

防災計画のための空間被害分布分析*

Spatial Economic Damage Assessment for Disaster Prevention Plan*

小池淳司**・山田勝也***

By Atsushi KOIKE**・Katsuya YAMADA***

1 はじめに

わが国では、台風や地震等の災害が世界的に見ても多く発生する自然環境にあり、毎年のように災害による社会資本への被害が起きている。特に、道路に代表される交通施設への被害は、地域間の交流・交易を停止または困難にさせ、その影響は直接被害のみならず、間接被害という形で全国に波及する。したがって、交通施設の維持管理や防災対策等を適切に実施することは、災害による経済被害を軽減する上で重要である。一方で、交通施設の維持管理を完全にすることは不可能であるという現状がある限り、これを前提として、交通施設の維持管理に対する方策を立てなければならない。そのため、交通施設の維持管理を集権的に行うか分権的に行うかは、交通施設の維持管理方策を決定する上で重要な要素となりえる。それは、被害の波及効果をともなう交通施設の維持管理方策を決定する際には、計画主体の違いにより維持管理を行う交通施設の重要度、維持管理の優先順位が異なると考えられるためである。

そこで本研究では、わが国の道路施設を対象として、道路施設の機能が低下した場合の経済への影響を空間的応用一般均衡モデル(以下、SCGEモデル)により評価することで、道路施設の重要度、維持管理の優先順位について検討する。道路をはじめとする交通施設の機能低下による影響をSCGEモデルにより評価しようとする研究には、筆者ら^{1)~2)}のグループのほかにも土屋・多々納・岡田らの研究^{3)~4)}が挙げられる。それらでは、SCGEモデルを用いて、大規模地震による当該地域での交通施設損傷がもたらす交通費用の増加を外的ショックとして与え、自地域及びその他地域経済への影響を評価しようとしている。また、わが国では地方分権の動きがあるため、本研究では、道路施設の維持管理計画主体として都道府県と国を想定することで、維持管理計画主体別に道路施設の機能

低下による空間被害分布を分析する。これにより、地方分権下のわが国の道路施設に対して、事前に道路施設の重要度、維持管理の優先順位を明らかにすることを試みる。なお、実証分析において、基準データセットには平成7年(1995年)47都道府県産業連関表⁵⁾を用いた。地域区分は47都道府県、産業区分は3区分(第1次産業、第2次産業、第3次産業)とした。

2 SCGEモデルの概要

(1) モデルの前提条件

- ① 社会経済には企業・家計の2主体が存在する。
- ② S 地域に分割された閉じた経済空間を想定する。
ただし、 $s \in S = \{1, \dots, s, \dots, S\}$ (R も同様)
- ③ 各地域には J 種類の生産財が存在し、それぞれに代表的企業が1つ存在する。また、各地域には1つの代表的家計が存在する。
ただし、 $j \in J = \{1, \dots, j, \dots, J\}$ (I も同様)
- ④ 各地域での生産財はまったく異なるものである。
(Armingtonの仮定)
- ⑤ 財の輸送はiceberg型の輸送構造である。
- ⑥ 生産要素市場は労働と資本であり、それら生産要素市場は各地域で閉じている。
- ⑦ 市場は完全競争的であり、長期的均衡状態にある。

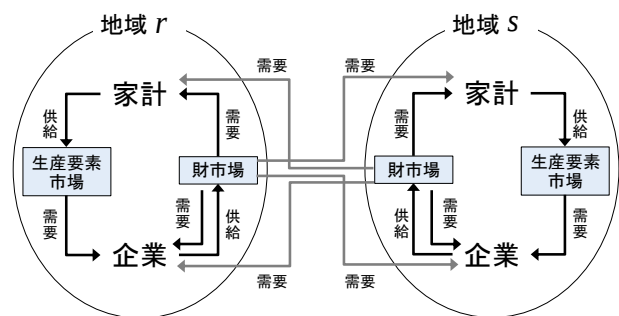


図1 モデルの概略

(2) 道路施設の機能低下

本研究では、道路施設の機能低下を交易抵抗の増加と捉え、以下のように財の生産地価格と消費地価格の乖離によって表現する。

*キーワード：維持管理計画、防災計画

**正員、工博、鳥取大学工学部社会開発システム工学科

(〒680-8552 鳥取県鳥取市湖山町南4-101、

TEL:0857-31-5313、E-mail:koike@sse.tottori-u.ac.jp)

***正員、株式会社ライテック 社会・公共ソリューション部

$$P_i^{rs} = (1+t^{rs})P_i^r \quad (1)$$

ただし、 P_i^{rs} ：地域 r の企業 i の財を地域 s の家計・企業が購入する際の価格(消費地価格)、 P_i^r ：地域 r の企業 i の財の価格(生産地価格)、 t^{rs} ：マークアップ率

(3) 企業の行動

地域 s の生産物 j を生産する企業 j は、Nested-CES型の生産構造を持ち、自地域と他地域で生産された中間財と、労働・資本からなる生産要素を用いて財を生産する。まず、生産関数をLeontief型で定式化する。

$$X_j^s = \min \left(\frac{VA_j^s(l_j^s, k_j^s)}{a_{0j}^s}, \frac{x_{1j}^s}{a_{1j}^s}, \frac{x_{2j}^s}{a_{2j}^s}, \dots, \frac{x_{Ij}^s}{a_{Ij}^s} \right) \quad (2)$$

ただし、 X_j^s ：地域 s 企業 j の生産量、 l_j^s ：地域 s 企業 j の労働投入量、 k_j^s ：地域 s 企業 j の資本投入量、 x_{ij}^s ：企業 i から地域 s の企業 j へ投入される中間財の合成財、 VA_j^s ：地域 s 企業 j の付加価値、 a_{ij}^s ：投入係数、 a_{0j}^s ：付加価値比率

次に付加価値について、付加価値関数をCobb-Douglas型で仮定し、生産技術制約下での費用最小化行動として以下のように定式化する。

$$\min_{l_j^s, k_j^s} w^s l_j^s + r^s k_j^s \quad (3)$$

$$s.t. \quad VA_j^s = \eta_j^s l_j^{\alpha_j^s} k_j^{1-\alpha_j^s} = 1$$

ただし、 w^s ：地域 s の賃金率、 r^s ：地域 s の資本レント、 η_j^s ：効率パラメータ、 α_j^s ：分配パラメータ

(3)式より、付加価値一単位あたりの労働と資本の需要量 D_{lj}^s 、 D_{kj}^s が求まる。

$$D_{lj}^s = \frac{\alpha_j^s}{w^s} \frac{1}{\eta_j^s} \left(\frac{w^s}{\alpha_j^s} \right)^{\alpha_j^s} \left(\frac{r^s}{1-\alpha_j^s} \right)^{1-\alpha_j^s} \quad (4)$$

$$D_{kj}^s = \frac{1-\alpha_j^s}{r^s} \frac{1}{\eta_j^s} \left(\frac{w^s}{\alpha_j^s} \right)^{\alpha_j^s} \left(\frac{r^s}{1-\alpha_j^s} \right)^{1-\alpha_j^s} \quad (5)$$

中間財の合成財についても同様に、中間財投入制約下での費用最小化行動として以下のように定式化する。ここでは中間財の合成財の生産関数をCES型で仮定する。

$$\min_{x_{ij}^s} \sum_{r \in R} (1+t^{rs}) P_i^r x_{ij}^{rs} \quad (6)$$

$$s.t. \quad x_{ij}^s = \phi_{ij}^s \left(\sum_{r \in R} \beta_{ij}^{rs} x_{ij}^{rs} \right)^{\frac{\varphi-1}{\varphi}} = 1$$

ただし、 P_i^r ：地域 r での財 i の価格、 x_{ij}^{rs} ：地域 r から地域 s の企業 j へ投入される中間投入財 i 、 ϕ_{ij}^s ：効率パラメータ、 β_{ij}^{rs} ：分配パラメータ、 φ ：代替弾力性

(6)式より、中間財の合成財一単位あたりの中間財需要量 cx_{ij}^{rs} が求まる。

$$cx_{ij}^{rs} = \frac{1}{\phi_{ij}^s} \left[\frac{\beta_{ij}^{rs}}{(1+t^{rs})P_i^r} \right]^{\frac{\varphi}{\varphi-1}} \left[\sum_{r \in R} \beta_{ij}^{rs} [(1+t^{rs})P_i^r]^{1-\varphi} \right]^{\frac{\varphi-1}{\varphi}} \quad (7)$$

また、(6)式の最適化問題をラグランジュ未定乗数法により解く際のラグランジュ乗数より、中間財の合成財価格 PI_{ij}^s が決定される。

$$PI_{ij}^s = \frac{1}{\phi_{ij}^s} \left[\sum_{r \in R} \beta_{ij}^{rs} [(1+t^{rs})P_i^r]^{1-\varphi} \right]^{\frac{1}{1-\varphi}} \quad (8)$$

さらに、企業の生産関数は規模に対して収穫一定であるため、企業に超過利潤が存在せず、企業が生産する財の価格は限界費用と平均費用に等しくなる。すなわち、以下の式が成立する。

$$P_j^s = a_{0j}^s \left(w^s D_{lj}^s + r^s D_{kj}^s \right) + \sum_{i \in I} a_{ij}^s \frac{1}{\phi_{ij}^s} \left[\sum_{r \in R} \beta_{ij}^{rs} [(1+t^{rs})P_i^r]^{1-\varphi} \right]^{\frac{1}{1-\varphi}} \quad (9)$$

(4) 家計の行動

地域 s には代表的な家計が存在し、Nested-CES型の消費構造を持つと仮定する。まず、消費財の合成財の代替関係をCES型で表現し、家計の予算制約下での効用最大化行動として以下のように定式化する。

$$V^s = \max_{f_i^s} \left(\sum_{i \in I} \gamma_i^s f_i^{\frac{\sigma_i-1}{\sigma_i}} \right)^{\frac{\sigma_i}{\sigma_i-1}} \quad (10)$$

$$s.t. \quad \sum_{i \in I} P f_i^s f_i^s = w^s L^s + r^s K^s - CA^s$$

ただし、 V^s ：間接効用、 f_i^s ：地域 s の家計の企業 i の消費財の合成財消費量、 L^s ：地域 s の労働供給量、 K^s ：地域 s の資本供給量、 $P f_i^s$ ：地域 s の家計が直面する企業 i の消費財の合成財価格、 CA^s ：域際収支黒字額、 γ_i^s ：地域 s の家計の企業 i の消費財の合成財に関する支出割合係数、 σ_i ：代替弾力性

(10)式より、消費財の合成財の需要量 f_i^s が求まる。

$$f_i^s = \left(\frac{\gamma_i^s}{P f_i^s} \right)^{\sigma_i} \frac{w^s L^s + r^s K^s - CA^s}{\sum_{i \in I} \gamma_i^{\sigma_i} P f_i^{\sigma_i-1}} \quad (11)$$

次に、自地域と他地域の消費財の代替関係をCES型で表現し、家計の消費財の合成財消費制約下での効用最大化行動として以下のように定式化する。

$$V'^s = \max_{f_i^{rs}} \left(\sum_{r \in R} \gamma_i^{rs} f_i^{\frac{\sigma_2-1}{\sigma_2}} \right)^{\frac{\sigma_2}{\sigma_2-1}} \quad (12)$$

$$s.t. \quad P f_i^s f_i^s = \sum_{r \in R} (1+t^{rs}) P_i^r f_i^{rs}$$

ただし、 V_i^s ：間接効用、 f_i^s ：地域 s の家計が消費する地域 r 企業 i の生産財消費量、 γ_i^s ：地域 s の家計の地域 r 企業 i の生産財消費に関する支出割合係数、 σ_2 ：代替弾力性

(12)式より、消費財の合成財一単位あたりの消費財需要量 cf_i^s が求まる。

$$cf_i^s = \left[\frac{\gamma_i^s}{(1+t^s)P_i^r} \right]^{\sigma_2} \frac{PF_i^s}{\sum_{r \in R} \gamma_i^s \sigma_2 [(1+t^s)P_i^r]^{1-\sigma_2}} \quad (13)$$

また、(12)式の最適化問題をラグランジュ未定乗数法により解く際のラグランジュ乗数の逆数より、消費財の合成財価格 PF_i^r が求まる。

$$PF_i^s = \left[\sum_{r \in R} \gamma_i^s \sigma_2 [(1+t^s)P_i^r]^{1-\sigma_2} \right]^{\frac{1}{1-\sigma_2}} \quad (14)$$

(5) 市場均衡条件

本モデルでは企業の生産関数を規模に関して収穫一定を仮定しているため、企業は常に需要に見合うだけの生産を行う。すなわち、常に以下の式が成立する。

$$X_i^r = \sum_{s \in S} \sum_{j \in J} (1+t^s) x_{ij}^s + \sum_{s \in S} (1+t^s) f_i^s \quad (15)$$

したがって、以下の生産要素市場のみが市場均衡条件として意味を持つ。

$$\sum_{j \in J} a_{0j}^s X_j^s D_{lj}^s(w^s, r^s) = L^s \quad (16)$$

$$\sum_{j \in J} a_{0j}^s X_j^s D_{kj}^s(w^s, r^s) = K^s \quad (17)$$

(6) 経済被害の定義

経済被害は、等価変分(Equivalent Variation)により家計の厚生水準の変化を測ることで求める。

$$EV^s = (w_0^s L^s + r_0^s K^s - CA^s) \left(\frac{U_1^s - U_0^s}{U_0^s} \right) \quad (18)$$

ただし、 EV^s ：地域 s の経済被害（便益）、 U^s ：地域 s の家計の効用、0, 1：道路施設の機能低下前後を表す

(7) 道路ネットワークと維持管理シナリオ

本研究では図2に示す道路ネットワークを分析対象とする。ノードには各都道府県の主要都市を、リンクには各都道府県の主要都市間を結ぶ主要国道、または高速道路を想定している。また、道路施設について地域内道路と地域間道路の2種類を想定する。具体的には、地域内道路とは、ある地域における自地域内の道路施設であり、地域間道路とは自地域と他地域とを結ぶ道路施設である。図2ではノードが地域内道路を意味しており、リンクが地域間道路を意味している。

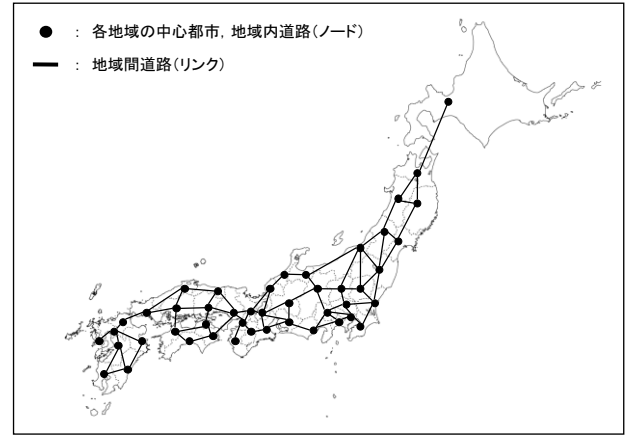


図2 分析対象とする道路ネットワーク

なお、この2種類の道路施設は互いに独立しており、一方の道路の所要時間の変化がもう一方の道路の所要時間に影響を与えないと仮定する。このような2種類の道路施設を維持管理するかどうかに関する組み合わせは、表1のように表わされる。また、表1の維持管理の組み合わせをもとに、表2のような経済被害行列を作成する。

表1 道路施設の維持管理の組み合わせ

	地域内道路	地域間道路
CASE0	○	○
CASE1	○	×
CASE2	×	○
CASE3	×	×

表2 経済被害行列

		地域間道路	
		維持管理する	維持管理しない
地域内道路	維持管理する	$(a_0, b_0) = (0, 0)$ CASE0	(a_1, b_1) CASE1
	維持管理しない	(a_2, b_2) CASE2	(a_3, b_3) CASE3

ここで、表2に示す経済被害行列について次の仮定を設ける。

- ① 利得行列における利得を道路施設の機能低下による被害額で表現し、これを経済被害行列と呼ぶ。
- ② 道路施設の維持管理が適切に行われていれば、道路施設の機能低下による経済被害を0と考える。
- ③ a_i は自地域での被害額とし、 b_i はその他地域の被害額とする。 i はどのCASEかを示す。

また、経済被害行列ではプレイヤーが決まっておらず、経済被害行列より、道路施設の維持管理計画主体が、集権的あるいは分権的という条件下でどのような戦略をとるかを考察していく。なお、表2に示す経済被害行列

は、地域内道路と地域間道路の両方を単一のプレイヤーが維持管理する場合、ゲームの状況とはならないため、ゲーム理論における利得行列を厳密には意味していない。

表1の各ケースが、具体的にどのような状況であるかを考察する。まずCASE0は、地域内道路も地域間道路も維持管理がされるというケースである。具体的には、十分な予算を有する維持管理計画主体が、全ての道路施設の維持管理を実施するという状況が考えられる。次にCASE1は、地域間道路の維持管理を行わず、地域内道路の維持管理を行うというケースである。具体的には、利己的な維持管理計画主体が自地域の道路施設により投資を行う状況が考えられる。次にCASE2は、地域内道路の維持管理を行わず、地域間道路の維持管理を行うというケースである。具体的には、交易が多い地域間道路の多重化を行うなど、地域間道路により投資を行う状況が考えられる。最後にCASE3は、地域内道路も地域間道路も維持管理がされないというケースである。具体的には、維持管理計画主体に道路施設の維持管理に対する予算が全くないという状況が考えられる。ここで問題となるのは、CASE1とCASE2である。それは、CASE0とCASE3では道路施設の維持管理水準が維持管理計画主体に依存しないと考えられる一方で、CASE1とCASE2では、道路施設の維持管理計画主体の違いにより、地域内道路と地域間道路の重要度、維持管理の優先順位が異なると考えられるためである。

本研究では、道路施設が適切に維持管理されていれば災害による道路施設の機能低下は起こらないと考える。したがって、表1のCASE0では地域内道路、地域間道路ともに道路施設の機能低下による所要時間の増加は起こらない。一方で、CASE1～CASE3では、地域内道路、地域間道路が適切に維持管理されないことにより、災害による道路施設の機能低下が起こる。ここで、地域内道路、地域間道路の所要時間の増加を表3のように想定する。なお、地域内道路の機能低下による所要時間の増加率を示す50%という値に特に根拠はない。

表3 道路施設の機能低下による所要時間の増加

	地域内道路	地域間道路
CASE0	—	—
CASE1	—	主要国道または高速道路不通
CASE2	50%増	—
CASE3	50%増	主要国道または高速道路不通

(8) マークアップ率の設定

道路施設の機能低下は、地域内移動または地域間移動

のための所要時間を増大させるため、モデル内においては(1)式においてマークアップ率の増加として表現する。ここでは簡単化のため輸送費用として時間費用のみを考慮し、マークアップ t^{rs} を(19)式のように設定した。なお、道路施設の機能低下前の初期状態では、マークアップ率をゼロと想定する。また、生産財価格に占める輸送費用の割合 τ の10%に特に根拠はない。

$$t^{rs} = \frac{vT_1^{rs} - vT_0^{rs}}{vT_0^{rs}} \times \tau \quad (19)$$

ただし、 T^{rs} ：地域 r から地域 s に到達するまでの所要時間、 τ ：生産財価格に占める輸送費用の割合（10%）、 v ：時間価値、0,1：道路施設の機能低下前後を表す

3 道路施設の維持管理計画主体と道路施設の重要度、維持管理の優先順位

(1) 維持管理計画主体が「都道府県」の場合

ここでは、道路施設の維持管理計画主体が都道府県である場合の道路施設の重要度、維持管理の優先順位を明らかにする。道路施設の重要度、維持管理の優先順位を決定する際の基本的な考え方は、道路施設の機能低下が地域（都道府県）におよぼす経済被害が大きければ、その道路施設に対する重要度、維持管理の優先順位は高いということである。つまり、地域内道路と地域間道路を考えた場合、地域がどちらの維持管理に高い重要度、維持管理の優先順位を置くかは、どちらの道路施設の機能低下による経済被害が地域にとって大きいのかということに依存する。どの地域のどの道路施設の機能低下が、どのような空間被害分布をもたらすかを考察するため、東京都と鳥取県を例に、空間被害分布の計測結果を紹介する。図3-1～図3-3は、東京都でCASE1～3を想定した場合の空間被害分布であり、図4-1～図4-3は、鳥取県でCASE1～3を想定した場合の空間被害分布である。

東京都の場合、図3-1より、東京都の地域間道路の機能低下が起きた場合、その被害は東京都を中心に主に首都圏に分布することが分かる。また、図3-2より、東京都の地域内道路の機能低下が起きた場合、その被害はほぼ東京都に集中することがわかる。東京都の地域間道路、地域内道路ともに機能低下が起きた場合（図3-3）では、被害の水準がCASE1～3の中で最も高くなるものの、被害の分布はCASE1とほとんど変わらないことが分かる。したがって、東京都の地域間道路については、東京都を中心とする周辺地域が協力して維持管理を行い、地域内道路については基本的には東京都が維持管理を行うべきであると考えられる。

鳥取県の場合、図4-1より、鳥取県の地域間道路の機能低下が起きた場合、鳥取県に最も大きな被害がもた

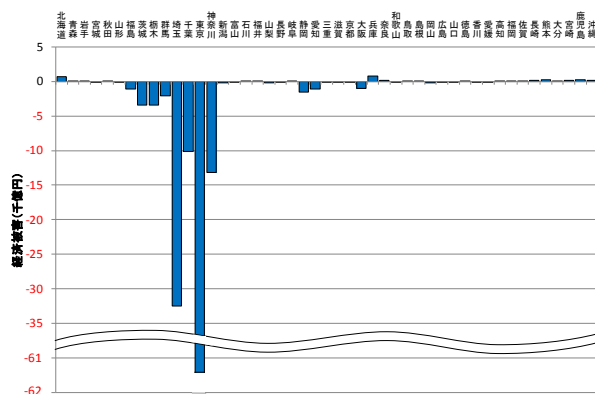


図3-1 空間被害分布(東京都, CASE1)

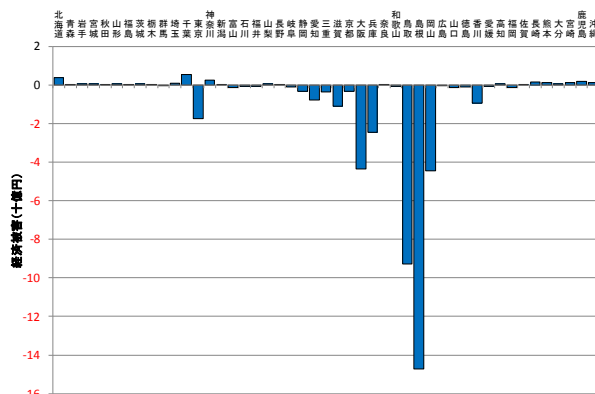


図4-1 空間被害分布(鳥取県, CASE1)

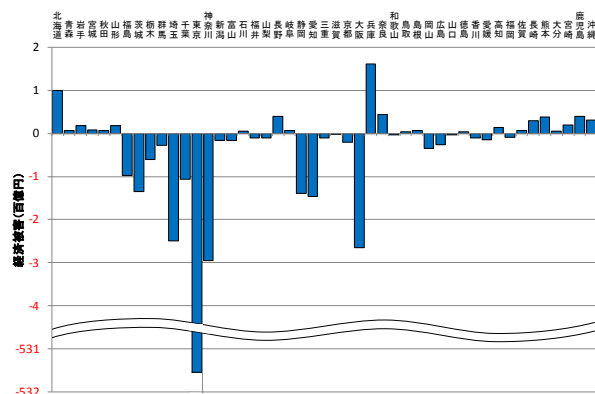


図3-2 空間被害分布(東京都, CASE2)

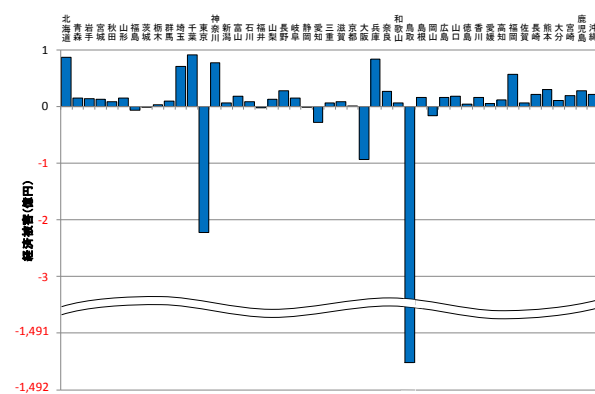


図4-2 空間被害分布(鳥取県, CASE2)

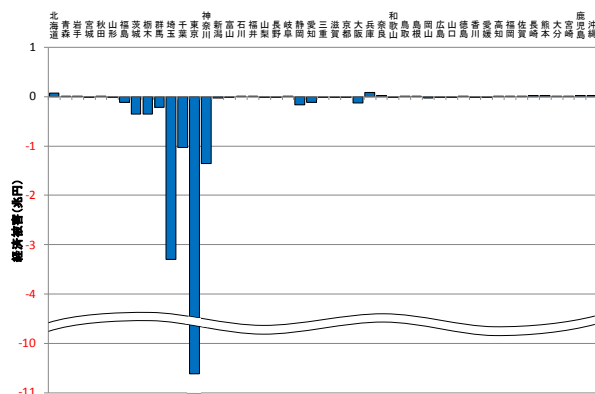


図3-3 空間被害分布(東京都, CASE3)

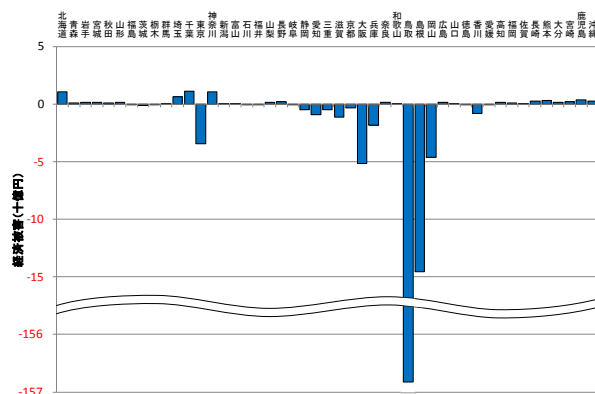


図4-3 空間被害分布(鳥取県, CASE3)

られ、さらには鳥取県の周辺地域、鳥取県から比較的に離れた場所にある東京都へも被害が分布することがわかる。これより、鳥取県と島根県の経済的な結びつきの強さがうかがえる。また、図4-2より、鳥取県の地域内道路の機能低下が起きた場合、その被害はほぼ鳥取県に集中することがわかる。鳥取県の地域間道路、地域内道路ともに機能低下が起きた場合(図4-3)では、CASE2での被害の水準がCASE1よりも大きいため、CASE3では鳥取県に被害が集中する被害分布を示している。したがって、鳥取県の地域間道路については、鳥取県を中心とする周辺地域及び東京都等が協力して維持管理を行い、地域内道路については基本的には鳥取県が維持管理を行うべきであると考えられる。以上より、東京都においても鳥取県においても、地域間道路の機能低下は、自地域及

び他地域(主に周辺地域)に被害をもたらす分散型の空間被害分布を示すことがわかる。一方で、地域内道路の機能低下は、自地域に集中型の被害をもたらすことがわかる。東京都と鳥取県以外の地域についても同様に、空間被害分布の形状によってどのように維持管理をするべきかが決まる。つまり、空間被害分布が、当該地域について集中型であれば、基本的には当該地域がその道路施設の維持管理を行い、分散型であれば周辺またはその他の地域で協力して維持管理を行うということになるであろう。

次に、地域内道路と地域間道路について、地域がどちらに重要度、維持管理に高い優先順位を置くかを考察するため、SCGEモデルにより計測した経済被害をもとに作成した経済被害行列を紹介する。ここでも、例として東

表 4-1 東京都における経済被害行列

		地域間道路	
地域内道路		維持管理 する	維持管理 しない
	維持管理 する	(0.0兆円, 0.0兆円)	(-6.1兆円, -6.7兆円)
	維持管理 しない	(-5.3兆円, -0.1兆円)	(-10.6兆円, -6.9兆円) 自地域 他地域

表 4-2 表 4-1 における割合

		地域間道路	
地域内道路		維持管理 する	維持管理 しない
	維持管理 する	(0% , 0%)	(48% , 52%)
	維持管理 しない	(98% , 2%)	(61% , 39%) 自地域 他地域

京都と鳥取県の経済被害行列を示すことにする。

東京都の場合、表 4-1 より、 $|a_1| > |a_2|$ であるから、東京都にとっては地域内道路よりも地域間道路の方が、重要度が高いという解釈が考えられる。しかしながら、道路施設に対して重要度、維持管理の優先順位を考える場合、維持管理費用を考慮しなければならない。なぜなら、表 4-1 の被害額に維持管理費用を加えた場合、それでもなお $|a_1| > |a_2|$ となる保証はなく、場合によっては符号が逆転する可能性があるためである。その場合、東京都にとっては地域内道路よりも地域間道路の方が、重要度が高いとは必ずしも言えないであろう。そこで本研究では、表 4-2 のように表 4-1 を割合で表現することにする。表 4-2 では、各CASEにおいて全国にもたらされる経済被害を100%として、自地域に何%、他地域に何%の被害が帰着しているかを表現している。ここで、自地域の被害割合が低いということは、他地域の被害割合が高く、他地域に当該道路施設の維持管理を行う動機が高いことを意味している。このとき、自地域は自発的に道路施設の維持管理を行う動機が比較的低く、フリーライダー問題が生じる可能性がある。そこで、表 4-2 のように被害割合をとることで、フリーライダー問題による影響を考慮した道路施設の重要度、維持管理の優先順位を表現することができると考える。表 4-2 においてCASE1とCASE2を比較する限り、東京都にとっては、地域間道路よりも地域内道路を維持管理した方が自地域の被害割合が低い。したがって、東京都にとっては、地域間道路よりも地域内道路の方が重要度、維持管理の優先

表 5-1 鳥取県における経済被害行列

		地域間道路	
地域内道路		維持管理 する	維持管理 しない
	維持管理 する	(0.0百億円, 0.0百億円)	(-0.9百億円, -2.9百億円)
	維持管理 しない	(-14.9百億円, 0.1百億円)	(-15.7百億円, -2.6百億円) 自地域 他地域

表 5-2 表 5-1 における割合

		地域間道路	
地域内道路		維持管理 する	維持管理 しない
	維持管理 する	(0% , 0%)	(24% , 76%)
	維持管理 しない	(104% , -4%)	(86% , 14%) 自地域 他地域

順位が高いということになる。

鳥取県の場合、表 5-1 より $|a_1| < |a_2|$ であり、表 5-2 においても $|a_1| < |a_2|$ である。表 5-2 においてCASE1とCASE2を比較する限り、鳥取県にとっても、地域間道路よりも地域内道路を維持管理した方が自地域の被害割合が低い。したがって、鳥取県にとっても、地域間道路よりも地域内道路の方が重要度、維持管理の優先順位が高いということになる。以上より、東京都と鳥取県にとっては、共に地域間道路よりも地域内道路の方が重要度、維持管理の優先順位が高いという結論が得られた。

東京都と鳥取県以外の地域についても、同じくCASE1とCASE2の自地域の被害割合を計測し、各都道府県にとっての地域内道路、地域間道路の重要度、維持管理の優先順位を表現したものを図5に示す。図5では、横軸にCASE1における各都道府県の自地域の被害割合をとり、縦軸にCASE2における各都道府県の自地域の被害割合をとっている。横軸の割合が高いということは、地域間道路に対する重要度が高いことを意味しており、縦軸の割合が高いということは、地域内道路に対する重要度が高いことを意味している。前述の分析より、東京都と鳥取県では、共に地域間道路よりも地域内道路の方が重要度が高いという結論が得られた。しかしながら、図5において東京都と鳥取県では違いが見られる。それは、地域内道路に関しては、東京都と鳥取県共に比較的高い重要度を置いている一方で、地域間道路に関しては、鳥取県は東京都ほど高い重要度を置いていないという点である。また、図5より全ての都道府県でCASE1よりもCASE2における自地域の被害割合が大きいことがわかる。したがっ

て、全ての都道府県にとって地域間道路よりも地域内道路の方が重要度が高く、維持管理の優先順位が高いと考えられる。

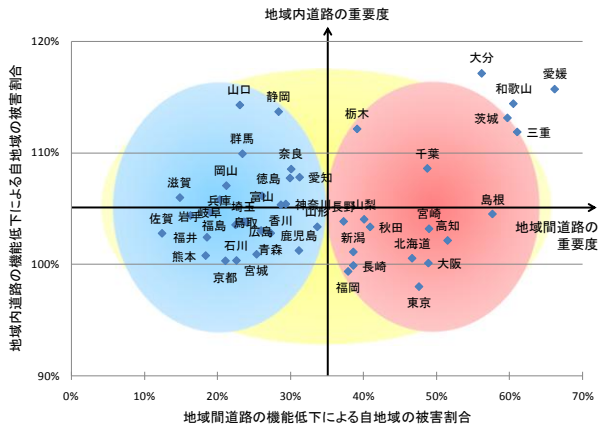


図5 各都道府県にとっての道路施設の重要度

道路施設の維持管理計画主体が都道府県である場合、本研究により得られた道路施設の重要度、維持管理の優先順位の高い順番に維持管理がされると仮定すると、地域間道路に対しては維持管理が適切に行われな可能性が高い。特に、佐賀県や滋賀県等、図5の左楕円内のグループで、地域間道路に対する維持管理が適切に行われな可能性が高い。したがって、この場合、地域間道路の維持管理については国がある程度関与する必要があると考えられる。

(2) 維持管理計画主体が「国」の場合

ここでは、道路施設の維持管理計画主体が国である場合の道路施設の重要度、維持管理の優先順位を明らかにする。優先順位を決定する際の基本的な考え方は、道路施設の機能低下が一国全体におよぼす経済被害が大きければ、その道路施設に対する維持管理の優先順位は高いということである。つまり、表2の経済被害行列において、 a_i と b_i を足し合わせた値の大小によって、国にとっての道路施設の重要度、維持管理の優先順位を決定する。CASE1とCASE2における各都道府県の道路施設の機能低下が、全国にもたらす経済被害（都道府県別経済被害の合計）を図6に示す。また、CASE3における各都道府県の道路施設の機能低下が、全国にもたらす経済被害（都道府県別経済被害の合計）を図7に示す。

図6より、道路施設の機能低下が全国にもたらす経済被害額は、東京都の地域間道路の機能低下による影響が最も大きいことが分かる。したがって、地域内道路、地域間道路ともに維持管理の費用が等しいと仮定すると、道路施設の維持管理計画主体が国である場合、国にと

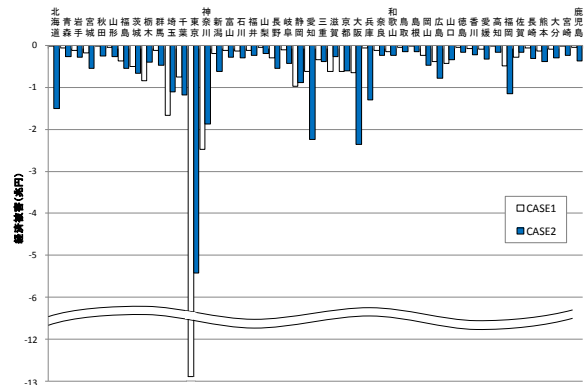


図6 国にとっての道路施設の重要度 (CASE1, 2)

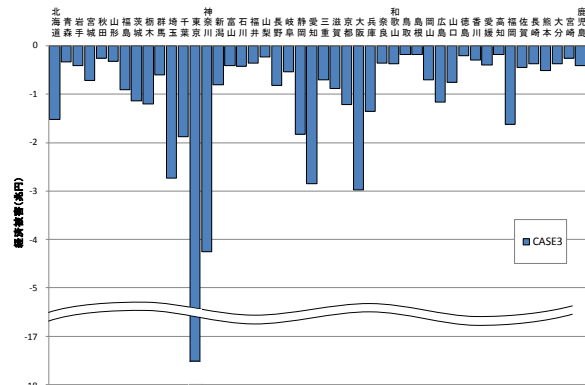


図7 国にとっての道路施設の重要度 (CASE3)

ては東京都の地域間道路に対する維持管理の優先順位が最も高いと考えられる。また、図7より、各都道府県が有する道路施設の内、東京都が有する道路施設がわが国にとって最も重要度が高いことがわかる。東京都等の地域間の経済取引が活発である地域ほど、地域間道路の機能が低下すると全国にもたらされる経済被害は大きいと考えられる。地域間の経済取引が活発である地域は、経済規模が大きいと考えられるため、道路施設の維持管理計画主体が国レベルである場合、道路施設の維持管理は経済規模が大きい地域から優先的に行うという結論となると考えられる。したがって、維持管理が後回しになる経済規模が小さい地域に対しては、その地域が最低限の維持管理を行えるように、国が維持管理費用を補助するなど、対策をとる必要があると考えられる。

4 おわりに

本研究では、わが国の主要国道、高速道路レベルの道路ネットワークを想定し、SCGEモデルを用いて、道路施設の機能低下が各都道府県の自地域および他地域にもたらす経済被害を計測した。また、道路施設の維持管理計画主体として、都道府県と国を想定し、維持管理計画主体別に道路施設の重要度、維持管理の優先順位を検討した。その結果、道路施設の維持管理計画主体が都道府県

の場合、各都道府県にとっては、地域間道路よりも地域内道路の方が重要度が高いことがわかった。また、道路施設の維持管理計画主体が国の場合、国にとっては、経済規模が大きな都道府県が有する道路施設の重要度が高いことがわかった。ただし、信頼性のある分析結果を得るためには、地域内道路の機能低下による所要時間の増加率、生産財価格に占める輸送費用の割合のように特に根拠のない値を用いている指標や、代替弾力性の設定⁶⁾に関して感度分析を行う等、課題が挙げられる。

現在、わが国では地方分権化の流れにより中央から地方への権限委譲が進みつつある。また、近年各地域の自治体は厳しい財政状況に直面している。さらには、過去に建設された道路施設の更新時期が迫っており、維持管理・修繕費用が今後増えていくことが予測されている。このような状況では、経済活動において重要な道路施設であっても、財源不足などにより適切に維持管理が行われないことがあり得る。したがって、経済活動を支える重要な道路施設を見極め、優先的に維持管理を行うことが、今後ますます重要になってくるであろう。

参考文献

- 1) 小池淳司・上田孝行：大規模地震による経済的被害の空間的把握-空間的応用一般均衡モデルによる計量厚生分析-，防災の経済分析，勁草書房，第8章，pp. 136-149，2005.
- 2) 小池淳司・右近崇：新潟県中越地震における磐越道・上信越道のリダンダンシー効果，高速道路と自動車，Vol. 49，No. 7，pp. 17-26，2006.
- 3) 土屋哲・多々納裕一・岡田憲夫：空間応用一般均衡アプローチによる東海地震の警戒宣言時の交通規制に伴う経済損失の評価，地域安全学会論文集，No. 5，pp. 319-325，2003.
- 4) 土屋哲・多々納裕一：SCGEモデルを用いた基幹交通網に関する地震リスクのパブリックマネジメント，社会技術研究論文集，Vol. 2，pp. 228-237，2004.
- 5) 宮城俊彦・石川良文・由利昌平・土谷和之：地域内産業連関表を用いた都道府県間産業連関表の作成，土木計画学研究・論文集，Vol. 20，No. 1，pp. 87-95，2003.
- 6) 土谷和之・秋吉盛司・小池淳司：SCGEモデルにおける地域間交易の代替弾力性に関する検討，応用地域学会(ARSC)第19回研究発表会講演概要，2005.

防災計画のための空間被害分布分析*

小池淳司**・山田勝也***

災害による道路施設への被害は、直接被害のみならず間接被害という形で全国に波及する。したがって、道路施設の維持管理を適切に行うことは、災害時の道路施設の機能低下による経済被害を軽減する上で重要である。また、道路施設の維持管理計画主体によって維持管理の優先順位は異なると考えられるため、どの主体が維持管理を行うかは維持管理計画を決定する上で重要な要素となりえる。本論文では、わが国の道路施設を対象に、それらの機能が低下した場合の経済への影響を空間的応用一般均衡(SCGE)モデルにより評価することで、道路施設の重要度、維持管理の優先順位を検討した。また、維持管理計画主体として都道府県と国を想定した。

Spatial Economic Damage Assessment for Disaster Prevention Plan*

By Atsushi KOIKE**・Katsuya YAMADA***

The damage to road infrastructure by a disaster has impacts on whole of nation. Therefore, it is important to implement a proper road maintenance management to reduce the damage. In addition, the priority level of the road infrastructure maintenance management is changed with the project implementing body. Therefore, it is an important element that who implements a road maintenance management. In this paper, we analyzed the priority level of road infrastructure in Japan to measure the damage by spatial computable general equilibrium (SCGE) model. We also assumed local prefectural governments and the national government as the project implementing body.
