

【建設工学研究所論文報告集第 58 号〔報告〕2016 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(7)

Some Problems and Measures appeared during the Construction of the Real-time Hazard System for Slope Disasters at a Heavy Rainfall (7)

沖村 孝 鳥居 宣之 中川 渉
Takashi Okimura Nobuyuki Torii Wataru Nakagawa

原口 勝則 鏡原 聖史
Katsunori Haraguchi Satoshi Kagamihara

1. はじめに

2015 年 9 月 7 日 21 時に沖ノ鳥島の東の海上で発生した台風第 18 号は、日本の南海上を北上し、9 日 9 時半頃に愛知県西尾市付近に上陸した後、日本海に進み、同日 15 時に温帯低気圧に変わった。

台風第 18 号や前線の影響で、西日本から北日本にかけての広い範囲で大雨となり、特に 9 月 9 日から 11 日にかけては、台風第 18 号から変わった低気圧に流れ込む南よりの風、後には台風第 17 号の周辺からの南東風が主体となり、湿った空気が流れ込み続けた影響で、多数の線状降水帯が次々と発生し、関東地方と東北地方では記録的な大雨となった。9 月 7 日から 11 日までの総雨量は、関東地方で 600mm、東北地方で 500mm を超えたほか、9 月の月降水量の平年値の 2 倍を超える大雨となったところがあった。この大雨に対し、各地の气象台では、栃木県、茨城県及び宮城県に対して大雨の特別警報を発表して最大級の警戒を呼びかけたほか、大雨や洪水の警報・注意報や気象情報等を発表して警戒を呼びかけた¹⁾。

この大雨により、土砂災害、浸水、河川の氾濫等が発生し、宮城県、茨城県及び栃木県で死者 8 名の人的被害となったほか、関東地方や東北地方を中心に損壊家屋 7,000 棟以上、浸水家屋 12,000 棟以上の住家被害が生じた。また、ライフライン、公共施設、農地等への被害及び交通障害が発生した(平成 28 年 2 月 19 日 10:00 現在)²⁾。

この大雨による土石流の発生は 24 件、がけ崩れの発生は 120 件の発生が確認されており、中でも土砂災害の多かった栃木県日光市や鹿沼市や宮城県仙台市では 3 時間雨量や 24 時間雨量で観測史上 1 位を更新していた¹⁾。

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多い。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⁴⁶⁾。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⁾をとりまとめた。前報では、この作成手順¹¹⁾に沿って作業を進める際の留意事項として、崩壊事例の増加に応じて表土層厚の推定式を定める地質区分を見直す必要性が生じる場合があることや、裸地・草地・とくしゃ地などの特殊な場における土質パラメータの調整が必要なこと、礫密度を踏まえ土質パラメータ間の整合性を確認しておくことの必要性が確認されたことについて報告した¹²⁾。本報告では、丹波市を対象とした検討において判定タイミングに関する課題が確認されたため、その対策について報告する。

2. 2010年報告⁶⁾における内容

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) 土石流土砂災害警戒区域（土石流）への反映方法の検討

これらについては2010年報告⁶⁾で詳しく説明しているため、ここでは省略する。

3. 2011年報告⁷⁾における内容

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

これらについては2011年報告⁷⁾で詳しく説明しているため、ここでは省略する。

4. 2012年報告⁸⁾における内容

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

これらについては2012年報告⁸⁾で詳しく説明しているため、ここでは省略する。

5. 2013年報告⁹⁾における内容

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

これらについては2013年報告⁹⁾で詳しく説明しているため、ここでは省略する。

6. 2014年報告¹⁰⁾における内容

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

これらについては2014年報告¹⁰⁾で詳しく説明しているため、ここでは省略する。

7. 2015年報告¹¹⁾における内容

2015年報告¹¹⁾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

これらについては2015年報告¹¹⁾で詳しく説明しているため、ここでは省略する。

8. 判定タイミングの課題と対応

8. 1 丹波市における検討で確認された課題

丹波市においては、2014年度にシステム構築を行い、2015年度にシステムの試験運用と検証・改良を行っている。試験運用段階の予測モデルは他の先行する市町と同じく過去の崩壊等の発生事例を8割以上捕捉可能なものとして構築したものである。

2015年度の試験運用期間中に平成26年8月豪雨による丹波市の土砂災害についての調査報告¹³⁾が発表され、これにより崩壊や土石流の多発時刻が午前2時～3時頃であったことが確認された。このため、崩壊等の発生時刻に関する情報に基づき丹波市の試験運用モデルによる判定の時系列や関連するイベントを整理することで、判定タイミングの妥当性について検証した（図-8.1参照）。

図-8.1は上段に時間雨量のハイエトグラフを、下段に丹波市の試験運用モデルによる全域の判定結果である安全率1を下回るセル数や捕捉率の時系列グラフを示したものであり、同図より以下の課題が確認された。

- ① 安全率1未満のセル数の推移を見るとそのピークは5:00であり、崩壊や土石流等の土砂災害が多発したとされる2:00～3:00よりも数時間遅れている。同様に判定の捕捉率についても土砂災害の多発時刻よりも数時間遅れている。
- ② 判定が出始める0:00は土砂災害警戒情報が発表された0:20と調和的であるが、土砂災害の多発時刻である

2:00～3:00 を過ぎ、降雨が終了し、土砂災害警戒情報が解除された後も安全率1未満のセルが長時にわたって生じている。

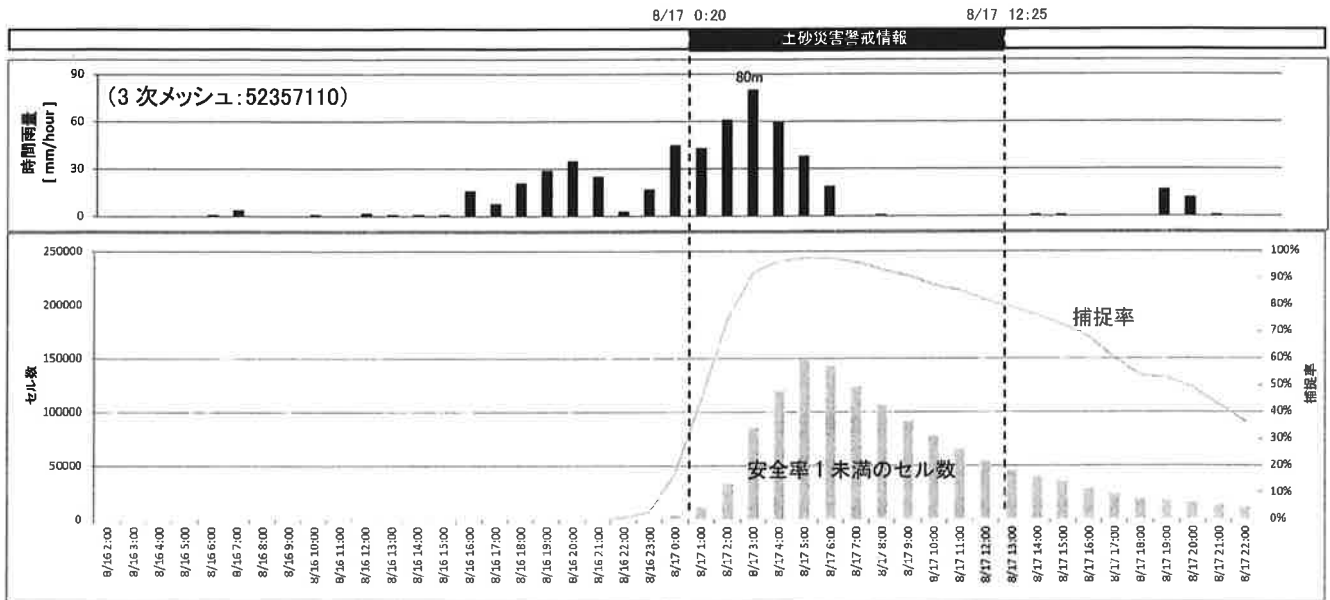


図-8.1 平成26年8月豪雨における丹波市試験運用モデルによる判定状況

8.2 判定手法改良の方向性

丹波市における検討において、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。これまでの他の市町における検討においても類似の傾向が見られることもあったが崩壊等の発生時刻が不明であったため課題として取上げるに至らなかった。

予測モデルでは、供給された雨水が直ちに基岩面に達して地下水位を形成すると仮定しており、不飽和の過程については考慮していない。しかしながら、このように速やかに地下水位を形成するモデルであっても実際の崩壊等の発生タイミングよりも判定やその終了時期が遅れる傾向にある。すなわち、これらの課題はさらに降雨の増減に対してリニアに反応する判定方法に改良する必要性を示唆する。

松尾・上野¹⁴⁾¹⁵⁾は豪雨による斜面の破壊確率の変化を崩壊が起こった事例について検討したところ崩壊現象と強く関連していることや、特に崩壊確率の遷移速度が最大となる時点で崩壊する例が大部分であることを示した。また、破壊確率の絶対量よりもその変化量が関連深いのは、破壊確率の変化速度と斜面変位の変位速度が表裏一体の関係にあることや、不均質性や不確実性の問題を有する土質パラメータの影響を緩和して降雨に応じた変化のみに着目することが重要であることに起因するとしている。

判定方法の改良は、松尾・上野¹⁴⁾¹⁵⁾の検討を参考として、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、判定タイミングの改良を試みるものとした。

8.3 安全率SFと安全率の変化量 ΔSF を用いた判定

安全率SFと安全率の変化量 ΔSF を用いた判定は、図-8.2に示すLine1～Line6を地域ごとの崩壊事例に基づき崩壊の発生領域と非発生領域を分かち判定基準線を設定することによって行う。

Line1とLine2、 $SF=1.0$ で囲まれた範囲は、土質パラメータの不均質性や不確実性、土層内の過剰間隙水圧の影響などによって安全率が1以上であっても表層崩壊を引き起こす状態に対応しようとしたものである。これにより、初期の予測システムで見逃していた崩壊の捕捉を期待する。また、Line4とLine5、 $\Delta SF=0.0$ で囲まれた範囲は、土質パラメ

一タの不均質性や不確実性などによって安全率 1 未満であっても崩壊の発生に至らない状態に対応しようとしたものである。これにより空振りセルの削減を期待する (図-8.2)。

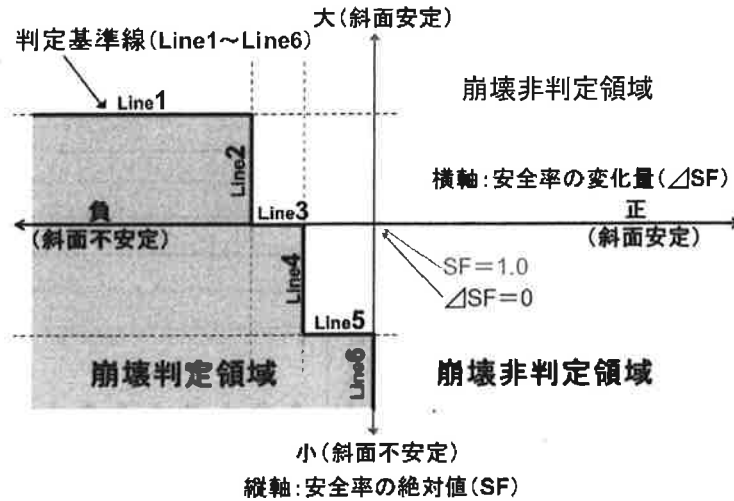


図-8.2 安全率 SF と安全率の変化量 ΔSF を用いた判定基準線

8. 4 判定基準線の設定方法

8. 4. 1 判定基準線を設定する空間的範囲

判定基準線は崩壊の発生特性が類似する空間的範囲ごとに設定することが望まれる。しかしながら、地形や地質等により発生特性が類似する範囲を設定したとき、その範囲内に崩壊事例が十分に存在しない場合があるので状況に応じて検討する。

8. 4. 2 判定基準線の閾値の設定

判定基準線の閾値は、過去の豪雨による土砂災害事例を対象として、崩壊の捕捉率が目標値を満足し、空振率が最小となる閾値の組合せによって設定する。

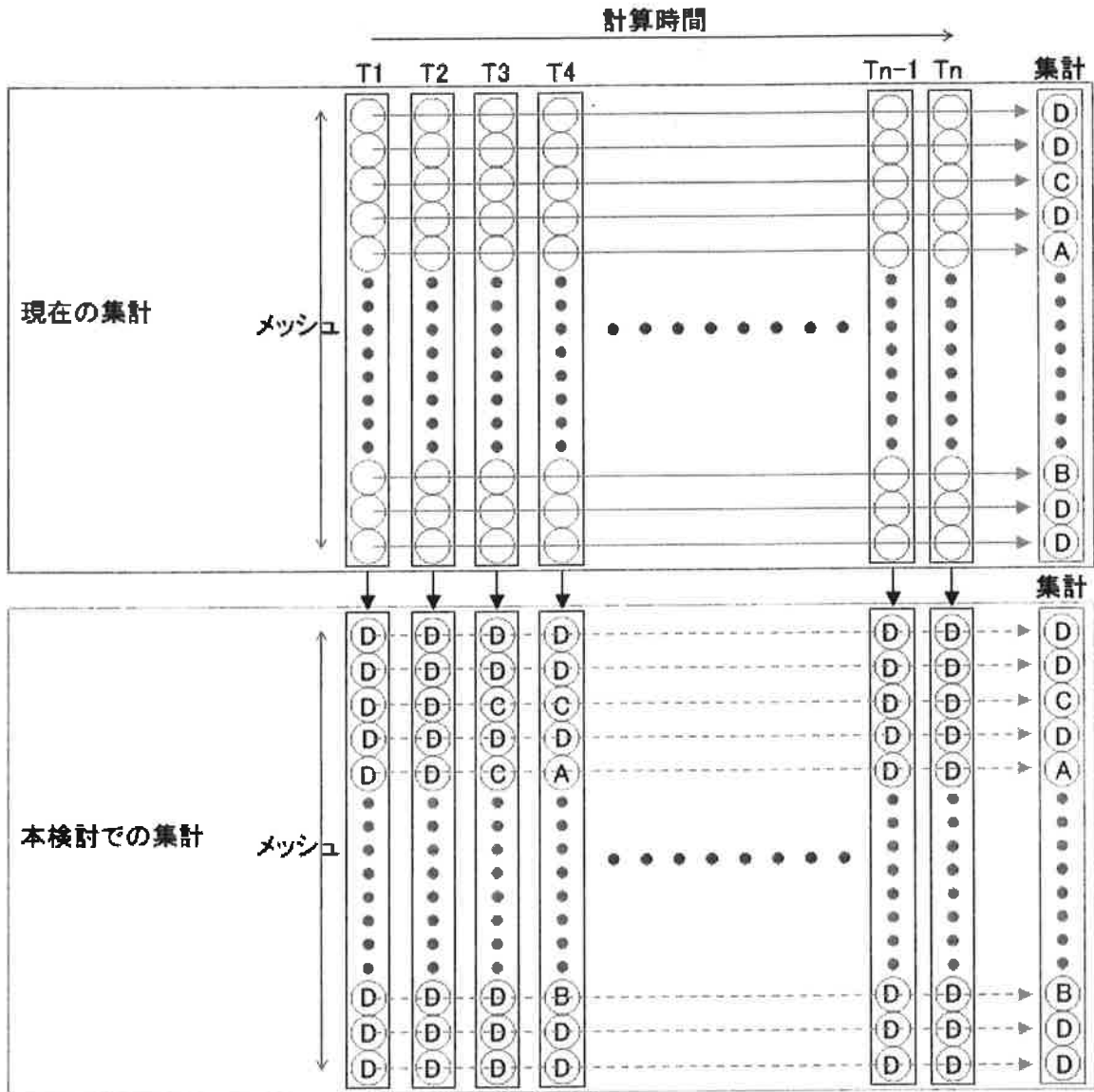
閾値は、まず Line1 と Line2 を対象として時刻ごとに 0.01 刻みで SF と ΔSF を変化させて捕捉率と空振率を計算し、捕捉率の目標値を満足しつつ、空振率が最小となる閾値を検討する (STEP1)。その後と同様の方法により Line4 と Line5 を検討する (STEP2)。なお、Line3 は初期の予測システムの閾値である SF=1.0 とし、Line6 は変化量が正に転じると表層崩壊の危険性が改善されるという考えから $\Delta SF=0.0$ に固定する。

閾値の設定の概念を表 8.1 に示した。同表では、捕捉率 0.8 (80%) 以上を目標としてその範囲で空振率が最小となる Line1 と Line2 の閾値が Line1 で SF=1.05、Line2 で $\Delta SF=-0.04$ として求められる。このような検討によって Line1 ~ Line6 を設定する。

表-8.1 閾値設定の概念

20041020200000		捕捉率					20041020200000		空振率				
STEP1		ΔSF					STEP1		ΔSF				
		< -0.06	< -0.05	< -0.04	< -0.03	< -0.02			< -0.06	< -0.05	< -0.04	< -0.03	< -0.02
SF	< 1.10	0.550	0.736	0.887	0.927	0.935	SF	< 1.10	0.014	0.025	0.037	0.051	0.062
	< 1.09	0.537	0.731	0.877	0.919	0.929		< 1.09	0.012	0.022	0.034	0.046	0.056
	< 1.08	0.527	0.725	0.869	0.912	0.924		< 1.08	0.011	0.020	0.030	0.041	0.049
	< 1.07	0.503	0.701	0.853	0.902	0.916		< 1.07	0.009	0.018	0.027	0.036	0.043
	< 1.06	0.476	0.684	0.838	0.890	0.903		< 1.06	0.009	0.016	0.024	0.032	0.037
	< 1.05	0.466	0.659	0.811	0.866	0.876		< 1.05	0.008	0.014	0.022	0.028	0.033
	< 1.04	0.454	0.648	0.787	0.842	0.854		< 1.04	0.007	0.013	0.020	0.025	0.028
	< 1.03	0.436	0.624	0.763	0.815	0.827		< 1.03	0.006	0.012	0.017	0.022	0.024
	< 1.02	0.408	0.593	0.723	0.780	0.790		< 1.02	0.005	0.010	0.014	0.018	0.020
	< 1.01	0.342	0.530	0.667	0.724	0.741		< 1.01	0.004	0.007	0.011	0.014	0.015
< 1.00	0.275	0.457	0.581	0.627	0.658	< 1.00	0.003	0.005	0.008	0.009	0.010		

なお、ここでの捕捉率等の指標は、図-8.3 に示すように計算時間を通じた集計値ではなく時刻ごとに求める。



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 = $B / (A+B)$

	発生判定	非発生判定
崩壊発生	A	B
崩壊非発生	C	D

図-8.3 時刻別評価指標の導入による評価方法の改善

8.5 安全率の変化量 ΔSF

8.5.1 仮想水位

予測モデルでは、表土層の厚さを超える水は表面流として処理され斜面安定解析に関与しないものとしている。このため、表土層を上回る水位が継続するとき、地下水位・安全率ともに値が変化せず、その変化量と崩壊発生との関わりを検討することができない。現実には地表面に溢れ出た水は水位を形成して下方へ流下し斜面安定になんらかの関わりをもつものと考えられる。これを流出解析モデルの適用によって追跡計算することは可能であるものの、演算に時間を要するためリアルタイム処理を目指すシステムへの適用には不向きである。このため、時刻ごとに地上に排出された水と地下水位を加算した水位（以下、仮想水位と呼ぶ）を求めることで安全率の変化量を求める際の基礎とする（図8.4）。

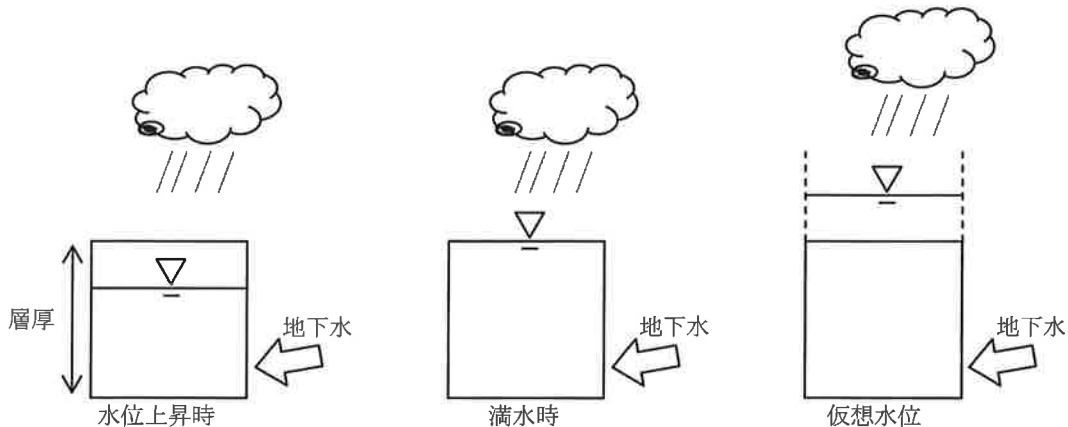


図-8.4 仮想水位の概念

8.5.2 安全率

仮想水位が生じた場合の安全率は、地表の水位がせん断力のみに影響を及ぼすものとして求める。仮想水位の有無に応じた安全率 (SF) の算出式を整理すると以下のとおりである。

$$SF = \frac{c' + c_r + A \cos^2 \theta \tan \phi'}{B \sin \theta \cos \theta}$$

$H > h(t)$ のとき

$$A = q_0 + (\gamma_{sat} - \gamma_w)h(t) + \gamma_i(H - h(t))$$

$$B = q_0 + \gamma_{sat}h(t) + \gamma_i(H - h(t))$$

$H \leq h(t)$ のとき

$$A = q_0 + (\gamma_{sat} - \gamma_w)H$$

$$B = q_0 + \gamma_{sat}H + \gamma_i(H - h(t))$$

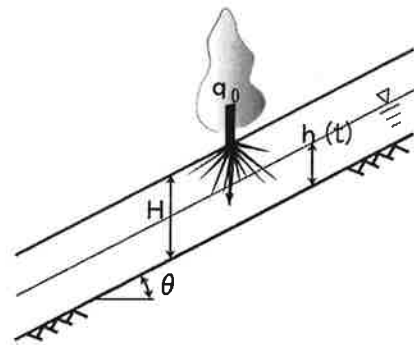


図-8.5 安全率計算の概念図

ここで、 H : 表土層深 (m)、 $h(t)$: 基岩面からの地下水位 (m)、 θ : 基岩面の斜面勾配 ($^\circ$)、 γ_t : 土の単位体積重量 (kN/m³)、 γ_{sat} : 土の飽和単位体積重量 (kN/m³)、 γ_w : 水の単位体積重量 (kN/m³)、 c' : 土の有効粘着力 (kN/m²)、 ϕ' : 土の有効内部摩擦角 ($^\circ$)、 c_r : 根系の粘着力 (kN/m²)、 q_0 : 植生による上載荷重 (kN/m²) である。

$H > h(t)$ のとき (通常時)

$H \leq h(t)$ のとき (仮想水位時)

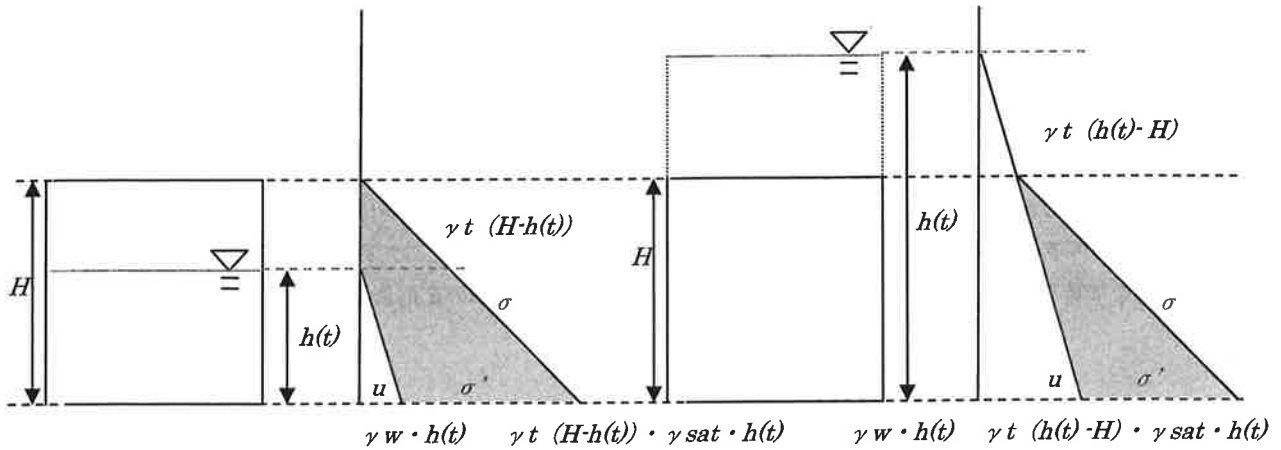


図-8.6 通常時と仮想水位時での応力の考え方

◆ $H > h(t)$ のとき (通常時)

すべり面での $\sigma = \gamma_t \cdot (H - h(t)) + \gamma_{sat} \cdot h(t)$ B
 $\sigma' = \sigma - u = \gamma_t \cdot (H - h(t)) + (\gamma_{sat} - \gamma_w) \cdot h(t)$ A

◆ $H \leq h(t)$ のとき (仮想水位)

すべり面での $\sigma = \gamma_w \cdot (h(t) - H) + \gamma_{sat} \cdot H$ B
 $\sigma' = \sigma - u = \gamma_w \cdot (h(t) - H) + \gamma_{sat} \cdot H - \gamma_w \cdot h(t) = (\gamma_{sat} - \gamma_w) \cdot H$ A

◆ $H = h(t)$ のとき

どちらの条件でも $\sigma = \gamma_{sat} \cdot H$ or $\gamma_{sat} \cdot h(t)$
 $\sigma' = (\gamma_{sat} - \gamma_w) \cdot H$ or $(\gamma_{sat} - \gamma_w) \cdot h(t)$

8.6 丹波市災害における改良の検証

丹波市における平成26年8月豪雨災害をもとに、改良した判定方法の検証を行った。

改良前後の判定方法による丹波市全域の判定セル数と崩壊の捕捉率の比較結果を図-8.7に示した。

図-8.7には寺奥谷川流域内のレーダー解析雨量(3次メッシュ番号:52,357,110、気象庁)を図示しており、平成26年8月豪雨には2つの降雨ピークが確認される。2つ目の降雨ピーク時に時間雨量80mmに達しており、この前後に丹波市において土砂災害警戒情報が発表されている。また、前述のとおりこの地域での調査報告¹³⁾によると、崩壊や土石流の多発時刻が午前2時~3時頃となっている。

図-8.7より改良後の判定手法の特徴について以下に述べる。

- ① 判定タイミングが改良前よりも早まり、崩壊等が多発した午前2時~3時頃の捕捉率が80%以上に高まった。
- ② 降雨と判定セル数のピークが近づき、降雨のピークから数時間後までに判定セルが集中する結果となった。
- ③ 降雨終了後に判定セル数が急減し、長期にわたる判定状態のセル数が抑制された。

また、安全率等の時系列変化の一例(寺奥谷川流域、セル番号:6,446,324)として改良後の判定方法によるスネークラインを図-8.8に示した。同図のスネークラインは反時計回りの軌跡を辿り、8月17日午前2時に判定基準線を通り、崩壊等が多発した時刻との整合していることがわかる。

また、図-8.9は寺奥谷川流域周辺の判定結果の平面分布を示したものである。黒色で示したセルは、1時間前の時刻において判定されていたことを示している。判定されたセルは水の動きに連動して上流から下流へと広がり、崩壊が発

生した午前2時には崩壊地（図中の楕円状の囲み）のほぼ全てを1時間前に予測していたことがわかる。

以上のとおり、改良した判定手法によって丹波市全域での判定状況や寺奥谷川における特定地域での判定状況の確認により判定タイミングの課題の改善状況が確認された。

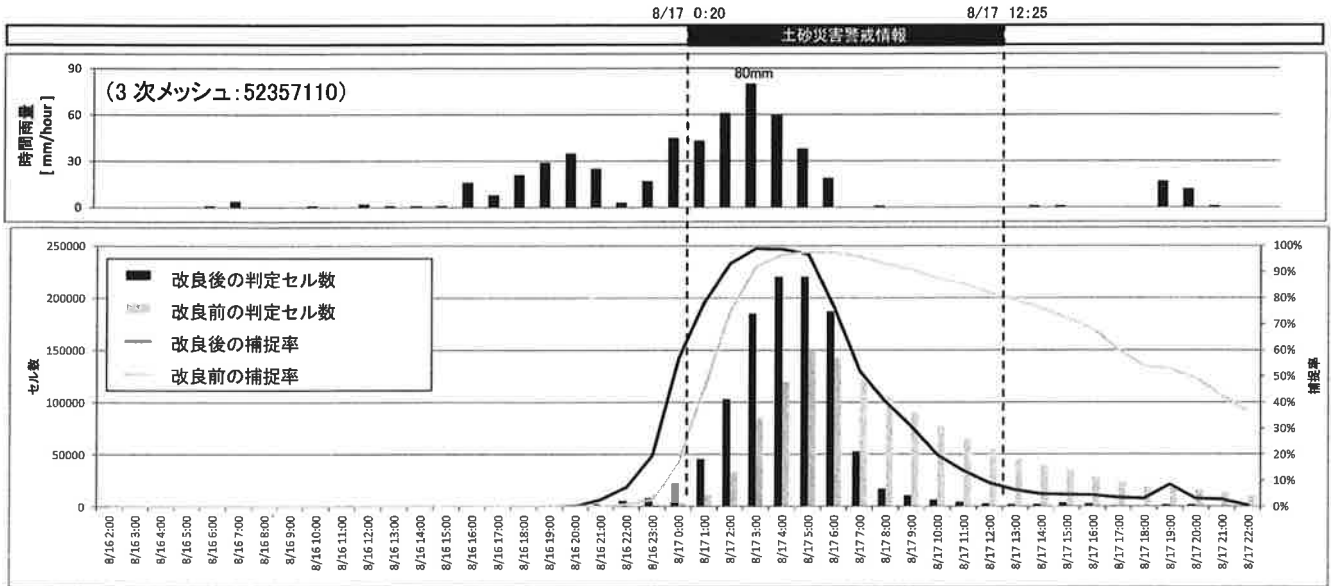


図-8.7 改良前後の判定セル数と捕捉率の時間変化

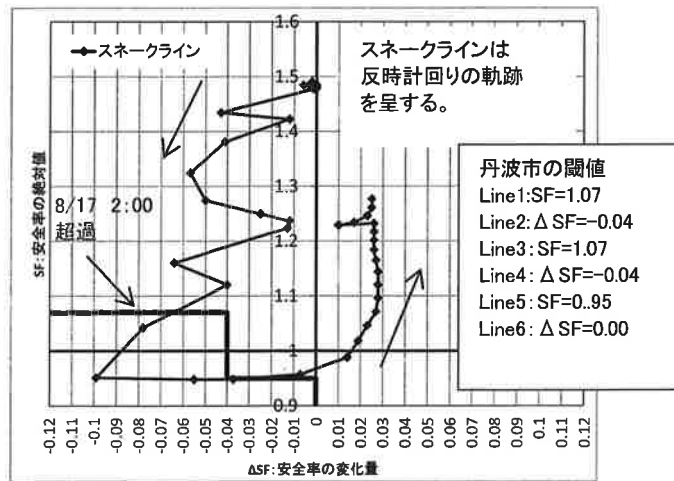


図-8.8 判定基準線（丹波市）とスネークライン

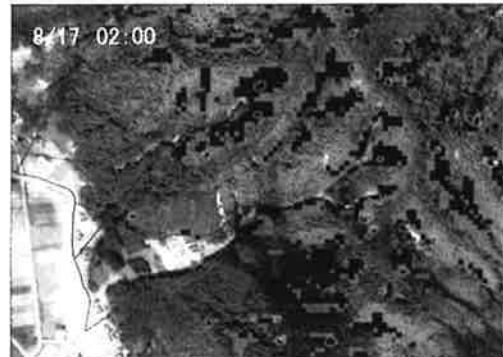
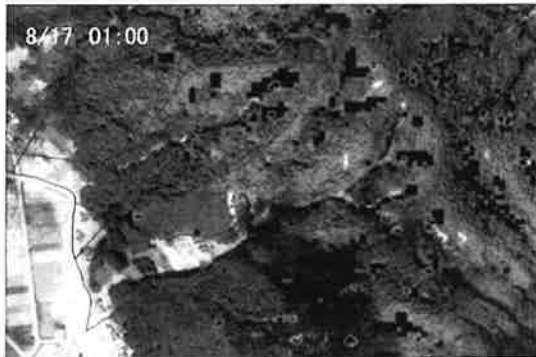


図-8.9 新システムでの危険度判定結果（図の中心が寺奥谷川流域）

8.7 システムへの組み込み

8.7.1 判定と表示方法

前項までで安全率と安全率の変化量を用いた判定基準線を設定することで判定のタイミングが実態に即したものに改善できることを示した。

この改良した判定方法をリアルタイムのシステムに組み込むにあたり、気象庁のレーダー解析雨量および降水短時間予報の利用方法やシステム画面上への表示方法について図-8.10、図-8.11のとおり整理した。

判定は、図-8.10のように安全率と安全率の変化量からなるスネークライン（時系列推移）が判定基準線より左下側へ移動した場合には行われる。また、判定はレーダー解析雨量による実況値と降水短時間予報（1時間予測、2時間予測、3時間予測）を用い、気象庁からの配信時に生じるタイムラグを考慮して、実況値+1時間予測が判定基準線より左下の場合に「現在、土砂災害の危険予測される」、実況値+2時間予測が判定基準線より左下の場合に「1時間後、土砂災害の危険が予測される」、実況値+3時間予測が判定基準線より左下の場合に「2時間後、土砂災害の危険が予測される」と表示する（図-8.11）。

なお、この三段階の表示は兵庫県による「地域別土砂災害危険度」と統一の表現としたものである。

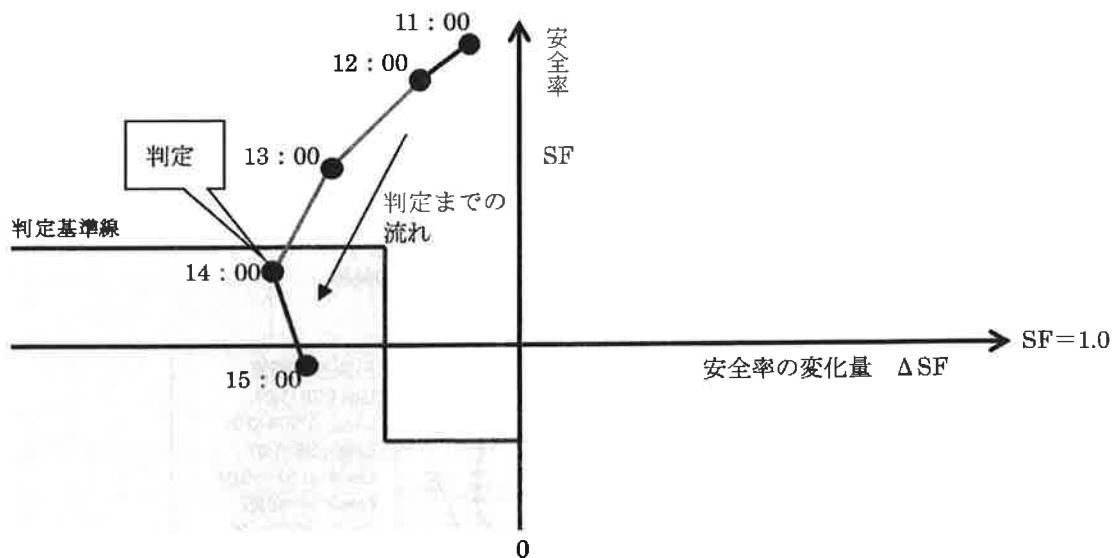


図-8.10 判定の概念

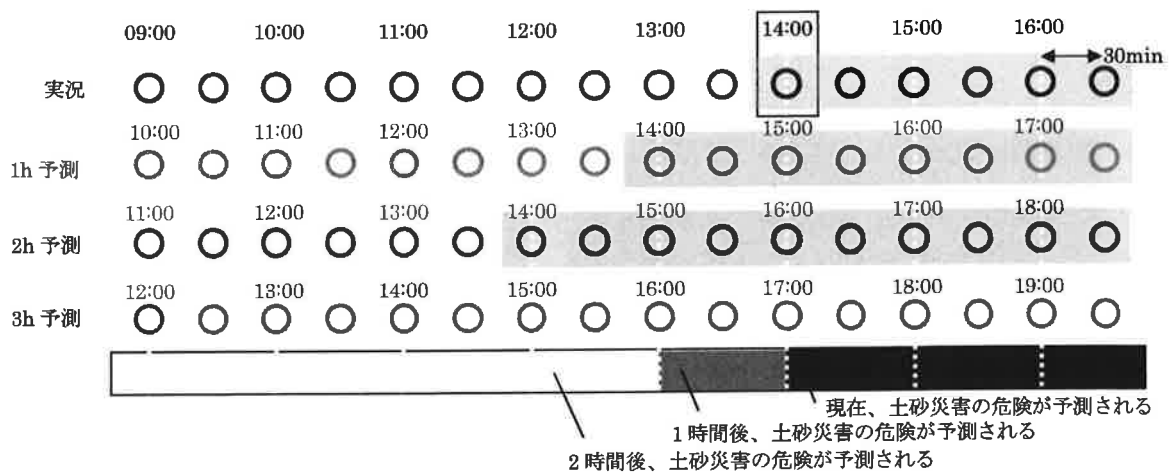


図-8.11 判定の時系列イメージと着色表現

8. 7. 2 解除の判定方法

改良した判定手法を解除の判断に利用しようとするとき、判定基準線を通じて直ちに解除するのではなく、現地パトロールによって安全性の確認などを行ってから判断することが現実的である。

このため、判定基準線を通じてからの一定期間を「解除予告」として、その間にパトロールを実施するなどして異常がなければ解除とするものとする。解除の判断は、実況および1時間予測、2時間予測の3種がいずれも判定基準線より右上の領域に位置するとき「解除予告」と認識し、その後パトロールに要する時間等に応じて予め設定する滞在時間の経過後に最終的な判定解除として利用する。なお、図-8.12 および図-8.13 は滞在時間を2時間とするときの例示である。

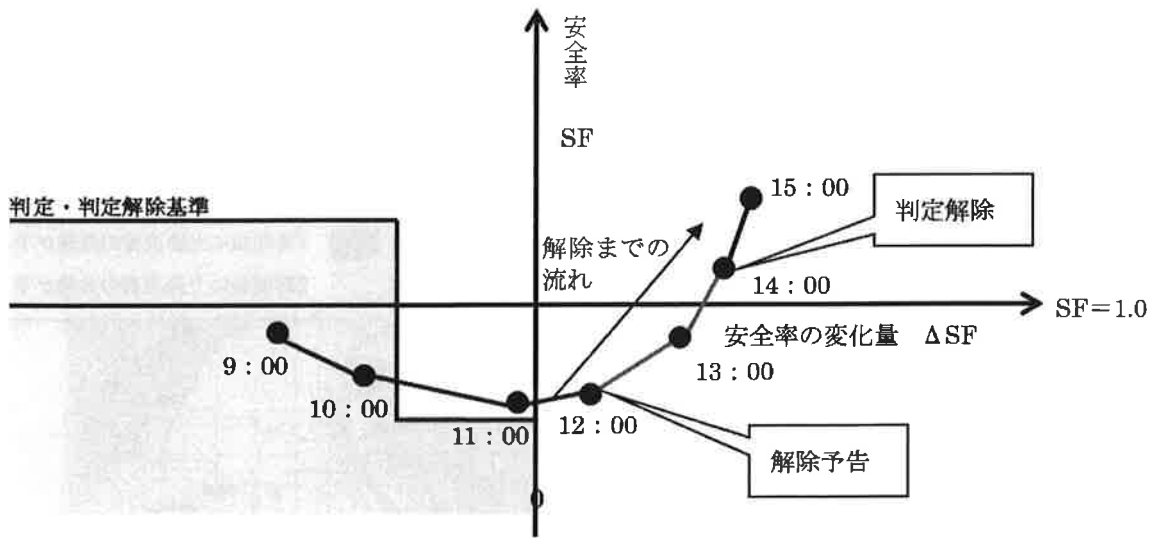


図-8.12 判定解除の概念

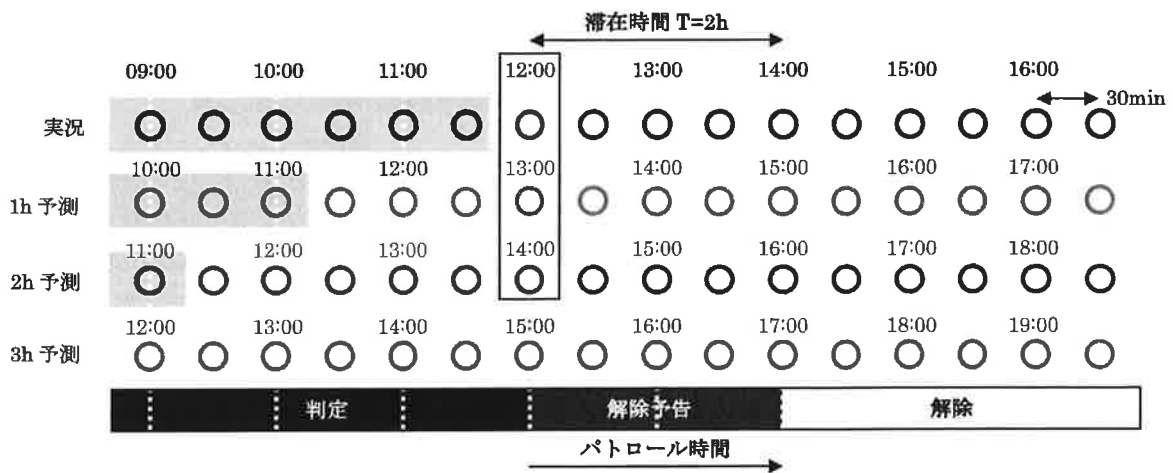


図-8.13 判定解除時系列イメージ

8. 7. 3 システム画面

以上による判定結果を表示するシステム画面を図-8.14～図-8.16に示す。

図-8.14は国土地理院の数値地図1/25,000を背景として10mメッシュ単位の判定結果や土砂災害警戒区域単位の判定結果を表示したものである。この地図画面は図-8.15のように空中写真画像を背景に切り替えられる。また、図-8.16は市町ごとの土砂災害警戒区域単位の情報を自治会単位で集約した監視画面であり全体を俯瞰した情報として、また避難勧告等を自治体単位で発表しようとする際に活用するものとして作成している。



図-8.14 10mメッシュおよび土砂災害警戒区域単位での表示



図-8.15 空中写真背景および画面機能



図-8.16 自治会単位での表示

8. 7. 4 本システムの情報と地域別土砂災害危険度情報との対比

「地域別土砂災害危険度」とは、「土砂災害警戒情報」と連動した補足情報であり、1kmメッシュごとに県下を細分化して土砂災害の危険度が高まっている地域を示す情報で兵庫県のホームページにて公開されている。この情報は60分間雨量と土壌雨量指数による土砂災害警戒基準を既に超えているエリアを赤、1時間後に超えると予測されるエリアを橙、2時間後に超えると予測されるエリアを黄色で表示している。

神戸市における平成26年台風第11号の事例について、本システムの結果と、総雨量、地域別土砂災害危険度を図-8.17に示した。

この台風では、8月10日8:55に神戸市で土砂災害警戒情報が発表されており、8月10日21:40に解除されている。総雨量は神戸市北区有馬付近を中心に多く分布している。地域別土砂災害危険度は5kmメッシュ単位の土壌雨量指数の影響を受けるため、5kmメッシュに相当する範囲でまとまった判定となる傾向を示す。本システムによる情報は神戸市内を防災福祉コミュニティーで分割した単位で集約した判定結果を示しており、図-8.17では本予測システムによる判定が最初に現れた時刻と、判定のピーク時刻、判定が終了した時刻の3種を図示している。判定が最初に現れた2014年8月10日9:00は土砂災害警戒情報が発表された時刻と同じタイミングである。判定が多数となる2014年8月10日12:00では、神戸市西区以外で地域別土砂災害危険度が判定されており、本システムでは地域別土砂災害危険度に対して空間的に絞り込まれたかたちで危険度が判定されていることがわかる。判定が終了した時刻である2014年8月10日18:00では、降雨の終息に応じて、本予測システムの危険度判定が解除されている。このとき、土砂災害警戒情報は発表中であり、地域別土砂災害危険度よりも早めの解除となっている。

この事例のように、本予測システムが土砂災害警戒情報と連動する地域別土砂災害危険度と類似のタイミングで土砂災害の危険が予測されるエリアを絞り込めることや、判定が必要以上に長引かないことが確認された。

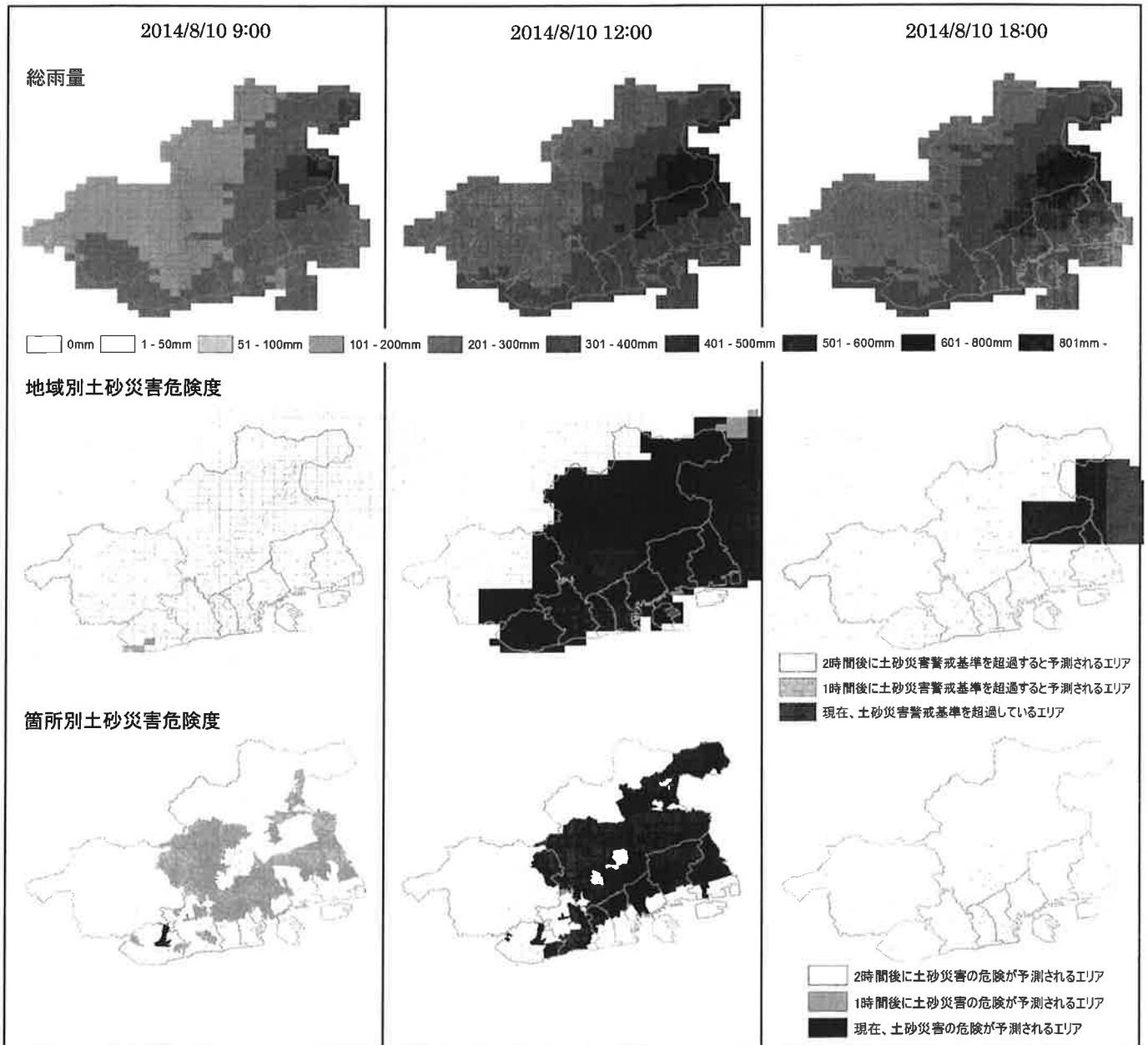


図-8.17 平成26年台風第11号における各システムの判定結果（神戸市）

9. おわりに

前報までは主に崩壊の発生場の予測に関する課題と対策について報告を重ねてきた。本報では発生時刻の予測を主とした課題と対策について取り組み、新たな判定手法の採用によって改善されることを示した。今回の報告により、場の予測と時の予測の両面の課題を概ね克服したものとする。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もの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 27 年 9 月関東・東北豪雨及び平成 27 年台風第 18 号による大雨等）、災害時自然現象報告書 2015 年第 1 号、平成 27 年 12 月 4 日
- 2) 内閣府：平成 27 年 9 月関東・東北豪雨による被害状況等について、2016 年 2 月 19 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、土木学会論文報告集、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) 松村和樹・長谷川祐治・藤本将光・中谷加奈・西川友章・笠原拓造・柳崎剛・鏡原聖史・加藤智久・岡野和行・鈴木崇・平岡伸隆：2014 年 8 月の豪雨による兵庫県丹波市で発生した土砂災害、砂防学会誌、Vol.68、No.1、P.60-67、2015.
- 14) 松尾稔・上野誠：破壊確率を用いた自然斜面の崩壊予知に関する研究、土木学会論文報告集、第 281 号、1979.
- 15) 上野誠・松尾稔ら：破壊確率を用いた斜面崩壊の予知手法、土と基礎、49-7、2001.

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