

耐震改修率が地域経済被害に与える影響

Effect of Seismic Up-Grade Rate on Regional Economic Loss

○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 seismic up-grading on the direct loss, and that of direct loss on the economic loss. Aichi prefecture is selected for application.

Key Words : Seismic up-grading, Economic loss, Direct loss, Indirect loss, Production function, Input-output

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、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。

地域の耐震性向上を地域内建物の耐震性能の上昇と捉えるならば、その補助を行う地方自治体にとって、費用対効果を把握しておくことが重要である。なぜなら、耐震性能を上昇させることによる便益を地域経済被害の軽減とすることで費用対効果を直接評価することができ、補助の妥当性の検証あるいは補助額の設定が可能となるからである。

本研究では以上を鑑み、地域の耐震改修率が地域経済被害に与える影響を検討し、耐震改修促進に資することを目的とする。

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¹⁾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。

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

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。

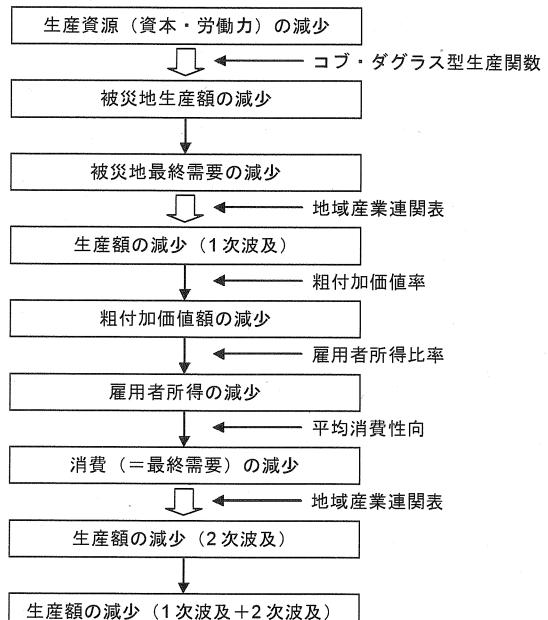


図1 地域経済被害の定量化の手順

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

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)式より明らかのように、 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, $(\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}$ はレオンチエフ逆行列と呼ばれ, \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 にレオンチエフ逆行列を乗じ, 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. 愛知県の経済被害

2 章に示した手順を愛知県に適用し, 地域の経済被害の定量化を行う.

(1) 検討条件

想定地震は猿投断層とする. 同地震による計測震度の分布及び最大速度の分布を, 地震ハザードステーションのホームページ²⁾より求めた. 得られた地震危険度マップを図 2 及び図 3 に示す.

愛知県内的人口分布は, 総務省統計局: 平成 17 年国勢調査 (2007.12) から求めた. 建物棟数分布については, 総務省統計局: 平成 20 年住宅・土地統計調査 (2006.5) によった. 人口分布を図 4 に, 建物棟数分布を図 5 にそれぞれ示す.

建物の被害関数については, 村尾・山崎³⁾のものを用いた.

(2) 地域の生産資源の減少

図 6 に資本ストックの喪失率の分布を, 図 7 に労働投入量の喪失率の分布をそれぞれ示す. また, メッシュ毎の喪失率の総和を表 1 にまとめる.

(3) 産業別の生産額の減少率

表 1 に示した生産資源の喪失率を用いて, 愛知県の産業連関表⁴⁾の統合 13 分類について産業別の生産額の減少率を求めた.

コブ・ダグラス型生産関数に用いる係数 α の値と評価結果を表 2 にまとめる. 表 2 に示した生産額の減少率は, 図 1 に示した「被災地最終需要の減少」の GDP に対する比である.

(4) 地域の経済被害

GDP に対する 1 次波及による生産額の減少の比, 同じく 2 次波及による生産額の減少の比を表 3 にそれぞれ示す. 表 2 に示した最終需要の減少率については産業間で大きな差はないが, 産業連関を考えた 1 次波及と 2 次波及では, 産業間に大きな差が現れることがわかる.

例えば, 農林水産業や鉱業については, それ自身の生産資源の減少に伴う損失の数倍の経済被害が発生する. これに対して, 公務や不動産業では波及効果の影響は小さい.

表 1 愛知県の生産資源の喪失率

資本ストックの喪失率（製造業）	資本ストックの喪失率（非製造業）	労働投入量の喪失率
0.03443	0.03570	0.01533

表 2 産業別の生産額の減少率

産業	コブ・ダグラス型生産関数の係数 : α	生産額の減少率 = 最終需要の減少率
農林水産業	0.378	0.337
鉱業	0.369	0.343
製造業	0.384	0.330
建設業	0.326	0.377
電気・ガス・水道業	0.364	0.347
商業	0.353	0.355
金融・保険	0.563	0.290
不動産	0.695	0.351
運輸	0.495	0.290
通信・放送	0.495	0.290
公務	0.448	0.302
サービス業	0.448	0.302
その他	0.448	0.302

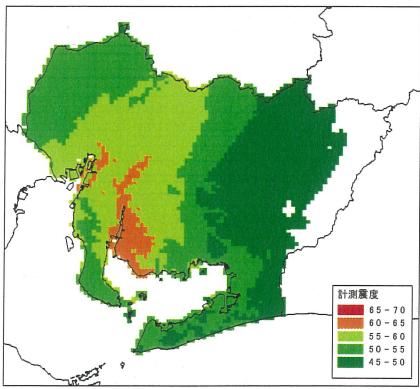


図2 計測震度の分布

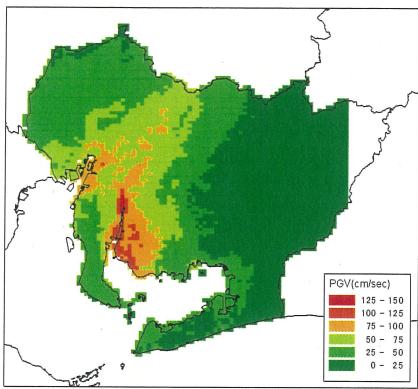


図3 最大速度の分布

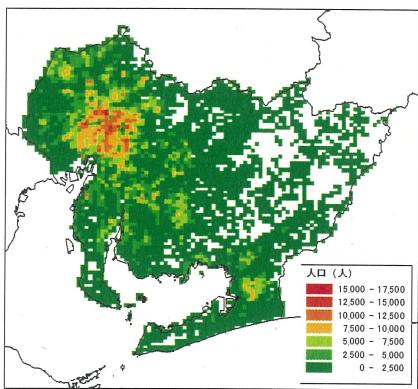


図4 人口の分布

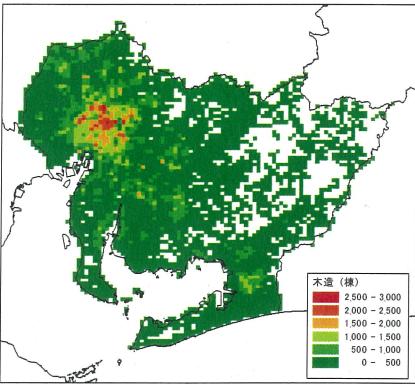


図5(1) 建物棟数の分布(木造)

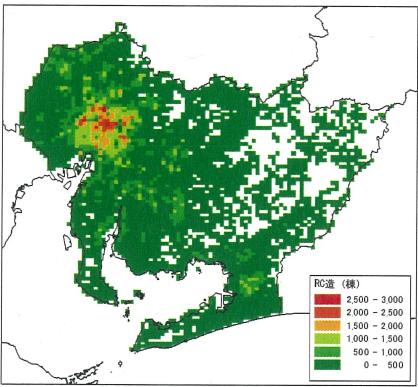


図5(2) 建物棟数の分布(RC造)

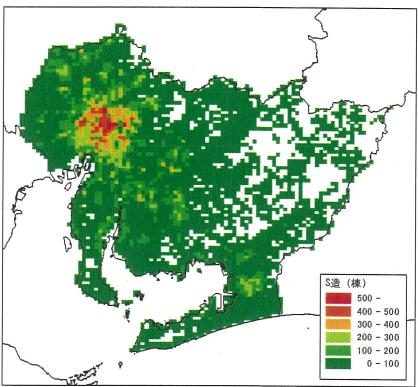


図5(3) 建物棟数の分布(S造)

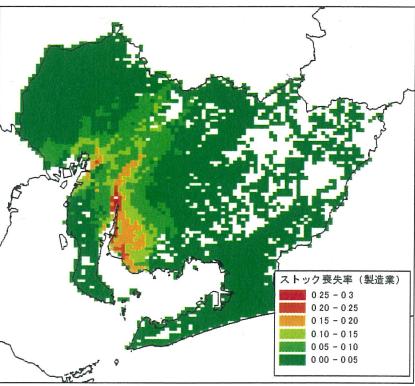
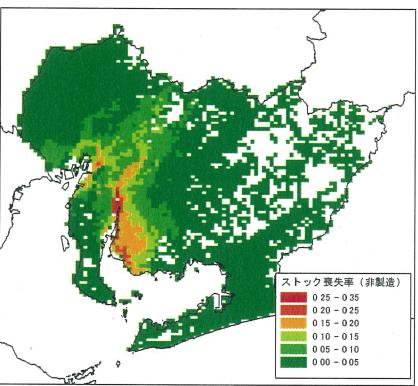
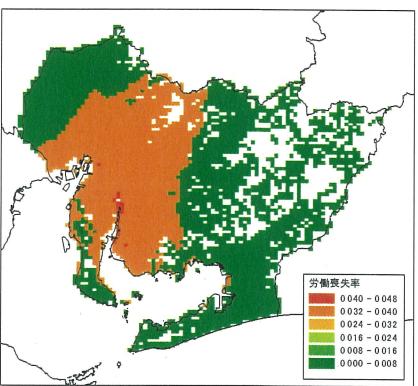
図6(1) 資本ストックの喪失率
(製造業)図6(2) 資本ストックの喪失率
(非製造業)

図7 労働投入量の喪失率

表3 産業別の地域の経済被害 (GDPに対する比)

産業	生産額の減少の比 (1次波及)	生産額の減少の比 (2次波及)
農林水産業	1.369	0.354
鉱業	15.410	5.694
製造業	0.816	0.202
建設業	0.440	0.106
電気・ガス・水道業	0.840	0.232
商業	0.625	0.240
金融・保険	0.880	0.325
不動産	0.433	0.041
運輸	0.823	0.310
通信・放送	0.678	0.221
公務	0.302	0.082
サービス業	0.646	0.253
その他	2.709	1.329

4. 耐震改修率が経済被害に与える影響

3章に示した結果に対し、耐震改修率が経済被害に与える影響を検討する。

(1) 耐震改修後の建物数

耐震改修は1981年以前の建物について実施し、その結果として1982年以後の建物と同等の耐震性能が得られるものと仮定する。

1982年以後の建物棟数を ${}_1n_1$ 、1981年以前の建物棟数を ${}_0n_j$, ($j=2, \dots, m$)とする。 m は年代の区分数である。耐震改修後の建物棟数を ${}_1n_j$, ($j=1, \dots, m$)、耐震改修率を γ としたとき、 ${}_1n_j$ は次式で与えられるものとする。

$${}_1n_1 = {}_0n_1 + \gamma \sum_{j=2}^m {}_0n_j \quad (12a)$$

$${}_1n_j = (1 - \gamma) {}_0n_j, \text{ただし, } j = 2, \dots, m \quad (12b)$$

(2) 耐震改修率と経済被害との関係

耐震改修率 γ を 25%, 50%, 75%, 100%としたときの地域の経済被害を表 4 にまとめる。また、経済被害（1次波及と2次波及の和）の低減率を図 8 に示す。

耐震改修率が経済被害に与える影響はそれほど大きくない。これは、資本ストックと労働投入量の喪失率が元々小さいため、(2)式右辺の括弧内の数値が大きく変動しないことによる。特に、労働投入量の喪失率に関しては、(5)式の r_F がフラジリティの影響を受けないために一層耐震改修率の影響を受けにくくなっている。

5.まとめ

本研究では、地域の経済被害の定量化手法を示し、地域の耐震改修率が地域経済被害に与える影響を検討した。

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
- 2) 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
- 3) 村尾修, 山崎文雄: 震災復興都市づくり特別委員会調査データに構造・建築年を付加した兵庫県南部地震の建物被害閾数, 日本建築学会構造計論文集, 第555号, pp.185-192, 2002.5
- 4) 愛知県の産業連関表 平成12年: 愛知県ホームページ, あいのちの産業連関表

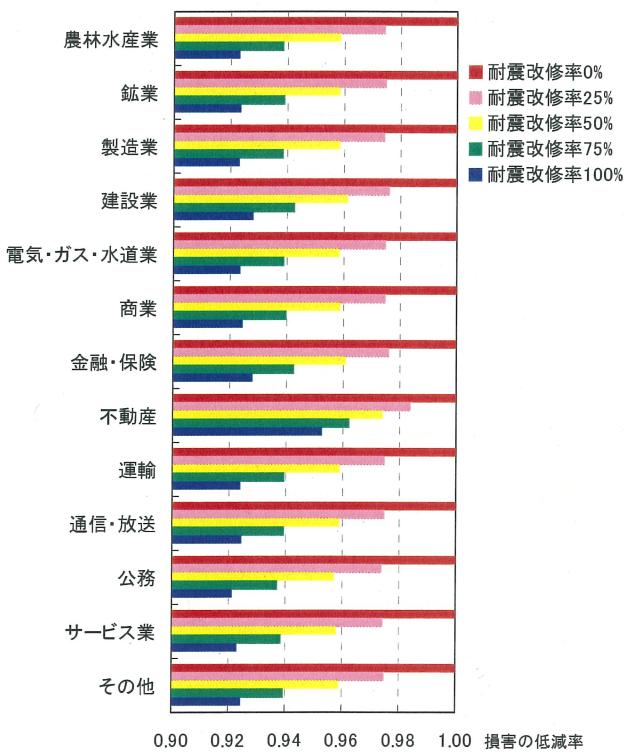


図8 耐震改修による経済被害の低減率

表4(1) 耐震改修後の経済被害：耐震改修率25%

産業	生産額の減少の比 (1次波及)	生産額の減少の比 (2次波及)
農林水産業	1.334	0.345
鉱業	15.021	5.550
製造業	0.795	0.197
建設業	0.429	0.103
電気・ガス・水道業	0.819	0.226
商業	0.609	0.234
金融・保険	0.859	0.317
不動産	0.427	0.040
運輸	0.802	0.302
通信・放送	0.661	0.216
公務	0.291	0.080
サービス業	0.630	0.246
その他	2.641	1.296

表4(2) 耐震改修後の経済被害：耐震改修率50%

産業	生産額の減少の比 (1次波及)	生産額の減少の比 (2次波及)
農林水産業	1.312	0.339
鉱業	14.773	5.459
製造業	0.782	0.194
建設業	0.422	0.102
電気・ガス・水道業	0.805	0.223
商業	0.599	0.230
金融・保険	0.846	0.312
不動産	0.423	0.039
運輸	0.789	0.297
通信・放送	0.650	0.212
公務	0.289	0.078
サービス業	0.619	0.242
その他	2.598	1.274

表4(3) 耐震改修後の経済被害：耐震改修率75%

産業	生産額の減少の比 (1次波及)	生産額の減少の比 (2次波及)
農林水産業	1.285	0.332
鉱業	14.472	5.348
製造業	0.766	0.190
建設業	0.414	0.100
電気・ガス・水道業	0.789	0.218
商業	0.587	0.226
金融・保険	0.830	0.306
不動産	0.418	0.038
運輸	0.773	0.291
通信・放送	0.637	0.208
公務	0.283	0.077
サービス業	0.607	0.237
その他	2.546	1.249

表4(4) 耐震改修後の経済被害：耐震改修率100%

産業	生産額の減少の比 (1次波及)	生産額の減少の比 (2次波及)
農林水産業	1.263	0.327
鉱業	14.234	5.260
製造業	0.753	0.187
建設業	0.408	0.098
電気・ガス・水道業	0.776	0.215
商業	0.577	0.222
金融・保険	0.817	0.301
不動産	0.414	0.038
運輸	0.761	0.287
通信・放送	0.627	0.204
公務	0.278	0.076
サービス業	0.597	0.233
その他	2.505	1.228