

1. 背景と目的

我が国は、地形、地質、気象などの条件から地震などによる災害が発生しやすい国土である。内閣府の防災白書¹⁾によると、世界全体に占める日本のマグニチュード6.0以上の発生確率は、20.5%であり、頻繁に大規模地震が起こると言える。そして、地震が発生した場合の被害がどのくらい経済に影響を与えるかを分析することは、地震が起きた場合の復旧戦略を講じることや復旧・復興のための予算の策定を練る上で重要であると考えられている。また、その際に復興需要を含めて地震による被害を分析することにより、産業によって復興のための投資が過大に行われるのを防ぐことができる。つまり、復興需要を含めて地震による被害を分析することは復興のための最適な必要投資額を求めることができるので重要であると考えられる。

既存研究では、小池(2006)²⁾や土屋・多々納・岡田(2005)³⁾などが空間的応用一般均衡(SCGE)モデルを用いて地震による被害の経済的影響を分析している。しかし、現実に地震が発生した場合には復興に対する需要が発生すると考えられ、これを考慮して分析することは行われていない。一方で、萩原(2001)⁴⁾では応用一般均衡(CGGE)モデルを用いて、復興需要を含めた地震による被害の経済的影響を分析している。そして、萩原(2001)が構築した神戸 CGE モデルは、生産要素市場が地域内で閉じていないことによって、地震による被害及び復興需要の短期的な経済的影響を分析できるモデルになっている。しかし、地震の影響は長期に及ぶため長期的な経済的影響を分析する必要があると考えられる。そこで、本研究では神戸 CGE モデルをもとに生産要素市場は地域内で閉じていると仮定して CGE モデルを構築し、地震による被害及び復興需要の長期的な経済的影響を分析することを目的とする。

2. CGE モデルの構築

本研究では、復興需要を含めて地震による被害の影響を分析することができる神戸 CGE モデルをもとに生産要素市場が地域内で閉じていると仮定して、CGE モデルを構築する。また、本研究のモデルの構築に際して、以下の仮定を設ける。6)の Armington 仮定とは、消費地から見れば、同一商品でも生産地が異なれば異質商品として取り扱い、消費地側では合成財として取り扱うという仮定である。

- 1) 神戸市、神戸市以外の全国、国外の3地域20産業で構築された社会経済を想定する。
- 2) 社会経済には、企業と家計と政府の3主体が存在する。
- 3) 企業は、中間投入財と生産要素(資本と労働)を投

- 入して、それぞれの生産財を生産する。
 - 4) 家計は企業に生産要素を提供して所得を受け取る。そして、その所得をもとに財の消費を行う。
 - 5) 財市場は地域内に開放されているのに対して、生産要素市場は地域内で閉じている。
 - 6) 各財は Armington 仮定を前提としている。
 - 7) 社会経済は、長期均衡状態にある。
- そして、本モデルでは、図-1のような神戸市と神戸市外と国外の相互連関を考察することができる社会経済モデルを想定する。

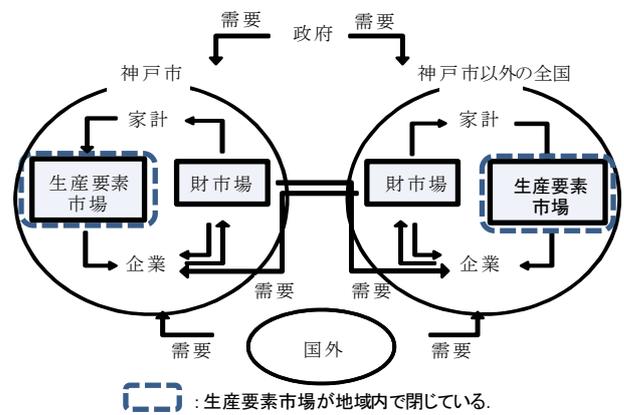


図-1 社会経済モデルの概略

- 本モデルでは、以下のサフィックスで変数を表す。
- ・財を表す添え字： $i, j \in \{1, 2, \dots, i, \dots, j, \dots, I\}$
 - ・財の消費地を表す神戸市 K と神戸市外 O の添え字： $R \in \{K, O\}$
 - ・国外を表す添え字： F

i) 家計の行動モデル

神戸市と神戸市外には代表的な家計が存在し、自地域の財を消費すると仮定し、CES型の効用関数構造とする。すなわち、家計の行動は所得制約条件の下で、以下の効用最大化行動として定式化する。そして、この最適化問題を解くと、家計の消費財の需要関数 C_i^R が求まる。

$$\max U^R = \left\{ \sum_{i \in I} (\alpha_i^R \cdot C_i^R)^\delta \right\}^{\frac{1}{\delta}} \quad (1)$$

$$s.t. \sum_i P_i^{OR} \cdot C_i^R = a^R + b^R \cdot \left(w^R \cdot L^R + \sum_{i \in I} k_i^R \right) \quad (2)$$

ただし、 U^R ：間接効用関数、 α_i^R ：消費分配係数、 C_i^R ：家計が消費する消費財 i の需要量、 δ ：代替の弾力性に関する係数、 P_i^{OR} ：消費財 i の需要者価格、 a^R ：家計の基礎消費量、 b^R ：家計の限界消費性向、 w^R ：賃金率、 L^R ：労働の初期保有量、 k_i^R ：資本の供給量

ii) 企業の行動モデル

① 消費財の生産量の決定

消費財の生産量の決定における最適化問題は、費用最小化問題として定式化する。また、消費財の生産関数は CES 型を仮定する。そして、この最適化問題を解くと、消費財価格 P_i^{DK} と輸入財の需要関数 M_i^{KF} が求まる。ここでは、神戸市(K)について例示する。

$$\min P_i^{DK} \cdot D_i^K + P_i^F \cdot M_i^{KF} \quad (3)$$

$$s.t. \quad Q_i = \left\{ (A_i^{DK} \cdot D_i^K)^{-\nu_1} + (A_i^{FK} \cdot M_i^{KF})^{-\nu_1} \right\} \quad (4)$$

ただし、 P_i^{DK} : 国内財 i の需要者価格、 D_i^K : 消費財 i の生産に使われる国内財 i の投入量、 P_i^F : 輸入財 i の需要者価格、 M_i^{KF} : 消費財 i の生産に使われる輸入財 i の投入量、 Q_i : 消費財 i の生産量、 ν_1 : 代替の弾力性に関する係数、 A_i^{DK}, A_i^{FK} : 消費財の i 生産関数の投入割合係数

② 国内財の生産量の決定

国内財の生産量の決定における最適化問題は、費用最小化問題として定式化する。また、国内財の生産関数は CES 型を仮定する。そして、この最適化問題を解くと、国内財の生産量 D_i^K と国内財価格 P_i^{DK} と移入財の需要関数 M_i^{KO} が求まる。ここでは、神戸市(K)について例示する。

$$\min P_i^K \cdot X_i^K + P_i^O \cdot M_i^{KO} \quad (5)$$

$$s.t. \quad D_i^K = \left\{ (A_i^S \cdot X_i^S)^{-\nu_2} + (A_i^R \cdot M_i^{RS})^{-\nu_2} \right\}^{\frac{1}{\nu_2}} \quad (6)$$

ただし、 P_i^K : 域内財 i の需要者価格、 X_i^K : 国内財 i の生産に使われる域内財 i の投入量、 P_i^O : 移入財 i の需要者価格、 M_i^{KO} : 国内財 i の生産に使われる移入財 i の投入量、 D_i^K : 国内財 i の生産量、 ν_2 : 代替の弾力性に関する係数、 A_i^K, A_i^O : 国内財 i の生産関数の投入割合係数

③ 域内財の生産量の決定

域内財の生産量の決定における最適化問題は、利潤最大化問題として定式化する。また、域内財の生産関数は KLEM 型の 2 段階 CES 型で仮定する。そして、この最適化問題を解くと、労働の需要関数 l_i^R 、その他の原材料の合成財 m_i^R 、域内財の生産量 X_i^R と資本とエネルギーの合成財の需要者価格 P_i^{HR} が求まる。

$$\max P_i^R X_i^R - (P_i^{HR} \cdot H_i^R + w^R \cdot l_i^R + P_i^{mR} \cdot m_i^R) \quad (7)$$

$$s.t. \quad X_i^R = \beta_i^R \left\{ \varepsilon_i^{HR} \cdot (H_i^R)^{-\rho_1} + \varepsilon_i^{LR} (l_i^R)^{-\rho_1} + \varepsilon_i^{mR} (m_i^R)^{-\rho_1} \right\}^{\frac{1}{\rho_1}} \quad (8)$$

ただし、 P_i^{HR} : 資本とエネルギーの合成財 i の需要者価格、 H_i^R : 域内財 i の生産に使われる資本とエネルギーの合成財 i の投入量、 l_i^R : 域内財 i の生産に使われる労働の投入量、 P_i^{mR} : その他の中間財 i の需要者価格、 m_i^R : 域

内財 i の生産に使われるその他の原材料の合成財 i の投入量、 β_i^R : 域内財 i の生産関数の規模係数、 $\varepsilon_i^{HR}, \varepsilon_i^{LR}, \varepsilon_i^{mR}$: 域内財 i の生産関数の投入割合係数、 ρ_1 : 代替の弾力性に関する係数

④ 資本とエネルギーの合成財の生産量の決定

資本とエネルギーの合成財の生産量の決定における最適化問題は、利潤最大化問題として定式化する。この最適化問題を解くと、エネルギーの合成財の需要関数 E_i^R が求まる。

$$\max P_i^{HR} H_i^R - (k_i^R + P_i^{ER} E_i^R) \quad (9)$$

$$s.t. \quad H_i^R = \omega_i^R \left\{ \phi_i^{kR} \cdot (k_i^R)^{-\rho_2} + \phi_i^{ER} \cdot (E_i^R)^{-\rho_2} \right\}^{\frac{1}{\rho_2}} \quad (10)$$

ただし、 P_i^{ER} : エネルギー i の需要者価格、 E_i^R : 資本とエネルギーの合成財 i の生産に使われるエネルギーの合成財 i の投入量、 ω_i^R : 資本とエネルギーの合成財 i の生産関数の規模係数、 ϕ_i^{kR}, ϕ_i^{ER} : 資本とエネルギーの合成財 i の生産関数の投入割合係数、 ρ_2 : 代替の弾力性に関する係数

⑤ エネルギーの合成財の生産量の決定

エネルギーの合成財の生産量の決定における最適化問題は、費用最小化問題として定式化する。また、エネルギーの合成財の生産関数は Cobb-Douglas 型を仮定する。そして、この最適化問題を解くと、エネルギーの需要関数 x_{ij}^R とエネルギーの需要者価格 P_i^{ER} が求まる。

$$\min \sum_{j \in E} P_{ij}^{OR} \cdot x_{ij}^R \quad (11)$$

$$s.t. \quad E_i^R = \mu_i^R \cdot \prod_{j \in E} (x_{ij}^R)^{\gamma_{ij}^R} \quad (12)$$

ただし、 P_{ij}^{OR} : 中間財 j の需要者価格、 x_{ij}^R : エネルギーの合成財 i の生産に使われる中間財 j の投入量、 μ_i^R : エネルギーの合成財 i の生産関数の規模係数、 γ_{ij}^R : 地域 s のエネルギーの合成財 i の生産関数の投入割合係数

⑥ その他の原材料の合成財の生産量の決定

その他の原材料の合成財の生産量の決定における最適化問題は、費用最小化問題として定式化する。また、その他の原材料の合成財の生産関数は Cobb-Douglas 型を仮定する。そして、この最適化問題を解くと、その他の原材料の需要関数 x_{ij}^R とその他の原材料の需要者価格 P_i^{mR} が求まる。

$$\min \sum_{j \in m} P_{ij}^{OR} \cdot x_{ij}^R \quad (13)$$

$$s.t. \quad m_i^R = \theta_i^R \cdot \prod_{j \in m} (x_{ij}^R)^{\varepsilon_{ij}^R} \quad (14)$$

ただし、 θ_i^R : その他の原材料の合成財*i*の生産関数の規模係数、 ξ_{ij}^R : その他の原材料の合成財*i*の生産関数の投入割合係数

iii) 市場均衡条件

本モデルでは、企業の生産に対して、規模に関して収穫一定の技術を仮定しているため、企業は需要に見合うだけの生産を行う。そこで、本モデルの市場均衡条件としては、消費財市場における均衡条件と本源的生産要素市場である労働市場の均衡条件とする。また、ワルラス法則により、生産要素市場の需給均衡は、家計の生産要素供給量と企業の生産要素需要量が一致すると考える。

① 消費財市場

$$\sum_j x_{ij}^K + C_i^K + \bar{G}_i^K + M_i^{OK} + \bar{M}_i^{FK} = X_i^K + M_i^{KO} + M_i^{KF} \quad (15)$$

$$\sum_j x_{ij}^O + C_i^O + \bar{G}_i^O + M_i^{KO} + \bar{M}_i^{FO} = X_i^O + M_i^{OK} + M_i^{OF} \quad (16)$$

ただし、 \bar{G}_i^R : 消費財*i*に対する政府の需要量、 M_i^{RR} : 移出財*i*、 \bar{M}_i^{RF} : 輸出財*i*

② 労働市場

$$L^R = \sum_{i \in I} l_i^R \quad (17)$$

3. 連結産業連関表の作成

本研究では、2地域多産業のCGEモデルに必要な神戸市・市外連結産業連関表を用いて、地震による被害及び復興需要の経済的影響を分析する。神戸市・市外連結産業連関表を作成するために使用する基礎データは、1990年の神戸市産業連関表(速報値)と全国産業連関表である。

神戸市表は、本稿において必要とする項目のいくつかを欠いているので、1990年の兵庫県表のデータを用いて修正した。移入・輸入及び移出・輸出を分離していないため兵庫県産業連関表における輸入比率、輸出比率を用いて神戸市の輸入、輸出を算出し、移入輸入合計額、移出輸出合計額から差し引くことにより、移入額、移出額を算出した。また、民間固定資本形成と政府固定資本形成が分離されていないので、兵庫県表における両者の構成比率を用いて、神戸市における固定資本形成を分離した。

市外表は、各セルについて全国表から市内表を差し引き作成した。市外表における移入(移出)は、神戸市表の移出(移入)で与えた

4. 実証分析

本研究では、地震による被害及び復興需要の経済的影響を分析するために以下のケースについて数値シミュレ

ーションを行う。また、数値シミュレーションで用いたモデル内の産業別生産関数の代替弾力性は、得津(1994)⁵⁾を参照した。そして、その他のモデル内で用いる代替弾力性と限界消費性向は、萩原(1998)⁶⁾を参照した。

本研究の数値シミュレーションのシナリオ設定を以下に示す。まず、表-1に陳(1997)⁷⁾で推計された阪神大震災による資本ストックの産業別被害率を示す。次に、表-2に具体的な災害シナリオを示す。

表-1 資本ストックの産業別被害率

産業	震災被害率 (%)	産業	震災被害率 (%)
農林水産業	0.0	輸送機械	20.8
食品	14.0	精密機械	3.6
繊維	15.0	その他の製造業	29.5
パルプ・紙	16.9	建設	17.0
化学	11.5	電気・ガス・水道	15.1
石油・石炭製品	27.0	商業	17.3
窯業・土石製品	9.6	金融・保険	21.0
一次金属	22.2	不動産	17.3
金属製品	14.9	運輸・通信	15.0
一般機械	13.4	サービス	15.5
電気機械	9.1		

表-2 災害のシナリオ

Case	災害のシナリオ
1	地震による被害の経済的影響分析 表-1を神戸市の資本にかけることによって、神戸市の資本が減少するとする。
2	復興需要を含めた地震による被害の経済的影響分析 神戸市の減少した資本の1/2だけ投資が増加するとする。

まず、労働市場を閉じさせた本モデルと労働市場が閉じていない神戸CGEモデルの結果の比較を行った。Case2のシナリオのもとで、地震の被害及び復興需要による神戸市の生産量の変化額を図-2に示す。

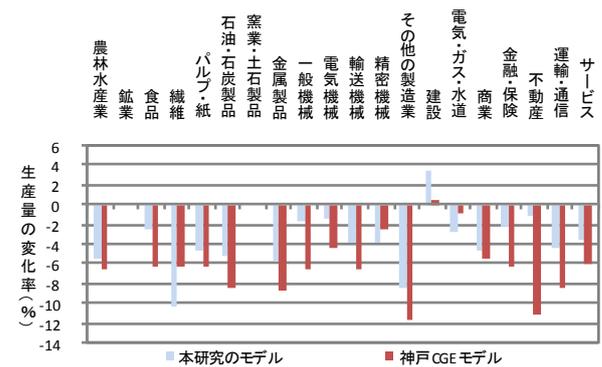


図-2 神戸市の生産量の変化率

図-2より、神戸市では神戸CGEモデルに比べ、本モデルは生産量が多くなっていることがわかる。これは、神戸CGEモデルではシナリオ後の状態で神戸市の労働が超過供給になっているのに対して、本モデルではシナリオ後の状態で労働の超過需要が発生しないようにしているからである。つまり、本モデルでは神戸CGEモデ

ルに比べ、神戸市の労働の需要量が増加したためであると考えられる。

図-3 と図-4 は本モデルの結果を示す。図-3 には、Case1 のシナリオのもとで、地震の被害による神戸市の生産量の変化額と資本の変化率に対する生産量の変化率を示す。

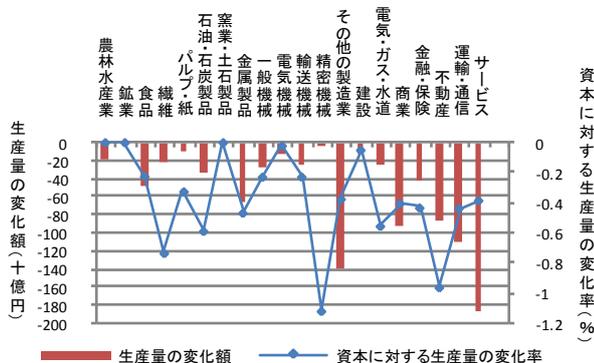


図-3 生産量の変化額と資本に対する生産量の変化率

図-3 より、地震の被害による生産量の変化額についてみてみると、その他の製造業とサービス、運輸・通信、商業などの第3次産業で大規模な減少がみられる。これらは、住民生活に密接に影響する産業であり、住民の日常生活に大きな影響を及ぼす産業である。また、資本の変化率に対する生産量の変化率についてみてみると、繊維、精密機械などが特に減少していることがわかる。このことから、資本が減少することによって、繊維、精密機械などが特に影響を受ける産業であることがわかる。

図-4 は、Case1 と Case2 のシナリオのもとで神戸市の生産量の変化率を示す。

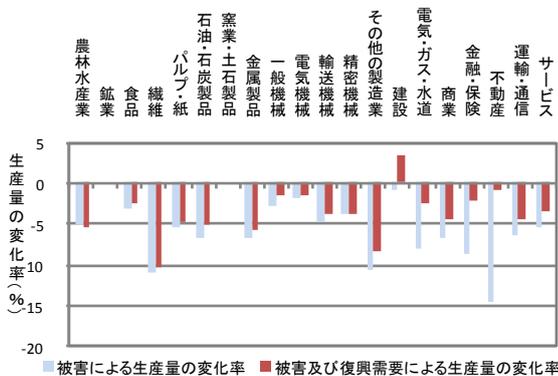


図-4 生産量の変化率

図-4 より、神戸市では復興需要によって、建設業と第3次産業などの生産量が被害の時と比べると増加していることがわかる。これは、政府の需要量の増加と政府の需要の増加によって建設業と第3次産業の中間投入財の需要量が増加したことによるものだと考えられる。しかし、地震が起きる前と比べると建設業以外はすべて減少している。このことから、本研究の復興需要のシナリオでは、ほとんどの産業の生産量が地震前と比べると回復していないことがわかる。

5. まとめ

本研究では、地震による被害及び復興需要の経済的影響を分析することができる2地域20部門のCGEモデルを構築した。これにより、復興のための投資が産業によって過大に行われるのを防ぐことができる。つまり、地震による復興のための最適な必要投資額を求めることができるようになった。この点は、地震による被害の経済的影響を分析している既存研究ではあまり試みられていない点である。

労働市場を閉じさせた本モデルと労働市場が閉じていない神戸CGEモデルの比較より、神戸市では神戸CGEモデルに比べ、本モデルは生産量が多くなっている。つまり、神戸CGEモデルは短期的な地震による被害の影響を分析していることにより、本モデルよりも地震による被害の影響が過大に評価されている可能性があると考えられる。

本モデルの数値シミュレーションの結果より、地震の被害によって神戸市の全産業の生産量は減少し、特に第3次産業で大規模な減少がみられた。また、資本が減少することによって、繊維、精密機械などが特に影響を受ける産業であることがわかった。そして、復興需要により、神戸市の建設業と第3次産業の生産量の増加がみられた。このことから、復興需要を考慮に入れることで、神戸市の第3次産業などは損失の規模が変わることがわかった。したがって、復興需要を考慮して地震による経済損失を算出することが、必要投資額を検討する際に重要であるということがわかる。

今後の課題としては、復興需要を考慮して分析する際に、本モデルでは平常時の投資にシナリオを与えて分析を行ったが、災害時では平常時の投資とは異なっている可能性がある。つまり、災害による投資への影響を考慮に入れる必要がある。

【参考文献】

- 1) 内閣府：平成22年度版防災白書，第2部，第1章。
- 2) 小池淳司・大田垣聡：スマトラ沖地震の経済被害評価，土木計画学研究・論文集，Vol.23，pp.273-280，2006。
- 3) 土屋哲・多々納裕一・岡田憲夫：新潟県中越地震による経済被害の計量化，京都大学防災研究所年報，第48巻，第B号，2005。
- 4) 萩原泰治：神戸CGEモデルによる阪神・淡路大震災の影響に関する分析，国民経済計算，第183巻，第1号，2001。
- 5) 得津一郎：生産構造の計量分析，創文社，1994。
- 6) 萩原泰治：阪神・淡路大震災の経済的損失と政策効果の評価のための神戸CGEモデルの開発，国民経済雑誌，第177巻，第3号，1998。
- 7) 陳光輝：阪神大震災による神戸市の事業所被害：メッシュデータによる推計，国民経済雑誌，第174巻，第4号，1996。