

# 地震による交通需要の変化を考慮した実用的な道路交通への影響評価に関する検討\*

## Study on practical impact assessment for earthquake-induced disruption of road network with variable traffic demand model

中尾吉宏\*\*・小路泰広\*\*\*・峰隆典\*\*\*\*

By Yoshihiro NAKAO\*\*・Yasuhiro SHOJI\*\*\*・Ryusuke MINE\*\*\*\*

### 1. はじめに

震後の緊急活動や社会・経済活動を支援できる道路整備を効果的、効率的に推進するためには、道路施設の耐震補強事業や新規路線の開発事業について震災面の効果を評価し、事業計画の立案等に反映していく必要がある。この様な必要性を踏まえ、国総研では、地震による道路施設の物的被害等から直接被害額を、また、道路機能の低下に伴う旅行時間等の増大から間接被害額を評価し、様々な防災事業の選択肢に対して震災面の事業効果を算定する実用的な手法を検討してきている<sup>1)、2)</sup>。しかしながら、旅行時間等の増大によって生じる交通需要の変化については考慮できるものとはなっていない。一方、間接被害額の評価において震後の交通需要の変化を考慮できる手法について種々の研究が進められており<sup>例えば3)、4)、5)、6)</sup>、例えば米国で検討が進められている実用的な手法についてはノースリッジ地震の際の実測データを用いた交通流の再現性に関する検証もなされている<sup>3)、4)</sup>。本検討では、米国の手法に準じた形で交通需要の変動を簡便に考慮して地震による道路交通への影響を評価し、交通需要の変動を考慮しない場合の評価結果と比較することで、交通需要の変化の考慮が地震時の道路交通の評価に及ぼす影響や、交通需要の変動を考慮する場合の課題等について検討した。

### 2. 地震の道路交通への影響評価の手法

交通需要の変化を考慮しない場合の地震の道路交通への影響評価としては、国総研でこれまでに検討してきた既往の研究<sup>1)、2)</sup>を、また、震後の交通需要の変化を考慮する場合の評価としては、米国連邦道路庁により開発され、実務で活用され始めている評価手法 (REDARS : Risks from Earthquake Damage to Roadway Systems)<sup>3)、4)</sup>を取り上げる。両手法は共に、道路施設が被災し

た場合の復旧費用等の直接被害額に加え、道路機能の低下によって道路ネットワーク全体の交通の旅行時間等が増加することで生じる間接被害額を評価する手法として整理されているが、1. に示した様に、本検討では交通需要の変化の考慮の有無が地震時の交通量推計に及ぼす影響に着目して両手法の評価結果を比較する。以下に、それぞれの手法の概要を説明する。

#### (1) 交通需要の変化を考慮しない場合

防災事業効果を定量的に評価する手法として国総研で検討されてきている既往の手法<sup>1)、2)</sup>では、図-1 に示すようにはじめに評価対象地域における地震ハザードを考慮して道路ネットワークを構成する施設 (現状、道路橋及び盛土の評価が整理) の被災度を評価し<sup>7)、8)</sup>、その結果に基づいて耐震補強費用と候補となる防災事業により軽減される被害額を算定して費用便益を評価する。

防災事業で軽減される被害額は、施設の被災度に応じた復旧費用等が直接被害額として、施設被災による道路機能の低下によって増加する移動費用が間接被害額として評価される。本検討では、この移動費用の評価に関わる地震時の交通量推計に着目する。ここで、道路施設の損傷で道路機能が低下する期間は地震時の交通量推計に大きな影響を及ぼす。当期間としては道路施設の損傷に起因して施される交通規制の期間を考慮し、表-1 に示す様に、平成 16 年新潟県中越地震等での復旧事例を基に道路施設の被災度と管理者に応じて設定する。また、交通量推計には分割配分法を用いる。

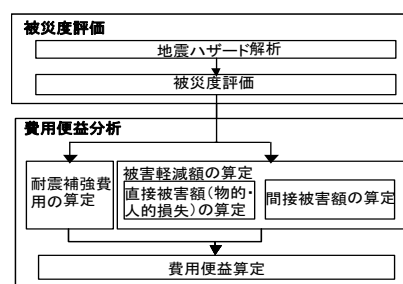


図-1 防災事業効果の評価の流れ

\*キーワード：防災計画、発生交通、交通ネットワーク分析、交通流

\*\*非会員、工修、国土技術政策総合研究所地震防災研究室

\*\*\*正員、工修、同上

\*\*\*\*正員、同上

表-1 施設被災度別の交通規制期間の設定

	被災度	管理者	交通規制期間
橋梁	A	国	~75日
		地方自治体	~300日
	B	共通	~4日
C	共通	なし	
跨道橋	A	共通	~7日 ※跨道橋下の道路通行止め
盛土	A	国	~7日
		地方自治体	~300日
	C	共通	なし

(2) 交通需要の変化を考慮できる手法

道路の震災事業の評価に米国で活用され始めている REDARS では、道路施設の復旧費用、道路ネットワークの機能低下によってもたらされる旅行時間の遅延、旅行時間の増大による交通の取りやめが被害額として考慮されるが、本検討では、旅行時間の増大と交通の取りやめの評価に関わる部分、すなわち地震時の交通量推計に着目する。

当手法における道路施設の被災度評価等は

(1) の手法とは異なるが、本検討では交通需要の変化の考慮が地震時の交通量推計に及ぼす影響に着目するため、地震ハザード、施設の被災度、被災程度に応じた道路の交通規制期間の設定については(1)の手法で評価された結果をそのまま用いる。REDARS では、旅行時間の増大や交通の取りやめを評価するために行う交通量推計として、式(1)に示す交通需要の変動モデルを用いた利用者均衡配分が採用されており、同式の右辺第1項及び第2項の存在により、各リンクへの交通配分及び起終点毎の交通量の大きさが最適化される。REDARS には、当モデルを用いて交通推計を数値計算するためのアルゴリズムも用意されており、仮定した各リンクの交通量  $x_a$  や起終点毎の交通量  $q_{rs}$  について仮定値の改善方向となる補助値を探した上で、仮定値と補助値を内分する点に仮定値の更新を見出すプロセスを繰り返して交通需要の変化を考慮した均衡配分を実現する。本検討では、分割配分法により交通推計を行うプログラムを活用して図-2 に示す流れで交通推計を行うことにより、当アルゴリズムに準じた評価を行っており、同図の4. ~6. が補助値を探し出して仮定値を更新する箇所に相当する。

3. 試算条件

(1) 試算対象

試算の対象地域は関東地方（関東地方整備局管内）とし、国・県・政令指定都市管理の道路ネットワークを

$$\min z(x,q) = \sum_a \int_0^{x_a} t_a(w) dw - \sum_{rs} \int_0^{q_{rs}} D_{rs}^1(w) dw \quad (1)$$

制約条件

$$\sum_k f_k^rs = q_{rs} \quad \forall r,s$$

$$f_k^rs \geq 0 \quad \forall k,r,s$$

$$q_{rs} \geq 0 \quad \forall r,s$$

$$q_{rs} = D_{rs}(u_{rs}) \quad \forall r,s$$

$$x_a = \sum_{rs} \sum_k f_k^rs \cdot \delta_{ak} \quad \forall a$$

ここで

- $t_a$  : リンク  $a$  のリンクパフォーマンス関数
- $D$  : 需要関数
- $D^1$  : 需要関数の逆関数
- $f_k^rs$  :  $r-s$  間のバス  $k$  における交通量
- $q_{rs}$  :  $r-s$  間の OD 交通量
- $u_{rs}$  :  $r-s$  間の旅行時間
- $x_a$  : リンク  $a$  の交通量
- $\delta_{ak}$  : リンク  $a$  が  $r-s$  間のバス  $k$  に属する場合 1、それ以外 0

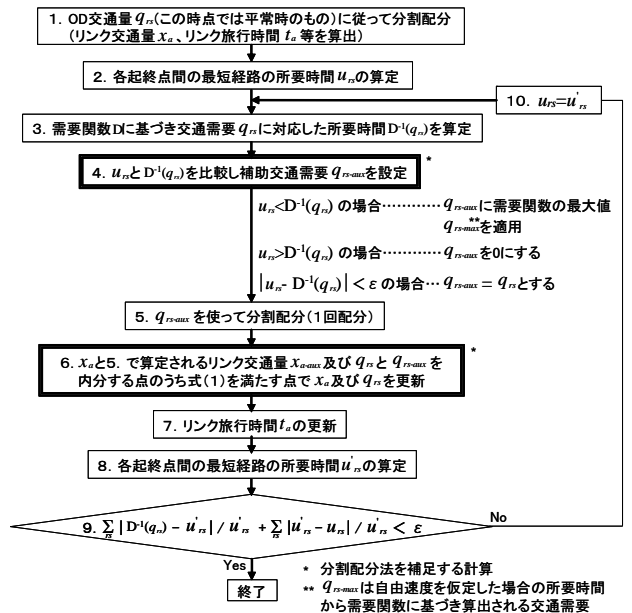


図-2 配分分割法を活用した評価の流れ

試算対象として選定した。また、地震ハザード解析の評価対象とする地震としては、当地域の種々の震災対策検討において注目されている東京湾北部地震<sup>9)</sup>を想定している。図-3に試算対象とした道路ネットワーク、ネットワーク上の道路施設（橋梁・盛土）及び震源断層の位置を示す。

(2) 交通需要の変化を考慮するための需要関数

REDARSでは需要関数として式(2)に示すグラビティモデルが用いられており、旅行時間  $c_{rs}$  に応じて交通量が変化する。本検討では、交通需要の変化を考慮した交通量推計においても平常時の旅行時間に対しては平常時の OD 交通量が与えられるよう需要関数を設定することで、交通需要の変化の考慮の有無の影響が比較しやすくなるよう、需要関数としては各起終点毎に係数を与える式

(3)を採用することとした。同式の係数の算定では、まず係数  $A_{rs}$  を1と仮定した上で、平常時のOD交通量と平常時の旅行時間を使って係数  $\alpha$  及び  $\beta$  を求め、次に平常時の旅行時間に対して平常時のOD交通量が与えられるよう起終点毎に  $A_{rs}$  を求めた。ここで、式(4)の左辺は式(3)を発生・集中交通量で除したものであり、図-4に示すように旅行時間  $c_{rs}$  の増加に対して大局的に減少するが、その傾向が途中からは認められなくなる。そこで、本検討では、旅行時間  $c_{rs}$  に対し式(4)左辺が減少する  $c_{rs}$  の区間を対象に係数  $\alpha$  及び  $\beta$  を求めている。旅行時間  $c_{rs}$  の増加に対し式(4)左辺が減少しなくなる原因としては、 $c_{rs}$  の大きい旅行は必要性が高く、一般の交通とは旅行時間に対する交通需要の弾力性が異なること等が考えられるが、このような傾向のモデル化や、 $c_{rs}$  の増加に対して交通需要が幅を持って減少する大局的な傾向をどの様にモデル化するかは今後の課題であると考えられる。

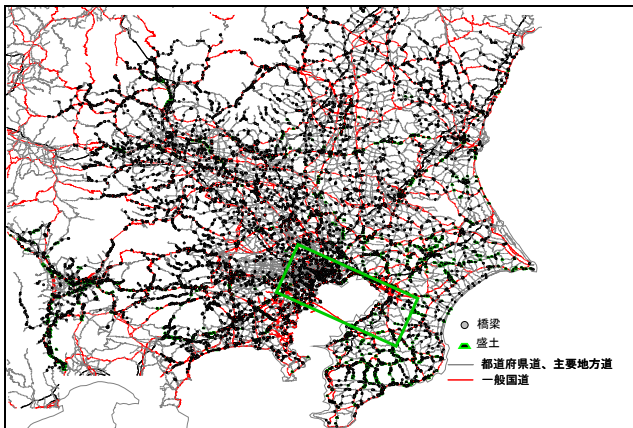


図-3 試算対象

$$q_{rs} = \frac{O_r \cdot D_s \cdot A_r \cdot B_s}{1 + \exp(\alpha + \beta \cdot c_{rs})} \quad (2)$$

$$q_{rs} = \frac{O_r \cdot D_s \cdot A_{rs}}{1 + \exp(\alpha + \beta \cdot c_{rs})} \quad (3)$$

$$\frac{q_{rs}}{O_r \cdot D_s} = \frac{1}{1 + \exp(\alpha + \beta \cdot c_{rs})} \quad (4)$$

ここで

- $q_{rs}$  :  $r$ - $s$ 間のOD交通量
- $c_{rs}$  :  $r$ - $s$ 間の旅行時間
- $O_r$  : ゾーン  $r$ からの発生交通量
- $D_s$  : ゾーン  $s$ への集中交通量
- $\alpha, \beta$  : モデルパラメーター
- $A_r$  : ゾーン  $r$ に関連して定まる(2)式の係数
- $B_s$  : ゾーン  $s$ に関連して定まる(2)式の係数
- $A_{rs}$  : ゾーン  $r$ に関連して定まる(3)式の係数

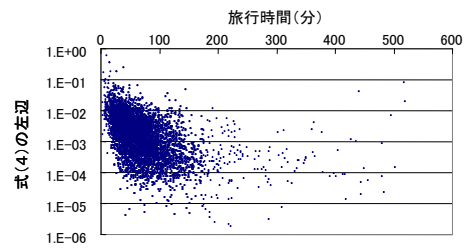


図-4 式(4)左辺と旅行時間の関係(乗用車の例)

#### 4. 試算結果

試算例として地震発生から4日までを対象として行った交通量推計の結果を図-5に示す。同図(1)及び(2)は、それぞれ、交通需要の変化を考慮しない場合と考慮した場合に対応した結果である。ここで、同図の交通量推計の基となっている被害想定は、平成16年度末時点の耐震補強の実施状況を考慮して試算されたものである。

図-5から、交通需要の変化を考慮しない場合については、交通量が5万台以上の路線が面的に広がっており、交通量の多い路線が幹線道路に限定されることなく一般県道まで広がっていることが認められる。それに対し、震後の交通需要の変化を考慮した場合には、日交通量が5万台以上の路線が相対的に限定されており、交通量の多い路線は概ね環状、放射状の幹線道路に集中している。ここで、平成7年兵庫県南部地震の直後から数日間に撮影された空中写真に基づき幹線道路及び補助幹線道路の道路交通状況を分析した結果によれば<sup>10)</sup>、走行している車両の割合は、幹線道路と補助幹線道路では顕著な差が生じ、補助幹線道路で少なかったことが指摘されている。図-5(1)に示した交通需要の変化を考慮した場合の結果は、このような分析結果と親和する。

#### 5. 今後の課題

ここでは、防災事業効果の評価等に地震時の交通需要の変化を考慮した交通量推計を取り入れていく際に課題になると考えられる事項を整理する。

- 4. に示した様に、交通需要の変化を考慮した場合の試算結果は、震災時の道路交通の分析結果と親和性を有するものであったが、本検討は限られたケースに基づく定性的な検討の域を出ないものであり、最近の震災で観測された震後の道路交通への適用等を通して、更なる検討を進める必要がある。
- 震後の道路交通には、震後の復旧活動や緊急活動等により新たに発生する交通やこれらの活動を支える為に施される交通規制等が大きな影響を及ぼすと考えられることから、これらの影響を交通量推計にどの様に取り入れるか今後の検討が必要である。
- 3. に示したように、地震時の交通需要の変化をど

の様にモデル化するかについても検討が必要である。

- 旅行時間の増大等により生じる取りやめ交通を防災事業の検討における損失額の評価等にどの様に考慮していくかを検討する必要がある。
- 防災事業効果を定量的に評価する手法<sup>1)、2)</sup>については、上記の課題も含め、新たな震災経験等により得られる知見を加えながら今後益々の改良を施していきたい。

参考文献

- 1) 鶴田、日下部：実用的な道路防災事業効果評価手法の開発，土木技術資料，Vol148-9，2006.
- 2) 鶴田、小路：広域な道路ネットワークを対象とした道路防災事業効果評価手法の適用性の検討、第36回土木計画学研究発表会(秋大会)講演集、2007.
- 3) Werner, S. et al. : REDARS 2 Methodology and Software for Seismic Risk Analysis of Highway Systems, MCEER-06-SP08, 2006.
- 4) Cho, S. et al.: REDARS Validation Report, MCEER-06-0007, 2006.
- 5) 藤原、長江、朝倉：GISと需要変動型利用者均衡配分を用いた道路ネットワーク耐震化の便益評

価、土木計画学研究・講演集 Vol. 34、2006.

- 6) Zou, Y., Banerjee, S., and Shinozuka, M. : Seismic Risk Mitiation of Spatially Distributed Urban Infrastructure Systems and Its Impact on Societal Economy, Proceedings of International Conference on Urban Disaster Reduction, 2007.
- 7) 小林、運上：大地震時における道路橋の被災度推定手法，土木技術資料，Vol147-12，2005.
- 8) 土木研究所：道路盛土の簡易耐震性評価法（案），2003.
- 9) 中央防災会議首都直下地震対策専門調査会：首都直下地震対策専門調査会報告，平成17年7月 (<http://www.bousai.go.jp/jishin/chubou/shutochokka/houkoku.pdf>)
- 10) 国際交通安全学会：阪神・淡路大震災の実態調査に基づいた震災時の道路交通マネジメントの研究、平成10年3月

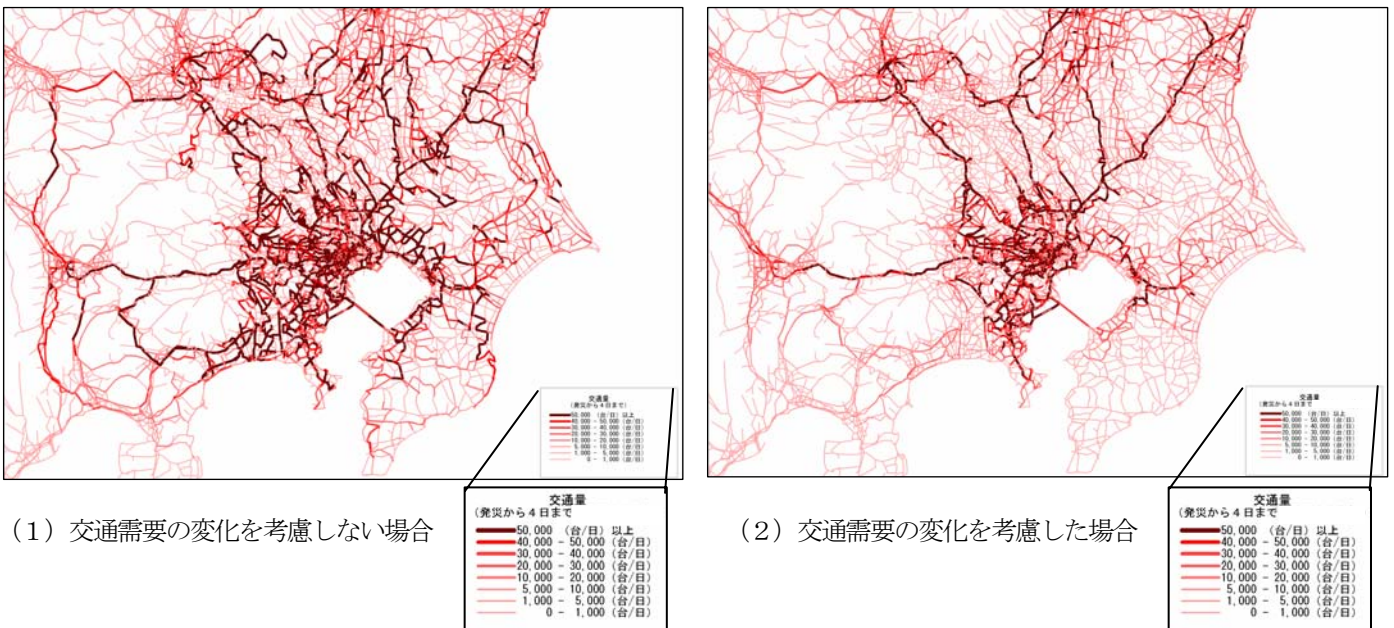


図-5 試算結果