

地域経済被害評価における諸因子の変動が評価結果に与える影響 Effects of Variability of Some Factors on Loss Estimation of Regional Economy

○福島誠一郎¹, 林孝幸², 矢代晴実²
Sei'ichiro FUKUSHIMA¹, Takayuki HAYASHI² and Harumi YASHIRO²

¹ 東電設計株式会社

Tokyo Electric Power Services Co., Ltd.

² 東京海上日動リスクコンサルティング

The Tokio Marine & Nichido Risk Consulting Co., Ltd.

In the damage estimation for local government, it is important to evaluate indirect loss (economic loss) due to reduction in productive stock and that in labor, as well as direct loss such as fatality and building damage. Also, reduction in regional economic loss contributes to increase the capacity against disaster of the local government, since it brings stable supply of service to citizens, ensure the employment and so on. This study examined the effect of variability of some factors used in analysis on the loss estimation of regional economy. Aichi prefecture is selected for application.

Key Words : Regional Economic Loss, Indirect Loss, Ground Motion Estimation, Production Function, Input-Output, Sensitivity Analysis

1. まえがき

地域の地震被害には、人命の喪失や建物や設備の被害といった直接被害の他に、直接被害によって発生する経済被害（間接被害）がある。経済被害は、地域の産業それ自身にとっては、その存亡を左右するものであるが、産業を抱える地方自治体にとっても、行政サービスを維持する上で必要な税収の確保という点で極めて影響が大きい。経済被害を低減するには地域の生産ストックや労働投入の減少を抑えることが必要であり、そのためには地域の耐震性を向上させることが求められる。

筆者らは中部圏を対象に、耐震化による地域経済の軽減について検討してきた¹⁾。その結果、資本ストックと労働投入量の喪失が少ないこと、また、後者については脆弱性の影響が反映されないことから、耐震化による地域経済被害軽減の感度は大きくないことが示された。ところで、このような感度解析は他の変動因子との相対関係の中で行われるもので、評価結果に大きく影響する不確定因子はそのままに特定の因子についての感度を検討しても意味が薄いと考えられる。

そこで本研究では、地域経済被害評価におけるいくつかの因子に着目し、それらの影響について検討する。

2. 地域経済被害の定量化

地域経済被害の定量化手法は中央防災会議の手法²⁾に倣うこととする。本手法の手順を図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。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る。

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

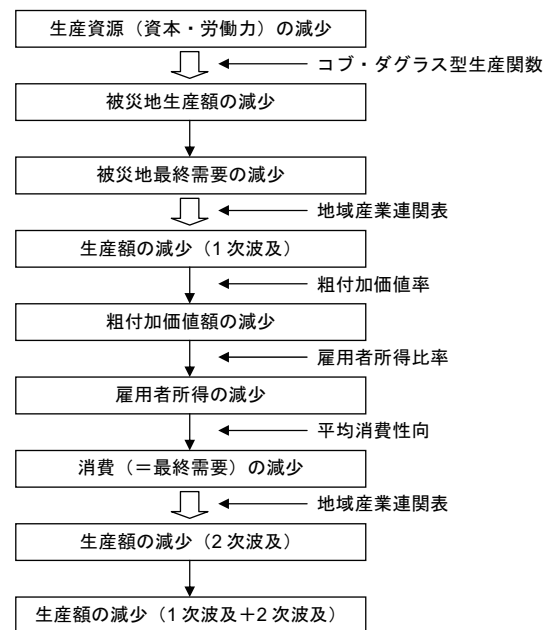


図1 地域経済被害の定量化の手順

コブ・ダグラス型の生産関数 ($Y = A \cdot K^\alpha \cdot L^{1-\alpha}$) により生産額が与えられるとすると、(1)式内の Y_1 / Y_0 は(2)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 、 α 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)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喪失率 (K_0 及び L_0 に対しての比率) が必要になる。

(2) 資本ストックと労働投入量の喪失率

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 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。

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

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。

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

ここに、 $f_{WC}(v)$ は木造建物の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) 生産額の減少の効果 (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 \mathbf{f}_1 とする。これを波及の第一段階 $\mathbf{x}_1(1) = \mathbf{f}_1$ とする。次に、 $\mathbf{x}_1(1)$ の生産に必要な原材料の生産 $\mathbf{x}_1(2)$ が停止する。このとき、 $\mathbf{x}_1(2)$ は次式で求められる。

$$\mathbf{x}_1(2) = \mathbf{A} \cdot \mathbf{x}_1(1) = \mathbf{A} \cdot \mathbf{f}_1 \quad (7)$$

ここに、 \mathbf{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、 $\mathbf{x}_1(2)$ の生産に必要な原材料の生産 $\mathbf{x}_1(3)$ が停止する。

$$\mathbf{x}_1(3) = \mathbf{A} \cdot \mathbf{x}_1(2) = \mathbf{A}^2 \cdot \mathbf{f}_1 \quad (8)$$

以下、同様の波及が繰り返され、最終的な生産額の減少 \mathbf{x}_1 が、次式で求められる

$$\mathbf{x}_1 = \mathbf{f}_1 + \mathbf{A} \cdot \mathbf{f}_1 + \mathbf{A}^2 \cdot \mathbf{f}_1 + \dots = (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1} \cdot \mathbf{f}_1 \quad (9)$$

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

(4) 生産額の減少の効果 (2 次波及効果)

生産の減少 → 「粗付加価値の減少 → 雇用者所得の減少 → 消費の減少 → 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 \mathbf{f}_2 は次式で求める。

$$\mathbf{f}_2 = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot \mathbf{x}_1 \quad (10)$$

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

(10)式で求めた \mathbf{f}_2 にレオンチェフ逆行列を乗じ、1 次波及額の場合と同様に 2 次波及額 \mathbf{x}_2 を求める。

$$\mathbf{x}_2 = (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1} \cdot \mathbf{f}_2 \quad (11)$$

3. 変動因子の設定

本検討では、経済被害に影響を与える因子として、強震動評価、生産関数、産業連関表の 3 項目を取り上げる。なお、本検討の対象は愛知県とし、人口分布や建物棟数分布といった下記以外の検討条件は、文献 1) のものを採用する。

(1) 強震動評価

想定地震は猿投-高浜断層帯による地震とする。強震動は、地震調査研究推進本部による「全国地震動予測地図」³⁾ の簡便法と詳細法により評価した。簡便法は、工学的基盤における最大速度を経験的距離減衰式により求め、これに全国の地形・地盤分類メッシュマップによる微地形区分から算出した表層地盤の増幅度を乗じて地表面の最大速度 (PGV) と計測震度を求める手法である。詳細法は、長周期成分に三次元有限差分法、短周期成分に統計的グリーン関数法を適用したハイブリッド合成法により工学的基盤の地震動波形を求める。この地震動波形から工学的基盤の計測震度を算出し、簡便法と同様に表層地盤の増幅度を考慮して、地表の計測震度を算出する手法である。

本検討では、建物の被害評価に用いる地震動強度指標として PGV を採用するため、簡便法および詳細手法ともに 1km メッシュに対して工学的基盤の最大速度を評価した。なお、詳細手法では、文献 4) のデータを利用した。文献 3) では、地盤の増幅度は、250m メッシュで算出されているが、本検討では計算量軽減の観点から 1km メッシュの PGV を算出することとし、文献 5,6) に基づく 1km メッシュの地盤増幅度を用いた。

また、詳細法では、震源特性の設定においてアスペリティや破壊開始点の異なる 6 ケースが算出されている。よって、ここではこれに簡便法を加えた全 7 ケースについて検討を実施した。以降、簡便法を採用したケースを CASE 0、詳細法によるケースを CASE 1-1~1-6 と表記する。

図 1 に上記ケース毎の震度分布を示す。簡便法に比べると、詳細法の方が大きな震度を与えること、詳細法同士の比較では、それ程大きな差異は無いことがわかる。

(2) 生産関数

企業は資本、技術、人材、原材料などを用いて生産活動を行う経済主体である。つまり、企業は投入物の種類や量によって生産量が決まる。この投入物と生産物との関係を単純化させたものが生産関数である。

本検討では、文献 2) を参照し、生産関数を設定する。中部圏の生産関数によるケースを CASE 0、近畿圏の生産関数によるケースを CASE 2-1 と表記する。設定した生産関数の値を表 1 にまとめる。

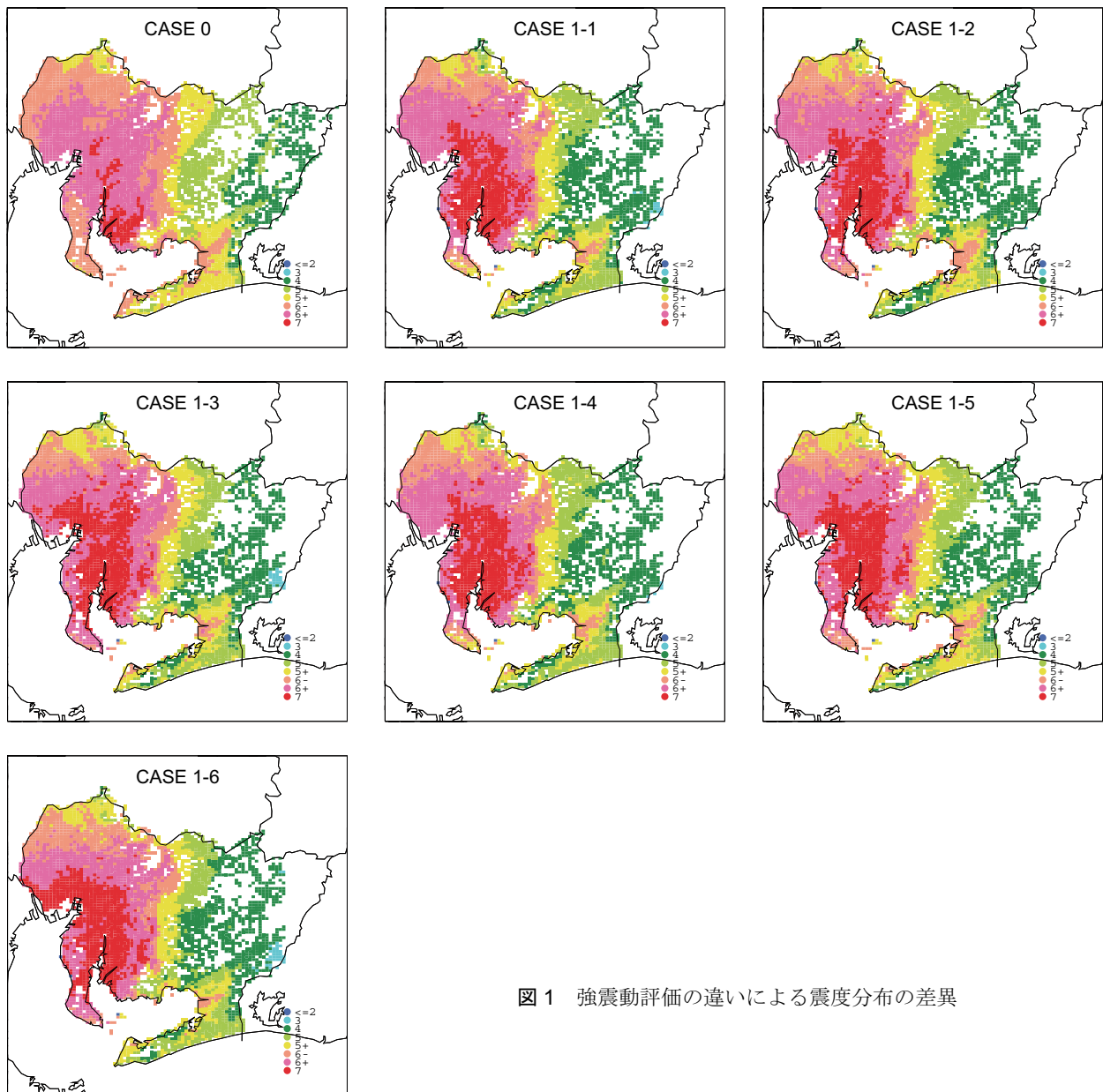


図 1 強震動評価の違いによる震度分布の差異

表 1 コブ・ダグラス型生産関数の係数 α

産業	CASE 0 (中部圏)	CASE 2-1 (近畿圏)
農林水産業	0.378	0.173
鉱業	0.369	0.582
製造業	0.384	0.444
建設業	0.326	0.326
電気・ガス・水道業	0.364	0.463
商業	0.353	0.358
金融・保険	0.563	0.598
不動産	0.695	0.466
運輸	0.495	0.486
通信・放送	0.495	0.486
公務	0.448	0.386
サービス業	0.448	0.386
その他	0.448	0.386

(3) 産業連関表

産業連関表は、国内経済において一定期間に行われた財・サービスの産業間取引を一つの行列に示した統計表で、5年毎に関係府省庁の共同事業として作成されている。同表は我が国の経済構造を明らかにする基礎統計として利用されている。なお、産業連関表については容易に入手可能なため、本論文での掲載は省略する。

本検討では、産業の分類は「基本13分類」とし、愛知県産業連関表（平成17年度）を用いたケースをCASE 0、大阪府産業連関表（平成17年度）を用いたケースをCASE 3-1として地域経済被害を評価する。また、参考として、CASE 2-1とCASE 3-1を組み合わせたものをCASE 3-2とする。

4. 評価結果

図2に、諸因子の変動が地域経済被害に与える影響を示す。産業毎の生産額には大きな差異があるため、同表では地域経済被害の値を直接示すことはせず、CASE 0の場合の経済被害に対する他のケースの経済被害の比（基準化損失）を示している。

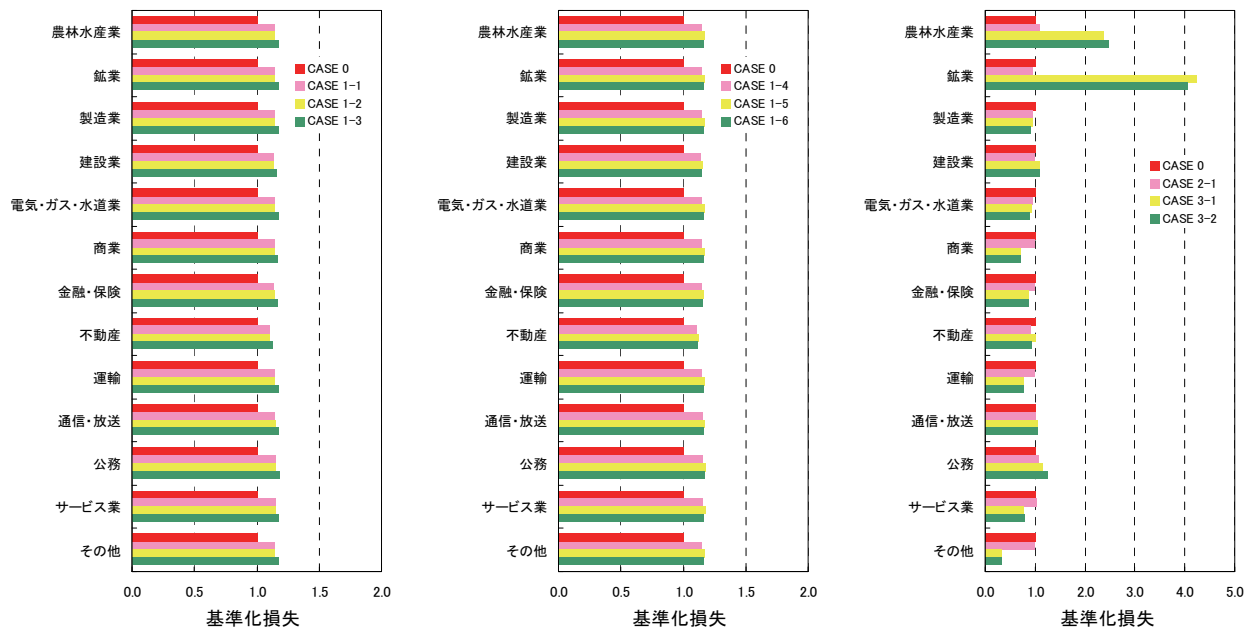


図2 諸因子の変動が地域経済被害に与える影響

図1に示したように、強震動評価については簡易手法と詳細手法では震度分布に大きな差異があるが、詳細手法間での差異は小さい。図2に示した基準化損失も同様の傾向であり、詳細法で複数のケースを設定することは、地域経済被害の評価においては、それ程有意ではない。

同様に、生産関数の設定についても、その感度が小さいことがわかる。これは(2)式の右辺に示すように、資本ストックや労働投入量の変化に対して、経済被害の変化が鈍いことによるものである。

これらに対し、産業連関表の違いは大きな感度があるように見られるが、これは農林水産業と鉱業の元の生産額が小さいためであり、その他の産業においては他の因子同様、それ程影響は大きくないことがわかる。

5. まとめ

本研究では、地域経済被害評価に与える諸因子の影響を調べるため、強震動評価、生産関数、産業連関表を取り上げ、地域経済被害に与える感度を検討した。

強震動評価では、距離減衰式に基づく簡便法とハイブリッド合成法に基づく詳細法では比較的大きな差異が見られたが、詳細法間での差異は無視しうる程度であった。また、その他の因子についても、それ程結果に与える感度は大きくないことが明らかとなった。

謝辞

本研究を進めるに際し、防災科学技術研究所 地震ハザードステーション([URL:http://www.j-shis.bosai.go.jp/](http://www.j-shis.bosai.go.jp/))の公開するデータを利用させて頂きました。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 福島誠一郎, 林孝幸, 矢代晴実: 耐震改修率が地域経済被害に与える影響, 2009年地域安全学会梗概集 No.24, pp.101-104, 2009.6
- 2) 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
- 3) 「全国地震動予測地図」作成手法の検討: 防災科学技術研究所資料, 第336号, 2009.11
- 4) 地震ハザードステーション: 防災科学技術研究所ホームページ, 震源断層を特定した地震動予測地図: データ
- 5) 若松加寿江, 松岡昌志, 久保純子, 他: 日本全国地形・地盤分類メッシュマップの構築, 土木学会論文集, No.759/I-67, pp.213-232, 2004.
- 6) 藤本一雄, 翠川三郎: 近接観測点ペアの強震記録に基づく地盤増幅度と地盤の平均S波速度の関係, 日本地震工学会論文集, Vol.6, No.1, 2006.2.