

2 段階エリア交通規制による震災時道路交通管理 Traffic Management in an Emergency by 2-Stage Area Traffic Regulation

飯田恭敬^{*}・倉内文孝^{**}・嶋田博文^{***}

By Yasunori IIDA^{*}, Fumitaka KURAUCHI^{**} and Hirofumi SHIMADA^{***}

1. はじめに

阪神淡路大震災においては各種都市施設は甚大な被害を受け、都市機能が麻痺状態に陥った。道路交通においても震災直後から深刻な交通渋滞が発生していたことは周知の通りである。特に緊急な対応が迫られる災害発生直後の非常事態においては、早期に迅速な人命救助活動を行うための緊急・救急車両の交通行動、および被災者の最低限必要な交通行動を円滑ならしめる必要がある。そのためにも適切で迅速かつ有効に実施されうる交通規制方策が必要であるといえる。本研究においては、その交通規制方策として、2 段階エリア交通規制方策を提案し、ケーススタディを通じてその実効性を検討する。

2. 2 段階エリア交通規制方策

(1) 背景

災害対策基本法の一部改正¹⁾により、従来までの道路の区間レベルでの交通規制に加え、区域を指定しての交通規制が可能となった。緊急ルート指定のような線的な交通規制では、交通需要を減じることにはならず、指定外の道路の深刻な渋滞を引き起こす。阪神淡路大震災においても、緊急ルート上の交通混雑は規制により大幅に緩和されたものの、緊急ルートへのアクセス・イグレス道路が大渋滞し、結果的に大幅な時間損失となった。今回の改正を受け、交通需要を面的に抑制することは、より効率的かつ有効な交通状況の実現に寄与するものと期待される。

一方、震災直後においては、被災者のマイカーが傷病者の搬送や、生活物資の調達等の緊急車両的な役割を果たしていたことも考えられる。そのため、被災者のマイカー利用を全面的に規制することは問題があり、現実的とは考えられない。これらの自動車トリップは比較的短距離のものが多いため、道路ネットワークへの負担がそれほど大きくないことが過去の研究より明らかとなっている²⁾。したがって、被災者によるマイカー利用はできる限り許容することが望まれる。

以上のことを考慮して、本研究では、被災住民の生活活動にできる限り支障をきたさないよう、しかもある程度の交通混雑緩和が実現可能な交通規制方策として、2 段階エリア交通規制を提案する。

(2) 2 段階エリア交通規制の概要

2 段階エリア交通規制とは、まず 1 次規制として地震災害等によって被害を被った地域全体をひとつの規制対象エリアとして捉え、それ以外の地域からの流入を、緊急物資の搬送や緊急・救急活動車両等の必要最小限にとどめる。これらの車両の円滑な走行を保証するための緊急ルートの事前指定は必須となる。次に、被害が甚大なとき、1 次規制によっても激しい混雑が予想されるため、2 次規制として、被災地域をサブエリアに分割し、各サブエリアへの流入を規制する。なお、2 次規制が実施されるサブエリアは事前に決定しておき、住民に告知しておく必要がある。その他、サブエリア内の移動、および他のサブエリアを通過しない被災地外への移動については規制を加えない。このような 2 段階の交通規制を実施することによって、被災住民の最低限のモビリティを確保しつつ、劣悪な交通混雑を緩和することが実現できると考えられる。2 段階エリア交通規制のイメージを図 1 に示しておく。

キーワード：交通管理、ネットワーク交通流、2 レベル最適化問題

* フェロー会員 工博 京都大学大学院工学研究科土木工学専攻

〒606-8501 京都市左京区吉田本町 TEL 075-753-5124 FAX 075-753-5907

** 正会員 修士(工) 京都大学大学院工学研究科土木工学専攻

〒606-8501 京都市左京区吉田本町 TEL 075-753-5126 FAX 075-753-5907

*** 学生会員 京都大学大学院工学研究科土木工学専攻

〒606-8501 京都市左京区吉田本町 TEL 075-753-5126 FAX 075-753-5907

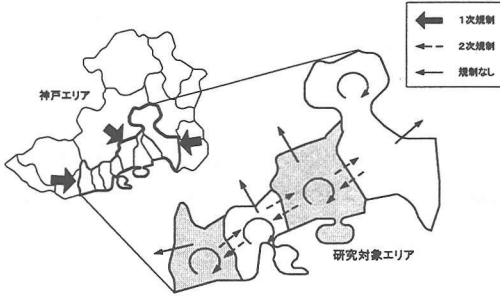


図1 2段階エリア交通規制のイメージ

(3) 2段階エリア交通規制量決定モデルの構築

2段階交通規制モデルは、ネットワーク容量算定モデル³⁾の考え方にに基づき定式化することが可能である。すなわち、目的関数をネットワークが受け入れ可能な総交通量とし、道路上で深刻な交通渋滞が発生しないという制約条件のもとで、これを最大化するように1次規制率および2次規制率を求める、という2レベル最適化問題として定式化ができる。ここで、段階エリア規制の実施効果は、ドライバー自身の経路選択行動や情報提供による経路誘導によって異なってくるが、ここでは簡単のために、利用者にとっての時間最短ルートを選択するものと仮定することにする。定式化は以下ようになる。

[上位問題]

$$\theta \sum_{i \in N} \sum_{j \in N} \xi_{ij} OD_{ij} + \phi \sum_{i \in N} \sum_{j \in N} \eta_{ij} OD_{ij} + \sum_{i \in N} \sum_{j \in N} (1 - \xi_{ij} - \eta_{ij}) OD_{ij} \rightarrow \max \quad (1)$$

subject to

$$0 \leq \theta, \phi \leq 1 \quad (2)$$

$$X_a \leq \mu C_a \text{ for all } a \in L \quad (3)$$

[下位問題]

$$\sum_a \int_0^{X_a} t_a(x) dx \rightarrow \min \quad (4)$$

subject to

$$\sum_{k \in K_{ij}} h_{kij} = \theta \xi_{ij} OD_{ij} + \phi \eta_{ij} OD_{ij} + (1 - \xi_{ij} - \eta_{ij}) OD_{ij} \quad (5)$$

for all $i \in N, j \in N$

$$X_a = \sum_{i \in N} \sum_{j \in N} \sum_{k \in K_{ij}} \delta_{akij} h_{kij} \text{ for all } a \in L \quad (6)$$

$$h_{kij} \geq 0 \text{ for all } k \in K_{ij}, i \in N, j \in N \quad (7)$$

ただし、

- θ : 1次交通規制の流入許容率,
- ϕ : 2次交通規制の流入許容率,
- ξ_{ij} : ODペア ij が1次交通規制対象であるなら1, そうでなければ0をとるダミー変数,
- η_{ij} : ODペア ij が2次交通規制対象であるなら1, そうでなければ0をとるダミー変数,
- OD_{ij} : ODペア ij の交通需要,
- N : セントロイド集合,
- L : リンク集合,
- K_{ij} : ODペア ij 間のパスの集合,
- X_a : リンク a の交通量,
- μ : 許容する渋滞レベル,
- C_a : リンク a の容量,
- $t_a(x)$: リンク a における所要時間関数,
- h_{kij} : ODペア ij 間の k 番目パスの交通量,
- δ_{akij} : もしリンク a が ODペア ij 間の k 番目のパスに含まれていれば1, そうでなければ0をとるダミー変数.

である。このモデルの決定変数は θ および ϕ であり、制約条件の元でこれらを最大化することになる。一般的に2レベル最適化問題を解くことは容易ではないが、ここで提案しているモデルについては決定変数が2つであることもあり、計算の収束性は高い。

また、 θ と ϕ の決定方法については、状況に応じてさまざまなものが考えられる。例えば、1次交通規制を100%($\theta=0$)として、2次規制率($1-\phi$)を決定することや、またサブエリア s ごとの2次交通規制率($1-\phi_s$)を決定することもできる。ただし、決定変数の数が増大すると、計算結果の一意性は保証されなくなる可能性がある。

上記の問題の解法であるが、ここでは heuristic な方法の一つである、Complex 法 (Constrained Simplex Method) を利用した。

3. 神戸道路ネットワークでのケーススタディ

(1) 計算対象

2段階エリア交通規制モデルのパフォーマンスを確認するために、阪神淡路大震災発生直後の神戸ネ

ットワークにモデルを適用した。モデルのインプットは、リンク・ノード接続データ、リンクパフォーマンス関数、OD 交通需要である。OD 交通需要以外については、平常時における実績値を元に作成し、さらにリンク容量については、被災の程度に応じて不通、容量減少、通常の3種類に分類して設定した。

(2) 発災直後のマイカー利用交通量の推定⁴⁾

発災直後のマイカー利用交通需要は平常時と大きく異なっていたことが考えられ、まずはこれを推定する必要がある。観測リンク交通量を用いた OD 推定モデルの適用も考えられるが、発災直後においては、停電等の影響により交通量検知器の多くは機能しておらず、それらを用いた OD 交通量の推定は難しい。そのため、アンケート調査、PT データ、統計データ等を用いることによりマイカー利用交通量をトリップ目的別に推定した。阪神・淡路大震災後の3日間におけるマイカー利用実態に関するアンケート調査⁴⁾より、各トリップ目的別の交通需要生成モデル⁵⁾を構築した。このモデルおよび、第3回京阪神パーソントリップ調査データ等を利用して、震災時の交通規制対象地域における通勤、安否確認、物資調達、避難の各トリップ目的別の交通量を推定し、これらの合計したものをマイカー利用交通量とした。

これらの目的別トリップ推定結果を図2に示す。発災後3日間のうち、1月17日のマイカー利用交通量が最大となり、約27万トリップと推定された。

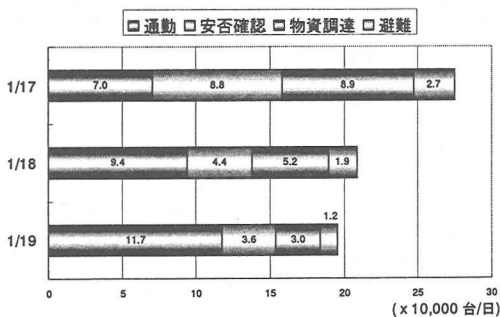


図2 日別トリップ目的別の総交通需要推定結果

(3) モデル適用結果

(a) 混雑の解消

2段階エリア規制の実効性をモデル計算により検

証するために、比較対照としてまず推定された OD 交通需要を対象ネットワーク上に利用者均衡配分した場合の交通状況を図3に、対象エリアに規制モデルを適用した結果得られた交通状況を図4に示す。

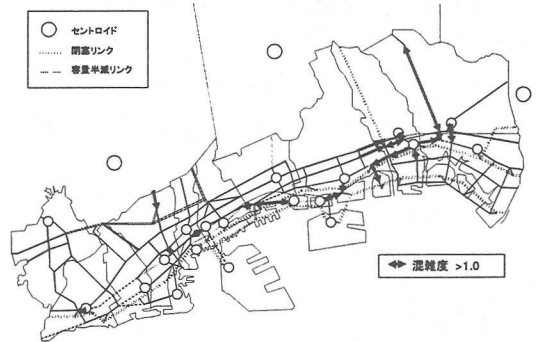


図3 エリア交通規制を実施しない場合の混雑状況

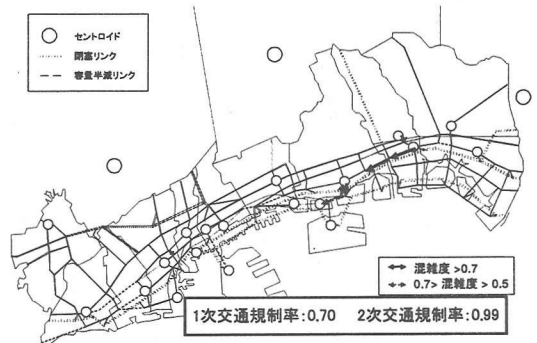


図4 エリア交通規制を実施した場合の混雑状況

これらによると、混雑しているリンクの配置の傾向はほぼ同じであるが、混雑度は大幅に減少していることがわかる。またモデルを適用した場合、1次規制率(1- θ)は0.70、2次規制率(1- ϕ)は0.99となった。これは、規制対象地域外から交通量の1/3程度は受け入れ可能である一方、各サブエリア内への流入はほぼ全面的に規制されることを意味している。1次規制に関しては余裕がある規制率となっているが、この余裕量は域外からの救急救援のための緊急車両に充てなければならないため、実際には域外からのマイカー交通はすべて流入規制されると考えるのが妥当であろう。これに対して2次規制はかなり厳しくなっており、マイカー交通はサブエリア内の移動及び被災地外への移動のみが許されていることとなる。

(b) OD間所要時間の改善

図5は、エリア交通規制を行った場合と行わなかった場合の所要時間について、出発サブエリアごとに示したものである。交通規制を行わない場合には、OD間所要時間が6,000分（100時間）以上という、ネットワークが破綻しているような状況が発生しうることがわかる。一方、交通規制を実施した場合、OD間の所要時間は最大でも50分程度となっており、大きな改善効果が見込まれることがわかる。

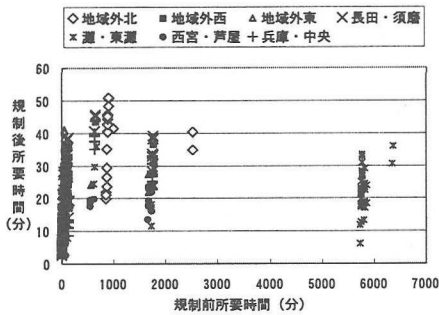


図5 OD間所要時間の改善

(c) トリップ目的ごとの移動可能率

2段階エリア規制モデルが適用された場合、それぞれのトリップ目的の交通がどれほど満たされているかを確認するために、トリップ目的ごとに移動可能率を求めた。その結果を図6に示す。

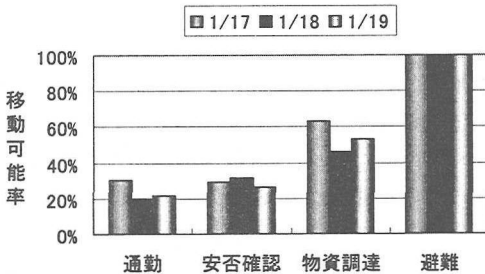


図6 トリップ目的ごとの移動可能率

避難については100%が移動可能であり、物資調達については50%から70%、安否確認と通勤の交通目的については30%程度が移動可能となっている。この結果より、2段階エリア交通規制を実施することによって、被災者にとって必要度が高い、避難目的や物資調達目的のトリップ行動はある程度許容されるが、不急と思われる通勤目的や安否確認目的の

トリップ行動は大幅に規制されることになる。

4. おわりに

2段階エリア交通規制は、被災者にとって必要なトリップ距離の短い交通需要についてはできる限り規制せず、外部からの被災地区への流入交通および被災地区内のサブエリア間の移動を規制することによって交通渋滞の緩和を目指したものである。この規制を実施することによって、混雑状況の大幅な改善が見込まれることが明らかとなった。

なお、計算結果より、通勤目的や安否確認目的の交通の約7割が、物資調達目的のトリップの約半数が規制対象となるため、何らかの代替的な手段で規制対象となる交通を補完する必要がある。通勤行動については危機管理マニュアル等の作成により、必要最小限の人員の集合を目指すことが、また安否確認については、情報通信システムの整備により、通信によって代替を促すことが必要である。災害時に不急な交通が代替的な方法で転換されるならば、その分物資調達目的の交通に対する規制が緩和されることになる。さらに、備蓄などによって近距離のトリップで物資調達ができるような対策も必要である。このように震災関連のマイカー交通量の相当な割合が削減可能であると考えられ、2段階エリア規制でも十分対応可能であり、その実効性は高いといえる。

本研究は、(財)国際交通安全学会、H055プロジェクト（大規模災害時におけるマイカー交通規制のあり方に関する調査研究）の研究成果の一部である。記してここに深謝する。

【参考文献】

- 1) 杉内他：“阪神・淡路大震災を契機とした災害対策基本法の一部改正について”，交通工学，30，増刊号，pp. 108-110，1995
- 2) 倉内・飯田：“阪神・淡路大震災発生後の時点経過を追ったOD交通量の変化に関する研究”，IATSS Review，23(3)，pp. 146-154，1998.2
- 3) 倉内他：“地震時の利用可能道路網から見た適性交通量に関する研究”，第1回都市直下地震災害総合シンポジウム論文集，pp. 165-168，1996
- 4) (財)国際交通安全学会，H055プロジェクト（大規模災害時におけるマイカー交通規制のあり方に関する調査研究）報告書，2000
- 5) 嶋田他：“地震災害発生直後における交通需要発生に関する分析”，平成12年度土木学会関西支部年次学術講演会講演概要，IV-84，2000