

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*

Development of the scenario simulation for the emergency and refuge planning in the intermediate and mountainous area*

二神 透**・木俣 昇***

By Tohru FUTAGAMI**・Noboru KIMATA***

1. はじめに

日本の大半は、中山間地域であるが過疎地が多く、救急・避難計画のサービス水準に多くの問題点があることが指摘されている。例えば、都市部と比べたサービス水準、すなわち救急・医療の施設数や緊急路の代替経路が少なく、時間的なサービス水準が低いことを定量的に分析した研究が報告されている¹⁾²⁾。著者らは、情報システムに着目し、中山間地域の救急・避難に関する問題点を整理し、具体的な支援システムの提案を行っている。具体的には、中山間地域を対象として、プローブビークルと携帯GPSを用いて、全施設をノードとする詳細なネットワークを作成するとともに、これらの情報と住民の個人データをリンクすることによって、個別条件に対応したきめ細かな計画を支援するシステムを提案している³⁾。一方、システムの問題点は、プローブビークルの走行状況が実際の救急車両の走行状況を再現すると仮定していること、歩行速度の推定は実験による勾配情報を用いているが、個人属性による速度の違いを考慮できていないことがあげられる。これらのデータを精緻化することが、情報システムとしての有効性を高めることは明らかであるが、中山間地域の道路網の形態が救急・避難行動に与える影響を分析するなど、都市部と異なる状況化におけるシステムそのものが内包する問題点を明らかにすることこそ肝要であると考えている。そこで、ペトリネット・シミュレータ⁴⁾を用いて、中山間地域の

キーワード：地域計画、中山間、救急・避難、Petri-Net

**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) 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

地図情報等の背景画像上でのシナリオシミュレーションを開発し、救急車両走行、徒歩避難の問題点を明らかにする。

本論文では、はじめに、2章で中山間地域の救急・避難計画の特徴と支援課題について述べる。具体的には、計画対象者が高齢化していること、駆けつけ時間・避難収容時間が重要であること、集落単位の避難が必要になること、移動手段が徒歩や車であること、道路勾配や迂回、集落・世帯の孤立性を考慮しなくてはならないことについて述べる。つぎに、救急・避難シナリオのためのペトリネットの基本的な構成について述べる。3章では、サブネットを構成するための基礎情報となる地図情報を背景画像として取り込み、具体的にペトリネットを構成する上での問題点を整理する。4章では、緊急車両走行と徒歩避難を再現可能なネットの構成と課題について述べる。

2. 中山間地の救急・避難計画の支援課題

(1) 救急・避難計画のための基本情報

著者らは、1章で述べたように、中山間地域特有の地形・立地条件をできるだけ情報化することと合わせて住民ベースの情報システムを活用することにより、計画対象者レベルのきめの細かい対策が可能となると考えている。また、シナリオ・シミュレーションを開発することにより、中山間固有の問題や、情報システムの問題を明確化できると考えている。そこで、本章では、より具体的な救急・避難計画への対応を図るための情報システムについて、従来の研究を踏まえ、図1に示す中山間地域での救急・避難を事例として検討・整理する。

図1は、柳谷村N地区N集落と表示した愛媛県上浮穴郡柳谷村と主要施設間のプローブビークルによ

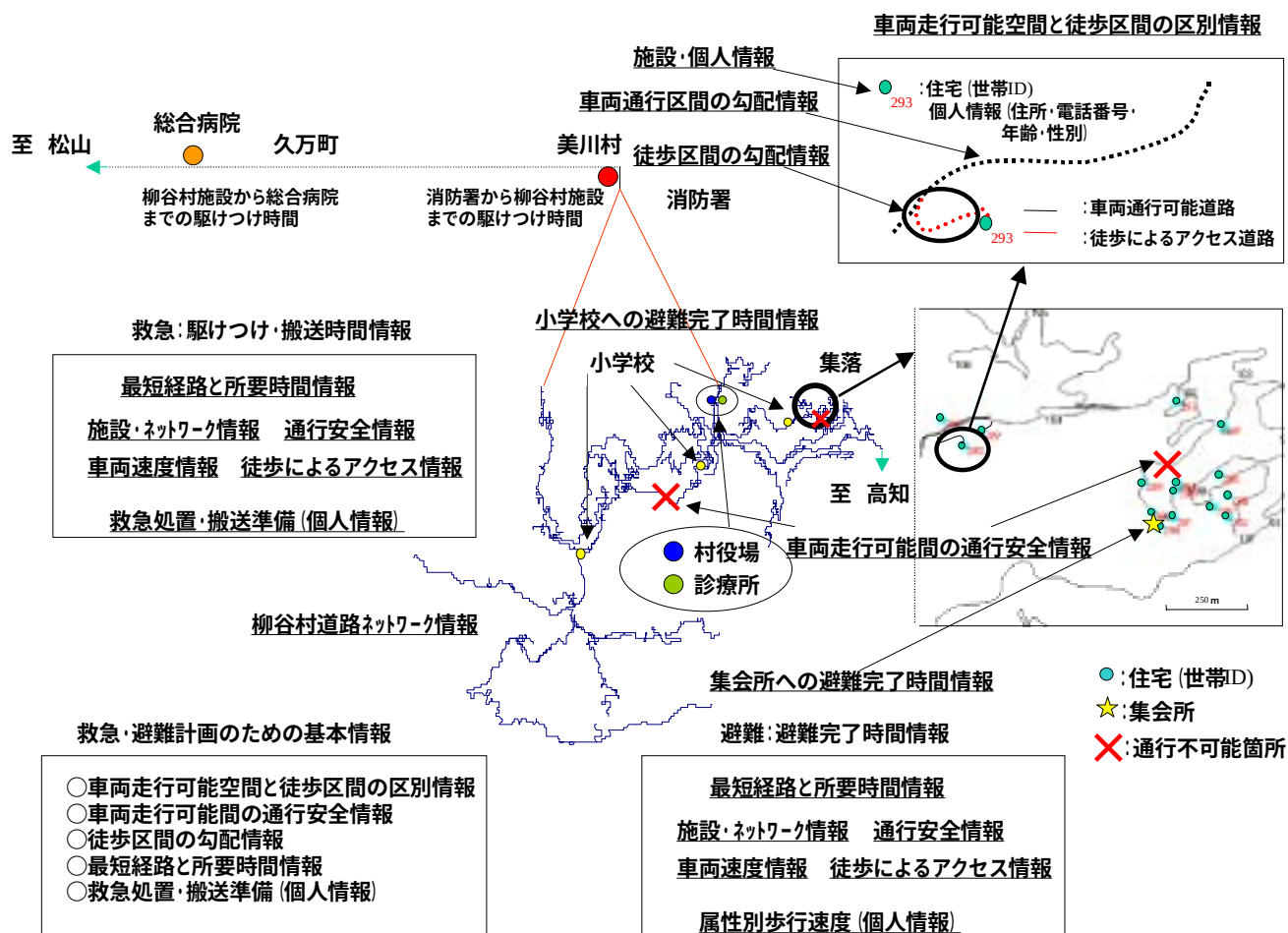


図1 中山間地域の救急・避難計画の諸課題の整理

る道路網と、集落内の同細部道路網の拡大図を示している。これらの集落に関する救急・救命活動のための消防署（救急・消防車両の出動）や総合病院（救急搬送病院）は限定的で、この図の左方に位置している。図中の破線で示した直線は、柳谷村行政区外の道路を簡略化して示している。

この図より、救急・避難計画を考える上で、道路ネットワークは共通のインフラであるが、都市部と異なる点がいくつかあることがわかる。たとえば、中山間地域では、救急車両が進入できない場所に住宅が立地し、救急患者を徒歩により搬送する場合もある。同様に避難に関しても、徒歩による移動を強いられる場合や、車による避難等の新たな交通発生が、救急車両を阻害することも想定されよう。

（２）救急・避難計画のモデル化

図2は、ペトリネットによるシナリオを簡単にモデル化している。図中、幹線道路に架かる橋梁は、

地震時には通行制限や、落橋による通行不可となりうる障害・切断要因として内蔵化する必要がある。一方、中山間特有の幅員の小さな道路では、救急車両と一般車両の離合による速度の低下も考慮に入れる必要があろう。さらに、車両が進入できない道路については、徒歩による駆け付け搬送を考慮しなければならない。避難に関しても、徒歩による集会所への避難を考慮する必要がある。このとき、歩行速度は、避難者属性や地形的条件を考慮する必要もある。以上のように、中山間地域の救急・避難計画を考える上で、地形的要因が障害要因として重要になることがわかる。これらの要因をペトリネットモデルで記述することにより、シナリオ的なシミュレーションが実行可能となり、シナリオからの逸脱や、道路空間が変容した場合のリスクへの対応が可能となると考えている。そのためには、少なくともペトリネットのサブモデルを組むための十分な図形情報とそれらの精緻化が同時に必要となる。

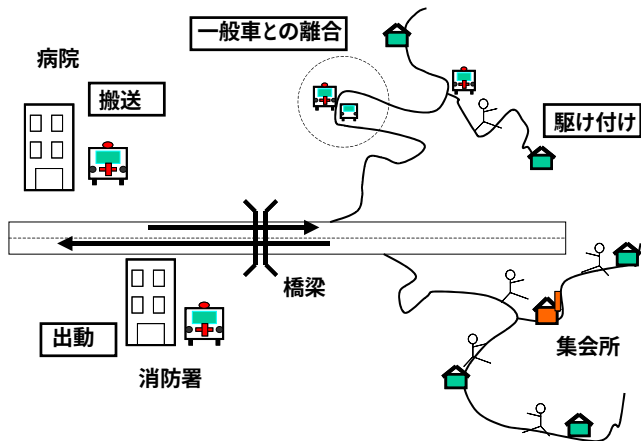


図2 ペトリネット化のための基本シナリオ

3. 救急・避難計画のための背景画像情報

(1) 背景画像情報による空間情報の収集

2章で述べたように、中山間の救急・避難計画を考える上で、ペトリネットのサブモデルを構築するための背景画像情報がシナリオの現実性と実効性を高めるためには不可欠である。ペトリネット・シミュレータの背景画像を挿入する機能を用いて、地図情報を表示すれば、マクロネットや、ミクロネットを構築する上で、必要な空間情報を抽出することができる。それらの結果、効率的かつ視覚的にサブネットを構築することが可能となる。たとえば、中山間地域の小規模道路については、道路勾配や形状が走行速度に影響を与えるため、これらの情報を背景画像として表示する必要がある。本章では、中山間の救急・避難を考える上で、利用可能な背景画像について整理する。

図3は、ペトリネット・シミュレーター上への、地形図情報を挿入した画面である。この図より、地震時には切断あるいは阻害となる橋梁の位置が一目瞭然である。この背景図情報をベースに、幹線道路や、小規模道路に架かる橋梁をペトリネットの障害・切断要因として記述することが容易となる。図4は、著者らが調査より取得したプローブビークル、携帯GPSで採取した道路ネットワークと施設図である。これらのデータは、車両の実速度、施設位置の緯度経度、海拔高度データが、データベース化されている。この図より、サブネット上の、車両が通行可能な道路の経路探索ならびに、車両の速度、徒歩による移動距離、勾配情報を取得することができる。

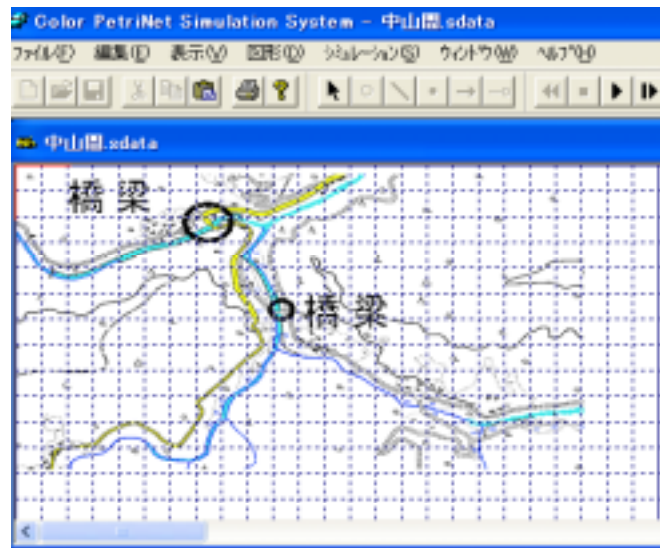


図3 地形図の背景画像表示

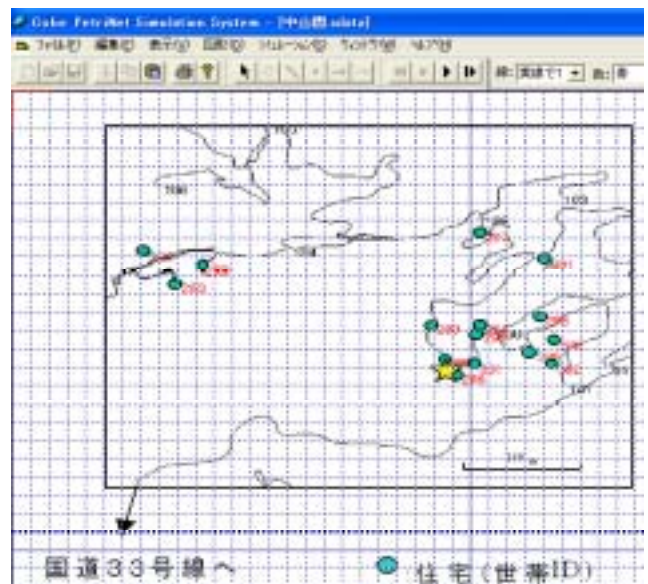


図4 詳細ネットワークの背景画像表示

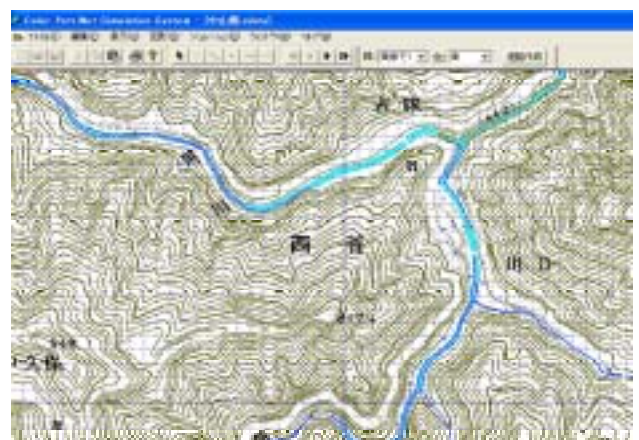


図5 等高線の背景画像表示

これらの情報は、救急車両の駆け付け可能区間情報、徒歩による駆け付け・避難空間情報として活用することができる。図5は、等高線の表示ラスタ画像である。これらのデータと道路情報を重ね合わせて、ペトリネット・シミュレータの背景画像として用いることによって、幹線道路のマクロネット、小規模道路の離合ネット、徒歩によるミクロネットを構成する際の情報として活用することができる。

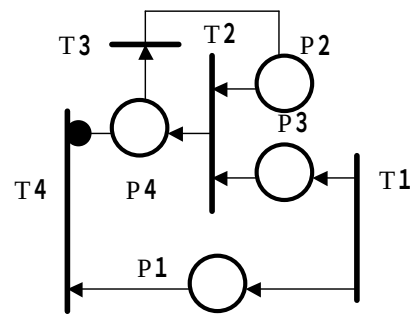
(2) 離合ペトリネットの記述

図6は、小規模道路におけるミクロネットを現している。小規模道路では、救急車両と一般車両の離合の際に、速度低下が発生するために、一般車両を離合走行阻害要因として記述している。上述したように、背景画像情報から得られる地形・施設・道路勾配、通行可能情報を活用しながらサブネットを構成し、マクロネット、徒歩ミクロネットと、それらを連携化することによって、中山間の救急・避難計画のためのシナリオシミュレーションを開発することが可能となる。

5. おわりに

本稿では、中山間の救急・避難計画のためのシナリオ・シミュレーションを開発するために、消防署から中山間地域の住宅へのアクセスのためのネットワーク（幹線・小規模）と、復路ならびに病院までのネットワークが基本的に必要となることを示した。つぎに、ペトリネットを用いて幹線道路サブネットを構成する際には、橋梁の阻害・切断要因を考慮する必要があることを示した。小規模道路のサブネットでは、救急車両と一般車両との離合を考慮する必要があることを示し、車両通行区間と徒歩通行区間の情報を、プローブデータ、携帯GPSデータ、背景画像上から取得しながら、サブネットを構成しそれらを連携化することにより、目的とするシナリオ・シミュレーションの開発が可能となることを提示した。

今後の課題は、サブネットの構成と連携化によるシステムの実開発と、適用事例による問題点の抽出と対応策の検討であると考えている。そのためには、追加調査として、小規模道路の道路形状（離合場所



- T1: 出動 T2: 一般車両から救急車両への抑止
T3: 一般車両から救急車両への抑止
T4: 救急車両がある区間を通過
P1: 救急患者場所への走行
P2: 制御スペース P3: 一般車両の存在スペース
P4: 離合による走行阻害スペース (PT)

図6 離合ペトリネットの基本部分

の緯度経度、空間情報）や、交通量調査を実施し、サブネットを構成するとともに、一般車両発生パラメータを設定したいと考えている。以上は、救急車両走行に関する課題であるが、徒歩による駆け付け・避難に関しても、住民データベースを用いて、個人属性を考慮したサブネットの構成と適用を行いたいと考えている。

参考文献

- 1) 喜多秀行, 広坂信秀, 盛田哲史: 救急医療サービス提供水準の居住地点別評価, 土木計画学研究・講演集, No.17, pp.843-846, 1995.
- 2) 柏谷増男, 佐伯有三, 二神透: 救急サービス施設の適正配置による広域統合化に関する研究, 土木計画学研究・論文集, No. 17, pp.179-185, 2000.
- 3) 二神透, 柏谷増男, 中川, 三谷卓摩: プローブビークルを用いた中山間地域の道路ネットワーク作成に関する研究, 土木計画学研究・講演集, Vol.28, 2003.
- 4) 木俣昇, 松井竜太郎: 背景画像上でのバス交通計画のペトリネットシミュレーション技術, 土木情報利用技術論文集, Vol.12, pp.207-216, 2003.