

災害時における交通需要推定と 交通シミュレーションを用いた交通管理策の評価*

Estimation of Travel Demand and Evaluation of Traffic Management Schemes
using Network Simulators in Disaster

田中伸治**・桑原雅夫***・赤羽弘和****・吉井稔雄*****

By Shinji TANAKA**, Masao KUWAHARA***, Hirokazu AKAHANE****, Toshio YOSHII*****

1. はじめに

阪神・淡路大震災では、構造物の被害のみならず被災して容量が低下した道路網に通常とは異なる交通需要が集中して大渋滞が発生するというネットワーク機能の被害も注目された。このため救急・救命活動に支障が出たり、物資の輸送や瓦礫の運搬といった復旧活動が遅れたりするという問題が発生した。被災ネットワークを有効に機能させるには交通状況に応じて適切な交通管理を実施する必要があるが、災害時に発生する交通需要は未だ不明瞭な部分が多く、災害時における交通管理は過去の実績がないものであるためその効果・影響を把握することは困難である。

そこで本研究では、大都市道路ネットワークを対象として災害時にもネットワーク機能を損なわないような交通管理策の実現を目的とし、①災害発生後の交通需要を災害時特有の移動目的を考慮して統計指標などを利用して推定、②被災後の容量低下による渋滞などの交通状況を再現できる交通シミュレーションツールを開発し、これらを用いて地震発生後の交通状況の分析、各種交通管理策を設定した場合の効果・影響の比較・分析を行う。

2. 災害時交通需要の推定

(1) 推定方法

地震発生後の交通行動を調査した研究として、自動車安全運転センターが阪神・淡路大震災を経験した運転免許更新者を対象に地震発生後 2 週間の災害に起因する交通行動を移動の目的、時期、手段、距

離などの観点から尋ねたアンケート調査¹⁾がある。本研究ではこれを参考に、移動目的として①避難、②帰宅、③救出・救援・安否確認、④物資調達、⑤出社・登校を設定し、これらの目的ごとにアンケート調査の移動比率をもとに移動比率を設定する。発生交通量から分布交通量を求めるためには、推定した発生交通量を各目的地に分配することが必要であるため、本研究では表1のように出発地と目的地を設定しこれに対応する各種統計指標を用いて OD 交通量を求める。

表 1 出発地と目的地の設定

	出発地	目的地
① 避難(～48時間)	地震発生時所在地	避難場所
避難(3日目～)	居住地	避難所
② 帰宅	地震発生時所在地	居住地
③ 救出・救援・安否確認	居住地	死傷者発生地域・病院
④ 物資調達	居住地	商店・物資集積地
⑤ 出社・登校	居住地	会社・学校

交通需要推定の基本的な流れは図1に示す通りである。

- 1) 人口分布にアンケート調査における移動目的別の移動比率を乗ずることにより各地域発生交通量を推定する。
- 2) 同じくアンケート調査における目的別の時系列移動比率を乗ずることにより各地域の時系列発生交通量を推定する。本研究では地震発生から2週間の交通需要を推定する。
- 3) 各地域の時系列発生交通量を各種統計指標などの値をもとに目的地に分配し、時系列の分布交通量を推定する。
- 4) さらに、本研究では特に災害時における道路ネットワーク機能の分析を目的としているため、上の交通量にアンケート調査の四輪選択率を乗ずることにより四輪利用者の発生交通量及び分布交通量を求める。ただし、アンケート調査は運転免許保有者を対象にしたものであるため、四輪選択率については東京と兵庫の運転免許保

*キーワード：防災計画、ネットワーク交通流

**正会員、工修、建設省土木研究所

***正会員、Ph.D.、東京大学生産技術研究所第5部

(〒106-0032 東京都港区六本木 7-22-1、Tel03-3402-6231、Fax03-3401-6286)

****正会員、工博、千葉工業大学工学部土木工学科

*****正会員、工博、高知工科大学社会システム工学科

有率を用いることにより調整を行う。

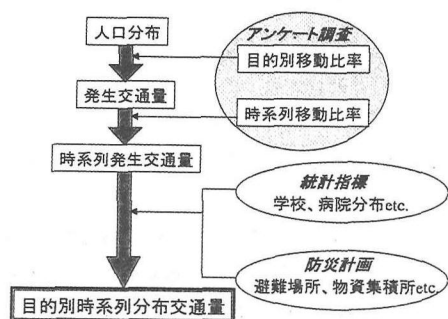


図1 交通需要推定の流れ

(2) 需要推定計算結果及び考察

前節で説明した手法を東京に適用して交通需要を推定した結果を示す。地震は、東京都による直下地震の被害想定を参照し、震度、死傷者数分布などもこの想定値を用いる。また、避難場所や物資集積所のデータについては東京都地域防災計画の値を用いる。推定された災害時交通需要と移動目的内訳の、平常時との比較を図2に示す。平常時の値はパーソントリップデータを集計した。発生交通需要の総数は1日目が2600万人、3日目が1400万人である。

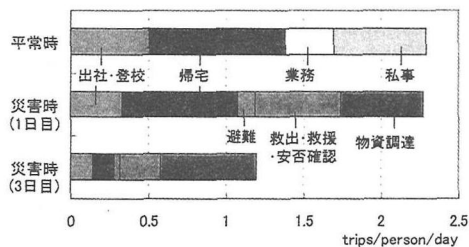


図2 一人当たりトリップ数の比較

これによると災害時の一人当たり発生交通量は1日目で平常時とほぼ同じ約2.3トリップ、3日目では減少して約1.2トリップとなっている。ただし、ここでは災害に起因するトリップだけを対象としているため、実際にはこの他に通常も行われているトリップが災害発生からの時間の経過に従い相当数上積みされると見るべきである。このようなトリップの発生比率については利用可能なデータが存在しないため今回は推定の対象外としたが、移動の要因に関わらず交通需要の総量を把握することが重要であることは言うまでもないので、何らかの補正方法を確

立することが今後の課題である。移動目的の内訳を見ると、平常時の業務、私事交通に変わって災害時では避難、救出・救援・安否確認、物資調達などの需要が発生している。また、1日目と3日目の移動目的の内訳を比較すると、帰宅、避難目的の移動は減少し、変わって物資調達目的の移動の割合が増加している。

これらの交通需要の地域別の値を図3に示す。グラフの高さがその地域の発生交通量を表し、左のグラフが平常時、右のグラフが災害時である。地域別に比較すると、多摩地域に比べて地震の被害の大きい都心東部を中心に平常時より大きい値となっており、これらの地域では地震発生に伴う交通が相当数発生するものと考えられる。

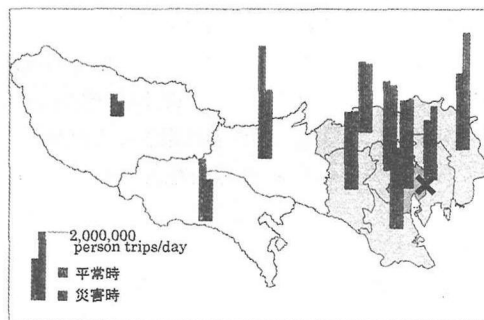


図3 地域別発生交通量(1日目)

これを四輪利用者について示したものが図4である。これによると発生交通量を四輪利用者について見た場合、都心部では災害時の交通量が平常時の値を大きく上回る地域が現れている。これは特に都心部など被害の大きい地域を中心に、鉄道が不通になることにより四輪を選択する鉄道利用者が増加するためであると考えられる。

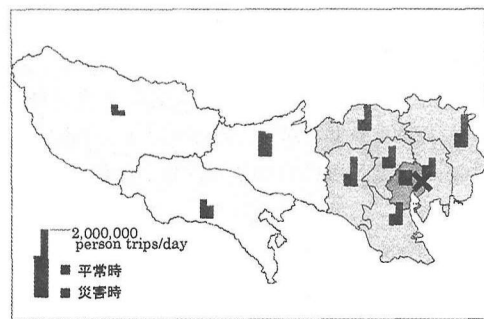


図4 地域別四輪利用者発生交通量(1日目)

これを目的地に分配した分布交通量は、図5のよう

になる。ここでは四輪利用者の分布交通量を希望線図で表している。以降の災害時交通状況の把握においては、この交通需要を用いて分析を行う。

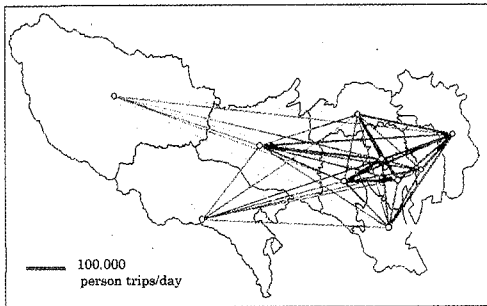


図 5 災害時四輪利用者分布交通量(1 日目)

3. 交通シミュレーションツールの開発

交通シミュレーションを用いて災害時の交通管理策を評価する際に求められる要件には以下のようなものがあげられる。災害時の交通流動は平常時とは大きく異なる状態になると予想されるため、被災によるリンク容量低下、渋滞による所要コスト増大といった過飽和状態の交通状況を適切に表現することが求められる。また、災害発生後に実施される各種交通管理策を評価するためには、全面及び時間帯別の通行規制、緊急車両と一般車両を区別した車両運用、災害時における交通情報提供といった交通管理策を適切に表現して、設定できることが必要である。これらを踏まえて、本研究では東大生研の吉井、岡村らが開発した SOUND モデル²⁾をベースに、これに緊急交通路など災害時特有の設定を取り込めるよう改良したモデルを利用する。

4. 交通管理策の評価

(1) シミュレーションの前提条件

想定状況としては、先の交通需要推定と同様東京都の被害想定に従い、午前 6 時に東京の区部直下にマグニチュード 7.2 の地震が発生したという仮定でシミュレーションを行う。また、道路ネットワークの被害等もこれに倣う。対象ネットワークは東京都防災計画で定められている 23 区内の緊急輸送ネットワークを基本として作成したもので、ノード数 418、リンク数 1400 である。各区を 2~3 地域に分割して交通需要が発生集中するセントロイドを計 70 設

定している。入力する交通需要については、先に推定した災害時交通需要を利用し、これをゾーンごと、時間帯ごとに分割した OD 表を用いる。

(2) 災害時交通状況

災害時データを用いてシミュレーションを行った結果、平均旅行速度は地震発生とともに急激に低下し、その後は 3km/h 程度でほぼ一定となった。夜間に入り交通需要が減少すると若干上昇するが依然 10km/h よりは下回っており、激しい渋滞が起きることがうかがわれた。ネットワーク上の車両存在台数は、平常時と比較すると最大値で約 3 倍の車両がネットワーク上に存在する結果となり、これらが渋滞を引き起こすものと考えられる。

(3) 緊急交通路の設定

地震発生後は各地で大渋滞が発生すると予想され、その中で救急車などの緊急車両を一刻も早く目的地に到達させることは非常に重要である。また、緊急生活物資の輸送車両や瓦礫除去車両、代替バスなどを優先的に通行させることは、その後の復旧の早さにも大きく関わってくる。ここでは警視庁指定の緊急交通路に従い、①地震発生直後にこれを規制した場合の効果、②規制開始時刻を地震発生 5 時間後とした場合の影響について分析した。図6は大森から九段下への緊急車両の OD 間所用時間の変化を示したものである。緊急交通路が設定されると大幅に所用時間が短縮されるが、緊急交通路までのアクセスやイグレスの時間がかかるため、平常時よりは所要時間が增大している。また、規制開始が遅れると緊急車両も所用時間が増大するが、これは規制開始までに都心などに流入した一般車両が行き場を失い、緊急交通路以外の路線でより激しい渋滞が起こるためと考えられる。

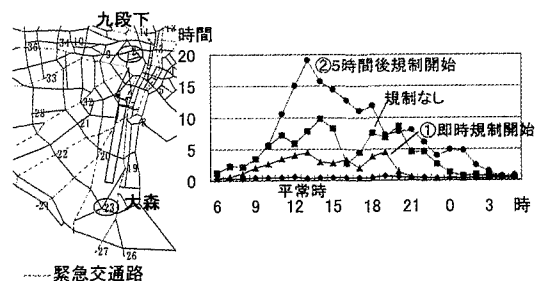


図 6 OD ペア所用時間(午前 6 時発生)

(4) 交通情報の情報提供

災害時には利用者が得られる交通情報が極端に減少すると予想され、情報の精度により交通状況は大きく異なってくると考えられる。また、情報収集の有力な手段の一つである車両感知器等の設備は地震により被害を受ける可能性が高い。そこで、機器の被害を想定して、①一部のリンクについて情報が完全に得られなくなった場合の影響、②このエラーリンクについて人手による補完を行い 20%程度の誤差を含む情報が得られた場合の効果を分析した。リンク旅行速度について、図7に白山通りと本郷通りの上り方向の結果を示す。ここで、白山通りはエラーリンク、本郷通りは正常リンクである。これを比較すると、①の場合に白山通りでは速度が著しく低下しているのに対し、本郷通りでは平常時よりも大きな旅行速度となっている。これは、白山通りの情報が欠如したために渋滞している白山通りに車両が流入し続け本郷通りに迂回しなくなったためであり、シミュレーション実行画面上でもそうした現象が確認されている。このように交通情報が不完全な場合には、ネットワーク上の車両配分に偏りが生じ、全体の資源を有効に利用するという観点では望ましくないといえる。一方、②の人手による補完を行うと、時間帯による変動は大きいものの完全情報の状況に近づいており、人手による情報補完が効果を持つことが期待される。

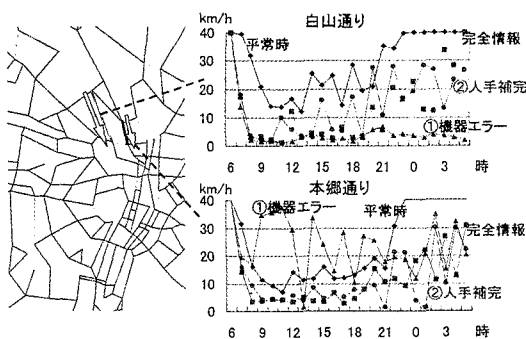
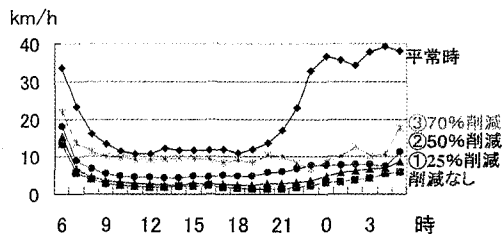


図7 リンク旅行速度(午前6時発生)

(5) 交通需要抑制

災害時の交通管理の方法としては、供給側の道路ネットワークの運用とともに、需要側の発生交通量を抑制する管理が考えられる。阪神・淡路大震災の際に行われた通行許可証の発行も、交通需要管理の

一つと見る事ができる。そこで、交通需要管理策として交通需要全体を①25%、②50%、③70%削減した場合を比較した。平均旅行速度の変化を図8に示す。これによると、地震発生後の平均旅行速度は①、②では概ね 5km/h で抑制しない場合より若干高い程度だが、③では約 10km/h となり平常時のピーク時とほぼ同じ状態で道路ネットワークの機能が維持されていることがうかがわれる。



5. まとめ

本研究では、地震災害時に発生する交通需要を、人の移動特性、防災計画、被害想定、その他統計指標を用いて推定する手法を構築した。これを用いた推定計算の結果、地震被害が大きい地域を中心に平常時を上回る交通需要が発生する可能性が認められた。また、災害時の交通状況を分析し交通管理策を評価するための交通シミュレーションを開発し、災害時には各地で深刻な渋滞が発生し、平均旅行速度が平常時と比べて大幅に低下することを確認した。これらを用いて災害時の交通管理を分析するシミュレーションを行った結果、緊急交通路指定、交通情報提供、需要抑制などの交通管理策の影響と効果が明らかとなった。今後は、リアルタイム情報を利用して推定需要を更新すること、様々な分析を通してより効果的な交通管理策を提示することなどが必要である。

参考文献

- 1) 自動車安全運転センター：災害時における運転者行動に関する調査研究(I)―災害時における人の移動特性―、1997.3
- 2) 岡村寛明、桑原雅夫、吉井稔雄：過飽和ネットワークシミュレーションモデルの一般街路への拡張と実ネットワークへの適用、土木学会第51回年次学術講演会講演概要集 第4部、pp.450-451、1996