

# 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\*

Fundamental research on application for the emergency and refuge planning  
in the intermediate and mountainous area by scenario simulator \*

二神透\*\*・木俣昇\*\*\*

By Tohru FUTGAMI\*\*・Noboru KIMATA\*\*\*

## 1. はじめに

東海地震や南海・東南海地震のリスク評価を受けて、各地域で防災計画の見直しが行われている。都市部は、被害の甚大性により、注目度も高く、様々なアプローチによる救急・避難計画研究も数多く行われている。一方、中山間地域の方は過疎地が多く、都市部ほどの配慮はなされていない。しかし、中山間地域住民の生命を守る計画が都市部の計画に劣らず重要であることは、当然のことである。中山間の救急・避難に関する既存研究の多くは、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ている。このことは、住民のある地域に集約するか、過疎地に施設や道路を整備することでサービス水準を向上させるという計画案を導くが、その実行性は、過疎地故に低い。著者らは、中山間地が過疎であることが故に、情報利用技術を活用することによって、全ての住民に対して、個別条件に対応したきめ細かな計画による対応が可能であり、また、実効的であると考え<sup>1)~4)</sup>。そのためには、中山間地域でのこのような救急・避難計画を支援するために必要な情報群を検討し、その収集・活用システムを開発・整備して行くことが求められる。

本論文では、まず、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

\*キーワード：中山間地域、救急・避難計画、シミュレータ

\*\*正員、学博、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)

\*\*\*正員、工博、金沢大学大学院、土木建設工学科

(金沢市角間町、

TEL0762-34-4914、FAX00762-34-4914)

動手段が徒歩や車であること、道路勾配や迂回、集落・べる。つぎに、個々の問題解決のための支援システムについて検討し、要件となる情報と整備課題抽出のためのシナリオ・シミュレータの活用方法について述べる。

## 2. 中山間地域の救急・避難の特徴

従来、中山間の救急・防災に関する研究は、施設配置計画や、道路網の整備など、インフラの整備に着目した研究がほとんどである。しかし、公共事業費が抑制されている今日、施設・道路といったインフラ整備による政策は困難であり、国土の約70%を占める中山地域の整備方法としては不適切であろう。著者らは、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細かい対策が可能となると考えている。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、柳谷村の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。この図より、同じ集落でも、住宅が点在していることや、集会所から遠く離れた位置にも住宅があることが分かる。この地区は15世帯、38人が住んでおり、平均年齢は62歳と高齢化が進んでいる。また、65歳以上の単独世帯が5世帯もある。

こ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する旧美川村に消防署が、そして美川村に隣接する旧久万町総合病院がある。図中の赤い直線は、柳谷村行政区外の道路を簡略化して示している。このように、中山間地域では、都市部とは異なり、どこから出動し、どこへ搬送するかではなく、

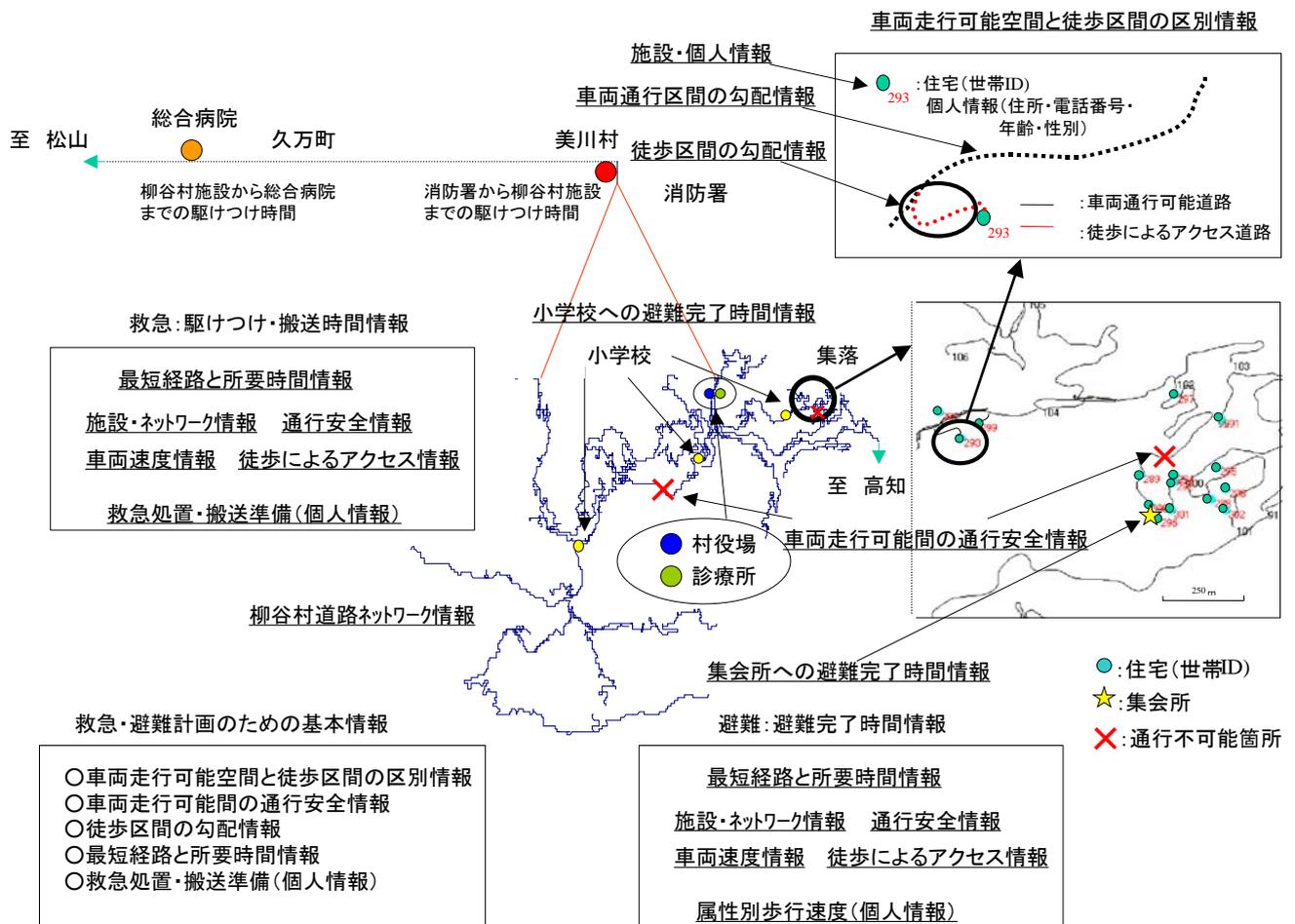


図1 中山間地域の救急・避難計画の支援課題

離れた距離に位置する対象住宅間を結ぶ経路を、枝状に伸びた道路網からいかに選択するかが重要となる。

まず、上でも触れた救急・救命活動について検討しよう。図1の右側集落の世帯 (ID293) で災害による負傷者が発生したと仮定する。この世帯は、80歳代の女性 (住民 ID135) 単独世帯である。救急車両要請は、隣接する旧美川村消防署への通報による。通報を受けた署員は、住所・連絡先・状況を確認し、隊員へ駆けつけ指示を出し、隊員は考えられる緊急処置を想定し、救急車で現場へ駆けつけることになる。このとき、都市部でも中山間地域でも、救急計画において重要なファクターは、いかに安全かつ迅速に急患を病院に搬送するかにある。駆けつけ指令を受けたドライバーは、目的地までの車両通行可能区間の中で、最短時間経路を選択して走行する。経路選択は、現在のところ、ドライバーの経験に基づいているのが現状である。救急車は、経路に従い、集落の道路から患者の住宅までのアプローチ道路へ到着する。図中赤い破線で示している道路は、救急車両が進

入するための十分な幅員がないため、徒歩による搬送が必要となる。この場合は、徒歩によるアクセス時間を要することになる。隊員は、徒歩で世帯にアクセスし、徒歩で救急車へ患者を運び、患者に必要な応急処置を施して、美川村から更に離れた久万町の総合病院に搬送することになる。このときも、最短時間経路を選択するが、一般的には往路と同じ経路を選択する。以上が、集落で救急患者が発生した場合の救急・救命の各フェーズを表している。

都市部と同様に、搬送時間の短縮化を図り、患者の生存率を高めることが重要となるが、上述したように車両通行が不可能な住宅が多く、徒歩によるアクセス情報、すなわち距離、勾配、徒歩速度などの個別情報の整備が要求される。上のシナリオは、平常時の救急活動の事例であるが、災害時には、崖崩れ、路肩崩壊等が十分に予見されるのも中山間地域の特徴であり、車両通行可能な道路網の中で、最短時間経路を選択することになる。従って、それらの情報収集システムないしは予測システム

整備も課題となる。

つぎに、避難活動の事例による考察を行う。都市部では、地震火災・建物倒壊に伴う一次避難、同時多発火災延焼の拡大に伴う広域避難が計画されている。一方、中山間地域の場合、豪雨・異常気象・建物倒壊に伴う一次避難（集会所への徒歩による避難）と、土石流・山崩れ、大規模な建物倒壊に伴う二次避難（地区内の小学校区への車または徒歩による避難）が想定されている。

柳谷村の各集落には、図 1 の右方の細部図に示すように集会所施設があり、集落住民の一次避難場所の役割を担っている。地震時・異常気象時には、まず、集会所への徒歩による一次自主避難が行われる。この計画でも、各世帯から集会所への経路情報、すなわち距離、勾配、移動時間、歩行通行可能性の判断情報の収集・予測システムの整備が必要となる。

土石流・山崩れ等の広域災害からの避難は、図 1 に示す地区内小学校への二次避難が想定されている。この場合にも、車両あるいは徒歩による、安全かつ最短時間の経路選択の支援情報システムが必要となる。

以上を救急・避難計画の立案支援の視点から整理すると、救急計画に必要な情報は、通報・駆けつけ指示・走行・到着・緊急処置・搬送と、それぞれのフェーズで情報の入手と活用により、搬送時間を短縮化できること、救急計画が避難計画のベースとなることが容易に理解できよう。

### 3. 救急・避難計画の支援情報と整備課題

中山間地域の救急・避難計画を支援するためには、個々人に対応しうる計画が求められる。そのためには、救急計画に必要な情報を、通報・駆けつけ指示・走行・到着・緊急処置・搬送の各フェーズで明確化し、利用可能な情報、追加する必要がある情報、情報を加工することにより活用できる情報、課題となる情報について、支援システムの開発の観点から具体的に課題を整理する必要がある。

前述した中山間の救急・救命計画の事例を再考すると、集落内で急患が発生し、美川村消防署へ通報が入る。電話より、急患発生場所・状態、氏名、住所、電話番号の情報を入手したオペレーターは、それらの情報を救急隊員へ伝達して駆けつけ指示を発令する。このとき、図 1 の左上の、駆けつけ・搬送を支援するためには、駆けつけのための安全な緊急経路、久万町総合病院までの搬送経路・時間情報が必要となる。そのためには、OD を指定するための施設・道路ネットワークデータ、安全な OD 緊急経路を見つけるための車両走行可能区間情報、駆けつけ時間を算定するための車両速度情報が必要となる。一方、徒歩によるアクセスが必要となる道路については、

通行安全情報、救急隊員の徒歩によるアクセス時間情報が必要となる。現場での救急処理・搬送準備は、患者の個人情報・状態に基づいて行う。現場から、久万町総合病院までの搬送経路・時間は、図 1 より、往路の経路・時間情報に消防署から久万町への搬送時間を加えればよい。この救急計画を支援する上での大きな課題は、災害時の道路の切断・制約に伴う通行阻害である。

避難計画の場合には、一次避難計画（集落単位の集会所への徒歩による避難）と二次避難計画（地区別単位の小学校への徒歩あるいは車による避難）に分けて考える。図 1 の右の集落単位の一次避難計画では図中星印の集落へ、15 世帯 38 人の住民が徒歩で避難することになる。このとき、救急計画と同様に、住民個人の徒歩によるアクセス時間が重要となる。このアクセス時間を算定するためには、合わせて、歩行通行可能な通行安全情報が必要となる。ここで、救急計画の場合と大きく異なる点は、移動対象者の属性が異なる点にある。一方、小学校への二次避難計画の場合は、住民の移動手段によって、徒歩、あるいは、車で移動することになる。このとき、車については、救急の場合と同じ情報が、徒歩の場合は、一次避難計画と同様な情報が必要となる。

以上を整理すると、救急計画の駆けつけ・搬送を支援するために必要な情報は、最短時間経路と所要時間を算定可能とする、施設・ネットワーク情報、車両走行可能区間の安全情報、車両速度情報、徒歩によるアクセス情報、救急処置・搬送準備のための個人情報の整備が求められる。一方、避難計画の場合は、避難収容時間を算定可能とする、施設・ネットワーク情報、車両走行可能区間の安全情報、車両速度情報、徒歩によるアクセス情報、歩行による移動時間情報、属性別の速度を与えるための住民個人情報が必要となることがわかる。

以上のように、中山間地域の救急・避難計画を考える上で、駆けつけ搬送・避難といったそれぞれのフェーズにおける諸課題を点検可能かつ再構築するための支援システムの開発が必要となる。次章では、ペトリネット・シナリオ・シミュレータの適用による、救急・避難計画支援の方法について述べる。

### 4. シナリオ・シミュレータによる救急・避難計画支援

著者らは、既に開発しているペトリネット・シミュレータを活用して、集落の個々人の徒歩・車両による避難と道路の阻害に関するシナリオによる計画の支援を行っている。しかし、現段階では、地形・勾配による移動速度を与えて、単純な避難条件の下で、特定化した避難場所に一斉に避難すると仮定している。そして、避難経路に阻害要因を与え、個々の住民の避難移動時間の変化を

シミュレートしている。これらの情報より、避難経路の切断・制約に伴う引き返しに伴う経路の変更、移動時間の増加を視覚的に提示することが可能となっている。今後、より実効性を伴う条件の下で、シミュレータを適用する必要がある。例えば、避難計画に関しては、住民の意向や、現地の災害危険度や経路障害・制約を総合的に考慮した計画のためのマイクロ・ペトリネットの構成と適用を行いたいと考えている。一方、救急計画については、通報から駆けつけ、処置・搬送といった一連の事象をペトリネット化する必要がある。このとき、災害条件による走行経路の障害である切断・制約条件の付与についても考慮する必要がある。シミュレータより得られる、救急・避難シナリオ情報は、計画の提案と評価、即ち障害や制約の解除といった計画の実効性と効率性に寄与できる。換言すれば、救急・避難といったそれぞれのペトリネットを結合化することにより、救急・避難計画を提案できるとともに、ネットの携化を図り、それぞれの障害となる、切断・制約要因をシナリオ化することにより、問題点を整理し、計画の見直しを行うための基礎的分析が可能となると考えている。

具体的には、図2に示す、集落を対象として、地震・豪雨といった災害を想定した、切断・制約条件のマイクロシミュレーションの実行と、救急車両の出勤、駆けつけ、搬送といった救急ネットの構成と結合化による計画の動的検討を行いたいと考えている。

## 5. おわりに

本稿では、中山間地域の救急・避難計画を支援するためには、個々人に対応しうる計画が求められることを主張した。そのためには、想定される災害の想定と、移動手段別経路所要時間、経路の切断・制約情報をシナリオとしたペトリネットによるシミュレーションを用いることによって、避難計画の動的支援が可能であることを提案した。つぎに、救急計画については、救急車両の出勤場所ならびに搬送病院が集落から離れた距離にあり、この経路についても、切断・障害といった要因を考慮した救急計画の見直しが必要となることを述べた。

講演時には、救急・避難計画のペトリネットを構成し、救急計画と避難計画に必要とされる要件、障害・切断といった事象の連鎖に伴う動的計画の評価について報告する。

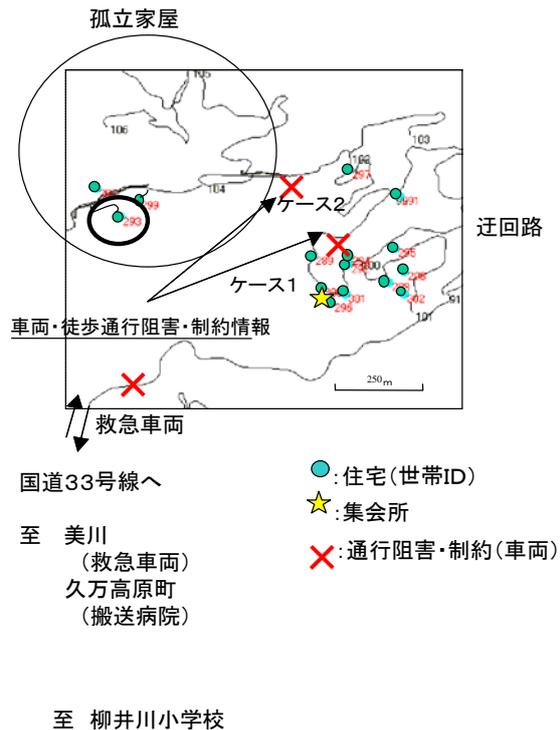


図2 緊急車両の駆けつけ搬送・避難対象地域

## <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ションの開発、土木計画学研究・講演集、Vol. 30, CD-ROM, 2004年11月。
- 2) 二神透、木俣昇：中山間地域の救急・避難計画支援のための情報システム開発、土木情報利用技術講演集、Vol. 29, pp. 29-32, 2004年10月。
- 3) 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ー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年12月。
- 4) 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プ技術の活用化研究、土木情報利用技術論文集、No.13, pp.33-40, 2005年10月。
- 5) 二神透、寺田一雄：ペトリネットシナリオシミュレーターを用いた中山間防災計画に関する研究、土木学会四国支部第12回技術研究発表会講演概要集、pp.296-297, 2006年5月。