

# 平成28年熊本地震を踏まえた 総合的な活断層調査

平成28年度成果及び平成29年度進捗状況  
の概要について

研究代表者：清水 洋  
(九州大学大学院理学研究院)

# 本調査研究の課題と目的

- 平成28年熊本地震の特徴と断層(地表地震断層および震源断層)に関する調査研究結果の整理とまとめが必要である。
- 布田川断層帯および日奈久断層帯の特性(位置、形状、平均変位速度など)の把握は不十分である。
- 日奈久断層帯(日奈久区間と八代海区間)には将来の地震発生確率に大きな幅がある。
- 布田川断層帯(宇土区間)は伏在しているため、断層の位置、形状などの知見が乏しい。

## 本研究の目的:

- (1)断層帯の基本情報の高度化
- (2)強震動予測の高度化
- (3)地域の防災・減災への貢献

# 本調査研究のサブテーマと実施機関

研究代表者 九州大学大学院理学研究院 清水 洋

サブテーマ1 活断層の活動区間を正確に把握するための詳細位置・形状等の調査及び断層活動履歴や平均変位速度の解明のための調査

産業技術総合研究所 岡村行信

協力: 鹿児島大学・京都大学・広島大学・山口大学

サブテーマ2 断層帯の三次元的形状・断層帯周辺の地殻構造の解明のための調査観測

サブテーマ2-1 地殻構造の解明のための地震、電磁気等による調査観測

九州大学大学院理学研究院 清水 洋

協力: 京都大学・東京大学・産業技術総合研究所・大阪市立大学

サブテーマ2-2 地殻変動調査観測

鹿児島大学大学院理工学研究科 中尾 茂

協力: 名古屋大学・京都大学・高知大学・九州大学

サブテーマ3 断層帯周辺における強震動予測の高度化のための調査研究

京都大学防災研究所 岩田知孝

協力: 東京工業大学・東京大学大学院情報学環・防災科学技術研究所・熊本大学・福岡教育大学・九州大学大学院工学研究院・産業技術総合研究所

サブテーマ4 関係自治体との連携による調査成果の普及と活用の実践的研究

熊本大学減災型社会システム実践研究教育センター 松田泰治

協力: 九州大学大学院理学研究院・産業技術総合研究所・京都大学防災研究所

# サブテーマと調査研究の流れ

サブテーマ1: 活断層の活動区間を正確に把握するための詳細位置・形状等の調査及び断層活動履歴や平均変位速度の解明のための調査

断層の基本情報の高度化

サブテーマ2: 断層帯の三次元的形状・断層帯周辺の地殻構造の解明のための調査観測

震源断層像の高度化

2-1. 地殻構造の解明のための地震、電磁気等による調査観測

サブテーマ3: 断層帯周辺における強震動予測の高度化のための調査研究

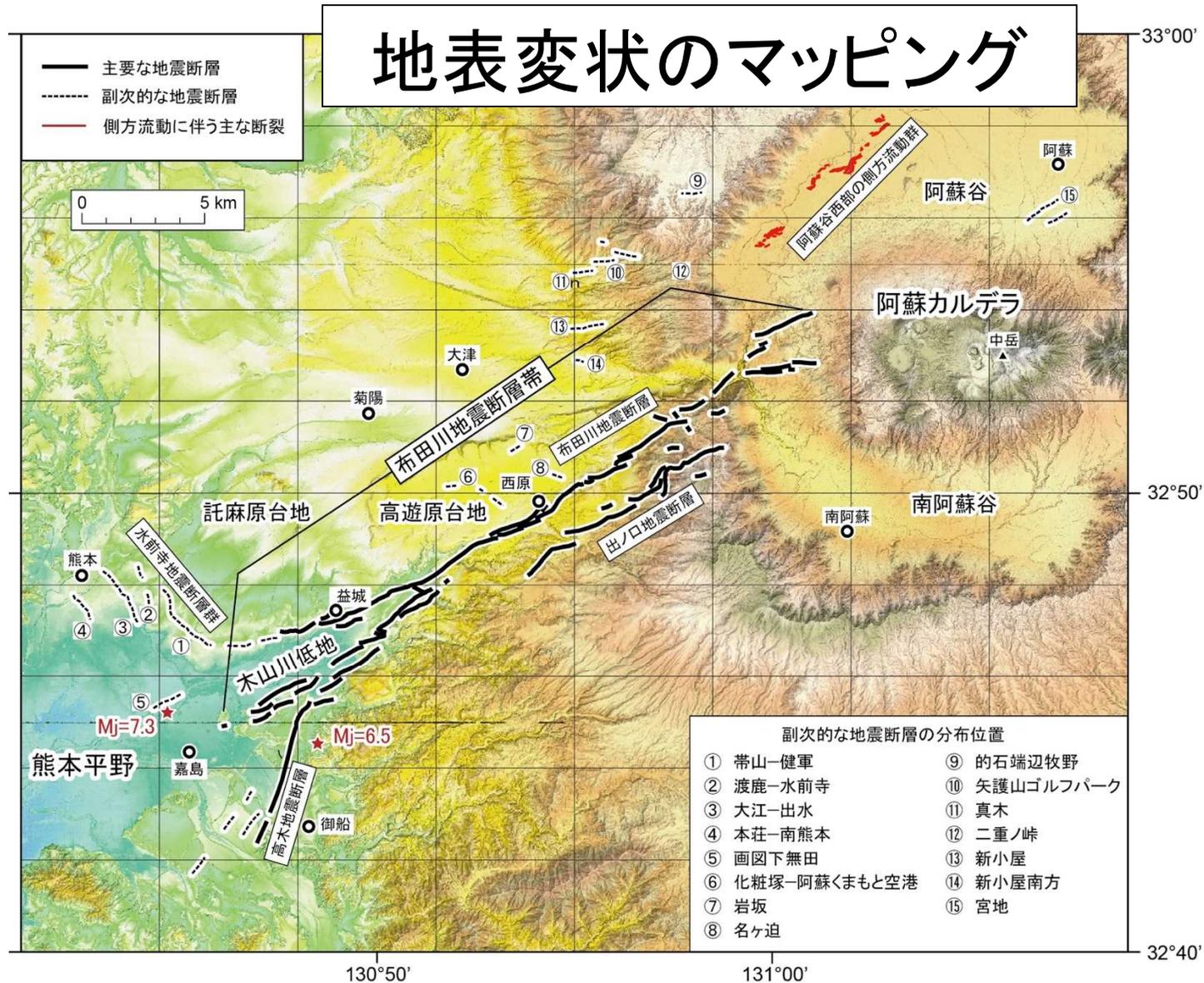
強震動予測の高度化

2-2. 地殻変動調査観測

サブテーマ4: 関係自治体との連携による調査成果の普及と活用の実践的研究

関係自治体の地震に対する防災・減災力の強化

# サブテーマ1:活断層の活動区間を正確に把握するための詳細位置・形状等の調査 及び断層活動履歴や平均変位速度の解明のための調査

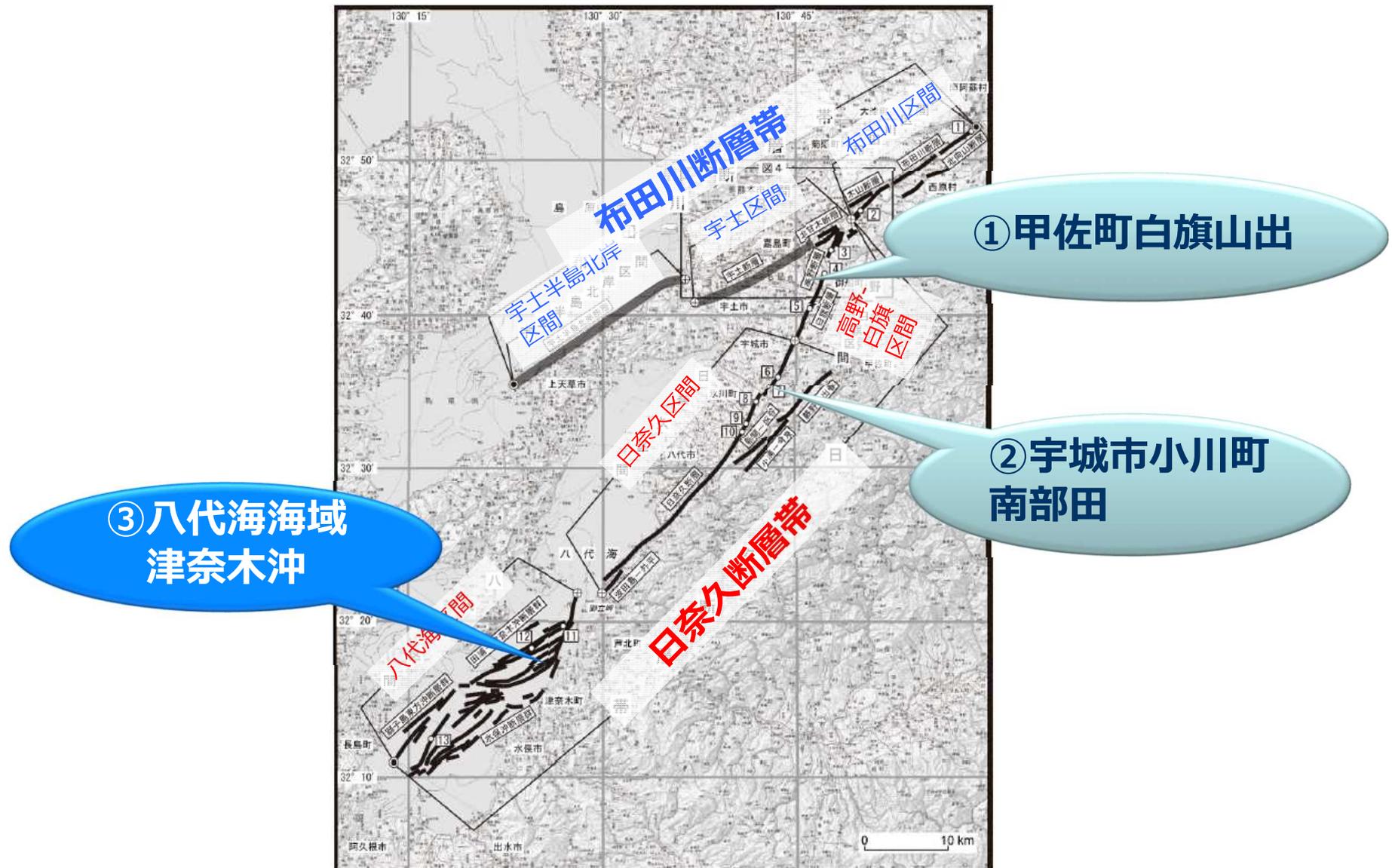


Shirahama et al.(2016), 熊原ほか(2016) および栗田ほかの未公表資料に基づく。

# 地表変状情報のまとめ

- ・ 地震断層のうち主断層は、長さ31–33km・幅2–3km程度の右横ずれ正断層帯を構成する。
- ・ 主断層の上盤側および延長部で、多くの副断層・誘発断層が出現した。
- ・ 地表変動による人工構造物の伸長破壊が、主断層帯内の広範囲に拡散している可能性。
- ・ 阿蘇カルデラ北西部の断裂は、深度数10m以浅に生じたと推定される大規模な側方流動である。

# 平成28年度の活動履歴調査地点



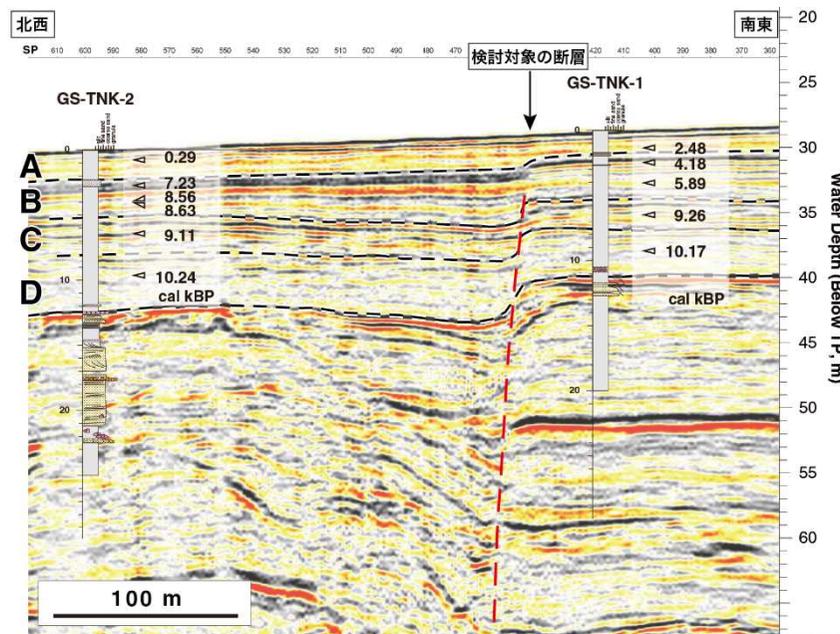
# 2016年度陸域活断層調査結果

- ・ 甲佐町白旗山出（高野ー白旗区間）と宇城市南部田（日奈久区間）で、トレンチ調査を実施した。
- ・ 山出トレンチからは、約1万5千年前以降5回（合計6回）の古地震イベントが推定された。
- ・ 南部田トレンチからは、約1万8千年前以降6回の古地震イベントが推定された。

# 日奈久断層海域延長部(八代海区間)における調査観測

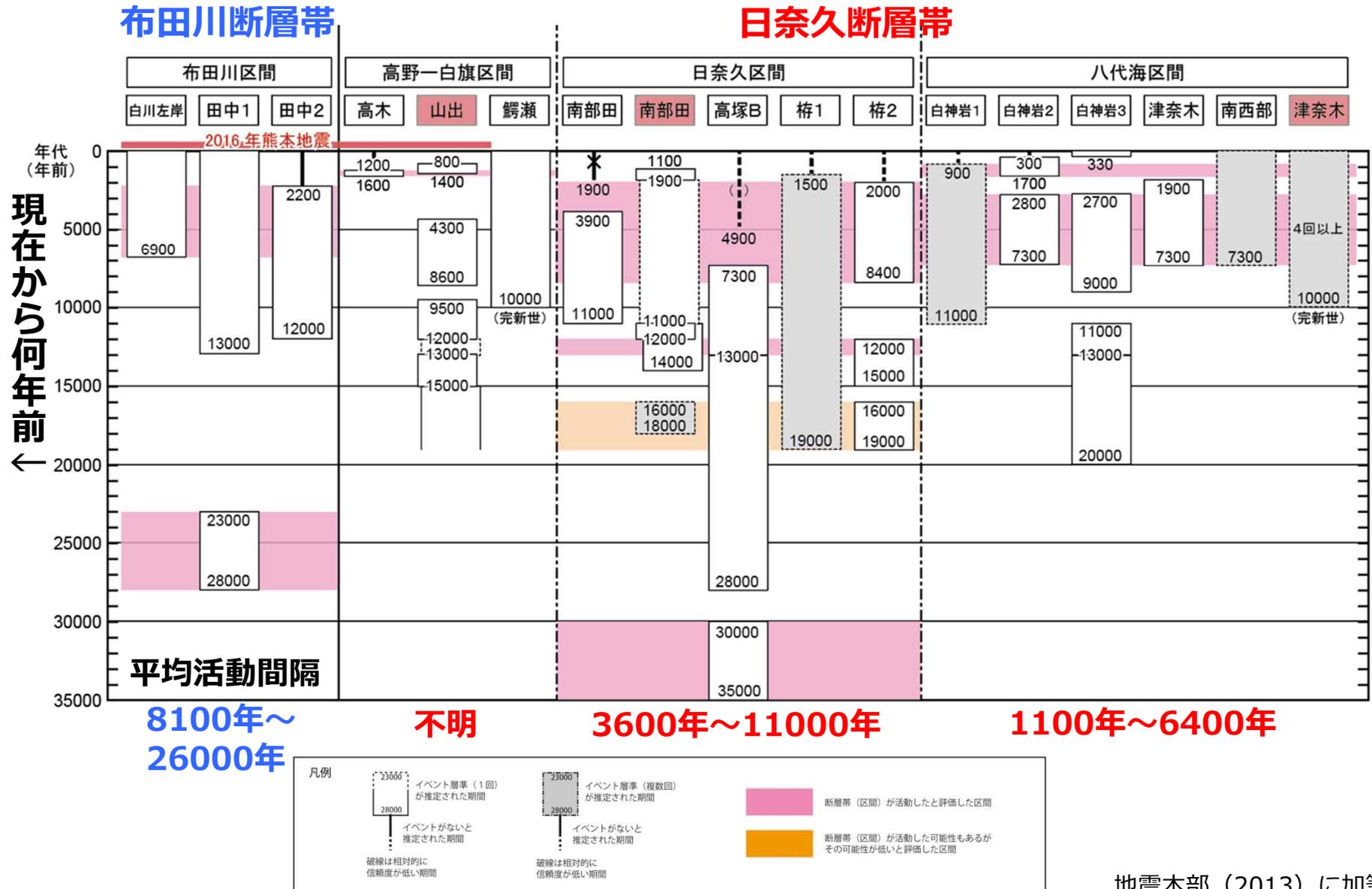
## 平成28年度の成果:

- (1) 海上ボーリングは評価対象断層を挟んで2本実施(掘削長TNK-1:20m, TNK2-2:25m)。両孔とも最終氷期最低海水準期に形成された浸食面を掘りぬく深度まで掘削し、柱状試料を採取。
- (2) 高分解能な音波探査は海上ボーリング孔周辺の2キロ平方メートルにおいて、断層の走向、傾斜を3次元的に把握できるように面的かつ高密度に実施。
- (3) 断層を挟んだ反射面の上下変位の累積性および柱状試料の年代分析結果に基づくと、**評価対象断層は過去約一万年間に最低でも4回活動。**



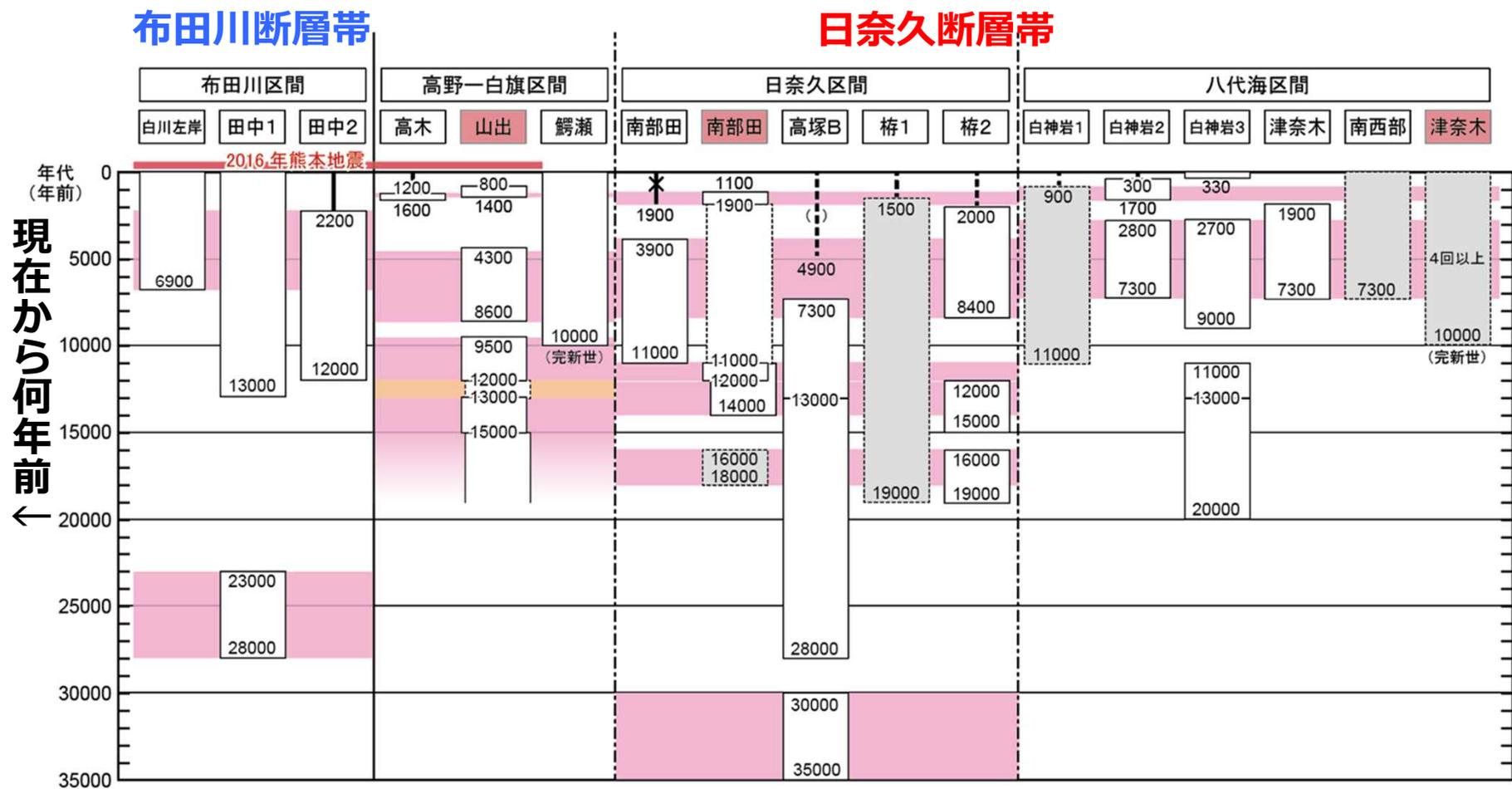
高分解能マルチチャンネル音波探査断面とボーリングコアの対比図

# 十H28年度の調査結果



地震本部 (2013) に加筆

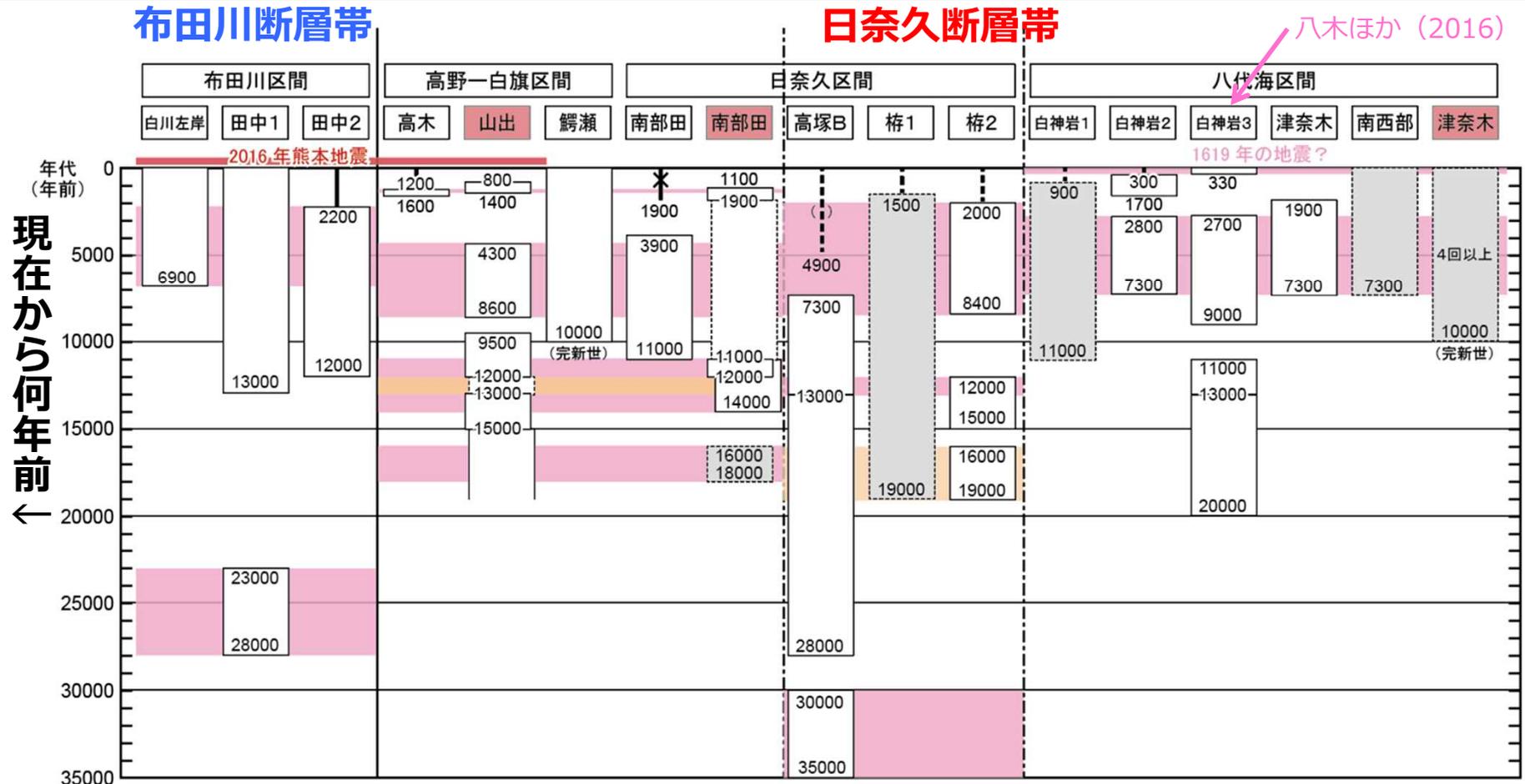
# ＋H28年度の調査結果：仮説1



- 従来考えられていたよりも、高頻度で地震を起こしてきた。
- 平均活動間隔は、2～3千年程度。粗密がある可能性がある。

地震本部 (2013) に加筆

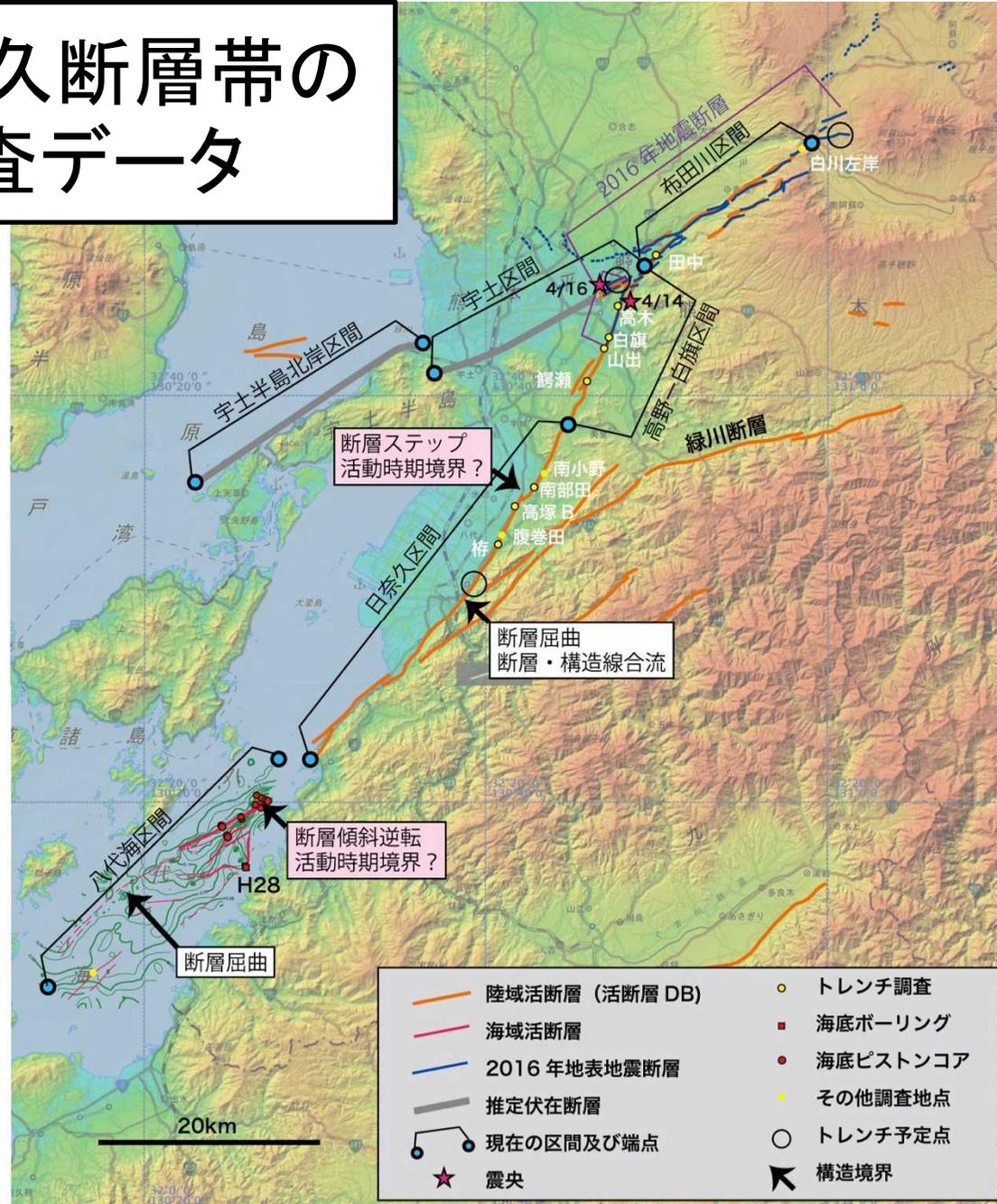
# 十H28年度の調査結果：仮説2



- 従来考えられていたよりも、高頻度で地震を起こしてきた。
- 平均活動間隔は、2~3千年程度。粗密がある可能性がある。
- 高野一白旗区間と日奈久区間の区間分けに疑問。

地震本部 (2013) に加筆

# 布田川・日奈久断層帯の 区分と調査データ

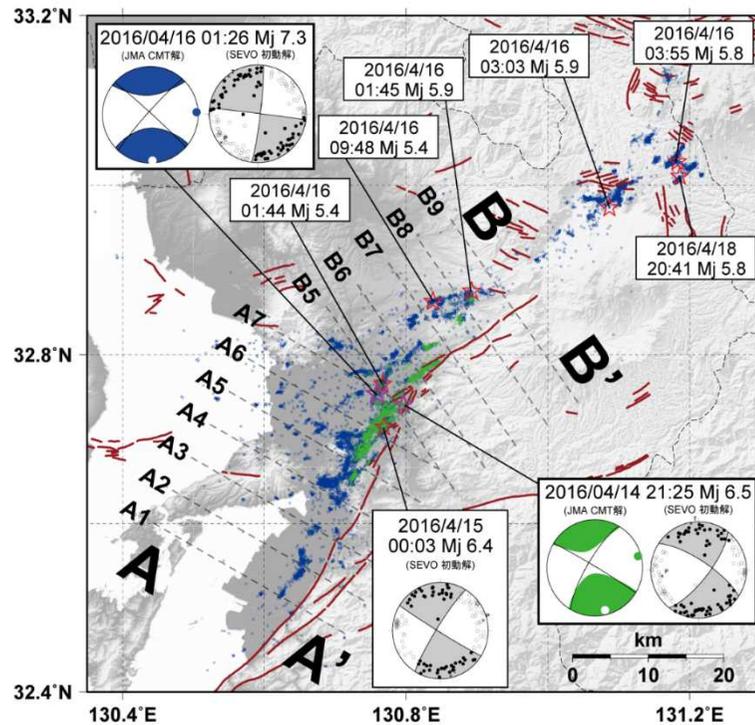


2017/10/13

# サブテーマ2: 断層帯の三次元的形状・断層帯周辺の地殻構造の解明のための調査観測

## 熊本地震の精密震源分布

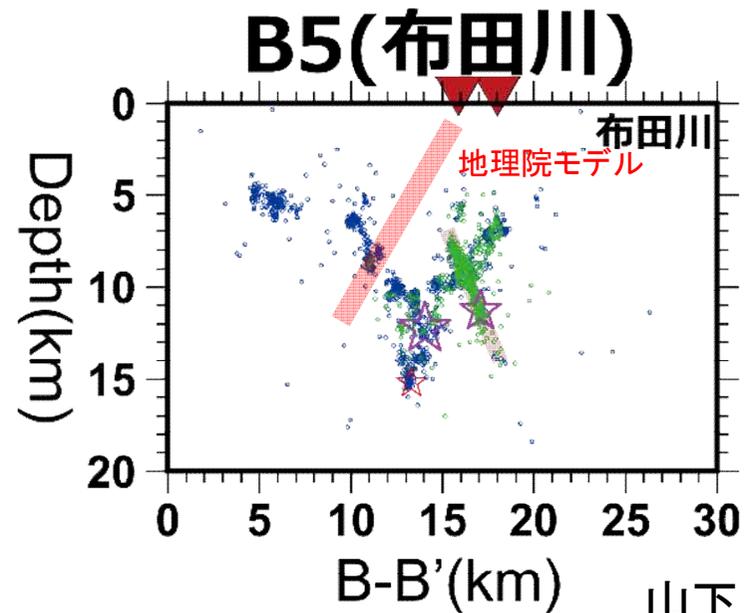
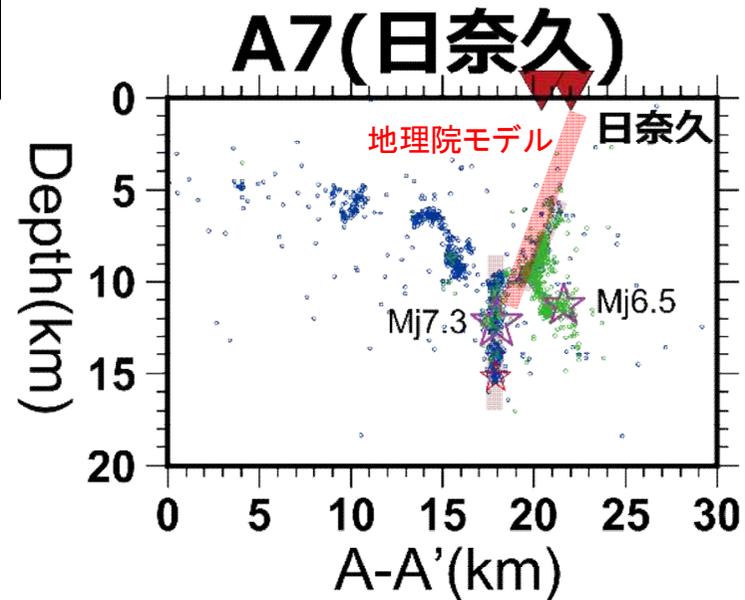
緑丸: 前震(4/14 Mj6.5)~本震(4/16 Mj7.3)発生直前  
 青丸: 本震発生後~4/21 23:59



Mj7.3本震付近(布田川・日奈久断層のジャンクション領域)における深さ断面.

右図上段は日奈久断層の走向に直交する断面,  
 右図下段は布田川断層の走向に直交する断面  
 (断面の位置はそれぞれ上図のA7とB5に対応).

▼は地表の活断層トレースの位置を示す.



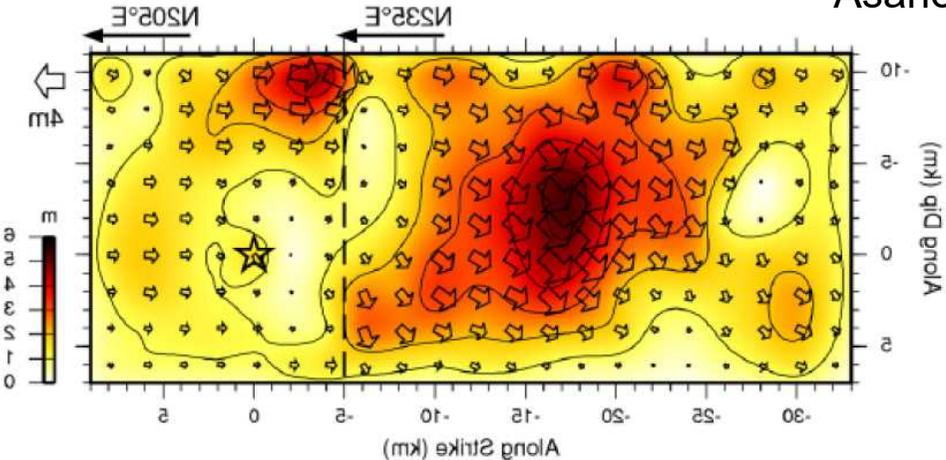
山下・他(2016)



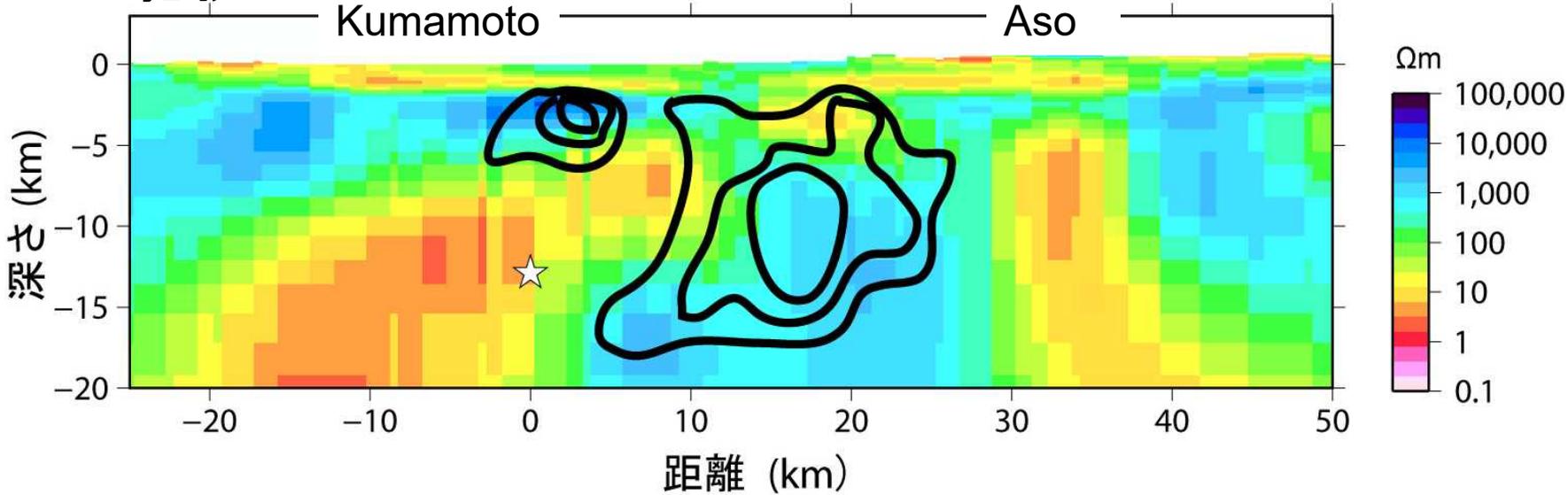
# 比抵抗構造と地震時すべりとの比較

Asano and Iwata, 2016, *EPS*

すべり量

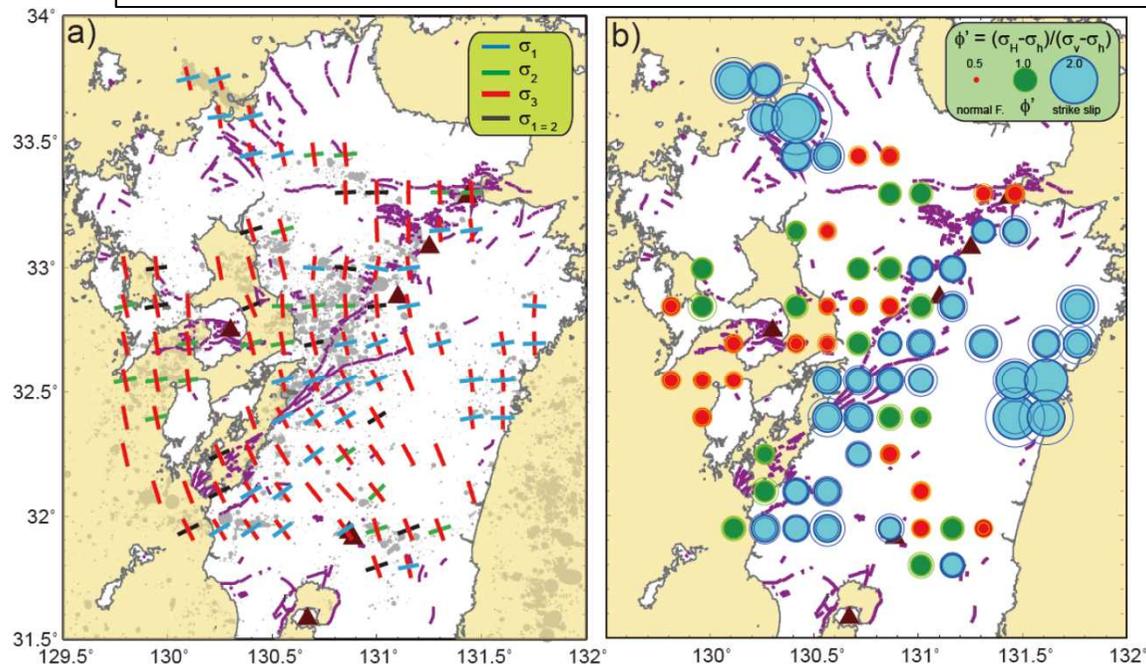


比抵抗



相澤・他 (2017)

# 布田川・日奈久断層帯の起震応力場



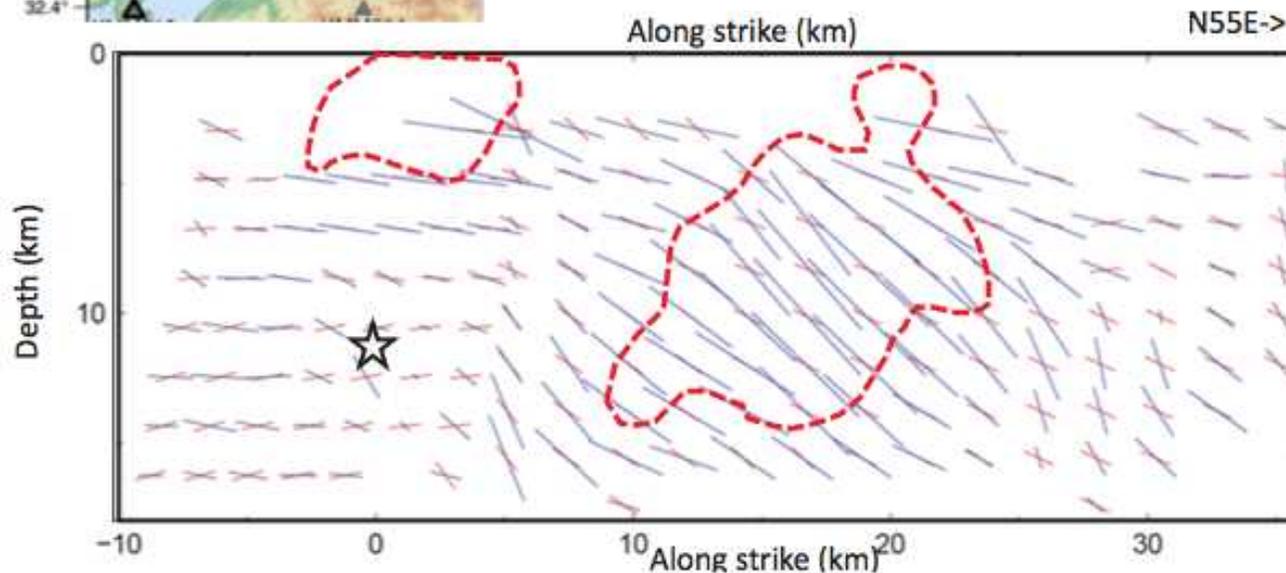
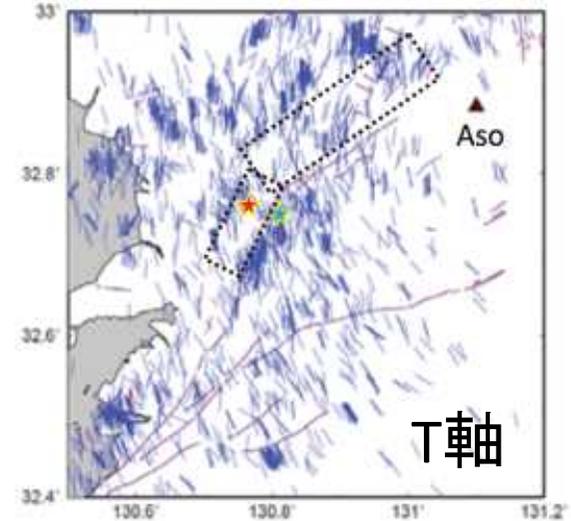
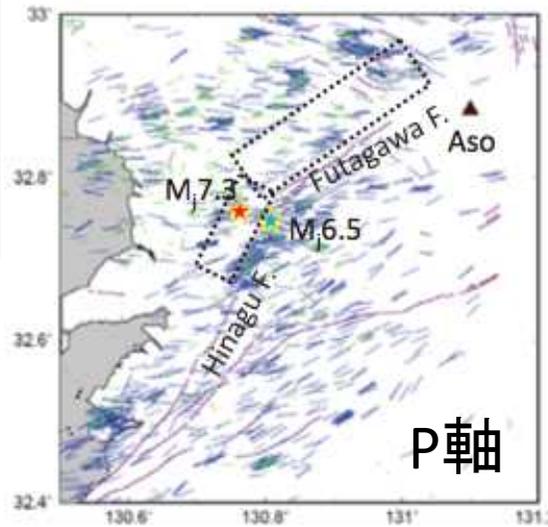
主応力軸の方向(水平に近い2つを表示)

応力比から求めた応力区分  
(青、緑、赤:横ずれ、1軸伸張、  
正断層応力場)

Matsumoto et al.(2015)

地震発生以前の応力場から推定される最適すべり方向と地震時すべり方向の比較

2016年熊本地震発生以前の起震応力場



熊本地震前の震源のみを使って高分解能で推定した応力場から、本震断層面上で期待されるすべり方向(赤線)を推定し、それをAsano and Iwata (2016)による本震時すべり(青線)と比較した。

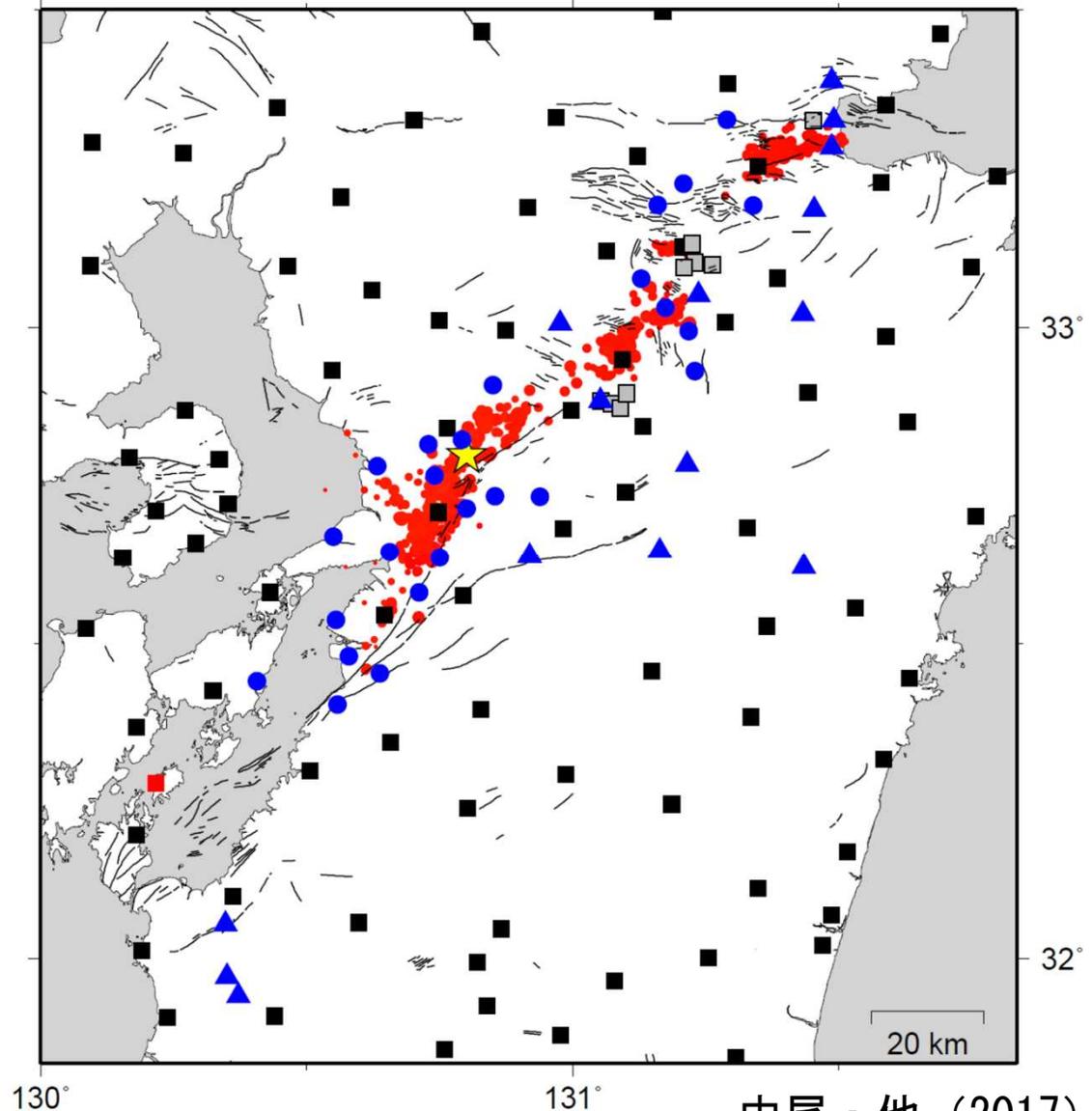
断層形状と応力場から、複雑な地震時すべり方向を事前に見積もることができることが示唆された。

→ 強震動予測の高度化

# GNSS連続観測による熊本地震の余効変動 と布田川・日奈久断層帯のひずみ場

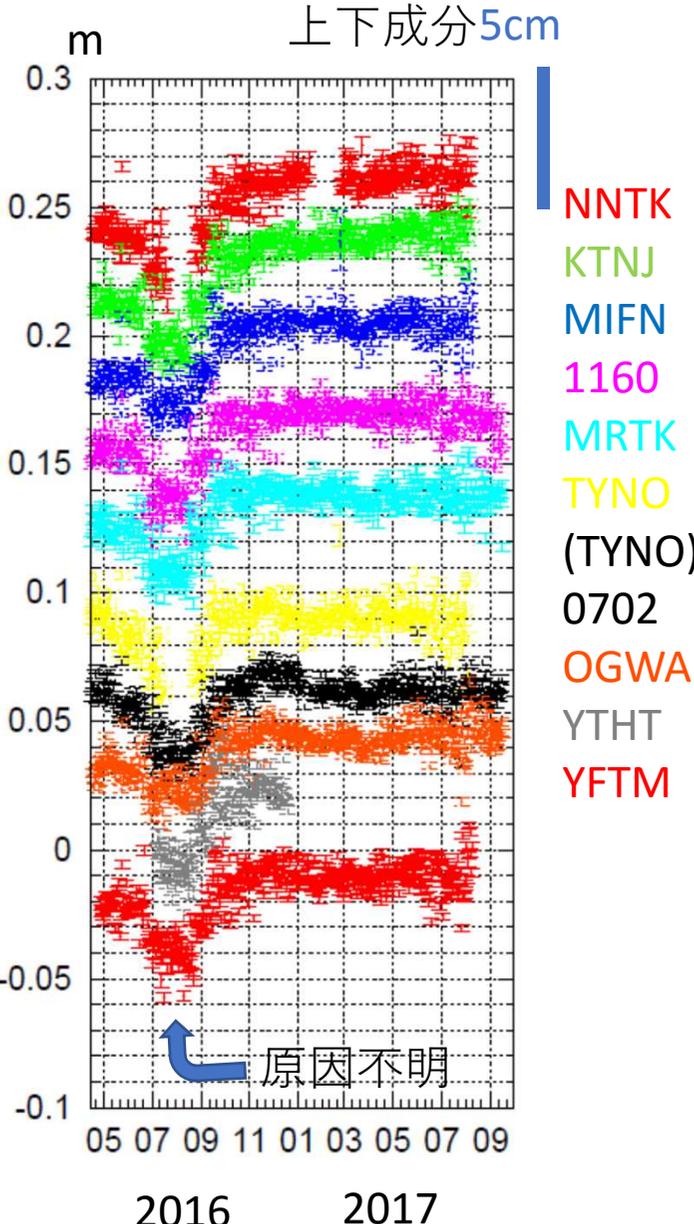
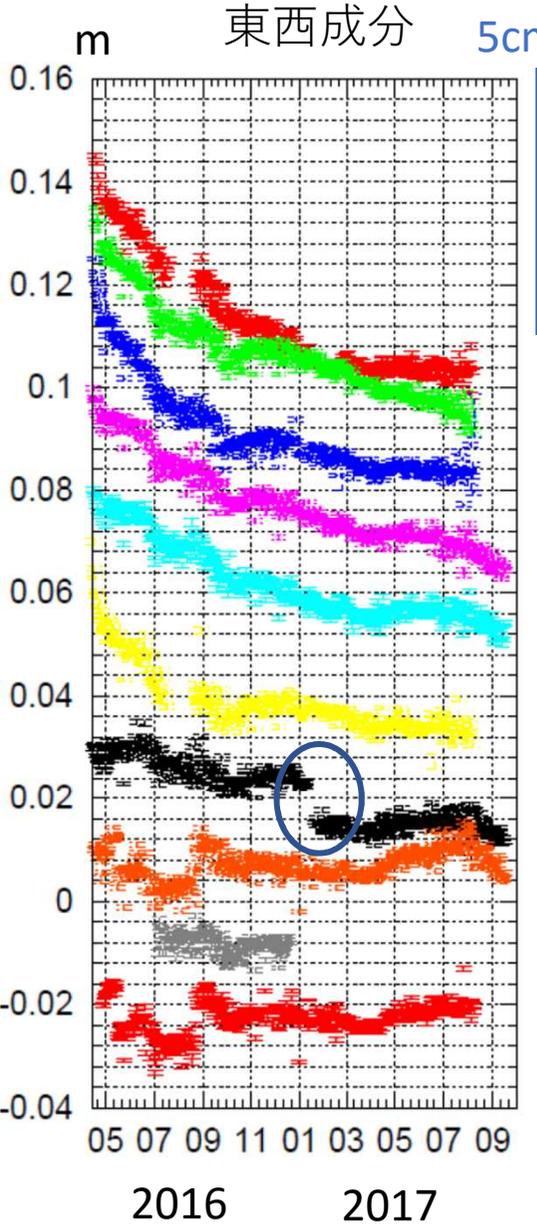
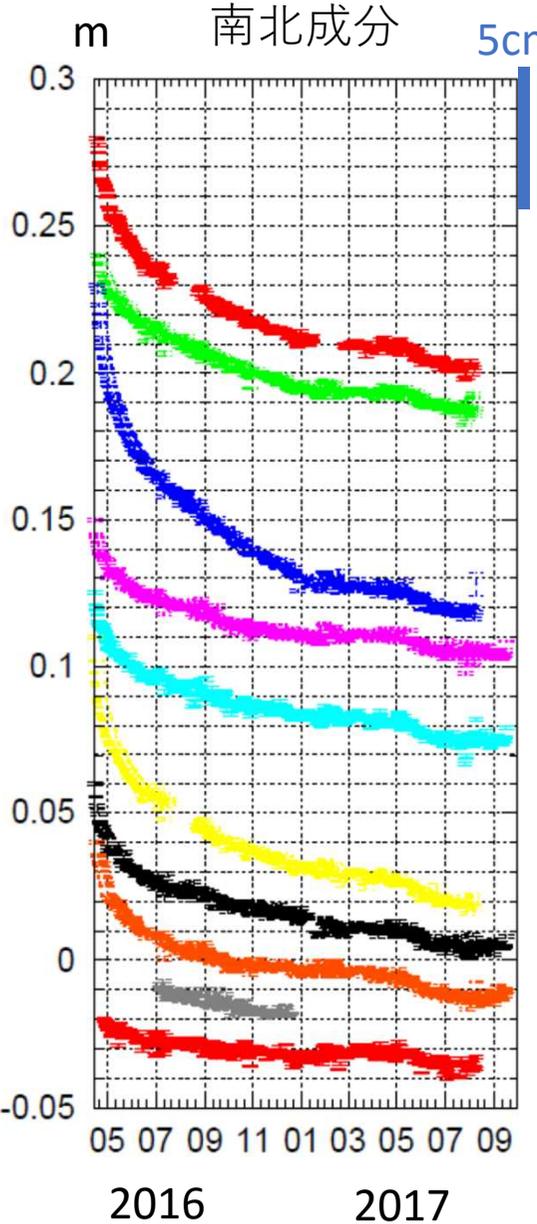
## GNSS観測点

- 新設観測点1点(赤四角)
- 熊本地震後の臨時観測点20点(青丸)
- 九大・京大・鹿大共同観測点15点(青三角)
- 気象庁火山観測点9点(灰四角)
- GEONET観測点(黒四角)

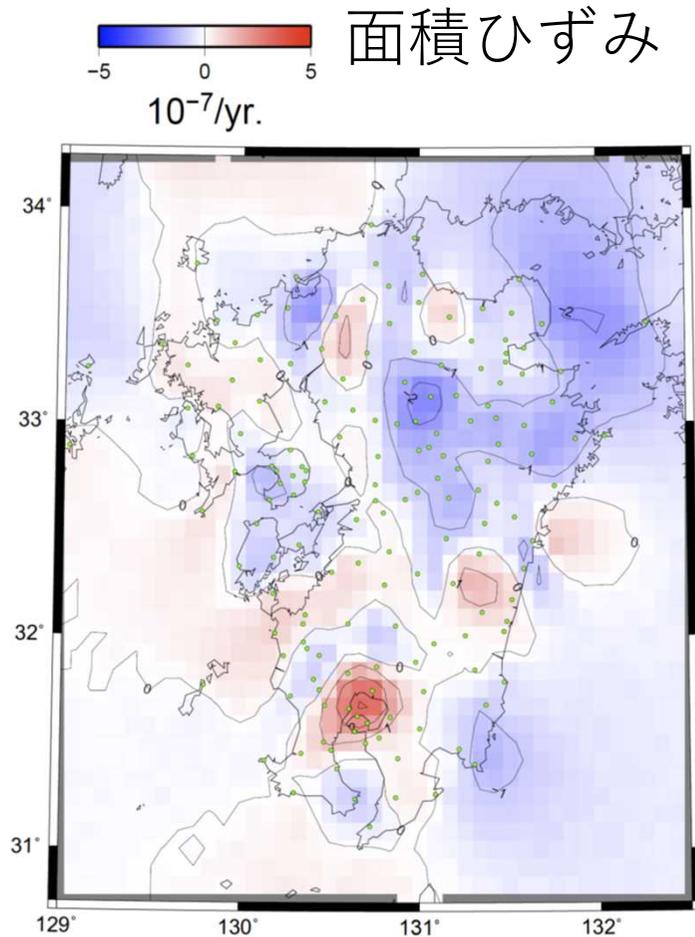


定常的な変動を補正後の余効変動（断層帯南東側）

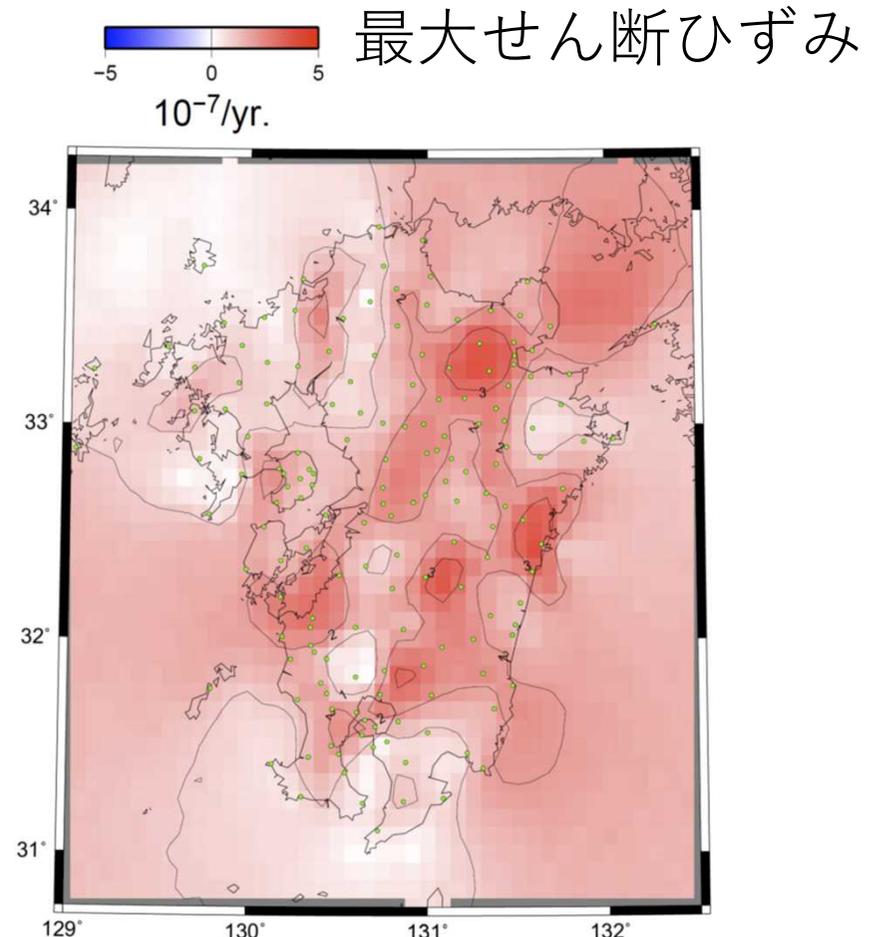
中尾・他（2017）



# GEONET+九大・京大・鹿大GNSS連続観測による 面積ひずみと最大せん断ひずみ (2004年-2014年)



阿蘇山付近で縮み  
始良カルデラで伸び

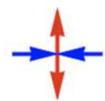


大分地方で最大  
布田川・日奈久断層帯も大きい

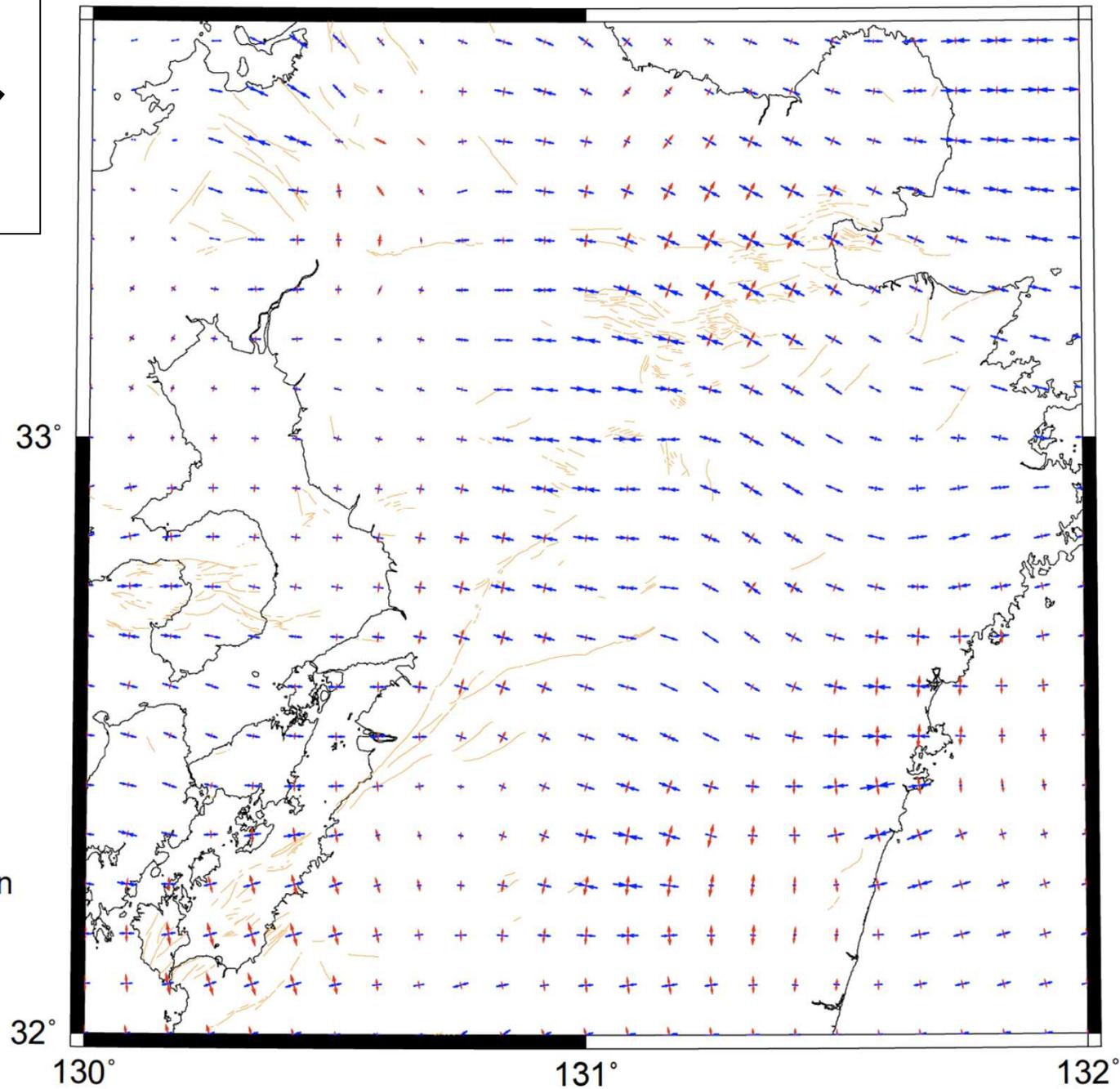
中尾・他 (2017)

# 主ひずみ (2004年～ 2014年)

中尾・他 (2017)



$5 \times 10^{-7}$  strain



# 熊本平野における反射法地震波探査

## 熊本平野周辺地質図

(産総研シームレス地質図より作成)

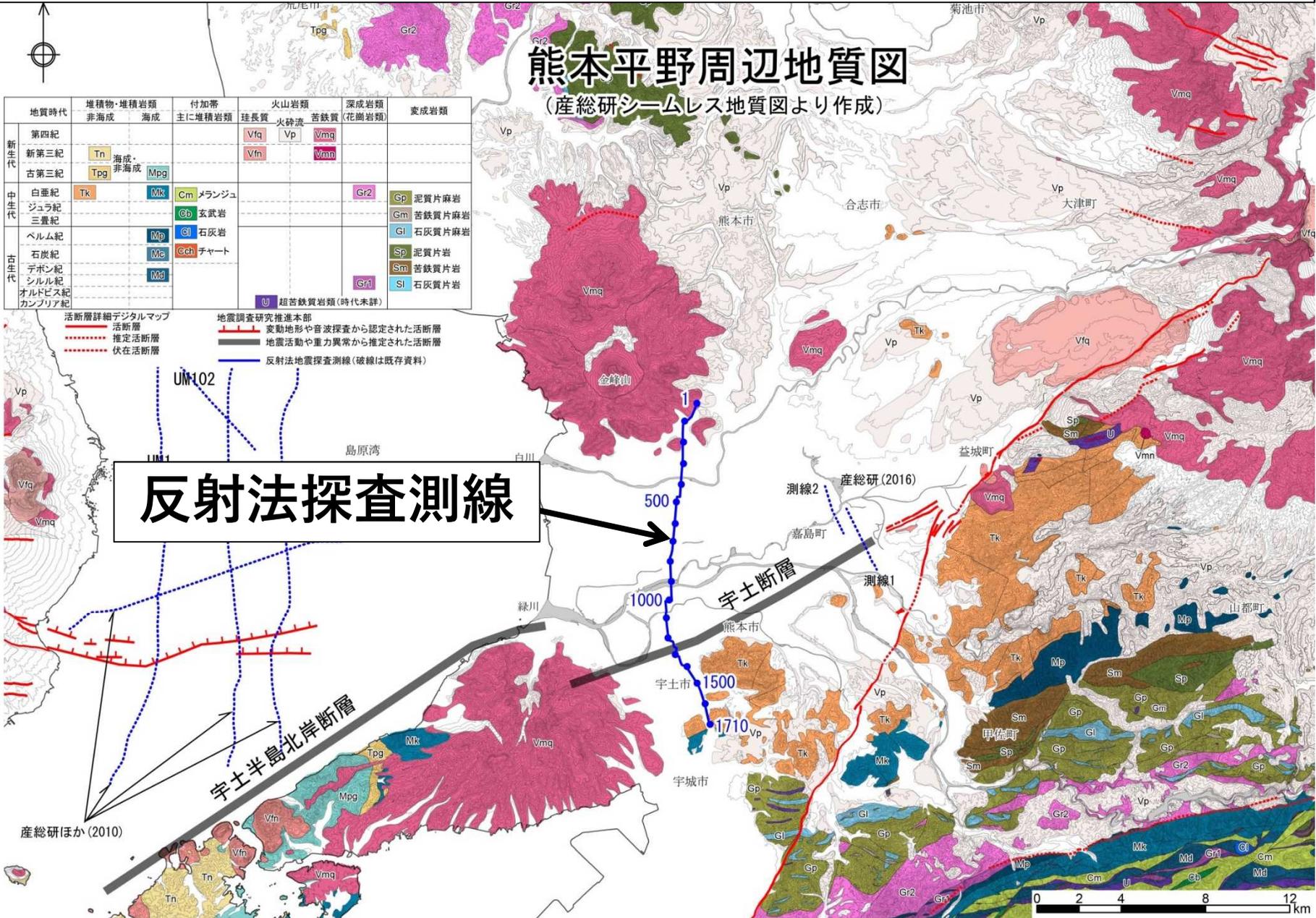
地質時代	堆積物・堆積岩類	付加帯	火山岩類	深成岩類	変成岩類
第四紀	非海成 海成	主に堆積岩類	凝灰岩類 火砕流 苦鉄質	(花崗岩類)	
新第三紀	Tn		Vfq Vfn Vmq Vmn		
古第三紀	Tpg Mpg				
中生代	白亜紀 Tk	Mk		Gr2	Gp 泥質片麻岩 Gm 苦鉄質片麻岩 Gl 石灰質片麻岩
ジュラ紀		Cm メランジュ			
三畳紀		Gb 玄武岩			Sp 泥質片麻岩 Sm 苦鉄質片麻岩 Si 石灰質片麻岩
ペルム紀		Mp			
石炭紀		Ma			
デボン紀		Cch チャート			
シルル紀		Md			
オルドビス紀					
カンブリア紀					
			U 超苦鉄質岩類 (時代未詳)		

活断層詳細デジタルマップ  
 活断層  
 推定活断層  
 伏在活断層

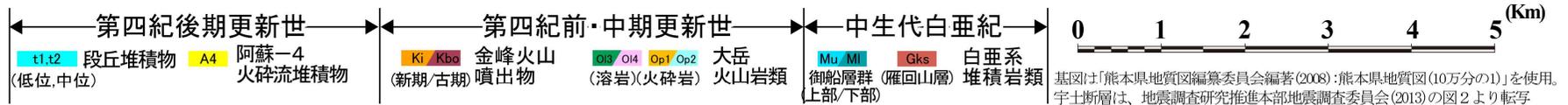
地震調査研究推進本部  
 変動地形や音波探査から認定された活断層  
 地震活動や重力異常から推定された活断層

反射法地震探査測線 (破線は既存資料)

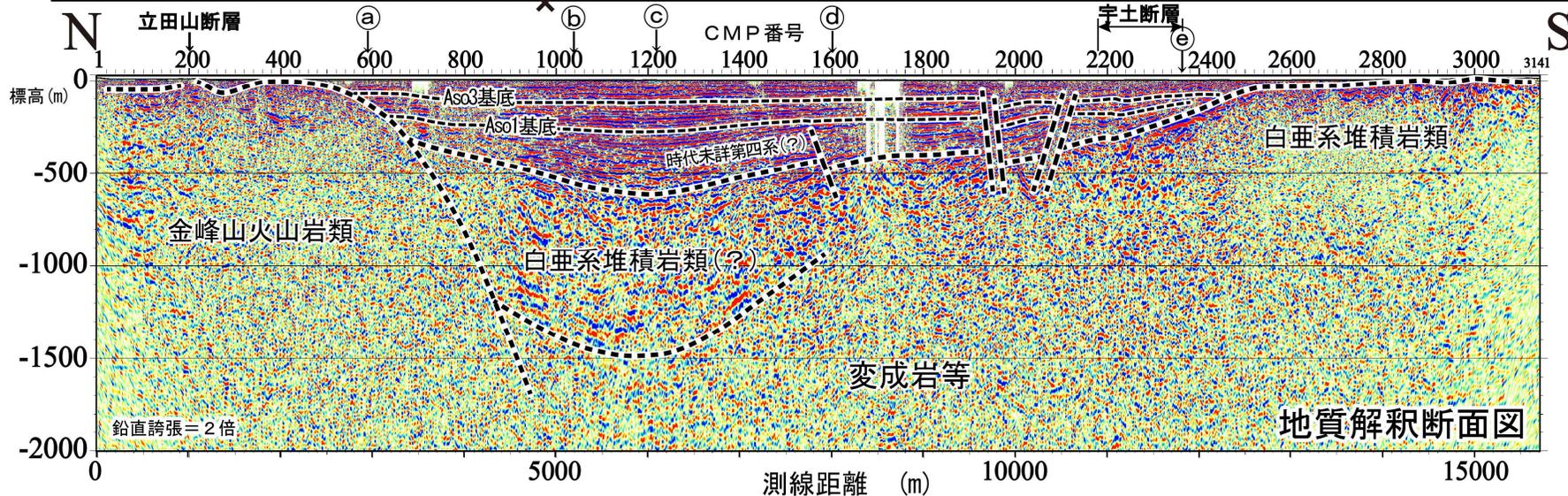
## 反射法探査測線



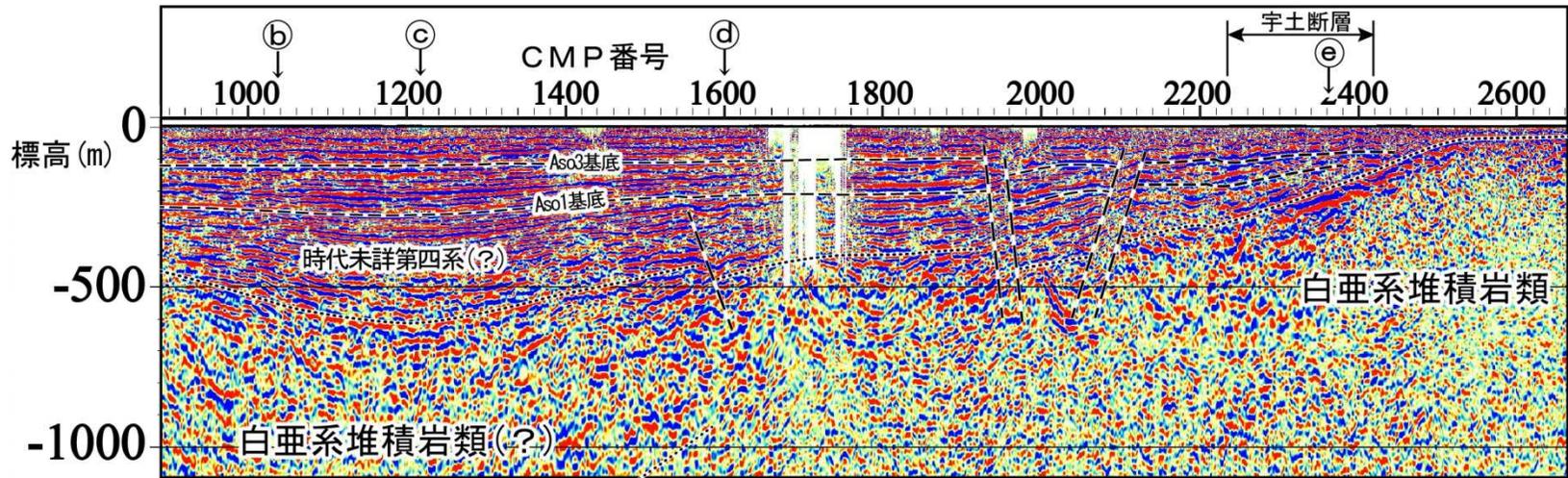
# 反射法探査の結果(地質解釈図)



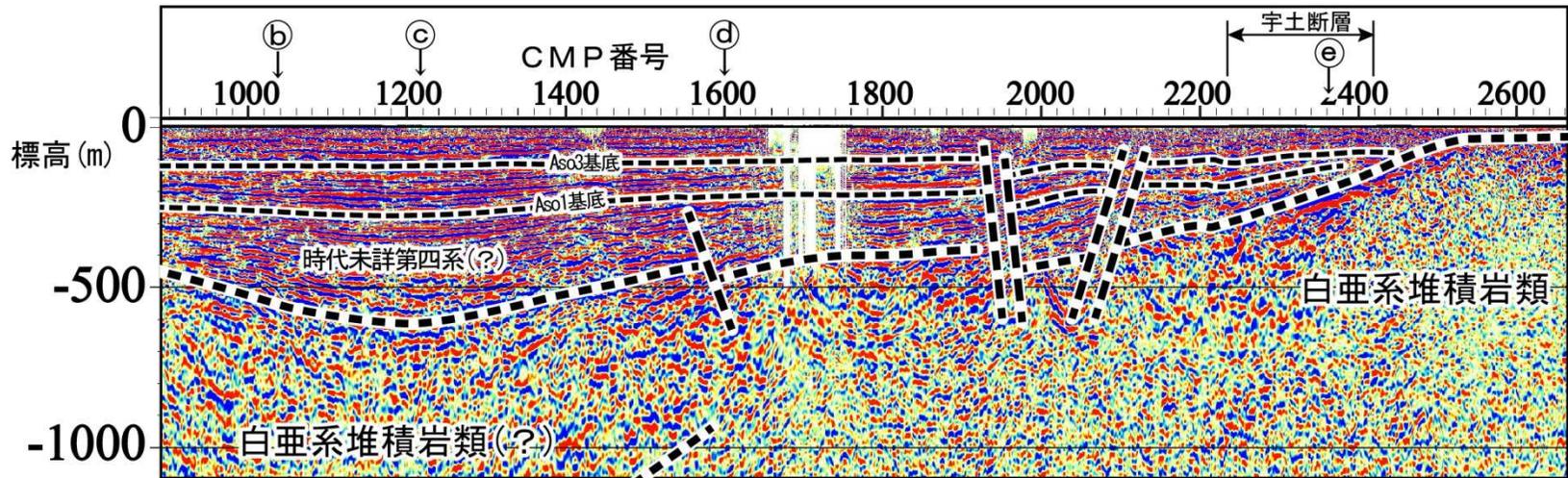
基図は「熊本県地質図編纂委員会編著(2008):熊本県地質図(10万分の1)」を使用。  
 宇土断層は、地震調査研究推進本部地震調査委員会(2013)の図2より転写



# 反射法探査の結果(拡大図)



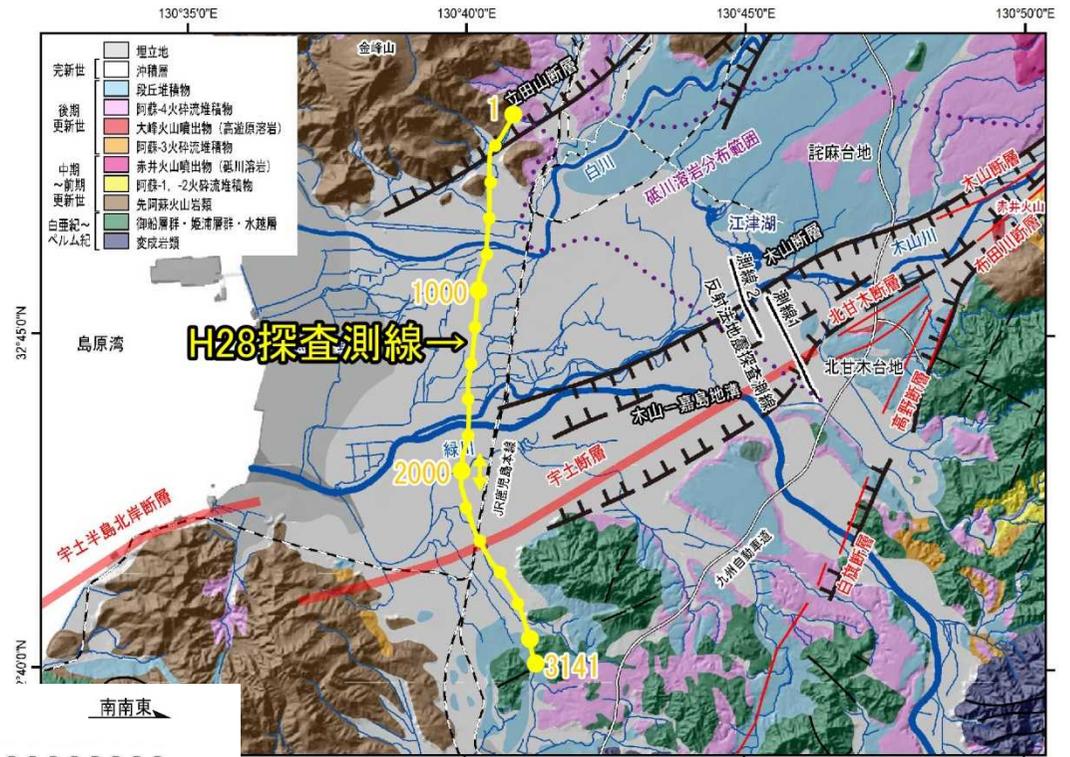
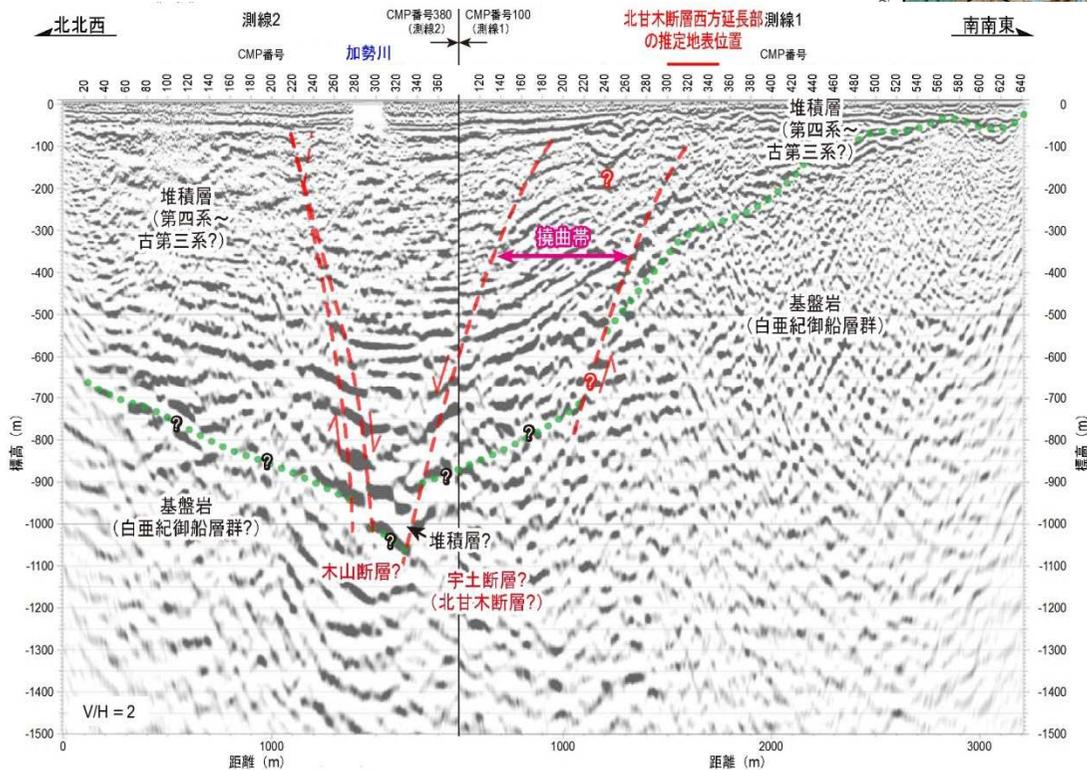
地質解釈断面図



地質解釈断面図

# H27年度の産業技術総合研究所による調査結果との対応

中型バイブロサイズを震源とした反射法地震探査による解釈断面図



宇土区間とその周辺の表層地質図に測線を加筆

産業技術総合研究所(2016): 地域評価のための活断層調査(九州地域)平成27年度成果報告書【3. 布田川断層帯/宇土区間】より引用

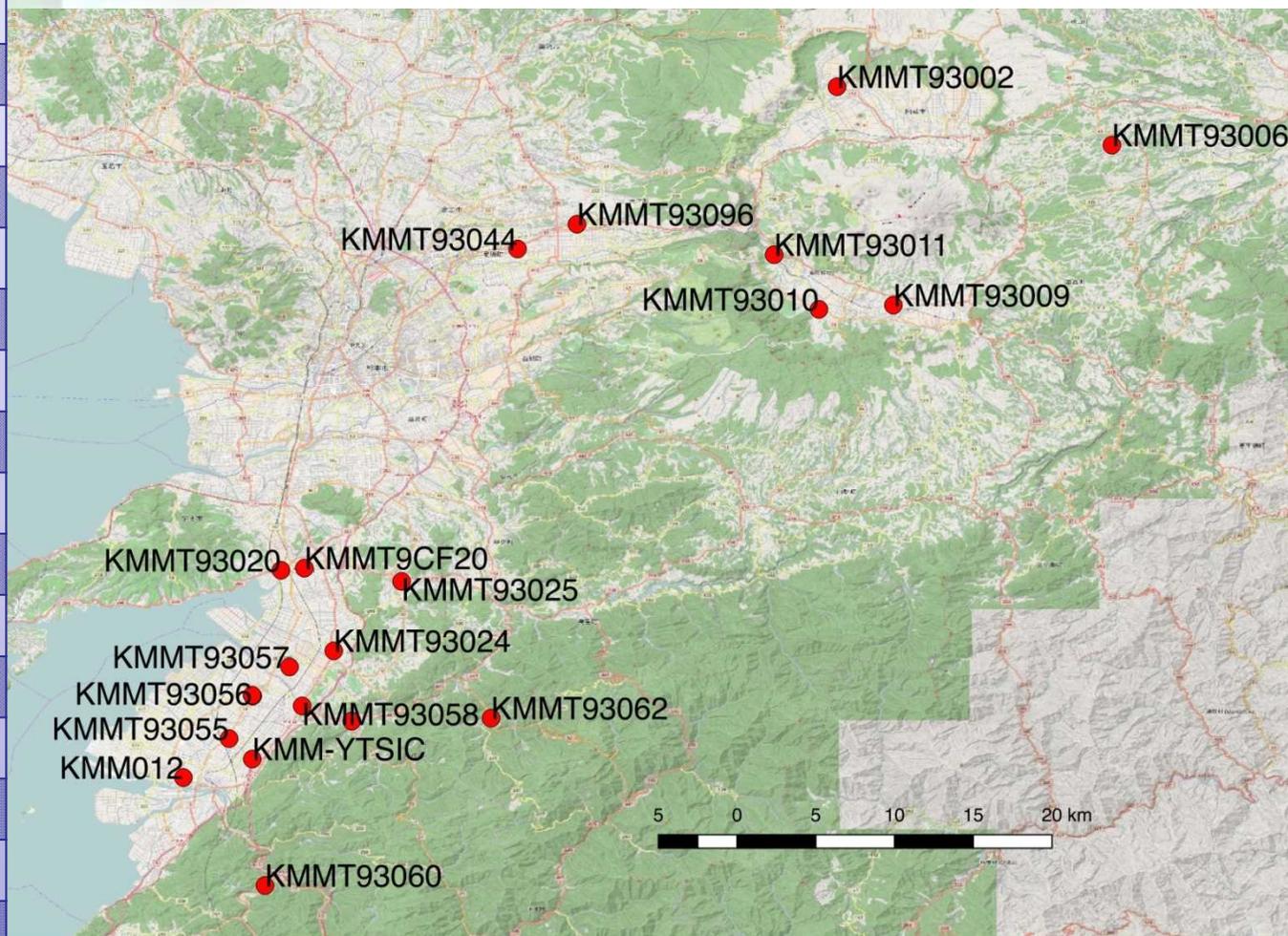
## 震源断層モデル・地下速度構造モデルの高度化

### 平成28年度の実施内容

- (1) 熊本地震時の臨時強震観測・微動観測や分析情報の収集  
(SIP、科研費(特別研究促進費))
- (2) 熊本平野を中心とした臨時強震観測の展開
- (3) 自治体震度計記録の収集
- (4) 強震観測点サイト(自治体震度計)等での微動アレイ観測
- (5) 熊本平野、八代平野での微動調査、地盤情報調査  
平成29年度の八代平野調査に向けての単点微動観測、  
熊本平野・八代平野を中心とした温泉ボーリング情報の収集

# 微動アレイ観測

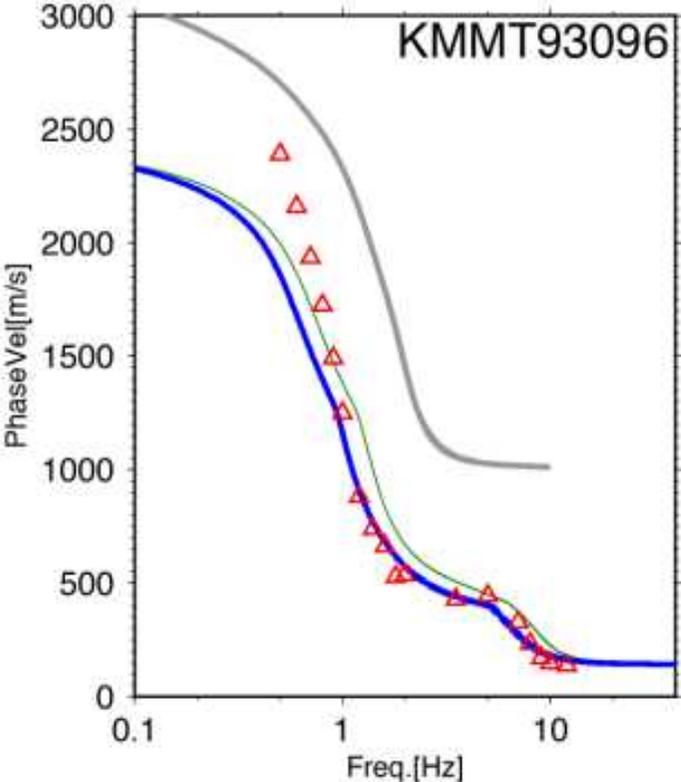
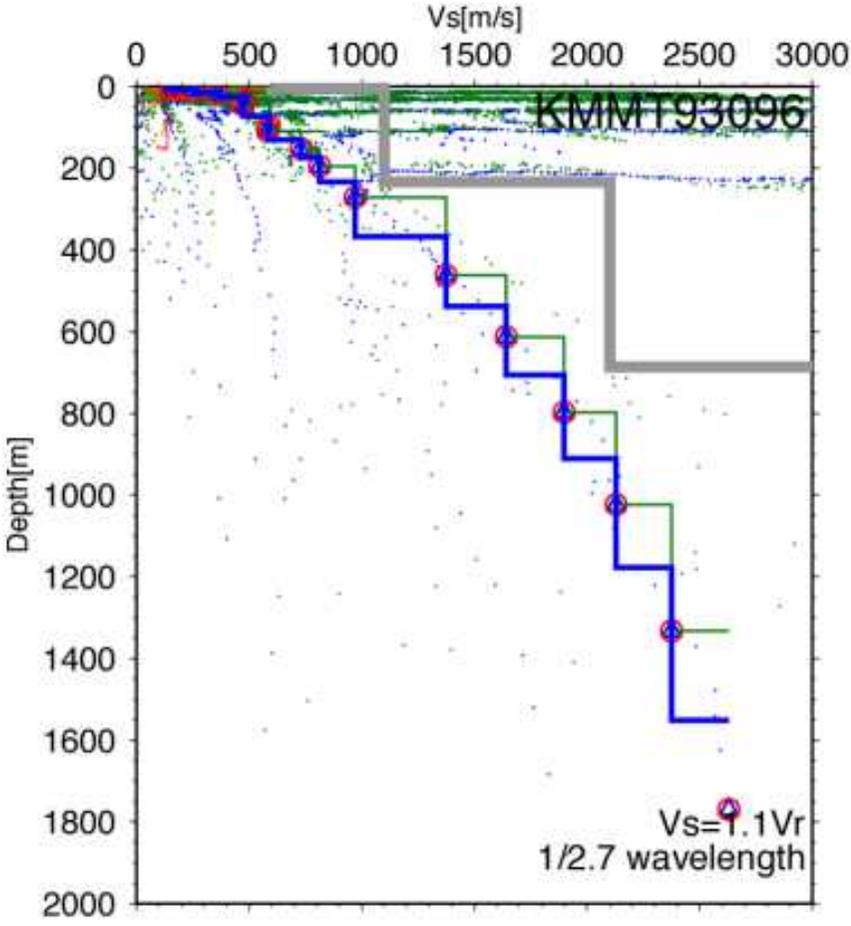
番号	地点名
93002	阿蘇市内牧
93006	阿蘇市波野
93009	南阿蘇村白水
93010	南阿蘇村久木野
93011	南阿蘇村長陽
93020	宇城市不知火
93024	宇城市小川
93025	宇城市豊野
93044	菊陽町役場
93055	八代市千丁
93056	八代市鏡
93057	氷川町役場
93058	氷川町宮原
93061	八代市東陽
93096	大津町役場
9CF20	宇城市役所
KMM012	八代市役所
93060	八代市坂本
93062	八代市泉
YTSIC	八代ICそば



# 微動アレイ観測による構造とJ-SHIS-V2モデルとの比較

岩田・他 (2017)

## 大津町役場



S波速度構造モデル

青、緑: 簡易変換速度構造 (Ballad, 1964など)  
 灰: J-SHIS v2モデル

分散曲線

△: 観測位相速度  
 青、緑: 簡易変換速度構造  
 灰: J-SHIS v2モデル

# 断層帯周辺における強震動予測の高度化 のための調査研究(H28年度成果)

- 阿蘇、大津・菊陽、宇土半島付け根、八代平野、九州山地内の自治体震度計観測点近傍で微動アレイ探査を実施
- 阿蘇、大津・菊陽、宇土、八代平野の観測位相速度(0.5~10Hz帯域)はJ-SHIS-V2モデルからの理論値を大幅に下回る。
  - 地盤速度構造モデルは大幅修正の必要
  - ただし、観測データの精査も必要
- 今後、微動H/V、地震動R/V・H/V、サイト増幅特性等のデータを揃え、地盤速度構造モデル修正に活かす

## サブテーマ4：関係自治体との連携による調査成果の普及と活用 の実践的研究

### 熊本県内における防災・減災に関わる関係機関への 事業説明並びに連携強化

#### 平成28年度：

熊本県、熊本市、益城町並びに八代市の危機管理と教育委員会  
への本プロジェクトの説明と協力要請

#### 平成29年度：

「平成29年度市町村及び消防本部等国民保護・防災・消防担当  
課長及び担当者会議」での平成28年度成果の説明と平成29年度  
調査観測に対する協力要請

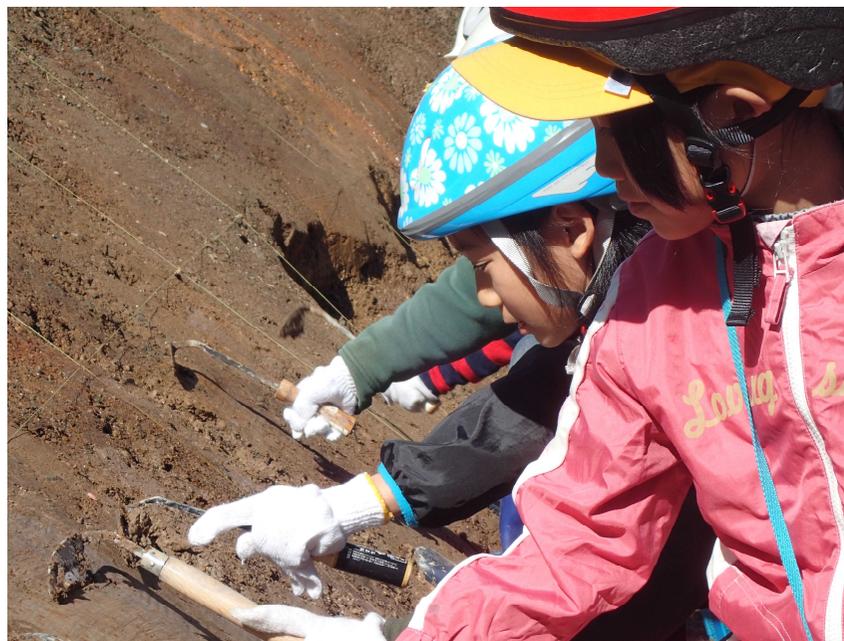
# 調査成果の防災・減災教育への活用

平成28年度:

甲佐町立白旗小学校の児童67名を対象にトレンチ壁面観察と断層実験・振動実験を併せて3時間の授業を実施

平成29年度:

益城町で開催された「地震火山こどもサマースクール」の開催支援(講師の派遣、教材の作成と提供)



甲佐町山出トレンチの観察

# 2017年度陸域活断層調査予定

## 今年度の調査地点

② 益城町島田

GPR : 10/23~  
トレンチ : 11月~12月

③ 八代市  
川田町西?

GPR : 10/23~  
ボーリング : 11月~12月  
トレンチ : 1月~

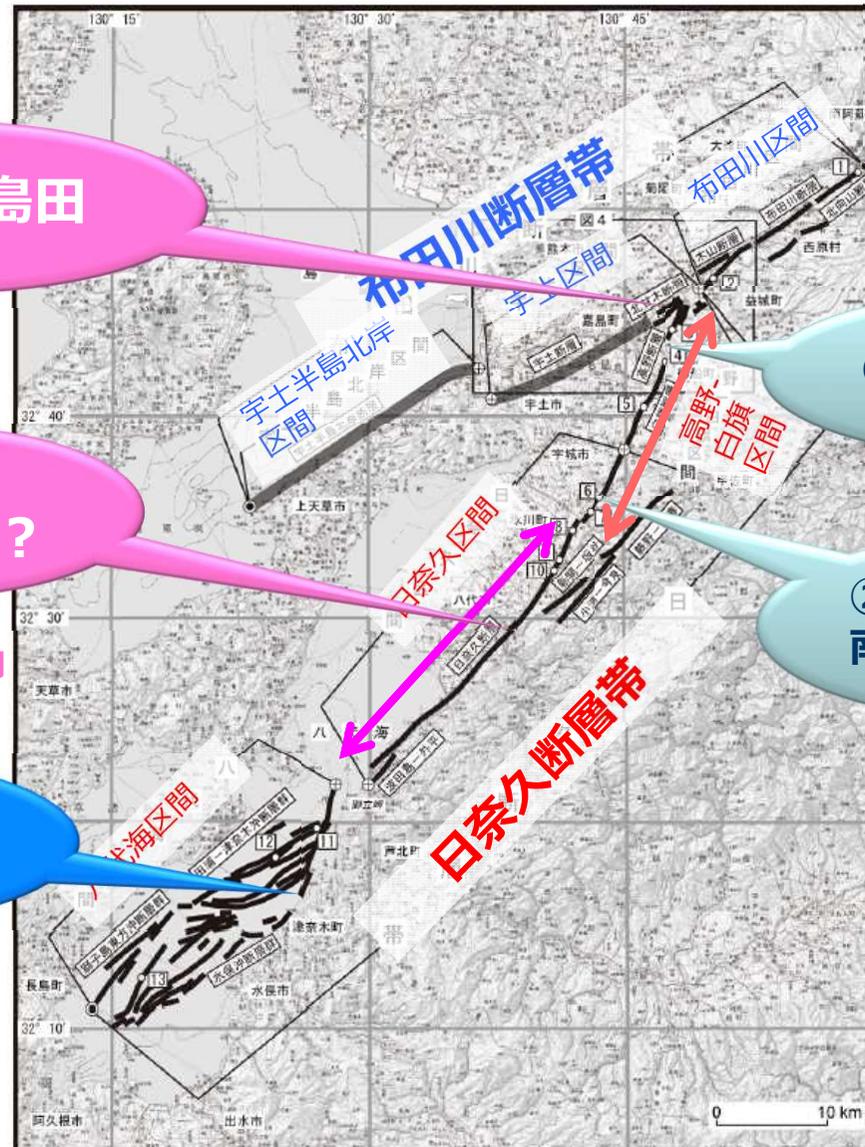
③ 八代海海域  
津奈木沖

① 南阿蘇村  
沢津野?

ボーリング : 10/11~  
GPR : 10/23~  
トレンチ : 11月~12月

① 甲佐町白旗山出

② 宇城市小川町  
南部田



# 平成29年度：八代平野を東西に横断する反射法地震探査

