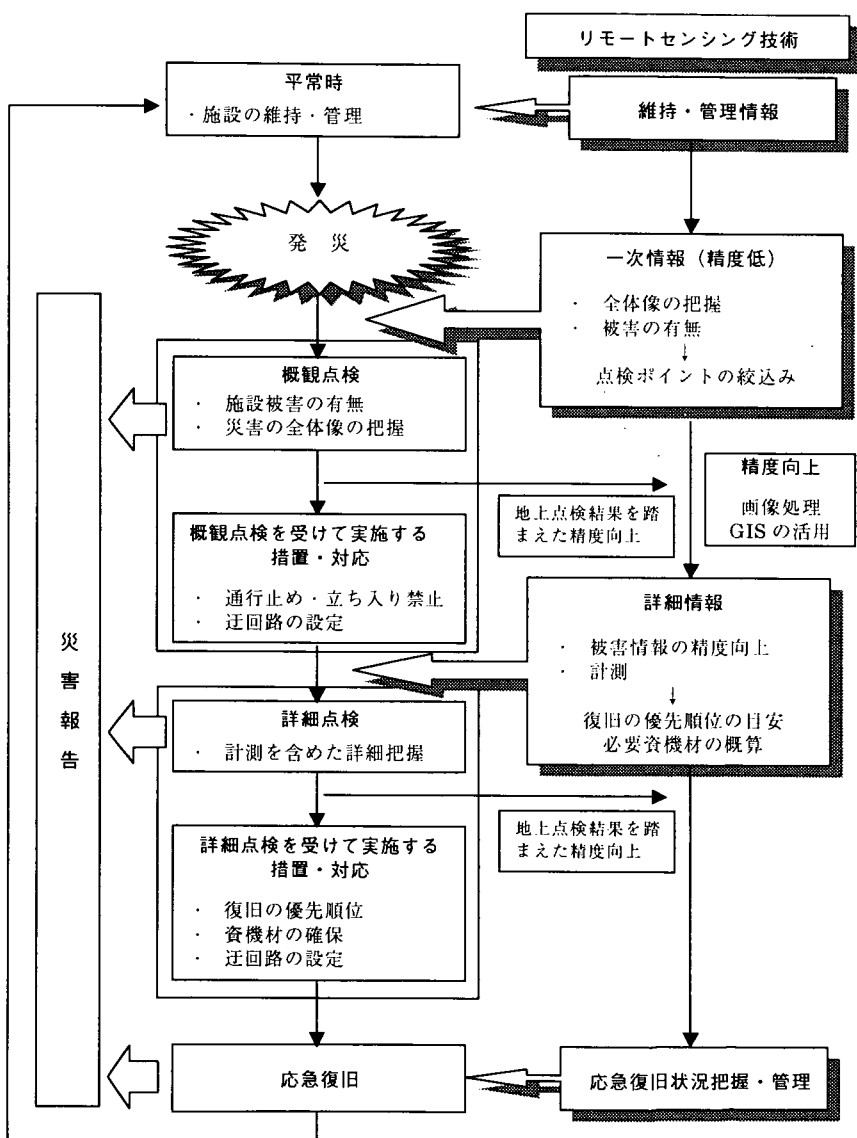
広域的かつ甚大な災害では、地上での情報収集だけでは、各施設管理者が必要とする情報を提供することが容易ではないことが明らかである。一方、近年、震災対策に利用可能あるいは有効とされる新しい宇宙・情報技術が非常に速いペースで開発、提供されている。本研究は、それらの先端的な技術を調査し、これらの技術を応用することによって震前・震後の対策活動を支援する効果的な震災対策支援システムを整備するための、留意事項、導入方策、各種技術に要求される機能等を取りまとめるものである。

### 【研究方法及び研究成果】

平成 13 年度は地方整備局に対するヒアリングを行い、リモートセンシング技術の災害対応への導入イメージを作成した(右図参照)。ヒアリング調査および過年度の検討結果より、大規模な災害対応においてリモートセンシング技術は、以下のような利用が考えられる。

#### ①施設の被災状況の把握およびその省力化

- 1) 現地に行かなくても、取得した画像から被害の概要を把握できる。また、地上の観測機器、センサ、各種の情報を総合して、より正確な情報収集が可能となる。
- 2) 上空画像・映像は、広域性があり位置把握が容易であることから、被災施設候補を抽出し、現地点検・調査ポイントの絞り込みへの活用が期待できる。これにより被災状況の把握の省力化が期待できる。





3)被害箇所等の抽出については、目視による判読のほか、画像処理による方法がある。画像処理を用いることにより、広範囲の画像データであっても迅速に被害抽出が可能である。

## ②計測

1)これまで航空写真が地図の作成に利用されてきたように、上空画像・映像は、位置同定に優れていることから、被災規模（長さ、面積）の計測に利用可能である。また、使用するセンサによっては、3次元計測が可能であり、量的な計測（例えば、土砂災害時の崩壊土量）ができる。

## ③地図・背景図

1)地形図等が整備されていない地域の場合、撮影された画像を写真地図・背景図として活用できる。

以上、①から③に示すリモートセンシング技術の利用可能性を踏まえ、災害対応の時系列上での各ステージにおける、リモートセンシング技術導入時の災害対応を示す。

### ①初動期

施設点検職員の点検結果、ITVカメラ等地上系の情報に加えて、上空画像・映像から簡易な画像処理手法によって抽出した被害情報を一次情報として提供し、被害の全体像の把握および外観点検時の点検ポイントの絞り込み（災害対応に緊急を要する可能性のある地域の絞り込み）に活用する。

#### 《簡易的な画像処理手法》

以下のものが簡易手法として想定される。

- ・災害発生前に、あらかじめ定められている被害の特徴量にもとづき画像処理を行う方法（画像・映像データの取得条件（季節・太陽の位置・天候等）により、被害の特徴量は変化するため抽出精度は低くなる。）
- ・目視により、大局的に被害の大きい地域を判読する方法 等

### ②緊急対応期

初動期には時間的な制約があり実施できなかった画像処理手法やGISを活用するとともに、外観点検結果を踏まえて、一次情報として提供した被災情報の精度を向上させる。また、被災箇所の定量的な計測（画像処理や、3次元計測可能なセンサのデータを活用）を実施する。これらの情報を詳細点検のための基礎データとして提供する。

#### 《初動期に実施できなかった画像処理手法》

以下のものが該当する画像処理手法として想定される。

- ・取得された画像・映像データに基づき被害の特徴量を設定し、画像処理を行う方法
- ・複数の画像処理を組み合わせる方法
- ・画像処理による抽出結果を、人が確認・判断する方法 等

### ③応急復旧期

広域的かつ複数の施設で同時並行して復旧作業が実施されることから、上空画像・映像により得られる情報をもとに、復旧作業の状況把握・管理を行う。

13年度には、また、リモートセンシング技術導入によるメリットを抽出するとともに、現場へのリモートセンシング技術の導入にあたって考慮すべき事項について検討した。

導入メリットとしては、同一エリアの他機関所管施設の被害概要も把握できること等が挙げられた。また、円滑な導入・利用のためには、リモートセンシング技術の利用効果が明確である大規模災害時だけでなく、頻度の高い規模の災害時や平常時業務においても活用できることが必要であること等を把握した。

現状ではリモートセンシング技術を活用した災害対応には、取得データの精度・リアルタイム性・画像処理による被害抽出精度の向上など多くの問題点・課題が挙げられる。しかし、このような問題点・課題をクリアすることにより、リモートセンシング技術は、広域的な被害等の状況を迅速に把握するために非常に有効な手段となる。今後は、平常時の施設管理等における活用方策及び画像処理の自動化手法の検討を行う予定である。また、これまでの検討成果を踏まえリモートセンシング技術の災害対応への活用方策を分かりやすくとりまとめる予定である。