

避難訓練計画への住民参画化支援システム研究*

Study on a Support System for Residents Participative Refuge Drill Planning *

二神 透**・木俣 昇***

By Tohru FUTAGAMI**・Noboru KIMATA***

1. まえがき

著者らは、避難計画シナリオのペトリネットシミュレーションの構成と実行に関する研究を行っている^{1)~7)}。それらの特徴は、ネットの記述法、駆動法の理解の容易性にある。もう一点は、対象地域の地図・航空写真といった背景画像上での視覚型シミュレーションの実行性にある^{5),6)}。著者らは、このようなシステムを用いて構成した避難計画シナリオを住民に提案することにより、住民への理解を促すとともに、経験的な検討による計画への批難・再提案が検証可能であると考えている。換言すれば、従来型のシミュレータのアウトプットを見せるだけの提案では、十分な住民の参加とはなっていないため計画の実効性に結びついていない。シミュレータの記述法・駆動法の理解容易性・アウトプットの視覚性は、避難計画への住民参加の基本要件であるといえよう。

本研究では、避難計画をシミュレータの提示から一歩踏み込んで、住民の避難行動をペトリネットに動的に組み込み住民の避難行動の直接反映化を通しての参加性について検討を行う。具体的には、GPS計測データによるネット自動構築法を提案する。従来の専門家による避難ネットの提案に対して、住民に携帯GPSを装備して避難訓練を実施し、それらの避難行動を計測し、避難ペトリネットに直接組み入れることにより、計画への参加性を高めることを目的としている。

2章で、基本的な従来の技術研究について述べる。3章で、提案したネット自動構築法による携帯GPSによる住民の避難行動データの取得とそれらのペトリネット化事例について述べる。そして、専門化による提案避難計画と住民避難行動の同一性の確認・提案の取り込

*キーワード：ペトリネット、中山間避難、住民参加、GPS計測、シナリオ・シミュレーション

**正員、学博、愛媛大学総合情報メディアセンター

(愛媛県松山市文京町3、

TEL089-927-9837、FAX089-927-9837)

E-mail futagami@dpc.ehime-u.ac.jp

***正員、工博、金沢大学大学院自然科学研究科

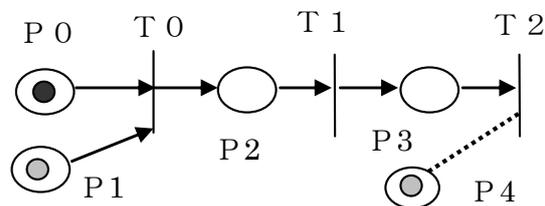
土木建設工学科

みといった住民参加型避難計画についての考察を行う。

2. 中山間地避難計画のペトリネットシミュレーション開発

2.1 避難ペトリネット開発の基本原則

中山間の避難シナリオを考える場合、開始、移動、分岐、合流、互助、引返し、阻害といった部分ネットを考える必要がある。中山間地域の避難シナリオとは、これらの部分ネットの結合により構成され、ペトリネットの結合化は、シナリオの拡大化、精緻化を担保し、この特徴が、ペトリネットシナリオによる課題解決型の支援システムとしての実効性・有効性を保証している。ここで、基本となる部分ネットについて述べる。図1は、ペトリネットの基本原則と避難行動の記述を表している。右のプレース P0 に打たれたトークンは避難者を表わしており、P1 に打たれたトークンは避難指示情報を表わしている。P0 のトークンで示される避難者は、避難情報 P1 にはプレースタイマを設定し、タイマが消費されると、T0 のトランジションが発火して移動を開始することになる。図1では、P2、P3 が避難経路移動状態を表わしている。P3 へトークンの移動は、P2 のプレースタイマが消費され、T2 の発火に伴い実施される。P4 は、T2 へのアークが破線で表示



P0：避難者（トークン）

P1：避難指示情報（トークン）

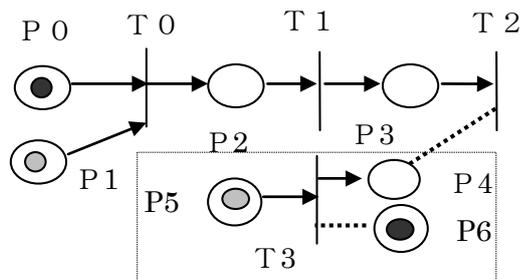
T0：避難開始

P2, P3…：避難経路移動状態

T1, T2…：次の区間へ

P4：避難阻害要因（崩壊等）（トークン）

図1 ペトリネットの基本事象と状態推移



T 3, P 5 : 阻害要因の原因
P 6 : 事前対策

図2 シナリオによる事象の連鎖と阻害事象ネット

されており、これは T2 への抑止を意味している。現象的には、避難路の崩壊等による通行不可、あるいは、通行時間の制約を表している。

図2は、図1の避難開始・移動ネットに、阻害の事前対策として抑止プレース P6 を追加している。破線の部分が追加した阻害要因に対する事前対策である。すなわち、P6 事前対策によって、阻害要因である P5、T3 の発火が抑止されるため、T2 の発火が阻止されている。

図1、2より、ペトリネットの簡単な駆動原理により、避難開始と避難路移動を記述できることが理解できる。さらに、ペトリネットは、結合性・精緻加性を特徴としているため、阻害要因の検索と事前対策を簡単に追加することができることも分かる。図1の移動経路の進行は、プレースタイマを設定することにより実施されるが、高齢者の移動については、カラートークンを用いることにより歩行速度を区別化することもできる。

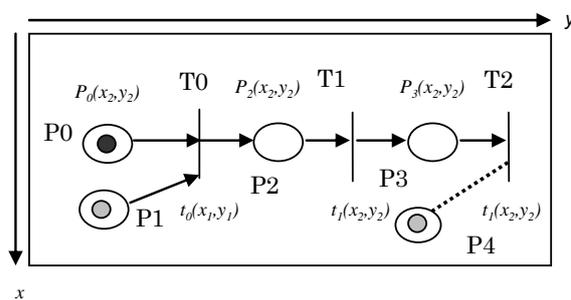
以上より、本研究で活用するペトリネット・シミュレータによる避難計画の提案は、住民への理解・批判といった形での参加に有効であるといえよう。

2.2 背景画像上での避難路ネットの構成

前節で概説したように、ペトリネットの駆動は、トランジションの発火による現象の推移によって記され、具体的には、トランジション間の移動時間をプレースタイマとして与えている。従来は、図3に示すように、シミュレータ画面（グラフィック座標系）に、ペトリネットを記述し、背景画像上を挿入して空間対応化を図っている。プレースタイマの設定は、図4に示すように、T0, T1間の移動時間をP2に、T1, T2間の移動時間をP3にプレースタイマ : PT_i として与える。都市部では、徒歩・車といった移動手段別の想定速度を与えればよい。しかし、中山間地域では、道路が地形的制約を受

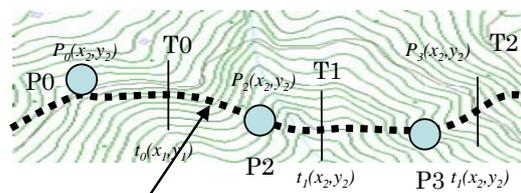


図3 背景画像上の避難ペトリネット・ネット



x

背景画像



GPS緯度・経度計測データ

図4 GPSデータを用いたPTの設定

けるため、車両・歩行速度の想定が課題となる。そこで、図4に示すように、車両については、GPSデータの3次元計測データの実測値を用いてダイレクトに PT_i を設定している。一方、徒歩速度については、携帯GPSを用いた徒歩実験による歩行速度式（勾配をパラメータとしている）を適用してプレースタイマの値を設定している。

3. シミュレーションへの住民参加型化

3.1 開発システムの概要

図5に、GPSデータによる移動部ネットの構成システムのフローを示す。全体をサブシステムに分けると、
i) 携帯GPS計測データから、緯度経度・高度データの取得、緯度経度・高度の表示、プレースのGPS座標

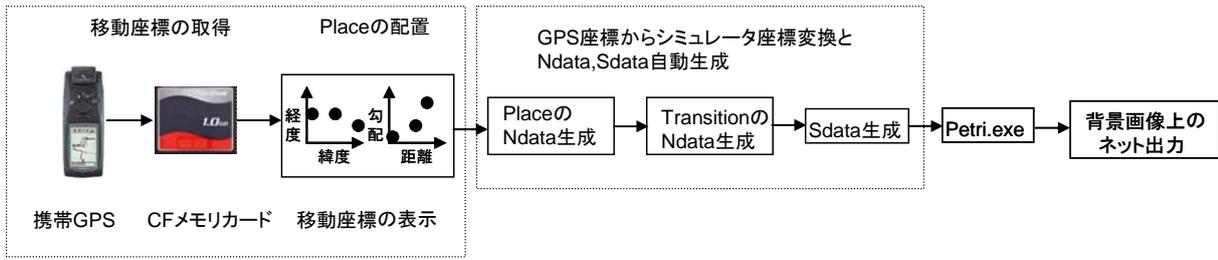


図5 GPS計測データによる移動部ネットの構成システム

- の取得。
- ii) 緯度経度データ座標系と、背景画像データ座標系の対応化、Ndataの作成、トランジションのNdataの作成。
- iii) Ndataと、トランジションのNdataから、Sdataの作成、Petri.exeによるシミュレーションの実行から構成されている。

個々のシステムの説明は、紙面の制約上割愛するが、従来は、シミュレータ側から、Sdata、Ndataを作成し、背景画像への空間対応化を行っていた。本システムでは、GPSの位置座標系を背景画像の位置座標系に対応化させることにより、自動的にシミュレータへの入力データであるSdata、Ndataを作成できるため、住民の意見・批判等の計画へのフィードバックの迅速化が可能となった点が特徴である。

3.2 避難者データによる移動部ネットの構成実践

(1) 避難計画ネットの経路検証

著者らは、避難訓練に携帯GPSを用いることにより、住民の移動データ（緯度・経度・高度）を入手することを想定し、図5で開発したシステムを用いた徒歩移動部のネットの構成実践について述べる。

はじめに、被験者（20代男性、40代男性）に携帯GPSを装備し、図6の番号1から2に示す対象地域の避難経路を歩いて移動してもらった。図6は、道路勾配があるため、上り下りのデータを観測している。図7は、開発システムを用いて40代男性の登り計測データを表示し、ペトリネットのプレース座標を取得している。

つぎに、図5のGPSデータによる移動部ネットの構成システムを用いて、専門家が与えた移動時間と、被験者の移動時間の比較を行った。それらの結果を表1に示す。表1のプレース番号は、図6の右下から左上の順番に対応している。表1より、経験式による登り下りの速度の傾向は、登りより下りの方が速い点で両被験者とも一致しているが、経験式の方が全体で2分から3分遅い傾向がある。

(2) 住民による避難経路選択による経路追加実験

避難ネットの住民点検支援として、アンケート調

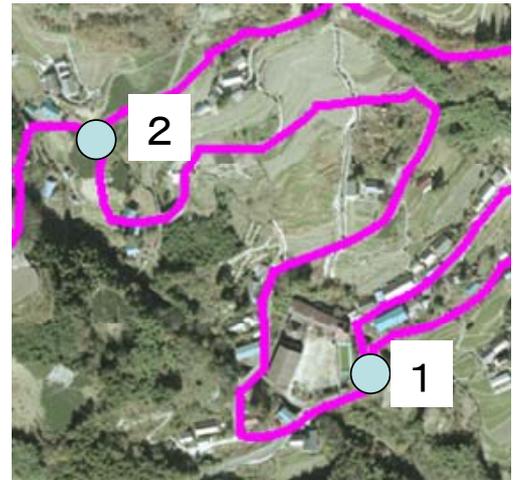


図6 対象地域の実験避難経路

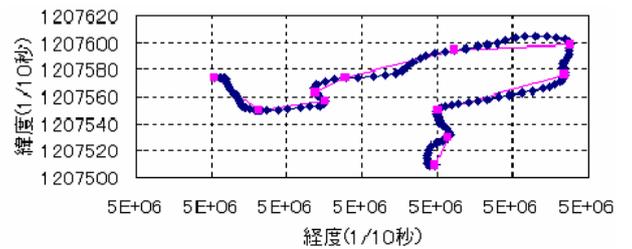


図7 開発システムを用いたGPS座標へのプレース配置（40代男性登り）

表1 被験者を用いた徒歩プレースタイム値の比較

Place No.	上り (秒)	被験者1 (秒)	被験者2 (秒)	下り (秒)	被験者1 (秒)	被験者2 (秒)
1	58	40	50	50	35	35
2	55	38	40	48	33	33
3	94	60	70	88	57	55
4	50	48	49	49	38	43
5	70	55	65	69	40	50
6	75	58	65	73	48	55
7	32	20	25	31	16	20
8	14	10	10	14	7	10
9	45	30	36	43	28	40
10	67	51	60	64	48	59
合計	561.5	410	470	530.8	350	400

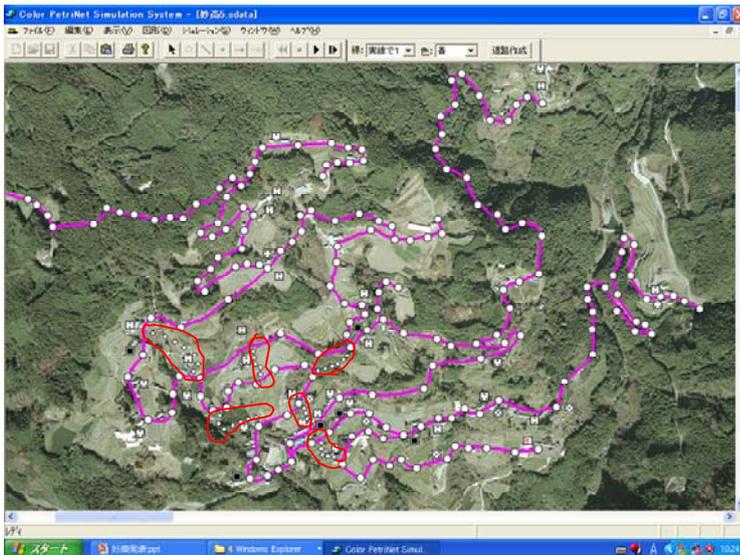


図8 徒歩経路の移動ネットの追加図

査を実施し、専門化が提案する経路を提示した上で、住民の避難経路を地図上に明記してもらった。その結果、6つの徒歩避難路があることが分かった。これらの避難経路について、図5のGPSデータによる移動部ネットの構成システムを用いて、避難経路を基本ネットに追加する。はじめに、住民から提案された経路について、携帯GPSを用いて避難経路を歩行しデータ計測を行った。それらのデータを、図5のフローに従い、徒歩移動経路の追加を行った。図8に、Ad.1~6の住民アンケートを反映化した避難経路ネットを示す。以上より、住民提案による経路の追加についても、開発したシステムを用いることにより、計画のフィードバックが容易に行えることが明示できた。

以上は、避難経路の追加といった初期の計画への住民の意見反映事例であるが、今後、災害を想定した引き返し事例や、阻害要因の追加に伴う経路の変更など、避難行動の反映化と、意見・批判のフィードバックといった一連のプロセスの実効性についても検討を行いたいと考えている。

5. おわりに

本稿では、携帯GPSを用いた中山間地の移動計測データを用いた、ペトリネット移動部データ作成システムを開発し、住民の避難行動を迅速にシステムへ反映化させることにより、実効的な防災計画策定のためのプロセス研究を目的としている。そのために、住民の意見・批判を直接反映化させるためのシミュレータの要件を整理した。はじめに、既開発のシミュレータを基本システムとして、携帯GPSで計測したデータをペトリネットで再現することにより、提案した通りの避難

経路を再現できることや、プレースタイマの設定値の精度についても検討を行った。被験者を用いた実験結果より、経験式で設定したプレースタイマよりも、小さな値となることが明らかになった。この理由としては、著者らの経験式の実験条件に起因することが考えられると同時に、年齢属性を配慮した実験式の再構築も課題として挙げられよう。今後、地域住民への計画案の提示と意見・批判を反映化した避難計画策定への実践プロセスについて事例分析を行いたいと考えている。

<参考文献>

- 1) 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.
- 2) 二神 透, 木俣 昇: 中山間地域の救急・避難計画のための情報システム開発、第30回情報利用技術シンポジウム・講演集, 2006. (4頁)
- 3) 二神 透, 寺田一雄: ペトリネットシナリオシミュレータを用いた中山間防災計画に関する研究、第12回土木学会四国支部講演概要集, pp.296-297, 2006.
- 4) 二神透, 木俣昇, 末廣文一, 寺田一雄: ペトリネットシミュレータを用いた中山間地域の避難計画支援に関する研究、土木計画学研究・講演集、No.32, (213), 4p, 2005.
- 5) 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.
- 6) 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.
- 7) 二神 透, 木俣 昇: ペトリネット・シミュレータを用いた中山間地域の災害孤立対策に関する研究, 土木計画学研究・講演集, No.31, (186), 4p, (2005)