

豪雨時の斜面災害発生リスクの軽減と規制緩和・解除へ適用

「土壌水分を考慮した斜面監視システムの実装」

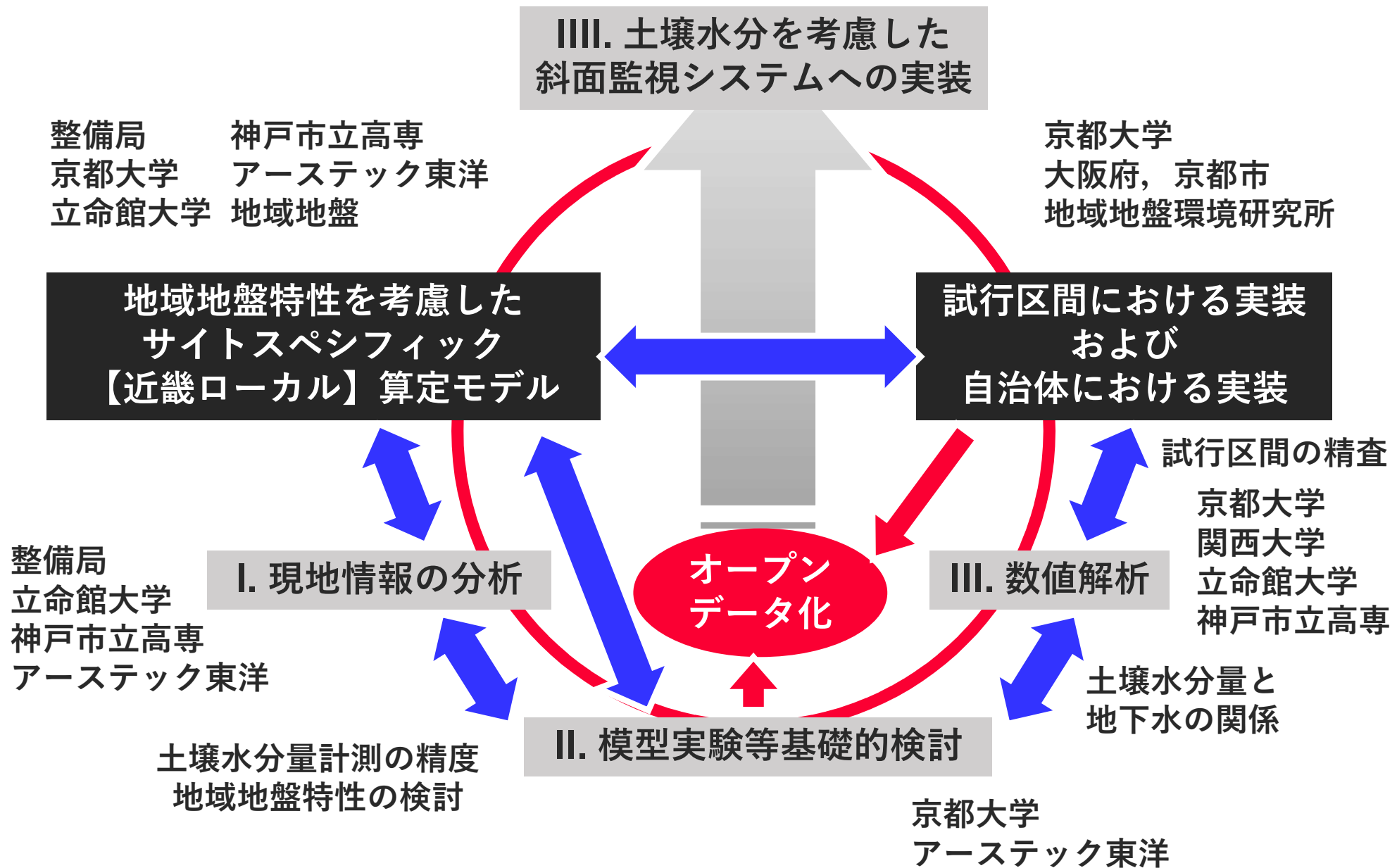
京都大学大学院工学研究科
都市社会工学専攻
岸田 潔

京都大学

KYOTO UNIVERSITY



実施体制



問題背景

- ✓ 豪雨時における国道を対象とした道路通行規制の発令には、**事前通行規制区間**において**連続した時間雨量の累積を基準**としているため、**降雨特性に対応したきめ細やかな事前通行規制ができない**のが現状
- ✓ 道路斜面は**多種多様な地形、地質構造、土質・岩質、地下水**を有しており、斜面への**豪雨時の雨水浸透・崩壊メカニズム**を考慮することなく、**降雨量の情報のみで、斜面安定性・崩壊危険度の評価・予測は困難**
- ✓ 交通規制の発令は可能であっても、降雨終了後の**交通規制の解除**ができない
- ✓ 降雨特性（降雨強度・降雨波形など）や斜面の**地形・地質**などに応じた「きめ細やかで安全かつ最小限の事前通行規制（発令から解除まで）」を行う必要がある



- ✓ **連続雨量**から、より**斜面内の水分量や先行雨量の影響などを考慮できる雨量指標**へのシフト
- ✓ 実際には、**土砂災害警戒情報**の発令の際使用される**土壌雨量指数**と**60分間積算雨量**を用いた**スネーク曲線**を用いるのが現実的

課題の整理

- 降雨・土壌水分量 → 気象台発表 vs 対象斜面，地域地盤特性？

土壌雨量指数算出のための雨量データおよび60分間積算雨量として，どの雨量データを使用するのか（レーダー and/or テレメータ？）？

- 地下水の状況も重要 → 浮力，掃流力，土壌水分量と地下水，あるいは崩壊のメカニズムとの関係？

- 土壌水分量を用いた規制情報をどう設定するのか？

土砂災害発生危険基準線（CL：Critical Line）をどのように設定する？

→ 砂防のCL？，道路用CLの構築の必要性は？；道路斜面における補強部の影響
×対象とする災害形態（表層崩壊・沢からの土砂流出など）

→ 近畿ローカルモデルの提案と実装の展開；

代表的な斜面の土壌水分量・降雨の計測 ⇄ 数値解析 ⇄ 模型実験により，
地域を代表するタンクモデル係数を決定し，合理的なCLを提案，実装を展開

本日の発表内容

- ① 先行実装例の紹介；
土壌雨量指数を用いた大阪府の道路通行規制事例
- ② ローカルモデル構築のための京都府新規サイトの紹介；
全国の水平展開を目的とした最低限計測システムによる運用

①先行実装；土壌雨量指数を用いた大阪府の道路通行規制事例

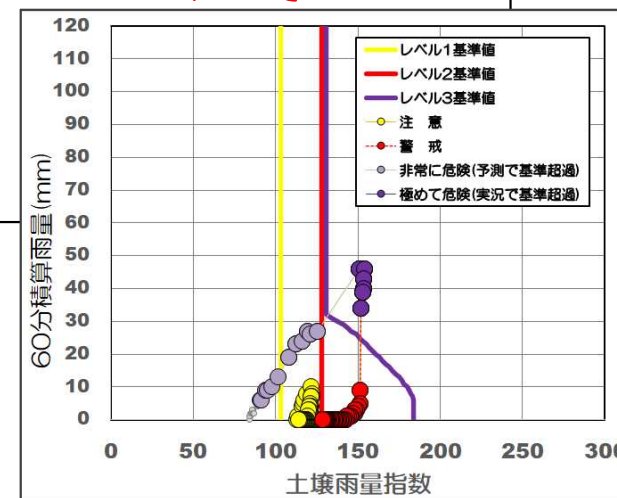
大阪府 異常気象時通行規制区間

通行規制基準の見直し（令和元年6月16日より運用）

■ 規制基準：

連続雨量が基準値に達したとき

または 大阪府土砂災害の防災情報ホームページで
土砂災害の危険度レベルが2時間予測で
土砂災害発生基準線（CL）に達するとき



土壌雨量指数を用いた道路通行規制事例

●路線 主要地方道 枚方亀岡線（高槻市）

●経過

・7月8日（水）AM 4 時～5 時頃、

「大阪府土砂災害の防災情報」において枚方亀岡線の規制区間内に
「非常に危険（薄紫）」に到達するメッシュを確認。

・これに伴い対応した職員のパトロール、高槻警察署からの情報提供(AM5:30)等
により土砂災害を確認したため、通行止めを実施。

①先行実装；土壌雨量指数を用いた道路通行規制事例

令和2年7月8日の大雨により土砂崩れ発生

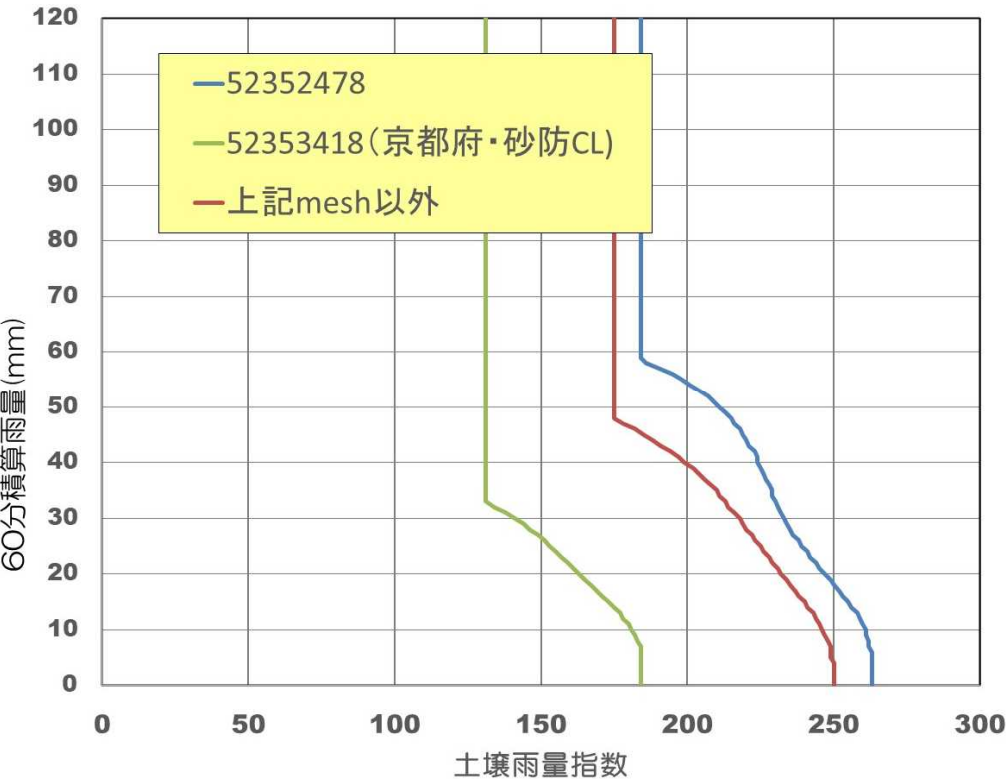
- ◆被災箇所：京都市西京区大原野出灰町地内
- ◆被災状況：二車線を完全に塞ぐ崩壊



大阪府HP(<http://www.pref.osaka.lg.jp/ibarakidoboku/xyz/index.html>) より

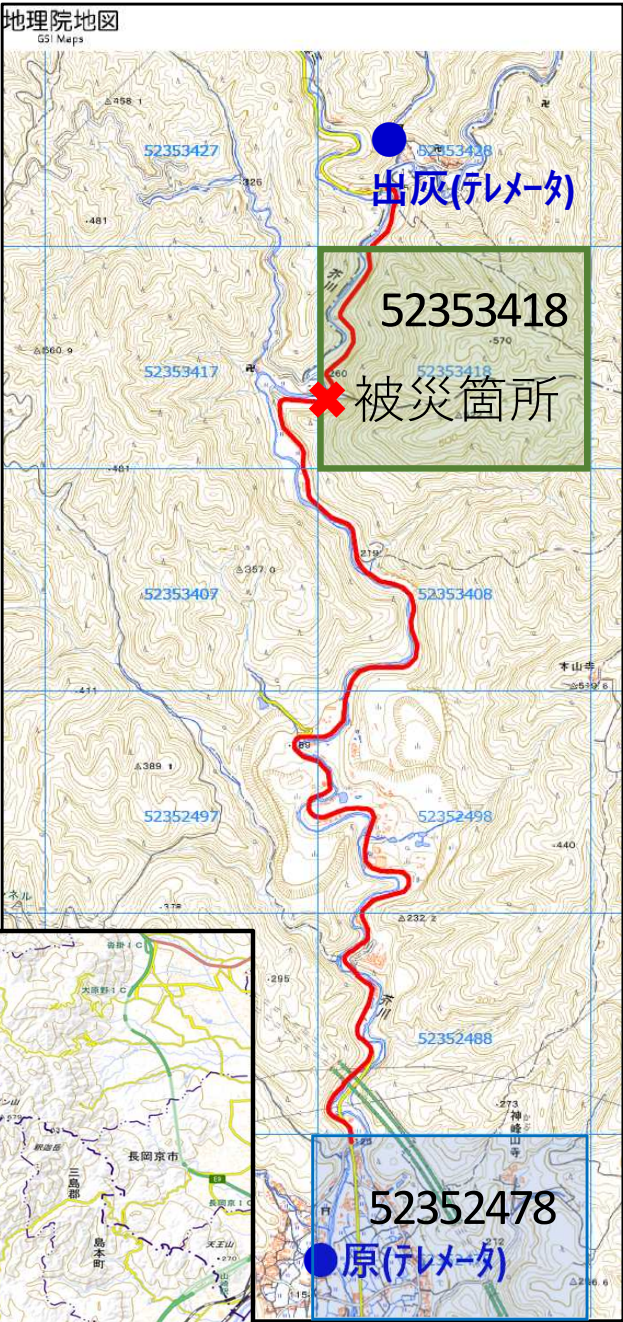
主要地方道 枚方亀岡線の概要

管理番号	箇所名称			気象等観測所	種別
大阪府-01-019	枚方亀岡線			原	主要 地方道
住所				規制条件(通行止)	
都道府県名	市町村	字丁目			
大阪府	(起点)	高槻市	原	連続雨量が $\geq$ 150mmに達した場合	
	(終点)	高槻市	出灰		



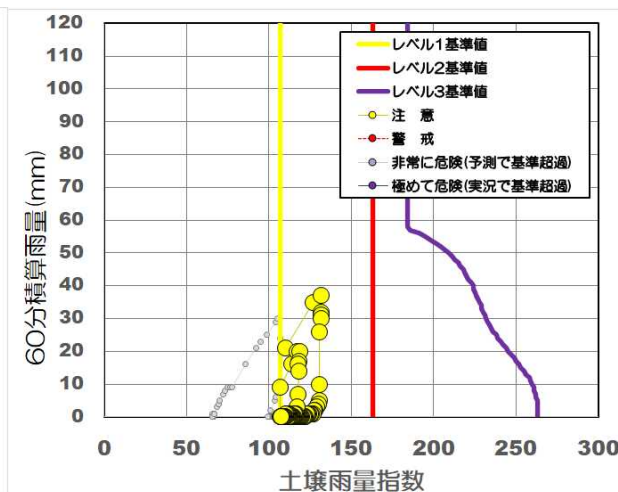
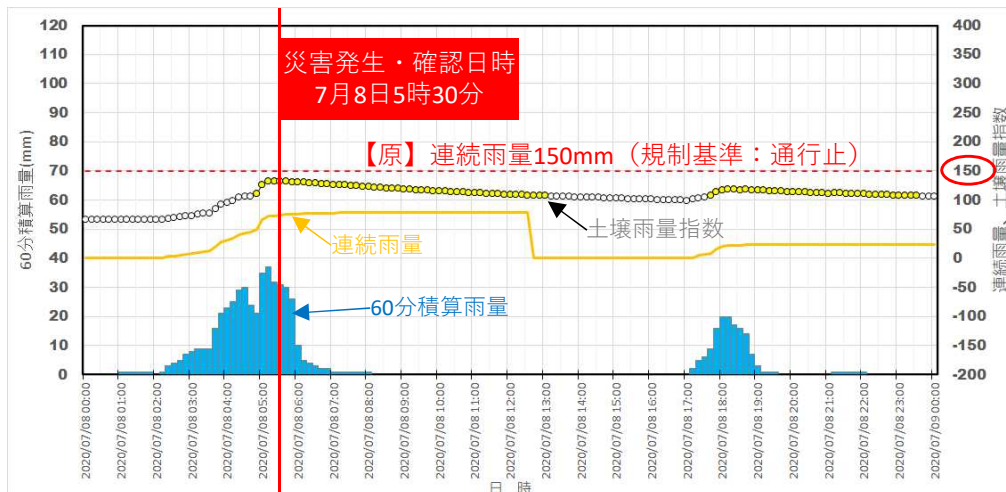
事前通行規制区間内
3次メッシュの土砂災害CL

KYOTO UNIVERSITY



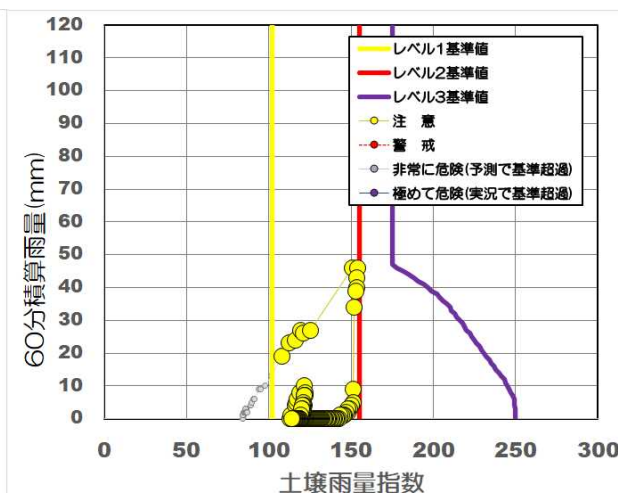
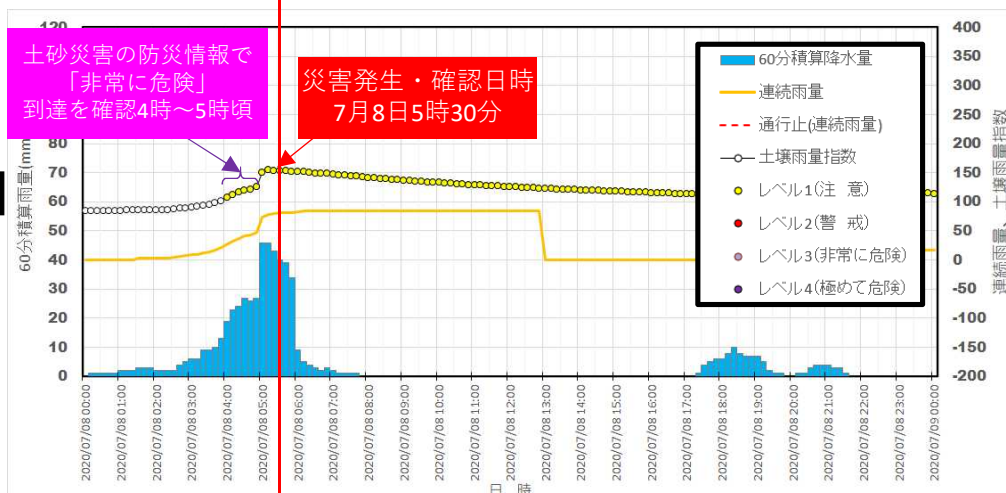
【原:テレメータ雨量】
連続雨量max 76mm

土砂災害CL:52352478



【出灰:テレメータ雨量】
連続雨量max 85mm

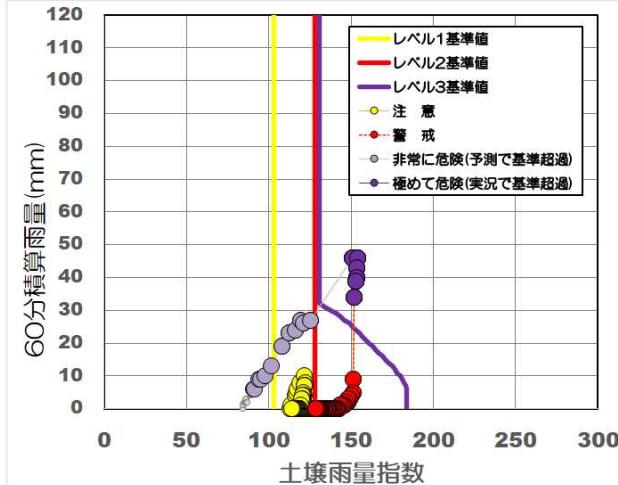
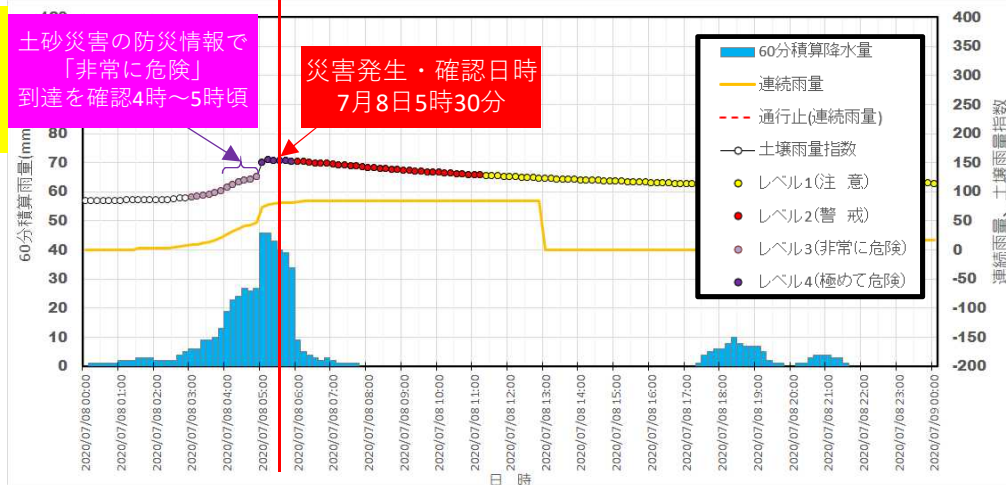
土砂災害CL:52353428



被災箇所のCL
で経過を見ると

【出灰:テレメータ雨量】
連続雨量max 85mm

土砂災害CL:52353418



得られた知見

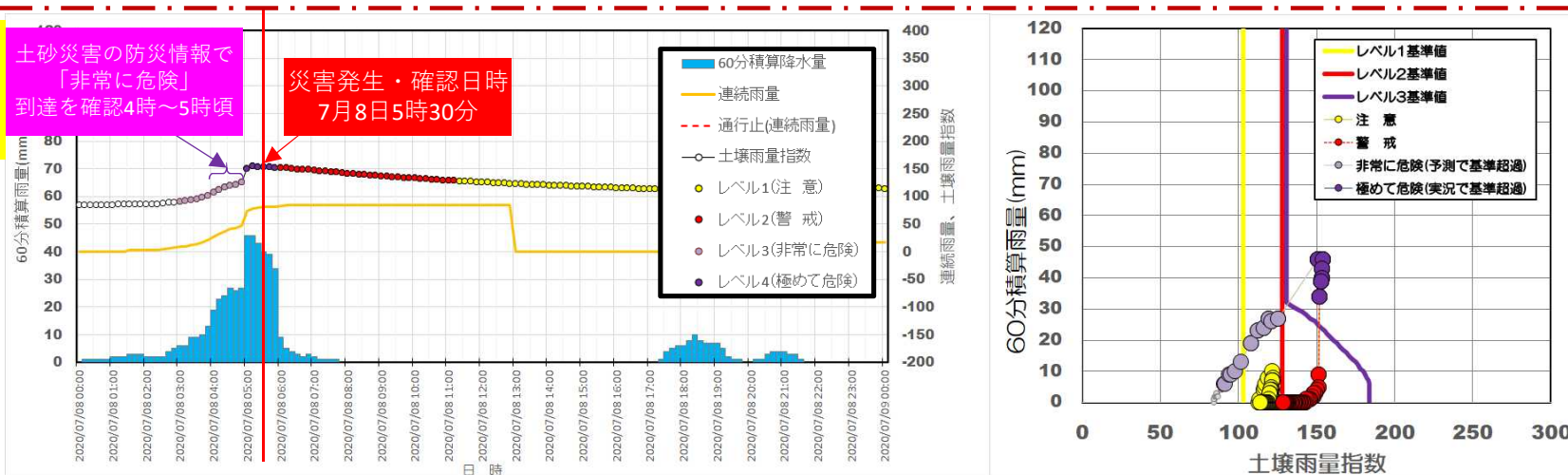
- ✓「大阪府土砂災害の防災情報」において枚方亀岡線の規制区間内に「非常に危険（薄紫）」に到達するメッシュを確認し、これに伴い対応した職員のパトロール，高槻警察署からの情報提供（AM5:30）等により土砂災害を確認したため，通行止めを実施した
- ✓テレメータ雨量を用いた分析の結果，土砂災害警戒情報と同じ運用方法で国道の通行規制を実施すれば，従来の連続雨量方式では通行規制は発動しないが，土砂災害警戒情報の基準を超えるメッシュの有無も併せて確認すると，今回のケースのように斜面崩壊前に通行規制を発動することができる可能性がある
- ✓ただし，この路線の独特の事情，すなわち大阪府の基準と京都府の基準が混在し，かつ，京都府のCLが明らかに大阪府のCLよりも厳しい基準であったことで，京都府の基準によると上手く通行規制が発動できた。
大阪府のCLでは通行規制はかからなかったため，今後の分析が必要
- ✓テレメータ雨量でスネーク曲線を描くと現状どのような状態化は判断できるが，予測ができない。予測のためには必ず解析雨量が必要になる。しかし，解析雨量は役所でもリアルタイムで入手することはできないと考えられ，また，解析雨量と実際降った実測雨量がよく合わないという問題も依然としてある。解析雨量の導入には積極的な事例収集が必要
- ✓解除のタイミングについては，CLの内外を繰り返し移動する場合の解除判断，特に土壌雨量指数が十分に小さくなるまで待つことを視野にいれるかなど，重要な課題がある

被災箇所のCL で経過を見ると

【出灰:テレメータ雨量】

連続雨量max 85mm

土砂災害CL:52353418



京都大学

規制雨量
(mm)

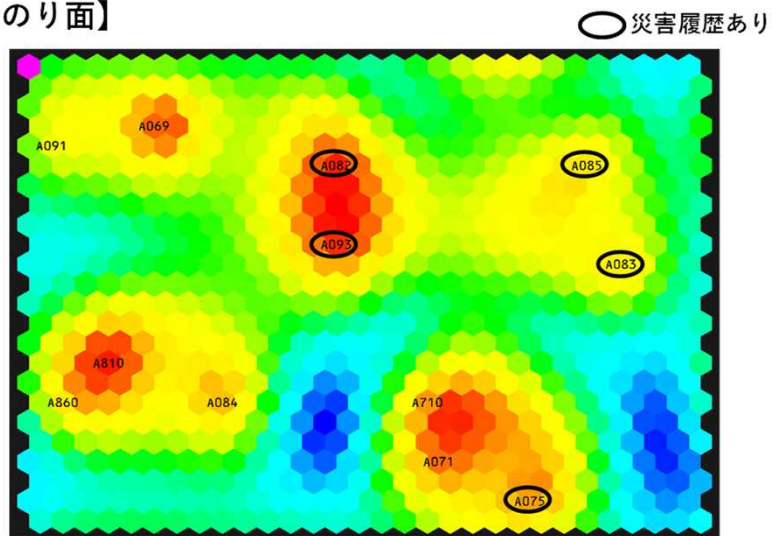


第17回 新都市社会技術セミナー 2020年9月28日

新規観測箇所を選定

※SOM(自己組織化マップ): 入力情報の類似度をマップ上の距離で表現する手法

【切土のり面】



■ 安定度調査表の点数

A069 : 64, A071 : 23, A075 : 10, A082 : 47, A083 : 42,
A084 : 53, A085 : 33, A091:57, A093 : 51, A710 : 24, A810 : 61,
A860 : 53 (グレーのハッチ: 災害履歴あり)

SOMによる分析結果: **H8年・H18年総点検時の安定度調査票**

・ 分析対象: 切土法面17箇所, 自然斜面7箇所

→ 過去の被災履歴箇所6箇所を含む

選定結果: SOM分析結果 (低得点群) ・ 過去の被災実績

・ 官地内観測・商用電源の引き込みやすさ・現地確認

→ **N009A084/A085を選定**

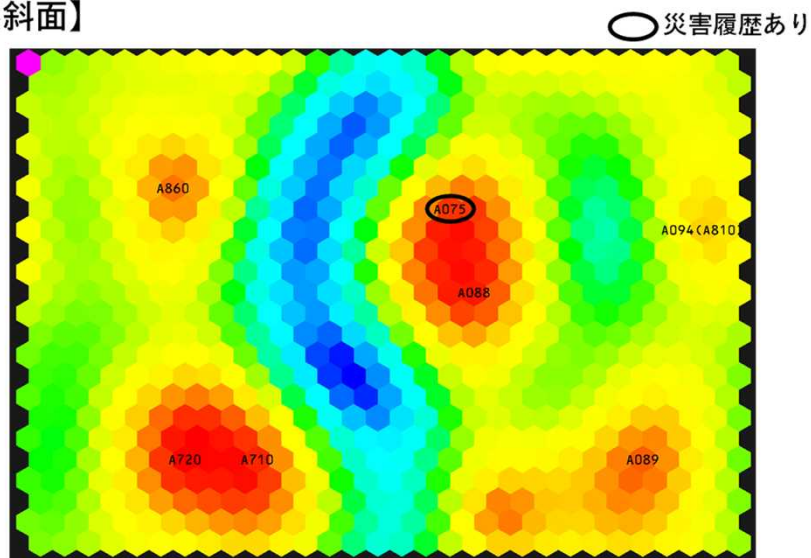


H16年N009A085被災状況



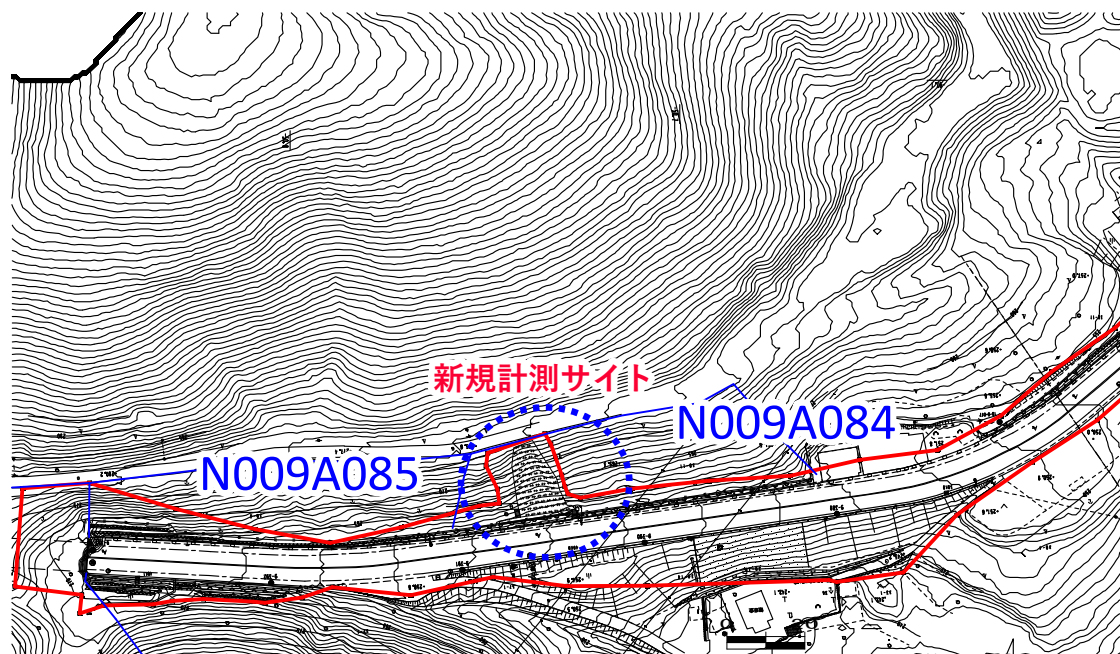
N009A084/A085現状

【自然斜面】



■ 安定度調査表の点数

A075 : 29, A088 : 34, A089 : 54, A094 (A810) : 57,
A710 : 71, A720 : 68, A860 : 76 (グレーのハッチ: 災害履歴あり)



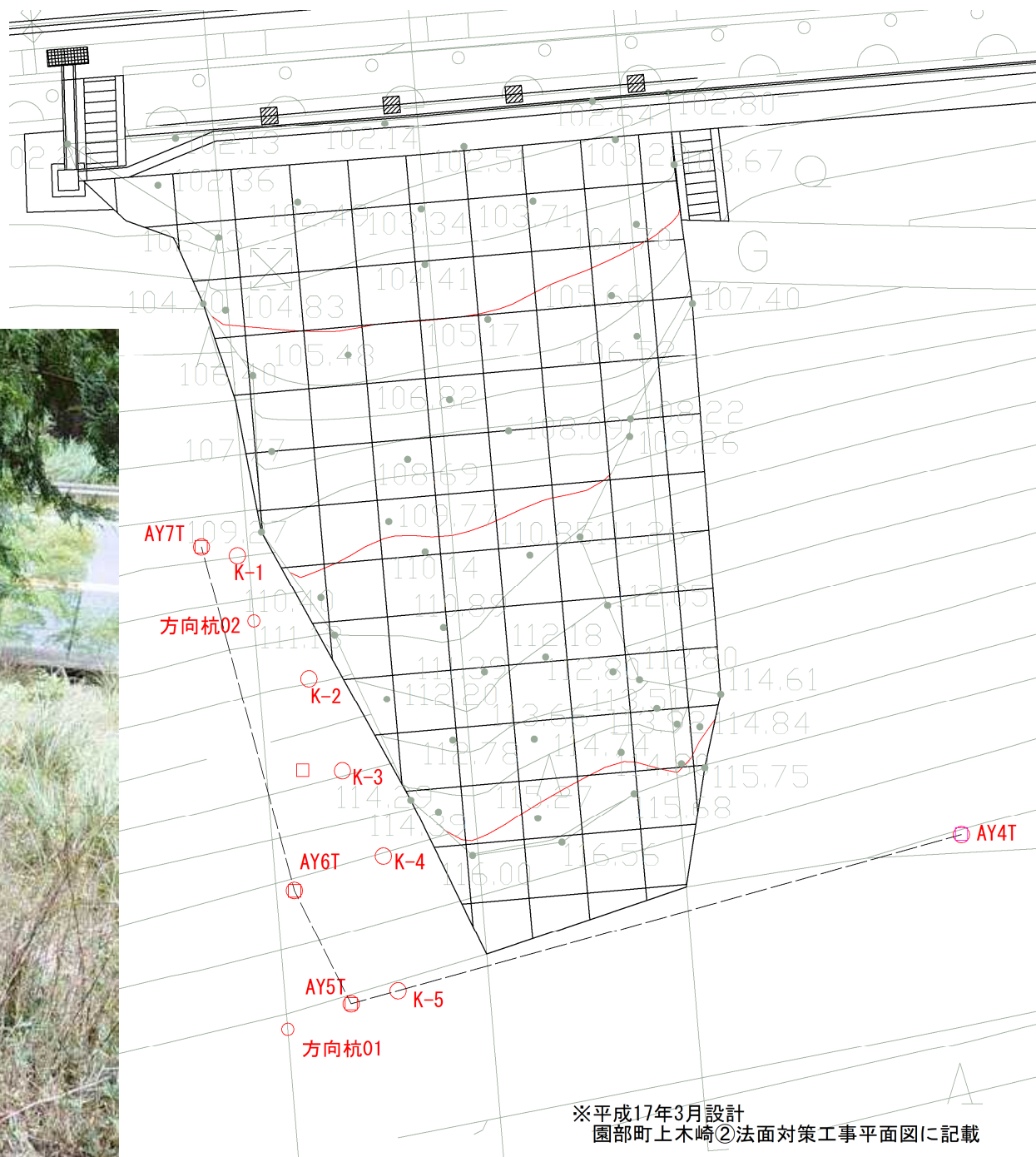
N009A084～N009A085平面図

新規観測箇所の新規

- ✓ 水平展開を目指すために、計測地取得の簡易化×地域地質の代表性をバランスさせることが大前提
 - 官地利用を原則×当該斜面の地質調査
- ✓ 通例、対策工を施す最低限領域が官地化
- ✓ 法枠工付近の余白地における最適な計測箇所を特定
 - 簡易貫入試験を実施



位置図：K-1～K-5；簡易貫入試験位置，AY6T-AY7T；官民境界明示



※平成17年3月設計
園部町上木崎②法面対策工事平面図に記載

新規観測箇所調査結果・計測センサ配置予定図（2020/9/23 完了予定）

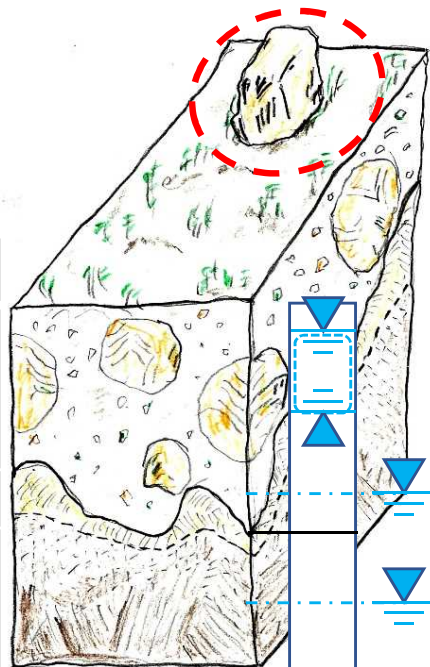
観音峠A084地盤構成モデル

地質区分

崖錐
(転石混り
砂礫)

頁岩(風化帯)

頁岩(軟岩)



地下水位

豪雨時の
飽和帯形成

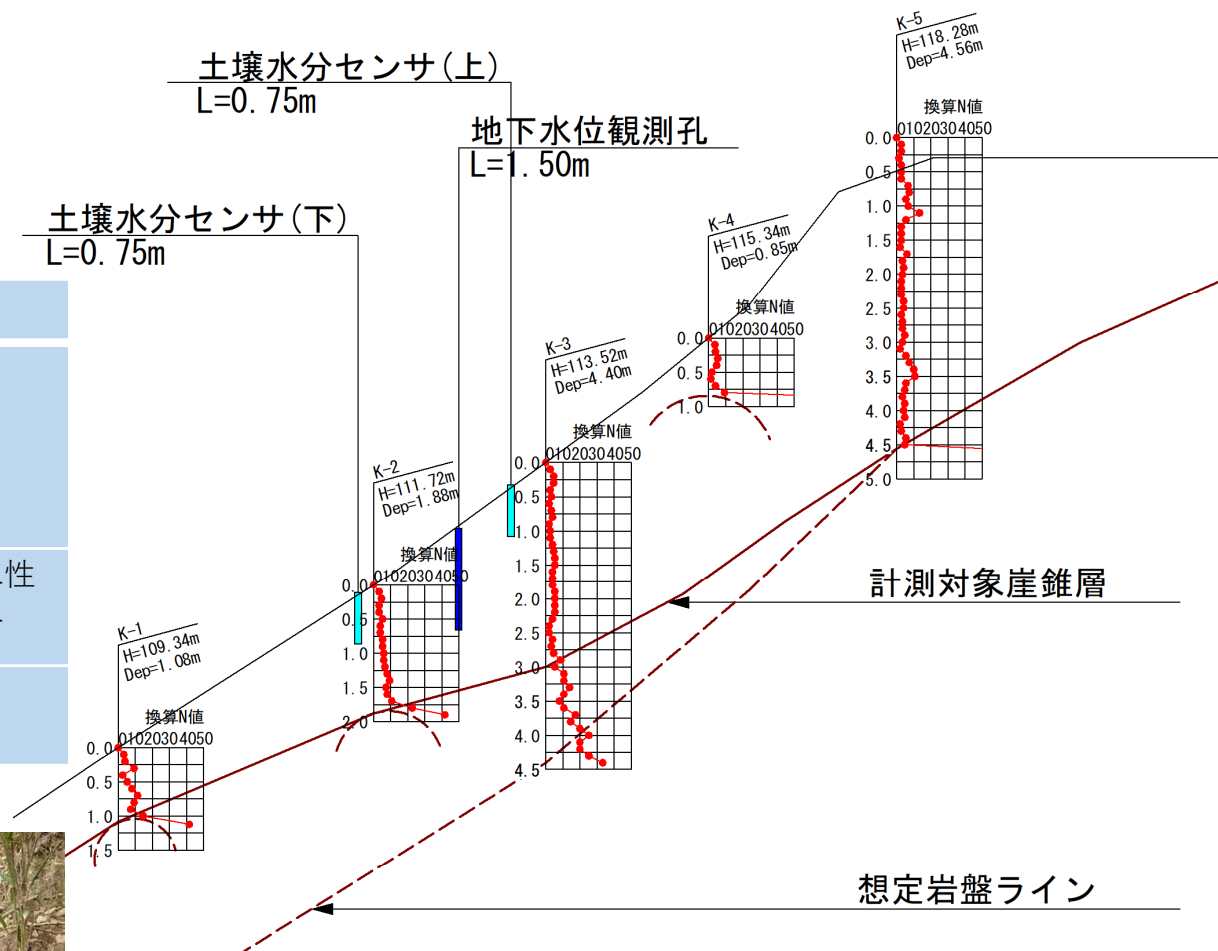
基盤境界の透水性
差による地下水

基盤内の
自然地下水位

土壌水分センサ(上)
L=0.75m

土壌水分センサ(下)
L=0.75m

地下水位観測孔
L=1.50m



想定岩盤ライン

<地質状況>

- ✓ 林道上方斜面の転石状況や崩壊時の状況から、巨大なチャート転石が混入した崖錐性堆積物が分布

<斜面安定性の観点>

- ✓ 崩壊予想範囲(崖錐性堆積物の分布)は深いが、転石や含有する礫による見かけのφが大きく比較的安定

<想定される崩壊メカニズム>

- ✓ 傾斜部表層における降雨浸透不安定化メカニズムが懸念される地層構成→本研究のターゲットと合致

巨大チャート
転石

転石混じりの
崖錐(砂礫層)

基盤の頁岩
露頭状況
10~20cmの
強風化帯

項目	炬口（兵庫県）の観測実績	国道9号観音峠（京都府）の計画と狙い
目的	道路斜面防災システムの開発に向けた、降雨に伴う現地斜面の浸透挙動の把握	事前通行規制に必要となる最低限かつ水平展開を考慮した観測体制の構築に関する試験
計測項目	・雨量 ・間隙水圧（テンシオメータ） ・土壌水分 ・地下水位	・土壌水分計；水分状態の変化は土壌水分計で把握 ・地下水位；斜面の安定性評価 →土壌水分変動と地下水計測の組み合わせで台風や豪雨時の危険性の判断 ※雨量計は近傍の観測所に設置されている
利点	土壌の乾湿 地下水位の挙動を正確に把握	利点の継承と課題の改善策 ・ゲリラ豪雨など突発的なイベントの対応力 →オンライン観測の実施 ・計測センサーの精度とコストの検証 →土壌水分センサー (4種、約2万円2種、6万円、12万円) を同点に設置 →設置労力、取得データの妥当性を検証 モニタリングにおいて必要最低限な機器の選定に活用
課題	テンシオメータのメンテナンスに労力（獣害の影響・破損時の交換に要する判断と技術力） 水平展開を基本に安価な土壌水分計を導入したが、データの信頼性が低い可能性を示唆	

まとめと今後の課題

① 先行実装例の紹介；

土壌雨量指数を用いた大阪府の道路通行規制事例

- ✓ テレメータ雨量を用いた分析の結果，
土砂災害警戒情報と同じ運用方法で国道の通行規制を実施すれば，
従来の連続雨量方式では通行規制が発動されないところでも，
土砂災害警戒情報の基準を超えるメッシュの有無を確認することで，
斜面崩壊前に通行規制を発動させることが可能性がある
- ✓ 枚方亀岡路線の独特の事情，大阪府の基準と京都府の基準が混在し，
かつ，京都府のCLが明らかに大阪府のCLよりも厳しい基準であった
ことで，京都府のCLにより上手く通行規制が発動された。
大阪府のCLでは，通行規制は発動できない．今後の分析が必要
- ✓ テレメータ雨量でスネーク曲線を描くと現状どのような状況かは判断
できるが，予測ができない．予測のためには必ず解析雨量が必要になる．
しかし，解析雨量は役所でもリアルタイムで入手することは困難．
また，解析雨量と実際降った実測雨量がよく一致しないという問題も
ある．
解析雨量の導入を後押しするために，積極的な事例収集が必要

まとめと今後の課題

① 先行実装例の紹介；

土壌雨量指数を用いた大阪府の道路通行規制事例

- ✓ 解除のタイミングについては、CLの内外を繰り返し移動する場合の解除判断、特に土壌雨量指数が十分に小さくなるまで待つことを視野にいれるかなど、重要な課題がある

② ローカルモデル構築のための国道9号線新規サイトの紹介；

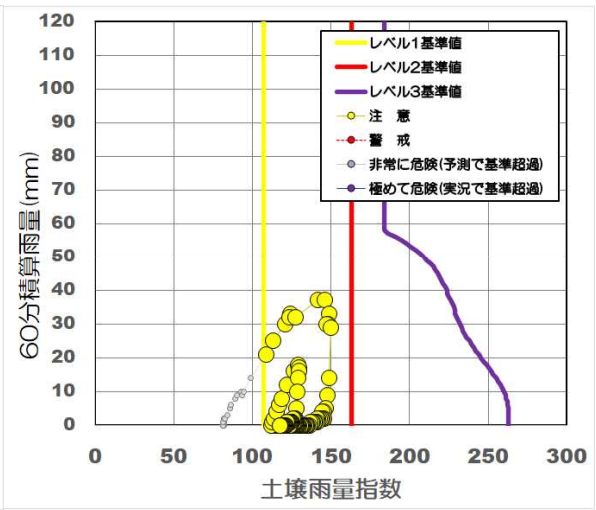
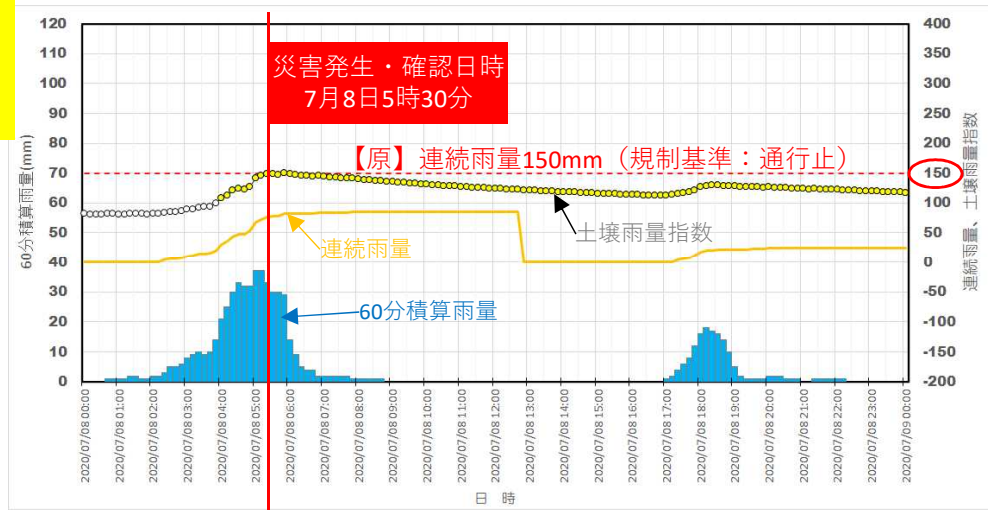
全国の水平展開を目的とした最低限計測システムによる運用

- ✓ 中生代の砂岩や泥岩（炬口地区の花崗岩と同様）により構成される近畿の代表的地質を新規サイトとして選定
- ✓ その選定方法と計測システムは水平展開を目指すために、計測地取得の簡易化×地域地質の代表性をバランスさせる手段としてマニュアル化を想定した流れを整理した
- ✓ 模型実験・数値解析を組み合わせるタンクモデルのパラメータをサイトスペシフィックに求める

速報版解析雨量
での経過は...

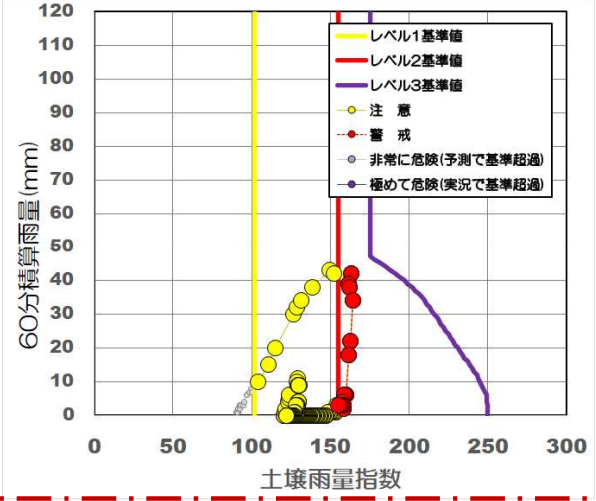
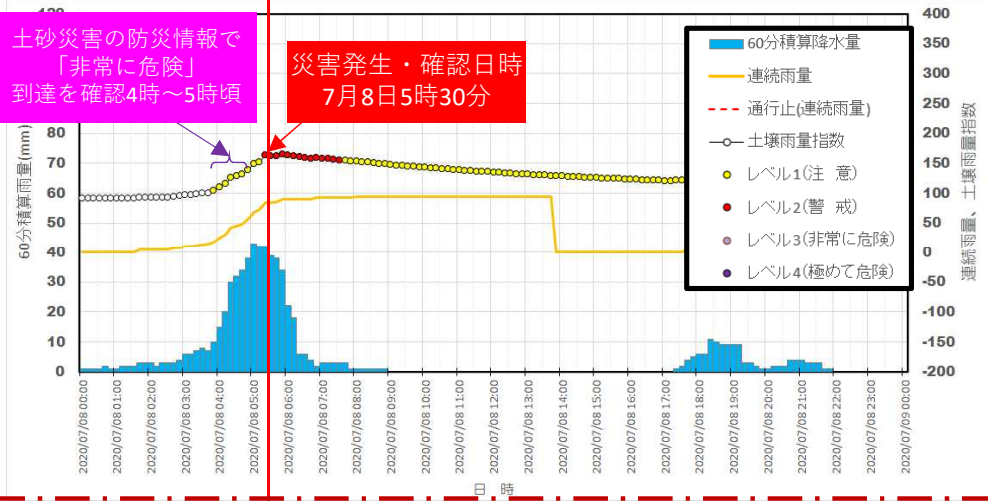
【原:速報版解析雨量】
連続雨量max 85mm

土砂災害CL:52352478



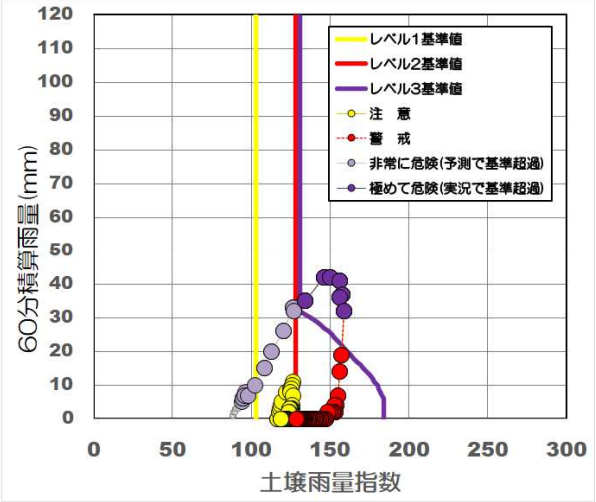
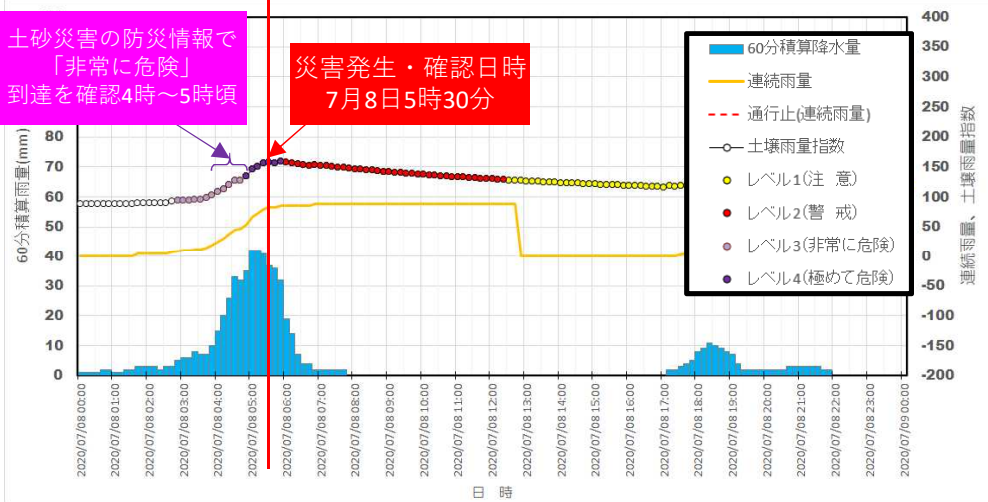
【出灰:速報版解析雨量】
連続雨量max 94mm

土砂災害CL:52353428



【被災箇所:速報版解析雨量】
連続雨量max 88mm

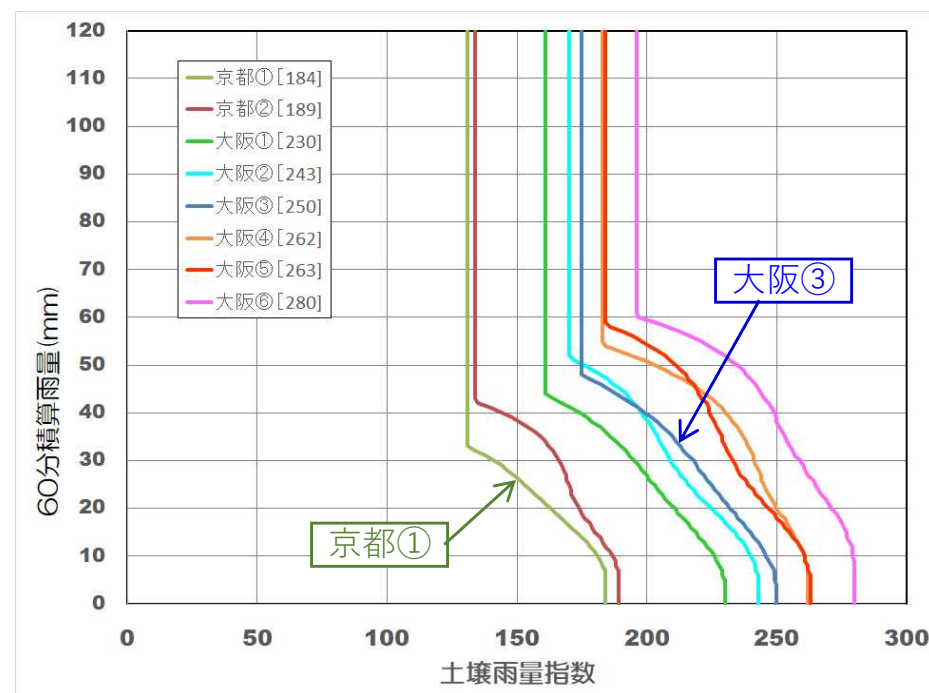
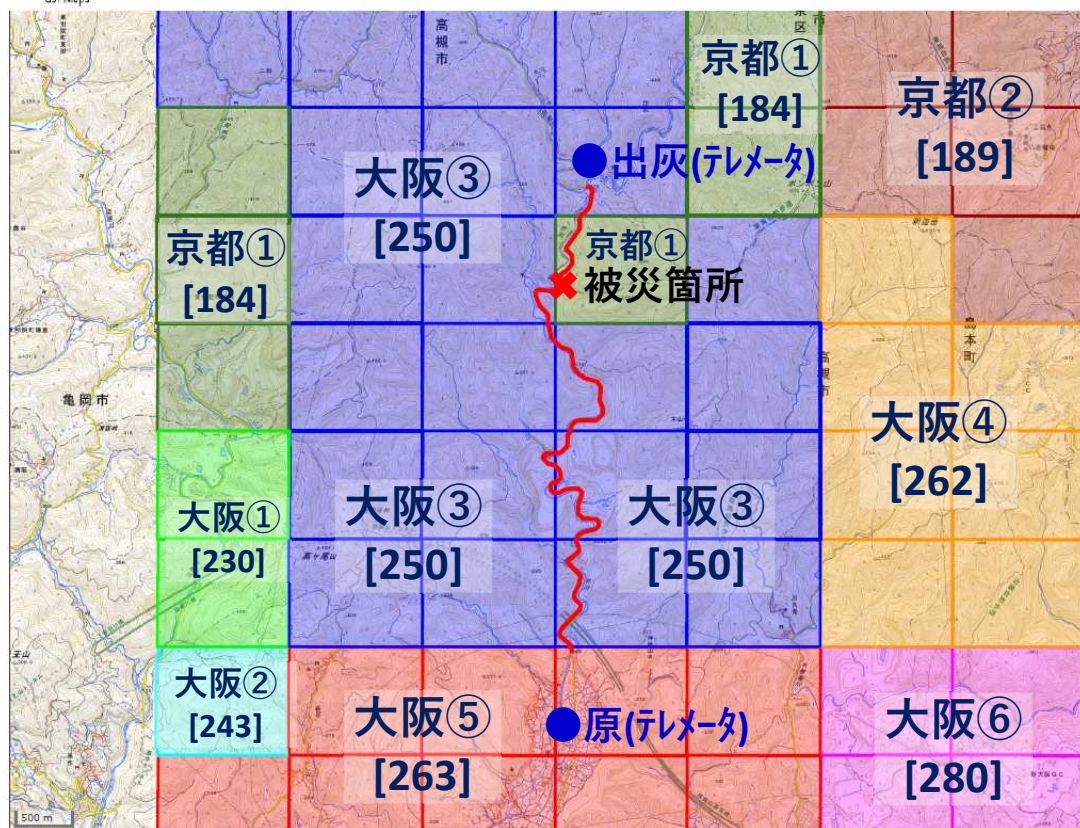
土砂災害CL:52353418



Appendix

枚方亀岡線周辺 3次メッシュの土砂災害CLライン

地理院地図
GSI Maps



Appendix