

阪神・淡路大震災における道路閉塞状況に関する研究

Study of Impassable Roads During the Hanshin-Awaji Earthquake

塚口博司*、戸谷哲男**、中辻清恵**

Hiroshi Tsukaguchi, Tetsuo Totani, Kiyoe Nakatsuji

A considerable number of roads were rendered impassable to traffic by the collapse of adjacent building during the Great Hanshin-Awaji Earthquake and provision of thoroughfares which would function adequately during times of disasters, is essential to disaster-resident town planning. This study will serve as a basic reference for disaster-resilient town planning. It uses aerial photographs to analyze damage sustained during the Great Hanshin-Awaji Earthquake. The study reveals factors which are associated with impeded traffic facilities and also analyzes the relationship between impassable roads and road width.

1. 研究の目的と背景

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に留まらず、地区内の道路にまで及び、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。道路は多岐にわたる機能を有しているが、最も基本となる機能は、交通を安全・円滑に処理し、これを沿道施設にアクセスさせることにある。このような基本的な機能は平常時だけでなく災害時にも有効に働かなければならないが、沿道の建物の倒壊等によって閉塞状況にあった道路も多かったわけである。今後のまちづくりにおいては、災害に強い都市を目指し災害時にも十分に機能する道路網を整備しておくことが不可欠である。そのためには、どのような道路が通行不能となり、またどのような道路は被害が比較的少なかったのかを分析しておくことが非常に重要である。

阪神・淡路大震災の発災直後においては、道路が閉塞し自動車によってアクセスできなかったりアクセスが非常に困難なエリアが存在していた。これ

が迅速な救助や救援活動に支障を与えたものと思われる。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。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るが、本論では、その端緒として道路閉塞を中心とした道路機能障害の状況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する。阪神・淡路大震災に関連しては、筆者らの研究を含めていくつかの報告がなされている^{1) 2) 3) 4) 5) 6)}。これらの研究はそれぞれ今後さらに発展することと思われるが、本論は震災発生から1年あまりを経過した現時点において道路閉塞状況に関する筆者らの研究^{1) 2) 4)}の一応のまとめを行うという意図も持っている。

2. 研究の方法

(1) 道路閉塞状況の調査方法

震災直後の道路の被害状況を分析するための客観的なデータとしては、発災直後に現地での実態調査も一部では行われてはいたものの、当時の状況を広範囲にわたって客観的に捕捉するためには、空中写真の利用が有用であると考えられる。そこで、本

キーワード：防災計画、街路計画

* 正員、工博、立命館大学理工学部（草津市野路東1-1、Tel: 0775-61-2735、Fax: 0775-61-2667）

** アジア航測(株) 関西生産技術部（吹田市江坂町2-1-11、Tel: 06-369-0556、Fax: 06-369-0538）

論では、発災直後に撮影された空中写真を利用して種々の情報を読み取ることにした。

道路被害状況の判読のための空中写真には、1995年1月18日および20日にアジア航測（株）によって撮影された写真を2,000分の1に拡大して用いた。空中写真は、2枚の写真を実体視することにより、被災の状況を肉眼的に捉えることが可能である。すなわち、道路閉塞の原因となっている構造物等の種類を確認することができるとともに、それらが路上を塞いでいる範囲をある程度捉えることも可能である。ただし、垂直方向から撮影した写真により判読するため、一部の細街路の状況や、街路樹やアーケードで覆われている箇所については判読不可能であり、これらは分析対象区間から除外した。

判読した内容は、以下に示す道路の被害状況リンクおよびその原因となっている構造物等の種類である。

- a) ほぼ平常通りの状態で車両の通行が可能
- b) 一部被害があるが、車両は通行可能
- c) 車両の通行は不可能だが、歩行者は通行可能
- d) 通行不能

a)は、通常の走行車線が確保されている場合であり、走行は可能であるが車道部分に障害物が認められる場合はb)とした。これらの判読事例を図-1に示す。このような典型的な事例を明示するとともに、これに基づいて、各道路の被害状況を判読することにした。

(2) 調査対象地域

被災市街地のうち、特に被害が大きかった神戸市灘区の東部において、図-2に示す石屋川、都賀川、ハーバーハイウェイ、および山麓線に囲まれた区域を対象地区とした。分析にあたっては、各道路を交差点によって約100mの区間に分割し、これを集計単位とした。また道路区間ごとに集計するだけでなく、主要な道路、鉄道、河川によって当該地区を図-3に示す43の小ゾーンに分割し、必要に応じてこの小ゾーンによっても調査結果を集計した。さらに、図-3に示すように阪急以北をAブロック、

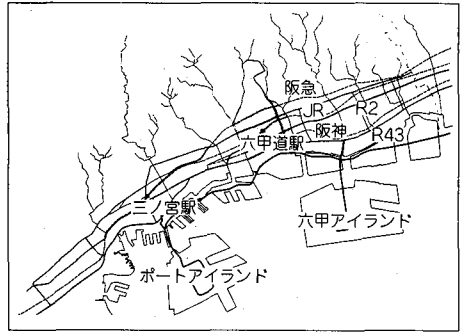


図-2 調査対象地区

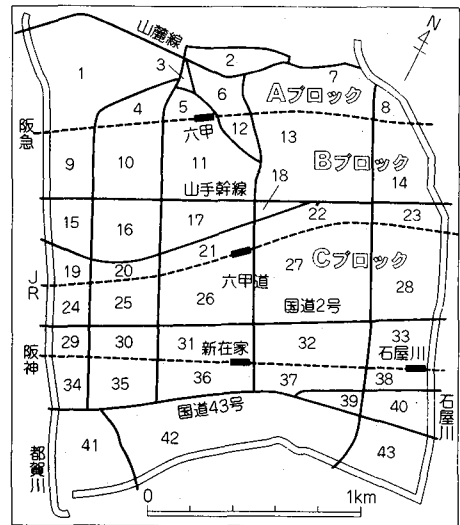


図-3 ゾーン分割図

阪急とJR間をBブロック、JR以南をCブロックとして結果を集約し、ブロック別にも分析した。

なお、今回調査対象としたリンク数は、1082リンクである。各リンクを抽出する過程で、主要な道路から順にネットワークに組み入れていったため、4m以上の道路はこのリンクにすべて含まれているが、結果として4m未満の道路の一部は対象となっていない。

3. 対象地区周辺における道路交通状況

本章では道路の閉塞状況の分析に先立ち、対象地区周辺における道路交通状況について述べたい。

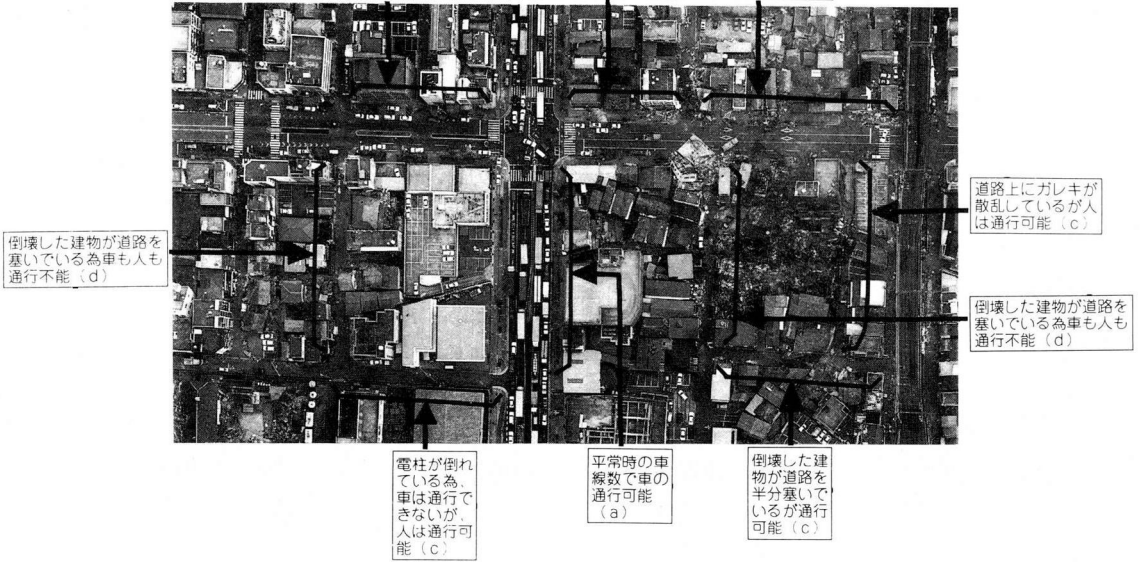
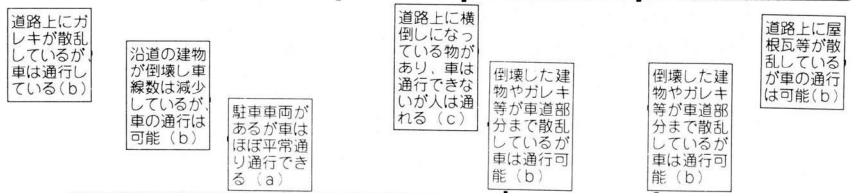
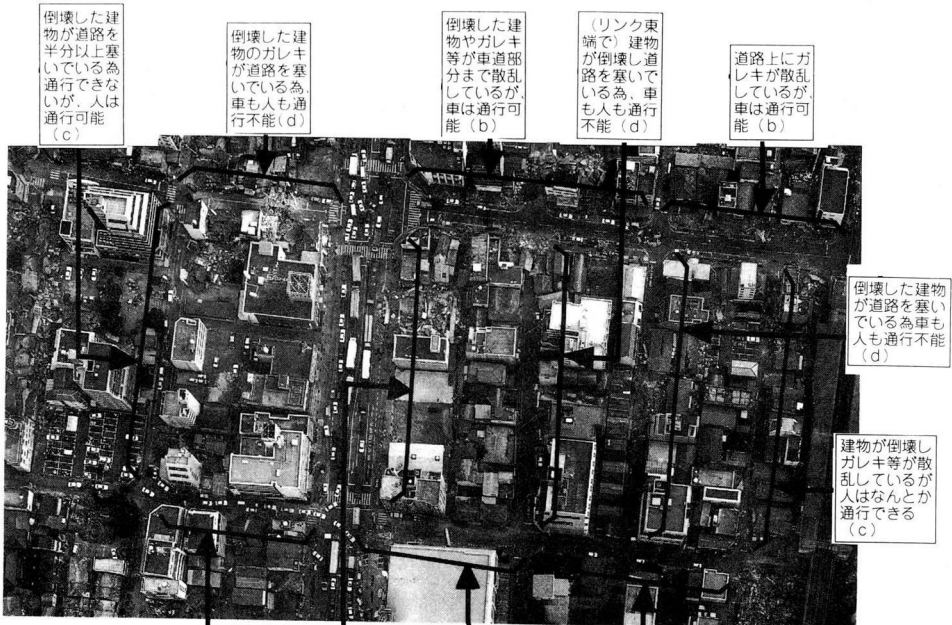


図-1 道路閉塞状況の判読事例

本研究では、道路の閉塞状況を把握するために利用する空中写真を発災直後における道路交通状況の実態把握にも利用した。空中写真が交通状況を把握するために使用されることは通常は稀であり、路上駐車実態調査等に利用されている程度であるが、空中写真は実体視することによって、走行中の車両と駐車車両あるいは走行不能となった停止車両とを判別できるから、交通状況の概略を把握することに利用できると考えられる。少なくとも、交通状況に関する客観デー

タが乏しい発災直後の時期の交通分析には有用であろうと考える。

ここでは、神戸市灘区における幹線道路と補助幹線道路の道路交通状況を示す。対象地域のうち、山手幹線以南は1月18日(8:30~9:00に撮影)、それ以外は20日(10:00~11:30に撮影)の空中写真を用いて分析した。まず図- に車両密度を示す。ここで車両密度とは、走行車両だけでなく駐車車両も含めた道路上に存在する全車両の密度である。2号線や山手幹線といった4車線の幹線道路と比較して、補助幹線道路では車両密度が低くなっており、幹線道路に多くの車両が集中していたことがわかる。これは本指標では車線数を考慮していないことにもよるが、車線ごとの車両密度を求めても、幹線道路に大半の交通が集中していたことが確認できる。

次に、各道路区間における流動状況を調べるために、上記の車両のうちで、走行している車両の割合(走行車両率)を図-5に示す。東西方向の流動について18日の状況を見ると、走行車率は国道2号線においては70~80%程度の区間が多い。また、山手幹線では東行は80~90%程度であって走行車率が高いが、西行は40~80%であり区間によって流動状況に大きな差があったことがわかる。このように、東西方向の幹線道路は非常に混雑した状況にあったものの、若干の流動は確保されていたことを定量的に示すことができる。一方、他の東西方向の補助幹線道路は、山手幹線とJR神戸線間の道路のように、ほとんど機能していないこ

とがわかる。当該道路に関しては、次章において車道の一部が損傷を受けたものの自動車が通行可能であったことを示すが、実際に走行している車両は非常に少なく、交通機能が大きく低下していたことがうかがえる。また、20日の山麓線の状況を見ると、車両密度はそれほど高くないが、走行車率は20~80%にわたって広く分布しており、区間による交通機能の差が大きかったことがわかる。南北方向の交通流動に関しては、図-4ならびに図-5に示した交通状況は山手幹線を境として18日と20日のデータに基づいて再現されたものであるから厳密な議論はできないが、南北方向の道路は一部を除いて車両密度および走行車率が非常に低く、これらの道路はほとんど機能していなかったことがうかがえる。

このように、補助幹線道路の多くは閉塞状況にあったわけではないが、交通機能が大きく低下していたことがわかる。

4. 道路閉塞状況

(1) 空中写真の判読結果

図-2に示した対象地区において、前述の空中写真の判読より得られた道路被災状況は図-6に示すとおりである。地区の主要な道路は、東西方向には北から山麓線、山手幹線、国道2号、国道43号の4路線、南北方向には、西から将軍通線、花園線、神戸六甲線、高羽線等がある。これら広幅員道路にはその一部に被害は見られるものの、車の通行は確保できている。しかし、これらの道路間に挟まれた市街地は大きな被害を受けており、道路の閉塞率が非常に高くなっている。

このような道路の閉塞状況に影響を与える要因としては、以下のようなものが考えられる。

- i)地震動の強さ
- ii)地盤の状態
- iii)道路幅員
- iv)沿道建物の構造および階数
- v)歩道の有無
- vi)街路樹の有無

本論では次章において、このうち主としてiii)~vi)の4項目を取り上げて分析することとしたい。

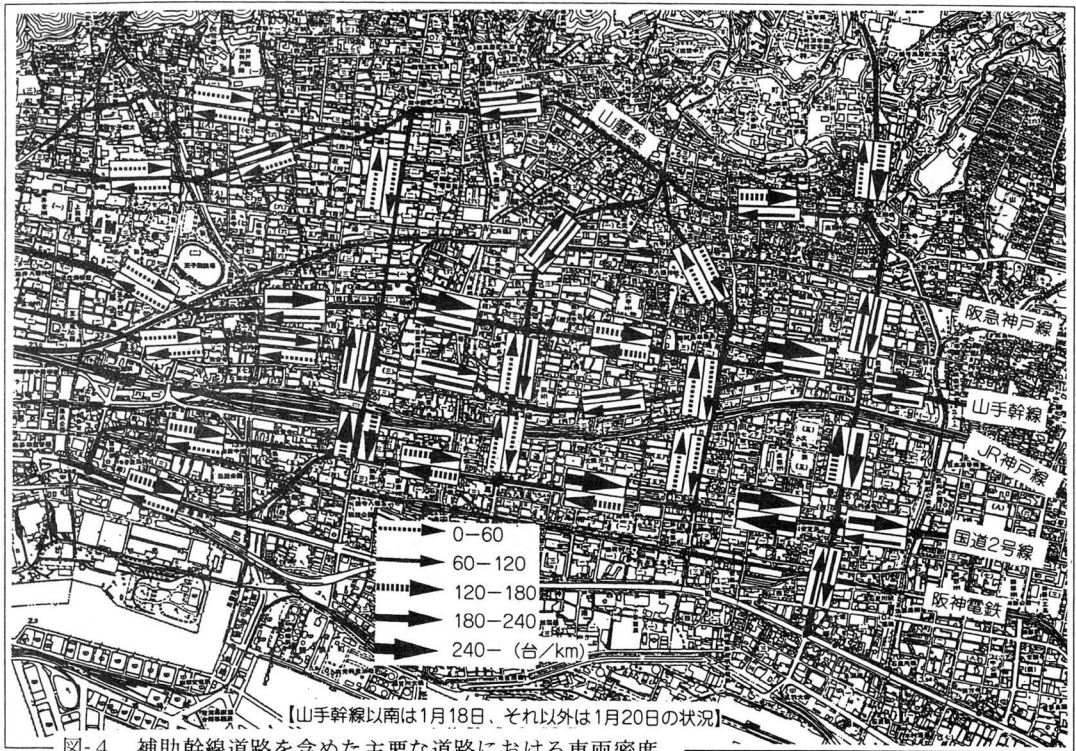


図-4 補助幹線道路を含めた主要な道路における車両密度

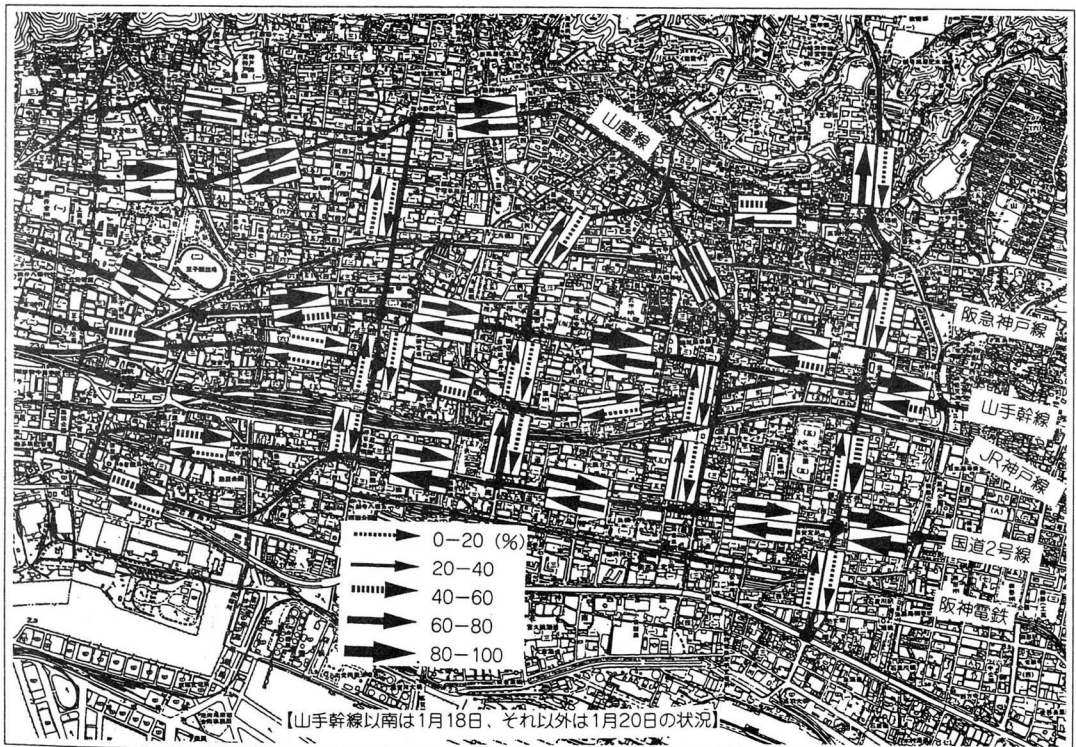


図-5 補助幹線道路を含めた主要な道路における走行車両率

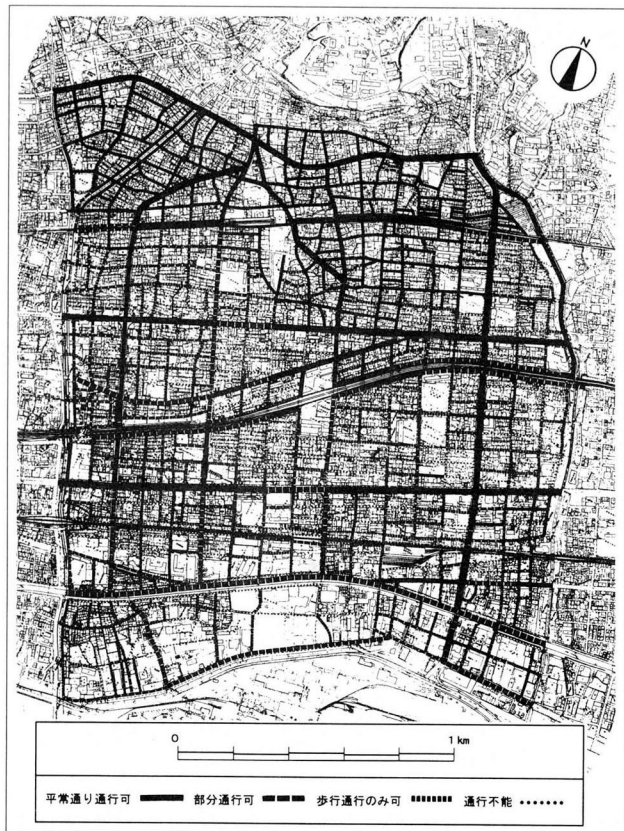


図-6 道路被害状況

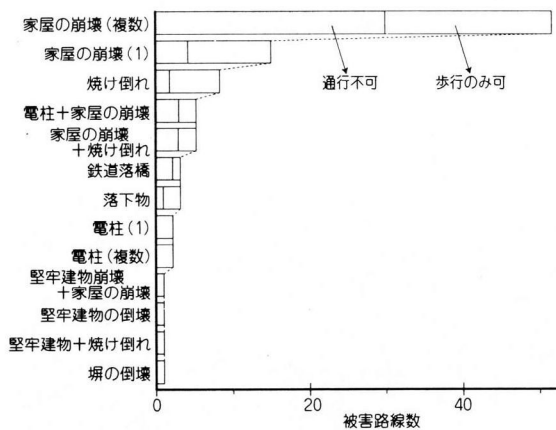


図-7 道路の閉塞原因

(2) 道路閉塞の直接的な原因

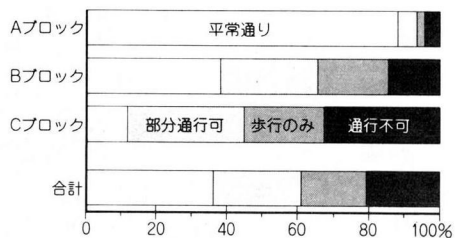


図-8 ブロック別に見た道路被害状況

道路の閉塞原因に関しては、被害が特に大きいJR線以南の区域（Cブロック）において、「歩行のみ通行可」および「通行不可」のリンクからサンプリングを行って分析した。図-7に示すように、対象地区においては、道路を塞ぐ最も顕著な原因は、崩壊した家屋である。リンク内の単独の家屋崩壊による街路閉塞も少なくないが、複数の家屋が崩壊していることによって街路が閉塞されている場合が特に多くなっている。また家屋の崩壊と他の原因が複合して街路が通行不可能となる場合も少なくない。そのほか、電柱の倒壊、ビル等から構造物の一部が落下して、自動車の通行を阻害する原因となっている場合もある。

5. 道路幅員からみた道路閉塞状況

(1) 道路の被害状況

当該地区における道路の被害状況を地区全体について示すとともに、阪急神戸線以北（Aブロック）、阪急神戸線とJR神戸線間（Bブロック）、JR線以南（Cブロック）の3地区に分けて示すと、図-8のようである。海岸に近い地区ほど被害が大きかったことがわかる。すなわち、阪急神戸線以北の地区では自動車が通行できなかった道路は10%未満であり、被害は比較的小さい。一方、阪急とJR間の地区では、自動車が通行できた道路は

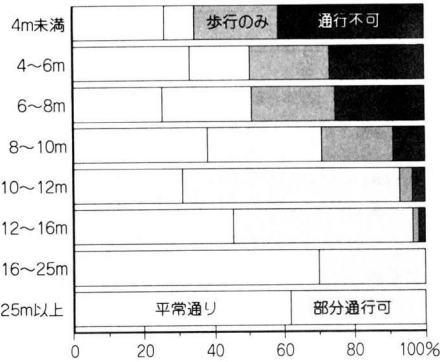


図-9 幅員別にみた道路被害状況

約65%であり、約15%は全く通行不能であった。さらに、JR線以南の地区においては部分的であっても自動車が通行できる道路が半数以下であり、約35%の道路が通行不能であったことがわかる。

(2) 幅員別にみた道路被災状況

道路の閉塞状況を全域において道路幅員別に整理すると図-9のようである。図-9から、8m、10m、および12mの幅員において、道路閉塞状況に大きな差が生じていることがわかる。すなわち、12m以上の道路においては、道路が部分的に被害を受けても、自動車の通行が不能になることはほとんどないようである。10m~12mの道路の場合は自動車通行不能がやや存在する。幅員が10m未満(8~10m)となると、自動車通行不能が急増し、1/4程度となっている。したがって、幅員10mは自動車の通行が部分的ではあっても可能であるか否かに大きく影響する幅員であると考えられる。さらに幅員が8m未満になると、自動車通行不能がさらに急増して約50%になるとともに、歩行もできない完全に閉塞された道路も増加し、30%弱となる。このため、8m未満の道路は、震災時の信頼性が大きく低下していたと言えよう。また、4m~8mの道路には、通行状況に関する差異はほとんど見られないことがわかる。なお、4m未満の道路はすべてを対象としたわけではない

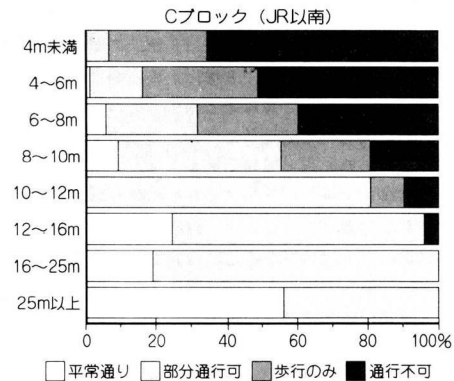
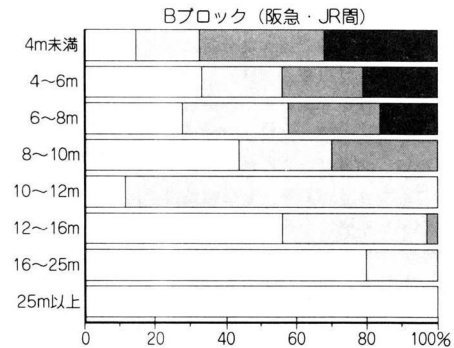
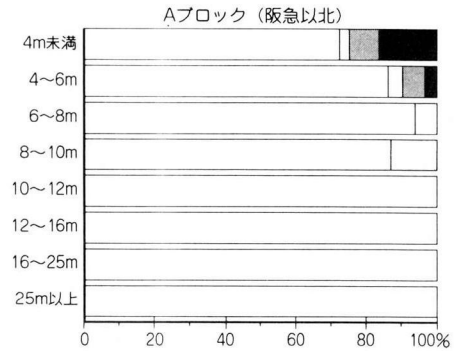


図-10 ブロック別・幅員別にみた道路被害状況

が、歩行者も通行できない閉塞道路が非常に多いことがうかがえる。

なお、前述のようにブロックによって被害状況が異なっている。そこで、各ブロックごとに道路幅員別に被害状況を集計し、図-10に示す。閉塞状況と道路幅員との関係が図-9とは若干異なっているが、B、Cブロックにおいては、8、10、12mの

幅員において通行状態が変化することには変わりはないと言えよう。

以上より、幅員12m以上の道路は、通常の住居系地区の場合には、震災時においても十分に機能を果たしていると考えられ、10~12mの道路は信頼性がやや低下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。

筆者らは本論で述べた分析結果の速報を文献1)にて公表して以来、継続的に分析を行っているが、その後、空中写真を用いた分析結果が徐々に報告されてきた。家田らは三ノ宮等の4地区において調査を行い、幅員別にみた道路の被害状況には地区によってかなり差があり、8m幅員以上の道路では自動車が通行不能になることが少ない地区と、より被害が大きい地区があったことを示している。小谷らは東灘区東部地区において分析を行い、おおよそ12mの幅員があれば自動車が通行する空間が確保されていることを明らかにしている。また8mを境として震災時の道路被害に大きな差があったことを明らかにしている。また徳永らは長田区の国道2号線沿道の地区を取り上げ、8m以上の道路であれば、自動車が通行可能であったと報告している。

本研究における結果とこれらの研究成果とを総合すると、道路幅員と道路閉塞からみた道路機能障害との関係には地区によってかなり差があることに注意しなければならないが、灘区や東灘区の激震地区においては12m以上の道路はおおむね自動車通行が可能であったと言えることができる。また、8mという幅員は機能障害が大きく変化する幅員となる場合が多いと考えられる。

6. 道路閉塞に関する要因分析

このように、道路幅員と道路の機能障害には明確な関係があるが、道路の閉塞状況が幅員だけで決定されるものではない。そこで、本章では道路閉塞に関する要因について詳しく分析する。

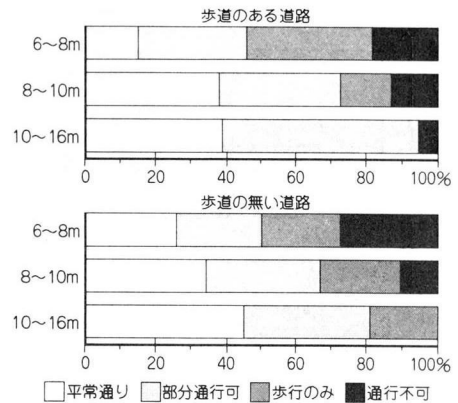


図-11 歩道の有無別にみた道路被害状況

(1) 歩道および街路樹の有無からみた道路閉塞状況

まず、道路閉塞状況について、各道路における歩道の有無と歩道部分の被害状況、および各歩道の街路樹の有無から分析した。歩道および街路樹の有無は、2,500分の1の地形図上から読みとった。

当該地区においては、道路の両側あるいは片側に歩道があるものは約27%であり、残り73%には歩道がなく、これらの大半は幅員8m未満の道路である。幅員が8~10mの道路では、歩道有りが44%、歩道無しが56%であり、10m以上の道路には特殊な場合を除いてはほとんど歩道が設置されている。

このように、歩道は幅員の広い道路に設置されていることが多いから、ここでは歩道の有無の影響を同じ幅員の道路について比較してみる。歩道の有無別にみた道路被災状況を、幅員6~8m、8~10m、10~16mで比較すると図-11のようである。6~8mの道路の場合には、幅員が狭いため、歩道の有無によって道路閉塞率に差が生じていない。しかし、8~10mおよび10~16mの道路の場合には、歩道を有する道路は歩道がない道路に比べて道路閉塞状況がやや軽減されていることがわかる。この傾向は、JR以南の被害が特に大きい地区において一層顕著になっている。

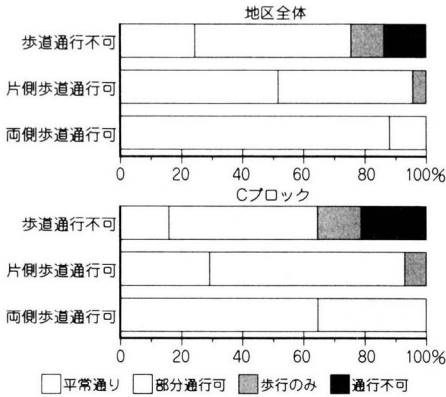


図-12 歩道の通行可否別に見た道路被害状況

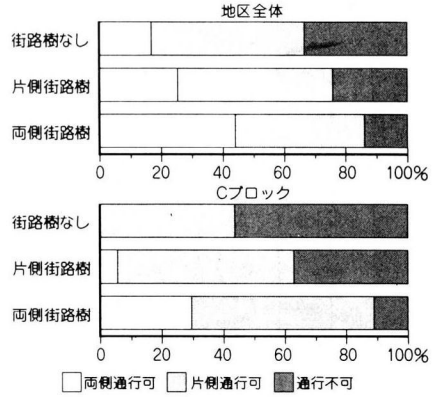


図-13 街路樹の有無別に見た歩道通行可否状況

歩道部分の被害状況を調べてみると、通行できた歩道は全体の50%（内訳は片側歩道が24%、両側歩道が26%）であり、歩道として機能していなかった場合が少なくないことがわかる。しかしながら、歩道が整備されていれば、図-12に示すように、その歩道自体は通行できなくても、車道部分を自動車が通行できた場合が約75%を占めている。また街路樹の有無と歩道の通行可否状況との関係を調べると図-13に示すようであり、街路樹の無い歩道は約40%が歩道部分の通行が不能であるが、街路樹のある道路では歩道が通行可であった場合が多いことがわかる。

(2) 建物の構造からみた道路閉塞状況

今次の震災における道路閉塞は先に述べたように、建物の倒壊によるものが最も多かった。そこで、建物の構造と道路閉塞状況との関係を分析することにした。まず、2,500分の1地形図上から堅牢建物を抽出し、図-3に示した43の小ゾーンごとに堅牢建物率を算出した。堅牢建物とは、鉄筋コンクリートまたは鉄骨コンクリート等で建築されたもので、ここでは地上2階建て以上のものを対象としている。

各小ゾーンにおける堅牢建物率と自動車の通行可能区間率の関係は図-14に示すとおりである。地

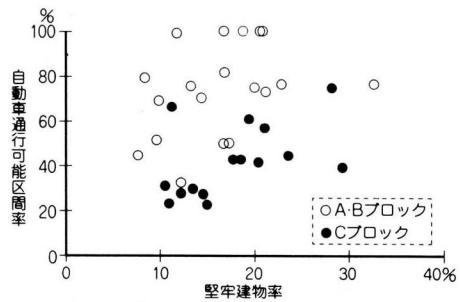


図-14 堅牢建物の割合と道路被害状況

区全体で見れば、両者には明確な関係を見出しにくい、JR線を境に北側（Aブロック+Bブロック）と南側（Cブロック）に分けてみると、両者の関係が明確になり、堅牢建物率の増加に伴って自動車通行可能な路線率が増加することがわかる。JR線以南では、JR線以北に比べて、同程度の堅牢建物率であっても自動車通行可能率が小さくなっている。

(3) 道路閉塞状況に関する判別モデル

以上においては、道路閉塞状況と閉塞要因との関係を個別に分析してきたが、ここでは、これらを総合的に分析するとともに、道路の閉塞状況に関する判別モデルを構築することにした。そこで、道路の閉塞状況を外的基準とした数量化理論II類によるモデルを作成した。

分析に用いたデータは、当該地区の全リンクの中で、外的基準ならびに以下に示す説明変数に欠損値がない754リンクである。説明変数は、道路幅員、木造建物延長率、歩道の有無、街路樹の有無、および震度である。ここ

アイテム	カテゴリー	サンプル数	カテゴリースコア				レンジ	
			-1.0	-0.5	0.0	0.5		
震度	6以下	221	[Bar chart showing distribution from -1.0 to 0.5]				1.8913	
	7以上	533						-1.3319
木造建物延長率 (%)	0-20	117	[Bar chart showing distribution from -1.0 to 0.5]				0.5104	
	20-40	251						-0.1972
	40-60	220						-0.1429
	60-80	130						0.0813
	80-100	32						0.2291
街路幅員 (m)	-4	42	[Bar chart showing distribution from -1.0 to 0.5]				1.5654	
	4-6	173						0.3785
	6-8	270						0.1602
	8-10	96						0.1716
	10-12	23						0.0850
	12-16	36						0.1970
	16-25	77						-0.5075
	25-	37						-0.5253
街路樹の有無	無し	626	[Bar chart showing distribution from -1.0 to 0.5]				0.3391	
	片側に有り	50						0.0147
	両側に有り	78						0.3214
歩道の有無	無し	533	[Bar chart showing distribution from -1.0 to 0.5]				0.2715	
	片側歩道	88						0.0522
	両側歩道	133						0.0151

で、木造建物延長率とは、上記

分析の堅牢建

物率に関係するものであり、それぞれのリンクごとに木造建物が面する延長の割合（道路の両側を別々に考えるから実際のリンク長の2倍で除している）を表している。また、震度は物理量ではなく、建物の倒壊状況に基づいて判定されたものであるから、本来説明変数として必ずしも適切ではないが、地震エネルギーや地盤状況に関する情報をリンク単位で求めることは非常に困難であるから、ここではこの指標を用いることにした。なお、震度の正確な分布状況は公表されていないから、一般に公表されている図から読み取った。外的基準はこれまでに用いてきた道路の4段階の被害状況である。

分析結果は図-15に示すとおりである。この図から、震度、道路幅員、木造住宅延長率の影響が非常に大きいことがわかる。カテゴリースコアの分布状況には、カテゴリーをかなり細かく区分したことも影響して、多少大小関係に若干の逆転が生じているが、おおむねこれまでに説明してきた傾向を裏付けるものとなっている。

次に、この結果を道路閉塞状況に関する判別モデルとして利用することを念頭に置いて、モデルの

図-15 数量化理論II類による道路被害状況の分析

表-1 モデルの再現性

		モデルによる判別結果			
		平常通り	車が部分的に 通行可	歩行のみ 可	通行不可
空中写真の判読結果	平常通り	250(33,2)	28(3,7)	27(3,6)	13(1,7)
	車が部分的に 通行可	22(2,9)	48(6,4)	63(8,4)	40(5,3)
	歩行のみ 可	7(0,9)	4(0,5)	44(5,8)	70(9,3)
	通行不可	4(0,5)	2(0,3)	31(4,1)	101(13,4)

注) ()内は総計に対する構成比。

再現性について検討する。本モデルでは閉塞状況を4段階に区分しているが、表-1に示すように、推定結果がこの4段階において一致しているケースは58.8%であり、再現性は必ずしも高くない。しかしながら、これを自動車が通行できるか否かの2段階で判別する場合には、再現性は78.8%となり、また全く通行不能かあるいは少なくとも徒歩で通行できるかの2段階で判別する場合の再現性は同じく78.8%となる。なお、自動車が一応通行可能、徒歩のみ通行可能、通行不可のように3ランクに区分すると、再現性は65.4%である。

本モデルにおいて、誤判別される場合について

詳しくみていくと、表-1に示すように、空中写真による実態把握では被害が軽微であるが推定結果では被害が大きい場合が多く、逆は少ないことがわかる。この結果は道路の被害状況を判別する場合には、安全側の結果を与えるものである。

以上の検討より、本モデルは、道路の閉塞状況を上記のような2段階で判別する場合には再現性が約80%となっており、しかも誤差は安全側に生じていることから、おおむね使用に耐える結果を与えていると考えられる。

7. まとめ

本研究は、阪神・淡路大震災における道路の閉塞状況を空中写真を用いて分析したものであり、以下のような成果を得た。

- 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) 上記の地区周辺における補助幹線道路以上の道路における交通状況の概略を把握した。
- 3) 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に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。
- 4) 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たように思われる。
- 5) 建物構造も道路の閉塞状況に大きく影響しており、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。
- 6) 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。

さて、本研究は、先に述べたように、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を確保するという観点に立ち、災害に強い道路網構成に関して具体的に提案することを最終的な目的としている。今後、本研究で得られた知見等を用いて、災害の発生を考慮した場合、どの程度の規格の道路をどのように配置すれば、上記の目標を満足できるかについて具体的に検討する必要がある。この場合には、道路幅員に関しても種々の幅員の道路が組み合わせられることになろうが、道路の規格としては、補助幹線道路と区画道路との中間に位置し地区の骨格となる「中街路」の整備が特に重要となると考えている。

中街路は、これが提案された経緯からみれば、その主たる適用範囲はスプロールの市街化が進行する恐れのある非計画的市街地における街路整備である。すなわち、この程度の街路を整備しておけば、都市計画関連法規が遵守される限り、比較的良好な住宅地が形成が図れるというものであり、街路ストックが少ない地区を対象とした街路整備概念であった。しかしながら、阪神・淡路大震災においては、図-6に示した街路閉塞状況図からもうかがえるように、比較的街路ストックが存在する地区においても、発災直後には自動車で直接アクセスできなかったり、徒歩によってさえも到達できなかった区域が存在していた。したがって、今後はこのような地区においても中街路の整備が必要となってくると考えられる。

最後に、本稿をまとめるにあたり種々の御協力をいただいた京都大学防災研究所横山康二氏、アジア航測株式会社斉藤敬三氏、分析作業に御協力頂いた西田実氏に謝意を表する次第である。

なお、本稿は IATSS Review, Vol.22, No.2, 1996年9月に掲載された論文に若干の加筆を行ったもので

ある。

【参考文献】

- 1) 塚口博司、戸谷哲男、中辻清恵：道路施設の被害状況と交通特性，立命館大学阪神・淡路大震災復興プロジェクト調査報告書，1995.5.
- 2) 塚口博司、戸谷哲男、中辻清恵：阪神・淡路大震災における道路の被害状況と発災直後の自動車流動状況，土木計画学研究・講演集，No.18，1995.12.
- 3) 家田仁、上西周子、猪股隆行、鈴木忠徳：阪神大震災における街路機能障害に関する研究～航空写真による概況把握～、土木計画学研究・講演集，No.18，1995.12.
- 4) 塚口博司、戸谷哲男、中辻清恵：空中写真を用いた震災直後の道路被害状況分析、阪神・淡路大震災に関する学術講演会論文集、1996.1.
- 5) 徳永幸久、武政功、細見隆：市街地特性と被害状況に関する基礎的分析、阪神・淡路大震災に関する学術講演会論文集、1996.1.
- 6) 小谷通泰、前野達也、伊藤美由紀：震災による地区道路網の閉塞状況に関する分析、交通工学研究発表会論文報告集、1996.
- 7) 塚口博司・戸谷哲男・中辻清恵：阪神・淡路大震災における道路閉塞状況に関する研究、IATSS Review, Vol.22, No.2, pp.101~111, 1996.