

令和元年6月25日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16H04427

研究課題名(和文)大規模地震災害からの回復過程に関する研究

研究課題名(英文)Recovery Process from Large Scale Earthquake

研究代表者

多々納 裕一 (Tatano, Hirokazu)

京都大学・防災研究所・教授

研究者番号：20207038

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 14,300,000円

研究成果の概要(和文)：災害発生後から復旧・復興に至る災害の全過程を通じて経済にもたらされる被害の総合的な評価のための方法論の開発を目的とする。具体的には、地震動や浸水深等の災害外力、ライフラインの利用可能性と産業の残存操業能力との関係を計量化するモデルを開発し、東日本大震災への適用を通じて方法論の有効性を検証するとともに、東日本大震災後に実施した企業アンケート調査結果、及び、大規模企業間取引データを用いて、サプライチェーン損傷の影響を分析しうる方法論の開発し、大規模災害に伴う経済復興過程の解明に貢献した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

サプライチェーンの寸断を含む災害の経済影響を計量化するための分析の方法論が示された。この方法を用いれば、災害発生直後に、即時的に、影響を直接受けた地域の産業からの財・サービスの供給の変化や、サプライチェーンの寸断などによって直接被災していない地域における経済活動の停滞を予測できるようになる。この結果を用いれば、災害直後により適切な対応策を実施することを可能とする。

研究成果の概要(英文)：The project aims at developing a methodology for consistent assessment of economic losses through the entire process from occurrence of a disaster to the post-disaster recovery. Specifically, we developed a model to quantify the relationship between external forces such as earthquake ground motion and inundation depth, lifeline availability and the remaining operation capacity of the industry, and verified the effectiveness of the methodology through application to the Great East Japan Earthquake. Critical components of the methodology are developed using cooperate questionnaire survey results conducted after the Great East Japan Earthquake and large-scale inter-company transaction data. The results of the project contributes to elucidate the economic recovery process associated with a large-scale disaster.

研究分野：土木計画学

キーワード：生産能力回復曲線 機能的フラジリティ曲線 ライフライン途絶抵抗係数 ケインズ型クロージャ SCG Eモデル サプライチェーン途絶影響 東日本大震災

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

大規模災害からの社会のレジリエンスをいかにして高めるかは、喫緊の政策課題である。レジリエンスは、ISO - BS25999 では「インシデントに影響されることに抵抗する組織の能力」として定義される。レジリエンスを高めるためには、インシデントの影響を軽減する「抵抗力」と影響を受けても元通りの状態に戻れるようにする「復元力」の両面からの対策が必要となる。災害リスクを管理するための方策も、被害の回避や軽減などを目的とするリスク制御施策（抵抗力の増強策）と、災害発生時の被害の均等化や迅速な復旧・復興、BCP などを含むリスク対応施策（復元力の増進策）とに分類される。したがって、大規模災害に対する社会のレジリエンスを高めるためには、これらの施策を有効に組み合わせた総合的災害リスク管理の方策を設計・評価するための方法論の開発することが必要であるが、このためには、少なくとも災害発生後から復旧・復興に至る災害の全過程を通じて経済にもたらされた被害を総合的に評価し、これらの施策の効果を分析しうる枠組みを構築することが必要となる。

Rose ら(1997)による電力停止の経済的影響評価に関する先駆的研究以来、レジリエンスは経済被害分析の中核的なテーマである。申請者らの研究グループでも、ライフラインの機能停止が産業の生産能力に及ぼす影響を計量化する途絶抵抗係数⁽³¹⁾の提案など、レジリエンスに関連する一連の議論を Rose らとともにリードしてきた。被害の二重計算や計算漏れが系統的に生じないような統合的な被害評価方法を開発し、産業セクターの被害の計量化指標として「総被害額」を「操業利益の減少」と「復旧費用」との和として定めれば総合的な評価が可能となること、復興需要が発生する状況下においても「総被害額」をセクターごとに集計していけば、地域内の総被害額が総合的に求めうることを示した(中野ら, 2007)。近年では空間的応用一般均衡(SCGE)モデルをはじめとして家計や政府を含む一般均衡の枠組みに拡張されつつある。

しかしながら、現実には、災害発生後に公表される被害に関しては、建物等のストック被害が中心であり、営業停止や需要減少による売上げの低下などのフロー次元の経済影響はその重要性が認識されているにもかかわらず、公表されないことが多い。この一因は、物的被害を反映する方法論の熟度が十分でないこと、入力データが十分に整備されていないこと、それに加えて、モデル自体の信頼性が現実のデータで検証されてこなかったことなどの問題点を指摘できる。

我々は、事後的に観察される地震動や津波の強度等の分布、原子力災害による避難区域、ライフラインの利用可能性などの情報をもとに、セクター別の残存生産能力を推定することを可能とするアプローチを提案してきた。空間的一般均衡モデルなどの経済モデルへの災害時の入力情報(ショック)を与えるための基本情報の充実に資する成果ではあるが、他の研究と同様、サプライチェーン途絶によって現実に発生した経済インパクトを再現するには至ってなかった。例えば、徳井ら(2012)では、産業連関モデルを用いてサプライチェーン寸断の影響を分析しているが、特に自動車産業へのインパクトは現実に生じた影響の20%程度しか補足できていない。

2. 研究の目的

岩手、宮城、福島的主要被災3県においては東日本大震災によって生じた生産減少の大部分が生産設備の機能損傷とライフラインの機能停止の影響で説明しうることが分かってきた。この一方で、被災の程度が相対的に小さかった栃木、茨城両県においては、操業能

力の推計値が生産実績を上回り、サプライチェーンの被災の影響等を反映することの必要性を強く示唆する結果となった。

この生産能力評価モデルを空間的一般均衡モデル (SCGE) に組み込んだ経済被害推計モデル (プロトタイプモデル) についてはある程度の検討を行っており、代替弾力性の設定によって地域間被害波及をある程度表現する (鉱工業生産指数との一致性の観点から) ことができることが確認できている。災害発生前の代替弾力性を与えたこともあり、被災地域外での影響が実績データに比べて小さく、モデルの改善が必要であることが示唆されている。この問題を克服すべく、東日本大震災後に実施した企業アンケート調査及び大規模企業間取引に関するパネルデータ (60 万社, 2010, 2011, 2012 の 3 時点) を用いてサプライチェーンの変化の実態を明らかにし、その変化の要因を特定するための分析が本研究の中心的検討内容となる。その上で、サプライチェーン分析のために、地域間交易係数を規定する代替弾力性に関するパラメータの設定に関する推計を実施する。最後に東日本大震災のケースに、本モデルを適用し、復旧過程をどの程度整合的に評価できるか、モデルの適用性を検証する。

3. 研究の方法

災害後の一定期間における経済では、基本的に地域間やセクター間の資本や労働の自由な移動は行われず、財・サービスの代替性も低いことが想定される。この理由として、そもそも短期では技術的・情動的に代替しうる資本、労働、財・サービスを見つけることが難しいこと、災害後の復旧活動が行われれば、経済がより元に近い状態に戻ることを各主体が想定するため、急激に経済構造が変化しにくいことが理由として挙げられる。また、資本と労働の間にも低代替性の関係が成り立つ。例えば、既に形成された資本 (主として設備等の非金融資産) をその事業での目的外に自由に利用することは考えられず、設備の損傷が発生した状況において労働で代替できる範囲は限られている。例えば、Tatano and Tsuchiya (2008) では、Putty-Clay 型の技術を想定し、災害前は資本や労働の移動や代替可能な状況を想定した最適な生産体制を考慮するが、災害後はどちらか一方の投入量の大きさに生産量が決定される非代替的なレオンチェフ型の生産技術を想定している。

こうした想定はいわゆる短期 (short run) の経済分析に当てはまる。CGE においても短期の経済影響評価に、Putty-Clay 型の生産技術や後述する価格の下方硬直性や収入の固定などの仮定が設けられる。しかし、資本、労働、財・サービスに関して、災害後であるからといって、完全に代替ができないというわけではない。例えば、本研究で対象とする地域間の財・サービスの場合、事前に準備しておいた調達先への一時的なシフトや事業継続に重大な影響を与えると判断される場合は高額であっても他地域からの調達に切り替えるようなケースは充分にある。すなわち、このような災害時の代替性に関する按配をうまく説明するようなモデルが災害後の経済分析において求められている。

このような課題に対して、実際に発生した災害である東日本大震災の再現性の観点からモデルの諸条件を設定することを試みる。この際、特に以下の条件設定に焦点を当てている。まず、対象期間としては後述するようにサプライチェーン被害の大きかった期間と予想される震災後 3 か月間程度を対象とする。その期間における、サプライチェーン被害発生の根源となる企業の生産要素の被害やライフライン途絶の影響に伴う生産能力の低下量を SCGE の入力として整備する。地震動の大きさ、津波浸水エリア、ライフライン途絶

の影響を考慮し、詳細なメッシュ単位で整備された産業分布データを用いた推計を行う点に特徴があり、既往の災害統計データを積み重ねながら開発を行っている。

Putty-Clay 型の技術は踏襲しつつ、1) 適切な分析の境界条件(クロージャ)を見出すこと、2) 財・サービスの地域間代替弾力性を適切な水準に設定すること の 2 店に主眼を置いて分析を実施した。

4. 研究成果

(1)ミクロ分析:東日本大震災時のハザード分布と企業の分布とを重ね合わせ、直接的な被災企業の特定化を試みた。その上で 2010 年、2011 年の取引状況の変化との関係を調べ、震災に伴う取引先発生の実態の把握を進め、企業ごとの産出水準の変化とも合わせて分析することで、被災地域内外におけるサプライチェーン被害に関する分析を実施した。特に、ライフラインの機能停止が企業の生産能力の低下に及ぼす影響度合いを示す指標である「ライフライン途絶抵抗係数」を実態調査結果に基づいて計量化することに成功した。

(2)空間的一般均衡分析モデルの改良:被災企業の残存生産能力推計モデルの開発:2011 年および 2012 年に実施した企業アンケートに基づき、このうち、「機能的フラジリティ曲線」と「生産能力回復曲線」を再推計し、モデルの精緻化を図った。残存生産能力の SCGE モデルへの反映方法の検討し、復旧の実態に即したモデルのクロージャーを明らかにした。

クロージャーとしては、労働に関して賃金の下方硬直性を仮定したケインズ型クロージャが最も適すること、代替弾力性に関しては災害発生前のデータをもとに推計された代替弾力性値よりもさらに小さな弾力性を設定することが必要であることを見出した。東日本大震災後 3 か月までの現象再現に関して良好な再現性を得ることができた。これらの入力条件をもとに、東日本大震災時に発生したサプライチェーンの損傷に伴う経済影響を明らかにすることに成功した。その成果は国際学術誌論文(Kajitani and Tatano2018)として発表した。

(3)本年度発生した西日本豪雨を対象として追加的にアンケート調査及びヒアリングを実施し、本研究で得られた知見の照査を行った。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計 13 件)

Kajitani Yoshio, Tatano Hirokazu. (2018). Applicability of a spatial computable general equilibrium model to assess the short-term economic impact of natural disasters. *Economic Systems Research*, 30(3), 289-312. (査読有)

DOI: 10.1080/09535314.2017.1369010

Jiang Xinyu, Mori Nobuhito, Tatano Hirokazu, Yang Lijiao (2019). Simulation-Based Exceedance Probability Curves to Assess the Economic Impact of Storm Surge Inundations due to Climate Change: A Case Study in Ise Bay, Japan. *Sustainability*, (11), 1090-1090. (査読有)

<https://doi.org/10.3390/su11041090>

Samaddar Subhajyoti, Okada Norio, Jiang Xinyu, Tatano Hirokazu. (2018). Who are Pioneers of Disaster Preparedness? - Insights from Rainwater Harvesting Dissemination in Bangladesh. *Environmental Management*, (62), 474-488. (査読有)

<https://doi.org/10.1007/s00267-018-1071-0>

多々納裕一 非常時における効果を評価する課題: 希少な確率現象に関わる評価 (特集 公共事業評価スタートから 20 年:これまでとこれから)-- (基本的論点). (2018). *運輸と経済=Transportation & economy*, 78(7), 96-100.

YOSHIZAWA Gentaro, TATANO Hirokazu, HATAYAMA Michinori. (2018). WATER DEMAND MANAGEMENT FOR DISASTER PREPAREDNESS THROUGH RISK COMMUNICATIONS. *Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. D3 (Infrastructure*

Planning and Management), (74), 35-49. (査読有)

<https://doi.org/10.2208/jscejpm.74.35>

Choi Choongik, Tatano Hirokazu, Choi Junho. (2019). Development and Application of a Sensemaking Approach to Community-based Disaster Risk Governance. *The Journal of Asian Finance, Economics and Business*, (6), 289-301. (査読有)

<https://doi.org/10.13106/jafeb.2019.vol6.no1.289>

多々納裕一 (2017). 道路ネットワークのレジリエンスの計量化に向けて 高速道路と自動車 (60)9, 5-8.(査読なし)

DOI: 10.1080/09535314.2017.1369010

Kajitani, Y. and Tatano, H. (2017). Business Resilience to Earthquake Disasters: Observations from Past Earthquakes in Japan. *JRC Conference and Workshop Reports: Proceedings of the 1st International Conference on Resilience*, 93-94.(査読なし)

黒田望 (京都大学大学院)、多々納裕一、藤井将大 (2017). 東日本大震災が事業所間取引ネットワークに及ぼした影響について *土木計画学研究・講演集(55)*, 1-6. (査読なし)

藤井将大 (京都大学大学院)、多々納裕一、黒田望. (2017). 企業間取引データを用いた東日本大震災による経済被害の推計 *土木計画学研究・講演集(55)*, 1-6. (査読なし)

Lijiao Yang, Yoshio Kajitani, Hirokazu Tatano and Xinyu Jiang. (2016). A methodology for estimating business interruption loss caused by flood disasters: insights from business surveys after Tokai Heavy Rain in Japan. *Natural Hazards*, (84)1, 411-430. (査読有)

DOI: 10.1007/s11069-016-2534-3

Jiang, X., Mori, N., Tatano, H., Yang, L. Shibutani. (2016). Estimation of property loss and business interruption loss caused by storm surge inundation due to climate change: a case of Typhoon Vera revisit. *Natural Hazards*, (84)1, 35-49. (査読有)

DOI: 10.1007/s11069-015-2085-z

梶谷義雄、多々納裕一、小田正、宮野英樹、柿本竜治、藤見俊夫、吉田護 2016 年熊本地震による企業活動への影響に関する調査報告(2016). *日本地震工学会誌 (29)*, 37-40.

[学会発表](計 14 件)

Hirokazu Tatano. Economic Impact of Disasters: Lessons from the Past Earthquakes in Japan and Concerns for the Big Ones in the Future UNIST Measuring Production Capacity Loss Due to the 2011 Tohoku-oki Earthquake and Tsunami. International Conference of Earthquake Engineering and Disaster Mitigation ICEEDM 2016. 2016/8/1-2. Nusa Dua, Bali, Indonesia.

Hirokazu Tatano. Prescription for economic resilience to natural hazards. The 1st International Workshop on Resilience. 2016/9/20. Torino, Italy.

Yoshio Kajitani. Business resilience against earthquake disasters: observations from past Japanese earthquake disasters. The 1st International Workshop on Resilience. 2016/9/21. Torino, Italy.

Hirokazu Tatano. Economic Impact of Disasters: Lessons from the Past Earthquakes in Japan and Concerns for the Big Ones in the Future. International symposium on "Mega Disasters: Can We Cope?" 2016/11/18. Seoul, Korea.

Yoshio Kajitani, Hirokazu Tatano. Investigation on CGE Models for Disaster Impact Analysis: Implications from the Case Study of the 2011 Great East Japan Earthquake, 23rd International InputOutput Association (IIOA) Conference. 2016/7/8 Seoul, Korea.

多々納裕一 道路システムのレジリエンス 防災計画研究発表会・国際総合防災学会 (2017年)

Hirokazu Tatano. The Current Status of Resilience Research in Japan : From Perspectives of Infrastructure Planning and Management. JSCE-ASCE Special Research Committee on Infrastructure Kick-off Meeting. (2017).

Hirokazu Tatano and Yoshio Kajitani. Applicability of a Spatial Computable General Equilibrium Model to Assess the Short-term Economic Impact of Natural Disasters. The 9th China-Japan Joint Workshop on Sustainable Management of Cities and regions under Disaster and Environmental Risks. (2017).

Masahiro Fujii, Hirokazu Tatano, Yoshio Kajitani. Estimation of Elasticity of Substitution by Using Questionnaire Survey. The 9th China-Japan Joint Workshop on Sustainable Management of Cities and regions under Disaster and Environmental Risks. (2017).

Yoshio Kajitani and Hirokazu Tatano. Spatial Computable General Equilibrium Model for

Disaster Impact Analysis: Short-run approach and the role of recovery investments, 9th Conference of the International Society for Integrated Disaster Risk Management. 2018/10/2-4, University of New South Wales.

Hirokazu Tatano. Disasters' Impacts on Public Assets- Case Studies from Japan. 2018/6/21. APEC Workshop on Disaster Risk Finance in Tokyo, World Bank Tokyo Hub.

Hirokazu Tatano and Toshio Fujimi. An Integrated Methodology to Design and Evaluate Climate Adaptation Policies. 2018 Annual Conference of Korean Society of Climate Change Research, 2018/6/18-20, Jeju, Korea.

Hirokazu Tatano. Some Concerns for Climate Adaptation Policies in Japanese Case. the 9th conference of the International Society for Integrated Disaster Risk Management, 2018/10/2-4, Sydney, Australia.

梶谷義雄 統計情報を利用した災害被害の推定とリスクマネジメント 統計情報研究開発センター主催 平成 30 年度統計情報セミナー「防災・リスクマネジメントと統計情報」2019 年 2 月 13 日 ベルサール神保町

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

取得状況(計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等 なし

6 . 研究組織

(1)研究分担者

研究分担者氏名：梶谷義男

ローマ字氏名：Yoshio Kajitani

所属研究機関名：香川大学

部局名：創造工学部

職名：教授

研究者番号(8桁): 80371441

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。