

阪神・淡路大震災後の高速道路網における交通量変化の分析と高速道路網の整備計画

Analysis of Traffic Flow and Improvement Planning of Expressway Network after the Great Hanshin-Awaji Earthquake

金 鍾旻*、飯田克弘**、森 康男***

By Jongmin KIM, Katsuhiko IIDA, and Yasuo MORI

The Great Hanshin-Awaji Earthquake gave serious damages to the road networks in Kinki area as well as to other transportation facilities. In this paper, at first, we edited the data of interchange-pair traffic flows of expressways and the data of spot traffic volume on national routes after and before the earthquake and compared each other. Secondly, we estimated users' economical loss due to detouring the damaged sections of expressways. Thirdly, having assumed that Maizuru and Hokuriku Expressways had been connected with the new proposed expressway, we estimated the amount of compensation of the loss and evaluated the economical effect of the new expressway by cost-benefit analysis.

Keywords: *Hanshin-Awaji Earthquake, Improvement of network, Cost-Benefit analysis*

1. はじめに

1995年1月17日に発生した阪神・淡路大震災によって、被災地では、建物の破壊をはじめ、水道、電気、ガス、通信などのライフラインや、鉄道、道路、港湾施設などの交通インフラも大きな被害を受けた。その中で道路交通インフラの重要な被害としては、図-1に示すように、阪神高速道路神戸線高架橋の倒壊、阪神高速道路湾岸線の落橋、西宮IC～吹田JCT間の名神高速道路と宝塚IC～西宮北IC間の中国自動車道における高架橋の柱の座屈などが挙げられる。このような道路構造物に対する被害により、道路網は寸断され、交通機能は麻痺した。

一方、それ以外の主要道路についてみると、第二神明道路では震災後の緊急・救援物資の輸送ルートを確認するため、一般車両の通行止めなどの交通規制が行われた。国道43号では阪神高速道路神戸線の倒壊による残骸物の解体・撤去、代替バスレーン

キーワード：阪神・淡路大震災、道路網整備、費用便益分析
*学生員、大阪大学大学院土木工学専攻
** 正員、大阪大学工学部土木工学科 助手
***正員、大阪大学工学部土木工学科 教授
(〒565 大阪府吹田市山田丘 2-1)

の確保、物資の輸送などのため、車線減少の交通規制が行われた。また、国道2号では迂回交通量の急増により、長い渋滞が発生した。

ここで、震災直後では、東西間の物流輸送を含む一般交通や避難・救援・救助を目的とした交通が被害を受けなかった舞鶴自動車道や北陸自動車道を、また、その後は他幹線道路より比較的早く復旧された中国自動車道や名神高速道路などを迂回路として利用したことが知られている。さらに、震災後10

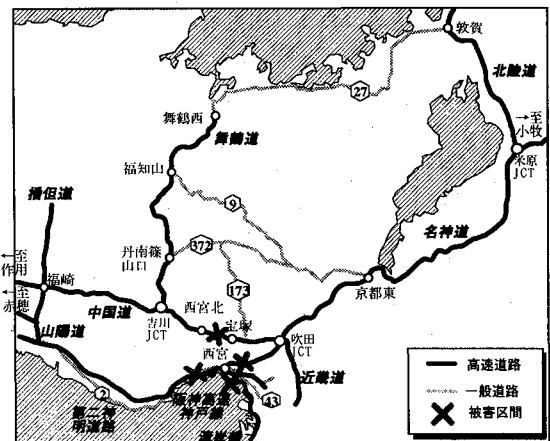


図-1 震災後の近畿地方道路網

ヶ月経過した時点でも、阪神高速道路神戸線は完全復旧されていなかったため、中国道が迂回路として利用されたことが知られている。しかし、道路ネットワーク全体として、交通が震災前後どのように変化したかについてはまだ正確には解明されていない。

そこで、本論文では近畿地方の主要幹線道路網について、震災で寸断された道路の代わりに利用された迂回路の交通現象を明らかにするために、震災直後から高速道路の利用状況の変化を時系列的に分析する。具体的には、震災後に舞鶴道や北陸道、中国道、名神道を利用した交通量や、震災後10ヶ月経過した時点でそれらの高速道路を利用した交通量が、震災前と比べてどのように変化したかを分析する。そして、その分析結果より舞鶴道を利用して一般道へ迂回した交通量を推定すると同時に、この迂回交通による経済的損失を時間便益損失額と走行便益損失額によって算出する。さらに、防災性を考慮した道路網の整備を考える上で中国道の代替路線になりうる舞鶴道が整備された状況をシミュレーションし、今回の震災での経済的効果を費用便益分析によって評価することを試みる。

2. 高速道路における交通量変化の分析

(1) データの概説

本研究では、高速道路を通行する交通量をICペアごとに集計した交通量(以下、ICペア交通量と略記)を基本データとして使用した。このベースとなっているのは、平日かつ集中工事などを除いた平常日の通行台数の合計値である。

交通量の集計は、名神道の西宮IC～小牧ICとそれ以東、中国道の中国吹田IC～作用ICとそれ以西、北陸道の米原IC～敦賀ICとそれ以遠、舞鶴道の三田西IC～舞鶴西IC、山陽道の山陽姫路東IC～赤穂ICとそれ以西を分析範囲として、全50個所のICを対象としている。

また本研究では、ICペア交通量を中国道の宝塚IC～西宮北IC間の交通規制による期間別に集計した。以下に、各期間の呼称と交通状況を示す。

- ・ **震災前**：震災が発生する約3ヶ月前。この期間は名神道の深夜集中工事が行われたため、その工事の影響が及ばない日を選び集計した(期間：1994

年10月)。

- ・ **通行止め時**：中国道の宝塚IC～西宮北IC間のを利用する全車両に対して、1月17日～1月22日は通行不可能になっていたが、1月23日～1月26日は緊急車のみが通行可能になった(期間：1月17日～1月26日)。
- ・ **対面1時**：緊急復旧工事により、上下2車線が確保され、中国道の全線が通行可能になっているが、この期間中は車間距離確保や速度制限、重量制限などの交通規制が行われていた(期間：1月27日～2月8日)。
- ・ **対面2時**：通行可能な車線は2車線であるが、前期間のような交通規制は行われていない(期間：2月9日～2月11日)。
- ・ **2月**：車線数が上下4車線に拡張され、中国道の利用が大幅に増加している(期間：2月12日～2月28日)。
- ・ **3月**：車線数は2月と同じ4車線である(期間：3月1日～3月31日)。
- ・ **6月**：車線数は2月と同じ4車線であるが、阪神高速湾岸線が部分開通している(期間：6月1日～6月30日)。
- ・ **11月**：7月21日からは6車線で運用になって、中国道の交通状況は震災前の状態に戻った(期間：11月1日～11月30日)。

以上、8つの分析対象期間のICペア交通量を用いて、震災前後での高速道路における交通量変化を分析する。

(2) 震災前後の全体交通量の変化

震災前後の高速道路を通行した全体交通量の変化

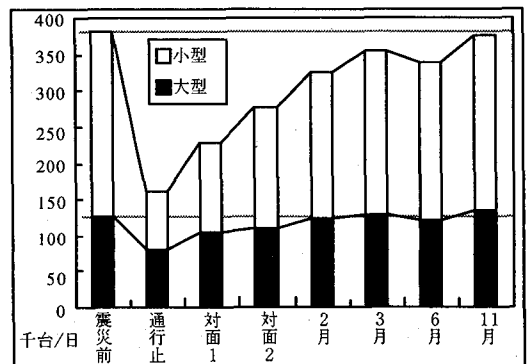


図-2 高速道路を通行した全体交通量の変化

を、図-2に示す。これをみると震災前で38万台あった交通量が、通行止め時で16万台(震災前との比率:43%)に減少したことが分かる。しかし、中国道の開通後から対面1時では23万台(60%)、対面2時では27万台(72%)に増加し、中国道が4車線で供用された2月では32万台(85%)、3月では35万台(93%)と増加した。阪神高速道路湾岸線の部分開通の期間6月では33万台(89%)に減少したが、中国道が6車線で供用されていた11月では37.6万台(99%)となり震災前と同じ程度まで増加した。

ここで、大型車両の交通量は通行止め時~対面2時の交通量を除いて、中国道が4車線に拡張された2月以後は、13万台程度で震災前とほぼ変わっていないが、小型車両の場合は、中国道の交通規制の緩和とともに高速道路を利用する交通量が急増している。ここで、震災後大型車両の交通量の変化が小型車両の交通量の変化より少ないことは、東西軸の一般物資の輸送および震災のための救援物資の輸送に大型車両が利用されていたため、震災後の交通量は震災前と比べて大きく減少しなかったものと推察される。

(3)JCTの方向別交通量変化

中国道の通行止め時に迂回路として利用されていた舞鶴道と北陸道の交通量の時系列的变化を把握するため、中国道と舞鶴道との分岐点である吉川JCTと、名神道と北陸道との分岐点である米原JCTでの交通量変化を分析する。

(a)吉川JCTでの方向別交通量の変化

吉川JCT以西の交通量に対して、吉川JCT以东の中国道を利用する交通量と舞鶴道を利用する交通量に分類し、図-3に示すような各期間別および車種別の往復交通量の集計を行った。

これをみると、大型車両の場合、吉川JCT以西に対して、震災前の吉川JCT以东を利用する往復交通量は25,329台、舞鶴道を利用する往復交通量は913台であったが、通行止め時では、舞鶴道を利用した往復交通量は16,494台(震災前との比較:1800%)と急増し、吉川JCT以东を利用した往復交通量は1,910台(7%)と大きく減少した。また、中国道の開通とともに、舞鶴道を利用する交通量は減少し、吉川JCT以东の中国道を利用する交通量は増加した。さらに、中国道が上下4車線で通行可能になった2月では、

舞鶴道を利用して迂回する交通量がかなり少なくなったことが確認できる。その後、中国道が上下6車線で供用された11月では、舞鶴道を利用する往復交通量は1,248台(137%)、吉川JCT以东を利用する往復交通量は37,329台(147%)と震災前より少し増加している。これは、震災で倒壊した名神道や阪神高速道などの主要幹線道路の迂回路として中国道が利用され、交通量が増加したためと思われる。

一方、小型車両は吉川JCT以西の交通量に対して、震災前の吉川JCT以东の中国道を利用する往復交通量は30,404台、舞鶴道を利用する往復交通量は1,703台であったが、通行止め時では、吉川JCT以东の中国道を利用した往復交通量は2,597台(8%)と大きく減少し、舞鶴道を利用した往復交通量は4,474台(263%)と大型車両ほどではないが、増加している。また、中国道の開通後、2月以後の舞鶴道の利用は減少し、吉川JCT以东の中国道を利用する交通量は急増した。特に、11月の舞鶴道を利用する往復交通量は2,134台(125%)、吉川JCT以东を利用する往復交通量は34,397台(113%)で、震災前より多少交通量が多くなった。これは、大型車両と同様に、他の道路の迂回路として中国道が利用されて

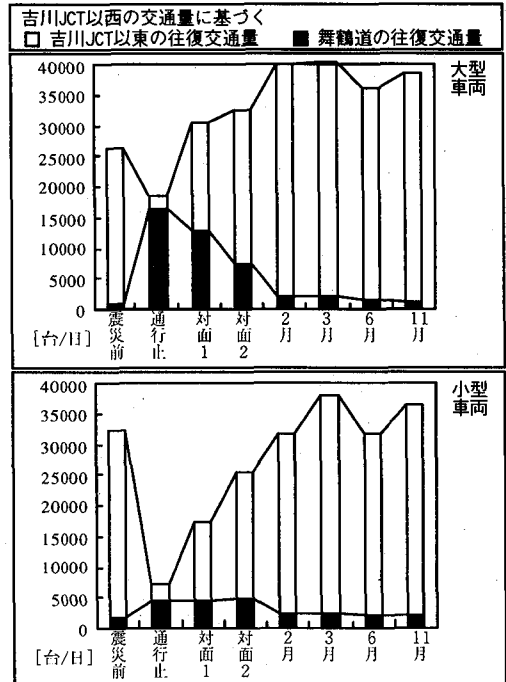


図-3 吉川JCTでの方向別交通量

いたことが原因であると考えられる。

(b)米原JCTでの方向別交通量の変化

名神道の米原JCT以東の交通量に基づいて、米原JCT以西を利用する交通量と北陸道を利用する交通量に分類し、各道路の往復交通量を集計した(図-4)。

大型車両の場合、震災前の米原JCT以西を利用する往復交通量は31,651台、北陸道を利用する往復交通量は3,885台であったが、通行止め時で、北陸道を利用した往復交通量は9,234台(震災前との比較：238%)であり、米原JCT以西を利用した往復交通量は20,654台(65%)となっている。また、中国道の開通とともに、米原JCT以西を利用する交通量は増加し、北陸道を利用する交通量は減少した。さらに、11月の米原JCT以西を利用する往復交通量は30,836台(97%)、北陸道を利用する交通量は4,213台(103%)で、ほぼ震災前の状態に戻っている。

小型車両の場合、震災前に米原JCT以西を利用する往復交通量は15,295台、北陸道を利用する往復交通量は6,178台であったが、通行止め時では、北陸道を利用する往復交通量が3,787台(61%)、米原JCT以西を利用した往復交通量も9,750台(64%)に減少した。その後、11月では北陸道の方が6,403台

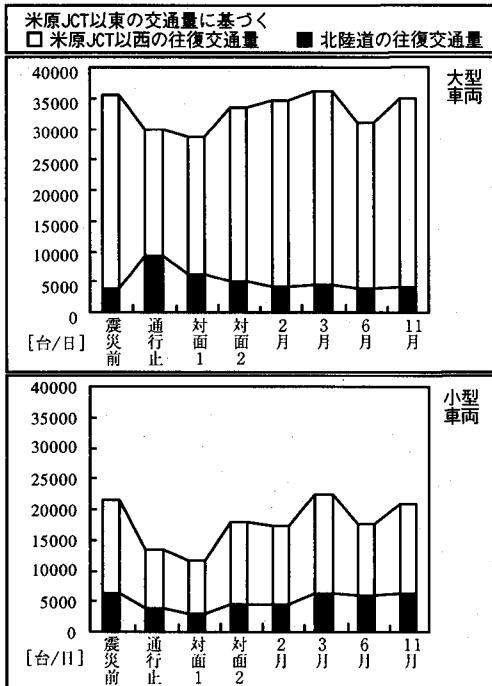


図-4 米原JCTでの方向別交通量

(103%)、米原JCT以西の方も14,474台(95%)となり、交通量は震災前の状態に戻っている。トリップの目的やトリップをとりやめた数は把握できていないが、以上のことから、小型車両は中国道の通行止め時に北陸道を迂回路としてあまり利用しなかったと思われる。

(4)通行止め時の交通量変化

中国道の通行止め時における交通量変化を把握するため、震災前のICペア交通量と通行止め時のICペア交通量との比較を行う。そして、ICペア交通量を大型車両と小型車両に分類し、車種別の迂回交通の特徴を把握する。

(a)通行止め時の大型車両

通行止め時における高速道路の大型車両の交通量は震災前より44,407台減少していた。しかし、図-5に示すような米原JCT以東の名神道と北陸道の敦賀IC、木之本IC、名神道の瀬田東IC、京都東IC、京都南IC間に迂回交通が発生し、また、福崎ICや福崎IC以西の中国道と舞鶴道の丹南篠山口IC、福知山IC、舞鶴西IC間にも迂回交通が発生している。ここで、中国道の福崎ICの交通量が増加しているのは、播但自動車連絡道を利用して、「山陽姫路東IC-播但道-中国道の福崎IC-舞鶴道-一般道」

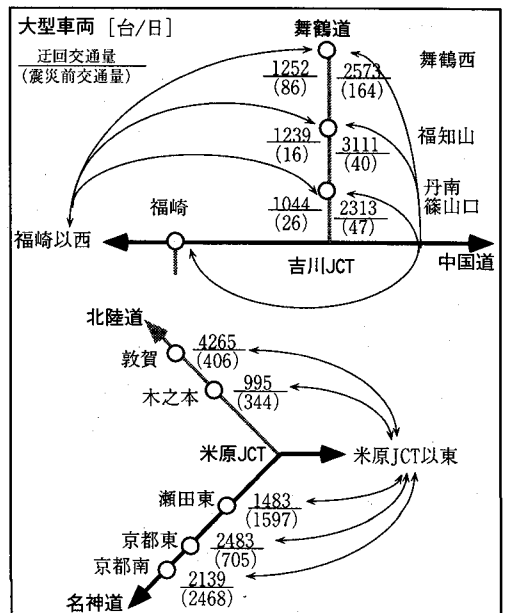


図-5 大型車両の迂回交通量

という迂回路を利用する交通が発生したことが原因であると思われる。

このことは、大型車両が通常一般物資輸送や震災直後の救援物資輸送に使われ、中国道の通行止め時東西間の移動に、国道27号、国道9号、国道372号などの一般道を迂回路として利用したため、この一般道と結ばれていた舞鶴道や北陸道、名神道への迂回交通量が増加した結果と考えられる。

(b)通行止め時の小型車両

中国道の通行止め時に高速道路を利用する小型車両の全体交通量は震災前より174,497台/日も減少していた。しかし、図-6に示すような米原JCT以東の名神道と名神道の京都南IC間、また、福崎IC以西の中国道や福崎ICと中国道の吉川IC、舞鶴道の三田西IC、丹南篠山口IC、福知山IC間に迂回交通量が発生した。

ここで中国道の吉川JCTや舞鶴道の三田西ICなどの災害地付近のICで小型車両の迂回交通量が多いのは、震災後の避難や見舞い、食料品の買い出しなどの交通量が増加した結果ではないかと思われる。

(4)震災後11月の交通量変化

高速道路の東西軸である中国道が、震災前と同様に上下6車線で供用されていた11月のICペア交通量

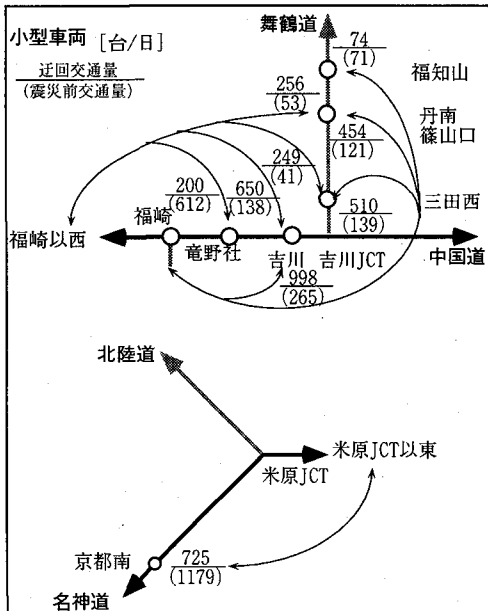


図-6 小型車両の迂回交通量

と、震災前ICペア交通量を車種別に分類して、比較分析を行った。これにより震災後11月の高速道路における交通量の変化を分析する。

(a)大型車両

震災後11月の大型車両の交通量は、震災地付近で大きく変化していることが分かった。この現象をさらに詳しくICペア別に分類してみると、図-7に示すように、阪神高速道路神戸線の倒壊のため、震災前に阪神高速道路神戸線と名神道を利用した交通が、中国道に迂回したと考えられる。このことは、福崎ICが播但道を利用して山陽道へ、西宮北ICが神戸市へ、宝塚ICが宝塚・尼崎・阪神地区へ、中国池田ICが阪神高速池田線を利用して大阪へ、吹田ICが近畿道を利用して大阪への迂回路として利用されたためと思われる。また、名神道の西宮ICは7月29日に完全復旧していたが、阪神高速道路神戸線および国道43号との関係で、日中は復旧支援車両のみの通行という交通規制が行われていたため、交通量が大きく減少していると推察される。

(b)小型車両

小型車両の交通量は、震災によってその交通がとりやめられたか、他交通機関に転換したか、あるいは

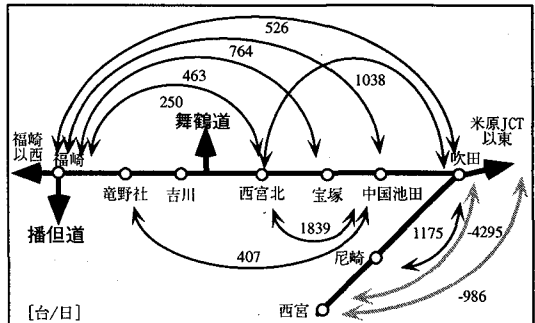


図-7 大型車両の交通量変化

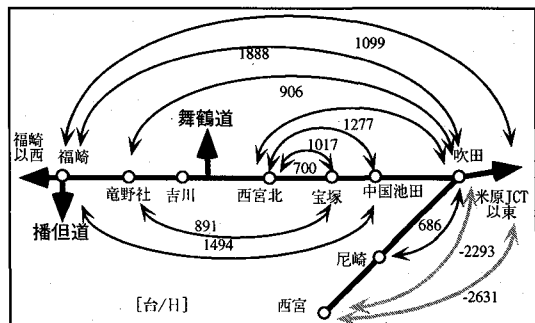


図-8 小型車両の交通量変化

は一般道へ迂回したかのいずれかの原因で減少している。しかし、小型車両の交通量も、大型車両と同じように震災地付近のICの交通量は多少増加した。ICペア交通量を分類してみると、図-8に示すように、西宮北IC-中国池田IC間、西宮北IC-吹田IC間、尼崎IC-吹田IC間などの震災地付近の中国道へ迂回交通量が発生している。

3. 一般道における交通量分析

本分析は、震災後の一般道における交通量変化を分析し、その結果を用いて前章で推計した高速道路から一般道への迂回交通およびその経路を検証することを試みた。

具体的な方法は、一般道路の観測交通量をもとに、前章と同じ分析期間に集計し、震災前の交通量との比較によって震災後の交通量変化を分析するものである。図-10に分析した観測地点を示す。

震災地付近の一般道では、通行止め時～対面2時で、交通規制や渋滞により交通量が大きく減少し、3月でも交通量は震災前より少ない。例として図-11に国道2号上の(6)加古川での期間別の交通量変化を示す。一方、それ以外の近畿北部の一般道では震災直後に交通量が減少したが、2月以降に震災前の状態に戻った。図-12に国道1号上の(2)大谷での期間別の交通量変化を示す。

同様に、福知山ICの東側の(9)大枝では通行止め時～対面2時の交通量が震災前の方より1,000～

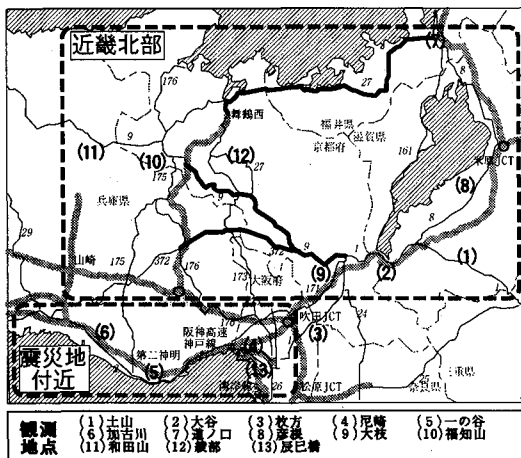


図-10 一般道路の観測地点

3,000台/日ほど増加したが、西側の(10)福知山では同じ期間で、他の近畿北部のように交通量が震災前より100～500台/日ほど減少した。ここでは、雪などの自然災害のため、国道9号上の交通量の減少がみられる日を除いた。このことから、国道9号では、通行止め時～対面2時において福知山ICを利用した迂回交通が東側の大枝を通行したことが確認できた。

4. 経済的損失額の推計

2.と3.で見たように、中国道の交通規制は、舞鶴道への大量の迂回交通量を発生させた。これらの迂回交通は、中国道を利用することで本来得られるはずだった時間便益・走行便益の損失を招いた。

今回、上記の時間便益・走行便益の損失額を推計したが、この推計にあたっての前提条件と計算方法は以下のとおりである。

(1)前提条件

推計期間は、前章の分析と同様に震災直後の中国道の交通規制期間（通行止め時、対面1時、対面2時）である。それ以後の期間は舞鶴道への迂回交通が減少しているとみられることから、今回の推計の対象外とした。なお、分析対象の迂回交通量は2.で推計した舞鶴道への迂回交通量を利用する。

さらに、一般道を利用した迂回交通量の経路は3.で推計したルートに基づいて、迂回経路を推定した。表-1に迂回路別、車両別、推計期間別の1日平均迂回交通量を示す。

ここで迂回路は、国道27号(舞鶴西IC-敦賀IC間)、

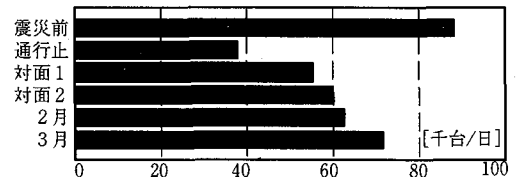


図-11 加古川での交通量変化(台/日)

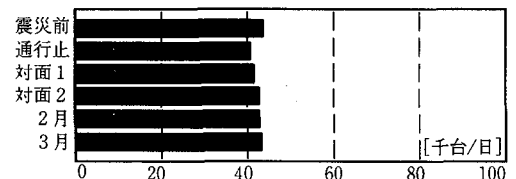


図-12 大谷での交通量変化(台/日)

表-1 経路別の迂回交通量(台/日)

迂回路	通行止め時		対面1時		対面2時	
	大型	小型	大型	小型	大型	小型
国道27号	4,449	123	2,340	54	1,703	183
国道9号	5,132	257	4,322	200	1,769	122
国道372号	2,560	621	2,408	758	1,378	883
国道173号	2,134	517	2,007	632	1,148	735
国道176号	874	1,202	823	996	582	1,063
合計	15,149	2,720	11,900	2,640	6,580	2,986

国道9号(福知山IC-京都東IC間)、国道372号(丹南篠山口IC-京都東IC間)、国道173号(丹南篠山口IC-中国豊中IC間)、国道176号(三田西IC-宝塚IC間)と仮定した。

(2)推計項目

(a)時間便益の損失額

震災後の走行時間については、参考文献⁽²⁾の所用時間をもとに、各リンクごとに修正BPR公式を用いて迂回交通量の変化による各期間の所用時間を推計した。なお、震災前の場合は震災前のICペア交通量をもとに交通量配分を行って、高速道路の走行時間を推計した。そして所用時間の増加分は震災後の所用時間と震災前の所用時間を比較して算定した。また、時間評価値は「平成7年道路行政」に基づき、貨物車類(大型車両) 54.89分/台、乗用車類(小型車両) 53.12分/台として、時間便益の損失額を算出した。

(b)走行便益の損失額

迂回路の走行距離と高速道路の走行距離を比較して、走行距離の増加分を推計した。ここで、走行経費については、燃料費、油脂費、タイヤチューブ費、整備費、車両償却費、人件費を推計対象とした指標(走行経費原単位)を用いて、走行便益の損失額を算出した。

以上により、迂回交通による便益損失額は時間便益損失額37億円、走行便益損失額19.6億円と全体の便益損失額56.6億円と推計された。

ここで、推計した便益損失額(56.6億円)と、既往の研究による便益損失額(183.5億円)⁽⁹⁾を比べてみると、本分析の方が1/3ほど小さい。このことは、本分析では時間便益損失額の所用時間を推計する際、各分析期間の平均交通量に対する平均所要時間を推計したため、既往の文献の所用時間(1月25日と2月12日時点での実走行時間を用いた線形補完による

所用時間)より少なかったのではないかと推察できる。

5. 新たな道路網整備による経済的効果

今回の震災を教訓として、将来の主要幹線道路網計画は防災性を考慮して構築しなければならない。そこで、今後の道路網整備は国土軸である名神道や中国道の迂回路として利用でき、かつ交通容量に余裕があるネットワークを構築するべきである。本論分では、震災後に迂回路としてその機能を発揮した国道27号の付近に整備計画中である舞鶴線の延伸部(以下、整備計画区間と略記)が整備された状況をシミュレーションし、今回の震災での経済的効果を費用便益分析によって評価することを試みた。

(1)前提条件

(a)新規道路網の整備計画区間

現在の舞鶴道は吉川JCTから舞鶴西ICまで76.3kmが建設されており、震災前では20,000台/日ほどの交通が利用していた。

ここで、整備計画区間は図-13のように、舞鶴西ICから敦賀ICまでで、延長が約84km、車線数が4車線(暫定2車線)で計画されている。なお、その整備費用は全区間で約5,000億円に想定されている。

(b)整備後のシミュレーション

道路網整備後、迂回交通の経路を把握するため、交通量配分によってシミュレーションを行った。まず、ネットワークは新たな整備計画区間と震災後の

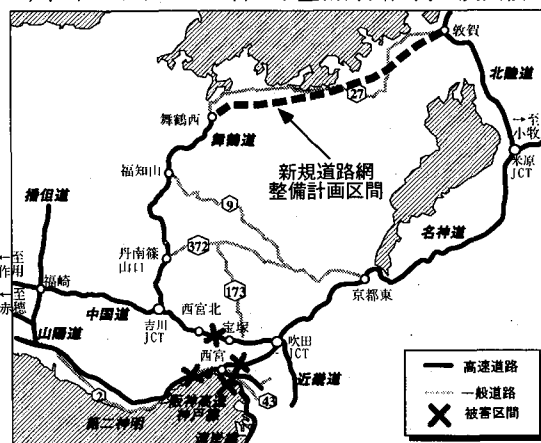


図-13 道路網整備計画区間

高速道路網、迂回路の一般道で形成し、OD交通量は震災後のICペア交通量を用いた。

(c)道路網整備による便益額の推計

推計方法は、分析期間ごとに交通量配分を行って、ネットワーク全体の交通量に対する整備前の時間・走行費用から整備後の時間・走行費用を引いて、その差を整備後の便益額として計算する。

(2)分析結果

(a)経路別交通量の変化

交通量シミュレーションの結果から得られた迂回交通量を表-2に示す。ここで、もし仮に震災時で整備計画区間があった場合となかった場合の迂回交通量を比較してみると、その迂回交通量は9割が整備計画区間を利用することが分かる。

表-2 経路別の迂回交通量(台/日)

経路	通行止め時		対面1時		対面2時	
	大型	小型	大型	小型	大型	小型
国道27号	0	0	0	0	0	0
国道9号	1,489	192	1,408	444	26	49
国道372号	948	118	1,173	265	235	102
整備計画区間	11,024	1,024	9,625	1,256	3,440	817

(b)費用便益分析

分析対象のネットワーク全体に対して、整備後の便益額は表-3に示すように103.6億円と推計された。このことから、今回の震災時に整備計画区間があった場合には、4.で推計した迂回交通による経済的損失、約56.6億円を防ぐことができ、道路網整備によって160.2億円の利益を得るだろう。

ここで、上記した整備費用と比べてみると震災時の整備効果は少ないが、一般道路からの路線転換効果や、誘発交通による経済効果などを考慮すると、整備費用に対する整備効果はより大きく得られると考えられる。

表-3 道路網整備による便益額(億円)

車種	通行止め時	対面1時	対面2時	合計
大型車両	52.2	23.9	4.3	80.3
小型車両	12.5	6.7	4.1	23.3
合計	64.7	30.6	8.4	103.6

6. 結論

本研究では、震災前後のICペア交通量を用いて、震災後の道路網における迂回交通現象の把握し、その迂回交通による経済損失額を推計した。さらに、

防災性考慮した道路網整備時をシミュレーションし、費用便益分析によって整備効果を試みた。得られた成果としては以下のことがあげられる。

(1)吉川JCTと米原JCTの各方向別の往復交通量を期間別および車種別に分析することで、舞鶴道や北陸道を利用した交通量の変化を把握した。特に、中国道の通行止めから車線数が上下2車線に供用された対面2時の期間で、吉川JCTでは大型車両の舞鶴道の利用が多いことがわかった。一方、米原JCTでは小型車両の北陸道の利用が少ないことがわかった。

(2)通行止め時のICペア交通量と震災前ICペア交通量の比較によって、中国道の通行止め時に、舞鶴道や名神道、北陸道が迂回路として利用されたこと、および、その迂回交通量を把握することができた。ここで、大型車両は国道27号や国道9号、国道372号などの一般道に迂回するために舞鶴道や北陸道を利用し、また、小型車両は避難や見舞いのために震災地付近の高速道路を利用して迂回したと思われる。

(3)震災後11月の時点では、舞鶴道を利用する迂回交通が発生していないことが、震災前のICペア交通量との比較によってわかった。また、中国道では福崎ICを利用する迂回交通が存在することがわかった。これは阪神高速道路神戸線の不通のためであると思われる。

(4)一般道路の観測交通量をもとに、震災前後の交通量の比較によって、震災後の交通量変化を分析した。その結果、福知山ICを利用した高速道路の迂回交通が大枝を通行したことを確認した。

(5)震災後、迂回交通による時間・距離便益の損失額は56.6億円に推計された。

(6)中国道の代替路線になりうる整備計画区間が整備された状況をシミュレーションしてみると、今回震災では103.6億円の経済的効果を得ると推計された。

【謝辞】

本研究の分析にあたり多大なるご協力を頂いた日本道路公団大阪管理局米川英雄氏ならびに大阪道路エンジニア株式会社今谷光輝・吉岡美和両氏に感謝の意を表します。

【参考文献】

- (1)江口喜信、梶川俊二：阪神・淡路大震災が高速道路の交通に与えた影響およびそれに伴う経済的損失、「高速道路と自動車」,pp43-48,第38巻,第9号,1995年9月
- (2)宮内昭征：都市間高速道路の交通の確保について「交通工学」,pp140-196,Vol.30,増刊号,1995年10月