

10th October 2018

第15回新都市社会技術セミナー 於：大阪マーチャントイズ・マート



新都市社会技術融合創造研究会研究プロジェクト

事前道路通行規制区間の解除の あり方に関する研究

プロジェクトリーダー

神戸市立工業高等専門学校 鳥居宣之



Today's topic ...

□ 研究背景

□ 研究目的・体制

□ 研究の成果（平成29年度）

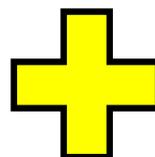
□ 今後の課題

研究背景



国道では、異常気象（豪雨）時の土砂災害から道路利用者の安全を確保するため、**異常気象時通行規制区間**を設定（1968：飛騨川バス転落事故）

通行規制区間では、斜面对策工事が重点的に施工されてきている（**ハード対策**）と共に、災害が発生する前に「通行止め」による通行規制を実施し、道路利用者の被災を回避（**ソフト対策**）

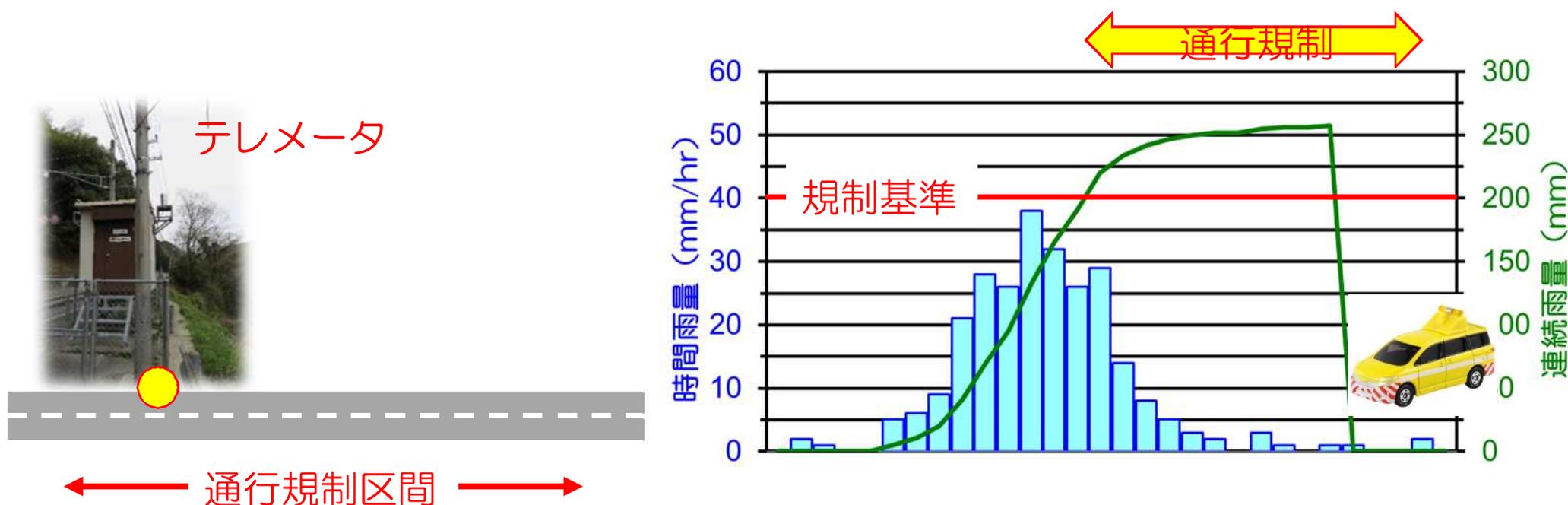


研究背景



通行規制区間近傍の**テレメータ（雨量計）**での観測連続雨量が規制基準雨量を超えた際に、通行規制を開始

降雨量 2 mm/h 以下が3時間継続（連続雨量のリセット）し、道路パトロールにより安全が確認された時に通行規制を解除



研究背景



近年の地球温暖化による影響などで雨の降り方が局地化・集中化・激甚化

○ゲリラ豪雨による**規制基準未満の雨量**での被災（見逃し）

⇒従来の連続雨量に時間雨量を併用する方法を平成27年度から一部の規制区間で試験運用

○通行規制が発令されても**無被災（空振り）**の**回数**の増加あるいは**規制時間の長期化**

⇒地域住民や道路利用者からは、**規制時間の短縮**もしくは、**規制区間そのものの解除**が切望されている

研究背景



道路ネットワークの信頼性を向上させるため・・・

- ①適切な通行規制の解除基準を設けることで通行止め時間の適正化を図ること（「**時間的**」解除）
- ②通行規制区間内で発生が想定される土砂災害に対して，その災害発生危険箇所と被災規模等を定量的に評価し，その評価結果に基づいて，斜面对策工などの適切な対策を行うことにより安全性を確保した上で通行規制区間を解除（もしくは短縮）すること（「**空間的**」解除）

が重要であり，**解除のための新たな科学的な裏付け**が求められている

Today's topic ...

□ 研究背景

□ 研究目的・体制

□ 研究の成果（平成29年度）

□ 今後の課題

研究目的



本研究プロジェクトでは、地盤工学、斜面防災、砂防工学、気象、現地計測、数値解析の知見に基づいた、「時間的」・「空間的」解除基準の設定方法を提案

3つのWGにより、2つの解除基準を検討

事前道路通行規制区間の解除のあり方に関する研究



研究体制



プロジェクトリーダー：鳥居宣之（神戸市立工業高等専門学校）

顧問：沖村孝（一般財団法人 建設工学研究所）

WG1：降雨特性評価研究WG

リーダー：谷口博（神戸市立工業高等専門学校）

WG2：「時間的」解除基準検討WG

リーダー：小田和広（大阪大学大学院（現，大阪産業大学）

サブリーダー：小山倫史（関西大学）

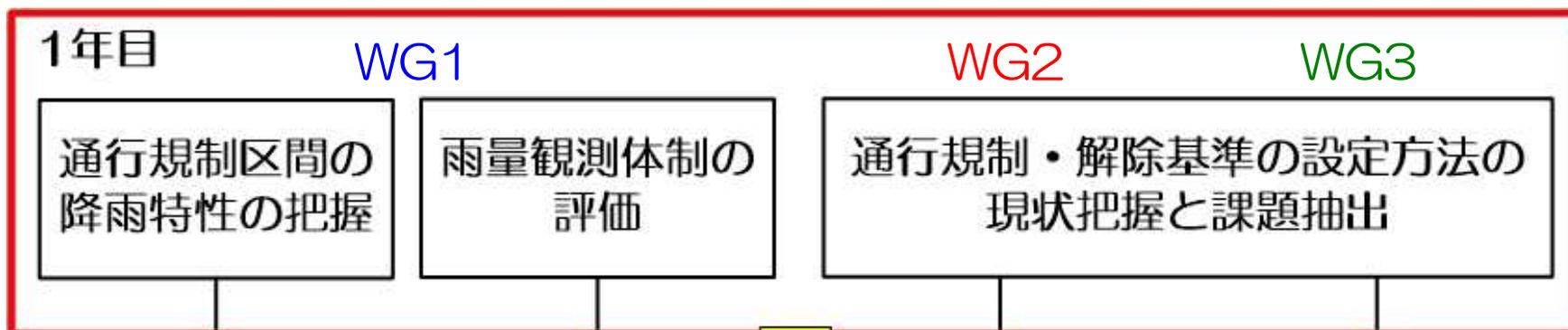
WG3：「空間的」解除基準検討WG

リーダー：鳥居宣之（神戸市立工業高等専門学校）

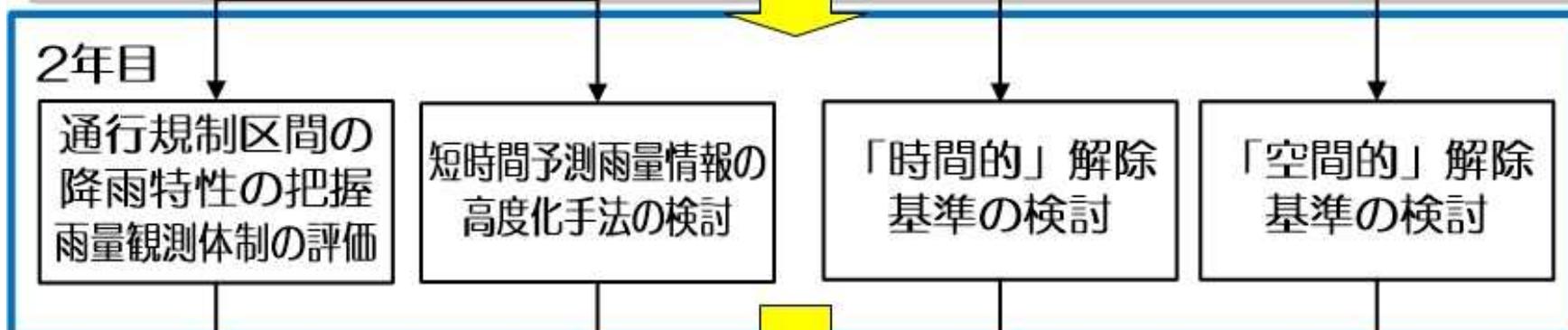
研究計画



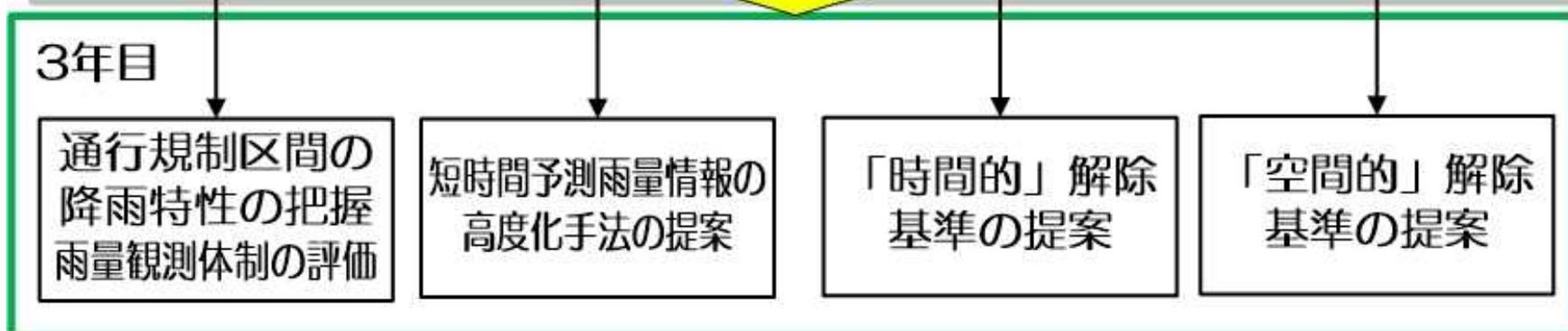
平成28年度



平成29年度



平成30年度



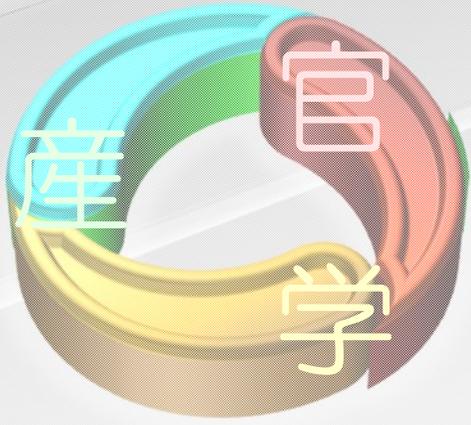
Today's topic ...

□ 研究背景

□ 研究目的・体制

□ 研究の成果（平成29年度）

□ 今後の課題



①通行規制区間の降雨特性の把握 ならびに雨量の観測体制の評価

研究方法



「時間的」かつ「空間的」解除の議論をするためには、事前通行規制区間における「時間的」かつ「空間的」な降雨特性を把握するとともに、現状の雨量観測体制の評価を行い、規制区間での降雨量の観測精度を検証することが必要

対象地：淡路島の国道28号線

「塩尾」規制区間

規制雨量：160mm

「炬口」規制区間

規制雨量：160mm



研究方法 (雨量観測体制の評価)



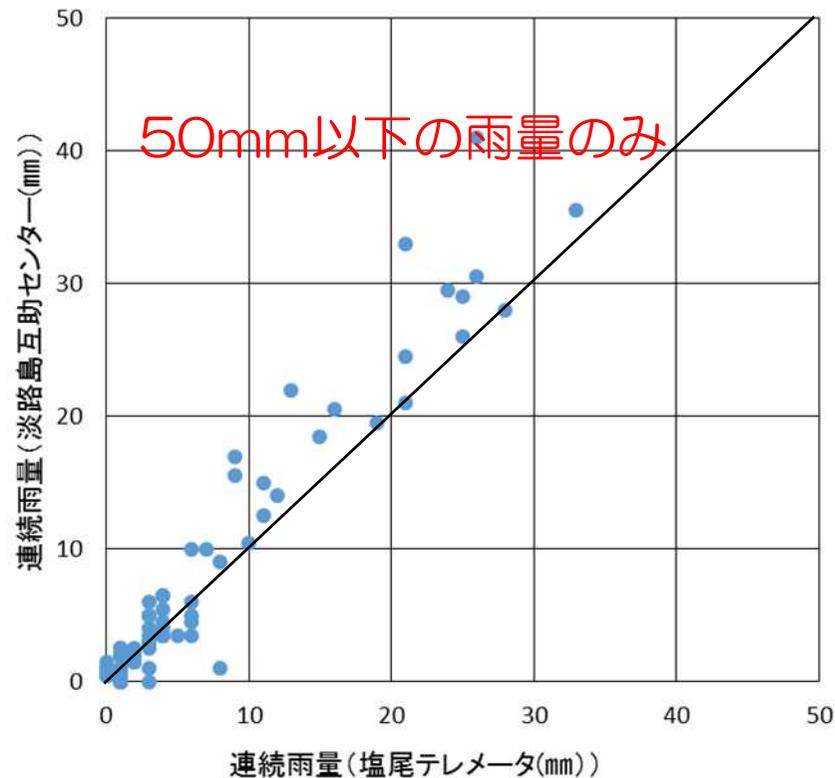
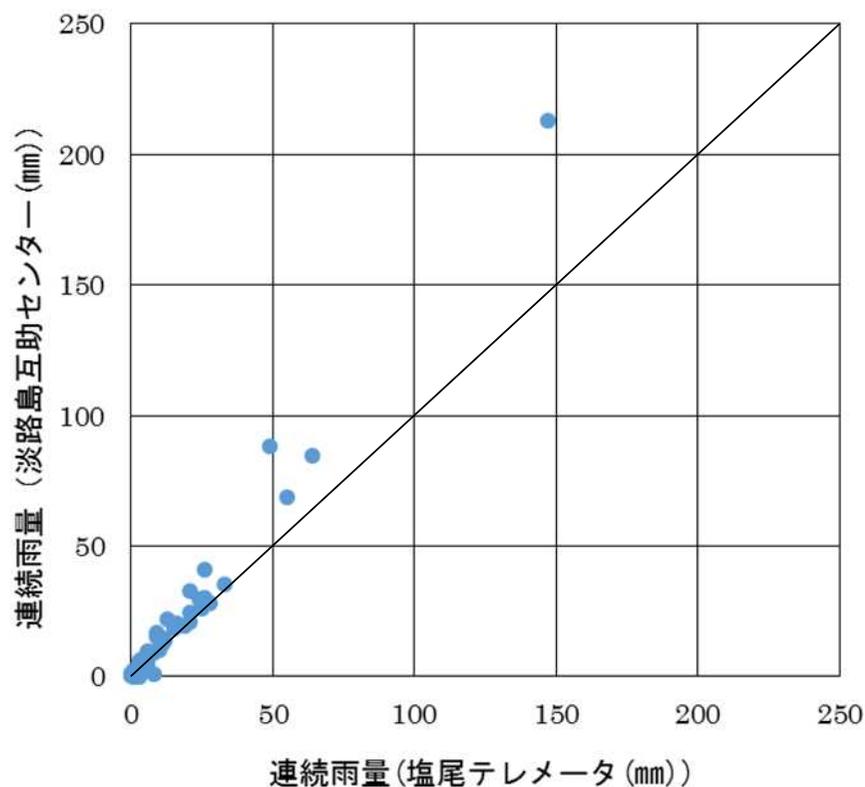
既存の近傍の**アメダス観測点**の雨量データや本研究で新たに設置した**テレメータ近傍の雨量計**の雨量データと**テレメータ**の雨量データを**比較**



雨量計を設置



研究成果 (雨量観測体制の評価)



塩尾テレメータと淡路島互助センターの連続雨量の比較

雨量が多いほど淡路島互助センターの方が塩尾テレメータより大きな値を示す傾向がある



研究方法 (降雨特性を把握)

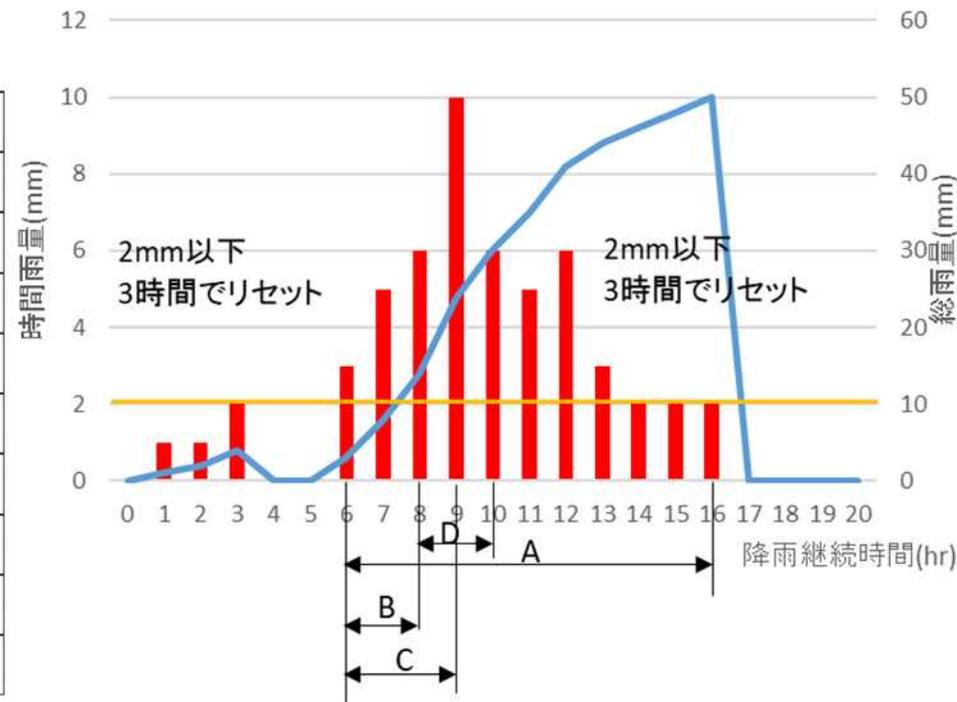
対象地区の「連続雨量」の降雨特性を定量的に判断

アメダス「洲本」の1998年から2017年の20年間の総雨量100mm以上の連続雨量データを降雨波形（36件）として抽出

⇒ 算出した指標を自己組織化マップ（SOM：Self-Organizing Map）を用いて「連続雨量」をパターン分類

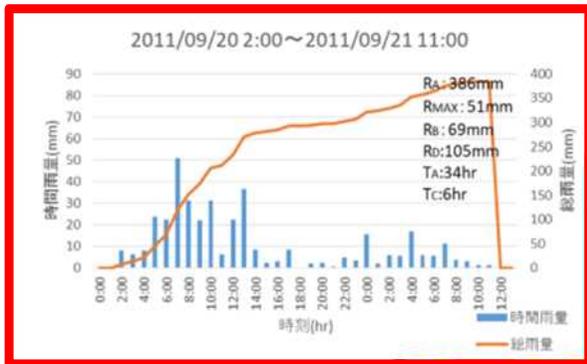
降雨指標の定義

①	T_A	一連の降雨の継続時間(hr)
②	T_C	ピーク時刻までの降雨の継続時間(hr)
③	R_A	一連の降雨の降水量(mm)
④	R_{MAX}	一連の降雨の最大時間雨量(mm)
⑤	R_B	一連の降雨のピーク時刻までの降水量(mm)
⑥	R_D	一連の降雨のピーク時刻±1時間の降水量(mm)
⑦	T_C/T_A	降雨集中位置
⑧	R_B/R_A	先行降雨率
⑨	R_D/R_A	降雨集中度
⑩	$(R_B/R_A) * (R_D/R_A)$	強雨率



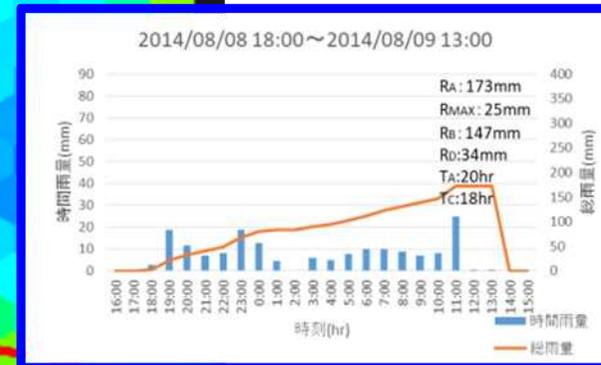
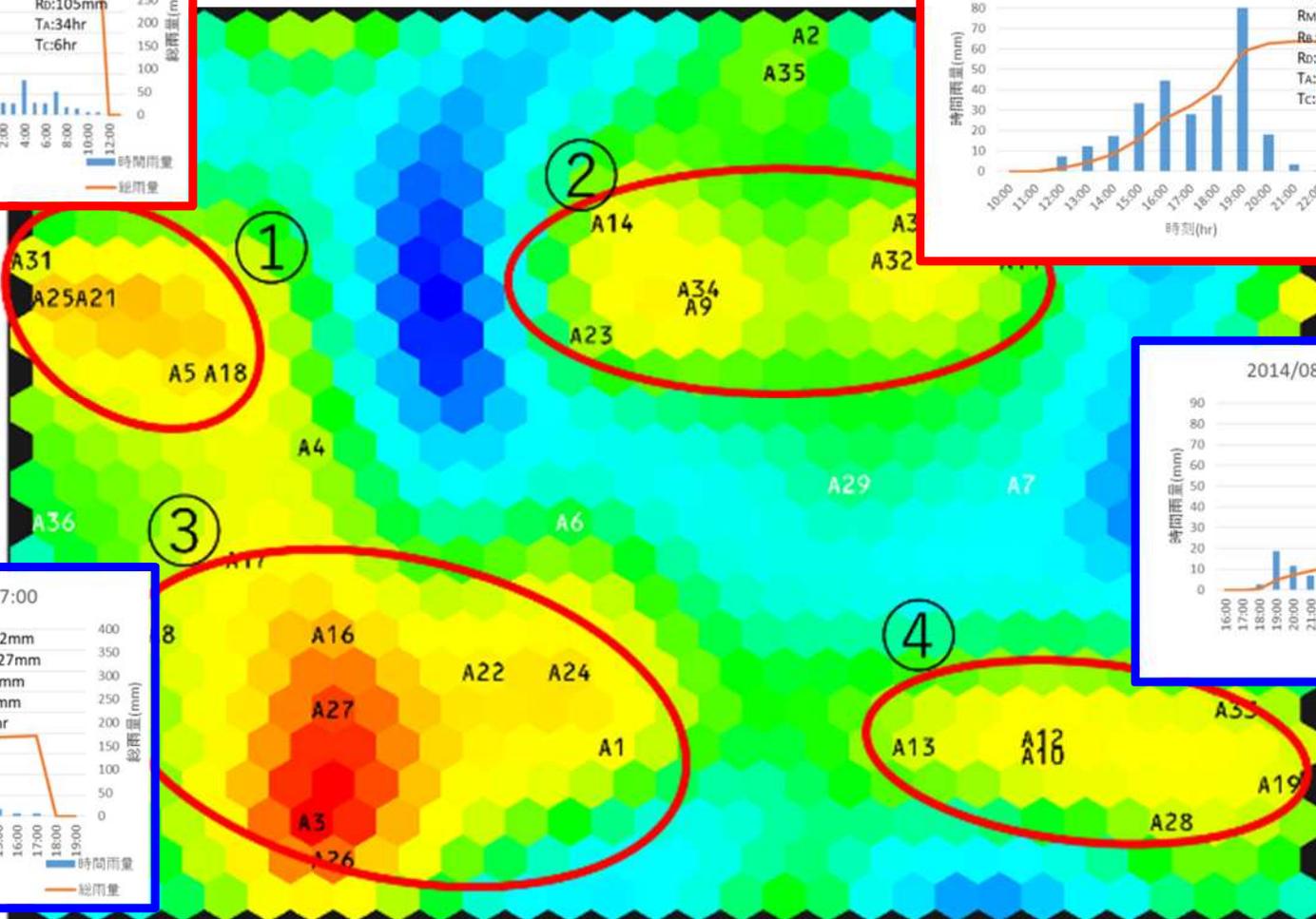
研究成果

(降雨特性を把握)



① 「前方集中長雨型」

② 「後方集中豪雨型」



④ 「先行降雨
後方集中弱雨型」



③ 「前方～中央
集中弱雨型」

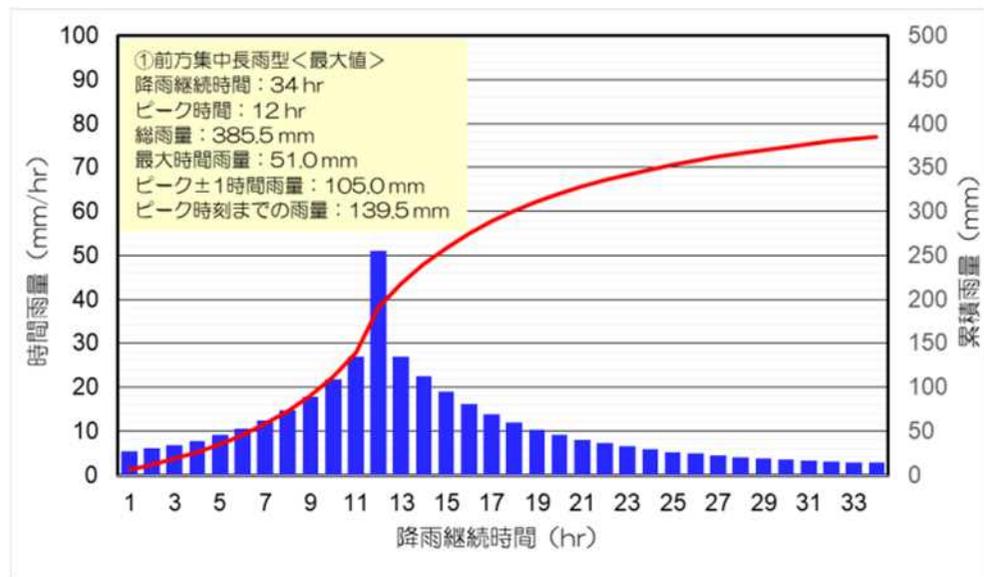
自己組織化マップSOM分析結果 (全体マップ)

研究成果 (降雨特性を把握)

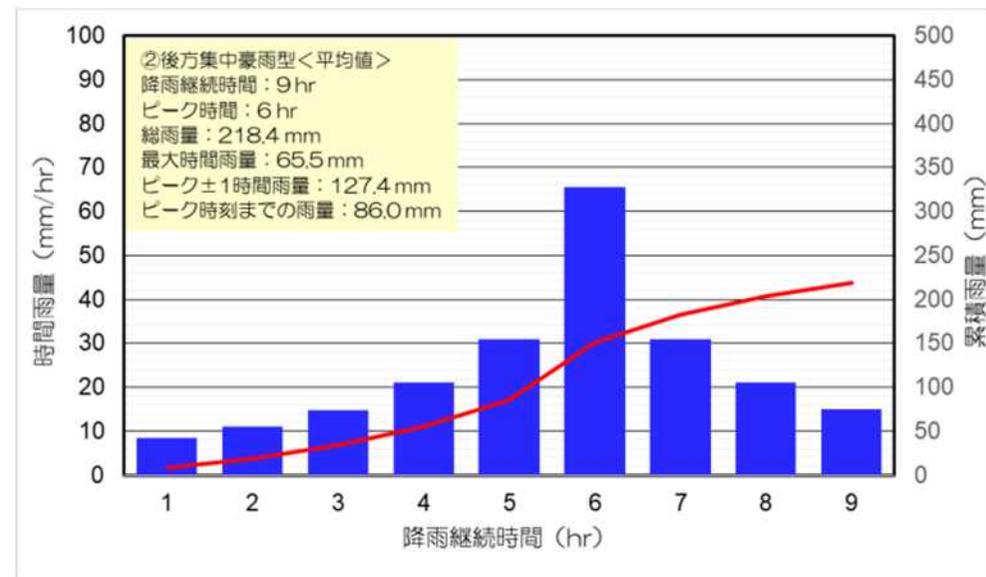


各グループにおいて、降雨指標①～⑥の最大値もしくは平均値を求め、それらの値を使用することで各グループの特性を考慮したシミュレーション降雨波形を作成

⇒「空間的」解除基準の検討で使用予定

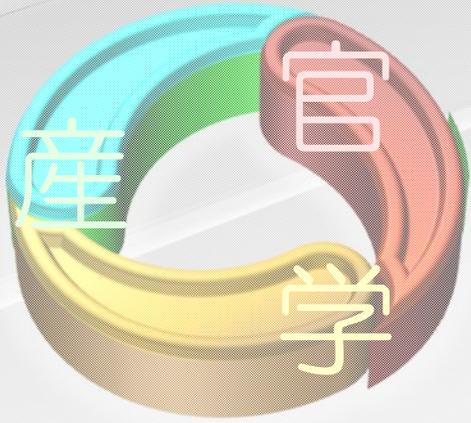


①「前方集中長雨型」(最大値使用)



②「後方集中豪雨型」(平均値使用)

シミュレーション降雨波形の作成例



②短時間予測雨量情報の 高度化手法の検討

研究方法



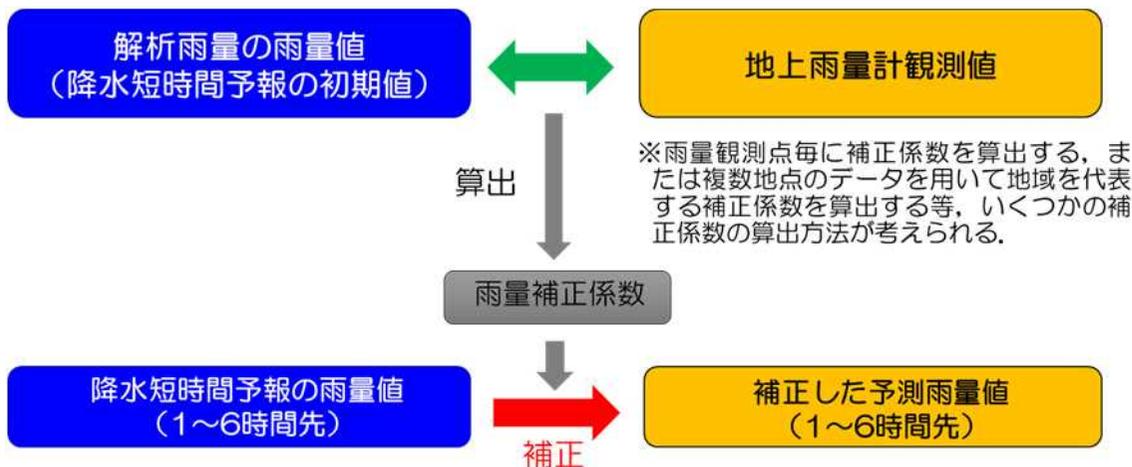
通行規制中の路線であっても、降雨が終了する時刻を予測することができれば、降雨量 2mm/h 以下が3時間継続する時刻を予測することができ、道路パトロールの開始時刻を早めることや規制が終了する時刻をあらかじめ見積もることも可能

⇒通行規制区間周辺の降雨の状況から、**規制区間内の降雨量の予測可能性**を検討

⇒短時間予測雨量情報を得るための手法についての研究レビューを行い、来年度にむけて取り組む手法を検討

研究成果

(雨量観測情報を活用した気象庁降水短時間予報の補正手法)



※雨量観測点毎に補正係数を算出する、または複数地点のデータを用いて地域を代表する補正係数を算出する等、いくつかの補正係数の算出方法が考えられる。

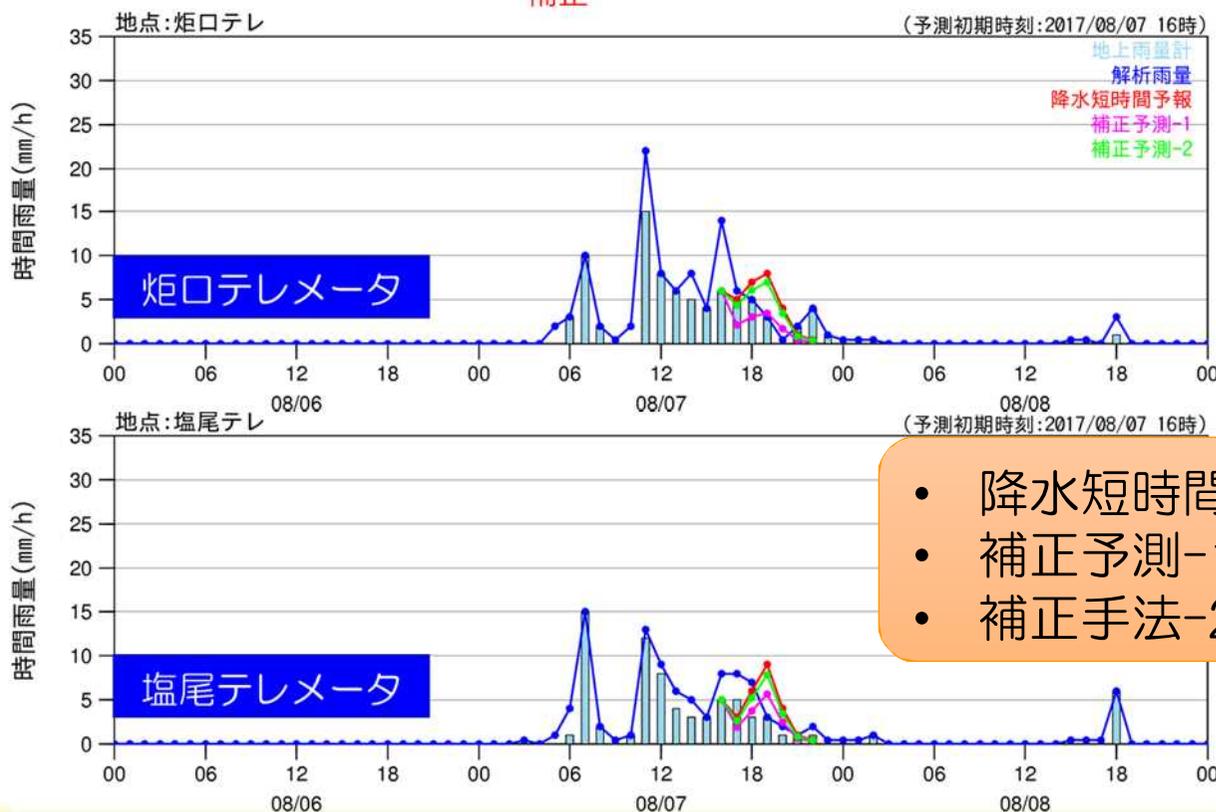
- 2017年8月5-8日(台風5号)の事例で検証
 - ・テレメータ観測点の雨量データのみを用いた場合(補正手法-1)
 - ・テレメータ観測点に加えてPOTEKA観測点のデータを用いた場合(補正手法-2)

補正1

「塩尾」, 「炬口」のそれぞれの地点で地点毎に解析雨量と地上雨量データの比により補正係数を算出

補正2

6地点で地点毎に解析雨量と地上雨量データの比を算出し、その平均により補正係数を算出



- ・ 降水短時間予報は実績雨量に対して過大予測傾向
- ・ 補正予測-1は過小予測傾向
- ・ 補正手法-2は、(若干だが) 過大予測傾向を補正



③ 「時間的」解除基準の検討

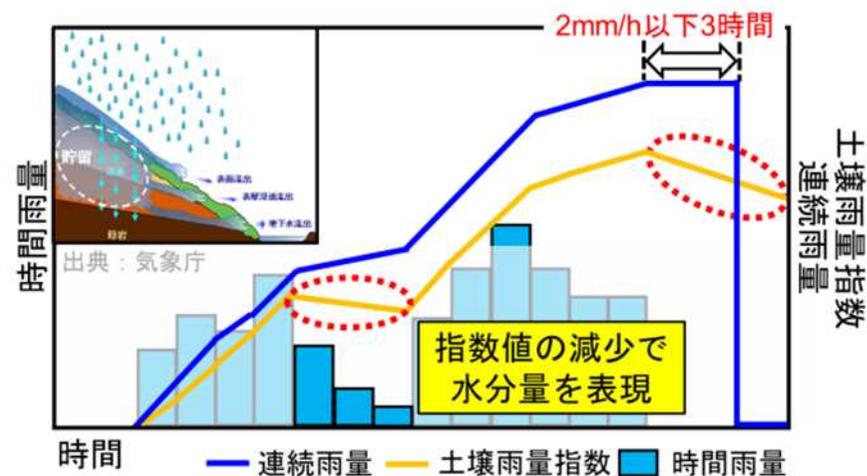
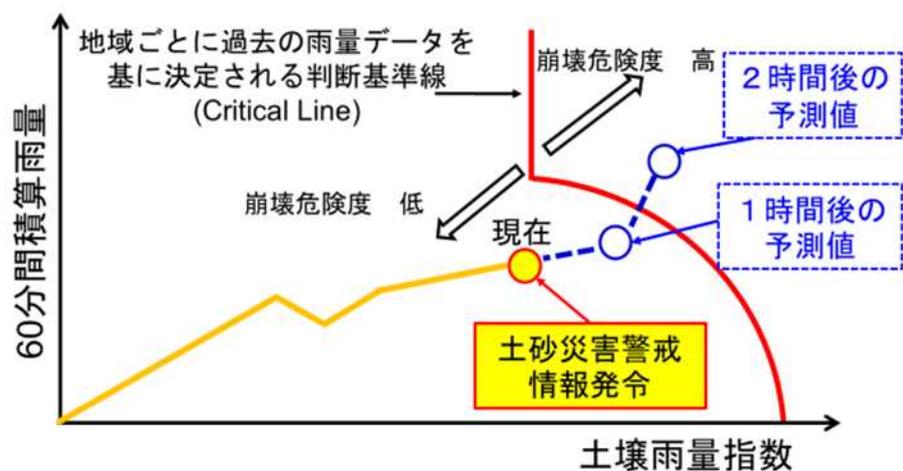
研究手法



通行規制の「**時間的**」解除には、降雨中および降雨後の斜面・のり面の水分環境を把握した上で行われることが重要

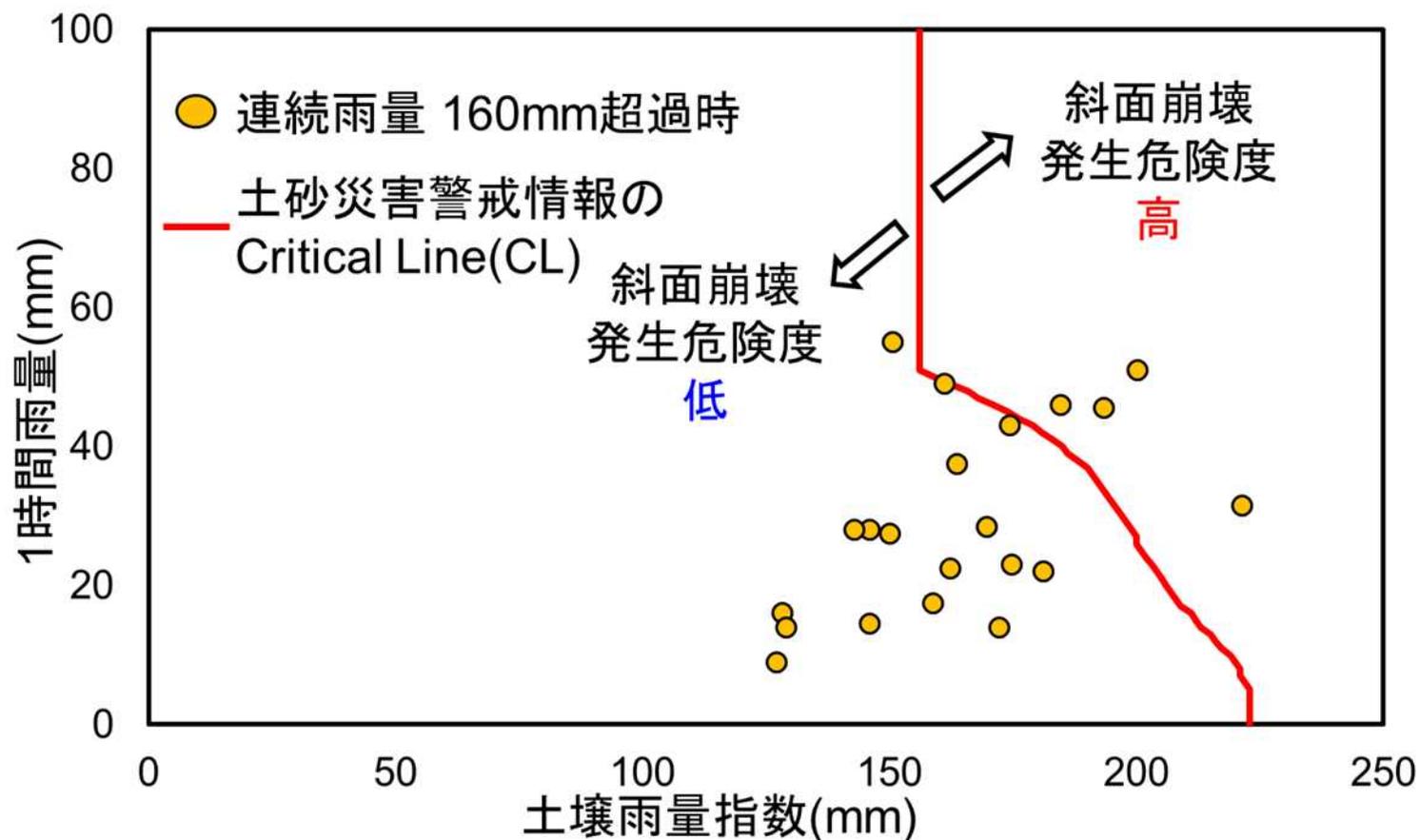
現行の連続雨量は降雨指標であるため、斜面崩壊の発生メカニズムにおいて重要である**土中の水分量**を考慮できない

⇒ **土壌雨量指数**と**実効雨量**を用い、それを指標とした通行規制・解除基準について提案するとともにその有効性について考察



土砂災害警戒情報 (地方自治体, 気象庁)

土壌雨量指数 (気象庁)



崩壊危険度の低いCLの内側で規制雨量に到達しやすい

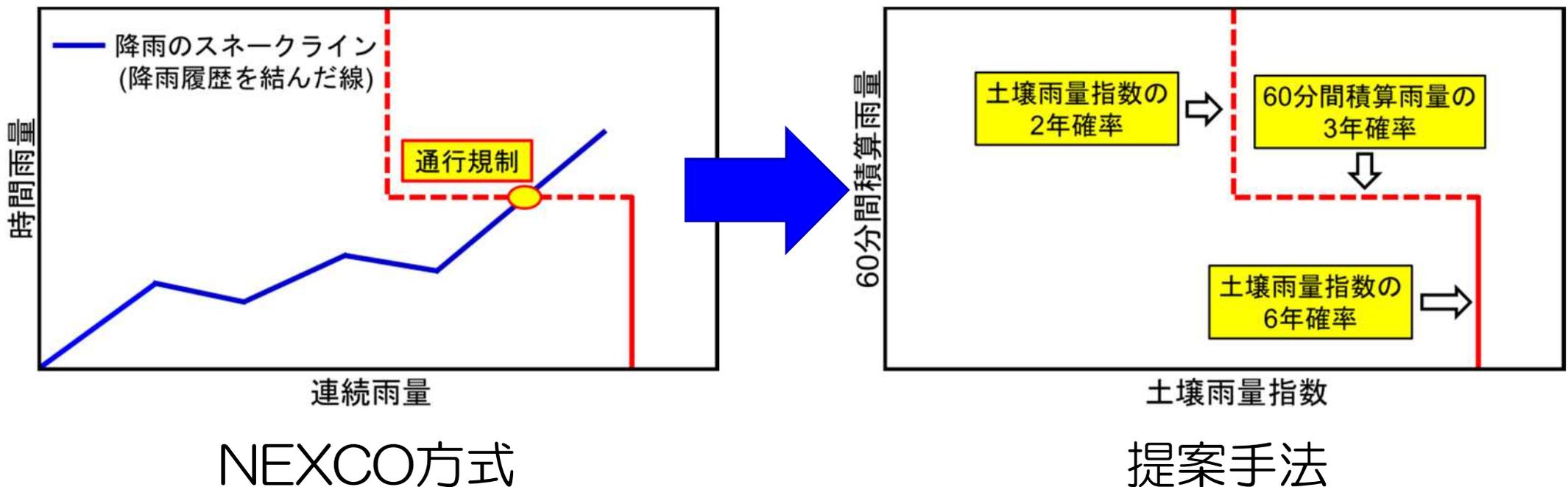
⇒現行の規制基準では規制の空振りが多くなりやすい



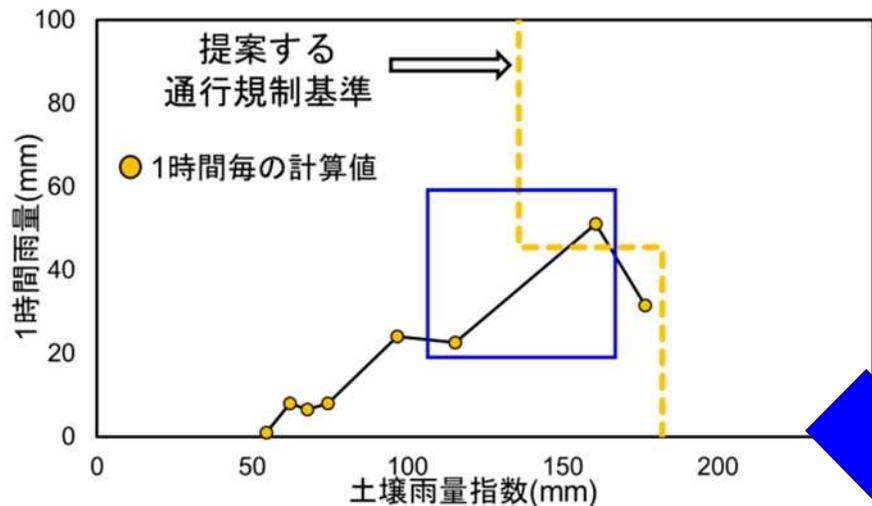
研究方法

時間雨量と連続雨量の組み合わせ雨量法（NEXCO）

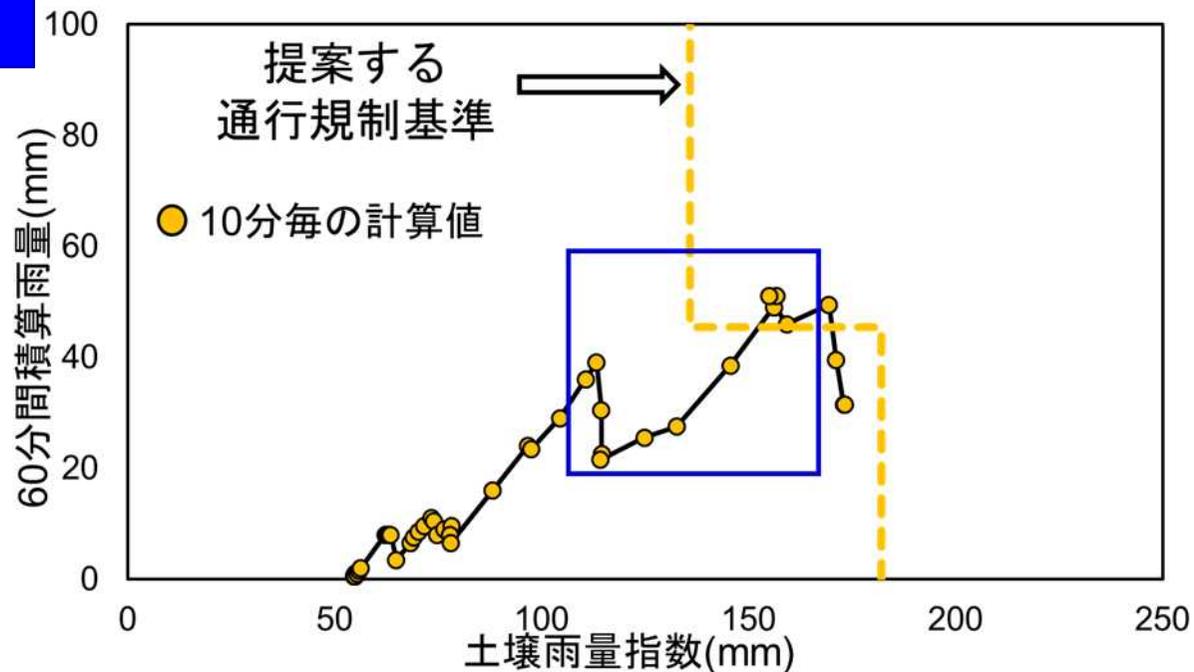
連続雨量の6年確率，時間雨量の3年確率と連続雨量の2年確率の組み合わせ雨量を用いてCLを決定 この手法を参考に**土壤雨量指数**を導入



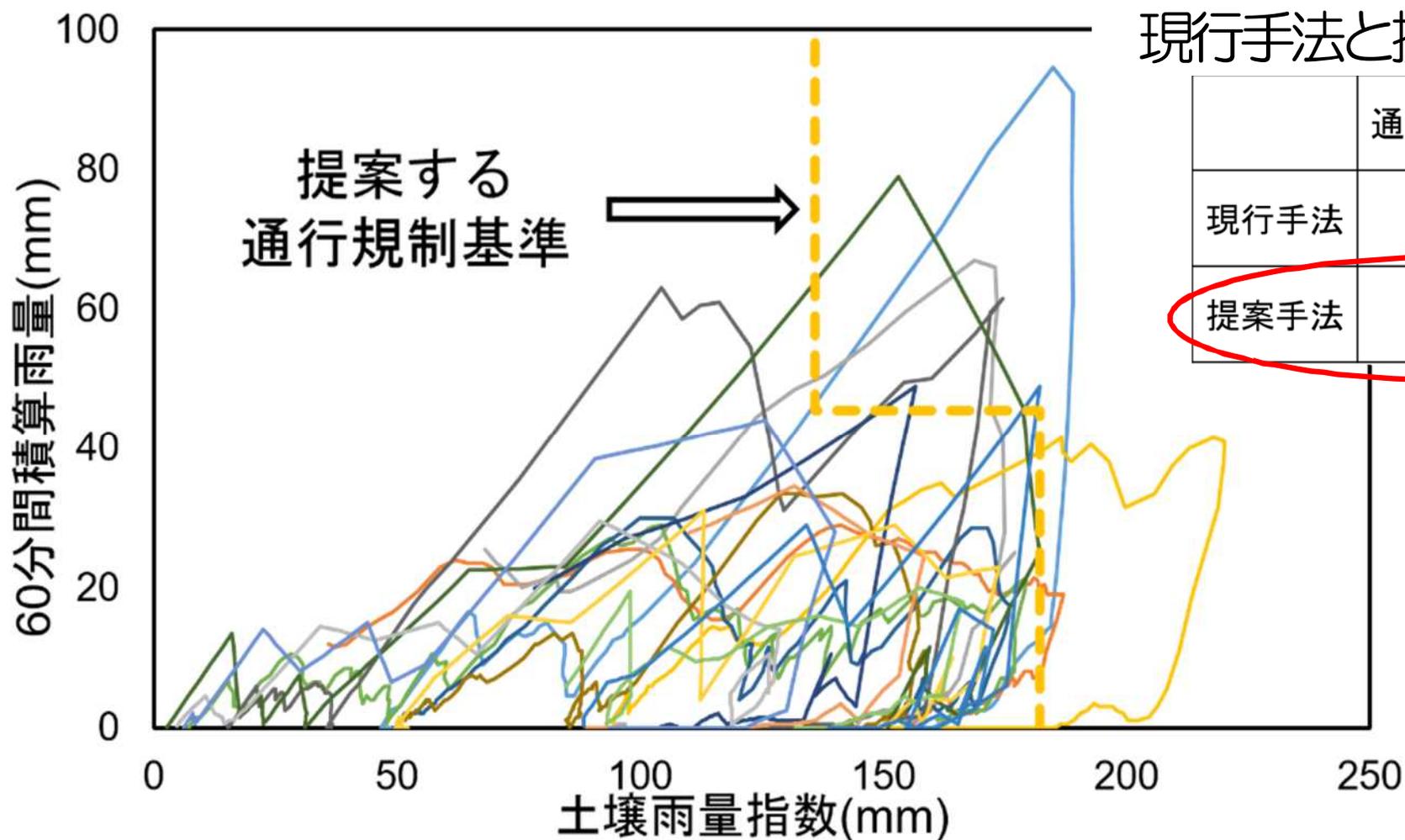
研究成果



時間雨量ではなく、**10分間雨量**を用いることで、急激な土壌雨量指数の変化にも対応
⇒通行規制・解除の準備時間を確保しやすくすることで現場への適用性を向上



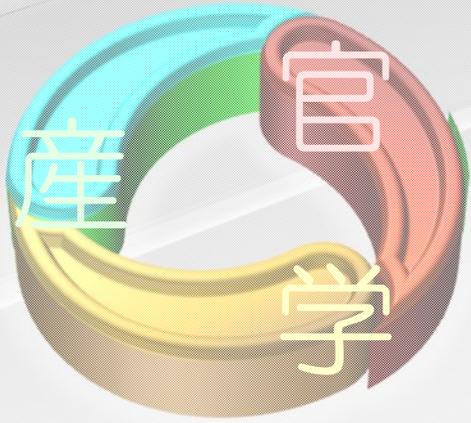
研究成果



現行手法と提案手法の検討結果

	通行規制回数	総規制時間
現行手法	17回	10280分
提案手法	9回	940分

提案する通行規制基準の活用方法



④ 「空間的」解除基準の検討

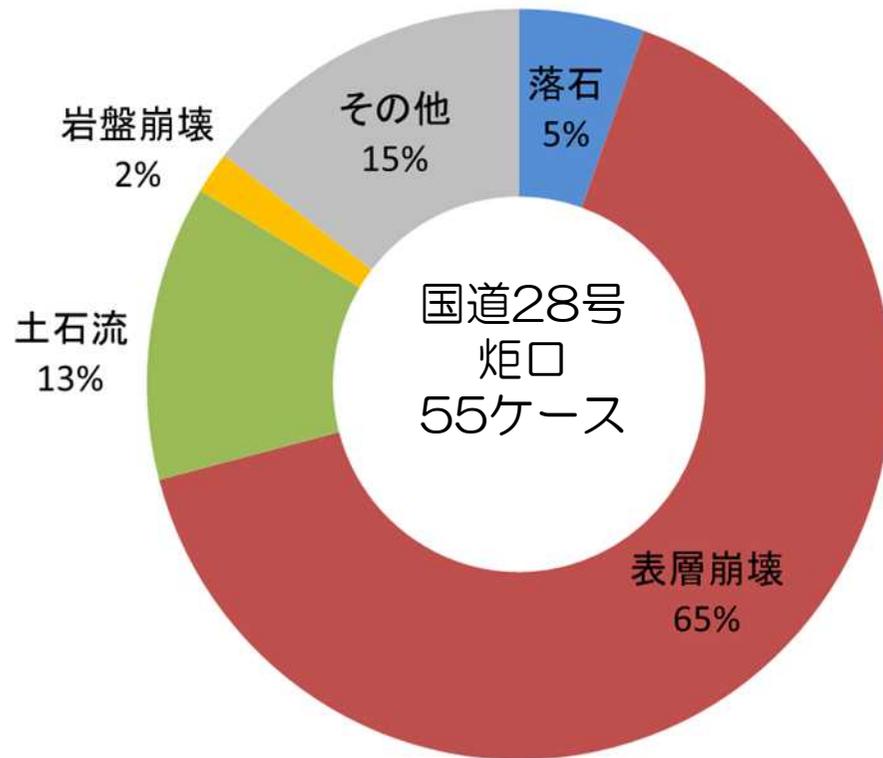
研究手法



「空間的」解除を図る上で、国土交通省通達の三要件（対策完了・安全確認・降雨経験）に加えて、**管理区域外からのもらい災害に対する安全性の評価も必要**

⇒事前通行規制区間内で発生が想定される土砂災害（道路沿いだけでなく、道路に影響を及ぼす可能性のある範囲も含めた）の**災害発生危険箇所の抽出と被災規模等を定量的に評価**する方法について検討する必要

⇒土砂災害のハザードマップの作成に必要な**土砂災害の危険度を定量的に評価する手法**について検討



炬口規制区間の過去の災害発生状況

- 災害の65%は「表層崩壊」
- 土砂流出も「土石流」に分類
- 「土石流」は全体の10%強（古いデータでは土石流を崩壊としている可能性）
- 「その他」は海岸擁壁の洗掘、盛土の変状、モルタル吹付の剥離など

⇒ 土砂災害として、「落石」，「表層崩壊」，「土砂流出」に着目し，土砂災害の危険度を定量的に評価する手法を検討



<落石>

落石の発生源の特定調査の現状

- 対象斜面をくまなく踏査して，不安定な浮石・転石を確認
- 浮石・転石の位置をTS測量やGPS測量等で計測
- 浮石・転石の規模や不安定度等を記録

問題点

- 対象斜面が広大な場合には，時間と費用がかさみ，見落としのリスクが高い
- 調査時の振動で，不安定な転石や浮石を落下させることがある

⇒ UAVによるレーザー測量の活用



<落石>

課題は「**フィルタリング方法**」

① 植生域では，転石を捉えた点群の識別が困難

⇒最低地盤高から一定範囲にある点群を加えてメッシュ図を作成するなどの方法

② 不安定な浮石（岩盤からの剥離）の識別が困難

⇒露岩状況が把握できれば，浮石の危険性があるエリアを絞り込むことができ，現地調査の効率化に繋がる

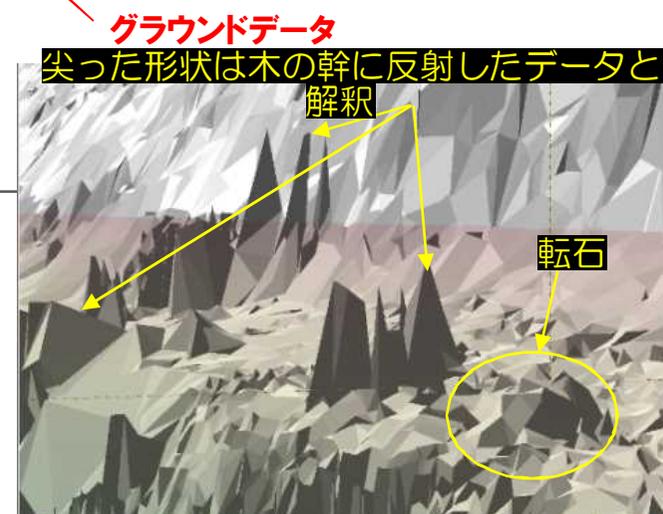
<落石>



小段上の転石



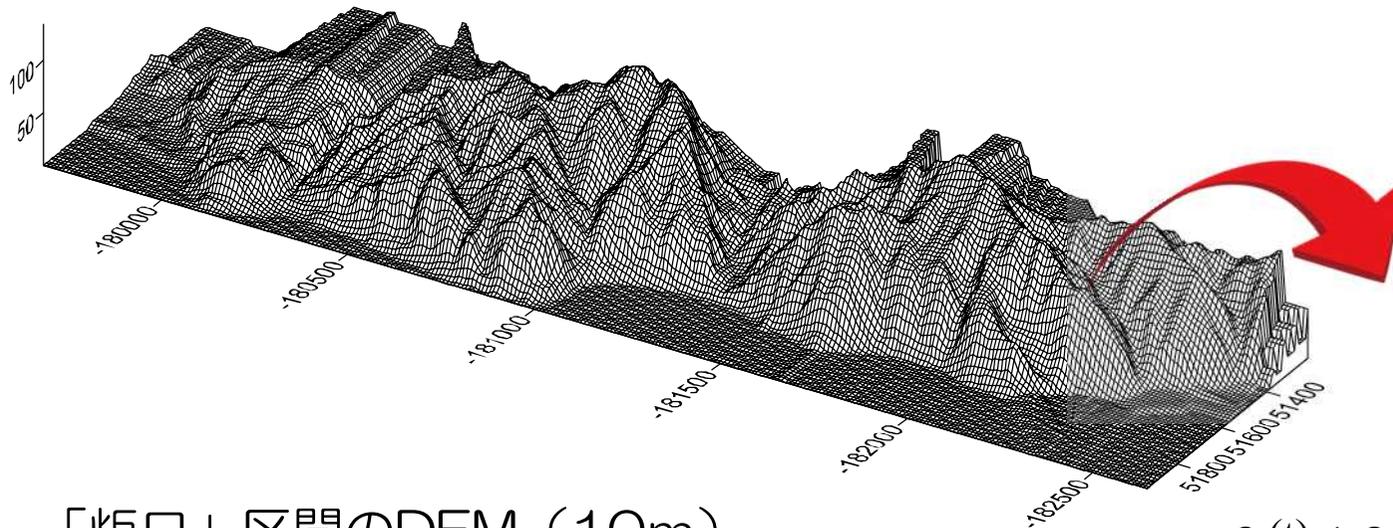
TIN (グラウンドデータ)
と
TIN (オリジナルデータ)
を比較・検討



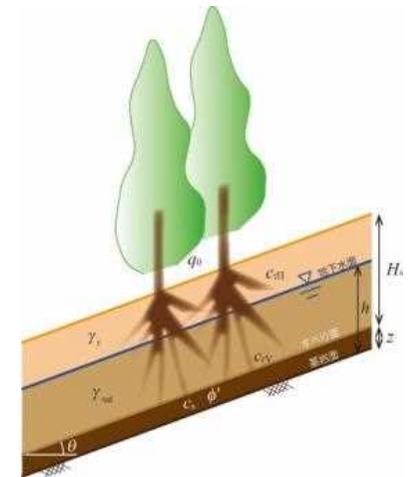
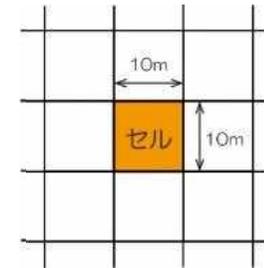
転石の抽出

< 表層崩壊 >

数値標高モデル（DEM）を用いた無限長斜面安定解析モデルにより表層崩壊危険度を評価



「炬口」区間のDEM (10m)



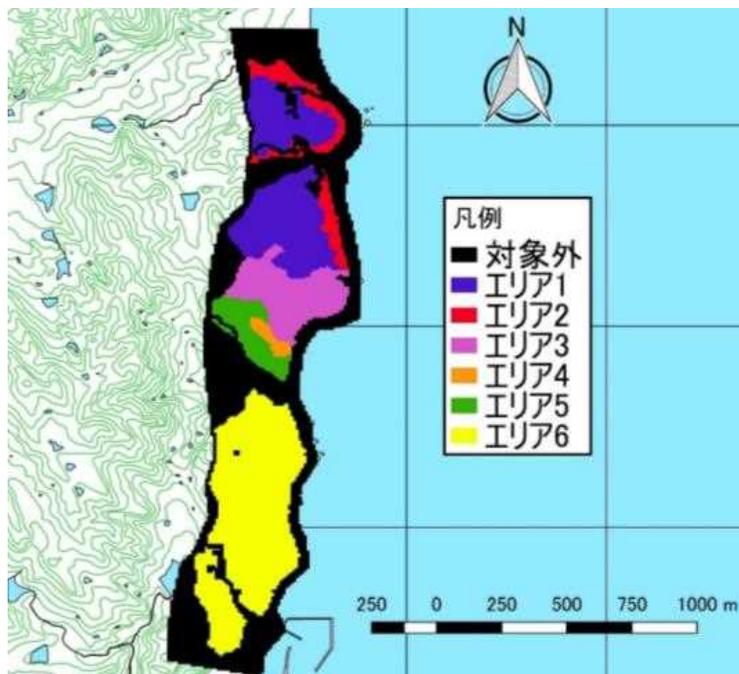
$$F = \frac{c_s(t) + c_{rV} + A(t) \cos^2 \theta \tan \phi'}{B(t) \sin \beta \cos \beta} + \frac{c_{rH}}{B(t) \sin \beta} \cdot \frac{H_s}{D}$$

where

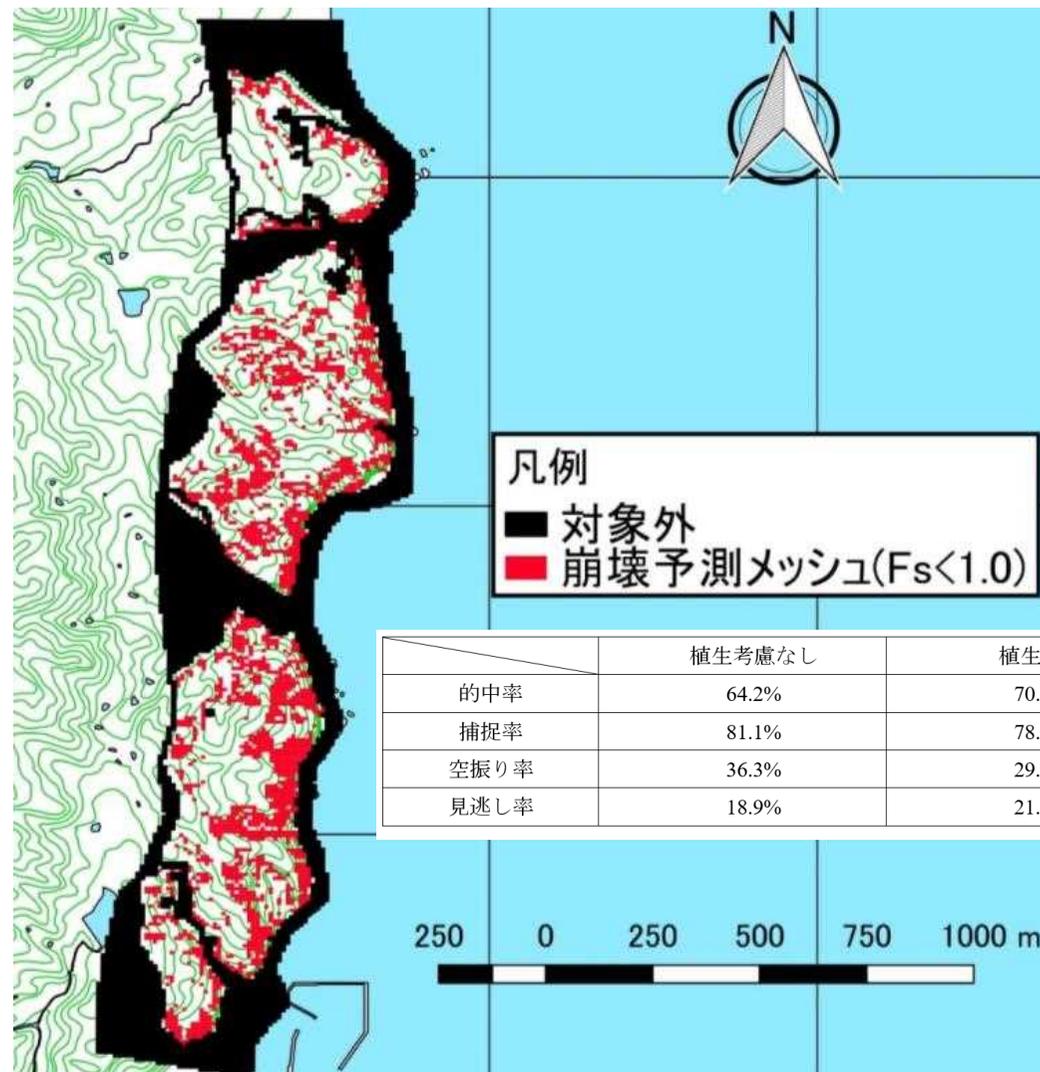
$$A(t) = q_0 + \gamma_t(t) (H - h(t)) + (\gamma_{\text{sat}} - \gamma_w) (h(t) - z)$$

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

< 表層崩壊 >



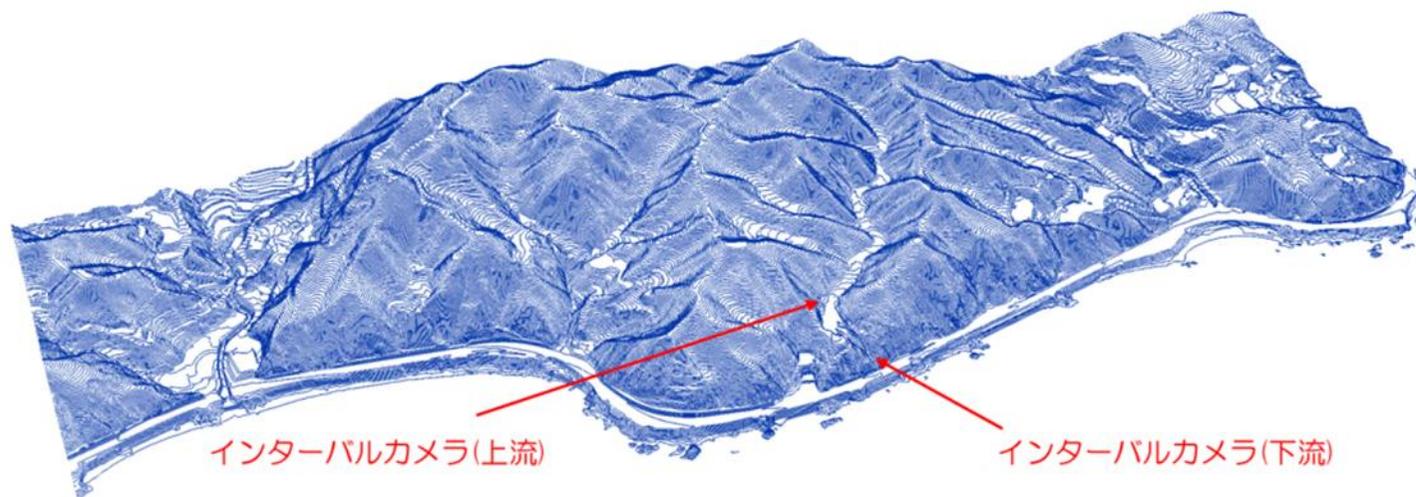
植生分布エリア



崩壊予測メッシュの分布（植生考慮）

<土砂流出>

- 溪流にインターバルカメラを設置し，雨量と溪流水の関係を調査 ⇒ 降雨流出解析 ⇒ 降雨流出解析結果に基づく危険溪流の抽出



研究成果

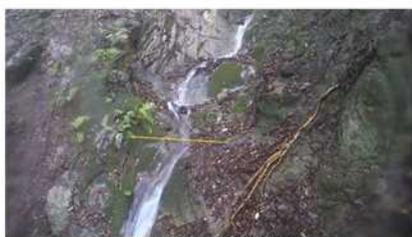


<土砂流出>

1)通常期には流水は見られない



2)ある程度の前期降雨後に流
出が始まる (22日7時頃~)



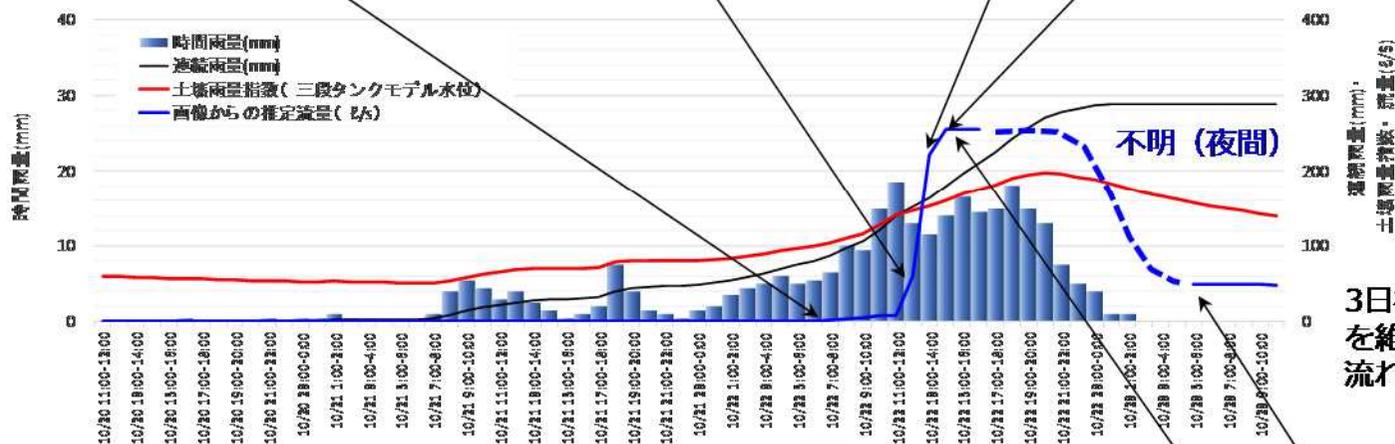
3)初期の流水は透明



4)降雨に伴い流水は徐々に増加
するが、ある時点で突発的に流
量が増加する (濁水となる)



時間雨量および連続雨量・土壌雨量指数(タンクモデル)・西樫からの推定流量 (2017年台風第21号)



3日後でもある程度の水量
を維持したまま表流水は
流れ続けている

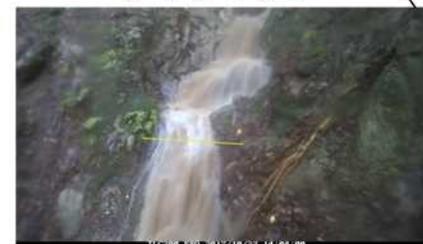
画像からの推定流量(ℓ/s)=流下幅(m)×水深(m)×流速(m³/s)/1000

流下幅：画像より読み取り

水深：流下幅の2割と想定した

流速：一律1m/sと想定した

H29台風21号時の観測結果



5) 短時間に濁水は増加する
6) 流量が増加 (最大ピーク)

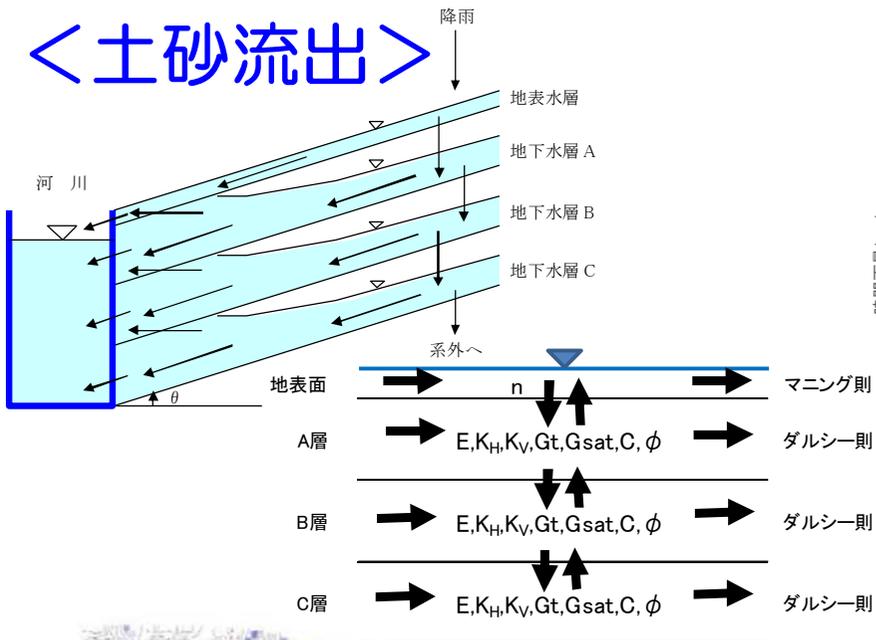


7) 降雨後も流水が継続

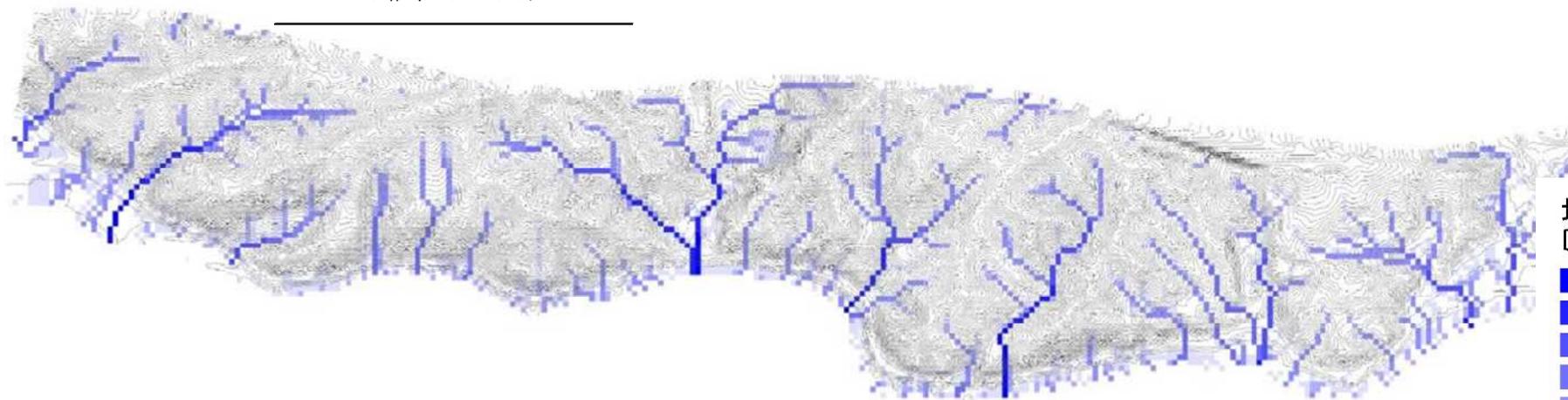
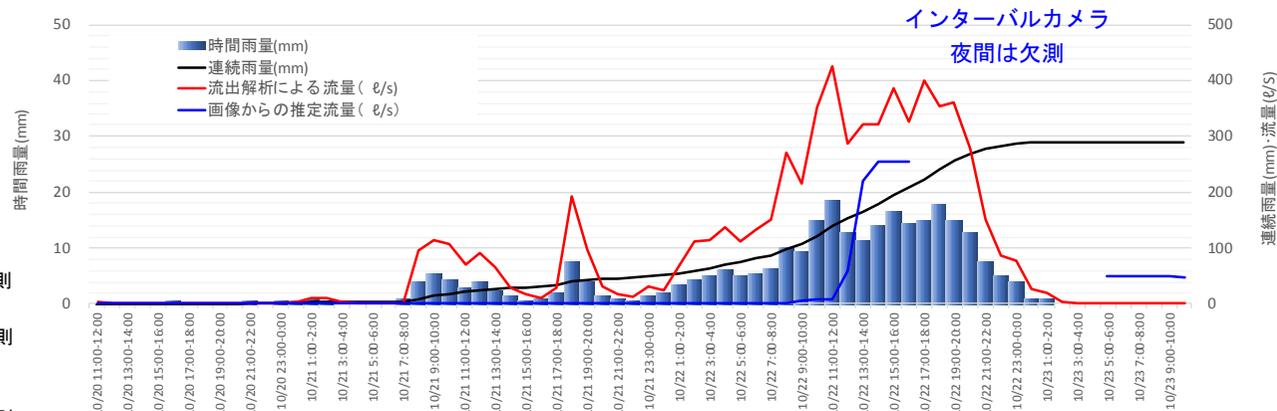
研究成果



<土砂流出>



時間雨量および連続雨量・流出解析による流量・画像からの推定流量 [2017年台風第21号]



地表面流量(リットル/s)
[計算期間中の最大値]

300 - 350	(33)
200 - 300	(66)
100 - 200	(115)
50 - 100	(170)
10 - 50	(619)
5 - 10	(393)
0.1 - 5	(1111)
0 - 0.1	(9917)

流出解析モデルによる地表面流算定結果

Today's topic ...

□ 研究背景

□ 研究目的・体制

□ 研究の成果（平成29年度）

□ 今後の課題

今後の課題



①通行規制区間の降雨特性の把握ならびに雨量の観測体制の評価

観測事例をさらに増やし、今年度の結果の妥当性を検討することに加え、長期にわたるレーダー観測雨量を用いて、規制区間近傍の広域の降雨特性（統計情報）を明らかにする

②短時間予測雨量情報の高度化手法の検討

短時間予測雨量情報の高度化の提案に向けて、実績雨量との比較を行いながら、検討していく

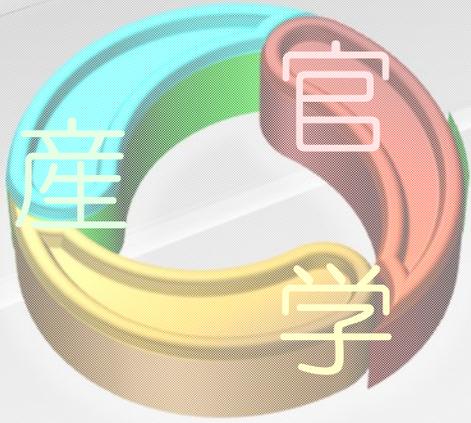


③「時間的」解除基準の検討

提案した手法を用いて、観測雨量ならびに通行規制実績との比較検討を行うとともに、**モニタリング**結果に基づく各指標を用いた規制・解除基準の**科学的根拠を明らかにする**必要

④「空間的」解除基準の検討

土砂災害のハザードマップの作成に必要な土砂災害の危険度を定量的に評価する手法のさらなる精度向上化を図るとともに、**ハザードに対する現状の対策工の評価手法**を提案



ご清聴ありがとうございました