

# 財供給制約を考慮したSCGEモデルによる災害の経済被害評価\*

Economic damage assessment by the SCGE model under production supply constraint\*

小池淳司\*\*・山田勝也\*\*\*

By Atsushi KOIKE\*\*・Katsuya YAMADA\*\*\*

## 1. はじめに

わが国は、国土の大部分が地震・台風などの大規模自然災害の脅威にさらされている。また、交通・情報ネットワークが発達した現代では、地域間の経済的相互依存関係が強く、大規模自然災害による影響は、直接的に人的・物的被害（直接被害）を被った地域のみならず、直接的な被災をまぬがれた地域においても社会的・経済的に被害（間接被害）が及ぶ可能性がある。

この間接的被害の計測において、筆者ら<sup>1)</sup>のグループでは空間的応用一般均衡モデル（以下、SCGEモデル）による計測手法の提案ならびに実証分析結果を紹介してきた。また、土屋・多々納・岡田らの研究<sup>2)</sup>も同様の問題意識の下、これらの問題に取り組み、経済的被害計測精度の向上に努めてきている。一方、SCGEモデルはワルラス的一般均衡体系に基づきモデル構築がなされており、災害前後での社会も、当然、全ての市場が均衡していることを想定している。しかしながら、災害後の時点想定に依存するが、短期的には災害後に全ての市場が均衡しているとは言いがたいであろう。そこで、本研究では、災害直後に生産財市場において、ある地域（被災地域）の財の供給が制約される状況を想定したSCGEモデルを提案し、モデルの構築ならびに実証分析結果を紹介する。

本研究で想定しているモデルでは、災害により特定地域での生産財の供給が制約される状況を想定する。ここで、財の供給制約とは具体的には、災害発生により交通資本やライフラインの崩壊によって、被災地域への生産財およびサービスの供給能力にある一定割合で制約がかせられることを想定している。この財供給制約による供給量の減少は、図-1に示すように、財価格の上昇を招き、企業に超過利潤を発生させる。

\*キーワード：災害被害計測、SCGE、不均衡モデル

\*\*正員、工博、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)

\*\*\*学生員、鳥取大学大学院工学研究科博士前期課程

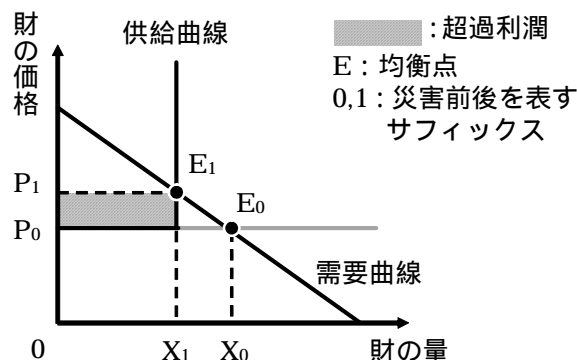


図-1 財供給制約時の市場

この超過利潤の分配が、経済的被害の空間的帰着構造にどのような影響を与えるのかを実証的数値シミュレーションで知ることが本研究の目的となる。なお、このように不均衡状態を扱った一般均衡分析の先進的研究として、上田<sup>3)</sup>の研究があるが、本研究ではこれをSCGEのフレームで計算可能にしていることに特徴がある。

## 2. モデル分析

分析には、付表-1で示す、地域間の相互依存関係を表現可能なSCGEモデルを用いる。このSCGEモデルにより、局所的な災害が、周辺地域および全国へと波及していく様子を把握することが可能となる。なお、不均衡状態をモデル化した状態でのワルラス法則の確認は付表-2に示すとおりである。

### 2-1. 不均衡状態のモデル化

図-1で示すように、財・サービスの生産・供給能力が制約されると、財価格が上昇する。このとき、財価格の上昇をマークアップ率によって表現する。マークアップ率により、災害による財の生産地と消費地の価格の乖離を式(1)のように表現できる。

$$P_j^{ii} = (1 + \tau_j^{ii}) P_j^i \quad (1)$$

ただし、 $P_j^{ii}$ ：消費地価格、 $P_j^i$ ：生産地価格、

$t_j^{ii}$  : 供給制約によるマークアップ率,  $i$  : 地域を表すサフィックス,  $j$  : 産業を表すサフィックス

マークアップ率の導出には, 中間投入合成財 1 単位あたりの中間投入逆需要関数である式(2)を用いる.

$$P_j^{ii} = \delta_{jj}^{ii} \left\{ \phi_{jj}^i \left( \sum_{i' \in I} \delta_{jj}^{i'j} P_j^{i'j} \right)^{\frac{\sigma_j}{\sigma_j - 1}} cx_{jj}^{ii} \right\}^{\frac{1}{\sigma_j}} \quad (2)$$

ただし,  $cx_{jj}^{ii}$  : 中間投入合成財 1 単位あたりの中間投入財需要量,  $\delta_{jj}^{ii}$  : 中間投入合成財に関する分配パラメータ,  $\phi_{jj}^i$  : 中間投入合成財に関する効率パラメータ,  $\sigma_j$  : 産業  $j$  の中間投入合成財に関する地域選択の代替弾力性

財・サービスの供給量が災害前の SC% に制約されると設定したとき, 式(2)において中間投入合成財 1 単位あたりの中間投入財需要量  $cx_{jj}^{ii}$  が, 災害前の SC% になると設定することで災害後の価格を決定する. このとき, 地域  $i'$  で生産された産業  $j$  の財を地域  $i$  で消費する際の価格のマークアップ率  $\tau_j^{ii}$  は, 式(3)のように求められる. つまり, 制約水準と代替弾力性の値によりマークアップ率を計算することが可能となる.

$$1 + \tau_j^{ii} = SC \frac{1}{\sigma_j} \quad (3)$$

次に, 式(1)のように, 財価格が生産地と消費地で乖離することにより, 財を生産している企業に超過利潤が生まれる. 超過利潤には, 企業が中間投入財を購入することによって生まれる超過利潤と, 家計が最終消費財を購入することによって生まれる超過利潤がある. そのため, これらを足し合わせることで, 財を生産している企業が受け取る超過利潤を導出する. 企業が受け取る超過利潤の導出方法を式(4)に示す. 社会経済の想定に依存するが, 企業が受け取る超過利潤は, 最終的に利潤配当として当該地域の家計に帰着すると仮定する. すると, 家計が受け取る利潤配当額は, 式(5)で示されることとなる.

$$\pi_j^{ii} = \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \tau_j^{ii} P_j^{ii} x_{jj}^{ii} + \sum_{i \in I} \tau_j^{ii} P_j^{ii} q_j^{ii} \quad (4)$$

$$\pi_j^{ii} = \sum_{j \in J} \pi_j^{ii} \quad (5)$$

ただし,  $\pi_j^{ii}$  : 地域  $i'$  の産業  $j$  が得る超過利潤,  $\pi_j^{ii}$  : 地域  $i'$  の家計が受け取る利潤配当,  $x_{jj}^{ii}$  : 地域  $i'$  から地域  $i$ , 産業  $j$  から産業  $j$  への中間投入財,  $q_j^{ii}$  : 地域  $i$  の家計が消費する地域  $i'$  産業  $j$  の消費量

## 2 - 2 . 実証的数値シミュレーション

数値シミュレーションにあたって, 基準データセットには, 平成7年47都道府県産業連関表<sup>4)</sup>を用いた. また, 地域集計単位は都道府県別47地域, 産業区分は, 第一次産業, 第二次産業, 第三次産業の3区分とした. 次に, 災害シナリオには, 静岡県における災害を想定し, 静岡県発および静岡県着の生産財の供給量が, すべての産業において災害前の80%に制約されると設定した. なお, 経済被害額の算出には, 等価変分の概念を用い, 家計の効用水準の変化を金銭評価することで算出した.

まず, 図-2 に災害による経済的被害の計測結果を示す. 静岡県で大きな経済的便益, 東京都および愛知県で大きな経済的被害が算出されていることがわかる.

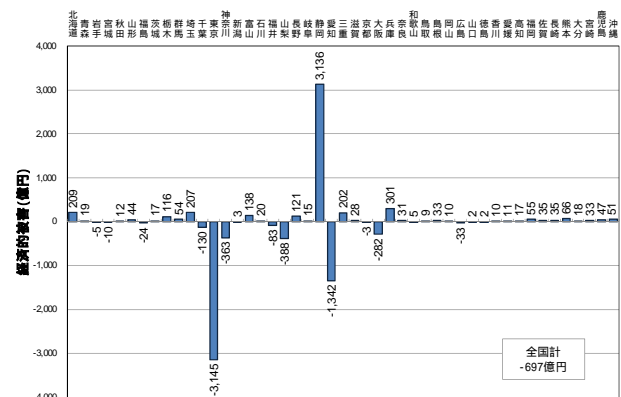


図-2 経済的被害

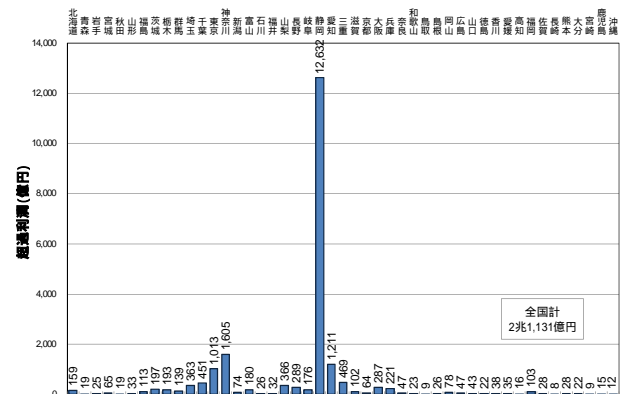


図-3 超過利潤

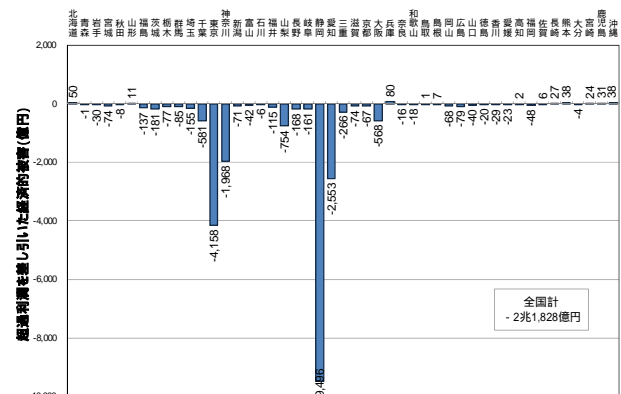


図-4 経済的被害 - 超過利潤

次に、図-3にはその時の超過利潤の値を示している。静岡県で大きな超過利潤が発生している。つまり、静岡県では移出産業における超過利潤の発生が、災害後において発生する世帯の効用低下よりも大きな値で計測されたことがわかる。一方、多くの経済的被害をうける東京都および愛知県では、超過利潤に比較して、世帯の効用低下が多きことを示している。さらに、図-4には経済的被害から超過利潤を差し引いた値を示している。これは、超過利潤を除いた、純粋な効用水準の低下のみを示したものである。これによると、直接的な被災地である静岡県での被害が甚大であること、さらに、東京都・神奈川県・愛知県での間接的被害額が多きことがわかる。

この図-4に示されている値は、従来のSCGEモデルでIceberg型交通費用を用いて被害算出されたものと理論的には同じになっている。つまり、Iceberg型で災害により追加的に必要な交通費用が消滅してしまう構造が、この超過利潤が無くなることと一致していると考えられるからである。一方、現実的には、企業にある程度の超過利潤が発生するが、その超過利潤分は、企業の自主的な復旧活動として消滅してしまう可能性がある。そのため、どの地域にどのような超過利潤が残るべきなのかは、災害復旧後の調査結果を勘案して、設定すべきであろう。

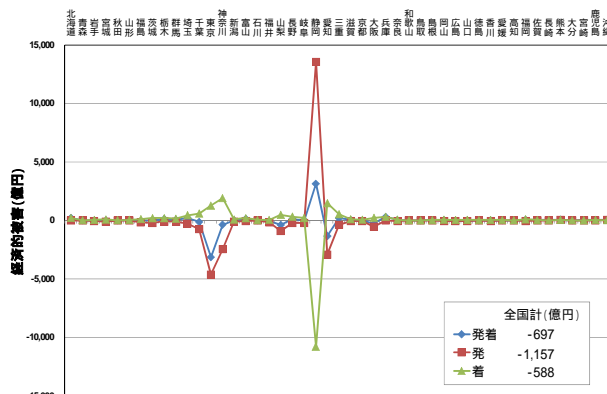


図-5 経済的被害の比較

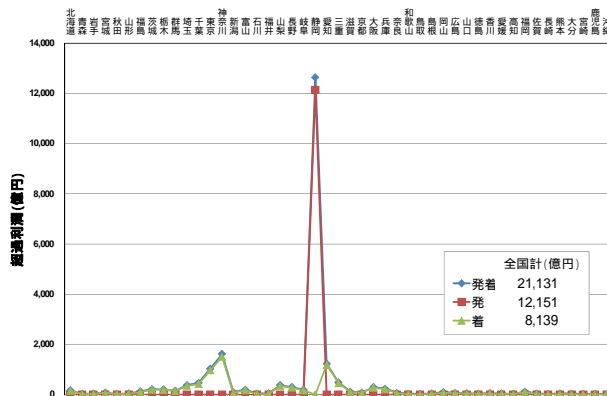


図-6 超過利潤の比較

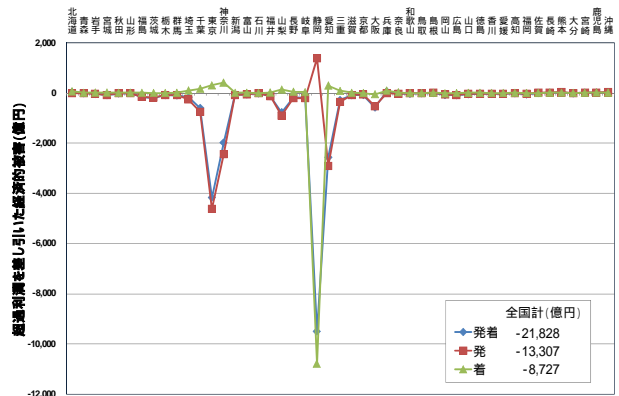


図-7 経済的被害 - 超過利潤の比較

なお、静岡県発、静岡県着の別々に制約を加えた場合の計測結果は図-5 ~ 7に示すとおりである。これらの分析結果の詳細は講演時に行う。

### 3. おわりに

本研究では、災害の間接被害をより正確に把握するため、生産財の供給制約を考慮したSCGEモデルを提案し、その実証研究として数値シミュレーションを行った。その結果、これまでのIceberg型SCGEモデルで計測されている値との理論的相違点と計測結果の違いについて考察することが可能となった。一方で、本研究で想定している企業の超過利潤の発生メカニズムについて実態調査を行う必要性があり、それらの結果が最終的な間接被害の帰着状況に大きく影響することがわかった。なお、ここで想定している超過利潤が消滅する要因としては、先にあげた企業の自主的復旧活動や在庫の時間経過による価値喪失などがあげられる。

### 参考文献

- 1) 例えば、小池淳司・上田孝行：大規模地震による経済的被害の空間的把握-空間的応用一般均衡モデルによる計量厚生分析-，防災の経済分析，勁草書房，第8章，pp.136-149，2005。
- 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，京都大学防災研究所年報，第47号B，2004。
- 3) 上田孝行：防災投資の便益評価 - 不確実性と不均衡の概念を念頭に置いて -，土木計画学研究論文集No.14，pp17-34，1997。
- 4) 宮城俊彦・石川良文・由利昌平・土谷和之：地域内産業連関表を用いた都道府県産業連関表の作成，土木計画学研究・論文集，pp.87-95，2003。
- 5) 土谷和之・秋吉盛司・小池淳司：SCGE モデルにおける地域間交易の代替弾力性に関する検討，応用地域学会第19回研究発表会，明海大学，2005。

【付表 - 1】

企業行動モデル		家計行動モデル	
第一段階	$Q_j^i = \min \left( \frac{VA_j^i(l_j^i, k_j^i)}{a_{0j}^i}, \frac{x_{1j}^i}{a_{1j}^i}, \dots, \frac{x_{jj}^i}{a_{jj}^i}, \dots, \frac{x_{jj}^i}{a_{jj}^i} \right)$	第二段階	$V^i = \max_{q_j^i} \left( \sum_{j \in J} (\gamma_j^i)^{\frac{\rho_1}{\rho_1-1}} (q_j^i)^{\frac{\rho_1-1}{\rho_1}} \right)^{\frac{\rho_1}{\rho_1-1}}$ $s.t. \sum_{j \in J} p_j^i q_j^i = w^i L^i + r^i K^i + \pi^i$
	<p>ただし、<math>Q_j^i</math> : 地域<i>i</i> 産業 <i>j</i> の生産量、<math>VA_j^i</math> : 地域<i>i</i> 産業 <i>j</i> の付加価値、<math>x_{j'j}^i</math> : 地域<i>i</i> の産業 <i>j'</i> から産業 <i>j</i> への中間投入合成財、<math>a_{j'j}^i</math> : 地域<i>i</i> の産業 <i>j'</i> から産業 <i>j</i> への中間投入合成財の投入係数、<math>a_{0j}^i</math> : 地域<i>i</i> 産業 <i>j</i> の付加価値比率</p>		<p>ただし、<math>V^i</math> : 地域<i>i</i> の間接効用関数、<math>q_j^i</math> : 地域<i>i</i> の家計が消費する産業 <i>j</i> の合成財消費量、<math>L^i</math> : 地域<i>i</i> の労働供給量、<math>K^i</math> : 地域<i>i</i> の資本供給量、<math>\gamma_j^i</math> : 地域<i>i</i> の家計における産業 <i>j</i> からの消費分配パラメータ、<math>\rho_1</math> : 家計の合成消費における財選択の代替弾力性、<math>p_j^i</math> : 地域<i>i</i> の家計が直面する産業 <i>j</i> の合成消費財価格、<math>\pi^i</math> : 利潤配当</p>
第二段階	$\min_{l_j^i, k_j^i} w^i l_j^i + r^i k_j^i$ $s.t. VA_j^i = \eta_j^i l_j^i \alpha_{1j}^i k_j^i \alpha_{2j}^i$	第二段階	$V'^i = \max_{q_j^{ii}} \left( \sum_{i' \in I} (\gamma_j^{i'})^{\frac{1}{\rho_2}} (q_j^{ii})^{\frac{\rho_2-1}{\rho_2}} \right)^{\frac{\rho_2}{\rho_2-1}}$ $s.t. p_j^i q_j^i = \sum_{i' \in I} (1 + \tau_j^{i'}) P_j^{i'} q_j^{i'}$
	<p>ただし、<math>w^i</math> : 地域<i>i</i> の労働賃金率、<math>r^i</math> : 地域<i>i</i> の資本レント、<math>l_j^i</math> : 地域<i>i</i> 産業 <i>j</i> の労働投入量、<math>k_j^i</math> : 地域<i>i</i> 産業 <i>j</i> の資本投入量、<math>\eta_j^i</math> : 地域<i>i</i> 産業 <i>j</i> の効率パラメータ、<math>\alpha_{1j}^i</math> : 地域<i>i</i> 産業 <i>j</i> の生産要素(労働)の分配パラメータ、<math>\alpha_{2j}^i</math> : 地域<i>i</i> 産業 <i>j</i> の生産要素(労働)の分配パラメータ</p>		<p>ただし、<math>V'^i</math> : 地域<i>i</i> 産業 <i>j</i> の間接効用関数、<math>q_j^{ii}</math> : 地域<i>i</i> の家計が消費する地域<i>i'</i> 産業 <i>j</i> の消費量、<math>\gamma_j^{i'}</math> : 地域<i>i'</i> から地域<i>i</i> への産業 <i>j</i> の消費の分配パラメータ、<math>\rho_2</math> : 家計の消費財における地域選択の代替弾力性</p>
	<p>付加価値</p>	市場均衡条件	
第一段階	$\min_{x_{j'j}^{ii}} \sum_{i' \in I} (1 + \tau_j^{i'}) P_j^{i'} x_{j'j}^{ii}$ $s.t. x_{j'j}^i = \phi_{j'j}^i \left( \sum_{i' \in I} \delta_{j'j}^{i'} x_{j'j}^{i'} \right)^{\frac{\sigma-1}{\sigma}}$	生産財市場	$Q_j^i = \sum_{i' \in I} \sum_{j \in J} x_{j'j}^{i'} + \sum_{i' \in I} q_j^{i'}$
	<p>中間投入財</p>	生産財価格検査係数	$P_j^i = a_{0j}^i (w^i c l_j^i + r^i c k_j^i) + \sum_{j \in J} a_{jj}^i (\phi_{jj}^i)^{-1} \left( \sum_{i' \in I} \delta_{jj}^{i'} P_j^{i'} \right)^{\frac{1}{1-\sigma}}$
	<p>ただし、<math>P_j^{i'}</math> : 地域<i>i'</i> で生産された産業 <i>j</i> の財価格、<math>x_{j'j}^{ii}</math> : 地域<i>i'</i> から地域<i>i</i>、産業 <i>j'</i> から産業 <i>j</i> への中間投入財、<math>\phi_{j'j}^i</math> : 地域<i>i</i> の産業 <i>j'</i> から産業 <i>j</i> への効率パラメータ、<math>\delta_{j'j}^{i'}</math> : 地域<i>i'</i> から地域<i>i</i>、産業 <i>j'</i> から産業 <i>j</i> への分配パラメータ、<math>\sigma</math> : 企業の地域選択の代替弾力性、<math>\tau_j^{i'}</math> : 生産地価格と消費地価格のギャップ(マークアップ率)</p>	生産要素市場	$\sum_{j \in J} [a_{0j}^i Q_j^i c l_j^i (w^i, r^i)] = L^i, \quad \sum_{j \in J} [a_{0j}^i Q_j^i c k_j^i (w^i, r^i)] = K^i$
			<p>ただし、<math>c l_j^i</math> : 付加価値 1 単位当たりの労働需要関数、<math>c k_j^i</math> : 付加価値 1 単位当たりの資本需要関数</p>

【付表 - 2】

財供給制約を考慮した SCGE モデルのワルラス法則	
収支均等条件の総和	$\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} P_j^i Q_j^i = \sum_{i' \in I} \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{j' \in J} (1 + \tau_j^{i'}) P_j^{i'} x_{j'j}^{ii} + \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} (w^i l_j^i + r^i k_j^i)$
需給額均等条件の総和	$\sum_{i' \in I} \sum_{j \in J} P_j^{i'} Q_j^{i'} = \sum_{i' \in I} \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{j' \in J} P_j^{i'} x_{j'j}^{ii} + \sum_{i' \in I} \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} P_j^{i'} q_j^{i'}$
所得制約条件の総和	$\sum_{i' \in I} \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} (1 + \tau_j^{i'}) P_j^{i'} q_j^{i'} = \sum_{i \in I} (w^i L^i + r^i K^i + \pi^i)$
ワルラス法則	$\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \left\{ w^i (l_j^i + l_j^i - L^i) + r^i (k_j^i + k_j^i - K^i) \right\} + \sum_{i' \in I} \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{j' \in J} \tau_j^{i'} P_j^{i'} x_{j'j}^{ii} + \sum_{i' \in I} \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \tau_j^{i'} P_j^{i'} q_j^{i'} - \sum_{i \in I} \pi^i = 0$