

【建設工学研究所論文報告集第 59 号〔報告〕2017 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(8)

Some Problems and Measures appeared during the Construction of the Real-time Hazard System for Slope Disasters at a Heavy Rainfall (8)

沖村 孝 鳥居 宣之 中川 渉 原口 勝則 鏡原 聖史
Takashi Okimura Nobuyuki Torii Wataru Nakagawa Katsunori Haraguchi Satoshi Kagamihara

1. はじめに

平成 28 年は 4 月の熊本地震や 6 月の梅雨前線豪雨、相次ぐ台風などにより数多くの土砂災害が発生した。国土交通省砂防部の調べによると平成 28 年 12 月 31 日現在で 1,429 件の土砂災害が確認されている。中でも、8 月 21 日に四国の南海上で発生した台風第 10 号は、南下してから北上するという過去に例のない進路をとり、8 月 30 日に岩手県大船渡市付近に上陸した。東北太平洋側への台風上陸は 1951 年の統計開始以来、初めてであった。この台風 10 号により、岩手県では 29 日から 30 日にかけて沿岸を中心に大雨が続き、30 日夕方から夜にかけて豪雨が集中した岩泉町では 1 時間雨量が 70.5mm、3 時間雨量が 138.0mm となり、統計開始以来の 1 位を更新した¹⁾。この岩泉町では、高齢者福祉施設の近くを流れる小本川が氾濫し、施設内に入り込んだ濁流により入居者 9 人全員が亡くなった。また、久慈市で久慈川と長内川が氾濫するなど、岩手県全体で死者・行方不明者が 23 人に上った²⁾。

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に崩壊が発生したり、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地下水位を計算し、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³⁾。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 ヶ年で「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⁴⁾⁵⁾。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⁶⁾⁷⁾⁸⁾⁹⁾¹⁰⁾で詳しく紹介した。また、問題点に対する対策を組み込んだ「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」¹¹⁾や留意事項¹²⁾についてとりまとめた。さらに、前報ではシステム試験運用中の 2014 年に丹波市で甚大な土砂災害が発生し判定タイミングに関する課題が確認されたため、判定タイミングの最適化のための新たな手法を考案しその有効性について報告した¹³⁾。

本報告では、神戸市を対象とした検討の中で、これまで対象外としていた市街地内の小規模斜面において、土砂災害

警戒区域に指定された箇所への対応が課題となったのでその検討結果について報告する。

2. これまでの報告の概要

2. 1 2010年報告⁶⁾

2010年報告⁶⁾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) 地形のスモージング化
- 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) 土石流土砂災害警戒区域（土石流）への反映方法の検討

2. 2 2011年報告⁷⁾

2011年報告⁷⁾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。それらは以下の諸課題で、これらに関する対策の概要を述べた。

- 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⁸⁾

2012年報告⁸⁾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⁹⁾

2013年報告⁹⁾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¹⁰⁾

2014年報告¹⁰⁾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¹²⁾

2015年報告¹²⁾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¹³⁾における内容

2016年報告¹³⁾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。

3. 市街地内に分布する小規模斜面に関する課題と対応

神戸市においては、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する（図-3.1参照）。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、公平な情報提供の観点からその対応を検討する必要が生じた。

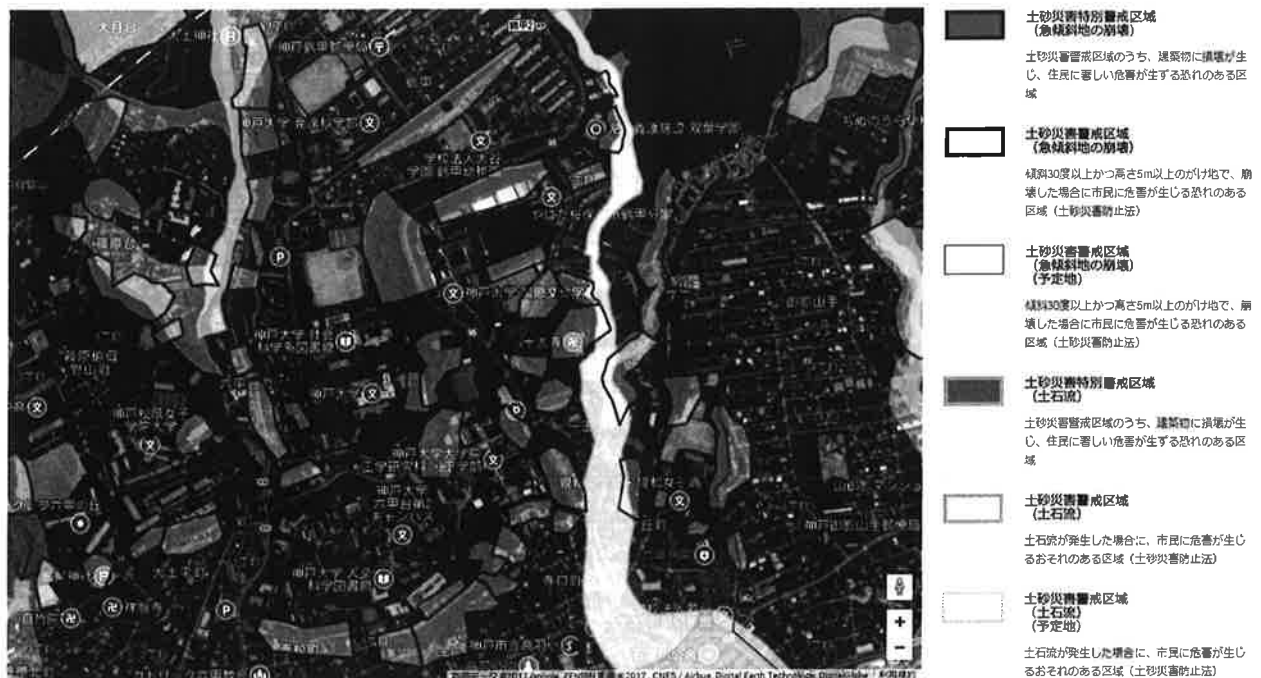


図-3.1 市街地内に分布する土砂災害警戒区域

(<http://www.city.kobe.lg.jp/safety/prevention/map/hazardMap/index.html?lay=dosya>)

3. 1 対応方法の比較案

これまで対象外としていた市街地内の小規模斜面への対応方法には、自然斜面と同様の方法で 10m メッシュにて演算する方法や、小規模斜面の傾斜を表現可能なメッシュサイズである 5m メッシュの DEM を作成して対応する方法が考えられる。また、地下水位や安全率の計算でメッシュサイズを違えるパターンや計算対象範囲を土砂災害警戒区域内に限定するなどのパターンが考えられる。これらを踏まえて、対応方法(a)~(e)を整理し、そのメリットやデメリットについて表-3.1にとりまとめた。

対応方法の(a)は、これまで対象外としていた市街地の小規模斜面について、自然斜面と同じように 10m メッシュごとに地盤の条件を与えて地下水位や安全率の計算を行う方法である。この方法では、既存のシステム改修は無くスムーズに移行できるメリットがある反面、10m メッシュで斜面の傾斜が的確に表現されない箇所では判定結果に的確性を欠くことになる。

対応方法(b)(c)は、小規模斜面の傾斜を表現できる 5m メッシュの DEM を用いる。(b)は市街地全体を対象に地下水位と安全率の計算を行う方法であり、小規模斜面に対応できる反面、計算量が増大し、システム改修に多くの費用が発生する可能性がある。また、計算に時間を要することで情報のリアルタイム性を損なう可能性もある。一方、(c)は計算対象を土砂災害警戒区域内に限定した計算とすることで、システム改修が少なくなるように工夫した方法である。しかしながら、警戒区域外からの水の流入を許さない計算となるのでそのような扱いが妥当であるか検証する必要がある。

対応方法(d)(e)は、10m メッシュで市街域全体の地下水位を計算し、安全率の計算では 5m メッシュを用いる方法である。(d)は土砂災害警戒区域の範囲内の 5m メッシュのみ安全率を計算する。(e)は計算量をさらに減らすために最も崩れやすい条件にある箇所を代表地点として該当メッシュのみの安全率の計算を行う方法である。(e)の方法は最もシステム改修が少なく済むものの土砂災害警戒区域内で最も崩壊しやすいメッシュの特定方法に課題がある。

表-3.1 対応方法の比較

対応方法		メリット	デメリット
(a)	自然斜面と同様に 10m メッシュで演算	・システムに改修は無くスムーズに対応できる	・小規模斜面で傾斜が実際よりも緩やかとなり的確な判定とならない
(b)	小規模斜面の傾斜を表現可能な 5m メッシュにて市街地全体を演算	・小規模斜面に対応できる	・計算量が多くシステム改修が大
(c)	小規模斜面の傾斜を表現可能な 5m メッシュにて土砂災害警戒区域内斜面のみを演算	・小規模斜面に対応できる・(b)の方法に比べ計算量が少ない	・警戒区域外からの水の流入をさせないので水の影響を過小評価する可能性あり
(d)	10m メッシュで演算した地下水位を用いて土砂災害警戒区域内のみを 5m メッシュで安全率を計算	・小規模斜面に対応できる・(b),(c)の方法に比べ計算量が少ない	・システム改修が中
(e)	10m メッシュで演算した地下水位を用いて土砂災害警戒区域内の代表地点のみを 5m メッシュで安全率を計算	・小規模斜面に対応できる・(b),(c),(d)の方法に比べ計算量が少ない	・システム改修が小 ・代表地点の設定方法に課題あり

3. 2 試算による対応方法の検証

前項で整理した対応方法について試算を行いその妥当性を検証した結果について述べる。試算は、山間部の谷壁斜面における表土層厚や地盤物性値を準用し、平成 26 年台風 11 号の降雨を適用した。平成 26 年台風 11 号では、神戸市全域を対象に土砂災害警戒情報が発せられており、当時の降雨や被害については表-3.2、表-3.3 のとおりであった¹⁴⁾。

表-3.2 台風11号による降雨状況¹⁴⁾

局名	降雨開始	降雨中最大時間雨量		降雨中最大24時間雨量		既往最大24時間雨量	
	[月/日 時:分]	[月/日 時:分]	雨量 [mm]	[月/日 時:分]	雨量 [mm]	[年/月/日]	雨量 [mm]
1 神戸	8/10 01:00	8/10 10:00	32	8/09 12:00	123	1967/07/09	281
2 有野	8/09 19:10	8/10 12:00	75	8/10 18:00	241	1960/08/29	525
3 天王ダム	8/10 00:20	8/10 11:00	60	8/10 18:00	177	1999/06/29	242
4 平野	8/10 01:40	8/10 10:00	38	8/09 12:00	125		
5 淡河	8/10 00:20	8/10 11:00	52	8/09 17:00	135	2004/10/20	186
6 藤原橋	8/10 01:50	8/10 11:00	37	8/09 14:00	114	2004/10/20	159
7 伊川谷	8/10 04:50	8/10 11:00	21	8/09 12:00	106		
8 住吉	8/09 22:50	8/10 11:00	24	8/09 17:00	174	1999/06/29	111
9 植物園	8/09 22:40	8/10 11:00	50	8/10 18:00	163	2004/10/20	175
10 中山手	8/10 00:10	8/10 11:00	46	8/09 17:00	137		
11 木見	8/10 00:00	8/10 11:00	49	8/10 18:00	124	2004/10/20	122
12 若草東	8/10 01:00	8/10 11:00	36	8/09 17:00	129	2004/10/20	189
13 六甲山	8/09 20:10	8/09 12:00	16	8/09 14:00	144		
14 箕谷	8/10 00:20	8/10 11:00	58	8/10 18:00	158		
15 大沢	8/09 20:50	8/10 11:00	48	8/09 14:00	154		
16 石井ダム	8/10 00:30	8/10 12:00	35	8/09 17:00	148		
17 北区役所	8/10 00:50	8/10 12:00	32	8/09 17:00	123		
18 道場	8/08 14:20	8/10 12:00	48	8/09 14:00	175		

数値はフェニックスシステムからの抽出/赤字は神戸県民センター管内最大値

表-3.3 台風11号による被害状況¹⁴⁾

道路名称等		被害の概要
01	表六甲ドライブウェイ	倒木・土砂崩れ
02	裏六甲ドライブウェイ	倒木・土砂崩れ
03	明石神戸宝塚線（森林植物園～六甲山牧場）	倒木・土砂崩れ
04	六甲有料道路（唐櫃南～唐櫃）	土砂崩れ
05	六甲北有料道路（長尾ランプ～上津）	路肩崩壊
06	神戸三田線（唐櫃～有馬口）	道路陥没
07	神戸三田線（有馬口～五社）	崖崩れ
08	国道428号（新神戸トンネル北出口交差点～日の峰5丁目）	冠水
09	国道428号（水呑～平野）	土砂崩れ
10	宝塚唐櫃線（芦有ゲート前～西宮市境）	崖崩れ
11	湧が森線（西谷川沿いの幹線道路の赤塚橋～落合橋間）	崖崩れ
12	神戸三木線（富士見ヶ丘入口交差点北側の鉄道高架交差部）	冠水
13	六甲山回遊路（サンライズドライブウェイ）	土砂崩れ
14	市道射場山線（有馬温泉内道路）	土砂崩れ
15	切畑道場線（兵庫県武庫川上流浄化センター前（道場町生野）～宝塚市境）	土砂等堆積

平成 26 年台風 11 号の降雨を用いた試算結果について図-3.2 および図-3.3 に示した。いずれも安全率とその変化量による判定結果である。図-3.2 は試算した範囲の全体図であり、図-3.3 は一部の地域を拡大表示したものである。なお、図中の(a)~(e)は表-3.1 に示した対応方法に該当するものである。

図-3.2(a)は、自然斜面と同じ 10m メッシュで試算した結果であり、市街地に分布する土砂災害警戒区域内に崩壊判定となったメッシュが一部に確認される。一方、5m メッシュでの試算結果である図-3.2(b)では多くの土砂災害警戒区域内で崩壊判定メッシュが確認されており、斜面の規模に起因して崩壊判定結果に変化が見られたものと推察される。一方、過去の崩壊との検証を実施している山間地（図の上部）に着目すると、図-3.2(a)に対して図-3.2(b)で多くの崩壊判定が生じており、5m メッシュに変更することで全体に崩壊判定が増加する傾向にあることがわかる。平成 26 年台風 11 号では市街地の小規模斜面において崩壊が発生していない事実を踏まえると、5m メッシュでの計算結果では空振りが多い状態であり、市街地内の斜面固有の表土層厚や地盤物性値を設定する必要性が示唆される。

図-3.2(c)は、小規模斜面の傾斜を表現可能な 5m メッシュにて土砂災害警戒区域内の斜面のみを演算した結果である。周辺域からの水の流入を許さないかたちでの計算であるため、周辺域からの水の流入を考慮した図-3.2(b)と結果が大きく異なっている。その差異は拡大図にあたる図-3.3 を見ると明瞭である。周辺域からの水の流入は、計算モデルは地下水のみ取り扱うが、市街地という条件を踏まえると表面流の流入が多いことが推察され、これに配慮するためにも周辺からの地下水の流入を考慮した計算とすることが望まれる。

図-3.2(d)(e)は、10m メッシュで演算した地下水位を用いて 5m メッシュで斜面安定計算した結果である。過去の崩壊との検証を実施している山間地（図の上部）に着目すると、全体を 5m メッシュで計算した図-3.2(b)と比べて図-3.2(d)(e)の方が図-3.2(a)に類似した結果となっている。本システムでは 10m メッシュでの計算を基本としているので、その結果と類似することが望まれる。このため、図-3.2(d)(e)の方法が運用に適すると考えられる。同時にシステム改修のコストを低減できるメリットも期待できる。ただし、代表地点のみを選ぶ対応方法である(e)の場合は表-3.1 に記載したとおりその選定方法に課題があるため、複数の降雨による試算を行って代表地点を選定するなどの検討の実施が望まれる。

3. 3 対応方法のまとめ

以上までの検討結果をもとに、市街地内に分布する小規模斜面への対応方法を以下のとおりとりまとめた。

(1) 基本方針

- ①市街地全域を 10m メッシュで演算した地下水位を用いて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。これにより、山間地の 10m メッシュでの計算結果との類似性や、効率的な計算、システム改修コストの低減に資するものとする。
- ②山地部の表土層厚や地盤物性値を準用すると崩壊判定が多く生じやすいため、表土層厚や地盤物性値は市街内の小規模斜面固有の条件を検討する。
- ③5m メッシュによる安全率の計算は警戒区域内の全てのメッシュを計算するか、代表地点を選定するかは複数の降雨を適用した試算を別途に検討し、その結果に応じて定めるものとする。

(2) 処理手順

処理手順は、図-3.4 のとおりであり、その概要を以下に述べる。

- ①既存の計算処理フローから分岐して、10m メッシュの地下水位と特定の土砂災害警戒区域に対する計算パラメータ（5m メッシュ）を用いた安全率の計算処理を行う。
- ②10m メッシュの地下水位には、実質の地下水位データと仮想の地下水位の 2 種があるので、それぞれを用いて 5m メッシュでの安全率を実質と仮想の 2 種を計算する。
- ③5m メッシュでの安全率の計算結果を用いて安全率とその変化量による判定を行う。
- ④5m メッシュにより作成した判定結果を 10m メッシュの情報に上書き更新する。

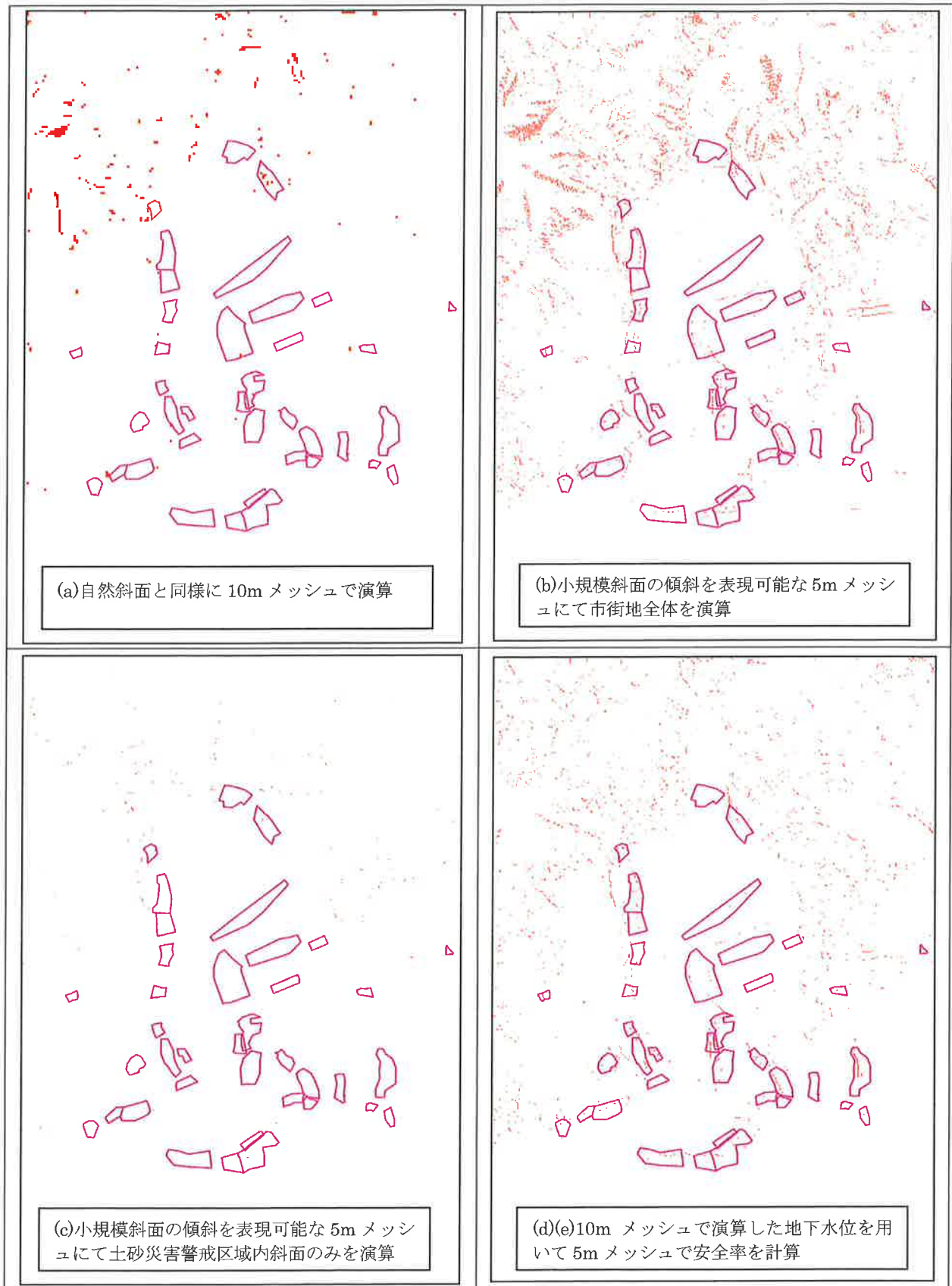


図-3.2 試算結果の比較

(紫：土砂災害警戒区域、赤：崩壊判定メッシュ)

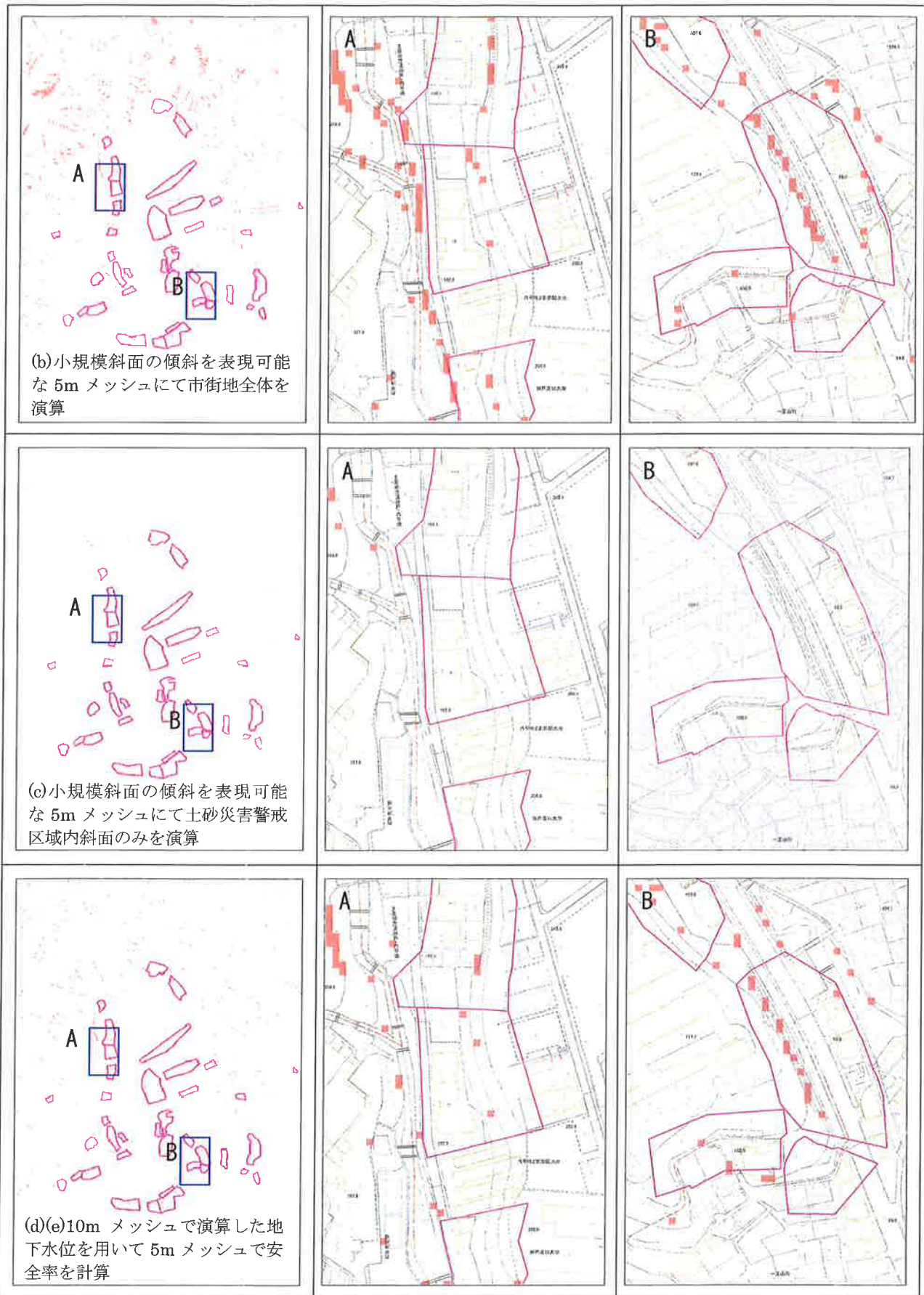


図-3.3 試算結果の比較（拡大図）

（紫：土砂災害警戒区域、赤：崩壊判定メッシュ）

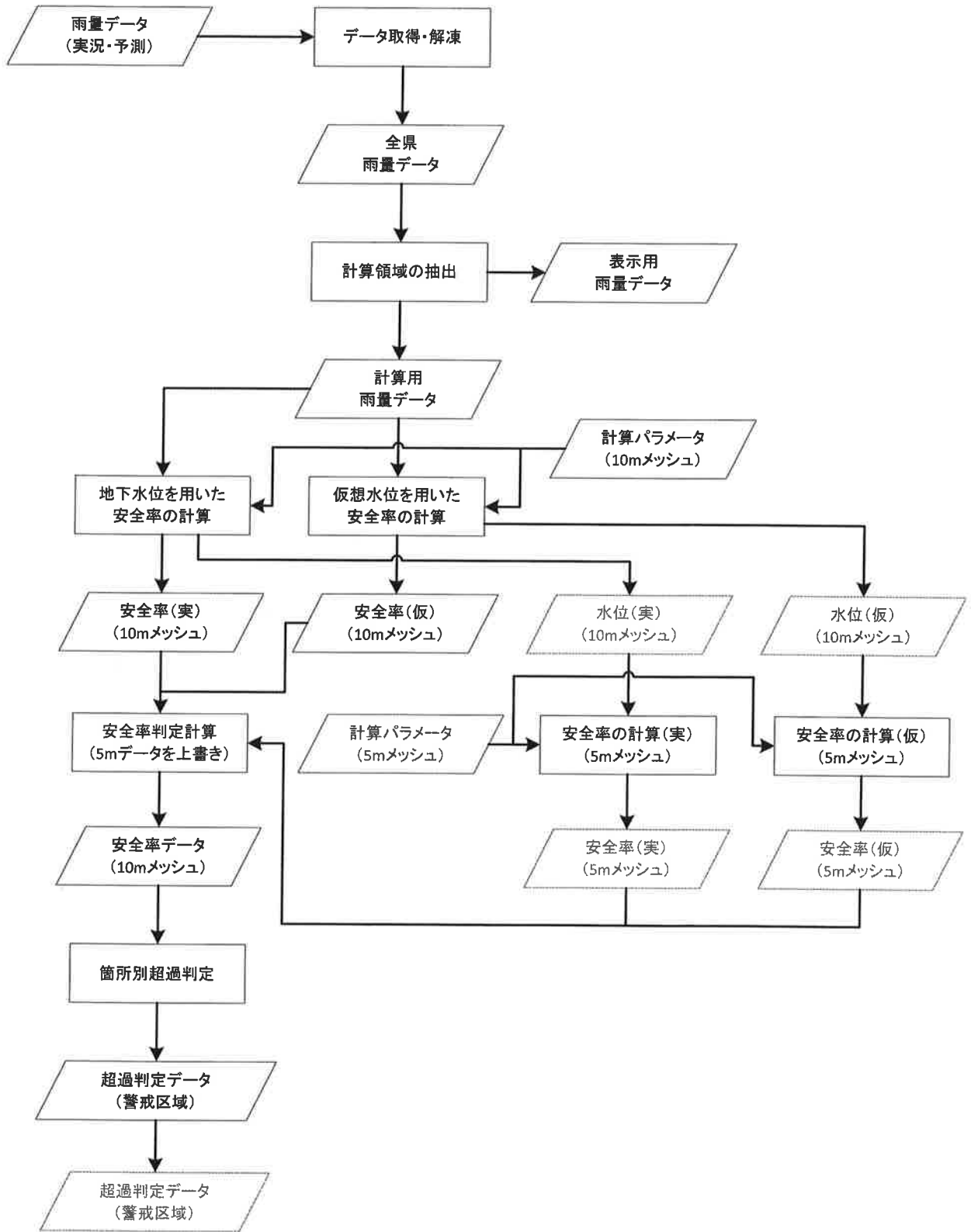


図-3.4 計算処理フロー

(3) 追加作成データ

① 5m メッシュ DEM

兵庫県では全県域で 1mDEM が作成されている。5mDEM の作成は、4 つの 1mDEM の格子点 (●) から、図-3.5 のように、5mDEM の格子点 (◆) を求めるものとする。すなわち、10m メッシュ内に 4 つの 5m メッシュの格子点が含まれるように作成する。

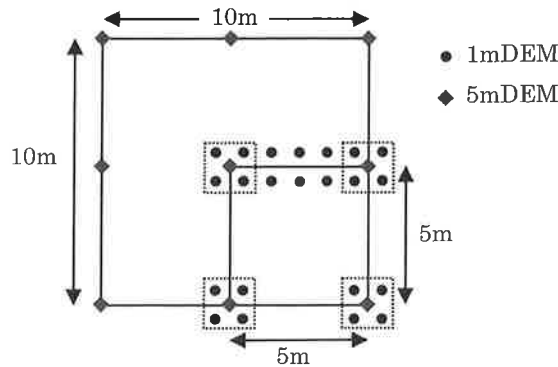


図-3.5 5mDEM の作成仕様

② 5m メッシュ用の計算パラメータファイル

以下のデータ項目からなる 5m メッシュ用の計算パラメータファイルを作成する。

なお、5m メッシュでの計算は土砂災害警戒区域内に限定するため、区域外の地盤標高との関係性をもつ基盤勾配については予め計算してパラメータファイルに格納するものとする。

- ・警戒区域番号
- ・メッシュ中心 X 座標
- ・メッシュ中心 Y 座標
- ・基盤勾配
- ・表土層厚
- ・土の単位体積重量
- ・土の飽和単位体積重量
- ・土の粘着力
- ・土の内部摩擦角
- ・有効間隙率
- ・透水係数

4. おわりに

これまで、崩壊等の発生の「場」や「時」の予測に関する課題と対策について報告を重ねてきた。本報では 10m メッシュでは表現できない市街地内の小規模斜面への対応方法について検討した。ここで検討した方法を現在運用中のシステムへの組み込みを行うかどうかは現時点で確定はしていないが、市街地内に限らず小規模斜面への対応が局所的に生じた場合には適用可能な考え方であり、今回の検討により特殊ケースへの対応方法について新たな知見が得られたものとする。今後も継続的な運用検証や基礎データのメンテナンス、他の市町での検討を通じてより実用的なシステムとなるよう改良を進めていきたい。

本プロジェクトの推進に関しては、兵庫県県土整備部砂防課の全面的なご支援を受けた。このような機会を与えていただいた関係各位に深く感謝の意を表します。

参 考 文 献

- 1) 気象庁：災害時気象報告（平成 28 年台風第 7 号・第 9 号・第 10 号・第 11 号及び前線による 8 月 16 日から 8 月 31 日にかけての大雨及び暴風等）、災害時自然現象報告書 2017 年第 1 号、平成 29 年 1 月 18 日
- 2) 内閣府：平成 28 年台風 10 号による被害状況等について、平成 28 年 11 月 16 日
- 3) 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.
- 4) 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.
- 5) 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.
- 6) 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.
- 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 (2)、建設工学研究所論文報告集、53、153-173、2011.
- 8) 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.
- 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 (4)、建設工学研究所論文報告集、55、91-116、2013.
- 10) 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.
- 11) 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.
- 12) 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.
- 13) 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.
- 14) 神戸市危機管理室：平成 26 年台風 11 号神戸市の対応概要、2014.

著 者

沖村 孝	所員 理学博士、地盤工学
鳥居 宣之	神戸市立工業高等専門学校教授、博士（工学）、山地防災工学
中川 渉	客員研究員 応用地質株式会社、博士（工学）、地盤工学
原口 勝則	客員研究員 国際航業株式会社、技術士（建設部門）、砂防工学
鏡原 聖史	客員研究員 株式会社ダイヤコンサルタント、博士（工学）、地盤工学