

社会資本ストック崩壊による経済的被害の空間的把握*

Economic Damage Assessment of Catastrophe*

小池淳司**・上田孝行***・秋吉盛司****

Atsushi KOIKE**, Takayuki UEDA*** and Seiji AKIYOSHI****

1. 背景と目的

交通、情報産業の発展により地域間がネットワークで強く結びついた今日では、社会資本ストックによる便益は、地域間交易を通じて、当該地域を越え他地域に波及するようになってきた。そのため、社会資本ストックの効果を正確に計測するには、社会資本ストックによる便益の空間的帰着構造を把握する必要がある。一方、わが国は自然災害の危険にさらされており、特定の地域への災害が日本経済全体あるいは全国の各地域にどの程度影響するのかを事前に評価するためにも、社会資本ストックによる便益の空間的帰着構造を知ることは重要な課題である。

社会資本の空間的波及（スピルオーバー）効果に関する研究は、Holts-Eakin and Schwartz¹⁾以来、社会資本を投入要素する生産関数を推定するときに空間隣接行列を利用することで、他地域の社会資本ストックが自地域の生産効率性にどの程度影響するかという分析が行われている。これらの論文成果は吉野・中島²⁾、三井・大田³⁾、江尻・奥村・小林⁴⁾により詳細にまとめられている。一方、本研究で対象としている社会資本の空間的波及効果は、上述のように他地域の社会資本ストックが自地域の生産効率性に直接影響する効果とは異なり、自地域の社会資本ストックが自地域の生産効率性のみに影響し、自地域の生産効率性の向上が地域間交易を通じて他地域の生産財市場、生産要素市場へ影響を及ぼし、最終的に他地域の世帯の効用水準に影響を及ぼす効果を対象としている。すなわち、前者は他地域の社会資本ストックが自地域の生産効率性に直接的に影響するため社会資本ストックの直接スピルオーバー効果と呼び、後者は他地域の社会資本ストックが地域間交易を通じて自地域の世帯の効用水準に間接的に影響するため社会資本ストックの間接スピルオーバー効果と呼ぶことができる。

社会資本ストックの間接スピルオーバー効果に関する研究は、筆者の知る限り、現在までに行われているものは無い。その理由として、Kanemoto and Mera⁵⁾に記されるように社会資本整備の効果は完全競争を仮定する限りにおいて、直接効果のみを計算することで便益を把握することができ、間接効果については各々の市場を介してキャンセルアウトされることが知られていることに起因している。そのため、多大な労力をかけてまで間接スピルオーバー効果を計算する必要は無いと考えられてきた。しかし、近年、社会資本実施の段階における合意形成、あるいは、災害被害の保険制度設計などにおいて間接スピルオーバー効果を知る必要に迫られている。

そこで、本研究では社会資本ストックの間接スピルオーバー効果を把握可能なモデルの開発および実証研究を通じたモデルのフィジビリティを確認することを目的としている。社会資本ストックの間接スピルオーバー効果を把握するためのモデルには以下の2つの特徴を有しておく必要がある。社会資本ストックの影響が生産効率に反映される地域間交易を通じた市場の影響が把握できる。そのため、本研究では社会資本ストックを生産要素の一部として扱うことが可能な空間的応用一般均衡モデルを構築し、社会資本ストックの間接スピルオーバー効果を様々な経済変数および社会的厚生観点から評価する。なお、本研究は既存研究である小池・上田・伊藤⁶⁾を空間的に拡張したモデル構造となっている。

2. SCGE モデルの構築

図 1 の社会経済モデルを想定し、以下の仮定を設ける。

- (1) I 個に分割された国土空間を考える。
- (2) 各地域には 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。
- (3) 政府がおこなう社会資本整備は社会資本ストックとなり、当該地域の企業の生産性を直接的に向上させる。
- (4) 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。
- (5) 各財は Armington 仮説を前提としている。

*キーワード：経済的被害，SCGE 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

*** 正員 工博 東京工業大学工学部開発システム工学科

**** エムアールアイシステムズ

(〒680-8552 鳥取市湖山町 4-101

, e-mail : koike@sse.tottori-u.ac.jp)

(6) 社会経済は完全競争下の長期的均衡状態にある。

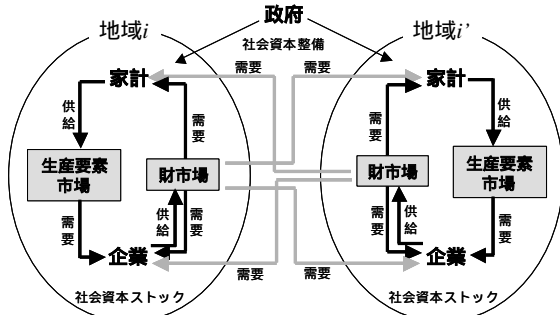


図 - 1 社会経済モデルの概略

3. 企業の行動モデル

i 地域に立地し 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と労働、資本、社会資本により構成される生産要素を用い、図 - 2 に示すようなネステッド CES 型の生産構造の生産技術を用いて商品を生産するとする。

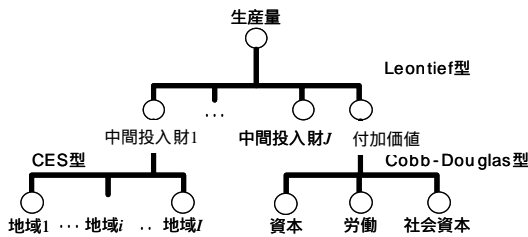


図 - 2 生産関数の階層的構造図

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定式化する。

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

ただし、 Q_j^i : 生産量、 VA_j^i : 付加価値、 x_{jj}^i : 中間投入合成財、 a_{jj}^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定式化する。

$$\begin{aligned} \min w^i l_j^i + r^i k_j^i \\ \text{s.t. } VA_j^i = \eta_j^i (g^i) l_j^{\alpha_{1j}^i} k_j^{\alpha_{2j}^i} = 1 \end{aligned} \quad (2)$$

ただし、 w^i : 労働賃金率、 r^i : 資本のレント、 l_j^i : 労働投入量、 k_j^i : 資本投入量、 g^i : 社会資本投入量、 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（ $\alpha_{1j}^i + \alpha_{2j}^i = 1$ ）

さらに、付加価値関数の効率パラメータを社会資本ス

トックの関数として、以下のように仮定する。すなわち、このような付加価値関数の形は、Solow 以来の新古典派成長モデルにおける技術進歩の考え方と同様であり、技術の進歩が社会資本ストックによって説明されていると解釈することも可能である。

$$\eta_j^i (g^i) = \mu_j^i g^{\alpha_{3j}^i} \quad (3)$$

ただし、 $\mu_j^i \alpha_{3j}^i$: パラメータ

上式より、付加価値 1 単位あたりの生産要素需要 ck_j^i, cl_j^i が得られる。

$$\min \sum_{i \in I} P_j^i x_{jj}^i \quad (4)$$

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

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定式化する。

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}^{ii} : 分配パラメータ（ $\sum_{i \in I} \delta_{jj}^{ii} = 1$ ）、 σ : 代替弾力性パラメータ

上式より、中間投入合成財 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、企業の提供する生産財の価格は単位生産量あたりの費用に等しい水準になる。すなわち、以下の式が成立する。

$$P_j^i = a_{0j}^i (w^i cl_j^i + r^i ck_j^i) + \sum_{j \in J} a_{jj}^i (\phi_{jj}^i)^{-1} \left(\sum_{i \in I} \delta_{jj}^{ii \sigma} P_j^{i 1-\sigma} \right)^{\frac{1}{1-\sigma}} \quad (5)$$

4. 家計の行動モデル

i 地域には代表的な家計が 1 つ存在し、自地域と他地域の j 財を消費すると仮定し、下図のような構造の効用関数を仮定する。すなわち、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の自地域製品と他地域製品の代替関係を CES 型で表現する。

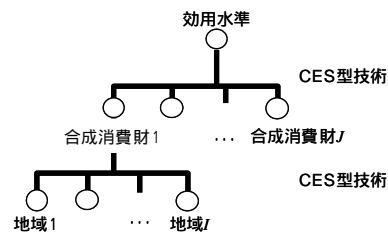


図 - 3 効用関数の階層的構造図

以下に、世帯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。

$$V^i = \max_j \left(\sum_{j \in J} (\gamma_j^i)^{\frac{1}{\rho_1}} (q_j^i)^{\frac{\rho_1-1}{\rho_1}} \right)^{\frac{\rho_1}{\rho_1-1}} \quad (6)$$

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

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_1 ：消費財の代替弾力性パラメータ、 p_j^i ：合成消費財の価格

$$V_j^{ii} = \max_i \left(\sum_{i \in I} (\gamma_j^{ii})^{\frac{1}{\rho_2}} (q_j^{ii})^{\frac{\rho_2-1}{\rho_2}} \right)^{\frac{\rho_2}{\rho_2-1}} \quad (7)$$

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

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地域の需要を求め、以下のような最適化行動を定式化する。

ただし、 V_j^{ii} ：地域 i 産業 j の間接効用関数、 q_j^{ii} ：地域 i から地域 i への産業 j の合成財消費量、 γ_j^{ii} ：地域 i から地域 i への産業 j の消費の分配パラメータ、 ρ_2 ：消費地域の代替弾力性パラメータ

5. 市場均衡条件

全ての企業に対して、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、需要量に応じた供給量が生産されることになる。

$$Q_j = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J x_{ij}^i + q_j^j \quad (8)$$

そのため、財市場における市場均衡条件式は、常に成立し、財価格は単位生産量あたりの費用として決定される。

$$\sum_j w^i [a_{0j}^i q_j^i c l_j^i (w^i \cdot r^i)] = w^i L^i \quad (9)$$

$$\sum_j r^i [a_{0j}^i q_j^i c k_j^i (w^i \cdot r^i)] = r^i K^i$$

生産要素市場の需給均衡は、家計の要素供給量と企業の要素需要量が等しくなるように要素価格が決定する。

6. 実証分析

実証分析として、災害による社会資本ストック崩壊の空間的波及効果の計測を実施した。政策シナリオは関東地域の災害を想定し、基準年に関東地域の社会資本ストックが10%減少するとした。また、分析にあ

り、わが国の平成7年地域間産業連関表を用い、産業部門を8部門に、粗付加価値を労働と資本に集計した。

モデルのパラメータはパラメータキャリブレーション手法で決定している。なお、パラメータの詳細は紙面の都合上割愛する。ただし、式(3)に示す付加価値における効率パラメータは社会資本ストックの関数として時系列分析で統計的に推定した。推定に当たって、説明変数である効率パラメータの値は1985年～1998年の県民経済計算年報および三井情報開発(株)の労働データを使用し、被説明変数である社会資本ストックは同年次の電力中央研究所の社会資本ストックデータを用いた。ここで、符号条件から α_{3j}^i の推定値が負の場合はゼロとした。

災害前と災害後のシミュレーション結果から、各種経済変数および効用水準を算出し、その結果を以下に示す。なお、経済的被害の計測は、等価的変差 EV の概念で定義し、計測した。

分析の結果は図-4に示すとおりである。当然ながら、どちらも関東地方で大きな経済的被害が計測され、被害の大部分を占めている。また、中部・近畿・沖縄地方には経済的被害が波及していることが読み取れる。しかしながら、その他の地域である北海道・東北・中国・四国・九州地方では負の経済的被害、すなわち、正の便益が計測されている。このことは関東地方の災害により、ある地方では効用水準が向上していること意味している。なお、日本全体での1年あたりの経済的被害の合計は約3,440億円であった。

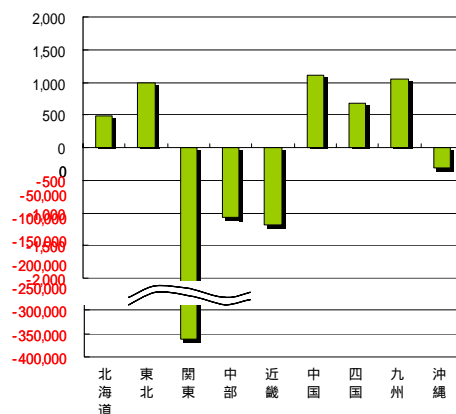


図-4 EV (単位：百万円)

7. 代替弾力性パラメータの感度分析

本実証分析では、地域選択の代替弾力性を10と仮定して分析をおこなった。この値は既存研究レビューに

より得られた値であるが、既存研究では生産地選択の代替弾力性パラメータとして 2~30 までの値を採用している。そのため、本研究で想定した値に根拠があるわけでは無い。また、既存研究は主に国際交易を対象としているため、本実証研究で採用している国内の地域間交易に対する代替弾力性パラメータの推定を行った研究は少ない。そこで、既存研究が設定している数値の範囲内で感度分析を実施した。図 - 5 はその結果のうち感度分析による中部地方の経済的被害の値を示している。なお、代替弾力性パラメータは企業の間接投入財の生産地選択、世帯の合成消費財購入の生産地選択という 2 種類が存在するため、クロスで感度分析を実施している。この図からわかるように、代替弾力性パラメータの設定如何により災害の経済的被害がプラスまたはマイナスの値をとることがわかる。そのため、社会経済データを用いて代替弾力性パラメータを統計的に推定しない限りにおいては本モデルの算出結果が妥当な値であるか判断が不可能である。一方、生産地選択の代替弾力性パラメータの推定には生産地別の価格データが不可欠であり、現在は入手困難である。そのため、これら推定のために必要なデータ整備が必要である。

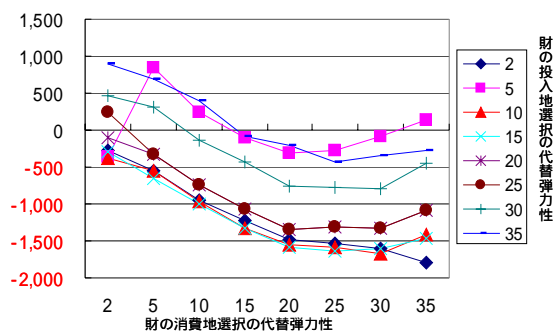


図 - 5 代替弾力性の感度分析による EV の変化
(単位：百万円)

8. まとめ

本研究で構築した SCGE モデルにより社会資本ストックの投資・崩壊による地域間交易を通じた空間的な波及効果計測が可能となった。社会資本ストック量の変化による経済構造の変化が明示的に示されることにより、社会資本整備の空間配置に対する費用負担問題・災害保険のための地域間負担割合の設計等に際して多くの情報を提供する。また、地域間便益帰着構造を示すことは、今後の国土計画を提案する上での合意

形成に役立つと考えられる。

一方、感度分析の結果が示すとおり、算出結果の精度向上のためには、設定パラメータの統計的検定およびそのためのデータ整備を実施することが不可欠である。しかし、ここで得られた結論および実証分析結果は十分に利用価値が高いものである。

【謝辞】

本論文はトヨタ自動車(株)主催の社会資本研究会での研究成果の一部であり、研究会参加のメンバーから多くの貴重な意見を賜った。また、計量分析で使用している社会資本ストック並びに民間資本ストックデータは(財)電力中央研究所から、労働データは三井情報開発(株)から提供を受けている。これらの方々に対して心から感謝の意を表したい。なお、当然のことではあるが、本論文に関する誤りなどの一切の責任は筆者が負うべきものである。

【参考文献】

- Holtz-Eakin, D. and Schwartz, A.E.: Spatial productivity spillovers from public infrastructure: Evidence from state highways, *International Tax and Public Finance*, Vol.2, pp.459-469, 1995.
- 吉野直行・中島隆信：公共投資の経済効果，日本評論社，1999。
- 三井清・大田清：社会資本の生産性と公的金融，日本評論社，1995。
- 江尻良・奥村誠・小林潔司：社会資本の生産性と経済成長：研究展望，土木学会論文集 No.688 / IV-53, pp.75-87, 2001。
- Kanemoto, Y. and Mera, K.: General equilibrium analysis of the benefits of large transportation improvements, *Regional Science and Urban Economics*, Vol. 15, No. 3, pp.343-363, 1985.
- 小池淳司・上田孝行・伊藤克彦：社会資本ストック整備評価に関する研究-生産関数アプローチと応用一般均衡分析による理論的・実証的比較-，土木計画学研究・論文集，Vol.19, No.1, pp.123-128, 2002。
- 平成7年度地域間産業連関表，経済企画庁。
- 市岡修：応用一般均衡分析，有斐閣，1991。
- Roberto Roson, *Transport Networks and The Spatial Economy A General Equilibrium Analysis*, Umea Economic Studies NO.340, 1994。