

衛星情報等に基づく災害時の交通機能評価・支援システムの開発に関する研究

Development of transport planning system by using satellite and others data in natural disaster**

菅野耕平***・門田博知****・加藤文教*****

by Kouhei SUGANO***・Hirokazu MONDEN****・Fuminori KATO*****

1. はじめに

災害時の交通混乱によって、緊急性の求められる救援活動、避難活動、物資輸送活動などが停滞し、被害の拡大や復旧の遅延などが発生している。災害に強い都市を構築する上で、被災時に都市機能が著しく低下しないような都市構造や交通網を整備しておくことと、適切な交通誘導をより迅速に行えるシステムを整備しておくことが求められる。

こうした観点から、飯田等は阪神・淡路大震災における交通実態調査に基づき、災害時の交通挙動の分析と予測を行い、交通の混乱が生じないようなマイカー交通規制のあり方に関して報告している¹⁾。一方、被害状況の迅速な把握という点から、GISを用いた地震被害予測システムの開発が行われている^{2)~4)}。また、山崎は、リアルタイムな地震防災システムを整理し、今後の課題として早期被害予測に必要なデータベースの整備の重要性とそこでのGISの活用を指摘するとともに、情報収集手段として携帯情報端末や衛星画像の活用を提言している⁵⁾。

しかしながらこれまでの研究ではどちらかといえば各段階が独立的に取り扱われており、相互関係をふまえ総合的に災害に対応したものが少ない。そこで、本研究では、できるだけこれまでの研究成果を活用し、総合的視点に立って進めることに主眼を置いた。すなわち、人工衛星等を利用して災害情報を迅速に把握し、予想される交通需要を的確に予測し、災害時特有の各種交通行動によって生じる混乱を避け、交通管理への適正な情報提供が行えるシステム

の構築を目指している。また、ここでは都市活動への影響を少なくする対策を優先的に採択し、活動を円滑かつ効率的に行いうる支援策立案に役立つシステム開発を目的としている。

2. システムの全体構成

システムの全体概念フローを図-1に示した。本システムは6つのサブシステムと、1つの外部システムとで構成されている(表-1)。

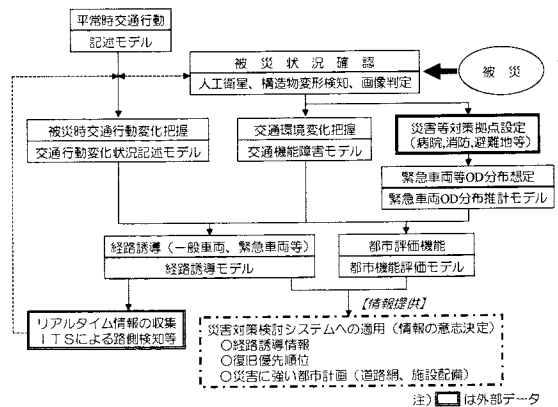


図-1 システムの全体概念フロー

表-1 システム構成

各システムの種類	システムの概要
①データ収集システム	人工衛星データに基づき被害箇所・規模を把握するサブシステム。
②平常時自動車トリップ減少推計モデル	平常時トリップの変化を推計するサブシステム。
③災害時自動車トリップ推計モデル	災害時特有トリップの発生を推計するサブシステム。
④リンク設定システム	都市内道路機能を修正するサブシステム。
⑤交通量推計システム	各道路の利用交通量を推計するサブシステム。
⑥都市機能評価システム	道路網や都市施設配置等を評価するサブシステム。
⑦災害対策検討システム(外部システム)	市民、道路・交通管理者等に情報提供するシステム。

*キーワードズ: システム分析、計画手法論、GIS

*** 正員 環修 (株) ヒロコン第三技術本部

(〒733-0036 広島県広島市西区観音新町1丁目7-62

TEL (082) 293-3241, FAX (082) 293-3365)

**** 名誉会員 工博 広島大学名誉教授

***** 正員 工博 (株) ヒロコン第三技術本部

(1) 被災状況把握（データ収集システム）

被災状況は、人工衛星から得た画像データを用いて把握する。現在、使用している衛星画像の分解能は8m程度であり、橋梁、道路、家屋などの被害状況の把握は可能である。ただし、人工衛星の利用について、次のような問題点が発生する。

○阪神・淡路大震災時において、一時避難行動は5分以内が50%、15分以内が75%弱という状況からすると、人工衛星データの最小回帰日数1日、データ処理時間最小2時間というタームでは、災害発生直後の交通混乱には利用しにくい。このため、以下のような情報収集補完システムを考える。

①変形角計による被災状況の計測

主に構造物に変形角計を設置し、地震等による変形の程度を計測する。

②GPSを活用した変位規模（倒壊状況）の計測

GPSにより道路面など基準となる高さの高低差の変化によって変位量を計測する。

③ITSによる路側検知情報の活用

ITSによってリアルタイムに観測されている路側検知情報を活用する。

④人の目視による情報収集

通信システムでは道路の閉塞状況などが把握できない場合、道路情報をGISに取り込んだパソコンを携帯し、現地踏査で状況をパソコンに入力していく。

(2) 災害時自動車トリップ推計システム

a. 平常時自動車トリップ減少推計モデル

建築物等が被災することによって生じる日常トリップの減少量を推計する。ここでは衛星画像からの

情報を想定し、被災面積に基づいてトリップ発生・集中量が推計できるモデルとして、説明変数に用途地域別面積を用いた。自動車トリップには、平成6年度道路交通センサスデータを、モデル構築のゾーニングとしては第2回広島都市圏パーソントリップ調査の最小単位となるCゾーンを用いた。

モデルの形式は一般的な重回帰式を採用した。作成した目的別予測モデルを表-2に示した。通学の集中モデルについては、自動車利用率が学校の種類によって異なることなどから、用途地域別面積では説明力のあるモデル構築ができなかった。そこで、通学トリップ集中量については、通学目的以外の集中量減少率の平均値を用いて推計するものとする。被災時の自動車トリップの発生・集中量の推計手順を図-2に示す。なおOD分布量は、フレータ法を用いて推計する。

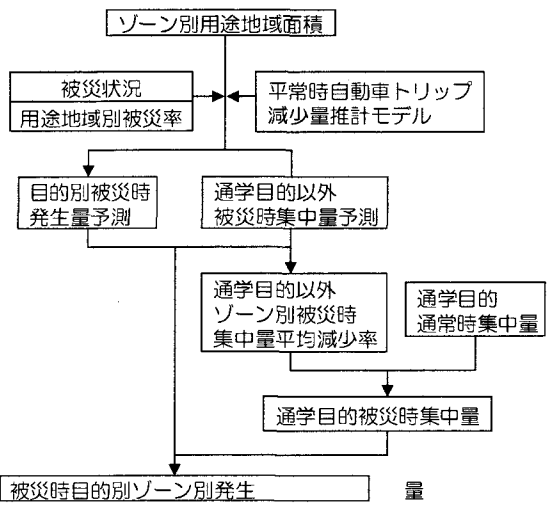


図-2 平常時トリップ発生集中量推計フロー

表-2 平常時自動車トリップ発生・集中モデル

区分	第一種住居	第二種住居	住居地域	近隣商業地	商業地域	準工業地域	工業地域	工業専用地	定数	重相関係数
通勤	発生 0.05631 (3.95)**	0.09221 (5.06)**	0.11163 (8.13)**	0.17458 (3.40)**	0.07425 (2.28)*		0.07570 (2.52)*		122.32930 (1.55)	0.8411
	集中			0.29357 (2.94)**	0.38529 (6.18)**	0.23010 (8.44)**		0.13257 (2.22)**	457.80548 (3.62)**	0.7893
通学	発生	0.00607 (3.12)**	0.00555 (2.97)	0.01404 (2.01)*					27.35191 (3.39)**	0.7101
買物・私用	発生	0.02643 (1.76)	0.06622 (3.44)**	0.08817 (6.19)**	0.26264 (7.80)**	0.05297 (3.89)**			206.42838 (2.53)*	0.7787
	集中		0.02678 (0.69)	0.07538 (2.68)**	0.21997 (2.11)**	0.52600 (7.90)**	0.03373 (1.24)		209.97288 (1.33)	0.6842
業務	発生		0.11656 (2.00)**	0.84426 (4.01)**	1.07374 (7.75)**	0.33220 (5.77)**	0.19136 (1.42)		793.74676 (2.40)*	0.7473
	集中			0.80115 (3.57)**	1.07403 (7.62)**	0.39641 (6.38)**	0.08151 (0.57)		1181.69935 (4.24)**	0.7463
帰宅	発生		0.07292 (0.37)	0.33413 (1.77)	0.84615 (6.72)**	0.27935 (5.46)**	0.08057 (0.67)	0.08139 (0.71)	777.96936 (2.49)*	0.7026
	集中	0.11414 (4.05)**	0.17329 (4.82)**	0.22395 (8.27)**	0.40872 (4.04)**	0.17155 (2.67)**	0.14654 (2.47)*		197.72221 (1.27)	0.8438

注) 発生量・集中量は(台/日)、用途地域別面積は(100m²)で計算した。
()内数値はt値、**=1%有意、*=5%有意

b. 被災時自動車トリップ推計モデル

災害時特有の自動車トリップの推計は、阪神・淡路大震災時における自動車交通行動に関する調査結果を参考として行う。調査により、災害に遭遇した場所が自宅、外出先、移動中などによって避難行動が異なることや、一次避難箇所から発生するトリップパターンの比率が報告されている。この結果を参考として、図-3に示す手順で災害発生後1～2時間後のOD分布を推計する。

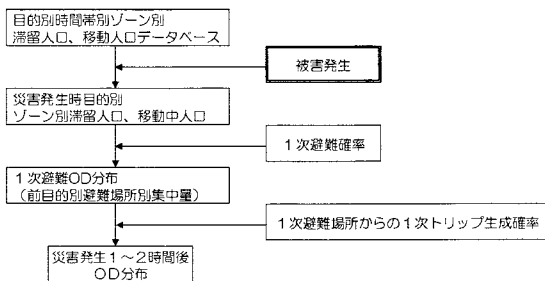


図-3 被災時自動車トリップ推計フロー

c. 推計モデル適用の考え方

災害発生後の時間推移によって、推計モデルを図-4のように適用する。平常時自動車トリップ減少推計モデルは、日単位を対象としたものであり、災害発生後半日程度以降で有効であると考えている。なお、救急活動ODは、消防署、警察、市役所等から、被災箇所へ最短時間で到達できるODを設定する。

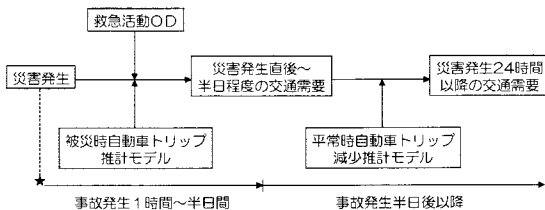


図-4 自動車トリップ推計モデルの適用

(4) 交通機能障害・経路誘導システム

人工衛星からの被災情報と、変形角計、GPS、ITSによる路側検知及び写真撮影等で情報を補完することにより、リアルタイムに近い形で建築物、道路、橋梁等への被害状況を把握し、それにとりまう交通機能障害を図-5の手順で推計し、車両の経路誘導への情報提供を行う。なお、ここでは情報提

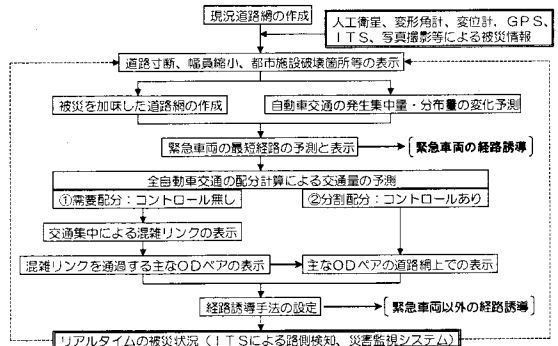


図-5 交通機能障害・経路誘導システムの全体フロー

供を迅速に行うため、GISを用いて視覚的な表現とした。

①被災箇所の表示

都市内のゾーン図に道路網を組み込んだGIS画面上に、道路寸断箇所、建物崩壊箇所などを表示する。

②被災道路網における緊急車両の最短経路表示

交通配分シミュレーションを用いて、最寄り消防署、官公署などから被災箇所までの最短経路を表示する。

③一般車両の経路誘導情報の表示

交通配分シミュレーションを需要コントロールあり（経路誘導ありを想定）と、なし（経路誘導なしを想定）の場合について行い、一般車両の経路誘導情報を表示する。手法としては、コントロールなしの場合に交通が集中するリンクの中で交通量の多いODペアを対象にコントロールありの場合の通過経路を表示し、そこに交通を誘導しようとするものである。2つのODペアについて、迂回情報を表示したシミュレーションの事例を図-6に示した。

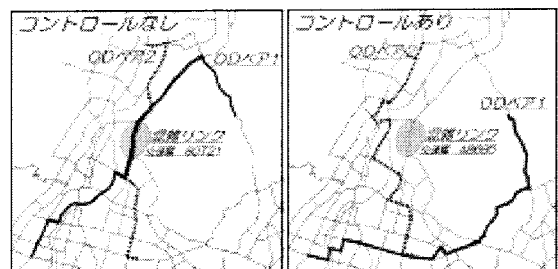


図-6 経路誘導情報の例

(5) 都市機能評価システム

災害による都市機能低下を軽減させるため、交通機能障害システムを活用し、都市機能を診断できるシステムを構築した。都市機能には、医療サービス、行政サービスなど様々なものがあり、検討目的によって使い分けを行う。都市機能を示す指標としては、以下で求められるアクセシビリティを用いた。

$$\textcircled{1} A_i = \sum_j \frac{Q_j}{T_{ij}^2} \quad \textcircled{2} P = \sum_i A_i$$

A_i : i ゾーンのアクセシビリティ

Q_j : ゾーン j の都市機能量(施設数、施設面積等)

T_{ij} : ゾーン i - j 間の所要時間(道路網上の最短経路)

P : 都市全体の機能

都市機能評価システムの全体フローを図-7に示した。このシステムを用いた事例として、それぞれの橋梁が通行不能になった場合の公共サービス機能の低下率を図-8に示した。機能低下の影響の大きいものについては、補強工事や災害復旧の優先順位の高い橋梁として位置付けることができる。

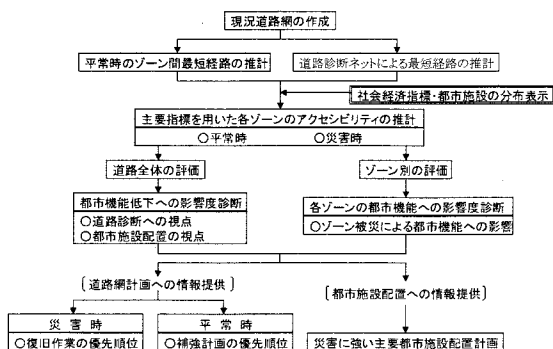


図-7 都市機能評価システムの全体フロー

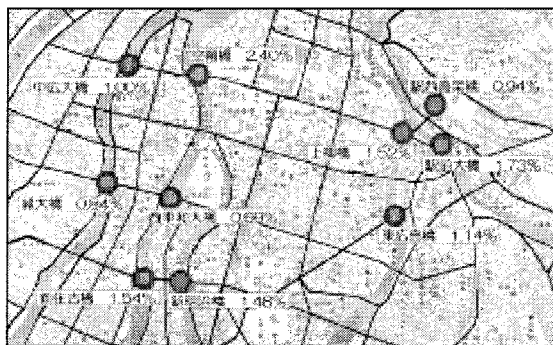


図-8 各橋梁被災に伴う公共サービス機能の低下率

3. まとめと今後の課題

ここで開発したシステムから得られた情報は、緊急避難・救援活動や、災害に強い都市づくりに有益な情報を提供することができる。このシステムを活用して、

1. 災害時交通行動計画
2. 救急・避難活動への経路誘導
3. 災害初期行動計画
4. 広域避難計画
5. 都市防災の観点からの都市計画・交通計画の再評価

などへの適用を考えている。

これらの情報は、外部システムである「災害対策検討システム」にインプットされ、意志決定プロセスを経て情報開示が行われることを想定している。なお、情報の収集及び提供については、ITSで示されているシステムアーキテクチャを積極的に活用し、多くの手段で情報開示ができることを想定している。

今回開発したシミュレーションシステムは、災害時の交通行動の分析に必要な全体的な流れを取り扱っているため、細部の十分な精度や検証が行われていない。今後はこういった点について検討し、システム全体の精度と汎用性を高めていくことが必要である。

なお、本研究は、平成8年度文部省私立大学ハイテク・リサーチ・センター整備事業の援助を受けて、広島工業大学ハイテク・リサーチ・センターで行われた研究成果の一部である。

参考文献

- 1) 飯田等：大規模災害時におけるマイカー交通規制のあり方に関する調査研究、2000。
- 2) 梅田、宮崎、尻無濱：GISを用いた地震防災システムの開発 その1 データベース作成の概要と基本的な考え方、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp.27-28、1997。
- 3) 近藤等：GISを用いた地震被害予測システムの機能検証ー兵庫県南部地震を例としてー、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp.67-68、1996。
- 4) 石田等：愛知県地震被害想定のための建物データベースの活用GISの構築に関する研究、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp.69-70、1996。
- 5) 山崎：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。