

I-24 中山間地の避難計画支援のためのリスク・コミュニケーション・シミュレータ開発

Development of Risk Communication Simulator for Supporting Evacuation plan in an Intermediate and Mountainous Area

二神透¹・河口尚紀²・木俣昇³・渡部正康⁴

Tohru Futagami, Naoki Kawaguchi, and Noboru Kimata, Masayasu Watanabe

抄録：本研究では、中山間地域の避難計画を支援するためのリスク・コミュニケーション・シミュレータを開発した。その特徴はペトリネットによる避難行動の記述にあり、駆動原理が明快であるとともに、避難行動の動的記述が容易であることにある。このことは、さまざまな避難シナリオの設定と、それらの評価を可能とするインターフェイスを開発することによって、住民・行政から意見・批判を引き出し、さらにシミュレータへフィードバックしながら、リスク・コミュニケーションを深めていくための情報ツールとしての可能性を示唆している。今後、開発したシステムについて、種々の情報提供を頂いた自主防災会長からの意見を反映化し、住民参加の下、リスク・コミュニケーション・ツールとしての適用並びに課題を抽出したいと考えている。

Abstract: This research developed the risk communication simulator for supporting the evacuation plan of an intermediate and mountainous area. The feature is in the point that dynamic description of refuge action is easy while description of the refuge action by Petri-net has a clear drive principle. This means that risk communication can be deepened, pulling out an opinion and criticism from residents and administration, and also feeding back to a simulator a setup of various refuge scenarios, and by developing the interface which enables those evaluations. From now on, we will obtain the opinion of the developed system from the independence disaster prevention chairman who offered information service, and we will consider the application of the developed system under citizens' participation and extract the subject as a risk communication tool.

キーワード： 中山間地域避難計画、要援護者支援、ペトリネット、リスク・コミュニケーション・シミュレータ

Keywords : evacuation plan in intermediate and mountainous area, support for vulnerable people in disaster, Petri-net, risk communication simulator

1. はじめに

平成 20 年度の中央防災会議の総合防災訓練大綱によれば、防災訓練の目的は、防災関係機関の災害発生の応急対策に関する準備の検証・確認と国民に対する防災意識の高揚であると述べている。現在、国・地方行政が主体となった避難訓練が行われているが、報道に見られるよう、各防災関係機関の相互の協力体制の円滑化の重要性が強調されている。一方、1997 年の阪神淡路大震災以降、種々の地震災害、豪雨災害の経験を経て、各地域で自主防災組織が結成され、避難訓練や、要援護者支援プラン等、住民が主体となる防災活動が展開されつつある。各地域で行われる避難訓練は、地域の特性に応じた災害の生起を想定して実施されている。このとき、多くの研究者が開発したシミュレータを援用し、災害リスクの提示と対策の効果・避難訓

練のための情報を提供している。例えば、河川を抱える地域や津波が想定される地域では、水害・津波から安全に避難するための経路や避難タイミングなどの情報を提供している¹⁾⁻³⁾。大型閉鎖空間内では、避難行動に着目し、避難誘導者の役割についての報告を行っている⁴⁾。上述した避難に関する研究で用いられている手法は、MA (マルチエージェント) や、CA (セルラ・オートマトン) と呼ばれている。それら特徴は、避難者行動の視覚性を備えており、避難者属性の意思決定による避難行動全体への効果を把握できる点にある。しかし、避難訓練の主役である住民自身による“自前性”には弱点がある。一方、著者らは、中山間地域を対象としたペトリネットによる避難シミュレータを開発している^{5), 6)}。その特徴は、駆動原理の明快性にあり、住民・行政がシミュレータの基本原則を容易に理解できることと、住民の意見・批判をシミュレータに反映・

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, Tel :089-927-9837, E-mail : futagami@dpc.ehime-u.ac.jp)

2 : 学生員 学士 愛媛大学大学院理工学研究科

3 : 正会員 工博 金沢大学 名誉教授

4 : 正会員 学士 愛媛大学工学部環境建設工学科

再実行可能である点にある。このことは、避難訓練を自分の問題として捉え、自主性の発揮とより広範なシナリオ検討が期待できると考えている。しかし、シミュレータへの意見・批判を反映・再実行するためには、ペトリネットを記述する Sdata (システムデータ) をその都度、修正する必要がある。そのため、住民参加型の下、住民の意見・批判を反映した計画を策定するためには、多様なシナリオの作成とその即時評価といった機能を有する必要がある。そこで、本研究では、既往システムとシナリオ作成のインターフェイスを EXCEL VBA(Visual Basic for Applications)を用いて開発し、多様な避難シナリオの作成と、シミュレータの実行、意見・批判を即時反映するためのシステム開発を行い、適用事例を通して、システム運用への知見ならびに課題を検討する。

2. 既往ペトリネット・シミュレータの概要と課題

(1) 従来のシミュレータの概要

従来開発してきた、著者らのペトリネット・シミュレータは、1) 駆動原理の理解性、2) 背景画像を用いたリアリティーの付与、3) 住民批判・行動の反映化を特徴としている。1) の駆動原理の理解性とは、図-1 に示すように、住民が自宅から避難行動を開始し、避難経路を通り、避難場所へ駆けつける避難行動を、プレースとトラランジションで誰にでも分かるように記述できることである。住民の避難行動は、トラランジションの発火に伴うプレースの移動によって視覚的に表現できる。図-1 の P0 が、住民の住宅世帯、P4 が避難場所を示す。T0 から T3 がトラランジションを示し、各プレース P1 から P3 には、それぞれ、T0-T1、T1-T2、

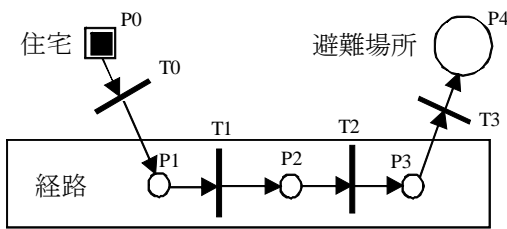


図-1 ペトリネットによる避難行動の記述

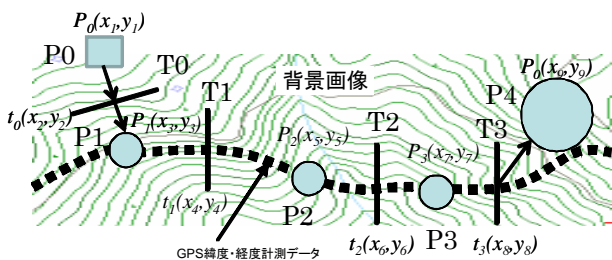


図-2 GPS データとプレース・トラランジション座標

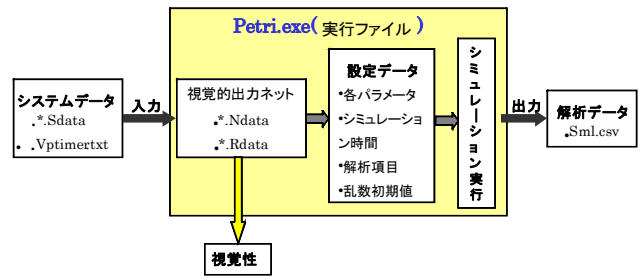


図-3 シミュレータの実行 (Sdata, Ndata, Rdata)

```

PLACE 5
-1 10 -1 1 //P0
-1 5 -1 1 //P1
-1 5 -1 1 //P2
-1 5 -1 1 //P3
-1 10 -1 1 //P4
end
TRAN 4
0 -1 1 -1 0 0 //T0
1 -1 2 -1 0 0 //T1
2 -1 3 -1 0 0 //T2
3 -1 4 -1 0 0 //T3
end
TOKEN 100
0 -1
-2
GENE 0
-1
genetmZ 0
  
```

図-4 Sdata の記述 (図-1の避難行動)

T2-T3 の移動時間をプレースタイマーとして与えている。2) の背景画像を用いたリアリティーの付与とは、図-1の背景画像として、図-2に示す、当該地域の地図あるいは航空写真を利用できることを意味する。シミュレーションの実行は、図-3に示す、実効形式ファイル (Petri.exe) を用いる。図-1の避難行動の記述は、テキストファイル(Sdata)に記述する。図-4に、図-1のペトリネットによる避難行動の記述(Sdata)を示す。図-4の上部は、プレースに関する記述であり、破線部には、P0からP4に対するプレースタイマーを与えている。図-1のシミュレータ画面上でのプレース、トラランジションの位置情報は、Ndataに格納され

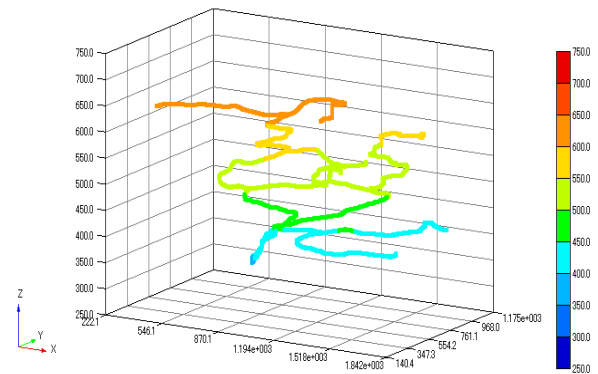


図-5 対象地域の道路ネットワーク (GPS データ)

る。この Ndata は、図 - 2 の地図上の緯度経度データにおける各トランジション・プレースの GPS 測地データを、後述するプログラムにより自動的にシミュレータ座標に変換している。すなわち、移動区間であるトランジション位置を決定すれば、対応したプレースタイマーを設定できるようシステム化を行っている。そして、シミュレータを実行すると、時間の経過とともに、どこをどのように避難しているかを視覚的に提示するとともに、解析データを csv 形式で出力可能である。3) の住民批判・行動の反映化とは、シミュレータの実行結果に対する住民の意見や、避難行動を図-4 の Sdata を追記・修正することによりシミュレータへ反映可能であることを意味している。

著者らが対象としている、中山間地域は、図-5 に示すように、標高 400m から 600m を超える集落であり、そこには道路ネットワークに沿って住宅が偏在している。このため、都市部と異なり、避難速度が地形・道路勾配に制約されるとともに、災害時には種々の移動阻害が想定される。

以上、著者らが開発を行っているシミュレータ⁶⁾は、住民にとって、駆動原理が明快であり、背景画像を用いることで視覚的なリアリティーを付与している。住民からの意見・批判の反映は、Sdata を書き換えることで容易に実行することができることや、住民の避難訓練行動を GPS で採取し、それらのデータをペトリネット入力データ(Sdata)に変換し、シミュレータへの避難行動の直接反映化も可能となっている。しかし、中山間地域の避難計画を支援するためのリスク・コミュニケーション・ツールとして実践的活用を行うためには、シミュレータのシナリオ設定の操作性を高める必要がある。そのために、3. では、対象地域におけるヒアリングならびに情報収集に基づく、リスク・コミュニケーション・ツールとしての要件を整理しシミュレータを構成する。

3. シナリオ作成のためのリスク・コミュニケーション・インターフェイス開発

災害は地域固有の問題であり、特に中山間地域では、集落の孤立が指摘されている。さらに、避難経路が限定的で地形制約を受けるとともに、土砂災害による避難阻害も想定される。2. で述べたように、著者らは、久万高原町中津地区を対象として、住民意見の反映化を目的とした、避難計画支援シミュレータの開発を行っている。本章では、適用地域における避難計画を議論する上で、住民とのリスク・コミュニケーション・ツールとしての考慮すべき要件を整理し、シナリオ策定とシミュレータへの反映化のためのインターフェイスを開発する。

(1) ヒアリングによる課題抽出と要件の整理

対象地域である、旧柳谷村中津は、2004 年 8 月 1 日に 1 町 3 村が合併して、現在、久万高原町中津となっている。当該地域の合併前は、地域防災計画が策定されておらず、自主防災組織も結成されていなかった。しかし、合併後は、久万高原町が地域防災計画を策定し、対象地域においても自主防災組織が結成された。著者らは、現地を訪れ自主防災会長へのヒアリングを行い、現状を把握するとともにシナリオ設定要件について協議した。

・車による防災訓練の実施

地形的制約のため、地域の多くの住民が集える場所は、廃校となった小学校しかない。平成 20 年に初めて実施した避難訓練の内容は、住民が車で小学校へ集い、炊き出し等の防災訓練を行ったとのことである。しかし、車で訓練場所へ移動するだけであり、実質的な避難訓練は行われていない。避難に関しては、各地区に集会所があり、集会所への 1 次避難を想定する必要もあろう。

・要援護者の避難支援

対象地域では高齢化と単独世帯化が進むとともに、移動手段を持たない世帯も多い。そのため、災害時には、要援護者を支援するための地域支援者の確保と、具体的支援方法が課題となっている。

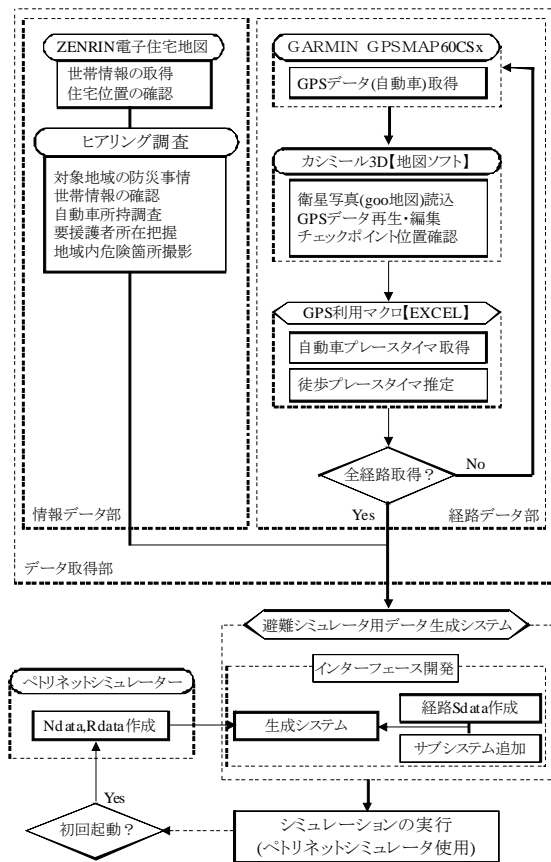


図-6 中山間避難計画シナリオ・シミュレータ構成

以上より、シミュレータの要件として、

a) 移動手段別・避難場所別のシナリオ

徒歩・車といった移動手段別の避難行動ならびに、避難場所を指定可能なシナリオ設定のためのインターフェイスを開発する。

b) 要援護者支援シナリオ

地域の要援護者に対して、地域支援者を決定した場合の避難行動を提示する。

c) 避難行動阻害シナリオ

土砂災害等の通行阻害シナリオを設定し、避難行動に反映する。

以上の課題抽出に対する検討課題をシミュレータに反映化するため、自主防災会長より、世帯情報（要援護者の有無・移動手段の有無・世帯人数等）を提供頂いた。次節では、入手した情報を基に、当該地域の避難計画を支援するためのリスク・コミュニケーションの全体構成と、インターフェイスの開発について述べる。

(2) 諸要件を含むシミュレータの全体構成

図-6に、ヒアリングによる課題抽出とそれらをシミュレータに反映化するための諸要件の全体構成図を示す。システムは、上部のデータ収集部と、下位のシミュレーション実行部より構成される。前者のデータ収集部は、住宅の位置情報（電子地図より取得）と、個人情報とハザード情報より構成される。すなわち、自主防災会長へのヒアリングから得られた、世帯情報（要援護者の有無・移動手段の有無・世帯人数等）と、当該地域の土砂災害危険個所情報である。危険個所については、デジタルカメラによる写真撮影を行い、それらのEXIF情報（撮影日時）とGPS情報（緯度経度・時間）を地図上で一元管理している。右上の経路データ部は、GARMIN社のGPSを車載し、当該地域の避難経路データを採取している。得られた1秒毎の位置情報を、著者らが開発したGPS利用マクロ⁶⁾を用いて、ペトリネット・シミュレータ用の入力データである、Sdata、Ndataに変換している。車両通行可能経路については、自動車の実測速度値を採用し、歩行による時間速度の推定は、勾配をパラメータする推測式⁴⁾より算定している。今後、避難訓練等で得られる個人の避難行動についてもGPSデータを採取すれば、同マクロを用いて、避難行動が直接シミュレータ上で再現可能となる。

図-6の下部は、各種シナリオ設定のためのインターフェイスと、設定したシナリオを反映化したシミュレータの実行部分である。図上部で作成した経路Sdataと、避難場所の指定、避難世帯の指定、移動手段の指定、要援護者と地域支援者の指定を行うためのインターフェイスと、その結果得られるSdata生成シ

ステムが基礎となっている。シミュレータの実行は、図-3の、実行ファイルPetri.exeを用いて行う。次節では、様々なシナリオ設定をシミュレータに反映化するためのインターフェイスの開発とサブネットに記述について概説する。

(3) インターフェイスの開発と要援護者支援サブネットの記述

a) Petri.exeとシナリオ間のインターフェイス開発

前述したように、図-6の下部は、各種シナリオ設定のためのインターフェイスと、設定したシナリオを反映可能とするシミュレータの実行部分である。開発システムの基幹である「避難シミュレータ生成システム」の構成は図-7のとおりである。シナリオ設定シートには、「世帯情報」、「避難場所設定」、「交差点設定」、「阻害設定」、「経路設定」、「経路GPSとプレースタイマー」の設定項目がある。この避難シミュレータ生成システム上の操作は全てインターフェイスである「ユーザーシート」上のアイコンをクリックすることでウィンドウが開き、誰もが簡単に多彩なシナリオを設定することができる。

「世帯情報」には、世帯主名、所在地区、自動車の所持状況、要援護者の有無、世帯人数といった基礎情報に加え、それぞれ避難場所に向かう際に家を出て道路をどちらに向かうというシナリオ設定情報、この世帯はどの経路に接続しているかというシステム情報が格納されている。このシステム情報はユーザーが変更することはできないが、基礎情報とシナリオ設定情報

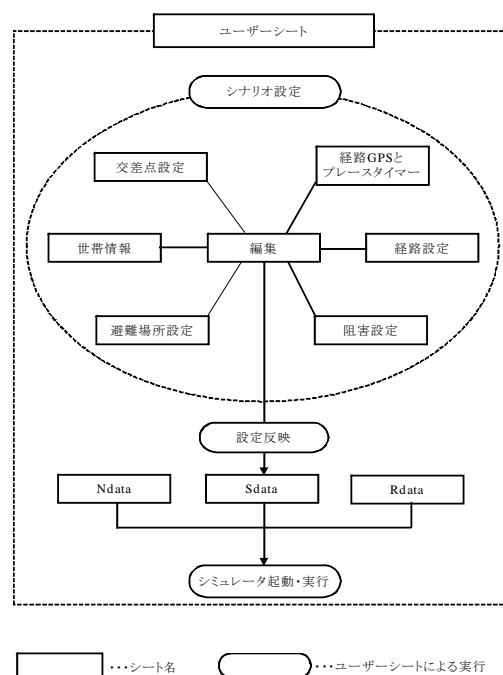


図-7 各種シナリオ設定のためのユーザーシート

については「ユーザーシート」上にて変更することが可能である。

「避難場所設定」には、いくつかの避難場所と経路の接続に関する情報が記載されている。

「交差点設定」には、避難時に避難対象が交差点をどちらに曲がるかを設定する交差点サブシステムの動作に関する記述を行う。この設定は、4. で述べる要援護者支援の設定の際に利用する。デフォルトの交差点指示は、避難場所を目的値とする最短距離の選択確率によって決定されている。「阻害設定」には、災害を想定した際にその経路が一方通行になる等によって発生する速度制約阻害と、完全な寸断による経路切断阻害を経路上に設定することができる阻害サブシステムに関する記述がされている。

「経路設定」には、ある交差点から交差点までを1経路とし、徒歩による避難か自動車による避難を「ユーザーシート」上で選択可能な経路システムが記述されており、同時に経路の阻害に関する記述を行っている。

具体的な設定とシミュレータの実行結果は、次章で概説する。

b) 要援護者支援サブネットの記述

対象地域である中山間地域集落の大きな課題は、要援護者の支援にある。具体的には、避難準備情報の段階で地域支援者が要援護者とともに避難場所へ移動するための計画が求められている。今後、当該地域で、誰がどの要援護者の地域支援者となり、どのように避難するのかといった避難計画を進めていく必要がある。そこで、要援護者支援の具体的な行動を記述するためのネ

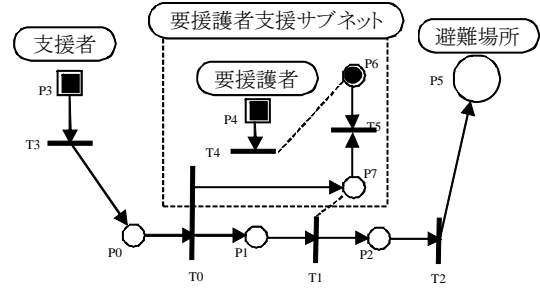


図-8 要援護者支援サブネットの記述

ットを構築し、システムに組み込む必要がある。ペトリネットを用いてシステムを記述すると、図-8 に示すように、要援護者 P4 を、車を持つ任意の世帯 P3 が、避難経路を通り迎えにいき、それから避難場所へ向かうという記述である。図中、T4、P6 間の点線は抑止アークと呼び、P6 にトークンが存在している間は T4 の事象が起こらないというものである。この抑止アークを利用して、要援護者世帯が単独で避難せずに、支援者が接続経路に到達した時に避難行動を開始するというサブネットである。具体的に、支援者が P0 区間から P1 区間に推移すると同時に、P1 から先には移動できないように P7 にトークンを推移させて T1 を抑止する。P7 には、要支援者が P1 に存在する人と合流するための時間であるプレスタイマーが数分設定されており、数分経過後に P6、P7 のトークンが消え、要援護者と支援者が合流・移動を開始するというものである。避難対象が支援者であるか、要援護者であるかという設定は「世帯情報」に格納されており、「ユーザーシート」上にて設定変更が可能である。具体的な適用事例については、次章で概説す



図-9 開発した避難シミュレータ生成システムのユーザーシート

る。

4. 開発システムの適用事例と考察

本章では、図-9に示す開発したインターフェイスである「避難シミュレータ生成システム」の各設定シートのデータの実装と、シナリオ設定ならびに実行結果について記すとともに考察を行う。

(1) 対象地域データのシナリオ設定シートへの実装

図-9の左下シートタブの編集シートには、経路、交差点処理、住宅、避難場所、阻害等の情報を記述している。経路ネットへの各種サブネット追加等は、「編集」シート経路部の一部セルの数値を関数に置き換えて可変にする、あるいは、新しくプレースとトランジションを追加する等によって行っている。まず、図-6のGPS利用マクロを用いて、図-10に示す、中津地区対象10経路のSdataを編集シートに記述する。このとき、区間設定の際に交差点部分のトランジションは重複しているが、この段階のSdataでは重複したまま単経路として記述する。ここでは10本の経路が独立して存在しているので、これらを開発した交差点サブネットを用いて網目状の経路ネットワークSdataに記述する。

この交差点サブネットを記述する際には、「交差点設定」シートにEXCEL関数のif関数を用いて「編集」シートのSdataが与える条件によって交差点選択を可変になるように設定する。与える条件とは後述する避難場所との対応である。つぎに、「編集」シートに、世帯と避難場所を追加記述する。この時、1つ1つの世帯には、前述した種々の情報を持たせており、更に避難シナリオによって「編集」シートのSdataが可変になるように、ここでもEXCEL関数を用いている。世帯シナリオ情報と各世帯の基本情報は全て「世帯情報」シートに、避難場所シナリオ情報は「避難場所設定」シートに記述している。また、避難場所での避難完了人数をカウントするための避難視覚補助サブネットと、

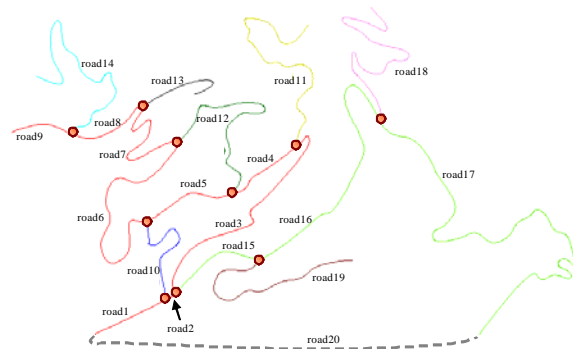


図-11 経路の区間再設定(road1~road20)

図-8に示した要援護者支援サブネットも同時に「編集」シート追加記述している。つぎに、「編集」シートに、移動速度を阻害制約する速度制約阻害サブネットと、移動を切断する経路切断阻害サブネットに関するSdataを記述している。具体的には、EXCEL関数とVBAを用いて、避難シナリオによってトランジションの任意選択位置に速度制約阻害、経路切断阻害を設定するようにしている。このシナリオ設定に関する記述は「阻害設定」シートに記述している。

最後に、図-11に示すように、区間を交差点間に設定しなおして名前をつけ、当該区間内の自動車・徒歩プレースタイマーの切り替えに関する記述と、当該区間に存在する阻害設定箇所に関する記述を「経路設定」シートに記述している。次節では、この節で述べたそれぞれのシートに記述されている詳細な意味と、ユーザーインターフェイスであるユーザーシートとの連動など、システムの適用について述べる。

(2) 開発システムの適用

a) ユーザーシート・インターフェイスによる避難シナリオ設定

種々の避難シナリオは、図-9の避難シミュレータ生成システムのユーザーシートを用いて設定できる。図左上の「シミュレーション動作」に関する設定項目では、通常避難(要援護者を想定しない)か、要援護者支援避難かを選択できる。つぎに、画面、右上は、「一括選択項目」に関する項目で、避難集落の選択や移動手段(車・徒歩)の選択が可能である。画面左下には、ユーザーシートの基本的な説明を記述している。上段は、避難参加世帯・対象避難場所選定に関する記述である。すなわち、マウスで選択項目をクリックすることにより避難行動に参加する世帯と避難場所を任意に選択可能である。図中の茶色のプレースが避難対象世帯であり、77全世帯を表している。図中の“小”で表記されている青いプレースが、避難場所として設定されている廃校となった小学校である。

中段は、自動車・徒歩といった移動手段の選択項目

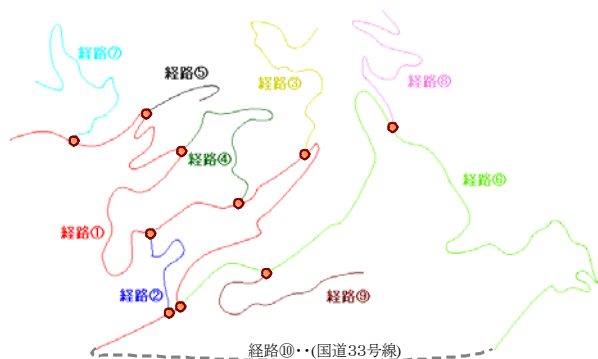


図-10 GPSマクロデータによるSdata対象経路

である、自動車の場合は、避難経路が黄色で表示され、徒歩の場合は、青色で表示される。右側の項目は、制約型障害（移動速度の制限）と切断型障害（道路寸断による障害をそれぞれ、みどり色、黒色の棒線の指定で設定できる。

下段の交差点の設定は、デフォルトの指示規定交差点か、個別に方向を設定する個別設定かの選択が可能としている。デフォルトの指示規定交差点とは、避難場所を指定した時に、交差点から避難場所までの距離で配分した選択確率を与えている。逆に、個別設定とは、要援護者避難支援者がデフォルト以外の経路選択を行う場合や、避難行動者が指定する避難経路を選択するために使用する。

b) 西村地区の集会所への避難シミュレーション

西村地区は、図-9 の中央下側に集会所がある。そして、集会所へ至る経路（図-11 の道路区間 road6）には、土石流危険渓流に指定されている西村橋がある。本シナリオでは、最も広範囲に世帯が偏在する西村地区に着目し、移動手段別の避難シナリオを検討する。すなわち、車の所有世帯は集会所へ車で移動し、車を所有しない世帯は歩いて避難するシナリオを想定した。シナリオ設定のためのユーザーシートを図-12 に示す。はじめに、シミュレーション動作設定項目画面で、通常避難を選択し、図-12 の画面下の、”西” プレースで示される西村集会所をクリックし避難場所を設定（青色表示に変化）する。つぎに、車を所有する世帯を選定（世帯は柿色表示、経路は黄色表示に変化）し、シミュレータ動作設定項目の「シミュレーションデータを反映して実行する」をクリックする。その結果、設定項目の各シートと編集シートの記述データが参照され、シナリオ設定の Sdata、Ndata、Rdata が自動生成される。つぎに、EXCEL VBA から Petri.exe が自動実行され、図-13 のシナリオ・シミュレータ実行画面

が開かれる。このシミュレータ画面を用いて、図-3 に示すように、設定データを指定し、シミュレーションを実行すると、トランジションの発火に伴うトークン（世帯）の移動状況を、ユーザーシートで設定したシナリオ通りに再現することができる。以下、同様に、ユーザーシートにおいて、徒歩世帯の避難シミュレータを実行した。両者の結果を図-14 に示す。横軸に避難に要する時間（秒）を、縦軸に、残存避難世帯数を示す。この図より、西村地区には、車を持つ世帯が 10 世帯、持たない世帯が 6 世帯あることがわかる。車移動世帯は、約 9 分で避難が完了していることがわかる。一方、徒歩移動世帯では、避難完了までに約 25 分かかることがわかる。ただし、6 世帯のうち 4 世帯は、5 分以内に避難が完了しているが、残り 2 世帯が極端に時間を要している。この 2 世帯とは、図-12 の、画面左端の白いブレースで表示されている 2 世帯である。これらより、避難世帯・避難場所の指定、移動手段別のシナリオ設定を開発したインターフェイス上で容易に設定できることがわかる、そして、各種シナリオ設定条件と編集シートを参照することにより、ペトリネット・シミュレータの Sdata、Ndata、Rdata を生成し、Petri.exe を用いたシミュレータの実行へと連動化していることが理解されよう。

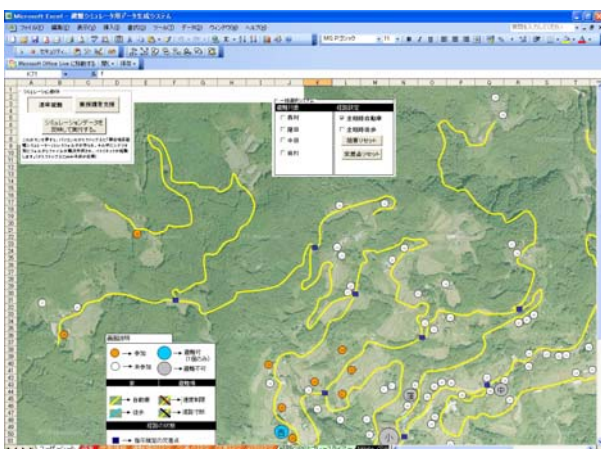


図-12 西村地区集会所への避難シナリオ設定（車所有世帯の避難行動）

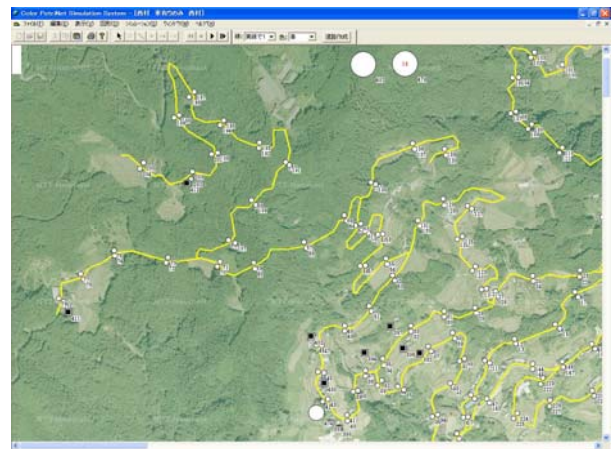


図-13 シナリオ・シミュレータ実行画面

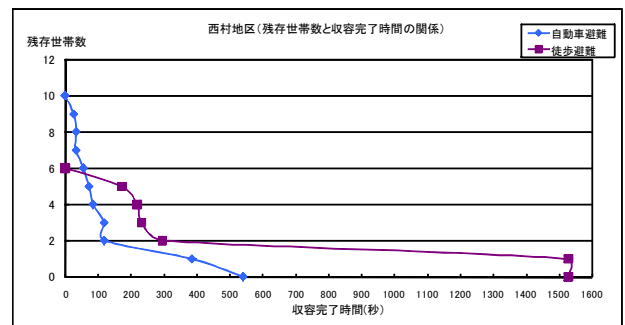


図-14 残存世帯数と収容時間の関係

c) 要援護者支援シミュレーション

図-15は、画面中央上の柿色のプレースの要援護者単独世帯を、画面左端の柿色のプレースの支援者が車で駆けつけて避難するシナリオ設定である。図-15の右側のウィンドウは、支援者が通過する紫色の交差点設定を行っている画面である。デフォルトでは、支援者の経路は、避難場所である西村集会所を目指して当該交差点を右折する。そこで、左端の地域支援者が、要援護者を迎えに行くために、茶色の交差点の進行方向を西から東へ設定している。この結果、図-8の要援護者支援ネットにて記述されるように、支援者の到着とともに、両者が避難場所へ移動することとなる。図-16の画面右の障害設定画面にて、経路内のトランジション、交差点部での障害を設定できる。図中、青い西村集会所プレースの上側の西村橋の切断障害（黒い棒線）を設定している。表-1に、障害ありと無しの条件におけるそれぞれの避難完了時間を示す。障害による引き返しに伴い、4分強時間を要することがわかる。

表-1 要援護者支援シナリオ結果（障害の有無）

要援護者避難支援シナリオ				障害別避難完了時間(秒)
地区名	移動手段	要援護者 ID	支援者 ID	
西村	車	24	28	512 (障害無し)
西村	車	24	28	776 (障害有り)

5. おわりに

本研究では、著者らが開発を行ってきた中山間地の避難シミュレータを基本として、EXCEL VBAを用いたインターフェースを設け、種々のシナリオ設定をエクセルのユーザーシートをクリックするだけで、ペトリネットデータと連携化するシステム開発を行った。適用事例では、シナリオ設定の容易性ならびに、ペトリネット・シミュレータとの連携化が保障されていることを示すことができた。

今後、システムを開発する上で貴重な情報提供いただいた自治会長からシナリオ設定・インターフェイスに対する意見・批判を頂き、システムに反映化するとともに、現地で最も課題となっている要援護者の支援の在り方や、避難計画・訓練の策定に役立てるためのワークショップを開催したいと考えている。その過程において、開発システムの成果・課題を抽出し、継続的なリスク・コミュニケーション・ツールとして活用したいと考えている。

〈参考文献〉

- (1) 桑沢敬行, 片田敏孝: 津波を伴う震災状況下での人的被害に関するシミュレーション分析, 土木計画学研究講演論文集, vol. 35, CD-R(96), 2007.
- (2) 竹下史郎, 小林一郎, 山田文彦, 上野幹夫: マルチエージェントモデルを用いた洪水・避難シミュレータの開発, 土木情報利用技術論文集, 第16巻, pp. 203-212, 2007.
- (3) 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.
- (4) 近田康夫, 濱政洋, 城戸隆良: マルチエージェントを用いた避難行動シミュレーション, 土木情報利用技術論文集, 第17巻, pp. 29-38, 2008.
- (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, No. 15, pp. 89-96, 2005.
- (6) Tohru Futagami, Noboru Kimata: Study on an Available System by the Portable GPS for the Formation of Resident Participation to a Refuge Planning Scenario, Journal of Applied Computing in Civil Engineering Vol.17, pp. 327-337, 2008.

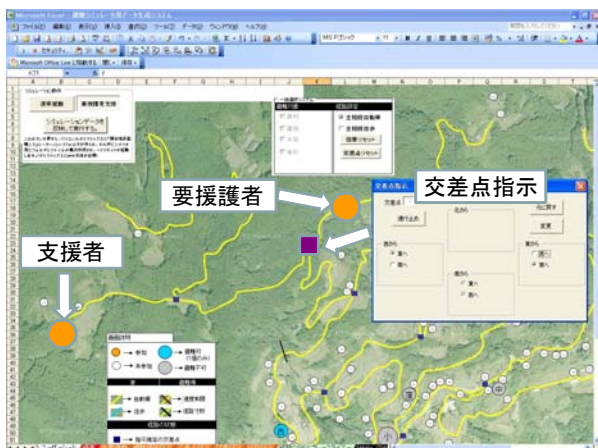


図-15 交差点設定（西から東へ、東から西へ）

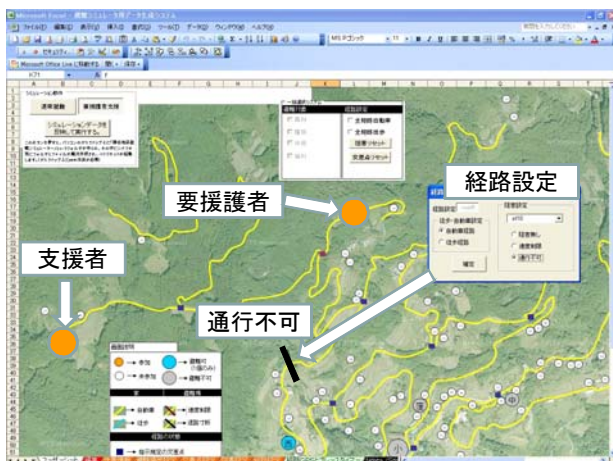


図-16 経路設定（自動車設定・障害設定）