

補足説明資料④-09
プレート間地震に関する知見

検討概要

1.1 南海トラフで発生するプレート間地震に関する知見

- 南海トラフについては、歴史地震に関する豊富な記録に加えて、周辺の地震活動、地殻変動、変動地形等に係る数多くの研究が行われており、南海トラフ沿いのプレート境界は、大地震の繰り返しの発生履歴が世界で最も詳しく調べられているプレート境界の一つとして知られている。
- 南海トラフで発生するプレート間地震に係る知見について、以下を対象に整理する。

行政機関による知見（地震調査委員会、中央防災会議、内閣府「南海トラフの巨大地震モデル検討会」）

南海トラフにおける地震時挙動に関する知見

1.2 その他の国内外のプレート間地震に関する知見

- 南海トラフ以外の国内外でこれまでに発生したMw9クラスの巨大地震について、特に、強震動の詳細な検討がなされた2011年東北地方太平洋沖地震（Mw9.0）の知見を中心に、2004年スマトラ島沖地震（Mw9.1）、2010年チリ地震（Mw8.8）・1960年チリ地震（Mw9.5）、1964年アラスカ地震（Mw9.2）の知見について整理する。

1.3 震源域直上の地震動に関する知見

- 浜岡原子力発電所は、南海トラフのプレート間地震の震源域直上に位置することから、以下を対象に震源域直上の地震動に関する知見を整理する。

震源域直上の観測記録の特徴及び予測手法との関係

震源域直上の震度データを用いた震源モデルの構築

南海トラフで発生するプレート間地震に関する知見

(検討概要)

1.1 南海トラフで発生するプレート間地震に関する知見

- 南海トラフについては、歴史地震に関する豊富な記録に加えて、周辺の地震活動、地殻変動、変動地形等に係る数多くの研究が行われており、南海トラフ沿いのプレート境界は、大地震の繰り返しの発生履歴が世界で最も詳しく調べられているプレート境界の一つとして知られている。
- 南海トラフで発生するプレート間地震に係る知見について、以下を対象に整理する。

行政機関による知見（地震調査委員会、中央防災会議、内閣府「南海トラフの巨大地震モデル検討会」）

南海トラフにおける地震時挙動に関する知見

1.2 その他の国内外のプレート間地震に関する知見

- 南海トラフ以外の国内外でこれまでに発生したMw9クラスの巨大地震について、特に、強震動の詳細な検討がなされた2011年東北地方太平洋沖地震（Mw9.0）の知見を中心に、2004年スマトラ島沖地震（Mw9.1）、2010年チリ地震（Mw8.8）・1960年チリ地震（Mw9.5）、1964年アラスカ地震（Mw9.2）の知見について整理する。

1.3 震源域直上の地震動に関する知見

- 浜岡原子力発電所は、南海トラフのプレート間地震の震源域直上に位置することから、以下を対象に震源域直上の地震動に関する知見を整理する。

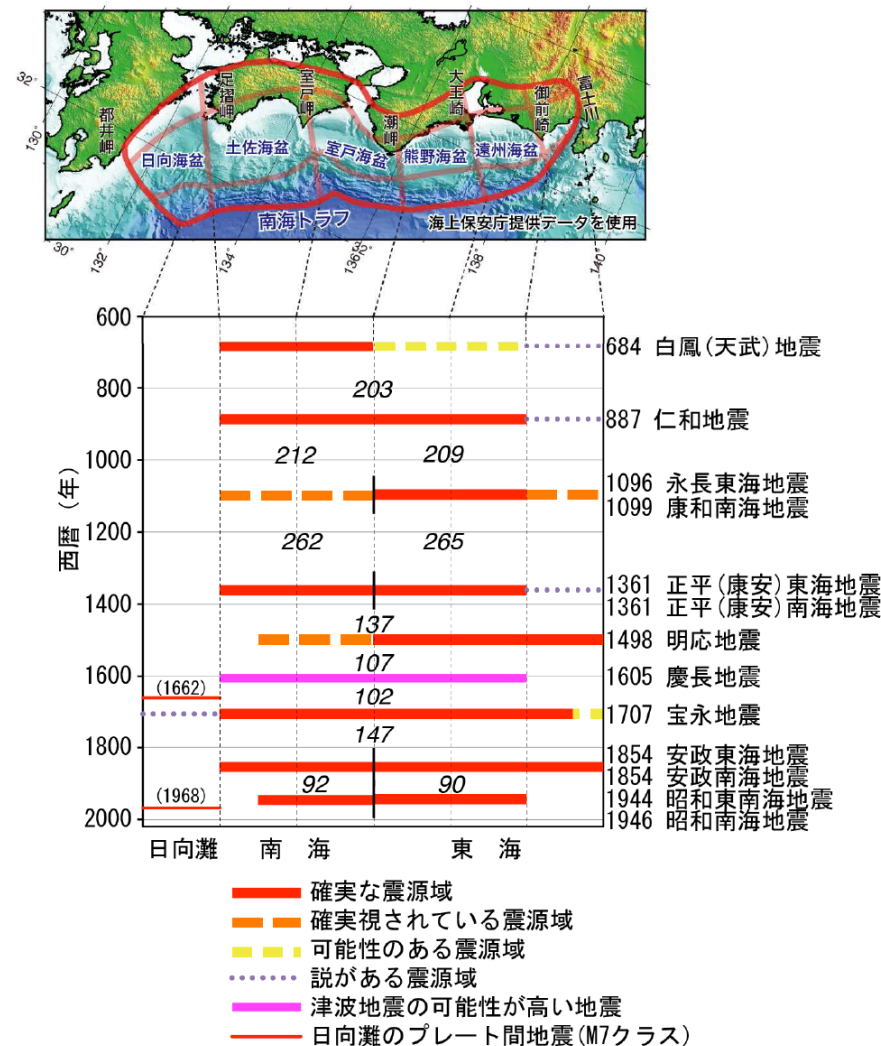
震源域直上の観測記録の特徴及び予測手法との関係

震源域直上の震度データを用いた震源モデルの構築

南海トラフで発生するプレート間地震に関する知見

(行政機関による知見 (地震調査委員会(2013b) (地震発生様式の多様性)))

- 地震調査委員会(2013b)によると、これまでに南海トラフで発生した地震については、紀伊半島沖を境として、西側の南海地域で発生する地震、東側の東海地域で発生する地震、又は両者が同時に発生する地震に大別され、地震が同時に発生しない場合であっても数年以内の時間差でもう一方の領域で地震が発生するなど、その発生様式や震源域の広がり方には多様性があるとしている。
- 津波堆積物の調査研究結果によると、歴史記録から推定することができる684年白鳳地震より前にも、南海トラフで大地震が繰り返し起きていたことが分かっており、1707年宝永地震クラスの大地震は、300～600年間隔で発生していることが明らかになったとしている。



	発生年月日	規模		
		M	Mt	Mw
正平(康安)東海地震	1361/08/0?			
正平(康安)南海地震	1361/08/03	8 ⁴ ~8.5		
明応地震	1498/09/20	8.2~8.4	8.5	
慶長地震	1605/02/03	7.9	8.2	
宝永地震	1707/10/28	8.6	8.4	
安政東海地震	1854/12/23	8.4	8.3	
安政南海地震	1854/12/24	8.4	8.3	
昭和東南海地震	1944/12/07	7.9	8.1	8.1~8.2
昭和南海地震	1946/12/21	8.0	8.1	8.2~8.5

・マグニチュードとして、宇津(1999)の表に記述されたマグニチュード(M)、津波の大きさから決めた津波マグニチュード(Mt)、各種研究成果を踏まえ、地震モーメント等を利用して推定したモーメントマグニチュード(Mw)を示す。正平(康安)東海地震の発生年月日は南海地震と同時に起きた(8/3)という説と、2日前に起きた(8/1)という説があるため、日の表記を“?”にした。

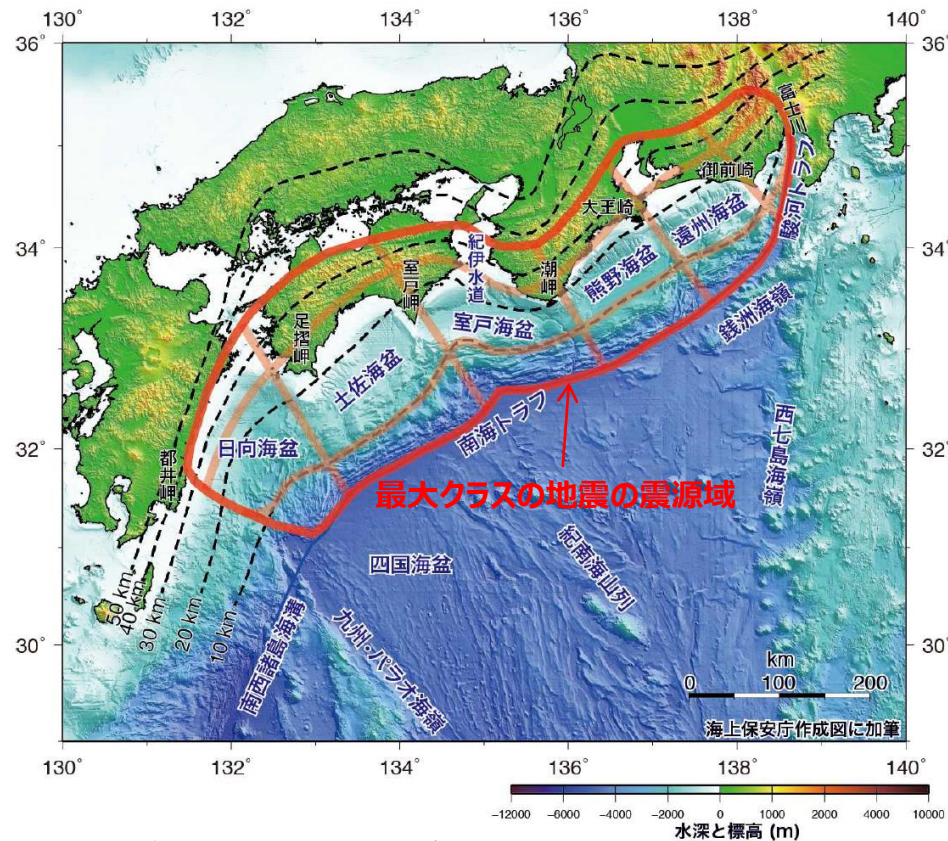
＜南海トラフで発生した大地震の地震規模＞
(地震調査委員会(2013b)による)

＜南海トラフで発生した大地震の震源域の時空間分布＞
(地震調査委員会(2013b)による)

南海トラフで発生するプレート間地震に関する知見

(行政機関による知見 (地震調査委員会(2013b) (南海トラフの最大クラスの地震)))

- 地震調査委員会(2013b)によると、評価対象領域の全体がすべることで発生する地震が、本評価で想定する南海トラフの「最大クラスの地震」であり、この「最大クラスの地震」の震源域は、過去の地震、フィリピン海プレートの構造、海底地形等に関する特徴など、現在の科学的知見に基づいて推定したものである。
- この評価対象領域は、後述する内閣府(2012)による「南海トラフの巨大地震モデル検討会」の想定震源域・想定津波波源域と同じである。
- また、「最大クラスの地震」については、過去数千年間に発生したことを示す記録はこれまで見つかっておらず、定量的な評価は困難であるが、地震の規模別頻度分布から推定すると、その発生頻度は100年～200年の間隔で繰り返し発生している大地震に比べ、一桁以上低いと考えられるとしている。



- ・赤線は最大クラスの地震の震源域を示す。
- ・薄い赤線は震源域を類型化するために用いた領域分けの境界線を示す。
- ・破線はフィリピン海プレートの上面深度を示す。

<南海トラフの評価対象領域>

(地震調査委員会(2013b)に図の説明 (最大クラスの地震の震源域) を加筆)

・地震調査委員会(2013b)は、南海トラフで次に発生するM8～9クラスの地震の発生確率の評価に際しては、過去に南海トラフで発生した大地震の多様性を踏まえて、南海トラフを南海・東南海領域という区分はせず、南海トラフ全体を一つの領域として考え、今後30年以内の地震発生確率を60～70%としている。

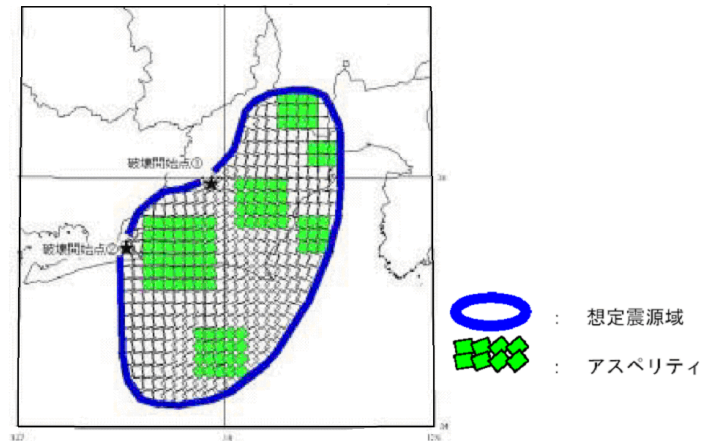
<補足説明資料④-09 プレート間地震に関する知見>

南海トラフで発生するプレート間地震に関する知見

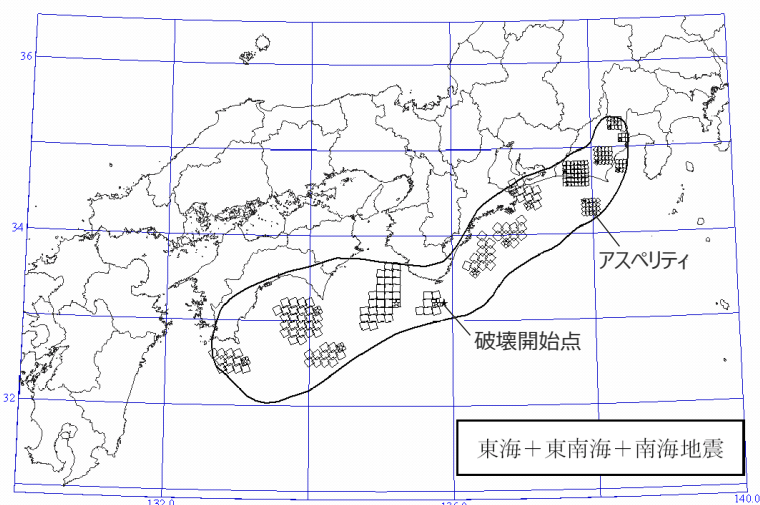
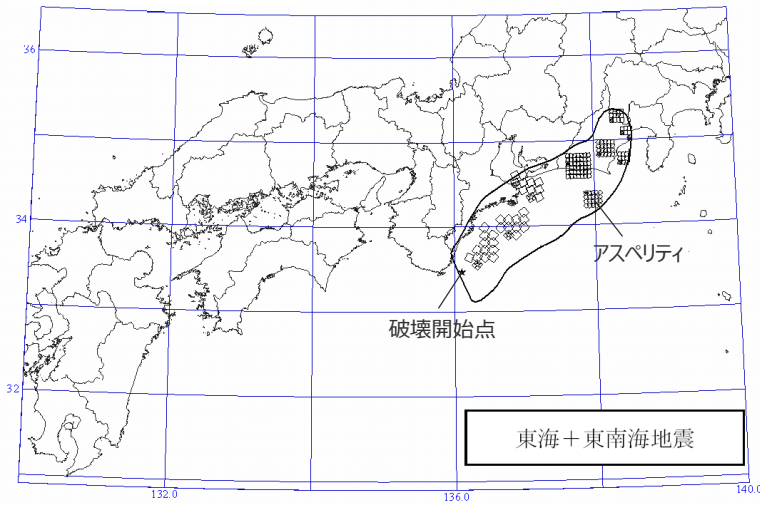
(行政機関による知見 (中央防災会議「東海地震に関する専門調査会」(2001)、「東南海、南海地震等に関する専門調査会」(2003) (強震断層モデル)))

○中央防災会議において、「東海地震に関する専門調査会」(2001)、(以下、「中央防災会議(2001b)」という。)
「東南海、南海地震等に関する専門調査会」(2003) (以下、「中央防災会議(2003b)」という。)が設置され、想定東海地震や想定東海地震、東南海地震、南海地震の震源域が同時に破壊されるケース等の強震断層モデル (中央防災会議モデル (既往地震)) が設定されている。

対象地震	面積 (km ²)	地震モーメント (Nm)	モーメントマグニチュード	アスペリテイの応力低下量 (MPa)
想定東海地震	約9,400	1.1×10 ²¹	8.0	21.4
想定東海・東南海地震	約24,000	3.4×10 ²¹	8.3	21.4, 21.9
想定東海・東南海・南海地震	約61,000	1.22×10 ²²	8.7	21.4, 21.9, 24.6



<想定東海地震の強震断層モデル (中央防災会議(2001b)による)>



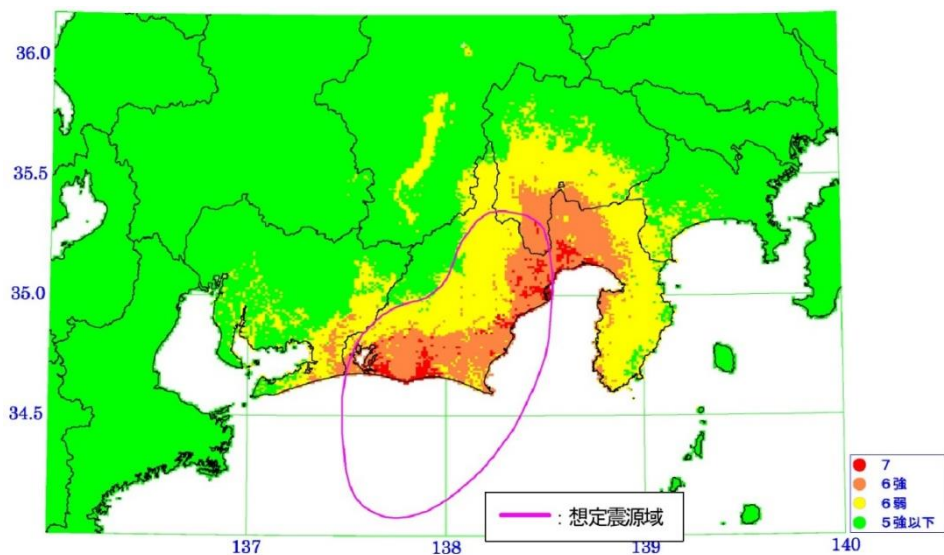
<想定東海・東南海地震、想定東海・東南海・南海地震の強震断層モデル (中央防災会議モデル (既往地震)) >
(中央防災会議(2003b)に図の説明 (アスペリテイ、破壊開始点) を加筆)

・「中央防災会議モデル (既往地震)」は参考文献における中央防災会議(2001b)と中央防災会議(2003b)に基づく。以降、同じ。

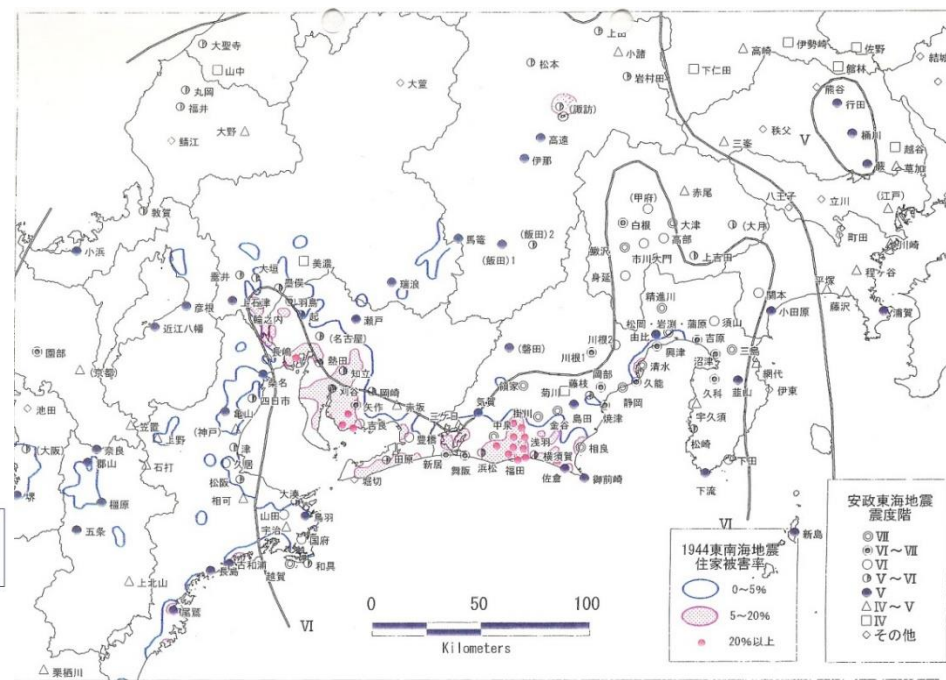
南海トラフで発生するプレート間地震に関する知見

(行政機関による知見 (中央防災会議「東海地震に関する専門調査会」(2001)、「東南海、南海地震等に関する専門調査会」(2003) (強震断層モデルの妥当性確認)))

○想定東海地震の震源域や断層パラメータは、強震動の計算結果による震度分布と1854年安政東海地震(M8.4)の広域の震度分布の東側の部分との比較等により、その妥当性が確認されている。



<想定東海地震における強震動の計算結果による震度分布>
(中央防災会議(2003a)による)

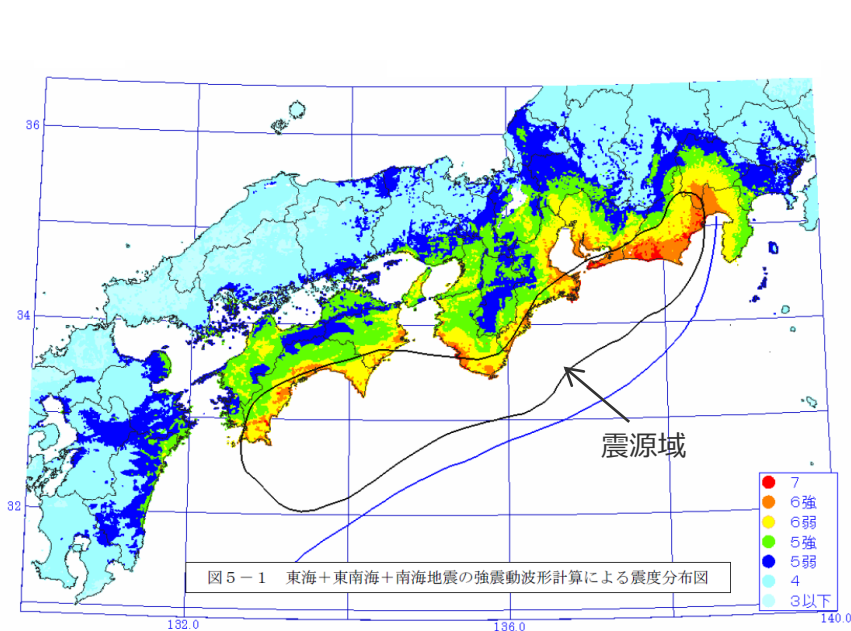


<1854年安政東海地震(M8.4)の震度分布>
(中央防災会議(2001b)による)

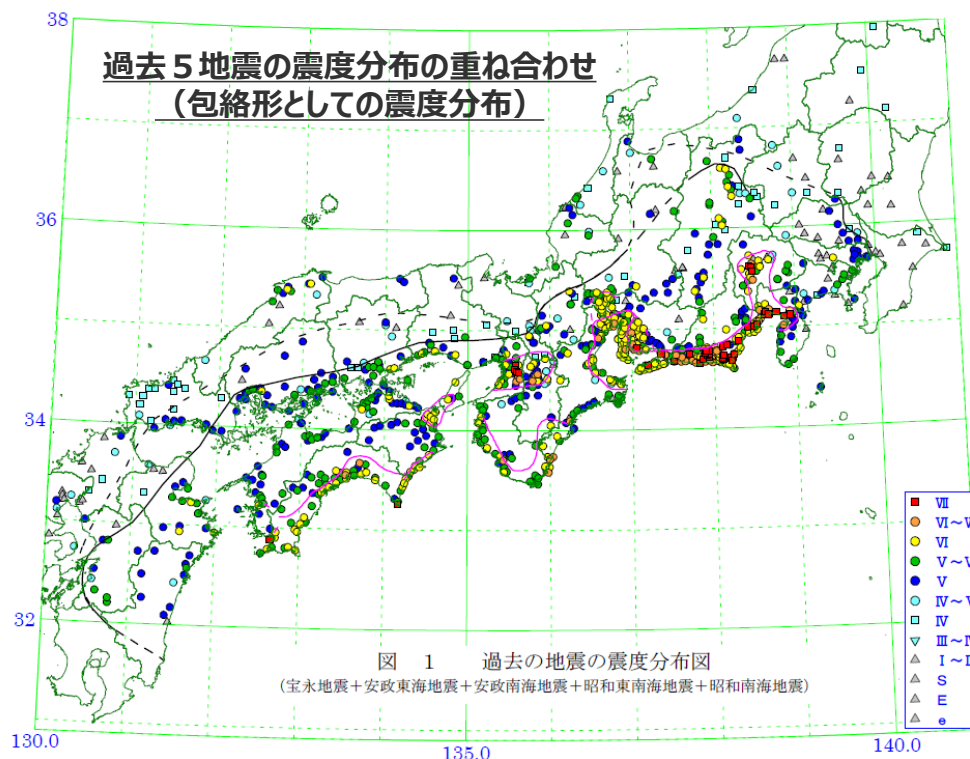
南海トラフで発生するプレート間地震に関する知見

(行政機関による知見 (中央防災会議「東海地震に関する専門調査会」(2001)、「東南海、南海地震等に関する専門調査会」(2003) (強震断層モデルの妥当性確認)))

○想定東海地震・東南海地震及び想定東海地震・東南海地震・南海地震の震源域や断層パラメータについても、強震動の計算結果による震度分布と過去の5地震（宝永地震、安政東海地震、安政南海地震、東南海地震、南海地震）の包絡形としての震度分布との比較等により、その妥当性が確認されている。



<想定東海地震・東南海地震・南海地震における強震動の計算結果による震度分布>
(中央防災会議(2003b)に図の説明(震源域)を加筆)



<過去の5地震の震度分布>
(中央防災会議(2003b)に図の説明(過去5地震の震度分布の重ね合わせ(包絡形としての震度分布))を加筆)

南海トラフで発生するプレート間地震に関する知見

(行政機関による知見 (中央防災会議「東海地震に関する専門調査会」(2001)、「東南海、南海地震等に関する専門調査会」(2003) (強震断層モデルの妥当性確認)))

○前述のとおり、中央防災会議モデル(既往地震)は、過去の歴史地震の震度分布との比較等により、その妥当性が確認されており、浜岡地点においても、歴史地震の震度Ⅴに対して、強震動の計算結果による震度は6弱となっており、概ね整合している。

<浜岡地点における震度比較>

対象地震		公開データによる震度階(地表)	
		安政東海地震 佐倉地点	中央防災会議 (浜岡地点: 51387141 メッシュ) (計測震度)
想定東海地震	破壊開始点 1	Ⅴ	6弱 (5.8)
	破壊開始点 2		6弱 (5.8)
想定東海・東南海地震			6弱 (5.8)
想定東海・東南海・南海地震			6弱 (5.8)



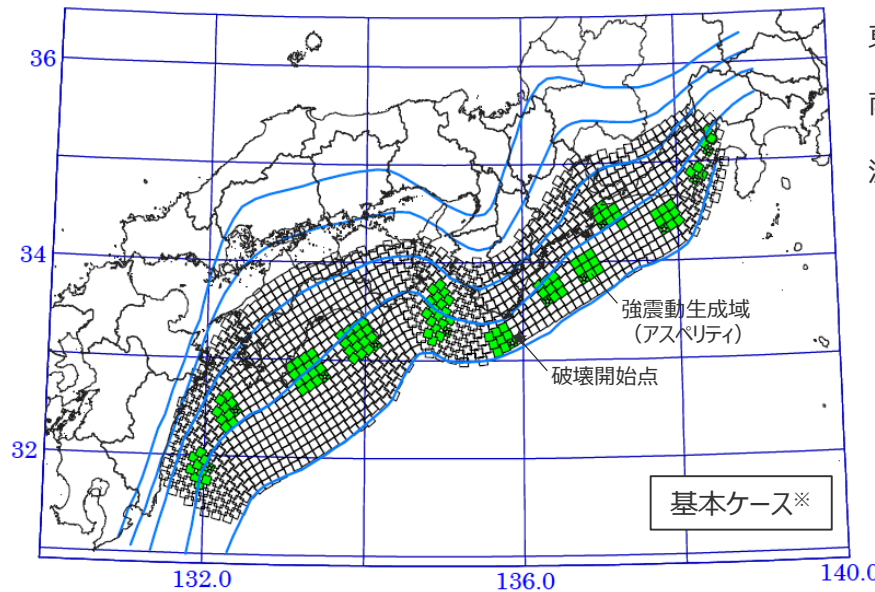
<1854年安政東海地震(M8.4)の震度分布>
(中央防災会議(2001b)に
図の説明(佐倉の震度Ⅴ)を加筆)

南海トラフで発生するプレート間地震に関する知見

(行政機関による知見 (内閣府「南海トラフの巨大地震モデル検討会」(2012) (南海トラフで想定される最大クラスの地震の強震断層モデル)))

- 内閣府「南海トラフの巨大地震モデル検討会」(2012) (以下、「内閣府(2012)」という。) は、2011年東北地方太平洋沖地震を契機として中央防災会議の下に設置された「東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震・津波対策に関する専門調査会」により示された「あらゆる可能性を考慮した最大クラスの巨大な地震・津波を検討していくべきである」との考え方にに基づき、発生し得る最大クラスの地震・津波を検討している。
- 南海トラフで想定される最大クラスの地震として設定した強震断層モデル (内閣府モデル (最大クラスの地震)) 及び当該モデルによる震度分布の推計結果について、Mw9クラスの巨大地震の中でも最大級のものであり、これにより推計される震度分布は、最大クラスの地震によるものとし、その地震の想定は、発生頻度は極めて低いものの、発生すれば甚大な被害をもたらす最大クラスの地震に相当するものであるとしている。

面積：約11万km²
モーメントマグニチュードMw：9.0
強震動生成域の応力低下量：34～46MPa程度



東側：駿河湾における南海トラフのトラフ軸
(富士川河口断層帯の領域を含む)
南西側：九州・パラオ海嶺の北側付近で
フィリピン海プレートが厚くなる領域
深さ方向：プレート境界面の深さ約10kmから
プレート境界面の深さ約30kmよりやや
深い深部低周波地震が発生している領域

※基本ケースの強震動生成域の位置は、前述の中央防災会議モデル (既往地震) の強震動生成域の位置を参考として設定されている。

<南海トラフで想定される最大クラスの地震の強震断層モデル (内閣府モデル (最大クラスの地震)) >
(内閣府(2012)に図の説明 (強震動生成域 (アスペリティ) 、破壊開始点) を加筆)

・「内閣府モデル (最大クラスの地震)」は参考文献における内閣府(2012)に基づく。以降、同じ。

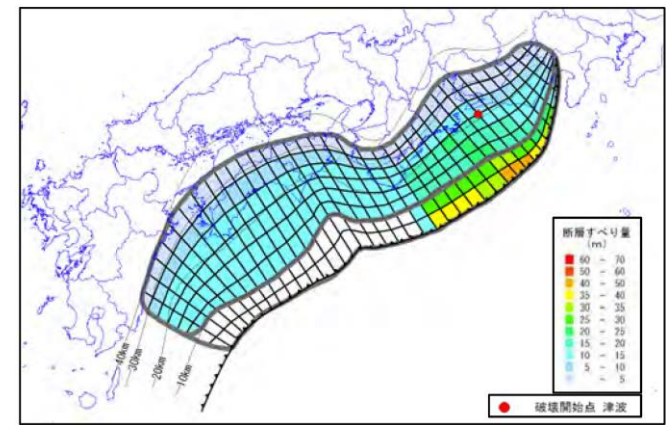
南海トラフで発生するプレート間地震に関する知見

(行政機関による知見 (内閣府「南海トラフの巨大地震モデル検討会」(2012) (南海トラフで想定される最大クラスの地震の強震断層モデル)))

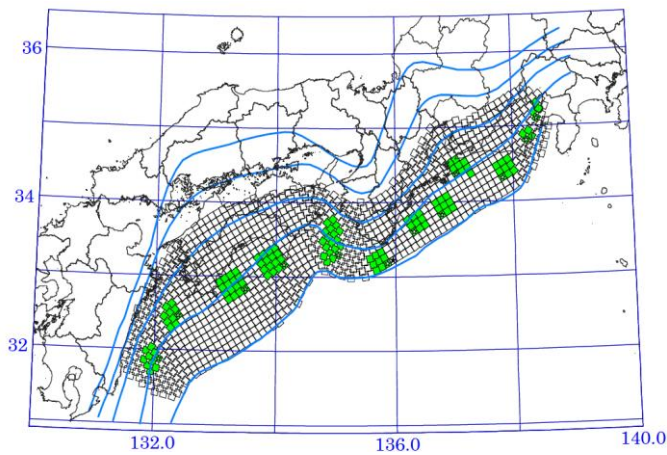
- 内閣府(2012)では、南海トラフで想定される最大クラスの地震・津波として、強震断層モデル及び津波断層モデルを設定している。
- 強震断層モデルは、プレート境界面の深さ10kmよりも深い領域に設定され、強震動生成域もその領域に配置されている。強震動を発生させる領域の設定は、深さ10kmより深い領域でプレートが固着状態にあるとの研究成果に基づいており、深さ10kmからトラフ軸までの領域については、強震動を発生する可能性は低い、高い津波をもたらす可能性があるとしている。
- 津波断層モデルは、強震断層モデルと異なり、深さ10km以浅のプレート境界浅部にすべりの大きな領域や分岐断層が考慮されている。



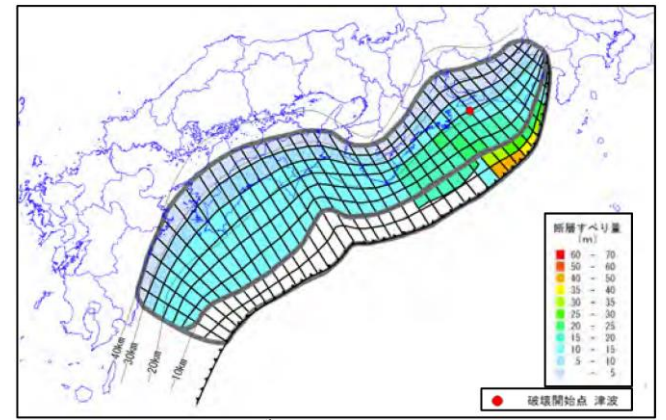
- 内閣府(2012)では、南海トラフで想定される最大クラスの地震・津波として、津波断層モデルには、プレート境界浅部や分岐断層が考慮されているが、強震断層モデルには、プレート境界浅部や分岐断層が考慮されておらず、強震動生成域はプレート境界深部に設定されている。



(津波断層モデル (駿河湾～紀伊半島沖に大すべり域+超大すべり域を設定))



(強震断層モデル (基本ケース))



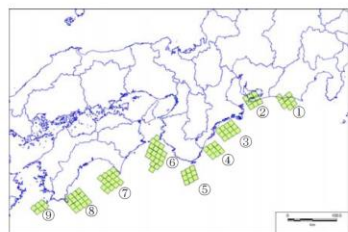
(津波断層モデル (駿河湾～紀伊半島沖に大すべり域+ (超大すべり域、分岐断層) を設定))

<最大クラスの地震の強震断層モデルと津波断層モデルの例> (内閣府(2012)による)

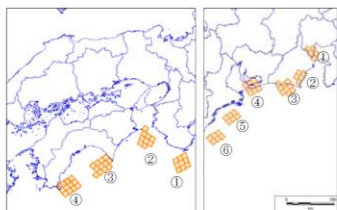
南海トラフで発生するプレート間地震に関する知見

(行政機関による知見 (内閣府「南海トラフの巨大地震モデル検討会」(2015) (南海トラフで想定される最大クラスの地震の長周期地震断層モデル)))

- 内閣府「南海トラフの巨大地震モデル検討会」(2015) (以下、「内閣府(2015)」という。) は、「東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震・津波対策に関する専門調査会」(2011)により示された「あらゆる可能性を考慮した最大クラスの巨大な地震・津波を検討すべきである」との考え方に基づき、前ページの内閣府の「南海トラフの巨大地震モデル検討会」(2012)による強震断層モデルとは別に、過去地震に加え、最大クラスの地震を検討対象として、長周期地震動 (周期2～10秒程度) を推計するために用いる長周期地震断層モデル (内閣府モデル (最大クラスの長周期地震)) を構築している。
- 具体的には、東北地方太平洋沖地震等の知見を踏まえ、周期2～10秒までの長周期地震動は強震動生成域のみのモデルで観測記録を再現できることから、南海トラフで想定される最大クラスの地震の長周期地震断層モデルは、強震動生成域のみのモデルとして、5つの過去地震 (1707年宝永地震、1854年安政東海地震、1854年安政南海地震、1944年昭和東南海地震、1946年昭和南海地震) で強震動生成域を包絡する形で設定され、強震動生成域の応力降下量は30MPaである。

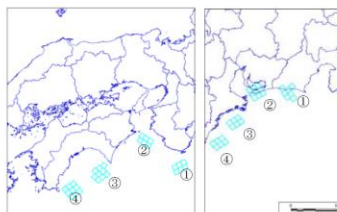


宝永地震



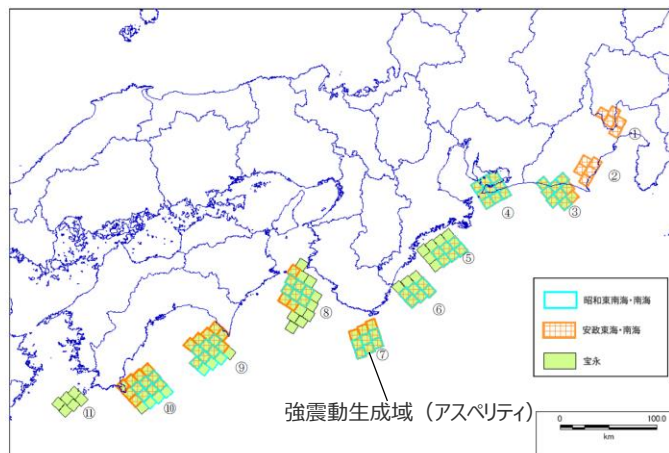
安政南海地震

安政東海地震



昭和南海地震

昭和東南海地震



最大クラスの地震

最大クラスに相当する東北地方太平洋沖地震の SMGA の位置は、それ以前の過去地震で大きな揺れを引き起こしたとされた地域と概ね一致する場所であることを踏まえ、南海トラフの最大クラスの地震は、SMGA の位置を検討対象とした過去地震の全ての SMGA を包絡するモデルとした。なお、過去地震の強震動生成域の面積が異なる場合は最大のものを採用した

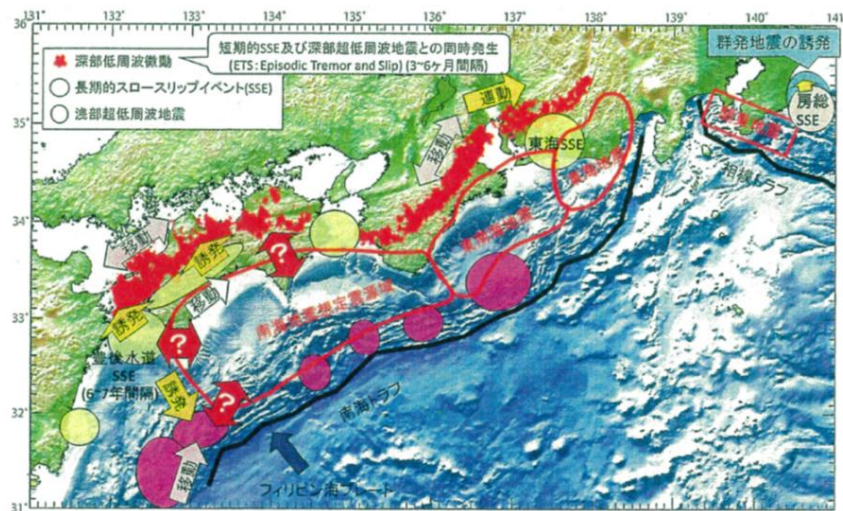
<南海トラフで想定される最大クラスの地震の長周期地震断層モデル> (内閣府(2015)に図の説明 (強震動生成域 (アスペリティ)) を加筆)

・「内閣府モデル (最大クラスの長周期地震)」は参考文献における内閣府(2015)に基づく。以降、同じ。

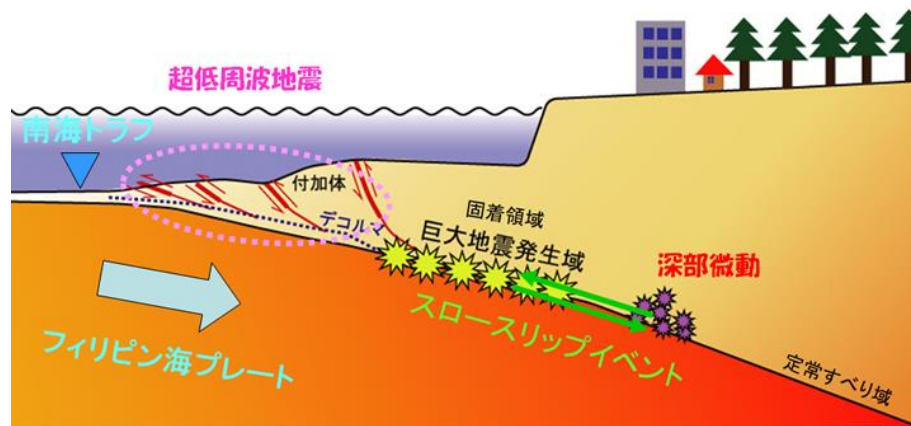
南海トラフで発生するプレート間地震に関する知見

(南海トラフにおける地震時挙動に関する知見 (超低周波地震))

- 南海トラフにおけるプレート沈み込み帯の特徴について、近年の研究 (Obara et al.(2011)等) では、強震動が発生するとされる固着域 (深さ10km~30km程度) より浅部では浅部超低周波地震が、固着域より深部では深部低周波地震が発生していることが報告されている。
- プレート間地震の浅部の破壊伝播形態として、プレート境界面に沿ってトラフ軸まで破壊が伝播する形態や付加体内の分岐断層に沿って破壊が伝播する形態が挙げられる。
- これらの破壊伝播形態は、いずれも浅部超低周波地震が発生している領域 (付加体やデコルマ面) における破壊伝播形態である。



<南海トラフで観測されている現象>
(小原(2017)による)



<西南日本におけるプレート沈み込み帯の模式図>
(防災科学技術研究所(2010)による)

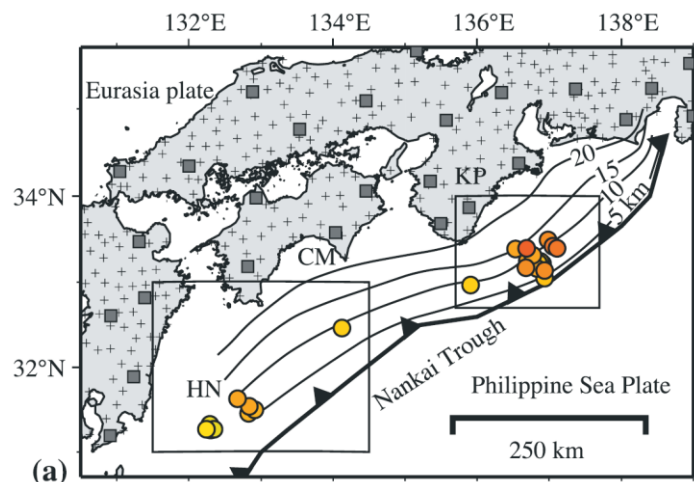
南海トラフで発生するプレート間地震に関する知見

(南海トラフにおける地震時挙動に関する知見 (超低周波地震))

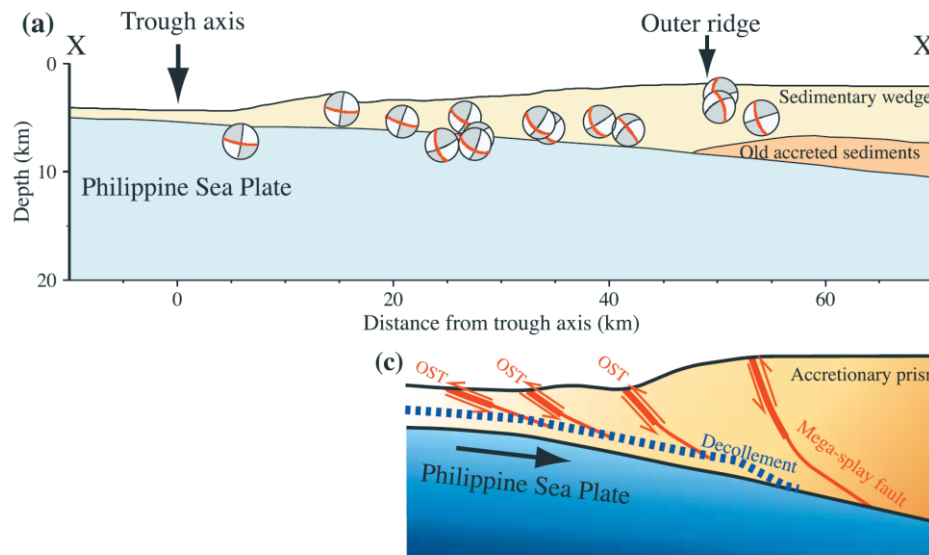
○南海トラフの浅部の特徴として、付加体の発達が挙げられる。この付加体内部では、超低周波地震の発生が観測されており、Ito and Obara(2006a)他により、超低周波地震の分布や応力降下量に関する分析が行われている。



○Ito and Obara(2006a)では、南海トラフ沿いの付加体内部で発生した超低周波地震を対象に、CMTインバージョン解析を実施している。
○この解析結果によると、超低周波地震は、トラフ軸から陸側に50~70kmの範囲で、沈み込むフィリピン海プレート境界の深さ10km以浅に分布している。また、発震機構は逆断層を示し、超低周波地震の発生は、付加体内部におけるアウトオブシークエンススラストや巨大分岐断層といった多くの逆断層系と関連があるとしている。



<付加体で発生した超低周波地震の分布>
(Ito and Obara(2006a)による)



<超低周波地震のCMT解と付加体システムとの関係>
(Ito and Obara(2006a)による)

南海トラフで発生するプレート間地震に関する知見

(南海トラフにおける地震時挙動に関する知見 (超低周波地震))

- Ito and Obara(2006b)では、紀伊半島沖の南海トラフの浅部に分布する付加体内部で発生した超低周波地震を対象に応力降下量を求めている。
- この解析結果によると、超低周波地震の応力降下量は0.1~10kPaであり、通常の地震の0.1~1%であるとしている。また、超低周波地震の極端に小さい応力降下量は、付加体内部の断層強度が、衝上断層系内に存在する流体が原因で弱まっている可能性があることを示唆している。

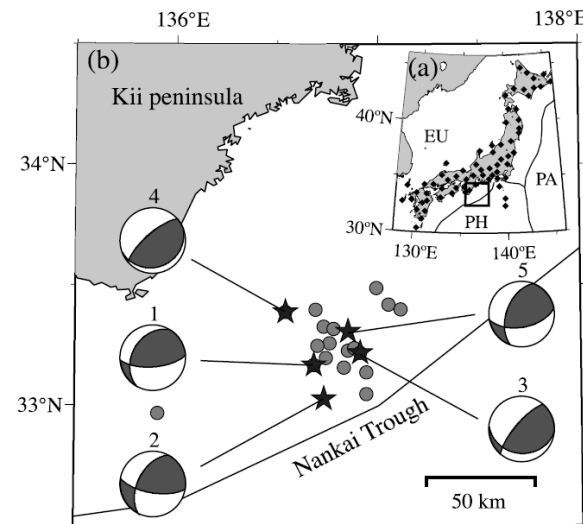


Table 1. Source Parameters of the VLF Earthquakes Observed for a Slightly Distinct *P* Wave

ID	Centroid Time, UT	Lat, °N	Lon, °E	Depth, km	Mw	Moment, Nm	f_c , Hz	Stress Drop, kPa
1	2004/09/12 16:44:17	33.17	136.68	2	3.8	5.517×10^{14}	0.11	0.1–0.8
2	2004/09/16 15:35:21	33.03	136.73	3	3.9	1.029×10^{15}	0.08	0.07–0.6
3	2004/09/18 04:17:59	33.22	136.91	4	3.9	8.406×10^{14}	0.18	0.6–5
4	2004/09/20 05:18:38	33.39	136.54	3	4.1	1.569×10^{15}	0.10	0.2–2
5	2004/09/20 05:59:27	33.31	136.85	2	3.7	3.841×10^{14}	0.24	0.7–6

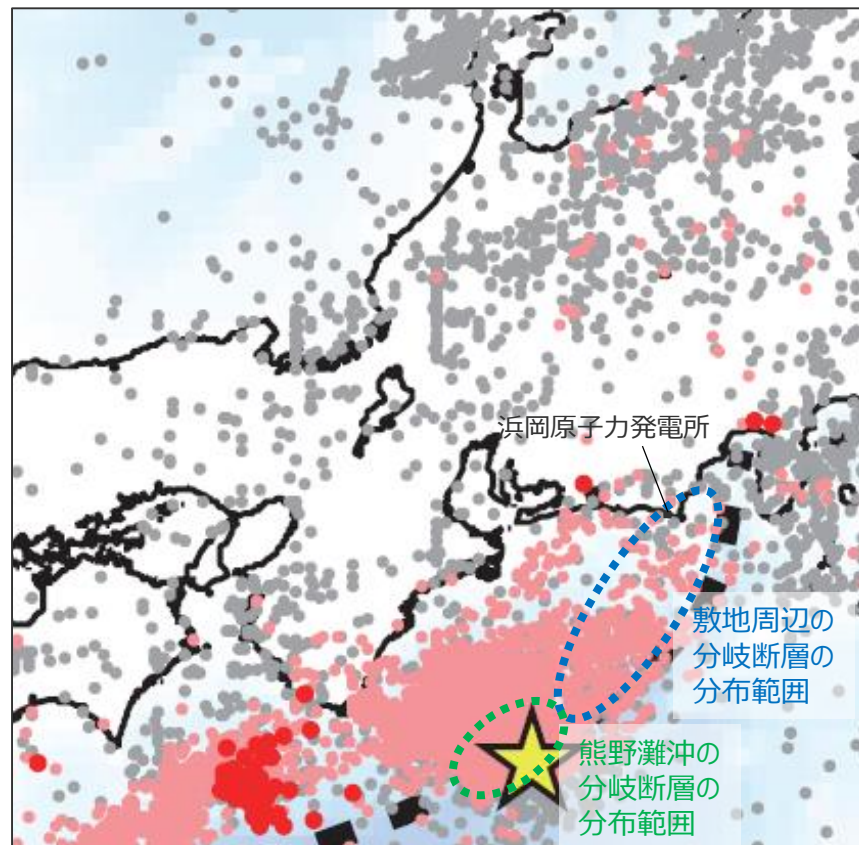
<紀伊半島沖で発生した浅部超低周波地震の応力降下量>
(Ito and Obara(2006b)による)

南海トラフで発生するプレート間地震に関する知見 (南海トラフにおける地震時挙動に関する知見 (超低周波地震))

- 防災科学技術研究所(2016)では、日本周辺で発生した浅部超低周波地震の活動を防災科学技術研究所のHi-netに併設された高感度加速度計 (傾斜計) の記録のアレイ解析によって調査している。
- この解析結果によると、浅部超低周波地震は、主として周期10秒以上が卓越するとしている。また、これらの地震は南海トラフに沿って広範囲にわたり発生しており、敷地周辺の分岐断層が分布する範囲でも発生している。



- 浅部超低周波地震は、固着域 (深さ10km以深) より浅い付加体やデコルマ面で発生し、応力降下量が通常地震に比べ極端に小さく、周期は10秒以上である。

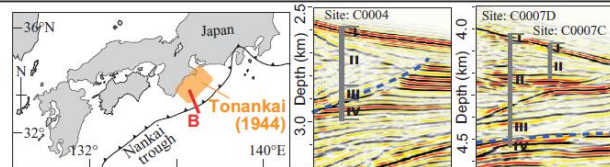


<震央分布 (2003年6月1日~2015年10月31日) >
(浅部超低周波地震: 桃色及び赤色で示された地震)
(防災科学技術研究所(2016)に敷地位置、分岐断層の分布範囲を加筆)

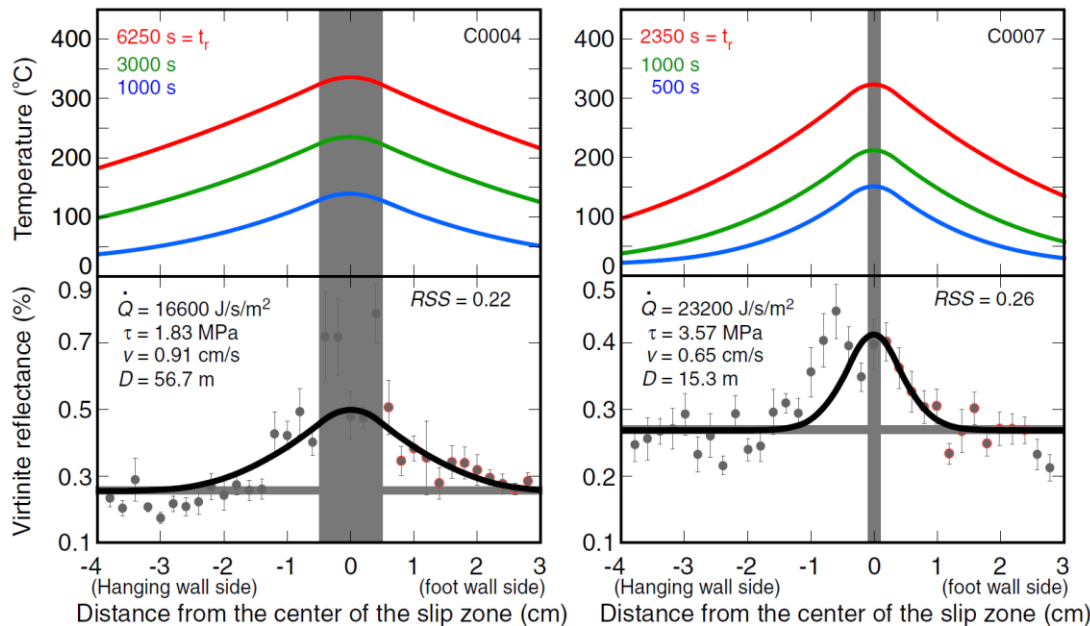
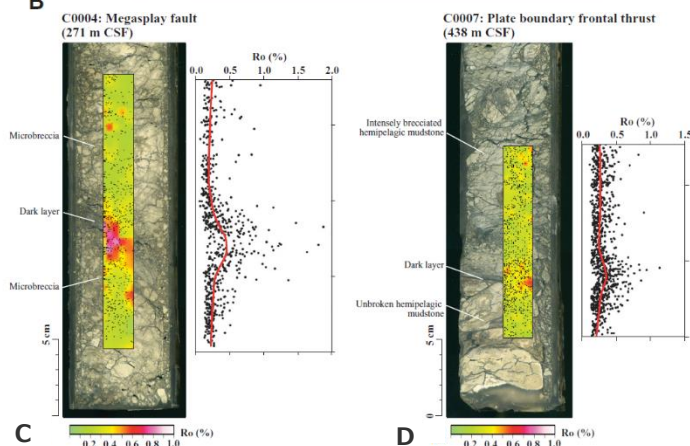
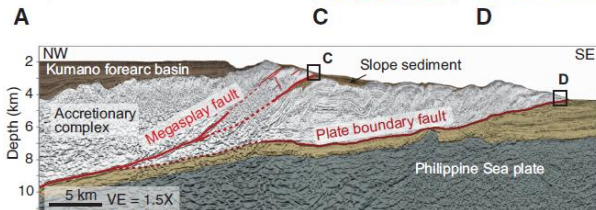
南海トラフで発生するプレート間地震に関する知見

(南海トラフにおける地震時挙動に関する知見 (断層すべり))

- Sakaguchi et al.(2011)は、南海トラフで大深度ボーリング調査を行い、分岐断層の断層面を直接捉えるとともに、断層すべりによると考えられる高温履歴を検出し、プレート境界浅部と分岐断層とが地震時に動いている可能性があることを示している。
- その後、Hamada et al.(2015)は、上記調査から得られたボーリングコアに含まれる熱変質物質 (ビトリナイト) 分布の定量的解析を行い、過去の断層すべりのすべり速度やライズタイム等を推定している。解析の結果から、南海トラフの分岐断層及びプレート境界浅部の断層すべりは、ゆっくりとしたすべり速度と長いライズタイムが確認され、この南海トラフのトラフ軸付近の断層すべりの特徴は、通常地震性すべりと比べてゆっくりで長く、速めの余効変動と調和的であるとしている。



○ 南海トラフの分岐断層及びプレート境界浅部の断層すべりは、ゆっくりとしたすべり速度と長いライズタイムで特徴づけられる。



<分岐断層 (C) とプレート境界地点 (D) のコア写真>
(Sakaguchi et al.(2011)による)

<ビトリナイト反射率分布との推定値とライズタイム等の算定>
(Hamada et al.(2015)による)

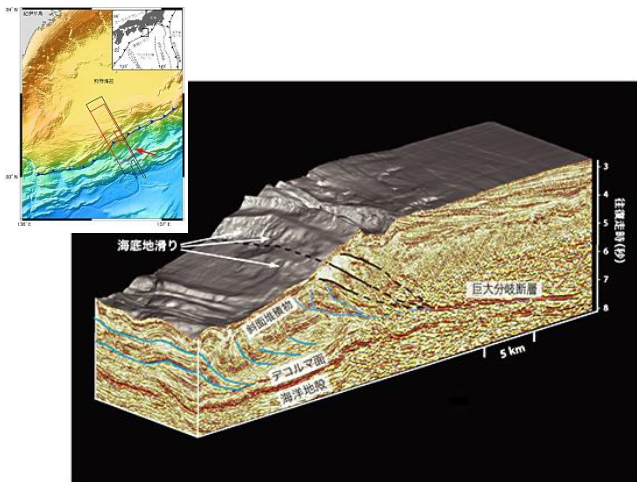
南海トラフで発生するプレート間地震に関する知見

（南海トラフにおける地震時挙動に関する知見（1944年東南海地震の震源過程解析））

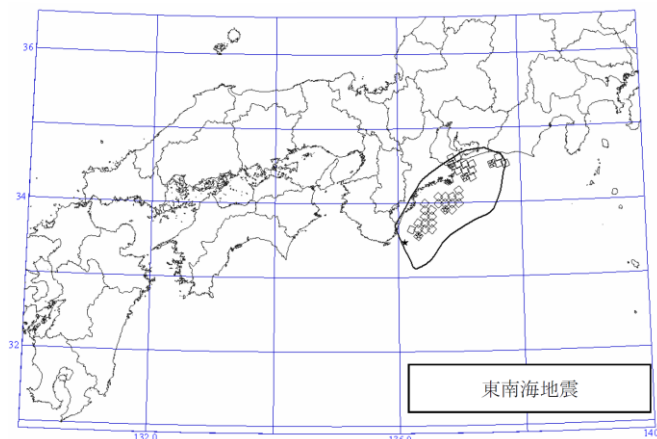
【1944年東南海地震】

- 付加体内に分岐断層が確認されている熊野灘沖を震源とした1944年東南海地震（M7.9）について、強震動励起や津波励起の観点から、震源過程解析に関する知見を整理する。
- 津波励起に関して、Baba et al.(2006)では、分岐断層を考慮したプレート境界モデルを用いて津波波形データのインバージョン解析を行っており、この地震の際に破壊が分岐断層に沿って進行した可能性を指摘している。
- 強震動励起に関して、中央防災会議(2003b)では、東南海地震の震度分布との比較検討等を踏まえ、東南海地震の強震断層モデルを設定している。これによると、強震動生成域は陸側（プレート境界深部）に配置されており、深さ10km以浅において、プレート境界浅部の断層面や分岐断層は考慮されていない。

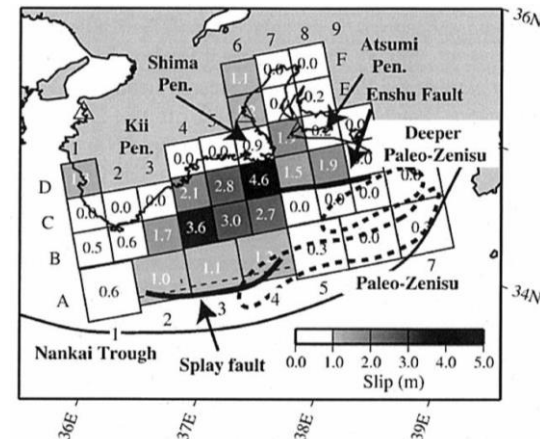
○1944年東南海地震（M7.9）において、津波インバージョン解析では、分岐断層を考慮した研究成果もあるが、震度分布との比較検討等により設定された強震断層モデルでは、プレート境界浅部の断層面や分岐断層は考慮されておらず、強震動生成域はプレート境界深部に考慮されている。



＜熊野灘沖の分岐断層＞
(Moore et al.(2007)による)



＜東南海地震の強震断層モデル＞
(中央防災会議(2003b)による)

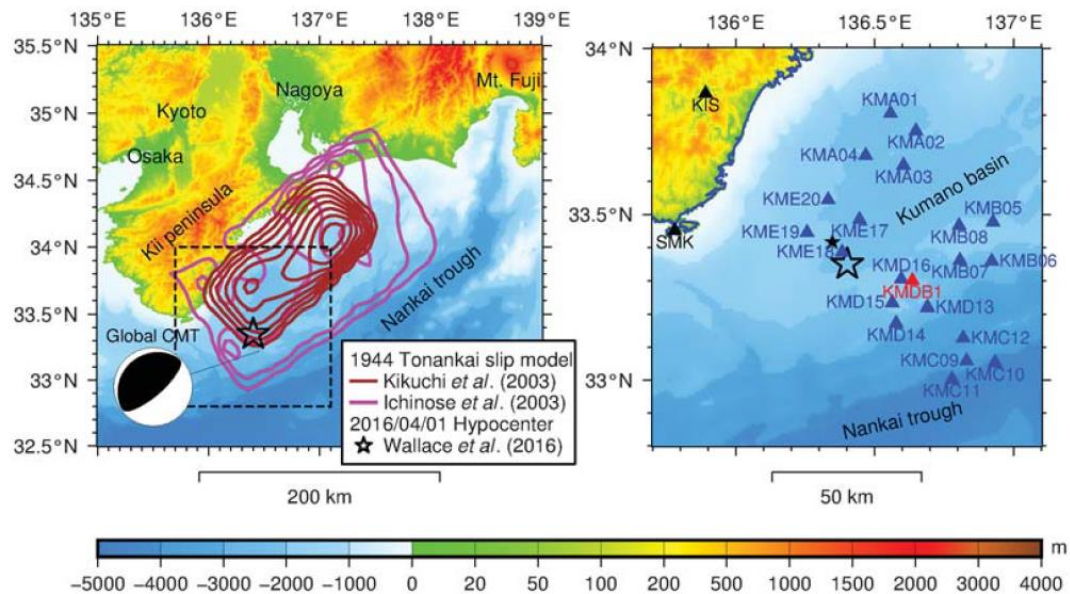


＜東南海地震の津波インバージョン解析結果＞
(Baba et al.(2006)による)

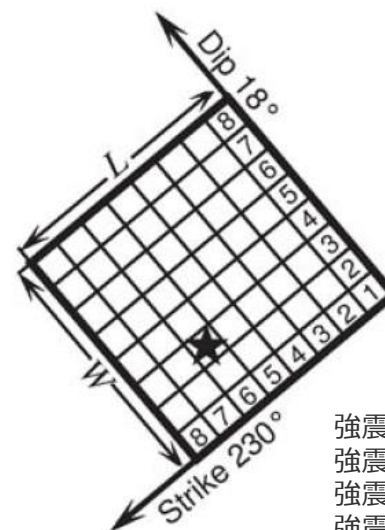
南海トラフで発生するプレート間地震に関する知見

(南海トラフにおける地震時挙動に関する知見 (2016年三重県南東沖の地震))

- 2016年三重県南東沖の地震 (Mj6.5) は、南海トラフ沿いのプレート境界で発生した地震である (Asano(2018))。震源深さは、F-netによると14kmである。
- Asano(2018)は、DONET観測点等で観測された強震記録に基づき、経験的グリーン関数法を用いて、2016年三重県南東沖の地震の強震動生成域を推定している。推定された強震動生成域の面積は20.3km²、応力降下量は22.1MPaとなっている。
- 2016年三重県南東沖の地震の強震動生成域の応力降下量は、過去の歴史地震の震度分布との比較等により、その妥当性が確認された中央防災会議モデル (既往地震) の強震動生成域の応力降下量 (21~25MPa程度) と同程度である。



<2016年三重県南東沖の地震の震央>
(Asano(2018)による)



強震動生成域の長さ：4.5km
強震動生成域の幅：4.5km
強震動生成域の面積：20.3km²
強震動生成域の応力降下量：22.1MPa

<2016年三重県南東沖の地震の強震動生成域>
(Asano(2018)による)

南海トラフで発生するプレート間地震に関する知見

(まとめ)

【行政機関による知見】

地震調査委員会(2013b)による知見

- 地震調査委員会(2013b)は、南海トラフで発生するプレート間地震の発生様式や震源域の広がり方には多様性があるとし、「最大クラスの地震」として評価対象領域全体がすべることによって発生する地震を示している。この「最大クラスの地震」の震源域は、現在の科学的知見に基づいて推定したものとされており、下記の内閣府(2012)による「南海トラフの巨大地震モデル検討会」の想定震源域・想定津波波源域と同じである。

中央防災会議「東海地震に関する専門調査会」(2001)、「東南海、南海地震等に関する専門調査会」(2003)による知見

- 中央防災会議(2001b,2003b)は、想定東海地震や想定東海地震、東南海地震、南海地震の震源域が同時に破壊されるケース等の強震断層モデル(中央防災会議モデル(既往地震))を設定している。これらの震源域や断層パラメータは、過去地震の震度分布との比較等により、その妥当性が確認されている。

内閣府「南海トラフの巨大地震モデル検討会」による知見

- 内閣府(2012)は、2011年東北地方太平洋沖地震(Mw9.0)を契機として設置された「東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震・津波対策に関する専門調査会」により示された「あらゆる可能性を考慮した最大クラスの巨大な地震・津波を検討していくべきである」との考え方にに基づき、南海トラフで想定される最大クラスの地震の強震断層モデル(内閣府モデル(最大クラスの地震))を設定している。
- 内閣府(2015)は、内閣府(2012)による強震断層モデルとは別に、過去地震に加え、最大クラスの地震を検討対象として、長周期地震動(周期2~10秒程度)を推計するために用いる長周期地震断層モデル(内閣府モデル(最大クラスの長周期地震))を設定している。

【南海トラフにおける地震時挙動に関する知見】

- プレート間地震の浅部の破壊伝播形態(プレート境界面に沿ってトラフ軸まで破壊が伝播する形態、付加体内の分岐断層に沿って破壊が伝播する形態)は、いずれも浅部超低周波地震が発生している付加体やデコルマ面における破壊伝播であり、超低周波地震の応力降下量は通常の地震に比べ極端に小さく、周期は10秒以上である。また、南海トラフの分岐断層及びプレート境界浅部の断層すべりは、ゆっくりとしたすべり速度と長いライズタイムで特徴づけられる。
- 2016年三重県南東沖の地震(Mj6.5)は、南海トラフ沿いのプレート境界で発生したプレート間地震とされ、強震動生成域のパラメータ(応力降下量22.1MPa)が推定されており、中央防災会議モデル(既往地震)の強震動生成域の応力降下量(21~25MPa)と同程度である。

- 行政機関による知見について、「検討用地震の選定」及び「検討用地震の震源モデルの設定」において反映する。
- 南海トラフにおける地震時挙動に関する知見について、プレート間地震の浅部の破壊伝播形態に関する知見を、「検討用地震の震源モデルの設定」におけるプレート境界浅部及び分岐断層が強震動励起に及ぼす影響確認において反映する。

その他の国内外のプレート間地震に関する知見

(検討概要)

1.1 南海トラフで発生するプレート間地震に関する知見

- 南海トラフについては、歴史地震に関する豊富な記録に加えて、周辺の地震活動、地殻変動、変動地形等に係る数多くの研究が行われており、南海トラフ沿いのプレート境界は、大地震の繰り返しの発生履歴が世界で最も詳しく調べられているプレート境界の一つとして知られている。
- 南海トラフで発生するプレート間地震に係る知見について、以下を対象に整理する。

行政機関による知見（地震調査委員会、中央防災会議、内閣府「南海トラフの巨大地震モデル検討会」）

南海トラフにおける地震時挙動に関する知見

1.2 その他の国内外のプレート間地震に関する知見

- 南海トラフ以外の国内外でこれまでに発生したMw9クラスの巨大地震について、特に、強震動の詳細な検討がなされた2011年東北地方太平洋沖地震（Mw9.0）の知見を中心に、2004年スマトラ島沖地震（Mw9.1）、2010年チリ地震（Mw8.8）・1960年チリ地震（Mw9.5）、1964年アラスカ地震（Mw9.2）の知見について整理する。

1.3 震源域直上の地震動に関する知見

- 浜岡原子力発電所は、南海トラフのプレート間地震の震源域直上に位置することから、以下を対象に震源域直上の地震動に関する知見を整理する。

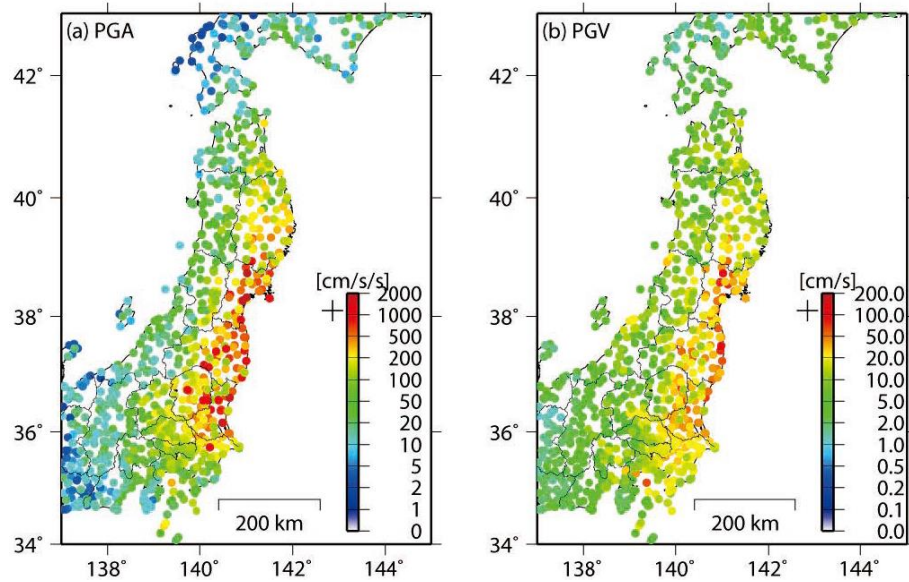
震源域直上の観測記録の特徴及び予測手法との関係

震源域直上の震度データを用いた震源モデルの構築

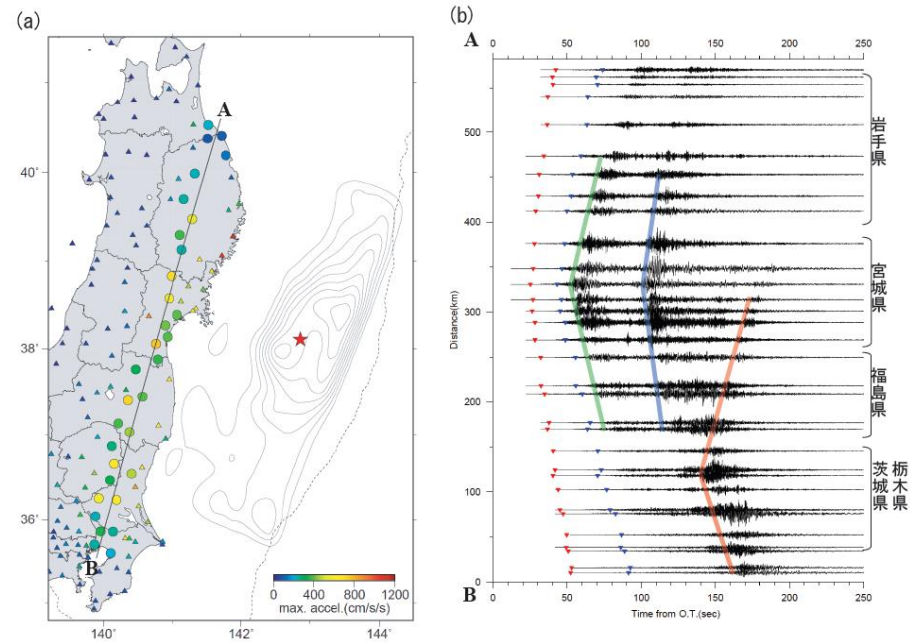
その他の国内外のプレート間地震に関する知見 (東北地方太平洋沖地震 (Mw9.0) の地震動特性 (概要))

- 2011年東北地方太平洋沖地震は、岩手県沖から茨城県沖にかけて、日本海溝の複数の震源域が連動して発生した巨大地震であり、Mwは9.0であった。この地震は強震波形データを始め、数多くのデータが得られており、これまでに国内外で発生したMw9クラスの巨大地震のなかで、強震動の詳細な検討が行われた地震である。
- 以降では、東北地方太平洋沖地震の地震動特性および震源特性を示す。

- 東北地方太平洋沖地震は極めて大きな断層で発生したため、最大加速度分布・最大速度分布に示すように、地震動の大きい領域が広域にわたっている。また、ペーストアップ波形に示すように、東北地方の多くの観測点で明瞭な波群が見られており、継続時間が長いことも地震動の特徴として挙げられている。



<東北地方太平洋沖地震の最大加速度分布 (左図) 及び最大速度分布 (右図) >
(東日本大震災合同調査報告書編集委員会(2014)による)

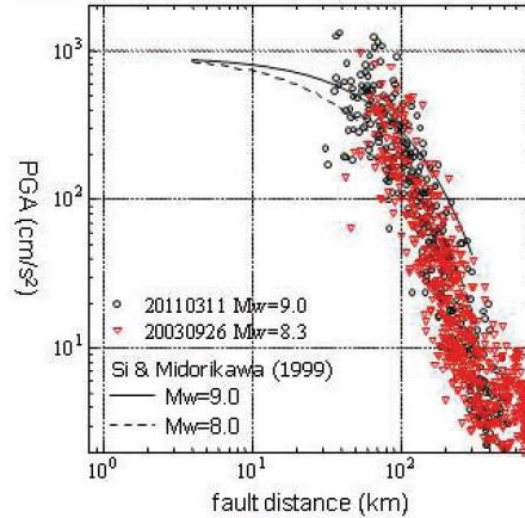


<東北地方太平洋沖地震の3成分合成最大加速度分布 (左図) 及び加速度波形のペーストアップ (右図) >
(気象庁(2012a)による)

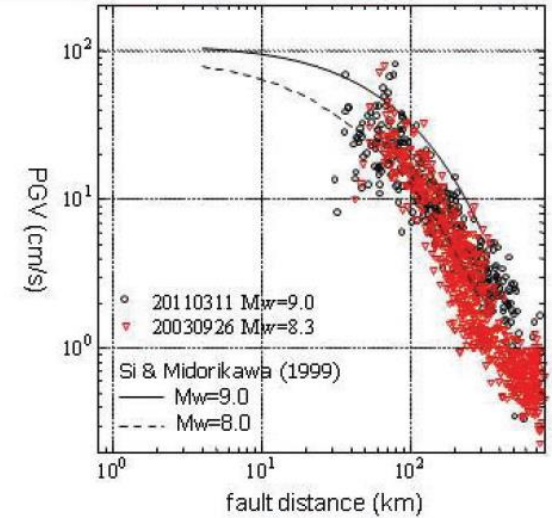
その他の国内外のプレート間地震に関する知見

(東北地方太平洋沖地震 (Mw9.0) の地震動特性 (距離減衰特性))

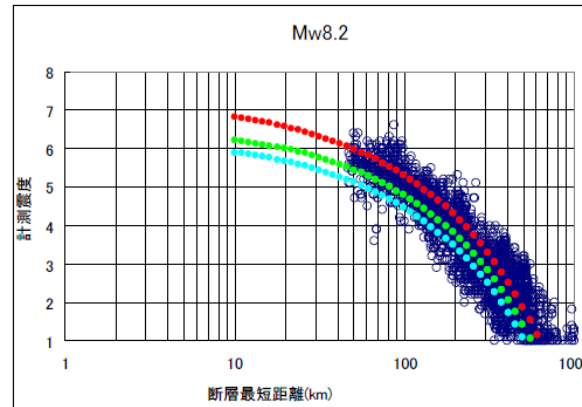
○各観測点の最大加速度、最大速度及び計測震度と震源距離との関係によると、いずれの指標においても、距離減衰式から求められるMwは8.2～8.3程度であり、全体の断層運動により求められる地震の規模Mw9.0に比べて小さい。



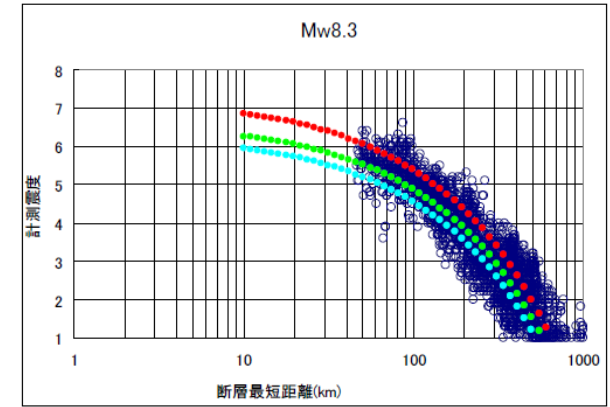
(a) 最大加速度



(b) 最大速度



(a)・(b)はKoketsu(2012)
(c)は内閣府(2012)による



(c) 計測震度

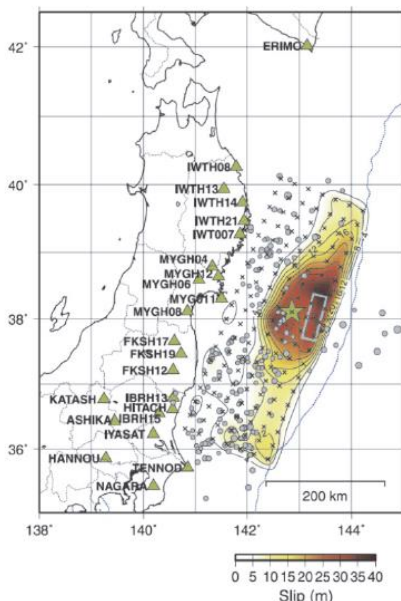
<東北地方太平洋沖地震等における各観測点の最大加速度、最大速度及び計測震度と震源距離との関係>

○東北地方太平洋沖地震の観測震度
●距離減衰 (AVS150m/s) ●距離減衰 (AVS400m/s) ●距離減衰 (AVS700m/s)

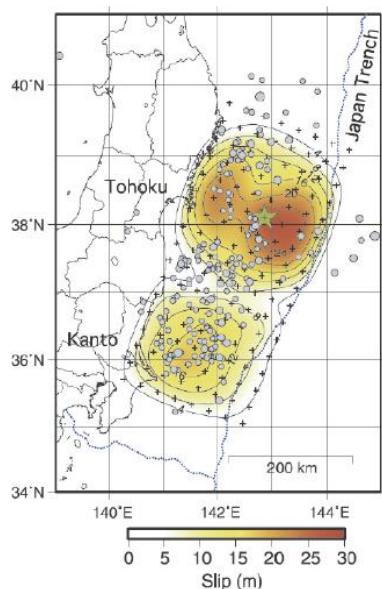
その他の国内外のプレート間地震に関する知見

(東北地方太平洋沖地震 (Mw9.0) の地震動特性 (強震動生成域とすべりの大きい領域との関係))

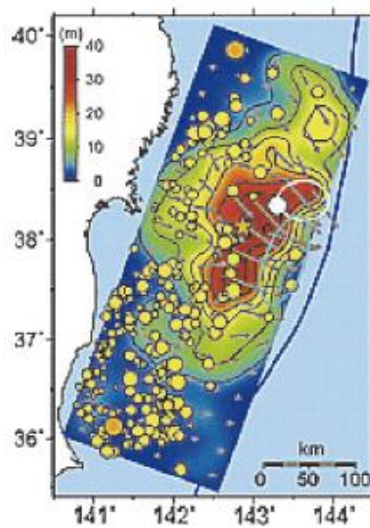
- 東北地方太平洋沖地震の震源過程は、強震波形・遠地地震波形データ、地殻変動データ、津波波形データ等を用いた震源インバージョン解析により検討されている。
- 周期数~10秒以上の周期帯の震源過程を表す解析結果 (最終すべり量分布) によると、破壊開始点付近から海溝軸にかけての浅い領域に大すべり領域が見られる。
- 周期10秒より短周期側の強震動生成に係る震源過程を表す解析結果 (経験的グリーン関数法による特性化震源モデル) によると、強震動生成域の位置は大すべり領域の位置と異なり、破壊開始点より陸側の深い領域に見られる。



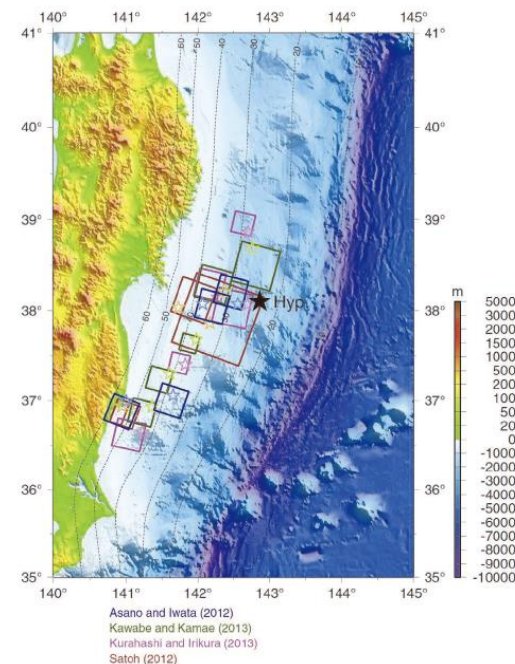
Yoshida Y. et al.(2011)
: 強震波形



Yoshida Y. et al.(2011)
: 遠地波形



Yokota et al.(2011)
: ジョイントインバージョン



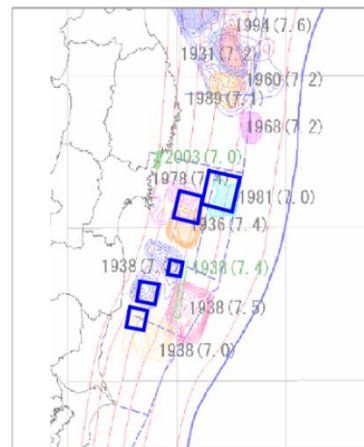
<東北地方太平洋沖地震の経験的グリーン関数法による特性化震源モデル>
(東日本大震災合同調査報告書編集委員会(2014)による)

<東北地方太平洋沖地震の震源過程解析による最終すべり量分布>
(東日本大震災合同調査報告書編集委員会(2014)による)

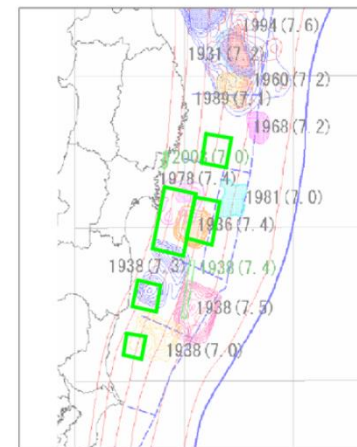
その他の国内外のプレート間地震に関する知見

(東北地方太平洋沖地震 (Mw9.0) の地震動特性 (強震動生成域の位置))

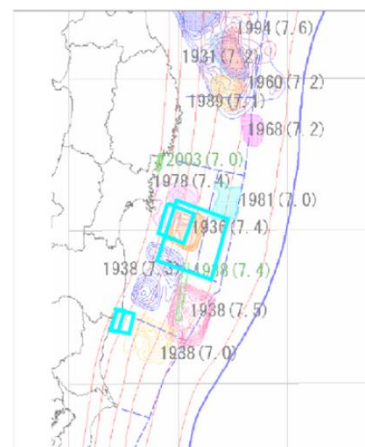
- 東北地方太平洋沖地震の強震動生成域の位置と過去の地震の震源過程解析結果との比較によると、推定された強震動生成域は、過去に発生した地震の強震動生成域と概ね類似した場所に位置している。
- また、それぞれの震源モデルは強震動生成域のみでモデル化されており、各観測点の観測波形には、その近傍に位置する強震動生成域による影響が支配的であることを示している。



(a)



(b)



(c)

- : 川辺(2011)
- : 佐藤(2011)
- : Kurahashi et al (2011)

<東北地方太平洋沖地震の強震動生成域の位置と過去の地震の震源過程解析結果との比較>
(内閣府(2012)による)

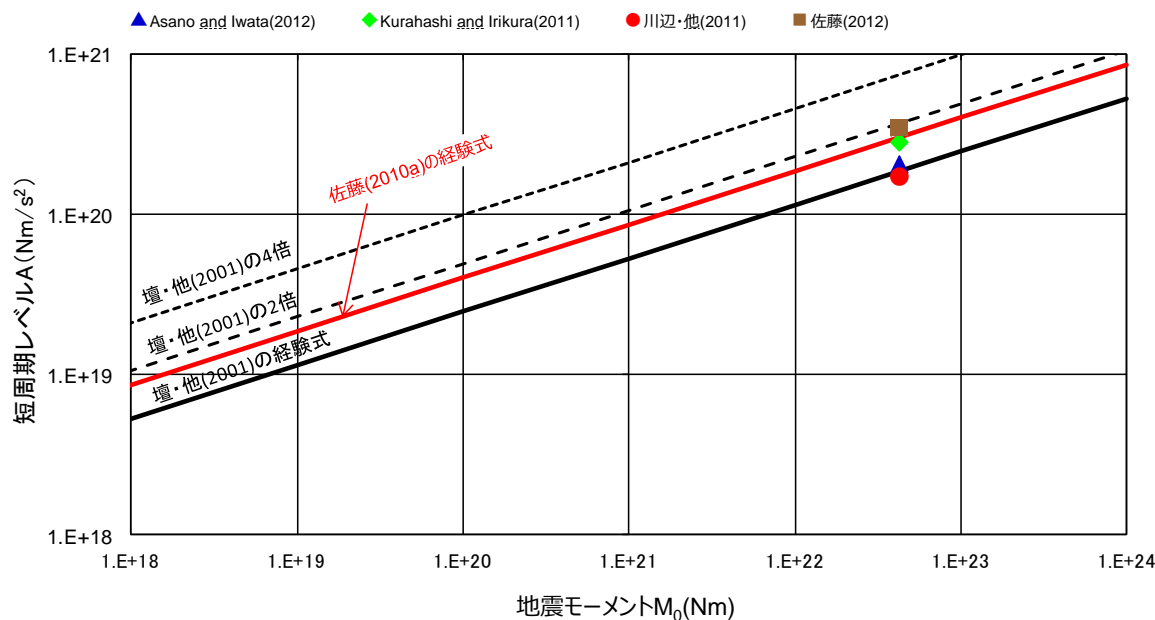
その他の国内外のプレート間地震に関する知見

(東北地方太平洋沖地震 (Mw9.0) の地震動特性 (強震動生成域の応力降下量、短周期レベル))

○東北地方太平洋沖地震の強震動生成域の応力降下量、地震モーメントと短周期レベルとの関係 ($M_0 - A$ 関係) によると、強震動生成域の応力降下量は平均で24MPa程度、平均に標準偏差を加えた値は32MPa程度であり、短周期レベルは太平洋プレートのプレート間地震に基づく佐藤(2010a)による経験式と同程度であり、壇・他(2001)による経験式の1~2倍程度である。

<東北地方太平洋沖地震の強震動生成域の応力降下量>

文献	強震動生成域の 応力降下量 (MPa)	平均値	標準 偏差
Asano and Iwata (2012)	SMGA①	23.9	23.9 8.6
	SMGA②	27.8	
	SMGA③	17.5	
	SMGA④	6.6	
Kurahashi and Irikura (2011)	SMGA①	41.3	
	SMGA②	23.6	
	SMGA③	29.5	
	SMGA④	16.4	
	SMGA⑤	26.0	
川辺・他 (2011)	SMGA①	18.9	
	SMGA②	21.6	
	SMGA③	27.0	
	SMGA④	10.8	
	SMGA⑤	23.1	
佐藤 (2012)	SMGA①	39.8	
	SMGA②	25.9	
	SMGA③	29.1	
	SMGA④	20.6	

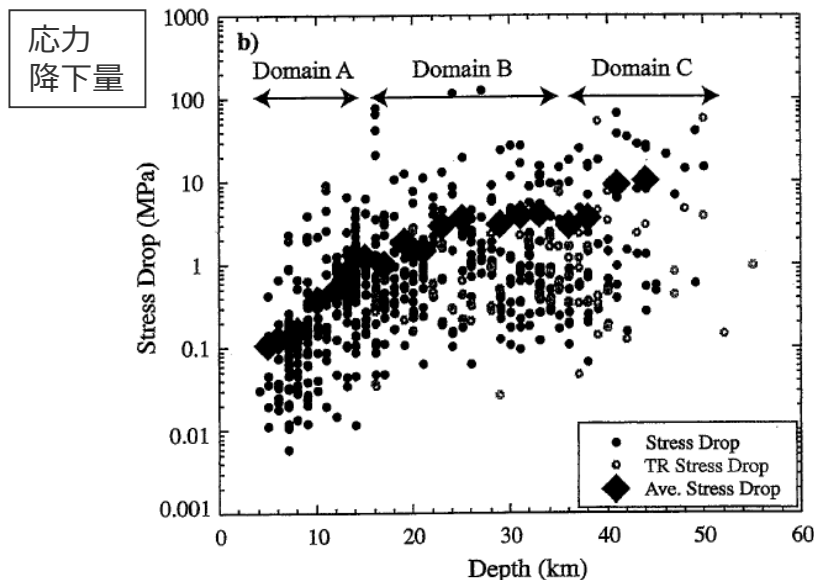
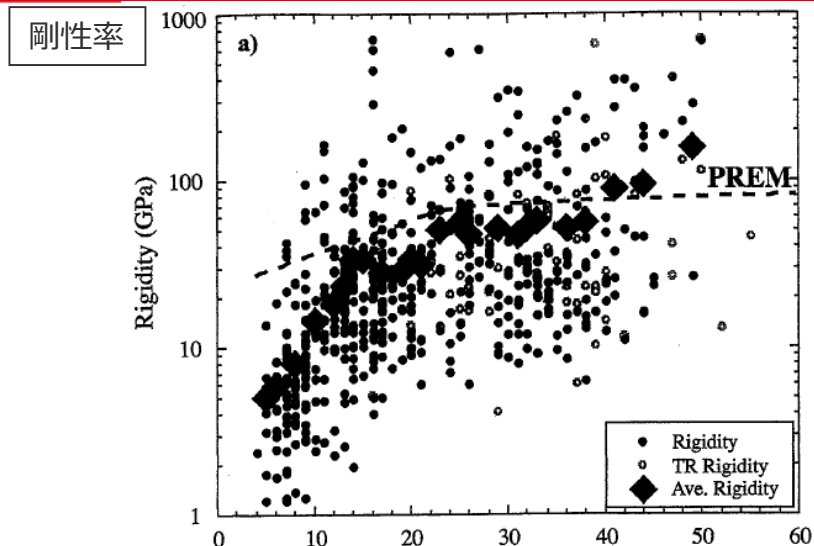


・東北地方太平洋沖地震の地震モーメントは気象庁による。

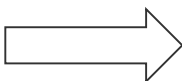
<東北地方太平洋沖地震のM₀ - A関係>

その他の国内外のプレート間地震に関する知見

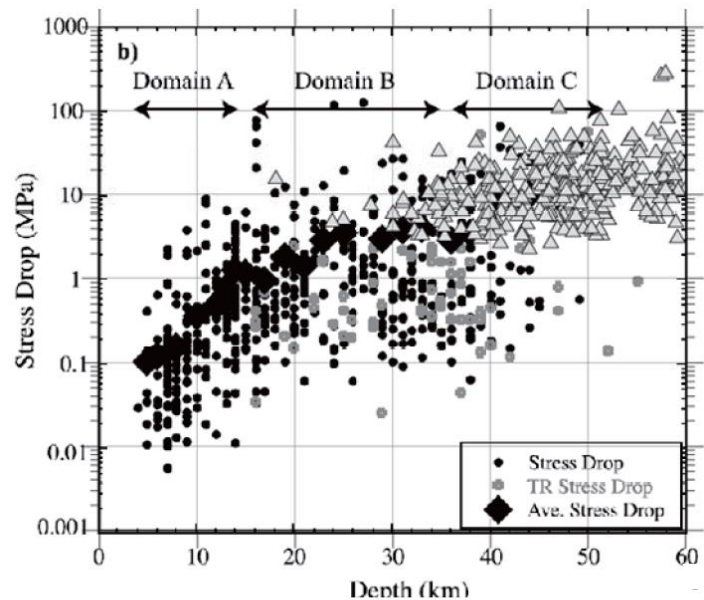
(東北地方太平洋沖地震 (Mw9.0) の地震動特性 (応力降下量の深さ依存))



- Lay et al.(2012)では、短周期レベルとの相関が高い震源の剛性率及び応力降下量と深さとの関係について分析しており、その結果によると、剛性率については、震源が深くなるほど大きくなる傾向が見られる。
- また、応力降下量についても同様の傾向が見られており、Lay et al.(2012)による分析結果に深部領域のデータを加えた中村(2012) による分析結果においても、同様の傾向が見られている。



深部領域のデータを追加



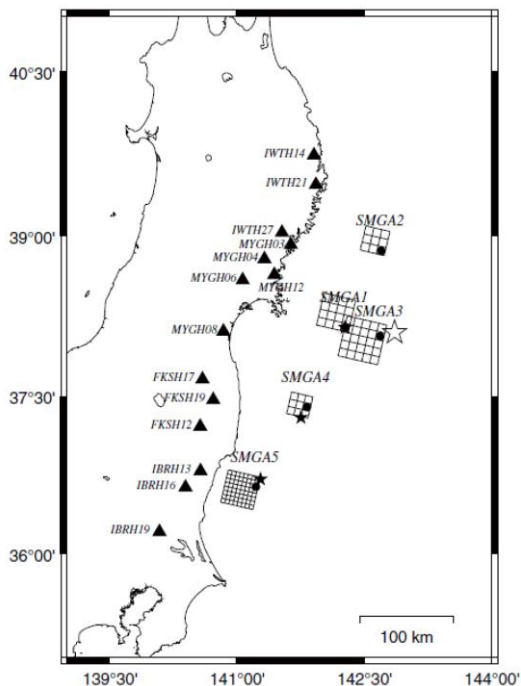
<プレート間地震における震源の剛性率及び応力降下量と深さとの関係>
(Lay et al.(2012)による)

<プレート間地震における応力降下量と深さとの関係>
(中村(2012)による)

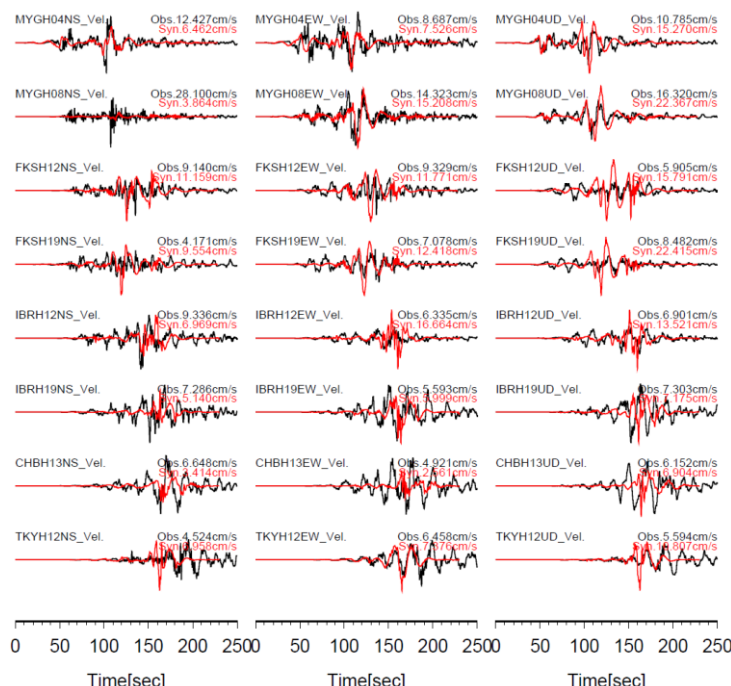
その他の国内外のプレート間地震に関する知見

(東北地方太平洋沖地震 (Mw9.0) の地震動特性 (地震動評価))

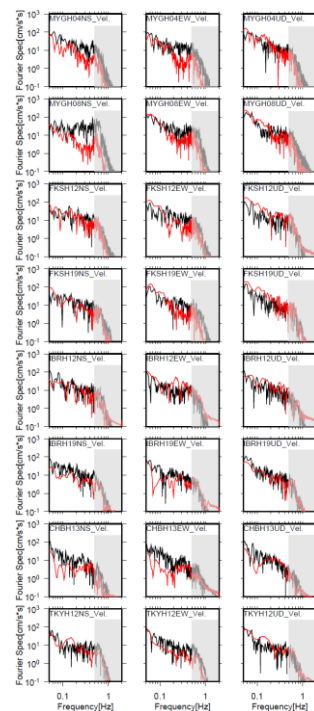
○倉橋・入倉(2017)では、Kurahashi and Irikura(2013)が検討した強震動生成域のみで構成される2011年東北地方太平洋沖地震の強震断層モデルを用いて長周期地震動シミュレーションを実施しており、この地震で観測された周期2~10秒の長周期地震動は5つの強震動生成域の足し合わせでほぼ再現できることがわかったとしている。周期10秒程度までの地震動は、強震動生成域のみで評価が可能であると考えられる。



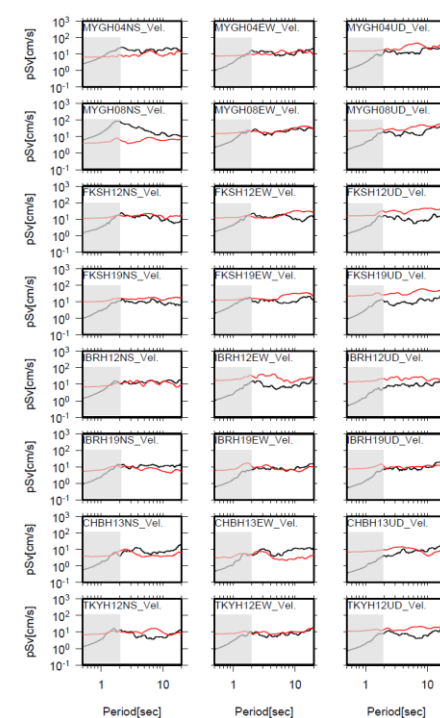
<Kurahashi and Irikura(2013)による強震断層モデル>



(速度波形)



(速度フーリエスペクトル)



(速度応答スペクトル)

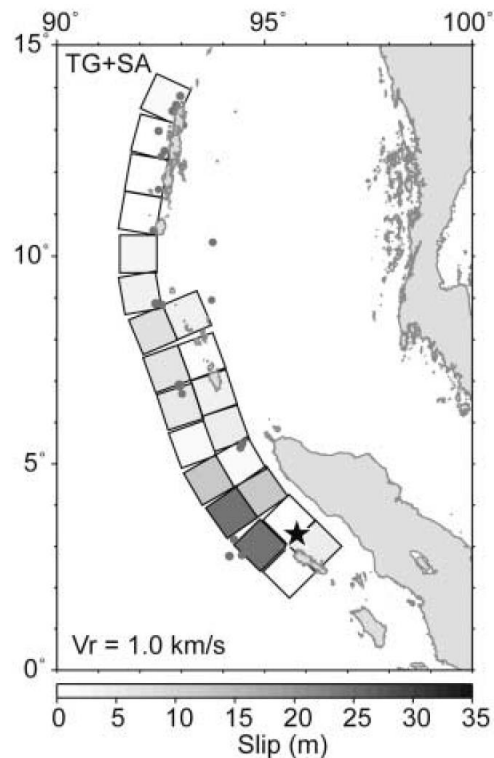
<観測記録とシミュレーション結果との比較 (バンドパスフィルター : 0.05~0.5Hz) >
(倉橋・入倉(2017)による)

その他の国内外のプレート間地震に関する知見

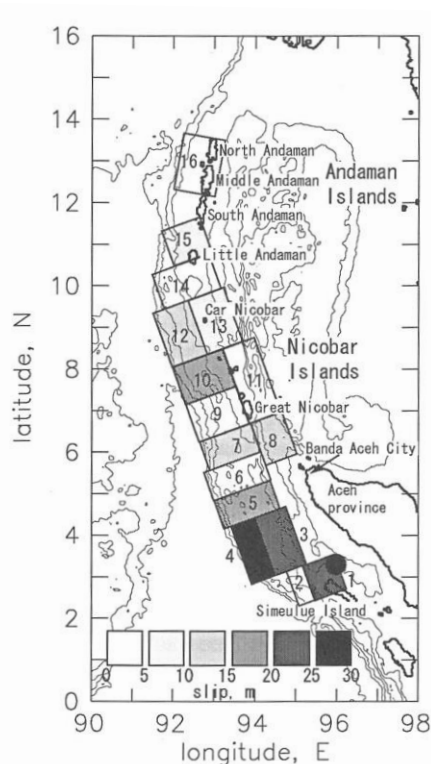
(2004年スマトラ島沖地震 (Mw9.1) の震源特性)

【2004年スマトラ島沖地震 (Mw9.1)】

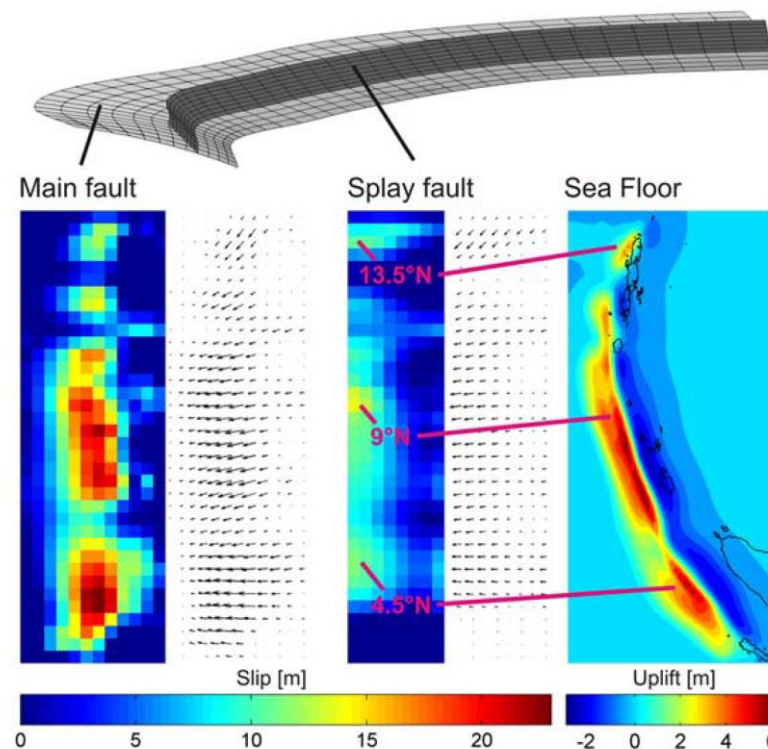
- 2004年スマトラ島沖地震の震源過程について、津波波形データや地殻変動データを用いた震源インバージョン解析の結果では、プレート境界浅部にすべりの大きな領域が推定されている。
- 地殻変動データを用いたHoechner et al.(2008)では、分岐断層を含めたモデルを対象に震源インバージョン解析が実施され、プレート境界浅部にすべりの大きな領域が推定されるとともに、分岐断層においてもすべり領域が推定されている。



<津波波形データに基づくすべり分布>
(Fujii and Satake(2007)による)



<津波波形データに基づくすべり分布>
(谷岡・岩崎(2006)による)



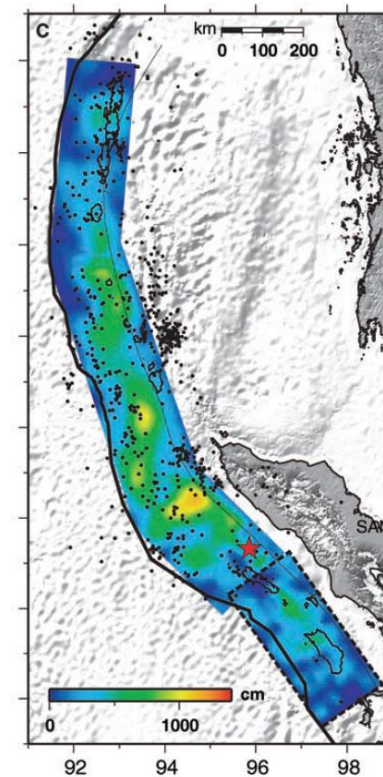
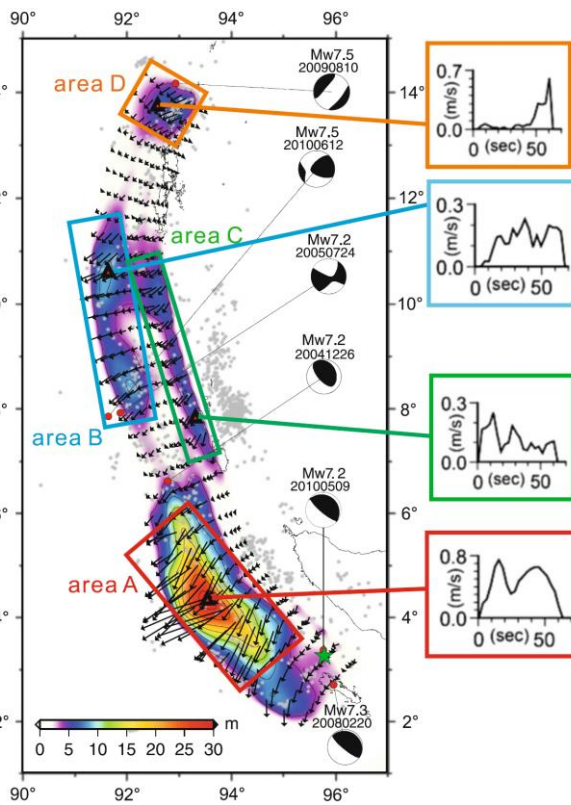
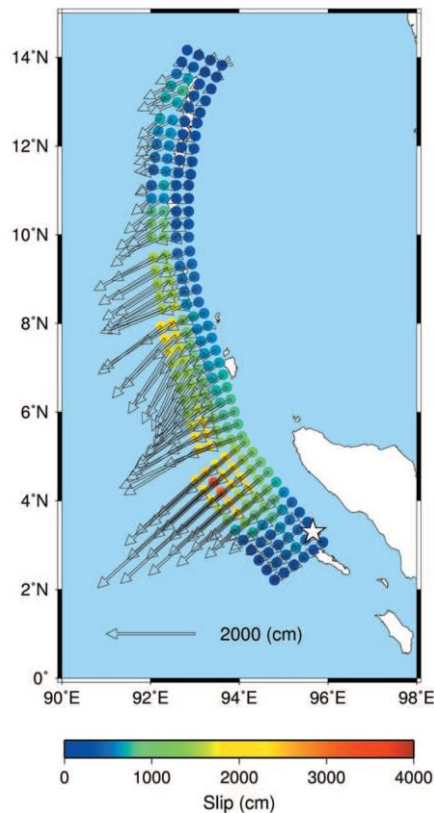
<地殻変動データに基づくすべり分布>
(Hoechner et al.(2008)による)

その他の国内外のプレート間地震に関する知見

(2004年スマトラ島沖地震 (Mw9.1) の震源特性)

【2004年スマトラ島沖地震 (Mw9.1)】

○遠地地震波形データを用いた周期数秒～100秒以上の周期帯の震源過程を表す解析結果でも、津波波形データや地殻変動データを用いた場合と同様に、基本的にプレート境界浅部にすべりの大きな領域が推定されている。



＜遠地地震波形と地殻変動データに基づくすべり分布＞
(Rhie et al.(2007)による)

＜遠地地震波形データに基づくすべり分布＞
(Yoshimoto and Yamanaka(2014)による)

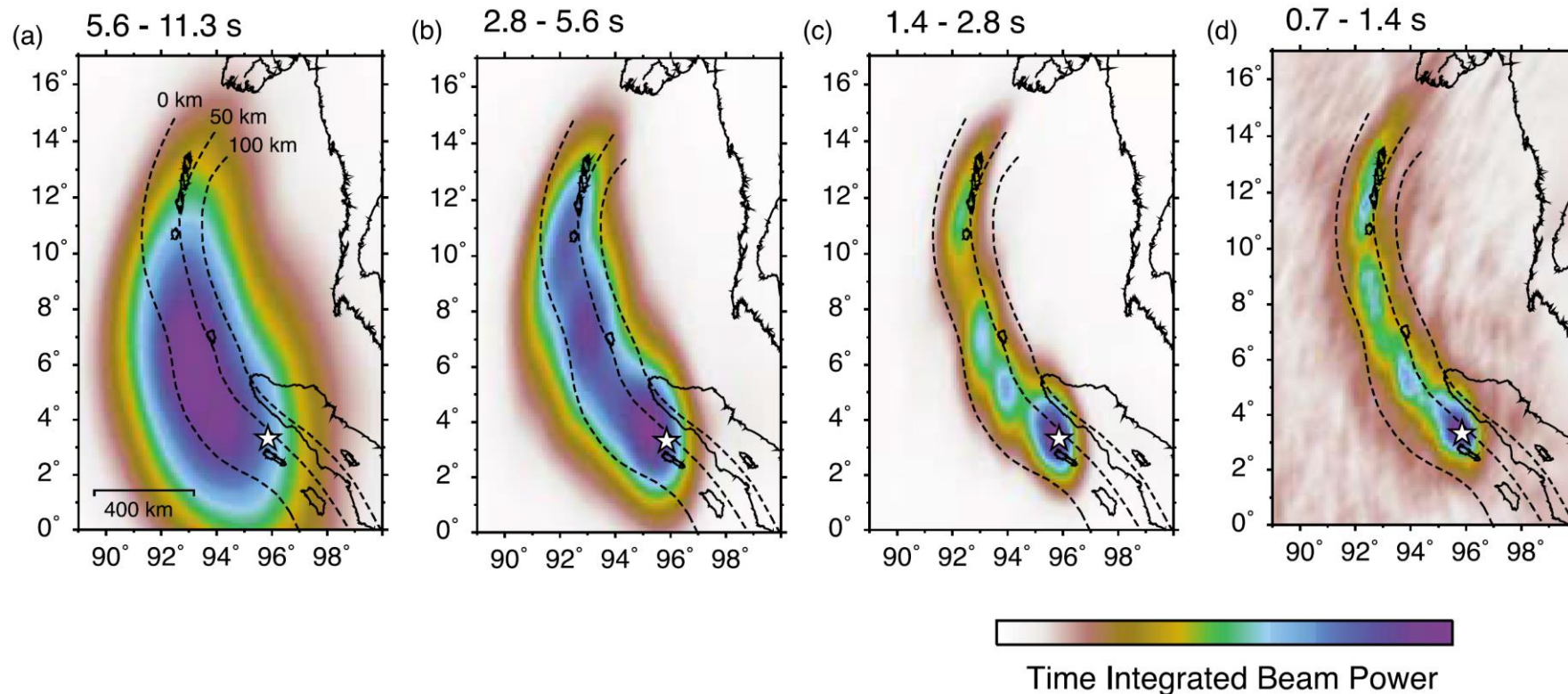
＜遠地地震波形データ等に基づくすべり分布＞
(Ammon et al.(2005)による)

その他の国内外のプレート間地震に関する知見

(2004年スマトラ島沖地震 (Mw9.1) の震源特性)

【2004年スマトラ島沖地震 (Mw9.1)】

○バックプロジェクション法による震源過程解析では、遠地地震波形データを用いて周期10秒程度以下の破壊エネルギーの放射領域が求められており、周期が短くなるほどプレート境界の深部にエネルギーの放射領域が推定されている。



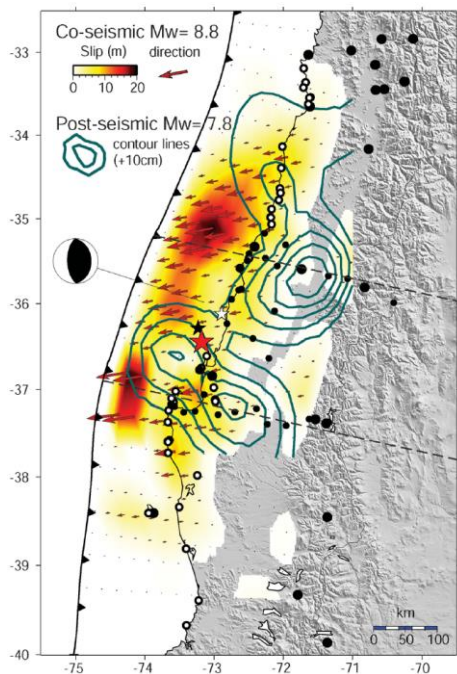
<バックプロジェクション法による各周期帯の破壊エネルギー放射領域の推定結果>
(Lay et al.(2012)による)

その他の国内外のプレート間地震に関する知見

(2010年チリ地震 (Mw8.8) ・1960年チリ地震 (Mw9.5) の震源特性)

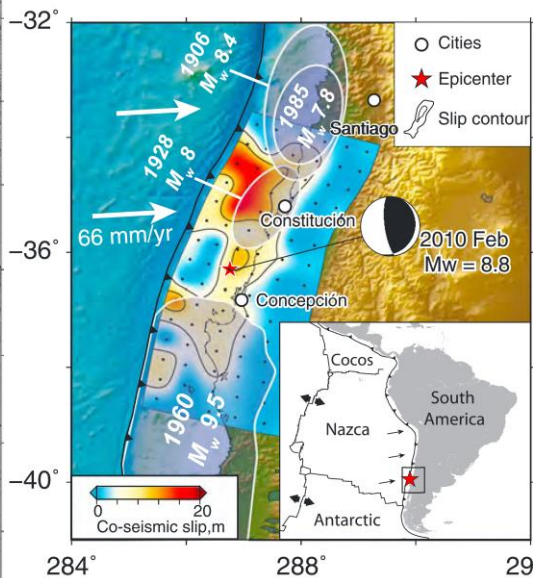
【2010年チリ地震 (Mw8.8) ・1960年チリ地震 (Mw9.5) 】

○2010年チリ地震・1960年チリ地震の震源過程について、津波波形データや地殻変動データを用いた震源インバージョン解析の結果では、基本的にプレート境界の浅部にすべりの大きな領域が推定されている。



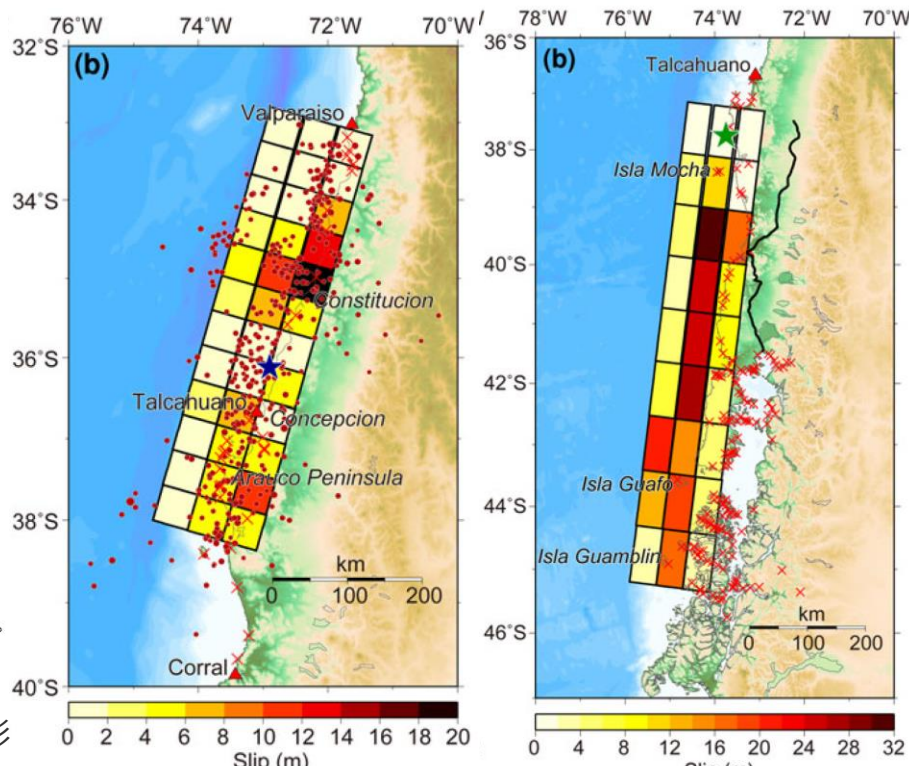
(2010年チリ地震)

<地殻変動データに基づくすべり分布>
(Vigny et al.(2011)による)



(2010年チリ地震)

<地殻変動、遠地地震波形、津波波形データに基づくすべり分布>
(Yue et al.(2014)による)



(2010年チリ地震)

(1960年チリ地震)

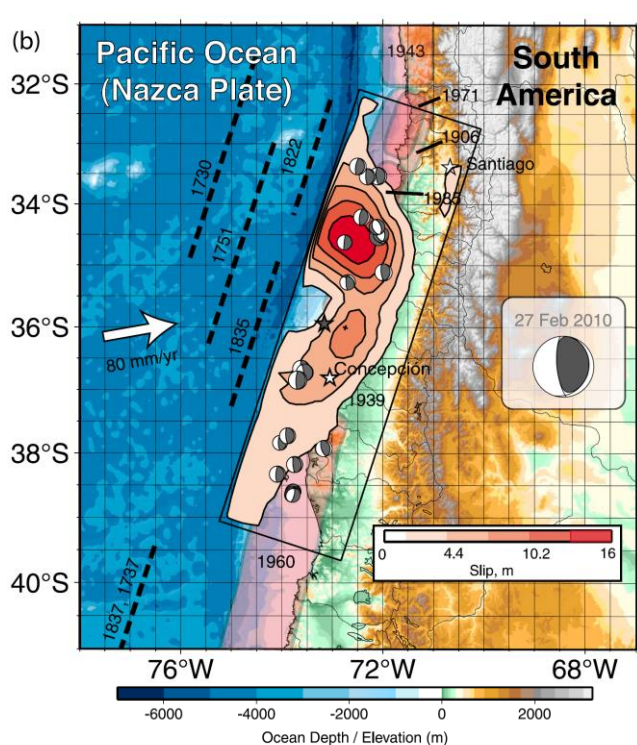
<津波波形と地殻変動データに基づくすべり分布>
(Fujii and Satake(2013)による)

その他の国内外のプレート間地震に関する知見

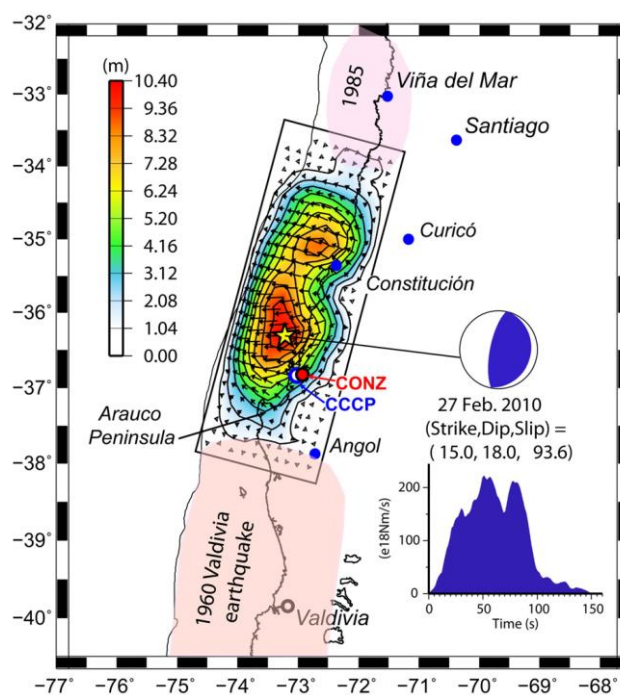
(2010年チリ地震 (Mw8.8) の震源特性)

【2010年チリ地震 (Mw8.8)】

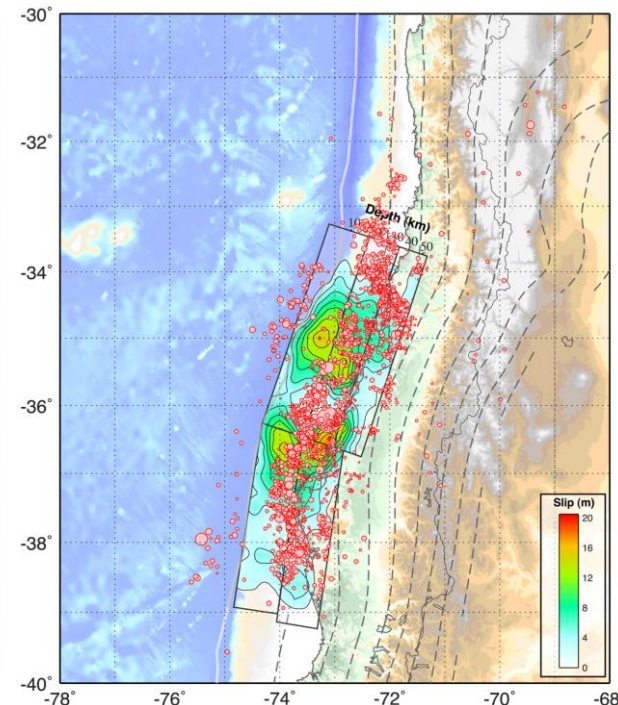
○遠地地震波形データを用いた解析結果では、プレート境界浅部にすべりの大きな領域が推定されている。



<遠地地震波形データに基づくすべり分布>
(Lay et al.(2010)による)



<遠地地震波形データに基づくすべり分布>
(Pulido et al.(2011)による)



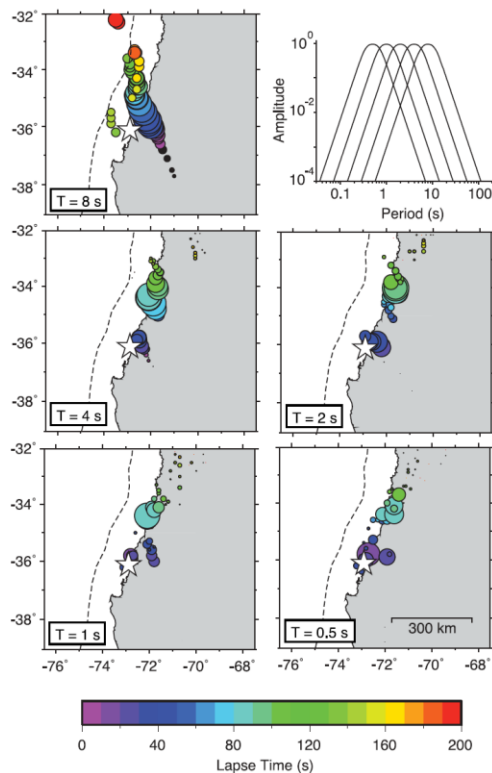
<遠地地震波形データに基づくすべり分布>
(Hayes et al.(2013)による)

その他の国内外のプレート間地震に関する知見

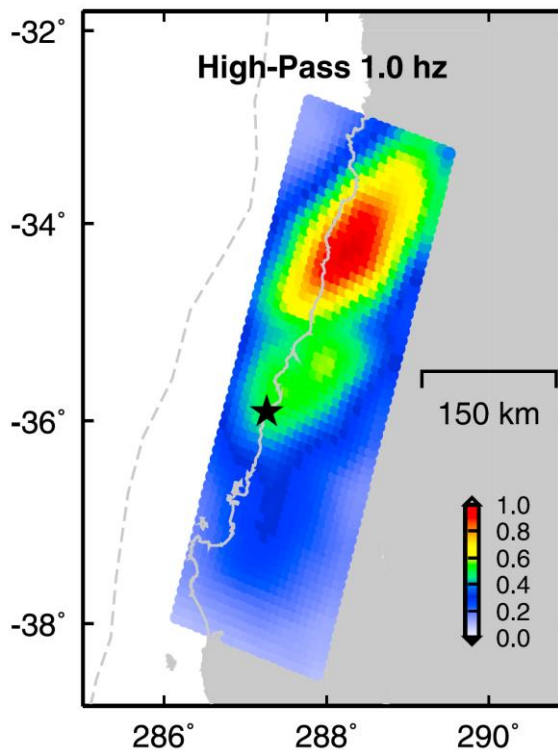
(2010年チリ地震 (Mw8.8) の震源特性)

【2010年チリ地震 (Mw8.8)】

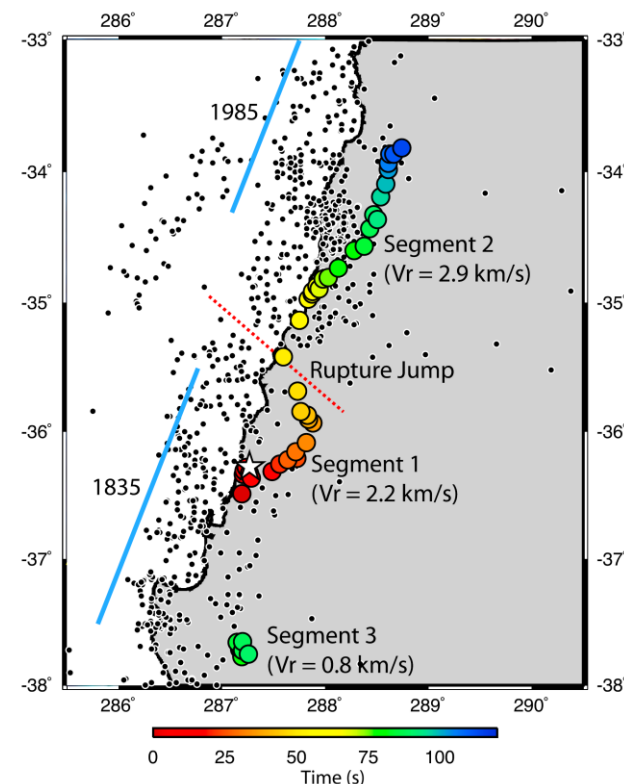
- バックプロジェクション法による震源過程解析では、Koper et al.(2012)において、遠地地震波形データを用いて破壊エネルギーの放射領域が求められており、周期が短くなるほどプレート境界の深部にエネルギーの放射領域が推定されている。
- また、Wang and Mori(2011) やKiser and Ishii(2011)では、周期0.2~1秒の破壊エネルギー放射領域がプレート境界の深部に推定されている。



<バックプロジェクション法による周期毎の破壊エネルギー放射領域の推定結果>
(Koper et al.(2012)による)



<バックプロジェクション法による周期1秒以下の破壊エネルギー放射領域の推定結果>
(Wang and Mori(2011)による)



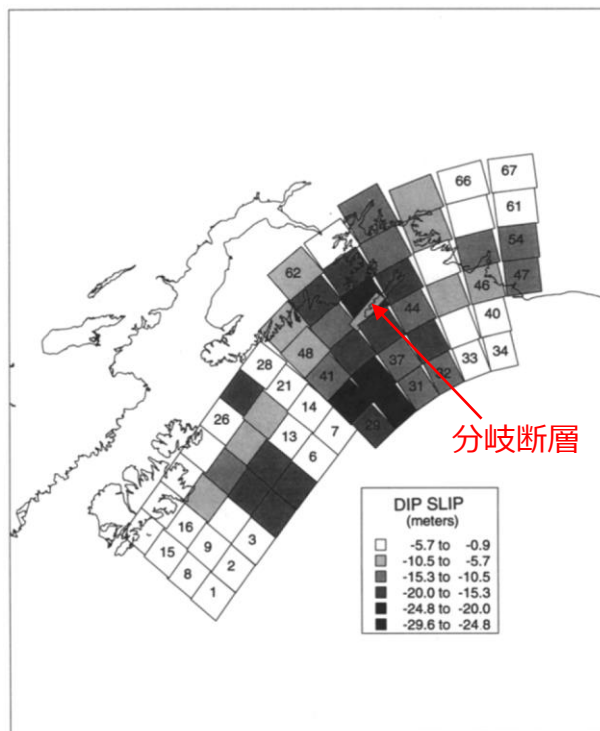
<バックプロジェクション法による周期0.2~1秒の破壊エネルギー放射領域の推定結果>
(Kiser and Ishii(2011)による)

その他の国内外のプレート間地震に関する知見

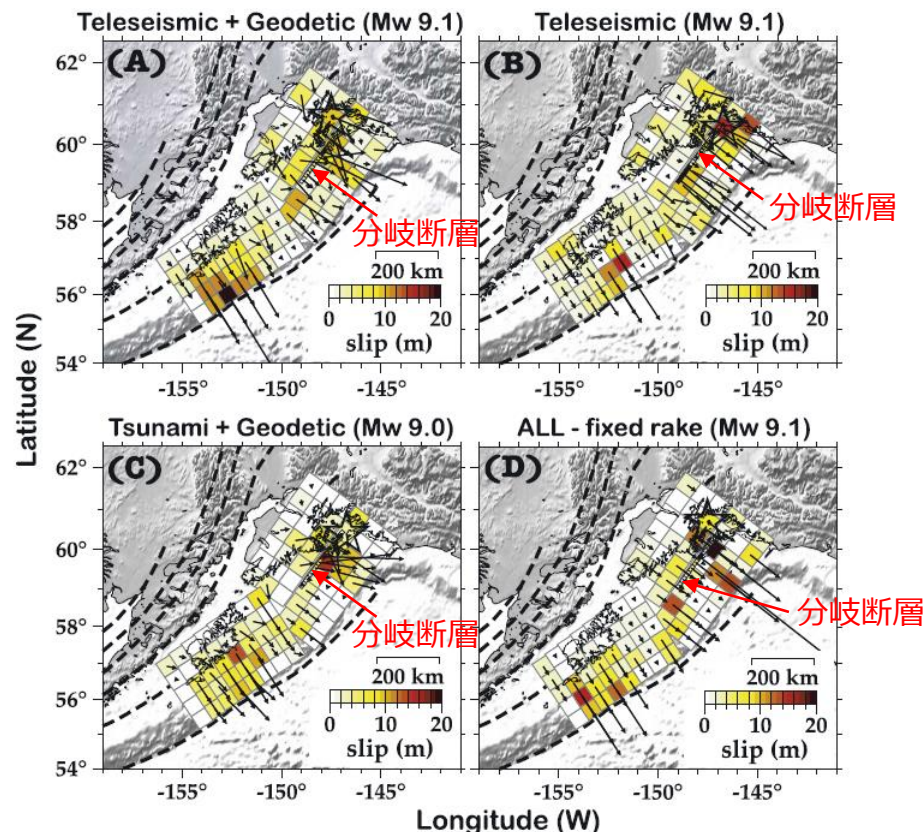
(1964年アラスカ地震 (Mw9.2) の震源特性)

【1964年アラスカ地震 (Mw9.2)】

○1964年アラスカ地震の震源過程について、地殻変動データ、津波波形データ、遠地地震波形データを用いた震源インバージョン解析では、分岐断層が考慮されたプレート境界モデルを対象として検討がなされており、海溝軸付近のプレート境界浅部にすべりの大きな領域や分岐断層が推定されている。



<地殻変動データに基づくすべり分布>
(Holdahl and Sauber(1994)に「分岐断層」と矢印を加筆)



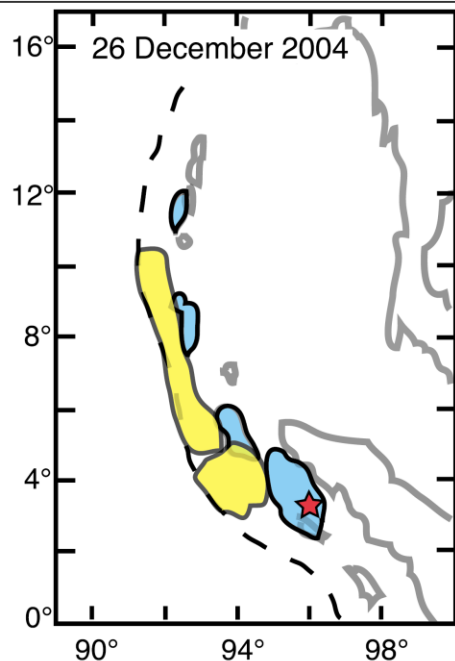
<遠地地震波形、地殻変動、津波波形データに基づくすべり分布>
(Ichinose et al.(2007)に「分岐断層」と矢印を加筆)

その他の国内外のプレート間地震に関する知見

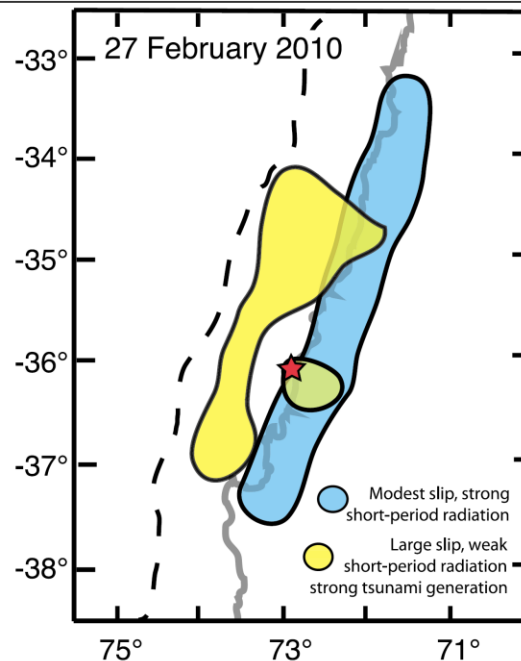
(2004年スマトラ島沖地震 (Mw9.1)、2010年チリ地震 (Mw8.8)、2011年東北地方太平洋沖地震 (Mw9.0) の震源特性 (強震動生成域とすべりの大きい領域との関係))

【2004年スマトラ島沖地震 (Mw9.1)、2010年チリ地震 (Mw8.8)、2011年東北地方太平洋沖地震 (Mw9.0)】

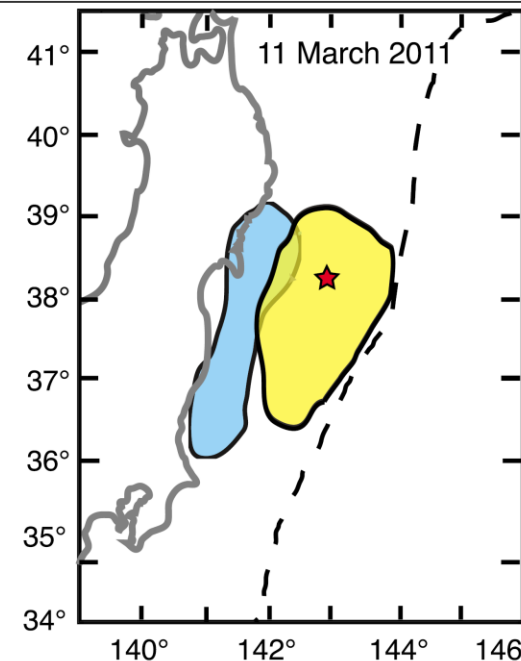
- Lay et al.(2012)では、2004年スマトラ島沖地震、2010年チリ地震、2011年東北地方太平洋沖地震が発生した際の沈み込み帯におけるすべりが大きな領域と短周期の破壊エネルギー放射領域を示している。
- この知見によると、2011年東北地方太平洋沖地震と同様、2004年スマトラ島沖地震及び2010年チリ地震においても、すべりの大きい領域が沈み込み帯の浅い位置にあるのに対し、短周期の破壊エネルギー放射領域は沈み込み帯の深い位置にある。



(a) 2004年スマトラ島沖地震



(b) 2010年チリ地震



(c) 2011年東北地方太平洋沖地震

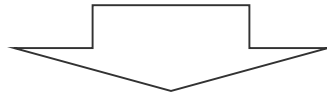
<東北地方太平洋沖地震等の強震動生成域とすべりの大きい領域の概要>
(Lay et al.(2012)による)

⇒以上の検討によると、日本及び世界の沈み込み帯で発生した巨大プレート間地震 (2011年東北地方太平洋沖地震、2004年スマトラ島沖地震、1960年・2010年チリ地震、1964年アラスカ地震) の震源過程解析において、強震動を励起する領域はプレート境界深部に推定されるのに対し、プレート境界浅部にすべりの大きな領域や分岐断層が推定されている。

その他の国内外のプレート間地震に関する知見

(まとめ)

- これまでに国内外で発生したMw9クラスの巨大地震のうち、強震動の詳細な検討が行われた2011年東北地方太平洋沖地震（Mw9.0）の主な知見は以下のとおり。
 - ・距離減衰式から求められるMwは8.2～8.3程度であり、全体の断層運動により求められる地震の規模Mw9.0に比べて小さい。
 - ・強震動励起について、強震動生成域とすべりの大きな領域が異なり、すべりの大きな領域は破壊開始点付近から海溝軸にかけての浅い領域に見られるのに対し、強震動生成域の位置は破壊開始点より陸側の深い領域に見られる。また、強震動生成域は、過去に発生した地震の強震動生成域と概ね類似した場所に位置している。
 - ・強震動生成域の応力降下量は平均で24MPa程度、平均に標準偏差を加えた値は32MPa程度であり、短周期レベルは太平洋プレートのプレート間地震に基づく佐藤(2010a)による経験式と同程度であり、壇・他(2001)による経験式の1～2倍程度である。
- その他の国外で発生したMw9クラスの地震（2004年スマトラ島沖地震（Mw9.1）、2010年・1960年チリ地震（Mw8.8, 9.5）、1964年アラスカ地震（Mw9.2））においても、2011年東北地方太平洋沖地震と同様、強震動を励起する領域はプレート境界深部に推定されるのに対し、プレート境界浅部にすべりの大きな領域や分岐断層が推定されている。



- これらのMw9クラスの巨大地震に関する知見について、距離減衰式から求められる地震規模（Mw）の知見を「地震動評価」の「応答スペクトルに基づく地震動評価」、それ以外の知見を「検討用地震の震源モデルの設定」の「基本震源モデルの設定」において反映する。

震源域直上の地震動に関する知見

(検討概要)

1.1 南海トラフで発生するプレート間地震に関する知見

- 南海トラフについては、歴史地震に関する豊富な記録に加えて、周辺の地震活動、地殻変動、変動地形等に係る数多くの研究が行われており、南海トラフ沿いのプレート境界は、大地震の繰り返しの発生履歴が世界で最も詳しく調べられているプレート境界の一つとして知られている。
- 南海トラフで発生するプレート間地震に係る知見について、以下を対象に整理する。

行政機関による知見（地震調査委員会、中央防災会議、内閣府「南海トラフの巨大地震モデル検討会」）

南海トラフにおける地震時挙動に関する知見

1.2 その他の国内外のプレート間地震に関する知見

- 南海トラフ以外の国内外でこれまでに発生したMw9クラスの巨大地震について、特に、強震動の詳細な検討がなされた2011年東北地方太平洋沖地震（Mw9.0）の知見を中心に、2004年スマトラ島沖地震（Mw9.1）、2010年チリ地震（Mw8.8）・1960年チリ地震（Mw9.5）、1964年アラスカ地震（Mw9.2）の知見について整理する。

1.3 震源域直上の地震動に関する知見

- 浜岡原子力発電所は、南海トラフのプレート間地震の震源域直上に位置することから、以下を対象に震源域直上の地震動に関する知見を整理する。

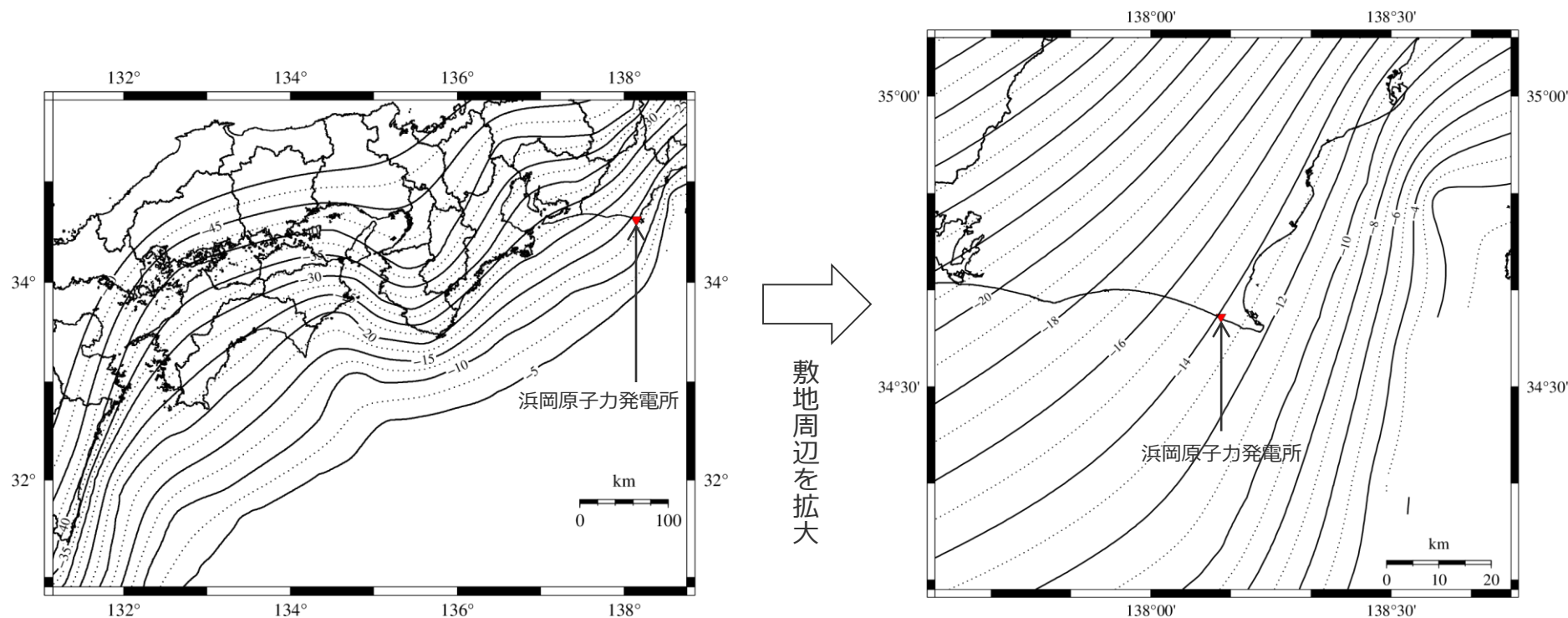
震源域直上の観測記録の特徴及び予測手法との関係

震源域直上の震度データを用いた震源モデルの構築

震源域直上の地震動に関する知見

(検討概要)

- 南海トラフのプレート間地震において、震源域は陸側に広がっており、浜岡原子力発電所等の評価地点は震源域の直上に位置する。
- 以降では、「震源域直上の観測記録の特徴及び予測手法との関係」、「震源域直上の震度データを用いた震源モデルの構築」を示す。

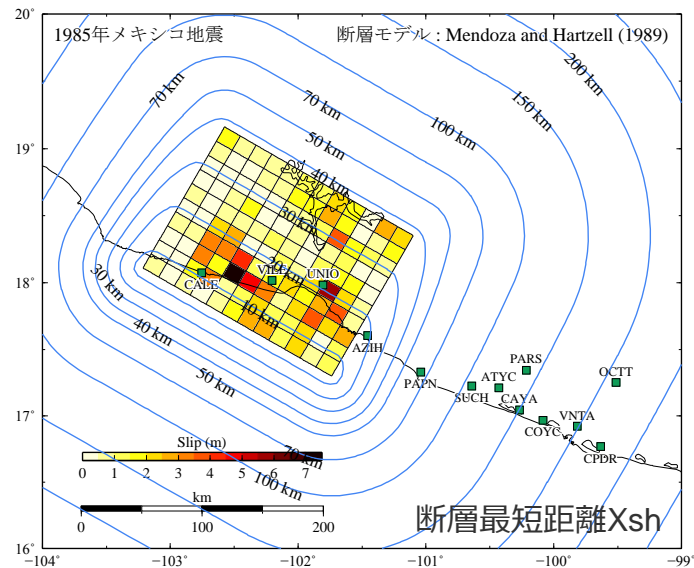
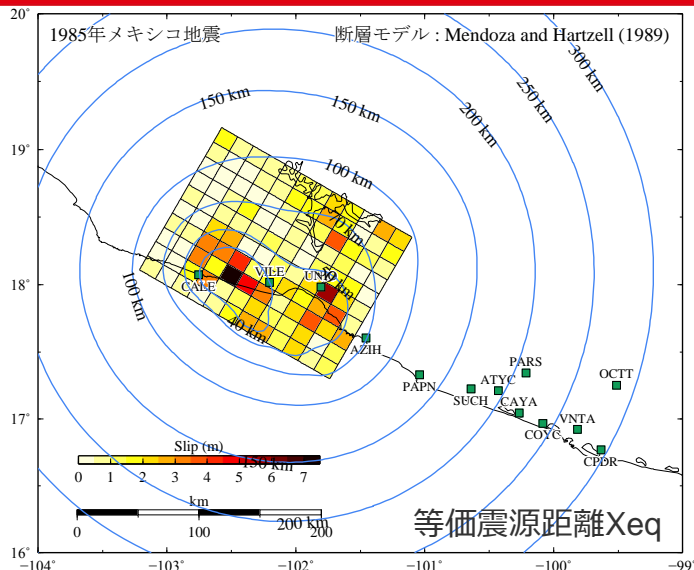


<フィリピン海プレートの上面深度※>

※内閣府(2012)に基づき、フィリピン海プレートの上面深度のコンター（単位：km）を描画。

震源域直上の地震動に関する知見

(震源域直上の観測記録の特徴及び予測手法との関係 (1985年メキシコ地震))



- 1985年メキシコ地震 (Mw8.0※) は、震源域直上で観測記録が得られた地震であり、プレート境界面の深度が浅く、敷地周辺(浜岡)におけるプレート境界面との関係と類似している。
- これらの震源域直上の観測点の地質条件は、一部を除き、岩盤に分類されており、観測記録の距離減衰特性の検討として、Noda et al.(2002)の方法による応答スペクトルとの比較の他、表層地盤の影響を補正することができるZhao et al.(2006)の方法による応答スペクトルとの比較を行う。

※MwはUSGSによる。

<観測点の一覧>

観測点	最大加速度(Gal)			Xeq (km)	Xsh (km)	地質条件	
	水平1	水平2	上下				
VILE	125.4	121.5	57.4	39.8	16.5	Tonalite	石英閃緑岩
CALE	139.7	140.7	88.1	40.3	10.8	Meta-Andesite Breccia	変成安山岩 角礫岩
UNIO	165.6	148.3	128.2	44.1	20.8	Meta-Andesite Breccia	変成安山岩 角礫岩
AZIH	98.6	154.1	100.5	69.3	18.8	Tonalite	石英閃緑岩
PAPN	153.1	110.1	83.3	130.0	64.4	Leucocratic Dykes Intruding Altered Granodiorite	変成花崗閃緑岩
SUCH	97.6	77.5	48.8	173.9	106.3	Granodiorite	花崗閃緑岩
ATYC	52.6	59.3	60.3	194.8	126.6	Granodiorite	花崗閃緑岩
PARS	119.6	89.0	70.8	209.6	139.7	Diorite	閃緑岩
CAYA	41.2	49.8	23.0	219.9	150.5	Alluvium (Sand)	沖積層
COYC	40.2	33.5	18.2	241.4	171.5	Gneiss	片麻岩
VNTA	19.1	22.0	16.3	269.3	198.7	Granitic Gneiss	花崗岩質片麻岩
OCTT	47.9	53.6	20.1	284.9	209.6	Quartz Monzonite	石英モンゾナイト
CPDR	24.9	16.3	13.4	295.1	223.9	Gneiss	片麻岩

■ : 震源域直上の観測点

<1985年メキシコ地震の震源モデルと観測点との関係>

震源域直上の地震動に関する知見

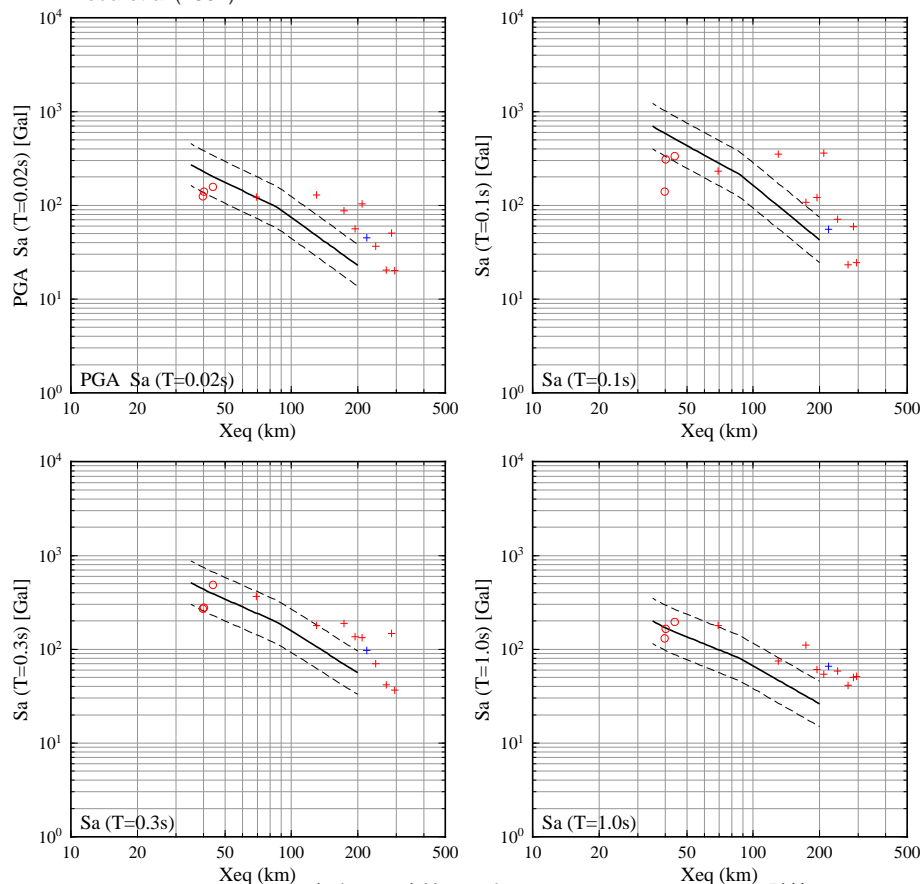
(震源域直上の観測記録の特徴及び予測手法との関係 (1985年メキシコ地震))

<Noda et al.(2002)の方法による応答スペクトル>

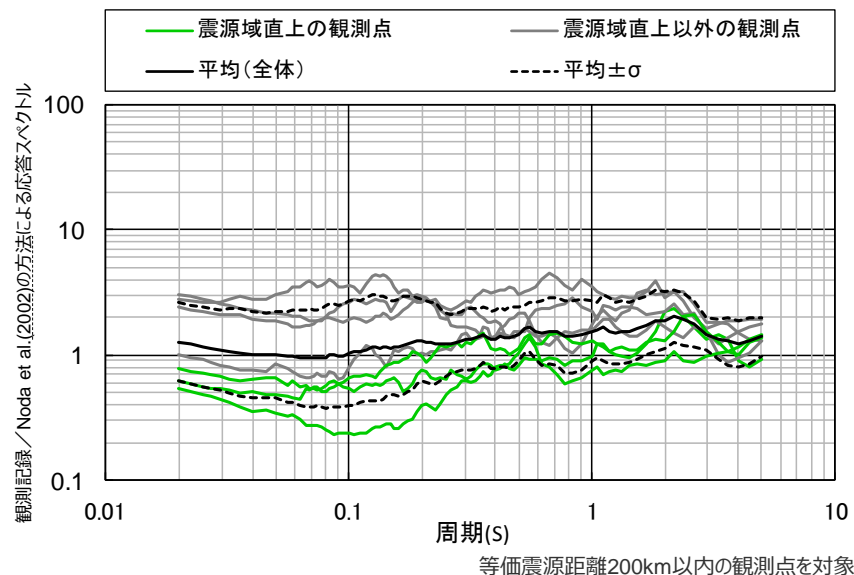
- 1985年メキシコ地震の距離減衰特性について、震源域直上の観測点を含めて、特異な傾向は見られない。
- 観測記録とNoda et al.(2002)の方法による応答スペクトルとの比によると、震源域直上の観測点では平均よりもやや小さい傾向が見られる。

- 花崗岩、閃緑岩、変成安山岩等の観測点 (震源域直上) ○ 沖積層の観測点 (震源域直上)
- + 花崗岩、閃緑岩、変成安山岩等の観測点 (震源域直上以外) + 沖積層の観測点 (震源域直上以外)

--- Noda et al.(2002)



・Noda et al.(2002)の方法による応答スペクトルはMj7.8、Vs2,200m/sとして計算



<1985年メキシコ地震の観測記録と
Noda et al.(2002)の方法による応答スペクトルとの比>

<1985年メキシコ地震の距離減衰特性 (等価震源距離) >

震源域直上の地震動に関する知見

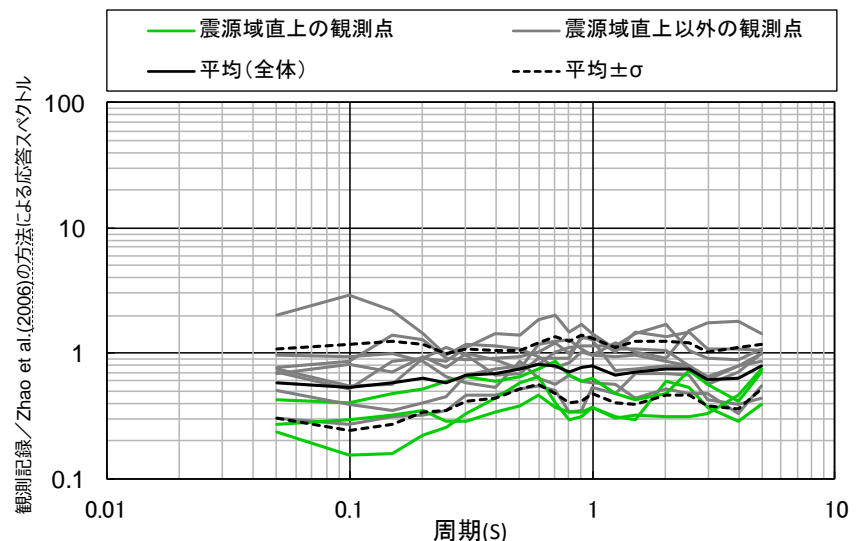
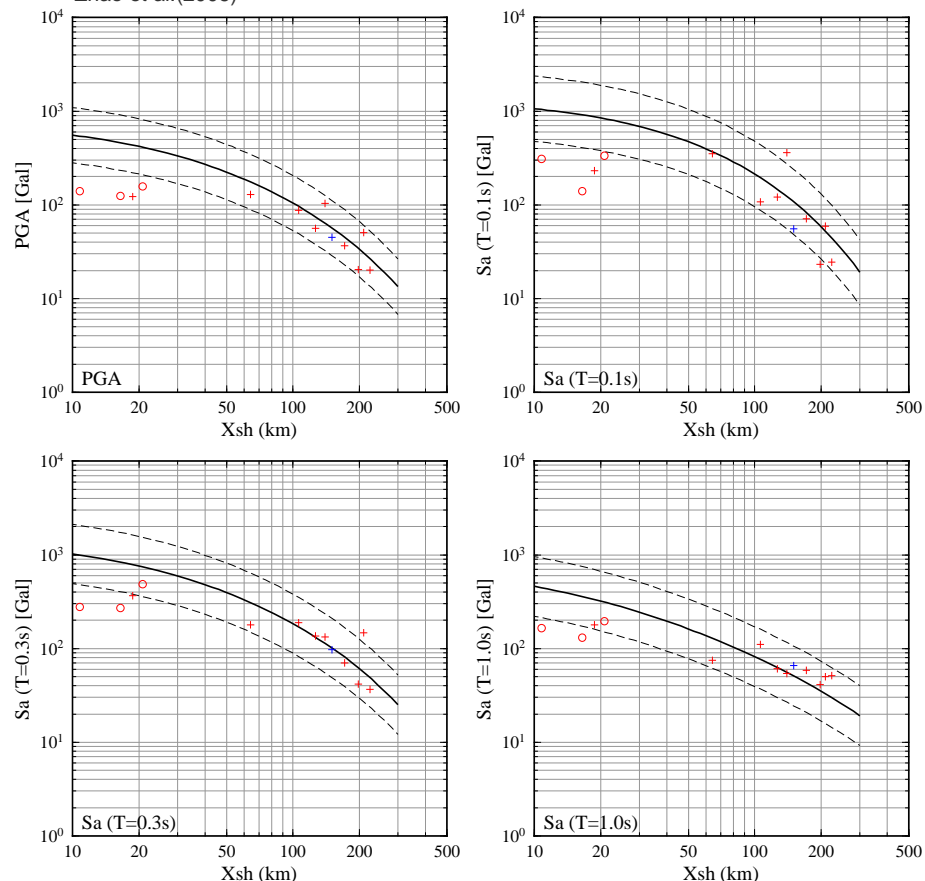
(震源域直上の観測記録の特徴及び予測手法との関係 (1985年メキシコ地震))

<Zhao et al.(2006)の方法による応答スペクトル>

- 1985年メキシコ地震の距離減衰特性について、震源域直上の観測点を含めて、特異な傾向は見られない。
- 観測記録とZhao et al.(2006)の方法による応答スペクトルとの比によると、震源域直上の観測点では平均よりもやや小さい傾向が見られる。

- 花崗岩、閃緑岩、変成安山岩等の観測点 (震源域直上)
- 沖積層の観測点 (震源域直上)
- + 花崗岩、閃緑岩、変成安山岩等の観測点 (震源域直上以外)
- + 沖積層の観測点 (震源域直上以外)

--- Zhao et al.(2006)



断層最短距離200km以内の観測点を対象

<1985年メキシコ地震の観測記録と Zhao et al.(2006)の方法による応答スペクトルとの比>

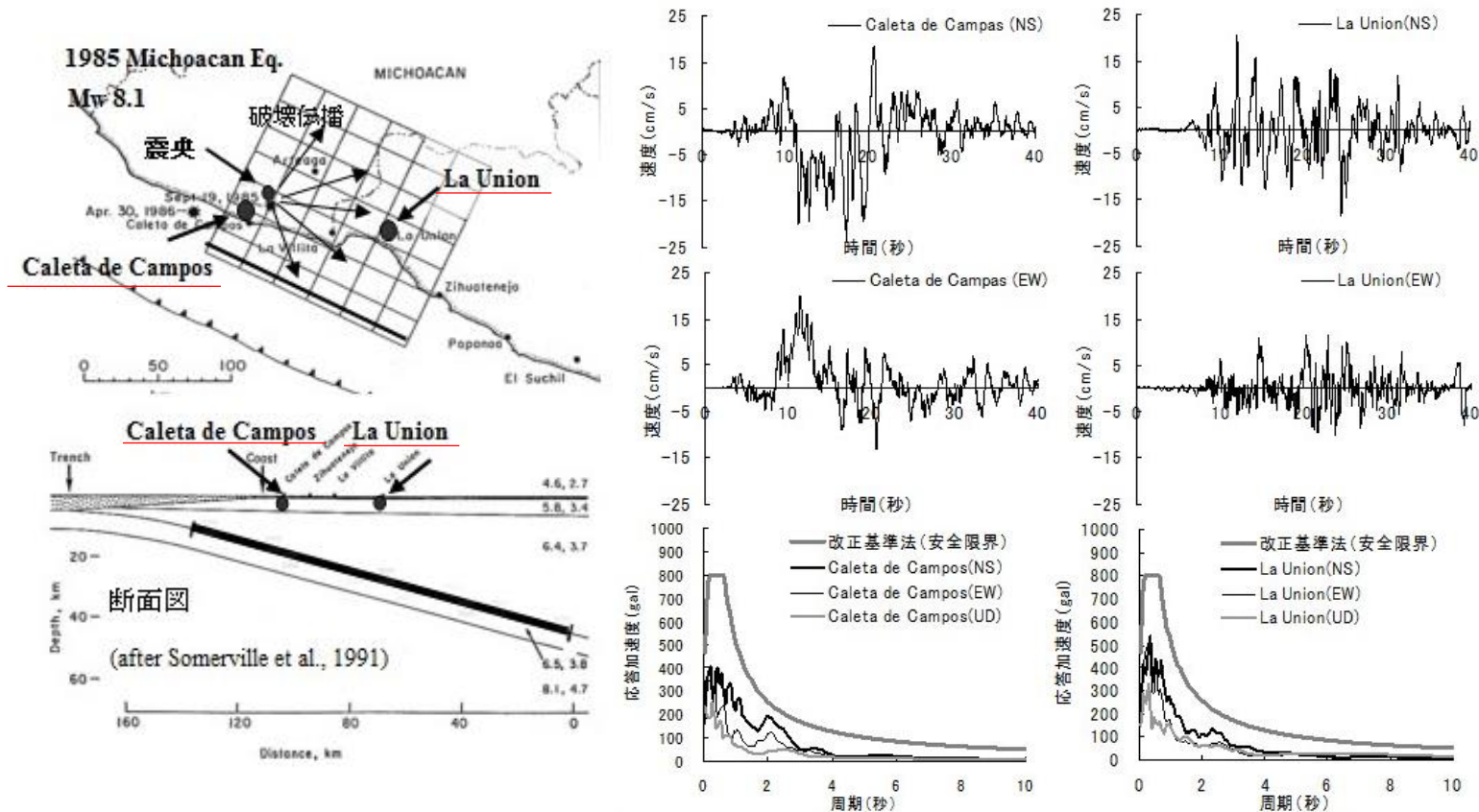
・Zhao et al.(2006)の方法による応答スペクトルは、Mw8.0, h=27km, 地盤条件SC1として計算

<1985年メキシコ地震の距離減衰特性 (断層最短距離)>

震源域直上の地震動に関する知見

(震源域直上の観測記録の特徴及び予測手法との関係 (1985年メキシコ地震))

- 久田(2001)によれば、震源断層の直上に観測点がある場合でも、断層面が10~20km以上深ければ観測される波形は directivity効果が弱くランダム波とみなせ、短周期の卓越する波形となるとしている。
- また、海岸線沿いの各観測点は断層面までの深さが20km以上あり、破壊伝播が遠ざかるbackward側 (Caleta de Campos) だけでなく、近づくforward側 (La Union) においても短周期成分の卓越するほぼランダムな波形となるとしている。



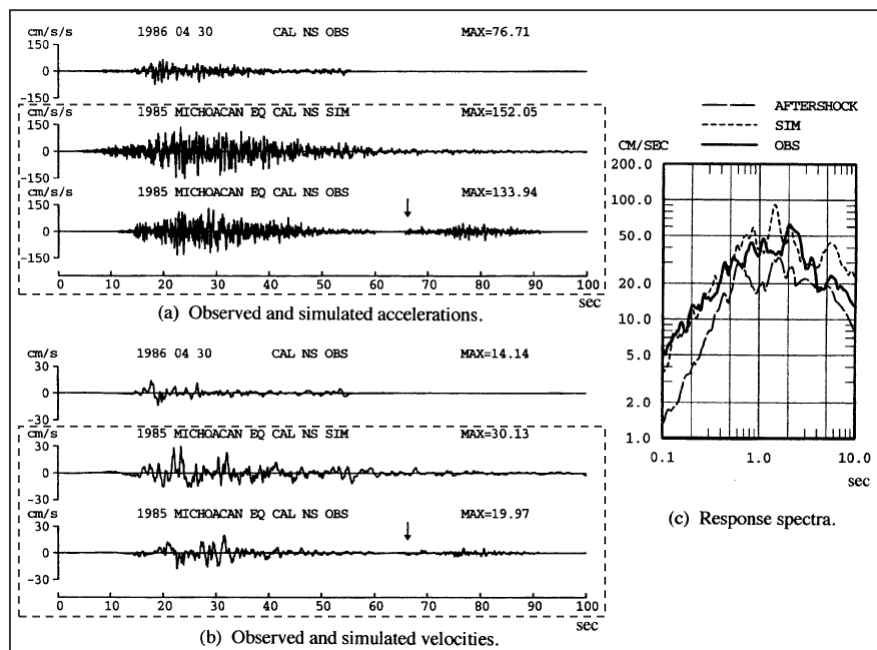
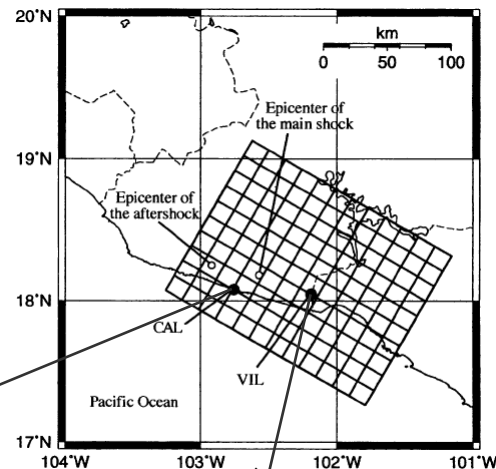
<1985年メキシコ (Michoacan) 地震の震源断層と速度波形、及び応答スペクトル (ランダム位相タイプ) >
(久田(2001)に赤下線を加筆)

震源域直上の地震動に関する知見

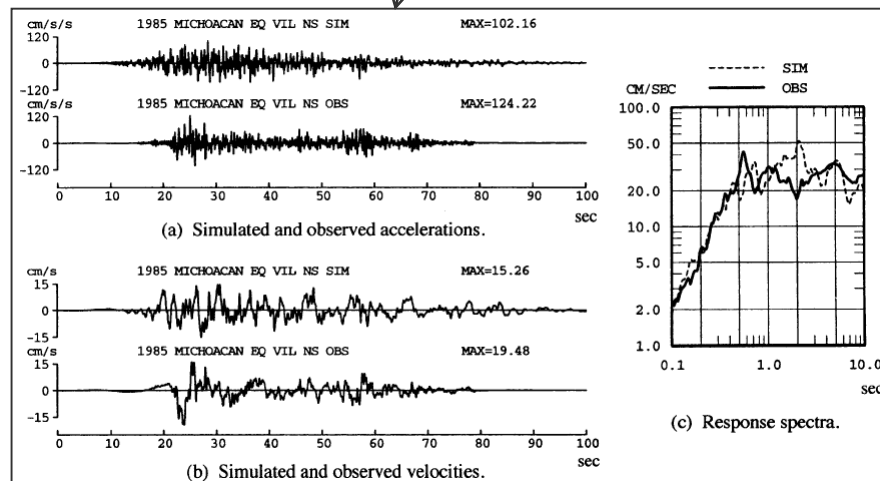
(震源域直上の観測記録の特徴及び予測手法との関係 (1985年メキシコ地震))

<半経験的手法 (断層モデルを用いた手法) >

○1985年メキシコ地震については、半経験的手法 (断層モデルを用いた手法) によるシミュレーションに基づき、観測記録の再現検討が行われており、Dan and Sato(1999)によると、震源域直上の観測点 (CAL観測点、VIL観測点) を含めて、観測記録が再現されている。



(CAL観測点)

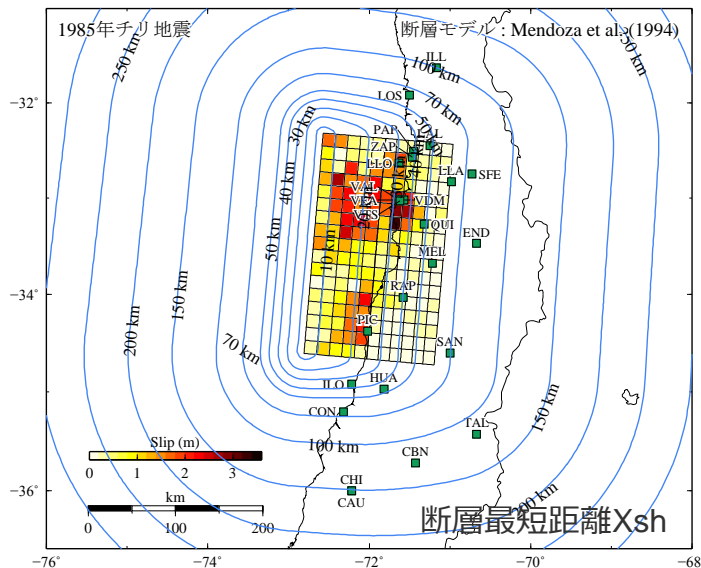
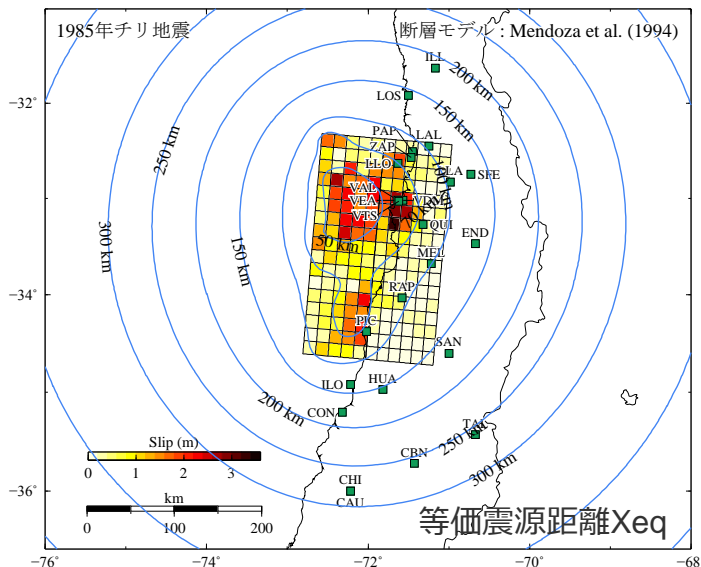


(VIL観測点)

<観測記録とシミュレーション結果>
(Dan and Sato(1999)による)

震源域直上の地震動に関する知見

（震源域直上の観測記録の特徴及び予測手法との関係（1985年チリ地震））



＜1985年チリ地震の震源モデルと観測点との関係＞

- 1985年チリ地震（Mw7.9※）は、震源域直上で観測記録が得られた地震であり、プレート境界面の深度は1985年メキシコ地震に比べてやや深い。
- これらの震源域直上の観測点の地質条件は、多くが沖積層に分類され、1985年メキシコ地震に比べて設置条件は悪く、観測記録の距離減衰特性の検討として、表層地盤の影響を補正することができるZhao et al.(2006)の方法による応答スペクトルとの比較を行う。

＜観測点の一覧＞

※MwはUSGSによる。

■：震源域直上の観測点

観測点	最大加速度(Gal)			Xeq (km)	Xsh (km)	地質条件	
	水平1	水平2	上下				
VAL	162.0	172.4	121.3	56.7	33.1	-	-
VEA	162.7	291.5	-	56.7	33.1	-	-
VTS	209.0	223.0	173.0	57.0	33.7	-	-
VDM	355.7	232.8	169.6	59.4	35.9	Sandstone, volcanic rock	砂岩, 火山岩
LLO	436.9	698.3	848.8	69.8	31.3	Sandstone, volcanic rock	砂岩, 火山岩
PIC	254.0	175.0	119.0	73.7	24.5	Slates, sandstone, limestone	粘板岩, 砂岩, 石灰岩
QUI	232.0	255.0	181.0	75.6	48.7	-	-
ZAP	265.0	299.0	190.0	82.0	38.4	Granite	花崗岩
PAP	226.4	-	193.1	87.3	39.1	Granite	花崗岩
RAP	219.0	87.6	61.3	93.8	40.2	Marine & Continental Sediments	海成, 陸成堆積物
MEL	673.0	518.0	250.0	99.6	55.2	Granitic Rock	花崗岩質岩石
LAL	130.7	173.6	-	104.4	48.1	Alluvium	沖積層
LLA	345.5	465.3	222.8	105.1	62.4	Soft alluvium	軟弱な沖積層
SFE	303.5	425.1	200.6	129.4	73.6	Alluvium	沖積層
END	124.0	120.0	94.6	133.0	79.8	Firm Gravel	締まった砂利
ILO	221.0	273.0	85.3	136.1	36.7	Sandstone, alluvium	砂岩, 沖積層
LOS	24.5	33.9	19.8	142.5	62.8	Sedimentary Rocks	堆積岩
HUA	170.0	130.0	83.0	153.8	46.6	Alluvium	沖積層
SAN	285.0	333.0	119.0	167.2	69.6	Alluvium	沖積層
CON	128.0	78.5	38.9	178.8	64.7	-	-
ILL	115.1	89.6	51.7	186.2	99.8	Soft alluvium	軟弱な沖積層
CBN	47.7	44.1	29.6	257.7	124.9	-	-
TAL	167.9	164.0	64.8	258.9	116.1	-	-
CHI	53.8	61.0	35.1	281.5	151.2	Alluvium	沖積層
CAU	84.3	111.0	41.2	281.5	151.2	-	-

震源域直上の地震動に関する知見

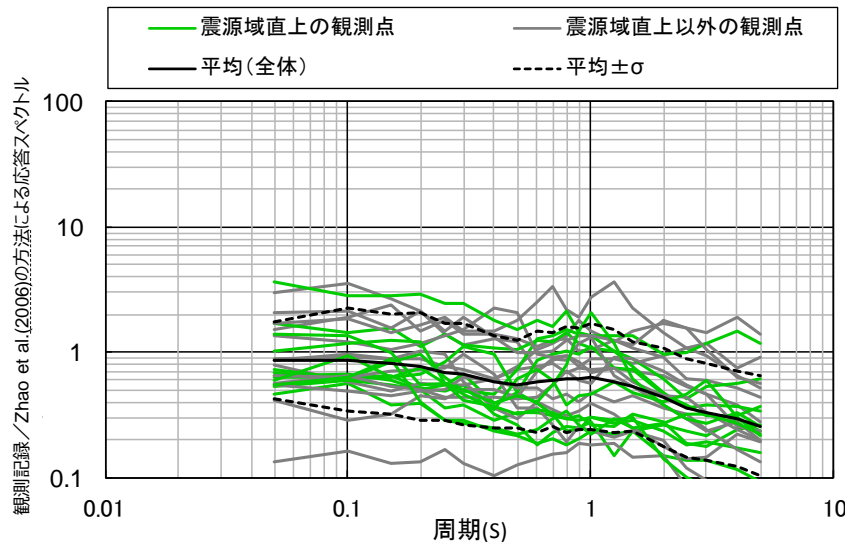
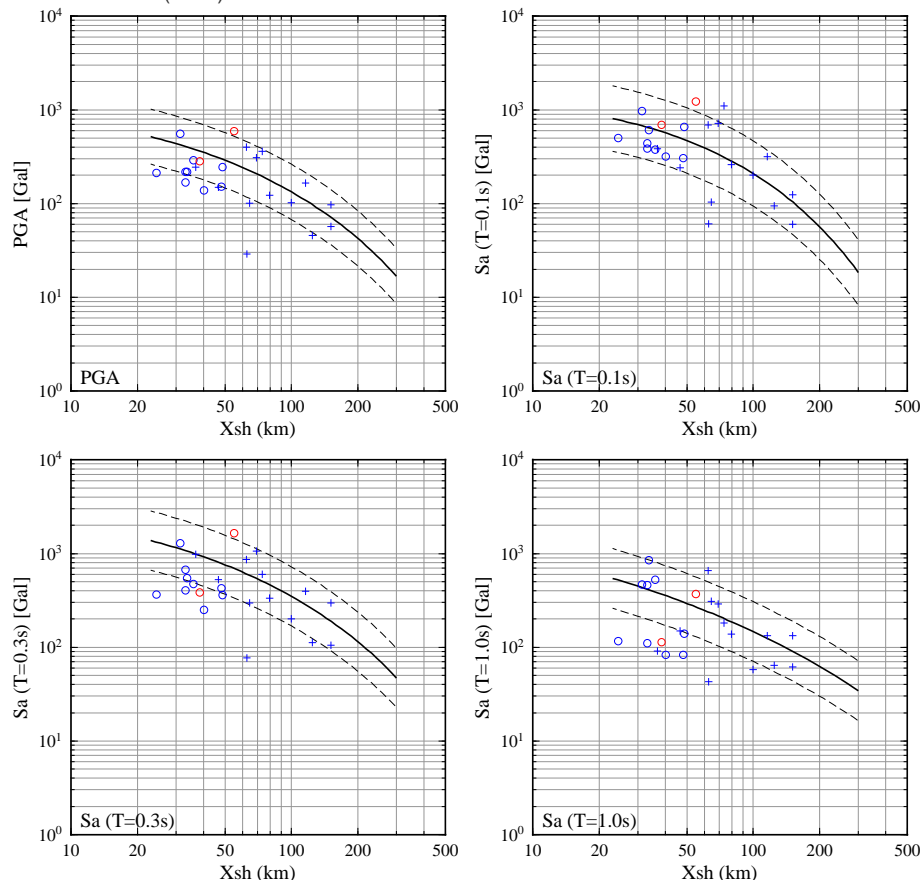
(震源域直上の観測記録の特徴及び予測手法との関係 (1985年チリ地震))

<Zhao et al.(2006)の方法による応答スペクトル>

○ 1985年チリ地震の距離減衰特性について、設置条件の影響等によりばらつきは大きいものの、震源域直上の観測点を含めて特異な傾向は見られず、観測記録とZhao et al.(2006)の方法による応答スペクトルとの比においても、震源域直上の観測点で特異な傾向は見られない。

- 花崗岩、花崗岩質岩石の観測点 (震源域直上)
- 沖積層、砂岩等の観測点 (震源域直上)
- + 花崗岩、花崗岩質岩石の観測点 (震源域直上以外)
- + 沖積層、砂岩等の観測点 (震源域直上以外)

--- Zhao et al.(2006)



断層最短距離200km以内の観測点を対象

<1985年チリ地震の観測記録と
Zhao et al.(2006)の方法による応答スペクトルとの比>

・Zhao et al.(2006)の方法による応答スペクトルは、Mw7.9, h=33km, 地盤条件SC3として計算

<1985年チリ地震の距離減衰特性 (断層最短距離 X_{sh}) >

震源域直上の地震動に関する知見

(震源域直上の観測記録の特徴及び予測手法との関係 (2010年チリ地震))

- 2010年チリ地震 (Mw8.8*) は、震源域直上で観測記録が得られた地震であり、1985年チリ地震 (Mw7.9*) に比べ、大きな断層で発生し、地震規模が大きい。
- これらの震源域直上の観測点の地質条件は、1985年チリ地震と同様、多くが沖積層に分類され、観測記録の距離減衰特性の検討として、表層地盤の影響を補正することができるZhao et al.(2006)の方法による応答スペクトルとの比較を行う。
- その際には、2010年チリ地震のMw8.8は Zhao et al.(2006)の方法の適用範囲外であるため、参考として、適用範囲内の最大規模Mw8.3を用いる。

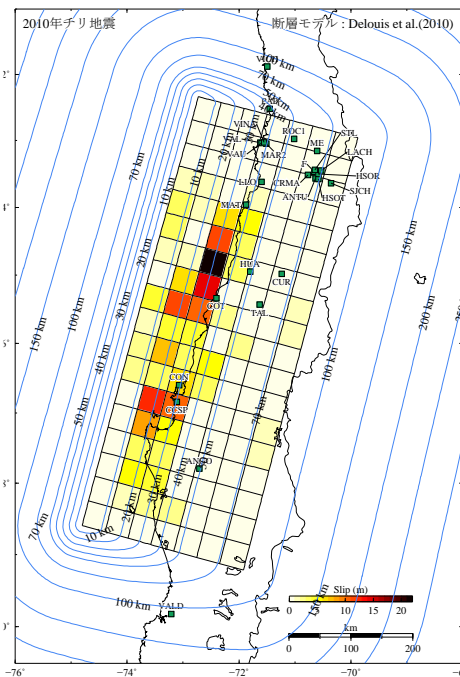
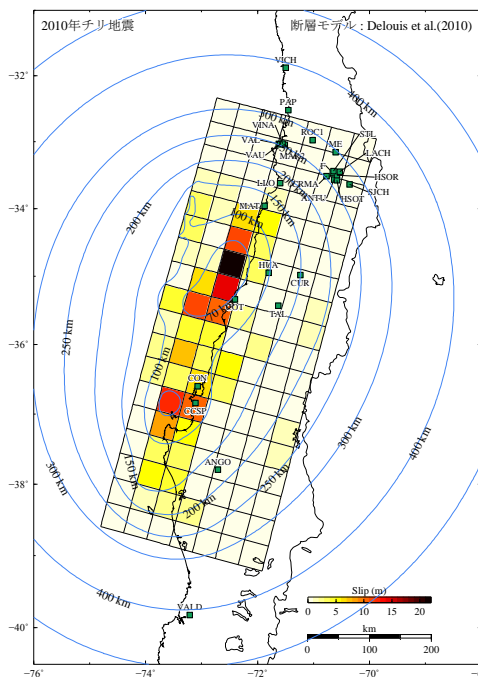
*MwはUSGSによる。

等価震源距離Xeq

断層最短距離Xsh

<観測点の一覧>

■ : 震源域直上の観測点



観測点	最大加速度(Gal)			Xeq (km)	Xsh (km)	地質条件	
	水平1	水平2	上下				
COT	527.3	613.8	345.8	72.7	36.1	Silt	シルト
CCSP	638.3	593.7	571.4	82.7	30.5	Sand and gravel	砂と礫
CON	393.2	280.5	359.5	87.8	29.4	-	-
HUA	374.7	442.8	370.5	98.5	48.9	Alluvium. Dense Gravel	沖積層, 密な礫
TAL	462.3	407.5	213.6	127.9	57.6	Alluvium. Dense Gravel	沖積層, 密な礫
MAT	337.5	280.9	234.6	128.9	38.3	Sand	砂
CUR	465.5	405.6	191.4	149.7	64.3	Alluvial deposit	沖積堆積物
ANGO	916.6	683.7	281.4	177.4	49.5	Pyroclastic flow deposit	火砕流堆積物
LLO	319	546.6	661.4	182.5	42.4	Sandstone and volcanic rock. Dense sand	砂岩, 火山岩, 密な砂
VAL	216.3	262.1	141.1	251.6	37	Fill. Soil. Artificial fill	盛土
VAU	129	295.4	69	251.9	37.7	Volcanic rock. Rock	火山岩
CRMA	549.5	478.6	236.5	253.2	64	Pumicite	軽石粉
Mar2	345.2	331.5	256.1	254.2	39.7	Silty sand with poorly graded gravel	分級された礫を含むシルト質砂
VINA	214.4	324.6	179.6	254.9	38.6	Alluvium and sand. Sand	沖積層, 砂
ANTU	224.3	265.2	163.6	259.8	67.9	Gravel	礫
HSOT	260.3	262.8	128.5	263.4	69.4	Gravel and alluvium	礫, 沖積層
F	210.6	302.2	172.4	266.4	66.4	Gravel	礫
STL	238.8	331.8	235.8	269.4	66.4	Intrusive rock	貫入岩
HSOR	292.4	287	273.2	269.5	68.7	Clay and Gravel	粘土, 礫
LACH	302.1	226.2	159.7	277.4	69.6	Alluvium and gravel	沖積層, 礫
SJCH	461	471.4	240.1	277.8	76.3	Gravel	礫
ROC1	184	130.7	104.6	287.8	52.3	Intrusive rock	貫入岩
ME	182.1	130.4	99.5	297.1	64.9	-	-
PAP	291.2	408.6	153.5	318.1	38.6	Granite. Weathered rock	花崗岩, 風化岩石
VICH	32.3	25.4	20.9	390.8	83.5	-	-
VALD	89.6	132.3	51	409.4	109.2	Silty clay	シルト質粘土

<2010年チリ地震の震源モデルと観測点との関係>

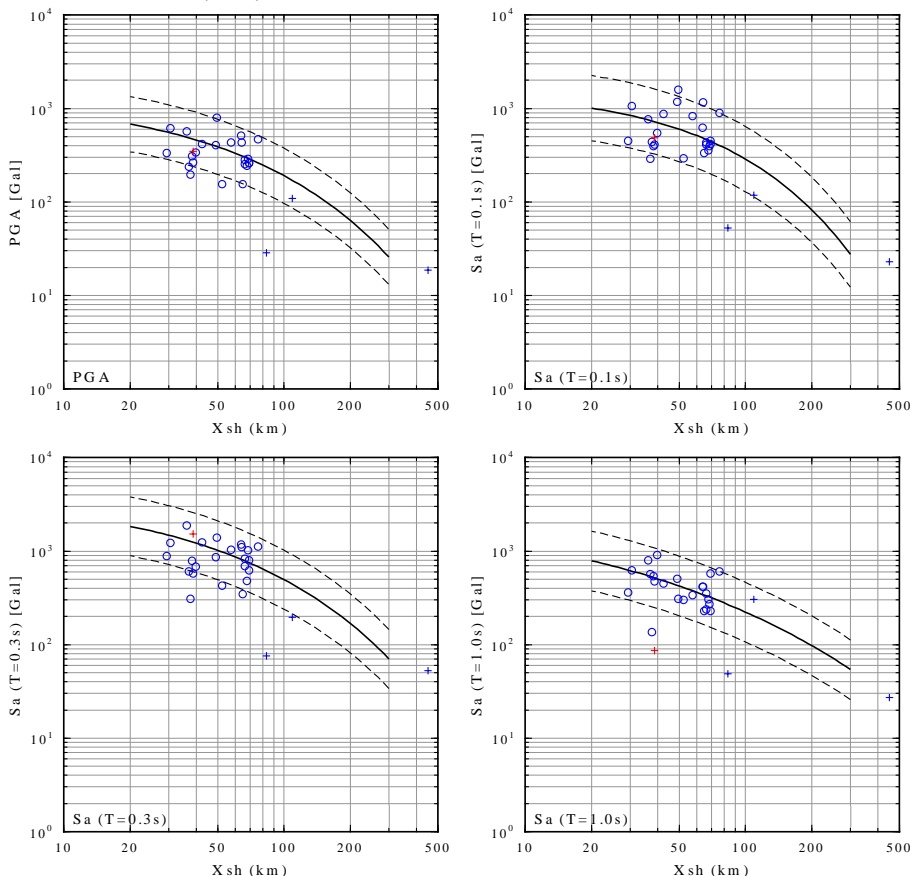
震源域直上の地震動に関する知見

(震源域直上の観測記録の特徴及び予測手法との関係 (2010年チリ地震))

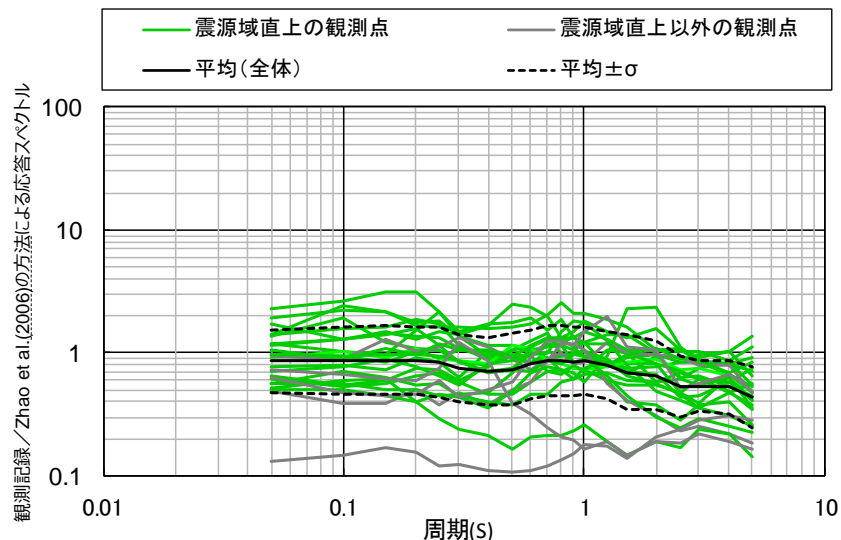
<Zhao et al.(2006)の方法による応答スペクトル>

○ 2010年チリ地震の距離減衰特性について、設置条件の影響等によりばらつきは大きいものの、震源域直上の観測点を含めて特異な傾向は見られず、観測記録とZhao et al.(2006)の方法による応答スペクトルとの比においても、震源域直上の観測点で特異な傾向は見られない。

- 花崗岩類の観測点 (震源域直上)
 - それ以外、または不明の観測点 (震源域直上)
 - + 花崗岩類の観測点 (震源域直上以外)
 - + それ以外、または不明の観測点 (震源域直上以外)
- Zhao et al.(2006)



○ 以上の検討によると、震源域直上の観測記録に特異な傾向は見られず、既往の予測手法（経験的手法や半経験的手法）を用いて地震動評価を行うことができることを確認。



断層最短距離200km以内の観測点を対象

<2010年チリ地震の観測記録と
Zhao et al.(2006)の方法による応答スペクトルとの比>

・Zhao et al.(2006)の方法による応答スペクトルは、Mw8.3, h=35km, 地盤条件SC3として計算

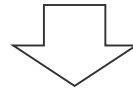
<2010年チリ地震の距離減衰特性 (断層最短距離Xsh) >

震源域直上の地震動に関する知見

(震源域直上の震度データを用いた震源モデルの検討 (概要))

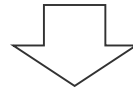
<震度データの類似性>

- 中央防災会議(2003b)によると、南海トラフの歴史地震の震源域や規模はそれぞれ異なり多様性があるが、これらの震度分布には震源域直上を含めて、類似性が確認されている。



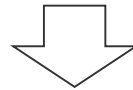
<震度データに基づく短周期地震波発生域の類似性>

- 南海トラフの歴史地震において、震度データに基づき短周期地震波発生域が推定されており、それぞれの歴史地震の短周期地震波発生域は、概ね類似した場所に見られる。



<震度データに基づく南海トラフの地震の震源モデル>

- 中央防災会議(2001b,2003b)では、短周期地震波発生域との相関がある震度データ（震源域直上を含む）を用いて、既往の予測手法によって南海トラフの歴史地震の震度分布を概ね再現した震源モデルが構築されている。



<プレート間地震の地震動評価への反映>

- 中央防災会議(2001b,2003b)によって、震源域直上を含む震度データに基づき構築された震源モデルを踏まえて、敷地におけるプレート間地震の地震動評価を実施。

震源域直上の地震動に関する知見

(震源域直上の震度データを用いた震源モデルの検討 (震度データの類似性))

<震度データの類似性>

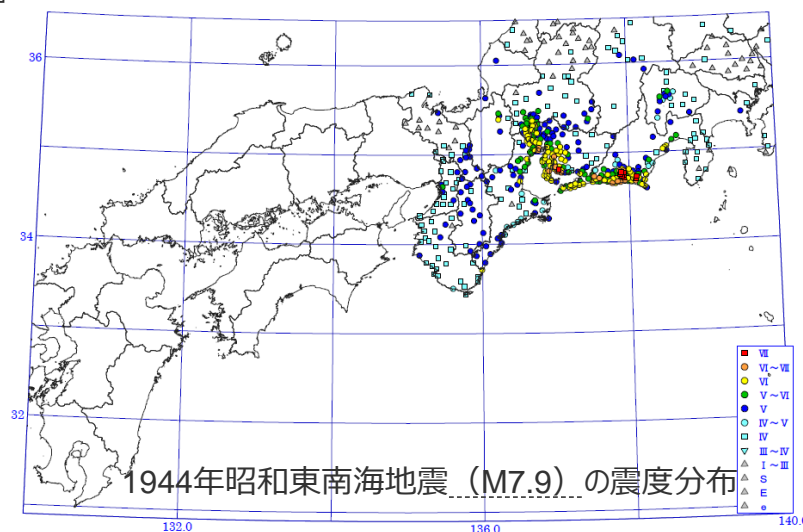
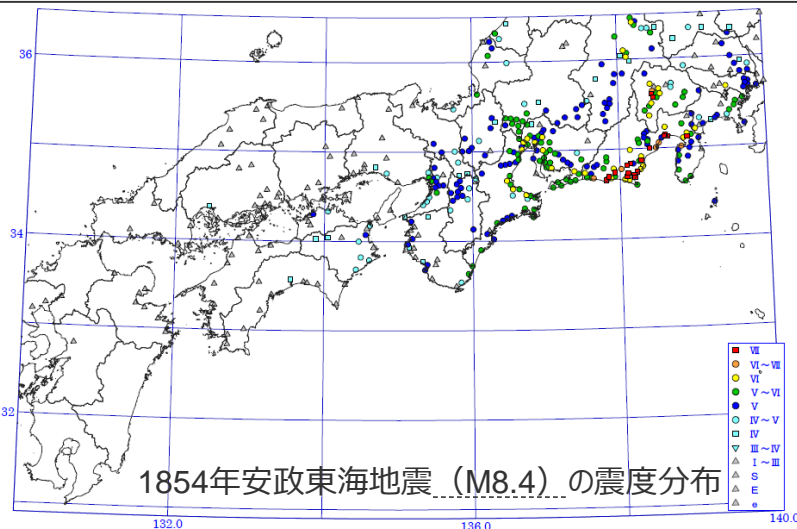
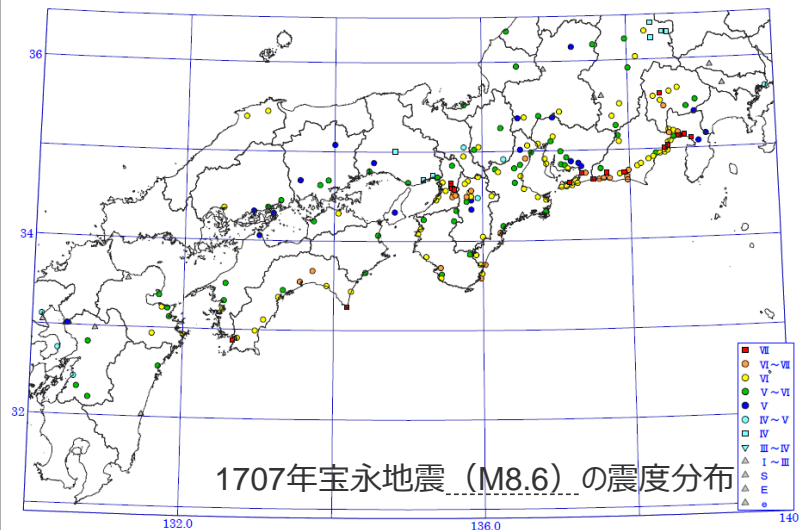
○中央防災会議(2003b)によると、南海トラフの歴史地震の震源域や規模はそれぞれ異なり多様性があるが、これらの震度分布(宝永地震、安政東海地震、昭和東南海地震など)には、震源域直上を含めて、以下に示す類似性が見られるとしている。

(宝永地震と安政東海地震)

- ・紀伊半島東側より以東の震度分布は類似している。

(昭和東南海地震)

- ・昭和東南海地震は、安政東海地震に比べ規模の小さな地震であるが、震度6以上の地域は、宝永地震及び安政東海地震の静岡県中部以西の震度6の地域と類似している。



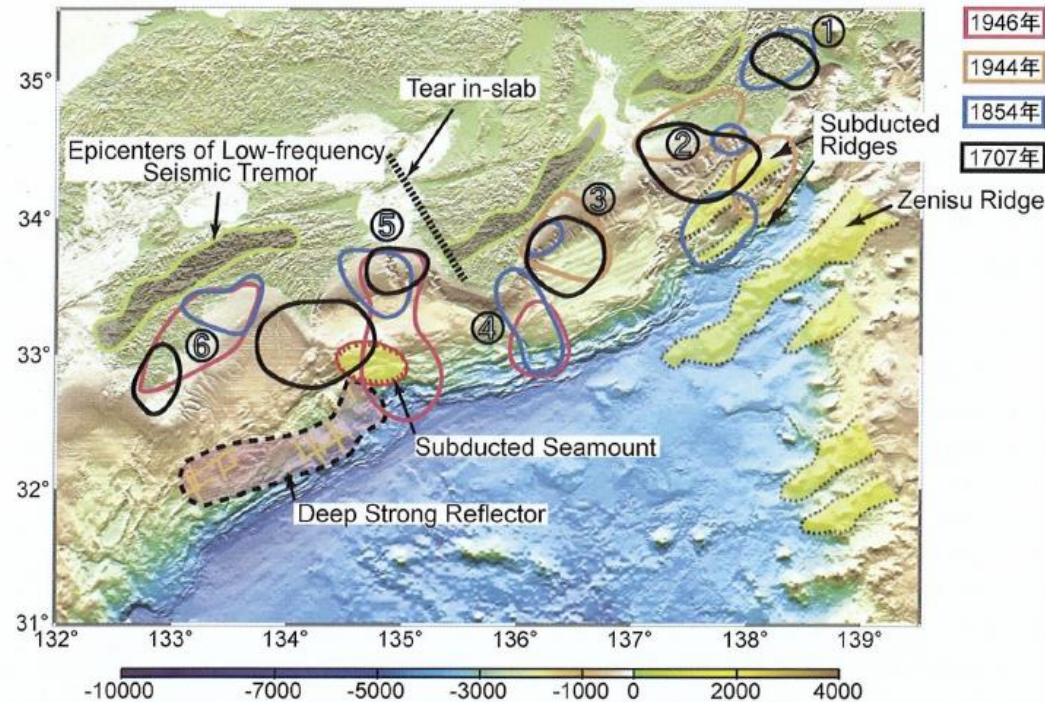
<南海トラフの歴史地震の震度分布>
(中央防災会議(2003b)による)

震源域直上の地震動に関する知見

(震源域直上の震度データを用いた震源モデルの検討 (短周期地震波発生域の類似性))

<震度データに基づく短周期地震波発生域の類似性>

- 神田・他(2004)、武村・神田(2006)では、震度データのインバージョン解析手法を用いて、歴史地震の短周期地震波発生域を評価しており、南海トラフではほぼ毎回、同じような破壊パターンで同じアスペリティが破壊し、その結果、ほぼ同じ場所に短周期地震波発生域が形成されていることが分かってきたとしている。
- したがって、短周期地震波発生域は震度データに基づき評価することが可能であり、震度データの類似性に伴い、短周期地震波発生域にも類似性があると考えられている。



<歴史地震の短周期地震波発生域>
(神田・他(2004)による)

震源域直上の地震動に関する知見

(震源域直上の震度データを用いた震源モデルの検討 (南海トラフ地震の震源モデルとその反映))

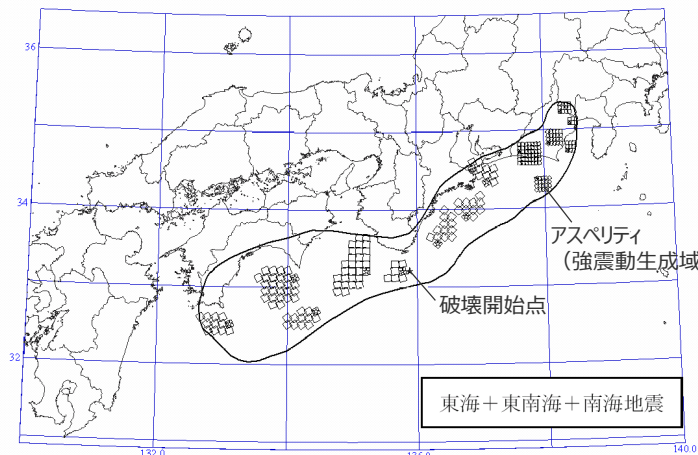
<震度データに基づく南海トラフの地震の震源モデル>

○中央防災会議(2001b,2003b)では、前述のとおり、短周期地震波発生域との相関がある震度データ(震源域直上を含む)を用いて、既往の予測手法によって南海トラフの歴史地震の震度分布を概ね再現した震源モデルが構築されている。

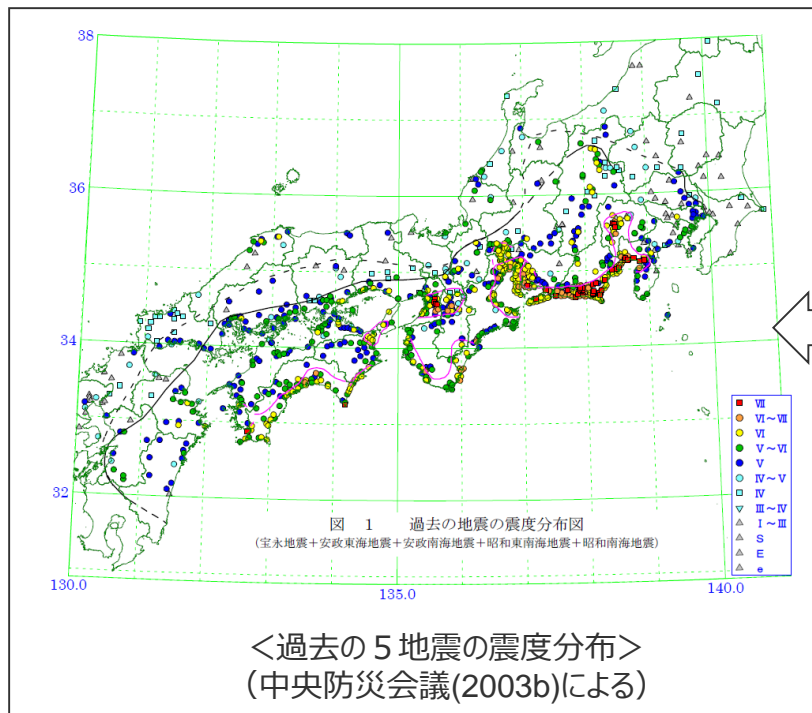


<プレート間地震の地震動評価への反映>

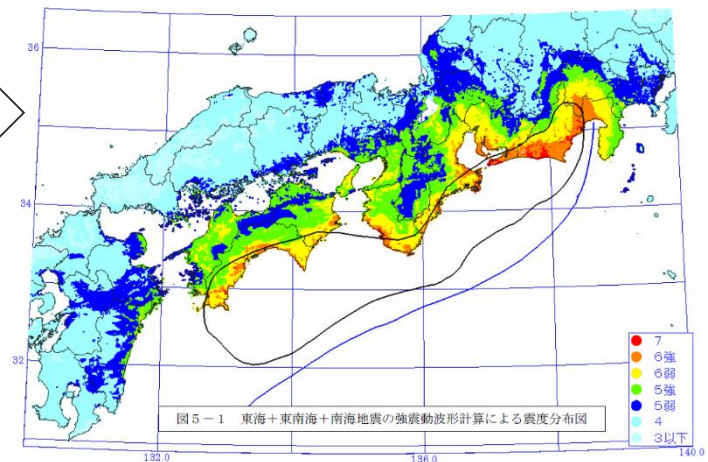
○このように震源域直上を含む震度データに基づき構築された震源モデルを踏まえて、敷地におけるプレート間地震の地震動評価を実施。



<想定東海・東南海・南海地震の強震断層モデル>
(中央防災会議(2003b)に図の説明(アスペリティ(強震動生成域)、破壊開始点)を加筆)



強震動の計算結果が歴史地震の震度分布を概ね再現できるように震源モデルが構築されている

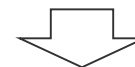
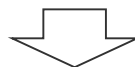


震源域直上の地震動に関する知見

(まとめ)

<南海トラフのプレート間地震の特徴>

- 南海トラフのプレート間地震において、震源域は陸側に広がっており、浜岡原子力発電所等の評価地点は震源域の直上に位置する。

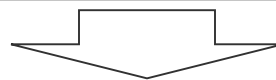


<震源域直上の観測記録の特徴及び予測手法との関係>

- 1985年メキシコ地震、1985年チリ地震及び2010年チリ地震の観測記録の分析によると、震源域直上の観測記録に特異な傾向は見られず、既往の予測手法（経験的手法や半経験的手法）を用いて地震動評価を行うことができる。

<震源域直上の震度データを用いた震源モデルの構築>

- 南海トラフのプレート間地震において、歴史地震の震度データは震源域直上を含めて類似性が確認され、短周期地震波発生域との相関も認められており、この震度データを用いて、中央防災会議(2001b,2003b)では、既往の予測手法によって震度分布を概ね再現した震源モデルが構築されている。
- このように構築された震源モデルを踏まえて、敷地におけるプレート間地震の地震動評価を実施。



- 震源域直上を含む震度データに基づき構築された震源モデル（中央防災会議モデル（既往地震））を踏まえ、「地震動評価」において既往の予測手法（Noda et al.(2002)の方法、統計的グリーン関数法と波数積分法のハイブリッド合成法）を用いた地震動評価を行う。

補足説明資料④-10

プレート間地震の検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮しない）の選定（補足）

概要

敷地周辺で震度5弱（震度V）程度以上となった被害地震（プレート間地震）

南海トラフで発生した地震

相模トラフで発生した地震



相模トラフで発生した地震は敷地からの距離が遠いことから、その影響については、敷地からの距離が近く、敷地への影響がより大きい**南海トラフで発生した地震**で代表。



南海トラフで発生する地震

想定東海地震（Mw8.0）、想定東海・東南海地震（Mw8.3）、想定東海・東南海・南海地震（Mw8.7）

- 中央防災会議「東海地震に関する専門調査会」(2001)及び「東南海、南海地震等に関する専門調査会」(2003)
：南海トラフで発生した1707年宝永地震（M8.6）、1854年安政東海地震（M8.4）及び1944年東南海地震（M7.9）等の過去の地震時の被害実態との比較検討等を踏まえ、強震断層モデルを設定（中央防災会議モデル（既往地震））。

南海トラフで想定される最大クラスの地震（Mw9.0）

- 内閣府「南海トラフの巨大地震モデル検討会」(2012)
：「あらゆる可能性を考慮した最大クラスの巨大な地震・津波を検討していくべきである」との考え方にに基づき、南海トラフで想定される最大クラスの地震として強震断層モデル（Mw9.0）を設定（内閣府モデル（最大クラスの地震））。
- 内閣府「南海トラフの巨大地震モデル検討会」(2015)
：長周期地震動（周期2～10秒程度）を推計するため、内閣府(2012)と同じ考え方にに基づき、南海トラフで想定される最大クラスの地震の長周期地震断層モデルを設定（内閣府モデル（最大クラスの長周期地震））。



- ①内閣府モデル（最大クラスの地震）と中央防災会議モデル（既往地震）の比較（p.175～）
- ②内閣府モデル（最大クラスの地震）と内閣府モデル（最大クラスの長周期地震）の比較（p.179～）



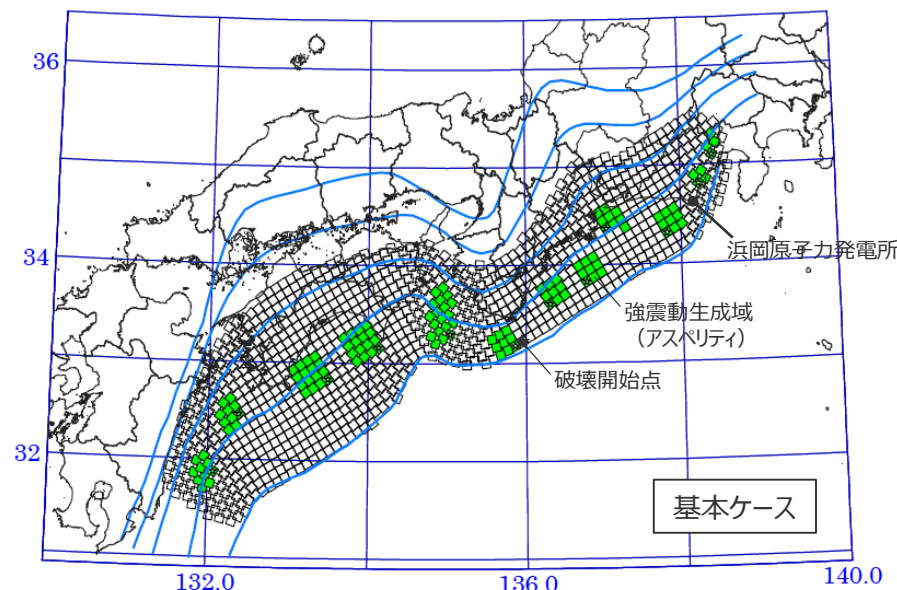
敷地への影響が大きい**内閣府(2012)による南海トラフで想定される最大クラスの地震（Mw9.0、内閣府モデル（最大クラスの地震））**を検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮しない）として選定。

<補足説明資料④-10 プレート間地震の検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮しない）の選定（補足）>

①内閣府モデル（最大クラスの地震）と中央防災会議モデル（既往地震）の比較（概要）

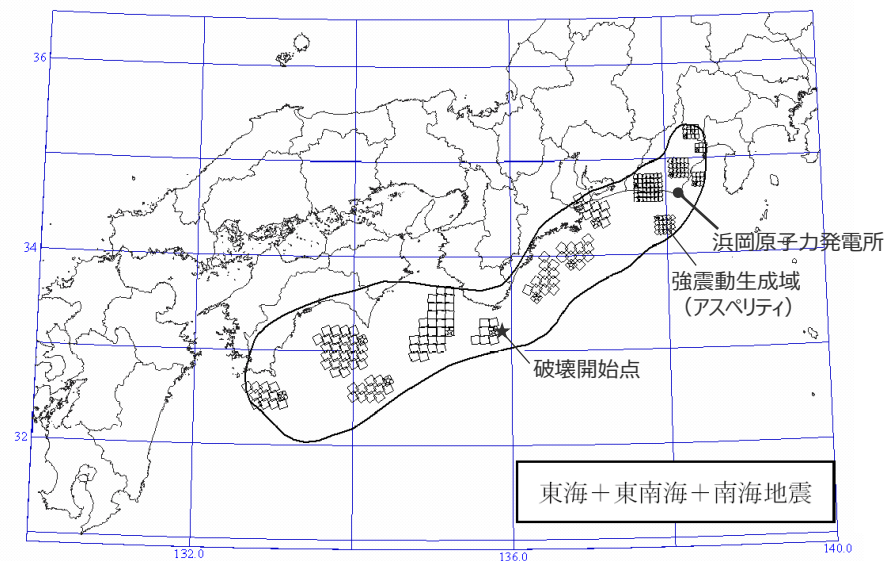
- 内閣府モデル（最大クラスの地震）と中央防災会議モデル（既往地震）について、震源断層パラメータ（震源断層面積、地震規模、強震動生成域の応力降下量、地震モーメントと短周期レベルの関係）の比較を行う。
- また、統計的グリーン関数法による地震動評価を行い、地震動レベルの比較を行う。

面積：約11万km²
モーメントマグニチュードMw：9.0
強震動生成域の応力降下量：34～46MPa程度



<内閣府モデル（最大クラスの地震）>
(内閣府(2012)に敷地位置、図の説明
(強震動生成域（アスペリティ）、破壊開始点）を加筆)

面積：約6.1万km²
モーメントマグニチュードMw：8.7
強震動生成域の応力降下量：21～25MPa程度



<中央防災会議モデル（既往地震）>
(中央防災会議(2003b)に敷地位置、図の説明
(強震動生成域（アスペリティ）、破壊開始点）を加筆)

①内閣府モデル（最大クラスの地震）と中央防災会議モデル（既往地震）の比較 （震源断層パラメータ）

○内閣府モデル（最大クラスの地震）は、中央防災会議モデル（既往地震）に比べて、地震規模や強震動生成域の応力降下量が大きい。

震源断層パラメータ	中央防災会議モデル（既往地震） （中央防災会議(2003b)）	内閣府モデル（最大クラスの地震） （内閣府(2012)）
設定方針	歴史地震の震度分布（5地震の包絡形）を概ね再現した強震断層モデル（想定東海・東南海・南海地震）	南海トラフで想定される最大クラスの地震として設定された強震断層モデル
震源断層面積	約6.1万km ²	約11万km ² （深さ方向、南西方向に拡張）
地震規模	Mw8.7	Mw9.0
強震動生成域の応力降下量	21～25MPa程度	34～46MPa程度※
強震動生成域の位置	歴史地震の震度分布（5地震の包絡形）の再現検討を踏まえて設定	中央防災会議モデル（既往地震）の強震動生成域の位置を踏まえて設定

※敷地への影響が大きい強震動生成域の応力降下量は45.4MPa。

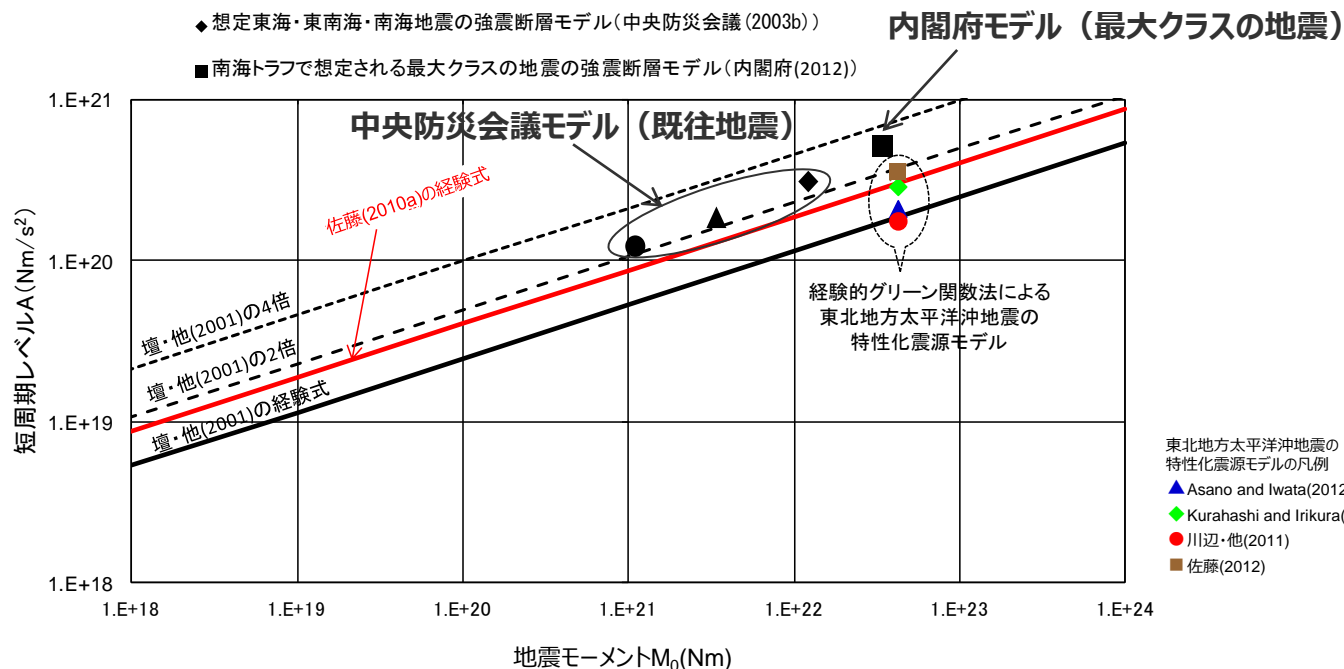
<補足説明資料④-10 プレート間地震の検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮しない）の選定（補足）>

①内閣府モデル（最大クラスの地震）と中央防災会議モデル（既往地震）の比較 （震源断層パラメータ）

○内閣府モデル（最大クラスの地震）は、強震動生成域の応力降下量が34～46MPa程度であり、中央防災会議モデル（既往地震）の強震動生成域の応力降下量（21～25MPa程度）に比べ大きく、短周期レベルについても大きな設定となっている。

・内閣府モデル（最大クラスの地震）は、強震動生成域の応力降下量が東北地方太平洋沖地震の平均値（24MPa程度）やそれに標準偏差を加えた値（32MPa程度）に比べ、大きな設定となっており、短周期レベルについても、東北地方太平洋沖地震が壇・他(2001)の経験式による値の1～2倍程度であるのに対し、当該モデルは壇・他(2001)の経験式による値の3倍程度となっている。

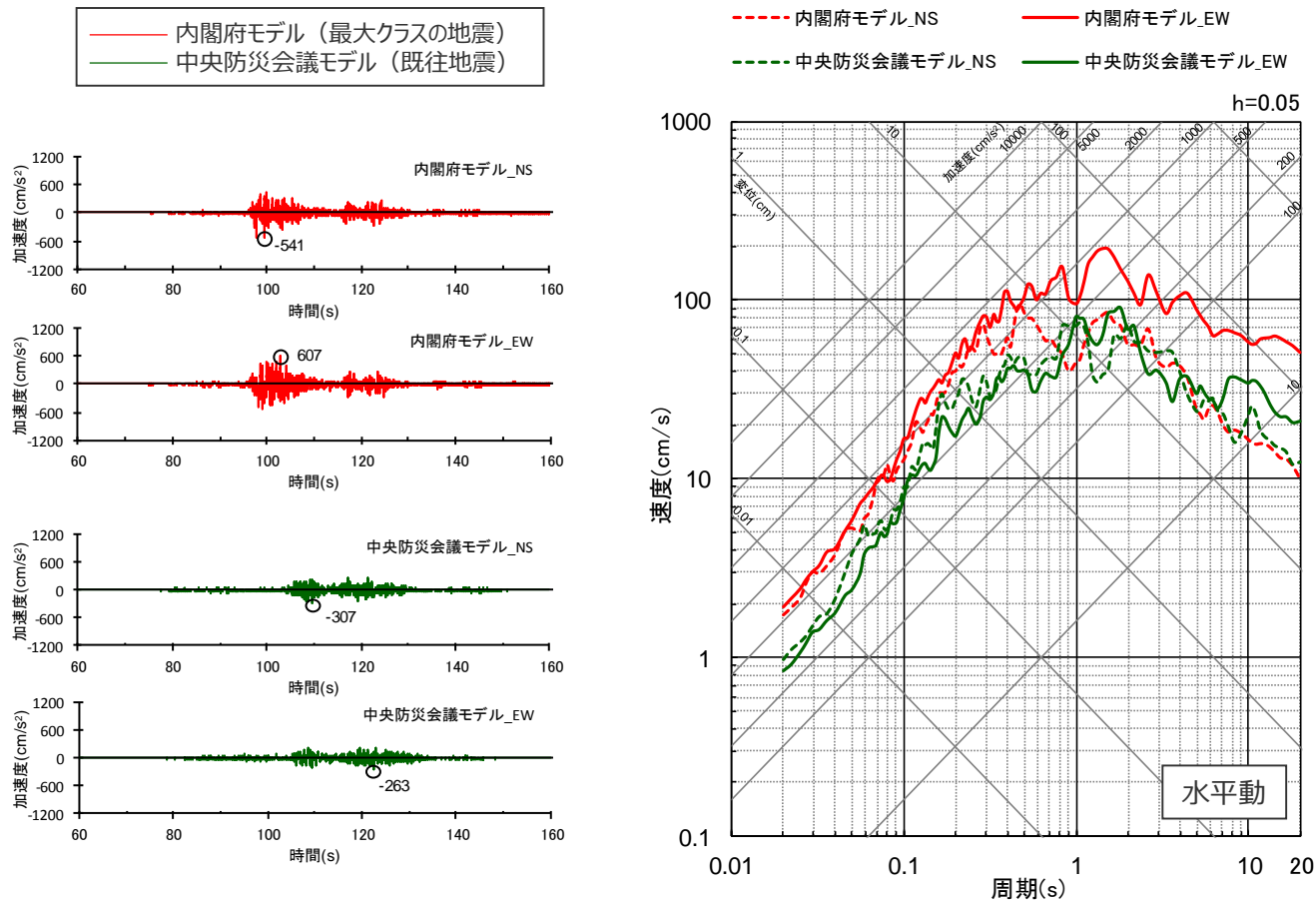
- 想定東海地震の強震断層モデル(中央防災会議(2001b))
- ▲ 想定東海・東南海地震の強震断層モデル(中央防災会議(2003b))
- ◆ 想定東海・東南海・南海地震の強震断層モデル(中央防災会議(2003b))
- 南海トラフで想定される最大クラスの地震の強震断層モデル(内閣府(2012))



<強震断層モデルのM₀ - A関係の比較>

①内閣府モデル（最大クラスの地震）と中央防災会議モデル（既往地震）の比較 （地震動評価結果）

○内閣府モデル（最大クラスの地震）及び中央防災会議モデル（既往地震）の地震動評価結果（統計的グリーン関数法）を比較した結果、内閣府モデル（最大クラスの地震）の方が大きいことを確認した。



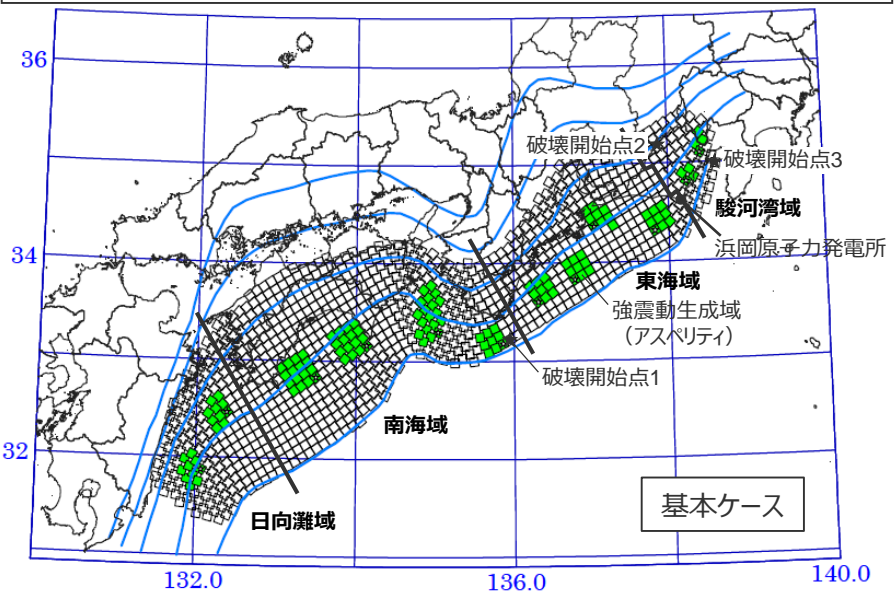
<地震動評価結果の比較（左図：加速度時刻歴波形、右図：応答スペクトル）>

<補足説明資料④-10 プレート間地震の検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮しない）の選定（補足）>

②内閣府モデル（最大クラスの地震）と内閣府モデル（最大クラスの長周期地震）の比較（概要）

- 内閣府モデル（最大クラスの地震）と内閣府モデル（最大クラスの長周期地震）について、震源断層パラメータの比較を行う。この比較に当たっては、内閣府モデル（最大クラスの長周期地震）は、強震動生成域のみのモデル化がされているため、微視的断層パラメータ（強震動生成域の面積、強震動生成域の地震モーメント、強震動生成域の応力降下量及び短周期レベル）の比較を行うこととし、両モデルの対象領域の違いを踏まえた比較も行う。
- また、統計的グリーン関数法と波数積分法のハイブリッド合成法※1による地震動評価を行い、地震動レベルの比較を行う。

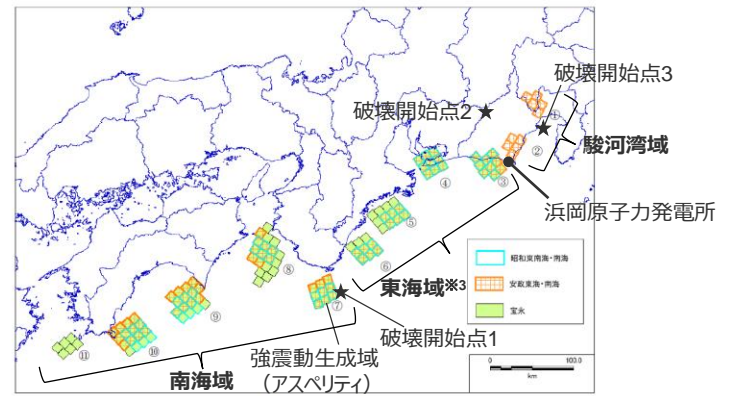
強震動生成域の面積※2：約12,700km²（約10,600km²）
 強震動生成域の地震モーメント※2：7.9×10²¹Nm（7.0×10²¹Nm）
 強震動生成域の応力降下量：34～46MPa程度
 短周期レベル※2：5.08×10²⁰Nm/s²（4.82×10²⁰Nm/s²）



<内閣府モデル（最大クラスの地震）>

（内閣府(2012)に敷地位置、図の説明（強震動生成域（アスペリティ）、破壊開始点、領域の名称）を加筆）

強震動生成域の面積：約11,800km²
 強震動生成域の地震モーメント：5.1×10²¹Nm
 強震動生成域の応力降下量：30MPa
 短周期レベル：3.37×10²⁰Nm/s²



<内閣府モデル（最大クラスの長周期地震）>
 （内閣府(2015)に敷地位置、図の説明（強震動生成域（アスペリティ）、破壊開始点、領域の名称）を加筆）

※1 内閣府モデル（最大クラスの長周期地震）が、長周期地震動（周期2～10秒程度）を推計するためのモデルであることを踏まえ、統計的グリーン関数法と波数積分法のハイブリッド合成法による地震動評価を行う。
 ※2 括弧内の値は、駿河湾域、東海域、南海域の3領域の震源断層パラメータを表す。
 ※3 内閣府(2015)では、東南海域と記載されているが、本資料では内閣府(2012)と合わせて東海域と記載。

・後述のとおり、内閣府モデル（最大クラスの地震）に破壊開始点を追加（破壊開始点1～3）して基本震源モデルを設定していることから、ここでの地震動評価では破壊開始点1～3を対象とした。

<補足説明資料④-10 プレート間地震の検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮しない）の選定（補足）>

②内閣府モデル（最大クラスの地震）と内閣府モデル（最大クラスの長周期地震）の比較 （震源断層パラメータ）

- 内閣府モデル（最大クラスの地震）と強震動生成域のみのモデル化である内閣府モデル（最大クラスの長周期地震）について、微視的断層パラメータ（強震動生成域の面積、強震動生成域の地震モーメント、強震動生成域の応力降下量及び短周期レベル）を比較した。
- その際、両モデルの対象領域の違いを踏まえ、内閣府モデル（最大クラスの地震）について、駿河湾域、東海域、南海域及び日向灘域の4領域の震源断層パラメータに加え、駿河湾域、東海域及び南海域の3領域の震源断層パラメータも比較した。
- その結果、長周期の地震動に及ぼす影響が大きい強震動生成域の地震モーメントや、短周期の地震動に及ぼす影響が大きい強震動生成域の応力降下量及び短周期レベルは、内閣府モデル（最大クラスの地震）の方が、内閣府モデル（最大クラスの長周期地震）より大きい。

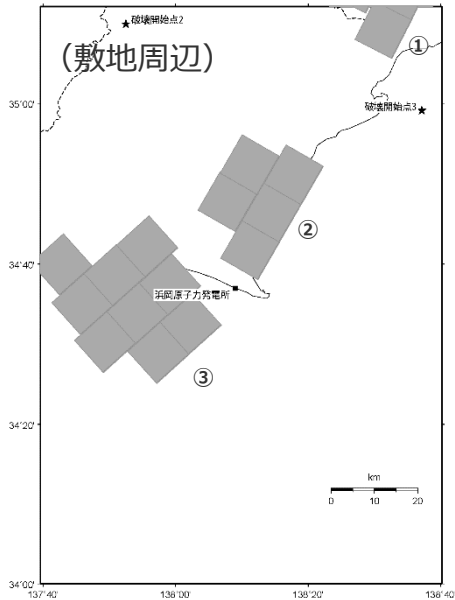
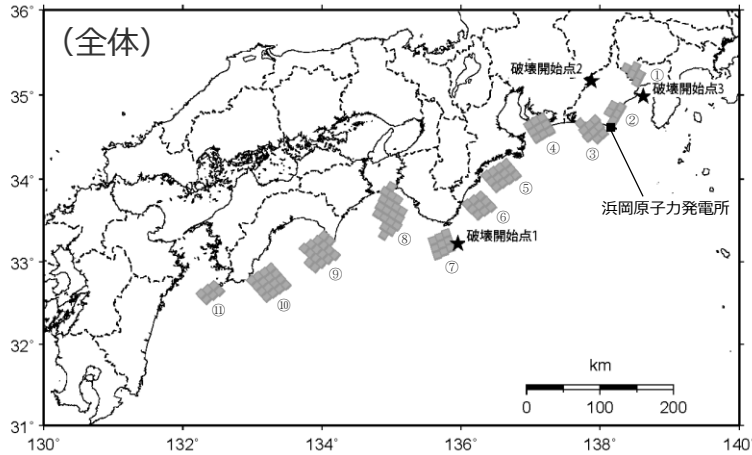
<震源断層パラメータの比較>

震源断層パラメータ	内閣府モデル（最大クラスの地震） （内閣府(2012)） 駿河湾域、東海域、南海域、日向灘域	内閣府モデル（最大クラスの地震） （内閣府(2012)） 駿河湾域、東海域、南海域	内閣府モデル（最大クラスの長周期地震） （内閣府(2015)） 駿河湾域、東海域、南海域
設定方針	南海トラフで想定される最大クラスの地震として設定された強震断層モデル		南海トラフで想定される最大クラスの地震として設定された強震断層モデル
強震動生成域の面積	約12,700km ²	約10,600km ²	約11,800km ²
強震動生成域の地震モーメント	7.9×10 ²¹ Nm	7.0×10 ²¹ Nm	5.1×10 ²¹ Nm
強震動生成域の応力降下量	34～46MPa程度※		30MPa
短周期レベル	5.08×10 ²⁰ Nm/s ²	4.82×10 ²⁰ Nm/s ²	3.37×10 ²⁰ Nm/s ²
強震動生成域の位置	中央防災会議モデル（既往地震）の強震動生成域の位置を踏まえて設定		歴史地震の震度分布（5地震の包絡形）の再現検討を踏まえて設定

※敷地への影響が大きい強震動生成域の応力降下量は45.4MPa。

<補足説明資料④-10 プレート間地震の検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮しない）の選定（補足）>

②内閣府モデル（最大クラスの地震）と内閣府モデル（最大クラスの長周期地震）の比較
（震源モデル及び震源断層パラメータ（内閣府モデル（最大クラスの長周期地震）））



<内閣府モデル（最大クラスの長周期地震）の震源モデル>

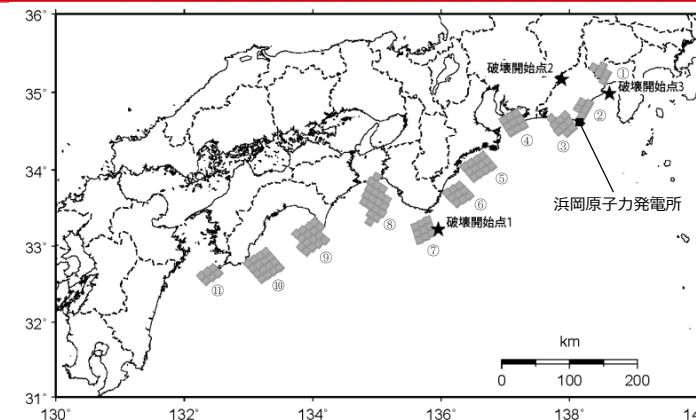
<内閣府モデル（最大クラスの長周期地震）の震源断層パラメータ>

震源断層パラメータ	南海	東南海	駿河湾
面積 (km ²)		6,722	5,077
地震モーメント(Nm)		3.2E+21	1.9E+21
短周期レベル(Nm/s ²)			3.37E+20
SMGA	⑪	⑦	③
面積 (km ²)	608.1	929.2	914.0
地震モーメント(Nm)	1.8E+20	3.5E+20	3.4E+20
Mw	7.4	7.6	7.6
応力パラメータ(MPa)	30.0	30.0	30.0
SMGA		⑧	④
面積 (km ²)	—	1,959.9	913.5
地震モーメント(Nm)	—	1.1E+21	3.4E+20
Mw	—	8.0	7.6
応力パラメータ(MPa)	—	30.0	30.0
SMGA		⑨	⑤
面積 (km ²)	—	1,612.9	1,237.5
地震モーメント(Nm)	—	8.0E+20	5.4E+20
Mw	—	7.9	7.8
応力パラメータ(MPa)	—	30.0	30.0
SMGA		⑩	⑥
面積 (km ²)	—	1,611.5	926.5
地震モーメント(Nm)	—	8.0E+20	3.5E+20
Mw	—	7.9	7.6
応力パラメータ(MPa)	—	30.0	30.0
破壊伝播速度 (km/s)	2.7	2.7	2.7
fmax(Hz)	6.0	6.0	6.0

・ρ、Vs (ρ：密度(2.8g/cm³), Vs：S波速度(3.82km/s)) は内閣府(2012)と同じ。

・丸数字はプレート間地震の強震動生成域のNo.を表す。

<補足説明資料④-10 プレート間地震の検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮しない）の選定（補足）>
②内閣府モデル（最大クラスの地震）と内閣府モデル（最大クラスの長周期地震）の比較
（震源断層パラメータ（内閣府モデル（最大クラスの長周期地震）））



<内閣府モデル（最大クラスの長周期地震）の強震動生成域のパラメータ>

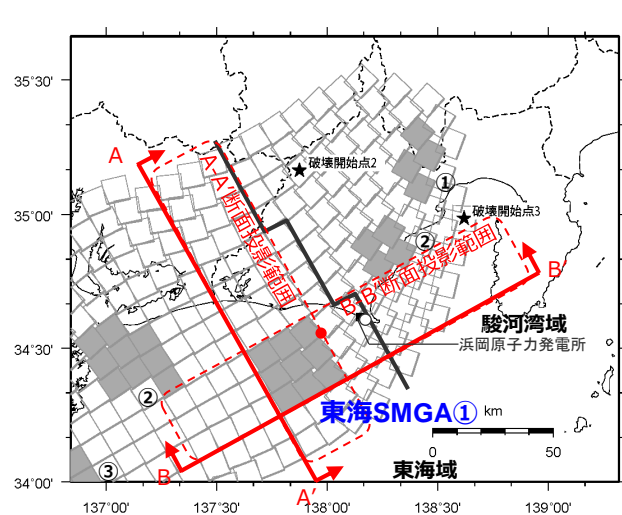
強震動生成域 No.	強震動生成域の面積 Sa(km)	強震動生成域の応力パラメータ $\Delta\sigma_a$ (MPa)	強震動生成域の平均すべり量 Da(m)	強震動生成域の地震モーメント M_0a (MPa)	強震動生成域の短周期レベル Aa(Nm/s ²)	強震動生成域の最短距離 Xsha(km)
①	569.8	30	7.3	1.7×10^{20}	7.41×10^{19}	64.5
②	515.9	30	6.6	1.4×10^{20}	7.05×10^{19}	13.9
③	914.0	30	9.1	3.4×10^{20}	9.38×10^{19}	16.0
④	913.5	30	9.1	3.4×10^{20}	9.38×10^{19}	76.2
⑤	1237.5	30	10.6	5.4×10^{20}	1.09×10^{20}	135.5
⑥	926.5	30	9.2	3.5×10^{20}	9.45×10^{19}	185.1
⑦	929.2	30	9.2	3.5×10^{20}	9.46×10^{19}	254.5
⑧	1959.9	30	13.7	1.1×10^{21}	1.37×10^{20}	292.2
⑨	1612.9	30	12.1	8.0×10^{20}	1.25×10^{20}	396.3
⑩	1611.5	30	12.1	8.0×10^{20}	1.25×10^{20}	475.4
⑪	608.1	30	7.2	1.8×10^{20}	7.65×10^{19}	559.8

・丸数字はプレート間地震の強震動生成域のNo.を表す。

<補足説明資料④-10 プレート間地震の検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮しない）の選定（補足）>

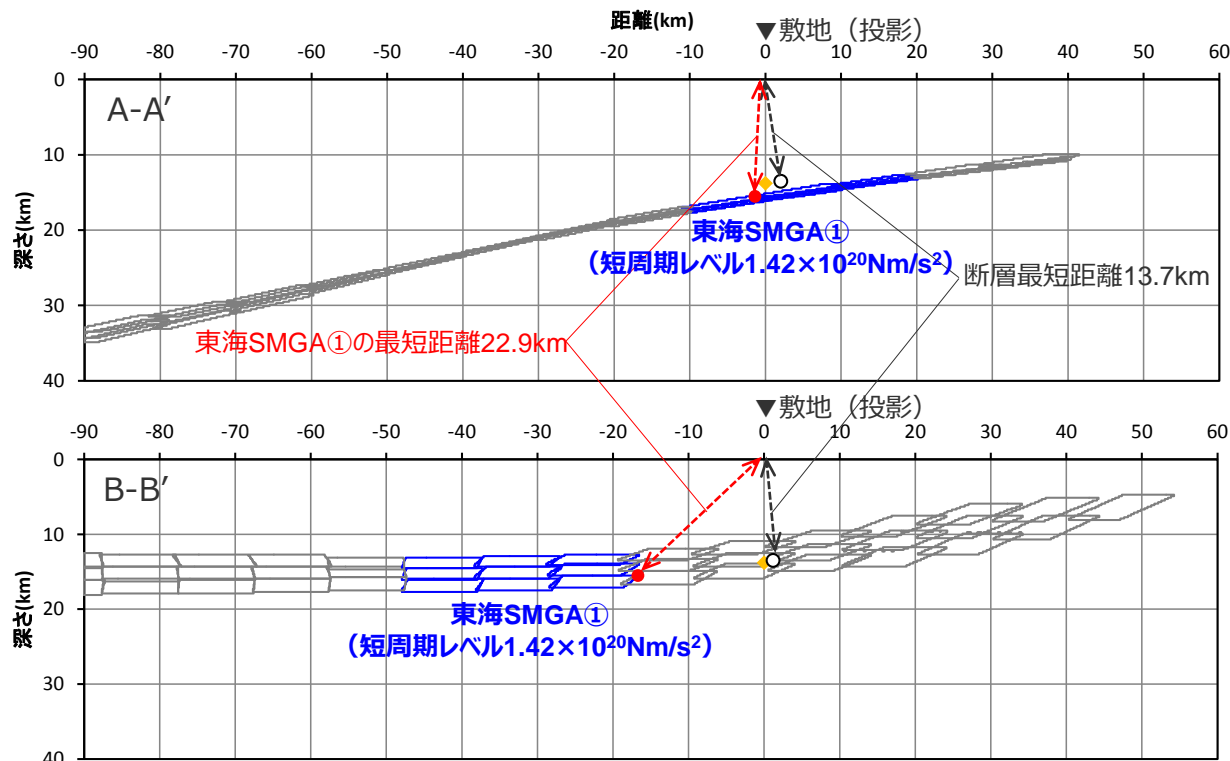
②内閣府モデル（最大クラスの地震）と内閣府モデル（最大クラスの長周期地震）の比較
（敷地における地震動に支配的と考えられる強震動生成域の短周期レベルと最短距離）

○内閣府モデル（最大クラスの地震）では、敷地における地震動に支配的な強震動生成域（東海SMGA①（短周期レベル $1.42 \times 10^{20} \text{Nm/s}^2$ ））（後述参照）は、断層最短距離となる位置からやや離れて位置している。



(断面位置図)

- : 強震動生成域の小断層 (投影)
- : 背景領域の小断層 (投影)
- : 断層最短距離の位置
- : 東海SMGA①の最短距離の位置
- ◆ : 敷地直下のプレート境界の位置



(断面図 (投影))

<内閣府モデル（最大クラスの地震）における東海SMGA①と敷地との位置関係>

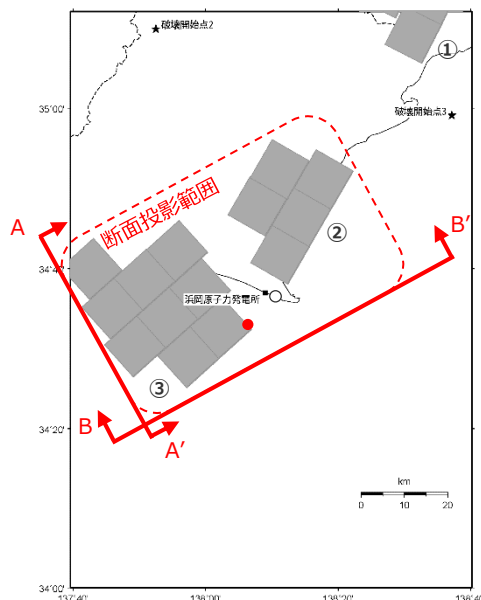
・黒字の丸数字はプレート間地震の強震動生成域のNo.を表す。

<補足説明資料④-10 プレート間地震の検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮しない）の選定（補足）>

②内閣府モデル（最大クラスの地震）と内閣府モデル（最大クラスの長周期地震）の比較
（敷地における地震動に支配的と考えられる強震動生成域の短周期レベルと最短距離）

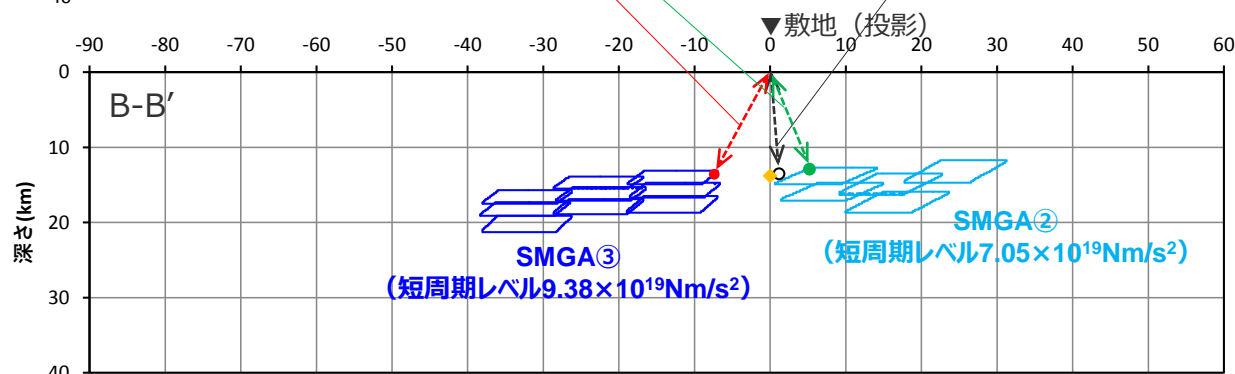
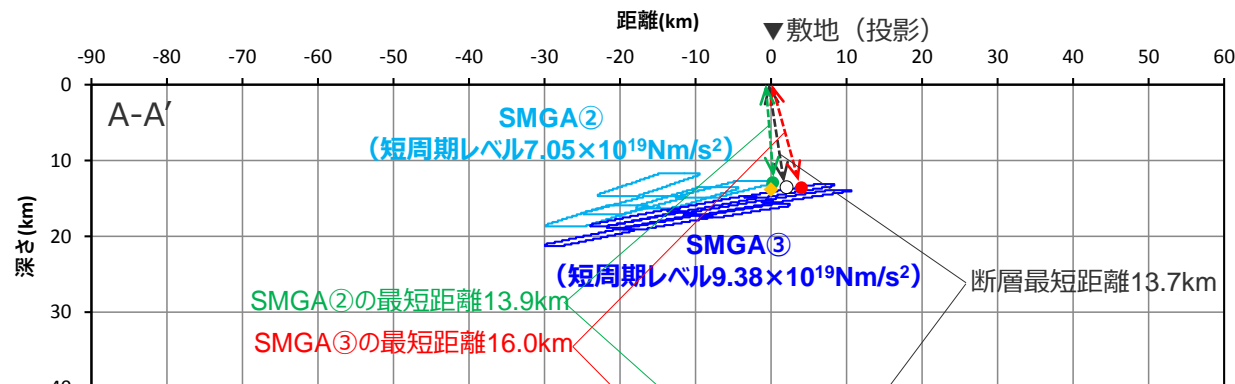
○内閣府モデル（最大クラスの長周期地震）では、敷地における地震動に支配的と考えられる強震動生成域（SMGA③（短周期レベル $9.38 \times 10^{19} \text{Nm/s}^2$ ））と強震動生成域（SMGA②（短周期レベル $7.05 \times 10^{19} \text{Nm/s}^2$ ））が敷地近傍に位置している。

※断層最短距離の位置と敷地直下のプレート境界の位置は、内閣府(2012)に基づく。



(断面位置図)

- : 強震動生成域の小断層（投影）
- : 背景領域の小断層（投影）
- : 断層最短距離の位置
- : SMGA②の最短距離の位置
- : SMGA③の最短距離の位置
- ◆ : 敷地直下のプレート境界の位置



(断面図（投影）)

<内閣府モデル（最大クラスの長周期地震）※におけるSMGA②及びSMGA③と敷地との位置関係>

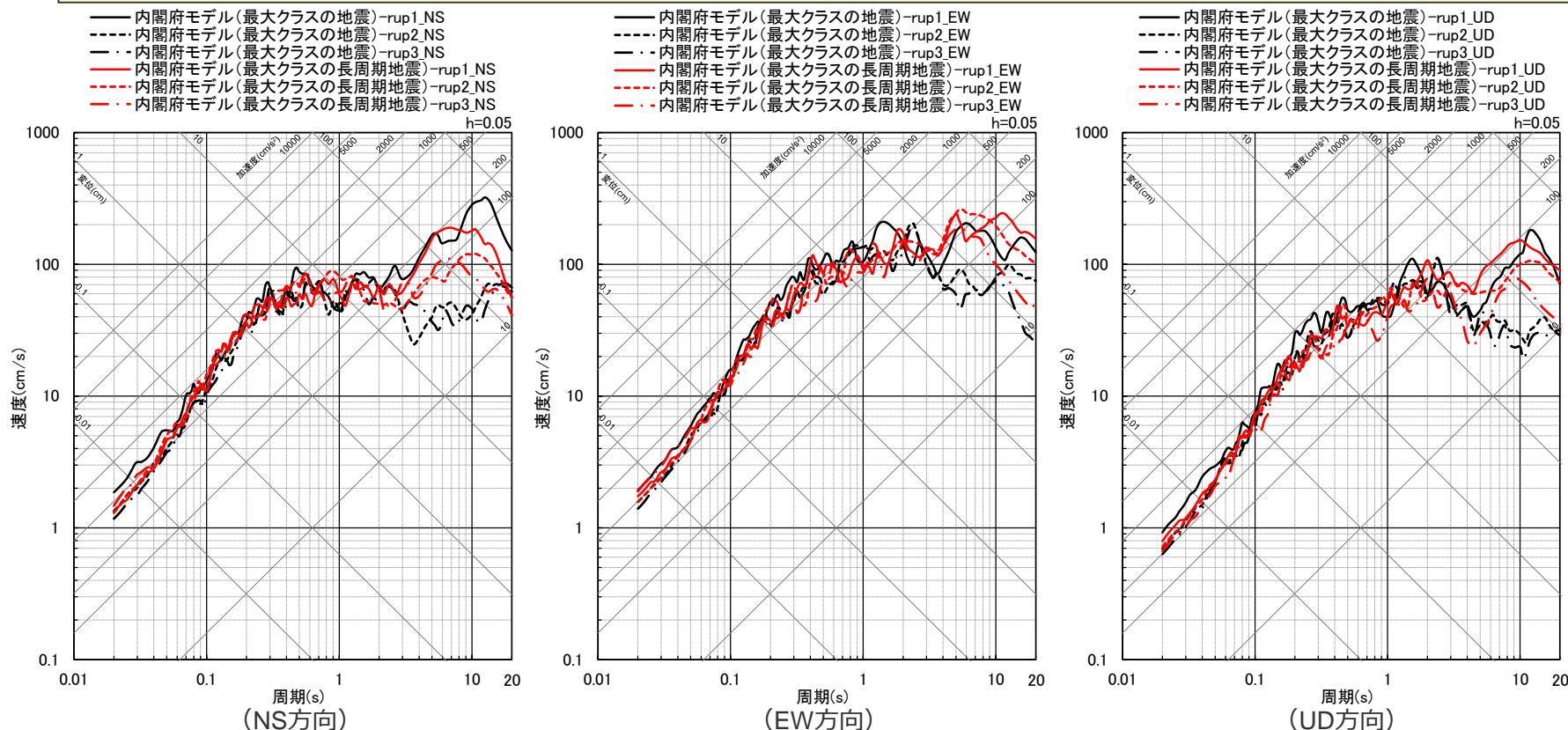
・黒字の丸数字はプレート間地震の強震動生成域のNo.を表す。

<補足説明資料④-10 プレート間地震の検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮しない）の選定（補足）>

②内閣府モデル（最大クラスの地震）と内閣府モデル（最大クラスの長周期地震）の比較 （地震動評価結果）

- 内閣府モデル（最大クラスの地震）及び内閣府モデル（最大クラスの長周期地震）について、統計的グリーン関数法と波数積分法のハイブリッド合成法による地震動評価結果を比較した結果、両者の地震動レベルが同程度であることを確認した。
- これは、内閣府モデル（最大クラスの長周期地震）の敷地における地震動に支配的と考えられる強震動生成域（SMGA③（短周期レベル $9.38 \times 10^{19} \text{Nm/s}^2$ ）とSMGA②（短周期レベル $7.05 \times 10^{19} \text{Nm/s}^2$ ））が、内閣府モデル（最大クラスの地震）の敷地における地震動に支配的な強震動生成域（東海SMGA①（短周期レベル $1.42 \times 10^{20} \text{Nm/s}^2$ ））に比べて、短周期レベルは小さいものの、敷地のより近くに位置していることが原因であると考えられる。

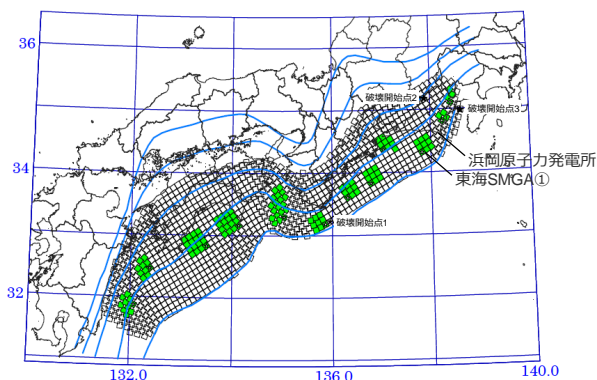
○不確かさの考慮において、強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデルをベースモデルとして扱い、各不確かさとの組合せを考慮する方針としており、両モデルについて、敷地直下に強震動生成域を配置したケースの地震動評価も行い、地震動レベルの比較を行う。



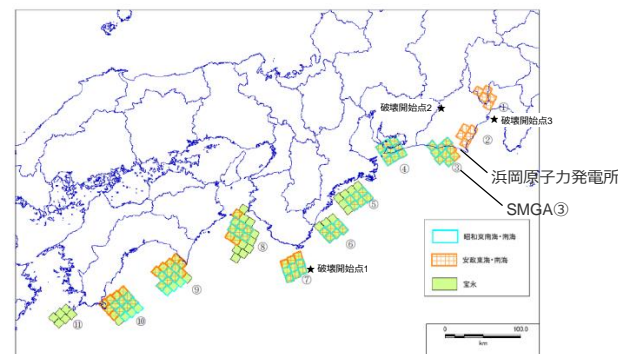
<断層モデルを用いた手法による地震動評価結果の比較（応答スペクトル）（破壊開始点1~3）>

<補足説明資料④-10 プレート間地震の検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮しない）の選定（補足）>
②内閣府モデル（最大クラスの地震）と内閣府モデル（最大クラスの長周期地震）の比較
（概要（敷地直下に強震動生成域を配置した場合））

○内閣府モデル（最大クラスの長周期地震）について、右図に示すとおり、強震動生成域（SMGA③）を敷地直下に配置したモデル（内閣府モデル（最大クラスの長周期地震）（直下ケース））を設定して統計的グリーン関数法と波数積分法のハイブリッド合成法による地震動評価を行い、内閣府モデル（最大クラスの地震）について、強震動生成域を敷地直下に配置したモデル（内閣府モデル（最大クラスの地震）（直下ケース①、直下ケース②）※の地震動評価結果と比較する。



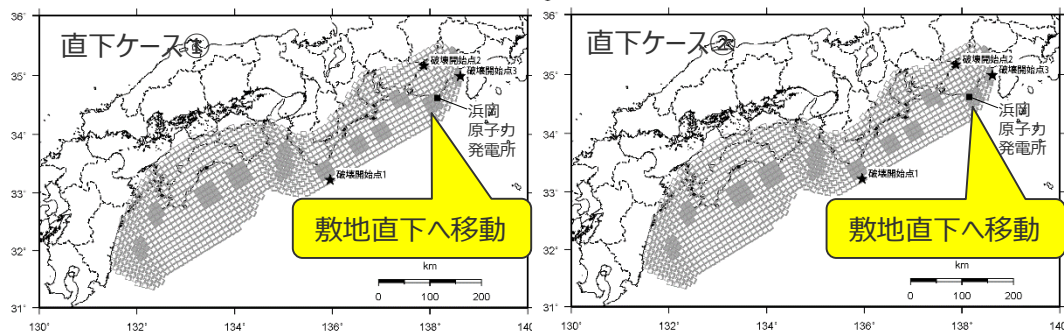
<内閣府モデル（最大クラスの地震）>（内閣府(2012)に敷地位置、図の説明（破壊開始点、東海SMGA①）を加筆）



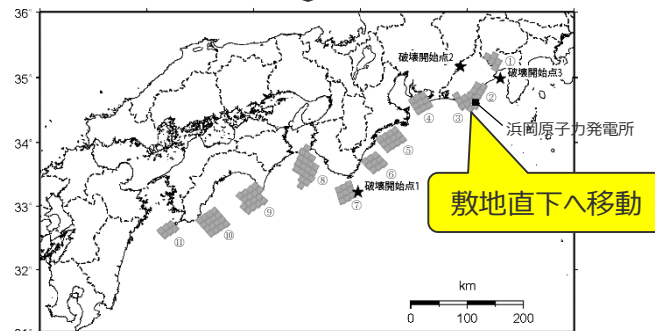
<内閣府モデル（最大クラスの長周期地震）>（内閣府(2015)に敷地位置、図の説明（破壊開始点、SMGA③）を加筆）

東海SMGA①を敷地直下に配置

SMGA③を敷地直下に配置



<内閣府モデル（最大クラスの地震）（直下ケース①、直下ケース②）※の震源モデル>



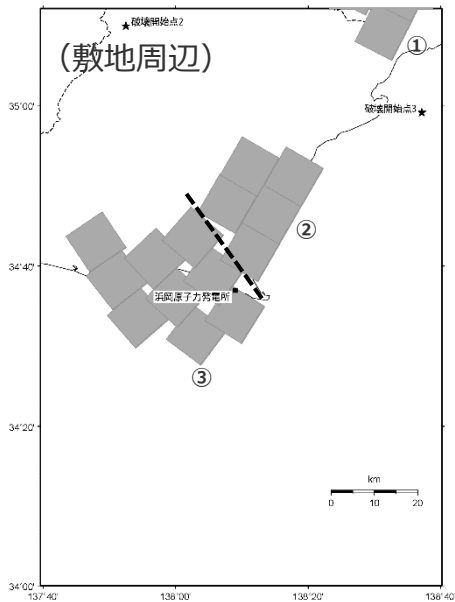
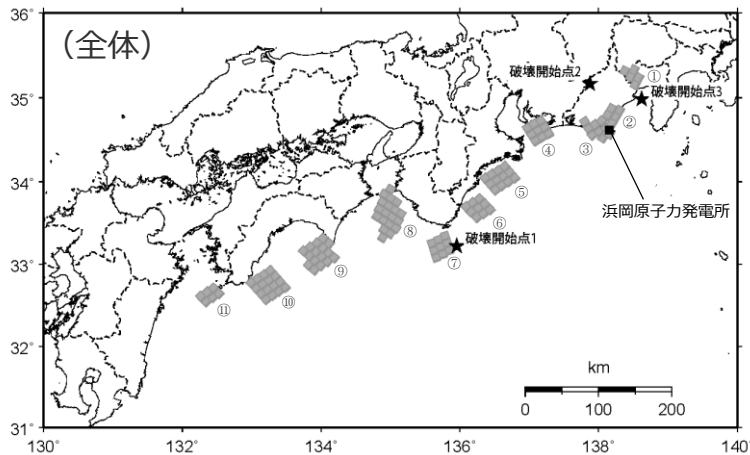
<内閣府モデル（最大クラスの長周期地震）（直下ケース）の震源モデル>

※強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル（直下ケース①、直下ケース②）（地震動の顕著な増幅を考慮しない）に該当。

・内閣府モデル（最大クラスの地震）に破壊開始点を追加（破壊開始点1～3）して基本震源モデルを設定していることから、ここでの地震動評価では破壊開始点1～3を対象とした。

<補足説明資料④-10 プレート間地震の検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮しない）の選定（補足）>

②内閣府モデル（最大クラスの地震）と内閣府モデル（最大クラスの長周期地震）の比較
（震源モデル及び震源断層パラメータ（内閣府モデル（最大クラスの長周期地震）（直下ケース）））



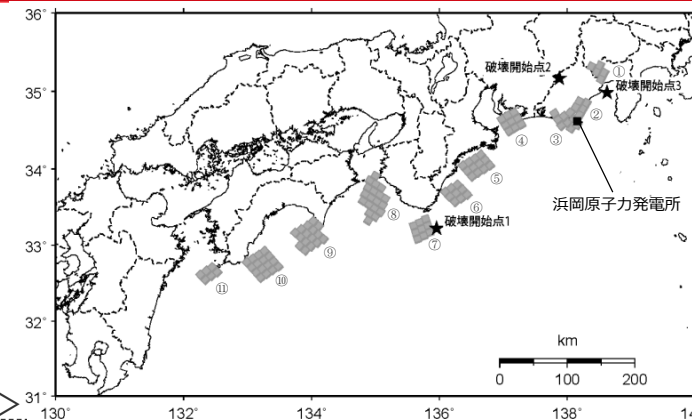
<内閣府モデル（最大クラスの長周期地震）（直下ケース）の震源モデル>

<内閣府モデル（最大クラスの長周期地震）（直下ケース）の震源断層パラメータ>

震源断層パラメータ	南海	東南海	駿河湾	
面積 (km ²)	6,722		5,077	
地震モーメント(Nm)	3.2E+21		1.9E+21	
短周期レベル(Nm/s ²)	3.37E+20			
SMGA	⑪	⑦	③	①
面積 (km ²)	608.1	929.2	914.0	569.8
地震モーメント(Nm)	1.8E+20	3.5E+20	3.4E+20	1.7E+20
Mw	7.4	7.6	7.6	7.4
応力パラメータ(MPa)	30.0	30.0	30.0	30.0
SMGA		⑧	④	②
面積 (km ²)	—	1,959.9	913.5	515.9
地震モーメント(Nm)	—	1.1E+21	3.4E+20	1.4E+20
Mw	—	8.0	7.6	7.4
応力パラメータ(MPa)	—	30.0	30.0	30.0
SMGA		⑨	⑤	
面積 (km ²)	—	1,612.9	1,237.5	—
地震モーメント(Nm)	—	8.0E+20	5.4E+20	—
Mw	—	7.9	7.8	—
応力パラメータ(MPa)	—	30.0	30.0	—
SMGA		⑩	⑥	
面積 (km ²)	—	1,611.5	926.5	—
地震モーメント(Nm)	—	8.0E+20	3.5E+20	—
Mw	—	7.9	7.6	—
応力パラメータ(MPa)	—	30.0	30.0	—
破壊伝播速度(km/s)	2.7	2.7	2.7	2.7
fmax(Hz)	6.0	6.0	6.0	6.0

・ρ、Vs（ρ：密度(2.8g/cm³), Vs：S波速度(3.82km/s)）は内閣府(2012)と同じ。

<補足説明資料④-10 プレート間地震の検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮しない）の選定（補足）>
②内閣府モデル（最大クラスの地震）と内閣府モデル（最大クラスの長周期地震）の比較
（震源断層パラメータ（内閣府モデル（最大クラスの長周期地震）（直下ケース）））



<内閣府モデル（最大クラスの長周期地震）（直下ケース）の強震動生成域のパラメータ>

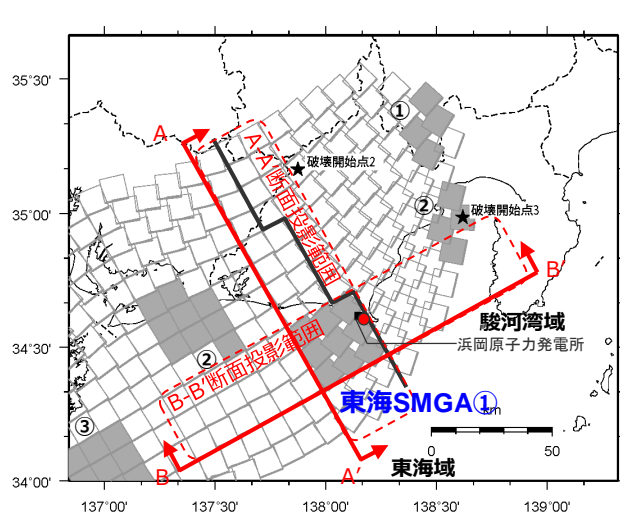
強震動生成域 No.	強震動生成域の面積 Sa(km)	強震動生成域の応力パラメータ $\Delta\sigma_a$ (MPa)	強震動生成域の平均すべり量 Da(m)	強震動生成域の地震モーメント M_0a (MPa)	強震動生成域の短周期レベル Aa(Nm/s ²)	強震動生成域の最短距離 Xsha(km)
①	569.8	30	7.3	1.7×10^{20}	7.41×10^{19}	64.5
②	515.9	30	6.6	1.4×10^{20}	7.05×10^{19}	13.9
③	914.0	30	9.1	3.4×10^{20}	9.38×10^{19}	13.7
④	913.5	30	9.1	3.4×10^{20}	9.38×10^{19}	76.2
⑤	1237.5	30	10.6	5.4×10^{20}	1.09×10^{20}	135.5
⑥	926.5	30	9.2	3.5×10^{20}	9.45×10^{19}	185.1
⑦	929.2	30	9.2	3.5×10^{20}	9.46×10^{19}	254.5
⑧	1959.9	30	13.7	1.1×10^{21}	1.37×10^{20}	292.2
⑨	1612.9	30	12.1	8.0×10^{20}	1.25×10^{20}	396.3
⑩	1611.5	30	12.1	8.0×10^{20}	1.25×10^{20}	475.4
⑪	608.1	30	7.2	1.8×10^{20}	7.65×10^{19}	559.8

・丸数字はプレート間地震の強震動生成域のNo.を表す。

＜補足説明資料④-10 プレート間地震の検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮しない）の選定（補足）＞

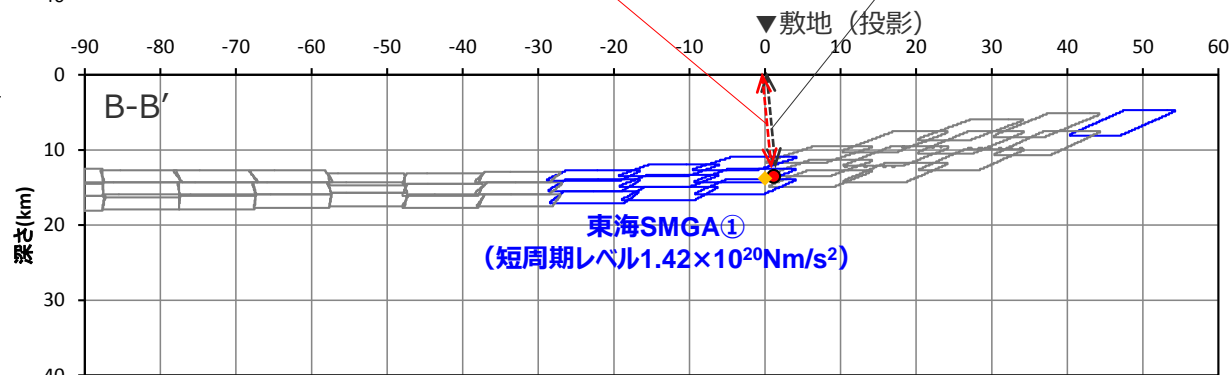
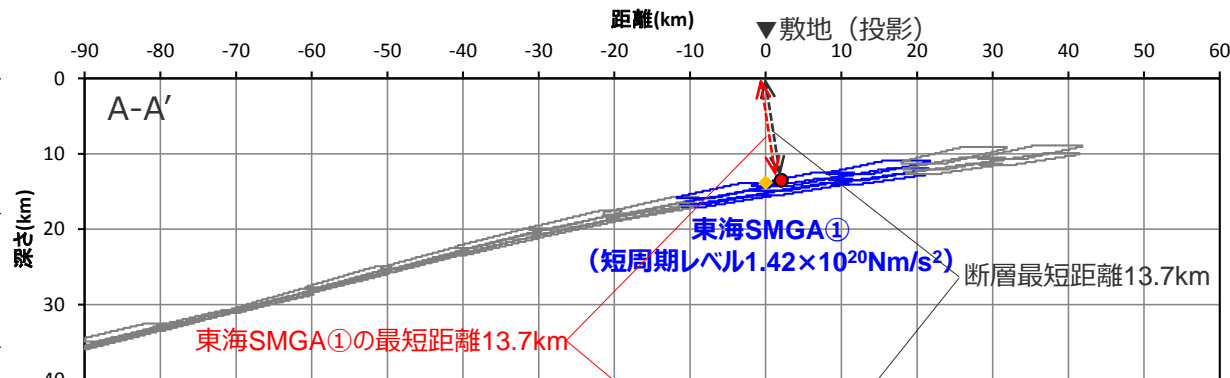
②内閣府モデル（最大クラスの地震）と内閣府モデル（最大クラスの長周期地震）の比較
（敷地における地震動に支配的と考えられる強震動生成域の短周期レベルと最短距離）

○内閣府モデル（最大クラスの地震）（直下ケース①）では、敷地における地震動に支配的な強震動生成域（東海SMGA①（短周期レベル $1.42 \times 10^{20} \text{Nm/s}^2$ ））（震源断層パラメータの詳細は後述の不確かさを考慮した震源モデルを参照）は、敷地直下に位置しており、断層最短距離の位置（下図○）に東海SMGA①の最短距離の位置（下図●）がある（敷地からの最短距離が最も短い位置に、敷地における地震動に支配的な東海SMGA①が位置している）。



(断面位置図)

- : 強震動生成域の小断層 (投影)
- : 背景領域の小断層 (投影)
- : 断層最短距離の位置
- : 東海SMGA①の最短距離の位置
- ◆ : 敷地直下のプレート境界の位置



(断面図 (投影))

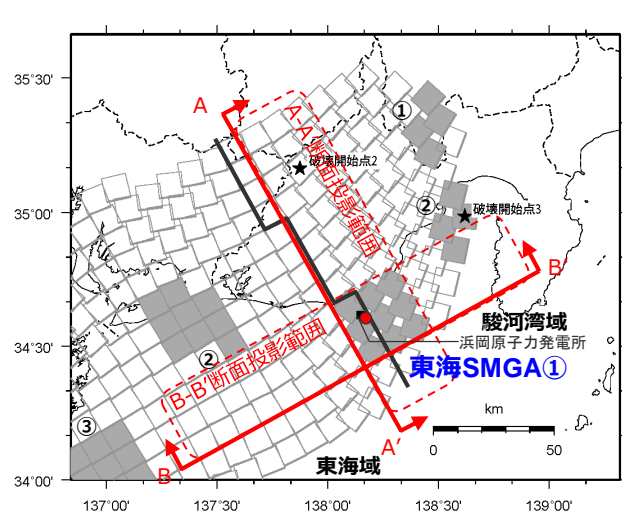
＜内閣府モデル（最大クラスの地震）（直下ケース①）における東海SMGA①と敷地との位置関係＞

・黒字の丸数字はプレート間地震の強震動生成域のNo.を表す。

<補足説明資料④-10 プレート間地震の検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮しない）の選定（補足）>

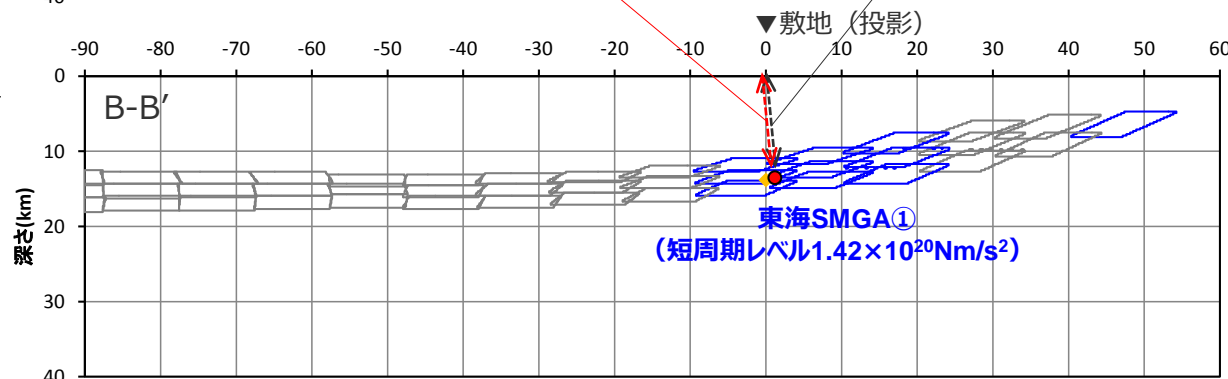
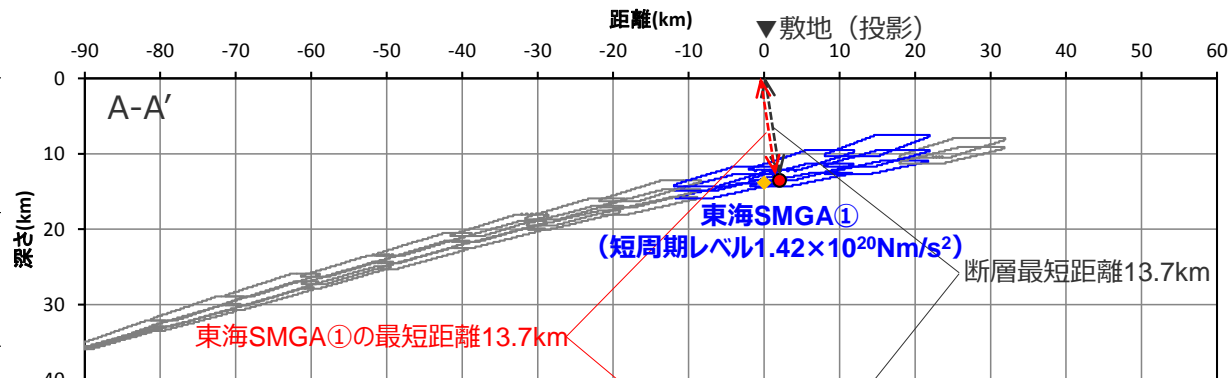
②内閣府モデル（最大クラスの地震）と内閣府モデル（最大クラスの長周期地震）の比較 （敷地における地震動に支配的と考えられる強震動生成域の短周期レベルと最短距離）

○内閣府モデル（最大クラスの地震）（直下ケース②）では、敷地における地震動に支配的な強震動生成域（東海SMGA①（短周期レベル $1.42 \times 10^{20} \text{Nm/s}^2$ ））（震源断層パラメータの詳細は後述の不確かさを考慮した震源モデルを参照）は、敷地直下に位置しており、断層最短距離の位置（下図○）に東海SMGA①の最短距離の位置（下図●）がある（敷地からの最短距離が最も短い位置に、敷地における地震動に支配的な東海SMGA①が位置している）。



(断面位置図)

- : 強震動生成域の小断層 (投影)
- : 背景領域の小断層 (投影)
- : 断層最短距離の位置
- : 東海SMGA①の最短距離の位置
- ◆ : 敷地直下のプレート境界の位置



(断面図 (投影))

<内閣府モデル（最大クラスの地震）（直下ケース②）における東海SMGA①と敷地との位置関係>

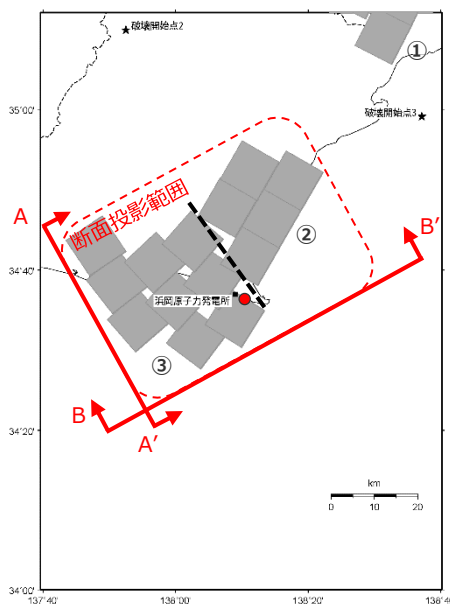
・黒字の丸数字はプレート間地震の強震動生成域のNo.を表す。

<補足説明資料④-10 プレート間地震の検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮しない）の選定（補足）>

②内閣府モデル（最大クラスの地震）と内閣府モデル（最大クラスの長周期地震）の比較 （敷地における地震動に支配的と考えられる強震動生成域の短周期レベルと最短距離）

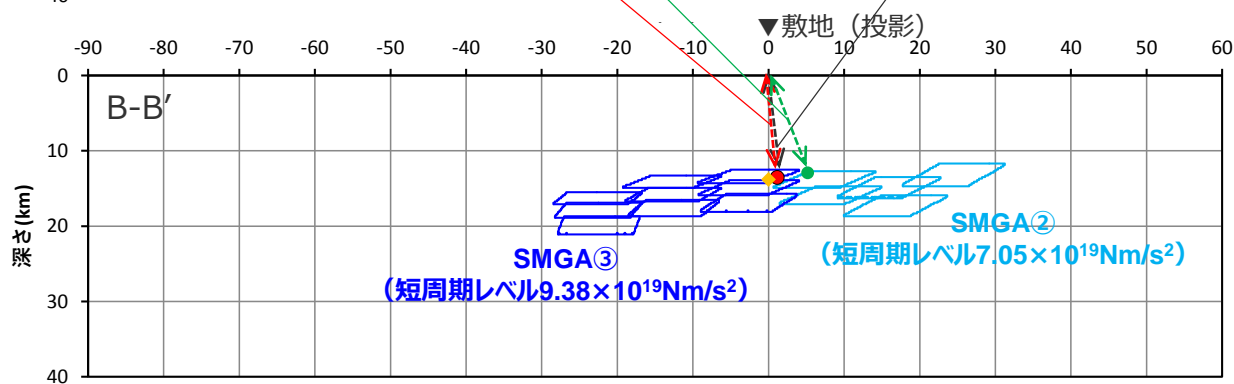
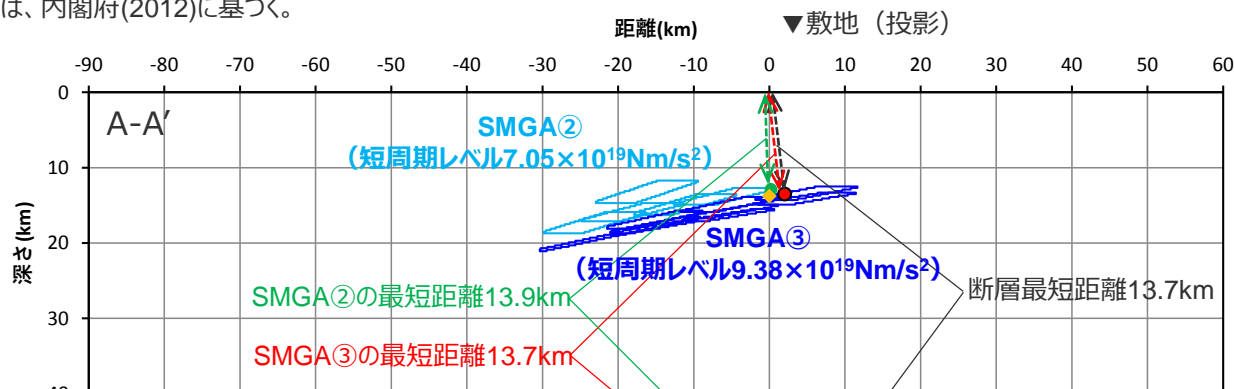
○内閣府モデル（最大クラスの長周期地震）（直下ケース）は、SMGA②及びSMGA③（短周期レベル（SMGA②＋SMGA③） $1.17 \times 10^{20} \text{Nm/s}^2$ ）が敷地直下に位置しており、断層最短距離の位置（下図○）※にSMGA③の最短距離の位置（下図●）がある（敷地からの最短距離が最も短い位置に、敷地における地震動に支配的なSMGA③が位置している）。

※断層最短距離の位置と敷地直下のプレート境界の位置は、内閣府(2012)に基づく。



(測線位置図)

- □ : 強震動生成域の小断層 (投影)
- : 背景領域の小断層 (投影)
- : 断層最短距離の位置
- : SMGA②の最短距離の位置
- : SMGA③の最短距離の位置
- ◆ : 敷地直下のプレート境界の位置



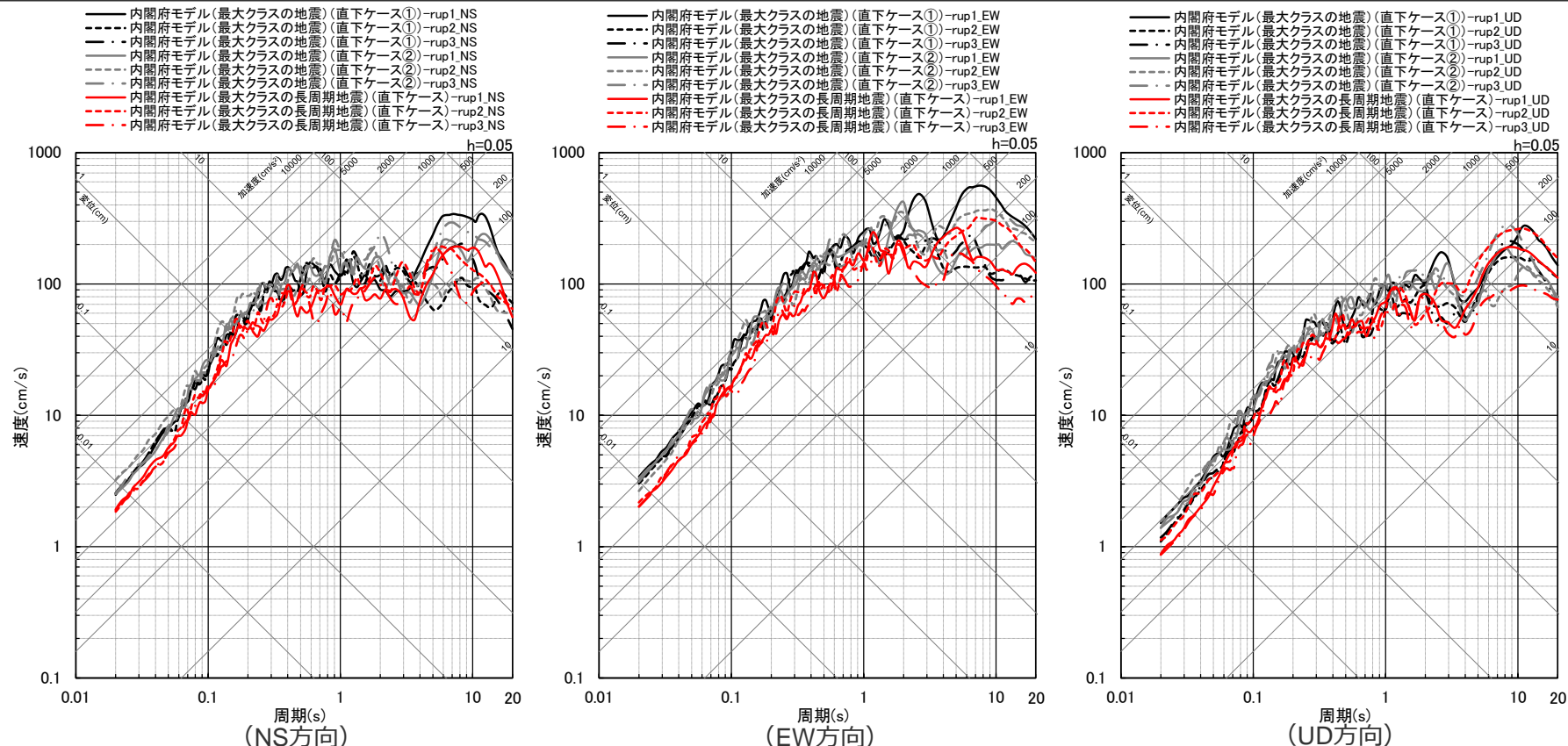
(断面図 (投影))

<内閣府モデル（最大クラスの長周期地震）（直下ケース）におけるSMGA②及びSMGA③と敷地との位置関係>

・ 黒字の丸数字はプレート間地震の強震動生成域のNo.を表す。
・ --- : SMGA②とSMGA③の境界を表す。

＜補足説明資料④-10 プレート間地震の検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮しない）の選定（補足）＞
 ②内閣府モデル（最大クラスの地震）と内閣府モデル（最大クラスの長周期地震）の比較
 （地震動評価結果（敷地直下に強震動生成域を配置した場合））

- 内閣府モデル（最大クラスの地震）（直下ケース①、直下ケース②）と内閣府モデル（最大クラスの長周期地震）（直下ケース）について、統計的グリーン関数法と波数積分法のハイブリッド合成法による地震動評価結果を比較した結果、内閣府モデル（最大クラスの地震）（直下ケース①、直下ケース②）の地震動レベルの方が内閣府モデル（最大クラスの長周期地震）（直下ケース）より大きくなっていることを確認した。
- これは、内閣府モデル（最大クラスの長周期地震）（直下ケース）の敷地直下に位置するSMGA②及びSMGA③の短周期レベル（ $1.17 \times 10^{20} \text{Nm/s}^2$ ）に比べて、内閣府モデル（最大クラスの地震）（直下ケース①、直下ケース②）の敷地直下に位置する東海SMGA①の短周期レベル（ $1.42 \times 10^{20} \text{Nm/s}^2$ ）の方が大きいことによる。



＜断層モデルを用いた手法による地震動評価結果の比較（応答スペクトル）…（破壊開始点1～3）…＞

○ 以上の比較から、敷地への影響が大きい内閣府(2012)による南海トラフで想定される最大クラスの地震（Mw9.0、内閣府モデル（最大クラスの地震））を検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮しない）として選定。

補足説明資料④-11

プレート間地震の強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）の設定（補足）

<補足説明資料④-11 プレート間地震の強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）の設定（補足）>

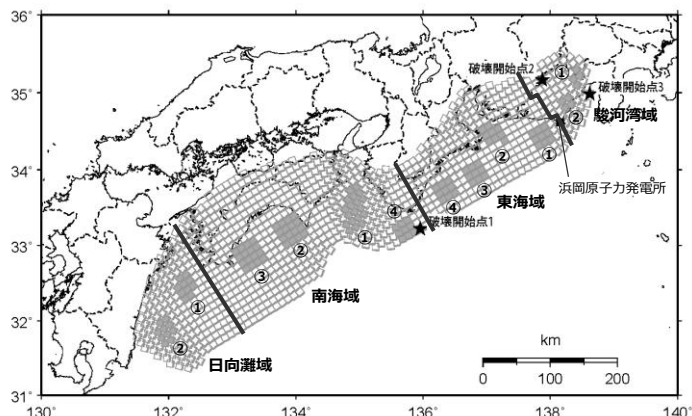
概要

【強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル（直下ケース①、直下ケース②）（地震動の顕著な増幅を考慮しない）】

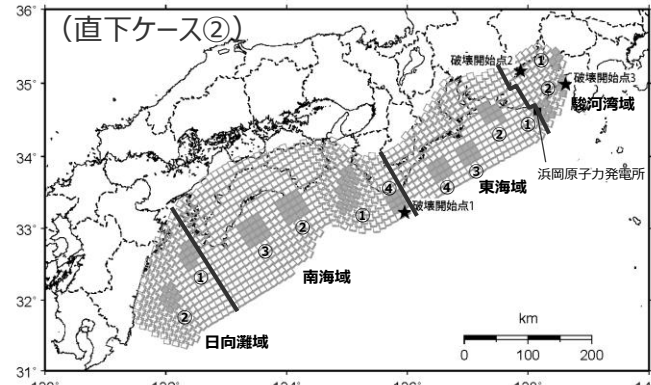
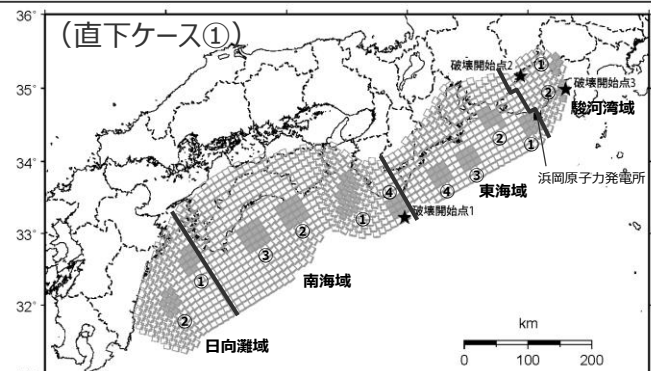
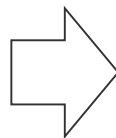
- 基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）※1に対して、強震動生成域を敷地直下に配置して、強震動生成域の位置の不確かさを考慮することで、地震動評価に支配的なパラメータと考えられる強震動生成域の応力降下量及び位置の不確かさと破壊開始点の不確かさを同時に考慮する。
- 強震動生成域の位置の不確かさを考慮にあたっては、基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）において敷地周辺で短周期レベルが大きい東海SMGA①の敷地からの最短距離が重要との観点から、東海SMGA①の敷地からの最短距離が最も短くなるよう敷地直下に配置する。
- 具体的には、東海SMGA①は東海域内に設定された強震動生成域であることを踏まえ、東海SMGA①を東海域内で敷地に最も近い位置に移動させることで、強震動生成域を敷地直下に配置した直下ケース①を設定する。これは、内閣府モデル（最大クラスの地震）の東側ケースに相当する。
- この直下ケース①は、東海SMGA①が敷地からの最短距離が最も短い場所に位置するので、強震動生成域の位置の不確かさの影響を代表できると考えられる※2が、東海SMGA①が敷地の西寄りに位置していることを踏まえ、より慎重な評価を行うため、東海SMGA①を東海域と駿河湾域の境界を越えて敷地からの最短距離が最も短かつ敷地の東寄りに位置するよう配置した直下ケース②も設定する。

※1 基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）には、地震規模（Mw9.0）、強震動生成域の応力降下量、破壊開始点の不確かさを予め考慮。

※2 東海SMGA①の位置を少しずつ移動した場合の影響確認は後述参照。



<基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）>



<強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）>

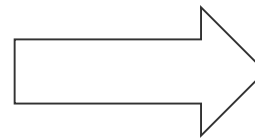
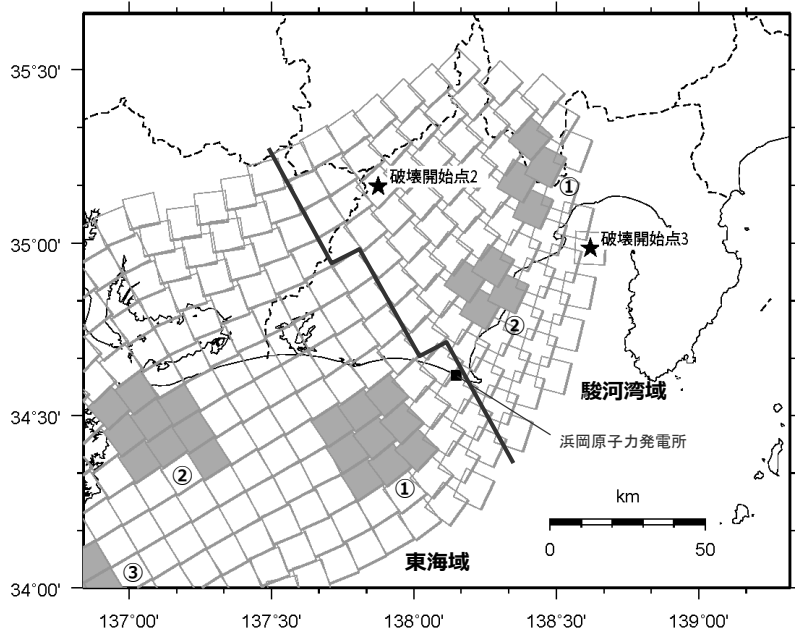
・黒字の丸数字はプレート間地震の強震動生成域のNo.を表す。

・下線 () は、一部修正箇所を示す。

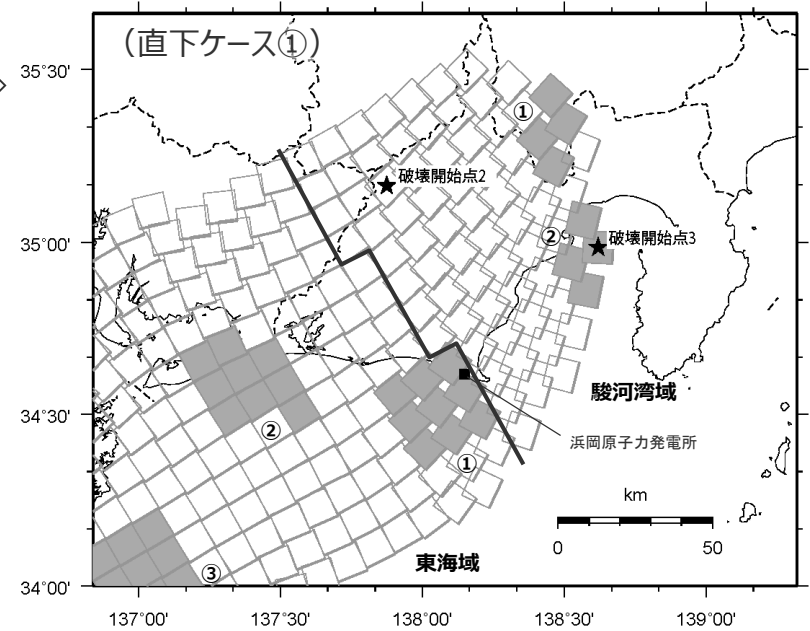
強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル（直下ケース①） （地震動の顕著な増幅を考慮しない）

【強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル（直下ケース①）（地震動の顕著な増幅を考慮しない）の設定】

- 基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）は、内閣府(2012)による内閣府モデル（最大クラスの地震）に基づき設定している。内閣府(2012)による内閣府モデル（最大クラスの地震）は、領域毎（駿河湾域、東海域、南海域、日向灘域）にスクーリング則に基づき強震動生成域を設定しており、強震動生成域の位置について、「過去の地震時の強震動生成域と概ね同じ場所に位置する可能性が示唆されるが、その周辺で少し位置が変わる可能性や、やや深い場所にある可能性も考えられる」として、基本ケース以外に強震動生成域の位置を各領域内で移動させた複数のケースを検討している（次ページ参照）。
- そこで、東海SMGA①は東海域内に設定された強震動生成域であることを踏まえ、東海SMGA①を東海域内で敷地に最も近い位置に移動させることで、強震動生成域を敷地直下に配置した直下ケース①（内閣府モデル（最大クラスの地震）の東側ケースに相当）を設定する（東海SMGA①と敷地との位置関係は、後述参照）。



東海SMGA①を東海域内で敷地に最も近い位置に移動させることで、強震動生成域を敷地直下に配置



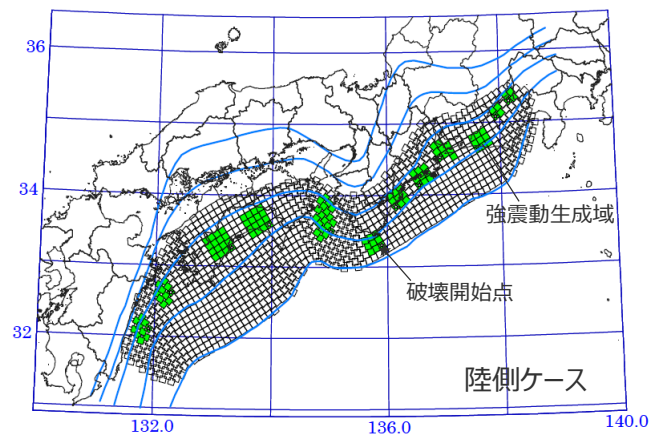
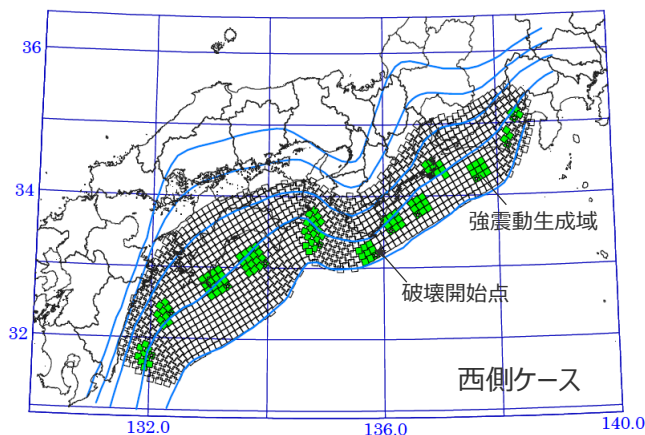
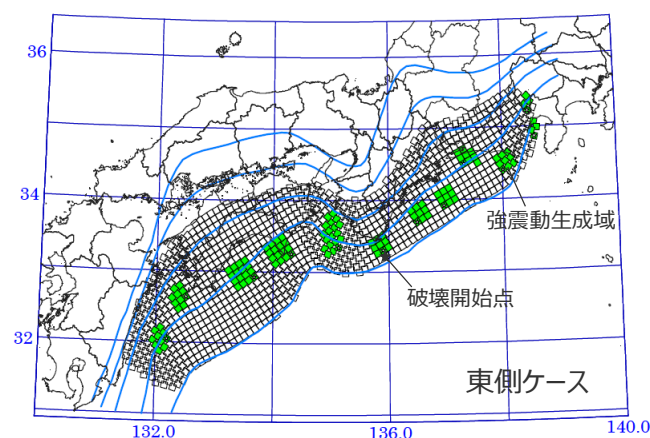
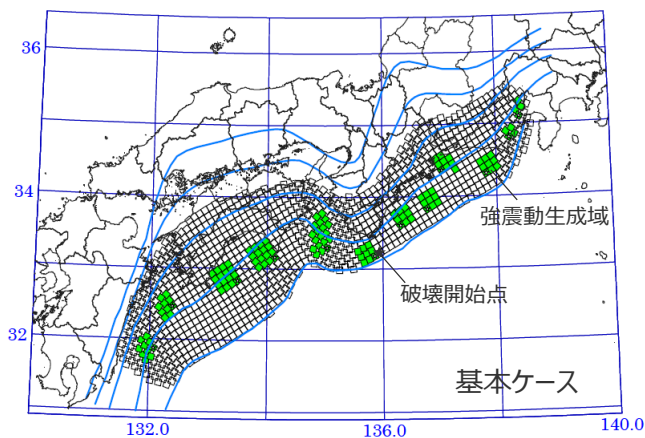
＜基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）＞

＜強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）＞

<補足説明資料④-11 プレート間地震の強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）の設定（補足）>

強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル（直下ケース①） （地震動の顕著な増幅を考慮しない）

- 内閣府モデル（最大クラスの地震）の強震動生成域の位置について、中央防災会議(2003b)の強震断層モデルによる想定東海・東南海・南海地震の震度分布は、1707年宝永地震以降の5地震の震度を重ね合わせた震度分布を概ね再現したものであることから、このモデルの強震動生成域の位置は、過去の地震の強震動生成域の概ねの位置を示していると考え、この位置を参考に基本ケースの強震動生成域を配置している。
- 検討ケースとして、基本ケースの強震動生成域の位置が東西にずれているケース（東側ケース、西側ケース）や陸域側の深い場所にあるケース（陸側ケース）を設定している。

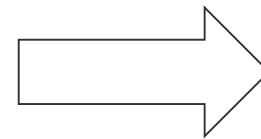
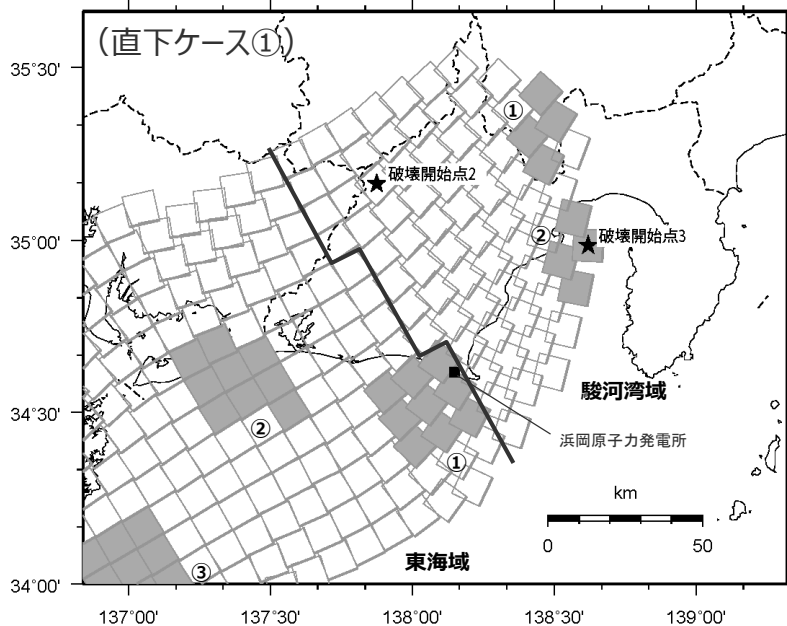


<南海トラフで想定される最大クラスの地震の強震断層モデル>
(内閣府(2012)に図の説明（ケース名称、強震動生成域、破壊開始点）を加筆)

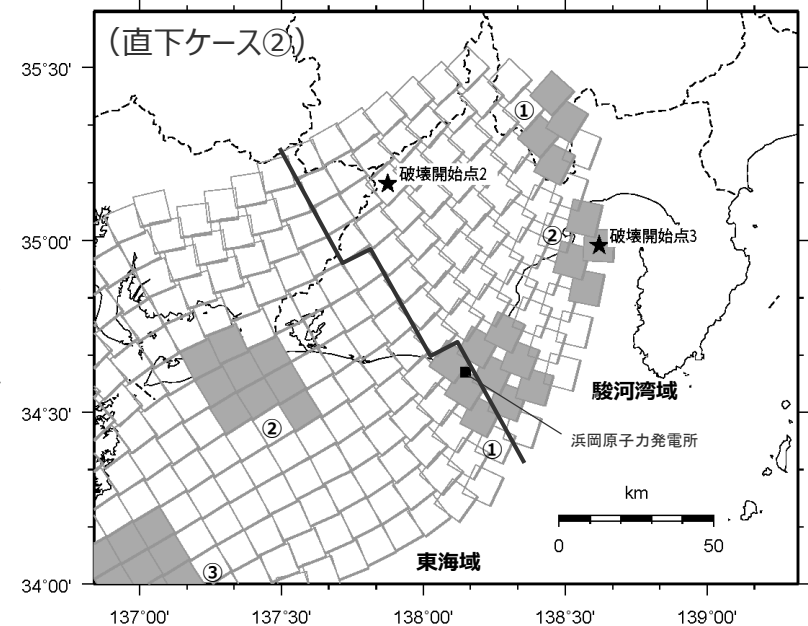
強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル（直下ケース②） （地震動の顕著な増幅を考慮しない）

【強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル（直下ケース②）（地震動の顕著な増幅を考慮しない）の設定】

- 直下ケース①は、東海SMGA①が東海域内に設定された強震動生成域であることを踏まえ、東海SMGA①を東海域内で敷地に最も近い位置に移動させることで、強震動生成域を敷地直下に配置して設定した。
- この直下ケース①は、東海SMGA①が敷地からの最短距離が最も短い場所に位置するので、強震動生成域の位置の不確かさの影響を代表できると考えられるが、東海SMGA①が敷地の西寄りに位置していることを踏まえ、より慎重な評価を行うため、東海SMGA①を東海域と駿河湾域の境界を越えて敷地からの最短距離が最も短かつ敷地の東寄りに位置するよう配置した直下ケース②も設定する。
- なお、後述のとおり、直下ケース②と同様に東海SMGA①の敷地からの最短距離が最も短くなるケースのうち直下ケース②よりも東海SMGA①の等価震源距離がやや短いケースについて、念のため、統計的グリーン関数法と波数積分法のハイブリッド合成法による地震動評価結果の比較を行い、直下ケース②で代表できることを確認している。



東海SMGA①を東海域と駿河湾域の境界を越えて敷地からの最短距離が最も短かつ敷地の東寄りに位置するよう強震動生成域を配置

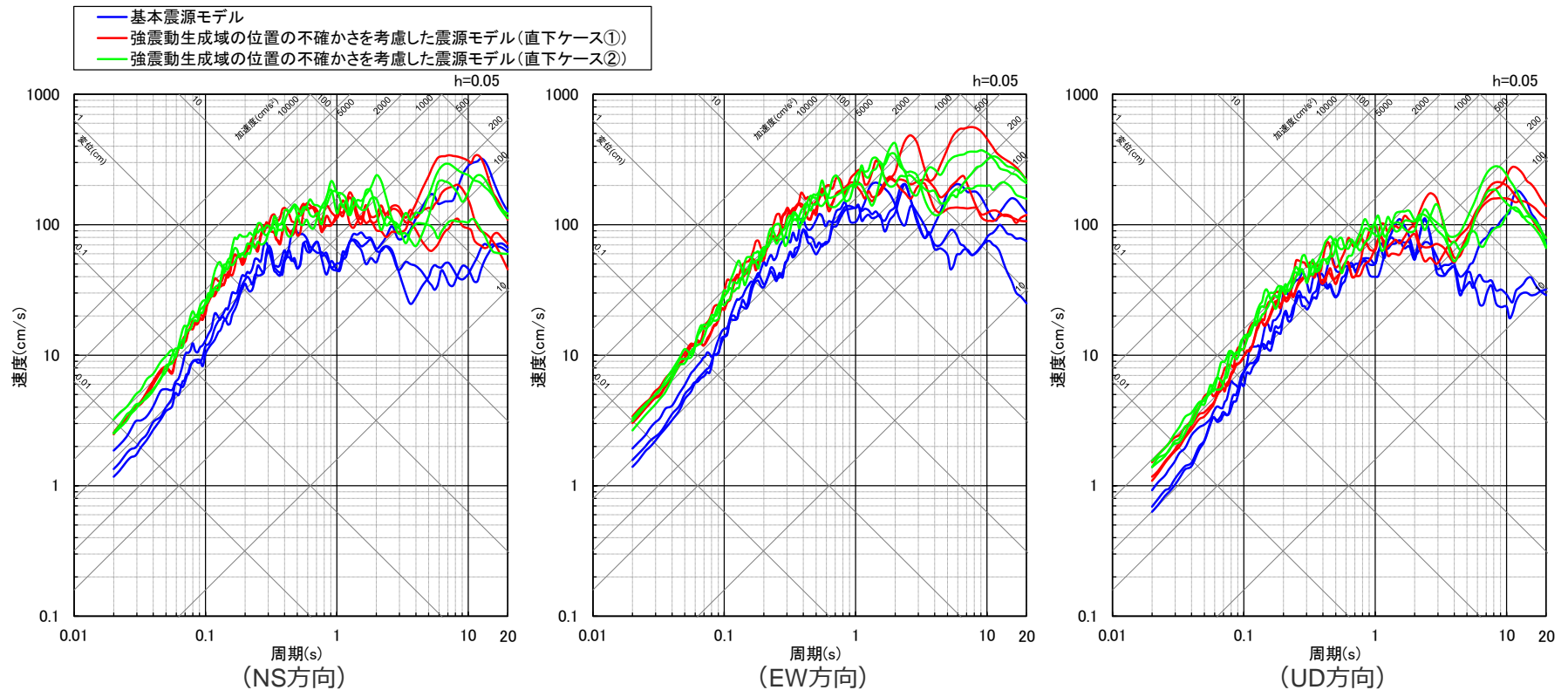


＜強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル
（地震動の顕著な増幅を考慮しない）＞

＜強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル
（地震動の顕著な増幅を考慮しない）＞

地震動レベルの比較

- 基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）、強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル（直下ケース①、直下ケース②）（地震動の顕著な増幅を考慮しない）の断層モデルを用いた手法による地震動評価結果の比較によると、強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル（直下ケース①、直下ケース②）（地震動の顕著な増幅を考慮しない）の地震動レベルが全周期帯に渡り基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）の地震動レベルよりも大きくなっている。
- 強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル（直下ケース①、直下ケース②）（地震動の顕著な増幅を考慮しない）の地震動レベルは、同程度となっている。

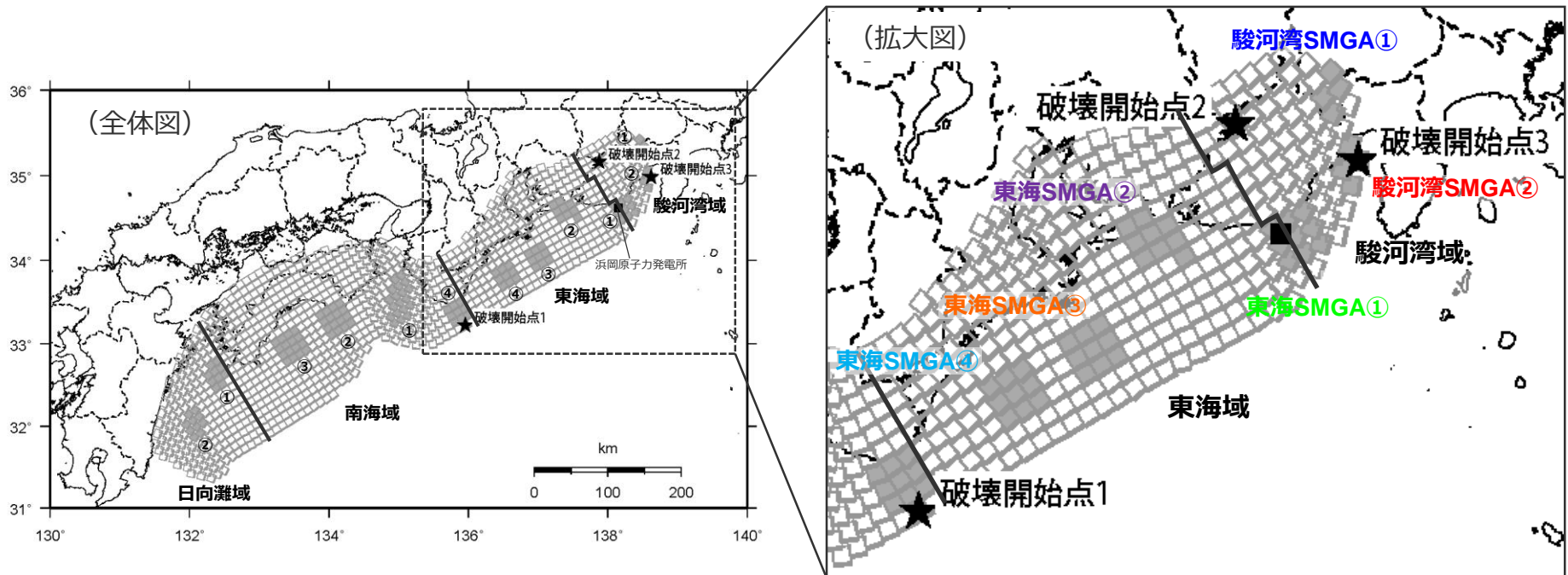


<断層モデルを用いた手法による地震動評価結果の比較（応答スペクトル）>
 （基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）、強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル（直下ケース①、直下ケース②）（地震動の顕著な増幅を考慮しない））

＜補足説明資料④-11 プレート間地震の強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）の設定（補足）＞

敷地における地震動に支配的な強震動生成域

○敷地における地震動への影響が最も大きい強震動生成域の分析として、強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル（直下ケース②）（地震動の顕著な増幅を考慮しない）を代表に、敷地に近い駿河湾域及び東海域の各強震動生成域（駿河湾SMGA①、②、東海SMGA①～④）を対象として、各強震動生成域による敷地の地震動をそれぞれ統計的グリーン関数法と波数積分法のハイブリッド合成法により評価し、震源モデル全体の地震動評価結果との比較を行う。

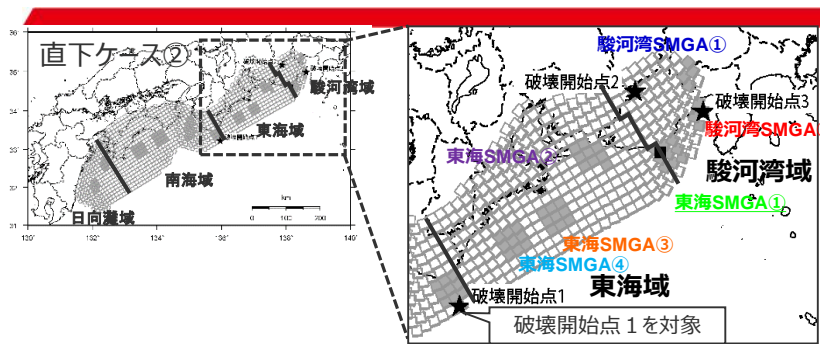


＜強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル（直下ケース②）（地震動の顕著な増幅を考慮しない）＞

・黒字の丸数字はプレート間地震の強震動生成域のNo.を表す。

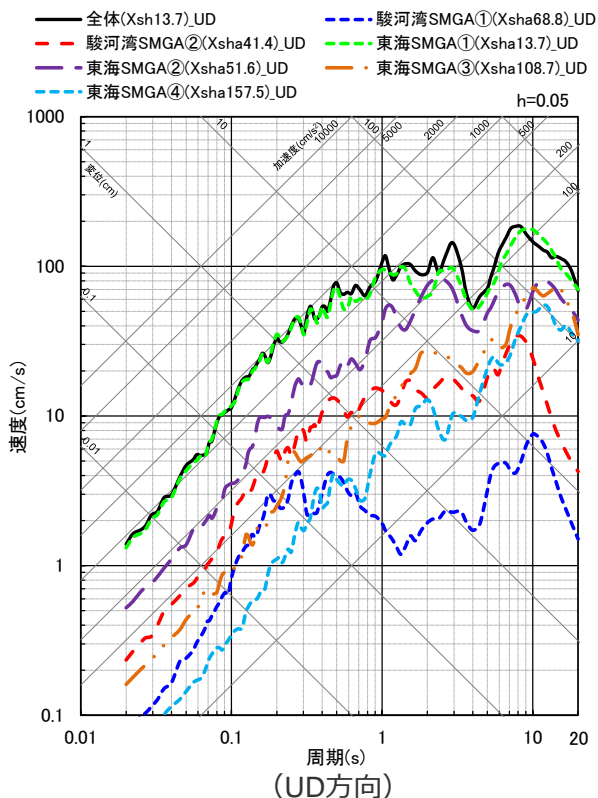
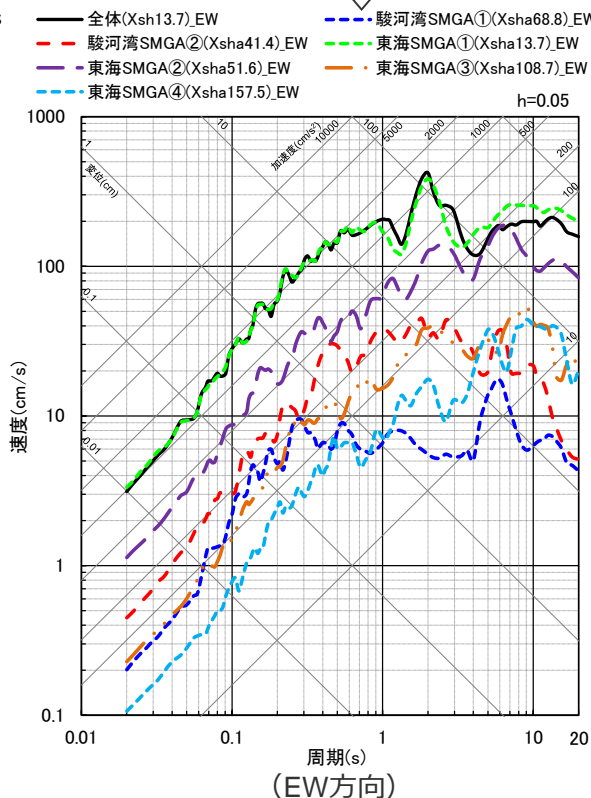
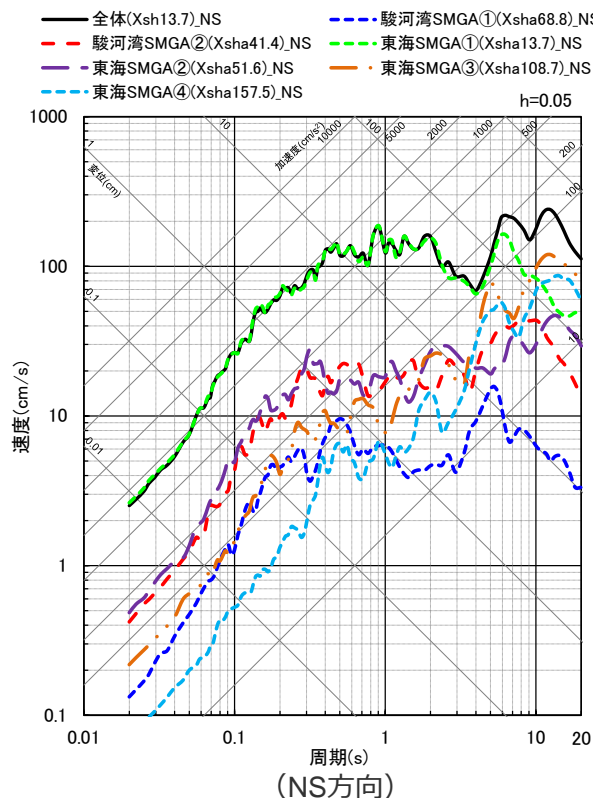
＜補足説明資料④-11 プレート間地震の強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）の設定（補足）＞

敷地における地震動に支配的な強震動生成域



各領域の地震動評価結果（応答スペクトル）を比較

○各強震動生成域（SMGA）の地震動評価結果の比較によると、敷地に最も近い敷地直下の東海SMGA①が、敷地における地震動への影響が最も大きく、震源モデル全体の地震動評価結果に対し支配的な強震動生成域となっている。



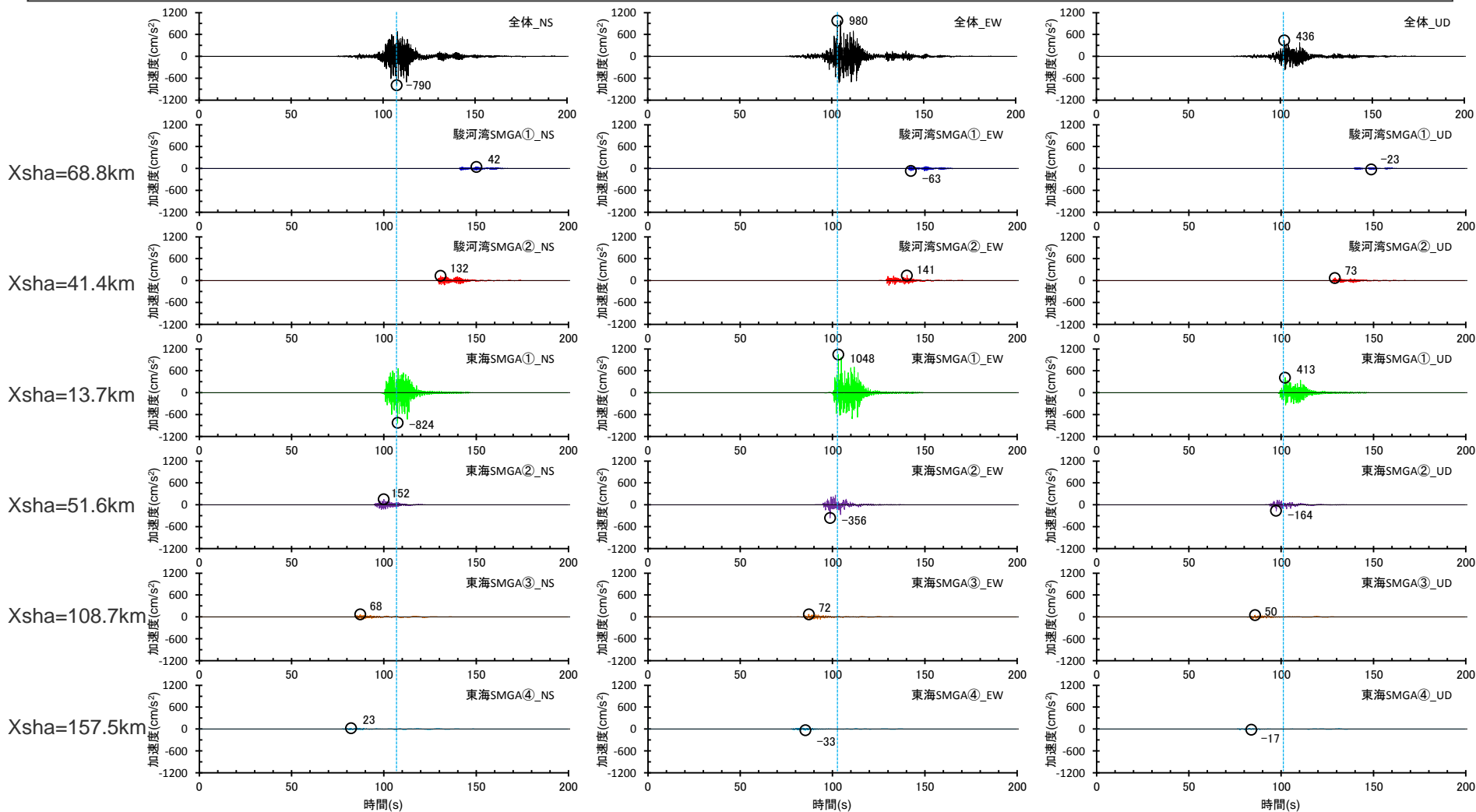
＜応答スペクトルの比較（強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル（直下ケース②）（地震動の顕著な増幅を考慮しない）（破壊開始点1））＞

・統計的グリーン関数法と波数積分法のハイブリッド合成法による。
 ・Xshは断層最短距離（km）、Xshaは強震動生成域の最短距離（km）を表す。

<補足説明資料④-11 プレート間地震の強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）の設定（補足）>

敷地における地震動に支配的な強震動生成域

○ 各強震動生成域（SMGA）の地震動評価結果の比較によると、敷地に最も近い敷地直下の東海SMGA①が、敷地における地震動への影響が最も大きく、震源モデル全体の地震動評価結果に対し支配的な強震動生成域となっている。

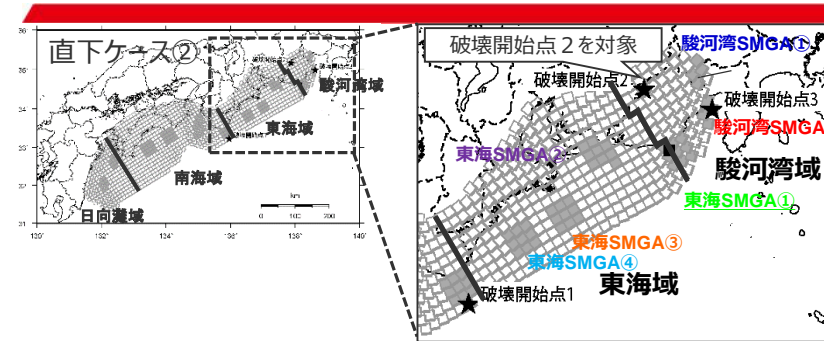


<加速度時刻歴波形の比較（強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル（直下ケース②）（地震動の顕著な増幅を考慮しない）（破壊開始点1）>

・ 統計的グリーン関数法と波数積分法のハイブリッド合成法による。
 ・ Xshaは、強震動生成域の最短距離（km）を表す。

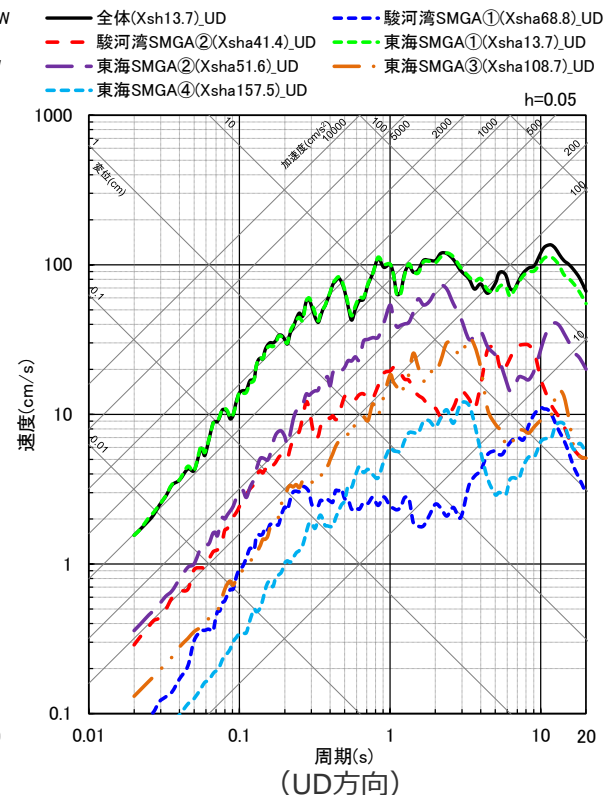
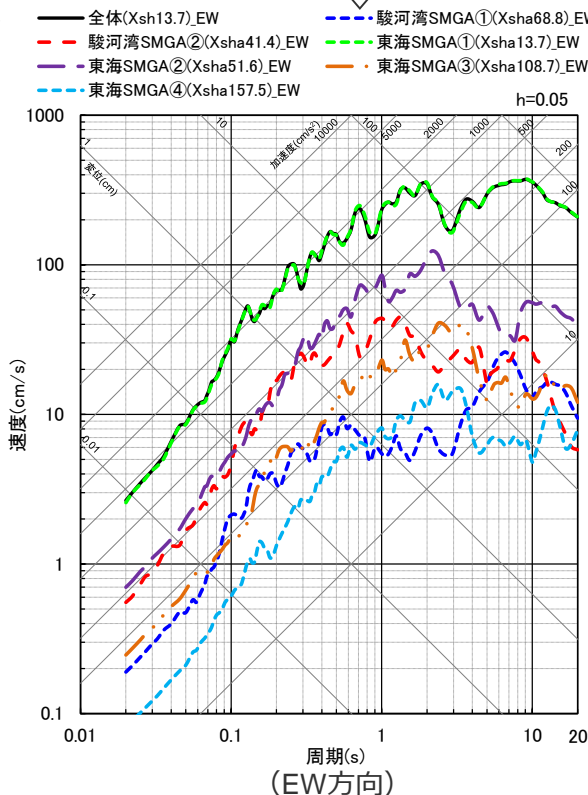
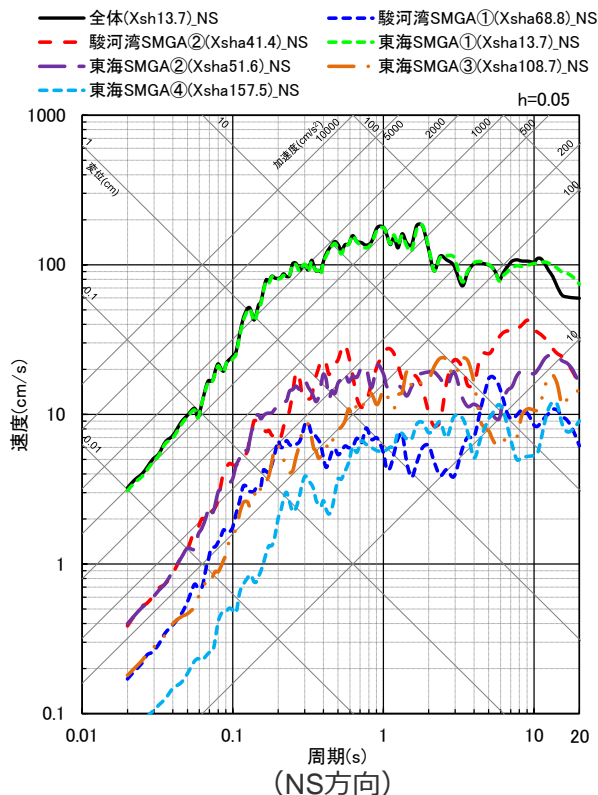
<補足説明資料④-11 プレート間地震の強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）の設定（補足）>

敷地における地震動に支配的な強震動生成域



各領域の地震動評価結果（応答スペクトル）を比較

○各強震動生成域（SMGA）の地震動評価結果の比較によると、敷地に最も近い敷地直下の東海SMGA①が、敷地における地震動への影響が最も大きく、震源モデル全体の地震動評価結果に対し支配的な強震動生成域となっている。



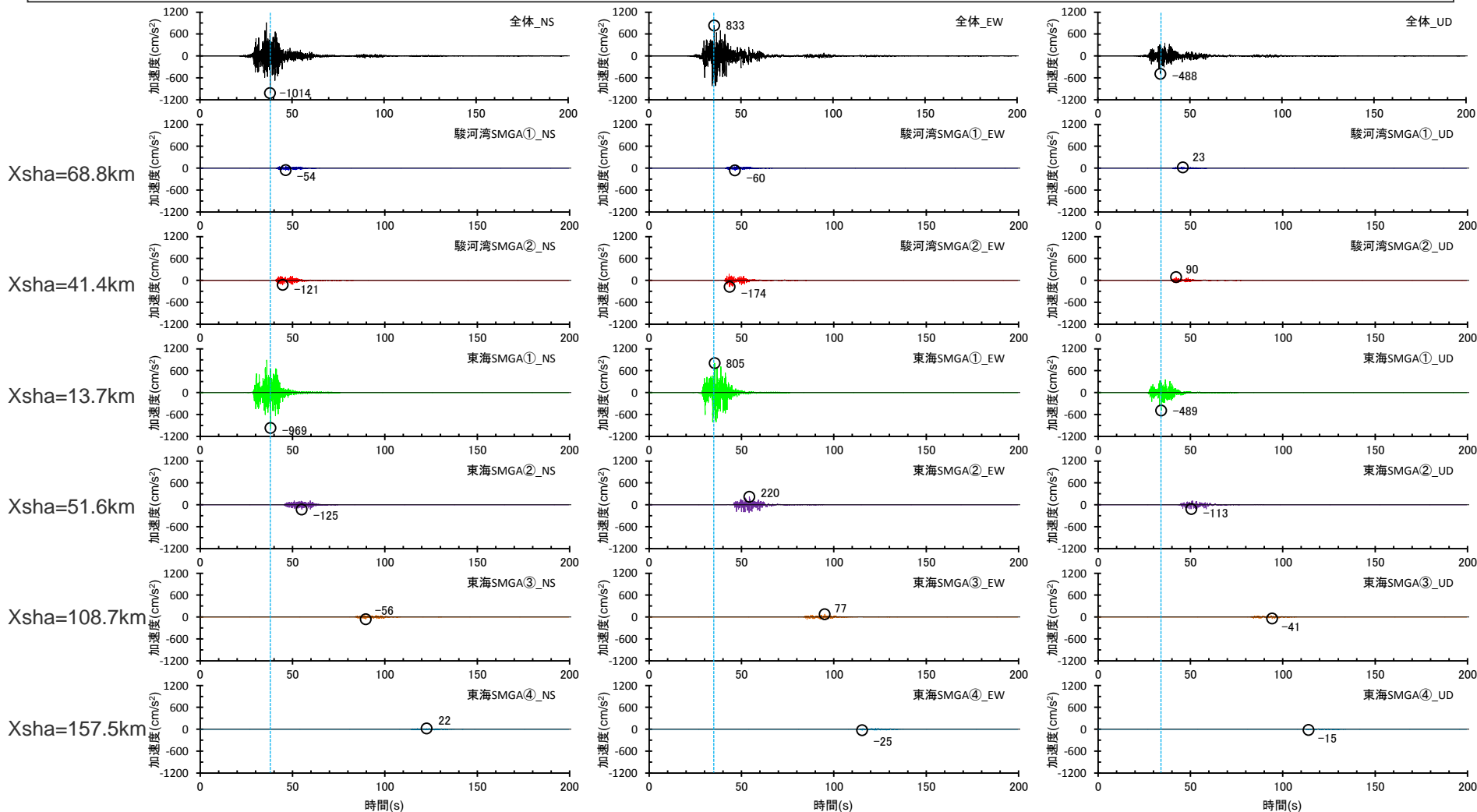
<応答スペクトルの比較（強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル（直下ケース②）（地震動の顕著な増幅を考慮しない）（破壊開始点2））>

・統計的グリーン関数法と波数積分法のハイブリッド合成法による。
 ・Xshは断層最短距離（km）、Xshaは強震動生成域の最短距離（km）を表す。

<補足説明資料④-11 プレート間地震の強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）の設定（補足）>

敷地における地震動に支配的な強震動生成域

○ 各強震動生成域（SMGA）の地震動評価結果の比較によると、敷地に最も近い敷地直下の東海SMGA①が、敷地における地震動への影響が最も大きく、震源モデル全体の地震動評価結果に対し支配的な強震動生成域となっている。

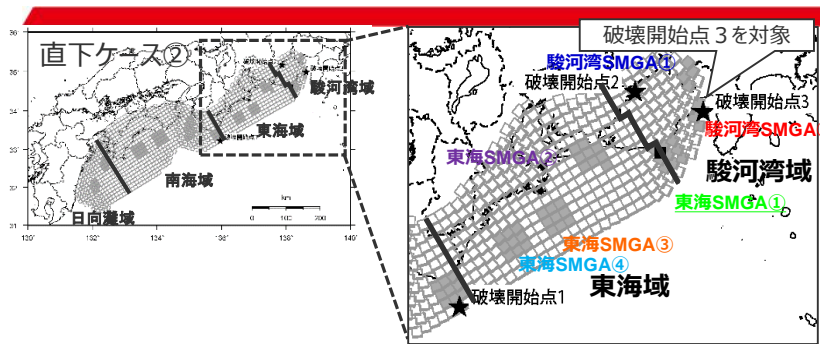


<加速度時刻歴波形の比較（強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル（直下ケース②）（地震動の顕著な増幅を考慮しない）（破壊開始点2））>

・ 統計的グリーン関数法と波数積分法のハイブリッド合成法による。
 ・ Xshaは、強震動生成域の最短距離（km）を表す。

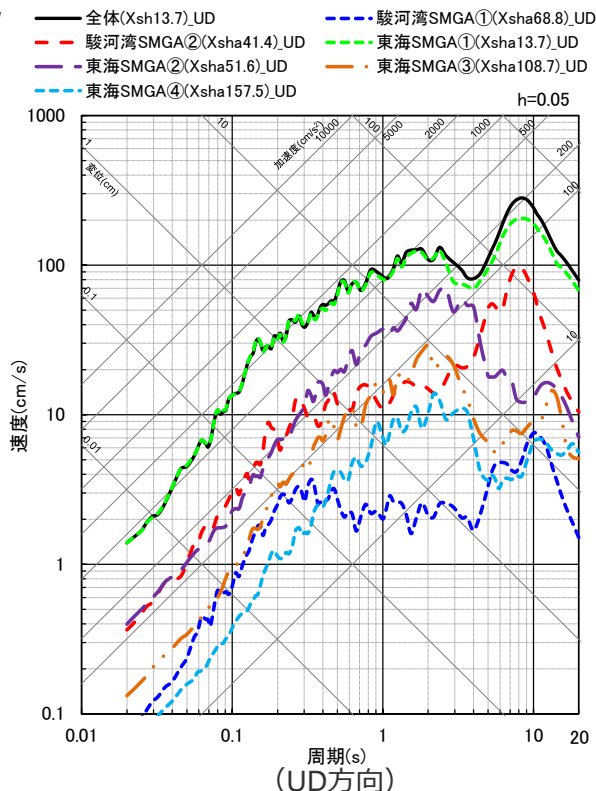
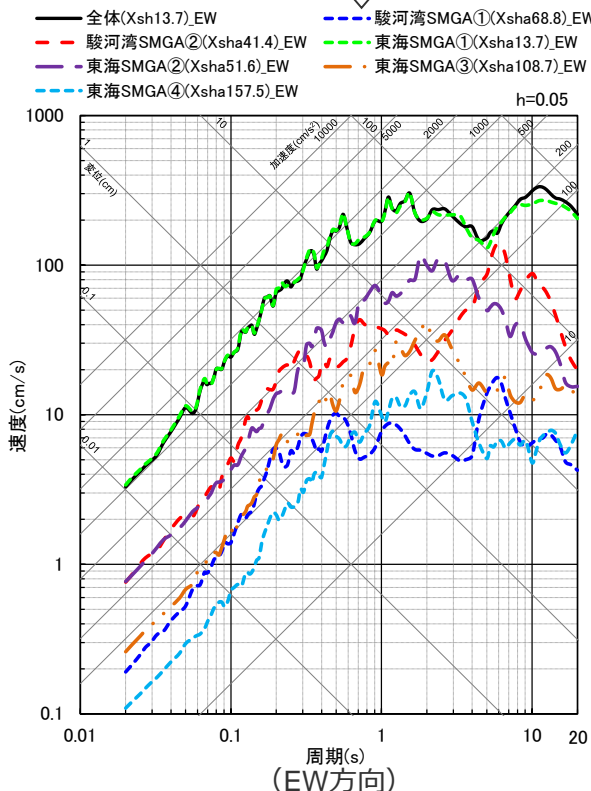
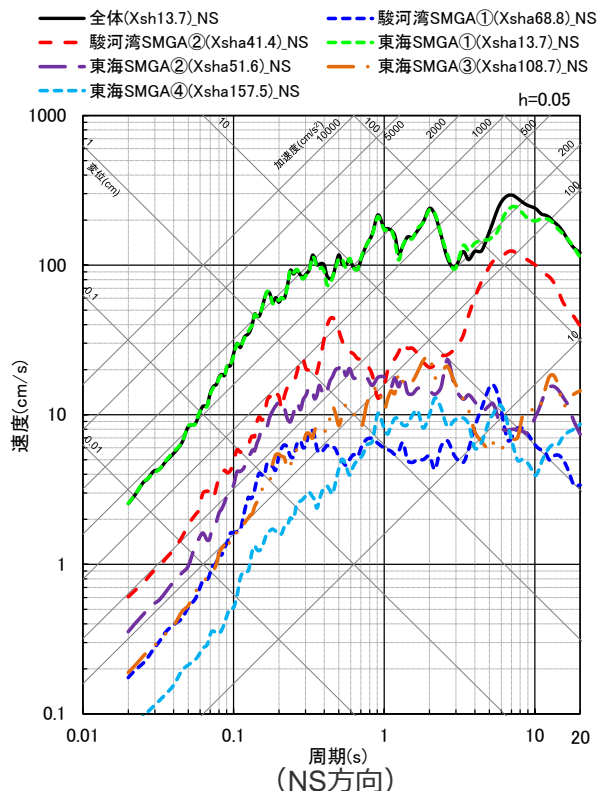
<補足説明資料④-11 プレート間地震の強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）の設定（補足）>

敷地における地震動に支配的な強震動生成域



各領域の地震動評価結果（応答スペクトル）を比較

○各強震動生成域（SMGA）の地震動評価結果の比較によると、敷地に最も近い敷地直下の東海SMGA①が、敷地における地震動への影響が最も大きく、震源モデル全体の地震動評価結果に対し支配的な強震動生成域となっている。



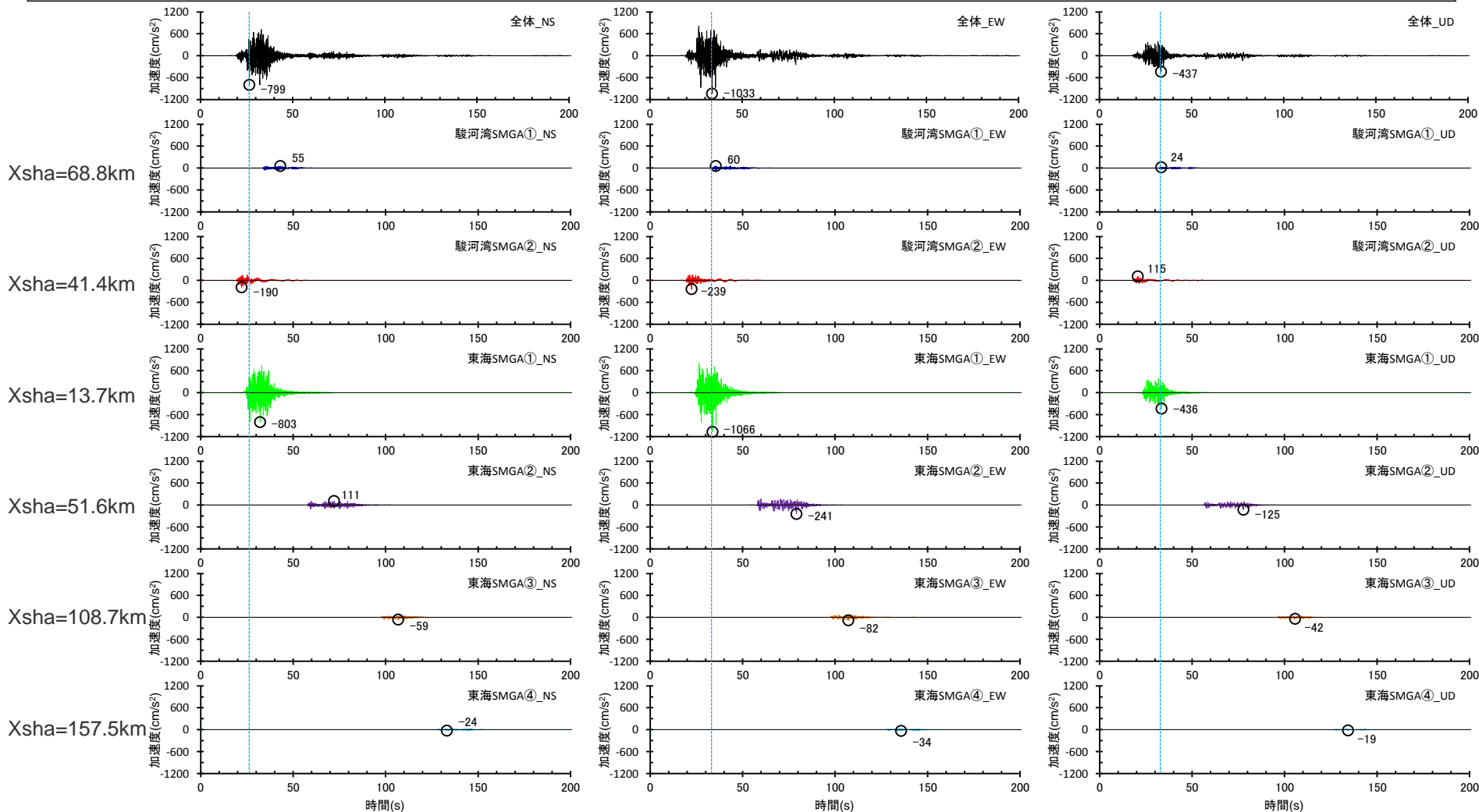
<応答スペクトルの比較（強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル（直下ケース②）（地震動の顕著な増幅を考慮しない）（破壊開始点3））>

・統計的グリーン関数法と波数積分法のハイブリッド合成法による。
 ・Xshは断層最短距離（km）、Xshaは強震動生成域の最短距離（km）を表す。

<補足説明資料④-11 プレート間地震の強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）の設定（補足）>

敷地における地震動に支配的な強震動生成域

○ 各強震動生成域（SMGA）の地震動評価結果の比較によると、敷地に最も近い敷地直下の東海SMGA①が、敷地における地震動への影響が最も大きく、震源モデル全体の地震動評価結果に対し支配的な強震動生成域となっている。



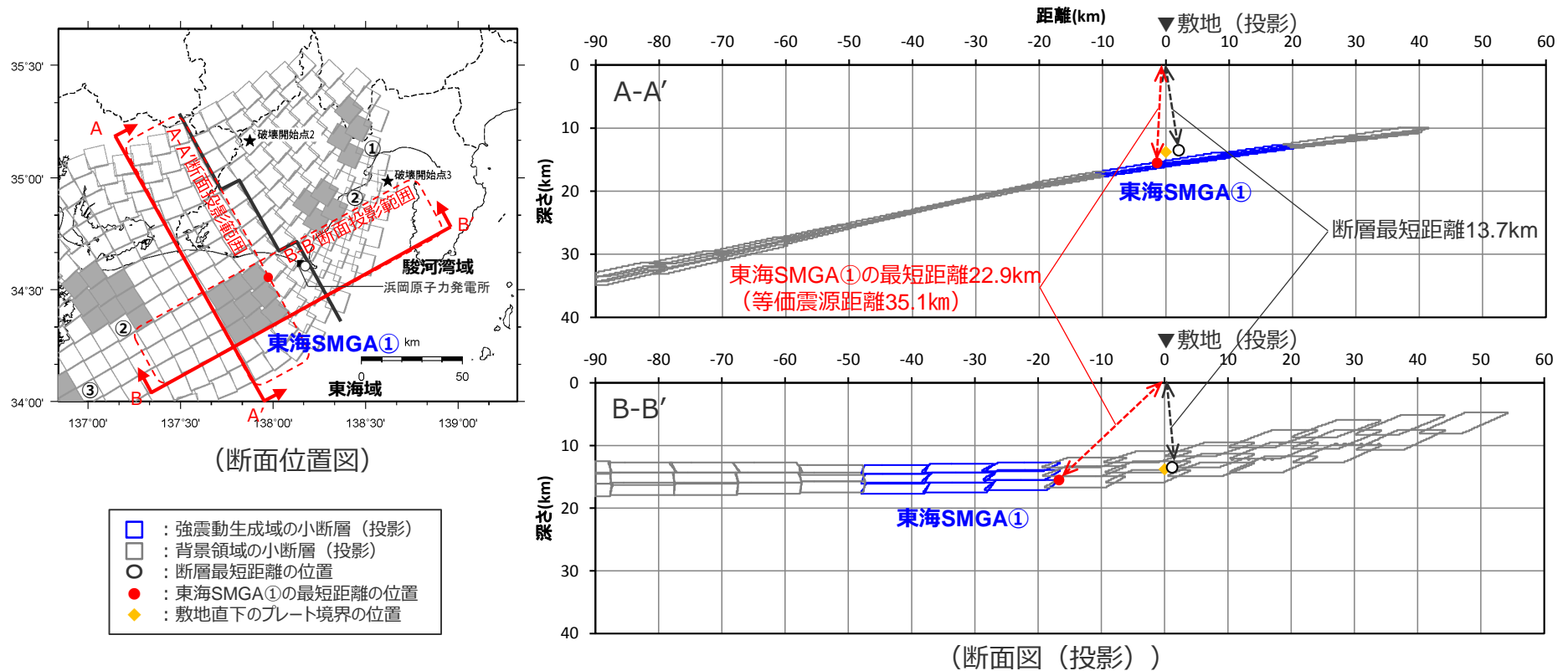
<加速度時刻歴波形の比較（強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル（直下ケース②）（地震動の顕著な増幅を考慮しない）（破壊開始点3））>

・ 統計的グリーン関数法と波数積分法のハイブリッド合成法による。
 ・ Xshaは、強震動生成域の最短距離（km）を表す。

<補足説明資料④-11 プレート間地震の強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）の設定（補足）>

敷地における地震動に支配的な強震動生成域と敷地との位置関係

○基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）では、敷地における地震動に支配的な強震動生成域（東海SMGA①）は、断層最短距離となる位置からやや離れて位置している。

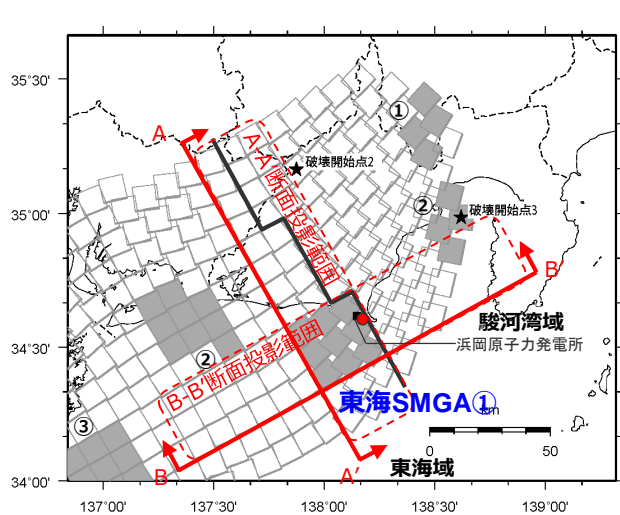


<基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）における東海SMGA①と敷地との位置関係>

<補足説明資料④-11 プレート間地震の強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）の設定（補足）>

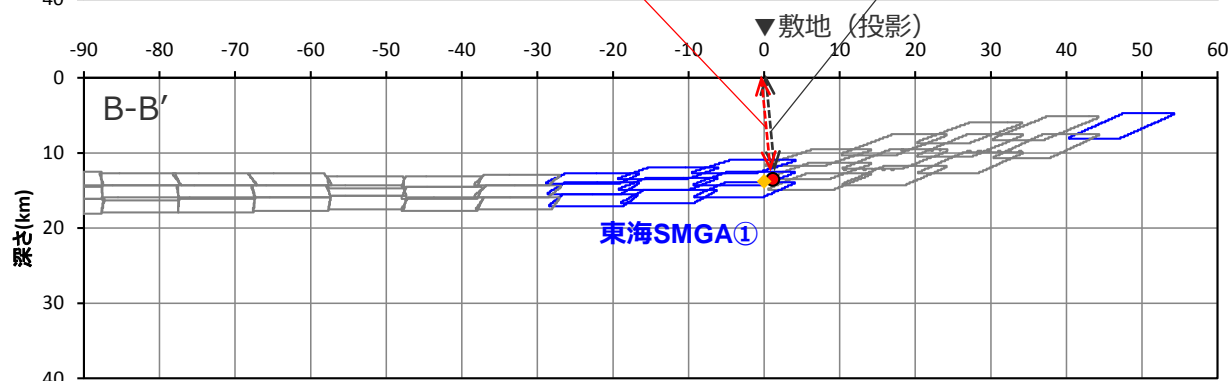
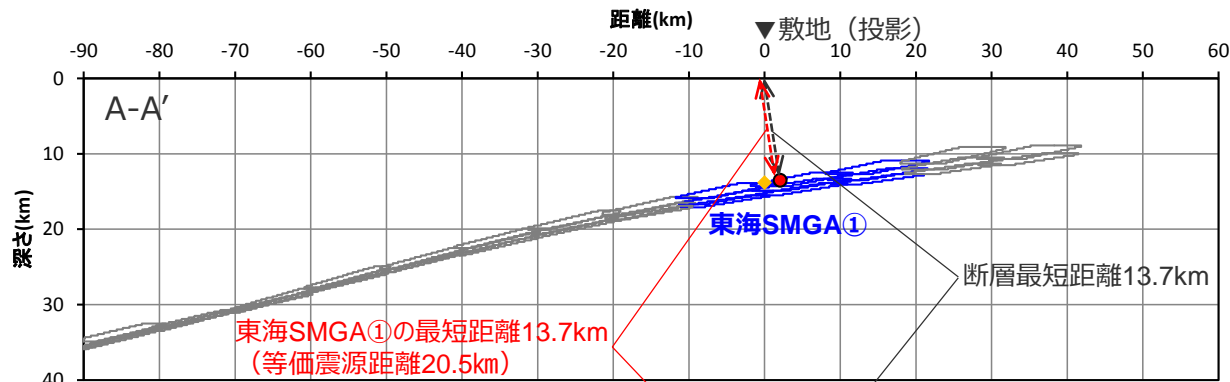
敷地における地震動に支配的な強震動生成域と敷地との位置関係

○強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル（直下ケース①）（地震動の顕著な増幅を考慮しない）では、敷地における地震動に支配的な強震動生成域（東海SMGA①）は、敷地直下に位置しており、断層最短距離の位置（下図○）に東海SMGA①の最短距離の位置（下図●）がある（敷地からの最短距離が最も短い位置に、敷地における地震動に支配的な東海SMGA①が位置している）。



(断面位置図)

- : 強震動生成域の小断層 (投影)
- : 背景領域の小断層 (投影)
- : 断層最短距離の位置
- : 東海SMGA①の最短距離の位置
- ◆ : 敷地直下のプレート境界の位置



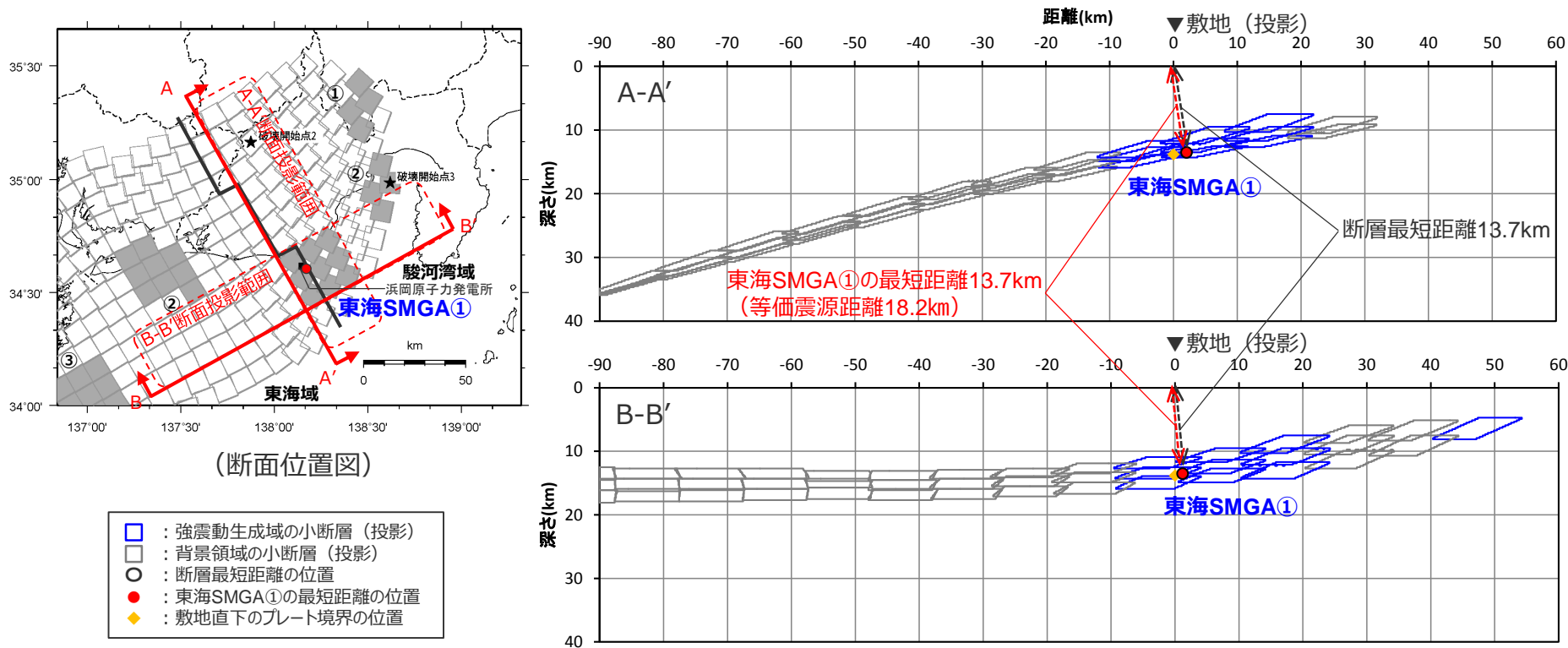
(断面図 (投影))

<強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル（直下ケース①）（地震動の顕著な増幅を考慮しない）における東海SMGA①と敷地との位置関係>

<補足説明資料④-11 プレート間地震の強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）の設定（補足）>

敷地における地震動に支配的な強震動生成域と敷地との位置関係

○強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル（直下ケース②）（地震動の顕著な増幅を考慮しない）では、敷地における地震動に支配的な強震動生成域（東海SMGA①）は、敷地直下に位置しており、断層最短距離の位置（下図○）に東海SMGA①の最短距離の位置（下図●）がある（敷地からの最短距離が最も短い位置に、敷地における地震動に支配的な東海SMGA①が位置している）。



(断面図 (投影))

<強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル（直下ケース②）（地震動の顕著な増幅を考慮しない）における東海SMGA①と敷地との位置関係>

○強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル（直下ケース①、直下ケース②）（地震動の顕著な増幅を考慮しない）においては、敷地における地震動に支配的な強震動生成域（東海SMGA①）が最短距離の観点で敷地にとって最も保守的な場所に位置している。また、両ケースの等価震源距離は、差が小さく同程度である。

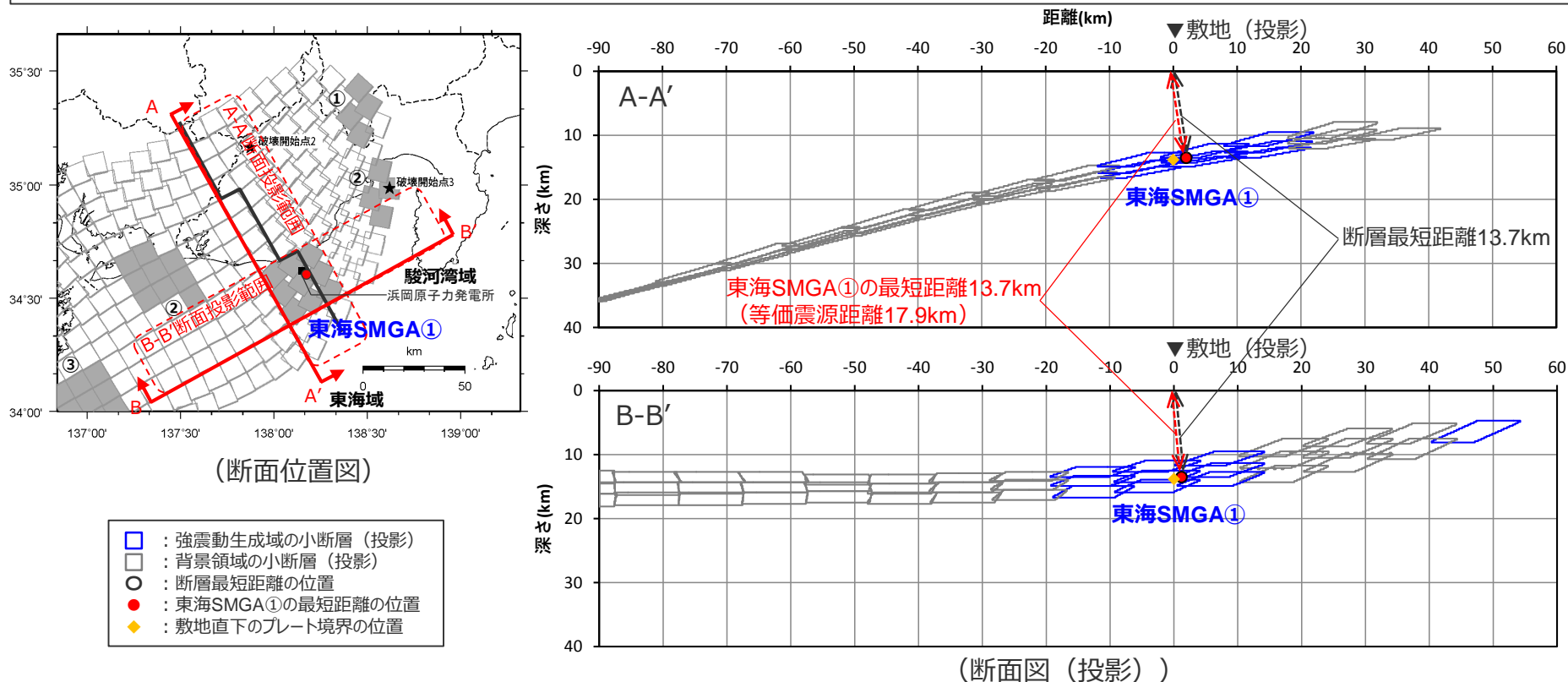
<補足説明資料④-11 プレート間地震の強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）の設定（補足）>

直下ケース①の東海SMGA①を東に1メッシュ分移動したケース

○以降では、敷地における地震動に支配的な強震動生成域（東海SMGA①）の位置を少しずつ移動した場合に、現状の設定（直下ケース①、直下ケース②）の代表性を確認する。

○直下ケース①の東海SMGA①を東に1メッシュ分移動したケースでは、敷地における地震動に支配的な東海SMGA①が敷地直下に位置しており、断層最短距離の位置（下図○）に東海SMGA①の最短距離の位置（下図●）がある（敷地からの最短距離が最も短い位置に、敷地における地震動に支配的な東海SMGA①が位置している）。

○等価震源距離（17.9km）は、直下ケース①（20.5km）や直下ケース②（18.2km）との差は小さく同程度となっている。

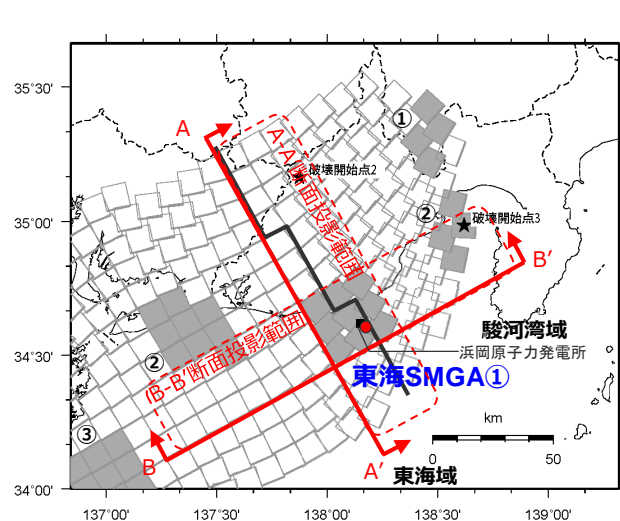


<直下ケース①の東海SMGA①を東に1メッシュ分移動したケースにおける東海SMGA①と敷地との位置関係>

<補足説明資料④-11 プレート間地震の強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）の設定（補足）>

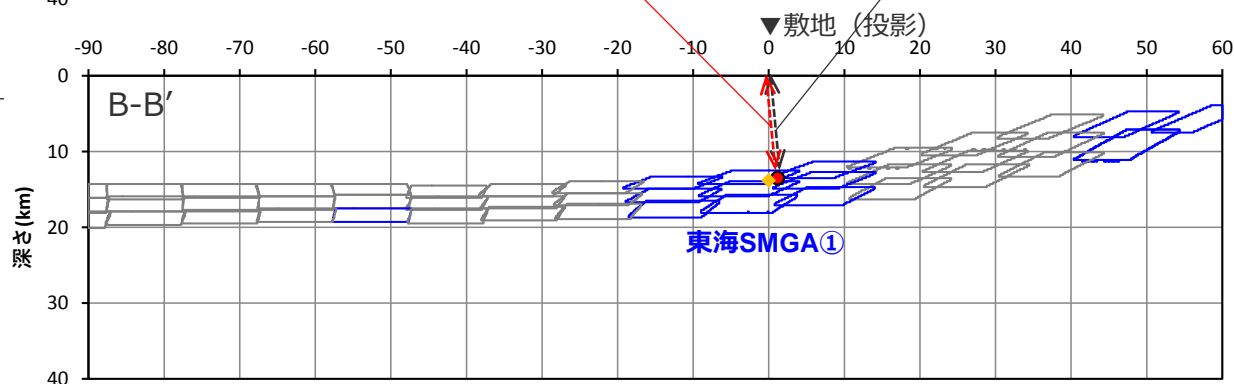
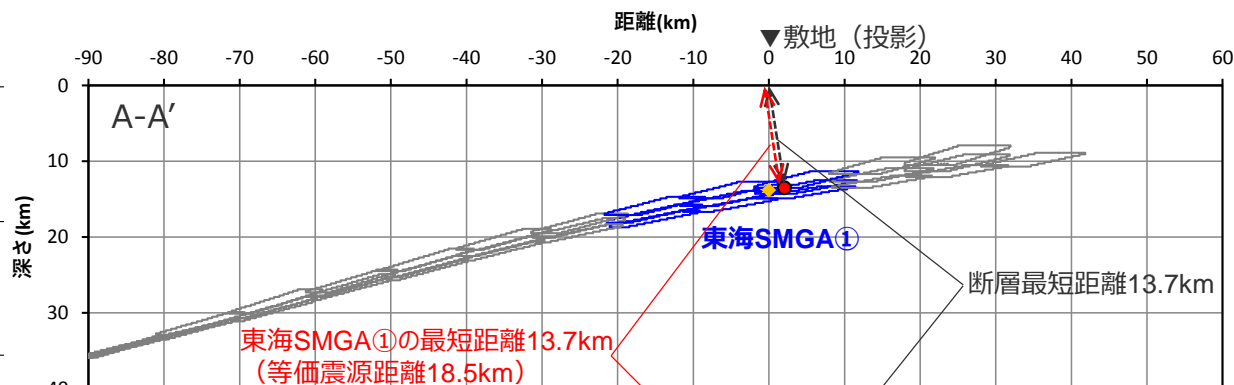
直下ケース①の東海SMGA①を東に1メッシュ分、北に1メッシュ分移動したケース

- 直下ケース①の東海SMGA①を東に1メッシュ分、北に1メッシュ分移動したケースでは、敷地における地震動に支配的な東海SMGA①が敷地直下に位置しており、断層最短距離の位置（下図○）に東海SMGA①の最短距離の位置（下図●）がある（敷地からの最短距離が最も短い位置に、敷地における地震動に支配的な東海SMGA①が位置している）。
- 等価震源距離（18.5km）は、直下ケース①（20.5km）や直下ケース②（18.2km）との差は小さく同程度となっている。



(断面位置図)

- : 強震動生成域の小断層 (投影)
- : 背景領域の小断層 (投影)
- : 断層最短距離の位置
- : 東海SMGA①の最短距離の位置
- ◆ : 敷地直下のプレート境界の位置



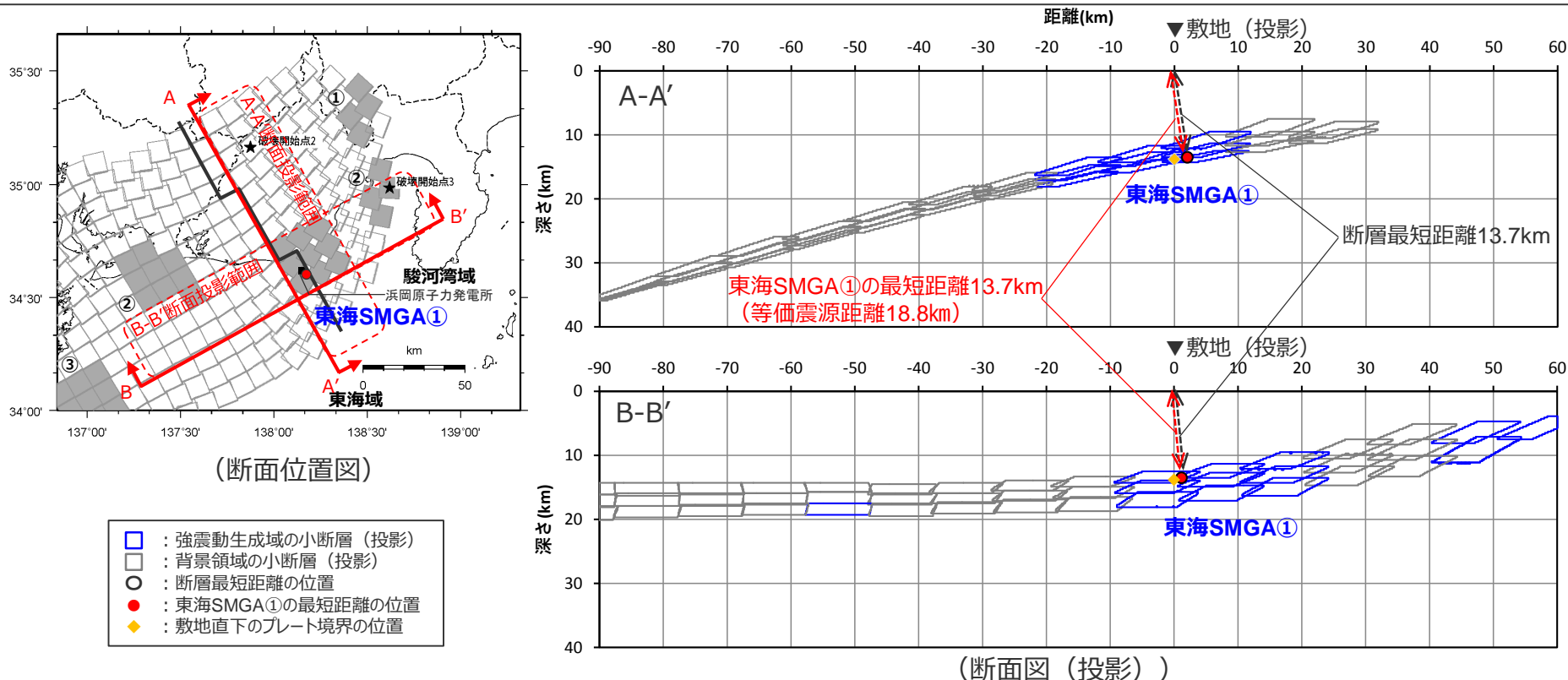
(断面図 (投影))

<直下ケース①の東海SMGA①を東に1メッシュ分、北に1メッシュ分移動したケースにおける東海SMGA①と敷地との位置関係>

<補足説明資料④-11 プレート間地震の強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）の設定（補足）>

直下ケース①の東海SMGA①を東に2メッシュ分、北に1メッシュ分移動したケース

- 直下ケース①の東海SMGA①を東に2メッシュ分、北に1メッシュ分移動したケースでは、敷地における地震動に支配的な東海SMGA①が敷地直下に位置しており、断層最短距離の位置（下図○）に東海SMGA①の最短距離の位置（下図●）がある（敷地からの最短距離が最も短い位置に、敷地における地震動に支配的な東海SMGA①が位置している）。
- 等価震源距離（18.8km）は、直下ケース①（20.5km）や直下ケース②（18.2km）との差は小さく同程度となっている。



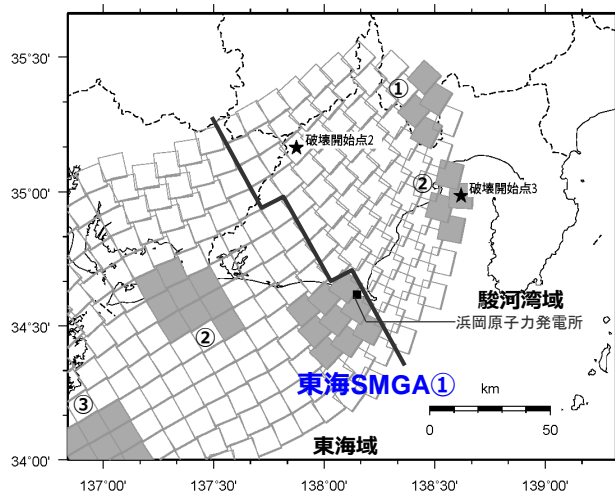
<直下ケース①の東海SMGA①を東に2メッシュ分、北に1メッシュ分移動したケースにおける東海SMGA①と敷地との位置関係>

- 東海SMGA①の位置を少しずつ移動した場合、東海SMGA①は敷地からの最短距離が最も短い場所に位置している。また、等価震源距離（17.9～18.8km）は直下ケース①（20.5km）や直下ケース②（18.2km）との差は小さく同程度である。

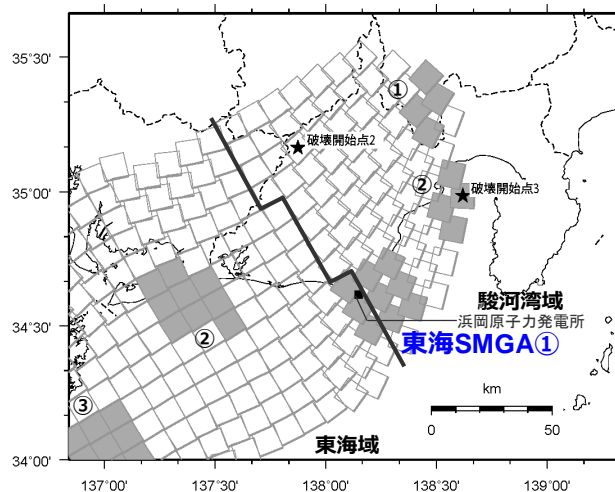
<補足説明資料④-11 プレート間地震の強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）の設定（補足）>

直下ケース①の東海SMGA①を東に1メッシュ分移動したケースの地震動評価結果の比較

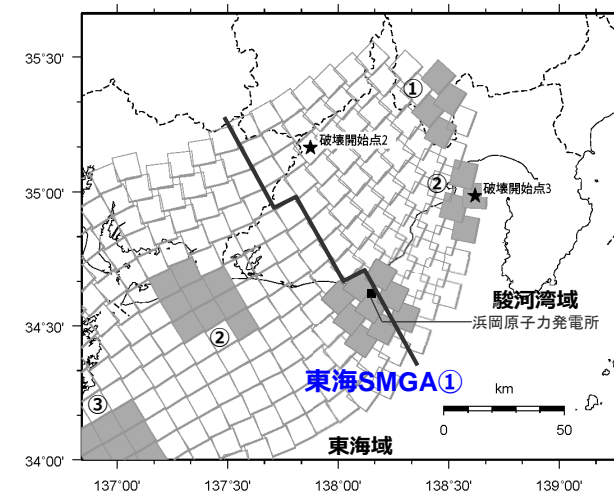
○東海SMGA①について、敷地からの最短距離が最も短い場所に位置しており、等価震源距離の差が小さく同程度であれば、地震動レベルは同程度であると考えられるが、念のため、直下ケース①の東海SMGA①を少しずつ移動したケースのうち直下ケース①、直下ケース②より等価震源距離がやや短い「直下ケース①の東海SMGA①を東に1メッシュ分移動したケース」を対象に、統計的グリーン関数法と波数積分法のハイブリッド合成法による地震動評価を行い、直下ケース①、直下ケース②との地震動評価結果の比較を行う。



(直下ケース①)



(直下ケース②)



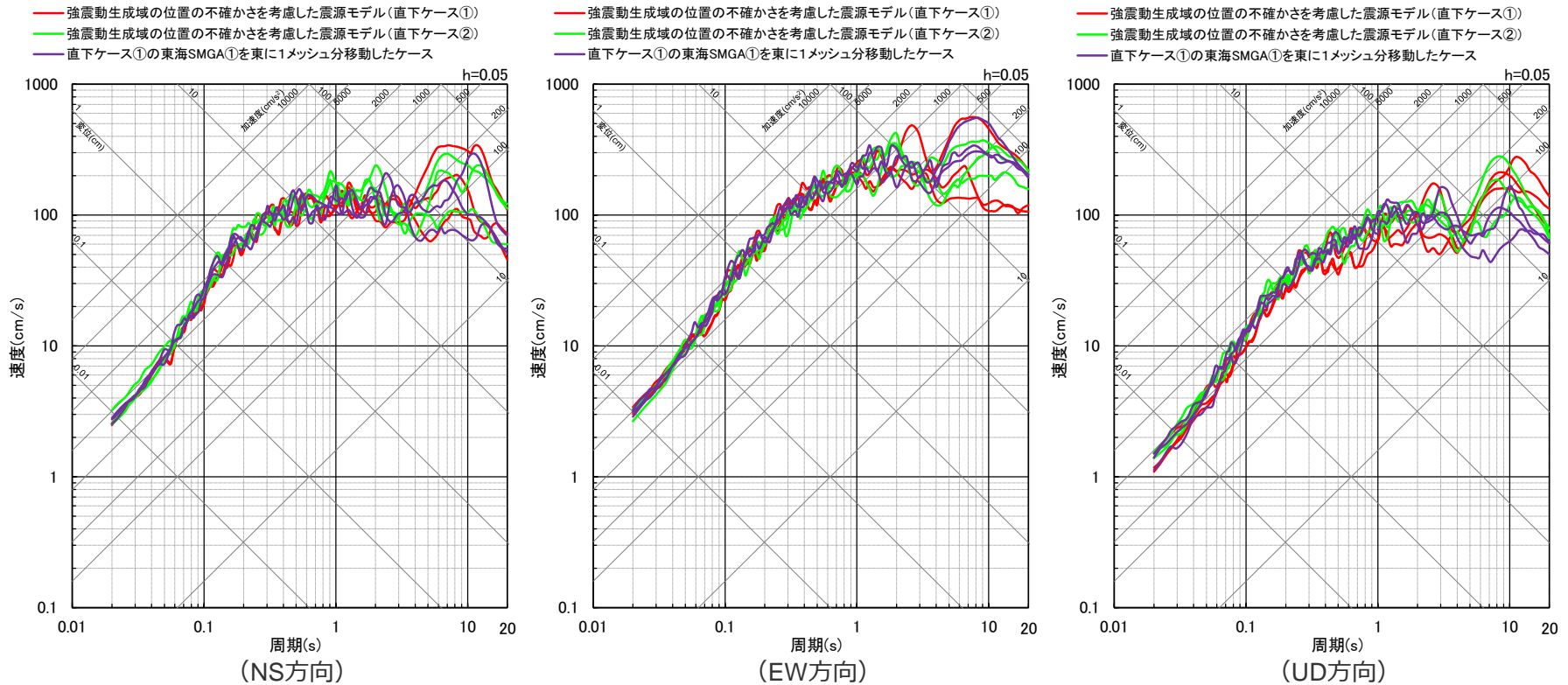
<直下ケース①の東海SMGA①を東に1メッシュ分移動したケース>

<強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）>

<補足説明資料④-11 プレート間地震の強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）の設定（補足）>

直下ケース①の東海SMGA①を東に1メッシュ分移動したケースの地震動評価結果の比較

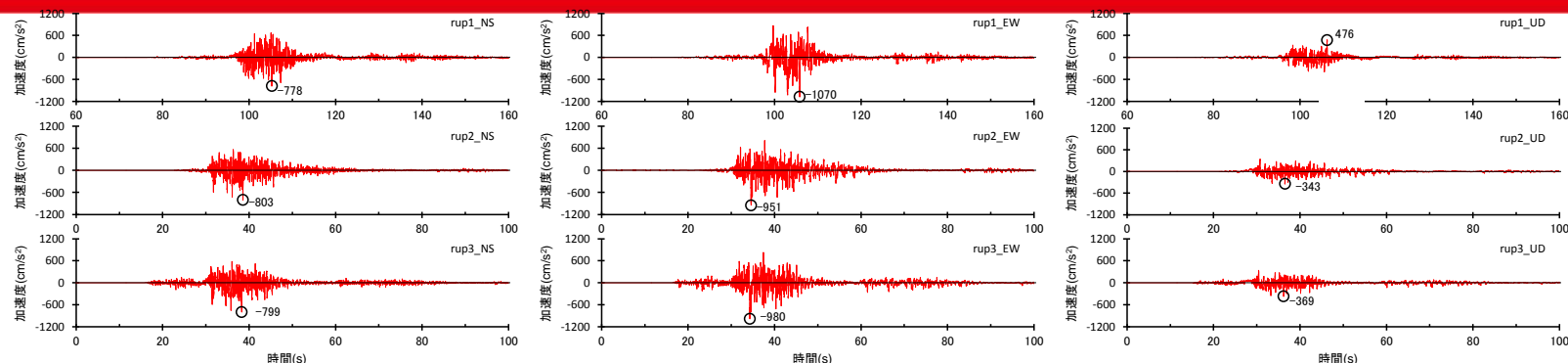
○東海SMGA①の位置を少しずつ移動したケースのうち直下ケース①、直下ケース②より等価震源距離がやや短い「直下ケース①の東海SMGA①を東に1メッシュ分移動したケース」の地震動レベルは、直下ケース①、直下ケース②と同程度である。



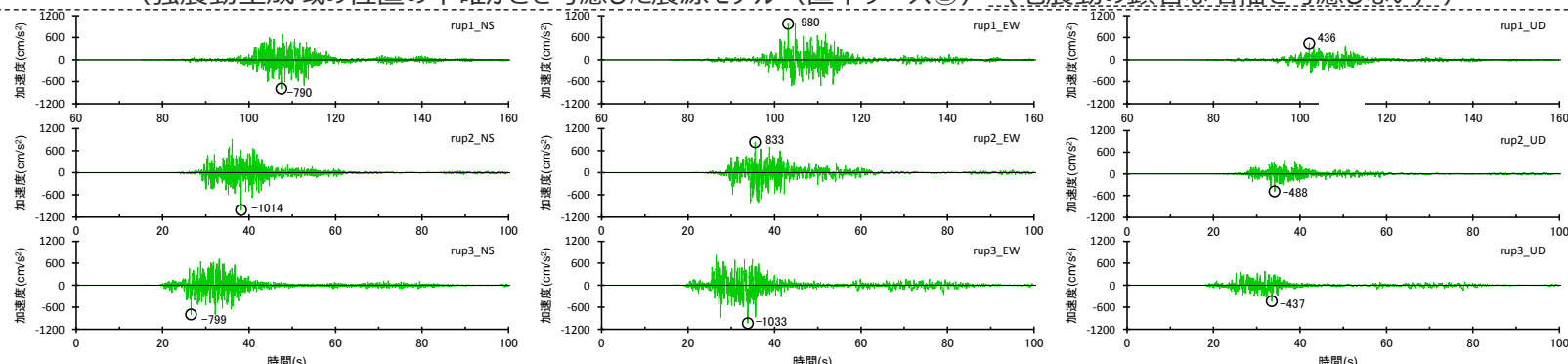
<断層モデルを用いた手法による地震動評価結果の比較（応答スペクトル）>
 （強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル（直下ケース①、直下ケース②）（地震動の顕著な増幅を考慮しない）、
 直下ケース①の東海SMGA①を東に1メッシュ分移動したケース（破壊開始点1～3））

<補足説明資料④-11 プレート間地震の強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）の設定（補足）>

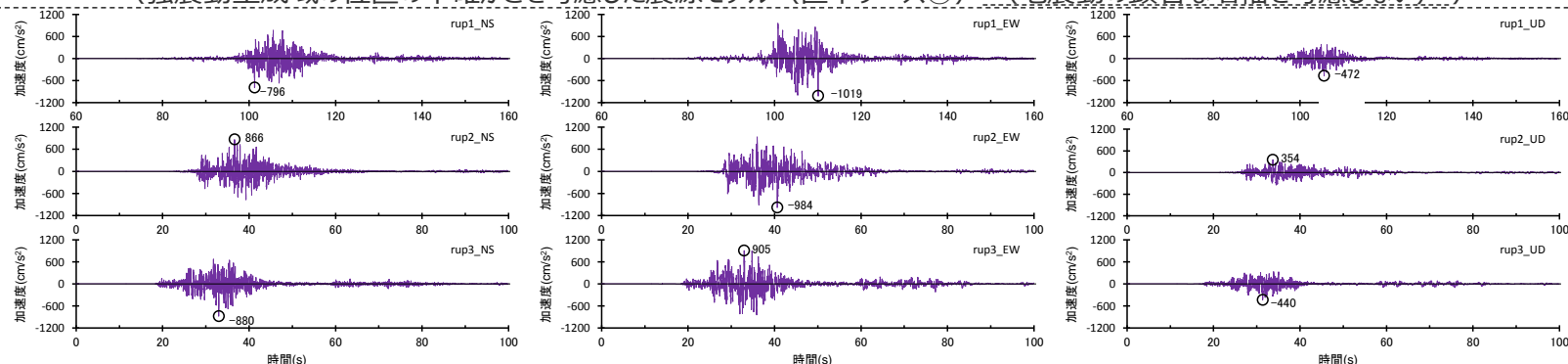
直下ケース①の東海SMGA①を東に1メッシュ分移動したケースの地震動評価結果の比較



（強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル（直下ケース①）（地震動の顕著な増幅を考慮しない））



（強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル（直下ケース②）（地震動の顕著な増幅を考慮しない））



（直下ケース①の東海SMGA①を東に1メッシュ分移動したケース）

<断層モデルを用いた手法による地震動評価結果の比較（加速度時刻歴波形）（破壊開始点1~3）>

まとめ

【強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル（直下ケース①、直下ケース②）（地震動の顕著な増幅を考慮しない）】

- 基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）に対して、強震動生成域を敷地直下に配置して、強震動生成域の位置の不確かさを考慮することで、地震動評価に支配的なパラメータと考えられる強震動生成域の応力降下量及び位置の不確かさと破壊開始点の不確かさを同時に考慮する。
- 強震動生成域の位置の不確かさの考慮にあたっては、基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）において敷地周辺で短周期レベルが大きい東海SMGA①の敷地からの最短距離が重要との観点から、東海SMGA①の敷地からの最短距離が最も短くなるよう敷地直下に配置する。
- 具体的には、東海SMGA①は東海域内に設定された強震動生成域であることを踏まえ、東海SMGA①を東海域内で敷地に最も近い位置に移動させることで、強震動生成域を敷地直下に配置した直下ケース①を設定する。これは、内閣府モデル（最大クラスの地震）の東側ケースに相当する。
- この直下ケース①は、東海SMGA①が敷地からの最短距離が最も短い場所に位置するので、強震動生成域の位置の不確かさの影響を代表できると考えられるが、東海SMGA①が敷地の西寄りに位置していることを踏まえ、より慎重な評価を行うため、東海SMGA①を東海域と駿河湾域の境界を越えて敷地からの最短距離が最も短かつ敷地の東寄りに位置するよう配置した直下ケース②も設定する。



- 複数設定し得る敷地からの最短距離が最も短いケース（直下ケース①の東海SMGA①を少しずつ移動したケース）について、いずれのケースも、東海SMGA①は敷地からの最短距離が最も短い場所に位置しており、東海SMGA①の等価震源距離は直下ケース①、直下ケース②との差は小さく同程度であることを確認した。
- 東海SMGA①について、敷地からの最短距離が最も短い場所に位置しており、等価震源距離の差が小さく同程度であれば、地震動レベルは同程度であると考えられるが、念のため、直下ケース①、直下ケース②より等価震源距離がやや短い「直下ケース①の東海SMGA①を東に1メッシュ分移動したケース」について地震動評価を行い、地震動レベルが直下ケース①、直下ケース②と同程度であることを確認した。



- 敷地からの最短距離が最も短いケースには、直下ケース①、直下ケース②よりも等価震源距離がやや短いケースもあるが、それらの地震動レベルは同程度であり、強震動生成域の位置の不確かさを考慮するに当たって、上記のとおり、強震動生成域を敷地直下に配置したケースとして、直下ケース①、直下ケース②を考慮していることは適切である。

補足説明資料④-12
分岐断層の地震時挙動に関する検討

検討概要

【南海トラフにおける地震時挙動に関する知見】

（超低周波地震）

- プレート間地震の浅部の破壊伝播形態（プレート境界面に沿ってトラフ軸まで破壊が伝播する形態、付加体内の分岐断層に沿って破壊が伝播する形態）は、いずれも、浅部超低周波地震が発生している付加体やデコルマ面における破壊伝播であり、超低周波地震の応力降下量は通常の地震に比べ極端に小さく、周期は10秒以上である。

（断層すべり）

- 南海トラフの分岐断層及びプレート境界浅部の断層すべりは、ゆっくりとしたすべり速度と長いライズタイムで特徴づけられる。

（1944年東南海地震の震源過程解析）

- 津波波形インバージョン解析では、分岐断層を考慮した研究成果もあるが、震度分布との比較検討等により設定された強震断層モデルでは、プレート境界浅部の断層面や分岐断層は考慮されておらず、強震動生成域はプレート境界深部に設定されている。

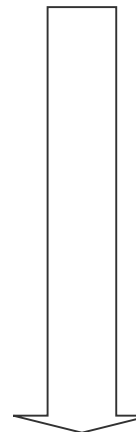
（南海トラフの想定地震に関する知見）

- 内閣府(2012)の「南海トラフの巨大地震モデル検討会」では、南海トラフで想定される最大クラスの地震・津波として、津波断層モデルには、プレート境界浅部や分岐断層が考慮されているが、強震断層モデルには、プレート境界浅部や分岐断層が考慮されておらず、強震動生成域はプレート境界深部に設定されている。

【日本及び世界の沈み込み帯における地震時挙動に関する知見】

（巨大プレート間地震の震源過程解析）

- 日本及び世界の沈み込み帯で発生した巨大プレート間地震（2011年東北地方太平洋沖地震、2004年スマトラ島沖地震、1960年・2010年チリ地震、1964年アラスカ地震）の震源過程解析において、強震動を励起する領域はプレート境界深部に推定されるのに対し、プレート境界浅部にすべりの大きな領域や分岐断層が推定されている。



- 南海トラフや日本及び世界の沈み込み帯における地震時挙動に関する知見から、プレート境界面の破壊に伴い、受動的にプレート境界浅部や分岐断層が破壊しても、強震動励起に及ぼす影響は小さいと考えられる。

【プレート境界浅部及び分岐断層が強震動励起に及ぼす影響確認】

- 上記知見を踏まえて、「プレート境界面の破壊に伴い、受動的にプレート境界浅部や分岐断層が破壊するケース（影響確認モデル）」を設定して、断層モデルを用いた手法による地震動評価を行い、プレート境界面の破壊に伴い、受動的にプレート境界浅部や分岐断層が破壊しても、強震動励起に及ぼす影響は小さいことを確認した。

プレート境界浅部及び分岐断層が強震動励起に及ぼす影響の確認

(検討概要)

南海トラフ、日本及び世界の沈み込み帯における地震時挙動に関する知見

- 南海トラフにおける地震時挙動に関する知見（超低周波地震、断層すべり、1944年東南海地震の震源過程解析、南海トラフの想定地震）、日本及び世界の沈み込み帯における地震時挙動に関する知見（巨大プレート間地震の震源過程解析）から、プレート境界面の破壊に伴い、受動的にプレート境界浅部や分岐断層が破壊しても、強震動励起に及ぼす影響は小さいと考えられる。

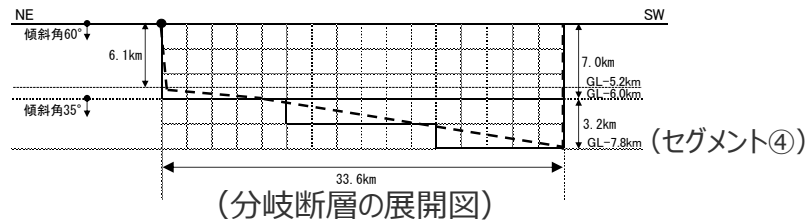
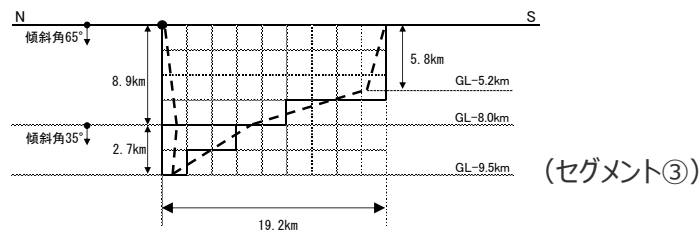
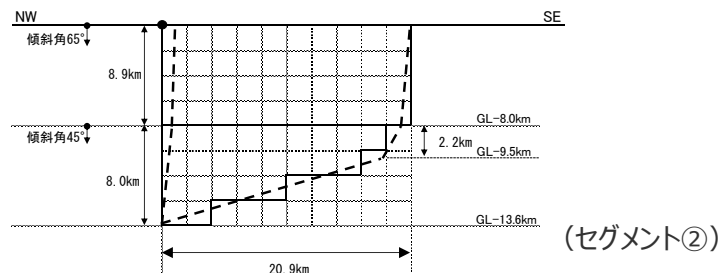
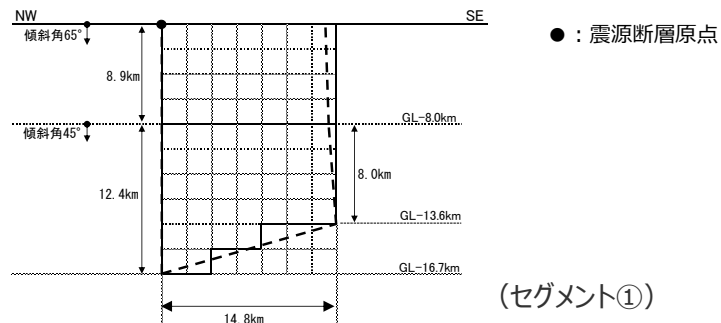
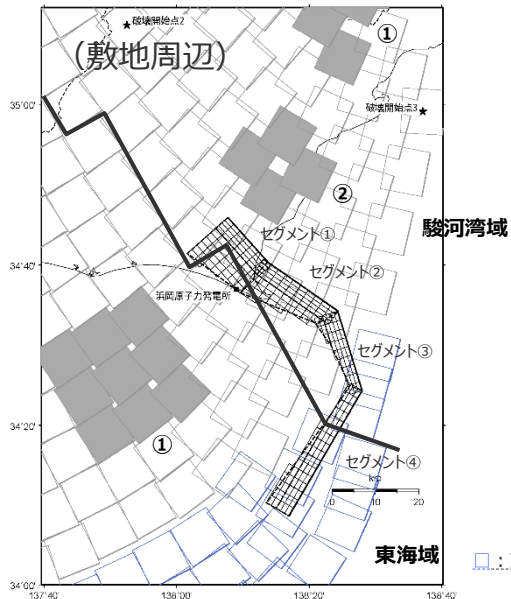
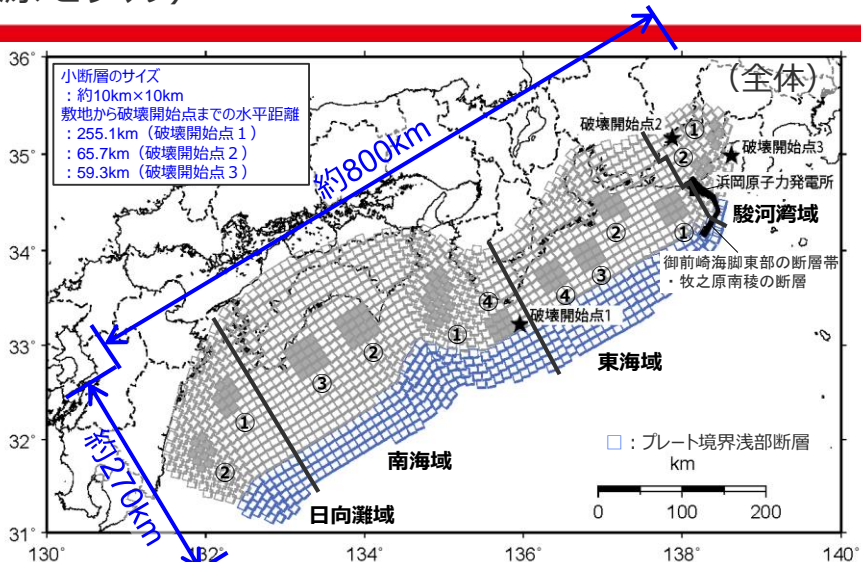
プレート境界浅部及び分岐断層が強震動励起に及ぼす影響確認

- 以降では、上記を踏まえて、プレート境界面の破壊に伴い、受動的にプレート境界浅部や分岐断層が破壊しても、強震動励起に及ぼす影響が小さいことを確認するため、断層モデルを用いた手法による地震動評価を行う。具体的には以下のとおり。
 - ：プレート間地震の基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）に対して、「**プレート境界面の破壊に伴い、受動的にプレート境界浅部や分岐断層が破壊するケース（影響確認モデル）※**」を設定し、地震動評価結果を比較する。
 - ：プレート境界浅部や分岐断層は、これに連続するプレート境界面（背景領域の小断層）の震源断層パラメータを与えることでモデル化する。
 - ：分岐断層は、敷地への影響が最も大きい「御前崎海脚東部の断層帯・牧ノ原南稜の断層」で代表する。
 - ：地震動評価法は、統計的グリーン関数法と波数積分法のハイブリッド合成法を用いる。

※ プレート境界面の破壊に伴い、受動的に分岐断層が破壊する場合、当該部におけるプレート境界浅部は破壊しないと考えられるが、ここでは、分岐断層とプレート境界浅部の両方が破壊するとして地震動評価を行う。

プレート境界浅部及び分岐断層が強震動励起に及ぼす影響の確認

(震源モデル)



(分岐断層の展開図)

<影響確認モデル>

・黒字の丸数字はプレート間地震の強震動生成域のNo.を表す。

プレート境界浅部及び分岐断層が強震動励起に及ぼす影響の確認

(震源断層パラメータの設定フロー)

「御前崎海脚東部の断層帯・牧ノ原南稜の断層（断層上端深さ0km）」の震源断層パラメータの設定フロー

震源断層長さ・震源断層幅・震源断層面積の設定

震源断層長さ	: L (地質調査結果による)
震源断層幅	: W (地質調査結果、断層傾斜角及び震源断層上下端深さとの関係による)
震源断層面積	: S (震源断層長さL及び震源断層幅Wによる)

地震モーメント・平均応力降下量・平均すべり量の設定

地震モーメント	: $M_0 = \mu DS$ 、 μ は剛性率
平均応力降下量	: $\Delta\sigma$ (プレート間地震 (基本震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮しない)) の背景領域の平均応力降下量)
平均すべり量	: D (プレート間地震 (基本震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮しない)) の背景領域のすべり量)

・プレート境界浅部断層の震源断層パラメータはプレート間地震 (基本震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮しない)) の背景領域と同一に設定。

プレート境界浅部及び分岐断層が強震動励起に及ぼす影響の確認

(震源断層パラメータ)

<プレート間地震の基本震源モデル（南海トラフ最大クラス地震モデル（基本ケース））（プレート境界浅部断層付加）（地震動の顕著な増幅を考慮しない）の震源断層パラメータ>

全体	面積(km ²)	144114			
	平均応力降下量(MPa)	1.9			
	平均すべり量(m)	7.4			
	地震モーメント(Nm)	4.4E+22			
	Mw	9.0			
	短周期レベル(Nm/s ²)	5.08E+20			
各セグメント	セグメント名	日向灘域	南海域	東海域	駿河湾域
	面積(km ²)	19053	53790	29419	7888
	地震モーメント(Nm)	4.3E+21	2.0E+22	8.3E+21	1.2E+21
	Mw	8.4	8.8	8.5	8.0
強震動生成域 SMGA① (深部)	面積(km ²)	1018	1953	910	438
	応力パラメータ(MPa)	34.5	46.4	45.4	34.4
	平均すべり量(m)	11.0	20.5	13.7	7.2
	地震モーメント(Nm)	4.6E+20	1.6E+21	5.1E+20	1.3E+20
	Mw	7.7	8.1	7.7	7.3
強震動生成域 SMGA② (深部)	面積(km ²)	1029	1615	914	415
	応力パラメータ(MPa)	34.5	46.4	45.4	34.4
	平均すべり量(m)	11.1	18.7	13.7	7.0
	地震モーメント(Nm)	4.7E+20	1.2E+21	5.1E+20	1.2E+20
	Mw	7.7	8.0	7.7	7.3
強震動生成域 SMGA③ (深部)	面積(km ²)		1612	913	
	応力パラメータ(MPa)		46.4	45.4	
	平均すべり量(m)		18.6	13.7	
	地震モーメント(Nm)		1.2E+21	5.1E+20	
	Mw		8.0	7.7	
強震動生成域 SMGA④ (深部)	面積(km ²)		929	924	
	応力パラメータ(MPa)		46.4	45.4	
	平均すべり量(m)		14.2	13.8	
	地震モーメント(Nm)		5.4E+20	5.2E+20	
	Mw		7.8	7.7	

背景領域(深部)	セグメント名	日向灘域	南海域	東海域	駿河湾域
	面積(km ²)	17006	47682	25758	7034
	応力パラメータ(MPa)	3.7	3.7	3.7	3.7
	平均すべり量(m)	4.9	8.1	5.9	3.1
	地震モーメント(Nm)	3.4E+21	1.6E+22	6.2E+21	9.0E+20
	Mw	8.3	8.7	8.5	7.9
背景領域(浅部)	面積(km ²)	4297	16675	12685	307
	応力パラメータ(MPa)	3.7	3.7	3.7	3.7
	平均すべり量(m)	4.9	8.1	5.9	3.1
	地震モーメント(Nm)	8.6E+20	5.5E+21	3.1E+21	3.9E+19
	Mw	7.9	8.4	8.3	7.0
その他	破壊伝播速度(km/s)	2.7			
	fmax(Hz)	6.0			
	剛性率(Nm ²)	4.1E+10			

・強震動生成域の短周期レベルは、壇・他(2001)による関係式 ($A=4\pi r_a \Delta\sigma_a \beta^2$) に基づく。

プレート境界浅部及び分岐断層が強震動励起に及ぼす影響の確認

(震源断層パラメータ)

<御前崎海脚東部の断層帯・牧ノ原南稜の断層（断層上端深さ0km）の震源断層パラメータ>

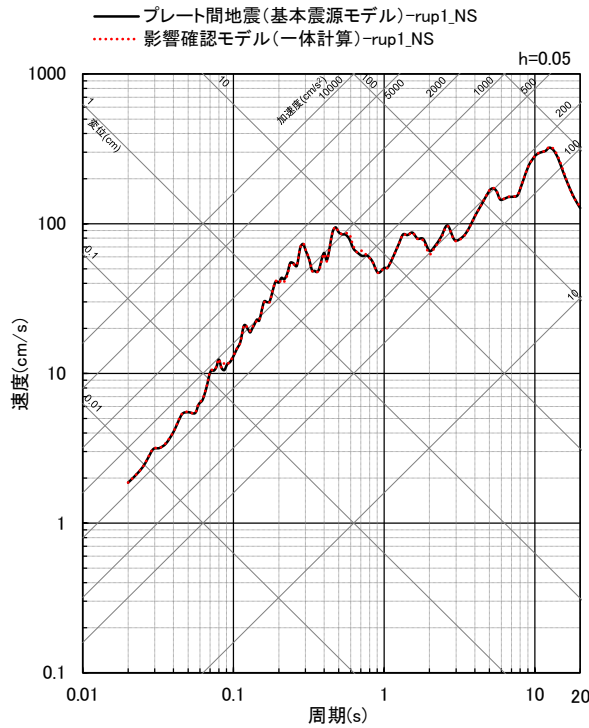
震源断層パラメータ		設定方法	単位	設定値	
震源断層 原点 (北端)	①	北緯(世界測地系)	地質調査結果による	-	34.76572°
		東経(世界測地系)	同上	-	138.12892°
	②	北緯(世界測地系)	同上	-	34.67894°
		東経(世界測地系)	同上	-	138.21890°
	③	北緯(世界測地系)	同上	-	34.57109°
		東経(世界測地系)	同上	-	138.40528°
	④	北緯(世界測地系)	同上	-	34.40580°
		東経(世界測地系)	同上	-	138.46659°
走向	①	同上	-	138.3°NE	
	②	同上	-	124.9°NE	
	③	同上	-	162.9°NE	
	④	同上	-	210.2°NE	
断層 傾斜角	①②	GL-8km以浅	同上	°	65
		GL-8km以深	同上	°	45
	③	GL-8km以浅	同上	°	65
		GL-8km以深	同上	°	35
	④	GL-6km以浅	同上	°	60
		GL-6km以深	同上	°	35
ずれの種類	同上	-	-	逆断層	
震源断層上端深さ	設定方針による	km	0.0		
震源断層下端深さ	①	地震発生層の検討結果による	km	13.6~16.7	
	②	同上	km	9.5~13.6	
	③	同上	km	5.2~9.5	
	④	同上	km	5.2~7.8	
震源断層長さ	①	L_1 :地質調査結果による	km	13.7	
	②	L_2 :同上	km	19.8	
	③	L_3 :同上	km	19.2	
	④	L_4 :同上	km	33.6	

震源断層パラメータ		設定方法	単位	設定値	
震源 断層幅	①	GL-8km以浅	地質調査結果、断層傾斜角及び震源断層上端深さとの関係による	km	8.9
		GL-8km以深	地質調査結果、断層傾斜角及び震源断層下端深さとの関係による	km	8.0~12.4
	②	GL-8km以浅	地質調査結果、断層傾斜角及び震源断層上端深さとの関係による	km	8.9
		GL-8km以深	地質調査結果、断層傾斜角及び震源断層下端深さとの関係による	km	2.2~8.0
	③	GL-8km以浅	地質調査結果、断層傾斜角及び震源断層上端深さとの関係による	km	5.8~8.9
		GL-8km以深	地質調査結果、断層傾斜角及び震源断層下端深さとの関係による	km	0.0~2.7
	④	GL-6km以浅	地質調査結果、断層傾斜角及び震源断層上端深さとの関係による	km	6.1~7.0
		GL-6km以深	地質調査結果、断層傾斜角及び震源断層下端深さとの関係による	km	0.0~3.2
震源断層面積	①	S_1 :震源断層長さ及び震源断層幅による	km ²	271.87	
	②	S_2 :同上	km ²	261.01	
	③	S_3 :同上	km ²	147.53	
	④	S_4 :同上	km ²	269.79	
震源断層面積	$S=S_1+S_2+S_3+S_4$	km ²	950.20		
等価半径	$R=(S/\pi)^{0.5}$	km	17.39		
地震モーメント	$M_0=\mu DS$	Nm	1.94E+20		
気象庁マグニチュード	$M_J=(\log M_0-10.72)/1.17$ (武村(1990))	-	8.2		
モーメントマグニチュード	$M_w=(\log M_0-9.1)/1.5$ (Kanamori(1977))	-	7.5		
剛性率	$\mu=\rho\beta^2$ (β :3.54km/s, ρ :2.76g/cm ³ (地下構造調査結果等に基づく一次元地下構造モデルによる))	N/m ²	3.46E+10		
平均すべり量	D :プレート間地震(基本震源モデル)の背景領域による	m	5.90		
平均応力降下量	$\Delta\sigma$:プレート間地震(基本震源モデル)の背景領域による	MPa	3.70		
破壊伝播速度	$Vr=0.72\beta$ (Celler(1976))	km/s	2.55		
f_{max}	中央防災会議(2004)による	Hz	6.0		

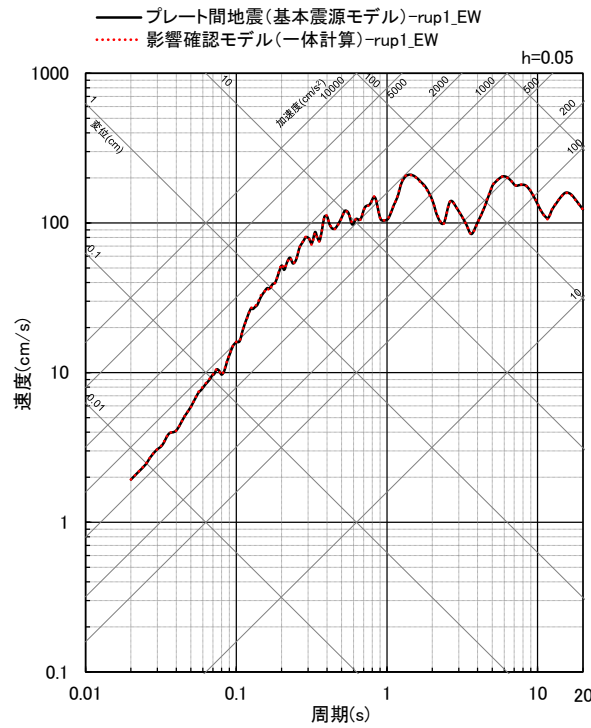
プレート境界浅部及び分岐断層が強震動励起に及ぼす影響の確認

(地震動評価結果：破壊開始点1)

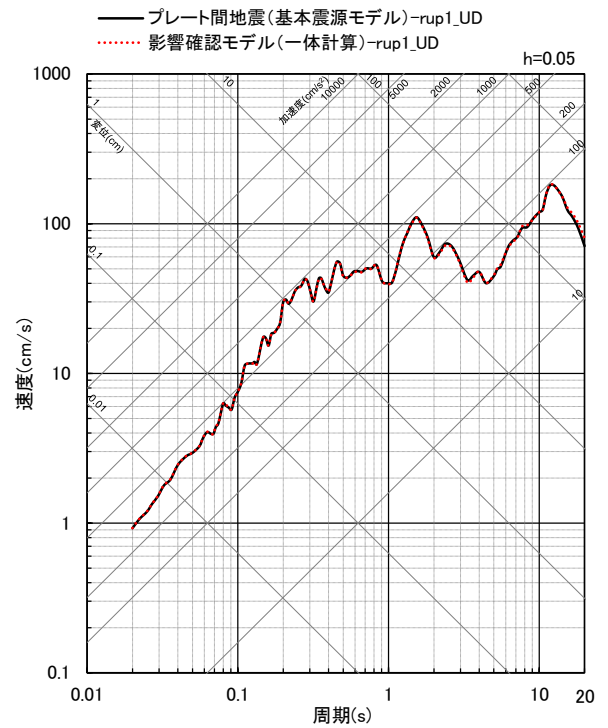
○影響確認モデルの地震動評価結果は、プレート間地震の基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）とほぼ同じ結果となっている。



(NS方向)



(EW方向)



(UD方向)

<断層モデルを用いた手法による地震動評価結果の比較（応答スペクトル）>

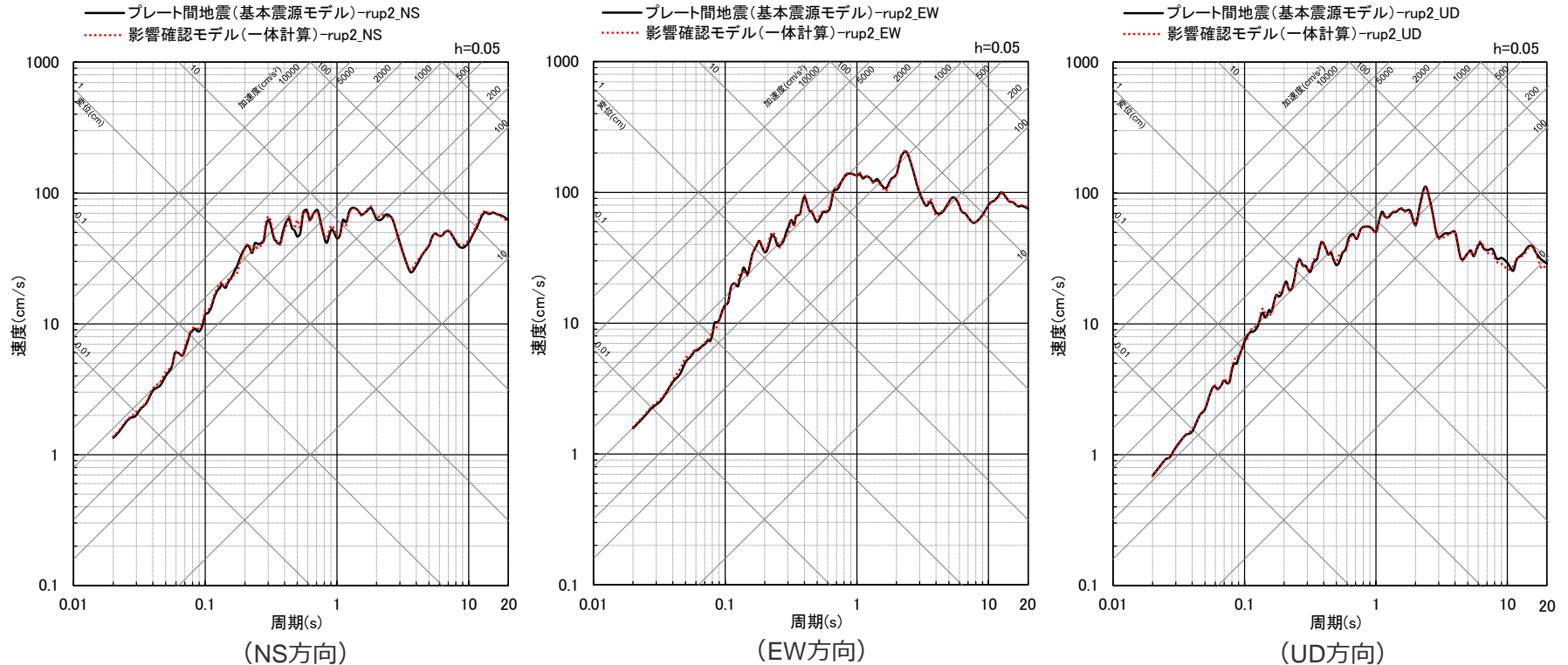
(プレート間地震（基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない））、影響確認モデル（破壊開始点1）)

- ・統計的グリーン関数法と波数積分法のハイブリッド合成法による。
- ・破壊開始点はいずれのモデルもプレート間地震の破壊開始点を表す。

プレート境界浅部及び分岐断層が強震動励起に及ぼす影響の確認

(地震動評価結果：破壊開始点2)

○影響確認モデルの地震動評価結果は、プレート間地震の基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）とほぼ同じ結果となっている。



<断層モデルを用いた手法による地震動評価結果の比較（応答スペクトル）>

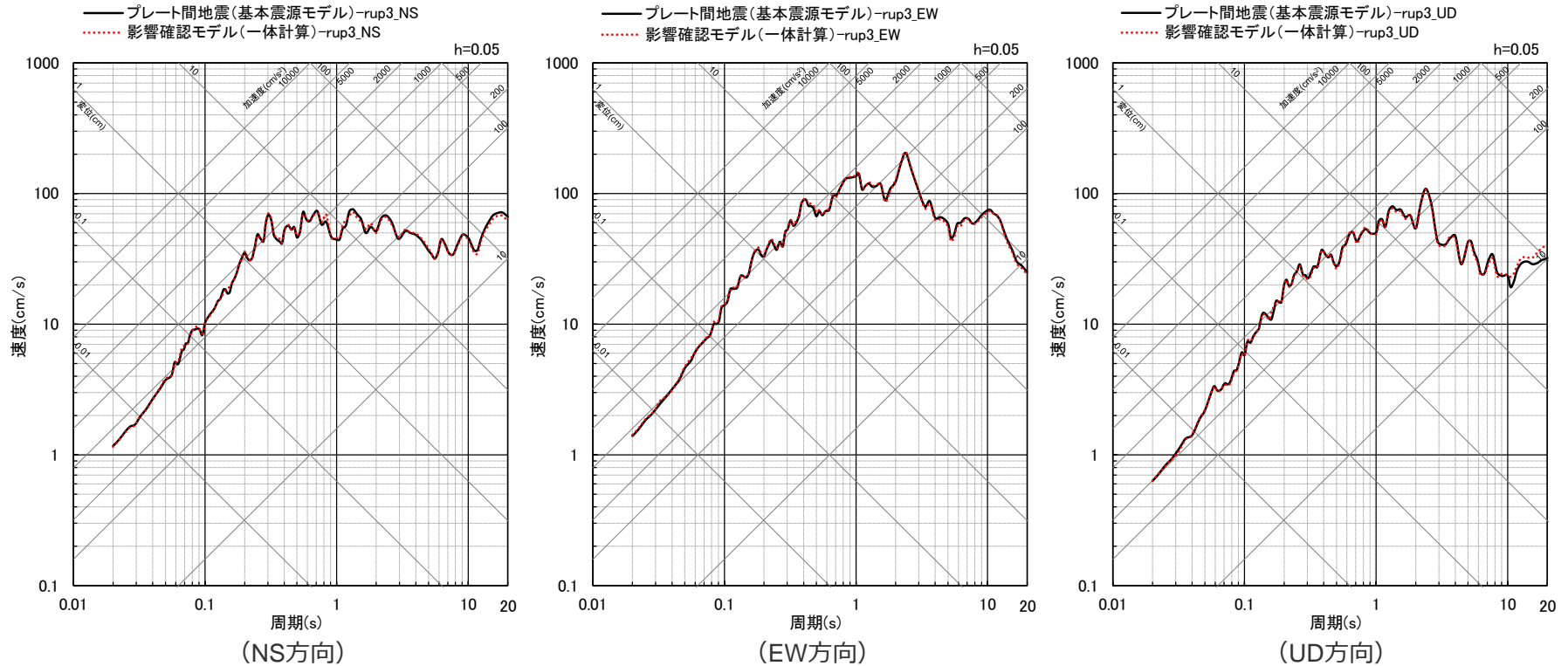
(プレート間地震（基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない））、影響確認モデル（破壊開始点2）)

- ・統計的グリーン関数法と波数積分法のハイブリッド合成法による。
- ・破壊開始点はいずれのモデルもプレート間地震の破壊開始点を表す。

プレート境界浅部及び分岐断層が強震動励起に及ぼす影響の確認

(地震動評価結果：破壊開始点3)

○影響確認モデルの地震動評価結果は、プレート間地震の基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）とほぼ同じ結果となっている。



<断層モデルを用いた手法による地震動評価結果の比較（応答スペクトル）>
(プレート間地震（基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない））、影響確認モデル（破壊開始点3））

以上の検討から、プレート境界浅部や分岐断層が強震動励起に及ぼす影響は小さいことを確認した。

・統計的グリーン関数法と波数積分法のハイブリッド合成法による。
 ・破壊開始点はいずれのモデルもプレート間地震の破壊開始点を表す。

補足説明資料④-13

プレート間地震の強震動生成域の位置と分岐断層の強震動励起特性に係る不確かさの組合せを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）の設定（補足）

概要

分岐断層の地震時挙動に関する検討(補足説明資料④-12参照)

- 敷地周辺には、外縁隆起帯のトラフ側斜面の付加体内等に分岐断層が分布しており、プレート間地震の発生形態の一つとして、プレート間地震の震源断層の破壊に伴い受動的に破壊するものと考えられる。
- 「南海トラフ、日本及び世界の沈み込み帯における地震時挙動に関する知見」及び「プレート境界浅部及び分岐断層が強震動励起に及ぼす影響確認」から、プレート境界面の破壊に伴い、受動的にプレート境界浅部や分岐断層が破壊しても、強震動励起に及ぼす影響は小さいことを確認した。

分岐断層の地震時挙動を踏まえた地震動評価への反映方法

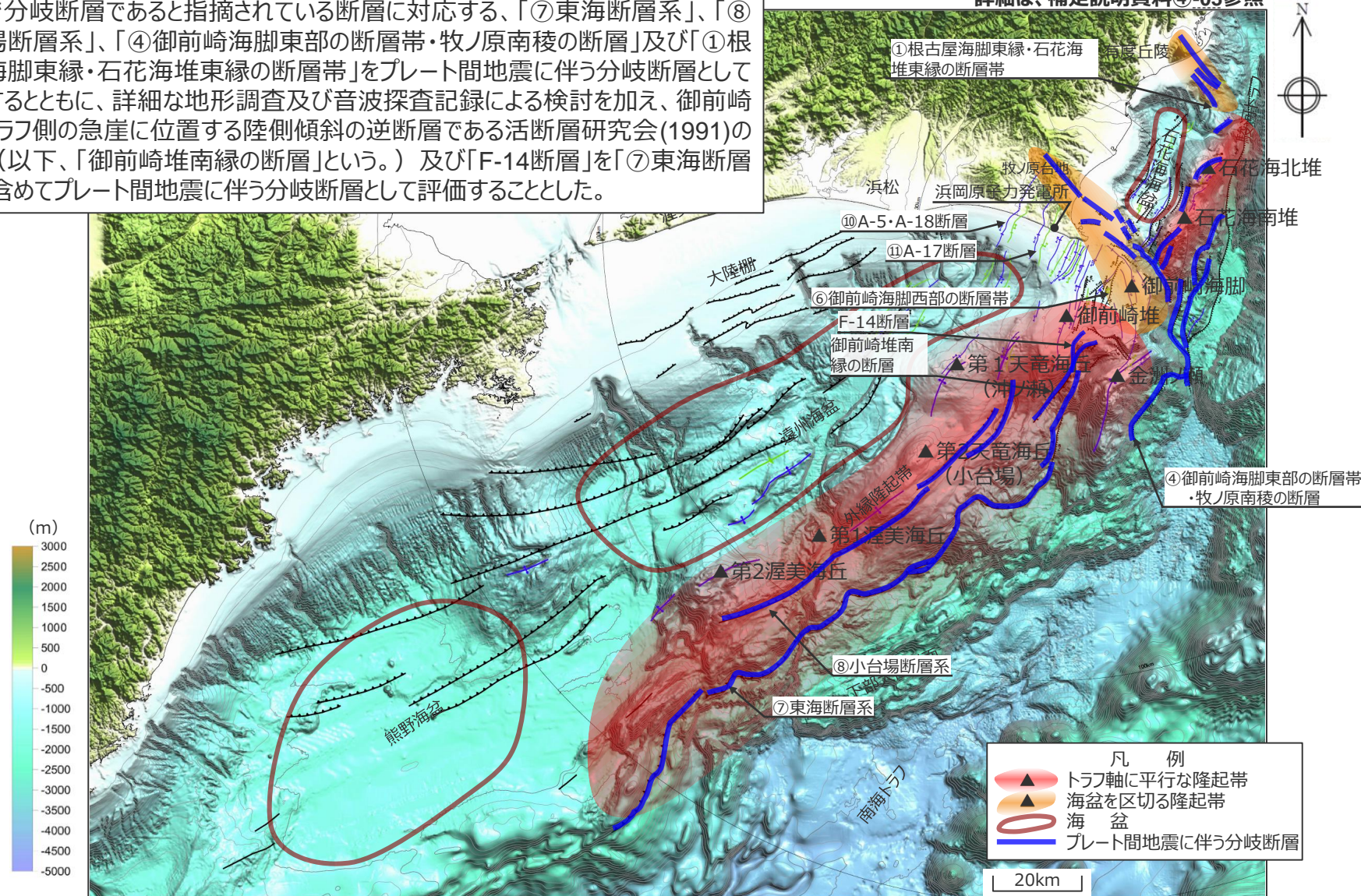
- プレート間地震の地震動評価に関して、基本震源モデル(地震動の顕著な増幅を考慮しない)は、内閣府(2012)の「南海トラフの巨大地震モデル検討会」における南海トラフで想定される最大クラスの地震の強震断層モデル(Mw9.0)を踏まえて設定しており、地震規模、破壊開始点の他、強震動励起に最も影響を及ぼす強震動生成域の応力降下量について、予め不確かさを考慮している。
- また、分岐断層は単独で破壊するものではなく、プレート間地震の発生形態の一つとして、プレート間地震の震源断層の破壊に伴い受動的に破壊するものと考えられる。
- 「分岐断層の地震時挙動に関する検討」で示したとおり、プレート間地震の震源断層の破壊に伴って受動的に分岐断層やプレート境界浅部が破壊しても、強震動励起に及ぼす影響は小さく、これらの影響は、プレート間地震の地震動評価において、強震動励起に係る強震動生成域の応力降下量の不確かさを予め考慮して基本震源モデル(地震動の顕著な増幅を考慮しない)を設定することで代表できると考えられる。
- ただし、敷地周辺の分岐断層のうち、敷地への影響が最も大きい「御前崎海脚東部の断層帯・牧ノ原南稜の断層」は、敷地から近い位置に分布していることから、「分岐断層の強震動励起特性に係る不確かさの考慮」として、プレート間地震の震源断層の破壊に伴い、受動的に分岐断層が破壊し、分岐断層が強震動を発生させると想定したケースを考慮する。
- 分岐断層については、強震動予測レシピ(2020)を参考に強震動生成域(アスペリティ)を有するモデルとして、強震動励起特性が内陸地殻内地震と同程度になるよう震源モデルを設定する。

分岐断層の選定

（プレート間地震に伴う分岐断層の選定結果）

○文献で分岐断層であると指摘されている断層に対応する、「⑦東海断層系」、「⑧小台場断層系」、「④御前崎海脚東部の断層帯・牧ノ原南稜の断層」及び「①根古屋海脚東縁・石花海堆東縁の断層帯」をプレート間地震に伴う分岐断層として選定するとともに、詳細な地形調査及び音波探査記録による検討を加え、御前崎堆のトラフ側の急崖に位置する陸側傾斜の逆断層である活断層研究会(1991)の断層（以下、「御前崎堆南縁の断層」という。）及び「F-14断層」を「⑦東海断層系」に含めてプレート間地震に伴う分岐断層として評価することとした。

詳細は、補足説明資料④-03参照



海上保安庁『海洋台帳』に敷地位置、凡例に示す地形、図の説明（駿河トラフ、南海トラフ、下部大陸斜面、大陸棚、浜松、有度丘陵、牧ノ原台地）、スケールを加筆

活断層の諸元

(プレート間地震に伴う分岐断層の選定結果)

- プレート間地震に伴う分岐断層の諸元は以下のとおり。
- プレート間地震に伴う分岐断層について、敷地への影響が大きい分岐断層を選定する。

<活断層の諸元 (プレート間地震に伴う分岐断層) >

No.	活断層の名称	震源断層長さ※2 (km)	断層傾斜角※3 (°)	震源断層幅※4 (km)	地震モーメント※5 (Nm)	地震規模※6 (Mj)	等価震源距離 (km)
敷地周辺の活断層※1	① 根古屋海脚東縁・石花海堆東縁の断層帯	57.8 [62.6]	①南西45 ②③西45	3.2~13.5	4.04×10 ¹⁹	7.6	38.7
	④ 御前崎海脚東部の断層帯・牧ノ原南稜の断層	82.8 [86.3]	①②深さ8km以浅：南西65 ①②深さ8km以深：南西45 ③深さ8km以浅：西65 ③深さ8km以深：西35 ④深さ6km以浅：北西60 ④深さ6km以深：北西35	0.3~15.8	6.23×10 ¹⁹	7.8	15.2
	⑦a 東海断層系60°ケース	167.1 [167.1]	北西60	2.5~7.9	1.14×10 ²⁰	8.0	48.3
	⑦b 東海断層系25°ケース	167.1 [167.1]	北西25	8.3~28.7	4.06×10 ²⁰	8.5	43.1
	⑧a 小台場断層系60°ケース	109.5 [109.5]	北西60	6.4~9.6	1.15×10 ²⁰	8.0	68.5
	⑧b 小台場断層系25°ケース	109.5 [109.5]	北西25	21.8~30.8	3.79×10 ²⁰	8.4	66.9

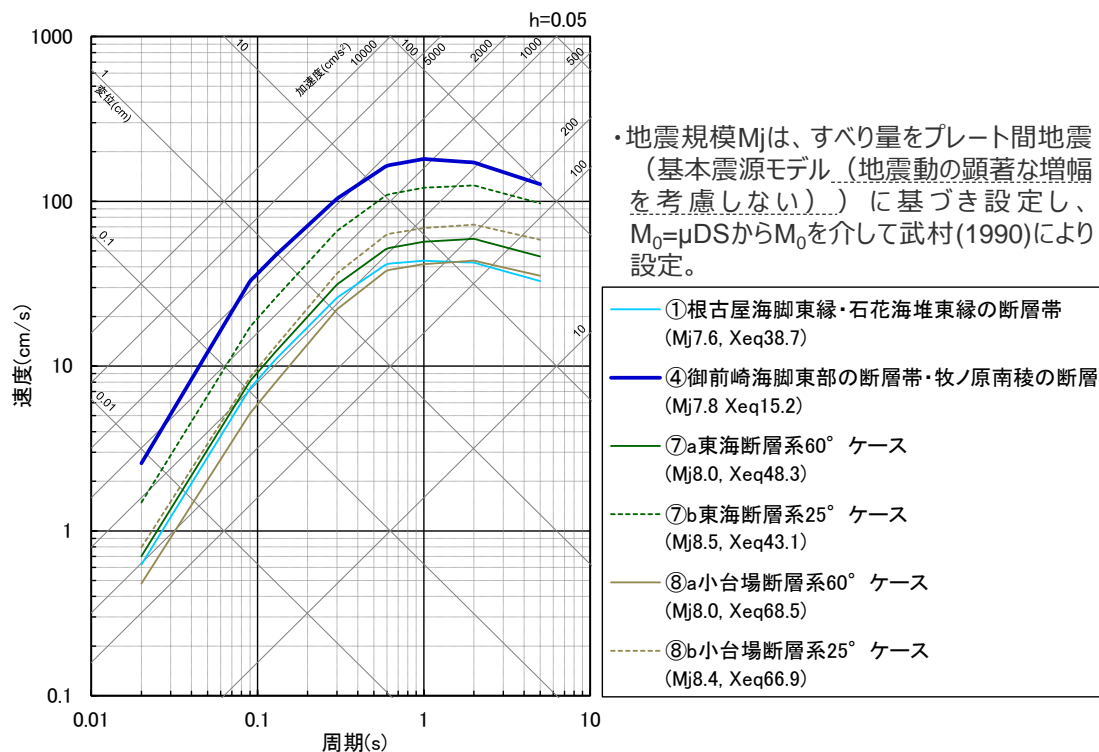
- ※1：敷地から概ね半径30km以内及び海域の活断層。
- ※2：震源断層上端の長さを表す。[]は、活断層長さを表す。
- ※3：敷地周辺の活断層について、地質調査により断層傾斜角が得られている場合には、調査結果に基づき断層傾斜角を設定し、断層傾斜角が得られていないもの、周辺にある同タイプの断層から断層傾斜角が推定できる場合にはそれを参照する。地質調査により断層傾斜角が得られていない場合には、逆断層は45°（「高角」の場合は60°）と断層傾斜角を設定する。方位は、震源断層面の傾斜方向を表す。丸数字はセグメントを表す。
- ※4：地震発生層上端深さは5km、下端深さは内閣府(2012)によるプレート境界面の深さとし、プレート境界面が20kmより深い場合には、深さ20kmとして震源モデルを設定する。
- ※5：すべり量をプレート間地震（基本震源モデル）に基づき設定し、 $M_0 = \mu DS$ から算出する。
- ※6：敷地周辺の活断層について、地震モーメントから武村(1990)により設定する。

・各活断層の震源モデルは第841回資料1-2参照。

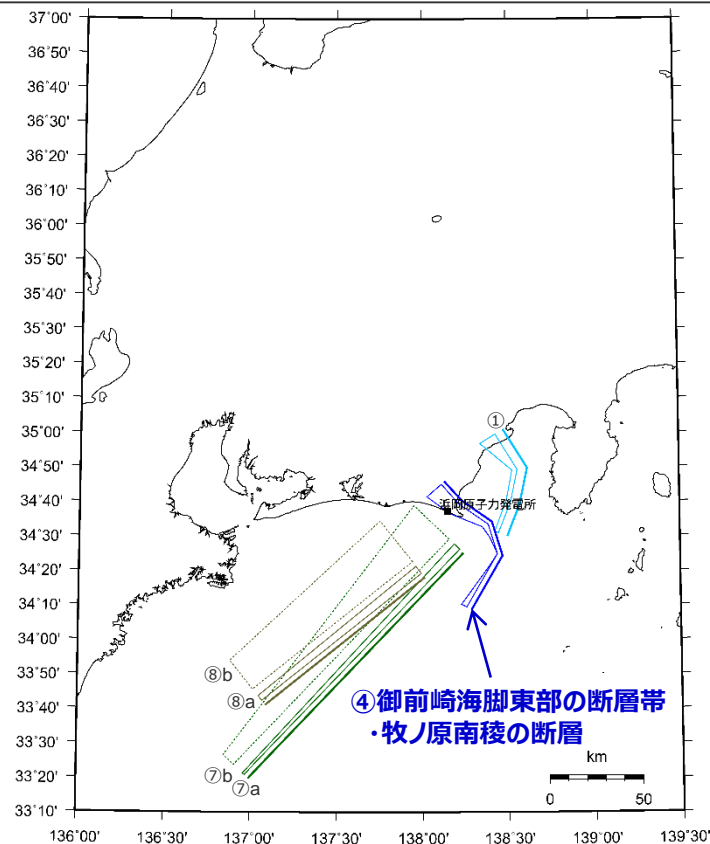
<補足説明資料④-13 プレート間地震の強震動生成域の位置と分岐断層の強震動励起特性に係る不確かさの組合せを考慮した震源モデル(地震動の顕著な増幅を考慮しない)の設定(補足)>

プレート間地震に伴う分岐断層の代表断層(地震動の顕著な増幅を考慮しない)の選定

- プレート間地震に伴う分岐断層について、相対的な地震動レベルの大小関係を検討するため、Noda et al.(2002)の方法による応答スペクトルを用いて地震動レベルの比較を行い、敷地への影響が大きい分岐断層(地震動の顕著な増幅を考慮しない)を選定する。
- プレート間地震に伴う分岐断層である、「①根古屋海脚東縁・石花海堆東縁の断層帯」、「④御前崎海脚東部の断層帯・牧ノ原南稜の断層」、「⑦東海断層系(⑦a: 60°ケース、⑦b: 25°ケース)」、「⑧小台場断層系(⑧a: 60°ケース、⑧b: 25°ケース)」については、敷地への影響が大きい「④御前崎海脚東部の断層帯・牧ノ原南稜の断層」を代表として、プレート間地震の地震動評価において「分岐断層の強震動励起特性に係る不確かさ」として考慮する。



<Noda et al.(2002)の方法による応答スペクトルの比較※1>
(プレート間地震に伴う分岐断層)



<活断層の位置図※2>

※1 X_{eq} は、等価震源距離 (km) を表す。

※2 図中の太実線は、活断層評価に基づく地表面断層のトレースを表す。

＜補足説明資料④-13 プレート間地震の強震動生成域の位置と分岐断層の強震動励起特性に係る不確かさの組合せを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）の設定（補足）＞

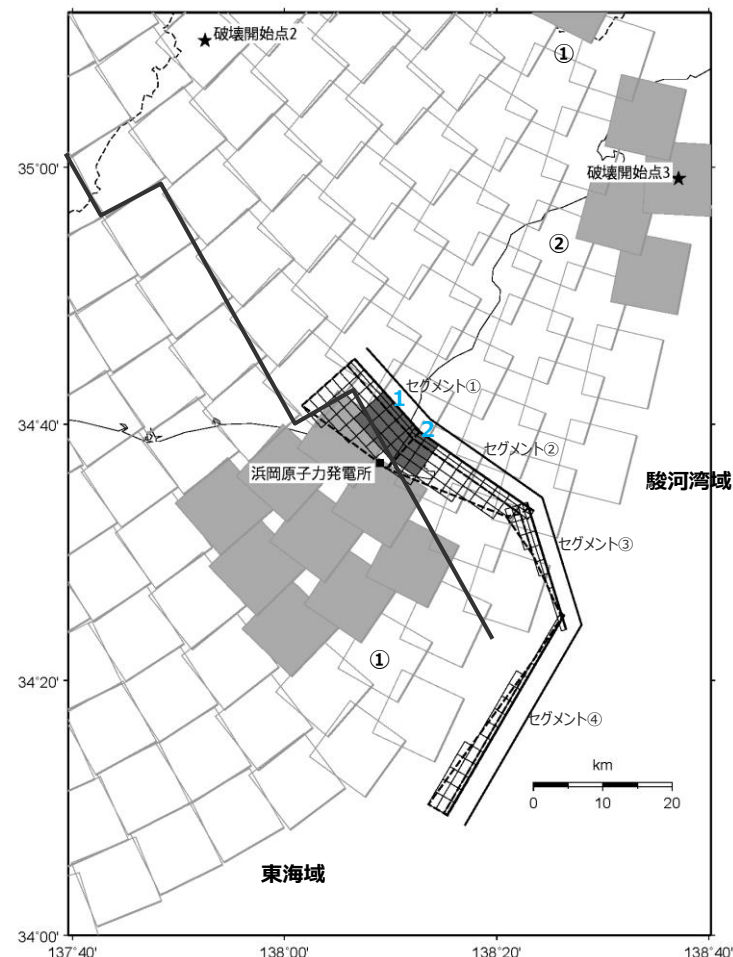
プレート間地震に伴う分岐断層の設定方針及び震源断層パラメータ

【設定方針】

- ・「御前崎海脚東部の断層帯・牧ノ原南稜の断層」の震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）は、地質調査結果に基づき、強震動予測レシピ(2020)を参考として設定する。

【震源断層パラメータ】

- 震源断層長さ
 - ・地質調査結果（次ページ参照）、断層傾斜角及び地震発生層上端深さとの関係を踏まえ、震源断層長さを82.8kmとして設定。
- 地震発生層
 - ・上端深さは5km、下端深さはプレート境界面（内閣府(2012)）によるとして設定。
- 断層傾斜角
 - ・地質調査結果に基づき、セグメント①②は深さ8km以浅を65°南西傾斜、深さ8km以深を45°南西傾斜、セグメント③は深さ8km以浅を65°西傾斜、深さ8km以深を35°西傾斜、セグメント④は深さ6km以浅を60°北西傾斜、深さ6km以深を35°北西傾斜の逆断層として設定（後述参照）。
- アスペリティの数・位置・形状
 - ・アスペリティは敷地直下のセグメント①②に各1つとして、敷地に近い位置に設定。
 - ⇒パラメータスタディでアスペリティの深さ・形状の代表性を確認（後述参照）。
- アスペリティの応力降下量
 - ・強震動予測レシピ(2020)に基づき設定。
- 破壊伝播速度
 - ・強震動予測レシピ(2020)に基づき設定。



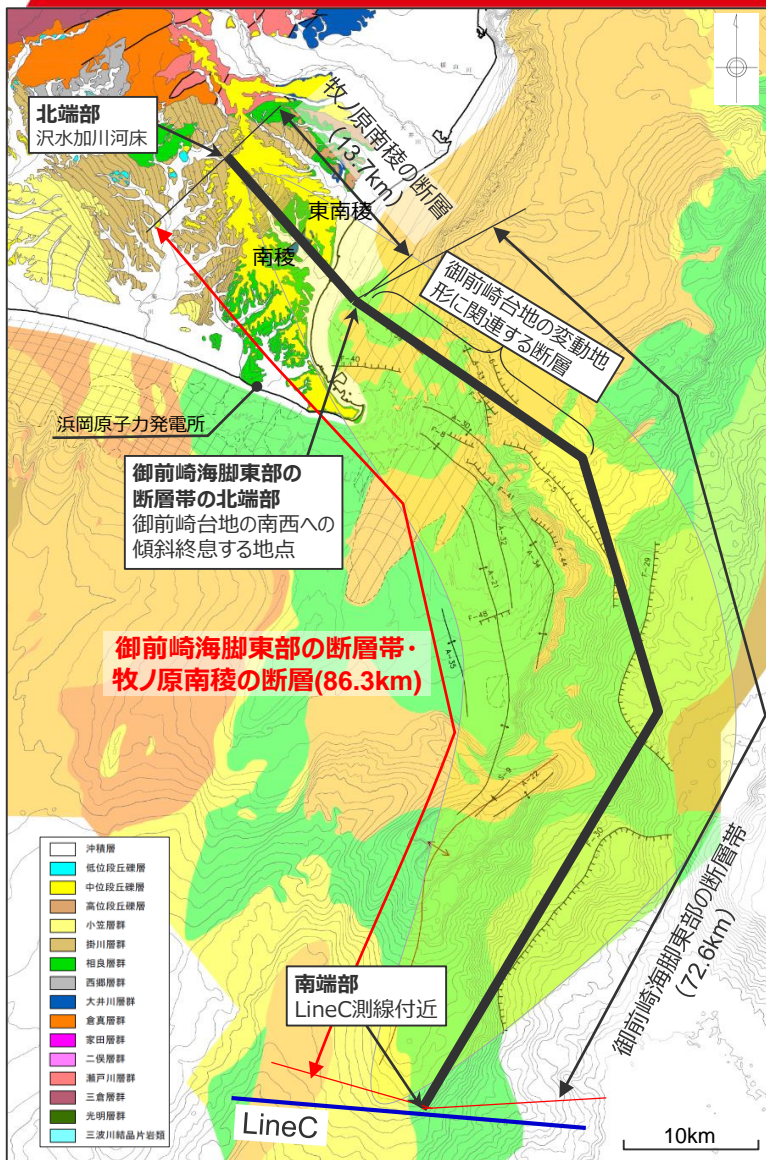
＜震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）※＞

※ プレート間地震は、強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル（直下ケース①）（地震動の顕著な増幅を考慮しない）を描画。

・黒字の丸数字はプレート間地震の強震動生成域のNo.、水色字の数字は分岐断層のアスペリティのNo.を表す。

<補足説明資料④-13 プレート間地震の強震動生成域の位置と分岐断層の強震動励起特性に係る不確かさの組合せを考慮した震源モデル(地震動の顕著な増幅を考慮しない)の設定(補足)>

プレート間地震に伴う分岐断層の長さ



御前崎海脚東部の断層帯・牧ノ原南稜の断層の分布

・「御前崎海脚東部の断層帯・牧ノ原南稜の断層」は、「牧ノ原南稜の断層」が、「御前崎海脚東部の断層帯」の北西方延長に位置することを踏まえて、両断層を合わせて一連の断層として評価した。
(第471回審査会合 資料 1 p.229)

○御前崎海脚東部の断層帯

【全体形状】

・「御前崎海脚東部の断層帯」は、文献調査結果、変動地形調査、海底地形、海上音波探査記録を基に、御前崎の北方沖から金洲ノ瀬の南部付近まで、御前崎海脚に沿って逆L字型に分布する断層として評価した。このうち、北部の「御前崎台地の変動地形に関連する断層」は、背斜構造の走向、御前崎海脚が分布する海底地形、御前崎台地の変形領域、大深度エアガン・マルチによる海上音波探査記録から断層面を設定した。
・さらに、地形変形シミュレーションにより、「御前崎海脚東部の断層帯」による地形変形によって御前崎台地の南西方への傾動が概ね説明することができることを確認した。
(第120回審査会合 資料 1 - 1 p.81-89)

【端部】

・「御前崎海脚東部の断層帯」の北端は、御前崎台地の南西への傾斜が新庄付近で終息すること、P3測線で断層が認められないことから、南西への傾斜が終息する地点までとした。
・「御前崎海脚東部の断層帯」の南端は、外縁隆起帯である金洲ノ瀬の南端付近を横断するLineC測線付近までとした。
(第232回審査会合 資料 3 p.87・p.100)

○牧ノ原南稜の断層

【全体形状】

・「牧ノ原南稜の断層」は、牧ノ原台地の南稜と東南稜の高度差については、活断層を示唆するものではないと考えられるが、より慎重に評価することとし、南稜と東南稜の高度差が認められる範囲に北西 - 南東方向の断層として評価した。

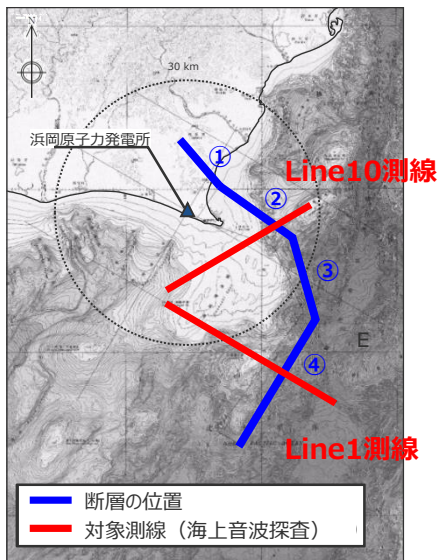
【端部】

・「牧ノ原南稜の断層」の北端部は、より慎重に評価することとし、仁王辻西リニアメントの北西方延長で断層が確認されない沢水加川河床の連続露頭までとした。
(第471回審査会合 資料 1 p.229)

<補足説明資料④-13 プレート間地震の強震動生成域の位置と分岐断層の強震動励起特性に係る不確かさの組合せを考慮した震源モデル(地震動の顕著な増幅を考慮しない)の設定(補足)>

プレート間地震に伴う分岐断層の断層傾斜角

○御前崎海脚東部の断層帯・牧ノ原南稜の断層の断層傾斜角は、活断層評価結果(第120回審査会合資料等)に基づく。

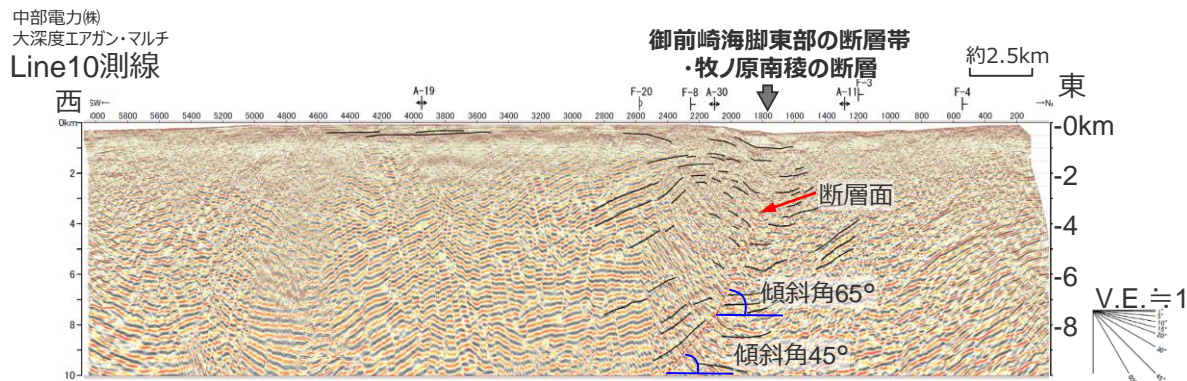


平面図

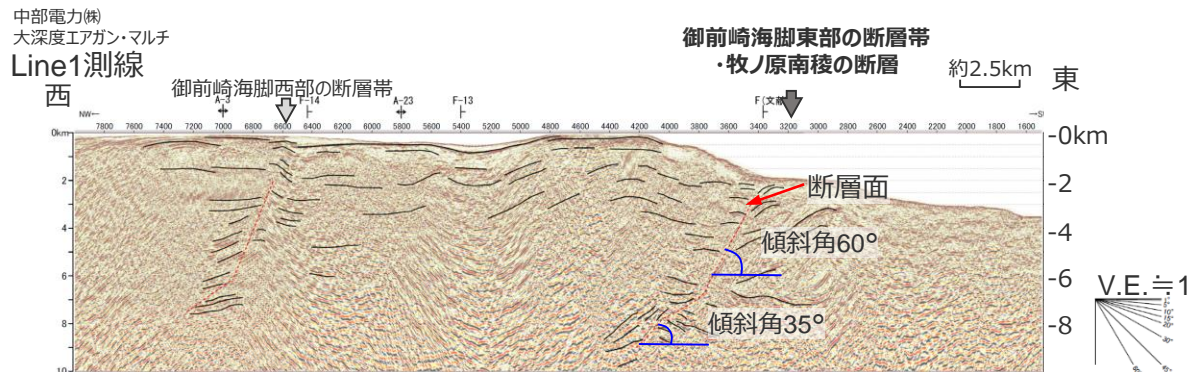
活断層評価結果に基づく断層の傾斜角

セグメント	傾斜角		
	深部	浅部	境界深さ
①	45°	65°	8km
②	45°	65°	
③	35°	65°	6km
④	35°	60°	

- ・セグメント②及び④は、地下構造を確認できる音波探査記録があるため、それに基づき設定した。
- ・セグメント①は、地表面の高度差から、評価上、断層を想定した区間にあたるため、断層傾斜角は連続するセグメント②と同様とした。
- ・セグメント③は、②、④の音波探査記録に基づき、浅部を高角(65°)、深部を低角(35°)とした。



- ・深さ4~8km付近には、65°程度の断層が認められ、それ以深には、やや不明瞭となるものの、45°程度の断層が認められる。



- ・深さ~6km程度には、反射面の傾斜が変化する位置に60°程度の断層が認められ、それ以深には、反射面の傾斜が変化する位置に35°程度の断層が認められる。

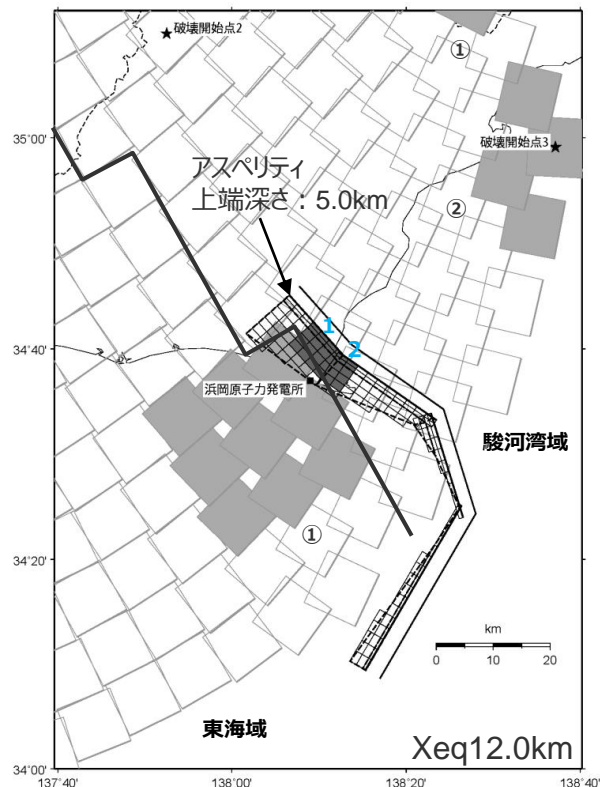
<御前崎海脚東部の断層帯・牧ノ原南稜の断層に係る活断層評価結果(上: Line10測線、下: Line1測線)>

<補足説明資料④-13 プレート間地震の強震動生成域の位置と分岐断層の強震動励起特性に係る不確かさを考慮した震源モデル
(地震動の顕著な増幅を考慮しない) の設定(補足)>

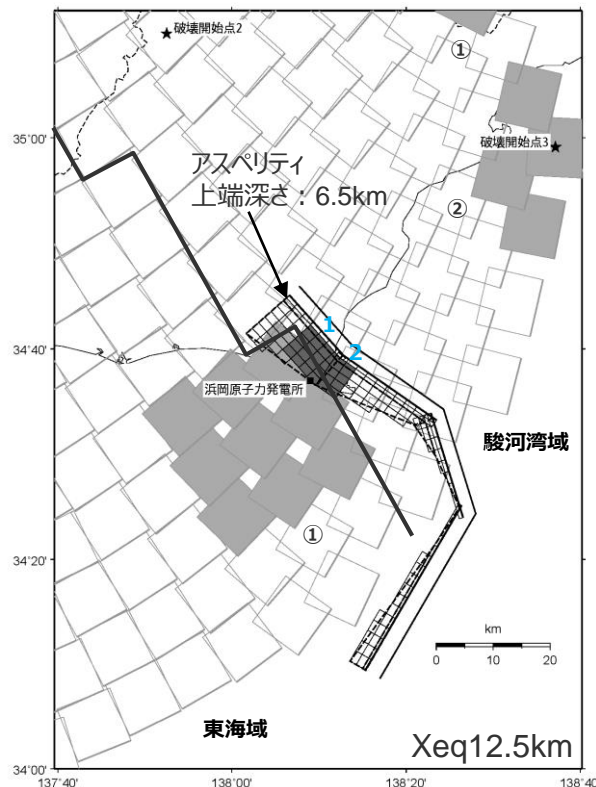
プレート間地震に伴う分岐断層のアスペリティの形状・深さに関するパラメータスタディ

- 「御前崎海脚東部の断層帯・牧ノ原南稜の断層」の震源モデル(地震動の顕著な増幅を考慮しない)に対し、アスペリティの深さを変更したケース①、アスペリティの形状を変更したケース②を設定して等価震源距離 X_{eq} を算出した結果、大きな差異はないものの、「御前崎海脚東部の断層帯・牧ノ原南稜の断層」の震源モデル(地震動の顕著な増幅を考慮しない)の等価震源距離 X_{eq} が最も短いことを確認した。

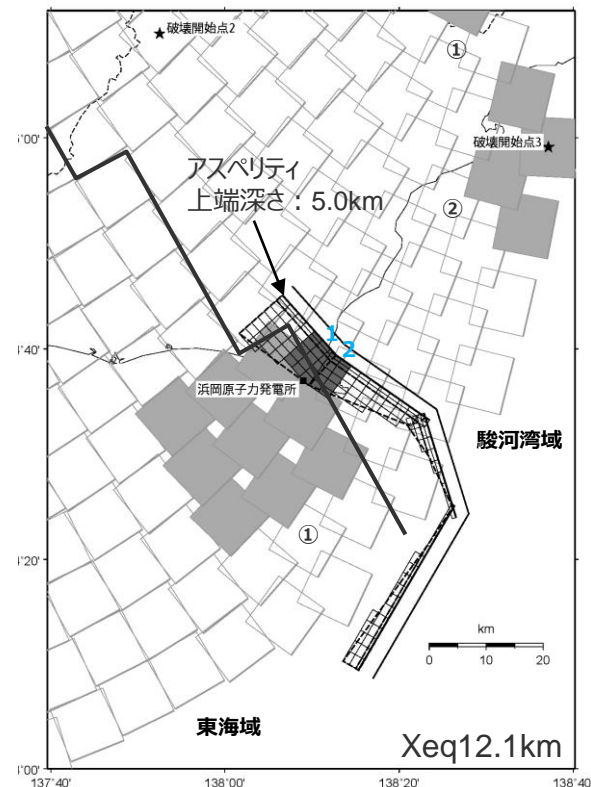
・ケース①、ケース②の震源断層パラメータは「御前崎海脚東部の断層帯・牧ノ原南稜の断層」の震源モデルと同じ。



<震源モデル(地震動の顕著な増幅を考慮しない)※>



<ケース①※>
(アスペリティの深さを変更)



<ケース②※>
(アスペリティの形状を変更)

※ プレート間地震は、強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル(直下ケース①)(地震動の顕著な増幅を考慮しない)を描画。
・黒字の丸数字はプレート間地震の強震動生成域のNo.、水色字の数字は分岐断層のアスペリティのNo.を表す。

<補足説明資料④-13 プレート間地震の強震動生成域の位置と分岐断層の強震動励起特性に係る不確かさの組合せを考慮した震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮しない) の設定 (補足) >

プレート間地震に伴う分岐断層の震源断層パラメータの設定フロー

「御前崎海脚東部の断層帯・牧ノ原南稜の断層 (強震動励起を想定) (地震動の顕著な増幅を考慮しない)」の震源断層パラメータの設定フロー

震源断層長さ・震源断層幅・震源断層面積の設定

震源断層長さ : L (地質調査結果、断層傾斜角及び地震発生層上端深さとの関係による)
震源断層幅 : W (地質調査結果、断層傾斜角及び震源断層上下端深さとの関係による)
震源断層面積 : S (震源断層長さL及び震源断層幅Wによる)

アスペリティの応力降下量・面積・平均すべり量・地震モーメントの設定

アスペリティの応力降下量※ : $\Delta\sigma_a = \Delta\sigma \times (S/S_a)$
アスペリティの面積 : $S_a = 0.22S$
平均応力降下量 : $\Delta\sigma = 3.1\text{MPa}$ (Fujii and Matsu'ura(2000))
アスペリティの平均すべり量 : D_a (プレート間地震 (基本震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮しない)) の平均すべり量による)
アスペリティの地震モーメント : $M_{0a} = \mu S_a D_a$, μ は剛性率

※アスペリティの応力降下量は、強震動予測レシピ(2020)を参考として、内陸地殻内地震と同程度になるよう設定。

地震モーメント・平均すべり量の設定

地震モーメント : $M_0 = \mu DS$
平均すべり量 : $D = D_a/2$

短周期レベルの確認

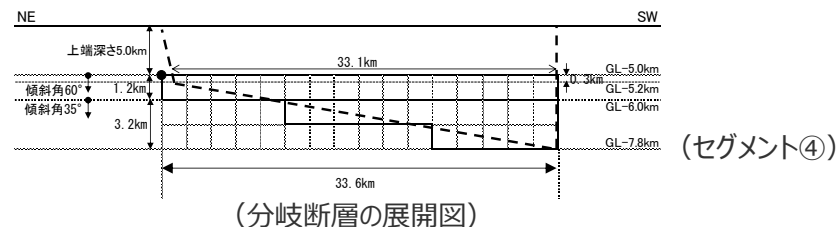
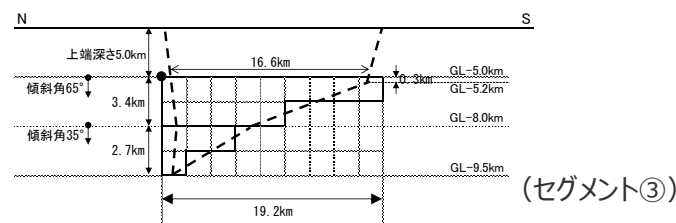
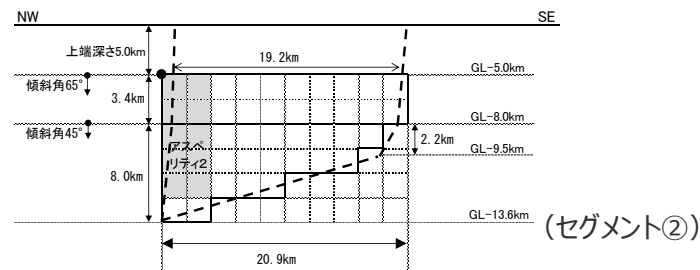
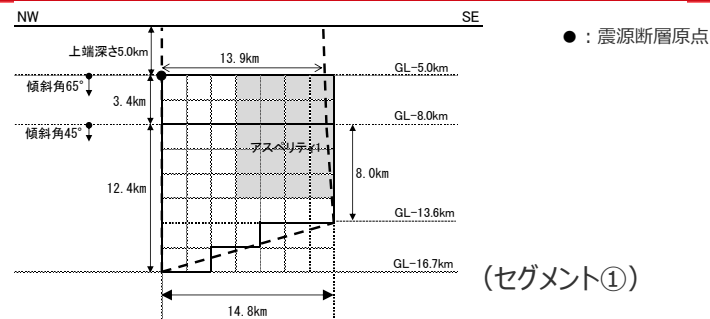
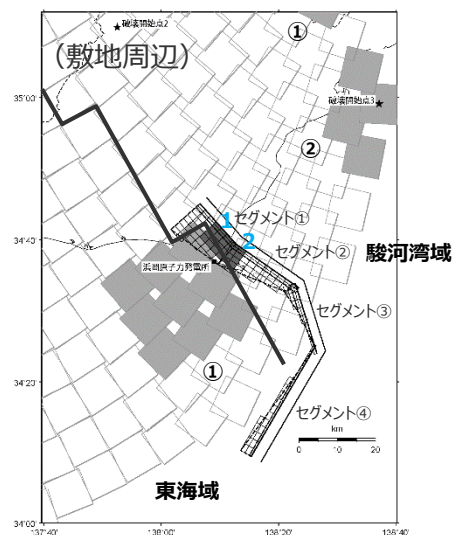
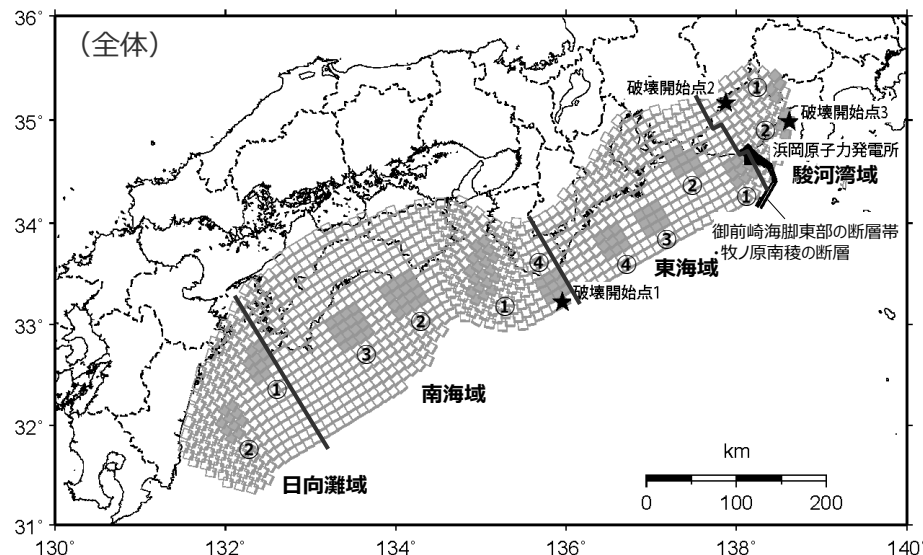
短周期レベル : $A = 4\pi (S_a/\pi)^{0.5} \Delta\sigma_a \beta^2$, β はS波速度

背景領域のパラメータの設定

面積 : $S_b = S - S_a$
地震モーメント : $M_{0b} = M_0 - M_{0a}$
平均すべり量 : $D_b = M_{0b}/(\mu S_b)$
実効応力 : $\sigma_b = 0.2\Delta\sigma_a$

震源モデル

(強震動生成域の位置 (直下ケース①) と分岐断層の強震動励起特性に係る不確かさの組合せを考慮した震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮しない))



(分岐断層の展開図)

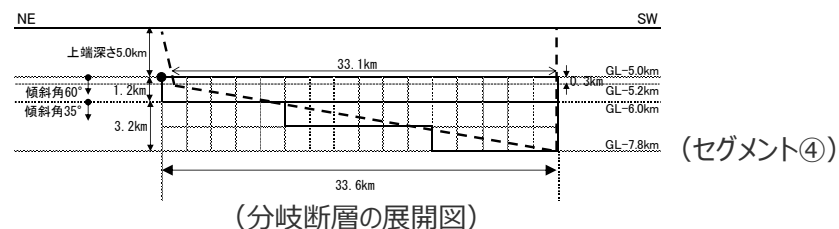
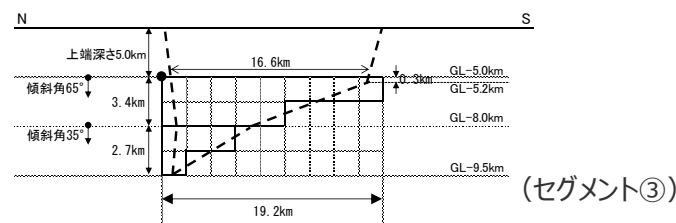
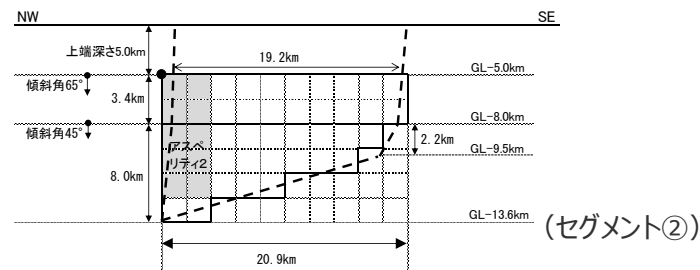
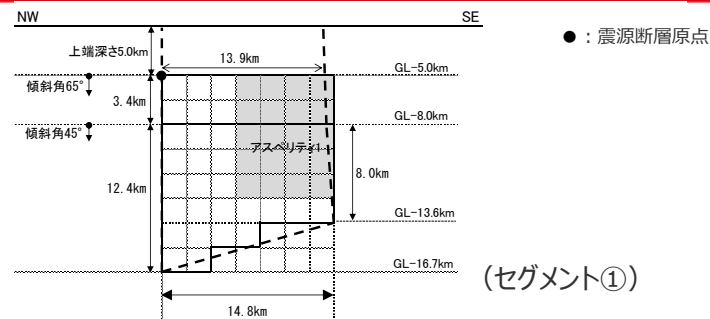
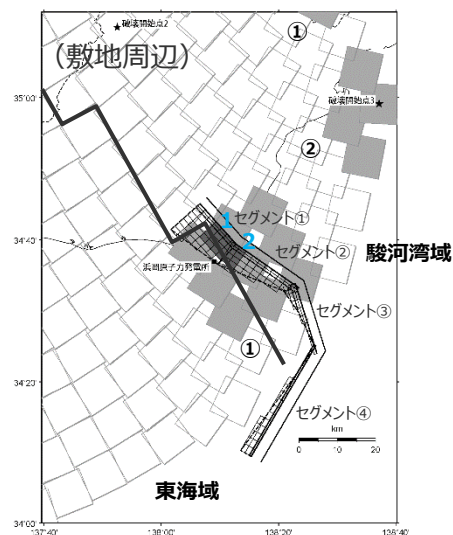
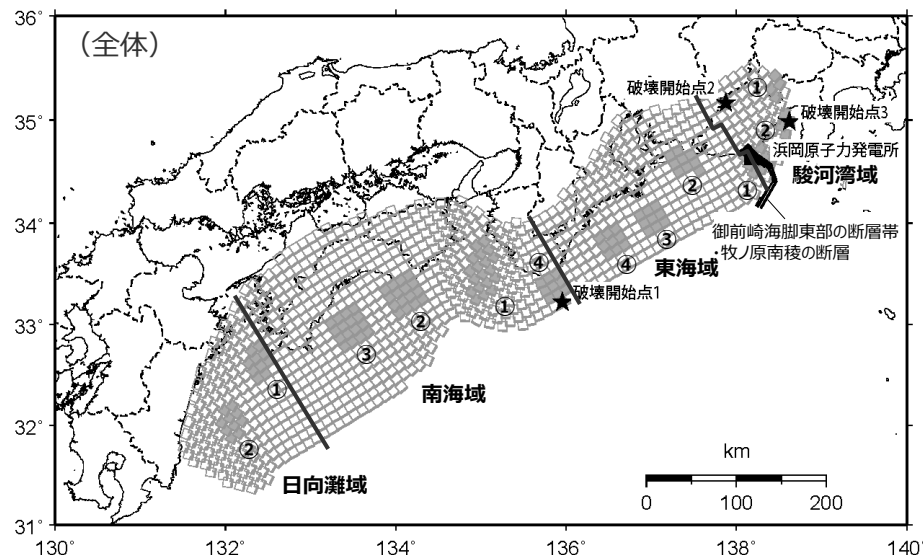
<強震動生成域の位置 (直下ケース①) と分岐断層の強震動励起特性に係る不確かさの組合せを考慮した震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮しない) >

・黒字の丸数字はプレート間地震の強震動生成域のNo., 水色字の数字は分岐断層のアスペリティのNo.を表す。

・下線 () は、一部修正箇所を示す。 241

震源モデル

（強震動生成域の位置（直下ケース②）と分岐断層の強震動励起特性に係る不確かさの組合せを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない））



＜強震動生成域の位置（直下ケース②）と分岐断層の強震動励起特性に係る不確かさの組合せを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）＞

・黒字の丸数字はプレート間地震の強震動生成域のNo.、水色字の数字は分岐断層のアスペリティのNo.を表す。

プレート間地震に伴う分岐断層の震源断層パラメータ (強震動励起を想定)

＜御前崎海脚東部の断層帯・牧ノ原南稜の断層 (強震動励起を想定) (地震動の顕著な増幅を考慮しない) の震源断層パラメータ＞

震源断層パラメータ		設定方法	単位	設定値	
震源断層原点 (北端)	①	北緯(世界測地系)	地質調査結果、断層傾斜角及び地震発生層上端深さとの関係による	-	34.76572°
		東経(世界測地系)	同上	-	138.12892°
	②	北緯(世界測地系)	同上	-	34.67894°
		東経(世界測地系)	同上	-	138.21890°
	③	北緯(世界測地系)	同上	-	34.57109°
		東経(世界測地系)	同上	-	138.40528°
	④	北緯(世界測地系)	同上	-	34.40580°
		東経(世界測地系)	同上	-	138.46659°
走向	①	地質調査結果による	-	138.3°NE	
	②	同上	-	124.9°NE	
	③	同上	-	162.9°NE	
	④	同上	-	210.2°NE	
断層傾斜角	①②	GL-8km以浅	同上	°	65
		GL-8km以深	同上	°	45
	③	GL-8km以浅	同上	°	65
		GL-8km以深	同上	°	35
④	GL-6km以浅	同上	°	60	
	GL-6km以深	同上	°	35	
ずれの種類		同上	-	逆断層	
震源断層上端深さ		地震発生層の検討結果による	km	5.0	
震源断層下端深さ	①	同上	km	13.6~16.7	
	②	同上	km	9.5~13.6	
	③	同上	km	5.2~9.5	
	④	同上	km	5.2~7.8	
活断層長さ	①	L_{0-1} :地質調査結果による	km	13.7	
	②	L_{0-2} :同上	km	19.8	
	③	L_{0-3} :同上	km	19.2	
	④	L_{0-4} :同上	km	33.6	
震源断層長さ	①	L_{5-1} :地質調査結果、断層傾斜角及び地震発生層上端深さとの関係による	km	13.9	
	②	L_{5-2} :同上	km	19.2	
	③	L_{5-3} :同上	km	16.6	
	④	L_{5-4} :同上	km	33.1	
震源断層幅	①	GL-8km以浅	地質調査結果、断層傾斜角及び震源断層上端深さとの関係による	km	3.4
		GL-8km以深	地質調査結果、断層傾斜角及び震源断層下端深さとの関係による	km	8.0~12.4
	②	GL-8km以浅	地質調査結果、断層傾斜角及び震源断層上端深さとの関係による	km	3.4
		GL-8km以深	地質調査結果、断層傾斜角及び震源断層下端深さとの関係による	km	2.2~8.0
	③	GL-8km以浅	地質調査結果、断層傾斜角及び震源断層上端深さとの関係による	km	0.3~3.4
		GL-8km以深	地質調査結果、断層傾斜角及び震源断層下端深さとの関係による	km	0.0~2.7
	④	GL-6km以浅	地質調査結果、断層傾斜角及び震源断層上端深さとの関係による	km	0.3~1.2
		GL-6km以深	地質調査結果、断層傾斜角及び震源断層下端深さとの関係による	km	0.0~3.2
震源断層面積	①	S_1 :震源断層長さ及び震源断層幅による	km ²	195.76	
	②	S_2 :同上	km ²	153.56	
	③	S_3 :同上	km ²	48.69	
	④	S_4 :同上	km ²	76.28	

震源断層パラメータ		設定方法	単位	設定値
震源断層面積		$S=S_1+S_2+S_3+S_4$	km ²	474.29
等価半径		$R=(S/\pi)^{0.5}$	km	12.29
地震モーメント		$M_0=\mu DS$	Nm	6.23E+19
気象庁マグニチュード*		$M_J=(\log M_0-10.72)/1.17$ (武村(1990))	-	7.8
モーメントマグニチュード		$M_w=(\log M_0-9.1)/1.5$ (Kanamori(1977))	-	7.1
剛性率		$\mu=\rho\beta^2$ ($\beta:3.54\text{km/s}, \rho:2.76\text{g/cm}^3$ 地下構造調査結果等に基づく一次元地下構造モデルによる)	N/m ²	3.46E+10
平均すべり量		$D=D_g/2$	m	3.60
平均応力降下量		$\Delta\sigma:Fujii \text{ and Matsuyama}(2000)$	MPa	3.10
短周期レベル		$A=4\pi(S_g/r)^{0.5}\Delta\sigma_g\beta^2$	Nm/s ²	1.28E+19
破壊伝播速度		$Vr=0.72\beta$ (Geller(1976))	km/s	2.55
f_{max}		中央防災会議(2004)による	Hz	6.0
アスペリティ全体	等価半径	$r_a=(S_a/\pi)^{0.5}$	km	5.76
	面積	$S_a=0.22S$	km ²	104.34
	平均すべり量	D_a :プレート間地震(基本震源モデル)の平均すべり量による	m	7.60
	地震モーメント	$M_{0a}=\mu S_a D_a$	Nm	2.74E+19
アスペリティ1	応力降下量	$\Delta\sigma_a=\Delta\sigma\times(S/S_a)$	MPa	14.09
	面積	$S_{a1}=(2/3)S_a$	km ²	69.56
	平均すべり量	D_{a1} :プレート間地震(基本震源モデル)の平均すべり量による	m	7.60
アスペリティ2	地震モーメント	$M_{0a1}=\mu S_{a1} D_{a1}$	Nm	1.83E+19
	応力降下量	$\Delta\sigma_{a1}=\Delta\sigma_a$	MPa	14.09
	面積	$S_{a2}=(1/3)S_a$	km ²	34.78
アスペリティ2	平均すべり量	D_{a2} :プレート間地震(基本震源モデル)の平均すべり量による	m	7.60
	地震モーメント	$M_{0a2}=\mu S_{a2} D_{a2}$	Nm	9.14E+18
	応力降下量	$\Delta\sigma_{a2}=\Delta\sigma_a$	MPa	14.09
背景領域	面積	$S_b=S-S_a$	km ²	369.95
	地震モーメント	$M_{0b}=M_0-M_{0a}$	Nm	3.49E+19
	平均すべり量	$D_b=M_{0b}/(\mu S_b)$	m	2.73
	実効応力	$\sigma_b=0.24\Delta\sigma$	MPa	2.82

(参考) 上記パラメータ設定と強震動予測シビ(2020)に基づく設定との比較

震源断層パラメータ	上記パラメータ設定	強震動予測シビ(2020)に基づく設定※
震源断層面積S(km ²)	474.29	474.29
地震規模M _J	7.8	7.2
地震モーメント(Nm)	6.23×10 ¹⁹	1.25×10 ¹⁹
短周期レベル(Nm/s ²)	1.28×10 ¹⁹	1.23×10 ¹⁹
アスペリティ応力降下量(MPa)	14.09	13.70
アスペリティ面積(km ²)	104.34	102.15
アスペリティ地震モーメント(Nm)	2.74×10 ¹⁹	5.39×10 ¹⁸
アスペリティ平均すべり量(m)	7.60	1.53

※内陸地殻内地震である御前崎海脚西部の断層帯による地震と同様の設定方法。

*アスペリティの短周期レベルは、増・他(2001)による関係式 ($A=4\pi r_a \Delta\sigma_g \beta^2$) に基づく。

補足説明資料④-14

プレート間地震の強震動生成域の位置と内陸地殻内地震の震源として考慮する活断層への破壊伝播に係る不確かさの組合せを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）の設定（補足）

概要

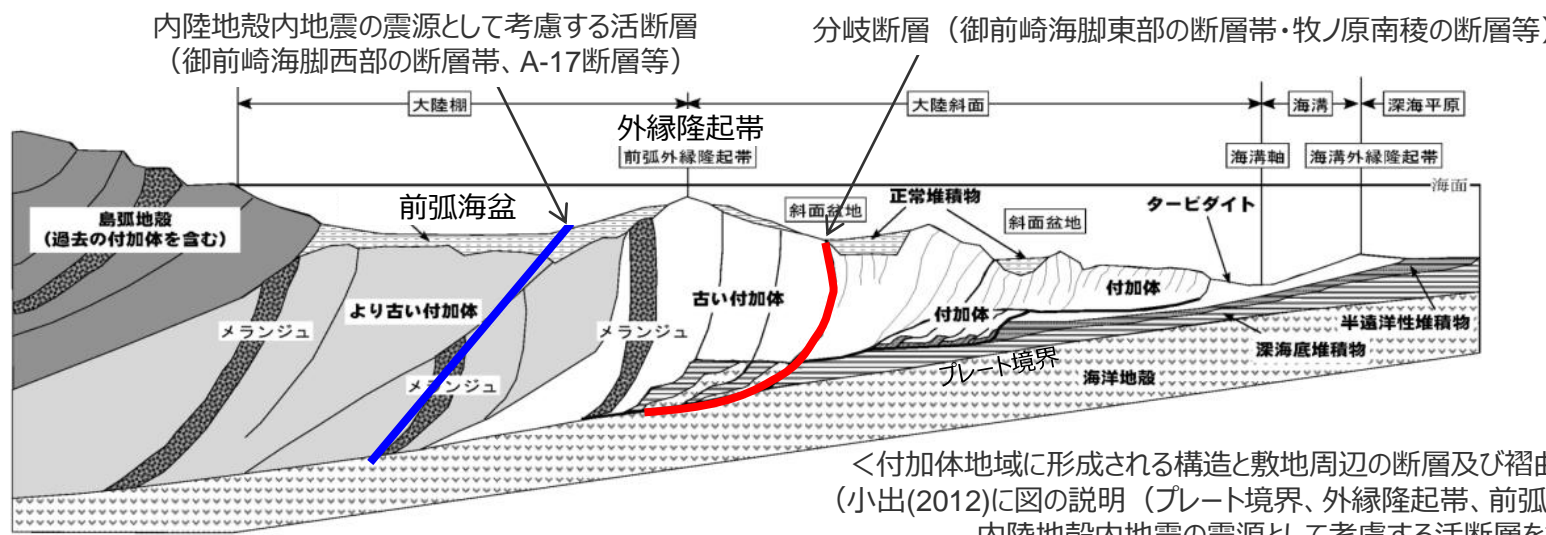
（内陸地殻内地震の震源として考慮する活断層へのプレート境界面の破壊伝播）

南海トラフの分岐断層と地形的特徴（補足説明資料④-03）

- 南海トラフの陸側斜面下にプレートの押し込みにより順次形成される付加体は、海溝陸側斜面の外縁を隆起させ外縁隆起帯を形成し、その背後の堆積盆（前弧海盆）を区切っている（日本地質学会(2006)）。
- 外縁隆起帯のトラフ側斜面の付加体内部では逆断層が確認されており、これがプレート境界から枝分かれた分岐断層と考えられている。また、プレート間地震の際に分岐断層がすべると、分岐断層陸側の海底が持ち上げられ、外縁隆起帯のトラフ側斜面にトラフ軸に平行な急崖が形成される（木村・木下(2009)、小出(2012)、木村・大木(2013)等）。

内陸地殻内地震の震源として考慮する活断層へのプレート境界面の破壊伝播

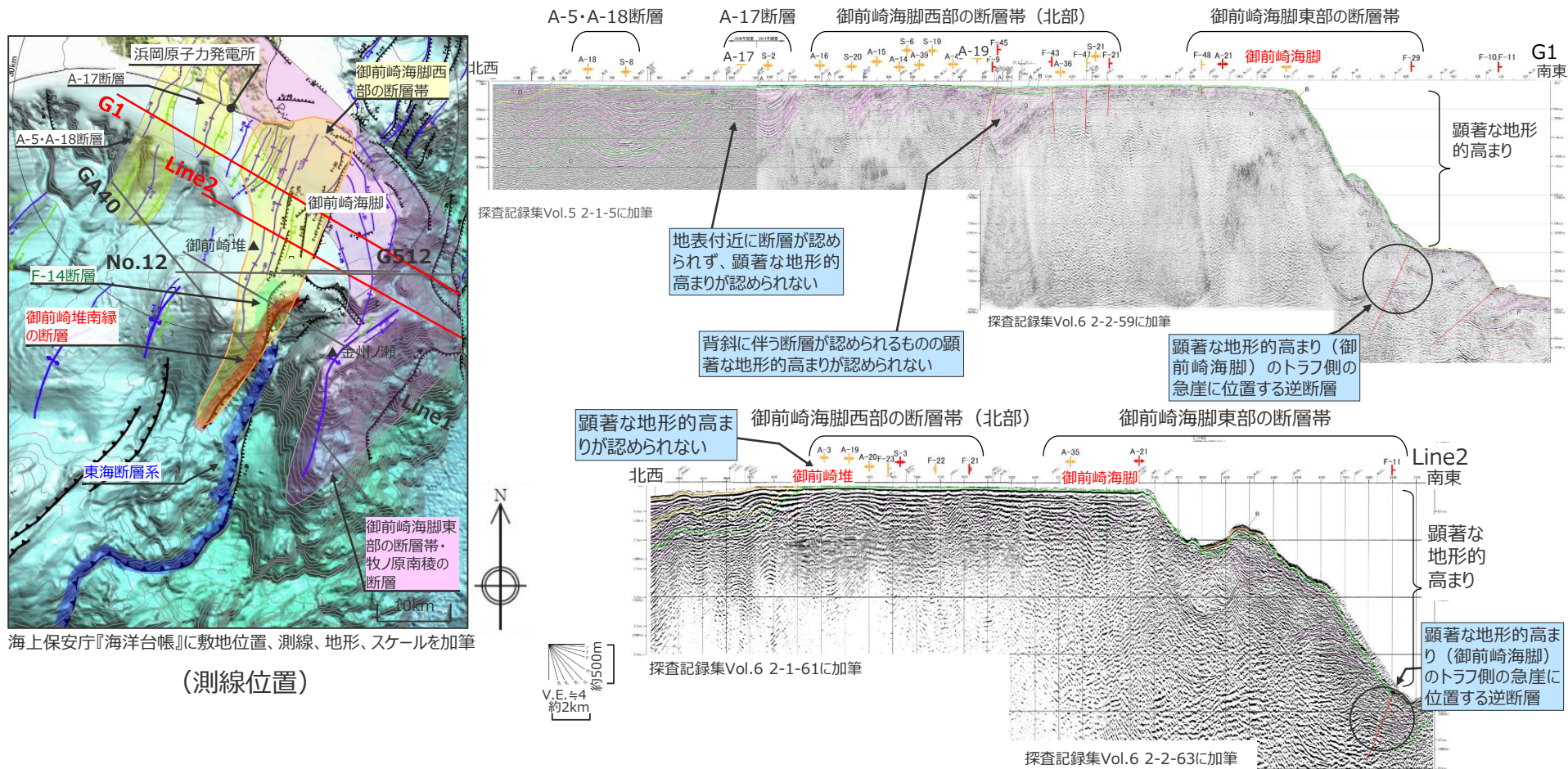
- 分岐断層（御前崎海脚東部の断層帯・牧ノ原南稜の断層等）は、その陸側に外縁隆起帯等の顕著な地形的高まりが認められるのに対し、陸側のより古い付加体内に分布する内陸地殻内地震の震源として考慮する活断層（御前崎海脚西部の断層帯、A-17断層等）は、その陸側に外縁隆起帯等の顕著な地形的高まりが認められない（次ページ参照）。
- ⇒プレート境界面の破壊が外縁隆起帯のトラフ側斜面の付加体内に分布する分岐断層に伝播する活動の繰り返しにより、外縁隆起帯等の顕著な地形的高まりが形成されており、陸側のより古い付加体内に分布し、顕著な地形的高まりとの関連が認められない内陸地殻内地震の震源として考慮する活断層にプレート境界面の破壊が伝播する可能性は低いと考えられる。



概要

（内陸地殻内地震の震源として考慮する活断層へのプレート境界面の破壊伝播）

○G1、Line2測線では、御前崎海脚東部の断層帯の付近に顕著な地形的高まりと急崖が認められるのに対し、A-5・A-18断層、A-17断層及び御前崎海脚西部の断層帯の北部の断層付近に顕著な地形的高まりと急崖が認められない。



＜音波探査断面（上図：G1測線、下図：Line2測線）＞

概要

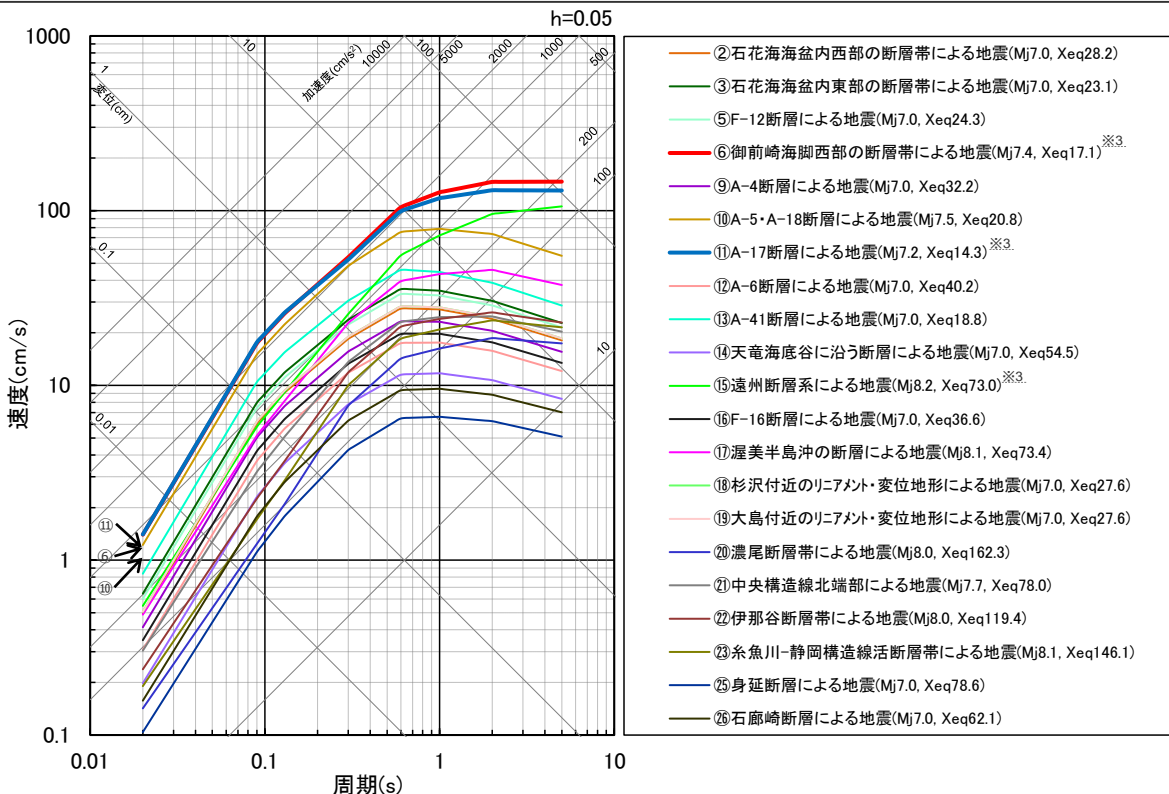
内陸地殻内地震の震源として考慮する活断層への破壊伝播に係る不確かさの考慮

- プレート境界面の破壊が外縁隆起帯のトラフ側斜面の付加体内に分布する分岐断層に伝播する活動の繰り返しにより、外縁隆起帯等の顕著な地形的高まりが形成されており、陸側のより古い付加体内に分布し、顕著な地形的高まりとの関連が認められない内陸地殻内地震の震源として考慮する活断層にプレート境界面の破壊が伝播する可能性は低いと考えられるが、それらの活断層が敷地の近くに分布していることから、より慎重な評価を行うこととし、不確かさの考慮として、プレート間地震の震源断層の破壊が内陸地殻内地震の震源として考慮する活断層に伝播すると想定したケースを考慮する。
- 対象とする内陸地殻内地震の震源として考慮する活断層は、内陸地殻内地震の地震動評価の検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮しない）として選定した御前崎海脚西部の断層帯とA-17断層とする。
- 震源モデル及び震源断層パラメータは、内陸地殻内地震の地震動評価において各不確かさ又は各不確かさの組合せを考慮していることを踏まえ、保守的な評価となるよう、不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）（御前崎海脚西部の断層帯による地震）及び不確かさの組合せを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）（A-17断層による地震）を用いることとする。

<補足説明資料④-14 プレート間地震の強震動生成域の位置と内陸地殻内地震の震源として考慮する活断層への破壊伝播に係る不確かさの組合せを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）の設定（補足）>

内陸地殻内地震の震源として考慮する活断層の選定

- Noda et al.(2002)の方法による応答スペクトルの比較によると、内陸地殻内地震の震源として考慮する活断層による地震については、「御前崎海脚西部の断層帯による地震」と「A-17断層による地震」の応答スペクトルが大きく、敷地への影響が大きいことから、これらの地震を内陸地殻内地震の検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮しない）に選定している。
- プレート間地震の地震動評価における「内陸地殻内地震の震源として考慮する活断層への破壊伝播に係る不確かさの考慮」においては、敷地への影響が大きい「御前崎海脚西部の断層帯」と「A-17断層」を対象とする。



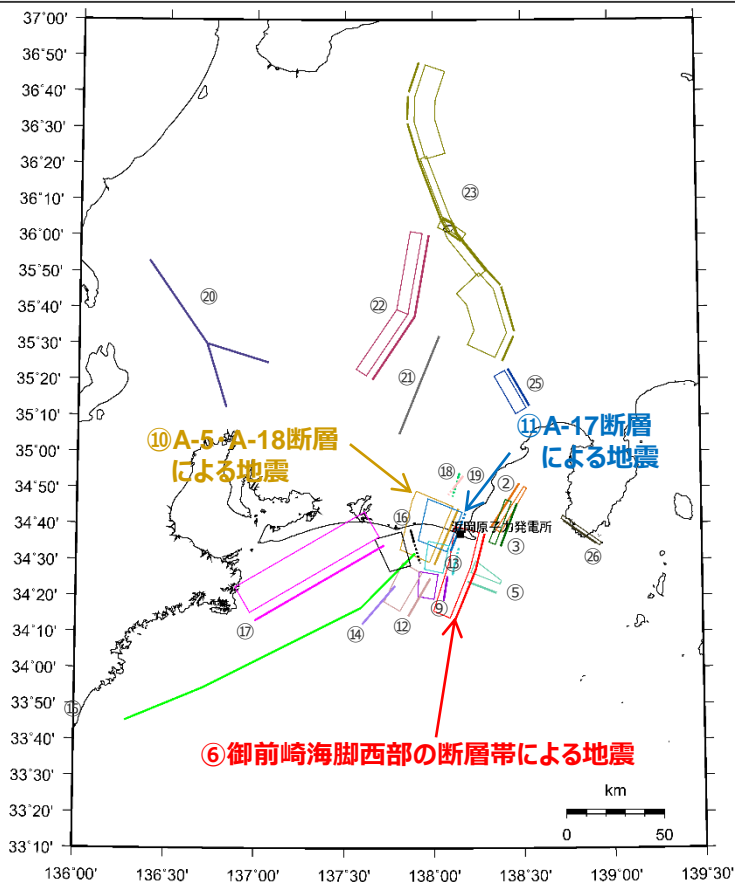
<Noda et al.(2002)の方法による応答スペクトルの比較※1>

(内陸地殻内地震の震源として考慮する活断層による地震（一様断層モデル）)

※1 Xeqは、等価震源距離 (km) を表す。

※2 図中の太実線は地表トレースを、太点線は地表トレース（拡張部分）を表す。

※3 NFRD効果を考慮。



<活断層の位置図※2>

御前崎海脚西部の断層帯による地震の不確かさを考慮した震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮しない) の設定

基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）

- 基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）は、地質調査結果及び強震動予測レシピ(2020)に基づき設定。アスペリティは敷地に近い位置に配置し、破壊開始点は破壊の伝播方向が敷地へ向かうよう複数設定。

基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）に予め考慮した不確かさ（①アスペリティの位置+②破壊開始点）



不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）

【アスペリティの応力降下量の不確かさの考慮】

- 新潟県中越沖地震の知見を踏まえ強震動予測レシピ(2020)によるアスペリティの応力降下量の1.5倍としたケースを考慮する※。

基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）

+不確かさ③
(アスペリティの応力降下量)

【破壊伝播速度の不確かさの考慮】

- 破壊伝播速度の知見を踏まえて、基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）の $V_r=0.72\beta$ （ V_r ：破壊伝播速度、 β ：S波速度）に対し、 $V_r=0.87\beta$ としたケースを考慮する。

基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）

+不確かさ④（破壊伝播速度）

【断層傾斜角の不確かさの考慮】

- 基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）の断層傾斜角 35° （深さ8km以深）に対し、震源断層面が拡大するよう、さらに低角の断層傾斜角 25° としたケースを考慮する。

基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）

+不確かさ⑤（断層傾斜角）

【アスペリティの数の不確かさの考慮】

- 基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）のアスペリティ2つに対し、敷地に近い位置にアスペリティを1つにまとめたケースを考慮する。

基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）

+不確かさ⑥（アスペリティの数）

・内陸地殻内地震の震源として考慮する活断層への破壊伝播に係る不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）として、御前崎海脚西部の断層帯による地震の各不確かさを考慮した震源モデル及び震源断層パラメータを用いる（補足説明資料②参照）。

※壇・他(2001)による関係式 ($A=4\pi r_s \Delta\sigma_s \beta^2$) に基づき、短周期レベルも1.5倍。

御前崎海脚西部の断層帯による地震の不確かさを考慮した震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮しない) の設定

: 基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）に予め不確かさを考慮したパラメータ
 : 不確かさを考慮したパラメータ

検討用地震の震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮しない)	震源断層長さ※1	地震発生層		断層傾斜角※2	アスペリティの応力降下量	破壊伝播速度	アスペリティの数	アスペリティの位置	破壊開始点
		上端	下端						
基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）	46.5km	5km	プレート境界面 (内閣府(2012))	西60° (6km以浅) 西35° (6km以深)	強震動予測 レシビ(2020)	0.72β	2つ	敷地に近い位置に配置	破壊の伝播方向が敷地へ向かうよう配置
アスペリティの応力降下量の不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）	46.5km	5km	プレート境界面 (内閣府(2012))	西60° (6km以浅) 西35° (6km以深)	強震動予測 レシビ(2020) ×1.5倍	0.72β	2つ	敷地に近い位置に配置	破壊の伝播方向が敷地へ向かうよう配置
破壊伝播速度の不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）	46.5km	5km	プレート境界面 (内閣府(2012))	西60° (6km以浅) 西35° (6km以深)	強震動予測 レシビ(2020)	0.87β	2つ	敷地に近い位置に配置	破壊の伝播方向が敷地へ向かうよう配置
断層傾斜角の不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）	46.5km	5km	プレート境界面 (内閣府(2012))	西60° (6km以浅) 西35° (6-8km) 西25° (8km以深)	強震動予測 レシビ(2020)	0.72β	2つ	敷地に近い位置に配置	破壊の伝播方向が敷地へ向かうよう配置
アスペリティの数の不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）	46.5km	5km	プレート境界面 (内閣府(2012))	西60° (6km以浅) 西35° (6km以深)	強震動予測 レシビ(2020)	0.72β	1つ	敷地に近い位置に配置	破壊の伝播方向が敷地へ向かうよう配置

・内陸地殻内地震の震源として考慮する活断層への破壊伝播に係る不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）として、御前崎海脚西部の断層帯による地震の各不確かさを考慮した震源モデル及び震源断層パラメータを用いる（補足説明資料②参照）。

※1 震源断層上端の長さを表す。
 ※2 方位は、震源断層面の傾斜方向を表す。

A-17断層による地震の不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）の設定

- A-17断層は、地表に痕跡はないものの、断層を地表に投影すると敷地の近くにあることを踏まえ、御前崎海脚西部の断層帯による地震と同様の不確かさの考慮※1に加え、各不確かさの組合せも考慮する。

※1 アスペリティの数の不確かさの考慮を除く。

基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）

- 基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）は、地質調査結果及び強震動予測レシピ(2020)に基づき設定。アスペリティは敷地に近い位置に配置し、破壊開始点は破壊の伝播方向が敷地へ向かうよう複数設定。

基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）に予め考慮した不確かさ（①アスペリティの位置+②破壊開始点）

不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）

【アスペリティの応力降下量の不確かさの考慮】

- 新潟県中越沖地震の知見を踏まえ強震動予測レシピ(2020)によるアスペリティの応力降下量の1.5倍としたケースを考慮する※2。

【破壊伝播速度の不確かさの考慮】

- 破壊伝播速度の知見を踏まえて、基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）の $V_r=0.72\beta$ （ V_r ：破壊伝播速度、 β ：S波速度）に対し、 $V_r=0.87\beta$ としたケースを考慮する。

【断層傾斜角の不確かさの考慮】

- パラメータスタディの結果を踏まえて、基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）の 60° （深さ6km以浅）・ 35° （深さ6km以深）に対し、震源断層面が拡大するよう、さらに低角の断層傾斜角 25° としたケースを考慮する。

基本震源モデル

（地震動の顕著な増幅を考慮しない）
+不確かさ③（アスペリティの応力降下量）

基本震源モデル

（地震動の顕著な増幅を考慮しない）
+不確かさ④（破壊伝播速度）

基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）
+不確かさ⑤（断層傾斜角）

不確かさの組合せを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）

【アスペリティの応力降下量と破壊伝播速度の不確かさの組合せの考慮】

基本震源モデル

（地震動の顕著な増幅を考慮しない）
+不確かさ③（アスペリティの応力降下量）
+不確かさ④（破壊伝播速度）

【アスペリティの応力降下量と断層傾斜角の不確かさの組合せの考慮】

基本震源モデル

（地震動の顕著な増幅を考慮しない）
+不確かさ③（アスペリティの応力降下量）
+不確かさ⑤（断層傾斜角）

【破壊伝播速度と断層傾斜角の不確かさの組合せの考慮】

基本震源モデル

（地震動の顕著な増幅を考慮しない）
+不確かさ④（破壊伝播速度）
+不確かさ⑤（断層傾斜角）

・内陸地殻内地震の震源として考慮する活断層への破壊伝播に係る不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）として、A-17断層による地震の各不確かさの組合せを考慮した震源モデル及び震源断層パラメータを用いる（補足説明資料②参照）。

※2 壇・他(2001)による関係式 ($A=4\pi r_s \Delta\sigma \beta^2$) に基づき、短周期レベルも1.5倍。

・下線 () は、一部修正箇所を示す。
・第841回審査会合資料1-1 p.174と同様の記載を追加。

<補足説明資料④-14 プレート間地震の強震動生成域の位置と内陸地殻内地震の震源として考慮する活断層への破壊伝播に係る不確かさの組合せを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）の設定（補足）>

A-17断層による地震の不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）の設定

: 基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）に予め不確かさを考慮したパラメータ
 : 不確かさを考慮したパラメータ

検討用地震の震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮しない)	震源断層長さ※1	地震発生層		断層傾斜角※2	アスペリティの応力降下量	破壊伝播速度	アスペリティの数	アスペリティの位置	破壊開始点
		上端	下端						
基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）	21.7km	5km	プレート境界面 (内閣府(2012))	西60° (6km以浅) 西35° (6km以深)	強震動予測 レシピ(2020)	0.72β	1つ	敷地に近い 位置に配置	破壊の伝播方向が敷地へ向かうよう配置
アスペリティの応力降下量の不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）	21.7km	5km	プレート境界面 (内閣府(2012))	西60° (6km以浅) 西35° (6km以深)	強震動予測 レシピ(2020) ×1.5倍	0.72β	1つ	敷地に近い 位置に配置	破壊の伝播方向が敷地へ向かうよう配置
破壊伝播速度の不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）	21.7km	5km	プレート境界面 (内閣府(2012))	西60° (6km以浅) 西35° (6km以深)	強震動予測 レシピ(2020)	0.87β	1つ	敷地に近い 位置に配置	破壊の伝播方向が敷地へ向かうよう配置
断層傾斜角の不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）	21.7km	5km	プレート境界面 (内閣府(2012)) ただし、20km下限	西25°	強震動予測 レシピ(2020)	0.72β	1つ	敷地に近い 位置に配置	破壊の伝播方向が敷地へ向かうよう配置
アスペリティの応力降下量と破壊伝播速度の不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）	21.7km	5km	プレート境界面 (内閣府(2012))	西60° (6km以浅) 西35° (6km以深)	強震動予測 レシピ(2020) ×1.5倍	0.87β	1つ	敷地に近い 位置に配置	破壊の伝播方向が敷地へ向かうよう配置
アスペリティの応力降下量と断層傾斜角の不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）	21.7km	5km	プレート境界面 (内閣府(2012)) ただし、20km下限	西25°	強震動予測 レシピ(2020) ×1.5倍	0.72β	1つ	敷地に近い 位置に配置	破壊の伝播方向が敷地へ向かうよう配置
破壊伝播速度と断層傾斜角の不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）	21.7km	5km	プレート境界面 (内閣府(2012)) ただし、20km下限	西25°	強震動予測 レシピ(2020)	0.87β	1つ	敷地に近い 位置に配置	破壊の伝播方向が敷地へ向かうよう配置

・内陸地殻内地震の震源として考慮する活断層への破壊伝播に係る不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）として、A-17断層による地震の各不確かさの組合せを考慮した震源モデル及び震源断層パラメータを用いる（補足説明資料②参照）。

※1 震源断層上端の長さを表す。※2 方位は、震源断層面の傾斜方向を表す。

・下線 (____) は、一部修正箇所を示す。
 ・第841回審査会合資料1-1 p.176と同様の記載を追加。

補足説明資料④-15

連動ケースで用いる御前崎海脚西部の断層帯による地震の断層傾斜角の不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）の設定（補足）

検討概要

- 「強震動生成域の位置（直下ケース①、直下ケース②）と内陸地殻内地震の震源として考慮する活断層（御前崎海脚西部の断層帯）への破壊伝播に係る不確かさの組合せを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）」で用いる「御前崎海脚西部の断層帯の断層傾斜角の不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）」は、アスペリティ面積比が32%程度であり少し大きいことを踏まえ、強震動予測レシピに暫定的にアスペリティ面積比が大きくなる場合の方法として示された「アスペリティ面積比22%、平均応力降下量3.1MPaで設定する方法（下記（ii））」で震源モデルを設定し、採用している震源モデルとの震源断層パラメータ及び統計的グリーン関数法による地震動評価結果の比較を行った。

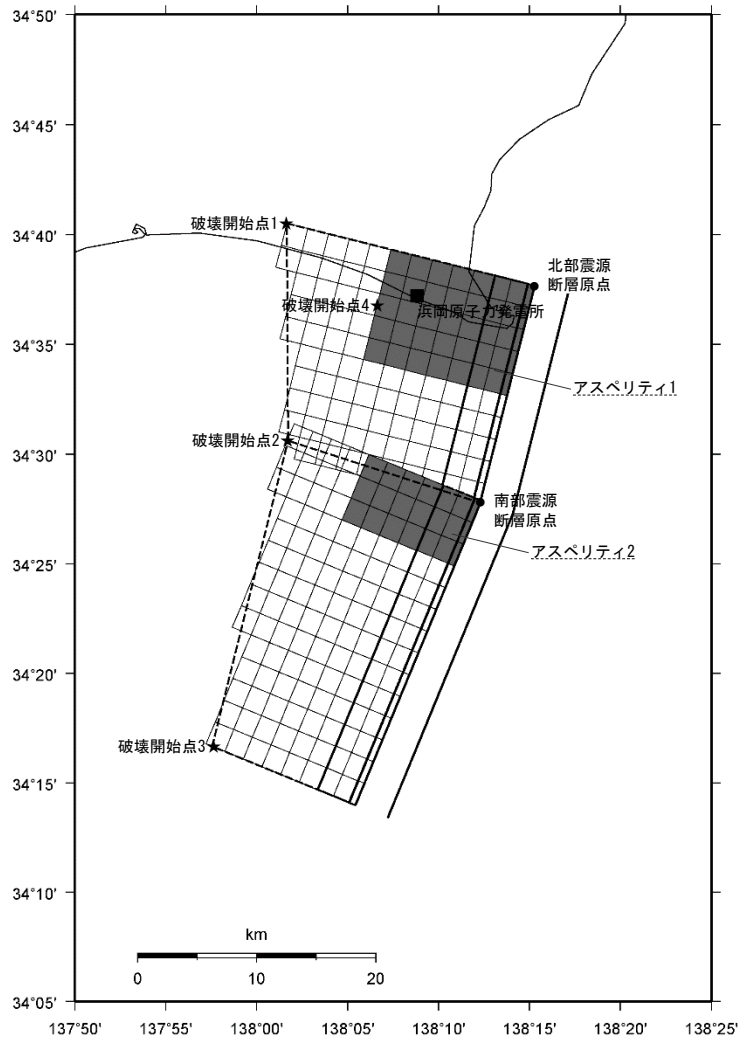
<震源断層を特定した地震の強震動予測手法（「レシピ」）（地震調査員会(2020)）抜粋>

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

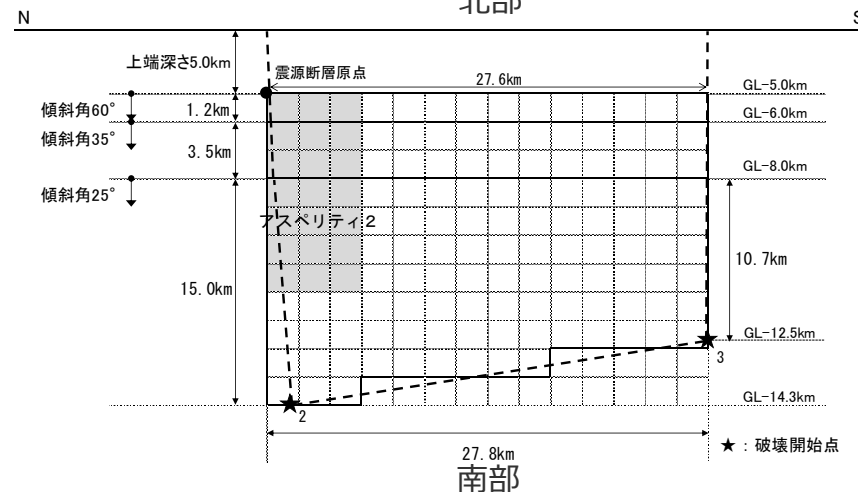
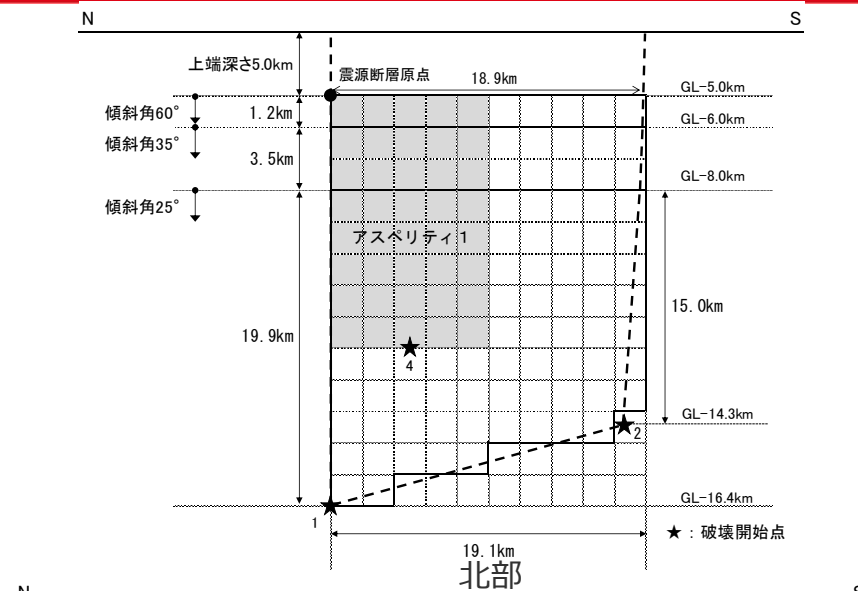
- (i) 断層幅と平均すべり量とが飽和する目安となる $M_0 = 1.8 \times 10^{20}$ (N・m)を上回る断層。
- (ii) $M_0 = 1.8 \times 10^{20}$ (N・m)を上回らない場合でも、アスペリティ面積比が大きくなったり背景領域の応力降下量が負になるなど、非現実的なパラメータ設定になり、円形クラックの式を用いてアスペリティの大きさを決めることが困難な断層等。

<補足説明資料④-15 連動ケースで用いる御前崎海脚西部の断層帯による地震の断層傾斜角の不確かさを考慮した震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮しない) の設定 (補足) >

震源モデル (アスペリティ面積比22%、平均応力降下量3.1MPaで設定)



(地表面投影図)



(展開図)

<断層傾斜角の不確かさを考慮した震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮しない) (御前崎海脚西部の断層帯による地震) (アスペリティ面積比22%、平均応力降下量3.1MPaで設定) >

<補足説明資料④-15 連動ケースで用いる御前崎海脚西部の断層帯による地震の断層傾斜角の不確かさを考慮した震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮しない) の設定 (補足) >

震源断層パラメータ (アスペリティ面積比22%、平均応力降下量3.1MPaで設定)

<断層傾斜角の不確かさを考慮した震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮しない) の震源断層パラメータ (御前崎海脚西部の断層帯による地震) (アスペリティ面積比22%、平均応力降下量3.1MPaで設定) >

震源断層パラメータ		設定方法	単位	設定値
震源断層原点 (北端)	北部	北緯(世界測地系)	-	34.62800°
		東経(世界測地系)	-	138.25486°
	南部	北緯(世界測地系)	-	34.46467°
		東経(世界測地系)	-	138.20581°
走向	北部	地質調査結果による	-	194.1°NE
	南部	同上	-	202.4°NE
断層傾斜角	GL-6km以浅	同上	°	60
	GL-6km~GL-8km	同上	°	35
	GL-8km以深	不確かさの検討結果による	°	25
ずれの種類	地質調査結果による	-	-	逆断層
震源断層上端深さ	地質調査結果による	km	5.0	
震源断層下端深さ	北部	同上	km	14.3~16.4
	南部	同上	km	12.5~14.3
活断層長さ	北部	L_{0-1} :地質調査結果による	km	19.1
	南部	L_{0-2} :同上	km	27.8
震源断層長さ	北部	L_{S-1} :地質調査結果、断層傾斜角及び地震発生層上端深さとの関係による	km	18.9
	南部	L_{S-2} :同上	km	27.6
震源断層幅	北部(GL-6km以浅)	地質調査結果、断層傾斜角及び地震発生層上端深さとの関係による	km	1.2
	北部(GL-6km~GL-8km)	地質調査結果、断層傾斜角による	km	3.5
	北部(GL-8km以深)	地質調査結果、断層傾斜角及び地震発生層下端深さとの関係による	km	15.0~19.9
	南部(GL-6km以浅)	地質調査結果、断層傾斜角及び地震発生層上端深さとの関係による	km	1.2
	南部(GL-6km~GL-8km)	地質調査結果、断層傾斜角による	km	3.5
震源断層面積	北部	S_1 :震源断層長さ及び震源断層幅による	km ²	403.69
	南部	S_2 :同上	km ²	474.52
震源断層面積	$S=S_1+S_2$	km ²	878.21	
等価半径	$R=(S/\pi)^{0.5}$	km	16.72	
地震モーメント	$M_0=[S/(4.24 \times 10^{-11})]^{2.0}/10^7$ (入倉・三宅(2001))	Nm	4.29E+19	

震源断層パラメータ		設定方法	単位	設定値
気象庁マグニチュード		$M_J=(\log(L_{0-1}+L_{0-2})+2.9)/0.6$ (松田(1975))	-	7.6
		$M_J=(\log M_0-10.72)/1.17$ (武村(1990))	-	7.6
モーメントマグニチュード		$M_w=(\log M_0-9.1)/1.5$ (Kanamori(1977))	-	7.0
剛性率		$\mu=\rho\beta^2\beta$ (3.54km/s, $\rho:2.76\text{g/cm}^3$ (地下構造調査結果等に基づく一次元地下構造モデルによる))	N/m ²	3.46E+10
平均すべり量		$D=M_0/(\mu S)$	m	1.41
平均応力降下量		$\Delta\sigma$ (Fuji and Matsuura(2000))	MPa	3.10
短周期レベル		$A=4\pi r_a \Delta\sigma_a \beta^2$ (アスペリティ全体) (壇・他(2001))	Nm/s ²	1.74E+19
破壊伝播速度		$Vr=0.72\beta$ (Geller(1976))	km/s	2.55
f_{max}		中央防災会議(2004)による	Hz	6.0
アスペリティ全体	等価半径	$r_a=(S_a/\pi)^{0.5}$	km	7.84
	面積	$S_a=0.22S$	km ²	193.21
	平均すべり量	$D_a=2D$	m	2.825
	地震モーメント	$M_{0a}=\mu S_a D_a$	Nm	1.89E+19
アスペリティ1	応力降下量	$\Delta\sigma_a=\Delta\sigma \times (S/S_a)$	MPa	14.09
	面積	$S_{a1}=(2/3) \times S_a$	km ²	128.80
	地震モーメント	$M_{0a1}=M_{0a} \times S_{a1}^{1.5}/(S_{a1}^{1.5}+S_{a2}^{1.5})$	Nm	1.39E+19
	平均すべり量	$D_{a1}=M_{0a1}/(\mu S_{a1})$	m	3.130
アスペリティ2	応力降下量	$\Delta\sigma_{a1}=\Delta\sigma_a$	MPa	14.09
	面積	$S_{a2}=(1/3) \times S_a$	km ²	64.40
	地震モーメント	$M_{0a2}=M_{0a} \times S_{a2}^{1.5}/(S_{a1}^{1.5}+S_{a2}^{1.5})$	Nm	4.93E+18
	平均すべり量	$D_{a2}=M_{0a2}/(\mu S_{a2})$	m	2.214
背景領域	応力降下量	$\Delta\sigma_{a2}=\Delta\sigma_a$	MPa	14.09
	面積	$S_b=S-S_a$	km ²	685.00
	地震モーメント	$M_{0b}=M_0-M_{0a}$	Nm	2.40E+19
	平均すべり量	$D_b=M_{0b}/(\mu S_b)$	m	1.014
実効応力	$\sigma_b=0.2\Delta\sigma_a$	MPa	2.82	

・アスペリティの短周期レベルは、壇・他(2001)による関係式 ($A=4\pi r_a \Delta\sigma_a \beta^2$) に基づく。

<補足説明資料④-15 連動ケースで用いる御前崎海脚西部の断層帯による地震の断層傾斜角の不確かさを考慮した震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮しない) の設定 (補足) >

震源断層パラメータの設定フロー (アスペリティ面積比22%、平均応力降下量3.1MPaで設定)

「御前崎海脚西部の断層帯の断層傾斜角の不確かさを考慮した震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮しない) (アスペリティ面積比22%、平均応力降下量3.1MPaで設定した場合)」の震源断層パラメータの設定フロー

震源断層長さ・震源断層幅・震源断層面積の設定

震源断層長さ : L (地質調査結果、断層傾斜角及び地震発生層上端深さとの関係による)
 震源断層幅 : W (地質調査結果、断層傾斜角及び地震発生層上下端深さとの関係による)
 震源断層面積 : S (震源断層長さL及び震源断層幅Wによる)

地震モーメント・平均応力降下量・平均すべり量の設定

地震モーメント : $M_0 = \{S / (4.24 \times 10^{-11})\}^{2.0} / 10^7$ (入倉・三宅(2001))
 平均応力降下量 : $\Delta\sigma = 3.1 \text{MPa}$ (Fujii and Matsu'ura(2000))
 平均すべり量 : $D = M_0 / (\mu S)$ 、 μ は剛性率

アスペリティの面積・平均すべり量・地震モーメント・応力降下量の設定

アスペリティの面積 : $S_a = 0.22S$ (Somerville et al.(1999))
 アスペリティの平均すべり量 : $D_a = 2D$
 アスペリティの地震モーメント : $M_{0a} = \mu S_a D_a$
 アスペリティの応力降下量 : $\Delta\sigma_a = \Delta\sigma \times (S/S_a)$

短周期レベルの確認

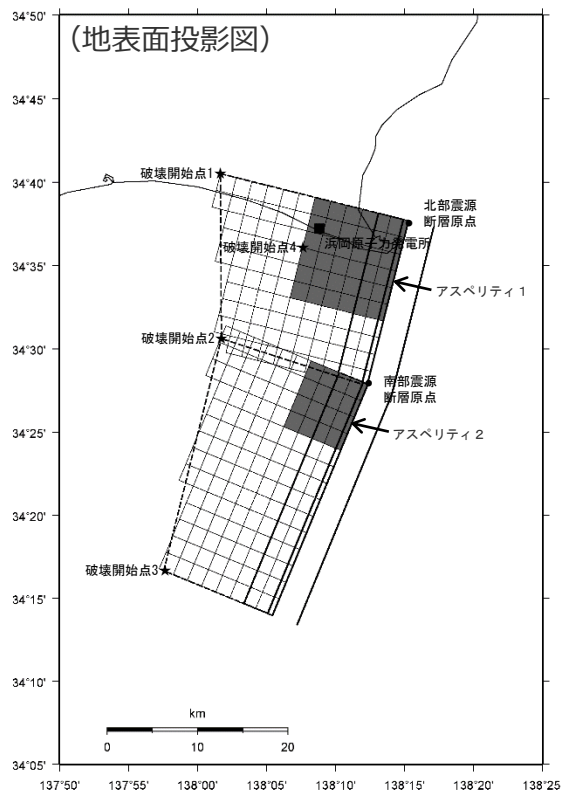
短周期レベル : $A = 4\pi (S_a/\pi)^{0.5} \Delta\sigma_a \beta^2$ 、 β はS波速度

背景領域のパラメータの設定

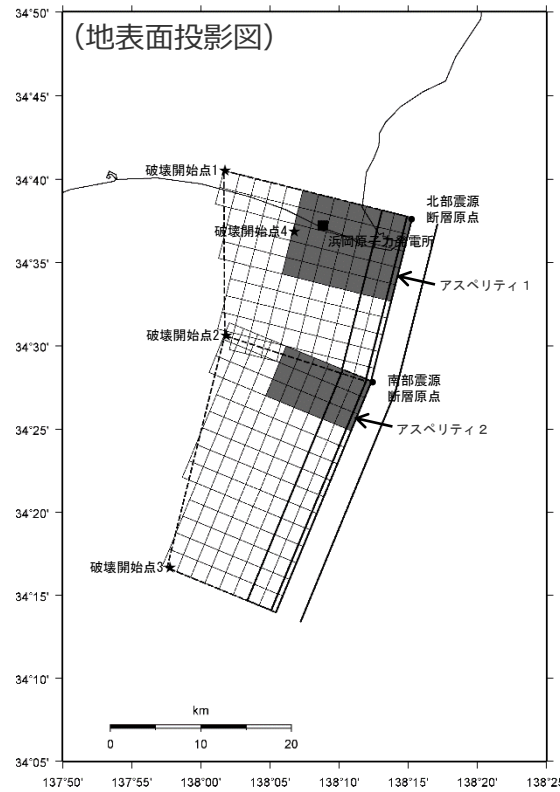
面積 : $S_b = S - S_a$
 地震モーメント : $M_{0b} = M_0 - M_{0a}$
 平均すべり量 : $D_b = M_{0b} / (\mu S_b)$
 実効応力 : $\sigma_b = 0.2 \Delta\sigma_a$

アスペリティの形状（アスペリティ面積比22%、平均応力降下量3.1MPaで設定）

○「強震動生成域の位置（直下ケース①、直下ケース②）と内陸地殻内地震の震源として考慮する活断層（御前崎海脚西部の断層帯）への破壊伝播に係る不確かさの組合せを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）」で用いる「御前崎海脚西部の断層帯の断層傾斜角の不確かさを考慮した震源モデル」のアスペリティ形状に関し、アスペリティの形状を概ね等方となるように設定したケースAと、アスペリティを敷地側に寄せて設定したケースBについて検討し、震源断層全体及び各アスペリティの断層最短距離Xshと等価震源距離Xeqは同じであること、ケースBの敷地直下のアスペリティ1の等価震源距離XeqがケースAより若干短いことを踏まえ、アスペリティ形状としてケースBを採用することとした。



(ケースA)



(ケースB)

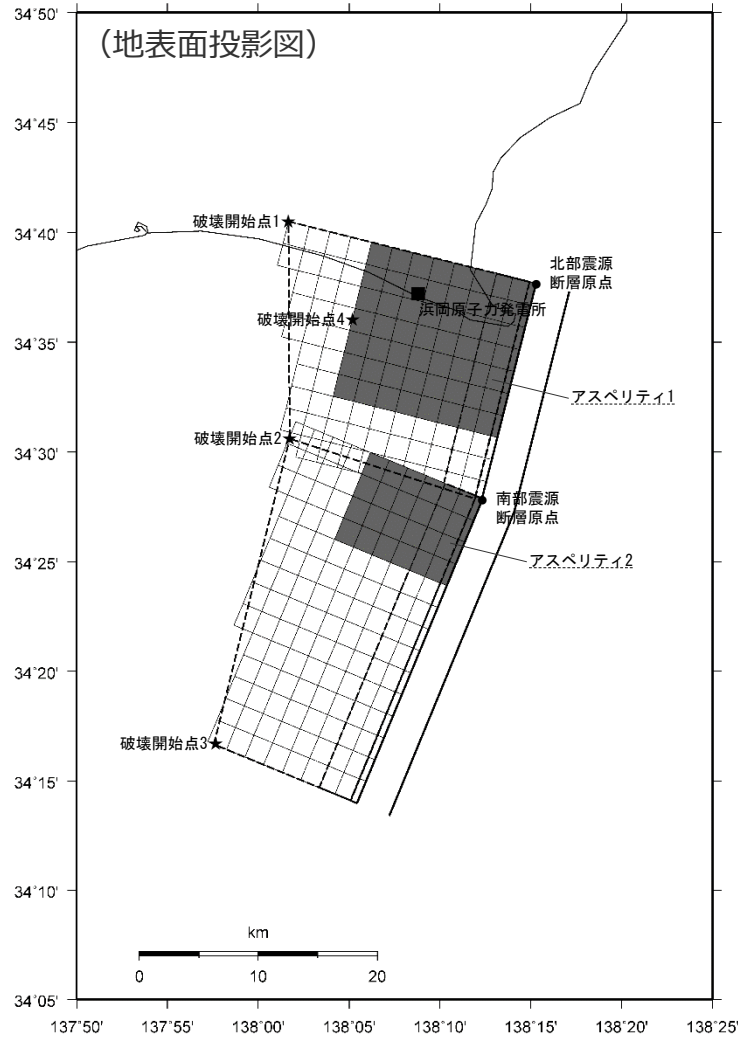
＜断層最短距離Xsh及び等価震源距離Xeq＞

	ケースA	ケースB
全体のXsh	9.8	9.8
全体のXeq	13.1	13.1
アスペリティ1のXsh	9.8	9.8
アスペリティ1のXeq	10.9	10.8
アスペリティ2のXsh	17.5	17.5
アスペリティ2のXeq	21.0	20.2

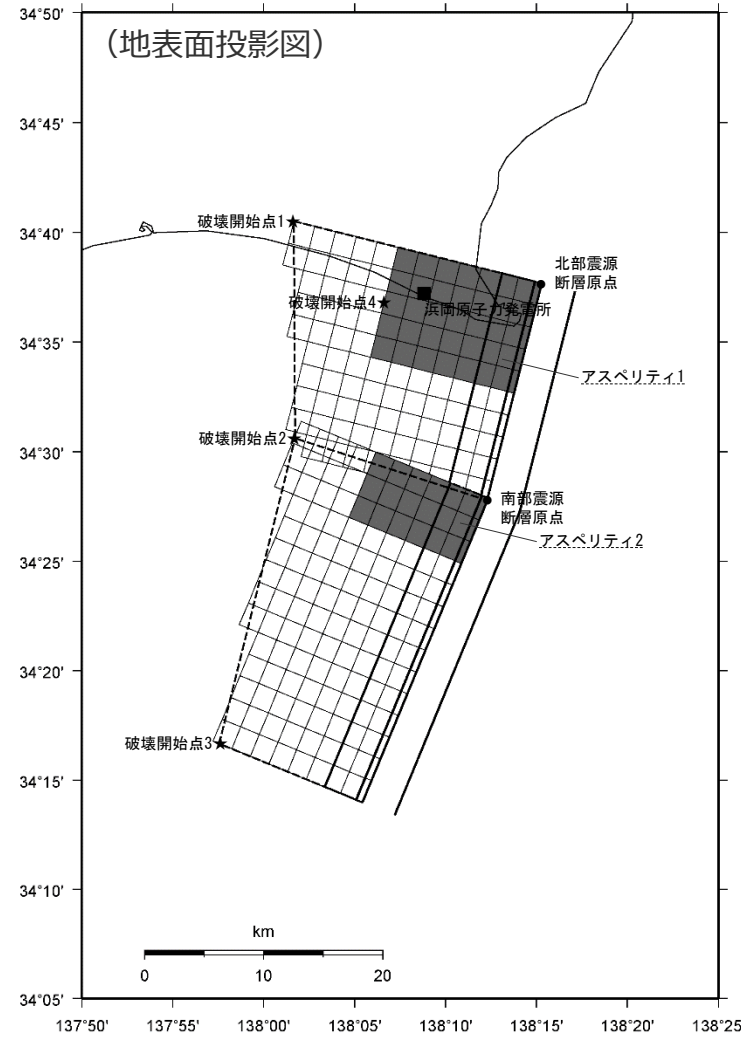
単位：km

＜断層傾斜角の不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）（御前崎海脚西部の断層帯による地震）（アスペリティ面積比22%、平均応力降下量3.1MPaで設定）＞

震源モデルの比較



(採用している震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮しない))



(アスペリティ面積比22%、平均応力低下量3.1MPaで設定した震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮しない))

<断層傾斜角の不確かさを考慮した震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮しない) (御前崎海脚西部の断層帯による地震) の比較>

<補足説明資料④-15 連動ケースで用いる御前崎海脚西部の断層帯による地震の断層傾斜角の不確かさを考慮した震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮しない) の設定 (補足) >

震源断層パラメータの比較

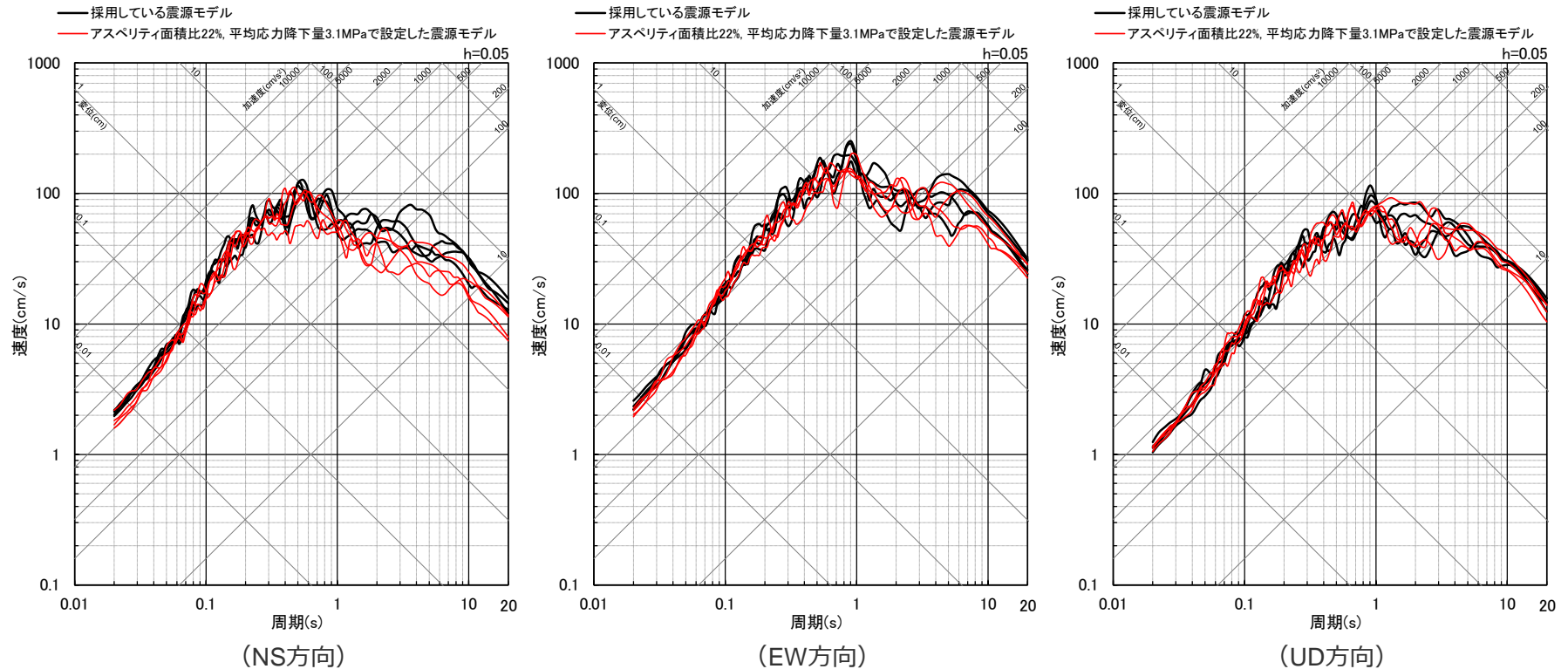
<採用している震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮しない) とアスペリティ面積比22%、平均応力降下量3.1MPaで設定した震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮しない) の震源断層パラメータの比較>

震源断層パラメータ	採用している震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮しない)	アスペリティ面積比22%、 平均応力降下量3.1MPaで 設定した震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮しない)
等価震源距離(km)	12.9	13.1
断層最短距離(km)	9.8	9.8
震源断層面積(km ²)	878.21	878.21
地震モーメント(Nm)	4.29×10 ¹⁹	4.29×10 ¹⁹
平均すべり量(m)	1.41	1.41
平均応力降下量(MPa)	4.02	3.10
短周期レベル(Nm/s ²)※	1.86×10 ¹⁹	1.74×10 ¹⁹
アスペリティ応力降下量(MPa)	12.37	14.09
アスペリティ面積(km ²)	285.22	193.21
アスペリティ面積比(%)	32.5	22.0
アスペリティ地震モーメント(Nm)	2.79×10 ¹⁹	1.89×10 ¹⁹
アスペリティ平均すべり量(m)	2.825	2.825

※ 壇・他(2001)による関係式 ($A=4\pi r_s \Delta\sigma_a \beta^2$) を用いてアスペリティのみを対象に算出。凡例はパラメータ表参照。

地震動評価結果の比較

○採用している震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）とアスペリティ面積比22%、平均応力降下量3.1MPaで設定した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）の統計的グリーン関数法による地震動評価結果の比較から、両者の地震動レベルは同程度となっていることを確認した。



＜断層モデルを用いた手法による地震動評価結果の比較（応答スペクトル）＞
（採用している震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）、アスペリティ面積比22%、平均応力降下量3.1MPaで設定した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）（破壊開始点1～4））

・ 統計的グリーン関数法による。

補足説明資料④-16

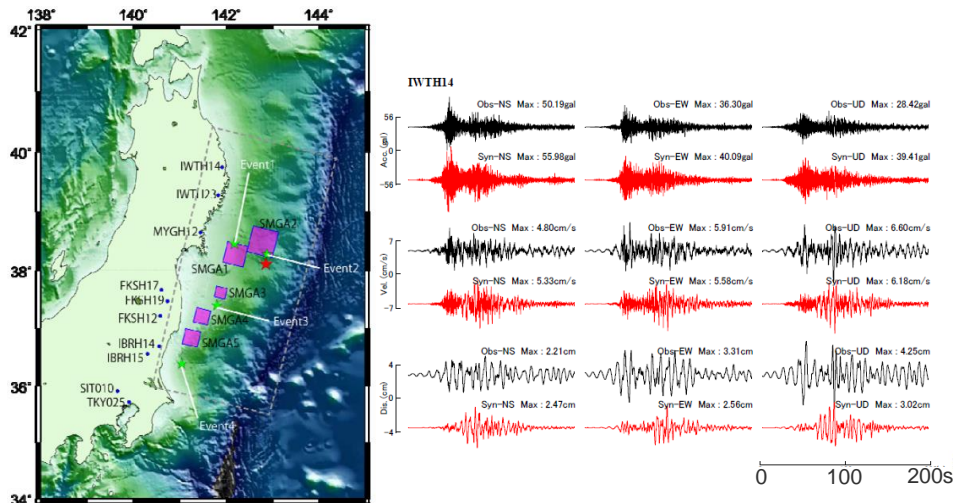
プレート間地震の破壊伝播速度の影響検討

プレート間地震の破壊伝播速度の文献調査

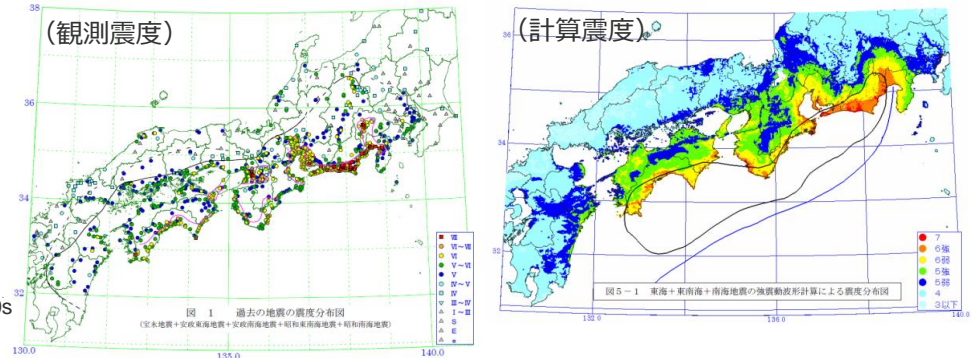
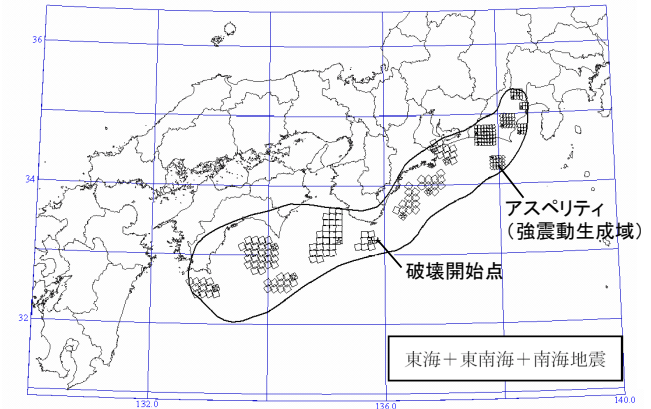
- 破壊伝播速度 V_r に関する知見として、強震波形及び震度分布との比較・検討により妥当性が確認された特性化震源モデルや、長周期の地震波形及び津波波形等を対象として推定された震源インバージョン解析結果がある。
- ここでは、国内外で発生したプレート間地震の特性化震源モデル及び震源インバージョン解析結果を対象として、破壊伝播速度 V_r に関する知見を整理し、地震動評価への影響検討を行う。

<特性化震源モデルに関する知見>

- 特性化震源モデルの設定において、強震波形及び震度分布と計算結果との比較・検討により、破壊伝播速度 V_r を含めた断層パラメータの妥当性が確認されている。



<2011年東北地方太平洋沖地震 (Mw9.0) の特性化震源モデル (左) 及び観測波形と計算波形の比較 (右) > (川辺・釜江(2013)による)



<宝永タイプの地震の強震断層モデル (上) 及び観測震度と計算震度の比較 (下) > (中央防災会議(2003b)による)

プレート間地震の破壊伝播速度の文献調査

(特性化震源モデルに関する知見)

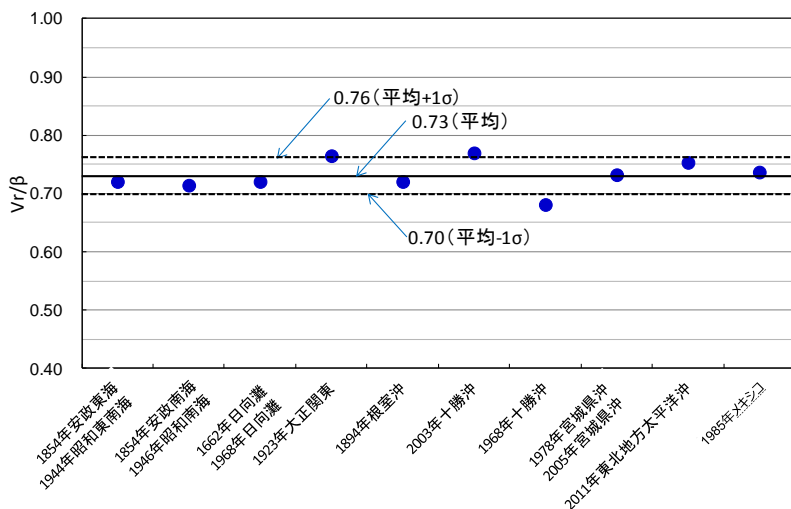
＜特性化震源モデルを対象としたプレート間地震の V_r/β ＞

地震名	Mw	V_r/β		比較対象	出典
		地震別	文献別		
(1) 南海トラフ沿いの地震					
1854年安政東海 1944年昭和東南海 (駿河湾・東海域)	8.0 8.2	0.72	0.72	震度分布	中央防災会議(2001b・2003b)
1854年安政南海 1946年昭和南海 (南海域)	8.4	0.71	0.72	震度分布	中央防災会議(2003b)
			0.71	強震波形、震度分布	釜江(1996)
1662年日向灘 1968年日向灘 (日向灘域)	7.6 7.5	0.72	0.72	強震波形、震度分布	地震調査委員会(2005c)
(2) 相模トラフ沿いの地震					
1923年大正関東	8.0	0.76	0.81	震度分布	壇・他(2000)
			0.72	震度分布	内閣府(2013)
(3) 千島海溝・日本海溝沿いの地震					
1894年根室沖	8.3	0.72	0.72	震度分布	中央防災会議(2005)
			0.90	強震波形	釜江・川辺(2004)
2003年十勝沖	8.2	0.77	0.74	強震波形	Kamae and Kawabe(2004)
			0.72	震度分布	中央防災会議(2005)
			0.72	強震波形、震度分布	地震調査委員会(2004)
1968年十勝沖 (三陸北部)	8.3	0.68	0.64	震度分布	地震調査委員会(2004)
			0.72	震度分布	中央防災会議(2005)
1978年宮城県沖 2005年宮城県沖	7.6 7.5	0.73	0.72	強震波形	中央防災会議(2005)
			0.70	強震波形	Suzuki and Iwata(2007)
			0.78	強震波形	Kamae(2006)
2011年東北地方太平洋沖	9.0	0.75	0.90	強震波形	Asano and Iwata(2012)
			0.77	強震波形	諸井(2013)
			0.5-0.75	強震波形	佐藤(2012)
			0.72	強震波形	川辺・釜江(2013)
(4) 世界の地震(メキシコの地震)					
1985年メキシコ	8.1	0.74	0.76	強震波形	Hisada (2000)
			0.75	強震波形	Campillo et al. (1989)
			0.70	強震波形	Dan and Sato (1999)

＜特性化震源モデルに関する知見＞

○国内外で発生したプレート間地震の特性化震源モデルを対象として、破壊伝播速度 V_r とS波速度 β の比率 V_r/β を整理した結果、平均は0.73 (標準偏差0.03) となった。

⇒当社の地震動評価で用いる $V_r/\beta=0.72$ と上記整理による $V_r/\beta=0.73$ (標準偏差0.03) は同程度となっているが、念のため、 $V_r/\beta=0.76$ (平均値+標準偏差) とした場合の地震動評価を行い、その影響を確認する。

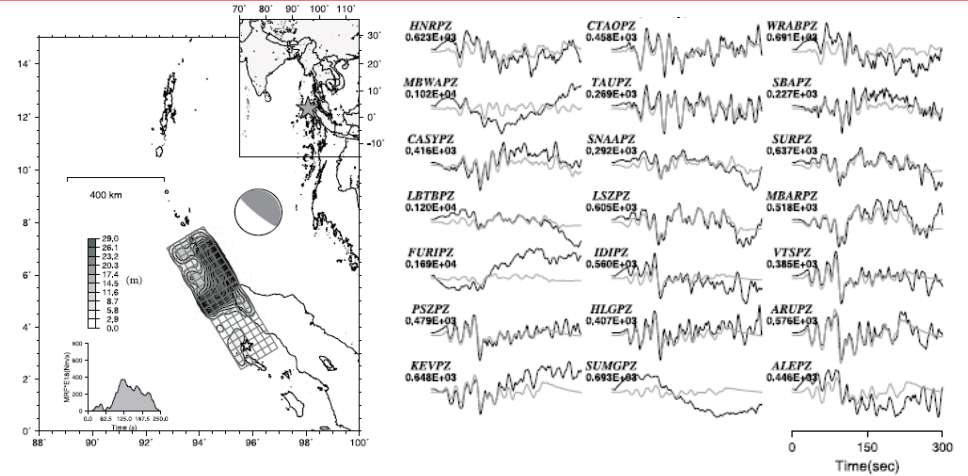


V_r/β : 平均0.73, 標準偏差0.03

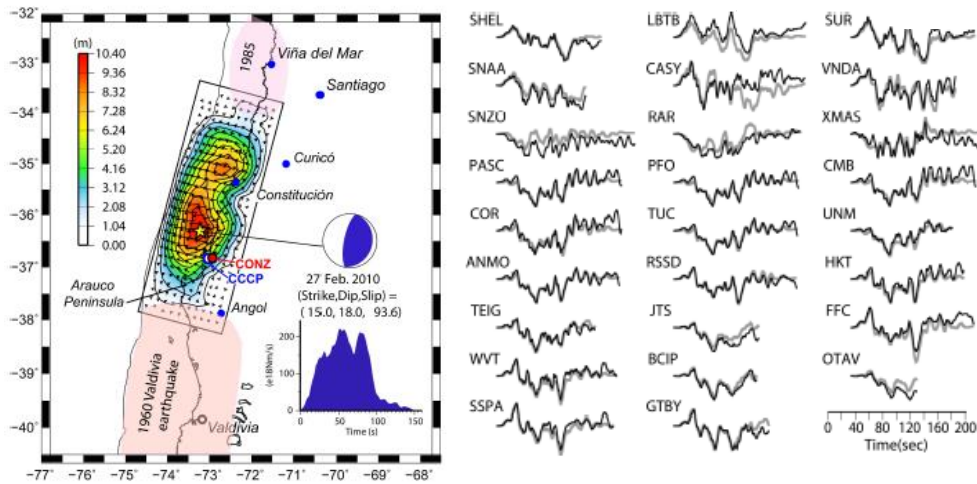
＜震源インバージョン解析に関する知見＞

○震源インバージョン解析では、震源断層面を設定した上で、観測波形※と理論波形がフィッティングするよう、破壊伝播速度やすべり量等の各パラメータが推定される。

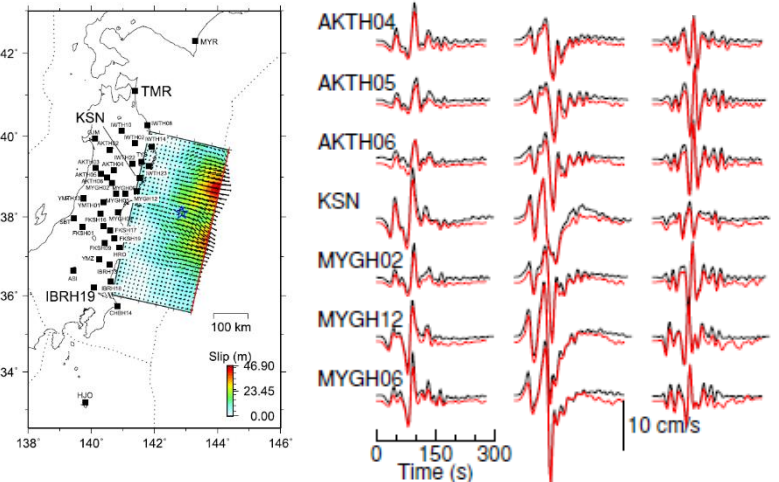
※ここで対象とする観測波形は、遠地実体波、近地強震波形、表面波とし、対象周期は数秒以上の長周期である。



＜震源インバージョン解析による2004年スマトラ島沖地震 (Mw9.1) の最終すべり分布 (左) 及び観測波形と理論波形の比較 (右) の例＞
(八木(2004)による)



＜震源インバージョン解析による2010年チリ地震 (Mw8.8) の最終すべり分布 (左) 及び観測波形と理論波形の比較 (右) の例＞
(Pulido et al.(2011)による)



＜震源インバージョン解析による2011年東北地方太平洋沖地震 (Mw9.0) の最終すべり分布 (左) 及び観測波形と理論波形の比較 (右) の例＞
(Yoshida et al.(2011)による)

破壊伝播速度の文献調査

(震源インバージョン解析に関する知見)

<震源インバージョン解析を対象としたM9クラスのプレート間地震のVr>

<震源インバージョン解析に関する知見>

○国内外で発生したM9クラスのプレート間地震の震源インバージョン解析結果を対象として、破壊伝播速度Vrを整理した結果、2004年スマトラ島沖地震（Mw9.1）で2.4km/s程度、2010年チリ地震（Mw8.8）で2.6km/s程度、2011年東北地方太平洋沖地震（Mw9.0）で2.3km/s程度となった。

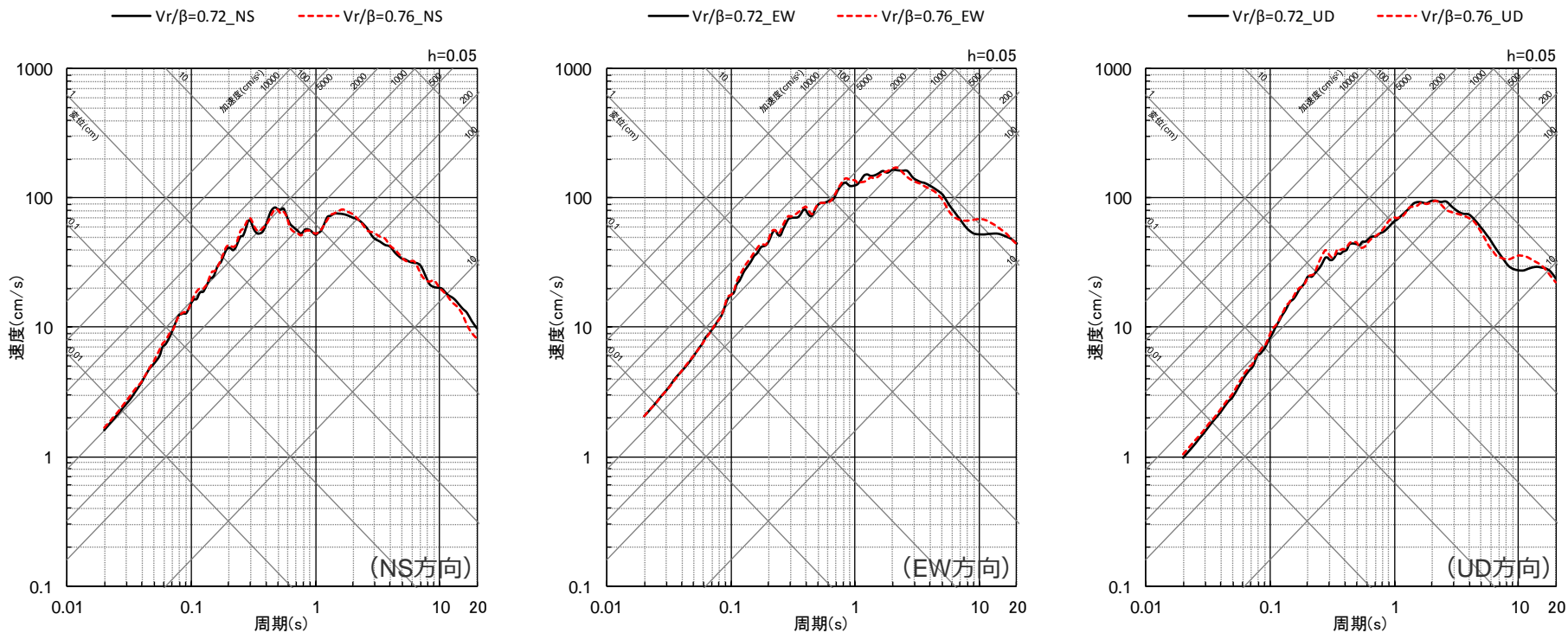
⇒上記整理によるM9クラスのプレート間地震のVr（2.3km/s, 2.4km/s, 2.6km/s）は当社の地震動評価で用いるVr（2.7km/s(Vr/β=0.72)）と同程度で、若干小さな値となっており、地震動評価への影響はないと考えられる。

地震名	Mw	Vr		対象波形	出典
		地震別	文献別		
2004年スマトラ島沖	9.1	2.4	2.2	表面波	Vallee(2007)
			2.0-2.7	遠地地震波等	Guilbert et al.(2005)
			2.5	遠地実体波	八木(2004)
2010年チリ	8.8	2.6	2.6	遠地実体波	Pulido et al.(2010)
			2.8	遠地実体波	Pulido et al.(2011)
			2.6	遠地地震波等	Delouis et al.(2010)
			2.5	近地強震波形等	Ruiz et al.(2012)
			2.0-2.5	遠地実体波 表面波	Lay et al.(2010)
2011年東北地方太平洋沖	9.0	2.3	1.5	遠地実体波 表面波	Shao et al.(2011)
			2.5	遠地実体波 表面波	Hayes(2011)
			2.5	遠地実体波等	Yokota et al.(2011)
			3.2	近地強震波形	鈴木・他(2011)
			2.2	近地強震波形	Yoshida et al.(2011)
			2.2	近地強震波形	芝・他(2012)
			2.0	近地強震波形	Honda et al.(2011)

プレート間地震の破壊伝播速度の影響検討

(地震動評価結果の比較)

○基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）を対象として、破壊伝播速度が $V_r/\beta=0.72$ （当社の地震動評価）の場合と $V_r/\beta=0.76$ （平均値+標準偏差）の場合の統計的グリーン関数法による地震動評価を行った結果、両者はほぼ一致し、破壊伝播速度による影響はないことを確認した。

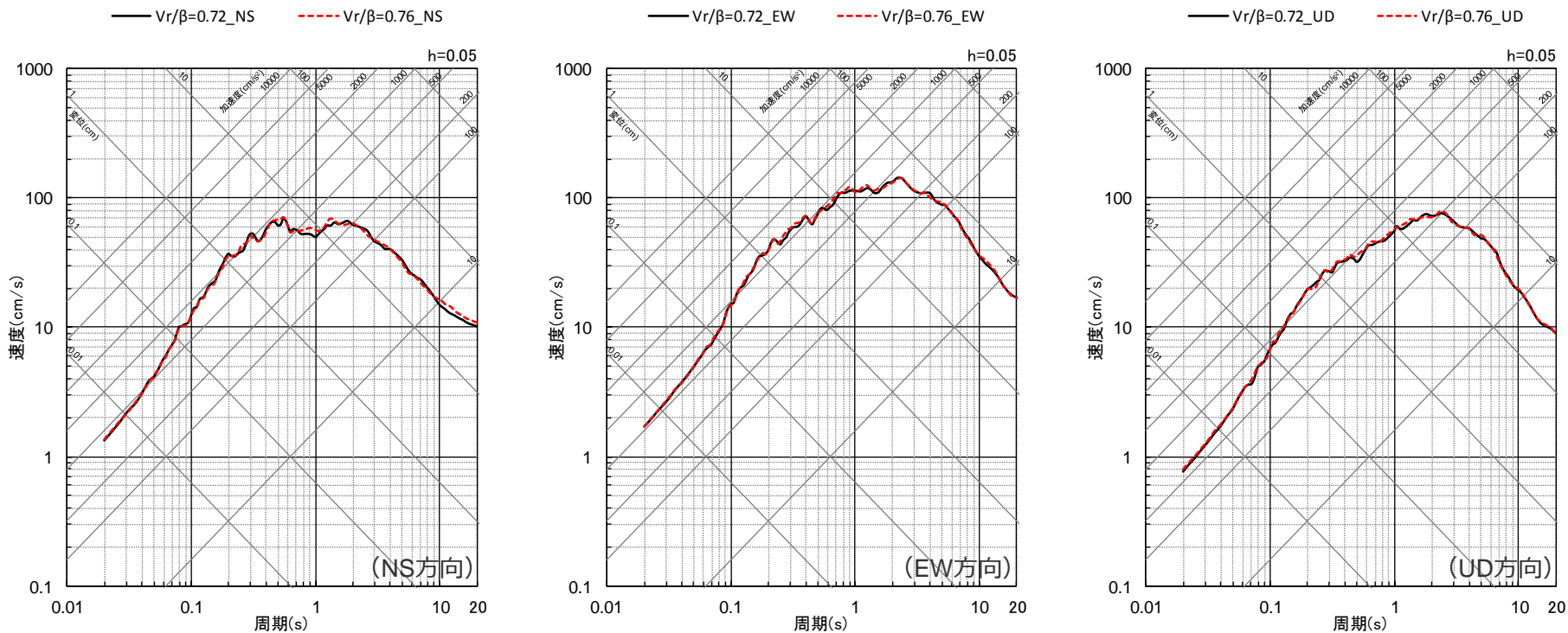


<各破壊伝播速度の地震動評価結果（平均応答スペクトル）の比較>
(基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）（破壊開始点1）)

プレート間地震の破壊伝播速度の影響検討

(地震動評価結果の比較)

○基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）を対象として、破壊伝播速度が $V_r/\beta=0.72$ （当社の地震動評価）の場合と $V_r/\beta=0.76$ （平均値+標準偏差）の場合の統計的グリーン関数法による地震動評価を行った結果、両者はほぼ一致し、破壊伝播速度による影響はないことを確認した。

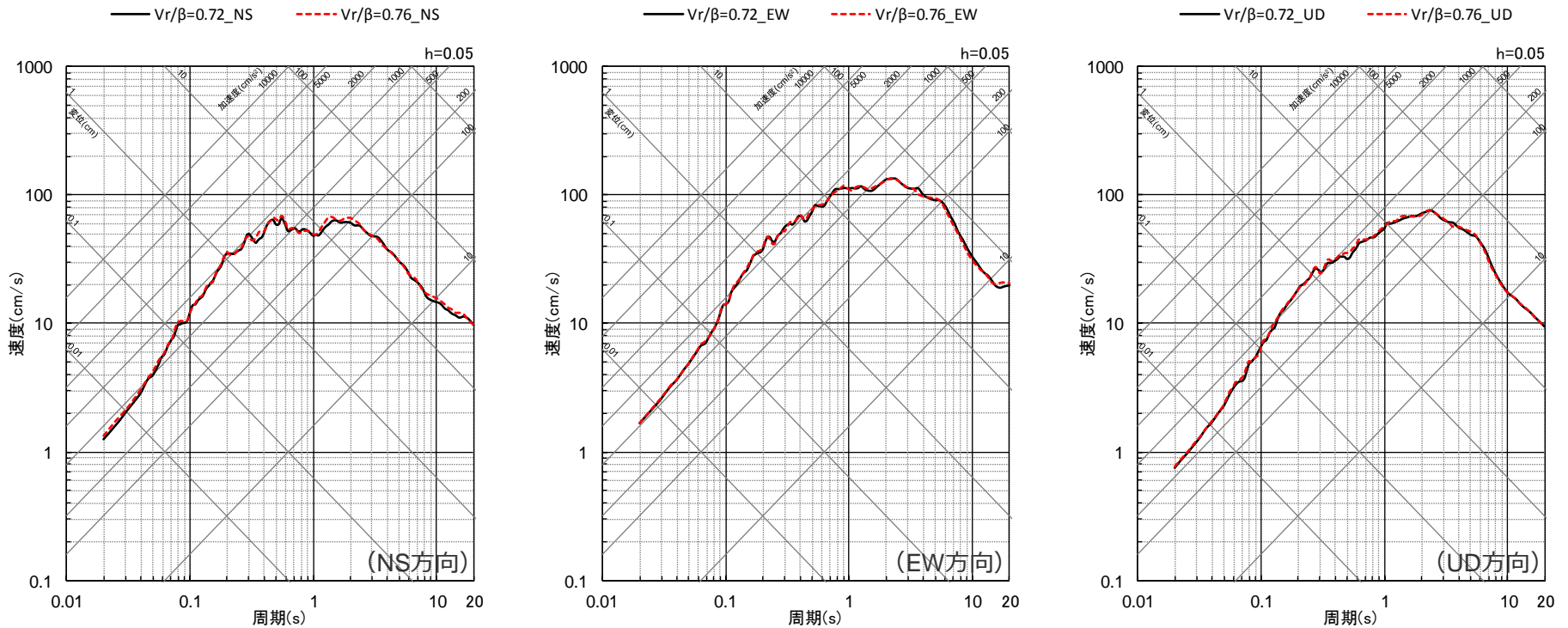


<各破壊伝播速度の地震動評価結果（平均応答スペクトル）の比較>
 （基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）（破壊開始点2））

プレート間地震の破壊伝播速度の影響検討

(地震動評価結果の比較)

○基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）を対象として、破壊伝播速度が $V_r/\beta=0.72$ （当社の地震動評価）の場合と $V_r/\beta=0.76$ （平均値+標準偏差）の場合の統計的グリーン関数法による地震動評価を行った結果、両者はほぼ一致し、破壊伝播速度による影響はないことを確認した。



<各破壊伝播速度の地震動評価結果（平均応答スペクトル）の比較>
(基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）（破壊開始点3）)

強震波形を比較対象とした場合の破壊伝播速度の整理

○前述のとおり、特性化震源モデルに関する知見については、強震波形及び震度波形を比較対象として破壊伝播速度を整理したが、強震波形を比較対象とした場合の破壊伝播速度について整理する。

- ・強震波形を比較対象とした場合、 V_r/β は平均0.74（標準偏差0.03）。
- ・参考に震度分布を比較対象とした場合、 V_r/β は平均0.72（標準偏差0.02）。

⇒上記整理による V_r/β は、前述の強震波形及び震度分布を比較対象とした V_r/β の整理結果（ $V_r/\beta=0.73$ （標準偏差0.03））と同程度であることを確認した。

<強震波形を比較対象とした V_r/β >
(特性化震源モデルに関する知見)

<震度分布を比較対象とした V_r/β >
(特性化震源モデルに関する知見)

地震名	Mw	V_r/β		出典
		地震別	文献別	
(1) 南海トラフ沿いの地震				
1946年昭和南海 (南海域)	8.4	0.71	0.71	釜江(1996)
1968年日向灘 (日向灘域)	7.5	0.72	0.72	地震調査委員会(2005c)
(3) 千島海溝・日本海溝沿いの地震				
2003年十勝沖	8.2	0.79	0.90	釜江・川辺(2004)
			0.74	Kamae and Kawabe(2004)
			0.72	地震調査委員会(2004a)
1978年宮城県沖 2005年宮城県沖	7.6 7.5	0.73	0.72	中央防災会議(2005)
			0.70	Suzuki and Iwata(2007)
			0.78	Kamae(2006)
2011年東北地方太平洋沖	9.0	0.75	0.90	Asano and Iwata(2012)
			0.77	諸井(2013)
			0.5-0.75	佐藤(2012)
			0.72	川辺・釜江(2013)
(4) 世界の地震 (メキシコの地震)				
1985年メキシコ	8.1	0.74	0.76	Hisada(2000)
			0.75	Campillo et al.(1989)
			0.70	Dan and Sato(1999)

V_r/β : 平均0.74, 標準偏差0.03

地震名	Mw	V_r/β		出典
		地震別	文献別	
(1) 南海トラフ沿いの地震				
1854年安政東海 1944年昭和東南海 (駿河湾・東海域)	8.0 8.2	0.72	0.72	中央防災会議(2001b・2003b)
				0.72
1854年安政南海 1946年昭和南海 (南海域)	8.4	0.71	0.71	釜江(1996)
			0.71	神田・他(2004)
			0.72	地震調査委員会(2005c)
1662年日向灘 1968年日向灘 (日向灘域)	7.6 7.5	0.72	0.72	地震調査委員会(2005c)
(2) 相模トラフ沿いの地震				
1923年大正関東	8.0	0.77	0.81	壇・他(2000)
			0.72	内閣府(2013)
(3) 千島海溝・日本海溝沿いの地震				
1894年根室沖	8.3	0.72	0.72	中央防災会議(2005)
2003年十勝沖	8.2	0.72	0.72	中央防災会議(2005)
			0.72	地震調査委員会(2004a)
1968年十勝沖 (三陸北部)	8.3	0.68	0.64	地震調査委員会(2004a)
			0.72	中央防災会議(2005)

V_r/β : 平均0.72, 標準偏差0.02

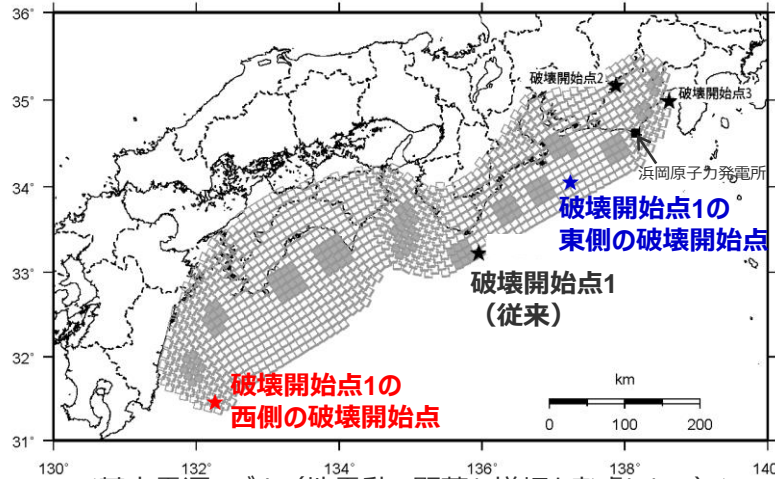
補足説明資料④-17

プレート間地震の破壊開始点の影響検討及び小断層の分割に関する検討

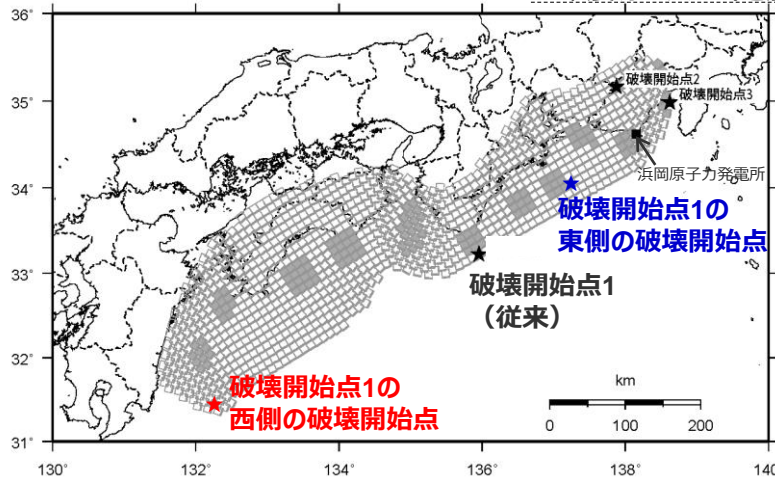
検討概要

- 基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない） 及び 強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル（直下ケース①及び直下ケース②）（地震動の顕著な増幅を考慮しない）を対象として、破壊開始点1の東側、西側にそれぞれ破壊開始点を設定して地震動評価（統計的グリーン関数法と波数積分法のハイブリッド合成法*）を行い、破壊開始点1の地震動評価結果と比較する。

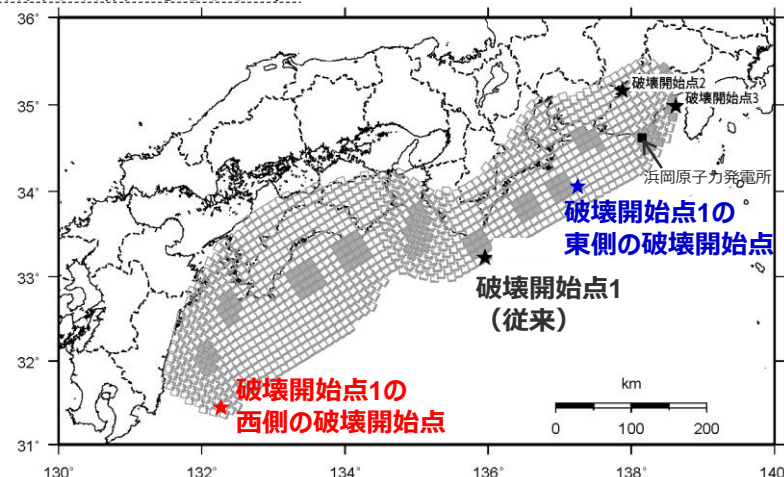
※ハイブリッド接続周期：4秒



＜基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）＞



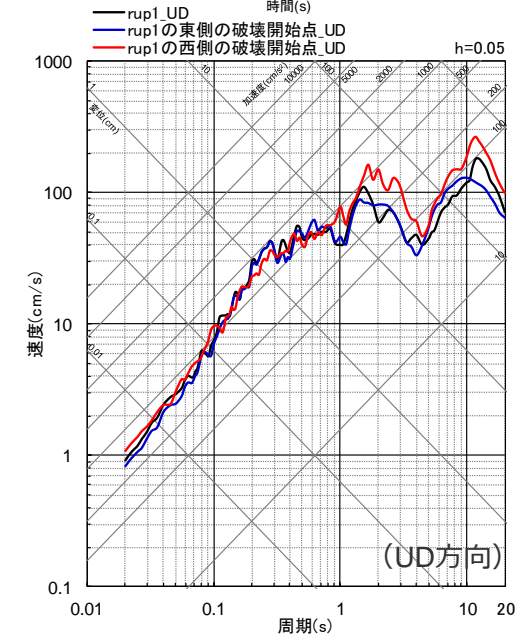
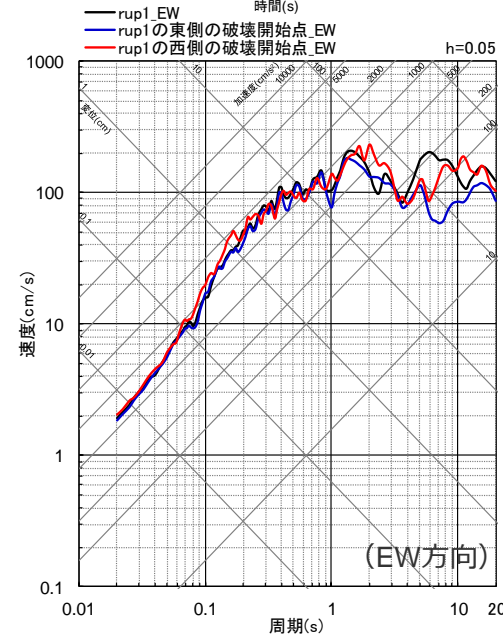
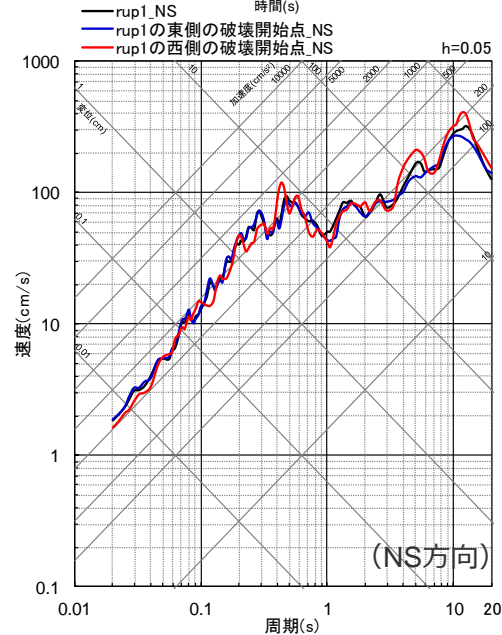
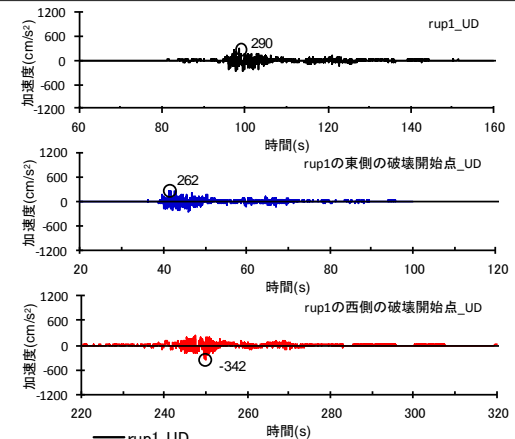
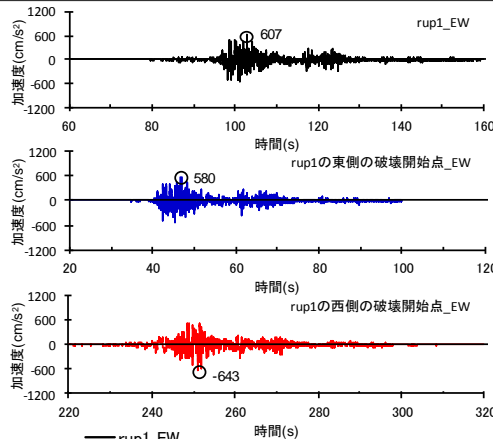
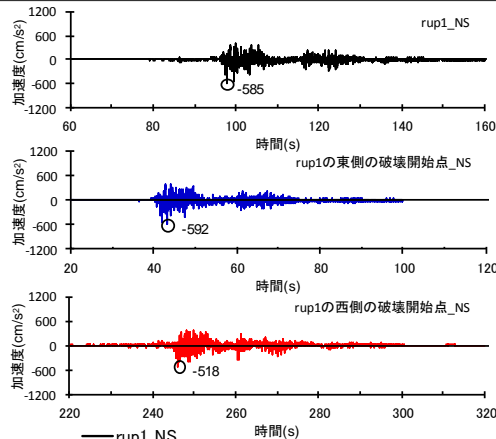
＜強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル（直下ケース①）（地震動の顕著な増幅を考慮しない）＞



＜強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル（直下ケース②）（地震動の顕著な増幅を考慮しない）＞

<補足説明資料④-17 プレート間地震の破壊開始点の影響検討及び小断層の分割に関する検討> 基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）

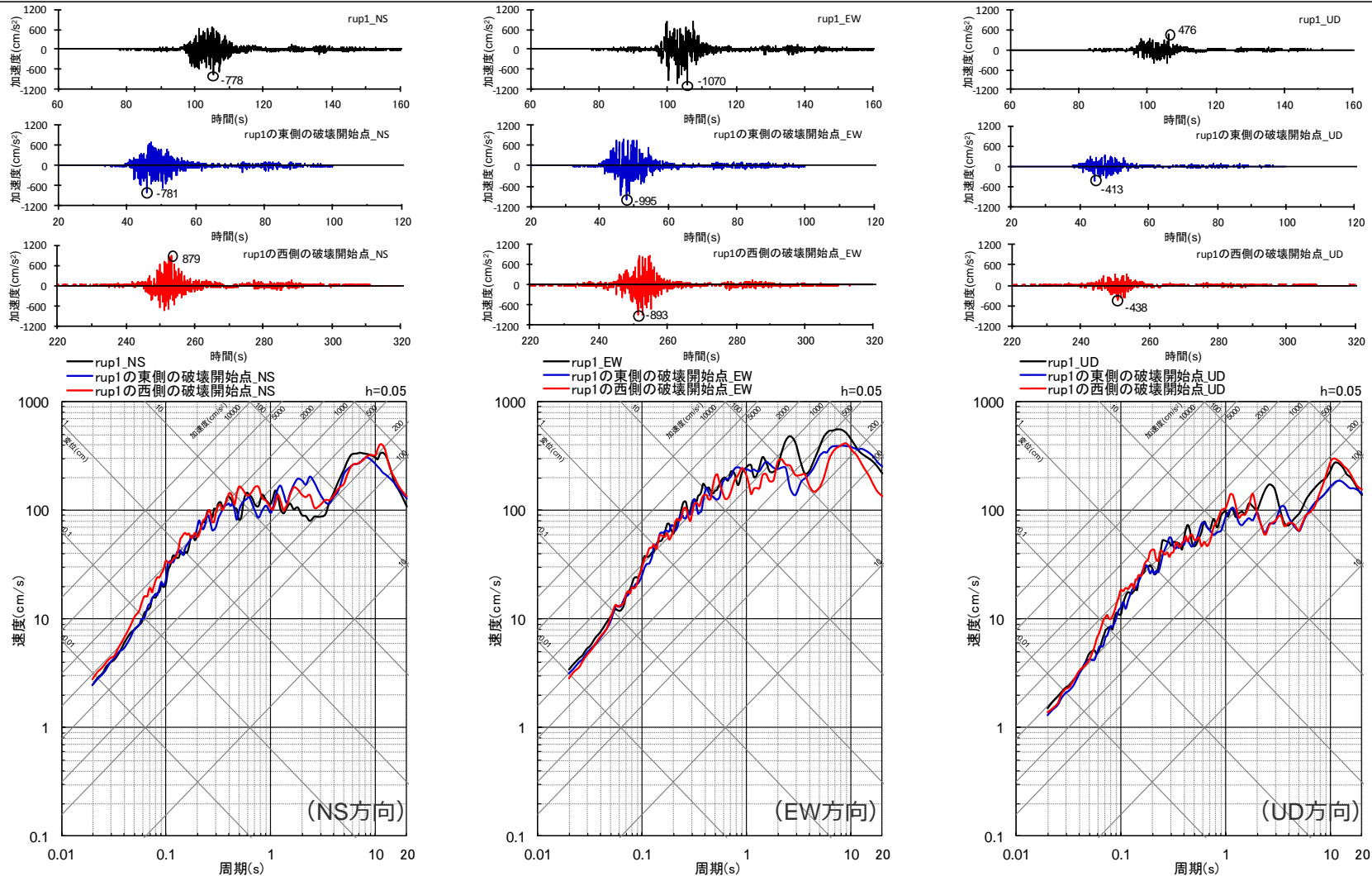
○基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）について、破壊開始点1の東側、西側にそれぞれ破壊開始点を設定した地震動評価結果は、特に短周期において、破壊開始点1の地震動評価結果と同程度であることを確認した。



<各破壊開始点の地震動評価結果の比較（上段：加速度時刻歴波形、下段：応答スペクトル）>（基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない））

＜補足説明資料④-17 プレート間地震の破壊開始点の影響検討及び小断層の分割に関する検討＞
強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル（直下ケース①）
 （地震動の顕著な増幅を考慮しない）

○ 強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル（直下ケース①）（地震動の顕著な増幅を考慮しない）について、破壊開始点1の東側、西側にそれぞれ破壊開始点を設定した地震動評価結果は、特に短周期において、破壊開始点1の地震動評価結果と同程度であることを確認した。

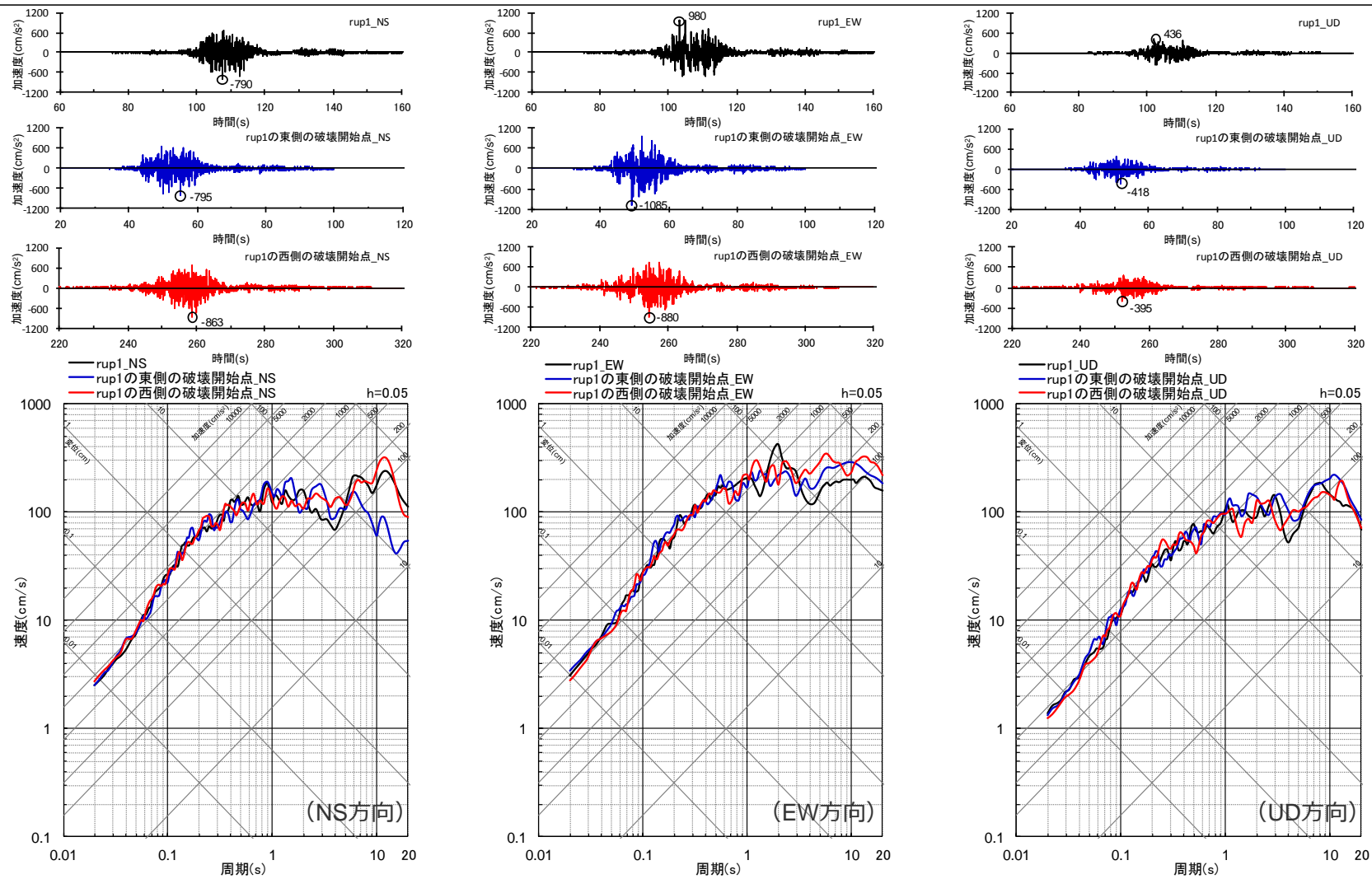


＜各破壊開始点の地震動評価結果の比較（上段：加速度時刻歴波形、下段：応答スペクトル）＞

（強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル（直下ケース①）（地震動の顕著な増幅を考慮しない））

＜補足説明資料④-17 プレート間地震の破壊開始点の影響検討及び小断層の分割に関する検討＞
強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル（直下ケース②）
（地震動の顕著な増幅を考慮しない）

○ 強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル（直下ケース②）（地震動の顕著な増幅を考慮しない）について、破壊開始点1の東側、西側にそれぞれ破壊開始点を設定した地震動評価結果は、特に短周期において、破壊開始点1の地震動評価結果と同程度であることを確認した。



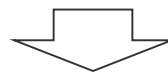
＜各破壊開始点の地震動評価結果の比較（上段：加速度時刻歴波形、下段：応答スペクトル）＞

（強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル（直下ケース①）（地震動の顕著な増幅を考慮しない））

小断層の分割に関する検討

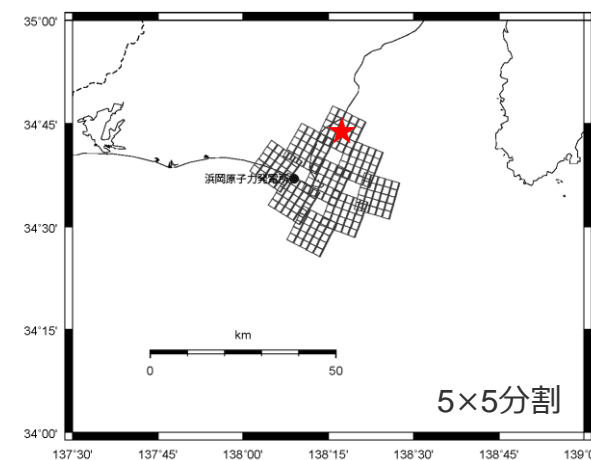
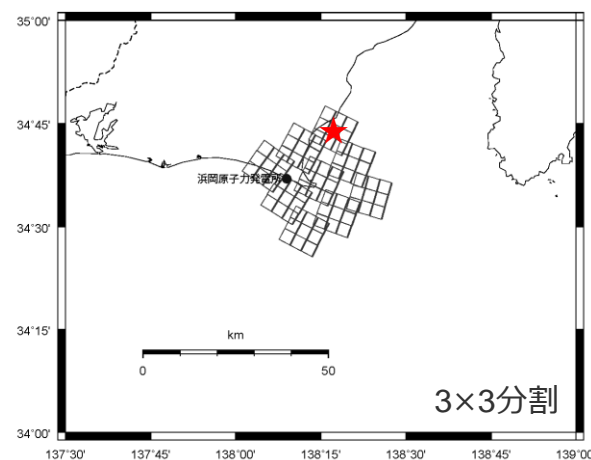
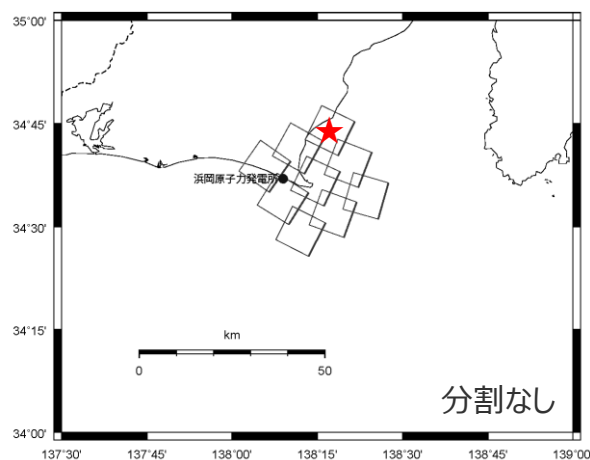
(概要)

○統計的グリーン関数法および波数積分法における「小断層の分割に関する検討」及び「小断層の分割を踏まえた破壊開始点の影響検討」を行う。



小断層の分割に関する検討 (概要)

- 小断層の分割について、統計的グリーン関数法（短周期）では、内閣府(2012)による小断層と同様、10km四方（分割なし）とし、波数積分法（長周期）では、内閣府(2012)による小断層を3×3分割している。
- 以降では、この小断層の分割の妥当性を確認するため、敷地の地震動に支配的となる敷地下方の強震動生成域（東海SMGA①（直下ケース②））を対象として、小断層の分割なし、3×3分割、5×5分割とした場合の地震動評価（統計的グリーン関数法および波数積分法）を行い、その結果を比較・検討する。



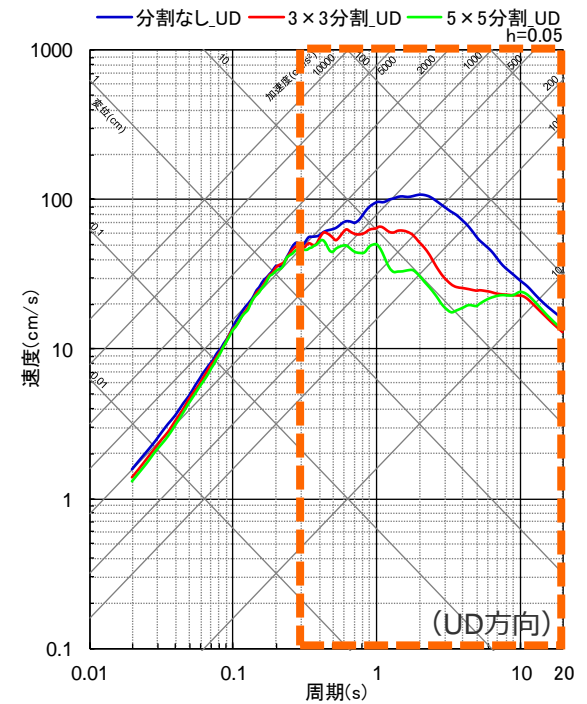
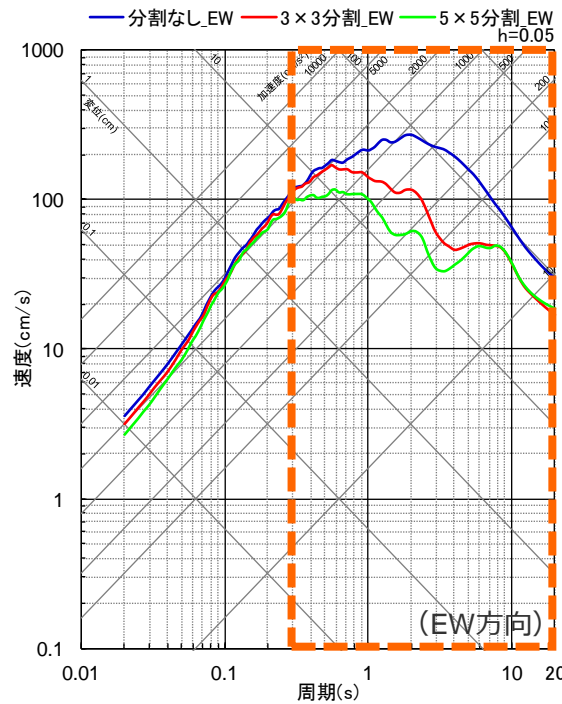
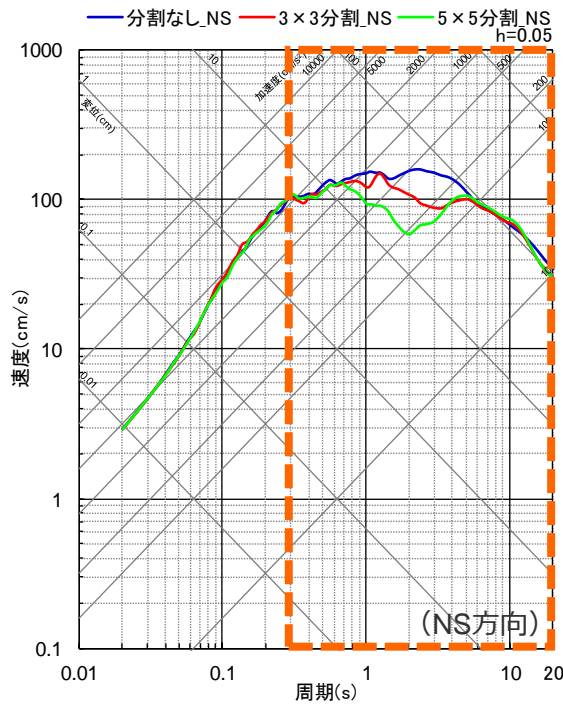
★：破壊開始点

<東海SMGA①（直下ケース②）における小断層の分割>

小断層の分割に関する検討

(統計的グリーン関数法)

○統計的グリーン関数法の地震動評価結果（分割なし、3×3分割、5×5分割）によると、分割数を増やすことにより、周期0.3秒以下では地震動レベルが同程度となっているが、周期約0.3秒以上では地震動レベルが小さくなっている。



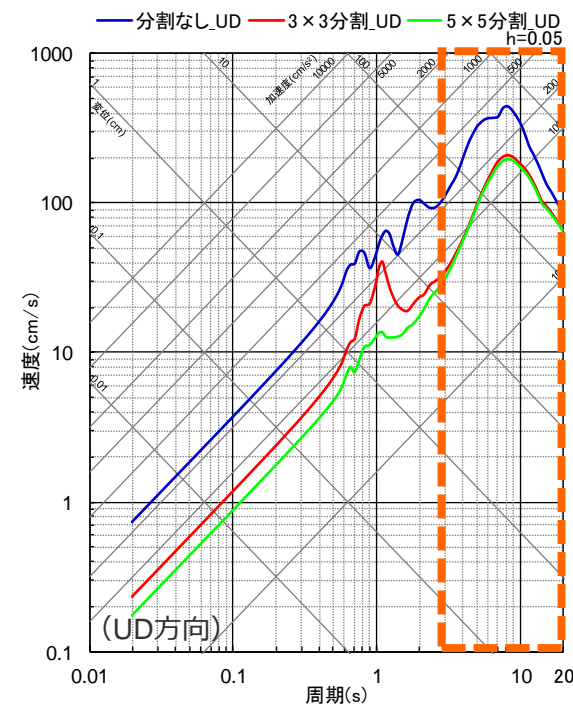
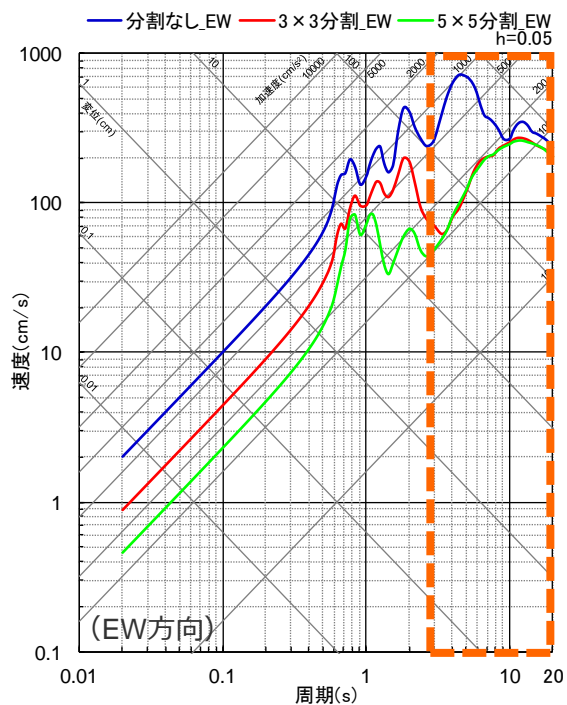
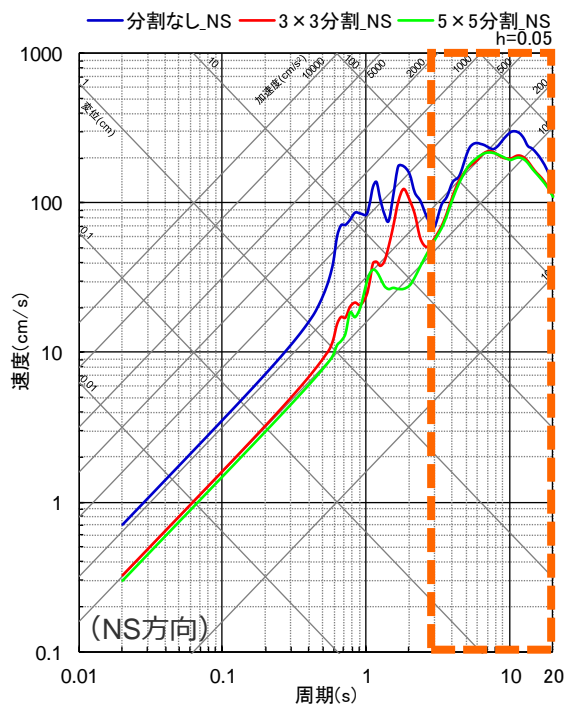
<小分割の分割数を変えた場合の地震動評価結果の比較（応答スペクトル）（統計的グリーン関数法）>

小断層の分割に関する検討

(波数積分法)

- 波数積分法の地震動評価結果（分割なし、3×3分割、5×5分割）によると、分割数を増やすことにより、長周期帯の地震動が安定し、周期約3秒以上では、3×3分割と5×5分割の地震動レベルは同程度となっている。
- 波数積分法では、地震動レベルが安定するように、小断層のサイズを設定する必要があり、上記検討結果から、小断層（10km四方）を3×3分割として地震動評価を行っている。

・ハイブリッド接続周期：4秒



<小分割の分割数を変えた場合の地震動評価結果の比較（応答スペクトル）（波数積分法）>

小断層の分割に関する検討

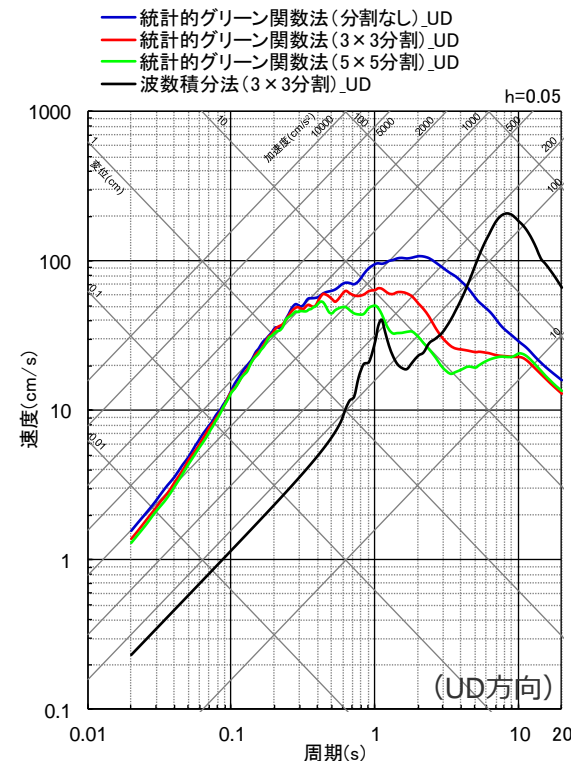
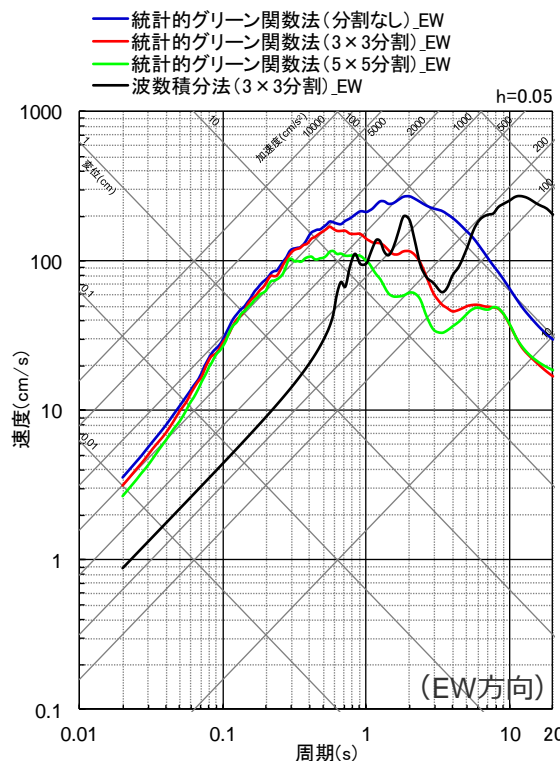
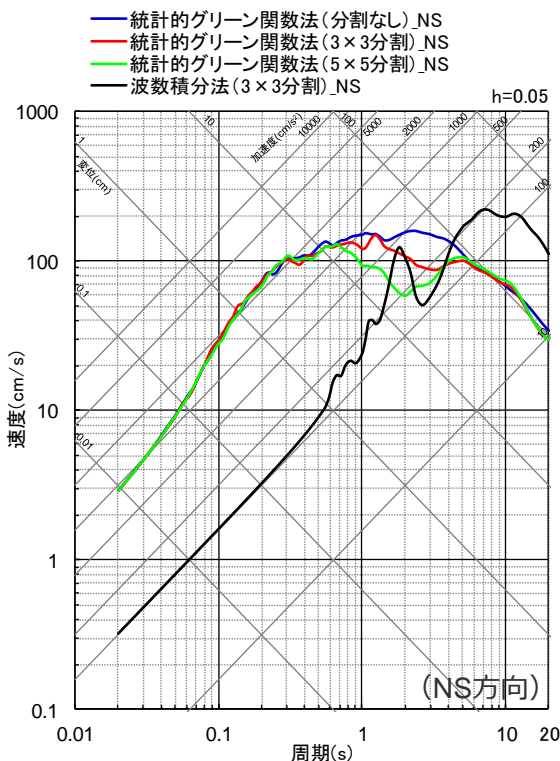
(統計的グリーン関数法及び波数積分法)

○統計的グリーン関数法の地震動評価結果（分割なし、3×3分割、5×5分割）と波数積分法の地震動評価結果（3×3分割）との関係から、中周期帯の落ち込みが生じないように、統計的グリーン関数法では、小断層を分割せず地震動評価を行い、波数積分法の地震動評価結果とのハイブリッド合成を行っている。



・ハイブリッド接続周期：4秒

統計的グリーン関数法（短周期）では小断層の分割なし、波数積分法（長周期）では小断層を3×3分割として地震動評価を行い、ハイブリッド合成を行うことは妥当であると評価した。



<統計的グリーン関数法（分割なし、3×3分割、5×5分割）及び波数積分法（3×3分割）による地震動評価結果の比較（応答スペクトル）>

小断層の分割を踏まえた破壊開始点の影響検討

(概要)

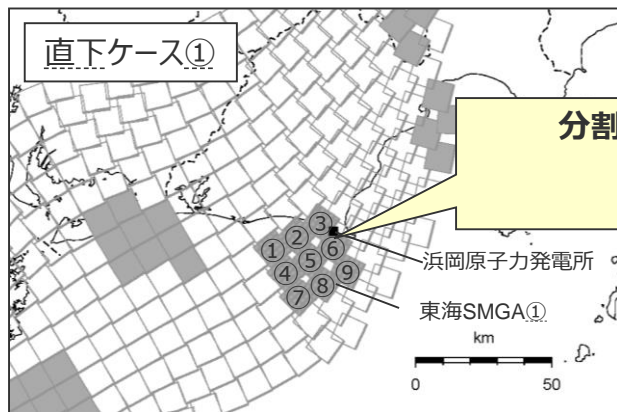
破壊開始点の影響検討（小断層分割なし）

- 敷地の地震動に支配的となる敷地下方の強震動生成域（東海SMGA①（直下ケース①及び直下ケース②））を対象として、各小断層から破壊が始まると想定し、計9通りの破壊開始点を設定して統計的グリーン関数法による地震動評価を行い、破壊開始点による影響検討を行う。
- 上記検討は、前述で小断層の分割の妥当性を示したとおり、小断層の分割なしで行う。

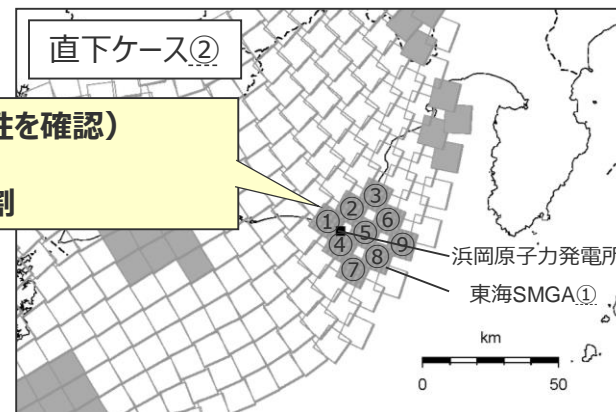
- 敷地の南西方向、北西方向、北東方向に破壊開始点1～3を設定することで、異なる破壊の伝播方向による影響を代表できることを確認。

小断層の分割を踏まえた破壊開始点の影響検討

- 小断層を5×5分割した上で、既往報告と同様、敷地下方の強震動生成域（東海SMGA①（直下ケース①及び直下ケース②））を対象として、計9通りの破壊開始点を設定して統計的グリーン関数法による地震動評価を行い、破壊開始点による影響検討を行う。



<東海SMGA①の破壊開始点（直下ケース①）>



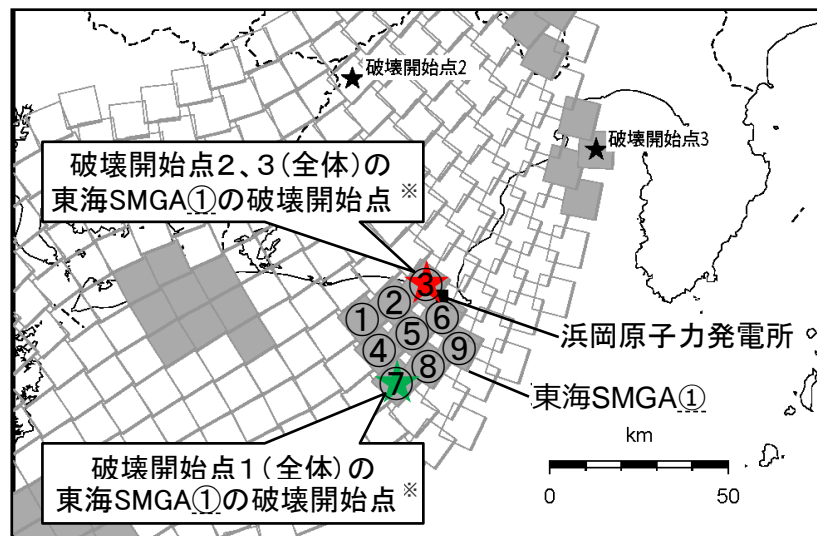
<東海SMGA①の破壊開始点（直下ケース②）>

分割なし（妥当性を確認）
↓
5×5分割

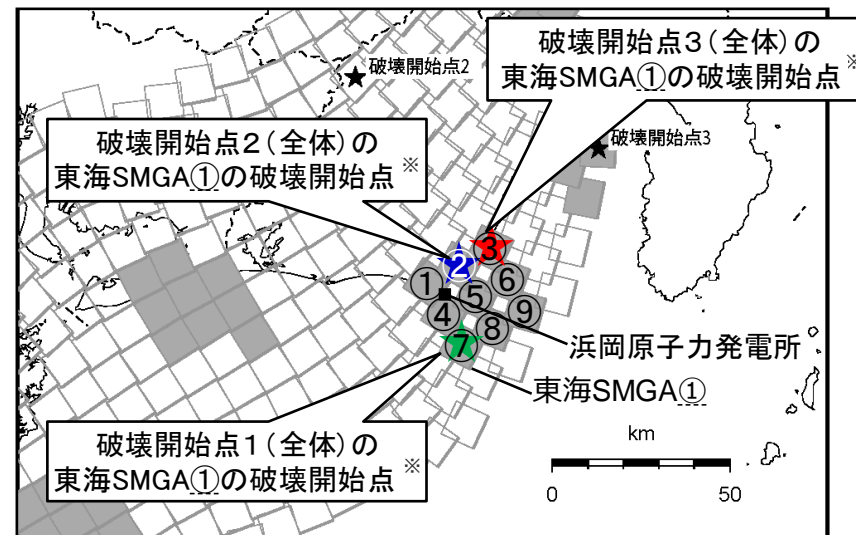
小断層の分割を踏まえた破壊開始点の影響検討

(分割なし)

- 検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮しない）の地震動評価に際しては、異なる破壊の伝播方向による影響を検討するため、敷地の南西方向（破壊開始点1）、北西方向（破壊開始点2）、北東方向（破壊開始点3）にそれぞれ破壊開始点を設定している。
- 以降では、敷地への影響が最も大きい、強震動生成域を敷地下方に設定した強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル（直下ケース①及び直下ケース②）（地震動の顕著な増幅を考慮しない）を対象として、破壊開始点の影響検討を行う。
- 具体的には、敷地の地震動は敷地下方に設定した強震動生成域が支配的となることから、この強震動生成域（東海SMGA①）を対象として、各小断層から破壊が開始すると想定し、計9通りの破壊開始点を設定して統計的グリーン関数法による地震動評価を行い、各評価結果を比較・検討する。



<東海SMGA①の破壊開始点（直下ケース①）>



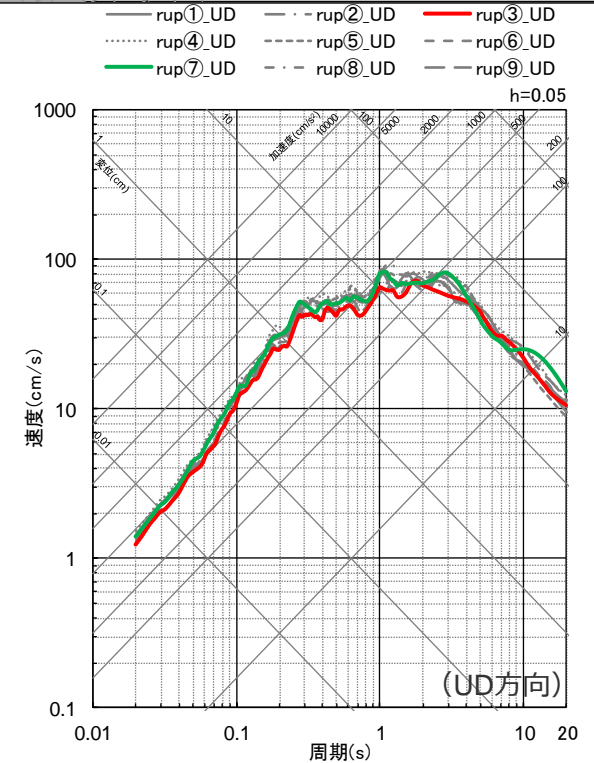
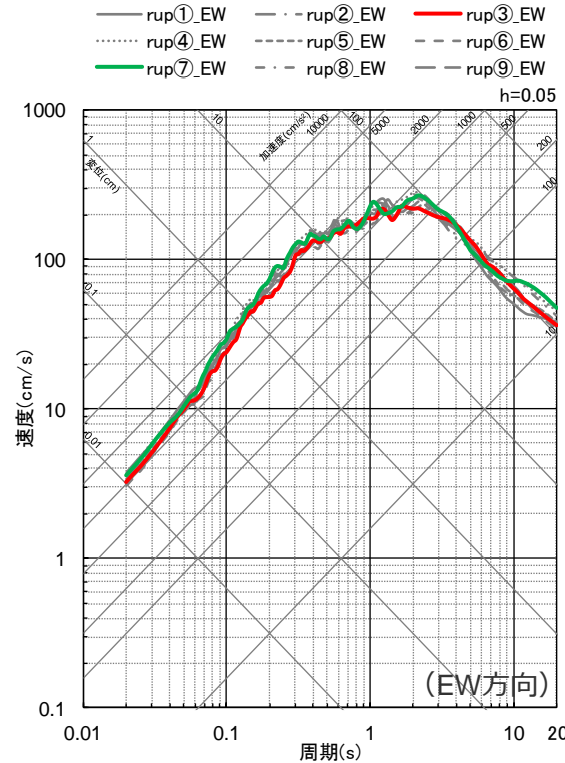
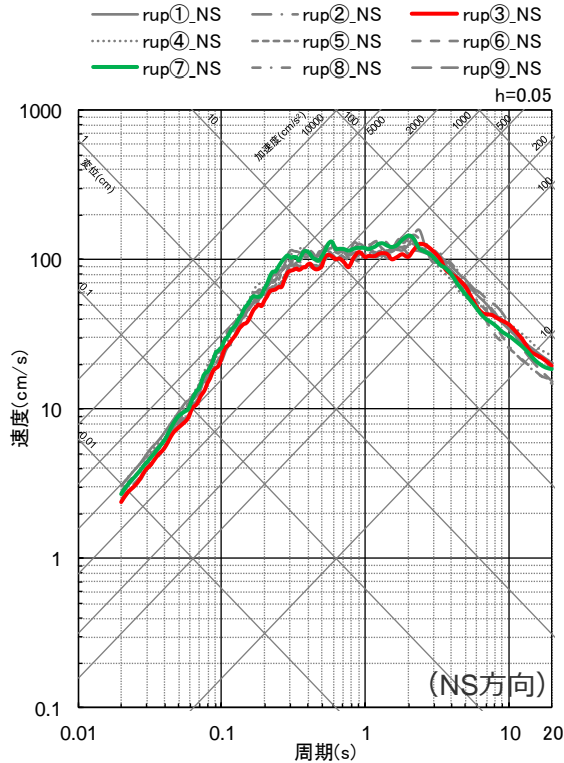
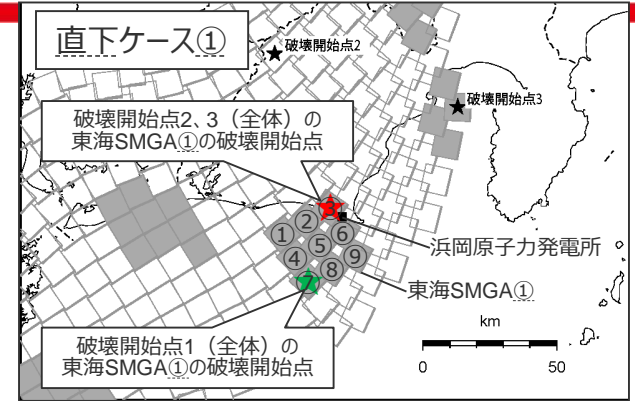
<東海SMGA①の破壊開始点（直下ケース②）>

※ プレート間地震の破壊伝播様式について、内閣府(2012)同様、マルチハイボセンター破壊を採用しており、破壊開始点1～3（全体）から震源断層面に沿って破壊が伝播し、東海SMGA①（敷地の地震動に支配的な強震動生成域）に最初に破壊が伝播した小断層を表す。

小断層の分割を踏まえた破壊開始点の影響検討

(分割なし)

○各破壊開始点の地震動評価結果は、いずれも同様となっている。



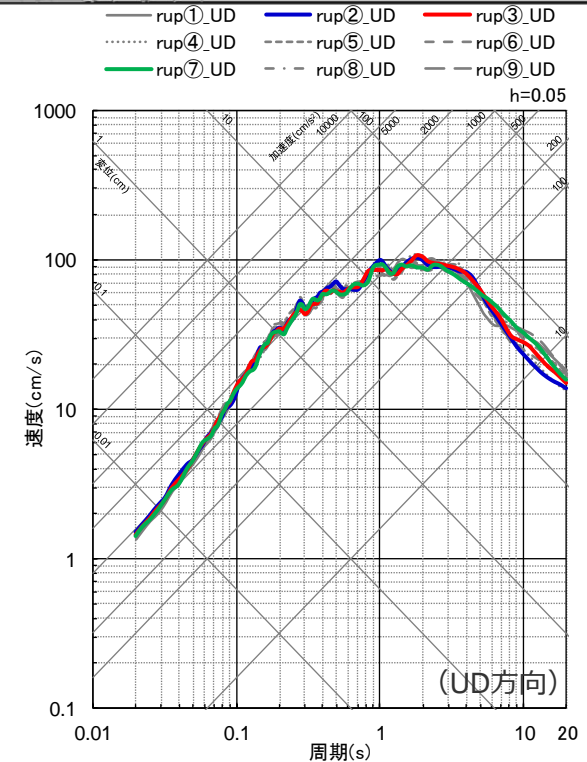
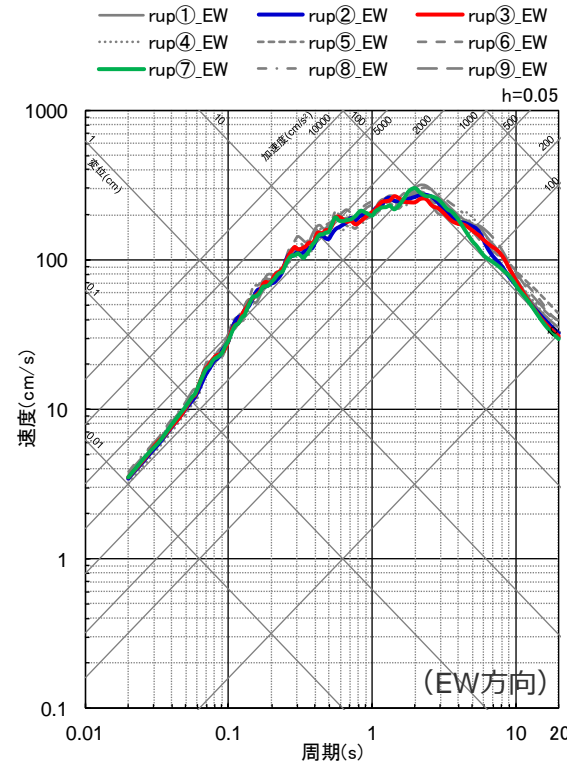
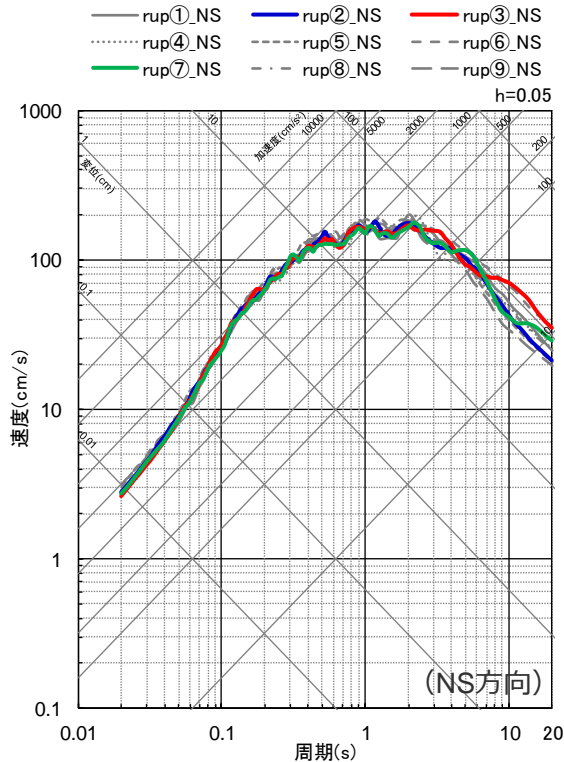
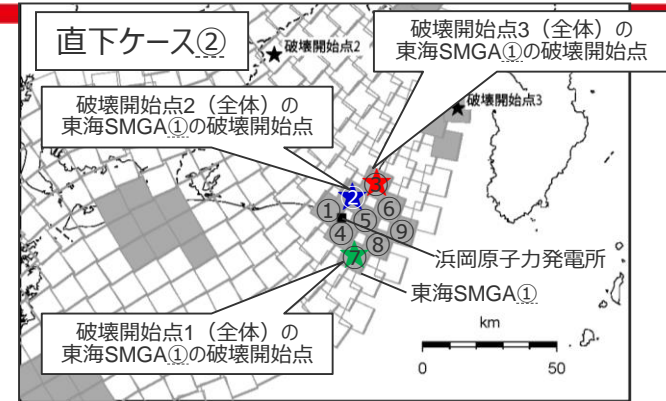
<各破壊開始点の地震動評価結果 (平均応答スペクトル) の比較 (応答スペクトル) > (直下ケース①)

小断層の分割を踏まえた破壊開始点の影響検討

(分割なし)

○各破壊開始点の地震動評価結果は、いずれも同様となっている。

○敷地からプレート境界面までは十数km以上離れており破壊開始点による地震動への影響は小さく、敷地の南西方向、北西方向、北東方向に破壊開始点 1～3 を設定することで、異なる破壊の伝播方向による影響を代表できることを確認した。



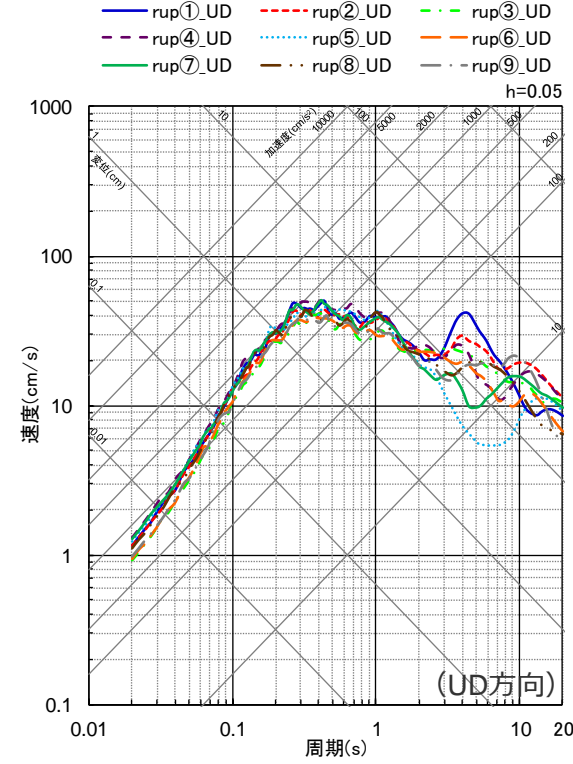
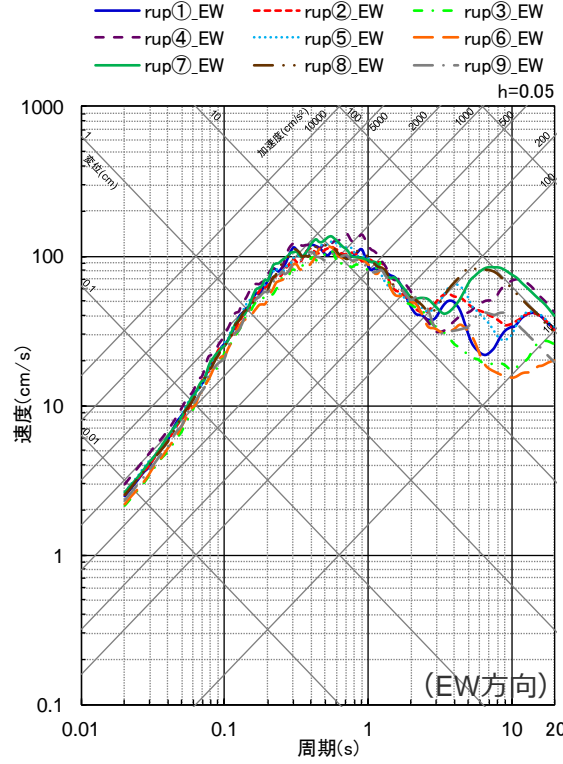
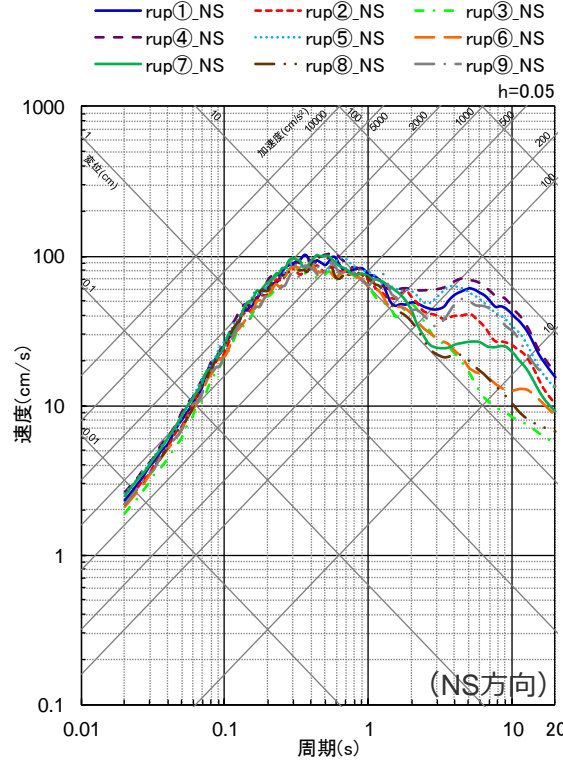
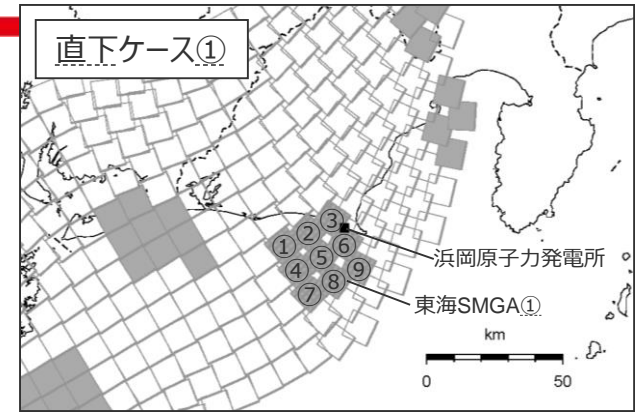
<各破壊開始点の地震動評価結果 (平均応答スペクトル) の比較 (応答スペクトル) > (直下ケース②)

・rup⑦が全体破壊開始点1、rup②が全体破壊開始点2、rup③が全体破壊開始点に対応。

小断層の分割を踏まえた破壊開始点の影響検討

(5×5分割)

○各破壊開始点の地震動評価結果は、長周期側ではばらつきが見られるものの、短周期側ではいずれも同様となっている。

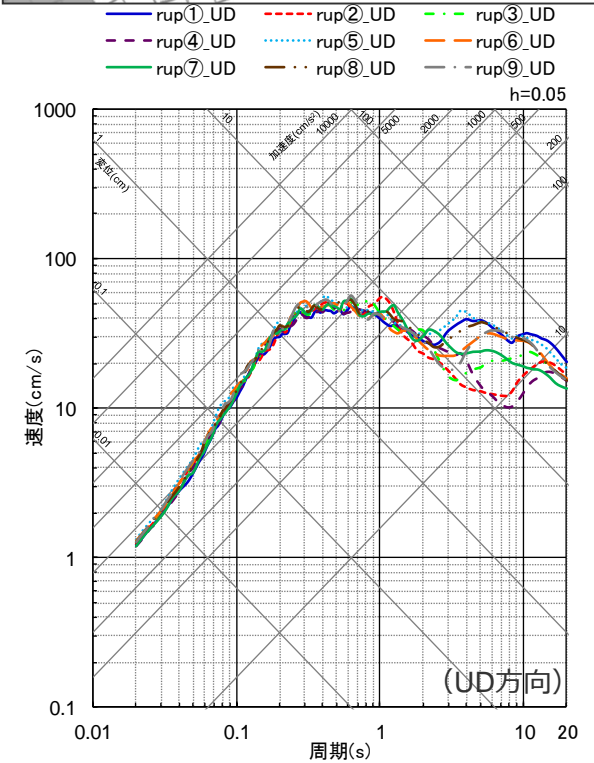
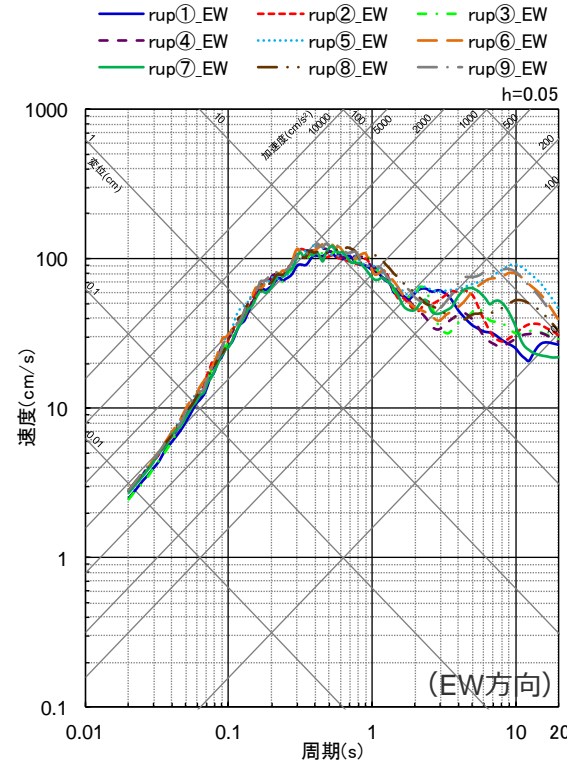
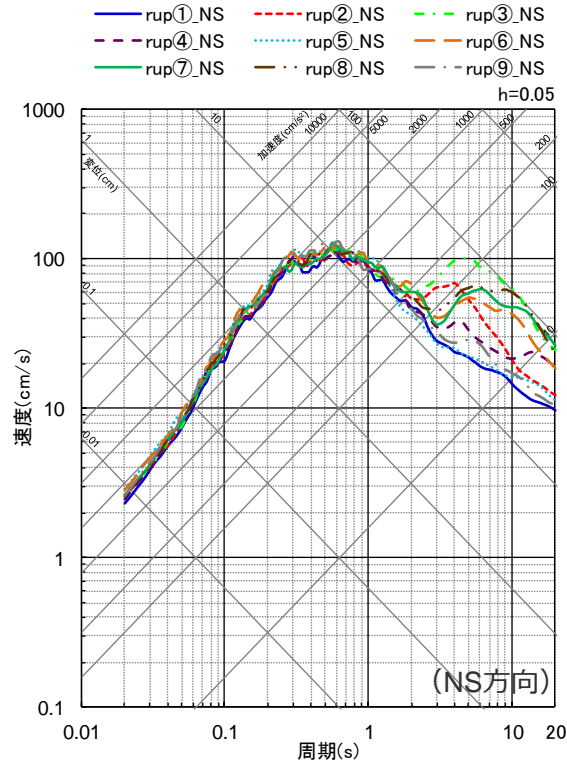
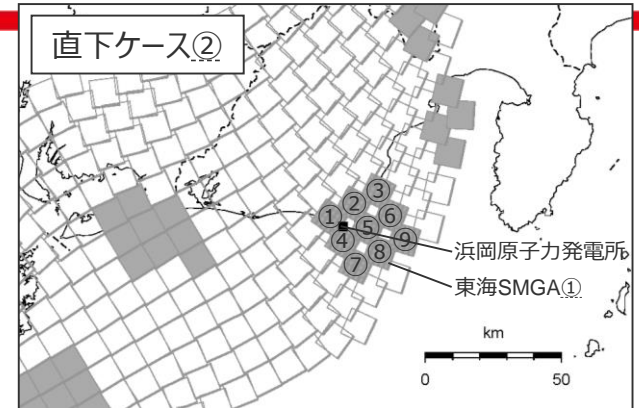


<各破壊開始点の地震動評価結果 (平均応答スペクトル) の比較> (直下ケース①)

小断層の分割を踏まえた破壊開始点の影響検討

(5×5分割)

○各破壊開始点の地震動評価結果は、長周期側ではばらつきが見られるものの、短周期側ではいずれも同様となっている。

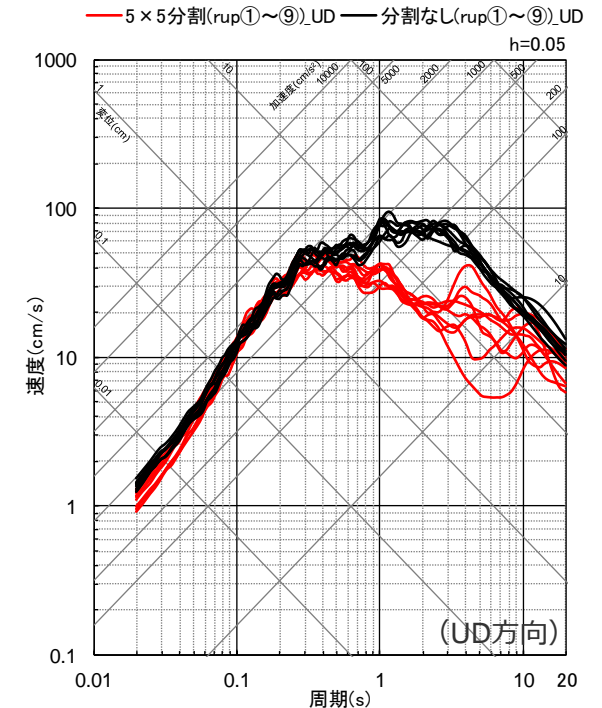
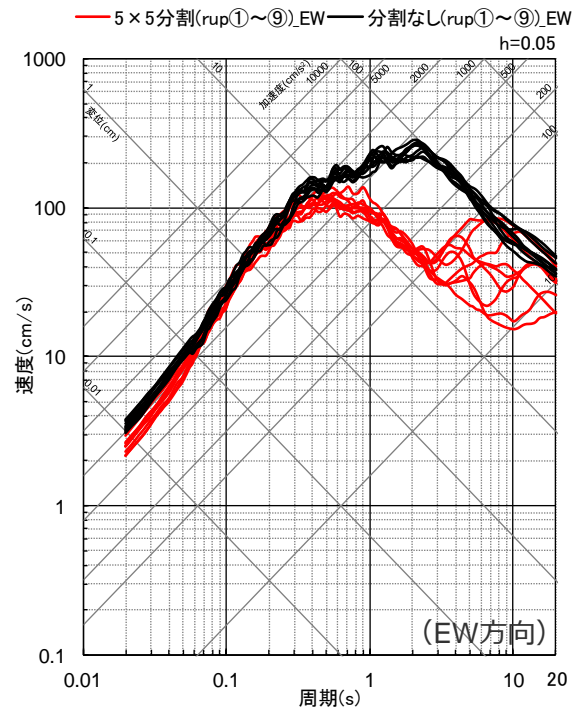
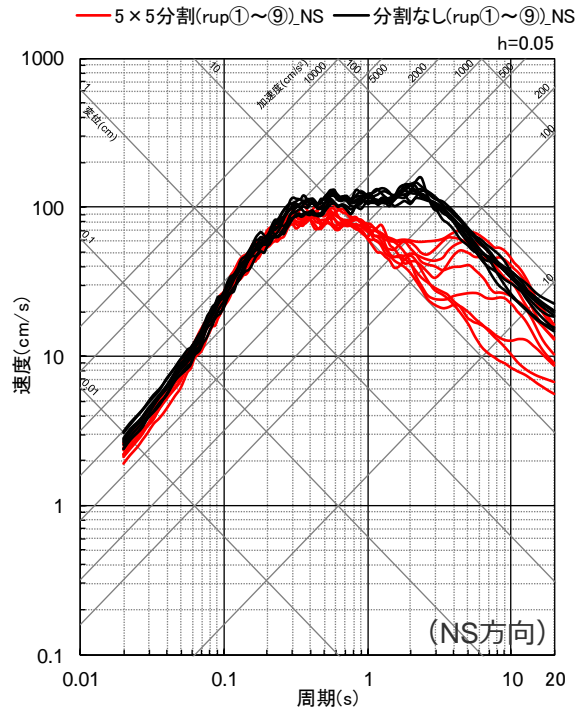
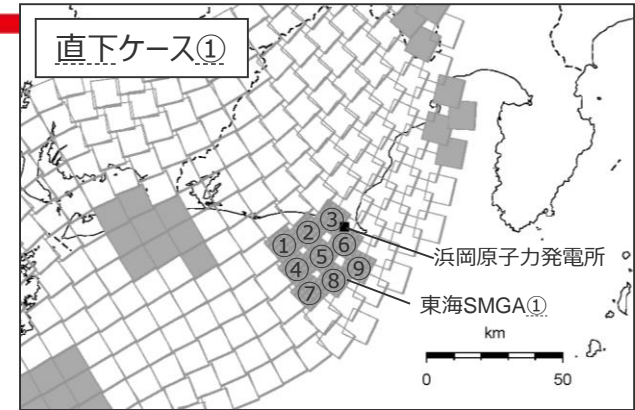


<各破壊開始点の地震動評価結果 (平均応答スペクトル) の比較> (直下ケース②)

小断層の分割を踏まえた破壊開始点の影響検討

(分割なしと5×5分割の比較)

○分割なし（既往報告）及び5×5分割（今回報告）における各破壊開始点の地震動評価結果を比較すると、分割なしの結果は5×5分割の結果を概ね包絡している。

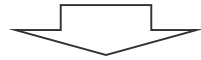


<分割なし（既往報告）と5×5分割（今回）の地震動評価結果の比較（平均応答スペクトル）>（直下ケース①）

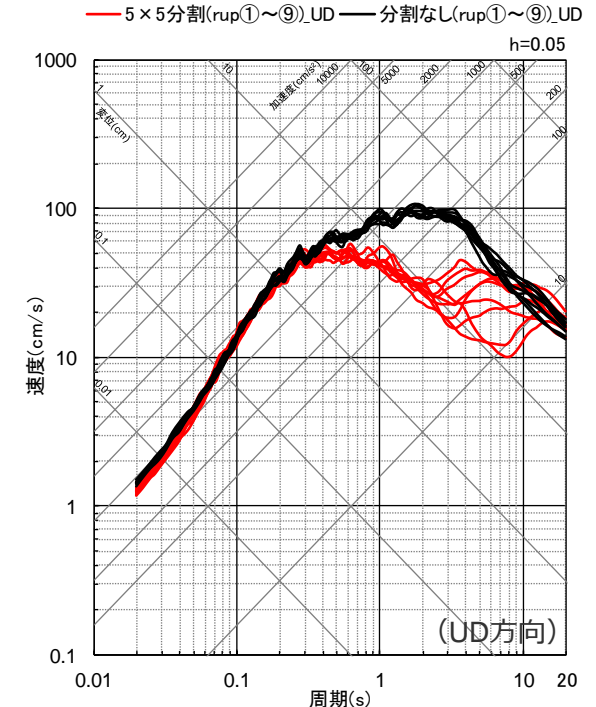
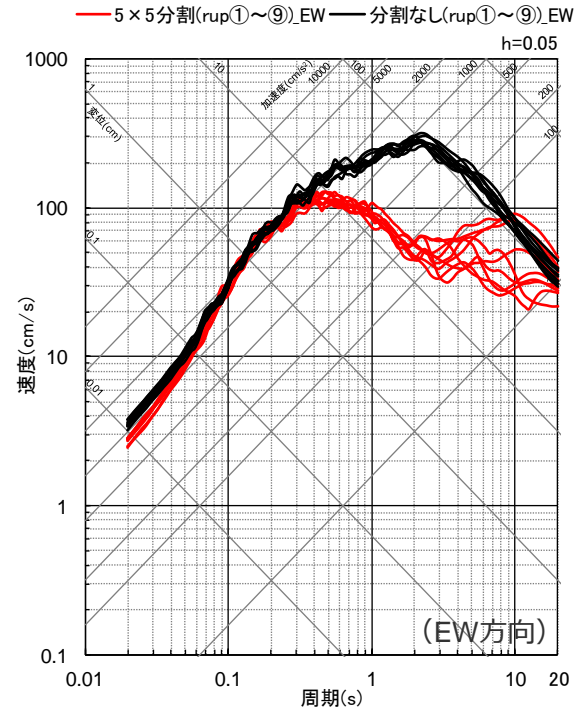
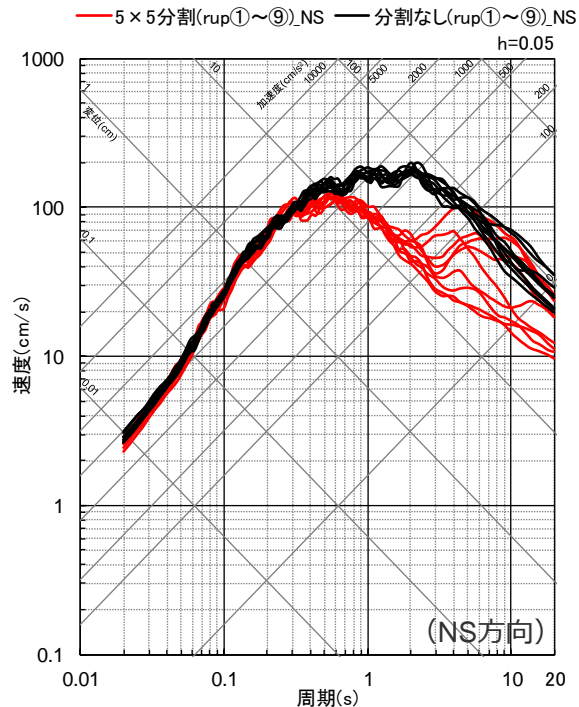
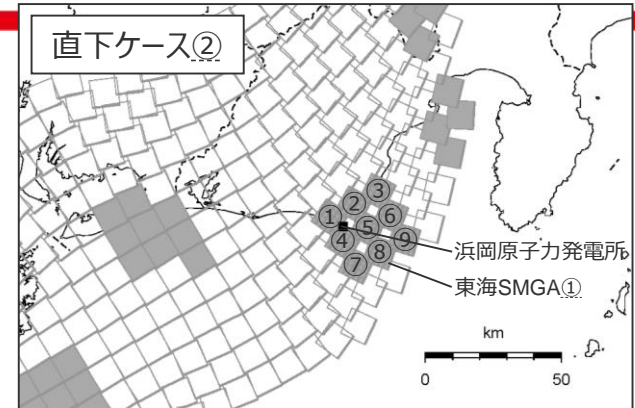
小断層の分割を踏まえた破壊開始点の影響検討

(分割なしと5×5分割の比較)

○ 分割なし（既往報告）及び5×5分割（今回報告）における各破壊開始点の地震動評価結果を比較すると、分割なしの結果は5×5分割の結果を概ね包絡している。



○ “5×5分割”における各破壊開始点の地震動評価結果は、小断層の分割の妥当性を確認した“分割なし”における各破壊開始点の地震動評価に包絡されることから、小断層を分割した場合の破壊開始点の影響検討は、小断層を分割しない場合の破壊開始点の影響検討で代表できると評価した。



<分割なし（既往報告）と5×5分割（今回）の地震動評価結果の比較（平均応答スペクトル）>（直下ケース②）

補足説明資料④-18
プレート間地震のfmaxの影響検討

プレート間地震のfmaxの文献調査・影響検討

(概要)

<強震動予測レシピ(2020) (fmax) >

- 海溝型地震の強震動予測レシピ(2020)におけるfmaxでは、佐藤・他(1994)による知見 (fmax13.5Hz) が引用されており、この佐藤・他(1994)では、仙台地域における中小地震の観測記録を用いて、震源特性、伝播特性、サイト特性が検討されている。
- 一方、強震動予測レシピ(2020)の基本的な考え方として、震源モデルの設定にあたっては、それぞれの段階で検証を行い、必要に応じて、パラメータの見直しを行うこととし、その際には、地震関連データ(地震波形記録、震度、被害等)を説明できるパラメータが求められるとしている。



検討概要

<佐藤・他(1994)等の文献調査>

- 佐藤・他(1994)やその他のfmaxに関する論文調査を行う。得られた知見は以下のとおり。
⇒海溝型地震のfmaxは、プレート間地震及び海洋プレート内地震によらず同程度。
⇒fmaxの推定とトレードオフの関係にあるパラメータはQ値の推定。

<浜岡原子力発電所における海溝型地震のfmaxの設定>

- 浜岡原子力発電所における海溝型地震(プレート間地震及び海洋プレート内地震)のfmaxの設定方法は以下のとおり。
⇒プレート間地震については、中央防災会議(2003b)や内閣府(2012)により、歴史地震の震度分布との比較検討で妥当性が確認されている震源モデルに基づき、fmax6Hz (Q値100^{f0.7})を設定。
⇒海洋プレート内地震については、2009年駿河湾の地震(本震)における観測記録の再現シミュレーションに基づき、fmax6Hz (Q値100^{f0.7})を設定。



<fmaxとQ値の関係に関する検討>

- fmaxとQ値はトレードオフの関係にあることから、2009年駿河湾の地震(本震)における観測記録の再現シミュレーションに基づき、fmaxを13.5Hzとした場合に、観測記録を再現可能なQ値を検討し、このfmaxとQ値の組合せにおいて、プレート間地震(基本震源モデル(地震動の顕著な増幅を考慮しない))の地震動評価を行う。



<fmaxの影響検討>

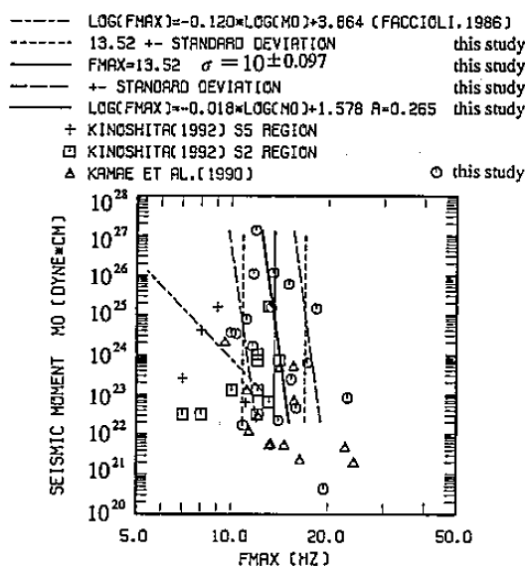
- fmaxとQ値はトレードオフの関係にあり、セットで検討することが原則と考えられるが、観測記録とは乖離するものの、fmaxの影響検討として、fmax13.5Hzと従来のQ値の組合せにおいて、プレート間地震(基本震源モデル(地震動の顕著な増幅を考慮しない))の地震動評価を行う。

プレート間地震のfmaxの文献調査

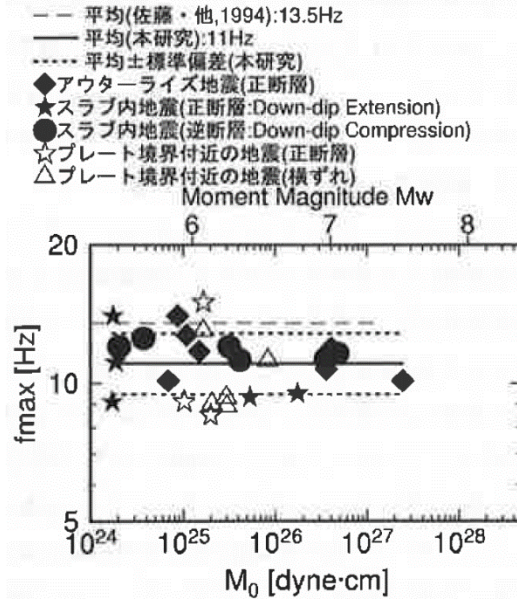
(佐藤・他(1994)等の文献調査)

- 佐藤・他(1994)では、1987年から1991年に仙台地域で観測された18地震を対象として、震源特性、伝播特性、サイト特性を検討しており、震源特性のうちfmaxの推定結果によると、fmaxはM₀の依存性がないこと、平均で13.5Hzになることを示している。
 - 佐藤(2013)では、1996年から2012年に東北地方で発生したアウターライズ地震、スラブ内地震、プレート境界付近の地震を対象として、震源特性、伝播特性、サイト特性を検討しており、震源特性のうちfmaxの推定結果によると、fmaxは断層タイプによる違いやM₀の依存性がないこと、平均で11.0Hzとなることを示している。
- ⇒佐藤・他(1994)*及び佐藤(2013)のデータベースに基づき、プレート間地震及び海洋プレート内地震のみを対象としたM₀-fmax関係によると、**海溝型地震であるプレート間地震と海洋プレート内地震のfmaxは地震タイプによらず同程度**になっている。

※データベースはSato et al.(1997)による。

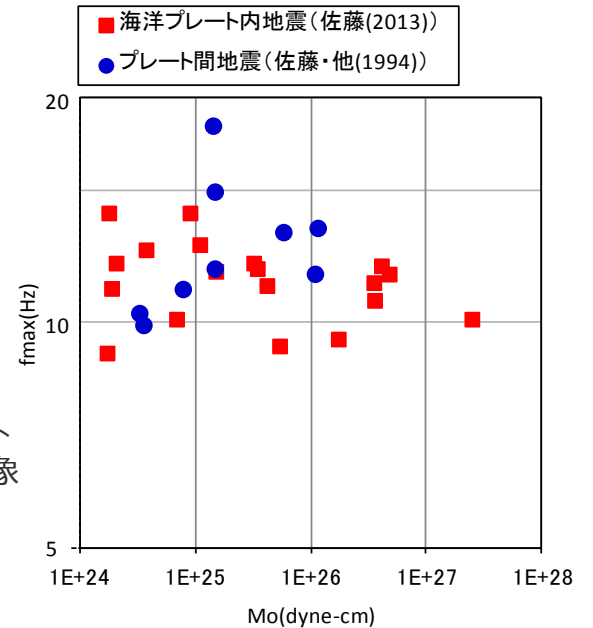


<M₀-fmax関係>
(佐藤・他(1994))



<M₀-fmax関係>
(佐藤(2013))

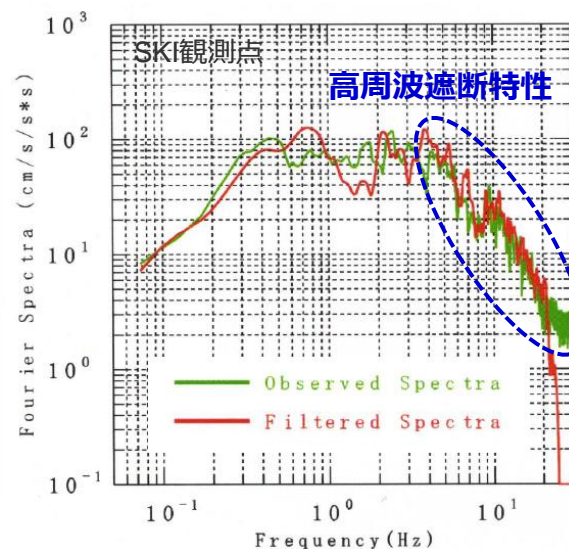
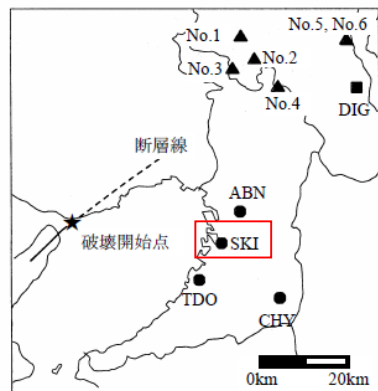
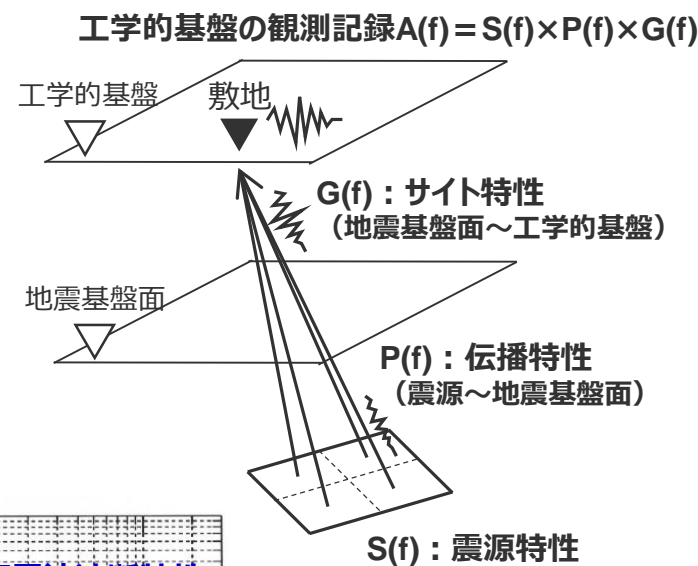
プレート間地震
及び海洋プレート
内地震のみを対象



<プレート間地震・海洋プレート内地震の
M₀-fmax関係>

<補足説明資料④-18 プレート間地震のfmaxの影響検討>
プレート間地震のfmaxの文献調査
(佐藤・他(1994)等の文献調査)

- 佐藤・他(1994)や佐藤(2013)等のインバージョン解析では、工学的基盤の観測記録A(f)を、震源特性S(f)、伝播特性P(f)、サイト特性G(f)でモデル化し、震源パラメータや減衰パラメータ(Q値)等を推定している。
- 観測記録A(f)において、ある振動数より高振動数側で地震動レベルが低下する“高周波遮断特性”は、厳密に、震源特性(fmax)に起因するのか、伝播特性～サイト特性(Q値)に起因するのか、区分することは困難である。
- インバージョン解析においても、“高周波遮断特性”を考慮する際には、fmaxの推定とQ値の推定はトレードオフの関係にある。



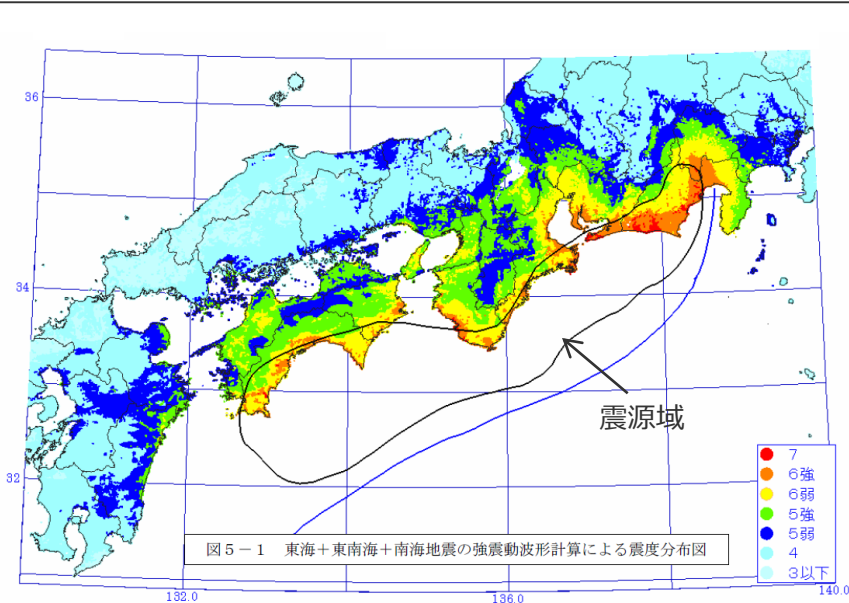
<高周波遮断特性の例 (兵庫県南部地震の観測記録)>
(鶴来・他(2006)に赤い四角、「高周波遮断特性」、青破線の楕円を加筆)

<補足説明資料④-18 プレート間地震のfmaxの影響検討>

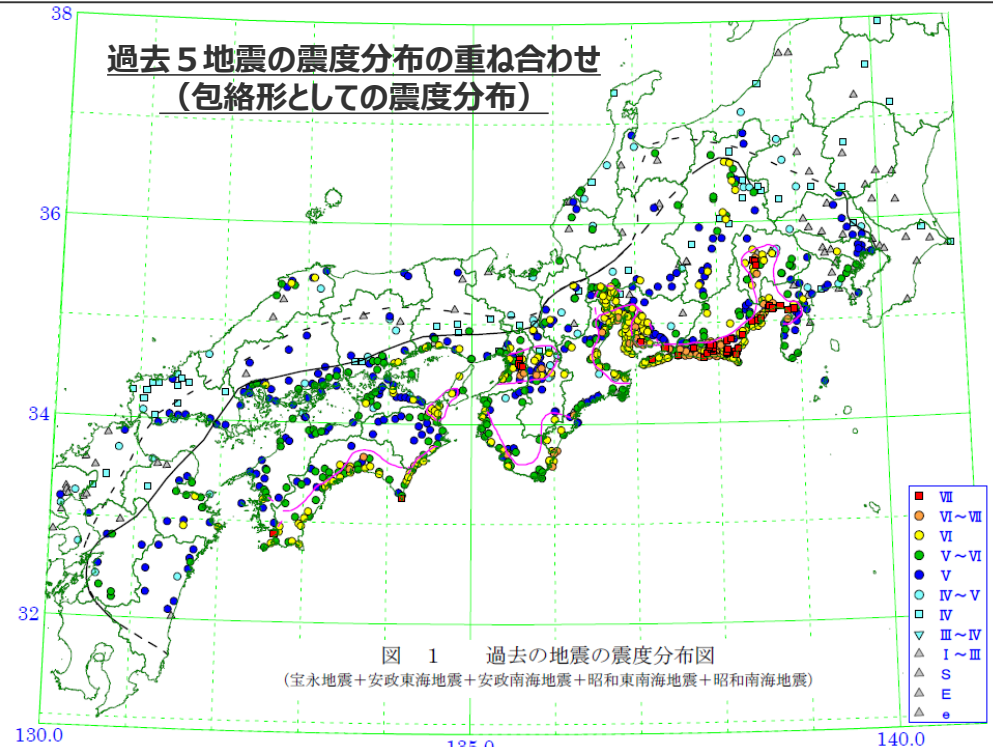
浜岡原子力発電所における海溝型地震（プレート間地震）のfmaxの設定

- 中央防災会議の「東海地震に関する専門調査会(2001)」(以下、「中央防災会議(2001b)」という。)、「東南海、南海地震等に関する専門調査会(2003)」(以下、「中央防災会議(2003b)」という。)では、南海トラフの地震について、強震動の計算結果による震度分布と歴史地震の震度分布との比較等により、震源モデルの断層パラメータの妥当性が確認されており、その断層パラメータの一つとして、fmax6Hz (Q値100f^{0.7}) が用いられている。
- 内閣府の「南海トラフの巨大地震モデル検討会(2012)」(以下、「内閣府(2012)」という。)においても同様に、その震源モデルにはfmax6Hz (Q値100f^{0.7}) が用いられている。

⇒ 浜岡原子力発電所のプレート間地震の地震動評価においては、中央防災会議(2003b)及び内閣府(2012)により、歴史地震の震度分布との比較検討で妥当性が確認されている震源モデルに基づき、fmax6Hz (Q値100f^{0.7}) を設定している。



<想定東海地震・東南海地震・南海地震における強震動の計算結果による震度分布>
(中央防災会議(2003b)に「震源域」を加筆)



<過去の5地震の震度分布>
(中央防災会議(2003b)に「過去5地震の震度分布の重ね合わせ
(包絡形としての震度分布)」を加筆)

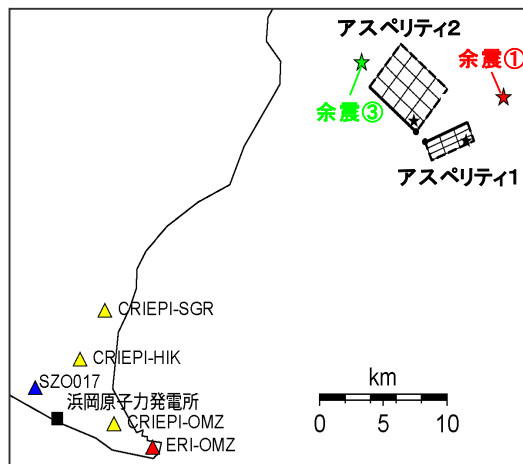
<補足説明資料④-18 プレート間地震のfmaxの影響検討>

浜岡原子力発電所における海溝型地震（プレート間地震）のfmaxの設定

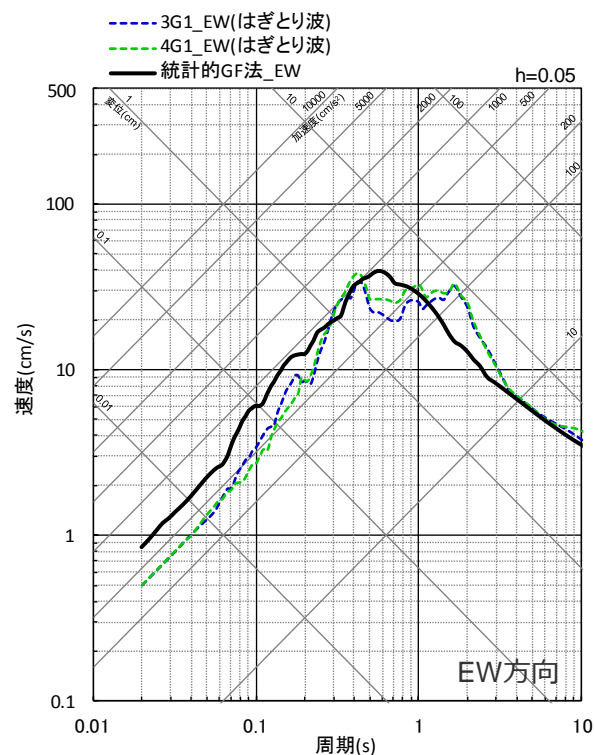
○浜岡原子力発電所では、2009年駿河湾の地震（本震）の特性化震源モデルに基づき、fmax6Hz（Q値100f^{0.7}）を用いて、統計的グリーン関数法による観測シミュレーションを行い、観測記録を再現している。

⇒**浜岡原子力発電所の海洋プレート内地震の地震動評価においては、2009年駿河湾の地震（本震）における観測記録の再現シミュレーションに基づき、fmax6Hz（Q値100f^{0.7}）を設定している。**

	面積	地震モーメント	応力降下量
アスペリティ1（南部）	13.0km ²	6.80×10 ¹⁷ Nm	35.7MPa
アスペリティ2（北部）	23.0km ²	1.20×10 ¹⁸ Nm	27.5MPa



<経験的グリーン関数法による
2009年駿河湾の地震（本震）の特性化震源モデル>



<統計的グリーン関数法による2009年駿河湾の地震（本震）の
観測シミュレーション（応答スペクトル）>

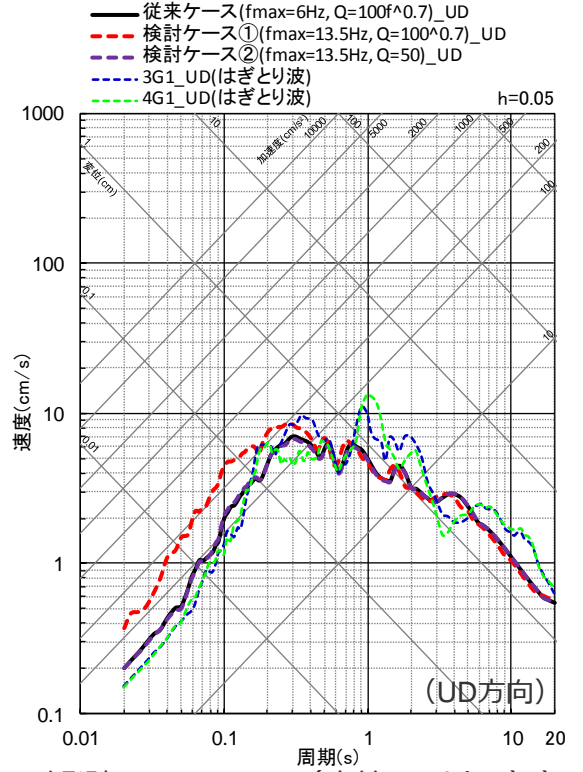
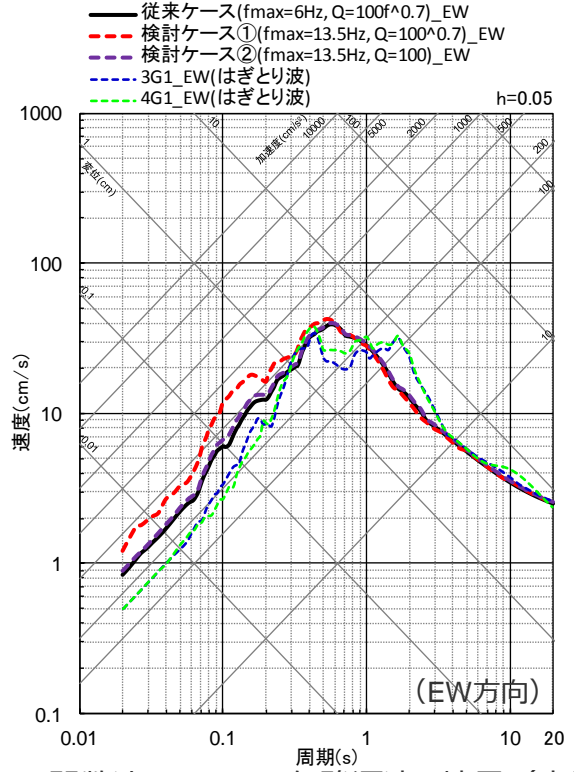
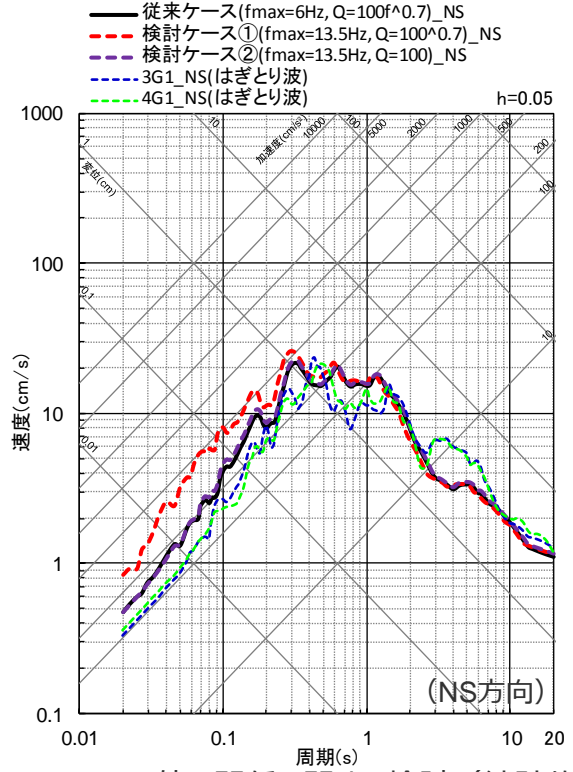
fmaxとQ値の関係に関する検討

(2009年駿河湾の地震 (本震) における観測記録の再現シミュレーション)

- 2009年駿河湾の地震 (本震) における観測記録の再現シミュレーションでは、前述のとおり、 $f_{max}=6\text{Hz}$ とQ値 (Q_s, Q_p) = $100f^{0.7}$ との組合せ (従来ケース) で観測記録を再現している。
 - f_{max} とQ値がトレードオフの関係にあることから、 f_{max} を13.5Hzとした場合に、**観測記録を再現可能なQ値を検討**する。
- ⇒ 従来のQ値で f_{max} を13.5Hzとした検討ケース①では、観測記録と乖離 (過大評価) となるが、 **$Q_s=100, Q_p=50$ で f_{max} を13.5Hzとした検討ケース②では、従来ケースのシミュレーション結果と同程度で、観測記録を再現**できることを確認した。

	従来ケース	検討ケース①	検討ケース②
観測記録の再現性	再現可能	乖離 (過大評価)	再現可能
fmax	6Hz	13.5Hz	13.5Hz
Q値	$Q_s, Q_p=100f^{0.7}$	$Q_s, Q_p=100f^{0.7}$	$Q_s=100, Q_p=50$

fmaxとQ値はトレードオフの関係にあることから、従来ケースと同様、観測記録を再現可能な検討ケース②を対象に、プレート間地震 (基本震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮しない)) の地震動評価を行う。



<fmaxとQ値の関係に関する検討 (統計的グリーン関数法による2009年駿河湾の地震 (本震) の観測シミュレーション (応答スペクトル)) >

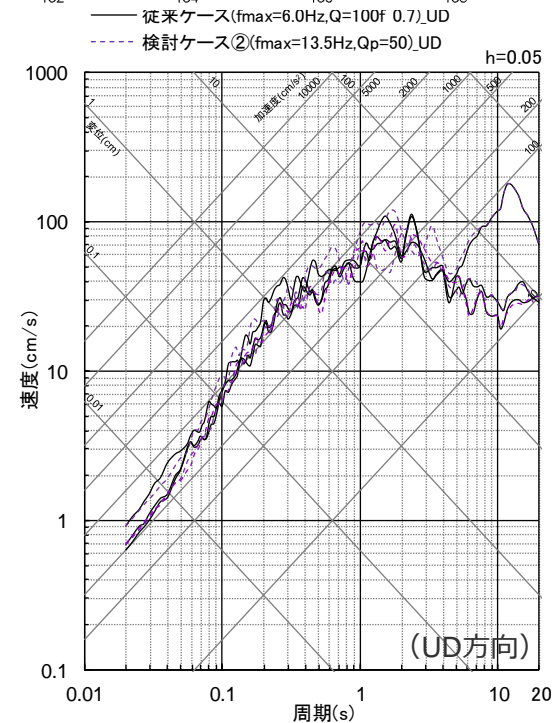
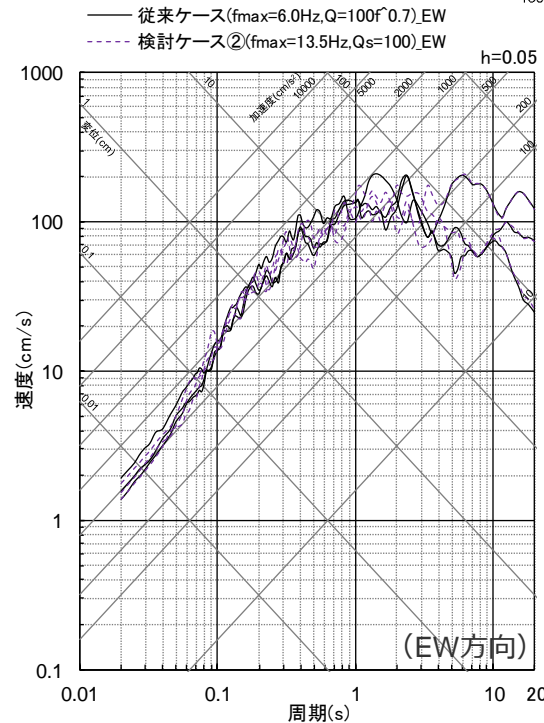
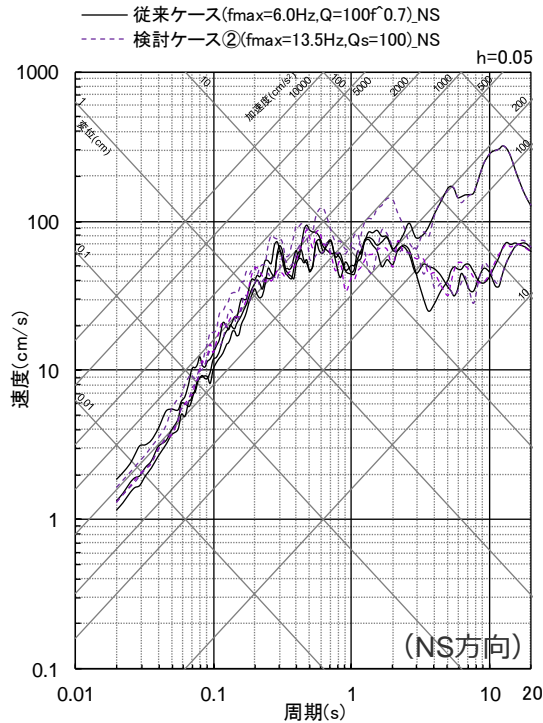
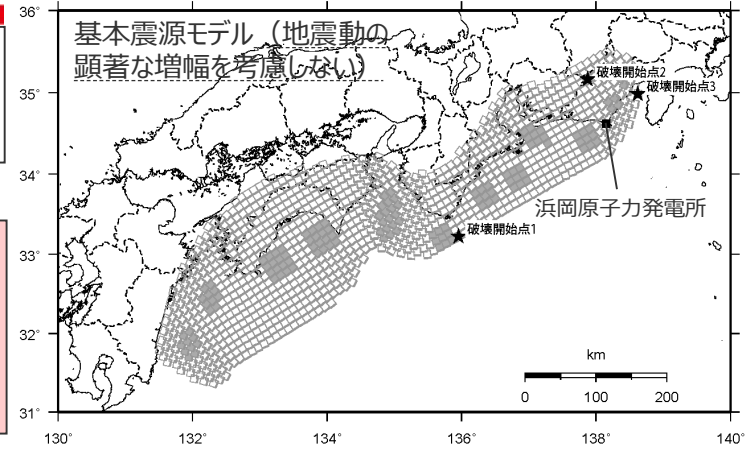
<補足説明資料④-18 プレート間地震のfmaxの影響検討>

fmaxとQ値の関係に関する検討

○観測記録を再現可能な検討ケース② (fmax=13.5Hz、Qs=100、Qp=50) を対象に、プレート間地震 (基本震源モデル) の地震動評価を行った結果、従来ケース (fmax=6Hz、Q値 (Qs、Qp) =100f^{0.7}) と同程度になることを確認した。



○fmaxとQ値はトレードオフの関係にあり、セットで検討することが原則と考えられるが、観測記録とは乖離するものの、fmaxの影響検討として、fmax13.5Hzと従来のQ値を組み合わせた検討ケース① (fmax13.5Hz、Q値 (Qs、Qp) =100f^{0.7}) を対象に、プレート間地震 (基本震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮しない)) の地震動評価を行う。

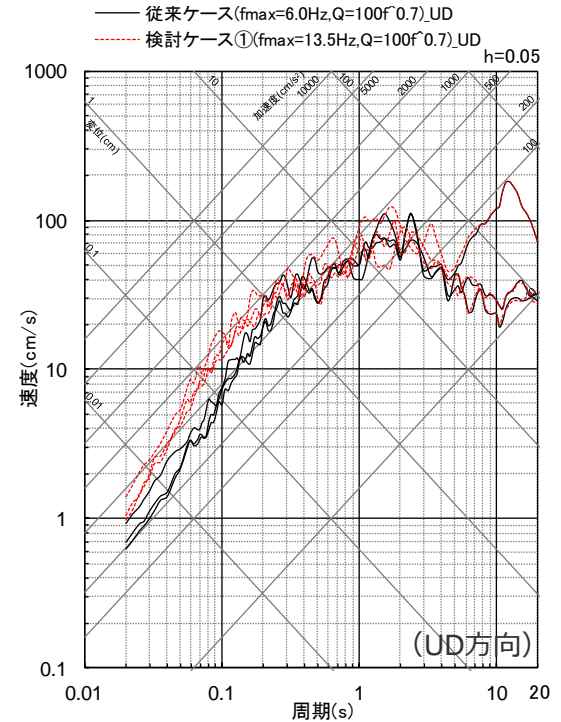
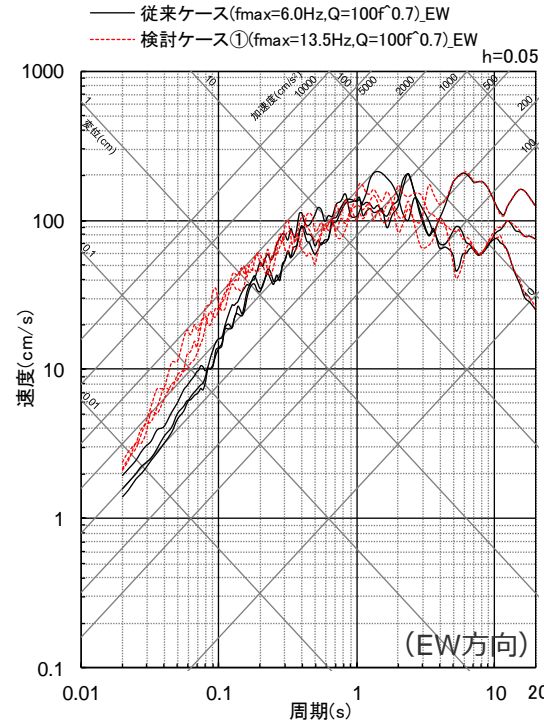
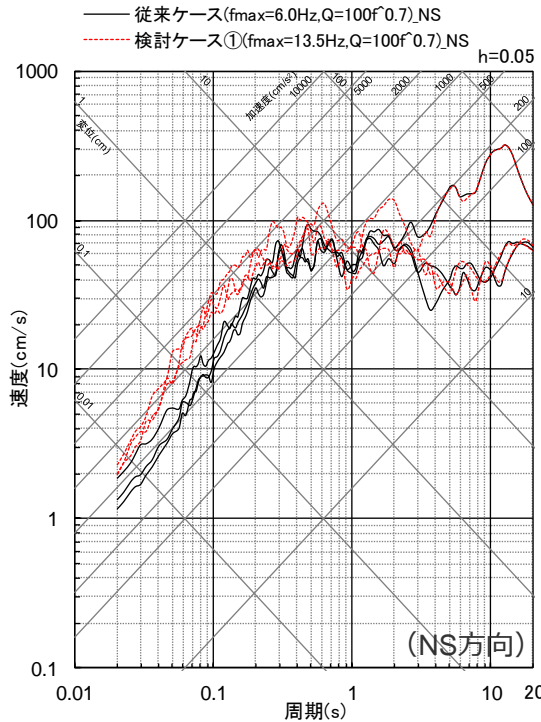
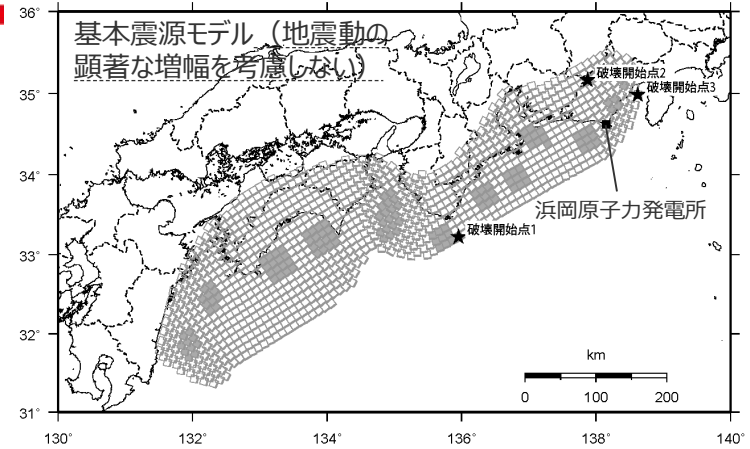


<プレート間地震 (基本震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮しない)) の地震動評価結果 (応答スペクトル)> (検討ケース② (fmax=13.5Hz、Qs=100、Qp=50))

<補足説明資料④-18 プレート間地震のfmaxの影響検討>

fmaxとQ値の関係に関する検討

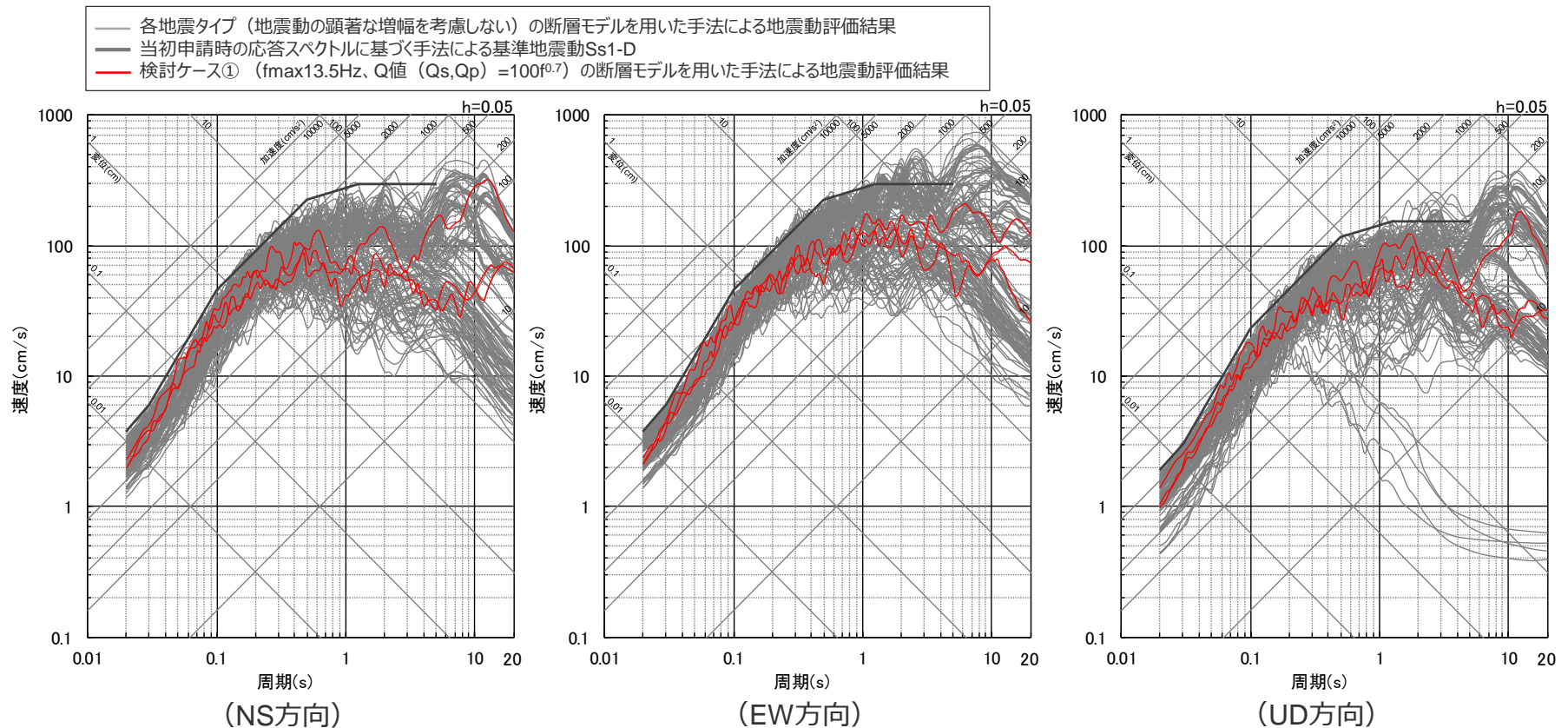
○fmaxの影響検討として、検討ケース① (fmax13.5Hz、Q値 (Qs,Qp) =100f^{0.7}) を対象に、プレート間地震 (基本震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮しない)) の地震動評価を行った。



<プレート間地震 (基本震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮しない)) の地震動評価結果 (応答スペクトル) > (検討ケース① (fmax13.5Hz、Q値 (Qs,Qp) =100f^{0.7}))

fmaxとQ値の関係に関する検討

○ 前述のfmaxの影響検討として提示した、観測記録とは乖離するもののfmax13.5Hzと従来のQ値を組み合わせた検討ケース①の断層モデルを用いた手法による地震動評価結果について、念のため、敷地ごとに震源を特定して策定する地震動として、「各地震タイプ（内陸地殻内地震、プレート間地震、海洋プレート内地震（地震動の顕著な増幅を考慮しない））の断層モデルを用いた手法による地震動評価結果」及び「当初申請時の応答スペクトルに基づく手法による基準地震動Ss1-D」と比較し、検討ケース①の応答スペクトルが「当初申請時の応答スペクトルに基づく手法による基準地震動Ss1-D」に包絡されることを確認した。



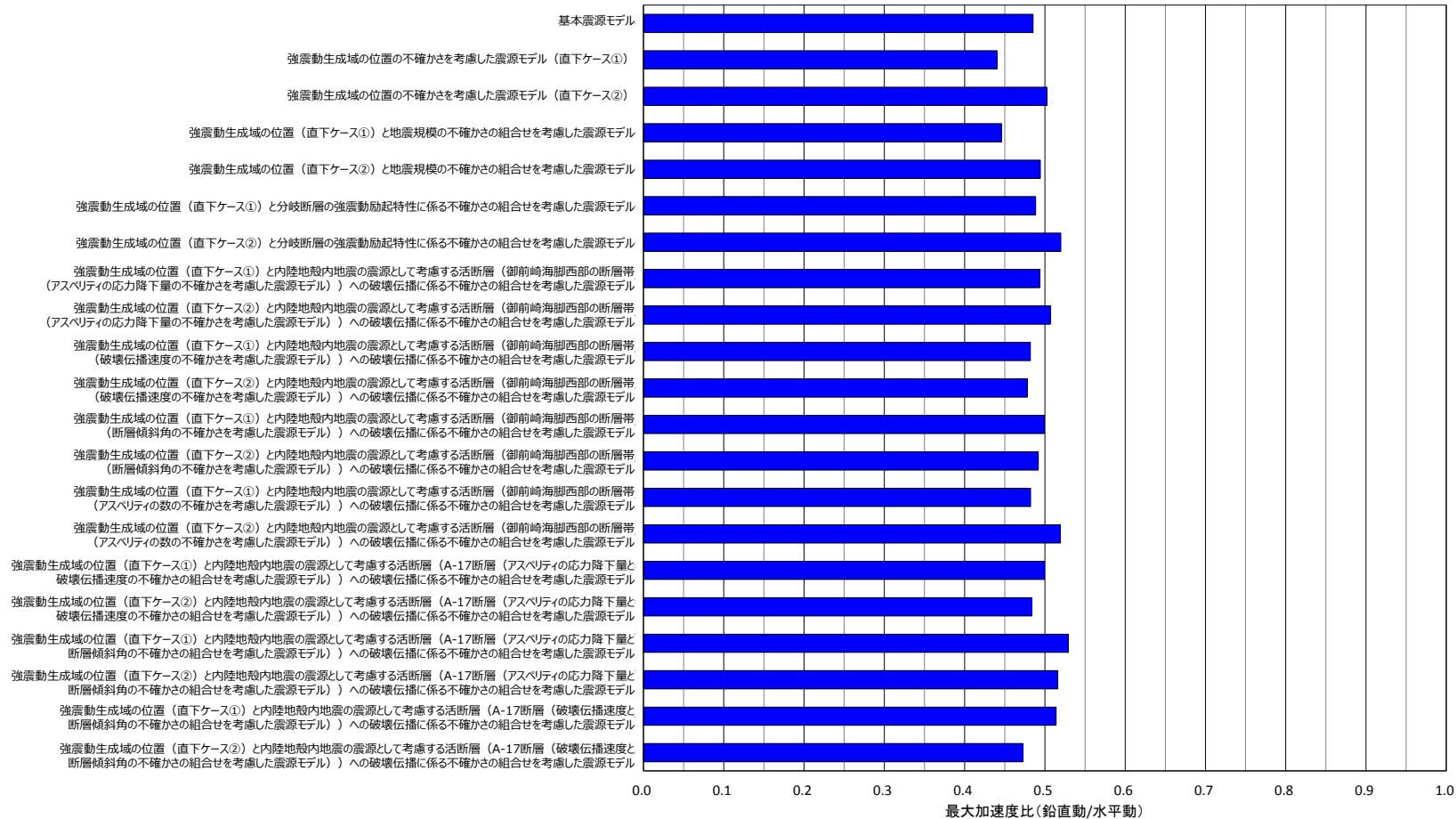
<断層モデルを用いた手法による地震動評価結果の比較（応答スペクトル）>

補足説明資料④-19

断層モデルを用いた手法による地震動評価結果の水平動と鉛直動の比率の分析

検討概要

- 断層モデルを用いた手法による地震動評価結果において、水平動と鉛直動との比率は 2 : 1 程度（鉛直動／水平動≒0.5）となっている。
- 以降では、浜岡原子力発電所の地震動評価で採用している統計的グリーン関数法について、水平動及び鉛直動の計算方法を説明し、水平動と鉛直動との比率が 2 : 1 程度（鉛直動／水平動≒0.5）となっている要因を分析する。



<断層モデルを用いた手法による解放基盤表面における地震動評価結果の水平動に対する鉛直動の最大加速度の比率 (鉛直動／水平動、破壊開始点1～3の平均) >

・各震源モデルは、地震動の顕著な増幅を考慮しない場合の震源モデル。

＜補足説明資料④-19 断層モデルを用いた手法による地震動評価結果の水平動と鉛直動の比率の分析＞

浜岡原子力発電所の統計的グリーン関数法における水平動及び鉛直動の計算方法

【浜岡原子力発電所の統計的グリーン関数法における水平動及び鉛直動の計算方法】

- 浜岡原子力発電所の地震動評価で採用している統計的グリーン関数法においては、水平動及び鉛直動について、それぞれ解放基盤表面におけるグリーン関数を作成し波形合成を行っている。
- 水平動では、Boore(1983)に基づき地震基盤面における地震波（SH波、SV波）を設定し、敷地の地盤増幅特性の反映として地震動評価に用いる一次元地下構造モデルを用いてS波の伝播解析を行い、解放基盤表面におけるグリーン関数を作成している。ここで、Boore(1983)に基づき評価されるSH波、SV波の内、SV波の一部により鉛直動が生じるが、鉛直動に割かれる分を控除せずに水平動（SV波）を評価していることから、水平動は保守的な設定となっている。
- 鉛直動では、水平動のBoore(1983)に基づき設定した地震基盤面における地震波（SV波）に対し、観測記録に基づく知見（Noda et al. (2002)）により地震基盤面における鉛直水平比（鉛直動／水平動）を乗じて、鉛直動の地震基盤面における地震波を設定し、敷地の地盤増幅特性の反映として地震動評価に用いる一次元地下構造モデルを用いてP波の伝播解析を行い、解放基盤表面におけるグリーン関数を作成している。

＜地震動評価に用いる一次元地下構造モデル＞

解放基盤表面
↓
統計的グリーン関数法で用いる地下構造（地震基盤以浅）
↓
地震基盤面

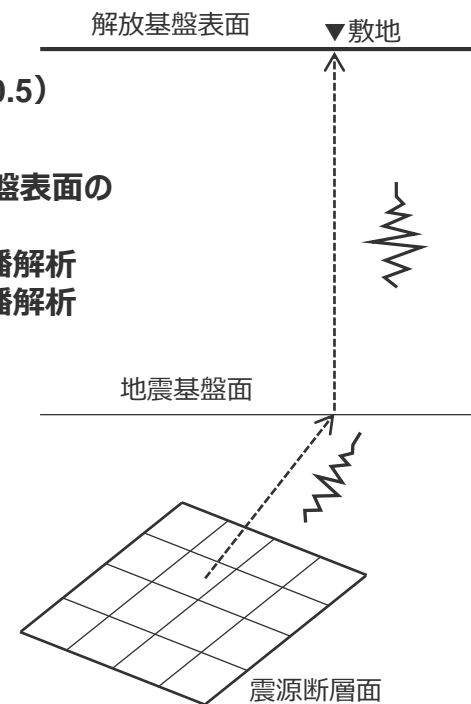
層	標高 (m)	Vs (m/s)	Vp (m/s)	ρ (g/cm ³)	Vp/Vs
1	-14	740	2000	2.07	2.70
2	-32	790	2030	2.08	2.57
3	-62	830	2070	2.09	2.49
4	-92	910	2140	2.11	2.35
5	-192	960	2180	2.12	2.27
6	-354	1100	2110	2.10	1.92
7	-493	1230	2320	2.15	1.89
8	-739	1420	2790	2.25	1.96
9	-1094	1590	3060	2.31	1.92
10	-2050	2150	3990	2.46	1.86
11	-3550	2470	4470	2.53	1.81
12	-5050	2720	4830	2.58	1.78
13	-8240	2880	5130	2.62	1.78
14	-11400	3060	5450	2.66	1.78
15	-14600	3540	6300	2.76	1.78
16	-17800	3990	7100	2.85	1.78
17	-23100	4390	7810	2.91	1.78

・Q値=100f^{0.7}

解放基盤表面における
グリーン関数の作成
+ 波形合成
(鉛直動／水平動 ≒ 0.5)

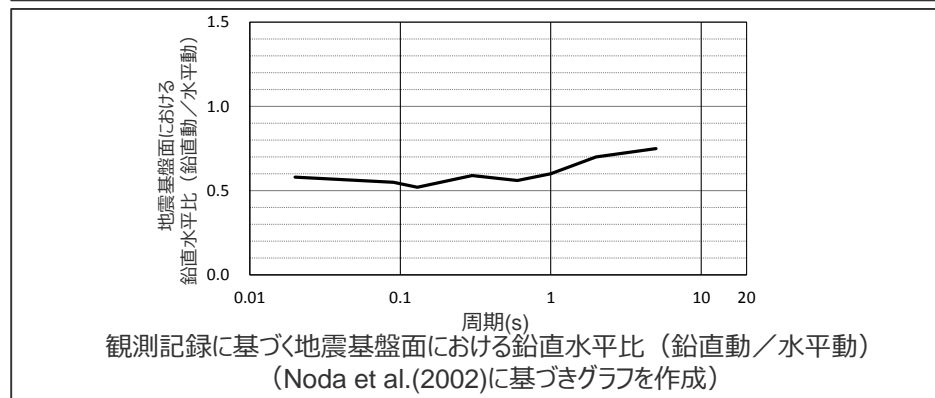
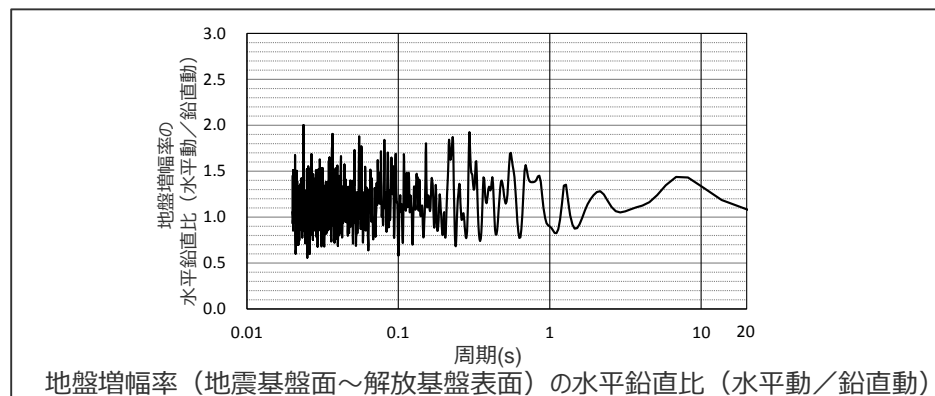
地震基盤面～解放基盤表面の
敷地の地盤増幅特性
・水平動：S波の伝播解析
・鉛直動：P波の伝播解析

地震基盤面における
地震波の設定



まとめ

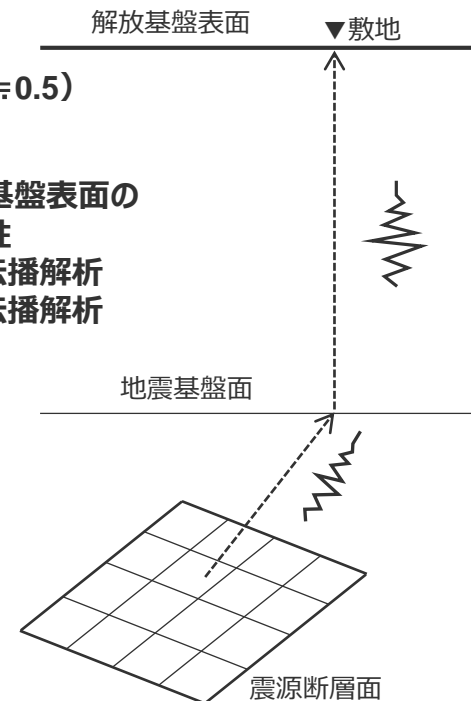
- 地震基盤面における地震波に関し、鉛直動は、前述のとおりBoore(1983)に基づき保守的に設定した水平動（SV波）に対し、観測記録に基づく知見（Noda et al.(2002)）により地震基盤面における鉛直水平比（鉛直動／水平動）を乗じて設定しており、その比は短周期側で0.6程度である。
 - 地震基盤面から解放基盤表面までの敷地の地盤増幅特性に関して、地震動評価に用いる一次元地下構造モデル（水平動・鉛直動それぞれについて、地盤増幅率が保守的に評価されることを確認（第194回審査会合資料 1 参照））を用いて解析している地盤増幅率（伝達関数）の水平鉛直比（水平動／鉛直動）は概ね 1 より大きく、敷地の地盤増幅特性として水平動の方が鉛直動より増幅が大きくなっている。
- ⇒ 地震基盤面における地震波について観測記録に基づく地震基盤面における鉛直水平比（短周期側で0.6程度）を設定していることと、地震基盤面から解放基盤表面までの敷地の地盤増幅特性として水平動の方が鉛直動より増幅が大きいことにより、解放基盤表面における水平動と鉛直動との比が 2 : 1 程度（鉛直動／水平動≒0.5）となっている。



解放基盤表面における
グリーン関数の作成
+ 波形合成
（鉛直動／水平動≒0.5）

地震基盤面～解放基盤表面の
敷地の地盤増幅特性
・水平動：S波の伝播解析
・鉛直動：P波の伝播解析

地震基盤面における
地震波の設定



補足説明資料④-20

プレート間地震のNoda et al.(2002)以外の距離減衰式による応答スペクトルに基づく
地震動評価

<補足説明資料④-20 プレート間地震のNoda et al.(2002)以外の距離減衰式による応答スペクトルに基づく地震動評価>

Noda et al.(2002)以外の距離減衰式の概要

○Noda et al.(2002)以外の距離減衰式として、データベースにプレート間地震が含まれる4つの距離減衰式（下表参照）を対象に、適用性の検討を行う。

<Noda et al.(2002)以外の距離減衰式の概要>

距離減衰式	地震タイプ	Mwの範囲	断層最短距離の範囲	入力パラメータ	地盤種別	式の特徴
Kanno et al.(2006)	内陸地殻内地震 プレート間地震 海洋プレート内地震	5.5~8.2	500km以内	Mw、X _{sh} 、D	100 ≤ Vs30 ≤ 1400 m/s	・水平動のみを対象。 ・震源深さ30km以上と30km以下の距離減衰式。
Zhao et al.(2006)	同上	5.0~8.3	300km以内	同上	Soft soil (Sc I ~ IV) Hard rock	・水平動のみを対象。 ・内陸地震、プレート間地震、海洋プレート内地震の距離減衰式。
内山・翠川 (2006)	同上	5.5~8.3	300km以内	同上	150 ≤ Vs30 ≤ 750m/s	・水平動のみを対象。 ・震源深さ30km以上と30km以下の距離減衰式。
片岡・他(2006)	同上	4.9~8.2	250km以内	Mw、X _{sh} 、 D or A	I種、II種、III種地盤 および工学的基盤	・水平動のみを対象。 ・内陸地震、海溝性地震の距離減衰式。

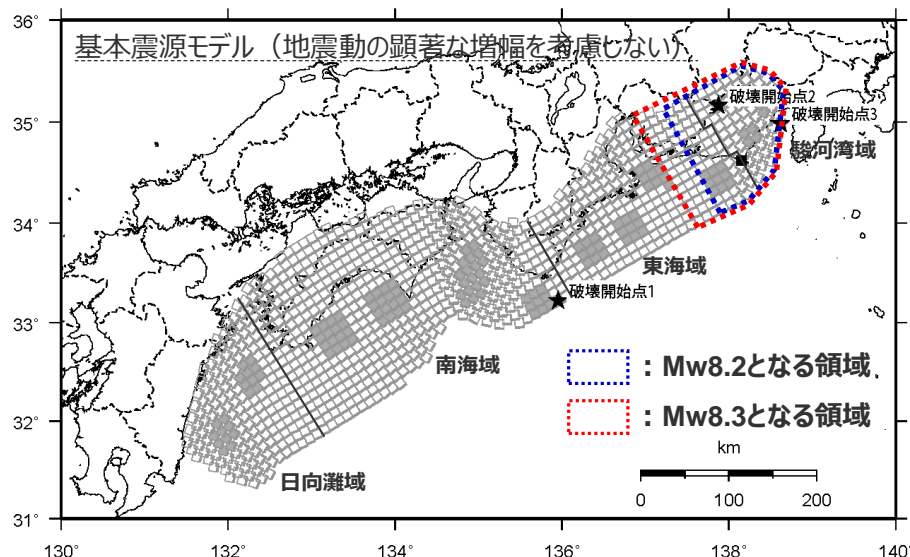
Vs30：表層30mにおけるS波速度の平均値、X_{sh}：断層最短距離、D：震源深さ、A：短周期レベル

Noda et al.(2002)以外の距離減衰式の適用性検討

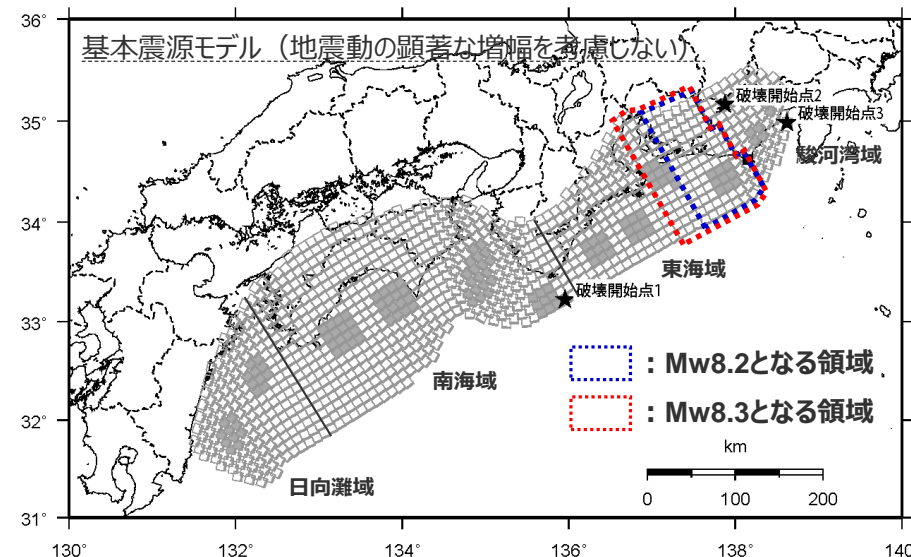
(検討対象ケース)

○Noda et al.(2002)以外の距離減衰式の適用性検討に際しては、いずれの距離減衰式もMwの適用範囲が8.2~8.3※であることから、このMwの適用範囲内となる震源モデルを検討対象ケース（下図参照）とし、断層最短距離 X_{sh} は敷地からプレート境界面までの最短距離13kmとする。

※2011年東北地方太平洋沖地震の地震動特性（距離減衰特性）については、距離減衰式から求められるMwは8.2~8.3程度であり、全体の断層運動により求められる地震の規模Mw9.0に比べて小さい。



(駿河湾～東海領域における検討)



(東海領域における検討)

<Mw8.2~8.3となる領域>

・Noda et al.(2002)の方法と同様の領域区分とした場合、いずれもMwの適用範囲外となる。

駿河湾域+東海領域 : Mw8.6

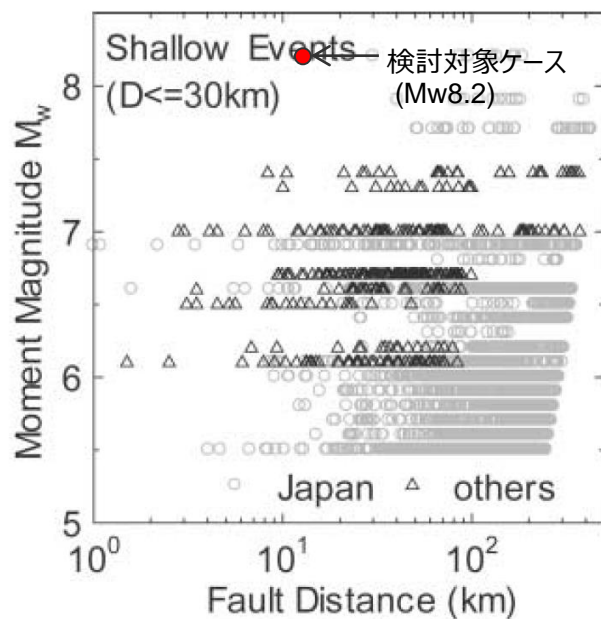
駿河湾域+東海領域+南海領域 : Mw8.9

駿河湾域+東海領域+南海領域+日向灘域 : Mw9.0

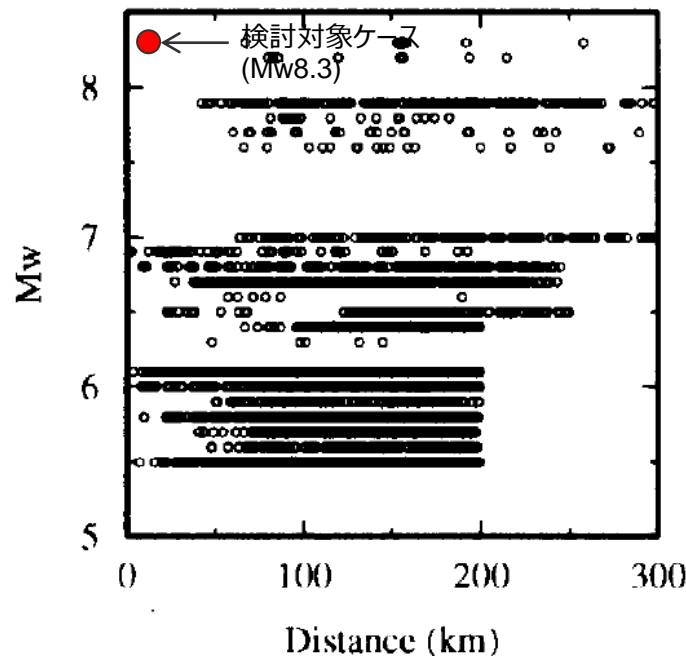
Noda et al.(2002)以外の距離減衰式の適用性検討

(Kanno et al.(2006)の方法、内山・翠川(2006)の方法)

- Kanno et al.(2006)の方法について、検討対象ケースの“Mwと断層最短距離Xshとの関係”がデータベースの適用範囲外となっている。
- 内山・翠川(2006)の方法について、検討対象ケースの“Mwと断層最短距離Xshとの関係”がデータベースの適用範囲外となっている。



<Kanno et al.(2006)の方法の適用性検討>

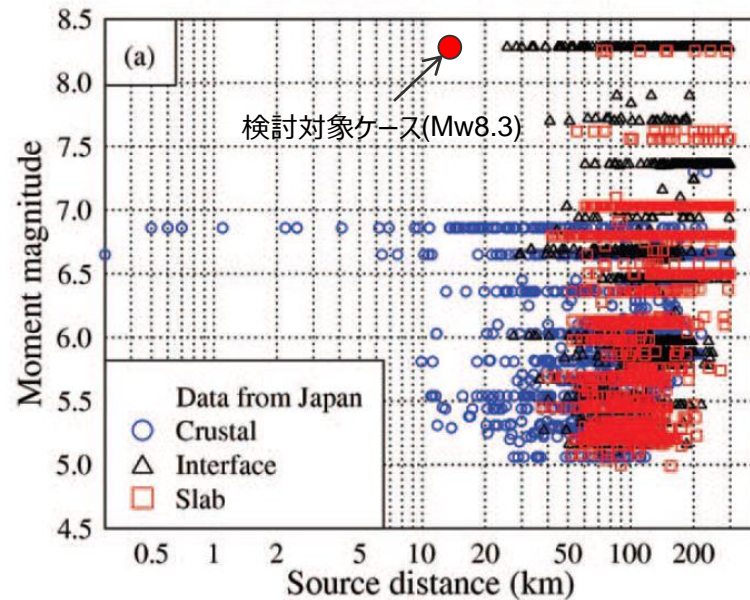


<内山・翠川(2006)の方法の適用性検討>

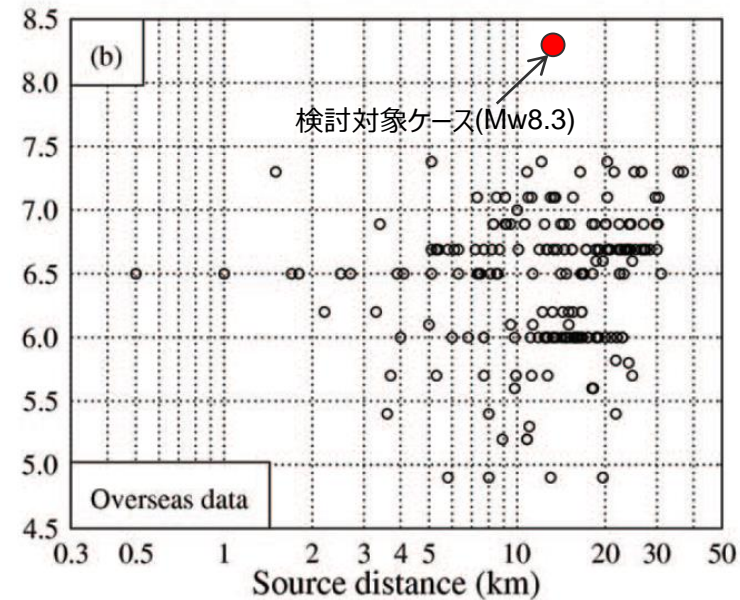
Noda et al.(2002)以外の距離減衰式の適用性検討

(Zhao et al.(2006)の方法)

○Zhao et al.(2006)の方法について、検討対象ケースの“Mwと断層最短距離Xshとの関係”がデータベースの適用範囲外となっている。



<日本の記録>



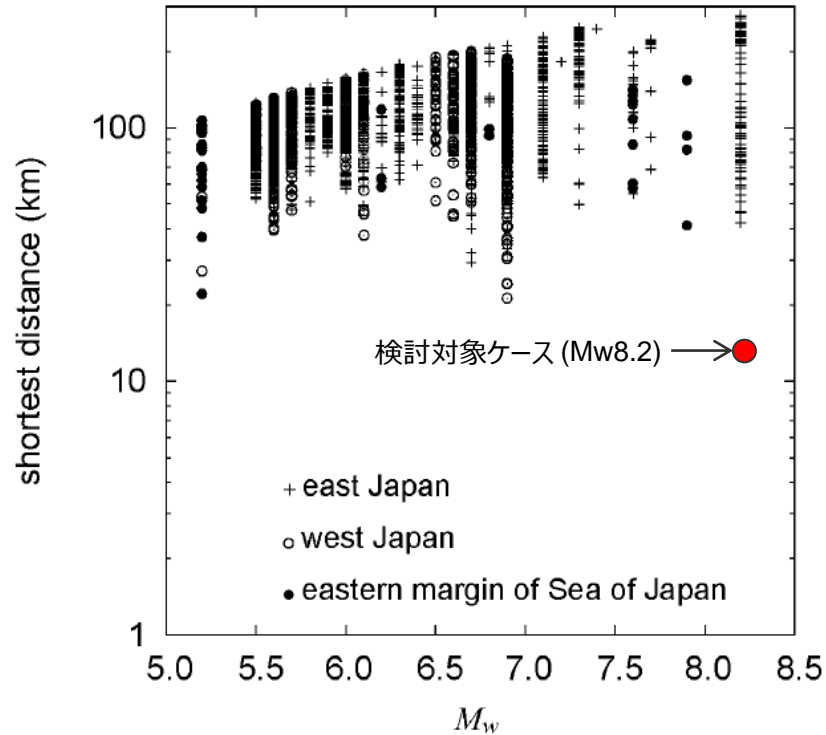
<国外の記録>

<Zhao et al.(2006)の方法の適用性検討>

Noda et al.(2002)以外の距離減衰式の適用性検討

(片岡・他(2006)の方法)

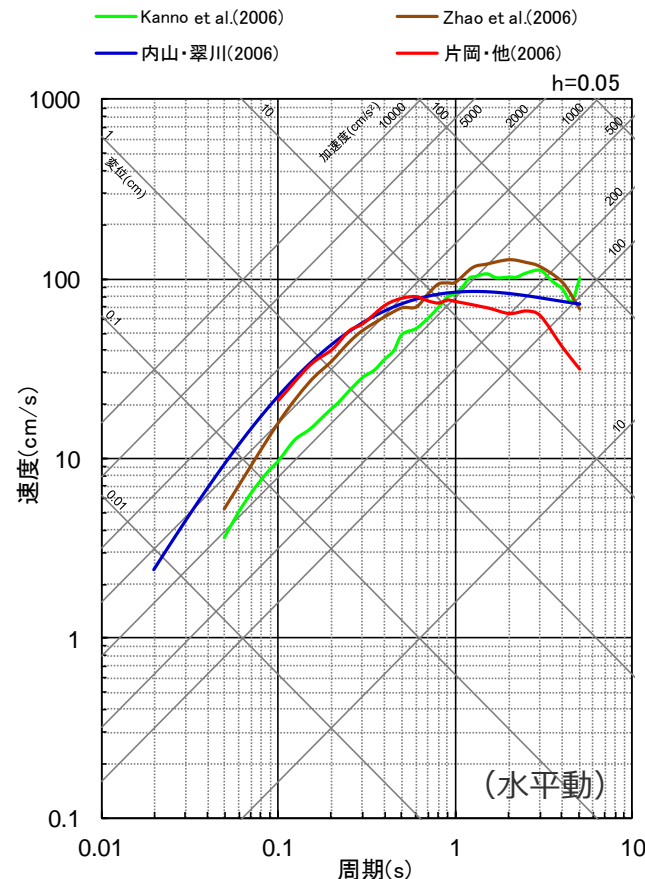
○片岡・他(2006)の方法について、検討対象ケースの“ M_w と断層最短距離 X_{sh} との関係”がデータベースの適用範囲外となっている。



<片岡・他(2006)の方法の適用性検討>

<補足説明資料④-20 プレート間地震のNoda et al.(2002)以外の距離減衰式による応答スペクトルに基づく地震動評価>
地震動評価結果

- Noda et al.(2002)以外の距離減衰式については、検討対象ケースの“ M_w と断層最短距離 X_{sh} との関係”がデータベースの適用範囲外となるものの、参考として地震動評価を行う。
- 各距離減衰式の地震動評価結果は、地震動レベルが大きく異なっている。



<検討対象ケースの入力パラメータ>

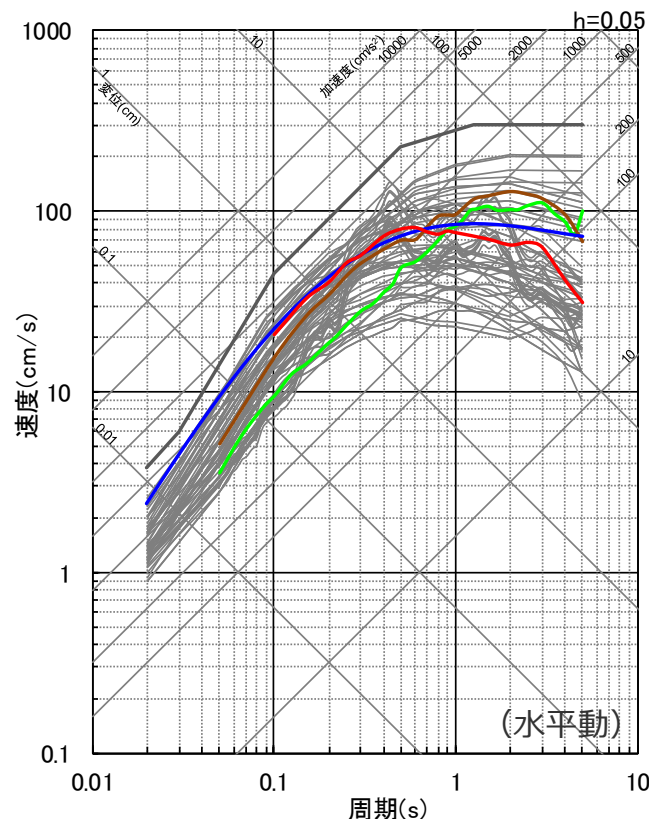
距離減衰式	M_w	断層最短距離 X_{sh} (km)	深さD (km)
Kanno et al.(2006)	8.2	13	21.4
Zhao et al.(2006)	8.3	13	21.4
内山・翠川(2006)	8.3	13	21.4
片岡・他(2006)	8.2	13	21.4

・ Kanno et al.(2006)及びZhao et al.(2006)が評価対象としている周期は0.05秒～、片岡・他(2006)が評価対象としている周期は0.1秒～。

<Noda et al.(2002)以外の距離減衰式による地震動評価結果>

地震動評価結果の比較

○前述の“ M_w と断層最短距離 X_{sh} との関係”がデータベースの適用範囲外となるものの参考として行った検討対象ケースの地震動評価結果について、念のため、敷地ごとに震源を特定して策定する地震動として「各地震タイプ（内陸地殻内地震、プレート間地震、海洋プレート内地震（地震動の顕著な増幅を考慮しない））の応答スペクトルに基づく地震動評価結果」及び「当初申請時の応答スペクトルに基づく手法による基準地震動 $Ss1-D$ 」と比較し、検討対象ケースの応答スペクトルが「当初申請時の応答スペクトルに基づく手法による基準地震動 $Ss1-D$ 」に包絡されることを確認した。



＜応答スペクトルの比較＞

＜検討対象ケースの入力パラメータ＞

距離減衰式	M_w	断層最短距離 X_{sh} (km)	深さD (km)
Kanno et al.(2006)	8.2	13	21.4
Zhao et al.(2006)	8.3	13	21.4
内山・翠川(2006)	8.3	13	21.4
片岡・他(2006)	8.2	13	21.4

- 各地震タイプ（地震動の顕著な増幅を考慮しない）の応答スペクトルに基づく地震動評価結果
- 当初申請時の応答スペクトルに基づく手法による基準地震動 $Ss1-D$
- 検討対象ケースのKanno et al.(2006)の方法による地震動評価結果
- 検討対象ケースのZhao et al.(2006)の方法による地震動評価結果
- 検討対象ケースの内山・翠川(2006)の方法による地震動評価結果
- 検討対象ケースの片岡・他(2006)の方法による地震動評価結果

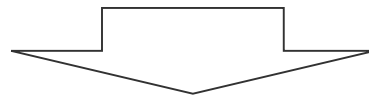
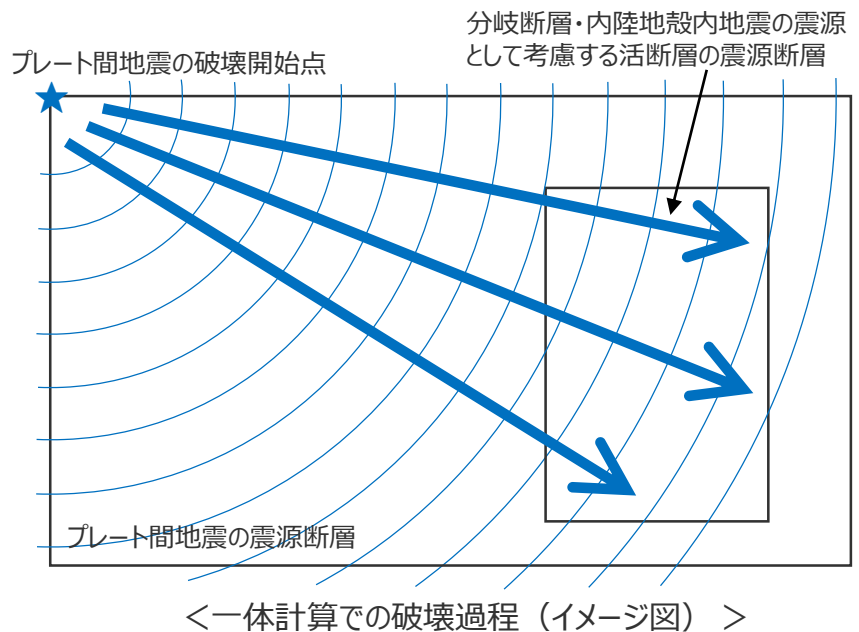
・ Kanno et al.(2006)及びZhao et al.(2006)が評価対象としている周期は0.05秒～、片岡・他(2006)が評価対象としている周期は0.1秒～。

補足説明資料④-21

プレート間地震の連動ケース（地震動の顕著な増幅を考慮しない）の強震動生成域
・アスペリティの寄与の分析

検討概要

- 連動ケースの断層モデルを用いた手法による地震動評価は、プレート間地震の震源断層の破壊が分岐断層又は内陸地殻内地震の震源として考慮する活断層へ伝播する破壊過程がより適切に反映されるように、プレート間地震の震源モデルと分岐断層又は内陸地殻内地震の震源として考慮する活断層を一体として設定して評価を行っている。
- この連動ケースの統計的グリーン関数法による地震動評価に当たっては、上記のとおりプレート間地震の震源モデルと分岐断層又は内陸地殻内地震の震源として考慮する活断層を一体として、乱数を変えた20組の波形合成を行い、減衰定数5%の擬似速度応答スペクトル20組の平均値との残差（NS、EW、UDの合計）が最小となるものを代表波として選定している。



- 上記のとおり、連動ケースは一体計算を行った結果に対して代表波を選定しており、プレート間地震の震源モデルと分岐断層又は内陸地殻内地震の震源として考慮する活断層のそれぞれの地震動評価結果に対して代表波を選定しているものではないが、連動ケースの地震動評価結果における「プレート間地震の強震動生成域」と「分岐断層又は内陸地殻内地震の震源として考慮する活断層のアスペリティ」の寄与を分析するため、アイソクロンを作成するとともに、それらを分離して地震動をそれぞれ計算し、連動ケース全体の地震動評価結果との比較を行った。

分析対象ケース

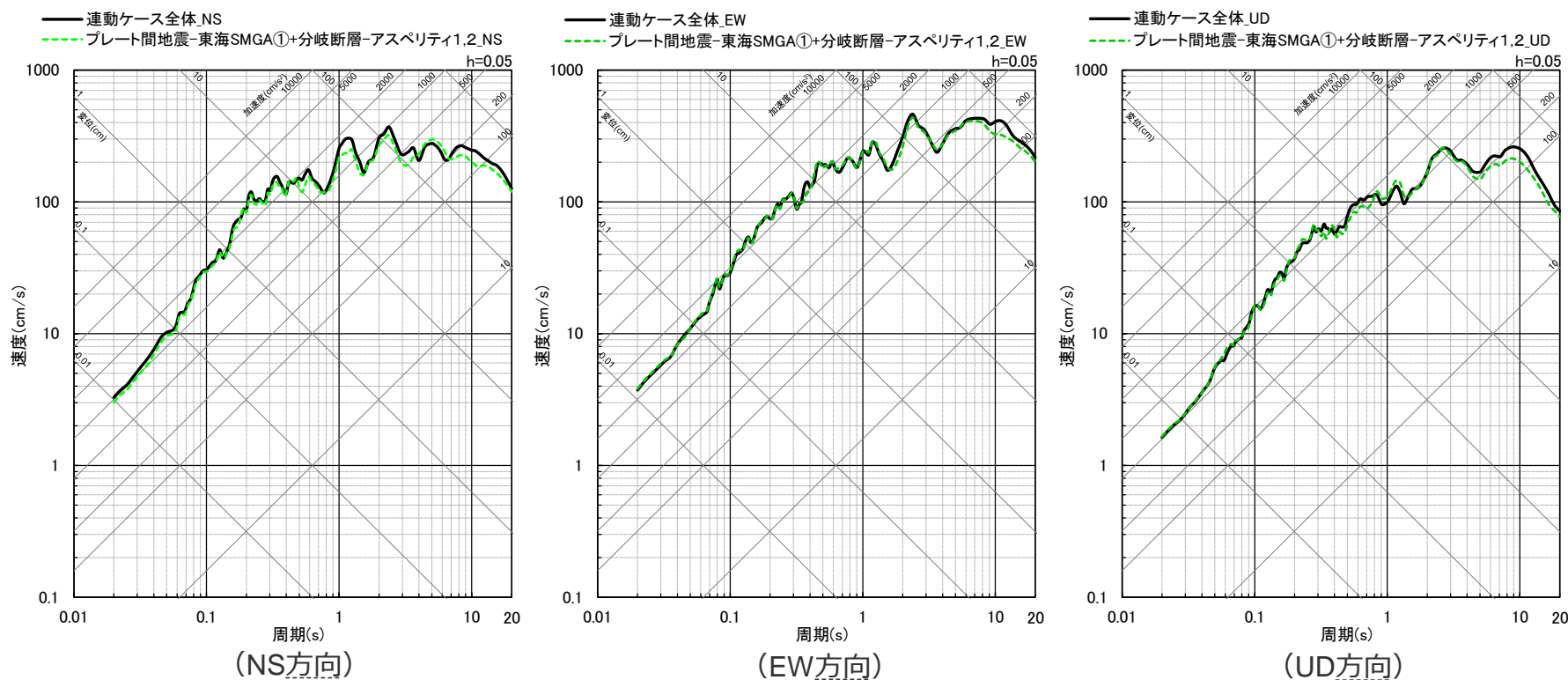
○連動ケースの断層モデルを用いた手法による地震動評価結果における「プレート間地震の強震動生成域」と「分岐断層又は内陸地殻内地震の震源として考慮する活断層のアスペリティ」の寄与の分析に当たっては、強震動生成域の位置と分岐断層の強震動励起特性に係る不確かさの組合せの考慮（地震動の顕著な増幅を考慮しない）、及び強震動生成域の位置と内陸地殻内地震の震源として考慮する活断層（御前崎海脚西部の断層帯、A-17断層）への破壊伝播に係る不確かさの組合せの考慮（地震動の顕著な増幅を考慮しない）について、それぞれ最大加速度が最も大きい震源モデル、破壊開始点のケース（下表）を分析対象とした。

＜分析対象とした震源モデル、破壊開始点のケース＞

	不確かさの組合せの考慮 （地震動の顕著な増幅を考慮しない）	最大加速度が最も大きい震源モデル、破壊開始点のケース （地震動の顕著な増幅を考慮しない）	最大加速度振幅 (cm/s ²)		
			NS	EW	UD
1	強震動生成域の位置（直下ケース①、直下ケース②）と分岐断層の強震動励起特性に係る不確かさの組合せの考慮（地震動の顕著な増幅を考慮しない）	強震動生成域の位置（直下ケース②）と分岐断層の強震動励起特性に係る不確かさの組合せを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）（破壊開始点3）	1031	1170	513
2	強震動生成域の位置（直下ケース①、直下ケース②）と内陸地殻内地震の震源として考慮する活断層（御前崎海脚西部の断層帯）への破壊伝播に係る不確かさの組合せの考慮（地震動の顕著な増幅を考慮しない）	強震動生成域の位置（直下ケース②）と内陸地殻内地震の震源として考慮する活断層（御前崎海脚西部の断層帯（アスペリティの応力降下量の不確かさを考慮した震源モデル））への破壊伝播に係る不確かさの組合せを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）（破壊開始点3）	996	1173	551
3	強震動生成域の位置（直下ケース①、直下ケース②）と内陸地殻内地震の震源として考慮する活断層（A-17断層）への破壊伝播に係る不確かさの組合せの考慮（地震動の顕著な増幅を考慮しない）	強震動生成域の位置（直下ケース②）と内陸地殻内地震の震源として考慮する活断層（A-17断層（破壊伝播速度と断層傾斜角の不確かさの組合せを考慮した震源モデル））への破壊伝播に係る不確かさの組合せを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）（破壊開始点1）	1027	1149	532

<補足説明資料④-21 プレート間地震の連動ケース（地震動の顕著な増幅を考慮しない）の強震動生成域・アスペリティの寄与の分析>
 敷地に近い「プレート間地震の東海SMGA①及び分岐断層又は内陸地殻内地震の震源として考慮する活断層のアスペリティ」のみによる地震動

- 連動ケースについて、敷地に近い「プレート間地震の東海SMGA①及び分岐断層又は内陸地殻内地震の震源として考慮する活断層のアスペリティ」のみによる地震動を計算し、連動ケース全体の地震動と比較すると、両者の応答スペクトルはほぼ重なっており、連動ケースの地震動評価結果においては、これらの寄与が支配的である。
- 以降では、前述の各震源モデルについて、「プレート間地震の東海SMGA①」と「分岐断層又は内陸地殻内地震の震源として考慮する活断層のアスペリティ」による地震動をそれぞれ計算し、連動ケース全体の地震動との比較を行う。



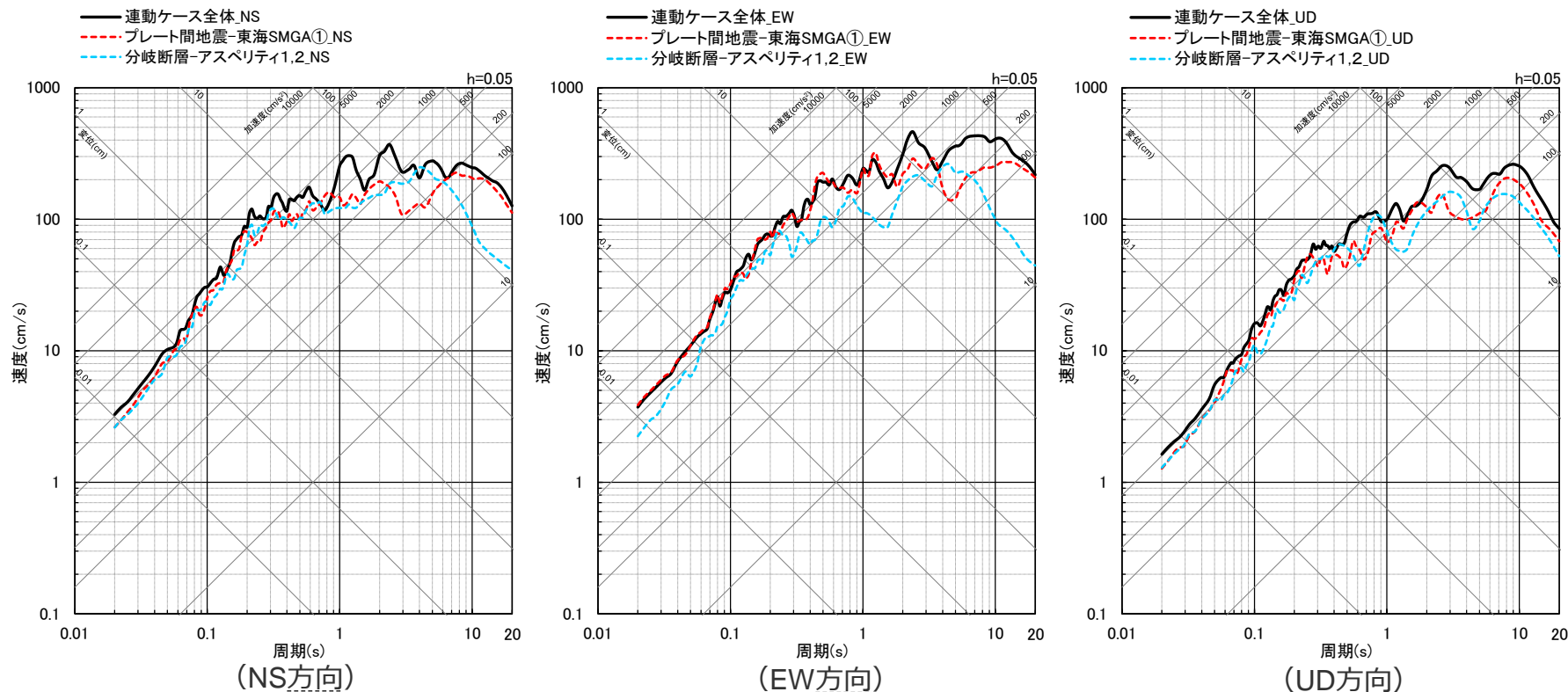
<応答スペクトルの比較>

(強震動生成域の位置 (直下ケース②) と分岐断層の強震動励起特性に係る不確かさの組合せを考慮した震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮しない) (破壊開始点3) の例)

<補足説明資料④-21 プレート間地震の連動ケース（地震動の顕著な増幅を考慮しない）の強震動生成域・アスペリティの寄与の分析>
強震動生成域の位置（直下ケース②）と分岐断層の強震動励起特性に係る不確かさの組合せを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）（破壊開始点3）

【強震動生成域の位置（直下ケース②）と分岐断層の強震動励起特性に係る不確かさの組合せを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）（破壊開始点3）】

○応答スペクトルの比較によると、連動ケース全体の地震動に対し、プレート間地震の東海SMGA①と分岐断層のアスペリティ1, 2とが共に寄与が大きい。

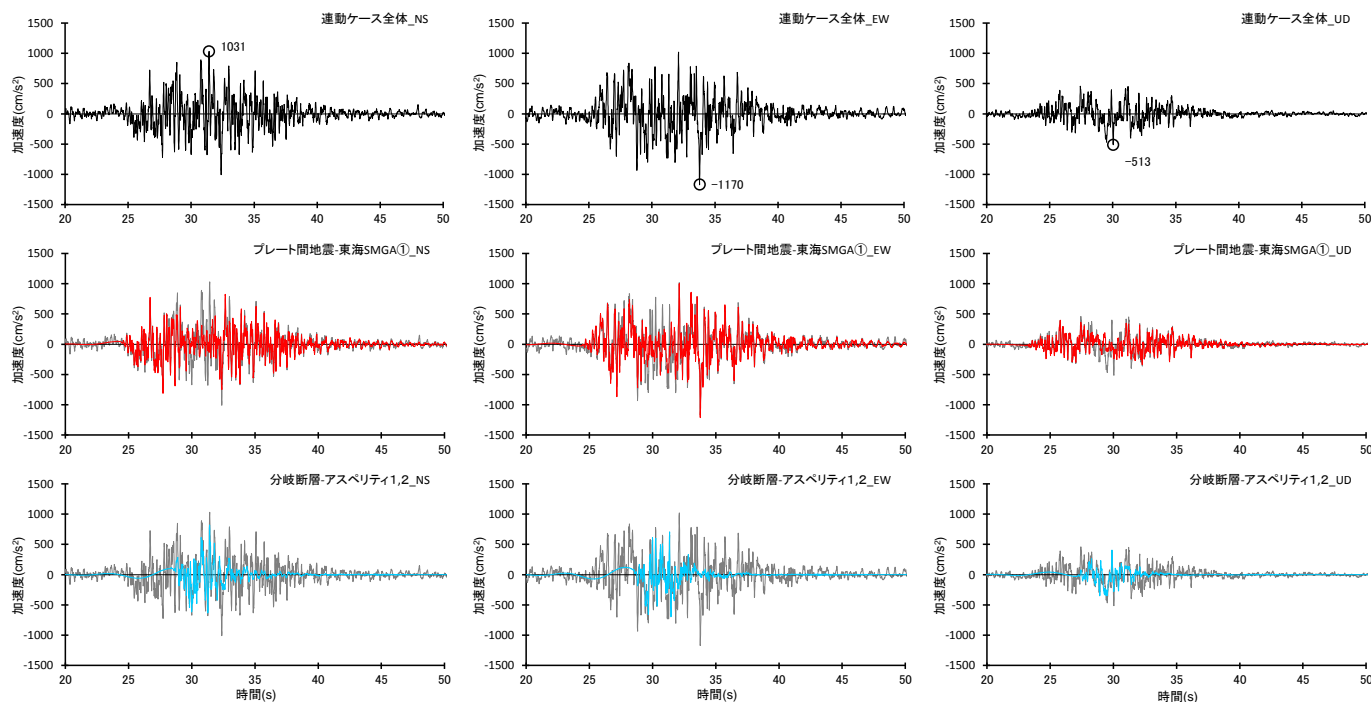


<連動ケース全体、プレート間地震の東海SMGA①、分岐断層のアスペリティ1, 2の応答スペクトルの比較>

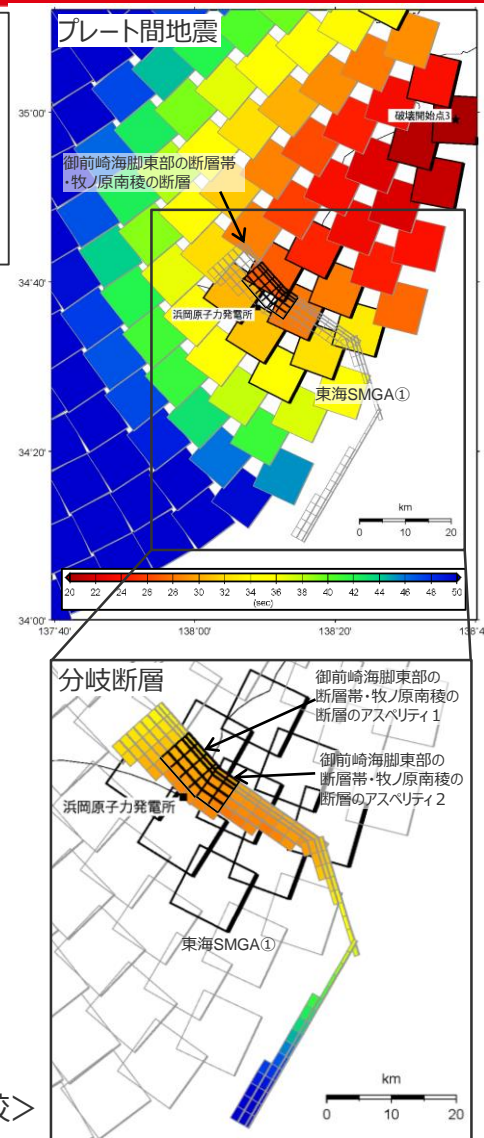
<補足説明資料④-21 プレート間地震の連動ケース（地震動の顕著な増幅を考慮しない）の強震動生成域・アスペリティの寄与の分析>
強震動生成域の位置（直下ケース②）と分岐断層の強震動励起特性に係る不確かさの組合せを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）（破壊開始点3）

【強震動生成域の位置（直下ケース②）と分岐断層の強震動励起特性に係る不確かさの組合せを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）（破壊開始点3）】

- S波到達時刻のアイソクロンによると、プレート間地震の東海SMGA①と分岐断層のアスペリティ1, 2の地震波（S波）は概ね同時に敷地に到達している。
- また、加速度時刻歴波形に比較によると、連動ケース全体の主要動に対し、プレート間地震の東海SMGA①と分岐断層のアスペリティ1, 2が共に寄与が大きく、両者は重なり合って敷地に到達している。



<連動ケース全体、プレート間地震の東海SMGA①、分岐断層のアスペリティ1, 2の加速度時刻歴波形の比較>



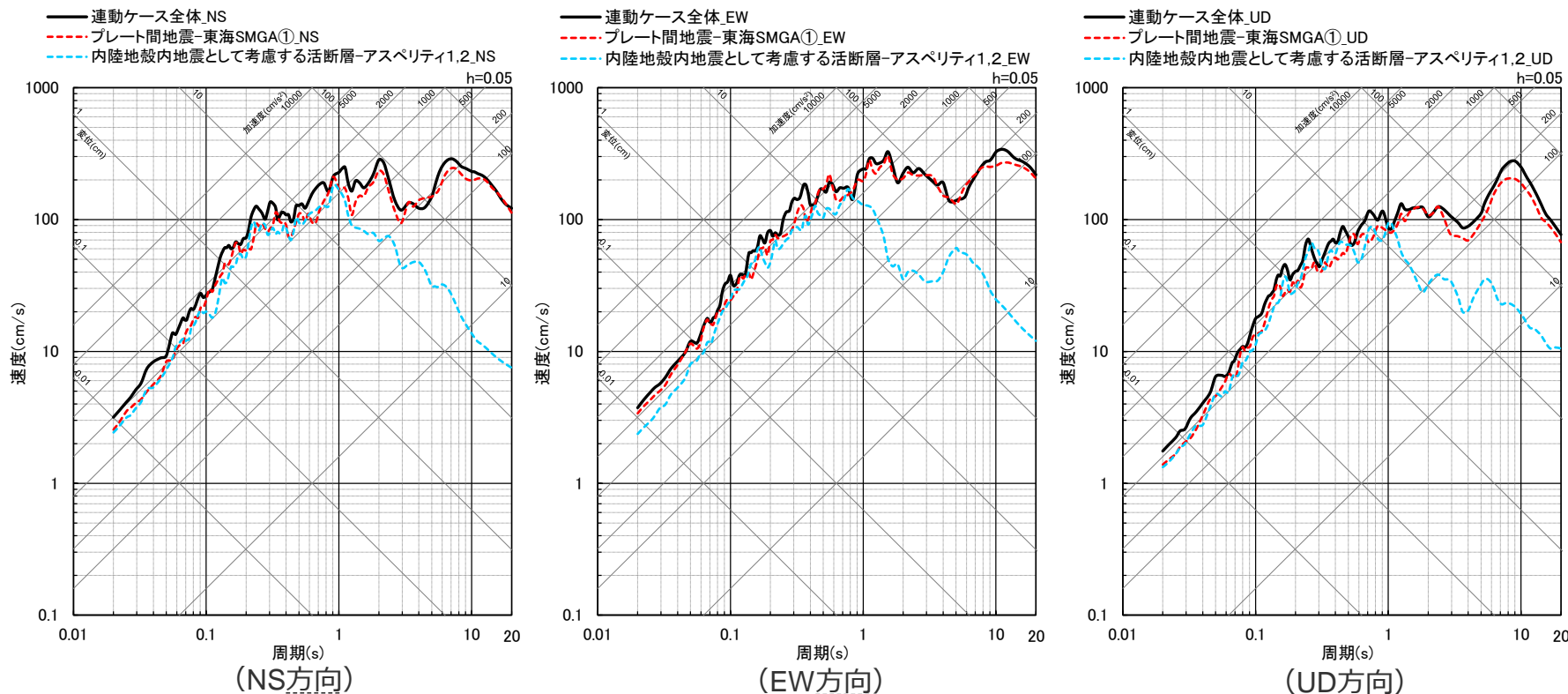
<S波到達時刻のアイソクロン>

・統計的グリーン関数法と波数積分法のハイブリッド合成法による。
 ・プレート間地震の東海SMGA①と分岐断層のアスペリティ1, 2の時刻歴波形には、背面に連動ケース全体の時刻歴波形を描画。

<補足説明資料④-21 プレート間地震の連動ケース（地震動の顕著な増幅を考慮しない）の強震動生成域・アスペリティの寄与の分析>
 強震動生成域の位置（直下ケース②）と内陸地殻内地震の震源として考慮する活断層（御前崎海脚西部の断層帯（アスペリティの応力降下量の不確かさを考慮した震源モデル））への破壊伝播に係る不確かさの組合せを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）（破壊開始点3）

【強震動生成域の位置（直下ケース②）と内陸地殻内地震の震源として考慮する活断層（御前崎海脚西部の断層帯（アスペリティの応力降下量の不確かさを考慮した震源モデル））への破壊伝播に係る不確かさの組合せを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）（破壊開始点3）】

○応答スペクトルの比較によると、連動ケース全体の地震動に対して、プレート間地震の東海SMGA①は全周期帯に渡り寄与が大きく、内陸地殻内地震の震源として考慮する活断層（御前崎海脚西部の断層帯）のアスペリティ1,2は短周期帯（周期1秒程度以下）において寄与が大きい。

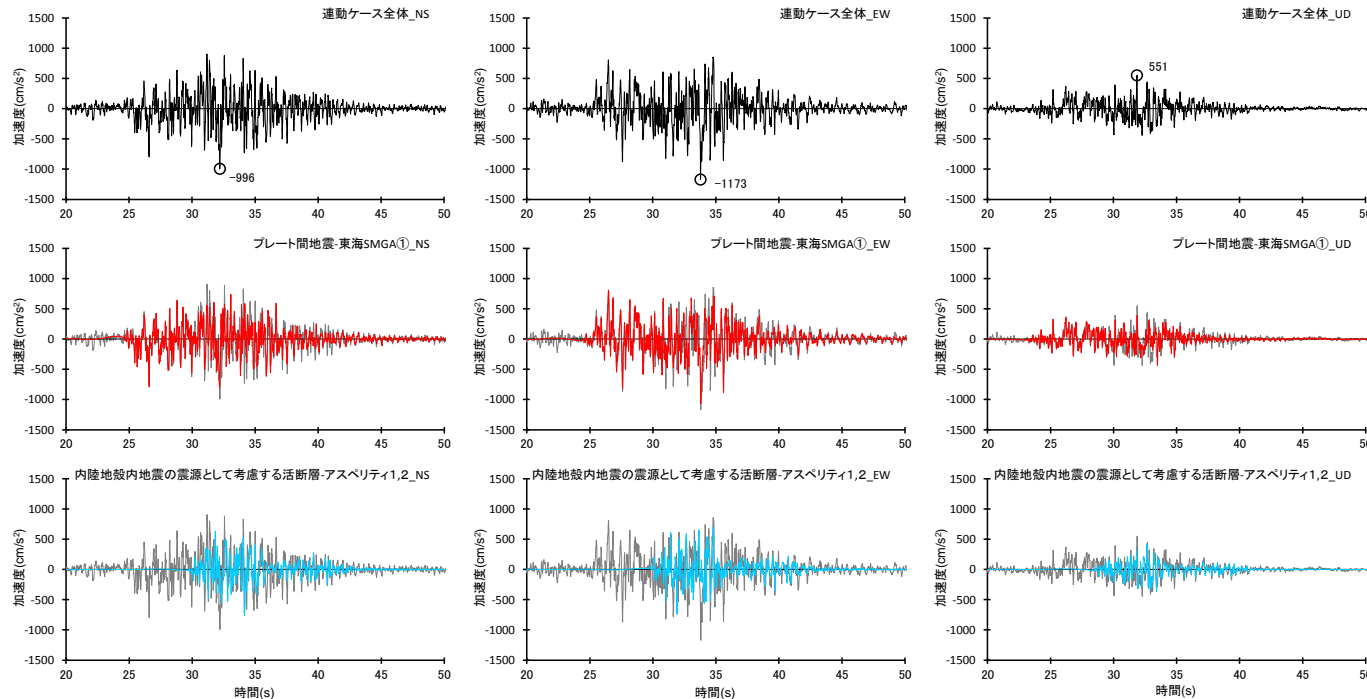


<連動ケース全体、プレート間地震の東海SMGA①、内陸地殻内地震の震源として考慮する活断層のアスペリティ1,2の応答スペクトルの比較>

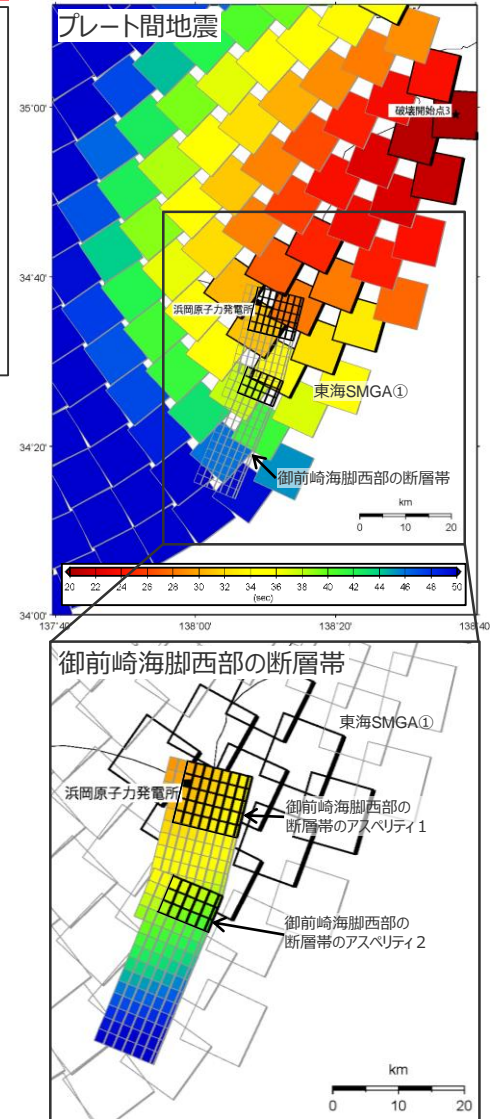
<補足説明資料④-21 プレート間地震の連動ケース（地震動の顕著な増幅を考慮しない）の強震動生成域・アスペリティの寄与の分析>
 強震動生成域の位置（直下ケース②）と内陸地殻内地震の震源として考慮する活断層（御前崎海脚西部の断層帯（アスペリティの応力降下量の不確かさを考慮した震源モデル））への破壊伝播に係る不確かさの組合せを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）（破壊開始点3）

【強震動生成域の位置（直下ケース②）と内陸地殻内地震の震源として考慮する活断層（御前崎海脚西部の断層帯（アスペリティの応力降下量の不確かさを考慮した震源モデル））への破壊伝播に係る不確かさの組合せを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）（破壊開始点3）】

- S波到達時刻のアイソクロンによると、プレート間地震の東海SMGA①と内陸地殻内地震の震源として考慮する活断層（御前崎海脚西部の断層帯）のアスペリティ1,2の地震波（S波）は概ね同時に敷地に到達している。
- また、加速度時刻歴波形の比較によると、連動ケース全体の主要動に対し、プレート間地震の東海SMGA①と内陸地殻内地震の震源として考慮する活断層（御前崎海脚西部の断層帯）のアスペリティ1,2とが共に寄与が大きく、両者は重なり合って敷地に到達している。



<連動ケース全体、プレート間地震の東海SMGA①、内陸地殻内地震の震源として考慮する活断層のアスペリティ1,2の加速度時刻歴波形の比較>



<S波到達時刻のアイソクロン>

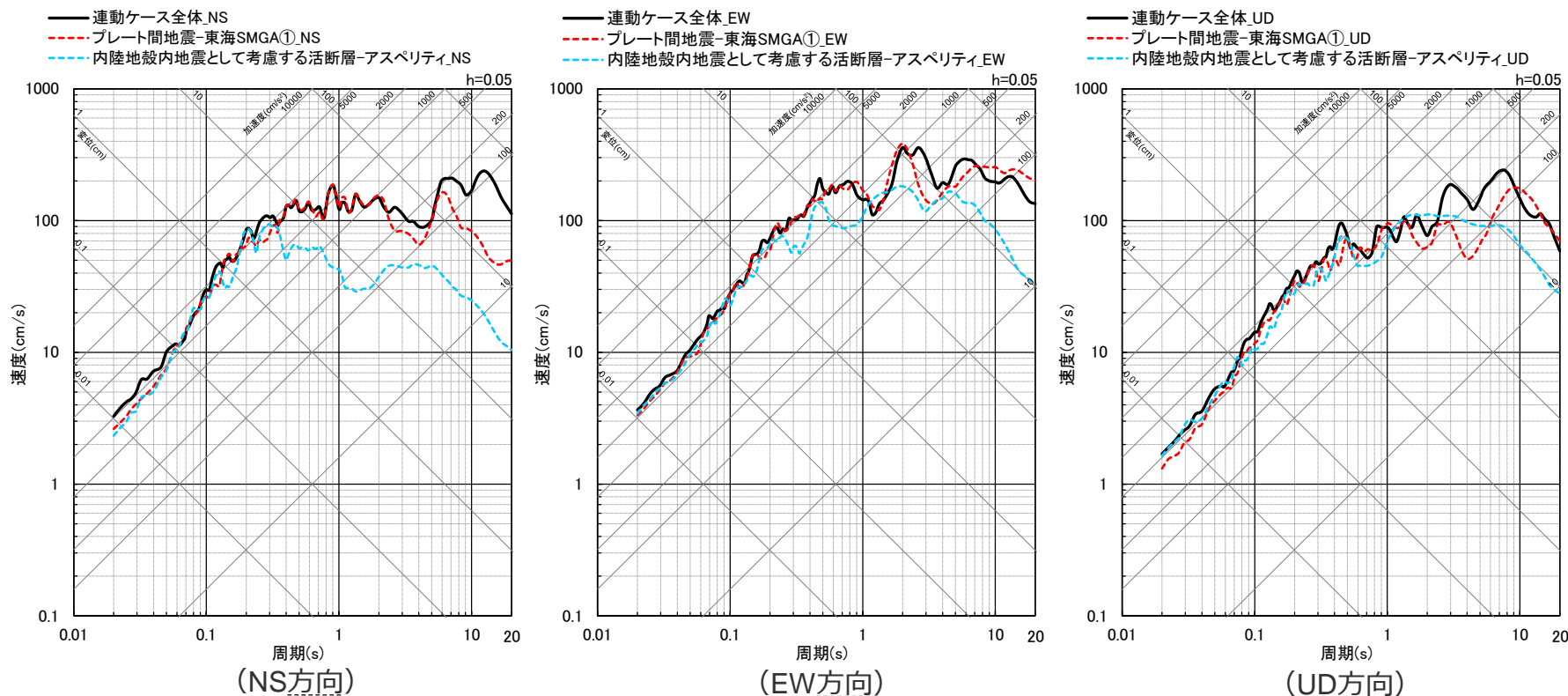
・統計的グリーン関数法と波数積分法のハイブリッド合成法による。

・プレート間地震の東海SMGA①と内陸地殻内地震の震源として考慮する活断層のアスペリティ1,2の時刻歴波形には、背面に連動ケース全体の時刻歴波形を描画。

<補足説明資料④-21 プレート間地震の連動ケース（地震動の顕著な増幅を考慮しない）の強震動生成域・アスペリティの寄与の分析>
 強震動生成域の位置（直下ケース②）と内陸地殻内地震の震源として考慮する活断層（A-17断層（破壊伝播速度と断層傾斜角の不確かさを考慮した震源モデル））への破壊伝播に係る不確かさの組合せを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）（破壊開始点1）

【強震動生成域の位置（直下ケース②）と内陸地殻内地震の震源として考慮する活断層（A-17断層（破壊伝播速度と断層傾斜角の不確かさを考慮した震源モデル））への破壊伝播に係る不確かさの組合せを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）（破壊開始点1）】

○応答スペクトルの比較によると、連動ケース全体の地震動に対し、プレート間地震の東海SMGA①は全周期帯に渡り寄与が大きく、内陸地殻内地震の震源として考慮する活断層（A-17断層）のアスペリティは短周期帯（周期1～2秒程度以下）において寄与が大きい。

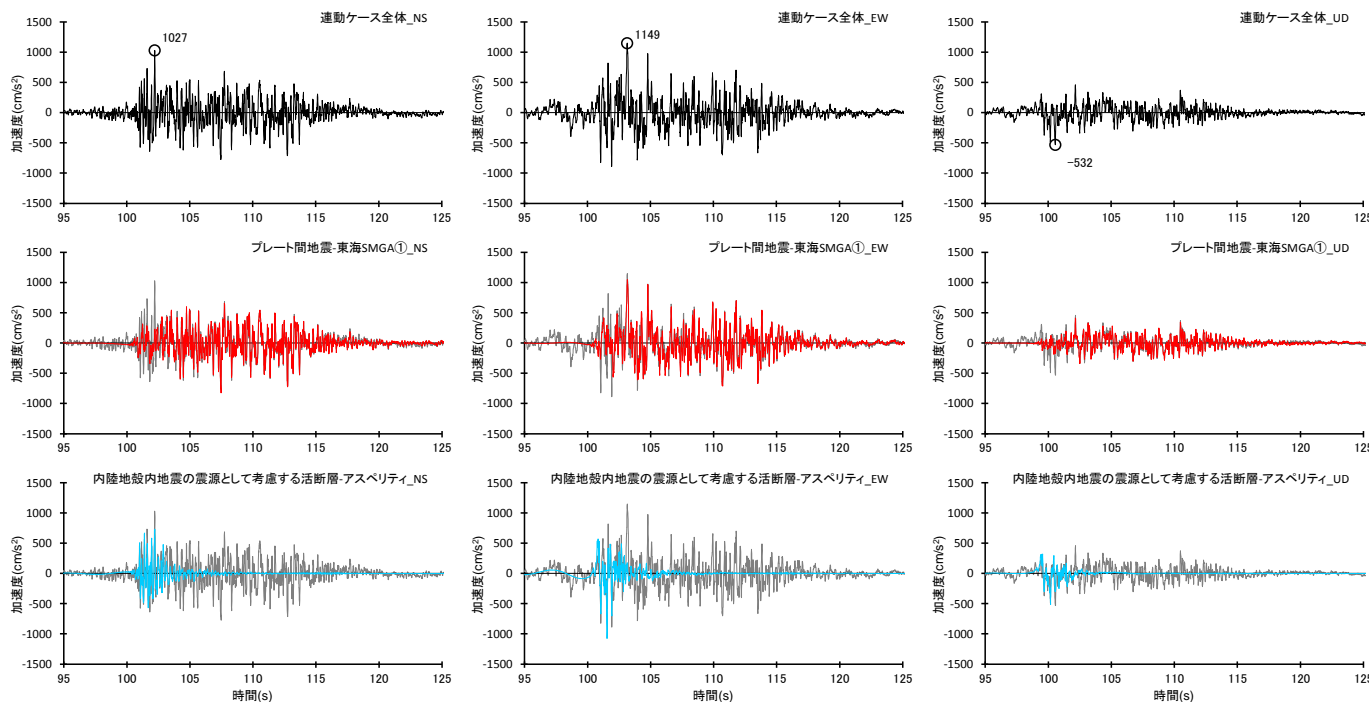


<連動ケース全体、プレート間地震の東海SMGA①、内陸地殻内地震の震源として考慮する活断層のアスペリティ1, 2の擬似速度応答スペクトルの比較>

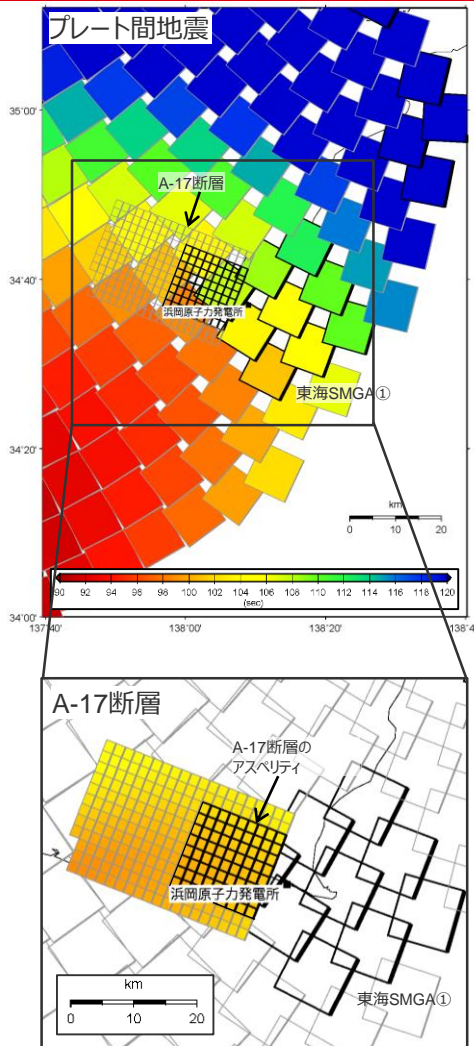
<補足説明資料④-21 プレート間地震の連動ケース（地震動の顕著な増幅を考慮しない）の強震動生成域・アスペリティの寄与の分析>
 強震動生成域の位置（直下ケース②）と内陸地殻内地震の震源として考慮する活断層（A-17断層（破壊伝播速度と断層傾斜角の不確かさを考慮した震源モデル））への破壊伝播に係る不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）（破壊開始点1）

【強震動生成域の位置（直下ケース②）と内陸地殻内地震の震源として考慮する活断層（A-17断層（破壊伝播速度と断層傾斜角の不確かさを考慮した震源モデル））への破壊伝播に係る不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）（破壊開始点1）】

- S波到達時刻のアイソクロンによると、プレート間地震の東海SMGA①と内陸地殻内地震の震源として考慮する活断層（A-17断層）のアスペリティの地震波（S波）は概ね同時に敷地に到達している。
- また、加速度時刻歴波形の比較によると、連動ケース全体の主要動に対し、プレート間地震の東海SMGA①と内陸地殻内地震の震源として考慮する活断層（A-17断層）のアスペリティとが共に寄与が大きく、両者は重なり合って敷地に到達している。



<連動ケース全体、プレート間地震の東海SMGA①、内陸地殻内地震の震源として考慮する活断層のアスペリティの加速度時刻歴波形の比較>



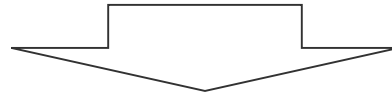
<S波到達時刻のアイソクロン>

・統計的グリーン関数法と波数積分法のハイブリッド合成法による。

・プレート間地震の東海SMGA①と内陸地殻内地震の震源として考慮する活断層のアスペリティの時刻歴波形には、背面に連動ケース全体の時刻歴波形を描画。

まとめ

○プレート間地震と分岐断層又は内陸地殻内地震の震源として考慮する活断層との連動ケースの断層モデルを用いた手法による地震動評価結果に関し、最大加速度が大きいモデルを代表として、アイソクロンを作成するとともに、敷地に近い「プレート間地震の強震動生成域（東海SMGA①）」と「分岐断層又は内陸地殻内地震の震源として考慮する活断層のアスペリティ」による地震動をそれぞれ計算し、連動ケース全体の応答スペクトル及び時刻的波形との比較を行い、地震動評価結果への寄与を分析した。



○いずれの連動ケースも、「プレート間地震の敷地に最も近い強震動生成域（東海SMGA①）」と「分岐断層又は内陸地殻内地震の震源として考慮する活断層のアスペリティ」とは、それぞれによる地震動が重なり合って敷地に到達しており、共に敷地における地震動に対する寄与が大きい。