国際交通安全学会シンポジウム

「震災時の交通マネージメント」資料

IATSS H723・H832 プロジェクト

阪神・淡路大震災の実態調査に基づいた災害時の道路交通マネージメントの研究

報告書概要

平成 10 年 5 月 29 日

International Association of Traffic and Safety Sciences

財団法人 国 際 交 通 安 全 学 会

国際交通安全学会シンポジウム

「震災時の交通マネージメント」資料

IATSS H723・H832 プロジェクト

阪神・淡路大震災の実態調査に基づいた災害時の道路交通マネージメントの研究

報告書概要

平成 10 年 5 月 29 日

International Association of Traffic and Safety Sciences

財団法人 国 際 交 通 安 全 学 会

【プロジェクト構成メンバー】　　[　] 内は執筆を担当した章　　*(　)は前職

飯田 恭敬　　京都大学大学院工学研究科　教授
[第1章1.1;1.2;第2章2.4;第4章4.2;4.4;4.5;4.6;第5章5.2;第6章6.1;6.2;第7章]

家田　仁　　東京大学大学院工学系研究科　教授
[第2章2.2.2;2.2.3;第3章3.3;第4章4.1;第5章5.3]

大蔵　泉　　横浜国立大学工学部　教授
[第4章4.3]

内田　敬　　東北大学大学院工学研究科　助教授
[第2章2.3;第3章3.1;第4章4.1]

小谷 通泰　　神戸商船大学商船学部　教授
[第2章2.2.5;2.5;第3章3.2;第5章5.5]

倉内 文孝　　京都大学大学院工学研究科　助手
[第2章2.3;2.4;第4章4.2;4.4;4.6]

塚口 博司　　立命館大学理工学部　教授
[第2章2.1;2.2.4;第5章5.4]

長嶋　良　　警察庁交通局交通企画課　課長補佐（H832プロジェクトメンバー）
*(兵庫県警察本部交通部交通規制課長)

藤田　登　　兵庫県姫路警察署　地域官　*(兵庫県警察本部交通部交通規制課課長補佐)
[第3章3.1]

屋久 哲夫　　総理府国際平和協力本部事務局募集研修係　係長（H723プロジェクトメンバー）
*(兵庫県警察本部交通部交通規制課長)

朝倉 康夫　　愛媛大学工学部　教授
[第5章5.2]

宇野 伸宏　　京都大学大学院工学研究科　助手
[第2章2.4]

若林 拓史　　名城大学都市情報学部　教授
[第5章5.1]

【報告書目次と資料参照ページ】

資料参照ページ

序

第1章　はじめに

1.1　研究の背景と目的 1

1.2　本研究の構成と概要

第2章　震災後の道路交通の実態

2.1　震災直後の道路交通の実態 2

2.2　震災直後の地区道路の閉塞状況 4

2.3　道路交通の時系列変化 8

2.4　道路ネットワーク交通量の変化 10

2.5　震災時におけるマイカー利用の実態と課題 12

第3章　震災後の交通対策の状況

3.1　交通規制 14

3.2　緊急・救援物資の輸送 16

3.3　代替バスの運行 18

第4章　震災時の新しい道路交通マネージメント

4.1　交通施設被害・交通機能障害の状況把握システムのあり方 19

4.2　緊急道路の指定システム 21

4.3　車両感知器による道路交通状況検出システム 22

4.4　道路ネットワーク交通流の推定システム 24

4.5　状況対応型の交通規制対策 25

4.6　道路交通管理システム 27

第5章　震災に備えた道路施設計画

5.1　リダンダンシーを有する道路網計画 29

5.2　道路網の階層構造の形成 31

5.3　街路の機能障害の視点から見た地区の危険度評価の必要性とその応用 33

5.4　緊急時の道路スペースの確保 35

5.5　緊急救援物資の輸送拠点の計画 37

第6章　震災時交通マネージメントの体系化と課題

6.1　震災時交通マネージメントの体系化 39

6.2　個別対応策の内容と課題 41

第7章　おわりに 42

第１章　はじめに

1.1　研究の背景と目的

１９９５年１月１７日の早朝に発生した兵庫県南部地震はこれまでにほとんど例の見られない大規模な都市直下型であり、その被害の甚大さは関東大震災を上回るもので、多くの人々に大きな衝撃を与えた。各種交通施設の広範囲にわたる甚大な被害のため、震災後の交通状態は大混乱に陥ったが、なぜ交通管理がもっと効果的に行われなかったのか、誰しもが疑問に思ったことであろう。この度の交通混乱の発生と非常時交通管理の欠如が露呈した背景には、多くの問題点が指摘されている。これらの問題点について以下に整理しておく。

１．交通施設の被害状況に関する情報収集の体制がつくられていないことである。
２．突発事象が発生したときの交通現象に不明な点が多いことである。
３．災害後の交通データ収集が困難なことである。
４．すべての交通機関を含めた交通管理システムの一元化が進んでいないことである。
５．突発事象時の交通管理システムは方法論的に複雑で高度であることである。
６．道路網の階層化や代替性、またモード結節施設を有する交通ネットワークの整備が不十分であることである。
７．道路システムと結合させた緊急道路、救援物流基地、避難地などの指定および配置の事前計画が十分に検討されていなかったことである。
８．平常時において災害発生を想定した交通管理の訓練がこれまでなされていなかったことである。

上で述べてきたように、震災時における交通の機能低下を極力防止するには、災害発生の事前から事後にわたって、施設整備のハードと、施設運用のソフトの両面から、時間軸上で体系的に一貫して取り組むことが必要である。本研究プロジェクトは、震災後の交通状況とその対策についての実態を調査するとともに、新しい震災交通マネージメントのシステム構築に向けて考究したものである。ここで特筆しておくべきことは、ソフト面からの道路交通管理システムに対する新しい考え方であり、ITS技術を積極的に取り入れることを念頭においている。ITS 技術によって交通データ収集と交通情報提供の質が飛躍的に向上することから、従来は困難と思われていた交通状況に対応した臨機応変の高度交通管理が実現できることになる。

第２章　震災後の道路交通の実態

2.1　震災直後の道路交通の実態

調査の概要

本節では発災直後における道路交通状況の実態把握を目的としている。1 月 20 日以降は、検知器も徐々に機動し出したから幹線道路を中心として交通流動状況を把握することができるが、それ以前には発災直後の交通状況を記録した客観的資料として、空中写真は貴重なデータソースである。発災直後から数日間に撮影された空中写真を用いることによって、道路交通状況の概略について分析する。

用いた空中写真は、三ノ宮以東かつ山手幹線以南は 1 月 18 日(8:30~9:00)、それ以外は 1 月 20 日(10:00~11:30)にアジア航測(株)によって撮影されたものである。灘区中央部において 17 日と 18 日の交通状況を比較する場合には、国際航業(株)によって 17 日午後(13:00~14:00)に撮影されたものを用いた。空中写真から具体的に読み取った項目は次のとおりである。

(a) 道路の被災状況

通行不能箇所、および若干の被害はあるが部分的に通行可能な箇所を把握する。

(b) 道路利用状況

b-1)　区間別車両台数・走行車両率・　交通密度

上記の区間ごとに、全車両台数、走行車両台数を測定する。これに基づいて、走行車両率ならびに交通密度（台／km）を求める。さらに、任意に抽出された区間においては車種構成を調べる。

b-2) 空間平均速度

各区間のうちで、区間内の車両の分布の変化が著しい区間を除き、各車両の速度を求める。測定方法は、上記の空中写真の撮影間隔がそれぞれ 5～8 秒であることが記録されているので、連続する写真における各車両の移動距離を測定して速度を求め、これより空間平均速度を求める。

(c) 駐車状況

避難所等における自動車利用実態の一端を把握することを目的として、学校や公園等の避難場所となっていた施設における駐車台数を調べる。

主要な分析結果

以上の分析から明らかになったことを整理すると以下のようである。

1) 調査対象地域における幹線道路と補助幹線道路との被害状況は、高架構造物倒壊等によって道路が完全に機能を停止した一部区間を除くと、少なくとも部分的には通行可能な状況である場合が多かった。
2) しかしながら、道路は大混雑に陥っていた。概略的な交通量を求めて 1 月 17 日と 18 日とを比較すると、18 日の方が交通量が増加していることがわかる。これを走行車両率の観点から見ると、17 日の方が走行している車両が多いことがわかる。
3) 17 日ならびに 18 日の傾向として、被災地周辺における流入交通が比較的少ないことが読み取れるから、被災地外から多くの車両が流入していたというよりも、被災地内における自動車の流動が多く、これによって道路が混雑していたものと推察される。
4) 補助幹線道路は地区内の多くの細街路とは異なり、大部分は部分的にしても通行可能であったが、その交通機能は大きく失われていたと思われる。

5) 避難行動に自動車が使用されたことが、避難場所等における駐車状況から明示できる。その是非はともかくとして、今後の避難行動を考えるに当たっての重要な検討課題である。

本節における分析手法ならびに分析結果からみた防災対策への提言

災害時の交通は以下のように分類される。

1) 被災地内関係者の交通
2) 被災地外から被災地内への救助・救援交通-その１（被災地の奥深くまで侵入するもの）
3) 被災地外から被災地内への救助・救援交通-その２（被災地での移動距離は小さいもの）
4) 被災地外から被災地内への救助・救援以外の交通
5) 被災地を横断する交通

1 月 17 日あるいは 18 日には、機能低下した道路網にとっては、1)の交通だけでも非常な重荷であったわけであり、3)をできるだけ 2)に切り替えるような工夫や、4)、5)が極力発生しないような社会的合意形成が今後の防災対策にとって重要である。

本節における分析手法ならびに分析結果からみた災害時の交通管理への提言

空中写真を丹念に分析していけば、本節で扱った幹線的な道路における交通状況だけでなく、次節で述べる地区内街路における被害状況も捕捉することができる。これらの情報はすべて災害時の交通管理にとって有用な情報となる。

もっとも、災害が広範な地域にわたる場合、全道路網に関する被害状況分析を発災直後に迅速に行い、これを速やかに交通管理に活用することは、現実的にはかなり困難であると思われる。このため、幹線的な道路のみを対象として、発災直後の道路交通状況を客観的にかつ速やかに把握し、これを交通管理に活用することを考えてみたい。

一般的に、空中写真を利用することによって、以下の事項が把握できる。

1) 道路の重大な被害状況とその分布
2) 各道路の利用状況、混雑状況

前者に関しては、現場からの情報を集約して被害状況を取りまとめることの重要性は言うまでもないが、これらを総合的に比較検討して、交通管理上、特に問題となるであろう地点の明確化には、空中写真の活用が有効であろう。発災直後の空中写真を用いて道路網被害ならびにその時点での道路交通状況を表わす基本図を作成し、これを元にして、現場からのより詳細なデータで修正していくという方法が考えられる。いずれにしても、災害を発生すると速やかに写真撮影が行われ、それが速やかに分析できるシステムの構築が重要である。

後者に関しても、空中写真から読み取れる交通状況を実務に生かすことができると考えられる。たとえば、上記の分析結果のように、機能低下した道路網にとっては、被災地内における自動車流動だけでも処理することが非常に困難な状況であるから、少なくとも、救助救援に直接関係しない被災外から被災地内への交通、あるいは被災地を通過する交通に対して、域内への流入抑制措置を講じるための技術的資料ならびに広報用の資料として重要できると考えられる。特に、広報用の資料としての活用を見逃してはならない。状況を正確に伝え、少なくとも通勤等の救助・救援に直接関係しない車両の被災地域流入自粛要請には、特定の地区の状況だけでなく、被災地域全体の道路状況を伝えることが重要であり、このためには空中写真から把握された情報が有用である。

2.2　震災直後の地区道路の閉塞状況

研究の目的・概要

阪神・淡路大震災において道路は甚大な被害を受けたが、道路の被害は幹線道路だけに留まらず地区内の道路まで及び、地区内には完全に通行できないような道路も少なくなかった。
この結果、被災直後の避難、救助・救援活動に多大の影響を及ぼした。

そこで本節では、まず既往の地震における同様な現象の発生状況とわが国の行政の対応姿勢についてまとめるとともに、研究の意義と展望を示した。次いで、３名の担当者が、被災地内のそれぞれの対象地域において、以下に述べるように異なった視点で調査研究を行ってきており、これらの成果を順に報告した。

1)地区道路閉塞による道路網の機能障害とその影響
　　－神戸市・芦屋市における７地区を対象として

「街路閉塞」に伴う機能的障害に着目し、震災直後から進めてきた航空写真の分析による閉塞状況の把握、異なる地区間での閉塞特性比較と発生要因の考察、閉塞に伴う種々の緊急活動への影響状況の調査結果、などについて報告した。

2)地区道路閉塞の実態とその要因分析　－神戸市灘区東部地域を対象として

災害に強い道路網整備の考え方として、災害時であっても自動車でアクセスできないエリアを生じさせない程度の整備水準が一つの目安となると考える。そこで本研究は、最終的にはこのような道路網の計画基準を提案することを目指すものであり、その端緒として航空写真をもとに道路閉塞を中心とした道路機能障害の現状を明らかにするとともに、道路閉塞状況と道路幅員等との関係を分析し、今後のまちづくりの基礎資料とすることを直接の目的とした。

3)地区道路閉塞の実態と地区内交通流動へ及ぼす影響の分析
　　－神戸市東灘区東部地域を対象として

主として航空写真をもとに震災直後の地区内の細街路の閉塞状況を明らかにするとともに、地区内の道路ネットワーク上での走行車両や駐車車両の分布状況を分析し、当時の地区内の交通実態を示した。さらに、災害時における緊急・救援車両の進入を確保するという観点から、地区内での車による移動性を定量的に示すことによって、道路閉塞の交通流動への影響を分析した。

研究の成果

本研究によって得られた結果をまとめると、以下の通りである。

（１）地区道路閉塞による道路網の機能障害とその影響

①「街路閉塞」は、関東大震災を初めとする過去の大地震においても、街路インフラか建造物のどちらかあるいは両方の貧弱さが寄与した場合に発生しており、我が国において「街路閉塞」に伴う被害の重要性は当時から認識されて来た。しかし、こうした認識に基づく防災活動や都市計画における街路インフラの整備など実質的な対応策は必ずしも十分であったとは言えない。今回の阪神大震災では、貧困な街路インフラの整備状況に加え、古い木造家屋に代表される多くの脆弱な建築物が倒壊したことによって甚大な量の「街路閉塞」が発生した。さらに、現代社会では、救助・消火・救援などの緊急活動は多分に自動車に依存せざるを得ず、「街路閉塞」に伴う車両による通行機能の低下が、これらの諸活動に及ぼした影響は非常に大きいと言える。

②今回の阪神大震災における街路の閉塞による機能的障害の発生状況を航空写真を利用することによ

って把握し、その発生要因と諸活動への影響を分析した。その結果、まず、「街路閉塞」の発生状況として、1)地区によっては50%もの街路リンクが通過不能となっていたこと、2)沿道建造物の被災程度、その種別、街路幅員、歩道幅員が地震後の通過可能幅員に強く影響していること、3)車道幅員が8m以上の街路では、建造物の倒壊があっても車両による通過が概ね可能であること、などを確認した。区画整理の未施工の地域などにおいては、街路インフラ整備の充実が急務であると言えることがわかる。ただし、車道幅員が 8m を下回る場合でも、沿道建造物を強化することによって、車による通行をある程度確保できることが示された。今後は、今回得られた結果を基礎的な資料として、街路のネットワークとしての機能的障害を検討するとともに、街路インフラの整備と、建築物の耐震性強化の両者を統合した「街路閉塞」への対応策を提示していく必要があると言える。

③電柱などポール類の「街路閉塞」へ与えた被害状況は、全般的に倒壊建築物などによる瓦礫類と比較してさほど大きくはなかった。しかし、調査地区によっては全リンクの 4 分の 1 にあたる街路リンクが電柱などポール類によって支障を受けていたという事実は特筆に値する。また、消防隊員へのインタビューから電柱が倒壊にいたらなくても、傾斜することによって生じる電線の垂れ下がりが大きな支障となっていたことが示された。以上のことから、電線類の地中化は、単に美観の為ばかりでなく、防災安全性強化の上でも極めて重要であると言える。

④震災後の救助・消火・救援などの活動に「街路閉塞」がもたらした影響としては、1)緊急車両の現場へのアクセスや、重機類の搬入を困難にしたという通行機能上の障害や、2)消火活動に典型的にみられるような現場作業への障害、及び 3)街路網の支障によって地区内の様相が著しく変化し、震災後の諸活動に混乱をもたらしたこと、など大きな障害を生じていた。これらの障害の程度は街路閉塞状況の程度と強く関連している。

⑤街路網の状況把握は震災後の活動を行う各機関に共通して必須な情報である。しかし、各機関とも必ずしも能率的かつ体系的とは言えない方法で独自に情報を収集しており、組織間相互のやりとりも十分とは言えなかった。今後は、震災後の街路状況に関する情報を体系的にしかも、迅速に把握し、関係機関に即時に提供することが重要である。このためには、航空写真やビデオなどを利用した高速画像処理技術の開発や諸制度の整備も推進されるべきである。

（2）地区道路閉塞の実態とその要因分析

①神戸市灘区六甲地区において、道路閉塞状況図を作成し道路閉塞の実態を明らかにした。

②道路幅員に関しては、幅員が 12m 以上の道路は、震災時においても十分居機能を果たしていると考えられる。10～12m の道路は信頼性がやや低下していたものの、かなりの機能を果たしていると思われる。一方、8m 未満の道路は、震災時に閉塞している場合がかなり多いと思われる。今後の道路整備に当たっては、地区の骨格となる道路は 12m 程度の幅員を有することが望ましいと考える。

③歩道の有無や街路樹の有無は道路の閉塞状況に影響を与えており、これらが存在することによって、道路全体としての閉塞状況がやや和らげられるように思われる。

④建物構造も道路の閉塞状況に大きく影響をしており、堅牢建物が多い場合には、道路閉塞率が低下していることがわかる。

⑤道路の閉塞状況に大きく影響する要因は、道路幅員、震度、木造建物の状況（あるいは堅牢建物）であると考えられる。これらの要因を用いて、道路の閉塞状況を判別するモデルを作成することができた。本モデルは再現性が比較的高いことから、今後当該地区における道路網構成に関する検討に利用することができると考えられる。

（3）地区道路閉塞の実態と地区内交通流動へ及ぼす影響の分析

①発災直後の航空写真を用いることによって、道路区間別に閉塞状況を 4 つのランクに分類して把握することが可能となった。

②道路幅員が 12m以上であれば、通常の住居地区なら道路としての機能を果たしており、幅員 8mを境として震災時の道路被害状況に大きな差がみられた。

③道路閉塞の要因としては、電柱や塀の倒壊、火災などもみられたが、そのほとんどが沿道家屋の倒壊であった。

④車による混雑区間は概ね幹線道路であり、地区内では、道路閉塞のためほとんど交通流動がみられなかった。また、駐車車両は地区内の道路、特に学校・公園等の避難場所の周辺に多くみられ、自動車を持ち込んで避難した被災者がみられたことがわかった。

⑤迂回率の算定や孤立ノードの抽出などにより、緊急車両などの自動車による地区内への進入のしやすさが低下した地点を明らかにすることができた。また、迂回率によるリンクの重要度の分析により、格子状道路の有効性、踏切道などの代替性の低い道路の重要度を示した。

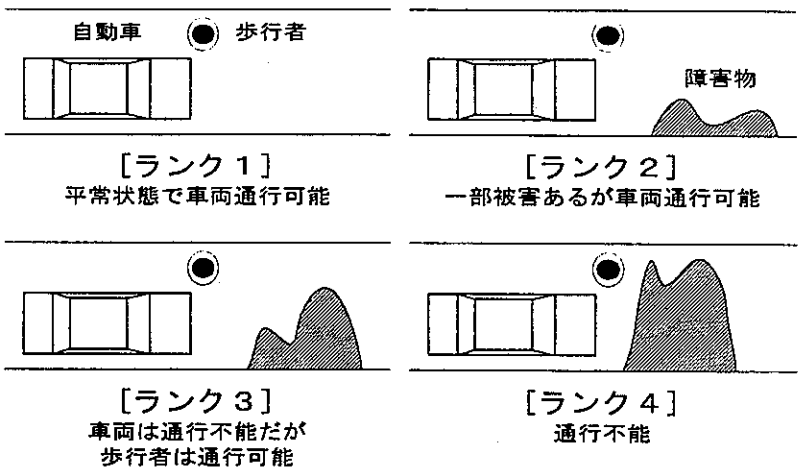


図 2-3-1 道路の閉塞ランク

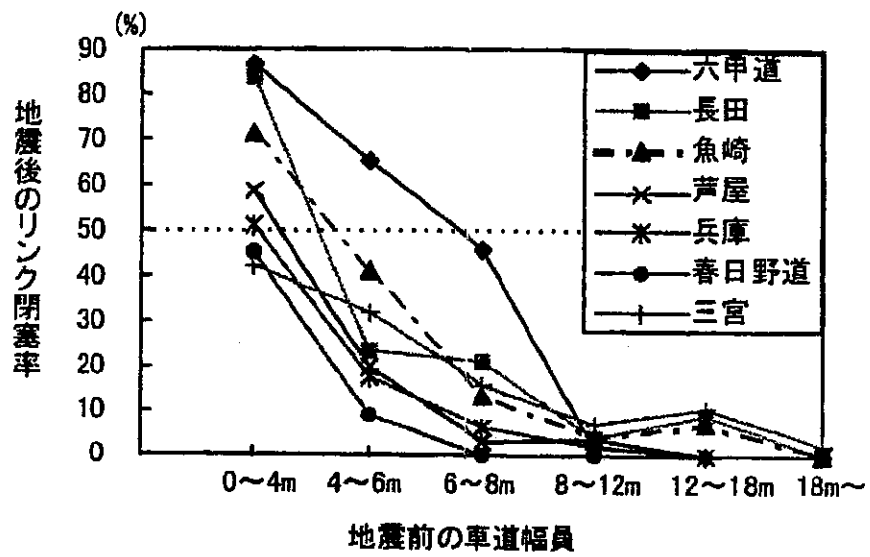


図 2-3-2 幅員別にみたリンク閉塞率

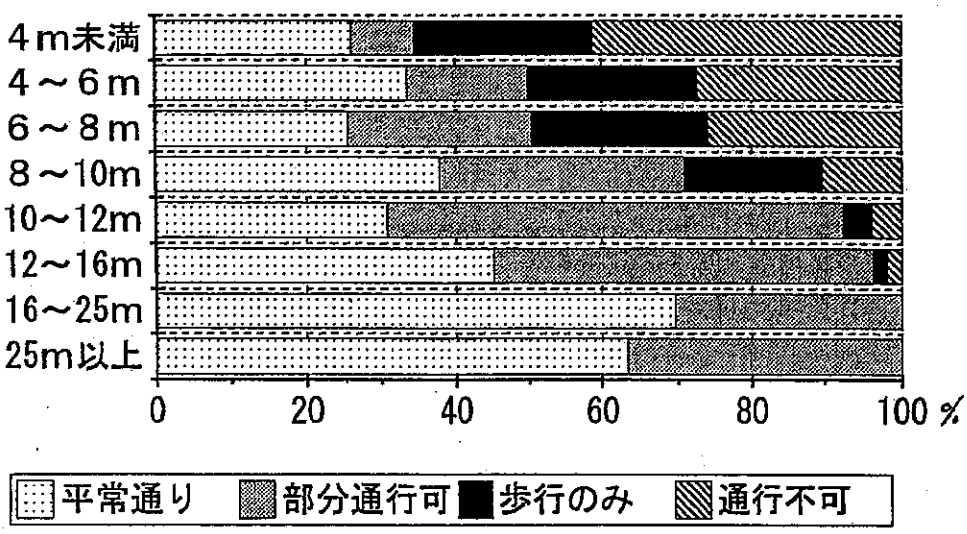


図 2-2-3 幅員別にみた道路被害状況

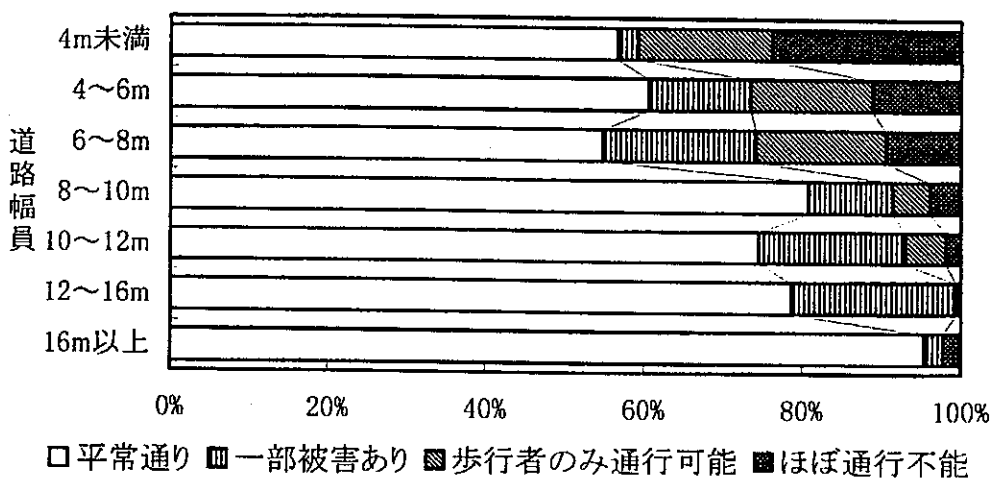


図 2-2-4 道路幅員別閉塞状況

2.3 道路交通の時系列変化

発災直後の交通状態

尼崎センター管内＝西宮市以西の状況。

1) 1 車線あたりの 15 分間交通量は全域平均で 70～80 台程度。震災前の平日平均値（基準交通量）の約 7 割、震災前週の最大交通量の約 4 割。
2) 国道 2 号下り（大阪→神戸方向）の交通量が顕著に小さい（平常時の 3 割～6 割程度）（図 2-3-1）。国道 43 号では逆に上りの方が交通疎通力が低下。

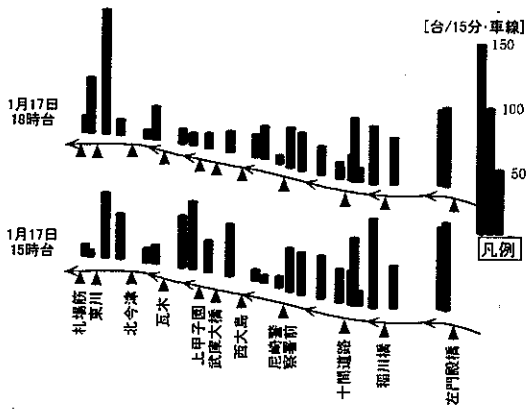
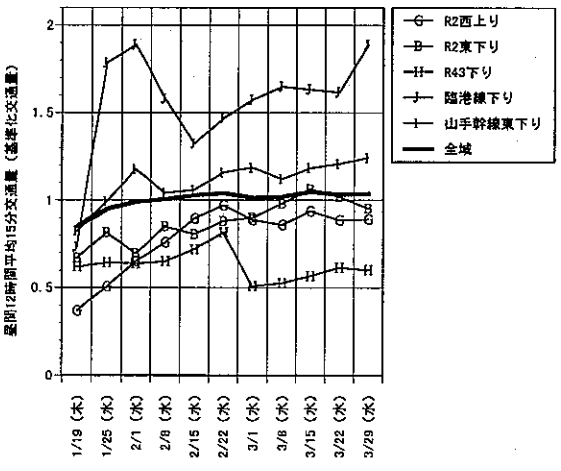


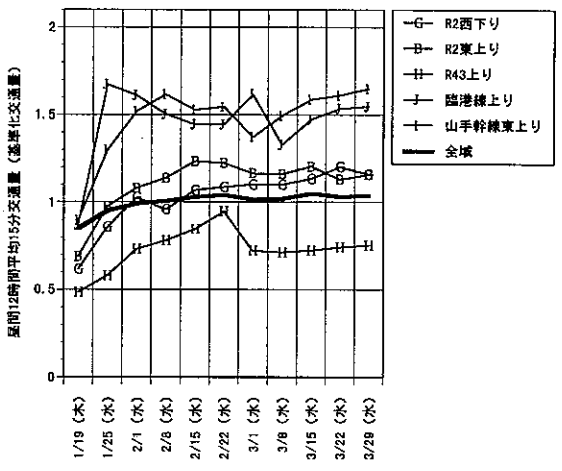
図 2-3-1 国道 2 号下りの地点交通量

交通規制下の交通状況

1) 発災第 1 週は、国道 2 号など臨海部の幹線道路は混雑が激しく交通量が小さい。国道 2 号は昼夜を問わず渋滞・混乱状況にあり、時間交通量は震災前の 5～6 割程度しか捌けていない（図 2-3-2）。第 2 週から（1 月 23 日以降）は、疎通量が増大し、昼夜のリズムが明確になってくる。
2) 発災後 2 週間程度（2/1 の週まで）は交通量が全般的に増加。国道 43 号が片側 2 車線復旧し災害対策基本法による緊急ルートの見直しが行われた第 3 週（2/1）以降は路線間で増減の傾向が異なる。
3) 全域平均で見ると第 3 週以降は、昼間については震災前とほぼ同程度の交通量となり、以後変化がない。夜間は、昼間の 4 割程度の交通量で推移。震災前「最大交通量」に対する昼間平均交通量の比は、最大時（3/15 時点）でも 0.7 程度。利用時間帯の緻密な管理による利用効率向上の余地があった。
4) 2 月 5 日以降（発災第 4 週以降）は、日曜日の交通量が平日よりも少ないという傾向が見られるようになる。



(a) 神戸都心（三宮）流入方向



(b) 神戸都心（三宮）流出方向

図 2-3-2 昼間平均交通量の推移（基準化交通量）

（基準化交通量：1/9 (月)～1/13 (金)昼間平均 15 分間交通量を 1 とする）

緊急物資輸送路・復興物資輸送路の車種構成

西宮市夙川断面、芦屋川断面の車種構成を、交通流観測ビデオから解析した。

1) 平日（水曜日）の朝は、方向による違いが大きい。西行きは工事関係車両が多く、東行きは乗用車が多い。
2) 2月25日の規制変更により、国道43号と国道2号に性格付けがなされたが、車種構成で見る限り、変更後の3月1日よりも2月8日の方が路線による違いは大きい。
3) 日曜日（2月5日）は方向による車種構成の違いが無く、平日に比べ乗用車割合が高い。被災地内、被災地からの流動が多いことが示されている。
4) 二輪車・バイクは、観測地点周辺の鉄道が復旧した後の3月1日には激減。

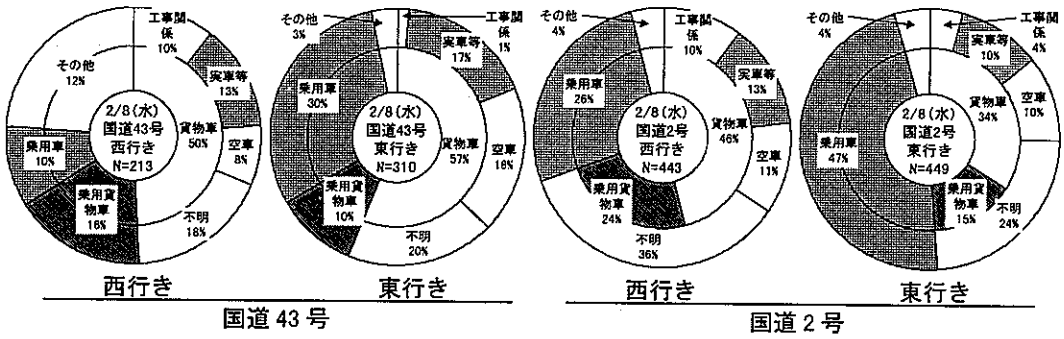


図 2-3-3　緊急輸送ルート夙川断面における2月8日(水)午前8時～10時の車種構成

復旧・復興支援交通の時系列的な分析

電気、水道、ガス、がれき処理について車両発生量を推計した。

表 2-3-1 復旧･復興支援交通の発生原単位

	仕事率	発生原単位	車両数の推移
ガス	0.87（人・日／戸）	0.38（台・日／戸）	図 2-3-4
電気	3.824（人・日／件）	1.663（台・日／件）	図 2-3-5
水道	0.61（台・日／件）		図 2-3-6
がれき輸送		18.99（台・日／棟）	図 2-3-7

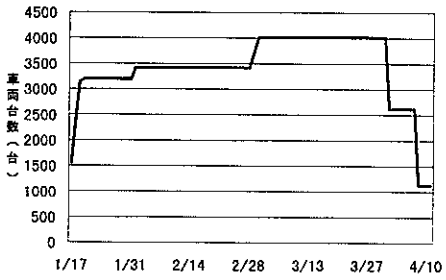


図 2-3-4 ガス関連設備復旧に要した車両数

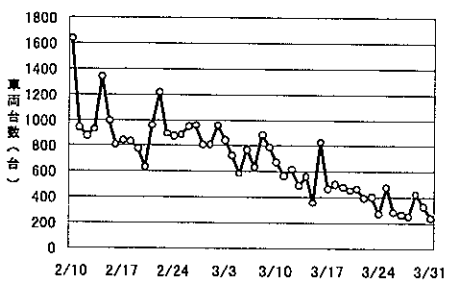


図 2-3-6 水道復旧に要した車両数

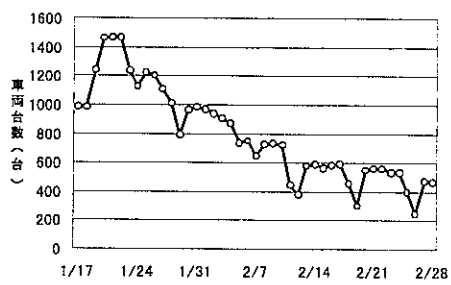


図 2-3-5 配電設備復旧に要した車両数

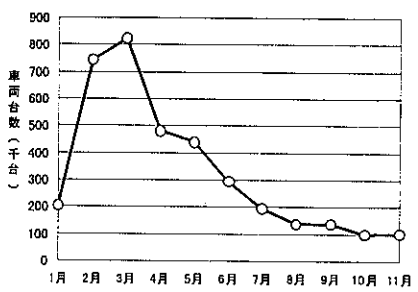


図 2-3-7 がれき処理に要した車両

2.4 道路ネットワーク交通量の変化

本節においては、震災後の道路状況をマクロ的に把握することを試みた。具体的には、以下に挙げる2点について分析を進めた。

1) OD交通量の推移に関する考察
2) 道路網容量の変化と最短経路探索結果から見た道路網パフォーマンスについての考察

OD交通量の推移に関する考察

神戸市、芦屋市、西宮市の平面道路に設置されている交通量感知器を用いてOD交通量を推定し、その結果より発災後のOD交通量の推移を考察した。なお、対象とした期間は、平成7年2月から5月であり、鉄道の復旧や交通規制の変更等を考慮して、平日（水曜日）10時点、休日7時点について推定を行った。計算手法は、エントロピー法である。結果の一例を図2-4-1～2-4-3に示しておく。

上記の計算により、以下のことが明らかとなった。

- 発災直後には総発生交通量が7割程度まで減少し、その後徐々に回復している。
- 交通規制の変更や鉄道復旧によって、交通量は若干減少する傾向がある。
- 休日に関しては、平日・休日を問わない復旧・復興活動や交通規制のため、場合によっては震災前（平成6年12月時点）よりも多くの交通が被災地に集中していた。
- 平常時において多くみられる神戸地域を通過する交通は震災後激減している。
- 比較的トリップ距離の短い交通が増加し、逆にトリップ距離の長い交通が減少している。

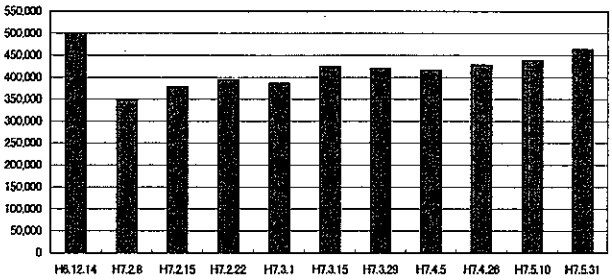


図2-4-1 総発生交通量の推移(平日)

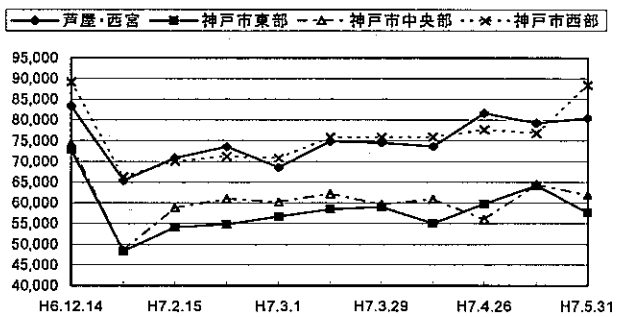


図2-4-2 地域別発生交通量の推移(平日)

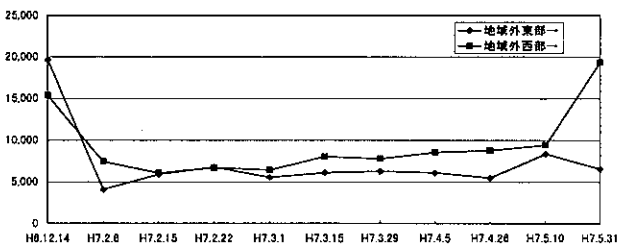


図2-4-3 東西通過交通量の推移(平日)

道路網容量の変化と最短経路探索結果から見た道路網パフォーマンスについての考察

阪神・淡路大震災直後の道路網の状況、特に通行止めの状況を概観し、震災により大きな被害を受けた道路ネットワークの機能低下を定量的に把握することを試みた。震災直後の道路ネットワークを対象とし、配分シミュレーションによりその容量を算出して比較分析を行った。震災後については、発災4日後の平成7年1月21日と15日後の2月1日の2時点を対象とした。さらに、震災後各時点の最短経路距離を比較することにより迂回距離を求め、迂回率による分析も併せて行った。

発災後2時点の道路網容量計算結果と平常時における計算結果を表2-4-1に示す。これより、ネットワーク容量は著しく減少していたことがわかる。

表 2-4-1 ネットワーク容量の算出結果

ネットワーク	ネットワーク容量(万台／日)	構成リンク数(本)
①震災前ネットワーク	207	1450
②1 月 21 日時点の緊急車両ネットワーク	49(①の約 24%)	1265(①の約 78%)
③2 月 1 日時点の緊急車両ネットワーク	73(①の約 35%)	1349(①の約 93%)

次に、OD 間の利用可能経路に関する分析を行い、震災後の道路網機能低下の計量化を試みた。代表例として、大阪～三宮間に着目する。最短経路探索結果を図 2-4-4 に示す。なお、緊急車両のルートとは、全ての通行可能な道路のことを意味しており、一般車両のルートとは、その中で緊急ルートに指定されていた道路を差し引いたものである。1 月 21 日時点においては、東西を結ぶ幹線道路がほとんど通行不能であり、さらに東灘区内で唯一物理的に通行可能であった山手幹線が緊急物資輸送ルートに指定されていたため、一般車両は六甲山の北側へ迂回せざるを得なかった状況が確認できる。

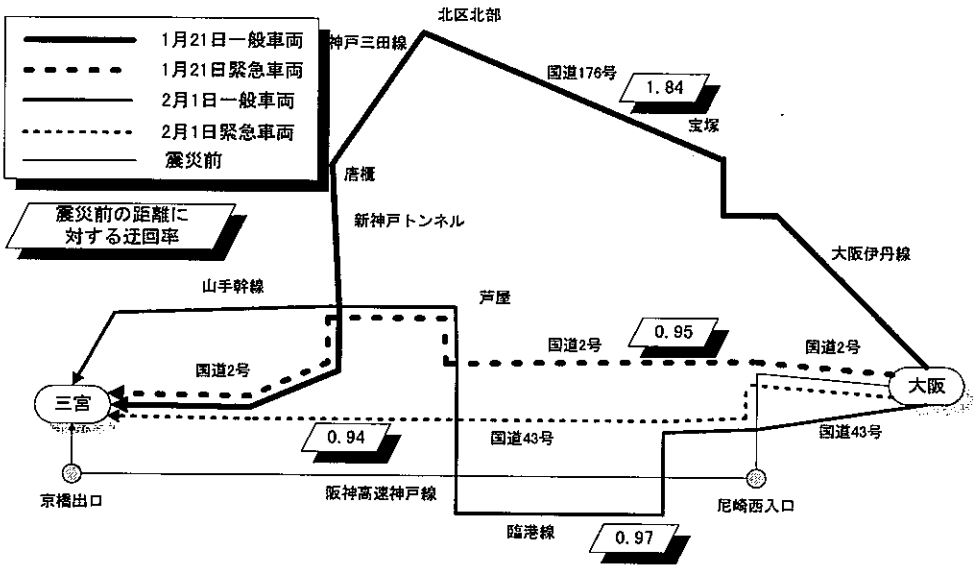


図 2-4-9 大阪・三宮間の利用可能経路

さらに、震災発生後どのような路線に交通が集中したのかを把握するために、各リンクごとにそのリンクを最短経路として含む OD ペア数を集計した。震災前の道路ネットワークと比較して、OD ペア数が大きく増加したリンクを含む路線を示したのが表 2-4-2 である。1 月 21 日時点の一般車両ネットワークにおいては六甲山系の北側へ迂回する路線の集中が顕著であり、また、全体的には阪神高速神戸線不通の影響により、国道 2 号、43 号への集中がみられることがわかる。

表 2-4-2 各 OD 間の最短経路の通過数が増加した路線

1 月 21 日の一般車両	1 月 21 日の緊急車両	2 月 1 日の一般車両	2 月 1 日の緊急車両
国道 176 号	山手幹線	芦屋川左岸線	国道 2 号
尼崎宝塚線	芦屋川左岸線	浜甲子園線	国道 43 号
大沢西宮線	国道 2 号	防潮堤線	尼崎宝塚線
神戸三田線	神戸六甲線	国道 43 号	神戸加古川姫路線
六甲北有料道路	八幡線	山手幹線	神戸明石線
		長田楠日尾線	湊町線
		神戸明石線	国道 28 号

2.5　震災時におけるマイカー利用の実態と課題

研究の目的・概要

震災直後に発生した未曾有の大渋滞は、緊急自動車や救援車両の通行を不能にし、それらの活動を阻むといった二次的弊害も引き起こし、災害時における自動車交通の管理が大きな課題としてクローズアップされることとなった。

そこで本節では、被災地とその周辺における居住者を対象に、こうした渋滞の一因となったマイカーを取り上げてアンケート調査を実施し、震災時におけるマイカー利用の実態やその要因を明らかにするとともに、マイカー利用上の課題を検討することを目的とした。具体的には以下の内容について検討した。

1)震災直後３日間におけるマイカーの利用状況
- ・トリップの特性（主たる利用手段、利用頻度、利用目的、発生・滞留状況）
- ・マイカートリップのＯＤ分布と利用経路、路線別利用頻度
- ・マイカーの利用理由と非利用理由、利用経路の選択方法

2)震災半年後のマイカー利用に関する意識
- ・震災前後における利用回数の変化
- ・震災後の交通規制に対する評価
- ・震災時のマイカー利用の有用性の評価

3)災害時におけるマイカー利用上の課題

災害時におけるマイカー利用上の課題

本研究では、まず震災直後の３日間という、きわめて重要な時期におけるマイカー利用者の行動を明らかにしてきた。この結果、今回の震災では、利用目的として、安否確認や状況把握、避難、物資の運搬や人の搬送など、災害時特有の目的と同時に、出勤も大きな比率を占めていることが明らかになった。また、地域の被害の大きさや時間の推移によって、利用目的に変化がみられることもわかった。さらに、震災直後は、被災状況の把握が困難であった上に、交通規制が有効に働かず、道路容量が著しく低下した状況の中で、緊急・救援車両の通行とこうしたマイカーが混在し、大渋滞を発生させる一因となったことを示した。また、震災から概ね半年間の交通規制に対しては多くの被験者が肯定的に、もしくはもっと厳しくすべきと考えていた。さらに、半年経過時点でも自動車の利用回数は震災前に比して減少したままであり、代替交通手段が限られている中で自動車利用が役立ったとする意見も多いことがわかった。

最後に、得られた分析結果をふまえて、こうした災害時におけるマイカー利用上の課題として以下の諸点を挙げた。

①利用目的別にみたマイカー交通削減の可能性
②災害時における行動規範の周知、徹底
③交通規制の早期実施と道路交通情報の迅速な提供
④緊急性をもった一般車両への対応
⑤時間経緯に応じた交通規制の運用

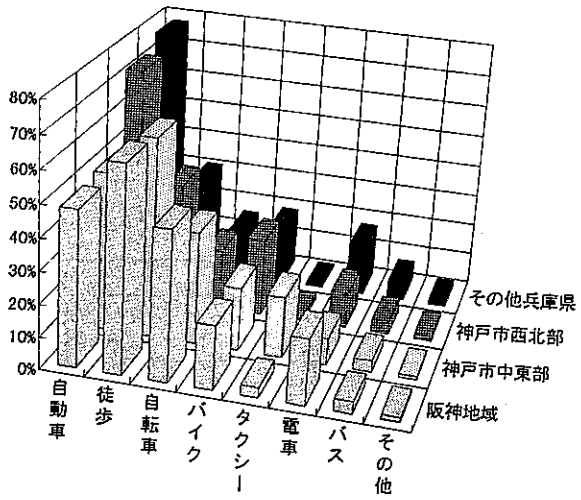


図 2-5-1 震災直後3日間の主たる利用交通手段

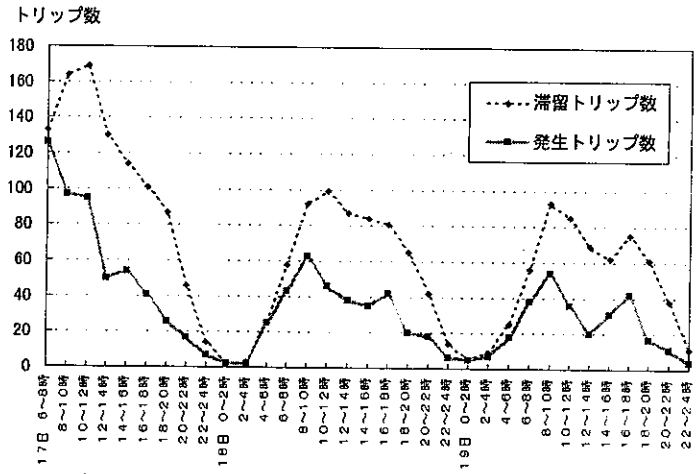
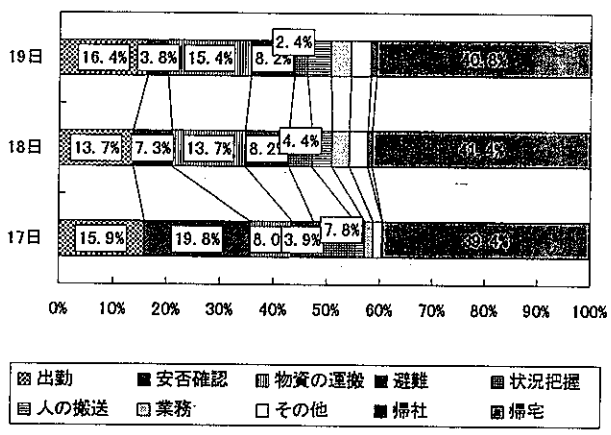
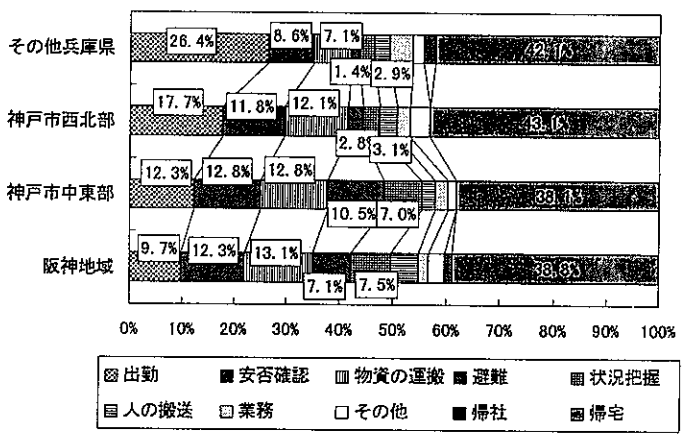


図 2-5-2 マイカーの発生および滞留トリップ数



a)日 別



b)地域別

図 2-5-3 マイカーによるトリップ目的

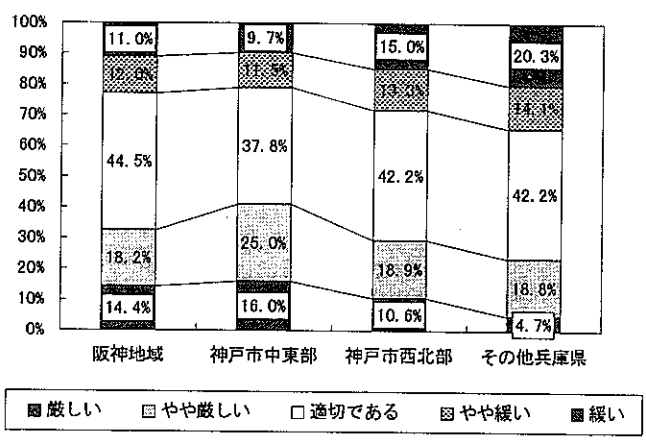


図 2-5-4 地域別にみた交通規制に対する評価

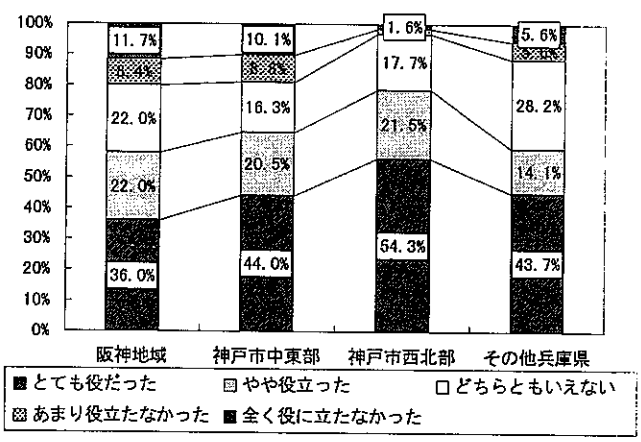


図 2-5-5 地域別にみたマイカー利用の有用性の評価

第３章　震災後の交通対策の状況

3.1　交通規制

表 3-1-1 交通規制の変遷と根拠法

	期間	規制名	根拠法
I	1月17日（火）		道路交通法第6条 （現場警察官の混雑緩和措置）
II	1月18日（水） ～1月19日20:00	緊急・救援物資輸送ルート	道路交通法第５条，第114条の３ （警察署長及び高速道路交通警察隊長規制）
III	1月19日（木）20:00 ～2月24日	緊急物資等輸送ルート	災害対策基本法第76条 （災害時における交通の規制等）
IV	2月25日（土） ～96年8月9日	復興物資輸送ルート 生活・復興関連物資輸送ルート	道路交通法第４条 （公安委員会規制）
	1月28日（土） ～1月31日	鉄道代替バス優先レーン	道路交通法第6条（指導レーン）
	2月1日（水） ～3月12日		災害対策基本法第76条（国道43号） ※R2（岩屋～三宮）は事実行為として運用

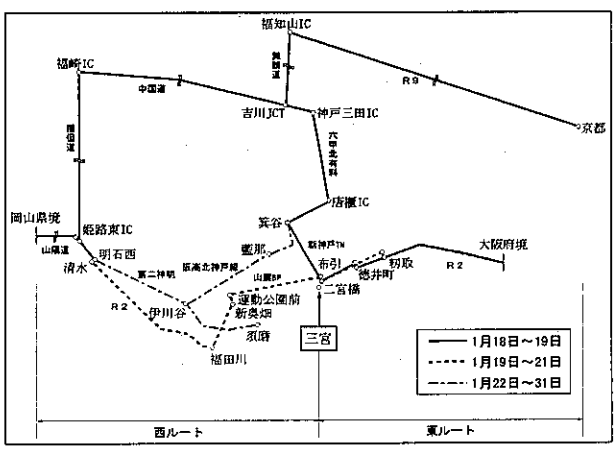


図 3-1-1 緊急輸送ルート(1 月 18 日～31 日)

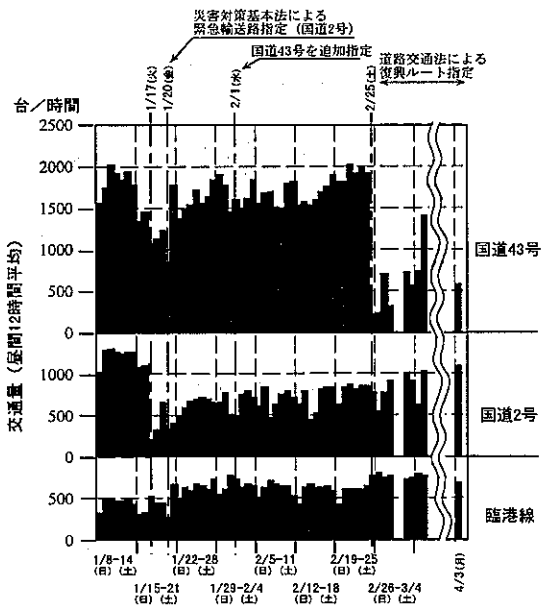


図 3-1-2 武庫川断面の西向き交通量
（昼間 12 時間平均）

表 3-1-2 災対法に基づく規制時の除外車両用標章の交付状況(1 月 19 日～2 月 24 日)

種別	交付者	交付件数
(緊) 緊急輸送車両用標章	都道府県知事 都道府県公安委員会	全国： 234,299件 兵庫県： 35,556件
(許) 社会的要求に応じるための標章	警察署長	64,566件
(認) 住民等の生活上の必要性に応じるための標章	兵庫県公安委員会	17,010件
(廃) ガレキ等搬送車両用標章	兵庫県公安委員会， 災害対策本部	2,191件

表 3-1-3 道交法規制時の除外車両用標章の交付状況(2 月 25 日～, 1995 年 8 月 27 日現在)

種別	交付者	交付窓口	交付件数
復興標章	公安委員会	関係省庁 自治体等	59,838件
除外標章	警察署長 (兵庫県公安委員会代理)		21,760件

表 3-1-4 規制時間帯

<table>
<tr><th rowspan="2">期間</th><th rowspan="2">規制名</th><th rowspan="2">西ルート</th><th colspan="4">東ルート</th></tr>
<tr><th>国道2号</th><th>国道43号</th><th>阪神高速</th><th>高速道路</th></tr>
<tr><td>1/18（水）～
1/19 20:00</td><td>緊急・救援物資
輸送ルート</td><td>終日</td><td>終日</td><td>----</td><td>----</td><td>----</td></tr>
<tr><td>1/19（木）20:00～
2/1（水）～</td><td>緊急物資等
輸送ルート</td><td>終日</td><td>終日</td><td>----
6～24時</td><td>----
終日</td><td>----
終日</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td colspan="2">生活・復興関連物資輸送ルート</td><td colspan="3">復興物資輸送ルート</td></tr>
<tr><td>2/25（土）～</td><td rowspan="5">復興物資輸送ルート
生活・復興関連物資
輸送ルート</td><td>6～22時</td><td colspan="2">6～23時</td><td colspan="2">終日</td></tr>
<tr><td>4/1（土）～</td><td>6～18時</td><td colspan="3">6～21時</td><td>終日</td></tr>
<tr><td>4/29（祝）～</td><td>6～9時
（第二神明のみ
6～12時）</td><td colspan="4">6～20時</td></tr>
<tr><td>8/7（月）～</td><td rowspan="3">6～9時</td><td colspan="4" rowspan="3">6～19時</td></tr>
<tr><td>96 1/8（月）～</td></tr>
<tr><td>'96 2/19（月）～8/9</td></tr>
<tr><td>1/28（土）～3/12（日）</td><td>バスレーン</td><td></td><td></td><td>6～23時</td><td></td><td></td></tr>
</table>

※4 月 29 日以降は日曜・休日は規制解除

表 3-1-5 緊急物資輸送ルート等確保のための配置人員数(兵庫県警)

	緊急物資等輸送ルート確保（1月19日～2月24日，37日間　延べ人数）					復興物資等輸送ルート確保（2月25日～3月31日，35日間　延べ人数）				
	兵庫県警	応援	機動隊	合計	平均*（人／日）	兵庫県警	応援	機動隊	合計	平均*（人／日）
検問	--	--	--	--	--	2,430	92	--	2,522	68.2
交通整理	3,816	1,434	14,238	19,488	526.7	3,467	1,280	--	4,747	128.3
バス対策	638	144	19,631	20,413	551.7	--	--	--	--	--
路線配置	--	--	--	--	--	--	--	39,985	39,985	1,080.7
その他	1,373	2,572	0	3,945	106.6	1,155	2,340	0	3,495	94.5
合計	5,827	4,150	33,869	43,846	1,185.0	7,052	3,712	39,985	50,749	1,371.6

表 3-1-6 阪神・淡路大震災時の交通規制に関わる問題点と今後の対応

問題点	今後の対応
・マンパワーの不足	・初期段階における迅速な緊急交通路および迂回ルートの設定，厳格な交通規制 ・「広域交通管制路線」（管区警察局）制定 ・隣接府県警察との連携活動と相互扶助体制確立
発災直後の交通実態把握 ・人命救助を優先させ交通実態の把握が後手に回った	・私服で二輪車を活用する交通実態把握特別チームの編成 ・交通実態の把握を目的としたヘリコプター活用
・通信機器，交通管制機器の破損により，情報入手，迂回路の設定に手間取った	・交通管制施設のバックアップシステム整備
・道路管理者等関係機関からの情報収集遅延。	・道路管理者とのホットライン設置
交通規制 ・肉親等の安否を気遣い救援物資を輸送している流入車両の取り扱いに苦慮	
・交通規制用資器材の不足	・交通管理用資器材の整備と事前配置
・信号機の破損，滅灯	・自動機動型信号機電源付加装置の整備 ・可動式情報板（サインカーの整備）
・通行可能道路の選別と迂回道路の設定	・交通実態の早期把握
・緊急物資受け入れ施設周辺道路の交通混雑	
・規制の担保	・交通整理隊の大量動員
・混乱した現場では緊急車両か否かの識別は困難であった	
・規制緩和要望への対応	・被災地の復旧状況や道路の回復等を勘案して規制見直し
・復興標章の不正使用	・不正防止用の標章作成 ・「緊急輸送車両の事前届出・確認」

3.2 緊急・救援物資の輸送

研究の目的・概要

発災直後から、被災地での食糧や水などをはじめとする生活必需品の供給に向けて、全国各地から救援物資の輸送が開始された。しかしながら、大都市を襲った未曾有の大災害のため、交通網の寸断、広域的でかつ著しい交通渋滞の発生、人手不足に加え、行政も想定していなかった事態のため充分な対応ができなかったこと等もあり、救援物資の輸送は当初は困難を極めた。この結果あらためて災害時において、市民生活を支える救援物資輸送の重要性が再認識されることとなった。

本節では、震災時における緊急・救援物資輸送の実態を示すとともに、災害発生時の物資輸送システムのあり方について考察した。具体的には、以下の内容について検討した。

1) 被災地内で行政が担当した救援物資輸送について、一般救援物資ならびに食料にわけて実態や問題点を述べる。ここでは、兵庫県と、被災市町の代表として神戸市の例を示した。
2) 日常生活物資の輸送について、大手流通事業者、宅配便事業者を例にあげ、その実態や問題点を明らかにした。
3) 避難所の１つとなった神戸商船大学を取り上げ、地震対策本部の記録および大学関係の救援者への調査結果をもとに、震災後１ヶ月間の救援物資輸送の実態と問題点を考察した。
4) 最後に、今後の災害時における救援物資輸送の課題について言及した。

救援物資輸送を確保する上での課題

災害発生時の域内における救援物資輸送を確保する上での課題を挙げる。

①走行許可車両の指定方法

道路容量の大幅な減少に対応して走行車両を制限するために、走行目的の重要性と緊急性をどのような基準で評価し、許可車両を決定するかを事前に明確に定めておく必要がある。

②緊急物資等のデポの位置と運営体制

デポ（配送拠点等）は原則として被災地外にあって、圏外からは被災地内の道路を経由せずに到達できる位置にあることが望ましい。特に今回、体育館、学校、駅前広場などが配送拠点として使用されたが、これらは本来そうした拠点としての機能を有してわけではなく立地条件や設備面で問題を有しており、平常時からこうした拠点施設の整備が必要である。

またデポを円滑に管理・運営するためには、作業指示方法、避難所などとの連絡方法、必要機材の手配等についてマニュアルを作成しておく必要がある。さらにデポの運営には、物流の専門家の知識と経験等の早期な活用を図ることが重要である。

③道路情報等の情報提供体制

今回の震災では渋滞場所が刻々と変化しており、この情報収集ができなかったことが輸送効率の低下につながっている。きめの細かい道路情報の提供体制の設置が望まれる。

④代替輸送ルートの設定

震災後、海上ルートも含め種々の迂回輸送ルートが利用された。あらかじめ様々な被害のケースを見込んで代替ルートを設定しておき、災害発生時にその利用方法に関する情報を的確に提供できれば物資輸送上の混乱はかなり回避できたと考えられる。

⑤被災者及びデポのニーズの的確な伝達

搬入される救援物資等の不統一性（ひとつのケースの中へ数種の品目を混入する、梱包の外面に品

目、数量等の表示がない等)が、貨物デポでの作業効率低下の一因となった。また、必要な時点と物資が到着する時点に時間的な遅れが生じるなどのために、必要でない品目も見られた。このためには救援物資の発送者に対しも、被災者やデポのニーズを的確に伝えるとともに、「発送者用マニュアル」を作成しておくことが必要である。

⑥避難所での物資の受け入れ態勢

避難所では、当初は救援物資が間断なく到着したため絶えず受け入れの準備をしておく必要が生じ、また荷役施設がないため人力によって荷卸しをする必要があった。さらに大量の救援物資を保管するスペースの確保とともに、それらの在庫管理を行うことが必要となった。こうしたことから、端末での避難所における物資の受け入れ態勢についても今後検討しなければならない。

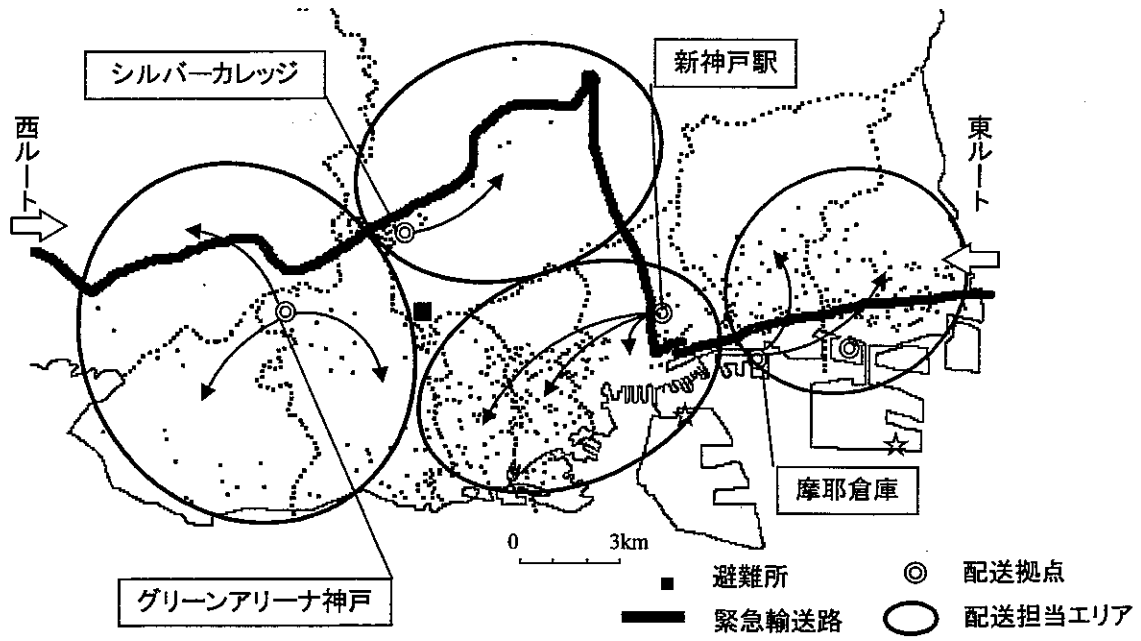


図 3-2-1 神戸市内の配送拠点の分布

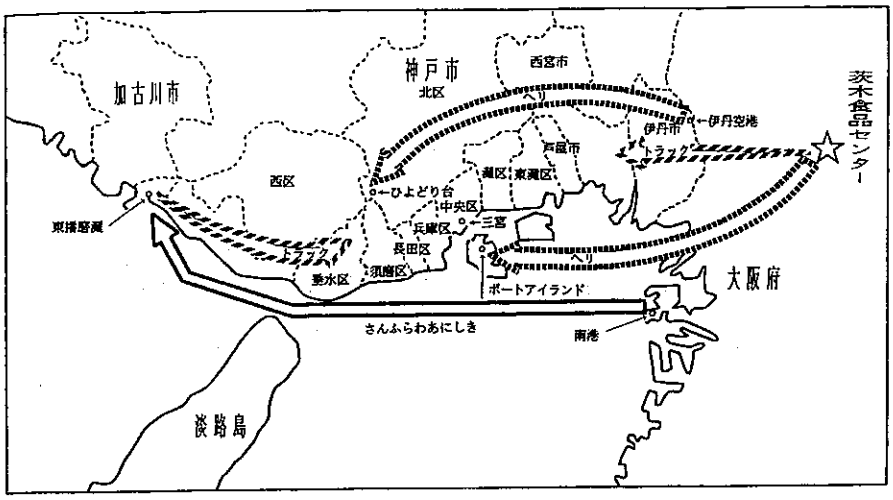


図 3-2-2 流通業における複数の輸送ルートの確保事例～D社の場合～

3.3 代替バスの運行

大阪―神戸間の代替バス輸送は、被災後 6 日目の 1 月 23 日から開始され、6 月 25 日までの約 5 ヶ月間継続された。最大時には日輸送人員約 22 万人（常時の鉄道輸送の約 3 割程度）という輸送上少なからぬ機能を果たした（図 3-3-1 参照）。この背後には、

①東西方向の阪神間の代替輸送に加えて、2 月 13 日から阪神電鉄・阪急電鉄によって運行された「会社間連絡無料バス」が、逐次復旧されていく鉄道路線を南北方向に有機的に結合し、阪神間移動の利便性を向上する上で、非常に大きな成果をあげたこと、

②被災後 11 日目から国道 43 号線にバス専用レーンが設置されてから、各停バス（国道 2 号線、山手幹線利用）に加えて導入されたノンストップバスが、運行所要時間の短縮および安定による運行便数の増大など、極めて大きな成果をもたらしたこと、

③代替バス輸送の運行調整や運賃設定などの対応が、弾力的かつ速やかであったこと、

などが特記される。

端末発着地での混雑状況などの経験をふまえると、今後、防災上の観点から改善に向けて検討すべき課題として、

① 非常時の交通拠点としての駅前広場整備機能、

② 緊急時輸送の費用負担方法、

③ 事業者相互の運行・運賃などの調整方法、

④ 交通規制などにおける公共交通の取扱い方、

などがあげられる。

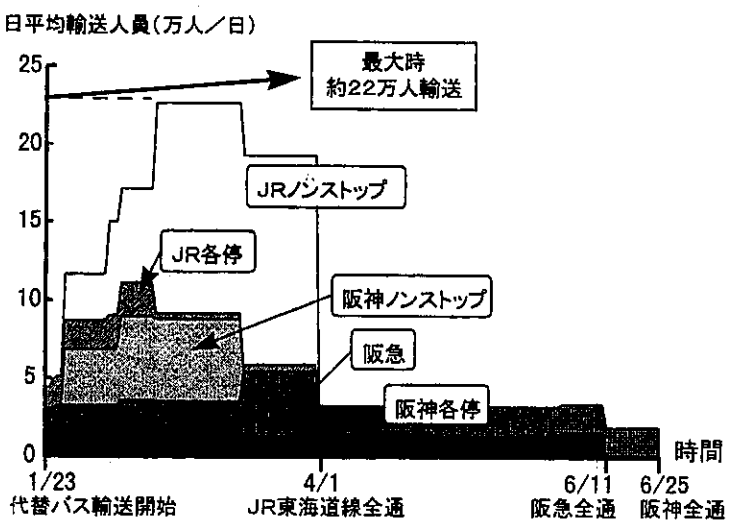


図 3-3-1 代替バスの輸送人員の推移

第４章　震災時の新しい道路交通マネージメント

4.1　交通施設被害・交通機能障害の状況把握システムのあり方

道路交通流動の状況把握

阪神大震災時には、道路交通は各種防災活動や復旧作業その他に非常に大きな役割を担った。その際、車両感知器による道路交通状況の定量的把握にもとづき、交通施設の復旧，復旧工事にともなう通行規制などの道路条件の変化や交通需要変化に適切に対応して、合理的な交通マネジメントを行う必要がある。しかしながら、阪神大震災では以下のような問題点が生じた。

①巡視人員の確保、現地への交通、通信手段の不足などによる施設被害の状況把握の困難、停電や通信回線障害による車両感知器の機能停止、
②交通流動の定量的把握の唯一の手段である車両感知器の修復の遅れ、
③感知器配置数の不足など車両感知器の設置上の問題、
④発災後道路管理者等が実施した交通量カウント調査の調査地点選定における車両感知器設置個所との整合性（相互補完性）の不足

以上のような問題点を踏まえると、今後の改善課題としては以下があげられる。

①状況把握のための巡視人員の確保、
②GIS 技術などを利用した情報集約体制の改善、
③航空写真や衛星画像を活用した代替手段の有効活用、
④災害時の交通管理上最低限必要な感知器群の明確化、
⑤上述の感知器システムの耐震強化と機能維持

街路の面的被災状況の把握と情報提供

阪神大震災では、街路網の機能支障は、避難・消化・救助・救援などの緊急活動やライフライン系の復旧活動など、震災直後の諸活動のスピード・有効性・効率性に大きな影響を及ぼした。今後の大都市地震災害の可能性を考えると、現代の計測技術及び情報処理技術を駆使して、このような街路網の面的機能障害の状況が迅速に把握し、所要の機関に提供することが必要である。そのための方策を以下にあげる。

①航空機等による発災直後の状況観測、
②街路リンク支障状況の高速推定、
③避難困難ブロック、延焼・消火困難ブロックの自動抽出、
④こうした情報の提供と各種防災活動実施へのフィードフォワード、
⑤各種防災機関の実地踏査によって得られた情報による街路リンク支障状況データベースのリバイズ、
⑥瓦礫の撤去作業の進展状況のフィードバック、
⑦警察、消防、道路管理者、各種の交通・通信事業者、及びガス・電力などのライフライン事業者の街路網の面的情報の共有化体制の充実、
⑧上述の計測・処理・活用技術のマニュアル化及びその非常時における民間会社への委託体制の確立

一般交通情報の市民への提供

被災後、一般市民は各種の非日常的な諸活動を行わざるを得ず、交通インフラの被災状況、通行規

制状況・道路混雑状況、代替誘導ルート状況、公共交通の運行状況、乗継連絡運輸など運賃上の取り扱い、などの交通情報のニーズは大幅に拡大する。これらの情報は、極力統括的・系統的に提供されることが望ましい。今後は、以下のような諸点を改善することが必要である。

①公共交通に関する運行状況情報の交通事業者間での共有化と、平常時からの他社情報も含めた総合情報提供システムの構築、

②道路インフラ情報や道路交通情報の都市内主要拠点（例えば鉄道駅など）での提供表示、

③非常時に、テレビ又はラジオなどの放送メディアの一部を交通情報専用に割り当てる制度（同時にまた、安否確認、救援情報なども並設）の創設

4.2 緊急道路の指定システム

緊急交通路の指定は、高速道路や主要幹線道路などの規格の高い道路を対象として事前に決定されるのが一般的であるが、事前に指定された経路の一部が被災する可能性もあり、そのときは直ちに緊急交通路の修正が必要となる。また災害規模によっては、予め指定された緊急交通路のみでは緊急交通需要量を捌ききれないことが起こりうる。このような場合、緊急交通路の追加指定を考慮しなければならない。こうした事態に備えて、緊急交通路の候補となる次段階の道路リストとそのデータベースを作成しておくことが求められる。ここでは、あらかじめ緊急道路の指定が行われておりなおかつもしそれらが被災した場合に緊急道路に付け加えられる予備の緊急道路が事前に指定されているとし、その際に緊急道路が被災したときの代替緊急道路の選択についての基本的なモデルの提案を行った。

ここでは、以下の条件を仮定してモデル化を進めた。

・道路ネットワークの被害状況は把握され、不通区間、リンク容量低下に関する情報を得られる。
・被災地内の救援物資輸送基地等の拠点配置は与えられており、各拠点への必要物資量ないし必要人員数等に基づく必要集中交通量が把握されている。

この条件の下、以下の2点を基本方針として代替緊急ルート抽出アルゴリズムを構築した。

①代替ルートを含む緊急ルートのみによって被災地内拠点への必要集中交通量を処理可能である。
②代替ルートは可能な限り少なく抽出する。

抽出アルゴリズムの詳細はここでは割愛するが、基本的には、1)被災を免れた道路で必要な需要が満たされるかを確認、2)満たされない場合、緊急ルートに追加指定する可能性のあるネットワークの中から、各交通需要供給地と需要集中地を繋ぐリンクを抽出、3)抽出されたリンク集合の中で、集中需要を満たし、なおかつ追加指定した緊急ルートの距離が最短になるものを選択する、という手順で追加指定する緊急ルートを探索している。提案したモデルを仮想ネットワークに対して適用し、抽出された追加緊急ルートの妥当性について検証した。計算結果の一例を図 4-2-2 に示す。この例では、9本のリンクをランダムに被災させた。また、ノード8、17、19が需要集中地であり、26、28、29、31、33、34が交通需要供給地である。この例では、ノード9と28を接続するリンク 33、53と、ノード14と33 を接続するリンク 12、58 が追加すべき緊急ルートとして指定されている。被災リンク数が異なるケーススタディをいくつか実施した結果、ここで提案した抽出アルゴリズムは適切な代替緊急ルートを抽出可能であることが明らかとなった。

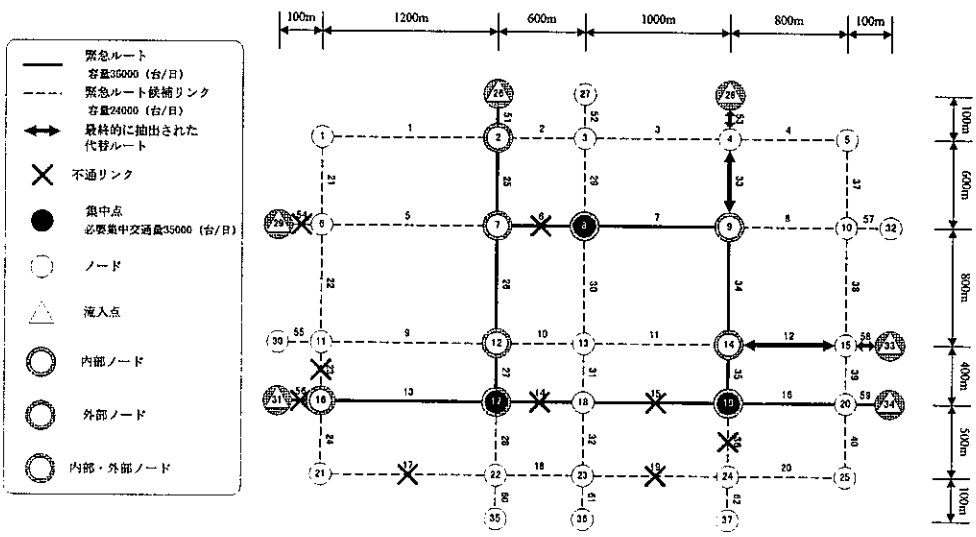


図 4-2-1 代替ルート抽出計算結果（不通リンク数 9）

4.3 車両感知器による道路交通状況検出システム

検出システム検討の目的

地震などの災害直後には、災害情報のリアルタイム収集、関係部署への迅速な伝達、それらの情報の一元的な処理・管理とともに、道路利用者へ情報提供を行うための道路災害情報ネットワークシステムの整備が重要である。災害情報のリアルタイムな収集方法の一つとして車両感知器があり、これによって記録されているデータを活用、検討することより、災害時の道路交通状況の検出手法及び災害時に対応した検出システムの検討を行う。

車両感知器データ

神戸・阪神地区には車両感知器が 2251 箇所に設置されている。災害時の状況の保存データは各感知器の 15 分ごとの交通量であり、これが分析に適用できる。車両感知器には感知エラーがある。交通状況の正常な感知がなされていない場合の判定基準は、(1) 交通量の上下限値 (2) 占有率の上下限値 (3) 回線異常 (4) ゼロカウント、のいずれかのエラー条件に 5 分単位で該当する場合である。この条件は平常時のものであり、震災時等の異常時においては、例えば交通量が異常に低い場合その原因が感知器機能の故障によるものか、道路区間の閉塞によるものか、単独の感知情報では推定・特定が困難である。複数の感知情報を組み合わせることによって閉塞リンクの推定精度の向上が期待できることから、その方法に関する検討を行うことにした。

閉塞リンク推定の方法

検討対象地域として、検証のための道路交通各種条件が得られた神戸市中央区を取り上げた。この区内には約 300 個の車両感知器がある。検出方法の検討に適用する対象日として、道路交通条件の異なる 3 時点、つまり 1/18 (1 月 18 日)、1/25、2/1 の 3 時間帯を選び分析を行った。地震によって故障した感知器の数も日を追って少なくなることから、3 日間の正常感知器数の違いによる推定結果の比較ができた。リンク上での感知エラーのパターンを例えば感知器が 3 つの場合について考察すると 4 つのケースに大別される。この他にも、隣接リンクにおける正常感知器の有無、リンク内感知器の位置と間隔、正常な感知器間の距離、等に応じて検出性能が異なろう。検出ロジックはリンク内の感知器情報による検討と隣接リンクの感知器情報を援用しての検討の 2 種に分けられる。

- リンク内の感知器情報による推定：正常感知の交通量変動パターンをベースに、“類似”の変動パターンを示す区間は閉塞していていないリンクと判定する。但しリンク内の全ての感知器が正常でも交通量が少なく変化が少ない場合はその地点を”閉塞”リンクと判定する。
- 隣接リンクの感知器情報を用いた推定：上記の判定論理では判定不能なリンクについて、隣接リンクの正常な感知器情報を用いて推定する。つまり、隣接リンクにおける正常な感知器同士の交通状況変動パターンの比較を行い、その”類似性”の検討から交通の疎通性を判断し閉塞の有無を推定するものである。

これらの推定方法において“類似性”の判定基準が推定精度を大きく支配する。本研究においてその基準については限定的な設定に止まらざるを得なかったが、恣意的な設定を排した簡便かつ実現象に即した設定方法の検討が本来的に要求されよう。

推定結果と事態との比較

次に示すような結果が知られた。

・閉塞区間はかなりの程度推定できたが、未だ判定不能な区間が残る。
・判定不能の区間の多くは感知器がリンク上に1つしかない場合である。
・隣接区間に正常な感知器があれば推定精度の向上が期待できる。
・当然ながら、感知器の数が多く、感知器間の距離が短いほど推定精度があがる。
・リンク内に全車線に感知器が設置されている地点が1地点でもあれば精度が向上する。

災害時に対応できる検出システムの考察

その要件は次の通りである。

・ハード面：各リンクへの壊れにくい感知器の設置（少なくとも 1 箇所)、管制センター早期復旧のための対策（停電への対応等)
・ソフト面：異常値に対するエラー基準の見直し、占有率データの保存（交通量だけでなく、渋滞判定に資するデータの定期保存)

4.4 道路ネットワーク交通流の推定システム

地震災害などにより道路施設に大きな被害が生じるときは、平常時における交通とは量的にも質的にも異なった交通状態が発生することが考えられる。災害が起きた場合、実効性の高い道路交通マネージメントを実施するには、発災後直ちに道路網における OD 交通量や経路交通量などの交通流動状況を的確に把握することが肝要となる。ここでは、道路交通マネージメントにおいて根幹的な役割を果たす観測リンク交通データを利用した道路ネットワーク交通量の推定方法を、静的モデルと動的モデルの 2 つのタイプについてまとめた。静的モデルの基本的な考え方としては、既存の OD 交通量のパターン、または各交通発生地点からの目的地選択確率が既知であることが前提となっている。しかし、震災後においては平常時の交通流動パターンから大きく変化するため、その更新方法を考慮しなくてはならない。また、動的モデルについては、従来とは異なる新しい推定モデルをここで提案している。この動的モデルの特徴は、発生地点別のリンク利用率に関する既存値が必要となるが、リンク通過所要時間が交通データから与えられれば、複数経路を有する OD 交通に対しても経路選択率を与件とせずとも経路交通量が推定できる点にある。

静的モデルの推定結果については 2.4 においてすでに述べているため、ここでは動的 OD 推定モデルについて簡単に説明する。モデルの定式化であるが、基本的には、ある時間帯に出発地を出発した交通がそれ以降の時点でどのリンクに何割程度存在するかを計算し、それを用いて各時間帯ごとに静的モデルの一つである結合型の最小二乗法モデルにより推定計算を行っている。そのため、前時間帯に出発した車両のその後の影響について考慮可能な定式化となっている。仮想的な単一経路および複数経路における計算を行った結果、推定精度は良好であった。推定結果の一例を図 4-4-1 に示しておく。

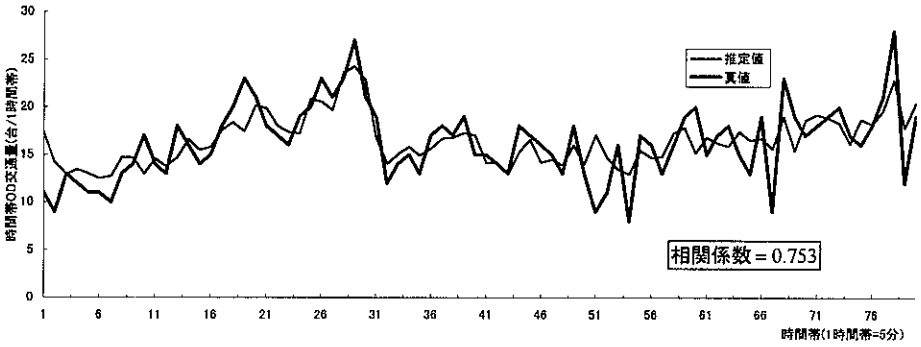


図 4-4-1 推定結果の一例

ここで提案した動的 OD 交通量推定モデルを災害発生時へ適用するためには、以下の点に留意する必要がある。

1) リンクの走行速度をモデルのインプットとして必要としている。そのため、今後の ITS 技術（プローブカー）の発展に期待する必要がある。
2) 車両感知器が多ければ多い方がより推定精度が高くなると考えられるため、緊急ルート等に設置する感知器および管制システム装置は堅牢なものとしておく必要がある。
3) 発生地点別リンク利用率の既存値をどのようにして与えるかが重要となる。
4) 目的に応じて時刻幅を変更させることが望ましい。

4.5　状況対応型の交通規制対策

交通規制の法制度

道路の交通規制に関する法律としては、道路法、道路交通法、災害対策基本法とがある。道路法による交通規制は、道路管理者に道路の維持管理に義務を負わせ、交通の安全を確保することがねらいとなっている。道路交通法による交通規制は、道路交通の安全と円滑の確保が目的となっている。災害対策基本法による交通規制は、災害の特殊性を考慮した広域的な緊急輸送の確保がその大きな目的となっている。災害対策基本法は震災後の平成７年に新しく改正が行われている。

交通規制の実施方策

交通規制の実施方策は、空間面からの規制と時間面からの規制に分類することができる。空間面からの交通規制には、路線規制とエリア規制がある。

路線規制は道路区間や路線を対象にしたもので、全面的な通行禁止、あるいは指定車両以外の通行禁止が実施される。緊急交通路や緊急輸送路の指定はこれにあたる。

エリア規制は、災害対策基本法の改正により新たに設定されたもので、被害状況に応じて、救急救援活動の円滑化や被害の拡大防止のために、被災地域のみならずその周辺地域も含めて一体的に交通規制を行うことを対象としている。エリア規制は道路区間や路線を単位とした上述のような線的交通規制ではなく、ある広がりをもった地区に対する面的交通規制である。 このエリア規制の考え方は、集中交通量最大化モデルによる交通管理システムと密接に関係してくる。

エリア規制における具体的な実施方法であるが、まず事前にエリア規制のためのブロック単位を決定しておくことが望ましい。図 4-5-1 に示すように、予め規制対象となるブロック単位を主要幹線道路や幹線道路、補助幹線道路で囲まれた区域とする。図 4-5-2 はエリア規制の例を示したものである。

時間面からの規制（時間規制）についていえば、災害時のような交通が混乱している状態では、時間単位での細かな規制は非現実的であり、昼間と夜間の交通実態を考慮したを大まかな交通規制が適している。また、曜日によっても交通量が変化するので、週末・祭日と平日を区別し、それぞれの交通実態に適合した交通規制を実施することが考えられる。

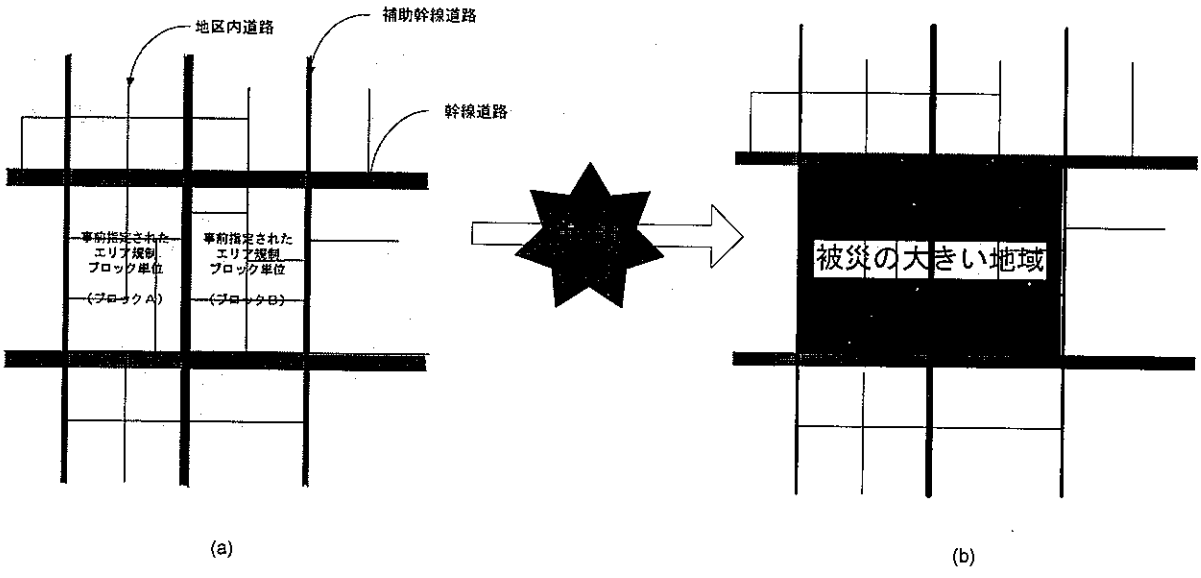


図 4-5-1　エリア規制のブロック指定法

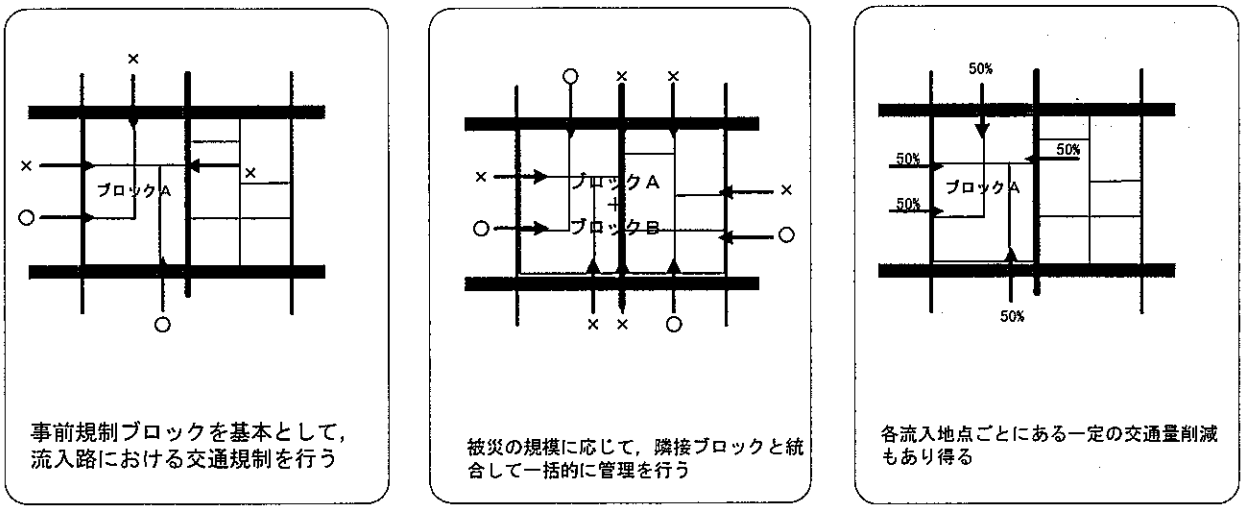


図 4-5-2 エリア規制の例

交通規制と交通需要の関係

交通規制の方法は交通状況によって異なってくるので、規制対象区域のみならず道路網全体を含めて、時点経過を追った交通流動の実態を把握することが大事である。発災後の交通規制イメージは図 4-5-3 のように表すことができる。

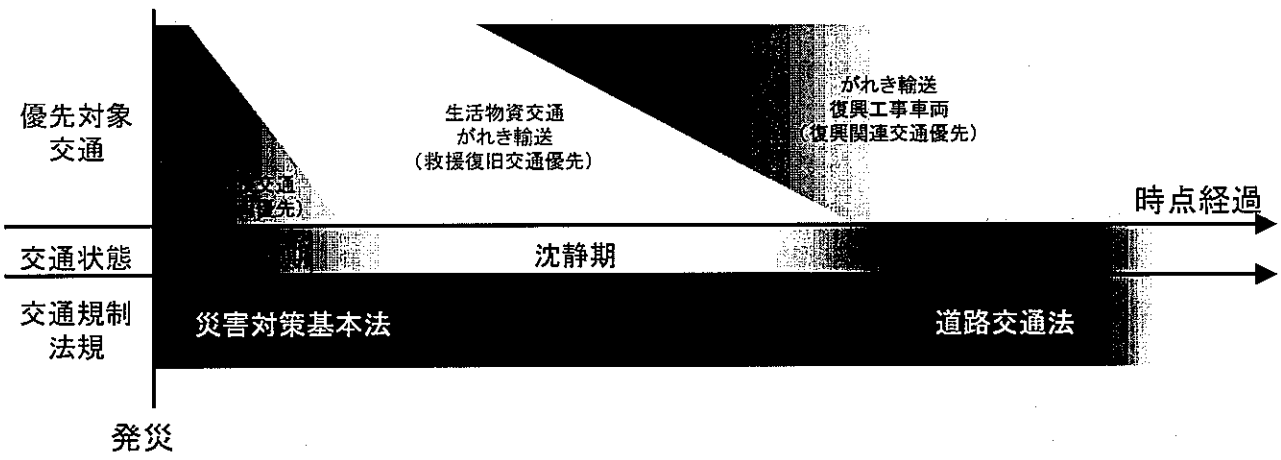


図 4-5-3 発災後の交通規制のイメージ

情報提供と交通取締り

交通管理が初期の目的を達成できるかどうかは、交通取締りの実施体制に大きく依存する。

4.6　道路交通管理システム

震災時における道路交通管理システムの概要

① 発災後、直ちに運用開始ができること。
② 道路施設の被害状況の情報収集と、緊急交通路の指定が短時間で行えること。
③ 緊急車両と一般車両を区別した交通の規制誘導が行えること。
④ 道路復旧状況と交通需要変化を考慮した交通管理が行えること。
⑤ 他の交通システムと有機的に連携できること。

非常時道路交通管理システム

・情報収集
  - 被害状況
  - 交通状況
・交通状況把握
  - 道路リンク容量
  - 道路交通データ
・交通規制方策決定
  - 規制対象エリア
  - 路線規制
  - 時間規制
  - エリア規制
・情報提供
  - 経路誘導
  - 交通量抑制
  - モード転換

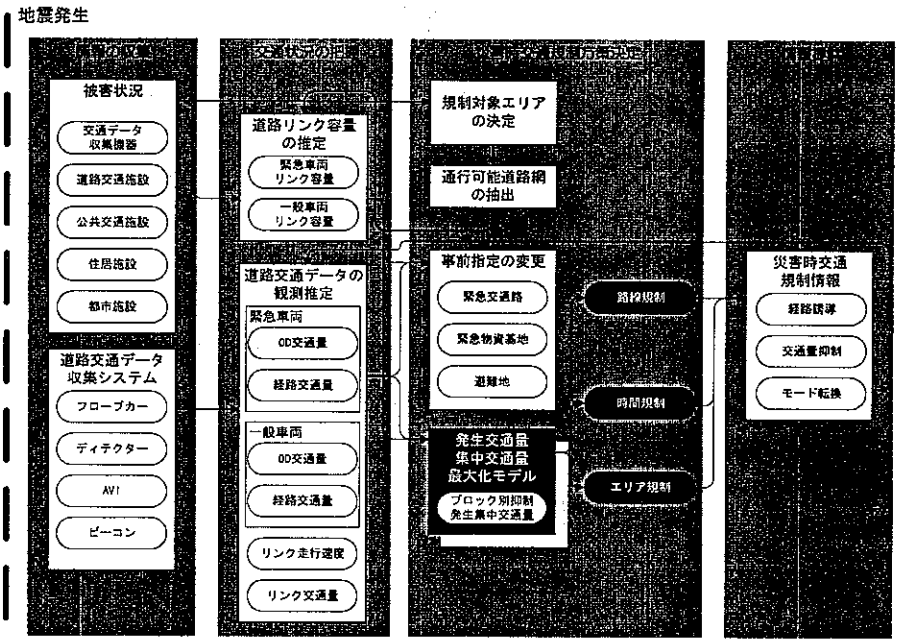


図 4-6-1　非常時道路交通管理システムの全体像

エリア規制における適正交通量の算定手法

・平常時の道路ネットワークからみた最大発生もしくは集中交通量と、被災した道路ネットワークのそれとの差を抑制量とする
・最大発生・集中交通量は、数理問題で記述する（発生・集中交通量最大化モデル）
・ここでは集中交通量モデルについて計算を行った。
・時点を追って道路ネットワークの被害状況を勘案しながらエリア交通規制方法を決定する際の支援システムとして利用可能

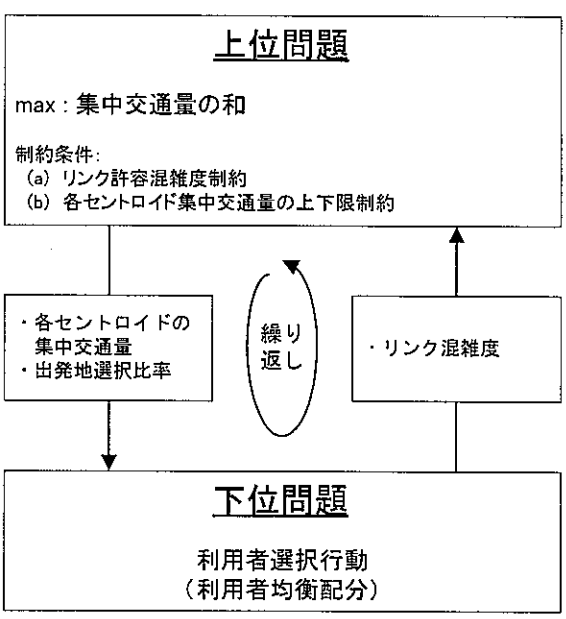
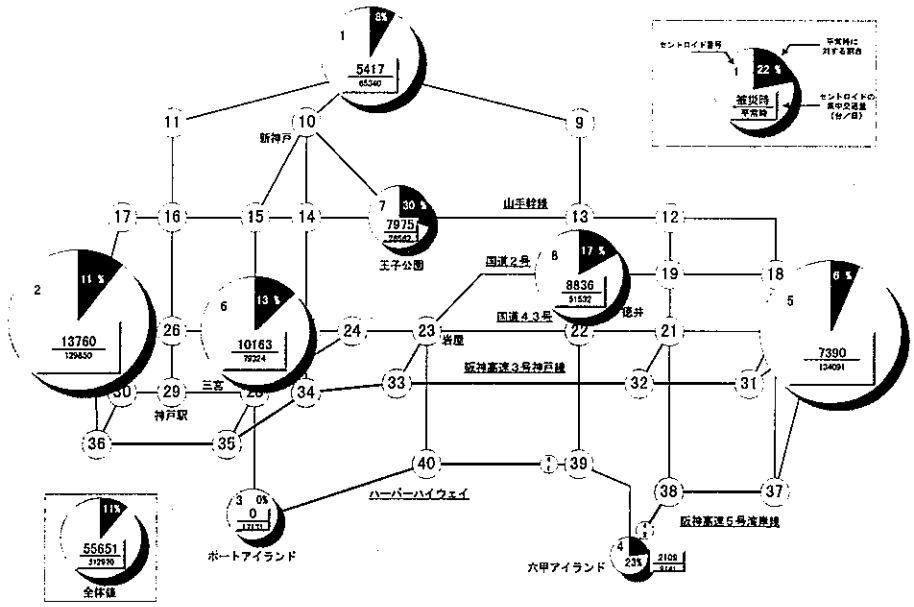


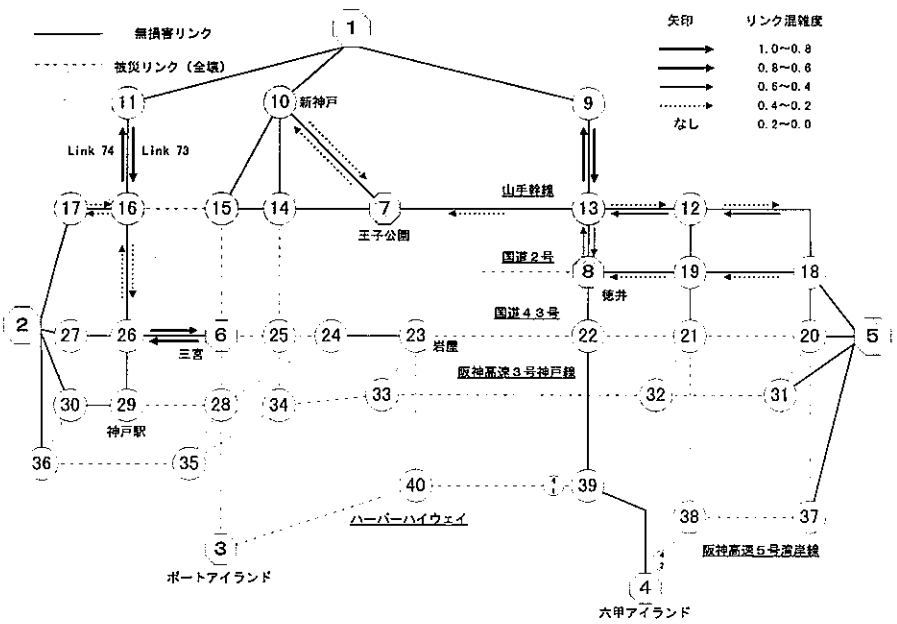
図 4-6-2　集中交通量最大化モデルの概要

阪神地域における適用計算例（被災１週間後）

・大幅な道路網容量の低下
・六甲山系を迂回するためのリンクにおける容量オーバー



(a) 最大集中交通量



(b)計算完了時のリンク混雑度

図 4-6-3 被災１週間後の利用可能リンクに基づく計算例

集中交通量最大化モデルの課題

・緊急ルートの勘案
・車種（貨物車と乗用車）の分類
・時間帯べつの計算手法の考慮
・経路誘導等、ITS 技術との連携

第５章　震災に備えた道路施設計画

5.1　リダンダンシーを有する道路網計画

はじめに

本節では、震災に備えた道路施設計画として道路のネットワーク論的観点からその災害対策を述べている。ここで、リダンダンシーとは代替経路を表す用語であり、道路ネットワークの信頼性を向上させるための一構成要素である。

信頼性の高い道路網は、地震等の突発的自然災害や交通事故・工事・渋滞等の日常的障害によってネットワークの一部が機能を失っても、代替経路等の存在によってネットワーク全体としては常に安定した交通サービスを提供できる。一例をあげれば、災害時においては適切で、所要時間も妥当な迂回路が存在することであり、平常時においては、例えば空港までの経路が事故等で不通となってもフライトには間に合う経路が用意されていることである。

また、ネットワークの信頼性が高いことは円滑な経路が保証されることでもあり、社会経済活動の円滑な交通流動に貢献し、都市の発展に寄与することにもなる。さらに、救急車や消防車等の緊急自動車の円滑な走行移動を保証し、人命の救助や火災の拡大防止を通じて安全・安心で快適な都市づくりにも大いに貢献する。また、災害復旧時においても大いに機能を発揮する。

阪神淡路大震災における交通システムの問題点

詳しくは本論をご参照いただきたいが、今回の地震における交通システムの問題点を、

（1）　都市交通ネットワーク、

（2）　国土幹線交通ネットワーク、

（3）　地区内交通ネットワーク、

とに分けて論じている。また、

（4）　立体交差部の問題点も指摘している。

最近の都市地震の分類と阪神淡路大震災の位置づけ

阪神・淡路大震災以外の最近の都市地震として、米国の大都市を襲った 1981 シルマー地震、1989 ロマ・プリエタ地震、1994 ノースリッジ地震が挙げられる。これらの都市地震に関して、震後のＯＤパターンの変化の大小、都市の経済活動の回復の早さ、交通ライフラインの損傷の程度に関して概略的に分類して論じている（本論の図 5-1-1 参照)。

道路網信頼性の定義と意義

道路網の信頼性を、連結信頼性と時間信頼性に分けて、その定義と実際的な意義を論じている。詳しくは本文をご参照下さい。

信頼性の高い道路システムの構築

信頼性の高い道路システム構築は、

（1）　ネットワークに余裕のある道路システム、

（2）　横断面構成に余裕のある道路、

によって達成される。(1)は、代替路の存在およびその交通容量の余裕により連結性の面から信頼性が確保されることを表している。(2)は、ネットワークを構成する各道路区間において、余裕のある横断面構成によって当該道路区間における信頼性の向上に寄与するものである。これらについて、図を用いながら説明している。

信頼性の高い道路システムと防災交通計画

防災交通計画として、耐災性の高い道路システム構築には以下の４点が重要である。

(i) 信頼性の高い道路システム

(ii) 道路網の階層構成、

(iii) 柔軟性のある危機管理計画

(iv) 平常時のシステムへの built-in

(i)は 5.1.5 で既に述べている。(ii)は、トリップを大きく分けて、a)国土幹線交通、b)都市交通、c)地区内交通とすると、これらを可能な限り別々に流すことにより、それぞれの独立性を向上させ、結果的に各システムの信頼性を向上させて防災力を高めようとするものである。道路網の階層構成は、平常時においても重要な考え方である。

(iii)の災害時の危機管理は、今回の震災における盲点であった。地震の発生直後から復旧過程に至るまで、規制・運用・情報提供を含む総合的な交通システム危機管理計画の構築が重要である。(iv)については、これらの防災対策は、平常時のシステムに built-in しておき、平常時と災害時との連続性を保っておくことである。このことは、阪神・淡路大震災で多くの関係者が得た教訓であった。

ブール演算法と確率重要度・兵庫県復興道路網における信頼度と確率重要度

ここでは、ネットワークの連結信頼度を効率的に求める方法を示している。信頼性の計算は、従来の方法では計算量がシステムの拡大に伴い指数的に増加し、計算がきわめて困難であった。筆者らが開発した方法は、交通流の性質を考慮し、解精度を保ちながら計算効率を大幅に向上させたものである。また、確率重要度は、あるリンク（道路区間）の信頼度の維持(もしくは向上/低下)がノード間信頼度の維持(向上/低下)に与える影響度を知ることができる。確率重要度が大きく算出される部分は、その信頼性の維持がネットワークの信頼性に大きな影響を与える。重要な区間は、その重要性に応じてさらに耐震性強化を行う必要があり、その合理的根拠の１つとして確率重要度を用いることができる。

5.1.8 では、リダンダンシーを強化した復興ネットワークに対して、信頼性解析と重要度解析を行っている。5.1.9 では、以上の結果をまとめている。

5.2 道路網の階層構造の形成

道路の機能と階層性

道路構造令に示されているように、道路がその機能を十分に発揮するには、階層的かつ有機的なネットワーク構成とすることが重要である。階層性を持った道路網は、平常時には安全で円滑な交通サービスを提供するのに有効である一方で、個々のリンクの機能に応じて構造的な頑強性を差別化することにより、災害時においては階層性の低いネットワークに比較して相対的に高い信頼性を確保しうることが期待される。しかしながら、交通ネットワーク分野で階層性を論じた研究は多いとは言えず、ましてや階層性と災害時の信頼性に関して明確な結論は得られていない。本稿の目的は、災害時のネットワーク評価へ応用できるような階層性指標を示し、ネットワークの機能的階層化と災害時における信頼性の関連について考察することを狙いとしている。なお、以下の議論は、道路空間が持っている様々な機能の中で交通機能に限定していることに注意されたい。

震災前後の道路機能の変化

震災前後の道路機能の変化を分析するために用いることのできる交通流の観測データ（とくに震災後）の量と質は必ずしも十分ではないため、交通量配分によりネットワーク交通流を推定する。一般に、交通量が多く平均トリップ長の長いリンクは幹線性が高く、交通量が少なくトリップ長の短いリンクは幹線性が低いと考えられる。震災前後でこれらの諸量を比較することにより、利用実態から見た道路機能の変化を調べた。

震災前には幹線性を期待される国幹道や都市高速道路は他のクラスの道路に比較して交通量が多く、平均トリップ長も相対的に長い。このことから、これらの道路は計画機能に見合う利用形態となっていることがわかる。一般国道は交通量の面では幹線性が強いが、平均トリップ長は短く、地域の生活交通が相当量混在していたものと考えられる。交通量とトリップ長からみた主要地方道と一般地方道の差は認められず、両者の実態機能にはほとんど差がない。要するに、震災前であっても国幹道クラスの主要幹線を除けば、必ずしも計画機能に整合した道路の利用がなされていなかった可能性がある。

一方、震災後には、国幹道・都市高速の交通量とトリップ長が減少し、逆に一部の主要地方道では交通量やトリップ長の増加が著しい。結果的に、いずれのカテゴリーの道路も期待される計画機能と利用実態との不整合は震災前に増して顕著になったものと考えられる。震災後には、生活道路化した幹線道路や、逆に幹線道路化した生活道路が混在した道路利用形態がネットワークの各所に出現し、道路利用者のモビリティを低下させているだけでなく、沿道の安全性や生活環境を悪化させたものと推察される。

階層性と信頼性

災害時におけるネットワークの信頼性を向上させるには、災害外力に対して個々のリンクが常に通行可能な状態を保つことができるように物理的な頑強性を強化することが有効であることは明らかである。しかしながら、経済的制約を考慮すると、計画機能の高低にかかわらずすべてのリンクの構造的頑強性を同一の水準まで一様に高めることはかなり困難である。そこで、計画機能が上位のリンクほど、同じ値の災害外力に対する構造的頑強性が高くなるように、計画機能に比例してリンクを差別化することを考える。

個々のリンクの計画機能に応じて頑強性を差別化すると同時に、ネットワークを機能的に階層化す

ることによって、大きな災害外力に対してもネットワークの信頼性の向上が期待される。ここに、階層性の高い道路網とは、「リンクに期待された計画機能が発揮されるようにネットワークが構成され（条件 1)、その下で計画機能と実態機能が整合する（条件 2）ようなネットワーク」をいうものとする。

災害外力が小さい場合には、頑強性が低いリンクを含むネットワークは階層化の程度にかかわらず、中程度の頑強性のリンクのみで構成されるネットワークに比べて信頼度が低いことが予想される。しかし、外力が小さいために頑強性が低いリンクでも通行不可能となる確率が小さいので、機能によって頑強性を差別化し階層化したネットワークの信頼度が著しく小さくなることは考えられない。

一方、災害外力が大きい場合は、頑強性が高いリンク以外はほとんどのリンクで通行不可能となる確率が高くなる。したがって、すべてのリンクが中程度の頑強性を持つネットワークでは、頑強性の高いリンクを含む階層ネットワークと比較して信頼度が小さくなるであろう。また、外力の大きさにかかわらず、異なった計画機能を持つリンクががランダムに入り交じったネットワークよりも、階層化されたネットワークの信頼度が高いと考えられる。

これらの諸点について、仮想的な道路網を用いて数値計算を行った結果、設定した前提条件の範囲では、階層化されたネットワークのほうが全般に信頼度が高くなる傾向にあることが確認できた。

もちろん、現段階では、階層性の強化が信頼性の向上に貢献するか否かという命題の成立を一般的ネットワークで確認できているわけではない。また、階層性についても、計画機能と実態機能の整合性を考慮した指標の提案には至っていない。ネットワークの階層性と信頼性に関しては、多くの重要な課題が残されている。

5.3 街路の機能障害の視点から見た地区の危険度評価の必要性とその応用

(1)阪神大震災では、建築物や電柱などが倒壊することによって街路閉塞が多数発生した。この街路閉塞現象は、避難・消火・救助・救援などの緊急活動をを阻害するなど多くの障害を生じさせた。この街路閉塞は関東大震災でも発生している古典的な障害ではあるが、災害時の各種緊急活動が自動車の機動性に強く依存する現代、その危険性はますます高まっているともいえる。わが国では、この街路閉塞が発生しやすい「木造住宅密集市街地」は、わが国には多数現存しており、その危険度評価の実施とその結果の啓蒙、及びそれに基づいた対策早期推進は、今後の都市政策上緊急の課題である。

(2)そのためには、地震動の大きさ、建築物の特性などに応じてどの程度のガレキが発生し、さらにそれが街路インフラの特性に応じて、どの程度の街路閉塞現象をもたらすのか、的確かつ実用的に予測・評価し、その上で地区の危険度の判定を行い、現実的な対策を検討する事が不可欠である。本研究では、現段階では最も精度高く街路閉塞を予測することができると考えられる分析手法を提案した。まず、既に計測されたデータのバイアス補正処理を行い、さらに数値的分析を通じて、建築物の倒壊などによって生じるガレキの発生特性を説明する算定式を推定した。次に、推定された算定式を用いた街路毎の閉塞可能性を確率として推定する方法を構築した。

(3)さらに、開発した手法を東京の市街地について適用し、既存の地区危険度評価手法（建設省及び東京都）と比較し、それぞれの出力特性を把握した。その結果、既存手法では、危険度評価上、少なからぬバイアスが生じている可能性が示唆された。

(4)また、街路閉塞現象が避難・消火・救助など緊急活動に及ぼす危険性を総合的に評価する方法を構築するため、阪神・淡路大震災を経験した消防隊員等に対する危険性認識の実験を実施した。その結果、街路閉塞率が 30-60%程度の領域に至ると、緊急活動の専門家が「危険」と認識する可能性が急激に上昇することが明らかになった。さらに、かれら専門家の危険性認識をベースとした指標として「街路閉塞危険指数 BRI」を構築し、街路閉塞率からこの指数を算定する方法を提案した。

(5)上記と同様の、危険性認識実験を一般市民（神戸、東京）に対しても実施した結果、消防隊員など専門家に比べて一般市民は危険性を過小評価しがちであることや、大震災を経験した神戸市民の評価結果が専門家に近づくことなどが明らかになった。啓蒙や経験の効果を示すこうした結果からみて、今後は密集地区の危険性評価を実施し、このような指標や街路閉塞予測地図を積極的に公表することによって、市民の安全問題への関心を日頃から励起することが重要であると考えられる。

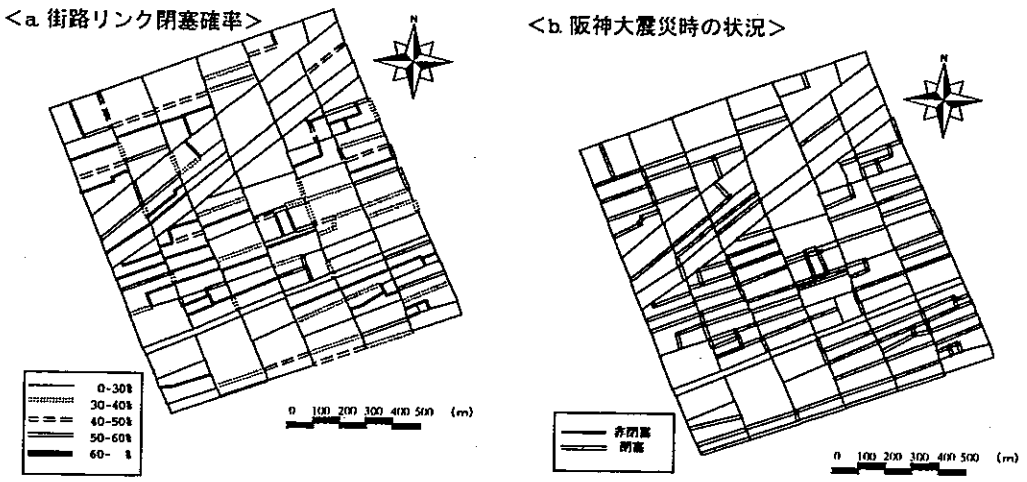
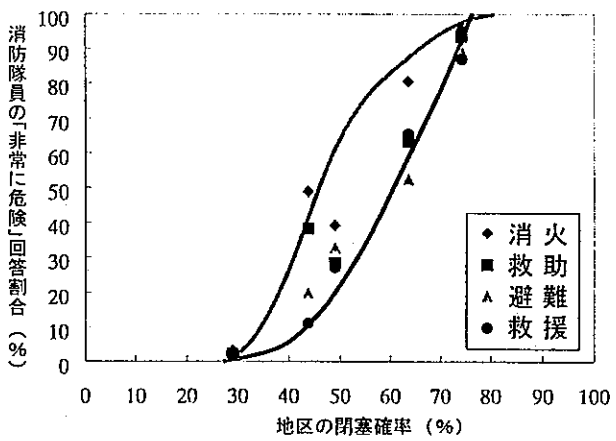


図 5-3-1 本手法による閉塞確率の予測結果と実績の比較(六甲道地区の例)



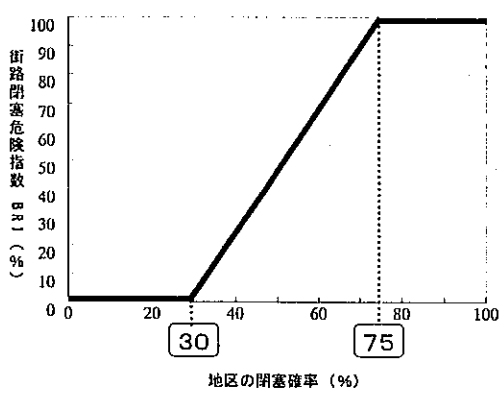


図 5-3-2 街路閉塞率と消防隊員の主観的危険性評価(上)
及び街路閉塞危険指数の算出方法(下)

5.4 緊急時の道路スペースの確保

緊急事態と道路交通運用

交通計画は社会・経済活動に伴って発生する交通需要を安全、円滑、そして効率的に処理するという基本方針をもって策定されるから、通常の交通計画が対応しようとするのは基本的には日常的な状況である。しかしながら、交通システムは災害時にも機能しなければならないわけであり、震災等の緊急時に備えた道路施設計画を種々の側面から検討し、緊急時に速やかに対応できる方策を講じておかなければならないことは言うまでもない。交通計画が対象としなければならない事象を改めて整理する（図 5-4-1）。それに対する交通計画からの取り組みとの関連性を図 5-4-2 にまとめる。

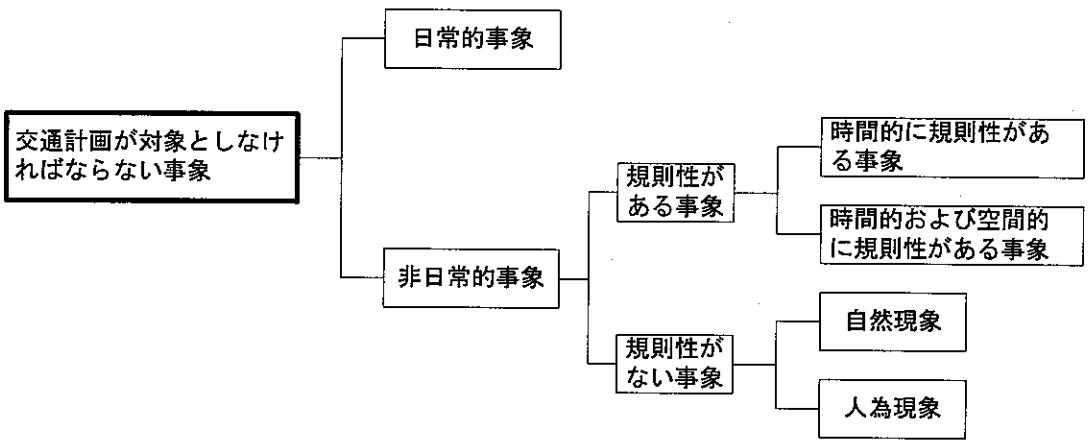


図 5-4-1 交通計画が対応すべき種々の事象

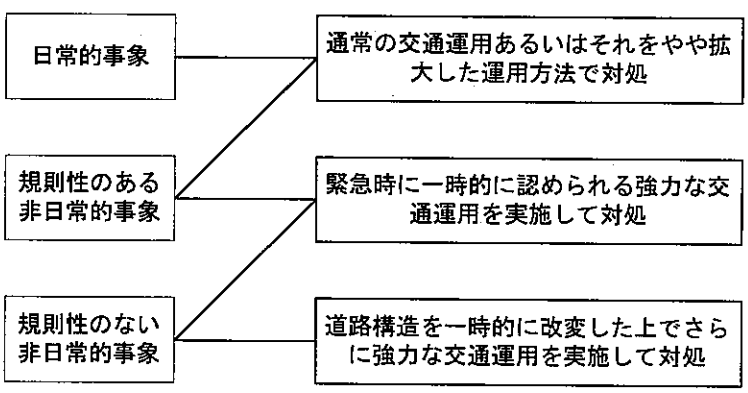


図 5-4-2 各種事象と交通管理方法

道路スペースの確保

広範囲にわたって機能低下した道路網でもって、平常時とは質の異なる交通需要を処理するためには、上記のような強力な交通運用方策が必要となるが、道路空間が何らかの被害を受けていることを前提に考えた場合、交通運用を実施するために必要となる空間を如何に確保するかが大きな課題となる。このような課題に対する対応策としては、基本的には「ゆとりを持った道路システム」を構築することとまとめることができるが、道路網として対応する方向と、それぞれの道路区間における対応とがあり、本節では後者を対象としている。

それぞれの道路区間ごとにゆとりを持った道路施設整備を考える場合、生起確率の非常に小さい緊急事象に備えて、特定の空間を常に用意しておくことは容易ではないし、狭小なわが国の都市空間を

念頭に置けば、必ずしも適切ではない。したがって、ここで採用されるべき基本方針は、空間の Dual use であろう。すなわち、通常は交通処理上のそれぞれの機能を有する空間であるが、一旦非常時になれば、速やかに緊急時の交通状況に対応できるように構造的に改変できるような空間を用意しておくという考え方である。

上述の Dual use には2つの方向がある。一方は、平常時に安全・円滑な交通を維持するためだけでなく、快適な環境を創造するために設置された空間の利用であり、他方は緊急時には平常時の活動の一部を一時的に停止させざるを得ない場合があるから、これを前提とした空間利用である。

具体的には、前者に関しては、植樹帯、環境施設帯等の良好な道路環境、沿道環境のために整備せれている空間を一時的に緊急車両用に活用することが考えられる。これは、環境空間と緊急時対応の空間との Dual use である。平常時における良好な環境確保と緊急時における移動空間確保とを組み合わせることは、生起確率の非常に小さい大震災に対する取組として妥当なものである。緊急時における構造改変を念頭に置いた環境空間の整備も検討に値しよう。

後者に関しては、交通機能に直接関与している空間に関する緊急時活用である。車道、中央分離帯、路肩、歩道等の道路を構成する各要素は、当然それぞれに固有な機能を有しており、安全、円滑な道路交通を維持するために不可欠なものである。しかしながら、緊急時に一時的に沿道アクセスを制限したり、走行速度を制限したりする場合には、上記の空間利用の対象とすることができよう。たとえば、緊急時には一時的に沿道アクセスを制限できるような場合には、停車帯や路肩等のように側方に位置する空間も緊急車両用の通行に活用することが考えられる。さらに、多車線道路に設置されている中央分離帯に関しても、走行速度を制限する方向で安全を確保した上で、これを走行空間に組み入れることが考えられる。いずれにしても、若干の道路構造の改変を要するものであり、緊急時に備えた空間の Dual use に関するマニュアル整備が必要である。

本節では、緊急時における道路スペース確保の基本方針について述べたが、それぞれの道路区間ごとの対応としては、平常時と緊急時において、それぞれ異なった機能を果たすことを期待する空間の整備、すなわち、空間の Dual use の方向で、対応していくことが望ましいと考えられる。

そのためには、中央分離帯や路肩等に関して、緊急時に Dual use することを念頭においた構造上の一般的工夫や、緊急時に速やかに必要空間を生み出せるようにするための即地的検討ならびにマニュアルの整備等が望まれる。

5.5 緊急救援物資の輸送拠点の計画

災害時における緊急輸送の考え方

災害応急対策活動においては、救援物資、要員等の緊急輸送の果たす役割は極めて重要なことは言を待たない。地域防災計画においても、輸送は、情報の収集・伝達と並んであらゆる災害応急対策活動の基盤とされており、こうした緊急輸送を可能とするためには、緊急輸送システムの整備（緊急輸送路ネットワークの指定と緊急輸送拠点の設置）をはじめ、緊急道路の啓開や輸送手段として必要とする車両、船舶等を確保することが必要となる。特に、緊急輸送システムを構成する緊急輸送路ネットワークと緊急輸送拠点については、以下の考え方を基本として計画される。

1)緊急輸送路ネットワーク・・・他府県等と当該市・府県内の防災拠点等とを有機的に結ぶ主要道路と、緊急物資等の受け入れ、積み換え、配分を行う救援物資拠点を結ぶ緊急輸送路ネットワークを指定する。緊急輸送路については、重点的・優先的に交通規制を行う。

2)救援物資の輸送拠点・・・輸送拠点については、概ね「広域輸送拠点」と「地域内輸送拠点」の２段階に分けられる。このうち「広域輸送拠点」は、他都市から搬入される救援物資等を受け入れる拠点であり、陸上輸送のみならず、海上輸送、航空輸送を想定して拠点が定められる。これに対して、「地域内輸送拠点」は、広域輸送拠点からの救援物資を集積し、地域内の避難所等へと配分を担当するものである。

これらの拠点については、広域の輸送拠点としては既存のトラックターミナル、港湾、空港や空地等があてられ、地域内の輸送拠点としては区役所や市町村役場、公共施設などがあてられる。また災害の状況に応じて、想定された緊急輸送拠点が使用できない場合は、速やかに代替緊急輸送拠点を指定し、輸送機能を確保することが重要となる。

緊急輸送システムの事例　－神戸市における緊急輸送システムの概要

図 5-5-1 は、神戸市内における輸送拠点の位置と緊急輸送路のネットワークを示している。緊急輸送路は輸送拠点相互の連携を保つように形成され、災害発生後の状況をふまえ、緊急輸送ネットワークの中から、実際に利用する緊急輸送路を選定することとしている。

輸送拠点としては、他都市から救援物資等を受け入れる「広域緊急輸送拠点」、救援物資の集積・配分を行う「救援物資集積・配分拠点」、各区独自の物資需要に対応する「地域緊急輸送拠点」からなる。広域輸送拠点は、それぞれ陸路、海路、空路に対応して設けられ、物資の集積・配送拠点を通じて、避難所へ物資を配分する。こうした拠点を利用した救援物資の受け入れ・配分システムを示したのが、図 5-5-2 である。

輸送拠点の配置計画における課題

輸送拠点の配置計画を策定する際に検討すべき課題としては、以下の諸点があげられる。

①被災地内での渋滞による効率のロスを避けるための、被災地外での拠点配置の検討

②輸送拠点施設の指定と物流機能面からの施設整備のあり方の検討

③発災からの時間的な経過に応じた輸送手段の変化への対応

④緊急輸送路となる幹線道路からさらに端末の避難所への輸送路の確保

⑤救援物資の量的な予測とともに、物資の保管・配送の効率性から見た拠点の規模や配置密　度を決定するための方法論を確立

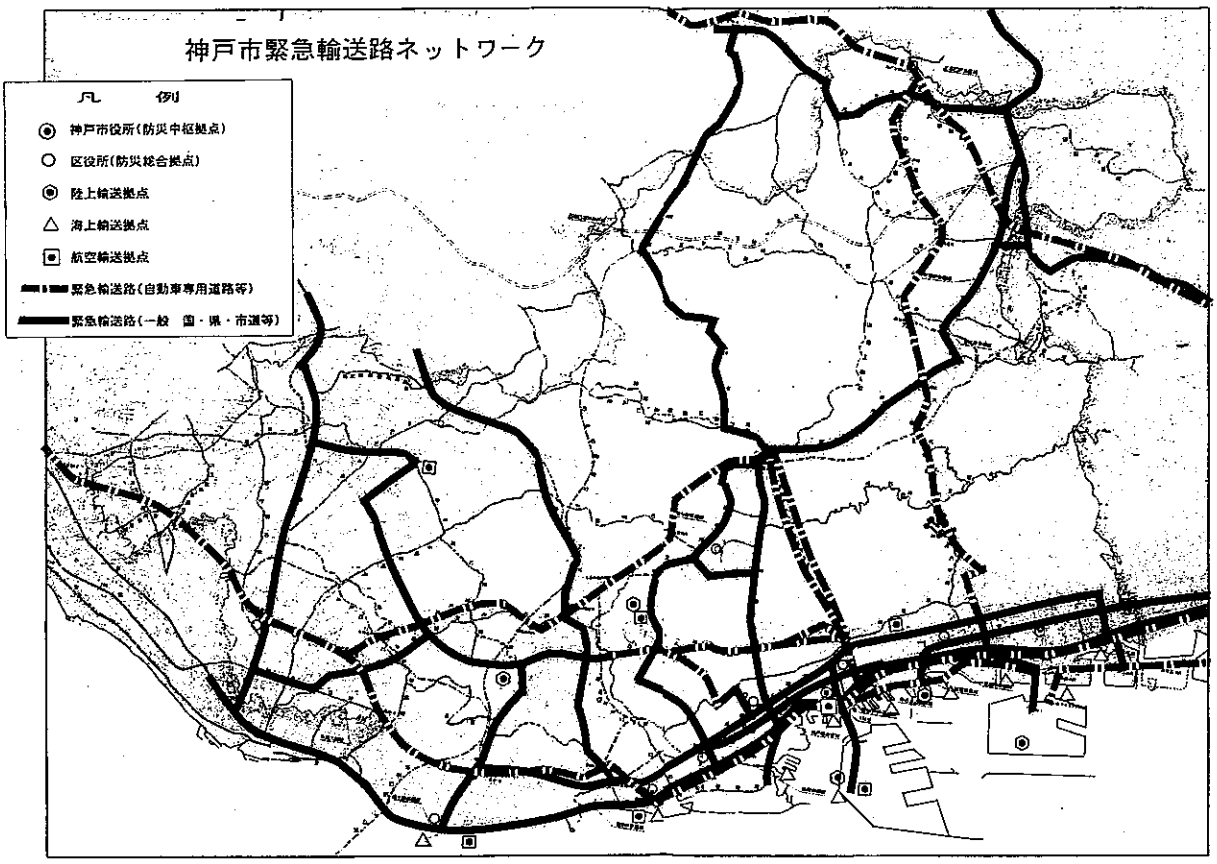


図 5-5-1　緊急輸送路ネットワーク(神戸市地域防災計画より)

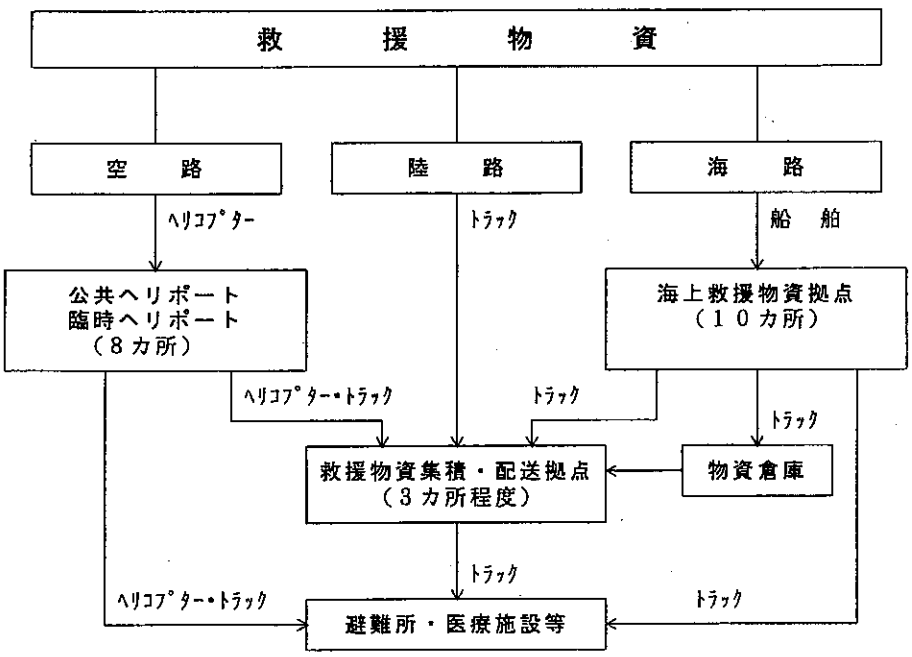


図 5-5-2　救援物資の供給・配送システム(神戸市地域防災計画より)

第６章 震災時交通マネージメントの体系化と課題

6.1 震災時交通マネージメントの体系化

震災時に対応する交通マネジメントシステムは、図 6-1-1 にその考え方が整理されているように、地震発生を境にした事前対策から事後対策に向かっての時間軸上で動いており、6 本の大きな流れで構成される。

第１の流れ：道路施設関連の整備とそのデータベース作成。
第２の流れ：道路交通情報収集のためのシステム。
第３の流れ：道路交通状況の把握。
第４の流れ：震災発生後における交通規制の方策決定に係わるシステム。
第５の流れ：情報の提供システム。
第６の流れ：シナリオを想定した震災時交通管理のシミュレーション実験と震災時交通管理システムのマニュアル作成。

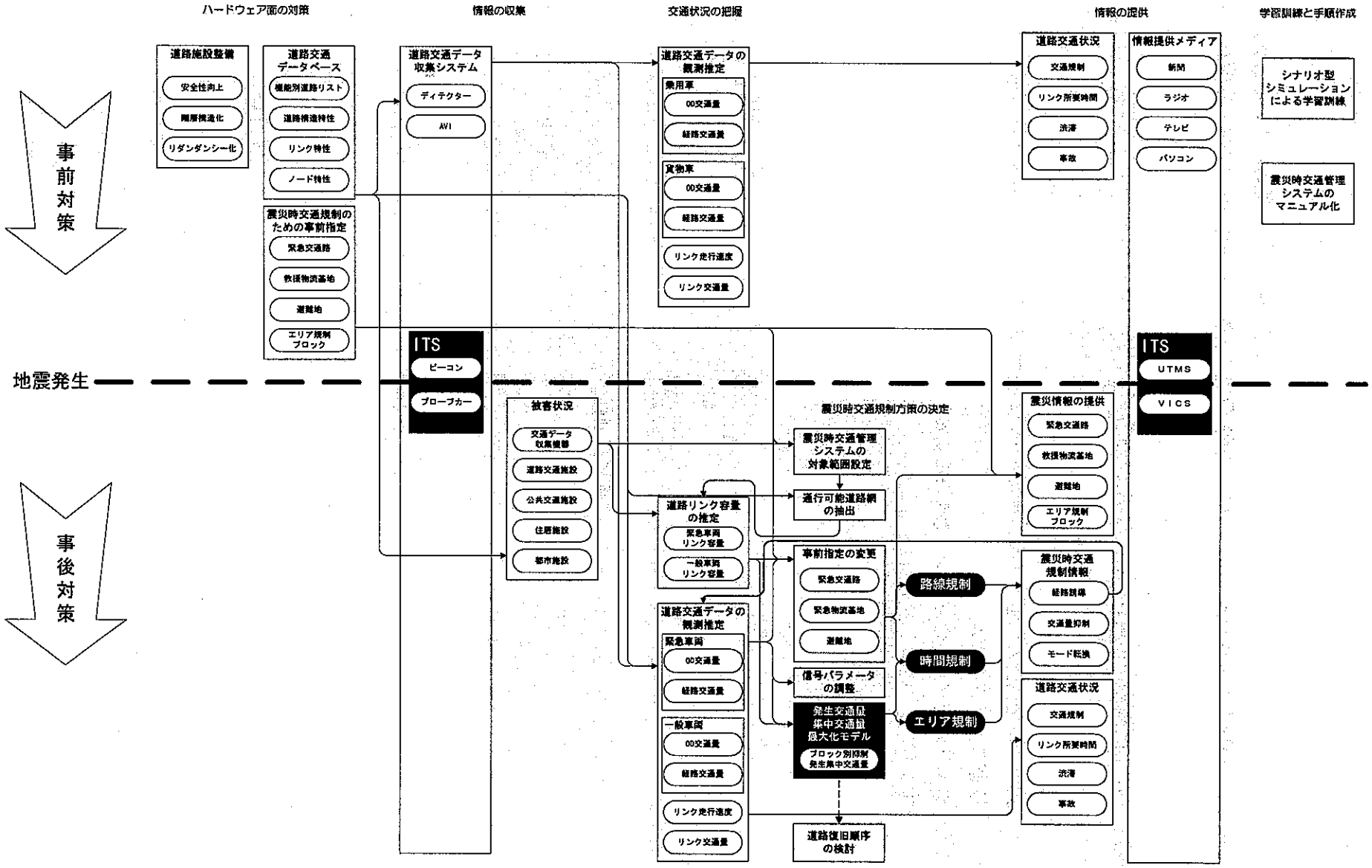


図 6-1-1 震災に対する交通マネージメントシステム

6.2 個別対応策の内容と課題

1. 被災状況の早期確認
2. 道路復旧順位の決定
3. 物流輸送基地の指定
4. 緊急交通路の指定と修正
5. 地点交通データの収集と補完
6. ネットワーク交通流動推定モデルの構築
7. 交通混乱期の交通管理システム
8. 交通沈静期の交通管理システム
9. エリア規制の実施法
10. 時間規制の実施法
11. 交通情報提供のためのデータ収集法
12. 経路誘導と交通量抑制
13. 交通取締りの高度化
14. 道路網の階層構造化
15. 道路網の信頼性向上
16. 道路の安全性向上
17. 緊急時対応のための道路余裕スペース
18. 交通モードの相互連携
19. 平常時からの災害時対応
20. シナリオ設定による災害時対応の学習訓練
21. 災害時交通管理システムのマニュアル作成

第７章　おわりに

震災時の交通マネージメントはハードとソフトの両面で、事前から事後にわたり時間軸上で体系だてて対応しなければならない性質のものである。この中で中枢的な役割を果たすのが情報システムである。幸いなことに、ITS はすでに実用段階に入っており、これらの先端技術を積極的に利用することによって、これまでには存在しなかった革新的な交通管理システムが実現可能となる。本研究プロジェクトで提案した新しい交通管理システムにおいて特色となっている点は、集中交通量（あるいは発生交通量）最大化モデルにもとづいたエリア規制の考え方である。地区ブロックごとの交通量抑制を目的としたエリア規制は今のところ技術的に実施困難と思われるが、近い将来においては ITS の発展普及により実現可能となることが見込まれる。ITS はエリア規制のみならず、地点交通データやネットワーク交通データの観測推定においても精度向上に多大の寄与をすることが期待されており、新しい交通管理システムの全体にわたって中核的な機能を果たすことになる。

以下に、本研究プロジェクトで提案した震災時交通マネージメントシステムの主要な内容を列挙してまとめておく。

1. 道路施設の安全性向上、および道路網の階層化とリダンダンシー化を目指した道路整備を進めること。
2. 震災時対応施設を事前指定し、発災後の修正候補リストを作成しておくこと。
3. 情報の収集と提供、交通移動の抑制誘導に ITS 技術を積極的に利用すること。
4. 緊急車両に ID 識別装置を標準装備し、経路誘導と運行管理を実施すること。
5. 地点交通量およびネットワーク交通量を平常時から継続的に観測推定するシステムを構築すること。
6. 発災後の道路交通流動を観測推定し、交通混乱期および交通沈静期の実態に適合した路線規制、時間規制、エリア規制を実施すること。
7. エリア規制のための地区ブロック単位を事前指定し、交通量抑制の実施方策を検討しておくこと。
8. エリア規制による抑制交通量は集中交通量（あるいは発生交通量）最大化モデルで推定されること。
9. シナリオ想定した交通管理シミュレーションによる学習訓練を積み重ね、管理システムの高度化をはかること。
10. 地域事情を考慮した震災時交通管理システムのマニュアルを作成すること。

この震災時交通マネージメントシステムはまだ基本的な概念を提示した段階であり、実際に適用できるレベルには至っていない。残された課題も多いので、今後も引き続いて研究を進め、実用性の高いシステム構築を目指したい。