【建設工学研究所論文報告集第 65 号〔報告〕2023 年 11 月】

表層崩壊リアルタイムハザードシステムの構築に際して生じた課題と対策（14）

Some Problems and Measures appeared during the Construction of the Real-time Hazard System for Slope Disasters at a Heavy Rainfall (14)

沖村　孝　Takashi Okimura
鳥居　宣之　Nobuyuki Torii
鏡原　聖史　Satoshi Kagamihara
窪田　安打　Yasu'uchi Kubota
笠原　拓造　Takuzo Kasahara
葛巻　怜香　Reika Kuzumaki
関　英理香　Erika Seki
根本　信行　Nobuyuki Nemoto
濱本　拓志　Takushi Hamamoto

１．はじめに

令和 4 年（2022 年）は、42 の都道府県で 795 件の土砂災害が発生しており、その被害は死者・行方不明者 4 名、負傷者 8 名、人家被害 284 戸に上った。特に 8 月から 9 月の期間における発生件数は 525 件であり、過去 5 年間の平均発生件数（321 件）の 1.6 倍程度と多かった [1)]。

中でも、8 月 1 日から 6 日の前線による大雨と、9 月 22 日から 24 日の台風第 15 号による大雨による被害が大きかった。8 月 1 日から 6 日にかけては、日本海から東北地方や北陸地方にのびる前線に向かって暖かく湿った空気が流れ込んだため、大気の状態が非常に不安定となり、北日本や北陸地方を中心に大雨となった。このうち、3 日夜には新潟県と山形県で線状降水帯が発生し、雷を伴った猛烈な雨が断続的に降り続いた。3 日から 4 日にかけては複数の地点で 24 時間降水量が観測史上 1 位の値を更新するなど、青森県、山形県、福島県、新潟県、石川県、福井県で記録的な大雨となった。このため 3 日 19 時 15 分に山形県を対象に、4 日 1 時 56 分に新潟県を対象に大雨特別警報を発表した。その後、4 日 6 時 33 分に山形県の大雨特別警報を警報等に切り替え、4 日 11 時 30 分に新潟県の特別警報を警報に切り替えた [2)]。この豪雨により新潟県を中心に 213 件の土砂災害（土石流等 94 件、地すべり 14 件、がけ崩れ 105 件）が発生し、その被害は負傷者 1 名、家屋被害 86 戸（全壊 10 戸、半壊 6 戸、一部損壊 70 戸）に上った。

台風第 15 号は、9 月 22 日 9 時に日本の南で発生し、進路を北西から次第に北へ変え、23 日 21 時に紀伊半島の南で熱帯低気圧に変わり、北東へ進んだ後、24 日 9 時までに静岡県の南海上で温帯低気圧に変わった。この台風の周辺の発達した雨雲により、東日本太平洋側を中心に大雨となり、静岡県や愛知県では 23 日夕方から 24 日明け方にかけて猛烈な雨や非常に激しい雨が降り、線状降水帯が発生するなど記録的な大雨となった。特に静岡県では猛烈な雨が降り続き、記録的短時間大雨情報を多数発表した。また、複数の地点で 24 時間降水量が 400 ミリを超えて平年の 9 月の 1 か月の降水量を上回り、観測史上 1 位の値を更新した [3)]。この豪雨により静岡県を中心に 182 件の土砂災害（土石流等 55 件、地すべり 2 件、がけ崩れ 125 件）が発生し、その被害は死者 1 名、負傷者 3 名、家屋被害 99 戸（全壊 6 戸、半壊 27 戸、一部損壊 66 戸）に上った。

このように、近年では、観測史上最大の降雨量や降雨強度が報告されることが毎年のように生じている。従来、土砂

災害の発生時刻に関する危険度指標は、過去の被災経験から総降雨量あるいは土壌雨量指数や降雨強度のパラメータが用いられ、これらが過去に観測された値とその時の崩壊発生の有無から、崩壊発生の危険度が経験的に求められ、土砂災害警戒区域に対する土砂災害警戒情報として使われている。しかし、近年のような過去に経験したことのない大きな降雨量に対しては、経験的に求められた指標や基準だけでは、十分な対応に結び付かない可能性がある。すなわち、過去に崩壊記録のない斜面で崩壊が発生したり、総降雨量によらず大きな降雨強度の出現時刻に崩壊が発生したりする可能性がある。これを解消するためには経験的なデータから危険度を判断するのではなく、降雨を入力した力学的な斜面安定解析から安全率を求め、この安全率から危険度を判定することが必要になる。また、空間や時系列に関して、よりきめ細かな予測情報を提供することが、警戒や避難情報の適切な発令に資するものであると考えられる。

筆者の一人は、かつて表土層崩壊を対象として地形を 10m 格子間隔で数値モデル化し、格子点（もしくはセルの中心点）に表土層厚を設定し、降雨を入力し、飽和横流れ浸透解析によりセルの浸透水位を計算し、無限長斜面安定解析式を用いて、各セルで時間ごとに安全率を計算する手法を提案した [4]。近年、技術の開発により高精度の地形データや降雨データを入手できる状況になってきたこともあり、このモデルを用いてリアルタイムでハザード情報を計算できるようになってきた。このような環境条件下で、兵庫県のご協力を得て平成 19 年度より 3 ヵ年で「六甲山系土砂災害危険度予測システム」プロジェクトでかつて提案したモデルを実用化する機会に恵まれた [5][6]。このモデルの構築、実用化に際して新たに出現した問題点などは、すでにこれまでの報告 [7][8][9][10][11]で詳しく紹介した。また、問題点への対策を組み込んだ「土砂災害のためのリアルタイムハザードシステムの作成手順」[12]や留意事項 [13]をとりまとめた。その後、バージョンアップとも言える新たな取り組みとして、安全率の変化量を加えた判定方法 [14]や、市街地内の小規模斜面にも対応する 5m メッシュ併用型の解析方法 [16]、土石流の発生機構を考慮した新たな判定方法 [18]、長雨時に多発する小規模崩壊への対応方法など [19][20]を考案しその適用性について報告を重ねてきた。令和 3 年時点で構築した市町は 14 市町となり、それらの市町が分布する兵庫県北部（日本海側）から南部（瀬戸内海側）の地域特性(表土層の粘性土～砂質土等の違い)を地盤定数や水系網沿いの透水係数の設定に反映することで、少ない降雨量(総降雨量 150mm 未満)で生じる空振り判定の改善につながることを報告した [22][23]。

本報告は、リアルタイムハザードシステム(以下、システム)について、表土層の地盤定数と水系網沿いの透水係数の見直しを適用した令和 4 年 6 月の改良後に発生した令和 4 年 7 月豪雨におけるシステムの判定と現地状況との比較検証及びモデルの妥当性や今後の改良点等について検討した結果をまとめたものである。

２．これまでの報告の概要

２．１　2010 年報告

2010 年報告 [7]では、モデルの概要説明を行った後、システム化に際して生じた課題について説明し、その対策手法の紹介を行った。その内容の主なものは、次のとおりである。

1）地形のスムージング化
2）地形分類と表土層厚
3）人工改変地の扱い
4）地盤条件の設定
5）推定表土層厚の再検討
6）植生条件の考察
7）異なる地質条件への対応

8）微地形条件（水面、沖積地等）への対応

9）用いる雨量データの検討

10）演算処理高速化の検討

11）アウトプットデータの表示方法の検討

12）土砂災害警戒区域（急傾斜）への反映方法の検討

13）土砂災害警戒区域（土石流）への反映方法の検討

２．２　2011 年報告

2011 年報告 [8]においては、2010 年度の試験運用中に出現した様々な課題を、個別に検討した。その内容は以下のとおりである。

1）昭和 42 年崩壊地の表土層の推定

2）谷壁斜面に存在する浅い谷（0 次谷）の表土層厚の推定

3）谷壁斜面と谷底斜面境界部での表土層厚の不連続対策

4）小起伏斜面における表土層厚の推定

5）シミュレーション降雨による異常セル推定表土層厚の補正

6）土砂災害警戒情報解除のためのタイミング情報対策

２．３　2012 年報告

2012 年報告 [9]においては、その後の運用中に出現した課題について対策を検討した。その内容は以下のとおりである。

1）0 次谷および急傾斜地における層厚の調整

2）表土層満水時の判定における不具合対策

3）シミュレーション降雨による局所的な不具合対策

２．４　2013 年報告

2013 年報告 [10]においては、豊岡市を対象としてこれまで適用していない地質条件である北但層群や矢田川層群、照来層群、超塩基性岩などに適用した際に判明した課題と対策について述べた。その内容は以下のとおりである。

1）難透水層の影響による崩壊への対応

2）人家裏切土斜面の崩壊特性の把握と対応

２．５　2014 年報告

2014 年報告 [11]においては、上郡町を対象としてこれまでに適用していない地質条件である相生層群や超丹波帯などに適用した際に判明した課題と対策について述べた。その内容は以下のとおりである。

1）頂部小起伏面の周縁部に多発する崩壊への対応

2）頂部小起伏面の自動抽出手法

２．６　2015 年報告

2015 年報告 [13]においては、表六甲山系や豊岡市、上郡町と類似の地形・地質を有する三田市への適用において、表土層の設定などについて新たな留意点が得られたのでこれを報告した。その内容は以下のとおりである。

1）有馬層群（丹波層群を含む）固有の層厚式の設定

2）裸地、草地、とくしゃ地における粘着力の調整

3）礫密度を考慮した土質パラメータ間の整合性の確認

２．７　2016 年報告

2016 年報告[14]においては、2014 年 8 月豪雨による丹波市の土砂災害を対象にシステムの検証を行う中で、崩壊の判定タイミングが実際の崩壊等が集中的に発生した時刻よりも数時間遅れる傾向にあることや、降雨が終了しても判定が長時間継続するという課題が確認されたため、安全率の絶対量に加えてその「変化量」を判定の指標とすることで、判定タイミングが改善されたのでこれについて報告した。また、朝来市のモデル構築を行うため、基礎資料の整理ならびに崩壊地の特徴について検討を加えた。結果、斜面崩壊密度と見かけ上の流量に相関関係があることが示唆された[15]。

２．８　2017 年報告

2017 年報告[16]においては、神戸市の市街地内に「小規模斜面」が土砂災害警戒区域として数多く分布しており、このような小規模斜面はその平面幅が狭いため 10mDEM によって傾斜が的確に表現できない場合があるほか、人工改変の影響もあるためこれまで対象外としていた。しかしながら、神戸市からの要望によりその対応を検討する必要が生じた。このため、土砂災害警戒区域内を「5m メッシュ」にて安全率を計算する方法について比較検討し、リアルタイム演算のスピードやシステム改修費用などを勘案して、地下水位については 10m メッシュで演算した結果を適用し、5m メッシュの表土層厚、および市街地内の小規模斜面固有の地盤物性値等の条件により安全率を検討する方法を採用することとした。また、朝来市のモデルについて、谷底斜面と谷壁斜面の境界付近で崩壊判定が出やすい傾向が認められたことから、現地調査を行い谷底斜面と谷壁斜面の境界付近の透水係数を現地の材料特性に合わせることで、谷底斜面と谷壁斜面の境界付近で発生する空振りを低減することができたため、これを実装した[17]。

２．９　2018 年報告

2018 年報告[18]においては、近年の豪雨の激化に伴い短時間に地中に浸透しきれない雨水が地表面流となって一気に渓流に流出することで「渓床堆積土砂流動型の土石流」が発生しやすいことが確認された。しかしながら、現行の土石流予測モデルではこのような土石流の発生機構を十分に考慮できていないことが空振りの一因と想定された。このため、平成 26 年に丹波市で発生した土石流事例をもとに現行の手法による危険度判定の課題を整理し、崩壊起因型、渓床堆積土砂流動型、複合型の土石流に対し、それぞれの発生機構を反映した判定手法を検討した。検討の結果、新たな土石流判定手法の適用によって「空振率が半減」し、さらに「捕捉率についても向上」することが確認できた。しかしながら、改善された空振率は未だ高い数値であること（約 35%）や、他地域への適用に際しては検証事例が丹波市の事例に限られているなどの課題が残っているため、引き続き「他の地域を含めて検証を続ける」こととした。

２．１０　2019 年報告

2019 年報告[19]においては、平成 30 年 7 月豪雨において「長雨特有」の崩壊発生形態として、「小規模な崩壊」や「人工斜面の崩壊」などが多数確認された。これらは、本システムでは対象外としている崩壊形態であり、システム稼働中にこれらの発生を予測することはできなかった。しかしながら、情報を利用するユーザーからは小規模な崩壊等であっても本システムにおいて予測できるよう改良の要望があり、どのような対応が可能か検討を行った。検討の結果、「解析セルの細分化による小規模崩壊の予測」や、道路上を流れる流水を考慮した「人工斜面の崩壊予測」などの対応方法について検討し「適用できる可能性を示した」。しかしながら、今回検討した方法を広範囲に展開するにはモデル構築における膨大な作業が発生するほか、サーバ等のハードウェアの増設などの課題もあり、「実用化のためにはさらに効率的な方法の検討が必要」と考えられた。また、養父市のモデル構築を行うため、基礎資料の整理ならびに崩壊地の特徴について検討を加えた。検証計算において崩壊の捕捉率が低い北但層群では、地質区分を細分化し材料特性を考慮した地盤定数を設定することで捕捉率を向上することができた。そのモデルを用いて平成 30 年 7 月豪雨時の

崩壊箇所と判定結果を対比した結果、自然斜面の崩壊や土石流は捕捉できたものの、人家裏の人工改変地で発生した小規模な崩壊は見逃しており、同箇所の予測の課題が残った[20]。

２．１１　2020 年報告

2020 年報告[21]においては、2018 年に丹波市を対象に検討した土石流の発生機構を考慮した新たな判定手法[18]について、「地質の異なる香美町を対象にその適用性を検証」し、その結果について報告した。検討の結果、地質の異なる香美町においても新たな土石流判定手法を「適用できることが確認」できた。また、さらに「空振率」を改善する方法として「河道幅を仮想的に与える方法を提案」し、崩壊予測モデルによる空振率と遜色のないレベルで運用できる見通しとなった。しかしながら、検証事例が丹波市と香美町に限られているため、全県への適用に向けては、提案した「谷出口流量」や「渓床堆積土砂流出率」からなる閾値設定方法の効率化等について、引き続き事例検証を重ねることが必要と考えられた。

２．１２　2021 年報告

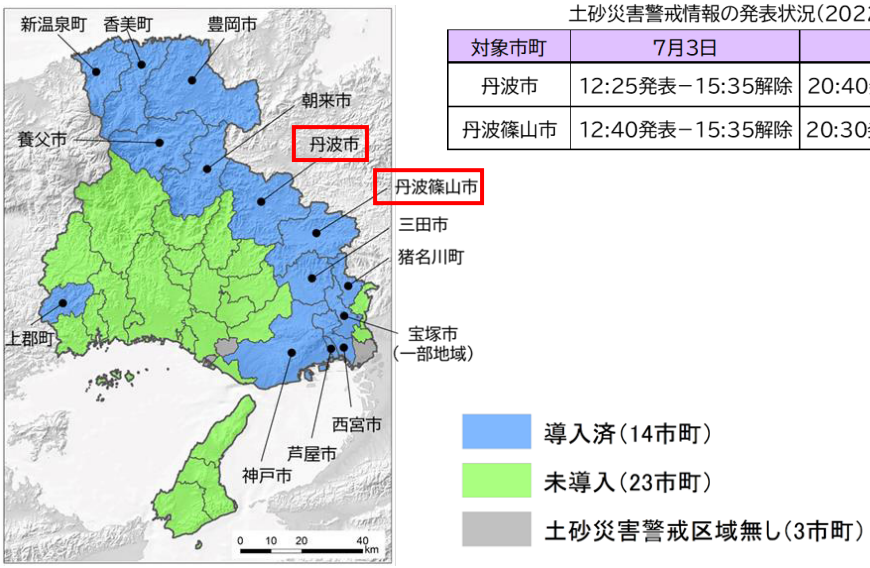
2021 年報告[22]においては、2020 年 7 月豪雨において、少ない雨量で生じる多くの空振りが確認されたため、神戸市灘区のモデルエリアを対象に対応を検討した。検討の結果、空振りの要因として、表土層厚の層厚式の設定や、浅い谷沿いの表土層厚の減厚区間より上流側において地下水位の挙動が適切に再現できていない可能性が挙げられた。このため、詳細地形図を用いた谷沿いの水系網の設定や、透水係数の見直しにより、空振りを減少させる効果があることを確認した。検証事例が神戸市に限られているため、今後の全県への適用に向けては、引き続き事例検証を重ねることが必要と考えられた。

２．１３　2022 年報告

2022 年報告[23]においては、前年度に引き続き、少ない降雨量（総降雨量 150mm 未満）で生じる空振り判定について、既往の 11 システム（豊岡、上郡、三田、丹波、丹波篠山、西宮・芦屋・宝塚（一部）、神戸、朝来、養父、新温泉、香美）及び令和 3 年度（2021 年）に新たにシステムを構築した猪名川町域において、令和 3 年 8 月豪雨の空振り判定事例を用いて、その要因を分析するとともに対応を検討した。その結果、日本海側に分布する地質を起源とする粘性土からなる表土層の地盤定数を適切な値に見直すこと、これまで全域同じ値としていた表土層の透水係数を水系網及び水系網沿いの 10m メッシュでは地下水が早く抜けるよう大きな値に見直すことで空振り判定が大幅に改善されることがわかった。今回の検討で得られたノウハウは、山地斜面全体の精度向上に高い効果を発揮する一方、システム本来の目的である土砂災害警戒区域単位の危険度予測に着目する契機となり、土砂災害警戒区域単位の精度向上を目指す動機付けとなった。今後、土砂災害警戒区域に着目した実降雨や過去の豪雨の事例検証を重ね、精度向上の課題抽出及びその対応を検討することが必要と考えられた。

３．令和４年（2022 年）７月豪雨状況とシステムの判定

2021 年及び 2022 年に検討した粘性土からなる表土層の地盤定数の見直しと水系網沿いの透水係数の見直しを令和４年（2022 年）６月に図 3.1.1 に示すシステム導入済みの全市町に適用した。その後、2022 年７月３日と７月９日に２回つづけて土砂害警戒情報が発表される規模の降雨が丹波篠山市と丹波市の境界付近で生じた。本報告では、この２つの降雨事例を対象にシステムの判定と現地状況との比較検証を行い、モデルの妥当性や今後の改良点等について検討した。



土砂災害警戒情報の発表状況（2022年）

対象市町	7月3日	7月9日
丹波市	12:25発表－15:35解除	20:40発表－21:24解除
丹波篠山市	12:40発表－15:35解除	20:30発表－22:05解除

図 3.1.1 兵庫県箇所別土砂災害危険度予測システム導入市町（2023.11 現在）

３．１　令和４年（2022 年）７月３日降雨とシステムの判定

（１）降雨状況

７月３日の丹波市、丹波篠山市における最大時間雨量強度（mm/h）及び総降水量（mm）の分布状況を図 3.1.2 に、最も時間雨量強度の大きかった気象庁解析雨量（1km メッシュ）のハイエトを図 3.1.3 に示す。

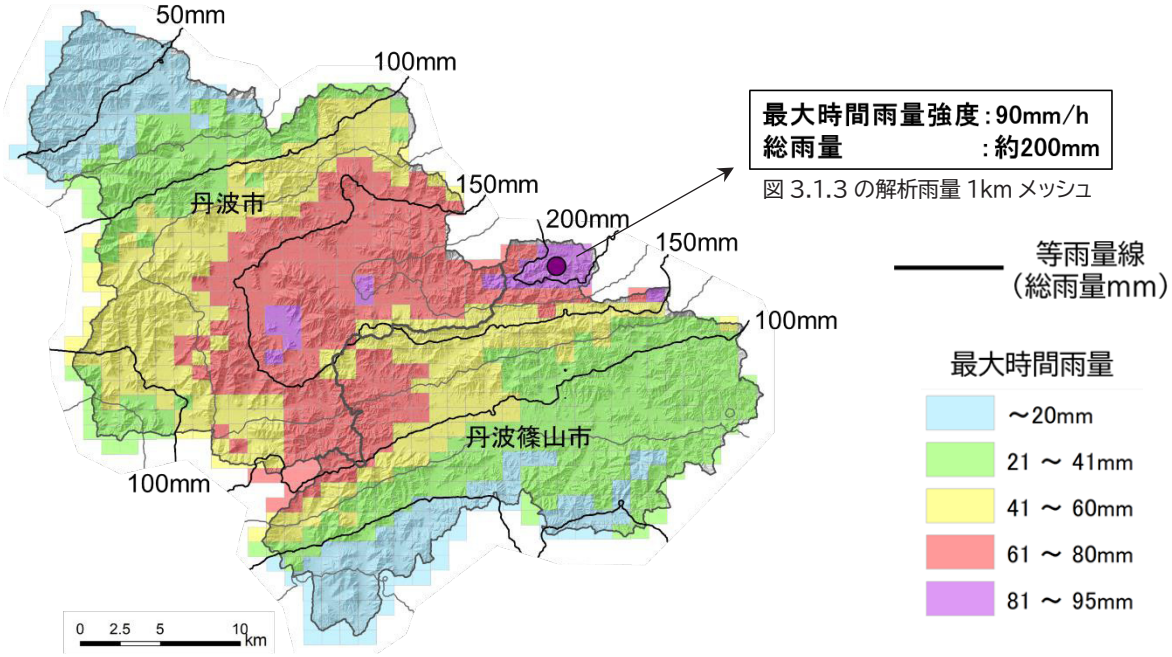


図 3.1.2 令和４年（2022 年）７月３日降雨の最大時間雨量強度及び総降水量分布（丹波市・丹波篠山市）[24)]

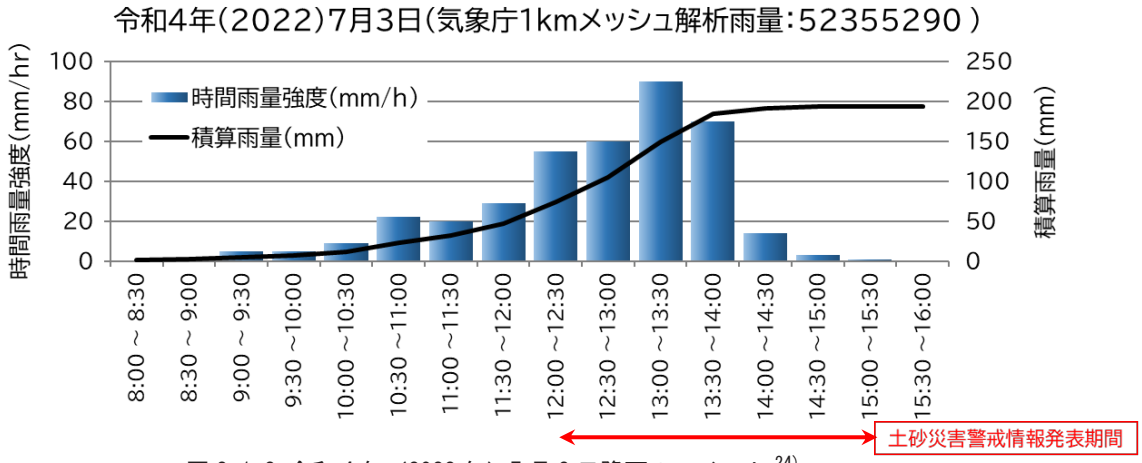


図 3.1.3 令和 4 年（2022 年）7 月 3 日降雨のハイエト [24)]

（２）土砂災害の発生状況

兵庫県砂防課の災害報告によると、この雨による土砂災害は丹波篠山市の土砂災害警戒区域（急傾斜）で発生したがけ崩れの事例 1 件であった（図 3.1.4 の右上写真）。被害は人家（空家）と倉庫の倒壊で人的な被害はなかった。

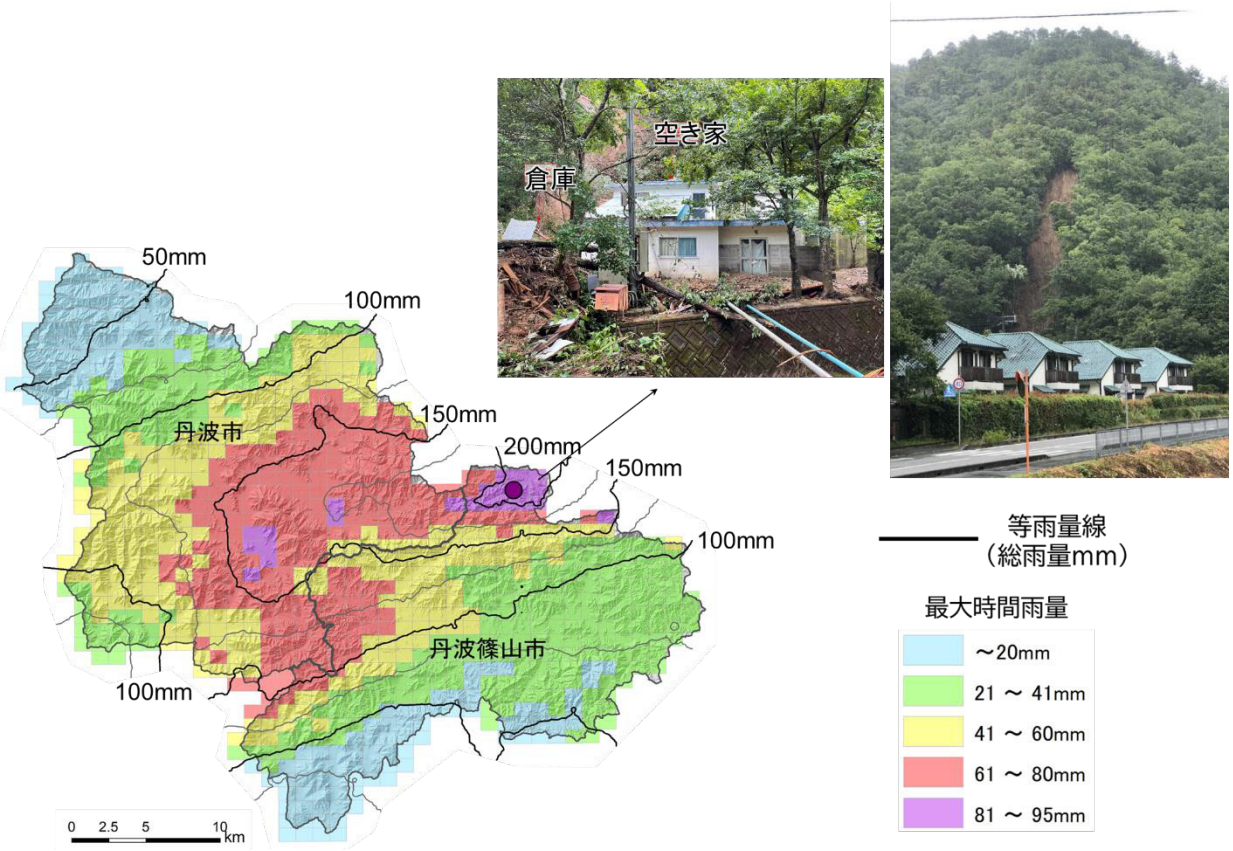


図 3.1.4 令和 4 年（2022 年）7 月 3 日降雨の土砂災害発生状況 [24)]

（３）システムの判定状況

システムによる土砂災害警戒区域（急傾斜）の判定結果を図 3.1.5 に示す。がけ崩れの発生した土砂災害警戒区域の判定は、図 3.1.5（右上のシステム画面キャプチャー）のように危険判定となっており、災害発生を捕捉できていた。また、図 3.1.5 には参考として地域別土砂災害危険度で危険判定となった 1km メッシュの分布を重ね合わせた。地域別土砂災害危険度で危険判定となった 1km メッシュと重なる土砂災害警戒区域（急傾斜）をすべて危険判定として箇所数を計上し、本システムで危険判定となった土砂災害警戒区域（急傾斜）の箇所数と比較すると表 3.1.1 のようである。これより、地域別土砂災害危険度と比較した場合、本システムの方がより危険な箇所を絞り込めていたことがわかる。

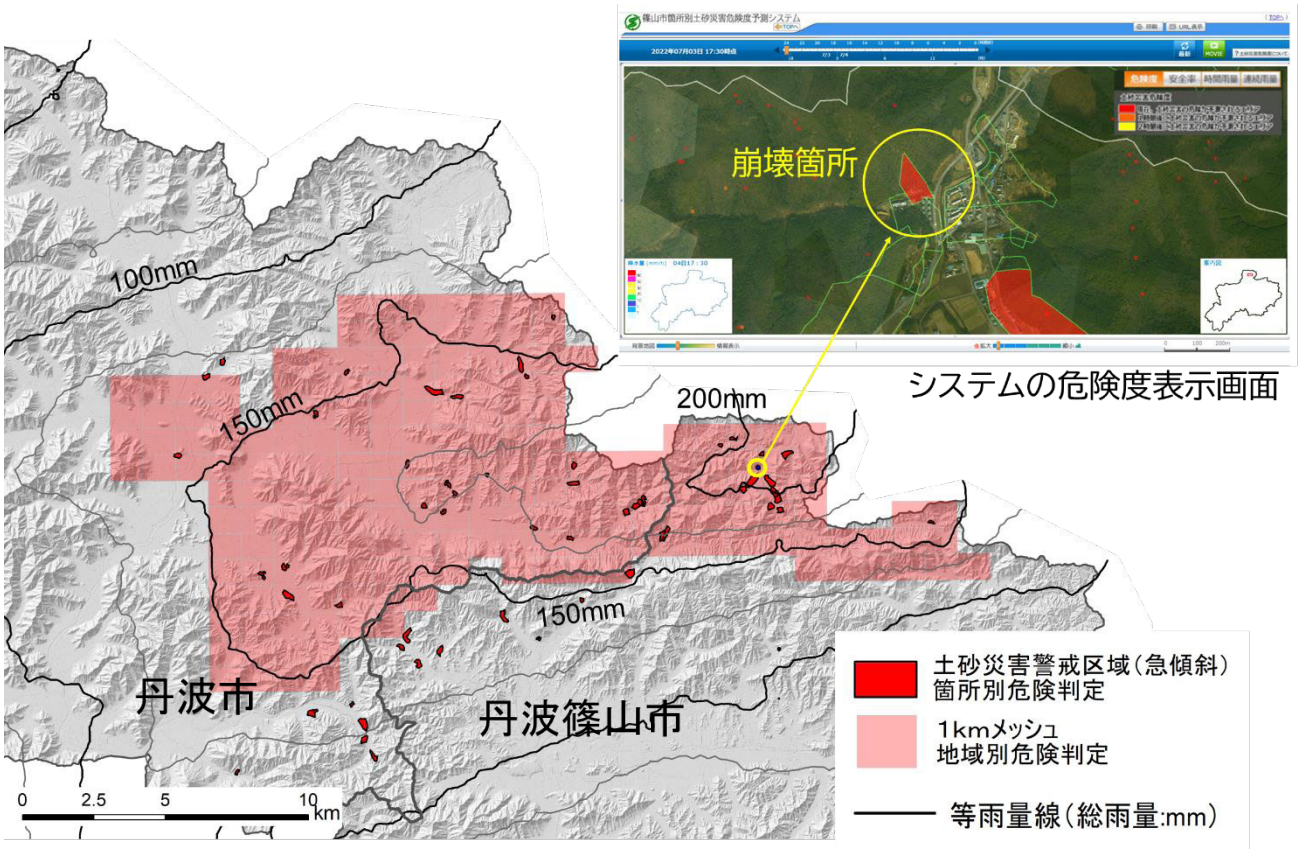


図 3.1.5 令和 4 年（2022 年）7 月 3 日降雨のシステムの判定状況 [24)]

表 3.1.1 土砂災害警戒区域（急傾斜）の判定箇所数（令和 4 年（2022 年）7 月 3 日降雨）[24)]

システム	危険判定箇所数（Y区域〔急傾斜〕）			
	丹波市	丹波篠山市	合計	
本システム	36	24	60	約 1/8
地域別土砂災害危険度	385	92	477	

土砂災害の発生 1 箇所に対し空振り 59 箇所という土砂災害警戒区域に着目した今回の整理結果からは、更なる精度向上（土砂災害警戒区域における空振り低減）が必要であることがうかがえる。次章においては、丹波篠山市及び丹波市へのヒアリング調査から得られた災害情報をもとに現地調査を実施し、システムの判定と現地状況との比較検証及びモデルの妥当性や今後の改良点等について検討した。

３．２　令和４年（2022 年）７月９日降雨とシステムの判定

（１）降雨状況

７月９日の丹波市、丹波篠山市における最大時間雨量強度（mm/h）及び総降水量（mm）の分布状況を図 3.2.1 に、最も時間雨量強度の大きかった気象庁解析雨量（1km メッシュ）のハイエトを図 3.2.2 に示す。

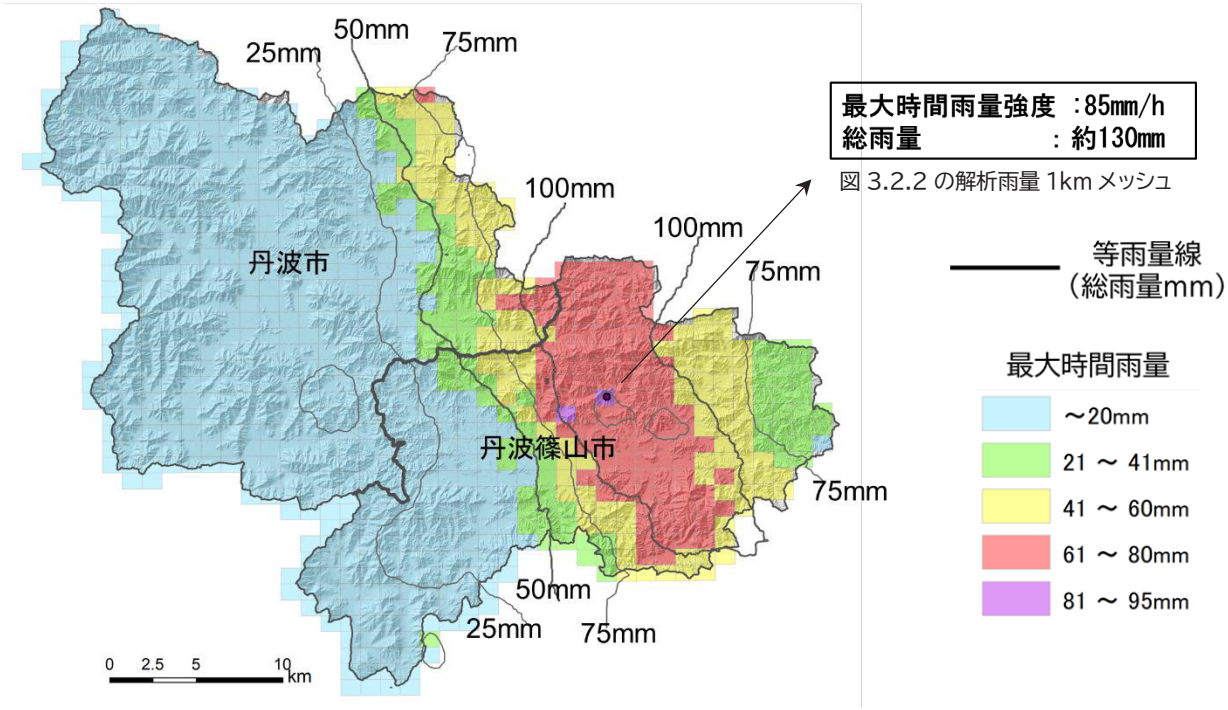


図 3.2.1 令和４年（2022 年）７月９日降雨の最大時間雨量強度及び総降水量分布（丹波市・丹波篠山市）[24)]

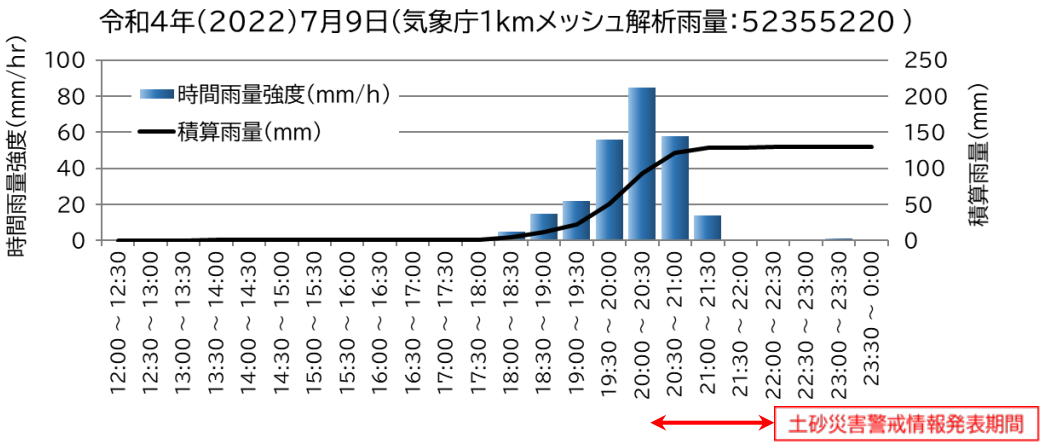


図 3.2.2 令和４年（2022 年）７月９日降雨のハイエト[24)]

（２）土砂災害の発生状況

兵庫県砂防課の災害報告には、この雨による報告はなかった。ただし、丹波篠山市及び丹波市へのヒアリング調査において土砂災害の発生が確認されたため検証対象降雨として整理した。土砂災害の発生状況については、次章で整理する。

（３）システムの判定状況

システムによる判定状況を図 3.2.3 に示す。また、同図には前項と同様に参考として地域別土砂災害危険度で危険判定となった 1km メッシュの分布を重ね合わせた。危険判定となった土砂災害警戒区域（急傾斜）の箇所数を比較すると、地域別土砂災害危険度の 139 箇所（丹波市と丹波篠山市の合計）に対し本システムでは 3 箇所と危険な区域を絞り込めていた。

なお、本章では、土砂災害の発生事例を 0 件（兵庫県砂防課への報告がなかった）として整理したが、次章においては、丹波篠山市及び丹波市へのヒアリング調査から得られた災害情報をもとに現地調査を実施し、システムの判定と現地状況との比較検証及びモデルの妥当性や今後の改良点等について検討した。

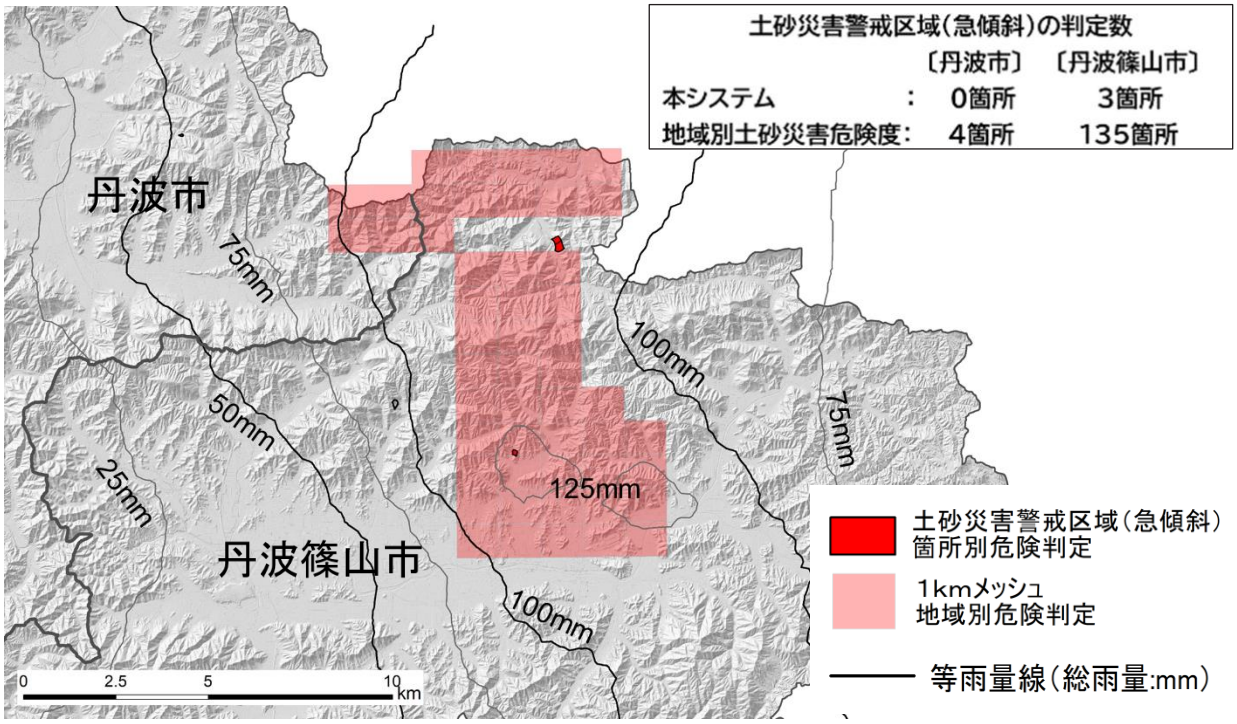


図 3.2.3 令和 4 年（2022 年）7 月 9 日降雨のシステムの判定状況 [24)]

４．現地調査とモデルの改善検討

４．１　現地調査結果

（１）丹波篠山市

丹波篠山市より提供いただいた災害報告資料では図4.1.1に示す位置で災害土砂災害が発生したと整理されていた。このうち、自然斜面の崩壊、崩壊の可能性のある箇所について、現地調査を実施した。調査結果の一覧表を表 4.1.1、調査位置図を図 4.1.2～4.1.4 に示した。

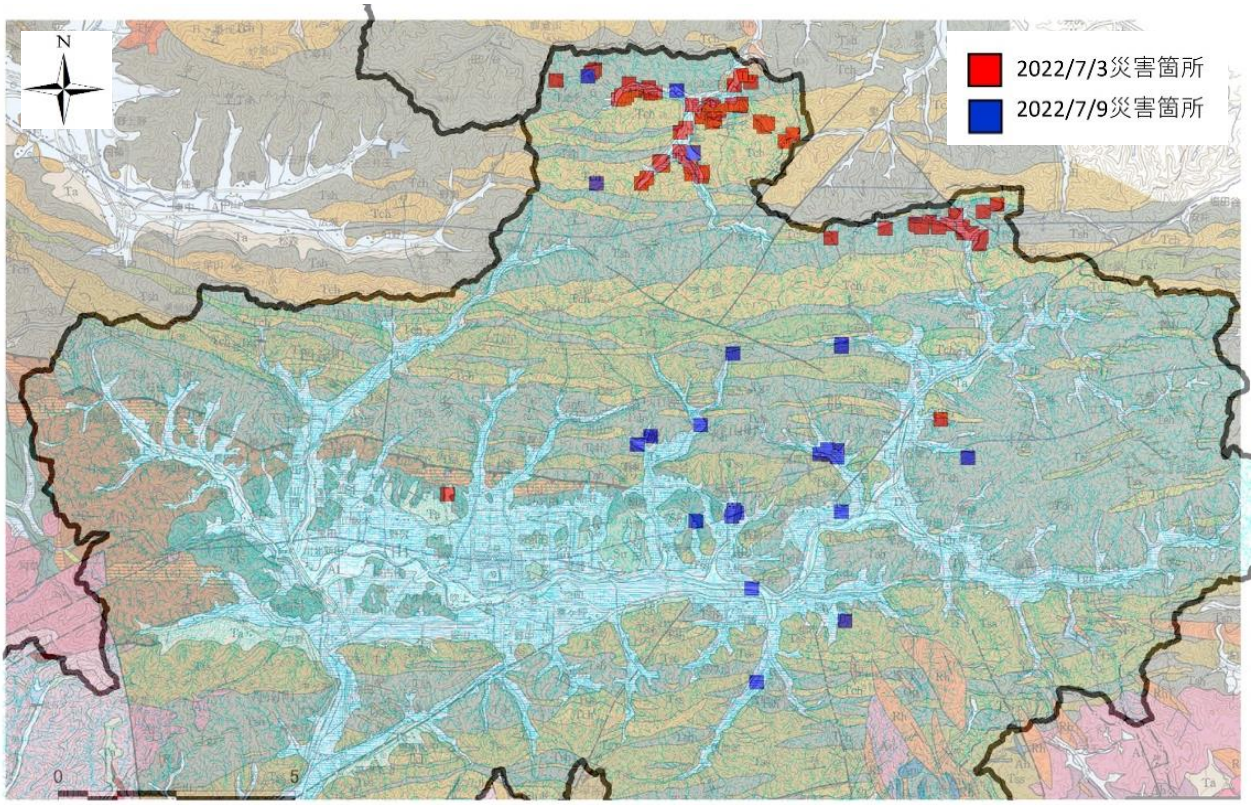


図 4.1.1 土砂災害報告箇所の位置図（丹波篠山市）[24)]

現地調査では、システムで対象とする現象か否か（自然斜面か否か、10m メッシュで捕捉できる規模か否か、崩壊の誘因が主に降雨に起因するものか否か、道路側溝の排水設備のつまり等、人工的な要因等か否か等）の確認、崩壊発生要因及びシステムで設定している地形・地質条件や表土層厚等との違いについて調査した。その結果、21 箇所の災害報告箇所において、自然斜面の崩壊は 10 箇所であった。そのうち、1箇所は 100 ㎡以下の小規模な崩壊であること、また、丹波篠山市の報告箇所以外に新規で 2 箇所確認したことから、システムの検証対象となる表層崩壊は合計 11 箇所として整理された。この11箇所を中心に詳細調査（詳細な現地踏査）を実施した。その結果の代表箇所として、図 4.1.5～4.1.7 に示す。このうち、図 4.1.5 は土砂災害警戒区域内で表層崩壊が発生した箇所であり、システムでは崩壊を捕捉している箇所である。また、図 4.1.6～4.1.7 は山腹斜面の表層崩壊であるが、システムでは崩壊を見逃している箇所である。

表 4.1.1　現地調査結果一覧表（丹波篠山市）[24)]

災害報告書 No.	枝番	被害区分	件名	被災箇所		自然斜面の崩壊	現地踏査結果 概　要	判定結果 一軸	判定結果 二軸・運用	詳細踏査
3		その他	土砂崩れ	遠方 やまもりサーキットキャンプ場		○	自然斜面の表層崩壊である。	捕捉	捕捉	○
5		道路・河川	土砂崩れ片側通行	本郷地内（県道篠山三和線） 本郷交差点付近		×	交差点付近の斜面・法面に目立った崩壊は認められない。			
7		その他	土砂崩れ	本郷230-6		×	斜面に崩壊等は分布無く、谷からの出水のみ。			○
9		道路・河川	土砂崩れ	本郷 県道沿い		×	斜面に崩壊等なく、谷下流の堆積土砂が流下水により侵食・流出した。			○
38		家屋	土砂崩れ	本郷1329 (しゃ くなげ団地付近)		○	自然斜面の表層崩壊である。	警戒区域捕捉	警戒区域捕捉	○
19		その他	土砂流入	藤坂417		×	自然斜面の表層崩壊は認められない			
44の後	1-1	その他（山林）	山腹崩壊	遠方字奥山東口82-1付近		○ 小規模	自然斜面の表層崩壊であるが、幅10m以下の小規模崩壊であり、本システムの対象外である。	対象外	対象外	○
44の後	1-2	その他（山林）	山腹崩壊	遠方字奥山東口80-2付近		○	自然斜面の表層崩壊である。	捕捉	捕捉	○
44の後	1-3	その他（山林）	山腹崩壊	遠方字奥山西46-1付近		○	自然斜面の表層崩壊(である。	捕捉	捕捉	○
44の後	1-4	その他（山林）	山腹崩壊	遠方字奥山東奥62付近		○	自然斜面の表層崩壊である。	捕捉	捕捉	○
44の後	1-5	その他（山林）	山腹崩壊	遠方字奥山東口70付近		×	斜面に崩壊等なく、谷沿いが流下水により侵食され土砂流出に至った。			○
44の後	2-1	その他（山林）	山腹崩壊	遠方字獅子尾谷11-1付近		○	自然斜面の表層崩壊である。尾根に近く、集水面積が狭い。未固結の緩い礫層が不安定化したとみられる。	見逃し	見逃し	○
44の後	2-2	その他（山林）	山腹崩壊			○	自然斜面の表層崩壊である。	捕捉	見逃し	○
44の後	2-3	その他（山林）	山腹崩壊			○	自然斜面の表層崩壊である。	捕捉	捕捉	○
45		その他	山崩落	遠方 大谷コテージ裏山		○	自然斜面の表層崩壊である。頁岩の流れ盤と断層が分布するため、くさび状に崩壊が発生した構造性の崩壊である。	見逃し	見逃し	○
46		道路・河川	土砂崩れ	本郷911付近		×	自然斜面は無く、人工改変地(切土)の小崩壊である。			○
51		道路・河川	法面崩れ 水路に入り込んでいる	本郷322-1付近 草山消防コミセンから南約300m		×	道路（県道）路肩・側溝の崩壊である。			○
56		その他	鹿柵傾き	大谷 コテージ裏山の中腹		×	小規模な表土の流出のみ。			
63		その他	土砂流入	藤坂		×	自然斜面の表層崩壊は認められない（立入不可）			
64		その他	土砂流入	藤坂		×	水路沿いからの排水流出のみ			
新規 1				遠方		○	自然斜面の表層崩壊である。	捕捉	捕捉	○
新規 2				遠方		○	自然斜面の表層崩壊である。	捕捉	捕捉	○
							災害報告書からの推定			17

自然斜面の崩壊

自然斜面の崩壊の可能性あり

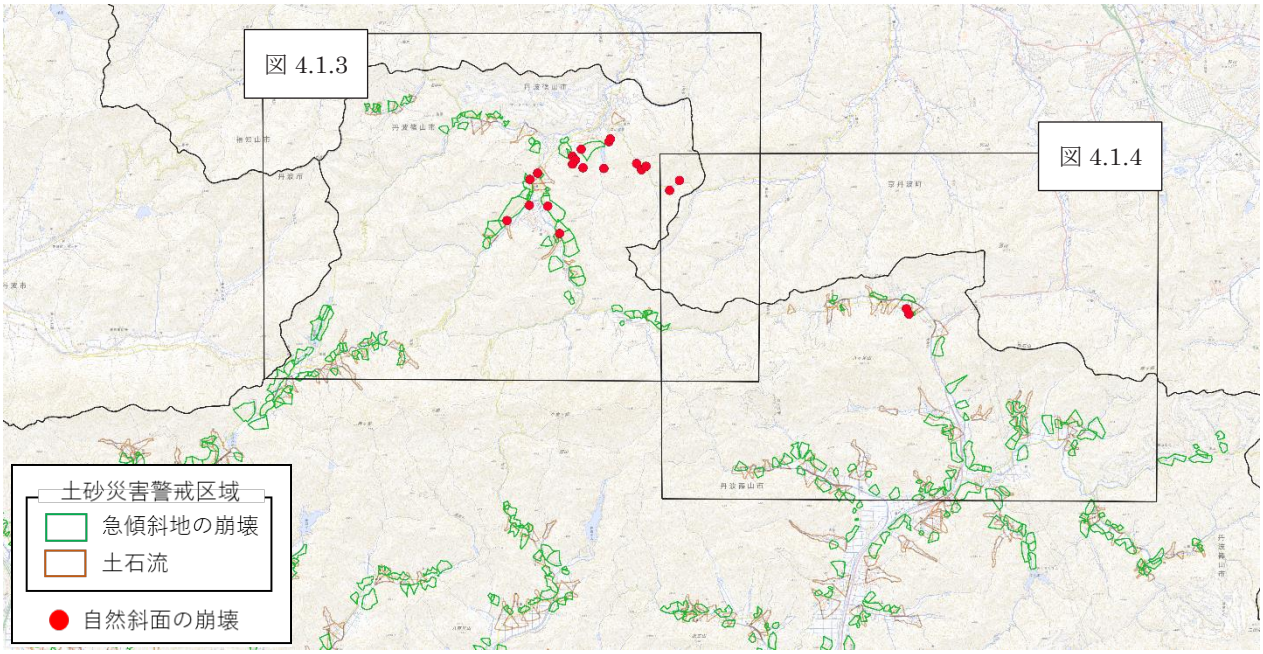


図 4.1.2　調査個所位置図 1（丹波篠山市）[24)]

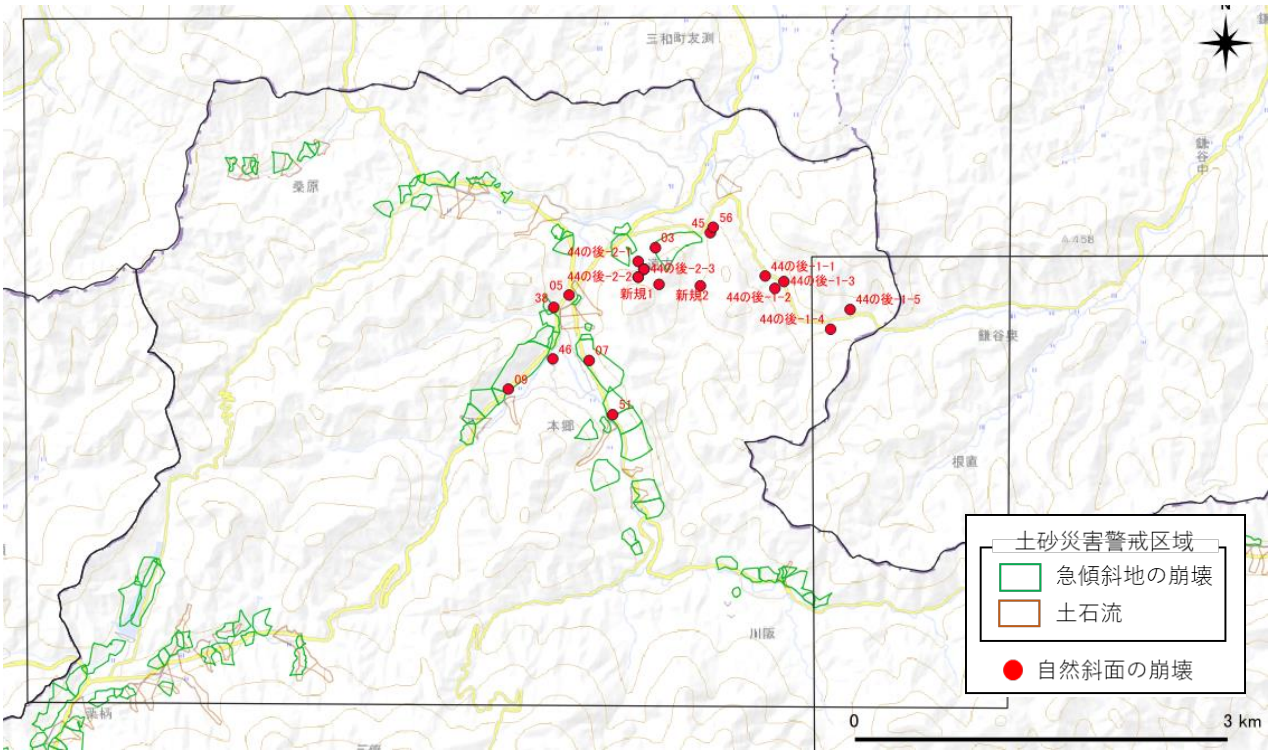


図 4.1.3　調査個所位置図 2（丹波篠山市）[24)]

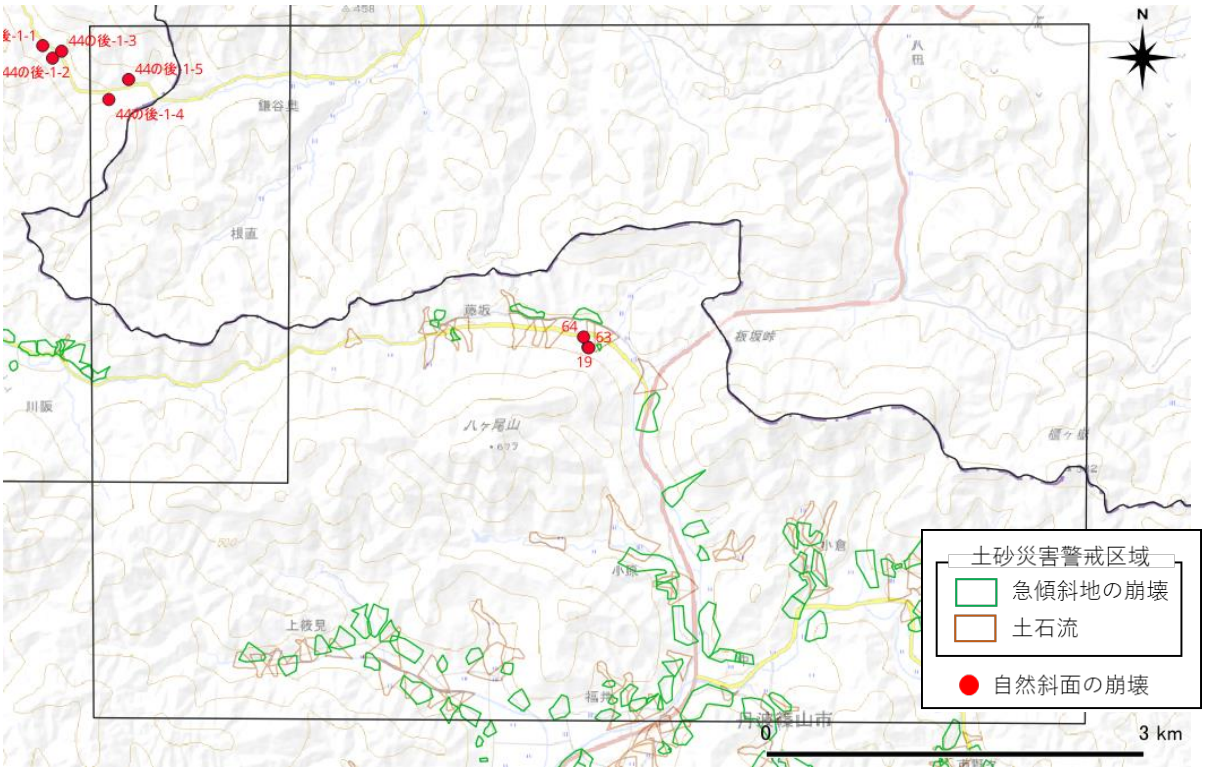
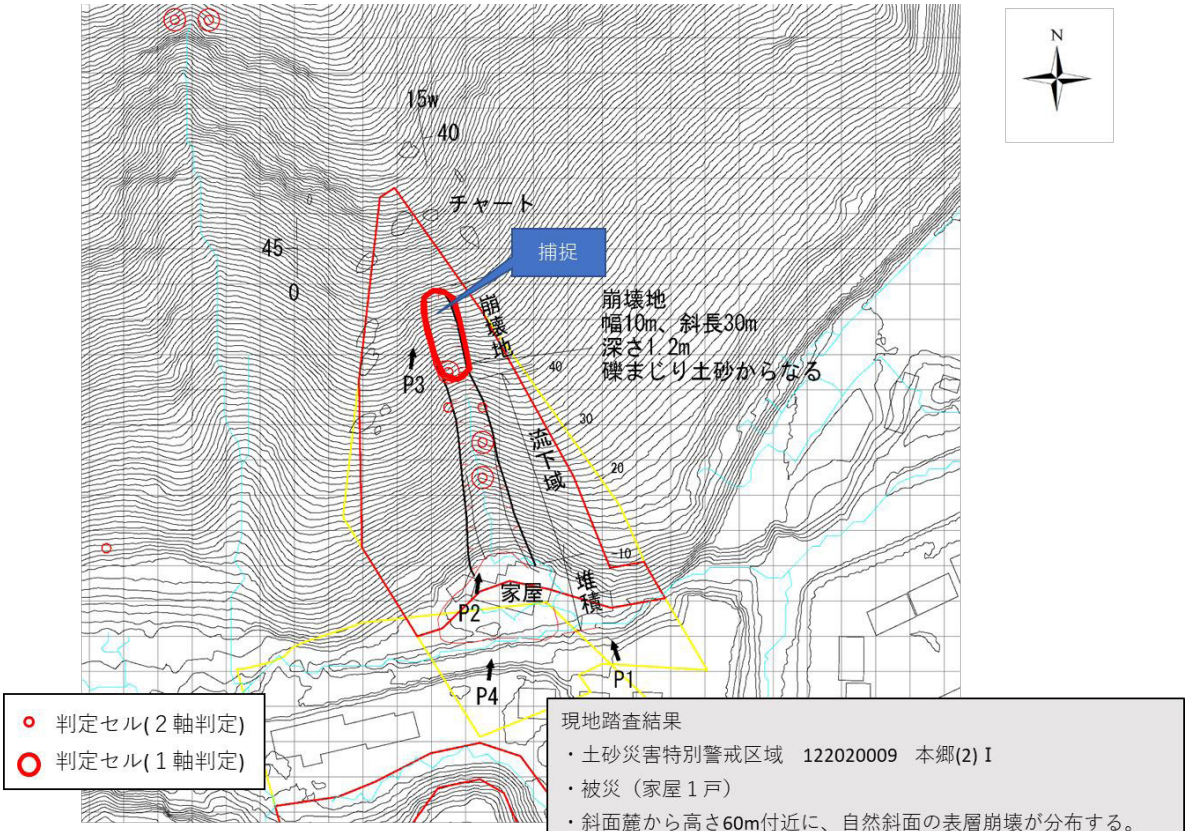


図 4.1.4　調査個所位置図 3（丹波篠山市）[24)]



現地踏査結果
- 土砂災害特別警戒区域　122020009　本郷(2) I
- 被災（家屋１戸）
- 斜面麓から高さ60m付近に、自然斜面の表層崩壊が分布する。
- 崩壊規模：幅10m、斜長30m、深さ1.2m、勾配42°
- 崩壊地は礫混じり土砂からなる。

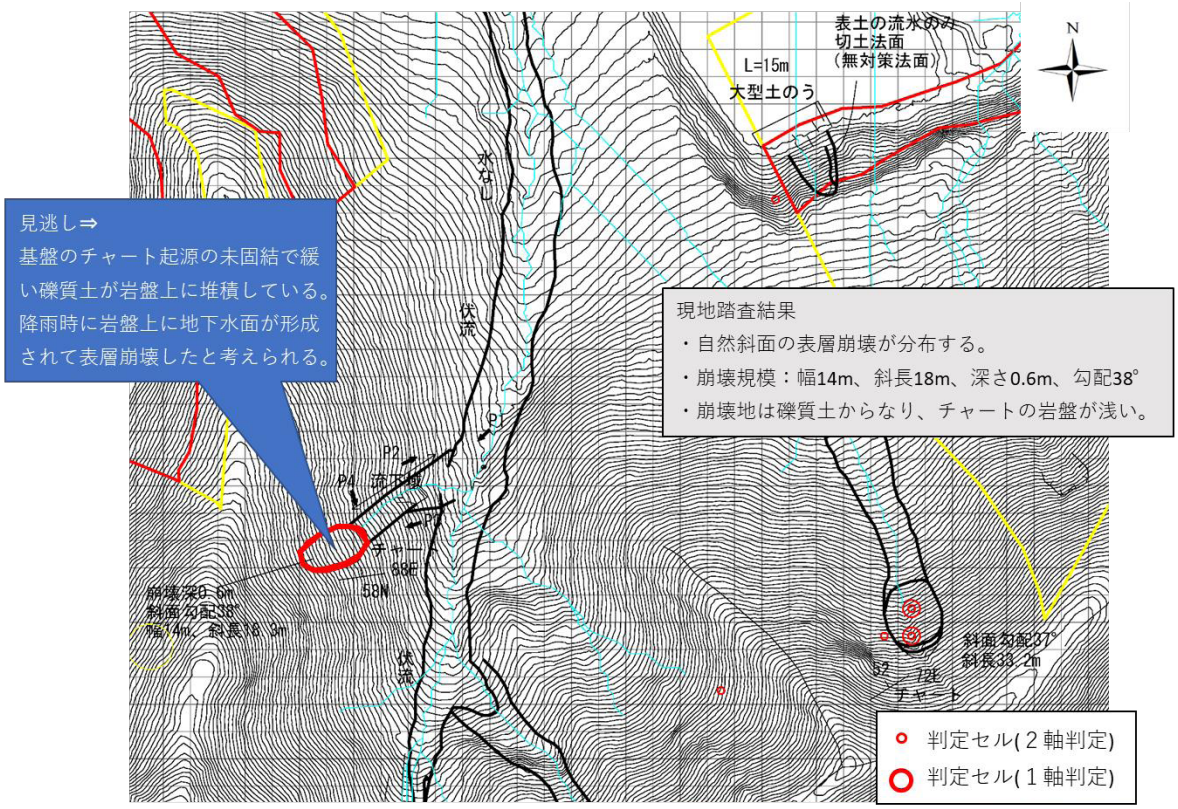
P1 全景

P2 崩壊地の流下域の状況
高さ60m程度付近から崩壊している。

P3 崩壊地の滑落崖の状況
崖高1.2m、礫混じり土砂の崩壊地

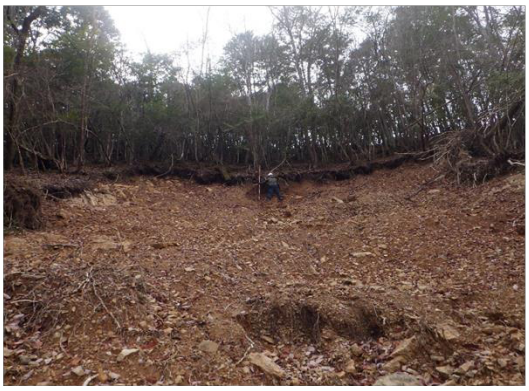
P4 斜面下の土砂堆積状況
家屋が被災している。

図 4.1.5　現地調査結果（38）（地形図の等高線間隔は 1m、水系線は 1mDEM で作成）[24)]



P1 全景

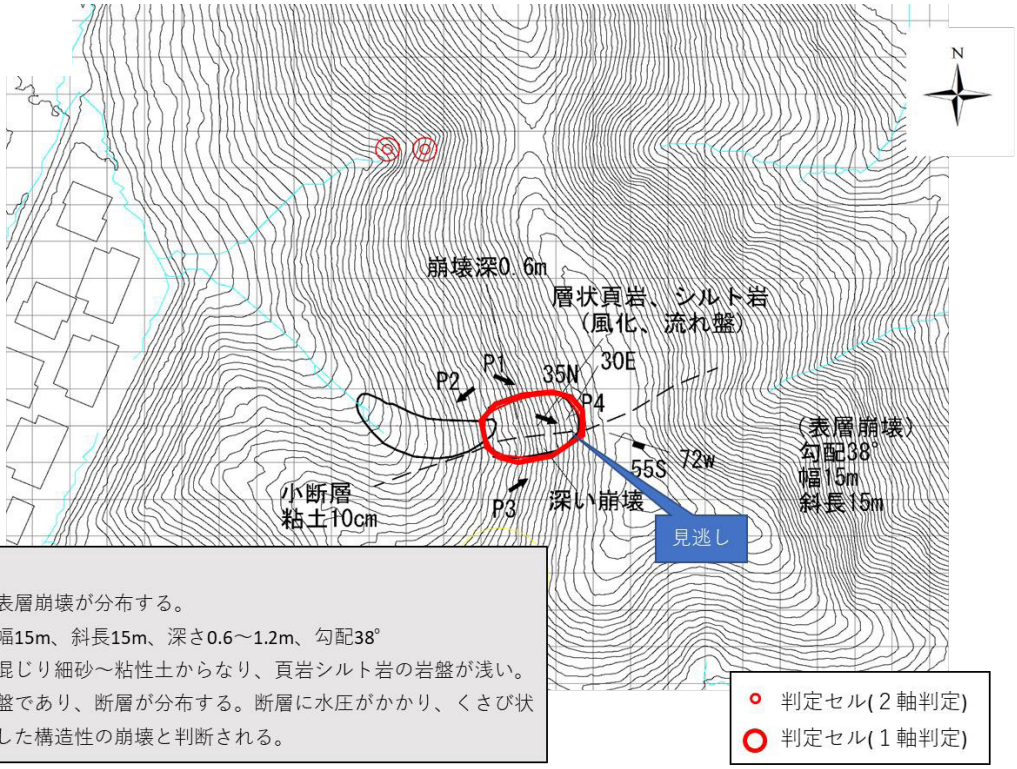
P2 崩壊地の斜面下の状況
斜面下の沢沿いに土砂は堆積している。



P3崩壊地の滑落崖の状況
崖高0.6m、礫質土の崩壊地

P4滑落崖の土質状況
未固結で空隙の多い礫質土からなる。

図 4.1.6　現地調査結果（44 の後 2-1）（地形図の等高線間隔は 1m、水系線は 1mDEM で作成）[24)]



現地踏査結果
・自然斜面の表層崩壊が分布する。
・崩壊規模：幅15m、斜長15m、深さ0.6～1.2m、勾配38°
・崩壊地は礫混じり細砂～粘性土からなり、頁岩シルト岩の岩盤が浅い。
・頁岩の流れ盤であり、断層が分布する。断層に水圧がかかり、くさび状に崩壊が発生した構造性の崩壊と判断される。

P1 全景

P2 崩壊地の斜面下の状況
斜面下の沢沿いに土砂は堆積している。

P3崩壊地の南側の状況
崩壊深1.2mの深い崩壊が分布しており、湧水跡も見られる。

P4　P3の滑落崖の状況
幅10cmの粘土層（赤矢印沿い）と流れ盤の頁岩層沿いに崩壊面が形成されており、くさび状崩壊と判断される。

図 4.1.7　現地調査結果（45）（地形図の等高線間隔は 1m、水系線は 1mDEM で作成）[24)]

現地調査結果により表層崩壊を12箇所確認した。そのうち、100㎡以下（1メッシュ）の小規模な崩壊を除くと、システムが再現可能な表層崩壊は11箇所として整理される。この表層崩壊箇所とシステム判定を比較した結果を、表4.1.2および4.1.3に示す。崩壊箇所あたりおよびセル数あたりでの捕捉率は判定（一軸）では80%を超えており、捕捉率は十分高いことを確認した。対して、見逃しは判定（一軸）では２箇所である。なお、本論では10mメッシュ単位の崩壊予測（安全率と安全率の変化量の二軸の閾値による判定[7]、以下「判定（二軸）」と略す）および、10mメッシュ単位の崩壊予測（安全率による判定、以下「判定」または「判定（一軸）」と略す）と示す。また、土砂災害警戒区域ごとの適中率等を表4.1.4の通り整理した。この位置図を図4.1.8に示す。土砂災害警戒区域内の崩壊は１箇所のみであり、システムが予測していたため、捕捉率は100%であった。

表 4.1.2　崩壊箇所あたりの捕捉率 [24)]

	全崩壊数	捕捉	見逃し	箇所あたり捕捉率
1 軸判定（安全率のみ）	11 箇所	9	2	82%
2 軸判定（安全率および変化率）・運用版	11 箇所	8	3	73%

表 4.1.3　セル数あたりの適中率等 [24)]

判定方法	セル数					適中率等				
	A	B	C	D	合　計	適中率	捕捉率	空振率 C/(C+D)	空振率 C/(A+C)	見逃率
1 軸判定（安全率のみ）	75	15	4,921	2,907,090	2,912,101	99.8%	83.3%	0.2%	98.5%	16.7%
2軸判定（安全率および変化率）・運用版	69	21	2,369	2,909,642	2,912,101	99.9%	76.7%	0.1%	97.2%	23.3%

表 4.1.4　土砂災害警戒区域の個所あたりの適中率等（斜面崩壊が生じた箇所）[24)]

判定方法	警戒区域数					適中率等				
	A	B	C	D	合　計	適中率	捕捉率	空振率 C/(C+D)	空振率 C/(A+C)	見逃率
1 軸判定（安全率のみ）	1	0	29	763	793	96.3%	100.0%	3.7%	96.7%	0.0%
2軸判定（安全率および変化率）・運用版	1	0	18	774	793	97.7%	100.0%	2.3%	94.7%	0.0%

【参考】指標の演算方法

適中率＝（Ａ＋Ｄ）／（Ａ＋Ｂ＋Ｃ＋Ｄ）
捕捉率＝Ａ／（Ａ＋Ｂ）
空振率＝Ｃ／（Ｃ＋Ｄ）
見逃率＝Ｂ／（Ａ＋Ｂ）

予測 / 実績	発生予想	非発生予想
崩壊発生	A	B
崩壊非発生	C	D

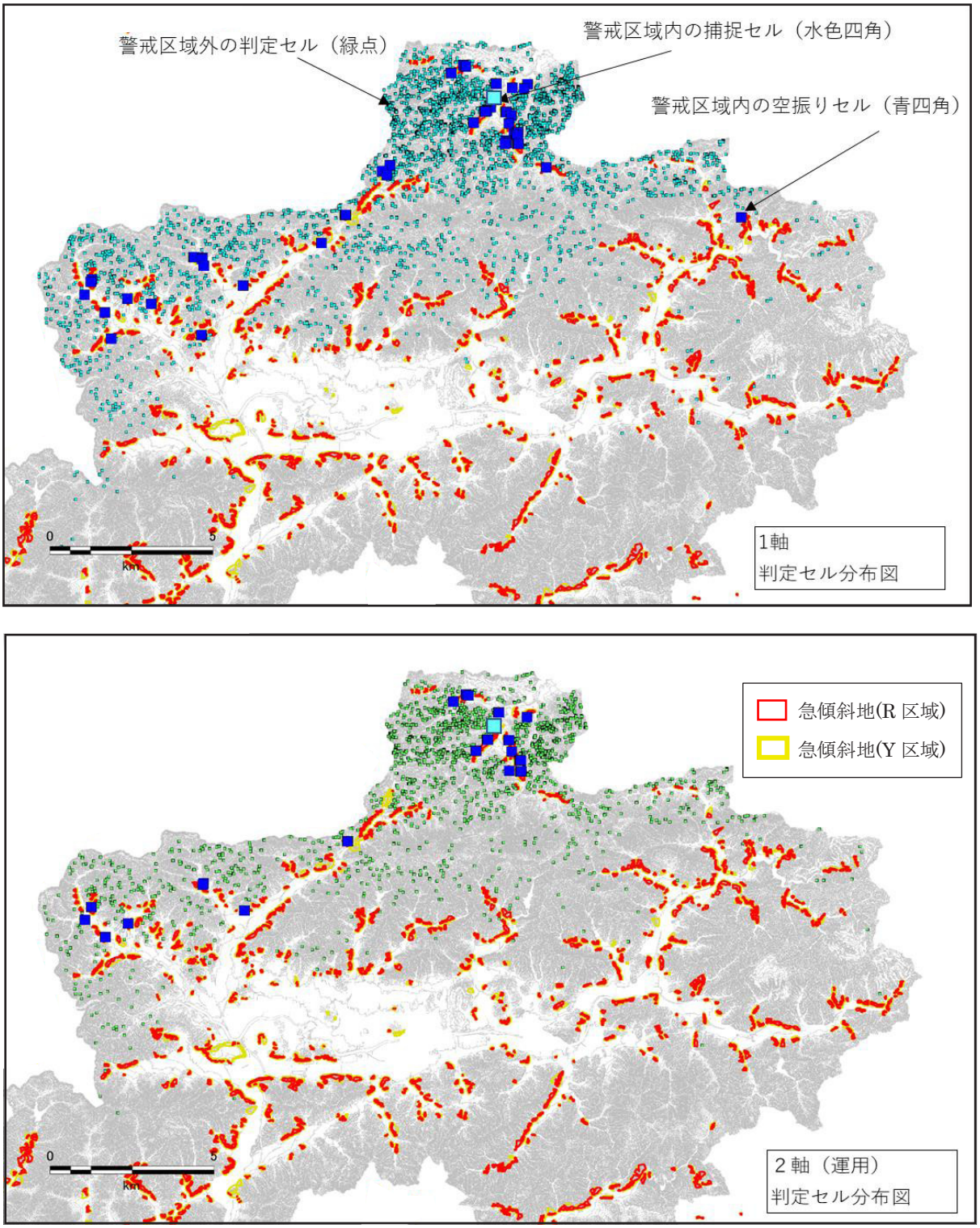


図 4.1.8　システム判定結果と土砂災害警戒区域の捕捉・空振りの位置図

（上図：判定（一軸）、下図：判定（二軸））[24)]

（２）丹波市

丹波市より提供いただいた災害報告資料では図 4.1.9 に示す位置で土砂災害が発生したと報告がなされていた。このうち、自然斜面の崩壊、崩壊の可能性のある箇所について、現地確認の調査を実施した。調査結果の一覧表を表 4.1.5 に示した。表の左側の欄は、市からの情報をもとに整理した内容で、右側の欄は災害写真や現地調査によって、整理した内容について述べる。丹波市の現地調査は、丹波篠山市における現地調査と同様に、システムで対象とする現象か否か（自然斜面か否か、10m メッシュで捕捉できる規模か否か、崩壊の誘因が主に降雨に起因するものか否か、道路側溝の排水設備のつまり等、人工的な要因等か否か等）の確認、崩壊発生要因及びシステムで設定している地形・地質条件や表土層厚等との違いについて調査した。

現地調査の結果から 9 箇所の災害報告箇所において、自然斜面の崩壊は 2 箇所であった。ただ、その自然斜面の崩壊 2 箇所とも作業道などからの表面流の流入の影響を強く受けており、システムの想定条件外であった。したがって、今回の災害におけるシステムが予測すべき土砂移動現象と実態と比較した結果、システムによる見逃し判定箇所はなかったと言える。

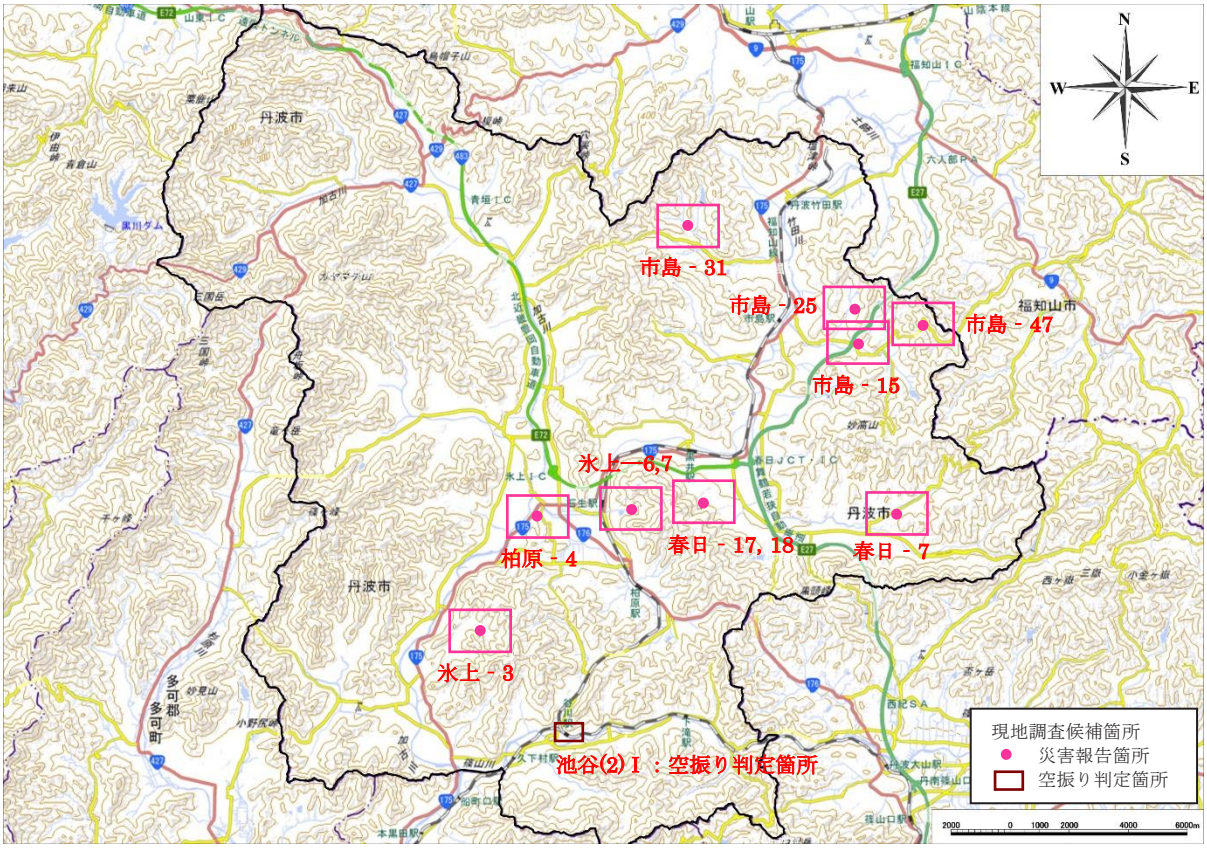


図 4.1.9 土砂災害報告箇所の位置図（丹波市）[24)]

表 4.1.5　現地調査結果一覧表（丹波市）[24)]

災害報告書 No.		被害区分	件名		自然斜面の崩壊	現地調査結果 概　　要	判定 1軸 2軸運用
市島	47	道路・河川	法面崩落		×	人工斜面（切土）の崩壊 **システム判定対象外**	
市島	40	その他	土砂崩れ		×	浸食による土砂流出 **システム判定対象外**	**対象外**
市島	15	その他	土砂流出		×	浸食による土砂流出	
市島	31	道路・河川	法面崩落		×	人工斜面（切土）の崩壊	
市島	25	その他	山腹崩壊		○	表層崩壊（W=4m）、作業道からの地表面流の影響あり **人工改変地の影響を受けており、システム判定対象外**	**対象外**
春日	18	その他	土砂流入		×	浸食による土砂流出	
春日	17	その他	土砂流入		×	浸食による土砂流出	
春日	7	その他	山林出水		×	浸食による土砂流出	
氷上	6・7	その他	土砂流出		×	浸食による土砂流出	
氷上	3	その他	山腹崩壊		○	表層崩壊（W=8m）、作業道による法尻掘削の影響あり **人工改変地の影響を受けており、システム判定対象外**	**対象外**
柏原	4	その他	斜面崩壊		×	岩盤剥離型の崩壊	

災害報告書から推定

自然斜面の崩壊

自然斜面の崩壊の可能性あり

４．２　崩壊地の見逃しに対するモデル改善検討

現地調査結果から見逃しの要因について考察し、システムの調整方法について検討した。前節の通り、自然斜面の崩壊のうち、システムの判定（一軸）における見逃し箇所は 2 箇所であった。この2箇所について、現地調査結果にもとづき、表 4.2.1 に見逃しの要因とシステム調整方法について整理した。

また、見逃し箇所で適切な判定が得られるよう、該当する 10mメッシュの地形分類や表土層厚等の設定値を見直し、再現計算により妥当性を確認した。その結果を図 4.2.1～4.2.2 に示す。検討結果の概要を表 4.2.1 に示す。

・見逃し箇所 44 後 2-1

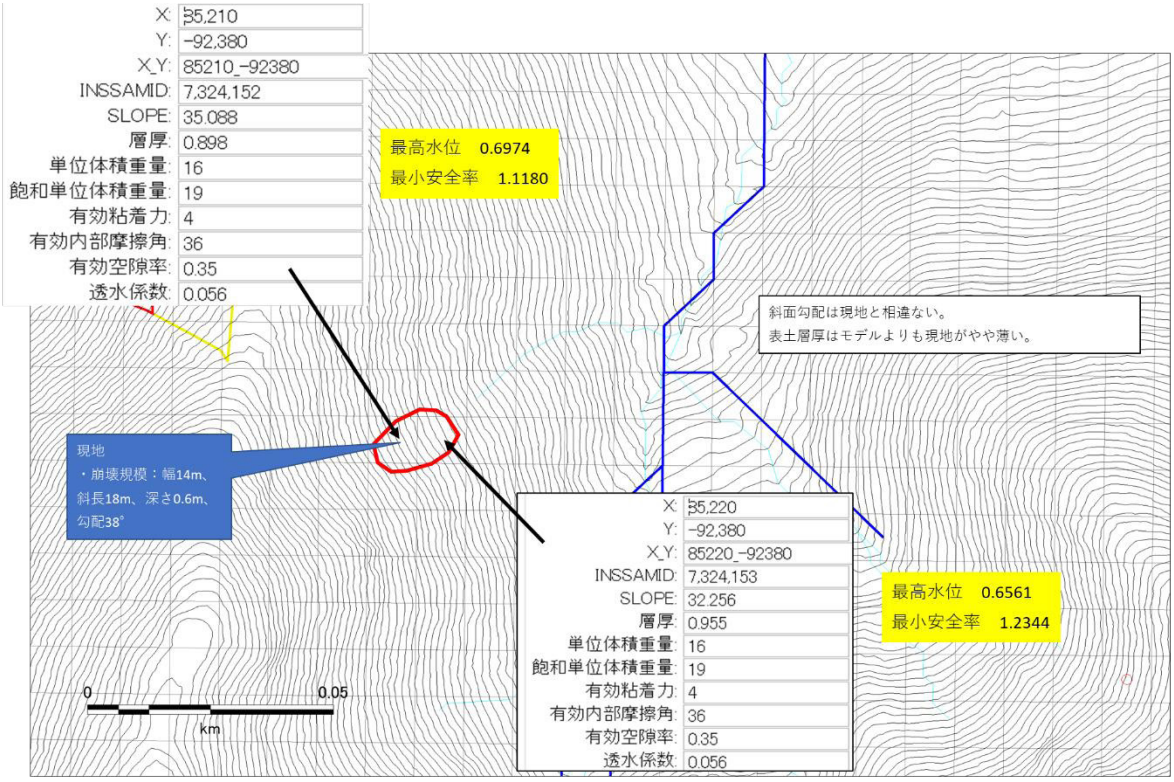
現地調査で得られた斜面勾配、表土層厚、土の粘着力により、モデルの地盤設定条件を見直した結果、表層崩壊を再現できた。しかし、見逃しの主な原因となった斜面に分布する粗い礫質土は、机上の分布予測が難しく、システムへの反映が難しい。

・見逃し箇所 45

現地調査で確認された断層の影響を受けた表土層厚、土の内部摩擦角、粘着力により、モデルの地盤設定条件を見直した結果、表層崩壊を再現できた。今後、断層が分布することが、文献等により予想される箇所などでは、今回の調整方針により、システムの精度向上の可能性が考えられる。

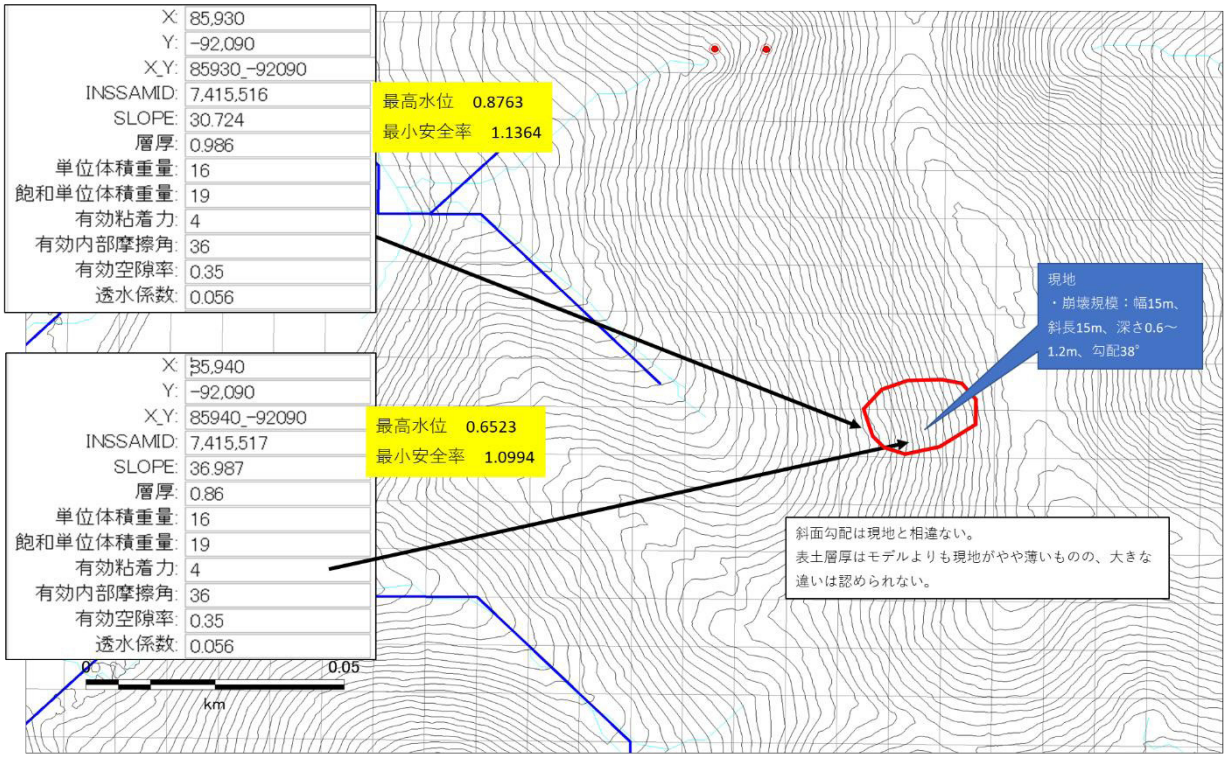
表 4.2.1　見逃しの要因とシステム調整方法 [24)]

見逃し箇所	現地とモデルの比較	見逃しの原因の考察	調整方針	調整内容	再現計算による妥当性確認
44 後 2-1	・斜面勾配は現地と相違ない。 ・表土層厚はモデルよりもやや薄い程度であるが、断層沿いはモデルよりも厚い。地下水位は満水状態ではない。	・断層沿いの層厚の厚い個所が崩壊したものであり、モデルが表現しきれないものであった。	⇒断層沿いは表土層厚が厚く、周辺よりも崩壊しやすい可能性がある。 今後、断層が分布することが文献等で把握できる地域において、モデルの改良が有効となる可能性がある。	現地調査にもとづき以下の変更 【勾配】 35.088→38° 【表土層厚】 0.898→0.6m 【表土層の粘着力】 C=4→3KN/m2	【安全率】 1.118→0.99 崩壊を再現可能となった。
45	・斜面勾配はモデルよりも現地はやや急勾配である。 ・表土層厚はモデルよりもやや薄い。地下水位は満水状態ではない。	・表土層は細粒分が流出した緩い礫質土からなるため、地盤強度が低く崩壊しやすいものであった。局所的な表土層であり、モデルが表現しきれない。	分布範囲の想定が難しく、モデル化することは困難である。	現地調査にもとづき以下の変更 【地盤定数】 C=4 KN/m2, ϕ =36°→C=6 KN/m2、ϕ=25°、 【表土層厚】 0.86→1.2m 【勾配】 37→38°	【安全率】 1.0994→1.000 ほぼ 1 程度となることで、崩壊を再現可能となった。

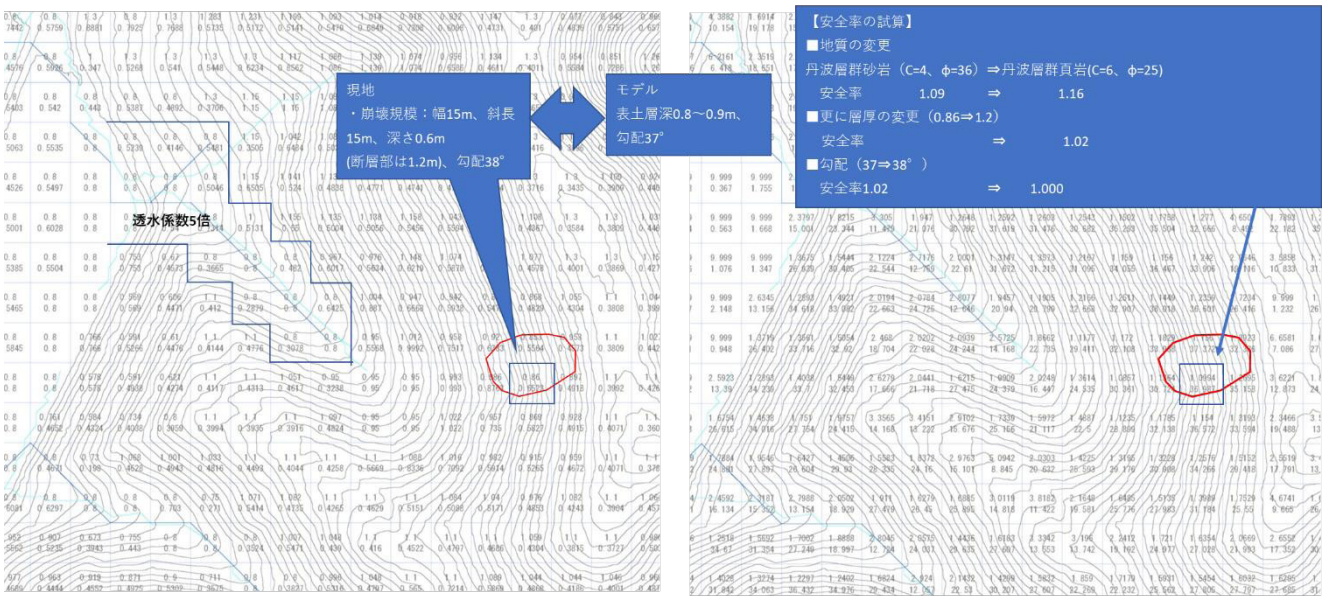


【現地とモデルの比較】
・斜面勾配はモデルよりも現地はやや急勾配である。
・表土層厚はモデルよりもやや薄い。地下水位は満水状態ではない。
【見逃しの原因の考察】
・表土層は細粒分が流出した緩い礫質土からなるため、地盤強度が低く崩壊しやすいものであった。局所的な表土層であり、モデルが表現しきれない。

図 4.2.1　見逃しの要因とシステム調整（見逃し箇所 44 後 2-1）[24)]



【現地とモデルの比較】
・斜面勾配は現地と相違ない。
・表土層厚はモデルよりもやや薄い程度であるが、断層沿いはモデルよりも厚い。地下水位は満水状態ではない。
【見逃しの原因の考察】
・断層沿いの層厚の厚い個所が崩壊したものであり、モデルが表現しきれないものであった。
⇒断層沿いは表土層厚が厚く、周辺よりも崩壊しやすい可能性がある。今後、断層が分布することが文献等で把握できる地域において、モデルの改良が有効となる可能性がある。



上段：表土層厚(m)
下段：地下水位(m)

上段：安全率
下段：斜面勾配(°)

図 4.2.2　見逃しの要因とシステム調整（見逃し箇所 45）[24)]

４．３　空振りに対するモデルの改善検討

この度の豪雨による丹波市におけるシステムの見逃し箇所はなかった。そこで、空振り判定となっている箇所について現地確認をおこない、空振りを減少させる改善方法について検討を行った。その結果を表 4.3.1 ならびに図 4.3.1～4.3.4 に示した。その結果、過去に崩壊が発生した跡の地形や小規模であるが実際に土砂移動が生じていた箇所であった。このことから地形、地質から表層崩壊モデルを構築している本システムの妥当性を確認することができた。さらに、過去の崩壊地や現在の土層深などの情報が現地調査などによって適切に反映することができれば、空振りとならないと言える。

表 4.3.1　空振り箇所におけるモデルと現地調査結果一覧表（丹波市）[24)]

No.	モデル 空振り箇所の諸元	現地	現地調査結果 概　要
1	傾斜角　40.7度 土層深　0.907m	傾斜角　40度 土層深　0.1m	古い崩壊地であり、モデルと比較して土層が薄い
2	傾斜角　36.9度 土層深　1.002m	傾斜角　40度 土層深　0.4m	古い崩壊地であり、モデルと比較して土層が薄い
3	傾斜角　34.3度 土層深　1.063m	傾斜角　35度 土層深　0.6m	古い崩壊地であり、モデルと比較して土層が薄い

今回の調査結果から、空振りを減らすためには、現地にて、過去の崩壊地形であるか、土層深さが適切であるか確認することで、予測精度の高いモデルが構築できると考えられる。一方、広域のモデルであるがため、すべての箇所について現地調査を実施することは現実的ではない。そのため、机上調査により現地調査箇所を絞り込むことができれば、効率的に予測精度の高いモデル構築ができると考える。

一つの方法として、高精度の数値地形図を用いた立体図法を用いることで、事前に過去の崩壊箇所や侵食箇所を把握することで、土層深を適切に反映できる可能性があると考えられる。

そこで、山腹斜面の水系上流で空振り判定となったセルの地形的な特徴を整理するため、 CS 立体図 [25)]と重ね合わせて確認した。なお、CS 立体図は以下に示すように、地形データによる地形表現手法の一種で、危険地形の判読を補助するものである。

小雨（累積雨量が 150mm 未満）で水系上流の空振り判定となったセルを対象に 10mDEM と 1mDEM の比較を行った。図 4.3.4 に示すように CS 立体図との重なりをみると小規模な凹地形（幅 10m 未満）と重なっている事例が確認できた。このことから、地表面傾斜から推定したモデルの土層深さと比較して、凹地形で土層深さが侵食などにより浅くなっている可能性が示唆できる場所である。

以上から、これまで 10mDEM で構築したモデルに 1mDEM を用いた CS 立体図を重ね合わせることで、土層深さが薄い可能性のある場所を絞り込むことができると考えられるため、今後現地調査も含めてデータ収集を行い、改善に資する情報蓄積を図りたい。

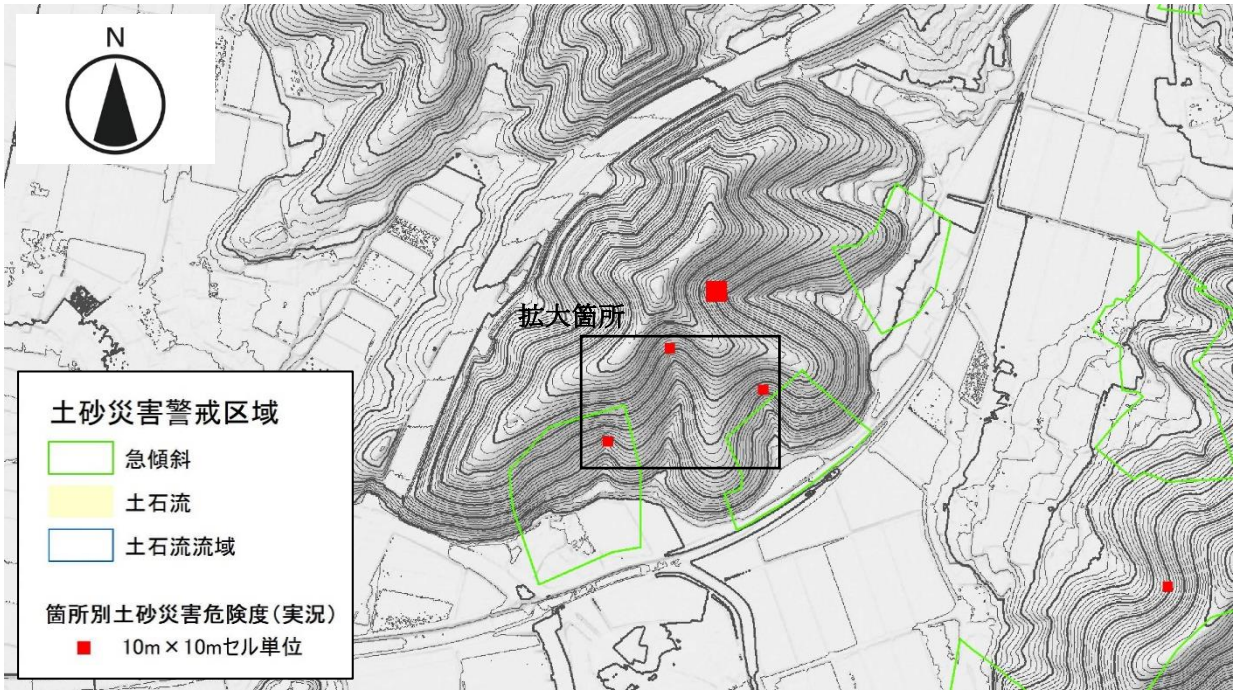


図 4.3.1　空振り箇所の事例（広域図）[24)]

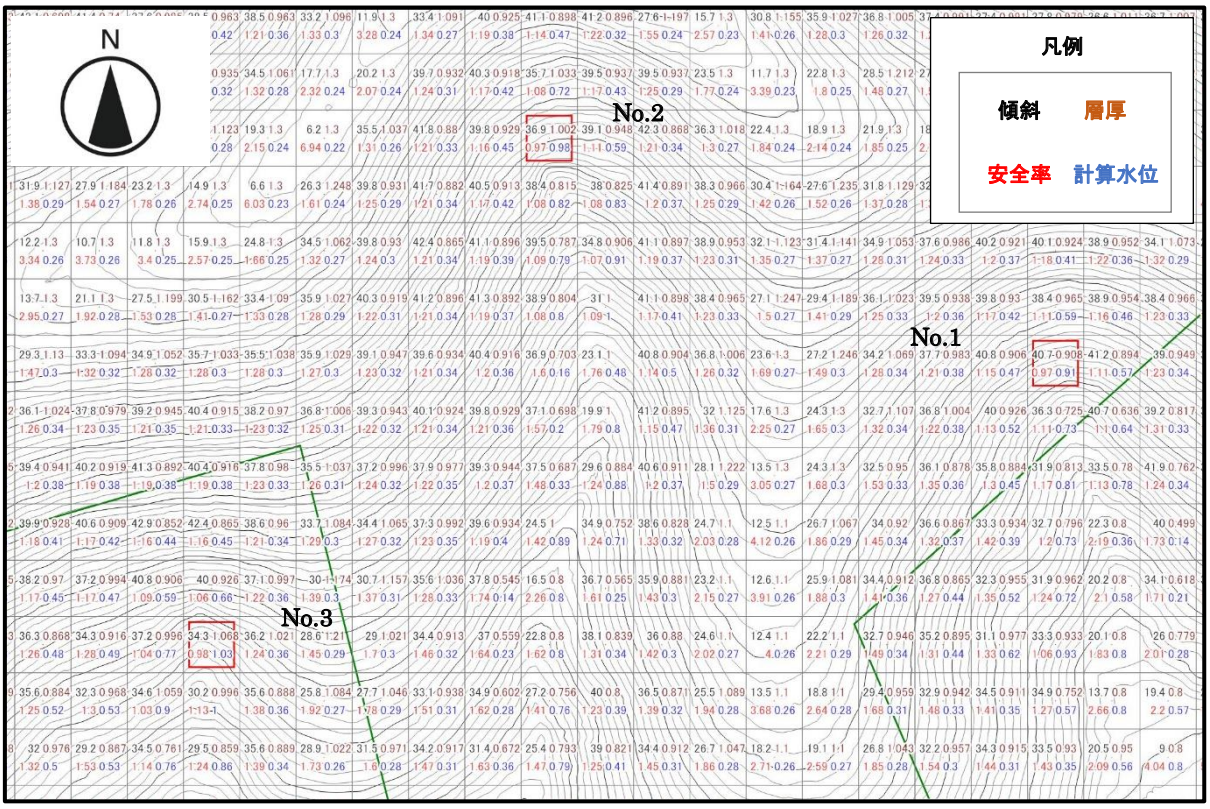


図 4.3.2　空振り箇所の事例（拡大図）[24)]

図 4.3.3　空振り箇所の事例（現地状況）[24)]

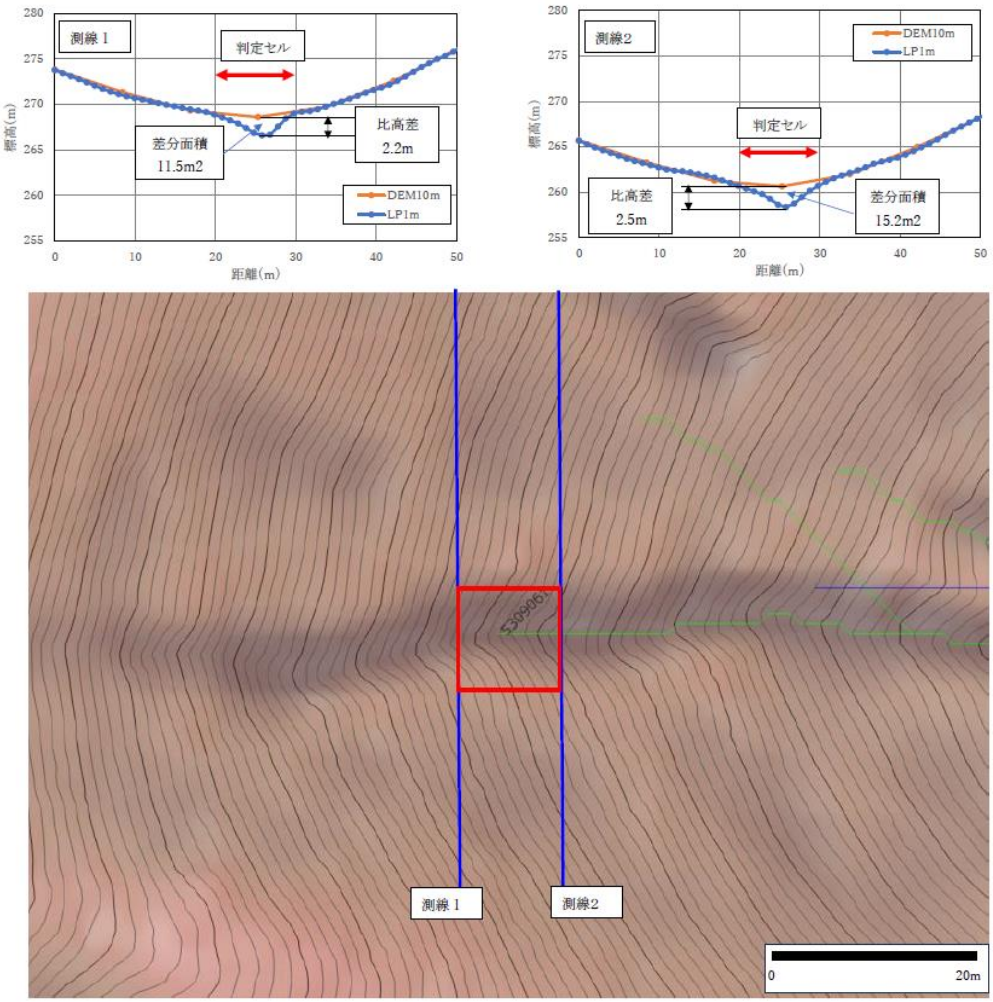


図 4.3.4　1mDEM を用いて作成した CS 立体図と 1m ならびに 10mDEM を用いた横断図の比較

５．まとめと今後の課題

令和４年７月に、丹波市および丹波篠山市の市境付近で発生した豪雨による斜面災害の検証の結果、システムは表層崩壊を 80%以上（判定（一軸））で捕捉しており、システムの精度を確認することができた。一方で、一部に見逃しおよび空振りが確認され、現地踏査にもとづいて、以下の通りシステムの改良方針を整理した。

・見逃し箇所

断層が分布する斜面では、当初モデル設定値よりも表土層厚は厚い。また、土は粘土化しているため、土の粘着力は高く、内部摩擦角は低い特徴がある。モデルをこの地盤設定条件に見直した結果、表層崩壊を再現できたことから、今後、文献等により断層が分布することを想定される斜面などでは、今回の調整方針により、システムの精度向上の可能性が考えられる。

・空振り箇所

空振り箇所について現地調査を行った結果、過去に崩壊が発生した跡の地形や小規模であるが実際に土砂移動が生じていた箇所であった。このことから地形、地質から表層崩壊モデルを構築している本システムの妥当性を確認することができた。さらに、過去の崩壊地や現在の土層深などの情報が現地調査などによって適切に反映することができれば、空振りとならないと言え、システムの精度向上の可能性が考えられる。

６．おわりに

本報告では、令和 4 年 7 月に丹波市および丹波篠山市付近で発生した豪雨による斜面災害の検討を行うために、現地調査を行い、捕捉、見逃し、空振り判定の状況を確認するとともに現地調査などによって改良方針などについて整理を行った。引き続き、本システムの整備市町における判定状況や土砂災害の状況を対比させ、モデルの妥当性を確認しつつ、改善点について検討を行いシステムの精度向上をはかりたいと考えている。

本プロジェクトの推進に関しては、兵庫県土木部砂防課の全面的なご支援を受けた。また、丹波市、丹波篠山市から災害情報を提供や現地調査にご協力を頂いた。この場をお借りして、関係各位に深く感謝の意を表します。

参考文献

1) 国土交通省砂防部：令和 4 年の土砂災害、令和 5 年 3 月
2) 気象庁：災害時気象報告（前線による令和 4 年 8 月 1 日から 8 月 6 日にかけての大雨等）災害時自然現象報告書 2023 年第 1 号、令和 5 年 3 月 28 日
3) 東京管区気象台：災害時気象報告（令和 4 年台風第 15 号による 9 月 22 日から 9 月 24 日にかけての大雨等）災害時自然現象報告書 2023 年第 3 号、令和 5 年 3 月 29 日
4) 沖村孝・市川龍平：数値地形モデルを用いた表層崩壊危険度の予測法、土木学会論文集、1985.
5) 沖村孝・鳥居宣之・尾崎幸忠・南部光広・原口勝則：豪雨による土砂災害を対象としたリアルタイムハザードシステムの構築、新砂防、63（6）、4-12、2011.
6) Takashi OKIMURA、 Nobuyuki TORII、 Masatoshi MATSUMOTO、 Mitsuhiro NANBU and Katsunori HARAGUCHI: Construction of the real-time hazard forecasting system in order to support evacuation from surface slope failure disasters caused by heavy rainfalls、 International Symposium on Earthquake Induced Landslides and Disaster Mitigation at the 3rd Anniversary of the Wenchuan Earthquake、 Chengdu、 China、 2011.
7) 沖村孝・鳥居宣之・南部光広・原口勝則：表層崩壊リアルタイムハザードシステムの構築に際して生じた課題と対策、建設工学研究所論文報告集、52、119-137、2010.
8) 沖村孝・鳥居宣之・南部光広・原口勝則：表層崩壊リアルタイムハザードシステムの構築に際して生じた課題と対策（2）、建設工学研究所論文報告集、53、153-173、2011.
9) 沖村孝・鳥居宣之・中川渉・原口勝則：表層崩壊リアルタイムハザードシステムの構築に際して生じた課題と対策（3）、建設工学研究所論文報告集、54、159-183、2012.
10) 沖村孝・鳥居宣之・中川渉・原口勝則：表層崩壊リアルタイムハザードシステムの構築に際して生じた課題と対策（4）、建設工学研究所論文報告集、55、91-116、2013.
11) 沖村孝・鳥居宣之・中川渉・原口勝則 ほか：表層崩壊リアルタイムハザードシステムの構築に際して生じた課題と対策（5）、建設工学研究所論文報告集、56、45-66、2014.
12) 沖村孝・鳥居宣之・中川渉・原口勝則：土砂災害のためのリアルタイムハザードシステムの作成手順、建設工学研究所論文報告集、56、67-83、2014.
13) 沖村孝・鳥居宣之・中川渉・原口勝則：表層崩壊リアルタイムハザードシステムの構築に際して生じた課題と対策（6）、建設工学研究所論文報告集、57、17-36、2015.
14) 沖村孝・鳥居宣之・中川渉・原口勝則・鏡原聖史：表層崩壊リアルタイムハザードシステムの構築に際して生じた課題と対策（7）、建設工学研究所論文報告集、58、43-58、2016.

15) 鏡原聖史・沖村孝・鳥居宣之・中川渉・原口勝則・根本信行・植田允教：表層崩壊リアルタイムハザードシステム構築について　-朝来市域のモデル構築（その１）-、建設工学研究所論文報告集、58、59-72、2016.
16) 沖村孝・鳥居宣之・中川渉・原口勝則・鏡原聖史：表層崩壊リアルタイムハザードシステムの構築に際して生じた課題と対策（8)、建設工学研究所論文報告集、59、29-39、2017.
17) 鏡原聖史・沖村孝・鳥居宣之・中川渉・原口勝則・根本信行・植田允教：表層崩壊リアルタイムハザードシステム構築について　-朝来市域のモデル構築（その 2）-、建設工学研究所論文報告集、59、41-47、2017.
18) 沖村孝・鳥居宣之・中川渉・原口勝則・鏡原聖史・笠原拓造・江川真史・孝子綸図：表層崩壊リアルタイムハザードシステムの構築に際して生じた課題と対策（9)、建設工学研究所論文報告集、60、29-43、2018.
19) 沖村孝・鳥居宣之・中川渉・原口勝則・鏡原聖史・笠原拓造・江川真史・孝子綸図：表層崩壊リアルタイムハザードシステムの構築に際して生じた課題と対策（10）～平成 30 年 7 月豪雨の検証と課題～、建設工学研究所論文報告集、61、23-66、2019.
20) 植田允教・沖村孝・鳥居宣之・中川渉・原口勝則・鏡原聖史・根本信行：平成３０年７月豪雨における養父市域の崩壊箇所と表層崩壊リアルタイムハザードシステムの判定について、建設工学研究所論文報告集、61、105-120、2019.
21) 沖村孝・鳥居宣之・中川渉・原口勝則・鏡原聖史・笠原拓造：表層崩壊リアルタイムハザードシステムの構築に際して生じた課題と対策（11)、建設工学研究所論文報告集、62、45-66、2020.
22) 沖村孝・鳥居宣之・中川渉・原口勝則・鏡原聖史・笠原拓造：表層崩壊リアルタイムハザードシステムの構築に際して生じた課題と対策（12)、建設工学研究所論文報告集、63、23-46、2021.
23) 沖村孝・鳥居宣之・中川渉・鏡原聖史・笠原拓造・窪田安打・葛巻怜香・関英理香・伊藤正美：表層崩壊リアルタイムハザードシステムの構築に際して生じた課題と対策（13)、建設工学研究所論文報告集、64、87-117、2022.
24) 兵庫県土木部砂防課：箇所別システム維持管理業務，2022.
25) 戸田堅一郎：曲率と傾斜による立体図法（CS 立体図）を用いた地形判読、森林立地、56-2、p.75-79 、2014.

著　者

沖村　　孝　　所員、理学博士、地盤工学
鳥居　宣之　　所員（非常勤）　神戸市立工業高等専門学校教授、博士（工学)、斜面工学
鏡原　聖史　　客員研究員　大日本ダイヤコンサルタント株式会社、博士（工学)、地盤工学
窪田　安打　　客員研究員　応用地質株式会社、博士（理学)、応用地質学
笠原　拓造　　客員研究員　国際航業株式会社、砂防工学
葛巻　怜香　　応用地質株式会社、理学修士、応用地質学
関　英理香　　応用地質株式会社、技術士（建設部門)、砂防工学
根本　信行　　大日本ダイヤコンサルタント株式会社、技術士（建設部門)、砂防工学
濱本　拓志　　大日本ダイヤコンサルタント株式会社、博士（理学)、応用地質学