

阪神・淡路大震災時の道路網機能低下に関する一考察*

A Consideration on Deterioration of Traffic Capacity of Road Network after the Great Hanshin Earthquake*

飯田恭敏**, 宇野伸宏***, 牛場高志****

Yasunori IIDA**, Nobuhiro UNO***, Takashi USHIBA****

1. はじめに

阪神・淡路大震災により、被災地周辺の道路網はかつて例を見ないほどの被害を受け、その機能は大きく低下した。このため、地震発生時にも十分機能し得る頑強な道路ネットワークを被災地をはじめとして全国的に整備すること、並びに、緊急性の高い交通の円滑かつ安全な通行を可能とする交通運用方策を確立することの必要性が広く認識されつつある。このためにはまず阪神・淡路大震災による道路ネットワークの機能低下について把握することが望まれる。本研究では震災による道路網の機能低下について計量化することを試みる。あわせて、災害対策基本法による交通規制の影響を評価する。

2. 道路網の状況と交通規制

(1) 通行止めの状況

震災後、高速道路をはじめとして阪神間の幹線道路は軒並み損傷を被り、通行止めの路線・区間が続出した。震災4日後の、平成7年1月21日時点における有料道路の主な通行止め路線・区間は、名神高速道路（吹田～西宮）、中国自動車道（吹田～西宮北）、第二神明道路、阪神高速環状線、神戸線、湾岸線、北神戸線、池田線、守口線、西宮北有料道路、芦有有料道路、表六甲・裏六甲ドライブウェイなどであった。また、国道2号、国道43号、国道171号をはじめ、被災地内においては幹線道路が各所で寸断されていた。

震災15日後の、2月1日時点では、名神高速道路上り線（西宮～尼崎）、阪神高速神戸線、湾岸線を除くと、高速道路は部分的な通行止め区間を残すのみとなった。一般道路では、国道2号、国道43号が阪神間において暫定的な供用ではあるが、緊急車両の通行路として確保された。しかし、道路破損、復旧工事に伴う通行止め、車線規制は依然として多くが残されたままであった。

(2) 救援・復旧段階の被災地への緊急ルートの確保

(a) 震災直後の緊急交通路の確保

被災直後の混乱の中で、1月18日午前6時から翌19日午後8時まで、緊急車両の通行ならびに救援物資搬送の円滑化を図るため、神戸市内へ至る緊急交通路の暫定的指定が行われた。道路交通法の警察署長権限ならびに高速道路交通警察隊長権限に基づく交通規制により緊急交通路が確保された。¹⁾

(b) 災害対策基本法による緊急物資輸送ルート

被災地域において円滑かつ安全な輸送路を確保し、その地域への一般車両の流入を規制するため、「災害対策基本法第76条（災害時における交通の禁止及び制限）」に基づき、公安委員会が緊急物資輸送ルートを指定した。1月19日午後8時から2月24日までの間、この緊急物資輸送ルートに関しては、全国の都道府県公安委員会が交付した緊急輸送車両標章または除外標章を掲示する車両以外の一般車両の通行が終日禁止された。当初のルートは、辛うじて震災による壊滅的な被害を免れた図1に示す路線から構成されていた。

1月22日からは、第二神明道路が復旧したことを受けて、上記の西ルートは、第二神明道路、阪神高速北神戸線、新神戸トンネルを経由するルートとなり、概ね自動車専用道路で構成され、その輸送力

* キーワード：ネットワーク分析、経路選択、交通管理、防災計画

** 正会員 工博 京都大学大学院工学研究科

*** 正会員 工修 京都大学大学院工学研究科

**** 学生員 京都大学大学院工学研究科

〒606-01 京都市左京区吉田本町(Tel:075-753-5126)

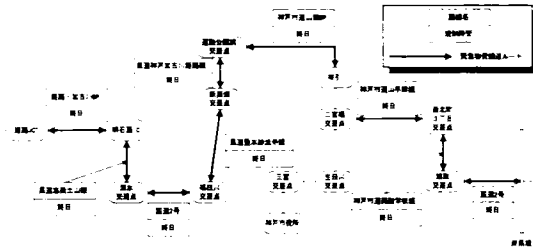


図1. 緊急物資輸送ルート (1995年1月19日～1月21日)

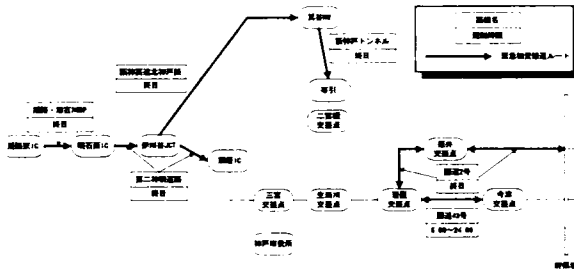


図2. 緊急物資輸送ルート (1995年2月1日～2月24日)

が強化された。

阪神間の国道の復旧にあわせ、指定ルートの第2次見直しが行われ、2月1日から実施された。主な変更点は、国道2号の迂回路線が解除されたこと、片側2車線（一部1車線）が利用可能となった国道43号が追加指定されたこと、そして西ルートがすべて自動車専用道路を経由するルートとなったことである。このルートを図2に示す。

(3) 評価対象ネットワーク

被災前後の道路網の機能を評価するために用いるネットワークは「土木計画学研究会 阪神・淡路大震災特別小委員会 道路交通分科会ネットワーク」をベースとして加工したものである。この道路交通分科会ネットワークは、被災地を中心にその周辺市町村を対象地域として、その域内の国幹道・都市高速道路・一般有料道路・国道・主要地方道を含むものである。なお、本研究における対象地域は、西を播磨町・明石市・稲美町、北を三木市・

表1. ネットワークとそのリンク数

	般道路 リンク	有料道路 リンク
① 震災前ネットワーク (基本ネットワーク)	1236	214
② 1月21日時点の一般車両用ネットワーク	1104	33
③ " 緊急車両用	1154	111
④ 2月1日時点の一般車両用ネットワーク	1174	65
⑤ " 緊急車両用	1216	133

※各リンクの上下線は個別に集計した

吉川町・神戸市北区・宝塚市・川西市・豊能町、東を茨木市・摂津市で囲まれる地域とする。本研究では表1に示す5通りのネットワークを使用した。

③、⑤は基本ネットワークから各々1月21日、2月1日時点の通行不能リンクを除去したネットワークである。これは、緊急輸送車両標章等を掲出したいわゆる緊急車両が通行できるネットワークである。②、④は③、⑤から緊急物資輸送ルートに該当するリンクを除去したネットワークであり、いわゆる一般車両が利用できるネットワークである。なお、1月21日及び2月1日時点の緊急物資輸送ルートについては、前記の図1及び図2に示す通りである。

3. ネットワーク容量による道路網機能の評価

震災前後における、対象ネットワーク全体としての機能を評価するため、表1に示すネットワークのうち震災前の①、1月21日の③、2月1日の⑤について、配分シミュレーションによりネットワーク容量を算出する。ネットワーク容量とは所与のODパターンの下で、ネットワークが流しうる最大交通量のことである²⁾。ただし、データの制約等により、震災後のネットワークに対しても、震災前のODパターンを適用する。この算出結果を表2に示す。

表2. ネットワーク容量

対象ネットワーク	ネットワーク容量 (万台/日)
① 震災前ネットワーク (基本ネットワーク)	207
③ 1月21日時点の緊急車両用ネットワーク	49 (①の24%)
⑤ 2月1日時点の緊急車両用ネットワーク	73 (①の35%)

表1に示したように、リンク数では1月21日時点において震災前の約87%が残っていたにも関わらず、ネットワーク容量は約4分の1と大きく低下した。2月1日時点においては回復が見られるものの、それでも震災前の約3分の1であった。通行不能リンク数と比較した場合、道路ネットワークの処理能力は著しく低下したと考えられる。

なお、実際には震災後にはODパターンが激変したと考えられ、表2に示す震災後のネットワーク容量は厳密な意味での容量ではなく、震災前との比較を目的としたものであることに注意が必要である。

4. 利用可能経路分析に基づく道路網機能の評価

ここではOD間利用可能経路に関する分析に基づき、道路網の機能低下の評価並びに緊急物資輸送ルート指定の影響の把握を試みる。ここで求められた経路は震災後の道路ネットワークの機能低下を表すひとつの目安を得るためのものであり、ドライバーが震災前後で実際に利用した経路を正確に表すものではない。そこで、大規模ネットワークに対する計算可能性を勘案し、OD間の最短経路を分析対象とした。最短経路を求めるにあたり、各リンクのコストは、実距離を各リンク規制速度で除した値とする。有料道路については、これに時間換算した料金を加味した値とする。

(I) 代表的なOD間の利用可能経路

被災地内へその東側、北側より流入する交通の代表例として、大阪～三宮間、吉川～三宮間の交通に着目し、その経路をそれぞれ図3、図4に示す。大阪～三宮間では1月21日時点の一般車両が非常に大きな迂回を強いられる結果となった。東西を結ぶ幹線道路が軒並み通行止めとなり、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、一般車両に関しては六甲山の南側では東西交通が遮断されたと考えられる。2月1日時点では山手幹線・臨港線が一般車両に解放されたため、東西交通の迂回がかなり改善された。一方、緊急車両については、阪神高速道路こそ利用できないものの、距離的には平常時の経路にかなり近く、また、1月21日、2月1日ともに、緊急

物資輸送ルートに近い経路が求められている。

吉川～三宮間では、1月21日時点において、中国自動車道・六甲北有料道路の通行規制により一般車両については国道428号を利用する経路が求められた。しかし、これは距離的にはそれほど大きな迂回ではない。1月21日時点の緊急車両、2月1日時点については震災前とほぼ同様の経路であった。

(2) 迂回率の計算結果

道路ネットワークの機能低下を定量的に評価するための一つの目安として、震災前の経路に対する震災後の利用可能経路の迂回率を求める。迂回率はあるODペアに関して、震災後の最短経路の距離を震災前の最短経路距離で除した値として求められる。

図5に示すように、分析対象区域をゾーン1～5に分割する。各ゾーン間に該当するOD間の平均迂回率を求めた。この結果を表3に示す。1月21日の一般交通のうち、芦屋市・神戸市東灘区の断面を横切るものの迂回率が非常に大きい。ゾーン1・2間(3.83)、ゾーン1・4間(1.76)、ゾーン2・3間(1.51)、ゾーン3・4間(1.13)がこれに該当する。これらのゾーン間では緊急車両の迂回率は0.97～1.09と小さい。以上より、容量分析の結果等から明らかのように、1月21日時点の道路ネットワークの交通処理機能は大きく低下しているものの、その厳しい状況下で設定された緊急物資輸送ルートは単に距離の点から見れば適切なものであったと考えられる。ただし、ネットワーク全体の機能

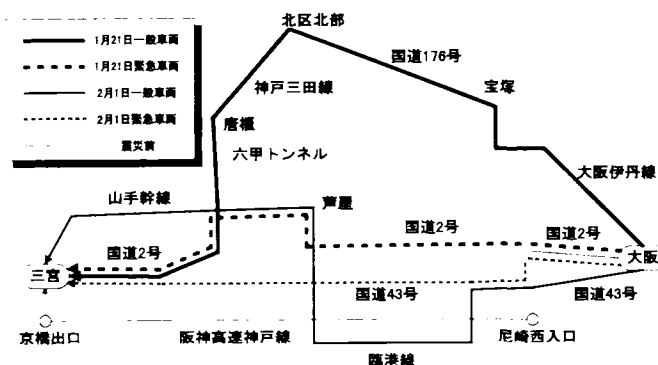


図3. 大阪～三宮間の利用可能経路

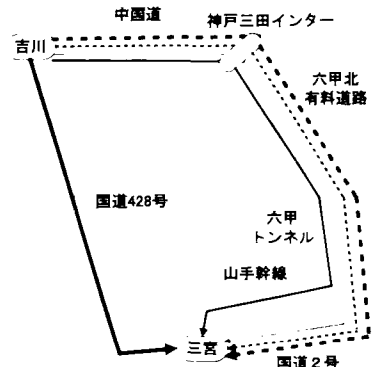


図4. 吉川～三宮間の利用可能経路

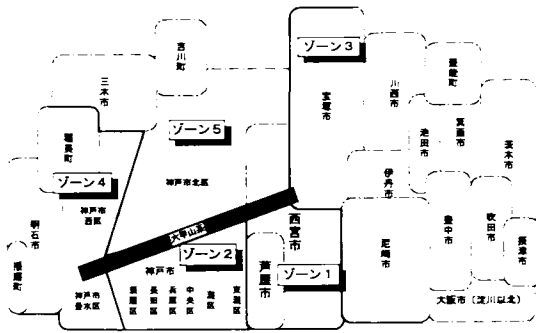


図5. 迂回率算出のためのゾーン分割

低下と交通規制のため、一般車両の走行は非常に厳しく制約されていた。

2月1日時点になると、一般車両に関する全OD間の平均迂回率は1.20から0.99と大きく減少しており、ネットワークの機能回復があらわれている。ただし、求められた容量値から明らかな様に交通処理能力の低下は著しく、迂回率の値が小さなOD間においても、時間的にはかなり大きな迂回が生じたと考えられる。

(3) 利用可能経路が集中したリンク

震災発生後、どのような路線に交通が集中したのか、その傾向を把握するため、OD間の最短経路の通過数を各リンクごとに集計した。震災前と比較して通過経路数が大きく増加したリンクを含む路線を示したものが表4である。

表4. 利用可能経路集中路線

1月21日 一般車両	1月21日 緊急車両	2月1日 一般車両	2月1日 緊急車両
国道176号	山手幹線	菅屋川左岸線	国道2号
尼崎宝塚線	菅屋川左岸線	浜甲子園線	国道43号
大浜西宮線	国道2号	防瀬塚線	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
六甲北有科道路	八幡線	山手幹線	神戸明石線
		長田植日尾線	湊町線
		神戸明石線	国道28号

表4において、下線で示したものは阪神間を結ぶ経路、及びその迂回路が集中したと考えられる路線である。特に、1月21日時点の一般車両の利用可能経路に関しては、六甲山系の北側へ迂回する路線

への集中が顕著である。被災地とその西側を結ぶ路線にも同様の傾向がみられ、東西交通を担うことができる路線の変遷により、各路線への交通集中が大きく変化していることが伺える。

また、OD間の利用可能経路が1月21日時点では少数の特定リンクに激しく集中していたのに対し、2月1日時点になると幾分集中リンクの分散化の傾向が見られる。

5. おわりに

本研究では、震災による道路網の機能低下についての計量化を試み、震災前後での道路網の機能の比較、ならびに災害対策基本法による交通規制の影響について検討した。しかし、本研究の分析は主にネットワークの形態に基づく分析であり、その上を実際に流れたフローを考慮していない。震災後の交通の流れを把握し、緊急輸送ルートの指定方法ならびにその他交通運用方策の検討を行うことが今後求められる。また、震災時においてもその機能を維持できる道路ネットワーク構造の確立も今後の課題である。

なお、本研究を遂行するに当たり、「土木計画学研究委員会 阪神・淡路大震災特別小委員会 道路交通分科会」の各委員より貴重なご意見や資料を頂戴した。また、道路ネットワークデータの作成に関しては、(株)都市交通計画研究所のご協力をいただいた。ここに記して感謝いたします。

【参考文献】

- 1) 伴都貴夫：阪神・淡路大震災における交通警察の対応について、交通工学, Vol. 30, 増刊号, 1995, pp. 96-100.
- 2) 土木学会 土木計画学研究委員会：交通ネットワークの分析と応用, 第18回土木計画学講習会テキスト, 1987, pp. 126-137.

表3. ゾーン間平均迂回率

起点ゾーン	1	1	1	1	1	2	2	2	2	3	3	4	全OD平均
終点ゾーン	1	2	3	4	5	2	3	4	5	4	5	5	
1月21日一般車両	1.19	3.83	1.09	1.76	1.29	1.16	1.51	1.17	1.02	1.13	1.02	0.96	1.20
1月21日緊急車両	1.16	1.09	1.05	0.98	0.98	1.12	1.00	1.05	1.01	0.97	1.03	1.00	1.01
2月1日一般車両	1.18	1.12	1.08	1.00	1.03	1.04	1.07	1.04	1.02	1.01	1.00	1.00	1.02
2月1日緊急車両	1.01	1.01	1.05	0.96	1.00	1.01	1.00	1.03	1.01	0.97	1.00	1.00	0.99