

市区町村単位のSCGEモデルを用いた 東日本大震災の経済被害の空間的把握

小池 淳司¹・佐々木 剛²・佐々木 康朗³・山崎 清³

¹正会員 神戸大学教授 工学部市民工学科 (〒657-8501 兵庫県神戸市灘区六甲台町1-1)

E-mail:koike@lion.kobe-u.ac.jp

²学生会員 神戸大学大学院 工学研究科市民工学専攻 (〒657-8501 兵庫県神戸市灘区六甲台町1-1)

E-mail:139t119t@kobe-u.ac.jp

³正会員 株式会社価値総合研究所 パブリックコンサルティング事業部 (〒100-0004 東京都千代田区大手町二丁目2-1)

E-mail: sasaki2213@vmi.co.jp

本研究の目的は市区町村単位の SCGE モデルを用いて東日本大震災の空間的被害を計測することである。東日本大震災は津波の被害が大きく、被災地において、沿岸部と内陸部では被害の程度が大きく異なっている。東日本大震災の経済的被害を地域別に分析した既往研究のモデルでは、地域の分割が最も細かいものでも都道府県単位であり、沿岸部と内陸部の違いのようなより細かい地域別の被害の分析が不十分である。本研究では、全国を市区町村単位で、2342 地域に分割し、地域間の財の輸送費用や移出入、所得移転を考慮したモデルを構築して、詳細な地域別の分析をおこなう。

東日本大震災の影響として、被災地である岩手県・宮城県・福島県・茨城県の内陸・沿岸部別の資本ストック毀損率を SCGE モデルにおける各地域の企業の生産関数の生産効率パラメータの低下率と仮定して、分析をおこなった。その結果、被災地の沿岸部を中心に特に東北地方に大きく被害が出ており、さらに直接の被災地ではない東日本や中部地方・近畿地方・中国・九州地方の工業地帯にまで被害が波及していることが示唆された。

Key Words : *Economic Impacts Spread, Great East Japan Earthquake, Spatial Computable General Equilibrium Model Of Municipality Level*

1. はじめに

平成23年に東日本大震災が発生し、それ以降東日本大震災による経済的影響について多く研究されてきた。しかし、全国の細かい地域別に経済的影響を計測している研究は存在していない。既往研究では、最も細かい地域で47都道府県別に経済的影響を計測しており、県単位の資本ストック被害等を用いてシミュレーションをおこなっている¹⁾。しかし、東日本大震災は、直接の揺れによる被害より津波の影響が非常に大きく、被災地域で内陸部と沿岸部で資本ストック等の被害が大きく異なっている。このように、都道府県より細かい地域での被害を考慮して分析する場合、小地域規模のモデルやデータが必要となる。このような災害の経済的影響計測や環境政策、社会資本整備などの評価には、一般均衡分析が用いられるようになってきている。一般均衡分析によるアプローチは、あらゆる経済活動が考慮され、政策の変更による社会厚生の変化を容易に求めることができるという特徴がある。しかし、それらの多くは1時点における比較静

学分析や定性的なものがほとんどであり、一般均衡分析を実証的におこなうことは均衡解の解法が複雑になることや、さまざまな経済主体に関する情報が得られないなど困難を伴う。これに対して、計算困難な一般均衡モデルを実証分析への適用を意図して開発された応用一般均衡モデル(CGE : Computable General Equilibrium)モデルが、社会資本整備の評価手法として土木計画学の分野を中心に応用されるようになった²⁾。さらに、応用一般均衡モデルを空間的に拡張した空間的応用一般均衡(SCGE : Spatial Computable General Equilibrium)モデルを用いて自然災害の経済的影響や環境政策、社会資本整備などの評価をしている研究も盛んにおこなわれている。SCGEモデルでの計算は産業連関表などの経済データを用いており、データの地域数に限りがあるなどの理由から市区町村規模の地域を対象としたSCGEモデルは存在していない。そのため、全国の各地方自治体規模でシミュレーションをおこなうことは難しい。

本研究では全国を市区町村区分(平成17年10月時点)に基づく2342ゾーンに分割したSCGEモデルを構築し、

詳細な地域別に分析をおこなうことを目的としている。それに伴い、2342地域のSCGEモデルの計算に用いるデータを作成し、モデルの構築をおこなう。また、構築したモデルで事例分析をおこない、モデル内のパラメータを変化させ、各地域の被害や政策の便益の計測ができることを示す。具体的には、東日本大震災の被災地の資本ストック損傷等による全国市区町村への経済的影響の波及について事例分析をおこなう。

2. モデルの定式化

(1) モデルの概要と前提

本研究では、応用一般均衡モデルを空間的に拡張した空間的応用一般均衡（SCGE）モデルを用いる。モデルの構築に際して以下のような仮定をおく

- 1) I個に分割された国土空間を考える。
- 2) 各地域にはM種類の財が存在し、それぞれに代表的企業がある。また、各地域には一つの代表的家計が存在する
- 3) 企業は、資本と労働を生産要素として生産を行う。また、その行動は費用最小化行動に従う。
- 4) 家計は企業に生産要素を提供し、対価として労働賃金を受け取る。そして、得られた所得から自地域または他地域で生産された財サービス消費する。また、その行動は効用最大化行動をとる。
- 5) 同種の財であっても、生産された地域が異なると、別種の財とみなされる。
- 6) 財の消費には交通費用相当分の負担が必要であり、それは財の追加的消費として表現され、その分も企業により生産される。
- 7) すべての市場は完全競争的であり、長期的均衡状態にある。

(2) 企業の行動モデル

まず、以下のように変数を設定する。

$i \in I = \{1, 2, \dots, I\}$: 財の発地(生産地)の地域

$j \in J = \{1, 2, \dots, J\}$: 財の着地(消費地)の地域

$m \in M = \{1, 2, \dots, M\}$: 財の種類

地域iに立地し財mを生産する企業は、労働力と資本を用いて、図-1に示すような生産構造の生産技術を用いて財を生産すると仮定する。

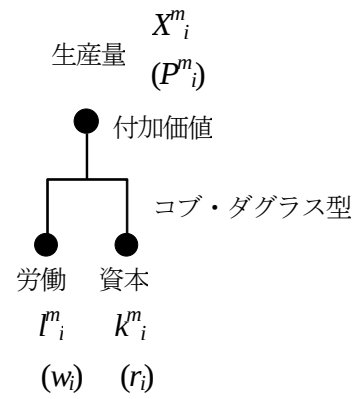


図-1 企業の生産構造

企業の財生産行動は、以下のように付加価値1単位を生産することを制約とした、費用最小化行動として定式化する。

$$\begin{aligned} \min_{l_i^m, k_i^m} w_i l_i^m + r_i k_i^m \\ \text{s.t. } VA_i^m(l_i^m, k_i^m) = X_i^m(l_i^m, k_i^m) = 1 \end{aligned} \quad (1)$$

ただし、 w_i : 労働賃金率、 r_i : 資本レント、 l_i^m : 労働投入量、 k_i^m : 資本投入量、 VA_i^m : 付加価値関数、 X_i^m : 生産関数である。

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・ダグラス型を仮定する。

$$VA_i^m(l_i^m, k_i^m) = X_i^m(l_i^m, k_i^m) = \eta_i^m l_i^{\alpha_i^m} k_i^{1-\alpha_i^m} \quad (2)$$

ただし、 η_i^m : 生産効率パラメータ、 α_i^m : 分配パラメータである。

式(1)の最適化問題を解くと、以下の様に付加価値1単位当たりの労働と資本の要素需要量が求まる。

$$\begin{aligned} D_{li}^m &= \frac{\alpha_i^m}{w_i} \frac{1}{\eta_i^m} \left(\frac{w_i}{\alpha_i^m} \right)^{\alpha_i^m} \left(\frac{r_i}{1-\alpha_i^m} \right)^{1-\alpha_i^m} \\ D_{ki}^m &= \frac{1-\alpha_i^m}{r_i} \frac{1}{\eta_i^m} \left(\frac{w_i}{\alpha_i^m} \right)^{\alpha_i^m} \left(\frac{r_i}{1-\alpha_i^m} \right)^{1-\alpha_i^m} \end{aligned} \quad (3)$$

(3) 家計の行動モデル

地域jには代表的家計が存在し、自地域と他地域の財を消費する。そして、家計は図-2に示すような入れ子型のCES型効用関数を持つと仮定する。第一段階においては、財の消費合成財の代替関係をCES型で表現する。第二段階においては、自地域の財・サービスと他地域の財・サービスの代替関係をCES型で表現する。

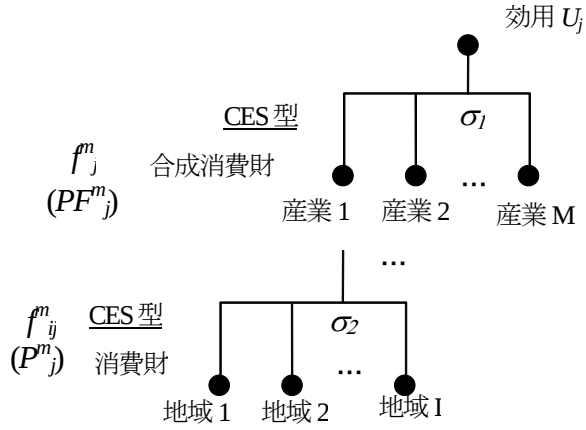


図-2 家計の効用関数の階層構造

第一段階では、所得制約下での家計の効用最大化行動として定式化する。ここで、事例分析の際に必要な地域間での所得移転を所得制約式に考慮する。なお、この地域間所得移転額は経済全体では合計がゼロとなる。

$$\begin{aligned} V_j = & \max_{(f_j^m)_{m \in M}} U_j(f_j^1, \dots, f_j^M) \\ \text{s.t.} \quad & \sum_{m \in M} PF_j^m f_j^m = w_j L_j + r_j K_j - NX_j \end{aligned} \quad (4)$$

ただし、 V_j ：間接効用関数、 U_j ：直接効用関数、 f_j^m ：地域jの家計の産業mの財の消費合成財消費量、 L_i ：地域iの労働供給量、 K_i ：地域iの資本保有量、 PF_j^m ：地域j産業mの財の消費合成財価格、 NX_j ：地域jの所得移転(ただし、 $\sum NX_j = 0$)である。

ここで、効用関数をCES型により定式化する。

$$U_j = \left(\sum_{m \in M} \gamma_j^m f_j^m \frac{\sigma_1 - 1}{\sigma_1} \right)^{\frac{\sigma_1}{\sigma_1 - 1}} \quad (5)$$

ただし、 σ_1 ：消費合成財に関する代替弾力性、 γ_j^m ：消費財に関する分配パラメータである。式(4)の最適化問題を解くと、以下のように財種別mの消費合成財の需要量が求まる。

$$f_j^m = \left(\frac{\gamma_j^m}{PF_j^m} \right)^{\sigma_1} \frac{w_j L_j + r_j K_j - NX_j}{\sum_{m \in M} \gamma_j^m \sigma_1 PF_j^{m(1-\sigma_1)}} \quad (6)$$

第二段階は、以下のように家計の費用最小化行動として定式化する。

$$\begin{aligned} \min_{(f_{ij}^m)_{i \in I}} & \sum_{i \in I} (1 + \alpha_{ij}) P_i^m f_{ij}^m \\ \text{s.t.} \quad & f_j^m = F_j^m(f_{1j}^m, f_{2j}^m, \dots, f_{Ij}^m) \end{aligned} \quad (7)$$

ただし、 α_{ij} ：輸送マージン率 α ：輸送マージン率に関するパラメータ、 t_{ij} ：輸送マージン、 P_i^m ：地域i産業mの財の生産地価格、 f_{ij}^m ：地域jの家計が消費する地域i産業mの財消費量である。

ここで、家計の財種別iの消費合成財需要関数を以下のようにCES型により定式化する。

$$f_j^m = \psi_j^m \left(\sum_{i \in I} \gamma_{ij}^m f_{ij}^m \frac{\sigma_2 - 1}{\sigma_2} \right)^{\frac{\sigma_2}{\sigma_2 - 1}} \quad (8)$$

ただし、 ψ_j^m ：消費合成財換算パラメータ、 γ_{ij}^m ：財消費シェアパラメータ、 σ_2 ：消費財に関する代替弾力性である。式(7)の最適化問題を解くと、消費合成財1単位あたりの消費財需要量が求まる。

$$cf_{ij}^m = \frac{f_{ij}^m}{f_j^m} = \left[\frac{\gamma_{ij}^m}{(1 + \alpha_{ij}) P_j^m} \right]^{\sigma_2} \psi_j^{m(\sigma_2 - 1)} PF_j^{m\sigma_2} \quad (9)$$

また、財種別jの消費合成財価格は、式(7)の最適化問題に付随するラグランジュ乗数の逆数より以下のように求まる。

$$PF_j^m (P_j^m) = \frac{1}{\psi_j^m} \left[\sum_{i \in I} \gamma_{ij}^m \sigma_2 [(1 + \alpha_{ij}) P_j^m]^{1 - \sigma_2} \right]^{\frac{1}{1 - \sigma_2}} \quad (10)$$

(4) 市場均衡条件

本モデルでは、企業の生産関数として規模に関して収穫一定を仮定しているため、企業は常に需要に見合うだけの生産を行うことになる。したがって、常に以下の式が成立するように生産量を決定する。

$$X_j^m = \sum_{i \in I} (1 + \alpha_{ij}) f_{ij}^m \quad (11)$$

よって、全ての地域における以下の生産要素市場の均衡条件のみが意味を持つ。

$$\begin{aligned} \sum_{m \in M} X_j^m D_{ij}^m(w_j, r_j) &= L_j \\ \sum_{m \in M} X_j^m D_{kj}^m(w_j, r_j) &= K_j \end{aligned} \quad (12)$$

(5) 便益の定義

政策評価の尺度である便益として等価的偏差EVを用い、地域jの便益 EV_j を以下のように定義する。便益は地域別に計測する。

$$EV_j = (w_j^0 L_j + r_j^0 K_j - NX_j) \left(\frac{V_j^1 - V_j^0}{V_j^0} \right) \quad (13)$$

ただし、0, 1：それぞれ政策なし、政策ありを表す添字である。

3. 経済データの作成

モデル分析に用いる市区町村単位の経済データを作成した。以下にその考え方と作成方法を示す。

(1) 作成する経済データの概要

表-1 作成する経済データの一覧

生産面	付加価値	産業別に作成
分配面	賃金	
	資本支払	
支出面	家計支出	
	政府支出	
	投資（公的）	
	投資（民間）	
	在庫品増加	
地域間データ	地域間移出入マトリクス	全産業で集計したものを作成
	地域間賃金・労働所得マトリクス	
	地域間資本支払・資本所得マトリクス	

表-2 経済データの産業分類

第一次産業	農林水産業
第二次産業 (製造業)	食料品、繊維、パルプ・紙、化学、石油・石炭製品、窯業・土石製品、一次金属、金属製品、一般機械、電気機械、輸送用機械、精密機械、その他製造業
第二次産業 (非製造業)	鉱業、建設業
第三次産業	電力・ガス・水道、商業、金融・保険、不動産、運輸通信、公務、サービス

本研究で作成する経済データの一覧を表-1 に示す。地域別の生産、分配、支出を表すデータに加えて、地域間の移出入および所得移転のデータも作成する。

経済データの地域区分は、全国市区町村単位（平成17年10月時点）の2342地域とする。また、産業分類は表-2に示す23分類とする。これは、県民経済計算における産業分類において、農業、林業、水産業を農林水産業として統合したものである。ただし、後述の事例分析では、これらを第一次から第三次産業の3分類に集計して、分析をおこなう。

(2) データ構築の考え方

作成するデータは、SCGE モデルで表現される経済メカニズムと整させる必要がある。具体的には以下のような生産、分配、支出のメカニズムであり、これを反映し

た、全国を網羅する地域経済のデータを作成する。

まず、生産面では、企業は家計が提供する生産要素（労働・資本）を用いて財やサービスの生産をおこない、付加価値を生み出す。次に、分配面では、この付加価値は賃金および資本支払として分配され、家計はそれぞれ労働所得および資本所得を得る。最後に、支出面では、家計はこの所得をもとに支出をおこなう。さらに、本研究では、市区町村単位の詳細な分析をおこなうため、地域経済の実態をできる限り反映し、地域間の移出入や、労働・資本が地域を超えて提供される可能性（地域間所得移転）も考慮して、これらの関係を記述したデータも作成する。

したがって、経済全体では三面等価が成立するが、個別の地域に着目すると、生産額（付加価値）と分配額（賃金と資本支払の和）は等しくなるものの、これらと支出額は、一般には合致しない。しかし、地域間の賃金と労働所得の関係、あるいは資本支払と資本所得の関係を示すデータを、各地域の所得（労働所得と資本所得の和）と支出額が整合するように作成することで、全体として矛盾の無いよう域際収支を扱う。

(3) 生産面のデータの作成方法

生産面のデータとして、市区町村単位の産業別付加価値を推計する。作成方法は、「平成17年度地域経済構造分析の手引き」（経済産業省2006）に従い、以下のようにおこなう。また、以下の推計は、産業別におこなう。

- 1) 県民経済計算（2005年）における県内産出量（＝県内総生産＋中間投入（材料費等））を、当該都道府県内の各市区町村に按分する。按分に用いる指標は産業別に異なり、例えば農業では農業粗生産額（2004年生産農業所得統計）、製造業では各産業の製造品出荷額（2004年工業統計）を用いる。
- 2) 1)で求めた市区町村単位の産出量に付加価値／産出量の比率を乗じて、当該市区町村の付加価値とする。ここで、付加価値／産出量の比率は、製造業の場合には当該市区町村の粗付加価値額／製造品出荷額比（2004年工業統計）、製造業以外の産業の場合には当該都道府県の県内総生産／県内産出量比（2005年県民経済計算）を用いる。

(4) 分配面のデータの作成方法

分配面のデータとして、市区町村単位の賃金および資本支払を産業別に推計する。推計方法は以下の通りである。

- 1) 全国一律の付加価値に占める賃金シェア及び資本支払シェアを算出する。これは、全国産業連関表（2005年）の付加価値部門の値より、雇用者報酬、営業余剰、

固定資本減耗の和に占める雇用者報酬の割合を賃金シェア、（1-賃金シェア）を資本支払シェアとして求める。

2) (3)で作成した市区町村別の付加価値に、1)で求めた賃金シェアまたは資本シェアを乗じ、それぞれ当該市区町村別の賃金及び資本支払とする。

(5) 支出面のデータの作成方法

支出面のデータとして、市区町村別の家計支出、政府支出、投資（公的）、投資（民間）、在庫品増加の5つの支出項目について産業別に推計する。推計方法は以下の通りである。

- 1) 県民経済計算（2005年）の支出（全産業）における移出入・統計上の不突合を家計支出、政府支出、投資（公的）、投資（民間）、にそれぞれの割合に応じて按分し、各支出項目に加算する。（在庫品増加は、地域を超えて移動しないと考える、ここでの按分・加算の対象としない）
- 2) 各支出項目の額を、都道府県産業連関表の最終需要部門における当該支出項目の産業比率を用いて、各産業に按分する。（家計支出、政府支出、投資（公的）、投資（民間）、については、1)で加算した後の値を按分する）
- 3) 2)で求めた値を当該都道府県内の各市区町村に按分する。ここで按分に用いる指標は支出項目により異なり、家計支出では労働所得（後述の地域間賃金・労働所得マトリクスより）、政府支出では歳出総額（投資的経費除く）（2004年市町村別決算状況調）、投資（公的）では投資的経費（同）、投資（民間）及び在庫品増加では産出量（前述の付加価値推計手順の1)で求めた値）を用いる。3)で作成した産業別市区町村別の家計支出、政府支出、公的投資、民間投資、在庫品増加を合計し、産業別の市区町村別支出合計を算出する。
- 4) 産業別に、3)で求めた全ての支出項目の全国合計値が、先に算出した付加価値の全国合計値に合致するように、全国で一律の比率を乗じて各市区町村の各支出項目の値を補正する。

(6) 地域間移出入マトリクスの作成方法

地域間の財の移出入を扱うデータとして、産業別に各地域間の移出入額を推計し、地域数×地域数の行列形式で整備する。この行列は、各行を生産地、各列を消費地とし、 i 行 j 列の値は、地域 j における地域 i で生産された財への支出、すなわち地域 j における地域 i からの移入を意味する。したがって、ある地域の行和および列和は、それぞれその地域の付加価値および支出となる。移出入マトリクスの推計方法は、以下の通りである。（以下の推計は、産業別に行う）

- 1) 全国を9地域に分割した地域間産業連関表（2005年）より、地域間の交易量に関する各地域の発生量および集中量を制約とした二重制約型重力モデルのパラメータを推定する。このときの地域間の一般化費用は、道路利用の一般化費用とする。
- 2) 先に推計した全国の各市区町村の付加価値および支出を制約とした二重制約型重力モデルを用いて、各市区町村間の交易量、すなわち移出入を算出する。ここで、重力モデルのパラメータは1)の推定値を用いる。

(7) 地域間賃金・労働所得マトリクスの作成方法

地域間の賃金と労働所得の関係を扱うデータとして、各地域の賃金がどの地域にどれだけ労働所得として移転されるかを推計する。例えば、地域 i に居住する人が地域 j に勤務する場合、地域 j の賃金が地域 i の労働所得として計上される。この関係を、全産業で集計して、地域数×地域数の行列形式で整備する。

この行列は、各行を従業地（賃金が支払われる地域）、各列を居住地とし、 i 行 j 列の値は、地域 i で支払われる賃金のうち地域 j の労働所得となる分を示す。したがって、ある地域の行和は、その地域の賃金となる。

賃金・労働所得マトリクスの推計方法は、以下の通りである。

- 1) 先に推計した各地域の賃金（全産業計）を、国勢調査（2005年）における市区町村間の通勤者数割合を用いて按分し、当該地域を従業地とする賃金が各地域にどれだけ労働所得として移転するかを推計する。全地域についてこの推計をおこなう。

(8) 地域間資本支払・資本所得マトリクスの作成方法

賃金・労働所得の関係と同様に、地域間の資本支払と資本所得の関係を扱うデータとして、各地域の資本支払がどの地域にどれだけ資本所得として移転されるかを推計する。例えば、地域 i に居住する人が地域 j の企業に資本を供給する場合、地域 j の資本支払が地域 i の資本所得として計上される。この関係を、全産業で集計して、地域数×地域数の行列形式で整備する。

この行列は、各行を生産地（財生産に伴い資本への支払がなされる地域）、各列を居住地（資本所有者の所在地）とし、 i 行 j 列の値は、地域 i の資本支払のうち地域 j の資本所得となる分を示す。したがって、ある地域の行和は、その地域の資本支払となる。

資本支払・資本所得マトリクスの推計方法は、以下の通りである。

- 1) 各地域の資本所得の総和を求める。これは、ともに先に推計した支出と労働所得の差分とする。
- 2) 各地域の資本支払および資本所得を制約とした二重

制約型重力モデルにより，資本支払・資本所得マトリクスを作成する．ここで地域間の一般化費用は，道路利用の一般化費用とするが，資本所得の移転に関しては距離減衰は微小としてパラメータを設定する．

4. 事例分析

2章で構築したモデルと，3章で示した方法で作成した経済データを用いて，東日本大震災の被災地の企業の生産効率の低下による全国市区町村への空間的経済影響を計測する．2342ゾーンを対象地域とし，被災シナリオ・防災シナリオの2つのケースを想定して事例分析をおこなう．

(1) 設定条件

1) 産業分類

本研究での産業は，第一次産業，第二次産業と第三次産業の3つである．計算を簡略化するため，経済データの23産業を3産業に集計したものをを用いて，事例分析をおこなう．

2) パラメータ設定

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，作成した市区町村別経済データを用いてキャリブレーション手法により導出した．各パラメータの導出方法，設定値については以下の表-3に示す．輸送マージンは，道路利用一般化費用を用いた．輸送マージン率のパラメータは，輸送マージン率の最大値が0.5になるように設定した．今回の分析では，代替弾力性は1.2と設定した．

3) ケース1シナリオ想定のお考え方

日本政策投資銀行[2011]⁹⁾は，表-4に示すような資本ストック毀損額を算出している．被災地域の岩手県，宮城県，福島県，茨城県の内陸部・沿岸部別の資本ストック毀損率を算出しており，本研究ではこれを用いて事例分析をおこなう．

事例分析では，推定資本ストック毀損率を企業の生産関数の生産効率パラメータの低下率と仮定して用いる．ケース1は被災シナリオとして，表-5に示すようにパラメータを低下させて分析する．

表-3 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, 設定値)	出典
α_i^m	$\frac{w_i l_i^m}{w_i l_i^m + r_i k_i^m}$	市区町村別経済データ
η_i^m	$\frac{w_i l_i^m + r_i k_i^m}{l_i^m \alpha_i^n k_i^m (1 - \alpha_i^n)}$	市区町村別経済データ
γ_{ij}^m	$\frac{(1 + \alpha_{ij}) P_i^m f_{ij}^m \frac{1}{\sigma_2}}{\sum_{i \in I} (1 + \alpha_{ij}) P_i^m f_{ij}^m \frac{1}{\sigma_2}}$	市区町村別経済データ
γ_j^m	$\frac{\left[\sum_{i \in I} \gamma_{ij}^m \sigma_2 \left[(1 + \alpha_{ij}) P_j^m \right]^{1 - \sigma_2} \right]^{\frac{1}{1 - \sigma_2}} f_j^m \frac{1}{\sigma_2}}{\sum_{m \in M} \left[\sum_{i \in I} \gamma_{ij}^m \sigma_2 \left[(1 + \alpha_{ij}) P_j^m \right]^{1 - \sigma_2} \right]^{\frac{1}{1 - \sigma_2}} f_j^m \frac{1}{\sigma_2}}$	市区町村別経済データ
ψ_j^m	$\frac{f_j^m}{\left(\sum_{i \in I} \gamma_{ij}^m f_{ij}^m \frac{\sigma_2 - 1}{\sigma_2} \right)^{\frac{\sigma_2}{\sigma_2 - 1}}}$	市区町村別経済データ
σ_1	1.2	—
σ_2	1.2	—
α	0.0368	—

表-4 東日本大震災による資本ストック毀損額

対象地域		推定資本ストック(十億円)	推定資本ストック毀損額(10億円)					毀損率(%)
			インフラ	住宅	製造業	その他	合計	
岩手県	内陸部	26,369	457	22	64	211	754	2.9
	沿岸部	7,449	1,943	607	191	781	3,522	47.3
	合計	33,818	2,400	629	255	992	4,276	12.6
宮城県	内陸部	31,443	856	40	148	551	1,595	5.1
	沿岸部	23,182	2,031	1,446	290	1,130	4,897	21.1
	合計	54,625	2,887	1,486	438	1,681	6,492	11.9
福島県	内陸部	34,314	630	7	263	370	1,270	3.7
	沿岸部	15,941	1,244	145	151	319	1,859	11.7
	合計	50,254	1,874	152	414	689	3,129	6.2
茨城県	内陸部	47,827	460	40	175	318	993	2.1
	沿岸部	21,727	766	87	355	275	1,483	6.8
	合計	69,553	1,226	126	530	593	2,476	3.6
総計	内陸部	139,952	2,403	109	650	1,451	4,612	3.3
	沿岸部	68,299	5,985	2,285	987	2,504	11,781	17.2
	合計	208,251	8,387	2,394	1,637	3,955	16,373	7.9

表-5 ケース1の生産効率パラメータ低下率

		生産効率パラメータ低下率
岩手県	内陸部	2.9%
	沿岸部	47.3%
宮城県	内陸部	5.1%
	沿岸部	21.1%
福島県	内陸部	3.7%
	沿岸部	11.7%
茨城県	内陸部	2.1%
	沿岸部	6.8%

表-6 ケース2の生産効率パラメータ低下率

		生産効率パラメータ低下率
岩手県	内陸部	2.9%
	沿岸部	2.9%
宮城県	内陸部	5.1%
	沿岸部	5.1%
福島県	内陸部	3.7%
	沿岸部	3.7%
茨城県	内陸部	2.1%
	沿岸部	2.1%

4) ケース2シナリオ想定の方

ケース2は防災シナリオとして、仮に、沿岸部の堤防等の津波対策への投資を十分おこない、津波の被害が全くなかった場合を想定する。具体的には、沿岸部の企業の生産関数の生産効率パラメータ低下率を内陸部と同じ値として計算する。また、以下のように便益を定義し分析をおこなう。これは、防災シナリオと被害シナリオの経済被害の差分、つまり投資の便益を表している。

$$EV = -(EV_{case1} - EV_{case2}) \quad (14)$$

表-6 に県別、内陸・沿岸別の生産効率パラメータ低下率を示す。

(2) 計算結果

ケース1の被害額の計算結果を以下に示す。

図-3を参照すると東北地方を中心に被害が波及していることが分かる。被災地域の沿岸部の生産効率パラメータを大きく低下させたが、沿岸部だけでなく内陸部や直接被災していない地域、東日本や全国の工業地帯にも被害が波及していることが分かる。被災地域の内陸部では、盛岡市、山形市、福島市、郡山市、また被災地域以外の内陸部では新潟市に特に大きく被害が出ている。これらのどの地域もGRP（域内総生産）の大きな地域であり、そのため被害が大きく出ていると考えられる。

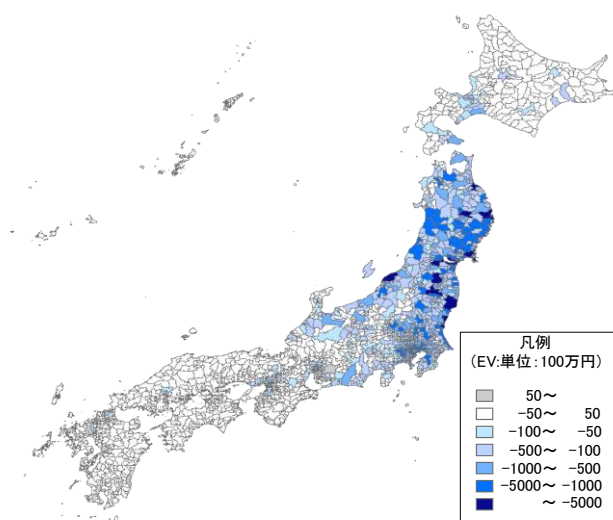


図-3 ケース1計算結果(被害額)

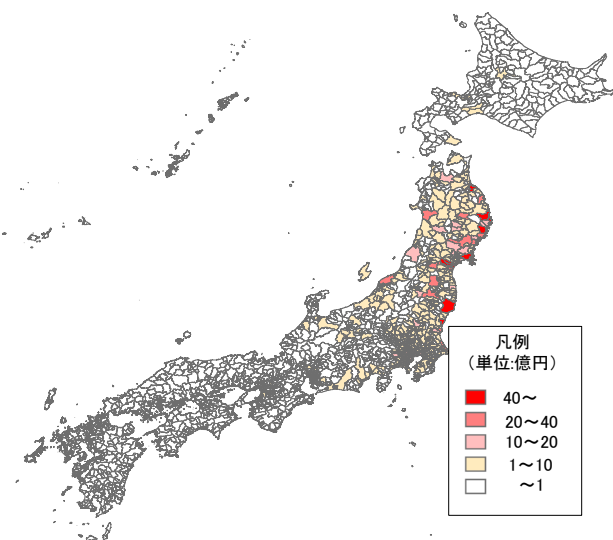


図-4 ケース2計算結果(便益)

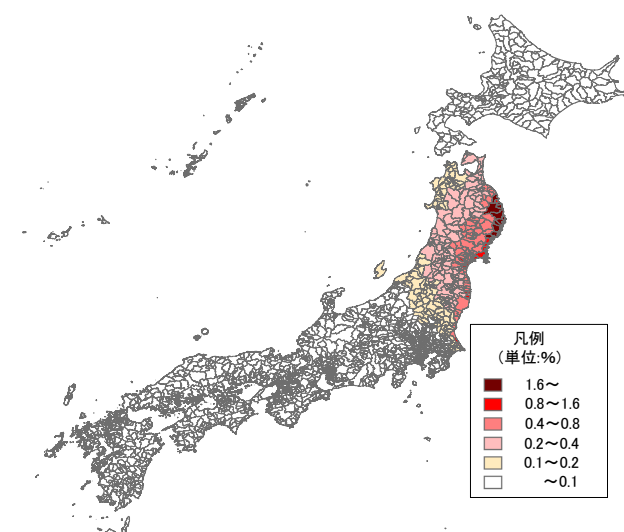


図-5 ケース2計算結果(便益とGRPの割合)

東日本大震災の経済的影響は被災地域以外にも全国に広く及んだといわれている⁹⁾。しかし、今回の分析では、特に大きく被害が出たのは主に東北地方である。これは、今回の分析は、一部の経済的被害を捉えたものにすぎず、原子力発電所が被害を受けて関東地方への電力不足⁷⁾が生じたことや、放射能による風評被害や財・サービスの消費の自粛⁸⁾等を考慮していないことに起因すると考えられる。

次に、4章で定義したケース2の便益の結果を図-4に示す。また、GRPとの割合の結果を図-5に示す。図-4を参照すると、ケース1で被害が大きく出ている地域に便益が大きく出ていることがわかる。つまり、沿岸部の投資であっても、その効果は津波の被災地への効果だけではなく東北地方や北陸地方、関東地方、中部地方にまで広く波及している。GRPとの割合でみると、被災地の沿岸部を中心に主に東北地方に効果が波及していることが分かる。特に、岩手県と宮城県の沿岸部に便益が大きく出ている。

5. おわりに

本研究では、中間財を考慮しない市区町村単位のSCGEモデルを構築し、事例分析では、東日本大震災の資本ストック毀損による企業の生産効率の低下がどのように全国市区町村へ経済的影響を及ぼすかを計測した。ケース1では、モデルにおいて被災地における企業の生産効率パラメータを一定程度低下させた結果、被災地の沿岸部だけでなく内陸部や直接被災していない地域、東日本や西日本の工業地帯にも被害が波及した。ケース2では、沿岸部の生産効率パラメータを内陸部と同じ値として計算をおこない、ケース1との経済被害の差を便益として計測したところ、ケース1で被害が大きく出ている地域に便益が大きく出ており、沿岸部の投資であっても、その効果は津波の被災地への効果だけではなく東北地方や北陸地方、関東地方、中部地方にまで広く波及していた。今後は、代替弾力性のパラメータの推定や産業の細分化、中間財を考慮したモデルに改良することで、さらに精度の高いシミュレーションができると考えられる。

本研究の成果、今後の課題をまとめると以下のようになる。

- 1) ケース1で、東日本大震災の資本ストック毀損による企業の生産効率の低下がどのように全国市区町村へ経済的被害を分析した結果、大きく被害が出たのは東北地方であったが、中部地方・近畿地方・中国・九州地方の工業地帯にまで被害が波及していた。

- 2) ケース2で、十分な津波対策により津波被害が無くなった場合を想定し、その対策の便益を計測した結果、津波の被災地への効果だけではなく東北地方や北陸地方、関東地方、中部地方にまで広く波及していた。
- 3) 代替弾力性のパラメータの推定や産業の細分化により、より精密な分析、評価が可能となる。
- 4) 本研究で作成したモデルは、中間財を考慮していない。中間財の変化などのより精密な分析をおこなうには、中間財を考慮したモデル・経済データの作成が必要となる。

謝辞： 本研究は環境省「環境経済の政策研究」研究課題名「地方公共団体における地球温暖化対策実行計画等の実施に伴う環境・経済・社会への影響分析」の助成を受けたものです。

参考文献

- 1) 林山泰久，阿部雅浩，坂本直樹：多地域応用一般均衡モデルによる東日本大震災のマクロ経済的被害，2012
- 2) 宮下光宏：旅客トリップを明示した SCGE モデルの構築と応用-新幹線整備プロジェクトを対象として-，修士論文，長岡技術科学大学大学院環境システム工学専攻，2000
- 3) 経済産業省地域経済産業グループ：地域経済構造分析の手引き(平成 17 年度版)，2006
- 4) 神戸大学：平成 24 年度 環境経済の政策研究(地方公共団体における地球温暖化対策実行計画等の実施に伴う環境・経済・社会への影響分析)，2013
- 5) 日本政策投資銀行：東日本大震災資本ストック被害金額推計-エリア別(県別／内陸・沿岸別)に推計-，2011
- 6) 内閣府：平成 23 年度経済財政報告書，[Accessed 25 January 2013]， Available http://www5.cao.go.jp/j-j/wp/wp-je11/h01_01.html
- 7) 小池淳司，右近 崇：電力供給不足による経済的影響分析，2011
- 8) 細江宣裕：レジャー消費自粛の経済効果-産業連関モデルによる分析，GRIPS Discussion Paper 11-04，2011
- 9) 土屋哲：地震リスク管理のための経済被害の軽量化に関する方法論的研究
- 10) 小池淳司・太田垣聡：スマトラ沖地震の経済被害評価，土木計画学研究論文集 No.23，2006
- 11) 山崎雅人・曾根好徳・小池淳司・多々納裕一：自然災害からの経済復旧シミュレーションに関する一考察，日本リスク研究学会第 25 回年次大会講演論文集 Vol.25，2012

- 12) Thomas F. Rutherford: Lecture Notes on Constant Elasticity Functions, University of Colorado, 2002
- 13) 武隈愼一：ミクロ経済学-増補版，新世社，2011
- 14) 上田孝行：Excel で学ぶ地域・都市経済分析，コロナ社，2010
- 15) ジョン・B・ショウヴン，ジョン・ウォーリ：応用一般均衡分析，東洋経済新報社，1993
- (2013.7.31 受付)

Evaluation of economic damage of Great East Japan Earthquake by SCGE model of municipality level

Atsushi KOIKE, Tsuyoshi SASAKI, Yasuo SASAKI, Kiyoshi YAMASAKI

The purpose of this paper is to develop the SCGE model for the finely-divided regions in order to conduct positive analysis and estimate economic impacts. In our study, the model deals with 2,342 cities in Japan and takes into account inter-regional freight transport, commuting and capital flows between each city.

In the positive analysis, the developed model is applied to the case of Great East Japan Earthquake. The damage of the earthquake is expressed as decrease in production efficiency of firms, which are assumed to be equivalent to the rate of capital stock decrease in the inland and coast regions in the suffered area, i.e., Iwate, Miyagi, Fukushima, and Ibaraki Prefecture. The result shows not only that large economic damage has occurred in these suffered areas, but also that the economic damage has affected all East Japan and an industrial area of Chubu, Kinki, Chugoku and the Kyushu District.