

災害による交通寸断の経済的被害帰着構造

鳥取大学 正会員 小池 淳司
鳥取大学大学院 学生会員 ○山田 勝也

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な要素と言える。一方で、交通施設の維持管理を完全に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投資を行う交通施設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47都道府県を対象にした空間的応用一般均衡(SCGE)モデルを用い、交通施設の維持管理に関するゲーム的狀況を想定して利得行列(経済被害行列)を推定する。これにより、各都道府県の交通施設に対する重要度、並びに交通施設の維持管理方策のあり方について検討する。

2 交通施設の維持管理に関するゲーム的狀況

交通施設について、ここでは地域内交通と地域間交通の2種類の交通施設を想定する。具体的には、地域内交通とは、ある地域における自地域内の交通施設であり、地域間交通とは自地域と他地域とを結ぶ交通施設である。なお、この2種類の交通施設は互いに独立しており、一方の交通の所要時間の変化がもう一方の交通の所要時間に影響を与えないとする。このような2種類の交通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。この場合、利得の組み合わせは表2のような利得行列で記される。ここで、表2に示す利得行列について次の仮定を設ける。

- ① 利得を災害が発生した場合の被害額で表現する。
- ② 適切に交通施設の維持管理が行われていれば、災害による被害額を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、このゲームではプレイヤーが決まっておらず、利得行列より、交通施設の維持管理の計画主体が、中央集権的あるいは地方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。さらに、この利得(経済被害額)の大きさは地域内または地域間の経済構造に大きく依存している。そこで、地域間の相互依存関係を表現可能なSCGEモデルを

47都道府県に適用し、各地域の利得行列を計測する。

表1 道路ネットワークの維持管理シナリオ

	地域内交通の維持管理	地域間交通の維持管理
CASE 0	○	○
CASE 1	○	×
CASE 2	×	○
CASE 3	×	×

表2 利得行列

		地域間交通	
		維持管理する	維持管理しない
地域内交通	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、それぞれのケースが具体的にどのような状況であるかを考察していく。まずCASE0は、地域内交通も地域間交通も維持管理がされるというケースである。具体的には、交通施設の維持管理に対する予算が十分あり、中央政府が全ての交通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、地域間交通の維持管理を行わず、地域内交通の維持管理を行うというケースである。具体的には、利己的な地方政府が自地域の交通施設により投資を行う状況が考えられる。次にCASE2は、地域内交通の維持管理を行わず、地域間交通の維持管理を行うというケースである。具体的には、交易が多い地域間交通の多重化を行うなど、地域間交通により投資を行う状況が考えられる。最後にCASE3は、地域内交通も地域間交通も維持管理がされないというケースである。具体的には、交通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、CASE1とCASE2では、交通施設の維持管理方策の計画主体の違いにより、地域内交通と地域間交通の投資に対する優先順位が異なると考えられるためである。

3 空間的応用一般均衡モデル

空間的応用一般均衡分析には、付表-1で示すSCGEモデルを用いる。このSCGEモデルにより、局所的な災害が周辺地域および全国へと波及していく様子を把握することが可能となる。数値シミュレーションにあたって、基準データセットには、平成

7年47都道府県産業連関表¹⁾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。

3.1 マークアップ率の設定²⁾³⁾

道路ネットワークの寸断は、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マークアップ率(交通抵抗)の増加として表現することができる。ここで、マークアップ率の導出に際しては、災害前後の地域間移動の所要時間を算出して、その増加率に対して財価格に占める交通費用の割合を乗じることで求めた。

3.2 災害シナリオの設定

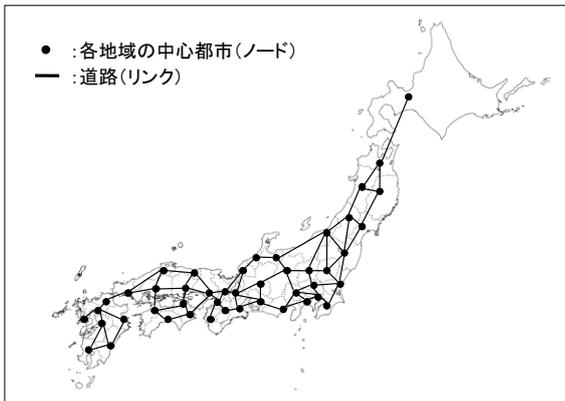
災害シナリオは、表1の道路ネットワークの維持管理シナリオと対応するように、表3のように設定した。地域内交通、地域間交通ともに、維持管理がされていない場合に所要時間が増加し、維持管理がされていれば所要時間は増加しないとした。

表3 交通寸断による所要時間の変化

	地域内交通	地域間交通
CASE 0	—	—
CASE 1	—	主要国道または高速道路不通
CASE 2	50%増	—
CASE 3	50%増	主要国道または高速道路不通

なお、本論文では図1に示す道路ネットワークを分析対象としている。

図1 分析対象とする道路ネットワーク



4 計測した利得行列

地域別に表3に示す災害シナリオを想定し、経済被害を計測して利得行列にしたものを以下に示す。ここでは、計測結果が特徴的であった東京都、静岡県、奈良県の結果を示す。

まず、東京都について見てみると、CASE1~3の全てにおいて、経済被害は域内に多く帰着していることがわかる。なお、表4-2においてCASE1とCASE2を比較する限り、東京都では地域間交通よりも地域内交通を維持管理した方が、域内の被害割合を軽減することができる。そのため、交通施設の

維持管理が地方分権化されると、東京都は地域内交通により投資する傾向にあると考えられる。

表4-1 東京都における利得行列

		地域間交通	
		維持管理する	維持管理しない
地域内交通	維持管理する	(0.0兆円, 0.0兆円)	(-7.5兆円, -3.5兆円)
	維持管理しない	(-4.2兆円, -1.3兆円)	(-10.9兆円, -4.9兆円) 域内 域外

表4-2 表4-1における割合

		地域間交通	
		維持管理する	維持管理しない
地域内交通	維持管理する	(0%, 0%)	(68%, 32%)
	維持管理しない	(76%, 24%)	(69%, 31%)

次に、静岡県について見てみると、CASE1~3の全てにおいて、経済被害は域内よりも域外に多く帰着していることがわかる。これにより、静岡県は、わが国の地域間交易における重要なリンクを有していることがわかる。なお、表5-2においてCASE1とCASE2を比較する限り、静岡県では地域間交通よりも地域内交通を維持管理した方が、域内の被害割合を軽減することができる。そのため、交通施設の維持管理が地方分権化されると、静岡県は地域内交通により投資する傾向にあると考えられる。

表5-1 静岡県における利得行列

		地域間交通	
		維持管理する	維持管理しない
地域内交通	維持管理する	(0.0兆円, 0.0兆円)	(-0.1兆円, -0.8兆円)
	維持管理しない	(-0.2兆円, -0.7兆円)	(-0.3兆円, -1.5兆円) 域内 域外

表5-2 表5-1における割合

		地域間交通	
		維持管理する	維持管理しない
地域内交通	維持管理する	(0%, 0%)	(13%, 87%)
	維持管理しない	(24%, 76%)	(18%, 82%)

最後に、奈良県について見てみると、奈良県も静岡県と同じく、CASE1~3の全てにおいて、経済被害は域内よりも域外に多く帰着していることがわかる。しかしながら、奈良県ではCASE1の場合に地域内にプラスの便益が発生する。これは、CASE1では地域間交通のみ所要時間が増えているために、地域

外からの移入に頼っていた消費が地域内にシフトするため起こる現象である。この場合も、表6-2においてCASE1とCASE2を比較する限り、奈良県では地域間交通よりも地域内交通を維持管理した方が、域内への被害割合を軽減することができる。そのため、交通施設の維持管理が地方分権化されると、奈良県は地域内交通により投資する傾向にあると考えられる。

表6-1 奈良県における利得行列

		地域間交通	
		維持管理する	維持管理しない
地域間交通	維持管理する	(0.0兆円, 0.0兆円)	(0.1兆円, -0.2兆円)
	維持管理しない	(-0.1兆円, -0.2兆円)	(-0.0兆円, -0.4兆円) 域内 域外

表6-2 表6-1における割合

		地域間交通	
		維持管理する	維持管理しない
地域内交通	維持管理する	(0%, 0%)	(-68%, 168%)
	維持管理しない	(31%, 69%)	(0%, 100%) 域内 域外

以上のように、上記の3地域においては、交通施設の維持管理が地方分権化されると、地域内交通により投資する傾向があることがわかった。なお、本稿では東京都、静岡県、奈良県における利得行列とその割合を示すのみにとどまっているが、本研究では、その他都道府県の利得行列も計測している。それらの計測結果より、地域内交通と地域間交通に対する維持管理の投資傾向を示したものを図2に示す。図2では、横軸にCASE1における各地域の域内の被害割合をとり、縦軸にCASE2における各地域の域内の被害割合をとっている。

図2 各交通施設への投資傾向

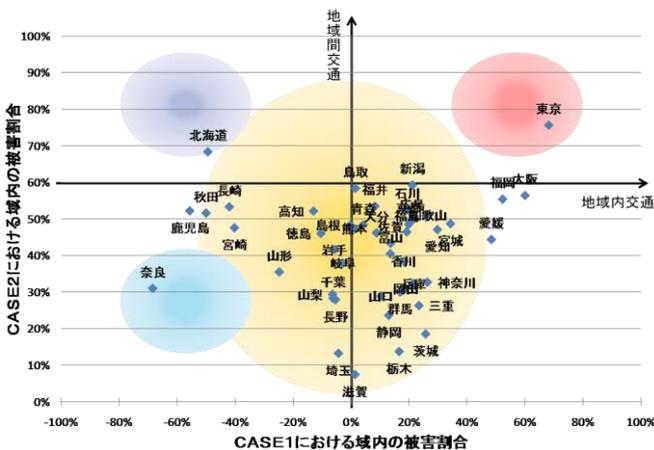


図2より、多くの地域で地域間交通よりも地域内交通により投資を行う傾向があることがわかる。また、東京都では、CASE1とCASE2の両方で域内の

被害割合が多く、地域内交通と地域間交通がともに重要な交通施設であることがわかる。したがって、東京都は、地域内交通と地域間交通の両方を維持管理する傾向にあると考えられる。一方で、奈良県では、CASE1とCASE2の両方で域内の被害割合が少なく、地域内交通と地域間交通ともに維持管理しない傾向にあると考えられる。北海道のように、地域内交通にはあまり投資しないが、地域間交通には投資する傾向があるという地域も見られる。

ここで、表4-1より東京都では地域内交通よりも地域間交通の維持管理を行った方が、全国計の被害が軽減されることがわかる。したがって、防災対策を講じる際は、東京都は中央または周辺地域と協力して、地域内交通のみならず地域間交通も適切に維持管理することが重要であることがわかる。もちろん、地域内交通の維持管理を行うか、地域間交通の維持管理を行うかを判断するためには、各地域が災害時の被害の帰着状況を事前に把握しておく必要がある。しかしながら、現実には各地域の道路管理主体が、災害時の被害の帰着状況を事前に正確に把握しているとは言い難い。災害による被害を事前に把握するための研究の蓄積、精緻化が求められる。

5 おわりに

本研究では、SCGEモデルを用いて、災害による交通寸断が各都道府県の域内および域外にもたらす経済被害を計測した。このように、本研究では域内と域外への被害額をそれぞれ計測することで、道路の維持管理が地方分権化された場合、交通施設の維持管理計画主体が地域内交通または地域間交通のどちらに投資を行う傾向にあるかを明らかにしようと試みたところに特徴がある。

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。地方分権化が進んでも、地域内交通、地域間交通ともに維持管理については、交通寸断による被害の波及効果を考慮すると、地域ごとに防災対策を講じるのではなく、中央と地方が協力することが求められる。一方、近年各地域の自治体は厳しい財政状況に直面している。また、過去に建設された交通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交通施設であっても、財源不足により適切な維持管理が行われないということがあり得る。したがって、経済活動を支える重要な交通施設を見極め、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) 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産業連関表の作成，土木計画学研究・論文集，pp.87-95，2003。
- 2) 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。
- 3) 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年7月号。

【付表－1】

企業行動モデル		家計行動モデル	
第一段階	$Q_j^i = \min \left(\frac{VA_j^i(l_j^i, k_j^i)}{a_{0j}^i}, \frac{x_{ij}^i}{a_{1j}^i}, \dots, \frac{x_{jj}^i}{a_{jj}^i}, \dots, \frac{x_{jj}^i}{a_{jj}^i} \right)$	第一段階	$V^i = \max_{q_j^i} \left(\sum_{j \in J} (\gamma_j^i)^{\frac{1}{\rho_1}} (q_j^i)^{\frac{\rho_1-1}{\rho_1}} \right)^{\frac{\rho_1}{\rho_1-1}}$ $s.t. \sum_{j \in J} p_j^i q_j^i = w^i L^i + r^i K^i$
	<p>ただし、Q_j^i：地域<i>i</i>産業<i>j</i>の生産量、VA_j^i：地域<i>i</i>産業<i>j</i>の付加価値、x_{ij}^i：地域<i>i</i>の産業<i>j'</i>から産業<i>j</i>への中間投入合成財、a_{1j}^i：地域<i>i</i>の産業<i>j'</i>から産業<i>j</i>への中間投入合成財の投入係数、a_{0j}^i：地域<i>i</i>産業<i>j</i>の付加価値比率</p>		<p>ただし、V^i：地域<i>i</i>の間接効用関数、q_j^i：地域<i>i</i>の家計が消費する産業<i>j</i>の合成財消費量、L^i：地域<i>i</i>の労働供給量、K^i：地域<i>i</i>の資本供給量、γ_j^i：地域<i>i</i>の家計における産業<i>j</i>からの消費分配パラメータ、ρ_1：家計の合成消費における財選択の代替弾力性、p_j^i：地域<i>i</i>の家計が直面する産業<i>j</i>の合成消費財価格</p>
第二段階	付加価値	第一段階	$\min_{l_j^i, k_j^i} w^i l_j^i + r^i k_j^i$ $s.t. VA_j^i = \eta_j^i l_j^i \alpha_{1j}^i k_j^i \alpha_{2j}^i$
			<p>ただし、w^i：地域<i>i</i>の労働賃金率、r^i：地域<i>i</i>の資本レント、l_j^i：地域<i>i</i>産業<i>j</i>の労働投入量、k_j^i：地域<i>i</i>産業<i>j</i>の資本投入量、η_j^i：地域<i>i</i>産業<i>j</i>の効率パラメータ、α_{1j}^i：地域<i>i</i>産業<i>j</i>の生産要素(労働)の分配パラメータ、α_{2j}^i：地域<i>i</i>産業<i>j</i>の生産要素(資本)の分配パラメータ</p>
	中間投入財	市場均衡条件	
		生産財市場	$Q_j^i = \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} (1+t^{ii}) x_{jj}^{ii} + \sum_{i \in I} (1+t^{ii}) q_j^i$
中間投入財	生産財価格体系	$P_j^i = a_{0j}^i (w^i c l_j^i + r^i c k_j^i) + \sum_{j \in J} a_{jj}^i (\phi_{jj}^i)^{-1} \left(\sum_{i \in I} \delta_{jj}^{ii} \sigma P_j^{ii 1-\sigma} \right)^{\frac{1}{1-\sigma}}$	
	生産要素市場	$\sum_{j \in J} [a_{0j}^i Q_j^i c l_j^i (w^i, r^i)] = L^i, \quad \sum_{j \in J} [a_{0j}^i Q_j^i c k_j^i (w^i, r^i)] = K^i$	
		ただし、 P_j^i ：生産財消費地価格 (= $(1+t^{ii}) P_j^i$)、 cl_j^i ：付加価値1単位当たりの労働需要関数、 ck_j^i ：付加価値1単位当たりの資本需要関数	

【付表－2】

本分析における SCGE モデルのワルラス法則	
①収支均等条件の総和	$\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} P_j^i Q_j^i = \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{j' \in J} (1+t^{ii}) P_j^{ii} x_{jj'}^{ii} + \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} (w^i l_j^i + r^i k_j^i)$
②需給額均等条件の総和	$\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} P_j^i Q_j^i = \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{j' \in J} (1+t^{ii}) P_j^{ii} x_{jj'}^{ii} + \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} (1+t^{ii}) P_j^i q_j^i$
③所得制約条件の総和	$\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} (1+t^{ii}) P_j^i q_j^i = \sum_{i \in I} (w^i L^i + r^i K^i)$
ワルラス法則	$\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \{ w^i (l_j^i + l_j^i - L^i) + r^i (k_j^i + k_j^i - K^i) \} = 0$