

スマトラ沖地震の経済被害評価*

Economic Damage Assessment of Sumatra Earthquake*

小池淳司**・大田垣聡***

By Atsushi KOIKE**・Akira OHTAGAKI***

1. はじめに

2004 (平成 16) 年 12 月 26 日に発生したスマトラ沖地震では地震による被害に加えて津波による甚大な被害が報告されている。これらの被害には、直接的な人的・物的被害に加え長期的な経済活動休止 (あるいは停止) による被害の拡大が懸念されている。特に経済的被害は、被災国経済だけに留まらず、広く世界各地に拡大していると考えられる。しかしながら、それらの経済的被害を直接的に計測することは困難である。そこで、本研究では空間的応用一般均衡分析を用いてスマトラ沖地震の経済的被害を評価する手法を提案すると同時に実証分析を実施することを目的としている。

空間的応用一般均衡モデルを用いて経済的被害を定量化するためには、①どのようなフレームのモデルを用いるか②被害状況を表現する変数をどのように設定するか③どのようなデータセットを用いるか④被害の想定シナリオをどのように設定するかといった課題がある。その後、実証分析を通じて経済被害額を定量的に評価することとなる。本研究では、第 2 章で各国の経済が内生的交易量を通じて繋がっている空間的応用一般均衡モデルを用い、被害状況は被災国の経済に対して、物的被害による①生産効率性の低下および②資本初期保有量の減少、人的被害による③労働初期保有量の減少をモデル化する。さらに、第 3, 4 章で上記の人的・物的被害を仮想的に想定した条件下での実証分析およびその感度分析をおこない、インドネシアでの人的・物的被害がどの程度他国に波及するかを計測する。最後に、第 5 章で本研究の成果と問題点を示す。なお、本研究と既存研究¹⁾²⁾では被害状況の表現方法が異なる。また、実証分析にあたっては、1995 年アジア国際産業連関表³⁾を用いた。

2. 空間的応用一般均衡モデルの概要

(1) モデルの仮定

社会経済モデルの構築に際し、以下の仮定を設ける。

- I) I 国から構成される経済空間を考える。
- II) 各国には J 個のアクティビティベースの企業と代

表的家計が存在する。

- III) 財市場は地域に開放されているのに対し、生産要素市場は地域内で閉じている。
- IV) 各財は Armington 仮説を前提としている。
- V) 為替レートは基準均衡時点のまま一定とする。
- VI) 社会経済は完全競争下の長期的均衡状態にある。

(2) 企業の行動モデル

i 国に立地し j 財を生産する企業は、自地域と他地域で生産された中間投入財を労働、資本により構成される生産要素を用い、ネスティッド CES 型の生産構造の生産技術を用いて財を生産するとする。以下に、j 財を生産する企業の行動を定式化する。まず、第 1 段階においては、生産関数を以下のように Leontief 型で定式化する。

$$Q_j^i = \min \left\{ \frac{VA_j^i(l_j^i, k_j^i)}{a_{0j}^i}, \frac{x_{1j}^i}{a_{1j}^i}, \dots, \frac{x_{fj}^i}{a_{fj}^i}, \dots, \frac{x_{jj}^i}{a_{jj}^i} \right\} \quad (1)$$

ただし、 Q_j^i : 生産量、 VA_j^i : 付加価値、 x_{fj}^i : 中間投入合成財、 a_{fj}^i : 投入係数、 a_{0j}^i : 付加価値比率。

次に、第 2 段階における付加価値に関する最適化問題は以下のように生産技術制約下での費用最小化行動として定式化する。ここで、付加価値関数は労働と資本の規模に関して収穫一定を仮定したコブ・ダグラス型を仮定している。

$$\min_{l_j^i, k_j^i} w^i l_j^i + r^i k_j^i \quad (2)$$

$$s.t. VA_j^i = \eta_j^i l_j^{\alpha_{1j}^i} k_j^{\alpha_{2j}^i} = 1$$

ただし、 w^i : 労働賃金率、 r^i : 資本レント、 l_j^i : 労働投入量、 k_j^i : 資本投入量、 η_j^i : 効率パラメータ、 α_{1j}^i : 生産要素 (労働) の分配パラメータ、 α_{2j}^i : 生産要素 (資本) の分配パラメータ ($\alpha_{1j}^i + \alpha_{2j}^i = 1$)。

上式より、付加価値 1 単位あたりの条件付生産要素需要 cl_j^i, ck_j^i が得られる。同様に、第 2 段階における中間投入合成財に関する最適化問題は以下のように中間投入合成財投入制約下の費用最小化行動として定式化する。

$$\min_{x_{fj}^i} \sum_{f \in I} P_{fj}^i x_{fj}^i \quad (3)$$

$$s.t. x_{fj}^i = \phi_{fj}^i \left(\sum_{f \in I} \delta_{fj}^i \frac{1}{\sigma} x_{fj}^{\frac{\sigma}{\sigma-1}} \right)^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} = 1$$

*キーワードズ：スマトラ沖地震，経済被害評価

**正員，博士，鳥取大学工学部社会開発システム工学科

***学生会員，鳥取大学大学院，工学研究科

(〒680-8552 鳥取市湖山町南 4-101, e-mail:koike@sse.tottori-u.ac.jp)

ただし、 P_j^i : 生産財価格、 x_{jj}^i : 中間投入財、 ϕ_{jj}^i : 効率パラメータ、 δ_{jj}^i : 分配パラメータ、 σ : 企業の地域選択の代替弾力性。

上式より、中間投入財 1 単位あたりの中間投入需要 cx_{jj}^i が得られる。さらに、企業の生産関数が規模に関して収穫一定であるため、企業の利潤はゼロになり、かつ、企業の提供する生産財の価格は単位生産量あたりの費用（平均費用）に等しい水準になる。すなわち、以下の式が成立する。

$$P_j^i = a_{0j}^i (w^i c_{jj}^i + r c_{kj}^i) + \sum_{j \in J} a_{jj}^i (\phi)^{-1} \left(\sum_{i \in I} \delta_{jj}^i \sigma P_j^{i1-\sigma} \right)^{\frac{1}{1-\sigma}} \quad (4)$$

(3) 家計の行動モデル

i 国には代表的な家計が存在し、自国と他国の j 財を消費すると仮定し、第 1 段階においては各合成消費財の代替関係を CES 型で表現し、第 2 段階においては合成消費財を形成する自国製品と他国製品の代替関係を CES 型で表現する。これにより、合成消費財間および自国製品と他国製品間の代替関係を実証的に表現可能となる。なお、家計は労働と資本を価格に対して非弾力的に供給しているとする。以下に、家計の行動を所得制約条件下での効用最大化行動として定式化する。まず、第 1 段階における最適化行動は以下のように定式化する。

$$V^i = \max_{q_j^i} \left\{ \sum_{j \in J} \gamma_j^i \frac{1}{\rho^i} q_j^i \frac{\rho^i - 1}{\rho^i} \right\}^{\frac{\rho^i}{\rho^i - 1}} \quad (5)$$

$$s.t. \sum_{j \in J} p_j^i q_j^i = w^i L^i + r^i K^i$$

ただし、 V^i : 間接効用関数、 q_j^i : 合成財消費量、 L^i : 労働供給量、 K^i : 資本供給量、 γ_j^i : 消費の分配パラメータ、 ρ^i : 家計の合成財消費の代替弾力性、 p_j^i : 合成消費財の価格。

上式より、合成消費財の需要関数 q_j^i が得られる。次に、第 2 段階では、合成消費財需要関数から各国の需要を求めるため、以下のように合成消費財消費制約下でのサブ効用最大化行動を定式化する。これにより、地域ごとの合成消費財の需要量 q_j^i が得られる。

$$V^i = \max_{q_j^i} \left\{ \sum_{j \in J} \gamma_j^i \frac{1}{\rho^i} q_j^i \frac{\rho^i - 1}{\rho^i} \right\}^{\frac{\rho^i}{\rho^i - 1}} \quad (6)$$

$$s.t. p_j^i q_j^i = \sum_{i \in I} P_j^i q_j^i$$

ただし、 V_j^i : 国 i 産業 j の間接効用関数、 q_j^i : 国 i から国 i への産業 j の合成財消費量、 γ_j^i : 国 i から国 i 産業 j の消費の分配パラメータ、 ρ^i : 家計の合成財消費における地域選択の代替弾力性。

(4) 市場均衡条件

企業に対して、規模に関して収穫一定の仮定をおいているため、生産財市場は常に、需要量に応じて供給量が生産される(式(8))。そこで、市場均衡条件としては生産要素市場である労働市場(式(7.a))と資本市場(式(7.b))を考慮すればよい。なお、これらの生産要素価格のうちで 1 つをニューメレール財とすることで、全ての価格が相対価格として求めることが可能となる。

$$\sum_{j \in J} a_{1j}^i \frac{a_{0j}^i Q_j^i}{w^i} = L^i \quad (7.a)$$

$$\sum_{j \in J} a_{2j}^i \frac{a_{0j}^i Q_j^i}{r^i} = K^i \quad (7.b)$$

$$Q_j^i = \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} x_{jj}^i + \sum_{i \in I} c q_j^i q_j^i \quad (8)$$

(5) 災害変数設定

災害の被災状況を表現するための変数を以下のように定義する。

①被災国の労働初期保有量の低下

被災国の労働初期保有量を災害状況に応じて減少させる変数を導入する。

$$L^i = (1 - dL^i) L^i \quad (9)$$

dL^i : 被害の労働初期保有量への影響を表現するパラメータ ($0 \leq dL^i \leq 1$)

②被災国の資本初期保有量の低下

被災国の資本初期保有量を災害状況に応じて減少させる変数を導入する。

$$K^i = (1 - dK^i) K^i \quad (10)$$

dK^i : 被害の資本初期保有量への影響を表現するパラメータ ($0 \leq dK^i \leq 1$)

③災害国の生産効率性の低下

被災国の付加価値関数のパラメータを災害状況に応じて低下させる変数を導入する。

$$\eta_j^i = (1 - d\eta_j^i) \eta_j^i \quad (11)$$

$d\eta_j^i$: 被害の生産効率への影響を表現するパラメータ ($0 \leq d\eta_j^i \leq 1$)

これら 3 つの被害変数 dL^i 、 dK^i 、 $d\eta_j^i$ を組み合わせることにより、スマトラ沖地震の物的・人的被害をシミュレーション分析することが可能である。しかしながら現時点でどのような組合せが妥当かの判断は難しいため、それぞれの被害変数を感度分析的に組み合わせて定量分析を実施する。また、各被害変数の大きさであるが、被害状況報告書によって物的被害額にばらつきがあるため、

今回の実証分析では、仮想的な被害状況を想定した。

3. 実証分析

上記のモデルの実証分析を試みる。実証分析にあたり、1995 年アジア国際産業連関表^③で用いられている 10 地域（インドネシア、マレーシア、フィリピン、シンガポール、タイ、中国、台湾、韓国、日本、アメリカ）を対象地域とした。また、産業分類は集計された 7 部門（1 農林水産、2 鉱業、3 製造業、4 電気・ガス・水道、5 建設業、6 運輸、7 サービス）を対象産業とした。モデル内の各経済主体の行動モデルに関するパラメータは、1995 年アジア国際産業連関表^③を用いてキャリブレーション手法によって導出した。パラメータの詳細については、付表に示す。

実証分析に際して、本研究ではスマトラ島沖地震の被災国のうち、最も被害を被ったインドネシアの人的・物的被害のみに焦点をあて分析を行う。つまり、インドネシアへの 3 種類の被害想定を行い、先ほど定義した災害変数設定を用いて、定量的分析に反映させ、各国への経済的被害を計測する。今回の実証分析では、労働初期保有量、資本初期保有量を 10% 減少させ、生産効率性を 10% 低下させた場合と、各シナリオを個別に 10% 減少および低下させた場合の各結果について考察をおこなう。以下の表-1 にインドネシアへの被害のシナリオを示す。

表-1 被害想定シナリオ

被害規模想定	
シナリオ 1	労働初期保有量が減少
シナリオ 2	資本初期保有量が減少
シナリオ 3	生産効率性が低下

表-2 全シナリオ 10% の経済的被害（等価的変差）

インドネシア	マレーシア	フィリピン	シンガポール	タイ	中国	台湾	韓国	日本	アメリカ	全地域計
-46,580	-47	-14	-82	-19	-49	-68	-76	-349	-113	-47,398

(単位: 百万\$/年)

表-2 は労働初期保有量、資本初期保有量を 10% 減少させ、生産効率性を 10% 低下させた場合のシミュレーション分析結果である。この値は、1 年間の被害額を意味している。当然ながら、被災国であるインドネシアへの経済的被害が、全地域計の経済的被害の大半を占めていることがわかる。また被災国への経済的被害が他国へ空間的に波及していることが読み取れる。

次に、各国へ被害の波及状況を知るため、他国への被害の波及状況を図-1 に示す。

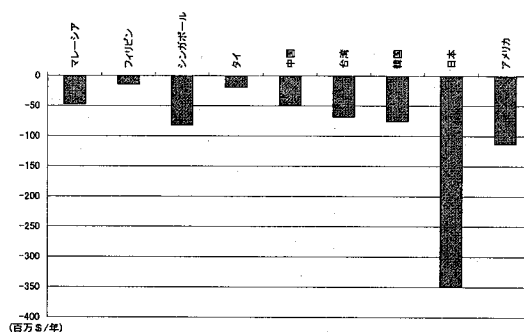


図-1 経済的被害の空間的波及状況

非被災国の経済的被害は、全体で 817 百万\$であり、その内訳はシンガポール (82 百万\$)、アメリカ (113 百万\$)、日本 (349 百万\$) の順で大きくなっている。さらに、日本での経済的被害額は、非被災国の経済的被害総額の約 40% 以上を占めており、スマトラ島沖地震により大きな経済的被害を受けた可能性があることを示唆している。これは、日本とインドネシア間での貿易量が多く、特に、インドネシアの最終需要に占める日本からの輸入額が大きいことに起因している。

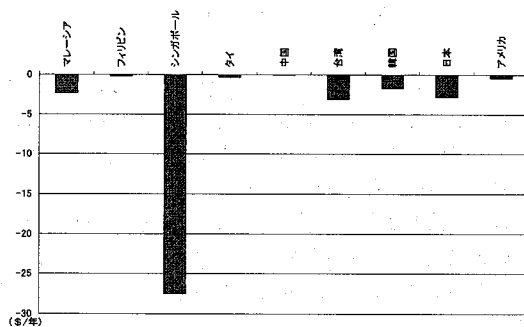


図-2 一人あたりの経済的被害

また、図-2 は一人あたりの経済的被害額を示している。ここでは、人口規模の小さなシンガポールの被害額が大きく、一人あたり 27.55\$/年となる。その他、生産要素財の価格である賃金率、資本レントの変化は図-3 および図-4 に示すとおりである。賃金率および資本レントも同様に各国でマイナスの影響を受けており、その影響は人口が比較的小さい国に大きく影響している。なお、ここで、シミュレーション分析において、韓国の資本をニューメーラールとしているため、その変化はゼロとなっている。

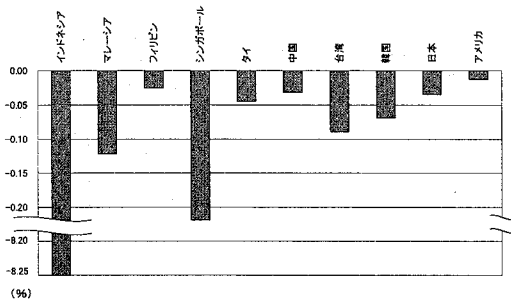


図-3 労働賃金率の変化率

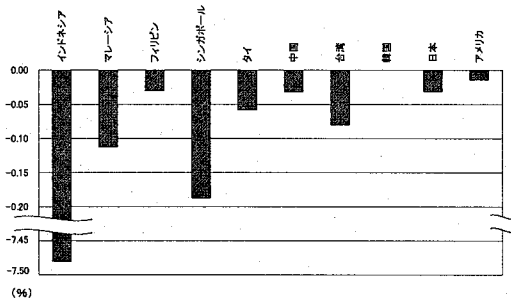


図-4 資本レントの変化率

また、表-3 では各国各財の生産財価格の変化を示しており、ここでは、インドネシアでの生産財価格が一様に上昇していることがわかる。一方で、非被災国ではごくわずかながら生産財価格が低下している。

以上の結果より、非被災国では生産財価格の低下という効果以上に生産要素価格の低下に直面して、結果的に実質所得が減少し、厚生水準が低下していることがわかる。

表-3 生産財価格の変化率

	1部門	2部門	3部門	4部門	5部門	6部門	7部門
インドネシア	2.59%	2.63%	2.31%	2.50%	2.29%	2.50%	2.38%
マレーシア	-0.10%	-0.11%	-0.07%	-0.10%	-0.07%	-0.10%	-0.10%
フィリピン	-0.01%	-0.01%	0.00%	-0.02%	-0.02%	-0.02%	-0.02%
シンガポール	-0.11%	-0.13%	-0.06%	-0.13%	-0.11%	-0.15%	-0.15%
タイ	-0.05%	-0.05%	-0.04%	-0.05%	-0.04%	-0.05%	-0.05%
中国	-0.03%	-0.03%	-0.02%	-0.03%	-0.02%	-0.03%	-0.03%
台湾	-0.07%	-0.07%	-0.04%	-0.02%	-0.05%	-0.08%	-0.08%
韓国	-0.01%	-0.02%	-0.01%	0.14%	-0.03%	-0.03%	-0.04%
日本	-0.03%	-0.03%	-0.02%	0.01%	-0.03%	-0.03%	-0.03%
アメリカ	-0.01%	-0.01%	-0.01%	-0.01%	-0.01%	-0.01%	-0.01%

続いて、各物的被害シナリオについて 10%減少および低下が個別に発生した場合についての計測結果を示す。各シナリオ個別の経済的被害は表-4 となった。

表-4 シナリオ個別の経済的被害

	インドネシア	マレーシア	フィリピン	シンガポール	タイ	中国	台湾	韓国	日本	アメリカ	全地域計
シナリオ1	-9,120	-16	2	13	6	7	8	21	79	20	
シナリオ2	-16,011	-17	-9	-26	-6	-33	-35	-54	-253	-75	
シナリオ3	-24,512	-27	-7	-32	-6	-24	-32	-35	-170	-53	

(単位: 百万円/年)

これによると、シナリオ 2, 3 では、全ての国が経済的被害を受けている。しかし、シナリオ 1 (労働初期保有量が減少) においては、経済的被害を受ける国以外に正の便益を受ける国があることがわかる。各シナリオによる非被災国の経済的被害を図-5 に示す。

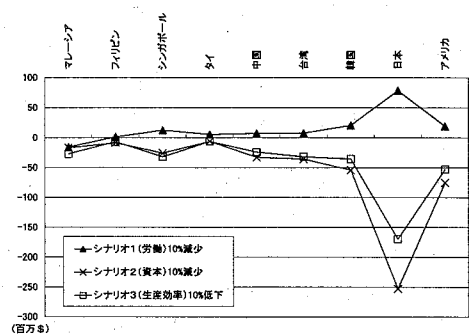


図-5 各シナリオの経済的被害波及状況

図-5 に示したシナリオ別各国経済的被害の違いは、災害による生産要素価格、生産財価格の変化が最終需要を変化させたことが原因であり、それは各国の需要構造に依存していると考えられる。この各シナリオの生産財価格の変化率を表-5, 6, 7 に示す。

表-5 生産財価格の変化率 (シナリオ 1)

	1部門	2部門	3部門	4部門	5部門	6部門	7部門	労働賃金率	資本レント
インドネシア	-1.00%	-1.25%	-0.16%	-0.42%	-0.98%	-0.05%	-1.27%	-2.4%	-3.10%
マレーシア	-0.05%	-0.05%	-0.04%	-0.05%	-0.04%	-0.05%	-0.05%	-0.05%	-0.05%
フィリピン	0.00%	-0.01%	-0.01%	-0.01%	-0.01%	-0.01%	-0.01%	0.00%	-0.01%
シンガポール	0.00%	0.01%	0.00%	0.02%	0.01%	0.01%	0.01%	0.01%	0.03%
タイ	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.01%	0.00%
中国	-0.01%	-0.01%	-0.01%	-0.01%	-0.01%	-0.01%	-0.01%	-0.01%	-0.01%
台湾	-0.01%	-0.01%	-0.01%	-0.02%	-0.01%	-0.01%	-0.01%	-0.01%	0.00%
韓国	0.00%	-0.01%	-0.01%	-0.08%	-0.01%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
日本	-0.01%	-0.01%	-0.01%	-0.03%	-0.01%	-0.01%	-0.01%	-0.01%	-0.01%
アメリカ	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%

表-6 生産財価格の変化率 (シナリオ 2)

	1部門	2部門	3部門	4部門	5部門	6部門	7部門	労働賃金率	資本レント
インドネシア	2.24%	2.51%	0.92%	1.00%	0.11%	1.22%	-0.16%	-5.92%	-0.02%
マレーシア	-0.02%	-0.03%	-0.01%	-0.02%	-0.01%	-0.02%	-0.02%	-0.03%	-0.02%
フィリピン	0.00%	0.00%	0.01%	-0.01%	0.00%	-0.01%	-0.01%	-0.01%	-0.01%
シンガポール	0.01%	-0.01%	0.01%	-0.01%	-0.01%	-0.02%	-0.02%	-0.05%	-0.02%
タイ	-0.01%	-0.01%	0.00%	-0.01%	0.00%	-0.01%	0.00%	0.00%	-0.01%
中国	-0.01%	-0.01%	0.00%	-0.01%	0.00%	-0.01%	-0.01%	-0.01%	-0.01%
台湾	-0.02%	-0.02%	0.00%	0.02%	-0.01%	-0.02%	-0.02%	-0.03%	-0.02%
韓国	0.00%	0.00%	0.00%	0.15%	-0.01%	-0.01%	-0.01%	-0.02%	0.00%
日本	-0.01%	-0.01%	0.00%	0.03%	-0.01%	-0.01%	-0.01%	-0.01%	-0.01%
アメリカ	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	-0.01%

表-7 生産財価格の変化率（シナリオ3）

	1部門	2部門	3部門	4部門	5部門	6部門	7部門	労働賃金率	資本レント
インドネシア	1.24%	1.26%	1.10%	1.19%	1.10%	1.15%	1.14%	-9.16%	-8.80%
マレーシア	-0.06%	-0.06%	-0.04%	-0.06%	-0.04%	-0.06%	-0.06%	-0.07%	-0.07%
フィリピン	-0.01%	-0.01%	0.00%	-0.01%	-0.01%	-0.01%	-0.01%	-0.01%	-0.02%
シンガポール	-0.03%	-0.05%	-0.02%	-0.04%	-0.04%	-0.05%	-0.05%	-0.09%	-0.06%
タイ	-0.02%	-0.02%	-0.01%	-0.02%	-0.02%	-0.02%	-0.02%	-0.01%	-0.02%
中国	-0.01%	-0.02%	-0.01%	-0.01%	-0.02%	-0.02%	-0.02%	-0.02%	-0.02%
台湾	-0.03%	-0.03%	-0.02%	-0.01%	-0.02%	-0.04%	-0.04%	-0.04%	-0.04%
韓国	-0.01%	-0.01%	-0.01%	0.07%	-0.01%	-0.01%	-0.02%	-0.03%	0.00%
日本	-0.02%	-0.01%	-0.01%	0.00%	-0.01%	-0.02%	-0.02%	-0.02%	-0.02%
アメリカ	-0.01%	-0.01%	-0.01%	-0.01%	-0.01%	-0.01%	-0.01%	-0.01%	-0.01%

各シナリオとも、当然ながらインドネシアの生産財価格の変化が最も大きく、その変化率は産業ごとに異なっている。これは、表-8 に示した要素集約度（生産に必要な資本量 K / 生産に必要な労働量 L ）が各産業で異なる傾向を持つからである。つまり、労働集約的な傾向を持っている産業である3, 5, 7部門は、インドネシアの労働初期保有量が減少するシナリオ1においては、労働賃金率の上昇に伴い生産財価格が上昇することとなる。また資本集約的な傾向を持っている1, 2, 4部門は、インドネシアの資本初期保有量が減少するシナリオ2においては、資本レントの上昇に伴い生産財価格の上昇が他の部門より大きいことがわかる。インドネシアの生産効率が低下するシナリオ3においては、全ての部門で1単位あたりの生産に必要な生産要素量が増加するため、インドネシアの生産財価格は一律上昇している。

表-8 インドネシア各産業の要素集約度

1部門	2部門	3部門	4部門	5部門	6部門	7部門
4.368	5.075	1.607	3.137	0.748	2.534	1.083

各シナリオの経済的被害の違いは、最終的に生産要素価格の変化による各国の国民所得変化と生産財価格の変化による財平均価格（最終需要量による生産財価格の加重平均値）の変化により生じる。つまり、実質所得の変化によって引き起こされるといえる。そこで、図-6, 7, 8に各シナリオの国民所得変化率と財平均価格を示す。

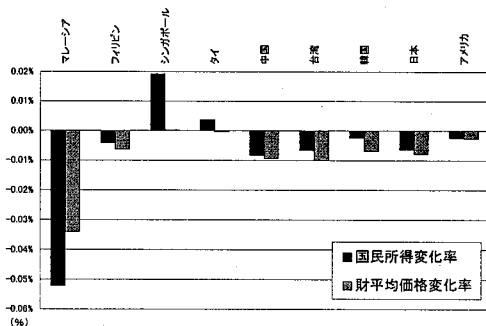


図-6 国民所得と財平均価格の変化率（シナリオ1）

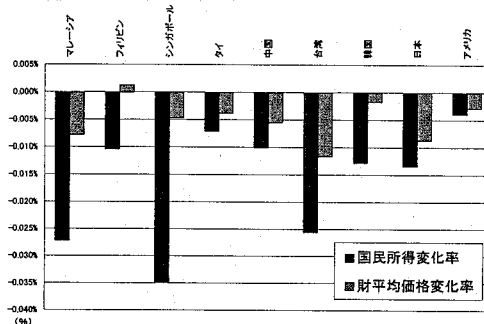


図-7 国民所得と財平均価格の変化率（シナリオ2）

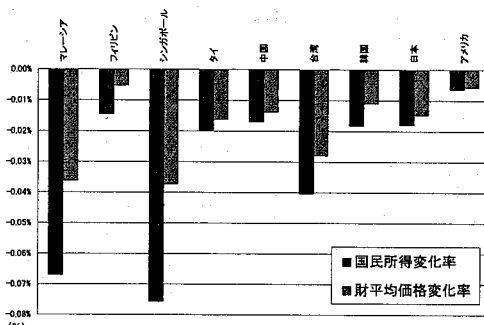


図-8 国民所得と財平均価格の変化率（シナリオ3）

全ての国が経済的被害を受けるシナリオ2, 3の変化を図-7, 8でみると、財平均価格の低下以上に所得の減少が大きいことがわかる。また、シナリオ1で、正の便益を受ける国であるシンガポール、タイ、中国、台湾、韓国、日本、アメリカについて図-6をみると、シンガポール、タイ以外の地域では、国民所得が減少しているにもかかわらず、それ以上に財平均価格が低下していることがわかる。また、シンガポール、タイでは、財平均価格がわずかに変化しているが、それ以上に国民所得が増加していることがわかる。これにより実質の最終需要が増加し、正の便益が生じたと考えられる。

図-6で示したシナリオ1における各国の財平均価格変化率の違いは、各国の最終需要構造にあると考えられる。そこで、シナリオ1で非被災国のうち最も正の便益を受ける日本と、最も経済的被害を受けるマレーシアの最終需要構造について表-9, 10に示す。

表-9 日本の最終需要構造 (災害前)

	1部門	2部門	3部門	4部門	5部門	6部門	7部門
インドネシア	0.1%	38.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
マレーシア	0.0%	18.5%	0.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
フィリピン	0.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%
シンガポール	0.0%	0.0%	0.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
タイ	0.1%	0.0%	0.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
中国	0.7%	36.4%	1.1%	0.0%	0.0%	0.4%	0.0%
台湾	0.2%	0.0%	0.4%	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%
韓国	0.5%	0.0%	0.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
日本	95.3%	6.7%	95.3%	100.0%	100.0%	98.9%	100.0%
アメリカ	2.6%	0.0%	1.9%	0.0%	0.0%	0.4%	0.0%

表-10 マレーシアの最終需要構造 (災害前)

	1部門	2部門	3部門	4部門	5部門	6部門	7部門
インドネシア	0.8%	0.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%
マレーシア	93.4%	99.5%	67.8%	100.0%	100.0%	79.6%	96.6%
フィリピン	0.0%	0.0%	0.2%	0.0%	0.0%	0.8%	0.0%
シンガポール	0.1%	0.0%	5.7%	0.0%	0.0%	1.5%	0.0%
タイ	0.6%	0.1%	1.2%	0.0%	0.0%	0.5%	0.3%
中国	1.6%	0.1%	0.6%	0.0%	0.0%	0.9%	0.0%
台湾	0.1%	0.0%	2.1%	0.0%	0.0%	1.0%	0.6%
韓国	0.0%	0.0%	1.9%	0.0%	0.0%	0.7%	0.0%
日本	0.0%	0.1%	11.4%	0.0%	0.0%	6.4%	2.5%
アメリカ	3.5%	0.1%	8.6%	0.0%	0.0%	8.3%	0.0%

表-5に示したシナリオ1による生産財価格の変化で、インドネシア産業のうち上昇しているのは3, 5, 7部門である。この部門のうち、インドネシアから日本とマレーシアに輸出のある3部門の最終需要消費の割合をみると、マレーシア(0.3%)が日本(0.1%)より大きいことがわかる。また、マレーシアにおいて3部門は全部門のうち最終需要が最も多く、このことから国民所得の減少率に対して、財平均価格の低下率が小さくなっていると考えられる。

4. 代替弾力性パラメータの感度分析

実証分析では、輸入財の輸出国選択の代替弾力性を1として分析をおこなった。一方、推計された代替弾力性にはGTAP(2004)⁴⁾などがあるが、本研究のように災害時の経済的被害を計測するためには、災害時にその弾力性の値が妥当であるか判断しがたい。そこで、既存研究で設定されている数値(2~30)を含む範囲(0.1~100)について感度分析を実施した。シナリオ個別と全シナリオの計4ケースに関する感度分析の結果のうち経済的被害の変化を図-9, 10, 11, 12に示す。なお、地域選択の代替弾力性は、企業の中間投入財の生産地選択、家計の合成財消費の生産地選択という2種類が存在するが、本感度分析では各代替弾力性の値に関して2種類とも同じ値をとるとした。

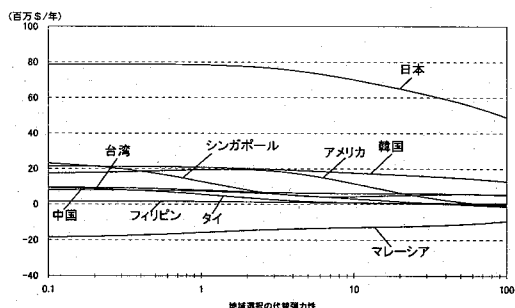


図-9 感度分析による経済的被害の変化(シナリオ1)

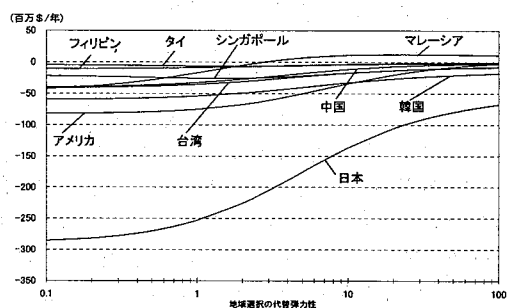


図-10 感度分析による経済的被害の変化(シナリオ2)

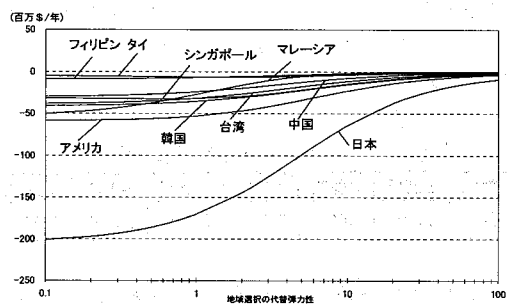


図-11 感度分析による経済的被害の変化(シナリオ3)

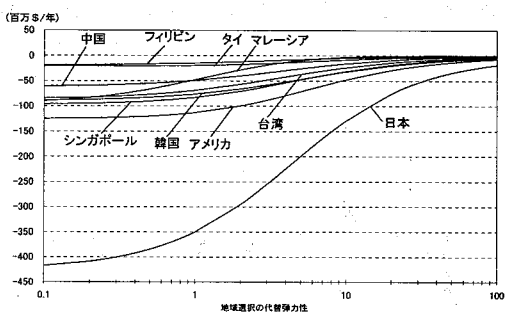


図-12 感度分析による経済的被害の変化(全シナリオ)

これら図より各シナリオに関して、地域選択の代替弾力性の値が大きくなるにつれて、つまり財に補完的な傾

向が強くなるにつれて、災害による非被災国への経済的な影響が小さくなっていることがわかる。これは、被災国と交易をおこなっている非被災国が、災害による被災国の財価格上昇に際し、被災国の財と比較して安価な他地域へ財の交易を移行させたことが原因であると考えられる。

さらに、地域選択の代替弾力性の設定により、非被災国への経済的被害の帰着構造が変化することが読み取れる。

特にアメリカとタイでは、シナリオ1において、マレーシアでは、シナリオ2、3と全シナリオの分析結果において、地域選択の代替弾力性の設定如何で経済的被害がプラスまたはマイナスの値をとっている。

つまり、災害時の地域選択の代替弾力性を統計的に推計しない限りにおいては本モデルの計測結果が妥当であるか判断は不可能である。一方、地域選択の代替弾力性の推計には生産地別の価格データが不可欠であるが、災害時のデータ整備を行うことは困難である。そのため、GTAP(2004)⁴⁾のような非災害時のデータをもちいて、災害規模に応じた、災害時の地域選択の代替弾力性を推計する必要がある。

5. おわりに

本研究では空間的応用一般均衡分析を災害の被害計測に応用するため、まず、被害変数をどのようにモデル化するかに関して考察した。そこでは、災害による人的・物的被害を①労働初期保有量の減少及び②資本初期保有量の減少、③生産効率性の低下として捉え、そのモデル化の手法を提案した。また、スマトラ島沖地震を想定した数値シミュレーション分析を行い、災害による被害の空間的な波及状況を考察した。その結果、非被災国への経済的被害の状況は、災害シナリオに加えて、各国の産業構成（具体的には、資本集約的な産業か労働集約的な産業に依存しているか）に大きく依存していることがわ

かった。また、生産地選択の代替弾力性の値も結果に大きく依存するため、慎重に設定する必要があることがわかった。

現実的には、スマトラ島沖地震の被災国での被害状況報告を用いて、その結果を本研究でのモデルに導入することで、より正確な各国への被害の空間的な波及構造を知ることができると考えられる。しかし、労働初期保有量や資本初期保有量の減少、生産効率性の低下をどのように定量化するかという問題がある。また、本モデルで求められた計測結果は、想定した被害が一年間継続した場合を仮定している。このことから、物的被害報告をどのように用いるか検討が必要である。

【参考文献】

- 1) 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，第8章，劉草書房，2005。
- 2) 小池淳司・上田孝行・秋吉盛司：社会資本ストック崩壊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—，土木計画学研究論文集，Vol.21，no.2，pp367 - 374，2004。
- 3) アジア経済研究所：1995年アジア国際産業連関表，2001。
- 4) Thomas H., David H., Marc L. and Roman K. : How Confident Can We Be in CGE-Based Assessments of Free Trade Agreements?, GTAP Working Paper, No.26, 2004。
- 5) 高増明・野口旭：国際経済学—理論と現実—，第2章，ナカニシヤ出版，1997。
- 6) 武隈慎一：ミクロ経済学増補版，第10章，新世社，1999。

付表 パラメータキャリブレーションの方法および出典

パラメータ	データ説明 (導出方法)	出典	パラメータ	データ説明 (導出方法)	出典
a_{0j}^i	付加価値係数 $a_{0j}^i = \frac{VA_j^i}{P_j^i Q_j^i} = \frac{w^i l_j^i + r^i k_j^i}{P_j^i Q_j^i}$	アジア国際産業連関表 (1995) ³⁾	ϕ_{fj}^i	中間投入の効率パラメータ $\phi_{fj}^i = \frac{\sum_{rel} x_{fj}^{rel}}{\left(\sum_{rel} \delta_{fj}^{rel} x_{fj}^{rel} \frac{z_{fj}^{rel}}{\sigma}\right)^{\frac{\sigma}{\sigma-1}}}$	アジア国際産業連関表 (1995) ³⁾
a_{fj}^i	投入係数 $a_{fj}^i = \frac{x_{fj}^i}{P_j^i Q_j^i}$	アジア国際産業連関表 (1995) ³⁾	σ	中間投入財における地域選択の代替弾力性	1
a_{lj}^i	付加価値の分配パラメータ (労働) $\alpha_{lj}^i = \frac{w^i l_j^i}{w^i l_j^i + r^i k_j^i}$	アジア国際産業連関表 (1995) ³⁾	γ_j^i	分配パラメータ (合成消費財に関する)	$\gamma_j^i = \frac{p_j^{i^*} q_j^i}{\sum_{j \in J} p_j^{i^*} q_j^i}$
a_{kj}^i	付加価値の分配パラメータ (資本) $\alpha_{kj}^i = \frac{r^i k_j^i}{w^i l_j^i + r^i k_j^i} = 1 - \alpha_{lj}^i$	アジア国際産業連関表 (1995) ³⁾	$\gamma_j^{i'}$	分配パラメータ (消費財に関する)	$\gamma_j^{i'} = \frac{q_j^{i'} (p_j^{i'})^{\rho_i}}{\sum_{i \in I} q_j^{i'} (p_j^{i'})^{\rho_i}}$
η_j^i	付加価値の効率パラメータ $\eta_j^i = \frac{w^i l_j^i + r^i k_j^i}{\left\{ l_j^{i^*} \alpha_{lj}^i \right\} \left\{ k_j^{i^*} \alpha_{kj}^i \right\}}$	アジア国際産業連関表 (1995) ³⁾	ρ_1	合成財消費の財選択の代替弾力性	1
$\delta_{fj}^{i'}$	中間投入の分配パラメータ $\delta_{fj}^{i'} = \frac{p_j^{i'} x_{fj}^{i'} \frac{1}{\sigma}}{\sum_{rel} p_j^{i'} x_{fj}^{rel} \frac{1}{\sigma}}$	アジア国際産業連関表 (1995) ³⁾	ρ_2	合成財消費の地域選択の弾力性	1

スマトラ沖地震の経済被害評価*

小池淳司**・大田垣聡***

2004年12月に発生したスマトラ沖地震の被害では、直接的な人的・物的被害に加え長期的な経済的被害が懸念されている。特に経済的被害は、被災国経済だけに留まらず、広く世界各地に拡大していると考えられる。しかしながら、その経済的被害を直接的に計測することは困難である。そこで、本研究では空間的応用一般均衡分析を用いてスマトラ沖地震の経済的被害を評価する手法の提案と実証分析を目的としている。具体的には、被害状況を被災国の経済に対して、物的被害による生産効率性の低下および資本初期保有量の減少、人的被害による労働初期保有量の減少とモデル化を行い、経済的被害の空間的帰着を実証分析により明らかにした。

Economic Damage Assessment of Sumatra Earthquake*

By Atsushi KOIKE**・Akira OTAGAKI***

Sumatra earthquake (that occurred on December, 2004.) had a devastating impact on both of the human damages and the physical damages, like physical assets and economy. Especially, economic damage by the catastrophe has spread not only stricken area but also not stricken area. However, it is difficult to assess the damage directly. So, the purpose of this study is to build spatial computable equilibrium (SCGE) model in order to estimate economic damages of Tsunami and applied this model for asses of the catastrophe. To be concrete, we build new SCGE in order to estimate economic damage by decreases of human resource, physical resources and Technology on stricken area.