

大飯原発3, 4号機運転差止請求控訴事件

島崎邦彦氏(前原子力規制委員長代理) による証人尋問の意義と私が期待するもの

若狭ネット資料室長 長沢啓行

2017.3.26 福井

○大飯・高浜原発の基準地震動審査に直接携わり、その内容に責任をもつべき原子力規制委員であり、かつ原子力規制委員長代理であった人物の証言である。

○原子力ムラにのみ許容されてきた活断層評価法の誤りは、1995年阪神・淡路大震災を契機とした2006年耐震指針見直しで是正されたが、基準地震動策定法の誤りは、2011年東日本大震災以降も放置されてきた。それが、島崎氏の一連の学会発表で表出させられ、2016年熊本地震でその正しさが具体的に裏付けられ、地震調査研究推進本部の2017年12月レシピ改訂にもつながった。その中身が今回の証言で明らかにされる。

○原子力規制委員会による基準地震動の審査においては、原発サイトでの検討用地震の地震観測記録が存在しない限り、推本のレシピ(ア)を用いてはならず、レシピ(イ)を用いるべきであることが証言を通じて具体的に認定されるよう期待する。

○推本のレシピ(イ)に基づいて、大飯・高浜原発における検討用地震の地震動評価をやり直せば、それがクリフエッジを超えることは避けられず、原発再稼働は認められなくなる。①

尋問事項 (証人 島崎 邦彦)

1 証人の経歴、業績及び専門

2 活断層学会2014年度秋季学術大会から同2015年年度秋季学術大会までの証人の研究発表内容

(1) 活断層学会2014年度秋季学術大会の学会受賞記念講演、日本地球惑星科学連合連合大会2015年大会、同年度日本地震学会秋季大会、及び同年度日本活断層学会秋季学術大会の研究発表内容

(2) 「ポストディクション」の考え方について

(3) 厚さ14km、垂直な断層を仮定して、入倉・三宅式を変形した理由、根拠

(4) 設定された断層長の意義、根拠

(5) 検討用に7つの地震を選定した理由

(6) 変形した入倉・三宅式と他の式とで適用結果が大きくことなることについて考えられる理由

ポストディクション postdiction (prediction after the fact):
地震後に、地震前の知見を利用して強震動予測を行い、
事前震源モデルの事後予測可能性を検討する方法
(三宅・嶺巖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, 日本地球惑星科学連合 SSS37-09, 2012/5/20-25)

3 2106年日本地球惑星科学連合 連合大会の研究発表内容

(1) 日本地球惑星科学連合 連合大会2016年大会における研究発表内容と従前の発表との関係

(2) 適用した断層面積の推定値の根拠

(3) 用いられたずれの量の根拠

(4) 入倉・三宅式について検討された結果

4 2016年熊本地震について検討した内容

(1) 熊本地震について国土地理院の震源断層モデルを検討した理由

(2) 熊本地震の地表地震断層の長さ(熊原)を入倉・三宅式に適用した理由

(3) 日本活断層学会2017年度秋季学術大会で発表した内容

②

5 証人の見解に対し入倉孝次郎京都大学名誉教授が自身のホームページで公表した見解について

○証人の見解に対しては入倉孝次郎京都大学名誉教授が自身のホームページで公表した見解、特に「強震動データを用いた熊本地震の解析結果と入倉・三宅(2001)式との比較など、詳細な分析を抜きにして、入倉・三宅(2001)を誤りと主張することは、科学論文として相応しくない」という入倉氏の批判があるところ、当該批判は事実に基づくものであるか、事実に基づかないとすれば、当該批判はなぜ誤りであるか

6 熊本地震について瀨縄一起東京大学地震研究所教授が公表している見解について

○瀨縄一起東京大学地震研究所教授が日本地震学会2016年度秋季大会等において発表した、「震源断層を特定した地震の強震動予測手法」と熊本地震に係る見解につき、証人の見解との異同について

7 地震調査研究推進本部地震調査委員会において行われている強震動予測について

- (1) 長期評価及び全国地震動予測地図作成に当たり用いられている経験式について
- (2) 「震源断層を特定した地震の強震動予測手法」(「レシピ」)1.1.1 (a) の(ア)の手法と(イ)の手法の関係
- (3) 平成28年12月9日の修正の解釈

8 平成28年7月頃に原子力規制庁が実施した大飯原発の基準地震動の試算について

9 証人が大飯原発の適合性審査を原子力規制委員会の委員として担当していた時の認識について

10 入倉・三宅式のばらつきと証人の見解との関係について

11 その他本件に関連する事項一切

③

活断層の長さから推定する地震モーメント

Predicted seismic moment based on the length of active fault

2014年9月原子力規制
委員長代理退任8ヶ月後

島崎 邦彦^{1*}

SHIMAZAKI, Kunihiko^{1*}

¹ 東京大学

¹ University of Tokyo

日本地球惑星科学
連合2015年大会

Japan Geoscience Union Meeting 2015
(May 24th - 28th at Makuhari, Chiba, Japan)

©2015. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.

<http://www2.jggu.org/meeting/2015/session/PDF/S-SS28/SSS28-07.pdf>

2015/05/28 セッションS-SS28「活断層と古地震」で発表

地震モーメントを活断層の長さから予測する場合、過小評価となる可能性があり注意が必要である。予測には、震源断層の長さ(あるいは面積)と地震モーメントとの関係式が使われるが、地震発生前に使用できるのは活断層の情報であって、震源断層のものではない。地震モーメントは断層モデルの基本物理量であり、その予測値は、将来発生する地震の揺れや津波の高さなどの予測に使われることが多い。このため地震モーメントの過小予測は、災害の過小想定につながりかねない。

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次のようになる。

(1) $M_0 = 4.37 \times 10^{10} \times L^2$ (武村, 1998) (注1:1990年の誤植)

(2) $M_0 = 3.80 \times 10^{10} \times L^2$ (Yamanaka & Shimazaki, 1999)

(3) $M_0 = 3.35 \times 10^{10} \times L^{1.95}$ (地震調査委, 2006) (注2:地震調査委は松田式を使用:Mの値を丸めていない)

(4) $M_0 = 1.09 \times 10^{10} \times L^2$ (入倉・三宅, 2001) $\Rightarrow 1.25 \times 10^{10} \times L^2$ ($W=15\text{km}$ の場合)

なお、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いるが、厚さ14kmの地震発生層中の垂直な断層を仮定し(4)を導いた。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、同じ断層長で比較すると、地震モーメントは4倍程度異なる。一方、同じ震源モーメントで比べれば、断層長が2倍程度異なる。

上記の関係式中の L として、活断層の長さを用いた場合の地震モーメントの予測値と、活断層で発生した地震の地震モーメントの観測値とを1891年濃尾地震、1930年北伊豆地震、2011年4月11日福島県浜通りの地震と比較し、さらに1943年鳥取地震、1945年三河地震、1978年兵庫県南部地震で検討した。例は少ないが(4)を用いると地震モーメントが過小評価される傾向が明らかとなった。

地震本部の強震動予測では、いわゆる改正レシピが使われており、(3)によって地震モーメントが予測され、(4)のもととなる入倉・三宅(2001)の式から断層面積が推定されている。昨年9月に発表された国土交通省の日本海における大規模地震に関する調査検討会の報告書では、日本海の「最大クラス」の地震による津波想定において、入倉・三宅(2001)の式により地震モーメントが推定されている。一方、原子力発電所の津波推定では(1)が使われている。

④

○地震が起きる前に推定された震源断層に対し、入倉式は地震規模を過小評価

なぜ、過小評価になっているのか？

①データの母集団が違う

入倉・三宅式：**北米中心**の地震データ(平均断層幅16.59km)

武村式、山中・島崎式：**国内**の地震データ(平均断層幅13km)

松田式：「震源断層の長さ」と「地震規模」の関係式として、**両データにほぼ整合**

②母集団の違いは震源断層の定義の違い？

入倉・三宅式：地震観測記録の震源インバージョンによる「すべり量分布」から推定される**不均質な震源断層**

武村式、山中・島崎式：地震断層など測地データから推測される**均質な震源断層**

松田式：活断層や変動地形など測地データから推測される**均質な震源断層**

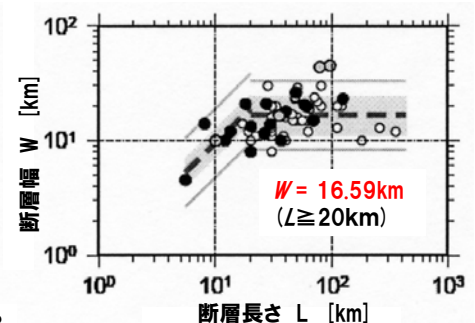
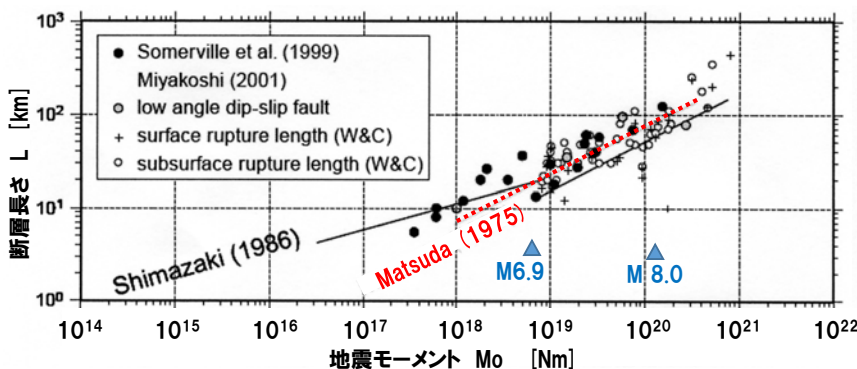
③母集団の違いは地殻の特性やプレート運動など地域性の違い？

Somerville, P. G., 入倉孝次郎, 澤田純男, 岩崎好規, 田居優, 伏見実 (1993:第22回地震工学研究発表会):「日本の地殻内地震の断層面積は北西アメリカの地震の0.53倍であり, 平均すべり量は1.86倍大きく, 対応する日本の地殻内地震の静的応力降下量は平均で北西アメリカの地震の2.6倍大きい。」

入倉孝次郎・三宅弘恵 (2001):「断層長さや幅を求めるときの定義の違いかあるいは日本周辺の地域性によるものか, 今後の検討が必要とされる。」

⇒国内地震観測記録の震源インバージョンによる「すべり量分布」の解析が必要
「均質な震源断層」と「不均質な震源断層」の関係の解明が必要

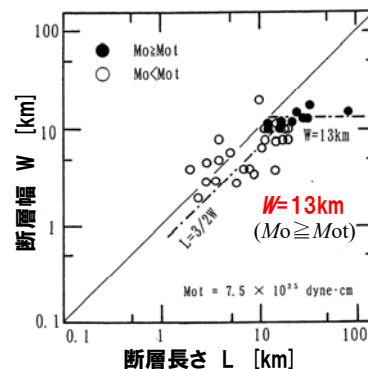
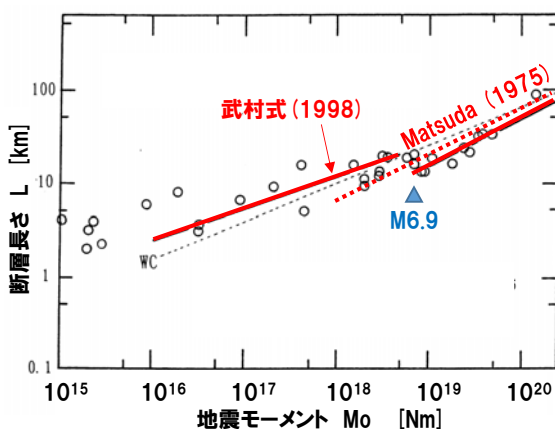
⑤



断層長さ L と断層幅 W の関係

北米中心データによる断層長さ L と地震モーメント Mo の関係

入倉孝次郎・三宅弘恵 (2001):シナリオ地震の強震動予測, 地学雑誌, 110, 849-875



断層長さ L と断層幅 W の関係

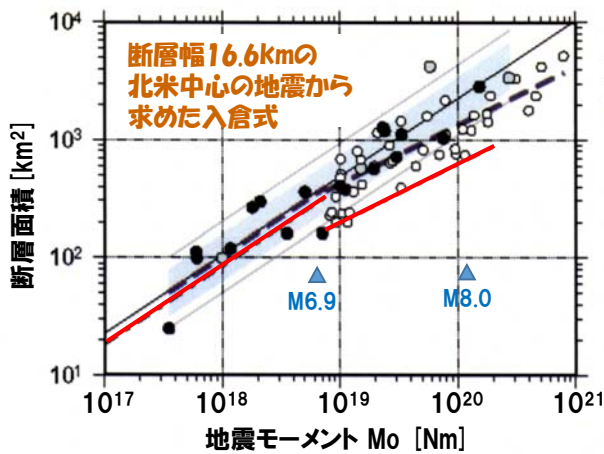
国内データによる断層長さ L と地震モーメント Mo の関係

武村雅之(1998):日本列島における地殻内地震のスケールリング則---地震断層の影響および地震被害との関連---, 地震第2輯, 51, 211-228.

● (横ずれ, 高角逆断層)
○ (低角逆断層)
: 震源インバージョンによる,
Somerville et al.(1999),
Miyakoshi(2001)
○ (伏在断層)
+ (地表地震断層)
: 余震と地表観察による
Wells and Coppersmith(1994)

松田式は、**地下の震源断層長さ L と地震規模 Mo との関係**を良く表す。しかし、**米国中心データは断層幅 W が 16.59km、国内データは 13km のため、断層面積との関係では食い違ってくる。**

⑥



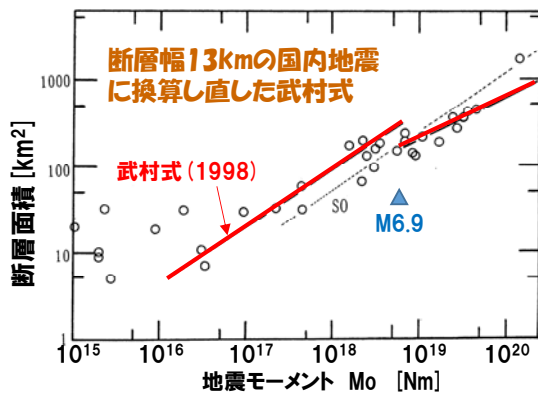
— Somerville et al. (1999)
— Takemura (1998)
- - - This study (入倉・三宅2001)
○ Wells and Coppersmith (1994)
 $M_0 > 7.5 \times 10^{25}$ dyne-cm : $M_w > 6.52$
● Somerville et al. (1999)
● Miyakoshi (2001)
○ low angle dip-slip fault

入倉式(推本のレシビ)は断層面積と地震規模の関係を表しており、米国中心データ(左上図)から求めている!

日本の地震では断層面積が小さいため、レシビでは、M7以上の地震規模が過小評価される!

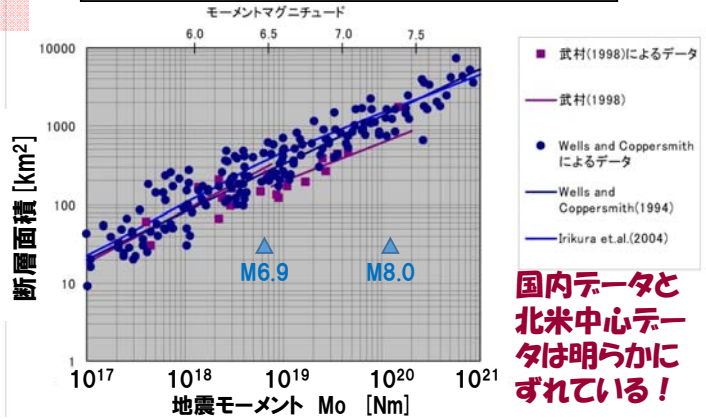
入倉氏自ら、2001年の論文ですでに、入倉式と武村式の乖離を指摘していた!

武村式(松田式)は北米中心のデータ(上図)には合わないが、日本国内データ(下図)には合う!



武村雅之(1998): 日本列島における地殻内地震のスケーリング則——地震断層の影響および地震被害との関連——, 地震第2輯, 51, 211-228.

断層面積と地震モーメントの関係



国内データと北米中心データは明らかにずれている!

中央防災会議第26回「東南海、南海地震等に関する専門調査会」参考資料: 中部圏・近畿圏の内地震の震度分布の検討資料集, 図2.3.5(2006.12.7)

⑦

②母集団の違いは震源断層の定義の違い?

入倉・三宅式: 地震観測記録の震源インバージョンによる「すべり量分布」から推定される不均質な震源断層

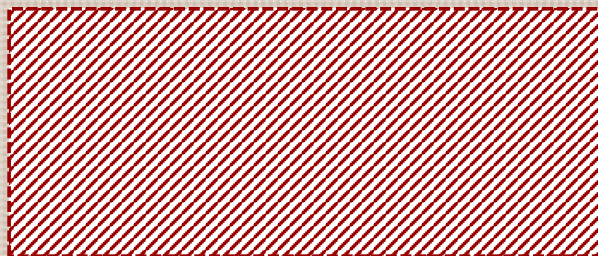
武村式、山中・島崎式: 地震断層など測地データから推測される均質な震源断層

松田式: 活断層や変動地形など測地データから推測される均質な震源断層

地表

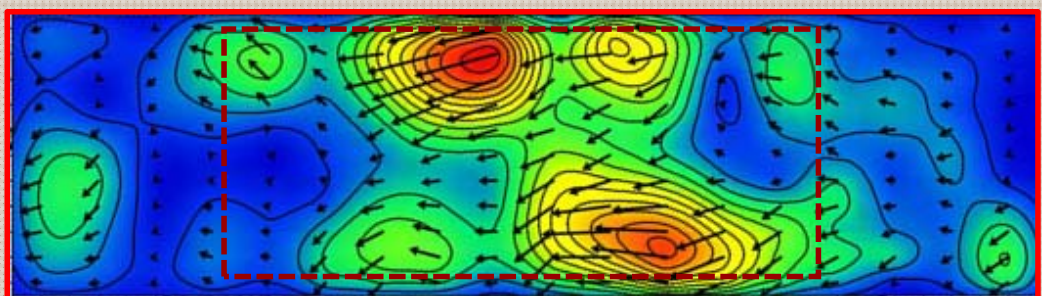
地震が起きる前に、活断層や変動地形などから推定された「均質な震源断層」

➡ 被災していない原発の適合性審査に用いられるのはこちら!



地表

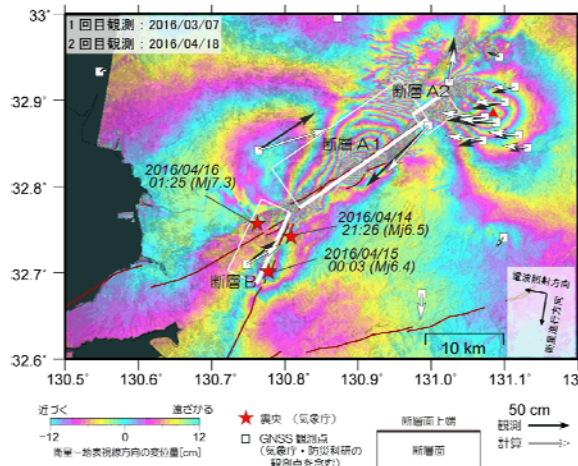
地震が起きた後に、地震観測記録等から震源インバージョンで算出されるすべり量分布に基づいて初めて推定される「不均質な震源断層」



⑧

国土地理院：平成28年熊本地震の震源断層モデル(暫定) SAR(だいち2号)及び全球測位衛星システム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、それぞれ右横ずれの動きが生じたと推定される。

<http://www.gsi.go.jp/common/000140781.pdf>



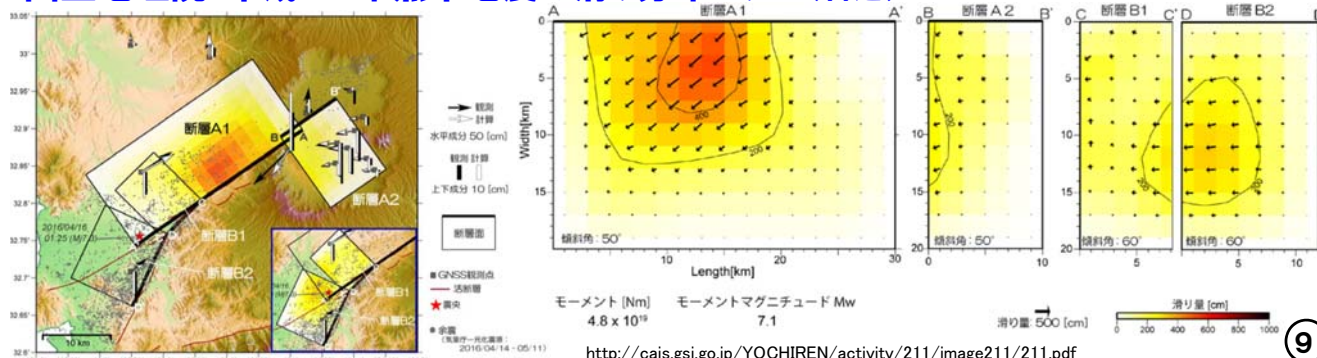
	経度	緯度	上端深さ	長さ	幅	走向	傾斜	滑り角	滑り量	Mw
	[°]	[°]	[km]	[km]	[km]	[°]	[°]	[°]	[m]	
断層 A1	130.998	32.878	0.6	20.0	12.5	235	80	209	4.1	6.98
断層 A2	130.975	32.883	0.2	5.1	6.6	56	62	178	3.8	6.36
断層 B	130.907	32.770	0.8	10.2	13.0	205	72	178	2.7	6.86

(上) 測地データによる均質な震源断層の長さは、
M7.3で25.1km(A1+A2)、M6.5で10.2km(B)
総「断層面積」は416km²

(下) 震源インバージョンによる不均質な震源断層の長さは、
M7.3で約40km(A1+A2)、M6.5で約20km(B1+B2)
総「断層面積」は約1,200km² (解析用の破壊域面積であり、
すべり量の大きな震源断層面積はこれより小さい)

国土地理院：平成28年熊本地震の滑り分布モデル(暫定)

第211回地震予知連絡会 記者会見資料(2016.5.18)



<http://cais.gsi.go.jp/YOCHIREN/activity/211/image211/211.pdf>

9

S15-06

日本地震学会2016年度秋季大会 (2016.10.5)

「震源断層を特定した地震の強震動予測手法」と熊本地震
#堀越一紀(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 地震調査研究推進本部のレシピ(ア)

小休・他(2016)は4月16日熊本地震(M_{max} 7.3)に対して、まず長さ54km、幅16.5kmの初期断層モデルを仮定し、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ていない部分をトリミングして実証的な震源断層モデルを求める。以下の通りとなる。

表1 震源断層の次元

長さ	幅	面積	下縁深さ	地震モーメント
45km	16.5km	742.5km ²	15.95km	4.6×10 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 地震調査研究推進本部のレシピ(イ)

古見(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)をほぼ再現している。

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

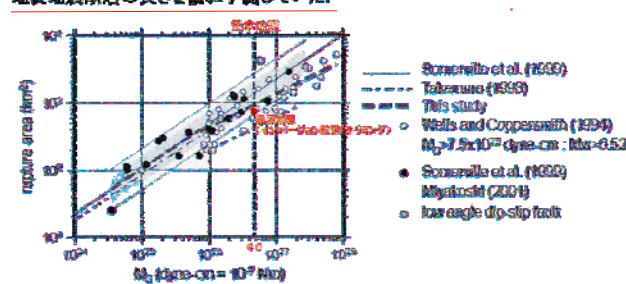


図1 入倉・三宅式と熊本地震の比較

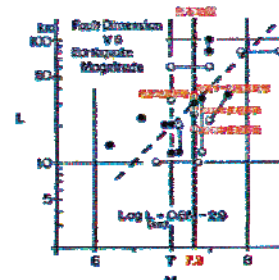


図2 松田式と熊本地震の比較

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帯内に収まる」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帯は下限 15km 程度とされているが、実際の震源断層の下縁は約 18km であった。震源断層の幅を地震発生帯の下縁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(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い。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。

長大でない断層の地震動評価には、推本のレシピ(イ)を用いるべき！
大飯3・4号や伊方3号でも、応力降下量が増え、クリフエッジを超える！

10

強震、遠地、測地データのジョイントインバージョンによる2016年熊本地震の震源過程
Rupture processes of the 2016 Kumamoto earthquakes derived from joint inversion of
strong-motion, teleseismic, and geodetic data

日本地球惑星科学連合2016年大会
MIS34-P65, 2016.5.26

*小林 広明¹、瀬瀬 一起¹、三宅 弘恵^{1,2}
*Hiroaki Kobayashi¹, Kazuki Koketsu¹, Hiroe Miyake^{1,2}

1. 東京大学地震研究所、2. 東京大学情報学環

1. Earthquake Research Institute, The University of Tokyo, 2. Interfaculty Initiative in Information Studies, The University of Tokyo

2016年4月14日21時26分(JST)および4月16日1時25分(JST)に発生した M_{JMA} 6.5, M_{JMA} 7.3の地震では、熊本県益城町や熊本県西原村で震度7が観測され、熊本県を中心に大きな被害をもたらした。特に、4月16日の地震では、熊本県西原村で得られた加速度記録を積分した速度波形が、EW成分が最大で250 cm/s程度の大振幅を持っており、こういった震源近傍の地震動の解釈には震源過程解析を行うことが不可欠である。そこで、強震、遠地、測地データを用いることによって4月16日に発生した M_{JMA} 7.3についてジョイントインバージョンによる震源過程解析を行った。強震データはK-NET, KiK-netに加え、JMAと地方自治体の震度観測点のデータを使用した。遠地データはIRIS-DMCより入手し、P波部分を使用した。測地データはGEONETで得られたデータを用いた。断層モデルの構築にあたっては、地表地震断層位置、余震分布、SAR解析結果などを考慮に入れると、単純な1枚の平面で表現することが難しいため、日奈久・布田川断層帯の接合部および阿蘇カルデラ内で断層を折り曲げ、3つのセグメントに分割して構築した。解析の結果、破壊は主に震源から北東浅部へ向けて進み、最大滑りは北東浅部の西原村付近で生じていることがわかった。また、破壊の継続時間は約20秒程度であった。得られたモデルは、観測記録を概ね再現できているが、再現性が不十分な記録が幾つかあり、断層モデルや速度構造モデルの調整が必要だと思われる。今後は、4月14日の地震などについても同様にジョイントインバージョンによる震源過程解析を行う予定である。

⑪

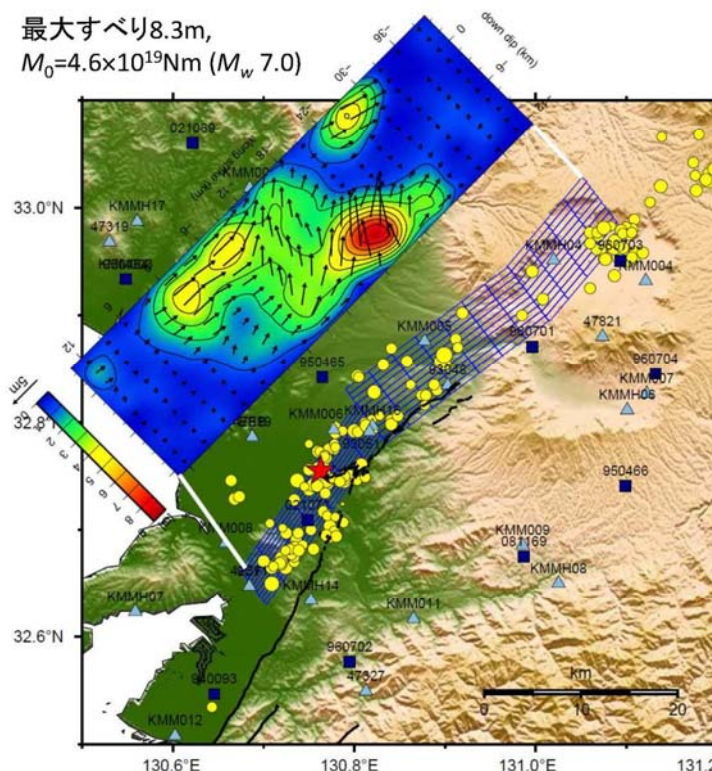
地震調査研究推進本部>地震に関する評価>主な地震活動>2016年の主な地震活動の評価>
平成28年(2016年)熊本地震*の地震活動2016年4月14日, 16日, M6.5, M7.3 [最大震度7]

http://www.static.jishin.go.jp/resource/seismicity/annual/major_act/2016/20160414-kumamoto_12_inversion.pdf

東京大学地震研究所資料

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)

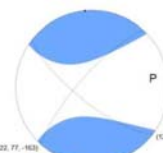


最終すべり量とそのベクトルの分布。

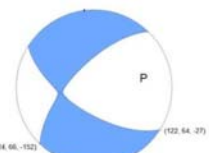
1. 大きなすべりは破壊開始点から阿蘇カルデラ入り口まで。
2. 特に大きなすべりは西原村付近の浅い部分。
3. 横ずれ成分だけでなく、かなりの正断層成分を持つ。
4. そのため、断層直交方向ではなく、斜交する方向の東西成分が大きな揺れとなった。

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。



GCMT



USGS W phase 9

⑫

熊本地震における地表地震断層が現われた領域とすべり量分布に基づく震源断層の比較（強震・遠地・測地データのジョイントインバージョン結果）

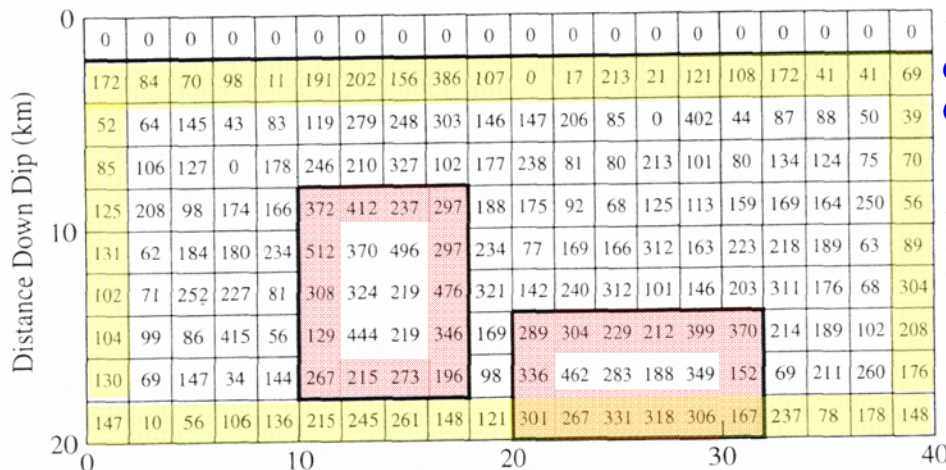
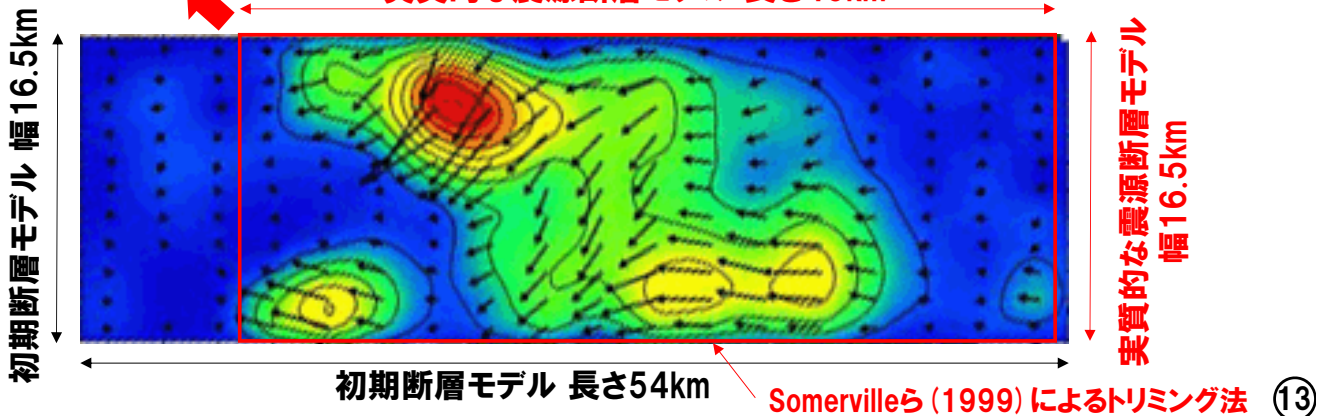
地表地震断層が現われた領域の長さ
吉見 (2016) 34km, 国土地理院35.4km

地震調査研究
推進本部の
レシビ(イ)で
地震規模を推定

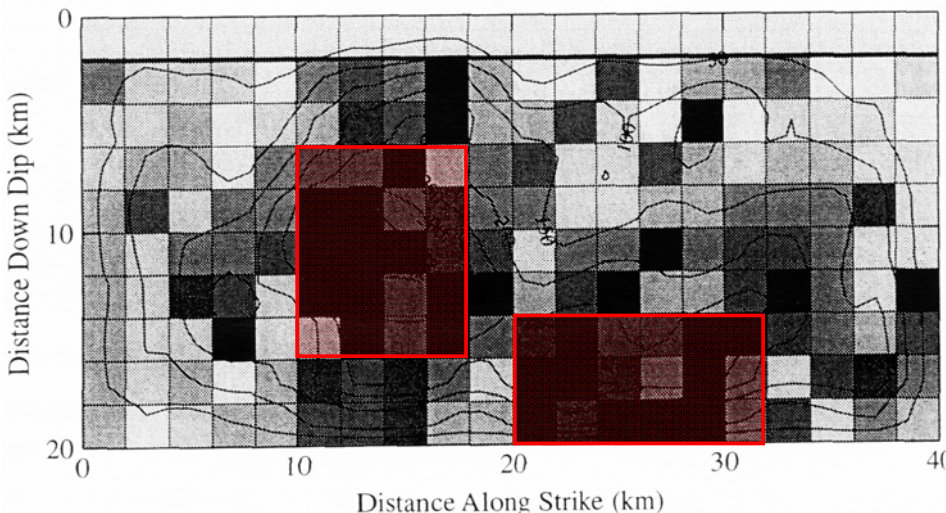
レシビ(ア)で
地震規模を推定

震源断層幅を活断層調
査で得るのは難しい。
地震発生層の下限は15
km程度とされていたが、
実際の震源断層の下端
は約16kmであった。

実質的な震源断層モデル 長さ45km



破壊領域 rupture area
(「最外周部のどの「行/列の平均すべり量」も断層平均すべり量の0.3倍以上となるように決定: 平均すべり量が0.3倍未満の最小の行/列を順次削除していく)



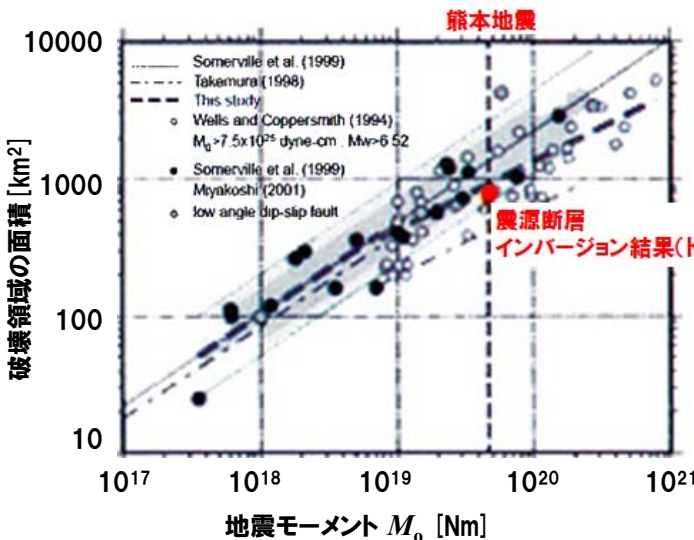
アスぺリティ asperity
(「断層平均すべり量の1.5倍以上」の小断層を包含する矩形を作成し、その最外周部の行/列の平均すべり量が1.5倍未満であれば分割し、同平均すべり量が1.25倍以上となるよう決定)

(アスぺリティを形成する小断層の個数は、各すべり量が平均の2倍以上なら2個以上、各すべり量が1.5倍以上または1個が2倍以上かつ他の2個が1.5倍以上なら4個以上とする)

入倉式は熊本地震の実質的な震源断層(不均質な震源断層)をほぼ再現!

不均質断層の面積
 742.5km^2
 909.4km^2
 (1.22倍) 入倉式で計算・逆算

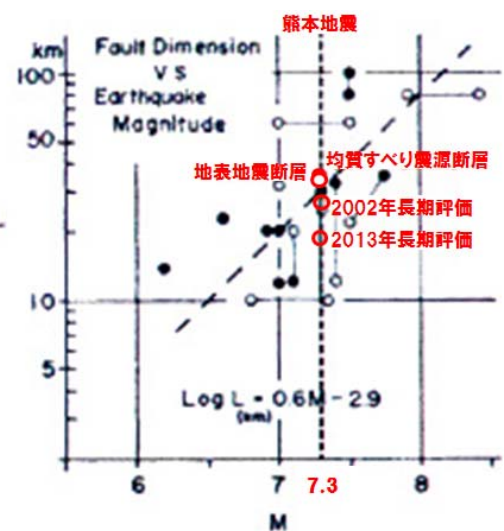
地震モーメント
 $4.6 \times 10^{19}\text{Nm}$
 $3.1 \times 10^{19}\text{Nm}$
 (0.67倍)



松田式は熊本地震の均質な震源断層をほぼ再現!

均質断層の長さ
 $34\text{km}/35.4\text{km}$
 30.2km
 (0.89/0.85倍) 松田式で計算・逆算

気象庁マグニチュード
 $M7.3$
 $M7.4/M7.4$
 (0.1大きい)



(断層上端深さ2km、地震発生層下端15km、傾斜角60度と仮定)

地震が起きる前に、断層長さ34km、断層幅15kmとした場合
 松田式ではM7.4だが、入倉式では $1.45 \times 10^{19}\text{Nm}$ (0.32倍)になる!

➡ レシピ(イ)を使うべき!

⑮

入倉式 ⇒ 使うべきでない! (地震発生前には、活断層や変動地形などによる均質な震源断層しか分からないため不均質な震源断層を推定することができないため、地震動が過小評価される)

武村式や山中・島崎式 ⇒ 使えるレシピがない! (国内地震観測記録の震源インバージョンによるすべり量分布を解析し、国内用の断層モデル・レシピを作り、武村式等とをつなぐ関係式も確立させるべきだが、長年月を要する。)(原子力規制庁は今回の武村式の試計算で、レシピを改ざんした)

松田式による推本の修正レシピ ⇒ 全国地震動評価だけでなく原発にも使うべき

(測地データに基づく均質な「震源断層の長さ」と「地震規模」の平均像を与える関係式として松田式は北米中心データにも国内データにもほぼ適合しており、修正レシピは北米中心データに基づくレシピではあれ、現時点では次善の策として適用可能。ただし、20~35kmでは断層幅のみ拡大に留めるべきである)

	活断層の評価	地震動の評価
地震調査研究推進本部 (1995年7月地震防災対策特別措置法に基づき設置)	活断層の長期評価手法」報告書(暫定版)(2010.11.25)	震源断層を特定した地震の強震動予測手法(「レシピ」)(2008.4.11改訂): 松田式 で地震規模を求め断層面積を少し拡大する レシピ(イ) で全国地震動予測地図作成
原発の安全審査/適合性審査	詳細な調査を理由に「松田の基準」など不採用だったが、2006年の耐震設計審査指針改定後に転換	入倉式によるレシピ(今回武村式で計算)、長大な断層に適用すべきFujii-Matsu'uraの応力降下量を採用

①断層モデルによる地震動評価が耐専スペクトルの1/2~1/3倍になる乖離が解消される。

②レシピ(イ)に基づけば、大飯・伊方・島根ではクリフエッジを超え、川内・高浜ではSsを超える。

⑮

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(「レシピ」)」の改定

2016年 6月10日の改定:長大な断層のスケーリング則を導入、
Fujii-Matsu'uraの応力降下量の適用を長大な断層に限定

2016年12月 9日の再改定:レシピ(ア)とレシピ(イ)の位置づけの明確化、
Fujii-Matsu'uraの応力降下量の適用を長大でない断層へも拡張

レシピ(ア):「過去の地震記録などに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」(入倉式)

⇒「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」(入倉式)

レシピ(イ):「地表の活断層の情報をもとに簡便化した方法で震源断層を推定する
場合」(松田式+断層面積拡張)

⇒「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」(松田式+断層面積拡張)

●地震観測記録が得られていれば、「不均質な震源断層」がわかってレシピ(ア)を適用できるが、
地震が起きる前には「不均質な震源断層」を推定する術がなく、レシピ(ア)は適用できない。

●レシピ(ア)を使うには、「過去の地震記録や調査結果などの諸知見を」どのように「吟味・判断
して」不均質な震源断層を推定したかについて明確に述べなければならない。それができない
限り、レシピ(ア)は使えず、入倉式で地震規模を推定することはできなくなる。

(17)

2016年 6月10日の改定:長大な断層のスケーリング則を導入、
Fujii-Matsu'uraの応力降下量の適用を長大な断層に限定

※円形破壊面を仮定せずアスペリティ面積比を22%、静的応力降下量を3.1MPaとする
取扱いは、暫定的に、断層幅と平均すべり量とが飽和する目安となる
 $M_0 = 1.8 \times 10^{20}$ (N・m)を上回る断層の地震を対象とする。

2016年12月 9日の再改定:レシピ(ア)とレシピ(イ)の位置づけの明確化、
Fujii-Matsu'uraの応力降下量の適用を長大でない断層へも拡張

※円形破壊面を仮定せずアスペリティ面積比を22%、静的応力降下量を3.1MPaとする
取扱いは、暫定的に、以下のいずれかの断層の地震に適用する。

(i)断層幅と平均すべり量とが飽和する目安となる $M_0 = 1.8 \times 10^{20}$ (N・m)を上回る断層。

(ii) $M_0 = 1.8 \times 10^{20}$ (N・m)を上回らない場合でも、アスペリティ面積比が大きくなったり
背景領域の応力降下量が負になるなど、非現実的なパラメータ設定になり、円形クラッ
クの式を用いてアスペリティの大きさを決めることが困難な断層等。

Fujii-Matsu'uraの応力降下量: $\Delta\sigma = 3.1\text{MPa}$, $\Delta\sigma_a = 14.1\text{MPa}$ (地震規模にかかわらず一定)

「FO-A~FO-B~熊川断層」: $\Delta\sigma = 4.5\text{MPa}$, $\Delta\sigma_a = 20.6\text{MPa}$

(レシピ(イ)を適用し、アスペリティ面積比22%で、円形破壊面を仮定して $\Delta\sigma$ を算出)

M7クラスの国内地震データでは $\Delta\sigma_a = 20 \sim 30\text{MPa}$

2000年鳥取県西部地震M7.3: 28.0, 14.0MPa (池田・釜江・三輪・入倉, 2002)

2007年能登半島地震M6.9: 20, 20, 10MPa (釜江・池田・三輪, 2003)

2007年新潟中越沖地震M6.8: 23.7, 23.7, 19.8MPa (入倉・香川・宮腰・倉橋, 2007)

2009年岩手・宮城内陸地震M7.2: 17.0, 18.5MPa (入倉・倉橋, 2008)

(値が複数あるのはアスペリティが複数あることを示す)

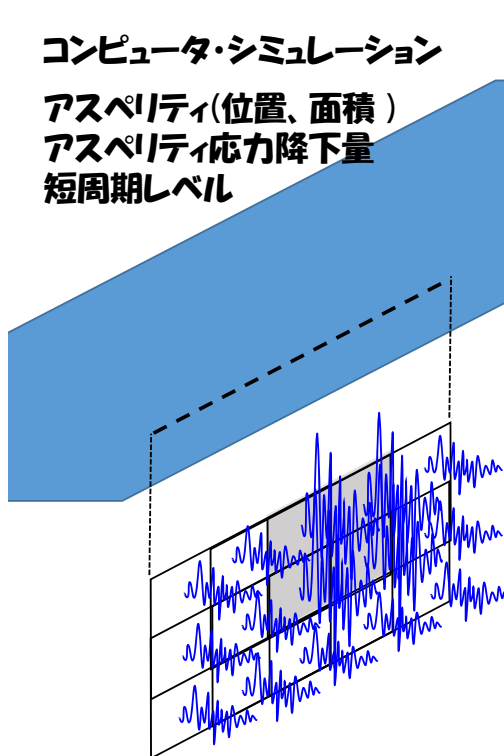
(18)

震源を特定して策定する地震動

断層モデル

コンピュータ・シミュレーション

アスペリティ(位置、面積)
アスペリティ応力降下量
短周期レベル



背景領域の地震波は
アスペリティの1/5程度！

本来は同様の結果に
ならないとおかしいが、
断層モデルによる地
震動評価は耐専ス
ペクトルの1/2以下！

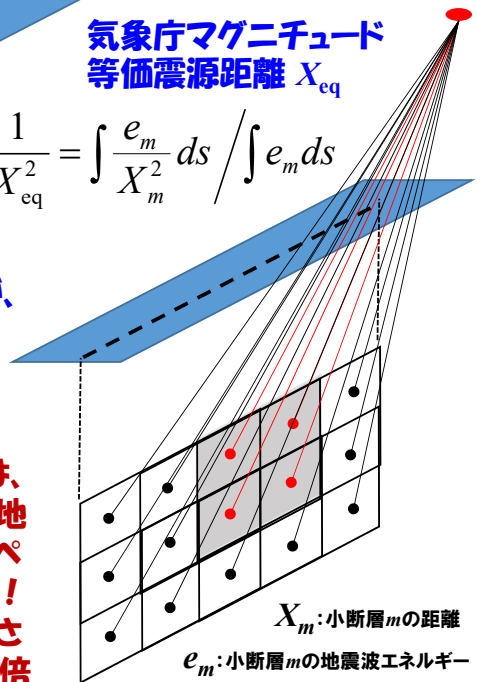
「震源特性1.5倍」化は、
新潟県中越沖地震の地
震観測記録の耐専ス
ペクトルとの比較による！
1/2以下に過小評価さ
れた断層モデルで1.5倍
化しても意味がない！

耐専スペクトル

国内地震観測記録の平均像

気象庁マグニチュード
等価震源距離 X_{eq}

$$\frac{1}{X_{eq}^2} = \int \frac{e_m}{X_m^2} ds / \int e_m ds$$



X_m : 小断層 m の距離

e_m : 小断層 m の地震波エネルギー

ds : 小断層 m の微小領域の面積

(19)

大地震時の地震動 $U(t)$ の計算式 (断層面を $n_L \times n_W$ 個の小断層へ分割)

$$U(t) = \sum_{i=1}^{n_L} \sum_{j=1}^{n_W} \frac{X_e}{X_{ij}} C u_e(t - t_{ij})$$

東京電力「波形合成法の基礎的考え方」, 原子力安全委員会 地震動解析技術等作業会合2009.4.23(15)

$$+ \frac{1}{n'(1-e^{-1})} \sum_{i=1}^{n_L} \sum_{j=1}^{n_W} \sum_{k=1}^{(n_D-1)n'} \frac{X_e}{X_{ij}} C \exp\left\{-\frac{k-1}{(n_D-1)n'}\right\} u_e\left(t - t_{ij} - \frac{(k-1)\tau}{(n_D-1)n'}\right)$$

$$t_{ij} = \frac{\eta_{ij}}{V_r} + \frac{X_{ij}}{\beta} + \varepsilon_{ij}$$

η_{ij} : 破壊開始点から小断層 (i, j) までの距離

V_r : 破壊伝播速度

β : 媒質のS波速度

ε_{ij} : 破壊時刻に対して与える乱数

$u_e(t)$: 要素地震からの地震動

$C = \Delta\sigma / \Delta\sigma_e$: 大地震と要素地震の応力降下量の比

X_e / X_{ij} : 要素地震の震源距離と小断層 (i, j) の震源距離の比

n' : すべりの再分割数 ($n'n_D / \tau > 2f_H$ (高周波検討範囲) を満たすよう設定) (20)

○「(ア)の方法(推本の入倉式に基づくレシピ)は福岡県西方沖地震など大きな地震が起こるたびにシミュレーションと観測記録を比較してキチンと検証されてきたが、(イ)の方法は検証されていない。そういう点では地震動評価として用いるには(ア)の方が適切だと考えている。」

⇒ 推本は2000年鳥取県西部地震や2005年福岡県西方沖地震などの大地震の地震観測記録に基づいてレシピの検証を行い、「これらの報告を踏まえ、断層モデルの設定において、『長期評価』のマグニチュードと整合し、かつ、簡便な手順でパラメータを設定できる手法を用いて強震動評価を行い、その妥当性を検討した」のが「警固断層帯(南東部)の地震を想定した強震動評価」であり、その手法が修正レシピである。規制庁は事実関係を逆転させ、大嘘をついている。

地震調査研究推進本部(本部長は文部科学大臣)地震調査委員会による「震源断層を特定した地震の強震動予測手法(「レシピ」)の検証と改訂の経緯

2008.4.11 「全国を概観した地震動予測地図」2008年版で「レシピ(イ)」を追加

2008.4.11 警固断層帯(南東部)の地震を想定した強震動評価について(2008.9.5、2009.3.5訂正)

2008.4.11 2005年福岡県西方沖の地震の観測記録に基づく強震動評価手法の検証について

2007.3.19 2005年福岡県西方沖の地震の観測記録に基づく強震動評価手法の検証について(中間報告)

2005.3.23 「全国を概観した地震動予測地図」分冊2で「震源断層を特定した地震動予測地図の説明」=強震動予測手法(「レシピ」)を初公開

2002.10.31 糸魚川-静岡構造線断層帯(北部、中部)の地震を想定した強震動評価について(別添資料「鳥取県西部地震の観測記録を利用した強震動評価手法の検証について」)

2001.5.25 糸魚川-静岡構造線断層帯(北部、中部)を起震断層と想定した強震動評価手法について(中間報告)

1995.7.18 地震防災対策特別措置法に基づき、地震調査研究推進本部を設置

(21)

地震調査研究推進本部による断層モデルのレシピの改訂

従来レシピ:

断層面積から地震モーメントを算出

$$S = \begin{cases} 2.23 \cdot 10^{-15} M_0^{2/3}, & S < 291 \text{km}^2 \\ \text{(または } L < W_{\max} \text{) の場合;} \\ 4.24 \cdot 10^{-11} M_0^{1/2}, & S \geq 291 \text{km}^2 \\ \text{(または } L \geq W_{\max} \text{) の場合} \end{cases}$$

修正レシピ:

断層長さから松田式でMを算出

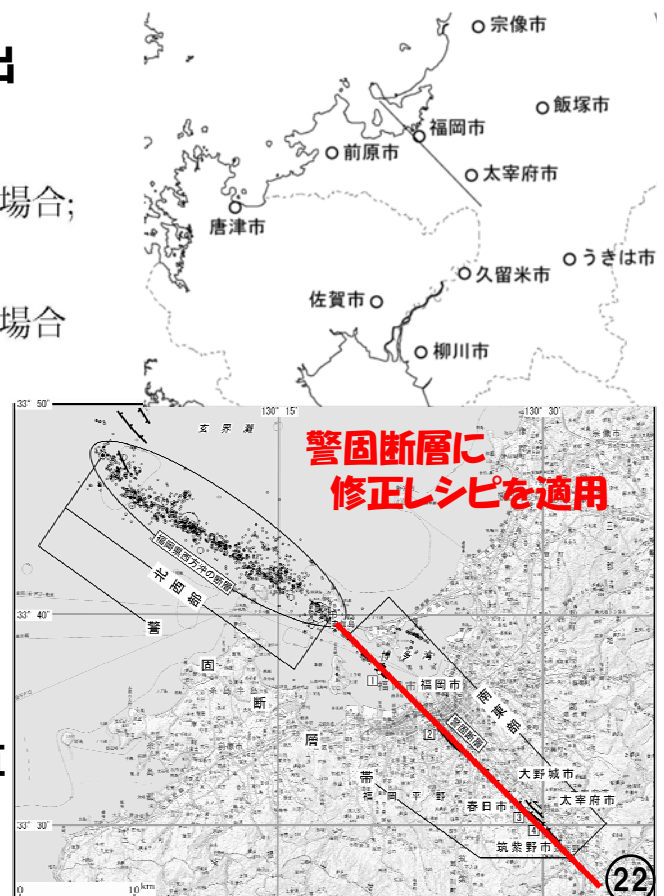
$$\log_{10} L[\text{km}] = 0.6M - 2.9$$

換算式で地震モーメントを算出

$$M = \frac{1}{1.17} (\log_{10} M_0[\text{Nm}] - 10.72)$$

断層面積を断層モデルの式で逆算
震源断層の幅と長さを

幅+2km, 長さ+5km以内で調整



(22)

警固断層への適用例

震源断層: $L=27\text{km}$
 $W=14\text{km}$, $S=378\text{km}^2$
 (M7.0に留まる)

$L=27\text{km}$ より $M7.2$

これより

$M_0 = 1.47 \times 10^{19}\text{Nm}$

これより

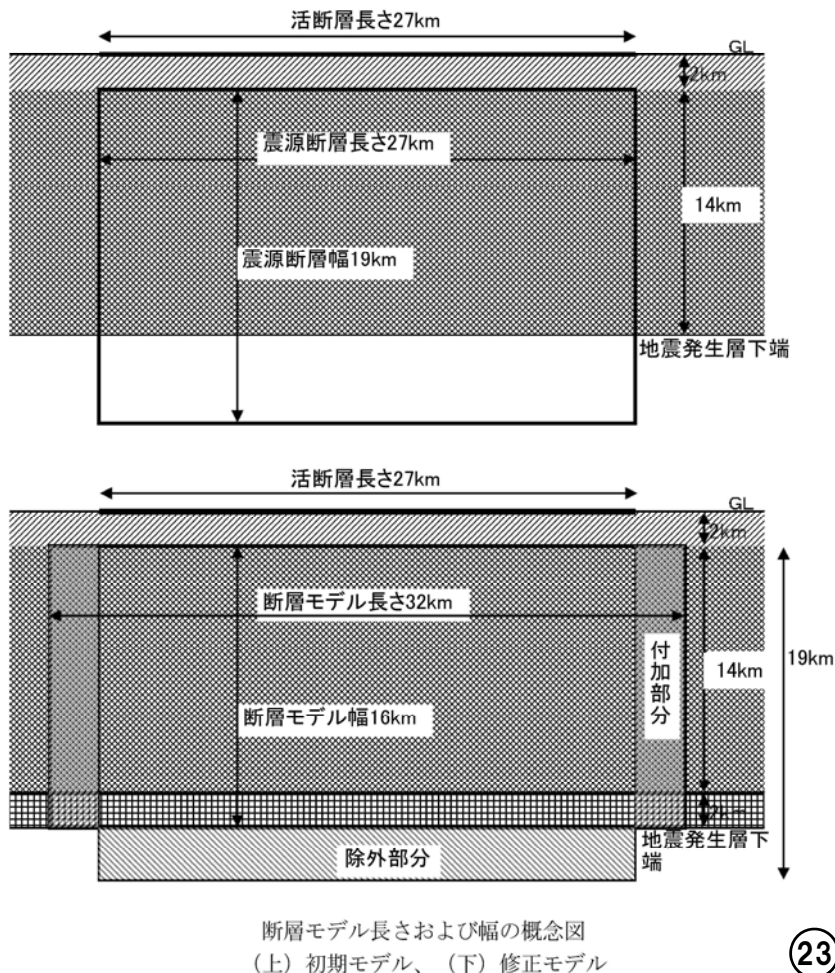
$S=513\text{km}^2$

これより

$W_{\text{model}} = 14+2=16\text{km}$

$L_{\text{model}} = 27+5=32\text{km}$

$S_{\text{model}} = 512\text{km}^2$



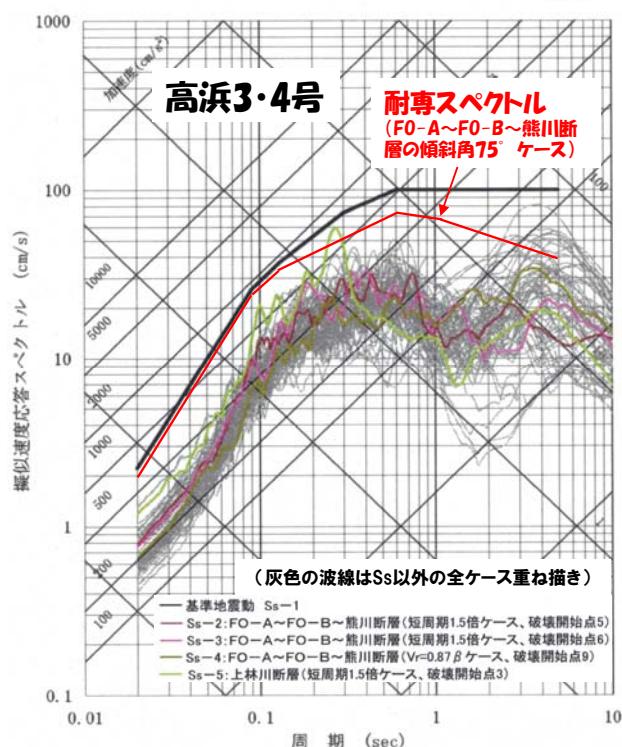
(23)

修正レシピで地震動評価すれば、耐専スペクトルとの差がなくなる！

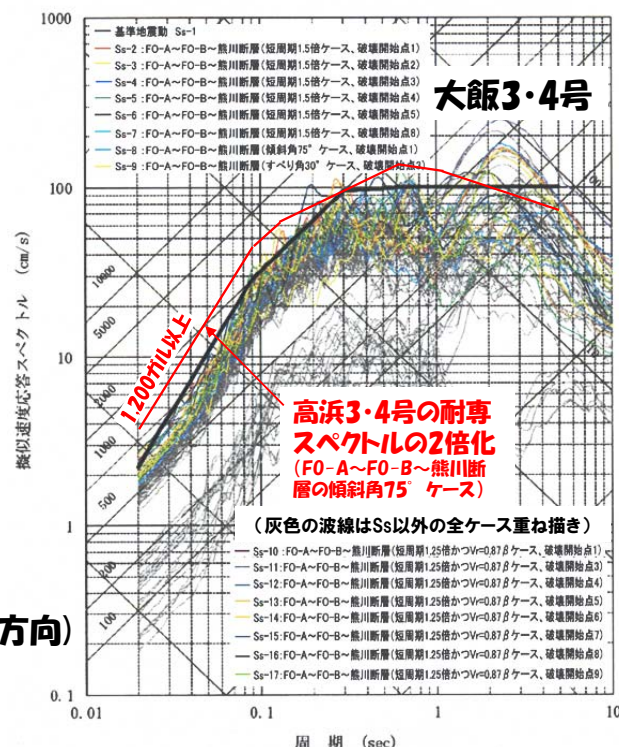
高浜3・4号では、耐専スペクトルと断層モデルとの大差がなくなり、一部基準地震動を超える！

大飯3・4号では、1200ガル以上の耐専スペクトルが適用外にされていたが、断層モデルがこれと同等になって、1260ガルのクリフエッジを超える！

$h=0.05$



(EW方向)



(24)