

# ゲリラ豪雨に対応した道路のり面監視方法に関する研究

1. 概要
2. ゲリラ豪雨事例の収集とその分析
3. 豪雨時における道路パトロールの実態把握と実務上の課題抽出
4. 崩壊パターン及びその予兆現象の検討
5. まとめと今後の課題

## ゲリラ豪雨に対応した道路のり面監視方法に関する研究 プロジェクトリーダー 小田和広 大阪大学准教授

### ■研究の目的又は背景

近年、様々なタイプの集中豪雨が多発している。これにより、道路通行規制区間(防災点検箇所)だけでなく、それ以外の箇所においても斜面災害が発生し、道路通行の障害となっている。

集中豪雨の中でもゲリラ豪雨に代表される**突発的かつ局所的な集中豪雨**は、空間的にも時間的にも発生予測が非常に難しい。このため、このような集中豪雨に対する道路のり面の監視方法を新たに策定する必要がある。

本研究では、①**過去の豪雨事例およびのり面災害の事例**を收集整理、分析する。②**道路パトロールの実態**を把握する。③のり面防災の観点から**ゲリラ豪雨を定義**する。そして、ゲリラ豪雨によってもたらされる現象(**崩壊パターンおよび予兆現象**)を検討・整理する。④ゲリラ豪雨に対応した道路のり面の**モニタリング監視システム**を検討する。最後に、⑤ゲリラ豪雨を対象とした道路パトロールの着目点の検討を行い、**道路パトロール要領(案)策定に資する技術資料**を作成する。

### ■研究の内容

- **降雨と通行規制のデータ整理、分析**
  - ・ 過去の降雨と崩壊事例データの收集整理、分析する。特に短時間雨量が強い場合に発生する現象に着目して整理を行う。また、最新の気象予測技術の動向に関する情報収集に努める。
- **豪雨時の道路パトロールの実態把握**
  - ・ 近畿地方整備局内道路パトロールの実態把握を目的に、パトロール日誌などの資料收集整理、ヒアリングならびに実際のパトロール状況を確認することによって、道路パトロールの実態把握を行う。
- **ゲリラ豪雨の定義とその豪雨による現象の整理・予測(崩壊パターン及び予兆現象)の検討**
  - ・ 降雨と通行規制のデータ整理、分析ならびに豪雨時の道路パトロールの実態把握の結果をもとにサイトを限定してゲリラ豪雨時に発生する現象の整理、シミュレーション降雨による現象の予測を行う。
- **モニタリング監視システムの検討**
  - ・ 道路パトロール時に有効な指標について検討を加えて、モニタリング監視システムならびにOSV技術との連携について検討する。
- **豪雨時道路パトロールの着目点の検討**
  - ・ これまでの研究によって得られた知見をもとにゲリラ豪雨に関する道路パトロールの着目点について整理し、道路パトロール要領策定のための技術資料を作成する。

# ゲリラ豪雨に対応した道路のり面監視方法に関する研究

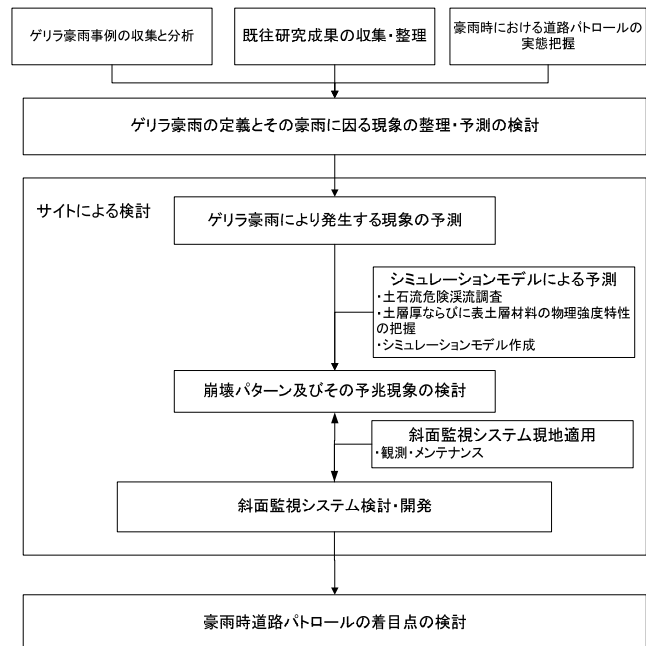
プロジェクトリーダー 小田和広 大阪大学准教授

## ■研究スケジュール

- 平成25年度
  - ・ 降雨と通行規制のデータ整理、分析
  - ・ 豪雨時の道路パトロールの実態把握
  - ・ ゲリラ豪雨の定義とその豪雨による現象の整理・予測（崩壊パターンおよび予兆現象）の検討
- 平成26年度
  - ・ ゲリラ豪雨の定義とその豪雨による現象の整理・予測（崩壊パターンおよび予兆現象）の検討
  - ・ モニタリング監視システムの検討
- 平成27年度
  - ・ ゲリラ豪雨の定義とその豪雨による現象の整理・予測（崩壊パターンおよび予兆現象）の検討
  - ・ モニタリング監視システムの検討
  - ・ 豪雨時道路パトロールの着目点の検討

## ■参加予定メンバー（体制）

- 【顧問】 沖村 孝 神戸大学名誉教授（（一財）建設工学研究所）
- 【学】 小田和広准教授（PL）、小泉圭吾助教（大阪大学）、鳥居宣之准教授（神戸市立高専）、芥川 真一教授（神戸大学）、中谷加奈助教（京都大学）＋追加メンバー
- 【産】 国際航業（株）、（株）ダイヤコンサルタント、ハイテック（株）、パシフィックコンサルタンツ（株）、川崎地質（株）、東亜エルメス（株）＋追加メンバー



## 研究計画

| 検討項目 |                                           | 平成25年度 | 平成26年度 | 平成27年度 |
|------|-------------------------------------------|--------|--------|--------|
| 1    | ゲリラ豪雨事例の収集と分析                             | ■      |        |        |
| 2    | 既往研究成果の収集・整理                              | ■      |        |        |
| 3    | 豪雨時における道路パトロールの実態把握                       | ■      |        |        |
| 4    | ゲリラ豪雨の定義とその豪雨による現象の整理・予測（崩壊パターン及び予兆現象）の検討 | ■      | ■      | ■      |
|      | モデル地区での概略検討                               | ■      |        |        |
|      | モデル地区の土石流危険渓流調査                           |        | ■      |        |
|      | モデル地区のサンプリングおよび室内試験                       |        | ■      |        |
|      | モデル地区のシミュレーションモデル作成                       |        | ■      | ■      |
|      | モデル地区の想定降雨によるハザード検討                       |        | ■      | ■      |
| 5    | 斜面監視システム検討・開発                             |        | ■      | ■      |
|      | 監視システム検討・開発                               |        | ■      | ■      |
|      | 観測・メンテナンス                                 |        | ■      | ■      |
| 6    | 豪雨時道路パトロールの着目点の検討                         |        |        | ■      |

# ゲリラ豪雨事例の収集とその分析

## ●ゲリラ豪雨の事例整理

- 近年発生したゲリラ豪雨による気象，災害状況について10の事例を収集し，整理

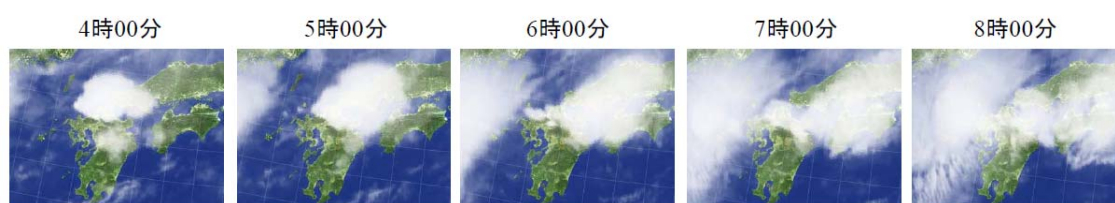
## ●ゲリラ豪雨によって発生する現象の特徴

- 被害をもたらす豪雨の特性
- ゲリラ豪雨による土砂災害の特徴
- ゲリラ豪雨の局所性と降雨予測

## ゲリラ豪雨によって発生する現象の特徴

### ●被害をもたらす豪雨の特性

- 単発のゲリラ豪雨では，1時間も経たずに降雨は終了する.
- 線上の降雨帯が停滞する(テーパリングクラウド)ことで，このゲリラ豪雨が繰り返し集中して発生し数時間の豪雨となる場合がある.



← テーパリングクラウド(にんじん雲)を確認できる時間帯 →

九州北部豪雨で確認されたテーパリングクラウド

# ゲリラ豪雨によって発生する現象の特徴

## ●ゲリラ豪雨による土砂災害の特性

- 単発のゲリラ豪雨では土砂災害が発生する可能性は低い
  - 事前降雨履歴や斜面中の含水量が重要
- ゲリラ豪雨が繰り返し発生することで、土砂災害が発生する可能性が高くなる.
- 土石流の被害が多数である. その中でも、斜面上部で表層崩壊が発生し、その崩壊土砂が多量の表面流によって流下する土石流の事例が多く、これらは大災害となる傾向がある.

# ゲリラ豪雨によって発生する現象の特徴

## ●近年の豪雨による土砂災害

| 年月       | 名称           | 地域        | 降雨形態 | 時間雨量      | 24時間雨量  | 主な被害                    |
|----------|--------------|-----------|------|-----------|---------|-------------------------|
| 2013年10月 | 伊豆大島土砂災害     | 伊豆大島      | 集中豪雨 | 118.5     | 800     | 多数の表層崩壊→土石流として流下        |
| 2013年8月  | 秋田・岩手豪雨災害    | 秋田県       | 集中豪雨 | 108.5     | 293     | 土石流も含むがけ崩れが204箇所        |
|          |              | 岩手県       | 集中豪雨 | 78        | 264     | がけ崩れ9件、土石流11件           |
| 2013年7月  | 山口・島根豪雨災害    | 山口東部と島根西部 | 集中豪雨 | 91.5      | 381     | 狭い範囲で数多くの土石流            |
| 2013年7月  | 山形豪雨災害       | 山形県       | 集中豪雨 | 70        | 249     | 堆積土砂が流下した土石流と斜面崩壊による土石流 |
| 2013年7月  | 新潟県で発生した土砂災害 | 長岡市       |      | 3日間で403mm |         | 比較的大規模な崩壊や通行止め          |
| 2012年7月  | 九州北部豪雨       | 熊本県阿蘇市    | 集中豪雨 | 108       | 507.5   | ①表層崩壊→土石流 ②比較的大規模な斜面崩壊  |
|          |              | 福岡県八女市    | 集中豪雨 | 91.5      | 486     |                         |
|          |              | 大分県日田市    | 集中豪雨 | 85        | 396     |                         |
| 2011年9月  | 紀伊半島豪雨災害     | 奈良県南部     | 長雨   | 46        | 1808    | 深層崩壊が多数発生し河道閉塞          |
|          |              | 和歌山県田辺市   | 長雨   |           | 1998    | 大規模崩壊が多数                |
|          |              | 和歌山県新宮市   | 集中豪雨 | 132       | 832     | 崩壊土砂の流動化による土石流          |
| 2011年7月  | 高知県東部の土砂災害   | 高知県東部     | 長雨   | 64        | 755     | 狭い範囲で深層崩壊が3箇所           |
| 2010年9月  | 神奈川県北部豪雨災害   | 神奈川と静岡の県境 | 集中豪雨 | 70.5      | 495     | 表層崩壊や土石流                |
| 2010年7月  | 広島県庄原市の土砂災害  | 広島県庄原市    | 集中豪雨 | 72        | 3時間で173 | 狭い範囲で土石流が頻発             |

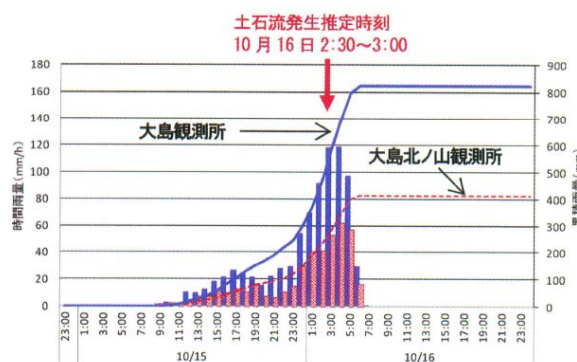
# ゲリラ豪雨によって発生する現象の特徴

## ● ゲリラ豪雨の局所性と降雨予測

- 土砂災害の発生は局所的である.
- 降雨も局所的に変化している可能性が高い.



雨量観測所の位置および台風26号による土砂移動範囲



台風26号のハイエトグラフ

# ゲリラ豪雨によって発生する現象の特徴

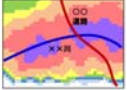
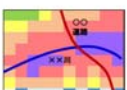
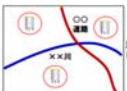
## ● ゲリラ豪雨の局所性と降雨予測

- 土砂災害の発生は局所的である.
- 降雨も局所的に変化している可能性が高い.
- 現在の気象予測では、突発的に発生し、急激に変化する局所的な豪雨の予測精度は低い.
- 現状では、独自に密に降雨観測を行うことにより、豪雨時における局所的な降雨特性の変化を解明することが必要である.
  - 現在、降雨観測に使用しているテレメータによる降水量を代表値として考えられる範囲.
  - 気象予報による降水量と実際の観測値との相関性.

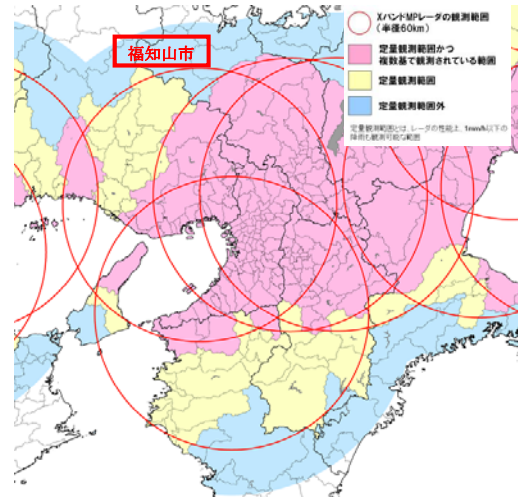
# 近年の気象観測

## ● 気象関係の研究概要

### 実用化されている降雨観測

|            | 提供するデータの空間分解能                                                                                  | 観測から情報配信までにかかる時間                      | 観測データの特徴                                                                                                                                                 |
|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| XバンドMPレーダ  |  250m<br>メッシュ | 約2分<br>観測時間 1分<br>配信にかかる時間 約1分        | ・地上雨量計による補正が不要なため、ほぼリアルタイムでの配信が可能。<br>・高分解能での観測が可能。<br>・観測時間が1分であるためピークを捉えることが可能。<br>・降雨減衰に強く、定量観測範囲が狭い。(60km以内)<br>→ 急激に発生・発達する「ゲリラ豪雨」の監視に有効。           |
| 既往のCバンドレーダ |  1km<br>メッシュ  | 約10～15分<br>観測時間 5分<br>配信にかかる時間 約5～10分 | ・地上雨量計による補正が必要であり、リアルタイム性に劣る。<br>・XバンドMPレーダに比べ分解能に劣る。<br>・観測値が5分間の平均値であるためピークをとらえることが難しい。<br>・降雨減衰に強く、定量観測範囲が広い。(120km以内)<br>→ 台風や発達した低気圧の接近に伴う降雨の監視に有効。 |
| 地上雨量計      |  設置場所の雨量を測定   | 約15分<br>観測時間 10分<br>配信にかかる時間 約5分      | ・観測時間が10分であり、配信にも時間を要するため、リアルタイム性に劣る。<br>・設置地点における雨量を直接把握可能だが、面的な雨量把握は不可能。                                                                               |

最新レーダとして、Xバンドより短時間での全天観測が可能なフェーズドアレイ観測もあるが、現在実用化に向けて研究開発中である



Xバンドレーダーの観測範囲

## 豪雨時における道路パトロールの実態把握と実務上の課題抽出

### ● 降雨と通行規制のデータ整理・分析

- 福知山河川国道事務所 道路関係災害対策部運営計画の概要
- 2013(平成25)年台風18号による道路通行規制対応事例

### ● 豪雨時の道路パトロールの実態把握

- 2013(平成25)年台風18号による道路通行規制の対応におけるヒアリング調査の結果
  - ・ パトロール区分と実施概要
  - ・ 台風18号のパトロールの実態
  - ・ 豪雨時のパトロールの実態と実務者が抱える課題

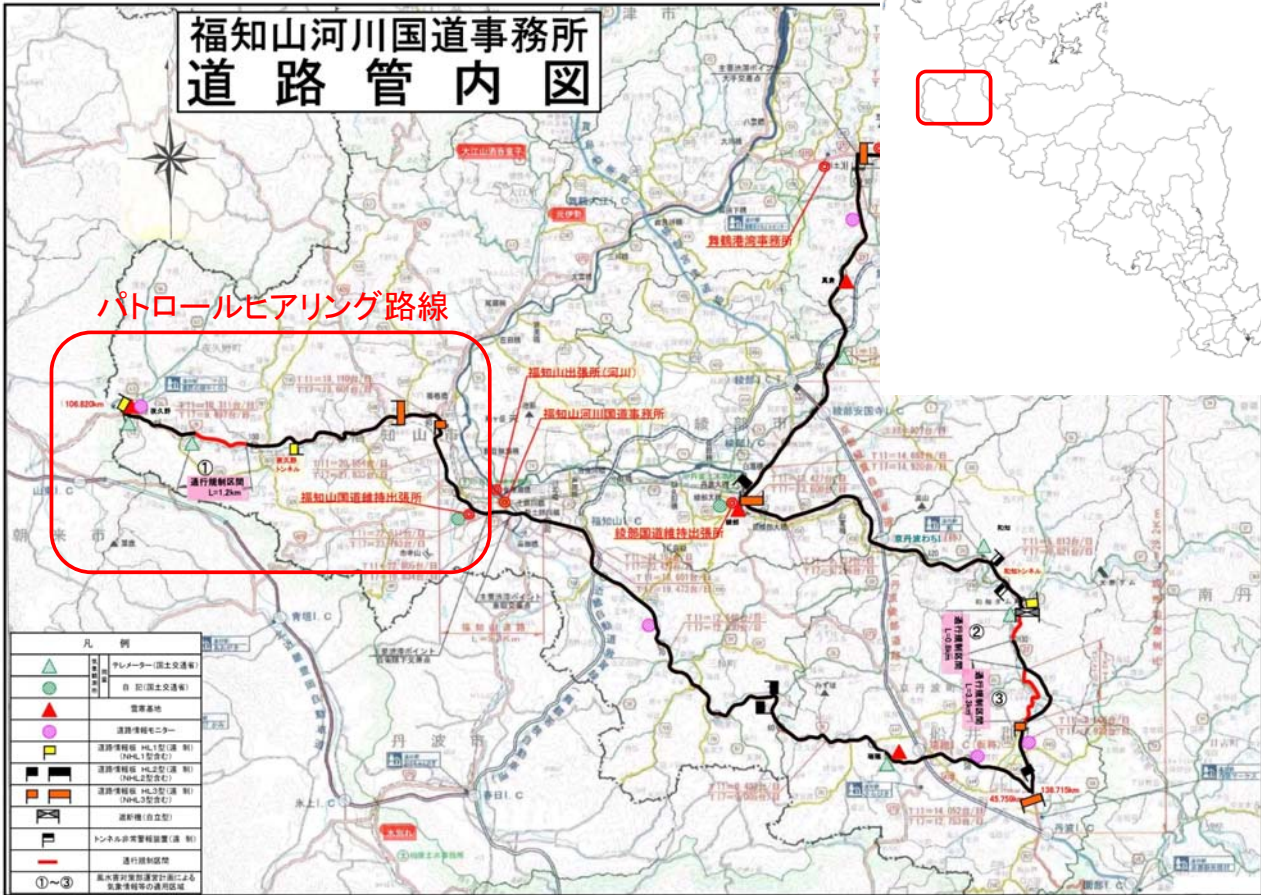
### ● 課題の抽出(パトロールの着眼点)



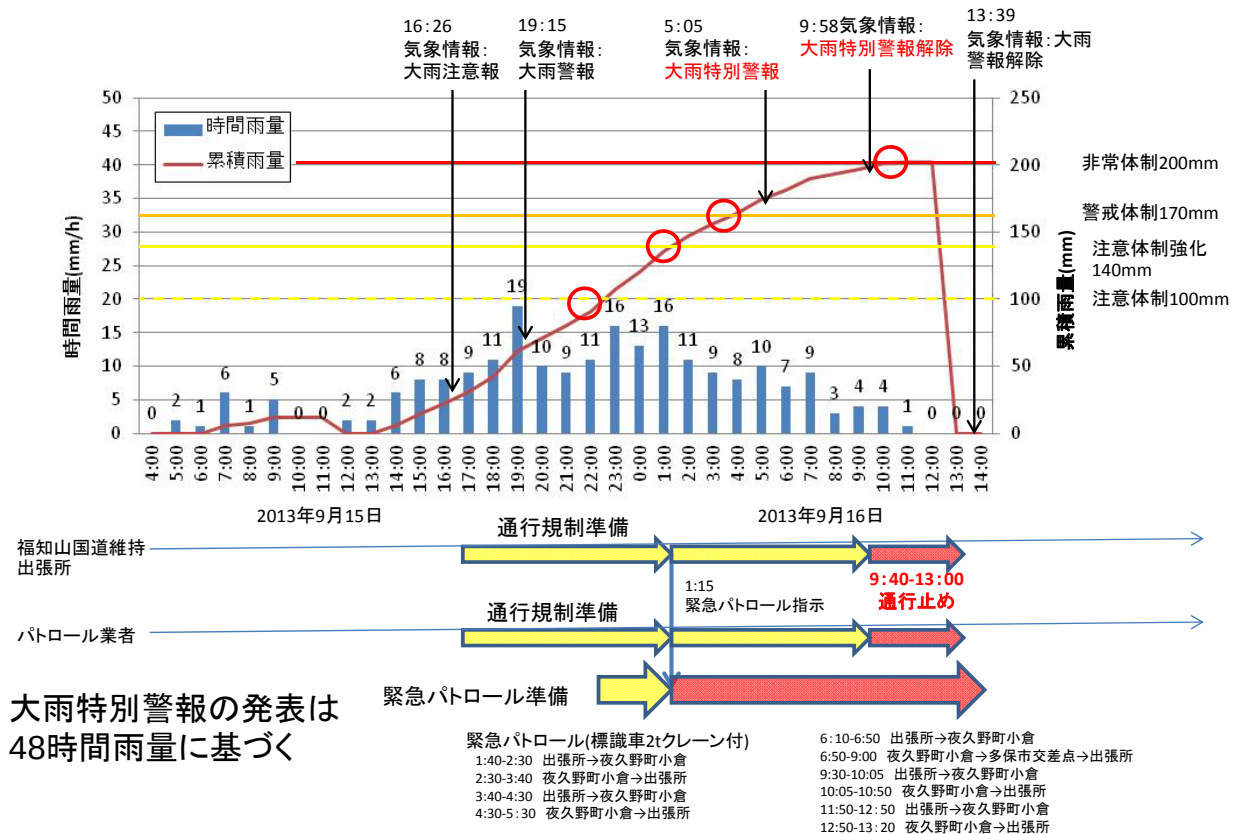
# 巡回・点検等の実施状況

| 区分   | 作業内容                             | 定期  | 異常時             |
|------|----------------------------------|-----|-----------------|
| 委託巡回 | 落下物除去・草刈・修繕作業など<br>(ユニック付2tトラック) | 週3回 | 通報等に応じて適時       |
|      | パトロール(パトロールカー)                   | 週3回 | 雨量等の基準到達時       |
| 職員巡回 | パトロール(パトロールカー)                   | 週1回 | 通行規制解除の<br>現地確認 |
| 委託点検 | 構造物点検                            | 年1回 | —               |
|      | 防災点検(臨時点検を含む)                    | 年1回 | 異常気象の直後         |
| 委託清掃 | 側溝清掃                             | 年1回 | —               |

※巡視は車上から目視により確認された事象に対処するため、斜面上部や溪流内の状況は確認されない。特に、夜間はヘッドライトが照らす範囲だけしか確認ができない



# テレメータ(日置)と体制・パトロール



## 課題の抽出(パトロールの着眼点)

- 局所的で突発的なゲリラ豪雨の場合、テレメータ設置箇所に雨域の中心があるとは限らず、場合によっては降雨を過小評価するおそれがある。
- ゲリラ豪雨の場合は通行の安全を確保する時間的余裕がなく、通行規制区間以外での災害の危険性もあり、被害を未然に防止できない可能性がある。
- パトロールは、昼夜や降雨状態にかかわらず道路状況の把握を行うことが必要であるが、夜間に雨が降っているという状況であれば視界はライトが照らしている範囲程度であると推察される。そのため路面異常を発見することはできても、のり面の上まで確認するということは困難である。



# 課題の抽出(パトロールの着眼点)

- (平時)
  - 豪雨時の危険箇所および危険度の把握
  - ゲリラ豪雨時に生じる崩壊・土砂流出等の危険箇所の把握と対策
  - 危険箇所における対策の実施(ハード対策:防災対策工事, ソフト対策:検知センサなど)
  - センサー・パトロールによる変状の早期発見の仕組みづくり
  - 法面や流路の排水能力の維持, 強化
  - 日頃からの排水能力の維持強化
- (ゲリラ豪雨発生時)
  - 国道周辺の降雨状況の把握ならびに予測
  - パトロールによる変状の早期発見
  - 車上より豪雨時・夜間に変状を確認できる仕組みづくり
- (ゲリラ豪雨発生後)
  - 危険箇所の早期点検と通行の安全確認

## 崩壊パターン及びその予兆現象の検討

- 本研究で対象とするゲリラ豪雨の定義
- モデル地区の選定
- モデル地区における崩壊パターンの概略
- モデル地区における予兆現象の概略検討

# ゲリラ豪雨の定義

| 項 目             | 定 義                                                                                                                                                                                                                                           |
|-----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 概 念             | 本研究における「ゲリラ豪雨」は、短時間に狭い範囲で生じる降雨現象で、道路パトロールを実施する上で課題となる豪雨と定義する。<br>なお、ここでのゲリラ豪雨は、気象庁による「局地的大雨」および「集中豪雨」に相当するものとする。                                                                                                                              |
| 想定される災害現象       | 急激な表面流の増大を特徴として、これに伴い発生する土砂流出や崩壊である。その他、のり面排水施設のキャパオーバーや倒木の流出などが考えられる。                                                                                                                                                                        |
| 道路パトロール上の課題と留意点 | <b>【課 題】</b><br>①ゲリラ豪雨を検知したからではパトロールが間に合わない<br>②ゲリラ豪雨を検知できない可能性が高い<br><b>【留意点】</b><br>①予め危険箇所を把握し、監視システム等による対策が必要。<br>②パトロール中にゲリラ豪雨による危険に遭遇する恐れがあるため、車上から危険性を把握できる仕組みが必要。<br>③地表面の浸透能を上回る降雨により土砂流出の発生が卓越することが予想されるため、用地外における検知センサの設置などの対策が必要。 |
| 雨 量             | 特別警報の基準を参考として3時間雨量が50年に1回程度の雨量とする。                                                                                                                                                                                                            |

## モデル地区の選定

### 選定条件

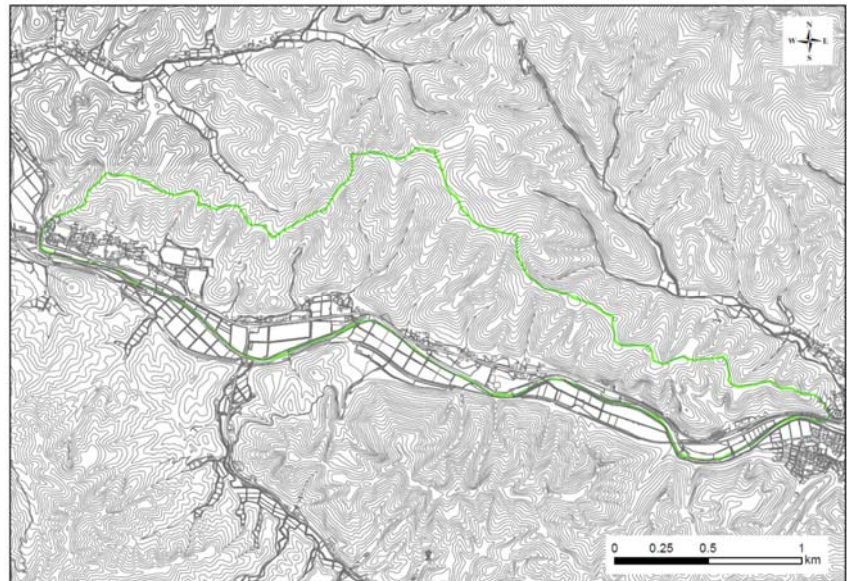
- ①過去に豪雨災害がある：H16, H21年に周辺で災害履歴あり  
⇒シミュレーションモデルの検証に用いる
- ②詳細な地形モデルがある：レーザー計測5mDEM, 砂防基盤図あり  
⇒シミュレーションの基盤とする
- ③地盤調査やモニタリングが実施されている：防災施設検討用の調査, 既往研究箇所のモニタリングあり  
⇒シミュレーションにおける地盤条件の設定に用いる
- ④通行規制区間外の地域を含む：通行規制区間福知山市夜久野町額田～日置  
⇒通行規制区間外のパトロールにも対応するために含める
- ⑤土石流危険渓流を含む：京都府土砂災害危険箇所あり  
⇒ゲリラ豪雨時に発生する特徴的な土石流の危険箇所を含める



# モデル地区の選定

一般国道9号  
線

福知山市夜久  
野町大字額田  
~福知山市夜  
久野町大字高  
内間



## 崩壊パターンの概略

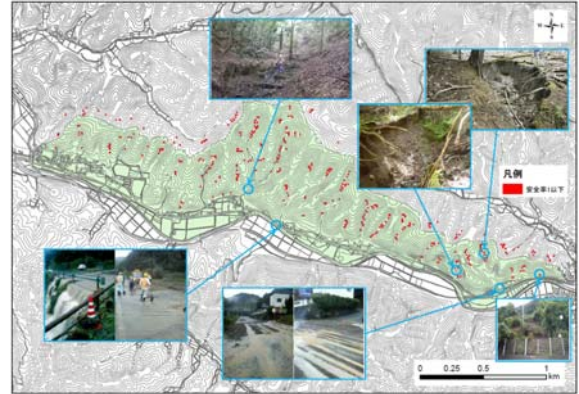


- 土砂流出に係わる変状
- 幅約10m, 長さ約12m, 深さ約1mの斜面崩壊



## 平成25年度の研究成果 予兆現象の概略検討

- モデルの妥当性の検証
  - 平成21年台風9号の降雨を入力して概略的な検討の実施
- 課題はあるものの結果は妥当
  - 表層崩壊発生した時刻は異なるものの発生場所を予見できている。
  - 土砂流出の激しかった溪流の上流部に安全率1を下回る箇所が多数確認された



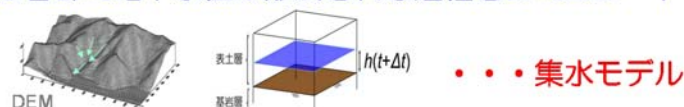
- 今後は、土石流の危険度評価やゲリラ豪雨による災害特性を踏まえ、詳細に検討を進めることが必要

## 平成25年度の研究成果 予兆現象の概略検討 (崩壊の危険度評価手法)

近年、土砂災害に対する警戒避難のために実用化されている集水モデルを用いた無限長斜面安定解析による土砂災害危険度評価手法のゲリラ豪雨時の適合性について検討した。

「集水モデルを用いた無限長斜面安定解析」  
INSSAM : Infinite Slope Stability Analysis Method

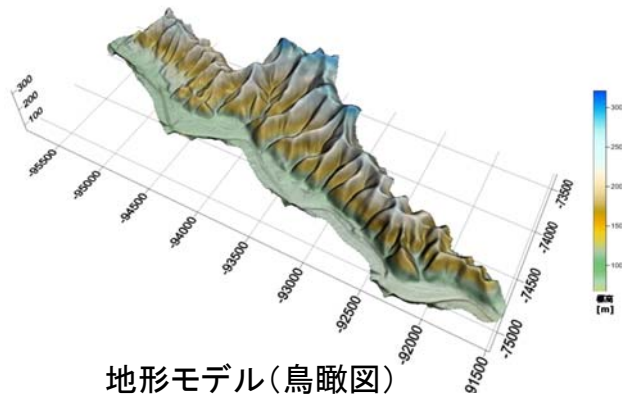
表土層内の浸透水（降雨）が集まって、斜面内あるいは谷部で地下水位が形成される過程をシミュレート



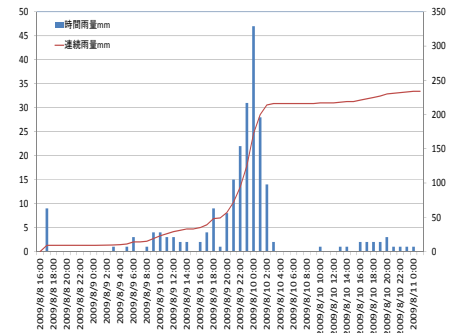
地下水位の上昇に伴う単位体積重量の増加，間隙水圧の上昇（有効応力の低下）に伴う安全率の変化を算定



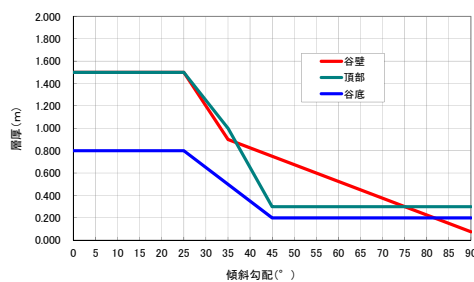
# 平成25年度の研究成果 予兆現象の概略検討 (モデルと入力条件)



地形モデル(鳥瞰図)



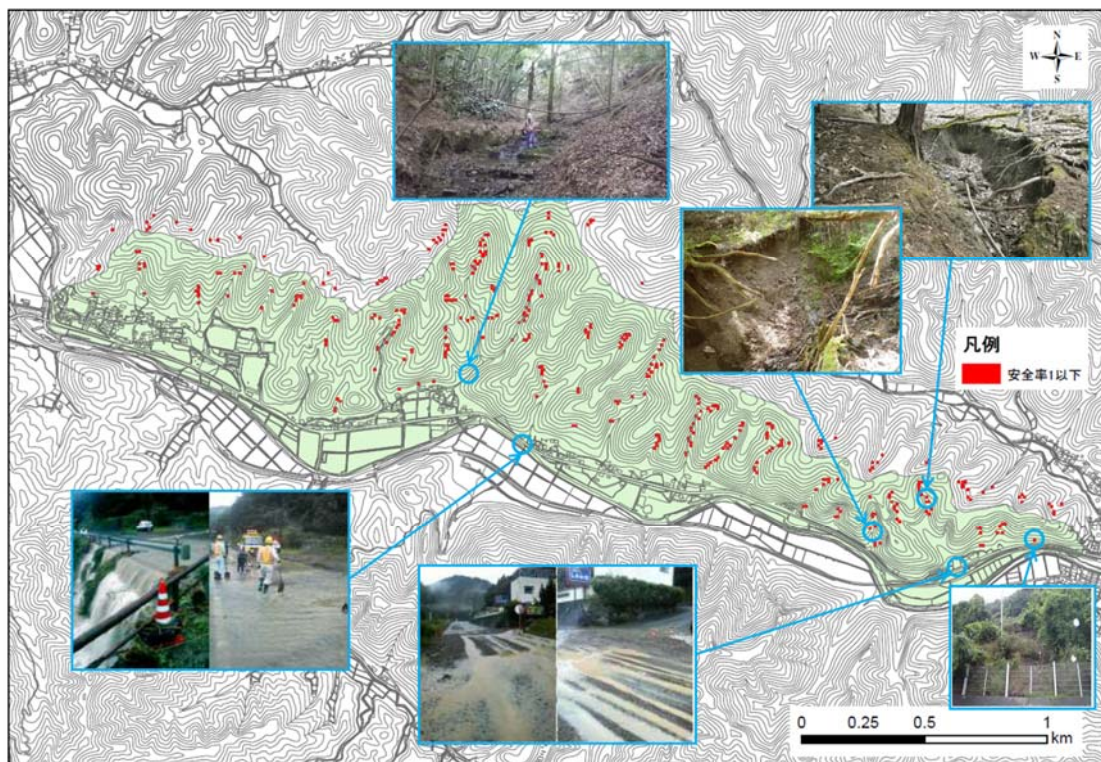
平成21年8月(台風9号)降雨



傾斜と土層厚(既往文献)

地形モデル,既往資料をもとに数値地形モデルを作成し,平成21年8月(台風9号)の降雨を入力し,安全率を求めた。

## 予兆現象の概略検討 (解析結果と実際の現象の比較)





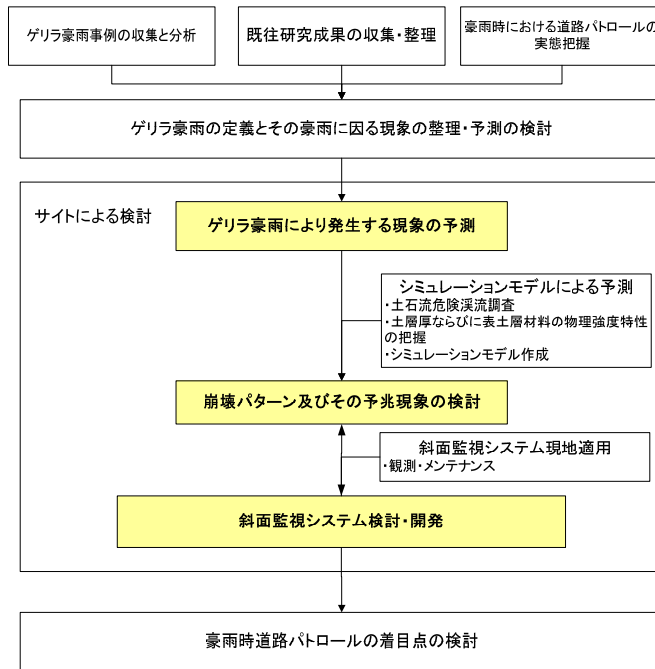
# 予兆現象の概略検討

- 課題はあるものの結果は妥当
  - 表層崩壊発生した時刻は異なるものの発生場所を予見できている.
  - 土砂流出の激しかった溪流の上流部に安全率1を下回る箇所が多数確認された
- 今後は、当該箇所の地盤の特性の調査、土石流の危険度評価やゲリラ豪雨による災害特性を踏まえ、詳細に検討を進めることが必要

## まとめと今後の課題

- 本年の豪雨災害の事例調査
  - 気象観測と予報
  - パトロールの実態
  - 被害のメカニズム
- 崩壊の危険度評価モデルの改善（解析モデルのチューニング）
- 土石流溪流調査の実施
- サンプルングと土質調査の実施
- ゲリラ豪雨を対象としたハザードの検討とハザードマップの作成
- ゲリラ豪雨を対象としたハザードに対応したモニタリング監視・OSV連携
- パトロール着目点の整理

# 平成26年度の研究計画



## 平成26年度の実施項目

### ○平成26年度豪雨災害の事例調査

- ・気象観測と予報
- ・パトロールの実態
- ・被害のメカニズム

### ○崩壊パターン及びその予兆現象の検討

- ・解析モデルのブラッシュアップ
- ・土石流危険渓流調査
- ・サンプリングおよび土質試験・調査
- ・想定降雨によるハザード検討
- ・まとめ

### ○斜面監視システムの検討と現地適用

- ・斜面監視システム検討・開発
- ・観測・メンテナンス
- ・まとめ

### ○報告書作成