

中山間地における土砂災害に対して安全な一時避難場所の選定方法

林 宏年*・長谷川 修一**・野々村 敦子***・山中 稔***・佐藤 知紀****

Selection Method of Temporary Shelter for Landslide Disaster in a Mountainous Area

Hirotoishi HAYASHI *, Shuichi HASEGAWA **,
Atsuko NONOMURA *** , Minoru YAMANAKA ***
and Tomoki SATO ****

Abstract

In mountainous area many people have suffered from landslide and debris flow disasters during typhoon and monsoon seasons. In order to mitigate the damages, people need to evacuate to the safe places if houses are located at susceptible areas. However, in fact, many people cannot find any available shelter for evacuation because designated shelters are too far to evacuate safely. In this study, we propose a method to select available houses as temporary shelters by considering slope susceptibility to landslides triggered by rainfall and earthquake in a village.

キーワード：中山間地，土砂災害，ハザードマップ，一時避難場所

Key words：Mountainous area, Disaster, Hazard-map, Temporary Shelter

1. はじめに

近年の台風災害では、中山間地における土砂災害により、多くの人的被害が発生している。この背景として、国が公表する土砂災害危険箇所は約52万箇所¹⁾に上るのに対して、砂防施設による整

備率は約20%²⁾と低い状況にあることが指摘される。このため、避難体制の整備等のソフト対策推進を目的として2001年に土砂災害防止法が施行され、2009年6月30日現在、土砂災害警戒区域が全国で137,220箇所、土砂災害特別警戒区域が57,087箇

* 香川大学大学院工学研究科
Graduate School of Engineering, Kagawa University
株式会社五星
GOSEI Co.,Ltd.

** 香川大学教授
Professor at Kagawa University

*** 香川大学准教授
Associate Professor at Kagawa University
**** 香川大学大学院工学研究科
Graduate School of Engineering, Kagawa University

本報告に対する討論は平成22年11月末日まで受け付ける。

所指定されている（国土交通省 HP³⁾。しかしながら、これらの情報をとりまとめた土砂災害ハザードマップは整備途中にある。

中山間地域の集落の多くは、山腹斜面上および谷沿いにあるため土砂災害危険箇所指定されており、災害時には集落が孤立して、救援・救助が困難になる可能性が高い。また、中山間地は全国的に過疎化と高齢化が進行しており、あらゆる公共事業が費用便益分析的に評価される現状では、中山間地域を対象とした社会資本整備は、ますます困難になり、防災に必要なハード対策が行えない状況に陥りつつある⁴⁾。さらに、地場建設業者の廃業が進み、地域の災害復旧能力低下も進行している⁵⁾。このため、中山間地域の防災対策では地域の災害特性に着目して、避難などのソフトを中心とした対策の推進が重要となる。

住民は、公表されたハザードマップ等を通して災害危険箇所等の危険な場所の情報を知ることが可能である。市町村が避難指示を出すと、中山間地の住民は、下流側の住民と比較して遠距離にある指定避難所に避難することになる。しかしながら、土砂災害ハザードマップには、危険箇所は多数表示されているが、避難経路の途中にある一時避難場所や避難経路上の安全性に関する情報は公表されていない⁶⁾。避難指示（勧告）が出た段階で、一時避難場所や避難経路上に関する安全性を確信できない住民が積極的に避難行動を始めるであろうか。

事実、中山間地の住民には危険が迫っても避難しない傾向にある⁷⁾。その理由として、一般的には、避難勧告（指示）の内容や発令の空振り、正常化の偏見など⁸⁾がある。また、平成17年台風14号による土砂災害によって大きな被害を受けた三重県宮川村におけるアンケート調査では、避難指示が発令されても避難しない理由として、「広域的に土砂災害危険箇所が指定され、避難するより現在の住家のほうが安全、避難所までが遠い、避難経路が危険、そして被災の経験が少ない、身体上の問題」など⁷⁾が要因としてあげられる。

このような状況の下、中山間地域を対象とした防災計画では、遠距離にある指定避難所まで住民

を事前避難で誘導する計画だけではなく、身近に一時避難場所を確保し、現状の避難計画に追加することが重要と考えられる。すなわち住民には先述の避難しない理由があるにせよ、一時避難場所や避難経路の安全性に関する情報の整備が避難行動を促す条件の一つではないかとの仮説を設けた。

指定避難所の選定手法に関する研究は牛山⁹⁾などいくつかあるが、一時避難場所に関する研究は、災害時に避難して被災した事例を取り上げ、指定避難所への早期避難が重要であることへの認識を示したものが多く^{10,11)}、中山間地域の住民が避難できる一時避難場所の選定手法に関する研究はほとんどない。

筆者らは、この仮説を実証するためには2段階の研究過程が必要と考えた。本報告はその第1段階に位置し、避難対策として有効と考えられるコミュニティ（集落）単位での一時避難場所の選定手法を提案する。第2段階では住民と協働して第1段階の手法を用いた「土砂災害一時避難マップ」を作成したうえで、住民の防災意識の変化を分析してこの仮説を実証しようと考えている。

本報告では、高松市で最も中山間地の特性をもつ塩江町において、集落から指定避難所までの平均距離が最も遠い上西地区を対象に、集落単位での一時避難場所の選定手法を提案する。

2. 研究方法

斜面崩壊に関する GIS を用いた危険斜面の抽出方法については、江崎ら¹²⁾や佐々木ら¹³⁾が提案しているが、我々は、本研究において DEM データを活用して安全な土地を探る方法を検討した。

本研究では、以下の方法により調査を行った（図1）。

- ①赤色立体地図を活用して安定した緩斜面を抽出する。
- ②地震災害から安全な土地を抽出する方法を検討する。
- ③豪雨災害から安全な土地を抽出する方法を検討する。
- ④安全な土地の中から、地域住民が一時避難場所として利用できるよう安全性を高める範囲設定

方法を検討し、現地では集水性など微地形を調査し既存住宅の中で各種災害から安全な建物を抽出する方法を検討する。

なお、②において地震災害を検討に加えた理由は、平成16年の台風23号による豪雨の直後に中越地震が発生し、甚大な斜面災害が発生したため、

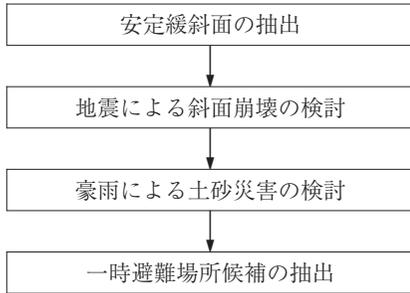


図1 研究フロー

豪雨前後の避難中に地震が発生することを考慮したことによる。

3. 研究対象地域

本研究の対象は、高松市塩江町上西地区とした。

上西地区は過疎化と高齢化が著しく、面積30.2km²に対して人口472名となっている。交通が不便な集落では、65歳以上の高齢者が人口の半数以上を占める限界集落化が進んでいる。また、各集落から指定避難所までの距離が遠く、最も中山間地域の特徴をもっている(図2)。

3.1 地形

上西地区は、市域の最南部に位置し、二級河川香東川上流部にある県下最大の多目的ダムである

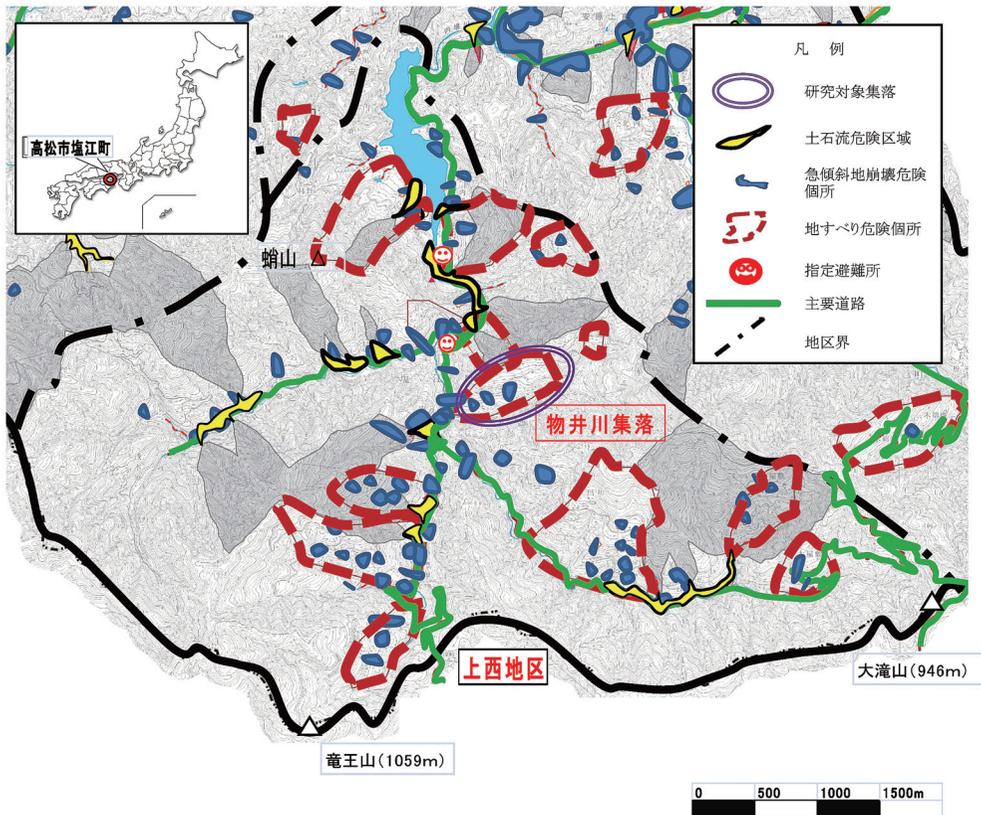


図2 高松市塩江町上西地区案内(高松市防災マップF¹⁴)に加筆)

内場ダム上流域に位置し、徳島県と境をなす竜王山(1,059m)大滝山(946m)など500mから1,000m級の山々に囲まれている(図2)。

3.2 地質

研究対象地域の地質は和泉層群からなる。和泉層群は、主として砂岩と頁岩の互層から構成され、東北東-西南西走向で南へ30°前後傾斜している。このため、南向き斜面は流れ盤で緩傾斜、北向き斜面は受け盤で急傾斜になっている。地すべりによって形成された緩斜面は主に流れ盤斜面に分布し、集落や畑として利用されている。

3.3 災害履歴

当地区では、1912年に台風に伴う豪雨によって蛸山山頂が大崩壊した(図2)。崩壊土砂量は約90万m³で、人家5戸と多くの家畜が埋没し死者が26人発生した¹⁵⁾。上西地区では、約90年弱の間、蛸山大崩壊のように多くの死者を出す災害は発生していないが、土砂災害は頻繁に発生している¹⁶⁾。

3.4 土砂災害危険箇所

上西地区は北側斜面が急峻で南側斜面が緩やかになっている。このため北側斜面には集落が少なく、南側斜面には、地すべり危険箇所に指定された緩斜面の中腹から高い範囲に集落が形成され、その内外に急傾斜地崩壊危険箇所が多くみられる。奥地の集落へ続く主要道路の途中には急傾斜地崩壊危険箇所や土石流危険渓流が点在しており、集落から指定避難所へ避難するには、いくつもの土砂災害危険箇所を横断していく必要があることが分かる(図2)。

なお、香川県が調査した土砂災害危険箇所図には、蛸山大崩壊にかかる流域は土石流危険渓流に指定されていない¹⁷⁾。

4. 一時避難場所抽出手法の検討

本研究では、地すべり危険箇所内にある物井川集落(図2)を例に検討した。本集落は、集落の下部では勾配が比較的急なため急傾斜地崩壊危険箇所に指定されているが、集落内のすべての住

宅には車両による往来が可能になっている。

4.1 安定緩斜面の抽出方法

(1) 地すべり地形の安定性の考え方

一時避難場所は、各種の自然災害が発生する危険性が少ない安定した地形の中から抽出する必要がある。稲垣ら¹⁸⁾は、地すべり地形の形成年代と安全性との関係を検討し、1万年以前に形成された地すべり地形の安全率は概ね1.1を超えることを報告している。1万年以前に形成された古い地すべり地形は河川の下刻によって段丘化して山腹に緩斜面が残存している場合が多い。したがって、地すべりによって形成された緩斜面が山腹に段丘状に残っている部分を安定斜面として評価することとした。

(2) 地形抽出に適したDEMの選定

通常、地形分類にはメッシュサイズ1m~50mのDEMが目的に応じて使用されるが、メッシュサイズが大きくなると地形的特徴を読み取ることは不可能になり、平均傾斜、最大傾斜共に小さくなる傾向にある¹⁹⁾。メッシュサイズが小さいほど地形が正確に表現されるが、1mメッシュや5mメッシュの既存データは入手が困難であり、作成費用が高価になることが多い。

本研究では、1/25,000地形図の10m間隔等高線から作成された市販のTerrain DEM(平面直角座標系、日本測地系第4系)を使用した。

(3) 地形判読の方法

本研究では、地形の特徴を住民に視覚的に説明する必要がある。このため、地形判読には、特殊な道具やフィルタを必要とせずに1枚の画像で地形を立体的に表現することが可能な赤色立体地図²⁰⁾を採用した。赤色立体地図は、傾斜量を赤の彩度に比例させ、急傾斜ほどより赤くなるように、また、尾根や独立峰は明るく、谷や窪地は暗くなるように調製した擬似カラー画像である。

(4) 安定斜面候補の抽出例

検討対象地区の赤色立体地図を図3に示す。こ

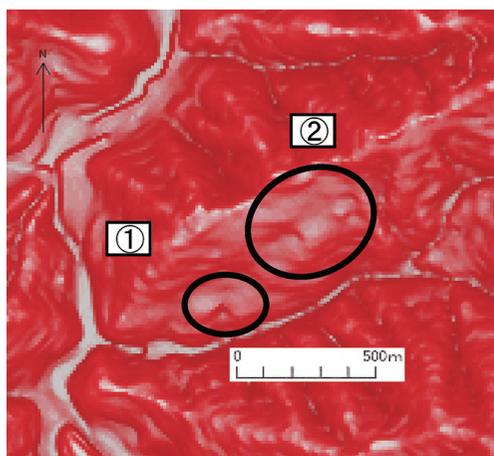


図3 赤色立体地図による安定地形の抽出例 (①, ②: 段丘化した地すべり緩斜面)

の斜面には滑落崖がみられ過去に地すべりが発生したことが分かる。①, ②で囲まれた抽出箇所は、勾配が緩く、段丘化した地すべり緩斜面である。

(5) 地すべりに対する安定性に関する検討

安定緩斜面として抽出した地すべり緩斜面の安定性を確認するために、地すべりに対する安全性を検討した。安定計算は道路土工-のり面工・斜面安定工指針²¹⁾などに広く使われているスライス分割による簡便法を用いた。この計算方法は、分割片の側面に作用する力の釣り合いを無視した簡略な式であるが、今回のような古期地すべりの概略的な安全率を求めるには支障がないと判断した。

計算に用いる粘着力 c と内部摩擦角 ϕ は、近隣の細井地区の安定計算で用いたすべり土塊の強度常数の平均値として、粘着力 c (10 KN/m^2)、内部摩擦角 ϕ (25.55°) を採用し、また地すべり面深度 (D) は、上野²²⁾による地すべり斜面長 (L) と地すべり面深度 (D) の関係式から以下のように推定した (図4)。

$$L = 6.8D$$

L : 地すべり斜面長 (m),

D : 地すべり面深度 (m)

図5の測線で斜面安定計算を行った結果、安全

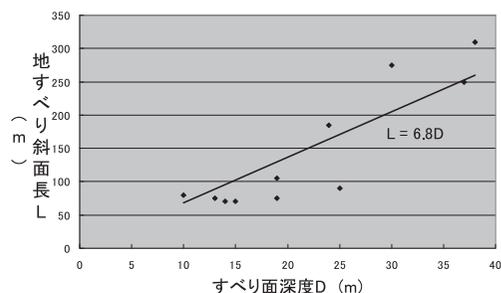


図4 地すべりの斜面長と深度の関係 (上野 (2004) に基づき作図)

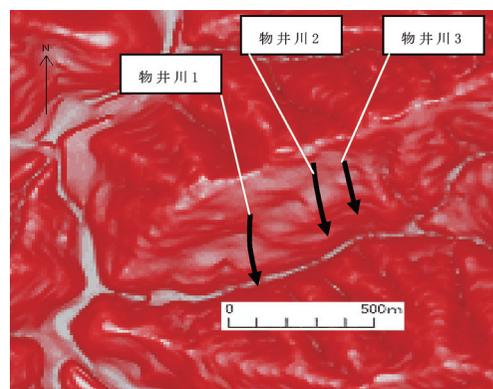


図5 斜面安定計算位置 (物井川集落)

表1 斜面安定計算結果

斜面番号	滑動力(τ) (kN)	滑動抵抗力(S)			安全率 (F)
		Cによるもの (kN)	ϕ によるもの (kN)	合計 (C+ ϕ)	
物井川1	15456.243	1730.807	21688.225	23419.032	1.515
物井川2	4286.709	1278.514	11611.947	12890.461	3.007
物井川3	25527.106	2404.465	39886.547	42291.012	1.657

率はいずれの測線でも1.2をこえており、地すべりに関して概ね安定した土地であると判断した (表1)。

4.2 地震による斜面崩壊の検討

(1) 地震時斜面崩壊危険度の評価方法

地震による斜面崩壊危険度を広域的かつ簡便に評価するには、地形情報を活用した手法が望ましい。内田ら²³⁾は、1995年兵庫県南部地震による六

甲山地の崩壊事例を基に、斜面勾配、斜面の凹凸、地震動の最大加速度が崩壊発生率との相関性が高いことを見出し、地震時斜面崩壊危険度を評価する判別式（式1）を提案した。

式1のF値が正であれば崩壊の危険性がありと判断され、逆にFの値が負であれば崩壊の危険性はないと判断される。また、このF値が大きくなるほど地震の際に実際に崩壊をおこす可能性が高くなる傾向にある。この傾向は、内田らにより鹿児島県北西部地震や神津島地震に適応を迫り、小山内ら²⁴⁾による新潟県中越地震とHasegawa et al.²⁵⁾による新潟県中越沖地震においても有効性が確認されている。

$$F = 0.075 \times [\text{斜面勾配}(\text{°})] - 8.9 \\ \times [\text{平均曲率}] + 0.0056 \\ \times [\text{最大加速度}(\text{cm/s}^2)] - 3.2 \\ \dots\dots\dots \text{(式1)}$$

本研究では、F値が0未満の範囲を地震時に斜面崩壊が発生しにくい場所であると判定した。

(2) 地震時斜面崩壊危険度評価図の作成

F値の計算を行うため、10mDEMを用いて斜面勾配と平均曲率を算出した。また、最大加速度として、中央防災会議による模擬地震波²⁶⁾から、高松市塩江町西地区で予想される186.96 (cm/s²)を採用し、F値を計算した。

地震時斜面崩壊危険度評価は、F値を0未満(白)、0以上2未満(黄)、2以上4未満(橙)、4以上(赤)の4段階にランク分けをし、等高線を重ねた地震時斜面崩壊危険度評価を作成した(図6)。図6によると地すべりによって形成された緩斜面が地震時に斜面崩壊を発生しにくいことが分かる。本研究では、白の区域(F値が0未満)を「地震時に危険度の低い土地」として抽出した。

4.3 豪雨による土砂災害の検討

豪雨による安全な土地を抽出するため、「地震時に危険度の低い土地」から、急傾斜地崩壊と土石流に関係する土砂災害警戒区域を取り除いた(図7)。土砂災害警戒区域は、香川県土木部河川砂防課の

調査データを香川県ホームページから引用した²⁷⁾。

4.4 一時避難場所の選定

市販の電子住宅地図の家形データをArc GIS上に取り込み、これまでの検討による安全な土地にある建物を抽出した。その結果、物井川集落の安全な土地に分布する建物を9戸抽出することができた。

さらにこれらの建物の中から安全性の高い一時避難場所を選定するため、遷急線、遷緩線から10mの範囲(バッファゾーン)を除外した区域をグリーンゾーンとし、この中にある建物を一時避難場所の候補とした(図8)。バッファゾーンの幅については、現地調査で地形緩急線付近にある建物の大きさが100m²(10m×10m)程度であることを確認し、安全な建物の抽出と今後の安全な土地利用の観点から、バッファゾーンの幅を10mとした。

なお、現地微地形調査により、一時避難場所候補の中から、集水地形に位置する建物を除外した(図7)。

その結果、遷急線から10m以上離れたグリーンゾーンに位置するより安全性のある建物を一時避難場所候補として抽出した(図7)。

5. 考察

5.1 土砂災害ハザードマップの問題点

土砂災害ハザードマップの整備が進展し、住民の土砂災害危険個所の所在に関する認識は従来に比べて進んでいると考えられるが、関谷ら²⁸⁾によると土砂災害ハザードマップの認知度は一向に上がらず活用されていない実態があり、利用者としての住民の視点からみたハザードマップ作成へとステップアップしていく必要があるとしている。また、中筋²⁹⁾によると、土砂災害ハザードマップの問題点として、技術的には自然条件や降雨条件の類似した地域ごとにハザードマップの検討を行わず全国一律になっていること、行政的には安全側への配慮からむやみに危険個所を増やし、現実離れた危険区域の設定を行っていることを指摘している。したがって、土砂災害ハザードマップ

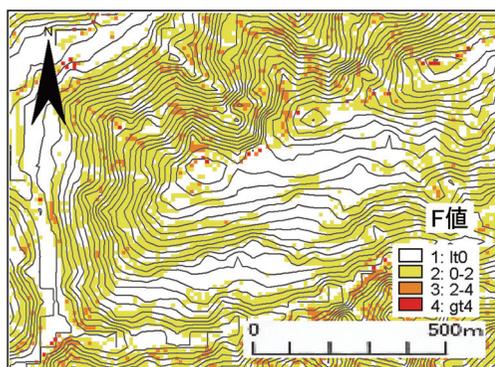


図6 物井川集落の地震時斜面崩壊危険度評価

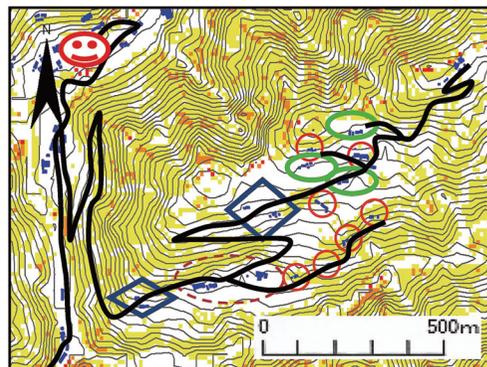


図9 集落から指定避難所までの経路 (凡例は図2, 図7を参照)

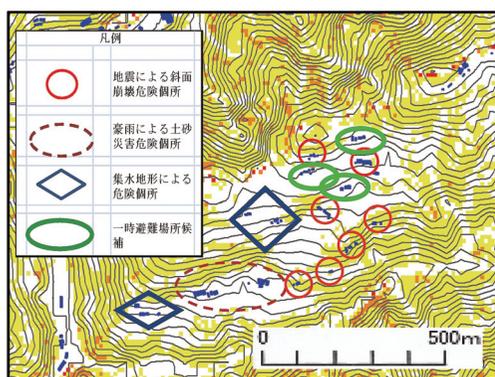


図7 一時避難場所の安全性評価で問題があった範囲

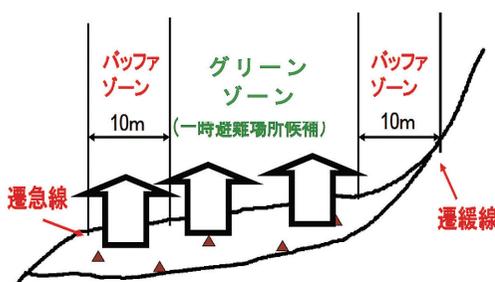


図8 一時避難場所候補の選定方法

の作成に関しては、危険情報の精度や信頼性を高めるだけでは不十分で、住民が安全に避難するための情報が不可欠である。

従来、防災マップに必要とされる機能は、①表現の適否、②避難行動のタイミング、③避難時の

判断の容易さ、④自助・共助への意欲とされている³⁰⁾。また、防災マップは住民の適切な避難行動に必須であり、さらにコミュニティ防災マップ(コミュニティ単位の大縮尺防災マップ)の作成が安全な避難には有効である³⁰⁾。

中山間地における住民の逃げ遅れや避難時の二次災害が後を絶たない現状からみて、今後の土砂災害対策を考える上で、コミュニティ防災マップを作成し、住民に適切な避難行動を誘導するための情報を掲載していく必要があると考えられる。

5.2 土砂災害一時避難マップの必要性

香川県内市町が策定した地域防災計画の避難計画によると、中山間地域の住民や災害時要援護者は事前避難により、遠距離にある指定避難所まで避難誘導する内容がほとんどである⁶⁾。地域によっては、自主防災組織により一時避難場所の抽出が行われているが、専門家による客観的安全評価が行われていないのが実情である。これは、一時避難場所は指定避難所へ移動するための集会所として扱っており、豪雨時にしばらく避難するために適した場所としては考えていないことによる。

本研究では、中山間地の中でも避難が困難な集落の住民を対象に、豪雨災害時に比較的容易に逃げる事が可能な集落内における一時避難場所の選定手法を提案した。また、コミュニティ防災マップに「安全な土地にある一時避難場所」を表

示した土砂災害一時避難マップを作成した。

集落から土砂災害に対応した指定避難所への避難時の危険箇所を図9に示す。図9から、物井川集落では、指定避難所までの距離が約3kmあり、一時避難場所候補までの距離は近ければ0.5km、遠くても1km程度であるのが分かる。今後、土砂災害一時避難マップをもとに、地域住民が行政や専門家と協働して豪雨時の安全な避難を検討することができる。土砂災害一時避難マップによって、住民は住んでいる場所の危険性と「安全な土地にある一時避難場所」を比較して、より安全な一時避難場所を選択することができる。また、近くの一時避難場所に避難することと遠方にある避難所まで避難することの危険度を比較することができれば、避難途中の土砂災害を回避することが可能となる。さらに、災害による孤立を避けることのできない中山間地における一時避難場所の選定に、地震による土砂災害の検討を付け加えることにより、避難中の地震による土砂災害を避けることが可能となる。

このように、土砂災害一時避難マップは、災害避難時のリスクを低減でき実現性の高い近距離の避難計画を検討することに有効と思われる。

6. まとめと今後の課題

本研究では、以下の手法によって、地震と豪雨の災害時に安全な一時避難場所候補地を効率的に選定する方法を提案した。

- ①赤色立体地図から安定緩斜面を抽出
- ②簡易な地震崩壊危険度評価手法
- ③土砂災害警戒区域の資料

今回提案した地震時と豪雨時の安全性を確保した集落内の一時避難場所選定手法は、DEMと既往資料を利活用するため、短期間・低コストで実施が可能である。

本研究の今後の課題として、抽出された一時避難場所候補を対象に、さらに現地調査と住民との協議を進め、住民が納得する一時避難場所を選定する必要がある。

このため、今後は検討対象集落において土砂災害一時避難マップを各集落に提示しつつ、アン

ケート等の方法を用いて、その有効性を検証するとともに、住民との協働で土砂災害一時避難マップを作成して行きたい。

謝 辞

本研究の一部に、財団法人河川環境管理財団の河川整備基金助成を使用した。

本研究では、高松市塩江支所、高松市危機管理課および住民の方々に様々なご協力をいただいた。また、高松市消防団、香川県土木部河川砂防課、香川県防災局危機管理課、香川県高松土木事務所河川砂防課には貴重なご意見や資料等の提供をいただいた。アジア航測株式会社千葉達朗氏には、赤色立体地図の作成についてご指導をいただいた。

ここに記して、謝意を表します。

参考文献

- 1) 国土交通省, 都道府県別土砂災害危険箇所, <http://www.mlit.go.jp/river/sabo/link20.htm>, 2010年1月13日
- 2) 国土交通省, 中長期的な展望に立った土砂災害対策に関する提言～死者ゼロの実現を目指して～国土交通省砂防部施設整備状況(平成17年度末), http://www.mlit.go.jp/river/sabo/mudslide_cpa3/s1-2.pdf, 2010年1月13日
- 3) 国土交通省, 全国における土砂災害警戒区域等の指定状況, <http://www.mlit.go.jp/river/sabo/sinpoupdf/jyoukyou-090630.pdf>, 2009年8月1日
- 4) 国土交通省国土技術政策総合研究所, 研究概要書受益者の効用に着目した社会資本水準の評価に関する研究, pp.42-46, <http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryoutnn/tnn0435pdf/ks043517.pdf>, 2009年8月1日
- 5) 国土交通省総合政策局, 参考-①環境の変化地域における建設業の役割, <http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/const/kengyo/sangyoseisaku/2007/0629/shiryoutnn/item3.pdf>, pp.69-70, 2009年8月1日
- 6) 香川県防災局危機管理課:市町村地域防災計画避難計画における避難場所の位置づけについて, ヒアリング, 2009年8月4日
- 7) 天野 篤・高山陶子:土砂災害と防災情報～台風0514号災害の避難に学ぶ～, 地すべり学会誌, Vol.43, No.6, pp.32-37, 2007.

- 8) 片田敏孝：災害リスク・コミュニケーションのための洪水ハザードマップのあり方に関する研究, 土木学会論文集D, vol. 63, No. 4, pp. 498-508, 2007.
- 9) 牛山素行：豪雨災害の多発が市町村の防災体制改善に及ぼす影響災害, 災害情報 No. 4, pp. 50-61, 2006.
- 10) 福留邦洋：2003年7月水俣市土砂災害における住民の避難行動に関する考察, 第2回土砂災害に関するシンポジウム論文集, pp. 121-126, 土木学会西部支部, 2004.
- 11) 高橋和雄：平成9年7月出水市針原地区土石流災害時の地域住民の行動に関する調査, 自然災害科学, J. JSNDS 18-1, pp. 43-54, 1999.
- 12) 江崎哲郎・三谷泰浩：斜面崩壊予測のための三次元解析システムの開発, CSIS DAYS 2005, A07, 7p., 2005.
- 13) 佐々木靖人・倉橋 稔：GISを活用した道路斜面のリスク評価に関する共同研究報告書道路防災マップ作成要領(案), 土木研究所共同研究報告書第350号概要, 2006.
- 14) 高松市：高松市防災マップF, 2008.
- 15) 塩江町史編纂委員会：「新修塩江町史」, 第一法規出版株式会社, 5p., 1996.
- 16) 国土交通省四国地方整備局四国山地砂防事務所, 「四国山地の土砂災害」, 43p., 2004.
- 17) 香川県, 土砂災害危険箇所図, http://www.pref.kagawa.lg.jp/kasensabo/sabo/dosha_map/shionoe/shionoe.htm, 2009年8月1日
- 18) 稲垣秀輝・長谷川修一：古期地すべりの安定性, 土と基礎, 53(7), pp. 17-19, 2005.
- 19) 野々村敦子・西村俊明：作成方法の異なるDEMを使用した地形量と地震時斜面崩壊危険度の比較, 土木学会年次学術講演会講演概要集(CD-ROM), 62nd, disk1, ROMBUNNO. 3-009, 2007.
- 20) 千葉達朗：地形表現手法の諸問題と赤色立体地図, 日本国際地図学会, Vol. 45, No. 1, pp. 27-36, 2007.
- 21) 日本道路協会：道路土工-のり面工・斜面安定工指針, pp. 339-376, 2007.
- 22) 上野将司：切土のり面の設計・施工のポイント, 理工図書株式会社, 71p., 2004.
- 23) 内田太郎・片岡正次郎：国土技術政策総合研究所資料, No. 204, pp. 10-54, 2004.
- 24) 小山内信智・内田太郎：既往崩壊事例から作成した地震時斜面崩壊発生危険度評価手法の新潟県中越地震への適用, 砂防学会誌, Vol. 59, No. 6, pp. 60-65, 2007.
- 25) Hasegawa S.・Ranjan D.: Dem-Based Analysis Earthquake-Induced Shallow Landslide Susceptibility, Geotech Geol Eng (2009), 27, pp.419-430, 2009.
- 26) 西村俊明・野々村敦子：異なるDEMによる地震時の斜面崩壊危険度の評価, 土木学会四国支部第13回技術研究発表会講演概要集, pp. 252-253, 2007.
- 27) 香川県, 土砂災害警戒区域の指定の公示に係る図書, <http://www.pref.kagawa.lg.jp/kasensabo/sabo/takamatusi/sionoeyou%20uenisi/sionoeyou%20uenisi.htm>, 2009年7月31日
- 28) 関谷直也・田中 淳：土砂災害ハザードマップ6. ハザードマップと住民意識, 土と基礎, 56-2, pp. 60-67, 2008.
- 29) 中筋章人：なぜ「土砂災害ハザードマップ」はできないのか, 応用地質, 第46巻, 第5号, pp. 250-255, 2005.
- 30) 林 宏年・長谷川修一：住民と専門家が協働した防災マップへの反応と課題, 土木学会安全問題研究論文集 Vol. 3, pp. 215-220, 2008.
(投稿受理：平成21年8月19日
訂正稿受理：平成22年4月15日)