

# シミュレーションを用いた震災時の緊急物資輸送計画に関する研究\*

A Study on Urgent Transportation Planning

in case of the Earthquake Disaster which used a Simulation\*

中川 大\*\*・伊藤 雅\*\*\*・若山 真樹\*\*\*\*

By Dai NAKAGAWA\*\*, Tadashi ITOH\*\*\*, Masaki WAKAYAMA\*\*\*\*

## 1. はじめに

阪神・淡路大震災は、都市直下型地震として予想を超える規模で発生したため、被災地における負傷者の救助や救援物資の輸送・配分について大きな混乱が見られた。これらの救助救援活動を行う際に障害となったのが交通機能の麻痺であり、特に道路交通に関して何らかの対策が必要なことが明らかとなった。そこで本研究ではこれらの教訓を活かして、今後の防災交通計画の立案を支援するため、震災発生前から震災発生後数日に渡って、刻一刻と変化する道路交通状況と緊急救援物資の供給状況を再現する物資輸送交通シミュレーションシステムを構築する。また京都市を対象としてそれを利用し、震災時において様々な交通が錯綜する混乱状況を表現するとともに、被害規模による違いや、各種交通対策を実施した際の状況を検証する。

## 2. シミュレーションシステムの構築

震災などの緊急時における輸送交通シミュレーションとしては、通常の交通シミュレーションと比較して、いくつか特徴的な機能が付加されるべきである。それは、災害による道路ネットワークの変化に対応できること、輸送車両の行動について管理・誘導策を考慮できること、また必要な物資の過不足状況を常に把握できること等である。本シミュレーションシステムは、それらの要件を加味しつつ、時系列的に道路状況と物資の輸送状況をシミュレートするための、汎用性のあるシステムを目指して作

\*キーワード：防災計画、シミュレーション

\*\*正員、工博、京都大学大学院工学研究科土木システム工学専攻  
(〒606-01 京都市左京区吉田本町、Tel 075-753-5138)

\*\*\*正員、工修、京都大学大学院工学研究科土木システム工学専攻

\*\*\*\*学生員、京都大学大学院工学研究科土木システム工学専攻

成したものである。図-1にその構成とフローを示す。以下、このシミュレーションシステムの流れを、図-1と対応させながら順に示す。

### ①基本データ作成

対象都市の道路ネットワークデータや、ゾーン別の人口と品目別物資需要量データ、及びパーソントリップ調査のデータから必要なデータを抽出して基本データを作成する。

### ②交通車両発生データ作成

基本データをもとに、シミュレーションプログラムで利用できるように具体的な発生時刻や積載貨物、及びODに関するデータをもった車両の発

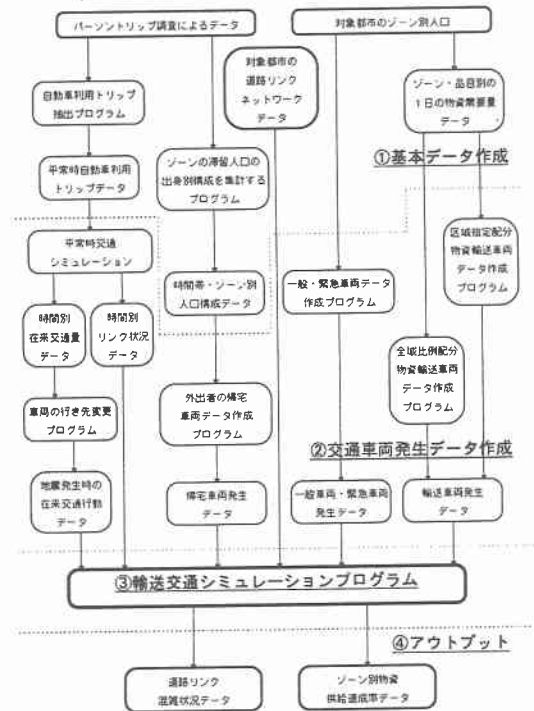


図-1 シミュレーションシステムのフロー

生データを作成する。また後に様々な方策を施した場合について比較するため、それぞれの車両データの属性は任意に変更可能な形にする。

### ③輸送交通シミュレーションプログラム

以上のインプットデータをもとに、実際に道路ネットワーク上で交通シミュレートを行う。車両は1分を単位としてリンク上を移動し、所要時間に関する最短経路を検索して目的地へ向かう。取り扱う車両は、一般市民の車両、物資輸送車両、緊急車両等があり、また一般の車両についても都市の内外に移動するものや都市内での移動などのパターンに分け、それぞれの車両について目的地到着後の復路の行動についても変化を与える。

### ④アウトプット

アウトプットデータとしては、時間ごとの道路リンクの混雑状況データとゾーン別物資供給達成率データを記録し、特にこの物資供給達成率データに重点を置いて各施策の比較評価を行う。

## 3. 京都市におけるシステムの適用

### (1)京都市のゾーニングと緊急物資需要推定

地域の防災計画を考えるときに基本となるのは人である。日常の人の動きを包括的に捉えたデータがパーソントリップ調査によるデータであり、本研究でも第3回京阪神都市圏パーソントリップ調査のデータを用いているが、特に市内の地域ごとの状況の変化を見るためのゾーニングとして、この調査で用いられているゾーンを利用し、京都市を51のゾーンに区分して物資の需要や車両の起終点を求める。また震災時に必要な物資を、飲料水、食料、衣料品、日用品、テントシート、住宅資材の6項目に分類し、設定した51ゾーンについて震災発生からの各日ごとに1日に必要な物資総需要量を算出する。またシミュレーション中では、各物資は全て市外より供給されるものとし、市内からの供給は備蓄として取り扱う。

### (2)道路ネットワークの構築

道路ネットワークのデータ化については、まず主要な路線を選出してリンクとし、またノードとしては路線の交差点とともに、救援活動等でゾーンの拠

点となる地点を設定した。さらに一本の道路は双方向の2本のリンクとした。その結果、リンク総数779本、ノード総数234個を京都市の道路ネットワークとして設定、そのうち市の内外を結ぶ流出入路線は計10本である。

## 4. シミュレーションのためのシナリオ作成

実際に交通シミュレーションを行うにあたって、道路被害状況や物資の輸送方法など幾つかの条件を変化させて比較検討するためのシナリオを設定する。具体的には、交通規制、道路リンク被害、輸送配分方法の3つの項目を変化させた7つの設定を行った(表-1)。

ここで道路リンク被害は、橋梁、山間部路線など、災害に対して危険度の大きい地点を段階別に分けてリンク切断を行ったもので、Level 0が被害なし、Level 2が大きな被害のある場合である。輸送配分方法については、全域比例配分は各ゾーンの需要量に応じて各流入路線からの物資を均等配分する方法で、区域指定配分は市内での車両の錯綜を減少させるために各流入路線から輸送される物資は路線に近いゾーンに優先的に配分される方法として設定した。また交通規制は、緊急度の低いと思われる一般の車両を二段階のレベルで総量的に削減させたものであり、段階2が強い規制である。

## 5. 輸送交通シミュレーションのシナリオ適用

### (1)シミュレーションの実行について

設定した各シナリオごとに震災発生後1週間に渡って輸送交通シミュレーションを行った。その際、シミュレーションの開始時すなわち震災発生時における日常の交通状態についても、パーソントリップ調査のデータを用いた交通シミュレーションを行って当該時刻のリンクごとの交通量を求めている。

表-1 シナリオの設定表

	道路リンク被害	輸送配分方法	交通規制
シナリオ1	Level 1	全域比例配分	なし
シナリオ2	Level 1	全域比例配分	段階1
シナリオ3	Level 1	全域比例配分	段階2
シナリオ4	Level 1	区域指定配分	なし
シナリオ5	Level 0	全域比例配分	なし
シナリオ6	Level 2	全域比例配分	なし
シナリオ7	Level 2	区域指定配分	なし

る。さらに、走行中の車両が震災発生後目的地を変更して帰宅する行動や、勤務地で勤務中の人が帰宅するために発生する車両等も考慮している。

(2) シミュレーションのアウトプット

シナリオ1を基本として、シナリオの各要件を変化させた場合について、市内全域の需要量に対する飲料水の4日目までの供給達成率のグラフ(図-2(1)~(4))と、震災発生2日目の午前6時におけるゾーン別の衣料品の供給達成率の塗り分け図(図-3)を示した。なおこれらのシミュレーションは、地震発生時刻を正午とした場合の例である。

(3) シナリオ間のアウトプット比較

a) 交通規制を行った場合(シナリオ1, 2, 3)

図-2(1)より、交通規制を強化すると供給達成率が改善され、図-3からも、全域について物資の供給に改善効果が表れていることが分かる。ただし、強い交通規制を実施したとしても、完全な供給には

至らないことも分かる。

b) 道路リンク被害レベルが変わった場合(1, 5, 6)

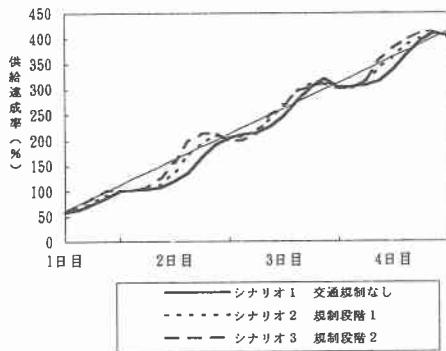
図-2(2)より、被害のレベルにより、時間的にも量的にも顕著に供給達成率は変化し、図-3より、特に被害レベルの大きい場合にはゾーンによってはほとんど物資が供給されない状況が生じている。

c) 輸送配分方法が変わった場合(1, 4)(6, 7)

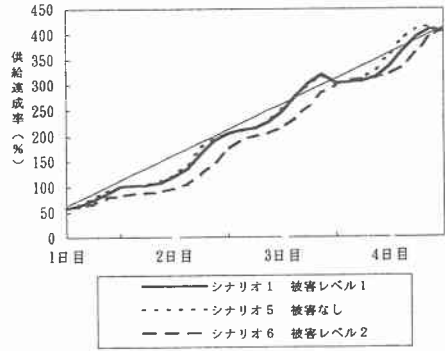
先に述べた区域指定配分方法を用いると、図-2(3)より、全体の供給について時間的にかなり先行して達成されることが分かる。また図-3より、市域の外縁部に近いゾーンの供給達成率が高いのはもちろんのこと、広範囲において高い供給達成率が表れていることが分かる。

また特に、道路リンク被害が大きい場合に区域指定配分方法を用いると、図-2(4)、図-3から、全域的に高い供給達成率が得られ、その効果が大きく期待できることが分かる。

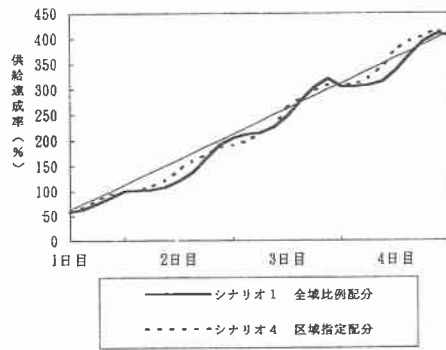
(4) 結果のまとめと考察



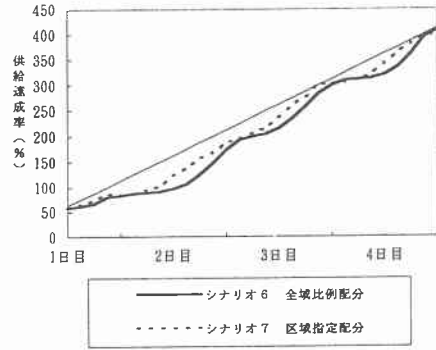
(1) 交通規制レベルの違いによる比較



(2) 道路リンク被害の違いによる比較



(3) 輸送配分方法の違いによる比較 (被害レベル1)



(4) 輸送配分方法の違いによる比較 (被害レベル2)

図-2 市内全域の飲料水の供給達成率の比較(発生後4日間)

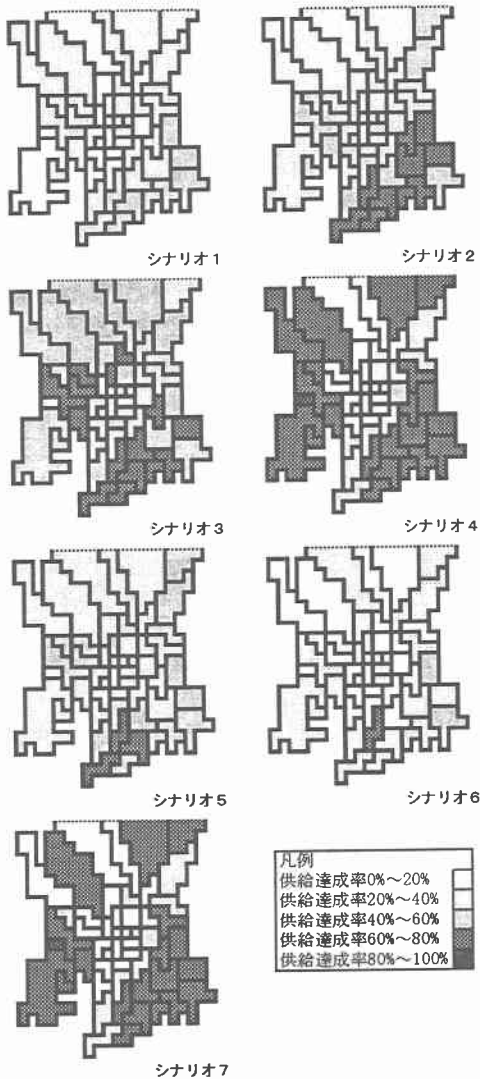


図-3 ソーンごとの衣料品の供給達成率（2日目午前6時）

今回のシミュレーションによる各シナリオ間の比較により、震災時の輸送交通に関してこれまで指摘され問題となってきた点について考察する。

交通渋滞対策としてまず挙げられる交通規制の効果はデータからはっきりと現れ、特に京都市のような平常時もかなりの混雑が見られるような都市においては、その道路網のキャパシティの限界もあり、規制の必要性が高いことが裏付けられる。ただし強い規制を実施しても、完全な供給が達成できないことも同時に明らかになっており、交通規制のみ

によって緊急輸送に関する問題が解決するとは言えない点も重要である。

また道路の被害により通行可能道路に車両が集中することにより運行速度を大きく下げ、残された交通容量をさらに下げる結果となっている。緊急輸送路の確保という単なる空間的な対策だけでなく、交通容量の適切な配分という視点も重要であることが分かる。

物資輸送配分について区域指定配分方法は、今回の震災で見られた様々な車両の錯綜を減らすためのものであるが、目的地が適切に与えられることによって、市内の交通量の削減とそれによる運行速度の上昇をもたらす結果が得られた。同じ被害状況、同じ発生状況でも、配分が適切に行われることによって、市内全域に対して大きく効果が期待できることが示されているわけであり、交通対策として考慮すべき有力な対策の一つであるといえる。

## 6. おわりに

震災時においては個々の判断による救援復旧活動に任せておいては混乱が大きくなるのが今回の震災の経験から明らかとなっており、交通規制をはじめとする何らかの対策が必要とされると同時に、的確な情報収集と判断が求められる。本研究においては震災時の、特に物資輸送に着眼してシミュレーションを行い、考えられる被害の変化による対策の効果の検証を行ったわけだが、例えば交通規制にしてもその規制基準や規制方法など考慮すべき点は数多くあり、また物資輸送の統括的な配分方法もさらに様々な角度から検討されるべき問題であると言える。それら考えられる幾つものテーマを検討できるように汎用性を持たせてシミュレーションシステムを構築したことが本研究の成果であり、またさらに提起される問題に対応して随時システムを拡張させ、それを検証し新たな防災計画案を提示することが今後の課題であると言える。

### 【参考文献】

- 1) 中川 大: 震災緊急対応時の交通問題—大震災の教訓と都市災害への対応策—, 自然災害科学 J. JSNDS 特集号, pp18-23, 1995