

2016年熊本地震 震源・テクトニクス

三宅弘恵

(東京大学大学院情報学環/地震研究所)

1

2016年熊本地震

- ・ 4月14日21:26以降に発生した熊本県を中心とする一連の地震活動 (気象庁第23報以降)
- ・ 4/14 M_{JMA} 6.5 や 4/16 M_{JMA} 7.3 を含む
- ・ 日奈久断層帯および布田川断層帯に起因
- ・ 死者63名 全壊1750棟 避難4.7万人 (消防庁第40報)
- ・ テクトニクスや周辺火山, 活発な地震活動
- ・ 震源過程, 震度7を含む強震動, 活断層

2

2016年熊本地震 (気象庁第23報)

報道発表資料
平成28年4月21日10時30分
気象庁

「平成28年(2016年)熊本地震」について(第23報)

地震の概要

4月14日21時26分以降に発生した震度6弱以上を観測した地震
(4月21日10時現在)

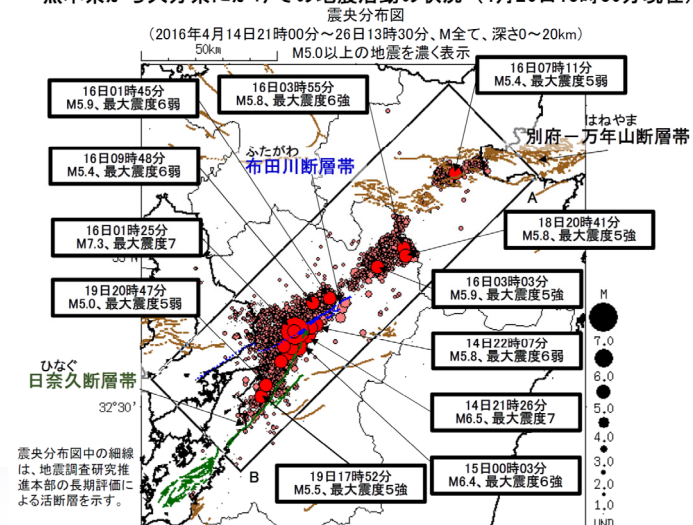
発生時刻	震央地名	マグニチュード	最大震度
4月14日 21時26分	熊本県熊本地方	6.5	7
4月14日 22時07分	熊本県熊本地方	5.8	6弱
4月15日 00時03分	熊本県熊本地方	6.4	6強
4月16日 01時25分	熊本県熊本地方	7.3	7
4月16日 01時45分	熊本県熊本地方	5.9	6弱
4月16日 03時55分	熊本県阿蘇地方	5.8	6強
4月16日 09時48分	熊本県熊本地方	5.4	6弱

※「平成28年(2016年)熊本地震」は4月14日21時26分以降に発生した熊本県を中心とする一連の地震活動を指します。

注: M_{JMA} 7.3: 1995年兵庫県南部地震と2000年鳥取県西部地震

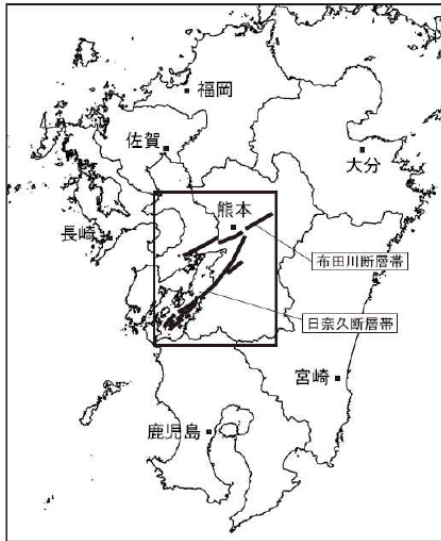
2016年熊本地震 (気象庁第32報)

「平成28年(2016年)熊本地震」
熊本県から大分県にかけての地震活動の状況 (4月26日13時30分現在)



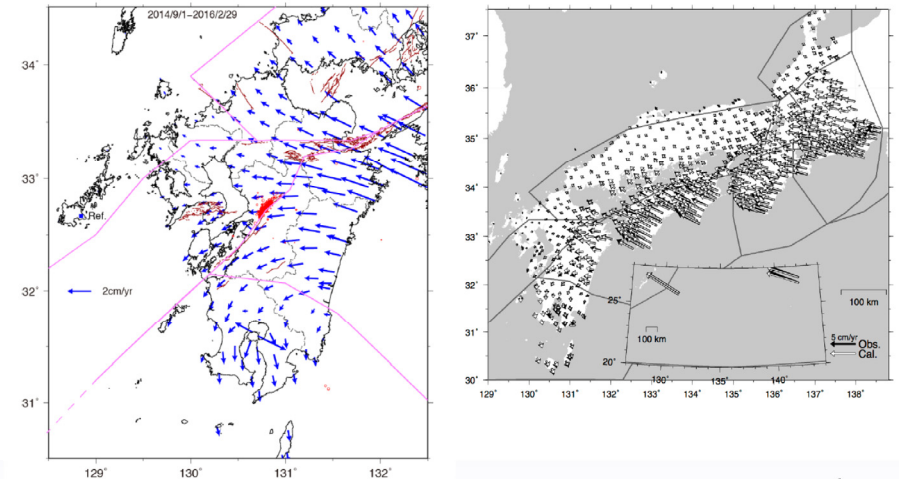
4

地震調査研究推進本部の長期評価



背景となるテクトニクス

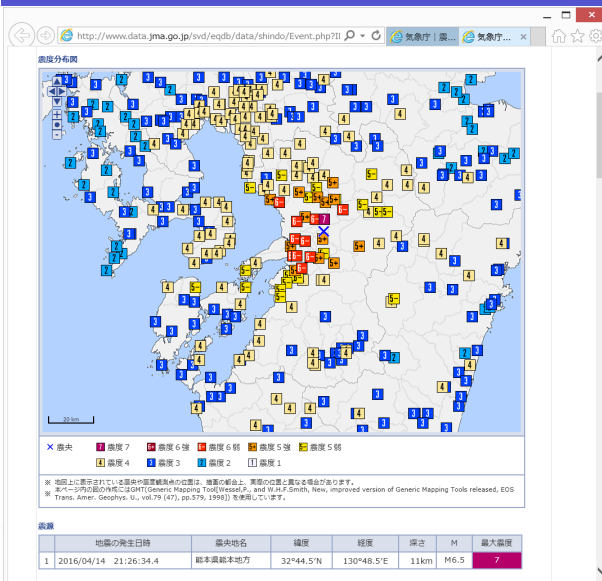
西南日本のブロック断層モデル



京大防災研 西村 (2016)

6

4/14 21:26 M_{JMA} 6.5 (M_w 6.1~6.2)

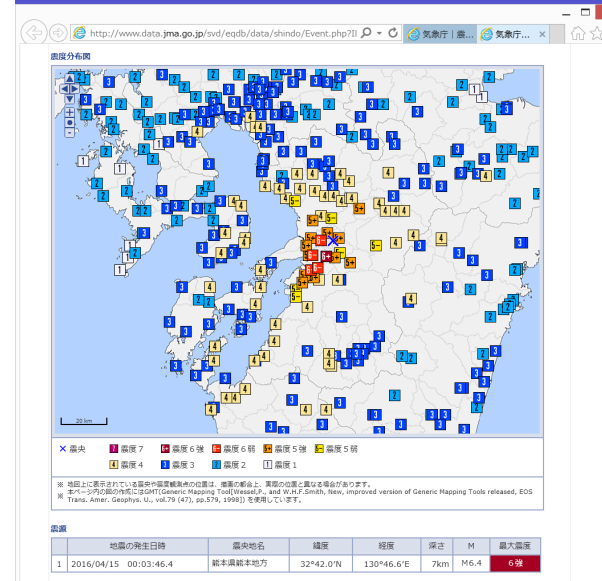


震度7
 熊本県益城町宮園*
 (ましきまち)
震度6強
 現時点で報告なし
震度相当値6強
 KiK-net益城

長周期地震動階級3
 熊本市西区春日
 熊本県宇城市松橋町
 (うきし)

7
 気象庁, 防災科研など

4/15 00:03 M_{JMA} 6.4 (M_w 6.0)

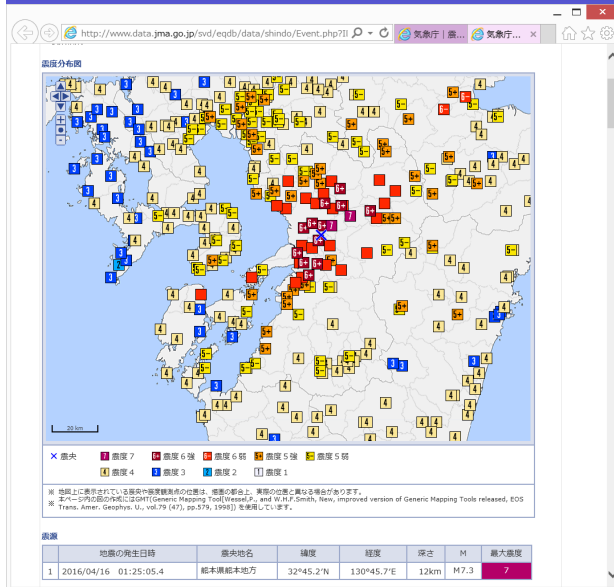


震度6強
 熊本県宇城市豊野町*
震度6弱
 熊本県宇城市松橋町
 を含む複数点
震度相当値6弱
 KiK-net益城を含む複数点

長周期地震動階級4
 熊本県宇城市松橋町

8
 気象庁, 防災科研など

4/16 01:25 M_{JMA} 7.3 (Mw 7.0~7.1)



震度7

熊本県西原村小森*
熊本県益城町宮園*

震度6強

熊本西区春日を含む
複数点

震度相当値6強

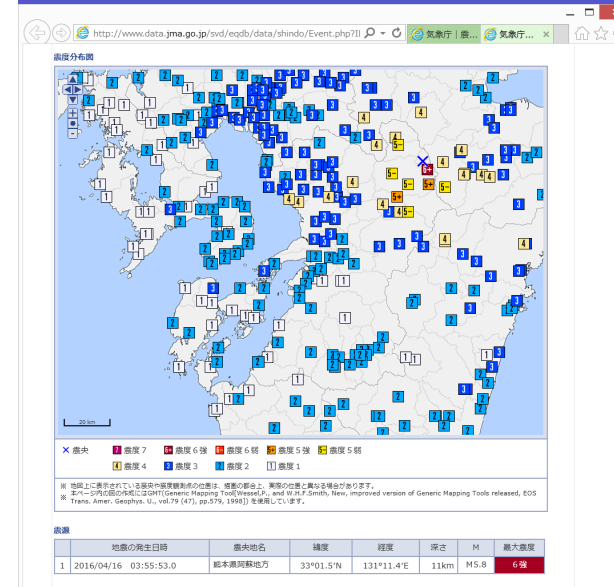
KiK-net益城を含む複
数点

長周期地震動階級4

熊本県南阿蘇村中松
熊本西区春日
熊本県宇城市松橋町

気象庁, 防災科研など

4/16 03:55 M_{JMA} 5.8 (Mw 5.5)



震度6強

熊本県産山村山鹿*
(うぶやまむら やまが)

震度6弱

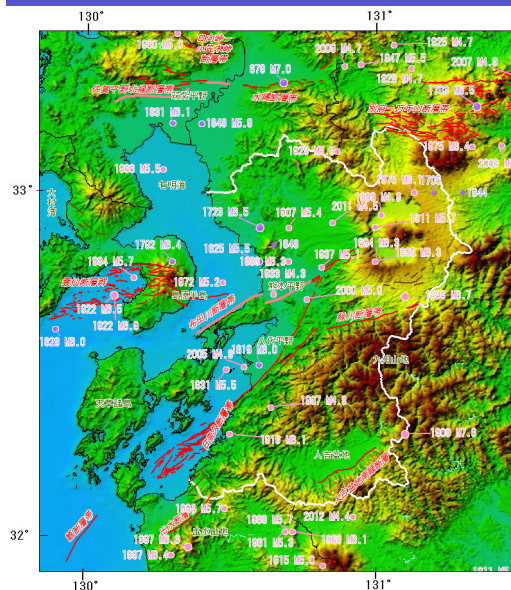
現時点で報告なし

震度相当値6弱

現時点で報告なし

10
気象庁, 防災科研など

熊本県の歴史地震



日本の地震活動
地震調査研究推進本部より

熊本県地域防災計画にも記載あり

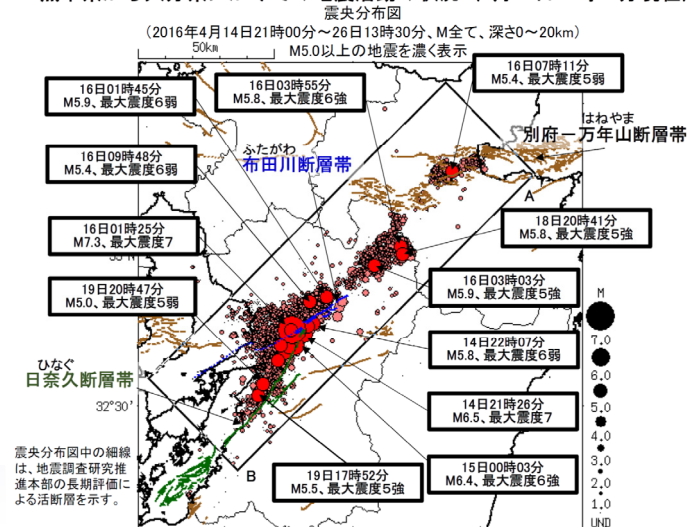
熊本県の近年の最大震度は5

注: 直近約90年間, 熊本県で震度6以上の観測事例がみられない



2016年熊本地震 (気象庁第32報)

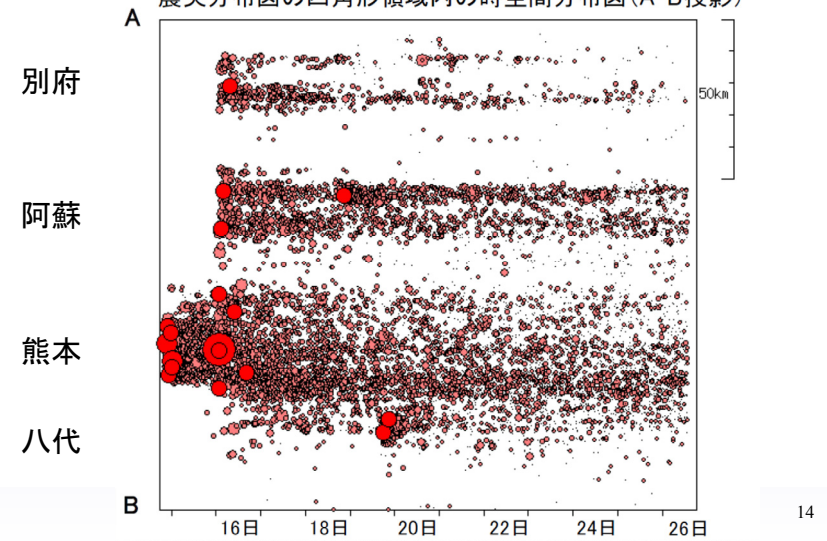
「平成28年(2016年)熊本地震」
熊本県から大分県にかけての地震活動の状況 (4月26日13時30分現在)



13

2016年熊本地震 (気象庁第32報)

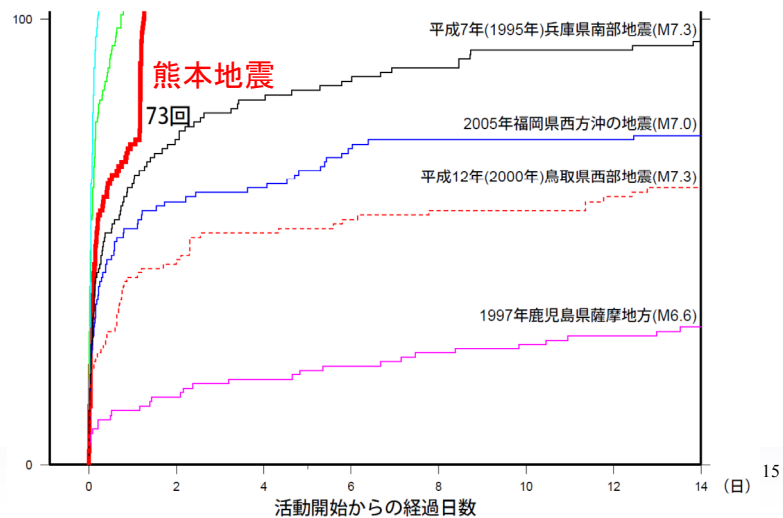
震央分布図の四角形領域内の時空間分布図(A-B投影)



14

2016年熊本地震 (気象庁第32報)

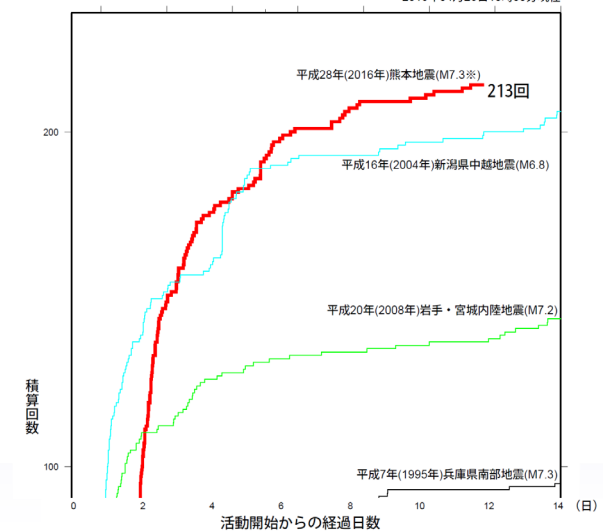
内陸及び沿岸で発生した主な地震の
地震回数比較 (マグニチュード3.5以上)
2016年04月26日13時30分現在



15

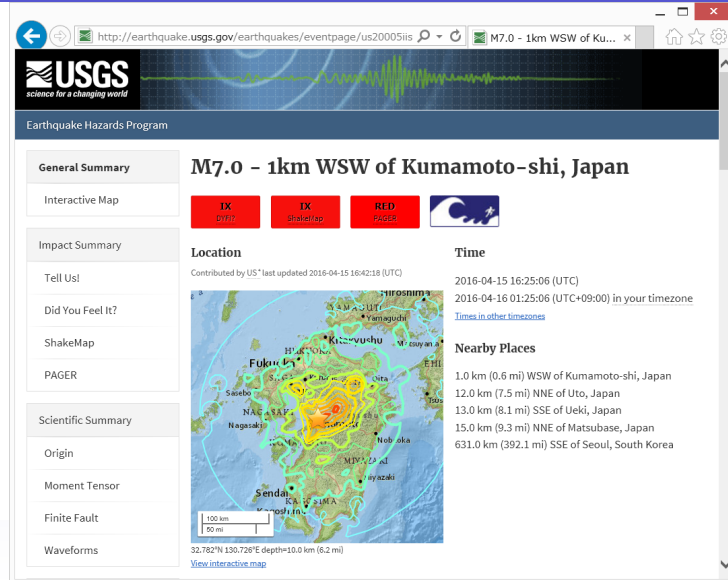
2016年熊本地震 (気象庁第32報)

内陸及び沿岸で発生した主な地震の
地震回数比較 (マグニチュード3.5以上)
2016年04月26日13時30分現在



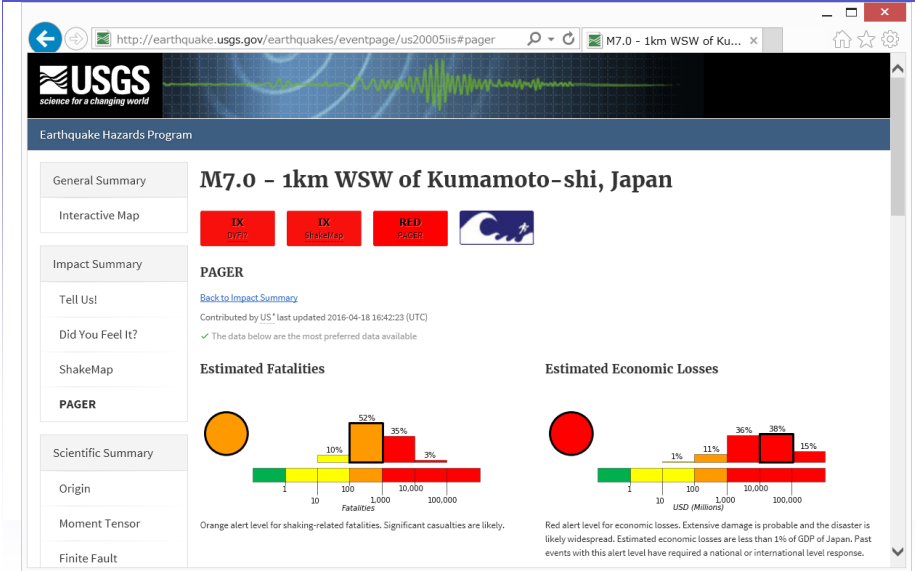
16

米国地質調査所USGSの速報



17

米国地質調査所USGSの速報



地震調査研究推進本部の地域評価

活断層の特性(九州中部)

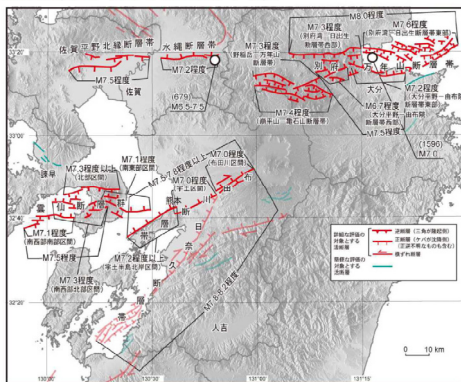


図16 九州中部の活断層の特性と想定される地震の規模

活断層の特性(九州南部)

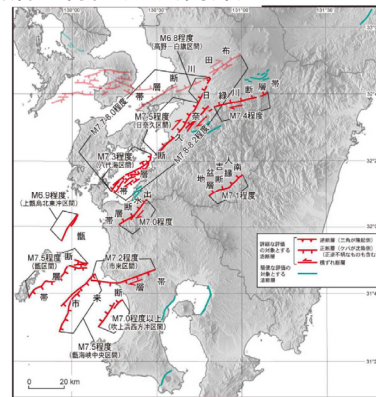


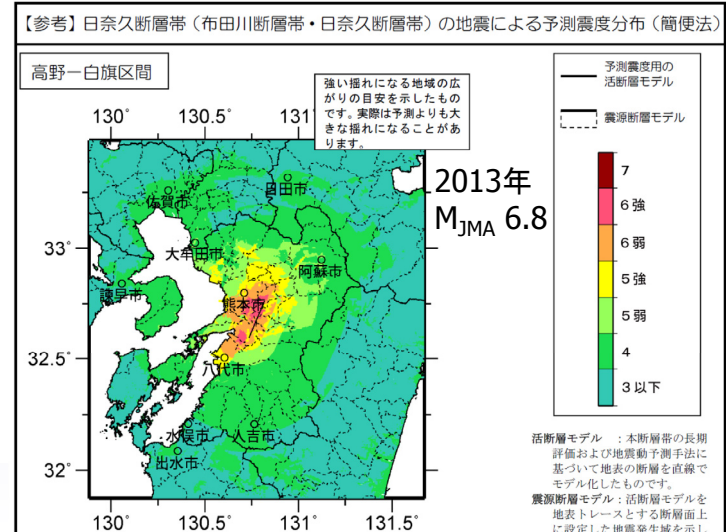
図17 九州南部の活断層の特性と想定される地震の規模

2013年九州地域の活断層の長期評価(第一版)

19

地震調査研究推進本部の強震動評価

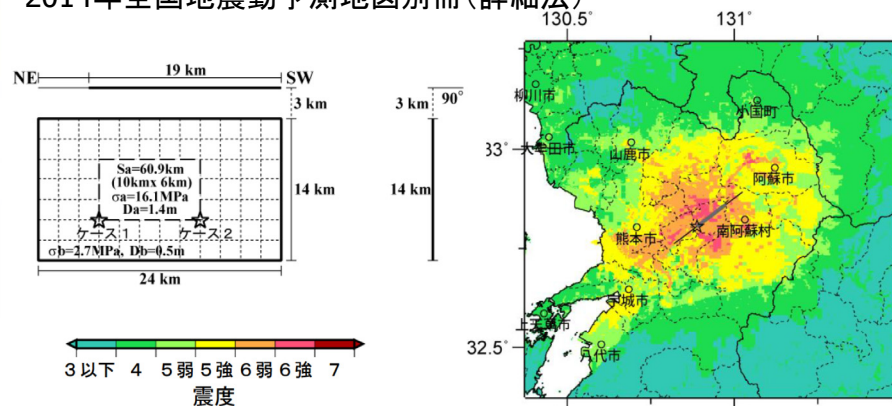
なお、実際の揺れは、予測されたものよりも1〜2ランク程度大きくなる場合があります。特に活断層の近傍などの震度6弱の場所においても、震度6強以上の揺れになることがあります。



20

地震調査研究推進本部の強震動評価

布田川断層帯布田川区間 M_{JMA} 7.0, M_w 6.6
2014年全国地震動予測地図別冊(詳細法)



ケース 2

地震本部・地震調査委員会の評価文

4/14 M_{JMA} 6.5 の評価文の抜粋(2016年4月15日公表)

この震源域付近には日奈久断層帯が存在している。今回の地震は、その高野ー白旗区間の活動によると考えられる。地震調査委員会は日奈久断層帯(高野ー白旗区間)について、活動時に $M6.8$ 程度の地震が発生する可能性があり、30年以内の地震発生確率は不明と評価していた。

4/16 M_{JMA} 7.3 の評価文の抜粋(2016年4月17日公表)

この震源域付近には布田川断層帯が存在している。現地調査の結果によると、布田川断層帯の布田川区間沿いなどで地表地震断層が見つかっている。この地震は、主に布田川断層帯の布田川区間の活動によると考えられる。地震調査委員会は布田川断層帯(布田川区間)について、活動時に $M7.0$ 程度の地震が発生する可能性があり、30年以内の地震発生確率はほぼ0%~0.9%(やや高い)と評価していた。

22

事前評価と事後の観測事実(私見)

4/14 M_{JMA} 6.5 → 事前評価>観測事実
(主に)日奈久断層帯の高野ー白幡区間の活動

事前評価: 断層長さ約 16 km 地震規模 M_{JMA} 6.8程度
観測事実: 断層長さ約 14~15 km程度 地震規模 M_{JMA} 6.5

4/16 M_{JMA} 7.3 → 事前評価<観測事実
主に布田川断層帯の布田川区間の活動

事前評価: 断層長さ約 19 km 地震規模 M_{JMA} 7.0程度
観測事実: 断層長さ約 27 kmより大 地震規模 M_{JMA} 7.3

熊本県地域防災計画(平成27年度)

(5) 対象地震

本県への被害が大きいと想定される以下の地震を対象に調査を行った。

検討対象断層帯等	[想定地震の震源域]	地震規模	30年以内発生確率
① 布田川・日奈久断層帯 〔参考〕上記震源域単独時: (中部) : (南西部)	中部・南西部 連動	$M7.9$ ($M7.6$) ($M7.2$)	不明 (ほぼ0~6%) (不明)
② 別府・万年山断層帯		$M7.3$	ほぼ0~3% (最大2.6%)
③ 人吉盆地南縁断層		$M7.1$	1%以下
④ 出水断層帯		$M7.0$	ほぼ0~1%
⑤ 雲仙断層群 津波検討追加: 南西部北部・南西部南部 連動	南東部	$M7.1$ $M7.5$	不明 不明

地震調査研究推進本部 地震調査委員会 発表

⑥ 南海トラフ	(最大値)	$M9.0$	極めて低い
---------	-------	--------	-------

内閣府 中央防災会議 発表

熊本地域防災計画 (平成27年度)

3. 被害想定結果

この調査により想定された被害は、次のとおりである。

項目 (注1)		布田川・日奈久断層帯 中部・南西部運動型 (注5)	別府・万年山断層帯 (注5)	人吉盆地南縁断層 (注5)	出水断層帯 (注5)	雲仙断層群 南東部単独 (注5)	南海トラフ 最大値
想定地震 及びタイプ等	規模	マグニチュード7.9	マグニチュード7.3	マグニチュード7.1	マグニチュード7.0	マグニチュード7.1	マグニチュード9.0
	タイプ	活断層	活断層	活断層	活断層	活断層	プレート型
	県内の最大想定震度	震度7	震度6強	震度7	震度6強	震度6弱	震度6弱
	津波高 (TP.m)	3.4 TP.m	対象外 (注2)	対象外 (注2)	対象外 (注2)	3.5 TP.m	3.8 TP.m
建物被害 (注2)	津波浸水 (m)	1.2 m	対象外 (注2)	対象外 (注2)	対象外 (注2)	1.4 m	2.0 m
	計	28,000 棟	410 棟	5,400 棟	560 棟	11,500 棟	18,900 棟
	液状化	3,600 棟	230 棟	780 棟	480 棟	1,100 棟	3,300 棟
	揺れ	11,700 棟	160 棟	4,300 棟	50 棟	10 棟	20 棟
建物被害 (注2)	急傾斜地崩壊	250 棟	10 棟	20 棟	10 棟	- 棟	30 棟
	津波	12,400 棟	対象外 (注2)	対象外 (注2)	対象外 (注2)	10,300 棟	15,500 棟
	地震火災	120 棟	10 棟	270 棟	10 棟	- 棟	50 棟

道路大被害(落橋・倒壊) 50橋

鉄道大被害(落橋・倒壊) 10橋

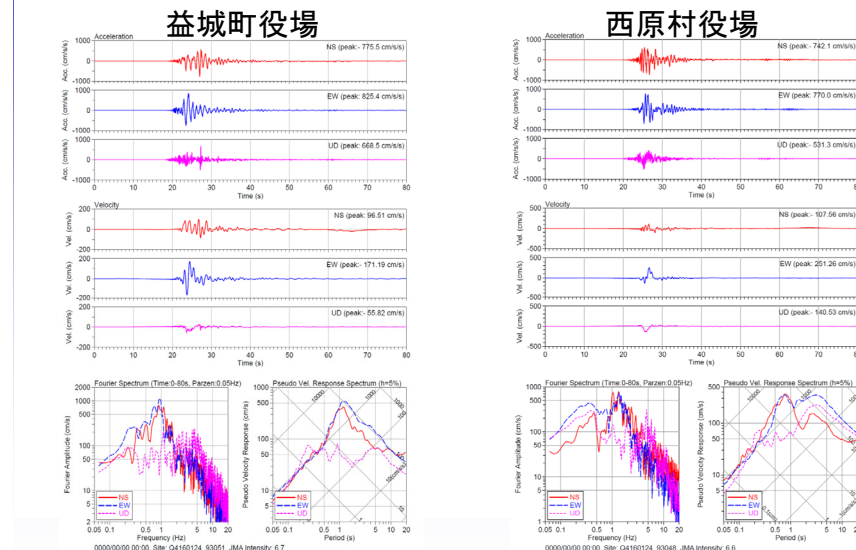
死者数 960人

避難生活者 15.6万人

ライフライン・災害廃棄物の発生量なども算定

25

強震記録 (気象庁および自治体震度計)

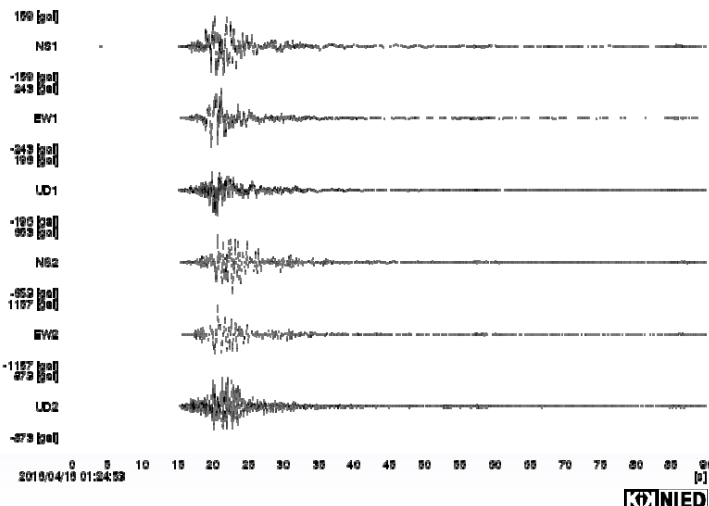


建築研究所 ViewWave にて表示

強震記録 (防災科研K-NET/KiK-net)

KiK-net益城で地表・地中252m共に観測に成功

KMMH19 2016/04/16-01:28:00



27

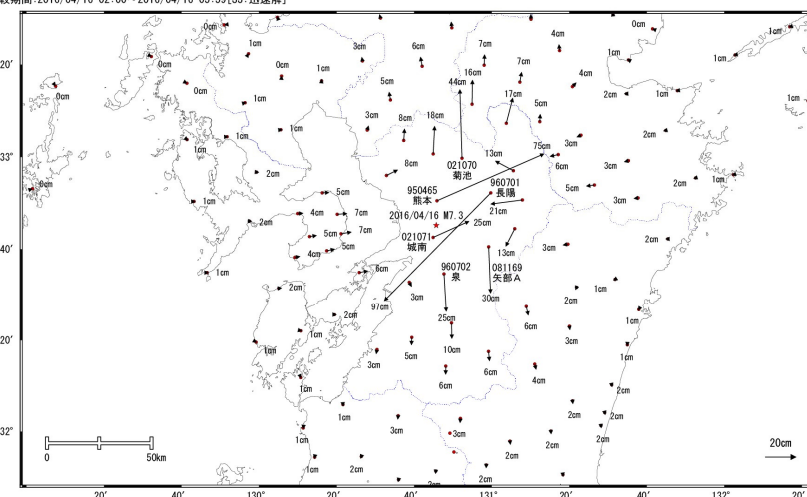
測地記録 (国土地理院GNSS)

平成28年4月16日の熊本県熊本地方の地震(M7.3) (暫定値)前後の観測データ (1)

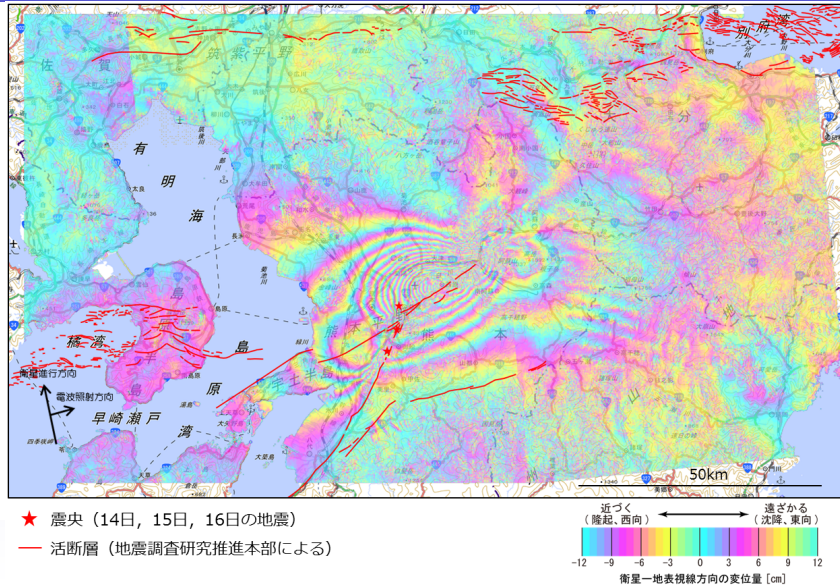
暫定

基準期間:2016/04/15 03:00~2016/04/15 23:59[03:迅速解]
比較期間:2016/04/16 02:00~2016/04/16 05:59[03:迅速解]

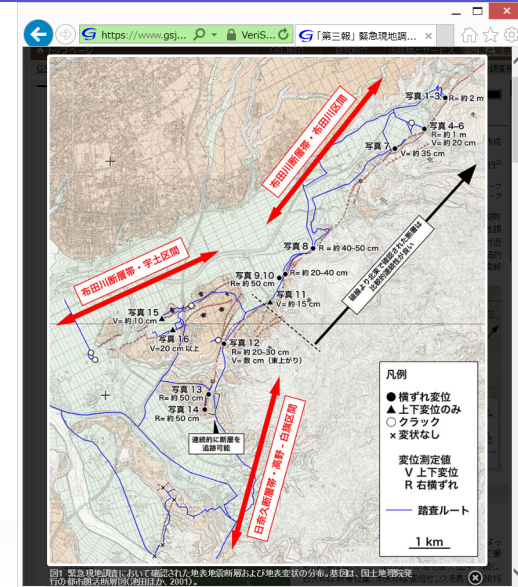
地殻変動(水平)



測地記録 (国土地理院InSAR)

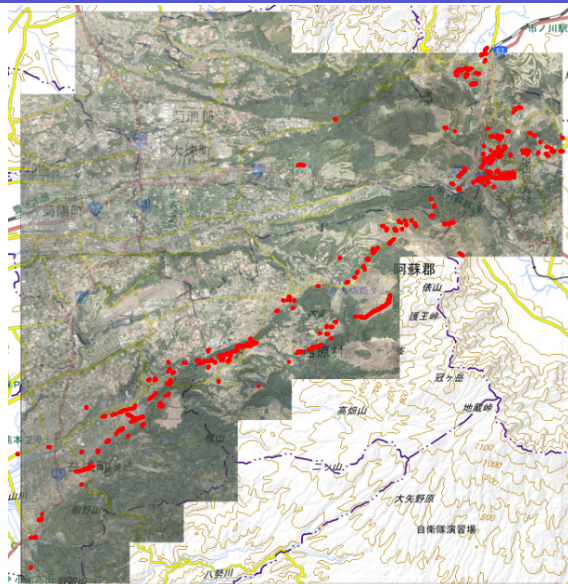


活断層調査 (産総研)



30

地表亀裂 (国土地理院空中写真・UAV)



31

断層面の複雑さの示唆 (防災科研)

平成28年 (2016年) 4月16日熊本県熊本地方の地震
震源域周辺における震源分布



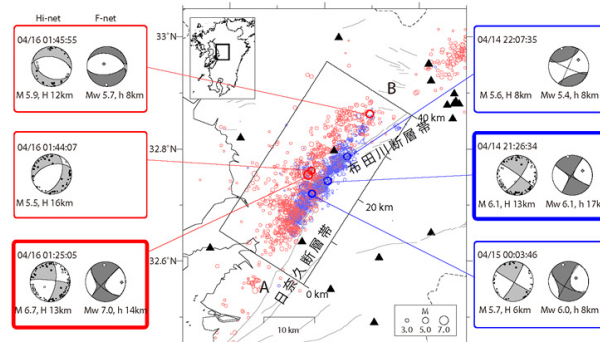
注釈:

気象庁の
初動解とCMT解

Global CMTの
CMT解

などとの相違

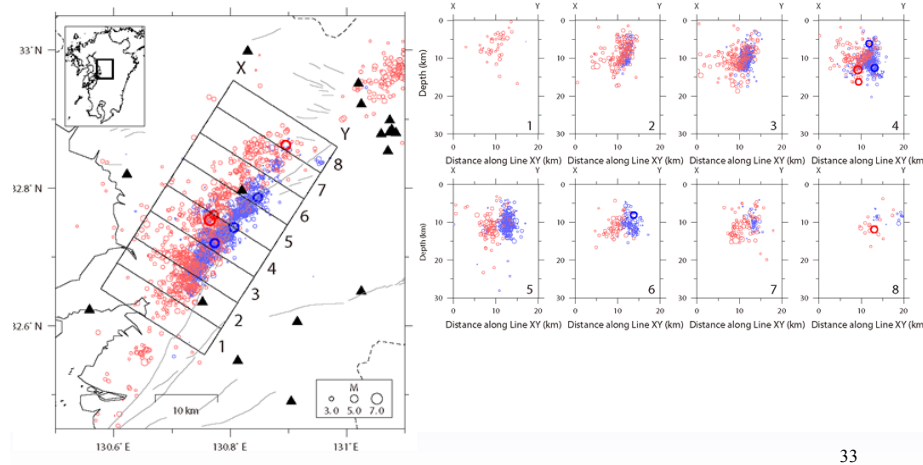
- ・ 4月16日1時25分頃に熊本県熊本地方でM7.3 (気象庁) の地震が発生
- ・ 布田川断層帯・日奈久断層帯に沿った活動は継続しているが、M7.3の地震発生以降、それ以前の活動域よりも北西側においても地震が発生
- ・ M7.3の地震発生以降、熊本県阿蘇地方や大分県内においても地震が発生



32

断層面の複雑さの示唆 (防災科研)

青: 4/16 M7.3発生前の地震活動
赤: 4/16 M7.3発生後の地震活動



33

近年の内陸活断層地震の規模

Mw 7.9
Mw 7.6

中国・四川
台湾・集集

Mw 7.0~7.1
Mw 6.9
Mw 6.8~6.9

2016年熊本 (4/16 M_{JMA} 7.3)
2008年岩手・宮城内陸
1995年兵庫県南部

Mw 6.7
Mw 6.6

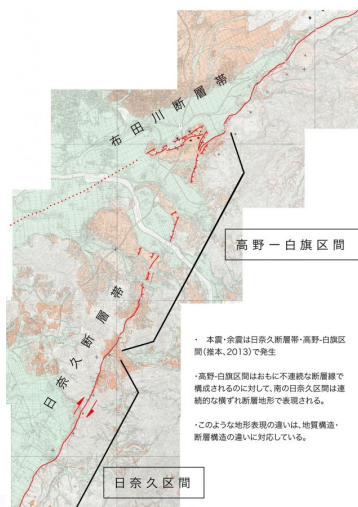
2007年能登半島
2000年鳥取県西部
2004年新潟県中越
2005年福岡県西方沖
2004年新潟県中越沖

Mw 6.2
Mw 6.1~6.2

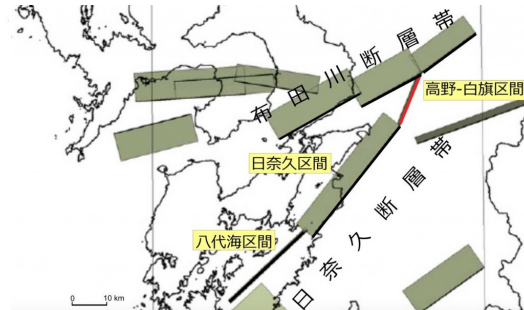
2014年長野県北部
2016年熊本 (4/14 M_{JMA} 6.5)

34

日奈久断層帯とその周辺



国土地理院・都市圏活断層図「熊本」(「八代」に断層線と活動区間(熊本2013)を加筆)



重力や地質からも考察

東大地震研 佐藤・他 (2016)

35

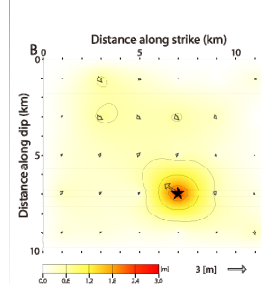
4/14 M_{JMA} 6.5 の震源モデル (強震)

防災科研 (2016)
Mw 6.0

京大防災研 浅野 (2016)
Mw 6.2

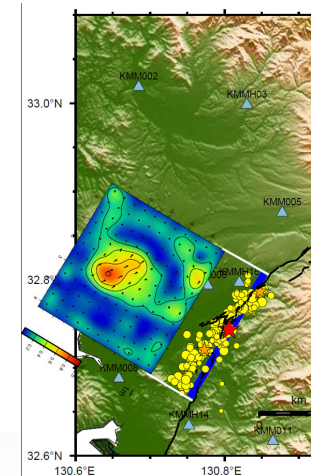
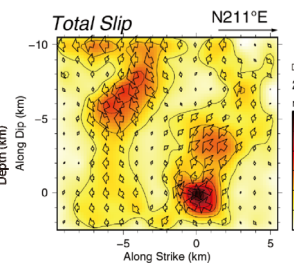
東大地震研 (2016)
Mw 6.1

←北東

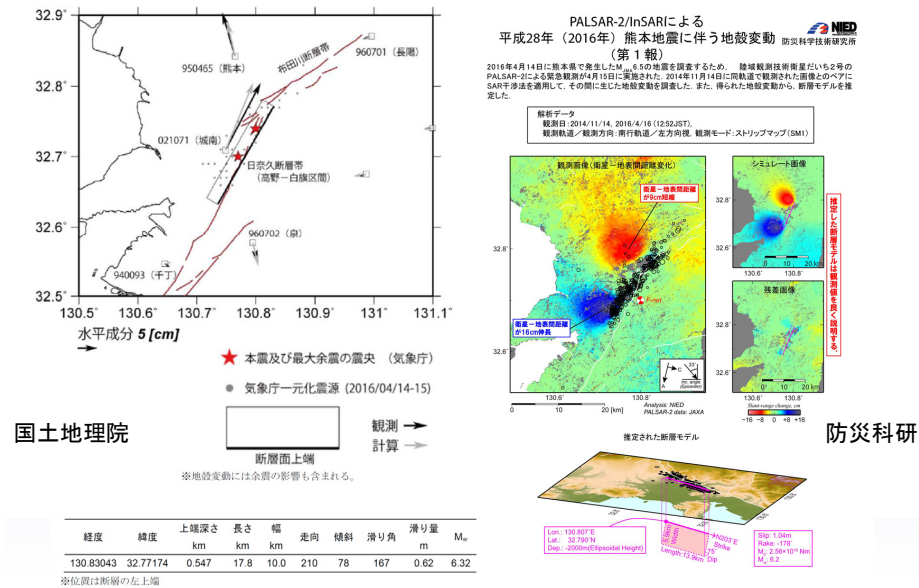


破壊開始点付近にすべり
北側のすべりは要検討

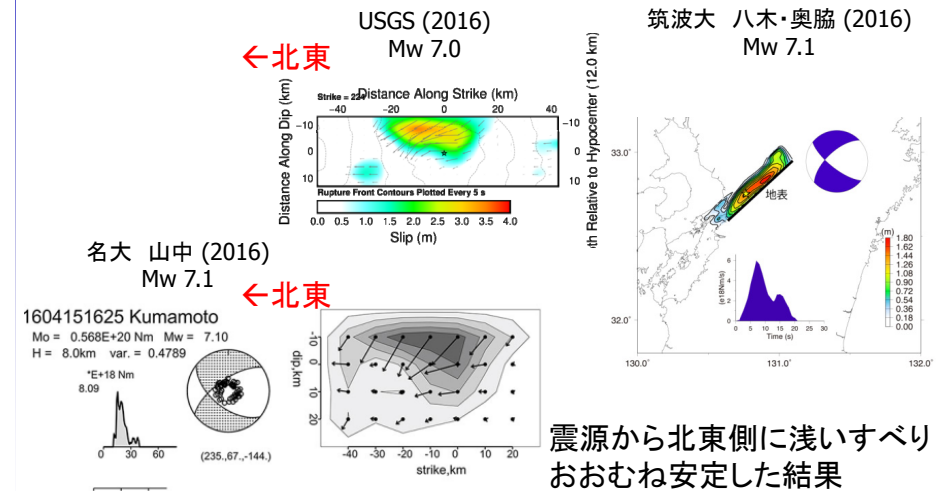
←北東



4/14 M_{JMA} 6.5 を含む震源モデル (測地)

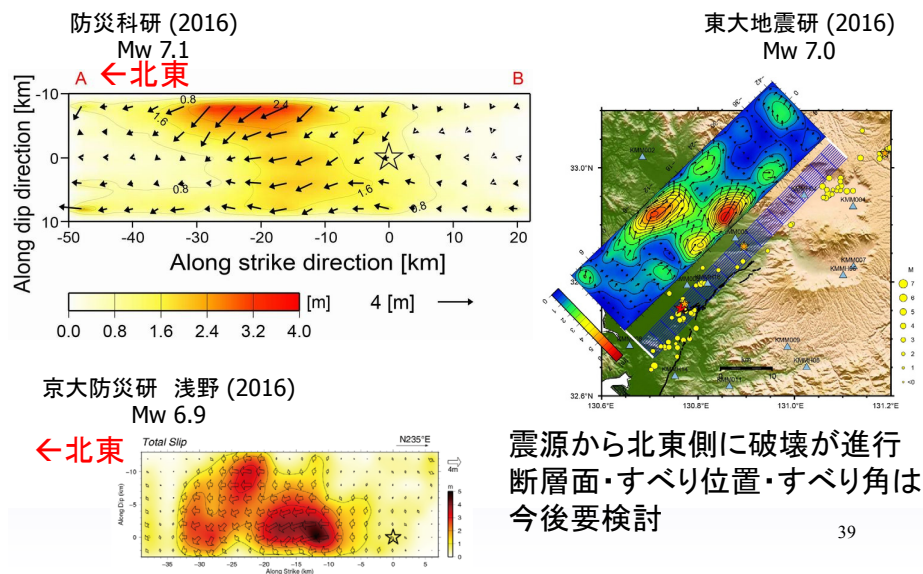


4/16 M_{JMA} 7.3 の震源モデル (遠地)



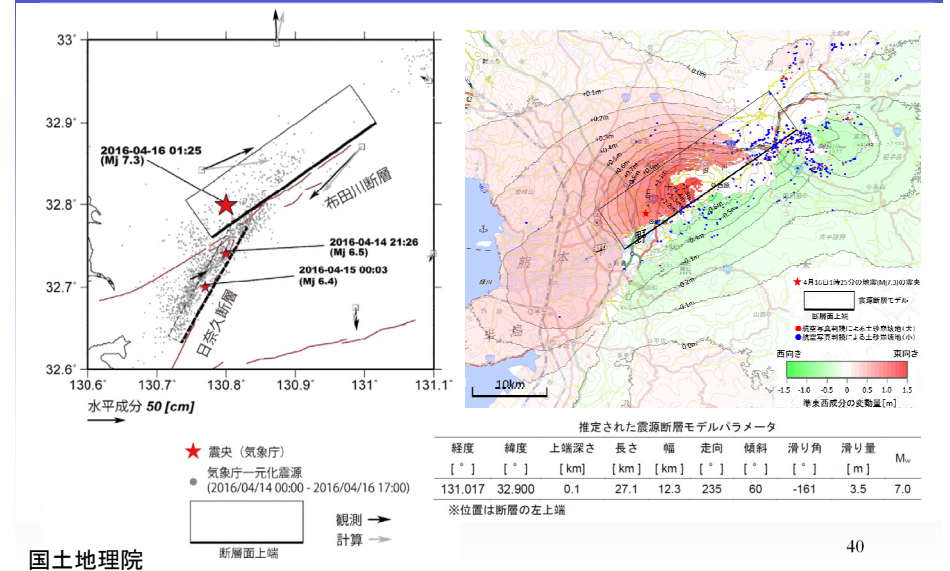
38

4/16 M_{JMA} 7.3 の震源モデル (強震)



39

4/16 M_{JMA} 7.3 の震源モデル (測地)



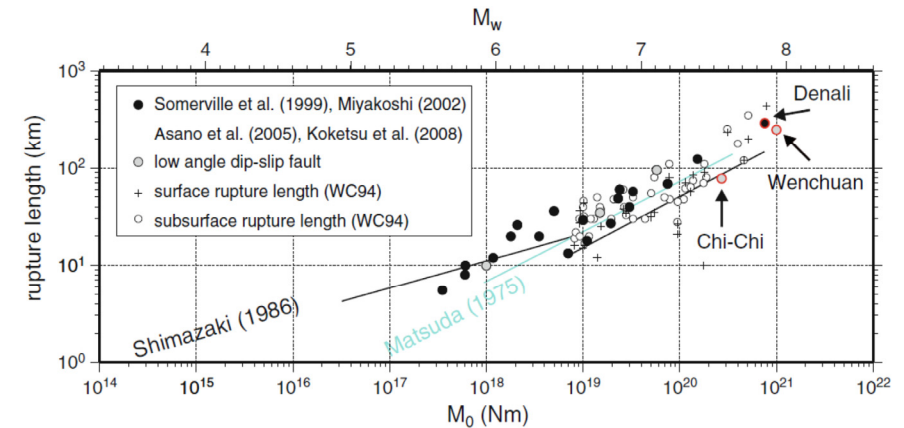
40

震源モデルの議論のポイント

- 断層の幾何形状と断層長さ
 - 益城町・阿蘇大橋やカルデラとの相対位置
- 地表活断層調査とすべりの対応 (場所と量)
- 断層ごく近傍波形の再現性 (長周期と短周期)
 - 益城町震度計・西原村震度計
KiK-net益城・KiK-net阿蘇
- 一連の地震のすべり位置の相補性
- 地下構造モデル要調整 (益城・熊本・カルデラ)
- 様々な観測事実を説明できるモデルかどうか

41

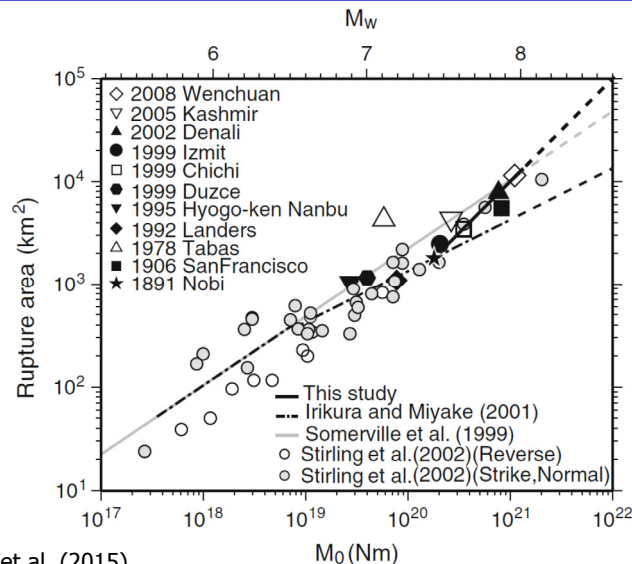
強震動予測レシピのスケーリング (Mo-L)



Irikura and Miyake (2011)

42

強震動予測レシピのスケーリング (Mo-S)



Murotani et al. (2015)

43

まとめ

- 熊本地震は、**事前に**活断層の長期評価と強震動評価が実施された断層系に沿って発生した。
- 同一地点で震度7が2回記録された初めての地震であった。
- 震度分布・強震記録・活断層・GNSS・InSAR・余震分布とその活発な活動・遠地記録などの観測調査を総合的に説明する断層モデルが必要。
- 4/16 M7.3の地震の震源過程の暫定解は、震源から北東側への断層破壊の進行を示唆する。

44