

大規模地震による企業の間接損害の推定に関する研究  
その1 推定手法の提案

正会員 ○福島 誠一郎\*  
同 上 林 孝幸\*\*  
同 上 矢代 晴実\*\*

間接損害 経済被害 生産関数  
産業連関 地震リスク

1. はじめに

地震による企業のリスクを考える場合、建物や生産設備といった直接損害とともに、直接損害による生産の減少、労働力や地域購買力の低下にともなう生産の減少といった間接損害を評価することが必要である。すなわち、企業のリスク評価では、当該企業とともに関連する地域についても評価の対象とすることが求められる。

一方、企業の被災は、当該企業からの税収を期待する地方自治体にとっても、その行政サービスの維持を検討する上で重要である。

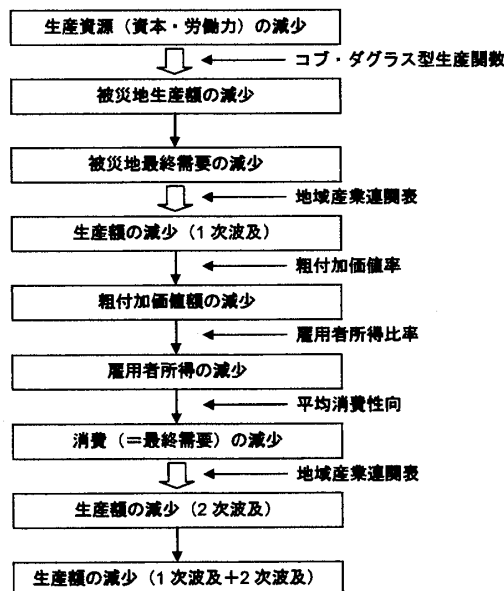
本研究では、このように互いに連関する企業と地方自治体に着目し、大規模地震時の被災地全体の経済被害から企業の間接被害を推定する手法を提案する。

2. 地域の経済被害の推定手法

地域の経済被害は、中央防災会議の手法<sup>1)</sup>に倣う。経済被害評価の手順を図1に示す。

(1) 被災地最終需要の減少

被災地最終需要の減少は、被災地生産額の減少に等しいとする。



(中央防災会議より)

図1 地域の経済被害の評価の手順

被災地生産額の減少  $y$  は、平常時の生産額  $Y_0$  と被災後の生産額  $Y_1$  の差分として、次式で求められる。

$$y = Y_0 - Y_1 = (1 - Y_1/Y_0)Y_0 \quad (1)$$

コブ・ダグラス型の生産関数 ( $Y = A \cdot K^\alpha \cdot L^{1-\alpha}$ ) により地域生産額が与えられると仮定すると、(1)式右辺の括弧内の  $Y_1/Y_0$  は、次式で求められる。

$$\frac{Y_1}{Y_0} = \frac{A \cdot K_1^\alpha \cdot L_1^{1-\alpha}}{A \cdot K_0^\alpha \cdot L_0^{1-\alpha}} = \left(1 - \frac{k}{K_0}\right)^\alpha \cdot \left(1 - \frac{l}{L_0}\right)^{1-\alpha} \quad (2)$$

ここに、 $K_0$  と  $K_1$  はそれぞれ平常時と被災後の資本ストック、 $L_0$  と  $L_1$  は平常時と被災後の労働投入量である。また、 $A$ 、 $\alpha$  は地域・産業別に設定されているパラメータである。 $k$  は被災時の喪失資本ストック、 $l$  は被災時の喪失労働投入量である。

(2) 資本ストックと労働投入量の喪失率

(2)式より明らかなように、 $Y_1/Y_0$  の評価においては資本ストックや労働投入量の絶対値は必要ではなく、 $K_0$  及び  $L_0$  に対しての比率(喪失率)が得られれば良い。

当該地域の資本ストックの喪失率  $R_K (= k/K_0)$  と労働投入量の喪失率  $R_L (= l/L_0)$  は次式で評価する。

$$R_K = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N r_{K_i} \quad \text{and} \quad R_L = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N r_{L_i} \quad (3)$$

ここに、 $r_{K_i}$  と  $r_{L_i}$  は格子  $i$  での資本ストックの喪失率と労働投入量の喪失率、 $N$  は格子数である。

資本ストックの喪失率  $r_{K_i}$  は、次式で評価する。

$$r_{K_i} = z \cdot \left[ \frac{n_{R_i}}{n_{R_i} + n_{S_i}} f_R(v_i) + \frac{n_{S_i}}{n_{R_i} + n_{S_i}} f_S(v_i) \right] \quad (4)$$

ここに、 $n$  は非住宅建物棟数、 $f(v)$  は地震動強度  $v$  に対する半壊以上の条件付き損傷確率である。なお、添え字  $R$  は RC 造を、 $S$  は S 造を、 $i$  は格子をそれぞれ示している。また、 $z$  は係数で、製造業に対しては 0.706、その他の産業に対しては 0.732 を取る。

労働投入量の喪失率  $r_{L_i}$  は、次式で評価する。

$$r_{L_i} = \frac{n_{D_i} + n_F}{n_{P_i}} \quad (5)$$

ここに、 $n_D$  と  $n_P$  は死者数と昼間人口であり、 $n_D$  は次式により近似的に評価する。

$$n_{D_i} = 0.06875 \cdot f_{WC}(v_i) \cdot n_w \quad (6)$$

ここに、 $f_{WC}(v)$  は全壊の条件付き損傷確率、 $n_w$  は木造住

宅建物数である。 $r_f$ は失業・休業・一時離職率等で、震度が5.5以上の場合に一定値(=0.036)を取る。

**(3) 生産額の減少の評価 (1次波及効果)**

産業別の最終需要の減少を $f=y$ とし、 $f$ からなるベクトルを $f_1$ とする。これを波及の第一段階 $x_1(1)=f_1$ とする。次に、 $x_1(1)$ の生産に必要な原材料の生産 $x_1(2)$ が停止する。このとき、 $x_1(2)$ は次式で求められる。

$$x_1(2) = A \cdot x_1(1) = A \cdot f_1 \quad (7)$$

ここに、 $A$ は地域間産業連関表から求められる投入係数行列で、その要素 $a_{ij}$ は、第 $j$ 財を1単位生産するのに必要な第 $i$ 財の量を示している。

さらに、次式に示すように、 $x_1(2)$ の生産に必要な原材料の生産 $x_1(3)$ が停止する。

$$x_1(3) = A \cdot x_1(2) = A^2 \cdot f_1 \quad (8)$$

以下、同様の波及が繰り返され、最終的な生産額の減少 $x_1$ が、次式で求められる。

$$x_1 = f_1 + A \cdot f_1 + A^2 \cdot f_1 + \dots = (I - A)^{-1} \cdot f_1 \quad (9)$$

ここに、 $(I - A)^{-1}$ はレオンチェフ逆行列と呼ばれ、 $I$ は単位行列である。

**(4) 生産額の減少の評価 (2次波及効果)**

図1に示したように、生産の減少→「粗付加価値の減少→雇用者所得の減少(労働者の所得減少)→消費の減少(=最終需要の減少)→生産の減少」といった所得面からの波及経路による生産額の減少を2次波及効果と呼ぶ。2次波及効果による消費の減少 $f_2$ は次式で求められる。

$$f_2 = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot x_1 \quad (10)$$

ここに、 $k_1$ は粗付加価値額の減少を表す係数で、 $k_2$ は雇用者所得の減少を表す係数で、 $k_3$ は平均消費性向を表す係数である。

以上の手順で求めた $f_2$ にレオンチェフ逆行列を乗じて、1次波及額の場合と同様に2次波及額 $x_2$ を求める。

$$x_2 = (I - A)^{-1} \cdot f_2 \quad (11)$$

**3. 地域の経済被害に伴う企業の間接損害の考え方**

企業の間接損害の考え方を表1にまとめる。実際には、企業が複数の生産拠点を有すること、消費地が海外を含め広範囲に分布することにより、同表のように明確に区分されるわけではないが、生産や消費に対する比率から各組み合わせの間接被害を求め、その総和を取ることで企業の間接損害とする。

表1 間接損害の考え方の分類

		消費地	
		被災地外	被災地内
生産地	被災地外	-	間接損害1 消費の減少に伴う売り上げの減少を間接損害とする。
	被災地内	間接損害2 生産の減少に伴う売り上げの減少を間接損害とする。	間接損害3 間接被害1と間接被害2の内、大きい方とする。

\* 東電設計(株)

\*\*東京海上日動リスクコンサルティング

企業の間接損害の評価手順を図2に示す。

間接損害1は消費の減少に伴う売り上げ減として求める。産業別の最終需要の減少による波及効果(2次波及額)は、(11)式により評価することができる。

間接損害2は企業の生産額の減少に伴う売り上げ減として求める。企業の間接損害は図2の流れによって評価する。なお、図2の流れを実現するには、資本と労働力の減少を評価する必要があるが、前者については企業資産の被害想定によって、後者については従業員の被害想定によって、それぞれ求める。

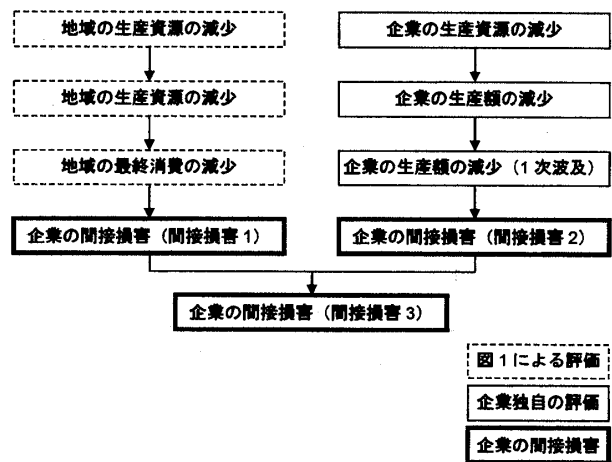


図2 企業の間接損害の評価の手順

**4. まとめ**

本研究では、互いに連関する企業と地方自治体に着目し、大規模地震時の被災地全体の経済被害から企業の間接被害を推定する手法を提案した。企業の間接被害は、企業自身の被災による生産の減少と購買力が低下することによる生産の減少からなり、生産地、消費地、被災地の関係をパラメータとして求めることを示した。

今後は提案された手法を具体的な企業に適用し、企業の間接損害に係る要因の分析、間接損害の低減施策の効果の定量化等を実施し、企業及び地域の地震防災計画立案に資するものとする。

**謝辞**

本研究を進めるに際し、(株)野村総合研究所・浅野憲周氏からは貴重なご意見をいただきました。ここに記して謝意を表します。

**参考文献**

1) 中央防災会議「東南海、南海地震等に関する専門調査会(第34回)」: 中部圏・近畿圏の内陸地震に係る被害想定手法(案)について ~経済被害~, 中央防災会議ホームページ, ([http://www.bousai.go.jp/jishin/chubou/nankai/index\\_chukin.html](http://www.bousai.go.jp/jishin/chubou/nankai/index_chukin.html))

\* Tokyo Electric Power Services, Co., Ltd.

\*\*Tokio Marine & Nichido Risk Consulting, Co., Ltd.