

IV-274

災害時の資本損傷を考慮した2地域一般均衡モデル

京都大学防災研究所 正員 ○多々納 裕一
 京都大学大学院 学生員 庄司 靖章
 京都大学防災研究所 正員 岡田 憲夫

1 はじめに 防災施設は当該地域でのみ機能を発揮する地方公共財である。しかしながら、地域が産業面で相互に強く関連している今日の社会では、災害による被害が被災地域だけでなくとどまらず、その地域と産業連関を持つ周辺地域にまで及ぶことになる。防災施設整備が行われ、ある地域での災害による被害の発生確率が軽減されると、長期的には人口や企業が移動し、その集積状況を変化させることもありうる。したがって、事前になされた防災施設整備は(1)短期的に被害の発生や波及構造にいかなる影響を与えるのか、(2)長期的にいかなる人口や産業の集積をもたらすのかを分析しうるモデルの構築が必要であろう。

2 モデル化の背景と前提条件 被害の発生から波及までの機構を分析し、防災施設整備の効果を表現するためには、これらの地域間の交易を通じた連関関係をモデル化することが必要であろう。上田ら¹⁾は災害リスクの不確実性を取り込んだ多地域一般均衡モデルを提案した。しかし、このモデルでは単一の産業のみが扱われている。このため産業の特化等、産業構造の違いを内生的に説明できない。

被害の波及を考慮するためには、人口や産業の特化が生じるメカニズムを内包した一般均衡モデルを用いる必要がある。ある地域に特化が生じると、この地域が災害に見舞われた際、その地域に産業面で依存している他の地域にも被害の波及の可能性が極めて高いことを意味する。安藤ら²⁾は企業や家計の立地を所与とした事後(災害時)の分析を行っているが、事後的分析を目的としたモデルであるため、防災施設整備による災害リスクの変化に応じた企業や家計の生産計画や立地等の事前の変化を説明することはできない。

本研究では、産業の特化を内生的に説明しうる文のモデル³⁾を不確実性下の2地域一般均衡モデルに拡張することで上述の目的を達成しうるモデルを開発することとする。

モデル化にあたって、災害の特性の異なる2つの都市(都市Aおよび都市B)からなる地域を想定する。それぞれの都市は、災害に対する脆弱性を除いて全く同質であるとする。ただし、都市Aは災害に対して極めて強く全く被害を被らない。これに対し、都市Bは災害に対して脆弱であり、確率 P で生じる災害時には、同都市に立地している企業の資本が ε の割合になる被害を受ける。なお、本研究では産業の相互連関性に着目するため、災害時の被害は

企業の資本損傷のみであるとし、他の要素は被害を受けないものとする。

この地域には、等しい選好を持つ N 人の家計と集積の経済性の異なる2種類の産業に属する競争的企业が存在するものとする。これらの家計と企業は事後的に生じるであろう状況を完全に予見した上で事前に立地を選択するものとする。具体的には、家計は自らの期待効用 EV_i を最大化するように立地を選択するものとする。その結果、各都市 $i(=A, B)$ の人口 n_i 、住居サイズ h_i およびその価格 p_i^h が定まる。また、企業は期待利潤を最大化するように立地を選択すると共に、選択した都市において資本 K_{is}^m や労働 L_i^m に関して資源の所有者である家計と資本の賃貸契約ならびに労働契約を結ぶものとする。 $m(=1, 2)$ は財の種類、 s は状況(平常時 $s=0$ 、災害時 $s=1$)である。これらの契約では、平常時・災害時を問わず、一定の賃貸料 r ならびに賃金 w_i が支払われることが取り決められているものとする。

企業は事前の選択の結果、事後的には投入要素の利用可能量は固定的である。事前の契約により生産費用 C_0^m は定まっているので、利用可能な最大量の投入要素を用いて生産することが合理的である。したがって、都市Aでは平常時・災害時を通じて同一量の供給がなされる。一方、都市Bでは災害時に資本の一定割合が利用できない。したがって、災害時には平常時に比べて供給量が減少することになる。しかしながら、いずれの場合にも状況ごとに各都市における財の供給 y_{is}^m は固定的である。家計は、事後的に各状況に依存して定まる財の価格(出荷地 q_{is}^m 、消費地 p_{is}^m)を考慮して財の需要 x_{is}^m を決定する。これらの財は、都市間で移動可能であり、輸送費用 $(1+t^m d)$ を考慮した空間的価格均衡によって、その価格が定まるものとする。 t^m は輸送コスト率、 d は都市間距離である。

3 災害リスク下の2都市2財一般均衡モデル

(1) 事後的均衡

a) 市場財の生産

生産関数は L_i^m, K_{is}^m のコブ=ダグラス型とする。

$$y_{is}^m = n_i^{\sigma^m} (L_i^m)^{\alpha^m} (K_{is}^m)^{1-\alpha^m} \quad (s=0, 1)$$

b) 市場財の需要

$$x_{is}^m = \sum_m \frac{\beta^m}{\beta^m} \frac{1}{p_{is}^m} (w_i + \frac{rK_0}{N}) \quad (1)$$

c) 経済市場の均衡

財市場の均衡

キーワード：災害リスク、不確実性、一般均衡

京都大学大学院 工学研究科 修士課程 (〒606-01 京都市左京区吉田, TEL 075-753-7531)

京都大学防災研究所 (〒611-0011 宇治市五ヶ庄, TEL 0774-38-4035, FAX 0774-38-4044)

出荷地における市場: $y_{is}^m = \sum_j z_{ijs}^m (1+t^m d)$ (2)

消費地における市場: $n_j x_{js}^m = \sum_i z_{ijs}^m$ (3)

空間的価格均衡:

$$p_{js}^m = q_{is}^m (1+t^m d), \quad \text{if } z_{ijs}^m > 0 \quad (4)$$

$$p_{js}^m \leq q_{is}^m (1+t^m d), \quad \text{if } z_{ijs}^m = 0$$

(2) 事前的均衡

a) 企業の行動

企業の立地均衡:

$$(1-P)q_{i0}^m + P\varepsilon_i^{1-a^m} q_{i1}^m = C_0^m(n_i, w_i, r), \text{ if } y_{i0}^m > 0 \quad (5)$$

$$(1-P)q_{i0}^m + P\varepsilon_i^{1-a^m} q_{i1}^m \leq C_0^m(n_i, w_i, r), \text{ if } y_{i0}^m = 0$$

ただし, $\varepsilon_A = 1, \varepsilon_B = \varepsilon, 0 < \varepsilon < 1$ である.

要素需要:

$$L_i^m = \frac{a^m}{w_i} \left\{ (1-P)q_{i0}^m + \varepsilon_i^{1-a^m} Pq_{i1}^m \right\} y_{i0}^m \quad (6)$$

$$K_{i0}^m = \frac{1-a^m}{r} \left\{ (1-P)q_{i0}^m + \varepsilon_i^{1-a^m} Pq_{i1}^m \right\} y_{i0}^m \quad (7)$$

b) 家計の行動

家計の住宅サービスの需要:

$$h_i = \sum_m \frac{\alpha}{\beta^m} \frac{1}{p_i^m} (w_i + \frac{rK_{i0}}{N}) \quad (8)$$

家計の立地均衡:

$$EV_i(h_i, x_{is}^1, x_{is}^2) = u^* \quad (9)$$

c) 経済市場の均衡

$$\text{人口の均衡: } \sum_i n_i = N \quad (10)$$

$$\text{土地市場の均衡: } n_i h_i = T_i \quad (i = A, B) \quad (11)$$

$$\text{労働市場の均衡: } \sum_m L_i^m = n_i \quad (i = A, B) \quad (12)$$

$$\text{資本市場の均衡: } \sum_i \sum_m K_{i0}^m = K_0 \quad (13)$$

外生変数 ($a^m, \sigma^m, \beta^m, K_0, N, t^m d, P, \varepsilon, \alpha, T_i$)

4 モデル分析

(1) 空間的価格均衡と交易パターン

空間的価格均衡は, 交易パターンによって決定される. 平常時と災害時の各変数は ε を用いて表せるので, 以降では各変数から状況のサフィックス s を省略する. 今, 都市 i での財 m を全て同都市に供給した場合に実現する価格 $Q_i^m(y_i^m)$ を以下の逆需要関数を用いて表現する.

$$Q_i^m(y_i^m) = \frac{\beta^m}{1-\alpha} \frac{n_i I_i}{y_i^m} \quad (i = A, B)$$

ただし, $I_i = w_i + \frac{rK}{N}$ である. 交易パターンの決定の一例を図1に示す. この図は, 第2象限および第4象限に, 都市Bおよび都市Aの市場財の需要関数が描かれている. 第1象限には, 出荷地価格と消費地価格の関係(①,②)が描かれている. 第3象限には各都市の生産量(③)を所与とした場合に可能な各都市への供給量を与える2つの直線(④,⑤)と, 実現する均衡需要(⑥)が図示されている. $Q_B^m(y_B^m)\varepsilon^m < Q_A^m(y_A^m)$ かつ $Q_B^m(y_B^m) < Q_A^m(y_A^m)\varepsilon^m$ が成り立っているため, この場合には財 m は都市Bから都市Aへと移出される. ただし $\varepsilon^m = 1+t^m d$ である.

(2) 防災施設整備の短期的効果

都市Bの企業が平常時に生産活動を行っていれば, 災害時においてその生産量が減少して, $\varepsilon^{1-a^m} y_B^m$ になる. これが価格の上昇を招き, 家計の需要も変化するので新たな均衡が生じる. 短期的には(家計や企業が固定的である局

面では), 防災施設整備により ε が上昇すれば, 総供給量の増加をもたらすため, 家計の期待効用を上昇させる効果がある.

(3) 防災施設整備の長期的効果

防災施設整備による長期的効果を議論するためにはモデルを解くことが必要となる. しかし, 式(1)から式(13)で表されるモデルは非線形方程式の系であるので, コンピュータプログラムを組んで数値シミュレーションを実施した. その結果の一例, 都市Bに人口が集中し, 片方の財の生産が都市Bに特化した例を表1に示す. 防災施設整備の長期的効果は, 期待効用の変化として表れる. このケースでは ε の上昇によって, 期待効用の上昇が見られた. しかしながら, 他のケースでは必ずしも期待効用は上昇しなかった.

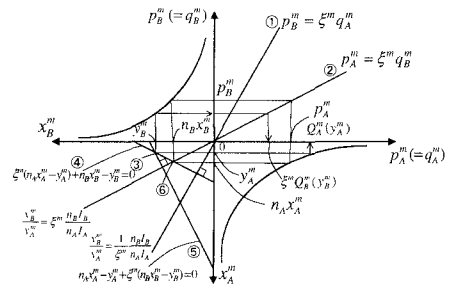


図1: 都市Bから都市Aへ財mが移出されるケース

表1: 防災施設整備と長期的効果 (期待効用が上昇した例)

		$\varepsilon = 0.85$		$\varepsilon = 0.9$		$\varepsilon = 0.95$	
		都市A	都市B	都市A	都市B	都市A	都市B
人口		31.08	68.92	31.10	68.90	31.12	68.88
賃金		0.2074	0.6424	0.2069	0.6424	0.2069	0.6423
財1	生産量	0.000	10.54	0.000	10.54	0.000	10.54
	需要量	2.623	8.230	2.624	8.230	2.627	8.227
	消費地価格	8.173	7.859	8.172	7.858	8.171	7.857
	生産量	0.000	9.404	0.000	9.788	0.000	10.17
財2	生産量	2.341	7.345	2.488	7.645	2.534	7.937
	需要量	9.158	8.806	8.798	8.459	8.470	8.144
	消費地価格	121.3	378.0	121.2	376.8	121.3	375.3
	生産量	121.3	378.0	121.2	376.8	121.3	375.3
財2	生産量	0.1326	0.1283	0.1327	0.1287	0.1326	0.1292
	需要量	121.3	342.9	121.2	353.7	121.3	363.9
	消費地価格	119.0	345.1	121.2	353.7	121.3	363.9
	生産量	0.1352	0.1406	0.1327	0.1371	0.1326	0.1332
期待効用		0.1986		0.1989		0.1992	
効用(平常時)		0.1996	0.2002	0.1995	0.1999	0.1995	0.1997
効用(災害時)		0.1896	0.1860	0.1937	0.1904	0.1966	0.1950

4 おわりに 分析の結果, 以下のような知見を得た. 1) 災害時の被害が他地域に波及しない場合は, 被災地域で生産活動が行われていない場合か, 行われている場合には資本の損傷程度が少なく交易を変化させない場合に限られる. 2) 防災施設整備は短期的には, 全ての地域に便益をもたらす. 3) 防災施設整備は長期的には, 人口や産業の集積を変化させるため, 必ずしも正の便益をもたらすとは限らない. [参考文献] 1) 上田孝行: 防災投資の便益評価—不確実性と不均衡の概念を年頭において—, 土木計画学研究・論文集, No. 14, pp. 17-34, 1997. 2) 高橋・安藤・文: 阪神・淡路大震災による経済被害推計, 土木計画学研究・講演集, No. 19(2), pp. 315-318, 1996. 3) Se-il, Mun: Transport Network and System of Cities, Journal of Urban Economics, Vol. 42, pp. 205-221, 1997.