

令和 4 年 6 月 14 日現在

機関番号：16201

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19K04969

研究課題名(和文) 地域経済への中・長期的影響を考慮した減災優先型の土地利用計画の提案

研究課題名(英文) Land use plans for disaster mitigation and their medium- and long-term impacts on the local economy

研究代表者

梶谷 義雄 (Kajitani, Yoshio)

香川大学・創造工学部・教授

研究者番号：80371441

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、災害危険エリアにおける土地利用規制の効果だけでなく、規制に伴って中・長期的に発生する経済的影響を評価するためのデータベースならびに基本モデルを構築した。まず、過去の水害を対象とした事業者や家計の回復過程に関する調査を行い、短期的な地域経済への影響を評価するための統計モデルを構築した。さらに、国勢調査データから地域の世帯構成を推計し、世帯の属性を考慮したエージェントベースの人口予測モデルを構築した。本モデルを香川県に適用し2040年までのシミュレーションを行った結果、人口減少下においては、地価の上昇を招くことなく、より安全な地域へ人口集中エリアをシフトできる可能性が示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の成果は、災害による短期的な被害波及と人間活動の長期の営みを統合的に評価するという学術的課題解決の一助となる。災害被害の抑制方法を多段階で検討し、災害による被害軽減額と地域経済の長期的変化を可視化することで、より適切な政策決定を支援することができる。

研究成果の概要(英文)：In this study, database and basic models were developed to evaluate not only the positive effects of land use regulations in disaster risk areas, but also the medium- and long-term economic negative impacts of such regulations. First, we conducted a survey on the recovery process of businesses and households from past flood disasters, and developed a statistical model to evaluate the short-term impacts on the regional economy. Furthermore, we estimated regional household attributes from census data and constructed an agent-based population projection model. By applying this model to Kagawa Prefecture, we demonstrated the possibility of shifting population concentration areas to safer areas under a declining population without causing an increase in land prices.

研究分野：防災計画

キーワード：土地利用規制 災害リスク エージェントベースモデル 人口減少

1. 研究開始当初の背景

土地利用規制による災害リスクの軽減は国土計画の根幹であり、昭和 25 年に制定された建築基準法による災害危険区域の設定をはじめ、国や地方自治体によって様々な土地利用規制の努力がなされてきた。しかし各地域の自然・歴史的背景に基づき形成されてきた現在の土地利用に、最新のハザード評価の結果が十分に反映されているとは言いがたい状況にある。一方、2011 年の東日本大震災後には、津波によって被災した各市町村において災害危険区域の新たな指定がなされており、事後的な復興計画においてこの種のリスク軽減型の土地利用規制が大きく進むケースが見受けられる。しかし、人命損失を可能な限り軽減し、将来世代の安全に繋げるためには、少なくとも現代科学で危険とされる地域の土地利用は規制しておくという考え方を検討し、その有効性を判断する研究成果を蓄積していく必要がある。

現在の土地利用にハザード情報が十分に反映されていない理由の一つとして、災害リスクの評価が十分に認知されていないことだけではなく、土地利用規制が地域の人々の暮らしに与える中長期的な影響について、十分な評価がなされていないことが挙げられる。土地利用規制は、交通費用や土地価格の上昇などの負の影響をもたらす可能性があるが、中長期的にはより安全な地域に人々を誘導し、よりコンパクトな居住地域を形成するという正の効果を得られる可能性も考えられる。災害リスク軽減効果と併せて、このような土地利用規制のもたらす正負の側面を適切に評価するための評価モデルの開発が求められる。

2. 研究の目的

本研究では、適切な土地利用規制政策を支援するために、災害による被害影響と土地利用規制がもたらす地域の人々の暮らしへの中・長期的影響の両者を評価するための手法を構築する。本手法をモデル地域に適用し、土地利用規制によって地域にもたらされる正負の影響を明らかにすることを目的とする。

3. 研究の方法

災害による被害影響については、既往災害の調査・分析を行いながら、想定される外力に応じた評価手法を構築する。家屋被害についてはある程度確立された手法が存在するが、企業活動への影響については十分な検討が行われていないため、近年の広域水害の事例に基づき、資産被害や営業損失をより精緻に分析するための手法を構築する。また、中長期的な土地利用規制の影響を評価するために、柔軟な立地行動モデルを表現することができるエージェントベースモデルを構築する。

4. 研究成果

(1) 災害による事業所への被害影響評価手法の構築

2018 年の西日本豪雨後に実施した事業所へのアンケート調査を基に、災害による事業所資産被害ならびに営業損失の評価モデルを構築した。図 1 は、浸水深に応じた資産被害を確率的に評価するためのフラジリティ曲線になる。黒色は浸水深が与えられた時の被害モード 1~5 (製造業の場合は 1~3) となる確率、赤色は被害モード 2~5 (製造業の場合は 2~3) となる確率、青色は被害モード 3~5 (製造業の場合は 3) となる確率、黄色は被害モード 4~5 となる確率、紫色は被害モード 5 となる確率を示す。各曲線間の縦方向の幅が、各被害モードの確率を表す。

製造業 (図 1 左) 及び非製造業 (図 1 右) のフラジリティ曲線を比較すると、同程度の浸水深の場合、被害モード 1 となる確率 (黒色 - 赤色の範囲) は製造業が高く、被害モード 2 となる確率 (赤色 - 青色の範囲) も製造業がやや高く、被害モード 3 を超過する確率 (青色の範囲) は非製造業が高いことがわかる。非製造業は、建物や設備等の復旧費用の総資産に対する割合が製造業よりも大きく、これらが被害率の上昇に寄与していると考えられる。非製造業のうち、回答数の多かったサービス業は、建物の浸水対策を実施していた事業所が他の産業分類に比べて少なく、浸水対策の有無が、建物や設備等の直接被害に影響を与えた可能性がある。

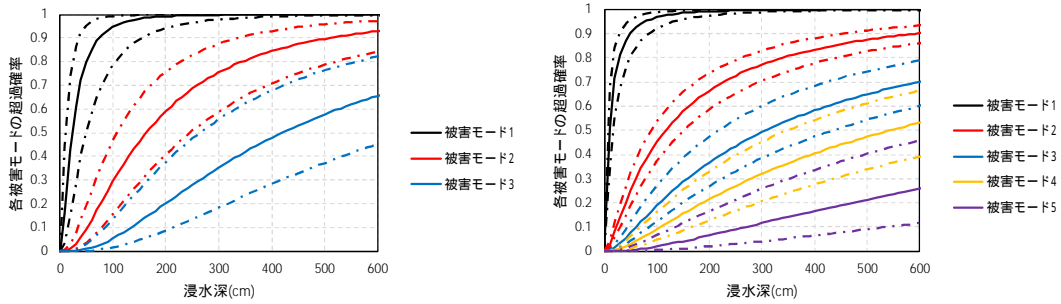


図1：企業の資産被害率のフラジリティ曲線（左：製造業 42 サンプル、右：非製造業 125 サンプル）

製造業の被害モード（1: $0 < y \leq 25\%$ 、2: $25\% < y \leq 50\%$ 、3: $50\% < y \leq 100\%$ ）、非製造業の被害モード（1: $0 < y \leq 25\%$ 、2: $25\% < y \leq 50\%$ 、3: $50\% < y \leq 100\%$ 、4: $100\% < y \leq 150\%$ 、5: $150\% < y \leq 200\%$ ）

図2は、水害の影響を受けた事業者の回復曲線を示す。評価モデルには、対数正規分布、ワイブル分布、指数分布を組み合わせている。例えば、回復の初期段階では、時間経過とともに単位時間における回復率が高くなるような曲線の当てはまりがよくなる。各曲線は各売上水準（平常時比）の超過確率を示し、各曲線の差が売上の水準がその範囲内にある事業所の割合を示す。想定した平均的な被害（浸水深 80 cm等）では、製造業と非製造業で大きな差異は生じないが、製造業の方が、やや回復が遅くなっている。このように売上水準別に回復過程をモニターし、適切な統計モデルを適用することで、災害からの被災事業所の回復モデルの精緻化が図られたと考えられる。

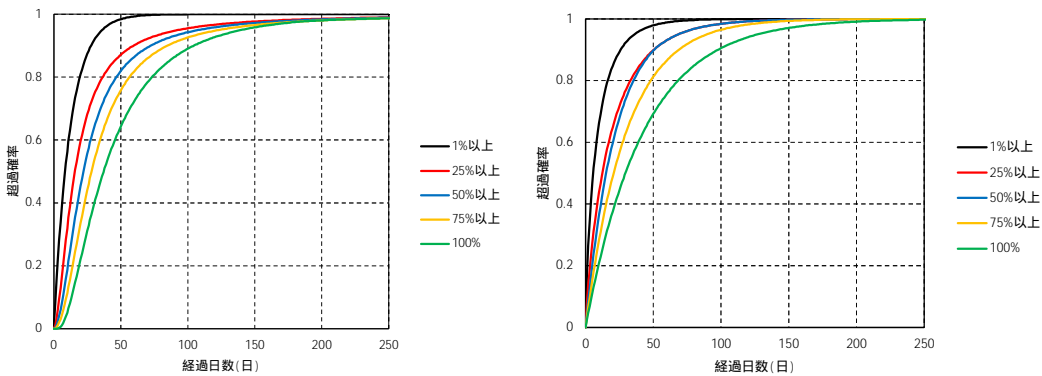


図2：各売り上げ水準以上になるまでの日数と確率の関係を表した事業者の回復曲線

（左：製造業 132 サンプル、右：非製造業 258 サンプル、最大浸水深 80 cm でライフライン復旧日数等をサンプル平均等で設定したケース）

(2) エージェントベースモデルによる土地利用規制シミュレーション

ハザードエリアの土地利用規制効果を評価するために、エージェントベース型の将来人口分布予測モデルを構築した。まず、既往研究を参考に、500mメッシュ単位で整備された国勢調査データから世帯分類別の世帯数ならびに各世帯を構成する個人の年齢を焼きなまし法によって推計するプログラムを構築した。これにより、個人の年齢や居住地だけでなく、所属する世帯属性に応じて、ライフイベントに応じた居住地選択シミュレーションが可能となった。ライフイベントとしては、出生、婚姻、死亡、県内外への転入・転出を考慮した。出生率等の各種パラメータを全国ならびに香川県の状況を参考に設定し、2040年までの香川県のシミュレーションを実施した結果、総人口や年齢別・性別については、国立社会保障・人口問題研究所のシミュレーション結果に近い値が得られた。災害による土地利用規制を考慮しないケースでは、現行の人口分布から各メッシュの人口が一律程度に減少していくことが観察された（図3）。一方、水害ハザードを対象に、想定最大浸水深が 0.5m以下、1m以下のそれぞれの地域において新規移住を認めないケースでは、人口の空間分布が大きく安全な地域にシフトすることが確認された。図3は想定最大浸水深が 0.5m以下のケースに対応する。しかし、人口減少の影響があるため、地価の上昇は発生せず、事業所までの通勤距離の増加に伴う交通費の上昇が主な経済的な影響となる。

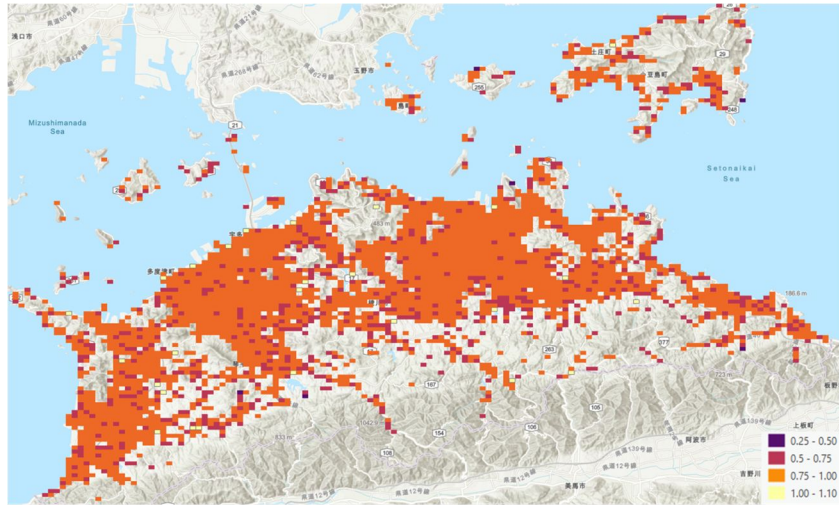


図 3：想定水害浸水域の土地利用規制を行わない場合の 2040 年の人口減少率

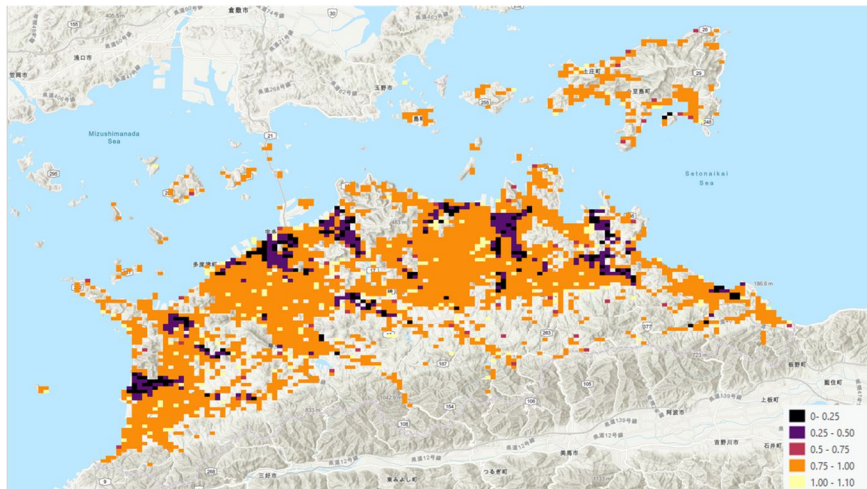


図 4：想定水害浸水域の土地利用規制を行う場合の 2040 年の人口減少率

以上、水害の事業所への経済的影響に関する評価と合わせて、水害による中・長期的な経済的影響を評価するための基盤モデルが構築できたと考えられる。本モデルは災害ロスの計量化手法が蓄積されてきた地震や津波災害を考慮したケースにおいても同様に適用できると考えられる。一方、人口分布の変化に伴う事業所立地の変化や建物ストックの形態（一戸建て等）の変化については、検討が十分に進まず、土地利用規制に伴う都市の構造物の変容の評価については課題が残る結果となったが、現在整備が進んでいる三次元構造物モデルなどを活用することで、より高度なモデル化への展開が可能になっていくものと考えられる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 4件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 梶谷義雄、杉浦聡志、畑山満則、高木朗義	4. 巻 39(3)
2. 論文標題 災害時の避難行動に対する態度形成と避難実態に関する要因分析：平成30年7月豪雨を対象として	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 自然災害科学	6. 最初と最後の頁 207-220
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 黒田望、梶谷義雄、多々納裕一	4. 巻 76(1)
2. 論文標題 浸水時における事業所資産のフラジリティ曲線の推計：平成30年7月豪雨を対象として	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 土木学会論文集B1（水工学）	6. 最初と最後の頁 70-80
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 梶谷義雄	4. 巻 319
2. 論文標題 トルコ・ドゥズジェ市の地震被害とその後の復興	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 ESTRELA	6. 最初と最後の頁 16-18
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 吉田護、梶谷義雄	4. 巻 75(5)
2. 論文標題 地域核店舗の被災影響に関する実証分析 - 熊本市健軍商店街の事例を通じて -	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 土木学会論文集D3（土木計画学）	6. 最初と最後の頁 251-258
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2208/jscejipm.75.l_251	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 梶谷義雄、多々納裕一	4. 巻 49(1)
2. 論文標題 自然災害の短期的経済影響を評価するための空間的一般均衡モデル構築の取り組み	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本統計学会誌	6. 最初と最後の頁 61-82
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11329/jjssj.49.61	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計4件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 3件)

1. 発表者名 Kajitani, Y.
2. 発表標題 Lessons Learned from the 2018 Japan Floods: Challenges on River Management, Land-use Policy and Community Preparedness
3. 学会等名 International Workshop on Influencing Last Mile in Disaster Risk Reduction (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kajitani, Y., Uchida, K., Takahashi, Y. and Tatano, H.
2. 発表標題 Damage and Recovery of Industrial Sectors Affected by the 2018 Hokkaido Eastern Iburi Earthquake
3. 学会等名 10th Conference of the International Society for Integrated Disaster Risk Management (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 梶谷義雄
2. 発表標題 東日本大震災の経済的影響：電力、観光他
3. 学会等名 ミニパネル「社会経済影響の分析と記録、その意義と方法について」、東日本大震災調査報告書 全巻刊行記念講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kajitani, Y. and Tatano, H.
2. 発表標題 Economic Resilience: Methodologies for Quantitative Measures
3. 学会等名 The First JSCE-ASCE Symposium on Infrastructure Resilience, Japan Society for Civil Engineering (Yotsuya) (国際学会)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計3件

1. 著者名 Tatano, H. and Kajitani, Y.	4. 発行年 2021年
2. 出版社 Springer	5. 総ページ数 109
3. 書名 Methodologies for Estimating Economic Impacts of Natural Disasters, Springer	

1. 著者名 梶谷義雄 (分担)	4. 発行年 2019年
2. 出版社 丸善出版	5. 総ページ数 378-379
3. 書名 リスク学事典 (サプライチェーン途絶のリスク)	

1. 著者名 Kajitani, Y. and Tatano, H. (Chapter author)	4. 発行年 2019年
2. 出版社 Springer Nature Switzerland AG	5. 総ページ数 327-358
3. 書名 Advantages of the Regional and Sectoral Disaggregation of a Spatial Computable General Equilibrium Model for the Economic Impact Analysis of Natural Disasters, in Advances in Spatial and Economic Modeling of Disaster Impacts	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------