

博士論文

コラボラティブ・モデリングによる
地域コミュニティの津波避難計画策定に関する
実践的研究

京都大学大学院情報学研究科
博士後期課程社会情報学専攻

中居 楓子

平成 30 年 3 月

Copyright Acknowledgement

Much of the research presented in this dissertation has been published in three peer-reviewed publications, two peer-reviewed conference proceeding, one non-reviewed conference proceeding, and one under-reviewed publication.

第3章 appears in:

中居楓子, 畑山満則: 住民の避難行動の分析および地域住民との連携 による避難計画の検討と評価 : 高知県黒潮町における 災害リスクコミュニケーションの事例研究, 土木計画学研究・講演集(CD-ROM), Vol. 47, No. No.54, 2013. (査読無)

畑山満則, 中居楓子, 矢守克也: 地域ごとの津波避難計画策定を支援する津波避難評価システムの開発, 情報処理学会論文誌, Vol. 55, No. 5, pp. 1498-508, 2014. (査読有)

Nakai F, Hatayama M, Yamori K: Integrating Computer Simulation and the Fieldwork to Discover Possible Alternatives for Tsunami Evacuation, In: IEEE computer society, editor. 48th Hawaii International Conference on System Sciences, Hawaii, USA, p. 200–207, 2015. (査読有)

第4章 appears in:

孫英英, 中居楓子, 矢守克也, 畑山満則: 2014年伊予灘地震における高知県 沿岸住民の避難行動に関する調査, 自然災害科学, Vol. 33, No. 1, pp. 53-63, 2014. (査読有)

Sun Y, Nakai F, Yamori K: Tsunami evacuation behavior of coastal residents in Kochi Prefecture during the 2014 Iyonada Earthquake, Natural Hazards, Vol. 85, No. 1, pp. 283-299, 2017. (査読有)

第5章 appears in:

Nakai F, Mochizuki J, Poledna S, Hatayama M, and Kumagai K: Evaluation of Evacuation Plan: Taking Account of Responsiveness of Performance to the Uncertainty around Hazards and the Compliance of Evacuees, In the Conference Proceedings of 15th International Conference on Computers in Urban Planning and Urban Management, 2017. (査読有)

中居楓子, 望月純子, Poledna Sebastian, 畑山満則: 津波避難計画における「原則徒歩避難」の再考: 避難シミュレーションによる車利用包摂シナリオの分析, 自然災害科学 (査読有, 投稿中)

コラボラティブ・モデリングによる 地域コミュニティの津波避難計画策定に関する実践的研究

中居 楓子

内容梗概

本研究は、対象となる津波・地震の災害リスクや、社会経済状況の変化に適応可能なコミュニティの津波避難計画をいかにつくるか、という問いに基づいた実践的研究である。一連の実践は、高知県黒潮町をフィールドとして、住民と研究者、行政による協働の中でおこなわれた。また、災害リスクや社会経済状況の変化に適応する枠組みとして、アダプティブ・マネジメントを取り入れた。本研究では、特に、想定およびそれに基づいた計画代替案のモデル化に焦点を当てた「コラボラティブ・モデリング」を軸として、実践を展開した。

主要な成果は、主に三つである。一つ目は、第3章に示す住民の避難意向に基づいた避難計画代替案の構築である。従来、社会におけるシミュレーションの役割は、「現実世界を理解する」、「現実世界に影響を与える」というものであり、いずれも研究者の道具であった。しかし、本研究では、勉強会・避難訓練の実践を通じて、住民の問題に応じて研究者が代替案のモデルを省察し、その構造を更新した。二つ目は、第4章で示す2014年伊予灘地震の避難経験で住民が得た知見に基づいた仮説の更新である。伊予灘地震は、外力の規模、住民の避難行動共に、第3章までの想定とは異なるものであったが、車避難に関する問題を顕在化させ、新たな仮説をもたらすきっかけとなった。また、ワークショップや車避難訓練を通じて、住民とともに仮説を具体化した。三つ目は、第5章で示す、新たな仮説に基づいたモデルの再構成および、分析結果である。具体的には、車を利用した避難の代替案を列挙し、対象地区において車を使う場合にどの程度の渋滞が発生するかを分析した。最後に、第6章では、一連の実践を総括し、当事者、研究者、行政、そしてシミュレーションによるコラボラティブ・モデリングの実践によって生み出された代替案、および代替案を形成したドライブに着目して考察した。「代替案」に関する仮説が変化するとき、実践にかかわる各主体が、対話や経験を通じて「自分の当初の考えとは異なる考えや経験に接する」ことがポイントとなっていたことに着目しつつ、フィールドワークにおける住民同士の対話の傍聴や、住民と研究者の対話、シミュレーションがそれらを後押ししていたことを示した。また、2014年度から日本各地で進められるようになっている地区防災計画の枠組みを紹介し、インターローカリティの観点から、本研究の実践で得た知見の社会的位置づけを考察した。

A Practical Research on Community-based Tsunami Evacuation Planning by Collaborative Modeling

Fuko Nakai

Abstract

This study is a practical research on community-based tsunami evacuation planning. Research activities are on the basis of fieldwork in a coastal community in Kuroshio, Kochi. The study focused on two difficulties underlying tsunami risk management. First, in planning process, alternatives needs to be socially legitimated. Second, new knowledge about the risk could be potentially a drive to improve alternatives for disaster risk mitigation; nevertheless it is hard to be included in once legitimated alternatives because of some rigidities inhibiting its update.

For managing these two difficulties, this study adopted a framework of "adaptive management (hereafter, AM)", characterized by managing (1) policy as a hypothesis. Moreover, the process of (2) management, actions as tests, (3) evaluation, and (4) assessment follow after developing the policy. The study looked at AM from a view point of "how we get socially structured alternatives", then we regarded the action of structuring alternatives as "collaborative modeling" by a collaboration of residents, researchers, and municipal officers. Disaster mitigation activities such as to run tsunami evacuation simulation, tsunami evacuation drill, and workshops were regarded as the process of tests, evaluation, and assessment.

There were three core practices embodied "collaborative modeling". The first was modeling of residents' problems using the tsunami evacuation simulation. The model was based on an interview about evacuation intentions with residents and their declaring problems. The simulation also showed some alternatives to exposed problems. The second was updating the model of residents' problem through an experience of evacuation at the 2014 Iyonada Earthquake. Residents revealed an issue of car usages and traffic jams during their tsunami evacuation. The third was analyzing residents' problem focusing car usages and traffic jams during tsunami evacuation. A sensitivity analysis of car usage scenarios and its corresponding consequences was investigated by the tsunami evacuation simulation.

As a result of this study, drives which enhanced structuring or re-structuring alternatives were generated in communication among residents, researchers, and municipal officers. Drives appeared especially in occasions that people encountered heterogeneous ideas and experiences different from their original expectations of tsunami evacuation. Some individual alternatives (e.g. to start evacuation as soon as possible) are developed in the community, however, social alternatives (e.g. car usage rule during their evacuation) were still under developing. Continuous effort is essential, moreover, keeping drives of maintaining alternatives be in the community should be also essential for the sustainable disaster risk management.

目次

Copyright Acknowledgement	2
内容梗概	3
Abstract	4
目次	6
図目次	10
表目次	11
第1章 序論	12
1.1 津波防災計画の変遷	12
1.1.1 津波の脅威	12
1.1.2 日本国内の津波防災の変遷：「新想定」の公表	12
1.2 本研究のフィールド：高知県黒潮町における津波防災	13
1.2.1 黒潮町の基礎的情報	13
1.2.2 黒潮町における新想定後の対応	13
1.3 津波の想定と防災計画における枠組み	15
1.3.1 変化する「想定」に基づいた「仮説としての津波避難計画」	15
1.3.2 「仮説としての津波避難計画」における社会的合意	16
1.3.3 「仮説としての計画」にかかる罣	17
1.4 計画における研究者の役割	18
1.4.1 問題のモデル化と社会的通念のシフト	18
1.4.2 研究者の役割の限界	19
1.5 本研究の目的と構成	20
参考文献	22
第2章 変化する想定に適応する地域システムをいかに構造化するか：当事者と研究者による実践の枠組み	25
2.1 はじめに	26
2.2 「想定」の社会的合意をいかに形成するか	27
2.2.1 防災計画・対策の実践と学術的知見のつながり	27
2.2.2 コラボレーション（協働）とは	28
2.2.3 災害リスク・コミュニケーション	30
2.2.4 コラボレーションの特殊型：研究者が介入した実践	31

2.2.5 計画におけるコラボレーション	31
2.3 「想定外の罨」にいかに対処するか	32
2.3.1 アダプティブ・マネジメント	32
2.3.2 「正解」と「成解」	33
2.4 本研究の手法とその位置づけ	34
2.4.1 コラボラティブ・モデリング	34
2.4.2 地域での実践による仮説の検証	34
2.5 本章のまとめ	35
参考文献	35

第3章 住民の津波避難行動意向に基づいた津波避難シミュレーションの構築	41
3.1 はじめに	42
3.1.1 対話の共通言語としてのモデル	42
3.1.2 津波避難計画におけるコラボラティブ・モデリングの言語	44
3.1.3 本章の目的および問い	46
3.2 高知県黒潮町万行地区における津波避難行動意向調査	47
3.2.1 対象地域の概要	47
3.2.2 調査の概要	49
3.2.3 回答率と回答者の属性	50
3.2.4 避難行動に関する調査意向の集計結果	50
3.3 津波避難シミュレーションの基本構成	53
3.3.1 津波避難シミュレーション構成の概要	53
3.3.2 地域の避難環境の構成	54
3.3.3 津波浸水シミュレーション	55
3.3.4 住民の避難行動モデル	56
3.4 住民の津波避難行動意向に基づいたシミュレーションの実行	58
3.4.1 調査結果に基づいたパラメータ設定	58
3.4.2 避難行動調査とフィールドワークから明らかになった地域の避難課題	60
3.4.3 検討シナリオ・代替案と計算結果	62
3.4.4 シミュレーションから明らかになった地域の避難課題	64
3.5 津波避難シミュレーションを用いたフィードバック	65
3.5.1 勉強会と避難訓練の実施	65

3.5.2 NHK による報道	66
3.6 コラボラティブ・モデリングの結果	66
3.6.1 住民の変化	66
3.6.2 モデルの変化	67
3.7 本章のまとめ	67
参考文献	68
第4章 2014年伊予灘地震の経験と実践を通じた車避難の問題の具体化	71
4.1 はじめに	72
4.2 伊予灘地震の概要と地震・津波情報の概要	73
4.2.1 伊予灘地震の発生	73
4.2.2 伊予灘地震発生後の地震・津波情報	74
4.2.3 高知県黒潮町における地震時の状況	75
4.3 住民の避難行動実態調査	75
4.3.1 調査の実施概要	75
4.3.2 調査結果	76
4.3.3 考察	79
4.4 住民への追加インタビューに基づく要求の分析	81
4.4.1 調査の実施概要	81
4.4.2 調査結果	82
4.4.3 考察	85
4.5 実践を通じた車避難の問題の具体化	86
4.5.1 実践の概要	86
4.5.2 車避難に関する勉強会・講演会の実施	86
4.5.3 車による避難訓練の実施	87
4.5.4 車避難に関するワークショップの実施	88
4.5.5 一連の実践の結果と考察	91
4.6 本章のまとめ	91
参考文献	92
第5章 「原則徒歩避難」の再考：避難シミュレーションによる車利用包摂シナリオの分析	95
5.1 はじめに	96

5.2	手法とデータ	99
5.2.1	マルチエージェントモデルによる津波避難シミュレーションの構成	99
5.2.2	各世帯の事前の避難意向の調査	101
5.2.3	車利用包摂シナリオの生成方法	102
5.2.4	エージェントの行動モデルのパラメータ	103
5.2.5	地域避難パフォーマンスの評価	104
5.3	結果	105
5.3.1	各世帯グループの車利用包摂シナリオが総所要時間に与えた影響	105
5.3.2	各世帯グループの車利用包摂シナリオが平均所要時間に与える影響	106
5.3.3	津波の到達時刻を考慮した評価	107
5.4	考察	108
5.4.1	対象地域の固有の問題	108
5.4.2	車利用を包摂する計画の具体化と頑健性の確保	109
5.5	本章のまとめ	110
	参考文献	111
第6章	コラボラティブ・モデリングの成果：「成解」に着目した考察	115
6.1	はじめに	116
6.2	コラボラティブ・モデリングの評価軸	116
6.2.1	防災の取り組みの評価の問題	116
6.3	コラボラティブ・モデリングによる「成解」の形成	117
6.3.1	形成された計画代替案	117
6.3.2	「成解」を生み出すドライブ	119
6.4	地区防災計画への適用可能性：インターローカリティの視点	123
6.4.1	地区防災計画とは	123
6.4.2	黒潮町における地区防災計画	123
6.4.3	京都大学と黒潮町の共同研究の開始	124
6.4.4	万行地区の活動のインターローカリティ	125
6.5	コラボラティブ・モデリングに対する省察	126
6.5.1	対話の共通言語としての津波避難シミュレーションの限界	126
6.5.2	当事者との葛藤	127
6.6	本章のまとめ	127

参考文献	128
第7章 結論	131
謝辞	134
付録	137
A.3.2 避難行動調査アンケート用紙	138
A.3.4 昼の状況で地震が起こった場合の行動調査の結果	142
A.3.5 NHK が制作した地域の VFX (ビジュアルエフェクト)	146
A.4.3 伊予灘地震の避難行動実態調査の質問用紙	147
A.4.4 車利用に関する追加インタビュー調査の質問用紙	148

図目次

Fig. 1-1 黒潮町立佐賀中学校 (山本建設株式会社ホームページ[8]より転載)	14
Fig. 1-2 黒潮町民の短歌 (友永, 2013[6], 図4「歌に込めた『民の声』」を転載)	15
Fig. 1-3 本研究の構成	22
Fig. 2-1 National Research Council が定義するリスク・コミュニケーション	31
Fig. 2-2 Adaptive management のプロセス	33
Fig. 2-3 本研究の枠組み: アダプティブ・マネジメントにおけるコラボラティブ・モデリング (collaborative modeling)	34
Fig. 3-1 シミュレーションの二つの使い道	47
Fig. 3-2 万行地区の位置と避難先の候補	48
Fig. 3-3 回答者の属性	50
Fig. 3-4 避難行動意向に関する調査の集計結果	53
Fig. 3-5 避難環境の設定: 道路ネットワークと道路メッシュ	54
Fig. 3-6 避難環境モデルの構成	55
Fig. 3-7 津波浸水モデルの構成	56
Fig. 3-8 歩行者, 車エージェントモデルのパラメータ構成	57
Fig. 3-9 避難開始時刻パラメータの設定方法	59
Fig. 3-10 日中に地震が発生した場合親戚や家族を迎えに行くか	61

Fig. 3-11 乗り合いバスと乗り合いタクシーの導入	63
Fig. 3-12 代替案 4：避難先の変更（変更を判断する折り返しポイントの設定）	64
Fig. 3-13 経過時間ごとのタワーへの到達人数	65
Fig. 4-1 伊予灘地震発生後の地震・津波情報	75
Fig. 4-2 地震後に取った行動：情報取得，準備行動，避難行動の有無.....	77
Fig. 4-3 情報源および情報源（テレビ）と避難行動の関係.....	78
Fig. 4-4 避難時の移動手段	79
Fig. 4-5 避難する場所	83
Fig. 4-6 避難訓練時の移動手段	88
Fig. 5-1 他のエージェントを知覚した場合の速度ベクトル決定方法.....	101
Fig. 5-2 調査結果：移動手段と避難先	102
Fig. 5-3 総所要時間の分布	106
Fig. 5-4 (1) 歩行者，(2) 車利用者，(3) 避難者全体別に見た平均所要時間の分 布	107
Fig. 5-5 避難完了者数の累積曲線の時系列	108
Fig. 6-1 秋澤香代子さんの短歌（左：2012年，右：2013年）	122

表目次

Table 3-1 調査の日程	50
Table 4-1 調査概要と調査項目	76
Table 4-2 車避難調査の概要	82
Table 4-3 避難の際に車を使いたい理由・使わない理由.....	84
Table 4-4 プログラムと時間スケジュール.....	89
Table 4-5 ワークショップのまとめ	91
Table 5-1 各相互作用におけるエージェントの反応強度.....	101
Table 5-2 調査の概要	102
Table 5-3 各世帯グループの分類方法と万行地区において該当する世帯数	103
Table 6-1 明らかになった問題と計画代替案	119

第1章

序論

1.1 津波防災計画の変遷

1.1.1 津波の脅威

津波は、自然災害の中でも比較的稀な事象ではあるが、ひとたび発生すると大きな被害をもたらす。ここ 100 年間に世界で起きた 58 回の津波では、26 万人以上が亡くなっている[1]。なかでも、もっとも大きな被害をもたらしたのは、2004 年 12 月に発生したスマトラ島沖地震である。犠牲者の数は、インドネシア、スリランカ、インド、そしてタイなどを含む 14 ヶ国の約 23 万人におよんだ[2]。これらの被害を防ぐためには、あらかじめ予想される被害に対して、計画的に対策をおこなっていく必要がある。

1.1.2 日本国内の津波防災の変遷：「新想定」の公表

2011 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震は、地震の規模、津波の高さ・強さ、浸水範囲の広さ、広域にわたる地盤沈下の発生、人的・物的被害の大きさなど、いずれにおいても中央防災会議のもとに設置された専門調査会が想定した災害のレベルをはるかに超えるものとなった。これを教訓に、津波対策を実施する際の想定津波の考え方として、次の二つのレベルの津波を想定することが提言された[3]。ひとつは、「発生頻度は極めて低いものの、甚大な被害をもたらす最大クラスの津波（レベル 2 津波）」、もうひとつは「発生頻度は高く、津波高は低いものの大きな被害をもたらす津波（レベル 1 津波）」である。前者は、住民の避難を軸に、人命保護を最優先とした総合的な津波対策において想定する津波、後者は、人命保護に加え、住民財産の保護、地域の経済活動の安定化、効率的な生産拠点の確保の観点から、海岸保全施設などを整備するための設計外力として想定する津波である。

上記の先行する概念に従って、2011 年以降、内閣府によって新たに検討されたのが、「南海トラフ巨大地震」である。これは、南海トラフにおいて発生する地震のうち、巨大災害になると思われるもの、つまり、想定されるレベル 2 津波のことである。2012 年 3 月 31 日には、第一次報告として、この考えに基づいた南海トラフ巨大地震の 11 のシナリオと、それぞれの震度分布・津波高（50mメッシュ）の推計結果が示された[4]。さらに 2012 年 8 月 29 日には、第二次報告として、10mメッシュによる津波高及び浸水

域等の推計結果が示された[5]. 以降では、これらの第一次・第二次報告を含む南海トラフ巨大地震の新想定のことを本論文では「新想定」と表記し、それ以前の計画における想定を「旧想定」と表記する.

1.2 本研究のフィールド：高知県黒潮町における津波防災

1.2.1 黒潮町の基礎的情報

本論文で示す一連の研究は、高知県黒潮町を対象とした実践に基づいたものである.

高知県の西南部に位置する黒潮町は、平成 18 年 3 月に旧大方町と旧佐賀町が合併して誕生した、人口が約 1 万 2 千人の海沿いの町である. 旧大方町は南国特有の温暖な気候を活かした農業、旧佐賀町はカツオの一本釣りをはじめとした漁業が盛んな町である. また、黒潮町は「自然との付き合い方を考える」ことを大きなコンセプトに、砂浜を美術館に見立てた砂浜美術館など、自然を生かしたまちづくりに取り組んできた. 一方、南海トラフを震源とした地震によって、地域は何度も津波の被害に見舞われてきた. 記録に残っているものでは、古くは 684 年の白鳳南海地震から近年では 1707 年の宝永地震、1854 年の安政南海地震、1946 年の昭和南海地震などが知られている.

1.2.2 黒潮町における新想定後の対応

2012 年 3 月 31 日の南海トラフ巨大地震の第一次報告の発表後、高知県黒潮町に、「最大震度 7、最大津波高 34.4m、高知県には最短 2 分で到達する」という情報が通達された. これは、11 ケースのうちの、ケース 5（「四国沖～九州沖」に「大すべり域＋超大すべり域」を設定）における値である. 土佐清水市と並んで国内で最大の津波高であったことから、メディアでは「日本一」などと報じられた. また、その想定はこの黒潮町の大部分が浸水するような巨大災害の新想定は、黒潮町役場職員の友永（2013）[6]によって「3.31 ショック」（以下「3.31」と表記する）と表現され、町は、町内の施設・構造物、防災の対策方針について、根本から見直しを迫られることとなった.

その一例が、黒潮町佐賀にある中学校、小学校、保育所の防災対策である. これらの 3 つの施設は、2008 年から 2012 年にかけて、町が 14 億 5000 万円を集中投資して整備したものである. たとえば、佐賀中学校（Fig. 1-1）は、旧想定では、グラウンドが少し浸水する程度であり、津波が来たとしても 2～3 階へ上がれば十分助かるという見込みで設計され、2012 年 4 月 1 日から生徒が入っている. しかし、その前日に発表された 2012 年 3 月 31 日の新想定では、地面から高さ 10.0m の校舎に対して、津波の浸水深は 16.2m と予想され、避難計画を見直さなければならない状況となった[7].



Fig. 1-1 黒潮町立佐賀中学校（山本建設株式会社ホームページ[8]より転載）

また、特に問題となったのが住民の「あきらめ」の気持ちの蔓延である。黒潮町役場の情報防災課に就任した松本敏郎防災課長は、「新想定発表翌日の4月1日に、新想定を知った町民から、問い合わせの電話がかかってくるだろうと考え、朝早くから電話の前で対応を考えていた。ところが、電話が鳴らなかった。どうしてだろうと考えたときに浮かび上がったのが、やはり『諦め』であった[7]」と述べている。また、2011年度まで役場の防災担当者であった友永公生氏は、「実際に聞こえ始めたのは『逃げ場所がない』→『逃げても仕方がない』→『どうしようもない』→『逃げない』という論理からの『あきらめ』の声であった。もっとも避けなければならない『避難放棄』という現象が、具体化し始めていたのである」と述べている（友永,2013[6]）。

さらに、ある黒潮町住民は、新想定に対する思いを、短歌（Fig. 1-2）として詠んだ。それは「大津波 来たらば共に 死んでやる 今日も息が言う 足萎え吾がに」というものである。この住民は、当時80歳、ケガの後遺症で右足がマヒ、自力歩行ができない。また、自宅は、「新想定」では、地震発生後約20分で津波による浸水深が10m近

くになると想定されているエリアにある。この歌は、「(本人は) テレビなどの報道がある度に、「私を置いてお父さんと逃げなさい」と言うが、息子さんが「安心せえ。おれと一緒に死んじゃらあ」と言う」という状況を伝えたものである[6]。この短歌には、津波が来たらとても逃げられそうにない、というあきらめの気持ちが表れている。

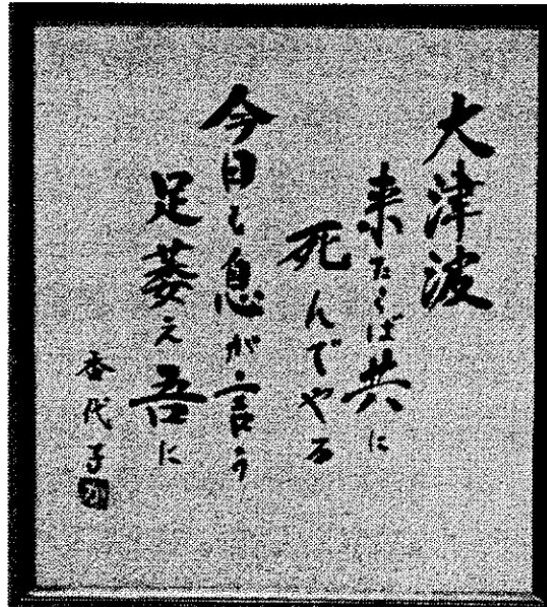


Fig. 1-2 黒潮町民の短歌（友永, 2013[6], 図4「歌に込めた『民の声』」を転載）

多くの課題が山積するなか、黒潮町では、大西勝也町長のリーダーシップのもと、独自性のある対策が速やかに進められてきた。その基盤となったのが、新想定発表後の2012年5月10日に打ち出された、「第1次 黒潮町南海地震・津波防災計画の基本的な考え方」である。この中で、黒潮町は防災対策の理念の柱として「絶対に避難放棄者を出さない」を掲げ、「あきらめない 揺れたら逃げる より早く より安全なところへ」をスローガンに、短期（2012～2015）、中期（2012～2022）、長期（2012～2035）を見据えた対策—防災教育などのソフト対策や、高台移転、情報伝達システムなどのハード対策—の計画を立てた。また、「基本的な考え方」は、その後、それらの計画の具体化や実施にともない、第2次（2013年1月31日発表[9]）、第3次（2013年1月31日発表[10]）、第4次（2013年1月31日発表[11]）と、徐々に更新されてきている。

1.3 津波の想定と防災計画における枠組み

1.3.1 変化する「想定」に基づいた「仮説としての津波避難計画」

ここまで、津波の「新想定」は「旧想定」と比較すると、圧倒的にその規模が大きく、

沿岸部の地域の防災計画は、根本から見直さなければならない状況であることを示した。しかし、東日本大震災から得られた「想定」に関する教訓は、東日本大震災級の低頻度巨大災害の想定を計画に盛り込むことの重要性だけではない。むしろ、科学的知見の限界を真摯に認め、計画における設計外力よりも大きな規模の津波（いわゆる「想定外」）が必ず起こりうるということが認識された点が重要である。実際、南海トラフ巨大地震の第二次報告における内閣府（2012）[5]の資料では、「新想定」は、東日本大震災の反省の上に立ち、「巨大地震の津波等に関する詳細な分析と、現時点の最新の科学的知見を広く結集して得られた成果である」、としたうえで「今後の科学的知見の蓄積を踏まえて検証し、必要に応じて修正していくべきもの」としている。つまり、「新想定」は、今後も科学的知見の追加にともなって、変わりうる「想定」のひとつである。

また、津波防災計画における「想定」では、自然現象である津波や地震だけではなく、災害リスクを構成するあらゆる要素における想定が含まれる。たとえば、津波避難計画の一部として、万行地区の避難タワー建設時には、南海トラフの「新想定」をベースに地域の地盤高は地殻変動量-1.12mを考慮した1.98m(T.P)、津波の最大浸水深9.49m、地震動は震度7というような外力、避難人数は300人、1平方メートル/人で計算、24時間+ α の滞在を想定するなど、社会経済的要素が想定されたうえで、設計されている。これらの社会経済的要素も、人口変化や、高齢化などのさまざまな要素が変化することによって年々変わりうるものであり、随時検証し、必要に応じて修正されるべきである。よって、これらの想定の上に成り立っている津波避難計画は、「仮説としての計画」のひとつにすぎないとも言える。

1.3.2 「仮説としての津波避難計画」における社会的合意

津波避難計画では、比較的明示的に取り扱われるもの—リスク認知が「避難開始時刻」に影響を与えるといった過去の研究の知見、そして、外力にはレベル2津波、時間帯は冬の夜18時を想定するなど—から、多くの人々の共通認識であり無意識のうちに置かれているもの—津波の襲来と同時に隕石が落下することはない、多くの人々は二足歩行をおこなう—などがある。

ただし、要素A、要素B、要素Cの想定に基づいて実施される計画と、少しフレームを拡大して、要素A、要素B、要素C、要素Dの想定に基づいて実施される計画は必ずしも一緒ではない。特に社会的意思決定をおこなう際には、要素Dの要素を入れるべきか、ということについて葛藤が生じる場合もある。たとえば、上記の万行地区の避難タワー建設にあたって地域と町がおこなった協議では、タワーの設計収容人数について、

住民と町役場職員の間で意見が異なっていた。町が設計した避難タワーの収容人数は300名であるのに対し、万行地区の人口は約600人である。町役場としては、住民は基本的に山側(約1.5キロメートル離れた自然地形の高台)を目指すことを想定している、との説明があったが、住民側からは、山側に逃げるのが難しい約150名いる地域の要支援者とその家族に加えて、健常者が逃げることを想定すべきであり、これでは面積が足りないとの指摘があった。

このように、計画において何を想定するかという問題には、価値観の問題が関わっており、異なる立場の者同士で合意が必要となる場合がある。したがって、計画を策定する際には、その計画の目的(上記の避難タワーの例の場合、「避難困難地域を無くす」という目的)だけではなく、その計画の背後におかれる想定についても、社会的合意が形成されていることが重要である。その意味では、南海トラフの「新想定」は、多くの沿岸地域の防災計画におけるひとつのベンチマークとして、社会的合意を得つつある想定と言える。

1.3.3 「仮説としての計画」にかかる罫

一方で、その社会的合意の副産物として発生する問題もある。小林(2013)[12]は、「あらゆる設計行為や計画行為は、超過外力や社会経済状態等の想定の下でのみ可能であり、いくらシナリオを描いても、その外側、すなわち想定外のことが起こりえる」と述べている。そのうえで、福島第一原子力発電所事故を受けて柳田(2011)[13]が示した「想定外」の三つのケース：

- A) 本当に想定できなかったケース、
- B) ある程度想定できたが、データが不確かだったり、確率が低いとみなされたりしたために除外されたケース、
- C) 発生が予想されたが、その事態に対する対策に本気で取り組むと、設計が大がかりになり投資額が巨大になるので、そんなことは当面起こらないだろうと楽観論を掲げて、想定の上限を線引きしてしまったケース

を挙げ、これらに対して、次の4つ目のケースを提案している。

- D) 発生が予想されることもあったが、社会通念上、非現実的とみなされて、その発生が顧みられなかったケース

ここでは、「社会通念上」という点が強調される。一般的に、想定を設定するとき、人々は、科学的な成果や過去の経験・記録、マスメディアによる報道、地域に残されている昔話、政府の発表などに基づいて各々の想定を作り上げる。小林は、社会的通念を「ひ

とびとの想定から形成される均衡状態」としたうえで、ひとたびその状態に到達してしまうと、そこから抜け出すことが難しくなることを「想定のみ（わな）」と呼んだ。また、人々の想定は、人々の間で通説として形成された1つの虚構にすぎず、罠にかかっている想定が真実を反映している保証はないことを指摘している。

この指摘を示す一例として、津波避難計画の例がある。日本の地域防災計画では、交通渋滞や道路閉塞への懸念から、避難者は徒歩で避難することが原則とされており[14]（以下、「原則徒歩避難」という）、それが社会通念となっていた。そのため、避難場所の計画等は「車による避難の検討が必要」ということが、少なからず住民、行政、そして研究者などの間で薄々認識されていたにもかかわらず、「原則徒歩避難」の社会通念を前提として検討されてきた。しかし、2011年の東日本大震災時には、車で避難した人が多く（岩手、宮城、福島の三県全体で57%）、そのうち34%の人が交通渋滞等に遭ったことが明らかとなった[15]。また、車で避難していて津波に巻き込まれ、車中で亡くなったとされる人の人数は、宮城県では575人（宮城県全体の犠牲者の6.1%）、岩手県では102人（岩手県全体の犠牲者の2.2%）であった（村上ら,2012[16]）。

これは、過去に形成された計画（原則徒歩避難）が、更新されず、新たに潜在しているリスク（車による渋滞）を反映できていなかったということである。このように、優先すべき重要な問題について、少なくともいくらかの人々は気づいていたのにも関わらず、それが津波避難計画において主要な憂慮事項として取り上げられなかったという状況は、「想定のみ」の一例と言える。この東日本大震災の実態を踏まえ、2011年以降は、「原則徒歩避難」を前提とした避難から、車を使って避難する人もいるという実態を反映した対策にも関心が集まるようになっていく。

ただし、人々の移動手段など、社会通念上の「想定」自体は、小林も指摘するように、計画を立てるうえで必要不可欠なものである。想定がなければ、整備する避難場所なども決めることができない。つまり、ここでは、新たな科学的知見の追加や、社会経済状況の更新に拘わらず、それらを顧みる機会を逸してきたという点が問題なのである。

1.4 計画における研究者の役割

1.4.1 問題のモデル化と社会的通念のシフト

計画における研究者のひとつの役割は、既往の社会的通念、あるいは定説を疑い、必要に応じてそれらをより適切なものにシフトさせることである。また、研究者は通常、対象となる問題をモデル化することによって、それを実現する。モデルというツールを通して対象を見ることにより、「何が起きているのか、起こり得るのか」を明らかに

する現象の究明、あるいは「どのようにすれば被害が防げるのか」を示す改善のための制度や構造の設計をおこなうことが可能となるためである。

津波避難計画の場合は、津波避難の問題に対して「社会調査」というツールで人々の避難行動にアプローチし (e.g. Murakami et al.,2012[17];後藤ら,2013[18];孫ら,2014[19];佐藤,2017[20]), 「統計解析」というツールを用いて重要な要素を取り出し (e.g. 片田らによる一連の研究[21–23]), その相互作用や因果関係を明らかにすることで「なぜ人々が逃げられないのか」を説明する。さらに、明らかにされた問題に対して改善策を考える場合には、複数の代替案集合の中から最適なものを選び出す「最適化モデル」というツールを用いて「人々が逃げられるようにするにはどうするべきか」を明らかにする (e.g. 奥村ら,2017[24]; 横山ら,2016[25])。これらのツールにより、研究者は津波避難にかかわる問題を観察し、体系的な知識を基盤として、新たな知見を生み出すことができるようになってきている。また、それらの知見は、計画や政策の意思決定のための理論的根拠を提供してきた。

1.4.2 研究者の役割の限界

しかし、1.4.1 で述べたような研究者の役割には、いくつかの限界もある。

ひとつは、学術的成果も社会的合意を得なければ、1つの意見として脇に追いやられてしまう、という点である。小林 (2013) [12]は、罫に陥っている想定と真実の間にある壁を克服するためには、「社会システムにとって外側のできごとをより正確に観察できるように学問を強化する以外にはない。しかし、学問でさえも、その学問が何を知ることができようと、社会的通念として受け入れられない限り、1つの学説にすぎない」と指摘している。実際、福島第一原子力発電所の事故についても、太平洋沖を震源とする巨大海溝型地震が、大規模な津波を起こした可能性が、事前に指摘されていた。しかし、その指摘が実際の防災対策に生かされることはなかった (柳田,2011[13])。この指摘が実際に活かされていれば、事故は防げたか、少なくともその被害は軽減されていたかもしれないが、当時は、それが現実的な想定として受け入れられなかったのである。また、1.3.3 で示した「原則徒歩避難」の例についても、車避難の必要性は指摘されていたのにも関わらず、それが実務的な計画の場には活かされてこなかった。

したがって、災害リスクにかかわる現実の問題解決において、研究者は、最先端の知見を示すとともに、それが必ずしも社会の実践の中で受け入れられるとは限らないと認識しておくことが必要である。計画を実践するのは、あくまで当事者であり、多くの場合、研究者ではない。そのため、現実の問題解決においては、研究者がなせることには

限界があり、既往の社会的通念をシフトさせる必要がある場面では、新たな仮説が受け入れられることを可能とする仕組みが必要である。以上の観点から、本研究では、津波避難計画において、対象となる災害リスクやその変化に対し、地域の対処能力をいかに構造化するか、という問いに基づいた実践的研究をおこなう。

1.5 本研究の目的と構成

本章では、南海トラフ巨大地震の「新想定」をはじめとする超過外力や社会経済状態等の想定は、あくまで現段階でなしうる「想定」のひとつであり、計画という行為はそれらの想定の上に成り立っている仮説としての枠組みであるという本研究の基本的考え方について示した。また、計画において、どのような「想定」を置くか、という点については社会的合意が必要とされる。一方で、ひとたび形成されてしまった計画に対して、その枠組みを揺るがすような知識や経験—「避難には車が必要」という考えや、研究者による科学的知見の追加など—は、より良い社会へのシフトをもたらす可能性を秘めているものの、その可能性を阻むものとして、「想定の間」(小林,2013[1])の存在があることを示した。研究者は、既往の社会的通念、あるいは定説を疑い、必要に応じてそれらをより適切なものにシフトさせる役割を担っているが、それが実践の中で社会的通念として受け入れられるには、それを可能とする社会の仕組み、言い換えれば、新たな仮説を実践の中で処理していく仕組みをいかにつくるか、という点が課題である。

以上を踏まえ、本研究では、高知県黒潮町の津波避難計画において、「災害リスクの変化や、それに関する新たな知識に対し、地域の対処能力をいかに構造化するか」という問いについて、フィールド研究の過程を通じて得られた知見をまとめていく。

第2章では、上記の問いに対して、「協働」と「適応」をキーワードに、本研究の仮説を提示する。「協働」については、リスク・コミュニケーション、アクションリサーチなどの既往の研究の流れを踏まえて、その有用性を示す。また、「適応」については、地域コミュニティの津波避難計画を、不確実性の多い生態系管理の手法のひとつである「アダプティブ・マネジメント (Adaptive Management)」の枠組みとしてとらえた考え方を紹介する。本研究では、アダプティブ・マネジメントにおいて、特に、当事者である住民、行政、そして研究者の対話を通じて、仮説としての計画代替案をモデル化するプロセスを、「コラボラティブ・モデリング (Collaborative Modeling)」と呼ぶ。そして、それを災害リスクの変化に適応する地域システムの枠組みとして提案する。第3章、第4章、第5章は、コラボラティブ・モデリングにおける「仮説としての計画代替案」を検証するプロセスとして位置づけられる。

第3章では、マルチエージェントモデルをベースにした津波避難シミュレーションを用いて、地域の津波避難の問題と代替案をモデル化する。これまで、社会とシミュレーションのかかわり方には、「現実世界を理解する」、「現実世界に影響を与える」という二つの形があったが、ここでは、新たに「シミュレーションモデルを更新する」というかかわり方を提案する。高知県黒潮町万行地区における住民の避難行動意向調査、シミュレーションの構築、代替案の作成、結果のフィードバックなどの一連の実践の結果、モデルの前提として置いていた当初の住民行動の仮説が実践の中で変化していったこと、地域の問題に応じてモデルを更新したプロセスを示し、モデルへの省察をおこなう。

第4章では、黒潮町の住民が奇しくも経験した2014年伊予灘地震を契機に、モデルの仮説が更新されたプロセスを示す。伊予灘地震は、第3章までのモデルにおいて想定されていた津波の規模や人々の行動とは大きく異なるという意味で「想定外」であった。しかし、その経験は、津波避難における新たな仮説を生み出した。第3章までは「すぐに避難を開始すること」が主要な問題であり、移動手段、特に車避難の問題については、車で避難しようと考えている人が少なかったこともあり、明示的には取り扱われていなかった。しかし、伊予灘地震で渋滞が起こった経験から、車避難が主要な問題のひとつとして認識されるようになった。ここでは、その新たな仮説が、追加調査やワークショップを通じていかに具体化されたかを示す。

第5章では、第4章で提示された仮説を基に、津波避難シミュレーションを再構成し、子供や高齢者などの要援護者を有する世帯の車利用を考慮した代替案を検討する。住民から提案された「要支援者の避難には車が必須である」「車利用のルールを決めても従わない人は出てくる」の二点について、渋滞による避難時間の増大の影響を調べた。

第6章では、第3章から第5章のプロセスを総括し、当事者である住民、研究者、行政によるシミュレーションを介した対話が、いかに計画代替案のコラボラティブ・モデリングを推し進めたか、という点について考察する。ここでは、実践によって生み出された計画代替案および計画代替案が形成された過程に着目して考察する。また、2014年度から日本各地で進められるようになっていく地区防災計画の枠組みを紹介し、インターローカリティの観点から、本研究の実践で得た知見の社会的位置づけを考察する。最後に、実践の反省も含め、コラボラティブ・モデリングへの省察をおこなう。

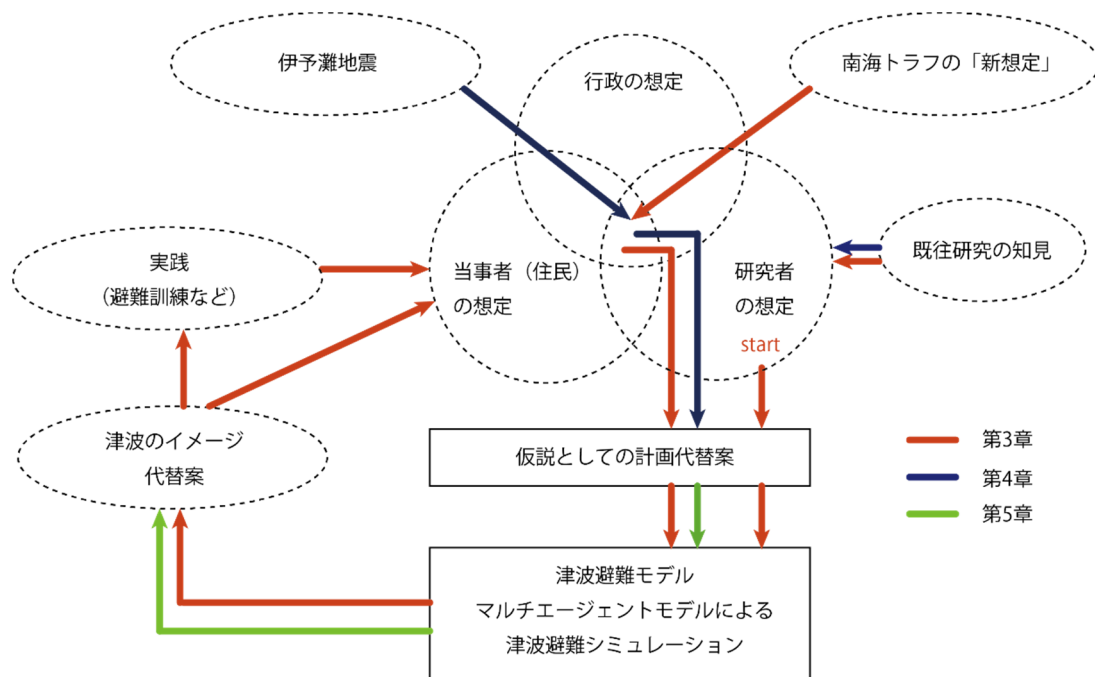


Fig. 1-3 本研究の構成

参考文献

- [1] United Nations: World Tsunami Awareness Day, 5 November, United Nations, 2017. (最終閲覧日: 2017年12月26日), 入手先: <http://www.un.org/en/events/tsunamiday/>
- [2] Fehr I, Grossi P, Hernandez S, Krebs T, McKay S, Muir-Wood R, et al.: Managing Tsunami Risk in the Aftermath of the 2004 Indian Ocean Earthquake & Tsunami, Risk Management Solutions, pp. 1-24, 2005.
- [3] 内閣府中央防災会議: 東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震・津波対策に関する専門調査会報告, 2011.
- [4] 内閣府: 南海トラフの巨大地震による震度分布・津波高について(第一次報告), 2012.
- [5] 内閣府: 南海トラフの巨大地震モデル検討会(第二次報告)津波断層モデル編—津波断層モデルと津波高・浸水域等について—, 内閣府防災情報のページ, 2012. (最終閲覧日: 2017年12月26日), 入手先: http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/model/pdf/20120829_2nd_report01.pdf
- [6] 友永公生: 新想定により生じた2つの「あきらめ」と、想定津波高日本一の自

- 治体の振る舞い, 災害情報, No. 11, pp. 20-26, 2013.
- [7] 日本災害情報学会第 15 回学会大会記念シンポジウム (抄録) 「新想定をどう理解し, 今後の防災にいかしていくべきか」, p. 1-10, 2013. (最終閲覧日: 2018 年 1 月 3 日), 入手先:
http://www.jasdis.gr.jp/_userdata/01gakkai_taikai/sympo/15kai.pdf
- [8] 山本建設株式会社: 建築工事 | 山本建設株式会社 (高知県幡多郡黒潮町), 2018. (最終閲覧日: 2018 年 1 月 3 日), 入手先: <http://yama-ken.jp/jisseki/kenchiku/>
- [9] 黒潮町: 第 2 次 黒潮町南海地震・津波防災計画の基本的な考え方, 2013.
- [10] 黒潮町: 第 3 次 黒潮町南海トラフ地震・津波防災計画の基本的な考え方, 2014.
- [11] 黒潮町: 第 4 次 黒潮町南海トラフ地震・津波防災計画の基本的な考え方, 2016.
- [12] 小林潔司: 想定外リスクと計画理念, 土木学会論文集 D3 (土木計画学), Vol. 69, No. 5, pp. 1-14, 2013.
- [13] 柳田邦男: 「想定外」か? -問われる日本人の想像力, 文芸春秋, No. 5 月号, pp. 126-133, 2011.
- [14] 中央防災会議防災対策推進検討会議津波避難対策検討ワーキンググループ: 津波避難対策検討ワーキンググループ 報告, 2012.
- [15] 東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震・津波対策に関する専門調査会: 資料 1 平成 23 年東日本大震災における避難行動等に関する面接調査 (住民) 分析結果. (最終閲覧日: 2017 年 12 月 30 日), 入手先:
<http://www.bousai.go.jp/kaigirep/chousakai/tohokukyokun/7/pdf/1.pdf>
- [16] 村上ひとみ, 三上卓, 柳原純夫: 東日本大震災における津波避難の交通手段と危険度—石巻市のアンケート調査をもとに—, 第 32 回地震工学研究発表会講演論文集(2012 年 10 月), 2012.
- [17] Murakami H, Takimoto K, Pomonis A: Tsunami Evacuation Process and Human Loss Distribution in the 2011 Great East Japan Earthquake -A Case Study of Natori City, Miyagi Prefecture, Proceedings of the 15th World Conference on Earthquake Engineering, No. 1587, 2012.
- [18] 後藤洋三, 印南潤二, Affan M, Fadli N: スマトラ北部西方沖地震で生じたバンダアチェ 住民の大規模避難行動の調査と分析, 地震工学論文集, Vol. 69, No. 4, pp. I_182-I_194, 2013.
- [19] 孫英英, 中居楓子, 矢守克也, 畑山満則: 2014 年伊予灘地震における高知県 沿

- 岸住民の避難行動に関する調査, 自然災害科学, Vol. 33, No. 1, pp. 53-63, 2014.
- [20] 佐藤翔輔, 今村文彦, 相澤和宏, 横山健太, 佐藤勝治, 岩崎雅宏, et al.: 宮城県石巻市における 2016 年 11 月 22 日福島県沖の地震津波による避難行動実態, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol. 73, No. 2, pp. 1603-1608, 2017.
- [21] 片田敏孝, 児玉真, 桑沢敬行, 越村俊一: 住民の避難行動にみる津波防災の現状と課題 -2003 年宮城県沖の地震・気仙沼市民意識調査から-, 土木学会論文集, Vol. 789, No. II-71, pp. 93-104, 2004.
- [22] 片田敏孝, 桑沢敬行, 金井昌信, 細井教平: 津波避難の意思決定構造に関する研究, 土木計画学研究講演論文集, Vol. 31, No. 180, pp. 5-8, 2005.
- [23] 金井昌信, 片田敏孝: “津波から命を守るための教訓”の検証～岩手県釜石市を対象とした東日本大震災における津波避難実態調査から～, 災害情報, No. 11, pp. 114-124, 2013.
- [24] 奥村誠, 片岡侑美子, 金進英: 津波遭遇リスクを最小化する自動車避難最適化モデル, 土木学会論文集 D3 (土木計画学), Vol. 73, No. 5, 2017.
- [25] 横山宗一郎, 安藤宏恵, 倉内文孝, 杉浦聡志: 徒歩 と自動車の混合モードにおける津波最適避難計画モデル, 土木計画学 研究・講演集(CD-ROM), Vol. 53, No. 59, 2016.

第2章

変化する想定に適応する地域システムをいかに構 造化するか：当事者と研究者による実践の枠組み

要旨

第1章では、「既往の社会的通念、あるいは定説を疑い、必要に応じてそれらをより適切なものにシフトさせる」という研究者の役割について述べ、それが実践の中で社会的通念として受け入れられるには、それを可能とする社会の仕組み、言い換えれば、新たな仮説を実践の中で処理していく仕組みをいかにつくるか、という点が課題であることを指摘した。本章では、この問いに対して、二つの観点から既往研究の流れを整理する。一つ目は、計画代替案およびその背後に置かれる想定について、社会的合意をいかに形成するか、という点である。研究者による学術的知見や、南海トラフ巨大地震の「新想定」が、防災計画・対策の実践において反映されるためには、その実践の主体となる実務者と研究者が対話する機会が重要である。そこで、まずは「コラボレーション（協働）」をキーワードに、地域コミュニティの防災計画における関係者間の対話にかかわる先行研究について、災害リスク・コミュニケーションや、アクションリサーチなどの研究を整理する。二つ目は、「想定の間」にいかに対処するか、という点である。ここでは、変化するリスクや、計画の対象が有する不確実性に対応する仕組みを先駆的に取り入れてきたアダプティブ・マネジメントについて紹介する。本研究では、以上の先行研究の議論を踏まえて、地域コミュニティの津波避難計画をアダプティブ・マネジメントの枠組みとしてとらえる。また、当事者である住民、研究者、行政の対話から津波避難計画代替案の社会的に構成するプロセスを「コラボラティブ・モデリング」と定義し、災害リスクの変化に適応する地域システムの枠組みとして提案する。

2.1 はじめに

第1章では、計画は、南海トラフ巨大地震の「新想定」をはじめとする超過外力や社会経済状態等の想定の上に成り立つものであり、ひとつの仮説としての枠組みである、という本研究の基本的考え方について示した。また、その仮説としての枠組みを揺るがすような知識や経験—研究者による科学的知見の追加や、東日本大震災の経験、南海トラフ巨大地震の「新想定」の公表など—は、より良い社会へのシフトをもたらす可能性を秘めているものの、その可能性を阻むものとして、「想定外の罫」(小林,2013[1])の存在があることを示した。新たな知識が実践の中で社会的通念として受け入れられるには、それを可能とする社会の仕組み、言い換えれば、新たな仮説が実践の中に組み込まれるような仕組みをいかにつくるか、という点が課題である。

以上を踏まえ、本章では、津波避難計画において、「災害リスクやその変化、あるいはそれに関する知識や認識の変化に対し、地域の対処能力をいかに構造化するか」という点について、「協働」と「適応」に関する本研究の二つの仮説を提示する。

一つ目の「協働」に関する仮説とは、新たな知識が社会に受け入れられ、実践に組み込まれるためには、計画代替案の形成プロセスを住民(当事者)と研究者、行政などの関係者の協働によっておこなうことが重要である、というものである。災害リスクを取り巻く関係者間の葛藤の解決においては、関係者間の対話や協働が重視されており、リスク・コミュニケーションによる民主的モデルや、アクションリサーチなどの既往の研究によってその有効性が示されている。

二つ目の「適応」に関する仮説とは、「想定」、および計画代替案をひとつの仮説として認め、新たな可能性を探り続けるための枠組みを構築することが重要である、というものである。これは、一度受け入れられた「想定」を相対化し、「想定外」に目を向けるドライブをつくることを意味する。このような枠組みは、特に、不確実性を多く含む問題を対象に意思決定をおこなう場面に比較的頻繁に直面してきた生態系管理の分野において発展しており、「アダプティブ・マネジメント (adaptive management)」という枠組みが提唱されている。

これらの二つの仮説を基に、本研究では、形成される計画代替案をひとつの仮説としてとらえる「アダプティブ・マネジメント」の考え方に基づいた実践をおこなう。また、アダプティブ・マネジメントにおける計画代替案のモデル化に着目し、その社会的合意を作るプロセスを「コラボラティブ・モデリング (collaborative modeling)」と定義し、災害リスクの変化に適応する地域システムの枠組みとして提案する。第3章から第5章は、コラボラティブ・モデリングにおける仮説としての計画代替案を、避難シミュレー

ションによる評価や、避難訓練、ワークショップなどの実践を通じて検証するプロセスとして位置づけられる。

2.2 「想定」の社会的合意をいかに形成するか

2.2.1 防災計画・対策の実践と学術的知見のつながり

第1章で示したように、研究者による計画の理論的根拠となり得る知見や、災害の経験から得られた知見は、それが計画実施者である地域住民、あるいは行政に受け入れられなければ、単なる学説や一事例にすぎない。しかし、ある程度の普遍性や確実性が保証されるものについては、実際の防災の実践の中で考慮されるようになってきている。

特に、災害後に被災地でおこなわれる調査に基づいた実証的研究は、「災害時に何が起こったのか」ということについて、多くの普遍的な知見や法則を明らかにしており、防災対策の発展を推し進めてきた。

たとえば、「災害時には道路が通れなくなり、避難や救援に支障が出る」ということは、程度の差はあれ、多くの人々が認知していることのひとつである。阪神淡路大震災では、車道幅員が10m以上の街路では車両による通過がおおむね可能であったことや、沿道建造物の被災程度、その種別、街路幅員、歩道幅員が地震後の通過可能幅員に強く影響していたことなどが明らかにされた(e.g. 塚口ら, 1995[2]; 家田ら, 1997[3]; 浦中ら, 2001[4])。また、街路の閉塞が避難、消火、救援などの緊急時の活動を妨げるという教訓は、道路交通の便益評価の中で、ネットワーク信頼性の観点から検証されるようになってきている。評価に用いられる理論的モデルは、実ネットワークへ適用することにより、ある地域における道路の途絶の影響が大きい場所や、ネットワーク形状の問題点を特定できるようになっている(瀬戸ら, 2007[5]; 倉内ら, 2010[6]; 原田ら, 2014[7])。またこれらの学術的知見は、新規事業などの評価にも取り入れられている。実際、平成23年度第3次補正予算における三陸沿岸道路等の新規事業採択では、従来の「渋滞解消等を図るネットワーク」の考え方(交通量や時間短縮といった経済効率性の評価に着目)に加え、「災害時に地域の孤立化等を防ぐネットワーク」という観点から、防災面の広域的なネットワーク効果等を評価する手法が取り入れられるようになってきている(国土交通省東北地方整備局, 2011[8])。

また、「避難が必要な状況でも避難しない人々がいる」という事実については、津波、地震に限らず、ハリケーンや水害などの比較的発生頻度の高い災害においても共通の問題が指摘されていることから、様々な災害の事後調査によって検証されてきた。その意思決定に影響を及ぼす因子として、外力の大きさや(Whitehead et al., 2000[9])、リス

ク認知 (Dash&Gladwin,2007[10];Baker,1991[11];Stein et al.,2013[12];Baker et al.,2009[13]) 行政からの情報 (Baker,1991[11];Hasan et al.,2010[14]), 周囲の人からの助言 (Baker,1979[15]), 過去の災害の経験 (Siegrist&Gutscher,2006[16];Zaalberg et al.,2009[17]), 地域における災害伝承の有無 (Esteban et al.,2013[18]), 社会経済的要因 (Sorensen,2000[19]; Hasan et al.,2010[14]) などが知られており, それらは「なぜ人々は避難しないのか」という問いに対する新たな仮説を提示してきた. さらに, これらの問題への対処に対する社会的要求の高まりを受けて, たとえば, 防災気象情報については, 気象警戒レベルを危険度に応じて段階的に分けること, 発表単位 (地域の単位) とタイミングの改善, 迅速・多様な情報伝達体制の確保, 予測精度の向上などが進められてきている (気象庁,2013[20]). また, 地震・津波についても, 観測機器を用いてより迅速に確度の高い警報を出すこと, 津波警報等の発表基準と津波の高さ予想の区分の見直し, 危機感を喚起するような定性的表現などの点が改善され (気象庁,2012[21]), 2013年から新たな情報システムの運用が開始されている.

上記の東北の道路整備の例, 気象庁による防災情報の例の, いずれにおいても, 研究者と実務者による意見交換の場が設置されており (国土交通省東北地方整備局,2011[22]; e.g. 気象庁,2011[23]), 委員会や勉強会などを通じた関係者同士の対話は, 学術的知見の反映にとって重要な機会となっている. 地域コミュニティの津波避難計画においても, 想定に関する合意を作っていくためには, このような対話の場を設けることが重要であると考えられる.

しかし, 地域コミュニティの津波避難計画には, 道路整備における社会資本整備審議会令 (平成十二年政令第二百九十九号) などのように制度化された枠組みはなく, 対話形式の自由度は高い. そのため, 各現場では, 様々な試行錯誤を通じて多様な実践が展開されている. 一方で, コラボラティブ (collaborative) という形容詞, あるいはコラボレーション (collaboration) をキーワードとすると, これまでの地域コミュニティの防災計画の実践について, ある程度体系的に整理することができると考えられる. そこで, 以下では, 地域コミュニティの防災計画における関係者間の対話について, 「コラボレーション」をキーワードとして整理する.

2.2.2 コラボレーション (協働) とは

ある目的のために, 二人ないしそれ以上の人々を巻き込んで共に何かをおこなうことを「collaborative (共同の/協働の)」という形容詞, あるいは「co-」という接頭辞をつけて限定することがある. 広く引用されている Roschelle&Teasley (1995) [24]

による定義によれば、コラボレーション (collaboration) とは、「ある共有された問題の概念を構築し、維持管理する継続的取り組みの結果、調和され、同期された活動¹」とされている。

しかし、既往の研究では、その言葉を明確には定義しないで用いている場合も多く、同様の概念が様々な言葉で表現されている。たとえば、英語の場合、collaborative learning と co-learning は、同様の学習形態を指していることが多いし、日本語の場合も同様に、それらが協働、共同、協同、あるいは協調、まれに協力などのさまざまな言葉で置き換えられている。コンピュータサイエンスや、教育学、心理学などコラボレーションの概念が比較的頻繁に用いられる分野でも、その用語が明確に定義されていないことは、様々な文献の中で指摘されてきた (坂本,2008[25]; Roschelle&Teasley[24]; Dillenbourg[26])。さらに、コラボレーションの対象—learning, design, planning, decision making, modeling など—についても、明確には定義されていない。特に、学習 (learning) は、問題解決という活動 (activity) の副作用として発生する、新しい知識の醸成や問題解決能力の向上などを指し (Dillenbourg,1999[26])、あらゆる活動の副作用を包摂できる。そのため、教育現場における学習にとどまらず、市民参加による生態系管理の計画プロセス (e.g. Daniels et al.,1996[27]) や、森林火災の復興計画プロセス (e.g. Blatner et al.,2001[28]) など、planning と呼ばれるような活動に対しても learning という言葉が用いられていることがある。

このように、コラボレーション、またコラボレーションの対象となる活動の用語の定義には諸説あり、それらに対して一貫した説明を与えることは、難しいのが現状である。Dillenbourg (1999) [26]は、その多義性が、用語の乱用や悪用につながることを指摘しつつ、コラボレーションを定義する際に、その用語が示す射程について、(1) 状況を定義する基準、(2) 相互作用の形、(3) メカニズムまたはプロセス、そして (4) 協働の効果の評価の4つの点から整理することを提案している。Dillenbourg の4つの射程は、多面的であるため、ここですべてを紹介することは避けるが、津波防災におけるコラボラティブな計画を定義する上で重要と思われるものがいくつかある。それは、上記の4つの射程のポイントに対し、それぞれ、(1) 関わる人々の行動・知識・ステータスの対称性が確保されていること、また共有されたゴールがあること、(2) コラボレーションを通じて相手の認知プロセスに影響を及ぼすこと、(3) 誘導的でないこと、また、(4) コラボレーションの結果は、個人のパフォーマンスではなく、全体のパフォーマンス

¹原文：Collaboration is a coordinated, synchronous activity that is the result of a continued attempt to construct and maintain a shared conception of a problem.

ンスを対象として評価されるべきである、というものである。以下では、これらを満たすような活動を射程とする。しばしばライン生産方式や、単なる情報提供をコラボレーションと呼ぶ場合もあるが、それらは本研究の射程の範囲外とする。

2.2.3 災害リスク・コミュニケーション

災害リスクにかかわるコラボラティブな活動として、代表的なもののひとつに、災害リスク・コミュニケーションがある。National Research Council (1989) [29] (以下、「NRC」と表記する)の定義によれば、リスク・コミュニケーションとは「個人、集団、組織が情報と意見を交換する相互作用の過程である。メッセージが含む内容は、リスクの性質だけではなく、憂慮、意見、リスク・メッセージに対する反応の表明、リスク管理のための法的・制度的取り決めなど、直接リスクにかかわらないものも含まれる。¹⁾とされる (Fig. 2-1)。

ただし、これまでのリスク・コミュニケーションが必ずしもコラボレーションの意味合いを持って実施されてきたわけではない。リスク・コミュニケーションにおいて、NRCの定義が広く受け入れられるようになる以前は、「リスクの専門家が、リスクに関して無知な一般の人々に対して知らせ、説得する」という考え方が主流であり、Dillenbourg (1999) [26]が定義するようなコラボレーションの空間を規定する主要な条件—コミュニケーションをおこなう人々の行動の対称性や、互いの認知プロセスに影響を及ぼすこと、誘導的でないかなど—を満たすものではなかった。吉川 (1999) [30]は、その考え方の背景には、リスク・コミュニケーションの研究に先行する Slovic (1987) [31]をはじめとするリスク認知 (risk perception) の研究において、「一般の人々が専門家と同じようにリスクを認知しない」ということが早くから知られていたからであることを指摘している。また、Rowan (1994) [32]は、このようなリスク・コミュニケーションの考え方を「技術的モデル (technical model)」と呼び、「民主的モデル (democratic model)」と対比させ、それらがリスク・コミュニケーションにおいて暗に仮定されていることを指摘した。民主的モデルは、NRCの定義に基づき、リスク専門家 (科学者、企業、行政機関などの主たる送り手) と利害関係者 (一般のひとびとなどの主たる受け手) の間で双方向的、相互作用的なやり取りが想定されているものである (Fig. 2-1)。1990年代

¹⁾ 原文 : "Risk Communication is an interactive process of exchange of information and opinion among individuals, groups, and institutions. It involves multiple messages about the nature of risk and other messages, not strictly about risk, that express concerns, opinions, or reactions to risk messages or to legal and institutional arrangements for risk management." (National Research Council, 1989[29])

以降は、特に技術的モデルよりも、民主的モデルを採用したリスク・コミュニケーションが主流となってきている。

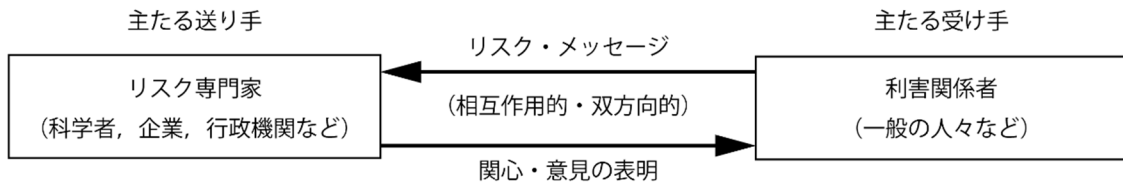


Fig. 2-1 National Research Council [29]が定義するリスク・コミュニケーション (吉川, 1999[30] 図 1 を転載)

2.2.4 コラボレーションの特殊型：研究者が介入した実践

杉万 (2007) [33]と矢守 (2010) [34]は、2.2.2 で示したコラボレーションの形式において、それをおこなう主体に「研究者」を加えた特殊型を、「アクションリサーチ」と呼んでいる。これは、望ましい社会の実現に向けて「変化」を促すべく、特に、研究者が社会の現場に「介入」する、という立場をとるといふ点に特徴がある。

アクションリサーチのひとつの例として、Sun (2014) [35]による津波防災の実践が挙げられる。Sun (2014) [35]の第5章では、Mitsu, Hatsu, Tamaなどの地域住民の日常生活のストーリーを基盤として、防災の実践がいかにおこなわれたか、という観点から考察が展開されている。この研究の特色は、上記の研究活動を通じて、地域住民の生活に、研究者である Sun が入りこんでいくことによって防災実践のコラボレーションを実現している点である。Sun は、アクションリサーチにおいて、南海トラフの巨大地震・津波を想定した防災意識と避難行動に関する住民意識調査の実施(孫ら,2013[36])や、それをきっかけとした関係者の対話を通じて、「個別訓練タイムトライアル (地域住民が一人ひとり、個別に行う津波避難訓練)」(孫ら,2014[37])や、「逃げトレ (津波ハザードマップや津波到達時間を提供し、移動中の訓練者の現在位置や経路、スピードなどをGPSで記録し、訓練結果を判定する避難訓練アプリ)」(孫ら,2017[38])などの独創的な成果物を生み出してきた。

2.2.5 計画におけるコラボレーション

計画代替案の形成においてコラボレーションが取り入れられる場合、その多くは先に計画の目的や対処すべき対象がある程度決まっておき、研究者や行政などの計画者が、計画を構成するプロセスの適当な段階で、市民参加のチャンネルがつくられる。たとえば、Xu et al. (2014) [39]は、竹内ら (2007) [40]による調査のコミュニカティブ・サ

一ペイを含む一連の実践の中では、避難所計画の代替案評価モデルを構築する段階で、当事者である住民の意見を取り入れており、そのプロセスを「コラボラティブ・モデリング」と呼んで実施している。Xu et al.の手法では、住民が避難所の選択において重視すべき基準を特定した上で、代替案を作成し、行政によって決められた公式の避難所割当計画よりも当事者にとって満足度の高い計画づくりを達成している。

また、生態系管理の分野においても同様の形態でコラボレーションがおこなわれている。たとえば、Purnomo et al. (2003) [41]による森林管理計画の研究では、森林管理にかかわる人々—森林の管理組織、村のリーダー、国の機関の代表者などを含むさまざまな利害関係者—に研究者を加え、まず、森林管理の構成要素を洗い出し、それらの相互関係について議論し、因果ループ図を用いて将来の状況を予測することで、望ましい成果 (desired outcome) を導き出している。

2.3 「想定の変遷」にいかに対処するか

2.3.1 アダプティブ・マネジメント

2.2 で示した「コラボレーション」では、計画および計画の背後に置く想定について社会的合意を得るために、コラボレーションの形態が有効であることを示した。しかし、東日本大震災の教訓にもあるように、自然災害などのような不確実性を多く含む問題を扱う意思決定プロセスにおいては、専門家であっても対象となる問題の構造を十分把握できないことがある。はじめに示した「対象となる災害リスクやその変化に対し、地域の対処能力をいかに構造化するか」という本研究の問いに答えるには、住民（当事者）と研究者のコラボレーションという関係性だけでなく、それらの関係の中で、変化するリスクに対応する仕組みを作っていく必要がある。

この仕組みの手がかりとなるのが、Holling(1978)[42]が提唱した Adaptive Management (アダプティブ・マネジメント) である。これは、災害リスクと同様に、問題構造における不確実性が高い生態学の分野で提案されたもので、生態系のマネジメントを適応的なシステムとしてとらえたものである。

Fig. 2-2 に、アダプティブ・マネジメントのプロセス (Sendzimir,2000[43]) を示した。この枠組みには、二つの特徴がある。ひとつは、当初関係者が認識していた問題構造自身が、新たな知識の追加によって変化するものとしてとらえるという点である。

「Policy as Hypothesis (仮説としての政策)」とあるように、ここでは、対象となる問題の構造自身が不確実であること (不確実な問題構造) が認められており、その状況下で講じられる政策は常に「仮説」としてとらえられる。もうひとつは、その仮説として

の政策の実践や実験は“仮説の検証プロセス”として位置づけられるという点である。これにより、計画あるいは政策の実行は、単に当初の目的を遂行するものでなく、最初に打ち立てた「仮説としての計画」を検証し、場合によっては批判する段階として位置づけられる。これを津波避難の問題に当てはめて言い換えれば、外力や社会経済状況に関する想定や、その上で成り立つ津波避難計画はいずれも「仮説」であり、それに基づいて実践する避難訓練などは、「検証」の意味を持つことになる。

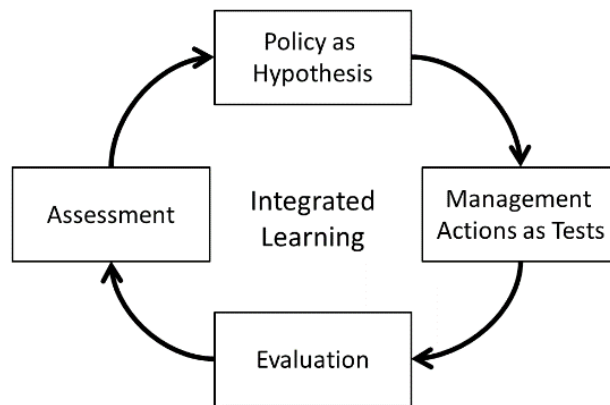


Fig. 2-2 Adaptive management のプロセス

(Jan Sendzimir (2000) [43], p.30, Figure 2.3 を転載)

2.3.2 「正解」と「成解」

アダプティブ・マネジメントのプロセスにおける，“policy as hypothesis”は「正解」ではなく、「成解」である。「成解」とは、岡田（2008）[44]が提唱している概念で、「正解」と対比させて説明される。矢守（2010）[34]は、アクションリサーチの目標は、「どのような現場にも、また、いつの時点でも普遍的に妥当する真理・法則性—「正解」—を研究者が同定することが目標とされているわけではない。むしろ、アクションリサーチは、特定の現場において、当面、成立可能で受容可能な解—「成解」（岡田，2008）—を、研究当事者（研究者と研究対象者）が共同で社会的に構成することを目標としている」と述べている。

本研究の目的は、矢守や岡田の言葉を借りて言えば、特定の現場において、当面、成立可能で受容可能な「成解」としての計画（=policy as hypothesis）を、研究当事者（研究者と研究対象者）が協働により社会的に構成することを目標とするものである。

2.4 本研究の手法とその位置づけ

2.4.1 コラボラティブ・モデリング

本研究では、地域コミュニティの津波避難計画をアダプティブ・マネジメントの枠組みとしてとらえる。また、特に、計画代替案およびその背後にある想定に着目し、住民、行政、研究者が協働で、代替案の社会的合意をつくっていくプロセスを「コラボラティブ・モデリング」として定義する。

当事者である住民、研究者、行政による対話や実践は、「policy as hypothesis」を再形成するためのフィードバック、つまり、一度「成解」として形成された想定およびそれに基づいた計画を相対化し、「想定外」に目を向けるためのプロセスとして位置づけられる。本研究では、コラボラティブ・モデリングを、災害リスクの変化に適應する地域システムの枠組みとして提案する。第3章から第5章は、コラボラティブ・モデリングにおける仮説としての計画代替案を、実践を通じて検証するプロセスとして位置づけられる。

アダプティブ・マネジメントによる津波避難計画

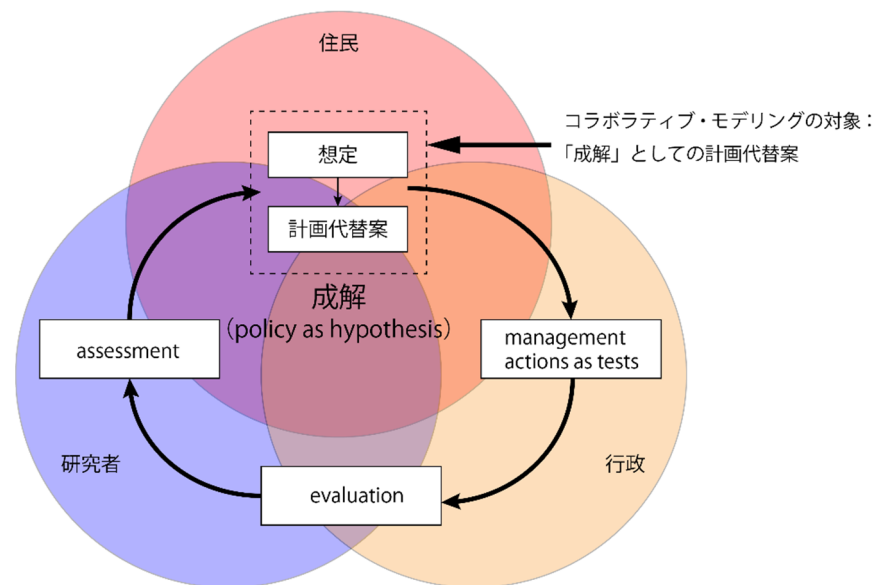


Fig. 2-3 本研究の枠組み：アダプティブ・マネジメントにおけるコラボラティブ・モデリング (collaborative modeling)

2.4.2 地域での実践による仮説の検証

次章以降からは、コラボラティブ・モデリングの枠組みを仮説として、高知県黒潮町をフィールドとした、当事者である住民、研究者、行政による津波避難計画づくりの実

践として展開する。その中でも、特に主要であると思われる三つの段階、(1) 対話の共通言語のための津波避難モデルの構築と勉強会・避難訓練を通じたモデルの省察、(2) 2014年伊予灘地震の避難経験から住民が得た知見に基づいた、新たな仮説の具体化、そして(3) 住民と構築した新たな仮説に基づいたモデルの再構成を中心に、災害リスクに適応する地域システムをいかに構造化するかを示す。

2.5 本章のまとめ

本章では、「災害リスクやその変化、あるいはそれに関する知識や認識の変化に対し、地域の対処能力をいかに構造化するか」という点について、「協働」と「適応」に関する本研究の二つの仮説を提示した。研究者による学術的知見が、防災計画・対策の実践において反映されるためには、その実践の主体となる実務者と研究者が対話する機会が重要である。そこで、まず、2.2では、「想定」の社会的合意をいかに形成するか、ということについて、「コラボレーション」をキーワードに、地域コミュニティの防災計画における関係者間の対話について整理した。災害リスク・コミュニケーションや、アクションリサーチなどの研究について紹介したうえで、それらがコミュニティ独自の解—スマートフォンアプリや、計画代替案など—を生み出してきたことを示した。また、対象となる災害リスクやその変化に対し、地域の対処能力をいかに構造化するためには、住民（当事者）と研究者のコラボレーションという関係性だけでなく、それらの関係の中で、変化するリスクに対応する仕組みが必要とされる。2.2では、そのような枠組みを先駆的に取り入れてきたアダプティブ・マネジメントについて紹介した。

本研究では、以上の議論を踏まえて、地域コミュニティの津波避難計画づくりを、「アダプティブ・マネジメント」に基づいて実践する。また、特に、アダプティブ・マネジメントにおける計画代替案のモデル化に着目し、その社会的合意を作るプロセスを「コラボラティブ・モデリング」と定義し、災害リスクの変化に適応する地域システムの枠組みとして提案する。この後に展開される第3章から第5章の研究は、コラボラティブ・モデリングにおける仮説としての計画代替案を、避難シミュレーションによる評価や、避難訓練、ワークショップなどの実践を通じて検証するプロセスとして位置づける。

参考文献

- [1] 小林潔司: 想定外リスクと計画理念, 土木学会論文集D3(土木計画学), Vol. 69, No. 5, pp. I_1-I14, 2013.
- [2] 塚口博司, 戸谷哲男, 中辻清恵: 阪神・淡路大震災における道路の被災状況と発災直後の自動車流動特性, 土木計画学研究・講演集, Vol. 18, No. 2, pp. 843-

846, 1995.

- [3] 家田仁, 上西周子, 猪股隆行, 鈴木忠徳: 阪神・淡路大震災における「街路閉塞現象」に着目した街路網の機能的障害とその影響, 土木学会論文集, Vol. 1997, No. 576, pp. 69–82, 1997.
- [4] 浦中邦彰, 小谷通泰, 三鈷孝政: 航空写真を用いた阪神・淡路大震災直後の自動車交通の実態分析, 土木計画学研究・論文集, Vol. 18, No. 5, pp. 849–858, 2001.
- [5] 瀬戸裕美子, 倉内文孝, 宇野伸宏: 脆弱性の概念を用いた道路網接続性評価に関する研究, 土木計画学研究・講演集 (CD-ROM) , Vol. 37, 2007.
- [6] 倉内文孝, 宇野伸宏, 夏皓清, 葉光毅: 台湾道路ネットワークにおける接続脆弱性解析とその活用, 土木計画学研究・講演集, Vol. 42, 2010.
- [7] 原田剛志, 倉内文孝, 高木朗義: リダンダンシーを考慮したアクセシビリティに基づく道路ネットワークの接続脆弱性評価, 土木学会論文集D3 (土木計画学) , Vol. 70, No. 1, pp. 76–87, 2014.
- [8] 国土交通省東北地方整備局: 防災機能の評価手法 (暫定版) 資料3, 2011
- [9] Whitehead JC, Edwards B, Van Willigen M, Maiolo JR, Wilson K, Smith KT: Heading for higher ground: factors affecting real and hypothetical hurricane evacuation behavior, *Global Environmental Change Part B: Environmental Hazards*, Vol. 2, No. 4, pp. 133–142, 2000 Dec 1.
- [10] Dash N, Gladwin H: Evacuation Decision Making and Behavioral Responses: Individual and Household, *Natural Hazards Review*, Vol. 8, No. 3, pp. 69–77, 2007.
- [11] Baker EJ: Hurricane evacuation behavior, *International Journal of Mass Emergencies and Disasters*, Vol. 9, No. 2, pp. 287–310, 1991.
- [12] Stein R, Buzcu-Guven B, Dueñas-Osorio L, Subramanian D, Kahle D: How Risk Perceptions Influence Evacuations from Hurricanes and Compliance with Government Directives, *Policy Studies Journal*, Vol. 41, No. 2, pp. 319–342, 2013 May 1.
- [13] Baker J, Shaw WD, Riddel M, Woodward R: Changes in subjective risks of hurricanes as time passes: analysis of a sample of Katrina Evacuees, *Journal of Risk Research*, Vol. 12, No. 1, pp. 59–74, 2009.
- [14] Hasan S, Ukkusuri S, Gladwin H, Murray-Tuite P, Asce AM: Behavioral Model to Understand Household-Level Hurricane Evacuation Decision

- Making, *Journal of Transportation Engineering*, Vol. 137, No. 5, pp. 341–348, 2010.
- [15] Baker EJ: Predicting response to hurricane warnings: A reanalysis of data from four studies, *Mass Emergencies*, Vol. 4, No. 1, pp. 9–24, 1979.
- [16] Siegrist M, Gutscher H: Flooding risks: A comparison of lay people’s perceptions and expert’s assessments in Switzerland, *Risk Analysis*, Vol. 26, No. 4, pp. 971–979, 2006.
- [17] Zaalberg R, Midden C, Meijnders A, McCalley T: Prevention, adaptation, and threat denial: Flooding experiences in the Netherlands, *Risk Analysis*, Vol. 29, No. 12, pp. 1759–1778, 2009.
- [18] Esteban M, Tsimopoulou V, Mikami T, Yun NY, Suppasri A, Shibayama T: Recent tsunamis events and preparedness: Development of tsunami awareness in Indonesia, Chile and Japan, *International Journal of Disaster Risk Reduction*, Vol. 5, pp. 84–97, 2013.
- [19] Sorensen JH: Hazard warning systems: Review of 20 years of progress, *Natural hazards review*, Vol. 1, No. 2, pp. 119–125, 2000.
- [20] 気象庁: 防災気象情報の改善に関する検討会資料5 防災気象情報の改善に関する検討会報告書骨子 (案), 防災気象情報の改善に関する検討会第8回資料, 2013.
- [21] 気象庁: 特集2 津波警報改善に向けた取り組み, In: 気象業務はいま2012, 研精堂印刷株式会社, p. 40–51, 2012.
- [22] 国土交通省東北地方整備局: 社会資本整備審議会道路分科会 第4回東北地方小委員会 議事次第, 2011Report No.: 平成23年9月21日(水).
- [23] 気象庁: 第1回東北地方太平洋沖地震による津波被害を踏まえた津波警報改善に向けた勉強会の議事要旨について, 2011Report No.: 平成23年6月8日.
- [24] Roschelle J, Teasley SD: The Construction of Shared Knowledge in Collaborative Problem Solving, *Computer-supported collaborative learning*, Vol. 128, 1995.
- [25] 坂本旬: 協働学習とは何か—その理論と実践, pp. 234–235, 2008.
- [26] Dillenbourg P: What do you mean by “collaborative learning”?, No. 1, pp. 1–19, 1999.
- [27] Daniels SE, Walker GB: Collaborative learning: Improving public deliberation in ecosystem-based management, *Environmental Impact*

- Assessment Review, Vol. 16, No. 2, pp. 71–102, 1996 Mar 1.
- [28] Blatner KA, Carroll MS, Daniels SE, Walker GB: Evaluating the application of collaborative learning to the Wenatchee fire recovery planning effort, Environmental Impact Assessment Review, Vol. 21, No. 3, pp. 241–270, 2001 May 1.
- [29] National Research Council: Improving Risk Communication, National Academy Press . Washington,D.C., 1989.
- [30] 吉川肇子: リスク・コミュニケーション—相互理解とよりよい意思決定をめざして, 福村出版, 1999.
- [31] Slovic P: Perception of Risk, Science, Vol. 236, pp. 280–285, 1987.
- [32] Rowan KE: The technical and democratic approaches to risk situations: Their appeal, limitations, and rhetorical alternative, Argumentation, Vol. 8, No. 4, pp. 391–409, 1994.
- [33] 杉万俊夫: 質的方法の先鋭化とアクションリサーチ, 心理学評論, Vol. 49, No. 3, pp. 551–561, 2006.
- [34] 矢守克也: アクションリサーチ—実践する人間科学, 新曜社, 2010.
- [35] Sun Y: Action Research to Promote Tsunami Risk Reduction: Ethnographic Approaches to Disaster Education and Tsunami Evacuation, Doctoral Dissertation, 2014.
- [36] 孫英英, 矢守克也, 谷澤亮也, 近藤誠司: 南海トラフの巨大地震・津波を想定した防災意識 と避難行動に関する住民意識調査, 災害情報, No. 11, pp. 68–80, 2013.
- [37] 孫英英, 近藤誠司, 宮本匠: 新しい津波減災対策の提案: 「個別訓練」の実践と「避難動画カルテ」の開発を通して, 災害情報: 日本災害情報学会誌, No. 12, pp. 76–87, 2014.
- [38] 孫英英, 矢守克也, 鈴木進吾, 李勇昕, 杉山高志, 千々和詩織, et al.: スマホ・アプリで津波避難の促進対策を考える: 「逃げトレ」の開発と実装の試み, 情報処理学会論文誌, Vol. 58, No. 1, pp. 205–214, 2017.
- [39] Xu W, Li Y, Okada N, Takeuchi Y, Kajitani Y, Shi P: Collaborative modelling-based shelter planning analysis: A case study of the Nagata Elementary School Community in Kobe City, Japan, Disasters, Vol. 38, No. 1, pp. 125–147, 2014.

- [40] 竹内裕希子, 徐偉, 梶谷義雄, 岡田憲夫: コミュニカティブ・サーベイ手法によるリスクコミュニケーション, 京都大学防災研究所年報, Vol. 50 B, pp. 171–176, 2007.
- [41] Purnomo H, Yasmi Y, Prabhu R, Hakim S, Jafar A: Collaborative Modelling to Support Forest Management: Qualitative Systems Analysis at Lumut Mountain, Indonesia, Small-scale Forest Economics, Management and Policy, Vol. 2, No. 2, pp. 259–275, 2003.
- [42] Holling CS: 10 An Underview, In: Adaptive environmental assessment and management, Internatio. p. 132–1391978.
- [43] Sendzimir J: Adaptive Management for Resilience in Human and Natural Systems, In Marek Makowski and Hirotaka Nakayama (Eds.) Natural Environment Management and Applied Systems Analysis. 17-75 p.2000.
- [44] 岡田憲夫: 生き生きと生きる地域--主体的に生きるとは (地域経営の視角とマネジメントの実際--地域経営アドバイザー養成セミナーの記録(2)), RIIM report, 建設コンサルタンツ協会インフラストラクチャー研究所, Vol. 6, pp. 7–11, 2008.

第3章

住民の津波避難行動意向に基づいた 津波避難シミュレーションの構築

要旨

第2章では、「対象となる災害リスクやその変化に対し、地域の対処能力をいかに構造化するか」という本研究の根幹をなす問いについて議論を進め、住民、研究者、行政によるコラボラティブ・モデリングの枠組みを提案した。本章では、まず、住民と研究者が対話をおこなうための共通言語について、概念モデリング、図式化、数理モデリングの三つのモデリング言語を概説し、それぞれの特徴および適用例を示す。また、津波避難の代替案を協働でモデリングするために、「モデルの更新の容易さ」、「言語の自由度」、「『空間』『時間』の表現の可能性」の三つの条件を挙げ、それらを満たすモデリング言語として、マルチエージェントモデルを選んだ。さらに、社会とシミュレーションのかかわり方として、「現実世界を理解する」、「現実世界に影響を与える」を挙げ、新たに「計画代替案を更新する」というかかわり方を提案する。以上をふまえて、3.2節以降では、高知県黒潮町万行地区における住民の避難行動意向調査、シミュレーションの構築、代替案の作成、結果のフィードバック、というプロセスを通じた地域住民との対話をもとに、計画代替案を更新したプロセスを示す。

3.1 はじめに

3.1.1 対話の共通言語としてのモデル

津波避難の根本にある問題「津波が来るまでに、人々が、危険が及ぶ場所から退けるかどうか」について、地域住民と対話するためには、何らかの共通言語が必要である。ここでの「共通言語」とは、日本語や英語などの言語を指すのではなく、津波避難の問題について話し合うために必要な、より狭い範囲で用いられる「その世界で共通認識できることば」のことである。たとえば、地域のある道路を指して、地元の人「松原の道」という言葉を使うが、行政は「町道〇号」と呼ぶかもしれないし、研究者は単にリンク1などと呼ぶかもしれない。また、地元の人が、「地震があったら『すぐ』逃げる」というときに、研究者は『すぐ』を『1分』などといった数字に置き換えるかもしれない。このように、同じもの、同じことを異なることばで表現することはよくあるが、それぞれがそれぞれのことばを使って話せば、当然対話は成り立たなくなるだろう。

そこで、本章では、まず、地域で津波避難の代替案をモデル化するための共通言語となるモデリング言語について検討する。地域住民と研究者が対話をするとき、どのようなモデリング言語が適切であろうか。以下では、さまざまなモデリング手法の候補を、概念モデリング、図式化、数理モデリングに分けて概説し、津波避難計画が持つ特徴と合わせて、本研究におけるモデルの選定をおこなう。

概念モデリング

概念モデリング (conceptual modeling) は、多様なステークホルダーが対話をおこなう状況下で用いられる主要なモデリング言語のひとつである。

概念モデリングとは、静的現象 (モノとその特性など) および動的現象 (事象と過程など) をあるドメイン (問題のフレーム) において表現する手法のひとつであり、対象となる問題において重要な要素を書き出し、それらの間の関係 (たとえば、A が B の発展を促進する等) がグラフィックに表現される (Wand&Weber,2002[1])。たとえば、Magnuszewski et al.(2005)[2]による、ポーランドのバリチバレー (Barycz Valley) における地域の生態系維持管理の例では、NGO の専門家と地域のステークホルダーの共通言語として概念モデリングを用いており、議論の進行に合わせて因果ループモデルを更新している。また、第2章で紹介した Purnomo et al.(2003)[3]による森林管理計画の例においても、因果ループモデルが用いられている。

図式化

図式化によるモデリングは、もともとコラボレーションを意図して開発されたものが多い。そのひとつに、「避難地形時間地図」（通称「逃げ地図」）というものがある。逃げ地図とは、地域の避難場所を中心に、地域の各地点からその避難場所に行くまでの避難所要時間を段階ごとに色分けしたペンをつかって、実際の地域の地図を色付けし、可視化するものである。地域住民が自ら手を動かすことが意図されており、複数の地域での実施実績がある（羽鳥,2012[4]）。

四面会議システム（岡田&寺谷,2005[5]）も計画を支援する技術の例である。四面会議とは、参加型計画プロセスにおける「場づくり」および「参加型コミュニケーション技法」に用いられる手法である。4つの空間に区切られた模造紙を囲んで、4人のプレイヤー（例えば、国、民間団体、市町村、市民など）を配置し、それぞれに対象となる課題を書き込んでディベートをおこなう。また、それを基に短期的、あるいは長期的な行動計画を作成する。四面会議は、いくつかの既存の技術と合わせて用いられる。まず、課題整理として情報収集や、SWOT分析をおこなったあと、代替案の検討として、KJ法と四面会議をおこなう、という手順が提案されており、それらの手順を総称して四面会議システムと呼ばれている。

数理モデリング

数理モデルとは、数学の言語によって記述されるモデルである。また、それらはコンピュータによる数値計算によって解を得る場合が多い。たとえば、津波避難の問題を扱う数理モデルのひとつに、Daganzo,1994[6]による、セルトランスミッションモデル（Cell Transmission Model, 以下CTMという）がある。CTMは、交通流・密度・速度などを流体力学に基づいて定式化し、挙動を解析するモデルである。コンピュータ上で数値解析を行うためには、道路を単位時間で通過できる長さのセルおよびつながりを示すコネクタとして表現し、時間と距離が離散化される。流体モデルでは衝撃波として扱われる混雑・渋滞現象を、セル内での車の滞留およびその後方セルへの伝播として表現することで、ネットワーク上の交通量配分の時間的・空間的な推移をわかりやすく表現することができる。たとえば、奥村ら（2017）[7]では、宮城県亶理郡亶理町の実ネットワークにおいて、「津波遭遇リスク最小化」という新しい目的関数を置き、誘導を行わない状況下で住民が避難するケースや、従来の研究で扱われてきた総所要時間最小化（e.g. 倉内,2014[8];横山,2016[9]）を目的関数としたケースと、そのパフォーマンス（平均所要時間や平均リスク、平均移動距離）を比較している。

また、数理モデルに基づいたシミュレーションを行う手法として、セルオートマトン法（以下、「CA」と記述する）やマルチエージェントモデル（以下、「MA」と記述する）もある。これらは、数式で表現されるモデルに基づいていることが多いが、モデリングの言語は、コンピュータプログラムである。CAとは、確率モデルなどのルールに基づいて、セルの状態変化を計算する手法である。ひとつのセルは単純なルールであっても、多数のセルが相互作用することにより、複雑なパターンが形成される。各セルの状態の空間的広がりパターンが得られるため、定性的な分析には適しているが、定量的分析には不向きである。したがって、映画館からの避難や、建物火災からの避難などの空間的広がりがある程度限定されている場合や、空間的パターンが避難のパフォーマンスにおいて決定的な問題を扱う場合（e.g. Kirchner,2002[10]）は有効な手法であるが、津波避難などの比較的広域を扱う場合や、多元的評価をおこなう場合には向かない。

MAは、エージェントとよばれる、自律的に行動する主体の意思決定過程をモデル化し、それらが周辺環境や他者を知覚し、相互作用することにより、創発する社会現象を解析する手法である。エージェントのルールは自由度が高く、必ずしも数理モデルに基づいてルール化されるわけではない。たとえば、堀ら（2005）[11]は、緊急時の群衆避難行動を、ロボカップレスキューのMAモデルを参考に、独自にモデル化している。エージェントの意思決定は、見る（See）、考える（Think）、動く（Move）に分かれており、壁や通路、他者を見る、到達地や進む方向、速度などを考える、考えた速度と方向にしたがって動くなどの知覚一が、意思決定の機構に組み込まれている。また、創発する社会現象として、エージェントが避難する際の平均速度が、エージェント数や混雑の影響によってどのように変わるか、という点に着目している。一方、Helbing(1995)[12]によるSocial Force Model（以下、「SF」という）をはじめとする群衆行動の数理モデルを基に展開されているモデルもいくつかある。たとえば、浅野&桑原（2007）[13]は、人は衝突を回避するために、観測可能範囲に人がいれば、少しずつ軌道修正をおこなうという仮定をおき、SFに先読み行動を追加したモデルを開発している。

3.1.2 津波避難計画におけるコラボラティブ・モデリングの言語

以上、3.1.1では、対話の共通言語として、概念モデリング、図式化、数理モデリングの三つについて概説した。それでは、津波避難の問題について対話をおこなう際、どのモデリング言語が適切であろうか。本項では、モデリング言語の長所と短所を整理し、当事者と研究者によるモデリングをおこなうことを踏まえた三つの条件を考慮したうえでモデルの選定をおこなう。

各モデリング言語の長所と短所

概念モデリングや図式化は、計画の現場におけるコラボレーションを促進する有力な手法のひとつである。頻繁に用いられる理由として、ペンをつかって文字を書く、矢印を書き込むなど、考えを可視化するための技術的制約があまりないのも特徴である。しかし、技術的な容易さゆえに、対話に制約がかかることもある。例えば、ある特定の道路の利用方法や、避難者ごとに異なる戦略などを検討するなど、要素間の複雑な関係性を可視化するには不向きである。

一方、数理モデル、その中でも数式が共通言語として扱われることはあまりない。これは、多様なバックグラウンドを持ったステークホルダーがいる中で、数理モデルを共通言語とすることはやや抽象度が高すぎるためであると考えられる。奥村ら[14]のように、地域の実ネットワークに合わせてパラメータを調整し、シミュレーションを行うこともできるが、計算上の制約も多いため、住民から出てくる要望、たとえば特定の住民間でピックアップ行動をおこなうなどといった、ローカルルールに対応することばを扱いくいというのが難点である。しかし、シミュレーションには、さまざまなシナリオについて思考実験を容易に重ねられるという強みがある。また、特に、MAに関しては、モデリングの自由度の高さを利用して、地域の道路環境の設定や、取り入れる変数の数などを自在に変更することができ、住民の具体的な要望などに応じたモデリングをおこなうことができる。

対話における条件

住民、研究者、行政が協働で計画代替案のモデリングをおこなうことを踏まえた条件の一つ目は、「モデルの更新の容易さ」である。本研究では、当事者と研究者の対話を通じて「想定のみ」を脱却していくことを目的としているため、知識の追加や、新たに重要視されるようになった変数などにもとまって、容易にそのモデルに改変を加えられなければならない。

二つ目は、「言語の自由度」である。対話の過程で、地域住民から提案されるローカルルールなどを表現する必要性がでてくると考えられるためである。

三つめは、「『空間』『時間』の表現の可能性」である。第1章で示したように、「新想定」が沿岸地域の防災対策を根幹から揺るがしている事実を考えれば、それが、旧想定に対してどのように異なるのか、という点についての対話は不可欠であると考えられる。また、「新想定」における最大の特徴は、その規模の大きさであり、旧想定では浸水しないと思われていた場所、高さが浸水するというシナリオが示されたことが大きなポイント

トである。地域にもよるが、津波到達時間についても、旧想定よりも時間的余裕が少ないケースが示されているところもある。したがって、東日本大震災以降のパラダイムシフト（『新想定』という新たなシナリオの追加）について表現できることが重要である。

本研究におけるモデリング言語

「モデルの更新の容易さ」、「言語の自由度」、「『空間』『時間』の表現の可能性」の三つを踏まえると、MAが適切である。住民が実際にプログラミングをおこなうことは難しいが、MAの結果を可視化することにより、要素間の関係性や問題把握に用いられる言語を共通化することができると考えられる。

3.1.3 本章の目的および問い

さて、避難をモデル化し、シミュレーションをおこなっている研究は非常に多くあるが、社会におけるシミュレーションの利用には主に二つの方法がある。ひとつは、「現実世界を理解する」シミュレーション、もうひとつは、「現実世界に影響を与える」シミュレーションである（Fig. 3-1）。

「現実世界を理解する」とは、人々の意思決定をモデル化し、シミュレーションによってその社会的な結末を明らかにしようとするものである。たとえば、先ほどの堀ら[11]の研究では、「見る」「考える」「進む」という意思決定をおこなうエージェントモデルを構築し、エージェントの数、あるいは低速エージェントと高速エージェントの混合率を変えたシミュレーションをおこなうことによって、全体の平均速度が変化の様子を表現している。また、横浜みなとみらいの花火大会の群衆行動の画像解析によって、エージェントの速度パラメータの計測をおこない、モデルとの整合性を確かめている。さらに、このモデルは、別のパラメータ—花火大会に訪れた人々の数や、空間の特性など—を変更することにより、たとえば、宇治川花火大会の群衆行動についても、どのようなことが起こるかを思考実験することもできるだろう。このように、経験、観察、あるいは既往研究の知見を通じて現実世界をモデル化し、再現、予測することを目的とするのが「現実世界を理解する」シミュレーションである。

一方、「現実世界に影響を与える」とは、シミュレーションから得られた結果を人々に伝え、現実世界の問題に変革をもたらそうとするものである。その一例に、桑沢ら（2008）[15]による災害総合シナリオ・シミュレータを用いた防災教育の事例が挙げられる。シミュレータは、洪水の浸水シミュレーションと避難シミュレーションを重ね合わせることにより構成されている。シナリオ分析として、避難のタイミングが情報取得から1時間後、2時間後と遅れていった場合の人的被害の規模の変化や、車を利用した

場合に浸水によって避難中に走行不能となる車が出ることを明らかにし、防災講演会の中で住民に伝え、その後、住民の避難行動意向に変化があったことを示している。このように、シミュレータから得られた結果を当事者にフィードバックすることで、現実世界の問題を改善していこうという意図をもった研究が、「現実世界に影響を与える」シミュレーションである。

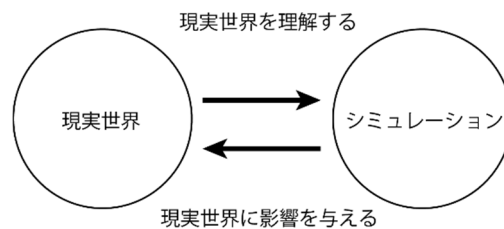


Fig. 3-1 シミュレーションの二つの使い道

桑沢らによる防災教育の成果を踏まえれば、シミュレーションの結果を伝えることにより、現実世界が変化していくことは十分ありうる。しかし、ここで桑沢らが示しているのは、シミュレーション上ではパラメータとして置き換えられた住民の行動（e.g. 避難開始時刻など）に対し、住民の意識がどのように変わったかを示すものである。つまり、モデルの範囲内での住民の変化である。この場合の研究者の立場は、住民に意識の変化を促そうとするものではあるが、住民のフィードバックを基に研究者が計画代替案やそのモデルを省察するプロセスは含まれていない。

しかし、第1章、第2章で述べてきたように、「新想定」をはじめとする超過外力や社会経済状態等の想定は、あくまで現段階で考えられうる仮定的な「想定」であり、計画は、当事者と研究者の対話を通じた仮説の更新に伴って常に修正され続けなければならない。この観点から、本章では、「計画代替案を更新する」という新たななかかわり方を提案する。これは「現実世界を理解する」と同じ方向に矢印が向くものではあるが、その前の段階で、シミュレーション結果が現実世界にフィードバックされているという点で異なる。ここでは、地域住民が計画代替案のフレームを変更できるチャンネルを用意し、対話を通じて、どのような観点が追加されるかを明らかにする。

3.2 高知県黒潮町万行地区における津波避難行動意向調査

3.2.1 対象地域の概要

本研究が対象としている万行地区は、黒潮町内の海沿いに位置し、人口 578 人、251

世帯¹が暮らしている海沿いの集落である。南海トラフの巨大地震モデル検討会（第二次報告）[16]で示された市町村別最大震度によれば、黒潮町において想定される最大の震度は7、津波は避難の障害となる程度の高さ（30センチメートル程度）のものが22分程度で到達し、最大14メートルになると想定されている。地区の中心には津波避難タワー（Photo 3-1）があり、100人が収容できる高さ12mのものと、新想定に対応して2014年に建設された300人が収容できる18mのタワーが並んでいる。避難先の候補は、それらの地区内の避難タワーと隣の地区にある避難タワーを含む地区内の避難場所か、地区外の高台（主に三か所）の二択である（Fig. 3-2）。高台までは健常者でも徒歩で約15～20分を要する。避難タワーまでは、地区内で最も遠い場所からでも徒歩約5分程度で到達することができる。

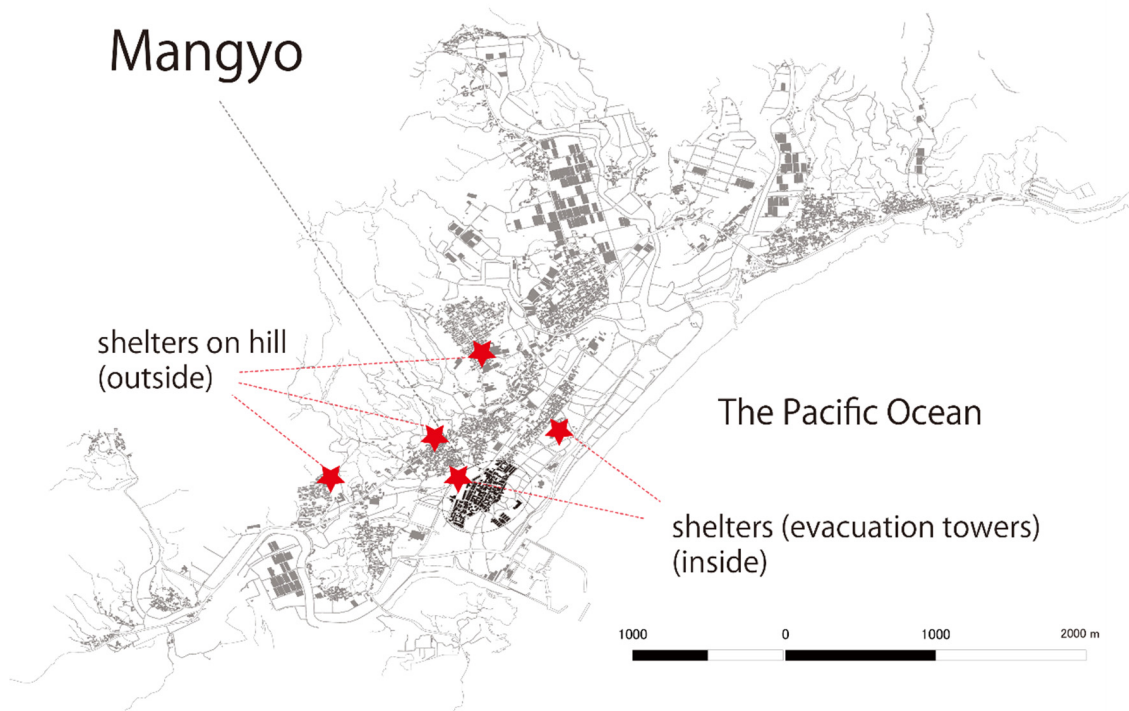


Fig. 3-2 万行地区の位置と避難先の候補

¹ 本研究が実施した調査に基づいたデータであり、住民基本台帳に登録されたものとは異なる。実際には、町外・県外の就職者、下宿している学生がいるが、実態に基づいたシミュレーションを行うため、本研究では、調査に基づいたデータを使用する。



Photo 3-1 万行地区の津波避難タワー

3.2.2 調査の概要

2012年11月から約半年間をかけ、NHK高知放送局（以下、NHKという）と共同で、地区内の全世帯を対象とした津波避難行動に関するインタビュー調査を行った。全部で6回に分けて行われ、うち3回はNHKスタッフによって行われた。回答の対象者は、長期不在の8世帯を除く全251世帯の20歳以上の住民とした。回答者数は、20歳以上人口472人中296人（62.7%）である。

調査では、想定している避難先、その場所を選んだ理由、避難上の不安、経路、移動手段、助けに行きたい(助けに来てくれる)人の名前・住所などの避難行動に関する項目と、氏名、住所、電話番号、性別、年齢、職業、職場の位置、介助が必要かなどの個人の属性に関する項目（同居の家族についても同様の情報を聴取）、被害軽減対策の状況などを聴取した（付録A.1.1の調査票を参照）。これらの設問は、基本的には調査員が住民の発言をできるだけそのまま記述する個別面接調査法により聴取した。また、設問には含まれていないが、直接対面で聴取したことにより、「防災に興味がある」「関心がない」「これまで考えたことがなく、今初めて考えた」などの、感情的なものも含む印象を把握することが可能であったため、そのような住民の反応も記録した。

Table 3-1 調査の日程

	日付	内容
2012	10月	調査票の作成
	11月5日～	調査①(NHK調査員による)
		調査票の修正
		住民の方に配布する「アンケートのお願い」の作成 住民の方に「アンケートのお願い」の配布 (地区副区長に配布を依頼)
11月21日	調査②	
	12月20日	調査③(NHK調査員による)
2013	1月23日	調査④(NHK調査員による)
	2月23日	住民ワークショップ(④までのデータを用いてシミュレーションをおこなった)
	3月21日～	調査⑤
	4月11日～	調査⑥

3.2.3 回答率と回答者の属性

調査世帯数は、入院や長期不在でアンケートが不可能な 8 世帯を除く 251 世帯全てで 100%の回収率である。また、回答対象者全体では、20 歳以上の人口 472 人中 296 人から回答を得ており、62.7%である。母数となる人口は、町によって公開されているものと、アンケートの回答を基に計上したものが異なる。実際には、町外・県外の就職者、下宿している学生がいるが、本研究では、調査に基づいたデータを母数として使用する。なお、調査中に転居などで地区を離れた 4 人の回答者のデータは、除外して集計を行った。Fig. 3-3 に、回答者の属性を示す。男性 113 人 (38%)、女性 183 人 (62%)、年齢別人口は、おおむね地域の人口全体を母集団とした場合の分布に従うものとなっている。

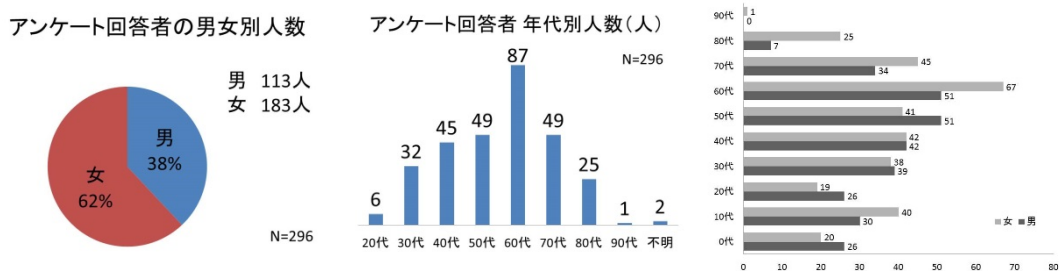


Fig. 3-3 回答者の属性

3.2.4 避難行動に関する調査意向の集計結果

一次集計の結果を Fig. 3-4 に示す。避難を諦めている住民がいること、また、新想

定に耐え得る避難場所を認知していない住民がいること、避難所要時間を過小評価している傾向があること、避難時の移動手段に対する不安を抱えていること、多くの住民が対策を実施できていないという実態が明らかになった。

避難先の意向

避難場所として住民から挙げられた場所と選んだ人数を Fig. 3-4-(1)に示す。全部で12か所あり、あかつき館(地区外、避難タワーの機能を持つ)、避難タワー(地区内)、錦野(地区北部の高台、指定避難所の入野小学校がある)、緑野・芝の山方面(地区北部の高台)、向山(古城山または城山とも言う)、山側のどこか、ふるさと総合センター(地区外、避難タワーの機能を持つ)、地区内にある町民館、家、浜の住宅、児童館、松原(地区内で少し高い地域、昭和南海地震時には津波を避けることができた)が挙げられた。

錦野、緑野、向山、山側のどこかをすべてを含んだ山側を選んだ人は147人で、ほぼ半数の人であることがわかる。新想定における浸水内エリアと浸水外エリアに分けて集計すると、22%の住民が危険と判断された場所や浸水が想定されている場所に避難すると答えている実態が明らかとなった(Fig. 3-4-(2))。

避難の意向

津波が来ても逃げないと答えた住民は296人中23人で、7.8%にあたる(Fig. 3-4-(2))。避難を諦めている住民の多くは高齢者である。「なぜ逃げないのか」という問いに対し、高齢または障害があつて「自分に構わず若い人に逃げてほしい」と考えている人が13人で最も多く、2人は「避難の移動手段がないから」、4人は「走って逃げて追いつかれるより、家にいたほうが安全だから」、4人はただ「無理でしょう」という態度であった。多数派である高齢者で諦めているという人の多くが、自分は周囲への迷惑になるという認識を持っている。東日本大震災など、過去の津波災害で「高齢者を助けようとしたために亡くなった若者」の話が報道されていることなどから、それなら自分に構わず逃げてほしいと考える高齢者が多い。

避難時の移動手段

Fig. 3-4-(4)に、避難時の移動手段を示す。最も多かったのは徒歩で、64.4%、車を使って避難すると答えた人は24.5%であった。車を選んだ人が家族全員で避難したとすると、52台の車が動くことになる。しかし、徒歩で山側に避難すると答えた人の多くは回答の際に「本当は車で逃げられたら良いけど」というようにできれば車を使いたい

と考えていることが分かった。これより、潜在的にはより多くの人が使う意向を持っていることが示唆される。

避難の所要時間の見積もり

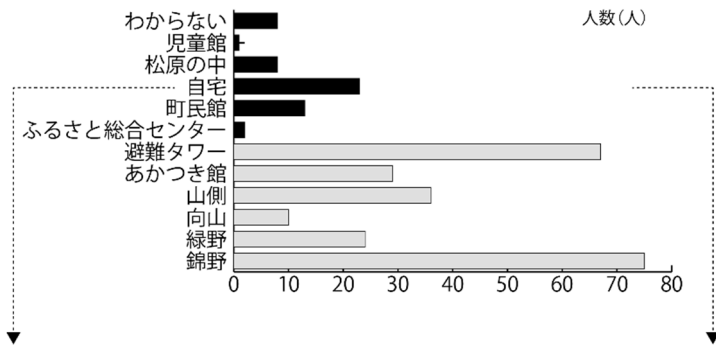
「地震発生後から何分後くらいで家を出られると思うか」という問いに対して住民の見積もりを聞いたところ、万行地区の住民は平均して約7分を見積もっている、という結果が得られた。東日本大震災の事後調査の結果[17]では、避難開始までの所要時間は平均で17分となっており、万行地区住民はやや過少に見積もっている可能性があることが分かった。

また、「何分くらいで避難先にたどり着けると思うか」という問いに対しては、避難を諦めていた人は、自分が避難場所に到達するまでの時間を、地域に津波が到達するまでの猶予時間よりも長く見積もっている傾向がある。一方、多くの住民は、多くの住民は普段その場所まで行くときの所要時間と同程度の時間がかかるものと見積もっていた。ブロック塀の倒壊や車の渋滞などの影響はあまり考慮されていないか、「それらの影響を考慮するともう少し遅くなると思うけど」という断りを付け加える程度であった。

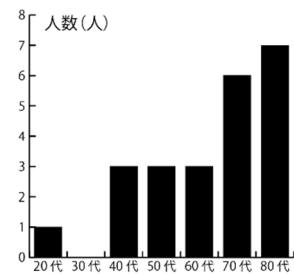
被害軽減対策の実施

Fig. 3-4-(5) は家具の固定状況である。79%が固定していないということが明らかになった。また、家の耐震状況を示す Fig. 3-4-(6) では、未回答・町営住宅のため個人的に耐震化をおこなうことができない世帯がもっとも多いが、持ち家107世帯を見ると、耐震済みの家庭が多いことが分かる。

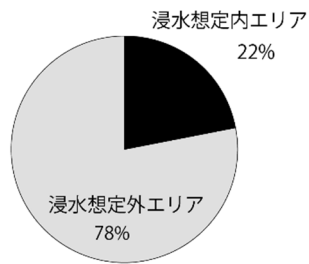
(1) 各避難場所を選んだ人数 (N=296)



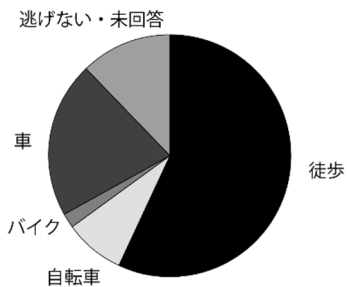
(2) 自宅(逃げない)と答えた人の世代内訳



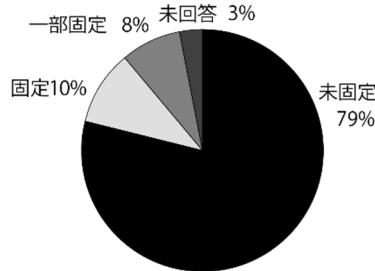
(3) 新想定における浸水エリアを選んだ人



(4) 世帯別移動手段の集計結果



(5) 家具固定の状況



(6) 家の耐震化状況

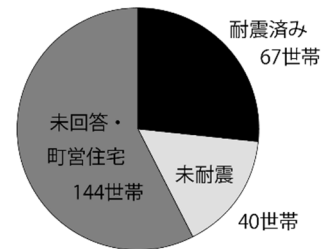


Fig. 3-4 避難行動意向に関する調査の集計結果

3.3 津波避難シミュレーションの基本構成

3.3.1 津波避難シミュレーション構成の概要

津波避難シミュレーションでは、住民の避難行動を表現する避難行動シミュレーションモデルを、GIS上で津波の浸水シミュレーションと重ね合わせることで、空間的、時間的な地域の避難状況を表現することが出来るようにした。全エージェントの避難が完了した段階で計算は終了する。

3.3.2 地域の避難環境の構成

避難経路となる道路は、ネットワーク情報をモデル化する「道路ネットワーク」と、道路の幾何をモデル化する「道路メッシュ」の二種類から構成される (Fig. 3-5)。データ作成にあたっては、国土地理院の 1:2500 の基盤地図情報を用いた。

道路ネットワークは、交差点ノードと交差点を結ぶ経路リンクによって構成される。交差点ノードには ID, X 座標, Y 座標の属性が含まれる。経路リンクには、リンクの右端と左端の交差点ノードの ID, また両端のノードのうち ID が小さいものを始点, 大きいものを終点とした基本の進行方向の属性を付与した。

道路メッシュは、Fig. 3-5 に示すように、道路領域を、道路縁を含む三角形に分割し、それぞれの面領域を 50cm メッシュに変換することによって作成した。各メッシュには、メッシュが属する経路リンクの基本の進行方向の角度を属性として与え、次の交差点に向けて移動できるようにした。建物やブロック塀などの倒壊による道路閉塞は、道路ネットワークや道路メッシュを削除することで表現することができる。

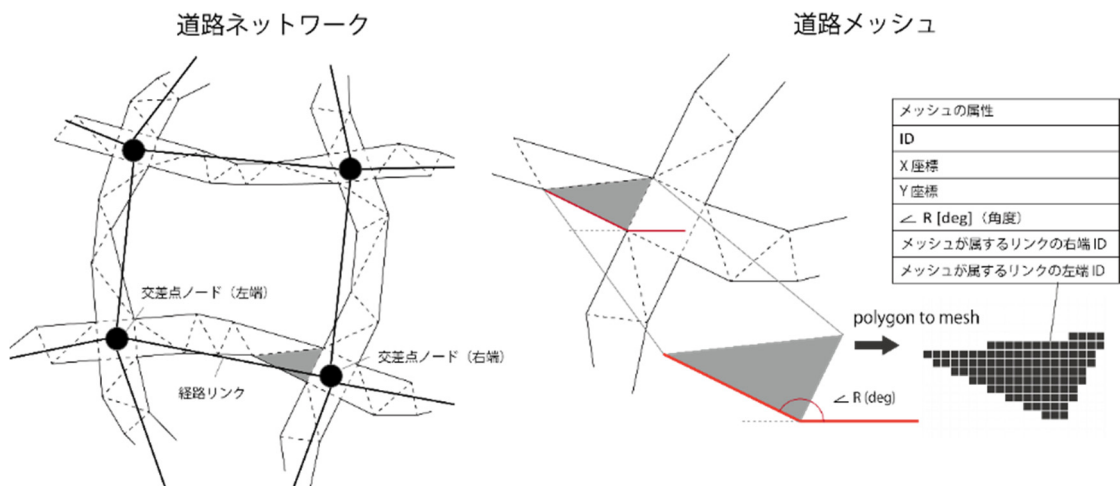


Fig. 3-5 避難環境の設定：道路ネットワークと道路メッシュ

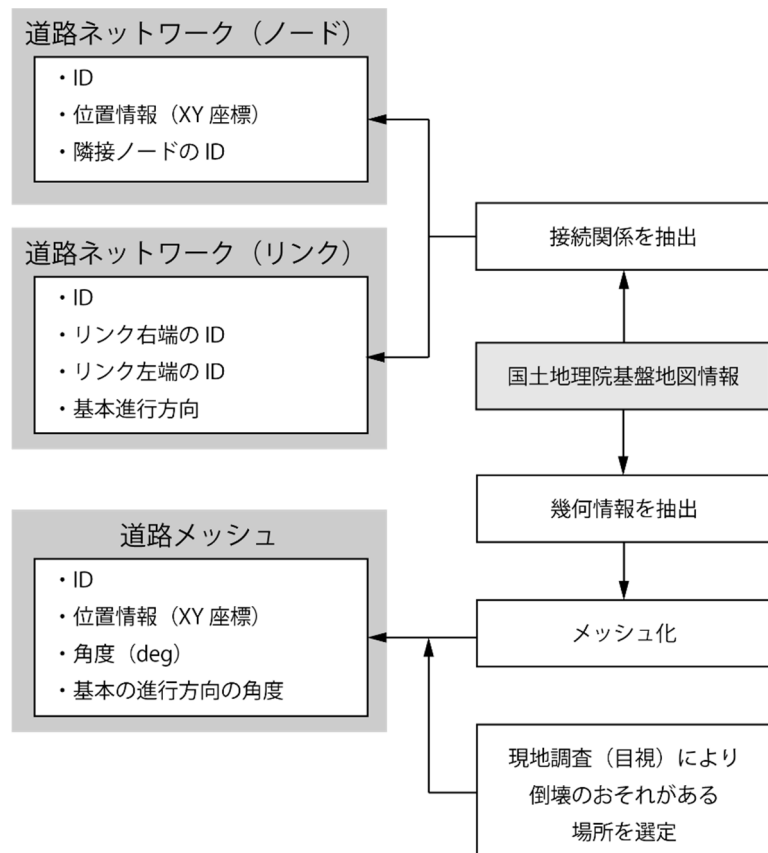


Fig. 3-6 避難環境モデルの構成

3.3.3 津波浸水シミュレーション

本章のシミュレーションでは、内閣府が第二次報告で発表した津波断層モデルの検討ケース[18]のうち、四国沖に大すべり域を設定したケース 4 が、万行地区において 30cm 津波の到達時刻が最も早いことから、このケースを基に議論を進める。これは現代の科学で想定される最悪のケースであるが、もちろんこれより大きな津波が起こることを無視することはできないし、逆に言えばこれより小さな津波が来ることも十分に考え得ることである。しかし、少なくともこの想定を最低ラインの指標として備えておくことは、対策を考える上では重要であると考え、このシナリオを採用した。第 3 章では、防災科学技術研究所災害過程研究部門の鈴木進吾主幹研究員（2012 年度当時京都大学防災研究所巨大災害研究センター助教）に津波浸水計算結果をご提供いただいた。

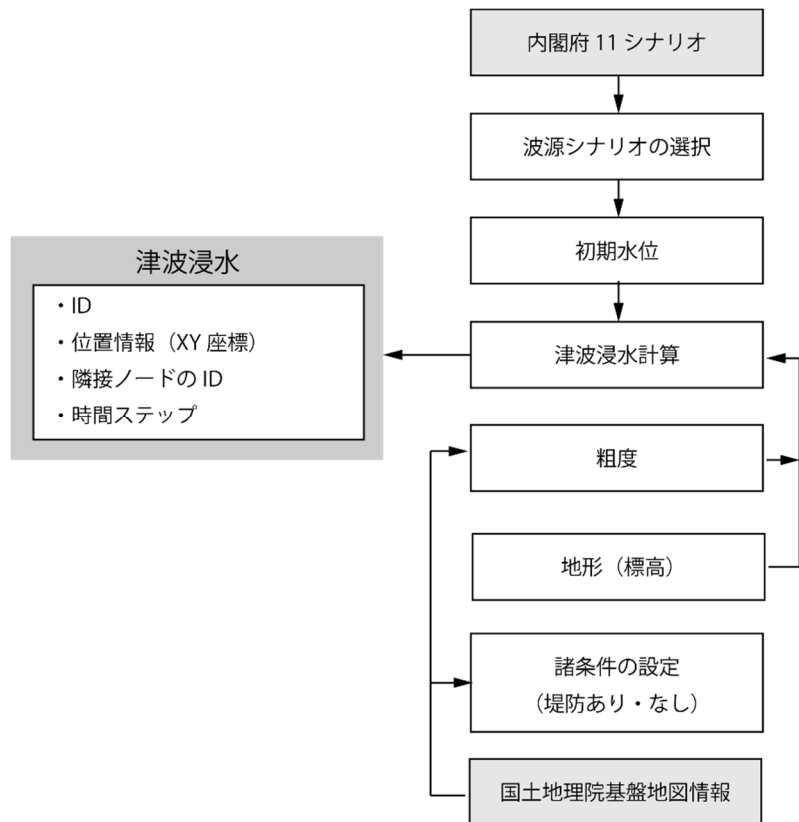


Fig. 3-7 津波浸水モデルの構成

3.3.4 住民の避難行動モデル

歩行者と車，異なる意思決定をおこなう二種類のエージェントを導入する．これらのエージェントは，道路上での物理的な動きに関する意思決定のみおこなう．避難にかかわる意思決定といえば，移動手段のほかにも，出発場所，避難先，使用経路などの様々な要素が考えられるが，本研究では，それらの意思決定は 3.1.2 で示した避難行動調査をもとに外生的にパラメータとして与え，マルチエージェントモデルでは，物理的な相互作用のみを扱う．

エージェントの属性 (パラメータ) の設定

Fig. 3-8 に，エージェントのパラメータ設定の概要を示す．歩行者エージェントは，全部で 11 のパラメータを持つ．3.1.2 節の調査を基に，ID，初期位置情報（自宅），避難先のノード番号，年齢，家族の ID，住居の耐震性，避難開始時間，住居から出た時の道路上位置（玄関位置），初期の方向，車を利用するかを与えた．避難速度は過去の災害時における実績（国土交通省都市局,2012[19]）に基づいて設定した．また，車エージェ

ントは、全部で8つのパラメータを持つ。最初に車に乗ったエージェントの属性のうち、ドライバーID、初期位置情報、避難先のノード番号、年齢、家族のIDをコピーし、歩行者と同様、移動速度については過去の実績[19]を基に設定した。

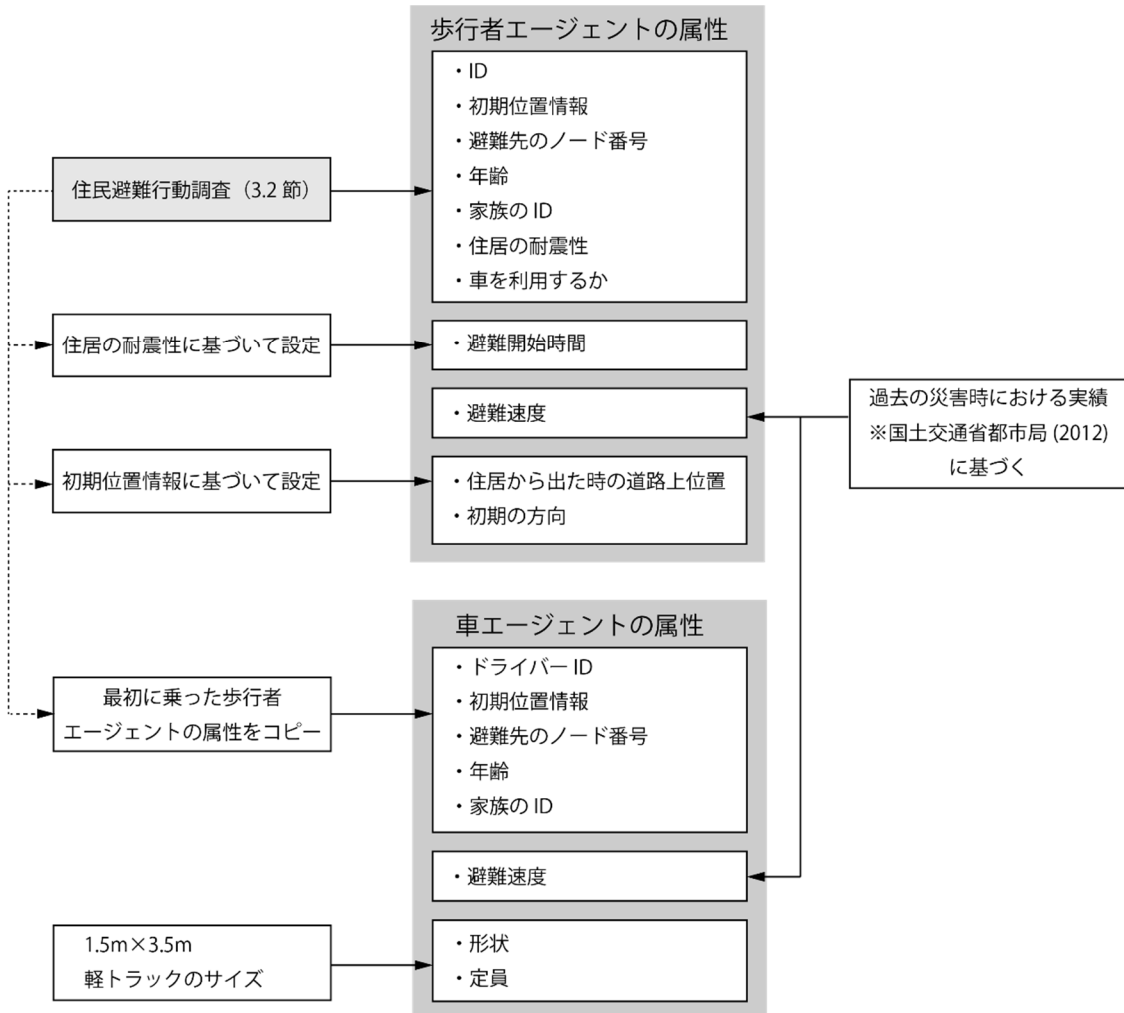


Fig. 3-8 歩行者、車エージェントモデルのパラメータ構成

エージェントのふるまい

移動経路: 歩行者、車ともに、移動経路は、避難開始位置（自宅）から避難先までの最短経路で設定した。ピックアップしたい人がいる場合は、ピックアップしたい人の初期位置を第1段階の目的地として最短経路で向かい、ピックアップが済んだら避難先を目的地として再設定して移動する。

移動速度 (1 ステップごとに進める距離): エージェントの属性に設定したパラメータ

で決まっており、変化しないが、車の場合は、障害物がある場合は停止するため、数ステップあたりの移動距離は変化するようになっている。シミュレーションは、1ステップを0.5秒とする。

各エージェントのルール：歩行者エージェントは、次のルールにしたがって動く。

- 経路上のみを移動する。
- 障害物（路上駐車など）があれば回避する。
- 進行方向にエージェントが存在すれば回避する。
- 車に乗った場合は、車エージェントの動きに従う。

また、車エージェントは、次のルールにしたがって動く。

- ドライバーが乗り、一定時間待ってから発車（時間は適宜設定する）。
- 他者や障害物によって進行方向の空間が車幅よりも狭い場合は進めない。
- 一定時間車が動けない場合、ドライバーは車を降り、歩行者エージェントに変わる。

3.4 住民の津波避難行動意向に基づいたシミュレーションの実行

3.4.1 調査結果に基づいたパラメータ設定

歩行者のパラメータ

位置情報：夜間を仮定し、初期位置は住居内とした。

避難先（ノード番号）：調査で住民から挙げられた避難先のうち、避難タワー、あかつき館、町民館、錦野、芝の山方面、自宅の2階、児童館、松原を、各住民の意向に沿って割り当てた。緑野、向山は、津波が遡上してくる方向に向かって避難することになるため、芝の山に設定を変更した。また、調査時点は既存のタワーに隣接して新タワーが建設されている途中であったが、新しいタワー¹が出来たら逃げたいと回答した人はすべてタワーへの避難するものとして設定した。

避難速度：東日本大震災における実績（国土交通省都市局,2012[19]）が平均値として、自己申告の速度や身体の不自由さ等を参考にしながら、（健常者の平常時の平均速度：3.6m/s）>（10歳以上70歳未満の人）>（子どもや高齢者を含むグループ）>（10歳未満や70歳以上の人）となるように速度を与えた。また、家族は同じ基本的に同じ速

¹2013年時点で既に設置されていた避難タワーは、新しい津波想定では最上階まで浸水することが明らかになったため、2014年3月に新想定に対応したものが建設されている。

度で動く」と仮定した。

道路の通行可能性：南海トラフ巨大地震の想定では、対象地域は震度7が想定されており、耐震性の低い建物では倒壊の危険性が高い。そこで、3.1.2の調査を基に、新耐震基準の施行年である1981年（昭和56年）以前に建てられた木造住宅で、耐震補強がされていない耐震性の低い建物の近くの道路は、建物倒壊による道路閉塞を考慮して道路メッシュを一部削除した。

避難開始までにかかる時間：避難開始時刻パラメータは、グループに分けて設定している（Fig. 3-9）。①耐震性の低い建物に住んでおり、家具固定もしていない、②耐震性の低い建物に住んでいるが、家具固定をしている、③耐震性の高い建物に住んでおり、家具固定もしている、の3グループである。

全グループ共通で、避難開始までの基本所要時間を3分（揺れが収まるまで2分と、体制を整えるのに1分と想定）とし、グループ①は建物倒壊と家具転倒の可能性を考慮して、動き出すまでにさらに10分、グループ②は建物倒壊の影響を考慮して、動き出すまで5分かかるものとした。これらの数値は、津波被害のあった東日本大震災や、震度7を記録した阪神・淡路大震災時の被災者から得た値を参考に決めている。しかし、これらの災害時には、完全に倒壊した家で下敷きになった人を助け出すのに1時間以上かかった事例も多数報告されている。今回のシミュレーションでは、被害は軽微と仮定し、10分とした。また、完全な耐震改修ができなくても、寝室や玄関に至るまでの通路などの部分耐震化や家具固定を施した際には、この時間は5分に低減できると仮定している。これらはいくまで避難行動の努力目標としての仮定である。

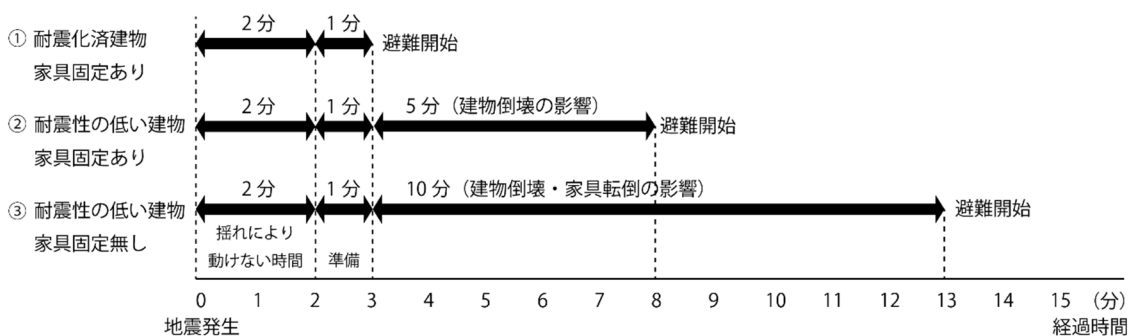


Fig. 3-9 避難開始時刻パラメータの設定方法

車の利用：3.1.2の調査で、車で避難すると回答した人は、路上に停車されている車の中から、避難開始後最初に見つけたものに乗る。対象地区は夜間には路上駐車が多いこ

とを考慮した設定である。

車エージェントのパラメータ設定

位置情報：夜間の路上駐車的位置を調査し，設定した。

定員：乗用車の平均的な定員を想定し，5名とした。

速度：平常時の平均的な速度と災害時の歩行者の量を考慮し，健常者の歩行速度の3倍となる7.95km/hとした。この速度は地区内に平常時に動いている速度の半分程度であるが，道が細いため，道路上に数人の人がいれば，この程度でしか走行できないことを現地で確認している。

3.4.2 避難行動調査とフィールドワークから明らかになった地域の避難課題

避難シミュレーションでは，避難行動調査と地域でのフィールドワーク，そして，過去の災害において指摘されてきた問題を参照しつつ，万行地区において発生すると思われる津波避難の問題を検討した。検討したのは，(1) 出発時刻に関するもの，(2) 避難先に関するもの，(3) 避難タワーに関する問題，そして(4)ピックアップ行動に関するものの4つである。

(1) いつ出発するか？住民の想定と過去の実績のギャップから推察される問題

津波到達までの時間は最短約20分であるため，地震発生後にいかに速やかに避難を開始するかが重要となる。3.1.2の調査では，住民が避難開始までにかかると表明している時間は平均7分である。しかし，東日本大震災の実績[17]が平均17分あることを踏まえると，やや過小評価していることも推察される。また，過去の災害から，災害時には家族で連絡を取りあう，災害の情報を確認する(Durage et al.,2014[20])，家族で合意をとっていくのに時間がかかること(Eisenman,2007[21])が指摘されている。

さらに，3.1.2の調査では，家具固定をしていない世帯が約80%もいることや，耐震化も十分には進んでいない現状を踏まえると，住民の想定以上に避難開始までの時間がかかることが推察される。

(2) どこへ避難するか？津波到達までに避難が完了しない可能性

3.1.2の調査では，約半数が1~1.5kmほど離れた高台に避難しようと考えていることが明らかになっている。また，そのうちの多くは徒歩である。しかし，避難開始が遅れる，あるいは避難ルートの状態や避難者の集中による混雑，怪我等により速く歩けないなど，当初決めていた避難場所まで到達できない可能性もあると考えられる。実際，東日本大震災時の新聞記事を用いて，当時の避難行動事例を調べて分析した大野(2013)

[22]の研究によれば、調査対象の全 152 事例のうち 27%が避難開始当初の意向を変更せざるを得なかったことが示されている。特に「高さ」に関するものは 60 人超でもっとも多く、「場所」が 40 人超、「手段」が 10 人超、そして「支援」についても数事例、変更を余儀なくされたことが明らかになっている。高さ（垂直移動）も場所の移動に含まれるとすれば、当初意図した場所に避難できないということは十分に起こりうるということが推察される。

(3) 誰と避難するか？—要援護者の救援の問題

3.1.2 の調査では、26 組の住民が事前に助け合うことを決めていることがわかっている。これらは主に親族間の助け合いである。また、避難時の助け合いについて、2013 年 11 月 20 日～25 日におこなった「日中に地震が起こった場合の避難行動」に関する追加調査（付録参照）において、健常者かつ助けに行きたい家族や親せきがいる 13 名のうち、地区周辺で日中仕事をしている住民は全員が「家族を迎えに行きたい」と答えている（Fig. 3-10）。

過去の日本の津波災害を含め、数々の災害において、家族はひとまとまりになって避難する、あるいは連絡を取り合う傾向があることが明らかにされている（e.g. Drabek&Boggs,1968[23];片田ら,2004[24]; Eisenman,2007[21]山下,2008[25];Durage et al.,2014[20]）。また、東日本大震災では、21%の人が地震後に家族の探索行動を行っている（中央防災会議,2011[26]）。この傾向から示唆される問題として、re-routing や避難する方向とは逆の方向へのトリップなどに伴う extra traffic などが指摘されている（Zimmerman et al.,2007 [27]）。

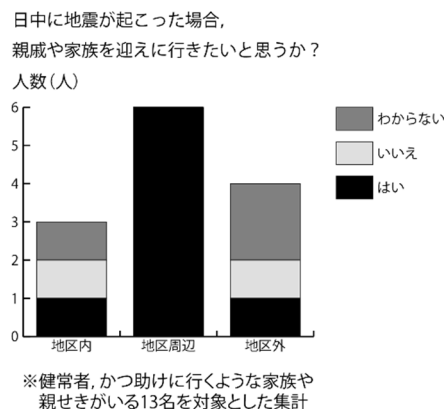


Fig. 3-10 日中に地震が発生した場合親戚や家族を迎えに行くか

(4) 避難先での問題—要援護者はタワーに昇れるか

避難タワーへの避難に不安を抱えている住民は多く、中でも最も多いのが「地盤やタワーの構造」への不安である。また、避難タワーは、安全な高さにたどり着くまでには階段を上らなければならないため、高齢者からは「タワーに上がるための階段を上ることができない」という不安が挙げられた。一方、若年者は、「高齢者優先だから」と、遠慮して避難タワーへの避難を控えようとする傾向が見られた。要援護者が、健常者の助けを必要としている一方で、若年者が避難タワーへの避難を遠慮しようとしており、両者の期待には齟齬が生じているようである。

3.4.3 検討シナリオ・代替案と計算結果

3.4.2 で示した検討すべき避難課題を、シミュレーションを用いて検証した。また、現状の課題を見せることで住民が避難をあきらめないように、同時に代替案も検討し、逃げられるシナリオを探索した。

現状シナリオ

現状シナリオは、住民の避難行動調査の回答と、3.4.1 に示すパラメータ設定に基づく。避難環境は、現状の耐震状況に基づいて設定する。避難開始時刻は、現状、すなわち 3.1.2 節の避難行動調査をそのまま Fig. 3-9 に示すグループ分類に適用して設定する。このシナリオ下での計算の結果、603 人中 180 人が津波に追いつかれた。

代替案 1：親族のピックアップ行動を廃止

3.1.2 の避難行動調査結果から、26 世帯が、同じ地区内の離れた場所に住んでいる親族をピックアップしたいという意向を持っている。ピックアップは、避難時間の増長や、避難方向とは逆方向へ向かうことによるコンフリクトの発生が懸念されるため、支援を必要とする人は、隣の人が助けることとする。

代替案 2：避難開始時刻を改善する

現状シナリオでは、特に、耐震化されていない家に住んでいる人が多く追いつかれていることから、Fig. 3-9 のグループ③がグループ②になるような対策、すなわち住宅の部分耐震化や家具固定をおこない、全住民が最低でも地震発生から 8 分で出られる場合を計算した。その結果、603 人中 143 人が津波に追いつかれた。しかし、グループ②から、グループ①に移行するような対策、すなわち家屋の耐震化をおこなうことは、住民にとってすぐできる対策ではないことから、これ以外の対策との組み合わせにより問題

解決案を探ることとした。

代替案 3：乗り合いバス・乗り合いタクシーの導入

現状の耐震化状況に基づいた避難環境パラメータの設定では、家屋やブロック塀の倒壊、路上駐車の影響が重なり、地区内での車移動は不可能であることが示された。しかし、足の悪い住民や高齢者など歩くことが困難な住民にとって、車が使えないというのは、ほとんど逃げられないことと同義であり、「全員車を使わない」という結論は住民にとって現実ではない。そこで、地区の外周にある比較的広く、周囲の外壁などが少ない道路を利用した乗り合いバス、乗り合いタクシーの導入を検討した。

Fig. 3-11 に、乗り合いタクシーと乗り合いバスの位置を示す。タクシーは、西側外周道路付近に住んでいる住民が運転手を務め、その道路に出てきた高齢の住民を載せて避難をする。また、乗り合いバスは、地区の東側に配置し、その場所にたどり着いた高齢の住民を乗せて、地震発生後 18 分後に地区を出発する。その結果、山側に行く途中で津波に追いつかれていた高齢者が逃げ切れるようになり、代替案 2 で追いつかれていた人のうち 20 人程度は助かる可能性があることが示された。

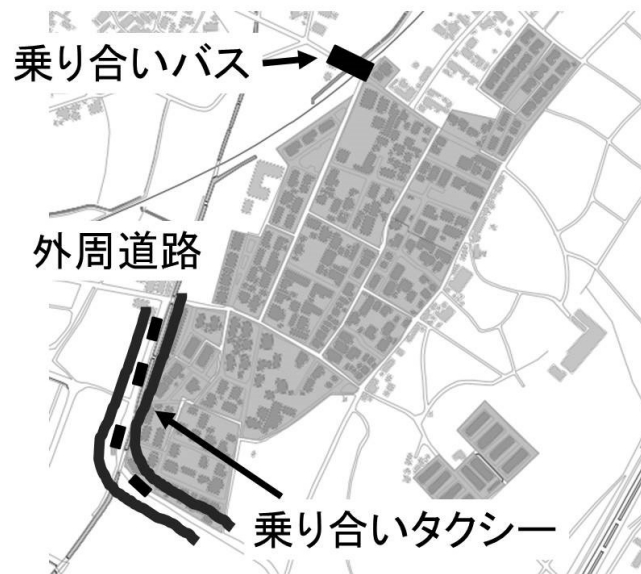


Fig. 3-11 乗り合いバスと乗り合いタクシーの導入

代替案 4：避難先の変更

現状シナリオで津波に追いつかれている人の多くは、芝や錦野などの山側の高台に向かっている避難している人であり、高台に向かう途中で津波に追いつかれていた。特に、津波は地区の南西部から到達するため、地区の南西部から芝の山に逃げる人が追い

つかれる傾向にある。そこで、避難先の変更を代替案として加えた。この代替案では、高台へ行く途中のある地点を通過する際に、地震発生からある程度の時間が経過している場合は、目的地を避難タワーに変更する。

Fig. 3-12 に、折り返しポイント（地区の入り口にあたる部分）、変更する避難経路の位置関係を示している。折り返しポイントに到達したときに、芝を目指す人は地震発生から 10 分、錦野を目指す人は 13 分が経過している場合は、目的地を避難タワーに変更することで、全員が避難できることが分かった。しかし、この場合、2013 年時点で設置されている避難タワーに 360 人が逃げることになり、タワーの収容人数の目安である 300 人を超過することがわかった。タワー上の面積は 300 m²あり 360 人が入れないわけではないが、間に合う人は高台に行ったほうが良いということが示唆された。



Fig. 3-12 代替案 4：避難先の変更（変更を判断する折り返しポイントの設定）

3.4.4 シミュレーションから明らかになった地域の避難課題

(5) 避難タワーでの要援護者の救援

高齢者が避難タワーに避難する時に、引き上げ要員が 2 人いればその 2 人が 1 人の高齢者を引き上げるという設定にして計算をおこなった。家族と一緒に避難タワーに避難する場合、避難タワーに集まる高齢者の数はタワー避難者全体の 4 分の 1 程度に留まる。そのため、高齢者引き上げ要員の数は十分であることがわかった。しかし、現状シナリオや代替案 1 では、多くの高齢者がタワー下に到達するのは、津波が地区に到達す

る直前の 15.5 分（750 秒）頃であり，補助者候補となる若年者に比べて遅く，若年者が避難タワーの下で待っていなければ救助は困難であることがわかった（Fig. 3-13）.

対策としては，高齢者ができるだけ自力で階段を上れるように訓練すること，タワーにエレベータを設置するなどが考えられる．また，避難先を変更する代替案 3 では，進路変更してタワーに来る人の中に若年者が含まれているため，そこで居合わせた若年者が救援をおこなうことも一つの代替案となり得ると考えられる．

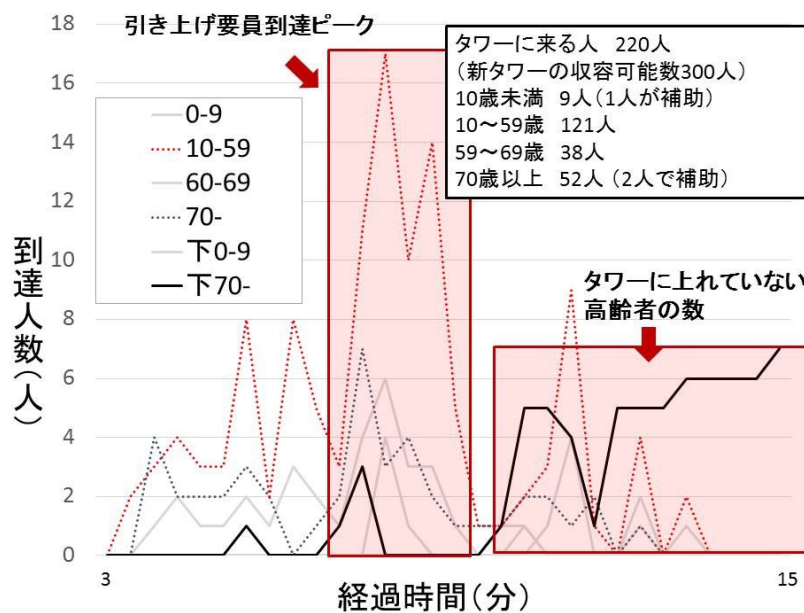


Fig. 3-13 経過時間ごとのタワーへの到達人数

3.5 津波避難シミュレーションを用いたフィードバック

3.5.1 勉強会と避難訓練の実施

第1回勉強会は2013年2月23日に実施し，現状シナリオ，避難タワーにおける救援の問題，さらに代替案1と2について説明した。

第2回勉強会・避難訓練は2013年7月28日に実施し，第1回勉強会で説明した現状シナリオと代替案1，2に加え，3，4も加えて，それらを全部実施した場合のシミュレーション結果について説明した．さらに，シミュレーションで示された問題（避難タワーでの救援）と，代替案4（避難先の変更）について，現場で住民とともに検証をおこなった。

避難タワーでの救援の問題では，高齢者がタワーに昇れるか，また，タワーに人が殺

到することによる混雑の状況を再現するため、時間を合わせて約 50 名に一斉に昇り、問題が起こらないかを検証した。

3.5.2 NHK による報道

2012 年 11 月から行った前半のアンケート調査結果を用いたシミュレーションと 2 月のワークショップの様子は 2013 年 3 月 8 日に四国羅針盤スペシャルという番組で紹介された。さらに、2 回目の勉強会后、7 月 31 日の NHK 総合テレビ、おはよう日本という番組の中で、10 分程度にまとめられた番組として放送された。番組の中では、勉強会の様子だけでなく、津波が浸水する様子の VFX（付録参照）やシミュレーション結果が伝えられ、住民の避難イメージに大きな影響を与えていたと考えられる。

3.6 コラボラティブ・モデリングの結果

3.6.1 住民の変化

第 1 回の勉強会とテレビでの放送を終えた後にインタビュー調査に回答したある 60 代の女性は、「CG アニメーションを見て、町民館の屋上なら安全だと思った」と述べており、南海トラフ巨大地震による津波で想定されている津波高よりも低い町民館に避難する意向を示している。また、「シミュレーションを見ていたら、山側の方が先に水が来るから、地区の中の避難場所を選ぶ方が安全かもしれない」など、避難場所の決定にも影響を与えたケースが複数確認された。

また、避難開始時刻が遅いこと、避難速度が遅いことにより津波に追いつかれるという問題から、数名の住民が日常生活を見直すようになった。たとえば、80 代のある女性は、最初はもう避難は無理だと思い「逃げない」と言っていたが、「タワーでもなんでも逃げられるようにしようと思った」と言い、孫に励まされながら、普段から歩く心がけをするようになった。また、同じく 80 代の女性は、普段から散歩が好きだったが、それが防災上も役立つことを知って、今後も続けようと言っていた。さらに別の 80 代の女性は、防災対策として、自宅の耐震化に踏み出した。

そのほかにも、町民館の高齢者デイサービスで、避難タワーの見学などの防災用プログラムが積極的に組まれるようになった。

以上のことから、「津波が来ても逃げない人」「家屋倒壊に阻まれて動けなくなる人」は、当初シミュレーションが予測していたよりも、少なくなっているであろう。避難シミュレーション上では、小さなパラメータの変化かもしれないが、避難シミュレーションで示していた「現状の課題」は、もはや「過去の課題」となったといえる。

3.6.2 モデルの変化

津波避難シミュレーションを用いた勉強会、避難訓練などの一連のプロセスを経て変化したのは、住民だけではない。研究者が構築した計画代替案のモデルも徐々に変化していった。

その一つの例が、避難タワーの問題のモデリングである。3.4.2では、避難行動調査とフィールドワークから明らかになった地域の課題を示したが、その中に「足が悪くて、避難タワーに昇れないかもしれない」という住民の声があったことを紹介した。

避難タワーは、平野で周辺に避難する場所のない万行地区にとって、一見切り札のように思われる。しかし、「避難タワーに昇れそうにないから、車で高台に行きたい」という人もいるほど、実は、利用のハードルが高いのである。また、「登れない」という高齢者に対し、ある住民は「若い世代が引き上げてくれるから」と言っていたが、調査の結果から、若年者の中には「タワーは高齢者優先だと思っから」と言って利用を遠慮しようとする人もおり、高齢者や一部の住民が思っているようには救援活動ができないのではないか、という仮説を得た。そこで、3.4.4では、避難シミュレーションの結果を使っ、住民を年齢構成ごとに分けて到着時刻の推移を示し、起こりうる問題を可視化した。シミュレーションモデル上では、タワーに高齢者が到着したときに、引き上げ要員が2人いればその2人が1人の高齢者を引き上げるという設定を追加して、新たにシミュレーションをおこなった。

このように、通常の避難シミュレーションと現実世界のかかわり方（現実世界の理解と、現実世界に影響を与えるシミュレーション）とは異なる新たなかかわり方（シミュレーションの更新）を取り入れ、住民の要求に応じて津波避難計画の代替案モデルを更新することで、地域の特有の問題を扱うことができるようになる。一方で、この新たなプロセスは、研究者に対し、「研究者が初めに基盤として構築したモデルは、地域の切実な問題を必ずしもとらえられていない」という、研究者モデリングの限界を省察する機会を与えたといえる。

3.7 本章のまとめ

本章では、まず、住民と研究者が対話をおこなうための共通言語について、概念モデリング、図式化、数理モデリングの三つのモデリング言語を概説し、それぞれの特徴および適用例を示した。また、津波避難の問題と計画代替案を協働でモデリングするために、「モデルの更新の容易さ」、「言語の自由度」、「『空間』『時間』の表現の可能性」の三つの条件を挙げ、それらを満たすモデリング言語として、マルチエージェントモデルを

選んだ。さらに、社会とシミュレーションのかかわり方として、「現実世界を理解する」、
「現実世界に影響を与える」を挙げ、新たに「計画代替案を更新する」というかかわり
方を提案し、高知県黒潮町万行地区において実践をおこなった。地域の調査、シミュレ
ーションの構築、代替案の作成、結果のフィードバックの過程を通じて、住民との対話
を実施し、二つの成果を得た。ひとつは、住民の避難意向の変化である。シミュレーシ
ョンを構築するためにおこなった調査では「逃げない」と言っていた人が「逃げられる
ようにしたい」と意欲を見せるなどの変容があり、当初シミュレーションを用いて見せ
ていた「現実世界」が徐々に変化していった。もうひとつは、計画代替案を表現するモ
デルの更新である。フィールドワークの中で、住民のつぶやきや訴え、住民同士の対話
を傍聴することによって得た新たな仮説をもとに、住民の切実な問題をモデリングする
ことができた。

しかし、本章で示したのは、あくまで筆者のフィールドワークによって、研究者側か
ら「抽出」された問題をモデリングしたに過ぎない。住民側からの積極的な提案ではな
かったため、コラボレーションというには、まだ非対称性が存在すると考えられる。こ
の問題については、次章以降で検討する。

参考文献

- [1] Wand Y, Weber R: Research Commentary: Information Systems and Conceptual Modeling —A Research Agenda, *Information Systems Research*, Vol. 13, No. 4, pp. 363–376, 2002.
- [2] Magnuszewski P, Sendzimir J, Kronenberg J: Environmental Research and Public Health Conceptual Modeling for Adaptive Environmental Assessment and Management in the Barycz Valley , Lower Silesia , Poland, Vol. 2, No. 2, pp. 194–203, 2005.
- [3] Purnomo H, Yasmi Y, Prabhu R, Hakim S, Jafar A: Collaborative Modelling to Support Forest Management: Qualitative Systems Analysis at Lumut Mountain, Indonesia, *Small-scale Forest Economics, Management and Policy*, Vol. 2, No. 2, pp. 259–275, 2003.
- [4] 羽鳥達也: 避難地図から街づくりのプラットフォームへ 「逃げ地図」の可能性, *建築雑誌*, Vol. 127, No. 1638, pp. 2–3, 2012.
- [5] 岡田憲夫, 寺谷篤: 地域コミュニケーション技法, In: 四面会議システム解説書, RIIM Repor. 社団法人建設コンサルタント協会, 2005.

- [6] Daganzo CF: The cell transmission model: A dynamic representation of highway traffic consistent with the hydrodynamic theory, *Transportation Research Part B: Methodological*, Vol. 28, No. 4, pp. 269–287, 1994 Aug 1.
- [7] 奥村誠, 片岡侑美子, 金進英: 津波遭遇リスクを最小化する自動車避難最適化モデル, *土木学会論文集D3 (土木計画学)*, Vol. 73, No. 5, 2017.
- [8] 倉内文孝: STEN (Space-Time Extended Network) を用いた最適津波避難計画モデルの構築, *土木計画学 研究・講演集(CD-ROM)*, Vol. 50, No. 70, 2014.
- [9] 横山宗一郎, 安藤宏恵, 倉内文孝, 杉浦聡志: 徒歩 と自動車の混合モードにおける津波最適避難計画モデル, *土木計画学 研究・講演集(CD-ROM)*, Vol. 53, No. 59, 2016.
- [10] Kirchner A, Schadschneider A: Simulation of evacuation processes using a bionics-inspired cellular automaton model for pedestrian dynamics, *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, Vol. 312, No. 1–2, pp. 260–276, 2002 Sep 1.
- [11] 堀宗朗, 犬飼洋平, 小国健二, 市村強: 地震時の緊急避難行動を予測するシミュレーション手法の開発に関する基礎的研究, *社会技術研究論文集*, Vol. 3, pp. 138–145, 2005.
- [12] Helbing D, Molnár P: Helbing 1995 - Social Force Model for Pedestrian Dynamics - annotated.pdf, *Physical Review E*, Vol. 51, No. 5, pp. 5, 1995.
- [13] 浅野美帆, 桑原雅夫: 先読み行動を考慮した歩行者交通流シミュレーション, *生産研究*, Vol. 59, No. 3, pp. 38–41, 2007.
- [14] 奥村誠, 片岡侑美子, 金進英: 津波遭遇リスクを最小化する自動車避難最適化モデル, *土木学会論文集D3 (土木計画学)*, Vol. 73, No. 5, 2017.
- [15] 桑沢敬行, 片田敏孝, 及川康, 児玉真: 洪水を対象とした災害総合シナリオ・シミュレータの開発とその防災教育への適用, *土木学会論文集D*, Vol. 64, No. 3, pp. 354–366, 2008.
- [16] 内閣府: 南海トラフの巨大地震モデル検討会: 防災情報のページ - 内閣府. (最終閲覧日: 2017年11月26日), 入手先:
<http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/model/index.html>
- [17] 株式会社サーベイリサーチセンター: 宮城県沿岸部における被災地アンケート調査報告書. (最終閲覧日: 2017年12月29日), 入手先:
https://www.surece.co.jp/wp_surece/wp-

- content/uploads/2017/10/20110311_miyagi.pdf
- [18] 内閣府: 南海トラフの巨大地震モデル検討会 (第二次報告) 津波断層モデル編—津波断層モデルと津波高・浸水域等について—, 内閣府防災情報のページ. 2012. (最終閲覧日: 2017年12月26日), 入手先:
http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/model/pdf/20120829_2nd_report01.pdf
- [19] 国土交通省都市局: 東日本大震災からの津波被災市街地 復興手法検討調査, 2012
- [20] Durage SW, Kattan L, Wirasinghe SC, Ruwanpura JY: Evacuation behaviour of households and drivers during a tornado, *Natural Hazards*, Vol. 71, No. 3, pp. 1495–1517, 2014 Apr 28.
- [21] Eisenman DP, Cordasco KM, Asch S, Golden JF, Glik D: Disaster Planning and Risk Communication With Vulnerable Communities: Lessons From Hurricane Katrina, *American Journal of Public Health*, Vol. 97, No. S1, pp. 109–115, 2007.
- [22] 大野沙知子, 高木朗義: 新聞記事を用いた東日本大震災における 津波避難行動に関する考察, *土木学会論文集D3(土木計画学)*, Vol. 69, No. 5, pp. 75–89, 2013.
- [23] Drabek TE, Boggs KS: Families in Disaster: Reactions and Relatives
Families in Disaster: Reactions and Relatives*, *Source Journal of Marriage and Family*, Vol. 30, No. 3, pp. 443–451, 1968.
- [24] 片田敏孝, 児玉真, 桑沢敬行, 越村俊一: 住民の避難行動にみる津波防災の現状と課題 -2003年宮城県沖の地震・気仙沼市民意識調査から-, *土木学会論文集*, Vol. 789, No. II-71, pp. 93–104, 2004.
- [25] 山下文男: 津波てんでんこ—近代日本の津波史, 新日本出版社, 2008.
- [26] 中央防災会議: 資料2 平成23年東日本大震災における避難行動等に関する面接調査 (住民) 分析結果, 中央防災会議. (最終閲覧日: 2017年12月30日), 入手先:
<http://www.bousai.go.jp/kaigirep/chousakai/tohokukyokun/7/pdf/2.pdf>
- [27] Zimmerman C, Robert B, Jordan K: Using highways for no-notice evacuations: routes to effective evacuation planning primer series, 2007

第4章

2014年伊予灘地震の経験と実践を通じた

車避難の問題の具体化

要旨

2014年3月14日午前2時6分、瀬戸内海西部の伊予灘を震源とする地震があり、黒潮町内でも震度3～4が観測された。黒潮町住民の避難行動の実態を調査した結果、この地震は、比較的小規模の災害ではあったものの、多くの人が避難行動をとっていたことが明らかになった。また、避難先まで移動した人の約70%が車を使っており、第3章の避難意向調査の結果（車を利用したい人は約20%、徒歩が主要な移動手段）とは乖離があることが明らかになった。この乖離の理由について、追加調査をおこなったところ、意向調査では道路の倒壊や、ブロック塀の倒壊などを想定して「災害時には車では逃げられない」と思い、「車は使わない（使えない）」と回答していたが、今回の場合は車で逃げられるような道路の状況であったために多くの人が車で逃げたということが示唆された。第3章までは、津波の到達時刻、避難にかかる時間などから「すぐに避難を開始すること」が主要な問題として取り扱われており、移動手段については、車で避難しようと考えている人が少なかったため、車避難の問題は明示的には取り扱われていなかった。しかし、地震の実体験は、住民自身が、自身の行動に対する反省、あるいは、これまでの防災対策に対する反省を得るきっかけとなり、車避難への懸念がより大きく認識されるようになった。本章では、これまでの津波避難計画の背後に置かれていた想定が伊予灘地震およびその後に実施した避難訓練やワークショップを通じて、どのように変化し、また、新たな仮説がどのようにして具体化されていったのかを明らかにする。

4.1 はじめに

本章では、2014年に発生した伊予灘地震の実体験をもとに、住民とこれまで共有してきた津波避難計画代替案の検証をおこなう。3章までは、津波の到達時刻、避難にかかる時間などから「すぐに避難を開始すること」が特に主要な問題として取り扱われていた。また、移動手段については、車で避難しようと考えている人が少なかったため、車避難の問題は明示的には取り扱われていなかった。それらは、実体験を通じてどのように変化するだろうか。

第2章のはじめに示したように、津波避難時の行動を記述する研究については、多くの蓄積がある。また、それらは大きく分けて、第三章で示した調査のように将来の避難行動に関する「意向」を問うものと、過去の避難における行動の「実態」を問うものの二種類がある。

「意向」を明らかにする研究として、河田ら(1999)[1]は、高知県土佐湾沿岸の津波常襲地域において、住民の防災意識の現状とその問題点を明らかにするためのアンケート調査をおこなっている。また、地域をグループに分類したうえで、それぞれの地域住民の避難への認識—津波警報が発表された場合にすぐに避難するか、避難場所の認知度、避難標識の認知度など—を調べ、災害文化の伝承や、記念碑などの数が多い地域ほど避難行動への関心や知識をよく備えていることなどを明らかにしている。

「実態」を明らかにする研究として、金井&片田(2012)[2]は、東日本大震災における津波避難行動の実態調査をおこない、避難情報、体感震度、予想津波高さのうち、避難情報をもっとも避難率に影響を与えていたことを明らかにしている。また、体感震度については、避難率を高めるカテゴリーは「震度7~4」のみであり、予想津波高さについては、3m以下の予想津波高さでは避難を促す効果がないことが明らかになっている。さらに、金井&片田(2013)[3]は地震発生後に発表される津波情報や避難情報よりも、津波ハザードマップなどで、平常時から津波の危険性を認知していることが、より迅速な避難につながったことを確認している。

既往の研究は、上記に紹介したものも含めて、通常は「意向」と「実態」は切り離されて調査されている。また、河田らや金井&片田の調査も含めて、この手の社会調査は大規模な匿名調査による避難行動調査が多く(e.g. 金井,2012[2];佐藤ら,2017[4])、回答者がこれまでどのような意向を持っていたか、防災の勉強会に参加していたか、あるいは避難訓練に参加していたかなどの情報は落ちている。たとえば、災害前から防災意識の高かった地域において、より高い避難率であったという結果などは報告されているが(金井,2012[2])、災害以前にどのような取り組みがあつて、災害後に社会の問題意識が

どのように変化していったかなどを具体的に分析している研究はない。つまり、「意向」に関する調査も、「実態」に関する調査も、回答者の背後にある知識や文脈からは切り離されて実施されており、以前はどう考えていたのか、そして、経験を経てどのようにしようと思っているのかなど、「変化」に着目した分析はなされてこなかった。

ただし、ハリケーンの研究においては Kang et al.(2007)[5]によって、避難行動における「意向」と「実態」の比較がおこなわれている（ただし、「意向」には expectation という語が当てられている）。Kang et al.は、テキサス州の沿岸住民を対象に、避難行動に関する「意向」と「実態」のアンケート調査を実施している。第1回の避難行動意向調査は Lindell et al.2001[6]によって、2001年におこなわれており、559世帯が回答している。さらに第2回の避難行動実態の調査は、2003年のハリケーン Lili 被災後におこなわれており、559世帯のうち51世帯の避難行動について「意向」と「実態」について比較可能なデータを得ている。その結果、情報源、避難の交通手段、乗り物の台数、避難所の種類については概ね「意向」と「実態」が一致していたことを明らかにしている。また、避難にかかる時間についても、事前に (a) 仕事から帰る準備をする、(b) 職場から自宅へ移動する、(c) 家族を集める、(d) 避難のための旅行アイテムを詰める、(e) 暴風雨の被害から財産を保護する（窓を開けるなど）、(f) 家の戸締り、の6つについて、それぞれ避難にかかる時間を聞いていたが、(a) 以外は、おおむね一致していたことが示されている。しかし、Kang et al.と Lindell et al.による比較調査では、避難行動を規定するいくつかの要素に限定した分析を行っており、結果に関して、回答者の背後にある文脈等は関心の対象ではない。

一方で、津波避難のモデルを更新する過程をあつかう本研究では、津波避難の問題に対する意識の変化の過程、回答の背後の文脈の変化も含めて評価することが重要である。そこで、本研究では、地震発生以前から津波避難の取り組みをおこなってきたという事実を生かして、住民がこれまでに認識していた津波避難の問題が実体験を通じてどのように変化したかを示す。また、避難行動の実態調査から得られた新たな仮説を検証するために、追加調査、ワークショップを実施し、避難計画代替案の新たな枠組みが具体化されたプロセスを示す。

4.2 伊予灘地震の概要と地震・津波情報の概要

4.2.1 伊予灘地震の発生

2014年3月14日午前2時6分50秒、瀬戸内海西部の伊予灘を震源とするマグニチュード6.2、最大震度5強を観測する地震があり、中国・四国・九州を中心に、関東地

方の一部から九州地方にかけて震度 1~4 の揺れが観測された。この地震により、負傷者 21 名、一部損壊 26 棟の被害があった（気象庁,2014;総務省消防庁,2014）。周辺地域でマグニチュード 6 以上の地震を観測したのは、2001 年 3 月 24 日に広島県沖を震源とするマグニチュード 6.7 の芸予地震（最大深度 6 弱）以来であり、東日本大震災以降に西日本で発生した地震の中では、今回の伊予灘地震が最大級である。

4.2.2 伊予灘地震発生後の地震・津波情報

この地震と津波に関する情報は、気象庁、NHK 総合テレビジョン（NHK）、民間放送、ラジオ、地区内の防災無線、一部の携帯電話や固定電話などによって迅速に伝達された。これらの情報について、気象庁、地元自治体、NHK に問い合わせた結果を時系列で整理したものが Fig. 4-1 である。

気象庁は 2 時 7 分 10 秒に緊急地震速報（警報）を出し、地震後 3~4 分経過した 2 時 10 分 26 秒に「津波の心配なし」の情報を発表した。

地区の防災無線は、原則として、J-ALERT¹（全国瞬時警報システム）が配信する緊急地震速報において、推定震度が 4 以上の場合に自動放送されるようになっている。高知県黒潮町が位置する高知県西部では震度 3 から 4 程度の揺れが推定されたため、緊急地震速報が自動に放送された。また、黒潮町では、それに続いて、観測震度と津波に関する情報が放送された。

NHK は、2 時 7 分 19 秒に、緊急地震速報を放送した。2 時 8 分 42 秒には、番組を特設ニュースに移行し、各地で観測された地震の震度の情報と津波襲来への注意喚起を行った。続いて 2 時 10 分 50 秒には「津波の心配なし」と言う情報を発表した。つまり、地震から約 4 分後以降に NHK を視聴した住民は津波避難の必要性はないと判断しうる情報を得ていたと考えられる。今回の地震による揺れが観測された地域では、停電のトラブルがなかったこともあり、このような迅速な情報伝達が実現されていた。

¹一定震度以上（多くの市町村では震度 4 以上を設定）の地震が発生する恐れがある場合に、通信衛星と市町村の同報系防災無線や有線放送電話を利用し、緊急情報を住民へ瞬時に伝達するシステムである。

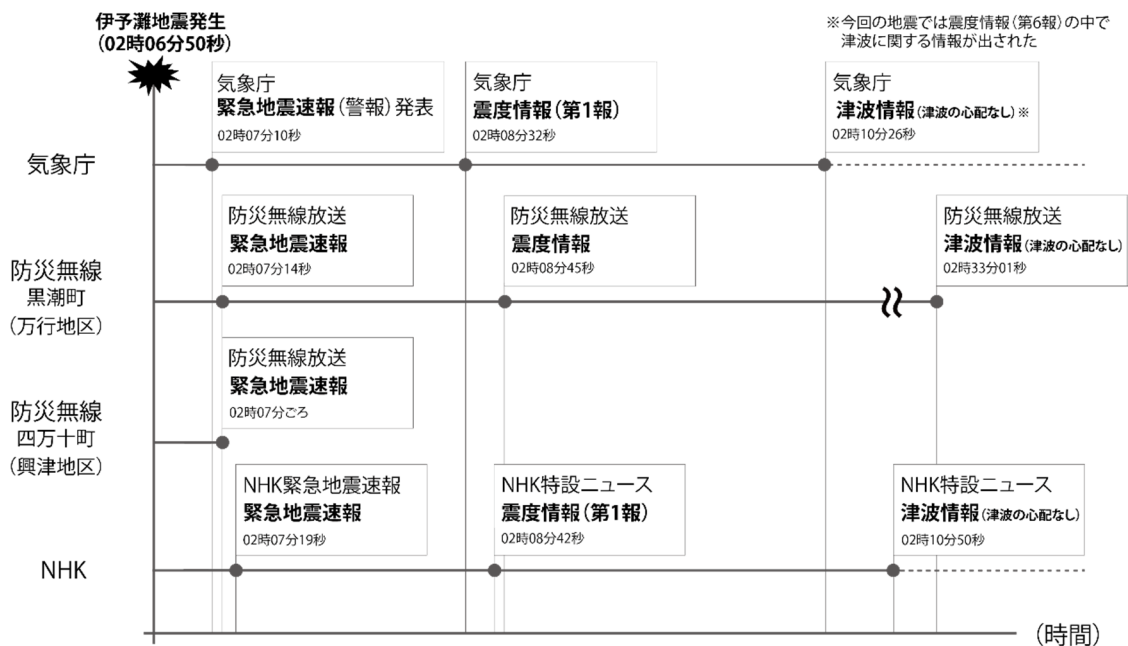


Fig. 4-1 伊予灘地震発生後の地震・津波情報 (孫ら,2014[7], p.55, 図2を転載)

4.2.3 高知県黒潮町における地震時の状況

黒潮町では、震度3~4の揺れが観測された。黒潮町地域担当職員、各消防団の調査によれば、少なくとも153名の町民が避難していたことが明らかになっている。指定外の避難場所に避難し、車の中で過ごしていた住民もいたことから、実際的人数はこれよりももっと多いと考えられる。幸い、黒潮町内では、人的・物的被害はなかった。

4.3 住民の避難行動実態調査

4.3.1 調査の実施概要

地震発生後の2014年3月14日から3月30日の約半月間に、高知県黒潮町で、地震時の避難行動に関する調査をおこなった。調査の概要をFig. 4-1に示す。まず、地震発生後、地域に赴き、過去の住民勉強会の参加者を中心に半構造化インタビューを実施した。さらに、3月30日に開催した第3回防災勉強会の参加者を対象に、質問紙調査を実施した。インタビューの対象者は20名、質問紙調査の回答者は82名である。質問紙調査の回答者の中には、インタビュー調査でも回答した住民が含まれる。

調査項目は、名前、性別、年齢、職業の4つの個人属性のほかに、避難行動に関わる項目として、地震・津波に関する情報取得行動、避難準備行動(身支度や家屋内での避

難路の確保等), 移動手段, 避難先, 避難経路, 誰かを助けに行ったか, の 8 項目を聴取した. 本章では, 以下, この調査の結果を「避難実態」と記述し, それに対して, 2012-2013 年に実施した避難行動意向調査の結果を「避難意向」と記述する.

Table 4-1 調査概要と調査項目

調査時期		3月14-30日	3月30日
調査方法		半構造化インタビュー	質問紙調査
回答者数		20名	82名
調査項目	名前	○	任意
	性別	○	×
	年齢	○	任意
	職業	○	○
	情報取得行動	○	○
	避難準備行動	○	×
	避難場所への移動	○	○
	移動手段	○	○
	避難場所	○	○

4.3.2 調査結果

本節では, 地震後の住民の行動について, 半構造化インタビュー調査と, 質問紙調査のデータを参照しながら, 地震発生時の行動の実態について基礎的な情報を整理する. また, 伊予灘地震後, 同じ時期に孫ら (2014) [7]がおこなった高知県四万十町興津地区における同様の半構造化インタビュー調査の結果も参照しながら, 同じ沿岸部に位置する両地域の比較をおこなう.

地震後に取った行動: 情報取得, 準備行動, 移動の有無

Fig. 4-2 に, 地震後に取った行動を, 情報取得, 避難準備, 移動の有無に分けて集計した結果を示す. 自宅以外の場所まで避難した住民は, インタビュー調査回答者 20 名中 9 名 (45%), 質問紙調査回答者 82 名中 33 名 (40%) であった. また, インタビュー調査の結果では, 全員が地震後に何らかの行動をとっており, 35%の人が地震後に情報取得行動を, 20%の人が避難準備行動 (身支度や家屋内での避難経路の確保) をとっている. 一方, 興津地区の調査では, 自宅以外の場所まで避難した住民は, 20 名中 2 名 (10%) であり, 黒潮町よりも低い値となっている.

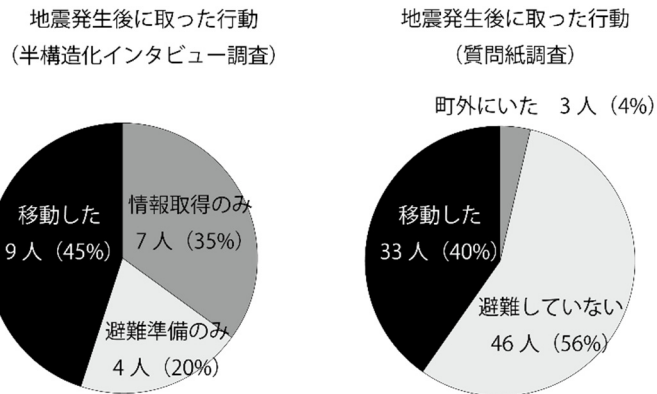


Fig. 4-2 地震後に取った行動：情報取得，準備行動，避難行動の有無

避難行動開始のきっかけ

避難行動開始のきっかけについては、質問項目に含まれていなかったが、万行地区のインタビュー回答者 20 名のうち少なくとも 11 名は、防災無線の大きなサイレンの音を強く記憶しており、「ものすごい音でびっくりした」と語っている。また、うち 8 名はすぐに避難を開始したと言っており、けたたましいサイレンの音が危機感を煽り、避難行動開始のきっかけになったことが推察される。

情報源

質問紙調査において、地震・津波に関する情報源に関する問いに対しては、ラジオや携帯を挙げた人は比較的少なく、テレビ、告知端末が主要な情報源であった。告知端末から情報を得たと回答した人は少なくとも 44 名であるが、告知端末は、緊急時の放送では自動的に音声が入る¹ため、実際はほとんどの人が告知端末から情報を得ていたと思われる。選択式の質問中に記載した「告知端末」という言葉を知らない人もいたため、このような結果になったと推察される。

一方、興津地区では、テレビから情報を得ていた人が 20 名中 19 名と圧倒的に多いことが明らかになっている。防災無線は、黒潮町では全戸屋内に端末が配布されているのに対して、興津地区では屋外数カ所にスピーカーが設置されているのみであり、主流な情報源となっていないためである。

¹ 普段おこなわれている地区内放送や役場からのお知らせの音声はオフにすることができる。

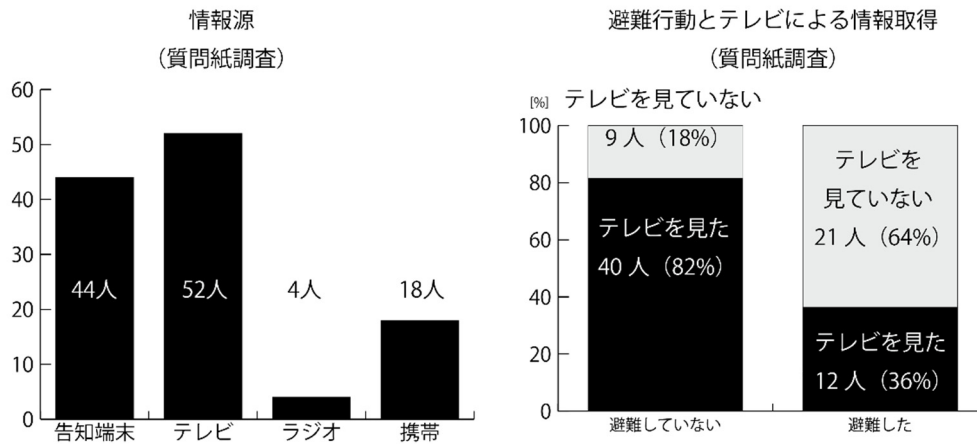


Fig. 4-3 情報源および情報源（テレビ）と避難行動の関係

情報源と移動の有無の関係

インタビュー調査において「揺れが収まってテレビをつけ、避難の準備をしているうちに、じきに津波の心配がないという情報を得た」という人が複数いたことから、「テレビを見て情報を得たかどうか」に着目すると、避難していない人の多くはテレビを見て情報を得ていた (Fig. 4-3 右)。また、避難した人の中でテレビを見たと回答した人の多くは避難先でテレビを見ており、「自宅を出る前にテレビを見たが、逃げた」という人は1名 (インタビュー等含めると4名) で、理由は「子供・高齢者がいるから、念のため」であった。

黒潮町の住民が告知端末の放送をきっかけに避難を開始していること、また、告知端末が設置されていない興津地区のほとんどの住民はテレビから情報を得ていたことから、黒潮町、興津地区において、自宅から出て避難した人の数に差が見られた原因のひとつは、情報源の違いであると考えられる。

避難時の移動手段

避難時の移動手段については、車を利用した人が最も多く、24人 (73%)、次いで徒歩が6人 (18%)、バイクが2人 (6%)、自転車1人 (3%) であった (Fig. 4-4 右)。この結果は、2012年-2013年の「避難意向」の結果 (Fig. 4-4 左) とは異なる。

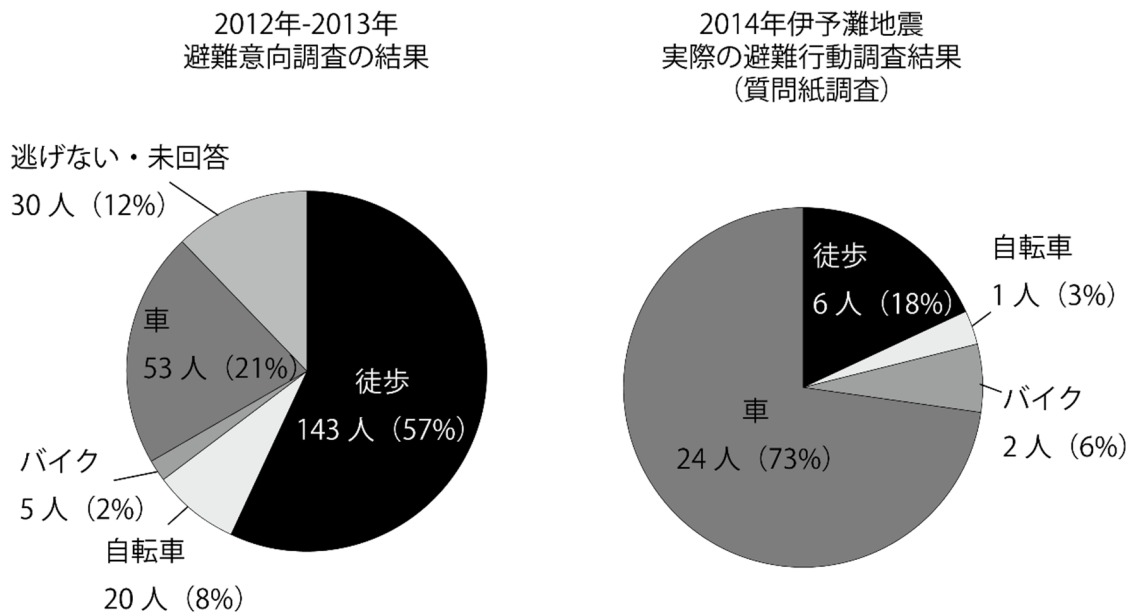


Fig. 4-4 避難時の移動手段

4.3.3 考察

車避難にともなう渋滞の実態

4.3.2の避難時の移動手段について、「避難意向」と、「避難実態」の両者の間には乖離があることが明らかになった。このことは、興津地区の調査でも同様の結果が出ており、四万十町が事後に把握した10数名の避難者のうち、1名を除いて全員が車を使っていたことが明らかになっている。黒潮町全体では、車で避難した人数は明らかになっていないが、半構造化インタビューや、質問紙調査の自由記述欄から、高台付近で渋滞が発生していたことが明らかになっている。

実際、高台（黒潮町錦野地区）に住む20代の女性から、以下のような渋滞の目撃情報が寄せられている。万行地区から錦野の高台までは車で5分程度かかるため、避難の準備の時間を考えれば、5分程度で高台に上がってきたのは、万行地区ではなく、より高台に近い住民であったと思われる。今回は、万行地区の住民を中心に調査をおこなっており、他地区住民の行動は明らかではないが、以下の証言から、他の地域からも車で避難した人がいることが推察される。

「住民の皆さんの避難早くてビックリした。錦野の方に発生から 5 分後には車でいっぱい避難してきていた。」(黒潮町錦野地区 20 代女性)

また、次のような証言から、実際に渋滞にあった住民の中には、引き返して別の高台に向かう人や、渋滞に遭っても、引き返さず、そのまま列に並んで待っていた人がいたことがわかった。

「目指していた避難場所周辺が渋滞していたので、別の高台に向かった」(万行地区 20 代男性)

「高台に住む娘の家に行こうとしたら渋滞で、かなり時間がかかった」(万行地区 年齢性別不明)

避難者がそれほど多くなかった別の高台(向山)に実際に車で避難したという万行地区の 30 代の女性は、本心では「やっぱり車で逃げたいと思った」と言っており、また、より大きな地震で避難者がもっと多くなれば、渋滞の可能性はもっと高まることを懸念している。

「錦野の高台に車が殺到していた。家族と田の浦(向山)に逃げた。でも、大きな地震なら、田の浦に行く橋が壊れているかもしれないし、逃げようがないだろうなと実感した。やはり、高台に上がる大きな道を何本か作るべき。大きな地震なら、もっともっと車も人も殺到するし、渋滞は間違いない。事故もありうる。避難塔が完成しても、車で高台に逃げたいと思っている人がほとんどだと思う。車も大事な財産なので、安全な場所に乗って行きたいという気持ちが正直ある」(黒潮町万行地区 30 代女性 ※避難移動あり)

さらに、テレビで情報を確認し、避難しなかったという住民は、地区の中で、車を使って移動している人を見たと言っており、車を使って向山に避難することを選択肢に入れておきたいと話していた。

「避難した人は、帰り道も混雑していたから 40 分は帰れなかったと聞く。車が横切
って行ったのを見た。(中略) 田の口の方なら、車が使えるのではないかと思った。
周りに倒れてくるものもないし……。ぜひ選択肢に入れておきたいが、橋の耐震は
心配。」(万行地区 60 代男性 ※避難移動なし)

なぜ「避難意向」と「避難実態」が乖離していたのか？

「避難の意向」と「避難実態」の間の乖離については、「事前の意向通りには人は行動
しないものだ」というありがちな見方だけでなく、そもそも「事前の意向調査が本当の
意向をとらえてきていなかった」、言い換えれば、「事前の意向調査における回答内容が、
真の意向と一致していなかった」という仮説が考えられる。多くの人が本心では「車を
使いたい」と考えていながら、それを主張することは、解の見出せない議論に踏み入る
ことになるため、社会的な通念（「車避難は避けるべき」）に合致する方向での回答を提
示せざるを得ない状況に追い込まれていた可能性が考えられる。このことが、見かけ上、
「車で避難しようと考えている人はごく少数派である」という調査結果を生んでいたと
考えられる。この種の問題については、「事前に議論すること自体に意味がない」と語
る住民もいる。たしかに、容易に解決できる問題ではない。しかし、少なくとも、今後、
「避難意向」をそのまま鵜呑みにするのではなく、「避難実態」に垣間見えた真の意向
にも配視した議論や対策が必要になってくることはたしかであろう。

4.4 住民への追加インタビューに基づく要求の分析

4.4.1 調査の実施概要

4.3 節では、伊予灘地震における住民の避難行動実態調査の結果から、比較的小規模
の災害ではあったものの、多くの人が避難行動をとっており、避難先まで移動した人の
多くが車を使っていたことを明らかにした。また、2012-2013 年の「避難意向」では、
車よりも徒歩で逃げるという人が多かったのにもかかわらず、伊予灘地震では 70%以
上は車を使って避難していた実態から、住民は、本当は車で避難したいと考えていたの
ではないか、という仮説が得られた。

移動しなかった人も、高台付近で渋滞があったことを家族や友達、親せきから伝え聞
いた、あるいは車で移動する人を目撃したなど、車避難を見聞きした人が大勢いたこと
から、地域住民の中から「車避難による混乱」への不安が聞かれるようになってきた。
発生以前は、災害が起きたら、この地域は浸水する可能性があること、早期の避難開始

が重要であることが主要な問題として扱われてきた。しかし、津波避難における住民の関心は、新たな課題「避難先での渋滞」に移っているようである。

そこで、本研究では、2016年3月22日～29日に、万行地区の13名を対象に、車避難に関する半構造化インタビュー調査をおこなった（以下、「車避難調査」という）。調査の概要をTable 4-2に示す。この調査には、大きく分けて、三つの目的がある。一つ目は、人々は、潜在的に車を利用したいと考えているかどうかを明らかにすること、二つ目は、車を利用したい理由を明らかにすること、三つめは、実行可能な代替案を検討するために、車を利用して避難したい理由、住民が受け入れられると思える代替案に関する示唆を得ることである。

調査の内容の詳細は付録A.4.4に示す。まず、平常時の主要な移動手段と、町の防災対策において、万行地区が「車避難検討地域[8]」に含まれていることを知っているかどうかを聞いた。次に、避難時の移動手段と避難先について質問したうえで、移動手段として車と答えた人には、車を使いたい理由、どのような状況下であれば車を使わないと思うか、車を使わないと答えた人には、なぜ車を使わないのかを聞き、どのような状況下であれば車を使うと思うかを聞いた。また、車の利用に関して必要だと思える対策、どのような人であれば車を使っても良いと思うか、代替案策定の過程について聞いた。

Table 4-2 車避難調査の概要

調査時期	2016年3月22-29日
調査方法	半構造化インタビュー
回答者数	13名

4.4.2 調査結果

本節では、車避難にかかわる意向について、基礎的な情報を整理する。

普段の移動手段

この質問への回答者12人中10人が、普段の移動手段は車である。そのほかの住民のうち、一人は、徒歩、自転車、バイク、車どれも同じくらい使うと答えており、もう一人は高齢のため、車に乗っていない。

万行地区が「車避難検討地域」であることを知っているか。

この質問に答えた10人中6人が、万行地区が「車避難検討地域」であることについて、「知らなかった」と答えており、「車は使っても良いと思っていた」「使ってはいけな

いと思っていた」という両方の意見が聞かれた。また、知っていた4人のうち二人は役場によく出入りする職業であり、「町長がそういっているのを聞いた」と答えている。

避難する場所・移動手段

Fig. 4-5 に、未回答1人を除く12人中9人が避難すると答えた場所を示す。昼間に地震が発生した場合、夜間に発生した場合を分け、また地震の規模については、伊予灘地震規模（震度3～4）だった場合、南海トラフ巨大地震の規模だった場合の二つに分けて聞いた。学校などの公共施設がある錦野に避難したいと考えている人が多い。その結果、避難タワーを選んだ人は全員、徒歩で避難すると答えており、あかつき館、山側（錦野、緑野、向山、そのほか山）を選んだ人は全員車で避難したいと答えた。山側の高台に行きたいということと、車を使いたいということは、セットになっているということがわかる。また、「山側の高台に行きたいから車を使う」と言っている人もいた。

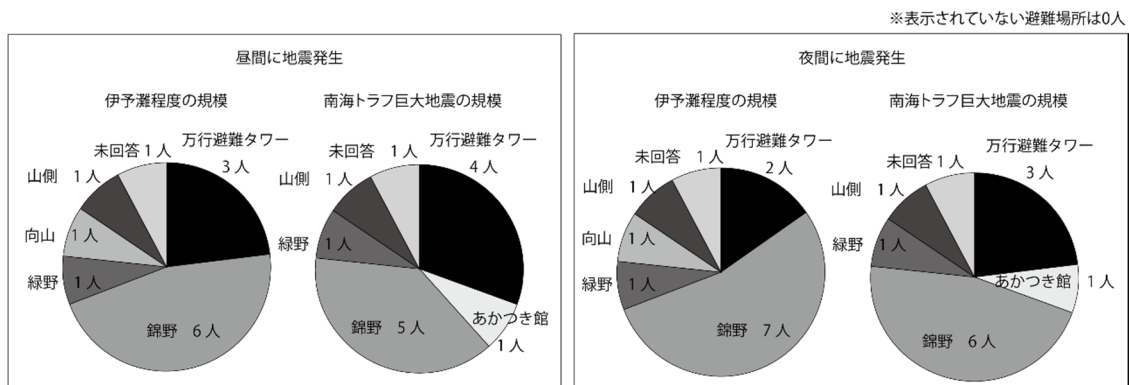


Fig. 4-5 避難する場所

なぜ車を使いたい／使わないと考えているのか

車を使うと答えた人に、複数回答で車を使いたい理由を聞いた結果を Table 4-3 の左に示す。「車が速いから」が最多であり、「同居の身内に高齢者・障害者がいるから」「避難後のプライベート空間を確保したいから」がそれに続く。「その他」には、「体力がない」「小さい子どもがいて、周りに迷惑をかけるから」「2014年伊予灘地震のとき、渋滞しなさそうだった」と挙げられた。東日本大震災の被災者を対象とした調査[9]では「平時の移動には車を使っているから」というのが主要な理由のひとつであったが、その理由を挙げた人はいなかった。また、「どのような条件があれば使わないと判断するか」という問いに対しては、ほとんどの人が「道路や建物の崩壊があり通れない場合」「避難をはじめる場所に車で来ていない場合」に車を使わない（使えない）と答えてい

る。しかし、「芝地区（高台に向かう途中の地区）の塀が壊れそう、あそこで無理だったら、そこから徒歩で行くと思う」というように、進めるところまでは車で進み、動けなくなったら車を降りて徒歩で行こうと考えている人もいた。

一方の小数のタワーに徒歩で逃げると答えた人が車を使わないと答えている理由をTable 4-3の右に示す。「家族がいないので」という意見や、「その他」では、「できるだけ他の人が使えた方が良い」という意見はあったが少数であり、「道路が使えないので」「渋滞するので」などの、避難環境の制約を意識した理由が多数であった。しかし、「どのような状況下であれば車を使うと思うか」という問いに対し、「車で行ける環境なら車で移動したい」と回答している人は多かった。

Table 4-3 避難の際に車を使いたい理由・使わない理由

車を使いたい理由(複数回答)	人数(人)	車を使わない理由(複数回答)	人数(人)
車は速いから	6	道路が使えないので車避難は無理だと思うから	4
同居の身内に高齢者・障害者がいるから	3	渋滞するので車避難は無理だと思うから	2
避難後のプライベート空間を確保したいから	3	家族がいないから・自分だけだから	1
その他	3	その他	1
安全な場所まで遠いから	2	駐車場が無いので車避難は無理だと思うから	0
家族と一緒に避難したいから	1	テレビで「車避難は無理」と言っているから	0
別居の身内に高齢者・障害者がいるから	1	車を持っていないから	0
荷物を運びたいから	1	行政が言っていたから	0
車も財産だから	1	車でなくても間に合うと思うから	0
避難先で冷暖房を確保したい	1	安全な場所まで近いから	0
車で避難しないと間に合わないと思うから	0	平時の移動には車以外を使っているから	0
家族を探したり、迎えに行こうと思うから	0		
ペットがいるから	0		
情報を得ながら避難したいから	0		
平時の移動には車を使っているから	0		

代替案に関する意見

「車が利用できるように、幹線道路沿いの住宅を耐震化する」「利用者を限定する」については、すべての回答者が同意していた。利用者の限定について、「誰が使っても良いと思うか」という問いに対しては、「高齢者はタワーに上がるのが大変だから、車で高台に行った方が良い」など、歩けない高齢者の車利用については賛成意見が多かった一方で、「年寄りはいないから、若いものを優先したほうがよい」という反対意見もあった。前者は、主に助けなければならない高齢者のいる家庭の意見であり、後者は自身が高齢という方の意見である。また、子供のいる家庭については、「小さい子供が

いる場合は良いが、小学生くらいの歩ける年齢であれば使わないほうが良い」という意見が多かった。

「車の乗り合い」については、別の人を自分の車に乗せるよりも、他人に乗せてもらうほうが、抵抗があるという意見が聞かれた。ただし、「他者のことを気遣う余裕はないと思う」「なかなかスムーズにはいかないのではないか」「車が後ろに続いていたら、自分が止まることで後ろがつかえるからやめた方が良い。後ろに誰もいないのなら、乗せる。たとえば、自分が一人を助けたことで、最後尾にいた4人乗りの車が波にのまれたら良くないと思うので」など、全体的に否定的な意見が多かった。また、「車を利用する人は幹線道路まで徒歩で出て、乗り合いする」という代替案についても、あまり現実的ではないとの意見が多く、「引き受けてくれる運転手がいなし、誰にするか?という話になる。名乗り出してくれるのならやってもらったら良いけど、難しいのではないか」、「自分は遠いから行きたくない」という意見があった。

経路指定については、「車を利用する人は指定された道路を通る」という代替案については、「指定された経路の安全性が確保されるなら」という条件はあるものの、歩行者と分けたほうが危なくないなどの理由もあり、比較的受け入れやすい傾向があるようである。

また、バイクや自転車の利用については、比較的肯定的な意見が多かった。高台を目指して坂を上ることの懸念もあり、自転車よりはバイクが好まれるようである。ただし、「荷物が載せられない」「そもそもバイクを持っていない」などの理由からやはり車が一番という意見も聞かれた。

4.4.3 考察

以上の結果から、車を使う、あるいは使わないという判断は、おおむね避難の環境、車が使えるかどうかによることが推察される。したがって、ほとんどの住民が「車を使えるなら使いたい」という意向をもっているのではないかと考えられる。4.3.3では、「避難意向」が社会的な通念（「車避難は避けるべき」）に合致する方向での回答を提示せざるを得ない状況に追い込まれていたという仮説を提示していた。しかし、この結果から、「避難意向」で、車を使うと答えた人が多かったのは、巨大災害の「新想定」が発表されたばかりであり、連日災害に関する想定が報道されることにより、「とても車で逃げられる状況ではない」と感じたことが大きかったのではないかと推察される。

環境が許せば車で移動する、ということは、周囲を見渡して車が乗れそうな状況だと思ったら乗るということである。したがって、「万行地区周辺の道路は使えるが、高台

に行くまでに通過する地区で閉塞があり通れない場合」、すなわち、しばらく車で走ってから道路の閉塞などに遭遇する場合には、ある住民が「その場合はそこから徒歩で」と言っているように、その道路付近に大量の車が放置される可能性もある。

また、「安全な場所まで遠いから車を使う」という人は、避難タワーへの不信感（e.g. 構造的に大丈夫か、高さは足りるか、二度逃げ¹出来ない）を少なからず抱いており、自然地形の高台の方が避難タワーより安全だと考えていることが明らかとなった。

さらに、代替案については、「車が利用できるように、幹線道路沿いの住宅を耐震化する」「利用者を限定する」については、すべての回答者が同意していた。一方で、車の乗り合いについて、別の人の車に乗せるのは、構わないという人もいるが、乗せてもらうのは抵抗があるという意見が多く、全体的には非現実的である、との見方を示す住民が多数であった。第3章では「車の乗り合い」を代替案として提案してきたが、それを実際に遂行することは難しいということがわかった。

4.5 実践を通じた車避難の問題の具体化

4.5.1 実践の概要

4.4のインタビュー調査では、ほとんどの住民が車で避難できる環境があるのなら車で避難したいと思っているということが明らかになった。また、車を利用したい主要な理由として、「速さ」、「高齢者・障害者を連れていくため」、「プライベート空間の確保」が挙げられた。しかし、これらの知見はあくまで少数の住民から個人的に聞き取った意見であり、住民全体に共有されているわけではない。そこで、万行地区の防災勉強会を利用して、伊予灘地震の実態から見えた問題を共有したうえで、津波避難の問題を再度考える機会をつくった。

4.5.2 車避難に関する勉強会・講演会の実施

まず、最初のプログラムとして、9時から1時間、防災勉強会を開催した。参加した人数は、万行地区住民51名、他地区住民4名、役場9名、消防3名、大学関係者10名で、合計は77名であった。

勉強会では、「自動車避難について検討しておくことがなぜ重要なのか」について、話題提供をおこなった。まず、伊予灘地震の避難行動実態を説明し、「要支援者を避難させるのに自動車が必要だ」と考えている人がいるということ、健常者でも、「実は、車で避難できる状況であるのなら、車を使って避難したい」と考えている人が多いというこ

¹ 一度避難した場所から、さらに安全な場所に避難すること

とを示した。また、東日本大震災時の事例を紹介し、車避難の問題をあらかじめ考えておくことが重要であることを確認した。

また、黒潮町が平成 28 年（2016 年）2 月に改訂した黒潮町地域防災計画[8]では、車による避難についていくつかのポイントをまとめている。まず、「津波からの避難方法は、原則徒歩とする」としながらも、「避難行動要支援者を含め、全ての町民があきらめず確実な避難行動を取るために、自動車での避難も想定した対策を検討する」、「自動車避難不適切地区（徒歩で確実に避難できる地区）を明確にし、可能な限り自動車避難する町民を減らすとともに、自動車避難のリスクを十分認識した、「自動車を使う場合の避難ルール」を策定して町民全体で共有する」とし、鳩山&平松（2015）[10]の手法にしたがって「車避難検討地域」と「自動車避難不適切地区（徒歩で確実に避難できる地区）」に分けている。万行地区は、このうち「自動車避難検討地域」に含まれる。勉強会では、その事実とともに、それは「自動車による避難が許されている地域」ではなく、「避難時の自動車利用について、地域内で積極的に考えることが求められている地域」であることを確認した。

さらに、参加者に自動車利用のルール作りのイメージを持ってもらうため、他の先進的な取り組みをおこなっている地域の事例として、和歌山県みなべ町におけるクルマ避難に関する地区ルールの策定を紹介した。黒潮町と同じように津波避難の対策に直面している、和歌山県みなべ町では、3 年以上かけて、自動車避難のルールづくりに取り組んでおり、高台までの移動に時間のかかる地区については、自動車両避難を許容するとしたうえで、いくつかの利用ルールを検討している。一つは、自動車の利用者を減らすために、二輪車を積極的に利用すること、もうひとつは、がれきなどに阻まれるおそれの少ない幹線道路を、自動車利用のための道路として指定することである。

4.5.3 車による避難訓練の実施

避難訓練の内容

今回は、要支援者の避難にかかわる課題、自動車避難にかかわる課題、避難の障害になると考えられるものごとについて、参加者自身が経験を通じて課題を発見することをねらいとし、次の 2 つをポイントとした避難訓練を行った。

1. 徒歩以外の移動手段も入れて、高台まで避難する。
2. 要支援者と一緒に避難してみる。

訓練の避難場所としては、万行地区の避難タワー、あかつき館に加えて、高台の錦野

地区と緑野地区も選択肢として入れ、計4か所を設定した。また、今回の万行地区の訓練では、避難場所となる高台の錦野地区と緑野地区の住民にも協力してもらった。両地区共に、海沿いの地域からの自動車避難者の受け入れ誘導計画を立ており、「万行地区の訓練を自分たちの誘導訓練にしたい」との提案があった。高台地域と海沿いの地域の連携を確認する機会となった。

訓練の結果

訓練の参加人数は、万行避難タワー11名、あかつき館7名、錦野27名、緑野33名で、合計は78名であった。また、移動手段は、自動車の数は35台で、徒歩が11名、自転車が1名、バイクが1名であった (Fig. 4-6)。

緑野の高台の誘導に参加した学生からは「緑野に入ってから、誘導なしではどこに行ってもいいかわからず、混乱すると思う。今回の訓練では、高台の住民の方がしっかりと誘導してくださったため、スムーズだった。しかし、誘導者の方は、高台も地震の揺れで被災している最中で本当に誘導に立てるかどうか不安だと言っていた。」という報告があり、平野部の住民も、高台の道順を一度は確かめておくことが必要であることが示唆された。

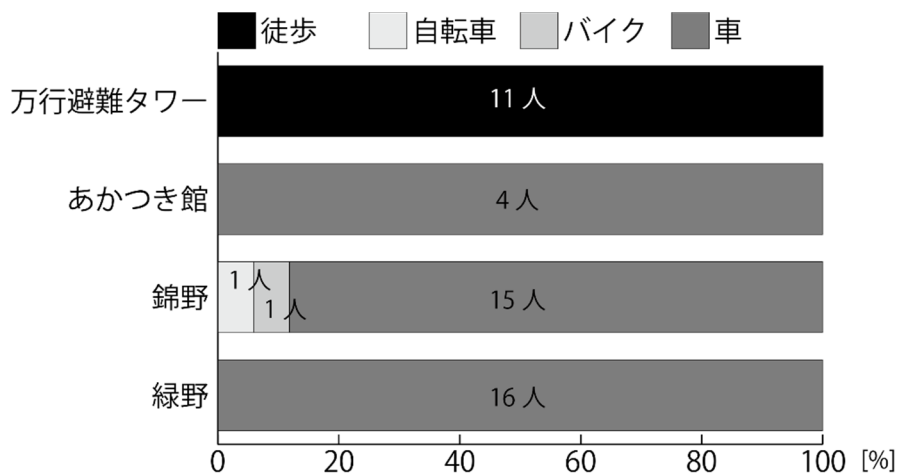


Fig. 4-6 避難訓練時の移動手段

4.5.4 車避難に関するワークショップの実施

ワークショップの内容

これまでに実施してきた第1回から第4回までの勉強会では、京都大学から「講演」として地域の問題を示し、その解決策を提案するという形をとってきた。しかし、その

方法では、当事者である住民自身が計画や取り組みにかかわりにくく、なかなか実践的な計画に結びついてこなかった。そこで、今回は参加者自身が自発的に発言したり、手を動かしたりしながら、課題の問題解決などに取り組む「ワークショップ」を取り入れた。今回のワークショップをスタート地点とし、今後は、住民の手で検討を進めていけるようにするための布石をうつという趣旨を背景に置きながら、住民から意見を引き出せるように工夫した。また、「どんな意見も大歓迎」、「批判はしない」、「できるだけたくさんの意見を出す」という3つのルールを設定した。プログラムと時間スケジュールは、Table 4-4の通りである。

Table 4-4 プログラムと時間スケジュール

13時～	全体説明
13時15分～	お題1 グループワーク「避難訓練で通った道を地図に書き込んでみよう」
13時30分～	お題2 グループワーク「発見したことを共有しよう」
13時45分～	お題3 グループワーク「何ができるか考えよう」
13時～	休憩
14時15分～	グループまとめ
14時35分～	グループ発表
14時50分～	講評
15時	終

3つのお題を用意し、ファシリテータが全体の進捗を見ながら進めた。お題1「避難訓練で通った道を地図に書き込んでみよう」では、徒歩・・・赤、車・・・青、自転車・・・黒、バイク・・・緑、と、それぞれペンの色を変えて、移動経路を塗った (Photo 4-1)。お題2「発見したことを共有しよう」では、訓練で発見した問題、あるいは、普段から気になっている問題について、ピンクの付箋に書き込んでもらい、地図に貼った (Photo 4-2)。お題3「何ができるか考えよう」では、お題②で出てきたピンクの付箋の内容に対して、「誰か（行政または地域）にやってもらわないといけないこと」を青い付箋、「自分は／自分たち（地域の皆）ができること」を黄色の付箋に書いて出してもらった (Photo 4-2)。実際は、参加者がワークショップに来る時間のばらつきが大きく、来て

くれた人から始めていたこともあり、3つのお題がほぼ同時進行となった。各グループには役場職員と大学のスタッフを配置し、付箋に文字を書き込む際の手伝いや、意見をまとめる役割を担ってもらった。



Photo 4-1 お題1「避難訓練で通った道を地図に書き込んでみよう」

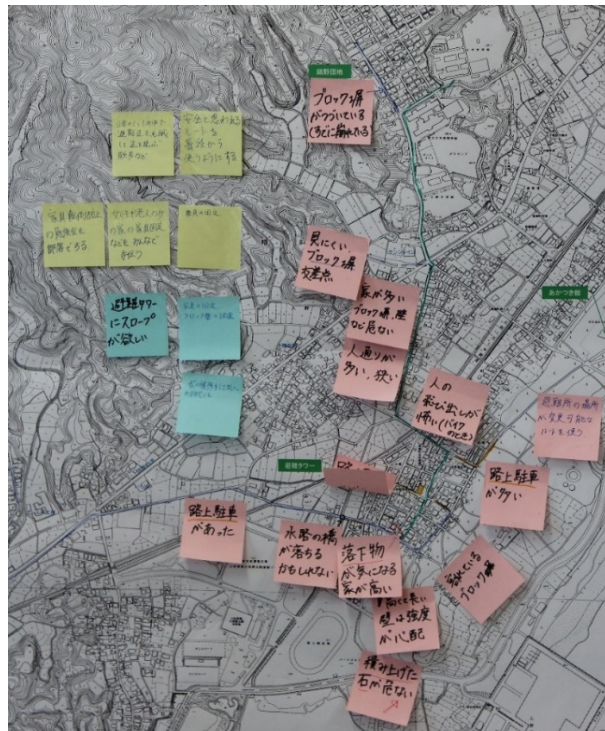


Photo 4-2 お題2「発見したことを共有しよう」とお題3「何ができるか考えよう」の成果の一例一連の実践の結果に対する考察

ワークショップの結果

ワークショップの最後には、各グループの意見をまとめた (Table 4-5)。「地域の問題・心配なこと」を挙げ、それに対して「行政にやってもらいたいこと」と「私達ができること」の二つに分けて、これから行っていくべきことを整理した。障害物の対策については、自分たちで取り組みそうなことがたくさんあることが分かった。

Table 4-5 ワークショップのまとめ

地域の問題・心配なこと	行政にやってもらいたいこと	私達ができること
水路の上にかかっている橋が心配	橋の耐震診断、状況において補強をおこなう	
国道の信号の待ち時間が長い	災害時の信号の制御を考えてもらう	
松原の木が倒れてこないか心配	松原の整備をおこなう	松原の道路の使い方を考える
高台に行くまでは、回り道をしないといけない	避難路の増設を検討する	
避難タワーを昇るのが大変	避難タワーへのスロープ設置を検討する	障害者が昇れるような支援方法を考える
障害物が多い	ブロック塀撤去の補助	ブロック塀の撤去 路上駐車を減らす 他の地区との連携 家具固定やガラスの飛散防止などの対策

4.5.5 一連の実践の結果と考察

今回は、「要支援者にどのように避難してもらうか」「自動車避難のルールをどうするか」の二つを課題とし、これまでに行ってきた「講演会」のように話を聞くだけという形ではなく、参加者が話し合ったり手を動かしたりしながら、課題について考える「ワークショップ」という方法を取り入れた。ワークショップの前に、「要支援者の避難」の検証もかねて、初めて自動車で避難するという選択肢を入れた訓練をおこなったことが功を奏したのか、地図を囲みながら、住民自身の実体験に基づいた意見が多く出された。参加者からは「他の人の意見が聞けて良かった」「皆で寄ると良い知恵も出てくるものだ」など、肯定的な意見があった一方で「漁業が忙しく、時期が悪い。人が集まらない。」という反省も挙げられた。今後は、開催時期の見直しが必要であると思われる。

今回は、あくまで住民主体の取り組みのスタート地点とし、今後は、「要支援者にどのように避難してもらうか」「自動車避難のルールをどうするか」という今回のテーマをはじめ、ワークショップで挙げられた課題などについて、実現に向けた協議を進めていきたい。最終的には住民らが意見をまとめて、訓練のプログラムに盛り込む、あるいは何らかの対策に落とし込むなど、具体的な形にしていきたい。

4.6 本章のまとめ

本章では、2014年伊予灘地震における避難行動の実態を調査し、比較的小規模の災害ではあったものの、多くの人々が避難行動をとっていたことを明らかにした。また、避

難先まで移動した人の約 70%が車を使っており、第 3 章の避難意向調査の結果（車を利用したい人は約 20%、徒歩が主要な移動手段）とは乖離があることを明らかにした。この乖離の理由について、追加調査をおこなったところ、意向調査では道路の倒壊や、ブロック塀の倒壊などを想定して「災害時には車では逃げられない」と思い、「車は使わない（使えない）」と回答していたが、今回の場合は車で逃げられるような道路の状況であったために多くの人が車で逃げたということがわかった。第 3 章までは、津波の到達時刻、避難にかかる時間などから「すぐに避難を開始すること」が主要な問題として取り扱われており、移動手段については、車で避難しようと考えている人が少なかったため、車避難の問題は明示的には取り扱われていなかった。しかし、地震の実体験は、住民自身が、自身の行動に対する反省、あるいは、これまでの防災対策に対する反省を得るきっかけとなり、車避難への懸念がより大きく認識されるようになっている。次章では、「家族に要支援者がいる世帯は、要支援者を連れて避難するために車を利用したいと考えていること」、「要支援者のいる世帯は車が必要であるとの考えについては、おおむね合意が取れそうであること」、さらに「多くの住民が、車が使える状況であるなら使いたいと思っていること」の三つの新たな仮説をもとに、避難計画代替案を再構成する。

参考文献

- [1] 河田恵昭, 柄谷友香, 酒井浩一, 矢代晴実, 松本逸子: 津波常襲地域における住民の防災意識に関するアンケート調査, 海岸工学論文集, Vol. 46, pp. 1291–1295, 1999.
- [2] 金井昌信, 片田敏孝: 2011年東北地方太平洋沖地震津波襲来時における津波避難意思決定構造の把握, 災害情報, No. 10, pp. 91–102, 2012.
- [3] 金井昌信, 片田敏孝: “津波から命を守るための教訓”の検証～岩手県釜石市を対象とした東日本大震災における津波避難実態調査から～, 災害情報, No. 11, pp. 114–124, 2013.
- [4] 佐藤翔輔, 今村文彦, 相澤和宏, 横山健太, 佐藤勝治, 岩崎雅宏, et al.: 宮城県石巻市における2016年11月22日福島県沖の地震津波による避難行動実態, 土木学会論文集 B2(海岸工学), Vol. 73, No. 2, pp. 1603–1608, 2017.
- [5] Kang JE, Lindell MK, Prater CS: Hurricane Evacuation Expectations and Actual Behavior in Hurricane Lili 1, Journal of Applied Social Psychology, Vol. 37, No. 4, pp. 887–903, 2007.

- [6] Lindell MK, Prater CS, Sanderson WG, Lee HM, Yang Z, Mohite A, et al.: Texas Gulf Coast residents' expectations and intentions regarding hurricane evacuation, Hazard Reduction & Recovery Center, Vol. Texas A &, pp. 2001, 2001.
- [7] 孫英英, 中居楓子, 矢守克也, 畑山満則: 2014年伊予灘地震における高知県 沿岸住民の避難行動に関する調査, 自然災害科学, Vol. 33, No. 1, pp. 53-63, 2014.
- [8] 黒潮町: 黒潮町地域防災計画, 黒潮町, 2017
- [9] 東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震・津波対策に関する専門調査会: 資料1 平成23年東日本大震災における避難行動等に関する面接調査 (住民) 分析結果. (最終閲覧日: 2017年12月30日), 入手先:
<http://www.bousai.go.jp/kaigirep/chousakai/tohokukyokun/7/pdf/1.pdf>
- [10] 鳩山紀一郎, 平松大輝: 自動車を利用した津波避難方針設計手法に関する基礎的検討, 交通工学論文集, Vol. 1, No. 2, pp. A_172-A_178, 2015.

第5章

「原則徒歩避難」の再考：避難シミュレーションによる車利用包摂シナリオの分析

要旨

第4章では、車避難の問題について、(1) 家族に要支援者がいる世帯は、車を利用したいと考えていること、(2) 要支援者の車利用については、おおむね合意が取れそうであること、さらに、(3) 多くの住民が、車が使える状況であるなら使いたいと思っていること、という三つの仮説を得た。本章では、これらの仮説に基づき、子供や高齢者などの要援護者を有する世帯における車利用の動機を考慮した「原則徒歩避難」の代替案を検討する。また、車利用者を計画の中で認めることを「包摂」、それ以外の車利用者の発生を「逸脱」と定義し、それらが地域全体の避難パフォーマンスに及ぼす影響に着目した分析をおこなう。車利用の問題に関する三つの仮説を表現できるように改良した避難モデルを用いて、住民の避難所要時間と避難完了者数を定量化した結果、本研究の対象地域である万行地区においては、混雑による避難時間の増大は、より速く移動できるという利益に比べると小さいことがわかった。また、どの世帯グループの包摂シナリオにおいても、車利用率が高いほどおおむね避難所要時間が短くなる傾向が明らかになった。しかし、これらは、通過交通や他地区住民の避難による影響を考慮しておらず、また、道路の利用可能性についても平常時と同様に通過できるという仮定があるため、楽観的な結果であることに注意する必要がある。また、各世帯グループの人口、避難者の初期位置の空間分布、および道路ネットワークの形状などの特性から地域に固有の結果が出ていることを考慮した解釈が求められる。

5.1 はじめに

第4章では、車避難の問題について、(1) 家族に要支援者がいる世帯は、車を利用したいと考えていること、(2) 要支援者の車利用については、おおむね合意が取れそうであること、さらに、(3) 多くの住民が、車が使える状況であるなら使いたいと思っていること、という三つの仮説を得た。これらの仮説は、当初本研究の避難モデルにおいて明示的には扱われてこなかったが、「避難実態」に垣間見えた真の意向にも配慮した議論や対策への要求が高まってきており、中心的な課題のひとつとなった。一方で「代替案を用意しても、どうせみんな従わないだろう」というあきらめの声とともに、車避難の問題をできるだけ避けようとする傾向も見えてきた。ここで思考停止することなく、次のステップに進むためには、実行可能な代替案を検討していくことが必要である。

ところで、車避難に伴う問題、その中でも渋滞は、世界各地の沿岸部でもみられる現象であり、インドネシアやチリ、そして日本の近年の災害においても、認識されるようになってきている課題である (Marín et al.,2010[1];Fraser et al.,2012[2];Esteban et al.,2013[3])。ただし、日本の地域防災計画では、交通渋滞や道路閉塞への懸念から、本来は、避難者は徒歩で避難することが原則とされている[4]。(以下、「原則徒歩避難」という)。2012年に改正された交通の方法に関する教則で、「避難のために車を使用しないこと」という文言に「津波から避難するためやむを得ない場合を除き」という条件が追加されたことや、地理的・身体的要因により、車を利用しなければ避難できない住民もいることから、一部の住民に対して車の利用を容認する計画が検討されるようになってきている[4]が、その具体的な検討手法は発展途上である。

その中でも、2017年時点で検討の基礎となっている主要な方法のひとつは、住民の居住地点から選ぶべき移動手段(徒歩・車)を判定して割り当てるものである。たとえば、佐藤ら(2014)[5]は、宮城県亘理町を対象に、歩行者・車の移動速度と避難場所の位置から、行政区ごとに車利用の必要性を試算し、垂直方向の避難によって自動車避難の需要を低減できることを示している。また、鳩山&平松(2015)[6]は、車による避難を検討すべき領域を特定したうえで、安全な場所に到達するまでに必要な「必要避難速度」を地点ごとにもとめ、その値が等しい領域を「等危険度曲線」によって分割し、自動車利用率の目標値を設定する根拠としている。また、看舎ら(2012)[7]は、水害時の車避難において、地域における自動車避難世帯の割合変化に応じて、避難完了時間と被災世帯数がどのように変化するかを分析し、各地域が目標とすべき車利用率を明らかにしている。さらに、社会的に望ましい帰結を最適化問題として定式化することによって、個人の避難行動を内生的に決める研究もある。たとえば、横山(2016)[8]は、時空間拡

張ネットワーク (STEN) [9]のリンク容量制約式に、徒歩と車で異なる換算係数を導入することで歩車混合モデルに拡張し、それぞれの最適な混合率を求めている。また、奥村ら (2017) [10]は、CTM (Cell Transmission Model) [11]をもとにした津波遭遇リスクを最小化する最適化問題に 1 台当たりの平均乗車人数をパラメータとして加えることにより、対象地域で達成すべき 1 台あたりの乗車人数を示している。これを宮城県亘理町の実ネットワークに適用した結果、地域内で使用される車の台数の増加にともない、平均リスク、平均所要時間が増加することを明らかにしている。これらの既往研究[5-7]の知見は、移動手段の制御における規範解を示すものである。

一方、「原則徒歩避難」の実行可能性に関する議論もある。孫ら (2014) [12]は、高知県の二つの地域における災害発生前の避難行動意図に関する調査の結果と、2014 年伊予灘地震における避難行動の実態を比較している。その結果によれば、実際に車で避難した人数は、事前調査のものよりもはるかに多かった。また、佐藤ら (2017) [13]による 2016 年の福島県沖地震津波の避難行動実態調査においても、同様の傾向が見られた。宮城県石巻市では、毎年の市総合防災訓練で「原則徒歩」の津波避難訓練を行っているが、同日避難した人のうち、徒歩が 32.0%であるのに対し、車を利用した人は 54.6%であった。これらの実証的研究[12,13]の知見は、移動手段を制御する政策の実行可能性の困難さを露呈したといえる。

このような住民の好ましくない避難行動については、既往研究の中で、命令への「遵守」(compliance)、あるいは他の住民への「協力」(cooperation)からの逸脱として議論されてきた。

「遵守」という用語は、主に行政などの命令 (order, directive) に従うかどうかを示す場合に用いられる。過去の主要な研究[14-16]は、リスク認知が遵守に影響を及ぼすことを示しており、たとえば、Siebeneck & Cova (2012) [16]は、災害後に地域へ帰還する行動に関する行政の指示を遵守した住民が、逸脱して先に帰還した住民よりも認知していたリスクが高かったことを示している。また、ハリケーンにおいては、避難が必要な地域以外からの避難者の発生が懸念されている[17]。それらは、シャドウ・エバキュエーション (shadow evacuation) [14,18]と呼ばれ、しばしば交通渋滞の原因となることが指摘されてきた[18,19]。

一方、「協力」は、他者や地域全体に何らかの影響を与える行動全般を指す際に用いられることが多い。なお、それらは、利他主義、つまり「ある個人が他者の利益のためにコストを支払うこと[20]」を意味する場合の「協力」の定義と必ずしも一致するものではなく、個人の協力行動、あるいは非協力行動が、集団に利益、不利益あるいはその両

方の影響をもたらす可能性が指摘されている。たとえば、Cirillo(2012)[21]は、道路空間上で個人がグループを作りながら動くことを協力と定義し、協力が全体の避難完了者数にもたらす影響は、空間内の避難者数に応じて正負両方向に傾き得ることを示している。また、浦田(2017)[22]は、個人の意思決定に他者から影響が及ぶことを「協調」と定義し、他者から情報伝達や救助を受ける、あるいは他者の意思決定を参考にすることによって多数派同調バイアスが生じ、全員の避難開始を早める、あるいは遅らせるという結末をもたらすことを示した。また、Zimmerman(2007)[23]、Liu et al.(2012)[24]では、家族のピックアップ行動を「個人的な動機 (self-motivated)」に基づく行動として、過剰な交通需要をもたらすことを指摘している。

これらの研究は、それぞれ異なる進展過程をたどっている。まず「遵守」への問題については、(1) 指示に遵守しない住民数を定量化し、(2) なぜ遵守しなかったのか、その要因を明らかにし、(3-a) 住民側の要因 (e.g. リスク認知など) に対してどのような働きかけができるかを検討する、あるいは (3-b) 指示側 (e.g. 指示の出し方) の要因に対する改善策を検討している。一方、「協力」への問題については、まず (1) どのような非協力的な行動があるかを特定し、(2) それが全体の効率にどのように影響するかを分析し、(3) その影響を包摂する計画を提案している。

「原則徒歩避難」に対して、先に述べた車を許容する既往研究[5-7]の計画指針は、「協力」の問題と同じく、車利用者を地域で包摂する計画に根拠を与えようとするものである。しかし、佐藤ら(2017)[13]が指摘するように、車で避難するという行動は、安全な場所までの距離だけでなく、家族で一緒に避難したい、財産を失いたくないなどのいくつかの動機によって生じている。また、徒歩避難への転換の困難さを定量的に分析した佐々木ら(2014)[25]の研究によれば、車で避難する意向を持った住民の属性のうち、年齢、高齢者の有無、幼児の有無、世帯構成は、特に自動車利用の動機を説明する有力な指標であることが明らかにされている。これらの実態から考えると、居住位置に基づいて割合を定める既往研究における指針は、車を利用したいという住民の動機を十分に包摂しているとは言い難く、その計画から、さらに逸脱が発生する可能性も十分にあり得る。

そこで、本章では、住民の車利用の動機として主要な要因のひとつである世帯構成を考慮した車利用の計画を検討する。なお、本研究では、計画の中に車利用を位置づけることを「包摂する」、許可される人以外が車を利用することを「逸脱する」と定義する。つまり、同じ車利用でも、包摂された行動としての車利用と、逸脱としての車利用を分けて議論する。そのうえで、既往研究[7]の手法と同様の手順によって、車利用を各割合

で包摂するシナリオに応じて、地域住民の避難パフォーマンス (i.e. 避難所要時間と避難完了者数) がどのように変化するかを分析する。

5.2 手法とデータ

避難パフォーマンスの計算には、マルチエージェントモデルによる避難シミュレーションを用いる。そして、各シナリオと避難パフォーマンスの関係性から、「包摂」と「逸脱」が地域全体の避難に及ぼす影響を分析する。また、この枠組みを高知県黒潮町万行地区に適用し、車利用によって生じる課題を具体的に考察する。

5.2.1 マルチエージェントモデルによる津波避難シミュレーションの構成

マルチエージェントモデルでは、エージェントと呼ばれる主体の意思決定機構をモデル化する。エージェントは、他のエージェントや、環境の情報を取得し、それらと相互作用しながら、各タイムステップで意思決定をおこなう。本研究のシミュレーションは、住民の行動をモデル化したエージェントと、避難経路をモデル化した環境によって構成される。第3章で示したシミュレータ (畑山ら,2014[26]) をベースに、歩車混合の相互作用を表現できるように改良した。ソフトウェアは、構造計画研究所の `artisoc4.0`[27,28]を用いた。

(1) 環境の設定

避難経路となる道路は、ネットワーク情報をモデル化する「道路ネットワーク」と、道路の幾何をモデル化する「道路メッシュ」の二種類から構成される。基本的な構成は、第3章で示した通りであるが、本章のモデルでは、建物倒壊の影響は考慮しないものとし、道路は平常時のままの環境を仮定した。

(2) エージェントの行動

歩行者と車の相互作用を表現するため、歩行者と車、異なる意思決定をおこなう二種類のエージェントを導入する。これらのエージェントは、道路上での物理的な動きに関する意思決定のみをおこなう。避難にかかわる意思決定といえ、移動手段のほかにも、出発場所、避難先、使用経路などの様々な要素が考えられるが、本研究では、それらの意思決定は外生的に与え (5.2.2, 5.2.4 参照)、マルチエージェントモデルでは、物理的な相互作用のみを扱う。

エージェントは、式(5.1)または式(5.2)にしたがって、各ステップで次のステップの速度ベクトルを決定する。ここでは、意思決定をおこなうエージェント自身を k とあらわす。エージェント k は、知覚する範囲 (i.e. 歩行者: d_{ped} , 車: d_{car}) の中から、知覚さ

れたエージェント集合 N を形成する。本モデルでは、それぞれの知覚範囲（相互作用する相手を認識する範囲）は、車の場合 10m 以下、歩行者の場合 1m 以下とした。

知覚範囲内にエージェントがない ($N = \emptyset$) 場合は基本移動速度 v_k^b を用いて以下の式(5.1)のように速度ベクトルを決定する。

$$v_k(t + \Delta t) = v_k^b \theta(t) \quad (5.1)$$

一方、知覚範囲内にエージェントがいる ($N \neq \emptyset$) 場合、 k は式(6.2)にしたがって、対峙する相手と、相互作用タイプ（追従、追い越し、すれ違いの三種類）に応じて、速度ベクトルを決定する (Fig. 5-1)。相互作用タイプの違いは、エージェントのタイプに応じて変化する反応強度パラメータ α により表現される (Table 5-1)。

はじめに、エージェント k は、知覚されたエージェントと自分自身の位置座標からユークリッド距離を求め、最近傍エージェント n を特定する。ここで、 k と n の間のユークリッド距離を d_n とおく。さらに、 α と、 t 時点でエージェントがいる道路の方向 $\theta(t)$ を用いて、各ステップの速度ベクトル $v_k(t + \Delta t)$ を求める。

$$\begin{aligned} v_k(t + \Delta t) &= \frac{1}{\alpha} d_n(t) \theta(t) \\ \text{s. t. } \quad \frac{1}{\alpha} d_n(t) &\leq v_k^b \end{aligned} \quad (5.2)$$

α は、地域の道路特性や街路空間要素によって値は大きく異なると考えられる。本研究では、上野ら (2009) の低速域におけるパラメータ調整[29]を参考に、速度-距離の関係式は線形を仮定した。そして、最大知覚範囲では平均速度 v_k^b 、知覚範囲最小値（最小車頭間距離）では速度が 0[km/h]になるように係数 α を求めた。なお、追い越し、すれ違いの場合は、知覚範囲最小値に達した瞬間に、それらの相互作用を完了したとみなし、最近傍エージェントの関係は解消される。

このモデルにより、進行方向にいるエージェントの移動速度に従って速度が遅くなるため、速度低下の伝播、渋滞の発生が表現されるようになっている。

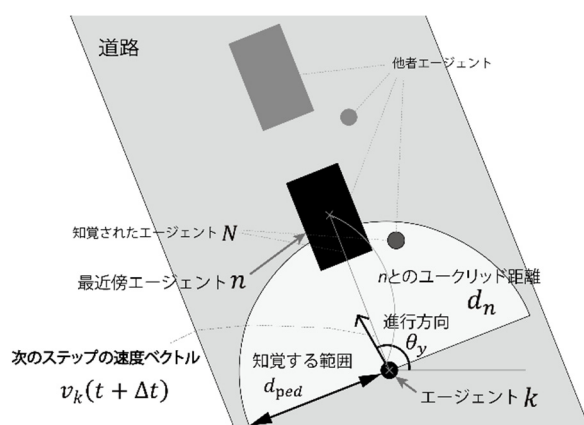


Fig. 5-1 他のエージェントを知覚した場合の速度ベクトル決定方法

Table 5-1 各相互作用におけるエージェントの反応強度

相互作用タイプ	相互作用主体（自分→相手）			
	車→歩行者	車→車	歩行者→歩行者	歩行者→車
追従	25	25	10	10
追い越し	-	-	10	10
すれ違い	30	30	10	10

5.2.2 各世帯の事前の避難意向の調査

本研究では、第3章で示した2012年のインタビュー調査（中居&畑山,2013[30]）の回答をもとに、避難にかかわる意思決定を外生変数として与える。調査の概要をTable 5-2に示す。長期不在などで接触が不可能な世帯を除いた全世帯の、20代以上の住民を対象に、個別面接調査法によって調査をおこなった。Fig. 5-2に、移動手段と避難先の集計結果を示す。移動手段は57%が徒歩、車は21%、その他（自転車、バイク）が10%である。また、避難先としては、33%が、避難タワーなどの地域内の避難先、56%が高台、11%がその他（自宅や、地域内の町民館など、浸水する可能性のある場所）を選んだ。

Table 5-2 調査の概要

調査期間	2012年11月～2013年4月
調査方法	個別面接調査法
対象者	20歳以上の万行地区住民
回答者数, 回答率	251世帯(300人), 100%(入院, 長期不在などを除く全世帯)
個人の属性に関する調査項目	名前 [*] , 年齢 [*] , 世帯構成, 家の場所, 自宅の建築構造(※他の世帯構成員の情報も入手)
避難に関する調査項目	避難先, 移動手段(車, 自転車, バイク, 徒歩), 避難経路, 誰と一緒に避難するか

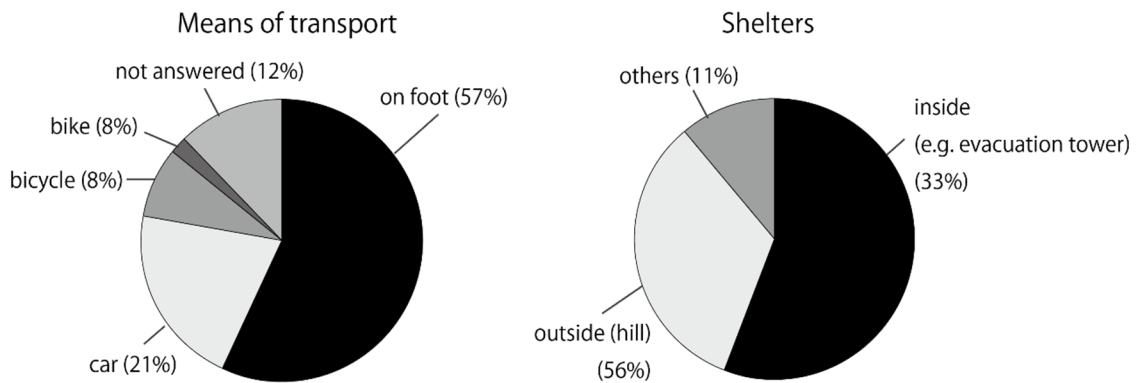


Fig. 5-2 調査結果：移動手段と避難先

5.2.3 車利用包摂シナリオの生成方法

住民全体を世帯構成員の年齢構成に応じて、グループ分けし、各グループにおいてさまざまな割合で車利用者を包摂するシナリオ（以下、「車利用包摂シナリオ」という）を作成する。車利用包摂シナリオは、各グループから「車利用者」を一定の確率でランダムに抽出することにより生成する。

(1) 世帯構成員の年齢構成に応じたグループ分け

世帯構成員の年齢に応じて、地域の全世帯を Table 5-3 に示す四つのグループに分類する。それぞれ、13歳以下の子供を含むかどうか（若年世帯）、65歳以上の高齢者を含むかどうか（高年世帯）、子供・高齢者のいずれも含まない（中年世帯）子供・高齢者の両方を含む（混在世帯）となっている。この分類にしたがい万行地区住民をグループ

化した結果、混在世帯に該当する世帯はなかった。

本研究では、同じ世帯に属する住民は、世帯代表者の意思決定にしたがって同じ行動をとると仮定する。第3章の調査では、ほとんどの住民が家族と一緒に避難すると答えており、既往研究においても、家族が揃っている場合に避難勧告などに対する反応が大きい[31]という知見もあることから、この仮定は概ね妥当であると考えられる。

Table 5-3 各世帯グループの分類方法と万行地区において該当する世帯数

	以下の年齢の世帯構成員を含むかどうか		万行地区において 該当する世帯数
	13歳以下	65歳以上	
若年	○	×	31
中年	×	×	125
高年	×	○	96
混在	○	○	0

(2) 各世帯グループを包摂するシナリオ

各グループから、「車利用者」を一定の確率 p でランダムに抽出する。本研究では、 p を 0.1 から 0.9 まで 0.2 刻みで変化させ、各グループに 5 つずつの包摂シナリオを設定した。

車利用者として抽出された世帯は、2.3 の回答内容にかかわらず、車を利用することとした。なお、避難先の中には避難タワーなどの駐車できない場所もある。そのため、車利用世帯の避難先は、車で行ける高台に限定し、そのうち自宅と避難先のユークリッド距離が最も近い場所に割り当てた。

5.2.4 エージェントの行動モデルのパラメータ

(1) 基本移動速度

車の基本移動速度は、生活道路における平均的な速度である 20[km/h]とした[32]。この地域の歩行者の移動速度は、幼児 (0~6 歳)、子供 (7~15 歳)、大人 (16 歳~) の三つの年齢層に分けて設定した。幼児は、保護者と避難することを仮定し、両親の年齢で速度を設定した。子供と大人の移動速度は、先行研究[33]を参考に、年齢の関数として以下のように設定した。

$$v[\text{m/sec}] = \begin{cases} 0.025 \times \text{age} + 0.5 & (7 \leq \text{age} \leq 15) \\ -0.0023 \times \text{age} + 0.5 & (16 \leq \text{age}) \end{cases} \quad (6.3)$$

(2) 避難開始時刻

住民が家を出て避難を開始する時刻は、地震発生直後、ほぼ同時という仮定を置き、全住民が平均3分後に避難を開始するものとした。具体的な数値の割り当ては、正規分布 $N(\mu, \sigma^2)$ ($\mu = 3, \sigma = 2.5$)からのランダムサンプリングによって設定した。

(3) 移動経路

移動経路は、避難開始位置（自宅）から避難先までの最短経路で設定した。

5.2.5 地域避難パフォーマンスの評価

地域住民の避難パフォーマンスを、避難所要時間と避難完了者数によって定量化し、それらが、各世帯グループの車利用包摂するシナリオに応じてどのように変化するかを分析する。

(1) 避難所要時間を用いた評価

若年の包摂シナリオを h 、中年の包摂シナリオを i 、高年の包摂シナリオを j とする。そして、それらのグループの包摂シナリオはパラメータとし、包摂されるグループ以外の車利用、すなわち逸脱は確率変数として考える。ここでは、各グループにおいて発生する逸脱者の割合を「逸脱率」と定義する。

いま、避難者 k のある包摂シナリオ $\theta(h)$ における避難所要時間は、 $RET_{\theta(h)}^k$ とあらわすこととする。このとき、包摂シナリオ $\theta(h)$ における地域住民全体 (N :住民全体の数)の所要時間の合計(1)-1

$$a_{total} = \sum_{k=1}^N RET_{\theta(h)}^k \quad (6.4)$$

のことを「総所要時間」と呼ぶこととする。また、包摂シナリオ h における地域住民全体の所要時間の平均(1)-2

$$a_{ave} = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N RET_{\theta(h)}^k \quad (6.5)$$

のことを「平均所要時間」と呼ぶこととする。 a_{total} 、 a_{ave} はそれぞれ、ほかの住民の逸脱による変動をうけるため、確率的に分布すると考えられる。そこで、若年包摂シナリオ h における総所要時間を分布として $\epsilon(a_{total}; \theta(h))$ 、平均所要時間は $\epsilon(a_{ave}; \theta(h))$ とあらわすこととする（中年、高年の包摂シナリオはそれぞれ h を i, j に置き替えたものであ

る).

(2) 避難完了者数による評価

避難は、津波が来る前に避難が完了できるかどうか重要である。これは、津波のシナリオ（浸水範囲、浸水深）によって異なるが、ここでは、各住民の避難完了時刻を集計し、各時間帯における避難完了者数を求める。そして、南海トラフ巨大地震で想定される津波到達時刻と照らし合わせる。なお、津波が住宅地に侵入する際の時間進展は考慮せず、30 cm津波の到達時刻によって評価をおこなう。

5.3 結果

本章では、各グループの包摂シナリオが総所要時間 (5.3.1 項) と、平均所要時間 (5.3.2 項) に与えた影響をシミュレーションの結果から示す。ここでは、各シナリオのパフォーマンスの概観を得るため、各包摂シナリオの総所要時間分布 $\epsilon(a_{total}; \theta(h))$ と平均所要時間分布 $\epsilon(a_{ave}; \theta(h))$ の代表値として標本平均（以下、「平均」という）と、標本標準偏差（以下、「標準偏差」という）に着目する。平均は、各包摂シナリオにおいて逸脱があったとしても平均的に得られるパフォーマンス値であり、標準偏差は、逸脱によってパフォーマンスがどの程度変動し得るのかを示す値である。

5.3.1 各世帯グループの車利用包摂シナリオが総所要時間に与えた影響

車避難者と徒歩避難者の避難所要時間の総和をとった総所要時間の結果を Fig. 5-3 に示す。平均は、高齢世帯の包摂シナリオにおいて、0.1 のときに値が低く、その後一度上昇した後、減少する様子が見られる。そのほかの世帯の包摂シナリオでは、おおむね平均は減少傾向にある。一方、各世帯包摂シナリオが 0.1 であるケースを除いて、標準偏差は上昇する傾向がある。

最も平均が小さいのは、中年世帯の 90% を包摂したケースであるが、高年世帯の 10% を包摂したケースも、それと同等程度となっている。最も大きな変動をもたらすのは、中年世帯の包摂である。平均と標準偏差のいずれも、シナリオの変化にともなう値の変動が大きい。ただし、他の年代よりも圧倒的に人数が多いこの世代の行動がより大きな影響を与えるのは当然である。

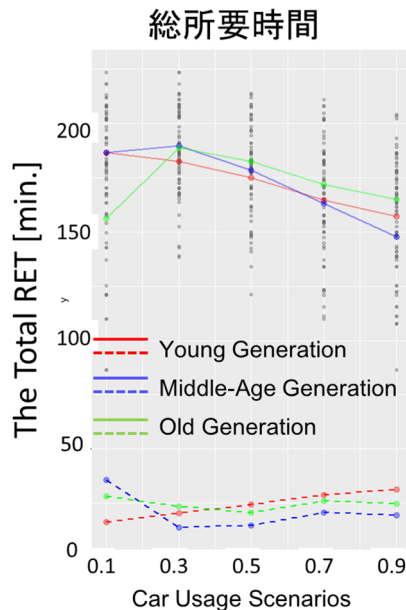


Fig. 5-3 総所要時間の分布

(実線： $\epsilon(a_{total}; \theta(h))$ の標本平均，破線： $\epsilon(a_{total}; \theta(h))$ の標本標準偏差，赤線：若年世帯，青線：中年世帯，黒線：高年世帯)

5.3.2 各世帯グループの車利用包摂シナリオが平均所要時間に与える影響

Fig. 5-4 では、各世帯グループの包摂シナリオが、それぞれ、歩行者、車利用者、避難者全体の平均所要時間に与えた影響を別々に示している。

(1) 歩行者の結果では、若年世帯の車利用率が 0.9 のときに、最も平均が小さくなる。これは、もともと若年者が、避難先として遠い高台を選ぶケースが多かったためであると考えられる。避難所要時間が長かった世帯グループが車を利用することにより、全体の避難所要時間が短くなったと推察できる。一方、中年世帯と高年世帯は、どのシナリオにおいても比較的横ばいの傾向がみられる。

(2) 車利用者の結果では、若年者、中年世帯の車利用率の上昇にしたがって、平均所要時間が長くなっていることが分かる。その程度は 1~2 分程度であるが、車利用者の増加は、車利用者全体の避難所要時間を長くすることがわかる。

(3) 避難者全体は、総所要時間を全住民で平均したものであるため、Fig. 5-3 と同様の結果が出ている。

(4) は、(1) ~ (3) のスケールを揃えて表示したものである。歩行者と車利用者の平均の差は 15 分程度である。車利用者の平均時間は、車利用者が増えるにしたがって上昇しているものの、上昇の程度は歩行者の平均時間の長さに及ぶほどではない。この結

果から、渋滞は許容範囲であるため、全員車を使うほうが良いということが言える。

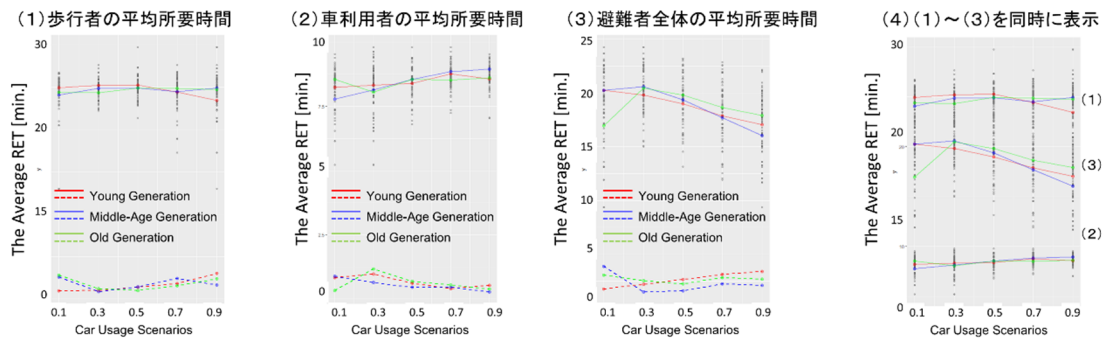


Fig. 5-4 (1) 歩行者, (2) 車利用者, (3) 避難者全体別に見た平均所要時間の分布 (実線: $\epsilon(a_{ave}; \theta(h))$ の標本平均, 破線: $\epsilon(a_{ave}; \theta(h))$ の標本標準偏差, 赤線: 若年世帯, 青線: 中年世帯, 黒線: 高年世帯)

5.3.3 津波の到達時刻を考慮した評価

Fig. 5-5 に、避難完了者数の累積曲線の時系列を示す。ここでは、地震発生直後を 0 としているが、大地震の発生時は数分間揺れが続くことが予想されているため、揺れがおさまるまでの動けない時間の長さ分、曲線が右にシフトすることに留意する必要がある。三つの各グラフでは、各世帯グループの包摂シナリオ (e.g. 若年世帯の包摂シナリオ $h = 0.1, 0.3, 0.5, 0.7$, および 0.9) において、他グループの逸脱も考慮して 25 回計算した結果の平均を示している。

すべての曲線に共通する性質は、最初は完了者数が増えていくが (ステージ 1), その後しばらくの間はほとんど増えないまま時間が経過し (ステージ 2), 再度、完了者数が増えていく (ステージ 3) というものである。また、各包摂シナリオにおける避難完了者数の順位付け、つまり、各時点でどのシナリオが最も多くの避難完了者数を出しているか、をみると、各世帯グループに共通点がある。いずれも、ステージ 1 の途中でそれらの順位付けが入れ替わるタイミングがあり、はじめの 10 分くらいは車利用率が低いものほど完了者数が多いのに対し、その後は車利用率が高い場合の完了者数が多くなっていく。そして、ステージ 2 の段階では、ほとんどの場合に車利用率が高いほど、完了者数が多い。さらに、40 分近く経過したステージ 3 の段階になれば、どの包摂シナリオも大差がなくなっていく。これらの結果は、10 分以内に津波が到達するような状況であれば、徒歩で地区内の避難タワーに行く方が良く、もし 15 分程度の猶予があるのであれば、車で移動するほうがよいということを示唆している。

各グラフを個別にみると、中年世帯の包摂シナリオでは、それぞれの車利用率で大き

な分散が見られるが、若年、高年世帯グループの包摂シナリオではその傾向はみられない。ステージ2に着目すると、中年世帯の車利用率が最も低い ($i=0.1$) ときは、他の世帯の包摂シナリオと比べても最も低い避難完了率で推移しており、最も高い ($i=0.9$) ときは、他の世帯の包摂シナリオと比べても最も高い避難完了率となっている。これも、3.1, 3.2の結果と同様、該当世帯が多いことによる影響である。

2.2で述べたように、万行地区には、地震発生から最短22分程度で津波が到達するといわれている。この場合、住民避難は、ステージ2の段階にあると考えられる。揺れがおさまるまで動けない時間や、その他の避難準備時間を含め、地震発生から出発時刻までに消費する時間が5分以内に収まるのであれば、より多くの住民が車を使うことで多くの住民が助かる可能性がある。

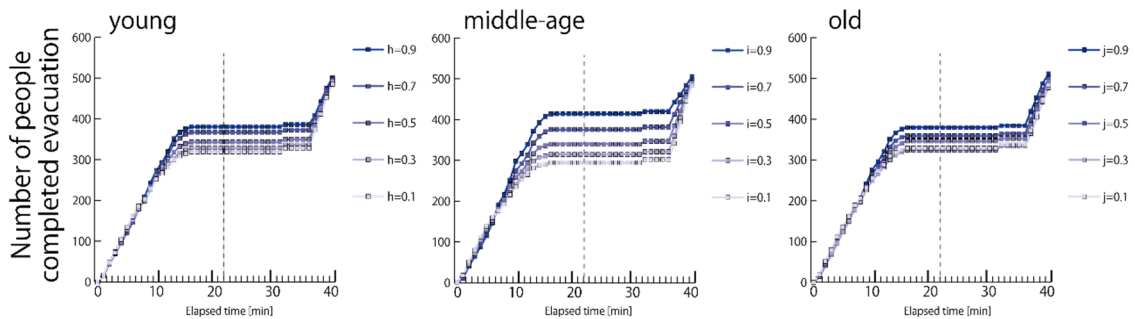


Fig. 5-5 避難完了者数の累積曲線の時系列

5.4 考察

結果から、交通混雑による避難時間の増大は、より速く移動できるという利益に比べると小さいことがわかった。また、どの世帯グループの包摂シナリオにおいても、車利用率が高いほどおおむね平均は改善される傾向にあることがわかった。つまり、万行地区において、津波到達までに少なくとも22分程度の猶予があるとすれば、多少の渋滞は許容しながら、どの世帯グループも高台に向かった方が、良い結果が得られるということがわかった。しかし、本研究の枠組みでは考慮できていない点もあり、今回の結果だけで結論づけることは、早計である。本章では、今後加えて考慮すべき対象地域固有の問題にも言及しながら、「原則徒歩避難」の代替案作成の枠組みについて、本研究が貢献した「計画の具体化」と「頑健性の確保」について提言をおこなう。

5.4.1 対象地域の固有の問題

まず、車利用率が高ければ高いほど地域全体の避難パフォーマンスは改善し、渋滞による負の影響はあまり問題ではないという今回の結果が、地域固有の結果であることに

注意しておきたい。特に、各世帯グループの人口、避難者の初期位置の空間分布、および道路ネットワークの形状などは地域特性が出やすい。

万行地区では、若年世帯が、比較的沿岸部に近く避難先から遠いエリアに住んでいる。また、小さな子供を避難させるため、吹きさらしの避難タワーよりも、建物のある高台を避難先として選ぶ人が多い。ここで、車を使わない場合は徒歩で長距離を移動することになるため、避難に時間がかかっている。若年世帯は少数ではあるが、彼らの車利用が歩行者の平均所要時間を改善するのは、この特性も影響していると考えられる。また、道路ネットワークの形状も地域固有の結果を生んでいる可能性がある。この地区には、高台に向かう道路が地域の両端に二か所あり、地域住民が二分される。どちらかに殺倒することがなければ、問題となるほどの渋滞は起きにくい。万行地区と同様の特性をもつ地域については、似たような結果が出ることも考えられるが、このような結果が一般的とはいえない。

一方、今回の分析におけるいくつかの仮定については、今後、注意深く検討する必要がある。一つ目は、道路ネットワークの利用可能性である。今回は、平常時と同様にすべてのリンクが接続されていると仮定した。しかし、先行して起こる地震による建物倒壊や、渋滞に耐えかねた車利用者の乗り捨て、事故などによって、通れなくなる箇所もあると考えられることから、それらの可能性は別途検討する必要がある。二つ目は、他地区住民の避難行動と通過交通による影響である。本研究が対象とする万行地区は、他の地区と道路を共有する部分があり、交通量の多い県道も通過しなければならない。今回のシミュレーションではそれらの影響は含まれていないため、実際よりも楽観的な結果が出ている可能性が高い。

5.4.2 車利用を包摂する計画の具体化と頑健性の確保

「原則徒歩避難」に代わる、車利用を包摂する代替案の作成において、本研究が貢献した点が二つある。ひとつは、「計画の具体化」、もうひとつは「頑健性の確保」である。

居住地ごとに目標車利用率を設定する既往研究においても、「計画の具体化」がなされてきていたと言えるが、本研究では、住民の属性（世帯構成）ごとに車利用を包摂した場合、全体にどのような影響が及ぶかを分析した。そして、各世帯の包摂が、全体にもたらす影響の程度を、具体的に明らかにすることができた。たとえば、Fig.6 において、比較的少数派である若年者や高齢の車利用を包摂する場合でも、パフォーマンスの平均を 3~4 分変化させることや、逸脱によって 15 分程度の変動が起りうることを示すことができた。

既往研究では、高齢者や子供など要援護者を持つ世帯は車を利用する動機がより大きいことが示されているが、彼らが「使いたい」という動機を持っているということと、「使った方が良い」という今回の結果は整合していた。今回の万行地区のケースでは、「使いたい人」と「使うべき人」が一致しないというような問題は現れなかったが、本研究の分析の枠組みを用いれば、このような動機（誰が使いたいのか）—規範（誰がつかうべきなのか）のギャップを明らかにすることもできる。これまでの「原則徒歩避難」に関する議論では、「皆車を使いたい」「皆車を使うべきではない」という対立する二つの主張の間に漠然としたギャップがあった。しかし、属性別グループの包摂シナリオを作成し、避難パフォーマンスへの影響を定量化することで、「皆」を「若年世帯」「中年世帯」「高年世帯」など、より具体的な行為主体に落とし込むことができた。

また、住民の車利用に対する動機の強さを考慮した代替案は、逸脱による計画効果の不確実性を低減できる可能性がある。住民の動機を考慮せずに車利用を包摂する計画を定めた場合、車利用の動機を潜在的にもった逸脱者が発生すると考えられる。しかし、最初から動機に応じて車利用者を包摂する計画を立てておくことで、逸脱を抑制し、不確実性を減らし、頑健性を確保した代替案が作成できると考えられる。

5.5 本章のまとめ

本章では、第4章で車避難の問題に関する三つの仮説—(1) 家族に要支援者がいる世帯は、車を利用したいと考えていること、(2) 要支援者の車利用については、おおむね合意が取れそうであること、さらに、(3) 多くの住民が、車が使える状況であるなら使いたいと思っていること—に基づき、子供や高齢者などの要援護者を有する世帯における車利用の動機を考慮した「原則徒歩避難」の代替案を検討した。また、車利用者を計画の中で認めることを「包摂」、それ以外の車利用者の発生を「逸脱」と定義し、それらが地域全体の避難パフォーマンスに及ぼす影響に着目した分析をおこなった。車利用の問題に関する三つの仮説を表現できるように改良した避難モデルを用いて、住民の避難所要時間と避難完了者数を定量化した結果、本研究の対象地域である万行地区においては、混雑による避難時間の増大は、より速く移動できるという利益に比べると小さいことがわかった。また、どの世帯グループの包摂シナリオにおいても、車利用率が高いほどおおむね避難所要時間が短くなる傾向が明らかになった。

しかし、これらは、通過交通や他地区住民の避難による影響を考慮しておらず、また、道路の利用可能性についても平常時と同様に通過できるという仮定があるため、楽観的な結果であることに注意する必要がある。また、各世帯グループの人口、避難者の初期

位置の空間分布、および道路ネットワークの形状などの特性から地域に固有の結果が出ていることを考慮した解釈が求められる。一方で、本研究における住民の車利用に対する動機の強さを考慮した「原則徒歩避難」の代替案作成方法は、対応すべき行為主体を具体化し、逸脱の可能性を減らし、頑健性のある計画づくりに資することができる。より簡便な計算方法によってこの手法を実現することで、避難パフォーマンスに影響を与える他の要因を取り入れることができ、他地域への適用可能性も広がると考えられる。

参考文献

- [1] Marín AS, Gelcich S, Araya G, Olea G, Espíndola M, Castilla JC: The 2010 tsunami in Chile: Devastation and survival of coastal small-scale fishing communities, *Marine Policy*, Vol. 34, pp. 1381–1384, 2010.
- [2] Fraser S, Leonard G, Matsuo I, Murakami H: GNS Science Report Tsunami evacuation: Lessons from the Great East Japan earthquake and tsunami of March 11th 2011, 2012
- [3] Esteban M, Tsimopoulou V, Mikami T, Yun NY, Suppasri A, Shibayama T: Recent tsunamis events and preparedness: Development of tsunami awareness in Indonesia, Chile and Japan, *International Journal of Disaster Risk Reduction*, Vol. 5, pp. 84–97, 2013.
- [4] 中央防災会議防災対策推進検討会議津波避難対策検討ワーキンググループ: 津波避難対策検討ワーキンググループ 報告, 2012
- [5] 佐藤翔輔, 今井健太郎, 大野晋, 齋正幸, 松尾敏彦, 板原大明, et al.: 徒歩と自動車を組み合わせた津波避難計画の策定 —宮城県亘理町における実践—, *土木学会論文集B2 (海岸工学)*, Vol. 70, No. 2, pp. 1371–1375, 2014.
- [6] 鳩山紀一郎, 平松大輝: 自動車を利用した津波避難方針設計手法に関する基礎的検討, *交通工学論文集*, Vol. 1, No. 2, pp. A_172-A_178, 2015.
- [7] 看舎邦亮, 松見吉晴, 達川剛, 藤井俊久, 太田隆夫: 高齢社会における車両による避難誘導について, *土木学会論文集F6 (安全問題)*, Vol. 68, No. 2, pp. I_24-I_29, 2012.
- [8] 横山宗一郎, 安藤宏恵, 倉内文孝, 杉浦聡志: 徒歩 と自動車の混合モードにおける津波最適避難計画モデル, *土木計画学 研究・講演集(CD-ROM)*, Vol. 53, No. 59, 2016.

- [9] 倉内文孝: STEN (Space-Time Extended Network) を用いた最適津波避難計画モデルの構築, 土木計画学 研究・講演集(CD-ROM), Vol. 50, No. 70, 2014.
- [10] 奥村誠, 片岡侑美子, 金進英: 津波遭遇リスクを最小化する自動車避難最適化モデル, 土木学会論文集D3 (土木計画学), Vol. 73, No. 5, 2017.
- [11] Daganzo CF: The cell transmission model: A dynamic representation of highway traffic consistent with the hydrodynamic theory, *Transportation Research Part B: Methodological*, Vol. 28, No. 4, pp. 269–287, 1994 Aug 1.
- [12] 孫英英, 中居楓子, 矢守克也, 畑山満則: 2014年伊予灘地震における高知県 沿岸住民の避難行動に関する調査, *自然災害科学*, Vol. 33, No. 1, pp. 53–63, 2014.
- [13] 佐藤翔輔, 今村文彦, 相澤和宏, 横山健太, 佐藤勝治, 岩崎雅宏, et al.: 宮城県石巻市における2016年11月22日福島県沖の地震津波による避難行動実態, *土木学会論文集 B2 (海岸工学)*, Vol. 73, No. 2, pp. 1603–1608, 2017.
- [14] Dash N, Gladwin H: Evacuation Decision Making and Behavioral Responses: Individual and Household, *Natural Hazards Review*, Vol. 8, No. 3, pp. 69–77, 2007.
- [15] Stein R, Buzcu-Guven B, Dueñas-Osorio L, Subramanian D, Kahle D: How Risk Perceptions Influence Evacuations from Hurricanes and Compliance with Government Directives, *Policy Studies Journal*, Vol. 41, No. 2, pp. 319–342, 2013 May 1.
- [16] Siebeneck LK, Cova TJ: Spatial and Temporal Variation in Evacuee Risk Perception Throughout the Evacuation and Return-Entry Process, *Risk Analysis*, Vol. 32, No. 9, pp. 1468–1480, 2012.
- [17] Sorensen JH, Mileti DS: Warning and evacuation: answering some basic questions, *Industrial Crisis Quarterly*, Vol. 2, No. 3–4, pp. 195–209, 1988.
- [18] Dow K, Cutter SL: Emerging hurricane evacuation issues: hurricane Floyd and South Carolina, *Natural Hazards Review*, Vol. 3, No. 1, pp. 12–18, 2002 Feb.
- [19] Yi W, Nozick L, Davidson R, Blanton B, Colle B: Optimization of the issuance of evacuation orders under evolving hurricane conditions, *Transportation Research Part B: Methodological*, Vol. 95, pp. 285–304, 2017.
- [20] Rand DG, Nowak MA: Human cooperation, *Trends in Cognitive Sciences*, Vol. 17, No. 8, pp. 413–425, 2013.

- [21] Cirillo ENM, Muntean A: Can cooperation slow down emergency evacuations?, *Comptes Rendus Mécanique*, Vol. 340, No. 9, pp. 625–628, 2012 Sep.
- [22] 浦田淳司, 羽藤英二: 豪雨災害時の避難開始選択における他者避難と人的ネットワークの影響評価, *土木学会論文集D3(土木計画学)*, Vol. 73, No. 1, pp. 24–39, 2017.
- [23] Zimmerman C, Robert B, Jordan K: Using highways for no-notice evacuations: routes to effective evacuation planning primer series, 2007
- [24] Liu S, Murray-Tuite P, Schweitzer L: Analysis of child pick-up during daily routines and for daytime no-notice evacuations, *Transportation Research Part A journal*, Vol. 46, pp. 48–67, 2012.
- [25] 佐々木麻衣, 氏原岳人, 阿部宏史, 鈴木理恵: 南海トラフ巨大地震を想定した津波避難における自動車利用意向とその動機及び抑制可能性, *都市計画論文集*, Vol. 49, No. 3, pp. 861–866, 2014.
- [26] 畑山満則, 中居楓子, 矢守克也: 地域ごとの津波避難計画策定を支援する津波避難評価システムの開発, *情報処理学会論文誌*, Vol. 55, No. 5, pp. 1498–1508, 2014.
- [27] 兼田敏之(編者代表), 構造計画研究所 創造工学部, 名古屋工業大学 兼田研究室 (著者): *Artisocで始める歩行者エージェントシミュレーション: 原理・方法論から安全・賑わい空間のデザイン・マネジメント*, 書籍工房早山, 2010.
- [28] 山影進: *人工社会構築指南(シリーズ人工社会の可能性1)*, 書籍工房早山, 2008.
- [29] 上野秀樹, 平田洋介, 大場義和: 交通現象を高精度で再現できるマイクロ交通流シミュレータ, *東芝レビュー*, Vol. 64, No. 4, pp. 23–26, 2009.
- [30] 中居楓子, 畑山満則: 住民の避難行動の分析および地域住民との連携による避難計画の検討と評価 : 高知県黒潮町における 災害リスクコミュニケーションの事例研究, *土木計画学研究・講演集*, Vol. 47, pp. CD-ROM(54), 2013.
- [31] Sorensen JH: Hazard warning systems: Review of 20 years of progress, *Natural hazards review*, Vol. 1, No. 2, pp. 119–125, 2000.
- [32] 稲垣具志, 寺内義典, 橋たか, 大倉元宏: 生活道路における地区関係者と抜け道利用者の 走行速度比較分析, *土木学会論文集D3 (土木計画学)*, Vol. 70, No. 5, pp. I_933-I_941, 2014.
- [33] 伊藤元, 長崎浩, 丸山仁司, 橋詰謙, 中村隆一: 健常男子の最大速度歩行時にお

ける歩行周期の加齢変化, 日本老年医学会雑誌, Vol. 26, No. 4, pp. 347-352,
1989.

第6章

コラボラティブ・モデリングの成果：

「成解」に着目した考察

要旨

本研究では、高知県黒潮町における実践を通じて、「災害リスクやその変化、あるいはそれに関する知識や認識の変化に対し、地域の対処能力をいかに構造化するか」という仮説を検証するための材料を提供してきた。また、第5章までは、住民の「避難意向」の調査、マルチエージェントモデルによる避難シミュレーションの構築、勉強会や避難訓練による実践、実際の避難行動、ワークショップなどの一連の実践とともに、新たなシミュレーションのあり方—現実世界に影響を与える、シミュレーションモデルを更新する—の実例を見てきた。本章では、これらの実践について、当事者、研究者、行政、そしてシミュレーションによるコラボラティブ・モデリングから得られた成果を整理する。まず、コラボラティブ・モデリングの具体的成果と、その成果を生み出したドライブについて、実践の中でおこなわれた関係者間の対話に着目して考察する。また、本研究の特色のひとつである、津波避難シミュレーションに着目し、「成解」の創出における役割についても考察する。つぎに、2014年度から日本各地で進められるようになっている地区防災計画の枠組みを紹介し、インターローカリティの観点から、本研究の実践で得た知見の社会的位置づけを考察する。最後に、コラボラティブ・モデリングの実践についての省察をおこなう。

6.1 はじめに

2011年の東日本大震災の発生、南海トラフの巨大地震の「新想定」は、地域の防災対策の考え方を根本から揺るがす大きな出来事であった。高知県黒潮町では、改修したばかりの中学校が「新想定」では浸水することになった、避難に対して「もうあきらめた」という住民が出てくるなど（第1章参照）、ある役場職員の回顧によれば「これまでの防災対策を全否定された」と思うようなイベントの連続であった。

しかし、新想定が発表された2012年から5年が経過した現在、高知県黒潮町における災害リスクは大きく変化してきている。役場のリーダーシップによる避難道の整備、避難タワーの整備などにより、住民が災害時にとれる選択肢は格段に増えた。また、杉山ら(2017)[1]による地区ごとの家具固定の取り組みや、李ら(2017)[2]、斉藤ら(2017)[3]の報告にもあるように、地区の防災活動を精力的に進めている地域も多くあり、地域の脆弱性は減ってきていると考えられる。しかし、一方で、筆者が黒潮町にかかわり始めた頃には13,000人だった町の人口は、2017年11月30日現在、11,436人に減っていることや、高齢化により車を必要とする人が増えていることなど、新たな問題も生成されてきている。このように、常にリスクは増えたり減ったりしながら、変化していると言ってよいだろう。

さて、本研究では、第3章から第5章を通じて、対象となる災害リスクやその変化に対し、地域の対処能力をいかに構造化すべきか、という問いに基づいて、実践的な研究をおこなってきた。また、そのアプローチとして「コラボラティブ・モデリング」をキーワードに、住民と研究者、第三者が共同で想定およびそれに基づいた計画代替案をモデル化してきた。

この取り組みの成果はいかなるものであつたらうか。本章では、住民と研究者、行政によるコラボラティブ・モデリングの成果について考察する。

6.2 コラボラティブ・モデリングの評価軸

6.2.1 防災の取り組みの評価の問題

防災の研究、特にモデルを使って記述的に予測をおこなう研究においては、「災害が起こらないとモデルの正当性が評価できない」ということがたびたび指摘される。また、そのモデルによって検討される計画代替案にも「災害が起こらないと正当性が評価できない」という同様の問題が起こる。たとえば、避難シミュレーションであれば、そのシミュレーションモデルが本当に現実を正しく表現できているかどうかは、実際に計測してみないとわからない。平常時の交通予測の研究であれば、モデルを使って予測した交

通量に対し、実際に計測を行ってみて、パラメータのキャリブレーションや、結果の答えあわせをおこなうことができる。つまり、モデルの正当性を実験によって確かめることができる。しかし、災害時の交通を扱うシミュレーションでは、実際に津波を発生させたり、全住民に避難をさせたりすることはほぼ不可能である。

それでは、津波避難のモデルや、そのモデルによって記述される計画代替案は、どのように評価すべきであろうか—これについてのひとつの考え方が、「アダプティブ・マネジメントの枠組みでは、『正解』ではなく『成解』を作る」というものである（第2章参照）。アダプティブ・マネジメントでは、本研究で扱ってきた津波避難のように、不確実性が高く予測困難な対象は、モデルによって記述される世界について、唯一の「正解」があるとは考えない。むしろ、現在の計画代替案が不完全であることを認めたとうえで、そこに置かれている想定の妥当性や、計画代替案の有用性から、意思決定をおこなう当事者にとって当面成立可能で、受容可能な計画代替案である「成解」を構築することが重要とされる。この観点から、本章では、コラボラティブ・モデリングの成果としての「成解」を整理したうえで、「成解」を生み出したドライブについて、実践の中でおこなわれた関係者間の対話に着目して考察する。また、本研究の特色のひとつである、津波避難シミュレーションに着目し、「成解」の創出における役割についても考察する。

6.3 コラボラティブ・モデリングによる「成解」の形成

6.3.1 形成された計画代替案

Table 6-1 に、一連の実践で得られた津波避難の課題と、それに対する代替案を示す。「計画代替案」に示している「実施者」については、それぞれ、行政に任せなければならないことと、住民がすべきことを分けて示している。

まず、第3章では、全員が回答したとおりに避難すると仮定したシナリオを「現状シナリオ」としたうえで、津波避難シミュレーションを用いて (1) 津波到達までに全員の避難が完了しない、(2) 家が離れている親族を迎えに行くことによる避難時間の増大の問題を指摘した。さらに、避難行動意向調査と住民との対話から、(3) 家を出発するまでの時間を短く見積もりがちではないか、(4) 要援護者がタワーに昇れないのではないかと、という問題を指摘した。これに対し、計画代替案として、(a) 乗り合いバス・乗り合いタクシーの導入、(b) 避難先の変更、(c) 親族のピックアップ行動を廃止、(d) 避難開始時刻を改善する（意識向上、家具固定、耐震化）、(e) 避難タワーでの要援護者の救援の5つを提案した。

次に、第4章では、伊予灘地震時の避難行動実態が、第3章の「現状シナリオ」とは

異なり、(5) 多くの人が実際は車を利用していたこと、(6) 渋滞が発生したことの二点の問題が指摘された。そこで、第4章の車を利用した訓練とワークショップ、第5章の津波避難シミュレーションでは、(f) 徒歩で避難タワーを利用できるよう、避難タワーへのスロープ設置、(g) 徒歩で避難タワーを利用できるよう、障害者も登れる支援方法を考える、(h) 車を使って避難する、(i) 橋の耐震診断と補強、(j) 災害時の信号の制御を考える、(k) 松原の木が倒れてこないように整備する、(l) ブロック塀撤去の経済的補助、(m) ブロック塀の撤去、(n) 路上駐車を減らす、(o) 避難路の増設を検討する、(p) ガラスの飛散防止等、(q) 高台での誘導、について検討を進めた。

多くの代替案について、検討が行なわれたが、当事者にとって当面成立可能で、受容可能な計画代替案である「成解」となり得るものは、これらのすべてが該当するわけではない。住民のすべきこととして、(b) 避難先の変更については避難訓練などで検証してきたが(3.5.1 項参照)、「たぶんその計画代替案には従わないと思う」という意見があった。また、(c) 親族のピックアップ行動を廃止し、隣人に救援を依頼することについては、「危険を冒すようなことを人には頼めないから、やはり自分で助けに行くしかない」という意見が聞かれ、(a) 乗り合いバス・乗り合いタクシーの導入についても、「誰がドライバーとなるのか、ドライバーとなる人がいざというとき本当に来るかわからない」などの理由から「現実的ではない」という意見が多かった。さらに、行政のすべきこととして、(j) 災害時の信号の制御を考える、(k) 松原の木が倒れてこないように整備する、という点については、それぞれ警察と国の管理下にあるため、まだ実施には至っていない。

一方、いくつかの代替案については、実施に向けた取り組みが進んでいる。(e) 避難タワーでの要援護者の救援については、筆者が6年間毎年参加している地区の避難訓練を見たところ、提案されたような救援が自然となされている様子が見られた。また、(d) 避難開始時刻を改善する(意識向上、家具固定、耐震化)という点についても、少なくとも筆者らと関わっていた人のほとんどが事前の避難準備の徹底をするようになったほか、耐震化をおこなう人もいた。さらに、行政のすべきこととして、(l) ブロック塀撤去の経済的補助は既に補助金による支援のスキームが構築されている。(o) 避難路の増設については、2018年1月の黒潮町役場の移転にともなう周辺道路の計画において、避難路としての活用を視野に入れた検討もなされている。

特に、社会的な協力を要するもの、例えば車の利用方法などについては、「成解」と言えるような代替案はまだ得られていない。しかし、個人的に行える代替案については、いくつかのものが「成解」として受け入れられ、実施に向けた取り組みが進んでいる。

Table 6-1 明らかになった問題と計画代替案

明らかになった問題		計画代替案		
発見のきっかけ	明らかになった問題	形成のきっかけ	実施者	計画代替案
シミュレーション	(1) 津波到達までに全員の避難が完了しない	→	シミュレーション	住民 (a) 乗り合いバス・乗り合いタクシーの導入
			シミュレーション	住民 (b) 避難先の変更
シミュレーション	(2) 家が離れている親族を迎えに行くことによる避難時間の増大	→	シミュレーション	住民 (c) 親族のピックアップ行動を廃止
調査中の対話	(3) 家を出発するまでの時間を短く見積もりがち	→	シミュレーション	住民 (d) 避難開始時刻の改善(意識向上, 家具固定, 耐震化)
調査中の対話	(4) 要援護者がタワーに昇れないのではないか	→	調査・シミュレーション	住民 (e) 避難タワーでの要援護者の救援
伊予灘地震調査	(5) 多くの人が実際は車を利用していったこと	→	訓練・ワークショップ	行政 (f) 徒歩で避難タワーを利用できるように、避難タワーへのスロープ設置
			訓練・ワークショップ	住民 (g) 徒歩で避難タワーを利用できるように、障害者も登れる支援方法を考える
			シミュレーション	住民 (h) 車を使って避難する
伊予灘地震調査	(6) 渋滞が発生したこと	→	訓練・ワークショップ	行政 (i) 橋の耐震診断と補強
車を利用した訓練	(7) 道路の閉塞や障害		訓練・ワークショップ	行政 (j) 災害時の信号の制御を考える
			訓練・ワークショップ	行政 (k) 松原の木が倒れてこないように整備する
			訓練・ワークショップ	行政 (l) ブロック塀撤去の経済的補助
			訓練・ワークショップ	住民 (m) ブロック塀の撤去
			訓練・ワークショップ	住民 (n) 路上駐車を減らす
			訓練・ワークショップ	行政 (o) 避難路の増設を検討する
			訓練・ワークショップ	住民 (p) ガラスの飛散防止等
	訓練・ワークショップ	高台住民 (q) 高台での誘導		

6.3.2 「成解」を生み出すドライブ

万行地区における一連の実践や対話の中には、「成解」を生み出すいくつかのドライブがあった。たとえば、当事者と当事者の対話、研究者と当事者の対話、当事者と役場職員の対話、シミュレーション、メディアによる報道、伊予灘地震の経験などが挙げられる。いずれも、実践にかかわる各主体が、対話や経験を通じて、自分の当初の考えとは異なる考えや経験に接する機会を得ていたことがうかがえる。

研究者と当事者の対話

研究者と当事者の対話は、第3章で示したような全戸悉皆調査でのインタビューや、勉強会、避難訓練などの、意図して設けた機会だけではなく、研究者が住民の活動に参加する機会—お花見や紅葉狩り、保育園へのお迎え、子供会への参加など—、あるいは当事者が研究者の活動に参加する機会—調査に同行する、調査の集計を手伝うなど—といった、さまざまな場面でおこなわれた。

研究者と当事者の対話の中でも、特に主要なきっかけを提供した経験としては、研究

者の調査に当事者が同行することによる対話である。筆者（研究者）は、調査を始めた2012年の秋に、同行してくれたある住民（役場職員）から「私の仕事はアンケートを取ることだから、他のことはどうでもいい、とか思いよらせんかね」「防災も、生活も歴史も全部つながっちゃうよ」と諭された経験がある。これは、よく話す住民とのインタビューが長引き、もはや津波避難行動とは関係ないと思えるような話に対し、筆者が眠気を覚えていたタイミングで言われたことである。調査の目的は、津波避難シミュレーションに使うパラメータの収集と津波避難行動に関する情報を集めることであり、それを遂行するための調査員として地域に入っていると認識していた筆者にとって、それ以外のことに関心を持つ余裕はなかった。

しかし、上記の指摘を受けて、住民の生活の総体について対話するようになってからは、通常研究者が考える「防災」や「津波避難」の問題が、住民にとっては「生活」と切り離せるものではないということが分かった。また、「津波避難」という対象を切り離して構造化すること（たとえば、津波の挙動、家から避難先までの人々の挙動、地域の避難環境の状況などの構成要素を主とした問題としてとらえること等）は、あくまで研究者の見ているフレームに過ぎない、という発見があった。

その最も顕著な例が、第3章で検証した「高齢者や足の悪い人が避難タワーに昇れない」という問題である。この問題は、住民同士の雑談や余談を聞いていたことで明らかにされた問題のひとつである。ここで、半構造化インタビューによる調査を、仮に郵送調査で実施していれば、あるいは調査項目以外の対話を許容しないものであったら、問題の表出化（3.4.2 項参照）、シミュレーションによる検証と代替案の構築（3.4.4 項参照）、訓練による検証（3.5.1 項参照）する機会などは得られなかったと考えられる。

また、代替案の実現にあたり、住民の日頃の生活を知ることで、現実的な制約について考えることができた。たとえば、万行地では路上駐車が非常に多いという問題がある。特に、町営住宅に住んでいる住民は、各戸に駐車スペースが設けられているのにもかかわらず、多くの住民はそれを利用せず、路上駐車をしているのである。これは、住民の生業に強く影響するものである。万行地区では、ラッキョウ農業を職業としている人が多く、収穫したラッキョウの処理をするのに、屋根がついている駐車スペースは利便性が良いため、車が路上駐車されている。また、5段高く積み上げられたブロック塀も、災害時に道路に障害をつくる要因になりうるが、隣近所との距離が近く、プライベートを守りたいという生活上の理由がある。このように、「路上駐車をやめる」「ブロック塀を撤去する」という、「高台移転」などと比較すれば一見容易にも見える対策も、生活上のさまざまな制約から困難が生じており、解決には地域の文化的な背景にまで踏み込ま

なければならない場合もあるということがわかった。

当事者と当事者の対話

当事者と当事者などのように、同じ立場の者が対話をおこなうとき、しばしば意見が互いに同調し、むしろ、ひとつの固定化して動かないアイデアが形成されてしまうことがある。地域役員を務めているある住民は、万行地区の避難タワーの建設地をめぐる、役場と住民が葛藤した際、「ある住民が、あそこは危ない、こっちに建てろと言いついたら、みんなして同じことを言うようになる」と述べており、地域住民の集会についての苦勞を語っていた。しかし、そのような力は、同時に役場が作り上げた避難タワー計画の枠組みを揺さぶるドライブにも成り得たと考えられる。

また、そのような当事者間の対話から生まれるドライブは、新たな計画の実現につながる可能性もある。たとえば、ブロック塀撤去の対策について、万行地区では「皆がプライバシーの配慮からブロック塀が必要であると思っているから、ブロック塀撤去は難しい」と、役場職員、地域住民含め多くの人が思いこんでいる。しかし、個別に話を聞いてみると、「撤去した方がよい」「撤去できるならしたいけど、町営住宅だから勝手にはできない」などという声も多く、撤去に否定的な声はほとんど聞かれなかった。多くの人々は、ブロック塀撤去という対策について、ある程度問題意識を持っているものの、それを自分一人が言い出したところで「どうせ変わらない、実行は難しい」と考えており、なかなか実行に移せないという状況になっていると考えられる。これは、「想定外の罠」のように、人々が「住民がブロック塀の撤去に取り組むということは異例、通常行われないうことである」という認識に無意識に陥っており、住民が主体的に実施する代替案としてなかなか合意を得られないことの一例といえる。もちろん、実行にかかる時間や費用のコストの問題もあるが、対話によって「ブロック塀を撤去したい」という意見を多くの人の共通認識としていくことで、実現し得る対策のひとつであると考えられる。

当事者と役場職員の対話

第1章では、黒潮町のある住民が、「新想定」の発表後に詠んだ短歌を紹介した。この短歌を詠んだ住民は、秋澤香代子さんという80代の女性である。2012年時点の短歌「大津波 来たらば共に 死んでやる 今日も息が言う 足萎え吾がに」(Fig. 6-1の右の写真)では、大津波の脅威を前に「あきらめ」の気持ちが見える。しかし、2013年の後半に再び詠んだ短歌「この命 落としはせぬと 足萎えの 我は行きたり 避難訓練」では、「あきらめ」というより、「あきらめない」という気持ちが表現されている(Fig. 6-1の右の写真)。

このような心境の変化には、いくつかの理由が考えられる。しかし、2012年から、避難道などのインフラ整備、防災思想の設定など、着々と防災対策を進めてきた行政の働きや、6.4で紹介する黒潮町独自の取り組みである地域担当制（役場職員と地域住民から成る地域コミュニティの組織）（友永,2013[4]）などの働き、また、それらの実践を通じた行政と住民の対話が、このような前向きな気持ちを生み出した可能性がある。実際に、避難タワーや避難道の建設について、「役場はよく頑張っている」と評価している住民は多い。また、「避難先が新たにできたから、安心した」という声もあった。それらの意見を聞く限り、黒潮町では、筆者が関わっている5～6年間だけを見ても、行政と住民の信頼関係が着々と築かれているように思われる。この信頼関係に基づいた役場職員と住民の対話や対策は、「逃げない」という住民が「逃げる（逃げられるように努力する）」と考えるようになった事例のように、当事者ができる範囲での「成解」を見つけ出すドライブのひとつになっていたのではないかと考えられる。



題名:「大津波」(2012年)

題名:「避難訓練」(2013年)

Fig. 6-1 秋澤香代子さんの短歌（左：2012年，右：2013年）

津波避難シミュレーション

津波避難シミュレーションの役割のひとつは、計画にかかわる関係者が持っている仮説や前提知識を、比較的容易に思考実験できることである。第3章や、第5章で示したように、モデルの構造やパラメータを変更することにより、対象について様々な視点から検証することができた。たとえば、第3章では、「新想定」に基づいて津波の挙動

をシミュレートすることにより、住民は国が発表した津波の想定がどのようなものか、行政の計画はどのような想定に基づいているのかが可視化された。また、地域住民へのインタビュー調査に基づいて人の行動をシミュレートすることにより、行政、研究者は、地域住民が、現段階でどのように行動しようとしているかがわかるようになった。これらの思考実験により、計画の背後に置かれる仮説や前提知識の妥当性や、関係者間の相違について、検証することができた。

また、現状では津波から逃げ切ることが不可能と絶望する住民に、逃げられるような希望的なケースについて思考実験し、示すこともできた。たとえば、第3章では、避難開始を早くする、避難場所を変える、車を利用するなどの対策を組み合わせることで、全員が逃げ切れるシナリオを示した。これにより、「自分は避難できない、できることはない」と考えていた人に「生き残れる」というケースもあること、また、具体的に何を実行すればそこで示される希望的なケースが現実的になるのか、ということを示唆することができた。

津波避難シミュレーションは、このように、人の行動について様々なシナリオを表現できる点に強みがある。たとえば、孫らの一連の研究[5-8]における個別避難訓練やスマートフォンアプリを用いた避難訓練を通じた対話では、人々の実際の動きと津波を連動させた形で問題を明らかにするため、「現状」の可視化、住民自らデータを作り出す「参加」の可能性においては優れているが、「可能世界」を見せることは難しい。様々な代替案を見せられるという点については、本研究の特徴のひとつと言える。

6.4 地区防災計画への適用可能性：インターローカリティの視点

6.4.1 地区防災計画とは

東日本大震災以降、行政主導ではなく、地域住民主導の防災を促進しようとする新たな動きがある。それが、2013年に改正された災害対策基本法において、新たに創設された「地区防災計画制度」である。これにより、市町村の一定の地区内の居住者及び事業者（地区居住者等）による自発的な防災活動を計画の中に位置付けていくことが制度化された[9]。2017年現在、施行から4年が経過し、既にいくつかの地域では実践が進められている。

6.4.2 黒潮町における地区防災計画

2014年3月に、内閣府による地区防災計画の指針が打ち出されたのとほぼ同時期に、黒潮町では、町役場のリーダーシップのもと、独自の地区防災計画が開始された。これ

は、万行地区で防災の取り組みを始めた 2012 年より二年後のスタートである。その基本的な方針は、内閣府のガイドライン[9]と同様、自主防災組織を中心とした住民自身の自発的な取り組みや、地域特有の課題や強みを生かした防災計画、我がこととして感じられる手作りの防災計画の策定を目指すものである。

2014 年 7 月以降、町内全 61 地区で、地区防災計画の趣旨に関する行政主催の説明会がおこなわれ、地区防災計画策定に関する地域の意向を聴取した。その結果、町内 61 地区のうち 39 地区が「地区防災計画を作成する作業を開始したい」と回答し、2015 年度から活動を開始している。

黒潮町の地区防災計画の大きな特徴のひとつは、役場の職員の役割である。黒潮町では、東日本大震災以前から、「地域担当職員制」という制度を導入しており、地域の問題を役場職員と地域住民が共に解決していく仕組みがある。一時期、この制度が廃止されていた時期があったが、「新想定」以降に復活され、保育士や、調理員などの職種を問わず、約 200 人の職員全員が町の消防分団の分団ごとの管轄区域に配分されている。基本的には分団出身の職員で構成されており、住民の意見を聴くことや、役場の対策・津波の想定に関する情報を伝えるなど、地域の防災対策を進めるうえで重要な役目を担っている（くわしくは、友永,2013[4]）。

6.4.3 京都大学と黒潮町の共同研究の開始

2015 年 7 月以降から、京都大学防災研究所の矢守研究室が、黒潮町と連携体制を構築し、教員 2 名、研究員 2 名、学生 3 名が「地域担当職員」と連携して、黒潮町の各分団の地区防災計画の実施を支援する体制がはじまった。各地区の担当者は、地区の特色に合わせ、現地の地区防災計画に関する活動を支援、指導などの用務をおこなうことになっている。

しかし、同じ黒潮町内でも、各地域の進展には大きな差がある。「地区防災計画」という名称の印象から、地区住民の中には、最終的な成果物の形として「計画（＝紙面にまとめられた計画）」をつくらなければならないと思っている人も多い。地域住民を支援する役場職員からも、「計画といっても、紙面にまとめることが目標ではないらしい、ということはあるが、自分たちもどうしてよいのかわからず、手探りの状態である」という声がしばしば聞かれる。また、「他の地区の例を見せてほしい」という要望も多く、成功した地区の事例をまとめた文書が配られるようになったことや、行政、役員、あるいは地域のリーダーだけが形式的な計画を作るなど、地区防災計画の本来の意図とは異なる方向に進んでしまうケースもあるというのが現状である。次項では、黒

潮町全域の取り組みに先行していた万行地区の取り組みから得られた知見について、インターローカリティの観点から考察し、地区防災計画における位置づけを示す。

6.4.4 万行地区の活動のインターローカリティ

アクションリサーチの成果は、特定の現場、特定の人々、特定の時期において創出されたローカルな「成解」である。しかし、それらのローカルな知識に関する表現の抽象度を、研究者あるいは当事者が調整することによって、対象地とは異なるローカリティを反映する実践にも伝播させることができる。杉万（2006）[10]は、そのローカルな知見の抽象化と援用を「インターローカリティ」と呼んでいる。

先に述べた地区防災計画における重要な課題のひとつは、ある地域で出来上がった成果物をそのままの形で援用してしまうコピー&ペーストである。これは、ローカリティを異にするにもかかわらず成果物だけがコピー&ペーストされることで、しばしば本来地域が持っている解決策に対処できないものとなってしまう。

本研究で示してきた万行地区の実践から提案される一つのインターローカリティは、「モデル」そのものではなく、「モデリング」、つまり、モデルを作るプロセスの中にある。たとえば、第3章で示した、モデルの基礎情報となる「避難意向」の調査は、それ以前に役場職員によってたてられていた「住民は避難をあきらめている」という仮説を検証すると同時に、調査によって得られた新たな知見を基に、モデルを再構成する役割を担っている。実際、2013年1月31日の「第2次黒潮町 南海地震・津波防災計画の基本的な考え方」の発表後、万行地区調査の実施の翌年から、黒潮町は、「班別ワークショップ」による「避難カルテ」の作成に取り組んでいる。「避難カルテ」とは、住民一人ひとりの避難行動意向（どこに、誰と、どのような移動手段で逃げるのか）や問題（支援が必要かどうか等）を、各世帯でまとめたものである。実施に当たっては、臨時職員が採用され、ワークショップの開催及び改修、集計を担った。佐藤ら（2015）[11]による黒潮町の防災の物語描写的研究によれば、松本敏郎情報防災課長は「目標達成のためには一軒一軒津波から確実に逃げるような形を作っていかなければならないことは『直感的に』わかっていた」とあり、万行地区の取り組みが直接のきっかけになったとは言い難い。しかし、筆者が他地区の数回のワークショップに参加した所感では、個別具体的な対策がどういったものなのか、という点については万行地区の事例が引き合いに出される場面もあり、少なからず、住民や、運営にかかわった役場職員にとって基盤となる知見を与えていたと考えられる。

また、第4章および第5章で示した「原則徒歩」の再考についても、他の地域にお

いても援用されうる知見がいくつかある。もちろん、地域によって地形的特性や道路ネットワークは異なる。しかし、避難訓練、ワークショップ、シミュレーションを通じて、行地区で得られた新たな仮説—「避難意向」と「避難実態」が一致しない、車が利用できる環境であれば、車で避難する、高齢者の一連の救援プロセスでは家から連れ出すの一番時間を使うこと（車を使っても解決できない問題がある）」など、他の地域でも検証されるべきことがいくつか発見された。

6.5 コラボラティブ・モデリングに対する省察

6.5.1 対話の共通言語としての津波避難シミュレーションの限界

津波避難シミュレーションの対話の共通言語としての限界のひとつは、住民が考えていることを、住民自身でなく、研究者が代わりに表現しなければならないことにより生じる、表現の不自由さにあると考えられる。津波の浸水計算や、避難環境、人の行動を実際に表現し、シミュレーションするためには、コーディングが必要である。たとえば、本研究では、人の行動モデルに *artiso*c というソフトウェアを使っており、Microsoft 社の VisualBasic を基にしたプログラミング言語によってコーディングされる。住民の「家を出たら走る」という表現は、「forward(speed,direction)」などのように、定義された変数と関数で表現される。速度や向かう方向などを明確に定義しなければ、走るという行動を表現することができない。これは、住民が他者との対話で通常用いる言語とは異なるため、すべての人が自由に使いこなすことは難しい。これにより、津波避難シミュレーションを用いた対話は、コーディングができる人がいなければ成り立たなくなるという問題が生じる。

また、対話の内容が津波避難シミュレーションで表現できる問題に限られてしまうという問題もある。たとえば、斎藤ら (2017) [3] のように、津波避難シミュレーションを用いていない地区では、住民間の自然な対話から、地区の共同井戸整備などが進められ、柔軟な発想が活かされた活動がおこなわれた事例もある。しかし、万行地区では、研究者と住民間の対話は、主に津波避難に関することに限られる傾向があった。本研究のように、津波避難シミュレーションによって対話のチャンネルを限定してしまうことにより、その他の問題について対話する機会が失われてしまっていることも考えられる。津波避難計画では、幅広い対話のチャンネルを確保したうえで、津波避難シミュレーションを導入することが有効であると考えられる。

6.5.2 当事者との葛藤

万行地区の実践の初期の調査や、6.4.3 で示した共同研究の始動時には、しばしば地域住民との葛藤があった。たとえば、ある地域住民と初めて面談をおこなう際、「あなたには、頭を下げて我々に頼み込む立場、という自覚が足りない」「うちの地区には、以前も大学の研究者が来たが、手間のかかる調査に協力させられた。地区の全世帯にアンケート調査を配布して、回収して、送り返してあげたのに、そのあとはなしのつづて。なんの礼も報告もなかった。あなたもそうなんだろう」という指摘を受けた。また、その他の地域でも、「地域のことは全部役場に報告してある。なんであんたらに一から地域のことを説明しなければならないのか。迷惑だ、来るな」などという苦情があった。地域に入っていこうとするとき、このような葛藤が起こることは少なくない。

このような葛藤が起こらないような配慮ができなかった点については大いに反省しなければならないが、これらの経験はいくつかの重要な問題を示唆するものでもある。たとえば、研究者は「頭を下げて我々に頼みこむ立場」だろう、という指摘からは、通常の研究活動における住民と研究者のかかわり方が、固定化された役割—研究者は自分の研究成果のために調査をおこなう人々であり、住民はそれに協力してあげている／させられている立場である—として住民に根付いていることを示唆している。これを踏まえれば、ある住民の「もう来るな」という言葉には「(自分の成果ばかりを優先して、我々に何のメリットももたらさない研究者は) もう来るな」という意味合いが含まれている可能性も疑わなければいけない。したがって、「来るな」という住民の要望どおりに、「かかわるべきでない」という判断をおこなうことが必ずしも双方にとって良いとは限らないという点に留意すべきであると考えられる。

実際、このような葛藤を経験した住民とは、現在は和解し、共に地区防災計画の取り組みを進めているところである。しかし、「すべての実践にとって研究的営みが必要と考えるのは、研究者の思い上がりに過ぎない(杉万,2007[10])」、現場の問題に「研究活動(action research)という形式で応える、というのは、(関与しない、あるいは問題を抱える当事者とともに政治活動をするなどの)多くの選択肢のひとつに過ぎない(矢守,2010[12])」という杉万、矢守による指摘もあるように、地域への介入については常に省察しなければならない。

6.6 本章のまとめ

本章では、第5章までに示した住民の「避難意向」の調査、マルチエージェントモデルによる避難シミュレーションの構築、勉強会や避難訓練による実践、実際の避難行動、

ワークショップなどの一連の実践について、当事者、研究者、そしてシミュレーションによるコラボラティブ・モデリングから得られた成果を整理した。コラボラティブ・モデリングの成果として、「成解」に着目し、その具体的成果と、「成解」を更新するドライブについて考察した。また、本研究の特色のひとつである、津波避難シミュレーションに着目し、津波避難シミュレーションは、思考実験の可能性を広げ、津波避難の問題や計画の代替案について、多様なシナリオを考慮した対話を可能としたことを示した。次に、現在日本各地で進められるようになっている地区防災計画の枠組みを紹介し、その目的が本研究の目的と類似していることを示しつつ、本研究の「避難意向調査」や「原則徒歩避難」から得られた新たな仮説は、他の地域でも検証すべきインターローカルな性質を持った知見であることを示した。

最後に、実践の反省も含め、当事者の営みに研究者が介入するということへの省察をおこなった。津波避難シミュレーションが計画代替案、つまり「成解」の候補について、創造の可能性を広げた一方で、対話のチャンネルを限定してしまうことにより、その他の問題について対話する機会を失ってしまっていたことによる弊害についても、言及した。津波避難計画では、津波避難シミュレーションをひとつの共通言語として用いながらも、より住民が自由に代替案を表現できる手段も残しておくことにより、幅広い対話のチャンネルを確保することが重要であると考えられる。

参考文献

- [1] 杉山高志, 野嶋太加志, 矢守克也, 李勇昕, 中居楓子, 千々和詩織, et al.: 高知県黒潮町における成功事例の分析(その2)―地域の特性が類似する地区間における防災実践の連鎖―, 地区防災計画学会誌C+Bousai, Vol. 第9号, No. 梗概集第3号, pp. 55–56, 2017.
- [2] 李勇昕, 中居楓子, 杉山高志, 千々和詩織, 孫英英, 矢守克也, et al.: 高知県黒潮町における地区防災計画の進捗報告(2)―地区防災計画推進の阻害要因―, 地区防災計画学会誌C+Bousai, Vol. 第6号, No. 梗概集第2号, 2016.
- [3] 齋藤未歩, 中居楓子, 矢守克也, 千々和詩織, 野嶋太加志, 杉山高志, et al.: 高知県黒潮町における成功事例の分析(その1)―地域の特性を生かした地区防災計画の実現―, 地区防災計画学会誌C+Bousai, Vol. 第9号, No. 梗概集第3号, pp. 53–54, 2017.
- [4] 友永公生: 新想定により生じた2つの「あきらめ」と、想定津波高日本一の自治体の振る舞い, 災害情報, No. 11, pp. 20–26, 2013.

- [5] 孫英英, 矢守克也, 谷澤亮也, 近藤誠司: 南海トラフの巨大地震・津波を想定した防災意識と避難行動に関する住民意識調査, 災害情報, No. 11, pp. 68–80, 2013.
- [6] 孫英英, 矢守克也, 近藤誠司, 谷澤亮也: 実践共同体論に基づいた地域防災 実践に関する考察—高知県四万十町 興津地区を事例として—, 自然災害科学, Vol. 31, No. 3, pp. 217–232, 2012.
- [7] Sun Y: Action Research to Promote Tsunami Risk Reduction: Ethnographic Approaches to Disaster Education and Tsunami Evacuation, Doctoral Dissertation, 2014.
- [8] 孫英英, 矢守克也, 鈴木進吾, 李勇昕, 杉山高志, 千々和詩織, et al.: スマホ・アプリで津波避難の促進対策を考える: 「逃げトレ」の開発と実装の試み, 情報処理学会論文誌, Vol. 58, No. 1, pp. 205–214, 2017.
- [9] 内閣府: 地区防災計画ガイドライン ~地域防災力の向上と地域コミュニティの活性化に向けて~, 2014
- [10] 杉万俊夫: 質的方法の先鋭化とアクションリサーチ, 心理学評論, Vol. 49, No. 3, pp. 551–561, 2006.
- [11] 佐藤翔紀, 神田佑亮, 藤井聡: 高知県黒潮町におけるレジリエンス確保のための防災行政についての物語描写研究, 実践政策学, Vol. 1, No. 1, 2015.
- [12] 矢守克也: アクションリサーチ—実践する人間科学, 新曜社, 2010.

第7章

結論

既往の計画の枠組みを揺るがすような知識や経験—研究者による科学的知見の追加や、東日本大震災の経験、南海トラフ巨大地震の「新想定」の公表など—は、より良い社会へのシフトをもたらす可能性を秘めているものの、「想定外の」の存在がその改善の可能性を阻む。本研究は、その問題意識に基づき、新たな知識が社会通念として実践の中に組み込まれるような仕組みをいかにつくるか、という問いを軸に展開した。一連の研究は、高知県黒潮町をフィールドとした地域コミュニティの津波避難計画づくりの実践に基づいておこなった。ここでは、津波避難計画をアダプティブ・マネジメントの枠組みとしてとらえ、特に、住民、行政、研究者が協働で、新たな計画代替案の社会的合意をつくる「コラボラティブ・モデリング」として実践した。

第3章では、マルチエージェントモデルをベースにした津波避難シミュレーションを用いて、地域の津波避難の問題をモデル化した。協働が想定されていない枠組みにおいて、社会とシミュレーションのかかわり方には、「現実世界を理解する」、「現実世界に影響を与える」という二つの形がある。しかし、本研究では、新たに「計画代替案を更新する」というかかわり方を提案し、単なるパラメータのキャリブレーションにとどまらず、住民の問題に応じて計画代替案を形成することを重視した。ただし、第3章のモデルは、あくまで筆者のフィールドワークによって、研究者側から「抽出」された代替案をモデリングしたに過ぎない。住民側からの積極的な提案からつくられたものではなかったため、コラボレーションというには、まだ非対称性が残るという反省があった。

この研究者優勢のモデリングプロセスに対し、住民から積極的な提案が出されるきっかけとなったのは、2014年の伊予灘地震における、黒潮町住民の避難の経験である。伊予灘地震は、第3章までのモデルにおいて想定されていた津波の規模や人々の行動とは大きく異なるという意味で「想定外」であった。第3章までで扱われていたことは「すぐに避難を開始すること」が主要な問題であり、移動手段、特に車避難の問題については、車で避難しようと考えている人が少なかったこともあり、明示的には取り扱われていなかった。しかし、伊予灘地震で渋滞が起こった経験から、車避難が地域の避難における主要な問題のひとつとして認識されるようになった。第4章では、伊予灘地震の避難行動実態に関する調査と、車避難に関する追加調査、および住民の主体性を重視した

ワークショップを実施することにより、車避難を代替案として取り入れるために、細分化された計画代替案を構築した。

第5章では、第4章で提示された仮説を基に、津波避難シミュレーションを再構成し、子供や高齢者などの要援護者を有する世帯の車利用を考慮した代替案を検討した。住民から提案された「要支援者の避難には車が必須である」「車利用のルールを決めても従わない人は出てくる」の二点について、渋滞による避難時間の増大の影響を調べた結果、対象地域では、徒歩よりも車の利用が推奨されることが分かった。ただし、これは通過交通や他の地域住民の影響が含まれていないため、渋滞の影響が出なかった可能性が高く、対象地域を拡大した再検討が必要である。計画は通常、地区単位でおこなわれるが、車利用を想定した計画を進めていくために、今後はそのフレームを拡大し、万行地区外の住民との連携が必要である。今後は、モデルの改善をおこない、実践の中で用いていく予定である。

第6章では、第3章から第5章のプロセスおよび6年という期間の実践を総括し、地域の中で、当初主要な問題として認識されていなかったことや、解決すべきこととして市民権を得ていなかったいくつかのことについて、実際に地域の防災実践に盛り込むことができたことを示した。その一例が、第3章で検証した「高齢者や足の悪い人が避難タワーに昇れない」という問題である。この問題は、住民同士の雑談や余談を聞いていたことで明らかにされたものであり、インタビュー調査で設定した項目以外のことについて研究者と住民が対話する機会がなければ、計画代替案に盛り込まれることはなかった。コラボレーションという形態で研究者と住民が対話的に代替案を形成することにより得られた成果であった。一方で、第4章と第5章から検討を始めている車を利用した津波避難のための計画代替案については、まだ「成解」と言えるような成果が得られていないのが現状である。第1章で示したように、「原則徒歩避難」の難しさと、「車を利用した避難計画」の重要性は多くの人々が認知しているものの、実際に取り組みされている例は少ない。しかし、本研究では、多くの人にとって「避けられない課題である」という共通認識が得られたことは、少なくともひとつの成果である。また、実際に車避難を可能とするためのいくつかの細分化された取り組み（たとえば、ブロック塀の撤去など）については、実現に向けて少しずつ進んでいる。今後は、渋滞改善のための取り組みとして、他の地区との連携や、高台での誘導など、既に挙げられているいくつかの対策について検討を進める予定である。

最後に、本研究で実践したコラボラティブ・モデリングの成果について、コラボラティブ・モデリングが「想定外の罫」に解決策を与えるものであったかどうか、という点に

ついて考察を付け加えたい。第6章でいくつかの事例を示したように、本研究で実践してきたコラボラティブ・モデリングの結果、住民だけでは思いつかなかった（実践に至らなかった）代替案や、研究者だけでは思いつかなかった計画代替案、そして、行政が実施できないような計画代替案が形成された。たとえば、行政が避難タワーを作ってくれたけれども実際は足が悪くて昇れない、「原則徒歩避難」と言うけれども、高齢の親を避難させるのに車がどうしても必要、ということなど、行政主導の計画では取り扱われない細やかな憂慮を解決する計画代替案を検討してきた。行政だけではなく、当事者である住民自身が津波避難計画の主権を取り戻し、これまでの計画の枠組みでは重視されなかったことを代替案に盛り込むことができた、という点においては、「行政主導の津波避難計画にともなって作られる想定の間」に解決策を与えたと言えると考えられる。

本研究では、コラボラティブ・モデリングを「新たな知識を社会通念として実践の中に組み込む仕組み」として、「想定の間」に陥っている状況から脱却するひとつの方法としてとらえ、実践をおこなってきた。しかし、関係者間のどのような相互作用によって「成解」が生み出されたのか、また、構築された「成解」の蓋然性や他にありえたかもしれない「成解」についても説明できるような、理論的な視座は十分ではない。今後は、それらの機構について、より明快な説明を与えるとともに、いつ来るかわからない津波災害に向けて、十年後、数十年後まで持続可能な津波避難計画づくりの方法を模索していきたい。

謝辞

本学位研究の実施に当たり、大変多くの方にご指導、ご支援、ご協力をいただきました。心より感謝申し上げます。

畑山満則教授（京都大学防災研究所巨大災害研究センター）には、6年以上にわたりご指導いただき、フィールドでの経験、博士後期課程への進学など、さまざまな機会を与えていただきました。また、災害直後の現場についての幅広く現場に根差した知見から、特に実践的な研究の意義について、多くのことを学びました。多々納裕一教授（京都大学防災研究所社会防災研究部門）には、本学位論文の根幹をいかに構成するか、ということについて、筆者の多々納研究室在籍時より度重なる議論を通じて指針を得る機会をいただきました。矢守克也教授（京都大学防災研究所巨大災害研究センター）とは、高知県黒潮町のフィールドワークで経験を共にさせていただき、現場から得られた様々な経験や出来事について共に議論することで、それらの学術的意味や価値、問題を発見するきっかけを与えていただきました。また、執筆した論文について、論理的な構成方法、表現の方法にいたるまで丁寧にご指導いただきました。長い間、辛抱強く、そして厳しく温かくご指導くださった三人の先生方に、心より感謝いたします。

倉内文孝教授（岐阜大学工学部社会基盤工学科）には、特に、第4章、第5章の車を利用した避難の研究についてご指導いただきました。先生のご専門の観点だけでなく、土木計画学に関する幅広い視野からも多くのご助言をいただきました。心より感謝申し上げます。

Dr. Junko Mochizuki (International Institute of Applied Systems Analysis) とは、第5章の論文構成に集中的に取り組みました。論文を仕上げる中で、いかにアウトプットを出すか、ということについて多くのことを学びました。特に、英語での論文の書き方について、ご教示いただいた実践的な技術は、今後の研究活動に生きる力となったと思います。また、同じく IIASA の Dr. Sebastian Poledna には、マルチエージェントモデルに関して、その結果の解釈方法や経済学における位置づけなどについて、多くの示唆に富んだ議論の機会を与えていただきました。IIASA での共同研究を受け入れてくださった、お二人の Research Scholar の方々に、心より感謝いたします。

熊谷兼太郎准教授（京都大学防災研究所港湾物流高度化寄附講座）には、津波の数値計算について、体系的な知見を、大変辛抱強くご教授いただきました。また、毎回のゼミ発表に来ていただき、多くのご助言をいただきました。心より感謝いたします。

孫英英研究員（2014年当時巨大災害研究センター矢守研究室）とは、第4章の基盤

となる伊予灘地震の避難行動実態調査に関する論文と一緒に取り組みました。興津地区との比較などを通じて、共に議論する機会をいただけたことを心より感謝いたします。

黒潮町万行地区の方には、6年以上にわたり未熟な筆者の成長を温かく見守ってくださったことを心より感謝申し上げます。副区長の澳本準一氏、澳本美鈴氏、区長の澳本剛氏には、特に、現場での活動を様々な側面から支えていただきました。また、2015年度から開始している地区防災計画では、入野分団、田の口分団の区長の皆さま、住民の皆さまに大変お世話になりました。研究活動を激励いただき、応援して下さった地域の皆様の存在が大きな活力となりました。心より感謝いたします。

本研究は、高知県黒潮町役場の皆さまにご協力をいただきました。友永公生氏（産業推進室）には、ある時は役場職員、ある時は防災のリーダー、またある時は一人の住民として、お話しする機会があり、多くの刺激を受けました。また、徳廣幸雄氏（大方町民館）には、好奇心に満ちあふれる姿に感銘を受け、現場で実践する研究者としてのあるべき姿について、省察の機会をいただきました。また、松本敏郎元情報防災課長、徳廣誠司現防災課長、今城正和係長を初めとする情報防災課の皆様には、さまざまなお願いに快く応じていただき、町内での活動を支障なく行えるような環境をご用意いただきました。さらに、2015年度から開始している地区防災計画では、小橋和彦事務局長（議会事務局）、畦地和也教育次長（教育委員会）をはじめとする入野分団、田の口地域担当職員の方に大変お世話になりました。本職の業務が多忙であるにもかかわらず、いつも快く対応して下さった黒潮町役場の皆様に、感謝申し上げます。

特定非営利活動法人 NPO 童夢の澳本邦三氏、吉本真帆氏、北山直記氏には、訪問のたびに温かく迎えていただきました。心より感謝いたします。

小林潔司教授（京都大学大学院工学研究科、経営管理大学院）には、本研究の軸となる「想定外の罌」と「アダプティブ・マネジメント」について、ご助言をいただきました。また、本研究の伸びしろに気づかせていただきました。心より感謝申し上げます。

竹内裕希子准教授（熊本大学大学院先端科学研究部）には、修士課程在学時のアドバイザーを務めていただいたほか、「コラボラティブ・モデリング」に関する議論に対し、ご助言をいただきました。感謝申し上げます。

京都大学防災研究所の先生方には、総合防災合宿や、セミナーなどの機会にお世話になりました。研究についてご助言くださった、都市空間安全制御研究分野の川瀬博教授、都市防災計画研究分野の牧紀男教授、関口春子准教授、防災技術政策研究分野の寶馨教授、佐山敬洋准教授、巨大災害研究センター災害リスクマネジメント研究領域 Ana Maria Cruz 教授に感謝いたします。社会防災研究部門の Subhajyoti Samaddar 准教授

には、特に、英語の論文について、多くのご助言をいただきました。横松宗太准教授（巨大災害研究センター災害リスクマネジメント研究領域）には、経済ゼミや、確率・統計にかかわるゼミを通じて、土木計画学や経済学の思想について多くのことを教えていただきました。また、研究の内容についても、いつも快く相談に乗っていただきました。心より感謝申し上げます。大西正光准教授（巨大災害研究センター巨大災害過程研究領域）には、研究の方向性から、進路や研究生活に至るまで、様々なことについて、温かく、そして鋭いご助言をいただきました。感謝申し上げます。

杉浦聡志助教（岐阜大学工学部）には、第4章、第5章を中心に、本研究の詳細な内容についてもご助言をいただいたほか、研究の今後の方針等についても、議論の機会をたくさんいただきました。心より感謝申し上げます。

本研究の一部は、5年間の博士課程教育リーディングプログラム（グローバル生存学大学院連携プログラム）、平成29年度の京都大学研究連携基盤次世代研究者支援事業、京都大学防災研究所萌芽的共同研究（課題番号：29H-03）による支援によるものです。不自由なく研究をおこなうための経済的支援をいただけたことに感謝いたします。

京都大学防災研究所の学生、研究員の方々には、いつも率直で自由闊達な議論の機会をいただきました。特に、防災社会システム研究分野多々納研究室のメンバーの皆さま、巨大災害研究センター災害情報システム研究領域畑山研究室のメンバーの皆さまには、お世話になりました。防災研究所のOBの松田曜子准教授（長岡技術科学大学工学部）には、研究活動全般について、快く相談に乗っていただきました。また、防災社会システム研究分野多々納研究室OBの玉置哲也さん、蔣新宇さん、楊麗嬌さん、吉澤源太郎さんには、博士後期課程の先輩として、普段から、多くのご助言と激励をいただきました。巨大災害研究センターCruz研究室OBの小谷仁務さんとは、学生の時から一緒に勉強会をおこない、多くの刺激を受けました。また、巨大災害研究センター矢守研究室のFu Hsing LEE 研究員、岩堀卓弥研究員、中野元太研究員、杉山高志研究員には、度々論文や文書を見ていただき、研究活動にかかわるあらゆる相談に乗っていただきました。また、矢守研究室の学生の皆様とは、黒潮町との共同プロジェクトで、現場で共に活動をしてきました。多くの素晴らしい仲間にもまれて、刺激的な研究生活を送れたことを誇りに思います。

防災社会システム研究分野秘書の山下敦代さん、巨大災害研究センターの清水豊子さんには、研究活動を様々な面で支えていただきました。心より感謝申し上げます。

最後に、研究活動を温かく見守ってくれた家族に、感謝の意を表します。

付録

A.3.2 避難行動調査アンケート用紙

通し番号 ()

【質問 1】

▼津波の際に、どこに逃げますか？ ※複数ある場合は、すべて記録する。

【質問 2】

▼（質問 1 で答えた避難場所について）

その避難場所を選んだ理由を教えてください。（指定避難場所かどうかも確認）

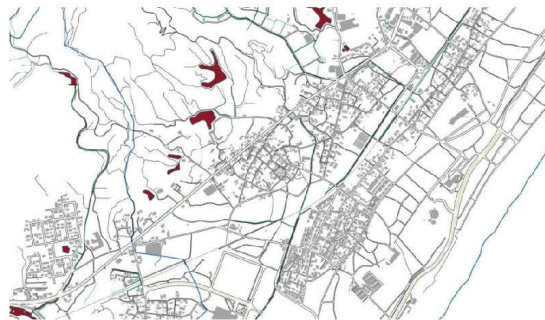
（理由）

【質問 3】

▼（質問 1 で答えた避難場所まで）避難する上で不安はありますか？

理由（道が狭い、ブロック塀、海岸に向かって走るなど）

→不安を感じる場所を聞き取った上で、地図に記入する（避難ルートも含めて）



（続く）

【質問 4】

（※質問 1 で「避難タワー」と答えなかった人に聞く）

想定津波高より高い避難タワーが現在のタワーの隣に完成したら避難しますか？

避難する・避難しない・迷っている

（理由）

【質問 5】

(「少しあなたご自身のことについて聞かせてください」と前置きした上で)

『性別』、『年齢』、『職業』、『主な職場の位置と津波の危険あるか』

『同居する家族構成と性別、年齢、避難に介助が必要か』

『同居する家族の職業』、『同居する家族の主な職場の位置と津波の危険あるか』

※ 本人が年齢を答えない場合は、見た目でいたいこのくらいというのを記録しておく

	本人	
続柄		
性別		
年齢		
職業		
主な職場の場所		
介助が必要か		

【質問6】(必須ではない)

あなたは、日中と夜間は、どこにすることが多いですか？

※家にいないと答えた人は、「地区の中」「地区の外」「海またはらつきょう畑」で分類

(日中) 職場

(夜間) 自宅

(続く)

【質問 7】

(質問 1 で答えた避難場所へ) 避難するには、徒歩、自転車、バイク、車の中で、どの方法を選びますか。

→選んだ理由と、使った場合の自宅から避難場所までの所要時間についても聞くこと

※ 入野小学校など山側まで逃げるとすればどの手段を選ぶかも聞く

		1 で答えた場所	山側	その他
手段 1	手段			
	理由			
	所要時間			
手段 2	手段			
	理由			
	所要時間			

【質問 8】

ご家族は、あなたと同じ手段で避難しますか? する・しない・わからない

→同じ手段で避難しない場合は、どういう手段で避難しますか?

(手段)

【質問 9】

地震が起きてから避難を始めるまでに(つまり家から出るまでに)しなければならないことはありますか?(複数聞く) 避難を始めるまでに何分くらいかかると思いますか?

(しなければならないこと)

(何分くらいかかるか)

【質問 10】

近くに助けに行ったり、様子を見に行かなければならぬお年寄りや障害者はいますか?

(続く)

【質問 1 1】 ご自宅では耐震診断や補強，家具の固定はされていますか？

(やっていないと答えた人に) その理由は何ですか？

※町営住宅の人は「家具固定のみ」聞く

	状況			理由
	済	未		
耐震診断	済	未		
耐震補強	済	未	不要	
家具の固定	済	未	一部	

【質問 1 2】

昭和の南海地震についてどんなことを覚えていますか？ (体験者のみ聞く)

(津波の状況，液状化，揺れ，被害など)

【質問 1 3】

命を守るために，今後，どんな防災対策が必要だと思えますか？

【質問 1 4】

万行地区の魅力は何ですか？ また，逆に，最近元気がないと感じるところはどこですか？

(魅力)

(元気がないところ)

【質問 1 5】

氏名，住所，電話番号を聞く 住宅地図にチェックし終了

(氏名)

(住所)

【※調査員記入欄】

(終了)

A.3.4 昼の状況で地震が起こった場合の行動調査の結果

調査日程：2013年11月20日～25日

インタビュー回答者数 40名

地区内 33名（地区外 7名）

回答者の分類

※今回、回答してくださった方がどういう方か

（比較的まんべんなくインタビューを行うことが出来た）

A. 家にいる支援者・・・5人

日中家にいる健常者

B. 地区周辺にいる支援者・・・10人

日中は農業や漁業，児童館など地区の周辺で働いている健常者

C. 要支援者・・・4人

日中家にいることが比較的多く，助けが必要な人

D. 支援不要者・・・9人

日中家にいることが比較的多いが，歩くことにさほど支障がない。

ただし，自分で精いっぱいなので人を助けることが出来ない。

E. 地区外にいる人（助けることが難しい）・・・5人

中村など地区から離れた場所で働いている健常者

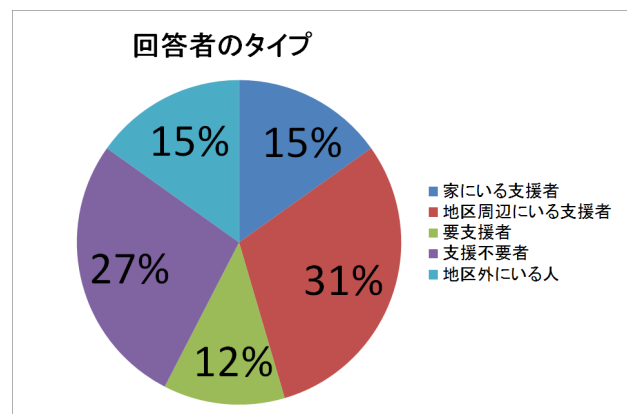


Figure 1 回答者のタイプ (N=33)

日中に地震が起こった場合、地区内に帰ってきたいと思うか？

※迎えに行くという目的とは別に、戻って来たい理由がある人を含む

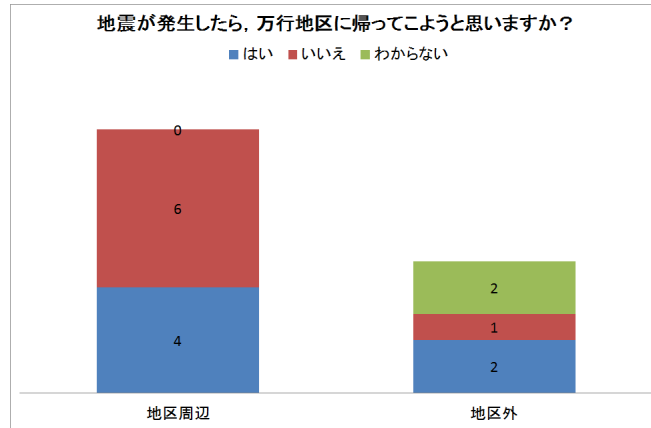


Figure 2 地区内に帰ってこようと思うか (N=15)

日中に地震が起こった場合、親戚や家族を迎えに行きたいと思うか？

※健常者、かつ助けに行くような家族や親せきがいる 13 名を対象とした集計

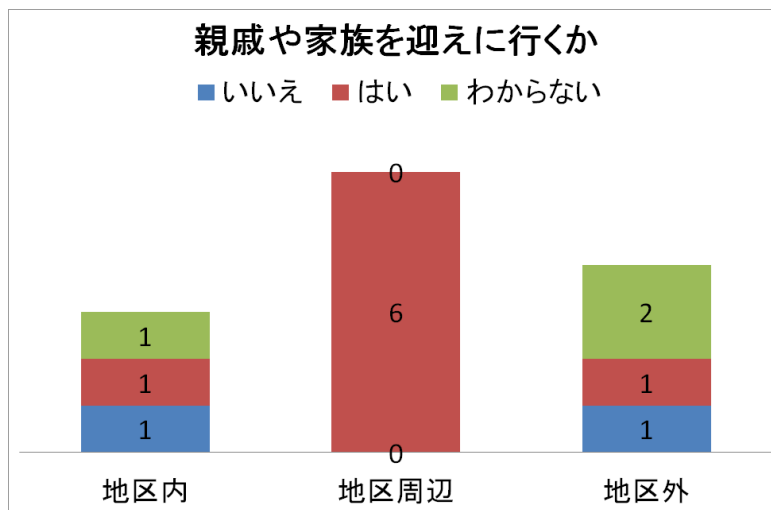


Figure 3 親戚や家族を迎えに行くか？ (N=13)

戻って来たい人（誰かを迎えに行く以外の理由がある人）の回答

地区内にいても、また中村に行っている時でも、地震が起こったとしたら、万行（自宅）に帰ってくる。やはり、生活の本拠地だし、地域の状況が知りたいと思うから。外にいること自体不安。中村は知らない人ばかりで不安もあるし、地理的状況も避難場所もよくわからないから避難する術がない。「ただちに避難せよ」という声掛けがあったとしても、万行には帰ってくると思う。

戻って来たい人（誰かを迎えに行く場合）の回答

● 地区内

はい：すぐ斜め前の両親の様子を見に行きたいと思っている

いいえ：娘夫婦には孫を心配して迎えに来ないでね、それぞれの命を守ろう、絶対来んといてね、と言われている。

わからない：息子とはお互いを助けに行って2人とも命を落とすこともあるので、とりあえず自分の身だけ、とにかく守ろうと話している。ただ、まだ小学校1年と幼稚園の孫だけが浜の住宅にいる時間帯は心配で、迎えに行ってしまうかもしれない。

● 地区周辺

はい：日中に地震が起こったら、揺れが収まったらまず母のところに車で行く。車が無理でも、通れるところまでは車で行く。あかつき館横の道を通ると思う。「母にも避難は言うちよるけど、町民館までは少なくとも何とか歩いてね、と言っている。」でも、やはり母が心配。

いいえ：日中家にいる人は誰もいないので、逃げるとしたら自分だけ逃げれば良い。

● 地区外

はい：四万十市の方に勤めている。いろいろ移動することがある。どこにいたとしても、奥さんはいつも家にいるし、一度は帰ってきたいと思うが、普通の日でも車で20分くらいかかるし、ずっと帰って来られるかがわからなくて心配。

いいえ：学校の先生なので、職業の都合上、帰ってくることはできない

わからない：職業の都合上、帰りたくても帰れない状況になる可能性がある（役場）

現段階のインタビュー結果には、以下のような傾向がある

- **昼間、地区にいない人が戻ってくるか**
 - 地区周辺で働いている人に関しては、「助けなければならない家族がいるのであれば、戻ってくる／戻って来たい」という傾向がある
 - 中村で働いている人も「助けなければならない家族がいて、帰れるのなら、戻ってくる／戻って来たい」という傾向がある
 - 中村は10分～20分で行けるという認識が経験的にあり、「戻ってこられるなら戻って来たい」という人が多い
- **移動手段**
 - 中村にいる場合は「車しか手段がない」→車が使えなければ、帰ってこられない
 - 地区外でも、ほとんどの人が「車を利用したい」と答えている。また、車が使えない場合は「歩いてでも帰って来たい」という人も多い

その他挙げられた不安・問題点

- **携帯が通じるかどうか**が問題

多くの人が「携帯が通じたら状況を確認合えるのに・・・」と言っている

- 「**てんでんこの約束が守られるかどうか**」

やっぱり、本当に逃げているだろうか、という心配はぬぐえない。家が倒壊するのではないかという不安もあり、逃げたくても逃げられない状況があるのではないかと。

- **車が使えらるか**どうか

人を迎えに行くということは、多くの場合、迎えに行きたい人の足が不自由であったり高齢であったりする。だから、なるべく車をつかえるようにしたい。

- **誰にも助けてもらえない**

一人で逃げるのはかなり厳しい。迎えに来る、あるいは通りがかりに避難場所まで連れて行ってもらうと言っても、なかなか実際の状況では難しいのではないかと。

A.3.5 NHK が制作した地域の VFX（ビジュアルエフェクト）



地区の避難タワー周辺が津波にのまれる様子



地区を津波が飲み込む様子

A.4.3 伊予灘地震の避難行動実態調査の質問用紙

2014年3月14日 伊予灘地震 避難行動アンケート

1. あの地震のあと、避難しましたか？

避難した 避難していない

2. 「避難した」と答えた方にお伺いします。

① 避難を始めたのは地震からどのくらいしてからですか？

1・地震後すぐ 2・地震から約()分後

② 移動手段は何ですか？

1・徒歩 2・自転車 3・バイク 4・車

③ どこに避難しましたか？

錦野・緑野・田の浦・避難タワー・その他()

④ 何か困ったことはありましたか？

3. 「避難しなかった」方にお聞きします。

① 避難しなかった理由は何ですか？

4. (全員にお聞きします)どのようにして地震に関する情報を得ましたか？

告知端末・テレビ・ラジオ・携帯・その他()

※よろしければお答えください

お名前() 年齢()

ありがとうございました！

A.4.4 車利用に関する追加インタビュー調査の質問用紙

車避難に関するインタビュー調査用紙

通し番号【 】

1.1 日常的な移動手段は何ですか？

番号	手段	備考
1	徒歩	
2	自転車	
3	バイク	
4	車	

2 避難時の車利用について

2.1 万行地区では、車による避難が「一部容認」とされていることをご存知ですか？

番号	手段	備考
0	はい	
1	いいえ	

3 避難する場所・移動手段

3.1 どこに避難しますか？移動手段と合わせて教えてください（表中記入）

3. 避難する場所						3. 避難する移動手段					
昼小	昼中	昼大	夜小	夜中	夜大	昼小	昼中	昼大	夜小	夜中	夜大
避難場所番号を入力						移動手段番号を入力					

3.2 誰かを迎えに行く場合はそのことを教えてください（表中記入）。

・名前と場所を記入（地図）

4 車を使わない、使わない可能性が高いと答えた人

4.1 どのような理由で、車を使わないと考えているのですか？

4. 車を使わない理由											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	備考
該当する番号に順位を入力											

4.2 どのような状況であれば車を使うと思いますか？

4. 車を使わない理由											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	備考
該当する番号に順位を入力											

5 車を使う、使う可能性が高いと答えた人

5.1 車を使いたい理由は何ですか？

該当する番号に順位を入力

5.2 どのような状況であれば車を使わないと思いますか？

該当する番号に順位を入力

6 地域で車を使った避難を検討する際、どのような対策が必要だと思いますか？

どのような対策が必要だと思いますか？

自由回答にテキストで入力

	実行すること	順位	やるべき？	自分は実行できる？
1	車が利用できるように、幹線道路沿いの住宅を耐震化する			
2	幹線道路沿いに駐車場を設置し、日ごろから駐車する			
3	乗り合いする（別の人の車に 乗せてもらう ）			
4	乗り合いする（別の人を車に 乗せる ）			
5	車を利用する人は指定された道路を通る			
6	車を利用する人は幹線道路まで徒歩で出る			
7	自転車またはバイクを使う			

順位								同意できる？							
1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8
該当する番号に順位を入力								<input type="radio"/> ・・・1 <input type="checkbox"/> ・・・2 <input type="checkbox"/> ・・・3							

6.1 「車避難者を減らして渋滞を減らす」と答えた人に：どのような人であれば車を使っても良いと思いますか？順位もあれば教えてください。

6.1 誰が使うか								
1	2	3	4	5	6	7	8	備考
該当する番号に順位を入力								テキスト入力

6.2 車を通っていい道を決めるとしたら、どこが良いと思いますか？

地図に入力

7 対策の実施を決めるプロセスはどのようなものが望ましいと思いますか？

7.1 誰がプロセスに関わっていれば、納得して対策を実施しようと思いますか？

7. 1 ハード整備						7. 1 ルール作り							
1	2	3	4	5	6	備考	1	2	3	4	5	6	備考
該当する番号に順位を入力							該当する番号に順位を入力						

7.2 対策について地域の方針を決める場合、どのような方法で決めたら、納得して対策を実施しようと思いますか？

7. 2 ハード整備						7. 2 ルール作り							
1	2	3	4	5	6	備考	1	2	3	4	5	6	備考
該当する番号に順位を入力							該当する番号に順位を入力						

8 対策の実施を決めるプロセスに関わりたいですか？

番号	手段	備考
0	はい	最後にまとめて
1	いいえ	

9 対策の実施を決めるプロセスに関わる場合、どれくらいの時間を割けそうですか？

どれくらいの時間を割けそうですか？ 例えば、週に1時間くらいを10回なんかはどうでしょうか？

・自由記述で入力