

道路ネットワークの震災による機能損失の評価モデル

筑波大学大学院理工学研究科 学生会員 ○笛木 孝哲 筑波大学機能工学系 正会員 庄司 学

1. はじめに

現在では、南海トラフを震源域とした南海・東南海地震や東海地震などの発生が危惧されており、これらの地震による被害を最小限に抑えるため、様々な主体による防災施策が実施されている¹⁾。本研究では、道路ネットワークが機能を低下・喪失した際に発生する損失を経済学的モデルに基づき評価し、機能損失によりネットワークに関わる各主体に波及する影響を評価するモデルの構築を行った。その上で地震時における道路ネットワークの機能性、ならびにリスク対応策に関する分析を行った。

2. 震災波及帰着モデルの提案

本研究では、交通経済学で活用されている費用便益帰着モデル²⁾を援用し、道路ネットワークの地震災害による機能損失の問題を取り挙げ、ネットワークに関わる主体に対する震災波及の影響をモデル化した。道路ネットワークの機能損失の影響は、ネットワークに関わるあらゆる主体に波及すると考えられる（図1）。ここでは、地震時において道路ネットワークに求められる機能と関わりあう主体の関係を表1のように整理した。生活者の震災による損失は負の効用として解釈し、これらを最小限に抑えるように行動するものとしてモデル化を行った。波及主体の震災波及の影響に関しては、負の利潤を生産するとして解釈し、各主体ともこれを最小限に抑えるように行動するものとしてモデル化した。それぞれのモデル化にあたっては、震災波及のパラメータを表2のように規定し、各主体の予算制約式および時間制約式のもとでラグランジュの未定乗数法を適用し、 x_{ik} および y_{jk} の最適解を求めた。震災による状態変化量は便益評価で用いられる等価的偏差 EV で評価することとし、帰着分析法²⁾を適用して表3のように震災波及帰着構成表を作成した。

3. パラメータ解析および耐震補強施策への利用

パラメータ解析を行うにあたり、表2に示す各事象に対する価格と単位所要時間に関しては、1995年の兵庫県南部地震における被害資料に基づき値を仮定した³⁾。表3における dq_k および dp_k を仮定するに際しては、震災前後の各主体に対する価格の変化量および所要時間の変化量を仮定し、生活者の効用関数および波及主体の生産関数をコブ＝ダグラス型の関数としてモデル化した。以上のパラメータの仮定を踏まえて、兵庫県南部地震の際に被災した阪神高速道路3号神戸線を参考にモデルのキャリブレーションを行った上で震災波及の試算を行った。得られた結果は図2～4に示すとおりである。

表3の震災波及帰着構成表から図5に示すように損失マトリックスへの対応付けを行った。損失マトリックスは道路ネットワークを構成する構造要素の被災度と被害レベルの関係を示すものであり、機能損失の程度によりLV1-1～LV5-1までの9段階に分類して表現したものである⁴⁾。表4では損失マトリックスの構造要素が桁の場合を示している。これにより震災波及と道路ネットワークを構成する構造要素の被災度および各主体における機能の被害レベルを関連付けることができる。以上より、道路ネットワークを構成する構造要素に対し、それぞれの保有耐震性能下において、ある一定のレベルの耐震補強を施すことによって震災波及の影響がどれだけ軽減されるかを明示化することができる。従って、耐震補強の優先順位を決定したり、施策の意思決定者が耐震補強の位置付けを俯瞰的に把握する際に、震災波及帰着モデルを有用に活用することができると考えられる。

4. まとめ

本研究では、交通経済学で活用されている費用便益帰着モデルを援用し、道路ネットワークに関わる主体に対する震災波及の影響を評価するモデルを提案した。構築した震災波及帰着モデルにおいて、1995年の兵庫県南部地震の被害資料を参考にし、パラメータ解析を行った。さらに、本モデルの利活用の一例として、道路ネットワークを構成する構造要素の耐震補強施策への適用可能性に関して検討した。

参考文献：1) 川崎市防災会議，川崎市地域防災計画・震災対策編，川崎市，2002.3. 2) 上田孝行，高木朗義，森杉壽芳，小池淳司，便益帰着構成表アプローチの現状と発展方向について，運輸政策研究，Vol.2，No.2，pp2-12，1999. 3) 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―土木構造物の被害（橋梁），土木学会，1996.12. 4) 庄司学，笛木孝哲，道路ネットワークの地震による機能損失に関する定量的評価，構造物の安全性および信頼性，Vol.5，2003.11.

キーワード 地震災害，道路ネットワーク，機能損失，震災波及，兵庫県南部地震，損失マトリックス

連絡先 〒305-8573 茨城県つくば市天王台1-1-1 筑波大学大学院理工学研究科 TEL：029-853-7366

〒305-8573 茨城県つくば市天王台1-1-1 筑波大学機能工学系 TEL：029-853-6190

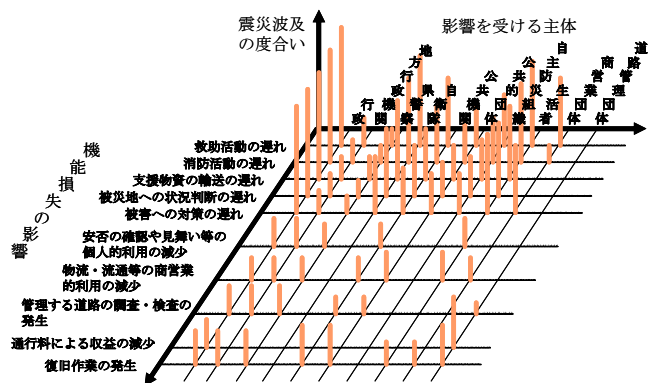


図1 機能損失の影響による震災波及

表3 震災波及帰着構成表

	生活者	行政主体	道路事業主体
救助活動の遅れ	$x_1 dq_1$	$y_{1,1} dp_1$	$y_{2,1} dp_1$
消防活動の遅れ	$x_2 dq_2$	$y_{1,2} dp_2$	$y_{2,2} dp_2$
輸送活動の遅れ	$x_3 dq_3$	$y_{1,3} dp_3$	$y_{2,3} dp_3$
状況判断の遅れ	$x_4 dq_4$	$y_{1,4} dp_4$	$y_{2,4} dp_4$
被害対策の遅れ	$x_5 dq_5$	$y_{1,5} dp_5$	$y_{2,5} dp_5$
個人的利用の減少	$x_6 dq_6$	$y_{1,6} dp_6$	$y_{2,6} dp_6$
商業的利用の減少	$x_7 dq_7$	$y_{1,7} dp_7$	$y_{2,7} dp_7$
管理する道路の調査・検査の発生	$x_8 dq_8$	$y_{1,8} dp_8$	$y_{2,8} dp_8$
通行料による収益の減少	$x_9 dq_9$	$y_{1,9} dp_9$	$y_{2,9} dp_9$
復旧作業の発生	$x_{10} dq_{10}$	$y_{1,10} dp_{10}$	$y_{2,10} dp_{10}$
余暇の損失	$x_{11} dq_{11}$	-	-
実労働の損失	$-df$	$y_{1,13} dp_{13}$	$y_{2,13} dp_{13}$

表1 道路ネットワークに関連する主体と求められる機能との関係

関連主体	地震時に求められる機能
P1 地方行政主体	F1 救助活動・消防活動
	F2 支援物資の輸送活動
	F3 被災地への状況判断および被害への対策活動
P2 生活者	F1 安否の確認等の個人的利用
	F2 物流・流通等の商業的利用
P3 道路事業主体	F1 管理・運営

表2 震災波及に対するパラメータ設定

関連事象 k	生活者		波及主体 j				価格 [億円]	単位所要 時間 [日]
			地方行政主体		道路事業主体			
	量	所有量	量	所有量	量	所有量		
救助活動の遅れ	x_{i1}	0	$y_{1,1}$	0	$y_{2,1}$	0	p_1	T_1
消防活動の遅れ	x_{i2}	0	$y_{1,2}$	0	$y_{2,2}$	0	p_2	T_2
輸送活動の遅れ	x_{i3}	0	$y_{1,3}$	0	$y_{2,3}$	0	p_3	T_3
状況判断の遅れ	x_{i4}	0	$y_{1,4}$	0	$y_{2,4}$	0	p_4	T_4
被害対策の遅れ	x_{i5}	0	$y_{1,5}$	0	$y_{2,5}$	0	p_5	T_5
個人的利用の減少	x_{i6}	0	$y_{1,6}$	0	$y_{2,6}$	0	p_6	T_6
商業的利用の減少	x_{i7}	0	$y_{1,7}$	0	$y_{2,7}$	0	p_7	T_7
管理する道路の調査・検査の発生	x_{i8}	0	$y_{1,8}$	0	$y_{2,8}$	0	p_8	T_8
通行料による収益の減少	x_{i9}	0	$y_{1,9}$	0	$y_{2,9}$	0	p_9	T_9
復旧作業の発生	x_{i10}	0	$y_{1,10}$	0	$y_{2,10}$	0	p_{10}	T_{10}
余暇の損失	x_{i11}	$R_{x11}(t)$	-	0	-	0	p_{11}	T_{11}
労働の損失	x_{i12}	$R_{x12}(t)$	$y_{1,12}$	$R_{y1,12}(t)$	$y_{2,12}$	$R_{y2,12}(t)$	p_{12}	T_{12}
実労働の損失	-	0	$y_{1,13}$	$R_{y1,13}(t)$	$y_{2,13}(t)$	$R_{y2,13}(t)$	p_{13}	T_{13}

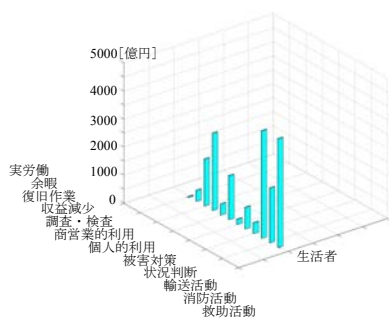


図2 生活者における震災波及

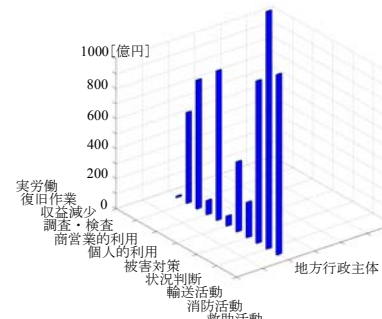


図3 地方行政主体における震災波及

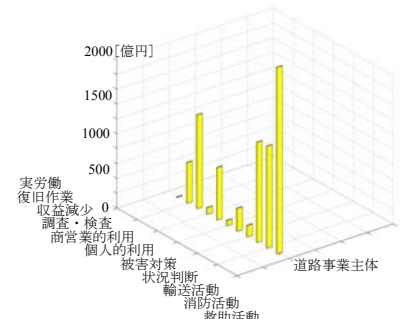


図4 道路事業主体における震災波及

表4 損失マトリックス

主体	機能	被災度	D-1	D-2	C	B	A	As
		損傷状況	損傷なし	耐震性に影響する軽微な損傷	耐震性に影響する中程度の損傷	耐震性に影響する大規模な損傷	耐震性に影響する大規模な損傷	通行不可
地方行政主体 P1	救助・消防活動 F1	損傷形態		微小なひび割れ、クラック	局所座屈・小変形	フランジの歪み、ウェブに小規模の座屈	フランジの大歪み、ウェブに大規模の座屈	桁の落下
		LV1-1						
		LV1-2						
		LV2-1						
		LV2-2						
生活者 P2	個人的利用 F1	LV3-1						
		LV3-2						
		LV4-1						
		LV4-2						
		LV5-1						
道路事業主体 P3	管理・運営 F1	LV1-1						
		LV1-2						
		LV2-1						
		LV2-2						
		LV3-1						

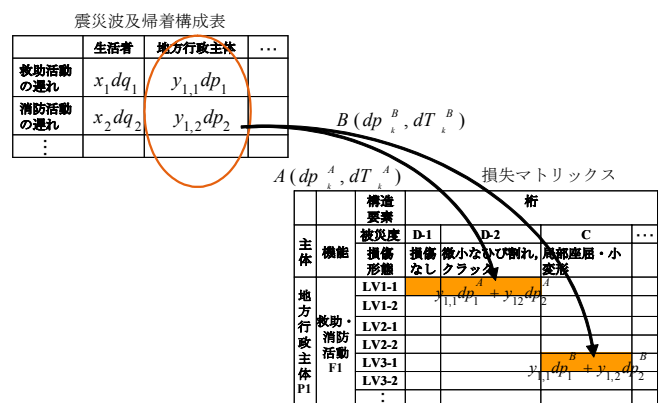


図5 震災波及帰着構成表と損失マトリックスの対応付け