

中山間地におけるシナリオ避難行動シミュレーションの開発と適用に関する一考察*

Consideration about the development and application of a scenario refuge action simulation in intermediate and mountainous area*

二神透**・河口尚紀***

By Tohru FUTAGAMI**・Naoki KAWAGUCHI***

1. はじめに

シミュレータを用いた避難研究は、様々な分野で行われている。例えば、地下空間からの地震を対象とした避難シミュレータや、建物内からの避難シミュレータなどが開発されている^{1),2)}。津波からの避難シミュレータも各種開発されている³⁾。また、河川氾濫に伴う避難シミュレータも開発されている⁴⁾。これらの研究の中には、シミュレータの開発、検証、対策の評価などの過程を経て、住民とのリスク・コミュニケーション・ツールを目的とした活用が試みられている。例えば、シミュレータを用いた防災教育への活用や、ワークショップにおいてシミュレータを用いた各種防災対策の効果を提示することで、住民の防災意識を高める研究が報告されている⁵⁾。しかし、住民にとっては、各種シミュレータの駆動原理がブラックボックスとなり、提示される情報は一方通行となる。それに対して、著者らは、駆動原理が明快であるペトリネットを用いた避難シミュレータを開発し、その駆動原理の明快性が各種対策の効果の受諾性を高めるとして研究を行っている^{6),9)}。ペトリネットを用いた避難研究には、津波を対象とした研究が報告されている^{10),11)}。しかし、これらの研究では、専門家の分析結果の提示に留まっている。

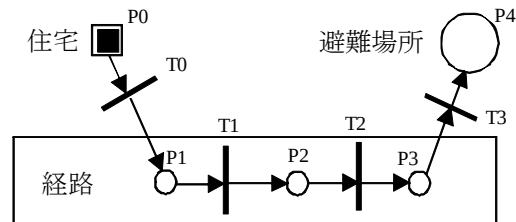
著者らは、ペトリネットを用いて中山間地域の避難計画支援シミュレータの開発と適用研究を試みている。著者らの知る限りでは、中山間地の土砂災害に関する避難に関するシミュレータの研究は、報告されておらず、GPSを用いて、地形・勾配に応じた、車・徒歩避難速度を取り扱っている研究も報告されていない。本研究では、中山間地域における土砂災害避難計画を対象とし、

住民とのリスク・コミュニケーション・ツールとしての要件を整理し、双方向型のシナリオ・シミュレータの開発について述べる。

2. 中山間地避難シミュレータの概要

(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・行動の即時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。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、当該地域の航空写真等を用いて、シミュレータを実行することにより、実行結果の現実性を高めることを意味する。3) の住民批判・行動の即時反映化とは、シミュレータの実行結果に対する住民の意見や、住民の避難行動をシミュレータへ即時反映可能であることを意味している。すなわち、簡単なデータの追加・変更により（プログラムの書き換えでなく）、避難阻害条件の追加や変更を即時シミュレータに反映可能である点と、住民の避難行動を携帯GPSで採取し、それらのデータをシミュレータへ即時反映化するためのシステム開発を行っている。以上、著者らが開発を行っているシミュレータは、住民にとって、駆動原理が明快であ



図ー1 ペトリネットによる避難行動の記述

*キーワード：中山間避難計画、シナリオ・シミュレータ、リスク・コミュニケーション・ツール

**正員、学博、愛媛大学総合情報メディアセンター
(松山市文京町3、

TEL089-927-9837、FAX089-927-9837)

***学生員、学士、愛媛大学大学院理工学研究科
(同上)

り、背景画像を用いることでリアリティーを付与し、シナリオ批判や、避難行動の直接反映化が可能となっている。しかし、リスク・コミュニケーション・ツールとしての適応性の検証は行われていない。

(2) 対象地域におけるシステム適用に向けて

著者らが開発システムの適用を検討している地域は、愛媛県久万高原町柳谷中津の集落である。この地域は、集落自体が地滑り危険箇所上に形成され、避難経路は限定的で、急傾斜地崩壊危険箇所や土石流危険渓流等の避難阻害要因も多い。さらに、図2に示すように、中山間地特有の道路形状・勾配といった避難行動に制約を与

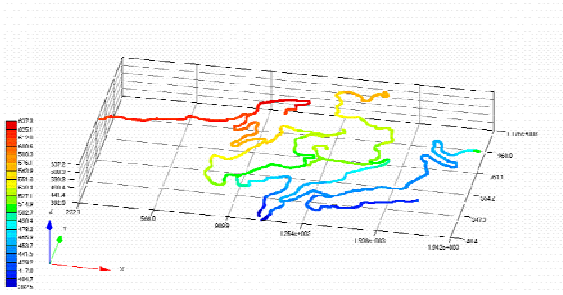


図2 対象地域の避難経路の3次元表示

える要因も考慮する必要がある。本節では、対象地域におけるシミュレータの実行を住民参加の下で行うための情報を整理する。

対象地域は、2003年に著者らが住民台帳に基づく住民情報を整理しているが、高齢化が進んでおり、世帯構成が大きく変化している可能性があるため、データを更

新する必要がある。しかし、個人情報の観点から住民台帳の閲覧は制約されているため、当該地域の自主防災会長にヒアリングを行って情報収集を行うことにした。その結果、当該地域で避難訓練を行っていること、要援護者世帯が多いこと、移動手段を持たない世帯も多いことが明らかとなった。特に、2007年に初めて行った避難訓練は、車で図3の中央下側の小にマークのある、廃校となった小学校への車による避難訓練を実施したとのことであった。さらに、自主防災会長と避難計画について話し合うなかで、災害の様相によっては、図3の4つの各集落の集会所(◎印)への避難を一次避難とし、その後、避難訓練の避難場所である小学校への二次避難も考える必要のあることを確認した。また、避難手段として、徒歩で避難するケースや、要援護者の車による早期避難も想定する必要があるとの認識で一致した。そこで、現在の世帯情報(家族構成)、要援護者情報、移動手段の有無についての情報の提供を頂いた。

著者らは、シナリオ・シミュレータの要件として、避難場所を指定できること、移動手段を選択できること、避難経路阻害と避難に与える影響を視覚化できること、要援護者の避難を取り扱えること、世帯毎の避難を視覚化できることがシミュレータの要件と考え、インターフェイスの開発を行うこととした。

3. 中山間地避難シミュレータ・インターフェイス開発

(1) 全体構成について

自主防災会長とのヒアリングと当該地域の避難計画について話し合った結果、種々のシナリオ下での避難形態とそれらの評価を実現可能なシミュレータの構成が必要

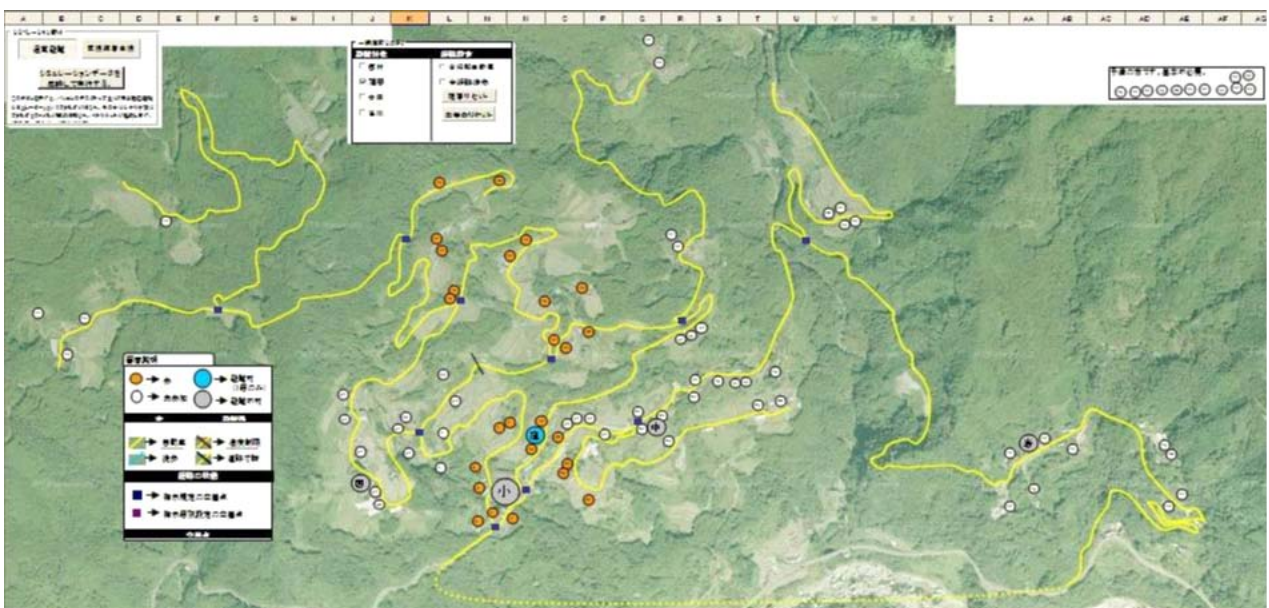


図3 世帯情報・避難経路情報の整理

であることがわかった。そこで、リスク・コミュニケーションツールとして、地域の住民・行政・専門家が避難計画を策定するための情報共有を得るためのシステム開発とインターフェイスの構築を試みる。

図4に、構築するシステム開発とインターフェイスのフローを示す。図の上部が、世帯情報と避難経路情報のデータ収集部分からなる。世帯情報については、自主防災会長へのヒアリングをベースに構成した。避難経路データ収集は、GARMIN 社製 GPS「MAP60CSx」を車載して1秒毎の座標データ(x,y,z)を採取した。徒歩限定道路については、携帯GPSを用いて、同様に1秒毎の座標データ(x,y,z)を採取した。採取した座標データをシミュレータ用の各種ペトリネットデータとして処理するために、地図ソフト「カシミール3D」と、「GPS利用マクロ」を利用して、自動車プレースタイマー、徒歩プレースタイマーを取得する。このプレースタイマーとは、当該プレースにトークンが発火した場合のトークンの滞在時間である。これらの得られた情報をEXCELのシート上にデータベース化して保有し、EXCELの関数とVBAによって、ペトリネットシミュレータを動作させるためのSdata、Ndata、Rdataを生成するEXCELファイルを、避難シミュレータ用データ生成システムとして開発した。ここで生成されるSdataは、ペトリネット

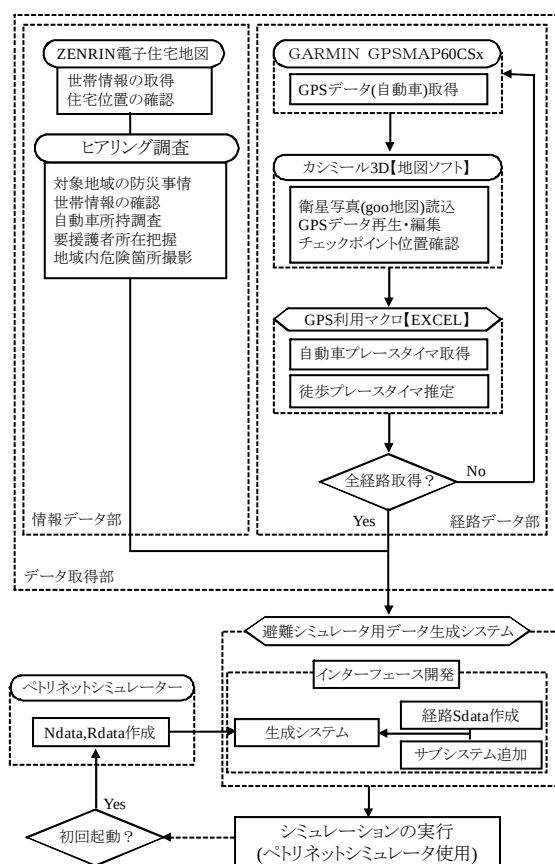


図4 中山間地避難シナリオ・シミュレータ・インターフェイス構成

の動作に関する記述、Ndata はプレース、トランジションの画面上での配置に関する記述、Rdata は、視覚的な補助条件に関する記述が格納されている。このシステムでは基本となる Sdata、Ndata、Rdata それぞれを別々のシート上に記述し、VBA を用いてそれぞれのファイルをデスクトップ上に生成、同時にペトリネットシミュレータで当該ファイルを開くもので、シミュレータの実行自体はペトリネットシミュレータを用いて行う。このシステムは「地域住民とのリスクコミュニケーション」に用いることを想定しているため、別シートに視覚的なインターフェイスを作成し、画面の地図上にあるアイコンをクリックすることで Sdata の変更が反映される仕組みを開発した。Ndata、Rdata については、ペトリネットシミュレータ実行時に作成することが可能であるので、開発段階で実行した際に作成し、以後は開発システム内に記述を保持して固定としている。次節では避難シミュレータ用データ生成システム内での各シートの関係性、開発システム内でのペトリネットの具体的な記述法について述べる。

(2) インターフェイスの構成

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」の詳細な構成は図5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

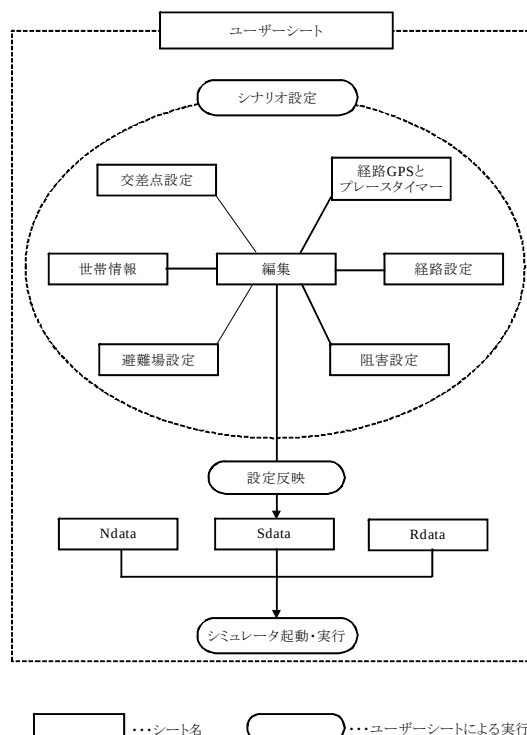


図5 各種シナリオ設定のためのユーザーシート

ェースである「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。ここでは、紙面の制約上、「世帯情報」シナリオ設定についてのみ概説する。

「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。例えば、要援護者が居る場合、車を持つ任意の1世帯が、要援護者が存在する任意の1世帯を迎えにいき、それから避難場所へ向かうという設定が可能であり、図6に示す要援護者支援サブネットを構築している。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の事象が起これ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ブレー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。

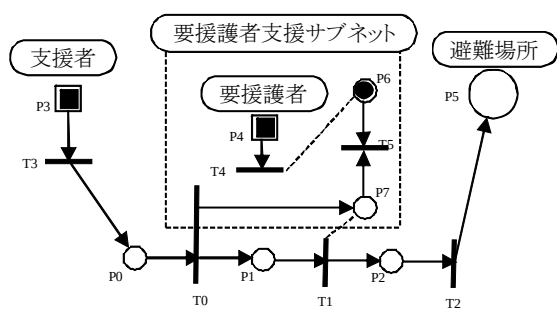


図6 要援護者支援サブネットの構成

4. おわりに

本稿では、中山間地の避難計画を支援するためのシナリオ・シミュレータの要件を整理し、自主防災会長とのヒアリングならびに避難計画について打ち合わせを行った。それらの情報をベースに、各種シナリオ設定とそれ

らのアウトプットを視覚的に表示可能なシミュレータ・システムの開発を行った。今後、システムの適用を通じて、リスク・コミュニケーション・ツールとしての課題を抽出し、双方向リスク・コミュニケーション・ツールとしての機能を再検討したいと考えている。

<参考文献>

- (1) 山谷東樹, 源栄正人: 緊急地震速報を活用した地下空間における避難シミュレーション, 日本地震工学会大会-2005 梗概集, pp. 502-503, 2005.
- (2) 有友春樹, 白木渡, 井面仁志: 医療機関を対象とした避難シミュレーションシステムの開発と被害軽減対策への活用, 土木情報利用技術論文集 vol. 17, pp. 47-56, 2008.
- (3) 桑沢敏行, 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
- (4) 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
- (5) 桑沢 敏行, 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
- (6) 二神 透, 木俣 昇: 中山間地域の救急・避難計画支援のためのシナリオ・シミュレータの適用に関する基礎的研究, 土木計画学研究・講演集, No. 32, (363), 4p, 2006.
- (7) 二神 透, 木俣 昇: 背景画像上での避難ペトリネットシミュレーションへのプローブ技術の活用化研究, 土木情報利用技術論文集, No. 13, pp. 33-40, 2005.
- (8) 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.
- (9) 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.
- (10) 藤原康寛, 源貴志, 成行義文, 田中徳一: ペトリネットを用いた津波に対する住民避難シミュレーションに関する基礎研究, 土木学会四国支部第13回技術研究発表会講演集, pp. 122-123, 2007.
- (11) 源貴志, 藤原康寛, 成行義文, 田中徳一: 住民の個別特性を考慮した津波避難シミュレーション, 土木学会四国支部第13回技術研究発表会講演集, pp. 124-125, 2007.