

土砂災害における自主避難を促進するための地区防災の試み

—山梨県西桂町下暮地地区の地区防災計画策定支援—

鈴木猛康・呂佳桢・伊藤巧

山梨大学

Efforts for Community Disaster Management to Promote Autonomous Evacuation in Sediment Disasters: Efforts conducted at Shimogurechi District, Nishikatsura Town, Yamanashi Pref.

SUZUKI Takeyasu, LYU Jiahui, ITO Takumi

University of Yamanashi

山梨県南都留郡西桂町下暮地地区は、扇状地に形成された集落で、居住密度の高い主要部ではほぼ全域が土砂災害警戒区域に指定されている。アンケート調査と地区の自治会役員等によるワークショップを通して、同地区では分散避難が行われていること、土砂災害警戒区域や土砂災害ハザードマップの理解を高める必要があること、災害情報の入手に努めていること等がわかった。筆者らは、西桂町で実施しているリアルタイム雨量観測に基づいて、雨水による現地の斜面の安定を時々刻々と解析し、土砂災害発生の切迫度を、地下水位の状態でチャートを表現する警戒避難システムを提案した。西桂町の区長・防災リーダー会議にてこのチャートを提示し、これを避難スイッチとすることの評価を得た。また、チャートの解説情報の画面設計を行った。下暮地地区では近所付き合いが希薄とされていたが、住民の地区防災の推進意識は高く、自主避難に関する地区防災計画策定に向けて、地区では取組みを継続することを決めた。

1 はじめに

山梨県南都留郡西桂町下暮地区は、西桂町の北西に位置する柄杓流川上流の扇状地に形成された集落である(図1)。西桂町によれば、地区の世帯数は、330、人口は900人である(令和2年4月1日現在)。地区内で居住密度の高い主要部では、図1に示すように、ほぼ全域が土砂災害警戒区域に、一部は土砂災害特別警戒区域に指定されている。

同地区では過去には1966年9月25日台風26号において土砂災害が発生し、人的被害はなかったものの、床下・床上浸水数十棟の被害となった。また、1991年8月25日台風12号でも、同地区で土砂災害が発生し、床上浸水3棟、床下浸水19棟の被害を経



図1 西桂町下暮地地区の土砂災害ハザードマップ
(国土交通省の重ねるハザードマップに筆者が加筆)

験している。

しかし、土砂災害防止法施行（2001 年）の 10 年以上前に行われた宅地造成開発・分譲により、山地に近い斜面にも多くの住民が暮らすこととなり、過去の土砂災害を知らない、また近所付き合いの希薄な住民が増えていることが地区の課題とされている。倉見、柿園等の他地区では地区防災計画素案が策定済みなのに対して、下暮地地区が未策定で取り残されていたため、西桂町ならびに地区住民から要請を受け、筆者らが支援を行うこととなった。

本研究では、土砂災害に対する警戒避難をテーマとして、下暮地地区でリスクコミュニケーションを実施した。本稿ではアンケート調査によって 2019 年台風 19 号における住民の避難行動より地区住民の土砂災害に対する意識を把握した上で、ワークショップを通して、地区の個別課題を抽出し、さらに解決策を導くプロセスをまとめたので報告する。

2 活動の概要

表 1 に示すとおり、下暮地地区では自治会役員によるワークショップを 3 回実施した。第 1 回は筆者と役員との顔合わせの機会とし、筆者が講師となって防災講演を行った。第 1 回ワークショップにおいて、土砂災害に対する地区住民の防災意識を把握するため、アンケート調査をすることを筆者が提案し、実施することが決定された。アンケート調査結果を反映させて、第 2 回、第 3 回のワークショップを開催し、本地区において取り組むべき個別課題を抽出した。

2020 年 10 月には西桂町の総務課長、福祉保健課長に同行してもらい、現地の斜面の地盤調査を実施した。この調査で、両課長は筆者から現地の斜面の不安定な状況について説明を受けた。11 月の現地調査では、土質試験のための土試料のサンプリングを行い、約 1 か月かけて土質実験を実施した。その後、土質実験によって得られたパラメータを用いたリアルタイム警戒避難システムの開発に着手した。

2021 年 1 月には、西桂町の総務課長、福祉保健課

表 1 支援事業の活動スケジュール

開催日	開催内容
2020.7.9	第 1 回 WS
8 月初～中旬	アンケート調査
2020.8.23	第 2 回 WS
2020.9.27	第 3 回 WS
2020.10.24	現地調査（簡易標準貫入試験）
2020.11.22	現地調査（試料サンプリング）
2020.12～2021.1	土質実験
2021.1	チャート（避難スイッチ）開発
2021.1.19	西桂町との打合せ
2021.1.28	区長・防災リーダー会議
2021.2～3	警戒避難ウェブシステム構築

長へシステムの内容、とくに住民自らが避難のタイミングを決めるための事象である避難スイッチ（矢守 2018）となりうる土砂災害発生の逼迫度を表すチャートについて詳しく説明した。その結果、同月に開催される区長・防災リーダー会議にて、このチャートの説明を行うとともに、警戒システム構築のための予備実験として、区長・防災リーダーを対象としてワークショップを実施することを決め、同会議でワークショップを実施した。その後、この避難スイッチを表示する警戒避難ウェブシステムを構築した。

3 アンケート調査

3.1 アンケート調査の目的

本地区の支援を開始する約半年前の 2020 年 1 月、同地区の役員（区長、副区長（防災担当）ならびに会計担当）の 3 名と顔合わせを行った。その際、役員の一人在、地区住民が土砂災害の危険性をどれだけ認識しているか知りたいと発言したことが、アンケート調査実施のきっかけとなった。

地区防災計画策定作業は、市町村や防災の専門家の支援のもと、地区の代表者の参加する会議やワークショップを通して進められるのが一般的である（佐藤ほか 2017; 鈴木 2019）。そこで抽出された個

別課題や対策に、地区住民の意見が反映されているか否か、受け入れられているか否かを確認するために、アンケート調査は効果的である（東 2021）。また、地区住民の防災意識の把握や、役員の動機づけのためにも、アンケート調査を活用している。例えば、中央市リバーサイド地区では、アンケート調査によって住民の多くが危機感を持ち、対策の実施に賛同していることが確認されたため、旗を振っても住民がついてこないと考えて活動に躊躇していた自治会長に、地区防災計画策定に積極的に取り組む行動変容が見られた（鈴木ほか 2018）。貴重な時間を費やしてアンケートに回答した住民も、隣人の回答に興味を持っているので、調査結果をまとめて配布することにより、地区住民の防災活動に対する積極的な参加、協力が得られ、効果的である（Suzuki et al. 2019）。東（2021）も、同様な観点からアンケート調査に期待している。

3.2 アンケート調査の方法

アンケート調査票は筆者らが作成し、地区の役員の確認を経て、西桂町から下暮地地区の各組長に依頼され、組長が各世帯へ配布し、回収する形で行われた。したがってアンケートの回収数は 207、回答率は約 70%と高かった。同地区は、土砂災害警戒区域・特別警戒区域（ほとんどが土石流危険渓流、1 組のみ急傾斜地崩壊危険箇所）に指定されている 6 つの組と指定されていない 7 つの組の 13 組で構成されているが、アンケート調査はすべての組を対象として行われた。

図 2 にアンケートの質問項目のみをまとめている。令和 2 年台風 19 号における避難勧告発令時の避難行動に関する質問を 1～4 で行った後、地区の役員が懸念していた地区内の土砂災害リスクに対する地区住民の意識を、土砂災害ハザードマップと土砂災害警戒区域ならびに警戒避難に対する認知度という形で質問した。最後に、地区に近年発生した 2 つの土石流災害について質問し、災害の経験が上記にどう影響しているかを確認することとした。なお、アンケ

表 2 アンケートの項目

No.		質 問 項 目
1		昨年の台風 19 号の際、立ち退き避難をしたか
2	(a)	立ち退き避難をした場合、避難した場所
	(b)	避難を決意した理由は
		西桂町の避難勧告発令を選択した場合、その情報媒体
3	(a)	立ち退き避難しなかった場合の理由
	(b)	立ち退き避難はしないが、とった避難行動
4		下暮地地区の土砂災害ハザードマップの認知度
5	(a)	土砂災害警戒区域（区域設定と警戒避難）の認知度
	(b)	地区の土砂災害警戒区域指定に関する認知度
6	(a)	昭和 41 年台風 26 号の経験について
	(b)	平成 3 年台風 12 号の経験について。

ート調査は、土砂災害警戒区域を有し、既に地区防災計画の素案を作成済みの同規模のもう一つの地区として、倉見地区でも同時に同じ内容、同じ配布・回収方法で実施している（回答数 208）。以下には、質問とその回答結果の一部については、下暮地地区と倉見地区を比較して説明する。

3.3 台風 19 号の際の避難行動

台風 19 号で避難勧告の発令対象となった地区（組）では、回答した 100 世帯のうち 31 世帯が立ち退き避難をしており、その避難先は家族・親戚・知人宅が 2/3 の 20 世帯、残りは公設避難所が 10 世帯、ホテルが 1 世帯であった（図 2、3）。なお、避難勧告の発令対象ではない住民も、4 世帯が家族・親戚・知人宅へ、4 世帯が公設避難所へ立ち退き避難した。

立ち退き避難をした理由は図 4 に示す通り、「自宅が危険な場所にあるから」と、「西桂町が避難勧告を発令したから」が多い結果であった。一方、同じ質問に対する倉見地区のアンケート結果は、図 5 に示す通り、下暮地地区では 3、4 番目であった「大雨注意報・警報・特別警報の発表」と「土砂災害警戒区域に指定されている」の回答がもっとも多いという結果であった。このように、明らかに倉見地区との比較に

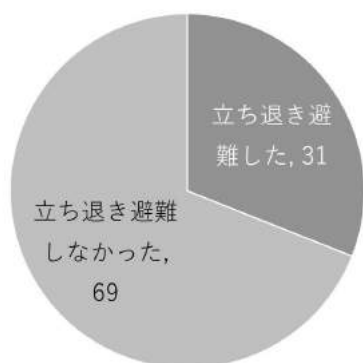


図 2 立ち退き避難の結果

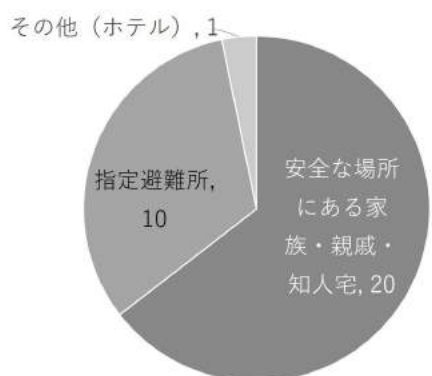


図 3 立ち退き避難先

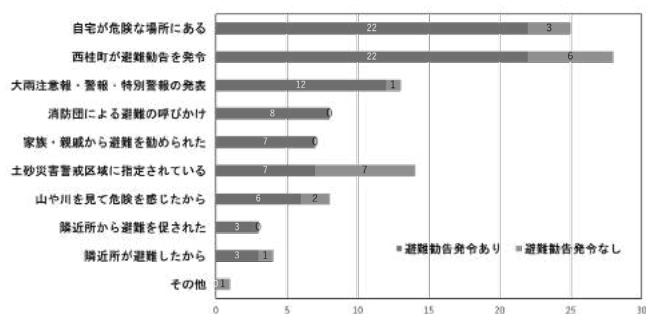


図 4 立ち退き避難した理由（複数回答可、下暮地地区）

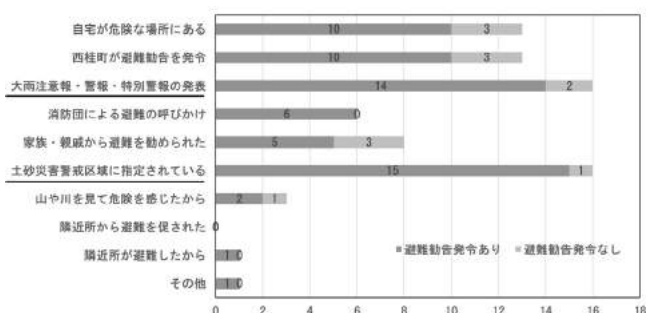


図 5 立ち退き避難した理由（複数回答可、倉見地区）

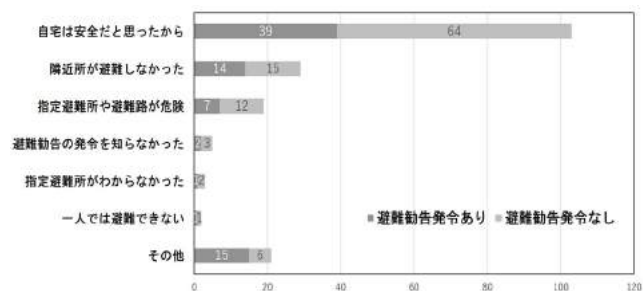


図 6 立ち退き避難しなかった理由（複数回答可）

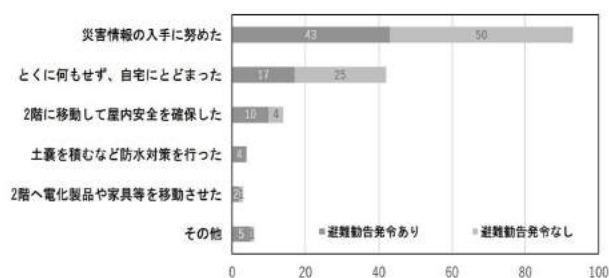


図 7 避難しなかった住民がとった行動（複数回答可）

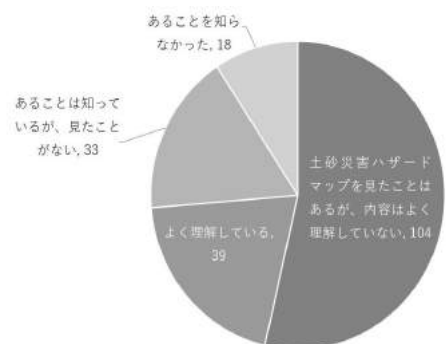


図 8 土砂災害ハザードマップの認知度に関する回答結果

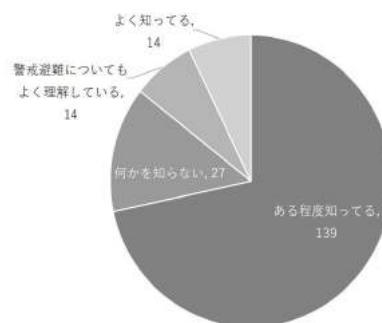


図 9 土砂災害警戒区域と警戒避難に関する回答結果

において、下暮地地区の住民には土砂災害警戒区域に居住することに対する意識が低いように思われる。

立ち退き避難しなかった理由は、図 6 に示す通り、

「自宅が安全だと思った」が断然トップの39名（避難勧告発令対象地区内）でもっとも多く、これに「隣近所が避難しなかった」、「指定避難所や避難路が危険」が続く結果となった。倉見地区では、避難勧告が発令された地区内の44名のうち、「自宅が安全だと思った」と回答したのは28名にとどまった。

前述した1966年の災害については、自分自身が経験した、あるいは両親や隣人から聞いていると回答した住民が約29%、まったく知らない、町外にいた、あるいは聞いたことはあるがよく知らないの合計が71%であった。一方、1991年の災害については、自分自身が経験した、両親や隣人から聞いていると回答した住民が約52%、まったく知らない、町外にいた、あるいは聞いたことはあるがよく知らないの合計が48%であった。クロス集計の結果、「自宅が安全だ」と回答した避難しなかった住民39名中21名は、地区内でどちらかの被害台風を経験していたが、「ハザードマップの内容をよく理解していない」と回答していたことがわかった。ところが、この39名中31名は、後述する土砂災害警戒区域を「ある程度理解している」と回答していた。したがって、「ある程度理解している」は「土砂災害警戒区域についてよくわからない」に近い回答と判断した方が良さそうである。

避難しなかった住民に、台風の際にとった行動を尋ねたところ、図7に示す通り、避難勧告発令対象が対象外かにかかわらず、多くの住民が災害情報の入手に努めていたことが明らかとなった。したがって、インターネットやケーブルテレビによる情報発信は、この地区の警戒避難に効果的であろうと考えた。

アンケート調査では、土砂災害ハザードマップや土砂災害警戒区域の認知度についても確認した。図8は土砂災害ハザードマップの認知度について、回答結果をまとめている。「土砂災害ハザードマップをよく理解している」と回答したのはわずか20%の住民に留まっており、その他の住民は、「土砂災害ハザードマップを見たことはあるが内容はよく理解していない」、「見たことがない」、「あることすら知らなかつ

た」と回答した。図9は土砂災害警戒区域における警戒避難の認知度について、回答結果をまとめている。警戒避難については、「よく知っている」、「警戒避難についてもよく理解している」と回答した住民はわずか7%（28人）であった。「何も知らない」が14%（27人）である。もっとも多かった回答である「ある程度知っている」の72%については、前述の通り、「よくわからない」に近い回答と考えると、土砂災害警戒区域の指定や、指定に伴う警戒避難体制の構築は、ほとんどの住民には理解されていないことになる。また、そうだとすれば、図7の土砂災害ハザードマップについて、あることは知られていても内容が理解されていない、の回答が半数以上を占めていることが納得できる。

3.4 地区の特性と地区防災の推進意欲

地区の役員からは、下暮地地区では近所付き合いが希薄なため、他地区に対して地区防災が進まないと聞いていた。1990年代の始めに同地区の西の扇状地の山林や畑で宅地の造成が行われ、泉が丘ニュータウンが誕生した。このニュータウンの居住者の多くは町外からの転居者で、町内在住者ではなかった。また、居住者の多くは町外の職場へ通勤している。したがって、もともと地区内に在住する住民とニュータウンの居住者との交流がほとんどなく、このことが地区の行事が次第に途絶えていく要因であったと、地区の役員から説明を受けていた。

アンケートでは、近所付き合いについて質問した結果、図10(a)に示す通り、「親しく家族同士でお付き合いしている」と回答したのはわずか15%（30人）であったが、ほとんどの世帯が挨拶する程度、あるいは組の会合で顔を合わせる程度であることがわかった。一方、災害弱者（避難行動要支援者）の存在について質問したところ、図10(b)に示す通り、「全く知らない」と回答したのはわずか17.5%（35人）であり、一部、あるいはだいたい前置されるものの、多くの住民が「知っている」と回答した。そこで、最後に、この地区で防災活動を推進すべきか否か、ま

たその理由を質問した結果、図 11 の回答結果を得た。1 名を除き、「推進すべき」と回答し、その理由に「近年の自然災害の脅威増大している」、「明日は我が身」、「防災の基本は自助・共助」、「隣近所を守りたい」を挙げた。

以上の通り、下暮地地区は、地区内に新興住宅地が存在することによって、やや近所付き合いが希薄であるものの、挨拶程度の近所づきあいが行われていた。また、地区住民が避難行動要支援者の存在を意識しており、地区防災推進の意識も高いと考えられることから、地区防災計画策定の支援を戦略的に実施することとした。

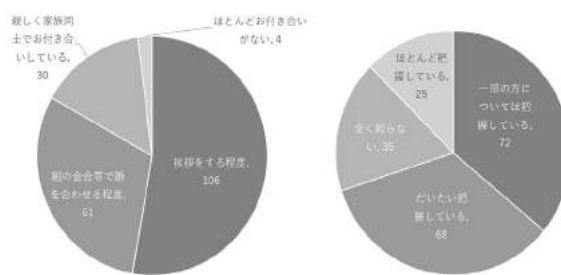
アンケート調査結果は、結果を大きな図で表し、結果の解説を加えたパワーポイントにまとめて、西桂町へ報告した。西桂町はこれを冊子として印刷し、下暮地地区の各組長に依頼して各世帯へ配布した。

4 ワークショップ

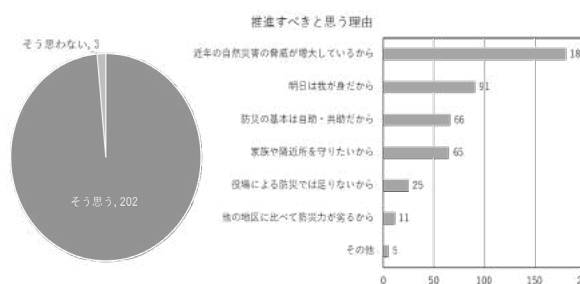
第 2 回ワークショップでは、アンケート調査結果に基づいて、①逃げ遅れゼロを実現するため、②土砂災害警戒区域や土砂災害ハザードマップを理解するために、地区住民による対策と西桂町等の行政による対策について、グループでまとめてもらった(写真 1)。その結果、①に対しては、地区住民が避難行動要支援者の避難支援体制を整備し、声掛けのできる隣近所づきあいに努め、さらに各組に組長を補佐する防災担当を置くことが提案された。一方、②については、住民・行政ともに勉強会を開催し、わかりやすいハザードマップづくりに取り組むこと、西桂町は土砂災害ハザードマップの周知方法を工夫し、早期かつ正確な避難情報の提供を行うことがまとめられた。

第 3 回ワークショップでは、①土砂災害ハザードマップの理解、②避難行動要支援者の支援体制、③隣近所の声掛けを推進する方法について話し合ってもらった(写真 2)。話し合いの結果をまとめ、筆者は以下の 5 つの事項の実施について提案した。

- 1) 土砂災害ハザードマップ勉強会は、町役場で主催し、組単位で説明・意見交換を行う。筆者も勉強



(a) 近所付き合い (b) 避難行動要支援者の存在
図 10 近所付き合いと避難行動要支援者の存在



(a) 推進の可否 (b) 推進すべき理由(複数回答可)
図 11 地区防災活動推進の可否とその理由

会に参加し、追加の解説等で手伝う。

- 2) 各組に防災担当を置く。その方法については、区長が検討する。
- 3) 鈴の音会(高齢者を支援する会)の活動は、コロナ禍で滞っていると思うが、鈴の音会を支えているメンバーに、次回からワークショップに参加してもらう。
- 4) 各世帯の避難先(指定避難所か分散避難か)については、町でアンケート調査を実施することによって、避難先に応じた避難行動推進策を検討する。
- 5) 組単位ハザードマップ、いわゆる防災マップづくりを通して、組単位のお付き合いを促進する。

その結果、西桂町は土砂災害ハザードマップ勉強会をできるだけ組単位で開催することを決め、12 月開催を目標に準備を進めていた。しかし、西桂町内で新型コロナ感染者が複数名確認されたため、12 月に開催を企画した勉強会は中止となった。

1) については、コロナ禍であるので、2020年度中には開催できなかったが、その代わりに後述する区長・防災リーダー会での開催を試みた。2) については、すぐに地区で検討され、既に各組に防災担当が配置されたとの報告を、西桂町から受けている。

5 警戒避難システムと避難スイッチ

5.1 雨量観測による避難判断

筆者らは西桂町でリアルタイム雨量観測を実施しており（Suzuki & Ito 2019）、下暮地地区にも入田観測点を設置している（写真3）。西桂町にはアメダスの観測地点は設置されていないため、山梨県と気象庁が共同で発表する土砂災害警戒情報のみに依存した警戒避難体制に不安を抱く町長からの相談に応じて筆者らが提案し、2018年に雨量観測システムが構築された。西桂町の当時の町長、総務課長によれば、西桂町は東西方向に約3kmの狭い町であるにもかかわらず、そのほぼ中央に位置する役場の屋上から西の下暮地、東の倉見を見比べると、雨の降り方が随分異なるとのことであった。ところが、気象庁による土砂災害の危険度分布では、町内どこを見ても同じ危険度を示しており、避難情報発令の判断に迷うので、消防団を現地に派遣しているとのことであった。筆者はこの観測システムを設計し、観測データの分析結果に基づいて、西桂町を支援している。

リアルタイム雨量計は町内の土砂災害、水害の発生リスクの高い5か所に設置されており、1分毎に雨量を記録し、降雨強度と累積雨量の変化を1時間、24時間、48時間、72時間のタイムスパンでグラフ化して表示するウェブシステムは、避難情報発令判断の支援ツールとして西桂町で活用されている。5か所のうち2か所にはウェブカメラも設置されている。さらに、筆者らは降雨強度（mm/h）を強度レベルに応じて色分けするとともに、72時間積算雨量を0から5の6段階に区分することによって、これらを地図上で表示する土砂災害危険度ウェブシステムを開発し、西桂町に提供している。このウェブシステムは、豪雨時において西桂町職員や消防団員に活用さ

れており、西桂町は県内でもっとも早期に避難情報の発令が行われる町のひとつとなっている。



写真1 第2回ワークショップの成果の一部



写真2 第3回ワークショップの様子



写真3 入田観測点の雨量センサー（屋根の上）

5.2 シミュレーションモデルの構築

豪雨によって土砂災害の発生するメカニズムは、

斜面上の表層地盤が雨水の浸透によって地下水位が上昇する過程で、すべり安全率が低下することによって説明することができる（例えば、Montrasio et al. 2017）。すなわち、図 12 のように、傾斜角 β の不透水層の基盤上の厚さ H の表層に h_w の地下水位が形成されている場合、表層の最深部においては、土のせん断抵抗 τ_r を表層地盤の自重の斜面下方成分 τ_g が上回り、すべり安全率 τ_r/τ_g が 1 を下回ることによって、斜面が不安定になり崩壊が始まると考える。地下水位 h_w がすべり安全率が 1 となるときの地下水位を、限界地下水位 h_{wc} とする。

リアルタイム雨量を入力として流出解析を行い、斜面の表層に浸透する雨水を求め、表層における地下水の浸透流を時々刻々と解析することによって、地下水の上昇に伴って土のせん断抵抗が減少し、自重が増加して、すべり安全率が低減する過程のシミュレーションが可能となる。ここで、流出解析には、土砂災害警戒情報発令の際に土壌雨量指数の計算に採用している Ishihara & Kobatake (1977) によるタンクモデルを用いる（気象庁 2021）。また、表層における地下水の浸透流解析は、川端ほか（2017）の方法を用いると、地表面からの雨水の浸透と、斜面に沿った地下水の浸透を時々刻々追跡することができる。

写真 4 は下暮地地区北部の休場の斜面から住宅地（泉が丘ニュータウン）を撮影したものである。この斜面において現地地盤調査を行った。斜面では過去に何回かの滑落が発生しており、雨の後には斜面の表層は多くの水分を含んでぬかるみ、雨水は地表面を住宅地に向かって流出していた。谷の斜面に沿って簡易貫入試験を実施し、表層厚と斜面の傾斜を推定した。その結果、表層はほぼ均一で N 値 1~2 の砂質土であり、図 13 に示すようなプロファイルであることを確認した。また、土の不攪乱試料を採取し、土の物性、強度定数と浸透係数を室内土質実験によって求めた。これらの調査、試験結果より数値解析モデルを構築し、入田観測点の 1 分間降水量を入力として土砂災害発生危険度（安全率）をリアルタイムで解

析するシミュレーションのソフトウェアを開発した（Suzuki et al. 2021）。また、この解析モデルを用いて過去の台風による山梨県身延町で発生した土石流を対象とした斜面安定解析を行った結果、土砂災害

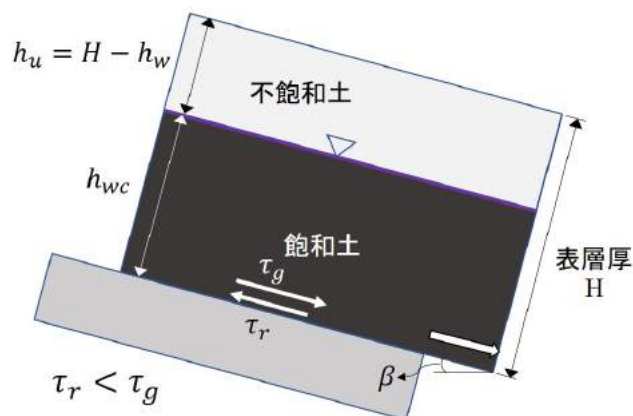


図 12 斜面安定解析の考え方 ($h_w = h_{wc}$ のケースを表示)



写真 4 休場の斜面（左奥が泉が丘ニュータウン）

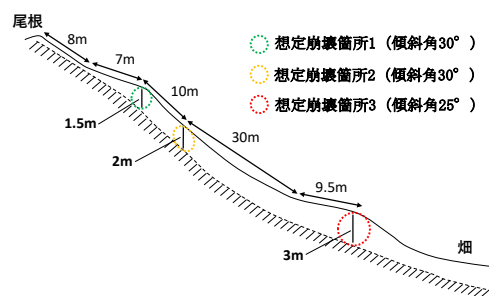


図 13 休場の現地斜面の表層構造推定結果

が発生したケースでは斜面の安全率 τ_r/τ_g が 1 を下回ることを確認した（伊藤 2021）。

気象庁による土砂災害警戒情報の評価では、解析雨量を入力としてタンクモデルを用いて斜面中に浸透する地下水の高さである $S_1+S_2+S_3$ を土壌雨量指数として時々刻々計算している。その際、タンクモデルに用いるパラメータは広島県の花崗岩地帯で同定された全国一律のパラメータを用いており、個々の傾斜地における植生、地質、風化等を考慮していない（気象庁 2021）。一方、解析雨量は国交省や気象庁のレーダーによる推定雨量をアメダス等の地上の雨量計で観測された実測雨量で補正し、降水量分布を 1km の分解能で解析したものである。したがって解析雨量は地上の実測雨量と必ずしも一致しない。リアルタイム雨量観測は、西桂町土砂災害警戒情報は、これらの土壌雨量指数と解析雨量に基づいた 60 分間積算雨量を 2 次元座標で表示したとき、経験的に設定された土砂災害警戒情報の判断基準（クリティカルライン）を 2 時間後に超えるときに発表される。

これに対して、Suzuki et al. (2021) による土砂災害危険度の解析は、現地で実測された雨量を入力とし、現地の斜面の傾斜と表層の土の物性、強度定数と浸透係数に基づいて行っている。とくに山間部では、平地に対して雨量が多くなることが知られているが、解析雨量では地形を考慮することはできない。土砂災害警戒区域は、山地あるいは山地と平地の境界付近の里山に存在するため、土砂災害発生の推定精度を上げるためには、現地の雨量を用いることが重要である。また、この解析モデルでは、前述の通り、現地の斜面の傾斜や土質を用いた評価を行っている。ただし、リアルタイム雨量を入力として用いているので、現時点の斜面の危険度を解析しているのであり、チャートは土砂災害発生の予測は行っておらず、現在の土砂災害発生危険度を推定している。

5.3 避難スイッチとしてのチャートの提案

矢守 (2018) は住民自らが避難のタイミングを決めるための事象を、避難スイッチと呼んでいる。避難

する当事者が自分なりの避難スイッチを設定し、市町村や气象台ではなく、自分でスイッチを押すという構図が重要との観点から、避難スイッチの概念が形成された。矢守・竹之内 (2018) は、「スイッチ」の設定にあたっては、専門機関から提供される防災気象情報のみならず、地域住民が自ら観察可能な現象や歴史災害の事例など、広範な情報を活用することを重要視している。また、今後数十年先の防災・減災を見据えた場合、防災気象情報本体の高度化よりも、「スイッチ」に資する情報の多様化・複線化が重要であることを主張している。

近所を流れる河川の水位があるレベルに達する、あるいは低地で浸水が始まるなど、住民が避難を開始するサインとできるものが、避難スイッチである。しかし、土石流災害に対する避難では、地下水位や土壌水分量は現地の土中に計測機器を設置しない限り確認ができないため、現地で視覚的な避難スイッチを探すのは難しい。また、現地で沢の増水や斜面からの湧水、小石の落下などを確認することは極めて危険である。そこで、土砂災害発生の逼迫度をチャートで表示することとした。

図 14 に本研究で提案したチャートを示す。左の緑のチャートは警戒レベル 2 相当までのレベルを表している。つぎの黄色のチャートは、地下水位が形成される前段階であるが、降雨が継続すると、1~2 時間後に地下水位が発生する段階で表示する。本解析においては、流出解析の結果の S_1+S_2 に閾値を設定し、この閾値に達したら警戒レベル 3 相当と判断し、黄色のチャートを表示している。

さらに S_1+S_2 が増加し、つぎの閾値に達したら、地下水の計算を開始するが、この際、限界地下水位 h_{wc} に対する現在の地下水位 h_w の比率として、チャート中の赤の高さを変化させる。このチャートの上端が限界地下水位に対応している。この段階に相当する警戒レベルは 4 である。最後に、地下水位が限界地下水位に達し、さらに上昇して安全率が 1 を下回ると、警戒レベル 5 相当に移行し、紫色のチャートを表示させることとした。現在、このチャートを表示

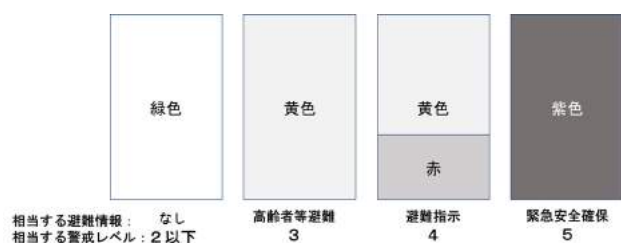


図 14 土砂災害発生の逼迫度を伝えるチャート



図 15 町民の避難判断に活用できるウェブサイトの画面

する警戒避難ウェブシステムを構築し、2021 年の雨季に備えている。図 15 は町民用のウェブサイトの画面であり、図中の X 印の位置が休場の斜面である。

5.4 住民による評価

第 3 回ワークショップで筆者らが提案し、町役場ならびに住民の賛同を得た土砂災害ハザードマップ勉強会は、新型コロナ感染の拡大により、開催が見送られることとなった。しかし、西桂町の総務課長ならびに保健福祉課長に自主避難を促すために提案したチャートの説明を行った後、このチャートに対する住民の評価を確認したい旨、二人の課長に相談したところ、例年 1 月末に町が開催している区長・防災リーダー会議での実施が決まった。西桂町では毎年 1 月に自治会の区長や組長が交代するため、この会議を通して、防災に関する情報が町から提供されるとともに、1 年の行事の確認が行われている。

この会議には、下暮地地区の新区長や、筆者の実施する地区防災計画支援活動を視察に訪れた倉見地区等の防災リーダーも参加した。この会議では、筆者らの要望を反映させて、西桂町総務課が国土交通省や



写真 5 総務課による説明（区長・防災リーダー会議）



写真 6 筆者による説明（区長・防災リーダー会議）

山梨県の作成した資料を用いて土砂災害警戒区域ならびに土砂災害ハザードマップの説明を行った（写真 5）。その後、筆者がファシリテーターとなって、参加者と意見交換を行う形式で、ワークショップを開催した（写真 6）。

西桂町による説明は、多くの図や写真を用いたカラー刷の資料を用いて正確に行われたが、ほとんどの区長、防災リーダーは、「だいたいわかった」と回答したものの、具体的な内容については説明に用いられている専門用語が多すぎ、また土砂災害警戒区域の指定や土砂災害警戒情報の発表などについて、町からは具体的な説明がされなかったもので、大切な部分が参加者には十分理解されていないようであった。これらについて補足する行政からの情報提供が必要との指摘もある（田中ほか 2020）。土砂災害ハザードマップも土砂災害警戒情報も、住民には我が事として認識されていないことを確認した。

土砂災害警戒区域は、基本的に土砂災害の発生が予想される土地における土砂の予想到達範囲に人家がある場合、もしくは現在の土地利用状況や開発計

画等により人家等の立地が予想される場合に指定を行っている。したがって、例えば土砂の予想到達範囲内に道路は存在するが人家はない場合には、区域指定が行われないことがある（国土交通省 2020）。土砂災害警戒区域の指定がなされていないからといって安全な場所とは言えず、柄杓流川の氾濫による水害のリスクが高い。

筆者らは、まずチャートを用いた避難スイッチについて説明を行った。その後、チャートは避難スイッチとして「わかりやすい」、「わかりにくい」、「どちらともいえない」から参加者に1つ選択してもらったところ、参加者14名全員が分かりやすいと回答した。そこで、筆者らは次の実験を行うこととした。

筆者らは、本論文で提案するチャートの意味を確認するためのチャート解説情報を作成し、住民の避難を促すことを計画している。例えば、図15のチャートをクリックすると、図16の枠内で示すような画面を提示するものである。解説情報には土砂災害発生の逼迫度を感じる図、数値、文字（短い言葉、詳しい説明の2種類）、色の重要度を評価し、それぞれの配置を重要度の評価に応じて工夫することが効果的と考えた。すなわち、図16の②と③数値と図、④短い言葉、⑤詳しい説明のうち、どれを上、中間、下に配置するかを、重要度の評価に基づいて配置しようとするものである。

実験には、意思決定における問題の分析において、感覚的な判断基準を定量的に捉える手法であるAHP（階層的な意思決定手法）を用いた（高萩・中島 2009）。図16に示すように、画面の色、図、数値は切迫性、短い言葉は明快性、詳しい説明は説得性という3つの基準を代表する代替案であると定義した。区長・地区防災リーダーの14名には、この定義について、図を使って説明した後、これら3つの基準について、一対比較の質問をした結果、表3を得た。

切迫性と明快性の比較において、重要と重要でないが7対7と票が割れた。したがって、両者を「同じ」と見なした上で、「重要」、「同じ」、「重要でない」の重みをそれぞれ3、1、1/3として、3つの基準の

重要度を計算した結果は、切迫性と明快性が同じ0.4286、説得性が0.1428であった。ただし、切迫性と説得性の一対比較では一人が同じと回答したのに対して、明快性と説得性の比較では14人全員が明快性の方が重要と回答している。したがって、図16の解説情報の画面では、上から④短い言葉（明快性）、②と③数値と図（切迫性）、⑤詳しい説明（説得性）の順に、配置することとした。なお、短い言葉、詳しい説明、数値として何を表すかについては、今後、下暮地地区の住民とのワークショップで決める予定である。

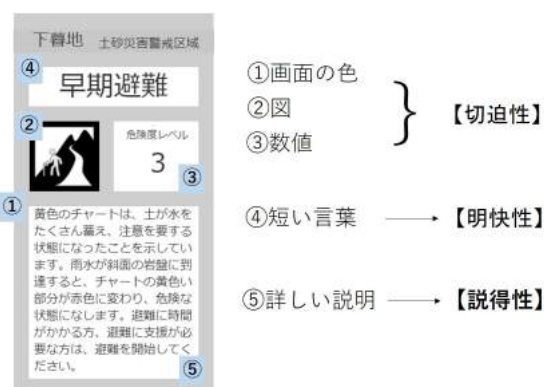


図16 チャートを解説する情報の画面の例

表3 基準間一対比較の結果

基準間一対比較、左の基準は右のより：				
	重要	同じ	重要でない	
1 切迫性	7	0	7	2 明快性
1 切迫性	13	1	0	3 説得性
2 明快性	14	0	0	3 説得性

※数字は手を挙げた人数

6 まとめ

本研究における西桂町下暮地地区での取組みによって得られたことを、以下にまとめた。

- 1) アンケート調査を実施し、地区住民の2/3が分散避難行動をしていること、土砂災害に関する認知度が低いが災害情報の入手に努めていることを確認した。

- 2) ワークショップを通して、①土砂災害ハザードマップ勉強会の実施、②各組に防災担当設置、③鈴の音会（高齢者を支援する会）のワークショップ参加、④各世帯の避難先について町でアンケート調査実施、ならびに、⑤組単位での防災マップづくり実施が決まった。
- 3) 筆者らは現地のリアルタイム雨量観測と斜面の安定解析を組合わせたシミュレーションの結果に基づき、土砂災害発生の逼迫度を示すチャートを避難スイッチとすることを提案し、区長・防災リーダー会議にてチャートの評価を受けることによって、チャートの解説情報を構築した。

下暮地地区は、近所付き合いが希薄であることを地区の役員が心配していたが、本活動の結果、挨拶程度の近所づきあいがあり、地区防災の推進意識も高いことから、継続して地区防災計画支援を行うこととした。

謝辞

本研究は、地区防災計画学会の「地区防災計画モデル事業」として実施し、Yahoo!基金より支援をいただきました。ここに記して、謝意を表します。

文献

- 東善朗, 2021, 「アンケート調査を用いた地区住民組織と地区住民のコミュニケーションー岐阜県における5つの実践事例」『地区防災計画学会誌』(20): 45-46.
- Ishihara, Y. & Kobatake, S., 1979, "Runoff Model for Flood Forecasting", Bulletin of Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, 29(1): 27-43.
- 伊藤巧, 2021, 「短時間大雨によるリアルタイム土砂災害予測に関する研究」『山梨大学大学院医工農学教育部修士論文』
- 気象庁, 2021, 「土壌雨量指数」.
<https://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/bosai/dojoshisu.html> (7月20日閲覧).
- 川端昇一・土田孝・加納誠二・由利厚樹・花岡尚・中川翔太, 2013, 「地盤調査と斜面安定解析に基づく土砂災害危険渓流の豪雨時危険度評価」『地盤工学ジャーナル』8(1): 119-131.
- 国土交通省, 2020, 「土砂災害に関する地区防災計画作成のた

めの技術支援ガイドライン」

- Montrasio, L., Valentino R. & Losi, L. G., 2011, "Towards a real-Time Susceptibility Assessment of Rainfall-induced Shallow Landslides on a Regional Scale", Natural Hazards and Earth System Sciences, 11(7): 1927-1947.
- 佐藤翔輔・相澤和宏・伊妻伸之・遠藤匡範・高橋大輔・平岡雄・岩崎雅宏・皆川満洋・高橋里佳・今井健太郎・阿部利江・戸川直希・今村文彦, 2017, 「効果的かつ無理のない地区防災計画の作成方法ー宮城県石巻市と亶理町における実践と評価」『自然災害科学』36(特別号): 69-90.
- Suzuki, T., Watanabe, T. & Okuyama, S., 2019, "Facilitating Risk Communication for Wide-Area Evacuation during Large-scale Floods", International Journal of Environmental Research and Public Health, 16(14): 2466.
- Suzuki, T. & Ito, T., 2019, "Prediction of Sediment Disasters due to Short-duration Heavy Rain based on Real-time Rainfall Observation", WIT Transaction on The Built Environment, Vol.189, Safety and Security Engineering VIII: 91-100.
- Suzuki, T., Ito, T. & Goto, S., 2021, "Development and Implementation of a Real-time Sediment Disaster Alert System", 9th International Conference on Safety and Security Engineering (SAFE 2020, accepted).
- 鈴木猛康・渡辺貴徳・奥山眞一郎, 2018, 「一人の犠牲者も出さない広域避難のための地区防災計画」『地区防災計画学会誌』(13): 34-50.
- 鈴木猛康, 2019, 「地区防災計画策定のための効果的なワークショップの提案」『地区防災計画学会誌』(14): 21-22.
- 高萩栄一郎・中島信之, 2009, 『Excelで学ぶAHP入門』オーム社.
- 田中隆文・石垣勝之・磯打千雅子・井良沢道也・小穴久仁・大槻聡志・大沼乃里子・大村さつき・蟹井進・酒井千富・霜田宜久・鈴木清敬・中村清美・町田尚久・三崎貴弘, 2020, 「土砂災害に備える観点からの地区防災計画事例の比較研究」『地区防災計画学会誌』(19): 35-57.
- 矢守克也, 2018, 「空振り・FACPモデル・避難スイッチ：豪雨災害の避難について再考する」『消防防災の科学』(134): 7-11.
- 矢守克也, 竹之内健介, 2018, 「マイスイッチ・地域スイッチ」『2017年九州北部豪雨災害調査報告書』京都大学防災研究所: 99-102.