

# 津波災害を対象としたリスクコミュニケーション的考察 - 西予市明浜町俵津を事例として -

二神 透<sup>1</sup>・木俣 昇<sup>2</sup>・武部真有記<sup>3</sup>

<sup>1</sup>正会員 愛媛大学准教授 総合情報メディアセンター (〒790-8577 松山市文京町3番)  
E-mail: futagami.toru.mu@ehime-u.ac.jp

<sup>2</sup>正会員 金沢大学名誉教授 (〒920-1192 金沢市角間町)  
E-mail: nkimata@samba.ocn.ne.jp

<sup>3</sup>非会員 岡山市役所土木課 (〒700-0913 岡山市北区大供1丁目1-1)

2010年3月のチリ遠地津波の発生に伴い、愛媛県宇和海沿岸の5市町に避難勧告が発令された。今回の東日本大震災においても、同様な地域に同様に避難勧告が発令された。著者は、ペトリネットによる津波避難シミュレータを開発し、愛媛県西予市明浜町俵津地区において、2つの住民グループでの比較実験を行った。その結果、具体的計画策定と避難行動を再現することが、住民の防災意識に影響を与えることを把握することができた。さらに、シミュレータを援用したリスクコミュニケーションの実践事例について報告した。最後に、今後の課題として、住民が避難所に留まる意識を高めるための、シミュレータの構成と展開について述べた。

**Key Words :** tsunami hazard, evacuation plan, risk communication, petri-net simulator, vulnerab lepeople fo help

## 1. はじめに

2010年3月のチリ遠地津波に対する県内の避難対応を調査した結果、避難勧告が発令された愛媛県南予5市町(愛南町、宇和島市、西予市、八幡浜市、伊方町)の避難率は低かった。特に、最も津波の到達時間が早いとされた愛南町の避難率が低かった。しかし、愛南町の自主防災組織達成率は、他の4市町と比較して高い。しかし、ヒアリングの結果、対策本部から、自主防災組織への直接連絡がなされておらず、自主防災会長の自主判断に委ねられた結果、避難行動へと繋がっていないことが明らかとなった。その他の4市町でヒアリングを行った結果、地区によっては避難率の高い自治会が確認されており、行政の紹介を受けて直接ヒアリングを行った。その結果、避難率が高い自治会については、以下の特徴が認められた。

- 自主防災組織が結成されている。
- PDCA型の避難訓練を実施している。
- 要援護者の把握を行っている。
- 避難勧告の発令に従い、自主防災単位での避難行動を呼びかけた。

課題としては、避難場所への行政からの情報提供が皆無であったため不安だったや、避難勧告解除の前に家に戻る住民が多数いたである。

特に避難率が約6割と高かった西予市明浜町俵津地区

で実施した住民アンケートの結果、強い揺れを伴う地震が発生した場合、避難すると答えた住民は、100%であった。しかし、揺れを伴わないチリ遠地津波に対して、大きな揺れを伴う地震では、避難の様相は異なるであろう。今後30年間の発生率が60%とされる南海・東南海地震では、強い揺れに伴う避難経路・避難場所の障害が想定されるため、予め住民と危険な避難路・避難場所を同定し、複数の避難経路を考え、臨機応変に対応する必要がある。そのためには、個人個人が災害の様相に応じた行動のイメージを外部認識化することが重要となる。著者らは、ペトリネットを用いた避難シミュレータ<sup>1)4)</sup>を開発しており、地震火災時からの避難<sup>3)</sup>や、中山間の孤立時の避難<sup>4)</sup>を支援するためのシミュレータを構築している。そこで、同様のモデルを用いて、個々人の避難や、要援護者の支援機能を付与したシミュレーション・システムを構築し、住民とのリスクコミュニケーションを通じた、システムの有効性を探りたいと考えている。

## 2. 俵津地区の津波避難シミュレータの開発

### (1) 俵津地区の概要と津波災害リスク

図-1に、愛媛県西予市明浜町の位置を示す。俵津は、愛媛県の南予地方の宇和海に面する明浜町の南部に位置し、図-2の地形図に示すように、リアス式海岸の入り江の奥に、544世帯1,405人(平成19年4月)の集落が

形成されている。本地域は、自主防災組織が積極的に津波避難訓練を実施している。また、今回の遠地津波を対象として住民・行政が対応行動反省会を行い、問題点を総括している。俵津自主防災組織は、避難勧告が出た場合、消防団との役割分担を予め決めており、消防団は住民への声かけを、自主防災組織は、予め決められた避難場所へ住民とともに避難することになっている。

反省会では、避難勧告後の行政からの情報提供が入らないことにより、避難した住民が不安を強く感じたり、海岸をパトロールした消防団が、いつまで任務に当たればよいのかといった困惑を感じたとの意見があった。また、一次避難した住民が、自分の判断で早々に自宅に戻るケースの問題点も指摘された。要援護者については、軽トラックで一次避難場所へ避難することになっているが、実際は、避難勧告が発令されたことを声かけしたが、一次避難場所への避難は行われていない。

図-3に、俵津のハザードマップを示す。図中の赤い



図-1 愛媛県西予市明浜町俵津地区



図-2 俵津地区の地形図

ラインが、南海地震で想定される津波の到達エリアである。津波マークが、一次避難場所を示し、黒い四角の数字は、二次避難場所を表している。図中、紫のエリアは、土砂災害危険箇所を表している。俵津では、二次避難場所としてナンバー10の公民館が指定されているが、ここは津波到達エリア内である。同様に、一次避難場所についても、何箇所かが、同エリア内にあることが分かる。さらに、避難経路が土砂災害危険箇所に隣接していたり、現地調査の結果、避難の障害となる廃墟も散在していることが明らかになっている。

以上より、この地域の津波避難時の課題としては、避難場所への情報提供の在り方、要援護者の支援の在り方、避難経路阻害時の避難経路・避難場所の変更、避難場所での長時間避難の在り方、二次避難場所の位置の問題が挙げられよう。これらの課題は、順次解決する必要があるが、本研究では、要援護者支援個別プラン・避難経路・避難場所への安全な避難を支援するための課題解決に絞って進める。

## (2) ペトリネットによる避難モデルの基本概念

著者らは、ペトリネットを用いて、地震火災避難シミュレータ<sup>3)</sup>、中山間地の孤立を想定した避難シミュレータ<sup>4)</sup>、土砂災害・河川氾濫時の避難シミュレータ<sup>1)</sup>を開発し適用研究を行っている。図-4に示すように、ペトリネットの特徴は、状態の推移をトランジションの発火条件を与えることで視覚的に記述できる点にある。俵津は、南海地震発生後、津波第一波が1時間後に来ると想定されている。しかし、第二波、第三波と、津波が押し掛けてくることを想定した避難行動を取る必要がある。

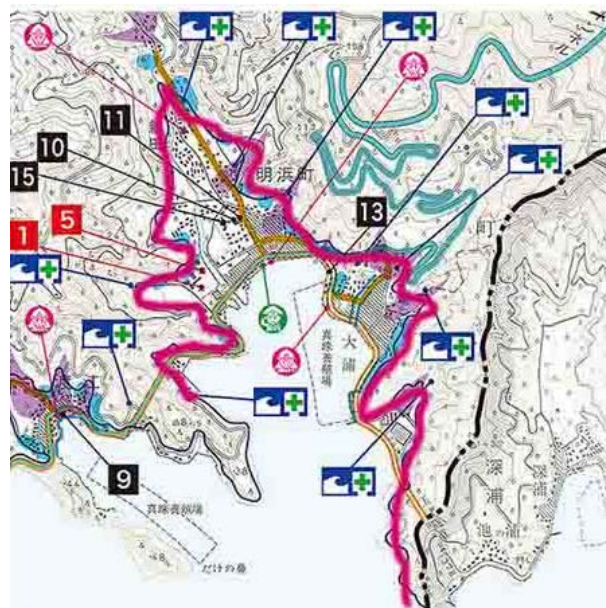


図-3 俵津地区ハザードマップ

この点については、5. で述べる。著者らは、2010年10月に行われた避難訓練に参加し、8人の住民にGPSを携帯して頂き歩行速度のデータを採取した。後日、アクティブな住民2人に、2週間GPSを貸与し、地域の歩行速度に関するデータを採取している。これらのデータを用いて、トランジションの発火条件である、プレースタイマを設定している。つぎに、住民の避難行動を記述するために、図-5に、阻害箇所から引き返すサブネット、引き返しながら阻害箇所の情報を伝達する声かけサブネットを構成した。具体的には、ある住民が避難場所に向かって行動し、建物の倒壊や、土砂災害による避難阻害箇所に至ると、引き返しながら別の経路を通過して最短時間の避難場所と経路を辿り、この時出会った別の避難者に声をかけてこの先へは行かないよう指示し、一緒に別の避難場所へ行くことを意味する。

図-6は、要援護者支援と避難阻害・行動変容の概念図である。支援者が、図上の経路から図右の要援護者宅を訪れ、一緒に最短経路ルートAを通過して避難する、この時、図左の経路に阻害がある場合、ルートBを通過して避難することになる。

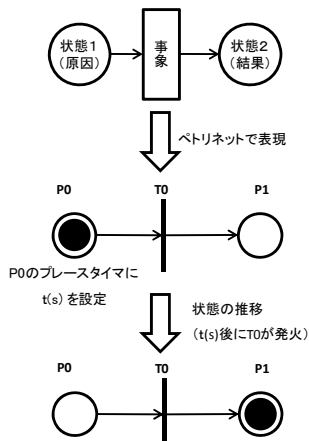


図-4 ペトリネットの基本概念

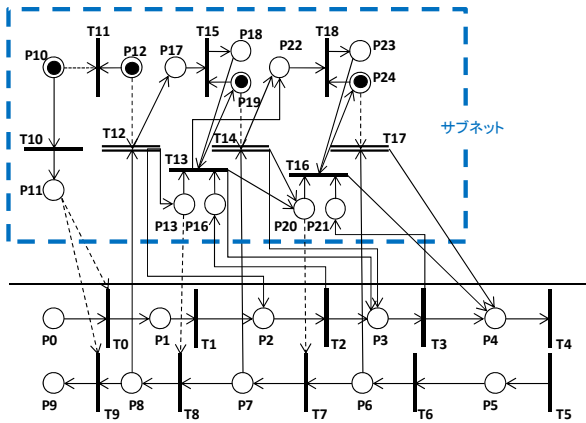


図-5 引き返し声かけサブネット

って避難することになる。ルートBにも阻害があれば、別の避難場所をあらかじめ想定しなければならない。図-7は、図-6の支援者が要援護者を迎えに来て一緒に避難するサブネットを表している。移動手段については、車と徒歩の2つを想定している。

以上が、津波避難シミュレータのペトリネットによる基本的な記述であり、避難の形態は、地区ごとの避難、避難場所の指定変更、個々人毎の避難、要援護者の支援避難といったシナリオを想定可能となっている。さらに、時系列ごとの避難収容の推移も容易に分析できる機能も付与している。

### (3) シミュレータのシステム構成

開発した避難計画支援システムは、図-8に示す構成となっている。図の左側は、背景画像となる地図情報、建物位置情報、危険箇所情報、GPSによる歩行速度情報といったシミュレーションの基本情報である。左部分は、シミュレーションの実行部分である実行プログラムと、前述した、避難形態(グループ、個々、任意)、要援護者支援、阻害といったシナリオの想定と、それらをペトリネットのシステムデータとして自動生成するためのインターフェイスとプログラム部分である。詳細については、次章の適用で述べる。本システムは、VBA (Visual Basic for Application) という Microsoft Office に付随したプロ

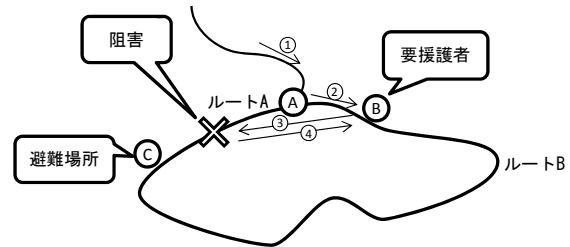


図-6 要援護者支援と避難阻害・行動変容の概念

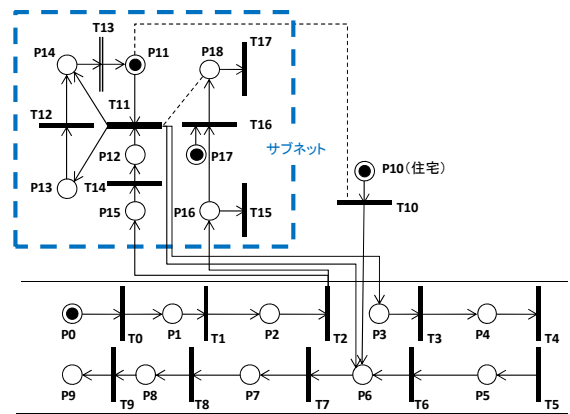


図-7 要援護者支援サブネットモデル



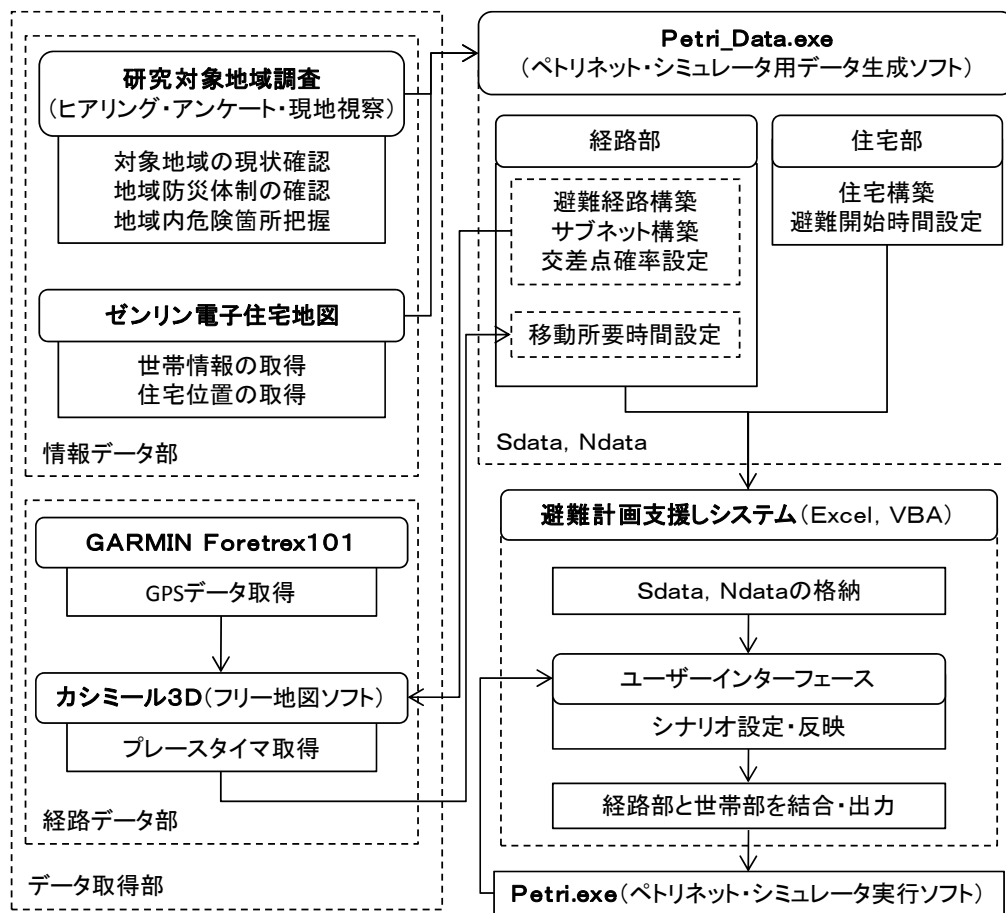


図-8 避難計画支援システムの構成図

グラム言語) と関数で構成された Excel ファイルで開発している。

避難場所に通じる経路は1本しかないため、この箇所が阻害された場合には、最短②の避難場所を想定すること

### 3. 俵津地区への適用事例

#### (1) 対象地域の避難環境について

2010年3月のチリ遠地津波避難勧告後のアンケート調査の結果、避難経路が危険であると感じている住民は、17.5% (120人中21人) であった。そこで、避難計画支援システムを適用するにあたって、対象地域の調査を行った。対象地域は、図-9の1区～9区まで地区を区分けしてあり、丸印の数値が示す場所が避難場所であり、それぞれの区に避難場所が割り当てられている。図中の×印は、自主防災会役員I氏へのヒアリングと、著者らが現地調査を行い阻害箇所を特定し記している。8つの阻害箇所の内訳は、橋梁2箇所、土砂災害5箇所、廃屋倒壊危険2箇所である。

図-10は、図-9の左下にある避難場所①に至る近くの避難経路の写真である。この写真より、避難経路のすぐ横に急傾斜地が被さるように位置し、大きな揺れを伴う地震時には、通行阻害が掛かることが想定される。①の

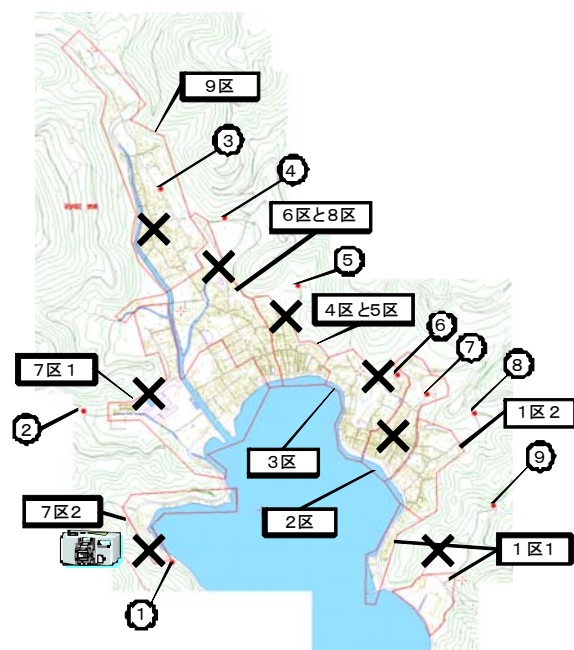


図-9 避難場所と対象区域ならびに避難阻害箇所



図-10 土砂災害避難経路阻害箇所

になる。

## (2) シミュレータの適用事例

研究対象地域は広範囲で避難経路上に複数の交差点が存在するため、全域を一画面で取り扱えると見えにくくなるため、避難計画支援システムで扱う範囲を分割する必要がある。そこで本研究では、図-9の対象地域を3つのエリア（エリア1～3）に分割して避難計画支援システムを適用する。システムで扱う範囲を決定すると、操作画面の背景画像として対象地域の地図が必要となる。本研究では、この背景画像として、世帯情報が明記されているゼンリン電子住宅地図を編集して使用した。住宅部では、背景画像の各世帯上に、住宅を表すプレースと、そのプレースから経路部分に接続するためのトランジションを1つずつセットで配置していく。経路部ではまず、サブネット以外の経路を構築し、その後避難場所にプレースを配置し、経路部分と接続する。そして交差点と阻害箇所それぞれサブネットを配置し、経路部分と接続する。最後に、要援護者サブネットを1セットだけ配置する。要援護者サブネットは、避難シミュレータ用データ生成システムで接続・分離を操作するため、この段階で他の部分と接続する必要はない。避難経路とサブネットの構築が完了したら、経路上での避難者の移動所要時間を設定する。このとき、交差点での経路選択確率を、避難所までの距離で重みづけして設定することも可能である。

つぎに、作成した経路部と住宅部の Sdata と Ndata を、避難シミュレータ用データ生成システムに読み込み、データベース化する。そしてユーザー・インターフェース画面を、対象地域に適用するように微調整する。

以上の手順を経て、避難シミュレータ用データ生成システムを使用可能となるが、実際に避難行動シミュ

表-1 避難場所までの所要時間の比較

避難場所番号	避難対応地区	訓練での所要時間(分)	避難予測時間(分)
①	7区2	4	5
②	7区1	9	12
③	9区	8	11
④	6区と8区	8	12
⑤	4区と5区	5	7
⑥	3区	5	8
⑦	2区	5	9
⑧	1区2	6	8
⑨	1区1	7	10

レータを生成・実行して、妥当な結果が出るかを確認する必要がある。そこで、本研究では、対象地域で実施された、2010年10月の度避難訓練時のそれぞれの区住民の避難完了時間と、シミュレータの結果を比較する。これらの結果を、表-1にまとめる。表-1を見ると、訓練結果の方がシミュレーション結果より早く避難が完了している。これは、避難訓練では、区内の1か所から集まった住民が避難を行うが、シミュレータでは対応する地区の全世帯の避難を行っているからである。

以上のプロセスを経て、避難計画支援システムを津波危険地域へ適用した。今回は対象地域を3つに分割したため、3つの避難計画支援システム（Excel ファイル）を作成している。

最後に、2章で述べたシミュレーション結果をグラフ表示する機能について概説する。図-11にエリア1の避難計画支援システムのユーザーインターフェースを示す。シナリオは、阻害が無い状態で、7区1の全住民が、赤い丸印で示した避難場所②へ避難するように設定した。画面左上のユーザーインターフェイスメニューの、“データの結合・出力” ボタンをクリックすると、Sdata・Ndata の出力が完了したら、自動的に図-12に示した避難

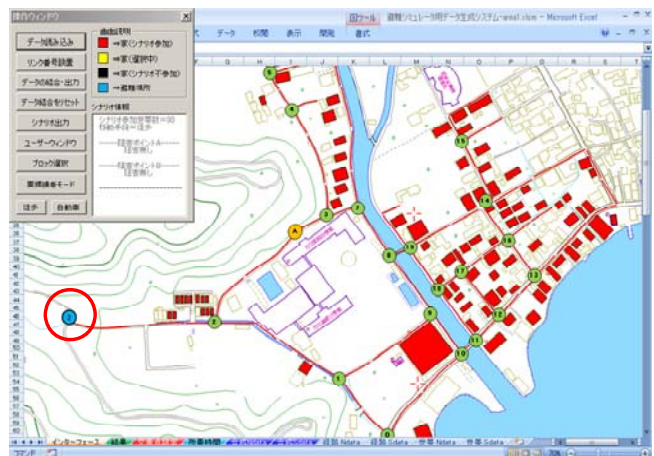


図-11 俵津北部地域の避難シミュレータ適用事例

表-2 俵津におけるコミュニケーション一覧

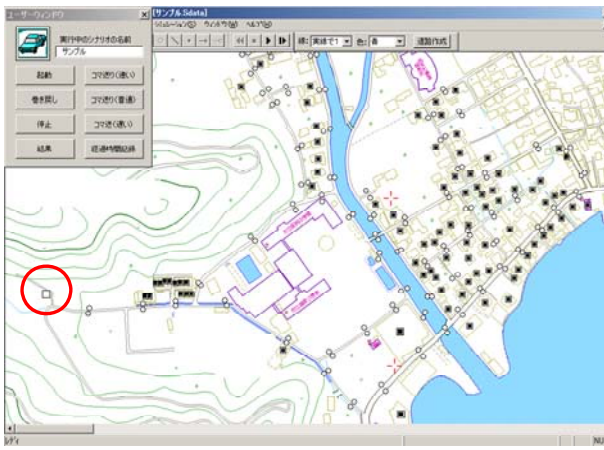


図-12 Petri.exeによるシミュレーション実行画面

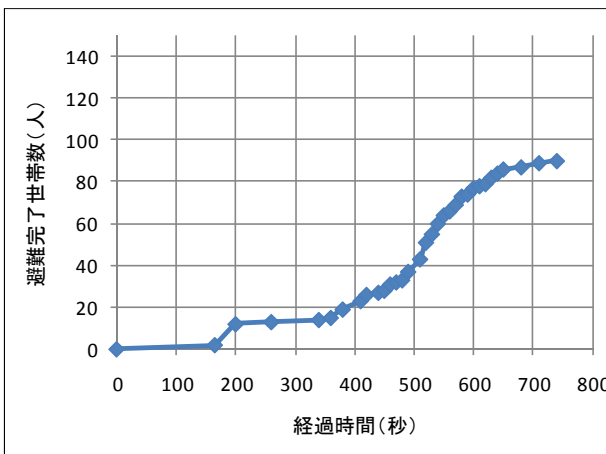


図-13 時間の推移と避難完了率 (エリア1)

行動シミュレータ実行画面へ移行される。そしてシミュレーションを実行した後、図-12の左上に表示されている操作ウィンドウの“結果”ボタンをクリックすれば、図-13に示したグラフへ結果を自動的に出力する事が可能である。図-13の横軸はシミュレーションの経過時間(秒)、縦軸は避難完了世帯数(②の避難場所へ避難完了した総世帯数)を示している。

#### 4. リスクコミュニケーション的考察

著者は、2010年2月に発生したチリ遠地津波を受けて2010年4月より避難勧告が発令された愛媛県宇和海沿岸の南予5市町の行政ヒアリングを行い、避難率が高かった地域の自主防災組織を紹介いただき、ヒアリング調査を行った。その過程で、2010年9月には、西予市明浜町俵津自主防災会において、防災講演会(無償)を開催し、130名を超える住民に集まって頂いた。その後、同地区にて全世帯の3割近くの数のアンケート調査を実施し、

調査日	調査内容
2010年 5月25日	・西予市明浜総合支所にてヒアリング調査し、自主防災組織や消防団の活動状況などの情報を取得。 ・調査地の現状を調査するために、アンケート調査への協力を依頼。
9月 4日	・俵津公民館にて著者が、防災に関する講演会を実施。 ・アンケート回収。 ・自主防災組織や住民の状況を把握するために、自主防災組織役員へヒアリング調査。
10月 9日	・俵津防災訓練の事前会議で、訓練時の住民の移動経路および移動速度を取得するために、GPSデータ取得の協力を依頼。
10月17日	・防災訓練時、住民に小型のGPS端末を携帯してもらい、移動経路および移動速度を取得した(8名分)。 ・研究者自身も小型のGPS端末を携帯し、徒歩で調査地内を散策して、対象地域の危険箇所を撮影した。 ・17日にGPS端末を携帯してもらった住民の一部へ、日常生活での移動経路と移動速度を取得するために、継続してGPS端末を携帯してもらうよう依頼(4名分)。
10月30日	・17日に依頼しておいた住民の日常生活の移動に関するGPSデータを回収。
11月 6日	・GPS端末を携帯し、徒歩で調査地内を散策して、対象地域の危険箇所を撮影した。
11月10日	・自主防災会役員へ対象地域内の危険箇所と、避難場所に関する情報提供を依頼(記入用に対象地域の地図を送付し、書き込んでから返還してもらう)。
11月17日	・自主防災会役員から対象地域内の危険箇所情報を取得。
11月27日	・GPS端末を携帯し、徒歩で対象地域内を散策して、調査地の危険箇所を撮影した。
2011年 1月29日	・ワークショップの説明のために自主防災組織役員を訪問。
2月 5日	・開発した避難計画支援システムの効果を調べるため、ワークショップを実施。
3月23日	・住民と避難経路を歩き阻害箇所を想定し代替避難経路・避難場所・所要時間を提示した。

避難に関する種々の課題等が明らかになった。そのひとつが、揺れを伴う避難阻害を考慮したイメージの共有化である。そのために、リスクコミュニケーションとして、表-2に示すようなプロセスを経て現在にいたっている。表-2の2011年以降、開発したシステムの有効性を検証するために、2つのアプローチを試みている。

##### (1) グループ実験における検証

1つは、開発したシステムとDIGとの違いを見るためのワークショップとアンケート調査を行った。ワークショップでは、対象地域の住民を表-3に示す2グループに分け、グループ毎に対象地域の2011年度の避難訓練の計画の一部(訓練シナリオ、要援護者避計画)を立案することを計画した。グループの構成は、自主防災役員、班長、消防団、自治会役員で、2つのグループの構成に偏りがないように配慮した。なお、訓練シナリオとは、避難訓練において想定する災害の規模や発生日時、それに伴う2次災害などを予想したものである。また、要援護者避計画とは、要援護者を、誰が、どこへ、ど



うやって避難させるかをまとめたものである。今回のワ

表-3 比較実験の諸条件

グループ名	グループ① (DIGのみ)	グループ② (DIG+避難計画支援システム)
システム利用の有無	無し	有り
参加者	9人	11人
調査日時	2011年2月5日	
会議時間	10時00分～11時00分	
会議場所	俵津公民館会議室1	俵津公民館会議室2

表-4 ワークショップの進行内容

プログラム	項目	内容
1	ワークショップの概要説明	・挨拶 ・ワークショップ全体の簡単な説明。
2	事前アンケート	・防災に関する簡単な質問。 ・質問項目は事前事後で同じもの。
3	ワークショップの詳細説明	・ワークショップのテーマは2011年度の避難訓練の計画の一部(訓練シナリオ、要援護者避難計画)。 ・司会者は学生。
4	基礎知識の確認	・対象地域の南海地震による、津波の到達時間や想定される被害を資料にまとめ、グループ内で確認。 ・住民が持つ、資料内に無い情報は、用意した地図に書き込み、共有する。
5	訓練シナリオの検討	・プログラム「4」で確認した情報を基に、訓練シナリオを検討する。
6	要援護者の情報確認	・対象地域の要援護者情報を、用意した地図に書き込み、共有する。
7	要援護者避難計画の検討	・プログラム「5」で決定したシナリオの下で「誰が」「誰を」「どこへ」「どうやって」避難させるかを検討する。 ・避難に掛かる所要時間を予想する。
8	事後アンケート	・防災に関する簡単な質問。 ・質問項目は事前事後で同じもの。

表-5 事前事後アンケート票

問題番号	質問項目	選択肢
1	南海地震が発生した場合、あなたの住んでいる家が津波の被害に合うと思いますか？	1) 合うと思わない 2) どちらかという、合うと思わない 3) 分からない 4) どちらかという、合うと思う 5) 合うと思う
2	津波災害において、人的被害の軽減に重要な役割を担うのは住民と行政のどちらだと思いますか？	1) 行政だと思う 2) どちらかという、行政だと思う 3) 分からない 4) どちらかという、住民だと思う 5) 住民だと思う
3	津波が来襲する場合でも、住民が適切に行動すれば人的被害を無くせると思いますか？	1) 無くせると思わない 2) どちらかという、無くせると思わない 3) 分からない 4) どちらかという、無くせると思う 5) 無くせると思う
4	現在の町の状態で、津波が来襲した場合、住民は無事に避難できると思いますか？	1) 思わない 2) どちらかという、思わない 3) 分からない 4) どちらかという、思う 5) 思う
5	要援護者(一人で避難できない人)の避難を、誰が補助すべきだと思いますか？	1) 行政職員 2) 要援護者の家族 3) 自主防災組織役員 4) 消防団員 5) 要援護者の近所の住民
6	津波があなたの町に接近している時、あなたは近所の要援護者を支援に行きますか？	1) 行かないと思う 2) どちらかという、行かないと思う 3) 分からない 4) どちらかという、行くと思う 5) 必ず行くと思う
7	地震による揺れを感じ、揺れが治まった後、あなたはどのような行動をしますか？	1) すぐに避難する 2) テレビやインターネットなどで情報を集める 3) 近所の人と情報共有する 4) 近所の要援護者の安否を確認する
8	津波による避難勧告が発令された後、あなたはどのような行動をしますか？	1) すぐに避難する 2) テレビやインターネットなどで情報を集める 3) 近所の人に避難を呼びかけながら、自分も避難する 4) 近所の要援護者の手助けに向かう

ークショップでは、先に訓練シナリオを検討する。その後、訓練シナリオ下において最適と思われる要援護者避難計画を検討する。両グループとも作業環境は同じにするが、一方のグループでだけ、今回開発した避難計画支援システムを利用する。これによって、2グループ間で生じた差は、避難計画支援システムが要因であると解釈する。また、両グループともファシリテータは学生が務め、あらかじめ用意した表-4に示すワークショップのプログラムに従って司会進行する。著者は、学生ファシリテータのファシリテータとして、交互に両部屋を巡回した。そして、ワークショップ前後で表-5に示す内容の同じアンケートを実施し、その結果から避難計画支援システムが住民へ与える影響を調査した。

今回の事前事後アンケート結果より、グループ間の事前事後のアンケート結果に顕著な差が見られたのは、表-5の質問項目2番と7番であった。2番の質問項目は、「津波災害において、人的被害の軽減に重要な役割を担うのは住民と行政のどちらだと思いますか？」で、シミュレータを援用したグループでは、選択項目3の「どちらからかというと、住民だと思う」から4の「住民だと思う」のポイントが大きくなっている。質問項目7の、「地震による揺れを感じた、揺れが収まってから、あなたはどのような行動をとると思いますか」については、2の「テレビやインターネットなどで情報を集める」から、「近所の要援護者の安否を確認する」が大きく増加している。一方、DIGのみのグループは、前後で大きな差異は見られない。質問項目の2は、共助意識を聞いており、選択項目が大きいほど意識が高い。よって、避難シミュレータを援用したグループは、誰が誰を支援し、どのように行動するのかを視覚的に体験したことにより共助意識が高くなったものと想定される。質問項目7は、地震時発生時の対応行動のプライオリティーを聞いている。シミュレータ援用グループは、自分のための情報集から、要援護者の安否確認と、共助意識が多くなっている。一方、DIGのみのグループでは、事前・事後の大きな変化は見られない。以上より、シミュレータの活用により、DIGのみを行うよりも、住民の防災意識を向上させる効果があることを示唆することができた。

以上の可能性の論拠としては、避難計画支援システムで即座に住民の意見を反映してシミュレーション結果を提示できる事と、避難行動がアニメーションとして視覚的に表現される事である。この要因によって、災害時の避難の状況をより強くイメージでき、避難問題や要援護者問題がより身近な問題として理解されたと推察される。そのため、防災意識の向上と要援護者支援への協力を得る効果が表れるのではないかと考えている。

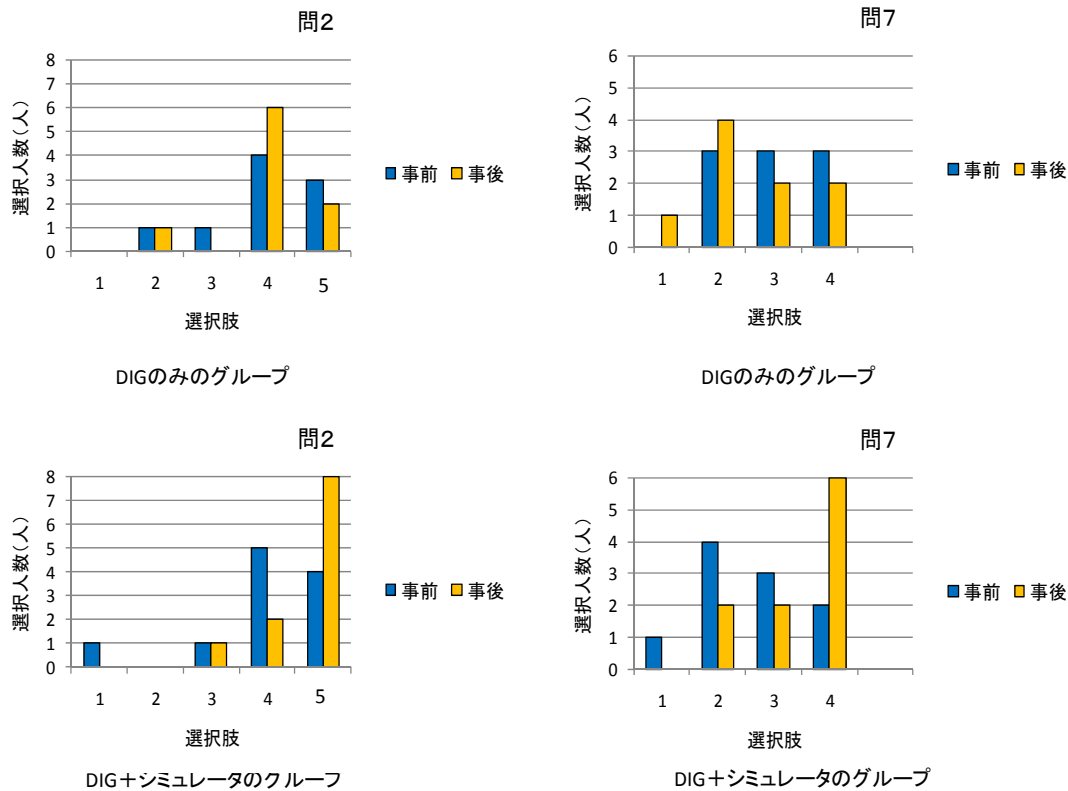


図-15 各グループ間の事前事後アンケート結果の推移 (シミュレータ採用による互助意識の向上度合い)

(2) 住民とのリスクコミュニケーション実践

避難シミュレータの有効性を確信した著者は、自主防

災役員 I 氏に連絡を入れ、自主防災組織役員・消防団・女性防火クラブ、小学生高学年男女あわせて 15 人に集

まって頂いた。そして、I 氏が住む図-9 の 4 区、避難場所④の避難経路を一緒に歩いて、避難場所へ至る経路の障害箇所の再点検を行った。その結果、夜間の停電時の避難経路の危険性箇所、廃屋が倒壊して経路を防ぐ可能性がある個所や、側溝が落ちた場合、車で要援護者を搬送できない可能性がある個所などを確認した。さらに、避難場所⑤の手前には、急傾斜地崩壊危険個所があり、大きな揺れに伴い⑤の避難場所へ避難できない可能性もあることも互いに確認した。

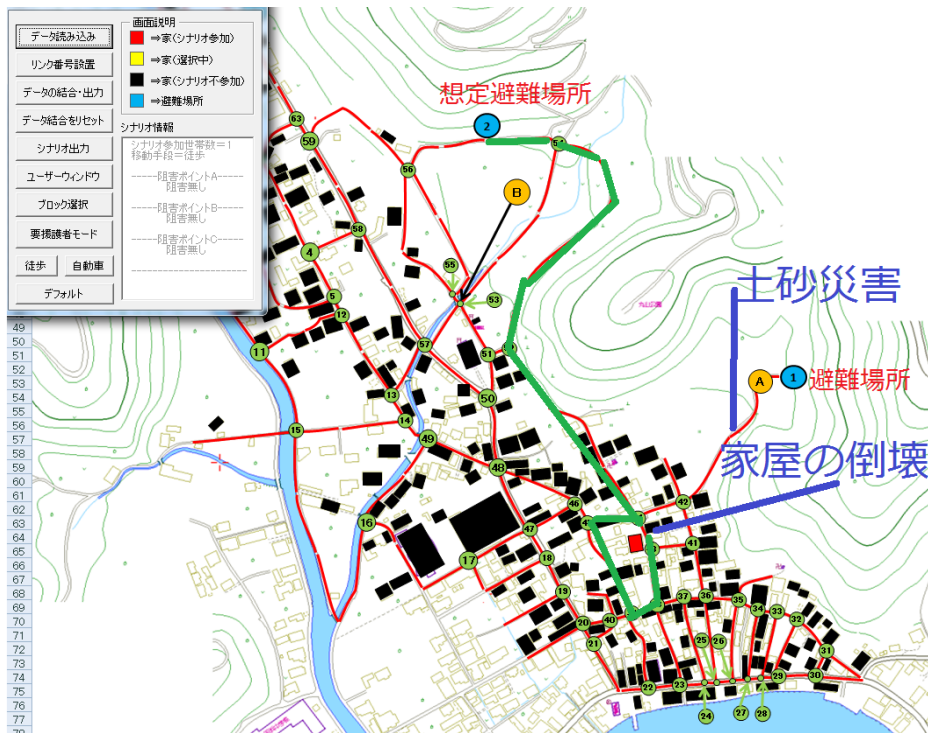


図-16 住民との現地調査に基づく避難場所の代替経路と所要時間のアウトプット



つぎに、調査後、俵津公民館に移動し、開発したシステムに障害箇所を入力し、他の避難経路に至る最短経路と移動時間をシミュレータで再現した。

それらの結果を、図-16に示す。図-16の、赤い色の四角いポリゴンは、I氏の家である。シミュレータのデフォルトは、全世帯が避難場所に移動するであるが、対象となる区を選んだり、図-16のように個々の世帯を選んだり、要援護者と支援者を選ぶことができる。本来であれば、最寄りの避難場所Aへ、経路43→44→4→①の避難場所へ3分で移動できるが、リンク43→44に家屋の倒壊による障害と、リンク42→①の避難場所の手前Aで土砂災害による通行障害が掛かるため、予め画面真中の②の避難場所へ緑の経路（避難場所②の下側の橋梁障害Bを仮定している）で避難することを想定する必要がある。この場合の、避難時間は13分となる。

以上、住民と一緒に避難経路を歩き、避難の障害と想定される箇所をチェックし、コンピュータ上に障害箇所を入力することにより、複数の代替経路と所要時間をアニメーションで視覚的に提示することができた。さらに、要援護者の支援プランや、障害箇所を想定した避難行動や、障害箇所から引き返しながらかから来た住民に障害の情報を伝達する声かけ避難の状況も再現できる。

住民の声として、“現地を歩いて改めて障害箇所をイメージすることができた”や、“要援護者の個別プランを早急に話し合いたい”、“現在の区割りの避難計画を再考する必要がある”などの意見を頂いた。I氏は、このシステムを用いて区ごとに住民が集まり、現地の障害箇所の総点検と、避難場所の見直しを考えていきたいとのコメントを頂いた。

## 5. おわりに

本研究では、チリ遠地津波時に避難勧告が発令され、避難率の高かった西予市明浜町俵津地区を対象とし、自主防災役員・行政担当者としてヒアリングを重ね、自主防災会の課題や要望を議論した。その中の一つに、防災講演会の要請があり、自主防災組織の活動費用は限定されていると聞き、手弁当で講演会を開催した。その後、チリ遠地津波住民避難行動に関するアンケート調査を依頼し、避難経路・避難場所の安全性を危惧する住民が多いことを知った。そこで、著者らが開発している、ペトリネット避難シミュレータを用いて、津波を対象とした避難計画支援システムの開発に取り掛かった。そのために、キーパーソンであるI氏と連携をとり、障害箇所の状況を事前に教えていただいたり、避難訓練時の住民の行動をGPSで採取するための人選をお願いしたり、アクティブな住民にGPSを携帯してもらい2週間の行動データをとり段取りをお願いした。これらのデータを用いて、ペト

リネットのトランジション間のプレースタイマを設定することができた。

つぎに、ペトリネット実行プログラムとシナリオ設定インターフェースを開発することにより、全世帯の避難行動、任意の個々世帯の避難行動、要援護者の避難行動をマウスでクリックすることによって設定・実行できるシステムを開発した。開発したシステムの住民防災意識への有効性を検討するために、要援護者支援プランを目的とし、DIGのみと、DIGプラス開発システムの2つのグループ間での事前事後の意識調査を行った。その結果、シミュレータを採用したグループでは、自助から共助の意識が大きく向上することが明らかになった。この理由としては、コンピュータ上で、要援護者、支援者を選べば、避難場所までの行動を、案一メーションで確認できるとともに、所要時間も同時に確認できるといった視覚性・容易性といった効果によるものと推測される。さらに、現地住民と一緒に障害箇所を確認し、即座にコンピュータ上で、障害箇所を入力し、決められた避難経路・避難場所が使用できないことを想定し、代替避難場所と避難経路を表示するとともに、アニメーションで避難行動と避難時間を確認することができた。住民からは、区ごとの避難障害調査の必要性と、避難経路・避難場所の見直しに使いたいとの意見を頂いた。

今後の課題としては、チリ遠地地震・東日本大震災において避難勧告が発令された後、多くの住民が訓練通りに一時避難所に避難したが、住民の殆どが、早期に自宅に戻っている点である。揺れを伴う地震では、状況に応じた臨機応変な避難が求められる。本システムは、障害箇所を洗い出し個々人がシミュレーションを重ねることにより、状況に対応した避難行動の改善は可能であると考えているが、避難所に留まる意識の改善が必要である。例えば、津波の第一波から時系列で津波高さのリスクを提示し、津波到達地域と避難経路・避難場所へ障害を掛けながら、避難のタイミングや避難滞在時間、あるいは、避難場所からさらに高台への避難といったシナリオ下でのシミュレータを提示することが必要となろう。また、南海・東南海地震の津波避難地域は広域に亘るため、多くの地域で同様なシステムの活用が期待されている。そのためには、住民自らが地域のデータを採取し、活用可能なシステムの汎用化も大きな課題となっている。そこで、地域を知る住民が主体となって、自らが臨機応変な状況に即した避難行動を支援するためのシステム開発を行っていきたいと考えている。そのためには、今後も、現場で住民とともにシステムを適用しながら、リスクコミュニケーションにおける課題・知見を整理したいと考えている。

## 謝辞

最後に、愛媛県危機管理課、愛南町消防本部、宇和島市総務部危機管理課、西予市総務課危機管理室・明浜総合支所総務課、伊方町危機管理課、八幡浜市危機管理課の皆様には、ヒアリング・資料の提供・自主防災会役員の紹介等大変お世話になりました。さらに、宇和島市大浦自主防災会、八幡浜市真穴自主防災会、伊方町川永田自主防災会、西予市明浜町俵津自主防災会の役員の皆様には、ヒアリング等大変お世話になりました。最後に、上記関係者ならびに、アンケートの配布等、大変お世話を頂いた、俵津自主防災会役員伊勢様に心から感謝の意を表します。

## 参考文献

- 1) シナリオ・シミュレータを用いた集中豪雨時の避難計画の提案と評価に関する研究，二神透，濱本憲一郎，中久保祐典，安全問題研究論文集，Vol.5,pp.223～228,2010.
- 2) 密集市街地におけるリスクコミュニケーションの展開研究，二神透，木俣昇，濱本憲一郎，第42回土木計画学研究・講演集，CD-ROM4頁，2010.
- 3) 木俣昇，寺西伸太郎，二神透：地震時市街地避難計画のシナリオシミュレーション技術に関する基礎的研究，土木計画学研究・論文集，Vol.24,no.2,pp.223～232,2007.
- 4) 二神透，木俣昇：中山間地域の救急・避難計画のためのシナリオシミュレーションの開発，土木計画学研究・論文集，Vol.22,no1,pp.89～96,2005.

(2011.5.6 受付)

## CONSIDERATION OF RISK COMMUNICATION FOR TSUNAMI HAZARD CASE STUDY IN TAWARATS DISTRICT OF SEIYO TOWN

Toru FUTAGAMI, Noboru KIMATA and Masayuki TAKEBE

The evacuation advisory was issued by 5 city towns of the Ehime Uwakai coast with generating of the Chile distant place tsunami in March, 2010. Also in this East Japan great earthquake, the evacuation advisory was issued like the same area.

We developed the tsunami refuge simulator by Petri net, and conducted the comparative experiments in two resident groups at Tawarazu District of Seiyo City in Ehime Pref.

As a result, decision of concrete reproducing plan and refuge action has grasped affecting residents' consciousness. Furthermore, the practice example of the risk communication which applied the simulator was reported.

Finally, the composition and deployment of the simulator for residents to raise the consciousness which stays at a shelter as a future subject were described.