

エージェントシミュレーションを用いた コミュニティ避難計画の評価モデルに関する一考察

中居楓子^{†1} 畑山満則^{†2} 矢守克也^{†2}

2011年の東日本大震災において拡大した人的被害の教訓は、ハード整備を超えるレベルの災害を想定した住民避難中心の対策が不可欠であるという示唆を与えた。一方では南海トラフ巨大地震の新想定が公表され、国内の広範囲で、強い揺れと巨大な津波が発生する可能性が指摘されている。特に、高知県黒潮町の34mなど従来の想定をはるかに超える巨大津波の想定は、太平洋沿岸部の自治体や住民を震撼させており、今般の災害の教訓に基づいた対策の具現化に社会的な要求が高まっていると言えよう。

本研究では、いわゆる「人々にとっての攪乱要因」を住民の間で理解し合う基盤としてマルチエージェントシミュレーションを用いたコミュニケーション支援システムを提案する。本稿では、悉皆調査から得られた(1)極値的な態度を示す人、および(2)地域コミュニティの末端にいる人の意見を取り込むことが、地域全体の防災活動にどのように影響したか、実践を通して得られた結果について報告する。

A Study on Evaluation for Community Based Planning Process of Tsunami Evacuation using Agent Based Simulation

FUKO NAKAI^{†1} MICHINORI HATAYAMA^{†2} KATSUYA YAMORI^{†2}

The Great East Japan Earthquake which is the largest human damage after war brought our society re-recognition of the importance of not depending on politics or administration. In order to realize it, the residents should have the awareness of their ownership, even in the situation that the warning announcement wasn't announced by administrator appropriately. An evacuation planning is standardized for one local community because local fairness is conducted. However, the concrete problem in the local community should be also considered and resolved by the local community themselves.

This study suggests the new communication method to community evacuation planning for the evacuation with the awareness of their ownership. This research outcome gives a challenge to the limit of the technique of the past. We focus on the member with unconcerned consciousness who had been overlooked as an uncertain factor. This study evaluates its usefulness in the area through practice.

1. はじめに

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震では、Mw9.0 [1]という日本周辺における観測史上最大の地震と、それに伴う巨大な津波が海岸保全施設等を超えて東北地方の沿岸地域を襲い、死者・行方不明者18,534名 [2]という国内における戦後最大の人的被害をもたらした。この教訓によって、海岸保全施設などの構造物による防災対策の限界が再認識されたことにより、住民避難を軸とした「減災」の考え方に基づいた対策の重要性が、専門家や行政を中心に広く認識されるようになってきている [3]。

奇しくも、傍らでは南海トラフ巨大地震の新想定が公表され、関東から四国にわたる広範囲で、強い揺れと巨大な津波が発生する可能性が指摘された。特に、高知県黒潮町、土佐清水市の34mなど従来の想定をはるかに超える巨大津波の想定 [4]は、太平洋沿岸部の自治体や住民に大きな衝撃を与えている。町の存続すら危ぶまれる [5]、と言わ

れているような巨大災害にいかにして向き合うか、各自治体においては課題が山積みであるが、東日本大震災の教訓にならえば、まさしく住民避難を中心とした「命を守る」という対策が求められている局面と言えよう。

しかし、住民避難に関しては、東日本大震災も含めた過去の多くの災害において、危険が迫っているにも関わらず逃げようとしないうる人々がいることが知られており [6] [7] [8]、しばしば問題にされて来た。このような問題の背景には、いくつかの要因が指摘されている。例えば、行政による避難情報を待っているために避難開始が遅れてしまう「情報待ち」や「行政への依存意識」 [9] [10]は、近年の自然災害の観測網の発達や、災害情報の伝達の高速・高度化などに伴って、情報の受け手に依存意識をもたらすという逆説的な効果によって、より深刻化していると言えよう。

しかし、実際の災害時には行政がひとりひとりの避難行動まで指南することは不可能である。そのため、災害のリスクに曝された地域住民は、行政の防災が基本的には「公平性」を重視した画一的なものであることを自覚して対応すべきであると言えよう。また、災害弱者の問題や車避難の問題など、地域の協力が求められるような問題は、その地域自身で解決していくことが必要である。災害における犠

^{†1} 京都大学大学院情報学研究所
Graduate School of Informatics, Kyoto University

^{†2} 京都大学防災研究所
Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

犠牲者を出さないようにするためには、住民ひとりひとりが「最終的に命を守る主体は自分自身にある」ということを自覚するとともに、「自分たちの地域は自分たちで守る」という当事者意識を持ち、こうした状況を改善するためのパラダイムシフトを図っていくことが不可欠であろう。

本研究では、上記のような問題意識に基づき、エージェントベースの避難シミュレーションを中核とした、コミュニティ単位の避難計画づくりを支援するシステムの開発と、地域における実践をおこなって来た。ここでは、シミュレーションのパラメータの検討、入力データとしての住民の意見を取り入れるプロセス、また、シミュレーションが出力した結果を解釈し、フィードバックする機会をサブシステムとして含む実践プロセスをシステムとしてとらえた。これは、住民が当事者意識を持ち、自分たちの地域の問題を自分たちで解決するという社会的な要求に対しては、シミュレーションが出す結果よりも、それを利用する人々の活動から得られる成果が問われるためである。以下、にシミュレーションを導入した一連の実施プロセスを示す。

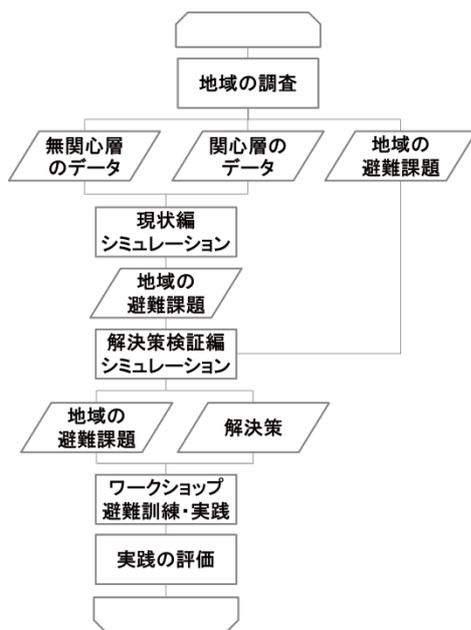


図 1 システムの実施プロセス

本研究では、社会や人という複雑なものを対象としているため、その実施プロセスによる純粋な効果を測ることが困難である。例えば、ある住民が災害の被害軽減行動を取ったという事例が観察されたとしても、それが本研究の実施プロセスによるインパクトなのか、何らかの危機意識を煽るような別のテレビ番組によるものなのかは厳密には判断することが出来ない。また、変化のあった住民に何故そのような行動を実施したか問う場合は、質問者に対する協力意識または嫌悪感などによって変化することも考えられる。本稿では、図 1 に示したプロセスを概説し、本研究の実施プロセスの評価に焦点を当てて考察する。

2. 事前調査の実施

コミュニティの避難計画づくりを支援するにあたって、どのようなことが求められるのか、プロセスの各段階における要件を事前の調査の結果から明らかにした。また、ここで求められることが達成されることは、システムの有効性として評価されると考えられる。

コミュニティの避難計画づくりにおいては、まずは住民が何を知らず、何を知らないのかを明らかにすることが重要であると考えられる。本研究では、ここで求められるコミュニケーションの具体的な内容を、住民個人の避難計画を聞き出すことによって明らかにする。

2.1 対象地域について

高知県黒潮町は南海トラフの北西に位置し、内閣府が 2012 年 3 月 31 日に第一次報告として発表した南海トラフ巨大地震による震度分布・津波高(50m メッシュ)の推計結果 [1]において、最大 34m という国内で最も高い津波高が想定された地域である。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 世帯が暮らしている海沿いの集落である。内閣府が第二次報告として発表した 10m メッシュによる推計結果をもとに、高知県が最新の地形データや構造物データを反映した結果では、津波の到達は最も早い場合で、地震発生後 22 分頃、津波高は 14m と想定されている。平野が広がっている地域で近傍に高台がなく、最も近い高台までは健常者の歩行速度でも 20 分を要する避難困難地域である。

に、住民から挙げられた避難場所を示した。地区の中心にある津波避難タワーは高さ 12m で、100 人が収容できるが、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、新たに 18m、300 人収容のタワーの建設が計画されている。

万行地区周辺は黒潮町の平野部に位置し、海から山までおおそ 1km ほどの距離がある。松原の最も高いところで海拔は約 13m だが、そこから山にかけては下り坂となり、山に近いふもとは海拔 4m ほどしかない。この地形の特徴は、この地区の避難を困難にさせる大きな障壁の一つとなっている。

2.2 調査の概要

2012 年 11 月から約半年間をかけ、積算 1 か月を超える滞在を通して地区内の全世帯から津波避難行動に関する聞き取り調査を行った。本研究は京都大学防災研究所と NHK 高知放送局 (以下、NHK という) が共同で調査を行っているが、筆者らが地域に入る前の 2012 年 7 月に、NHK が事前に当該地域に配布式アンケート調査を行い、避難困難な高齢者の避難手段の課題を取り上げ、車避難の問題に言及した番組を制作し、放送している。筆者と NHK が関わるようになったのは、実質的にはこの番組の放送終了後からである。

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。回答者個人の人数は、20歳以上人口472人中296人で、62.7%にあたる。

インタビュー調査では、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)、防災対策の状況などを聴取した。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るものである。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「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。

2.3 アンケート調査の結果

ここでは、システムの要件を導出する際に求められる「システムが果たすべき役割」を示唆する問題について述べる。

● 避難を諦めている人

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。図2を参照すると、避難を諦めている住民の多くは高齢者であることがわかる。「なぜ逃げないのか」という問いかけに対し、高齢または障害があって「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。しかし、このように避難自体を諦めている住民は、頑張っただけで逃げれば助かるはずの小規模な災害で命を落とす可能性もあることから、最大限の努力をすることを心がけることが推奨される。

逃げないと答えた人の世代内訳

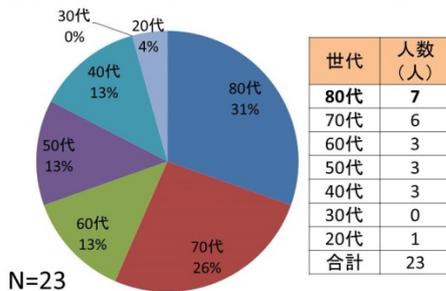


図2 「逃げない」と答えた人の世代内訳

● 想定されている避難先

避難場所として住民から挙げられたのは、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)、山側のどこか、これらの5か所は行政から指定されている避難場所である。また、南海トラフ巨大地震では浸水が想定されている、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)も挙げられた。そして、十分な高さはあるものの、途中で橋を渡らなければならない、経路に問題があるとされている向山(古城山または城山とも言う)も含め、12か所が候補に挙げられた(図3)。

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に着目すると、147人、ほぼ半数の人であることがわかる。図3では、行政から危険と判断された場所と行政によって指定された場所を区別して色分けをおこなっている。これを改めて集計すると、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(図4)。

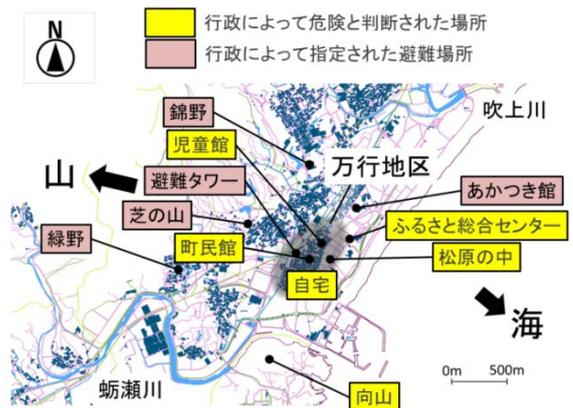


図3 住民から挙げられた避難場所

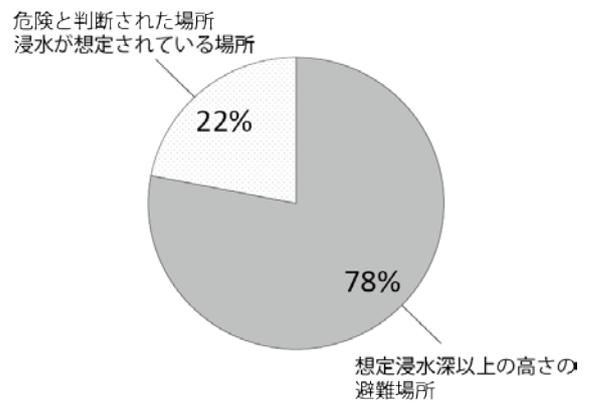


図4 住民が選択した避難場所の安全性

● 避難の所要時間の見積もり

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は地域が津波に飲み込まれるまでの時間よりも長いこ

とを想定している傾向があるが、多くの住民は、避難にかかる時間を過小評価している傾向があることがわかった。まず、「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は、全体的に楽観視している人が多い傾向がある。万行のアンケート調査では、「避難開始までに何分くらいかかると思うか」という設問に対し、平均約7分で出られると思う、という結果が得られた。しかし、東日本大震災の事後調査の結果 [2]では、平均で17分となっている。なお、この値は住民に事後に調査した値であるため、正確ではない可能性もある点には留意する必要がある。また、避難所要時間の妥当性については、多くの住民が普段と変わらない時間を申告していたが、それらの移動時間にはブロック塀の倒壊や車の渋滞などのリスクが含まれていないので注意が必要である。

● 被害軽減行動の実施

約80%の住民が家具固定を実施していないことがわかった。また、持ち家の耐震化もあまり進められていないため、これらが避難状況をより厳しくする可能性があることが指摘できる。ここで、固定をしていない人の理由の多くは「危機感がない」「あまり必要性を感じていない」というものであった。

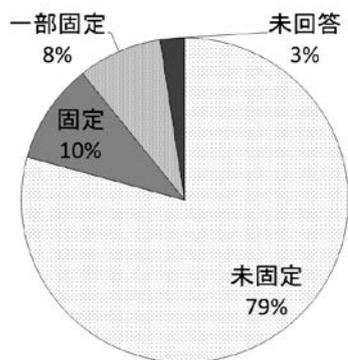


図5 住民の家具の固定状況

2.4 支援システムの要件の導出

インタビュー調査から得られた人々の避難イメージを分析した結果、主に3つの問題点が見られた。1つ目は「避難をあきらめている」、2つ目は主に前節のアンケート調査の結果から「客観的なリスクに対する対処行動が出来ていない」、これは、例えば危険な避難場所を選んでいる、あるいは避難の所要時間の見積もりが甘いなどの問題から示唆される。3つ目は家具の固定などを実施していない「当事者意識がない」というものである。ここで、この3つの問題の原因について、「潜在的な要素」を仮定し、それが触媒の様な役割を果たして次のステップへの反応を促進させると考えた。これは、あるステップに停滞している人がいる一方で、次のステップに進む人もいるという状況には、両者に違いをもたらした何らかの要素があると考えられるた

めである。このような要素を見極めることが出来れば、コミュニケーションシステムが果たすべき役割も自ずと決まってくると思われる。

手法としては、調査で得られた個人のデータを参照して比較し、現在の状況に相違をもたらした潜在的な要素がどのようなものなのか、またそれらがどのような働きをしているのかを分析し、望ましい行動を促すための触媒として解釈した。ただし、実際には必ず例外が存在するため、その触媒が、プロセスを促す「十分条件」とは言えないことに注意する必要がある。本節では、前節で仮定したモデルにおけるステップの進行を促す触媒について検討する。

● 当事者意識

災害が我が身に降りかかるという「我がことである」という認識が、避難イメージを想起するきっかけになっていると考えられる。詳細は5章で述べるが、インタビューで「あなたはどうしますか」と聴かれ、避難のイメージを想起させるときには、少なくとも他の誰でもない、自分のおかれる状況を想像するからである。そのため、当事者意識を持つということは、「無関心」という状態から、「避難イメージの想起」をおこなう際の必要条件であると考えられる。また、「受け入れ」に関わる群には、「もともと関心があり、これまでも自分で積極的に対策を取ってきた人」と、「刺激を与えなければ、無関心に傾く可能性がある人」の2つのタイプが見られたことから、当事者意識を持つきっかけが重要であると考えられる。

● 避難をイメージするための材料を知る

「今の状態で地震津波が来たら、自分の身に危険があるだろう」感じた人と、「たぶん大丈夫だろう」と感じた人の違いをもたらした原因のひとつとして、避難イメージを形成する際に本人が持ち合わせている利用可能な情報に依存していたことが考えられる。避難にかかる時間を低く見積もっていた人が多いことは既に述べたが、よく吟味することなくSTEP4の段階に行って安心している人には、より多くのシナリオや災害のパターンを見せることで、様々な可能性を知っておいてもらえるような工夫が必要であると考えられる。

● 対処行動の存在に気が付くこと

避難イメージを想起したところで、「自分には対処行動がない」と感じてしまう場合、できる行動すら起こさなくなることが調査結果から示唆された。高齢や障害のある人だけでなく、「追いつかれる」と考えてしまう若い住民も、自分が避難場所に到達するまでの時間は地域が津波に飲み込まれるまでの時間よりも長いことを想定していると考えられる。また、「今にも壊れそうなこの住宅環境」が避難を不可能にするだろうと感じている人もここに含まれる。

また、これは「恐怖喚起コミュニケーション」というコミュニケーション手法から得られた知見として一般的にも

認められているものである。

Leventhal (1970) [3]によると、「恐怖喚起コミュニケーション」とはコミュニケーションの受け手に、身体の危険 (danger) を伝えて、恐怖という情動を引き起こす内容を伝えるコミュニケーションを指す。Janis & Fishbein (1953) [4]は、強・中・小のそれぞれの程度の恐怖喚起を行うと、強いものほど人々の不安を煽るが、態度の変化については中程度のものに最も効果が表れるということを実証している。

一方で、1970年にそれまでの恐怖喚起コミュニケーション研究を概観した Leventhal(1970)の研究によれば、逆U字仮説のような結果は少なかったことを述べている。そして、この矛盾を説明する方法として、情報の受け手のパーソナリティの違いに着目し、危険に対処する能力 (coping ability) との関係で論じている。その結果、自尊心の低い人は、危険に対処する能力が、恐怖で増すと麻痺してしまい、リスク回避行動を起こせなくなると解釈している。また、上述の Janis らの結果に対しても、神経症的な不安の大きい人は恐怖が低いうちは危険を統制 (control) しようと動機づけられるが、恐怖が高くなると自らの恐怖を統制する方に動機づけられるようになって、危険を統制するのがおろそかになるのではないかと解釈している。つまり、危険に対処する能力がある、ないしはあると思っっている人は、強い恐怖を引き起こすようなメッセージを与えられるほどリスク回避行動を取るが、そうした能力のない人は、かえってリスク回避行動を取らなくなる可能性があるのである。その場合、避難そのものを諦めてしまうような危険性もあるため、いたずらに恐怖を煽るだけでなく、その対処行動についても同時に提案し、考える姿勢をサポートすることが必要であろう。

また、これらは現在の対策にも強く影響している。結果として何らかの避難行動をとると答えた住民の中にも、行政の防災施策の推進を煽る意味合いで「避難は不可能」と発言する住民は少なくなかった。特に、町営住宅の耐震性に不安を感じている居住者に多く、「避難といっても、まずこの家がつぶれるでしょう」と言って議論が進まないことがあった。しかし、上述したように、家具固定をしていない家庭は全体で79%もあり、かなり多い。このように被害軽減行動を実施しない理由として「やっても、どうせ家がつぶれて意味がない」といった発言がしばしば見受けられたが、置かれた環境の中で出来る被害軽減行動にも気づくことが必要であると思われる。

また、実際に行動するためにはその効果を知らなければ、モチベーションにつながらないと考えられる。被害軽減行動をおこなっていない人の中には「やっても意味がないと思う」という意見が多かったことから、実施しようというモチベーションを形成するためには、その効果を伝えることが重要であると思われる。また、そのような意見を言う

人の中には、「どうせ実際はどうなるかわからないのだから」という意味合いを含む人も多くいたため、せつかくおこなう対策が、実際の災害時にも役立つような工夫を講じる必要があるであろう。

3. 津波避難シミュレーションの実行

3.1 避難シミュレーションの概要

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。また、検討事項に応じてシミュレーションのパラメータを設定させることで、様々な防災対策の効果を検討することが可能である。

地理情報システムには、時空間情報管理が可能な京都大学防災研究所のライセンスする DiMSIS [23]を、エージェントシミュレータには、構造計画研究所の提供するマルチエージェントシミュレーションプラットフォーム Artisoft [24]を用いている。

● フィールド環境

ベースマップには、国土地理院が提供する1:2500の基盤地図情報を利用した。避難経路となる領域には道路縁情報を、住民の住居領域には建物情報を用いた。避難経路となる領域を限定して、道路交差点にノード番号を、ノード間をつなぐ経路にはリンク番号と小さいノード番号から大きいノード番号に向かう向きを正とする基本方向、進むべき角度を50cmピッチで与えた。また、各ノードで最終目的地となるノードを指定すると、次に目指すべきノードを教示出来るようにデータを整備した。エージェントは、経路上に障害物や、他のエージェントなどが存在すれば、回避行動をとるように設定した。シミュレーションは、1stepを0.5秒とし、すべてのエージェントが避難先に到達するまで行う。

対策シナリオについては、場の設定とエージェントの初期設定により実現するものとする。また特に、注目すべきポイントについては、地理情報システムにおいて強調表示するデータを作成し、これを含む形でアニメーションを作成することで対応することとした。

● 津波シミュレーション

本研究では、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 [25]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。

3.2 検討したシナリオ

本節では、検討すべき項目について、実際にシミュレーションを用いて検証し、同時にそれらの代替案としての解決策についても検討する。

第2章では、コミュニケーションの要件として、対処行動を見いだせないような避難イメージを持った場合、「避難をあきらめる」という結論に至ってしまう危険性を指摘した。そういった状況を避けるためには、「避難できる」というイメージをできるだけ維持しつつ、ステップ・バイ・ステップで深刻な状況をイメージし、その対処行動を考えることが必要である。そこで、対処行動についても同時に提案するという手法により、ただ恐怖心を増大させるようなコミュニケーションを避けるように配慮をおこなった。

表1に、検討したシナリオ設定を図示している。基本的には、シナリオ0、1は前提のシナリオとし、その上で追加的なシナリオを置いた。これは、基本シナリオが達成されない場合、いかなる対策も効力を発揮しないことがわかったためである。

表1 検討したシナリオ

Scenario	個人の課題	地域の課題
基本	0 現状編	
	1 早く避難を開始	
	家族を助けに行かない近隣住民が助けに行く	
追加	2 車の乗り合いによって動く車の台数を減らす	
	3 避難タワーに昇れない高齢者の補助	
	4 避難場所の変更	

4. 地域へのシミュレーション結果のフィードバック

4.1 ワークショップの実施

表1のシナリオのうち、シナリオ0～3までは第1回ワークショップで実施し、シナリオ4は第2回ワークショップでフィードバックを行なった。

表2 ワークショップの日程と内容

日付	検討した対策
2013年2月23日	シナリオ0～3
2013年7月28日	シナリオ1+4

シミュレーションの実施結果をフィードバックする機会として、ワークショップを行った。ここでは次の3つの点に留意してプログラムを組んだ。

(a) リスクを知る

「黒潮町に34mの巨大津波が来る」と言われているが、万行地区の浸水深は14mと想定されている。その高さの津波

から逃れるにはどのような避難場所があるのか、また、アニメーション表示により、時間情報も考慮した情報を提供することで、避難場所の選択においては時間的な余裕が関係することを知ってもらう。避難をイメージするための材料、つまりリスクに関する情報を伝える。

(b) リスクと共にその対処行動を伝える

対処行動を見いだせないような避難イメージを持った場合、「避難をあきらめる」という結論に至ってしまう危険性があることは既に述べた。そういった状況を避けるためには、ステップ・バイ・ステップで深刻なリスクを伝え、その対処行動を同時に提案するという手法により、ただ恐怖心を増大させるようなコミュニケーションを避けるように配慮をおこなう。

(c) 個人の努力によって状況を変えることができる

対策をとることにに関して、「意味がないと思う」といった人々に対し、どのような対策をとったらどれくらい状況が改善するのかを伝え、対策の必要性に気が付けてもらう。

● 第1回ワークショップ

黒潮町職員数名を含む約80名の住民が集まり、(1)タワーに昇れない高齢者がいる、(2)親族同士の助け合いによる避難の遅れ、(3)自動車避難による混雑の問題、(4)未耐震家屋の倒壊による避難の遅れ、(5)一刻も早く逃げると意識の必要性、を挙げ、それらの5つを軸にプログラムを設定し、シミュレーションでアニメーションを見せながら地域にある課題とその解決策の案を来場者とともに共有した。

● 第2回ワークショップ

第1回目の参加者の多くが第2回目も参加していたが、1回目にはいなかったが2回目にはいたという人は少なく、人数は第1回よりも少なかった。この回では、全員が3分から5分以内に出発するシナリオ0、シナリオ1が満たされているという前提のもと話を進めた。前回に引き続き、地震発生から避難開始までの時間の余裕を説明し、**エラー! 参照元が見つかりません**。項で検討した、山に行く時間的な余裕がなければ地区内のタワーに避難場所を変える、という対策を提案した。また、車避難の問題については、**エラー! 参照元が見つかりません**。項で述べた、乗り合いバス・乗り合いタクシーのアイデアを提案した。

4.2 避難訓練の実施

7月の防災ワークショップでは、1時間ほどでワークショップを終えた後、これまでに検討してきた対策のうち、以下のことについて訓練という実践に基づいた検証を行った。約50名が参加した。

● 避難タワーへの避難訓練

この訓練は、タワーに昇れるか、混雑の状況でどのようなことが起こりそうかを検証する目的で行った。タワーの混雑を再現するため、時間を合わせて約50名に一斉に昇ってもらった。

● 山に向かう人が引き返してタワーに来る

せっかく山の方へ向かって逃げ始めているのに、引き返すという心理がどうなのか、抵抗感はないのかを検証することを目的の中心において行った。訓練は3グループに分かれてそれぞれ引き返すポイントを変えて戻ってきてもらった。タイミングの指示はタワーにいる人が行うとし、今回の訓練でも、実際に地域の方に「もう山にいても間に合わない、こっちへ戻ってこい」という呼びかけをおこなってもらった。

訓練を行ったことにより、タワー避難では高齢者が速く昇れないことによって後ろから来た人が先に進めず、悶えてしまうことがわかった。現在の避難タワーは一番上の階に行くまでに一段踊場があるが、そこで止まってしまったのは、日頃から歩くのに苦労している高齢者2名であった。しかし、20代から60代くらいまでの比較的若い人たちが自然に手を貸して一緒に昇っていくことで、ほとんどのお年寄りが一番上の階まで上がることが出来た。

住民ワークショップで検討したことを実際の訓練を通して検証することで、実際やってみた時の感覚をつかむことが出来たため、多くの具体的な感想を聞くことが出来た。その結果、数名の住民が「近くに山が見えるところまで行っているのに、また地区に引き返すのには抵抗感がある」という発言をしていたことから、心理的な抵抗感に課題があることが示された。しかし、一方で「これで命が助かるのなら、やってみたい」という住民もいた。また、より具体的に検討していくことの必要性を示す意見を持つ人も数名いた。例えば、山へ向かって避難していた人が、時間が無い場合にタワーに引き返す際の心理として、「自分の判断を通すか、タワー上からの判断を信じるか」というところが問題になりそうだということを指摘した人もいた。以上の結果から、この訓練では、シミュレーションで検証したように、津波に追いつかれる人が減るという点で「引き返す」ということは有効な手段であるが、どの場所か、どのタイミングか、どのような情報に基づいて引き返すかが重要となるため、その点を詰めていく必要があるということも明らかになった。また、一方でこの対策はある人にとっては有効だが、別の人にとっては心理的抵抗感を感じるものであるなど、「個人による」ということも示された。これは結局、全ての住民に効果を示す万能薬の様な対策を作ることが不可能であることも示唆している。そのため付随的な形ではあるが、全ての人が、最終的には当事者として「自分が受け入れるか受け入れないか」ということを、判断していくべきであるということも示唆される。

4.3 NHK 番組による本取り組みの放送

NHKのテレビ放送が行われる際は、地区内で何度も情報提供があり、多くの人が見ていたことが推察される。このテレビ放送による反響については、前節で述べた通りだが、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は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。

例えば、テレビ放送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。このように、非常に細かいところまで見ていることが推察されるような意見が聞かれたことから、そのインパクトが大きかったことがわかる。この事例は、前者の女性のように、映像で見たことが固定化したイメージにつながってしまう可能性には留意しなければならないことを示唆しているものの、明らかに影響を与えられることがわかったことから、今後の活動における発展性には期待できる。例えば、シナリオを増やしてみることで、避難イメージを思考する際に思考を拡張することや、避難課題に対する対策の提案への利用も、今後大いに検討すべきだと思われる。災害リスクに関する情報を映像で見せることが人の意思決定や行動にどのように影響するか、今後は個別事象をより詳しく分析することも必要であろう。

5. コミュニケーション支援システムの評価

5.1 評価のポイント

3章で述べたように、事前調査において問題とされるようなことが解決されていれば、システムの有効性として評価できると考えられる。ここで評価のポイントは、大きく分けて2つある。一つは調査で得られた地域の具体的な避難困難課題に対して、シミュレーションから得られた結果がどの程度有効性のあるものであったかという住民視点での有効性の評価である。2つ目は、2章のシステムの要件として導出された3要素：当事者意識の形成、避難をイメージするための材料を知る、対処行動の存在に気が付くことについてどの程度システムが貢献したかというものである。以下に、その評価として現段階で得られた知見を述べる。

5.2 シミュレーションの結果に関する有効性

提案された対策の実行可能性は、個人的な対策と地域で行う対策で異なることが明らかになった。個人の努力だけで実行できるような対処行動については、住民の反応が大きく出たが、地域の住民間で影響を与え合う地域で行う対策については難色を示す住民が大きかった。これは、自分で出来ることに関しては自分が行動すれば状況が変わるという期待が持てるのに対し、地域の住民にもそれを求めるということは本当にその行動を実施してくれるかわからないという不安があるため、「実行できそうにない」という思いに至ると考えられる。

5.3 プロセス全体の評価と考察

評価対象者として3人の住民に着目し、アンケート、勉強会、訓練、その他イベントへの参加を通して、避難行動に関する意思についてどのような変化が見られたかを観察した。なお、以下の番号に従って時系列で記述する。「」内は実際の発言、それ以外は筆者らの観察からわかったことである。

- ① アンケート調査での発言・様子
 - ② 第1回住民防災勉強会の発言・様子
 - ③ 行政による避難カルテワークショップでの発言・様子
 - ④ 第2回住民防災勉強会の発言・様子
 - ⑤ 訓練の様子、発言・様子
- 住民 A (50代女性)
 - ① タワーは長期滞在ができないから避難したくない。山へ逃げる
 - ② -
 - ③ ワークショップを開催している行政の臨時職員に対し、様々な意見を伝えていた。「NHKの番組をみて松原が一番浸かるのが遅かったから、あの高いところにタワーを建ててくれた方が良い。それから、体育館(より海に近く、津波浸水時間も早い)の方も地区の端に住んでいる人にとっては逃げやすいから、補強して避難所として使えるようにしてほしい。私たちは、最大の津波が来るとして備えなければならない。」
 - ④ ワークショップの最後の質疑応答の時間では、3回ほど発言していた。タワーの立地について、行政に意見を言うために、わからないことを積極的に質問する姿勢があった。「町民館の高層化や耐震、松原にタワーを建てた場合の効果はどれほどのものか、教えてほしい。西南大規模公園(避難場所「緑野」に向かうまでの蛸瀬川沿いの建物)の体育館を耐震化した場合、どのような効果があるのかも知りたい。山まで行く途中で方向転換する際に逃げる場所としては良いのではないか。周囲には何も無いし。「体育館の方が先に浸水する、水に向かっていくのは危険なので、避難しないほうが良い」、という説明を受けて)それは、タワーも立地条件は同じではないか。タワーも水の方に向かって逃げているように思う。タワーの立地について異議がある人は、こんどの8月5日の懇談会に参加して、一緒に意見を言いましょう。」
 - ⑤ -
 - 住民 B (70代女性)
 - ① 「新しいタワーが出来たらそちらに逃げたいが、現段階では山の方に行きたい。行くまでには様々な不安がある。」追調査にて、「34mの津波が来ると聞いて一度はあきらめた。」
 - ② 「自分で歩けるようにすること、避難をあきらめない

気持ちが大事だと思った。」

- ③ -
 - ④ 孫が作ってくれたという「おばあちゃんのチャレンジノート」というものを持ってきて見せてくださった。毎日歩いた距離と時間を記録し、積極的に歩くことで、自分で避難できるように日頃から歩く訓練をするために作られたとのこと。
 - ⑤ 当初から山避難を希望していることもあり、山避難からタワーへの進路変更訓練にも参加した。「もしタワーにいる人から指示があつてそれで命が助かるのであれば私はすぐに方向転換したい」
- 住民 C (60代女性)
 - ① 「避難タワーに逃げる。このあたりでは避難タワーしか逃げ場がないから。自宅のすぐ近くにあるし、避難する上で不安なことは特にはない。高台移転などの施策は、地区みんななどと言ってもいろいろな考えが違うためいろいろ難しい。」
 - ② -
 - ③ 「京都大学とNHKの人が来てくれた説明会のとき、初めて、ああ、ちゃんと考えないといけない問題だなあと思った。でも、一生懸命人が考えてくれても何ともならない。部落で自分らがどう動いたらいいかという話をしなければいけない」「私たちには自分ひとりで対策するのではなくて、皆で取り組まないと意味がないものもある。一つは、ブロック塀の倒壊が一番心配。タワーの前はブロックのある町営住宅ばかりだが、もし地震で倒壊したら、避難してきた人がみんなタワーまで行けなくなってしまふ。それが一番心配。こういったことは、むしろ強制的な力で撤去する努力をすべき」
 - ④ -
 - ⑤ 普段デイサービスのおばあさんたちの面倒を見てくださっていることもあり、今回の訓練でも2班に入つて力を発揮していた。

6. おわりに

本研究では、高知県黒潮町万行地区を対象に、住民ひとりひとりが本当に逃げる事が出来る、より具体的な施策を、地域ぐるみで検討することの支援を目的とし、エージェントシミュレーションによる情報システムを取り入れた津波の避難計画策定に焦点を当ててきた。命を守る防災は現在非常に社会的な要求の高い問題であり、災害の多い日本という国ではすべての自治体が取組みなければならない課題であるにも関わらず、住民ひとりひとりが本当に逃げる事が出来るより具体的な施策を、地域全体で行うなどということは、十分な実現に及ばない自治体がある。

これまで行われている先行研究では、避難計画という問題について、情報システムを導入し、さらに住民の防災教

育を目的として個人の避難行動に関する意思まで介入しているものは非常に限られていた。また、個人単位での避難行動にアプローチしたものでは、地域全体の計画を含めた包括的な取り組みや、地域特有の具体的な課題の検討はほとんど行われて来なかった。そのため、それらを一つの情報システムとしてまとめた研究はこれまでに例がないと言える。

本研究では情報システムが果たすべき役割として、個人の避難行動に関する意思に作用し、災害リスクを回避するためのより良い選択をしてもらうようにするという、その個人の集合である地域全体の避難行動における課題を洗い出し、その対策案を提示していくことを挙げた。

実際に避難する住民自身にとって意味のある避難計画を共につくりあげるために、今後はさらに実践に基づいたシステムの改良を行っていく必要がある。自分たちが主体になって動かなければならないという認識がうまれていることから、今後はさらに住民目線で発見された課題を検討していくことが望まれる。システムもそうした要求にこたえられるような機能を備えていくことが、今後の重要な課題である。

参考文献

- [1] “気象庁：「平成 23 年(2011 年)東北地方太平洋沖地震」について (第 15 報) ,<http://www.jma.go.jp/jma/press/1103/13b/kaisetsu201103131255.pdf>,2013-03-13, (最終確認 2013-12-15).”
- [2] “警察庁緊急災害警備本部：平成 23 年(2011 年)東北地方太平洋沖地震の被害状況と警察措置, <http://www.npa.go.jp/archive/keibi/biki/higaijokyo.pdf>, 広報資料 (2013-12-10), (最終確認 2013-12-25).”
- [3] “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：中間とりまとめ～今後の津波防災対策の基本的考え方について～, pp.6-9, <http://www.bousai.go.jp/kaigirep/chousakai/tohokukyokun/pdf/tyuukan.pdf>,内閣府防災情報のページ, (2012)(最終確認 2013-5-02).”
- [4] “中央防災会議防災対策推進検討会議南海トラフ巨大地震対策検討ワーキンググループ：南海トラフ巨大地震対策について(最終報告), http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/taisaku_wg/pdf/20130528_honbun.pdf,内閣府防災情報のページ, (2013)(最終確認 2013-11-02).”
- [5] “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, 災害情報学会誌, No.11, pp.20-26, 2013.3.”
- [6] “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, No.789/II-71, pp.93-104, 2005.5.”
- [7] “牛山素行・野田敦夫：2010 年 2 月 28 日チリ地震津波の際の避難行動に関する調査速報. 津波工学研究報告, No.27, pp.73-82, 2010.”
- [8] “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, <http://www.bousai.go.jp/kaigirep/chousakai/tohokukyokun/7/pdf/1.pdf>, pp.8, 2011, (最終確認 2013-02-05)”
- [9] 片田敏孝, 木下 猛, 金井昌信：住民の防災対応に関する行政依存意識が防災行動に与える影響, 災害情報学会誌, No.9, pp.114-126, 2011.3..
- [10] “矢守克也著：巨大災害のリスク・コミュニケーション 災害情報の新しいかたち, ミネルヴァ書房, pp20-21,2013.”
- [11] “京都大学防災研究所監修：自然災害と防災の事典, 丸善出版, pp240-241, 2011”
- [12] 南海トラフ巨大地震対策検討ワーキンググループ, “南海トラフ巨大地震対策検討ワーキンググループ：資料 1-2 都府県別市町村別最大津波高一覧表<満潮位>, pp.5, http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/taisaku/pdf/1_2.pdf,内閣府防災情報のページ, pp.5, (2012)(最終確認 2013-11-02).”
- [13] “畑山満則, 松野文俊, 角本繁, 亀田弘行：時空間地理情報システム DiMSIS の開発, GIS-理論と応用, Vol.7, No.2, pp.25-33, 1999.”
- [14] “兼田敏之：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・マネジメントまで, 構造計画研究所, 書籍工房 早山, 2010”
- [15] “中央防災会議防災対策推進検討会議南海トラフ巨大地震対策検討ワーキンググループ：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, http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/taisaku/pdf/20120829_2nd_report01.pdf,内閣府防災情報のページ, (2013)(最終確認 2013-11-02).”
- [16] “金井昌信, 片田敏孝：利他的効用に着目した防災対応促進コミュニケーション —児童とその保護者を対象とした津波防災教育を事例として—, 日本リスク研究学会誌, Vol.18, No.1, pp.31-38, 2008. 8.”
- [17] “村澤直樹, 片田敏孝：漁民の津波沖出し行動の適正化支援を介した地域の津波防災への波及展開—防災無関心層へのコミュニケーション・チャンネル開拓の試み—, 災害情報学会誌, No.9, pp.148-160, 2011.3.”
- [18] “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：自動車で安全かつ確実に避難できる方策, 第 5 回会合 資料 3, 2012-04-26, (最終確認 2013-02-02).”
- [19] “仙台市：東日本大震災以降、避難施設配置案等に係る効果検証 (避難行動シミュレーション), <http://www.city.sendai.jp/syoubou/bousai/tunamiinkai/pdf/241128/shiryoku2.pdf>, (最終確認 2014-02-02)”