

資料 4 - 1

科学技術・学術審議会 測地学分科会  
地震火山部会（第33回）

R1. 5. 21

「災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画」

平成30年度年次報告【機関別】（案）

## 目 次

- 大学
- 国立研究開発法人情報通信研究機構
- 国立研究開発法人防災科学技術研究所
- 国立研究開発法人海洋研究開発機構
- 国立研究開発法人産業技術総合研究所
- 国土地理院
- 気象庁
- 海上保安庁
- 地方独立行政法人北海道立総合研究機構 地質研究所
- 山梨県富士山科学研究所

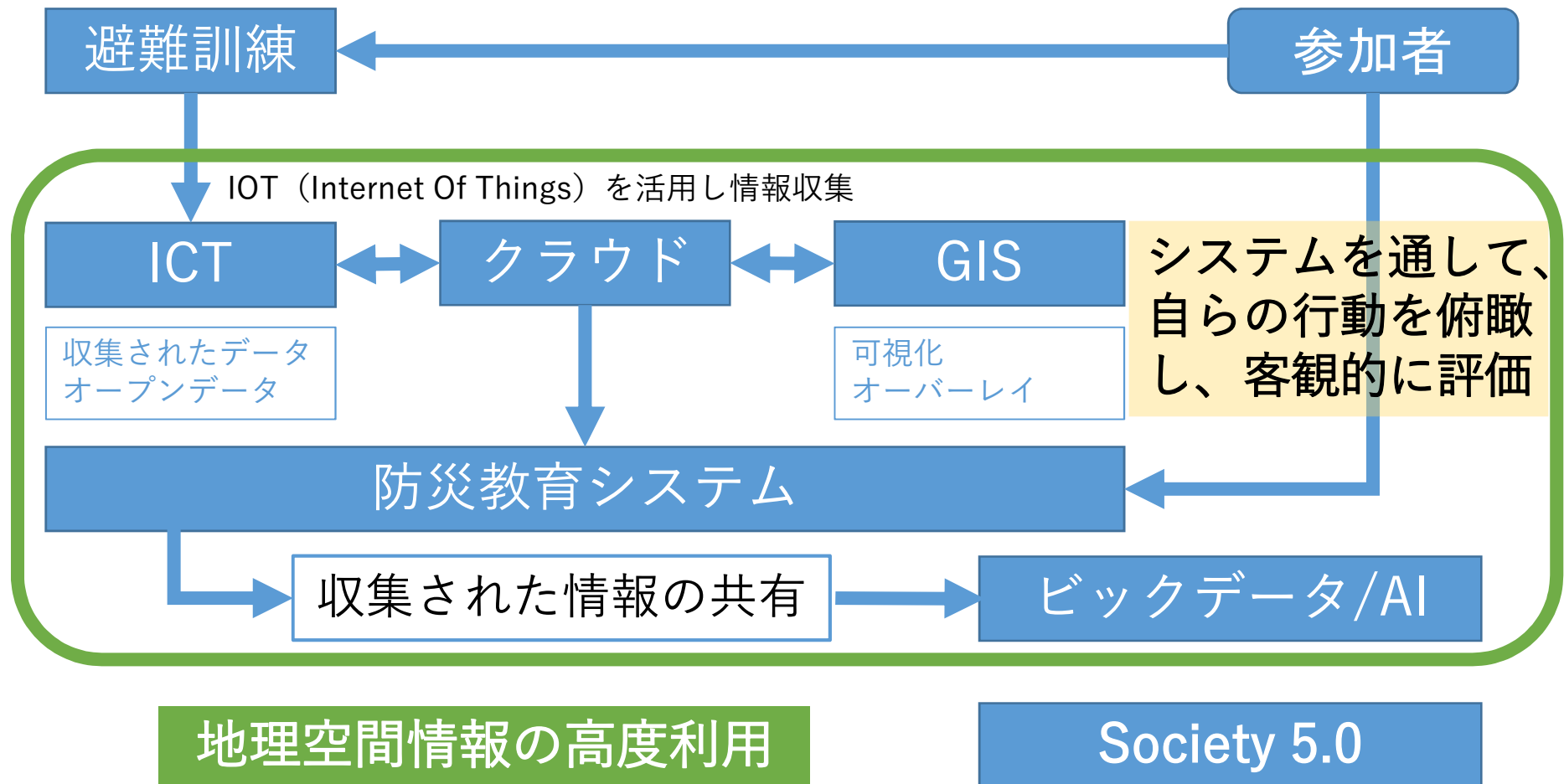
災害の軽減に貢献するための  
地震火山観測研究計画

平成30年度成果

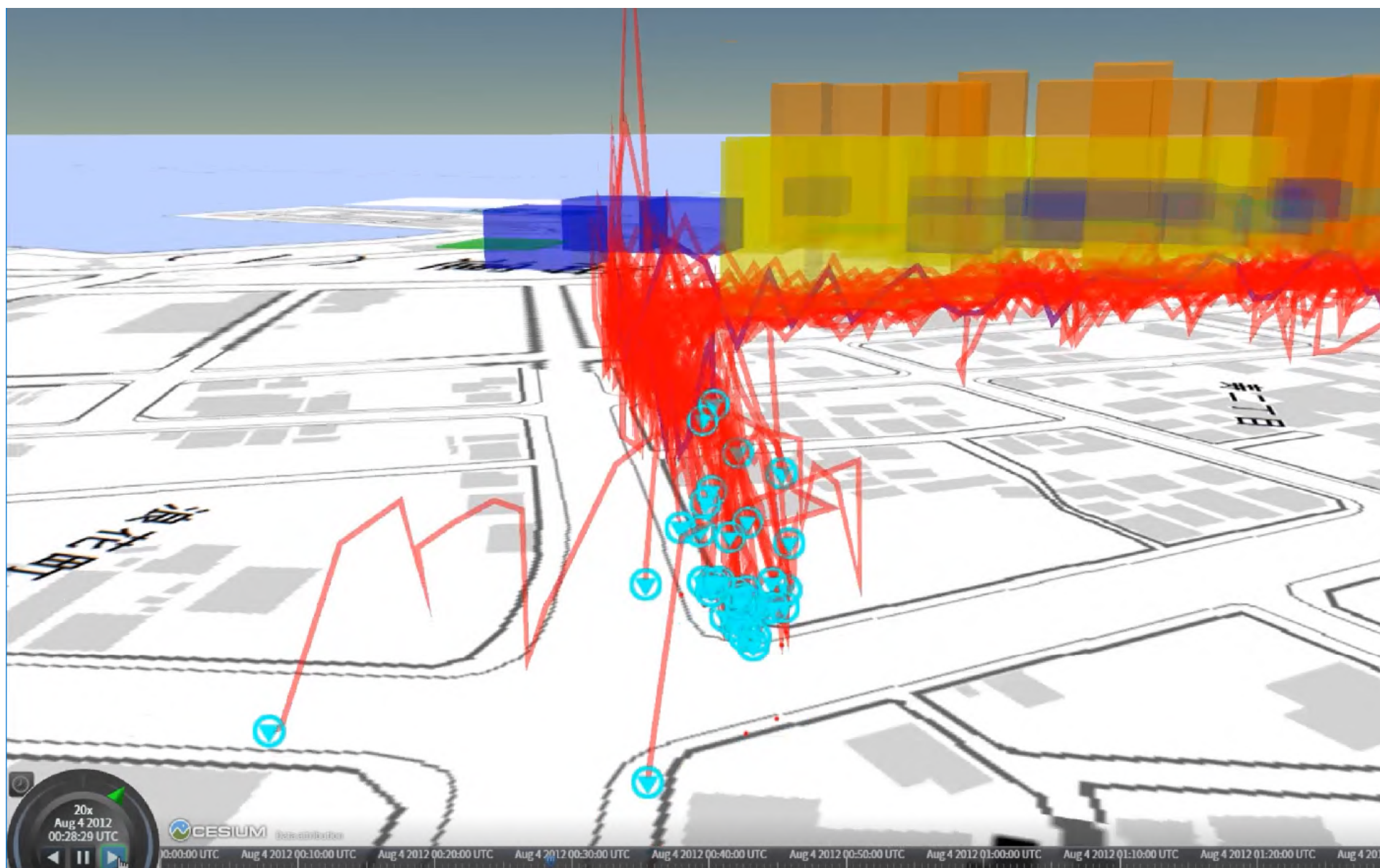
大学

# 地理空間情報を活用した 避難訓練システムの構築

訓練に参加することで、自らが地理空間情報を生み出す



# 釧路市における疑似避難訓練（津波）のGPSログ



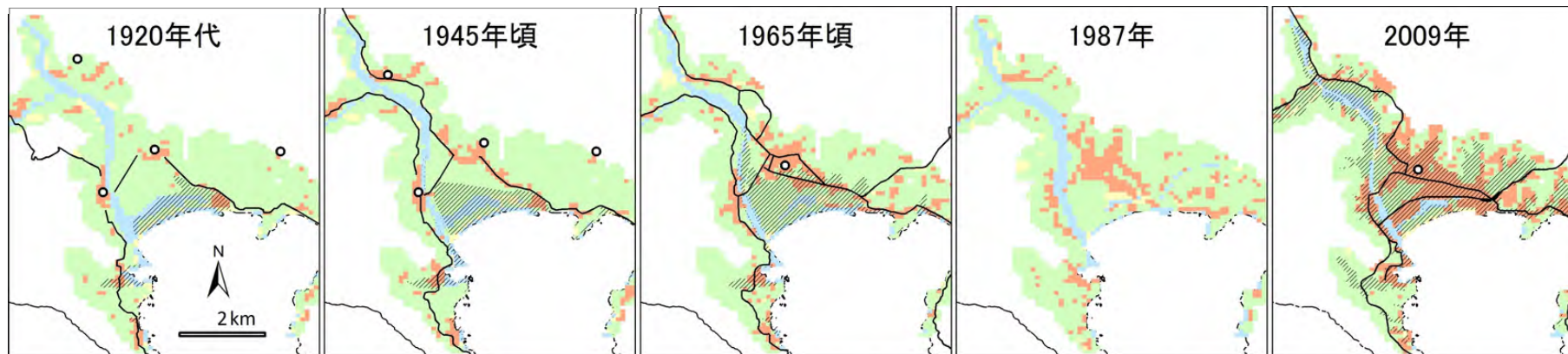
システム作成者: 塩崎大輔(北海道大学・院)

課題番号: 1006

# 海岸付近の過去100年の土地利用変化

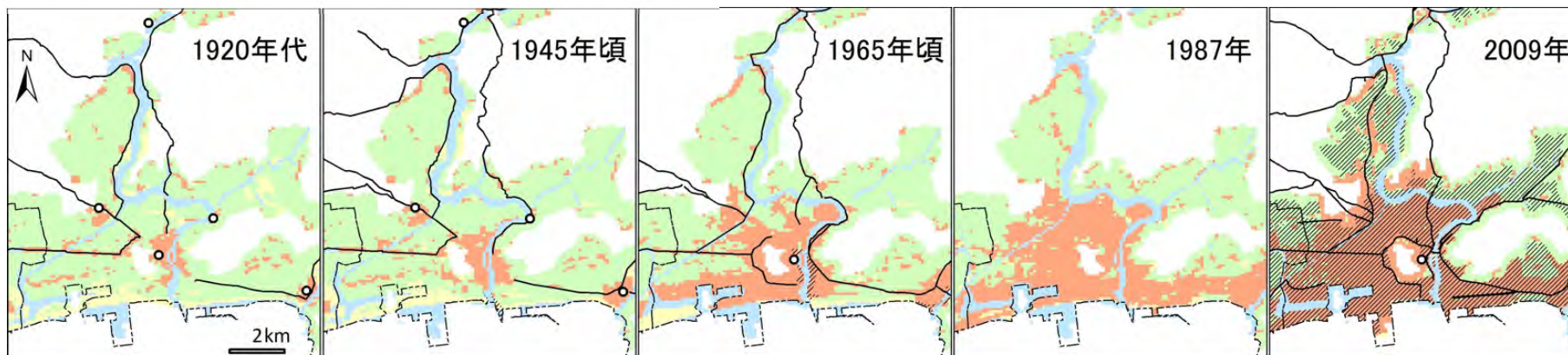
陸前高田(旧高田町・気仙町付近)

課題番号:1704



■ 水面 ■ 漸移的土地利用 ■ 農村の土地利用 ■ 都市的土地利用 ■ 直前の津波浸水域 (2009年は直後) ○ 市町村役場 — 幹線道路  
資料:陸軍測地部/国土地理院1/5万地形図(1920年代、1945年頃、1965年頃)、国土数値情報土地利用細分メッシュデータ(1987年、2009年)、岩手県/宮城県、日本地理学会による浸水域データ

石巻(旧石巻市・蛇田村・稲井村付近)

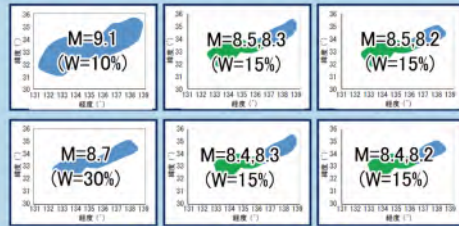


■ 水面 ■ 漸移的土地利用 ■ 農村の土地利用 ■ 都市的土地利用 ■ 直前の津波浸水域 (2009年は直後) ○ 市町村役場 — 幹線道路  
資料:陸軍測地部/国土地理院1/5万地形図(1920年代、1945年頃、1965年頃)、国土数値情報土地利用細分メッシュデータ(1987年、2009年)、岩手県/宮城県、日本地理学会による浸水域データ

1896年と1933年の三陸沖地震, 1960年のチリ地震の後, 巨大な津波に襲われなかった  
1960年代後半以降の時期に海岸部の都市的土地利用が進んだ ➡ 暴露性の増大

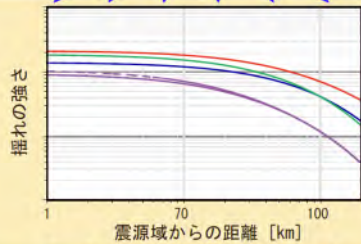
# 研究分野横断型のリスク評価手法の構築

課題番号: 2975

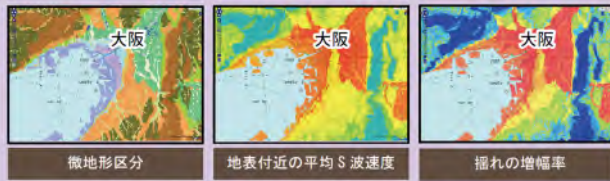


震源

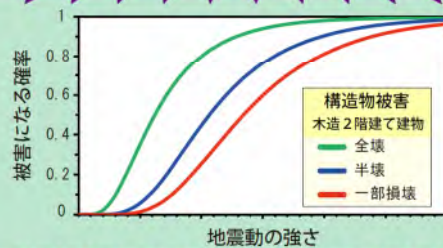
南海トラフ沿いの震源域とマグニチュード



地震動  
地震動予測式



地盤増幅  
地盤増幅率



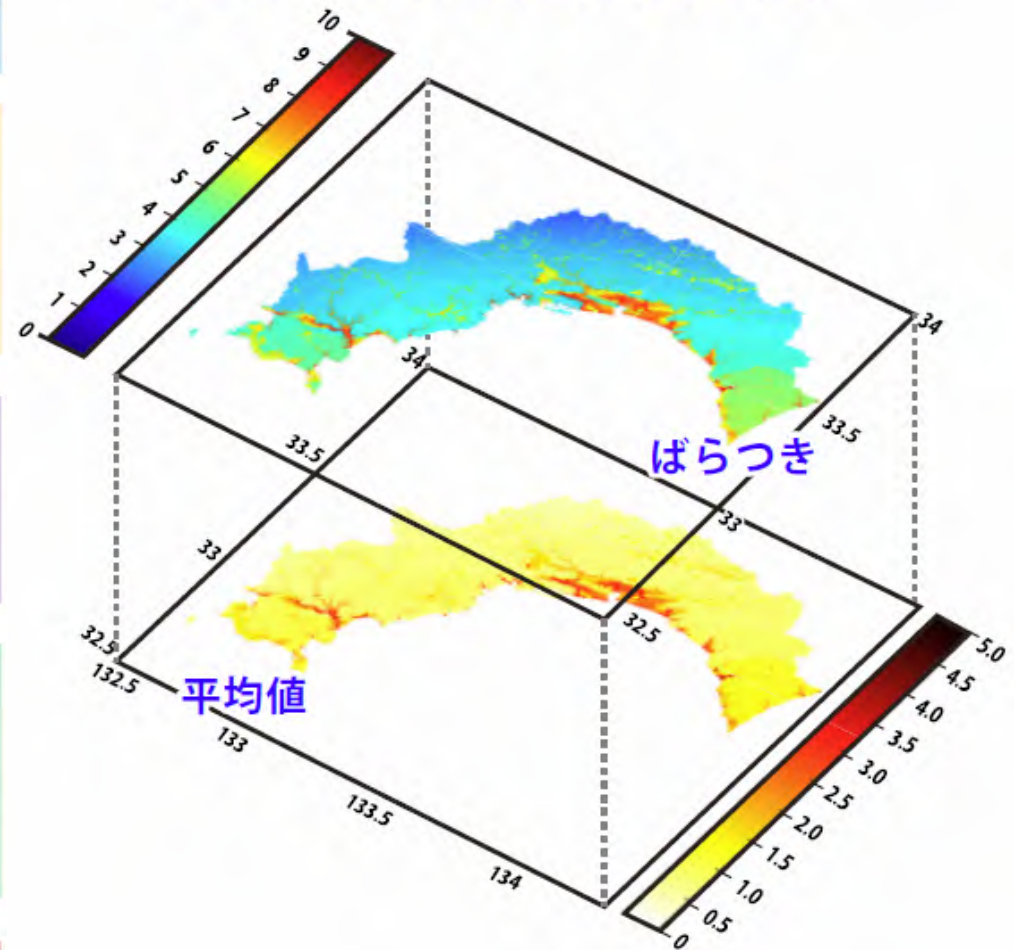
構造物被害  
建物被害率曲線

被害の程度	損失	最小額モデル	最大額モデル
一部損壊	~20%	5%	20%
半壊	20%~50%	20%	50%
全壊	50%~100%	50%	100%

損失

建物被害による  
損失額

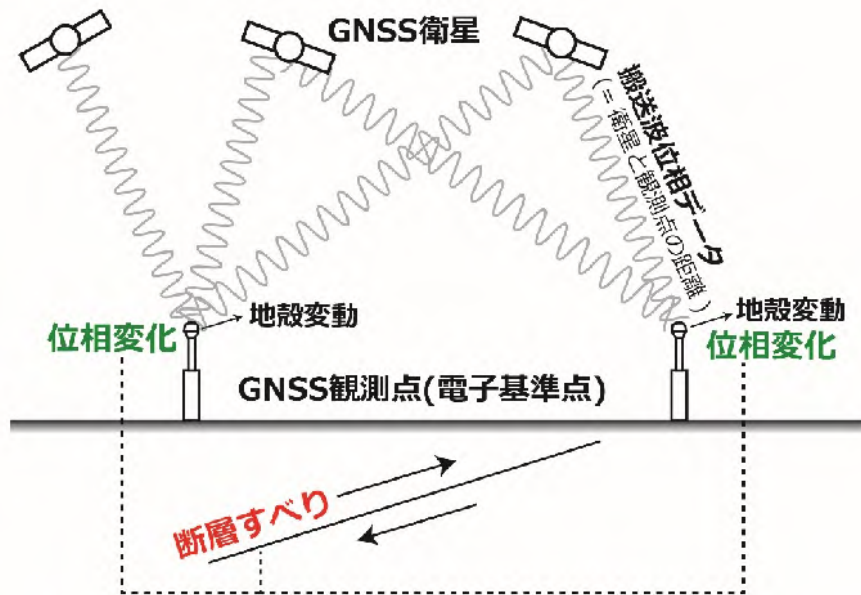
木造家屋居住者 1 人当たりの死亡率



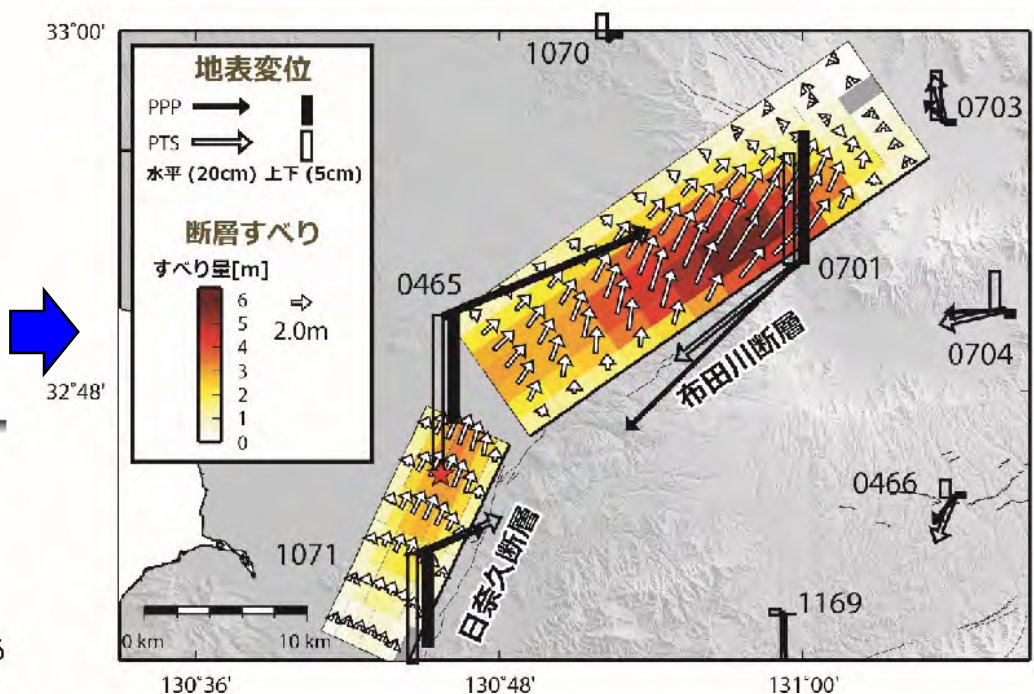
高知県の被害推定とそのばらつきの分布

# 震源過程解析の即時推定手法の開発

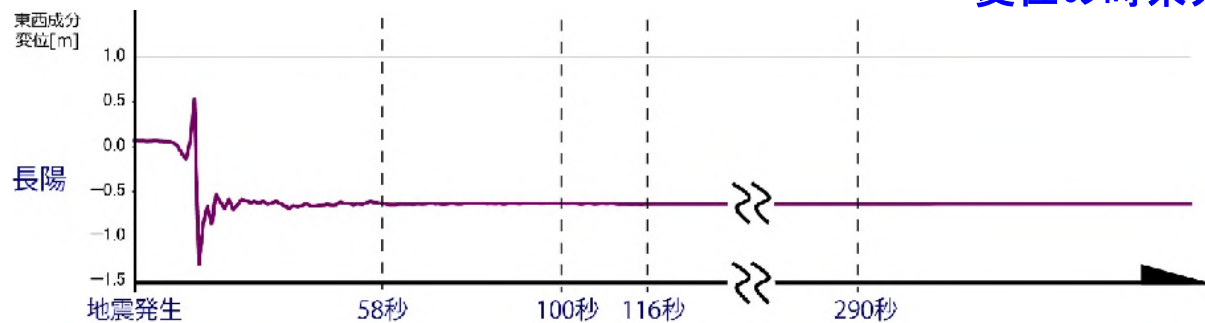
GNSS搬送波位相データから断層滑りを直接推定する手法 (PTS) により推定された2016年熊本地震本震のすべり分布



GNSS 搬送波 (= 衛星と観測点の距離) の位相変化 から  
断層すべりを直接推定



変位の時系列を経由しないで断層すべりを推定

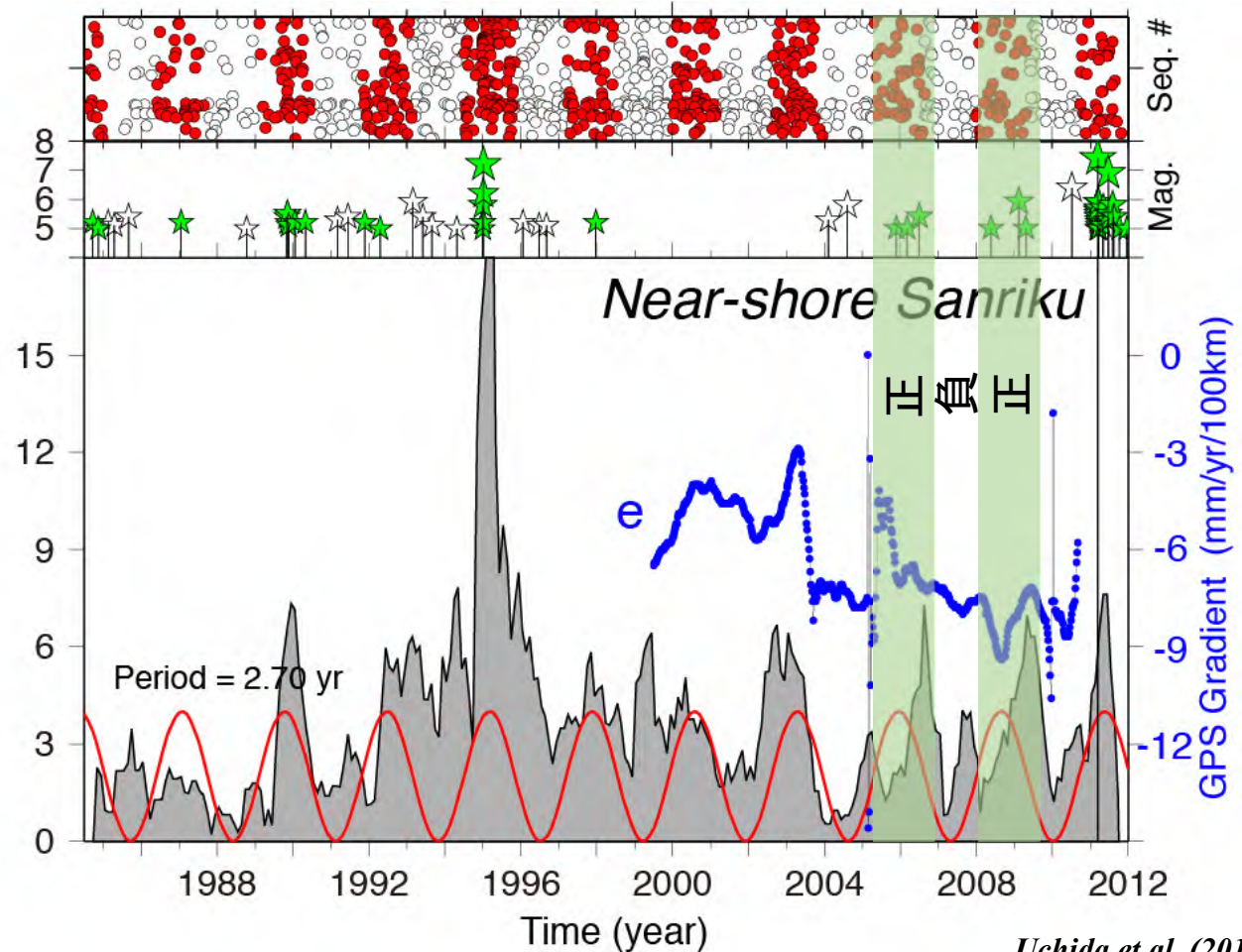
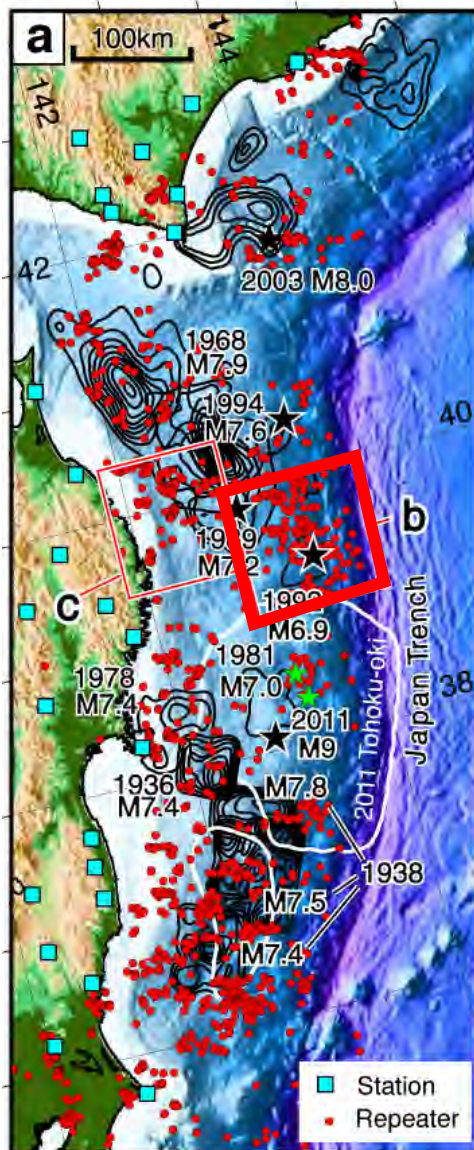


課題番号: 1209



# プレート境界の滑り速度変化と地震発生との比較

課題番号: 1510



Uchida et al. (2016)

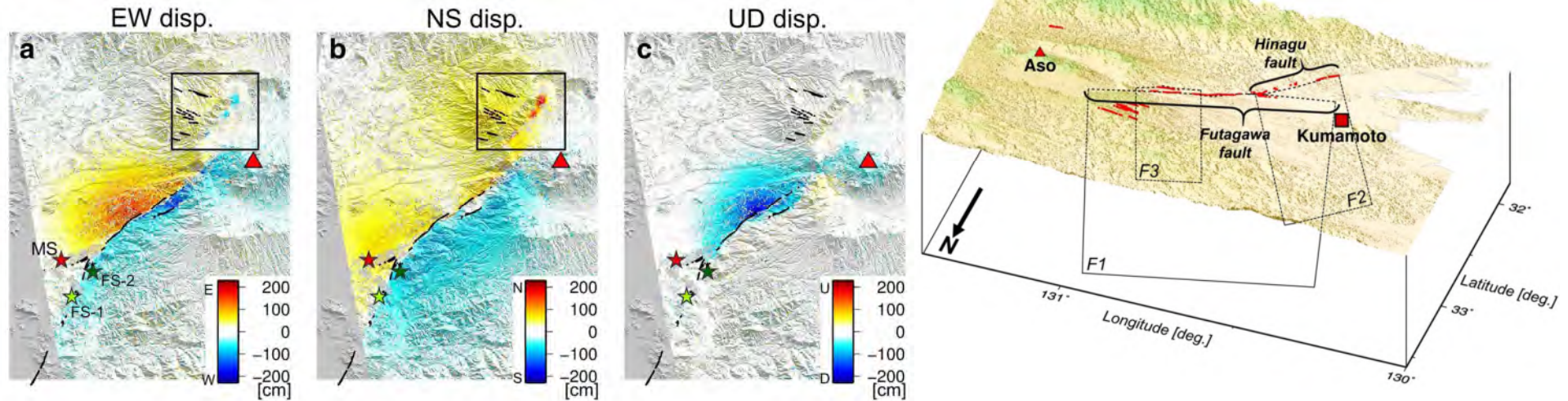
正の位相/負の位相の地震数: 3.3 倍

滑り速度の増加(固着の弛み) ⇔ 地震(M > ~5.0)発生率の増加

# 2016年熊本地震: 複雑な地震活動

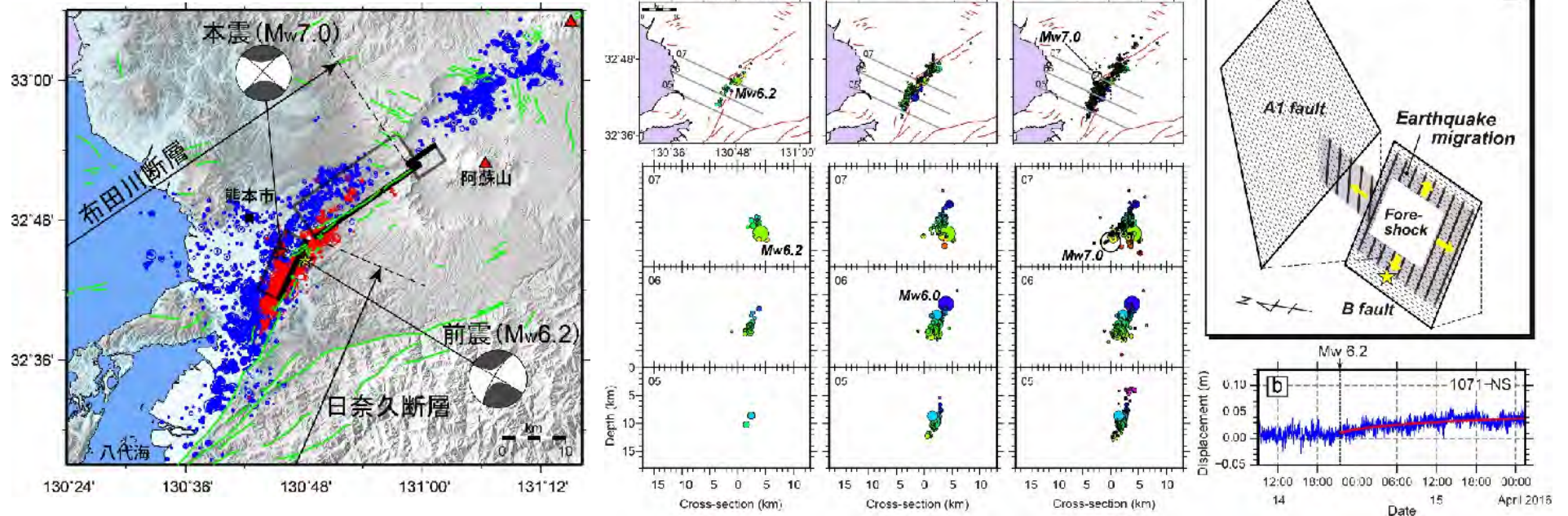
## 複数断層の連鎖的な破壊 (InSAR解析)

Himematsu and Furuya (2016)

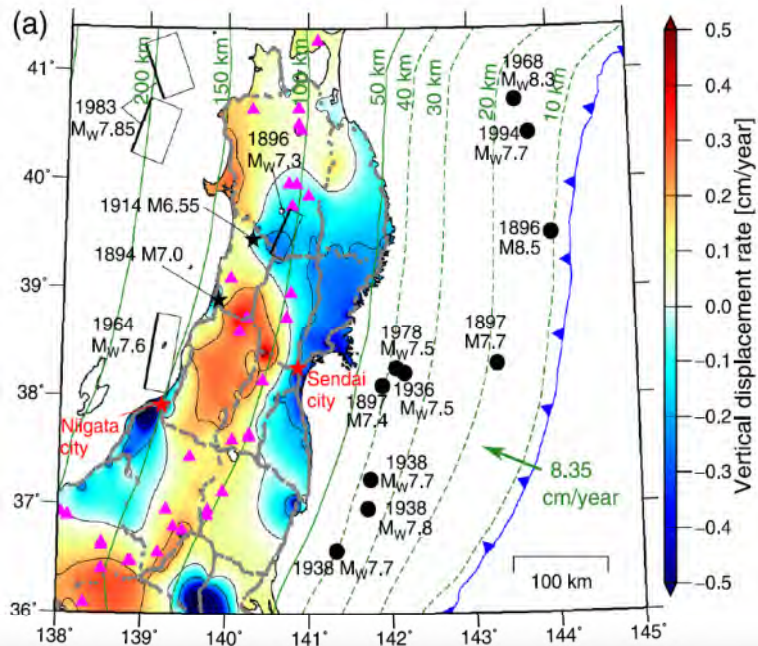


## 地震活動の時空間発展

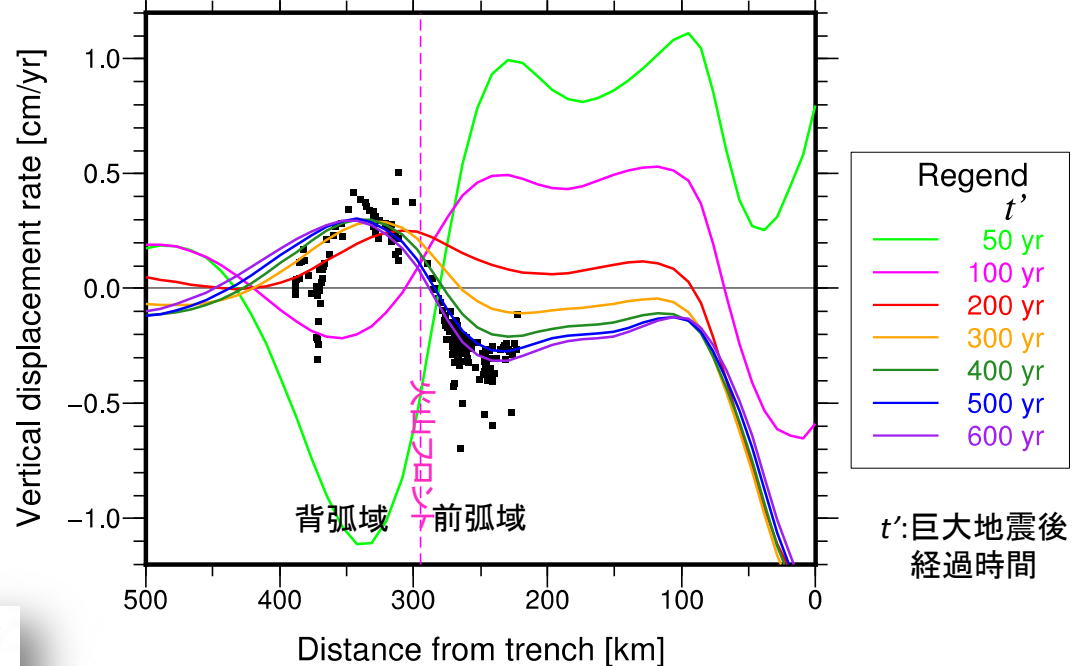
Kato et al. (2016)



# 東北地方太平洋沿岸域の沈降メカニズム

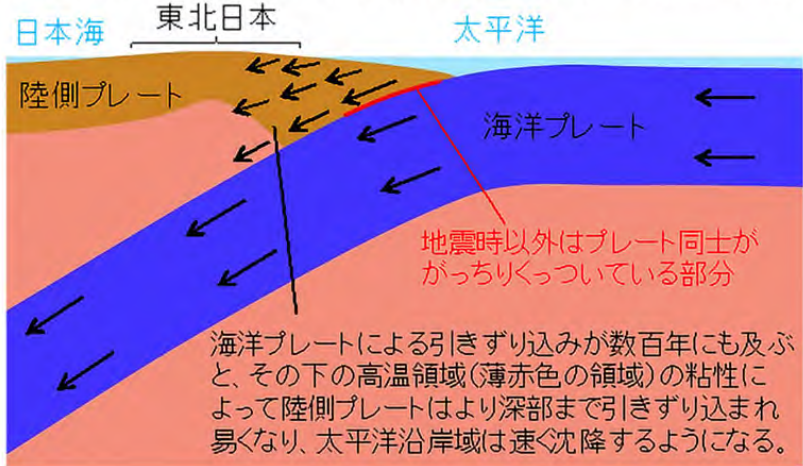


本モデルによる地表上下変動速度の時間発展



右図内の黒点は、中部東北日本(左上図直線内)の上下変動速度を海溝直交測線に投影したもの。

【超巨大地震サイクル後半の太平洋沿岸域沈降のメカニズム】



Sasajima et al. (2019)

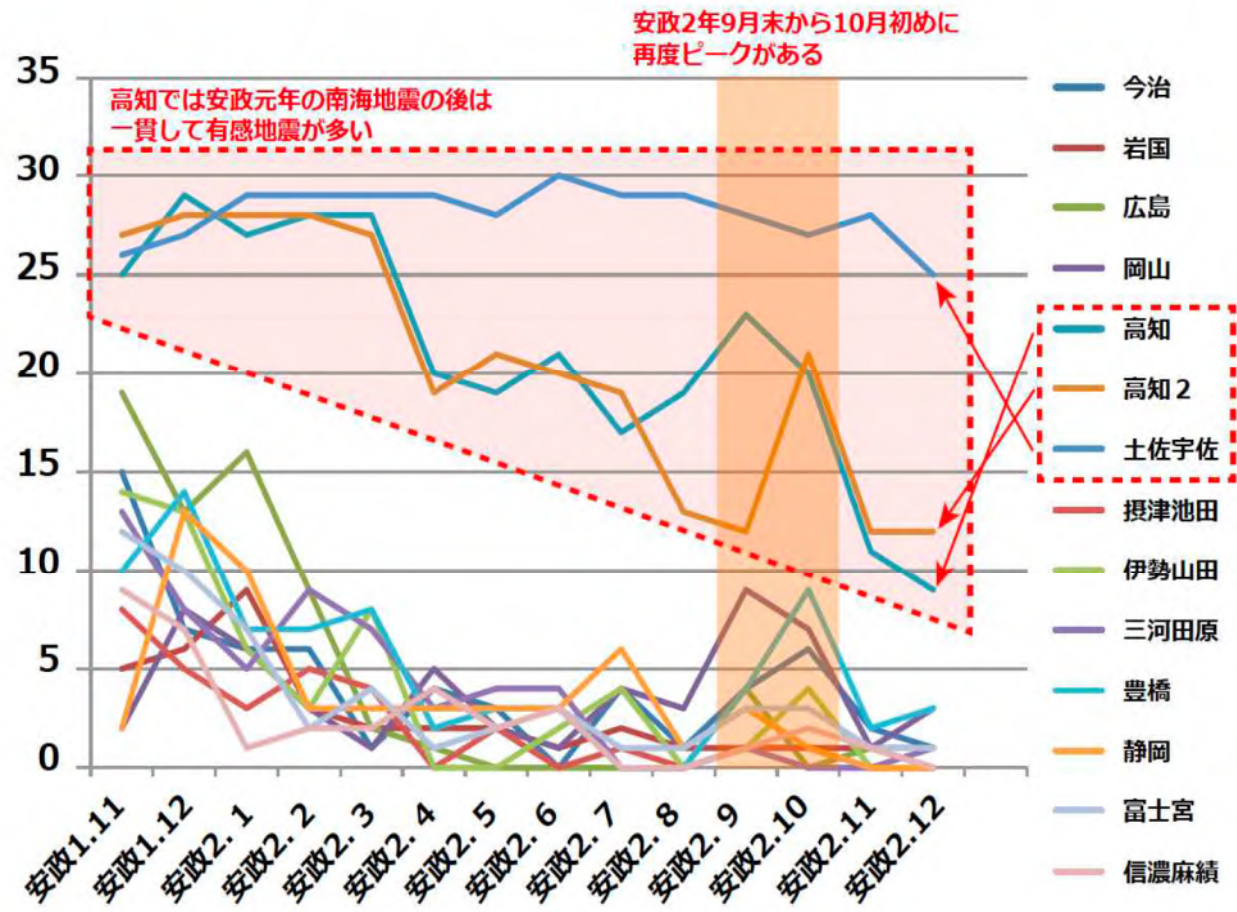
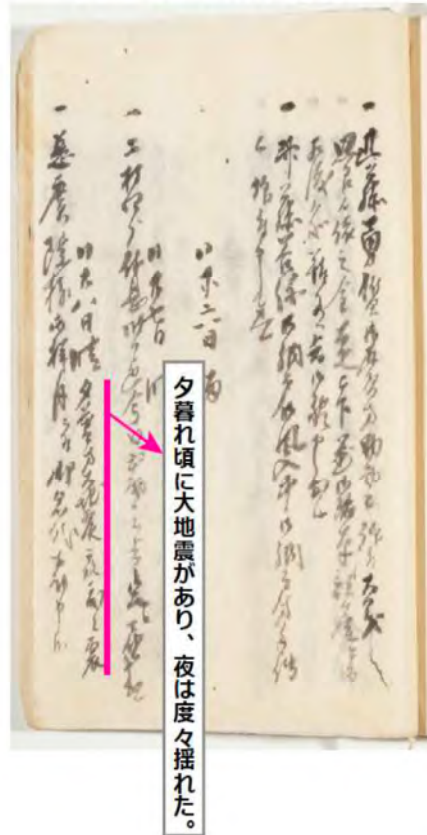
課題番号: 1203

・海洋プレートの沈み込みが数百年にも及ぶと、マントル高温部の「粘性」により、陸側プレートは深部まで引きずり込まれ易くなり、太平洋沿岸域の沈降速度が上昇した可能性。

・北海道東部の沈降も東北と同様のメカニズムで生じている可能性が高く、北海道東方沖の超巨大地震発生に対する備えの必要性。

# 安政東海・南海地震後の有感地震の発生状況

「田原藩日記」(三河田原)の  
安政2年9月28日の記事



課題番号: 2601

## 日記史料に基づく有感地震の記録日数の推移

日記史料には地震の被害だけでなく、日々の有感地震についても詳細に記録されている。西南日本で記された複数の日記史料からは、安政元年(1854年)11月5日の南海地震の本震以降、頻発する有感地震を記録した日数の推移がわかる。グラフは、安政元年(1854年)11月から安政2年(1855年)12月末までの期間について、有感地震の記録日数を月ごとに示したものである。グラフより、西南日本では9月から再び有感地震の増加している状況がわかる。

# 桜島火山における避難シミュレーション

避難意向調査を踏まえた避難シミュレーション - 大量降灰地域の設定

課題番号: 1913, 1914



80万人全員避難→50時間必要

避難意向調査

各情報

1. 桜島の噴火警戒レベル4に引き上げ
2. 桜島の噴火警戒レベル5に引き上げ
3. 自宅の地域に「避難準備情報」
4. 自宅の地域に「避難指示」
5. 火山の専門家が避難を勧める
6. 知人が避難を勧める
7. 近隣住民が避難を開始する  
(大きな地震などの) 異変を感じる

避難行動

- (ア) 避難しない
- (イ) 近隣の頑丈な建物に避難
- (ウ) 近くの避難所に避難
- (エ) 県内の降灰の少ない場所に避難
- (オ) 他県など遠方に避難
- (カ) わからない

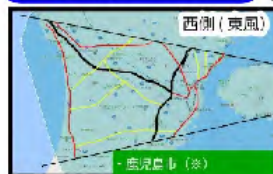
## 広域避難シミュレーション

- ・風向きは東風・北風・西風の3ケース
- ・範囲は降灰予想30cm以上の地域
- ・最大人口を擁する鹿児島市(☆)を最上流として、北向きに避難
- ・車1台あたり2人乗車

## 避難に使用する道路ネットワーク

- ・風向きの方に25°
- ・範囲は降灰量予測30cm以上の地域
- ・自動車専用道路・国道
- ・主要地方道

・霧島市(☆)  
・始興市・深木町  
対象人口: 109,000人



・鹿児島市(☆)  
・日根町  
対象人口: 650,000人



・垂水市(☆)・鹿屋市(☆)  
・曾根市・志布志市  
対象人口: 80,000人

## 避難シミュレーション

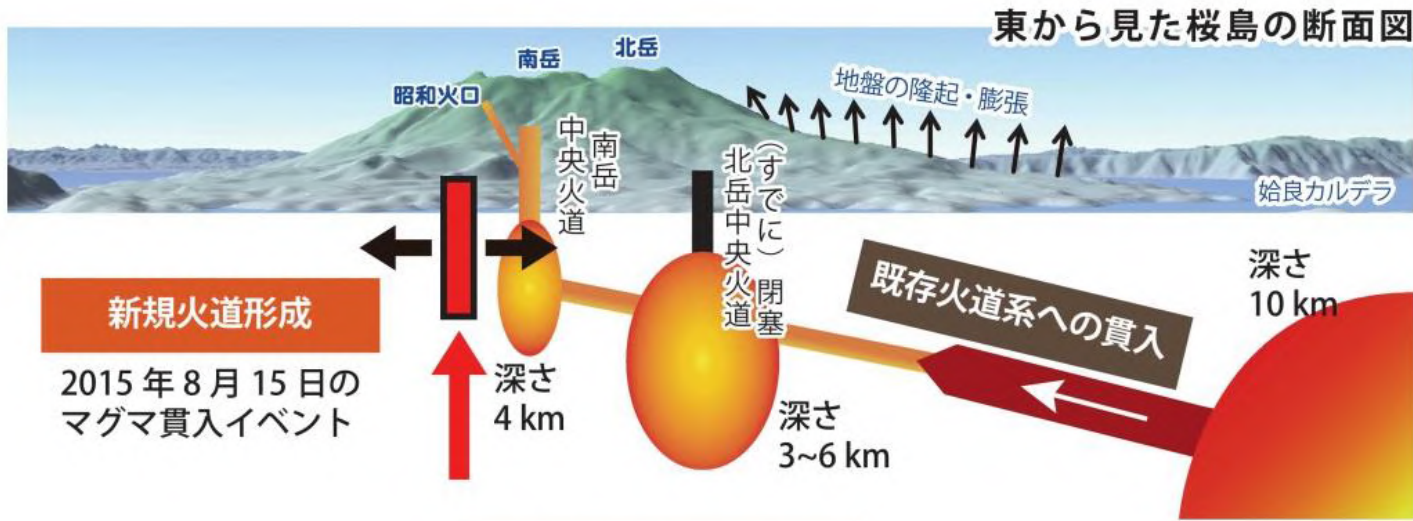
- ・風向きごとに計算
- ・避難意向調査を反映
- ・降灰シミュレーション(分布/予測)

地域: 西側/東風の場合

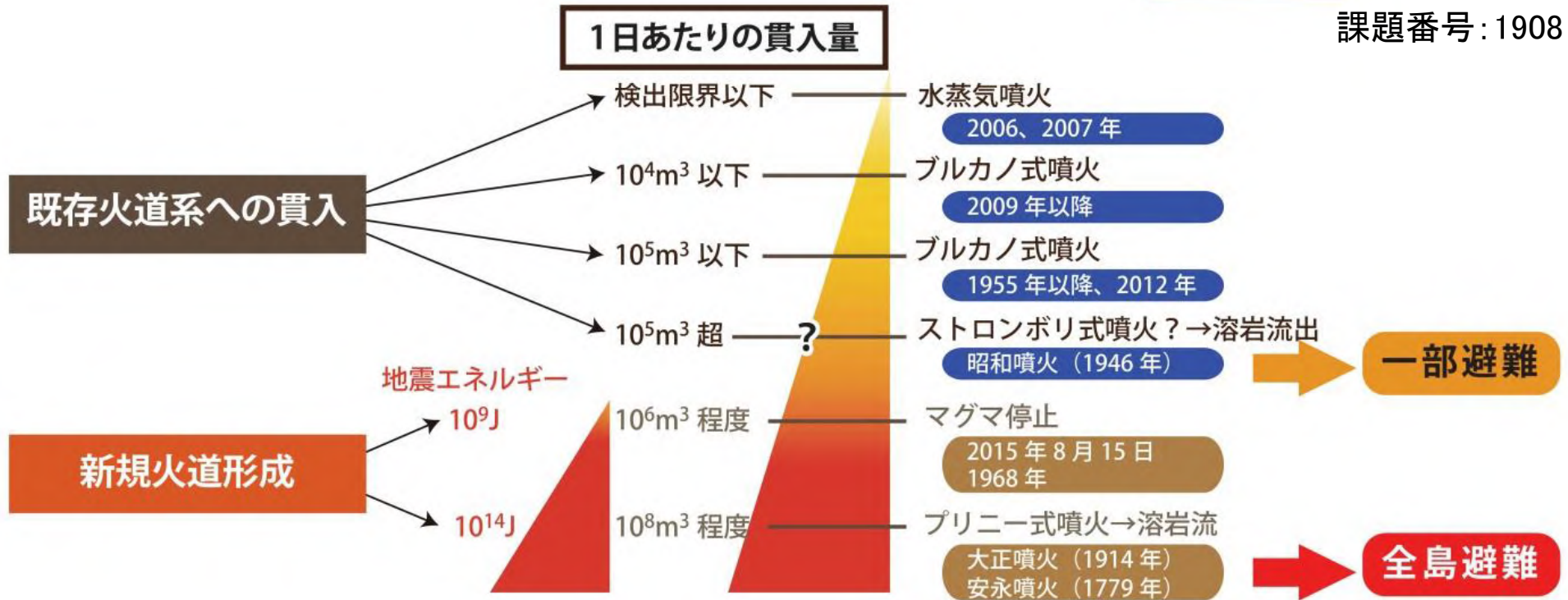
情報発令のシナリオ	避難実施(人数)	避難時間(時間)
1) 避難勧告のみ	13万人	4.3
2) 避難準備情報 ↓ 避難勧告	13万人	2.5
3) 避難準備情報 ↓ 避難勧告 ↓ 避難指示	18万人	4.9



# 桜島のマグマ供給系と噴火事象系統樹



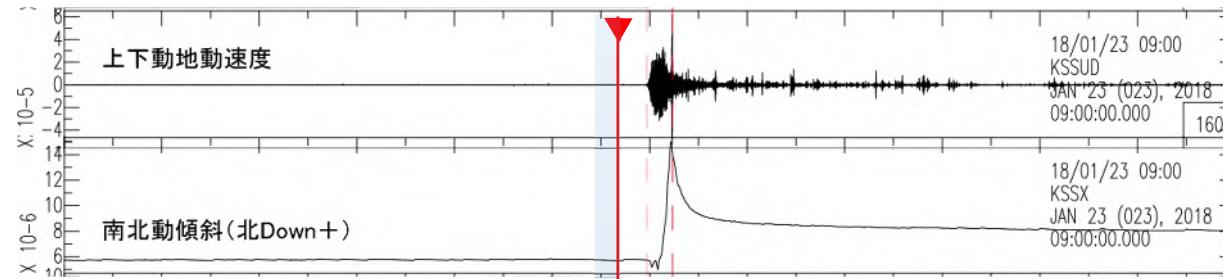
課題番号: 1908



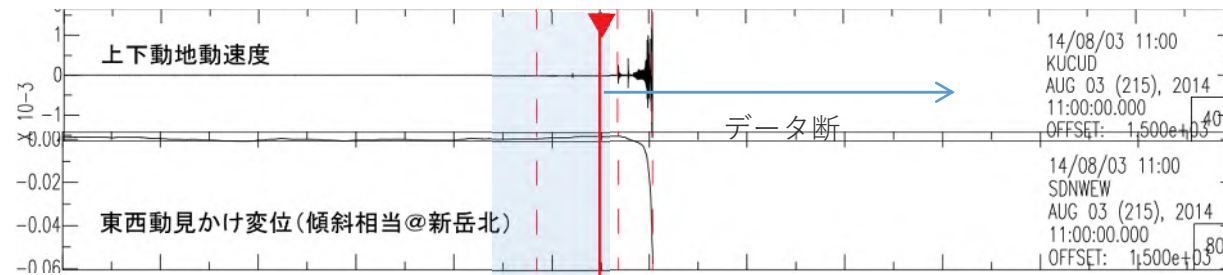
# 噴火に先行する地殻活動

課題番号:1802

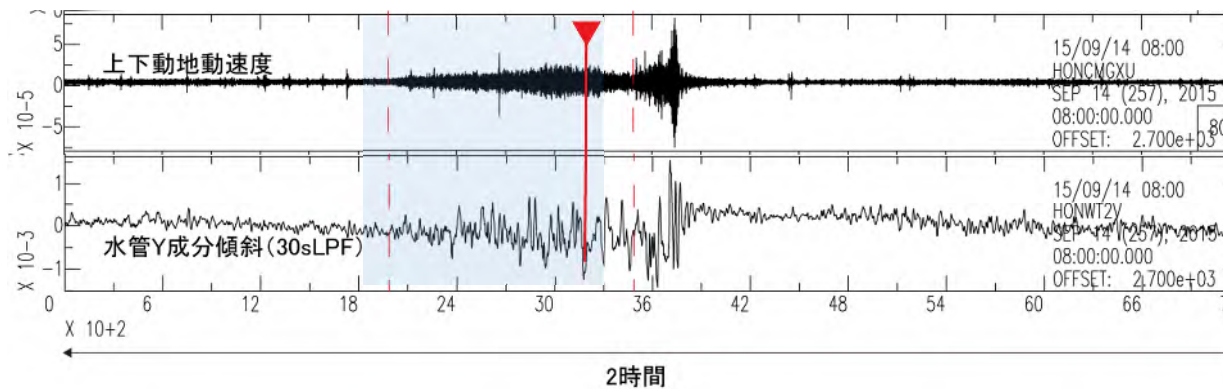
本白根 2018.1.23  
東工大データ



口永良部 2014.8.3  
京大防データ



阿蘇山 2015.9.14  
京大理データ



先行現象: 登山者や観光客への注意喚起情報として将来活用が期待される





災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画  
平成30年度年次報告

課題番号 0101

先端リモートセンシング技術による  
地震及び火山の災害把握技術の開発



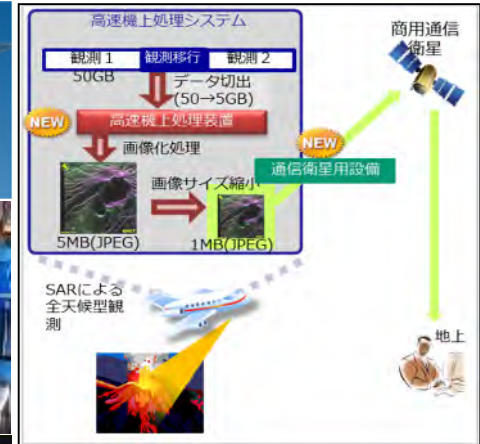
国立研究開発法人情報通信研究機構

# NICTにおける航空機SAR観測について



## ■ NICTの航空機SAR (Pi-SAR2)

- 機体: 民間会社(ダイヤモンドエアーサービス)のジェット機ガルフストリームII
- 運用: 航空機運用はダイヤモンドエアーサービス、レーダーの操作はNICT職員が搭乗して実施
- 場所: 県営名古屋空港(Pi-SAR2機器も同じ場所に保管)
- 使用バンド帯: Xバンド(9.3~9.8GHz)
- 約10kmの高高度を飛びながら、ななめ横を観測

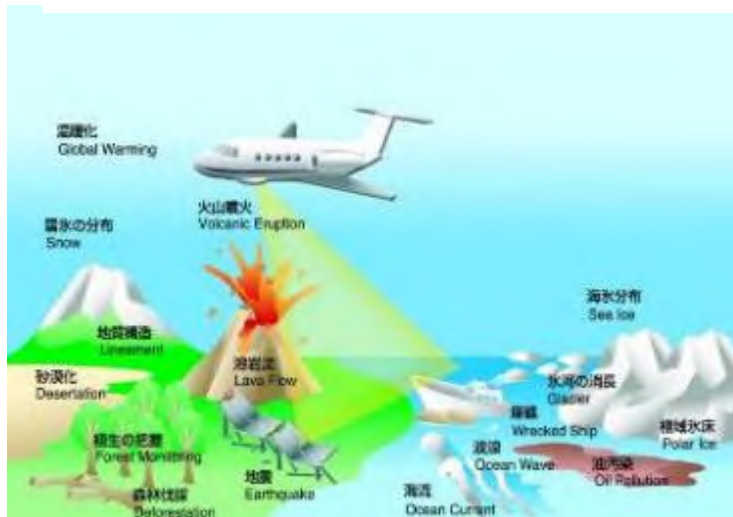


高速機上処理と衛星データ  
伝送による迅速なデータ公開  
が可能

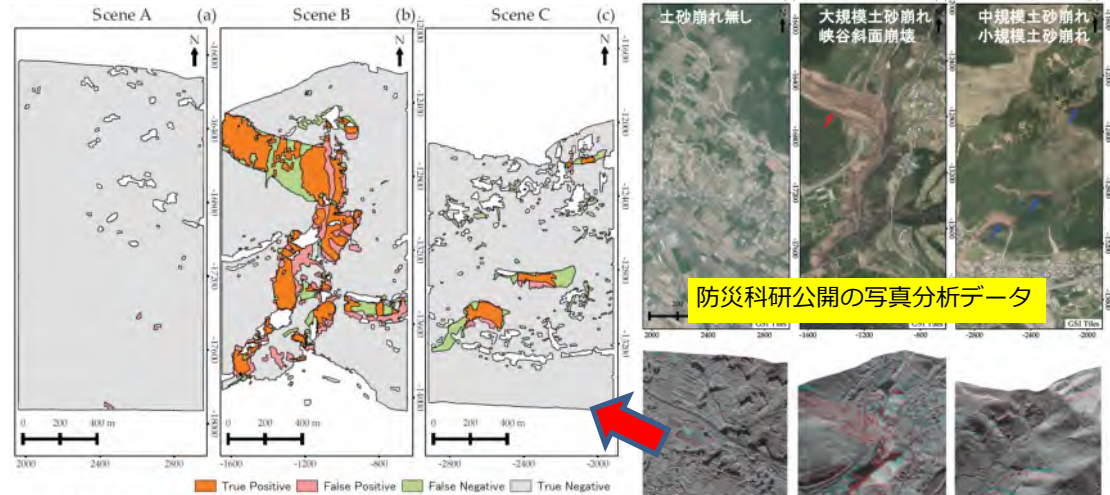
## ■ Pi-SAR2を用いた観測について

- NICTはレーダーやデータ分析技術の高度化を目的として、Pi-SAR2の開発や、年間3日程度の飛行観測を実施
- 災害発生時には、状況に応じて、可能であれば緊急観測を実施し、データを災害対応機関に提供

(上) 機内装置 (下) アンテナ



Pi-SAR2による観測イメージ図



防災科研公開の写真分析データ

NIEDの真値データとの比較結果。橙、灰が多ければ多いほど良い

Pi-SAR2による土砂崩れ場所  
自動推定手法の開発の例

熊本地震前後のPi-SAR2データ差分

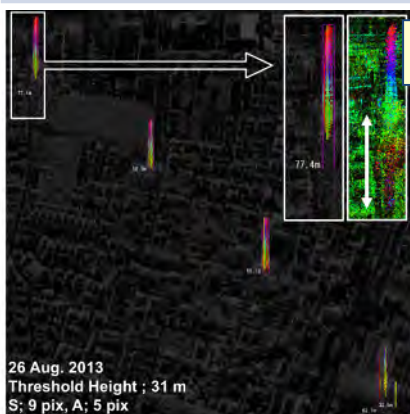
解析対象エリアx3 (阿蘇山の西側の領域)

# 航空機SARと衛星SARの比較



	航空機SAR	衛星SAR
分解能	30cm～2m	1m～数m
観測領域	リージョナル(国内) 5km～10km	グローバル 10km～100km
観測高度	3km～10km	400km～800km
発災後観測時期	24時間以内	1日～数日(軌道に依存)
観測(電波照射)方向	自由に選べる	基本的にほぼ東西
軌道の安定性	大気の状態に左右	安定な軌道
偏波観測	常時可能	現状試験的
干渉計測(シングルパス)	常時可能(高度計測)	困難
干渉計測(リピートパス)	困難(現状試験的)	得意

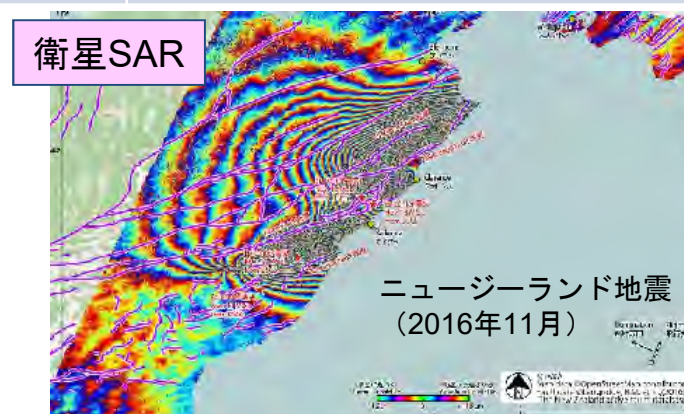
データの蓄積も多い



人工構造物の自動抽出




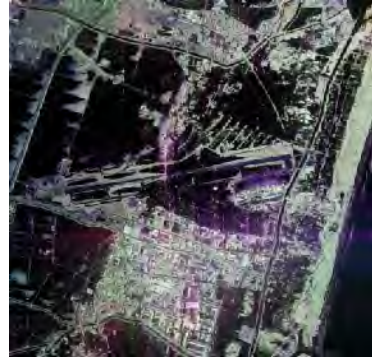
地表面状況の高分解能偏波観測



PALSAR-2による干渉画像 (JAXAウェブサイトより)

# 今観測研究計画中の研究経過とH30実施内容の概要



← 前観測研究計画(H21-25)		今観測研究計画(H26-30) →	
H21	H22	H23-H29	H30実施内容
<p>Pi-SAR2開発 (H18-H22)</p>  <p>30cm分解能</p> <p>インターフェロメトリ機能</p> <p>ポラリメトリ機能</p> <p>機上処理＋データ伝送</p>	<p>東日本大震災</p> <p>24時間以内でのデータ公開実現</p>  <p>広範囲・高分解能 → 膨大なデータ量 → 処理領域の制限</p> <p>災害時判読方法の標準化、普及が必要</p> <p>震災前データ必要</p> <p>高次処理は手作業</p> <p>機上処理は単偏波のみ</p> <p>機上からの伝送は実験的 → 着陸後に伝送</p>	<p>課題の解決に向けた研究開発</p> <p>データの迅速な活用</p> <p>東日本大震災の事後データの取得</p> <p>災害時判読技術開発(外部研究者との連携)</p> <p>被害可能性地域の平常時データ取得とデータベース化</p> <p>Pi-SAR/Pi-SAR2データ検索・公開システムの運用開始</p> <p>処理の高速化(10倍以上)</p> <p>処理高速化/大容量処理(実用的性能:15分 → 1分) → 機上処理、高次処理も高速化 → 機上処理装置の高速化による全偏波処理</p> <p>商用衛星回線による機上からの画像伝送</p> <p>2km四方の画像を準実時間伝送(10分以内)</p> <p>高次処理実用化への技術開発</p> <p>インターフェロメトリ自動処理化</p> <p>画像のKML化(地図等への投影)</p> <p>Pi-SAR2災害対応マニュアルの策定</p> <p>熊本地震被災状況観測(H28.4)</p> <p>霧島連山新燃岳噴火状況観測(H29.11)</p>	<p>次世代航空機SAR (Pi-SAR X3)の開発</p> <p>高次処理技術の開発(継続)</p> <p>火山噴火時等におけるSAR観測について、内閣府・NICT・国土地理院・JAXAで試行運用スキームの実施</p>

# Pi-SAR2のデータ提供可能時期(災害対応マニュアルより)



## 発災からの経過時間の目安

	3h	6h	15h**	17h	21h	24h	2d~3d	1w
NICT Pi-SAR2チーム	飛行観測実施の判断* 観測準備開始	フライトパスの確定	飛行機離陸 現地での観測開始まで2h程度	速報データの機上処理・伝送	名古屋着陸後 フル解像度データの作成	小金井にて初期分析・結果をWeb公開	ACD解析・オルソ化等の高度画像処理	処理結果を順次公開
関係機関との連絡	観測実施の連絡	フライトパスの連絡 重点観測領域リクエスト受付	離陸の連絡	速報データ提供	フル解像度データ提供 (領域限定)	初期分析結果速報	フル解像度データ提供 (全領域)	高度処理結果を順次公開
機上処理				速報データ(1m分解能、2km四方、10か所)	フル解像度データ(30cm分解能、5km四方、10か所)			
NICTサーバー公開(関係機関向け)				速報データ	フル解像度データ(領域限定)		フル解像度データ(全領域)	
NICTウェブサイト公開(一般向け)						フル解像度データ(領域限定)・初期分析結果等	適宜更新	
X-MAP(画像公開システム)公開						フル解像度データ(領域限定、オルソ化なし)	全データを逐次掲載(オルソ)	
画像分析						NICT内 防災科研、国総研等		

\*注 航空機の空き状況、装置の状況等がそろっていることは前提。

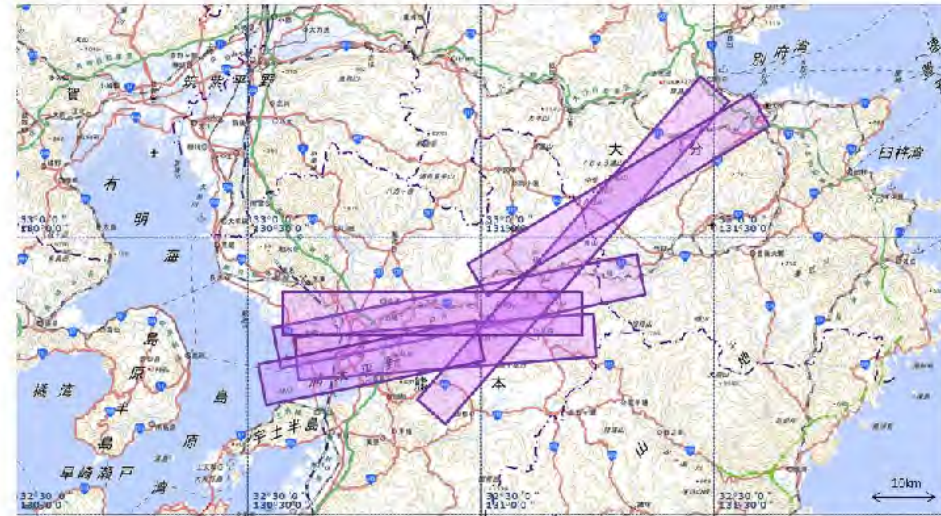
\*\*注 最も順調に経過した場合。

1. 提供できるデータ
  - ・速報データ(1m分解能、2km四方、10か所程度)
  - ・フル解像度データ(30cm分解能、5km四方、10か所程度)
  - ・その他解析データ(DSMデータ等)
2. 提供方法
  - ・観測実施、フライトプラン、速報データURL、フル解像度データダウンロード方法等の情報を、基本的にNICTからPUSH型でメール送付
  - ・送付先は、消防庁、総務省(技政課、研推室)、国土交通省国土技術政策総合研究所、防災科学技術研究所、気象庁(火山予知連絡会) 等
3. 実施費用(過去の事例からの参考値)  
1日のフライトで約1300万円  
※費用が掛かるため、対応できるケースは限定的
4. その他  
民間会社の航空機を使用するため、航空機の状況(整備、他機関の使用等)によっては観測ができない事がある

# 熊本地震の被災状況観測(H28.4)

## ■概要

- 4月16日の未明にM7.3の本震発生。16日の夜間に強い降雨の予報があったため、降雨直後の観測の必要性が高いと判断し、17日午前中に観測実施。
- 08:15から約2時間かけて、高度約8700メートルから左図の熊本県から大分県にまたがる領域を観測。
- 観測と並行して、速報画像データの作成・伝送・公開を実施。
- 着陸後、フル解像度画像データを作成し、関係機関に配布。その後、Webで公開。



背景、地理院地図を使用

## 速報画像データ例（阿蘇大橋周辺の崩落箇所）

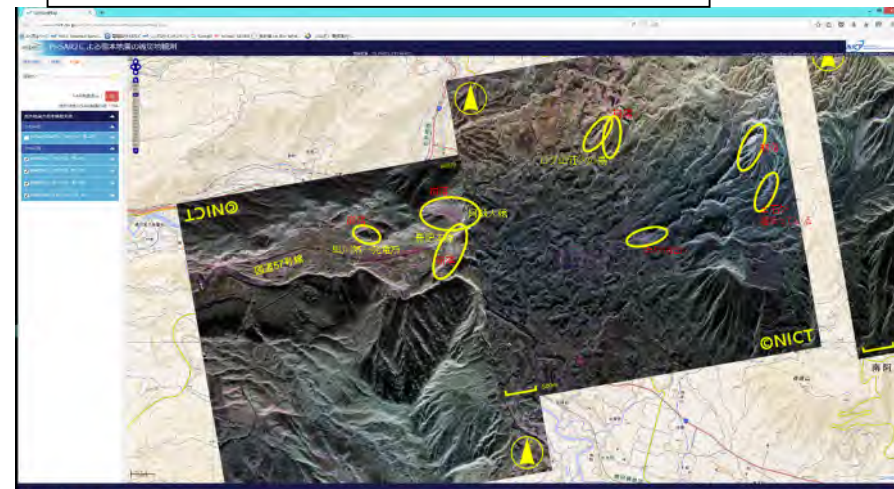
NICT PI-SAR2	
Scene Name	9_asoahas
Obs Date (GPS time)	2016/04/17
Obs Time (GPS time)	0057:09
Obs No	2016041709
Sensor	NICT-SAR
Polarization Red	RX2-HVh
Polarization Green	RX1-HVh
Polarization Blue	RX1-VVh
Rg Resolution[m]	0.4
Ra Resolution[m]	0.3
Range [km]	Rg 3.0 A: 3.0
Early Near (Lat,Long)	-0325349.59 -13140019.98
Early Far (Lat,Long)	-0325212.22 -13140019.84
Late Near (Lat,Long)	-0325343.71 -1305821.42
Late Far (Lat,Long)	-0325212.34 -1305821.33
Inc.Angle Near [deg]	37.2
Inc.Angle Centre [deg]	43.0
Inc.Angle Far [deg]	47.9
Altitude [m]	9026
Flight Speed [m/s]	158
Flight Direction [deg]	270.1



©NICT Communications Technology

- 10か所程度の位置を指定して、作成・公開
- 2km四方、1m分解能

## フル解像度画像データのデータ公開システム (X-MAP)による公開例



- 観測当日は、5km四方、30cm分解能の画像を、10枚程度処理・公開可能
- 国土地理院地図等と重ねて表示

# 霧島連山新燃岳の噴火状況観測(H29.11)



## ■ 概要

10月11日早朝に噴火発生。

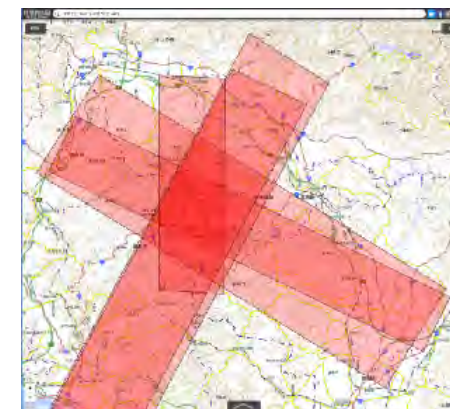
「噴火時のSAR観測・試行運用スキームの実施マニュアル」に基づき、関係機関でSAR観測について調整。

NICTは11月に予定していた航空機SAR観測時に新燃岳観測を実施することに決定。

11月16日にPi-SAR2による観測を実施。

事前データを有する4パスと国土地理院SAR観測(10/12)に合わせた1パスの計5パス

- ・ 観測と並行して、速報画像データの作成・衛星回線による伝送・公開を実施。
- ・ 着陸後、フル解像度画像データをNW経由で伝送し、関係機関に公開。



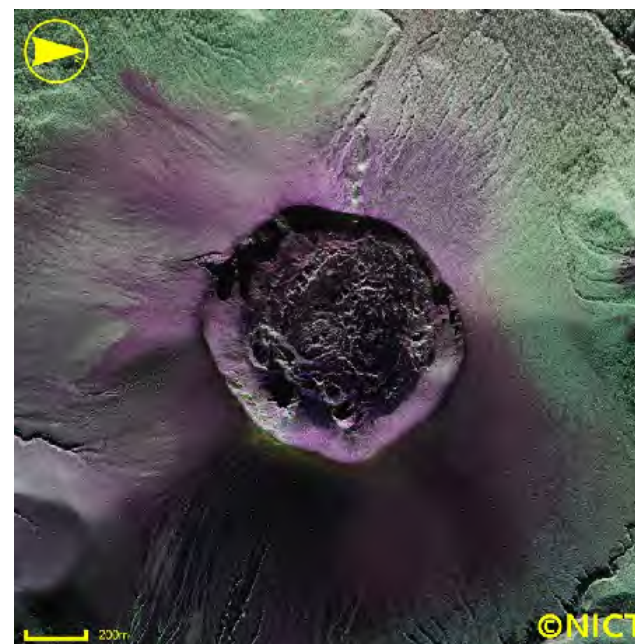
新燃岳周辺の観測範囲  
(地理院地図にて描画)

## 速報画像 (2km四方、1m分解能) データ例

NICT PI-SAR2	
Scene Name	Shinmoe_GST
OBS Date (GPS time)	2017111710
OBS Time (GPS time)	04:03:06
OBS No.	2017111609
Sensor	NICT-SAR
Polarization Red	FX2-HI Im
Polarization Green	FX1-HV Im
Polarization Blue	FX1-VV Im
Rz Resolution[m]	0.3
Az Resolution[m]	0.3
Range [km]	Rg 2.0 Az 2.0
Early Near [Lat,Long]	+031:55:13.99 +130:52:19.78
Early Far [Lat,Long]	+031:55:13.73 +130:53:35.90
Late Near [Lat,Long]	+031:54:09.06 +130:52:19.47
Late Far [Lat,Long]	+031:54:08.00 +130:53:35.50
Inc Angle Near[deg]	77.3
Inc Angle Center[deg]	59.4
Inc Angle Far[deg]	61.3
Altitude[m]	2850
Height Speed[m/s]	101
Flight Direction[deg]	180.2
Scene Direction[deg]	270.2

© National Institute of Information and Communications Technology

## フル解像度 (2km四方、30cm分解能) 画像データ例

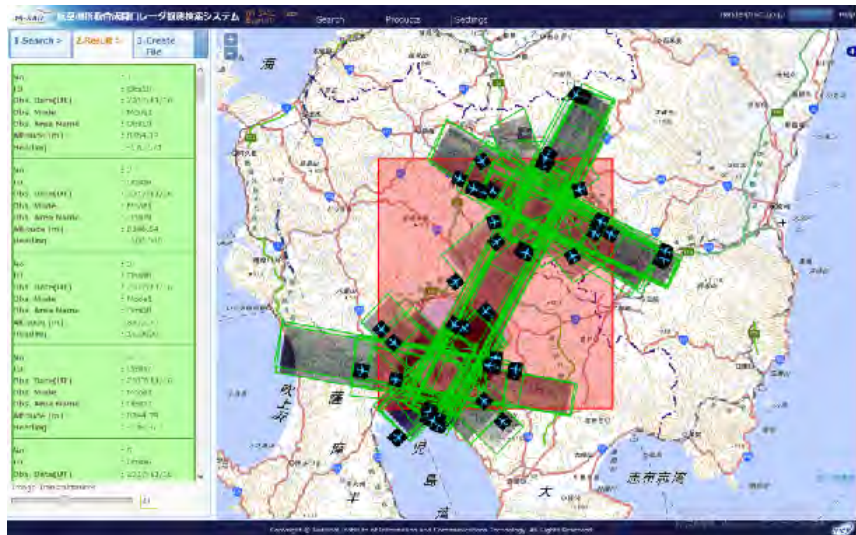




# 火山観測データの蓄積状況



- NICTはレーダーやデータ分析技術の高度化を目的として、研究用データ収集のための観測飛行を年3日程度実施
- 火山については、平常時の観測データ蓄積のため、研究用データ収集のための観測飛行に合わせ、観測対象領域および飛行経路近傍の火山観測を実施
- 「火山防災のために監視・観測体制の充実等が必要な火山」として火山噴火予知連絡会によって選定された50火山のうち、29火山について観測を実施
  - 10観測以上の観測データを蓄積している火山  
霧島山(40観測)、桜島(34観測)、阿蘇山(27観測)、九重山(17観測)、御嶽山(11観測)、雲仙岳(10観測)
- これらの観測データは「Pi-SAR/Pi-SAR2データ検索・公開システム」および「X-MAP(画像公開システム)」により公開



霧島山、桜島周辺の観測データ蓄積状況

# 次世代航空機SAR(Pi-SAR X3)の開発について



## ■画質(空間分解能、S/N等)の向上を目的とした次世代航空機SAR (Pi-SAR X3)の研究開発を実施中

- 機体: 民間会社所有のジェット機(ガルフストリームIV)
  - 運用: 航空機は民間航空会社が運用
  - 場所: 名古屋空港(Pi-SAR X3機器も同じ場所に保管予定)
- 使用バンド帯: Xバンド→広帯域化により15cm解像度を目指す
- その他の機能: 複数アンテナを使った複数受信(マルチチャンネル)処理による高S/N化、観測の高度化(移動体速度検出等)

## ■Pi-SAR X3開発スケジュールと観測運用可能期間

※開発においてPi-SAR2の部品をPi-SAR X3へ転用するため、H30年度5月からPi-SAR X3の運用開始まで、航空機SARを運用できない期間が発生する。

	H28年度	H29年度	H30年度	H31年度
Pi-SAR X3の開発				
観測運用可能期間	Pi-SAR2運用可能期間		初期機能性能確認飛行予定	Pi-SAR X3