

独占的競争の空間応用一般均衡モデルによる災害の経済的被害推定

An Economic Damage Assessment of Catastrophe by the Monopolistic Competition Type SCGE model

小池淳司・細江宣裕・下村研一

By Atsushi KOIKE, Nobuhiro HOSOE and Ken-Ichi SHIMOMURA

1. 背景と目的

災害による経済的被害予測の推定精度は最適な防災計画策定のための重要な要素である。従来、経済均衡モデルによる災害の経済的被害推定を行ってきたが、そこで前提としている経済均衡条件が、災害後にどの時点で、どの程度成立しているのかが、この推定結果に大きく影響していると考えられる。そこで、本研究では独占的競争理論を用いた空間的応用一般均衡モデルによる経済的被害推定法を提案し、実証分析結果から、災害後の市場均衡条件の考え方について再考する。

図 - 1 は、阪神淡路大震災前後の廃業率の推移を示している。全国と比較すると、震災後、兵庫県の廃業率が全国平均と比較して著しく高くなっていることがわかる。つまり、震災後、数年間は被災地の企業数（あるいは企業規模）が非被災地と比較し異なる特徴を示している。そのため、本研究では、企業規模を内生的表現可能な独占的競争理論を用いた空間的応用一般均衡モデルを構築し、実証分析を行うことを目的としている。

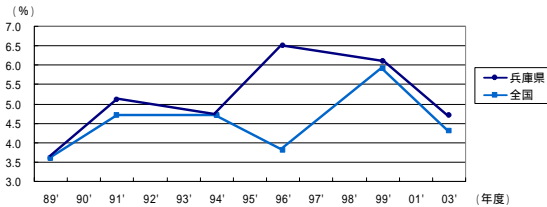


図 1 阪神淡路大震災の廃業率への影響 1)

2. SCGEモデルの定式化

(1) モデルの概説

以下では、モデルの定式化を行う。具体的には通常の完全競争状態の企業、家計の行動モデルに加え、独占的競争状態のパラエティ生産企業を想定する。各パラエティ生産企業は独占的競争理論に従い、マークアップ価格を提示し市場全体では固定費用の存在によるゼロ利潤条件を満たすように新規参入、退出を繰り返すとす。モデルの概略は図 2 のとおりである。

*キーワードズ：災害経済被害、独占的競争SCGEモデル

**正員，博(工)，鳥取大学工学部社会開発システム工学科

(鳥取市湖山町南4-101, TEL0857-31-5313, FAX0857-31-0882)

***非会員，PhD，政策研究大学院大学

****非会員，PhD，神戸大学経済経営研究所

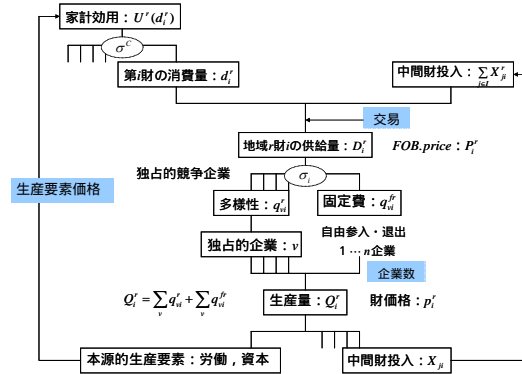


図 2 モデル概略図

(1) 主な前提条件

- 多地域多産業で構成された経済を想定する。
- 社会経済には完全競争財生産企業、パラエティ生産企業、家計の3種類の主体が存在する。
- 完全競争財生産企業は、家計から提供される生産要素(資本・労働)を投入して、それぞれの生産物を製造する。
- パラエティ生産企業は、完全競争財生産企業が生産した生産物を投入して新たな生産物を製造する。
- 家計は企業に生産要素(資本・労働)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。
- すべての市場はすべての企業利潤がゼロという意味で長期的均衡状態にある。

(2) 完全競争企業の行動モデル

地域 r に立地し財 i を生産する企業は、自地域と他地域で生産された中間投入財、労働、資本により構成される生産要素より、ネスティッドCES型の生産構造技術を用いて生産する。そこで、費用最小化の第一段階においては、付加価値と中間投入合成財の生産技術をLeontief型で仮定し、第二段階においては、労働と資本の生産技術をコブダグラス型で仮定する。

Stage 1 (費用最小化の第一段階)

$$\begin{aligned} \min_{X_{ji}^r, VA_i^r} \quad & C_i^r = \left[\sum_{j \in J} p_j^r X_{ji}^r + c_{Vi}^r (V_i^r) \right] \\ \text{s.t.} \quad & Q_i^r = \min \left\{ \frac{VA_i^r}{a_{0i}^r}, \frac{X_{1i}^r}{a_{1i}^r}, \dots, \frac{X_{ji}^r}{a_{ji}^r} \right\} \end{aligned} \quad (1)$$

Stage 2 (費用最小化の第二段階)

$$\begin{aligned} \min_{l_i^r, k_i^r} \quad & c_{Vi}^r = w^r l_i^r + r^r k_i^r \\ \text{s.t.} \quad & V_i^r = V_i^r(l_i^r, k_i^r) = \alpha_i^r l_i^{\beta_i^r} k_i^{r(1-\beta_i^r)} \end{aligned} \quad (2)$$

この2段階最適化問題を解くと、次のような需要関数、費用関数を得る。

・中間財需要関数

$$X_{ji}^r = a_{ji}^r Q_i^r \quad (3)$$

・労働需要関数

$$l_i^r(w^r, Q_i^r, p_i^r) = \frac{\beta_i^r c_{Vi}^r}{w^r} = \frac{\beta_i^r a_{0i}^r C_i^r}{w^r} \quad (4)$$

・資本需要関数

$$k_i^r(r^r, Q_i^r, p_i^r) = \frac{(1-\beta_i^r) c_{Vi}^r}{r^r} = \frac{(1-\beta_i^r) a_{0i}^r C_i^r}{r^r} \quad (5)$$

・合成生産要素の費用関数

$$c_{Vi}^r = \frac{w^r \beta_i^r r^r (1-\beta_i^r)}{\alpha_i^r} \left(\frac{(1-\beta_i^r)^{\beta_i^r-1}}{\beta_i^r \beta_i^r} V_i^r \right) \quad (6)$$

すると、合成生産要素の単位費用関数は次のようになる。

$$c_i^{Qr} = \sum_{j \in J} a_{ji}^r P_i^r + a_{0i}^r \frac{w^r \beta_i^r r^r (1-\beta_i^r)}{\alpha_i^r} \left(\frac{(1-\beta_i^r)^{\beta_i^r-1}}{\beta_i^r \beta_i^r} \right) \quad (7)$$

ただし、

- C_i^r : 地域 r 産業 i の総費用関数
- P_i^r : 地域 r 財 i の需要者価格(C.I.F. Price)
- X_{ji}^r : 地域 r 財 i の生産に使われる中間投入財 j の量
- V_i^r : 地域 r 産業 i の付加価値
- c_{Vi}^r : V_i^r の単位費用関数
- Q_i^r : 地域 r 産業 i の生産量
- VA_i^r : 地域 r 産業 i の付加価値
- a_{0i}^r : 地域 r 産業 i の付加価値比率
- a_{ji}^r : 地域 r 産業 i の生産に関する投入係数
- w^r : 地域 r の労働賃金率
- r^r : 地域 r の資本レント
- l_i^r : 地域 r 産業 i の労働投入量
- k_i^r : 地域 r 産業 i の資本投入量
- α_i^r : 地域 r 産業 i の効率パラメータ
- β_i^r : 地域 r 産業 i の生産要素の分配パラメータ

(3) 独占的競争企業の行動モデル

バラエティ生産企業は財生産企業が生産した生産物を用いてDixit-Stiglitz型生産構造技術 (Dixit and Stiglitz, 1977) で新たな生産物を生産し市場へ供給するとする。そこでは、多数の企業が独占的競争状態にあるとしている。まず、個別のバラエティ生産企業の費用最小化行動を以下のように定式化する。

$$\begin{aligned} \min_{q_{vi}^r} \quad & \sum_{v \in N} p_i^r q_{vi}^r \\ \text{s.t.} \quad & D_i^r = a_i^r \left[\sum_{v \in N} q_{vi}^r \frac{\sigma_i^r-1}{\sigma_i^r} \right]^{\frac{\sigma_i^r}{\sigma_i^r-1}} \end{aligned} \quad (8)$$

(8)より求められる需要関数より、バラエティ生産財の自己価格弾力性は以下ようになる。

$$\frac{\partial \ln p_i^r}{\partial \ln q_{vi}^r} = -\frac{1}{\sigma_i^r} \quad (9)$$

よって、バラエティ企業の利潤最大化行動から導かれる供給者価格は以下のように定義できる。

$$P_i^r = \frac{\sigma_i^r + 1}{\sigma_i^r} p_i^r \quad (10)$$

ここで、市場での利潤ゼロ条件から $P_i^r D_i^r = p_i^r Q_i^r$ は常に成り立っている。また、マークアップ分が固定費用に用いられるので、可変費用および固定費用の投入量は以下の関係を満たす。

$$\sum_{v \in N} q_{vi}^r = \frac{\sigma_i^r}{\sigma_i^r + 1} Q_i^r = D_i^r \quad (11)$$

$$\sum_{v \in N} q_{vi}^{fr} = \frac{1}{\sigma_i^r + 1} Q_i^r = \frac{1}{\sigma_i^r} D_i^r \quad (12)$$

ここで、バラエティ企業の対称性を仮定すると、1企業あたりのバラエティ企業の可変投入量および固定投入量は以下ようになる。ここで、1企業あたりの固定費用は固定される。

$$q_{vi}^r = \frac{1}{n_i^r} \frac{\sigma_i^r}{\sigma_i^r + 1} Q_i^r = \frac{1}{n_i^r} D_i^r \quad (13)$$

$$\overline{q_{vi}^{fr}} = \frac{1}{n_i^r} \frac{1}{\sigma_i^r + 1} Q_i^r = \frac{1}{n_i^r} \frac{1}{\sigma_i^r} D_i^r \quad (14)$$

これらの値から、バラエティ生産企業の初期の効率パラメータの値が求まる。

$$a_i^r = \frac{D_i^r}{\left[\sum_{v \in N} q_{vi}^r \frac{\sigma_i^r - 1}{\sigma_i^r} \right]^{\frac{\sigma_i^r}{\sigma_i^r - 1}}} \quad (15)$$

次に、需要が変化した場合を想定すると以下ようになる。まず、需要変化から可変生産要素の需要は式(8)の最適化問題から次のように求まる。

$$q_{v\cdot}^r = \left(n_i^r \right)^{\frac{\sigma_i^r}{\sigma_i^r - 1}} \frac{D_i^r}{a_i^r} \quad (16)$$

全体での超過利潤が消滅するゼロ利潤条件は以下のようになる。すなわち、(16)および(17)の式を満たすように、需要変化後の企業数は決定される。

$$n_i^r p_i^r \left(q_{v\cdot}^r + \bar{q}_{v\cdot}^{jr} \right) = P_i^r D_i^r \quad (17)$$

この新しい企業数の下で、完全競争企業への財需要は以下のように求まる。

$$Q_i^r = n_i^r \left(q_{v\cdot}^r + \bar{q}_{v\cdot}^{jr} \right) \quad (18)$$

ただし、

- p_i^r : 地域 r 財 i の財生産企業からの財購入価格
- q_{vi}^r : 地域 r 企業 v の製品差別化された財 i の投入量
- D_i^r : 地域 r 財 i のバラエティ生産企業による生産量
- a_i^r : 地域 r 財 i のバラエティ生産企業の効率パラメータ
- σ_i^r : 地域 r 財 i の自己価格弾力性
- P_i^r : 地域 r 財 i のバラエティ生産企業の供給者価格
- $\bar{q}_{v\cdot}^{jr}$: 地域 r 財 i バラエティ生産企業 v の固定投入量

(4)家計の行動モデル

地域 r には代表的な世帯が存在し、自地域と他地域の財 i を消費し、CES型の効用関数構造を持つと仮定する。

$$\max U^r = \left(\sum_{i \in I} \left(\gamma_i^r \right)^{\frac{1}{\sigma^c}} \left(d_i^r \right)^{\frac{\sigma^c - 1}{\sigma^c}} \right)^{\frac{\sigma^c}{\sigma^c - 1}} \quad (19)$$

$$s.t. \sum_{i \in I} P_i^r d_i^r = y^r = w^r L^r + r^r K^r$$

式(19)を解くと、次の需要関数を得る。

$$d_i^r \left(p_i^r, y^r \right) = \frac{\gamma_i^r \left(P_i^r \right)^{(1 - \sigma^c)} y^r}{\sum_{j \in I} \gamma_j^r \left(P_j^r \right)^{(1 - \sigma^c)} P_i^r} \quad (20)$$

ただし、

- U^r : 地域 r の効用関数
- γ_i^r : 地域 r の家計における産業 i からの消費分配パラメータ
- d_i^r : 地域 r の家計が消費する財 i の消費量
- σ^c : 家計の財消費に関する代替パラメータ
- y^r : 地域 r の家計の所得

- L^r : 地域 r の労働供給量
- K^r : 地域 r の資本供給量

(5)地域間交易モデル

地域間交易については、地域間交易係数は地域 r' の消費者および企業が生産地 r を財の購入先に選ぶ確率と考え、以下のようにHarker型で定式化する。

$$S_i^{rr'} = \frac{Q_i^r \exp \left[-\lambda_i P_i^r \left(1 + \phi_i^{rr'} \right) \right]}{\sum_{m \in R} Q_i^m \exp \left[-\lambda_i P_i^m \left(1 + \phi_i^{rm'} \right) \right]} \quad (21)$$

また、均衡状態では消費地価格は次の式を満たす。

$$P_i^{r'} = \sum_{r \in R} S_i^{rr'} P_i^r \left(1 + \phi_i^{rr'} \right) \quad (22)$$

ただし、

- $S_i^{rr'}$: 地域間交易係数
- $\phi_i^{rr'}$: 輸送費用率
- λ_i : ロジットパラメータ

(6)市場均衡条件

(a)完全競争財価格体系

$$P_i^r = c_i^r \left(P_i^r, w^r, r^r \right) \quad (23)$$

(b)独占的競争市場

$$D_i^r = \left(\frac{\sigma_i^r}{\sigma_i^r + 1} \right) \sum_{r' \in R} z_i^{rr'} \left(1 + \phi_i^{rr'} \right) \quad (24)$$

$$z_i^{rr'} = S_i^{rr'} \left(\sum_{j \in I} X_{ji}^r + d_i^r \right) \quad (25)$$

(c)生産要素市場

$$L^r = \sum_{i \in I} l_i^r \quad (26)$$

$$K^r = \sum_{i \in I} k_i^r \quad (27)$$

3. 実証分析

本研究では、災害発生により交通ネットワークが寸断したことによる経済的被害予測を行った。モデルでは交通ネットワーク寸断による変化を、交通一般化費用の増加によって表現している。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が通行不可能になることにより交通一般化費用が上昇することを想定している。また、生産財は完全競争のもとで生産される財（第一次産業、第三次産業）と、独占的競争のもとで生産される財（第二次産業）とする。計算結果は以下のとおりである。なお、 $\sigma_2^r = 4$ としている。

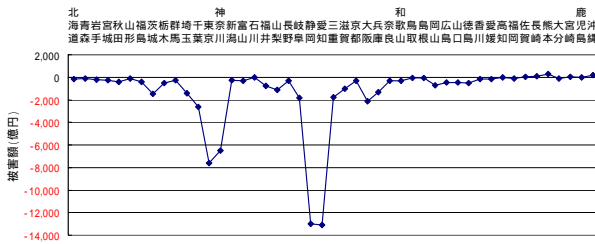


図 3 災害による経済的被害

図 3 は独占的競争を考慮した SCGE モデルでの経済的被害額の計算結果を示したものである。図 3 より、直接的な被災地域である静岡県の経済的被害は、1.30 兆円である。今回の災害シナリオ下では、隣接する愛知県県の被害額が 1.31 兆円と直接被災地域である静岡県より大きくなる事が分かる。また、東京(7,615 億円)、神奈川(6,494 億円)の被害額が他県に比べ大きくっており、関東地方での太平洋側で被害が大きくなる事が確認できる。

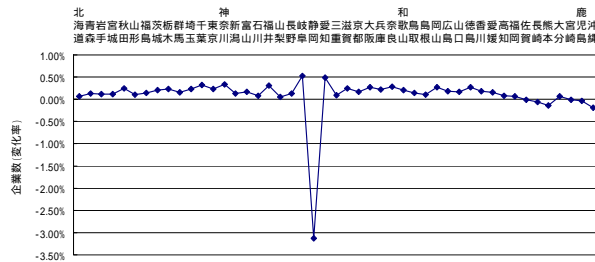


図 4 企業数の変化

図 4 は災害後の企業数の変化率を示したものである。まず、被災地域である静岡では企業数が大きく減少している。これは、災害によって生産量が減少し、1 企業における生産効率が悪くなるために、静岡県内から企業が撤退したと考えられる。また、静岡に隣接している、岐阜(0.26%)、愛知(0.24%)では他県に比べ大きく企業数が増加している。これは、静岡県内の撤退した企業が、新規参入を図るためと考えられる。

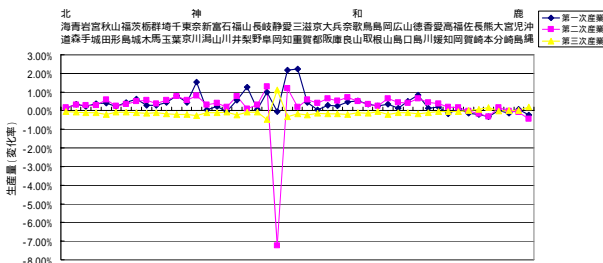


図 5 生産量の変化

図 - 5 は各都道府県、各産業別の生産量の変化を示している。静岡県の第二次産業で被害が著しく大きく、一方で、静岡県の第三次産業での生産量が増加している。今

後より詳細に分析する必要があるが、これは、静岡県の世帯が第二次産業の製品の代替財として第三次産業の製品を消費したためであると推測できる。これらの想定が災害時にどの程度妥当であるかは、今後検討の余地がある。

4. 結論

本研究では、通常の SCGE モデルに、独占的競争企業の行動を組み込み、企業規模の変化を内生的に扱えるようにモデルの構築を行った。既存研究にはない、企業規模の変化とそれに伴う経済的被害の評価を行うことができた。現在のモデルでの想定は、生産財市場は均衡し、生産要素市場は地域内で均衡するような社会を想定し、それに伴い、企業規模が内生的になるようモデルを構築した。災害後にどのような市場条件がどのような時間で成立するのかにより、どの程度経済的被害予測が異なってくるのか、今後検討が必要である。また、それら結果の考察と事後的な経済被害の現地調査結果から、どのような想定を経済被害推定モデルが望ましいか検討する必要がある。

【参考文献】

- 1) 事業所・企業統計調査
<http://www.stat.go.jp/data/jigyou/> .
- 2) 土屋哲・多々納裕一・岡田憲夫, 巨大地震災害時の交通施設の機能低下に起因する社会経済損失の計量化に関する研究, 2004 .
- 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, 2005 .
- 4) 久武昌人・山崎清, 独占的競争を取り入れた多地域 CGE モデルの構築, 2006 .
- 5) 岸本達彦・小池淳司, 独占的競争を考慮に入れた CGE モデルの開発, 鳥取大学工学部社会開発システム工学科 卒業論文, 2002 .
- 6) 川崎泰史・伴金美, 収穫逓増と独占的競争を取り入れた日本経済の応用一般均衡モデルの開発, 内閣府経済社会総合研究所, 2005 .
- 7) 右近崇・小池淳司, 空間経済レベルに応じた応用一般均衡モデルによる公共政策評価手法, 鳥取大学大学院工学研究科社会開発システム工学専攻 修士論文, 2004 .
- 8) Dixit Avinash and Joseph Stiglitz, Monopolistic Competition and Optimum Product Diversity, American Economic Review, 1977 .

