

地震時のライフライン途絶に対する地域レジリエンシーと被害評価*

Loss Estimation Considering Regional Resiliency to Lifeline Disruption*

土屋 哲**・多々納裕一***・岡田憲夫****

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

1. はじめに

今日の都市社会は、人口や資産の都市部への集積とともに、電力・水道・ガスといったライフラインへの依存度を高めてきている。この結果、地震などの災害発生時のライフライン機能損傷が地域の企業生産や住民生活に及ぼす影響も甚大なものとなってきている。ライフライン途絶などの機能損傷をもたらす二次的被害を軽減するためには、施設そのものの強化やバックアップ機能の強化など効果的な施策を実施していくことが重要である。そのためには、ライフラインの途絶影響を定量的に評価する必要がある。しかしながら、ライフラインの途絶による機能水準低下を経済被害と結びつけた議論は少なく、これまで十分な枠組みの下で経済的な影響が評価されてきたとは言い難い。

個々の企業・事業所で見ると、事業継続は、業務の継続を妨げる要因に対してその影響度を極小化し、影響を受けた後の復旧を早めることが要となる。これは、レジリエンシーという概念を用いて「しなやかな回復力」などと表現される。事業継続は、このような目的で事業継続計画（BCP）や事業継続マネジメント（BCM）という形で議論されている。

本研究では、レジリエンシーを地域でマクロに考え、災害の経済被害計量化に適用することを目的とする。そのためには、レジリエンシーを反映しうる被害計量化モデルの構築が必要である。そこで、応用一般均衡モデルによる被害計量化モデルを構築し、その中で企業の生産関数中のユーティリティ投入に関する代替弾力性をレジリエンシーと結びつけて議論する。このような分析の枠組みはRose and Liao¹⁾によって提示されているが、本研究では、中越地震後の被災地事業所調査データ²⁾にもとづき代替パラメータを検討している点に特徴がある。

*キーワード：防災計画，計画情報

**正員，工修，長岡技術科学大学 環境・建設系

(長岡市上富岡町1603-1,

Tel0258-47-9677, E-mail:tsuchiya@vos.nagaokaut.ac.jp)

***正員，工博，京都大学防災研究所

(宇治市五ヶ庄, Tel0774-38-4308, Fax0774-38-4044)

****正員，工博，京都大学防災研究所

(宇治市五ヶ庄, Tel0774-38-4035, Fax0774-38-4044)

2. 地域経済モデルの概要

(1) 社会

地震時のライフライン途絶による経済被害推計のための応用一般均衡モデルを構築する。本モデルでは、ライフラインに関連する部分を詳細に検討し、企業生産に係るレジリエンシーを考慮する。それ以外の部分については比較的シンプルなモデル構造となっている。

地域経済システムの概略を図1に示す。閉じた一国の経済を考え、その中に2地域から成る社会を想定する。

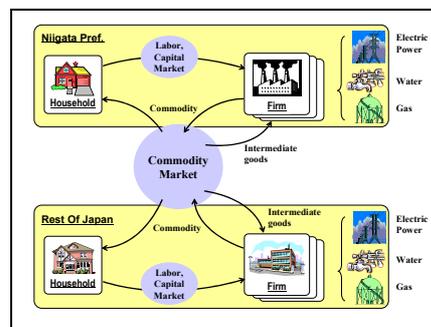


図1：地域経済システムの概略

(2) 企業の生産

地域 k に立地する企業 i_k は、地域 l で生産され、自地域内に輸送されてきた中間投入財 j と、労働・資本、および電力・水道・ガスという3種類のユーティリティを生産要素として、規模に関して収穫一定となる一次同次の技術を用いて財（商品） i を生産するものと仮定する。一般産業（公益部門を除く全部門）の階層的生産構造を図2に示す。図2で、電力・水道・ガスからユーティリティ合成財がつけられるところに代替のパラメータをおき、代替性が高い（より弾力的である）ほどライフライン途絶時の生産水準を平常時から落とさずにすむことを表現する。なお、公益企業（電力、水道、ガスの各部門）は、それら自身のレジリエンシーファクタ³⁾が推定されていないために、代替パラメータを設定して図2のような階層型CES生産構造を考えることが困難である。そこで、一般企業の構造の代わりに、各部門が他の中間財と同様にLeontief型の階層にあるような生産構造を仮定する。行動原理として利潤最大化をとる点は、一般企業と同じである。

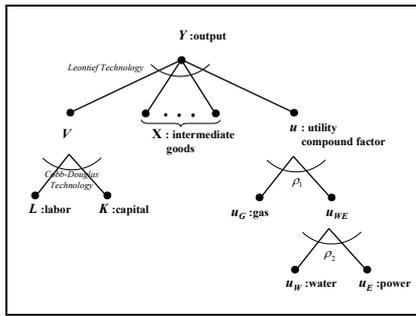


図2：一般産業の階層的生産構造

(3) 家計

家計は、一定の所得制約下で効用を最大化するように財の消費量を決定する。

(4) 財の地域間移出入

財の地域間取引（移出入）については、同種財の生産地域による異質性を考慮したArmingtonの仮定を採用し、消費地側では合成財として取り扱う。この前提に立ち、同一業種であっても生産地ごとに財が異質であるとする。各購入先地域からの財の購入量を（財購入に係る地域の意思決定と捉えて）、費用最小化行動として扱う。また、財の地域間・地域内輸送に係るマークアップの設定は、輸送される財の一部が輸送により失われるiceberg型を仮定する。

(5) 平常時均衡

平常時の経済社会の均衡（長期均衡）では、生産地価格・消費地価格を通じて財市場が地域間で均衡し、労働・資本市場がそれぞれ地域内・一国内で均衡する状態を想定する。

(6) 災害時の均衡

災害時には、ライフライン途絶の結果、ユーティリティ供給量が減少し、それを中間財として用いている産業の生産水準にも影響を与える。これを受けて価格の上昇や地域間流動バランスの変化が起こりながら、新たな均衡状態へと移るが、本モデルではこのとき、財市場については平常時と同様に地域間で均衡するが、労働・資本市場では移動がない（調整メカニズムが十分に機能しない）との条件を付加した短期均衡のメカニズムを想定し、波及被害の一部が企業自身に帰着する仮定⁵⁾をおく。

(7) 経済被害の定義

本モデルの枠組みでは、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ていき、最終的に家計に帰着する被害である。これは、等価変分を用いて評価される。もう一つは企業にとどまる被害である。これは、災害時のライフライン途絶によ

り生産キャパシティが低下するときに遊休資源化する労働と資本の金銭価値で表される。これと家計に帰着する被害を合わせて全体の経済被害を定義する。

以上が本研究で構築するCGEモデルの概要である。具体的な定式化は3頁以降に記す。

3. モデル分析の入力値

本モデルを用いて被害を計算する際の入力値は、ライフライン途絶シナリオを受けた各部門の生産キャパシティが入るが、CGEモデルで想定する被災地域（新潟県）であっても途絶しないエリアもある。したがって、入力値は被災する企業と被災しない企業とを集計化した値となる。いま、被災地域において、ライフライン途絶の影響を受ける企業の割合を α とし、ある途絶シナリオの下で平常時の生産レベル Y が rY ($r < 1$: resiliency factor^{3) 4)}に変化する場合、集計化された災害時の生産キャパシティは

$$Y' = (1 - \alpha)Y + \alpha rY = (1 - \alpha + \alpha r)Y$$

となる。これを、図3に想定するライフライン途絶・復旧シナリオごとに求め、モデルの入力とする。ただし、リカバリーコストは考えないものとする。

計算結果は講演時に譲る。

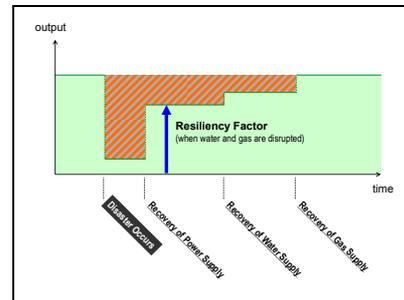


図3：ライフライン途絶シナリオとレジリエンシーファクタ

参考文献

- 1) A. Rose 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, pp.75-112, 2005.
- 2) 中野一慶, 多々納裕一, 藤見俊夫, 梶谷義雄, 土屋哲 : 2004 年新潟県中越地震における産業部門の経済被害に関する研究, 第 34 回土木計画学研究・講演集, CD-ROM, 2006.
- 3) 梶谷義雄, 多々納裕一, 山野紀彦, 朱牟田善治 : 製造業を対象としたライフライン途絶抵抗係数の推定, *自然災害科学* Vol.23, No.4, pp.553-564, 2005.
- 4) 梶谷義雄, 多々納裕一, 山野紀彦, 朱牟田善治 : 非製造業を対象としたライフライン途絶抵抗係数の推定, *自然災害科学* Vol.24, No.3, pp.247-255, 2005.
- 5) 土屋 哲, 多々納裕一, 岡田憲夫 : 新潟県中越地震による経済被害の計量化の枠組み, *土木計画学研究・論文集*, Vol.23, 2006.