

# 断層活動・地盤変状について (主に断層変位)

吉見雅行

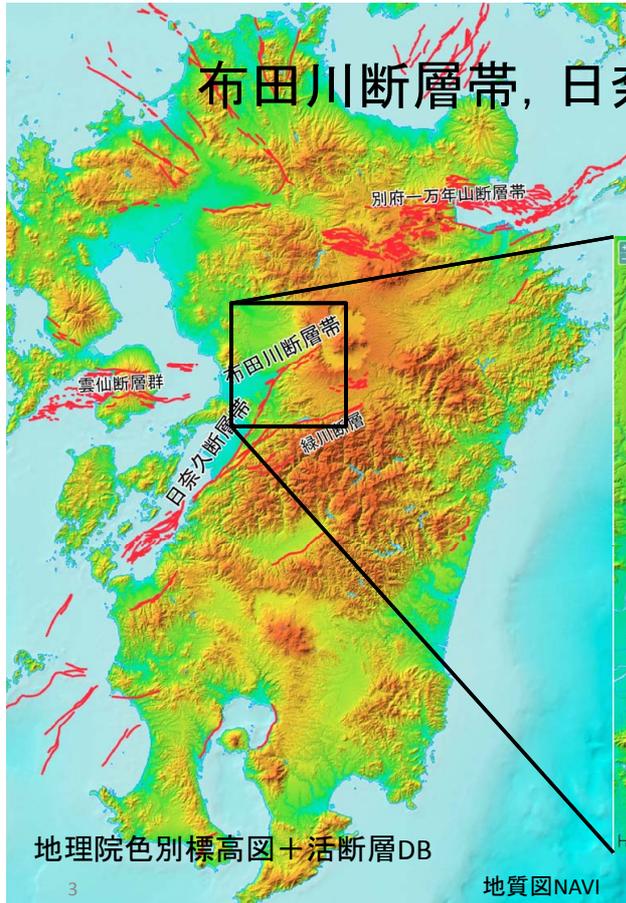
(産業技術総合研究所 活断層・火山研究部門)

## 目次



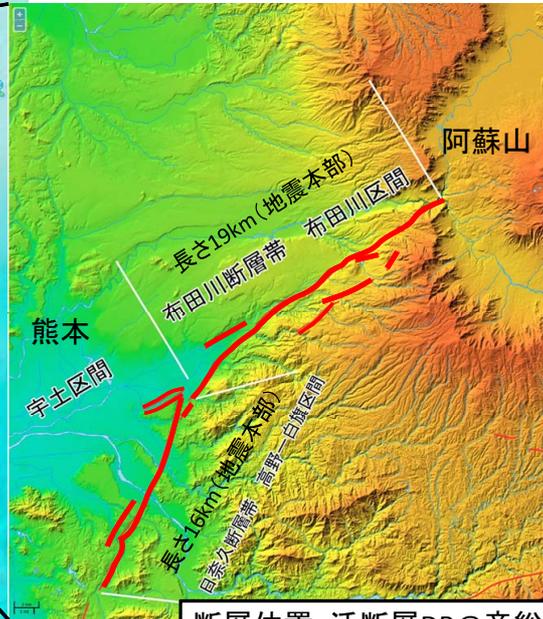
- 2016年熊本地震の断層活動, 地盤変状
  - 断層運動の概要
  - 地表地震断層
- 断層変位による被害の例
  - 俵山バイパス
- 予見可能性について
  - 断層位置
- 2016年熊本地震の教訓

# 布田川断層帯, 日奈久断層帯の位置



地理院色別標高図+活断層DB

地質図NAVI



断層位置:活断層DB@産総研

# 布田川断層帯・日奈久断層帯の評価



地震調査研究推進本部

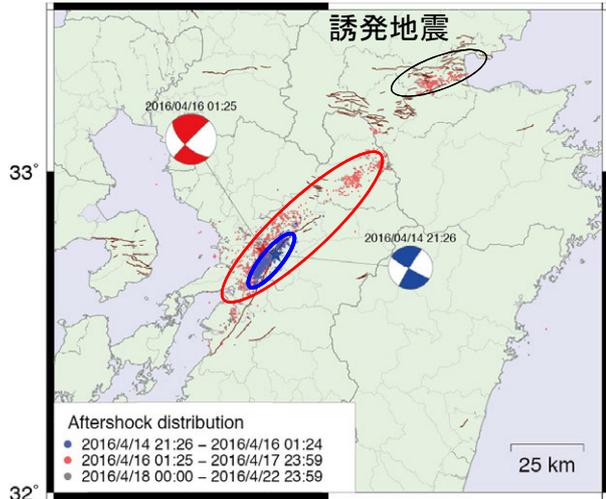
- 布田川断層帯 布田川区間
  - 変位の向き: **右横ずれ**主体.  
南東側の相対的隆起
  - 断層傾斜  
地表付近: 高角度.  
地下: 北西傾斜

- 日奈久断層帯 高野-白旗区間
  - 変位の向き: **右横ずれ**主体
  - 断層傾斜: 高角度

地理院地図+活断層DB  
地質図NAVI

本サイトは「新編アンケート」で公開されている情報を取得し表示しています。データの内容については公式ページにあるお問い合わせフォームのウェブサイトに確認ください。

# 2016年熊本地震と余震活動



4/14 21:26の地震 (M6.5、Mw 6.2) で開始。

4/16 01:25の地震 (M7.3、Mw 7.0) は布田川断層帯と日奈久断層帯をまたいで発生

由布院で誘発地震

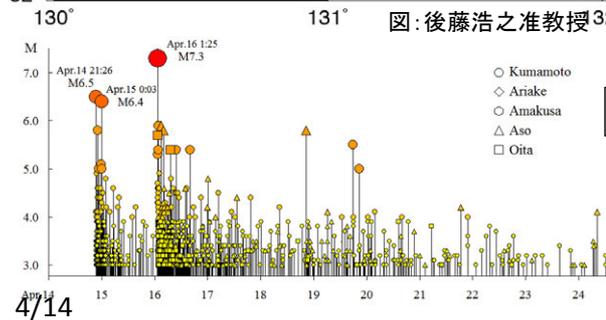
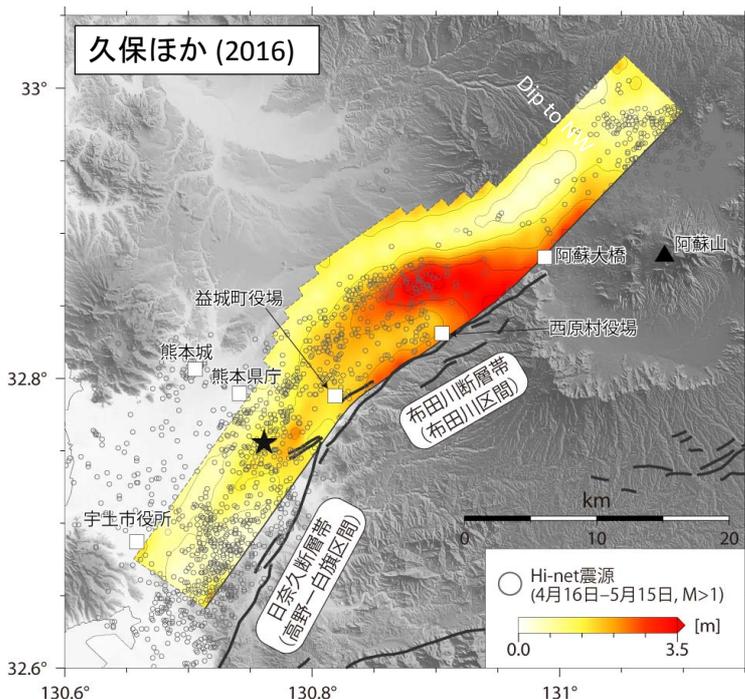


図: 後藤浩之准教授

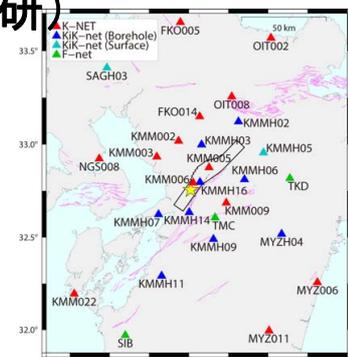
地震活動の規模一時系列図

(JMA data, Wikipedia)

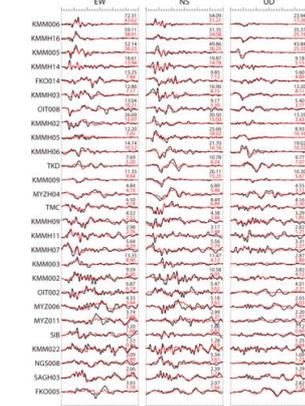
## 地震波形に基づく断層モデル(防災科研)



地表部で3m以上の断層すべり

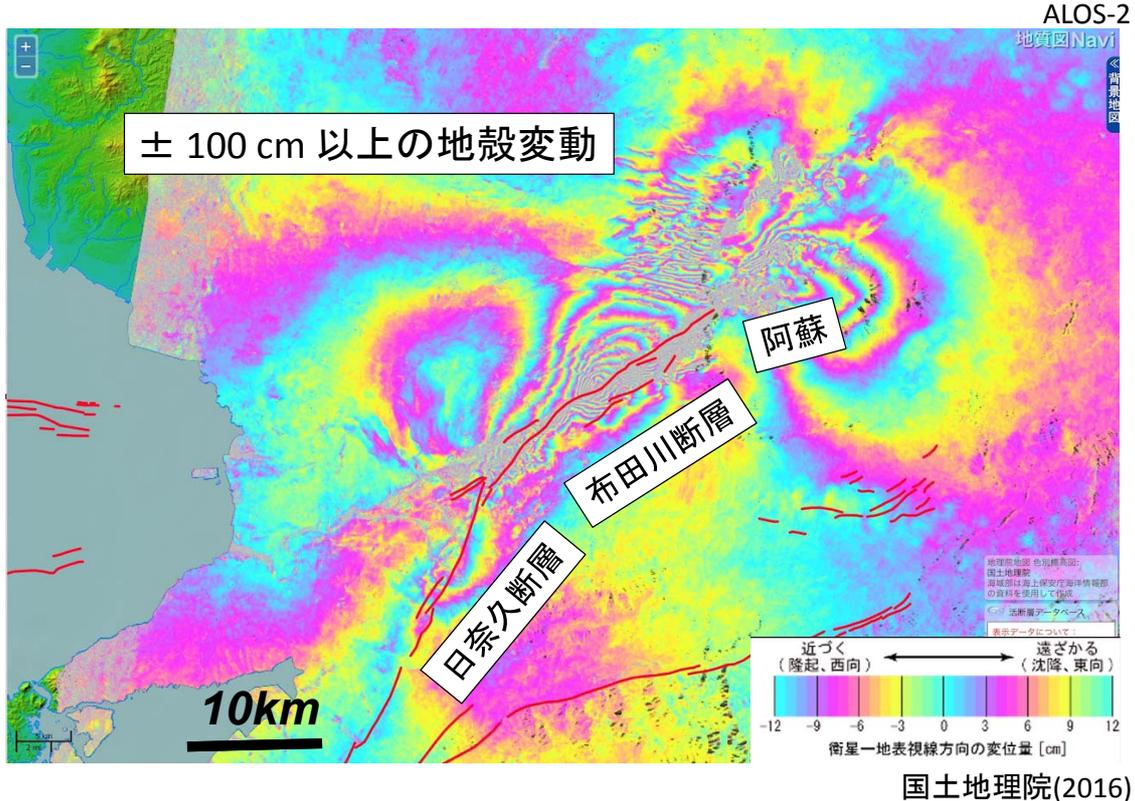


使用した観測点



観測波形と理論波形の比較

## 4/16の地震(M7.3)による地殻変動

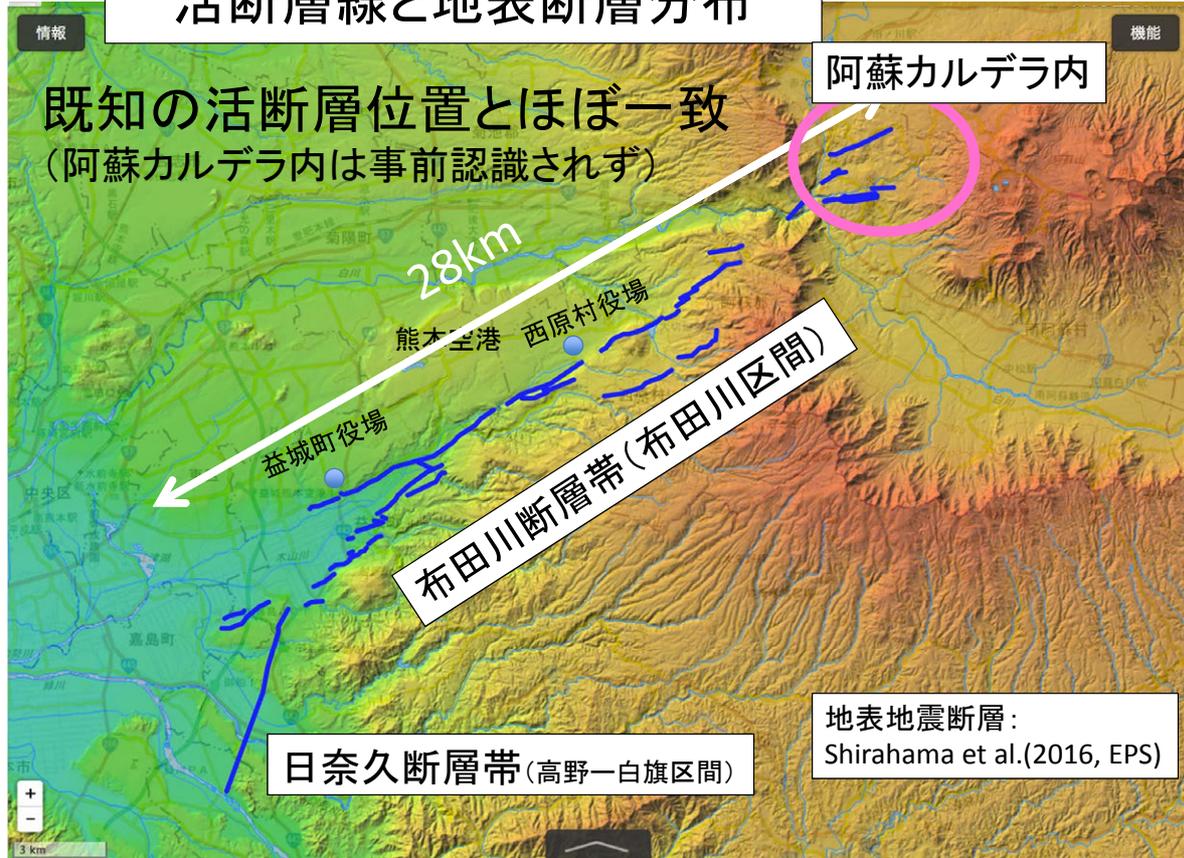


## 熊本地震の地表地震断層調査

- 地表地震断層(地震断層)
  - 地震時に地表に出現した地面のズレ、段差、膨らみ等
  - 連続的で、地すべりや液状化起因ではないもの
    - 震源断層(地下の断層)との連続性が想定されるもの
- 調査項目
  - 位置、走向
  - ズレ(変位)の方向、ズレ量
  - 周囲の地形、地すべり等の有無

## 活断層線と地表断層分布

AIST



AIST

2016年熊本地震の地表地震断層

地表地震断層の写真  
(南西から北東へ)

■日奈久断層 高野一白旗区間

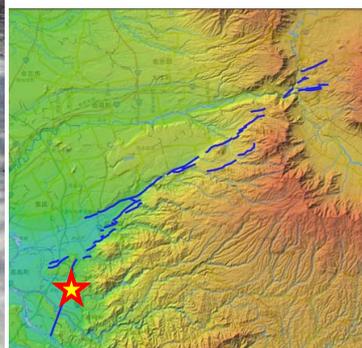


産総研地質調査総合センターHPで公開中  
白濱ほか(2016)

4/14の地震でクラック発生  
4/16の地震後に大きなズレ



右横ずれ0.5m程度



2016.4.17@御船町高木上高野

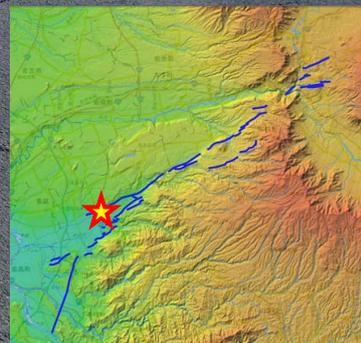
Geological Survey of Japan, AIST

■布田川区間木山断層(益城町市街地)

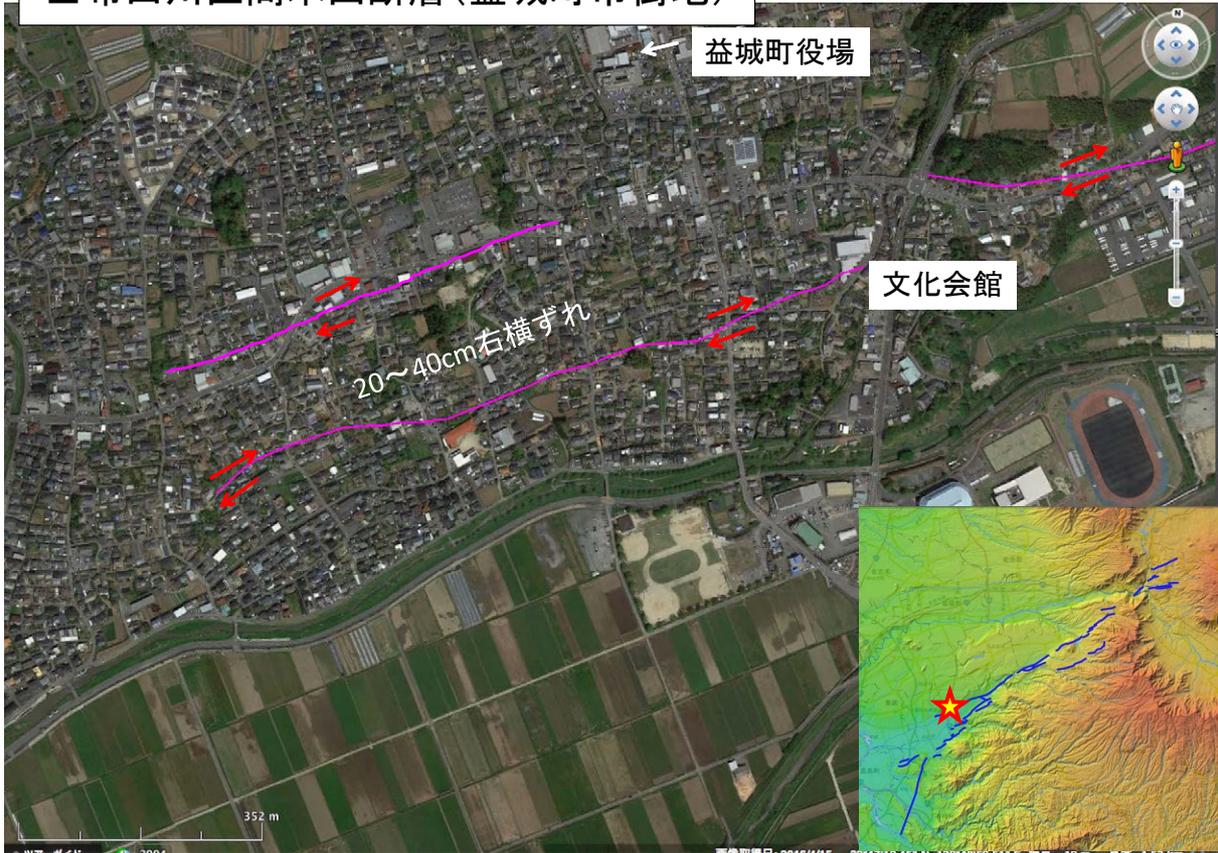
右横ずれ0.4m程度



2016.4.30@益城町木山  
Geological Survey of Japan, AIST

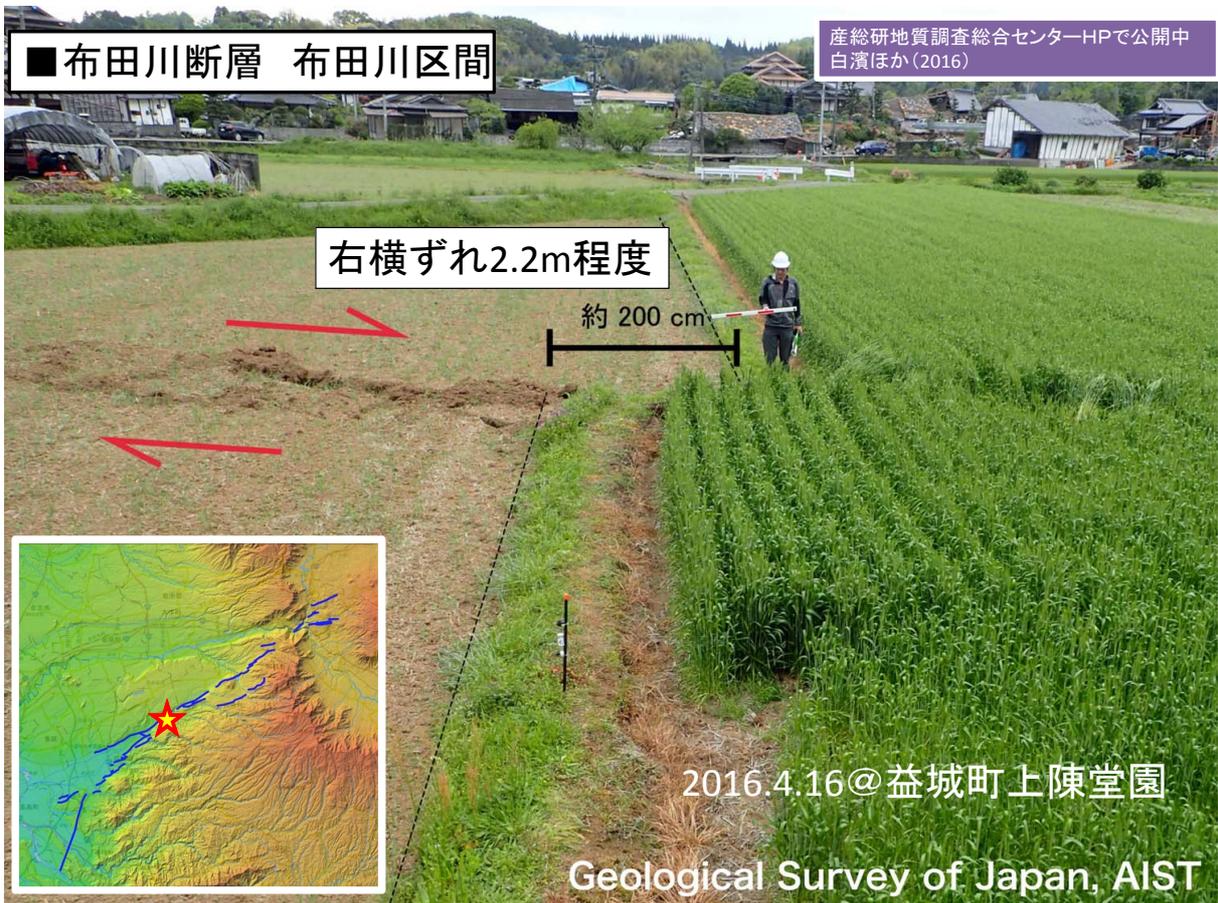


■ 布田川区間木山断層 (益城町市街地)



■ 布田川断層 布田川区間

産総研地質調査総合センターHPで公開中  
白濱ほか(2016)



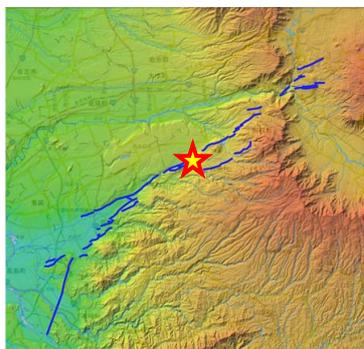
■布田川断層 布田川区間

北東に向かって撮影

断層崖に沿って  
北落ちの正断層変位

変位量は計測不能  
一直線に樹木が傾斜

InSAR等によると崖全体で  
2m程度の北落ち



2016.5.2@西原村

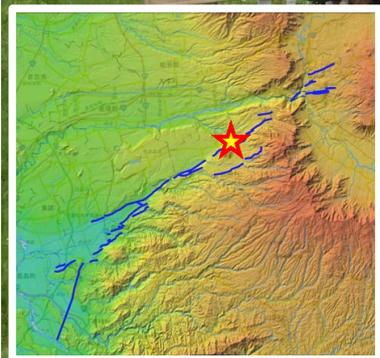
Geological Survey of Japan, AIST  
Geological Survey of Japan, AIST

■布田川断層 布田川区間

センターラインが右横ずれ

右横ずれ1.4m程度

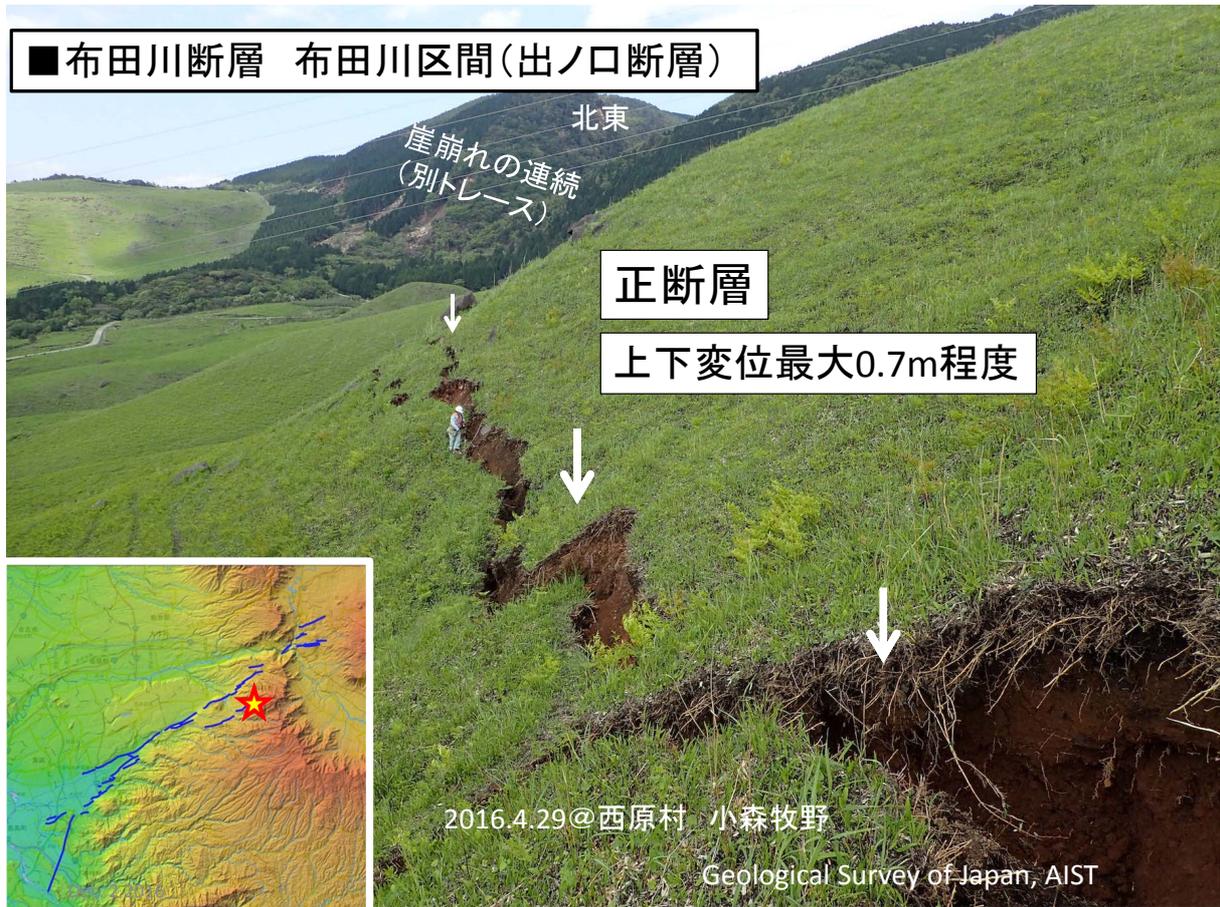
大切畑ダム



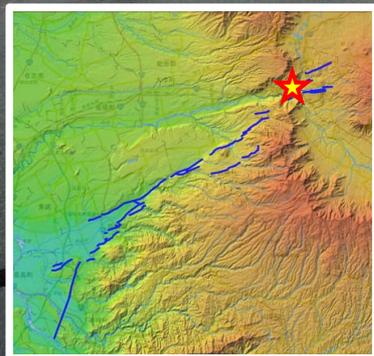
2016.4.23@西原村 大切畑ダム

Geological Survey of Japan, AIST

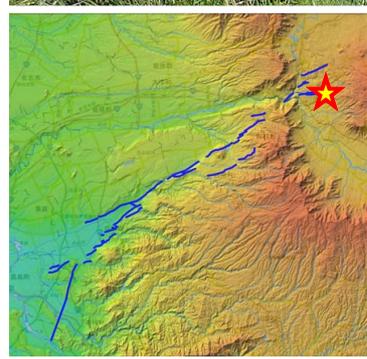
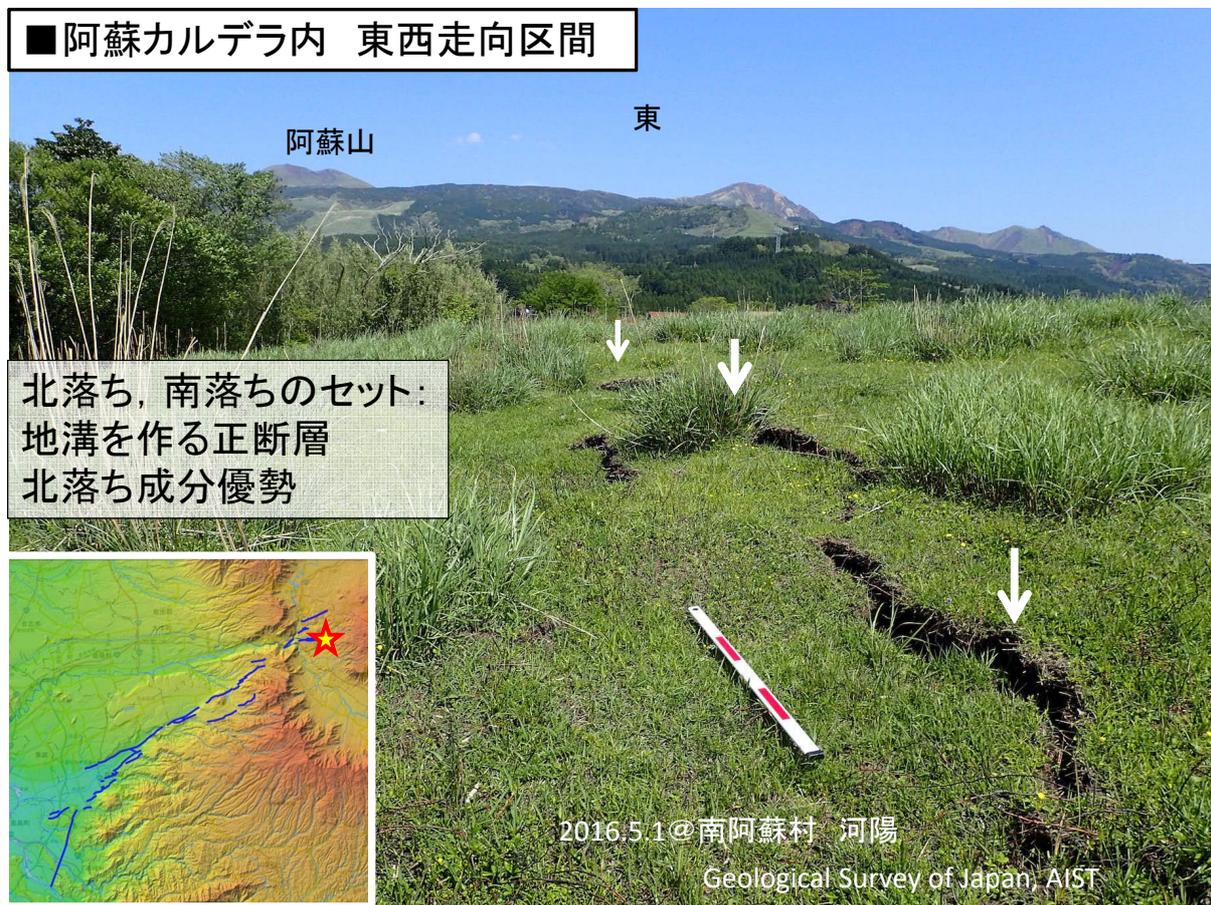
■布田川断層 布田川区間(出ノ口断層)



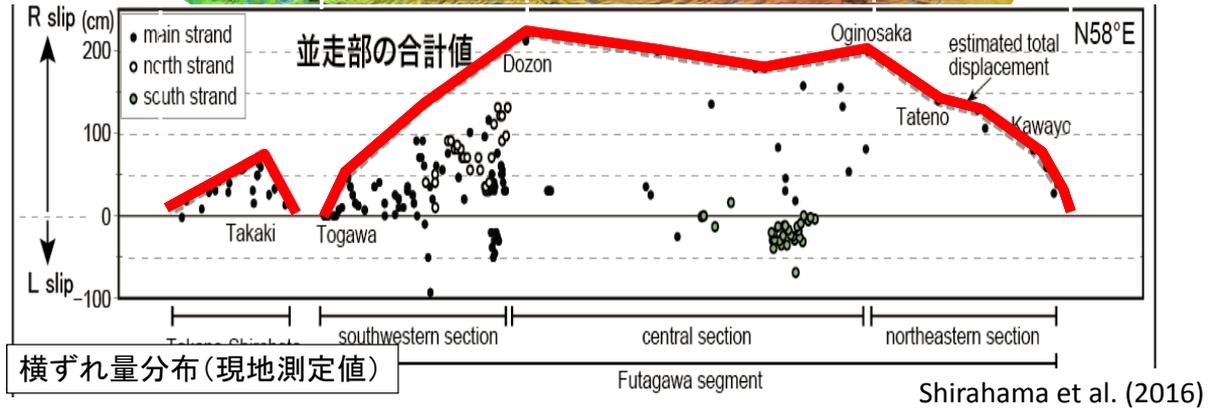
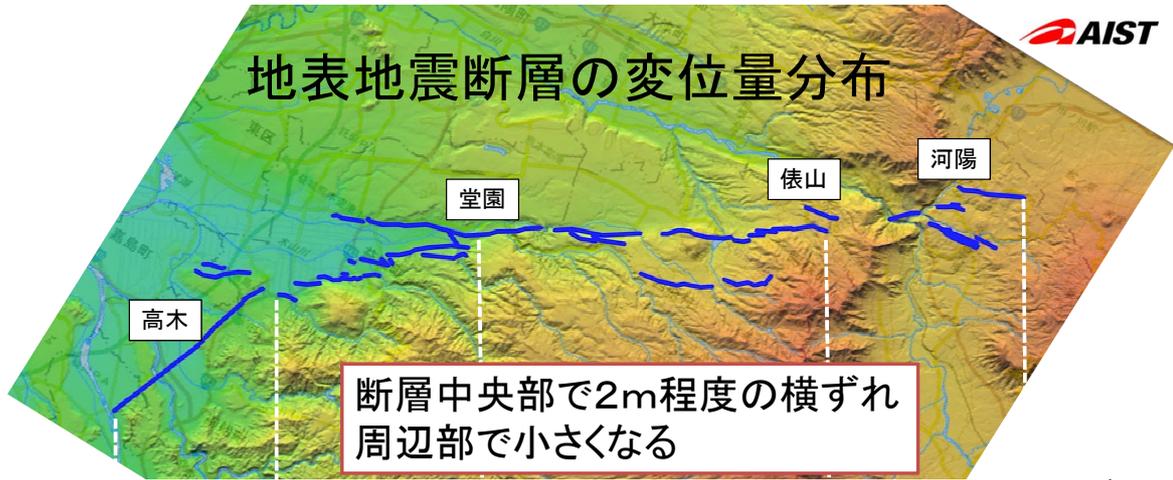
■ 布田川断層 布田川区間延長(阿蘇カルデラ内)



■ 阿蘇カルデラ内 東西走向区間



# 地表地震断層の変位量分布



# 2016年熊本地震の地震断層 最南端部 (御船町山出付近)



2016.4.23 Geological Survey of Japan

# トレンチ調査を実施(山出地区)

産総研(2017):文科省委託

白濱, 宮下, ほか(2017)

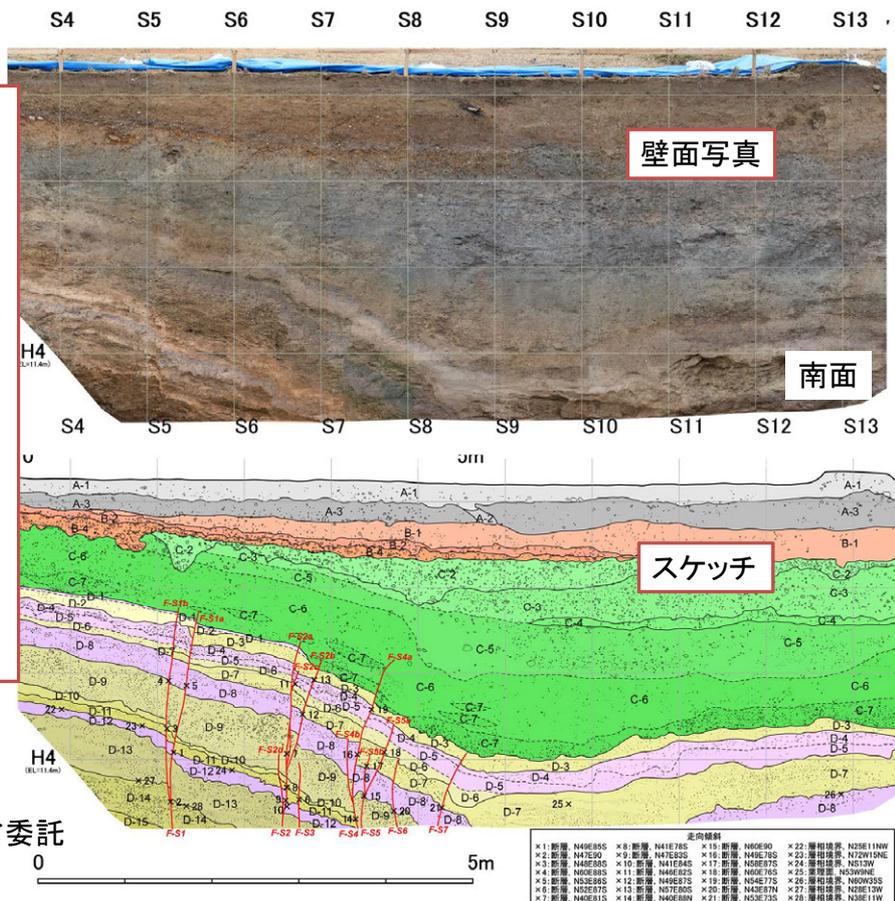
南



深さ約4mの溝(トレンチ)を掘削

山出地点:  
西側低下成分をもつ横ずれ断層が複数回活動していることが明らかになった.

本地点での過去の地震時変位量は2016年熊本地震より遙かに大きい



壁面写真

南面

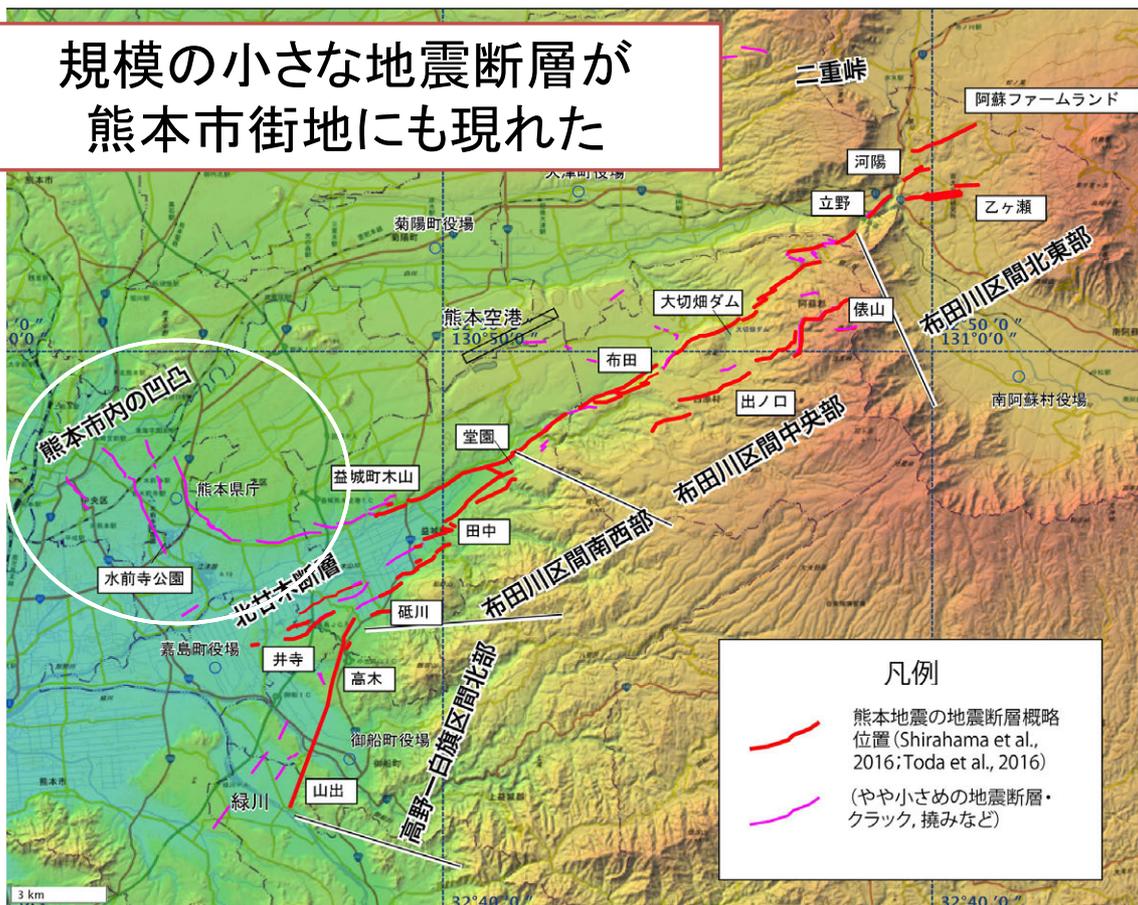
スケッチ

産総研(2017):文科省委託

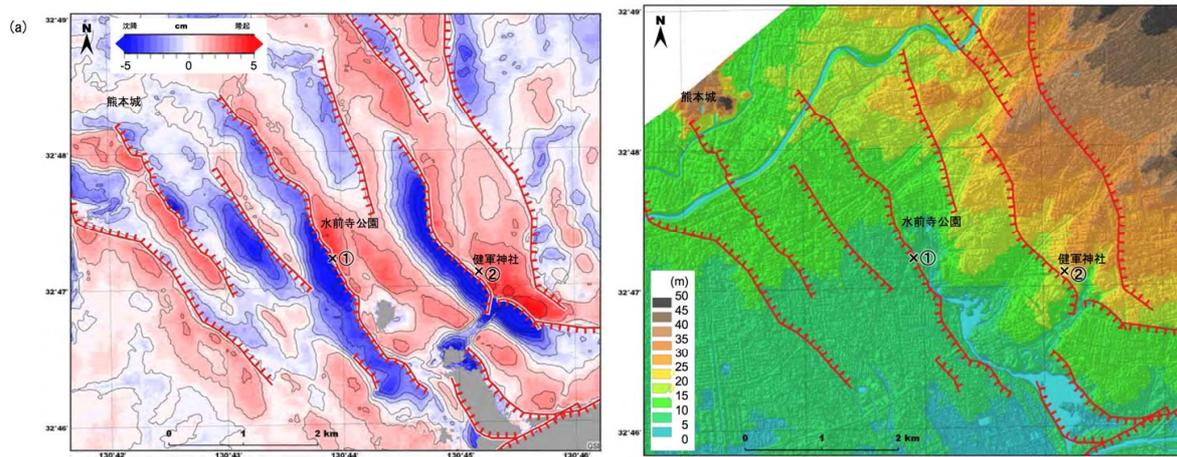
定向録

×1: 断層, N46E85S	×8: 断層, N41E75S	×16: 断層, N06E90	×22: 層相境界, N29E110W
×2: 断層, N47E90	×9: 断層, N47E85S	×16: 断層, N46E78S	×23: 層相境界, N72W10NE
×3: 断層, N46E85S	×10: 断層, N45E85S	×17: 断層, N05E85S	×24: 層相境界, N55W
×4: 断層, N06E88S	×11: 断層, N46E82S	×18: 断層, N06E76S	×25: 層相境界, N45SW10NE
×5: 断層, N53E85S	×12: 断層, N46E75S	×19: 断層, N04E77S	×26: 層相境界, N05W85S
×6: 断層, N52E87S	×13: 断層, N57E85S	×20: 断層, N43E87N	×27: 層相境界, N29E120W
×7: 断層, N40E81S	×14: 断層, N40E80N	×21: 断層, N03E73S	×28: 層相境界, N29E110W

# 規模の小さな地震断層が 熊本市街地にも現れた



## 熊本市街地に現れた凹凸

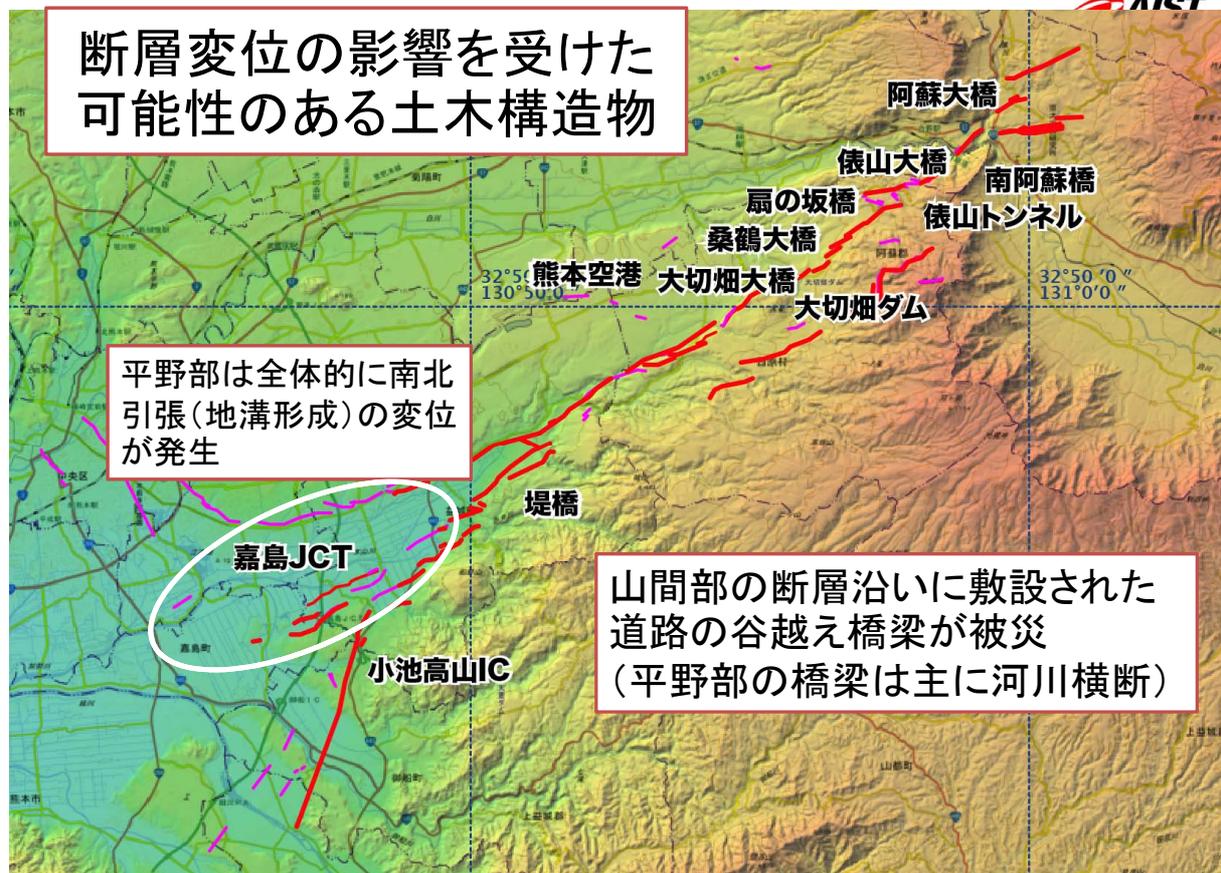


青:沈降部, 赤:隆起部 Fujiwara et al. (2016) EPS, 藤原ほか(2016)国土地理院

最大10cm程度の高低差が発生。  
多くは既存の崖地形に対応→繰り返し活動してきた可能性高い

# 共役断層と解釈されるが, 実体の把握も重要

# 断層変位が影響した 土木構造物の被害



# 県道28号線俵山パイパス沿いの断層



## 地盤変状に伴う橋の被害

第6回道路技術小委員会 資料, 2016.9.13  
[http://www.mlit.go.jp/policy/shingikai/road01\\_sg\\_000312.html](http://www.mlit.go.jp/policy/shingikai/road01_sg_000312.html)

### 兵庫県南部地震以降の基準を適用した道路橋の被災要因の推定

- 目標とした耐震性能を達成できなかった俵山大橋、扇の坂橋、大切畑大橋については、地盤変状の影響により、各下部構造が水平方向及び鉛直方向に移動し、移動量も下部構造毎に相対差があることを確認。
- これらの橋では、支承が設置されている下部構造毎にゴム支承の破壊形態や残留変位の方向が異なるなど、地震動による影響だけで生じた被害とは考えにくく、地盤変状に伴って下部構造の移動の影響が加わって生じた被害と推定。

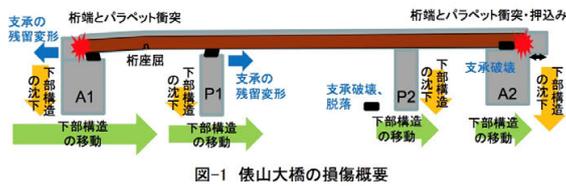


図-1 俵山大橋の損傷概要



写真-1 橋台の沈下 (俵山大橋A1橋脚) 写真-2 ゴム支承の破壊 (俵山大橋P2橋脚) 写真-3 パラベット・ゴム支承の破壊 (俵山大橋A2橋台)

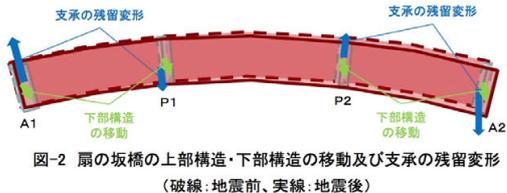


図-2 扇の坂橋の上部構造・下部構造の移動及び支承の残留変形 (破線:地震前、実線:地震後)



写真-4 ゴム支承の残留変形(扇の坂橋A1橋台)

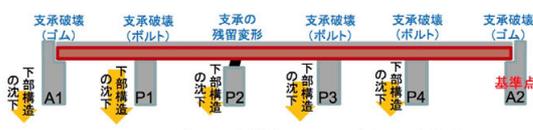


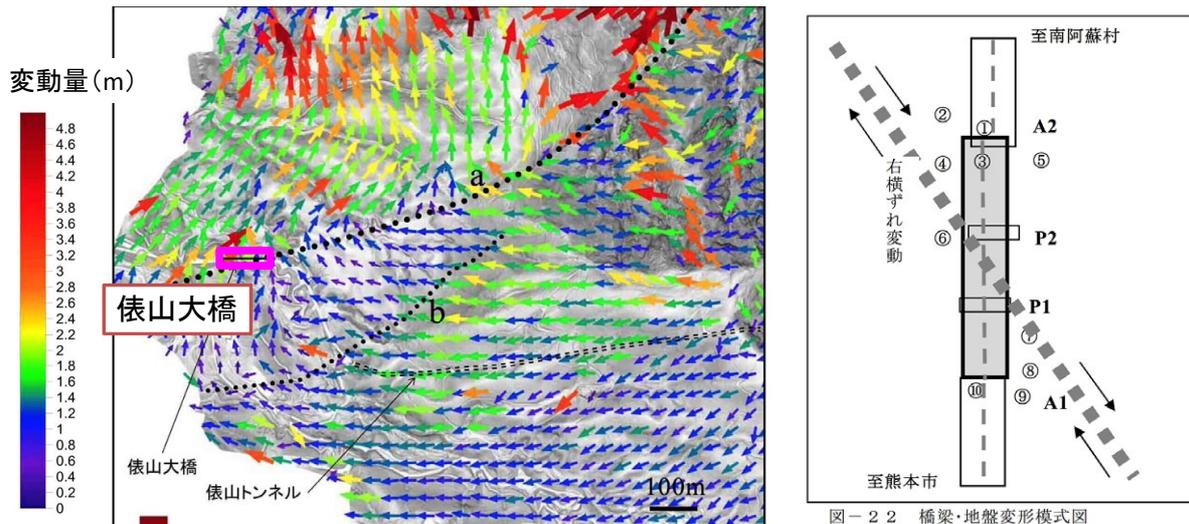
図-3 大切畑大橋の下部構造の沈下及び支承の損傷状況



写真-5 各下部構造で異なるゴム支承の破壊形態(大切畑大橋)

＃大切畑大橋では断層は見つかっていない(変状は否定しない).

# 俵山大橋周辺の地表変状



2時期(2010年, 2016年5月)の地形データを用いた移動量測定結果 高見ほか(2016)応用地質学会

俵山大橋を境に地面の移動量が大きく食い違  
→ 断層が橋を通過

# 俵山大橋を横切る断層の現地写真

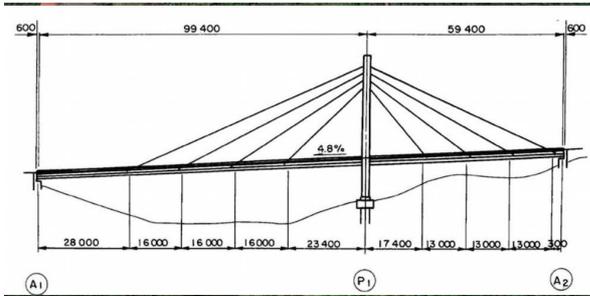


俵山大橋を横切る断層の現地写真(橋上から) 

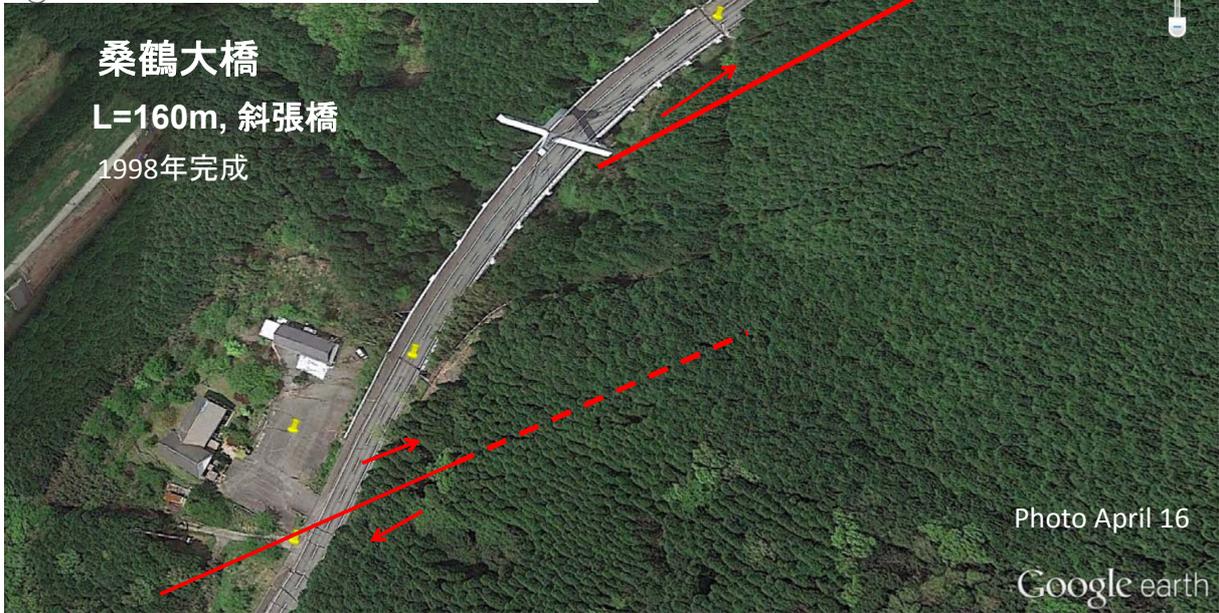


扇の坂橋と俵山大橋の  
中間地点にある右横ずれ





## 桑鶴大橋と断層位置



桑鶴大橋  
L=160m, 斜張橋  
1998年完成

## 桑鶴大橋南の地表変状



センターラインが大きく  
食い違う(右横ずれ)

断層が道路に斜交するため、引張成分も発生

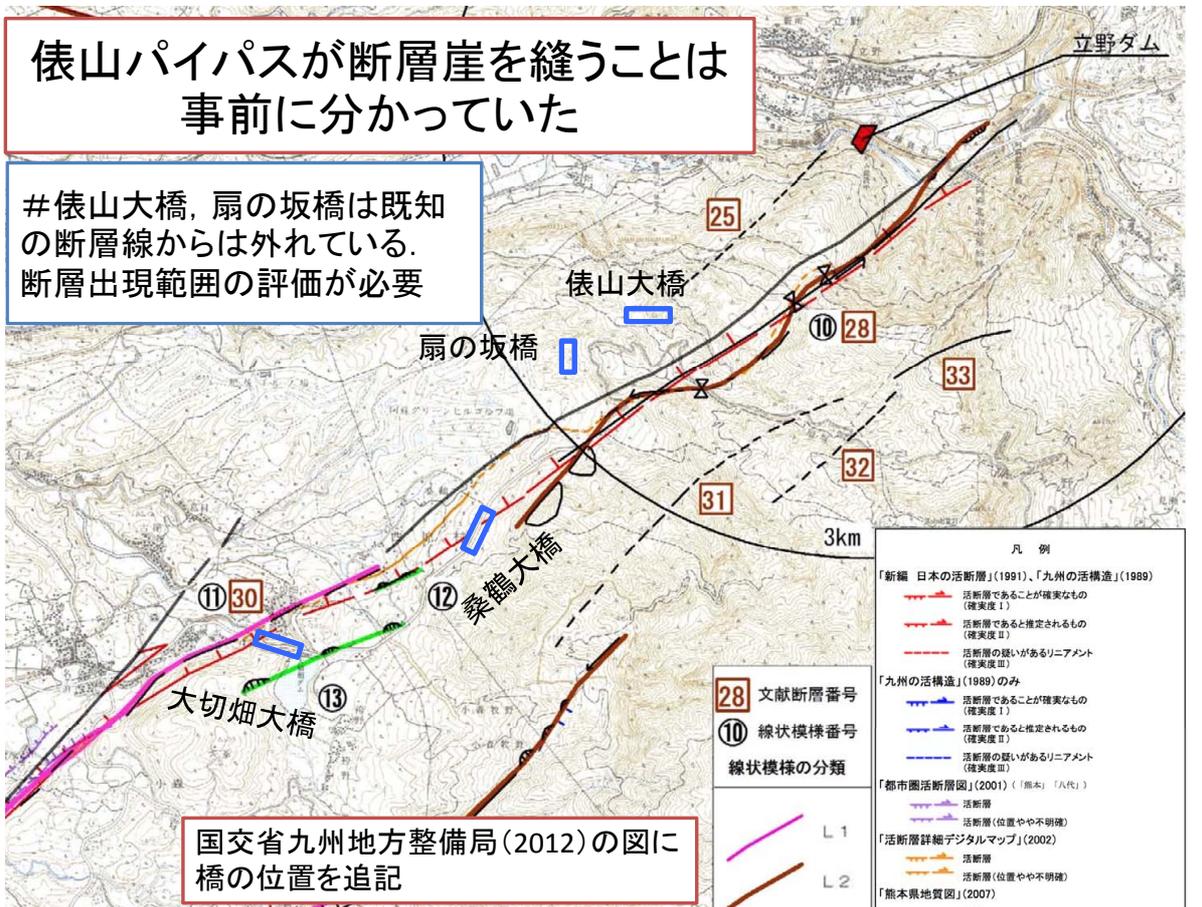
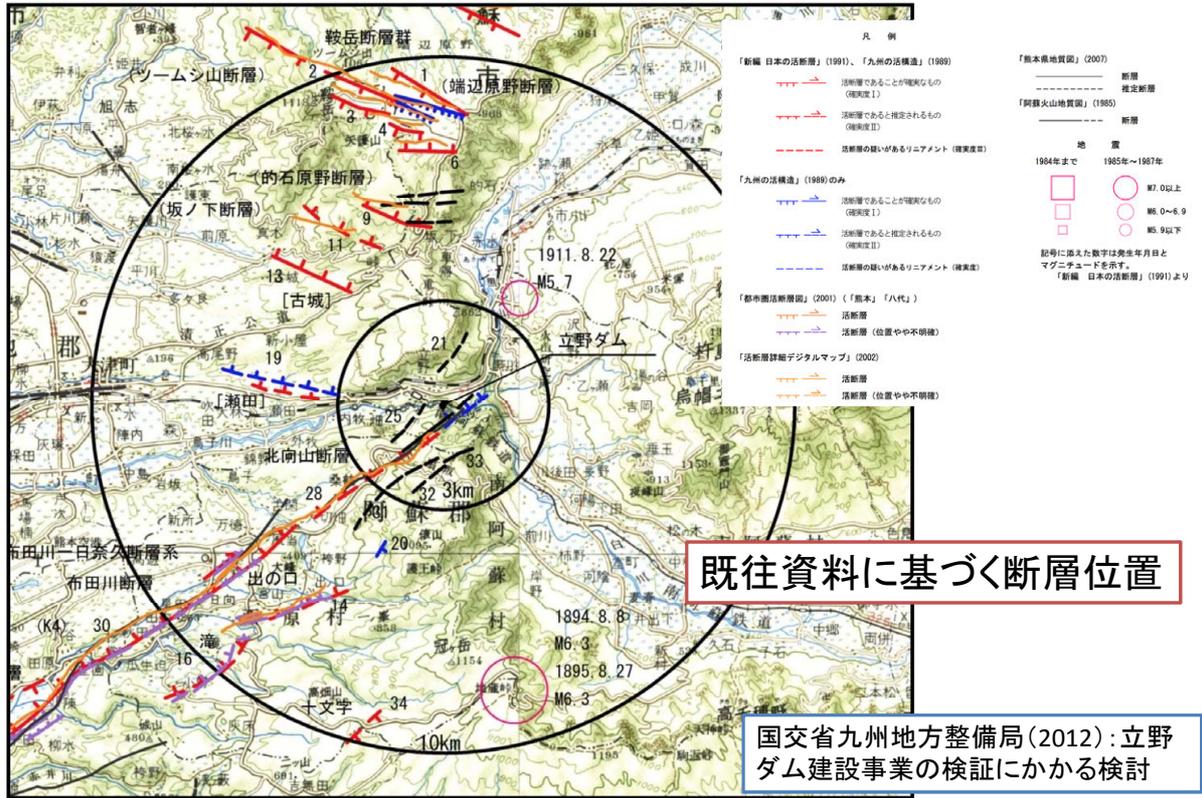
2016 June 1st  
Geological Survey of Japan/AIST

# 桑鶴大橋の真下へ向かう右横ずれ断層



断層変位は予見できたか？

# 布田川断層帯は、良く調査されていた(阿蘇除く)



俵山パイパスが断層崖を縫うことは  
事前に分かっていた

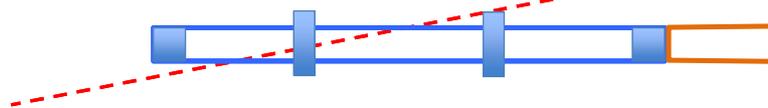
#俵山大橋, 扇の坂橋は既知の断層線からは外れている.  
断層出現範囲の評価が必要

## 今後の地震被害軽減に向けて

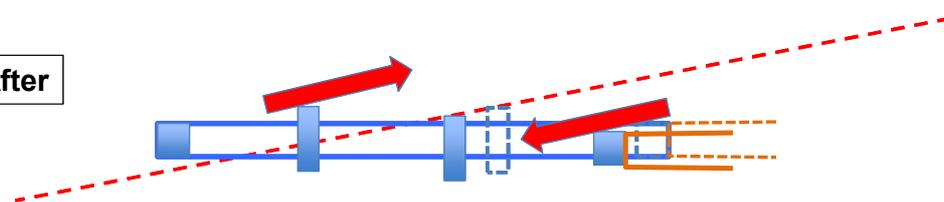
- 断層近傍では、地震動だけでなく断層変位への対処も検討する必要がある。
- 断層変位に対処するためには、断層位置、ずれの向きを知る必要がある。

### 俵山大橋の被害メカニズムと断層交叉角の重要性

Before



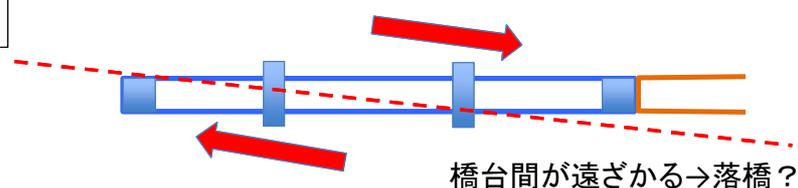
After



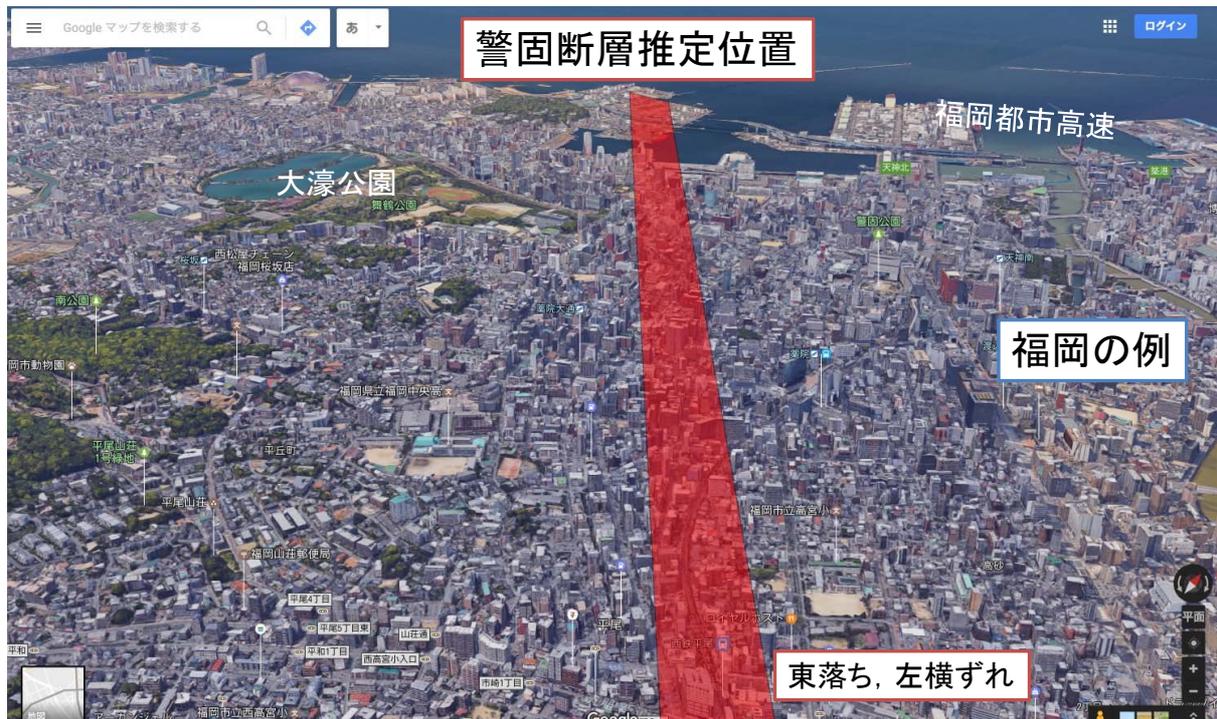
短縮変形：座屈

もし、断層交叉角が逆センスだったら、落橋の可能性もあった。

What if?



# 熊本地震の教訓： 地震動だけでなく断層変位にも配慮が必要



## まとめ

- 2016年熊本地震では、震源域の広範囲に地表地震断層が出現
  - 既知の断層位置、ずれの方向
- 断層変位の影響を受けた土木構造物被害が発生
  - 主に既知の断層崖沿いの構造物
- 地震動だけでなく断層変位にも配慮が必要