

令和元年6月4日現在

機関番号：14501

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16H04428

研究課題名(和文) 集積の経済性を考慮した国土強靱化施策の影響分析と「幅広い」便益の計測

研究課題名(英文) Wider economic impacts assessment of transportation infrastructure resilience improvement in an agglomeration economy

研究代表者

織田澤 利守 (OTAZAWA, Toshimori)

神戸大学・工学研究科・准教授

研究者番号：30374987

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 5,400,000円

研究成果の概要(和文)：「我が国の産業立地構造は災害に対してどの程度脆弱であるか」、「防災・減災施策は、産業立地構造にどのような影響を及ぼすか」、また、「その便益をどのように計測するか」。これらの問題に答えるべく、本研究では、災害による間接的被害の波及過程における産業集積の負の効果を明示的に考慮した分析枠組みを構築し、社会的厚生及び災害脆弱性の観点から均衡産業立地構造の性質や防災・減災施策の影響について分析を行った。また、防災・減災施策による「幅広い」便益の計測法を提案した。さらに、経済被害評価の高度化に向け、被災による企業活動の中断の影響や復旧過程を考慮したなどを考慮した短期的な短期的経済被害計測の手法を提案した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の学術的意義は、災害リスクと産業集積を同時に考慮できる新たな分析枠組みを構築し、災害リスクの高い地域への産業集積が、被災時には企業活動の停止に伴う差別化財バラエティの減少による負の外部効果として作用することを明らかにした点である。また、交通インフラの防災・減災投資に関して、従来の費用便益分析では捉えることができない「幅広い」便益の計測手法を提案した点は社会的意義が大きい。

研究成果の概要(英文)：In order to evaluate the effect of public investment for disaster management appropriately, it is necessary to take agglomeration economies into account. In this study, we constructs a new economic geography (NEG) model incorporating a natural disaster risk and examines the interrelationship between industrial agglomeration and vulnerability of a spatial economy. We show that the location pattern emerging as the market equilibrium is characterized by over-agglomeration and is more vulnerable than that of social optimum. We also declare that disaster mitigation investment improves the utilitarian social welfare, but it does not always increase the survival rate of firms at the time of disaster. Furthermore, we identify the wider economic impacts, which are not treated in the conventional cost-benefit analysis, by decomposing the overall effects of transportation investments for disaster prevention.

研究分野：土木計画学

キーワード：防災計画 産業集積 災害脆弱性 費用便益分析

## 1. 研究開始当初の背景

我が国では、戦後、特に高度成長期にかけて、多くの人々が地方から都市部へと移り住み、都市化が著しく進展した。人口や経済活動の都市部への集中をもたらす要因は集積の経済であり、人やモノの移動・輸送効率を高め、都市部における生産性の向上をもたらしてきた。一方で、我が国土は高い自然災害リスクに晒されており、首都直下地震や南海トラフ地震など、大都市や産業集積地を襲う大規模な自然災害が近い将来に高い確率で発生することが予想されている。災害によって生じる被害とその波及は、災害発生前の産業立地構造と独立ではあり得ず、社会経済活動の中核である大都市圏が壊滅的な被害を受けた場合、その影響は広く他の地域へと波及し、莫大な経済的損失が生じるであろう。

現在、国土強靱化に向けた種々の取り組みが進められている。中でも、交通・物流分野における基幹的陸上海上交通ネットワークの耐震化や代替性確保といった交通施設の災害対応力を強化する対策は、15の重点プログラムの1つに位置づけられ、目標の早期達成や高度化など特に推進が図られている分野である。交通インフラの減災対策は、災害生起時の被害軽減や早期復旧に資する一方で、企業の立地変更を促し、長期的には産業立地構造へ変化を及ぼす。災害リスクに直面する地域へ産業の集積が進めば、一度に多くの企業が被災し、直接的被害が増加する。加えて、交通インフラの損壊や企業の操業停止の影響により、サプライチェーンを含む産業の生産機能が大幅に低下し、間接的被害が拡大する可能性がある。防災・減災施策が産業立地構造に及ぼす長期的な影響を正確に把握し、評価するためには、災害リスクと集積の経済が同時に存在する下での産業集積メカニズムについて理論的に解明する必要がある。

## 2. 研究の目的

本研究は、被災による間接的被害の発生及び波及の構造を考慮した新たな分析枠組みを構築し、その分析を通じて以下の4点について明らかにすることを目的とする。

- (1) 災害リスクと集積の経済が同時に存在する下での産業立地構造（産業集積は過大か過小か？また、災害に対してどの程度脆弱であるか？）
- (2) 防災・減災施策が産業立地構造、社会的厚生及び災害脆弱性に及ぼす影響
- (3) 災害リスクと集積の経済を同時に考慮に入れた、防災・減災施策がもたらす「幅広い」便益の計測
- (4) 災害に強い産業立地構造の在り方

## 3. 研究の方法

上記の研究目的を達成するために、まず、産業集積現象を扱う新経済地理学（new economic geography; NEG）モデルに災害リスクを明示的に組み込んだ新たなモデルを構築した。その上で、(A)社会的厚生及び災害脆弱性の観点に基づく、産業立地構造の性質や防災・減災施策の影響に関する分析と(B) 防災・減災施策がもたらす「幅広い」便益の計測に関する分析を順次行った。また、これらと並行して、災害による経済被害評価の高度化に向けた検討を行った。最後に、研究成果とそれらを踏まえた政策的提案を行うとともに、今後に残された研究課題の整理を行なった。

## 4. 研究成果

- (1) 災害リスクと集積の経済を考慮した産業立地構造に関する分析

織田澤ら（2016）は、FE（footloose entrepreneur）モデルである Pfluger（2004）に対して、2 状態（平常状態・災害状態）、2 期間（事前・事後）、2 種類の交通インフラ（都市間・都市内）を新たに定義し、災害リスクを明示的に考慮した産業集積モデルを構築した。その上で、災害リスクの高い地域への産業集積が、平常時には集積の経済として正の外部効果をもたらす一方で、被災時には企業の撤退（操業停止）に伴う差別化財バラエティの減少による負の外部効果として作用することを明らかにした。また、数値分析を通じて、均衡における産業立地構造が過剰集積であること、被災状態における生存企業数が過小になるという意味で災害に対して脆弱であることを明らかにした。

## （2）防災・減災施策の影響分析

上述の分析枠組みに基づいて、織田澤ら（2016）は交通インフラの防災・減災施策が及ぼす影響について分析を行い、施策が社会的厚生を改善するものの、必ずしも災害脆弱性の低減に寄与するとは限らないことを示した。また、地域間交通インフラと地域内の交通インフラという 2 種類を考慮し、それぞれに対する施策が産業の集積度や災害脆弱性に及ぼす影響を明らかにするとともに、施策によって生じる便益の帰着構造を示した。織田澤・足立（2018）は、織田澤(2016)をさらに発展させ、中間財取引を考慮した Footloose Entrepreneur Vertical Linkage（FEVL）モデルの枠組みへ拡張した。都市間道路の防災・減災施策が産業立地構造（具体的には、集積率、総企業数、災害時の生存率）に及ぼす影響について分析した。数値事例分析の結果、産業立地構造の推移を、集積の経済性の水準に応じた 3 つパターンに分類できることを示した。

## （3）防災・減災施策がもたらす「幅広い」便益の計測

織田澤・足立（2018）は、災害リスクを考慮した FEVL モデルに対して、Harberger（1964）の便益計測式を適用し、都市間道路の防災・減災投資がもたらす便益について整理した。具体的には、「直接便益」に加え、災害時における「企業の生存率の変化による便益」、「集積率の変化による便益」、「総企業数の変化による便益」を「幅広い」便益として計上する必要があることを明らかにした。その上で、数値事例を通じて特定した 3 つの推移パターンについて、各便益項目の符号を整理した。特に、防災投資によって危険地域への集積が進展する場合に、災害時に倒産リスクにさらされる企業が増加することによってかえって負の便益が発生する条件（被災時の企業の生存率と地域間交易自由度の大小関係の条件）を明らかにした点は、本研究に独自の貢献である。このことから、直接便益のみを考慮した場合、便益を過大、もしくは過小に評価する恐れがあることが示唆された。

## （4）災害による経済被害評価の高度化

災害による経済被害評価の高度化に向けて以下の分析を行った。被災による企業活動の中断に着目した研究として、Yang et al.（2016）では、洪水災害による企業活動の中断がもたらす経済損失の推定法を提案した。Koike and Miyamoto（2016）は、震災直後における労働力不足、中間財搬入量の減少、生産物出荷量の減少に伴う生産変化（生産量の減少）を短期的影響として計測するとともに、交通施設復旧施策の効果を多角的な視点から定量的に分析する枠組みを提案した。また、多々納（2017）では、道路ネットワークのレジリエンスの計量化による道路の防災機能の評価手法を提案した。さらに、空間

的応用一般均衡 (SCGE) モデルを用いた災害被害計測の高度化に向け, Kajitani and Tatano (2018) 及び Yamazaki et al. (2018) は, 被災時における代替弾力性の推定法について検討し, 復旧過程を考慮した短期的経済被害計測の手法を提案した。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 (計 22 件)

1. 織田澤利守, 足立鷹祐: 集積の経済性を考慮した都市間道路防災投資の影響分析と便益計測, 土木学会論文集 D3 (土木計画学), Vol.74, No.5, pp. I\_613-I\_622, 2018.(査読あり)  
[https://doi.org/10.2208/jscejpm.74.I\\_613](https://doi.org/10.2208/jscejpm.74.I_613)
2. 織田澤利守, 明定俊行: 企業間取引ネットワークの変化が企業の生産性に及ぼす影響: 都市間交通基盤整備に着目した実証分析, 土木学会論文集 D3 (土木計画学), Vol.74, No.5, pp. I\_483-I\_491, 2018. (査読あり) [https://doi.org/10.2208/jscejpm.74.I\\_483](https://doi.org/10.2208/jscejpm.74.I_483)
3. Yamazaki, M., Koike, A. and Sone, Y., A Heuristic Approach to the Estimation of Key Parameters for a Monthly, Recursive, Dynamic CGE Model, Economics of Disasters and Climate Change, Pages 283-301, Volume 2, Issue 3, October 2018. (査読あり)  
<https://doi.org/10.1007/s41885-018-0027-4>
4. Kajitani, Y., & Tatano, H., 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, 2018. (査読あり) <https://doi.org/10.1080/09535314.2017.1369010>
5. Jiang, X., Mori, N., Tatano, H., & Yang, L., 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(4), 1090, 2019. (査読あり) <https://doi.org/10.3390/su11041090>
6. Samaddar, S., Okada, N., Jiang, X., & Tatano, H., Who are Pioneers of Disaster Preparedness? -Insights from Rainwater Harvesting Dissemination in Bangladesh Environmental management, 62(3), 474-488m, 2018. (査読あり) <https://doi.org/10.1007/s00267-018-1071-0>
7. Choi, C., Tatano, H., & Choi, J., Development and Application of a Sensemaking Approach to Community-based Disaster Risk Governance. The Journal of Asian Finance, Economics and Business (JAFEB), 6(1), 289-301, 2019. (査読あり)
8. Sato, K. and Koike, A., Armington elasticities in multi-regional trade for transport policy in Japan, In: "Transportation, Knowledge and Space in Urban and Regional Economics", Matsushima, K. and Anderson, W.P. Eds., Edward Elgar Publishing, pp.205-228, 2018. (査読なし)
9. Otazawa, T., Ohira, Y.: Synergy effects of face-to-face interactions and urban spatial structure, In: "Transportation, Knowledge and Space in Urban and Regional Economics", Matsushima, K. and Anderson, W.P. Eds., Edward Elgar Publishing, pp.205-228, 2018. (査読なし)
10. 吉澤源太郎, 多々納裕一, 畑山満則: リスクコミュニケーションを通じた断水災害軽減のための水需要マネジメント. 土木学会論文集 D3 (土木計画学), 74(1), 35-49, 2018. (査読あり) <https://doi.org/10.2208/jscejpm.74.35>
11. 織田澤利守: 複合災害と都市の災害脆弱性, 都市計画, Vol.68, No.2, p38-41, 2018.(査読なし)
12. 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). 運輸と経済=Transportation & economy, 78(7), 96-100, 2018. (査読なし)
13. 多々納裕一: 道路ネットワークの広範なストック効果の「見える化」・「見せる化」. 道路

- 建設, (770), 29-32, 2018. (査読なし)
14. 小池淳司・宮本佳直・右近崇：震災直後の交通施設復旧施策と経済影響分析，土木学会論文集 D3 (土木計画学), Vol.73, No.5 (土木計画学研究・論文集第 34 巻), I\_147-I\_161, 2017. (査読あり) [https://doi.org/10.2208/jscejpm.73.I\\_147](https://doi.org/10.2208/jscejpm.73.I_147)
  15. KOIEK, A. and MIYAMOTO, Y., Short-run Economic Assessment of the Transportation Recovery Policy After an Earthquake, MATEC Web of Conferences 103, 2017. (査読あり)  
<https://doi.org/10.1051/matecconf/201710309017>
  16. Yu, J., Cruz, A. M., Piatyszek, E., Lesbats, M., Tardy, A., Hokugo, A., & Tatano, H. (2017). A survey of impact on industrial parks caused by the 2011 Great East Japan earthquake and tsunami. Journal of Loss Prevention in the Process Industries, Vol. 50, Part B, pp.317-324, 2017. (査読あり) <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2017.01.020>
  17. Jiang, X., Mori, N., Tatano, H., Yang, L., & Shibutani, Y., 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, 2016. (査読あり)  
<https://doi.org/10.1007/s11069-015-2085-z>
  18. Yang, L., Kajitani, Y., Tatano, H. and Jiang, X.: A Methodology for Estimating Business Interruption Loss Caused by Flood Disasters: Insights from Business Surveys after Tokai Heavy Rain in Japan, Natural hazards 84, pp.411-430, 2016. (査読あり)  
<https://doi.org/10.1007/s11069-016-2534-3>
  19. Fujimi, T., Watanabe, M., Kakimoto, R., & Tatano, H., Perceived ambiguity about earthquake and house destruction risks. Natural Hazards, 80(2), 1243-1256, 2016. (査読あり)  
<https://doi.org/10.1007/s11069-015-2021-2>
  20. 多々納裕一: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), pp. 5 – 8, 2017. (査読なし)
  21. 織田澤利守，中村優太，鳥尾健太，小池淳司：産業の過剰集積がもたらす災害脆弱性と交通インフラの減災施策，土木学会論文集 D3(土木計画学), Vol.72, No.1, pp.99-112, 2016. (査読あり) <https://doi.org/10.2208/jscejpm.72.99>
  22. 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、日本地震工学会誌、第 29 号、pp.37-40、2016.

[学会発表] (計 10 件)

1. 織田澤利守，大平悠季：交通インフラ整備効果の因果推論:論点整理と展望，第 58 回土木計画学研究発表会，2018 年 11 月 23 日，大分コンパルホール，大分，(招待講演)。
2. Tatano, H., Disasters' Impacts on Public Assets- Case Studies from Japan, APEC Workshop on Disaster Risk Finance in Tokyo, World Bank Tokyo Hub, 2018.6.21 (招待講演)
3. Tatano, H. and Fujimi, T., An Integrated Methodology to Design and Evaluate Climate Adaptation Policies, 2018 Annual Conference of Korean Society of Climate Change Research, 18-20 June 2018, Jeju, Korea, (招待講演)
4. 多々納裕一：災害リスクの総合的管理：インフラレジリエンスの向上の意義と課題を中心に，第 9 回坊っちゃんセミナー，2018 年 9 月 27 日，愛媛大学，松山，(招待講演)。
5. 織田澤利守，大平悠季：因果推論アプローチによる交通インフラ整備効果の推定－課題と展望－，第 9 回坊っちゃんセミナー，2018 年 9 月 27 日，愛媛大学，松山，(招待講演)。

6. 織田澤利守, 足立鷹祐: 集積の経済性を考慮した交通基盤整備の影響分析及び便益計測に向けた検討, 第56回土木計画学研究発表会, 2017年11月5日, 岩手大学.
7. Tatano, H., 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?”, November 18, 2016, Seoul, Korea.(招待講演)
8. Kajitani, Y. and Tatano, H., Business Resilience against Earthquake Disasters: Observations from Past Japanese Earthquake Disasters, The 1<sup>st</sup> International Workshop on Resilience, September 21, Torino, 2016.
9. Tatano, H. and Kajitani, Y., Measuring Production Capacity Loss Due to the 2011 Tohoku-oki Earthquake and Tsunami, the 3rd ICEEDM 2016 in Nusa Dua - Bali, Indonesia, 1-2 August 2016.
10. Kajitani, Y. and Tatano, H., Investigation on CGE Models for Disaster Impact Analysis: Implications from the Case Study of the 2011 Great East Japan Earthquake, 23<sup>rd</sup> International Input-Output Association (IIOA) Conference, Seoul, July 8, 2016.

[図書] (計2件)

1. 小池淳司 (単著): 社会資本整備の空間経済分析, コロナ社, 2018.
2. 小池淳司 (共著): インフラを科学する, 中央経済社, 2018.

[その他]

ホームページ等

<http://www2.kobe-u.ac.jp/~nazuna/>

## 6. 研究組織

### (1) 研究分担者

研究分担者氏名: 小池 淳司

ローマ字氏名: KOIKE, Atsushi

所属研究機関名: 神戸大学

部局名: 大学院工学研究科

職名: 教授

研究者番号 (8桁): 60262747

研究分担者氏名: 多々納 裕一

ローマ字氏名: TATANO, Hirokazu

所属研究機関名: 京都大学

部局名: 防災研究所

職名: 教授

研究者番号 (8桁): 20207038

※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。