

平成29年4月24日

# 島崎邦彦 証人尋問(主尋問) 書証綴り

一審原告ら訴訟代理人 弁護士 佐藤 辰 弥  
同 弁護士 笠原 一 浩

平成25年(ワ)第515号, 第1476号, 第1477号

意見書

千葉地方裁判所民事第3部合議4係 御中

2015年 3月 28日

島崎邦彦

略歴等

2015(平成27)年3月28日現在

フリガナ 氏名	シマザキ 邦彦 島崎 邦彦	昭21年3月生
略	時期	異動内容
	昭和43年3月 昭和45年3月 4月 昭和49年3月 昭和55年9月 平成元年6月 平成21年3月 平成24年9月 平成26年9月	東京大学理学部地球物理学科卒業 東京大学理学系大学院地球物理学専攻修士課程修了 東京大学地震研究所助手 理学博士(東京大学) 東京大学地震研究所助教授 東京大学地震研究所教授 定年により退職 原子力規制委員会委員 任期満了により退職
歴	(現職)	平成21年6月 東京大学名誉教授
	過去に務めた 審議会等委員	交通政策審議会委員、同審議会気象分科会会長 地震予知連絡会会長、地震防災対策強化地域判定会委員 文部科学省地震調査研究推進本部地震調査委員会委員、同長期評価部会長 内閣府南海トラフの巨大地震モデル検討会委員
賞罰	賞	平成12年1月 感謝状(米国オレゴン州知事) 平成12年1月 感謝状(米国ワシントン州知事) 平成19年9月 平成19年防災功労者防災担当大臣表彰 平成20年11月 アジア地震学会初代会長賞 平成22年9月 平成22年防災功労者総理大臣表彰 平成26年10月 2014年度日本活断層学会賞
	罰	なし
著書	島崎邦彦、地震の予震、「地震・津波と火山の事典(藤井敏嗣・経緯一編)」、87-102、丸善株式会社、2008。 島崎邦彦ほか、「あした起きてもおかしくない大地震」、集英社、2001。 油田安隆・島崎邦彦・山崎晴雄、「活断層とは何か」、220pp、東京大学出版会、1996。 島崎邦彦、古地震研究と地震予知、「古地震を探る(太田陽子・島崎邦彦編)」、36-62、古今書院、1996。	

陳 述 書

平成28年 6 月 2 日

名古屋高等裁判所金沢支部 御中

氏名

島崎 邦彦

記

御庁係属中の事件（平成26年（ネ）第126号大飯原発3，4号機運転差止請求控訴事件）において、一審被告関西電力株式会社は、私が行った日本地球惑星科学連合学会2015年大会における発表内容につき、同社の断層モデルを用いた手法による地震動の評価とは無関係だという主張をしているようです（準備書面（28）22頁以下）が、その主張には理由がありません。

すなわち、私の前記発表では、地震モーメントを活断層の情報から推定する場合、入倉・三宅（2001）の式を用いると過小評価となる可能性があることを指摘しておりましたが、関西電力株式会社がF0-A～F0-B～熊川断層につき断層の上端深さ及び下端深さを3km及び18kmとし、断層傾斜角を鉛直ないし75°としている以上、私の指摘の射程は及ぶこととなります。関西電力株式会社が言う「詳細な調査等」を実施していたとしても、入倉・三宅（2001）の式を用いることによる過小評価の可能性は変わりません。

以上

# 日本活断層学会 2014 年度秋季学術大会プログラム

10月18日

一般研究発表

座長：遠田晋次

0-9 9:30 津軽平野東縁中部の変動地形 渡辺満久・上峯篤史・松藤和人

0-10 9:50 日本における明治以降の地震断層の保存と活用：現状と課題  
加藤茂弘・古谷 裕・川東丈純

0-11 10:10 阪口 豊博士によって東京大学構内で推定された第四紀断層の連続性  
豊蔵 勇・青砥澄夫・川田明夫・須藤 宏・福井謙三  
・松崎達二・渡辺平太郎・山崎晴雄・中山俊雄

0-12 10:30 仙台で開かれる国連世界防災会議の意義と活断層研究の役割 宇根 寛

各賞受賞表彰式・学会賞受賞記念講演（11:10～12:00）

学会賞受賞記念講演「事前評価と経験則：断層の長さと言源の大きさ」

島崎邦彦

## Japan Geoscience Union Meeting 2012

(May 20-25 2012 at Makuhari, Chiba, Japan)

©2012. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.



SSS37-09

会場:303

時間:5月21日 11:15-11:30

### 2011年東北地方太平洋沖地震の震源モデルのポストディクション Postdiction of Source Model for the 2011 Tohoku Earthquake

三宅 弘恵<sup>1\*</sup>, 纈纈 一起<sup>1</sup>

MIYAKE, Hiroe<sup>1\*</sup>, KOKETSU, Kazuki<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 東大地震研

<sup>1</sup> Earthq. Res. Inst., Univ. Tokyo

これまで、過去の地震について強震動評価を行い、強震動予測手法の適用可能性を確認し、将来の地震について強震動予測を行う研究が多数なされている。本発表では、地震後に、地震前の知見を利用して強震動予測を行う方法をポストディクション (postdiction = prediction after the fact)と定義し、2011年東北地方太平洋沖地震の震源モデルがどの程度、事後予測可能であったのかを検討する。また、経験的グリーン関数法等を用いて、観測波形に対するポストディクションを行う。

<地震前に設定可能と仮定するパラメータ>

断層面は、南海トラフ等に倣い、長期評価されている複数のセグメントである、宮城県沖・三陸沖南部海溝寄り・福島県沖・茨城県沖がプレート境界の逆断層地震として同時破壊すると仮定する。三陸沖中部は非地震性すべり域として、三陸沖北部から房総沖の海溝寄りは津波地震あるいは正断層型の領域と考え、断層面を設定しない。この場合、想定さ

日本の陸域およびその周辺の地殻内浅発地震（マグニチュード7程度以上）について、断層長 $L$ （m）と地震モーメント $M_0$ （Nm）との関係式をわかりやすさを重視して表現すると、前回の学会でお話ししたように、次のようになる。

$$(1) M_0 = 4.37 \times 10^{10} \times L^2 \quad (\text{武村, 1998})$$

$$(2) M_0 = 3.80 \times 10^{10} \times L^2 \quad (\text{Yamanaka \& Shimazaki, 1990})$$

$$(3) M_0 = 3.35 \times 10^{10} \times L^{1.95} \quad (\text{地震調査委, 2006})$$

(4)  $M_0 = 1.09 \times 10^{10} \times L^2$  （入倉・三宅, 2001で、厚さ14kmの地震発生層中の垂直な断層を仮定した場合）

入倉・三宅（2001）では地震モーメントと断層面積との関係式が提案されており、断層の傾斜角を60度とした場合には、係数が1.09ではなく1.45となる。(4)と他との差異は顕著で、

	OBS	T	YS	ERC	IM
1891	180	210	180	130	52
1930	27	32	28	21	7.9
2011	11	17	14	11	5.5
1927	46	48	41	19	12
1943	36	39	34	18	9.8
1945	10	19	17	9	19
1995	24	45	39	20	11

地震モーメント実測値と推定値(単位 $10^{18}\text{Nm}$ )

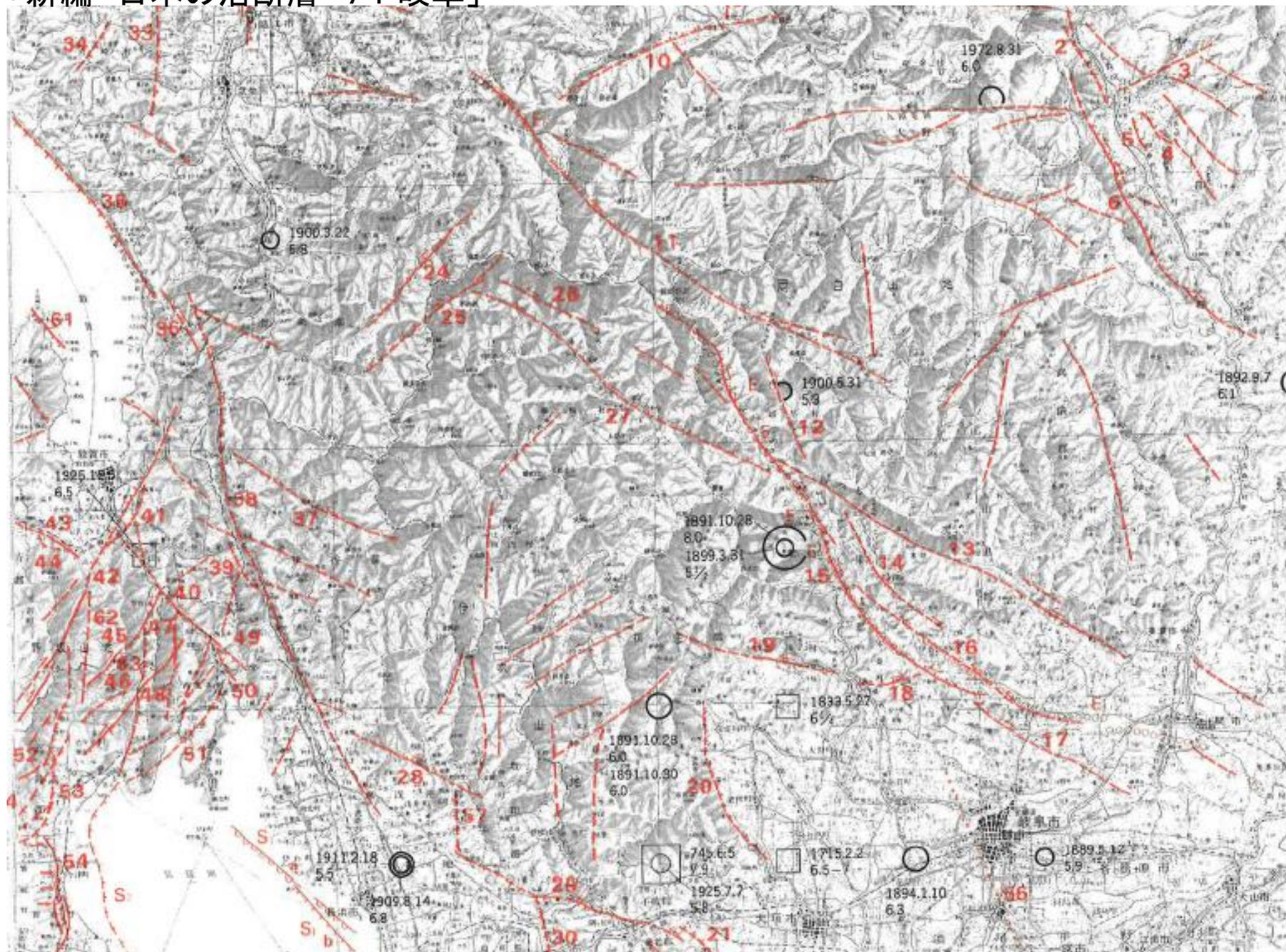
OBS:観測値、T:(1)式、YS:(2)式、ERC:(3)式、IM(4)式。ただし三河地震では傾斜角を30度とし、福島県浜通りの地震では傾斜角を60度とし、(4)式の係数を傾斜角に応じて変えた。

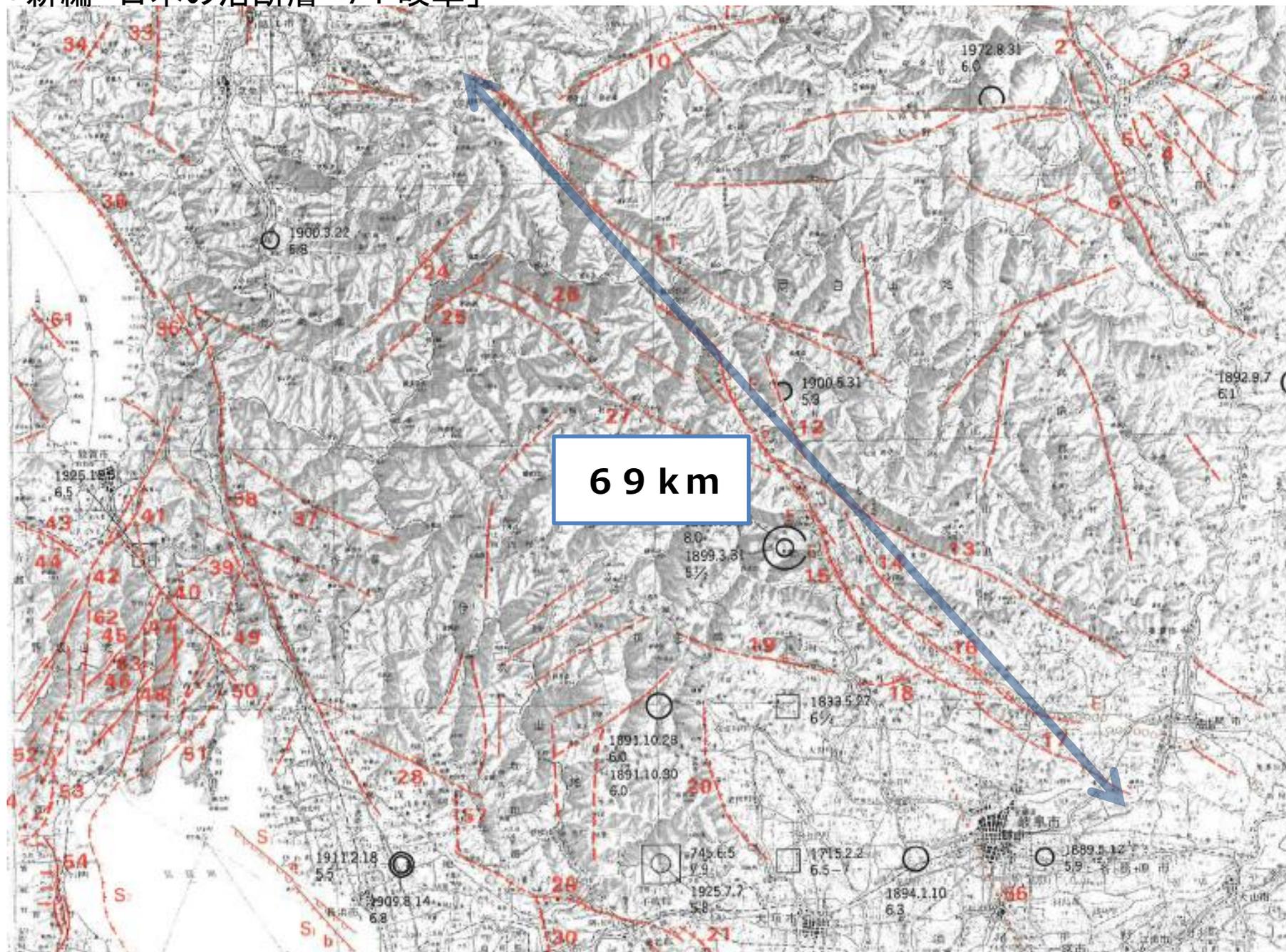
甲297号証をもとに一審原告ら代理人作成

	観測記録 10の18乗 Nm	断層長さ km	武村式	山中・ 島崎式	松田式 +武村 (1990)	入倉・ 三宅式	入倉・三宅/ 観測記録	断層 傾斜角
1891年 濃尾地震	180	69	210	180	130	52	0.29倍	90°
1930年 北伊豆地震	27	27	32	28	21	7.9	0.29倍	90°
2011年 福島県浜通り	11	19.5	17	14	11	5.5	0.5倍	60°
1927年 北丹後地震	46	33	48	41	31	12	0.26倍	90°
1943年 鳥取地震	36	30	39	34	25	9.8	0.27倍	90°
1945年 三河地震	10	21	19	17	13	19	1.9倍	30°
1995年 兵庫県南部地震	22	32	45	39	29	11	0.5倍	90°

甲441号証 「新編 日本の活断層 71 岐阜」

抜粋





宮腰研、入倉孝次郎、釜江克宏 「強震動記録を用いた震源インバージョンに基づく国内の内陸地殻内地震の震源パラメータのスケーリング則の再検討」 2015

表6 1995年以前の地震(Mw6.5以上の地震(武村<sup>9)</sup>)のうち  
震源インバージョン結果による震源パラメータ

No.	Name	Mech.	Reference	Mo (Nm)	Mw	L <sub>sub</sub> (km)	W(km)	S(km <sup>2</sup> )	D(m)	Heterogeneous slip data <sup>*1</sup>
1	1891年濃尾地震	SS	Murotani et al. <sup>4)</sup>	1.8E+20	7.44	122	15	1795	3.3	×
2	1927年北丹後地震	SS	None	-	-	-	-	-	-	-
3	1943年鳥取地震	SS	None	-	-	-	-	-	-	-
4a	1948年福井地震	SS	菊池・他 <sup>56)</sup>	2.1E+19	6.81	30	20	600	2.3	△ <sup>*2</sup>
4b			Ichinose et al. <sup>57)</sup>	1.6E+19	6.74	(54)	18	972	0.3	○ <sup>*3</sup>
5	1930年北伊豆地震	SS	None	-	-	-	-	-	-	-
6	1995年兵庫県南部地震	SS	Sekiguchi et al. <sup>11)</sup>	3.3E+19	6.95	64	21	1303	0.8	○
7	1939年男鹿地震	SS	None	-	-	-	-	-	-	-
8	1978年伊豆大島地震	SS	Kikuchi and Sudo <sup>58)</sup>	1.9E+19 <sup>*4</sup>	6.79	35 <sup>*4</sup>	18 <sup>*5</sup>	630 <sup>*6</sup>	0.9 <sup>*7</sup>	△ <sup>*2</sup>
9	1961年北美濃地震	OB	Takeo and Mikami <sup>59)</sup>	5.8E+18 <sup>*3</sup>	6.44	16 <sup>*3</sup>	12 <sup>*3</sup>	192 <sup>*3</sup>	0.9 <sup>*3</sup>	○ <sup>*3</sup>
10a	1945年三河地震	RV	Kikuchi et al. <sup>60)</sup>	1.0E+19	6.60	25 <sup>*3</sup>	15 <sup>*3</sup>	750 <sup>*3</sup>	1.1	○ <sup>*3</sup>
10b			Takehi and Iwata <sup>61)</sup>	1.0E+19	6.60	(12)	11	132	3.0	×

\*1: 不均質すべり分布データの有無

( ) : 本研究で採用しなかった震源断層長さ(L<sub>sub</sub>)

\*2: 図から最終すべり量(あるいはモーメント量)を読み取り

\*3: Finite-Source Rupture Model Database(<http://equake-rc.info/SRCMOD/>)

\*4: 海域断層と陸域断層を合わせた長さ(Line source) \*5: 橋本<sup>8)</sup>を参照、 \*6: 断層長さと断層幅から推定

\*7: Shimazaki and Somerville(1979)の剛性率(3.5E+11[dyn/cm<sup>2</sup>])を仮定して得られる推定値(参照値)

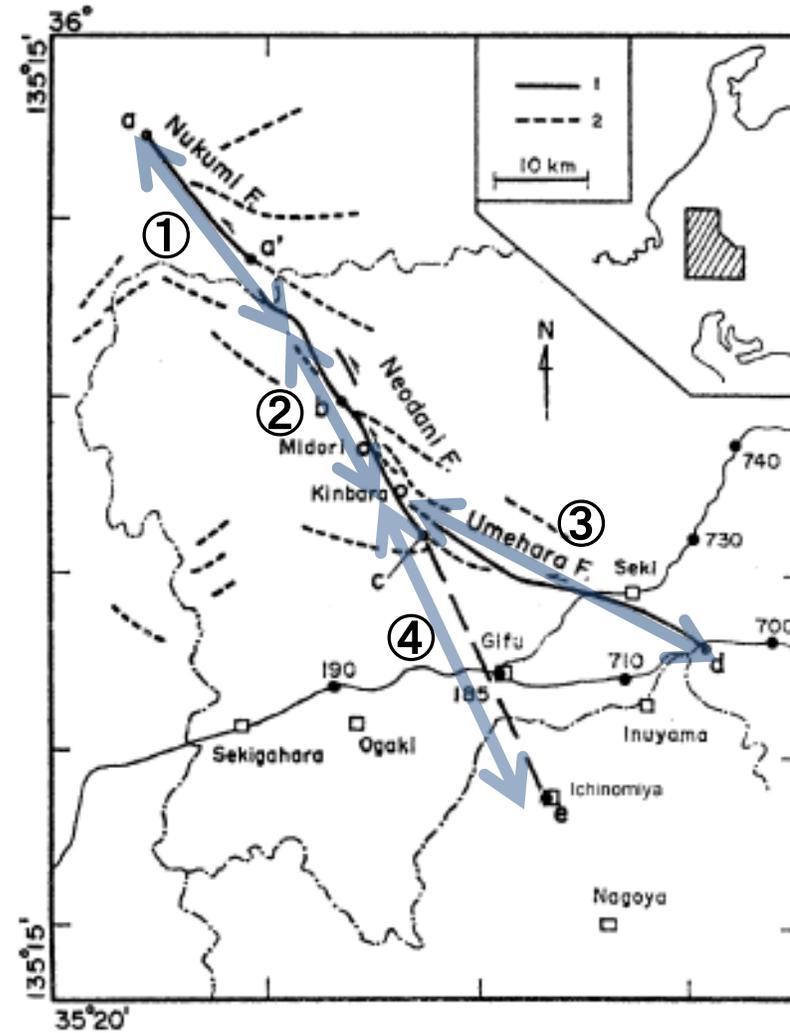
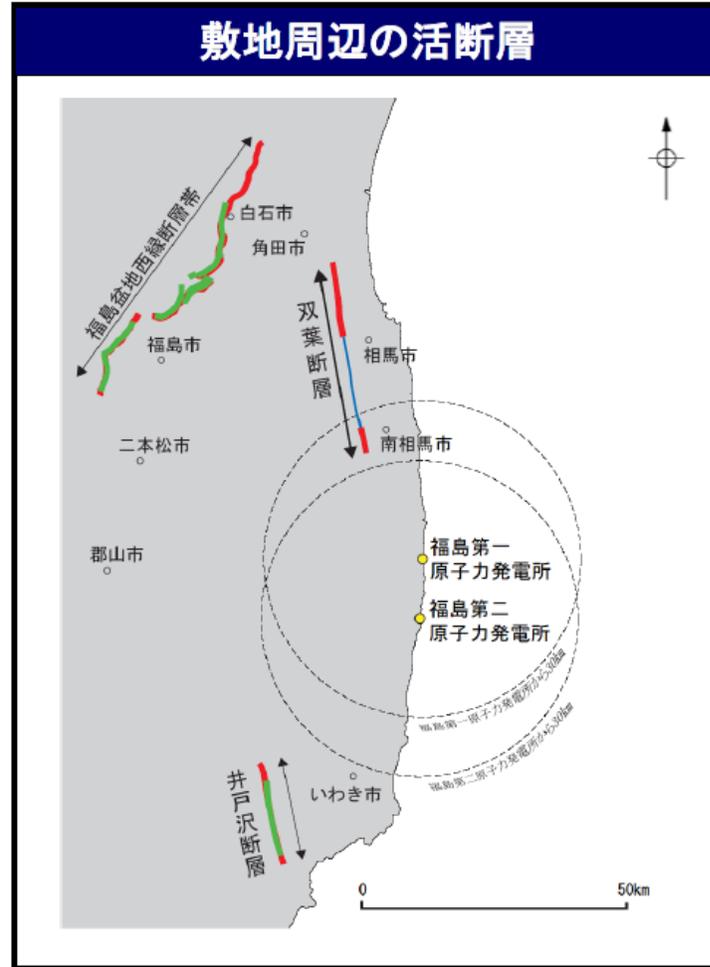


Fig. 6. Fault traces (thick solid lines) during the 1891 earthquake (Matsuda, 1974), and an assumed buried fault (dotted line) along the Gifu-Ichinomiya line (Mikumo and Ando, 1976).

## 活断層の評価(まとめ)



双葉断層及び敷地前面海域に認められる断層等を主に検討するとともに、畑川断層、大坂―芦沢リニアメント、福島盆地西縁断層帯及び井戸沢断層等についても一通り検討した上で、**敷地周辺の陸域及び海域の活断層の評価は、妥当なものと判断した。**

	新耐震指針における評価			設置許可申請書記載の断層長さ
	断層名	長さL	M	
陸域	① 双葉断層	37 km	7.4	18 km
	② 福島盆地西縁断層帯	57 km	7.8	—(※1)
	③ 井戸沢断層	19.5 km	7.0	—(※2)

※1) 地震地体構造上想定する地震としてM7.5の地震を想定

※2) 断層の長ささと敷地からの距離を考慮すると敷地への影響は小さいと評価

	従来評価※ (地質調査に基づく評価)
	従来評価※ (文献調査に基づく評価)
	新耐震指針に照らした評価

※福島第一原子力発電所1～6号炉施設変更許可時

宮腰研、入倉孝次郎、釜江克宏 「強震動記録を用いた震源インバージョンに基づく国内の内陸地殻内地震の震源パラメータのスケーリング則の再検討」 2015

表3 検討対象の内陸地殻内地震(Mw5.4~6.9)の震源インバージョン結果から抽出された震源パラメータ

No.	地震名	Reference No.	Mo(F-net) Nm	Length		Width		Rupture Area		Av. Slip		Max. Slip		Total Asperity Area		Av. Asp. Slip		$\Delta\sigma_{asp}$ MPa	$\Delta\sigma_{asp}$ MPa								
				km	km	km	km	km <sup>2</sup>	m	m	km <sup>2</sup>	/Area	m	/Av.Slip													
1	1995年兵庫県南部地震	11)	3.30E+19	64	21	1303		0.79	4.01	244		0.19		1.74	2.20	3.1*	16.6										
2	2008年岩手・宮城内陸地震	12)	2.72E+19	39	38	18	18	702	684	1.31	1.20	6.07	5.94	112	104	0.16	0.15	3.22	2.81	2.45	2.34						
		40			720																	1.44	6.20	120	0.17	3.68	2.56
3	2007年能登半島地震	14)	1.36E+19	26	30	18	16	460	480	0.92	1.09	3.73	5.07	82	84	0.18	0.18	1.96	2.32	2.14	2.13						
		22			440																	0.77	2.75	81	0.18	1.65	2.14
4	2011年福島県浜通りの地震	16)	9.58E+18	40	16	640		0.52	2.51	144		0.23		1.25	2.40	3.1*	13.8										
5	2007年新潟県中越沖地震	17)	9.30E+18	28	30	19	18	537	720	0.76	0.56	2.65	2.68	81	64	0.16	0.09	1.70	2.13	2.26	2.34						
		18)			30																	540	2.66	92	0.17	1.44	2.57
		19)			25																	425	2.12	100	0.24	1.27	2.35
		20)			28																	504	1.22	72	0.14	2.16	1.77
6	2000年鳥取県西部地震	21)	8.62E+18	34	18	598		0.91	4.44	101		0.17		2.34	2.57	3.1*	18.4										
7	2005年福岡県西方沖の地震	22)	7.80E+18	26	18	468		0.78	3.17	64		0.14		1.97	2.53	3.1*	22.7										
8	2004年新潟県中越地震	23)	7.53E+18	28	18	504		0.67	3.08	84		0.17		1.38	2.06	3.1*	18.6										
9	2011年長野県・新潟県境付近の地震	24)	2.13E+18	22	14	308		0.43	1.19	72		0.23		0.88	2.05	1.0	4.1										
10	2003年宮城県北部の地震	25)	1.53E+18	18	10	180		0.31	1.04	20		0.11		0.78	2.52	1.5	13.9										
11	1997年3月鹿児島県北西部の地震	26)	1.40E+18	12	10	120		0.46	1.20	18		0.15		0.88	1.91	2.6	17.3										
12	1997年5月鹿児島県北西部の地震	27)	1.22E+18	17	10	170		0.21	0.41	15		0.09		0.36	1.71	1.3	15.2										
13	2011年静岡県東部の地震	28)	8.38E+17	8	12	96		0.32	1.10	16		0.17		0.80	2.50	2.2	13.0										
14	1998年岩手県内陸北部の地震	29)	7.53E+17	10	10	100		0.16	0.52	16		0.16		0.43	2.69	1.8	11.5										
15	1997年山口県北部の地震	26)	5.66E+17	8	14	112		0.14	0.83	18		0.16		0.41	2.93	1.2	7.2										
16	2013年栃木県北部の地震	30)	5.54E+17	12	7	84		0.28	0.98	12		0.14		0.66	2.36	1.8	12.3										
17	2013年淡路島付近の地震	31)	5.47E+17	10	6	60		0.20	0.71	12		0.20		0.46	2.30	2.9	14.3										
18	2005年福岡県西方沖の地震 最大余震	22)	1.31E+17	8	8	64		0.14	0.51	9		0.14		0.33	2.36	0.6	4.4										

\*Fuji and Matsu'ura<sup>30)</sup>を参照

Av.= 0.16

Av.= 2.33

Av.=13.2

甲464号証 249、250頁  
 抜粋、加筆  
 引間和人  
 「2011年4月11日福島県  
 浜通りの地震(Mj7.0)の  
 震源過程」2012

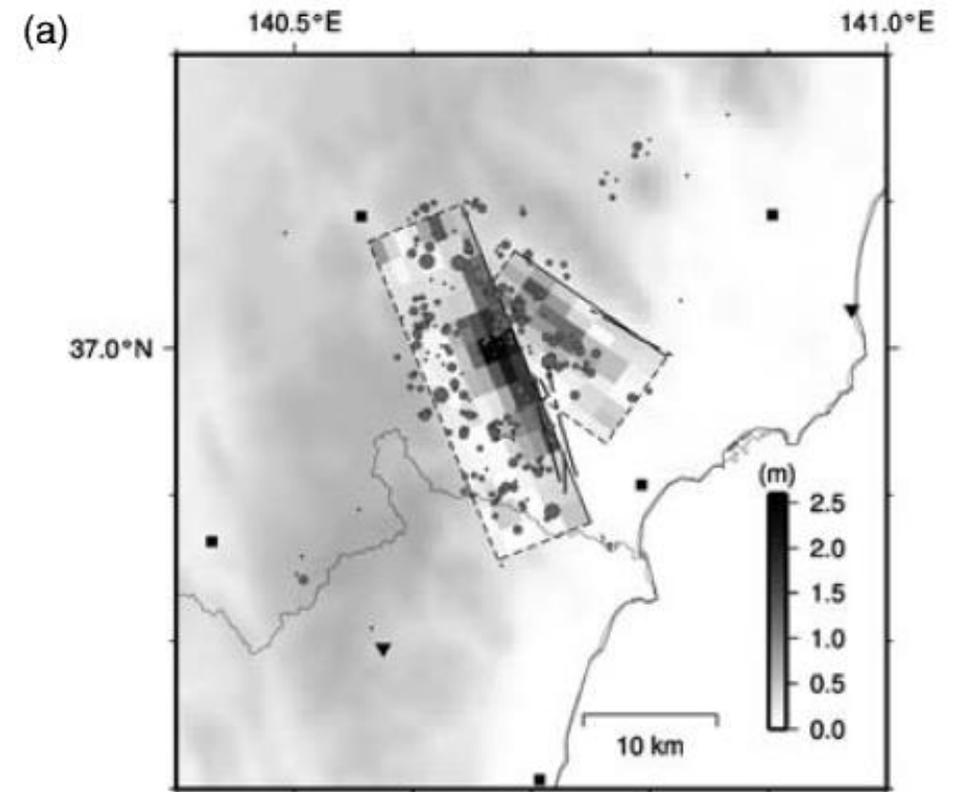
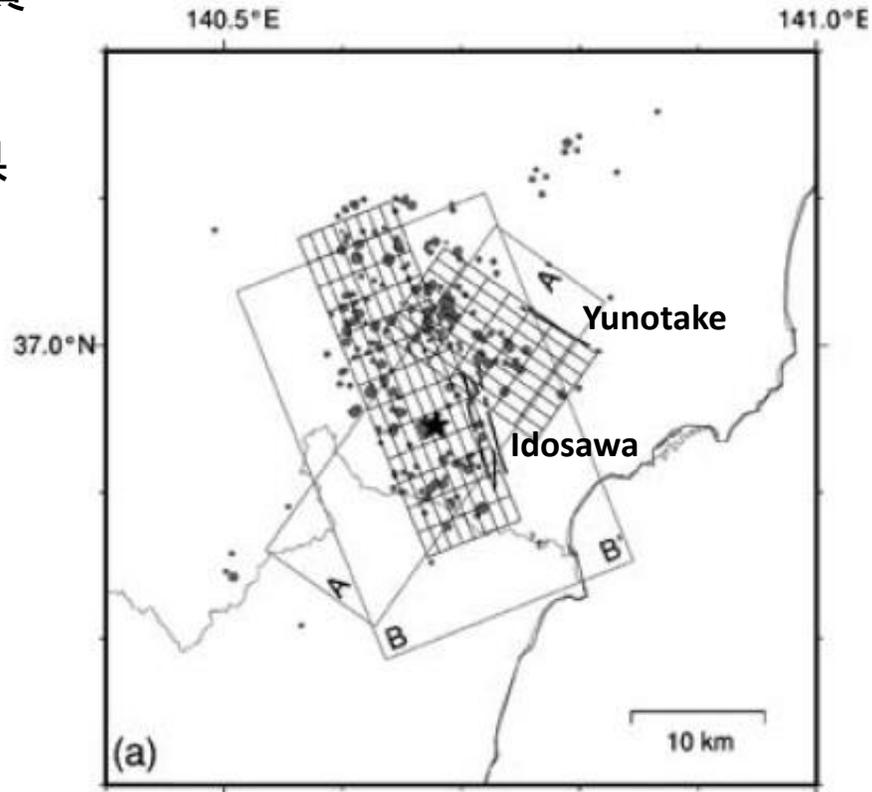
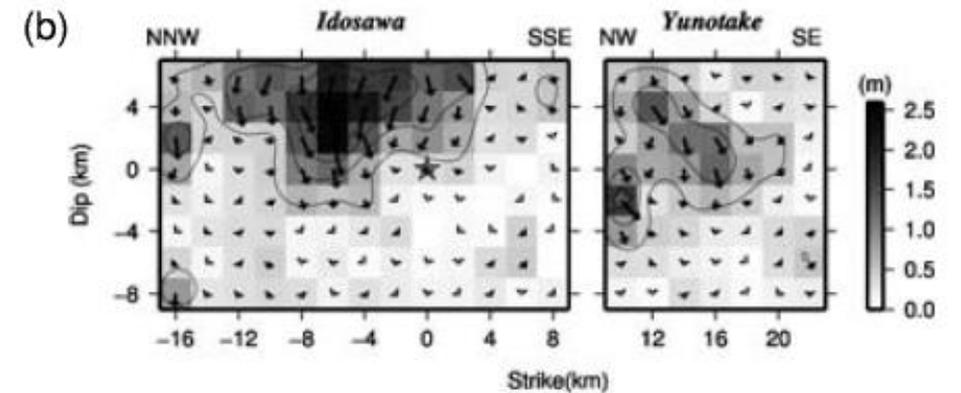


Table 1. Coordinates and geometries of the assumed fault planes of the Fukushima Hamadori earthquake.

	Strike (°)	Dip (°)	Length (km)	Width (km)	Reference point			
					Lat. (°)	Lon. (°)	Dep. (km)	definition
Idosawa segment	158	62	<u>26</u>	16	36.9451	140.6780	5.7	Hypocenter*
Yunotake segment	125	60	<u>14</u>	16	37.0667	140.6857	2.0	Upper left

\*The hypocenter is located at 17 km in length, and 7 km in width from upper left corner on Idosawa segment.

**Rupture Area: 640km<sup>2</sup>**



## 過小な日本海「最大クラス」津波断層モデルとその原因

Underestimated fault models for 'maximum-class' tsunami in the Japan Sea, resulted from Irikura and Miyake (2001) scaling relation

\*島崎 邦彦<sup>1</sup>

\*Kunihiko Shimazaki<sup>1</sup>

1. 東京大学

1. University of Tokyo

日本海西部（能登半島以西）の「最大クラス」津波の断層モデル（国交省，2014）は、過小評価であり再検討が必要である（島崎，JpGU，2015）。過小評価の原因は、入倉・三宅式（2001）にある。この式は断層面積から地震モーメントを推定する際に用いられるが、西日本に多く分布する、上部地殻を断ち切るような高角の断層では地震モーメントが過小評価となる。長さが同じ断層で比べると、低角の断層に比べて高角の断層では、断層面積が小さく、地震モーメントや、ずれの量の平均値が小さくなる。島崎（JpGU，2015）は過小となる理由として次の二つをあげた。

1. 断層の長さや面積などの断層パラメータは、地震発生後に得られるものであって、事前に推定できる値とは異なり、大きくなることが多い。
2. 断層の幅を14kmと固定した場合、入倉・三宅式を変形して得られる式（地震モーメントが断層長さの二乗に比例する式）の係数が、武村式（1998）や山中・島崎式（1990）の係数の1/4程度となる。

本講演では、2.をさらに検討した。すなわち、静的変形の実測値が、入倉・三宅式を用いた断層モデルで説明可能かどうかを調べた。測量によって地震時の静的変形が観測されている1927年北丹後地震、1930年北伊豆地震、1943年鳥取地震について、既存の断層面積の推定値（Abe, 1978; Kanamori, 1973）から、入倉・三宅式を用いて平均的なずれの量を求め、これから推定される変形が実測値と調和的かどうかを検討した。その結果、入倉・三宅式では実測値の1/4以下の変形しか説明できないことがわかった。以上から、次のように結論することができる。日本の上部地殻を断ち切るような高角の断層で発生する大地震の地震モーメントの推定には入倉・三宅式を用いるべきではない。

地震モーメント  $M_0$ (この小文では‘震源の大きさ’)は断層面積  $S$ , ずれの量  $u$  と剛性率  $\mu$  の三者の積に等しい<sup>12</sup>。すなわち, 次のように表すことができる。

$$M_0 = \mu \times u \times S$$

ここで剛性率は, 岩石のある種の固さを示す。断層をずらすように加えた力に対する, 岩石の変形しにくさを, 剛性率は示している。日本海の津波断層モデルの報告書では, 剛性率を  $3.43 \times 10^{10}$  Nm としているので, この小文でもその値を用いる。

(i) 平均すべり量  $D$

震源断層全体の平均すべり量  $D$  (m) と地震モーメント  $M_0$  (N・m) の関係は、震源断層の面積  $S$  ( $\text{km}^2$ ) (もしくは震源断層モデルの面積  $S_{\text{model}}$  ( $\text{km}^2$ )) と剛性率  $\mu$  ( $\text{N}/\text{m}^2$ ) を用いて、

$$D = M_0 / (\mu \cdot S) \dots\dots\dots (9)$$

で表される。剛性率については、地震発生層の密度  $\rho$  ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )、S波速度  $\beta$  ( $\text{km}/\text{s}$ ) から算出する。

そこで簡単な例として、幅  $W$  14 km の場合を考えよう。ずれの量を示す(2)式、(4)式、(6)式は、それぞれ次のように(7)式、(8)式、(9)式と、皆同じ形に書き換えられる。‘地震の大きさ’の式も同様である。

$$u = 2.27 \times 10^{-2} \times L \quad \text{[入倉・三宅式]} \quad (7)$$

$$u = 9.04 \times 10^{-2} \times L \quad \text{[武村式]} \quad (8)$$

$$u = 7.91 \times 10^{-2} \times L \quad \text{[山中・島崎式]} \quad (9)$$

$$\underline{u = 6.98 \times 10^{-2} \times L^{0.95}} \quad \text{[地震本部]}$$

甲298号証をもとに一審原告ら代理人作成

	断層長さ	断層幅	ずれの量	参照	入倉・三宅式による試算	入倉・三宅／観測値
1927年 北丹後地震	35km	13km	3m	Kanamori (1973)	0.74m	0.25倍
1930年 北伊豆地震	22km	12km	3m	Abe (1978)	0.43m	0.14倍
1943年 鳥取地震	33km	13km	2.5m	Kanamori (1973)	0.7m	0.28倍

甲331号証島崎(2016) 654頁

また、断層のずれの量  $u$ (m; 厳密に言えば、ずれを断層面全体で平均した値、すなわちずれの量の平均値)は同様に次の(2)式により求めることができる。

$$u = 1.622 \times 10^{-3} \times S \quad (2)$$

これら及び以降の式は単に数値を計算するための式であり、一般の方々にわかりやすい形にした。

一審原告ら代理人作成

	断層長さ	断層幅	ずれの量	参照
1927年 北丹後地震	35km	13km	3m	Kanamori (1973)
1930年 北伊豆地震	22km	12km	3m	Abe (1978)
1943年 鳥取地震	33km	13km	2.5m	Kanamori (1973)

事前設定される 断層長さ
33km
27km
30km

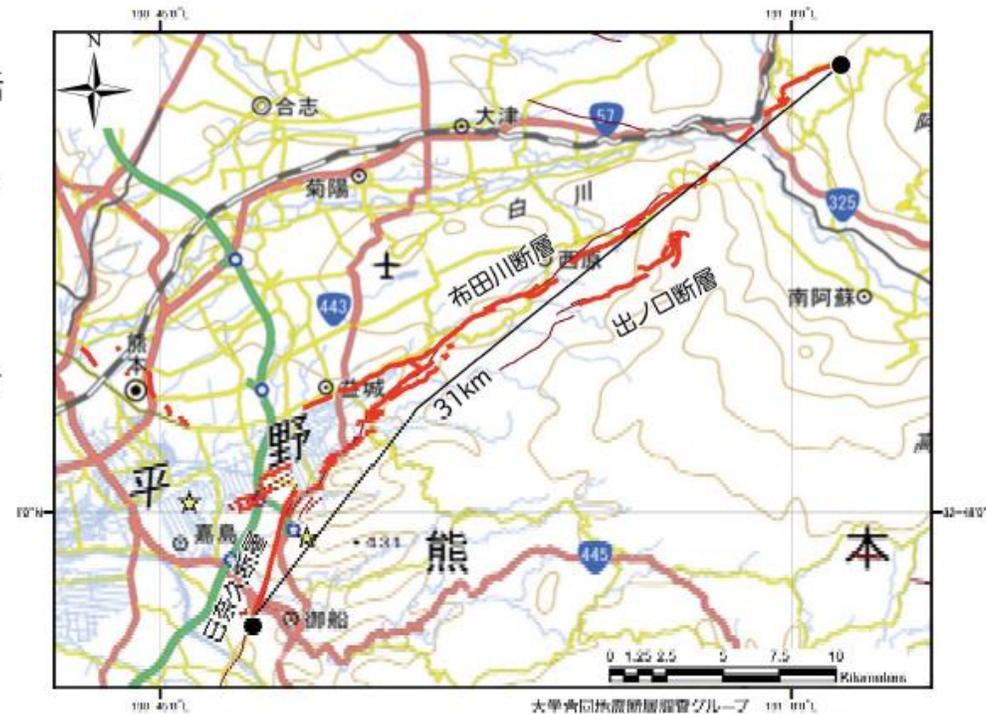
2016年熊本地震の地表地震断層の分布とその特徴

広島大学大学院教育学研究科准教授 熊原康博

(くまはら・やすひろ)

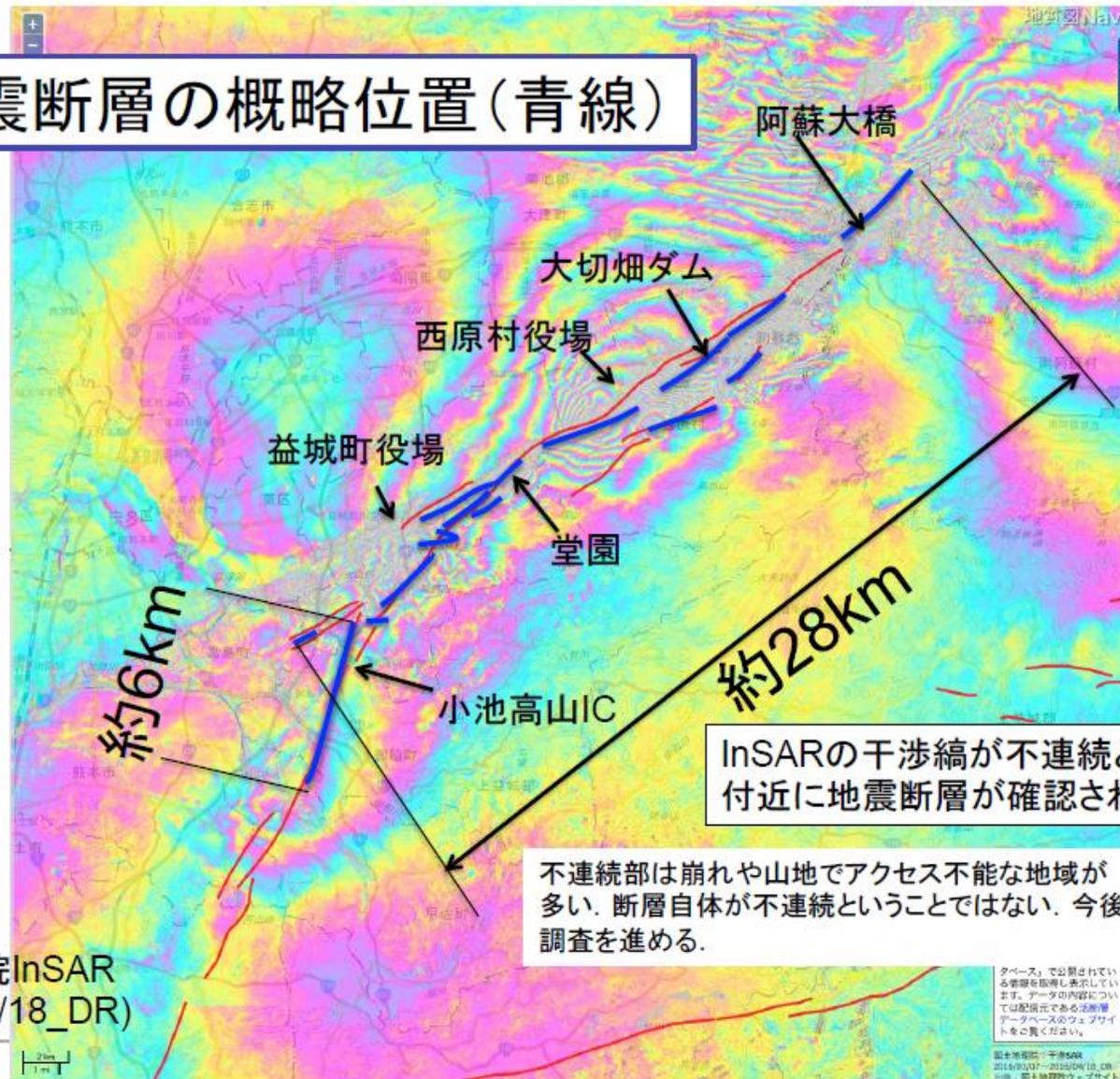
発表の要旨

- ・ 14日の地震（いわゆる前震）直後から14大学の教員・学生ら合計23名で継続的に調査。3700点以上計測
- ・ 地表地震断層の長さは約31km
- ・ 今回の活動は、布田川-日奈久断層帯北東部の再活動
- ・ 布田川-日奈久断層帯沿いの地表地震断層の変位：右横ずれ変位を主体  
(最大変位量：右横ずれ変位約2m, 上下変位80cm程度)
- ・ 出ノ口断層沿いの地表地震断層は、左横ずれ変位を伴う北落ちの正断層  
(最大変位量：左横ずれ変位約1m, 上下変位2m)
- ・ 変位量は震央から約8km北東に離れた地点から大きくなり、震源破壊過程モデルで推定されたすべり分布の傾向と調和的
- ・ 14日の地震では、日奈久断層、布田川断層の一部にそって地表地震断層が生じており
- 16日の地震に伴い、同じトレースで変位が拡大した
- ・ 熊本市内の断続的な開口亀裂は、地表地震断層である可能性が高い



熊本地震に伴う地表地震断層の分布  
大学合同地震断層調査グループ

地震断層の概略位置(青線)



InSARの干渉縞が不連続となる付近に地震断層が確認された

不連続部は崩れや山地でアクセス不能な地域が多い。断層自体が不連続ということではない。今後調査を進める。

地理院InSAR  
(3/7-4/18\_DR)



甲297号証、甲331号証をもとに原告ら代理人作成

	観測記録 10の18乗 Nm	断層長さ km	武村式	山中・ 島崎式	松田式 +武村 (1990)	入倉・ 三宅式	入倉・三宅/ 観測記録	断層 傾斜角
1891年 濃尾地震	180	69	210	180	130	52	0.29倍	90°
1930年 北伊豆地震	27	27	32	28	21	7.9	0.29倍	90°
2011年 福島県浜通り	11	19.5	17	14	11	5.5	0.5倍	60°
1927年 北丹後地震	46	33	48	41	31	12	0.26倍	90°
1943年 鳥取地震	36	30	39	34	25	9.8	0.27倍	90°
1945年 三河地震	10	21	19	17	13	19	1.9倍	30°
1995年 兵庫県南部地震	22	32	45	39	29	11	0.5倍	90°
2016年 熊本地震	47	31	42	37	27	13.7	0.29倍	60°

平成 28 年 4 月 16 日の熊本県熊本地方の地震 (Mj7.3)

震源断層モデル (暫定)

GNSS で観測された地殻変動から、東北東-西南西走向の北側に傾き下がる断層が右横ずれ的に動いたと推定される。

基準期間：2016/04/15 03:00 - 23:59 (Q3 解)  
比較期間：2016/04/16 02:00 - 05:59 (S3 解)

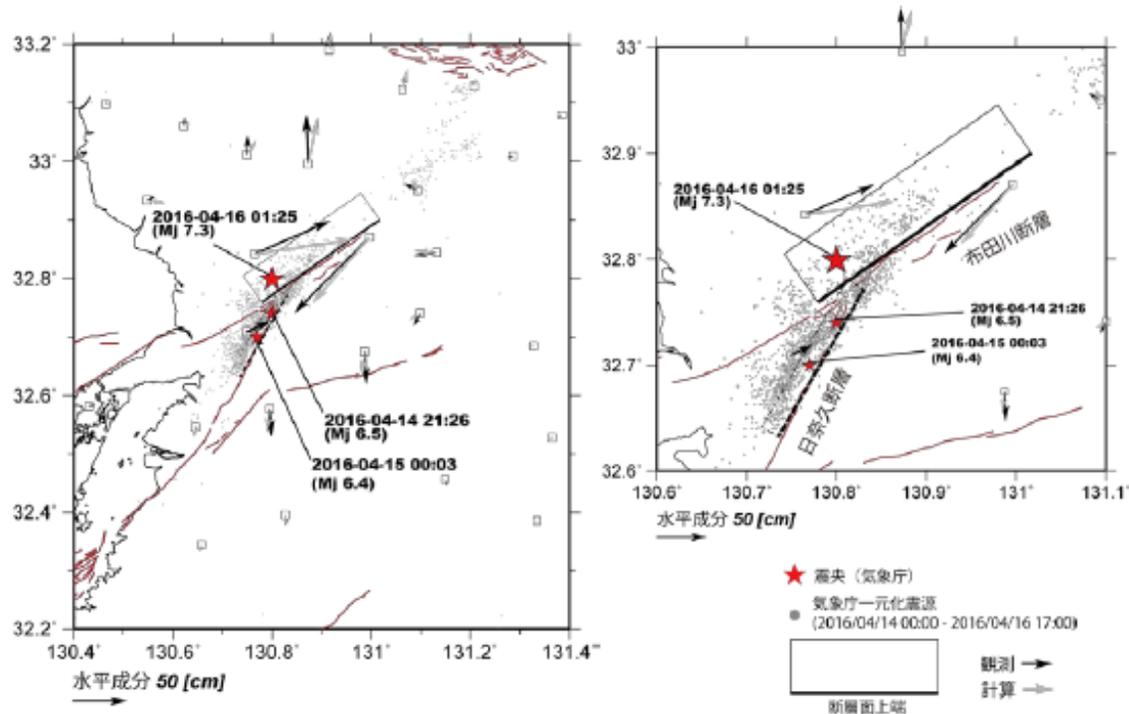


図1 震源断層モデル (左) 広域図 (右) 拡大図

※1 地殻変動には余震の影響も含まれる。

※2 点線で示す断層モデルは4月14日(Mj6.5)の地震で推定されたモデル

推定された震源断層モデルパラメータ

経度	緯度	上端深さ	長さ	幅	走向	傾斜	滑り角	滑り量	M <sub>w</sub>
[°]	[°]	[km]	[km]	[km]	[°]	[°]	[°]	[m]	
131.017	32.900	0.1	27.1	12.3	235	60	-161	3.5	7.0

※位置は断層の左上端

国土地理院

図2 布田川・日奈久断層帯の活断層位置と調査地点

乙192号証

平成14年5月8日付け

地震本部「布田川・日奈久断層帯の評価」

4頁 抜粋・加筆



甲457 2009年版「全国地震動予測地図別冊2 震源断層を特定した地震動予測地図」322頁(抜粋)

布田川・日奈久断層帯北東部 (ふたがわ・ひなぐだんそうたいほくとうぶ)

地震諸元

コード	断層名称	断層面のずれの向き		$M_j$	断層長さ	断層面の幅	断層面の傾斜角	地震発生層の深さ
9301	布田川・日奈久断層帯北東部	南東側隆起の上下成分を伴う右横ずれ断層	長期評価	7.2程度	約27km	不明	地表近傍では高角	下限15km程度
			モデル化	$M_w$ 6.7	32km	14km	90度	3-16km

甲466号証  
 平成25年2月1日付け  
 地震本部「布田川・日奈久  
 断層帯の評価(一部改訂)」  
 12頁 抜粋・加筆

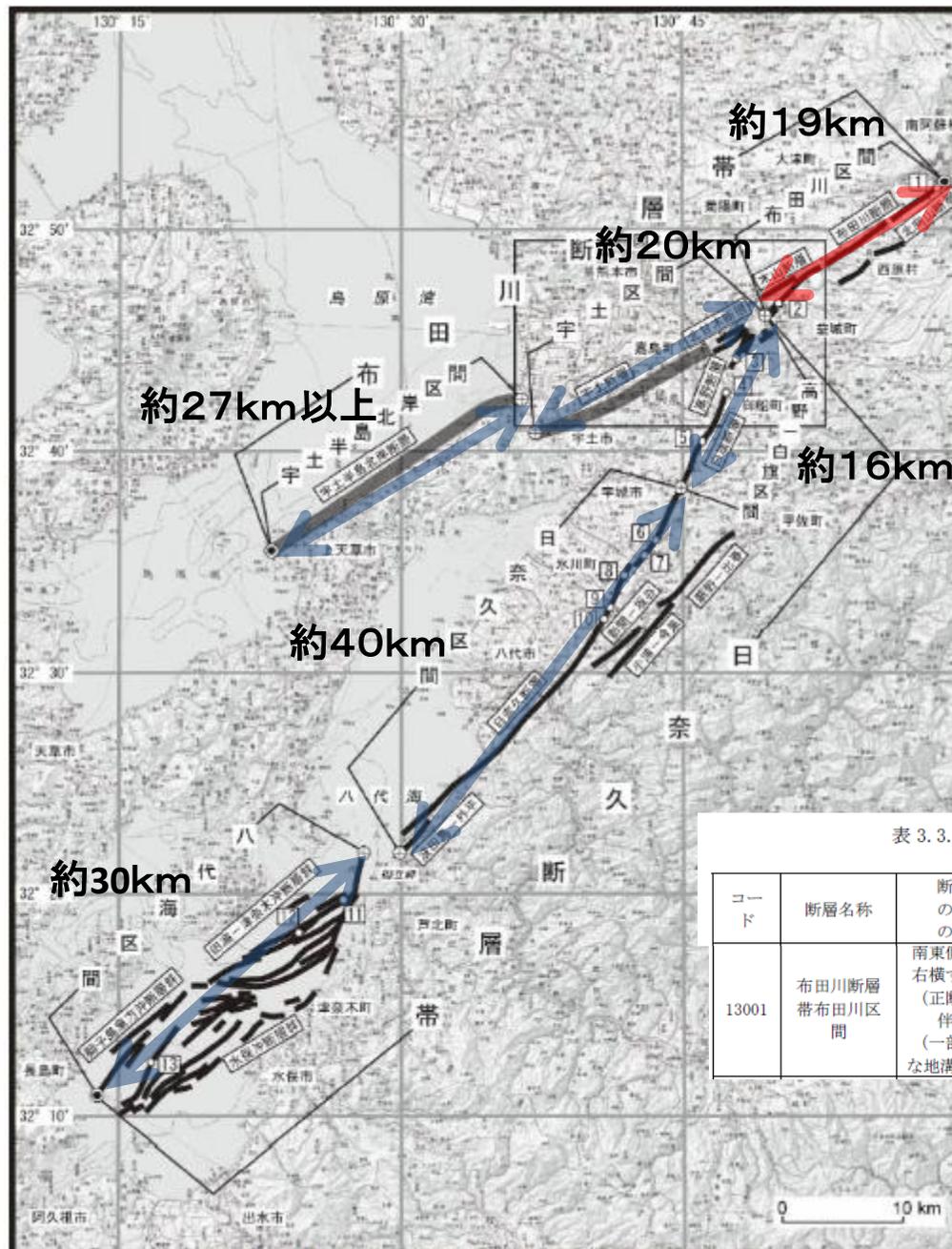


図2 布田川断層帯・日奈久断層帯の活断層位置と調査地点

甲459「今後の地震動ハザード評価  
 に関する検討～2013年における検  
 討結果～」88頁

表 3.3.1.2-2 九州地域評価で詳細な評価対象となる活断層の諸元  
 (全てのモデルで共通)

コード	断層名称	断層面の のずれ の向き		$M_j$	断層 長さ	断層面 の幅	断層面の 傾斜角	地震発生層 の深さ
13001	布田川断層 帯布田川区 間	南東側隆起の 右横ずれ断層 (正断層成分 伴う) (一部小規模 な地溝帯形成)	長期 評価	7.0 程度	約 19km	11-17km 程度	高角度 (地表付近) 北西傾斜	10-13km 程度
			モデル 化	$M_{6.5}$	24km	14km	北西傾斜 90度	3-17km

平成28年熊本地震の震源断層モデル (暫定)

SAR (だいち2号) 及びGNSSで観測された地殻変動から、布田川断層帯および日奈久断層帯に沿った位置に震源断層が推定された。布田川断層帯では北西傾斜の断層面とその東側延長に南東傾斜の断層面、日奈久断層帯では北西傾斜の断層面で、それぞれ右横ずれ的な動きが生じたと推定される。

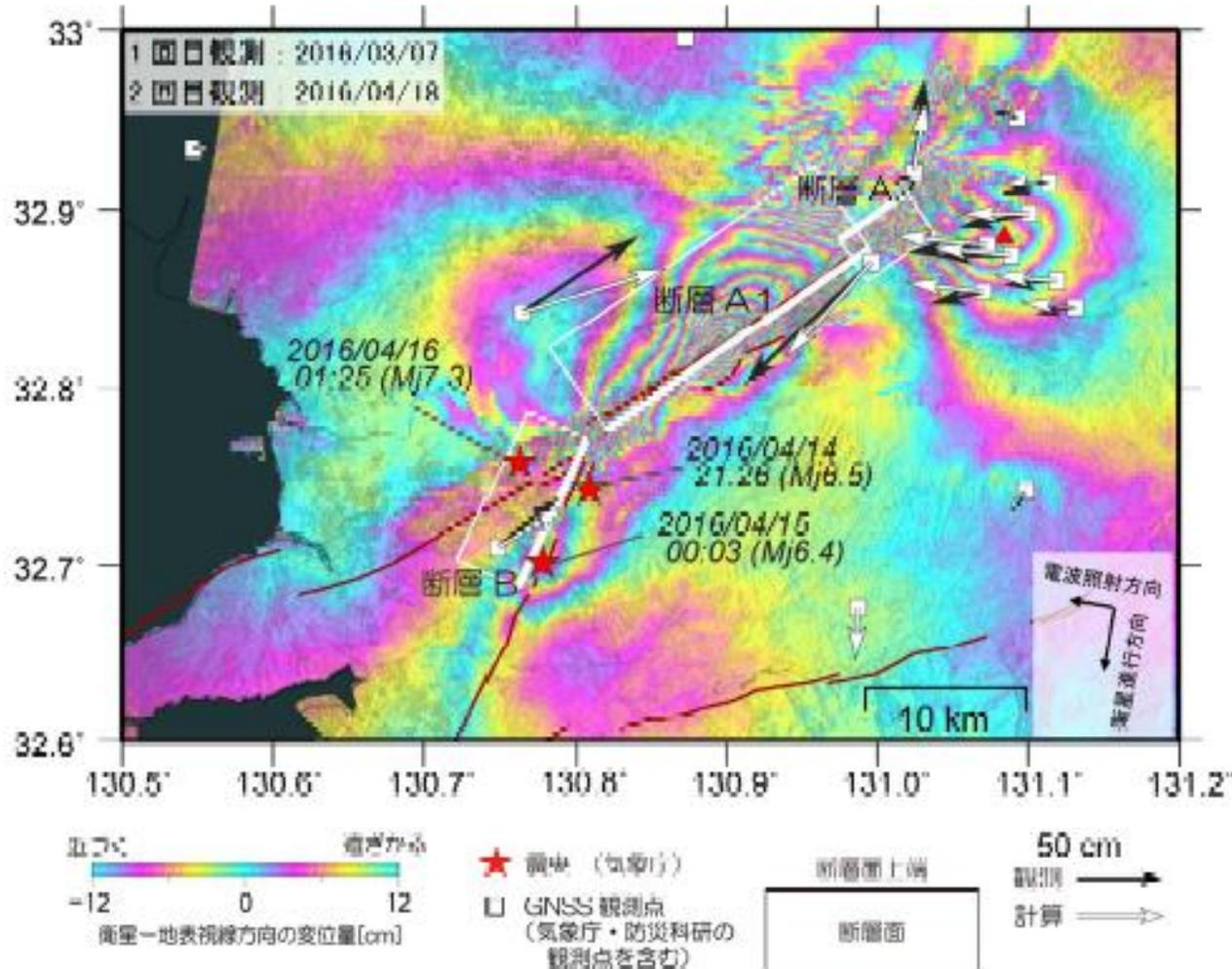


図1 干渉 SAR (観測値) と GNSS(観測値・計算値)

	経度 [°]	緯度 [°]	上端深さ [km]	長さ [km]	幅 [km]	走向 [°]	傾斜 [°]	滑り角 [°]	滑り量 [m]	M <sub>w</sub>
断層 A1	130.996	32.878	0.6	20.0	12.5	235	60	209	4.1	6.96
断層 A2	130.975	32.883	0.2	5.1	6.6	56	62	178	3.8	6.36
断層 B	130.807	32.770	0.8	10.2	13.0	205	72	176	2.7	6.65

※矩形断層3枚での推定結果。位置は断層の左上端を示す。

合計断層長さ  
35.3km

総断層面積  
416km<sup>3</sup>

平均滑り量  
3.6m

国土地理院

平成28年熊本地震の滑り分布モデル (暫定)

SAR (だいち2号) 及び GNSS で観測された地殻変動から、布田川断層帯および日奈久断層帯に沿った位置に震源断層が推定された。布田川断層帯では北西傾斜の断層面とその東側延長に南東傾斜の断層面、日奈久断層帯では北西傾斜の断層面で、それぞれ右横ずれ的な動きが生じたと推定される。

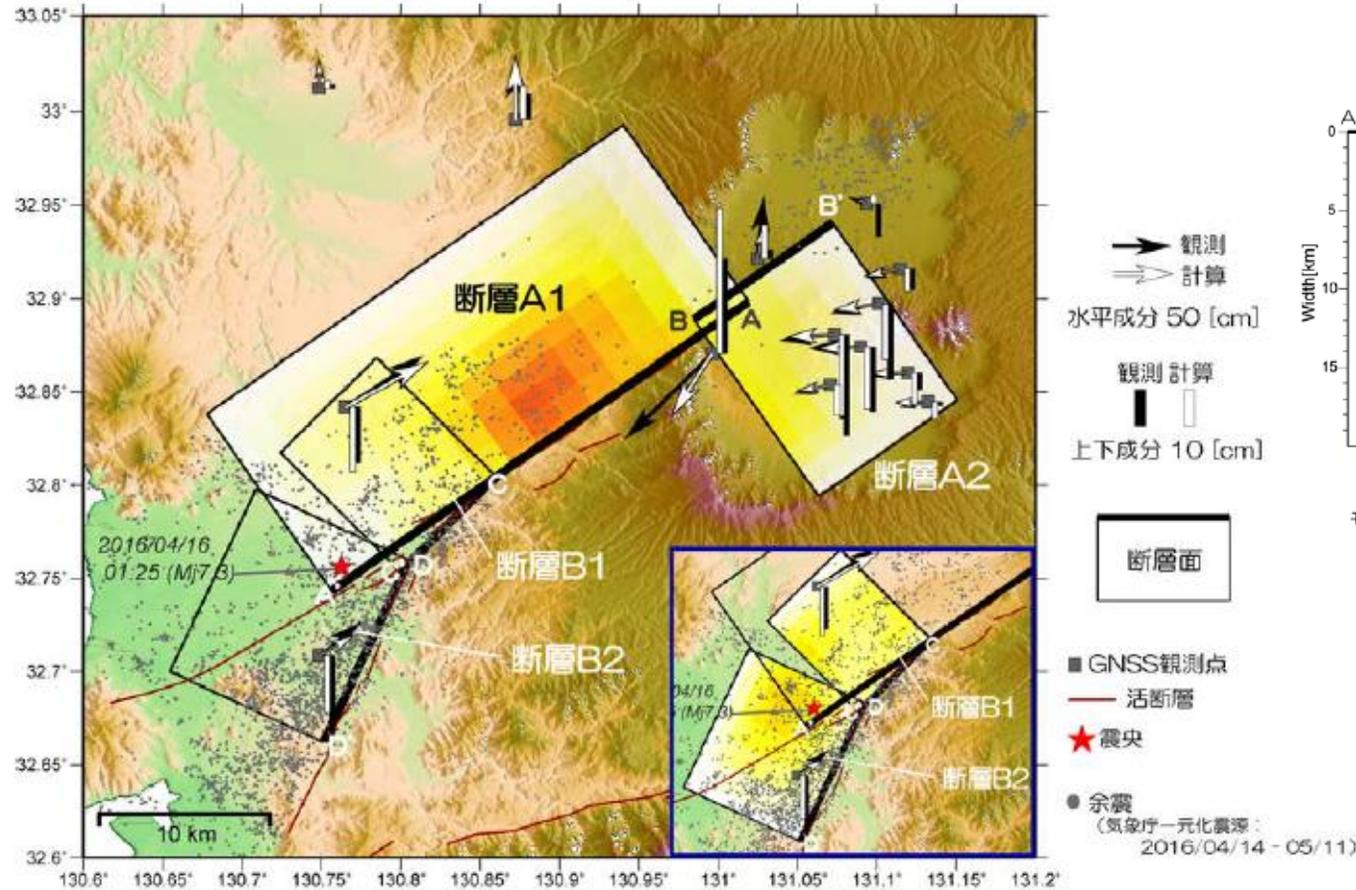


図1 断層モデルの位置と GNSS データ(観測値・計算値)

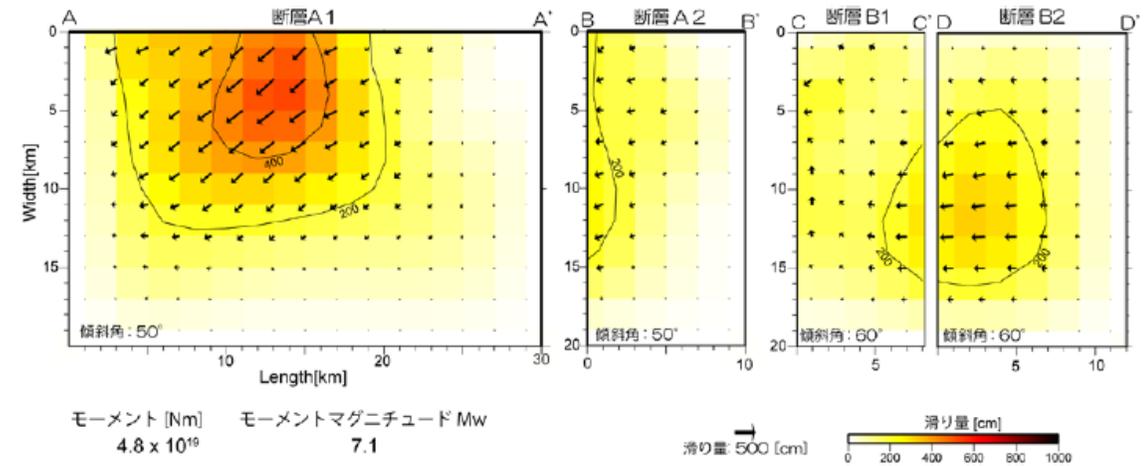
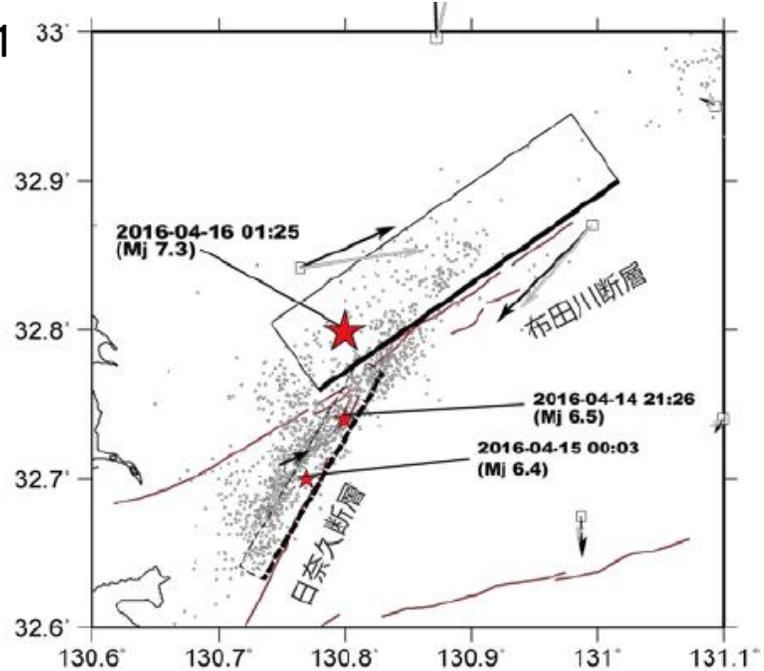
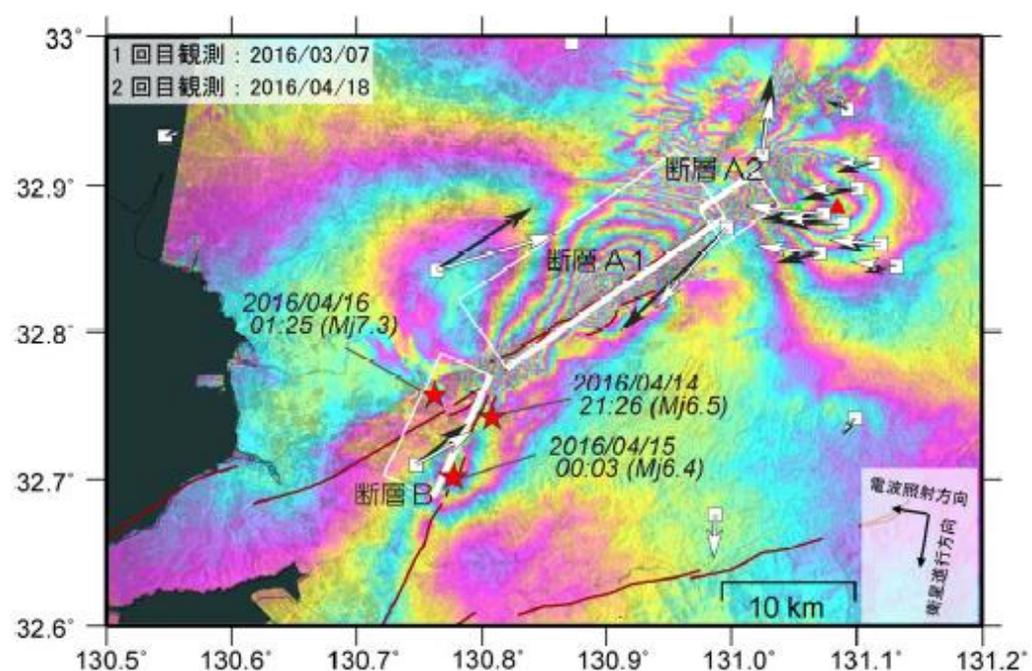


図2 推定された断層面上の滑り分布

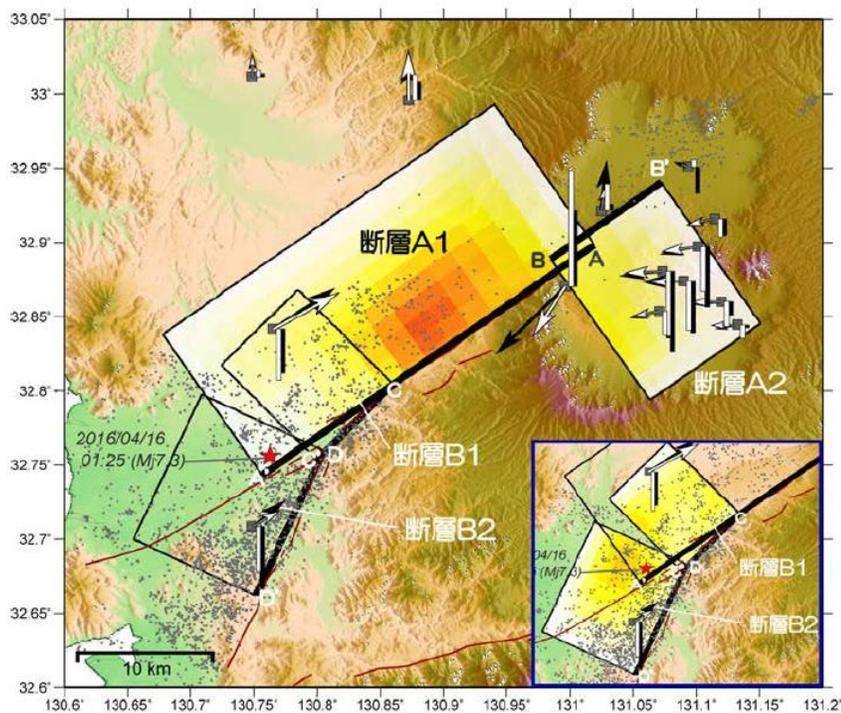
暫定値1



暫定値2

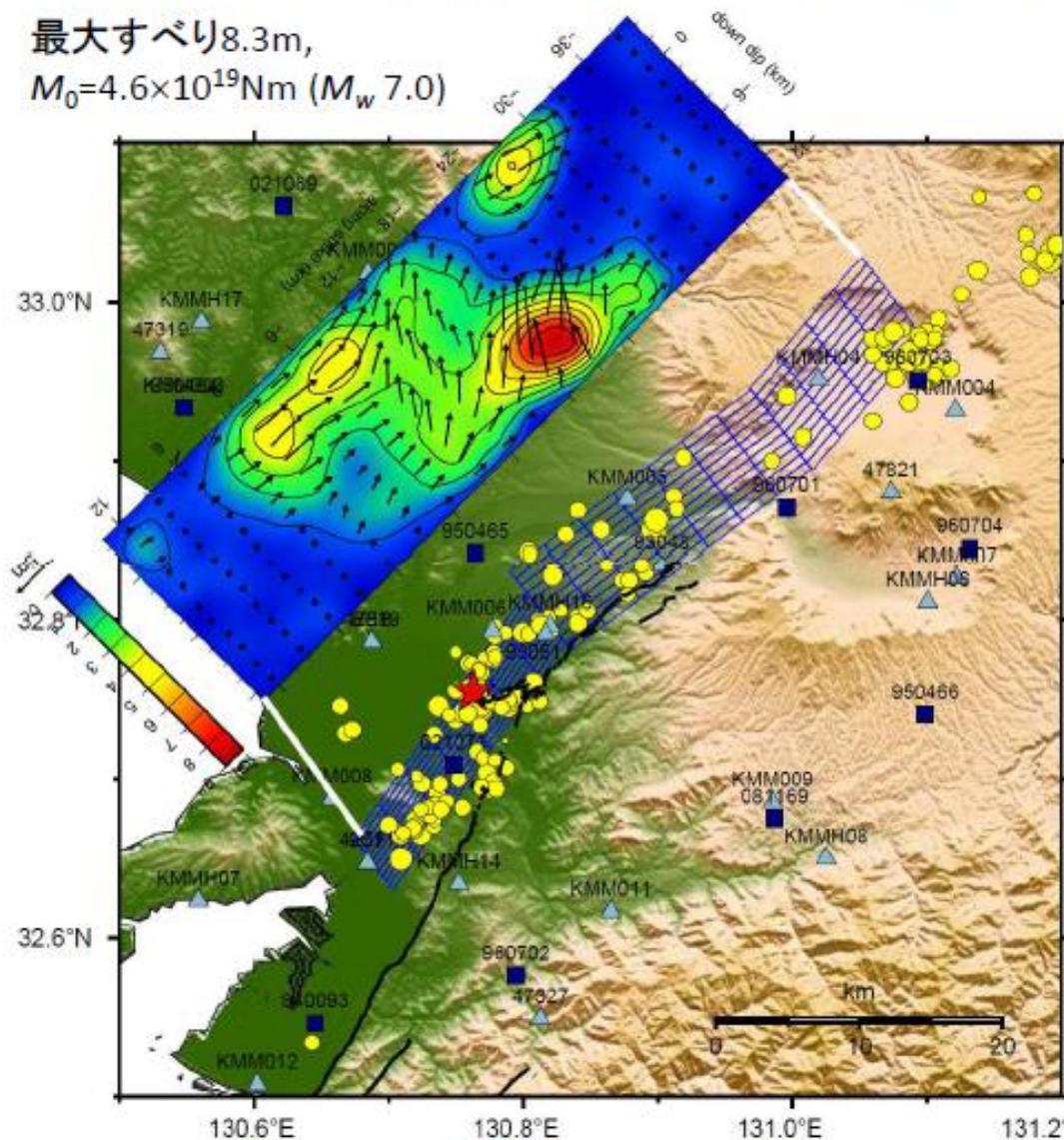


暫定値3



# 強震・遠地・測地データのジョイントインバージョン結果

最大すべり8.3m,  
 $M_0 = 4.6 \times 10^{19} \text{Nm}$  ( $M_w$  7.0)

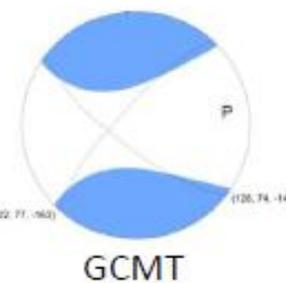


最終すべり量とそのベクトルの分布。

1. 大きなすべりは破壊開始点から阿蘇カルデラ入り口まで。
2. 特に大きなすべりは西原村付近の浅い部分。
3. 横ずれ成分だけでなく、かなりの正断層成分を持つ。
4. そのため、断層直交方向ではなく、斜交する方向の東西成分が大きな揺れとなった。

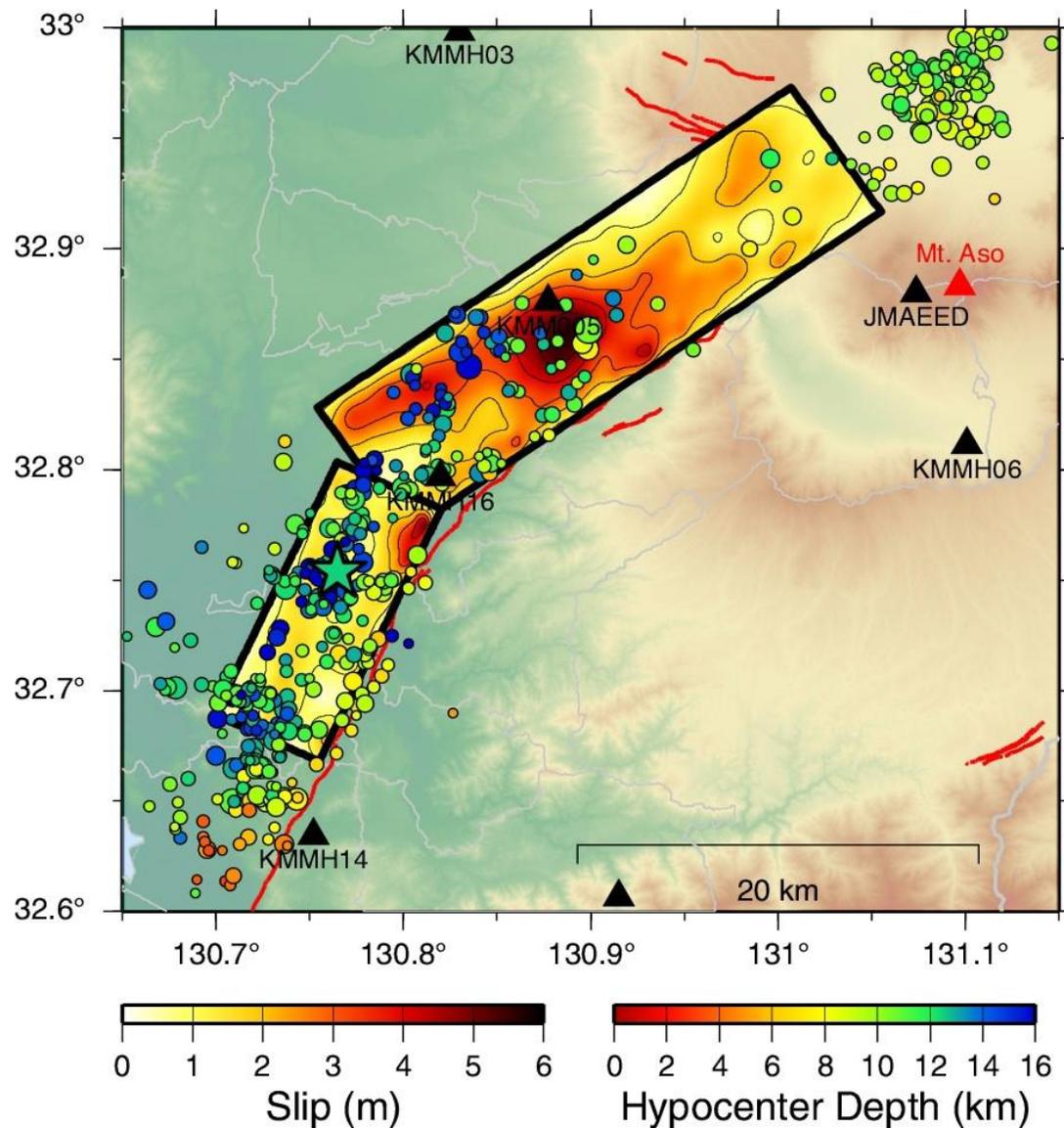
かなりの正断層成分を持つことは

1. GCMTやUSGSのCMT解
2. 地表地震断層の一部
3. 余震メカニズムの一部と整合的である。



# 「平成28年(2016年)熊本地震」の地震活動のうち本震(M<sub>JMA</sub>7.3) の震源過程(改訂版)

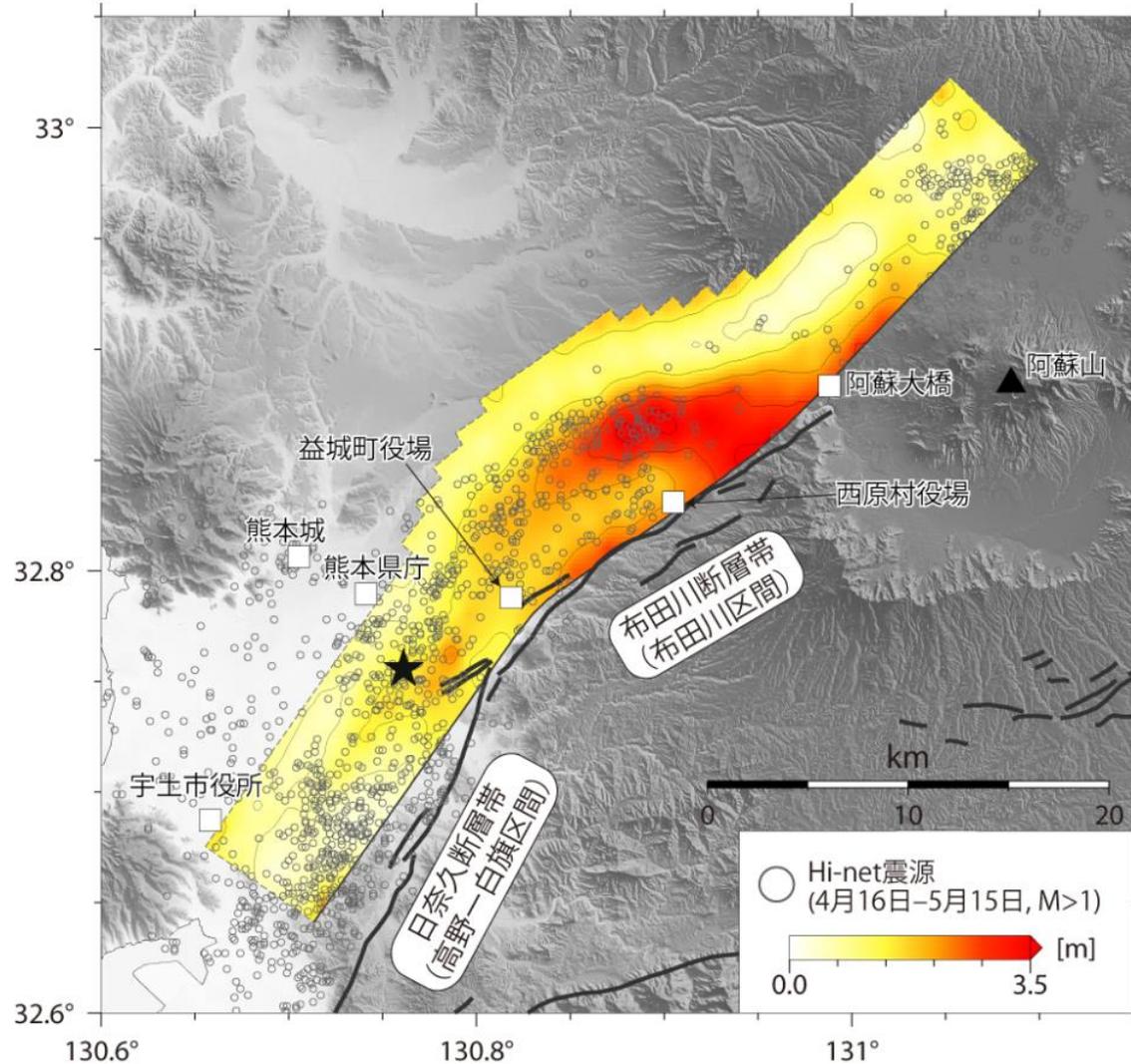
京都大学防災研究所 地震災害研究部門



余震分布、地表地震断層などを考慮して、日奈久断層帯北部に沿った長さ14km×幅18km、走向205度、傾斜72度の断層面、及び布田川断層帯に沿った長さ28km×幅18km、走向235度、傾斜65度の断層面を仮定。

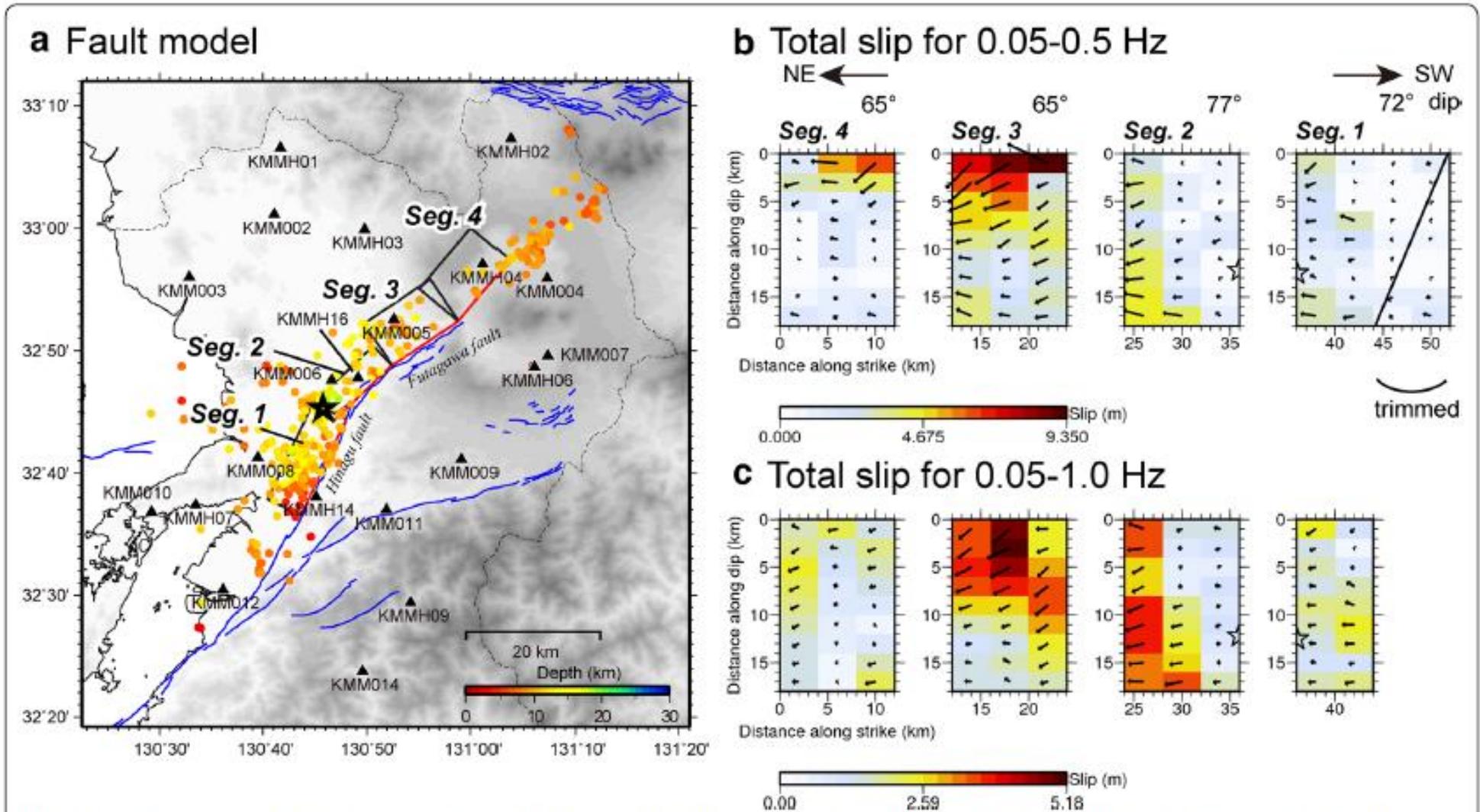
地震モーメント :  $4.67 \times 10^{19} \text{Nm}$  (Mw7.0)  
最大すべり量 : 5.3m  
第1タイムウィンドウ破壊フロントの伝播速度 : 2.4km/s

# 近地強震記録を用いた平成28年(2016年)熊本地震(4月16日1時25分、M7.3)の震源インバージョン解析(2016/8/9再改訂版)

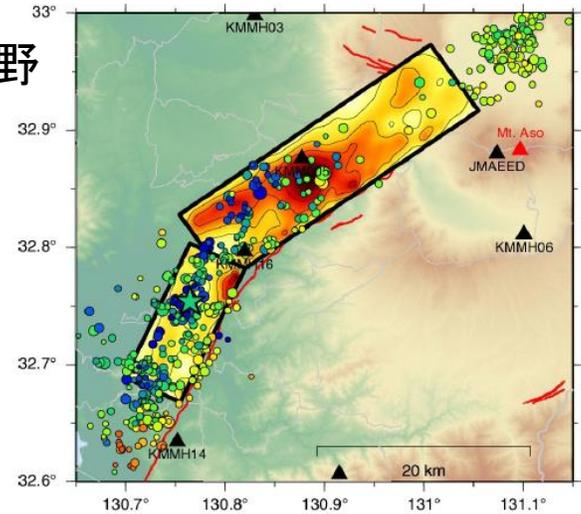
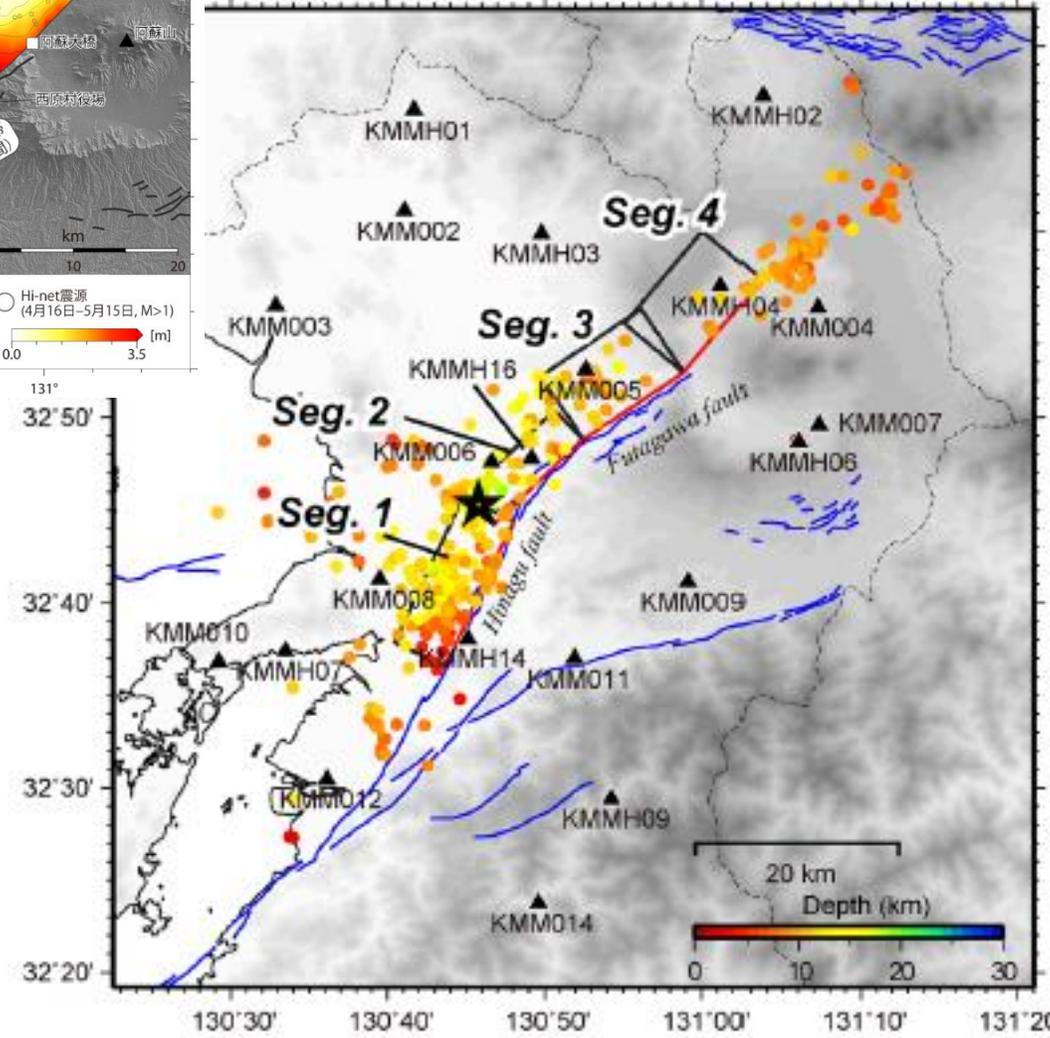
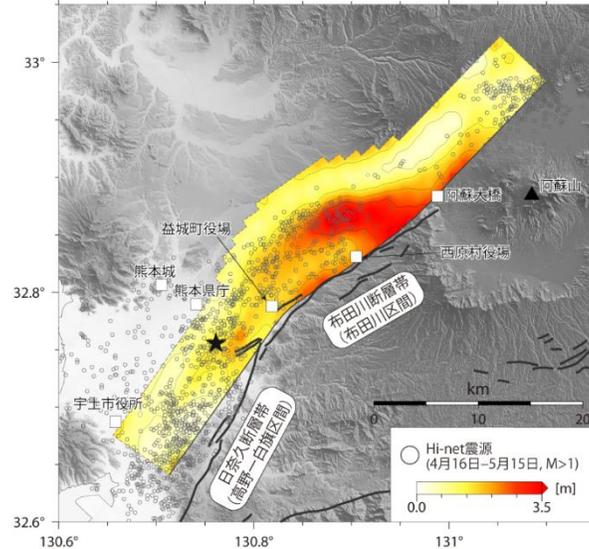
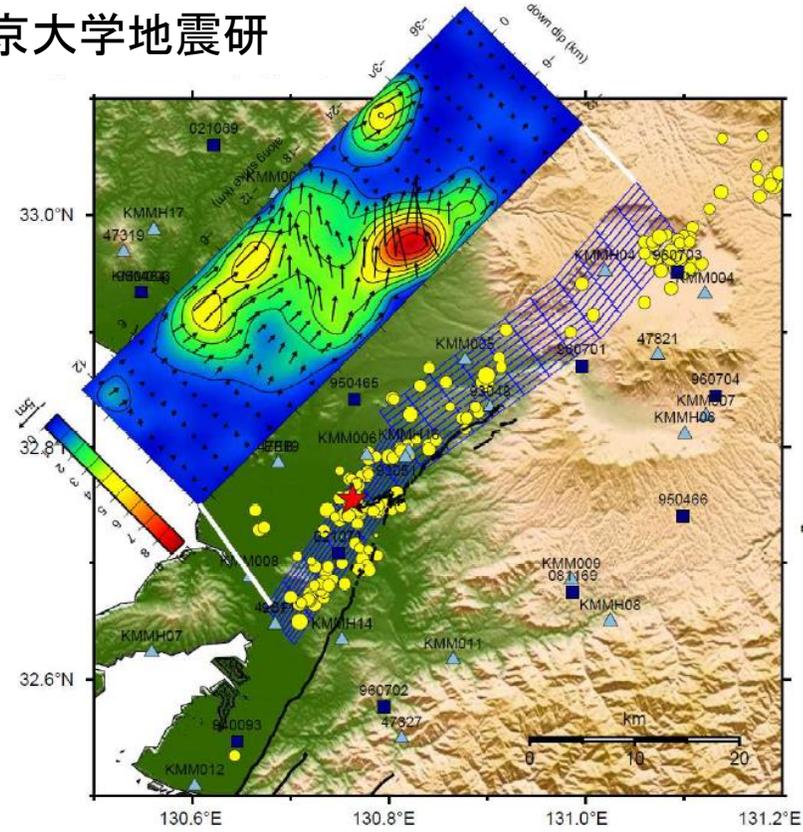


最大すべり量3.8m  
地震モーメント $5.5 \times 10^{19}$ Nm (Mw 7.1)

久保久彦、鈴木亘、青井真 (防災科学技術研究所)、関口春子 (京都大学防災研究所)



**Fig. 1** Map view of the 2016 Kumamoto earthquake and the distribution of total slip. **a** Map showing the locations of the four fault segments of the source fault model (four rectangles), the observational stations (black triangles) and the aftershocks (circles) that occurred within 48 h of the mainshock, as reported in the JMA unified hypocenter catalog. The star indicates the starting point of the mainshock rupture. The blue lines indicate the locations of active faults (National Institute of Advanced Industrial Science and Technology). **b** Total slip distribution based on the 0.05–0.5 Hz strong-motion waveform inversion of Yoshida et al. (2016). The entire rupture area was trimmed following the criteria defined by Somerville et al. (1999). **c** Total slip distribution based on the 0.05–1.0 Hz strong-motion waveform inversion (Yoshida et al. 2016)



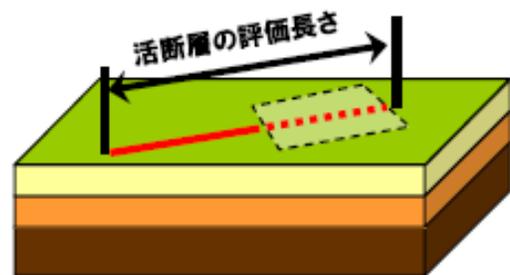
### 基準地震動の策定における保守性の考慮

- 変動地形学的調査、地質調査、地球物理学的調査などによって、断層長さ、断層幅等について、保守的に設定。

(例1) 断層長さ

〔活断層の延長上に確実な否定根拠が認められない場合〕

延ばす



〔複数の活断層が認められる場合〕

繋げる



(例2) 断層傾斜角を大きくするようにして、断層幅を保守的に設定



$$W = \frac{H}{\sin \delta} \quad (0 < \sin \delta \leq 1)$$



## 2. 基準地震動の策定における保守性の考慮

基準地震動の策定においては、保守性の考慮として、まず、断層長さを保守的に設定している（別紙2参照）。今回の対象の断層についても以下のとおり各断層長さを保守的に設定し、さらに、これら3つの断層の連動を考慮し、これを基本ケースとしている。

FO-A断層；約24km（既存文献では18km）

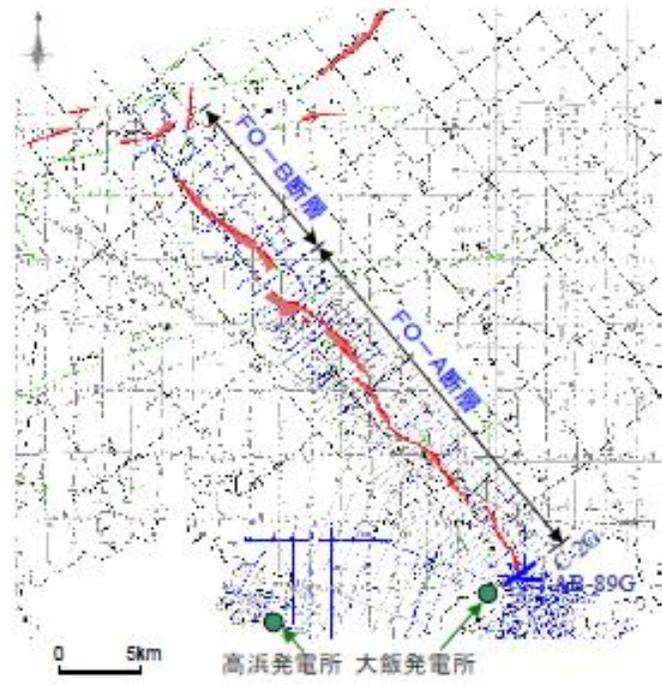
FO-B断層；約11km（既存文献に記載なし）

熊川断層；約14km（既存文献では9km又は12km）

この基本ケースに、さらに断層幅、短周期の地震動レベル、アスペリティ配置等の不確かさを考慮している。

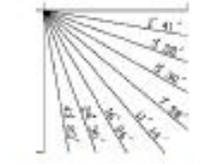
# FO-A断層に関する調査結果

2-42



- ||||| 後期更新世以降の活動が認められる断層及び換曲
- ||||| 後期更新世以降の活動が認められない断層及び換曲

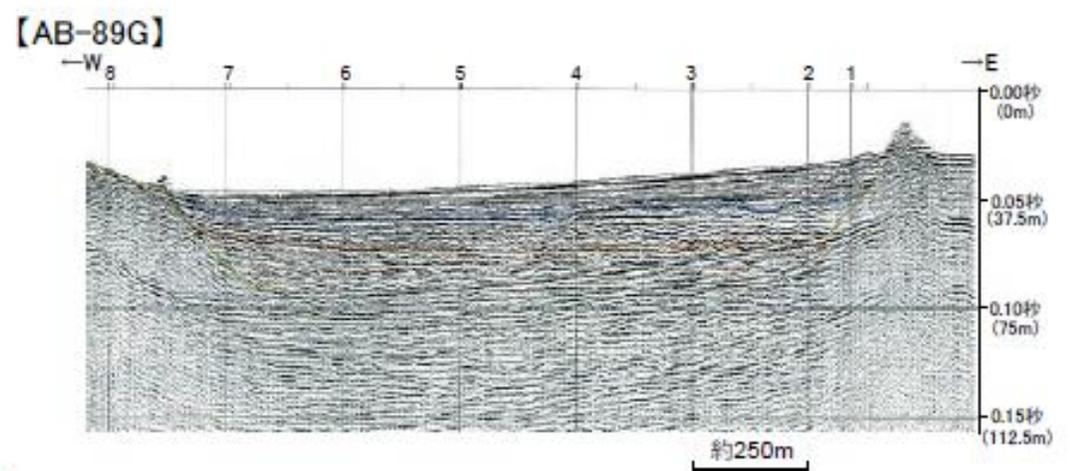
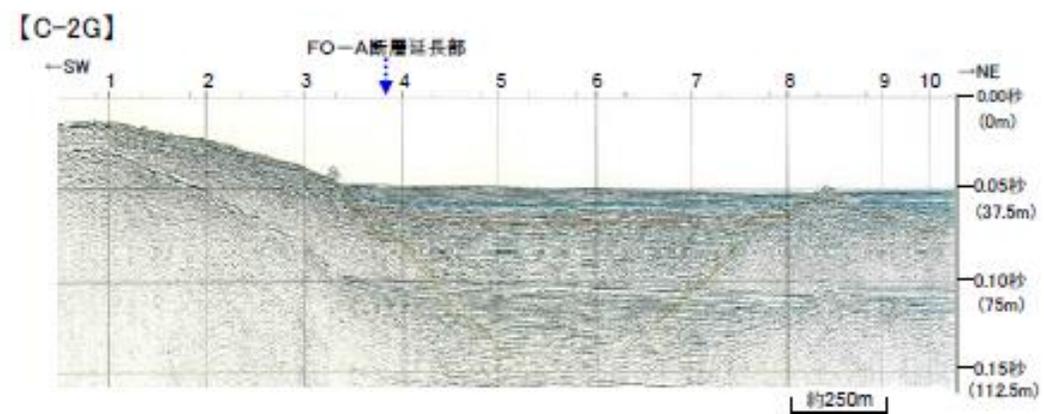
V.E. ≒ 6



数字(角度)は水平・垂直比が1:1の傾斜角度

- 凡例
- B層上面
  - C層上面
  - R層上面

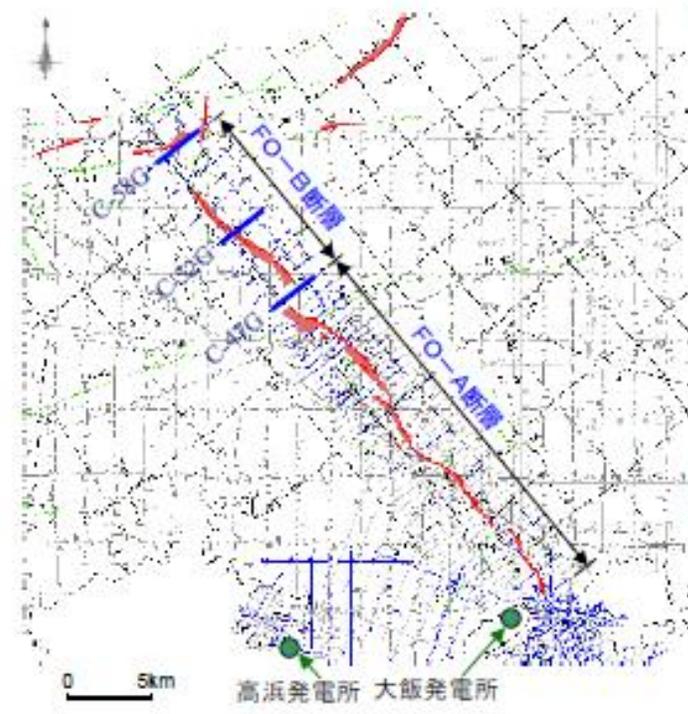
断層の北端部、南端部は後期更新世以降の地層に変位・変形が認められないことにより確認。



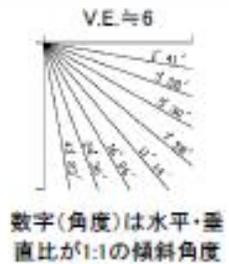
甲470号証  
H25.11.1付け  
「大飯発電所 地  
震動評価について」

# FO-B断層に関する調査結果

2-43

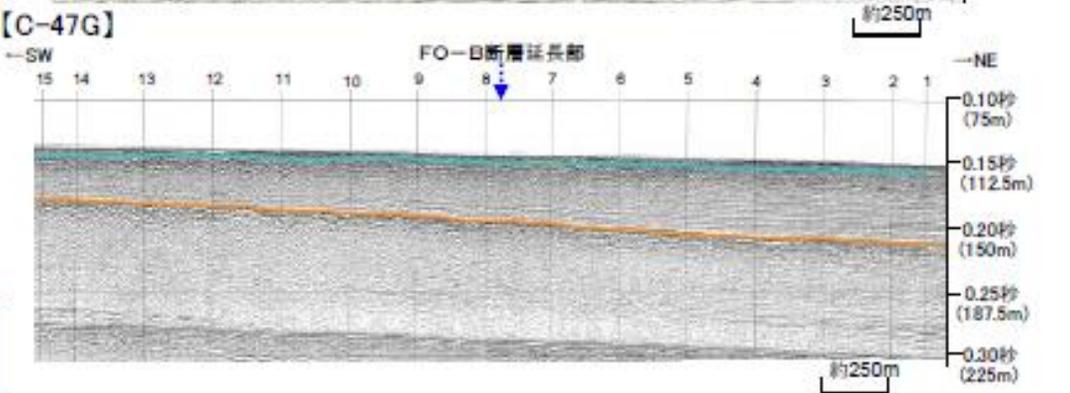
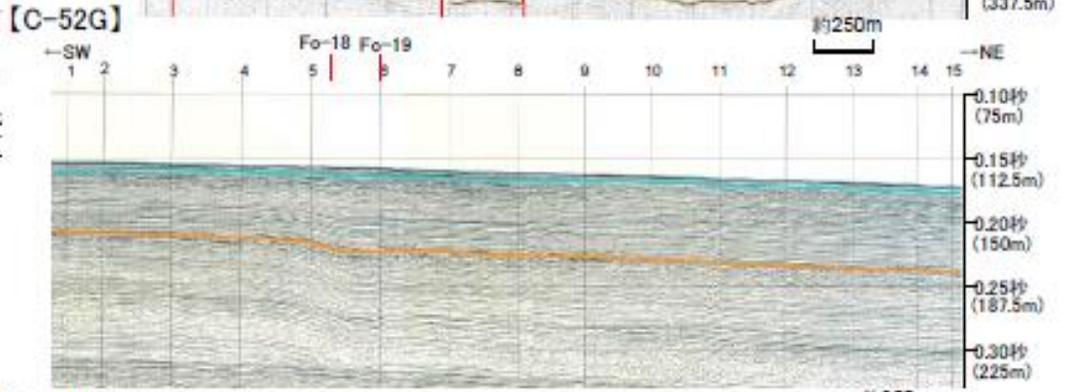
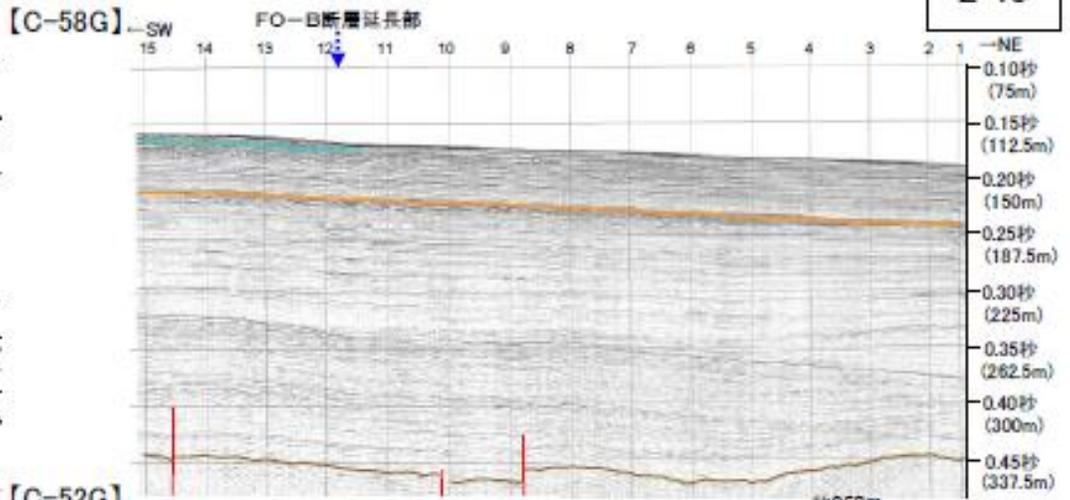


--- : 後期更新世以降の活動が認められる断層及び拗曲  
--- : 後期更新世以降の活動が認められない断層及び拗曲



凡例  
— B層上面  
— C層上面  
— R層上面

断層の北端部、南端部は後期更新世以降の地層に変位・変形が認められないことにより確認。



## 4. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動

■断層上端深さについて、下記の を参考にして検討した。

シナリオ地震の強震動予測

入倉孝次郎・三宅弘恵, 2001, 地学雑誌, 110(6)

微小地震の浅さ限界 $H_s$ はP波速度5.8~5.9km/sの層の上限と良い相関がある。

近畿地方北部の地震波速度構造と地震発生層

吉井弘治・伊藤潔, 2001, 地球惑星科学連合学会2001年合同大会

1989年に実施された岐阜県藤橋村から兵庫県上郡町における人工地震探査データをもとに、波線追跡法によって地殻の詳細な速度構造を求め、得られた速度構造モデルと、地震活動の深さ断面とを比較し、地震発生層の上限は速度構造が6km/sとなるところにおおむね一致していることが分かった。

広角反射法および屈折法解析による近畿地方の地殻構造の推定

廣瀬一聖・伊藤潔, 2006, 京都大学防災研究所年報, 第49号B, pp307-321

浅い地殻内で発生する微小地震は、P波速度が5.8~6.4km/sの層に集中しており、その上下には地震波速度境界が存在する。

## 4. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動

### ■ 地盤速度構造による地震発生層の検討

若狭周辺地域において、大都市大震災軽減化特別プロジェクト(大大特)による大規模な地下構造探査が実施されており、内陸地殻内地震が発生する上部地殻に相当する $V_p=6.0\sim 6.2\text{km/s}$ 層は、深さ約6~16kmであった。また、速度構造断面図に気象庁一元化カタログによる測線に沿う幅20kmの範囲内の震源分布は、 $V_p=6.0\sim 6.2\text{km/s}$ 層に対応している。

#### ○ 新宮—舞鶴測線(2004)の探査結果

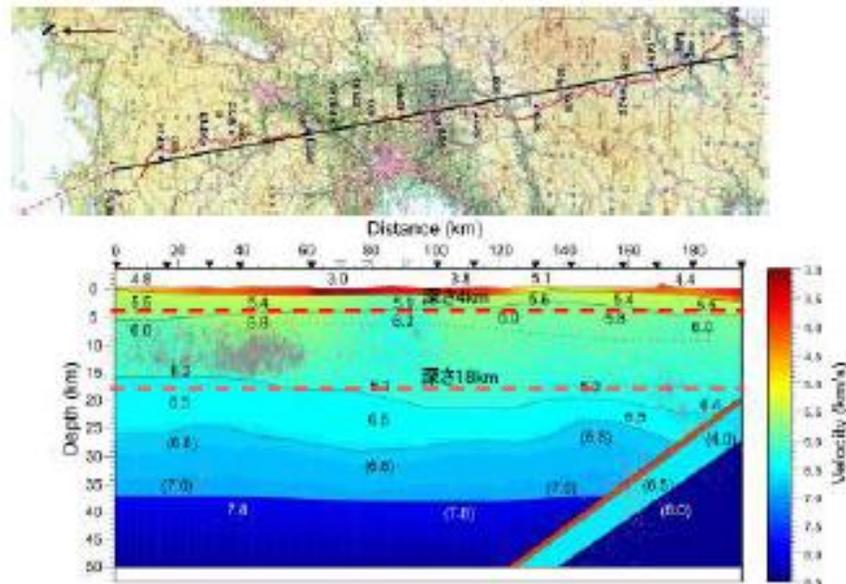


Fig. 9 P-wave velocity structure for the Niinohashi line. Parenthetical show P-wave velocities in km/s. Parentheses show assumed velocity values. Small black and red dots (about 35-40km depth) show earthquakes and low-frequency earthquakes, respectively after Hase and Ito (2007).

伊藤、他(2007)に一部加筆

#### ○ 藤橋—上郡測線(1989)の再解析結果

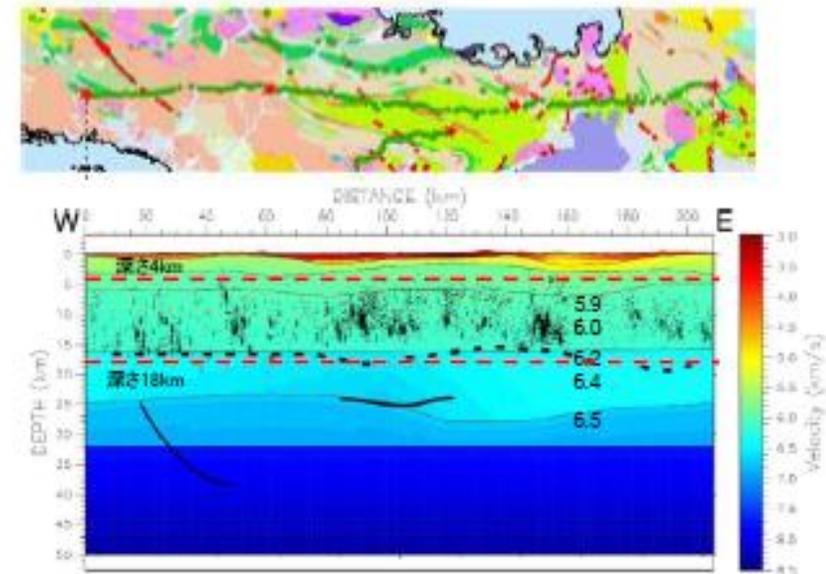


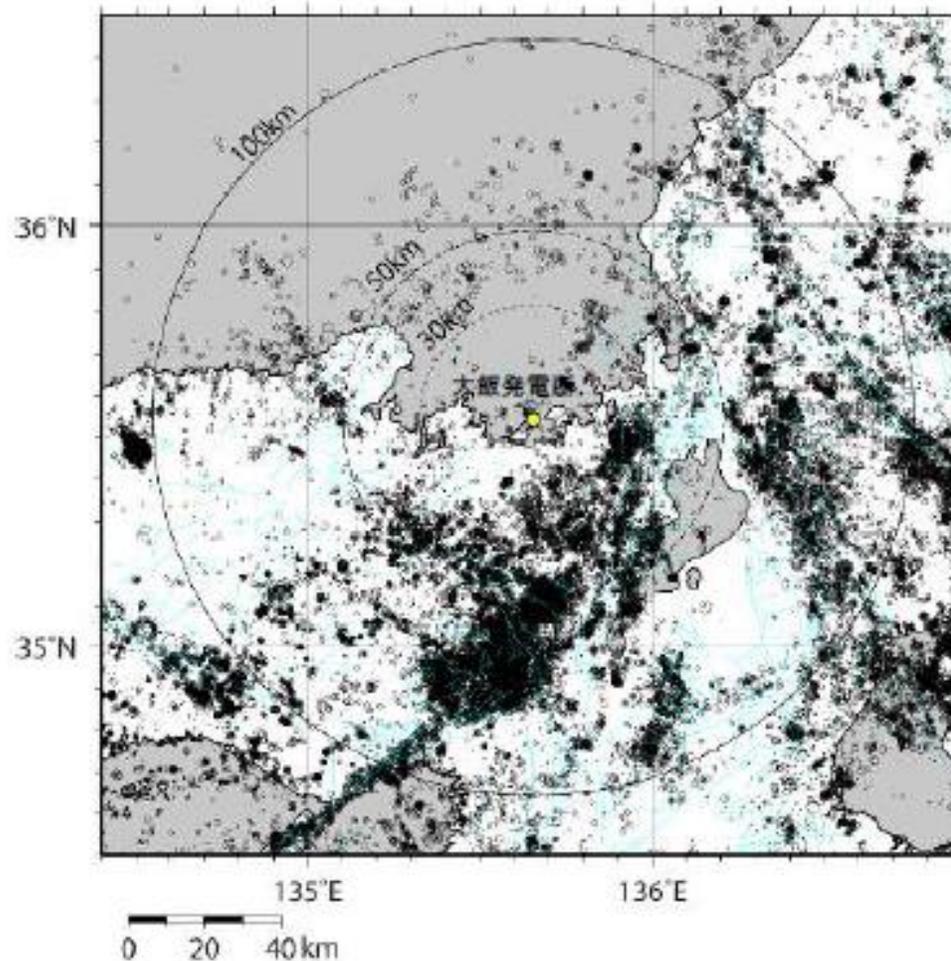
図10 藤橋—上郡測線の地震波速度構造に、測線周辺の震源分布と反射法解析によって見出された反射面を重ねた。

伊藤、他(2006)に一部加筆

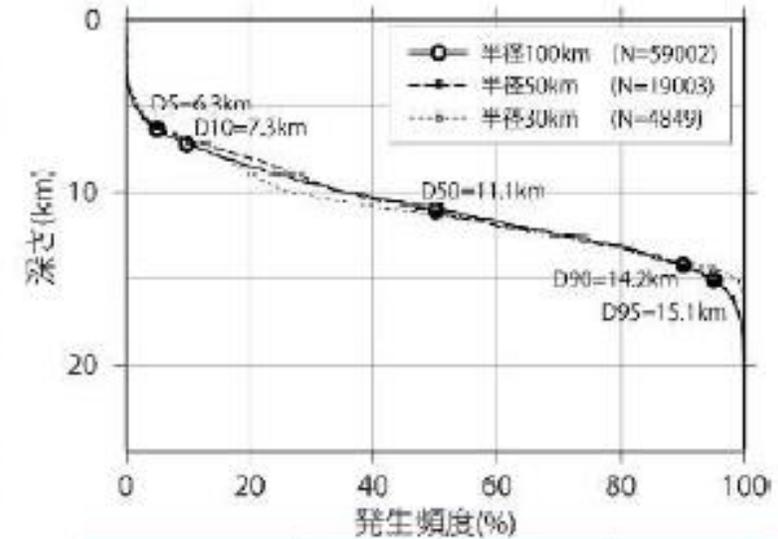
## 4. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動

### ■ 微小地震記録を用いた検討(大飯発電所)

伊藤・中村(1998)を参考に、大飯発電所を中心とする半径100km以内の地震発生状況を統計的に評価すると、地震の10%発生頻度深さ(D10%)は約7km、地震の90%発生頻度深さ(D90%)は約15kmであった。伊藤・中村(1998)によれば、D90は地震発生層の下限より2~3km浅いとされている。



気象庁一元化震源 (2000年1月~2012年12月)



領域半径	100km	50km	30km
D5	6.3km	6.2km	6.1km
D10	7.3km	6.9km	7.1km
D50	11.1km	11.2km	11.4km
D90	14.2km	14.4km	14.1km
D95	15.1km	15.2km	14.6km
地震個数N	59002	19003	4849

#### 4. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動

---

- 近畿地方の地震発生層に関する文献調査を行った。また、敷地周辺の微小地震発生状況について整理を行った。
- 発電所敷地の速度構造の $V_p=5.8\text{km/s}$ 層の上面深度や微小地震の発生状況から、断層上端深さを3km、下端深さを18kmと設定した。

## 4. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動

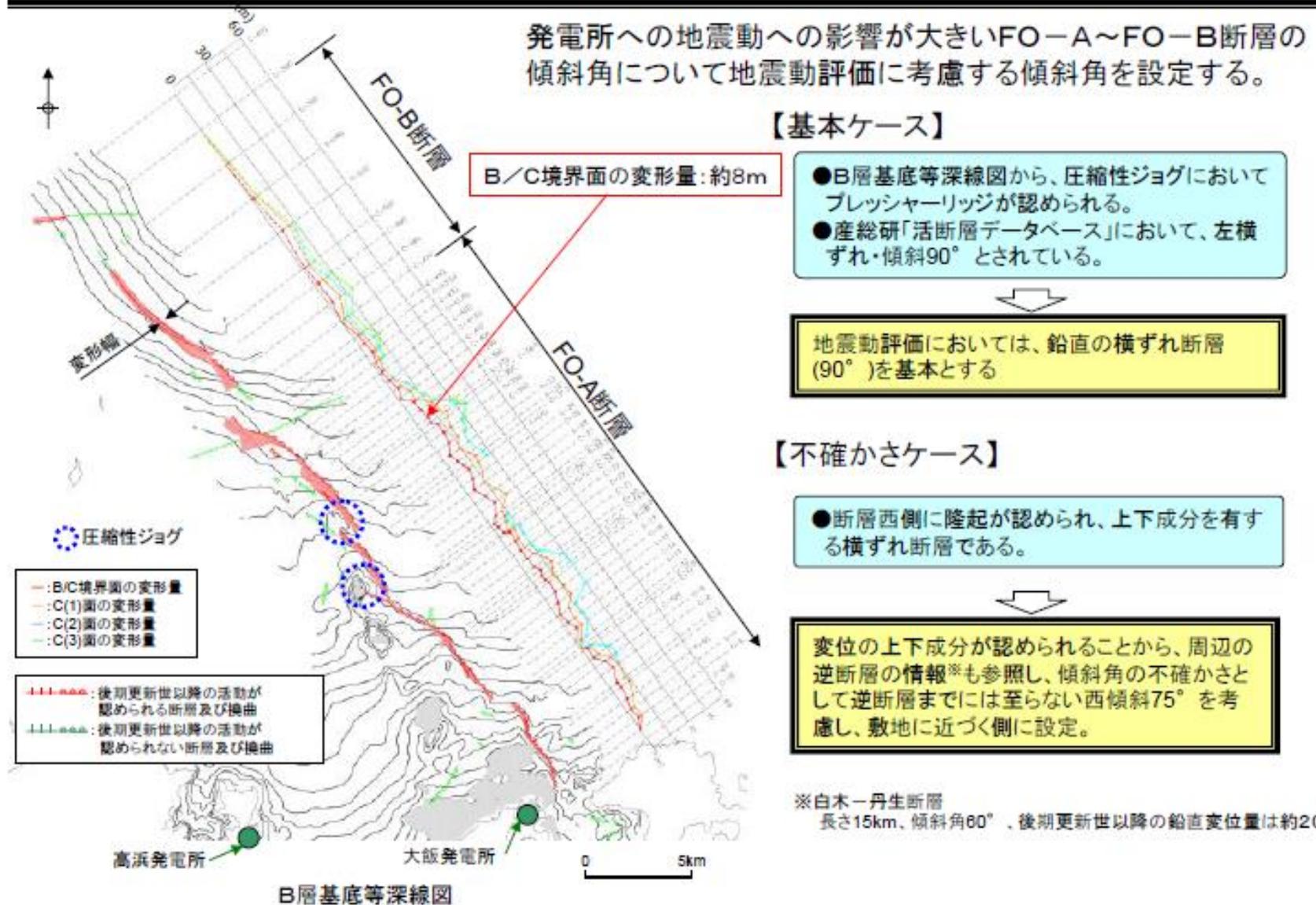
FO-A～FO-B～熊川断層の地震動評価ケース

考慮した不確かさ	短周期の地震動レベル	断層傾斜角	すべり角	破壊伝播速度 Vr	アスペリティ配置	破壊開始点
基本ケース	レスピ平均	90°	0°	$V_r=0.72\beta$	①断層ごとに敷地近傍に配置	9箇所
短周期の地震動レベル	レスピ平均×1.5倍	90°	0°	$V_r=0.72\beta$	①断層ごとに敷地近傍に配置	9箇所
断層傾斜角	レスピ平均	75°	0°	$V_r=0.72\beta$	①断層ごとに敷地近傍に配置	9箇所
すべり角	レスピ平均	90°	30°	$V_r=0.72\beta$	①断層ごとに敷地近傍に配置	9箇所
破壊伝播速度 Vr	レスピ平均	90°	0°	$V_r=0.87\beta$	①断層ごとに敷地近傍に配置	9箇所
アスペリティ配置	レスピ平均	90°	0°	$V_r=0.72\beta$	②敷地近傍に一塊(正方形)	5箇所
	レスピ平均	90°	0°	$V_r=0.72\beta$	③敷地近傍に一塊(長方形)	5箇所
短周期の地震動レベルおよび破壊伝播速度 Vr の不確かさの組合せを考慮	レスピ平均×1.25倍	90°	0°	$V_r=0.87\beta$	①断層ごとに敷地近傍に配置)	9箇所

: 不確かさを独立して考慮するパラメータ

: 不確かさを重畳して考慮するパラメータ

## ②FO-A～FO-B～熊川断層の傾斜角の設定



①短周期の地震動レベル 1.5倍について

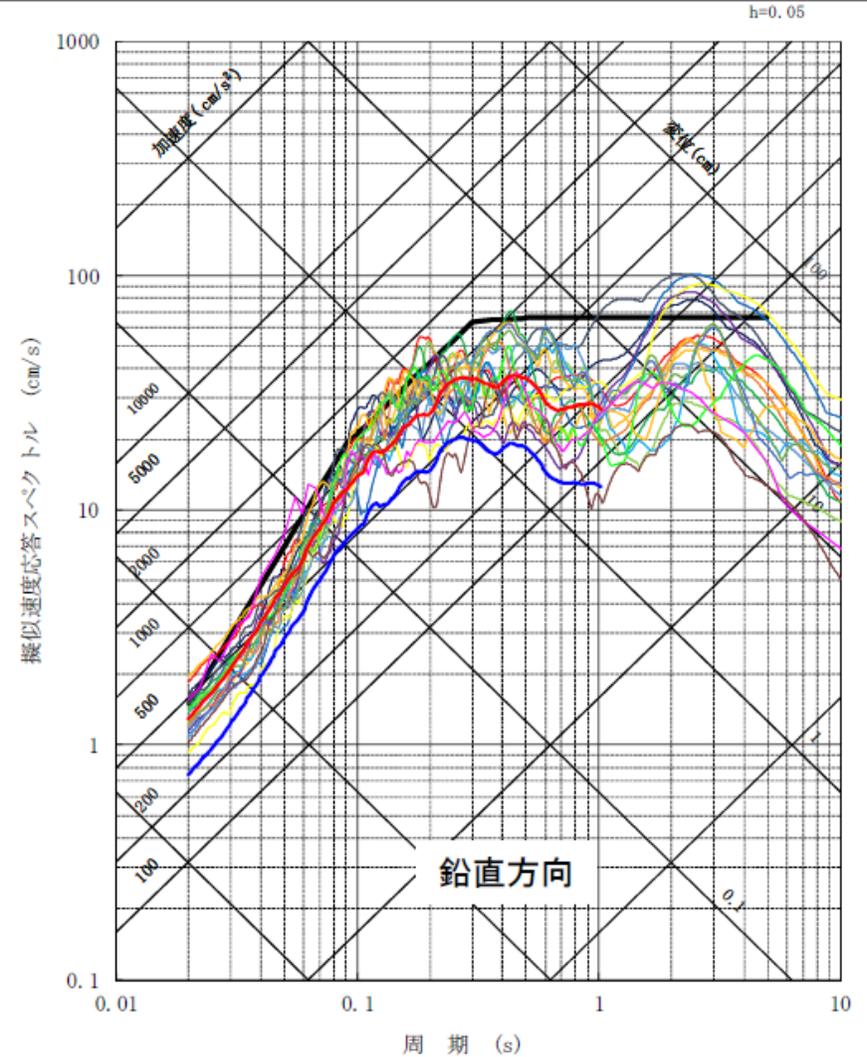
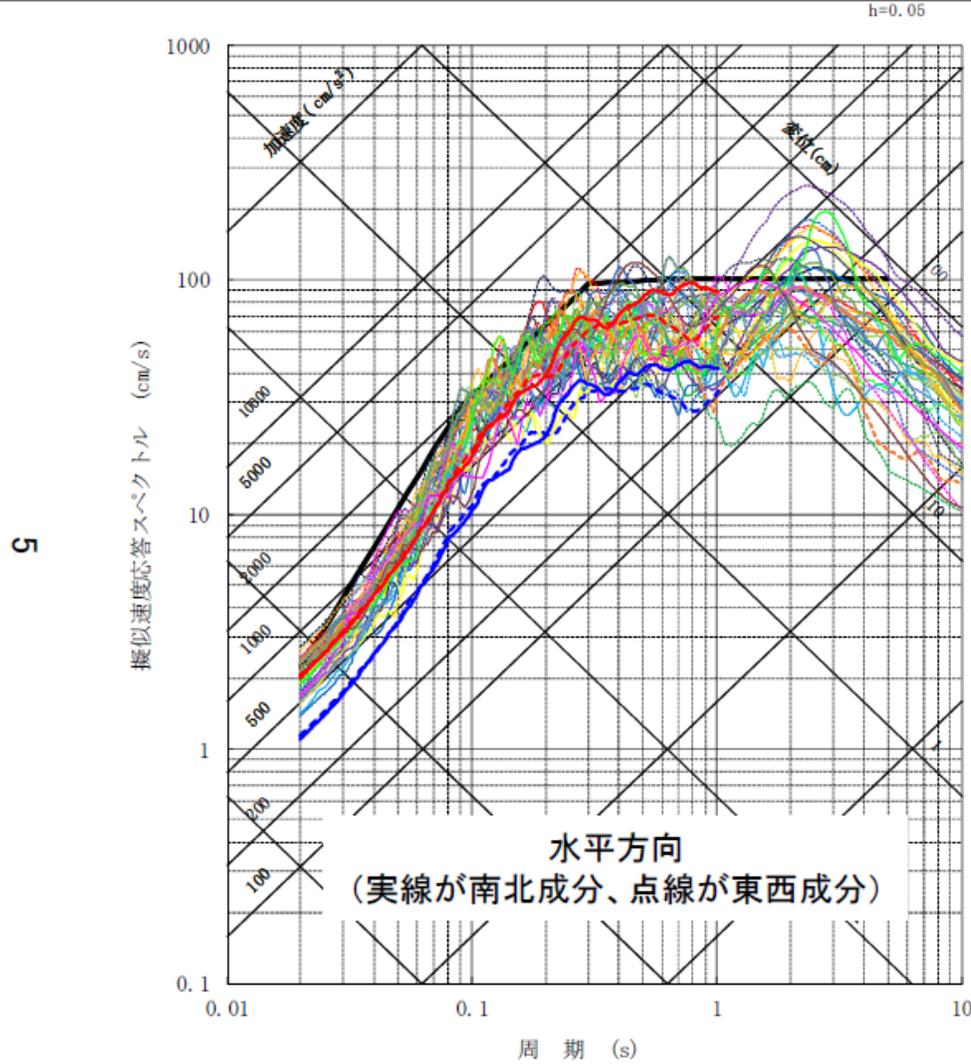
30

■「新潟県中越沖地震を踏まえた原子力発電所等の耐震安全性評価に反映すべき事項について(平成20年9月4日)」の指示により、新潟県中越沖地震による知見の反映として、震源特性における短周期の地震動レベルを平均的なものより1.5倍程度大きくし、震源モデルのパラメータの不確かさの考慮として地震動評価を実施している。

⇒短周期側で5割程度の裕度を考慮している。

# 試算結果と基準地震動(Ss-1~Ss-19)との比較

甲336号証  
H28.7.13付け  
原子力規制庁  
資料



— : 試算①(入倉・三宅式)    — : 試算②(武村式)

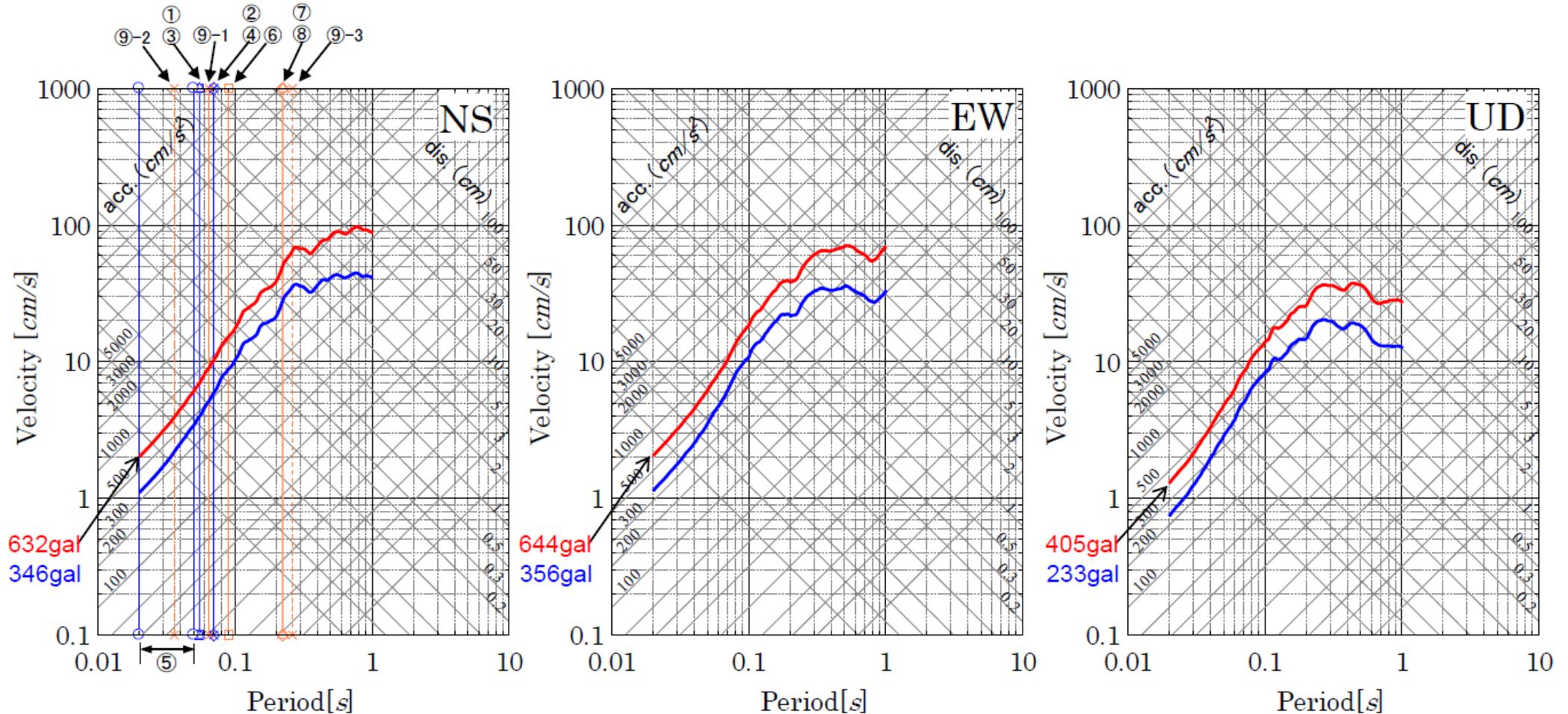
第332回原子力発電所の新規制基準適合性に係る審査会合資料「大飯発電所地震動評価について」の基準地震動(Ss-1~Ss-19)の応答スペクトルに試算結果の応答スペクトルを加筆。

<基準地震動Ss-1~Ss-19>

— Ss-1	— Ss-2	— Ss-3	— Ss-4	— Ss-5
— Ss-6	— Ss-7	— Ss-8	— Ss-9	— Ss-10
— Ss-11	— Ss-12	— Ss-13	— Ss-14	— Ss-15
— Ss-16	— Ss-17	— Ss-18	— Ss-19	

# (統計的グリーン関数法による)平均速度応答スペクトルの比較

甲339号証  
H28.7.13付け  
委員長定例  
会見資料



— : 1入倉・三宅式(破壊開始点R3)    — : 2武村式(破壊開始点R3)

固有周期凡例	
—□—	①原子炉容器
—◇—	②蒸気発生器
—△—	③炉内構造物
—×—	④一次冷却材管
—○—	⑤余熱除去ポンプ
—□—	⑥余熱除去配管
—◇—	⑦原子炉格納容器
—△—	⑧原子炉建屋
—×—	⑨-1制御棒挿入性(制御棒駆動装置)
—×—	⑨-2制御棒挿入性(ガイドチューブ)
—×—	⑨-3制御棒挿入性(燃料集合体)

## レシピに基づいた特性化震源モデル構築の試み(1)

### 与条件: 断層形状 I

◆ 断層長さL=63.4km  
◆ 断層幅=地震発生層幅15km  
面積S = 951km<sup>2</sup>; 関西電力基本ケースと同じ

### 地震モーメントM<sub>0</sub>の算出 II

レシピ(2016)式(3)(=入倉・三宅式)  
を下記の武村式(1998)に置き換え、  
M<sub>0</sub>を算出  
 $\text{Log}L = 0.5\text{Log}M_0 - 11.82$  (L = 63.4Km)  
⇒ M<sub>0武村</sub> = 1.75 × 10<sup>27</sup> dyne · cm  
( 1.75 × 10<sup>20</sup> Nm )  
関西電力基本ケースの3.49倍

### 短周期レベルAの算出 III

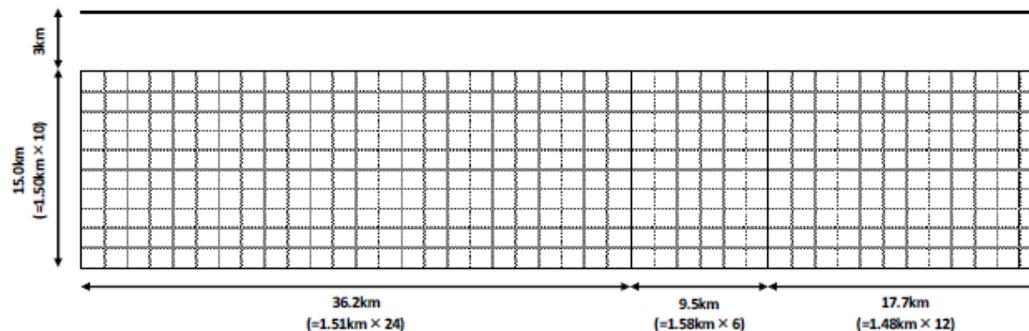
レシピ(2016)式(12)  
 $A = 2.46 \times 10^{10} \times (M_0 \times 10^7)^{1/3}$   
⇒ A = 2.97 × 10<sup>19</sup> Nm/s<sup>2</sup>  
関西電力基本ケースの1.52倍\*

### アスペリティの総面積S<sub>a</sub>の算出 IV

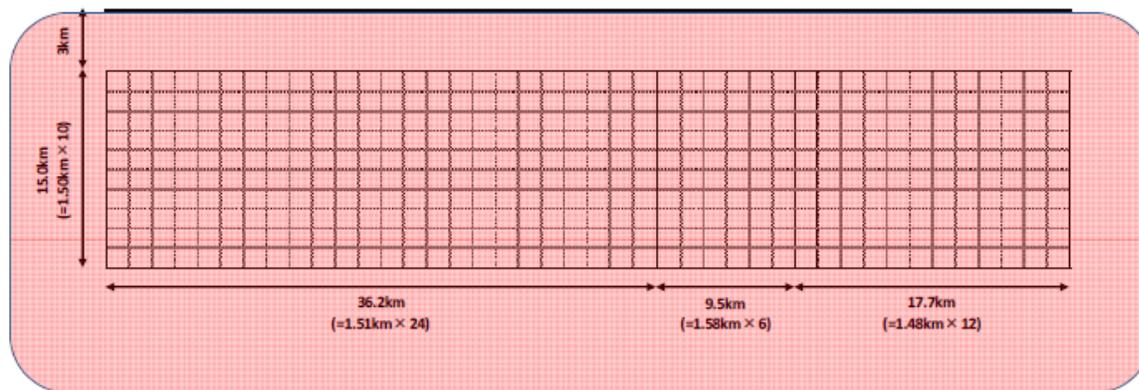
レシピ(2016)式(13)  
 $r = (7\pi/4) \cdot \{M_0 / (A \cdot R)\} \beta^2 = 24.2\text{km}$   
(断層の等価半径R=17.4km;  
S波速度β=3.6km/s)  
S<sub>a</sub> = 1840km<sup>2</sup> ✕  
断層面積の約1.9倍

レシピの手順に従うと、アスペリティの総面積は断層面積の約1.9倍となる。アスペリティが震源断層の一部であることと矛盾する。

FO-A~FO-B断層 Str.=138.96° → 熊川断層(西部) Str.=129.0° → 熊川断層(東部) Str.=110.12° →



FO-A~FO-B断層 Str.=138.96° → 熊川断層(西部) Str.=129.0° → 熊川断層(東部) Str.=110.12° →



武村式に置き換えたアスペリティ(赤色)のイメージ

\* 規制委員会(平成28年7月13日)の資料1の別紙3  
では1.51倍と記載したが、誤記のため1.52倍に修正。

## レシピに基づいた特性化震源モデル構築の試み(3)

◆ここで、レシピの手順を変更し、以下の試算モデルの構築を試みた。

### レシピと異なった手順

・アスペリティの総面積の算出 **IV'**

関西電力モデルのアスペリティ割合0.22を採用

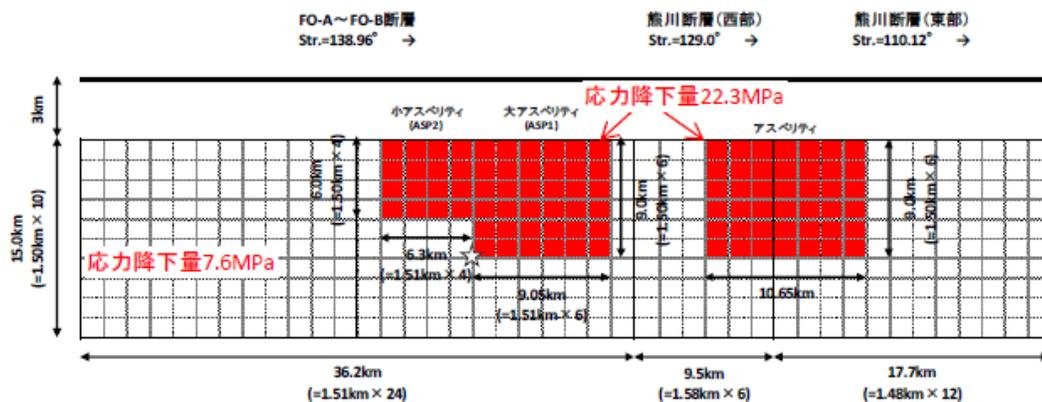
・地震モーメント $M_0$ から算定された短周期レベルAの制約条件から、アスペリティの応力降下量の算出 **V'**

$$A = 4\pi\beta^2 r \Delta\sigma_a \quad \text{レシピ(2016)式(15)}$$

$$r = \sqrt{0.22S/\pi}, \beta = 3.6\text{km/s} \Rightarrow \Delta\sigma_a = 22.3\text{MPa}$$

・背景領域の応力降下量の算出 **VI'**

地震モーメント( $1.75 \times 10^{20}\text{Nm}$ )を変えないように背景領域に7.6MPaの応力降下量を設定した。



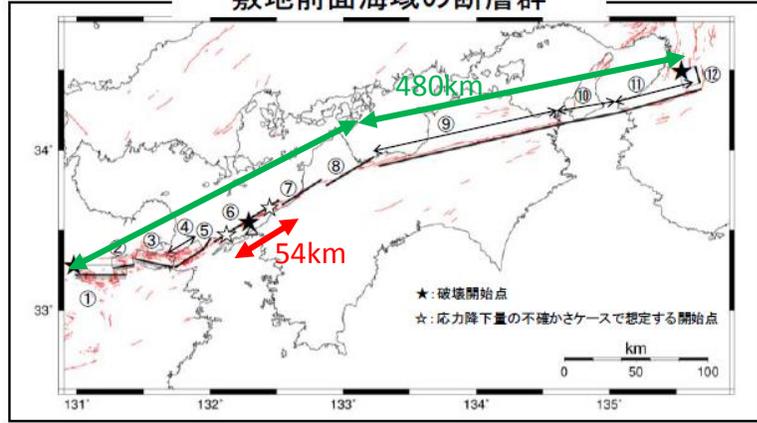
試算モデル

地震調査研究推進本部「全国地震動予測地図」(2009)の特性化震源モデル(以下「推本モデル」という)との比較

評価対象	アスペリティの 応力降下量 $\Delta\sigma_a$	背景領域の 応力降下量
$\Delta\sigma_a$ 最小ケース： 大阪湾断層帯	12.8MPa	0.7MPa
$\Delta\sigma_a$ 最大ケース： 楡形山脈断層帯	17.5MPa	3.1MPa
推本モデルの平均値	15.1MPa	2.7MPa
本試算モデル	<u>22.3MPa</u>	<u>7.6MPa</u>

- ◆単純に地震モーメントを入倉・三宅式から武村式に置き換えると、レシピに基づく特性化震源モデルの構築が出来ないことが分かった。
- ◆今回の試算ではレシピ中の算定式を用いているが、レシピとは異なる手順で試算モデルを構築した。その結果、アスペリティに既に大きな応力降下量を設けた上に、地震モーメントを変えないように背景領域にも大きな応力降下量を設定することが必要となった。これは、通常2～3MPa程度の背景領域の応力降下量と比べ約3倍の値である。

敷地前面海域の断層群



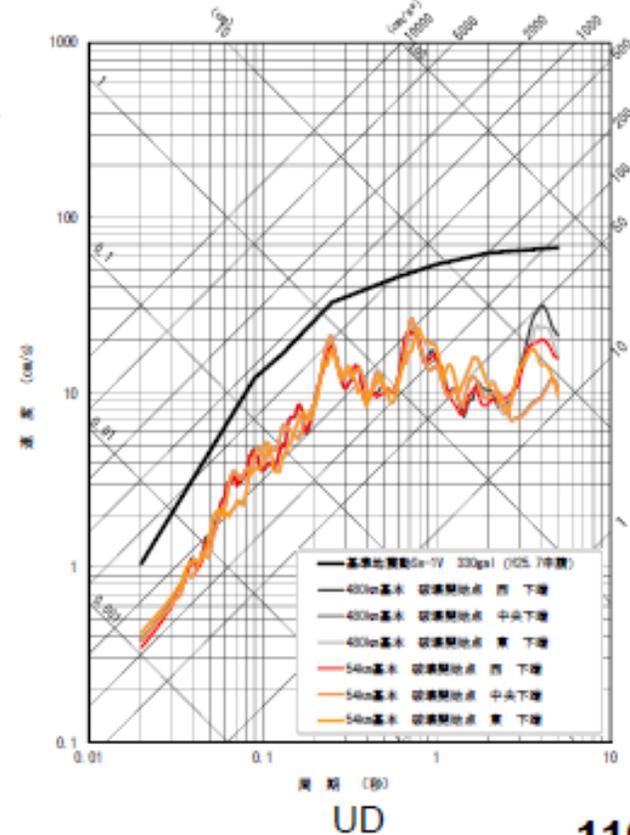
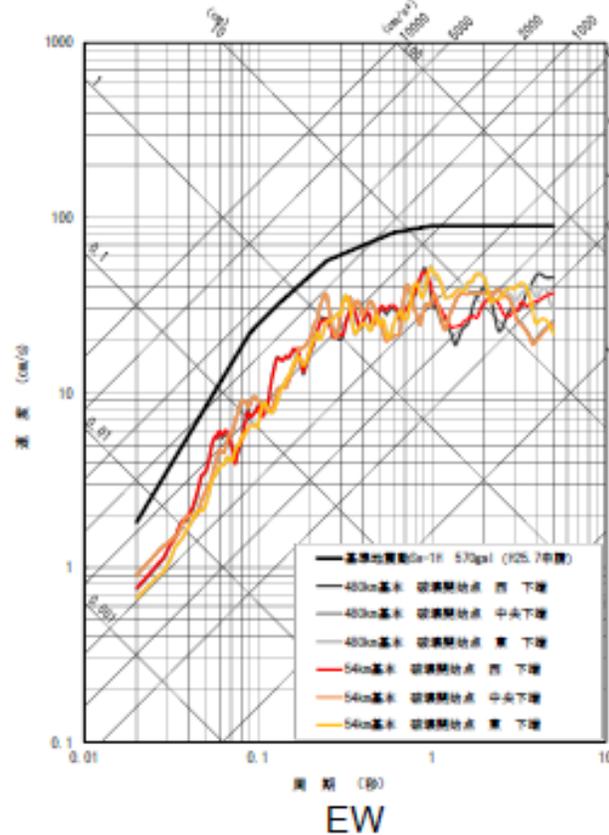
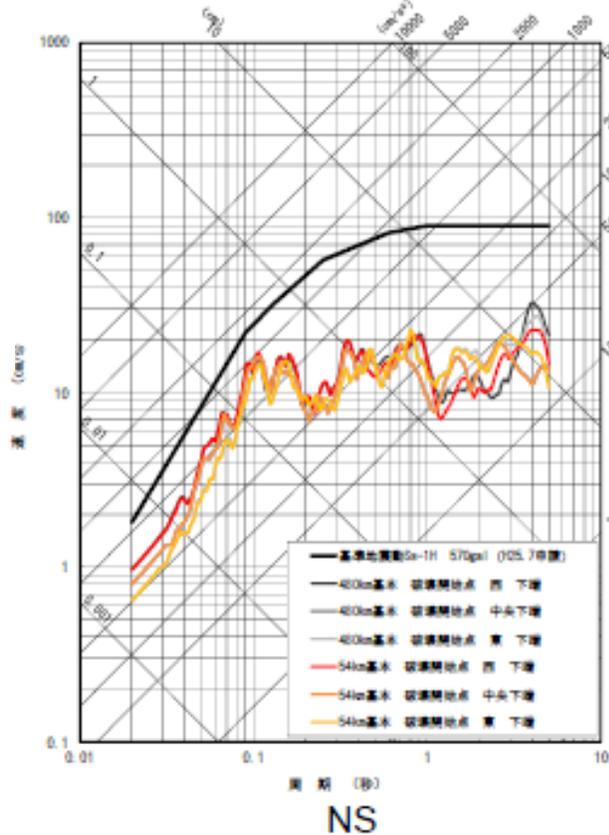
- ⑥：敷地前面海域の断層群 54km
- ①～⑫：中央構造線断層帯と別府～万年山断層帯（紀伊半島～九州） 480km

[四国電力(株)提供資料]

壇ほか(2011)のケース

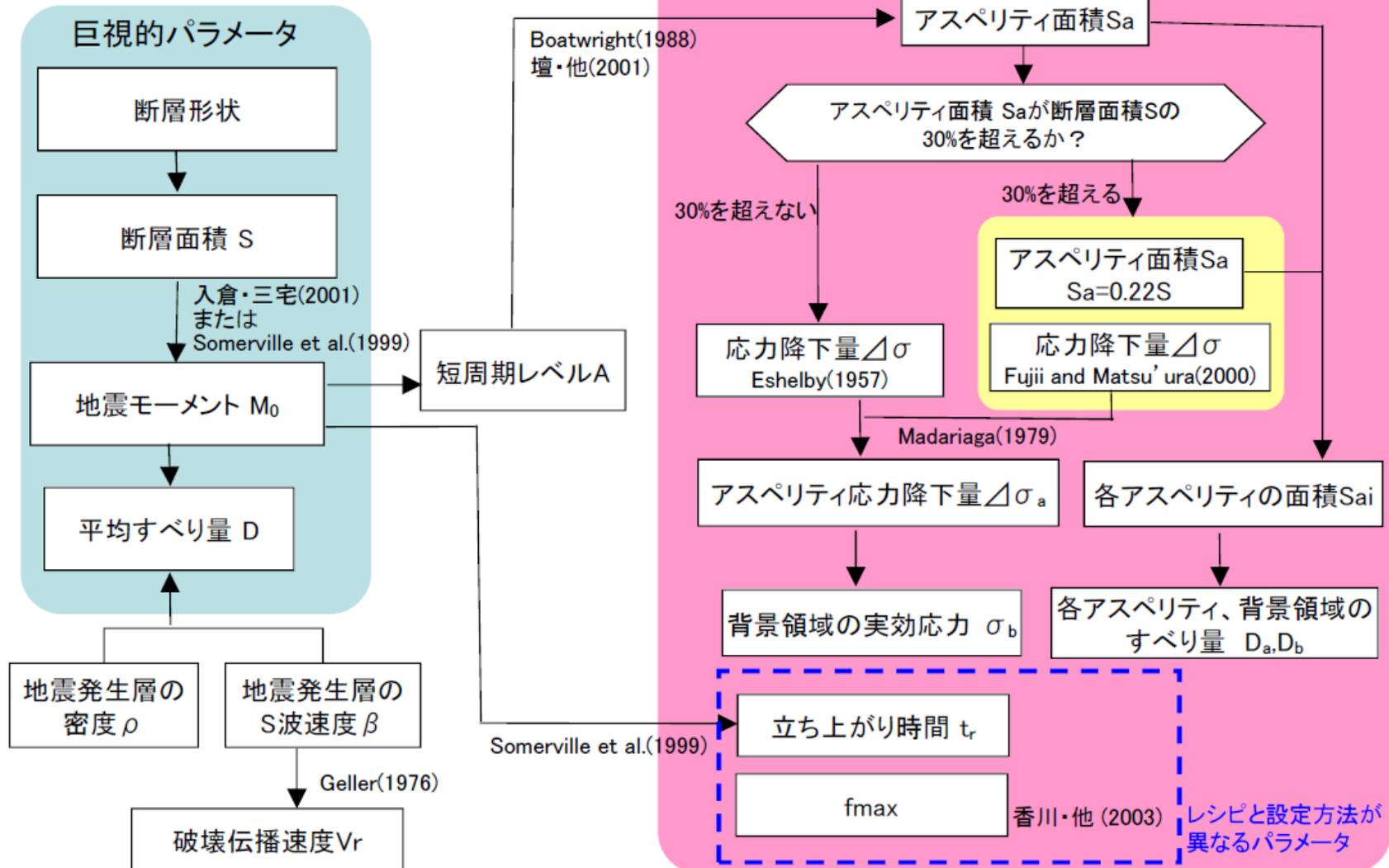
	54kmケース	480kmケース
地震モーメント (Nm)	$5.84 \times 10^{19}$	$5.30 \times 10^{20}$
アスペリティ動的応力降下量 (MPa)	12.2MPa	12.2MPa

甲472号証  
伊方発電所  
H26.11.7付け適合性審査資料1-2  
116頁(抜粋)



## 4. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動

### ■断層パラメータの設定のフロー



「震源断層を特定した地震の強震動予測手法」と熊本地震  
#縦横一起(東大地震研)

"Strong Ground Motion Assessment Scheme for Specified Source Faults" and the Kumamoto Earthquake  
#Kazuki Koketsu (ERI, Univ. Tokyo)

はじめに

いろいろなシナリオ地震動予測に用いられている「震源断層を特定した地震の強震動予測手法」(地震調査委員会, 2005, 2009)に対して, 島崎(2016)などをもとに, 手法全体が過小評価(たとえば6月8日朝日新聞), あるいは中で使われている回帰式が過小評価(たとえば7月14日毎日新聞)との報道がなされている。これら指摘の妥当性について, 2016年熊本地震を用いて検証した。

震源断層

小林・他(2016)は4月16日熊本地震( $M_{JMA}$  7.3)に対して, まず長さ54km, 幅16.5kmの初期断層モデルを設定し, そのすべりの分布を強震・遠地・測地データのジョイントインバージョンによって求めた。さらにSomerville *et al.* (1999)の方法でほとんどすべっていない部分をトリミングして実質的な震源断層モデルを求めると以下の通りとなる。

表1 震源断層の諸元

長さ	幅	面積	下端深さ	地震モーメント
45km	16.5km	742.5km <sup>2</sup>	15.95km	$4.6 \times 10^{19}$ Nm

これらのうち面積と地震モーメントを, 「予測手法」で使われている回帰式のひとつ, 入倉・三宅(2001)の式と比較すると図1となる。太点線の入倉・三宅式は熊本地震の値をほぼ再現している。

地表地震断層など

吉見(2016)は熊本地震による地表地震断層が現れた領域の長さを34kmと見積もった。また, 国土地理院(2016)は単純な均質すべりの震源断層を求め, その合計長さを35.4kmとした。これらの値を, 「予測手法」で使われている別の回帰式, 松田(1975)の式と比較すると図2となる。点線の松田式はこれらの値(図中, 地表地

震断層と均質すべり震源断層)をほぼ再現している。また, 2002年の長期評価は地表地震断層の長さを概ね予測していた。

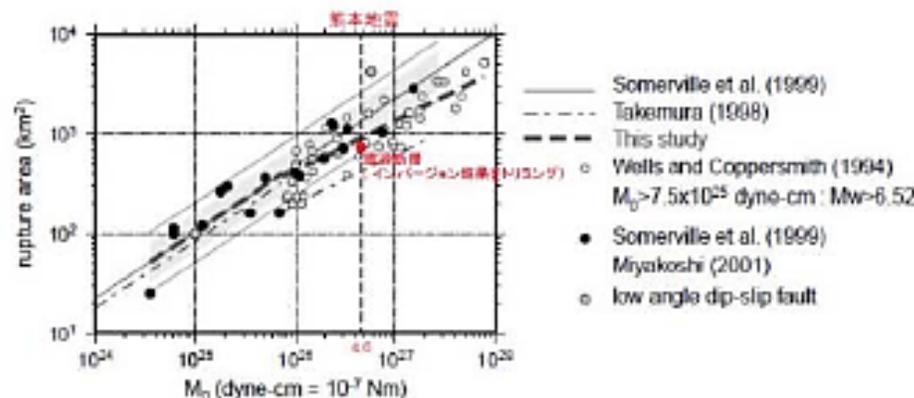


図1 入倉・三宅式と熊本地震の比較

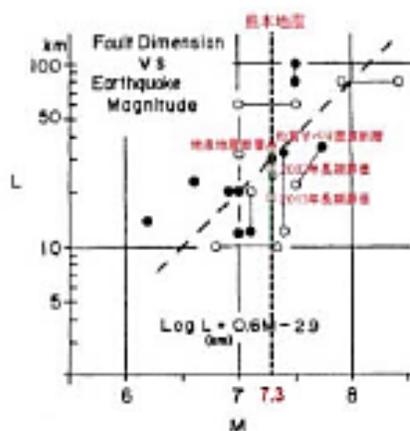


図2 松田式と熊本地震の比較

震源断層の幅

一方, 震源断層の幅は活断層調査で得ることは難しく, 「大地震の震源断層は小地震による地震発生層内に収まる」という仮定に基づいて決められる。熊本地震付近の地震発生層は下限 15km 程度とされているが, 実際の震源断層の下端は約 16km であった。震源断層の幅を地震発生層の下限で打ち切ると面積は過小評価されてしまう。そこで, 全国地震動予測地図では, すべての活断層の地震に対して, 面積に基づいた「予測手法」(ア)の方法ではなく, 長さに基づいた「手法」(イ)の方法を用いている。

まとめ

「手法」で用いられている回帰式に誤りはなかった。一方, 詳細な活断層調査を行っても震源断層の幅の推定は困難であるので, 活断層の地震の地震動予測には「手法」(イ)の方法を用いるべきであることを確認した。

## 観測記録により推定された震源断層モデルに見られる特徴

CHARACTERISTICS OF THE SOURCE FAULT MODELS ESTIMATED BY OBSERVED DATA

引間和人<sup>\*1</sup>、三宅弘恵<sup>\*2</sup>

Kazuhito HIKIMA, Hiroe MIYAKE

なお、熊本地震で得られた震源パラメータからスケーリング則<sup>30)</sup>により地震モーメントを求めると実際の値よりも過小評価になるとの指摘がある<sup>29)</sup>。さらに、事前に知られている活断層の長さからスケーリング則<sup>30)</sup>で地震規模を推定すると、実測より地震規模が小さいとの報告もある<sup>28)</sup>。しかし、実際には前述のように関係式<sup>26)</sup>は熊本地震に対しても有効である。

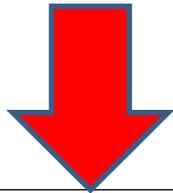
但し、断層長さをもとに関係式<sup>26)</sup>を適用するためには断層幅を仮定する必要があるが、熊本地震のインバージョン解析から推定される断層幅は、事前に地震発生層から予測された値よりも広いものであった。このために、予測される地震規模と実際の規模とが乖離したものと考えられている<sup>28)</sup>。これらは、スケーリング則自体の問題ではなく、活用方法の課題と言える。容易に結論が出せることではないが、今後も広く議論が必要であろう。

加筆

ここに示すのは、最新の知見に基づき最もあり得る地震と強震動を評価するための方法論であるが、断層とそこで将来生じる地震およびそれによってもたらされる強震動に関して得られた知見は未だ十分とは言えないことから、特に現象のばらつきや不確定性の考慮が必要な場合には、その点に十分留意して計算手法と計算結果を吟味・判断した上で震源断層を設定することが望ましい。

修正前

(イ) 地表の活断層の情報をもとに簡便化された方法で震源断層を推定する場合

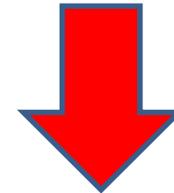


修正後

(イ) 長期評価された地表の活断層長さ等から地震規模を設定し震源断層モデルを設定する場合

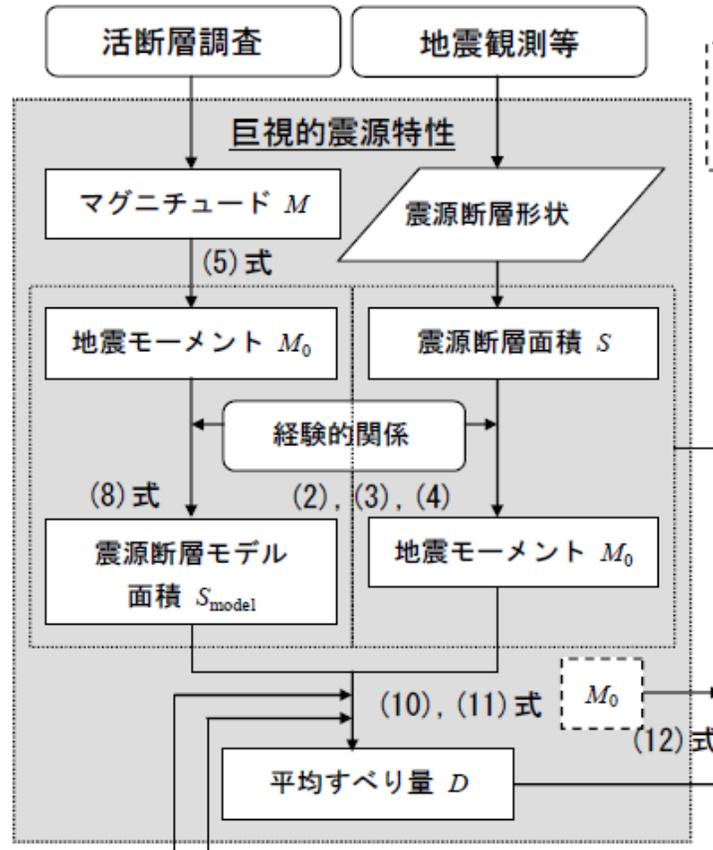
修正前

(ア) 過去の地震記録などに基づき震源断層を推定する場合  
 や詳細な調査結果に基づき震源断層を推定する場合



修正後

(ア) 過去の地震記録や調査結果などの諸知見を吟味・判断して震源断層モデルを設定する場合



付図2 活断層で発生する地震の震源特性パラメータ設定の全体の流れ

# 基準地震動及び耐震設計方針に係る審査ガイド

## I. 基準地震動

### 3.3.2 断層モデルを用いた手法による地震動評価

(4)

#### ① 震源モデルの設定

- 1) 震源断層のパラメータは、活断層調査結果等に基づき、地震調査研究推進本部による「震源断層を特定した地震の強震動予測手法」等の最新の研究成果を考慮し設定されていることを確認する。

- 他方、大飯発電所の基準地震動の策定に当たっては、レシピの（ア）の方法（入倉・三宅式）を用いている。この方法は、震源断層の詳細な調査結果をもとに断層モデルを用いて最終的に強震動計算を行うまでの一連の手法として、その合理性が検証され広く用いられている。また、審査に当たっては、入倉・三宅式が他の関係式に比べて、同じ断層長さに対する地震モーメントを小さく算出する可能性を有していることにも留意して、断層の長さや幅等に係る保守性の考慮が適切になされているかという観点で確認してきている。
- このため、現時点において、大飯発電所の基準地震動を見直す必要は無いと考える。
- なお、震源断層の詳細な調査結果を用いて、レシピの（ア）の方法以外の方法によって基準地震動を作成するというアプローチについては、どのように保守性を確保していくか（断層長さの設定（連動の考慮を含む）、各種の不確かさの取り方等）に関し、妥当な方法が現時点で明らかになっているとは言えず、規制において要求または推奨すべきアプローチとして位置付けるまでの科学的・技術的な熟度には至っていないと考える。

