

令和 3 年 8 月 17 日現在

機関番号：13903

研究種目：若手研究

研究期間：2018～2020

課題番号：18K13848

研究課題名（和文）津波防災の文化化はいかにして可能か 数理的定式化による理論的枠組みの構築

研究課題名（英文）How to Make Tsunami Disaster Mitigation a Culture: Building a Theoretical Framework from Fieldworks and Practices

研究代表者

中居 楓子（Nakai, Fuko）

名古屋工業大学・工学（系）研究科（研究院）・助教

研究者番号：80805333

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では災害と共存する社会を実現するための方策としての「避難」に着目し、南海トラフ地震による津波被害が予測されている高知県を主なフィールドとして、個人およびコミュニティの防災に関する実践を文化として長期的に維持させる方法を検討した。住民による自発的な防災活動の事例研究とシグナリング・ゲームによるモデル化を通じて、現場の平常時の実践と、その実践が災害時の避難に及ぼす効果を繋ぐ理論的枠組みを構築した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

「どのような要因が避難行動を促すのか」という問いに対しては、その要因を、単発の防災ワークショップへの参加有無や自主防災会への参加有無などを含む「個人の属性」によって説明する研究が多くなされてきた。これに対し、本研究は各個人が属する「コミュニティなどの実践」の観点からその問いに迫るものである。個人ではなく社会を単位としてとらえることにより、防災に関する知識を文化として長期的（津波の再現期間に相当する期間）に維持させる方法を検討できるようになるため、被災経験の風化の問題解決に資する。

研究成果の概要（英文）：The study focused on evacuation as one of measures to realize a society that coexists with disasters, and examined how to make individual or community disaster mitigation practices a culture in the long term. The field is mainly Kochi Prefecture, where tsunami damage by the Nankai Trough earthquake is predicted. Through (1) case studies of voluntary disaster mitigation practices by local residents and (2) modeling using a signaling game, I developed a theoretical framework that connects "daily" practices in the field with the effects of those practices on evacuation "during disasters".

研究分野：土木計画学

キーワード：防災文化 津波 避難 コミュニティ 津波てんでんこ シグナリング・ゲーム

## 1. 研究開始当初の背景

津波から生命や資産を守るためには、堤防などの海岸防護施設によるハード対策だけでは不十分であり、避難計画や土地利用計画などを組み合わせた総合的対策が求められる。特に、東日本大震災級の津波に対応できるような堤防は、コストの観点から現実的ではないため、ハード施設を超えるような外力に対しては、共存に向けた地域、都市を実現する方策が求められる。本研究が着目するのは、その手段のひとつとしての「避難」である。

避難に関する研究はこれまでも数多く行われているが、いくつかの課題がある。第一に長期的にその減災機能を維持することの難しさがある。海岸防護施設は供用期間 30～50 年程度の数十年単位の期間でその防災、減災機能を維持できると考えられる。一方、避難は災害時における一種の個人を単位とした行動様式であるが、個人の被災の記憶や避難訓練の記憶が薄れることにより、津波のような低頻度災害の再現期間に相当する期間ではその知識や行動様式を維持、継承することが難しい。第二に、平常時におこなわれている防災に関する現場の実践が災害時にどのように機能するのが分からないことである。多くの現場の防災活動は災害時に役立つことを期待して行われるが、災害が稀少な事象であるためにそれが本当に災害時に効果を発揮するのかについての検証は難しく、十分になされていない。第三に、「どのような要因が避難行動を促すのか」という問いに対して、その要因を個人の属性によって説明することの限界がある。避難行動を促す予測因子として、性別や年齢、情報へのアクセス行動などに加え、単発の防災ワークショップへの参加有無や自主防災会への参加有無などが挙げられているが、それらの予測力は必ずしも高くなく、その理由として、災害前の実践が具体的にどのような内容であったのか、その質が影響しているとみられる。したがって、実践の具体的内容を、将来の災害への減災効果という観点から評価する枠組みも重要であると考えられる。

以上の背景より、本研究では、避難に関わる実践を個人ではなく社会を単位としてとらえ、文化として長期的に維持させる方法を検討する。そのために、平常時の実践とその災害時における減災効果を連続的に説明する枠組みの構築を試みる。

## 2. 研究の目的

本研究では、平常時の実践とその災害時における減災効果を連続的に説明する枠組みを構築するため、(1) 実際の地域において、避難にかかわる自発的な実践がどのようなメカニズムによって可能となっているのかを明らかにするとともに、(2) 平常時の実践と災害時における減災効果の関係性を文献調査などから整理し、(3) ゲーム理論の枠組みを用いて、避難の実践が長期間継続的になされ、さらに災害時にどの程度効果を発揮し得るのかを説明するモデルを構築する。

## 3. 研究の方法

### (1) フィールド調査による、避難にかかわる実践のメカニズムの解明

南海トラフ地震による津波被害が予測されている高知県をフィールドとして、住民によって自発的になされている防災の活動を調査することにより、実践が継続的におこなわれるための条件およびメカニズムを明らかにした。本研究では、高知県高知市および黒潮町で実施されている「世帯別備蓄箱」(写真-1) という地区の津波防災活動に着目した。「世帯別備蓄箱」とは、世帯別の非常用持ち出し品をあらかじめ避難タワーや避難広場などの安全な場所に共同で備蓄することにより、迅速な避難と備蓄品のカスタマイズを促すことをねらった取り組みである。この取り組みを実践している 9 の地区へのヒアリング調査を実施し、何がその実践を可能としているのか、その背景要因について、人的／物的資源、資金、制度、コミュニケーションの観点から整理した。また、この実践の実態を詳細に見ることにより、災害時に期待される減災効果についても分析した。

### (2) 平常時の実践と災害時における減災効果の関係性の整理

研究計画当初は、平常時の実践—災害時における減災効果の接続は、文献調査を基に理論化する予定であった。しかし、本課題実施中の 2019 年に令和元年東日本台風が発生し、機会を得て千曲川の洪水氾濫で被害を受けた長野市長沼と豊野の 2 地区の避難に関する調査を実施することとなった。津波とは異なるが低頻度災害という点において共通していること、また、災害への備えの文化が形成されている地域の事例研究として、本研究課題に位置付けて研究をおこなうこととなった。両地区は、浸水範囲や建物被害状況からすれば、多くの人的被害が出ていてもおかしくない状況であったが、人的被害は二名に留まっていた。本研究では既往研究で避難促進／抑制要因として指摘されてきた「事前の防災活動」と「被災経験」に着目し、文献調査と関西テレビ報道センターのヒアリング調査、現地の住民らへのヒアリング調査を実施することで、対象

地区の災害前の実践が災害時の避難行動とどのように関係していたかを分析した。

### (3) ゲーム理論を用いた平常時の実践—災害時における減災効果の接続のモデル化

避難の実践が長期間継続的になされ、さらに災害時にどの程度効果を発揮し得るのかを説明するモデルを構築するため、(1)の世帯別備蓄箱のような事前の実践が、地域住民間あるいは家族間でなされる津波避難時の助け合い行動をどのように改善するか、という具体的状況について検討した。

津波避難時の助け合い行動に関する二つの規範として、「津波てんでんこ」と「要支援者救助」がある。「津波てんでんこ」が「避難時には互いを捜索せず、てんでんばらばらに逃げるべきである」、つまり、助け合わないよう要請する一方で、「要支援者救助」は自力で避難できない人への手助けを要請するものである。これらの矛盾し得る二つの規範が共存する状況において、助け合い行動にかかわるもの同士が「てんでんこ」か「要支援者救助」について異なる認識をもって行動した場合、避難が非効率的となり、共倒れが起こる可能性がある。こうした問題を解決するため、本研究では、どちらの規範に従うべきか、当事者同士で互いに事前の取り決めをしておくこと（＝日常のコミュニケーション）に着目した。そして、当事者同士の事前の取り決めや避難準備などを「シグナル」として導入したシグナリング・ゲームによって、津波避難時の助け合い行動を記述し、均衡の概念を用いて「シグナル」の導入効果を示した。これにより、世帯別備蓄箱のような実践が津波避難時の助け合い行動をどのように変え得るのかを理論的に示すための枠組みを検討した。

## 4. 研究成果

### (1) フィールド調査による、避難にかかわる実践のメカニズムの解明

ヒアリング調査の結果、備蓄箱（写真-1）の取り組みは、高知市五台山東倉谷の取り組みを発端として、高知県黒潮町の各地区に水平展開され、住民によって自発的に導入されていたことがわかった。

この実践の背景を明らかにするため、備蓄箱が設置された環境、設置にかかわった関係者、費用負担の仕組み、備蓄箱の設置に至るまでの作業の流れ、維持管理方法、取り組みの水平展開の経緯に着目して情報を整理し、各地区の実施実態を整理した。その結果、市町によって避難タワーや広場、倉庫などの施設が整備されたこと、情報交換の場や媒体があったこと、また、入手した備蓄箱の情報を元に地区独自の実践が可能となるよう、利用可能な制度や手順について職員がサポートしたこと、そして、住民と職員が気軽に相談できる仕組みがあったことが重要であったことが分かった。また、地区の役員が中心となって起案した取り組みに対し多くの住民が参加した要因としては、金銭的負担の有無よりは、共同作業を通じて実施への機運が高まったことが重要であったことを示した。

備蓄箱および備蓄箱を介したコミュニティの実践の防災上の効果としては、住民が当初から意図していた(1)迅速な避難を可能にする効果、(2)備蓄品のカスタマイズを促す効果の2点に加えて、実施実態から(3)避難訓練としての効果、(4)各世帯の備蓄を促す効果も加えられることを示した。また、備蓄箱は、ただ個人で購入して置いておくだけではなく、箱というモノを介したコミュニティ単位の実践とすることによって、防災上の効果を上記の4つのような形で増幅させ、個人単位の備えよりも長期的かつ効果的な対策になり得ることを示した。



写真- 1 防災倉庫に収納された世帯別備蓄箱（黒潮町）

## (2) 平常時の実践と災害時における減災効果の関係性の整理

長野市長沼と豊野の 2 地区において犠牲者が少なかった背景には、これまでの地域の防災活動によって、避難を判断する基準への合意がつけられてきたという経緯があることがわかった。長沼は地区防災計画によって立ヶ花水位観測所の具体的な水位を基準として設定し、豊野は数々の被災経験と治水対策への参加によって内水氾濫への理解を形成してきたことが明らかとなった。両者は異なる過程、異なる形ではあるがいずれも地区という組織の中で「普段と違う状況とはどういう状況か」への共通認識を形成し、それを実際の行動に移すレベルまで計画を落とし込んでいた。

## (3) ゲーム理論を用いた平常時の実践—災害時における減災効果の接続のモデル化

当事者同士が「相手を助けるかどうか」に関する問題として、2 人のプレイヤーが「助ける」「助けない」という二つの選択肢から行動を決めるモデルを検討した。また、その状況下において、相手の行動を予測する「シグナル」(＝事前の取り決め)を導入した時に、2 人のプレイヤーがどのような行動を選択し、どのような利得を得るかを考えた。ここで、プレイヤーは個人 A と個人 B であり、A は助けられる側、B は自力で避難できる支援者とする。個人 A の行動は「避難準備をする (Y)」「避難準備をしない (N)」の二択である。一方、個人 B の行動は、「迎えに行く (H)」「迎えに行かない (N)」の二択である。また、個人 A は「自力避難可能 (A)」なタイプと「自力避難不可能 (D)」なタイプのどちらかであるとする。ここで、A は A 自身のタイプが「自力避難可能」か「自力避難不可能」かを知っているが、B は A がどちらの状況にあるかわからず、事前にはその確率分布しか分かっていないものとした。そして、シグナルの導入により、相手の行動に関する確率分布が更新された場合についても考え、シグナルがある場合、ない場合を比較することにより、シグナルの導入効果を分析した。このモデルでは、完全ベイジアン均衡の概念を用いて、ゲームの結末を分析した。

本課題はまだ完了していない。このゲームの結末は利得行列に依存するが、津波避難における利得をどのようにモデル化するかが具体的に定まっていない。今後は、引き続き検討し、モデルの完成を目指す予定である。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 中居楓子	4. 巻 59
2. 論文標題 避難施設における「世帯別備蓄箱」の取り組み 「津波てんでんこ」を促す環境の創出	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 第59回土木計画学研究発表会・講演集	6. 最初と最後の頁 CD-ROM (31)
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 中居楓子	4. 巻 60
2. 論文標題 「津波てんでんこ」の実践に向けた信頼関係の形成：ゲーム理論による記述と考察	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 第60回土木計画学研究発表会・講演集	6. 最初と最後の頁 7272
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 中居楓子	4. 巻 17
2. 論文標題 有形の地域インフラを活用した地区防災 高知県の「世帯別備蓄箱」を事例とした考察	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 地区防災計画学会誌C+Bousai	6. 最初と最後の頁 36-37
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 中居楓子	4. 巻 58
2. 論文標題 津波防災機能の継承を可能にするための社会的伝達機構について	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 第58回土木計画学研究発表会・講演集	6. 最初と最後の頁 CD-ROM
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 中居楓子, 矢守克也	4. 巻 14
2. 論文標題 高知県黒潮町における地区防災アンケートの結果報告：地区の社会的構造と地区防災計画の成果に着目した地区間比較分析	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 地区防災計画学会誌C+Bousai	6. 最初と最後の頁 51-52
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 中居楓子	4. 巻 61
2. 論文標題 シグナリング・ゲームによる 津波避難時の助け合い行動の記述と考察	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 第61回土木計画学研究発表会・講演集	6. 最初と最後の頁 CD-ROM
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 中居楓子, 中村晋一郎, 竹之内健介	4. 巻 76
2. 論文標題 事前の防災活動による避難の促進：令和元年東 日本台風千曲川決壊における長野市の事例	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 424-436
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejhe.76.1_424	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5件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 3件)

1. 発表者名 Fuko Nakai
2. 発表標題 A Community's Practice Motivates Individuals' Voluntary Disaster Mitigation Action
3. 学会等名 31st Annual Human Behavior & Evolution Society Meeting, Boston University, Boston, MA (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中居 楓子
2. 発表標題 避難施設への「世帯別備蓄箱」設置の取り組みによる避難環境の自発的形成の可能性
3. 学会等名 令和元年度土木学会全国大会第74回年次学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Fuko Nakai
2. 発表標題 Meta-Rule for Practicing a Tsunami Evacuation Rule of Tsunami-tendenko: a Case Study in Kochi, Japan
3. 学会等名 The 10th Japan-China Joint Workshop on Sustainable Management of Cities and Regions under Disaster and Environmental Risks (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Fuko Nakai
2. 発表標題 Transplanting and Rebuilding the Figure of the 2011 Disaster Experience in undamaged areas : Collaboration Project of Municipality , Researchers , Industry
3. 学会等名 Workshop Preparedness for Better Response, Recovery and Reconstruction; Learning from Disaster Ethnography (PRERADE), UNESCO, Agencia Mexicana de Cooperacion Internacional para el Desarrollo, Mexico. (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 中居 楓子
2. 発表標題 シグナリング・ゲームによる津波避難時の助け合い行動のモデル化
3. 学会等名 第15回防災計画研究発表会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔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
---------	---------