

震災時におけるエリア規制による道路網交通流の改善効果*

Network Crisis Management with Area Control Scheme under Earthquake Environment

若林拓史**, 平松茂樹***

by Hiroshi WAKABAYASHI and Shigeki HIRAMATSU

1. はじめに

震災直後の被災地域の道路網では、道路本体あるいは道路への建物の損壊によって、また様々な目的をもった交通の発生によって混乱が予想される。その際、迅速に交通対策を実施するための意志決定支援システムがあれば望ましい。実際、阪神・淡路大震災では、道路の損壊や家屋の倒壊によりいたる所で車の通行が不能になったばかりでなく、残された通行可能な道路も大量の車が集中したことにより、身動きのとれない状況に陥った。このため、消防車や救急車などの緊急自動車や救援車両の通行にも影響が及び、2次災害的な被害をもたらし、結果的に被害を拡大した。このことから、流入車の規制が必要なことがわかる。

一方、現行の防災計画では、地震発生時には極力車の使用を避け、乗車している人は車両を路側に停止させて避難所に向かうこととされている。しかし、阪神・淡路大震災後に行われた研究により、震災直後3日間で自動車の利用が高い割合を占めたことがわかっている¹⁾。マイカーの利用も、不足する救急車の代替をしたり、病人や幼児・高齢者を抱えての避難など緊急度の高い利用があったことも指摘されている^{2,3)}。

被災地域内では現実的に自動車の使用制限は困難なことと考えられ、マイカーの利用はどの程度許容できるのかも検討する必要があるといえる。マイカーの利用をある程度認めるには、より緊急な交通の円滑な流動を保証する必要がある。流入制御である程度担保できるように考えられる。実際、地震直後の被災地ネットワークの交通状況は、被災地への流入部では大渋滞が発生し、被災地内部では地震発生直後は相当円滑な交通状況であったと考えられる。後者に関しては、明確に記述した文献はないものの、多数の証言が存在し

ている。大渋滞に関しては、神戸市中心部からみて東⁴⁾西⁵⁾にボトルネックが存在しており、神戸方向への流入路が国道2号等に限定されたことから考えて被災地内が当初、混雑していなかった根拠となる。その後、これらのボトルネックを中心に渋滞が拡大したといわれている。

本研究は、震災時に仮に、県境もしくは効果的な交通断面（カットセット）を見出し、交通規制が可能であったとすれば、どの程度の交通状態の改善が見込めるか、という観点から研究を行ったものである。

2. 災害時交通対策意志決定支援システム

これまでの震災発生時における交通運用は、震災発生後の交通状況を予測することなく、いわばその場主義的な交通対策が施されてきている。1989年のロサンゼルス地震（サン・フランシスコ）や比較的交通対策が成功したといわれている1994年のノースリッジ地震（ロサンゼルス）、1995年の阪神・淡路大震災などの近年発生した数々の大地震においても、震災後の交通状況予測を行って交通対策を実施した例はなく、この問題が日本だけの問題でないことがわかる。

本研究では、震災時の交通システム運用計画の意志決定支援システムを視野に入れつつ、流入制御によるネットワークの交通状況改善効果をシミュレーションによって比較する。震災時の交通運用を検討するには以下のデータが必要である。

- ①震災時に発生する交通需要
- ②被害を受けたリンクの把握
- ③交通規制の具体的な方法
- ④交通規制の効果を定量的に分析するための評価指標

本研究では、研究期間の制約のため、①と②を仮想的に設定してネットワーク分析を行い、得られた結果をもとに③の交通規制を行い④の評価指標で交通規制の効果を評価する構成となっている。ただし、①に含まれる震災時特有の変化したOD交通については考慮せず、平常時OD交通量の算出法によっている。

* キーワード：震災、交通規制、エリア規制、流入規制、交通ネットワーク分析

** 正会員 名城大学都市情報学部（〒509-0261 岐阜県可児市虹ヶ丘, Tel:0574-69-0131, Fax:0574-69-0155）

*** 正会員 中央コンサルタンツ（〒451-0042 名古屋市西区那古野 2-11-23）

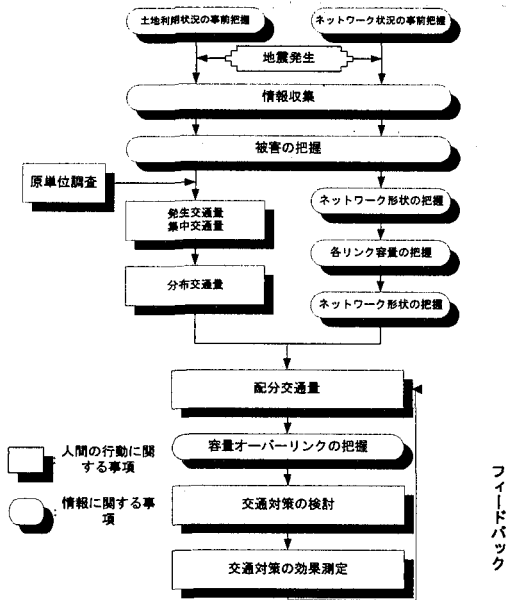


図-1 震災発生時の交通運用意志決定支援システム

本研究では以上のような構成としたが、この問題をより一般化して、震災発生時に交通需要を考慮した交通対策を迅速に実施できるように図-1に示すような意志決定支援システムを構築した。この図からもわかるように、本システムでは交通発生から交通量配分まで4段階推定法に準じた方法を用いる。そして震災発生時の被害状況を考慮したネットワーク形状や震災時に発生する各種交通に関する原単位を与えて交通需要を予測できる点に特徴がある。さらに、交通対策を行う際にも震災発生時の交通需要を考慮した交通対策を検討することができるため、政策担当者の意思決定を支援することのできるシステムとなっている。各構成要素は、入出力インターフェースを整合させた取り替え可能発想に基づいており、今後の各サブシステムの展開に対応している。種々の評価指標を導入することに

より、ネットワークにかかる負担を定量的に示すことができる。

3. エリア規制の考え方

対象ネットワークをいくつかのゾーンにわけ、ゾーンとゾーンの境界にあたる道路を規制することを考える。このゾーン規制により、被災地域内での交通の混乱を緩和し、緊急車両や救急車両の通行の妨げになる交通を規制することを目的としている。ここで考える必要があるのは、ゾーンの大きさと規制する交通量である。ゾーンをどのくらいの大きさに設定するかは、対象地域のOD交通量とネットワーク形状が関係してくるので一概に言い表すことはできないが、ゾーンを大きくとらえ市内全域とした場合と、小さくとらえ地区単位とした場合とでは、規制の効果に違いが現れてくると考えられる。本研究では、ゾーンの大きさと規制する交通量の設定の違いが交通規制の効果に与える影響についても数値計算の結果をもとに考察を加える。

規制する交通量や方向についても、全面通行止めを行った場合と（実行可能だとして）一部交通量を規制した場合とでは効果が変わってくると考えられる。また、規制する交通の方向を変えた場合も同様のことがいえる。震災発生という非常事態であることを考慮して、ネットワークに多少の負担がかかることは仕方のないことではあるが、課せられた状況でより大量の交通をさばくことのできる交通規制を検討していくことが重要である。

4. ネットワーク形状とODパターン

図-2に示すネットワークを使用する。ノード1～125は地域内のノード、ノード126と127は、外部ノードを表している。ゾーニングは1km四方とし、すべてのノードをセントロイドとする。東西方向に幹線・準幹線相当3本、補助幹線相当2本を配した。

生成交通量は近隣住区論に基づき、平均人口密度10、

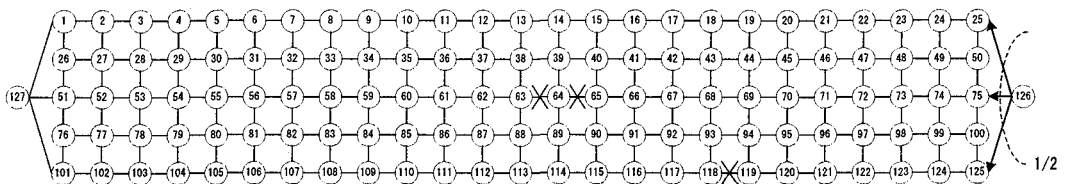


図-2 規制パターン6(図の右側で流入方向のみ通行規制を行う)

000 人/km²と設定した。この結果、対象ネットワーク内人口は125万人となる。この人口が、ネットで1日一人あたり平均3トリップするとし、自動車の分担率を首都圏および京阪神都市圏P.T.調査の約30%、中部都市圏の約50%を参考に、40%として生成交通量を算出した。ODパターンは、地域内を中心部、中間部、周辺部に分け、種々の発生・集中量を与えて重力モデル型エントロピー法で算出した(7種類のODパターンを使用)。内外交通および通過交通は、阪神地域のOD表を参考に、地域内交通とのバランスを考慮して仮想的に作成した(西側よりも東側交通が大きい設定となっている)。以上のことから、配分対象OD交通量は約170万トリップとなった。

5. 交通規制断面の設定と規制方法

図-2の×印の3リンクを通行不能とした。阪神・淡路大震災では通行不能リンクの他に駐車車両や倒壊家屋によって通行可能な道路の交通容量も低下したが、本研究では不通リンクの設定のみで他のリンク損傷は考慮しなかった。交通規制断面は、図-2のような『仮想県境』をはじめ、より中心部に近い位置に設定する等、いくつかの規制断面を設定した。交通規制の方法は、表-1のように行った。一部通行規制とは、今回の計算では交通需要の1/2が通行可能とした。ただし、その具体的な実現方法については考慮していない。

評価指標は、混雑度別のリンク数、台キロ、台時、平均所要時間である。所要時間関数はBPR関数($\alpha=1.60$, $\beta=3.0$)を用いた。この α , β 値は、筆者らが京都市ネットワークを対象に、配分交通量と観測交通量の残差平方和を最小にすることで求めた値である。

6. 計算結果と考察

計算結果の一部を表-2に示す。3リンクを通行不能としただけで残存通行可能リンクの交通容量を変更していないので、「震災発生時」の交通指標は、交通の大混乱を示すまでには至っていない。

「平常時」と「震災発生時」を比較すると混雑度、所要時間等すべての面で指標が増加する。規制パターン2では、規制断面上で両方向交通の1/2を規制したものである。指標をみると、ほぼ「平常時」の水準に戻り、これだけでも相当の効果があることがわかる。規制パターン3では、規制の効果が相当大きくネットワークにかかる負担が緩和されている。各ノード間所

表-1 ゾーン境界面での規制方法

	流入	流出	規制パターン
規制方法0	規制なし	規制なし	震災発生時
規制方法1	一部通行規制	一部通行規制	規制パターン2
規制方法2	全面通行禁止	全面通行禁止	規制パターン3
規制方法3	一部通行規制	規制なし	規制パターン6
規制方法4	全面通行禁止	規制なし	規制パターン7

要時間は、規制リンクを通行した場合の値であり、緊急自動車の通行円滑性を保っている。規制パターン6, 7では、流入方向のみを規制した場合で、交通規制の方向に交通状況が改善されていることがわかる。

他の規制断面とも比較して得られた傾向として、

- (1)規制ゾーニングを小さくした場合の方が混雑緩和や所要時間短縮に、より大きな効果があるといえる。
- (2)規制ゾーニングを細かくしゾーンの数を増やしただけの交通規制では処理不可能交通量を増加させるだけで、道路ネットワークの運用改善にはつながらない。
- (3)全面通行止めのような比較的厳しい交通規制を行うと混雑緩和や所要時間短縮により大きな効果が期待できるが、処理不可能交通量の増加につながる。
- (4)ODパターンの設定と規制パターンの設定の組み合わせ方によっては規制の効果の薄いものがあつた。
- (5)適切な規制断面の位置は、ODパターン、ネットワーク形状に依存して決まるので、一般的傾向を見出しにくいことがわかったが、今後の継続課題としたい。

7. まとめと今後の課題

本研究の計算から、エリア規制によって結果に多少の相違はあるものの対象ネットワークの混雑を改善させる効果があつたといえる。このことを踏まえて、震災発生時にマイカーの利用を部分的に認めたとしても、交通規制の方法によっては被災地域の交通に大きな負担をかけることがないことが分かった。現行の防災計画において震災発生時のマイカーの利用は認められていないが、震災が発生した時には交通需要予測を考慮して交通規制の効果を定量的に示し、その結果を実際の交通運用に反映させることである程度マイカーの利用が可能となるといえる。

しかし本研究で行った数値計算では、震災後のOD交通を平常時から一切変化させておらず、震災発生に伴って発生する災害時特有の交通については考慮されていない。そのため、実際の震災時に起こると予想される混乱や混雑を忠実に再現できていないといえない。

表-2 交通規制の効果(時間係数0.08, ODパターン1)

		ODパターン					
		1					
		規制パターン					
		平常時	震災発生時	2	3	6	7
	台*キロ	1383288.25	1420972.88	1145990.00	876695.44	1283731.00	1148983.83
	台*/処理可能交通量	9.22	9.48	8.27	6.89	8.90	8.29
	台*時	4038773.25	5560582.50	3277913.50	1944433.75	4420820.50	3753048.00
	台*時/処理可能交通量	26.93	37.08	23.65	15.28	30.64	27.08
混雑リンク個数	1. 0<混雑度≤1.5	164	132	105	43	116	91
	1. 5<混雑度	0	36	18	7	28	20
	合計	164	168	123	50	144	111
ノード間所要時間	126—63	65.996	99.703	65.867	45.668	66.050	45.509
	63—126	66.178	99.801	65.551	45.672	99.900	100.867
	127—63	43.613	40.046	35.171	31.490	39.831	40.104
	63—127	43.881	39.919	35.386	31.432	35.212	31.424
	1—125	82.984	112.292	80.867	59.074	112.608	113.511
	125—1	82.887	113.114	80.752	59.162	80.748	59.115
	18—108	46.805	71.991	51.944	37.238	52.036	37.073
	108—18	46.794	71.548	51.893	37.275	71.479	72.223
	51—75	81.200	112.393	80.728	58.309	111.766	112.285
	75—51	81.193	110.981	80.701	58.182	80.231	58.061
	13—113	4.649	15.420	11.797	9.102	13.308	12.110
	113—13	4.657	15.089	11.637	9.175	13.183	12.317
	18—118	4.630	11.496	8.857	6.644	8.593	6.549
	118—18	4.639	11.976	8.752	6.660	11.771	12.448
	23—123	4.576	4.291	4.283	4.321	4.292	4.298
	123—23	4.550	4.314	4.280	4.328	4.303	4.355
	61—65	18.484	47.711	33.684	23.389	46.268	46.418
	65—61	18.540	46.057	33.581	23.453	33.385	23.388
	66—70	18.392	25.053	15.413	9.373	23.789	24.194
	70—66	18.220	23.820	15.242	9.310	15.128	9.223
	71—75	10.865	11.087	6.775	4.741	11.113	10.873
	75—71	10.876	10.604	6.777	4.735	6.748	4.695
	11—115	22.327	41.245	30.069	21.643	41.221	41.648
	115—11	22.280	41.338	30.115	21.692	29.957	21.715
	16—120	22.153	30.553	21.032	14.569	30.454	30.753
	120—16	22.250	30.559	20.959	14.423	20.868	14.360
	21—125	15.091	14.758	10.551	9.004	14.606	14.870
	125—21	15.017	14.733	10.535	8.994	10.518	8.992
	処理不可能交通量	0.00	0.00	11353.98	22707.98	5676.99	11354.00
	処理可能交通量	149967.11	149967.11	138613.44	127259.34	144290.73	138612.41

また、数値計算の結果はあくまでも仮想ネットワークを用いたモデル計算の結果であり、実際の都市にそのまま当てはめて考える事は不可能であるが、示唆にはなると考えられる。また、本研究で用いた帯状のネットワークとは異なるネットワーク形状で計算を行うとどうなるのかについても分かっていない。災害時に発生する特有の目的を持った交通が、被災地ネットワークに及ぼす影響や本研究で提案した交通運用システムを実際の都市を対象に計算した場合の結果については今後の研究の中で明らかにしていきたい。

最後に本研究ではネットワーク分析の指標として主に混雑度や所要時間といった指標を用いたが交通規制の効果測定する指標について現在のところ有効な評価指標が乏しいといわざるを得なく、交通規制の効果に関して総合的な価値判断を示すことのできる指標の開発もあわせて検討していく必要があると考える。

参考文献:

- 1) 小谷通泰・松本 誠:阪神・淡路大震災時におけるマイカー利用の実態報告, IATSS Review, Vol. 23, No. 3, pp. 23-33, 1998.
- 2) 大西一嘉・流郷博司: 阪神・淡路大震災における負傷者の医療機関選択行動に関する研究, 第3回都市直下地震災害総合シンポジウム論文集, pp. 457-460, 1998.
- 3) 嘉嶋崇志・高田至郎: 兵庫県南部地震における人的被害の発生要因分析と救急医療, 第2回阪神・淡路大震災に関する学術講演会論文集 pp. 583-590, 1997.
- 4) 伊藤 雅・中川 大・吉川耕司・小林 寛: 震災直後の被災地流入交通量とその特性, 『阪神・淡路大震災に学ぶ—土木計画学からのアプローチ』, pp. 273-280, 1997.
- 5) 朝日新聞社編: 阪神・淡路大震災誌, pp. 340-346, 1996.
- 6) 阪神・淡路大震災調査報告編集委員会『阪神・淡路大震災調査報告』, No. 10, 『交通施設と農業施設の被害と復旧』, pp. 105-107, 1998.