

土砂災害への対応における 情報通信技術の活用について

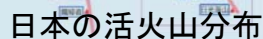
平成28年12月15日

国土交通省 水管理・国土保全局 砂防部
砂防計画課 地震・火山砂防室 課長補佐
山本 悟司

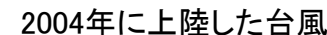
- 1) イントロダクション
- 2) 情報収集・提供における情報通信技術
- 3) 施工における情報通信技術
- 4) 土砂災害における対応事例
 - ～平成28年熊本地震～
 - ～平成28年台風10号～

1) イントロダクション

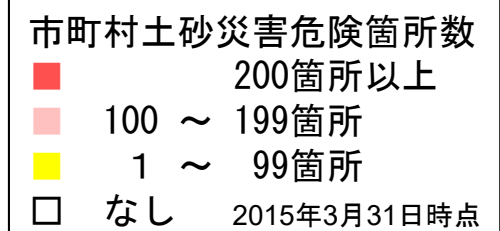
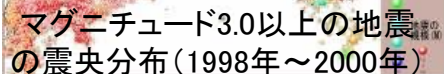
世界の約1割、110の活火山が分布



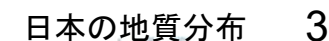
梅雨・台風等をもたらす豪雨は世界有数



世界の約2割の地震が分布



断層が多く複雑な地質のため崩れやすい国土



厳しい国土条件のため全国の約9割の市町村が土砂災害の危険と隣り合わせ

平成27・28年の降雨状況

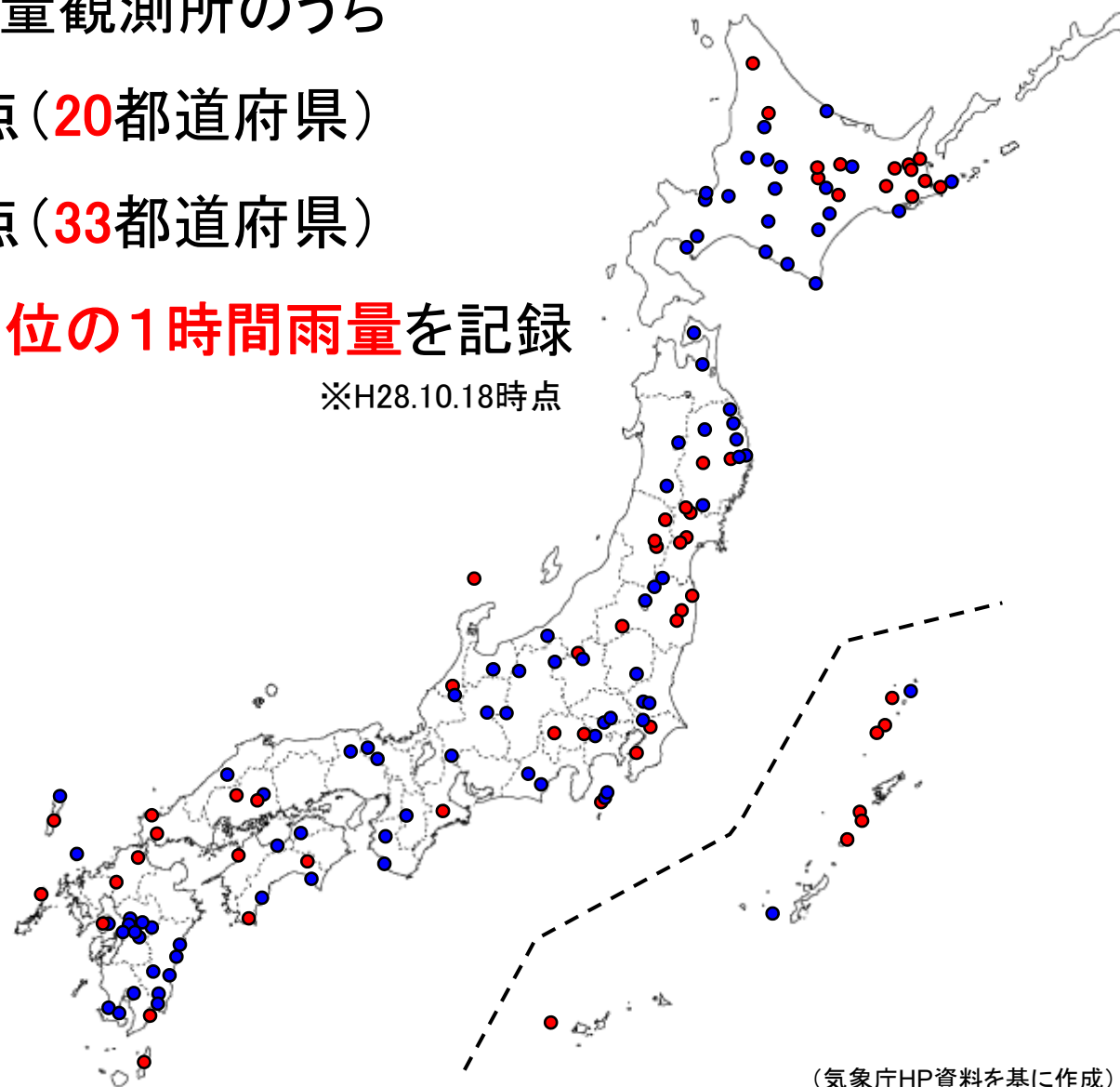
全国の気象庁所管雨量観測所のうち

- ▶ 平成27年は**59**地点(**20**都道府県)
- ▶ 平成28年は**88**地点(**33**都道府県)

において、**観測史上1位の1時間雨量**を記録

※H28.10.18時点

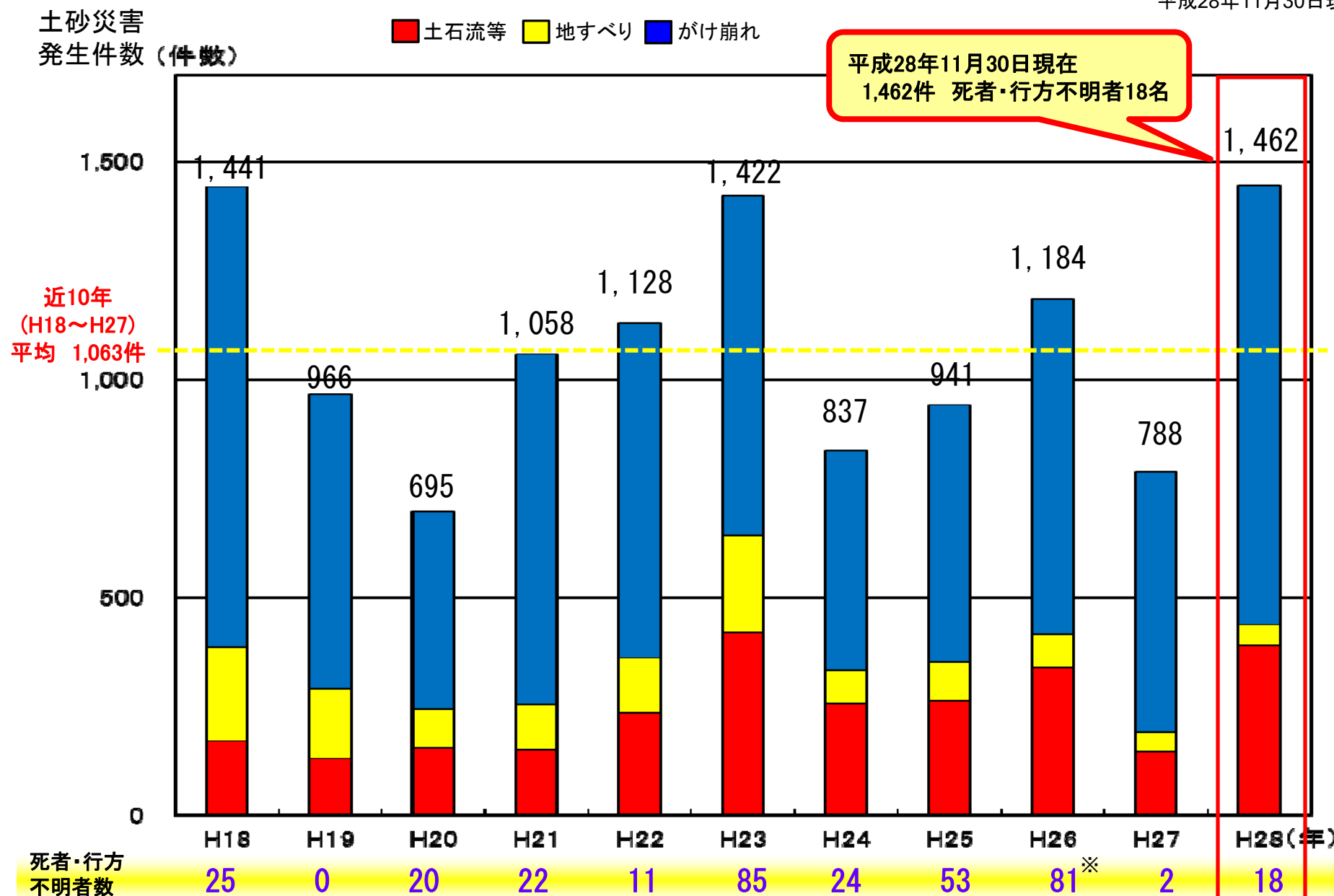
-  : 平成27年に観測史上1位の1時間雨量を記録した気象庁所管雨量観測所
-  : 平成28年に観測史上1位の1時間雨量を記録した気象庁所管雨量観測所



(気象庁HP資料を基に作成)

近年の土砂災害発生件数

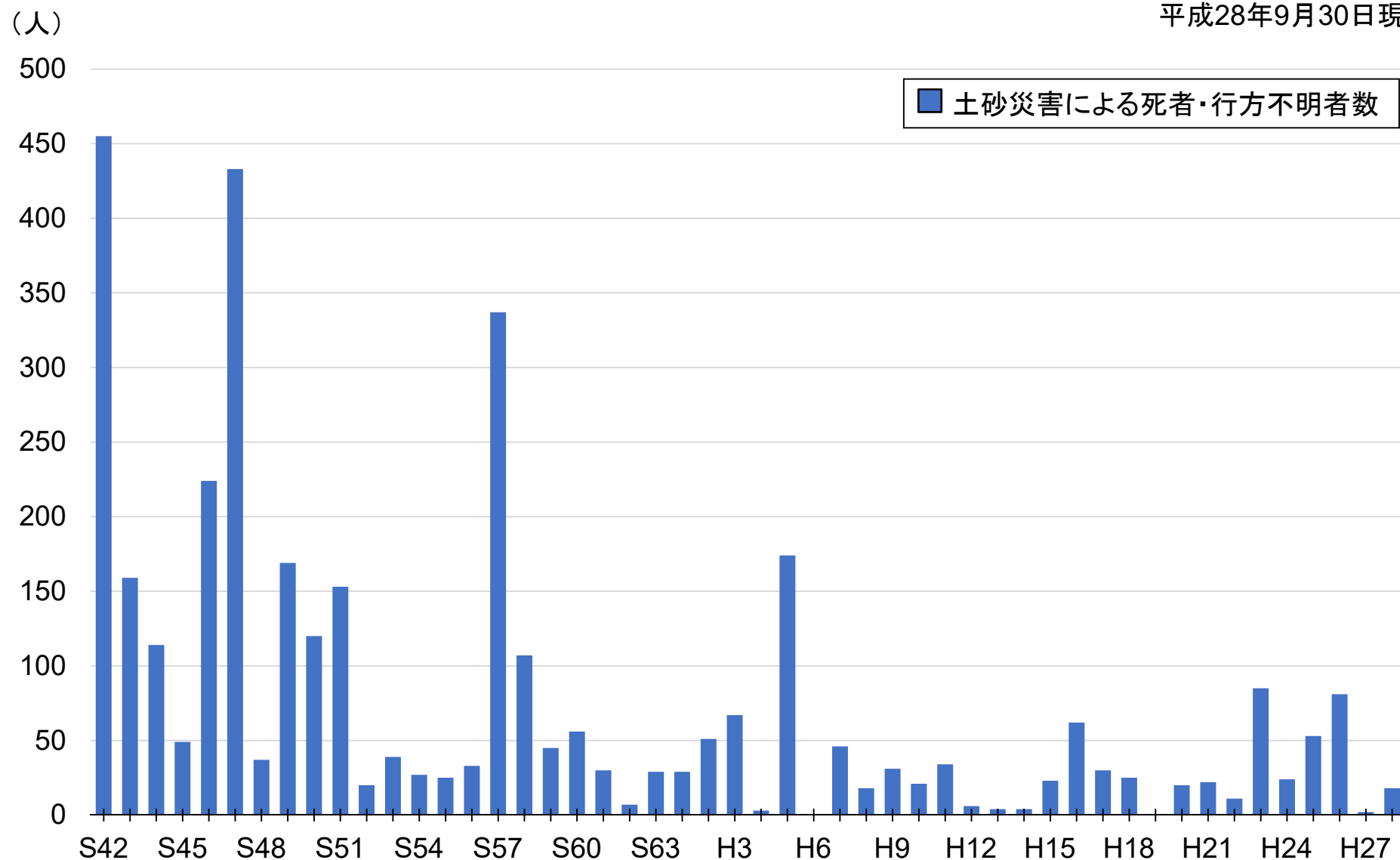
平成28年11月30日現在



※この他に広島土砂災害により災害関連死3名

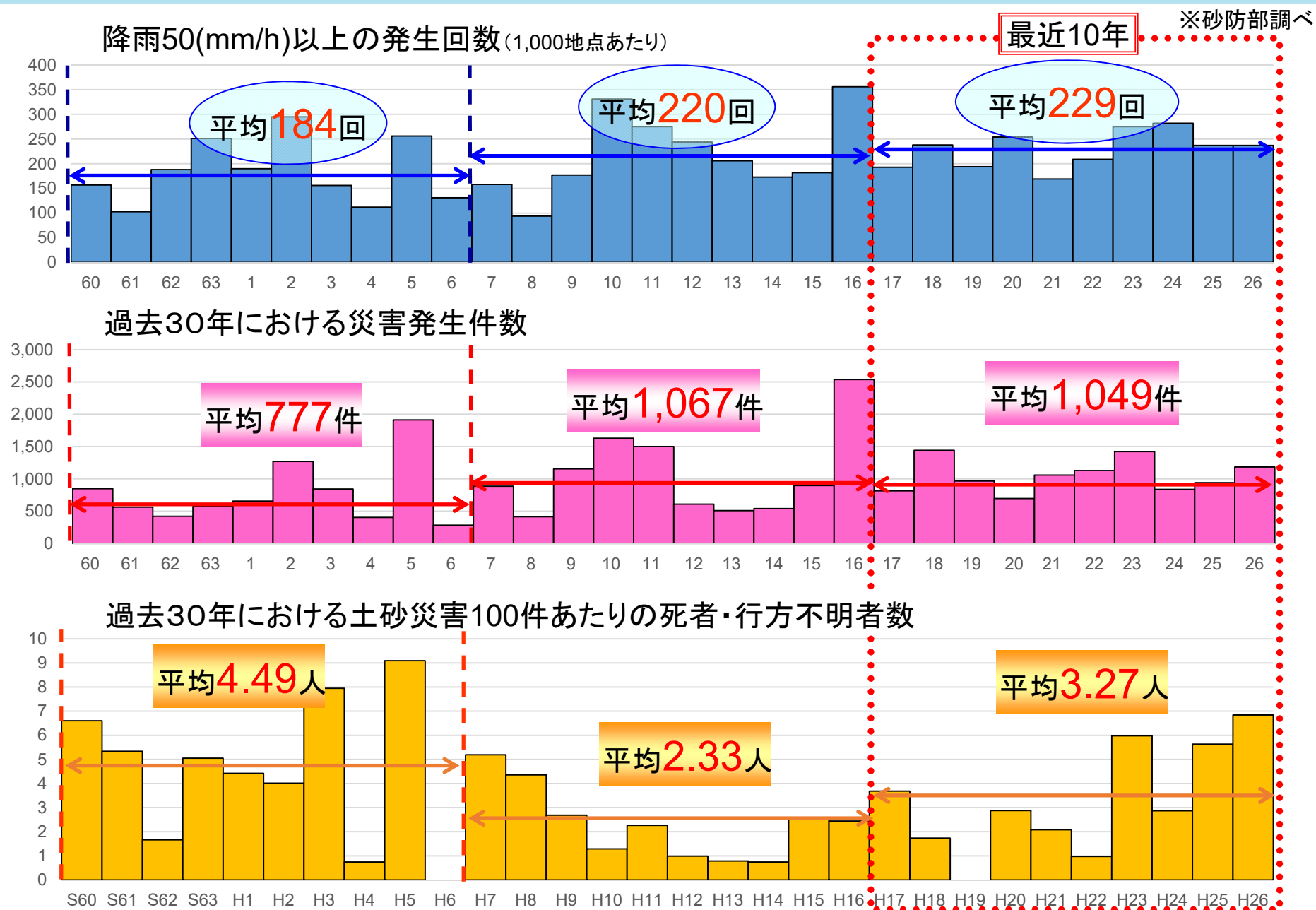
土砂災害による死者・行方不明者数

平成28年9月30日現在



国土交通省水管理・国土保全局砂防部調べ

雨の降り方の変化と土砂災害(S60~H26)



平成28年 全国の土砂災害発生状況

平成28年9月30日現在
土砂災害発生件数

1,394件

〔 土石流等 : 376件
地すべり : 43件
がけ崩れ : 975件 〕

【被害状況】

人的被害：死 者 18 名
行方不明者 0 名
負傷者 13 名
人家被害：全 壊 37 戸
半 壊 32 戸
一部損壊 191 戸

※台風10号による被害状況は確認中

8/30 土石流等

しもへいぐんいわいずみちよう
岩手県下閉伊郡岩泉町



4/16

土石流等

あそぐん みなみあそむら
熊本県阿蘇郡南阿蘇村



8/30 がけ崩れ

しもへいぐんいわいずみちよう
岩手県下閉伊郡岩泉町



7/3 がけ崩れ

こうつし くらまつちよう
島根県江津市黒松町



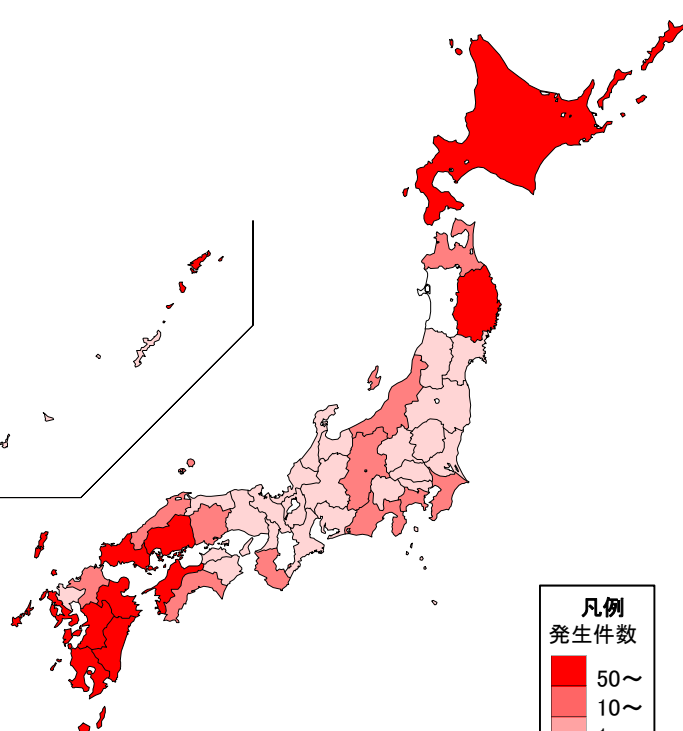
6/23 土石流等

かさおかし こうのしま
岡山県笠岡市神島



4/16 地すべり

あそぐん みなみあそむら
熊本県阿蘇郡南阿蘇村



凡例
発生件数
50～
10～
1～
0

8月以降の台風に伴う豪雨等による土砂災害発生状況

- 8月以降に相次いで発生した台風第9号、10号、11号、13号、16号などにより、全国的に豪雨が発生。
- 北海道への3つの台風の上陸、東北地方太平洋側への上陸は、気象庁の統計開始※以来初めて。
- 全国で486件の土砂災害が発生し、死者1名、人家被害92戸などの甚大な被害が生じた。

気象庁公表資料を抜粋、一部改変

※統計開始：1951年

平成28年 10月3日現在

土砂災害発生件数

486件

土石流等	238件
地すべり	8件
がけ崩れ	240件

【被害状況】

人的被害	死者	1名
	負傷者	5名
人家被害	全壊	4戸
	半壊	15戸
	一部損壊	73戸

8/21 がけ崩れ

 しらぬかぐんしらぬかちよう
北海道白糠郡白糠町タタカ

 家屋一部損壊1戸
【台風第11号経路】

土石流等

 しもへいぐんいわいずみちようあさない
岩手県下閉伊郡岩泉町浅内

8/30(台風第10号)

がけ崩れ

 めなしぐん らうすちよう れぶんちよう
北海道目梨郡羅臼町字礼文町

9/9(台風第13号)

 死者1名
国道335号に土砂流出

土石流等

 たるみずしうしねふもと
鹿児島県垂水市牛根麓

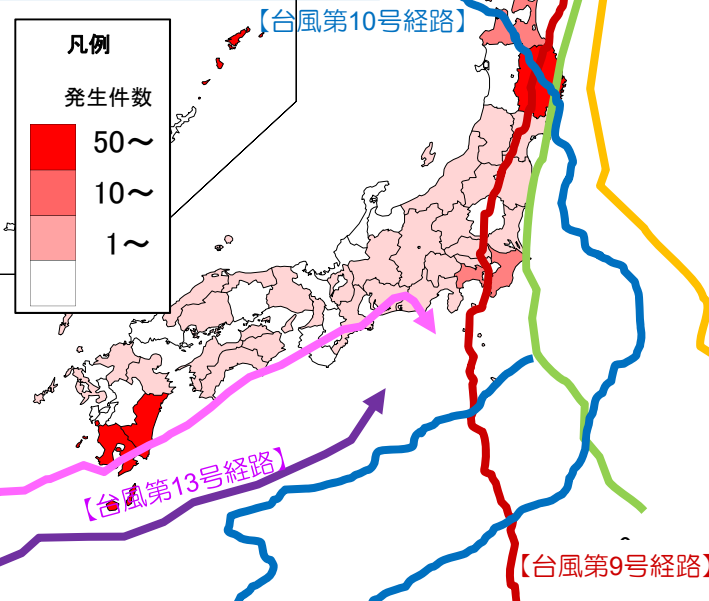
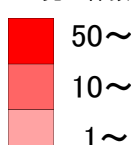
9/20(台風第16号)


国道220号橋梁(磯脇橋)流失

【台風第16号経路】

凡例

発生件数


土石流等

 めまたし とねまち かきだいら
群馬県沼田市利根町柿平

9/7(台風第13号)

 負傷者1名
人家半壊2戸、一部損壊2戸

2) 情報収集・提供における情報通信技術

国土保全に資する情報収集(国土の監視・観測)

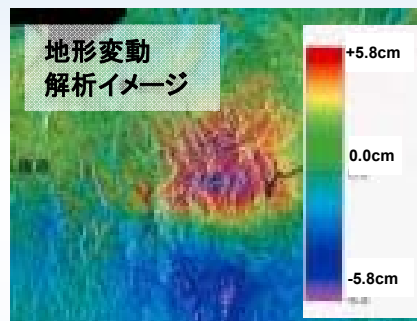
国土交通省による情報収集イメージ

監視・観測の内容

国土の変化の監視

国土の変化に関する
データの観測

国土の変化の把握



衛星による
データ取得

レーザー測量による源頭部のモニタリング

レーザー測量

大規模崩壊

土石流等による
土砂流出

地盤伸縮計等
地すべり

深層崩壊

雨量計

雨量計

雨量計

水位計

雨量計

CCTV

流砂量観測機器

国民

ワイヤーセンサー
震動センサー

光ファイバーの回線を
多重化したデータ通
信網の整備

直轄事務所

都道府県

関係市町村



CCTVによる監視



GPSによる地すべりの移動量観測

センサーの設置に
よる土石流の覚知



CCTV画像の都道府県や市町村との共有



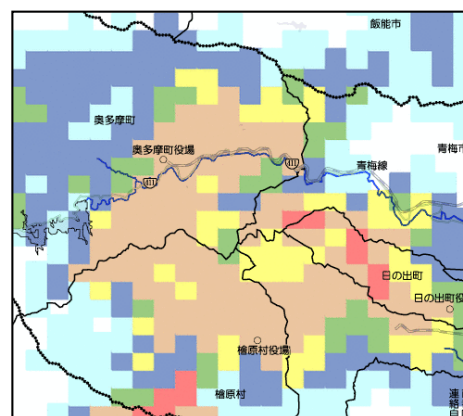
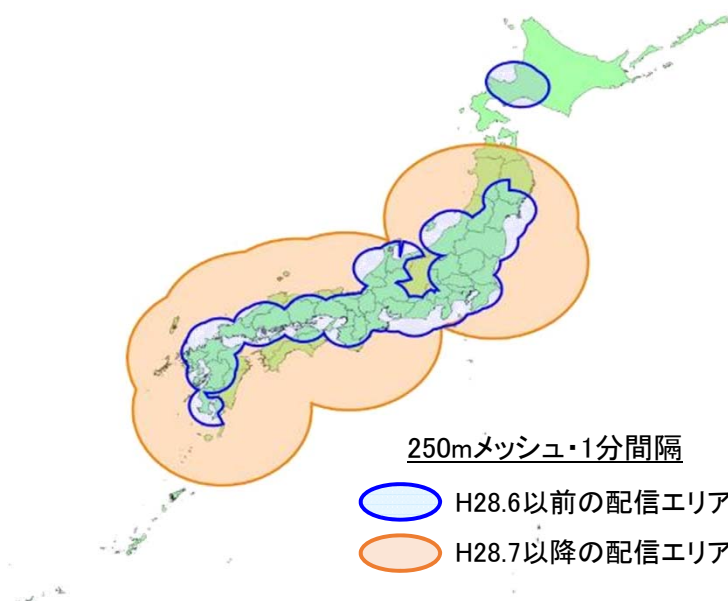
流砂量観測による土砂動態の把握



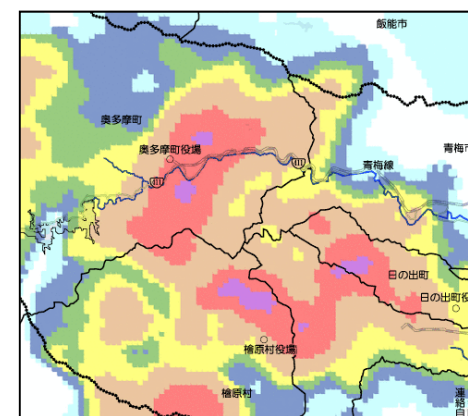
監視・観測データの公表

CバンドMPLレーダ・XバンドMPLレーダによる雨量観測

Cバンドレーダの高度化(MP化)により、高精度・高分解能(250mメッシュ)・高頻度(配信間隔1分)の配信エリアを平成28年7月から拡大



【Cバンドレーダ】
分解能: 1km
配信間隔: 5分



【CバンドMPLレーダ】
【XバンドMPLレーダ】
分解能: 250m
配信間隔: 1分

雨量情報サイト	レーダ雨量計	配信間隔	解像度	配信遅れ	地上雨量計による補正の必要性	カバー範囲
XRAIN(拡大試行版)	CバンドMPLレーダ雨量計 XバンドMPLレーダ雨量計	1分	250mメッシュ	1～2分	なし	全国(順次拡大)
Cバンドレーダ	Cバンドレーダ雨量計	5分	1kmメッシュ	約10分	あり	全国
XRAIN	XバンドMPLレーダ雨量計	1分	250mメッシュ	1～2分	なし	主要都市等

CバンドMPLレーダ・XバンドMPLレーダの特徴

- ▶ XバンドMPLレーダ雨量計では、約3cmの波長の電波を使用し、CバンドMPLレーダ雨量計では、約5cmの波長の電波を使用
- ▶ 使用する波長帯の特性から以下のような特徴

	XバンドMPLレーダ雨量計	CバンドMPLレーダ雨量計
アンテナ径	波長が短いため小型のアンテナ(直径約2m)で観測	波長が長いため大型のアンテナ(直径約4m)で観測
観測範囲	電波が減衰しやすいため観測範囲が狭い(半径80km)	電波が減衰しにくいいため観測範囲が広い(半径300km※)
雨滴の扁平度の測定	電波の感度が高いため、弱雨～強雨に対して雨滴の扁平度を測定可能	強雨に対して雨滴の扁平度を測定可能
欠測領域の発生	電波が減衰しやすいため、強雨時に欠測領域が生じやすい	電波が減衰しにくいいため、強雨時に欠測領域が生じにくい

※一部レーダ雨量計除く

CバンドMPLレーダ雨量をXバンドMPLレーダ雨量と組み合わせることで、**観測エリアの広域化、欠測が生じにくい安定した観測が可能**



XバンドMPLレーダ雨量計
(アンテナ直径: 約2m)



XバンドMPLレーダ雨量計 外観



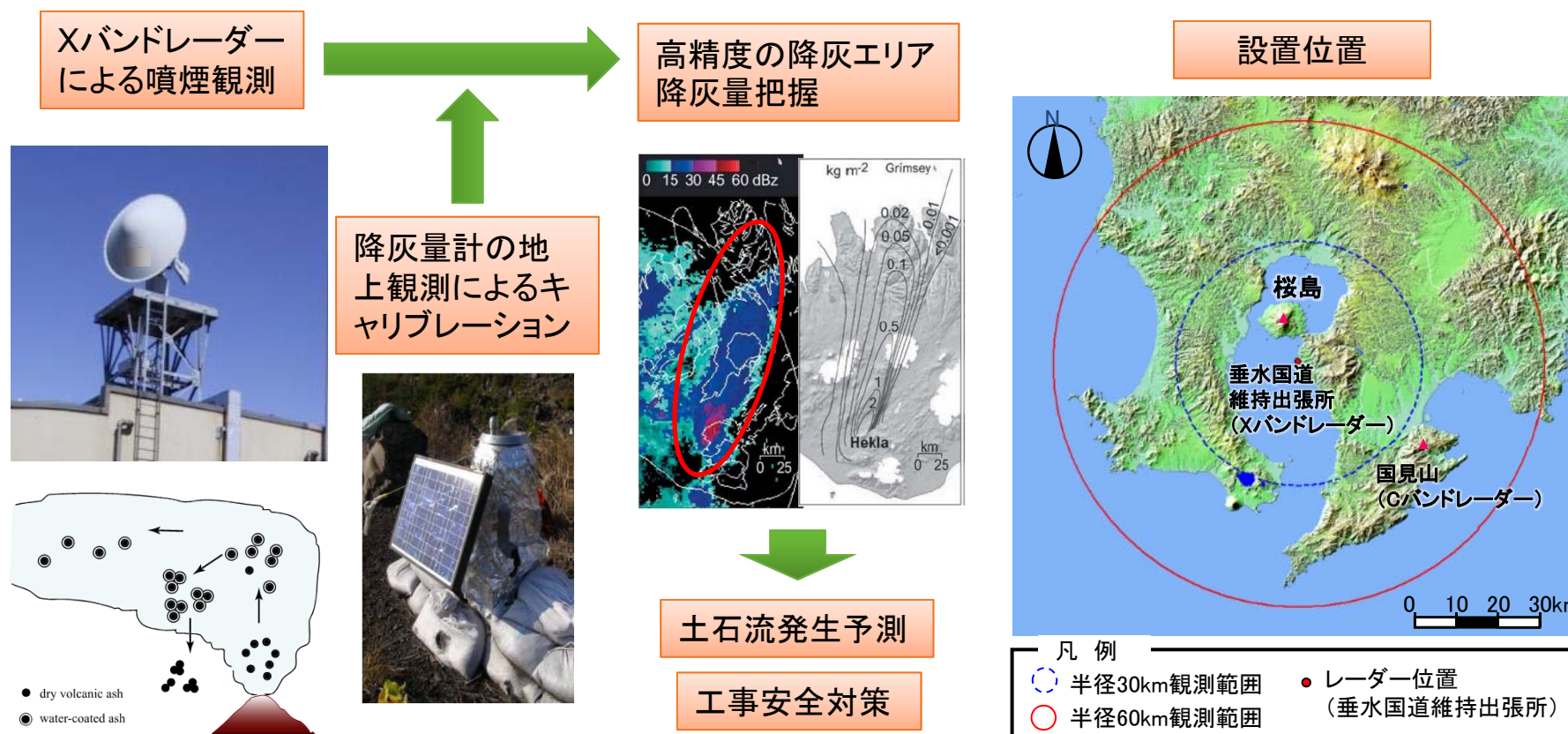
CバンドMPLレーダ雨量計
(アンテナ直径: 約4m)



CバンドMPLレーダ雨量計 外観

XバンドMPLレーダによる火山噴煙観測

- ▶ 降灰量の速やかな把握による土石流発生予測や市町村の警戒避難対策支援に資することを目的に、XバンドMPLレーダによる火山噴煙観測の検討に着手
- ▶ 桜島の噴煙観測データを蓄積するとともに、土研による降灰量計と連携して、降灰量の高精度なリアルタイム把握と土石流発生予測手法の検討を実施
- ▶ XバンドMPLレーダの特徴として、粒子判別（雨粒との識別）やより小さい粒子の補足も可能



- 初動対応においては、災害の全体像を**早期把握**し、限られた資源(人員、資機材等)を効率的に配分することが必要



紀伊半島台風12号災害・赤谷地区
＜改正土砂法に基づく緊急調査を実施＞

従来の航空機調査(ヘリ・セスナ等)

課題

- 広域災害の面的調査に時間がかかる
- 夜間・悪天候による情報収集の遅延

必要な技術

夜間・悪天候時にも広域観測可能なセンサ

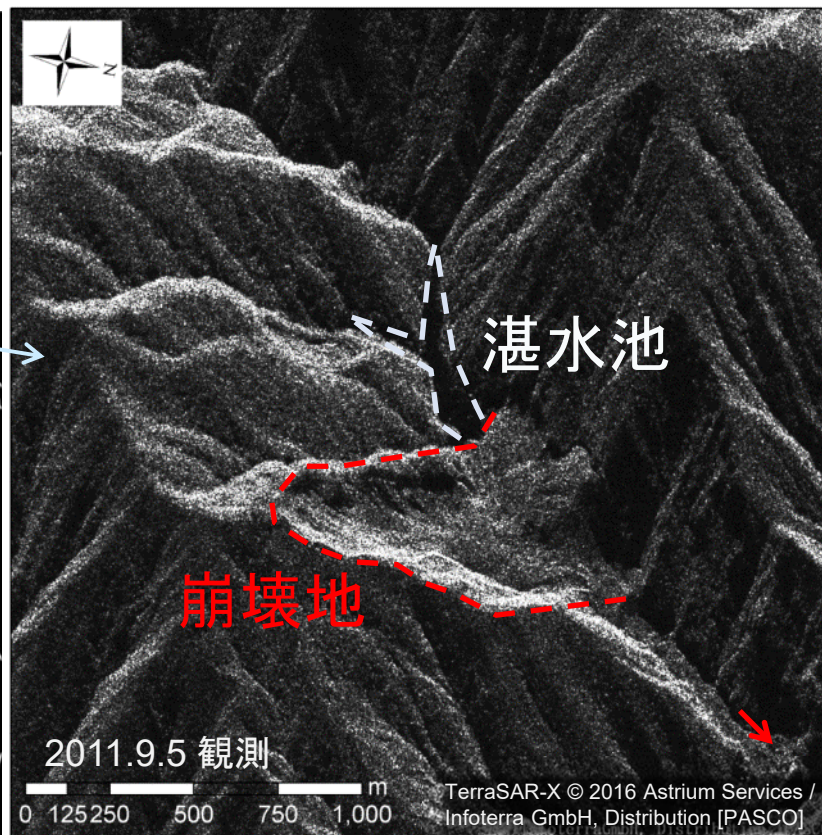
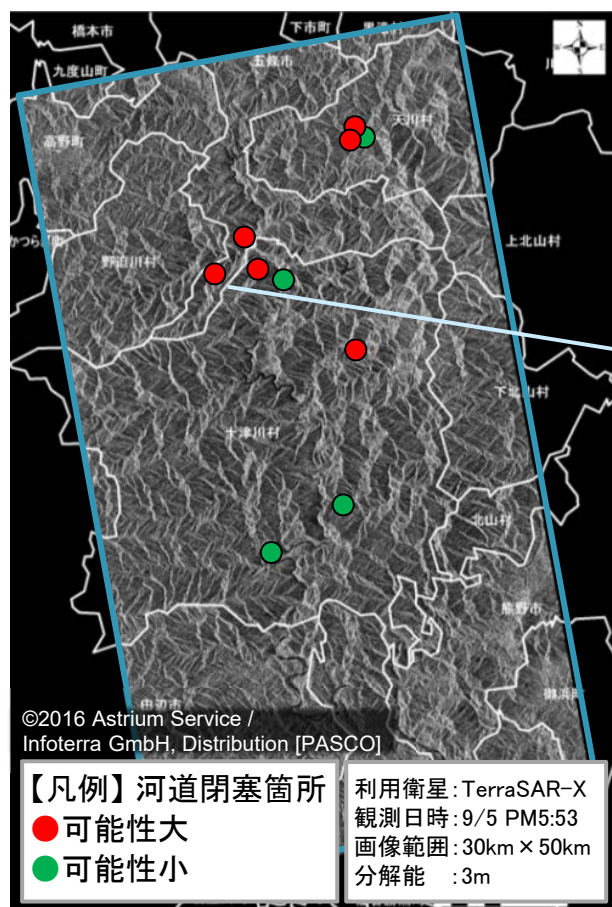
打開策

**衛星搭載型
合成開口レーダ(SAR)の活用**

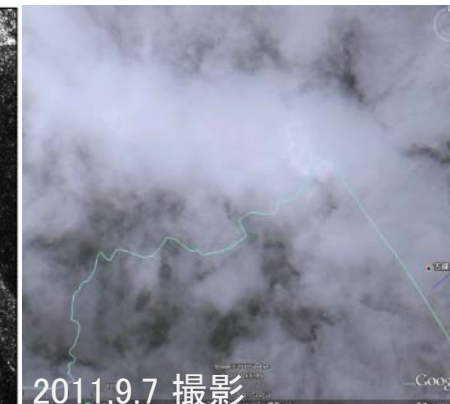
SAR: Synthetic Aperture Radar

衛星SARの活用(H23年紀伊半島大水害)

- ▶ 衛星SARは、夜間・悪天候時でも観測可能であり、土砂災害分野での活用について検討を進めているところ
- ▶ 平成23年台風12号紀伊半島大水害の際、衛星SARによる観測により、悪天候下においても、未確認の天然ダムを早期に発見



衛星で発見された赤谷地区天然ダム



悪天候時の光学衛星画像
(和歌山県古座川町役場付近)



後日、航空撮影した
赤谷地区の天然ダム

SAR画像判読支援システム

- ▶ SAR画像特有の倒れこみやスペckルノイズ等により、その取り扱いや判読にある程度の熟練を要する
- ▶ 判読者の熟練度による判読結果の確度の違いや、判読作業に時間がかかることが想定され、迅速な状況把握を行う上で支障となるおそれがある

光学画像	SAR画像
○ 画像解釈の簡易さ × 夜間・悪天候時の観測不可  © 国土地理院	○ 夜間・悪天候時の観測可能 × 画像ゆがみや解釈の複雑さ  TerraSAR-X © 2016 Astrium Services / Infoterra GmbH, Distribution [PASCO]

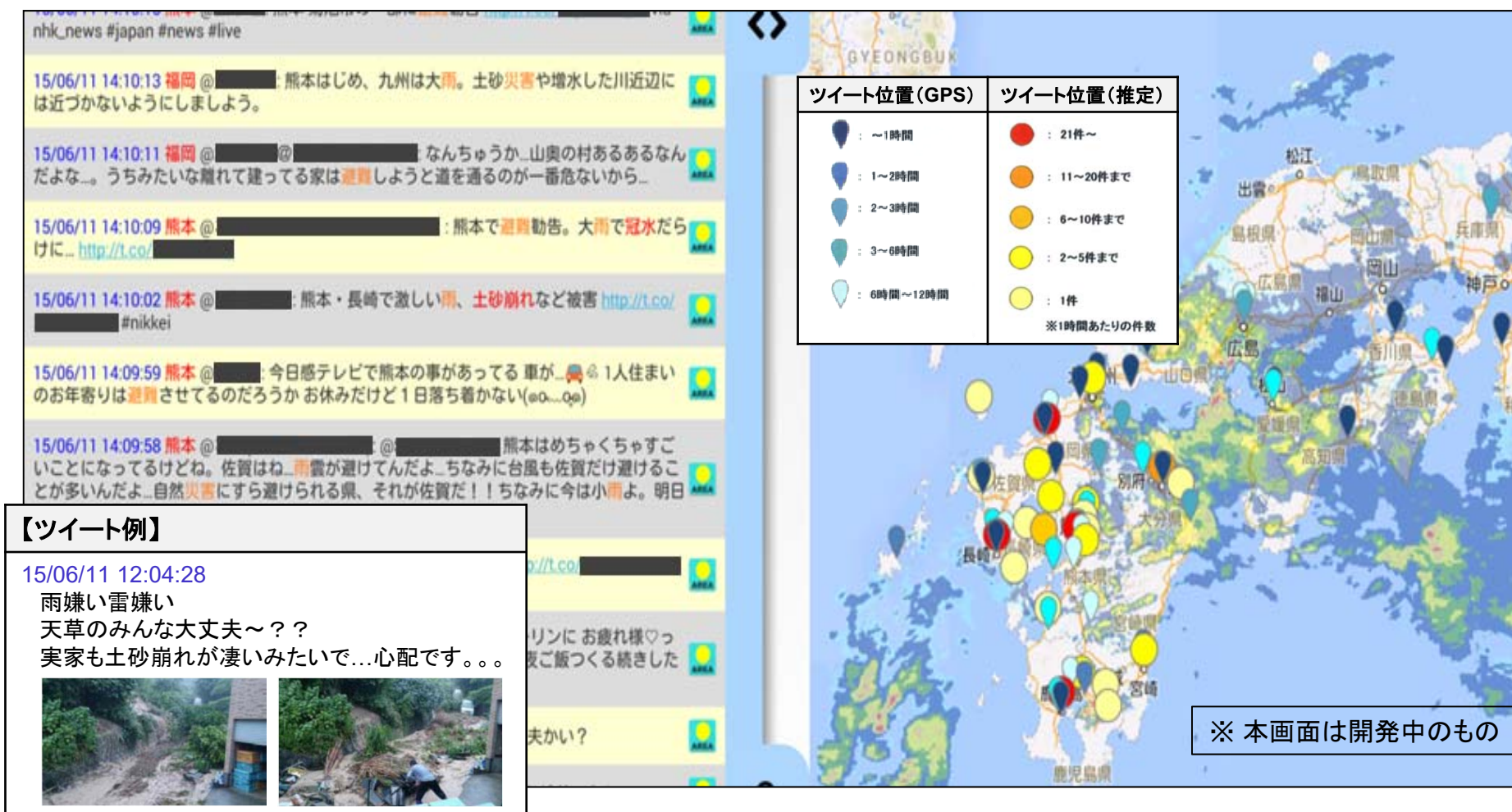
→ 判読性の向上と作業の迅速化を図ることを目的に、
国交省職員の判読調査を支援するシステムを国総研にて開発

状況に応じた衛星の活用フェーズ(案)

観測	外力	リモートセンシングによる国土監視		警戒範囲 (イメージ)
		光学衛星	SAR衛星	
重点観測	発災 台風 地震	■ 観測機会の確認 ■ アーカイブの確認・準備	■ 観測機会の確認 ■ アーカイブの確認・準備	降雨等によってリスクが高まったエリア ● 要注意箇所 ○ 危険箇所
		■ 緊急観測(晴天・日中) ■ 光学画像の判読による早期被災状況の把握	■ 緊急観測(左記以外) ■ SAR画像の判読による早期被災状況の把握	崩壊危険箇所 ● 危険箇所
平常観測		(必要に応じて見直し) ■ 経過モニタリング	(必要に応じて見直し) ■ 経過モニタリング	

ソーシャルメディアによる情報収集 (Twitterの活用)

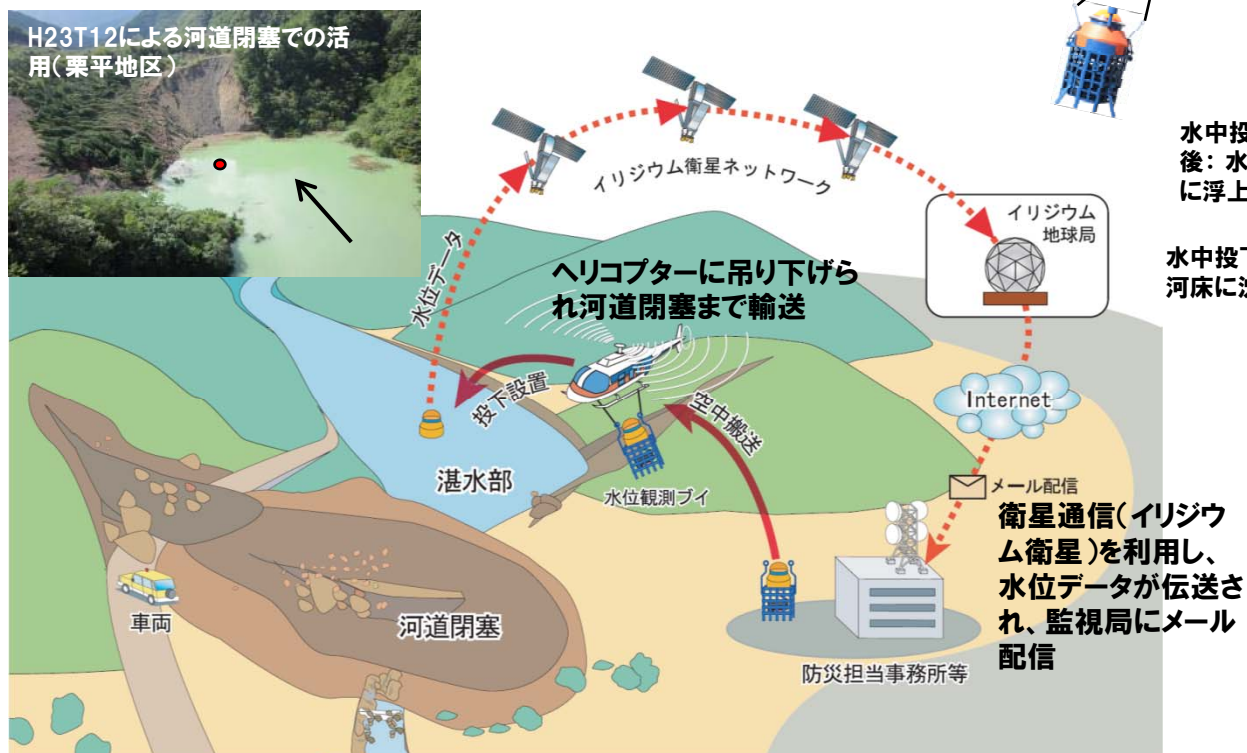
- ▶ Twitterを活用して浸水・土砂災害の兆候や発生地域を推定
- ▶ 情報が不足しがちな災害対応初動時の情報収集を充実させることにより、災害対応の強化を図る



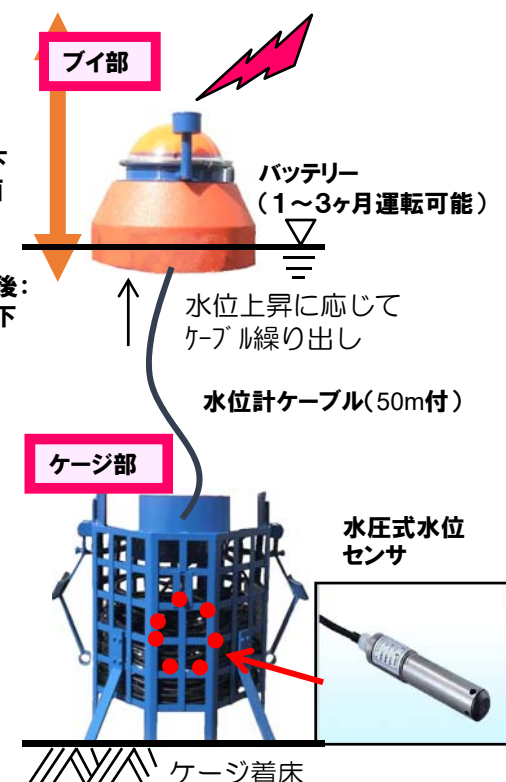
投下型ブイによる水位観測

- ▶ これまで、災害発生後1週間～1ヶ月程度を要していた河道閉塞の水位観測の開始が、数日程度で開始可能
- ▶ 設置作業時における二次災害遭遇リスクを解消し、維持に要する費用を大幅に軽減

河道閉塞発生後の防災戦略が劇的に迅速化し、住民・工事関係者の安心・安全確保に貢献



空輸中はフックでブイが固定され、水中投下後にブイの浮力によりフックが解除され、ブイとケージが分離する



無人化小型ラジコンヘリ(UAV)の活用

無人化小型ラジコンヘリ(UAV)



無人化小型ラジコンヘリ
(Unmanned Aerial Vehicle)

自動飛行が可能で、従来、困難とされていた危険箇所の調査や航空機では難しい低高度撮影が容易となる。

■天竜川水系太田切川の異常減水の対応(H26.2 天竜川)

一般社団法人南信防災情報協議会の支援により、探査用ヘリコプターを使用して、太田切川沿川に河道閉塞している箇所が無いか調査を実施



■土砂災害現場における現地試験(H25.10 伊豆大島)

上空から写した八重沢の崩壊地



マルチコプターの離陸状況



■大規模土砂災害を想定した実地訓練(H25.5 川辺川)

河道閉塞の発生に伴う緊急調査により土石流の発生が予想された場合を想定して、空中から被災状況を把握できる無人ラジコンヘリコプターと、衛星通信を通じて映像を配信するKU-SATなどを用いて訓練を実施。

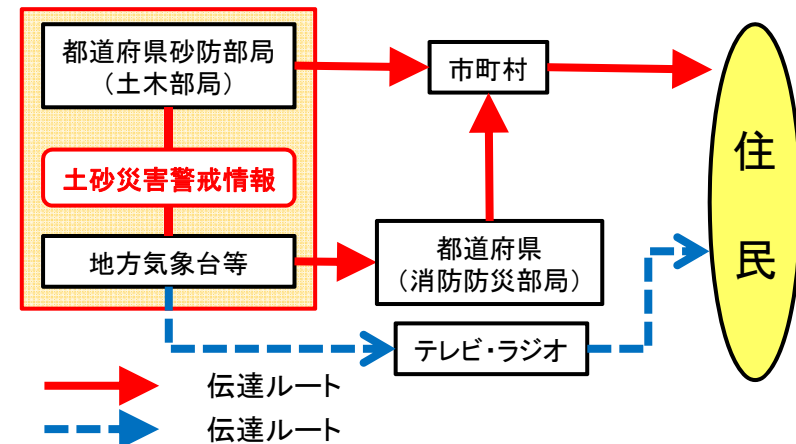


- 市町村長が避難勧告等を発令する際の判断や自主避難の参考となるよう、降雨による土砂災害の危険が高まったときに都道府県と気象庁が共同で発表している防災情報

テレビでの表示例



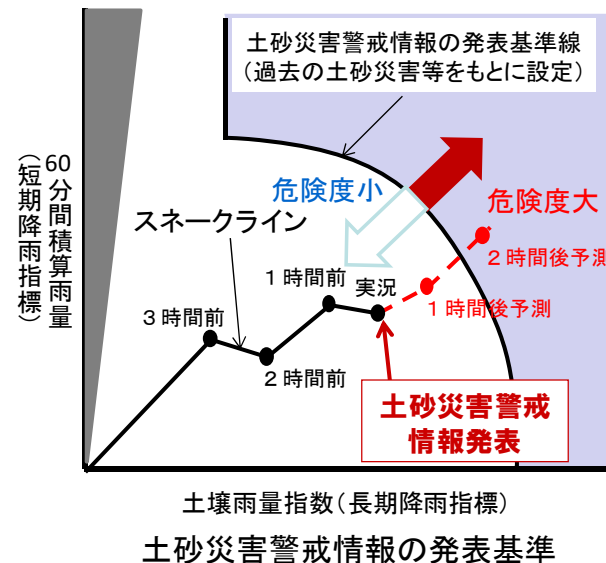
共同で発表



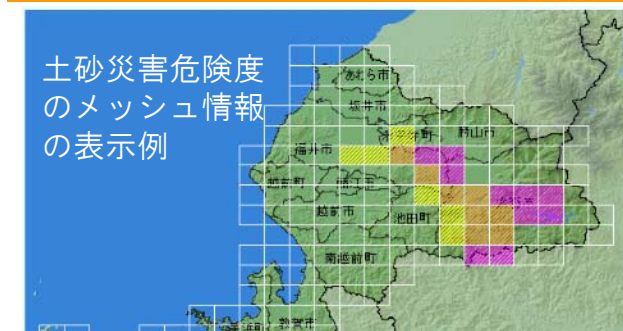
土砂災害警戒情報のしくみ

都道府県と気象台は、土砂災害警戒情報の発表基準を、過去の土砂災害発生・非発生時の雨量データをもとに、地域ごとに設定。設定に当たって、土砂災害は、地中にたくさんの雨が貯まったところに強い雨が降ると、発生しやすくなるという特徴があることが考慮されている。

気象庁の解析雨量等をリアルタイムで監視し、避難に必要な時間を考慮して、2、3時間後に発表基準線を超えると予想される場合に、土砂災害警戒情報を発表。



危険度をさらに詳しく知るには



土砂災害警戒情報を補足する情報として、市町村内のより詳しい危険度がリアルタイムで分かるメッシュ情報や、危険度の推移が分かる情報などを提供している。

土砂災害警戒情報と避難勧告等の発表のタイミング

国土交通省

時間

土砂災害警戒情報
・気象警報 等

避難勧告等

(判断基準の設定の一例)

大雨注意報

大雨警報
(土砂災害)

大雨特別警報
(土砂災害)

土砂災害
警戒情報

避難準備情報

土砂災害に関するメッシュ情報の「実況または予想で大雨警報の基準に到達」 等

避難勧告

土砂災害警戒情報が発表 等

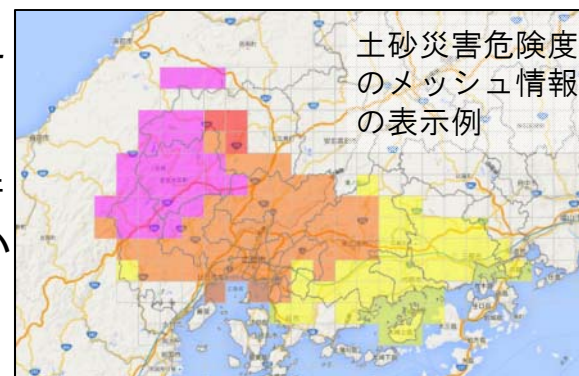
※「土砂災害警戒情報が発表された場合は、市町村長は直ちに避難勧告等を発令することを基本とする。」
土砂災害防止対策基本指針(平成27年1月)(抜粋)

避難指示

土砂災害に関するメッシュ情報の「実況で土砂災害警戒情報の基準に到達」 等

土砂災害に関するメッシュ情報

土砂災害警戒情報を補足する情報として、市町村内のより詳しい危険度がリアルタイムで分かるメッシュ情報や、危険度の推移が分かる情報等が都道府県や気象庁から提供されている。



※避難勧告等の判断基準設定の一例は、内閣府 避難勧告等の判断・伝達マニュアル作成ガイドライン(平成27年8月)を基に作成

3) 施工における情報通信技術

無人化施工の変遷(開発期)

桜島 野尻川河口(大隅工事)水中掘削
水陸両用ブルドーザー(有線、目視)

気圧式ケーソン内の無人掘削(中部(有線、カメラ))



1969年

1970年

1983年

常願寺川(富山県)水中掘削
水陸両用ブルドーザー(有線、目視)



立山砂防 遠隔操作バックホウ(無線、目視)

雲仙(雲仙復興工事)(無線、カメラ)

試験施工

掘削工(遊砂地除石)

RCC・CSG・土砂型枠
(堰堤工)

ブロック型枠工法

養生工(散水車)

大型護床ブロック

過型鋼製堰堤据付



1994年



河道が埋塞し流路が不安定。早急な
河道掘削が必要

無人化施工の変遷(発展、普及期)



姫川7.11豪雨 葛葉(長野県小谷村)
崩壊地直下での床固工

1995年

「兵庫県南部地震」山腹崩壊(兵庫県神戸市)
ロッククライミングマシーンによる不安定土砂の除去

1996年

12.6蒲原沢(長野県小谷村)災害復旧事業

7.10 針原川(鹿児島県出水市)砂防堰堤の緊急除石

1997年

1998年

有珠山噴火(北海道)泥流対策
三宅島噴火(東京都三宅島)
火山ガス対応機による泥流対策

2000年

緊急時の無人化施工
ガイドブック

2001年

大型ラフテレーンクレーンによる
コンクリート打設工程等
の取り組み

2004年



雲仙普賢岳での無人化施工技術を
NASAが視察



宇宙で活躍する
無人化施工機械
(イメージ)↓



無人化施工の技術は、大規模土砂災害への緊急対策として開発・発展してきたが
現在では施工中の安全対策とともにコスト縮減の取り組みとしても活用されている。

紀伊山地赤谷地区河道閉塞における無人化施工

赤谷地区では、平成26年の台風11号により崩落斜面からの土砂が再崩落した。その結果、斜面直下に施工済みであった仮排水路が閉塞された。よって、上流からの流水を安全に流すために再度、仮排水路の施工が必要となった。施工箇所は、崩落斜面直下の危険を伴う施工箇所であり、作業員の安全を確保するため、無人化施工を行った。



平成26年8月崩落状況

○工事名	赤谷地区河道閉塞部侵食防止緊急対策工事
○工期	H26. 9. 12～H27. 8. 16
○施工場所	奈良県五條市大塔町赤谷地先
○施工内容	仮排水路工（無人化施工）
	・土工（掘削、埋戻、法面整形等） 1 式 ・暗渠排水管（ヒューム管φ1200） 1 5 7 m ・コンクリート 1, 5 0 0 m³

効果

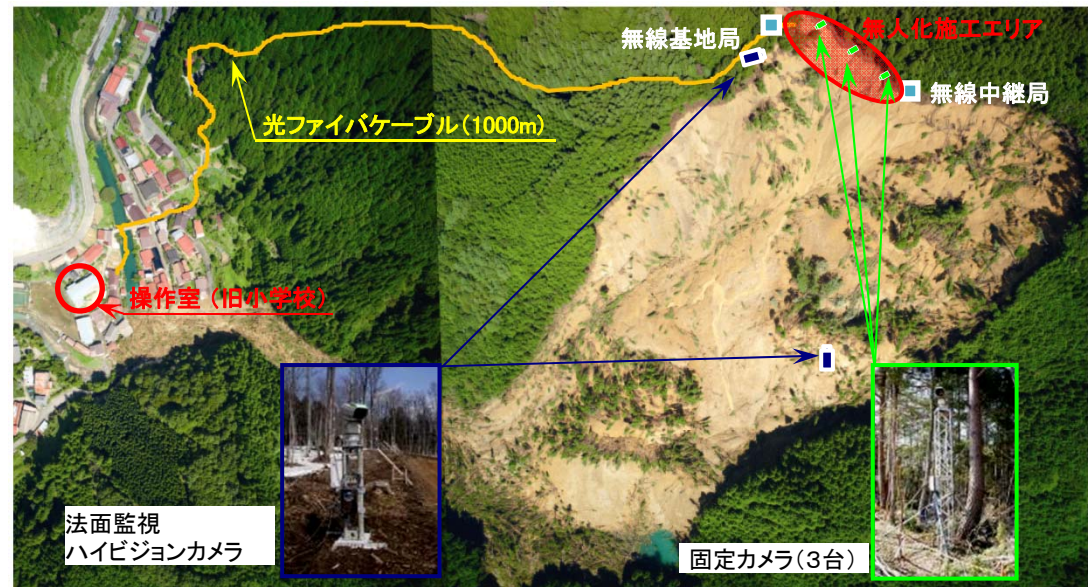
- 危険な箇所における緊急的な作業が可能
- 離れた場所から安全に作業を行うことが可能
- 施工管理システムにより、出来形をリアルタイムで把握できる



奈良県野迫川村 河道閉塞箇所における無人化施工 国土交通省

崩壊斜面上部は急勾配で崩落の危険性がある不安定な土砂が残っており、その排土を実施するにあたり、作業の安全確保に万全を期すため、約1km離れた現場と操作室を光ファイバケーブルで結び、建設機械に搭載したカメラの映像を見ながら建設機械を遠隔操作する「無人化施工」を実施

崩壊斜面上部の排土 5,000m³



モニター4台の映像を見て1台の建設機械をコントロール



操作室(旧小学校の教室を使用)

桜島における無人化施工機械の試験施工

桜島は噴火の活発化により、現在も立ち入りが制限されており、大規模な噴火が起こった際には、さらに立ち入り制限範囲の拡大がなされ、緊急的な減災対策（除石、ブロック積み等）を無人化で施工する必要がある。このため、事前に無人化施工の試験を行い、各種データを収集して、災害時に迅速かつ効率的な対策が実施できるように準備。



試験施工内容

- ・ 桜島の既存の光ケーブルを用いた超遠隔操作
- ・ 桜島砂防出張所に操作室を設けて無人化施工を実施
- ・ 作業エリア内及び移動方向が視認できる降灰の中で作業
- ・ 作業内容、作業箇所状況によるカメラ数の確認
- ・ 大規模爆発を想定し、島外から超遠隔操作を想定した試験の実施
- ・ 大量降灰時の映像や電波等への影響の確認
- ・ 長期的な作業におけるオペレーターの負担軽減対策の検討
- ・ 狭隘な条件（不整地・不陸地）での施工試験の実施
- ・ 緊急減災計画に基づいたブロック設置箇所での実施



国道に埋設された光ケーブルを利用し、約10kmの超遠隔操作試験を実施。
→システム上のタイムラグ、操作効率の確認。

人為的に視認性を悪くしたカメラで、操作を実施。
→降灰時等の施工効率の確認

操作室



フィルムによりカメラ視認性を変える



掘削・積込・運搬

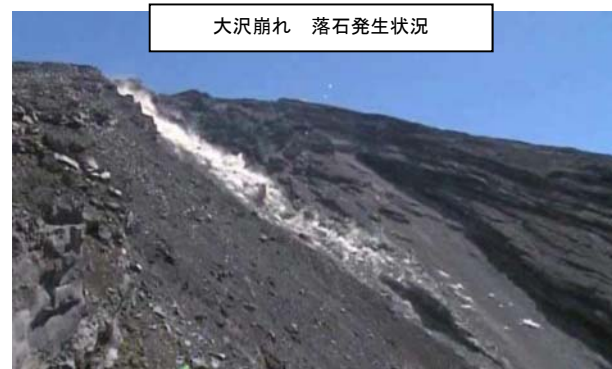
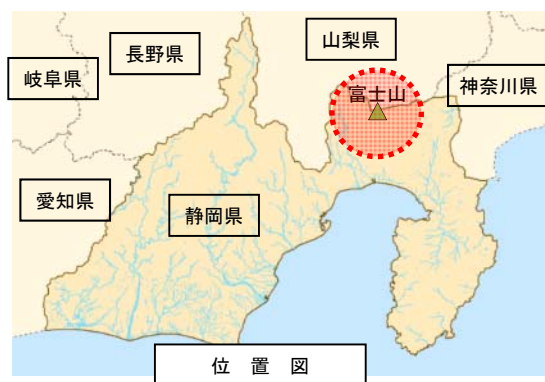
超遠隔操作による無人化施工
（土砂掘削・運搬工事）



【事例】無人化施工による
コンクリートブロックの設置

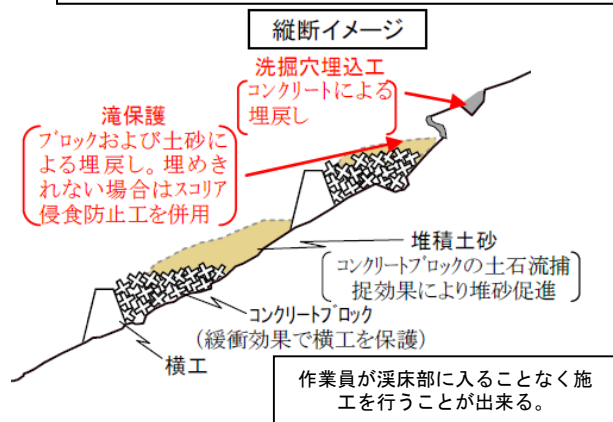
富士山大沢崩れ源頭域における無人化施工

富士山西斜面の「大沢崩れ」は、常に落石が発生している崩壊地であり、土砂災害の発生源となっている。当箇所の土砂災害対策工事では、過去に土石流による災害、斜面崩壊による災害等が発生していることから、作業員の安全を確保するためにヘリコプター等を使用した無人化施工を実施している。
安全性は向上したが、天候の制約、施工性等の課題解決に向け、更なる検討をしている。

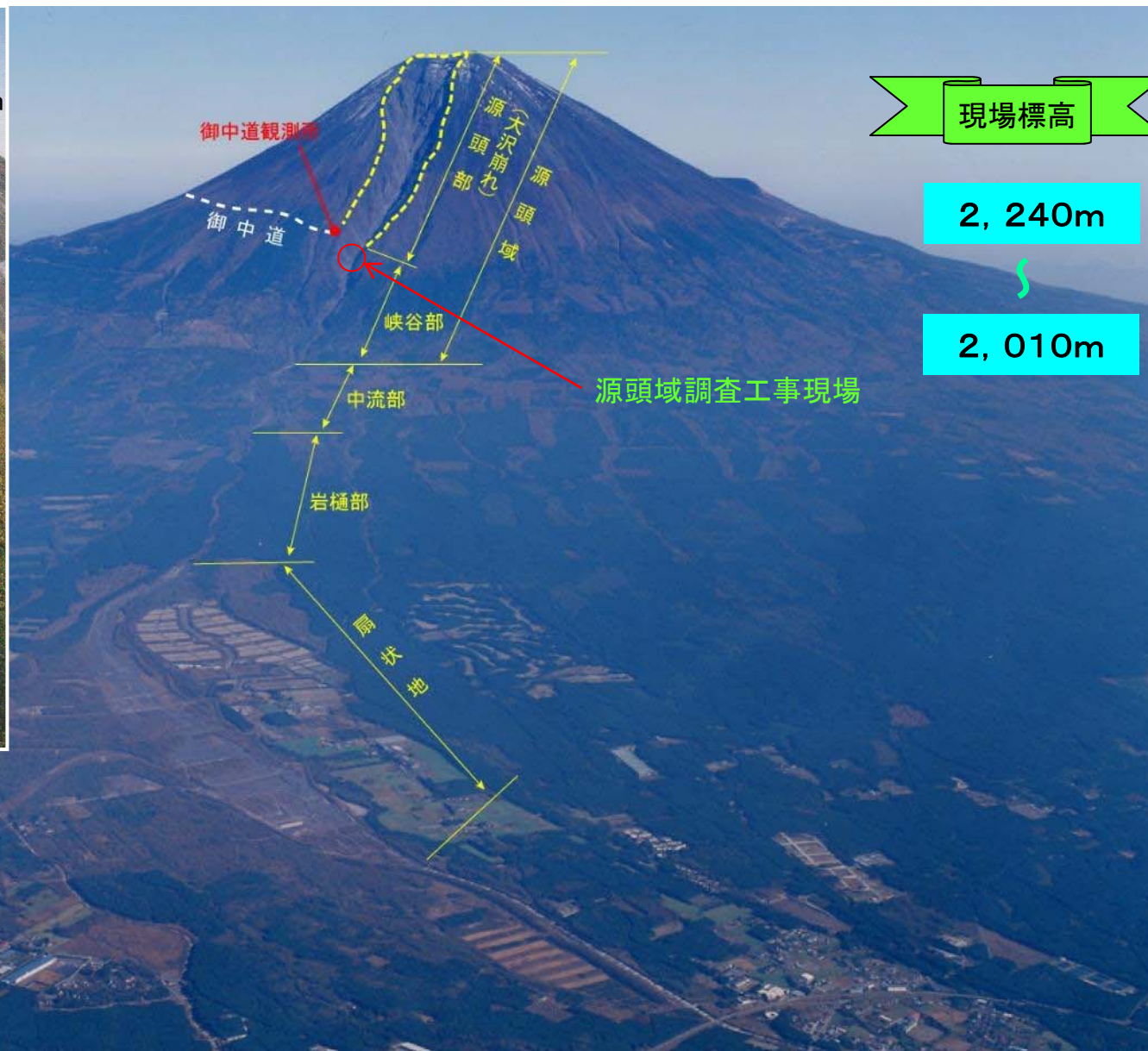


<経緯>

昭和57年度	富士山大沢川源頭部調査工事着手
昭和57～平成9年度	斜面对策（ネット工、鋼製枠等）実施
平成10～18年度	滝保護工、斜面对策（法枠、吹付工等）実施
平成19～23年度	ブロックスクリーン工実施
平成25年度～	横工＋コンクリートブロック工実施



富士山大沢崩れ源頭域における無人化施工



富士山大沢崩れ源頭域における無人化施工



高流動コンクリート打設



吊り金具



高流動コンクリート打設

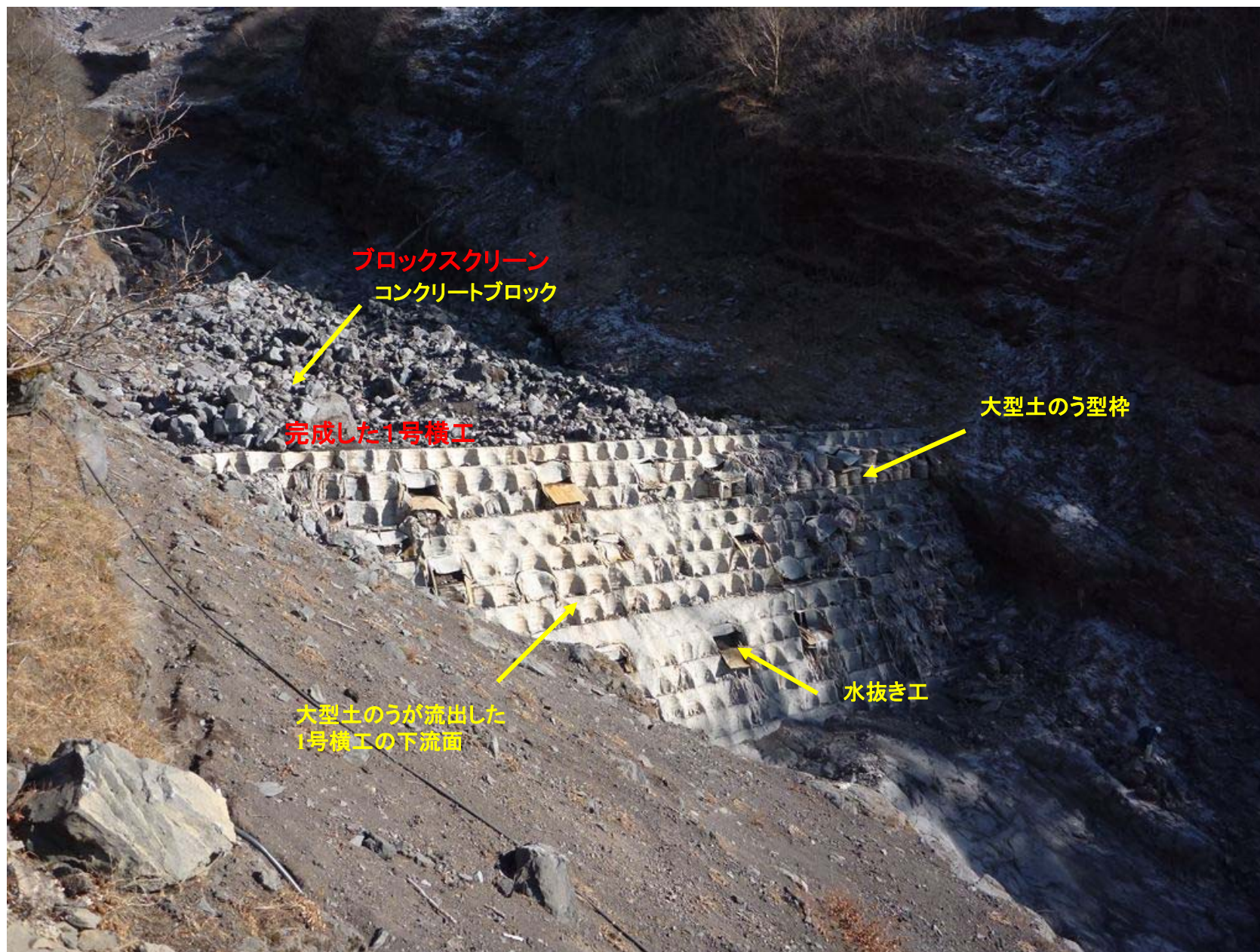


高流動コンクリート打設完了



コンクリートブロック据付状況

富士山大沢崩れ源頭域における無人化施工



平成23年11月26日 撮影

位置图

平成3年9月 普賢岳火砕流

- 工事名：赤松谷川 1 1号床固工工事
○工 期：平成24年12月～平成27年3月
○場 所：長崎県南島原市深江町上大野木場
○内 容：無人化施工によるRCC構造の床固工築造
○発注者：九州地方整備局
○受注者：（株）熊谷組
○工事数量：RCCコンクリート48,600m³、掘削249,000m³、無人化設備工1式、仮設工1式

転圧管理システム

無人測量システム

大規模災害を想定した遠隔操作実証実験

広域地震や火山噴火などの大規模災害において、災害地に近づけない場合と想定し、遠隔操作式建設機械の30km以上の超長距離遠隔操作の実証実験を実施

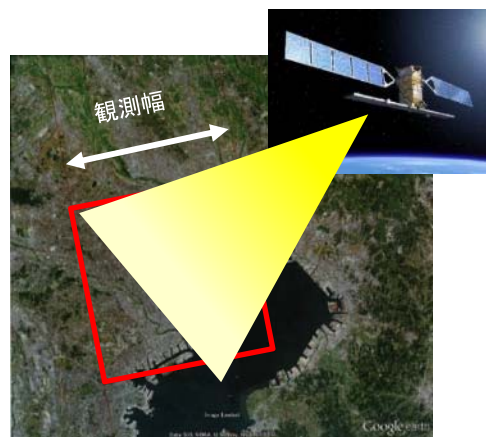


構造物のモニタリング技術

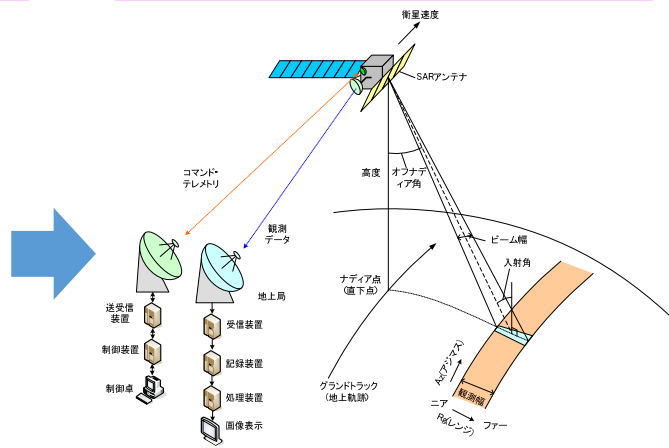
■ 人工衛星(合成開口レーダ)による構造物の経年変位モニタリングする技術

合成開口レーダの干渉処理技術(PS-InSAR)を用いた解析

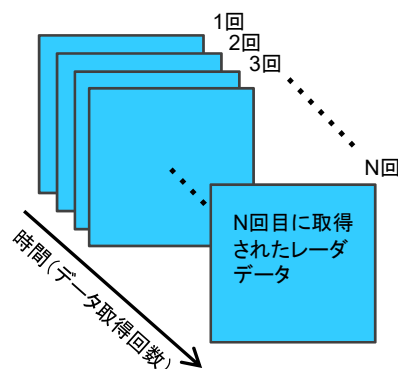
橋梁などの計測対象構造物がある撮像エリアを定め、衛星に搭載された合成開口レーダで、当該エリアのデータを収集する。



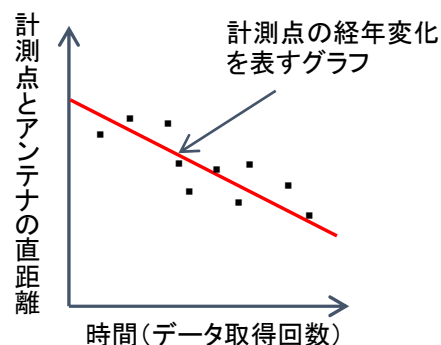
収集されたデータの中から計測点(橋梁上等の点)を選定し、レーダのアンテナと計測点までの直距離を求める。



これを繰り返し計測することにより、計測点の経年変化を算出する。



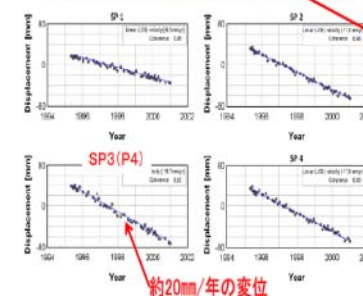
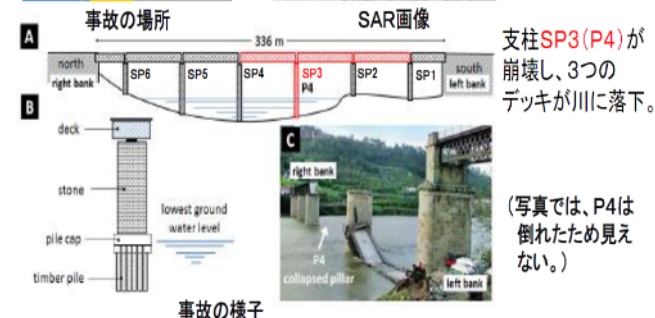
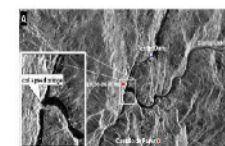
大気中のランダムな変動による影響を低減するため、30回以上のデータを取得し、高精度な解析結果を得る。



海外の研究事例



2001年3月4日、ポルトガルのEntre-os-Riosで、Douro Riverに架かるHintze Ribeiro centennial bridgeの崩壊事故発生。バスや車で走行中の59名が犠牲になった。



赤色のPS点は、変異が大きいことを示している。
緑色のPS点は、変異がないことを示している。

変位をモニタして
処置していれば、
事故を未然に防止できた
可能性がある。

構造物のモニタリング技術

■ 画像解析技術を用いたコンクリートひび割れの定量評価技術

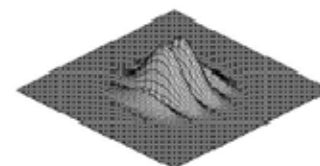
コンクリートに発生したひび割れ等の損傷をデジタル画像で撮影し、画像の局所的な濃淡情報を基にした解析技術(ウェーブレット変換を用いたひびわれ画像解析技術)により、ひび割れの幅や長さ、遊離石灰や豆板、錆汁などの面積を定量化する。



デジタルカメラを用いて当該箇所を撮影



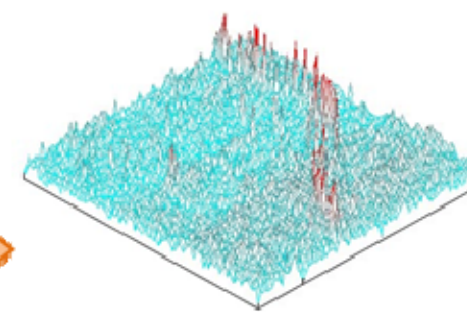
入力画像
(撮影画像)



カバール関数

ウェーブレット変換

画像の局所的な濃淡情報
(ひび割れ)を取り出す。



ウェーブレット係数

空間情報の特徴抽出を行う。



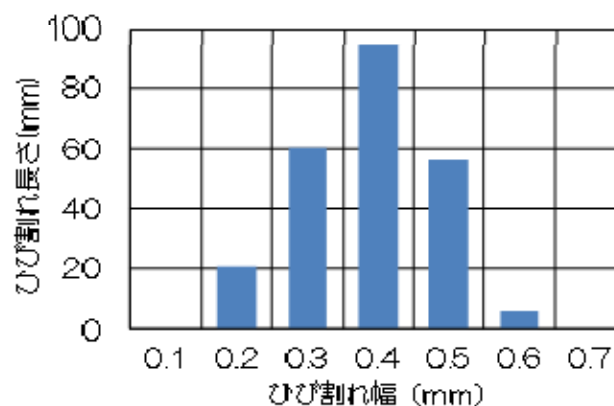
ひび割れ
抽出処理



出力画像
(ひび割れ画像)



ひび割れ幅
推定処理



ひび割れ幅ごとの延長

技術の特徴

- ✓ デジタル画像をウェーブレット変換してひびわれを抽出し、ひび割れ幅や長さを定量化しているため、周辺の明暗や色合いの影響を受けにくく、高精度にひび割れの発生状況が把握可能
- ✓ そのため、本技術は、遊離石灰や豆板、錆汁などの平面的な損傷の抽出や面積の定量評価などに関する応用に期待

4) 土砂災害における対応事例

～平成28年熊本地震～

平成28年熊本地震による土砂災害発生状況

阿蘇大橋地区の被害状況



①【平成28年熊本地震】

○土砂災害発生件数 190件

土石流等 57件

地すべり 10件

がけ崩れ 123件

○土砂災害による人的被害

死者10名

○土砂災害による人家被害

全壊22戸、半壊5戸、一部損壊8戸

②【6月の梅雨前線豪雨】

○土砂災害発生件数 267件

土石流等 36件

地すべり 2件

がけ崩れ 229件

○土砂災害による人的被害

死者6名

○土砂災害による人家被害

全壊9戸、半壊4戸、一部損壊49戸

※九州地方を対象とした数値

①と②の合計

○土砂災害発生件数 457件

土石流等 93件

地すべり 12件

がけ崩れ 352件

○土砂災害による人的被害

死者16名

○土砂災害による人家被害

全壊31戸、半壊9戸、一部損壊57戸

平成28年熊本地震による土砂災害発生状況



平成28年熊本地震による土砂災害の特徴

1. 大規模な斜面崩壊が発生

大規模崩壊事例（阿蘇大橋地区）



2. 勾配の緩い斜面でも斜面崩壊や地すべりが発生

緩傾斜地の崩壊事例（高野台地区）



3. 崩壊土砂が土石流化して下流まで流出

土石流化した事例（山王谷川地区）



4. がけ崩れが多数発生



自然斜面崩壊状況（熊本県益城町）



人工斜面崩壊状況（熊本県益城町）

災害発生直後の二次災害防止への対応状況

①土砂災害警戒情報発表基準の引き下げ

・地震による地盤の緩みを考慮し、**6県45市町村で発表基準を引き下げて運用**

②避難を要する範囲の南阿蘇村長への緊急の情報提供

大雨が予想された前日の4月20日に直接村長へ説明

【1】山王谷川地区



参考情報についてリエゾンから村長等へ説明

③緊急度の高い危険箇所1,155箇所をTEC-FORCEが点検完了 応急的な対策や警戒が必要な131箇所を抽出し熊本県及び13市町村へ報告

急傾斜地崩壊危険箇所の点検状況



益城町

益城町



土石流危険渓流の点検状況



4月28日熊本県知事へ報告



4月28日市町村長等へ報告(西原村)

④土砂災害対策アドバイザー班の設置

各自治体や関係機関の要請に応じて、現地で助言することにより、行方不明者捜索等を支援(4月22日～)



緊急消防援助隊との打合せ状況



現地調査実施状況

⑤被災箇所の応急復旧作業

土砂災害専門家の助言を踏まえ、熊本県が家屋被害拡大防止のため、応急工事を実施中

(1)断面を確保するため、土砂で埋まった流路を掘削(山王谷川他)



さんのうだにがわ
山王谷川

流路閉塞土砂掘削状況(4月25日完了)

(2)人家へ土砂が流下しないよう、大型土のうを設置(立野川他)



たてのがわ
立野川

大型土のう設置状況(4月22日完了)

平成28年熊本地震により発生した多数の亀裂



阿蘇大橋地区西側斜面の崩壊箇所 上部亀裂状況



熊本県南阿蘇村高野台地区の亀裂（亀裂の幅を計測する伸縮計を設置）

平成28年熊本地震により発生した多数の亀裂



①阿蘇大橋崩壊斜面
上部亀裂状況



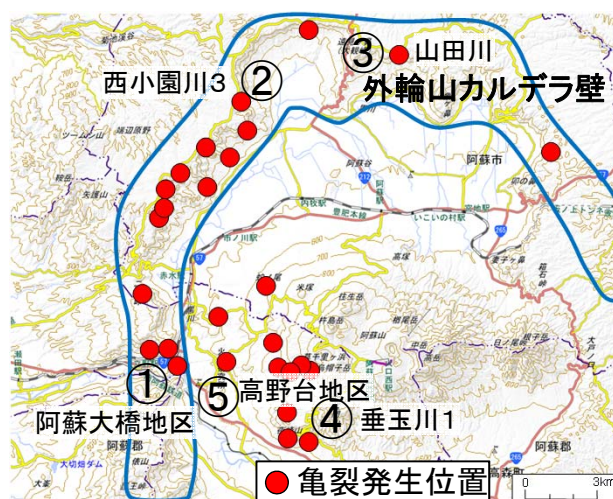
②外輪山カルデラ壁上部
亀裂の状況（西小園川3）



③外輪山カルデラ壁上部
亀裂の状況（山田川）



⑤熊本県南阿蘇村高野台地区の亀裂
（亀裂の幅を計測する伸縮計を設置）



国土地理院HP(<http://maps.gsi.go.jp/>)より

阿蘇山付近の亀裂発生位置



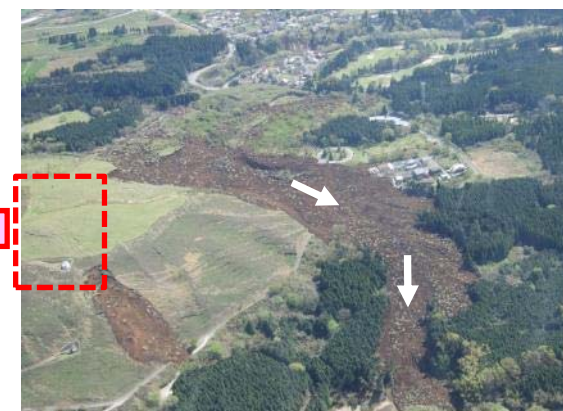
④阿蘇山カルデラ内部の崩壊箇所
上部亀裂状況（垂玉川1）

ドローンを活用した土砂災害調査

二次災害の恐れがある現場や、進入路が無く近づくのが困難な現場等においては、ドローンを活用することで安全かつ迅速な調査が可能となり、ヘリ調査では確認困難な変状の把握等にも有効。



ドローン操作状況
(阿蘇大橋地区付近)



ヘリ調査で確認できなかった地盤のクラックが確認された。(撮影4/18 高野台地区)



堰堤上流の堆積状況
(撮影4/19 山王谷川地区)



山腹崩壊の状況
(撮影4/19 山王谷川地区)



土砂流出状況
(撮影4/16 阿蘇大橋地区付近)

平成28年熊本地震後の土砂流出(阿蘇山北側斜面)

熊本地震により崩壊した阿蘇山北側斜面で梅雨時期の降雨により土砂流出が発生

崩壊箇所: 熊本県 阿蘇市 乙姫地先

状況: 地震後の6月から7月にかけての降雨が原因と考えられる
土砂流出が発生



© 国土地理院



撮影日 平成28年5月31日
国土地理院撮影



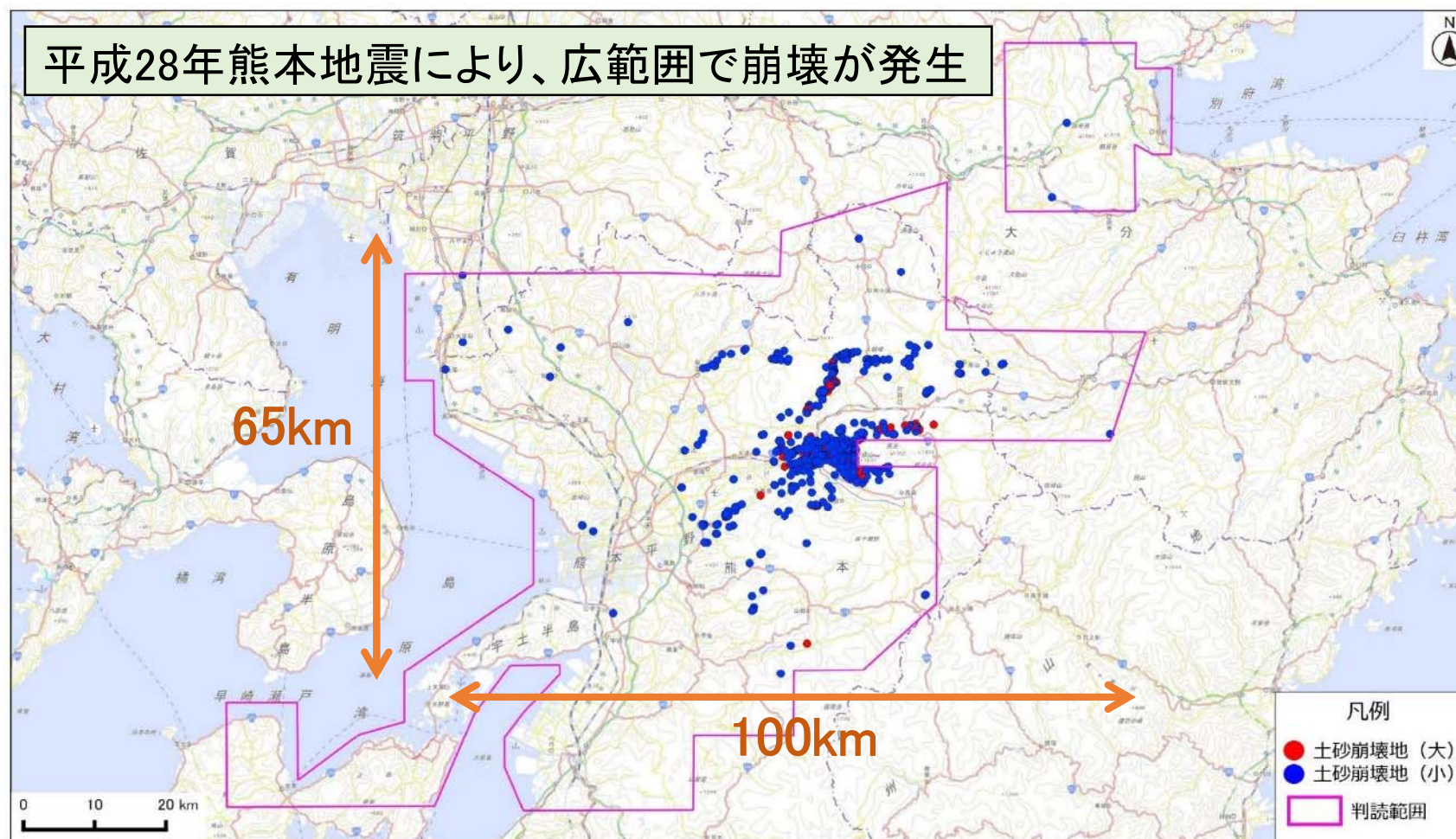
撮影日 平成28年7月18日
国土地理院撮影



© 国土地理院

平成28年熊本地震による土砂崩壊の発生分布

平成28年熊本地震・空から見た（航空写真判読による）土砂崩壊地分布図 国土地理院HPより



1. この地図は国土地理院が緊急に撮影した航空写真（4月16日、19日及び20日撮影）から、地震により生じた土砂崩壊地の分布を判読したものです。現地踏査は実施しておらず、実際に崩壊のあった箇所でも把握できていない部分があります。
2. 土砂崩壊地は、急傾斜地の崩壊、地すべり、土石流を1つの項目にまとめて表現しています。
3. 土砂崩壊地（大）はおおむね1ヘクタール（サッカー場）以上、土砂崩壊地（小）はおおむね0.1ヘクタール（50mプール）～1ヘクタールのものを表しています。
4. 土砂崩壊地の中心付近を丸で表しており、土砂崩壊地の形状を表現しているわけではありません。
5. 崩壊が連続的に発生しているものを複数箇所として示している場合があります。
6. 崩壊の発生を確認して、表記しているものであり、保全対象との関係などから土砂災害ではないものも含まれる場合があります。
7. 今後の地震活動、降雨等により、土砂崩壊地の箇所数が増加する可能性があります。
8. 正射画像の表示範囲外に土砂崩壊地が表示されることがありますが、当該地域の航空写真は、垂直写真から確認できます。

平成28年度熊本地震における崩壊地の把握

- 4/16の本震後は、地方整備局によるヘリコプター調査や国土地理院による空撮写真の提供が行われ、主に光学画像を用いて崩壊地を把握

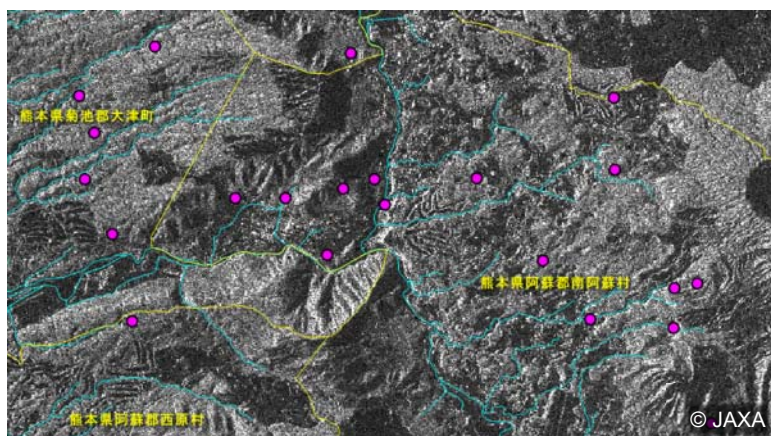


4月16日地方整備局ヘリコプター調査



4月16日国土地理院撮影

- JAXAから光学衛星画像やSAR衛星画像による判読結果の提供

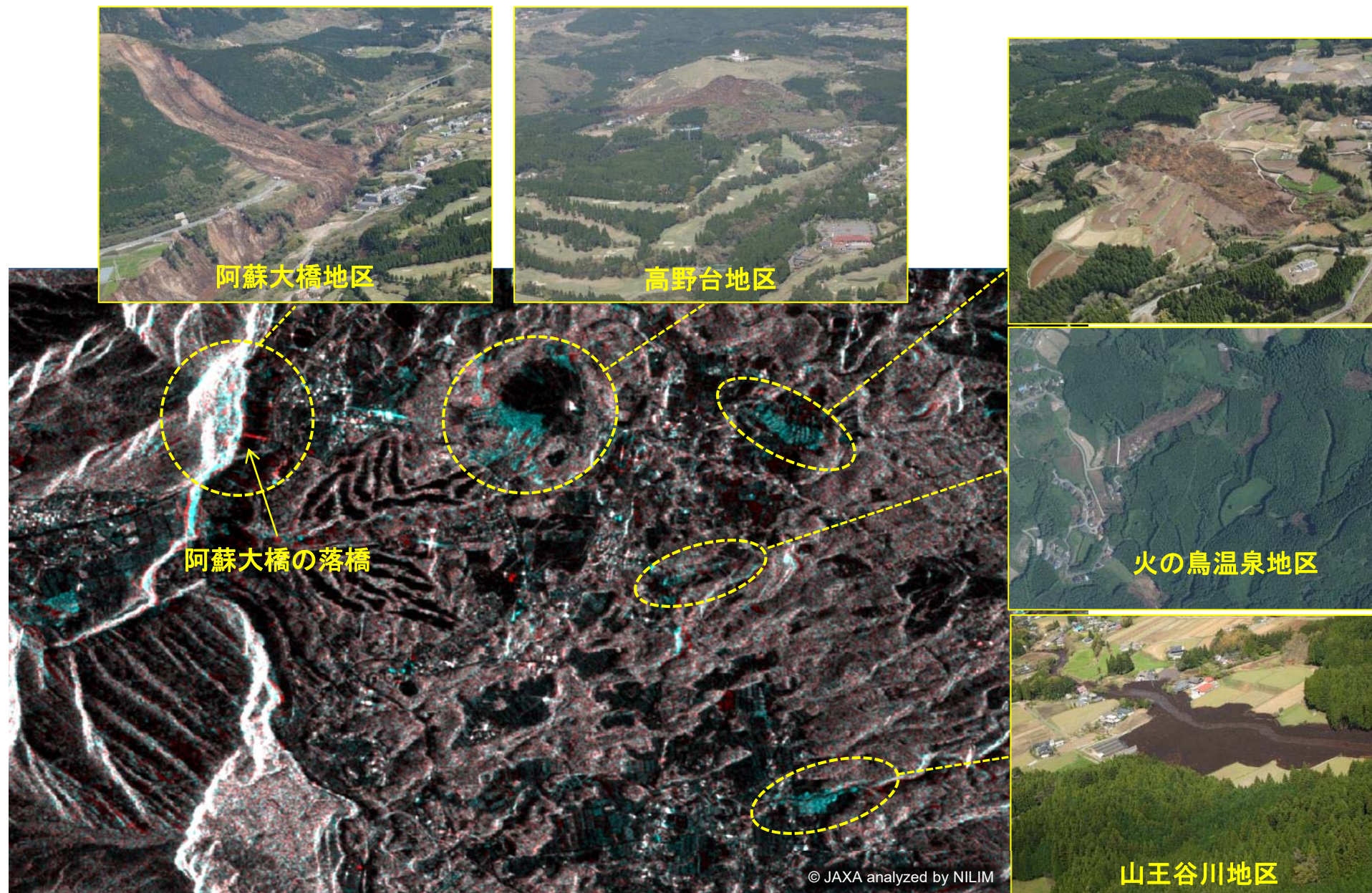


4月16日観測(SAR衛星画像)



4月16日撮影(光学衛星画像)

平成28年度熊本地震におけるSAR画像解析



阿蘇大橋地区における工事実施状況



進捗率 約30%
(H28.10.10現在)

不安定土砂の除去



進捗率 上段:100% 下段:約90%
(H28.10.10現在)

土留盛土工

最新の遠隔操作技術を用いた無人化施工による砂防工事

- 安全性確保のため、無人化施工により工事を実施。
- 大容量データ伝達が可能なネットワークを構築し、1km以上離れた操作室より、同時に14台の重機を混線することなく操作している。



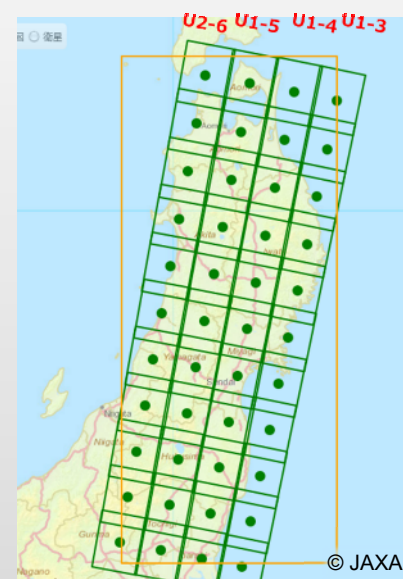
4) 土砂災害における対応事例

～平成28年台風10号～

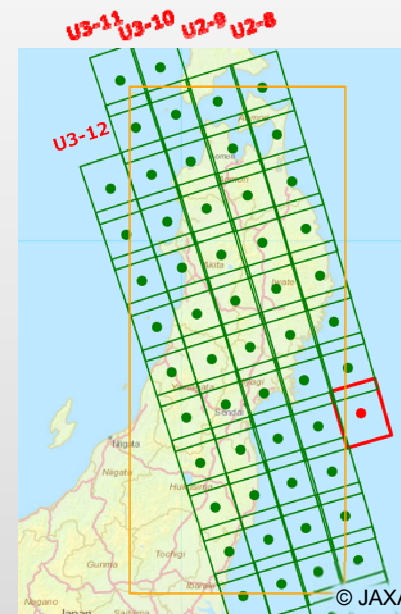
台風10号への対応(衛星SARの活用)

対応時系列～平成28年台風10号～

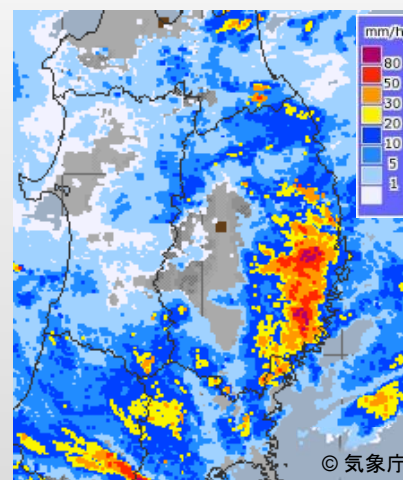
- 8月29日
 - 18:00 JAXAから観測可能域の情報提供
- 8月30日
 - 14:00～ 岩手県(沿岸)にて大雨
JAXAと観測域の調整
 - 19:00 JAXAへSAR緊急観測依頼
 - 22:40 観測(岩手県沿岸)
- 8月31日
 - 05:00 JAXAからSAR画像判読結果の提供
地整へり調査のルート検討
 - 11:40～ 地整へり調査(岩手北部)
 - 15:20～ 地整へり調査(岩手南部)
 - 16:30 へり調査速報
- 9月1日
 - 10:20～ 地整へり調査(岩手北部)
 - 17:15 へり調査報告



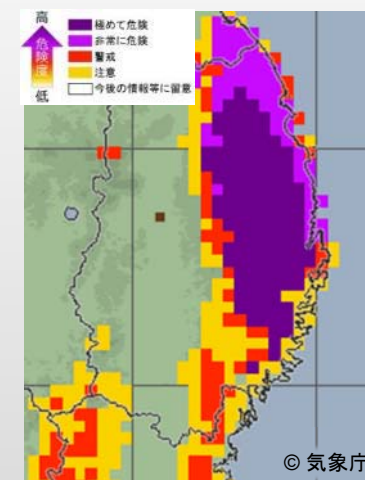
観測可能域 昼パス
(8月30日11:47頃)



観測可能域 夜パス
(8月30日22:41頃)



レーダー・ナウキャスト
(8月30日16:00)



土砂災害警戒判定メッシュ情報
(8月30日18:00)