

新潟県中越地震による経済被害の計量化の枠組み*

A Framework of Measuring Economic Losses from the Niigata-Chuetsu Earthquake*

土屋 哲**, 多々納裕一***, 岡田 憲夫****

By Satoshi TSUCHIYA**, Hirokazu TATANO***, Norio OKADA****

1. はじめに

平成 16 年 10 月 23 日夕刻に新潟中越地方を震源に発生した巨大地震は、その後頻発した余震と合わせて同地域を中心に周辺地域へ甚大な被害を及ぼし、社会基盤や企業の甚大な被害、仮設住宅での暮らしを余儀なく強いられている人々、また越冬後に事態の深刻さが改めて浮き彫りになった田畑への影響など、中・長期にわたってその影響が及んでいる。

新潟中越地震発生後には、新潟県が中心となって同地震による経済被害を約 3 兆円と推計した。また、産業連関分析により、中越地域における製造業の稼働率が 10% 低下した場合の産出額の減少が約 2,000 億円という推計もなされている。¹⁾

総合的な地震リスクマネジメント施策を講じていく上では、地震リスクを評価する必要がある、このためには間接被害を含めた地震による被害を推計する分析的枠組みを確立しておくことが重要である。巨大地震による災害の地域経済レベルでの主要な問題は、地震による人的・物的被害（生産資本や社会基盤への被害）とそれらがもたらす経済被害であり、被害額が全体でどれくらいの大きさになるのかという点、講じる軽減策の実施によりどれくらいの被害軽減が達成されるのかという点が重要な情報となるであろう。さらに、直接的な被害をこうむるのはごく一部の地域であるにもかかわらず、地域の経済活動が産業間・地域間で連関性を有するために、経済的な被害は周辺地域、あるいは全国へと波及する。その結果、地震発生後の社会では、地域間の交易パターンが変化し、被災地域の産業の復興に負の影響を及ぼすケースも考えられる。交易パターンの変化は、主に被災地域の生産資本の損傷や、地域間交通ネットワークを中心とする社会基盤の崩壊が引き金となっている。したがって、これらの要因・メカニズムが考慮されなければ、地域経済の観点から災害による経済的影響を

評価したとはいえない。

そこで本研究では、上記の点を踏まえて震災の経済的影響を評価するために、空間的応用一般均衡モデル（以下 SCGE モデルと記述）を用いて経済被害の評価を行う枠組みを提示し、新潟県中越地震を事例として被害の試算を行うことで、高速道路や高速鉄道といった地域間の基幹交通網への損傷、被災地企業の生産資本の損傷が地域経済に及ぼす影響を分析する。

2. 既往研究と本研究の立場

近年、災害による経済的影響に関する研究が蓄積されつつある。産業連関分析や応用一般均衡分析に代表される間接被害計量化手法の確立は、その原因となる直接被害の推計とも結びついて大規模災害の発生直後に当該地域の被害の状況を予測することに適用可能なばかりでなく、取りうる事前対策・事後復旧策の効果を定量的に検討することを可能とするものである。

萩原²⁾は、神戸市内・市外の 2 地域 CGE モデルの構築により地域が被る間接被害評価の枠組みを示し、阪神・淡路大震災の影響について分析を行っている。そして、震災のもたらした供給側のショックの影響を大きく受けた産業（電気・ガス・水道）と復興投資による需要側のショックの影響を大きく受けた産業（建設）に関する知見などを得ている。

また、小池ら³⁾は、社会資本の間接的なスピルオーバー効果を取り入れた 47 都道府県 SCGE モデルを提示し、大規模地震により社会資本が損傷した場合の生産能力への影響や被害の波及、あるいは交通の寸断が起こった場合の被害の波及について分析を行っている。

このように、産業連関分析や応用一般均衡分析を災害の文脈に適用して経済的な評価を行っている研究は多い。CGE の場合、通常の分析の枠組みでは、災害による被災シナリオを反映する変数もしくはパラメータを平常時よりもネガティブな方向へ操作することで、地域または産業間で限界生産性が変化し、これにより資源の再配分が促されて、最も効率的に生産活動が行われるような状況に達して新たな均衡状態に達する。この結果、一般には財価格の上昇に伴い家計厚生水準が下がり、これを被害として計測する。また、多地域の枠組みである SCGE モデルでは、労働や資本といった生産要素の地域間での移動可能性がある。

*キーワード：防災計画、計画情報、地域計画

**正員、工修、長岡技術科学大学 環境・建設系

〒940-2188 長岡市上富岡町 1603-1, Tel 0258-47-9677

E-mail: tsuchiya@vos.nagaokaut.ac.jp

***正員、工博、京都大学防災研究所 社会防災研究部門

〒611-0011 宇治市五ヶ庄, Fax 0774-38-4044

****正員、工博、京都大学防災研究所 巨大災害研究センター

生産要素の地域間移動がある場合、被害が周辺地域に波及して、被害額が均等化する。これは、瞬時に他の地域の資本や労働が被災地域に流入し、生産性の回復がある程度まで生じるとともに、他地域では相対的に産業の生産要素が減少することを意味する。しかしながら、現実には資本や労働の回復はそれほど早くは生じない。この非現実性を回避するには、生産要素に関して地域間移動を認めないなどの短期均衡を想定することが一つの考え方である。¹

このように、時空間的フレームを考慮した分析の枠組みは、(S)CGEアプローチを災害の文脈に適用する際の本質的な課題のひとつであるといえる。近年の研究におけるモデルの発展は、これらの問題を克服しつつある。

例えば、Rose *et al.*⁵⁾ は、CGEモデルを用いて電力供給途絶の経済的影響を分析しているが、基準ケース、超短期と短期という三つの時間フレームを設定して、異なる代替パラメータを仮定して分析を行い、その結果を比較している。また、Rose *et al.*⁶⁾ では、生産関数パラメータを種々の生産者側の非常時の適応行動と結び付けて考えることで、水供給の途絶による影響をCGEで分析しながら個別企業や地域の被害軽減能力について考察できるような枠組みを示している。

これらの成果を踏まえ、本論文では、新潟県中越地震による経済被害を計量化するために、災害時に社会が達する均衡状態として労働・資本の移動が無い短期均衡を前提としたSCGEモデルを構築する。また、被害のすべてが市場メカニズムを介して家計に帰着するのではなく、一部は企業に帰着することを仮定して、分析の枠組みを提示する。これら2点が、時間フレームに関して本研究がとる立場である。

また、時間フレームと同様に、交通に代表されるような物資・旅客・情報の地域間流動を支えるネットワークも、分析を行う上で重要な要素であり、地域間交易や鉄道など、交通を話題にしたSCGEモデルは多数存在する(例えば7),8)。交通インフラの損傷や交易パターンの変化は地域間の交通量の变化と密接に関係するので、SCGEを中心にすえた被害予測モデルには、災害時の広域交通ネットワークにおける貨物・旅客流動が記述できる構造を備えていることが求められる。そこで、土屋ら⁹⁾を踏襲して貨物・旅客流動を内生化しうるSCGEモデルを採用し、交通ネットワークと統合的な枠組みとする。

3. SCGEモデルの構築

(1) 主な前提条件

- ・国土は N 地域に分割されている。
- ・各地域に経済主体として1つの家計と M 種の企業の存

¹例えば、今回の中越地震で被害の大きかった小千谷市の新潟三洋電子(株)では、震災からおおよそ半月後に他工場における代替生産を開始したが、同時に自宅待機者も相当数いた⁴⁾。

在を想定する。

- ・家計の財消費活動は自地域内に限られる。
- ・地域間を結ぶ交通ネットワークには、旅客を扱う高速鉄道と、貨物を扱う高速道路を想定する。いずれも、最短経路を利用して移動・輸送が行われるものとする。
- ・平常時、社会は長期的な均衡状態にある。一方、災害時には、(6)に述べるような短期均衡に達するものとする。

(2) 家計の消費行動

地域 k に居住する家計は、自地域に立地する企業に労働・資本の供給を行い、その対価としての所得で財消費することで効用を得る。家計の効用最大化問題を以下の式で表現する。

$$U^k = \max_{d^k} \left\{ \sum_i (\gamma_i^k)^{\frac{1}{\sigma}} (d_i^k)^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} \right\}^{\frac{\sigma}{\sigma-1}} \quad (1)$$

$$\text{s.t.} \quad \sum_i q_i^k d_i^k \leq y^k = \sum_i (w^k L_i^k + r K_i^k) \quad (2)$$

ただし、

- U^k : 地域 k に居住する家計の効用、
- γ_i^k : 財消費に関する効率パラメータ、
- σ : 財消費に関する代替パラメータ、
- d_i^k : 家計の財 i の消費量、
- q_i^k : 地域 k における財 i の消費者価格、
- y^k : 地域 k に居住する家計の所得、
- w^k : 地域 k の労働賃金率、
- L_i^k : 家計から企業 i_k への労働供給量、
- r : 資本レント、
- K_i^k : 家計から企業 i_k への資本供給量、

である。

式(1)、(2)より、財消費について次の需要関数を得る。

$$d_i^k(q^k) = \frac{\gamma_i^k (q_i^k)^{1-\sigma}}{\sum_j \gamma_j^k (q_j^k)^{1-\sigma}} \frac{y^k}{q_i^k} \quad (3)$$

(3) 企業の生産行動

地域 k には、産業ごとに1つの企業が立地し、操業している。企業 i_k は、地域 l で生産され自地域に輸送されてきた財 j を中間財として、また労働、資本と、業務トリップを経て獲得する知識を生産要素として投入し、規模に関して収穫一定となる一次同次の技術を用いてただ1種類の財 i を生産する。

企業の利潤最大化行動を図1のように階層的に考え、以下のように定式化する。

$$\pi_i^k = \max_{Q, X, V} p_i^k Q_i^k - \sum_j q_j^k X_{ji}^k - c_{vi}^k V_i^k \quad (4)$$

$$\text{s.t.} \quad Q_i^k = \min \left\{ \frac{X_{1i}^k}{a_{1i}^k}, \dots, \frac{X_{Mi}^k}{a_{Mi}^k}, \frac{V_i^k}{a_{vi}^k} \right\} \quad (5)$$

$$c_{vi}^k V_i^k = \min_{L, K, \kappa} w_i^k L_i^k + r_i^k K_i^k + c_{Ti}^k \kappa_i^k \quad (6)$$

$$\text{s.t.} \quad V_i^k = \left\{ (L_i^k)^{\delta_i^k} (K_i^k)^{1-\delta_i^k} \right\}^{1-\beta_i^k} (\kappa_i^k)^{\beta_i^k} \quad (7)$$

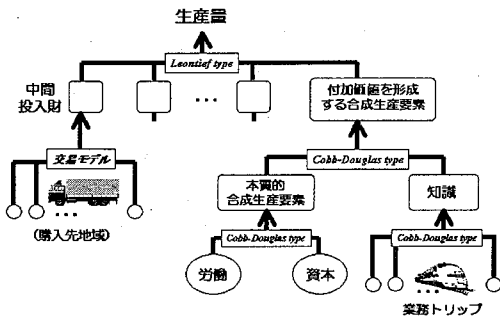


図 1: 企業の階層的生産構造

$$c_{T_i^k}^k = \min_n \sum_l \tau^{kl} n_i^{kl} \quad (8)$$

$$\text{s.t. } \kappa_i^k = \prod_l (n_i^{kl})^{\delta_n^{kl}} \quad (9)$$

ただし、

- π_i^k : 企業 i_k の利潤,
- p_i^k : 企業 i_k の財生産価格,
- Q_i^k : 企業 i_k の生産量,
- X_{ji}^k : 企業 i_k が中間財として投入する j の量,
- V_i^k : 付加価値を構成する合成生産要素,
- cv_i^k : V_i^k の単位費用関数,
- a_{ji}^k : Q_i^k に対する中間財 j の投入比率,
- a_{vi}^k : Q_i^k に対する合成生産要素の投入比率,
- δ_i : 企業 i_k の労働に関するシェアパラメータ,
- β_i^k : 本質的合成生産要素と知識の代替パラメータ,
- κ_i^k : フェイス・トゥ・フェイス・コミュニケーションにより獲得する知識,
- $c_{T_i^k}^k$: κ_i^k の単位費用関数,
- τ^{kl} : 地域 k から l への業務トリップの旅客交通費用,
- n_i^{kl} : 企業 i_k の、地域 k から l への業務トリップ数,
- δ_n^{kl} : 業務トリップの目的地選択に関するパラメータ,

である。

式 (4)~(9) からなる最適化問題を解き、以下の需要関数を得る。

$$n_i^{kl} = \delta_n^{kl} \beta_i^k cv_i^k V_i^k / \tau^{kl} \quad (10)$$

$$L_i^k = \delta_i^k (1 - \beta_i^k) \frac{cv_i^k V_i^k}{w^k} \quad (11)$$

$$K_i^k = (1 - \delta_i^k)(1 - \beta_i^k) \frac{cv_i^k V_i^k}{r} \quad (12)$$

$$X_{ji}^k = a_{ji}^k Q_i^k \quad (13)$$

$$V_i^k = a_{vi}^k Q_i^k \quad (14)$$

ただし、

$$cv_i^k = \left\{ \frac{\prod_l (\tau^{kl})^{\delta_n^{kl}}}{\beta_i^k} \right\}^{\beta_i^k} \left\{ \frac{(w^k)^{\delta_i^k} (r)^{1-\delta_i^k}}{1 - \beta_i^k} \right\}^{1-\beta_i^k} \quad (15)$$

である。

(4) 地域間交易

地域間交易については、交易係数 s_i^{kl} を、地域 l の企業が生産地 k を財 i の購入先を選ぶ確率と考え、

$$s_i^{kl} = \frac{Q_i^k \exp \{-p_i^k \lambda_{0i} (1 + \phi_i^{kl})\}}{\sum_m Q_i^m \exp \{-p_i^m \lambda_{0i} (1 + \phi_i^{ml})\}} \quad (16)$$

で与える。ここに、 $\lambda_{0i}(1 + \phi_i^{kl}) = \lambda_{0i} + \lambda_{1i} D^{kl}$ を仮定し、 λ_{0i} , λ_{1i} : パラメータ,
 D^{kl} : 地域間輸送所要時間,
とする。したがって、 ϕ_i^{kl} は地域間輸送に係る費用率の役割を果たす。

このような定式化により、同一財について双方向の交易が同時に行われる状況を表現できる。

(5) 均衡条件 (平常時)

平常時の均衡は、通常の (S)CGE モデルに見られるように、全ての内生変数が特別な制約無く可変であるとして達する均衡を想定する。本モデルでは、均衡条件として (a) 財市場、(b) 労働・資本市場、がそれぞれ以下のように示される。

(a) 財市場

$$Q_i^k - EX_i^k = \sum_l s_i^{kl} \{d_i^l - IM_i^k + \sum_j a_{ij}^l Q_j^l\} (1 + \phi_i^{kl}) \quad (17)$$

EX_i^k , IM_i^k はそれぞれ企業 i_k に関する輸出量、輸入量を表す。本研究では、輸出・輸入は外生的に与えており、後の分析の過程で変化することはないものとしている。

式 (17) は、産業 i_k に関して左辺が供給側から、右辺が需要側から財の流動を表現したものに他ならない。

(b) 労働・資本市場

$$\sum_i L_i^k = L^k \quad (18)$$

$$\sum_k \sum_i K_i^k = K \quad (19)$$

式 (18), (19) より、平常時に労働市場は地域で、資本市場は国土全体で、それぞれ閉じている。

次に、空間的な価格形成を

$$q_i^l = \sum_k s_i^{kl} p_i^k (1 + \phi_i^{kl}) \quad (20)$$

の式により与えることとする。一方、企業のゼロ利潤条件より、式 (4), (13), (14) から次式を得る。

$$p_i^k = \sum_j q_j^k a_{ji}^k + cv_i^k a_{vi}^k \quad (21)$$

平常時の均衡状態は、式 (3), (10)~(21) を方程式として表 1 の内生変数について解くことにより決定する。

(6) 災害時の均衡に関する仮定

災害時の均衡は、地域間の交通費用が変化し、被災地の一部の企業で生産資本が損傷し、労働・資本の移動が無いとする条件の下で経済社会が達すると想定する短期均衡である。

まず、災害時に生産資本の損傷が企業の行動に与える影響について、次のような仮定をおく。

仮定

- ①生産資本が損傷しても、家計所得は平常時と変わらない。
- ②短期的視野にもとづく生産行動の結果、災害時においては一時的に企業の利潤が負になるかもしれないが、それを原因として市場から撤退することはない。

仮定①は、災害時において企業が労働・資本から産み出す合成生産要素の量と、その対価として家計が得る所得の間にギャップが生じうることを意味する。本研究では、資本・労働移動が生じない短期的な状況下で、企業に発生した余剰の分配前の時点に着目して被害の計量化を行おうとしているので、このような状況下では、被害は企業の中にとどまることとなる。また、現実的には、被災地域に立地する同一の産業業種であっても、被災する企業もあればそうでない企業もあり、仮定②の下で、企業は市場価格を受け入れて操業を行っている。

以上の仮定から、被災時の企業の利潤関数を記述する。記号 $^{(0)}, ^{(1)}$ をそれぞれ平常時、災害時の変数であることを強調するために用いると、企業 i_k の利潤は

$$\pi_i^{k(1)} = \max_{Q, X} p_i^{k(1)} Q_i^{k(1)} - \sum_j q_j^{k(1)} X_{ji}^{k(1)} - w^{k(0)} L_i^{k(0)} - r^{(0)} K_i^{k(0)} - c_{Ti}^{k(1)} \kappa_i^{k(1)} \quad (22)$$

で表される。

このギャップが解消される場合、すなわち、労働・資本からなる合成生産要素の産出量に見合った額が家計の所得となる場合、短期であっても企業の利潤はゼロになる。このときの企業 i_k の利潤関数 $\pi_i^{k(1)'}$ は、

$$\pi_i^{k(1)'} = \max_{Q, X} p_i^{k(1)'} Q_i^{k(1)} - \sum_j q_j^{k(1)'} X_{ji}^{k(1)} - w^{k(0)} L_i^{k(0)} - r^{(0)} K_i^{k(1)} - c_{Ti}^{k(1)} \kappa_i^{k(1)} \quad (23)$$

と表される。結局、式 (22) と (23) の差 $\pi_i^{k(1)'} - \pi_i^{k(1)}$ の大きさが、資本損傷がもたらす生産面への影響により生じる被害となる。

次に、災害時の均衡を解くことを考える。労働・資本の移動の無い本モデルでは、財の価格について、式 (20)、(21) でそれぞれ災害時の道路所要時間を反映させた $\phi_i^{kl(1)}$ 、旅客交通費用を反映させた合成生産要素の単位費用 $cv_i^{k(1)}$ を災害時のものと置き換えた式

$$q_i^{l(1)} = \sum_k s_i^{kl(1)} p_i^{k(1)} (1 + \phi_i^{kl(1)}) \quad (24)$$

$$p_i^{k(1)} = \sum_j q_j^{k(1)} a_{ji}^{k(0)} + cv_i^{k(1)} a_{vi}^{k(0)} \quad (25)$$

とし、 p_i^k と q_i^k について解けばよい。このとき、 ϕ_i^{kl} の変化と被災企業の供給能力の低下により式 (16) も更新されているので、 s_i^{kl} 、すなわち地域間の交易パターンも変化し

表 1: 長期・短期均衡と外生・内生変数

	平常時 (長期均衡)	災害時 (短期均衡)
外生	$\tau^{kl(0)}, \phi_i^{kl(0)}$	$\tau^{kl(1)}, \phi_i^{kl(1)}$
内生	$L_i^{k(0)}, w^{k(0)}, r^{(0)}$	$L_i^{k(0)}, w^{k(0)}, r^{(0)}$
	$K_i^{k(0)}, Q_i^{k(0)}, X_{ji}^{k(0)}, z_i^{kl(0)}$	$K_i^{k(1)} = \eta_i^{k(1)} K_i^{k(0)}$ $Q_i^{k(1)}, X_{ji}^{k(1)}, z_i^{kl(1)}$
	$d_i^{k(0)}, p_i^{k(0)}, q_i^{k(0)}$	$d_i^{k(1)}, p_i^{k(1)}, q_i^{k(1)}$

ている。以下、この結果に合わせて、表 1 中の内生変数を決めてやればよい。

(7) 経済被害

本研究の枠組みでは、経済被害は次の二つの部分に分かれる。一つは、市場システムを介して外部に波及し、最終的に家計に帰着する被害である。これを、等価変分 (EV) を用いて次式で評価する。

$$EV^k = \frac{u(q^{(1)}) - u(q^{(0)})}{u(q^{(0)})} y^{k(0)} \quad (26)$$

ただし、

$$u^k(q^k) = \left\{ \sum_i \gamma_i^k (q_i^k)^{1-\sigma} \right\}^{\frac{1}{1-\sigma}} \quad (27)$$

である。

二つ目は、企業 i_k にとどまる被害である。これは式 (22) と (23) の差

$$\pi_i^{k(1)'} - \pi_i^{k(1)} \quad (28)$$

の大きさで表される。これを地域産業ごとに求めたものと式 (26) によって、最終的に経済被害が表される。

4. 中越地震による被害の試算

(1) 産業・社会基盤への被害の反映

3. で構築した SCGE モデルを用いて、中越地震による経済被害の試算を行う。図 2 に示すように、新潟県を含めて全国を 9 地域に分割する。

地震による被災のシナリオを設定するにあたり、本モデルでシナリオとして操作する変数・パラメータは、地域間道路ネットワークの寸断、地域間高速鉄道の寸断、被災地企業の生産資本の損傷、の 3 種類であるとする。それぞれ、 D^{kl} 、 τ^{kl} 、 η_i^k を外生的に操作する。ここに、 η_i^k は災害時の企業 i_k の資本稼働率を表すパラメータである (すなわち、 $(1 - \eta_i^k)$ が地震による資本損傷率を意味する)。

道路については、寸断の影響を地域間輸送時間の変化として捉え、ネットワーク (図 3 参照) 被災後に利用可能な経路のうち最短経路の所要時間を用いる。鉄道についても同様で、この場合には (一般化) 旅客交通費用を与える。

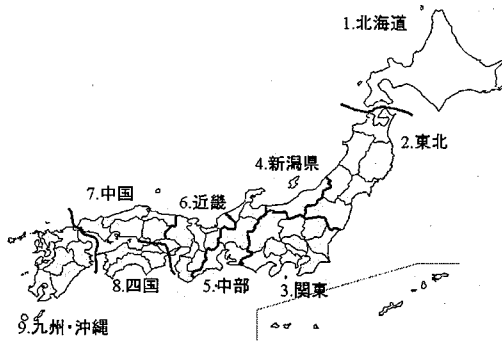


図 2: 地域分割

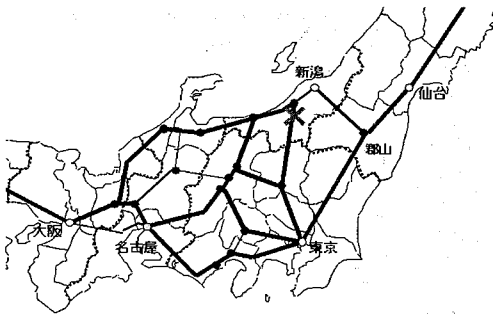


図 3: 地域間道路ネットワーク

資本損傷については、(2)で詳述するように、災害時の資本稼働率（あるいは資本損傷度）に係る指標として、新潟県による建築物被災度調査の結果等を参考にし、 η_i^k を決定する。

(2) 資本稼働率の推計に関する考え方

阪神・淡路大震災の後に、メッシュデータを用いて神戸市における産業別資本ストック損傷程度の推計を行った陳¹⁰⁾の研究を参考に、被災地域内の住家被害率に対応させて資本ストックの損傷が発生すると考え、稼働率 η_i^k を以下のように推定した。

①市町村別の住家被害率の計算

まず、災害時の被災地企業の生産資本損傷について建物損傷率との相関を仮定し、新潟県ホームページにまとめられている住家被害調査より、市町村ごとの住家被害率を計算する（被災程度によるウエイトは陳¹⁰⁾を参考）。

②製造業の資本ストック損傷度および稼働率の推定

工業統計における産業の出荷額に住家被害率を乗じて、県全体の出荷額減少分を推定する。これを平常時の出荷額で割った値を、災害時における企業の生産量減少率とする。生産減少率と整合的な資本損傷率は、式 (7) を使って求

表 2: 産業分類およびパラメータ $\eta_i^A, \lambda_{0i}, \lambda_{1i}$

i	産業部門名	η_i^A	λ_{0i}	λ_{1i}
1	農林水産業	1.00	2.523	0.110
2	鉱業	0.976	4.164	0.240
3	食料品・たばこ	0.940	2.192	0.142
4	繊維製品	0.761	1.350	0.215
5	パルプ・紙	0.951	1.812	0.174
6	化学製品	0.996	1.528	0.159
7	石油・石炭製品	0.995	0.873*	0.363
8	窯業・土石製品	0.957	1.793	0.211
9	鉄鋼製品	0.957	2.133	0.178
10	非鉄金属	0.988	1.624	0.203
11	金属製品	0.953	1.524	0.214
12	一般機械	0.887	1.546	0.139
13	電気機械	0.920	1.988	0.122
14	輸送機械	0.956	1.897	0.168
15	精密機械	0.785	2.017	0.177
16	その他製造業	0.937	1.845	0.174
17	建築・建設補修	1.00	10.24	0.327
18	土木事業	1.00	10.16	0.335
19	公益事業	0.970	1.861*	0.659
20	商業	0.932	1.801	0.130
21	金融・保険・不動産	0.971	4.223	0.437
22	運輸・通信	0.939	2.149	0.177
23	サービス	0.906	3.262	0.263
24	その他	0.975	10.28	0.323

注) $\lambda_{0i}, \lambda_{1i}$ は*を除きすべて 1%有意。 $\lambda_{0,19}$ は 5%有意。

める。

③製造業以外の産業の災害時稼働率

農業: 地震によって相応規模の土地が被害を受け、翌春の作付けが困難になった水田などがあるが、県内で代替生産を行い、例年並みの収穫が確保できたようである。供給量が減少しなかったと考えられることから、農業における損傷度はゼロ、すなわち稼働率は 1.00 とする。

建築・土木: 少し遅れてやってくる復旧・復興需要のことを考慮に入れ、稼働率は平常時と同じ 1.00 とした。

上記以外の産業: ①で求めた市町村別住家被害率を全県ベースの値に変換 (2.33%) し、それを直接、災害時の企業の生産量減少率と考えた。そして、製造業と同様の方法で稼働率を推定した。

こうして設定した災害時の資本稼働率 η_i^k ($k=4$: 被災地のみ) を表 2 に示す。

(3) 基準データとパラメータ

分析に際し、パラメータの設定などに用いるデータを以下に述べる。

産業連関表: 平成 7 年の全国 9 地域間産業連関表、および同年の新潟県産業連関表を用いて、表 3 中の 5 つのパラメータを設定する。なお、図 1 の生産の構造もふまえつつ、業務トリップの基準量として「家計外消費支出 (行)」を参照する。これより、パラメータ β_i^k を、当該地域・企業の付加価値生産額に対する家計外消費支出 (行) のシェアと

表 3: パラメータの出典一覧

文字	出 典
γ_i^k	産業連関表
σ	既往研究 例えば 3)
a_{ji}^k	産業連関表
a_{vi}^k	産業連関表
β_i^k	産業連関表
δ_i^k	産業連関表
δ_n^{kl}	旅客純流動調査
$\lambda_{0i}, \lambda_{1i}$	表 2
η_i^k	工業統計他 (4.(2) を参照)

して定義する。

旅客純流動調査：平成 7 年の調査結果より、業務トリップの目的地選択パラメータ δ_n^{kl} をつくるために用いる。業務目的（鉄道利用）の OD 表を本分析の地域区分に集計し、発地 k における各目的地 l へのトリップ数 $\hat{n}^{kl}$ を用いて、 $\delta_n^{kl} = \tau^{kl} \hat{n}^{kl} / \sum_l \tau^{kl} \hat{n}^{kl}$ で与えることとする。

鉄道時刻表：地域間旅客交通費用 τ^{kl} の設定に用いる。

道路時刻表：高速道路網を使って物資輸送を行う場合の所要時間 D^{kl} を設定するのに用いる。

式 (16) に関連して、パラメータ $\lambda_{0i}, \lambda_{1i}$ は、キャリブレーションの過程で回帰分析により求める。まず、通常の全国 9 地域産業連関表から新潟県を分離した本研究の地域区分では、財の地域間流動あるいは交易係数の基準値を出すために何らかの推計が必要となるが、産業部門によっては参考指標となる統計の入手は必ずしも容易ではないため、式 (16) と通常の全国 9 地域産業連関表のみを利用して、同表の地域区分でキャリブレーションによって再現性がほぼ 100% となるように輸送費用率 ϕ_i^k を調整し、その結果を D^{kl} に線形回帰させた。最終的に、表 2 のように $\lambda_{0i}, \lambda_{1i}$ が推定された。このようにして求めたパラメータが、新潟県を分離した本分析の地域区分においても適用可能であると仮定する。

(4) 分析結果

(a) 全体の被害

以上の設定に基づき、本 SCGE モデルを用いて、中越地震が地域経済に及ぼした影響の試算結果を図 4 に示す。なお、被害の計測期間は、道路が 13 日（高速道路が片側 1 車線復旧するまでの期間）、鉄道、資本損傷がそれぞれ 1ヶ月とし、図 4 はその合計を表している。また、被害額は年単位で出力される結果を単純に月あるいは日当たりの数字に変換している。

全体の被害としては約 360 億円であり、このうち新潟県の被害額が 250 億円強、関東地方に帰着する被害額が約 60 億円、以下近畿地方（約 12 億円）、中部地方（約 11 億円）

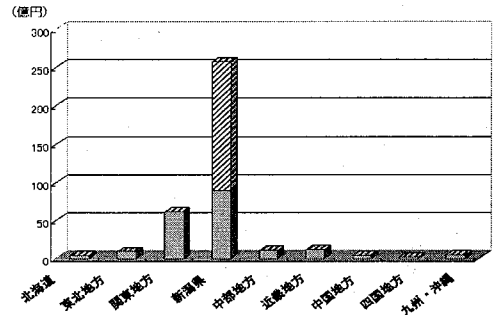


図 4: 地域別の経済被害

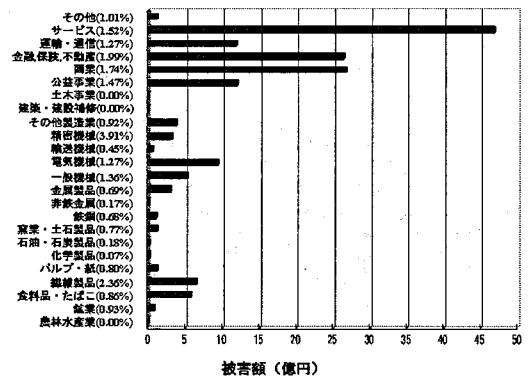


図 5: 産業部門への経済被害（地震発生後 1ヶ月間）

となっている。また、それ以外の地域にも少なからず被害が波及する結果となっている。

なお、(S)CGE モデルでは、地域内の移動時間の設定に明確なルールがあるわけではない。そこで、新潟県内の道路交通時間が 10% 変化した（ベースケースは災害時の所要時間が平常時の 2 倍）として被害を試算したところ、道路交通に起因する被害額が同様に約 10% 変化する結果となった。したがって、地域内の移動時間の変化に関する設定は被害計算結果に比較的影響を及ぼすと考えられ、設定に注意する必要がある。

次に、図 4 中の縞模様の部分で示される、新潟県内の企業への被害の推計を産業部門ごとに図 5 に示す。図 5 によると、第 3 次産業を中心に被害が計上され、地震発生後 1ヶ月間の被害はサービス部門において約 47 億円、商業部門、金融・保険・不動産部門でそれぞれ 25 億円強となっている。また、製造業の中では、繊維製品（6.5 億円）、電気機械（9.4 億円）、精密機械（3.3 億円）の各部門における被害が特徴的である。ただし、これらの被害額は当該産業の経済規模にも依存しており、経済規模の大きい産業の被

害額が強調される。そこで、平常時の生産額に対する被害額を産業部門名の右側に記した。これを見ると、精密機械(3.91%)、繊維製品(2.36%)の順に被害の割合(被害額/平常時の生産額)が高いことが読みとれる。

(b) 交通モード別の被害

ここでは、中越地震発生による交通基盤への仮想的な被害シナリオとして、「鉄道は被災するが道路はまったく被災しない」ケース、及びその逆のケースを想定し、(a)と同様の分析を行い被害の試算を行うこととする。生産資本の損傷は全く起こらないものとする。これにより、交通機関ごとの途絶の影響をおおまかに把握することができる。なお、ここでの被害額の集計期間は、鉄道についても道路についても、関越自動車道の不通区間が片側1車線復旧するまでの13日間とする。

分析結果を表4にまとめる。

表 4: 交通機関別に見た被害(地震発生後13日間)

	鉄道寸断あり	鉄道寸断なし
道路寸断あり	127.4 億円	75.5 億円
道路寸断なし	51.9 億円	0 億円 (平常時)

5. おわりに

本研究では、大規模地震による経済的影響を推計するためのSCGEモデルを構築し、平成16年新潟県中越地震における経済被害の試算を行った。既述したように、災害による企業の生産資本損傷に企業が調整できず、その結果として、被災企業から発生した被害が外部に波及せずにそのままその企業に帰着する状況を仮定して分析を行った点に本研究の大きな特徴がある。既往のモデルでは、ほぼすべてが、被害が家計にすべて波及することを前提とした枠組みとなっているため、本モデルは、それらのSCGEモデルとは異なる計測断面で被害を評価していると言え、計画情報という点からもこのような分析の枠組みに基づいた被害の推計には意義があると考えられる。

被害試算の結果、地震発生後1ヶ月間でおおよそ360億円の間接被害が発生したものと推定され、周辺地域にも被害が波及した。

本研究のように、モデルに基礎を置いた間接被害推計のアプローチは、分析の整合性にその強みを持つ。現実には、生産・需要両面の変化やそれらの地域・産業間における様々な作用の結果として間接被害が生じるため、その発生メカニズムは複雑であり、必ずしもモデルの試算結果と間接被害の実態が一致するとは限らない。この点については、ヒアリングやアンケート含めた事後調査を実施して、その結

果をモデルと比較しながら、推計被害額の誤差の程度や、誤差が生じた原因などについて、総合的に判断していかねばならない。

災害時、特に災害直後の企業の操業は、電力・ガス・水道といったユーティリティの供給状況に大きく依存するといっても過言ではない。この点を詳細に見るには、本研究で提示した分析の枠組みではまだ十分とは言えないだろう。ライフラインの途絶が経済活動に及ぼす影響をモデルに組み込み、災害時の機能損傷をより良く反映させることが必要である。また、地震リスクマネジメント施策の評価や地震リスクのアセスメントという点からは、途絶のインパクトだけではなく、途絶による負の影響を緩和させる仕組みも必要であろう。同様のことは、同じくネットワーク性を有する交通基盤についても当てはまる。これらについては今後の課題としたい。

参考文献

1. 日本政策投資銀行新潟支店：緊急レポート「新潟県中越地震が及ぼした県内経済等への影響について」、2004。
2. 萩原泰治：神戸CGEモデルによる阪神・淡路大震災の影響に関する分析、国民経済雑誌 第183巻 第1号, pp.71-78, 2001。
3. 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：多々納裕一, 高木朗義編著『防災の経済分析』第8章, 勁草書房, 2005。
4. 三洋電機ニュースリリース(2004年12月21日), <http://www.sanyo.co.jp/koho/doc/j/news/2004/12.html>
5. Rose, A. and G. S. Guha: Computable General Equilibrium Modeling of Electric Utility Lifeline Losses from Earthquakes, Chapter 7 of the book "Modeling Spatial and Economic Impacts of Disasters" edited by Y. Okuyama and S. E. Chang, Springer, 2004。
6. Rose, A. and S. Liao: Modeling Regional Economic Resilience to Disasters: A Computable General Equilibrium Analysis of Water Service Disruptions, *Journal of Regional Science*, Vol.45, No.1, 2005, pp.75-112。
7. 宮城俊彦, 本部賢一：応用一般均衡分析を基礎とした地域間交易モデルに関する研究, 土木学会論文集, No.530/IV-30, pp.31-40。
8. 小池淳司, 上田孝行, 宮下光宏：旅客トリップを明示したSCGEモデルの構築とその応用, 土木計画学研究・論文集, Vol.17, pp.237-245, 2000。
9. 土屋 哲, 多々納裕一, 岡田憲夫：空間応用一般均衡アプローチによる東海地震の警戒宣言時の交通規制に伴う経済損失の評価, 地域安全学会論文集 No. 5, pp.319-325, 2003。
10. 陳 光輝：阪神大震災による神戸市の事業所被害：メッシュデータによる推計, 国民経済雑誌 第174巻 第4号, pp.89-96, 1996。

新潟県中越地震による経済被害の計量化の枠組み*

土屋 哲**・多々納裕一***・岡田憲夫****

本研究では、平成 16 年 10 月 23 日に発生した新潟県中越地震を事例として取り上げ、その経済的影響を評価するために空間的応用一般均衡モデル (SCGE モデル) を構築し、高速道路や高速鉄道といった地域間の基幹交通網の損傷、被災地企業における生産資本の損傷が地域経済に及ぼす影響の分析を試みた。時空間フレームの考慮や交通・ライフライン・ネットワークとの統合は、一般均衡に基づくアプローチを災害の文脈に適用する際の本質的な課題であるといえ、本論文では、災害時における短期均衡の前提、また、発生する被害の一部が企業に帰着する状況を仮定した分析の枠組みを提示し、経済被害の推計を行った。

A Framework of Measuring Economic Losses from the Niigata-Chuetsu Earthquake*

By Satoshi Tsuchiya**・Hirokazu Tatano***・Norio Okada****

This paper aims at presenting a framework of assessing economic impact from catastrophic earthquake disasters, and at applying for the Niigata-Chuetsu earthquake in 2004 as a case study. A spatial computable general equilibrium (SCGE) model is formulated which is integrated with a transportation model, which can consider estimate traffic volumes of freight and passenger's trips. Considering damage to production capital and transportation infrastructure, it shows how much economic losses arrive at each region through intra- and inter-regional trade in regional economy from the earthquake.
