



独占的競争モデルによる災害の空間的応用一般均衡分析

小池, 淳司
細江, 宣裕
下村, 研一
片岡, 慎太郎

(Citation)

国民経済雑誌, 196(4):1-18

(Issue Date)

2007-10

(Resource Type)

departmental bulletin paper

(Version)

Version of Record

(JaLCD0I)

<https://doi.org/10.24546/00056181>

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/00056181>



独占的競争モデルによる災害の 空間的応用一般均衡分析

小 池 淳 司
細 江 宣 裕
下 村 研 一
片 山 慎 太 朗

第二次産業と第三次産業に独占的競争を取り入れた47都道府県を地域の一単位とする空間的応用一般均衡（SCGE）モデルを定式化し、それをういて災害のシミュレーションを行なう。災害としては兵庫県と静岡県において物流の中心となる道路がそれぞれ寸断されたシナリオを想定し、それぞれが日本経済に与える影響を同じSCGEモデルから試算される数値の定性的傾向を比較することで分析する。われわれの試算からは被災地の近隣地域における企業数の変化の方向が第二次産業と第三次産業とで逆であること、日本全土の経済的被害額の総額は「大阪・兵庫災害」の方が大きく、経済的被害が及ぶ範囲は「静岡災害」の方が広いことが観察される。

キーワード 空間的応用一般均衡分析, 独占的競争, 災害経済被害

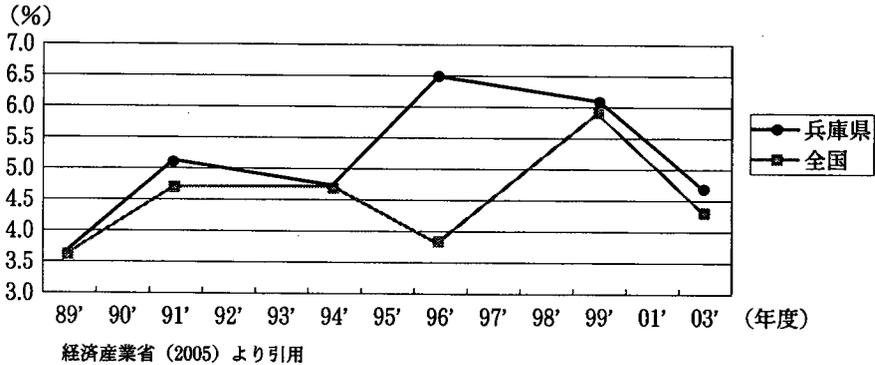
1 序 論

交通ネットワークや電気・ガス・水道などの公共設備は広義の「ライフライン」と呼ばれ、その地域に住む人々やそこで働く人々にとって最低限度の日常生活と業務のために必要な設備である。それゆえ、これらの設備は頑健に設計・建造されており、通常の事故ではその一部の機能が停止しても迅速に復旧され、その根本的な機能までが停止することは稀有である。

しかし、地震・風水害などの自然災害に対してまでこれらは完全ではない。ここで次のような事例を考えよう。災害、あるいは悪天候により、ある種類の農産物、畜産物、水産物の収穫が極端に減少することがある。そのときは市場の完全競争的な価格調整機能がうまく働き、供給が少ない商品には高い価格が付く。この状況は売り手にとっても買い手にとっても好ましくはないがしばらく存続し、収穫が元に戻れば価格も取引量も元に戻るのが常である。

ところが、一般に復興が困難な業種も存在する。災害が大規模になると、民間での物資不足が大きな問題になることからわかるように、生産物資の流通の復旧までに相当な時間がか

図1 阪神淡路大震災の廃業率への影響



かることがある。それゆえ最終的に流通が復旧しても、その土地で加工的な生産活動を行っていた企業が他の土地へ移ってってしまうこともある。図1は、阪神淡路大震災前後の兵庫県と全国の事業所（第2次産業と第3次産業）の廃業率の推移を示したグラフである。阪神淡路大震災が発生した1995年における兵庫県の廃業率が全国の平均に照らして大きいことは歴然としている。震災が起こった1995年から1999年間までの4年間は、被災地の事業所数（つまり企業数）が非被災地と比較し、圧倒的に廃業率が高い。これは完全競争的な農林水産業（第1次産業）では観察されない現象であろう。

本稿はこのような背景から、災害による局所的な、しかし中枢部分の、交通の遮断が経済に与える影響を分析する手段として、独占的競争モデルを用いる。その理由は、独占的競争モデルが一地域における同一業種の企業集積の規模の決定を説明することが可能であるからである。Chamberlin (1933) 以来「独占的競争」の考え方は、同一産業においても各企業は製品差別化された生産物（サービス含む）を供給するという意味で「独占的 (Monopolistic)」であり、その企業数は損益をめぐる市場への参入と退出、つまり「競争 (Competition)」が行われるというものである。そして長期的にはどの企業も収支ゼロの状態（産業均衡）の企業数に至る、とされる。また独占的競争市場は、企業の市場への参入と退出が自由であることから、他企業の個々の情報がお互い正確につかめない状況であるので、企業競争は戦略的相互依存関係がある寡占競争ではない。そして完全競争の長期均衡では成立しない「製品一単位にかかる平均費用は生産を増やすごとに安くなる（規模の経済性）」「価格は原価にマージンがついたものである」という製品市場の基本原則を説明できる競争概念である。Chamberlin の考えは Dixit and Stiglitz (1977) により現在の代表的個人モデルの形で継承され、Krugman (1991) により製品差別のある同一産業の企業集積の解明に応用された。

本稿は、彼らのモデルを次のように修正する。彼らのモデルでは生産要素が1種類で、完全競争企業も独占的競争企業もそのみから商品を生産する設定になっている。本稿では、

完全競争企業は労働と資本（生産不可能）から商品を生産し、独占的競争企業は完全競争企業が生産したさまざまな商品を投入して独自の商品を生産する。つまり、独占的競争企業の投入物は完全競争企業が生産した中間財である。空間的応用一般均衡モデル（Spatial Computable General Equilibrium Model）、略して SCGE モデルはこのような経済における災害が起きる前の均衡と災害が起きた後の均衡の理論値を計算し、両者を比較することを可能にする。本稿はまず最終消費財市場が独占的競争である SCGE モデルを構築し、すべての商品の価格体系と独占的競争産業の企業数が決まる長期の一般均衡を特徴付ける。次にこのモデルを用い兵庫県と静岡県交通ネットワークが災害により1年間寸断されたという2つの想定のもと、それぞれの47都道府県への影響をシミュレーションで試算する。算出される数値は、各県の被害総額、企業数の変化率、そして生産量の変化率である。

SCGE モデルによる災害の先行研究として土屋・多々納・岡田（2005）があり、新潟県中越地震の経済被害の数量分析が体系的に行なわれている。本稿のモデルは土屋・多々納・岡田論文の SCGE モデルを基礎とする。土屋・多々納・岡田論文と本稿との主な相違点は、次の三点である。第一点目は、生産物市場の競争形態であり、土屋・多々納・岡田論文のモデルにおいては最終財市場・中間財市場とも完全競争であるのに対し、本稿では最終財市場は独占的競争、中間財市場は完全競争である。第二点目は、災害により波及効果を調べる地域の区分であり、土屋・多々納・岡田論文においては「北海道・東北・関東・中部・近畿・中国・四国・九州および沖縄」という「地方」区分を用いているのに対し、本論文では47都道府県を用いている。第三点目は、災害が発生したシナリオの数であり、土屋・多々納・岡田論文は新潟県の上越新幹線に寸断が起こったケースを、本稿では兵庫県で高速道路が通行不可能になったケースと静岡県で高速道路が通行不可能になったケースの2つを考えている。本稿が、以上三点において、土屋・多々納・岡田論文と異なる設定を採用した理由は、企業数の変化、災害の影響を通じてわかる地域間の地理的なネットワークと経済的なネットワークの相違、そして大きな都市と中規模の都市の災害の全国的影響の相違を考察するためである。

本稿の構成は、第2節で独占的競争を取り入れた SCGE モデルを定式化し、第3節でそのモデルを用いて兵庫県と静岡県それぞれの災害のシミュレーションを行なった結果と解釈を示す。第4節で本論文の結論を述べる。なお、モデルの中で定義されない記号の意味は、節の最後の「ただし書き」にまとめて定義される。

2 SCGE モデル

2.1 モデルの概略

本節では、本稿で用いる SCGE モデルの定式化を行う。具体的には、まず経済主体であ

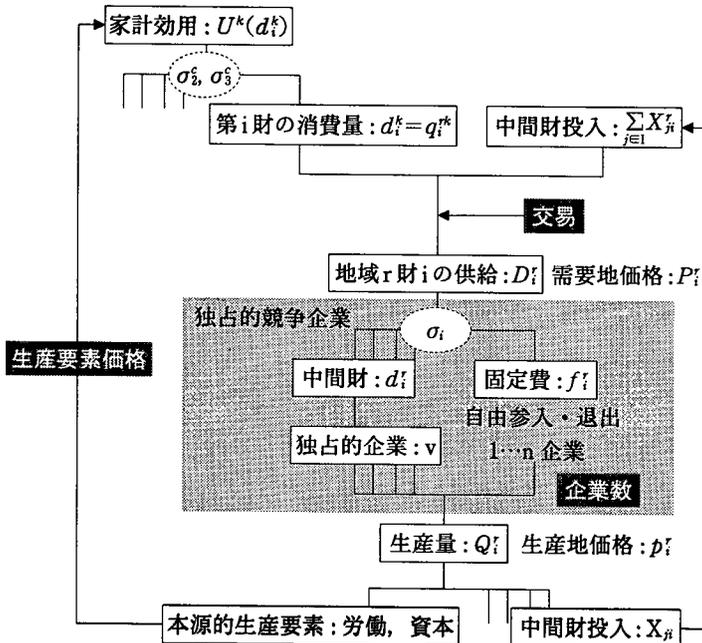
る企業と家計のそれぞれの生産活動と消費活動の特性を決める基礎条件を述べる。次に完全競争状態の家計と中間財企業の行動モデル、地域間の交易モデル、そして独占的競争状態の最終財企業の行動モデルを設定し、これらのモデルから導かれる連立方程式体系を用いて、市場経済全体の一般均衡を定義する。一般均衡は、家計の予算制約下での効用最大化、完全競争的企業と独占的競争企業のそれぞれの制約下での利潤最大化、すべての商品の需給がそれぞれの市場で一致する価格体系の成立、そしてすべての独占的競争企業の利潤がゼロとなる長期均衡の状態を考える。図2はこの経済全体の活動の概略を表したものである。

2.2 経済の基礎条件

本稿で論じる経済は以下のような特性を有する：

- (a) 経済は多地域・3産業（第1部門，第2部門，第3部門）で構成されている。
- (b) 経済主体は，家計，第1部門企業（完全競争），第2部門企業（独占的競争），第3部門企業（独占的競争）の4種類のカテゴリーに分類される。
- (c) 各完全競争企業は，地域内の家計から提供される生産要素（資本・労働）と地域内の完全競争企業から提供される生産物（中間財）を投入しそれぞれの生産物（中間財）を製造する。
- (d) 各独占的競争企業は，地域内の完全競争企業が製造した生産物を投入し，製品差別化

図2 経済活動モデル概略図



された新たな生産物（最終財）を製造する。

(e) 各家計は、すべての地域の独占的競争企業が生産した最終財を消費することができる。ただし、他地域の最終財の購入には輸送費がかかる。

(f) 家計の中で、企業の所有権を有するものは企業利潤の分配を、企業に生産要素を提供するものは生産要素への報酬を、所得として受け取る。家計が複数の企業の所有権の一部を持つこと、企業の所有権と生産要素の両方を持つことは排除されない。

ただし、後で定義される「長期均衡」では、完全競争企業にも独占的競争企業にも正の利潤が発生せず、家計への企業利潤の分配はゼロとなり所得は生産要素への報酬のみからなる。

2.3 家計の行動モデル

集合 R はこの経済のすべての地域の集合（有限、不変）である。集合 I_2, I_3 をそれぞれ今この経済に流通している第2部門、第3部門の最終財の名称の集合（有限、不変）とすれば、各地域には代表的家計が存在し、製品差別化された最終財を消費し、ネスティッド Cobb-Douglas-CES 型（Cobb-Douglas 関数と CES 関数同士の合成関数）の効用関数

$$\left(\sum_{i \in I_2} (d_{2i}^r)^{\frac{\sigma_2^r - 1}{\sigma_2^r}} \right)^{\frac{\theta_2^r \sigma_2^r}{\sigma_2^r - 1}} \left(\sum_{i \in I_3} (d_{3i}^r)^{\frac{\sigma_3^r - 1}{\sigma_3^r}} \right)^{\frac{\theta_3^r \sigma_3^r}{\sigma_3^r - 1}} \quad (1)$$

効用関数を有する。地域 $r \in R$ の家計の効用最大化は

$$\begin{aligned} & \text{Maximize}_{d_i^r} \left(\sum_{i \in I_2} (d_{2i}^r)^{\frac{\sigma_2^r - 1}{\sigma_2^r}} \right)^{\frac{\theta_2^r \sigma_2^r}{\sigma_2^r - 1}} \left(\sum_{i \in I_3} (d_{3i}^r)^{\frac{\sigma_3^r - 1}{\sigma_3^r}} \right)^{\frac{\theta_3^r \sigma_3^r}{\sigma_3^r - 1}} \\ & \text{subject to } \sum_{i \in I_2} P_{2i}^r d_{2i}^r + \sum_{i \in I_3} P_{3i}^r d_{3i}^r = Y^r \end{aligned}$$

と表現される。ここで、Dixit and Stiglitz (1977) に倣い

- ・第2次産業、第3次産業の価格指標（price index）

$$P_2^r \equiv \left(\sum_{i \in I_2} (P_{2i}^r)^{1 - \sigma_2^r} \right)^{\frac{1}{1 - \sigma_2^r}}, P_3^r \equiv \left(\sum_{i \in I_3} (P_{3i}^r)^{1 - \sigma_3^r} \right)^{\frac{1}{1 - \sigma_3^r}} \quad (2)$$

を定義すると、上記最大化問題を解くことにより、

- ・最終財需要関数

$$d_{2i}^r(P_{2i}^r, P_2^r, Y^r) \equiv (P_{2i}^r)^{-\sigma_2^r} (P_2^r)^{\sigma_2^r - 1} \theta_2^r Y^r, \quad (3)$$

$$d_{3i}^r(P_{3i}^r, P_3^r, Y^r) \equiv (P_{3i}^r)^{-\sigma_3^r} (P_3^r)^{\sigma_3^r - 1} \theta_3^r Y^r$$

- ・間接効用関数

$$v^r(P_2^r, P_3^r, Y^r) = (\theta_2^r)^{\theta_2} (\theta_3^r)^{\theta_3} (P_2^r)^{-\theta_2} (P_3^r)^{-\theta_3} Y^r \quad (4)$$

を得る。さらに、(3)から P_{2i}^r, P_{3i}^r について解けば

- ・最終財逆需要関数

$$P_{2i}^r(d_{2i}^r, P^r, Y^r) \equiv [(d_{2i}^r)^{-1}(P_2^r)^{\sigma_2-1}\theta_2^r Y^r]^{\frac{1}{\sigma_2}},$$

$$P_{3i}^r(d_{3i}^r, P^r, Y^r) \equiv [(d_{3i}^r)^{-1}(P_3^r)^{\sigma_3-1}\theta_3^r Y^r]^{\frac{1}{\sigma_3}} \quad (5)$$

が導かれる。ただし、

θ_2^r, θ_3^r : 地域 r の家計における第 2 次産業, 第 3 次産業への支出分配パラメータ, $\theta_2^r + \theta_3^r = 1$

σ_2^r, σ_3^r : 家計の第 2 次産業, 第 3 次産業の財消費に関する代替パラメータ, $\sigma_2^r, \sigma_3^r > 1$ 。

d_{2i}^r, d_{3i}^r : 地域 r の家計が消費する第 2 次産業の財 i , 第 3 次産業の財 i の消費量

P_{2i}^r, P_{3i}^r : 地域 r の第 2 次産業の財 i , 第 3 次産業の財 i の需要地価格

Y^r : 地域 r の家計の所得

とする。

2.4 完全競争企業の行動モデル

集合 J を第 1 部門で生産されるこの経済の中間財の集合 (有限, 不変) とする。地域 $r \in R$ に立地し中間財 $j \in J$ を生産する完全競争企業は, すべて自地域の労働と資本, 自地域と他地域で生産される中間財を生産要素とし, ネスティッド CES 型 (CES 関数同士の合成関数)

$$Q_j^r = \min \left\{ \frac{\alpha_j^r (l_j^r)^{\beta_j^r} (k_j^r)^{(1-\beta_j^r)}}{a_{0j}^r}, \left(\frac{X_{hj}^r}{a_{hj}^r} \right)_{h \in J} \right\} \quad (6)$$

の技術で生産を行なう。中間財生産の企業間には互いに投入・産出の相互依存関係が存在することが許され, 中間財 h の生産に中間財 j が用いられかつ中間財 j の生産に中間財 h が用いられることも排除されない。なおすべての中間財生産の固定費用はゼロであるとする。

ここで生産関数の中で, 自地域の労働と資本から構成される項を

・付加価値 (value added)

$$V_j^r = \alpha_j^r (l_j^r)^{\beta_j^r} (k_j^r)^{(1-\beta_j^r)}$$

と定義し, 企業の全生産過程を二段階に分離することで, 費用最小化の解を求める。

費用最小化の第一段階:

$$\text{Minimize}_{X_{hj}^r, V_j^r} C_{V_j}^r(w^r, r^r, V_j^r) + \sum_{h \in J} P_h^r X_{hj}^r$$

$$\text{subject to } Q_j^r = \min \left\{ \frac{V_j^r}{a_{0j}^r}, \left(\frac{X_{hj}^r}{a_{hj}^r} \right)_{h \in J} \right\}$$

費用最小化の第二段階:

$$\text{Minimize}_{l_j^r, k_j^r} w^r l_j^r + r^r k_j^r$$

$$\text{subject to } V_j^r = \alpha_j^r (l_j^r)^{\beta_j^r} (k_j^r)^{(1-\beta_j^r)}$$

ただし、 $C_{ij}^r(w^r, r^r, V_j^r)$ は (w^r, r^r, V_j^r) に対して第二段階で求められる最小値とする。

この二段階最適化問題を解くことで、次のような制約付要素需要関数と費用関数を得る：

- 地域 r の完全競争企業 j の付加価値生産に投入する労働に対する制約付需要関数

$$l_j^r(r^r, w^r, V_j^r) \equiv (\beta_j^r r^r)^{(1-\beta_j^r)} ((1-\beta_j^r) w^r)^{\beta_j^r} (\alpha_j^r)^{-1} V_j^r \quad (7)$$

- 地域 r の完全競争企業 j の付加価値生産に投入する資本に対する制約付需要関数

$$k_j^r(r^r, w^r, V_j^r) \equiv (\beta_j^r r^r)^{-\beta_j^r} ((1-\beta_j^r) w^r)^{\beta_j^r} (\alpha_j^r)^{-1} V_j^r \quad (8)$$

- 地域 r の完全競争企業 j の付加価値生産の費用関数

$$C_{ij}^r(r^r, w^r, V_j^r) \equiv (\beta_j^r)^{-\beta_j^r} (1-\beta_j^r)^{(\beta_j^r-1)} (r^r)^{(1-\beta_j^r)} (w^r)^{\beta_j^r} (\alpha_j^r)^{-1} V_j^r \quad (9)$$

次に上の結果を用いて費用最小化の第一段階を解くと、

- 地域 r の完全競争企業 j の付加価値と中間財 h に対する制約付需要関数

$$V_j^r(Q_{ij}^r) \equiv a_{ij}^r Q_{ij}^r, \quad X_{hj}^r(Q_{ij}^r) \equiv a_{hj}^r Q_{ij}^r \quad (10)$$

が導かれ、(9)、(10)より

- 地域 r の完全競争企業 j の単位費用関数

$$c_{ij}^r(P_i^r, w^r, r^r) \equiv \sum_{h \in J} a_{hj}^r P_{ih}^r + (\beta_j^r)^{-\beta_j^r} (1-\beta_j^r)^{(\beta_j^r-1)} (w^r)^{\beta_j^r} (r^r)^{(1-\beta_j^r)} (\alpha_j^r)^{-1} a_{ij}^r \quad (11)$$

を得る。この企業は固定費用がゼロなので単位費用と限界費用は一致する。また、どの地域においても、第1部門企業が投入する中間財はすべてその地域で生産されたものとする。よって中間財の需要地価格と生産地価格は一致するので費用は生産地価格で測る。したがって、

- 地域 r の完全競争企業 j の利潤関数（変数は要素価格と生産量）

$$\pi_{ij}^r(p_i^r, w^r, r^r, Q_{ij}^r) \equiv [p_{ij}^r - c_{ij}^r(P_i^r, w^r, r^r)] Q_{ij}^r$$

と定義され、利潤最大化問題

$$\text{Maximize}_{Q_{ij}^r} \pi_{ij}^r(p_i^r, w^r, r^r, Q_{ij}^r)$$

から得られる「生産地価格＝限界費用」の条件は

$$p_{ij}^r = c_{ij}^r(P_i^r, w^r, r^r) \quad (12)$$

となる。ただし、

a_{ij}^r : 地域 r の第1部門企業 i の生産に関する中間財 j の投入係数

α_j^r : 地域 r の第1部門企業 j の付加価値生産の効率パラメータ

β_j^r : 地域 r の第1部門企業 j の付加価値生産の労働資本分配パラメータ

X_{hj}^r : 地域 r の第1部門企業 i が投入する中間財 j の量

Q_{ij}^r : 地域 r の第1部門企業 i の生産量

V_j^r : 地域 r の第1部門企業 j の付加価値

l_j^r : 地域 r の第1部門企業 j の労働投入量

k_i^r : 地域 r の第1部門企業 i の資本投入量
 P^r : 地域 r の第1部門の需要地価格ベクトル
 p_i^r : 地域 r の第1部門の生産地価格ベクトル
 $p_{i_i}^r$: 地域 r の第1部門 i の生産地価格
 w^r : 地域 r の労働賃金率
 r^r : 地域 r の資本賃料

である。

2.5 地域間交易モデル

本稿のモデルでは、同じ部門の同じの商品でも地域間の輸送があれば輸送費用が発生し、上の図で示される需要地価格は生産地価格 P_i^r 、輸送費用率 ϕ_i^r 、輸送量 Q_i^r に応じ、一般に生産地価格より高くなると考える。これが古典的な一般均衡モデルとの相違である。需要地価格と生産地価格の乖離は土屋・多々納・岡田 (2005) に倣い Harker (1988) により定義された地域間の交易係数：

・地域 k の消費者および企業が生産地 r を財 i の購入先を選ぶ確率

$$s_i^{rk}(p_i, Q_i) = \frac{Q_i^r \exp[-\lambda_i p_i^r (1 + \phi_i^r)]}{\sum_{m \in R} Q_i^m \exp[-\lambda_i p_i^m (1 + \phi_i^m)]} \quad (13)$$

を導入することで表現する。このとき、均衡状態の地域 R の需要地価格 P_i^k と地域 r の生産地価格 P_i^r との関係は

$$P_i^k = \sum_{r \in R} s_i^{rk}(p_i, Q_i) (1 + \phi_i^r) p_i^r \quad (14)$$

となる。また、財 i の生産地が地域 g のただ1箇所ならば、 $s_i^{gk} = 1$ 、 $s_i^{rk} = 0$ 、 $r \neq g$ なので

$$P_i^k = (1 + \phi_i^g) p_i^g \quad (15)$$

のように(14)は表される。ただし、

λ_i : ロジットパラメーター

である。

2.6 独占的競争企業の行動モデル

この経済の第2部門と第3部門は企業ごとに製品差別化された産業であり独占的競争が行なわれているとする。地域 r に立地し製品差別化された最終財を生産する第2部門、第3部門の集合 (有限, 可変) をそれぞれ I_2^r, I_3^r とする。第2部門の企業 $i \in I_2^r$ は、第1部門企業が生産した中間財を生産要素とし、Dixit-Stiglitz 型生産関数 (Ethier, 1982)

$$Q_{2i}^r = a_0^r \left[\sum_{j \in J} \gamma_{2j}^r (d_{2ji}^r)^{\frac{\sigma_2^r - 1}{\sigma_2^r}} \right]^{\frac{\sigma_2^r}{\sigma_2^r - 1}} \quad (16)$$

により最終財を生産し市場へ供給する。最終財は家計に消費され、企業の生産要素には用いられない。固定費用は最終財の実物量 f_2^r で表す。つまり、この企業は参入企業として生産活動を行うためには常に実際の供給量に上乘せして生産しなければならない、そのことにより「規模の経済」が存在する（久武・山崎（2006）に倣う）。さらに、 γ_{2i}^r 、 σ_2^r 、および f_2^r は、地域 r が異なれば同じ値とは限らないが、同地域の第2部門企業についてはすべて同じ値であると仮定する。まず、第2部門企業の費用最小化行動を設定する：

$$\begin{aligned} & \text{Minimize } \sum_{j \in J} P_{1j}^r d_{2ji}^r \\ & \text{subject to } Q_{2i}^r = \left[\sum_{j \in J} \gamma_{2j}^r (d_{2ji}^r)^{\frac{\sigma_2^r - 1}{\sigma_2^r}} \right]^{\frac{\sigma_2^r}{\sigma_2^r - 1}} \end{aligned}$$

上の問題の解は以下のように表される：

- 地域 r の第2部門企業の単位費用関数

$$c_2^r(P_1^r) \equiv \left[\sum_{j \in J} (\gamma_{2j}^r)^{\sigma_2^r} (P_{1j}^r)^{1 - \sigma_2^r} \right]^{\frac{1}{1 - \sigma_2^r}} \quad (17)$$

- 地域 r の第2部門企業 i の中間財 j に対する制約付需要関数

$$d_{ji}^r(P_{1j}^r, P_1^r, Q_{2i}^r) \equiv (P_{1j}^r)^{-\sigma_2^r} (\gamma_{2j}^r c_2^r(P_1^r))^{\sigma_2^r} Q_{2i}^r \quad (18)$$

ここで輸送費用率は生産地と需要地のいずれかが異なれば同じ値とは限らないが、生産地が r 、需要地が k である第2部門企業の製品については製造元に関わらずすべて同じ値 ϕ_2^k であることを仮定する。よって、第2部門企業は、各地域の価格指標と所得水準を所与とし、逆需要関数により各地域の市場で付く需要地価格から逆算される生産地価格

$$p_j^r = \frac{1}{1 + \phi_2^k} p_{2i}^k(d_{2i}^k, P_2^k, Y^k) = \frac{1}{1 + \phi_2^k} \left[(d_{2i}^k)^{-1} (P_2^k)^{\sigma_2^k - 1} \theta_2^k Y^k \right]^{\frac{1}{\sigma_2^k}} \quad (19)$$

に従い各地域への供給量と総生産量を決定する。各製品は、一箇所の生産地から複数の需要地に供給し、かつ需要地価格が一般に異なるので、いわば「価格差別独占的競争（price discriminating monopolistic competition）」の状態にある。また、どの地域においても、第2部門企業が投入する中間財はすべてその地域で生産されたものとする。よって中間財 j の需要地価格 P_{1j}^r と生産地価格 p_j^r は一致するので費用は後者で測る。ゆえに、地域 r の第2部門の各企業 i の目的関数は：

- 地域 r の第2部門企業 i の利潤関数（変数は順に全地域への供給量ベクトル、全地域の第2部門価格指標ベクトル、全地域の所得水準ベクトル、地域 r の中間財購入価格ベクトル）

$$\Pi_{2i}^r(q_{2i}^r, P_2, Y, p_1^r) \equiv \sum_{k \in R} \frac{P_{2i}^k(q_{2i}^k, P_2^k, Y^k) q_{2i}^k}{1 + \phi_2^k} - c_2^r(p_1^r) \left(\sum_{k \in R} q_{2i}^k + f_2^r \right) \quad (20)$$

$$= \sum_{k \in R} \left[\frac{(P_2^k)^{\frac{\sigma_2^c-1}{\sigma_2^c}} (\theta_2^k Y^k)^{\frac{1}{\sigma_2^c}} (q_{2i}^k)^{\frac{\sigma_2^c-1}{\sigma_2^c}}}{1 + \phi_2^k} - c_2^i(p_i) q_{2i}^k \right] - c_2^i(p_i) f_2^i$$

として与えられる。よって、利潤の最大化問題

$$\text{Maximize}_{q_{2i}^k} \Pi_{2i}^i(q_{2i}^k, Y, p_i)$$

の解となる各地域の供給量を決定する「生産地価格＝マークアップ×限界費用」の条件は

$$\frac{P_{2i}^k(q_{2i}^k, P_2^k, Y^k)}{1 + \phi_2^k} = \frac{\sigma_2^c c_2^i(p_i)}{\sigma_2^c - 1}, \quad k \in R \quad (21)$$

となる。したがって、

- 地域 r の独占的競争企業 i の製品の各需要地価格

$$P_{2i}^k(q_{2i}^k, P_2^k, Y^k) = \frac{(1 + \phi_2^k) \sigma_2^c c_2^i(p_i)}{\sigma_2^c - 1}, \quad k \in R \quad (22)$$

- 地域 r の独占的競争企業 i による各地域への製品供給量

$$q_{2i}^k(P_2^k, Y^k, p_i) \equiv \frac{(P_2^k)^{\sigma_2^c-1} (\theta_2^k Y^k) (\sigma_2^c - 1)^{\sigma_2^c}}{[(1 + \phi_2^k) \sigma_2^c c_2^i(p_i)]^{\sigma_2^c}}, \quad k \in R \quad (23)$$

- 地域 r の独占的競争企業 i の総生産量

$$Q_{2i}^i(P_2, Y, p_i) \equiv \sum_{k \in R} q_{2i}^k(P_2^k, Y^k, p_i) + f_2^i = \sum_{k \in R} \left[\frac{(P_2^k)^{\sigma_2^c-1} (\theta_2^k Y^k) (\sigma_2^c - 1)^{\sigma_2^c}}{[(1 + \phi_2^k) \sigma_2^c c_2^i(p_i)]^{\sigma_2^c}} \right] + f_2^i \quad (24)$$

- 地域 r の独占的競争企業の集合 I_2^i による中間財 j の総需要量

$$D_{2i}^j(P_2, Y, p_i, I_2^i) \equiv n_{2i}^j(p_{ij})^{-\sigma_2^c} (\gamma_{2i}^j c_{2i}^j(p_i))^{\sigma_2^c} Q_{2i}^i(P_2, Y, p_i) \quad (25)$$

が決まる。また、地域 r の独占的競争企業の利潤は(21)により、

$$\begin{aligned} \Pi_{2i}^i(q_{2i}^k, P, Y, p_i) &= \sum_{k \in R} \frac{(1 + \phi_2^k) \sigma_2^c c_2^i(p_i)}{\sigma_2^c - 1} q_{2i}^k - c_2^i(p_i) \left(\sum_{k \in R} q_{2i}^k + f_2^i \right) \\ &= c_2^i(p_i) \left[\frac{\sigma_2^c}{\sigma_2^c - 1} \sum_{k \in R} (1 + \phi_2^k) q_{2i}^k - \left(\sum_{k \in R} q_{2i}^k + f_2^i \right) \right] \end{aligned}$$

したがって

$$\Pi_{2i}^i(q_{2i}^k, P, Y, p_i) = c_2^i(p_i) \left[\frac{1}{\sigma_2^c - 1} \sum_{k \in R} (\sigma_2^c \phi_2^k + 1) q_{2i}^k(P_2^k, Y^k, p_i) - f_2^i \right] \quad (26)$$

と簡略化される。なお第3部門についても、本稿では全く同様の設定であり、これまでの第2部門に関する議論に登場した変数や関数におけるインデックスの「2」を「3」に変えるだけで、第3部門企業の行動に関する定式化および解の導出はできるので省略する。ただし、

d_{2i}^j : 地域 r の第2部門企業 i による中間財 j の投入量

γ_{2i}^j : 地域 r の第2部門企業の生産に対する中間財 j の効率率パラメーター

Q_{2i}^r : 地域 r の第 2 部門企業 i による最終財生産量

σ_2^r : 地域 r の第 2 部門企業の製品の自己価格弾力性

f_2^r : 地域 r の第 2 部門企業が生産する最終財の固定生産量

q_{2i}^r : 地域 r の第 2 部門企業 i が製造し各地域に輸送する最終財の可変生産量ベクトル

q_{2i}^{rk} : 地域 r の第 2 部門企業 i が製造し地域 k に輸送する最終財の可変生産量

である。

2.7 市場均衡条件

この SCGE モデルの対称的な長期均衡（存在するすべての独占的競争企業の超過利潤はゼロ。）は以下に示す生産物の市場均衡条件および生産要素の市場均衡を表す連立方程式の解である。なお、各方程式の後に書かれている（ ）内の変数は方程式に登場する未知数、[] 内の変数は方程式に対応する未知数ゆえ「未知数の数」と「方程式の数」は一致する。

・生産要素市場：労働と資本

$$L^r = \sum_{j \in J} (\beta_j^r r^r)^{(1-\beta_j^r)} ((1-\beta_j^r) w^r)^{(1-\beta_j^r)} (\alpha_j^r)^{-1} \alpha_{lj}^r Q_j^r, \quad r \in R \quad (w^r, r^r, (Q_j^r)_{j \in J}); [w^r]$$

$$K^r = \sum_{j \in J} (\beta_j^r r^r)^{-\beta_j^r} ((1-\beta_j^r) w^r)^{\beta_j^r} (\alpha_j^r)^{-1} \alpha_{kj}^r Q_j^r, \quad r \in R \quad (w^r, r^r, (Q_j^r)_{j \in J}); [r^r]$$

・中間財市場（第 1 部門完全競争）：

生産地価格 = 限界費用

$$p_{1j}^r = c_j^r(p_1^r, w^r, r^r), \quad j \in J, \quad r \in R \quad ((p_{1j}^r)_{j \in J}, w^r, r^r); [Q_j^r]$$

地域 r での中間財の総供給 = 総需要

$$Q_{1j}^r = \sum_{h \in J} a_{jh}^r Q_{1h}^r + n_2^r \left(\frac{\gamma_2^r c_2^r(p_1^r)}{p_{1j}^r} \right)^{\sigma_2^r} Q_2^r(P, Y, p_1^r) + n_3^r \left(\frac{\gamma_3^r c_3^r(p_1^r)}{p_{1j}^r} \right)^{\sigma_3^r} Q_3^r(P, Y, p_1^r),$$

$$j \in J, \quad r \in R, \quad ((Q_{1j}^r)_{j \in J}, n_2^r, n_3^r, P, Y, (p_{1j}^r)_{j \in J}); [p_{1j}^r]$$

・地域 r の第 2・3 部門製品の地域 k における「生産地価格 = マークアップ × 限界費用」

$$\frac{[(q_2^{rk})^{-1} (P_2^k)^{\sigma_2^k - 1} \theta_2^k Y^k]^{\frac{1}{\sigma_2^k}}}{1 + \phi_2^{rk}} = \frac{\sigma_2^k c_2^r(p_1^r)}{\sigma_2^k - 1}, \quad r, k \in R \quad (q_2^{rk}, P_2^k, Y^k, p_1^r); [q_2^{rk}]$$

$$\frac{[(q_3^{rk})^{-1} (P_3^k)^{\sigma_3^k - 1} \theta_3^k Y^k]^{\frac{1}{\sigma_3^k}}}{1 + \phi_3^{rk}} = \frac{\sigma_3^k c_3^r(p_1^r)}{\sigma_3^k - 1}, \quad r, k \in R \quad (q_3^{rk}, P_3^k, Y^k, p_1^r); [q_3^{rk}]$$

・地域 r の第 2・3 部門製品の地域 k における需要地価格（地域 r で生産され地域 k で販売される独占的競争製品の価格はすべて同じ）

$$P_2^k = \frac{(1 + \phi_2^{rk}) \sigma_2^k}{\sigma_2^k - 1} \left[\sum_{j \in J} (\gamma_{2j}^r)^{\sigma_2^k} (p_{1j}^r)^{1 - \sigma_2^k} \right]^{\frac{1}{\sigma_2^k}}, \quad r, k \in R \quad (q_2^{rk}, p_{1j}^r); [p_2^k]$$

$$P_3^{rk} = \frac{(1 + \phi_3^r) \sigma_3^r}{\sigma_3^r - 1} \left[\sum_{j \in J} (\gamma_{3j}^r)^{\sigma_3^r} (p_{1j}^r)^{1 - \sigma_3^r} \right]^{\frac{1}{1 - \sigma_3^r}}, r, k \in R \quad (p_3^r, p_{1j}^r); [p_3^{rk}]$$

・地域 k における価格指標

$$P_2^k = \left(\sum_{r \in R} n_2^r (P_2^{rk})^{1 - \sigma_2^r} \right)^{\frac{1}{1 - \sigma_2^k}}, k \in R \quad (P_2^r, n_2^r, p_2^r); [P_2^k]$$

$$P_3^k = \left(\sum_{r \in R} n_3^r (P_3^{rk})^{1 - \sigma_3^r} \right)^{\frac{1}{1 - \sigma_3^k}}, k \in R \quad (P_3^r, n_3^r, p_3^r); [P_3^k]$$

・地域 r で生産する独占的競争企業のゼロ利潤条件

$$\frac{1}{\sigma_2^r - 1} \sum_{k \in R} (\sigma_2^r \phi_2^{rk} + 1) q_2^{rk} = f_2^r, r \in R \quad (q_2^r); [n_2^r]$$

$$\frac{1}{\sigma_3^r - 1} \sum_{k \in R} (\sigma_3^r \phi_3^{rk} + 1) q_3^{rk} = f_3^r, r \in R \quad (q_3^r); [n_3^r].$$

・家計の所得構成

$$Y^r = w^r L^r + r^r K^r, r \in R \quad (w^r, r^r); [Y^r]$$

ただし、

L^r : 地域 r の労働供給量

K^r : 地域 r の資本供給量

である。

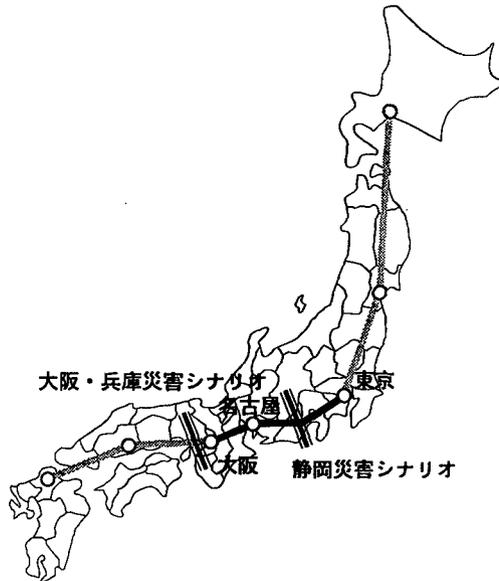
3 シミュレーション分析

この節では、これまでに構築した SCGE モデルに基づき災害発生による交通ネットワーク寸断を想定した経済的被害試算を行う。経済的被害は「ヒックスの等価変分」(定義は後述)で測定する。試算の目的は絶対的な数値(特に金額)を求めることではなく、災害発生による経済変数の変化の定性的な傾向を探ることである。以下のモデルでは、完全競争市場は第一次産業、独占的競争市場は第二次産業と第三次産業であるとする。モデルにおける災害発生は「大阪・兵庫災害シナリオ」と「静岡災害シナリオ」の2つを想定する。ネットワーク寸断による変化を「輸送費用率の増加」で導入し、災害発生の想定場所は「大阪・兵庫」と「静岡」の2つ、それぞれのネットワーク寸断の位置関係は図3の日本地図で示される。

3.1 大阪・兵庫災害シナリオ

第一の災害シナリオは「兵庫県神戸市付近で地震が発生し、神戸市内の山陽道、中国道、阪神高速および一般道が1年間不通になり、交通費用が上昇すること」である。これを交通ネットワークの構造に従って設定した兵庫県から他地域への所要時間に係数を掛けた数値 ϕ_2^r の上昇により、被災区間が不通の状態を表現する。試算結果は以下のとおりである。

図3 想定災害発生場所の位置



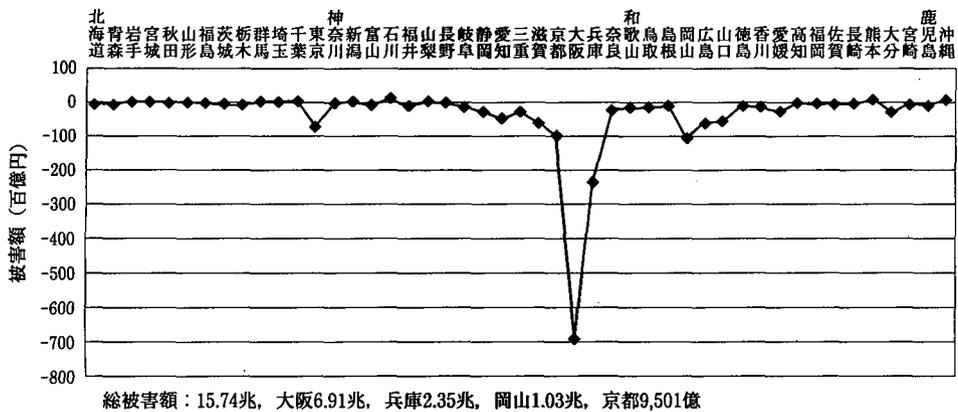
A. 被害額 (単位：円)

図4-1の被害額は本稿のSCGEモデルの経済的被害額の目安であるヒックスの等価変分

$$\left(\frac{\nu^r(P_2^r(1), P_3^r(1), Y^r(1))}{\nu^r(P_2^r(0), P_3^r(0), Y^r(1))} - 1 \right) Y^r(1)$$

である。ただし、 ν^r は(4)で定義した間接効用関数、 $P_2^r(0), P_3^r(0)$ はそれぞれ平時(0)における地域 r の第2次産業、第3次産業の価格水準、 $P_2^r(1), P_3^r(1)$ 、および $Y^r(1)$ はそれぞれ災害時(1)における地域 r の第2次産業、第3次産業の価格水準、および所得水準を表す。

図4-1 経済的被害：大阪・兵庫災害



日本の総被害額は15.74兆円，うち直接的な被災地域である兵庫県の経済的被害は2.35兆円である。隣接する大阪府の被害額が6.91兆円と直接の被災地域である兵庫県より大きいことが注目される。

B. 企業数（正の値は増加率，負の値は減少率）

図4-2・4-3はそれぞれ第二次・第三次産業の災害後の企業数の変化率を示したものである。両産業ともに，被災地域である兵庫県の企業数が大きく減少している。これは，交通の遮断によって他県に販売される製品の量が減少し，各企業の売上が低下したために兵庫県内から企業数が減少したと考えられる。また，兵庫県の近隣である大阪府と岡山県，そし

図4-2 第二次産業の企業数の変化率：大阪・兵庫災害

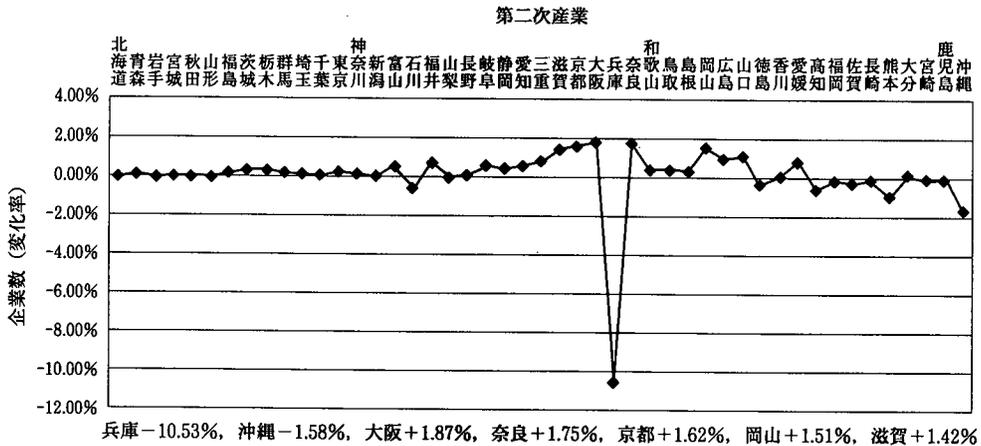
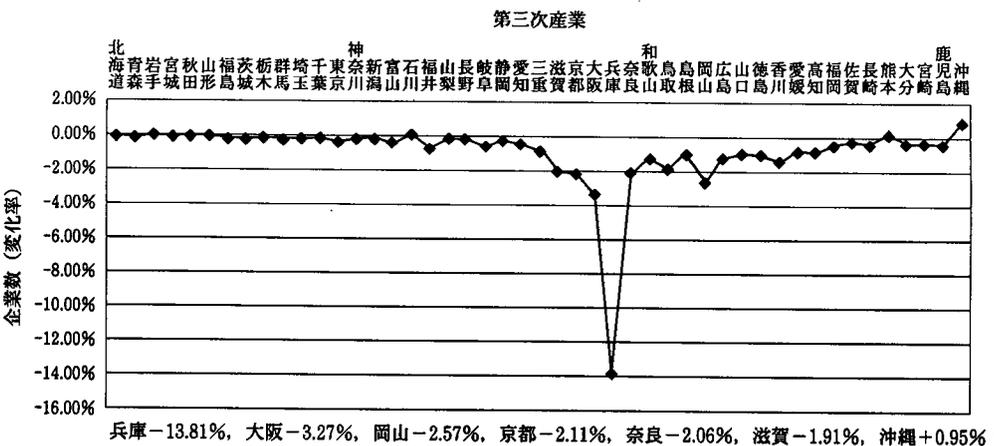


図4-3 第三次産業の企業数の変化率：大阪・兵庫災害



て京都府、奈良県、滋賀県では他県に比べて企業数が増加している。これは、兵庫県から近隣に販売される工業製品の量が減少したため、各県ではその需要に応じるべく第二次産業の企業数が増加したと解釈できる。一方、第三次産業では、近隣の県での企業数が減少している。これは近隣の県では第二次産業企業の新規参入により中間財需要が増え、中間財の価格が上昇し災害以前に第三次産業に投入されていた中間財の量が減少し、結果として第二次産業に移行したことによる。

C. 生産量（実質）

図4-4 第一次・第二次・第三次産業の生産量の変化率：大阪・兵庫災害

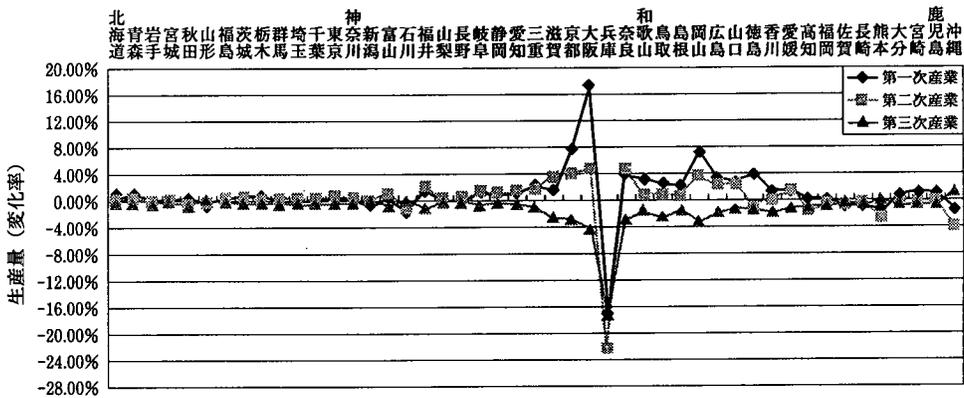


図4-4は災害後の産業ごとの生産量の変化率を示したものである。第二次産業と第三次産業の生産量の変化は既に見た企業数の変化に対応している。第一次産業の生産量の変化率はほとんどの県では第二次産業の生産量の変化とほぼ同じであり、大阪府では顕著に増加している。これは、第一次産業の製品は中間財であり第二次産業の生産要素であること、およびこのモデルの設定では異なる都道府県間での生産要素の取引は行なわれないことによる。

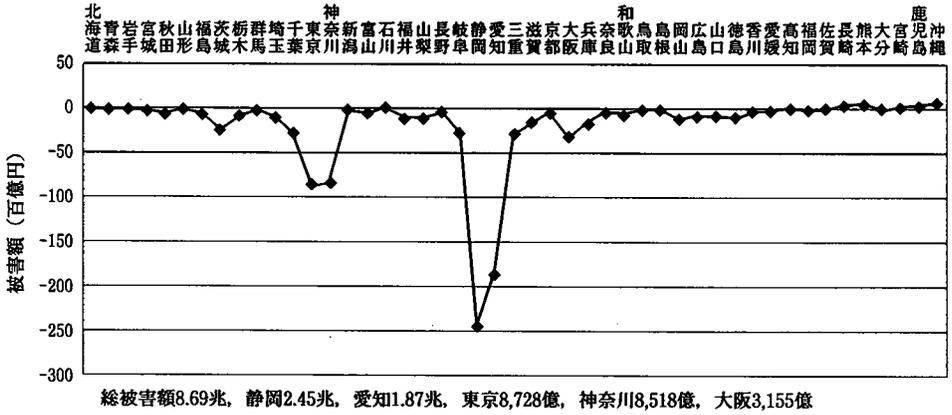
3.2 静岡災害シナリオ

第二の災害シナリオは「静岡県で災害が発生し、静岡県内の東名高速道路および一般道が1年間不通になり、都道府県間の交通費用が上昇すること」である。これを兵庫県のケースと同様に交通ネットワークの構造に従って設定した静岡県から他地域への所要時間に係数を掛けた数値 ϕ の上昇により、被災区間が不通の状態を表現する。以下は試算結果である。

A. 被害額（単位：円）

図5-1では直接的な被災地域である静岡県の経済的被害は2.45兆円である。今回の災害

図 5 - 1 経済的被害額：静岡災害



シナリオ下では、隣接する愛知県の被害額が1.87兆円と直接被災地域である静岡県に次ぎ大きく、東京都と神奈川県という関東地方での太平洋側の被害額が他県に比べ極端に大きい。

図 5 - 2 と 5 - 3 は災害後の企業数の変化率を第二次産業と第三次産業について示している。第二次・第三次産業では、被災地域である静岡県では企業数が大きく減少し、隣接する岐阜県・愛知県では第二次産業の企業数が増加している。一方、第三次産業では、これら二県の企業数が減少している。この現象は「大阪・兵庫災害シナリオ」と同じ理由で説明できる。

図 5 - 4 は静岡災害による各都道府県、各産業別の生産量の変化を示す。第二次産業と第三次産業の生産量の変化率とそれぞれの産業の企業数の変化率との対応、および第一次産業の生産量の変化率と第二次産業の生産量の変化率との対応は、大阪・兵庫災害と同じである。

図 5 - 2 第二次産業の企業数の変化率：静岡災害

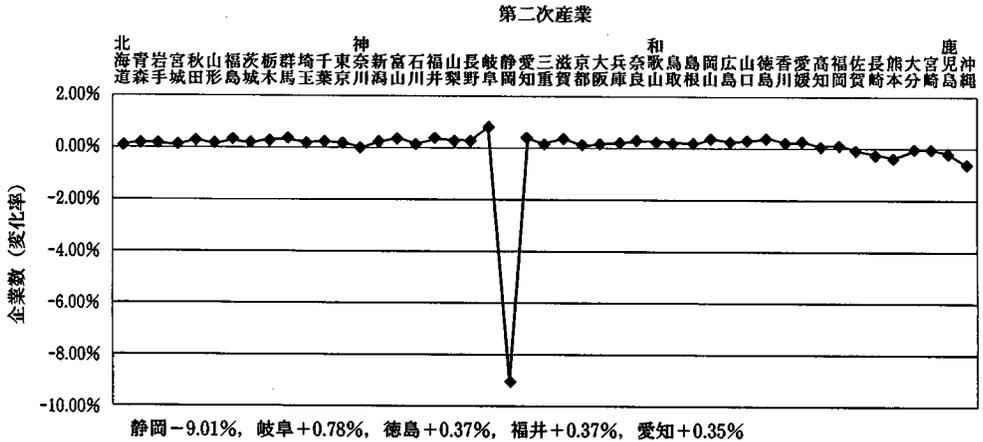


図5-3 第三次産業の企業数の変化率：静岡災害

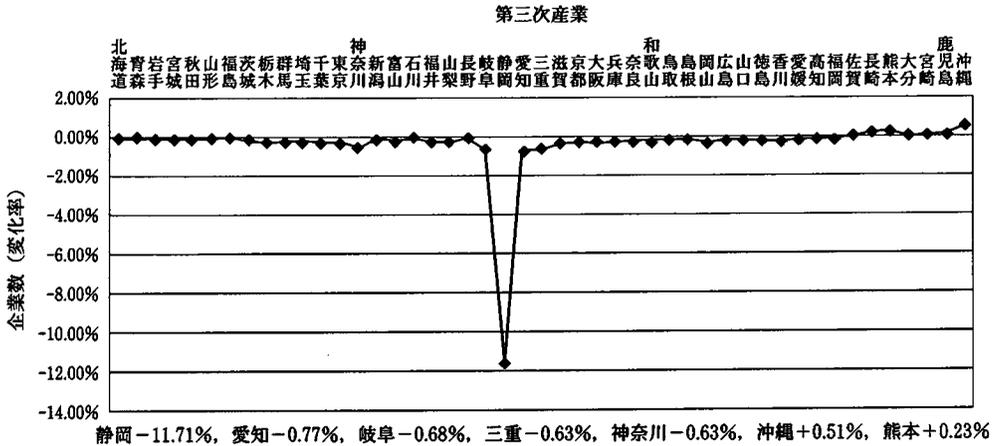
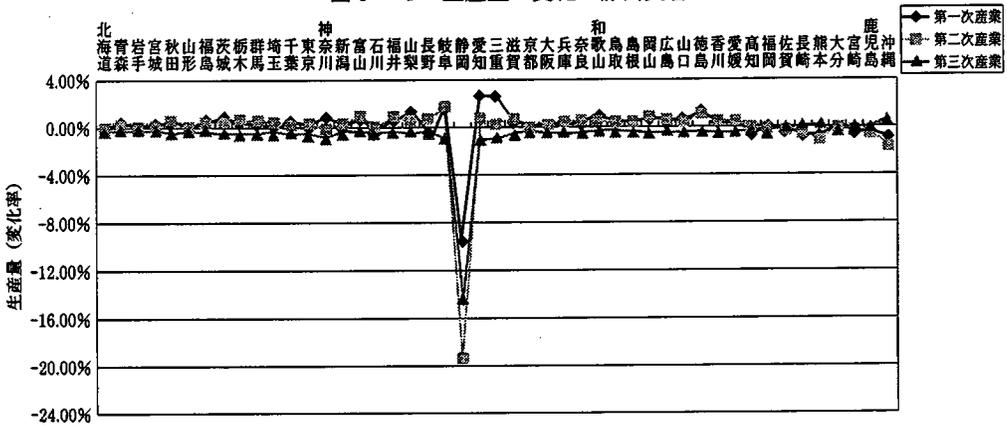


図5-4 生産量の変化：静岡災害



これら三つの産業の変化率の相関はモデルの設定に依存するところが大きいと思われる。

4 結 論

本稿では、第二次産業と第三次産業を独占的競争の状態にあると想定することで、企業規模が内生変数である日本の47都道府県 SCGE モデルを分析した。このことで、「大阪・兵庫災害シナリオ」と「静岡災害シナリオ」について第二次産業と第三次産業の企業規模の変化とそれに伴う経済的被害の評価の試算を行った。

最後にこれら2つのケースの試算結果を比較し、最も注目すべき共通点と相違点をそれぞれ1つずつまとめ結論とする。共通点は次の現象である。

- ・近隣県の企業数の変化の方向が第二次産業と第三次産業とで逆である。近隣は被災地から

の流通の減少により第二次産業の企業が増え、生産要素が高騰し第三次産業の企業は減る。これは普通の独占的競争の一般均衡モデルでも説明できる。そして、シミュレーションの結果「大阪・兵庫災害」の場合は総被害額が15.74兆円で災害の影響の及ぶ範囲が近隣の西日本、「静岡災害」の場合は総被害額が8.69兆円で災害の影響の及ぶ範囲が太平洋側の静岡県と茨城県の間（特に東京都と神奈川県が顕著）である。以上から定性的な相違点は・同程度の「輸送費用率の増加」で想定される災害であっても、経済的被害額に総額は「大阪・兵庫災害」の方が大きく、経済的被害が及んだ範囲は「静岡災害」の方が広いとまとめられる。これらの共通点と相違点が導かれたのは、本稿が大阪・兵庫と静岡の都市規模の違い、日本の交通ネットワーク、およびそれに伴って形成された生産物交易の構造をすべて組み込んだ日本47都道府県の独占的競争の SCGE モデルを用いたからに他ならない。

注

本論文の作成に対し、財団法人関西エネルギー・リサイクル科学研究財団、日本学術振興会科学研究費基盤研究 A（課題番号16203020）、21世紀 COE プログラム（神戸大学大学院経済学研究科・経済経営研究所、整理番号 I-2）から研究助成を受けた。記して謝意を表す。

参 考 文 献

- Chamberlin, Edward (1933), *The Theory of Monopolistic Competition*, Harvard University Press.
- Dixit, Avinash K. and Joseph E. Stiglitz (1977), "Monopolistic Competition and Optimum Product Diversity," *American Economic Review* 67, 297-308.
- Ethier, Wilfred J. (1982), "National and International Returns to Scale in the Modern Theory of International Trade," *American Economic Review* 72, 389-405.
- Harker, Patrick T. (1988), "Dispersed spatial price equilibrium," *Environment and Planning A* 20: 353-368.
- Krugman, Paul R. (1991), "Increasing Returns and Economic Geography," *Journal of Political Economy* 99: 483-499.
- 経済産業省大臣官房政策評価広報課（2005）「阪神・淡路産業復興支援に係る事後評価書」。
- 多々納裕一・高木朗義編著（2005）『防災の経済分析』勁草書房。
- 土屋哲・多々納裕一・岡田憲夫（2005）「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号 B：117-124。
- 久武昌人・山崎清（2006）「独占的競争を取り入れた多地域 CGE モデルの構築」、『RIETI Discussion Paper Series』06-J-046。