

地震時における中山間地の救急・避難シナリオ設定に関するシステム論的研究*

Study on System methodology of Scenario Setup of an Ambulance Mobilization and a Refuge Plan in Intermediate and Mountainous Area under an Earthquake*

二神 透**、木俣昇***

By Tohru FUTAGAMI、Noboru KIMATA

1. はじめに

2008年6月に発生した岩手・宮城内陸地震では、270箇所以上で山崩れが発生し、栗原氏の4地区、一関市の2地区に孤立集落が発生した。中山間地域の防災の必要性を示唆することとなった2004年の新潟県中越地震では、61箇所の集落が孤立した。内閣府調査によると、地震時に孤立の危険がある集落は全国で約1万7000箇所（推定260万人）といわれている。四国においても、今後30年間に、南海地震が発生する確率は53%と予測されており、多くの中山間地域に集落を抱える愛媛県上浮穴郡久万高原町においても、来るべき地震に対する防災対策は喫緊の課題となっている。国は、2004年度の新潟中越地震以降、中山間地域の地震時集落孤立対策として、衛星携帯電話の配置、ヘリポートの設置を推進している。しかし、岩手・宮城内陸地震では、中山間地域の情報の孤立対策の重要性を改めて露呈することになった。

中山間地の地震時防災計画を考える上での第一の視点は、犠牲者を如何に少なくすることにあると考えている。災害のレベルにもよるが、重篤な負傷者に対して応急対応を施し、一秒でも早い救急搬送が最も優先される。しかし、平時においても、中山間地域の救急サービスは、都市部と比べて極端に低い。さらに、道路が崩壊した孤立集落への車両での駆け付けができない場合、防災ヘリを用いて搬送するしか手段はない。そのためには、負傷者近辺への防災ヘリの着陸ポートの確保が前提となる。これらのシナリオも、情報伝達手段が確保されて初めて実効性を持つ。しかるに、中山間の救急・避難シナリオを考える場合、災害のレベル、情報伝達のレベル、孤立集落での安全な避難といった、一連のプロセスをシステム的に検討して、決め細やかな対策を講じる必要がある

*キーワード：中山間地域、地震災害、被害シナリオ、情報伝達、救急搬送、ペトリネット

**正会員、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

***正会員、工博、金沢大学名誉教授

う。

著者らは、愛媛県上浮穴郡久万高原町柳谷を対象として、ペトリネット・シミュレータを用いた避難・救急に関する研究を行っている。具体的には、集落内の道路ネットワークを採取して、徒歩・車といった交通手段別の避難行動を世帯毎に、離散的に視覚化するシステムを開発している。本システムの特徴は、避難経路の追加や移動阻害の追加と引き返し行動といった、住民の意見の反映化を即時実行できる点にある。一方、救急については、マクロネットを構築し、十数キロ離れた消防車から救急車が出動し、集落の負傷者の場所に駆け付け、二十数キロ離れた救急病院へ搬送するシミュレータを構築している。本研究では、上述した集落内のミクロネットと消防署・集落・救急病院といったマクロネットを基礎として、災害のレベル、情報伝達のレベル、孤立のレベルに応じた救急・避難のシナリオと対策について考察を行いたいと考えている。

2. 対象地域の概要

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妥当性に乏しい。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の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、著者らがブローブピークルを用いて採取した、柳愛媛県上浮穴郡久万高原町柳谷と周辺道路ネットワークである。右上に、対象としている集落の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

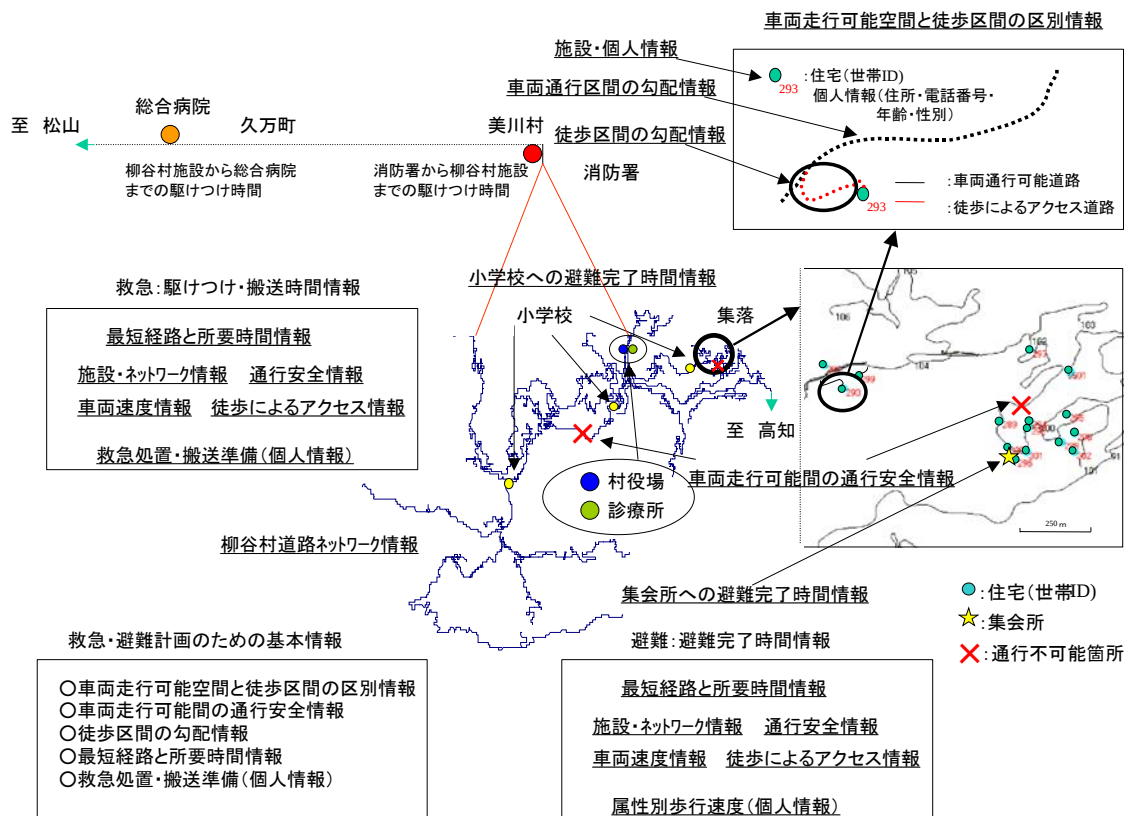


図1 中山間地域の救急・避難計画の支援課題

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、そして旧美川村に隣接する旧久万町(久万高原町)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、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救急隊員は、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高原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・救命のシナリオである。

中山間地においても、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。

次章では、既存の研究をベースに、災害のレベル、情報伝達のレベル、孤立のレベルの観点から、救急・避難のありかたについて検討する。

3. 災害シナリオと救急・避難の課題

本章では、1. で述べたように、災害のレベル、情報伝達のレベル、孤立のレベルの観点から、救急・避難のありかたについての検討を行う。

1) 災害のレベル

本研究では、地震災害を想定している。地震被害のレベルとして、救急搬送の出動・駆けつけ・搬送経路である国道33号線の被害レベルを、L1:通行可能、L2:通行制約、L3:通行阻害とする。すなわち、通行可能とは、平常時の走行が可能、通行制約とは、車線規制のような通行制約を、通行阻害とは、駆けつけあるいは搬送が阻害されている状態を意味する。

情報伝達のレベルについては、L1:通報可能、L2:通報制約、L3:通報阻害とする。通報可能とは、電話あるいは無線による、消防署への通報可能、通報制約とは、情報伝達ネットワークの一部の制約による通報の遅れを、通報阻害とは、情報伝達ネットワークの阻害による通報

阻害の状態を意味する。

孤立のレベルとは、救急車両の通行可能性の観点から定義し、L1:孤立なし、L2:制約型孤立、L3:完全孤立とする。孤立なしとは、当該集落内道路と幹線道路間道路の通行阻害がない状態を言う。制約孤立とは、集落内での部分的な孤立が発生し、直近までの駆け付けができない状態をいう。完全孤立とは、救急車両の集落内への駆け付け不可能な状態をいう。この場合、防災ヘリによる搬送しか手段はない。

図2は、久万高原町の柳谷中津集落を対象とした駆け付け搬送の概略図である。救急車は、国道33号線にほぼ隣接した消防署から出動する、図からわかるように、集落は、搬送病院とは逆方向にあり、駆け付け搬送に時間を要することが理解できよう。前述した災害レベルからいえば、国道33号線の病院から集落までの区間で、阻害が発生すると、救急搬送はできない。図3は、集落内の避難ネットである。図3のシナリオは、国道33号線から約2kmのアプローチ道路を登った地点の集落の

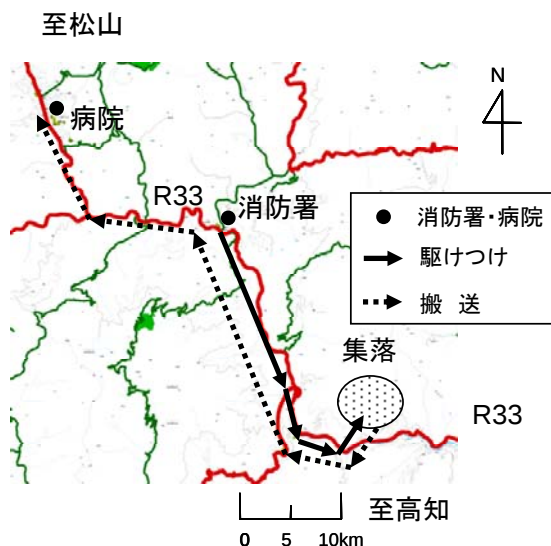


図2 中山間地の駆け付け搬送ネット（柳谷集落）

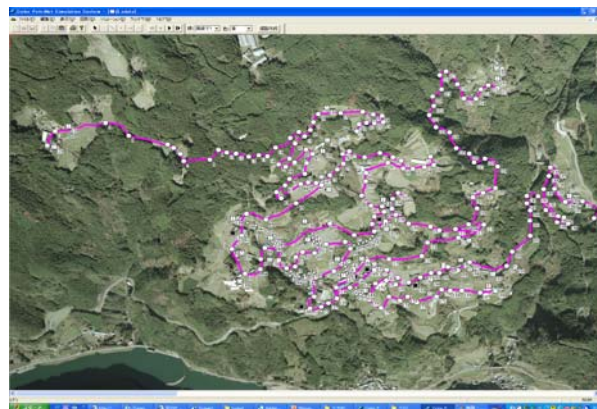


図3 柳谷集落（中津）の避難ネット

入り口にある小学校（廃校）への二次避難を想定している。しかし、この箇所は、土石流危険渓流内にあり、豪雨災害時には避難場所としては使用できない。図3の基本ネットに、土砂災害による制約・切断阻害や、阻害に伴う引き返しネットを追加することにより、避難シナリ



図4 搬送病院とマクロネット



図5 救急出動消防署とマクロネット

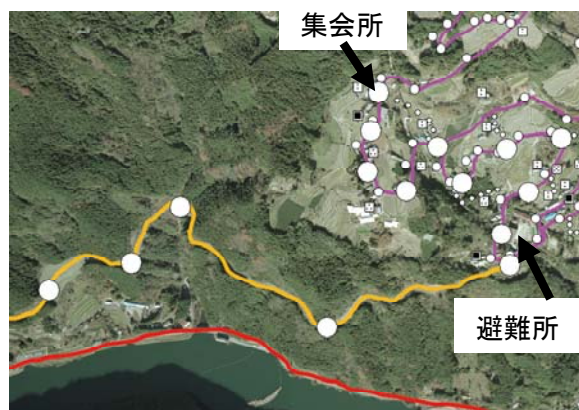


図6 ミクロネットとマクロネットの結合

オに現実性をもたせることができる。この点については、シミュレータを提示し、住民からの意見を頂き反映化している。一方、図4, 5は、救急車出動、駆けつけ、搬送のマクロネットである。救急出動のためには、情報連絡ネットワーク機能が前提となる。この点については、現在の情報ネットワークの現状と、災害時に想定されるネットワークの阻害・制約について調査検討する必要があると考えている。図6は、救急車のマクロネットと集落の避難ネットを結合したシミュレータである。集落内で負傷者が出た場合、道路の阻害箇所までの搬送可能な場所まで駆けつけ、搬送するシナリオである。

4. おわりに

本稿は、著者らの既存研究をベースとして、災害のレベル、情報伝達のレベル、孤立のレベルの各フェーズとそれらのレベルに対応した、救急・避難計画の必要性とそのための研究の方向性について述べた。今後、研究を進める上で、各レベルに応じた、阻害を検討していく必要がある。例えば、国道33号線の地震阻害について、土砂災害専門家、国土交通省（管理者）にヒアリングを行い、切断・制約阻害の箇所を想定したいと考えている。情報伝達レベルに関しては、久万高原町役場へのヒアリングならびに、救急車の出動基地である美川消防署ならびに、消防本部へのヒアリングを行いたいと考えている。集落内の災害シナリオについては、県の土木事務所ならびに久万高原町役場へのヒアリングならびに、地域住民の意見を伺いたいと考えている。

今後、得られた情報に基づき、地震発生、情報伝達、救急要請（救急車・防災ヘリ）、集落内への駆けつけ搬送、孤立集落内の避難といった一連のシミュレータを構成し、シナリオへの批判や意見を頂き、シミュレータへ反映していきたいと考えている。

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: 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.
- 3) 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.