

# 経済被害の推計

土屋 哲

長岡技術科学大学 環境・建設系

## 1. はじめに

平成 16 年 10 月 23 日 17 時 56 分頃に発生した中越地震は、マグニチュード 6.8（暫定）で最大震度 6 強を観測した。また、同日 18 時 12 分頃に M6.0（暫定）、18 時 34 分頃に M6.5（暫定）の地震が発生し、いずれも最大震度 6 強を観測した。本震発生直後 1 時間以内に M6.0 以上の余震が 3 回発生するなど、余震活動は活発であった（表 1）。

新潟県中越地震は 2 つの大きな特徴を見せた。一つは、非常に大きな加速度を生じさせたことである。小千谷市や十日町市では重力加速度（980gal）を超える最大加速度を観測した。もう一つは、比較的大きな余震が長期間にわたり発生したことである。また、本震の 2 ヶ月後にも M5.0 クラスの余震が発生しており、長期にわたり余震が発生した。

この地震は死者 59 名、重傷者 635 名、軽傷者 4,160 名という人的な被害\*と、全壊 3,175 棟、大規模半壊 2,163 棟、半壊 11,609 棟、一部損壊 103,603 棟という住宅被害\*をはじめとして、中越地域の社会経済に大きな被害をもたらした。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農地への影響など、中・長期にわたってその影響が及んでおり、中越地域の持つ地理的特徴が地域特有の被害形態を生み出し、その影響が地域経済にも表れている。

中越地震は、同じ直下型地震である阪神・淡路大震災と比較されることが多いが、阪神・淡路大震災が都市直下型の地震災害であったのに対し、新潟県中越地震は相対的には人口密度の低い中山間地域の交通結節点を襲った直下型地震であったといえる。そのため、地盤災害やそれに伴う道路の寸断により多くの集落の孤立を招いた。

本章では、まず中越地震が地域経済に与えた社会経済的な影響の概略をとりまとめることとする。次いで、震災が地域経済に及ぼした影響のうち間接被害を試算するためのモデルを紹介し、現時点で行った推計結果を示す。なお、著者自身が調査に関与していたわけではないため、本文では被害の試算に関する記述のウエイトが大きくなっているが、あらかじめ御了承いただきたい。

表 1 中越地震の本震・余震（震度 5 以上）

日時	最大震度	マグニチュード*
10月23日, 17時56分	7	6.8
10月23日, 17時59分	5強	5.3
10月23日, 18時03分	5強	6.3
10月23日, 18時07分	5強	5.7
10月23日, 18時11分	6強	6.0
10月23日, 18時34分	6強	6.5
10月23日, 18時36分	5弱	5.1
10月23日, 18時57分	5強	5.3
10月23日, 19時36分	5弱	5.3
10月23日, 19時45分	6弱	5.7
10月23日, 19時48分	5弱	4.4
10月24日, 14時21分	5強	5.0
10月25日, 00時28分	5弱	5.3
10月25日, 06時04分	5強	5.8
10月27日, 10時40分	6弱	6.1
11月04日, 08時57分	5強	5.2
11月08日, 11時15分	5強	5.9
11月10日, 03時43分	5弱	5.3
11月28日, 18時30分	5弱	5.0

\*県報道資料：平成 16 年新潟県中越大震災による被害状況について（第 168 報）

## 2. 中越地域と地震被害の概要

### 2.1 中越地域の概要

新潟県のほぼ中央部に位置する中越地域は、10市16町5村（地震発生当時）からなり、総面積およそ4,700km<sup>2</sup>、人口約82万人と、それぞれ新潟県全体のほぼ3分の1に相当する。本地域の中心都市である長岡市は、冬期に降水量が多い日本海側特有の気候にあり、山間部に位置する十日町市は、平均積雪深が200cmを超える積雪を記録している日本有数の豪雪地帯である。

同地域は、「魚沼産コシヒカリ」として全国的にブランド力を持つ全国有数の米の産地でもあり、県全体の米の産出額1,787億円（全国1位、平成16年）や、米菓出荷額1,285億円（全国1位、平成15年）、切り餅・包装餅の出荷額291億円（全国1位、平成15年）、清酒出荷額580億円（全国3位、平成15年）に見られるように、加工食品製造業・醸造業も盛んである。また、小千谷餅・縮、錦鯉など、全国的に知名度の高い地場産業も存在し、自動車部品や電気機械部品等の大規模工場も立地している。

新潟県の県内総生産はおよそ9.2兆円であり、中越地域のそれは約3.1兆円となっている（平成13年度）。産業別の生産額を表2に示す。

表2 中越地域の社会経済状況（H13度）

	地域総生産	割合*
農業	60,534	33.1%
林業	12,733	46.7%
水産業	880	11.1%
鉱業	33,984	53.1%
製造業	618,179	36.7%
建設業	222,676	27.6%
電気・ガス・水道	368,288	57.5%
卸売・小売業	304,339	29.2%
金融・保険業	128,700	30.0%
不動産業	422,403	34.1%
運輸・通信業	149,883	28.5%
サービス業	865,853	30.3%

（単位：百万円）

\*当該産業の地域総生産が県全体に占める割合

（出所：新潟県市町村民経済計算）

## 2.2 被害状況

### （1）人的被害・住宅被害

中越地震による人的被害と家屋被害の状況を表3、表4に示す。中越地域全体で、一部損壊以上の何らかの被害をこうむった住宅の数は半数近くに及んでいる。

また、前述のように余震活動が活発だったこともあり、避難者数が多かったこともこの地震の特徴である。図1に示すように、ピーク時の避難人口は約10万人にも上り、避難所数は603箇所を数えた。

山間部の地域では土砂災害が原因で多数の交通寸断箇所が発生したために、最大で61箇所の孤立集落が発生した。

表3 人的被害

	人的被害(人)		
	死者	重傷	軽傷
新潟県全域	59	635	4,160
中越地域計	59	623	4,143
長岡市	18	292	2,074
見附市	2	49	465
小千谷市	17	120	665
川口町	6	38	24
魚沼市	5	22	294
南魚沼市	1	10	16
十日町市	9	70	522

表4 住宅被害

	住宅被害(棟)			
	全壊	大規模半壊	半壊	一部損壊
新潟県全域	3,175	2,163	11,609	103,603
中越地域計	3,165	2,152	11,585	103,207
長岡市	1,591	1,307	6,691	58,253
見附市	52	18	505	9,342
小千谷市	622	370	2,379	7,521
川口町	606	146	344	297
魚沼市	75	58	334	4,324
南魚沼市	7	0	4	2,370
十日町市	107	156	962	13,733

（表3、4出所：県報道資料 平成16年新潟県中越大震災による被害状況について（第168報））

注：地震発生後にいくつかの市町村で合併が行われている。

表3、表4中の市は合併後のものである。

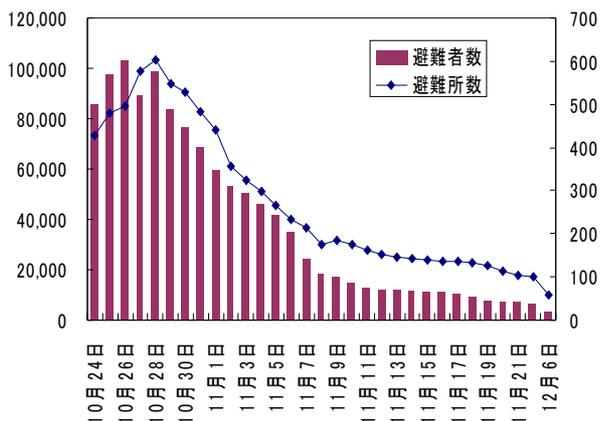


図1 避難者数・避難所数の推移



図2 首都圏－新潟間的高速道路網

### (2) 広域交通インフラの被害

上越新幹線が不通となり、道路ネットワークが寸断されたことで、その影響が通勤・通学、買い物などの日常生活から物流や観光にまで広範囲に及び、交通インフラの役割を再認識させられることとなった。鉄道では、上越新幹線の被災により新潟県内の一部区間が不通となり、全線の運転再開までに約2ヶ月を要した。この間、首都圏と新潟を結ぶ輸送力の確保のために、この間、首都圏と新潟の輸送力を確保するための代替路線・代替手段として、鉄道運休区間の代行バス輸送、航空便の設置(羽田－新潟間)、高速バスの運行(例：池袋－新潟)、他の鉄道線を活用した迂回措置(例：東京－郡山：東北新幹線、郡山－新潟：高速バス)が実施された。

また、道路では、関越自動車道や国道17号線の被災により物流や旅客輸送に影響が出た。しかしながら、磐越自動車道や上信越自動車道の整備により広域的な道路ネットワークが形成されていたため、これらの路線が迂回ルートとして機能した(図2)。被災した関越自動車道の復旧も早く、地震発生から13日後の11月5日には全線通行止めが解除となり片側1車線通行が可能な状態にまで復旧され、12月6日には震災復旧工事に伴う車線規制が全て解除された。

### (3) ライフラインの被害

ライフラインの被害およびその復旧状況を図3～図5に示す。

電力供給では、水力設備、送電設備、変電設備、配電設備の被害により、約28万戸に停電が発生したが、旧山古志村などの一部の地域を除き、11月3日までに停電は解消した。

ガス供給システムでは、主要な施設に大きな被害は発生しなかったが、震災直後には約57,000戸への供給が停止した。地域により復旧の速度が異なった。

水道供給では、約13万戸にわたって断水が発生した。大規模浄水場および配水池は、軽微な被害を受けたが、長期にわたり通水機能が停止するような深刻な被害はまぬがれた。

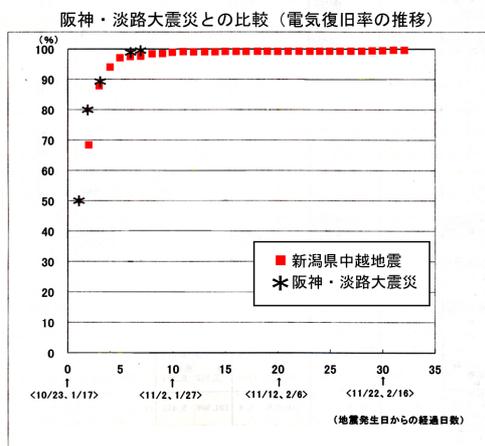


図3 ライフラインの復旧状況：電気

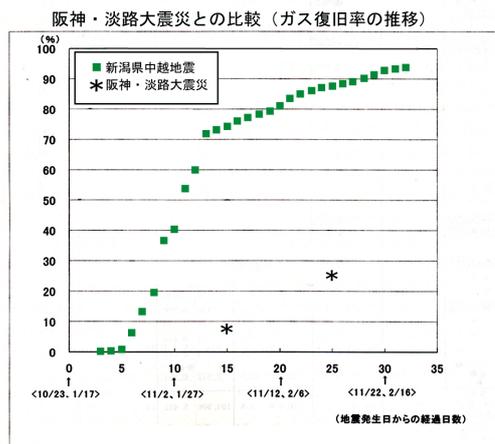


図4 ライフラインの復旧状況：ガス

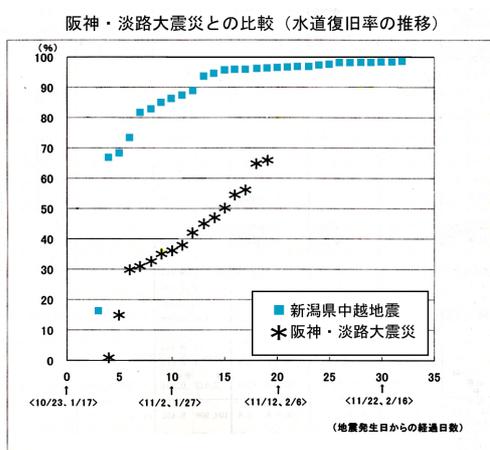


図5 ライフラインの復旧状況：水道

(図3～図5 出所：日本政策投資銀行 (2004))

#### (4) 産業別の被害

今回の地震では各産業に広範囲な被害が発生している。

- ・農業では、秋の収穫後だったことが不幸中の幸いだったが、地盤被害など、被害の全容が明らかになる前に積雪期を迎えたため、本格的な復興は雪解けを待たねばならなかった。越冬後、水稻作付けが不可能である水田もあった。今回の地震を契機に、農家の離農が危惧されている。
- ・農業以外の第1次産業では、畜産や養鯉など、地域の特色がそのまま被害にも表れている。
- ・製造業全般では、工場の操作停止や製品の破損などにより被害が発生した。また、被災地付近だけではなく、新潟県全域の企業や被災企業と取引

を密にする県外の工場・企業において、道路被害の影響による出荷や原材料等の調達に混乱が生じた。

- ・米菓製造業では、工場の被災により1～2週間操業が停止し、餅や米菓がだめになって相当の損害額が発生したが、操業再開後は、被災者を優先的に臨時雇用し、一部の工場が24時間態勢で稼働するなどして、需要がピークとなる年末年始へ備えた。

- ・織物業では、染色材料や型紙が倒壊し、生産に影響が出た。

- ・輸送機械業では、自動車部品工場の被災により県外の二輪車生産に影響を与えた。

- ・電気機械・精密機械業において、上場企業の多くは1～2週間で回復したが、半導体工場においてクリーンルームなどが被害を受け、断続的に続いた余震の影響で復旧に時間がかかった。

- ・建設業では、災害復旧工事による復興需要がもたらされ、他産業の解雇者の受け皿にもなった。

- ・第3次産業では、特に観光が甚大な被害を受けた。自粛ムードや風評被害の影響も追い討ちをかけ、2004年11月に新潟県旅館組合が行った調査によれば、直接的な被害をこうむっていない下越地域や佐渡にもキャンセルが続出した。地震発生から11月10日までに、宿泊や宴会のキャンセルは約31万人にも達した。この数字はその後も増え続けた。

- ・商店街では、建物被害や商品の破損などの被害が発生し、復旧に1ヶ月を要したところもある。復旧までの時間には、避難者の存在・避難率との関係も重要で、この要因が建物被害以外に影響しているものと考えられる。

#### (5) 被害総額

新潟県は、中越地震による被害総額を約3兆円と推計している。これは、中越地域の地域総生産に匹敵する額である。推計被害額は地震発生後25日目の発表のものであり、その後の調査により増額している可能性がある。表5に示すように、インフラ関連の被害額が約1兆2千億円であり、住

宅被害の約7千億円を上回る。

また、中小企業の被害に関しては、全体で3千億円となっているが、商工会議所などが中心となって市町村単位でも被害推計が行われており、例えば長岡市で約390億円、十日町市で約290億円となっている（いずれも直接被害額として推計された額）。

表5 中越地震の被害総額（県推計）

項目	金額(億円)
住宅	7,000
インフラ (道路, 鉄道, 河川, 橋梁ほか)	12,000
農林水産関係	4,000
中小企業の損失など	3,000
電気, ガス, 水道	1,000
その他(学校, 病院施設など)	3,000
合計	30,000

(出所：新潟県)

(6) 産業の復旧・復興状況

新潟県が、地震発生後の3時点における主要地場産業（製造業）の操業再開状況を217事業所に関して訪問調査した結果によると、地震発生から12日後の11月4日時点では、217社中24社の企業が操業を再開できていなかった。この時点で操業率100%に達していた企業も105社あったが、約半数の企業は平常時に比べて操業率を低下させざるを得なかった。その2週間後の11月15日時点では、2社を除き何らかの形で操業を再開している。操業率100%, すなわち平常どおり操業している企業の割合も23%増加し、約7割に達している。さらに、そこから半月たった12月1日時点では、全ての企業が操業を再開しており、およそ9割の事業所で操業率100%が達成されていた。このことは、先に示した避難者数の推移とも少なからず関連づけられよう。

表6 被害産業の市場規模（事例）

分野	被害を受けたエリア	備考
1 次 産 業	農作物・畜産物等 うち、米	中越地域中心 ・農業産出額 (平成13年) : 3,119億円(新潟県) : 1,024億円(中越地域) 中越地域中心 ・農業産出額 (平成13年) : 2,000億円(新潟県) : 732億円(中越地域) ・水陸稲収穫量 (平成14年) : 652千トン(新潟県) : 224千トン(中越地域)
	錦 鯉	小千谷市, 山古志村ほか ・出荷額 : 約30億円(新潟県) : 約8億円(小千谷市) : 約2~3億円(山古志村)
	日本酒	中越地域ほか ・新潟県酒造組合員うち中越地域 : 98蔵元 : 36蔵元 ・日本酒 製造品出荷額等 (平成14年, 従業者4人以上) : 593億円(新潟県)
2 次 産 業	米 菓	中越地域ほか (物流関連等) ・米菓 製造品出荷額等 (平成14年, 従業者4人以上) : 1,253億円(新潟県)
	織 維	十日町市ほか ・繊維業 製造品出荷額等 (平成14年, 従業者4人以上) : 652億円(新潟県) : 160億円(十日町市) ・呉服・服地・寝具小売業 年間商品販売額 (平成13年度) : 324億円(新潟県) : 25億円(十日町市) ・繊維品卸売業 年間商品販売額 (平成13年度) : 587億円(新潟県) : 118億円(十日町市)
	自動車部品	長岡市ほか ・精密機械器具製造業 製造品出荷額等 (平成14年, 従業者4人以上) : 1,144億円(新潟県) : 810億円(長岡市)
	電気機械部品	小千谷市ほか ・電子部品・デバイス製造業 製造品出荷額等 (平成14年, 従業者4人以上) : 5,328億円(新潟県) : 515億円(小千谷市)
3 次 産 業	小 売	十日町市, 小千谷市, 川口町ほか ・小売業 年間販売額 (平成13年度) : 8,360~8,399億円(中越地域) : 571億円(十日町市) : 398億円(小千谷市) : 30億円(川口町)
	観光・イベント	新潟県全域 ・他県からの年間観光客数(平成14年) : 5,701千人/年(新潟県) ・ホテル・旅館(平成15年) : 3,229施設, 52,321客室(新潟県) ・観光関連消費額(宿泊, 飲食, 物品販売ほか) : 数千億円(新潟県)

(注) 中越地方の小売業年間販売額は秘匿データの関係で幅を持たせて表示。

(出所：日本政策投資銀行 (2004))

### 3. 間接被害推計モデル

#### 3.1 空間的応用一般均衡モデル

本節では、震災が地域経済に及ぼした影響を試算するためのモデルについて紹介する。

一般に、地震災害による被害は、地震によってもたらされる直接的な人的・物的損害を直接被害として、直接被害を起因として生じる社会・経済的影響を間接被害として区別される。特に都市域の人口・資産の集積した地域における大規模な災害は、直接人的・物的な損害を被った地域に加えて、被災をまぬがれた地域にも社会経済的な損失を発生させ、間接被害が直接被害に比べて無視できないほど大きくなりうると言われている。

近年、我が国各地で頻発する自然災害に対して、災害がもたらす経済被害の実情に迫るためには、間接被害の影響を分析することが重要になってきている。現実的には、災害による生産・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ことである。しかしながら、モデルによる被害推計は、分析の整合性にその強みを持つ。また、計画情報の観点からは、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もある。近年、このような災害の経済的影響に関する研究が蓄積されつつある。

モデルを紹介するに先立ち、日本政策投資銀行では、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2,000億円に上るという間接被害の推計を行っている。

本節では、このような間接被害の推計に関して、

企業の生産施設の被災や交通インフラの損傷、また、ライフラインの寸断といった地域社会の経済活動に大きな影響を及ぼす要因をモデルに取り込んで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（Spatial Computable General Equilibrium model、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紹介する。そして、次節で、新潟県中越地震の状況をできるだけ反映させ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。

#### 3.2 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、後述するような短期均衡に達するものとする。

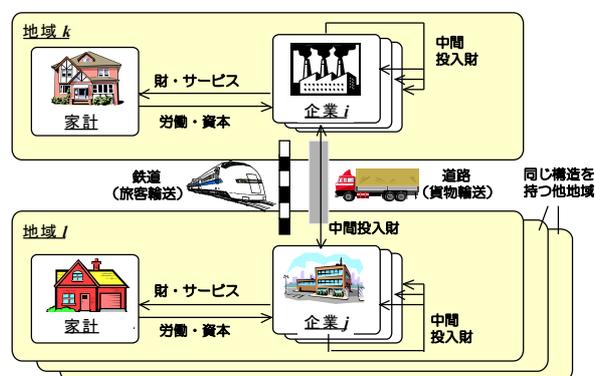


図6 地域経済モデルの概略

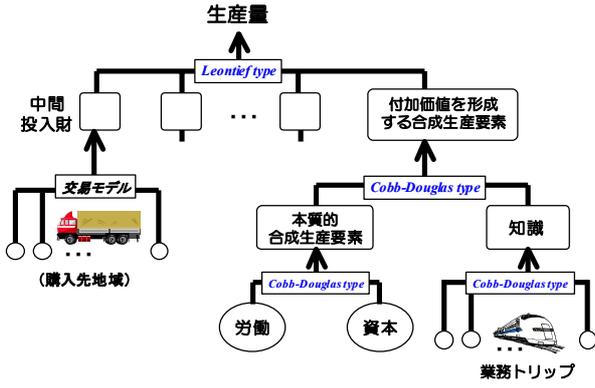


図7 企業の生産技術の構造

## (2) 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 $i$ を生産している。

企業の利潤最大化行動を図7に示すように階層的に考え、以下のように定式化する。

[Stage 1]

$$\pi_i^k = \max_{Q_i^k, X_{ji}^k, V_i^k} p_i^k Q_i^k - \sum_{j=1}^M q_j^k X_{ji}^k - cv_i^k(w^k, r, \tau^{kl}) V_i^k \quad (1)$$

$$\text{subject to } Q_i^k = \min \left\{ \frac{X_{1i}^k}{a_{1i}^k}, L, \frac{X_{Mi}^k}{a_{Mi}^k}, \frac{V_i^k}{a_{Vi}^k} \right\} \quad (2)$$

[Stage 2]

$$cv_i^k V_i^k = \min_{L_i^k, K_i^k, \kappa_i^k} w^k L_i^k + r K_i^k + ct_i^k (\tau^{kl}) \kappa_i^k \quad (3)$$

$$\text{subject to } V_i^k = \left\{ (L_i^k)^{\delta_i^k} (K_i^k)^{1-\delta_i^k} \right\}^{1-\beta_i^k} (\kappa_i^k)^{\beta_i^k} \quad (4)$$

[Stage 3]

$$ct_i^k \kappa_i^k = \min_{n_i^{kl}} \sum_{l=1}^N \tau^{kl} n_i^{kl} \quad (5)$$

$$\text{subject to } \kappa_i^k = \prod_{l=1}^N (n_i^{kl})^{\delta_n^{kl}} \quad (6)$$

ただし、

$\pi_i^k$  : 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、

$\delta_i^k$  : 企業 $i_k$ の労働に関するシェアパラメータ、

$\beta_i^k$  : 本質的合成生産要素と知識の代替パラメータ、

$\kappa_i^k$  : 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、

$c_{Ti}^k$  :  $\kappa_i^k$  の単位費用関数、

$\tau^{kl}$  : 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、

$\delta_n^{kl}$  : 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(1)～(6)からなる最適化問題を解き、以下の需要関数を得る。

・ 1 単位の合成生産要素に対する業務トリップ、労働、資本の需要関数

$$n_i^{kl} = \delta_n^{kl} \frac{\beta_i^k}{\tau^{kl}} cv_i^k \quad (7)$$

$$L_i^k = \delta_i^k \frac{(1-\beta_i^k)}{w^k} cv_i^k \quad (8)$$

$$K_i^k = (1-\delta_i^k) \frac{(1-\beta_i^k)}{r} cv_i^k \quad (9)$$

・ 中間財と合成生産要素に関する需要関数

$$X_{ji}^k = a_{ji}^k Q_i^k \quad (10)$$

$$V_i^k = a_{Vi}^k Q_i^k \quad (11)$$

ただし、

$$c_{ij}^l = \left\{ \frac{1}{\beta_j^l} \prod_r \left( \frac{\tau_r^{ll'}}{\delta_r^{ll'}} \right)^{\beta_j^l} \right\} \left\{ \frac{1}{1-\beta_j^l} \left( \frac{w^l}{\delta_j^l} \right)^{\delta_j^l} \left( \frac{r}{1-\delta_j^l} \right)^{1-\delta_j^l} \right\}^{1-\beta_j^l} \quad (12)$$

である。

### (3) 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、

$$s_i^{kl} = \frac{(Q_i^k)^\alpha \exp\{-\lambda_i p_i^k (1 + \phi_i^{kl})\}}{\sum_m (Q_i^m)^\alpha \exp\{-\lambda_i p_i^m (1 + \phi_i^{ml})\}} \quad (13)$$

で与える。ここに、 $\phi_i^{kl} = \lambda_i D^{kl}$  を仮定し、  
 $\alpha_i, \lambda_i$  : パラメータ、  
 $D^{kl}$  : 地域間輸送所要時間、

とする。したがって、 $\phi_i^{kl}$  は地域間輸送に係る費用率の役割を果たしている。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。

### (4) 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。

$$U^k(\mathbf{d}^k) = \max_{\mathbf{d}_i^k} \left\{ \sum_{i=1}^M (\gamma_i^k)^{\frac{1}{\sigma}} (d_i^k)^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} \right\}^{\frac{\sigma}{\sigma-1}} \quad (14)$$

$$\text{subject to} \quad \sum_{i=1}^M q_i^k d_i^k \leq y^k = \sum_{i=1}^M (w^k L_i^k + r K_i^k) \quad (15)$$

ただし、

- $U^k$  : 地域  $k$  に居住する家計の効用、
- $\gamma_i^k$  : 財消費に関する効率パラメータ、
- $\sigma$  : 財消費に関する代替パラメータ、
- $d_i^k$  : 家計の財消費量、
- $q_i^k$  : 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(14)、(15)より、財消費について次の需要関数を得る。

$$d_i^k(\mathbf{q}^k, y^k) = \frac{\gamma_i^k (q_i^k)^{1-\sigma} y^k}{\sum_{i=1}^M \gamma_i^k (q_i^k)^{1-\sigma} q_i^k} \quad (16)$$

### (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

$$Q_i^k = \sum_{i=1}^N s_i^{kl} \left\{ d_i^l + \sum_{j=1}^M X_{ij}^l \right\} (1 + \phi_i^{kl}) \quad (17)$$

この式には、輸出入を表す項は含まれていない。ここでは、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

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

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(1)、(10)、(11) から次式を得る。

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

平常時の均衡状態は、式(4)～(13)、(16)～(21)を方程式として、の内生変数につい

	平常時の均衡	災害	被災下で想定する均衡
外生的 要因	地域間交通費用 $\tau^{kl(0)}, \phi_i^{kl(0)}$	}	$\tau^{kl(1)}, \phi_i^{kl(1)}$
内生的 要因	労働・資本 $L_i^{k(0)}, K_i^{k(0)}$		$L_i^{k(1)}, K_i^{k(1)} = \eta_i^k K_i^{k(0)}$
	業務トリップ $n_i^{kl(0)}$		$n_i^{kl(1)}$
	産業部門(財の量) $Q_i^{k(0)}, X_{Ti}^{k(0)}, Z_i^{kl(0)}$		$Q_i^{k(1)}, X_{Ti}^{k(1)}, Z_i^{kl(1)}$
	家計部門(財需要) $d_i^{k(0)}$		$d_i^{k(1)}$
	財価格 $p_i^{k(0)}, q_i^{k(0)}$		$p_i^{k(1)}, q_i^{k(1)}$

(0) は平常時、(1) は被災下を表す。

図8 平常時・災害時均衡と外生・内生変数

で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とする。

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ことを意味する。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。したがって、被災企業に負の利潤という形で帰着する被害がある。

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<sup>(0)</sup>、<sup>(1)</sup>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・資本から成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、当該企業に帰着する被害となる。

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、 $p_i^{k(1)}$ と $q_i^{k(1)}$ について解けばよい。このとき、 $\phi_i^{kl}$ の変化と被災企業の供給能力の低下により式(13)も更新されているので、 $s_i^{kl}$ 、すなわち地域間の取引パターンも変化している。以下、この結果に合わせて、**図8**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 (Equivalent Variation :  $EV$ ) を用いて次式で評価する。

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

ただし、

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

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

$$\pi_i^{k(1)} - \pi_i^{k(0)} \quad (28)$$

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)により、最終的に経済被害が表される。

## 4. SCGEモデルによる間接被害の試算

### 4.1 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を試算してみよう。もちろん、把握可能なすべての要因を考慮したモデルを構築することが望ましいが、ここでは、地震発生後の地域間交通の変化や生産資本の変化を考慮しうる一般均衡モデルを利用して試算を行うこととする。図9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、モデル中の  $D^{kl}$ ,  $\tau^{kl}$ ,  $\eta_i^k$  を外生的に操作する。ここに、 $\eta_i^k$  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

傷率を表す)。

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10参照) 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。

資本損傷については、4.4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、 $\eta_i^k$  を決定する。

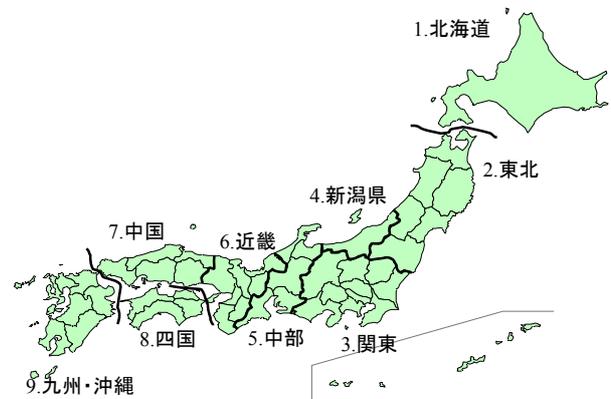


図9 地域区分

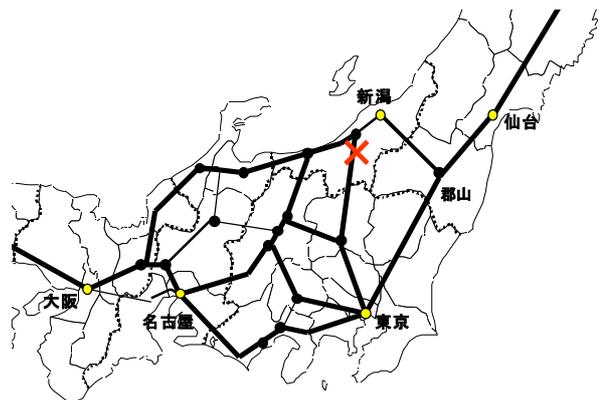


図10 地域間道路ネットワーク

## 4.2 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の研究(1996)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 $\eta_i^k$ を以下のようにして推定した。

### 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(4)より求めることができる。

### 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とした。

- ・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を表7に示す。

表7 産業分類と災害時の被災企業の資本稼働率

	産業部門名	稼働率
1	農林水産業	1.000
2	鉱業	0.976
3	食料品・たばこ	0.940
4	繊維製品	0.761
5	パルプ・紙	0.951
6	化学製品	0.996
7	石油・石炭製品	0.995
8	窯業・土石	0.957
9	鉄鋼	0.957
10	非鉄金属	0.988
11	金属製品	0.953
12	一般機械	0.887
13	電気機械	0.920
14	輸送機械	0.956
15	精密機械	0.785
16	その他製造業	0.937
17	建築・建設補修	1.000
18	土木事業	1.000
19	公益事業	0.970
20	商業	0.932
21	金融・保険・不動産	0.971
22	運輸・通信	0.939
23	サービス	0.906
24	その他	0.975

## 4.3 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、パラメータ  $a_{ji}^k$ ,  $a_{vi}^k$ ,  $\delta_i^k$ ,  $\beta_i^k$ ,  $\gamma_i^k$  を設定する。なお、図7の構造もふまえつつ、業務トリップの基準量としては「家計外消費支出(行)」を参照した。

- ・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  $\delta_n^{kl}$  をつくる。都道府県間OD表より、業務目的の鉄道トリップ数を参考データとした。

- ・鉄道時刻表：地域間旅客交通費用  $\tau^{kl}$  の設定に利用する。

- ・道路時刻表：高速道路網を使って地域間輸送を行う場合の所要時間を  $D^{kl}$  の参考値とする。

式(13)中のパラメータ  $\alpha_i$ ,  $\lambda_i$  は、モデルの再現性を高める過程で調整する。この結果、ほぼすべての財について交易係数の再現性に関する決

定係数が0.9程度あるいはそれ以上となり、本モデルを受け入れられるものと判断した。

#### 4.4 分析結果

##### (1) 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11に示す。なお、被害は地震発生直後1ヶ月の計測期間を想定している（入力シナリオの状況が1ヶ月間継続すると仮定して間接被害がどのくらいになるかを計算している）が、これは年単位で出力される結果を単純に一月当たりの数字に変換したものである。

全体の被害としては約900億円となり、このうち被災地である新潟県の被害額が約510億円、関東地方に帰着する被害額が約180億円と目立っており、近畿地方（約76億円）が続いている。また、その他の地域にも被害が波及している。

次に、図11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12に示す。相対的に経済規模の大きい第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25億円強となった。また、製造業の中では、繊維(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相対的に顕著であるといえる。

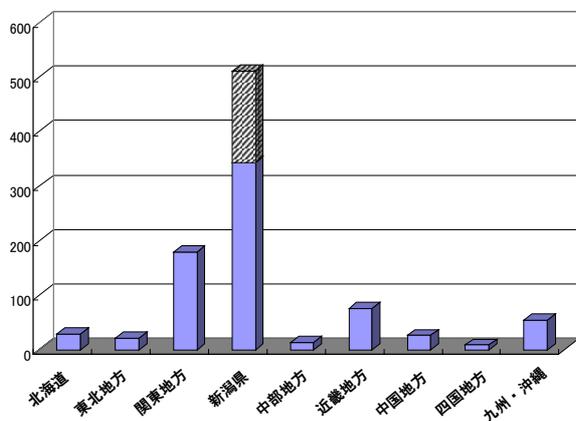


図11 地域別経済被害（地震発生後1ヶ月）

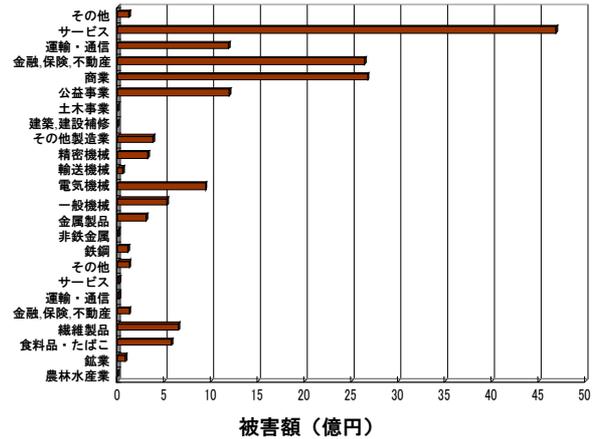


図12 産業部門への被害（地震発生後1ヶ月）

#### 4.5 被害推計モデルに係る課題

本節では、大規模地震による経済的影響を推計するために構築したSCGEモデルを用いて、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。くだけた表現ではあるが、本モデルで考えていることは次のようである。地域・産業間の経済的連関性を考慮したモデルにおいて、災害状況を入力した場合に、各家計がどれだけの財を消費できるのか、財の消費による満足度は平常時と比べてどのように変化したのか。この“変化”分を金銭タームで表すことによって間接被害と考えているわけである。

モデルの技術的側面としては、災害による企業の生産資本損傷に対して企業が調整を行えず、その結果として、被災企業にも被害が帰着するという状況を前提として被害の試算を行った点に本モデル分析の大きな特徴がある。

ただし、ここで紹介した結果は、中越地震による被害のすべての要因を考慮したものではないことに注意されたい。詳細な記述は学術論文等にゆだねたいが、モデルで用いるパラメータの中には、産業連関表のような一時点の統計データからは決定できないものも含まれている。また、被害の試算に当たっては、被災施設の復旧過程に関するシナリオなど、考慮すべき課題がまだまだ残されているため、災害に係る各種要因をとりこめる

ようなグランドモデルへの拡張が必要である。このようなモデルの拡張により、アウトプットもある程度変化しうる。

例えば、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。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やその評価も必要である。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。

## 5. おわりに

本章では、新潟県中越地震による社会経済的影響について取り上げ、後半では空間的応用一般均衡モデルを用いて間接被害の分析を行うプロセスを紹介した。

本章において、モデル分析に住屋被害調査データを参考にしたように、災害発生直後、あるいは早期の段階で行われる被害実態に係る調査は言うまでも無く重要である。それと同時に、地域の被害の実情に迫るためには間接被害影響の分析が欠かせない。復旧が完了する時点まで間接被害は発生しうるからである。今後は、地域経済の復興状況に係る調査が継続的に実施され、さまざまな検討を重ねながら、地域経済への影響を明らかにしていく必要があるだろう。

## 参考文献

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.

土木学会第二次調査団：平成 16 年新潟県中越地震・社会基盤システムの被害等に関する総合調査「調査結果と緊急提言」I 報告・提言編，2004.

多々納裕一，梶谷義雄，土屋 哲：新潟中越地震の社会経済的影響，京都大学防災研究所年報第 48 号 A，2005.

新潟県ホームページ

<http://www.pref.niigata.jp/>

社団法人 北陸建設弘済会：ほっとほくりく No. 49，2005.

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 卷 第 4 号，pp. 89-96，1996.

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.