

(48) 要援護者支援計画策定のための津波避難シミュレータ

の開発と適用研究

Development and application of the tsunami refuge simulator for vulnerable people in disaster

二神透¹・大本翔平²・渡部正康³

Futagami Toru, Omoto Syouhei and Watanabe Masayasu

抄録：津波に対して生命を守るためには、まず避難することである。しかし、2011年3月11日に発生した、東日本大震災では、津波により多くの犠牲者を出した。四国においては、来るべき南海・東南海地震において、同様な津波の発生が指摘されている。

今後、同地域において、津波から住民の生命を守るためには、様々な状況下での臨機応変な避難が行えるよう、避難訓練を実施する必要がある。そのためには、家屋の倒壊や土砂災害など、想定される阻害を洗い出し、決められた避難場所や避難経路が使用できないことを想定した避難訓練や、要援護者とともに避難することが重要となる。そこで、要援護者支援のための避難シミュレータを開発し、地域住民と共に活用することによって、問題点や課題を整理している。

キーワード：要援護者支援、津波避難、ICT、シミュレータ

Keywords : *vulnerable people in disaster, tsunami refuge, ICT, simulator*

1. はじめに

従来、津波による被害の危険性が高い地域(以下、津波危険地域とする)では、防波堤などのハード対策が重点的に実施されてきた。しかし、一般的にハード対策の整備にはコストと時間が掛かる上に、効果も限定的である。今回の、東日本大震災を受けて、中央防災会議にて、地震被害想定の見直しが行われているが、津波に対しては、まず、避難の重要性を指摘している。従来、様々な津波避難シミュレータが開発され、住民のとるべき避難行動を整理した研究や¹⁾、津波被害予測を行うシミュレーション²⁾が開発されている。健全者は、想定時間内に避難できても、災害時の要援護者は、支援者無では、安全に避難することができない。災害時要援護者については、平成16年の、福井・新潟豪雨災害を受けて、平成17年の国のガイドラインに従い、都道府県の指導の下、市町村単位で、全体計画・個別計画の策定が進められている。しかし、具体的計画である、個別計画の策定は、進んでいないのが現状である。

本研究では、要援護者の支援内容を定める個別計画を策定するための、要援護者支援を目的とした、津波避難シミュレータ³⁾を開発し、地震の揺れに伴う、家屋の倒壊、

土砂災害等の通行阻害を想定し、臨機応変に避難するためのICTシステム開発^{4),5)}を行い、適用実験を通して情報システムとしての有効性を検討する。

2. 要援護者支援システムの開発

(1) Petri-netによる避難行動の記述

ペトリネットとは、1962年にドイツのC.A.Petriが離散事象システムをモデル化するために考案したツールである。離散事象システムとは、事象の生起により離散状態が推移するような動的システムの総称である。ペトリネットは、図-1に示すように、事象の生起を、原因から結果が生じるように捉え、事象の生起によって状態を次々に推移させる事で現象を記述する。例えば、図-1の関係をペトリネットで記述すると、図-1の中段に示すように、「状態1」、「状態2」をプレースp0,p1とし、「事象」をT0とする。このとき、p0には、トークンが打たれており、このトークンには、プレースタイムという時間が与えられている。このP0の持つプレースタイムが消費された瞬間に、T0が発火し、P1トークンが移動する。この関係が、図-1の下段となる。

世帯から、住民が、避難経路を通り、避難場所へ避難する現象をペトリネットを用いてモデル化したものが、図-

1：正会員 学博 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番地, Tel :089-927-9837, E-mail : futagami.toru.mu@ehime-u.ac.jp)

2：学生員 学士 愛媛大学大学院理工学研究科環境建設工学専攻

3：非会員 学士 愛媛大学工学部環境建設工学科 技術職員

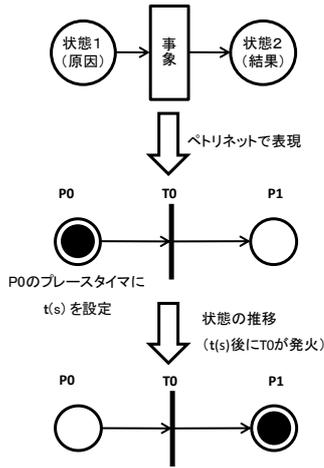


図-1 ペトリネットの基本概念

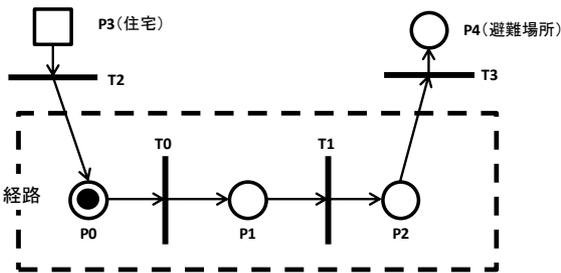


図-2 基本避難行動の記述

2である。図-2の左上の□のプレースは、世帯を表し、 p_3 に、プレースタイムが与えられており、このタイムが消費されると、 T_2 が発火し、避難経路区間($T_0 \sim T_1$)へ移動する。さらに、 p_0, p_1, p_2 に与えられ他プレースタイムが消費されると、 T_0, T_1, T_3 が発火し、 p_4 の避難場所への避難が完了することとなる。著者らは、ペトリネットを用いて、中山間地域の避難シミュレータ、地震火災時の避難シミュレータの開発を行っている。本稿では、複合災害を想定し、土砂災害、家屋の倒壊等の通行阻害を想定した避難や、要援護者の支援計画のための機能を付与したシミュレータを開発し、住民とのリスクコミュニケーションへの活用を考えている。

(2) シミュレーションの構成

本節では、避難計画支援システムの概要について述べる。まず、開発した避難計画支援システムは、図-3の左側が、データ取得部から構成される。情報データ部とは、電子地図を用いて住宅情報を取得している。対象地域は、後述するように空家や廃屋が多いため、世帯主等データの入っていない住宅を避難世帯から除いている。ここでは、同時に現地調査委、住民へのヒアリングを行い、世帯情報、住宅位置、指定された避難場所、危険箇所等のデータを

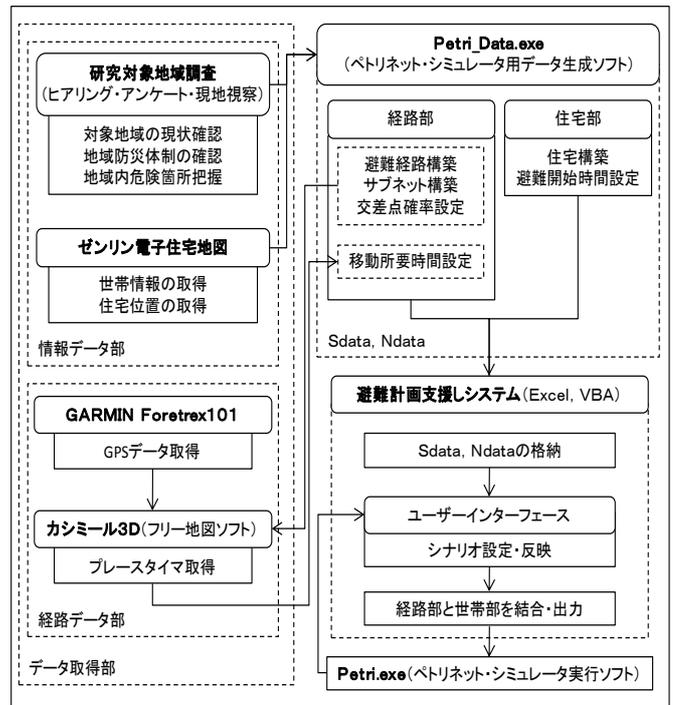


図-3 避難計画支援システムの構成

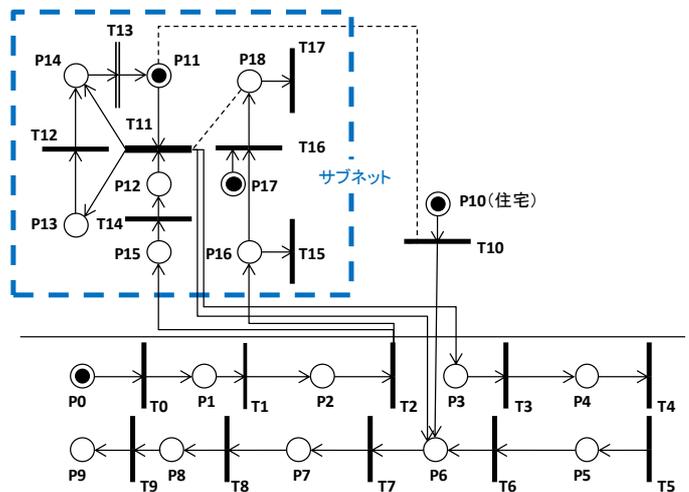


図-4 要援護者サブネットモデル

入手している。図-3左下の経路データ部については、地域住民にGPS(GARMIN Foretrex 101)を携帯して頂き、道路ネットワークならびに、移動時間を採取した。そして、通行の阻害が想定される危険箇所については、現地調査ならびに住民へのヒアリングに基づき把握した。

次に Petri_Data.exe(ペトリネット・シミュレータ用データ生成ソフト)を用いて、シミュレータに必要な Sdata, Ndata を生成する。Petri_Data.exe とは、従来、Sdata(システムデータを記述した後、プレースや、トランジションを空間上に配置し、Ndata を作成していた。そのため、システムデータの記述に誤りがある場合、Ndata は生成されない。その

ために、要援護者サブネットや、声かけ引き返しサブネットなどを追加する場合、Sdata を書き換える必要がある。この作業を省くために、図-2のように、プレース、トランジションを空間配置すれば、Ndata,Sdata が自動生成されるプログラムを開発した。このソフトウェアを用いて、経路部である道路ネットワークや、阻害ネット、声かけサブネット、引き返しサブネットを、住宅の世帯ネットを作成した。さらに、作成した Sdata,Ndata と各種シナリオ設定と、それらを実行するためのインターフェースを Excel,VBA を用いて開発した。このインターフェースは、後述する、避難世帯の選定、要援護者・支援者の決定、阻害の有無、避難しながら出会った住民に声をかける等の各種シナリオ設定や、避難の状態を時系列で分析する機能を付与している。

図-5は、開発したユーザーインターフェースと、Excel上のシート(データベース)との対応関係を示す。データベースの内容は、経路データ(Sdata,Ndata)、住宅データ

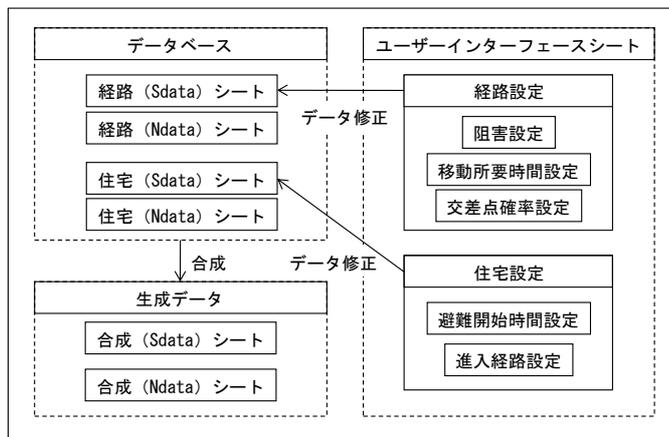


図-5 ユーザーインターフェースとデータベース



図-7 交差点設定ウィンドウ



図-8 要援護者支援と避難阻害

(Sdata,Ndata)がデフォルト値(実際、区単位の世帯毎に避難場所が指定されている。それらの避難場所へ、最短経路で避難する経路)を与えている。

ここで、要援護者、支援者を設定した場合は、図-4の、要援護者サブネットが連結され、図-5の、画面左上から3つ目の「データの結合・出力」をクリックすると、Sdata,Ndata が自動生成され、それらのデータは、シナリオ・データとして名前を付けて保存することができる。従って、一度作成したシナリオは、図-6左側画面一番上の、「データ読み込み」をクリックし、再実行することができる。図-7は、交差点設定ウィンドウである。この画面は、図-8のように、要援護者、支援者を設定した場合、支援者が要援護者宅を訪れるルートを設定する画面である。図-8に示す番号が打たれている交差点すべてに、設定ウ



図-6 インターフェイスウィンドウ

インドウを用意している。

3. 適用事例

(1) 自主防災会での適用事例

著者らは、対象地域である愛媛県西予市明浜町俵津の公民館を訪れ、自主防災役員とともにシステムの適用を行った。図-9に示すように、この地域には、避難場所が9つある。そこで、それぞれの避難場所について、住民が避難する様子のシミュレーションを実行した。次に、阻害がある場合や、「阻害がある」と声かけしながら避難する場合等のシナリオを変えてシミュレーションを実行した。図-10は、図-9の7区1の住民を対象にしたシミュレーション結果である。横軸に時間を、縦軸に避難収容世帯をとっている。

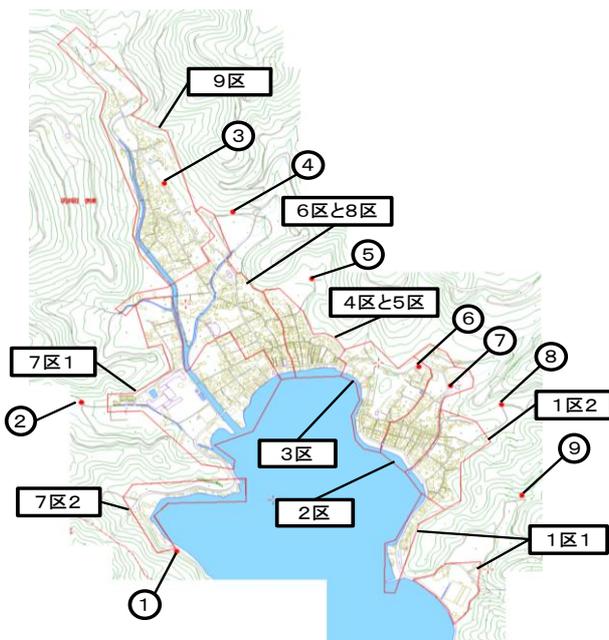


図-9 俵津全体の避難場所と避難区

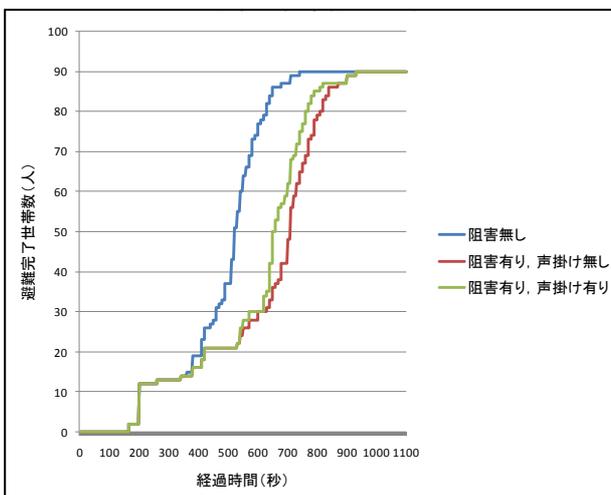


図-10 7区1におけるシナリオ別避難状況

この図より、条件を変えることにより、世帯の収容状況が変化していることが分かる。また、図-8の要援護者支援の場合、図-8の、①の避難場所に、約4分で到達できること、阻害がある場合は、隣接する避難場所まで、約7分かかかる様子をアニメーションで提示することができた。以上の操作の後、自主防災役員より、要援護者の把握と支援プラン作成の必要性や、現在の区割りの見直しや、阻害についても考えていきたいとのコメントを受けた。

ただし、地図には無い道を使用するとか、この道は、危険だから、初めから通らないほうがよいとか、経路の追加や、危険個所の追加する必要がある。これらの点に関しても、システムを改良することで、対応したいと考えている。

4. おわりに

著者らは、南海・東南海地震時に津波が想定される地域において、ペトリネットによる避難シミュレータを構築した。はじめに、従来のSdataの記述による、Ndataの作成から、ペトリネットを描くことによって、Sdata, Ndataを自動生成するシステム開発を行った。このシステムを用いて、経路データ、世帯データ、各種サブネットデータを作成し、Excel, VBAを用いて、避難シミュレータを構築した。このシステムの特長は、阻害箇所の想定や、要援護者の支援などであり、地域住民が臨機応変に避難するための情報システムとしての活用期待できる。ただし、3.で述べたように、システムの要件として、新たな経路や、任意の阻害といった、住民の意見を即時反映できるよう、システムの改良を行う必要がある。

今後、システムの改良を行い、住民自らが操作できるように説明会等を行い、実際に操作することにより、住民自らが、臨機応変な避難について考えるためのシステムとして提供したいと考えている。

参考文献

- 1) 片田敏孝, 本間基寛, 桑沢敬行: 津波防災において住民が理解すべき現象の検討, 土木計画学研究講演論文集, vol.35, CD-ROM(233), 2007.
- 2) 片田敏孝, 桑沢敬行: 津波に関わる危機管理と防災教育のための津波災害総合シナリオ・シミュレータの開発, 土木学会論文集, 部門D, Vol.62 No.23, pp.250-261, 2006.
- 3) 二神透, 木俣昇: 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.
- 4) 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 No. 24, no. 2, pp. 223-232, 2007.
- 5) 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. 89-86, 2005.