

3. 3 海域における断層モデルの構築

(1) 業務の内容

(a) 業務題目 海域における断層モデルの構築

(b) 担当者

所属機関	役職	氏名
国立研究開発法人防災科学技術研究所	部門長	藤原 広行
	総括主任研究員	平田 賢治
	総括主任研究員	高橋 成実
	主任研究員	中村 洋光
	主幹研究員	大角 恒雄
	主任研究員	森川 信之
	主任研究員	前田 宜浩
	主任研究員	河合 伸一

(c) 業務の目的

サブテーマ(2)で再解析・解釈して求めた日本周辺海域の三次元断層分布から、断層面の広がり大きい主断層を抽出し、断層モデルを構築する。M7程度以上であると推定されるもので、かつ、津波や地震動の記録が存在する地震の震源断層と考えられるものについては、地震動と津波のシミュレーションを行うことにより、構築した断層モデルの妥当性を検証する。モデル構築及びシミュレーションについては、必要に応じて地震本部地震調査委員会の下に設置された評価部会等に報告し、その議論も踏まえて進める。また、断層分布と地殻内の変形構造との整合性を確認する。

(d) 7カ年の年次実施業務の要約

1) 平成 25 年度 :

サブテーマ(1)でのデータベース(以下、DB)構築と平行して、断層モデルの構築手法を検討した。

2) 平成 26 年度 :

解釈を終えた日本海の断層分布から主断層を抽出、津波や地震動の記録が存在するM7程度以上の断層モデルについて、強震動や津波のハザード評価に資する検討を行った。

3) 平成 27 年度 :

解釈を終えた日本海の断層分布から主断層を抽出、津波や地震動の記録が存在するM7程度以上の断層モデルについて、強震動や津波のハザード評価に資する検討を行った。

4) 平成 28 年度 :

解釈を終えた南西諸島海域の断層分布から主断層を抽出、津波や地震動の記録が存在するM7程度以上の断層モデルについて、強震動や津波のハザード評価に資する検討を行った。断層モデル例を公開システムの仕様検討担当のサブテーマ(1)に提供を行った。

5) 平成 29 年度 :

解釈を終えた南西諸島海域の断層分布から主断層を抽出、津波や地震動の記録が存在するM7程度以上の断層モデルについて、強震動や津波のハザード評価に資する検討を行った。

6) 平成 30 年度 :

解釈を終えた伊豆・小笠原海域の断層分布から主断層を抽出、津波や地震動の記録が存在するM7程度以上の断層モデルについて、強震動や津波のハザード評価に資する検討を行う。

7) 平成 31 年度 :

解釈を終えた南海トラフ域の断層分布から主断層を抽出、津波や地震動の記録が存在するM7以上の断層モデルについて、強震動や津波のハザード評価に資する検討を行う。評価した断層モデル全体をとりまとめ、データ公開システム上での検索・表示内容の検証を行う。

(2) 平成 29 年度の成果

(a) 業務の要約

平成 29 年度においては、平成 28 年度に実施した南西諸島南部海域を除く南西諸島海域及び九州西岸地域の断層モデルの構築と検証を目的とした。当該年度業務では、平成 28 年度にサブテーマ（2）において解釈された断層データに、平成 27 年度に検討した津波及び地震動の波源となる断層モデルの構築手法を適用することで断層モデルの構築を行い、南西諸島北部海域及び九州西岸海域の 249 断層について断層下端深度の設定方法が異なる 2 パターン、合計 498 の断層モデルを設定した。断層モデルの構築にあたっては、データの特徴や地域性等の違いを考慮し、また地震調査研究推進本部で実施されている津波評価部会、長期評価部会、海域活断層評価手法等検討分科会の議論等を踏まえ、断層パラメータの設定方法の再検討と見直しを行った。断層モデルの構築に加え、サブテーマ（3）では、平成 30 年度に断層データのモデル化の対象とされている伊豆・小笠原地域における地震・津波に関する歴史資料及び観測資料の収集整理を行った。

(b) 業務の実施方法

今年度の対象としている南西諸島北部海域及び九州西岸海域の断層データのモデル化にあたって、基本的な断層モデル構築手法は平成 27 年度に検討した手法を適用することとした。しかし、海域によってサブテーマ（1）及び（2）で得られるデータの特徴も解釈の手法も異なり、各海域の地域的な特性も異なることから、それらを踏まえた検討が必要となる。

また、地震調査研究推進本部における各部会及び分科会での議論も踏まえていく必要があることから、個々の断層パラメータ設定手法について再検討を行った。具体的には、奄美大島西方沖に位置する密集した断層群について、反射断面を見直し、背斜構造の特徴から主断層を抽出する方法について、サブテーマ（2）と合わせて検討した。

断層下端深度の設定方法については、津波予測計算によるパラメータスタディを実施することで、設定方法のちがいによる影響についての感度解析を行うことで検討した。具体的には「海域活断層評価手法等検討分科会」での議論を踏まえ、過年度業務と共通した考え方である断層下端をコンラッド面として設定する方法に加え、断層下端をコンラッド面とした場合の断層幅に 5 km を加算したときの深度を断層下端深度として設定することで認識論的不確定性を考慮した。パラメータの設定に含まれる偶発的不確定性としては、断層面積とモーメント量の経験的關係から求められるすべり量に $+1\sigma$ 程度のデータのばらつきを考慮した。以上のように、パラメータの不確定性を考

慮することで、南西諸島北部海域及び九州西岸海域で起こり得る地震及び津波の規模を包含できる断層モデル群となるように設定する方法をとりまとめた。

(c) 業務の成果

1) 伊豆・小笠原地域における断層モデル構築事前準備

a) 既往資料の収集整理

i) 既往地震及び津波の事例収集

① 1974年伊豆半島沖地震

1974年5月9日8時33分頃に伊豆半島南部で被害をともなう地震が発生した。震源は松田・田村（1974）によると石廊崎沖の南南西約5kmとされ、土・宇津（1975）では松田・田村（1974）による震源のやや北方の南伊豆町の海岸付近であるとされている。気象庁地震課・他（1975）によると震源の深さは10km、マグニチュードはMj6.9である。

・気象庁地震課・他，1975：「1974年伊豆半島沖地震調査報告」

気象庁地震課・他（1975）によると、この地震の傾斜方向は節面AがN57°Wで傾斜角70°、節面BがN34°Wで傾斜角81°となっている（図1）。また、津波の発生が確認されているが、震央付近でわずかに記録される程度で被害はなかったとされる。津波記録があった験潮所は、南伊豆と御前崎のみである（表1）。

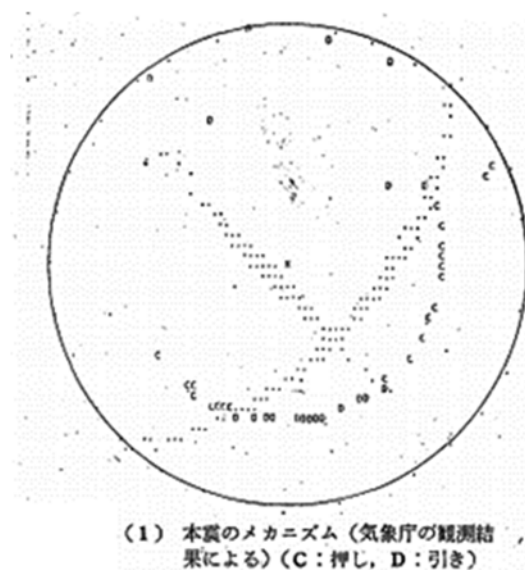


図1 1974年伊豆半島沖地震の初動の押し引き解（気象庁地震課・他，1975）

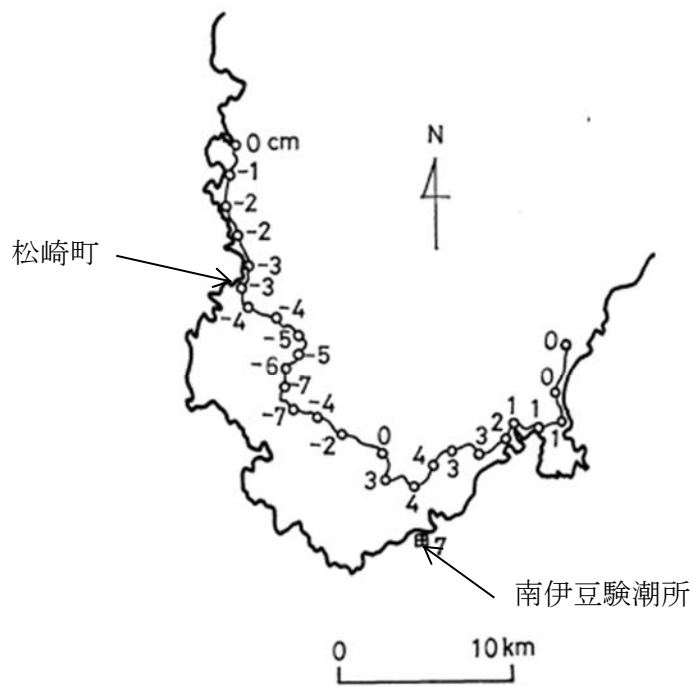
表 1 1974 年伊豆半島沖地震の験潮記録の読み取り結果 (気象庁地震課・他, 1975)

験潮記録の読みとり結果

験潮所	第一波(初動)				最大波高(最大全振幅)				記事	
	到着時刻 (a)	走時	山谷の出現時刻	押し(+) 引き(-) の大きさ	発現時刻 (c)	至過時間 (c)-(a)	波高	周期	所	験潮器
南伊豆	時分 08 39	分 06	時分 08 41	cm -14	時分 08 39	分 00	cm 11	分 10	海上保安庁	フース
御前崎	08 48	15	08 52	+ 8	09 26	38	15	12	気象庁	フース

・多田, 1976: 「1974 年伊豆半島沖地震の測地学的断層モデル」

この地震の断層は、村井・金子 (1973) により空中写真判読から活断層であると推定されていた断層が活動したとされ、注目される地震であった。国土地理院では地震後に水準測量を実施し伊豆半島南部の地殻変動量の推定を行った。

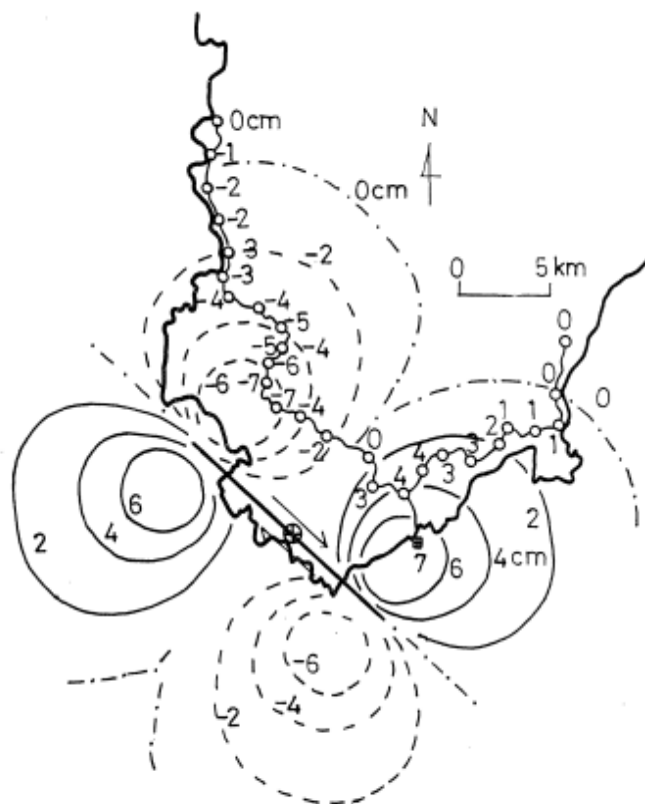


Distribution of the vertical crustal movement associated with the 1974 Izu-Oki earthquake.

図 2 水準測量により推定された地殻変動量と水準測量の路線図の重ね合わせ (多田, 1976 に加筆)

南伊豆験潮所の変動量を 7cm の隆起とすると、松崎町の南で約 6 cm の沈降が確認された(図 2)。主震の初動分布、余震分布及び地殻上下変動分布から、地震断層は北西-南東方向に走向をもち、北東方向に傾斜した右横ずれ断層であると推定できる。この結果推定

された断層モデルは、長さ=15 km、幅=8 km、傾斜角=75°、変位量=1.3m の右横ずれ断層モデルである。この断層モデルから計算される地殻上下変動を図3に示す。



Theoretical vertical crustal movement calculated by the assumed fault model. The assumed fault type is the right lateral pure strike and the fault parameters are as follows, fault length=15 km, fault width=8 km, dip angle=75° and displacement=130 cm.

図3 断層モデルから推定される地殻上下変動量（多田，1976）

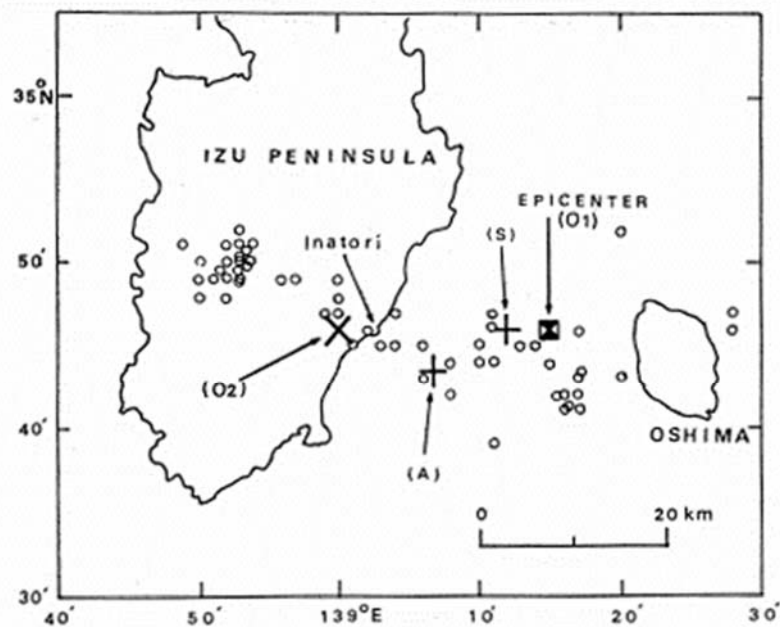
この地震でできたとされる断層は石廊崎断層とされる。石廊崎断層は、地表で観測・観察された地変からは北落ちの右横ずれ断層であり、平均的な横ずれ量は30cm、縦ずれ量は15cmであると推定される（地質調査所，1974、東大地震研構造地質部門，1974）。しかし、地表にあらわれたこの地震断層では水準測量で得られた地殻変動を説明することはできない。

このように地表で観察された断層と理論的に求められた断層モデルが異なる原因として著者は次のような原因を挙げている。1) 地表で観察された断層は副次的なものであり、主断層はたとえば伊豆半島南端の海中にある、2) 断層変位が一律ではなく、断層深部ではここで推定したような動きであったが、地表付近では異なっている。著者はより有力な考え方として2) を妥当としている。

② 1978年伊豆大島近海地震

気象庁の命名では1978年「伊豆大島近海の地震」であるが、多くの研究が「伊豆大島近海地震」の呼び名を使用しているため、ここでは先行研究のレビューの観点から伊豆大島近海地震と記述する。

伊豆大島近海地震は1978年1月14日12時24分頃に伊豆大島西岸沖の深さ約15 kmで発生し、Mj7.0とされる(気象庁発表)。伊豆大島と神奈川県横浜市で震度5が観測され、静岡県賀茂郡東伊豆町では震度6相当の揺れがあったとされる。また、被害は伊豆大島よりも伊豆半島東部に集中している(村井・他, 1978)。この地震は多重震源地震であり、本震の約6秒前の小破壊が伊豆大島と伊豆半島間の海底から西に伝播し、陸域で本震とされる2番目の地震が発生した。2番目の震央の位置は伊豆半島内陸部の稲取岬の西側約3~4 km付近とされる(長宗, 1980: 図4)。



Locations of the main shock, the second event, and aftershocks of the Izu-Oshima-Kinkai Earthquake of 1978. O₂, S, and A indicate the locations of the second event obtained by the present author, SHIMAZAKI and SOMERVILLE (1978), and ANDO *et al.* (1978), respectively. Open circles show epicenters of aftershocks that occurred during about 72 hours just after the main shock (up to 15h 02m on Jan. 15).

図4 伊豆大島近海地震の本震余震分布 (長宗, 1980)

・岡田, 1978: 「地殻歪から見た1978年伊豆大島近海地震」

辺長測量と水準測量の観測データから著者は最小二乗法を用いたインバージョン的な方法で1978年伊豆大島近海地震の断層面の推定をおこなった。その結果、単純な1枚の断層モデルでは稲取から東方向に長さ10~20 kmの断層を設定し、2~3 mの右横ずれ変位を与えることにより観測データとよく一致するとしている。また、この結果は

Shimazaki and Somerville (1978)が地震波のデータを用いて推定した断層モデルともよく合っている。これらの断層モデルと想定される地殻変動量と観測された地殻変動量の比較を図5に示す。

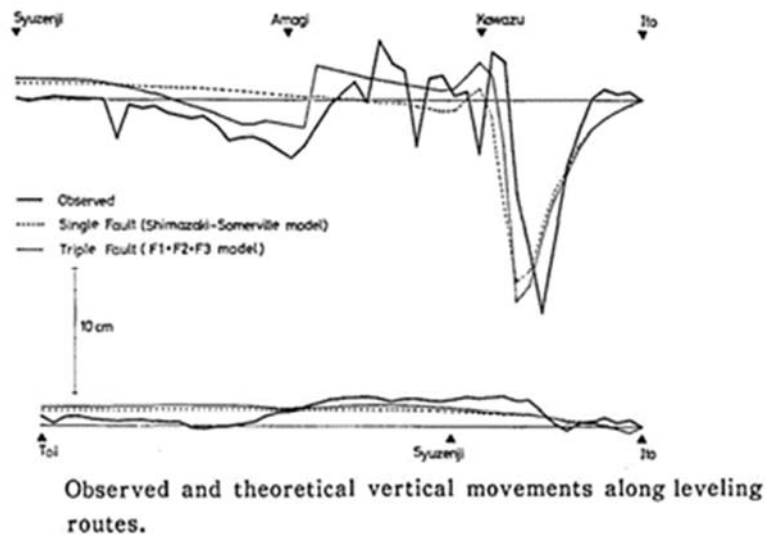
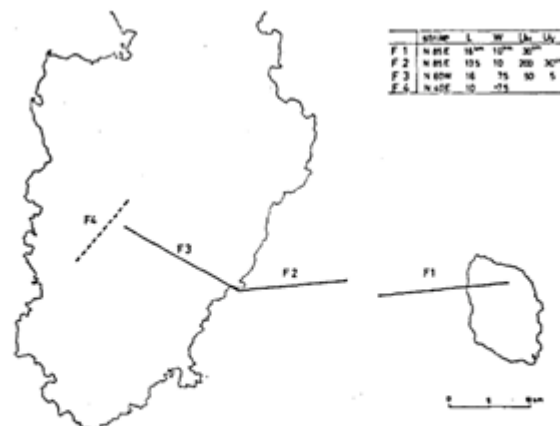


図5 岡田 (1978) 及び Shimazaki and Somerville (1978)により推定された断層モデルから想定される地殻変動量と観測地殻変動量の比較 (岡田, 1978)

しかし、Shimazaki and Somerville (1978)では修善寺から天城に向かう水準路線で観測された沈降が説明できていないなど、相違点があり、著者らはより詳しい断層モデルの設定を検討した。その結果、図6に示すような主に3枚の断層を想定すると地殻変動分布をよく説明できると結論づけた。



Triple fault model. The western end of fault F1 coincides with the epicenter, while the eastern end of fault F2 is 4km west of this point and 2km north. These two points correspond to the positions of the 1st and 2nd shocks proposed by Shimazaki and Somerville.

図6 岡田 (1978) による断層モデル

図 6 の F1～F3 の断層は垂直の断層である。F1 は西端を本震位置に設定し、走向N85° E、長さ 16 km、幅 10 km である。F2 は 2 つ目の震央位置と稲取を結んだものであり、走向N85° E、長さ 13.5 km、幅 10 km である。F3 は稲取から内陸へ、走向N60° W とし、長さは余震分布から 16 km、幅は余震の震度方向の分布から 7.5 km とした。ずれの量は F1 が右横ずれ 30cm、F2 が右横ずれ 200cm、北落ち 30cm、F3 右横ずれ 50cm、北落ち 5 cm とした。

③ 1953、1984 年房総沖地震

【1953 年房総沖地震】

地震調査研究推進本部地震調査委員会 (2011) の長期評価によると、1953 年の房総沖の地震はプレート内正断層の地震である。この地震は 1953 年 11 月 26 日に発生し、深さ 39 km、M7.4 と推定されている (気象庁震度データベース, 2018 年 3 月閲覧)。千葉県及び東京都 (三宅村) で最大震度 5 が観測されているほか、北海道から四国にかけての広い範囲で揺れが観測されている。

・井上, 1954 : 「房総沖地震調査報告」

1927 年 8 月に同様の場所で地震があり、規模も大きかったことから銚子及び布良で小津波が発生していた。中央気象台はこの地震についても津波の発生を予測し、千葉県、茨城県、神奈川県、静岡県、静岡県の海岸について津波警報を発表した。しかし、干潮時であったことと、震源の深さが比較的深かったため、津波は銚子で約 3 m、富崎で 1.8 m、その他では 1 m 足らずにとどまった (表 2)。

表 2 1953 年房総沖地震による津波の観測値 (井上, 1954)

観測所	緯度(北)	経度(東)	第 1 波				最大波				地震から第 1 波までの時間差	検潮儀の型			
			到着時刻	山時の間	振幅	周期	時刻	振幅	周期						
宮古 小名 布伊	39 38 38 18 36 57 34 55	141 58 141 31 140 53 139 50	3 55	4 03	1.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	F F F N.K.
			3 54	4 00	32	10	4 05	39	8	1 07	1 06	0 27			
			3 15	3 25	2	15	5 23	15	12	0 27	—	—			
			—	—	—	—	4 41	48	8	—	—	—			
内大 舞阪(浜松)	35 01 34 47 34 41 34 29	138 54 139 24 137 37 136 51	3 38	3 46	13	12	第 1 波	—	—	—	—	—	—	—	F F F F
			3 10	—	4	—	3 10	17	7	0 50	0 22	0 22			
			5 10	5 19	—	—	8 35	8	17	0 22	—	—			
			5 10	5 20	1ca	20ca	8 08	5ca	7ca	2 22	2 22	2 22			
小松島	33 59	134 37	4 55	5 00	1.5	10	5 20	5	13	2 07	—	—	F		
			—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
浦串 清水	33 33 33 27 32 47	135 54 135 46 132 58	4 13	4 18	27	16	第 1 波	—	—	—	—	—	—	F F N.K.	
			4 10	4 15	20	12	5 10	37	15	1 25	1 22	1 22			
			4 42	4 17	12	15	5 08	24	10	1 54	—	—			

注 F : Fuess N.K. : New Kelvin

銚子付近では、外川港の港内で1～1.5m程度の引き波があり、また港内の船引台や伝馬船が流出するなどの被害があった。犬若付近の砂浜では2～3m程度の海面の上昇があったとみられる。八丈島の波浪計には、振幅1.5m程度の津波が記録された(図7)。

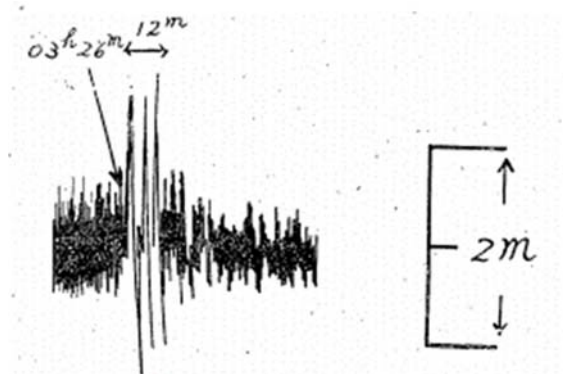
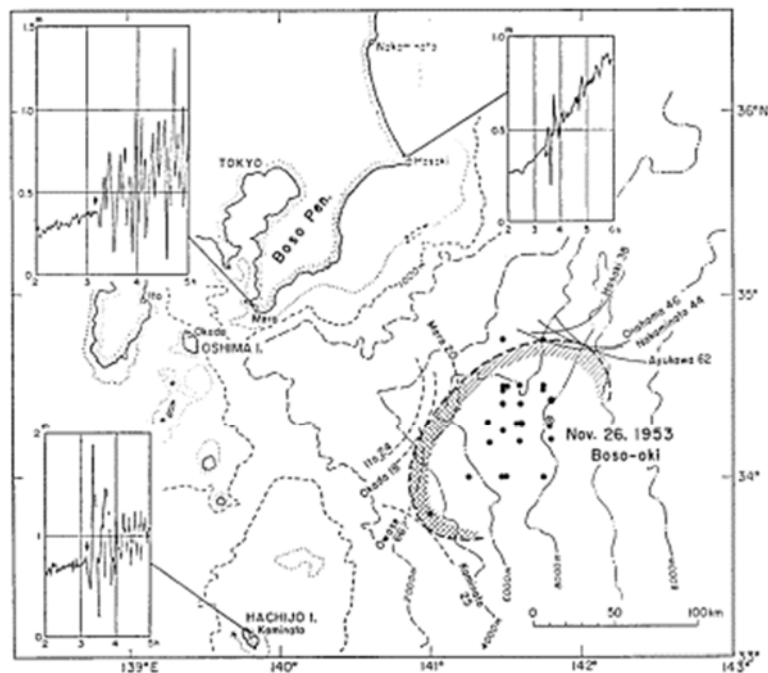


図7 八丈島測候所の波浪計記録(井上, 1954)

・羽鳥, 1975「房総沖における津波の波源—延宝(1677年)・元禄(1703年)、1953年房総沖津波の規模と波源域の推定—」

1953年房総沖地震により発生した津波の驗潮記録を収集した(図8)。



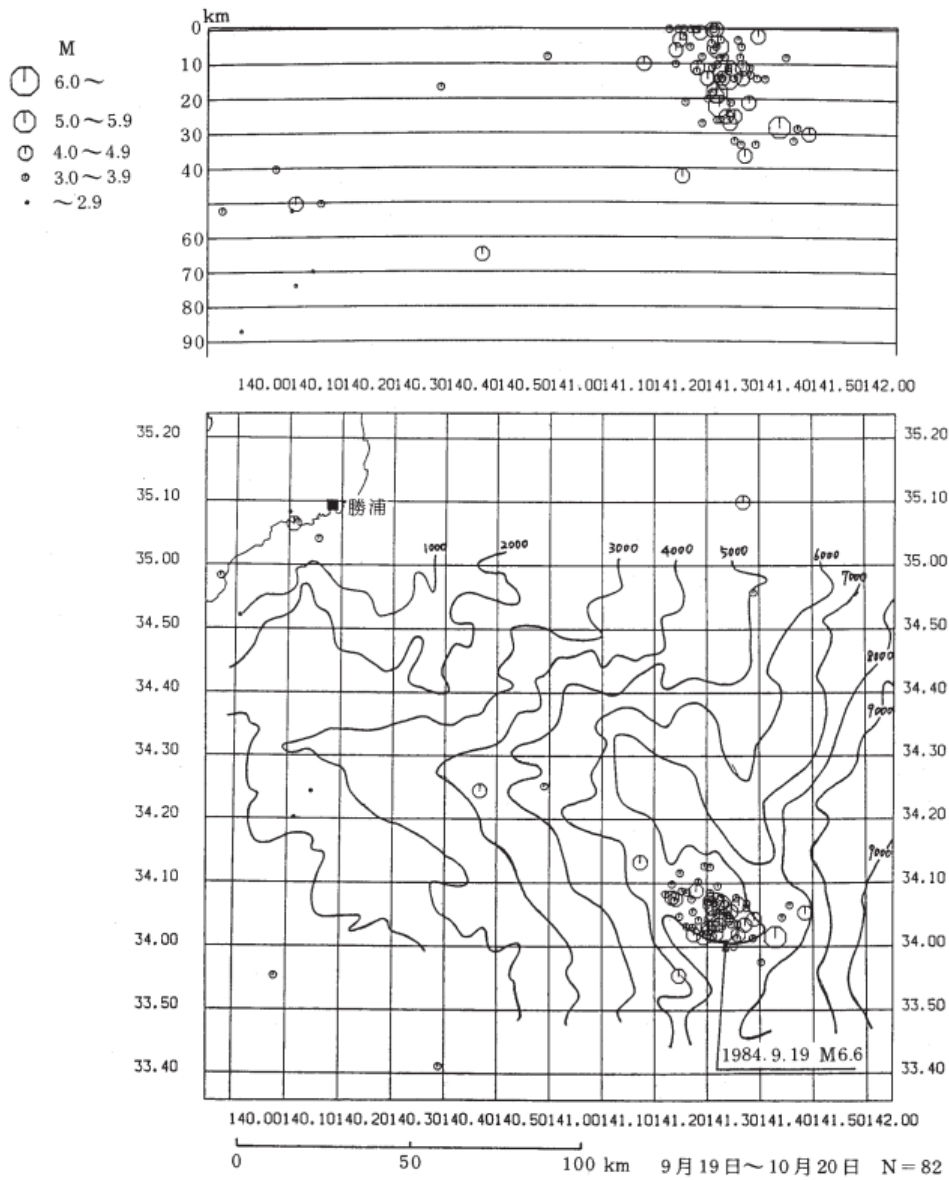
. Estimated source area of the 1953 Boso-oki tsunami, distribution of aftershocks (closed circles), and the principal tide gauge records. The last wave fronts of the inverse refraction diagram are shown with the names of the tide stations and the travel times (min). The senses, up and down, of the initial motion of the tsunami are indicated by solid and broken lines respectively.

図8 1953年房総沖地震の驗潮記録と逆伝播図の最終波面(羽鳥, 1975)

津波の押し引き初動分布は東西の観測点で明瞭に分かれ、波源域の海底変動は西側で沈降、東側で隆起していることが考えられる。一方、地震の長周期波の解析(安藤, 1971)から得られた正断層モデルも、津波データからみた海底変動パターンと調和的である。また、波源域は余震域ともよく合っており、海溝の会合点付近から日本海溝に沿って長さ150 km、面積にして $9.5 \times 10^3 \text{km}^2$ 程度と推定される。

【1984年房総沖地震】

1984年9月19日2時2分頃に房総半島南東沖で発生し、深さ13 km、M6.6と推定されている(気象庁地震予知情報課, 1985)。館山、三宅島、八丈島で震度4、北海道から中部地方までの範囲で揺れが観測されている。また、余震域は北西-南東方向に35 km、幅約15 kmの範囲で、東側に向かうほど震源が深くなる特徴がある。この地震は、1953年房総沖地震と同様の位置で発生した地震である(図9)。この地震もまた、1953年の地震と似たメカニズムであり、正断層の地震である(図10)。



第2図 1984年9月19日房総半島南東沖の地震の余震分布

Epicenter distribution of aftershocks of the earthquake off southeast coast of the Boso Peninsula, September 19, 1984.

図9 1984年房総半島南東沖の地震の余震分布 (気象庁地震予知課, 1985)

19 SEP. 1984 2 2
 LON. = 141 33 LAT. = 34 3 H = 13 MAG. = 6.6
 DIP DIR. = 28 DIP. = 43 DIP DIR. = 145 DIP. = 67
 P AZ = 100 IN = 37 T AZ = 351 IN = 76
 TYPE NORMAL
 S - S D - S

26 NOV. 1953 2 48
 LON. = 141 43 LAT. = 33 56 H = 60 MAG. = 7.4
 DIP DIR. = 10 DIP. = 30 DIP DIR. = 135 DIP. = 70
 P AZ = 90 IN = 45 T AZ = 345 IN = 80
 TYPE NORMAL
 S - S D - S

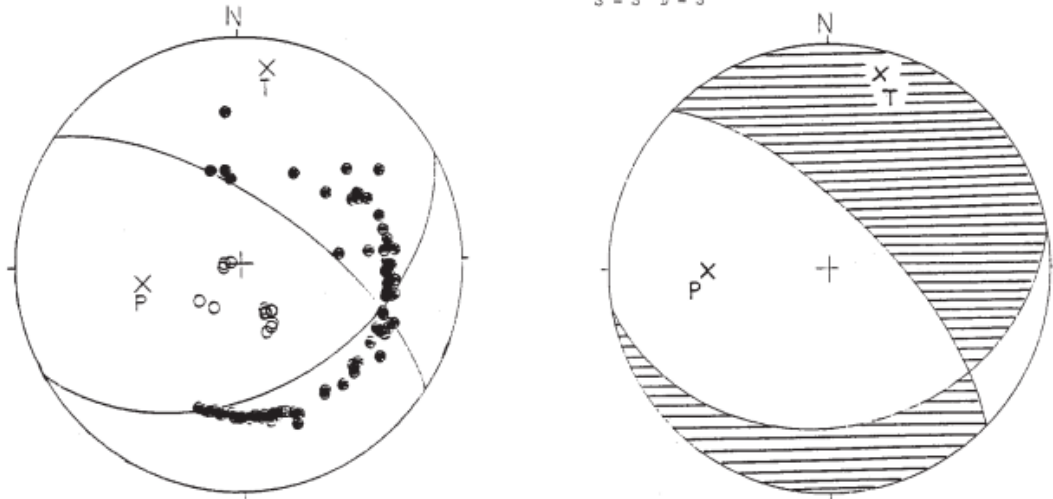


図4 1984年9月19日房総半島南東沖の地震と1953年11月26日房
 総沖地震のメカニズムの比較（上半球投影）

Fig. 4 Comparison of focal mechanisms of the earthquake off southeast coast of the Boso Peninsula Occurred on September 19, 1984 and November 26, 1953. (projected on upper hemisphere)

図10 1984年及び1953年の地震のメカニズム解の比較（気象庁地震予知課，1985）

・羽鳥，1987：「房総沖における津波の規模—1984年9月19日房総半島南東沖津波—」

著者は1927～1984年に発生した房総沖及び八丈島東方沖の津波について規模及び波源域を解析し、この海域の地震で発生した津波の特性について考察している。

1984年房総沖津波は、房総半島南東の約200 km沖合の海溝三重点付近で発生した。この地震により、北海道から四国にかけての太平洋側に津波注意報が出され、三陸から四国沿岸の各地の験潮所で津波が観測された（表3）。

験潮記録を用いて逆伝播図から波源域を推定すると、各観測点からの最終波面は図11のようになる。波源域は余震域とおおむね一致しており、海溝三重点に位置し、1953年房総沖津波の波源域内にある。波源の長さ35 km、幅20 kmと推定される。

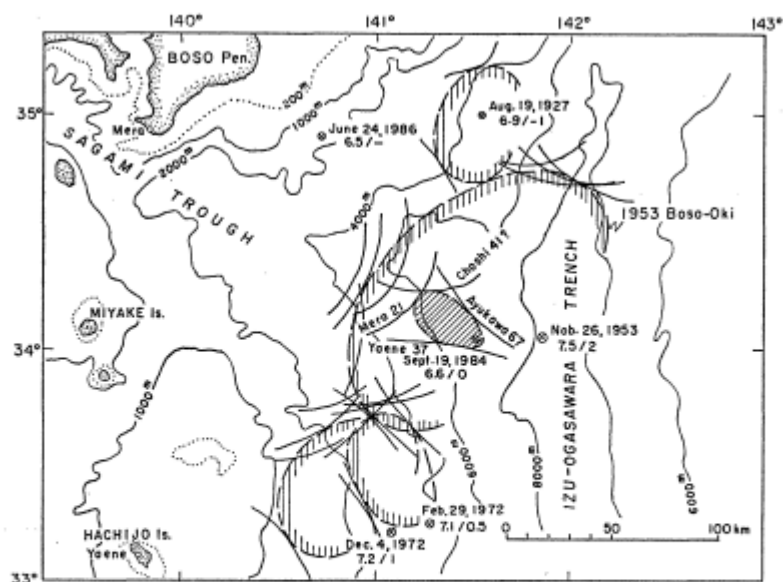
表4に1927年から1984年までに発生した津波をともなう房総沖地震のデータを示す。表面波マグニチュード M_s の値はAbe (1981)及びSeno and Takano (1987)から引用している。発震機構のデータは安藤 (1971)、吉井 (1979)、牧 (1975)、Seno and Takano (1987)による。これらの地震の特徴として、断層の傾斜角が $34\sim 74^\circ$ と高角であり、震源の深さが1984年は30 km、他は50～70 kmと、津波をともなう地震としては比較的深い。

表3 1984年房総沖津波の読み取り値 (羽鳥, 1987)

The tsunami generated off southeast coast of Boso Peninsula at 02:03 (JST), Sept. 19, 1984, as recorded by tide-gauges. Wave originated near the epicenter (34°03.1'N, 141°33.1'E, d=13 km, $M=6.6$, JMA).

Tide station	Initial wave			Maximum wave	
	Travel time (min)	Rise (cm)	Period (min)	τ (h) (m)	Double ampl. (cm)
Miyako	No evidence				5
Ofunato	67?	3	6	0 20	8
Ayukawa	67	4	5	0 43	9
Onahama	63?	4	8	1 03	10
Choshi	41?	2	6	0 26	6
Mera	21	8	8	0 41	22
Yaene	37	11	5	0 03	24
(Hachijo Is.)					
Maisaka	No evidence				
Urakami	71	3	10	0 18	6
Muroto	89?	2	8	0 30	9
Tosa-Shimizu	114?	2	8	0 20	8

τ : Time interval between the arrival of front and maximum wave.



Estimated source area of the 1984 Boso-Oki tsunami and its neighboring tsunami sources. The last wave fronts of the inverse refraction diagram are shown with the names of tide stations and travel times (min). Dates, the earthquake magnitudes, M (JMA) and the tsunami magnitudes of Imamura-Iida scale, m , are indicated.

図11 1984年房総沖津波の波源域 (羽鳥, 1987)

表 4 1927 年から 1984 年に発生した津波をともなう地震のデータ (羽鳥, 1987)

Data of tsunamigenic earthquakes occurred off Boso Peninsula.							
Date	Earthquake				Tsunami		
	<i>M</i>	<i>M_S</i>	Depth (km)	Fault	<i>m</i>	<i>S</i> (km ²) L×W	
					<i>δ</i>		
1927 Aug. 19	6.9	7.0				-1	55×40
1953 Nov. 26	7.5	7.9	50	N DS	70° ⁽¹⁾	2	150×80
1972 Feb. 29	7.1	7.4	70	R DS	34° ⁽²⁾	0.5	55×35
1972 Dec. 4	7.2	7.5	50	R DS	34° ⁽²⁾	1	80×50
				R DS	40° ⁽³⁾		
1984 Sept. 19	6.6	6.7 ⁽⁴⁾	30 ⁽⁴⁾	N DS	74° ⁽⁴⁾	0	35×20
1986 June 24	6.5		73				No tsunami

M: JMA magnitude. *M_S*: Surface-wave magnitude [ABE (1981)]. N: Normal fault. R: Reverse fault. DS: Dip-slip. *δ*: Dip angle. *m*: Tsunami magnitude of Imamura-Iida scale. *S*: Source area of tsunami. Ref.: (1) ANDO (1971). (2) YOSHII (1979). (3) MAKI (1975). (4) SENO and TAKANO (1987).

④ 2010 年父島近海地震

2010 年 12 月 22 日 2 時 20 分頃に発生した地震で、震源の深さ 8 km、*M_j*7.8 と推定されている (気象庁震度データベース, 2018 年 3 月閲覧)。小笠原諸島父島の東側約 170 km の位置で発生した。東京都小笠原村で震度 4 が観測されたほか、岩手県から関東、沖縄にかけての太平洋側で揺れが観測された。発震機構は西北西から東南東の走向であり、北東 - 南西方向に張力軸を持つ、右横ずれ成分をともなう正断層タイプの地震で、伊豆小笠原海溝の海溝軸東側の太平洋プレート内部で発生したアウターライズ地震であるとされる (気象庁, 2010 : 図 12)。

気象庁はこの地震に対して、津波の発生を予測し小笠原諸島に津波警報を発表し、伊豆諸島から奄美諸島・トカラ諸島にかけての沿岸に津波注意報を発表した。津波は八丈島で 0.5m、父島で 22cm であり、東北地方から関東、沖縄地方にかけて観測された (図 13)。

震央分布図(1997年10月1日～2010年12月31日、
 深さ0～200km、 $M \geq 4.0$)
 2010年12月1日以降の地震を濃く表示
 発震機構はCMT解

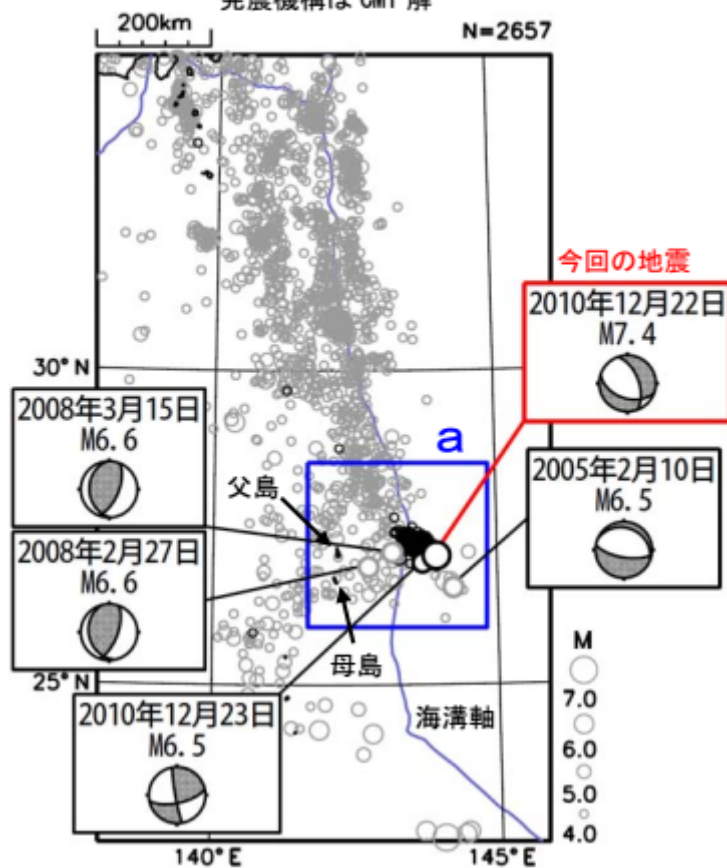
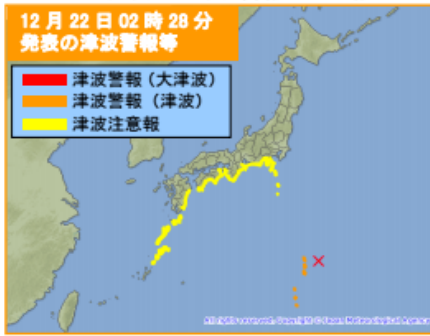


図12 震央分布及び周辺で発生した地震のCMT解 (気象庁, 2010)

12月22日の父島近海の地震による津波
 に対して発表した津波警報・注意報



日本国内の観測点での津波の最大の高さ
 (最大の高さ 15cm 以上)
 ※ 値は後日変更される場合がある。

観測点名	所属	最大の高さ	
		発現時刻	高さ
八丈島八重根(注)	気象庁	22日05時32分	0.5m
父島二見	気象庁	22日03時11分	22cm
神津島神津島港	海上保安庁	22日05時42分	21cm
伊豆大島岡田	気象庁	22日05時59分	20cm
中之島	海上保安庁	22日05時21分	18cm
三宅島阿古	海上保安庁	22日06時34分	16cm
土佐清水	気象庁	22日05時22分	15cm
南大隅町大泊	海上保安庁	22日05時19分	15cm

(注) 巨大津波観測計の観測点であり、その観測精度は0.1m単位である。

各観測点において観測した津波の最大の高さ

(津波を観測した点のみ表示し、
 高さ 15cm 以上を観測した点については観測点名を表記)
 ※ 国土地理院、海上保安庁の観測点の記録を含む。
 本資料中の観測点名は、津波情報で発表する観測点名称を用いている。

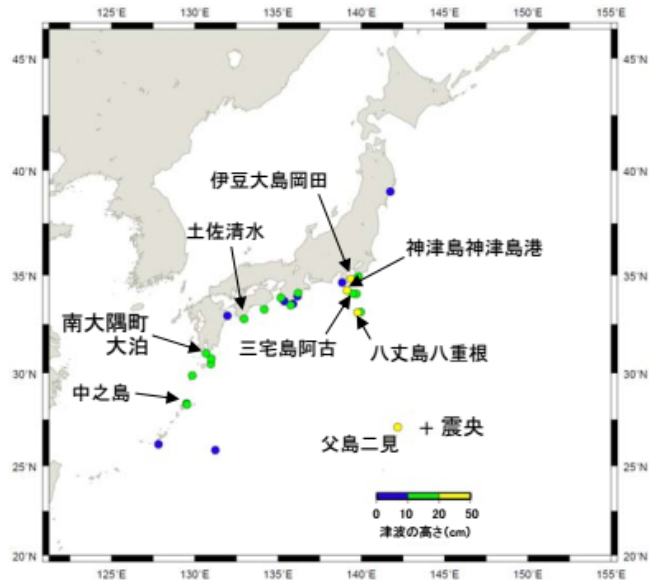


図 13 2010 年父島近海地震による津波 (気象庁, 2010)

ii) 伊豆・小笠原地域における活断層の既往評価

① 石廊崎断層の長期評価

1974 年伊豆半島沖地震の震源断層であるとされる。この断層についての地震調査研究推進本部の長期評価 (地震調査研究推進本部地震調査委員会, 2015a) について示す。

石廊崎断層は伊豆半島南端部の陸域及びその東西沖に延びている北西 - 南東走向の右横ずれ断層であり、地表に見える長さは約 8 km である (図 14)。断層面の地下形状はほぼ垂直で、北東傾斜が約 80° である。震源インバージョン解析や余震分布から推定される地下の断層の長さは約 20 km 程度で断層の幅は 10 km 程度の可能性がある。

この断層の平均的なずれの速度や平均活動間隔は不明である。地震時の活動規模は 1974 年伊豆半島沖地震が M6.9 であった。一方、断層の長さの経験式からは M7.0 程度と推定されることから、活動時の地震規模は M6.9 ~ M7.0 程度であると推定される。

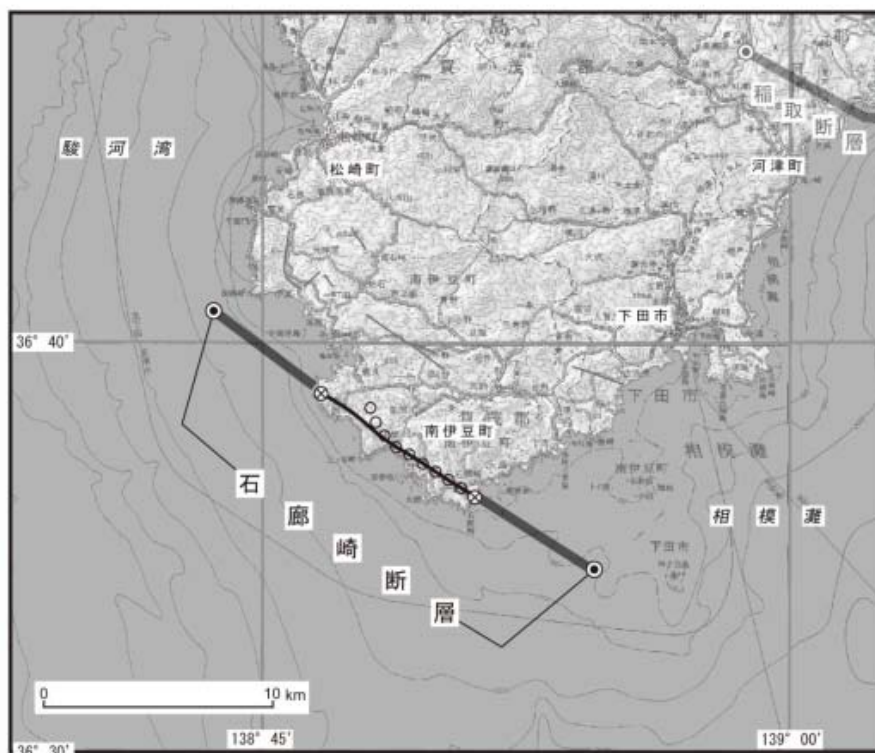


図1 石廊崎断層の位置

● : 断層の端点 ⊗ : 陸域部の端点
 ○ : 1974年伊豆半島沖地震による地表地震断層
 基図は国土地理院発行数値地図 200000 「静岡」、「横須賀」、「御前崎」、「三宅島」

図14 石廊崎断層の位置（地震調査研究推進本部地震調査委員会，2015a）

② 稲取断層帯の長期評価

1978年伊豆大島近海地震の震源断層であるとされる。この断層についての地震調査研究推進本部の長期評価（地震調査研究推進本部地震調査委員会，2015b）について示す。

稲取断層帯は伊豆半島の東端部から伊豆大島西方沖にかけて分布し、おおむね東西方向に延びる右横ずれ断層を主帯とする断層であり、地表で確認できる長さは約3 kmである（図15）。断層面の地下形状は1978年伊豆大島近海地震の地震断層の調査結果や震源インバージョン解析の結果から、ほぼ鉛直であると推定されている。また地下の断層の長さは約23 kmであり、うち海域部は約17 km、陸域部は約6 kmであると推定されている。断層面の幅は10 km程度であると推定される。

この断層の活動による1回の変位量は1～2 m程度と見積もられているが、平均的なずれの速度、平均活動間隔は不明である。活動時の地震規模は、1978年伊豆大島近海地震がM7.0であり、M7.0程度と推定されている。

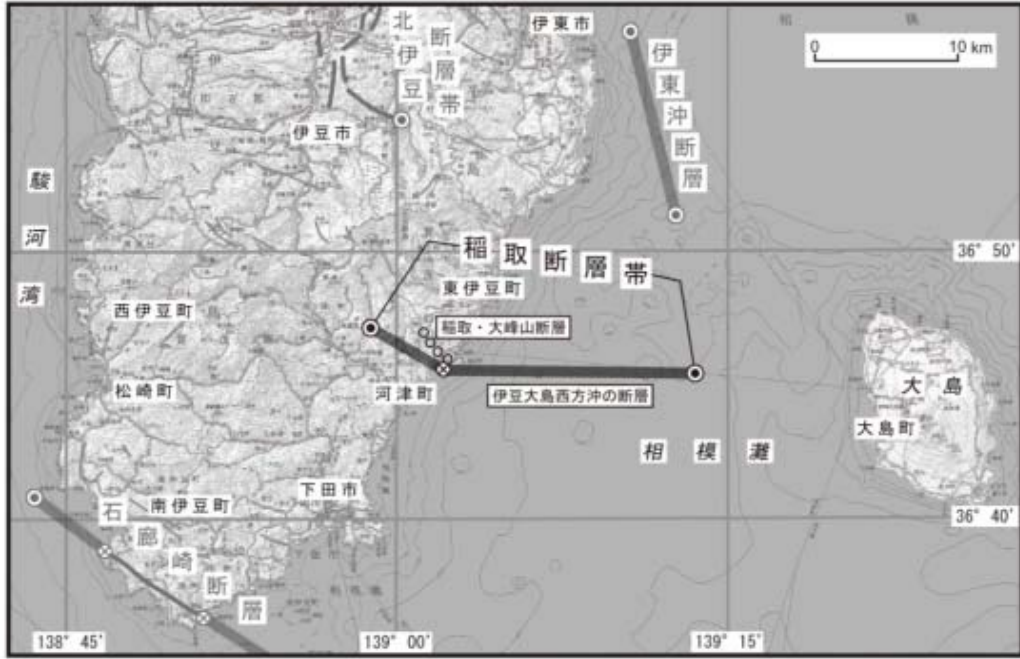


図1 稲取断層帯の位置

グレーの太線は稲取断層帯の地下形状を表す。白丸は1978年伊豆大島近海の地震により地表に現れた稲取・大峰山断層を表す。

●：断層帯の端点 ⊗：屈曲点

基図は国土地理院発行数値地図200000「静岡」、「横須賀」、「御前崎」、「三宅島」

図15 稲取断層帯の位置（地震調査研究推進本部地震調査委員会，2015b）

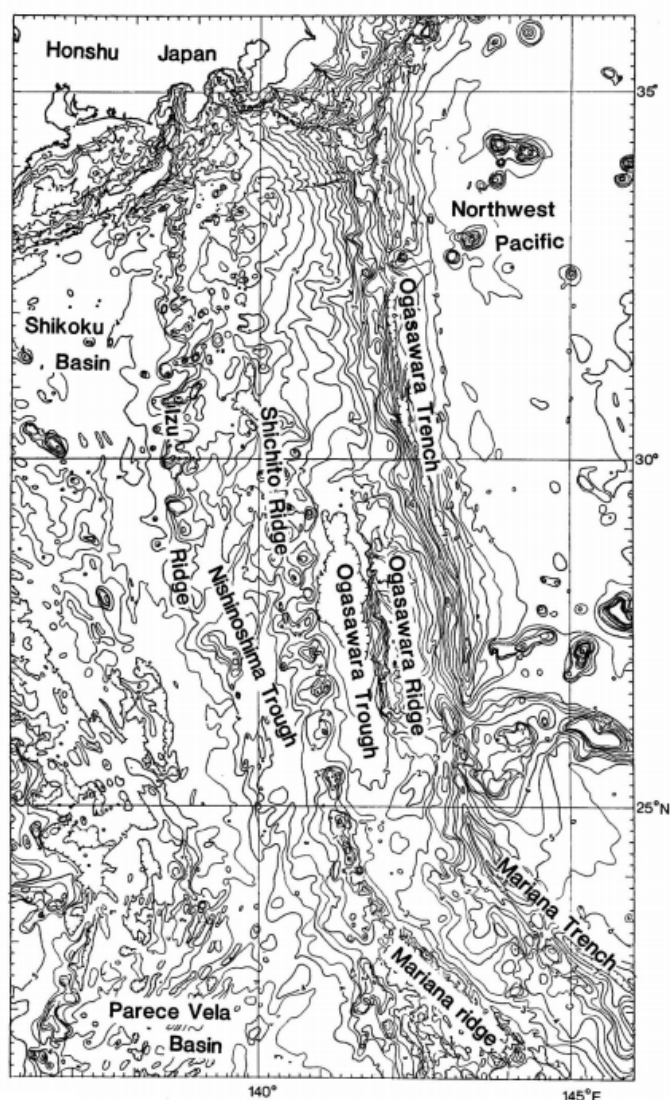
iii) 同種の特徴を有する地域についての資料収集

伊豆・小笠原・マリアナ島弧として、伊豆半島・伊豆大島からミクロネシアのヤップ島まで約2800 kmにおよぶ一連の島弧であり、太平洋プレートがフィリピン海プレートの下へ沈み込むことにもなう島弧である。このような大規模な島弧は世界的にも少ない。また、火山活動が活発であり、伊豆・小笠原・マリアナ弧には伊豆諸島、硫黄列島、マリアナ諸島の火山島を含んでいる。海溝は、伊豆・小笠原海溝とマリアナ海溝の境界が小笠原諸島の東部の母島海山周辺にあると考えられている。マリアナ諸島の西側には三日月型の背弧海盆であるマリアナトラフが発達している。このことから、伊豆・小笠原周辺海域とマリアナ周辺海域では似た特徴をもつ部分がある。その代表例として、一つは背弧が新しく活動的であること、もう一つは地形の高まりや断層が海溝軸に雁行することが挙げられる。しかし、雁行する地形や断層の成因は同じでない可能性がある。

・湯浅・村上, 1985 : 「小笠原弧の地形・地質と孀婦岩構造線」

現在、活動的な背弧海盆としては、マリアナ弧では約 500 万年前から拡大を開始したとされるマリアナトラフ (Hussong and Uyeda, 1982)、小笠原弧では火山フロントである七島海嶺の西側に南北方向に分布する小海盆列 (背弧凹地) がそれにあたる可能性があるとされる (Karig and Moore, 1975、玉木・他, 1981)。

小笠原弧は伊豆大島、八丈島をはじめとする第四紀火山島を中軸に連れ、南に向かって延び、南硫黄島の南でマリアナ弧と会合している。小笠原弧は西から伊豆海嶺 (西七島海嶺)、七島海嶺 (七島-硫黄島海嶺)、小笠原海嶺からなる (図 16)。



小笠原弧の海底地形図 (海上保安庁水路部海洋データセンターによりデジタル化された等深線データによる) 等深線の数字は1000m 単位, 間隔は500m

図 16 小笠原弧の海底地形図 (湯浅・村上, 1985)

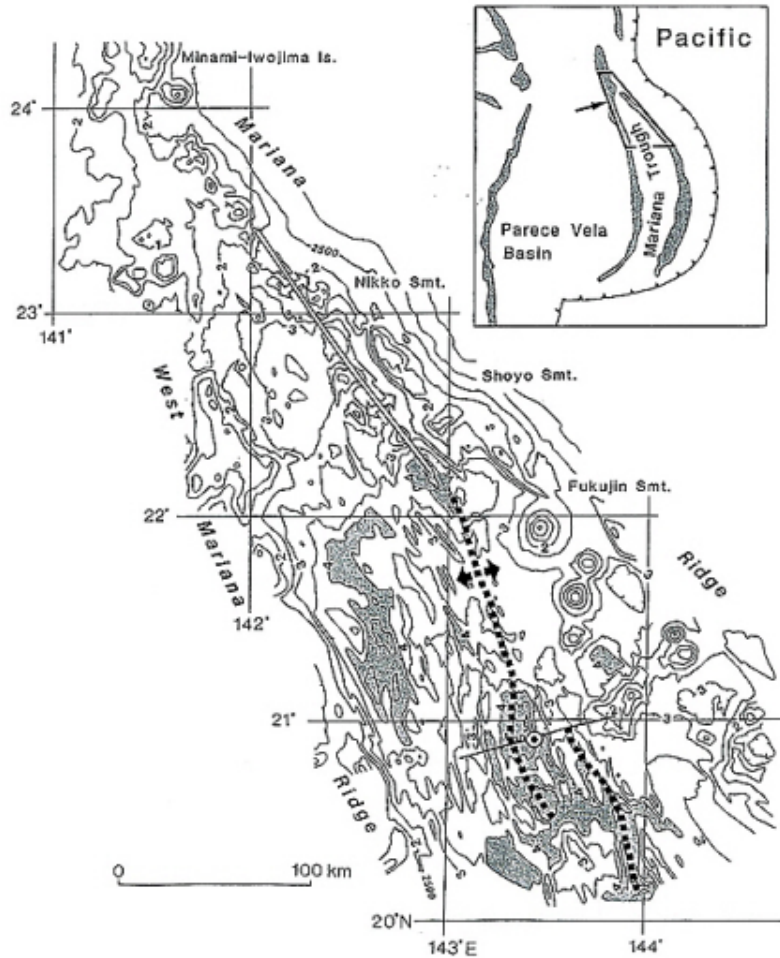
これら3つの海嶺は小笠原弧の南部では高まりが南北に平行し、その間に小笠原トラフと西之島トラフが発達する北部では海嶺の高まりはあまり顕著ではなく、伊豆海嶺については南部にみられるような南北の海山列ではなく、北東—南西方向のセンスをもち、雁行している（著者らはこれを背弧雁行山脈群と呼んでいる）。

小笠原弧のもう一つの地形的特徴である背弧凹地は、七島海嶺の西側に断続的に分布する小海盆列である。Karig and Moore (1975)及び玉木 (1981)はこれらは、新たに形成されつつある海盆である可能性を指摘している。特に、玉木 (1981)はこれらがマリアナ弧におけるマリアナトラフに相当する背弧海盆の初期の姿であると推測し、“back-arc depression (背弧凹地)”と呼んだ。このような小海盆は小笠原弧の北部に集中して存在し、西之島—南硫黄島間には存在していない。玉木・他 (1981)はこの原因について、小笠原海台の衝突によって海溝域に伸張応力場が形成されにくいためであると指摘している。

・山崎・湯浅, 1993: 「マリアナ・トラフ北部の拡大過程の研究—「しんかい6500」第142潜航概要報告—」※「マリアナ・トラフ」について、以下では本報告書の前編における他の類似した呼称と統一し、「マリアナトラフ」と記述する。

深海底掘削等、近年の詳しい調査により背弧海盆の形成過程におけるリフティングによる大陸・島弧地殻の伸張・薄化の過程が知られるようになった（玉木, 1992 など）。

マリアナトラフは活動的な背弧であると言われ (Karig, 1971)、拡大速度が遅い海底拡大系に分類されている (Hussong and Uyeda, 1982)。マリアナトラフの北端は伊豆・小笠原弧の火山フロントの南硫黄島のすぐ南に位置する。南に向かってリフティングし、トラフの幅が最大となる北緯18度付近で海洋底が拡大していると考えられている。北部マリアナトラフの北緯20度以北における測深、音波探査、重力異常等の調査から、北部マリアナトラフの北寄りの領域はリフティングの状態にあり、トラフ底は断層で切られた島弧地殻からなることが明らかになった。また、リフトは非対称な構造をもち、トラフ東縁が地殻の伸張、薄化の集中するリフト軸となっていることが明らかになった (Yamazaki et al., 1992: 図17)。



北部マリアナ・トラフの20°Nから24°Nの地形及び構造の概略。等深線は500m間隔。水深4,000m以深には影をつけてある。等深線上の太数字は水深(×1,000)。北緯22°以北の二重線は、現在地殻の伸張・薄化の集中しているリフト軸の位置を示す。太破線は磁気異常及び地質構造から推定した海底拡大軸の位置を示す(Yamazaki et al., 1993)。二重丸は「しんかい6500」第142潜航の位置を示し、そこを通る直線は図2に示した音波探査記録の位置を示す。

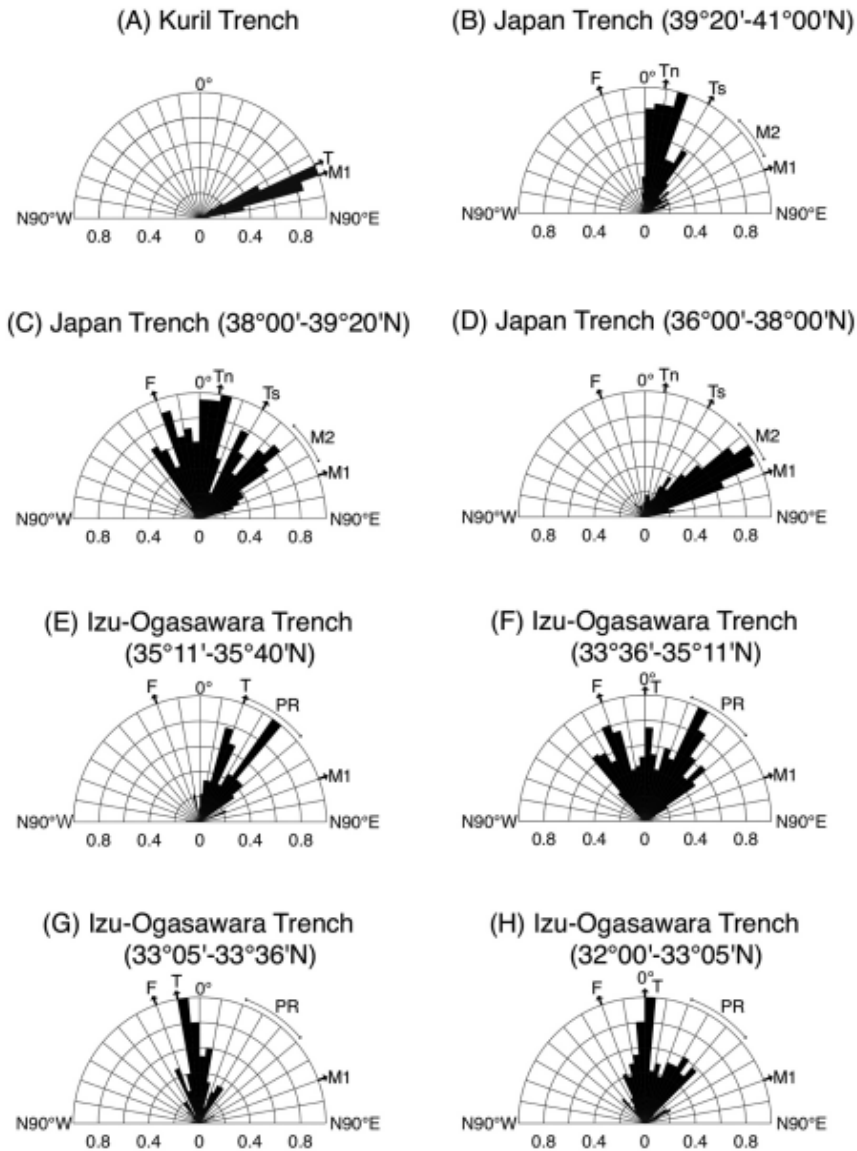
図17 北部マリアナトラフの構造の概略(山崎・湯浅, 1993)

・中西, 2017: 「北西太平洋の海溝付近における海洋プレートの屈曲によって生じる断層地形」

多くの海溝においてはアウターライズの海溝側斜面から海溝軸までの間には正断層起源の崖や高まりなどの地形(断層地形)が発達している。断層地形の走向は、先行研究によれば海洋底拡大に起因する構造的弱線(アビサルヒルや断裂帯)と海溝軸のいずれかと平行であるとされる(Masson, 1991)。Masson(1991)によれば海溝軸とアビサルヒルがなす角度が25°~30°であれば、アビサルヒルが再活動して断層地形が形成されるとした。著者は、千島海溝西部から伊豆・小笠原海溝北部までの海側に存在する断層地形の分布と走向について紹介し、その他の太平洋の海溝に存在する断層地形の特徴と比較した。

千島海溝西部から伊豆・小笠原海溝北部の海側の断層地形の走向は、海溝軸と平行なものだけでなく、海洋底拡大に起因する構造的弱線と平行なものもある(図18)。伊豆・

小笠原海溝北部における断層地形の走向の特徴は以下になる。第一鹿島海山の南に位置する伊豆・小笠原海溝の北端部の断層地形の多くは海山の北側と同様に $N20^{\circ} E$ の走向をもつ。一方、海溝軸の走向が変化する北緯 50 度 10 分付近よりも南では断層地形の走向は $N20^{\circ} W$ に変化する (図 18、 図 19)。この走向は伊豆・小笠原海溝の東側にある鹿島断裂帯など、断裂帯の走向と同じである。また、北緯 35 度付近の海溝軸から東に離れたところでは $N40^{\circ} E$ の走向をもつ断層地形が多い。この付近は北東 - 南西方向の中央海嶺伝播の痕跡に起因する構造がある。



断層地形の走向に関するローズダイアグラム (Nakanishi, 2011). F: 断裂帯の走向, M1: 中生代磁気異常 M2: 北緯 38 度付近の中生代磁気異常の走向, PR: 北緯 34 度 30 分付近に存在する中央海嶺伝播の痕跡, T: 海溝軸の走向, Tn: 北緯 38 度より北側の日本海溝の走向, Ts: 北緯 38 度より南側の日本海溝の走向. アングラムは最頻値が 1 になるように正規化されている.

図 18 断層地形の走向をしめすローズダイアグラム (中西, 2017)

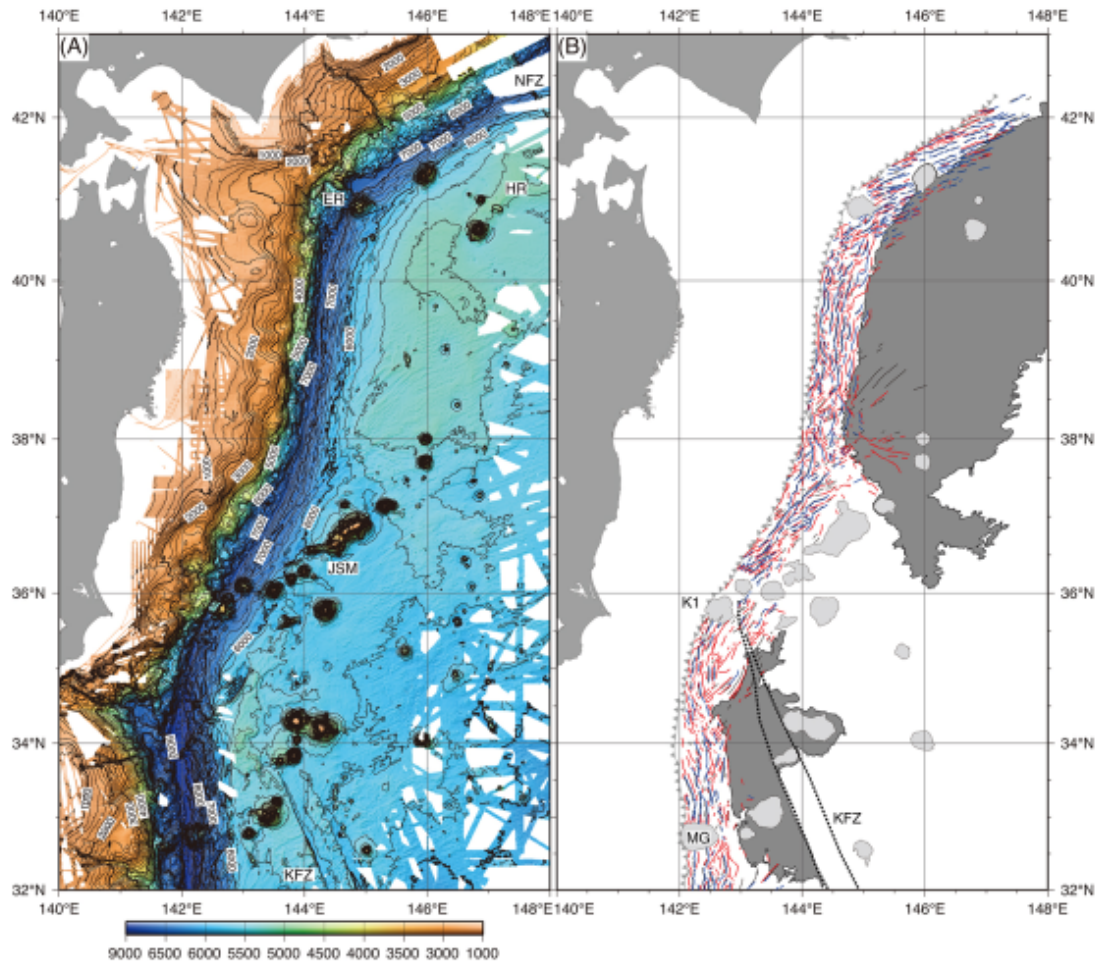


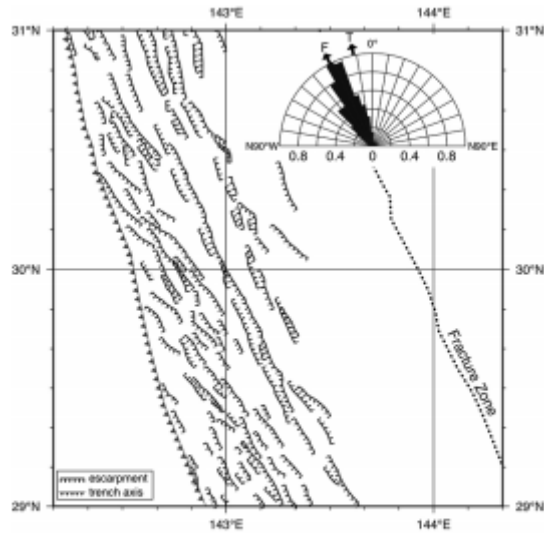
図3 Nakanishi (2011) の研究対象海域の海底地形図 (A) と断層地形の記載結果 (B)。等深線の間隔は 100 m である。赤色の実線、青色の実線、黒色の実線は、それぞれ陸側傾斜の断層地形、海側傾斜の断層地形、直線的に伸びる高まりを示す。薄い灰色の部分は海山などの高まりを示す。濃い灰色の部分は 5600 m より浅いところを示す。HR: 北海道海影, ER: 襟裳海山, K1: 第一鹿島海山, MG: 茂木海山, JSM: 常磐海山列, NFZ: 納沙布断裂帯, KFZ: 鹿島断裂帯。

図 19 海底地形図と断層地形の記載結果 (中西, 2017)

伊豆・小笠原海溝南部については、北緯 28 度～32 度では断層地形の走向は NS から N20° W に徐々に変化する。小笠原海台が衝突する北緯 26 度～北緯 28 度までは走向はほぼ NS である。北緯 29 度より北側では、海溝軸から東に 40 km 以上離れた場所で N20° W の走向がみられ、これはその東の断裂帯の走向と同じである (図 20)。一方、海溝軸付近の断層地形の走向は N30° W であり、この形成には小笠原海台の衝突が関係している可能性がある。

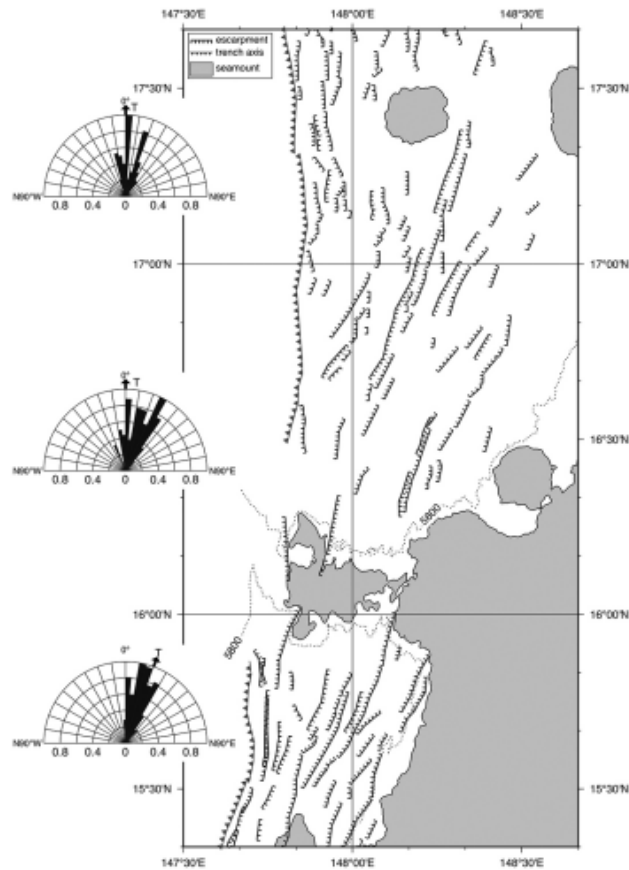
マリアナ海溝周辺の断層地形の特徴は、北緯 12 度～北緯 21 度では、海山が海溝に隣接もしくは、衝突している所が多く、海溝軸とほぼ平行する断層地形が多い (眞鍋, 2012)。北緯 16 度 20 分～北緯 17 度 20 分までの海溝側には海山はなく、海溝軸と平行な断層地形がある (図 21)。しかし、海溝軸からある程度離れると、断層地形の走向は N20° E から N30° E となり、海溝軸及び海洋底拡大に起因する構造的弱線とは平行でない。この走向はその南にある海山が衝突している海溝軸付近の断層地形の走向とほぼ同じである。

千島海溝西部から伊豆・小笠原海溝北部においては、海洋底拡大過程に起因する構造的弱線と海溝軸のなす角度が 30° 以内の場合は、海洋底拡大過程に起因する構造的弱線が再活動する (Nakanishi, 2011)。しかし、この関係は海溝軸が大きく湾曲するマリアナ海溝中部等では成り立っていない。



伊豆・小笠原海溝中部の断層地形の分布図. 眞鍋 (2012) の記載結果を用いて作成. 断層地形の走向に関するローズダイアグラムは図5と同じ様式で作成. 凡例は図6と同じ.

図 20 伊豆・小笠原海溝中部の断層地形分布とローズダイアグラム (中西, 2017)



マリアナ海溝中部の断層地形の分布図。眞鍋 (2012) の記載結果を用いて作成。断層地形の走向に関するローズダイアグラムは図5と同じ様式で作成。凡例は図6と同じ。

図 21 マリアナ海溝中部の断層地形分布とローズダイアグラム (中西, 2017)

b) 地震津波事例の選定

前述の情報から、断層モデルの妥当性評価のための地震津波事例について検討する。

1953年房総沖地震では、やや高い津波が観測されているがこの地震及び1984年の地震についてはプレート内正断層の、比較的深い場所で発生した地震であるため、サブテーマ(2)で収集されているデータには含まれないと考えられることから、断層モデルの妥当性評価に用いる津波事例としては検討対象としない。

津波が観測された地震として内陸活断層の延長で発生した1974年伊豆大島近海地震とアウターライズで発生した2010年父島近海地震は検討の対象として適していると考えられるが、既存のデータベースとして、東北大学により運営されている「津波痕跡高データベース」で痕跡高を検索したところ、現時点で収録されているデータは存在しなかった。しかし、既往研究や調査に示される験潮記録等を用いた比較検討は行うことができる可能性がある。

2) 南西諸島海域の断層モデル構築

本検討の主目的である、サブテーマ（2）において解析・解釈が行われた南西諸島北部海域及び九州西岸地域の断層データを整理し、断層モデルの構築を行った。断層モデルの構築に必要なパラメータの設定方法について検討し、断層モデルの設定について検討した。

なお本業務の成果である断層モデルは、断層パラメータの設定方法を検討する過程での検討事例である。感度解析等の比較検討で設定する断層モデルは、アドバイザー会議において、パラメータを変えることで最大波高がどのように変化するかを把握することが重要との指摘を受け、その基本方針に則して設定したものである。

a) 断層モデルの設定

本検討において断層モデルは、サブテーマ（2）における調査結果に基づいて設定する。サブテーマ（2）の断層データから設定する断層モデルを「基本モデル」とする。断層モデルの設定範囲は、背弧域、島弧域、前弧域及び九州西岸地域とし、海溝軸付近の逆断層については、プレート境界の分岐断層であると考え、南海トラフ等の分岐断層の検討を踏まえてモデル化することとし、今年度の作業とはしていない。震源として考える場合には、分岐断層を独立した震源と考えなくても、プレート境界ないしプレート内の地震の評価で包含できると考えられる。しかし、津波の波源としては、プレート境界と位置がずれることから、分岐断層について何らかの評価が必要である。南海トラフでは、アウターリッジが分岐断層を規定しているように見える場合があるが、本海域でもアウターリッジの位置や分布も踏まえた総合的な検討が必要である。

ここでは、サブテーマ（2）で示された分岐断層と考えられる断層を除く、主に南西諸島海域の島弧域及び背弧域、九州西岸域について断層モデルを設定することとする。図 22 にサブテーマ（2）による断層分布を示す。

津波波源断層モデルの設定として、断層の巨視的特性をあらわすパラメータと設定方法について検討した。サブテーマ（2）の地質学的・地球物理学的知見によるデータに基づいて断層パラメータを設定する際には、データをもとに設定することができるパラメータと、データのみでは確定することができないパラメータがある。そのため、データが得られていないパラメータについては、先行研究例や既往の断層モデルの設定方針をもとに設定する。ここでは主に「震源断層を特定した地震の強震動評価手法（「レシピ」）」（以降「強震動レシピ」：地震調査研究推進本部地震調査委員会，2009）を参照し設定している。また、③及び④で述べるような断層情報の不完全さやパラメータのバラツキの観点から、不確定性を考慮した設定としている。以下にそれぞれの断層パラメータの設定方法について記す。

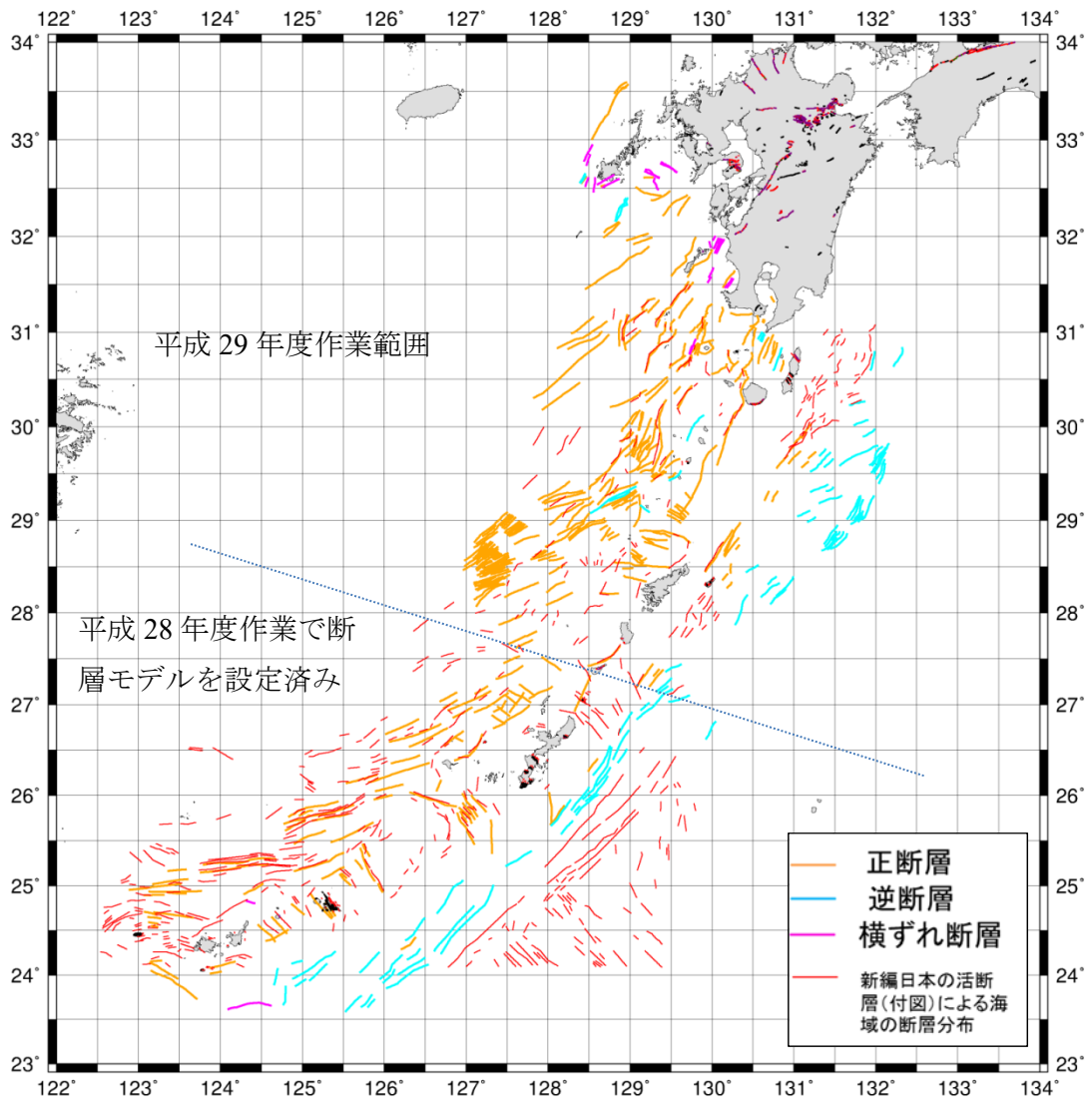


図 22 サブテーマ (2) により得られた南西諸島海域及び九州西岸海域の断層分布

i) 断層の位置、長さ、走向

断層モデルの上端の位置はサブテーマ（2）において整理された音波探査で得られた断層の海底面との交点の位置で設定する。音波探査断面による断層と海底面との交点のデータをつないで表現したものを断層トレースとし、これを1枚ないし複数枚の矩形で近似したものを断層面とする。断層トレースが途中で大きく向きを変える場合には複数枚の断層面を設定することとするが、今年度の対象とする海域のデータでは多くが直線的な断層であったため、1枚の矩形断層モデルとして設定した。断層の長さは矩形の上端部の長さを合計したものとした。走向は矩形の上端部の方向を走向とする。これら、断層の位置や長さの情報については、堆積層内部での断層の分岐や消滅などから、断層の連続性や不連続性が不確かである可能性もある。特に断層端部の位置については判断が難しく、不確定性の大きな要素となる。サブテーマ（2）のデータにおける断層の連続性及び断層端部の位置については、海底地形データから判断されており、ある程度の連続性が考慮されたものであると言える（図 22）。

「活断層の長期評価手法」報告書（暫定版）（地震調査研究推進本部地震調査委員会，2010）では「地表に変位が現れている活断層については、最低限考慮すべき地震規模としてM6.8を設定する。」としており、「短い活断層」と判断する「起震断層」の長さは15～18 km程度を目安とする。」としている。この考えを踏まえて、音波探査断面に変位が確認された断層は、断層の長さが18 km以下のものについても18 kmになるように断層の両端部を延長し検討することとした。

ii) 断層上端深度の設定

断層上端深度は基本的に海底面（0 km）として設定する。以下、深度に関する表記はすべて海底面からの深さとして記述する。

サブテーマ（2）のデータにおいて、多くの断層で海底面付近までのデータが得られているため、断層上端深度は浅いと言える。また、本プロジェクトにおけるこれまでの不確定性の評価の結果で断層上端深度の設定は沿岸の津波高さに大きく影響しないことが示されていることから、断層上端は海底面として設定した。

iii) 断層傾斜角の設定

サブテーマ（2）で得られたデータの平均的な値を考慮し、正断層を 60° 、逆断層を 45° 、横ずれ断層を 90° として設定した。

既往報告の日本海海域に設定した断層モデルでは、断層の深部に至るまでの3次元構造がわかるデータが含まれていたことから、認識論的不確定性を考慮して2種類のモデルを設定した。

① 断層上端から下端までをひとつの標準的な傾斜角（逆断層 45°、正断層 60°、横ずれ断層 90°）で近似する設定

② 断層浅部では見かけ傾斜角の値を採用し高角、深部では低角となるように浅部と深部で傾斜角を分けた設定

しかし、南西諸島海域ではこのような深部の構造がわかるデータが見られなかったため、浅部と深部の傾斜角を分けるような設定は行わないこととした。

iv) 断層下端深度の設定

断層下端深度は、サブテーマ（2）で得られた3次元速度構造データから設定する。

既往報告において断層下端深度の設定は、サブテーマ（2）で得られた3次元速度構造データにおけるコンラッド面深度分布を基本とし、認識論的不確定性を考慮し、より深い断層下端深度についても設定することで複数パターン of 断層モデルを検討してきた。平成28年度に実施した南西諸島南部の断層モデルの検討ではコンラッド面深度を断層下端とする場合とモホ面深度を下端とする場合の2通りについて断層パラメータを設定した。平成29年度の南西諸島北部及び九州西岸海域の断層モデルでは、断層下端をコンラッド面として設定した場合に加えて、断層下端をコンラッド面として計算したときの断層幅に5 kmを加算した場合の深さを断層下端とした断層モデル群も設定した。これについて、詳細は後述する。図23にサブテーマ（2）によるコンラッド面の深度分布を示す。

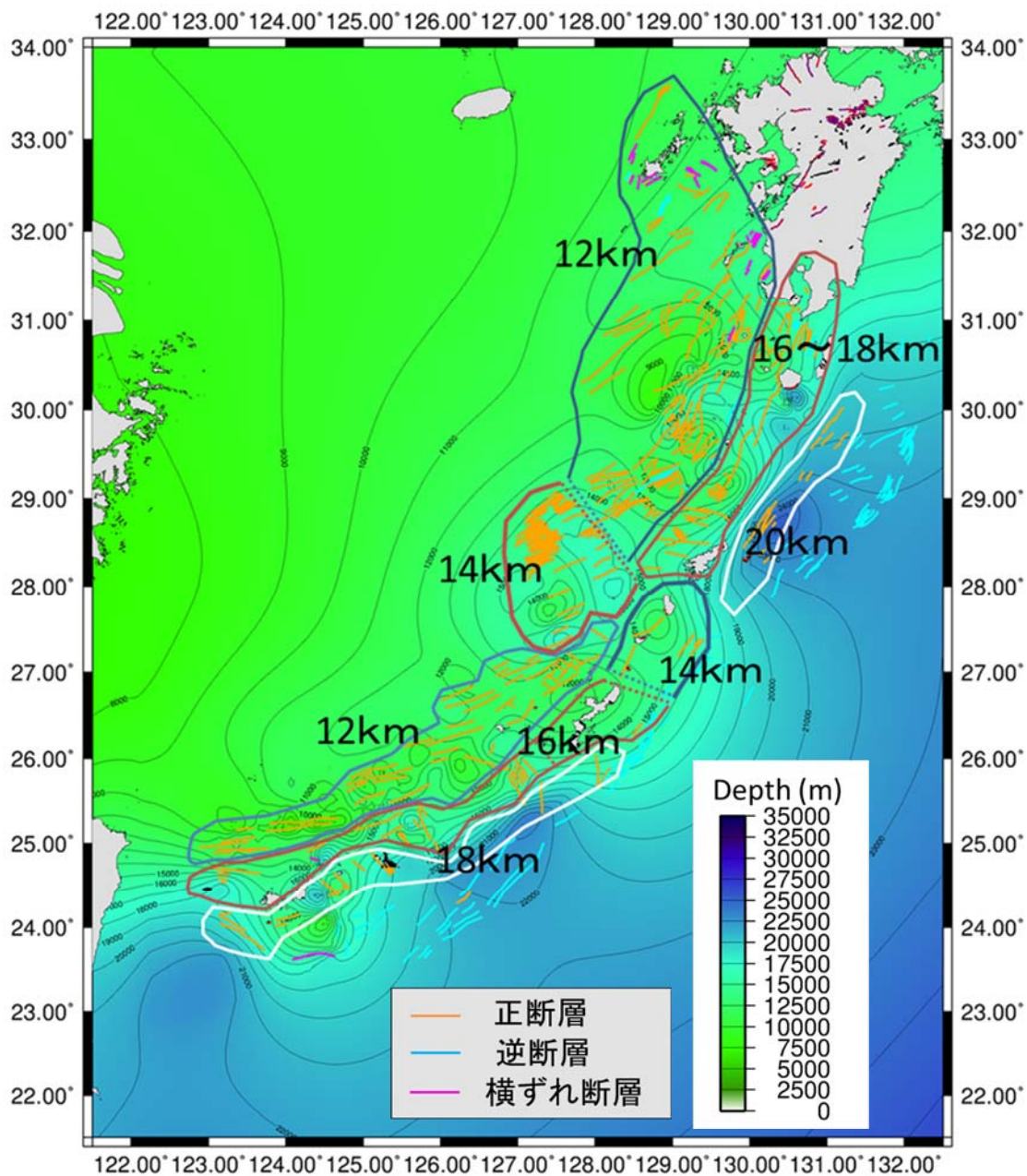


図 23 サブテーマ (2) によるコンラッド面深度分布。断層分布及びコンラッド面深度分布からエリア分けし、各エリアにおける断層下端の設定深度を示した。

v) 断層幅の設定

断層上端深度及び下端深度と傾斜角の関係から設定する。短い断層については長さと同幅のアスペクト比が 1 : 1 となるように断層下端深度を設定する。

vi) すべり角の設定

サブテーマ (2) において、すべり角を推定できるようなデータが得られていないため、「強震動レシピ」(地震調査研究推進本部地震調査委員会, 2009) の考え方から、正断層 270°、逆断層 90°、右横ずれ断層 180°、左横ずれ断層 0° として設定する。

vii) すべり量の設定

断層面積とモーメント量の経験的関係を示すスケーリング則から設定し、偶然的不確定性を考慮する。断層面積をもとに、入倉・三宅(2001)のスケーリング則の平均的な値として設定し、+1 σ 程度のバラツキの範囲を考慮することで観測データ及び実際の断層に含まれるバラツキを包含することとする。

ここで述べた方法により、南西諸島北部海域及び九州西岸海域の断層データについてモデル化を行った。断層モデルは断層下端深度をコンラッド面とする場合と、断層下端深度をコンラッド面として計算したときの断層幅に 5 km を加算したときの深度とした場合との 2 通りで設定した。設定した断層モデルの形状及びモデルパラメータを図 24 と表 5 に示す。

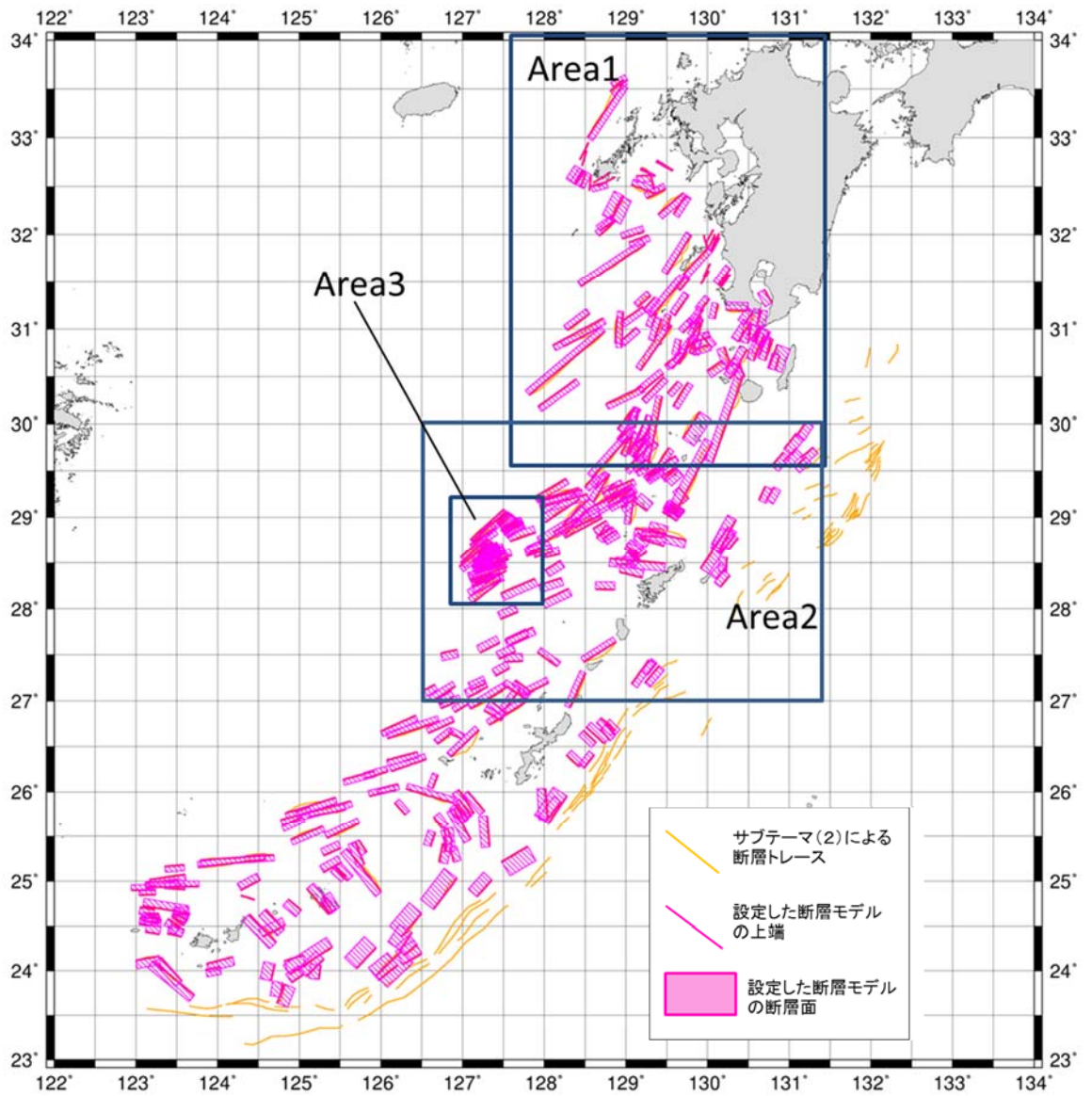


図 24 (a) サブテーマ (2) のデータから設定した断層モデル群 (全体図)

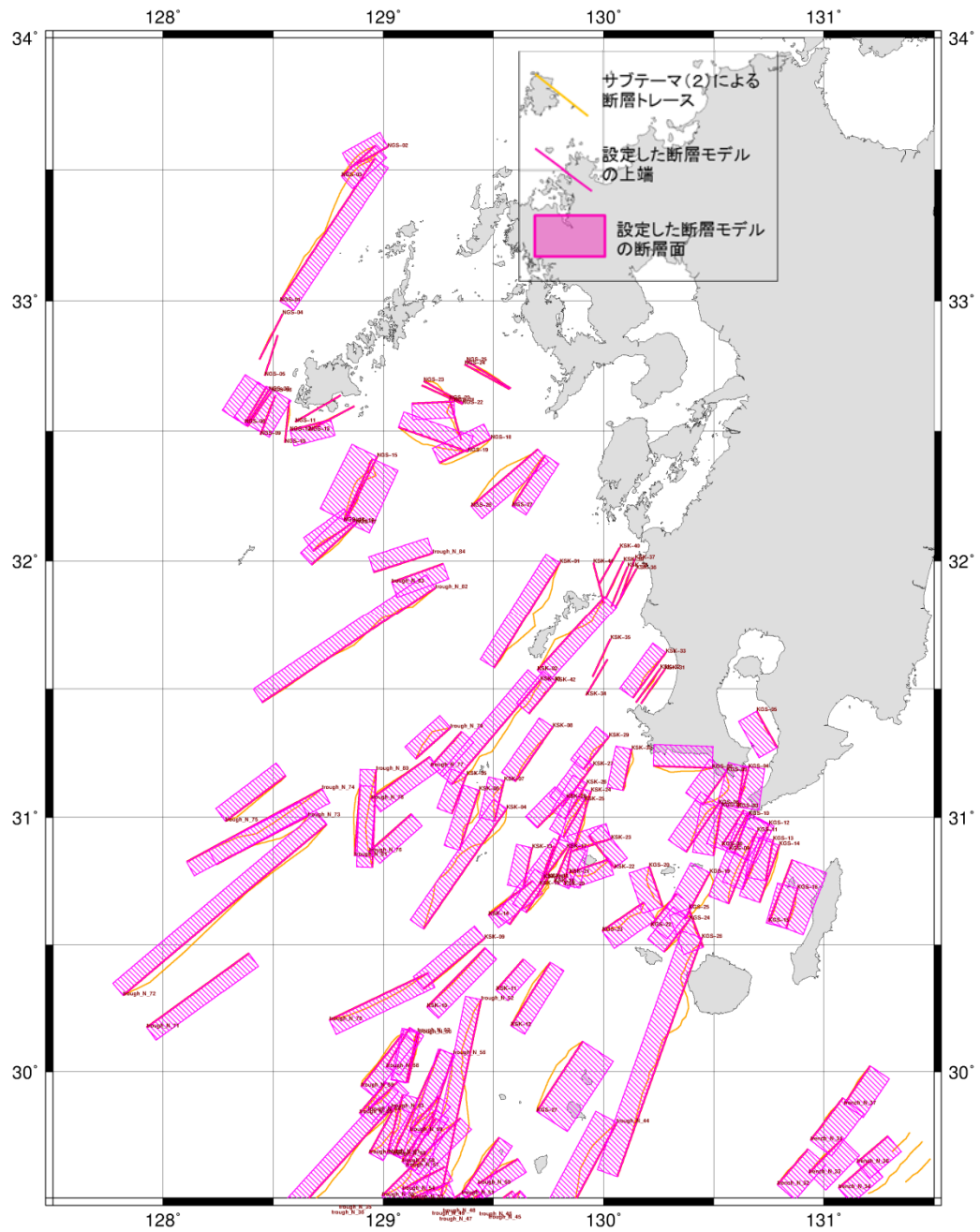


図 24 (b) サブテーマ (2) のデータから設定した断層モデル群 (Area 1)

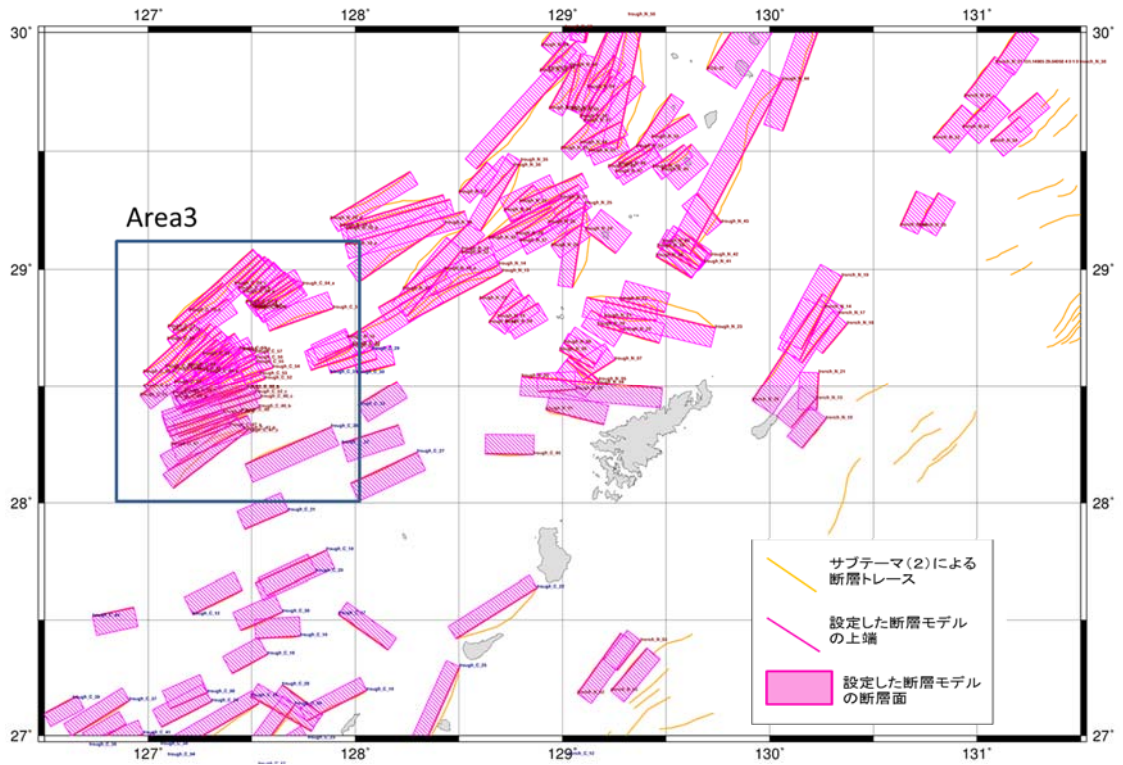


図 24 (c) サブテーマ (2) のデータから設定した断層モデル群 (Area 2)

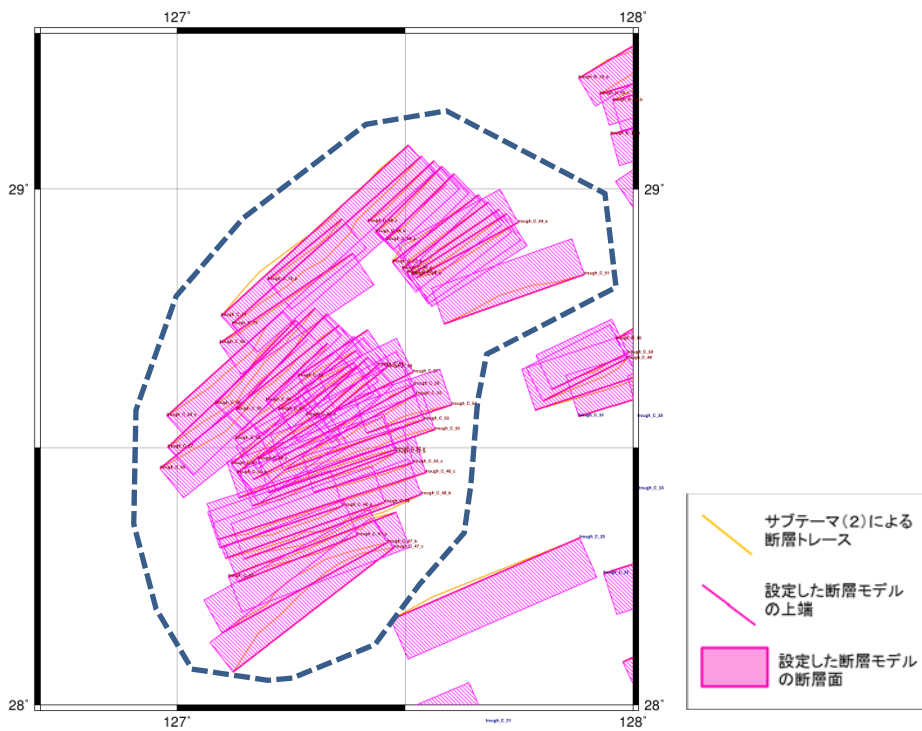


図 24 (d) サブテーマ (2) のデータから設定した断層モデル群 (Area 3)

b) 活断層の連動の可能性の検討

沖縄トラフ周辺の奄美大島の西方沖に、互いに平行し複雑に重なり合う断層群（以下、「断層群」）がある。この章では図 24 (d) の中の青点線で囲んだ断層について検討する。この断層群をすべてモデル化した場合の断面を図 25 に示す。

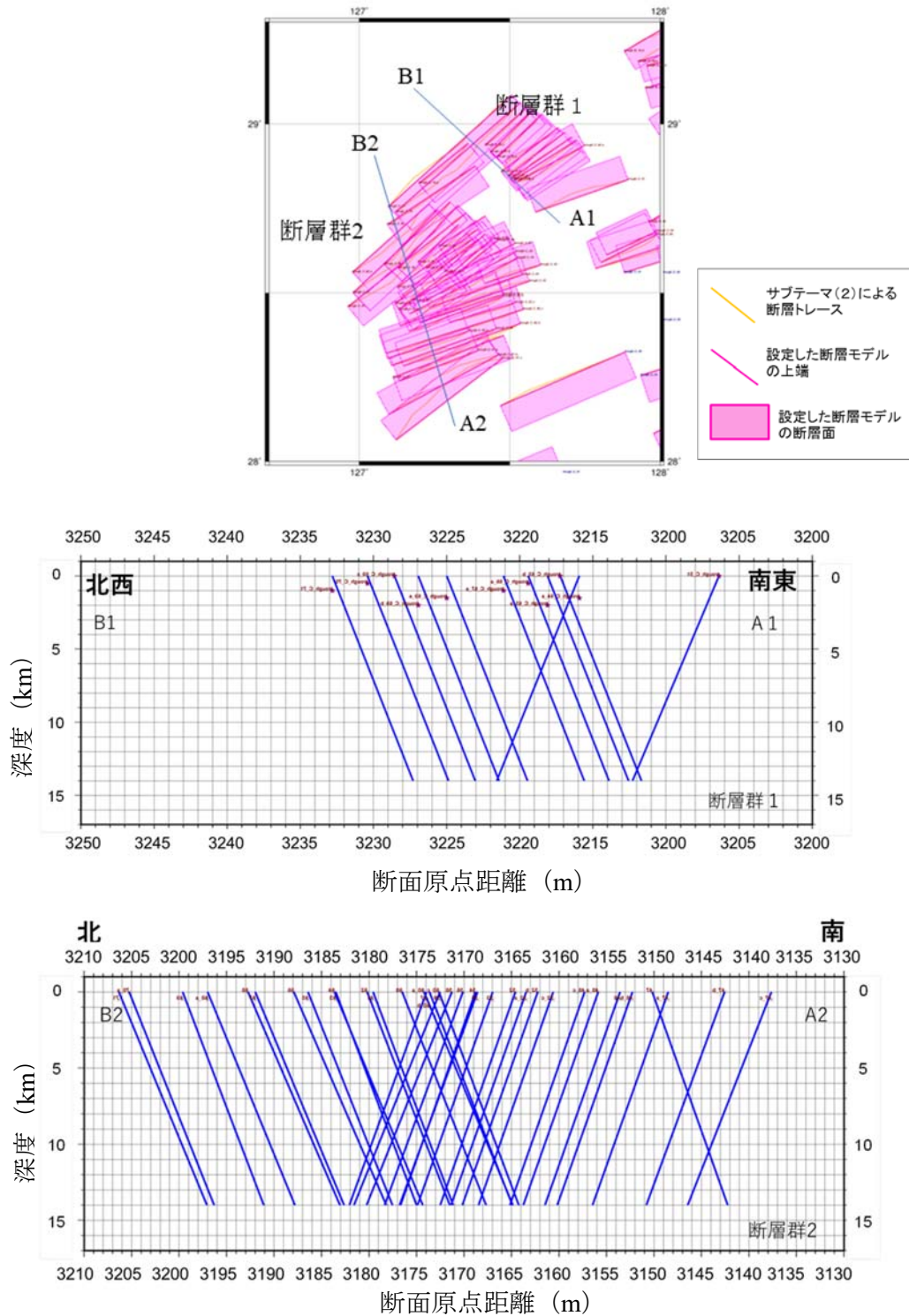


図 25 奄美大島西方沖の断層群の断面図

海底面に投影したときに重なり合っている断層は、断面図（図 25）において北傾斜の断層と南傾斜の断層が複雑にクロスしている。これらの断層がすべて、地震を起こすような構造を持つ断層であるとは考えにくいことから、この範囲の断層分布をいくつかの断層モデルに代表させることとした。

サブテーマ（2）の反射断面からは、これらの断層群の一部において比較的明瞭な背斜構造が見られる箇所があった。よってここでは、背斜構造の両翼を限る断層を主断層と判断することとした。加えて、両翼の断層に挟まれた断層の中から特に明瞭である断層を、この断層群の特徴を示す断層として抽出し、主断層とした。断層群について、抽出した主断層を図 26 に示す。但し、図 26 において、北東側の断層群 1 では背斜構造との関係は不明瞭であり、主断層を特定することは難しい。

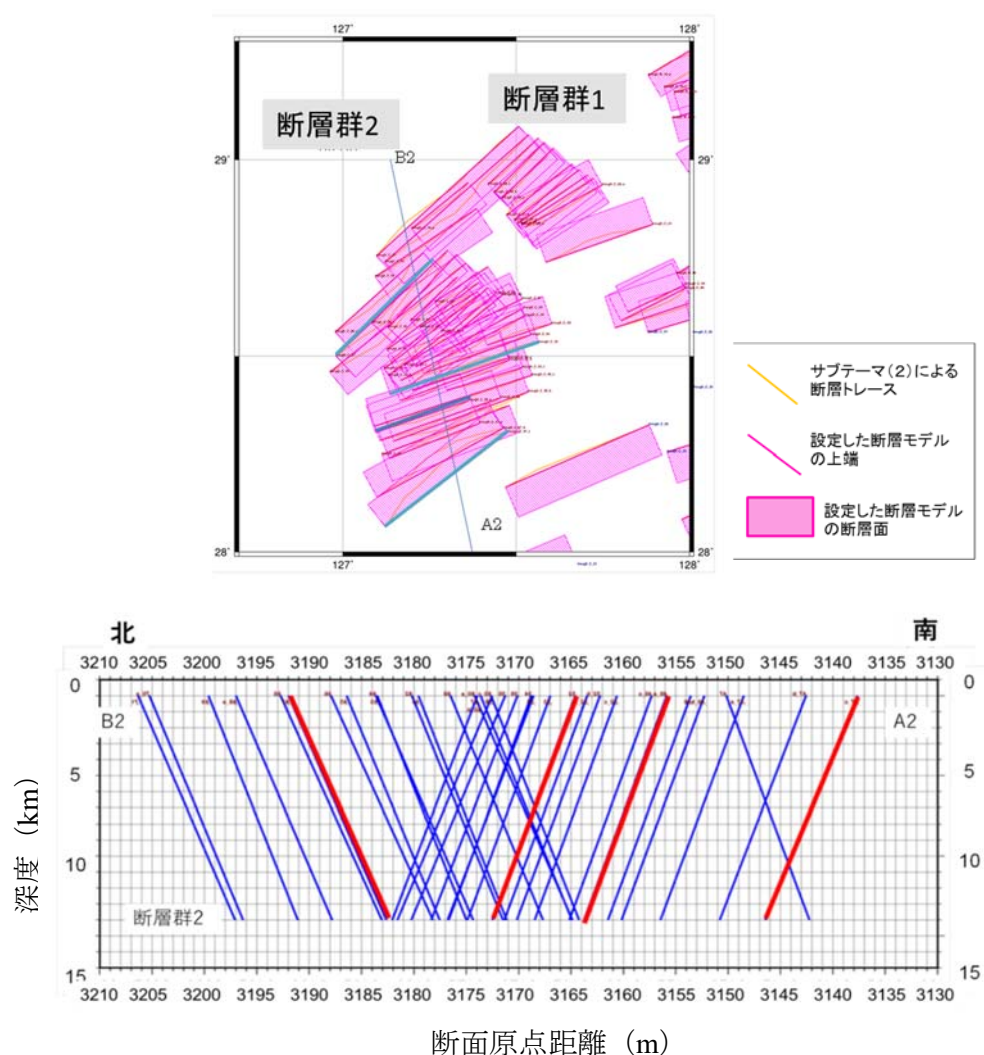


図 26 奄美大島西方沖の断層群から、この領域の特徴を示す主断層として抽出した断層。平面図中の青線は主断層となる断層トレースの上端部を示す。断面図中の赤線は主断層となる断層モデルの地下形状を示す。

西側に位置する断層群2については背斜構造の両翼部に位置する断層を主断層とし、またその間に挟まれた断層の中で反射断面に明瞭に表れていた断層を、この領域の特徴を形成する断層としてモデル化した。このとき、断層面の平面投影及び断面で断層同士が重なり合ったり、クロスすることの無いことを確認している。また、背斜構造との関係が不明瞭な断層群1については評価の対象としない。ただし、Area3の全断層についての断層モデルは断層群の分布範囲や長さのばらつきをしめす参考情報として取り扱うこととした。

奄美大島西方沖の断層群を含む全断層で設定した断層モデルのパラメータ表を表5にまとめた。

表5(a) 設定した断層パラメータの一覧 ①

合計 249 断層 (Area3 の断層を整理した後は 211 断層)

	緯度	経度	断層上端 深度(km)	断層下端 深度(km)	走向	傾斜角	すべり角	断層長さ (km)	断層幅 (km)	モーメント 量(Nm)	Mw	平均すべ り量(m)
trough_C 46	28.2074	128.8602	0	16	271.1	60	270	22.89	18.48	1.00E+19	6.60	0.69
trough_C 47	28.2489	127.1127	0	14	69.7	60	270	38.67	16.17	2.20E+19	6.82	1.01
trough_C 48	28.3940	127.4552	0	14	251.3	60	270	36.26	16.17	1.90E+19	6.79	0.95
trough_C 49	28.6720	127.9866	0	14	243.8	60	270	20.15	16.17	5.60E+18	6.43	0.50
trough_C 50	28.6826	127.9891	0	14	245.1	60	270	18.00	16.17	4.70E+18	6.38	0.47
trough_C 51	28.8350	127.8934	0	14	251.1	60	270	31.82	16.17	1.50E+19	6.71	0.83
trough_C 52	28.5348	127.5650	0	14	251.6	60	270	44.44	16.17	2.90E+19	6.91	1.17
trough_C 53	28.5540	127.5415	0	14	250.9	60	270	32.03	16.17	1.50E+19	6.72	0.84
trough_C 54	28.5826	127.6024	0	14	252.3	60	270	19.26	16.17	5.20E+18	6.41	0.49
trough_C 55	28.6034	127.5249	0	14	243.1	60	270	39.44	16.17	2.30E+19	6.84	1.03
trough_C 56	28.6218	127.5201	0	14	242.2	60	270	34.42	16.17	1.70E+19	6.76	0.90
trough_C 57	28.6459	127.5175	0	14	244.6	60	270	18.55	16.17	4.90E+18	6.40	0.48
trough_C 58	28.6555	127.4603	0	14	231.5	60	270	18.00	16.17	4.70E+18	6.38	0.47
trough_C 59	28.6598	127.4413	0	14	230.5	60	270	18.00	16.17	4.70E+18	6.38	0.47
trough_C 60	28.4678	127.1191	0	14	52.8	60	270	34.32	16.17	1.70E+19	6.76	0.90
trough_C 61	28.5732	127.2229	0	14	58.7	60	270	19.00	16.17	5.10E+18	6.41	0.49
trough_C 62	28.5170	127.1276	0	14	54.7	60	270	32.10	16.17	1.50E+19	6.72	0.84
trough_C 63	28.6380	127.2651	0	14	57.2	60	270	18.00	16.17	4.70E+18	6.38	0.47
trough_C 64	28.5911	127.1955	0	14	47.9	60	270	18.00	16.17	4.70E+18	6.38	0.47
trough_C 65	28.4594	126.9628	0	14	52.2	60	270	49.18	16.17	3.50E+19	6.96	1.29
trough_C 66	28.5732	127.1304	0	14	44.2	60	270	28.25	16.17	1.20E+19	6.64	0.74
trough_C 67	28.5003	126.9798	0	14	47.5	60	270	43.46	16.17	2.70E+19	6.89	1.14
trough_C 68	28.5846	127.0842	0	14	44.6	60	270	24.76	16.17	8.90E+18	6.57	0.65
trough_C 69	28.7025	127.0939	0	14	56.9	60	270	34.33	16.17	1.70E+19	6.76	0.90
trough_C 70	28.7392	127.1211	0	14	49.2	60	270	54.11	16.17	4.30E+19	7.02	1.42
trough_C 71	28.7547	127.0970	0	14	48.4	60	270	54.22	16.17	4.30E+19	7.02	1.42

※前述のArea3の断層を赤枠で囲んで示す。また、Area3の断層の中から、断面でクロスする断層と平面でクロスする断層を整理して残ったものに色をつけて示す。

表 5(b) 設定した断層パラメータの一覧 ②

	緯度	経度	断層上端 深度(km)	断層下端 深度(km)	走向	傾斜角	すべり角	断層長さ (km)	断層幅 (km)	モーメント 量(Nm)	Mw	平均すべ り量(m)
trough_C_47_a	28.3295	127.3956	0	14	249.5	60	270	27.57	16.17	1.10E+19	6.63	0.72
trough_C_47_b	28.3156	127.4611	0	14	242.1	60	270	40.56	16.17	2.40E+19	6.85	1.06
trough_C_47_c	28.3058	127.4759	0	14	233.1	60	270	43.82	16.17	2.80E+19	6.90	1.15
trough_C_48_a	28.3867	127.3631	0	14	252.1	60	270	27.87	16.17	1.10E+19	6.64	0.73
trough_C_48_b	28.4092	127.5357	0	14	250.7	60	270	40.54	16.17	2.40E+19	6.85	1.06
trough_C_48_c	28.4515	127.5458	0	14	252.9	60	270	46.80	16.17	3.20E+19	6.94	1.23
trough_C_52_a	28.4958	127.4794	0	14	252.0	60	270	28.66	16.17	1.20E+19	6.65	0.75
trough_C_52_b	28.4902	127.4798	0	14	250.4	60	270	32.83	16.17	1.60E+19	6.73	0.86
trough_C_52_c	28.4709	127.5182	0	14	254.1	60	270	22.36	16.17	6.50E+18	6.48	0.53
trough_C_60_a	28.5628	127.2836	0	14	47.5	60	270	18.00	16.17	4.70E+18	6.38	0.47
trough_C_60_b	28.4502	127.1316	0	14	54.2	60	270	21.56	16.17	6.20E+18	6.46	0.52
trough_C_60_c	28.4773	127.1775	0	14	58.9	60	270	18.00	16.17	4.70E+18	6.38	0.47
trough_C_64_a	28.9354	127.7481	0	14	242.1	60	270	24.84	16.17	9.00E+18	6.57	0.65
trough_C_65_a	28.8382	127.5043	0	14	56.1	60	270	23.93	16.17	7.20E+18	6.51	0.54
trough_C_65_b	28.8347	127.5144	0	14	58.1	60	270	24.17	16.17	7.30E+18	6.51	0.55
trough_C_66_a	28.8458	127.4944	0	14	52.9	60	270	23.26	16.17	6.90E+18	6.49	0.54
trough_C_67_a	28.8586	127.4724	0	14	52.6	60	270	23.41	16.17	7.00E+18	6.50	0.54
trough_C_68_a	28.5611	126.9780	0	14	48.8	60	270	33.43	16.17	1.60E+19	6.74	0.88
trough_C_69_a	28.9018	127.4589	0	14	46.5	60	270	20.26	16.17	5.60E+18	6.43	0.50
trough_C_69_b	28.9168	127.4359	0	14	46.0	60	270	19.97	16.17	5.50E+18	6.43	0.50
trough_C_69_c	28.9368	127.4186	0	14	48.1	60	270	19.20	16.17	5.20E+18	6.41	0.49
trough_C_70_a	28.8241	127.1985	0	14	51.5	60	270	20.63	16.17	5.80E+18	6.44	0.51

※前述の Area 3 の断層を赤枠で囲んで示す。また、Area 3 の断層の中から、断面でクロスする断層と平面でクロスする断層を整理して残ったものに色をつけて示す。

表 5(c) 設定した断層パラメータの一覧 ③

	緯度	経度	断層上端 深度(km)	断層下端 深度(km)	走向	傾斜角	すべり角	断層長さ (km)	断層幅 (km)	モーメント 量(Nm)	Mw	平均すべ り量(m)
trough_N_01	28.3359	129.1990	0	16	284.5	60	270	28.16	18.48	1.50E+19	6.72	0.84
trough_N_02	28.4851	129.0643	0	16	266.9	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
trough_N_03	28.5441	128.8033	0	16	95.0	60	270	66.64	18.48	8.40E+19	7.22	2.00
trough_N_04	28.6141	129.0196	0	16	127.4	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
trough_N_05	28.6287	129.0310	0	16	127.6	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
trough_N_06	28.5802	129.1485	0	16	298.0	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
trough_N_07	28.6165	129.2534	0	16	237.4	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
trough_N_08	28.5966	129.1607	0	16	304.1	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
trough_N_09	28.7749	128.7234	0	16	60.0	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
trough_N_10	28.7972	128.6884	0	16	54.4	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
trough_N_11	28.7737	128.6460	0	16	35.5	60	270	19.42	18.48	6.50E+18	6.47	0.52
trough_N_12	28.8747	128.6006	0	16	58.9	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
trough_N_13	28.9904	128.7090	0	16	242.2	60	270	50.04	18.48	4.80E+19	7.05	1.50
trough_N_14	29.0201	128.6929	0	16	245.4	60	270	34.67	18.48	2.30E+19	6.84	1.04
trough_N_15	29.0828	128.5151	0	16	219.9	60	270	40.50	18.48	3.10E+19	6.93	1.21
trough_N_16	28.7098	127.9631	0	16	58.7	60	270	47.12	18.48	4.20E+19	7.02	1.41
trough_N_17	28.9152	128.2307	0	16	45.2	60	270	44.98	18.48	3.80E+19	6.99	1.35
trough_N_18	29.1940	128.4343	0	16	236.4	60	270	49.22	18.48	4.60E+19	7.04	1.47
trough_N_19	28.6878	129.4670	0	16	286.3	60	270	30.24	18.48	1.70E+19	6.76	0.91
trough_N_20	28.8275	129.1395	0	16	121.7	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
trough_N_21	28.7841	129.4545	0	16	273.8	60	270	24.55	18.48	1.10E+19	6.64	0.74
trough_N_22	28.8172	129.4922	0	16	286.0	60	270	21.73	18.48	9.00E+18	6.57	0.65
trough_N_23	28.8806	129.1169	0	16	103.1	60	270	62.23	18.48	7.40E+19	7.18	1.86
trough_N_24	29.0684	129.2569	0	12	307.7	45	90	18.00	16.97	5.10E+18	6.40	0.48
trough_N_25	29.2772	129.1090	0	12	188.6	60	270	39.63	13.86	1.70E+19	6.75	0.89
trough_N_26	29.0987	128.9464	0	12	54.0	60	270	18.00	13.86	3.70E+18	6.32	0.44
trough_N_27	29.1188	128.7951	0	12	61.6	60	270	33.88	13.86	1.20E+19	6.66	0.76
trough_N_28	29.1967	128.9315	0	12	50.3	60	270	18.93	13.86	4.00E+18	6.34	0.45
trough_N_29	29.1481	128.7758	0	12	56.3	60	270	34.76	13.86	1.30E+19	6.67	0.78
trough_N_30	29.1299	128.6458	0	12	63.2	60	270	33.00	13.86	1.20E+19	6.64	0.74
trough_N_31	29.3017	128.9906	0	12	244.7	45	90	25.95	16.97	1.10E+19	6.62	0.71
trough_N_32	29.0684	128.5133	0	12	59.7	45	90	63.68	16.97	6.50E+19	7.14	1.75
trough_N_33	29.2859	128.7930	0	12	65.7	60	270	32.24	13.86	1.10E+19	6.63	0.72
trough_N_34	29.2487	128.7188	0	12	48.9	60	270	18.00	13.86	3.70E+18	6.32	0.44
trough_N_35	29.4586	128.8000	0	12	210.3	60	270	38.14	13.86	1.60E+19	6.73	0.86
trough_N_36	29.4370	128.7653	0	12	222.4	60	270	19.66	13.86	4.30E+18	6.35	0.46
trough_N_37	29.3237	128.5003	0	12	42.8	60	270	19.47	13.86	4.20E+18	6.35	0.45
trough_N_38	28.9630	129.6246	0	16	301.2	60	270	19.68	18.48	6.60E+18	6.48	0.53
trough_N_39	28.9974	129.6547	0	16	299.7	60	270	22.02	18.48	9.20E+18	6.58	0.66
trough_N_40	29.0082	129.6654	0	16	303.7	60	270	21.39	18.48	7.50E+18	6.52	0.55

表 5(d) 設定した断層パラメータの一覧 ④

	緯度	経度	断層上端 深度(km)	断層下端 深度(km)	走向	傾斜角	すべり角	断層長さ (km)	断層幅 (km)	モーメント 量(Nm)	Mw	平均すべ り量(m)
trough_N_41	29.1432	129.5375	0	16	131.4	60	270	19.13	18.48	6.30E+18	6.47	0.52
trough_N_42	29.1694	129.5663	0	16	129.7	60	270	19.18	18.48	6.30E+18	6.47	0.52
trough_N_43	29.3218	129.6480	0	16	139.3	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
trough_N_44	29.7995	130.0602	0	18	207.5	60	270	92.26	20.78	3.00E+20	7.58	4.49
trough_N_45	29.4184	129.4783	0	12	48.7	45	90	18.55	16.97	5.30E+18	6.42	0.49
trough_N_46	29.4311	129.4363	0	12	53.7	60	270	18.00	13.86	3.70E+18	6.32	0.44
trough_N_47	29.4105	129.2556	0	12	57.3	60	270	21.75	13.86	5.00E+18	6.40	0.48
trough_N_48	29.4439	129.2716	0	12	57.0	60	270	18.00	13.86	3.70E+18	6.32	0.44
trough_N_49	29.4328	129.2212	0	12	53.4	60	270	18.00	13.86	3.70E+18	6.32	0.44
trough_N_50	29.5566	129.4310	0	12	57.7	60	270	20.61	13.86	4.60E+18	6.37	0.47
trough_N_51	29.5163	129.3560	0	12	33.3	60	270	29.76	13.86	9.50E+18	6.58	0.67
trough_N_52	30.2849	129.4440	0	12	191.4	60	270	87.73	13.86	8.20E+19	7.21	1.97
trough_N_53	29.4982	129.1256	0	12	67.3	60	270	18.00	13.86	3.70E+18	6.32	0.44
trough_N_54	29.5334	129.0863	0	12	61.9	60	270	21.37	13.86	4.80E+18	6.39	0.48
trough_N_55	29.5084	128.9937	0	12	45.2	60	270	48.49	13.86	2.50E+19	6.87	1.09
trough_N_56	30.0703	129.3177	0	12	197.4	60	270	37.36	13.86	1.50E+19	6.72	0.84
trough_N_57	29.6259	129.1038	0	12	31.8	60	270	24.89	13.86	6.10E+18	6.46	0.51
trough_N_58	29.6426	129.0858	0	12	32.6	60	270	27.05	13.86	6.90E+18	6.49	0.54
trough_N_59	29.7669	129.1211	0	12	39.6	60	270	19.47	13.86	4.20E+18	6.35	0.45
trough_N_60	29.6714	129.0446	0	12	24.1	60	270	50.75	13.86	2.80E+19	6.89	1.14
trough_N_61	29.6792	129.0189	0	12	14.7	60	270	26.52	13.86	6.70E+18	6.48	0.53
trough_N_62	29.6782	128.9368	0	12	28.8	60	270	23.97	13.86	5.70E+18	6.44	0.50
trough_N_63	29.8593	129.0370	0	12	222.4	60	270	65.01	13.86	4.50E+19	7.04	1.46
trough_N_64	29.8475	128.9313	0	12	45.8	60	270	18.00	13.86	3.70E+18	6.32	0.44
trough_N_65	29.8363	128.8924	0	12	40.5	60	270	18.00	13.86	3.70E+18	6.32	0.44
trough_N_66	30.1519	129.1619	0	12	192.6	60	270	22.19	13.86	5.10E+18	6.41	0.49
trough_N_67	30.1585	129.1555	0	12	192.4	60	270	23.07	13.86	5.40E+18	6.42	0.49
trough_N_68	30.0189	129.0142	0	12	30.7	60	270	20.07	13.86	4.40E+18	6.36	0.46
trough_N_69	29.9427	128.8994	0	12	38.4	60	270	29.43	13.86	9.30E+18	6.58	0.66
trough_N_70	30.2040	128.7557	0	12	64.5	60	270	47.66	13.86	2.40E+19	6.86	1.07
trough_N_71	30.1757	127.9264	0	12	54.6	60	270	54.99	13.86	3.20E+19	6.94	1.24
trough_N_72	30.9727	128.7437	0	12	230.3	60	270	115.72	13.86	1.40E+20	7.37	2.60
trough_N_73	31.0049	128.6577	0	12	242.5	60	270	44.92	13.86	2.20E+19	6.82	1.01
trough_N_74	30.8261	128.1079	0	12	62.0	60	270	66.67	13.86	4.70E+19	7.05	1.50
trough_N_75	31.1620	128.5573	0	12	233.4	60	270	32.66	13.86	1.10E+19	6.64	0.73
trough_N_76	30.8669	128.9365	0	12	48.4	60	270	24.44	13.86	5.90E+18	6.45	0.51
trough_N_77	31.2003	129.2161	0	12	41.7	60	270	19.97	13.86	4.40E+18	6.36	0.46
trough_N_78	31.0722	128.9444	0	12	54.3	60	270	31.31	13.86	1.00E+19	6.61	0.70
trough_N_79	31.3502	129.3053	0	12	228.1	60	270	20.16	13.86	4.40E+18	6.36	0.46
trough_N_80	31.1848	128.9672	0	12	182.2	60	270	42.25	13.86	1.90E+19	6.79	0.95
trough_N_81	30.8499	128.8707	0	12	4.3	60	270	30.44	13.86	9.90E+18	6.60	0.68
trough_N_82	31.8947	129.2352	0	12	236.5	60	270	89.33	13.86	8.50E+19	7.22	2.01
trough_N_83	31.9180	129.0385	0	12	70.1	60	270	23.51	13.86	5.60E+18	6.43	0.50
trough_N_84	32.0302	129.2242	0	12	252.1	60	270	26.53	13.86	6.70E+18	6.48	0.53
trough_N_16_a	28.8375	128.1125	0	12	60.4	60	270	35.74	13.86	1.40E+19	6.69	0.80
trough_N_18_a	29.1055	127.9512	0	12	74.8	60	270	58.19	13.86	3.60E+19	6.97	1.31
trough_N_18_b	29.1700	127.9557	0	12	74.4	60	270	50.69	13.86	2.70E+19	6.89	1.14
trough_N_18_c	29.1829	127.9273	0	12	73.5	60	270	50.49	13.86	2.70E+19	6.89	1.13

表 5(e) 設定した断層パラメータの一覧 ⑤

	緯度	経度	断層上端 深度(km)	断層下端 深度(km)	走向	傾斜角	すべり角	断層長さ (km)	断層幅 (km)	モーメント 量(Nm)	Mw	平均すべ り量(m)
trench_N_18_d	29.2134	127.8812	0	12	59.8	60	270	43.40	13.86	2.00E+19	6.80	0.98
trench_N_02	27.1815	129.0731	0	14	35.6	60	270	35.42	16.17	1.80E+19	6.77	0.93
trench_N_03	27.4090	129.3770	0	14	218.3	60	270	18.00	16.17	4.70E+18	6.38	0.47
trench_N_05	27.1926	129.2348	0	14	39.9	60	270	26.70	16.17	1.00E+19	6.61	0.70
trench_N_10	28.3604	130.2717	0	20	218.5	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
trench_N_13	28.4449	130.2226	0	20	219.7	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
trench_N_14	28.8366	130.2649	0	20	204.8	60	270	26.83	23.09	2.10E+19	6.82	1.00
trench_N_17	28.8101	130.3325	0	20	216.4	60	270	28.86	23.09	2.50E+19	6.86	1.08
trench_N_18	28.7682	130.3730	0	20	219.4	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
trench_N_19	28.9706	130.3487	0	20	208.4	60	270	39.47	23.09	4.60E+19	7.04	1.48
trench_N_20	28.4376	129.9164	0	20	32.6	60	270	60.46	23.09	1.10E+20	7.29	2.26
trench_N_21	28.5605	130.2363	0	20	182.0	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
trench_N_31	29.7292	130.9398	0	20	36.4	60	270	23.41	23.09	1.60E+19	6.74	0.88
trench_N_32	29.5530	130.7890	0	20	40.0	60	270	20.64	20.64	1.00E+19	6.60	0.69
trench_N_33	29.5986	130.9315	0	20	43.3	60	270	21.11	21.11	1.10E+19	6.63	0.72
trench_N_34	29.5393	131.0667	0	20	48.1	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
trench_N_35	29.1828	130.7229	0	20	28.9	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
trench_N_36	29.1837	130.6307	0	20	24.0	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
trench_N_37	29.8713	131.0920	0	20	33.0	60	270	20.37	20.37	9.60E+18	6.59	0.67
trench_N_38	29.6406	131.1499	0	20	48.5	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50

表 5(f) 設定した断層パラメータの一覧 ⑥

	緯度	経度	断層上端 深度(km)	断層下端 深度(km)	走向	傾斜角	すべり角	断層長さ (km)	断層幅 (km)	モーメント 量(Nm)	Mw	平均すべり 量(m)
NGS-01	32.9993	128.5319	0	12	33.7	60	270	72.17	13.86	5.60E+19	7.10	1.62
NGS-02	33.5874	129.0205	0	12	241.3	60	270	18.00	13.86	3.70E+18	6.32	0.44
NGS-03	33.4756	128.8103	0	12	47.9	60	270	19.37	13.86	4.20E+18	6.35	0.45
NGS-04	32.9502	128.5429	0	12	207.4	90	180/0	21.63	12.00	4.00E+18	6.33	0.45
NGS-05	32.7144	128.4622	0	12	18.0	90	180/0	18.00	12.00	3.00E+18	6.25	0.41
NGS-06	32.5333	128.3727	0	12	31.0	45	90	18.00	16.97	5.10E+18	6.40	0.48
NGS-07	32.6588	128.4808	0	12	213.3	45	90	18.00	16.97	5.10E+18	6.40	0.48
NGS-08	32.6534	128.4921	0	12	214.9	60	270	18.00	13.86	3.70E+18	6.32	0.44
NGS-09	32.4878	128.4426	0	12	21.0	90	180/0	18.00	12.00	3.00E+18	6.25	0.41
NGS-10	32.4560	128.5538	0	12	5.9	90	180/0	18.00	12.00	3.00E+18	6.25	0.41
NGS-11	32.5369	128.6008	0	12	59.9	90	180/0	22.40	12.00	4.20E+18	6.35	0.45
NGS-12	32.5043	128.5766	0	12	75.7	60	270	18.00	13.86	3.70E+18	6.32	0.44
NGS-13	32.5040	128.6638	0	12	62.0	90	180/0	21.88	12.00	4.00E+18	6.34	0.45
NGS-14	32.1544	128.8210	0	12	24.7	45	90	29.31	16.97	1.40E+19	6.69	0.81
NGS-15	32.4024	128.9724	0	12	206.5	45	90	30.61	16.97	1.50E+19	6.72	0.84
NGS-16	32.1516	128.8654	0	12	234.5	60	270	21.34	13.86	4.80E+18	6.39	0.48
NGS-17	32.1459	128.8779	0	12	227.4	60	270	26.12	13.86	6.50E+18	6.48	0.53
NGS-18	32.4721	129.4884	0	12	244.5	60	270	24.27	13.86	5.90E+18	6.45	0.51
NGS-19	32.4223	129.3841	0	12	289.2	60	270	31.37	13.86	1.10E+19	6.61	0.70
NGS-20	32.6232	129.3004	0	12	163.5	90	180/0	18.00	12.00	3.00E+18	6.25	0.41
NGS-21	32.6076	129.1295	0	12	87.2	60	270	18.00	13.86	3.70E+18	6.32	0.44
NGS-22	32.6057	129.3599	0	12	294.4	90	180/0	19.11	12.00	3.30E+18	6.28	0.42
NGS-23	32.6934	129.1836	0	12	119.0	90	180/0	19.24	12.00	3.30E+18	6.28	0.42
NGS-24	32.7573	129.3699	0	12	118.6	90	180/0	21.71	12.00	4.00E+18	6.33	0.45
NGS-25	32.7710	129.3787	0	12	121.8	90	180/0	22.06	12.00	4.10E+18	6.34	0.45
NGS-26	32.2113	129.4000	0	12	49.0	60	270	37.48	13.86	1.50E+19	6.72	0.84
NGS-27	32.2123	129.5862	0	12	32.5	60	270	25.88	13.86	6.40E+18	6.47	0.52

表 5(g) 設定した断層パラメータの一覧 ⑦

	緯度	経度	断層上端 深度(km)	断層下端 深度(km)	走向	傾斜角	すべり角	断層長さ (km)	断層幅 (km)	モーメント 量(Nm)	Mw	平均すべり 量(m)
KSK-01	31.9932	129.8009	0	12	211.5	60	270	53.46	13.86	3.10E+19	6.92	1.20
KSK-02	31.5733	129.6998	0	12	41.7	60	270	43.14	13.86	2.00E+19	6.80	0.97
KSK-03	31.5342	129.7122	0	12	220.0	60	270	58.81	13.86	3.70E+19	6.98	1.32
KSK-04	31.0336	129.5594	0	12	214.5	60	270	63.43	13.86	4.30E+19	7.02	1.43
KSK-05	31.1662	129.3777	0	12	200.4	60	270	18.00	13.86	3.70E+18	6.32	0.44
KSK-06	31.1063	129.4342	0	12	197.9	60	270	27.39	13.86	7.00E+18	6.50	0.54
KSK-07	31.1434	129.5485	0	12	193.0	60	270	18.00	13.86	3.70E+18	6.32	0.44
KSK-08	31.3526	129.7686	0	12	214.3	60	270	28.57	13.86	7.50E+18	6.52	0.55
KSK-09	30.5256	129.4601	0	12	230.2	60	270	34.58	13.86	1.30E+19	6.67	0.78
KSK-10	30.2553	129.1985	0	12	44.4	60	270	36.23	13.86	1.40E+19	6.70	0.81
KSK-11	30.3222	129.5133	0	12	41.1	60	270	18.00	13.86	3.70E+18	6.32	0.44
KSK-12	30.1811	129.5804	0	12	31.3	60	270	32.59	13.86	1.10E+19	6.64	0.73
KSK-13	30.8809	129.6756	0	12	192.3	60	270	18.10	13.86	3.80E+18	6.32	0.44
KSK-14	30.6168	129.4790	0	12	51.6	60	270	24.26	13.86	5.90E+18	6.44	0.51
KSK-15	30.7362	129.7094	0	12	20.1	90	180/0	18.00	12.00	3.00E+18	6.25	0.41
KSK-16	30.7625	129.7280	0	12	20.8	90	180/0	19.65	12.00	3.40E+18	6.29	0.43
KSK-17	30.8809	129.8329	0	12	216.4	60	270	41.65	13.86	1.90E+19	6.78	0.94
KSK-18	30.7645	129.7490	0	12	211.9	60	270	18.00	13.86	3.70E+18	6.32	0.44
KSK-19	30.7459	129.7763	0	12	23.3	60	270	18.00	13.86	3.70E+18	6.32	0.44
KSK-20	30.7344	129.8222	0	12	10.4	60	270	18.00	13.86	3.70E+18	6.32	0.44
KSK-21	30.7834	129.8449	0	12	71.0	60	270	18.00	13.86	3.70E+18	6.32	0.44
KSK-22	30.8015	130.0505	0	12	321.0	60	270	18.00	13.86	3.70E+18	6.32	0.44
KSK-23	30.9157	130.0337	0	12	251.8	60	270	18.00	13.86	3.70E+18	6.32	0.44
KSK-24	31.1011	129.9429	0	12	196.3	60	270	23.84	13.86	5.70E+18	6.44	0.50
KSK-25	31.0668	129.9132	0	12	209.2	60	270	18.31	13.86	3.80E+18	6.32	0.44
KSK-26	31.1325	129.9233	0	12	210.5	60	270	18.00	13.86	3.70E+18	6.32	0.44
KSK-27	31.2039	129.9520	0	12	216.0	60	270	21.98	13.86	5.00E+18	6.40	0.48
KSK-28	31.0755	129.8307	0	12	224.0	60	270	18.00	13.86	3.70E+18	6.32	0.44
KSK-29	31.3153	130.0243	0	12	217.5	60	270	18.00	13.86	3.70E+18	6.32	0.44
KSK-30	31.2652	130.1272	0	12	191.2	60	270	18.15	13.86	3.80E+18	6.32	0.44
KSK-31	31.5770	130.2780	0	12	214.2	90	180/0	18.00	12.00	3.00E+18	6.25	0.41
KSK-32	31.5796	130.2577	0	12	215.1	90	180/0	18.00	12.00	3.00E+18	6.25	0.41
KSK-33	31.6419	130.2822	0	12	215.3	60	270	24.07	13.86	5.80E+18	6.44	0.51
KSK-34	31.4761	129.9210	0	12	30.2	90	180/0	18.00	12.00	3.00E+18	6.25	0.41
KSK-35	31.6950	130.0311	0	12	204.7	90	180/0	18.00	12.00	3.00E+18	6.25	0.41
KSK-36	31.9695	130.1487	0	12	207.8	90	180/0	19.09	12.00	3.30E+18	6.28	0.42
KSK-37	32.0094	130.1425	0	12	199.8	90	180/0	18.00	12.00	3.00E+18	6.25	0.41
KSK-38	31.9790	130.1093	0	12	201.4	90	180/0	18.61	12.00	3.20E+18	6.27	0.41
KSK-39	32.0007	130.0909	0	12	204.9	90	180/0	18.00	12.00	3.00E+18	6.25	0.41
KSK-42	31.5305	129.7814	0	12	219.0	60	270	18.00	13.86	3.70E+18	6.32	0.44
KSK-40	32.0518	130.0735	0	12	209.0	90	180/0	18.00	12.00	3.00E+18	6.25	0.41
KSK-41	31.9928	129.9538	0	12	164.7	90	180/0	18.00	12.00	3.00E+18	6.25	0.41

表 5(h) 設定した断層パラメータの一覧 ⑧

	緯度	経度	断層上端 深度(km)	断層下端 深度(km)	走向	傾斜角	すべり角	断層長さ (km)	断層幅 (km)	モーメント 量(Nm)	Mw	平均すべ り量(m)
KGS-01	31.1805	130.5599	0	16	214.9	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
KGS-02	31.1929	130.4932	0	16	271.3	60	270	25.50	18.48	1.20E+19	6.66	0.76
KGS-03	31.0400	130.6107	0	16	7.3	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
KGS-04	31.1932	130.6584	0	16	194.2	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
KGS-05	31.4140	130.6953	0	16	149.6	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
KGS-06	31.0530	130.5221	0	16	213.4	60	270	25.21	18.48	1.20E+19	6.65	0.76
KGS-07	31.0424	130.5367	0	16	188.7	60	270	21.60	18.48	8.90E+18	6.57	0.65
KGS-08	30.8904	130.5377	0	16	31.0	45	90	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
KGS-09	30.8728	130.5699	0	16	26.2	45	90	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
KGS-10	31.0095	130.6590	0	16	199.8	45	90	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
KGS-11	30.9456	130.6970	0	16	200.8	60	270	33.82	18.48	2.20E+19	6.82	1.01
KGS-12	30.9726	130.7508	0	16	201.4	60	270	30.61	18.48	1.80E+19	6.77	0.92
KGS-13	30.9114	130.7697	0	16	189.6	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
KGS-14	30.8910	130.7980	0	16	198.2	60	270	26.34	18.48	1.30E+19	6.68	0.79
KGS-15	30.5908	130.7498	0	16	19.9	45	90	28.79	22.63	2.40E+19	6.85	1.06
KGS-16	30.7208	130.8803	0	16	194.9	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
KGS-19	30.7824	130.4814	0	16	207.5	60	270	22.49	18.48	9.60E+18	6.59	0.67
KGS-20	30.8077	130.2070	0	16	160.7	60	270	18.40	18.40	5.90E+18	6.45	0.51
KGS-22	30.5744	130.2152	0	16	37.8	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
KGS-23	30.5551	129.9942	0	16	55.0	60	270	22.00	18.48	9.20E+18	6.58	0.66
KGS-24	30.6001	130.3903	0	16	217.5	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
KGS-25	30.6428	130.3868	0	16	158.8	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
KGS-26	30.5274	130.4463	0	16	198.9	60	270	110.80	18.48	3.20E+20	7.60	4.49
KGS-27	29.8427	129.6970	0	16	32.8	45	90	36.75	22.63	3.80E+19	6.99	1.35

表 5(h) 設定した断層パラメータの一覧 ⑧

	緯度	経度	断層上端 深度(km)	断層下端 深度(km)	走向	傾斜角	すべり角	断層長さ (km)	断層幅 (km)	モーメント 量(Nm)	Mw	平均すべ り量(m)
KGS-01	31.1805	130.5599	0	16	214.9	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
KGS-02	31.1929	130.4932	0	16	271.3	60	270	25.50	18.48	1.20E+19	6.66	0.76
KGS-03	31.0400	130.6107	0	16	7.3	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
KGS-04	31.1932	130.6584	0	16	194.2	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
KGS-05	31.4140	130.6953	0	16	149.6	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
KGS-06	31.0530	130.5221	0	16	213.4	60	270	25.21	18.48	1.20E+19	6.65	0.76
KGS-07	31.0424	130.5367	0	16	188.7	60	270	21.60	18.48	8.90E+18	6.57	0.65
KGS-08	30.8904	130.5377	0	16	31.0	45	90	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
KGS-09	30.8728	130.5699	0	16	26.2	45	90	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
KGS-10	31.0095	130.6590	0	16	199.8	45	90	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
KGS-11	30.9456	130.6970	0	16	200.8	60	270	33.82	18.48	2.20E+19	6.82	1.01
KGS-12	30.9726	130.7508	0	16	201.4	60	270	30.61	18.48	1.80E+19	6.77	0.92
KGS-13	30.9114	130.7697	0	16	189.6	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
KGS-14	30.8910	130.7980	0	16	198.2	60	270	26.34	18.48	1.30E+19	6.68	0.79
KGS-15	30.5908	130.7498	0	16	19.9	45	90	28.79	22.63	2.40E+19	6.85	1.06
KGS-16	30.7208	130.8803	0	16	194.9	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
KGS-19	30.7824	130.4814	0	16	207.5	60	270	22.49	18.48	9.60E+18	6.59	0.67
KGS-20	30.8077	130.2070	0	16	160.7	60	270	18.40	18.40	5.90E+18	6.45	0.51
KGS-22	30.5744	130.2152	0	16	37.8	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
KGS-23	30.5551	129.9942	0	16	55.0	60	270	22.00	18.48	9.20E+18	6.58	0.66
KGS-24	30.6001	130.3903	0	16	217.5	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
KGS-25	30.6428	130.3868	0	16	158.8	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
KGS-26	30.5274	130.4463	0	16	198.9	60	270	110.80	18.48	3.20E+20	7.60	4.49
KGS-27	29.8427	129.6970	0	16	32.8	45	90	36.75	22.63	3.80E+19	6.99	1.35

c) 断層情報が不完全な場合の断層モデルの設定

サブテーマ(2)の観測データから得られる断層情報にはどれも不完全さやバラツキが含まれ、それらは断層パラメータの設定においては、認識論的不確定性ないし偶然的な不確定性として扱うこととしている。断層位置や形状、断層の長さ、走向、傾斜角、断層上端及び下端深度等、すべての情報は偶然的な不確定性を持つデータである。また、本検討では、断層面上のすべり角はそれを推定できるデータが得られていないことから、「強震動レシピ」(地震調査研究推進本部地震調査委員会, 2009)の考えに従い、断層タイプとすべり角の幾何学的関係から一定値として設定している。断層下端深度については、認識論的不確定性を考慮し、コンラッド面として設定する場合と、コンラッド面を下端とした場合の断層幅に5 kmを加算した場合の2通りで設定している。これらの不確定性はその大きさや影響の度合いを評価する必要がある。ここでは、断層下端深度についてのデータの不完全さと断層パラメータの不確定性の評価について述べる。

i) 断層下端深度の考え方

本プロジェクトにおいて、サブテーマ(3)では断層下端深度の設定として、地震発生層の下端をコンラッド面とし、それに対して認識論的不確定性を考慮した、より安全側の深度を設定することを、日本海海域、南西諸島海域のこれまでの断層モデルの設定で共通して行ってきた。一方、内陸の活断層の評価では断層下端深度は地震発生層の下端を微小地震の震源分布のD90深度ないしD95深度(ある範囲内に含まれる地震の深さ方向の分布が90%ないし95%含まれる深度)として設定している。しかし、どちらの考え方においても、地震発生層の下端、つまり起こり得る地震の震源の深さとして考えており、実際に断層面上ですべりが起こる範囲としては一致しているとは言えない。断層モデルの設定において、断層下端深度は、地震発生層内で発生した地震のすべりの限界として設定したほうが、地震によるすべりをより現実的にモデル化することができると考えられる。以下に、地震発生層下端と断層面の下端の関係及び断層下端深度の不確かさを示す例として2016年熊本地震の例を挙げる。

ii) 2016年熊本地震の例による断層下端深度

ここでは、2016年熊本地震についての既往研究における震源インバージョン等による断層の下端深度と既往の評価における地震発生層の下端について比較する。なお、熊本地震の主な2つの地震は研究によって、「前震・本震」等の言い方がされるが、ここでは「4月14日の地震・4月16日の地震」という呼び方に統一して記載する。

① 久保・他, 2016: 「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 再改定版)」

- ・観測点: 防災科研 K-NET13 点、KiK-net 地中観測点 9 点、地表観測点 2 点、F-net 3 点、合計 27 観測点の強震加速度波形を積分して得られた速度波形。
- ・断層面、断層モデル: 余震分布、地表地震断層分布、地殻変動分布を参考に設定。上端長さ 53 km、幅 24 km の曲面断層面として設定 (図 27、図 28)。

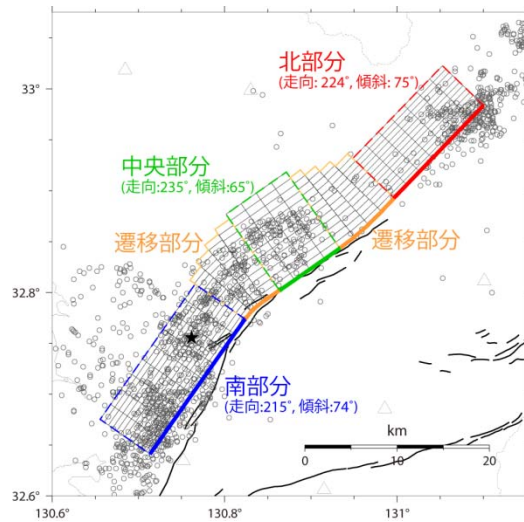


図 27 久保・他 (2016)による曲面断層モデル。断層下端深度は 22.6 km 程度。

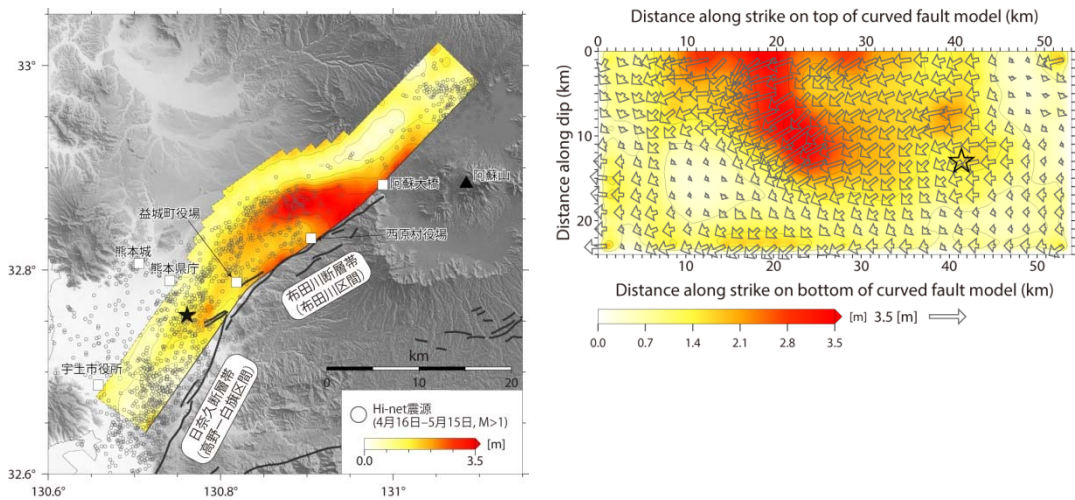


図 28 久保・他 (2016)によって計算されたすべり分布

② 瀨瀬・他, 2016: 「2016年4月14・16日熊本地震の震源過程」

【4月14日の地震】

- ・観測点: K-net 及び KiK-net の観測点 12 点の加速度記録を積分して得た速度波形。
- ・断層面、断層モデル: Hi-net の自動処理震源をもとに設定した 18×16.5 km の断層面。F-net 解から、走向 211° 、傾斜角 87° と設定。(断層下端深度は約 16.5 km) (図 29)。

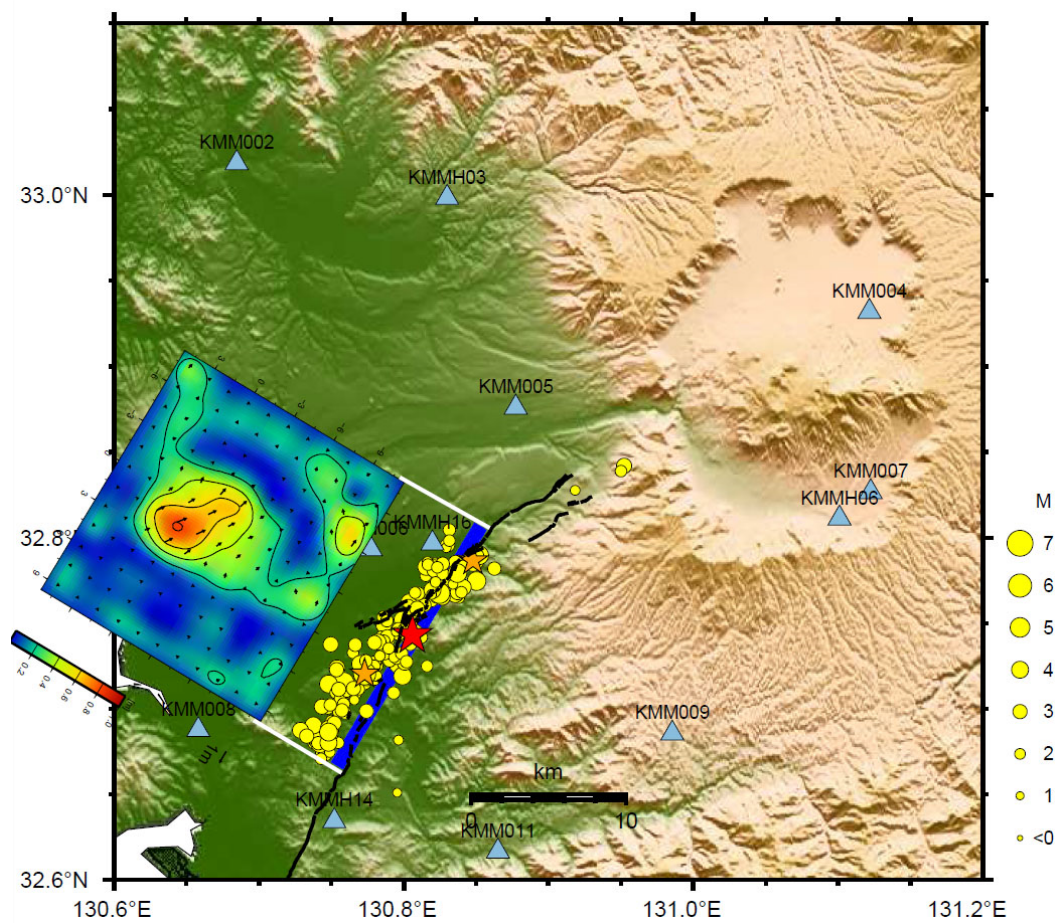


図 29 瀨瀬・他 (2016)による 14 日の地震の震源インバージョン結果

【4月16日の地震】

- ・観測点: K-net 及び KiK-net の観測点 14 点の加速度記録を積分して得た速度波形。
- ・断層面、断層モデル: Hi-net の自動処理震源をもとに設定した 54×16.5 km の断層面。F-net 解をもとに、走向 224° 、傾斜角 75° として設定。(断層下端深度は約 15.9 km) (図 30)。

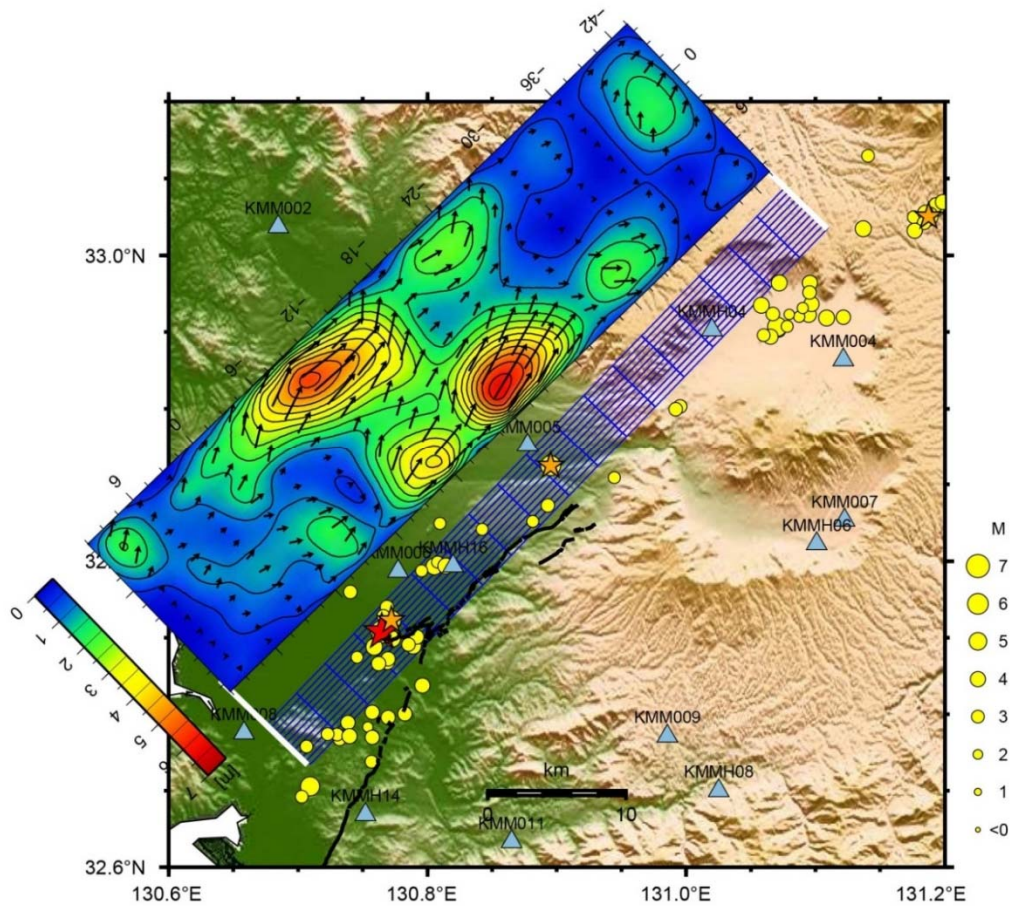


図 30 瀬藤・他 (2016)による 16 日の地震の震源インバージョン結果

③ Asano and Iwata, 2016 : “Source rupture processes of the foreshock and mainshock in the 2016 Kumamoto earthquake sequence estimates from the kinematic waveform inversion of strong motion data”

- ・観測点：防災科研の K-NET、KiK-net、F-net 観測点及び気象庁の震度観測網のデータを使用。F-net 以外は加速度波形を積分して得た速度波形を使用、F-net は、観測で得られた速度波形を使用。14 日の地震波 13 観測点、16 日の地震は 15 観測点のデータを使用し、インバージョンを行っている。
- ・断層面、断層モデル：断層モデルは表 6 に示す。またインバージョン結果を図 31 に示す。

表 6 の記述より、断層傾斜角と断層幅から計算できる断層下端深度は、14 日の地震が約 13 km、16 日の地震が約 16~17 km である。

表 6 波形解析に使用した断層情報 (Asano and Iwata, 2016)

Table 1 Summary of settings in waveform inversion analysis

	Foreshock	Mainshock	
Origin time ^a	2016/04/14 21:26:34.43	2016/04/16 01:25:05.47	
Epicenter ^a	32.7417°N, 130.8087°E	32.7545°N, 130.7630°E	
Hypocenter depth ^a	11.39 km	12.45 km	
Fault segment		#1	#2
Strike/dip	212°/89°	205°/72°	235°/65°
Rake angle variation	-164° ± 45°	-142° ± 45°	-142° ± 45°
Length	14 km	14 km	28 km
Width	13 km	18 km	18 km
Subfault size	1 km × 1 km	2 km × 2 km	
Number of subfaults	182	63	126
Number of time windows	5	9	
Duration/time-shift of time window	1.0 s/0.5 s	1.0 s/0.5 s	
Target frequency range	0.05–1 Hz	0.05–0.5 Hz	
Resampling of data	10 Hz	5 Hz	
Number of stations	13	15	

^a Origin time and hypocenter were taken from the JMA unified earthquake catalog

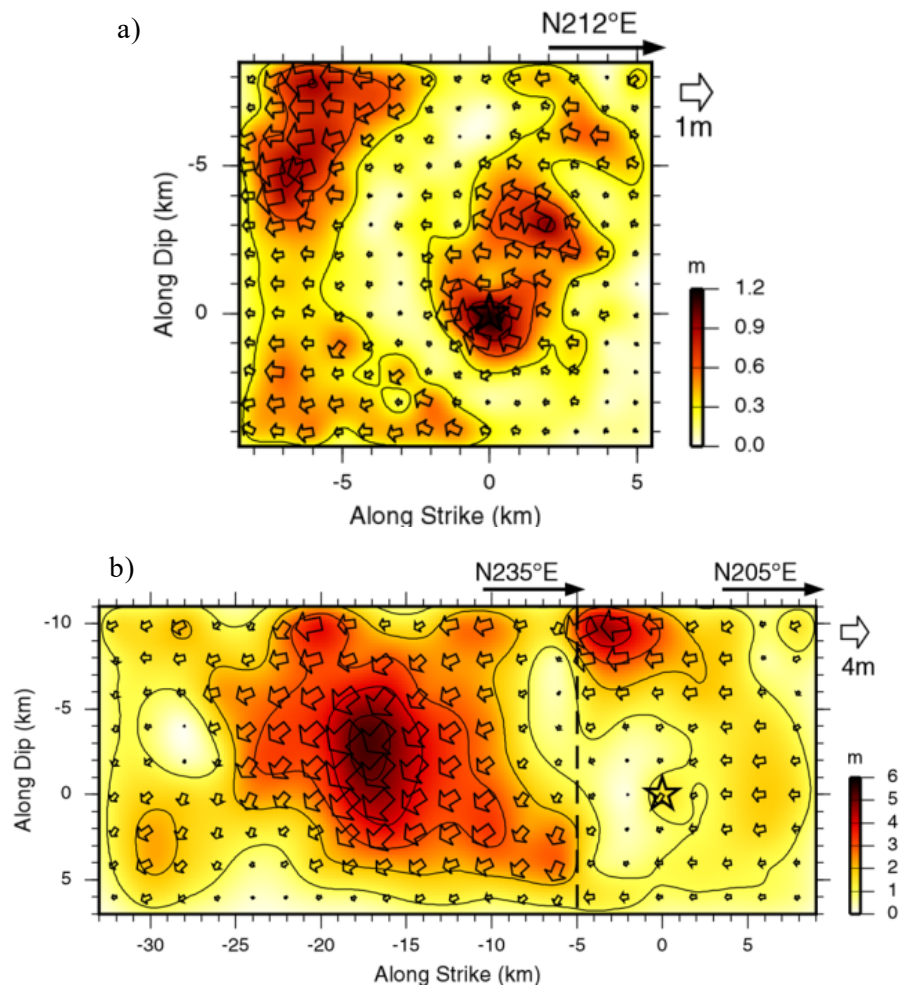


図 31 Asano and Iwata (2016)のインバージョン結果。a) 4月14日の地震、b) 4月16日の地震。

④ Yoshida et al., 2017 : “Source process of the 2016 Kumamoto earthquake (Mj7.3) inferred from kinematic inversion of strong-motion records”

- ・データ：K-net 及び KiK-net の観測点合計 20 点の強震波形を使用。
- ・断層面、断層モデル：断層モデルは 4 つのセグメントとして設定し、これらは余震分布、産総研の断層トレース及び InSAR で観測された地殻変動を参照している（表 7、図 32）。表 7 の記載より、断層幅及び断層傾斜角から計算できる断層下端深度は約 16.3～17.5 km である。

表 7 各セグメントの長さ、幅、走向、傾斜角（Yoshida et al., 2017 から引用）

Initial model parameters of fault planes assumed in the waveform inversion

Segment	Length (km)	Width (km)	Strike (°)	Dip (°)
F1	12	18	N40E (N220E)	75 (105)
F2	12	18	N236E	65
F3	12	18	N226E	77
H	16	18	N205E	72

Reversed strike and dip angles of the F1 segment are also shown in addition to the conventional dip angle (0°–90°) and strike

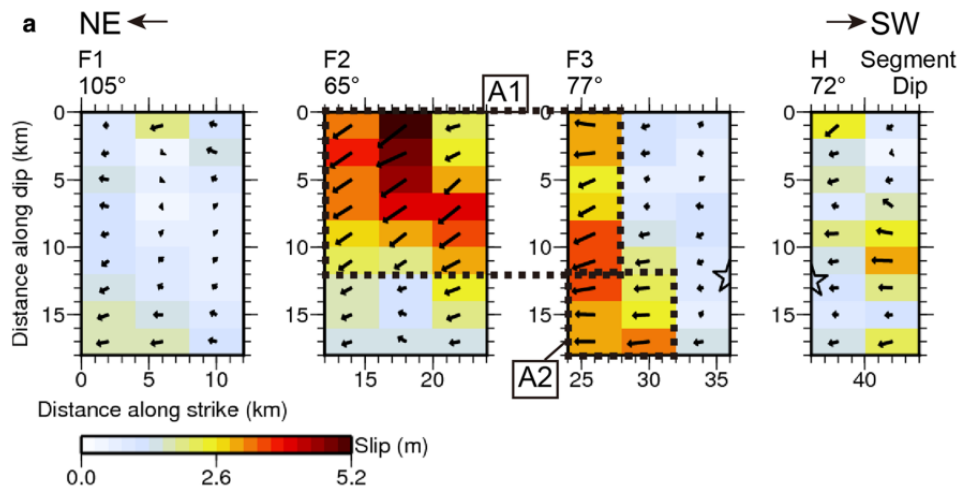


図 32 Yoshida et al. (2017) で計算されたすべり分布。すべり分布は 2 ステップの震源インバージョンによって推定されたものであり、1 回目のインバージョンにおいて、すべりが 0 となったグリッドをトリミングすることで、断層面積の推定精度を良くしている。

⑤ 防災科研，2016：第 211 回地震予知連絡会活動報告（2016 年 5 月 18 日）

【4月14日の地震】

- ・データ：K-NET、KiK-net、F-net の 16 観測点の強震波形記録のうち S 波部分を使用。
- ・断層面、断層モデル：F-net 解から、走向 212° 、傾斜角 89° として設定。断層長さ 22 km、断層幅 12 km。断層下端深度は約 12 km（図 33）。

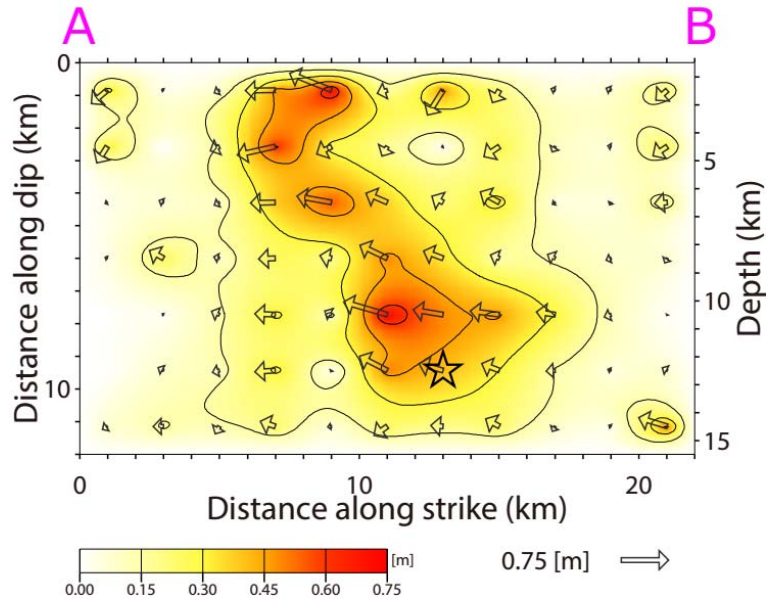


図 33 防災科研(2016)による断層面上の最終すべり分布。ベクトルは上盤のすべり方向とすべり量を示し、☆は破壊開始点を示す。

【4月16日の地震】

- ・データ：K-NET、KiK-net、F-net の 27 観測点の強震波形記録のうち S 波部分を使用。
- ・断層面、断層モデル：走向 226° （F-net 解）、傾斜角 65° （試行錯誤的に決定）として設定。断層長さ 56 km、断層幅 24 km。断層下端深度は約 21.8 km（図 34）。

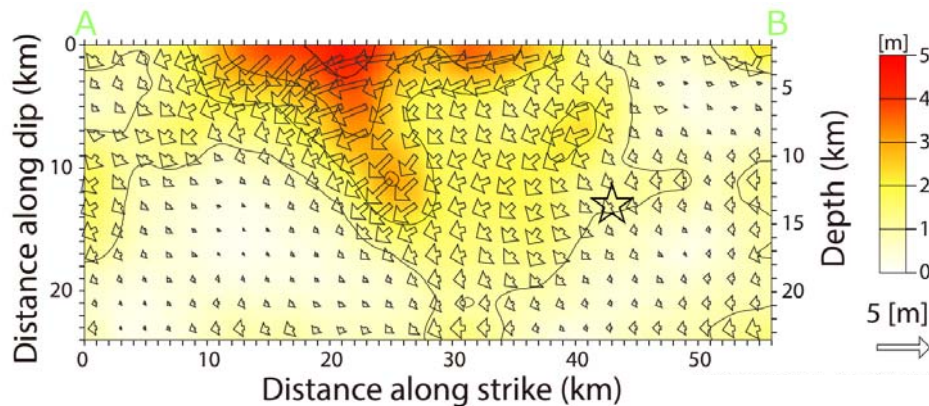


図 34 防災科研 (2016)による断層面上の最終すべり分布。ベクトルは上盤のすべり方向とすべり量を示し、☆は破壊開始点を示す。

⑥ Fukahata and Hashimoto, 2016 : “Simultaneous estimation of the dip angles and slip distribution on the faults of the 2016 Kumamoto earthquake through a weak nonlinear inversion of InSAR data”

・データ：InSARによる測地データ。ALOS-2/PALSAR-2の23.6cm波長、Lバンドのデータを熊本地震の前後に撮影されたアセンディング軌道データの2パス使用(図35、表8)。

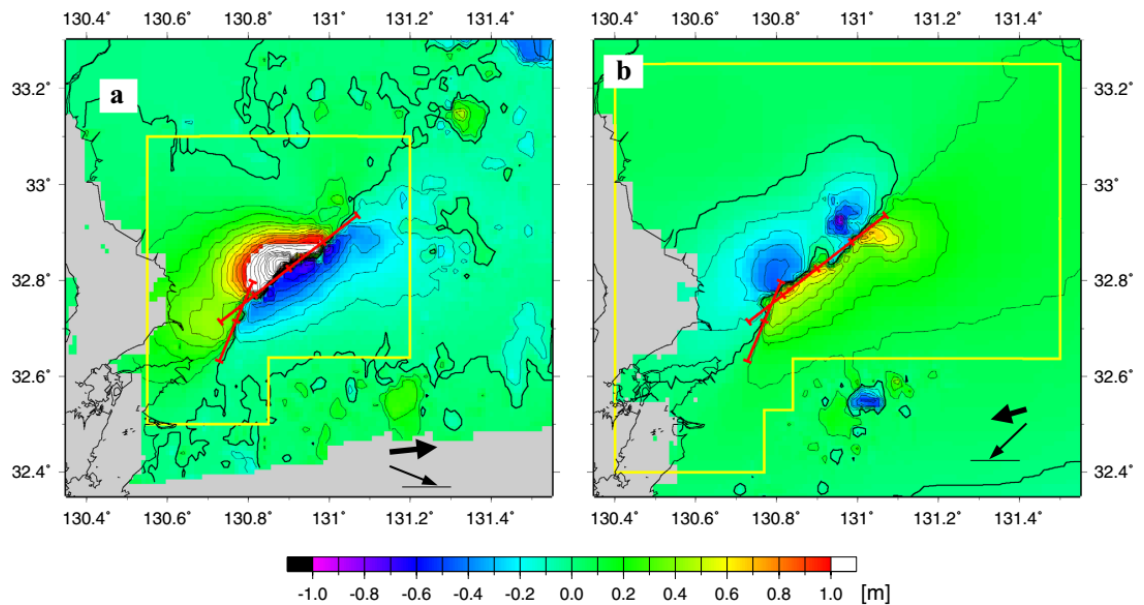


図 35 InSAR データから得られた地殻変動分布。(a)右方向を見るデータ、(b)左方向を見るデータ。どちらも、アセンディング軌道 (Fukahata and Hashimoto, 2016)。

表 8 使用したパスの概要。path135-650 が図 37 (a)に、path124-700 が図 37 (b)に対応する。

Table 1 Statistic of ALOS-2/PALSAR-2 ScanSAR images used in this study

Path/frame	Pre-event acquisition	Postevent acquisition	Perpendicular baseline (m)	Heading (°)	Incidence angle (°)
135-650 (sw5-7)	February 9, 2015	April 18, 2016	56.5 (sw5)-44.8 (sw7)	-6.3 (sw5) to -5.4 (sw7)	65.9 (sw5)-65.4 (sw7)
124-700 (sw3-5)	January 26, 2016	April 19, 2016	188 (sw3)-187 (sw5)	-15.3 (sw3) to -16.1 (sw5)	39.0 (sw3)-41.2 (sw5)

- ・断層面、断層モデル：InSARデータの解析から得られた値として、布田川断層は走向 232° 、長さ 40 km 、断層下端深度 16 km と設定、日奈久断層は走向 203° 、長さ 20 km 、断層下端深度 16 km と設定した。震源インバージョンのABIC最小化により計算された傾斜角は、布田川断層が $61\pm 6^\circ$ 、日奈久断層が $74\pm 12^\circ$ となっている（図 36）。

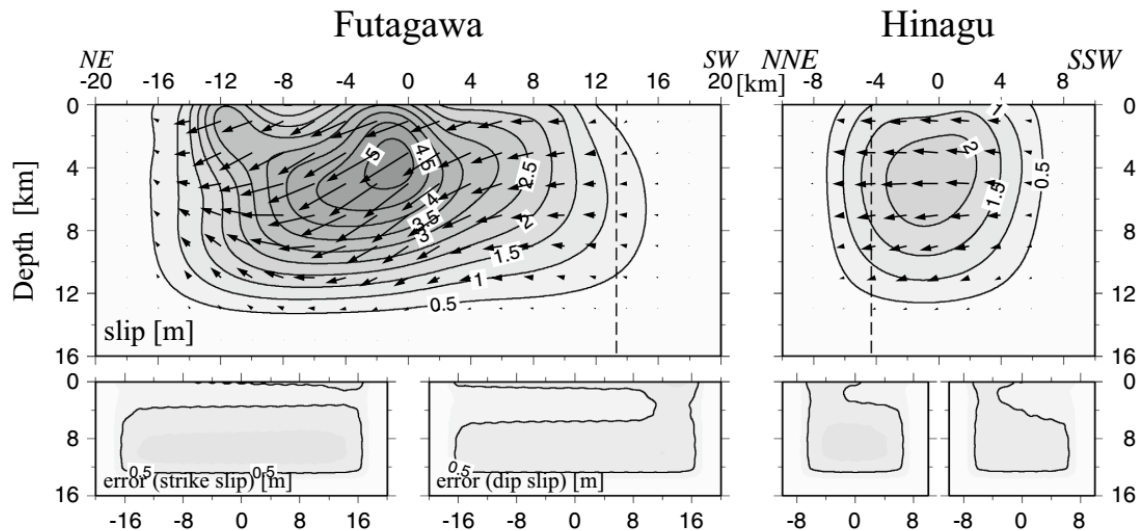


Fig. 4 Slip distribution of the Kumamoto earthquake. Slip on the Futagawa fault (left) and the Hinagu fault (right) projected onto a vertical plane is shown. The standard deviation of each fault slip is also shown at the bottom left (strike-slip component) and right (dip-slip component) diagrams. The contour interval for both the slip and standard deviation is 0.5 m . Vertical broken lines show the location of intersection with the other fault. NE and SW denote northeast and southwest, respectively

図 36 布田川・日奈久断層のすべり分布。14日及び16日の地震とそれに関する地殻変動から推定されたすべり量の合計を示す（Fukahata and Hashimoto, 2016）。

⑦ Kato et al., 2016 : “The 2016 Kumamoto earthquake sequence”

- ・データ：GNSS及びInSARの測地データ
- ・断層面、断層モデル：測地データから設定。断層下端深度は、前震が約 7.8 km 、本震+前震のA1が約 11.4 km 、A2が約 6.0 km 、Bが約 13.2 km （表 9、図 37）。

本章で紹介した既往研究の断層モデルの主なパラメータを表 10 にまとめる。既往の震源インバージョン結果における断層下端深度は、浅いものでは 15 km 前後、深いものは 20 km より深くなるなど、研究によって大きなばらつきを持っていることが分かる。

表 9 地殻変動データから設定された断層パラメータ (Kato et al., 2016)

Table 1. Fault parameters for the foreshock and mainshock ruptures estimated by the geodetic measurements (Figs. 8 and 10)

Foreshock										
Longitude*	Latitude*	Depth of fault top (km)*	Length (km)	Width (km)	Strike (°)	Dip angle (°)	Rake (°)	Slp (m)	Mw**	
130.806	32.784	1.4	12.8	6.4	205	83	173	1.1	6.23	
Mainshock+Foreshock										
Longitude*	Latitude*	Depth of fault top (km)*	Length (km)	Width (km)	Strike (°)	Dip angle (°)	Rake (°)	Slp (m)	Mw**	
Fault A1	130.996	32.878	0.6	20.0	12.5	235	60	209	4.1	6.96
Fault A2	130.975	32.883	0.2	5.1	6.6	56	62	178	3.8	6.36
Fault B	130.807	32.770	0.8	10.2	13.0	205	72	176	2.7	6.65

*Locations point to a left corner of an upper edge of a rectangular fault.

**Rigidity is assumed to be 34 GPa.

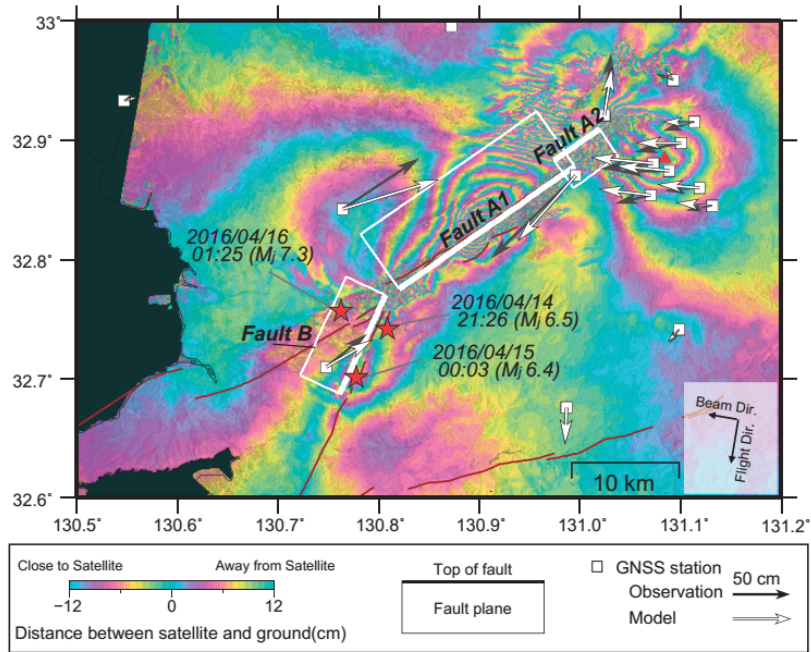


図 37 Kato et al. (2016)による断層分布と地殻変動量分布

表 10 断層ジオメトリのまとめ

出典	地震または断層の表記	Strike(deg.)	Dip(deg.)	L(km)	W(km)	Bottom(km)	Top(km)
久保・他, 2016	北部	224	75	53	24.0	~22.6	0.0
	中部	235	65				
	南部	215	74				
瀬戸・他, 2016	4/14	211	87	18	16.5	16.5	0.0
	4/16	224	75	54	16.5	15.9	0.0
Asano and Iwata., 2016	4/14	212	89	14	13.0	13.0	0.0
	4/16	205	72	14	18.0	16.0~	0.0
		235	35	28	18.0	17.0	
Yoshida et al., 2017	F1	40	75	12	18.0	16.3~	0.0
	F2	236	65	12	18.0		
	F3	226	77	12	18.0		
	H	205	72	16	18.0		
防災科研, 2016	4/14	212	89	22	12.0	12.0	0.0
	4/16	226	65	56	24.0	21.8	
Fukahata and Hashimoto., 2016	Futagawa	232	61±6	40	17.4~ 18.3	16.0	0.0
	Hinagu	203	74±12	20	16.0 16.6	16.0	
Kato et al., 2016	4/14のみ	205	83	12.8	6.4	7.8	1.4
	4/14, 16	235	60	20	12.5	11.4	0.6
		56	62	5.1	6.6	6.0	0.2
		205	72	10.2	13.0	13.2	0.8

※ 表中の赤枠で囲んだ値は、各文献に示されていないため、記載されたパラメータから推定した値である。

次に、既往の評価における九州内陸部の地震発生層下端深度を表 11 に示す。ここでまとめた既往研究においては、設定されている断層形状（断層面積、傾斜角等）に大きなばらつきがある。また、断層面上のすべり量に着目すると、多くの震源インバージョンでは、あらかじめ断層面の位置や大きさ等を仮定するが、仮定された断層面の下端に至るまで大きなすべり量が分布する場合には、そのすべりの面的な広がり実際に断層面の外ではゼロになるか不明である。一方、ある程度の余裕をもって断層面にすべり量が分布しているインバージョンでも、多くの場合はすべり量がゼロのときのコンターが示されないため、すべり量をゼロとする基準を定めることは難しい。震源インバージョンの結果が、断層モデルの仮定に影響される可能性もある。

表 11 既往の評価における九州内陸部の地震発生層下端深度

	深さ (k m)
地震調査委員会 D90	10～18 (内陸全域)
川内発電所 D95	13 (敷地周辺)
玄海発電所 D95	15 (敷地周辺)

d) 断層パラメータの不確定性の影響度評価

断層下端深度については、現在、地震調査研究推進本部の「長期評価部会」及び「海城活断層評価手法等検討分科会」で設定方法が議論されている。熊本地震では、九州地方の活断層長期評価において想定されていた断層下端よりも深い場所まで、余震が発生していたことが推定され（図 38）、このような過小評価の可能性を解決していくために、断層下端深度に対して不確定性を考慮することが検討されている。

地震調査研究推進本部の長期評価（地震調査研究推進本部，2013a）による断層下端深度を表 12 にまとめる。長期評価では断層幅のみが示されており、断層傾斜角はどちらも「高角」と記載されていたことから、傾斜角を 70° と仮定し断層下端深度を計算した。また、断層幅に 5 km を加算した場合の断層下端深度も示した。熊本地震の余震分布は、おおむね 20 km 以浅となっていることから断層幅に 5 km を加算することでこれらの発生深度はカバーされている。

このような観測例を考慮し、微小地震や余震の震源分布から推定された断層幅に対して、幅を 5 km 延長したときの断層端の深さを断層下端深度とすることが検討されている（図 39）。

以下では、これらの議論に基づき、断層幅の不確定性の範囲を+5 kmと仮定し、断層下端深度の変化や沿岸での津波高さへの影響について検討を行った。また、断層下端深度の不確定性を考慮した断層モデルの設定を行った。

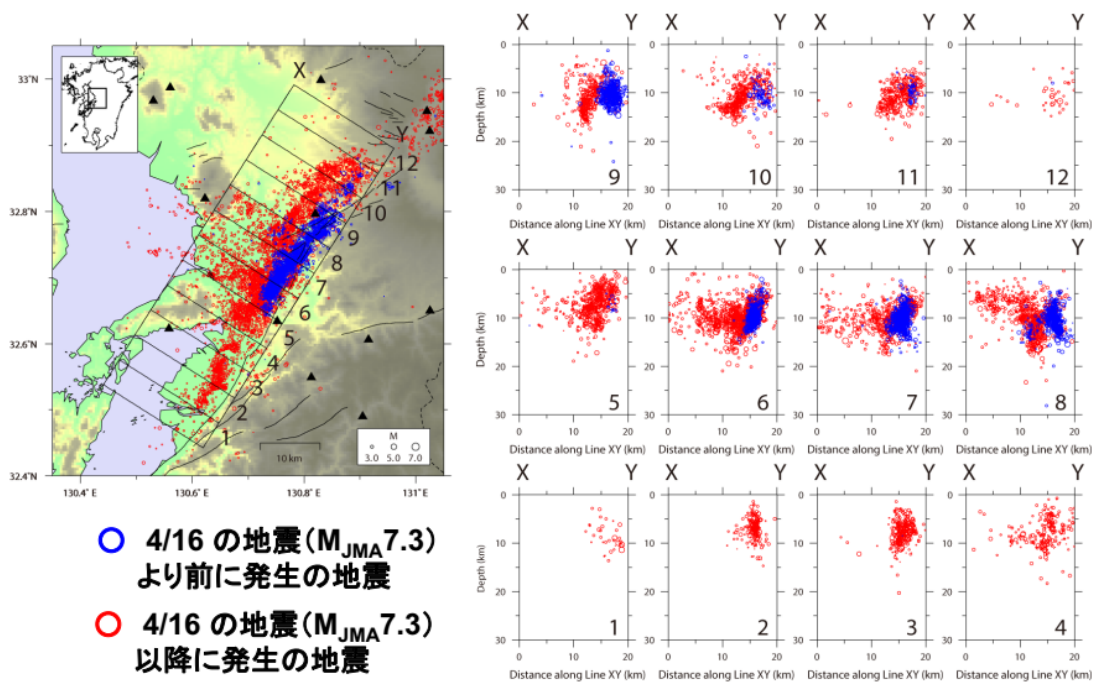


図 38 熊本地震による余震の震源分布 (青井, 2016)

表 12 布田川断層帯・日奈久断層帯の長期評価における断層下端深度と断層幅に 5 kmを加算した場合の断層下端深度

(a) 布田川断層帯

	幅 (最小)	幅 (最大)	下端 (最小)	下端 (最大)	幅 (最小 +5 km)	幅 (最大 +5 km)	下端 (最小 +)	下端 (最大 +)
布田川 区間	11.00	17.00	10.34	15.97	16.00	22.00	15.04	20.67
宇土区間	14.00	17.00	13.16	15.97	19.00	22.00	17.85	20.67
宇土半島 北岸区間	14.00	17.00	13.16	15.97	19.00	22.00	17.85	20.67

(b) 日奈久断層帯

	幅 (最小)	幅 (最大)	下端 (最小)	下端 (最大)	幅 (最小 +5 km)	幅 (最大 +5 km)	下端 (最小 +)	下端 (最大 +)
高野一白 旗区間	13.00	13.00	12.22	12.22	18.00	18.00	16.91	16.91
日奈久 区間	11.00	18.00	10.34	16.91	16.00	23.00	15.04	21.61
八代海 区間	11.00	12.00	10.34	11.28	16.00	17.00	15.04	15.97

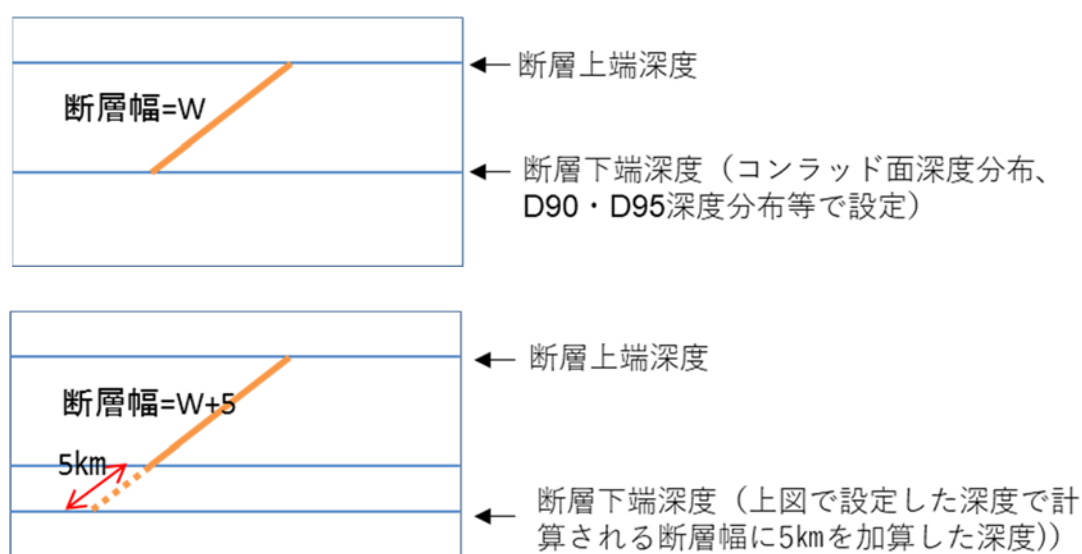


図 39 断層下端深度の設定方法の概念図

i) 甕島南部の断層を例とした感度解析

甕島南部に位置する断層（図 40）を例に津波予測計算を使用した検討を行った。検討では、前述した方法（断層モデルの設定）により設定した例として断層下端深度をコンラッド面とした場合と、既往の研究事例による値として地震発生層下端をD95 深度分布から求め、さらに安全側の値として設定した九州電力による設定事例の値について比較した（付録）。なお、断層モデルは甕島南部の断層によるローカルな影響を見積もるという目的のため、より細分化した形状で設定している。

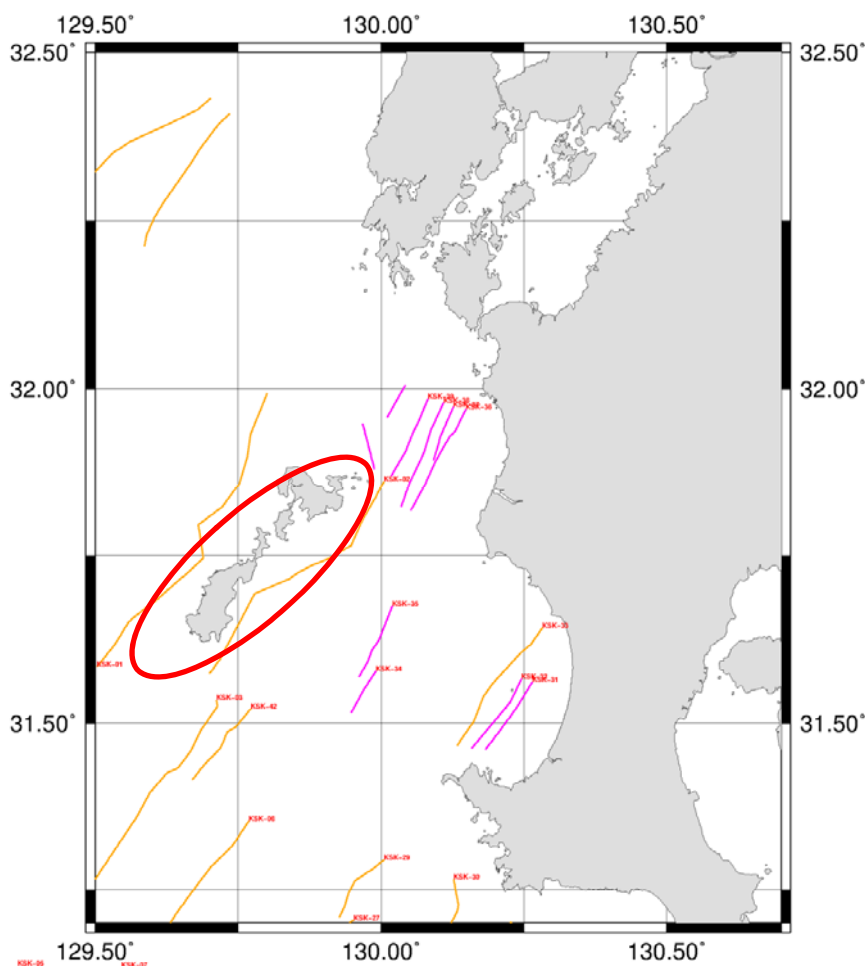


図 40 計算の対象とした断層の位置

① 検討用断層モデルの設定

甕島の南部にある断層は有人島に近接する断層であり、東側は九州西岸に近く、また比較的大きな断層であるため、比較検討の例としては適している。この断層をモデル化するにあたっては、甕島南部及び九州西岸地域におけるローカルな影響を見るという目的から、断層モデルの形状はサブテーマ（2）の断層トレースに沿わせる形で3つの矩形に分割した形状として設定した（図 41）。これらの矩形は地質学的な境界を示す断層セグメントという位置づけではなく、断層データを

近似する上での表現上の分割であるため、ひとつの断層として扱い、スケールリング則を適用する際には3つの矩形断層の合計面積を用いる。断層面積を求める際の断層幅は断層上端および下端深度と断層傾斜角の関係から計算し、断層幅が合計断層長を上回らないような設定とする。ただし、今回、感度解析に使用する断層は合計断層長が比較的長い断層であり断層下端深度をコンラッド面よりも深く設定しても幅が断層長を上回ることは無い。断層下端は、①断層下端深度をコンラッド面として設定した場合、②断層下端深度をコンラッド面として設定したときの断層幅に5 kmを加算したときの深さとした場合、③九州電力により推定された断層下端深度として設定した場合、④九州電力により推定された断層下端深度として設定したときの断層幅に5 kmを加算したときの深さとした場合の4通りについて津波予測計算を行った(表 13)。断層長さは音波探査断面の解析や海底地形等からおおむね特定することが可能なパラメータであるが、断層幅は既存の観測データから特定することが困難なパラメータである。断層幅を設定するために必要な断層傾斜角、断層上端深度、断層下端深度の3つのパラメータのうち、特に断層下端深度については既往のデータや調査、研究から一義的に設定することが難しいことは、前述の熊本地震の震源断層の推定例(表 10)にも示される通りである。そのため、ここでは断層下端深度の異なる複数の断層モデルを提示し、その断層モデルから予測される沿岸での津波高さを比較することにより、影響度評価を行う。設定した断層モデルのマグニチュードは $M_w 6.83 \sim 7.10$ である。この断層に相当するものとして、地震調査研究推進本部地震調査委員会(2013b)による長期評価の断層帯断層区間では、単独で地震を起こす場合に $M 7.5$ という規模が示されている。武村(1998)の式によりモーメントマグニチュードに換算すると $M_w 6.93$ であり、今回設定した断層モデルの規模は $M_w -0.1 \sim +0.17$ の範囲にあり、極端に異なる規模とはなっていない。ただし、ここで示す断層モデルは感度解析に用いる一例として示すものであり、その妥当性を議論するものではない。

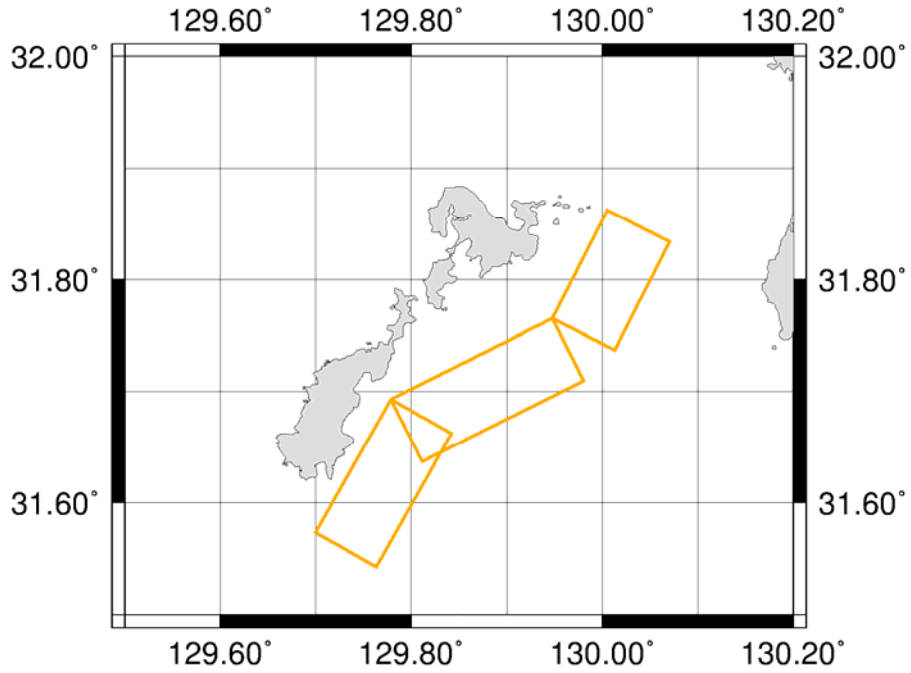


図 41 津波予測計算に使用した断層モデル形状の例。断層下端深度をコンラッド面（12 km）として設定した場合。

表 13 津波予測計算を行った断層モデルのパラメータ

モデル名	lat.(deg)	lon.(deg)	top(km)	bottom(km)	strike(deg)	dip(deg)	rake(deg)	L(km)	W(km)	total L(km)	total S(km**2)	D(m)	Mw
モデル1)ケース① KSK-02-3f-N-bot12km	31.57328	129.69988	0	12	29.1	60	270	15.18	13.86	45.15	625.779	0.99	6.83
	31.69252	129.77864			62.9			17.93					
	31.76499	129.94778			26.4			12.04					
モデル1)ケース② KSK-02-3f-N-bot12pls	31.57328	129.69988	0	16.33	29.1	60	270	15.18	18.86	45.15	851.529	1.35	7.00
	31.69252	129.77864			62.9			17.93					
	31.76499	129.94778			26.4			12.04					
モデル2)ケース① KSK-02-3f-N-bot15km	31.57328	129.69988	0	15	29.1	60	270	15.18	17.32	45.15	781.998	1.24	6.95
	31.69252	129.77864			62.9			17.93					
	31.76499	129.94778			26.4			12.04					
モデル2)ケース② KSK-02-3f-N-bot15pls	31.57328	129.69988	0	19.33	29.1	60	270	15.18	22.32	45.15	1007.748	1.60	7.10
	31.69252	129.77864			62.9			17.93					
	31.76499	129.94778			26.4			12.04					

② 津波予測計算の計算条件

津波予測計算は表 14 に示す条件で実施した。最小格子サイズを 150 m とする概略計算である。

表 14 津波予測計算の計算条件

計算条件	
支配方程式	非線形長波理論
数値解法	Staggered Leap-frog 差分スキーム
計算時間	12 時間
境界条件	陸側：陸域への遡上計算 海側：完全無反射で透過
計算格子サイズ	1350m, 450m, 150m (概略計算)
地形データ	南西諸島海域の地形 (後述)
建物条件	各種施設は考慮しない
潮位	T. P. ±0m
粗度係数	0.025

③ 津波予測計算に使用した地形モデル

・ 計算領域

津波予測計算の計算領域は、図 42 に示すとおり南西諸島周辺を含む範囲とした。南西諸島周辺に設定する計算領域については、外洋から沿岸に近づくほど細かい格子サイズとなるように 1 対 3 の割合で計算領域を細分化し、各計算領域の格子サイズを外洋部から順に 1,350 m、450 m、150 m、50 m で設定した。これらの計算領域は、震源域から沿岸域までを一括して計算するため、異なる格子サイズの領域間で接続される。領域数は、外洋の 1,350 m 格子領域が 1 領域、450 m 格子領域が 5 領域、150 m 格子領域が 12 領域、沿岸の 50 m 格子領域が 28 領域である。50 m 格子領域までの位置図を図 43 に示す (ただし、今回は最小格子サイズ 150 m で計算)。

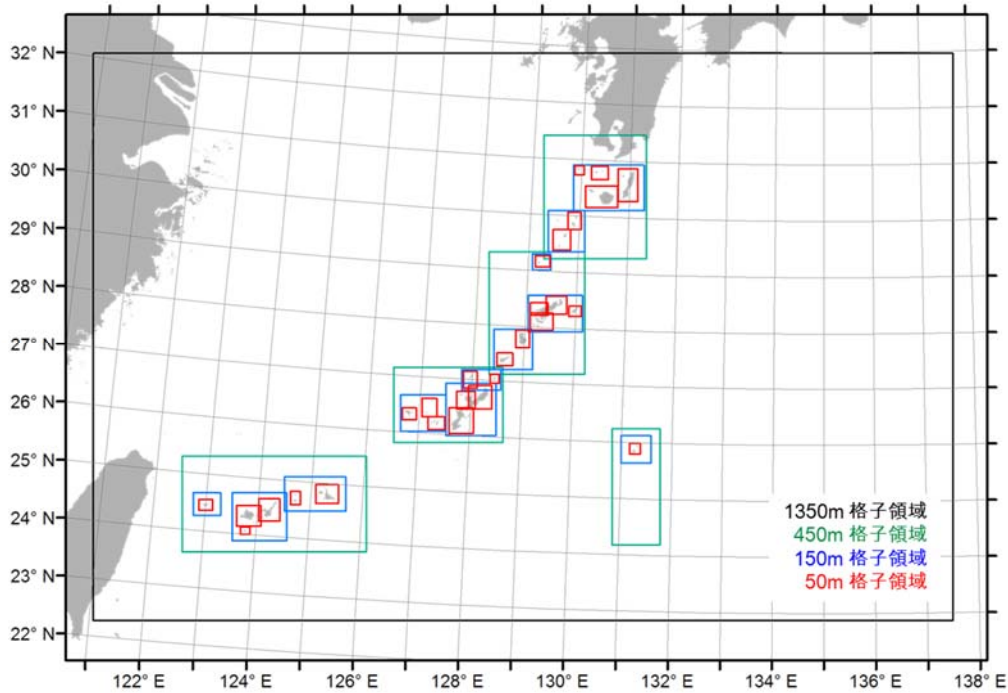


図 42 計算領域の位置

・地形モデル

使用した地形モデルの諸元を表 15 に示す。地形モデルの範囲、格子サイズ、領域数はそれぞれの計算領域と同じである。地形モデルの標高・水深は、表 16 に示したデータソースを参考にし、本検討用の座標系（UTM53 帯）と格子サイズへ変換した値である。

表 15 地形モデルの諸元

領域番号	格子サイズ (m)	領域南西端 UTM53_E(m)	領域南西端 UTM53_N(m)	格子数 x 方向	格子数 y 方向	上位接続領域番号
1350-001	1,350	-945,000	2,530,000	1,300	830	-
0450-001	450	-769,500	2,665,000	811	421	1350-001
0450-002	450	81,000	2,678,500	210	510	1350-001
0450-003	450	-351,000	2,881,000	480	330	1350-001
0450-004	450	-162,000	3,016,000	420	540	1350-001
0450-005	450	-54,000	3,245,500	450	540	1350-001
0150-001	150	-747,000	2,737,000	360	300	0450-001

0150-002	150	-670,500	2,687,500	720	630	0450-001
0150-003	150	-567,000	2,746,000	810	450	0450-001
0150-004	150	99,000	2,840,500	390	360	0450-002
0150-005	150	-337,500	2,903,500	600	480	0450-003
0150-006	150	-247,500	2,894,500	660	690	0450-003
0150-007	150	-216,000	2,984,500	510	270	0450-003
0150-008	150	-153,000	3,025,000	510	540	0450-004
0150-009	150	-85,500	3,101,500	720	480	0450-004
0150-010	150	-76,500	3,223,000	240	210	0450-004
0150-011	150	-45,000	3,259,000	480	540	0450-005
0150-012	150	4,500	3,340,000	930	600	0450-005
0050-001	50	-736,500	2,747,500	540	420	0150-001
0050-002	50	-654,000	2,699,500	360	300	0150-002
0050-003	50	-661,500	2,716,000	960	810	0150-002
0050-004	50	-618,000	2,726,500	840	870	0150-002
0050-005	50	-555,000	2,758,000	390	540	0150-003
0050-006	50	-505,500	2,761,000	900	750	0150-003
0050-007	50	-334,500	2,926,000	570	480	0150-005
0050-008	50	-295,500	2,932,000	600	720	0150-005
0050-009	50	-283,500	2,906,500	660	510	0150-005
0050-010	50	-241,500	2,899,000	960	1,020	0150-006
0050-011	50	-226,500	2,947,000	720	690	0150-006
0050-012	50	-202,500	2,947,000	900	930	0150-006
0050-013	50	-213,000	2,989,000	540	660	0150-007
0050-014	50	115,500	2,858,500	420	420	0150-004
0050-015	50	-160,500	2,998,000	360	360	0150-007
0050-016	50	-147,000	3,032,500	630	510	0150-008
0050-017	50	-109,500	3,068,500	540	720	0150-008
0050-018	50	-81,000	3,104,500	900	690	0150-009
0050-019	50	-81,000	3,134,500	690	480	0150-009
0050-020	50	-49,500	3,136,000	810	720	0150-009
0050-021	50	-4,500	3,131,500	480	420	0150-009
0050-022	50	-70,500	3,229,000	570	450	0150-010
0050-023	50	-36,000	3,262,000	690	810	0150-011

0050-024	50	-6,000	3,302,500	510	690	0150-011
0050-025	50	28,500	3,346,000	1,260	840	0150-012
0050-026	50	93,000	3,358,000	780	1,290	0150-012
0050-027	50	40,500	3,401,500	660	510	0150-012
0050-028	50	7,500	3,410,500	360	360	0150-012

表 16 地形モデルのデータソース

刊行者	刊行物
内閣府	南海トラフの巨大地震モデル検討会（第二次報告），2012年
アメリカ海洋大気庁(NOAA)	ETOPO2, 2001年
イギリス海洋データセンター(BODC)	GEBCO One Minute Grid, 2008年

④ 鹿児島県西岸及び甑島南部における最大水位上昇量の比較

甑島南部に設定した断層モデルを用いた津波予測計算により図 43 及び図 44 に示す結果が得られた。

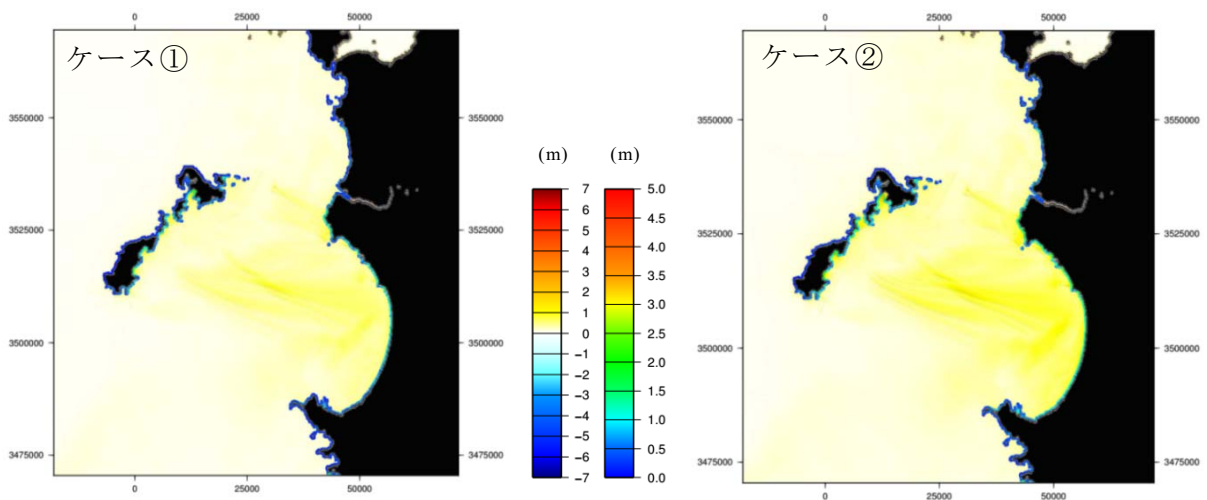
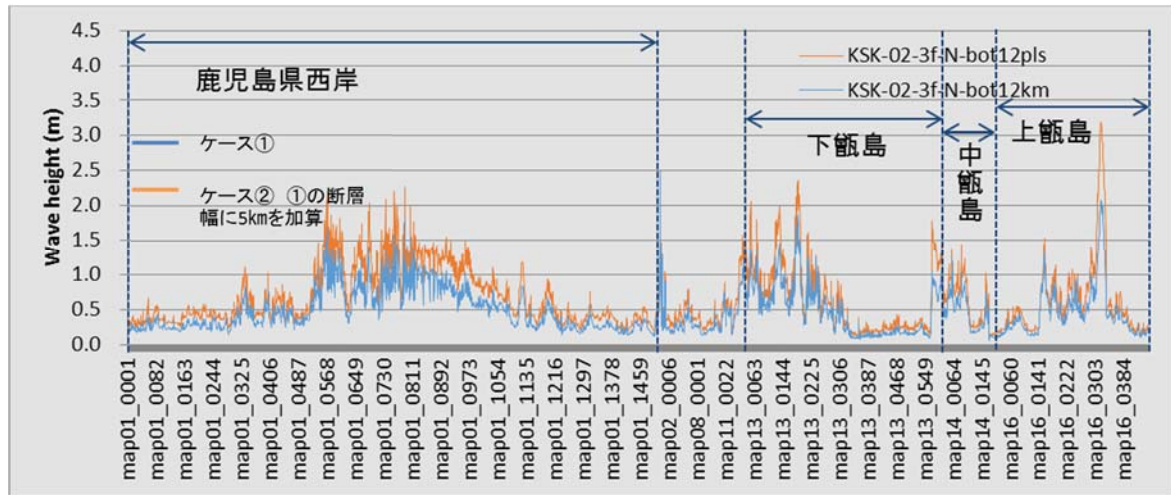


図 43 モデル 1 の最大水位上昇量の比較。ケース①は断層下端深度をコンラッド面とした場合、ケース②は下端をコンラッドとしたときの断層幅に 5 km を加算した場合を示す。

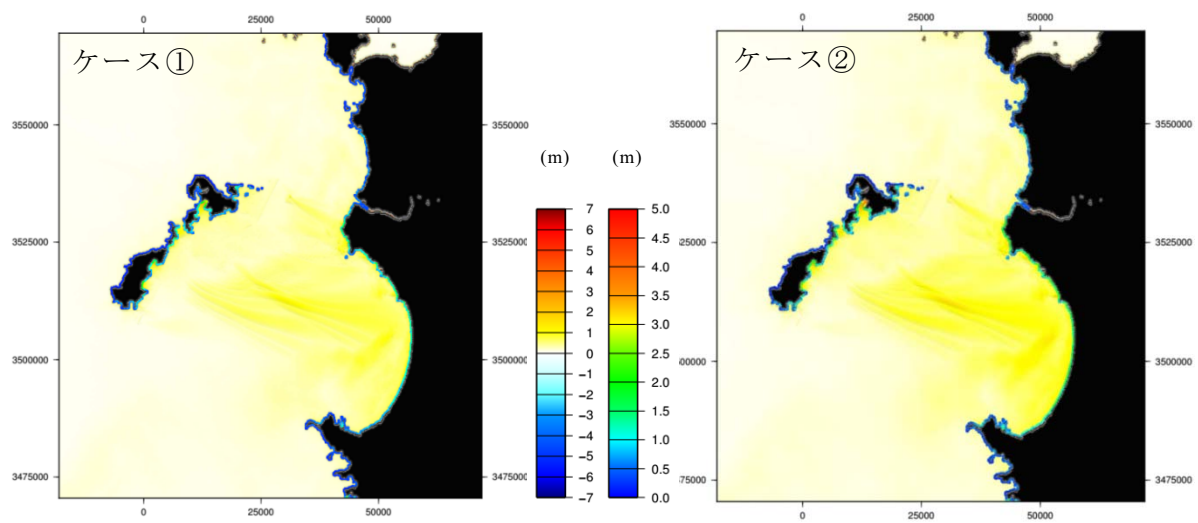
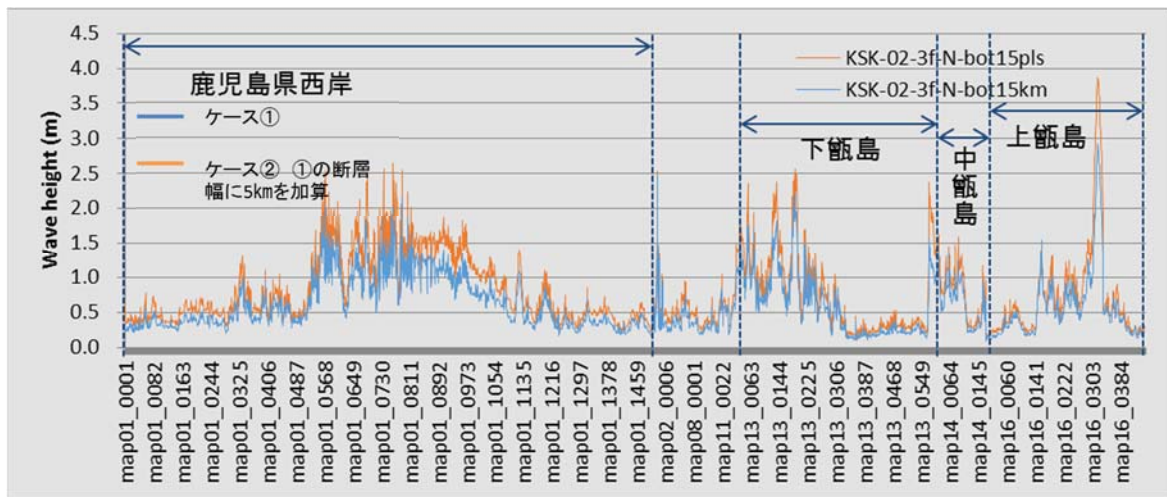


図 44 モデル 2 の最大水位上昇量の比較。ケース①は断層下端深度を D95 とした場合、ケース②は下端をコンラッドとしたときの断層幅に 5 km を加算した場合を示す。

④ まとめと考察・課題

本検討では、断層面上の平均すべり量を断層面積とモーメント量の経験的關係から計算している。そのため、断層幅が増えることは、面積が増え、モーメント量が大きくなり、モーメント量と断層面積から計算する平均すべり量が増えることになる。このパラメータスタディでは純粋に断層下端深度の影響を比較するのではなく、断層下端深度が深くなることによって大きくなる平均すべり量の影響を評価していることになる。表 17 に断層下端深度、断層幅、面積及びモーメント量、平均すべり量の変化の關係と津波予測計算から求めた最大水位上昇量を示す。

断層下端深度の設定に関わらず一律に断層幅に 5 km を加算していることから、断層幅、断層面積及び平均すべり量は、元のモデルの下端深度が 12 km の場合は 1.36 倍、15 km の場合には 1.29 倍となる。また、モーメント量は $M_0 = \mu DS$ として

計算していることから断層幅や面積の増加率の2乗として増加する。よって、断層下端深度が12 kmの場合には 1.36^2 より1.85倍、 1.29^2 より1.66倍となる。

沿岸での津波による最大水位上昇量の平均値は、元の断層下端深度が12 kmのとき1.4倍、15 kmのとき1.3倍となる。この変化率は「断層幅の変化の割合=断層面積の変化の割合=平均すべり量の変化の割合」に近い値であるが、それよりもやや大きい値である。沿岸付近での津波伝播における非線形効果の影響が考えられる。

次に、沿岸の各地域における最大水位上昇量の比較を表18に示す。図43、図44における沿岸の最大水位上昇量が大きかった吹上浜、久志湾、下甑島、上甑島の各エリアにおける最大値を比較している。

各地域の沿岸における最大水位上昇量（地域最大値）の変化は、最大水位上昇量の大小にかかわらず、ケース①とケース②の差が大きい地域と、ほとんど変わらない地域があり、断層幅及び断層下端深度の変化による影響の感度は場所によって異なる。海岸の形状や断層との位置等に関係する可能性がある。

断層下端深度の設定における不確定性を、断層幅に5 kmを加算して考慮する際には、ここで示したような変化の傾向を踏まえる必要がある。また、断層下端深度の設定が浅い場合のほうが影響は大きくなることも留意すべき点である。

表 17 断層幅と地震規模の関係及び最大水位上昇量

モデル名	Bottom(km)		W(km)		total S(km**2)		Mo(Nm)		D(m)		最大水位上昇量 (計算範囲の平均)	
		②/①(倍)		②/①(倍)		②/①(倍)		②/①(倍)		②/①(倍)		②/①(倍)
モデル1)ケース① KSK-02-3f-N-bot12km	12.00	1.36	13.86	1.36	625.78	1.36	2.2E+19	1.85	0.99	1.36	0.47	1.40
モデル1)ケース② KSK-02-3f-N-bot12pls	16.33		18.86		851.53		4E+19		1.35		0.66	
モデル2)ケース① KSK-02-3f-N-bot15km	15.00	1.29	17.32	1.29	782.00	1.29	3.4E+19	1.66	1.24	1.29	0.60	1.30
モデル2)ケース② KSK-02-3f-N-bot15pls	19.33		22.32		1007.75		5.6E+19		1.60		0.78	

表 18 沿岸の各地域における最大水位上昇量の比較

モデル名	吹上浜		久志湾		下甑島		上甑島	
		②/①		②/①		②/①		②/①
モデル1)ケース① KSK-02-3f-N-bot12km	1.81	1.25	2.48	1.01	1.87	1.26	2.08	1.53
モデル1)ケース② KSK-02-3f-N-bot12pls	2.27		2.51		2.36		3.18	
モデル2)ケース① KSK-02-3f-N-bot15km	2.14	1.23	2.49	1.02	2.22	1.13	2.93	1.32
モデル2)ケース② KSK-02-3f-N-bot15pls	2.64		2.54		2.51		3.86	

e) 断層下端深度の不確定性を考慮した波源断層モデルの設定

南西諸島北部海域及び九州西岸海域におけるサブテーマ（２）によるコンラッド面の分布（図 45）では、九州西岸の地域では北西側で 12 km、南東側で 16～18 km と大きな差がある。断層下端深度が 18 km の場合の断層幅は 20.78 km であり、5 km を加算する（25.78 km）と約 1.24 倍となる。前述の感度解析結果を踏まえると、断層幅の設定の違いによる影響は、元の断層下端深度が 12 km の場合のほうが 18 km の場合よりも大きくなる。断層下端深度によらず一律に断層幅に 5 km を加算することについては、現時点ではまだ検討の余地があるが、今年度の作業のまとめとしては、不確定性を考慮した断層モデルとして、断層幅に 5 km を加算した断層モデル群を設定した。

断層下端深度の不確定性を考慮し、下端をコンラッド面として設定したときの断層幅に 5 km を加算し、深度を断層下端深度とした場合の断層モデルを図 46 及び表 19 に示す。断層分布と矩形の形状の変化の例として、九州西岸周辺の断層分布を図 46 に示す。

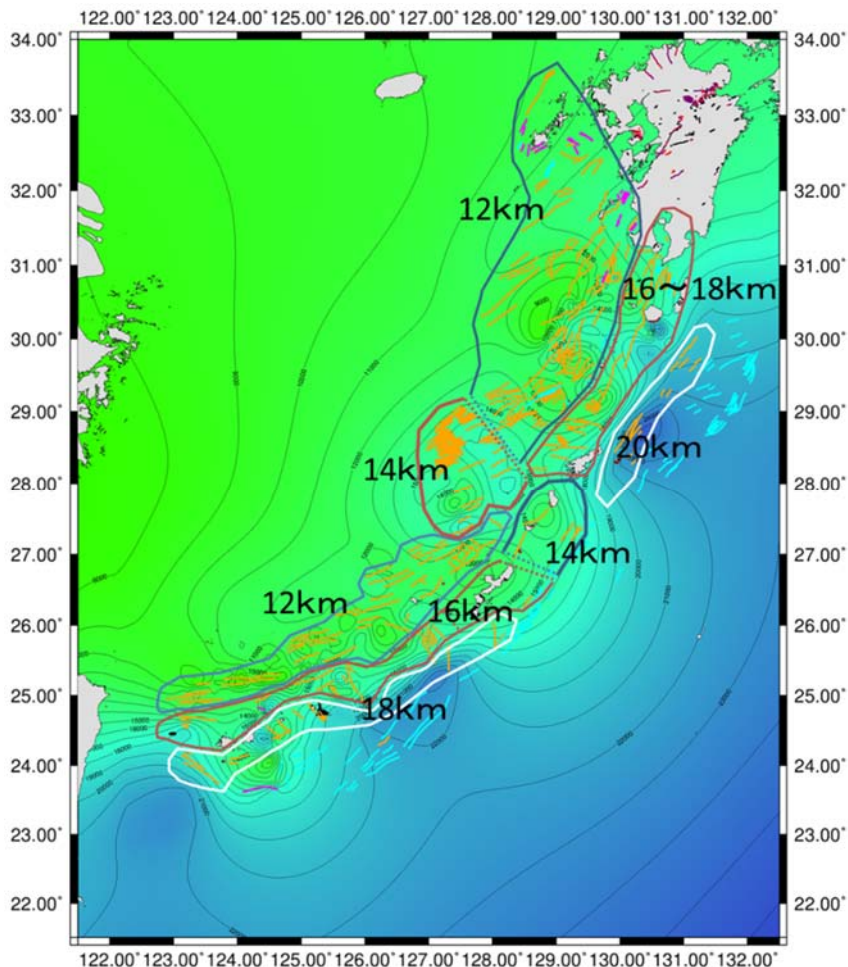
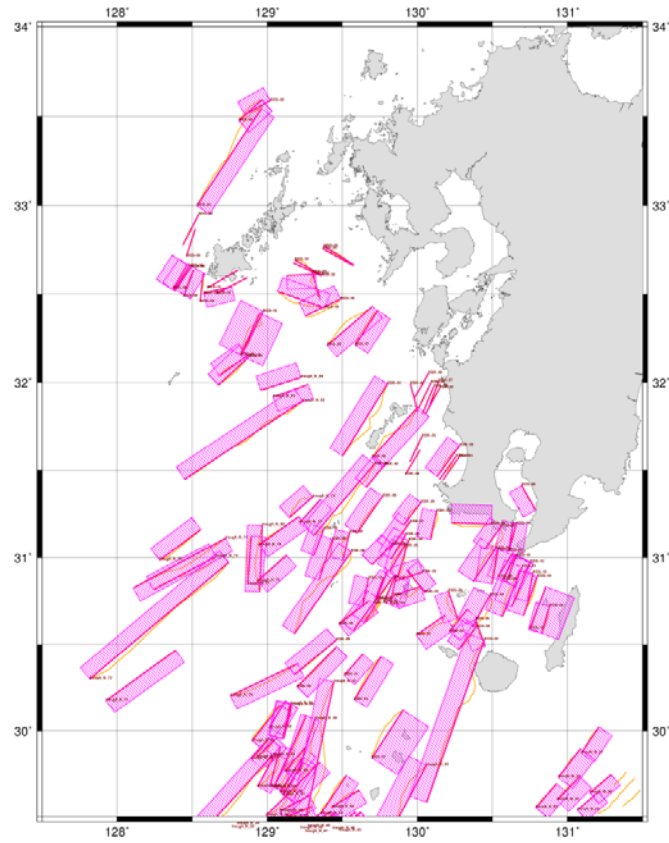
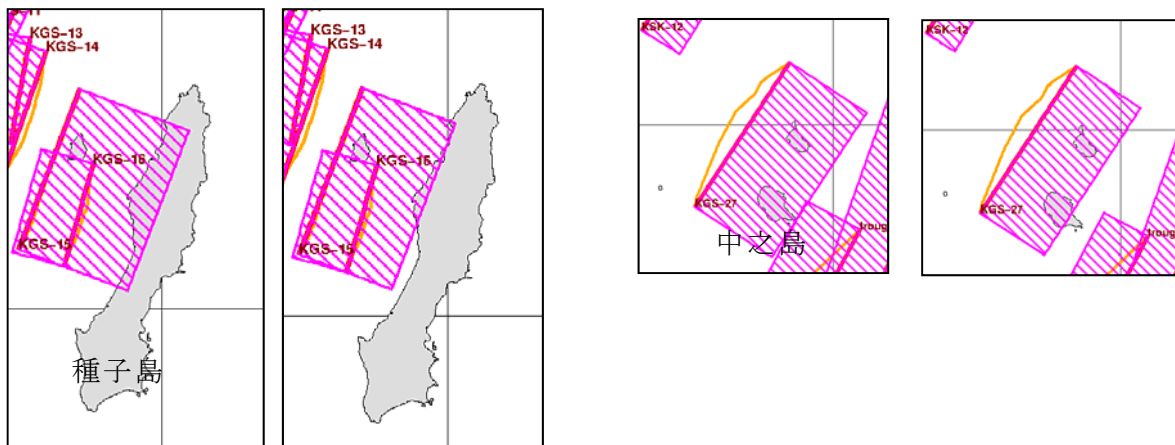


図 45 サブテーマ（２）によるコンラッド面深度分布（図 23 の再掲）



(a) 九州西岸域の断層分布（断層幅に5 kmを加算した場合）



(b) 種子島の西側にある断層についての比較（断層幅に5 kmを加算した場合・断層下端深度をコンラッド面とした場合）

(c) 中之島の西側にある断層についての比較（断層幅に5 kmを加算した場合・断層下端深度をコンラッド面とした場合）

図 46 九州西岸周辺の断層分布と不確定性を考慮した断層モデルの比較

図 46 で示したように、個々の断層について詳しく見ると、断層幅に 5 km を加算することで断層が少し大きくなり、近接する島嶼との関係がやや変化することが分かる。前項のパラメータスタディの結果から、断層下端深度をコンラッド面とした場合と、下端をコンラッド面として計算した断層幅に 5 km を加算した深度とした場合で 1.29 ~ 1.36 倍の変化があることが示された。断層下端深度の設定方法の違いが、予測される沿岸の最大水位上昇量に与える影響も、平均すると断層下端深度のばらつきの範囲と同程度であることが示された。但し、図 46 のように、島に近接し、島のほうに傾斜した断層である場合、断層下端深度を深くすることにより、断層の下端部は、より島に近づくことから、平均的な影響度合いより大きく影響することになると予想される。以下、表 19 にこれらの断層モデル群のパラメータを示す。

表 19 (a) 設定した断層パラメータの一覧 ① (合計 249 断層、Area 3 の断層を整理した後は 211 断層)

	緯度	経度	断層上端 深度(km)	断層下端 深度(km)	走向	傾斜角	すべり角	断層長さ (km)	断層幅 (km)	モーメント 量(Nm)	Mw	平均すべ り量(m)
trough C 46	28.2074	128.8602	0	20.3	271.1	60	270	22.89	22.89	1.50E+19	6.72	0.85
trough C 47	28.2489	127.1127	0	18.3	69.7	60	270	38.67	21.17	3.70E+19	6.98	1.33
trough C 48	28.3940	127.4552	0	18.3	251.3	60	270	36.26	21.17	3.30E+19	6.94	1.24
trough C 49	28.6720	127.9866	0	18.3	243.8	60	270	20.15	20.15	9.20E+18	6.58	0.66
trough C 50	28.6826	127.9891	0	18.3	245.1	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
trough C 51	28.8350	127.8934	0	18.3	251.1	60	270	31.82	21.17	2.50E+19	6.87	1.09
trough C 52	28.5348	127.5650	0	18.3	251.6	60	270	44.44	21.17	4.90E+19	7.06	1.53
trough C 53	28.5540	127.5415	0	18.3	250.9	60	270	32.03	21.17	2.60E+19	6.87	1.10
trough C 54	28.5826	127.6024	0	18.3	252.3	60	270	19.26	19.26	6.80E+18	6.49	0.53
trough C 55	28.6034	127.5249	0	18.3	243.1	60	270	39.44	21.17	3.90E+19	6.99	1.35
trough C 56	28.6218	127.5201	0	18.3	242.2	60	270	34.42	21.17	3.00E+19	6.91	1.18
trough C 57	28.6459	127.5175	0	18.3	244.6	60	270	18.55	18.55	6.10E+18	6.45	0.51
trough C 58	28.6555	127.4603	0	18.3	231.5	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
trough C 59	28.6598	127.4413	0	18.3	230.5	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
trough C 60	28.4678	127.1191	0	18.3	52.8	60	270	34.32	21.17	2.90E+19	6.91	1.18
trough C 61	28.5732	127.2229	0	18.3	58.7	60	270	19.00	19.00	6.50E+18	6.48	0.53
trough C 62	28.5170	127.1276	0	18.3	54.7	60	270	32.10	21.17	2.60E+19	6.87	1.10
trough C 63	28.6380	127.2651	0	18.3	57.2	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
trough C 64	28.5911	127.1955	0	18.3	47.9	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
trough C 65	28.4594	126.9628	0	18.3	52.2	60	270	49.18	21.17	6.00E+19	7.12	1.69
trough C 66	28.5732	127.1304	0	18.3	44.2	60	270	28.25	21.17	2.00E+19	6.80	0.97
trough C 67	28.5003	126.9798	0	18.3	47.5	60	270	43.46	21.17	4.70E+19	7.05	1.49
trough C 68	28.5846	127.0842	0	18.3	44.6	60	270	24.76	21.17	1.50E+19	6.72	0.85
trough C 69	28.7025	127.0939	0	18.3	56.9	60	270	34.33	21.17	2.90E+19	6.91	1.18
trough C 70	28.7392	127.1211	0	18.3	49.2	60	270	54.11	21.17	7.30E+19	7.18	1.86
trough C 71	28.7547	127.0970	0	18.3	48.4	60	270	54.22	21.17	7.30E+19	7.18	1.86

※前述の Area 3 の断層を赤枠で囲んで示す。また、Area 3 の断層の中から、断面でクロスする断層と平面でクロスする断層を整理して残ったものを色を付して示す。

※範囲としては表 5 の断層モデルと同じであるが、断層幅に 5 km を加算することで断層下端深度を深くした断層モデル群である。

表 19 (b) 設定した断層パラメータの一覧 ②

	緯度	経度	断層上端 深度(km)	断層下端 深度(km)	走向	傾斜角	すべり角	断層長さ (km)	断層幅 (km)	モーメント 量(Nm)	Mw	平均すべ り量(m)
trough C 47 a	28.3295	127.3956	0	18.3	249.5	60	270	27.57	21.17	1.90E+19	6.78	0.95
trough C 47 b	28.3156	127.4611	0	18.3	242.1	60	270	40.56	21.17	4.10E+19	7.01	1.39
trough C 47 c	28.3058	127.4759	0	18.3	233.1	60	270	43.82	21.17	4.80E+19	7.05	1.50
trough C 48 a	28.3867	127.3631	0	18.3	252.1	60	270	27.87	21.17	1.90E+19	6.79	0.96
trough C 48 b	28.4092	127.5357	0	18.3	250.7	60	270	40.54	21.17	4.10E+19	7.01	1.39
trough C 48 c	28.4515	127.5458	0	18.3	252.9	60	270	46.80	21.17	5.50E+19	7.09	1.61
trough C 52 a	28.4958	127.4794	0	18.3	252.0	60	270	28.66	21.17	2.00E+19	6.81	0.98
trough C 52 b	28.4902	127.4798	0	18.3	250.4	60	270	32.83	21.17	2.70E+19	6.89	1.13
trough C 52 c	28.4709	127.5182	0	18.3	254.1	60	270	22.36	21.17	1.20E+19	6.66	0.77
trough C 60 a	28.5628	127.2836	0	18.3	47.5	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
trough C 60 b	28.4502	127.1316	0	18.3	54.2	60	270	21.56	21.17	1.20E+19	6.64	0.74
trough C 60 c	28.4773	127.1775	0	18.3	58.9	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
trough C 64 a	28.9354	127.7481	0	18.3	242.1	60	270	24.84	21.17	1.50E+19	6.72	0.85
trough C 65 a	28.8382	127.5043	0	18.3	56.1	60	270	23.93	21.17	1.40E+19	6.70	0.82
trough C 65 b	28.8347	127.5144	0	18.3	58.1	60	270	24.17	21.17	1.50E+19	6.71	0.83
trough C 66 a	28.8458	127.4944	0	18.3	52.9	60	270	23.26	21.17	1.30E+19	6.69	0.80
trough C 67 a	28.8586	127.4724	0	18.3	52.6	60	270	23.41	21.17	1.40E+19	6.69	0.80
trough C 68 a	28.5611	126.9780	0	18.3	48.8	60	270	33.43	21.17	2.80E+19	6.90	1.15
trough C 69 a	28.9018	127.4589	0	18.3	46.5	60	270	20.26	20.26	9.40E+18	6.58	0.67
trough C 69 b	28.9168	127.4359	0	18.3	46.0	60	270	19.97	19.97	8.90E+18	6.56	0.65
trough C 69 c	28.9368	127.4186	0	18.3	48.1	60	270	19.20	19.20	6.70E+18	6.48	0.53
trough C 70 a	28.8241	127.1985	0	18.3	51.5	60	270	20.63	20.63	1.00E+19	6.60	0.69

※前述の Area 3 の断層を赤枠で囲んで示す。また、Area 3 の断層の中から、断面でクロスする断層と平面でクロスする断層を整理して残ったものに色を付して示す。

表 19 (c) 設定した断層パラメータの一覧 ③

	緯度	経度	断層上端 深度(km)	断層下端 深度(km)	走向	傾斜角	すべり角	断層長さ (km)	断層幅 (km)	モーメント 量(Nm)	Mw	平均すべ り量(m)
trough N 01	28.3359	129.1990	0	20.3	284.5	60	270	28.16	23.48	2.40E+19	6.86	1.07
trough N 02	28.4851	129.0643	0	19.9	266.9	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
trough N 03	28.5441	128.8033	0	20.3	95.0	60	270	66.64	23.48	1.40E+20	7.36	2.54
trough N 04	28.6141	129.0196	0	19.9	127.4	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
trough N 05	28.6287	129.0310	0	19.9	127.6	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
trough N 06	28.5802	129.1485	0	19.9	298.0	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
trough N 07	28.6165	129.2534	0	19.9	237.4	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
trough N 08	28.5966	129.1607	0	19.9	304.1	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
trough N 09	28.7749	128.7234	0	19.9	60.0	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
trough N 10	28.7972	128.6884	0	19.9	54.4	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
trough N 11	28.7737	128.6460	0	20.3	35.5	60	270	19.42	19.42	7.00E+18	6.49	0.54
trough N 12	28.8747	128.6006	0	19.9	58.9	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
trough N 13	28.9904	128.7090	0	20.3	242.2	60	270	50.04	23.48	7.70E+19	7.19	1.91
trough N 14	29.0201	128.6929	0	20.3	245.4	60	270	34.67	23.48	3.70E+19	6.98	1.32
trough N 15	29.0828	128.5151	0	20.3	219.9	60	270	40.50	23.48	5.00E+19	7.07	1.54
trough N 16	28.7098	127.9631	0	20.3	58.7	60	270	47.12	23.48	6.80E+19	7.16	1.79
trough N 17	28.9152	128.2307	0	20.3	45.2	60	270	44.98	23.48	6.20E+19	7.13	1.71
trough N 18	29.1940	128.4343	0	20.3	236.4	60	270	49.22	23.48	7.40E+19	7.18	1.87
trough N 19	28.6878	129.4670	0	20.3	286.3	60	270	30.24	23.48	2.80E+19	6.90	1.15
trough N 20	28.8275	129.1395	0	19.9	121.7	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
trough N 21	28.7841	129.4545	0	20.3	273.8	60	270	24.55	23.48	1.80E+19	6.78	0.93
trough N 22	28.8172	129.4922	0	20.3	286.0	60	270	21.73	21.73	1.20E+19	6.66	0.77
trough N 23	28.8806	129.1169	0	20.3	103.1	60	270	62.23	23.48	1.20E+20	7.32	2.37
trough N 24	29.0684	129.2569	0	15.5	307.7	45	90	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
trough N 25	29.2772	129.1090	0	16.3	188.6	60	270	39.63	18.86	3.10E+19	6.93	1.21
trough N 26	29.0987	128.9464	0	16.3	54.0	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
trough N 27	29.1188	128.7951	0	16.3	61.6	60	270	33.88	18.86	2.30E+19	6.84	1.04
trough N 28	29.1967	128.9315	0	16.3	50.3	60	270	18.93	18.86	6.40E+18	6.47	0.52
trough N 29	29.1481	128.7758	0	16.3	56.3	60	270	34.76	18.86	2.40E+19	6.85	1.06
trough N 30	29.1299	128.6458	0	16.3	63.2	60	270	33.00	18.86	2.20E+19	6.82	1.01
trough N 31	29.3017	128.9906	0	15.5	244.7	45	90	25.95	21.98	1.80E+19	6.77	0.92
trough N 32	29.0684	128.5133	0	15.5	59.7	45	90	63.68	21.98	1.10E+20	7.29	2.27
trough N 33	29.2859	128.7930	0	16.3	65.7	60	270	32.24	18.86	2.10E+19	6.81	0.99
trough N 34	29.2487	128.7188	0	16.3	48.9	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
trough N 35	29.4586	128.8000	0	16.3	210.3	60	270	38.14	18.86	2.90E+19	6.91	1.17
trough N 36	29.4370	128.7653	0	16.3	222.4	60	270	19.66	18.86	6.80E+18	6.49	0.53
trough N 37	29.3237	128.5003	0	16.3	42.8	60	270	19.47	18.86	6.70E+18	6.48	0.53
trough N 38	28.9630	129.6246	0	20.3	301.2	60	270	19.68	19.68	7.20E+18	6.51	0.54
trough N 39	28.9974	129.6547	0	20.3	299.7	60	270	22.02	22.02	1.30E+19	6.68	0.79
trough N 40	29.0082	129.6654	0	20.3	303.7	60	270	21.39	21.39	1.20E+19	6.64	0.74

表 19 (d) 設定した断層パラメータの一覧 ④

	緯度	経度	断層上端 深度(km)	断層下端 深度(km)	走向	傾斜角	すべり角	断層長さ (km)	断層幅 (km)	モーメント 量(Nm)	Mw	平均すべ り量(m)
trough N 41	29.1432	129.5375	0	20.3	131.4	60	270	19.13	19.13	6.60E+18	6.48	0.53
trough N 42	29.1694	129.5663	0	20.3	129.7	60	270	19.18	19.18	6.70E+18	6.48	0.53
trough N 43	29.3218	129.6480	0	19.9	139.3	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
trough N 44	29.7995	130.0602	0	22.3	207.5	60	270	92.26	25.78	3.70E+20	7.64	4.49
trough N 45	29.4184	129.4783	0	15.5	48.7	45	90	18.55	18.55	6.10E+18	6.45	0.51
trough N 46	29.4311	129.4363	0	16.3	53.7	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
trough N 47	29.4105	129.2556	0	16.3	57.3	60	270	21.75	18.86	9.40E+18	6.58	0.67
trough N 48	29.4439	129.2716	0	16.3	57.0	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
trough N 49	29.4328	129.2212	0	16.3	53.4	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
trough N 50	29.5566	129.4310	0	16.3	57.7	60	270	20.61	18.86	7.30E+18	6.51	0.55
trough N 51	29.5163	129.3560	0	16.3	33.3	60	270	29.76	18.86	1.80E+19	6.76	0.91
trough N 52	30.2849	129.4440	0	16.3	191.4	60	270	87.73	18.86	1.50E+20	7.39	2.68
trough N 53	29.4982	129.1256	0	16.3	67.3	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
trough N 54	29.5334	129.0863	0	16.3	61.9	60	270	21.37	18.86	9.00E+18	6.57	0.65
trough N 55	29.5084	128.9937	0	16.3	45.2	60	270	48.49	18.86	4.60E+19	7.04	1.48
trough N 56	30.0703	129.3177	0	16.3	197.4	60	270	37.36	18.86	2.80E+19	6.89	1.14
trough N 57	29.6259	129.1038	0	16.3	31.8	60	270	24.89	18.86	1.20E+19	6.66	0.76
trough N 58	29.6426	129.0858	0	16.3	32.6	60	270	27.05	18.86	1.40E+19	6.71	0.83
trough N 59	29.7669	129.1211	0	16.3	39.6	60	270	19.47	18.86	6.70E+18	6.48	0.53
trough N 60	29.6714	129.0446	0	16.3	24.1	60	270	50.75	18.86	5.10E+19	7.07	1.55
trough N 61	29.6792	129.0189	0	16.3	14.7	60	270	26.52	18.86	1.40E+19	6.70	0.81
trough N 62	29.6782	128.9368	0	16.3	28.8	60	270	23.97	18.86	1.10E+19	6.64	0.73
trough N 63	29.8593	129.0370	0	16.3	222.4	60	270	65.01	18.86	8.40E+19	7.21	1.99
trough N 64	29.8475	128.9313	0	16.3	45.8	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
trough N 65	29.8363	128.8924	0	16.3	40.5	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
trough N 66	30.1519	129.1619	0	16.3	192.6	60	270	22.19	18.86	9.70E+18	6.59	0.68
trough N 67	30.1585	129.1555	0	16.3	192.4	60	270	23.07	18.86	1.10E+19	6.61	0.71
trough N 68	30.0189	129.0142	0	16.3	30.7	60	270	20.07	18.86	7.00E+18	6.50	0.54
trough N 69	29.9427	128.8994	0	16.3	38.4	60	270	29.43	18.86	1.70E+19	6.76	0.90
trough N 70	30.2040	128.7557	0	16.3	64.5	60	270	47.66	18.86	4.50E+19	7.04	1.46
trough N 71	30.1757	127.9264	0	16.3	54.6	60	270	54.99	18.86	6.00E+19	7.12	1.68
trough N 72	30.9727	128.7437	0	16.3	230.3	60	270	115.72	18.86	3.40E+20	7.62	4.49
trough N 73	31.0049	128.6577	0	16.3	242.5	60	270	44.92	18.86	4.00E+19	7.00	1.37
trough N 74	30.8261	128.1079	0	16.3	62.0	60	270	66.67	18.86	8.80E+19	7.23	2.04
trough N 75	31.1620	128.5573	0	16.3	233.4	60	270	32.66	18.86	2.10E+19	6.82	1.00
trough N 76	30.8669	128.9365	0	16.3	48.4	60	270	24.44	18.86	1.20E+19	6.65	0.75
trough N 77	31.2003	129.2161	0	16.3	41.7	60	270	19.97	18.86	6.90E+18	6.49	0.54
trough N 78	31.0722	128.9444	0	16.3	54.3	60	270	31.31	18.86	1.90E+19	6.79	0.96
trough N 79	31.3502	129.3053	0	16.3	228.1	60	270	20.16	18.86	7.00E+18	6.50	0.54
trough N 80	31.1848	128.9672	0	16.3	182.2	60	270	42.25	18.86	3.50E+19	6.97	1.29
trough N 81	30.8499	128.8707	0	16.3	4.3	60	270	30.44	18.86	1.80E+19	6.78	0.93
trough N 82	31.8947	129.2352	0	16.3	236.5	60	270	89.33	18.86	1.60E+20	7.40	2.73
trough N 83	31.9180	129.0385	0	16.3	70.1	60	270	23.51	18.86	1.10E+19	6.63	0.72
trough N 84	32.0302	129.2242	0	16.3	252.1	60	270	26.53	18.86	1.40E+19	6.70	0.81
trough N 16 a	28.8375	128.1125	0	16.3	60.4	60	270	35.74	18.86	2.50E+19	6.87	1.09
trough N 18 a	29.1055	127.9512	0	16.3	74.8	60	270	58.19	18.86	6.70E+19	7.15	1.78
trough N 18 b	29.1700	127.9557	0	16.3	74.4	60	270	50.69	18.86	5.10E+19	7.07	1.55
trough N 18 c	29.1829	127.9273	0	16.3	73.5	60	270	50.49	18.86	5.00E+19	7.07	1.54

表 19 (e) 設定した断層パラメータの一覧 ⑤

	緯度	経度	断層上端 深度(km)	断層下端 深度(km)	走向	傾斜角	すべり角	断層長さ (km)	断層幅 (km)	モーメント 量(Nm)	Mw	平均すべ り量(m)
trough N 18 d	29.2134	127.8812	0	16.3	59.8	60	270	43.40	18.86	3.70E+19	6.98	1.33
trench N 02	27.1815	129.0731	0	18.3	35.6	60	270	35.42	21.17	3.10E+19	6.93	1.22
trench N 03	27.4090	129.3770	0	18.3	218.3	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
trench N 05	27.1926	129.2348	0	18.3	39.9	60	270	26.70	21.17	1.80E+19	6.77	0.92
trench N 10	28.3604	130.2717	0	19.9	218.5	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
trench N 13	28.4449	130.2226	0	19.9	219.7	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
trench N 14	28.8366	130.2649	0	24.3	204.8	60	270	26.83	26.83	2.90E+19	6.91	1.17
trench N 17	28.8101	130.3325	0	24.3	216.4	60	270	28.86	28.09	3.70E+19	6.98	1.31
trench N 18	28.7682	130.3730	0	19.9	219.4	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
trench N 19	28.9706	130.3487	0	24.3	208.4	60	270	39.47	28.09	6.80E+19	7.16	1.80
trench N 20	28.4376	129.9164	0	24.3	32.6	60	270	60.46	28.09	2.60E+20	7.55	4.49
trench N 21	28.5605	130.2363	0	19.9	182.0	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
trench N 31	29.7292	130.9398	0	24.3	36.4	60	270	23.41	23.41	1.70E+19	6.75	0.89
trench N 32	29.5530	130.7890	0	22.2	40.0	60	270	20.64	20.64	1.00E+19	6.60	0.69
trench N 33	29.5986	130.9315	0	22.6	43.3	60	270	21.11	21.11	1.10E+19	6.63	0.72
trench N 34	29.5393	131.0667	0	19.9	48.1	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
trench N 35	29.1828	130.7229	0	19.9	28.9	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
trench N 36	29.1837	130.6307	0	19.9	24.0	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
trench N 37	29.8713	131.0920	0	22.0	33.0	60	270	20.37	20.37	9.60E+18	6.59	0.67
trench N 38	29.6406	131.1499	0	19.9	48.5	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50

表 19 (f) 設定した断層パラメータの一覧 ⑥

	緯度	経度	断層上端 深度(km)	断層下端 深度(km)	走向	傾斜角	すべり角	断層長さ (km)	断層幅 (km)	モーメント 量(Nm)	Mw	平均すべ り量(m)
NGS-01	32.9993	128.5319	0	16.3	33.7	60	270	72.17	18.86	1.00E+20	7.28	2.21
NGS-02	33.5874	129.0205	0	16.3	241.3	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
NGS-03	33.4756	128.8103	0	16.3	47.9	60	270	19.37	18.86	6.60E+18	6.48	0.53
NGS-04	32.9502	128.5429	0	17.0	207.4	90	180/0	21.63	17.00	6.70E+18	6.48	0.53
NGS-05	32.7144	128.4622	0	17.0	18.0	90	180/0	18.00	17.00	5.10E+18	6.40	0.48
NGS-06	32.5333	128.3727	0	15.5	31.0	45	90	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
NGS-07	32.6588	128.4808	0	15.5	213.3	45	90	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
NGS-08	32.6534	128.4921	0	16.3	214.9	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
NGS-09	32.4878	128.4426	0	17.0	21.0	90	180/0	18.00	17.00	5.10E+18	6.40	0.48
NGS-10	32.4560	128.5538	0	17.0	5.9	90	180/0	18.00	17.00	5.10E+18	6.40	0.48
NGS-11	32.5369	128.6008	0	17.0	59.9	90	180/0	22.40	17.00	7.10E+18	6.50	0.54
NGS-12	32.5043	128.5766	0	16.3	75.7	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
NGS-13	32.5040	128.6038	0	17.0	62.0	90	180/0	21.88	17.00	6.80E+18	6.49	0.53
NGS-14	32.1544	128.8210	0	15.5	24.7	45	90	29.31	21.98	2.30E+19	6.84	1.04
NGS-15	32.4024	128.9724	0	15.5	206.5	45	90	30.61	21.98	2.50E+19	6.87	1.09
NGS-16	32.1516	128.8654	0	16.3	234.5	60	270	21.34	18.86	9.00E+18	6.57	0.65
NGS-17	32.1459	128.8779	0	16.3	227.4	60	270	26.12	18.86	1.30E+19	6.69	0.80
NGS-18	32.4721	129.4884	0	16.3	244.5	60	270	24.27	18.86	1.20E+19	6.64	0.74
NGS-19	32.4223	129.3841	0	16.3	289.2	60	270	31.37	18.86	1.90E+19	6.79	0.96
NGS-20	32.6232	129.3004	0	17.0	163.5	90	180/0	18.00	17.00	5.10E+18	6.40	0.48
NGS-21	32.6076	129.1295	0	16.3	87.2	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
NGS-22	32.6057	129.3599	0	17.0	294.4	90	180/0	19.11	17.00	5.60E+18	6.43	0.50
NGS-23	32.6934	129.1836	0	17.0	119.0	90	180/0	19.24	17.00	5.60E+18	6.43	0.50
NGS-24	32.7573	129.3699	0	17.0	118.6	90	180/0	21.71	17.00	6.70E+18	6.49	0.53
NGS-25	32.7710	129.3787	0	17.0	121.8	90	180/0	22.06	17.00	6.90E+18	6.49	0.54
NGS-26	32.2113	129.4000	0	16.3	49.0	60	270	37.48	18.86	2.80E+19	6.90	1.15
NGS-27	32.2123	129.5862	0	16.3	32.5	60	270	25.88	18.86	1.30E+19	6.68	0.79

表 19 (g) 設定した断層パラメータの一覧 ⑦

	緯度	経度	断層上端 深度(km)	断層下端 深度(km)	走向	傾斜角	すべり角	断層長さ (km)	断層幅 (km)	モーメント 量(Nm)	Mw	平均すべ り量(m)
KSK-01	31.9932	129.8009	0	16.3	211.5	60	270	53.46	18.86	5.70E+19	7.10	1.63
KSK-02	31.5733	129.6998	0	16.3	41.7	60	270	43.14	18.86	3.70E+19	6.98	1.32
KSK-03	31.5342	129.7122	0	16.3	220.0	60	270	58.81	18.86	6.80E+19	7.16	1.80
KSK-04	31.0336	129.5594	0	16.3	214.5	60	270	63.43	18.86	8.00E+19	7.20	1.94
KSK-05	31.1662	129.3777	0	16.3	200.4	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
KSK-06	31.1063	129.4342	0	16.3	197.9	60	270	27.39	18.86	1.50E+19	6.71	0.84
KSK-07	31.1434	129.5485	0	16.3	193.0	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
KSK-08	31.3526	129.7686	0	16.3	214.3	60	270	28.57	18.86	1.60E+19	6.74	0.87
KSK-09	30.5256	129.4601	0	16.3	230.2	60	270	34.58	18.86	2.40E+19	6.85	1.06
KSK-10	30.2553	129.1985	0	16.3	44.4	60	270	36.23	18.86	2.60E+19	6.88	1.11
KSK-11	30.3222	129.5133	0	16.3	41.1	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
KSK-12	30.1811	129.5804	0	16.3	31.3	60	270	32.59	18.86	2.10E+19	6.81	1.00
KSK-13	30.8808	129.6756	0	16.3	192.3	60	270	18.10	18.10	5.60E+18	6.43	0.50
KSK-14	30.6168	129.4790	0	16.3	51.6	60	270	24.26	18.86	1.20E+19	6.64	0.74
KSK-15	30.7362	129.7094	0	17.0	20.1	90	180/0	18.00	17.00	5.10E+18	6.40	0.48
KSK-16	30.7625	129.7280	0	17.0	20.8	90	180/0	19.65	17.00	5.80E+18	6.44	0.51
KSK-17	30.8809	129.8329	0	16.3	216.4	60	270	41.65	18.86	3.40E+19	6.96	1.27
KSK-18	30.7645	129.7490	0	16.3	211.9	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
KSK-19	30.7459	129.7763	0	16.3	23.3	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
KSK-20	30.7344	129.8222	0	16.3	10.4	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
KSK-21	30.7834	129.8449	0	16.3	71.0	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
KSK-22	30.8015	130.0505	0	16.3	321.0	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
KSK-23	30.9157	130.0337	0	16.3	251.8	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
KSK-24	31.1011	129.9429	0	16.3	196.3	60	270	23.84	18.86	1.10E+19	6.63	0.73
KSK-25	31.0668	129.9132	0	16.3	209.2	60	270	18.31	18.31	5.80E+18	6.44	0.51
KSK-26	31.1325	129.9233	0	16.3	210.5	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
KSK-27	31.2039	129.9520	0	16.3	216.0	60	270	21.98	18.86	9.60E+18	6.59	0.67
KSK-28	31.0755	129.8307	0	16.3	224.0	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
KSK-29	31.3153	130.0243	0	16.3	217.5	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
KSK-30	31.2652	130.1272	0	16.3	191.2	60	270	18.15	18.15	5.70E+18	6.44	0.50
KSK-31	31.5770	130.2780	0	17.0	214.2	90	180/0	18.00	17.00	5.10E+18	6.40	0.48
KSK-32	31.5796	130.2577	0	17.0	215.1	90	180/0	18.00	17.00	5.10E+18	6.40	0.48
KSK-33	31.6419	130.2822	0	16.3	215.3	60	270	24.07	18.86	1.10E+19	6.64	0.74
KSK-34	31.4761	129.9210	0	17.0	30.2	90	180/0	18.00	17.00	5.10E+18	6.40	0.48
KSK-35	31.6950	130.0311	0	17.0	204.7	90	180/0	18.00	17.00	5.10E+18	6.40	0.48
KSK-36	31.9695	130.1487	0	17.0	207.8	90	180/0	19.09	17.00	5.60E+18	6.43	0.50
KSK-37	32.0094	130.1425	0	17.0	199.8	90	180/0	18.00	17.00	5.10E+18	6.40	0.48
KSK-38	31.9790	130.1093	0	17.0	201.4	90	180/0	18.61	17.00	5.30E+18	6.42	0.49
KSK-39	32.0007	130.0909	0	17.0	204.9	90	180/0	18.00	17.00	5.10E+18	6.40	0.48
KSK-42	31.5305	129.7814	0	16.3	219.0	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
KSK-40	32.0518	130.0735	0	17.0	209.0	90	180/0	18.00	17.00	5.10E+18	6.40	0.48
KSK-41	31.9928	129.9538	0	17.0	164.7	90	180/0	18.00	17.00	5.10E+18	6.40	0.48

表 19 (h) 設定した断層パラメータの一覧 ⑧

	緯度	経度	断層上端 深度(km)	断層下端 深度(km)	走向	傾斜角	すべり角	断層長さ (km)	断層幅 (km)	モーメント 量(Nm)	Mw	平均すべ り量(m)
KGS-01	31.1805	130.5599	0	19.9	214.9	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
KGS-02	31.1929	130.4932	0	20.3	271.3	60	270	25.50	23.48	2.00E+19	6.80	0.97
KGS-03	31.0400	130.6107	0	19.9	7.3	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
KGS-04	31.1932	130.6584	0	19.9	194.2	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
KGS-05	31.4140	130.6953	0	19.9	149.6	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
KGS-06	31.0530	130.5221	0	20.3	213.4	60	270	25.21	23.48	1.90E+19	6.79	0.96
KGS-07	31.0424	130.5367	0	20.3	188.7	60	270	21.60	21.60	1.20E+19	6.66	0.76
KGS-08	30.8904	130.5377	0	16.3	31.0	45	90	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
KGS-09	30.8728	130.5699	0	16.3	26.2	45	90	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
KGS-10	31.0095	130.6590	0	16.3	199.8	45	90	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
KGS-11	30.9456	130.6970	0	20.3	200.8	60	270	33.82	23.48	3.50E+19	6.96	1.29
KGS-12	30.9726	130.7508	0	20.3	201.4	60	270	30.61	23.48	2.90E+19	6.91	1.17
KGS-13	30.9114	130.7697	0	19.9	189.6	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
KGS-14	30.8910	130.7980	0	20.3	198.2	60	270	26.34	23.48	2.10E+19	6.82	1.00
KGS-15	30.5908	130.7498	0	19.5	19.9	45	90	28.79	27.63	3.50E+19	6.96	1.29
KGS-16	30.7208	130.8803	0	19.9	194.9	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
KGS-19	30.7824	130.4814	0	20.3	207.5	60	270	22.49	22.49	1.40E+19	6.70	0.82
KGS-20	30.8077	130.2070	0	20.3	160.7	60	270	18.40	18.40	5.90E+18	6.45	0.51
KGS-22	30.5744	130.2152	0	19.9	37.8	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
KGS-23	30.5551	129.9942	0	20.3	55.0	60	270	22.00	22.00	1.30E+19	6.68	0.78
KGS-24	30.6001	130.3903	0	19.9	217.5	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
KGS-25	30.6428	130.3868	0	19.9	158.8	60	270	18.00	18.00	5.50E+18	6.43	0.50
KGS-26	30.5274	130.4463	0	20.3	198.9	60	270	110.80	23.48	4.00E+20	7.67	4.49
KGS-27	29.8427	129.6970	0	19.5	32.8	45	90	36.75	27.63	5.70E+19	7.11	1.65

(d) 今年度成果と今後の課題

1) 平成 29 年度成果

南西諸島北部海域及び九州西岸地域における断層モデルの設定方法について検討し、断層モデルの構築を行った。これにより、南西諸島海域及び九州西岸海域の断層モデルの設定が完了した。但し、プレート沈み込みに関係すると思われる断層（分岐断層）については、南海トラフ等の分岐断層の検討を踏まえてモデル化するため今年度の作業としては実施していない。また、サブテーマ（2）によりデータが追加・更新された場合には断層モデルもそれにともない、追加・更新する予定である。具体的な成果については次の通りである。

- ・ 南西諸島北部～九州西岸海域の断層モデル群を作成した（211断層、2パターン：断層下端深度をコンラッド面とした場合及び不確定性を考慮して断層幅に5kmを加算した場合）。
- ・ 奄美大島西方沖に位置する密集した断層群について、主断層の抽出方法とモデル化方法を検討し、代表モデルを作成した。
- ・ 断層下端深度の不確定性の検討を踏まえた波源断層モデル群を作成し、甕島付近の断層を例に、沿岸への津波の影響（sensitivity）を評価した。

以上により、断層下端は熊本地震の震源断層モデルを基に、地震本部の「長期評価部会」及び「海域活断層評価手法等検討分科会」で議論された断層下端深度の設定方法について、考え方を整理した。また、下端深度をコンラッド面として設定した場合と断層幅に5kmを加算して下端深度を設定した場合それぞれにおける津波高さの感度解析を実施した。感度解析の結果、断層下端深度が浅い断層のほうが断層幅に5kmを加算する影響が大きい。今回の検討では、断層下端深度によらず、断層幅に5kmを加算した断層モデルを認識論的不確定性として考慮した。一方、偶発的不確定性としては、平均すべり量にスケール平均値 $+\sigma$ を考慮した。

なお、ここで設定した断層モデルは、サブテーマ（1）のデータベース作成のために整理し提供する予定である。

2) 平成 30 年度予定

平成 29 年度にサブテーマ（2）で断層の抽出が行われた伊豆・小笠原海域、相模トラフ、三重会合点周辺の領域から、プレート沈み込みに関係していると思われる断層を除き、断層モデルの設定方法の検討及び断層モデルの構築を行う。具体的には以下のような作業内容とする。

- ・ 断層モデルを設定する範囲としては島弧及び火山フロント、小笠原海嶺、小笠原諸島、銭洲海嶺の周辺を主とし、相模湾西側の断層、三浦半島及び鴨川低地の陸域断層の海域延長についても検討の対象とする。

・ 小笠原海溝の OUTER-LIKE の断層及び前述のモデル化の対象については、その地域の断層の特徴を代表するもので、規模が比較的大きなものを選び、周辺の有人島の沿岸に対する津波の影響について評価を行う。

(e) 引用文献

Abe, K., Magnitudes of Large Shallow Earthquakes from 1904 to 1980, *Phys. Earth Planet. Inter.*, 27, 72-92, 1981.

安藤雅孝, 房総沖地震 (1953) の断層モデル, 地震学会講演予稿集, 2, 49, 1971.

青井真, 地震観測データから見た熊本地震, 「平成 28 年 (2016 年) 熊本地震」緊急報告会～防災科学技術研究所 この 1 週間の取り組み～ (平成 28 年 4 月 24 日開催), 講演資料, 2016. <http://www.bosai.go.jp/event/2016/20160424.html>

Asano, K. and T. Iwata., Source rupture processes of the foreshock and mainshock in the 2016 Kumamoto earthquake sequence estimates from the kinematic waveform inversion of strong motion data, *Earth, Planets and Space*, 68:147, 2016.

防災科学技術研究所資料, 第 211 回地震予知連絡会の活動報告 (2016 年 5 月 18 日), 2016. <http://cais.gsi.go.jp/YOCHIREN/activity/211/211.html>

地質調査所, 1974 年伊豆半島沖地震の断層とその地震後の運動 (中間報告), 地震予知連絡会会報, 12, 93-98, 1974.

Fukahata, Y. and M. Hashimoto, Simultaneous estimation of the dip angles and slip distribution on the faults of the 2016 Kumamoto earthquake through a weak nonlinear inversion of InSAR data, *Earth, Planets and Space*, 68:204, 2016.

羽鳥徳太郎, 房総沖における津波の規模-1984 年 9 月 19 日房総半島南東沖津波-, 地震, 2, 40, 205-211, 1987.

羽鳥徳太郎, 房総沖における津波の波源-延宝 (1677 年) ・元禄 (1703 年) ・1953 年房総沖津波の規模と波源域の推定-, 地震研究所彙報, 50, 83-91, 1975.

Hussong, D. M. and S., Uyeda, Tectonic processes and the history of the Mariana Arc: a synthesis of the results of Deep Sea Drilling Project Leg 60. In *Init. Repts. DSDP, 60*; Washington (U.S. Govt. Printing Office), 909-929, 1982.

井上宇胤, 房総沖地震調査報告, 験震時報, 19, 2, 42-70. 1954.

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

地震調査研究推進本部地震調査委員会, 石廊崎断層の長期評価, 4p, 2015a.

地震調査研究推進本部地震調査委員会， 稲取断層帯の長期評価， 2015b.

地震調査研究推進本部地震調査委員会， 布田川断層帯・日奈久断層帯の長期評価，
2013a.

地震調査研究推進本部地震調査委員会， 甕断層帯の長期評価， 2013b.

地震調査研究推進本部地震調査委員会， 「活断層の長期評価手法」 報告書（暫定版），
117， 2010.

地震調査研究推進本部地震調査委員会， 三陸沖から房総沖にかけての地震活動の長期
評価（第二版）について， 2011.

地震本部地震調査委員会， 震源断層を特定した地震の強震動予測手法（「レシピ」）（平
成 21 年 12 月 21 日改定）， 2009.

Karig, D.E., Structural history of the Mariana Island Src system. Geol. Soc.
Amer. Bull., 82, 323-344, 1971.

Karig, D.E. and G.F., Moore, Tectonic complexities in the Bonin arc system.
Tectonophys. 27, 97-118, 1975.

Kato, A., K. Nakamura, and Y., Hiyama, The 2016 Kumamoto earthquake sequence,
Proc. Jpn. Acad., Ser. B 92, 358-371, 2016.

気象庁， 地震火山月報（防災編）， 2010.

気象庁地震課， 静岡地方気象台， 石廊崎測候所， 1974 年伊豆半島沖地震調査報告， 駿震
時報, 39, 89-120, 1975.

気象庁地震予知情報課， 1984 年 9 月 19 日房総半島南東沖の地震， 地震予知連絡会会
報, 33, 111-115, 1985.

瀬藤一， 小林広明， 三宅弘恵， 2016 年 4 月 14・16 日熊本地震の震源過程， 2016.

<http://taro.eri.u-tokyo.ac.jp/saigai/2016kumamoto/index.html>

久保久彦， 鈴木亘， 青井真， 関口春子， 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 再改定
版）， 2016.

http://www.kyoshin.bosai.go.jp/kyoshin/topics/Kumamoto_20160416/inversion/

牧正， 1972 年 12 月 4 日八丈島東方沖地震のメカニズム， 地震学会講演予稿集, No. 2,
96, 1975.

- 眞鍋勇, 沈み込み帯の海側斜面に発達する活構造 -伊豆・小笠原海溝とマリアナ海溝を例に-, 千葉大学理学部卒業論文, 2012.
- Masson, D.C., Fault patterns at outer trench walls. *Marine Geophysical Research*, 13, 209-225, 1991.
- 松田磐余, 田村俊和, 1974年伊豆半島沖地震の地震断層とそれにもなう被害, *地学雑誌*, 83, 270-276, 1974.
- 村井勇, 角田信子, 辻村芳子, 1978年伊豆大島近海地震の被害・深度と震源断層, *地震研究所彙報*, 53, 1025-1068, 1978.
- 村井勇, 金子史郎, 南関東のネオテクトニクス・ノート, 関東大地震50周年論文集, 東京大学地震研究所, 125-145, 1973.
- 長宗留男, 1978年伊豆大島近海地震の震源過程, *地震*, 2, 33, 71-78, 1980.
- 中西正男, 北西大西洋の海溝付近における海洋プレートの屈曲によって生じる断層地形, *地学雑誌*, 126, 2, 125-146, 2017.
- Nakanishi, M., Bending-related topographic structures of the subducting plate in the northwestern Pacific Ocean. in *Accretionary Prisms and Convergent Margin Tectonics in the Northwest Pacific Basin* edited by Ogawa, Y., Anma, R. and Dilek, Y., *Modern Approaches in Solid Earth Sciences*, Springer Science+Business Media B.V., 1-38, 2011.
- 岡田義光, 地殻歪から見た1978年伊豆大島近海地震, *地震研究所彙報*, 53, 823-840, 1978.
- Seno, T. and T. Takano, Seismotectonics at the Trench Triple Junction off Central Honshu, *Pure Appl. Geophys*, 1987.
- Shimazaki, K. and Paul Somerville, Summary of the Static and Dynamic Parameters of the Izu-Oshima-Kikai Earthquake of January 14, 1978. *Bull. Earthq. Res. Inst.*, 53, 613-628, 1978.
- 多田堯, 1974年伊豆半島沖地震の測地学的断層モデル, *地震*, 2, 29, 117-126, 1976.
- 武村雅之, 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*, 2, 51, 211-228, 1998.
- 玉木賢策, 日本海の形成機構 -新しい背弧海盆拡大モデル-, *科学*, 62, 720-729, 1992.
- 玉木賢策, 井上英二, 湯浅真人, 棚橋学, 本座栄一, 小笠原弧の第四紀背弧拡大活動の可能性について, *地球*, 3, 421-432, 1981.
- 東京大学地震研究所構造地質部門, 伊豆半島の地震断層, *地震予知連絡会会報*, 12, 86-92, 1974.

- 土隆一，宇津徳治，1974年伊豆半島沖地震について - 地震と災害の特徴-, 静岡大学地球科学研究報告 1, 11-21, 1975.
- Yamazaki, T., F. Murakami and E. Saito, Asymmetric rifting of the northern Mariana Trough. 29th IGC, Abstracts, 124, 1992.
- 山崎俊嗣，湯浅真人，マリアナ・トラフ北部の拡大過程の研究-「しんかい 6500」第 142 潜航概要報告-, しんかいシンポジウム報告書, 151-159, 1993.
- Yoshida, F., K., Miyakoshi, K., Somei and K. Irikura, “Source process of the 2016 Kumamoto earthquake (Mj7.3) inferred from kinematic inversion of strong-motion records”, Earth, Planets and Space, 64-69, 2017.
- 吉井敏剋，日本列島付近の地球物理データのコンパイル (I), 東大地震研彙報, 54, 75-117, 1979.
- 湯浅真人，村上文敏，小笠原弧の地形・地質と孀婦岩構造線, 地学雑誌, 94-2, 47-65, 1985.

付録： 甌島南部の断層モデルについての検討

1. 検討概要

九州内陸及び陸域に近い海域では、地震調査研究推進本部の長期評価による断層トレースが公表されている。また、原子力発電所の評価において調査された断層トレースも電力会社によって公表されている。九州西岸において、断層モデルを設定する際には、これら既往の断層との関係を把握し、陸域の断層との連動性についても検討していく必要がある。特に、サブテーマ（2）では、水深の浅い海域でのデータが得られていないため、これら、既往調査の結果を踏まえておく必要がある。

地震本部による九州地方の長期評価、甌断層帯及び市来断層帯の長期評価、九州電力による甌島及び鹿児島県西岸周辺の断層調査の結果と本プロジェクトの断層データの比較を行った（図1）。図1の赤枠で示した範囲について、サブテーマ（2）による断層データと地震本部による市来断層帯及び甌断層帯の長期評価（地震調査研究推進本部地震調査委員会，2013a及び2013b）、九州電力による川内原発周辺の活断層調査結果（九州電力，2014b）との比較を図2に示す。図2から確認できる各断層トレースの特徴の違いをまとめる。

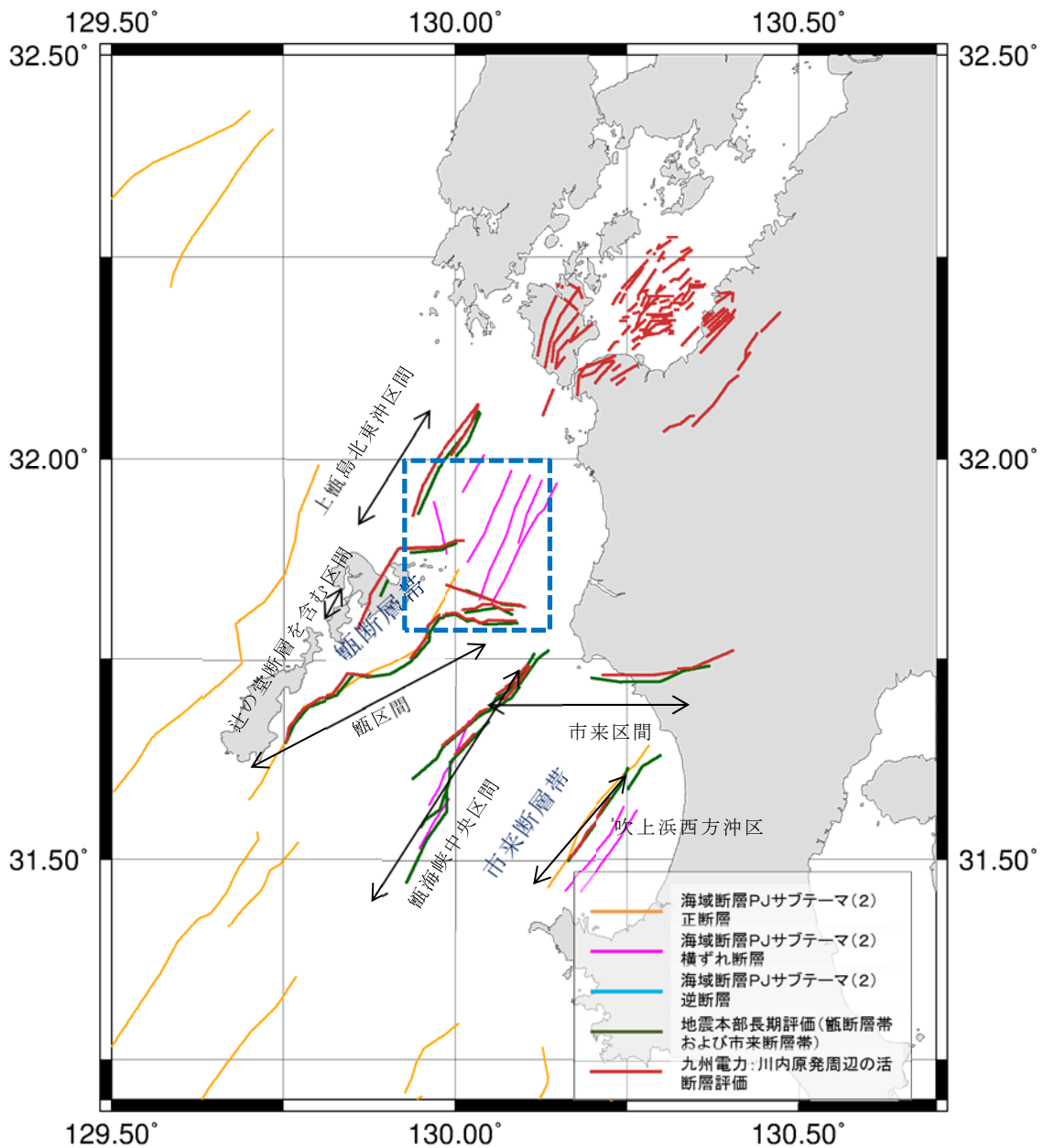


図2 市来断層帯及び甕断層帯周辺のサブテーマ(2)による断層及び長期評価(地震調査研究推進本部地震調査委員会, 2013a及び2013b)による断層、九州電力の断層(九州電力, 2014b)の比較。図1の赤枠部分。

【甌断層帯】

- ・サブテーマ（２）において長期評価の上甌島北東沖区間と対応する断層は設定されていない。
- ・サブテーマ（２）において、長期評価の辻の堂断層を含む区間と対応する断層は設定されていない。ただし、サブテーマ（２）では上甌島北東沖区間及び辻の堂断層を含む区間の近傍に平行して存在する横ずれ断層が設定されており、横ずれ断層は、長期評価における上甌島北東沖区間と同様に、おおむね北東—南西の走向である。なお、この部分には長期評価及び九州電力の断層は設定されていない。
- ・長期評価の甌区間については、ほぼ一致する断層がサブテーマ（２）においても確認されている。ただし、断層の南西端の位置は長期評価及び九州電力の調査結果より長く伸びており、北東端は走向が異なっている。
- ・サブテーマ（２）では甌島の西側に長い正断層が確認されているが、この部分には長期評価及び九州電力の断層は設定されていない。

【市来断層帯】

- ・長期評価の甌海峡中央区間については、この区間の中央部から南西側にかけてはサブテーマ（２）において断層が確認されているが、サブテーマ（２）では北側には断層は確認されていない。
- ・長期評価の市来区間の東端は陸域にあり、西側は海域に延長しているが、この海域部分について、サブテーマ（２）の断層は確認されていない。
- ・長期評価の吹上浜西方沖区間にはこれと一致するような正断層がサブテーマ（２）で確認されている。それに加えてサブテーマ（２）ではその正断層の近傍に２条の横ずれ断層が確認されている。

この海域の活断層について、津波や地震動の影響を評価した、九州電力による川内発電所の基準地震動及び基準津波の検討がある（九州電力 2013, 2014a 及び 2014b）。この検討に用いられた断層分布とサブテーマ（２）による断層分布の比較を次の図 3 に示す。

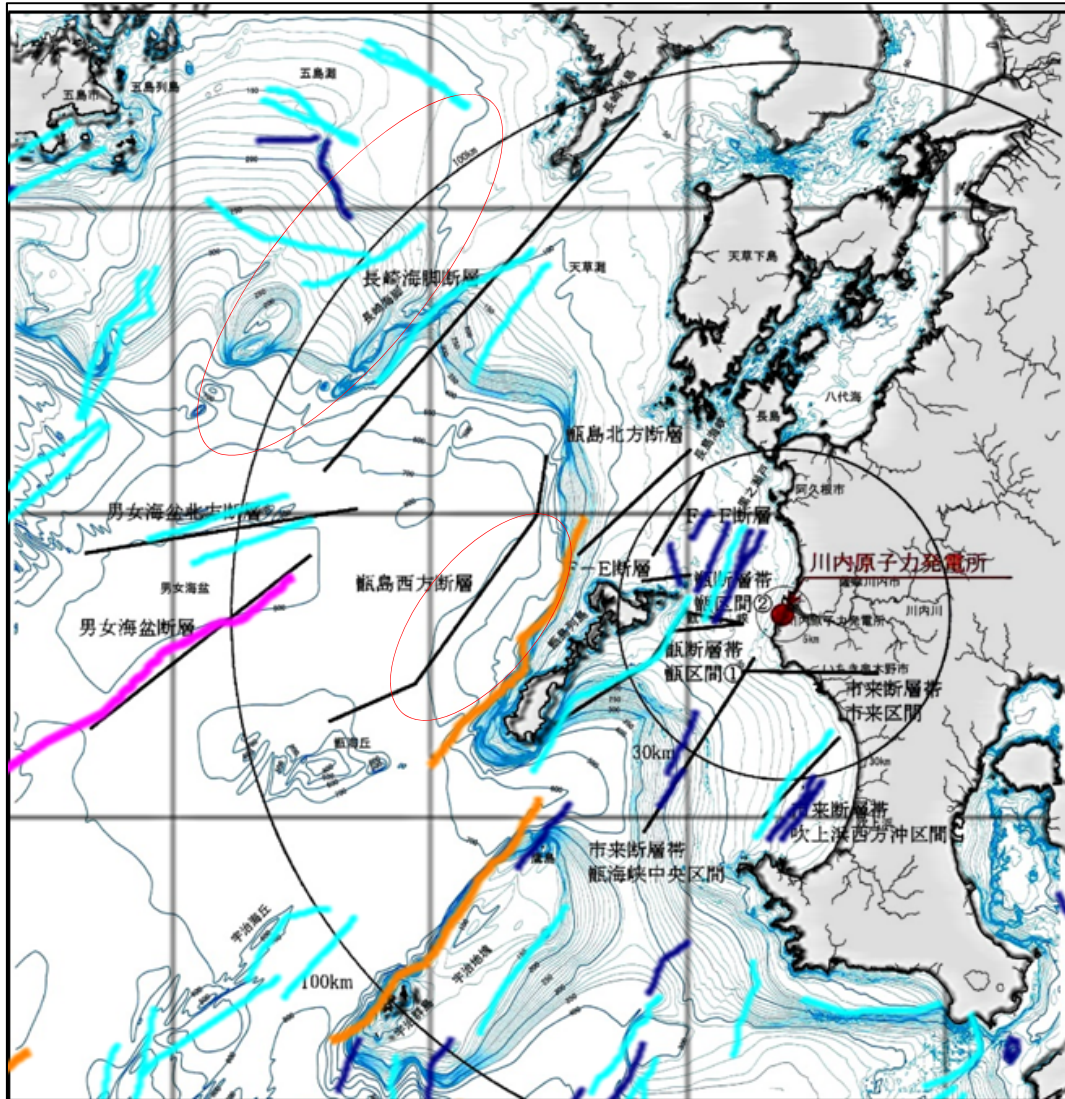


図3 本プロジェクトと九州電力による川内発電所の基準地震動及び基準津波の評価に関する断層の比較

甕断層帯甕区間は、サブテーマ（2）及び九州電力の両方で同様の位置に似たような断層を設定しているが、サブテーマ（2）で設定された断層は、九州電力による設定（甕断層帯甕区間）よりも長く、東部セグメントの走向と位置が異なっている。

この違いが、発電所周辺にどのような影響を与えるかについて、九州電力の検討結果をレビューした上で、サブテーマ（2）及び九州電力の断層を用いた津波の計算結果を比較する。

2. 九州電力 川内原子力発電所設置許可変更申請における基準津波の策定

※以下、「川内原子力発電所の発電用原子炉設置変更許可申請書（1号及び2号発電用原子炉施設の変更）」（九州電力，2013）及び「原子力発電所の新規制基準適合性に係る審査会合」（九州電力，2014a 及び 2014b）を引用し、まとめる。

(1) 海域活断層による地殻内地震に伴う津波

(a) 海域活断層

海域活断層による地殻内地震に伴う津波については、九州電力の調査結果及び地震本部における評価に基づき、津波波源を設定し、簡易予測式による津波高の検討から、発電所に及ぼす影響が大きいと考えられる津波波源を抽出することとしている。抽出した津波波源について、不確かさを考慮したパラメータスタディにより、安全側の津波高を評価する。発電所敷地周辺の海域活断層の津波波源を図4に示す。



敷地周辺の海域活断層の津波波源

図4 敷地周辺の海域活断層の津波波源（九州電力，2013）

(b) 簡易予測式による津波高の検討

Abe(1989)の簡易予測式による津波高の比較により、発電所に及ぼす影響が大きいと考えられる津波波源を抽出する。具体的には、市来断層帯市来区間、甕断層帯甕区間① ②、市来断層帯甕海峡中央区間、甕島北方断層、甕島西方断層及び長崎海脚断層による地震を、数値シミュレーションによる津波評価の検討対象として抽出している(表1)。

表1 Abe(1989)の簡易予測式による推定津波高(九州電力, 2013)

表 阿部(1989)の簡易予測式による推定津波高

断層名	断層長さ (km)	断層幅 (km)	すべり量 (m)	地震 モーメント (N・m)	モーメント マグニチュード*	津波の 伝播距離 (km)	推定 津波高 (m)
市来断層帯 市来区間	24.6	15.0	2.04	1.22×10^{19}	6.7	11	1.1
甕断層帯 甕区間①	40.8	15.0	3.39	7.26×10^{19}	7.2	26	1.6
甕断層帯 甕区間②	42.8	15.0	3.56	8.01×10^{19}	7.2	25	1.8
市来断層帯 甕海峡中央区間	37.8	15.0	3.14	6.22×10^{19}	7.1	28	1.3
市来断層帯 吹上浜西方沖区間	20.2	13.5	1.68	1.60×10^{19}	6.7	30	0.5
F-E 断層	9.1	6.0	0.75	1.45×10^{18}	6.0	22	0.1
F-F 断層	18.0	12.0	1.49	1.13×10^{19}	6.6	27	0.5
甕島北方断層	28.1	15.0	2.34	3.45×10^{19}	7.0	34	0.8
甕島西方断層	65.9	15.0	5.48	1.90×10^{20}	7.5	57	1.4
長崎海脚断層	86.3	15.0	7.18	3.25×10^{20}	7.6	80	1.4
男女海盆北方断層	50.0	15.0	4.15	1.09×10^{20}	7.3	103	0.5
男女海盆断層	51.0	15.0	4.24	1.14×10^{20}	7.3	105	0.5

:数値シミュレーション対象断層

(c) 津波波源の設定とパラメータスタディ

検討対象として抽出した津波波源について、土木学会(2002)を参考に、不確かさを考慮したパラメータスタディを実施している。

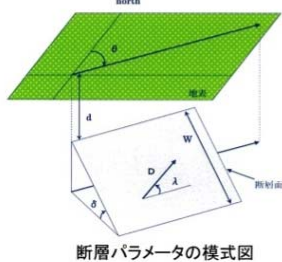
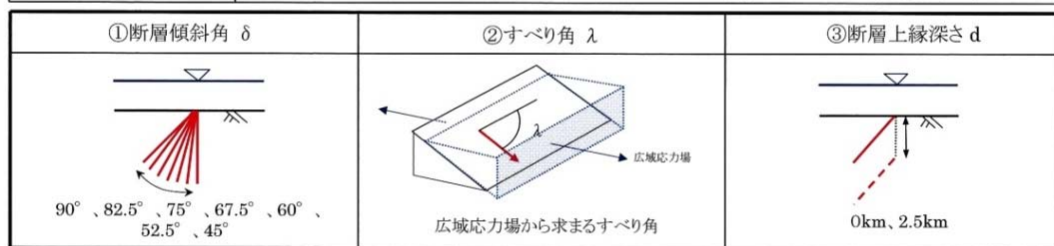
すべり量については、断層長さから、武村(1998)及びKanamori(1977)を基に算出することとしている。傾斜角は、調査結果に基づき設定し、不明な場合は $45^{\circ} \sim 90^{\circ}$

として設定している。すべり角は、広域応力場の T 軸 (135° ~180°) 及び傾斜角・走向から、高角となるすべり角を設定する。断層上縁深度は、0 km を基本ケースとし、最大水位変動量が最も大きいケースにおいては、0 km 及び 2.5km を設定している (図 5)。

参考 パラメータスタディ

o 数値シミュレーションによるパラメータスタディは以下の方法により実施した。

項目	内容
①傾斜角	調査結果に基づき設定、不明な場合は45° ~90°
②すべり角	広域応力場T軸(135° ~180°)及び傾斜角・走向から、高角となるすべり角を設定
③上縁深さ	0kmを基本ケースとし、パラメータスタディの最大ケースについて2.5kmで実施(5kmについては既往の評価結果から0km、2.5kmに比べ十分小さいことから実施しない)



θ : 走向
 d : 上縁深さ
 D : すべり量
 λ : すべり角
 δ : 傾斜角
 W : 断層幅

すべり量の算出方法

- モーメントマグニチュード (M_w)
 $\log L = 0.75M_w - 3.77$ (武村(1998))
- 地震モーメント (M_0)
 $\log M_0 = 1.5M_w + 9.1$ (kanamori(1977))
- すべり量 (D)
 $D = M_0 / \mu LW$

図 5 九州電力の検討における断層パラメータの設定方法

(d) 数値シミュレーション

九州電力の検討では弾性体理論により海面変位を算定し、非線形長波理論に基づき平面二次元の差分法を用いて数値シミュレーションにより津波計算を行っている。

パラメータスタディの結果、海域活断層の中では、長崎海脚断層が最大津波高を示し、甕断層帯による津波高(表 2 中の青枠)は長崎海脚断層(表 2 中の赤枠(最大値))の 7 割程度にとどまっている。

表2 海域活断層の地震による津波の評価結果（九州電力，2014a）

海域活断層の地震による津波の評価結果

o 不確かさを考慮したパラメータスタディから、海域活断層による地殻内地震に伴う地震による津波のうち、長崎海脚断層による地殻内地震に伴う津波が、最も安全側となった。

パラメータスタディの結果

断層名 (長さ)	落ちの 方向 (走向)	傾斜角 (°)	T軸 (°)	すべり量 (cm)	上縁深さ (km)	取水口位置での 最大水位変動量 (初期潮位: T.P. ±0.00m)	
						上昇側(m)	下降側(m)
市来 断層帯 市来区間 (24.6km)	南 (90.43°)	135-180	90	204	0.0	+0.79	-0.96
			82.5	202	0.0	+0.82	-1.02
			75	197	0.0	+0.81	-0.99
			67.5	189	0.0	+0.78	-0.91
			60	177	0.0	+0.73	-0.80
			52.5	162	0.0	+0.67	-0.68
45	144	0.0	+0.58	-0.55			
断層帯 断層区間① (40.8km)	東 (56.17°) (32.97°) (83.74°)	135-180	90	339	0.0	+1.27	-1.22
			82.5	336	0.0	+1.50	-1.17
			75	328	0.0	+1.72	-1.28
			67.5	313	0.0	+1.78	-1.35
			60	294	0.0	+1.81	-1.39
			52.5	269	0.0	+1.79	-1.39
45	240	0.0	+1.68	-1.34			
断層帯 断層区間② (42.8km)	東 (56.17°) (33.02°) (101.07°)	135-180	90	356	0.0	+1.43	-1.18
			82.5	353	0.0	+1.63	-1.32
			75	344	0.0	+1.74	-1.39
			67.5	329	0.0	+1.78	-1.39
			60	308	0.0	+1.78	-1.38
			52.5	283	0.0	+1.75	-1.36
45	252	0.0	+1.68	-1.30			
市来 断層帯 断層帯 断層帯 中央区間 (37.8km)	東 (31.46°)	135-180	90	314	0.0	+1.16	-1.27
			82.5	311	0.0	+1.38	-1.42
			75	303	0.0	+1.45	-1.46
			67.5	290	0.0	+1.41	-1.40
			60	272	0.0	+1.35	-1.33
			52.5	249	0.0	+1.27	-1.24
45	222	0.0	+1.13	-1.10			

断層名 (長さ)	落ちの 方向 (走向)	傾斜角 (°)	T軸 (°)	すべり量 (cm)	上縁深さ (km)	取水口位置での 最大水位変動量 (初期潮位: T.P. ±0.00m)	
						上昇側(m)	下降側(m)
断層帯 断層帯 断層帯 断層帯 断層帯 断層帯 (28.1km)	西 (225.88°)	135-180	90	234	0.0	+1.31	-1.38
			82.5	232	0.0	+1.58	-1.59
			75	226	0.0	+1.75	-1.73
			67.5	216	0.0	+1.77	-1.68
			60	202	0.0	+1.75	-1.59
			52.5	185	0.0	+1.69	-1.46
45	165	0.0	+1.53	-1.26			
断層帯 断層帯 断層帯 断層帯 断層帯 断層帯 (65.9km)	西 (188.31°) (214.94°) (245.13°)	135-180	90	548	0.0	+1.64	-1.48
			82.5	544	0.0	+1.72	-1.66
			75	530	0.0	+1.78	-1.71
			67.5	506	0.0	+1.72	-1.65
			60	475	0.0	+1.66	-1.62
			52.5	435	0.0	+1.59	-1.54
45	388	0.0	+1.51	-1.46			
断層帯 断層帯 断層帯 断層帯 断層帯 断層帯 (86.3km)	東 (40.41°)	135-180	90	718	0.0	+1.96	-1.34
			82.5	712	0.0	+2.03	-1.69
			75	693	0.0	+2.13	-1.92
			67.5	663	0.0	+2.09	-1.98
			60	622	0.0	+2.00	-2.06
			52.5	570	0.0	+1.93	-2.10
45	508	0.0	+1.87	-2.09			

最大ケース

(2) 基準津波の策定

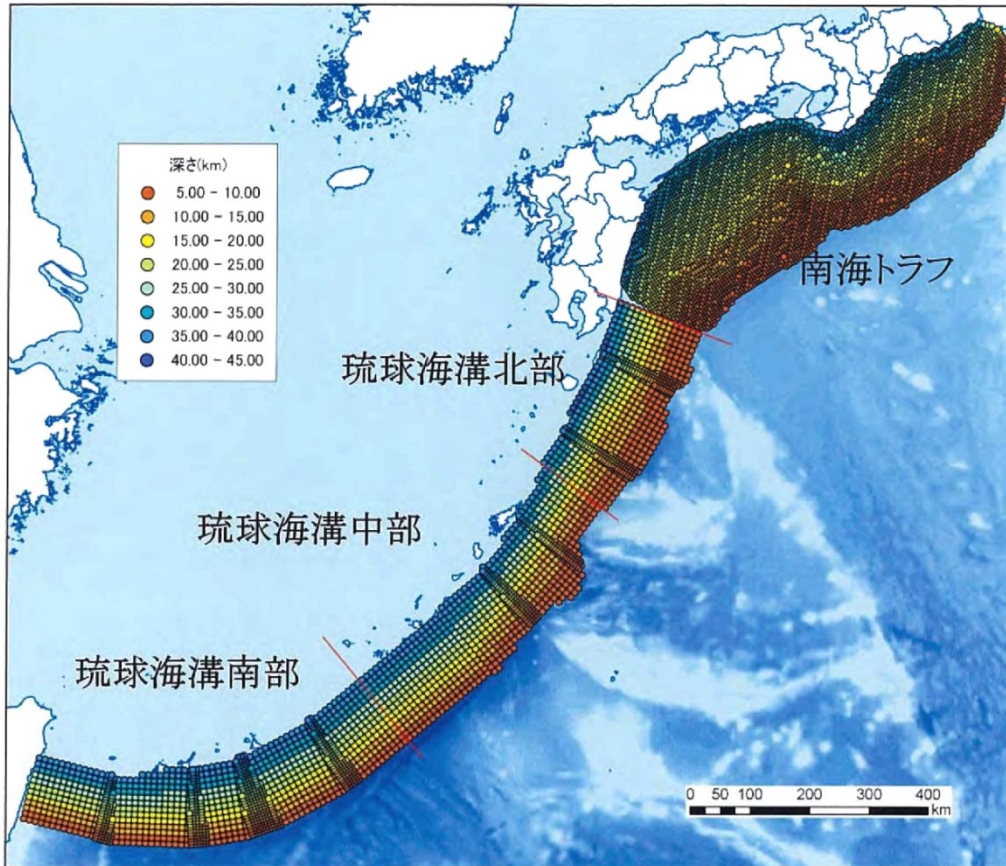
九州電力ではこの他にプレート境界地震による津波として、南海トラフと琉球海溝の境界で発生する地震による津波について検討している（図6）。

南海トラフ領域および琉球海溝領域のプレート面形状については表3（九州電力，2014a）のように設定している。

表3 琉球海溝領域のプレート面形状の設定（九州電力，2014a）

o 南海トラフ領域のプレート面形状は、内閣府「南海トラフの巨大地震モデル検討会(2012)」に基づき設定する。
o 琉球海溝領域のプレート面形状は、下表により設定する。

海溝軸	日向灘および南西諸島海溝周辺の地震活動の長期評価について(地震調査研究推進本部、H16.2)
50km深度	地震ハザードステーションJ-SHIS(防災科学技術研究所(NIED))
プレート面形状	北側は海洋研究開発機構(JAMSTEC)、南側は海溝軸深度を6kmとして深度50kmまでの距離から求まる傾斜角を深さ方向に一律に設定。北側と南側の間はプレート形状が滑らかに摺り合うように設定。
小断層サイズ	(南海トラフ領域)概ね5km×5km、(琉球海溝領域)概ね10km×10km、及び5km×5km



南海トラフ～琉球海溝におけるスラブ面形状

図6 南海トラフ～琉球海溝におけるスラブ面形状と地域区分

(a) プレート境界で発生する地震の検討

破壊様式は、断層面の同時破壊を基本とし、不確かさとして破壊伝播を考慮した検討を行っている（ケース②）。その際の破壊開始点については、大すべり域における中心位置及び発電所から遠い位置に設定している。想定規模としては、琉球海溝の海溝軸付近での固着域が東北地方太平洋沖地震規模の大きさを破壊する場合を想定し、琉球海溝北部～ 琉球海溝中部までの範囲を断層面積とした津波波源を設定している。

(b) 基準津波の策定

想定した海域活断層の地震及びプレート境界の地震による津波のうち、発電所に大きな影響を及ぼす恐れがある津波として、琉球海溝におけるプレート間地震（Mw9.1）に伴う津波を選定し、基準津波とした（表4）。

表 4 想定した津波ごとの最大水位変動量（九州電力，2013）

第 7.7.6.1 表 想定した津波毎の最大水位変動量

津波波源	取水口位置での最大水位変動量 (初期潮位:T.P.±0.00m)	
	上昇側 (m)	下降側 (m)
プレート間地震 (琉球海溝(Mw9.1))	+3.52	-3.80
海域活断層 (長崎海脚断層)	+2.24	-2.21
海底地すべり	+0.34	-0.36
海域活断層(長崎海脚断層)と 海底地すべりの組み合わせ	+2.26	-2.19

このような既往の検討事例やサブテーマ（2）による断層分布を踏まえ、想定される津波の影響について検討する。

3. 断層帯の北方海域の横ずれ断層群について

サブテーマ（２）で示された断層トレースで、既往調査による断層分布と異なる点のうち特徴的なものの一つとして、断層帯の北方の海域に北北東－南南西走向の横ずれ断層群が示されていることが挙げられる（図２：青い点線枠）。この周辺の九州電力による評価を図７に示す。

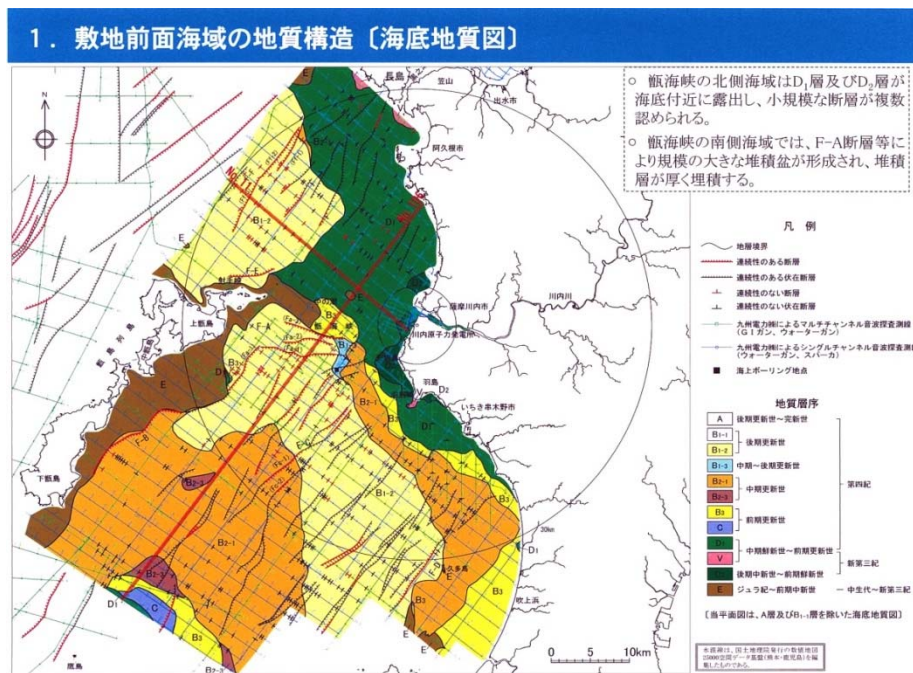


図7 九州電力による断層分布図及び側線図（九州電力，2014b）

九州電力による評価では、サブテーマ（２）の横ずれ断層群の分布域には、連続性のない断層が分布するのみであるとしている。

横ずれ断層群についての、サブテーマ（２）と九州電力の扱い方の違いについては、断層認定に使用しているデータの性格・質・量により、判断が異なることが考えられる。これは、認識論的不確定性として扱うべき課題であると考えられる。

・考慮すべき断層が「ある」とする場合の理由づけ

九州電力は海底面下の浅部を対象とした探査で連続性のない断層と評価しているが、サブテーマ（２）で、より深い探査断面で断層が確認されているということを前提として考えるならば、「震源ないし波源として考慮すべき連続した活断層は存在するが、全域では

海底面直下までは延びていない」あるいは「考慮すべき断層は存在するが砂堆形成のような後からの堆積物の擾乱により、全域の海底面直下で確認することは難しい」と考える。

- ・ 考慮すべき断層が「ない」とする場合の理由づけ

九州電力は海底面下の浅部を対象とした探査で連続性のない断層と評価していること、実施された探査の測線がそれなりに密であることを前提とするならば、それに対して、探査深度は大きくても、密度が低い測線のデータをもとに、「考慮すべき連続性のある活断層が存在すると判断することは難しい」と考える。

これら、横ずれ断層群を考慮すべきか否かの認識論的不確定性の影響も含め、次の章で述べる津波予測計算で検討し、比較した。

4. 断層モデルを用いた津波の試計算

(1) 津波予測計算

津波予測計算は表 1 に示すように最小 150m メッシュの地形モデルで実施した。

津波予測計算の評価点 (図 8) は川内発電所近傍の海岸における 1 地点とした。

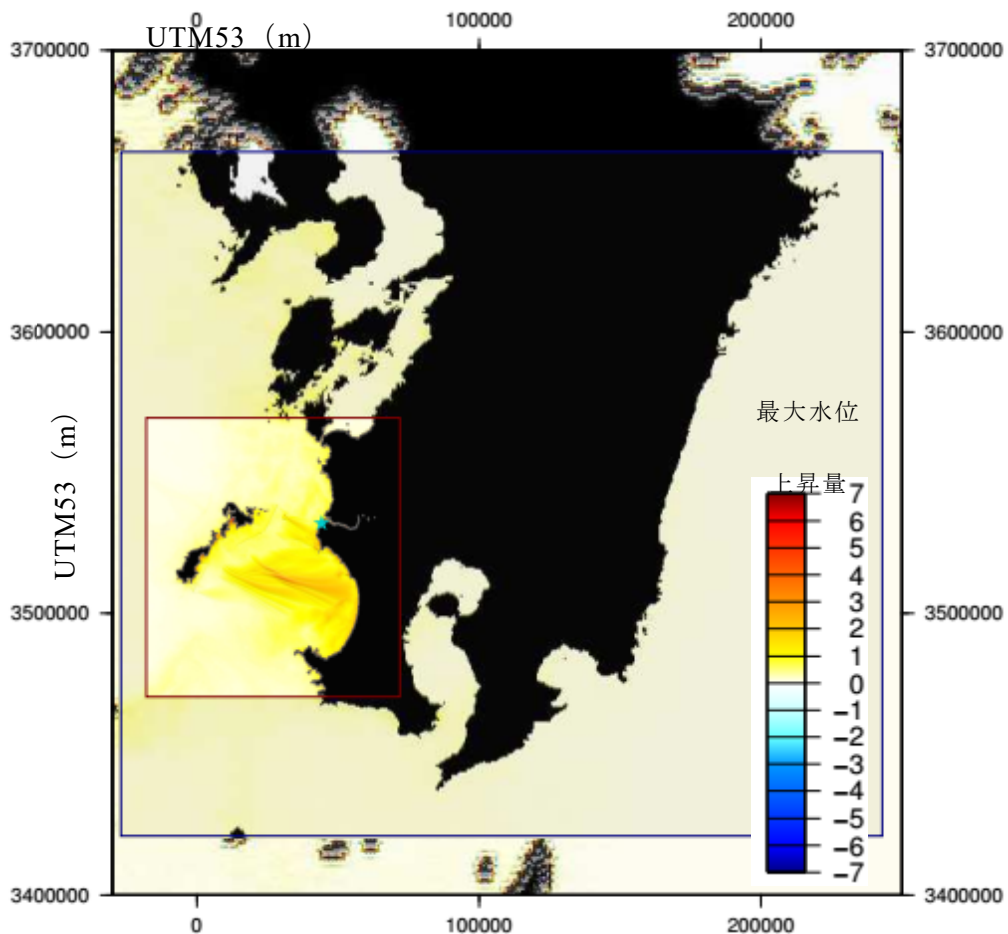


図 8 津波予測計算の評価点と最大水位上昇量分布の例

計算に用いた断層モデルは表 5 に示す 26 モデルであり、このうち KSK から始まるモデルはサブテーマ (2) から設定するモデル、Koshiki から始まるモデルは九州電力の断層モデルを参照したものである。

表5 計算を実施した断層モデル

モデル名	lat.(deg)	lon.(deg)	top(km)	bottom(km)	strike(deg)	dip(deg)	rake(deg)	L(km)	W(km)	total L(km)	total S(km**2)	D(m)	Mw
KSK-02-1f-N-irikura	31.57328	129.6998	0	15	41.7	60	270	43.14	17.32	43.14	747.1848	1.19	6.93
KSK-02-1f-N-takemura	31.57328	129.6998	0	15	41.7	60	270	43.14	17.32	43.14	747.1848	3.11	7.21
KSK-02-3f-N-irikura	31.57328	129.6998	0	15	29.1	60	270	15.18	17.32	45.15	781.998	1.24	6.95
	31.69252	129.7786	0	15	62.9	60	270	17.93	17.32				1.24
	31.76499	129.9478	0	15	26.4	60	270	12.04	17.32				1.24
KSK-02-3f-N-takemura	31.57328	129.6998	0	15	29.1	60	270	15.18	17.32	45.15	781.998	3.25	7.23
	31.69252	129.7786	0	15	62.9	60	270	17.93	17.32				3.25
	31.76499	129.9478	0	15	26.4	60	270	12.04	17.32				3.25
KSK-39-irikura	31.87006	130.0179	0	15	24.9	90	180	14.1	15	14.1	211.5	0.39	6.24
KSK-39-takemura	31.87006	130.0179	0	15	24.9	90	180	14.1	15	14.1	211.5	1.17	6.56
KSK-02-1f-SS-irikura	31.57328	129.6998	0	15	41.7	90	180	43.14	15	43.14	647.1	1.03	6.84
KSK-02-1f-SS-takemura	31.57328	129.6998	0	15	41.7	90	180	43.14	15	43.14	647.1	3.59	7.21
KSK-02-3f-SS-irikura	31.57328	129.6998	0	15	29.1	90	180	15.18	15	45.15	677.25	1.08	6.87
	31.69252	129.7786	0	15	62.9	90	180	17.93	15				1.08
	31.76499	129.9478	0	15	26.4	90	180	12.04	15				1.08
KSK-02-3f-SS-takemura	31.57328	129.6998	0	15	29.1	90	180	15.18	15	45.15	677.25	3.75	7.23
	31.69252	129.7786	0	15	62.9	90	180	17.93	15				3.75
	31.76499	129.9478	0	15	26.4	90	180	12.04	15				3.75
KSK-02-1f-N-39-irikura	31.57328	129.6998	0	15	41.7	60	270	43.14	17.32	43.14	747.1848	1.19	
	31.87006	130.0179	0	15	24.9	90	180	14.1	15	14.1	211.5	0.39	
KSK-02-1f-N-39-takemura	31.57328	129.6998	0	15	41.7	60	270	43.14	17.32	43.14	747.1848	3.11	
	31.87006	130.0179	0	15	24.9	90	180	14.1	15	14.1	211.5	1.17	
KSK-02-3f-N-39-irikura	31.57328	129.6998	0	15	29.1	60	270	15.18	17.32	45.15	781.998	1.24	6.98
	31.69252	129.7786	0	15	62.9	60	270	17.93	17.32				1.24
	31.76499	129.9478	0	15	26.4	60	270	12.04	17.32				1.24
	31.87006	130.0179	0	15	24.9	90	180	14.1	15	14.1	211.5	0.39	
KSK-02-3f-N-39-takemura	31.57328	129.6998	0	15	29.1	60	270	15.18	17.32	45.15	781.998	3.25	7.26
	31.69252	129.7786	0	15	62.9	60	270	17.93	17.32				3.25
	31.76499	129.9478	0	15	26.4	60	270	12.04	17.32				3.25
	31.87006	130.0179	0	15	24.9	90	180	14.1	15	14.1	211.5	1.17	
KSK-02-1f-SS-39-irikura	31.57328	129.6998	0	15	41.7	90	180	43.14	15	43.14	647.1	1.03	
	31.87006	130.0179	0	15	24.9	90	180	14.1	15	14.1	211.5	0.39	
KSK-02-1f-SS-39-takemura	31.57328	129.6998	0	15	41.7	90	180	43.14	15	43.14	647.1	3.59	
	31.87006	130.0179	0	15	24.9	90	180	14.1	15	14.1	211.5	1.17	
KSK-02-3f-SS-39-irikura	31.57328	129.6998	0	15	29.1	90	180	15.18	15	45.15	677.25	1.08	6.90
	31.69252	129.7786	0	15	62.9	90	180	17.93	15				1.08
	31.76499	129.9478	0	15	26.4	90	180	12.04	15				1.08
	31.87006	130.0179	0	15	24.9	90	180	14.1	15	14.1	211.5	0.39	
KSK-02-3f-SS-39-takemura	31.57328	129.6998	0	15	29.1	90	180	15.18	15	45.15	677.25	3.75	7.26
	31.69252	129.7786	0	15	62.9	90	180	17.93	15				3.75
	31.76499	129.9478	0	15	26.4	90	180	12.04	15				3.75
	31.87006	130.0179	0	15	24.9	90	180	14.1	15	14.1	211.5	1.17	
Koshiki-1f-SS-irikura	31.64917	129.7536	0	15	60.8	90	180	38.94	15	38.94	584.1	0.93	6.79
Koshiki-1f-SS-takemura	31.64917	129.7536	0	15	60.8	90	180	38.94	15	38.94	584.1	3.24	7.15
Koshiki-3f-SS-irikura	31.64917	129.7536	0	15	55.9	90	180	20.53	15	40.84	612.6	0.97	6.81
	31.75194	129.9339	0	15	32.6	90	180	6.98	15				0.97
	31.80472	129.9742	0	15	83.2	90	180	13.33	15				0.97
Koshiki-3f-SS-takemura	31.64917	129.7536	0	15	55.9	90	180	20.53	15	40.84	612.6	3.40	7.17
	31.75194	129.9339	0	15	32.6	90	180	6.98	15				3.40
	31.80472	129.9742	0	15	83.2	90	180	13.33	15				3.40
Koshiki-1f-N-irikura	31.64917	129.7536	0	15	60.8	60	270	38.94	17.32	38.94	674.4408	1.07	6.87
Koshiki-1f-N-takemura	31.64917	129.7536	0	15	60.8	60	270	38.94	17.32	38.94	674.4408	2.80	7.15
Koshiki-3f-N-irikura	31.64917	129.7536	0	15	55.9	60	270	20.53	17.32	40.84	707.3488	1.12	6.90
	31.75194	129.9339	0	15	32.6	60	270	6.98	17.32				1.12
	31.80472	129.9742	0	15	83.2	60	270	13.33	17.32				1.12
Koshiki-3f-N-takemura	31.64917	129.7536	0	15	55.9	60	270	20.53	17.32	40.84	707.3488	2.94	7.17
	31.75194	129.9339	0	15	32.6	60	270	6.98	17.32				2.94
	31.80472	129.9742	0	15	83.2	60	270	13.33	17.32				2.94

断層モデルの設定は以下の方法で行った。

- ・断層の位置：サブテーマ（2）の観測データ及び九州電力の採用する値から設定。
- ・断層の長さ：表6の通り設定。断層の形状は1枚ないし3枚の矩形として近似し形状及び長さが異なることの影響について検討する。

表6 設定した断層モデルの総断層長

		サブテーマ（2）	九州電力
ケース①	1枚モデル	43.14 km	38.94 km
ケース②	3枚モデル	45.15 km	40.94 km
ケース③	甌区間（3枚） +横ずれ	59.25 km	×

- ・断層上端深度：海底面として設定。
- ・断層下端深度：15 kmとして設定（九州電力がD95深度分布から設定した値）。
- ・断層傾斜角：正断層は60°、横ずれ断層は90°とし、甌区間に相当する断層については正断層と横ずれ断層の2通りの想定を行った（サブテーマ（2）においては東傾斜の正断層としており、九州電力では右横ずれ断層としているが、九州電力は不確定性の考慮として東傾斜の断層を想定している。）
- ・すべり角：正断層は270°、右横ずれ断層は180°として設定。九州電力では、すべり角について、広域応力場と断層の走向及び傾斜角から個別に設定しているが、今回は単純化した値として設定した。
- ・平均すべり量：武村（1998）による式と入倉・三宅（2001）による式の2通りで設定し比較。
- ・剛性率： $\mu = 3.50 \times 10^{10} \text{ Nm}$ （九州電力による値）

サブテーマ（2）の断層モデルについては、甌区間に相当する断層の北東側に近接して位置する横ずれ断層群から代表的なものを選び、その断層との連動的破壊を想定した計算も実施した。断層タイプが異なるため、一連の断層とは考えず、別々の断層の破壊と考え、破壊様式はカスケード的な破壊を想定した。

津波予測計算は表7の条件で実施した。

表 7 津波予測計算の計算条件

計算条件	
支配方程式	非線形長波理論
数値解法	Staggered Leap-frog 差分スキーム
計算時間	6 時間
境界条件	陸側：陸域への遡上計算 海側：完全無反射で透過
計算格子サイズ	1350m, 450m, 150m (概略計算)
地形データ	南西諸島海域の地形
建物条件	各種施設は考慮しない
潮位	T. P. ±0m
粗度係数	0.025

計算を実施した 26 断層モデルの津波予測計算の結果を図 9 に示す。

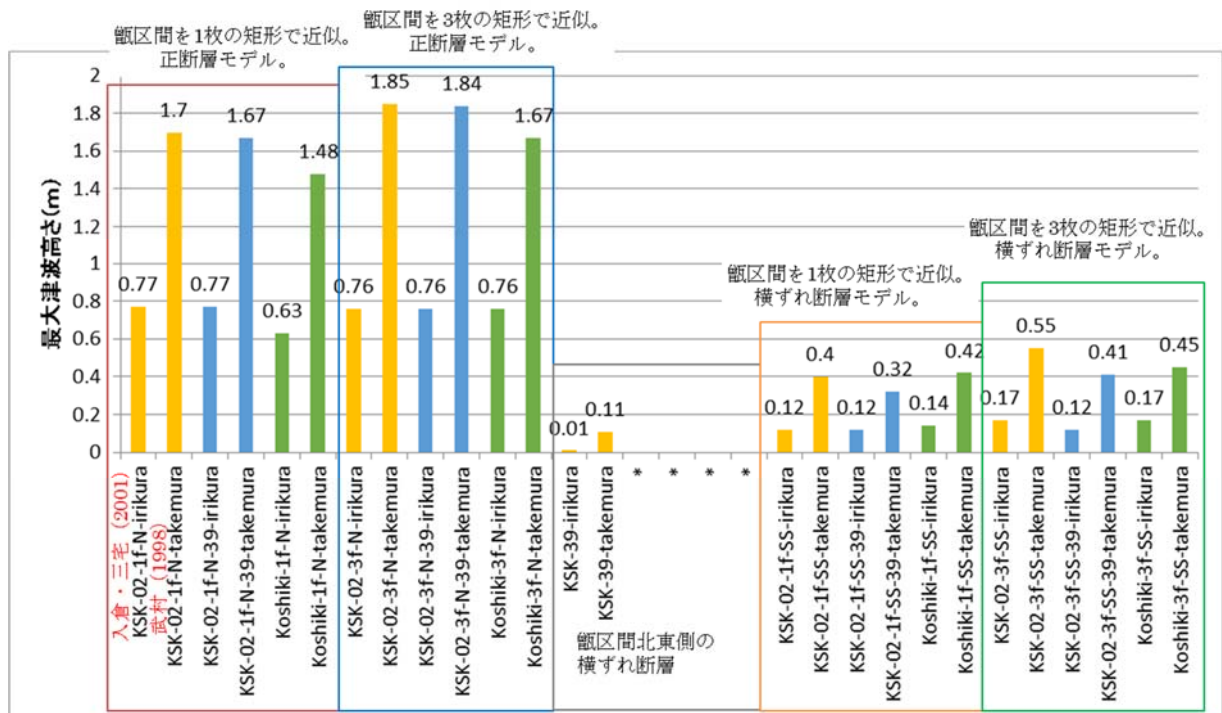


図9 津波予測計算の結果。本プロジェクトの断層と九州電力による断層帯断層区間との比較。黄色の棒グラフはサブテーマ（2）の断層モデルで断層区間のみが破壊する場合、青の棒グラフはサブテーマ（2）の断層モデルで断層区間と北東側の横ずれ断層が連動して破壊する場合、緑の棒グラフは九州電力の断層を示している。

(2) まとめ

九州電力による川内原子力発電所の基準津波の策定における検討例を踏まえ、サブテーマ（２）及び九州電力により設定された断層トレースをもとに、検討用の断層モデルを設定し、パラメータスタディを行った。

津波予測計算の結果は、甌区間を１枚の断層で近似するよりも３枚の断層で近似するほうが最大水位上昇量は高くなった。これは、３枚断層モデルのほうが断層長さ及び面積が大きいために、そこから推定される平均すべり量が大きくなることによる。加えて、サブテーマ（２）の断層は、九州電力の断層よりも断層長さが１枚断層の場合でも３枚断層の場合でもともに約４.２km長くなっており、そのモーメント量に応じて、津波予測計算の結果は九州電力の断層を使用した場合よりも最大水位上昇量は高くなった。

また甌区間の北東側の横ずれ断層は陸域に近接しているにもかかわらず、影響はほとんど無いことが示された。ここで実施している津波予測計算の手法は、断層の横ずれ成分に対する影響についても考慮しているが、横ずれ成分の津波高さへの寄与は小さいため、陸域に影響を与えなかったと考えられる。更に今回の検討では横ずれ断層の断層モデルに対して縦ずれ成分を考慮していなかったことも、陸域に影響を与えなかった原因であると考えられる。なお、甌区間北方の横ずれ断層は、今回の計算においては影響が小さかったものの、サブテーマ（２）のデータに基づき、断層モデルを設定するという方針から、今回設定した断層モデル群には含まれている。理由として次の点が挙げられる。①これらの横ずれ断層が「活断層ではない」とは断言できない、②今回の計算条件では陸域への影響は小さかったが、傾斜角等の条件が異なれば陸域に影響を与える可能性があり、防災上の観点からは排除できない。この２点の理由から、甌区間の北東側の横ずれ断層については、ハザード評価として検討する場合には、活動の可能性および甌区間との連動についても不確定性のひとつとして考慮する必要があると考えられる。

5. まとめと課題

(1) まとめ

九州西岸の陸域に近接する断層について、サブテーマ（２）による断層トレースと既往調査による断層トレースを比較した。また、この地域の海域活断層による地震津波の検討事例として九州電力による川内原子力発電所の基準津波の策定について資料を収集し、断層モデルを比較するとともに、これらの断層解釈や断層モデルの違いにより、沿岸で予想される津波高さがどのように変化するかについて検討した。

(2) 課題

サブテーマ（２）による断層トレースは音波探査断面や海底地形で確認できたものが整理されている。しかし、陸域に近接した場所などは観測データがなく、評価がされていないものもある。ハザード評価の観点からは、既往の評価等で断層モデルが作成されている断層で、サブテーマ（２）では整理されていないものについては、検討の上追加の必要がある可能性もある。

6. 引用文献

Abe, K., Estimate of tsunami heights from magnitudes of earthquake and tsunami, Bull. Earthquake Res. Inst. Tokyo Univ., 64, 51-69, 1989.

土木学会, 原子力発電所の津波評価技術, 2002.

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

地震調査研究推進本部地震調査委員会, 市来断層帯長期評価, 2013a.

地震調査研究推進本部地震調査委員会, 甕断層帯の長期評価, 2013b.

地震調査研究推進本部地震調査委員会, 九州地域の活断層の長期評価 (第一版), 2013c.

Kanamori, H., The energy release in great earthquakes, J. of Geophys. Res. 82, 2981-2987, 1977.

九州電力, 川内原子力発電所の発電用原子炉設置変更許可申請書 (1号及び2号発電用原子炉施設の変更) 平成25年7月8日 (平成26年4月30日一部補正・平成26年6月24日一部補正), 2013.

九州電力, 原子力発電所の新規制基準適合性に係る審査会合 (第107回) 平成26年4月23日 資料1-6 川内原子力発電所 津波について, 2014a.

九州電力, 原子力発電所の新規制基準適合性に係る審査会合 (第74回) 平成26年1月29日 資料1-3 川内原子力発電所 地震動・津波評価について (コメント回答), 2014b.

武村雅之, 日本列島における地殻内地震のスケーリング則 -地震断層の影響及び地震被害との関連-, 地震, 2, 51, 211-228, 1998.