

補足説明資料④-35

地震動の顕著な増幅の地震動評価への反映方法

方針

【地震観測記録の分析結果で確認された地震動の顕著な増幅の特性（敷地固有の地盤増幅特性）】

- 5号炉周辺観測点で見られた地震動の顕著な増幅は、時刻歴波形ではS波主要動部のみに見られ、フーリエスペクトルでは周期0.2～0.5秒付近の狭帯域のみに、応答スペクトルでは周期0.5秒以下の短周期側のみで見られ、これ以外の周期帯には見られない。
- 5号炉周辺観測点において、地震動の顕著な増幅は、2009年駿河湾の地震の到来方向（N30E～N70E）の地震波のみに見られ、その他の地震波到来方向では見られない。
- 地震動の顕著な増幅が見られた到来方向（N30E～N70E）の地震波でも、増幅の程度は一様ではなく、地震波の入射角が鉛直に近づく地近傍の地震ほど顕著な増幅は見られない傾向がある。このうち、2009年駿河湾の地震（本震）は増幅の程度が最も大きく信頼性が高い記録が得られた地震である。

【地震動評価手法の特徴】

【応答スペクトルに基づく手法の特徴】

- 応答スペクトルに基づく手法は、基本的には、地震規模や震源距離といった巨視的なパラメータにより、震源断層全体による敷地の地震動を評価する手法である。

【断層モデルを用いた手法の特徴】

- 断層モデルを用いた手法は、震源断層を複数の小断層に分割し、小断層毎に震源特性、伝播経路特性、地盤増幅特性を考慮して敷地に到来する地震波（グリーン関数）を算定し、それらの地震波（グリーン関数）を敷地への到来時刻を考慮して足し合わせることで震源断層全体による敷地の地震動を評価する手法である。

【地震動の顕著な増幅の地震動評価への反映方法（方針）】

- 検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の地震動評価は、地震観測記録に基づき確認された地震動の顕著な増幅の特性を的確に反映するため、震源断層を小断層に分割し、小断層毎に敷地に到来する地震動を詳細に考慮できる**断層モデルを用いた手法を重視**する。
- 断層モデルを用いた手法については、**2009年駿河湾の地震（本震）の観測記録の再現検討により検証した方法**（「増幅方向」に位置する強震動生成域（アスペリティ）の各小断層からの地震動（グリーン関数）に増幅係数を乗じる方法）を用い、地震動の顕著な増幅を考慮する強震動生成域（アスペリティ）の小断層の範囲・増幅の程度を**地震観測記録の分析結果に対し保守的に設定**することにより、**保守的な地震動評価**を行う。
- 応答スペクトルに基づく手法については、3つの地震タイプ（内陸地殻内地震、プレート間地震、海洋プレート内地震）の各検討用地震と震源断層面の広がりや地震波の到来方向が同様と見なせ、各検討用地震に応じた敷地固有の地盤増幅特性が反映された観測記録が得られていないことから、『**断層モデルを用いた手法による保守的な地震動評価結果を用いて応答スペクトルに与える影響を求めて反映する方法**』により保守的な地震動評価を行う。

<補足説明資料④-35 地震動の顕著な増幅の地震動評価への反映方法>

断層モデルを用いた手法による地震動評価への地震動の顕著な増幅の反映方法

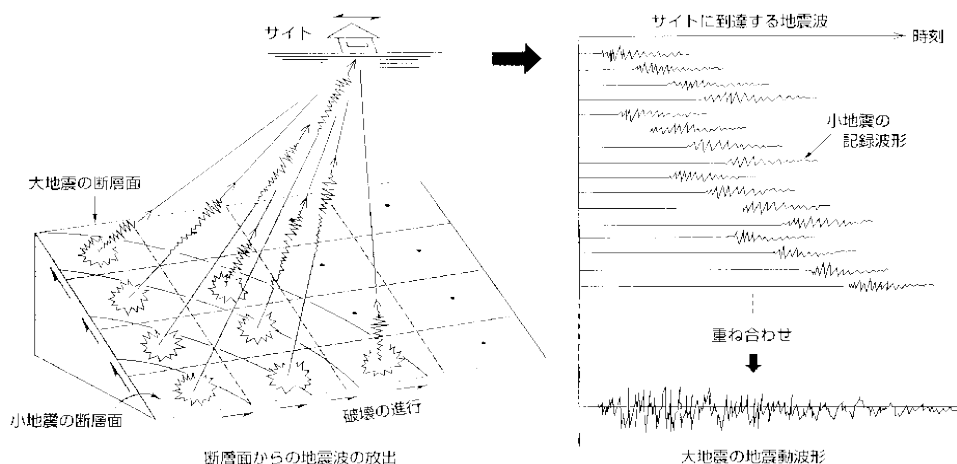
(大地震の地震動を用いた分析・評価の考え方等と地震動の顕著な増幅の反映方法(方針))

【大地震の地震動を用いた分析・評価の考え方】

○ 大地震の地震動を用いた震源の破壊過程等の分析では、一般に、大地震の震源断層を小断層に分割し、各小断層から発生し地下構造を通して敷地に到来する地震動を考え、この**小断層による地震動を敷地への地震動の到達時刻の違いを考慮して重ね合わせた地震動が大地震における敷地の地震動になるとの考え方**が用いられており、この考え方で地震動の予測評価が行われている。

【特性化震源モデルの短周期地震動の考え方】

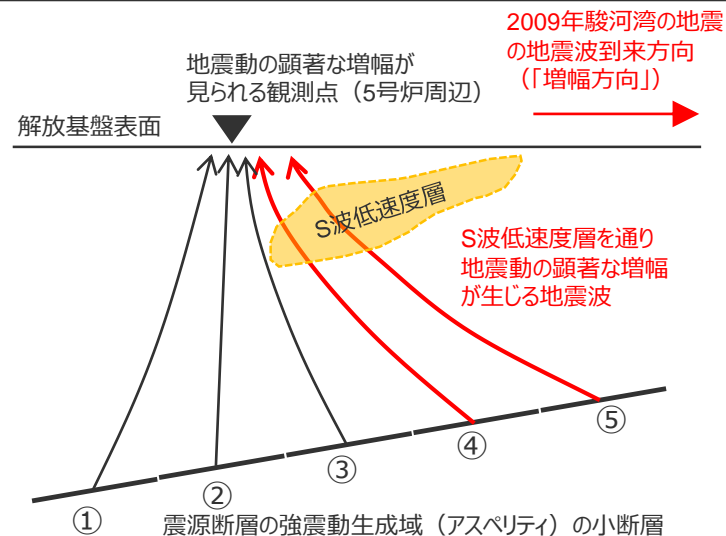
○ 地震動評価で用いる特性化震源モデルは、強震動生成域（アスペリティ）と背景領域とから構成され、実際の大地震の分析や強震動予測レシピ(2017)等に基づく地震動評価では、背景領域からの地震動の短周期への影響は強震動生成域（アスペリティ）に比べて小さいとして検討し、震源断層全体の**短周期の地震動レベルを強震動生成域（アスペリティ）からの地震動のみで評価する考え方**により行われている。【詳細は次ページ参照】



<大地震と小地震の地震動>
(電力土木技術協会HPによる)

【地震動の顕著な増幅の地震動評価への反映方法(方針)】

- 以上の考え方を踏まえると、『「地震動の顕著な増幅は、特定の到来方向（N30E～N70E）の地震波のみに、短周期の特定の周期帯（フーリエスペクトルの周期0.2～0.5秒）では見られるが、その他の地震波到来方向では見られない」と地震観測記録の分析結果に基づき確認された地震動の顕著な増幅の特性』から、検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の地震動は、震源断層のうち「増幅方向」に位置する強震動生成域（アスペリティ）の小断層の面積が広い地震ほど、S波低速度層を通り地震動の顕著な増幅が生じる小断層からの地震動が多く、地震動レベルが大きくなると考えられる。
- そこで、検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の地震動評価は、地震観測記録に基づき確認された地震動の顕著な増幅の特性を的確に反映するため、**震源断層を小断層に分割し、小断層毎に敷地に到来する地震動を詳細に考慮できる断層モデルを用いた手法を重視することとし、地震動の顕著な増幅は『「増幅方向」に位置する強震動生成域（アスペリティ）の各小断層からの地震動（グリーン関数）に増幅係数を乗じる方法』により反映する。**



断層モデルを用いた手法による地震動評価への地震動の顕著な増幅の反映方法 (特性化震源モデルの短周期地震動の考え方)

【特性化震源モデルの短周期レベル】

- 地震動評価で用いる特性化震源モデルは、強震動生成域（アスペリティ）と背景領域とから構成され、壇・他(2001)や入倉・他(2002)によれば、震源断層全体の短周期の地震動の大きさを表す短周期レベルAは、それぞれの領域の短周期レベル（ A_a 、 A_b ）により、下記の式①で表される。

$$\text{短周期レベル} : A = (A_a^2 + A_b^2)^{1/2} \quad \dots\dots \text{式①} : \text{壇・他(2001)、入倉・他(2002)}$$

ここで、 A_a : 強震動生成域（アスペリティ）の短周期レベル、 A_b : 背景領域の短周期レベル

【強震動予測レシピにおける短周期レベル】

- 強震動予測レシピ(2017)では、壇・他(2001)による下記の式②を用いて、震源断層全体の短周期レベルAを強震動生成域（アスペリティ）のみで設定し、そのうえで背景領域も設定して短周期の地震動を計算し付加している。

$$\text{短周期レベル} : A = 4\pi \cdot r \cdot \Delta\sigma_a \cdot \beta^2 \quad \dots\dots \text{式②} : \text{強震動予測レシピ(2017)}$$

ここで、 r : 強震動生成域（アスペリティ）の等価半径、 $\Delta\sigma_a$: 強震動生成域（アスペリティ）の応力降下量、 β : S波速度

- 震源断層全体の短周期レベルAを強震動生成域（アスペリティ）のみで設定していることに関し、入倉・他(2002)は、強震動予測レシピについて、背景領域からの加速度地震動はアスペリティ部に比べて無視できるほど小さいとして検討しており、背景領域からの加速度地震動の寄与を無視すると、上記式②（同論文の(10)式に相当）によりアスペリティの応力降下量を推定できるとしている。
- また、実際の大地震の強震動の分析では、背景領域を設けず強震動生成域（アスペリティ）のみの震源モデルを用いて、背景領域からの影響も含まれる観測記録の短周期の地震動を再現できるよう、強震動生成域（アスペリティ）のパラメータ推定が行われ、上記の式②を用いて震源断層全体の短周期レベルAが分析されている（佐藤(2010)、佐藤(2012)等）。



- 以上のとおり、特性化震源モデルを用いた地震動評価は、背景領域からの地震動の短周期への影響は強震動生成域（アスペリティ）に比べて小さいとして検討し、震源断層全体の**短周期の地震動レベルを強震動生成域（アスペリティ）からの地震動のみで評価する考え方**により行われている。
- そこで、検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の地震動評価では、地震動の顕著な増幅は短周期の特定の周期帯（フーリエスペクトルの周期0.2～0.5秒）で見られることを踏まえ、断層モデルを用いた手法による地震動評価への地震動の顕著な増幅の反映について、**短周期の地震動への影響が支配的な強震動生成域（アスペリティ）の小断層からの地震動に着目して保守的な評価**を行うこととする。

<補足説明資料④-35 地震動の顕著な増幅の地震動評価への反映方法>

断層モデルを用いた手法による地震動評価への地震動の顕著な増幅の反映方法 (方針)

・下線 () は、一部修正箇所を示す。

【地震観測記録の分析結果（地震動の顕著な増幅の特性）】

○ 地震動の顕著な増幅は、特定の到来方向（N30E～N70E）の地震波のみに、短周期の特定の周期帯（フーリエスペクトルの周期0.2～0.5秒）では見られるが、その他の地震波到来方向では見られない。

【特性化震源モデルの短周期地震動の考え方】

○ 短周期の地震動レベルを強震動生成域（アスペリティ）からの地震動のみで評価（背景領域は、強震動生成域（アスペリティ）のみで震源断層全体の短周期レベルを説明できるように評価したのに対して付加）。

【地震動評価への地震動の顕著な増幅の反映方法】

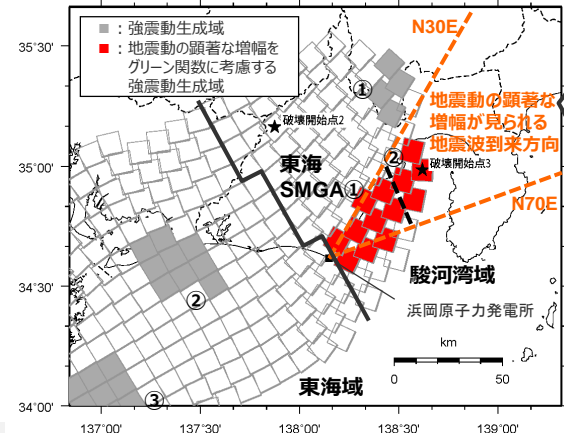
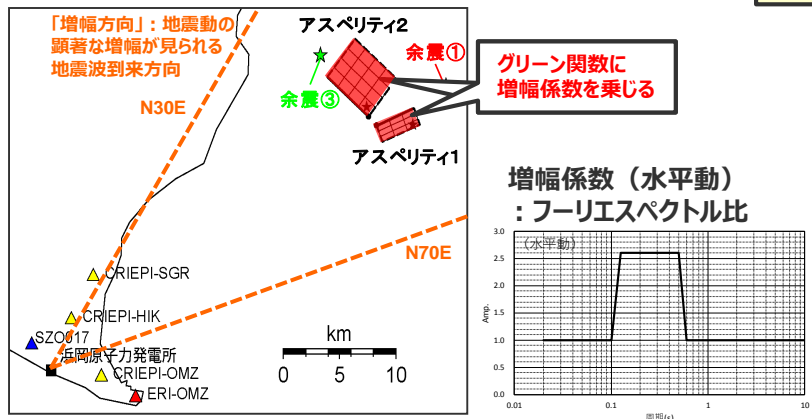
○ 地震動の顕著な増幅が見られた短周期の地震動への影響が支配的な強震動生成域（アスペリティ）に着目し、短周期の地震動評価に一般的に用いられる統計的グリーン関数法において、『**増幅方向に位置する強震動生成域（アスペリティ）の各小断層からの地震動（グリーン関数）に増幅係数を乗じる方法**』を用いることとし、2009年駿河湾の地震（本震）の観測記録の再現検討による検証を行ったうえで、検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の地震動評価を行う。

【2009年駿河湾の地震（本震）の観測記録の再現検討】

○ 背景領域のない強震動生成域（アスペリティ）のみの震源モデルを用いて、強震動生成域（アスペリティ）の小断層のグリーン関数に増幅係数を乗じる方法で、地震動の顕著な増幅が見られた観測点（5号炉周辺）の観測記録を概ね再現できることを確認する。

【検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の地震動評価】

○ 「**増幅方向**」の敷地近傍に強震動生成域（アスペリティ）を配置したうえで、『**増幅方向に位置する強震動生成域（アスペリティ）の小断層のグリーン関数のみに増幅係数を乗じる方法**』で地震動評価を行う。
○ その際、「増幅方向」の敷地近傍に配置した強震動生成域（アスペリティ）について、増幅係数を乗じる小断層の範囲・増幅の程度を**地震観測記録の分析結果に対し保守的に設定**することにより、**保守的な地震動評価**を行う。



増幅係数を乗じる強震動生成域（アスペリティ）を「増幅方向」の敷地近傍に配置したうえで保守的な評価を行うため、「増幅方向」に位置する背景領域は、敷地から離れており地震動評価結果に及ぼす影響は「増幅方向」の敷地近傍に配置した強震動生成域（アスペリティ）に比べて小さいと考えられる。（→念のため、「増幅方向」に位置する背景領域の小断層にも増幅係数を乗じた場合の影響確認を行う。）

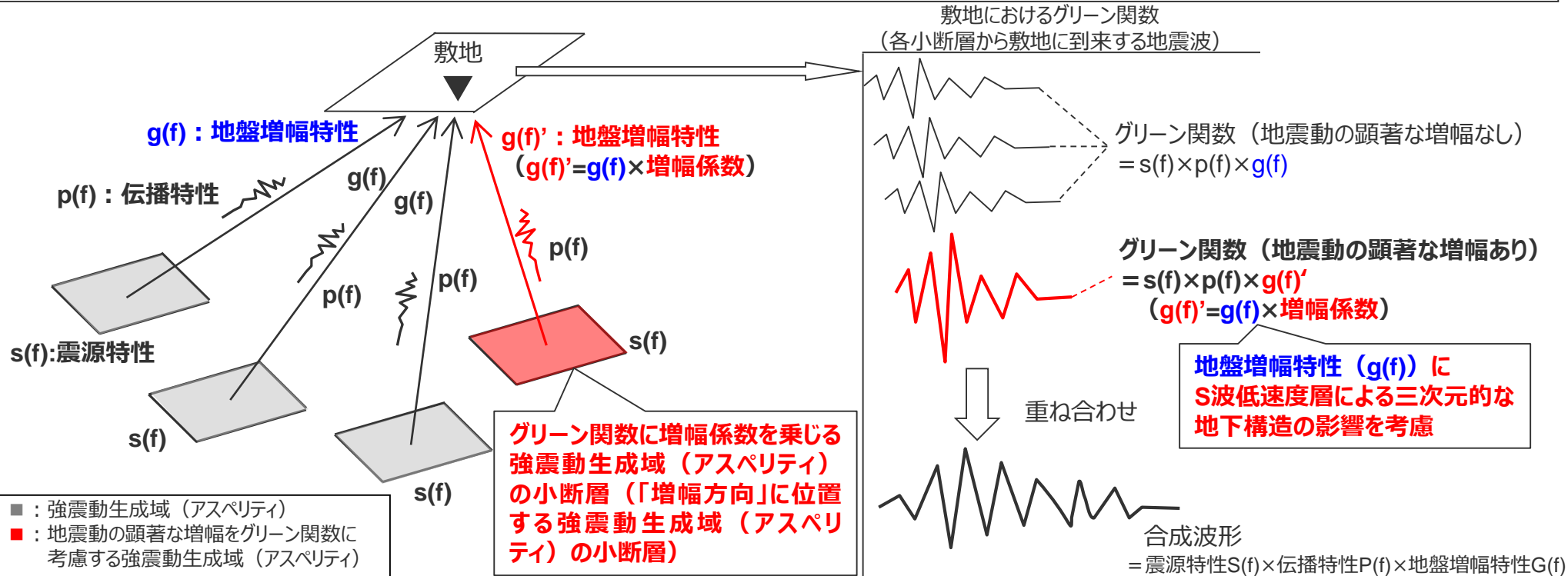
<2009年駿河湾の地震（本震）の震源モデル>
（当社作成）

<補足説明資料④-35 地震動の顕著な増幅の地震動評価への反映方法>

断層モデルを用いた手法による地震動評価への地震動の顕著な増幅の反映方法

(概要)

- 前述のとおり、検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の地震動評価は、地震観測記録に基づき確認された地震動の顕著な増幅の特性を的確に反映するため、震源断層を小断層に分割し、小断層毎に敷地に到来する地震動を詳細に考慮できる断層モデルを用いた手法を重視する。
- 断層モデルを用いた手法では、地震動の顕著な増幅は、「増幅方向」に位置する強震動生成域（アスペリティ）の各小断層からの地震動（グリーン関数）に増幅係数（次々ページ参照）を乗じることで、短周期の地震動評価に一般的に用いられる統計的グリーン関数法により、地震動の顕著な増幅の特性を反映した地震動評価を行う。このようにグリーン関数（震源特性 $s(f)$ ×伝播特性 $p(f)$ ×地盤増幅特性 $g(f)$ ）に増幅係数を乗じる方法は、一次元地下構造モデルによる地盤増幅特性（ $g(f)$ ）を補正して、S波低速度層による三次元的な地下構造の影響を考慮することに相当する（ $g(f)' = g(f) \times \text{増幅係数}$ ）。
- グリーン関数に乘じる増幅係数については、増幅の程度が最も大きい2009年駿河湾の地震（本震）を参考に、その再現検討を踏まえて設定し、グリーン関数に増幅係数を乗じる強震動生成域（アスペリティ）の小断層については、「増幅方向」を踏まえ保守的に設定する。
- 2009年駿河湾の地震（本震）の観測記録の再現検討では、増幅係数の合理性も含め、本反映方法（強震動生成域（アスペリティ）の各小断層のグリーン関数に増幅係数を乗じる方法）による地震動評価結果（波形合成結果）と地震動の顕著な増幅が見られた観測点（5号炉）の観測記録との比較により検証を行う。

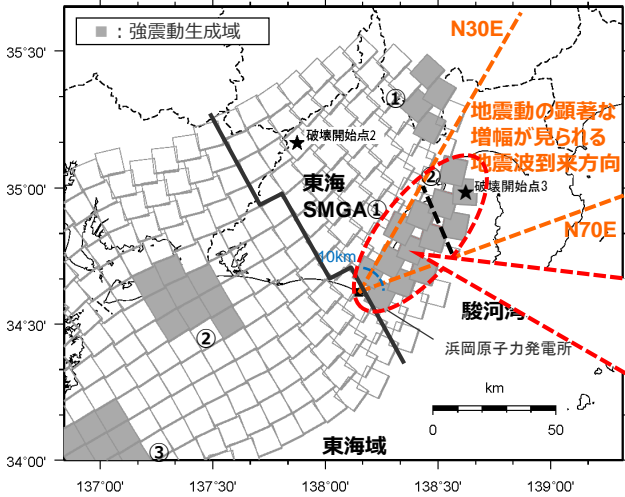


<断層モデルを用いた手法による地震動評価（統計的グリーン関数法）における地震動の顕著な増幅の反映方法の概要>

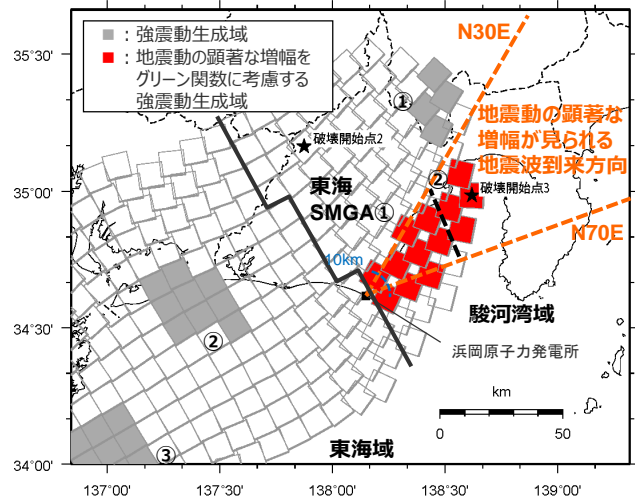
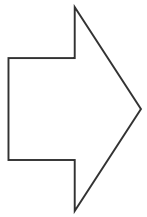
<補足説明資料④-35 地震動の顕著な増幅の地震動評価への反映方法>

断層モデルを用いた手法による地震動評価への地震動の顕著な増幅の反映方法 ((参考) 本資料における震源モデルのモデル図の表現の解説)

- 5号炉周辺の増幅要因は、深さ数百mの浅部地盤に局所的に分布するS波低速度層であり、これによる三次元的な地下構造の影響としての地震動の顕著な増幅を、断層モデルを用いた手法による地震動評価に反映する方法として、グリーン関数（震源特性 $s(f)$ × 伝播特性 $p(f)$ × 地盤増幅特性 $g(f)$ ）に増幅係数を乗じる。この方法は、一次元地下構造モデルによる地盤増幅特性（ $g(f)$ ）を補正して、S波低速度層による三次元的な地下構造の影響を考慮することに相当する（ $g(f)' = g(f) \times$ 増幅係数）。
- 本資料の各震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）のモデル図においては、地震動の顕著な増幅を考慮する（グリーン関数に増幅係数を乗じる）強震動生成域（アスペリティ）の小断層を、赤色で塗りつぶして表現する。
- これは、便宜的に小断層を赤色で塗りつぶすことで表現しているものであって、震源特性において地震動の顕著な増幅を考慮することを表しているものではなく、上記のとおり、「増幅方向」に位置する小断層から生じた地震波がS波低速度層を伝播することで生じる地震動の顕著な増幅を、地盤増幅特性において考慮することを表している。



震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）の強震動生成域の小断層のうち、グリーン関数（震源特性 $s(f)$ × 伝播特性 $p(f)$ × 地盤増幅特性 $g(f)$ ）に増幅係数を乗じることで、一次元地下構造モデルによる地盤増幅特性（ $g(f)$ ）を補正して、S波低速度層による三次元的な地下構造の影響を考慮する小断層



<震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）と地震動の顕著な増幅を考慮する小断層の設定>

<本資料における表現>

<補足説明資料④-35 地震動の顕著な増幅の地震動評価への反映方法>

断層モデルを用いた手法による地震動評価への地震動の顕著な増幅の反映方法 (グリーン関数に乗じる増幅係数)

- 増幅を考慮する周期帯は、2009年駿河湾の地震（本震）で5号炉周辺の顕著な増幅が見られた周期帯0.2～0.5秒を参考としてより広帯域に設定する。
- 増幅を考慮する程度は、2009年駿河湾の地震（本震）におけるはぎとり波の加速度フーリエスペクトル比（5G1/3G1, 5RB/3G1）及び周期別SI値比（周期0.02～0.5秒）を参考として設定する。
- 2009年駿河湾の地震（本震）は増幅の程度が最も大きく、信頼性の高い記録が得られた地震である。

<グリーン関数に乗じる増幅係数>

周期(s)	水平動	周期(s)	鉛直動
0.02	1	0.02	1
0.1	1	0.1	1
0.125	2.6	0.125	1.8
0.5	2.6	0.4	1.8
0.6	1	0.5	1
10	1	10	1

<2009年駿河湾の地震（本震）における周期別SI値比※1>
(周期0.02～0.5秒※2)

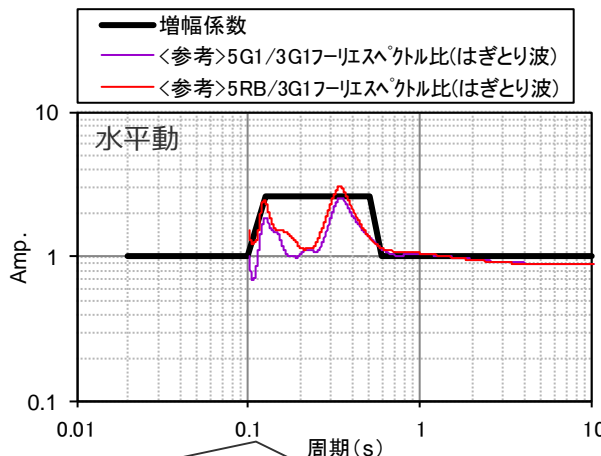
	NS	EW	UD
4G1/3G1	0.93	1.08	0.72
5G1/3G1	2.40	1.97	1.42
5RB/3G1	2.47	2.50	1.38

※1 構造物の応答に関連する指標であり、下記により定義される。

$$\text{周期別SI値} = \int_{T_1}^{T_2} S_v(T, h) dT$$

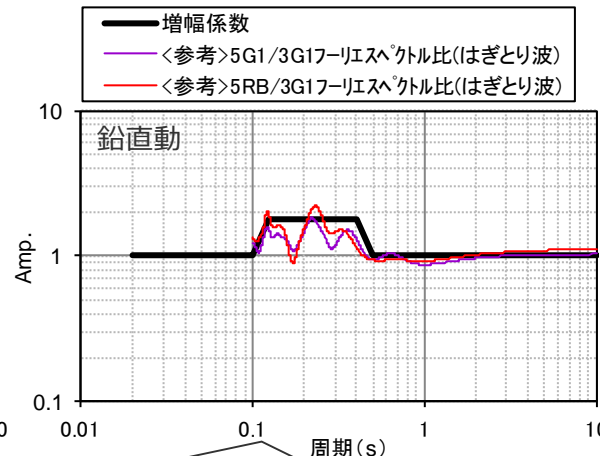
ここで、 S_v ：擬似速度応答スペクトル
T：周期
h：減衰定数（5%とする）

※2 2009年駿河湾の地震（本震）の応答スペクトルにおいて5号炉周辺の顕著な増幅が見られた周期帯。



増幅係数及びフーリエスペクトル比の積分値に基づき、以下の比率を算出（周期0.1～0.6秒）。

- ・増幅係数 / (5G1/3G1フーリエスペクトル比) = 1.58
- ・増幅係数 / (5RB/3G1フーリエスペクトル比) = 1.39



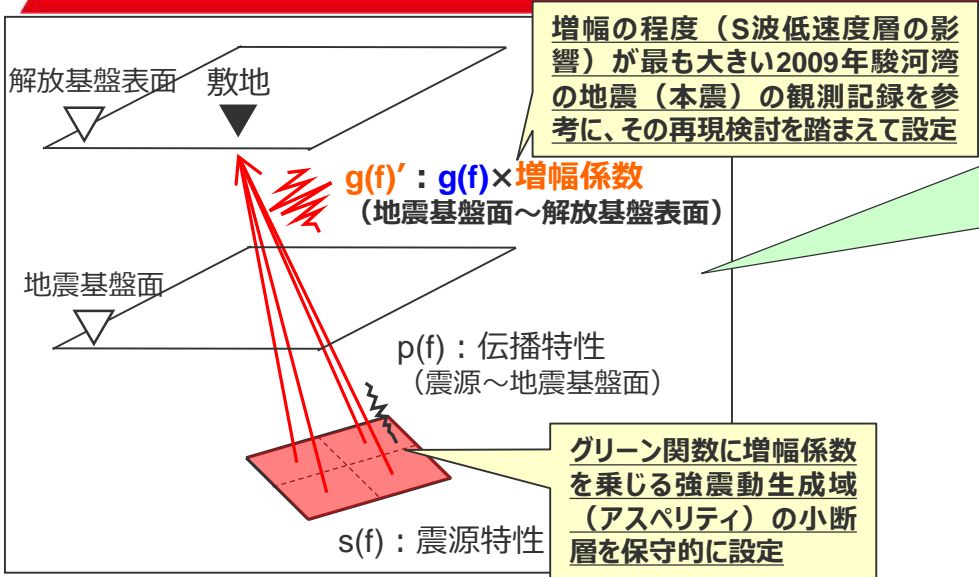
増幅係数及びフーリエスペクトル比の積分値に基づき、以下の比率を算出（周期0.1～0.5秒）。

- ・増幅係数 / (5G1/3G1フーリエスペクトル比) = 1.28
- ・増幅係数 / (5RB/3G1フーリエスペクトル比) = 1.20

<グリーン関数に乗じる増幅係数>

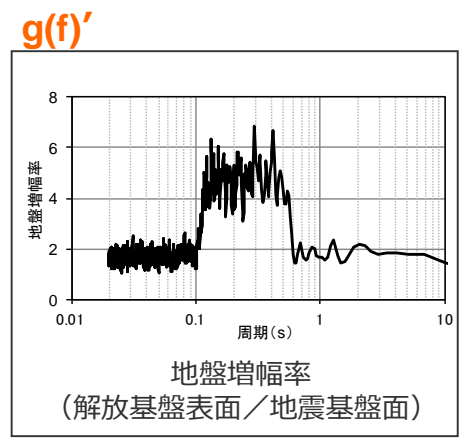
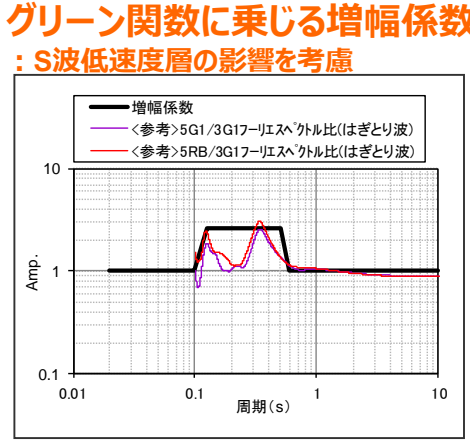
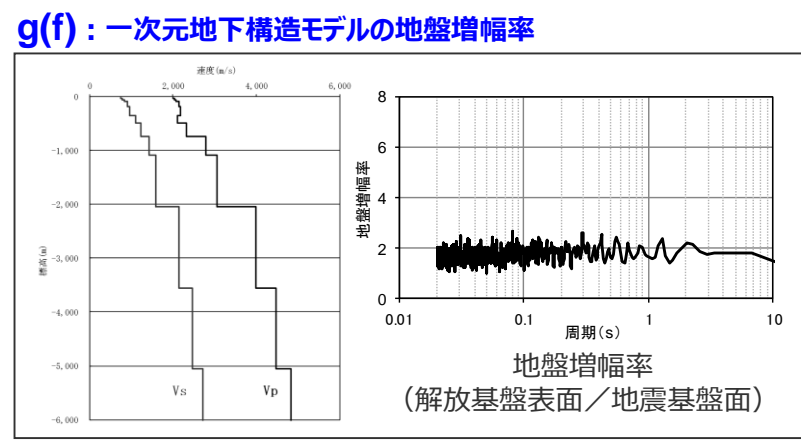
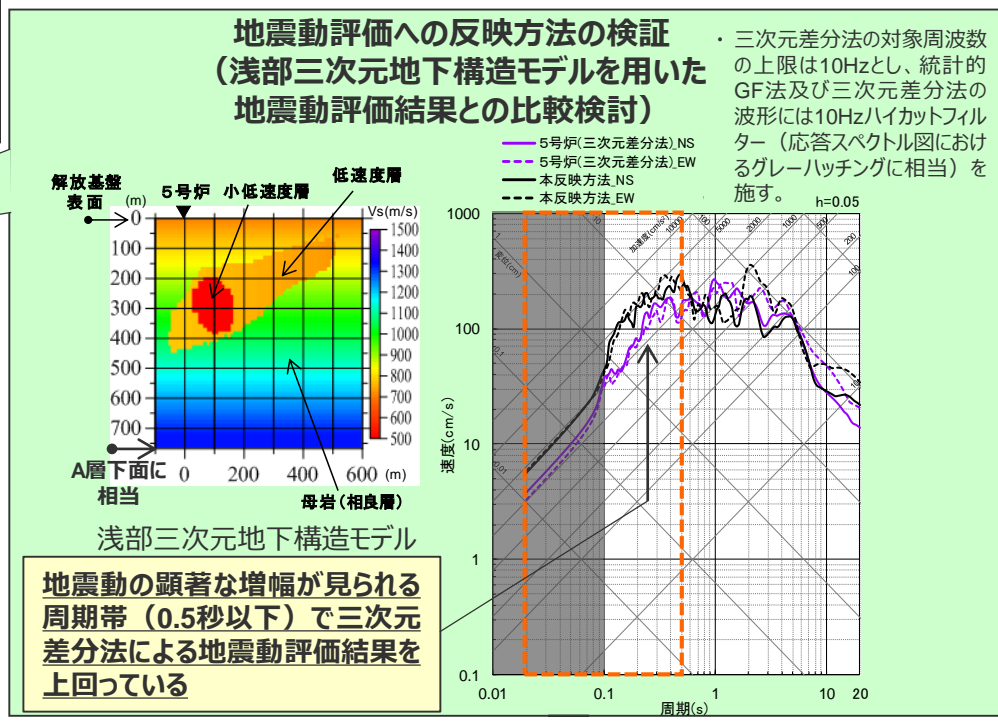
<補足説明資料④-35 地震動の顕著な増幅の地震動評価への反映方法>

断層モデルを用いた手法による地震動評価への地震動の顕著な増幅の反映方法 (増幅係数を乗じることによる地盤増幅特性の補正)



敷地におけるグリーン関数
 $= s(f) \times p(f) \times g(f)'$ ($g(f)$ × 増幅係数)

$g(f)'$: S波低速度層の影響を考慮した地盤増幅特性

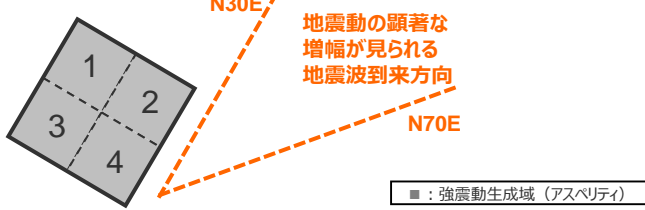


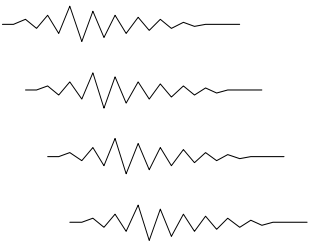
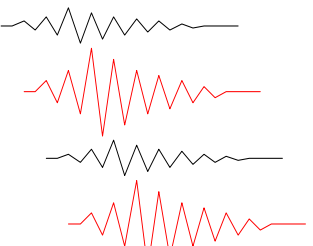
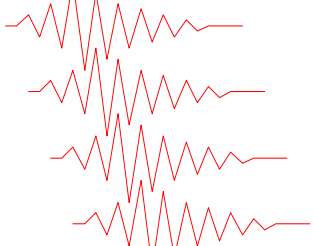


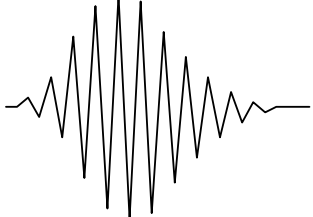


<補足説明資料④-35 地震動の顕著な増幅の地震動評価への反映方法>

断層モデルを用いた手法による地震動評価への地震動の顕著な増幅の反映方法

(合成波形における地盤増幅特性)

- 強震動生成域（アスペリティ）の小断層から敷地に到来する地震波（グリーン関数）に考慮する地盤増幅特性 $g(f)$ と増幅係数とを共通とし、地震動の顕著な増幅が見られる地震波到来方向（N30E～N70E）に短周期の地震動に支配的な強震動生成域（アスペリティ）の小断層が位置する割合が異なるケースA、B、Cを考えてみると、ケース毎に地震動の顕著な増幅を考慮する強震動生成域（アスペリティ）の小断層の数が異なることにより、これらを足し合せて作成される合成波形（敷地における地震動）の地震動レベルが結果的に異なる。
- これは、合成波形（敷地における地震動）の地震動レベルが、強震動生成域（アスペリティ）の小断層が地震動の顕著な増幅が見られる地震波到来方向（N30E～N70E）に位置する割合がケースにより異なることによって、地盤増幅特性（ $G(f)$ ）が異なることに相当する。

<p>ケースA (すべての強震動生成域（アスペリティ）の小断層に地震動の顕著な増幅の考慮なし)</p>	<p>ケースB (強震動生成域（アスペリティ）の一部の小断層に地震動の顕著な増幅を考慮)</p>	<p>ケースC (すべての強震動生成域（アスペリティ）の小断層に地震動の顕著な増幅を考慮)</p>
 <p>地震動の顕著な増幅が見られる地震波到来方向</p> <p>■ : 強震動生成域（アスペリティ）</p>	 <p>地震動の顕著な増幅が見られる地震波到来方向</p> <p>■ : 強震動生成域（アスペリティ） ■ : 地震動の顕著な増幅をグリーン関数に考慮する強震動生成域（アスペリティ）</p>	 <p>地震動の顕著な増幅が見られる地震波到来方向</p> <p>■ : 強震動生成域（アスペリティ） ■ : 地震動の顕著な増幅をグリーン関数に考慮する強震動生成域（アスペリティ）</p>
<p>小断層1のグリーン関数 $=s(f) \times p(f) \times g(f)$</p> <p>小断層2のグリーン関数 $=s(f) \times p(f) \times g(f)$</p> <p>小断層3のグリーン関数 $=s(f) \times p(f) \times g(f)$</p> <p>小断層4のグリーン関数 $=s(f) \times p(f) \times g(f)$</p> 	<p>小断層1のグリーン関数 $=s(f) \times p(f) \times g(f)$</p> <p>小断層2のグリーン関数 $=s(f) \times p(f) \times g(f)'$</p> <p>小断層3のグリーン関数 $=s(f) \times p(f) \times g(f)$</p> <p>小断層4のグリーン関数 $=s(f) \times p(f) \times g(f)'$ $g(f)' = g(f) \times \text{増幅係数}$</p> 	<p>小断層1のグリーン関数 $=s(f) \times p(f) \times g(f)'$</p> <p>小断層2のグリーン関数 $=s(f) \times p(f) \times g(f)'$</p> <p>小断層3のグリーン関数 $=s(f) \times p(f) \times g(f)'$</p> <p>小断層4のグリーン関数 $=s(f) \times p(f) \times g(f)'$ $g(f)' = g(f) \times \text{増幅係数}$</p> 
<p>合成波形 $=S(f) \times P(f) \times G_A(f)$</p>  <p>合成波形における地盤増幅特性$G(f)$: 小</p>	<p>合成波形 $=S(f) \times P(f) \times G_B(f)$</p>  <p>合成波形における地盤増幅特性$G(f)$: 中</p>	<p>合成波形 $=S(f) \times P(f) \times G_C(f)$</p>  <p>合成波形における地盤増幅特性$G(f)$: 大</p>

<補足説明資料④-35 地震動の顕著な増幅の地震動評価への反映方法>

断層モデルを用いた手法による地震動評価への地震動の顕著な増幅の反映方法

(検証 (2009年駿河湾の地震 (本震) の観測記録の再現検討 (概要)))

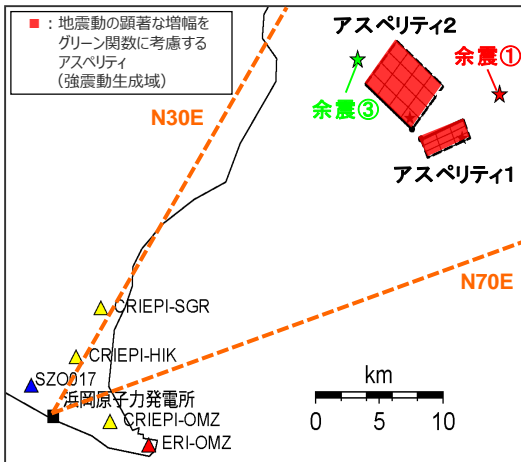
【断層モデルを用いた手法による地震動評価への地震動の顕著な増幅の反映方法の検証

(統計的グリーン関数法による2009年駿河湾の地震 (本震) の観測記録の再現検討) (第194回審査会合で説明)

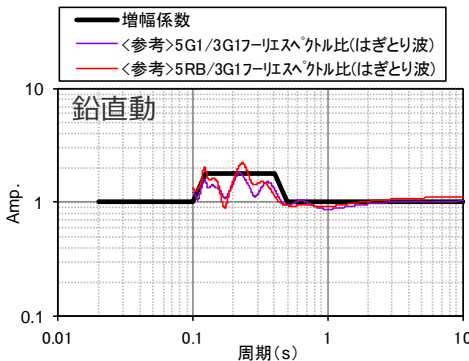
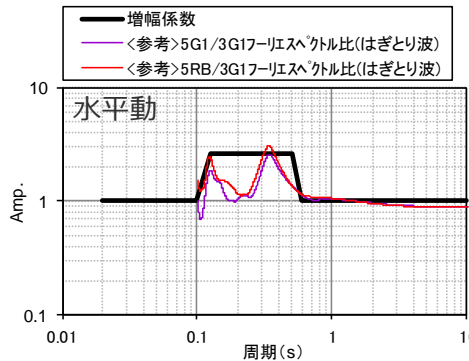
- 振幅レベルが大きく、信頼性の高い記録が得られている2009年駿河湾の地震 (本震) を対象として、強震動生成域 (アスペリティ) のみの震源モデルを用いて、一次元地下構造モデルを用いた統計的グリーン関数法による地震動の顕著な増幅を考慮しない地震動評価を行い、波形合成結果での比較により、地震動の顕著な増幅が見られなかった観測点 (3G1、4G1) の観測記録との比較を行った。
- また、地震動評価への地震動の顕著な増幅の反映方法の検証として、本反映方法 (強震動生成域 (アスペリティ) の各小断層のグリーン関数に増幅係数を乗じる方法) を用いて統計的グリーン関数法による地震動評価を行い、波形合成結果での比較により、地震動の顕著な増幅が見られた観測点 (5G1、5RB) の観測記録との比較を行った。
- なお、各検討用地震 (地震動の顕著な増幅を考慮) の地震動評価に当たっては、地震動の顕著な増幅を考慮する強震動生成域 (アスペリティ) の小断層の範囲・増幅の程度を地震観測記録の分析結果に対し保守的に設定して断層モデルを用いた手法による保守的な地震動評価を行う。

	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

周期(s)	水平動	周期(s)	鉛直動
0.02	1	0.02	1
0.1	1	0.1	1
0.125	2.6	0.125	1.8
0.5	2.6	0.4	1.8
0.6	1	0.5	1
10	1	10	1



<2009年駿河湾の地震 (本震) の震源モデル>
(当社作成)



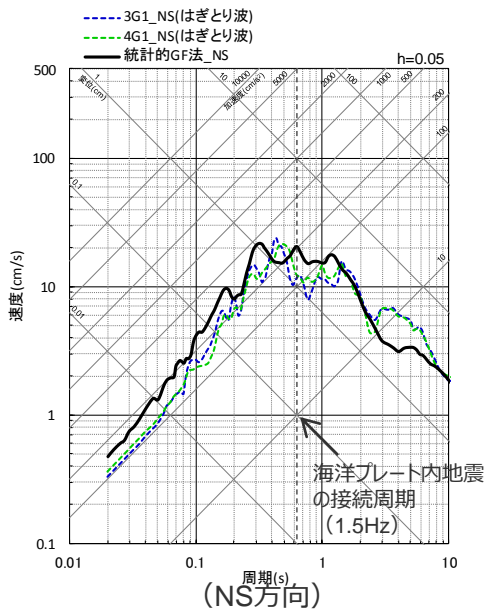
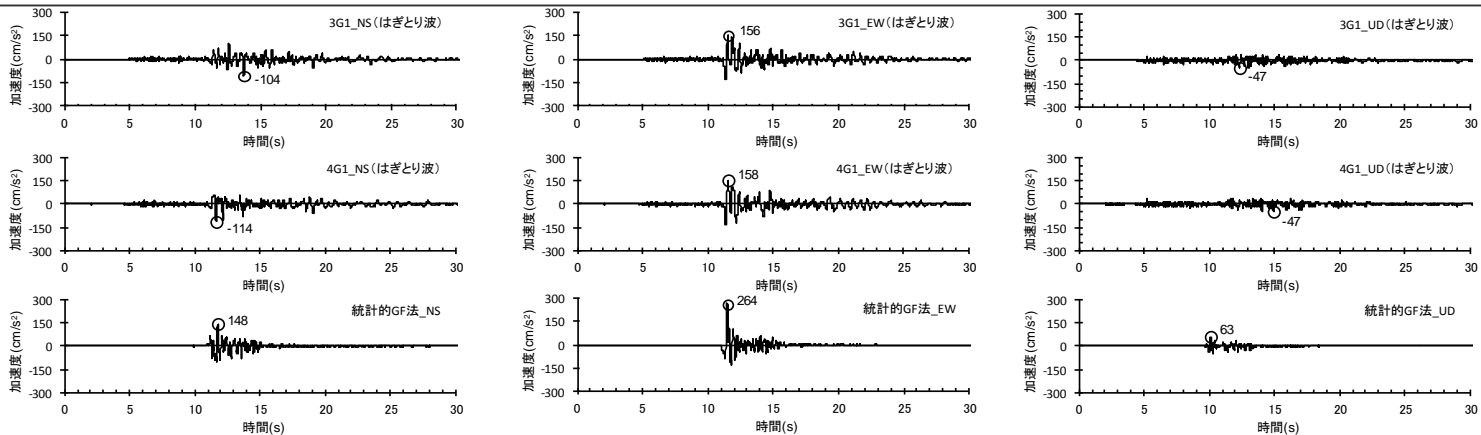
<グリーン関数に乗じる増幅係数>

<補足説明資料④-35 地震動の顕著な増幅の地震動評価への反映方法>

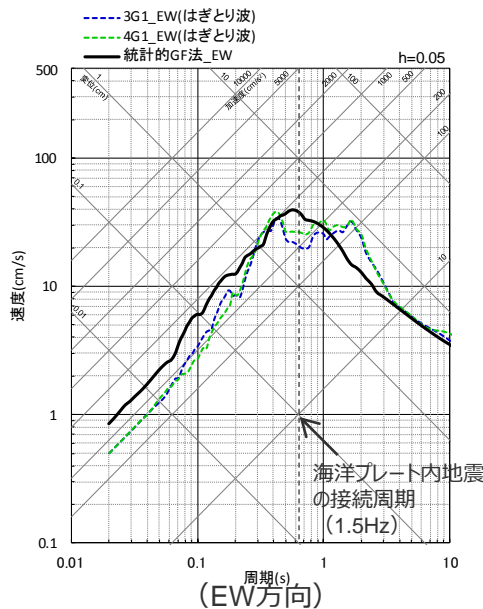
断層モデルを用いた手法による地震動評価への地震動の顕著な増幅の反映方法

(検証 (2009年駿河湾の地震 (本震) の再現検討結果と3号炉 (3G1) 、4号炉 (4G1) の観測記録 (はぎとり波) との比較))

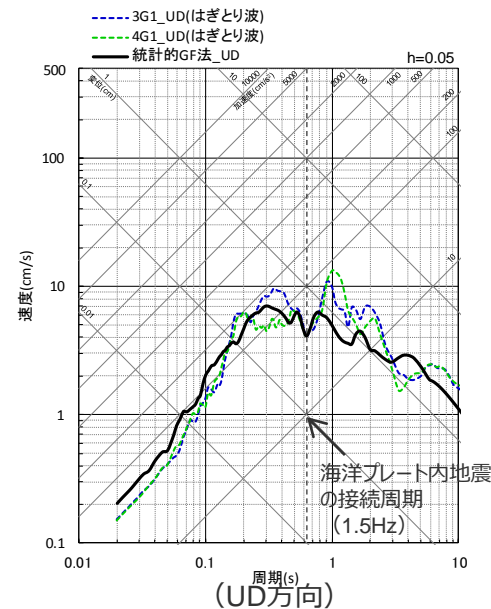
○統計的グリーン関数法による2009年駿河湾の地震 (本震) の地震動の顕著な増幅を考慮しない地震動評価結果は、その評価対象周期 (短周期) で3号炉 (3G1) 、4号炉 (4G1) の観測記録 (はぎとり波) を概ね再現している。



(NS方向)



(EW方向)



(UD方向)

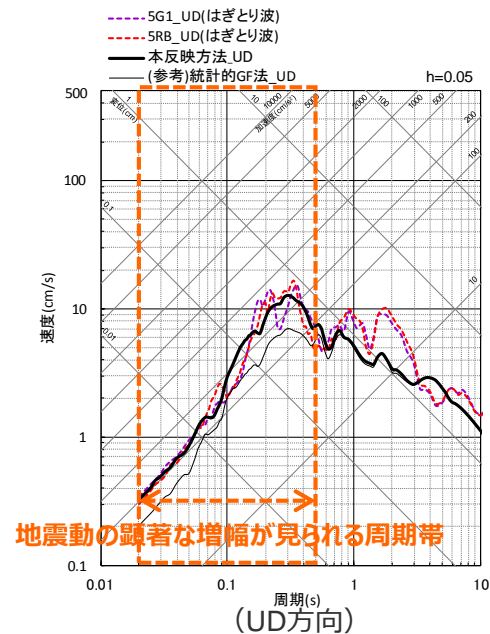
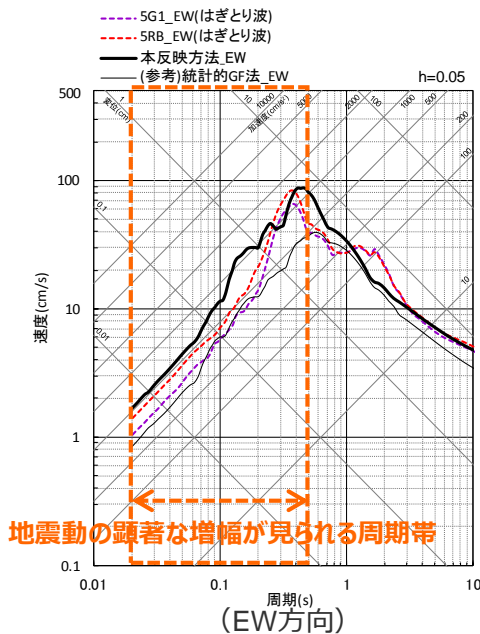
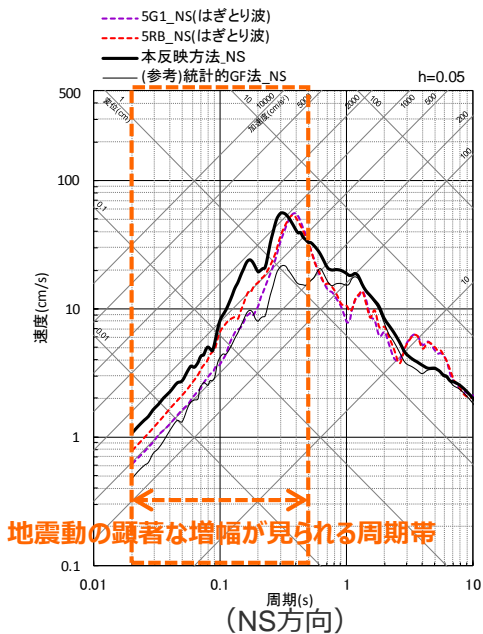
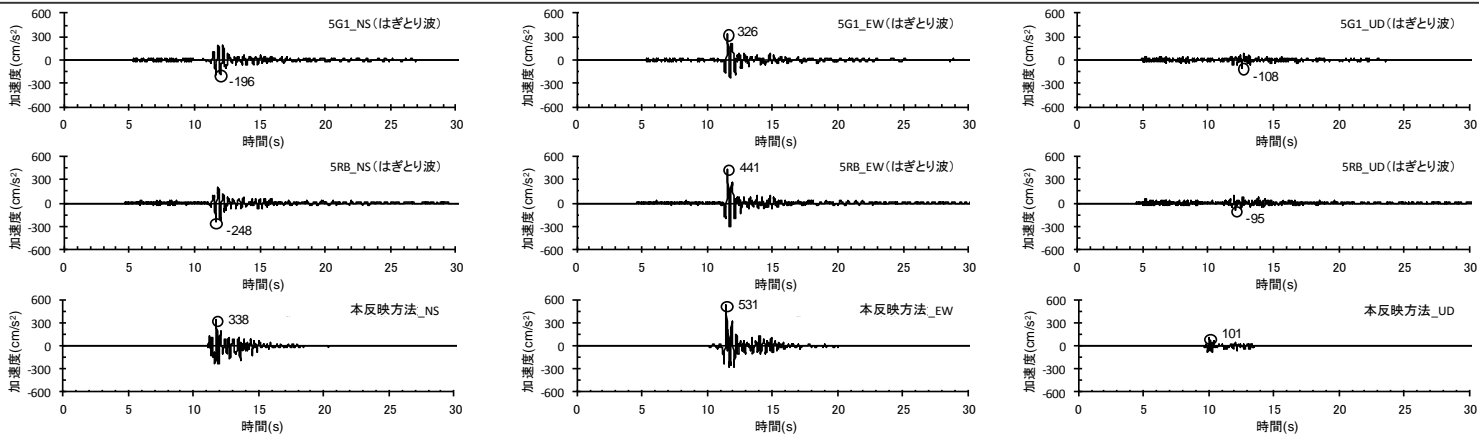
<2009年駿河湾の地震 (本震) の地震動の顕著な増幅を考慮しない地震動評価結果と3号炉 (3G1) 、4号炉 (4G1) の観測記録 (はぎとり波) との比較>
(上図: 加速度時刻歴波形、下図: 応答スペクトル)

<補足説明資料④-35 地震動の顕著な増幅の地震動評価への反映方法>

断層モデルを用いた手法による地震動評価への地震動の顕著な増幅の反映方法

(検証 (2009年駿河湾の地震 (本震) の再現検討結果と5号炉 (5G1, 5RB) の観測記録 (はぎとり波) との比較))

○本反映方法を用いた統計的グリーン関数法による2009年駿河湾の地震 (本震) の地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価結果は、地震動の顕著な増幅が見られる周期帯 (0.5秒以下) で5号炉 (5G1, 5RB) の観測記録 (はぎとり波) を概ね再現している。



<2009年駿河湾の地震 (本震) の地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価結果と5号炉 (5G1,5RB) の観測記録 (はぎとり波) との比較>

(上図：加速度時刻歴波形、下図：応答スペクトル)

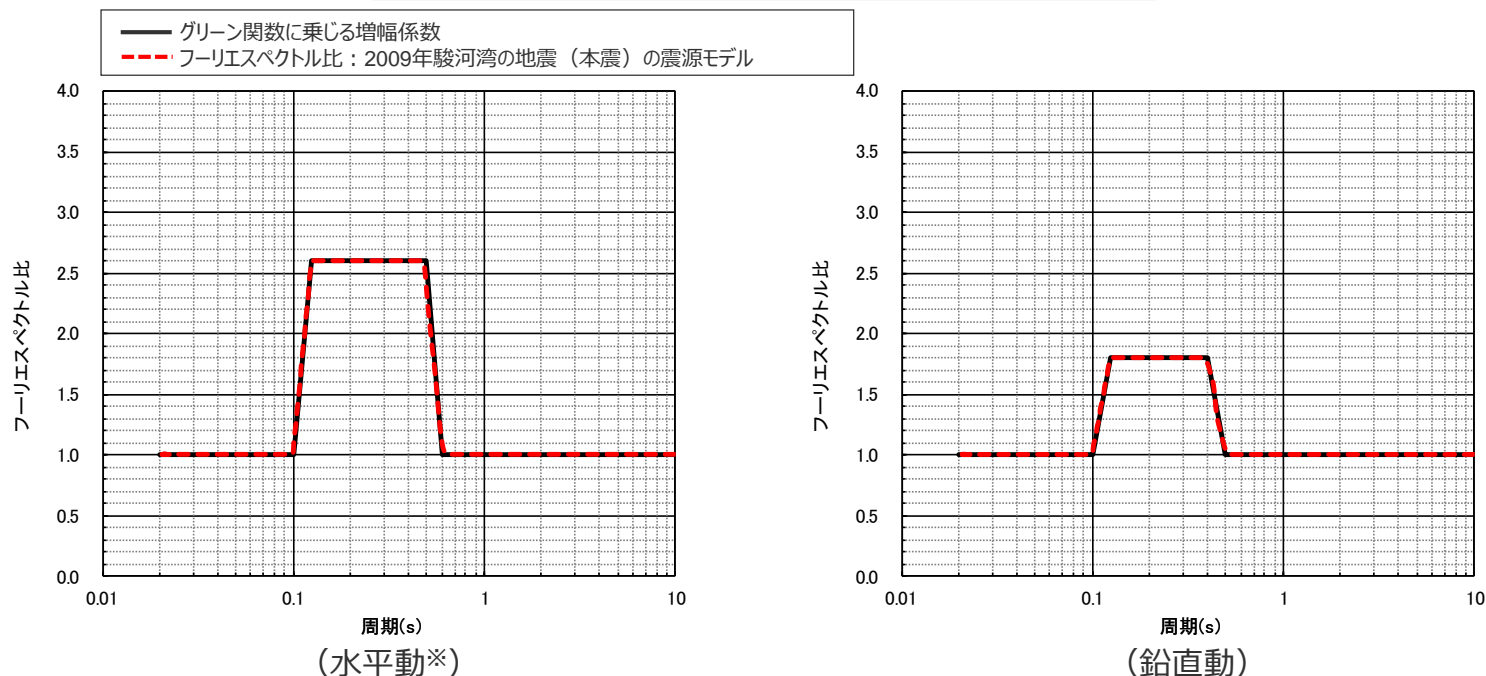
<補足説明資料④-35 地震動の顕著な増幅の地震動評価への反映方法>

断層モデルを用いた手法による地震動評価への地震動の顕著な増幅の反映方法 (検証 (2009年駿河湾の地震 (本震) の再現検討におけるフーリエスペクトル比の分析))

○統計的グリーン関数法による2009年駿河湾の地震 (本震) の観測記録の再現検討における、増幅係数を乗じない地震動の顕著な増幅を考慮しない地震動評価結果と増幅係数を乗じる地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価結果を用いて、波形合成結果のフーリエスペクトル比 (地震動の顕著な増幅を考慮する場合 / 地震動の顕著な増幅を考慮しない場合) を分析した。
⇒2009年駿河湾の地震 (本震) の観測記録の再現検討における波形合成結果のフーリエスペクトル比 (地震動の顕著な増幅を考慮する場合 / 地震動の顕著な増幅を考慮しない場合) は、各小断層のグリーン関数に乗じた増幅係数と同じとなっている。

フーリエスペクトル比を算出

$$\frac{\text{地震動の顕著な増幅を考慮する場合のフーリエスペクトル}^{\ast}}{\text{地震動の顕著な増幅を考慮しない場合のフーリエスペクトル}^{\ast}}$$



<「各小断層のグリーン関数に乗じる増幅係数」と「波形合成結果のフーリエスペクトル比」の比較>
(2009年駿河湾の地震 (本震) の震源モデル)

※ 水平動はNS方向とEW方向の平均。

<補足説明資料④-35 地震動の顕著な増幅の地震動評価への反映方法>

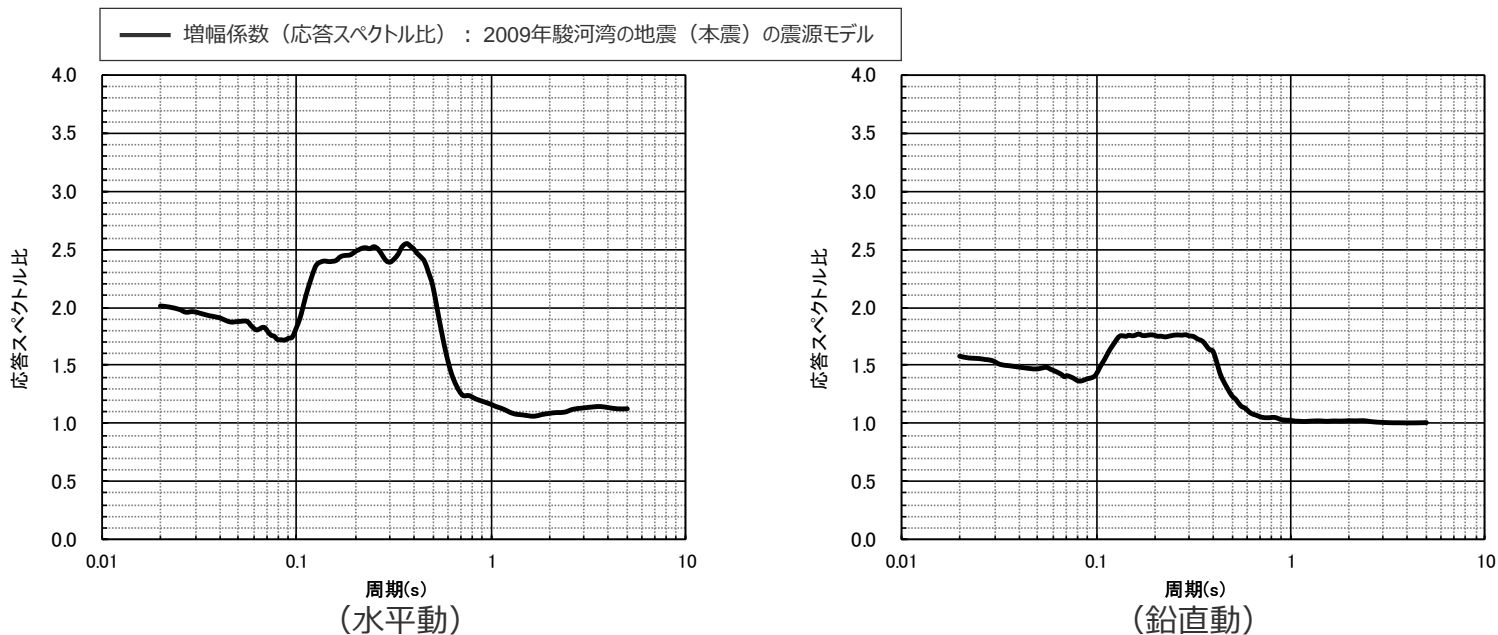
断層モデルを用いた手法による地震動評価への地震動の顕著な増幅の反映方法

(検証 (2009年駿河湾の地震 (本震) の再現検討における応答スペクトル比の分析))

- 2009年駿河湾の地震 (本震) の観測記録の再現検討における波形合成結果のフーリエスペクトル比の分析と同様に、応答スペクトル比 (地震動の顕著な増幅を考慮する場合 / 地震動の顕著な増幅を考慮しない場合) を分析した結果は下図のとおり。
- なお、ある周期の応答スペクトルの値は、当該周期を固有周期に持つ1質点系の最大応答値であり、当該周期の地震動のエネルギー (≒フーリエスペクトル振幅) だけでなく、それ以外の周期成分の地震波のエネルギーの影響も受ける。そのため、地震動の顕著な増幅が見られた周期0.3秒付近の倍率を見ると、地震動の顕著な増幅をする周期成分の地震波だけでなく、地震動の顕著な増幅をしない周期成分の地震波の影響も受けていることにより、応答スペクトル比はフーリエスペクトル比と比べてやや小さい。

応答スペクトル比を算出

$$\left[\frac{\text{地震動の顕著な増幅を考慮する場合の応答スペクトル}^{\ast}}{\text{地震動の顕著な増幅を考慮しない場合の応答スペクトル}^{\ast}} \right]$$



<応答スペクトル比 (地震動の顕著な増幅を考慮する場合 / 地震動の顕著な増幅を考慮しない場合) >
(2009年駿河湾の地震 (本震) の震源モデル)

※ 水平動はNS方向とEW方向の平均。

<補足説明資料④-35 地震動の顕著な増幅の地震動評価への反映方法>

応答スペクトルに基づく地震動評価への地震動の顕著な増幅の反映方法 (方針)

【応答スペクトルに基づく手法の概要】

- 応答スペクトルに基づく手法は、地震規模や震源距離といった巨視的パラメータにより震源断層全体の地震動を評価する手法である。
- 応答スペクトルに基づく手法では、検討用地震と震源特性、伝播経路特性、地盤増幅特性が同様と見なせる地震の観測記録が得られている場合、その観測記録を用いて、検討用地震と同様の震源特性、伝播経路特性、地盤増幅特性を反映した地震動評価を行うことができる。
- その際、三次元的な地下構造の影響により地震動の顕著な増幅が見られるサイトでは、震源断層面の広がりや地震波到来方向の違いによって地盤増幅特性が異なることから、各検討用地震に応じた敷地固有の地盤増幅特性（地震動の顕著な増幅特性）を適切に反映するためには、各検討用地震と震源断層面の広がりや地震波到来方向が同様と見なせる観測記録を用いる必要がある。

【浜岡原子力発電所の観測記録】

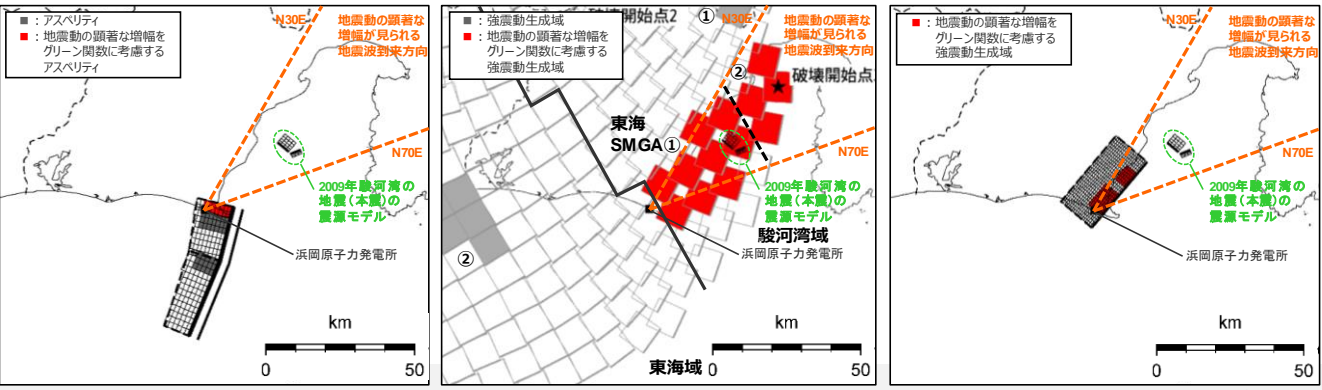
- 浜岡原子力発電所の検討用地震には、内陸地殻内地震、プレート間地震、海洋プレート内地震の3つの地震タイプがあり、敷地への影響が最も大きい地震タイプはプレート間地震である。敷地における観測地震に関し、3つの地震タイプの各検討用地震と震源断層面の広がりや地震波の到来方向が同様と見なせ、**各検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）**に応じた敷地固有の地盤増幅特性が適切に反映された観測記録は得られていない。

【断層モデルを用いた手法による地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価結果】

- 断層モデルを用いた手法は、震源断層を小断層に分割し、小断層毎に敷地に到来する地震動を詳細に考慮できるため、各検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の震源断層面の広がりや地震波到来方向の違いに応じて、地震観測記録に基づき確認された地震動の顕著な増幅の特性を的確に反映できること、当該反映方法の妥当性は2009年駿河湾の地震（本震）の観測記録の再現検討により検証されていることから、この地震動評価結果には、**各検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）**に応じた敷地固有の地盤増幅特性が適切に反映されている。

【応答スペクトルに基づく地震動評価への地震動の顕著な増幅の反映方法】

- 地震タイプ共通の地震動の顕著な増幅の反映方法として、各検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）に応じた敷地固有の地盤増幅特性が適切に反映された『断層モデルを用いた手法による地震動評価結果を用いて応答スペクトルに与える影響を求めて反映する方法』により応答スペクトルに基づく地震動評価を行うこととし、各検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）に応じた敷地固有の地盤増幅特性が震源断層全体の地震動の応答スペクトルに与える影響を反映する。
- 検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の地震動評価に当たっては、断層モデルを用いた手法による地震動評価に保守性を考慮することで、応答スペクトルに基づく地震動評価にも保守性を考慮する。



内陸地殻内地震（御前崎海脚西部の断層帯による地震） プレート間地震（南海トラフ沿いの巨大地震） 海洋プレート内地震（敷地直下の想定スラブ内地震）

応答スペクトルに基づく地震動評価への地震動の顕著な増幅の反映方法

(概要)

【応答スペクトルに基づく地震動評価への地震動の顕著な増幅の反映方法】

- 前述のとおり、地震タイプ共通の地震動の顕著な増幅の反映方法として、『各検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）に応じた敷地固有の地盤増幅特性が適切に反映された断層モデルを用いた手法による地震動評価結果を用いて応答スペクトルに与える影響を求めて反映する方法』により応答スペクトルに基づく地震動評価を行うこととし、各検討地震（地震動の顕著な増幅を考慮）に応じた敷地固有の地盤増幅特性が震源断層全体の地震動の応答スペクトルに与える影響を適切に反映する。
- 各検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）に応じた敷地固有の地盤増幅特性が震源断層全体の地震動の応答スペクトルに与える影響として、断層モデルを用いた手法による地震動評価結果を用いて増幅係数（応答スペクトル比＝地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価結果／地震動の顕著な増幅を考慮しない地震動評価結果）を求めることで反映する。
- 増幅係数（応答スペクトル比）の算出に当たって、「本反映方法により地震動の顕著な増幅を反映した断層モデルを用いた手法による地震動評価結果の応答スペクトル比（地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価結果／地震動の顕著な増幅を考慮しない地震動評価結果）」はNS方向とEW方向で同程度となること（後述参照）、応答スペクトルに基づく手法は震源断層全体の地震動を評価する手法であり、Noda et al.(2002)の方法等を含めて一般に距離減衰式を作成する際には水平動はNS方向の観測記録とEW方向の観測記録とを区別せずに回帰分析が行われていることから、断層モデルを用いた手法による地震動評価結果を用いて求める増幅係数（応答スペクトル比）は各破壊開始点の平均、水平動についてはNS方向とEW方向の平均を用いる。
- 検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の応答スペクトルに基づく地震動評価は本反映方法により行うこととし、断層モデルを用いた手法による地震動評価に保守性を考慮することで、応答スペクトルに基づく地震動評価にも保守性を考慮する。

【応答スペクトルに基づく地震動評価への地震動の顕著な増幅の反映方法の検証（2009年駿河湾の地震（本震）の観測記録の再現検討）】

- 断層モデルを用いた手法の検証と同様、2009年駿河湾の地震（本震）を対象に、断層モデルを用いた手法による地震動評価結果を用いて応答スペクトルに与える影響として増幅係数（応答スペクトル比）を求めて反映する方法により、応答スペクトルに基づく地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価を行い、地震動の顕著な増幅が見られた観測点（5G1、5RB）の観測記録の応答スペクトルを概ね再現していることを確認する。

【観測記録に基づくNoda et al.(2002)の補正係数を用いた地震動評価との比較（海洋プレート内地震の検討用地震）】

- 海洋プレート内地震の検討用地震（敷地下方の想定スラブ内地震）は、2009年駿河湾の地震（本震）と地震タイプが同じではあるが、震源断層面の広がりや震源位置（敷地から40km程度遠方）が異なることから、2009年駿河湾の地震（本震）の観測記録は、検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）に応じた敷地固有の地盤増幅特性が反映された観測記録ではないが、検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の断層モデルを用いた手法による地震動評価に当たり、保守的に敷地近傍を含めて全ての強震動生成域に地震動の顕著な増幅を考慮することを踏まえて、観測記録から算出したNoda et al.(2002)の方法の補正係数を用いた応答スペクトルに基づく地震動評価結果と本反映方法による地震動評価結果との比較確認を行う。

応答スペクトルに基づく地震動評価への地震動の顕著な増幅の反映方法

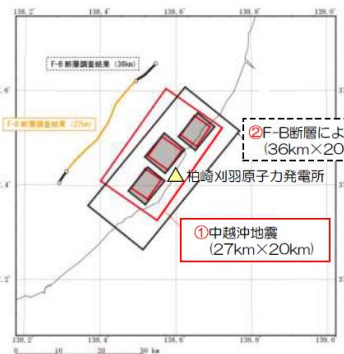
(先行サイトと浜岡サイトとの比較)

【応答スペクトルに基づく地震動評価（三次元的な地下構造の影響により地震動の顕著な増幅が見られる場合）】

- 水平成層地盤と見なせるサイトでは、震源特性、伝播経路特性、地盤増幅特性が同様の地震と見なせる同じ地震タイプの敷地の観測記録を用いて検討用地震の地震動評価が行われている。一方、三次元的な地下構造の影響により地震動の顕著な増幅が見られるサイトでは、震源断層面の広がりや地震波到来方向の違いによって地盤増幅特性が異なることから、各検討用地震に応じた敷地固有の地盤増幅特性（地震動の顕著な増幅特性）を適切に反映するためには、各検討用地震と震源断層面の広がりや地震波到来方向が同様と見なせる観測記録を用いる必要がある。

【先行サイトの事例（検討用地震と同じ震源断層で発生した規模が近い地震の観測記録が得られている場合の事例）】

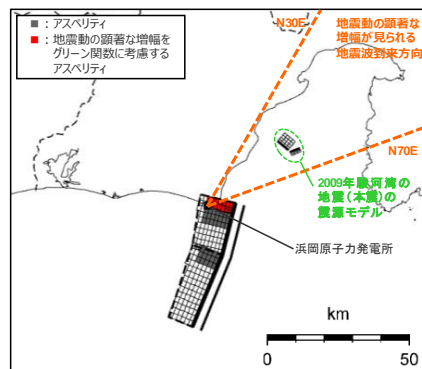
- 三次元的な地下構造（古い褶曲構造及び深部地盤における不整形性）の影響により地震動の顕著な増幅が見られる先行事例として、検討用地震と同じ震源断層で発生した規模が近い地震の観測記録を用いてNoda et al.(2002)の方法の補正係数を算定し、地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価が行われている。
- この場合、震源断層の広がりや地震波到来方向は観測地震と検討用地震で同様と見なせ、観測記録には検討用地震に応じた敷地固有の地盤増幅特性が適切に反映されている。
- また、震源特性に関し、地震タイプが同じだけでなく、同じ震源断層で発生した規模が近い地震であることから、観測記録には震源の破壊過程の影響も含めて検討用地震固有の震源特性が詳細に反映されている。



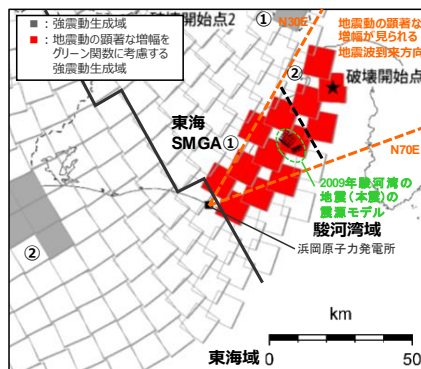
<先行サイトの検討用地震の評価事例（内陸地殻内地震）>
(東京電力HD(2016)による)

【浜岡原子力発電所の場合（検討用地震と同じ震源断層で発生した地震の観測記録が得られていない）】

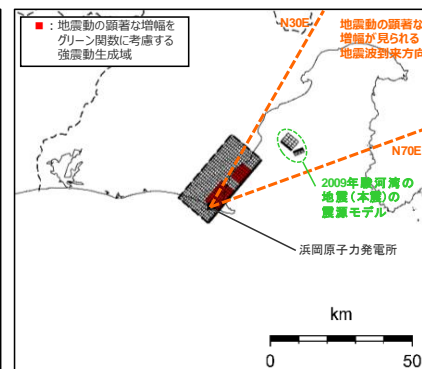
- 浜岡原子力発電所では、三次元的な地下構造（局所的に分布する浅部地盤のS波低速度層）の影響により、特定の到来方向（N30E～N70E）の地震波のみに、短周期の特定の周期帯（フーリエスペクトルの周期0.2～0.5秒）で地震動の顕著な増幅が見られ（先行サイトの地盤増幅特性と異なる）、敷地において、3つの地震タイプの各検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）と震源断層面の広がりや地震波到来方向が同様と見なせ、各検討用地震に応じた敷地固有の地盤増幅特性が反映された観測記録は得られていない。
- そこで、地震タイプ共通の地震動の顕著な増幅の反映方法として、『検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の震源断層面の広がりや地震波到来方向の違いに応じて敷地固有の地盤増幅特性が適切に反映された断層モデルを用いた手法による地震動評価結果を用いて応答スペクトルに与える影響を求めて反映する方法』により応答スペクトルに基づく地震動評価を行う。
- ただし、海洋プレート内地震の検討用地震（敷地下方の想定スラブ内地震）は、2009年駿河湾の地震（本震）と地震タイプが同じではあるが、同じ震源断層で発生した地震ではなく、震源断層面の広がりや震源位置、震源の破壊過程の影響が異なることから、2009年駿河湾の地震（本震）の観測記録は検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）に応じた敷地固有の地盤増幅特性が反映された観測記録ではないが、検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の断層モデルを用いた手法による地震動評価に当たり、保守的に敷地近傍を含めて全ての強震動生成域に地震動の顕著な増幅を考慮することを踏まえて、観測記録から算出したNoda et al.(2002)の方法の補正係数を用いた応答スペクトルに基づく地震動評価結果と本反映方法による地震動評価結果との比較確認を行う。



内陸地殻内地震（御前崎海脚西部の断層帯による地震）



プレート間地震（南海トラフ沿いの巨大地震）



海洋プレート内地震（敷地直下の想定スラブ内地震）

<浜岡サイトの検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の評価事例（内陸地殻内地震、プレート間地震、海洋プレート内地震）>

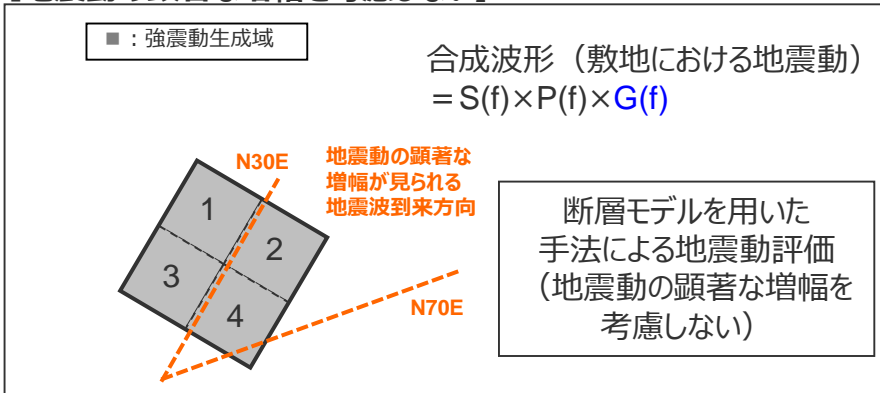
応答スペクトルに基づく地震動評価への地震動の顕著な増幅の反映方法

(増幅係数 (応答スペクトル比) の算出方法)

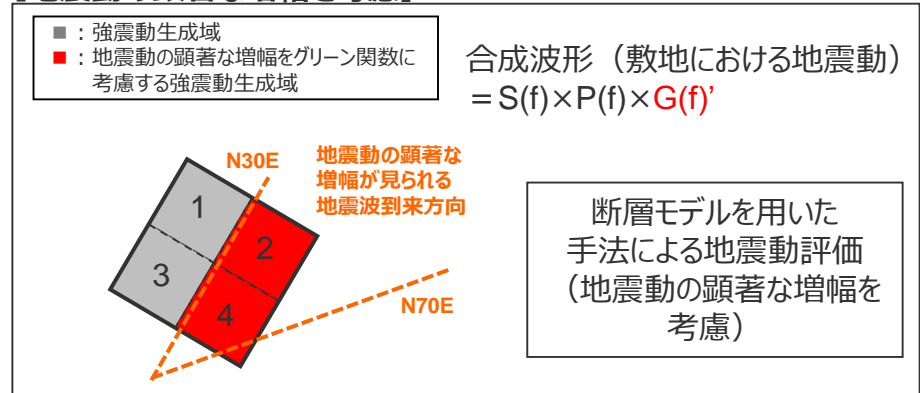
・下線 (.....) は、一部修正箇所を示す。

- 応答スペクトルに基づく地震動評価は、3つの地震タイプ（内陸地殻内地震、プレート間地震、海洋プレート内地震）の各検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）と震源断層面の広がりや地震波の到来方向が同様と見なせ、各検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）に応じた敷地固有の地盤増幅特性が反映された観測記録が得られていないことを踏まえ、地震タイプ共通の地震動の顕著な増幅の反映方法として、『各検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）に応じた敷地固有の地盤増幅特性が適切に反映された断層モデルを用いた手法による地震動評価結果を用いて応答スペクトルに与える影響（地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価結果／地震動の顕著な増幅を考慮しない地震動評価結果）を求めて反映する方法』により応答スペクトルに基づく地震動評価を行うこととし、各検討地震（地震動の顕著な増幅を考慮）に応じた敷地固有の地盤増幅特性が震源断層全体の地震動の応答スペクトルに与える影響を反映する。
- 具体的には、検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の震源モデル毎に、上記の影響を求めるため、地震動の顕著な増幅を考慮する場合と考慮しない場合について、断層モデルを用いた手法による地震動評価を行い、これらの結果による増幅係数（応答スペクトル比：「地震動の顕著な増幅を考慮する場合の平均応答スペクトル（各破壊開始点の平均）」／「地震動の顕著な増幅を考慮しない場合の平均応答スペクトル（各破壊開始点の平均）」※）を水平動・鉛直動それぞれで算出し、応答スペクトルに基づく地震動評価結果（地震動の顕著な増幅を考慮しない）に乗じる。

【地震動の顕著な増幅を考慮しない】



【地震動の顕著な増幅を考慮】



増幅係数 (応答スペクトル比) を算出

$$\frac{\text{地震動の顕著な増幅を考慮する場合の平均応答スペクトル (各破壊開始点の平均) ※}}{\text{地震動の顕著な増幅を考慮しない場合の平均応答スペクトル (各破壊開始点の平均) ※}}$$

応答スペクトルに基づく地震動評価 (地震動の顕著な増幅を考慮)

$$= \text{応答スペクトルに基づく地震動評価結果 (地震動の顕著な増幅を考慮しない)} \times \text{増幅係数 (応答スペクトル比)}$$

※ 増幅係数 (応答スペクトル比) の算出に当たって、「本反映方法により地震動の顕著な増幅を反映した断層モデルを用いた手法による地震動評価結果の応答スペクトル比 (地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価結果 / 地震動の顕著な増幅を考慮しない地震動評価結果)」はNS方向とEW方向で同程度となること (補足説明資料③p.37.116.193~195参照)、応答スペクトルに基づく手法は震源断層全体の地震動を評価する手法であり、Noda et al. (2002)の方法等を含めて一般に距離減衰式を作成する際には水平動はNS方向の観測記録とEW方向の観測記録とを区別せずに回帰分析が行われていることから、断層モデルを用いた手法による地震動評価結果を用いて求める増幅係数 (応答スペクトル比) は各破壊開始点の平均、水平動についてはNS方向とEW方向の平均を用いる。

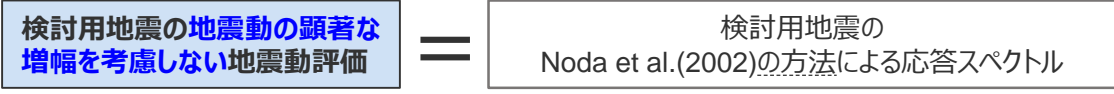
<補足説明資料④-35 地震動の顕著な増幅の地震動評価への反映方法>

応答スペクトルに基づく地震動評価への地震動の顕著な増幅の反映方法

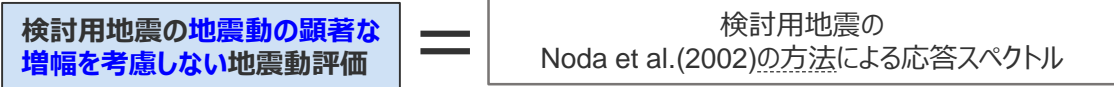
(各地震タイプの応答スペクトルに基づく地震動評価の概要)

応答スペクトルに基づく地震動の顕著な増幅を考慮しない地震動評価

【内陸地殻内地震※1,4・プレート間地震※2,4】



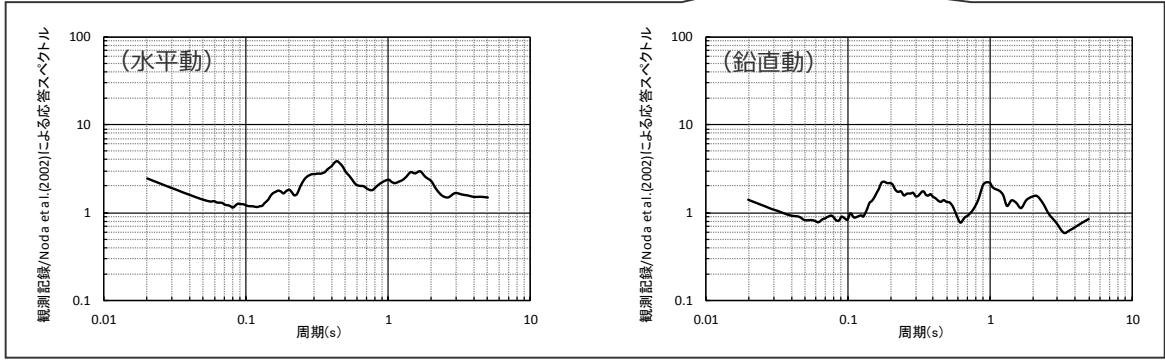
【海洋プレート内地震※3】



地震動の顕著な増幅が見られなかった観測点の観測記録に基づく補正係数を考慮

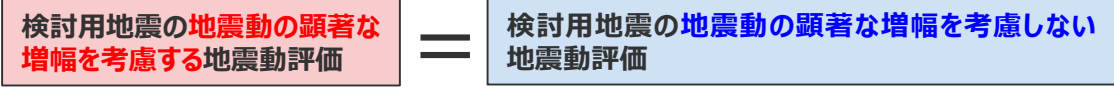
観測記録に基づく補正係数：地震動の顕著な増幅が見られなかった観測点の観測記録のNoda et al.(2002)の方法による応答スペクトルとの比

2009年駿河湾の地震（本震M6.5）の地震動の顕著な増幅が見られなかった観測点（3G1,4G1）の観測記録（応答スペクトル）
Noda et al.(2002)の方法による応答スペクトル（M6.5）



応答スペクトルに基づく地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価（本反映方法）

【内陸地殻内地震・プレート間地震・海洋プレート内地震】



増幅係数（応答スペクトル比）：地震動の顕著な増幅が見られた観測点と見られなかった観測点の地盤増幅特性の比

検討用地震の断層モデルを用いた手法による地震動評価結果に基づく増幅係数（応答スペクトル比）

※1 Noda et al.(2002)の方法の適用範囲外の場合は、適用範囲内のNGA等の距離減衰式による。
 ※2 強震動生成域の応力降下量の不確かさの影響を反映する地震動評価は、中央防災会議モデル（既往地震）のM₀-A関係に対する基本震源モデルのM₀-A関係の比率を乗じる。
 ※3 短周期レベルの不確かさを考慮した震源モデルの地震動評価は、片岡・他(2006)による。
 ※4 内陸地殻内地震及びプレート間地震については、敷地において観測記録に基づくNoda et al.(2002)の補正係数の算出に用いることのできる観測記録は得られていない。

応答スペクトルに基づく地震動評価への地震動の顕著な増幅の反映方法

(検証 (2009年駿河湾の地震 (本震) の観測記録との比較 (概要)))

【応答スペクトルに基づく地震動評価への地震動の顕著な増幅の反映方法の検証 (2009年駿河湾の地震 (本震) の観測記録の再現検討)】

- 断層モデルを用いた手法の検証と同様、2009年駿河湾の地震 (本震) を対象に、断層モデルを用いた手法による地震動評価結果を用いて応答スペクトルに与える影響として増幅係数 (応答スペクトル比) を求めて反映する方法により、応答スペクトルに基づく地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価を行い、地震動の顕著な増幅が見られた観測点 (5G1、5RB) の観測記録との比較を行った。
- 増幅係数 (応答スペクトル比) は、統計的グリーン関数法による2009年駿河湾の地震 (本震) の観測記録の再現検討における、一次元地下構造モデルを用いた「地震動の顕著な増幅を考慮しない地震動評価結果」と、強震動生成域 (アスペリティ) の各小断層のグリーン関数に増幅係数を乗じる方法による「地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価結果」を用いて算出した。
- 増幅係数 (応答スペクトル比) を乗じる応答スペクトルに基づく地震動の顕著な増幅を考慮しない地震動評価結果は、2009年駿河湾の地震 (本震) の地震動の顕著な増幅が見られなかった観測点 (3G1、4G1) の観測記録に基づく補正係数を用いてNoda et al.(2002)の方法により求めた (結果として、当該評価結果は2009年駿河湾の地震 (本震M6.5) の地震動の顕著な増幅が見られなかった観測点 (3G1、4G1) の観測記録 (応答スペクトル) となる) 。

本反映方法

2009年駿河湾の地震 (本震) の地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価

=

2009年駿河湾の地震 (本震) の地震動の顕著な増幅を考慮しない地震動評価

×

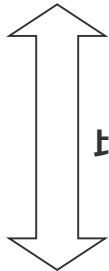
増幅係数 (応答スペクトル比) : 地震動の顕著な増幅が見られた観測点と見られなかった観測点の地盤増幅特性の比

2009年駿河湾の地震 (本震) の断層モデルを用いた手法による地震動評価結果に基づく増幅係数 (応答スペクトル比)

Noda et al.(2002)の方法による応答スペクトルに地震動の顕著な増幅が見られなかった観測点の観測記録に基づく補正係数を考慮

||

2009年駿河湾の地震 (本震M6.5) の地震動の顕著な増幅が見られなかった観測点 (3G1,4G1) の観測記録 (応答スペクトル)



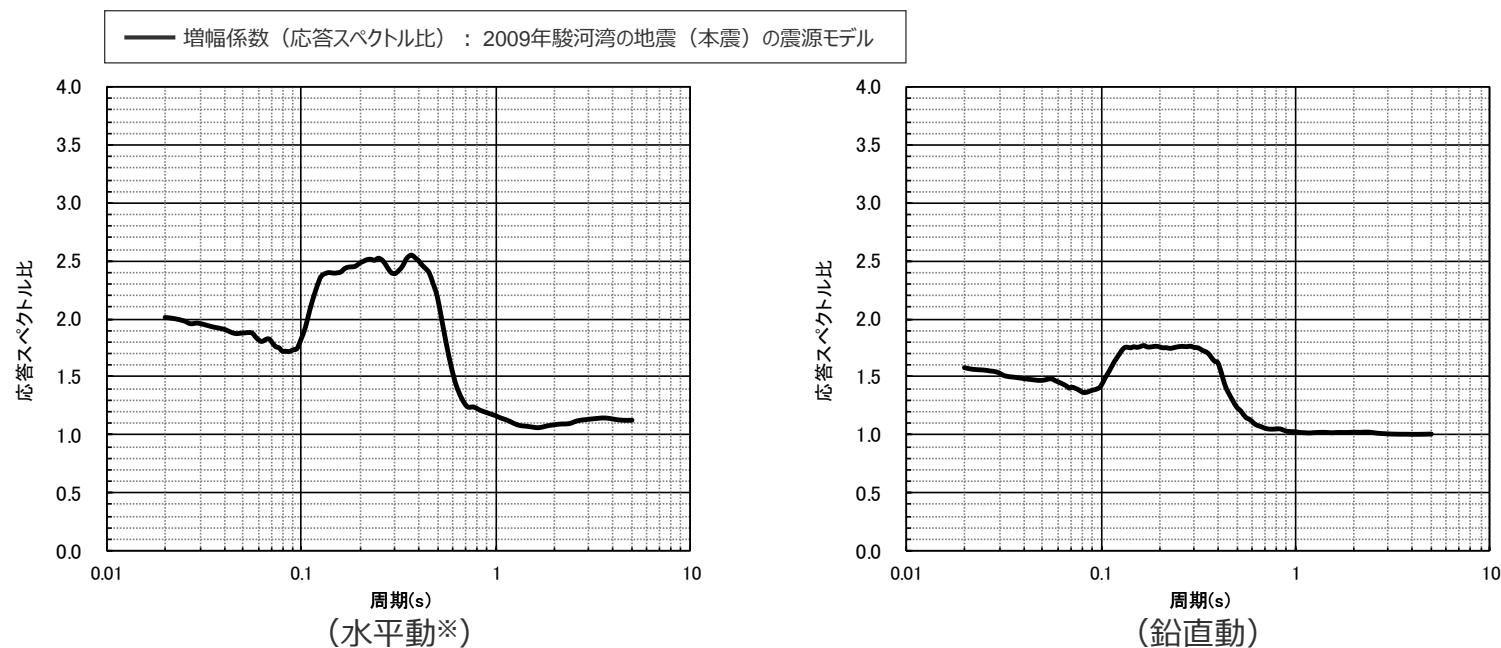
比較

2009年駿河湾の地震 (本震) の地震動の顕著な増幅が見られた観測点 (5G1,5RB) の観測記録

<補足説明資料④-35 地震動の顕著な増幅の地震動評価への反映方法>

応答スペクトルに基づく地震動評価への地震動の顕著な増幅の反映方法

(検証 (2009年駿河湾の地震 (本震) の観測記録との比較 (概要)))



<増幅係数 (応答スペクトル比) (地震動の顕著な増幅を考慮する場合 / 地震動の顕著な増幅を考慮しない場合) >
(2009年駿河湾の地震 (本震) の震源モデル)

※ 水平動はNS方向とEW方向の平均。

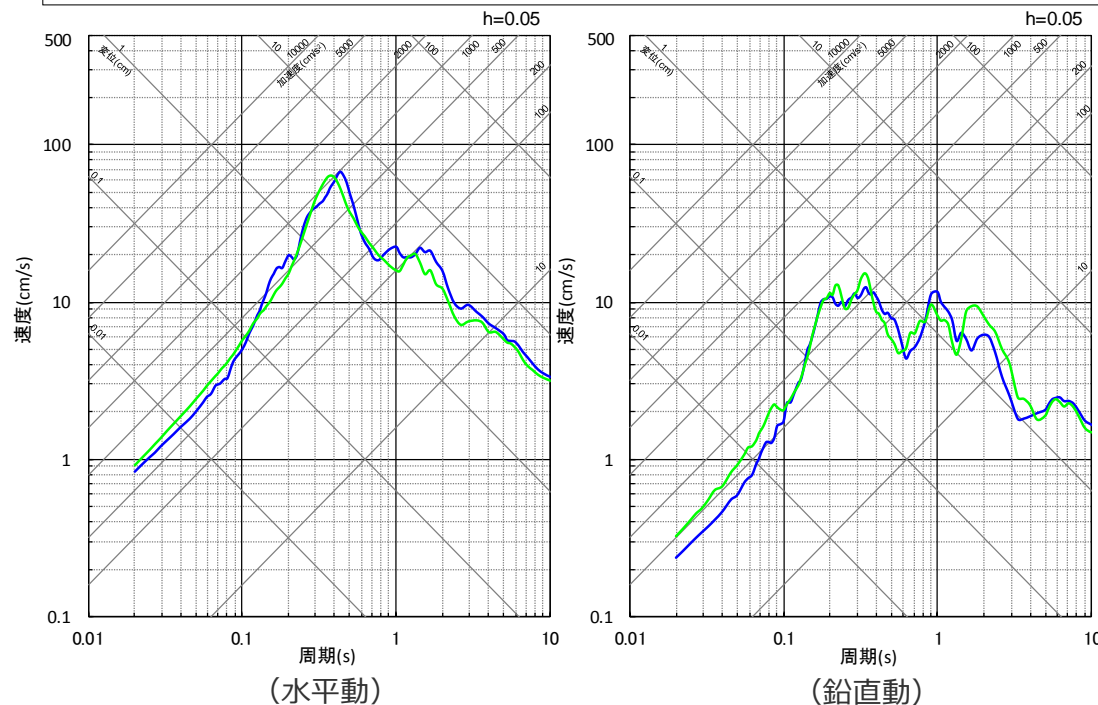
応答スペクトルに基づく地震動評価への地震動の顕著な増幅の反映方法

(検証 (応答スペクトルに基づく地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価結果と観測記録との比較))

【応答スペクトルに基づく地震動評価への地震動の顕著な増幅の反映方法の検証 (2009年駿河湾の地震 (本震) の観測記録の再現検討)】

- 本反映方法を用いた2009年駿河湾の地震 (本震) の応答スペクトルに基づく地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価結果は、地震動の顕著な増幅が見られた観測点 (5G1、5RB) の観測記録 (はざとり波) の応答スペクトルを概ね再現している。
- なお、各検討用地震 (地震動の顕著な増幅を考慮) の地震動評価に当たっては、地震動の顕著な増幅を考慮する強震動生成域 (アスペリティ) の小断層の範囲・増幅の程度を地震観測記録の分析結果に対し保守的に設定して断層モデルを用いた手法による保守的な地震動評価を行い、その保守的な断層モデルを用いた手法による地震動評価結果を反映することにより、応答スペクトルに基づく手法についても保守的な地震動評価を行う。

— 2009年駿河湾の地震 (本震) の応答スペクトルに基づく地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価結果※
— 2009年駿河湾の地震 (本震) の地震動の顕著な増幅が見られた観測点 (5G1、5RB) の観測記録 (はざとり波) の応答スペクトル



※ 2009年駿河湾の地震 (本震) の地震動の顕著な増幅が見られなかった観測点 (3G1、4G1) の観測記録 (はざとり波) の応答スペクトルに、断層モデルを用いた手法による地震動評価結果に基づく増幅係数 (応答スペクトル比) を乗じて算出。

<2009年駿河湾の地震 (本震) の応答スペクトルに基づく地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価結果と地震動の顕著な増幅が見られた観測点 (5G1、5RB) の観測記録 (はざとり波) の応答スペクトルとの比較>

<補足説明資料④-35 地震動の顕著な増幅の地震動評価への反映方法>

応答スペクトルに基づく地震動評価への地震動の顕著な増幅の反映方法

(確認 (本反映方法の地震動評価と観測記録に基づくNoda et al.(2002)の補正係数を用いた地震動評価との比較))

【本反映方法の地震動評価と観測記録に基づくNoda et al.(2002)の補正係数を用いた地震動評価との比較】

- 検討用地震 (地震動の顕著な増幅を考慮) における3つの地震タイプのうち、海洋プレート内地震については、地震動の顕著な増幅が見られた地震として、2009年駿河湾の地震 (本震M6.5) の観測記録が敷地で得られており、Noda et al.(2002)の方法の適用範囲内である。
- 一方、海洋プレート内地震の検討用地震 (敷地下方の想定スラブ内地震 (Mj7.0、Mj7.4)) は保守的に敷地下方に想定しており、敷地から40km程度離れた位置で発生した2009年駿河湾の地震 (本震) とは震源断層面の広がりや震源位置が異なることから、地震波の到来方向や入射角によって地震動の顕著な増幅特性が異なる等の敷地固有の地盤増幅特性を踏まえると、2009年駿河湾の地震 (本震) の観測記録は、海洋プレート内地震の検討用地震 (地震動の顕著な増幅を考慮) に応じた敷地固有の地盤増幅特性が反映された観測記録ではない。
- ただし、海洋プレート内地震の検討用地震 (地震動の顕著な増幅を考慮) における断層モデルを用いた手法による地震動評価では、保守的に敷地近傍を含めて全ての強震動生成域に地震動の顕著な増幅を考慮していることを踏まえて、検討用地震 (地震動の顕著な増幅を考慮) の震源モデルのうち、2009年駿河湾の地震 (本震) と地震規模が異なるMj7.0とMj7.4の震源モデルを代表として、観測記録から算出したNoda et al.(2002)の方法の補正係数を用いた応答スペクトルに基づく地震動評価結果と本反映方法による地震動評価結果との比較確認を行う。

【海洋プレート内地震】

本反映方法

検討用地震の地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価

=

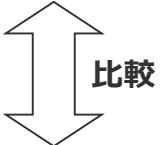
検討用地震の地震動の顕著な増幅を考慮しない地震動評価

×

増幅係数 (応答スペクトル比) : 地震動の顕著な増幅が見られた観測点と見られなかった観測点の地盤増幅特性の比

検討用地震の断層モデルを用いた手法による地震動評価結果に基づく増幅係数 (応答スペクトル比)

Noda et al.(2002)による応答スペクトルに地震動の顕著な増幅が見られなかった観測点の観測記録に基づく補正係数を考慮



観測記録に基づくNoda et al.(2002)の補正係数を用いる方法

検討用地震の地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価

=

検討用地震のNoda et al.(2002)による応答スペクトル

×

観測記録に基づく補正係数 : 地震動の顕著な増幅が見られた観測点の観測記録のNoda et al.(2002)による応答スペクトルとの比

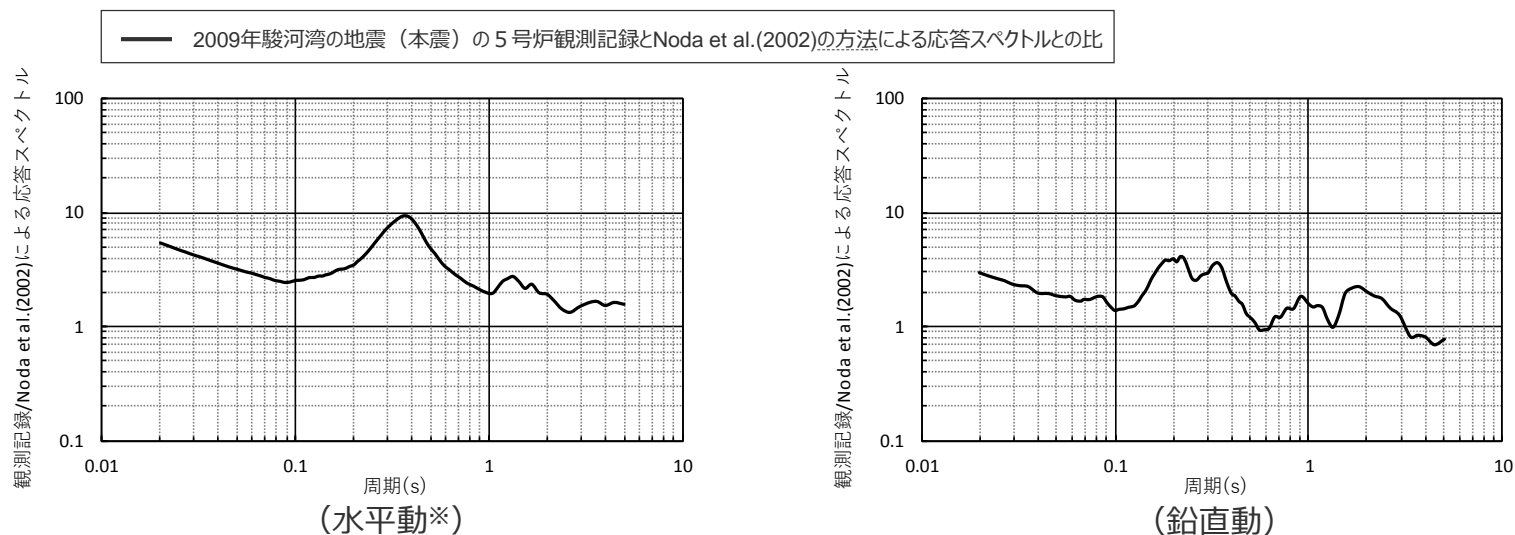
2009年駿河湾の地震 (本震M6.5) の地震動の顕著な増幅が見られた観測点 (5G1,5RB) の観測記録 (応答スペクトル) / Noda et al.(2002)による応答スペクトル (M6.5)

Noda et al.(2002)による応答スペクトルに地震動の顕著な増幅が見られた観測点の観測記録に基づく補正係数を考慮

<補足説明資料④-35 地震動の顕著な増幅の地震動評価への反映方法>

応答スペクトルに基づく地震動評価への地震動の顕著な増幅の反映方法

(確認 (本反映方法の地震動評価と観測記録に基づくNoda et al.(2002)の補正係数を用いた地震動評価との比較))



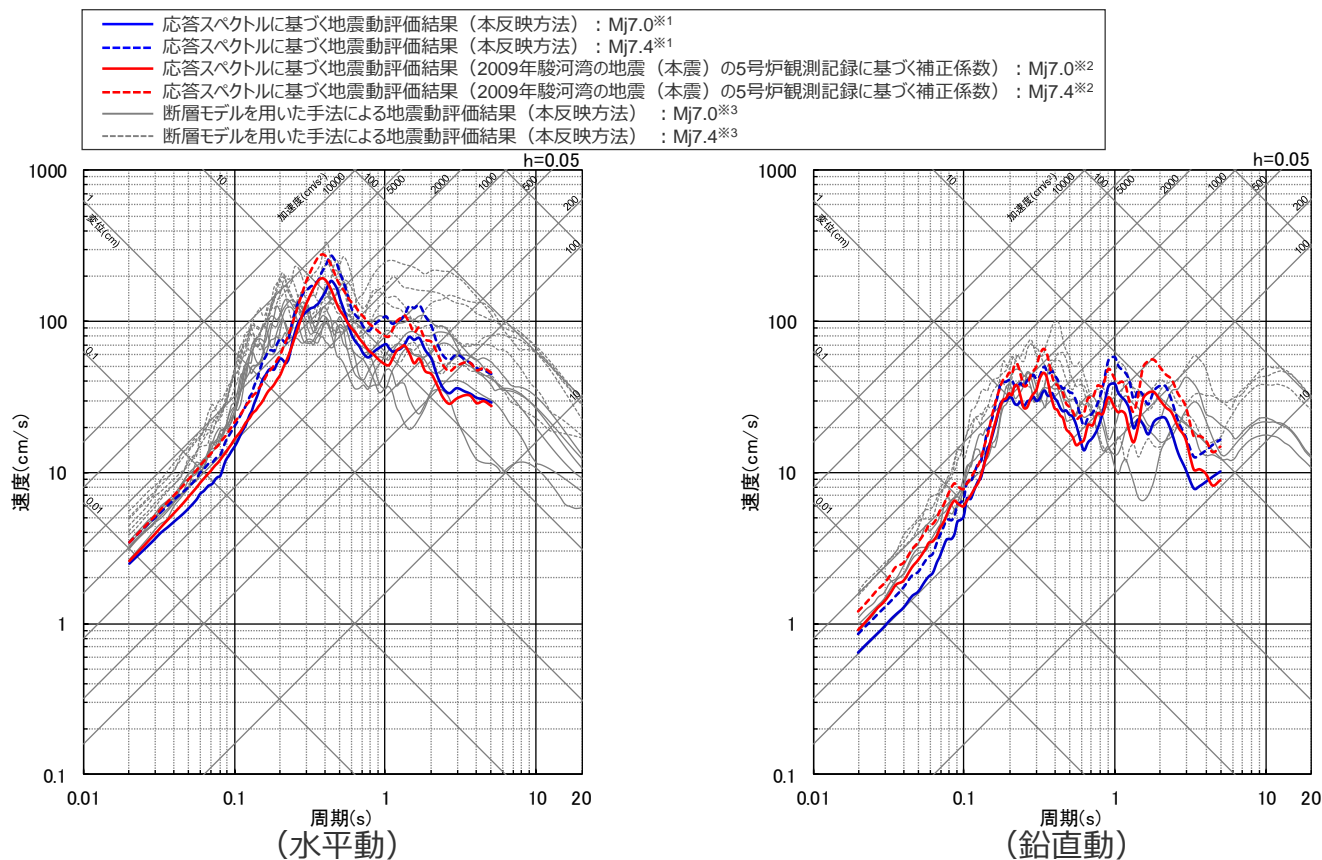
<観測記録に基づくNoda et al.(2002)の補正係数 : 2009年駿河湾の地震 (本震) の5号炉観測記録 / Noda et al.(2002)の方法による応答スペクトル>

※ 水平動はNS方向とEW方向の平均。

応答スペクトルに基づく地震動評価への地震動の顕著な増幅の反映方法

(確認 (本反映方法の地震動評価と観測記録に基づくNoda et al.(2002)の補正係数を用いた地震動評価との比較))

- 海洋プレート内地震の検討用地震 (敷地直下の想定スラブ内地震) のMj7.0とMj7.4の震源モデルにおける地震動評価結果の比較結果は下図のとおり。
- 本反映方法により地震動の顕著な増幅を考慮した応答スペクトルに基づく地震動評価結果は、2009年駿河湾の地震 (本震) の5号炉観測記録に基づき算出した補正係数を用いた地震動評価結果と地震動レベルが概ね同程度である。この比較からも、本反映方法は妥当なものと考えられる。
- また、地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価において重視する断層モデルを用いた手法による地震動評価結果は、2009年駿河湾の地震 (本震) の5号炉観測記録に基づき算出した補正係数を用いた地震動評価結果と地震動レベルが概ね同程度であり、短周期側では大きめの結果となっている。



- ※1 地震動の顕著な増幅を、断層モデルを用いた手法による地震動評価結果を用いて増幅係数 (応答スペクトル比) を求めて反映する方法
- ※2 2009年駿河湾の地震 (本震) の5号炉観測記録に基づき算出した補正係数を用いたNoda et al.(2002)の方法
- ※3 地震動の顕著な増幅を、「増幅方向」に位置する強震動生成域 (アスペリティ) の各小断層からの地震動 (グリーン関数) に増幅係数 (フーリエスペクトル比) を乗じることで反映する統計的グリーン関数法

<応答スペクトルの比較 (海洋プレート内地震の検討用地震 (地震動の顕著な増幅を考慮) の震源モデル) >
(Mj7.0の震源モデル (基本震源モデル) 及びMj7.4の震源モデル (地震規模の不確かさを考慮した震源モデル))

まとめ

【地震観測記録の分析結果で確認された地震動の顕著な増幅の特性（敷地固有の地盤増幅特性）】再掲

- 5号炉周辺観測点で見られた地震動の顕著な増幅は、時刻歴波形ではS波主要動部のみに見られ、フーリエスペクトルでは周期0.2～0.5秒付近の狭帯域のみに、応答スペクトルでは周期0.5秒以下の短周期側のみに見られ、これ以外の周期帯には見られない。
- 5号炉周辺観測点において、地震動の顕著な増幅は、2009年駿河湾の地震の到来方向（N30E～N70E）の地震波のみに見られ、その他の地震波到来方向では見られない。
- 地震動の顕著な増幅が見られた到来方向（N30E～N70E）の地震波でも、増幅の程度は一樣ではなく、地震波の入射角が鉛直に近づく敷地近傍の地震ほど顕著な増幅は見られない傾向がある。このうち、2009年駿河湾の地震（本震）は増幅の程度が最も大きく信頼性が高い記録が得られた地震である。

【地震動の顕著な増幅の地震動評価への反映方法（方針）】再掲

- 地震観測記録の分析結果で確認された地震動の顕著な増幅の特性を的確に反映するため、この敷地固有の地盤増幅特性を詳細に考慮できる**断層モデルを用いた手法を重視し、2009年駿河湾の地震（本震）の観測記録の再現検討により検証した方法**（「増幅方向」に位置する強震動生成域（アスペリティ）の各小断層からの地震動（グリーン関数）に増幅係数を乗じる方法）を用いて、地震動の顕著な増幅を反映する。応答スペクトルに基づく手法は、断層モデルを用いた手法による地震動評価結果を用いて応答スペクトルに与える影響を求めて反映する。

【地震の顕著な増幅の地震動評価への反映方法の検証（2009年駿河湾の地震（本震）の観測記録の再現検討）】

- 断層モデルを用いた手法について、地震動の顕著な増幅の地震動評価への反映方法の検証として、振幅レベルが大きく、信頼性の高い記録が得られている2009年駿河湾の地震（本震）を対象として、強震動生成域（アスペリティ）のみの震源モデルに基づき、強震動生成域（アスペリティ）の各小断層のグリーン関数に増幅係数を乗じる方法を用いて統計的グリーン関数法による地震動評価を行い、その波形合成結果との比較により、敷地における地震動の顕著な増幅が見られた観測点（5G1、5RB）の観測記録が概ね再現されることを確認した。
- また、応答スペクトルに基づく手法についても、断層モデルを用いた手法と同様に、2009年駿河湾の地震（本震）を対象として、断層モデルを用いた手法による地震動評価結果を用いて応答スペクトルに与える影響として増幅係数（応答スペクトル比）を求めて反映する方法により、応答スペクトルに基づく地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価を行い、敷地における地震動の顕著な増幅が見られた観測点（5G1、5RB）の観測記録が概ね再現されることを確認した。

【各検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の地震動評価（方針）】

- 各検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の地震動評価は、断層モデルを用いた手法において、地震動の顕著な増幅を考慮する強震動生成域（アスペリティ）の小断層の範囲・増幅の程度を**地震観測記録の分析結果に対し保守的に設定**することにより、**保守的な地震動評価**を行う。応答スペクトルに基づく手法は、断層モデルを用いた手法による保守的な地震動評価結果を反映することにより、保守的な地震動評価を行う。

補足説明資料④-36

御前崎海脚西部の断層帯による地震の基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）の
アスペリティの妥当性確認

＜補足説明資料④-36 御前崎海脚西部の断層帯による地震の基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）のアスペリティの妥当性確認＞

設定方針及び震源断層パラメータ

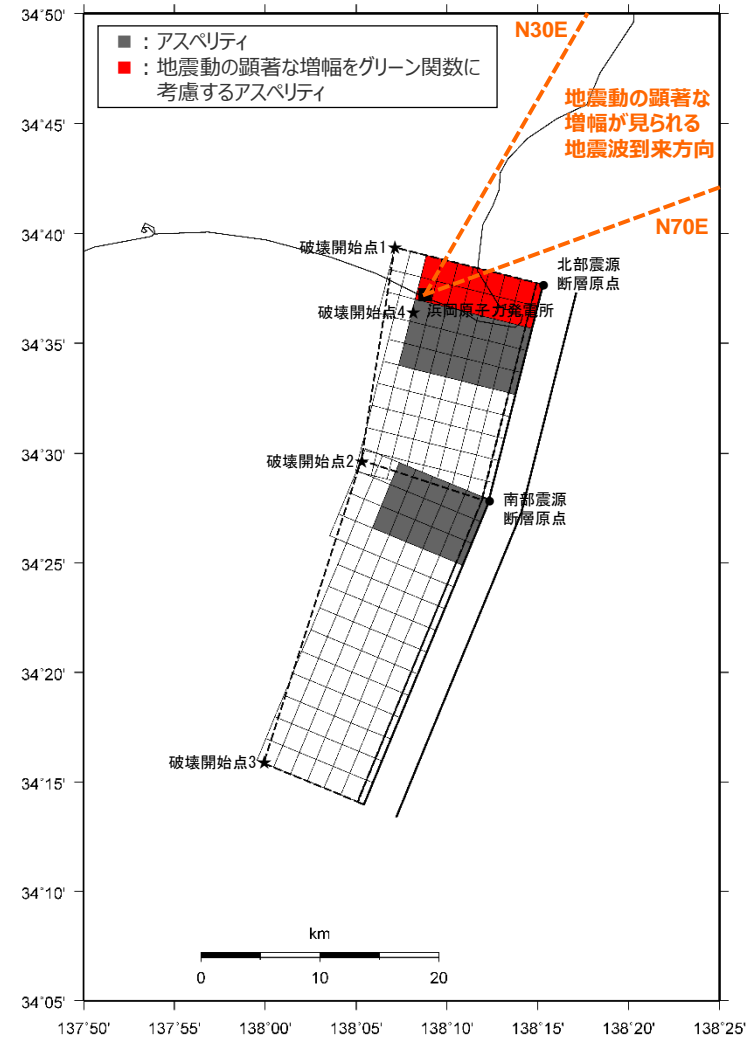
○ 基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）の設定方針及び震源断層パラメータは、基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）と同じとする。

【設定方針】

○ 「御前崎海脚西部の断層帯による地震」の基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）は、地質調査結果及び強震動予測レシビ(2020)に基づき設定する。

【震源断層パラメータ】

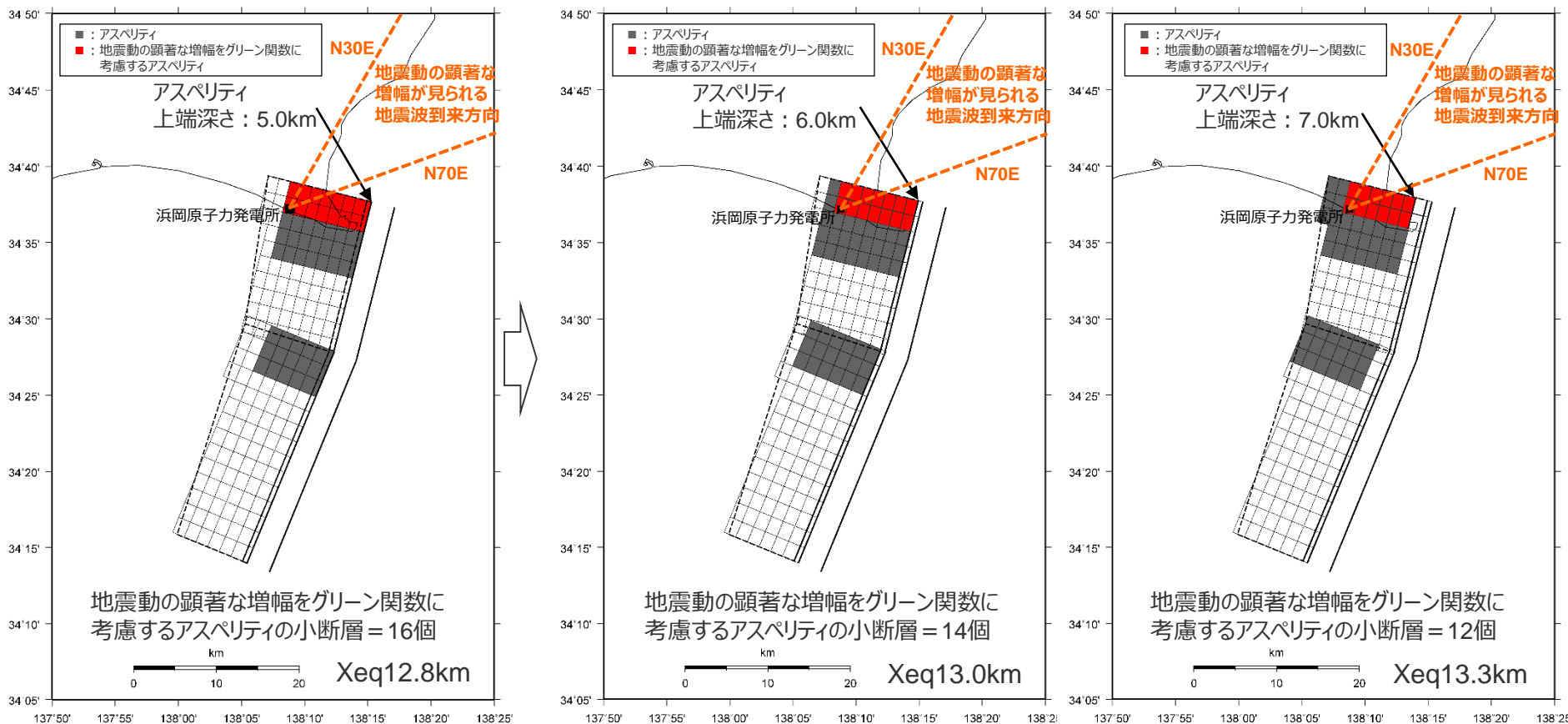
- 震源断層長さ
 - ・地質調査結果、断層傾斜角及び地震発生層上端深さとの関係を踏まえ、震源断層長さを46.5kmとして設定。
- 断層面の位置
 - ・地質調査結果に基づき設定。
- 地震発生層
 - ・上端深さは5km、下端深さはプレート境界面（内閣府(2012)による）として設定。
- 断層タイプ・断層傾斜角
 - ・地質調査結果に基づき、断層タイプは西傾斜の逆断層とし、断層傾斜角は深さ6km以浅を60°、深さ6km以深を35°として設定。
- アスペリティの数
 - ・強震動予測レシビ(2020)に基づき、アスペリティは各セグメントに1つとして設定。
- アスペリティの位置
 - ・アスペリティは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の代表性を確認（次ページ参照）。
- アスペリティの応力降下量
 - ・強震動予測レシビ(2020)に基づき設定。
- 破壊伝播速度
 - ・強震動予測レシビ(2020)に基づき設定。
- 破壊開始点
 - ・強震動予測レシビ(2020)に基づき、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）
（御前崎海脚西部の断層帯による地震）＞
・基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）の震源モデル図及び震源断層パラメータは、補足説明資料③p.3~参照。

<補足説明資料④-36 御前崎海脚西部の断層帯による地震の基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）のアスペリティの妥当性確認>
等価震源距離及び地震動の顕著な増幅を考慮するアスペリティの小断層の範囲の比較

○「御前崎海脚西部の断層帯による地震」の基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）は、アスペリティ上端深さを地震発生層上端深さである5kmとして設定している。これに対し、アスペリティの深さを変更したケース①、②を設定して比較し、基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）は、等価震源距離 X_{eq} が最も短く、地震動の顕著な増幅を考慮する小断層の範囲が最も大きくなることを確認した。



<基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）>

<ケース①>

<ケース②>

・ケース①、ケース②の震源断層パラメータは基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）と同じ。

○以上より、「御前崎海脚西部の断層帯による地震」の基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）の代表性を確認した。

補足説明資料④-37

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) に関する検討

検討概要

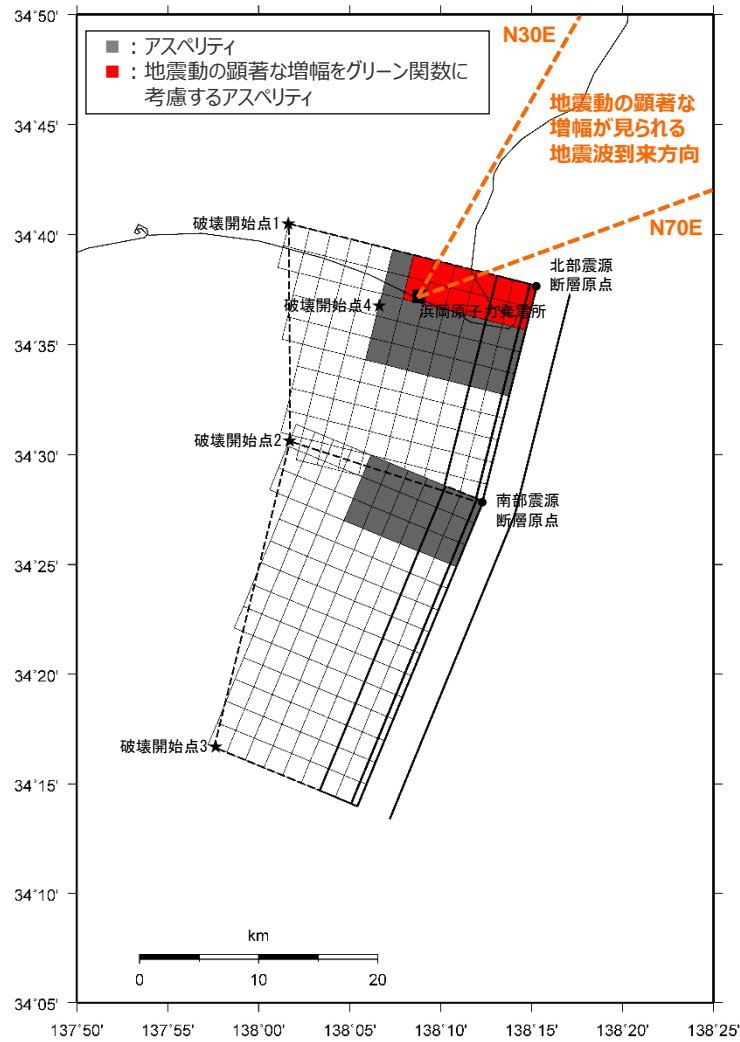
- 第802回及び第841回審査会合コメント（御前崎海脚西部の断層帯の断層傾斜角の不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない・地震動の顕著な増幅を考慮）について、アスペリティ面積比が32%程度と少し大きいことから、念のため、強震動予測レシピにあるアスペリティ面積比22%及び平均応力降下量3.1MPaで設定した震源モデルについて確認すること。）を踏まえ、当該方法で震源モデルを設定し、採用している震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）との震源断層パラメータ及び統計的グリーン関数法による地震動評価結果の比較を行った。

<震源断層を特定した地震の強震動予測手法（「レシピ」）（地震調査委員会(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。

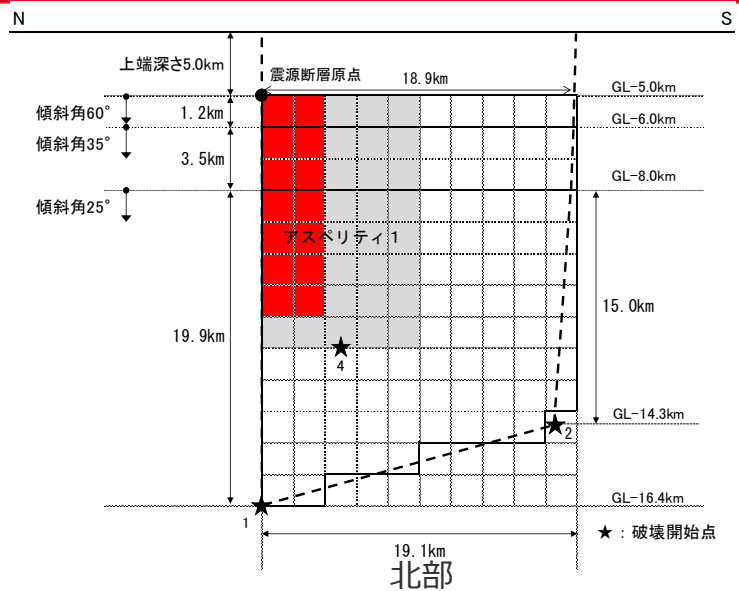
- (i) 断層幅と平均すべり量とが飽和する目安となる $M_0 = 1.8 \times 10^{20}$ (N・m)を上回る断層。
- (ii) $M_0 = 1.8 \times 10^{20}$ (N・m)を上回らない場合でも、アスペリティ面積比が大きくなったり背景領域の応力降下量が負になるなど、非現実的なパラメータ設定になり、円形クラックの式を用いてアスペリティの大きさを決めることが困難な断層等。

内陸地殻内地震単独での比較 (震源モデル)

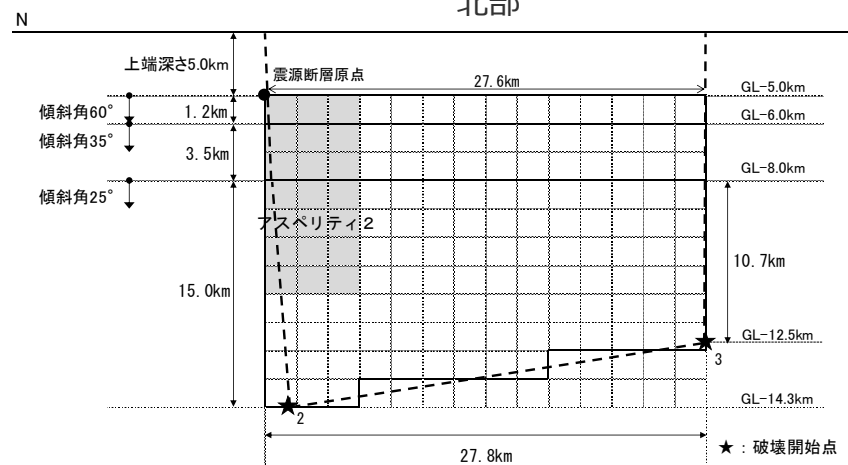


(地表面投影図)

<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）（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) >



北部



南部

(展開図)

内陸地殻内地震単独での比較 (震源断層パラメータ)

<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）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)	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	-	34.62800°
		東経(世界測地系)	同上	-	138.25486°
	南部	北緯(世界測地系)	同上	-	34.46467°
		東経(世界測地系)	同上	-	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	
南部(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	10.7~15.0		
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		$\mu=\rho\beta^2$ ($\beta:3.54\text{km/s}$, $\rho:2.76\text{g/cm}^3$ (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		$D=M_0/(\mu S)$	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		$A=4\pi r_a \Delta\sigma \beta^2$ (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	

※アスペリティ面積比及び平均応力降下量を固定しているため、壇・他(2001)による関係式 ($A=4\pi r_a \Delta\sigma \beta^2$) によりアスペリティの面積 ($=\pi r_a^2$) 及びアスペリティの応力降下量 ($\Delta\sigma_a$) から算出。

内陸地殻内地震単独での比較 (震源断層パラメータの設定フロー)

「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）（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・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

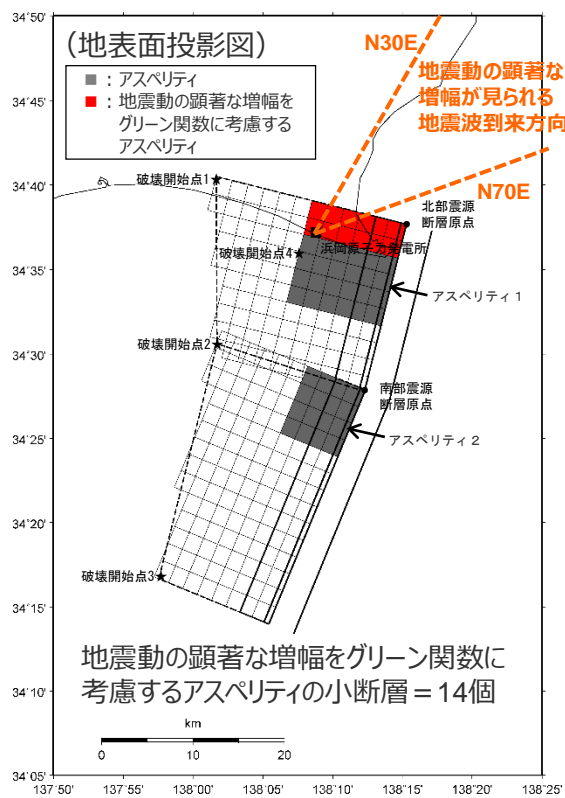
短周期レベル : $A = 4\pi r_a \Delta\sigma_a \beta^2$ 、 $r_a = (S_a / \pi)^{0.5}$ 、 β はS波速度

背景領域のパラメータの設定

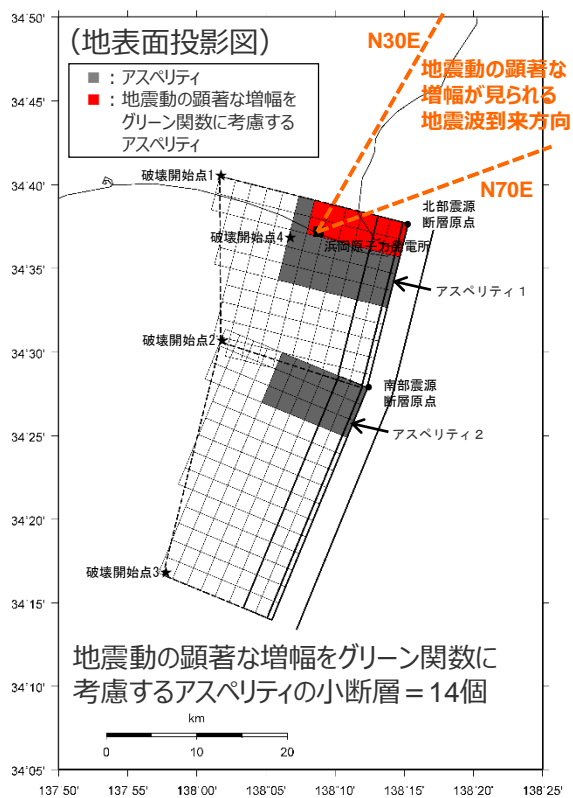
面積 : $S_b = S - S_a$
地震モーメント : $M_{0b} = M_0 - M_{0a}$
平均すべり量 : $D_b = M_{0b} / (\mu S_b)$
実効応力 : $\sigma_b = 0.2\Delta\sigma_a$

内陸地殻内地震単独での比較 (アスペリティの形状)

○断層傾斜角の不確かさを考慮した震源モデル（アスペリティ面積比22%、平均応力降下量3.1MPaで設定）（地震動の顕著な増幅を考慮しない）のアスペリティ形状に関する検討と同様に、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を対象として、断層傾斜角の不確かさを考慮した震源モデル（アスペリティ面積比22%、平均応力降下量3.1MPaで設定）（地震動の顕著な増幅を考慮）のアスペリティ形状について検討し、震源断層全体の断層最短距離 X_{sh} と等価震源距離 X_{eq} は同じであること、地震動の顕著な増幅をグリーン関数に考慮するアスペリティのメッシュ数は同じであること、ケースBの敷地直下のアスペリティ1の等価震源距離 X_{eq} 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)

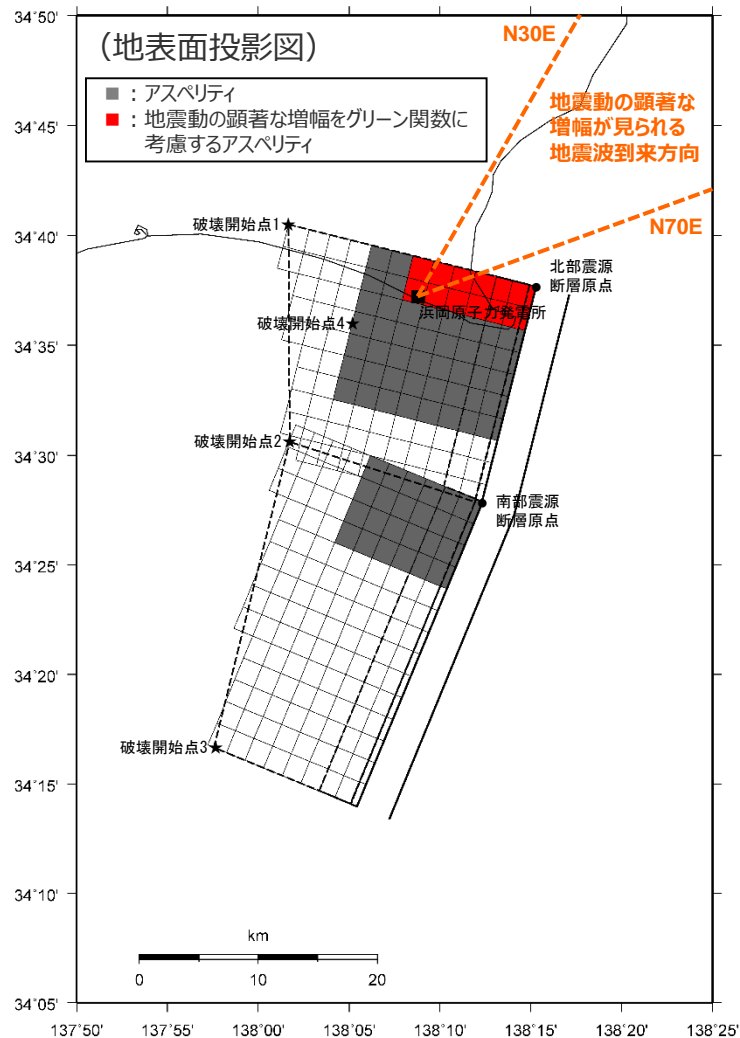
<断層最短距離 X_{sh} 及び等価震源距離 X_{eq} >

	ケースA	ケースB
全体の X_{sh}	9.8	9.8
全体の X_{eq}	13.1	13.1
アスペリティ1の X_{sh}	9.8	9.8
アスペリティ1の X_{eq}	10.9	10.8
アスペリティ2の X_{sh}	17.5	17.5
アスペリティ2の X_{eq}	21.0	20.2

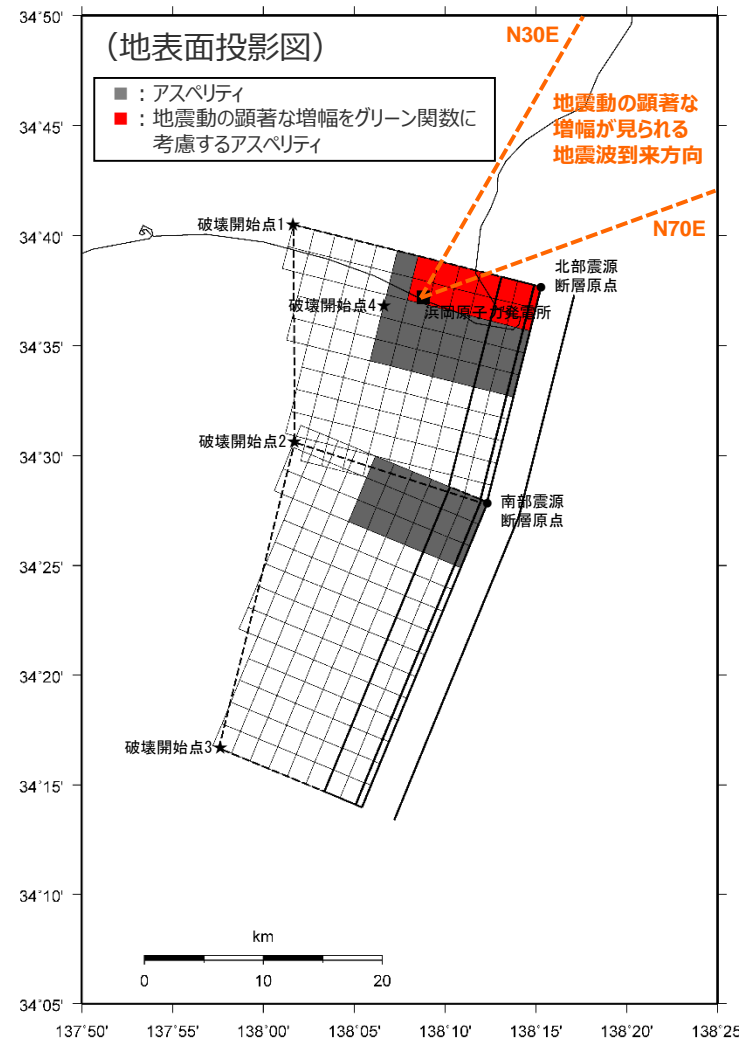
単位：km

<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）（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）>

内陸地殻内地震単独での比較 (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）)



(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）)

<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）（御前崎海脚西部の断層帯による地震）の比較>

内陸地殻内地震単独での比較 (震源断層パラメータの比較)

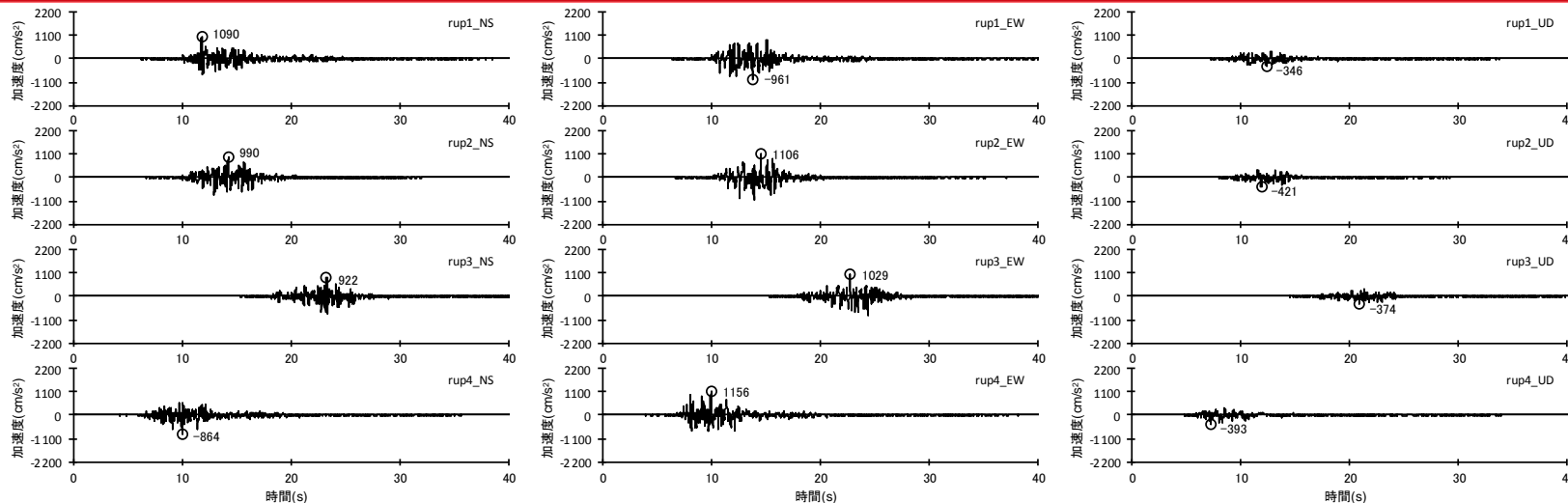
<採用している震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）とアスペリティ面積比22%、平均応力降下量3.1MPaで設定した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）の震源断層パラメータの比較>

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)	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)
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	1.74×10 ¹⁹ ※2
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

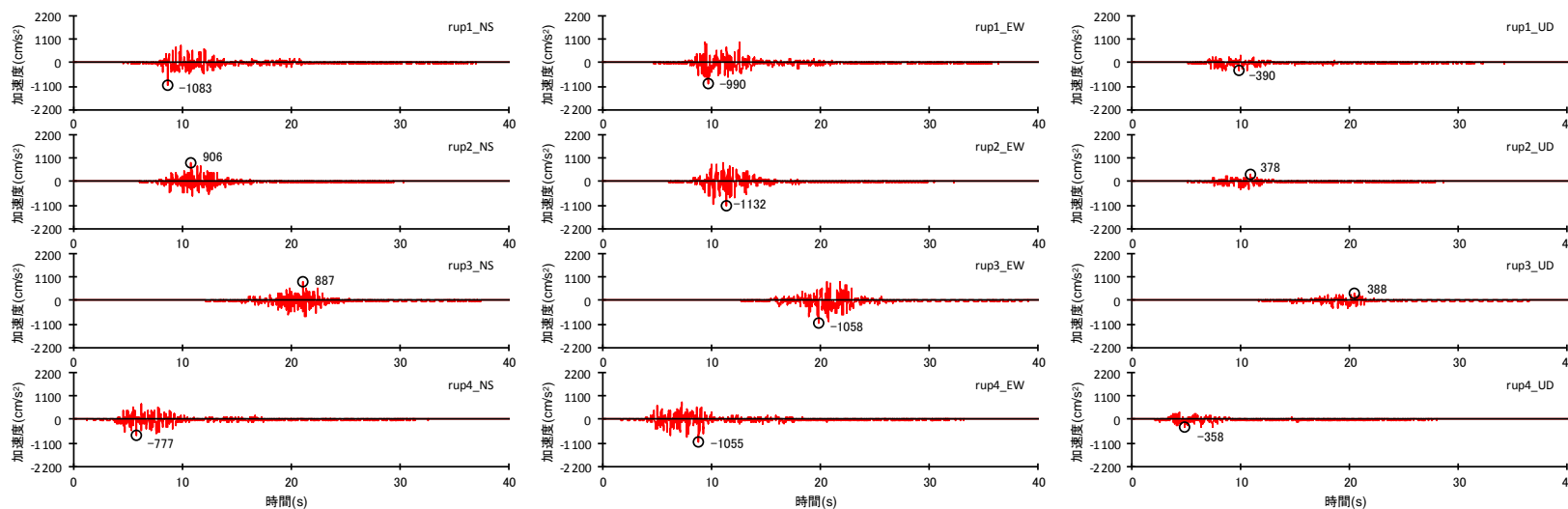
※1 壇・他(2001)による関係式 ($A=2.46 \times 10^{10} \times (M_0 \times 10^7)^{1/3}$) に基づき設定。なお、この短周期レベル (A) の値は、アスペリティの面積 ($=\pi r_a^2$) 及びアスペリティの応力降下量 ($\Delta\sigma_a$) から $A=4\pi r_a \Delta\sigma_a \beta^2$ により算出した値と同じである。凡例はパラメータ表参照。

※2 壇・他(2001)による関係式 ($A=4\pi r_a \Delta\sigma_a \beta^2$) によりアスペリティの面積 ($=\pi r_a^2$) 及びアスペリティの応力降下量 ($\Delta\sigma_a$) から算出。凡例はパラメータ表参照。

内陸地殻内地震単独での比較 (地震動評価結果の比較 (加速度時刻歴波形))



(採用している震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）)

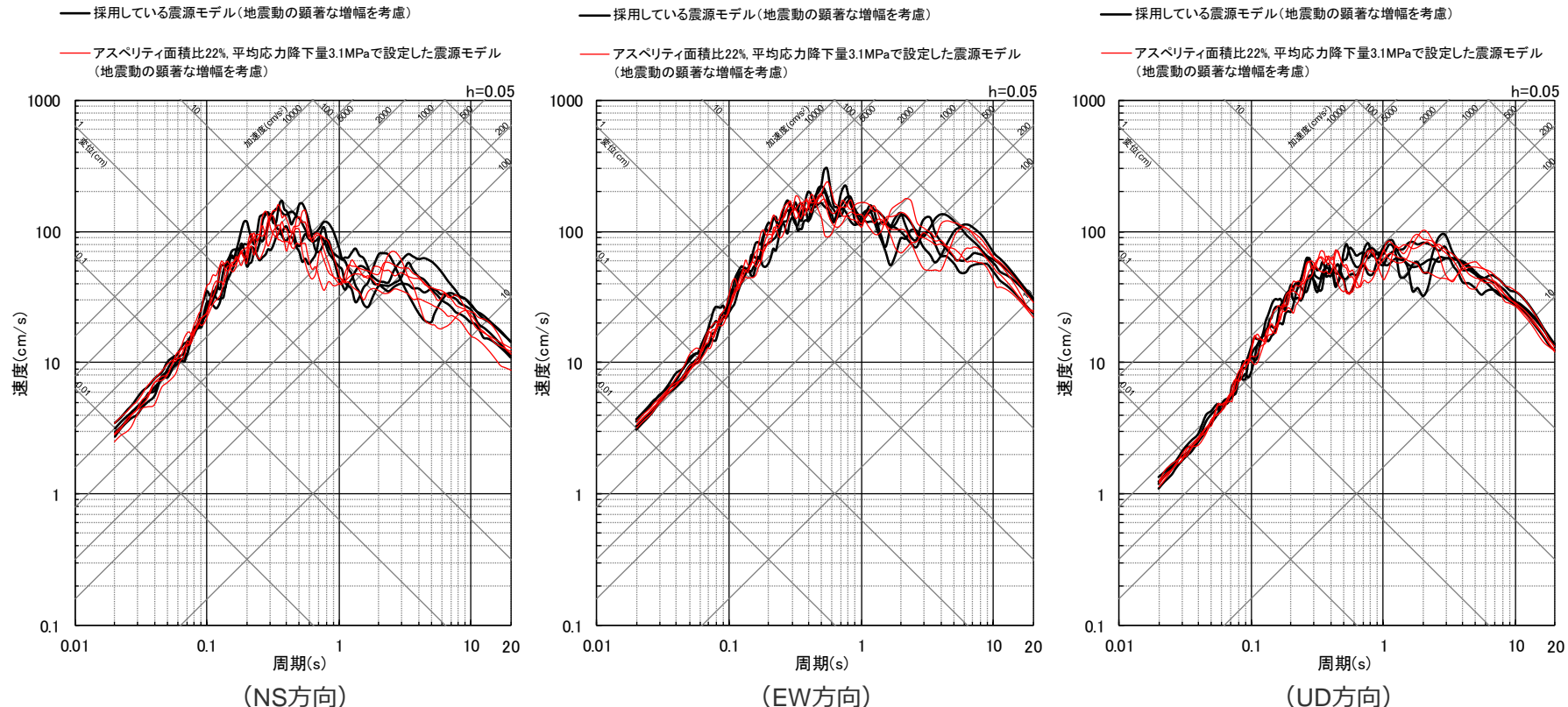


(アスぺリティ面積比22%、平均応力降下量3.1MPaで設定した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）)

<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) >

内陸地殻内地震単独での比較 (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）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）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。



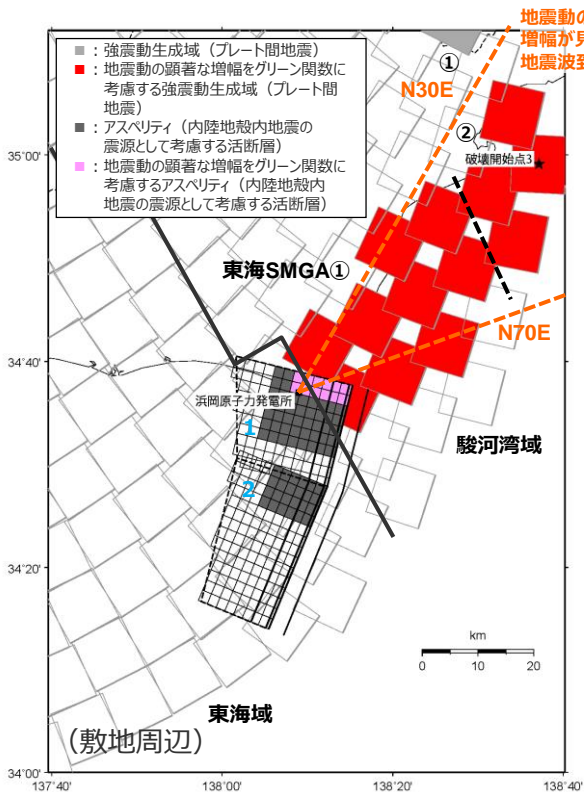
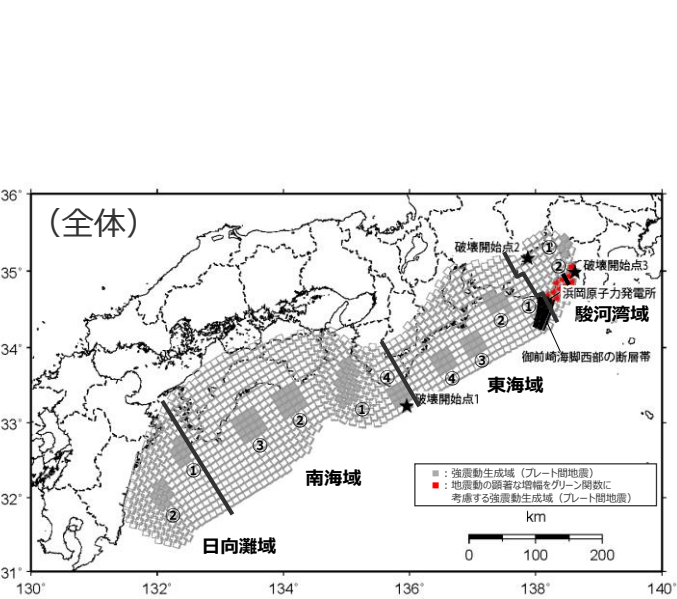
<断層モデルを用いた手法による地震動評価結果の比較 (応答スペクトル) >

(採用している震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮) 、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) ... (破壊開始点1~4) ...)

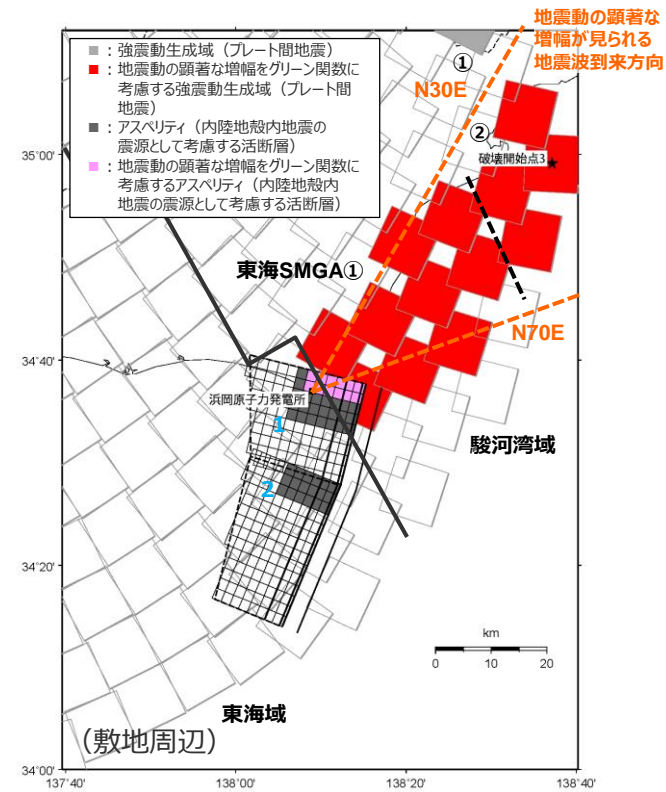
○ 両モデルは、強震動予測レシピ(2020)に記載された異なる2つの方法に基づき設定した震源モデルであり、上記のとおり両者の地震動レベルは同程度である。以上より、採用している震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）の妥当性を確認した。

プレート間地震との連動ケースでの比較 (震源モデルの比較)

○ 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）として、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）を用いる場合のプレート間地震の「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を考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）」を設定し、採用している震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）を用いる場合との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。



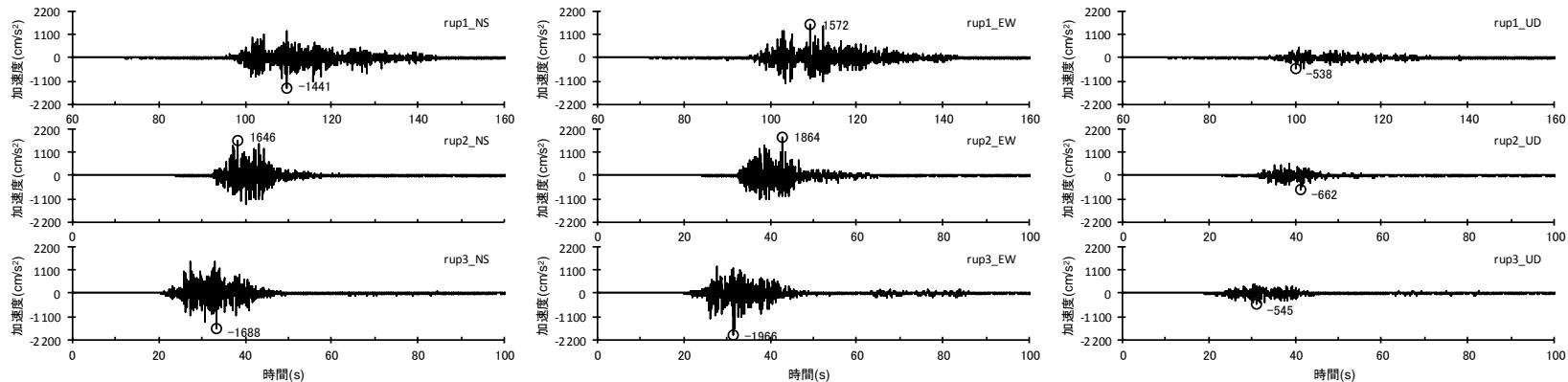
(採用している震源モデルを用いる場合)



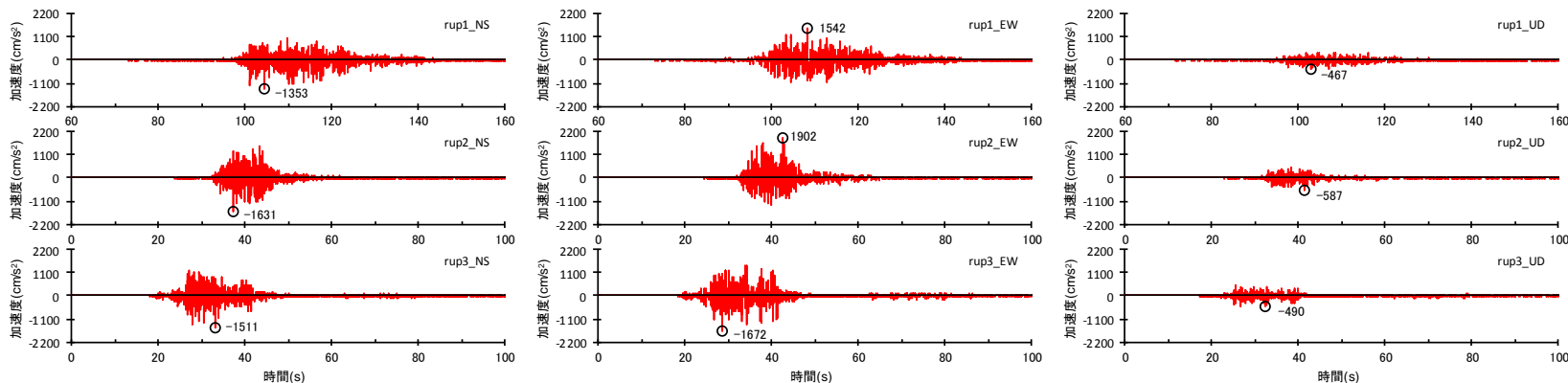
(アスペリティ面積比22%、平均応力降下量3.1MPaで設定した震源モデルを用いる場合)

＜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（御前崎海脚西部の断層帯（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）の比較＞

プレート間地震との連動ケースでの比較 (地震動評価結果の比較 (加速度時刻歴波形))



(採用している震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）を用いた場合)

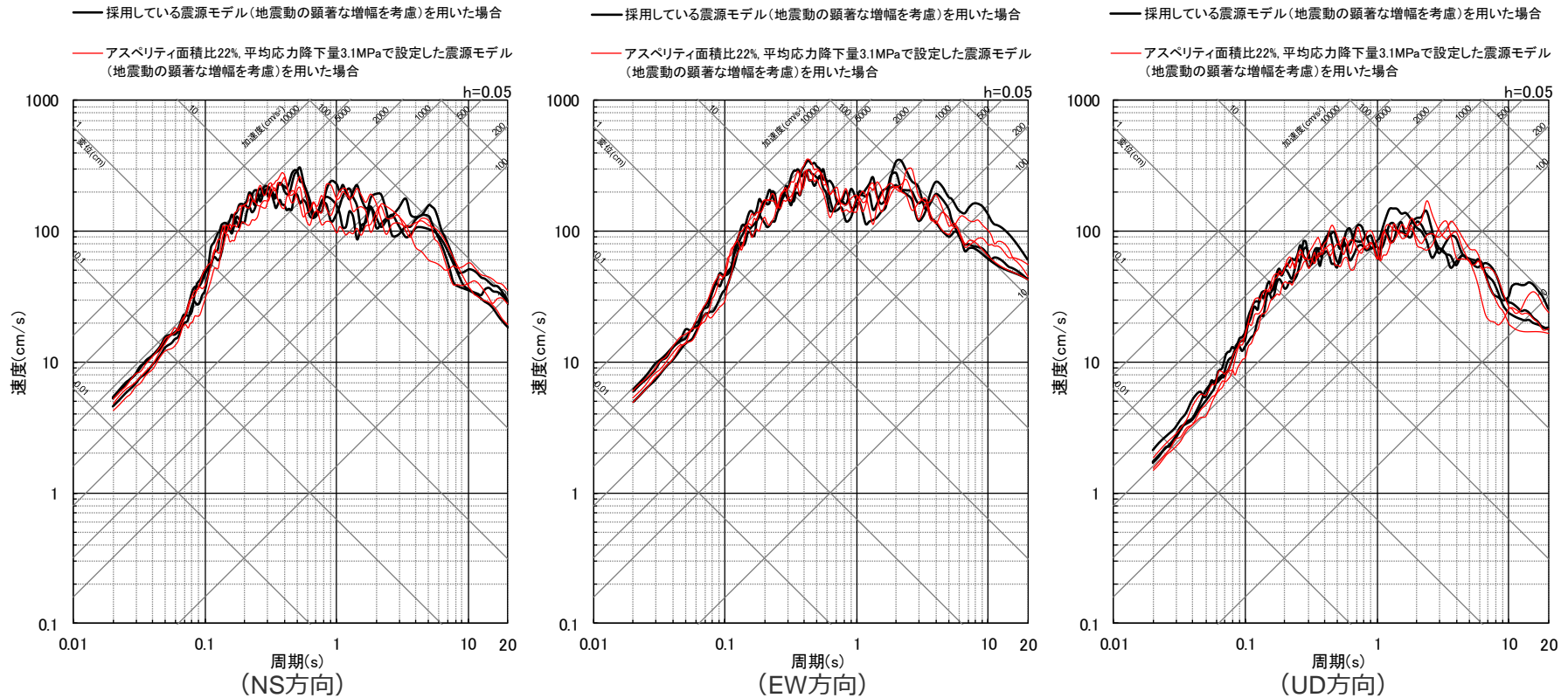


(アスペリティ面積比22%、平均応力降下量3.1MPaで設定した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）を用いた場合)

<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) >

プレート間地震との連動ケースでの比較 (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）を用いた場合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）を用いた場合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）を用いた場合、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）を用いた場合... (破壊開始点1~3)...)

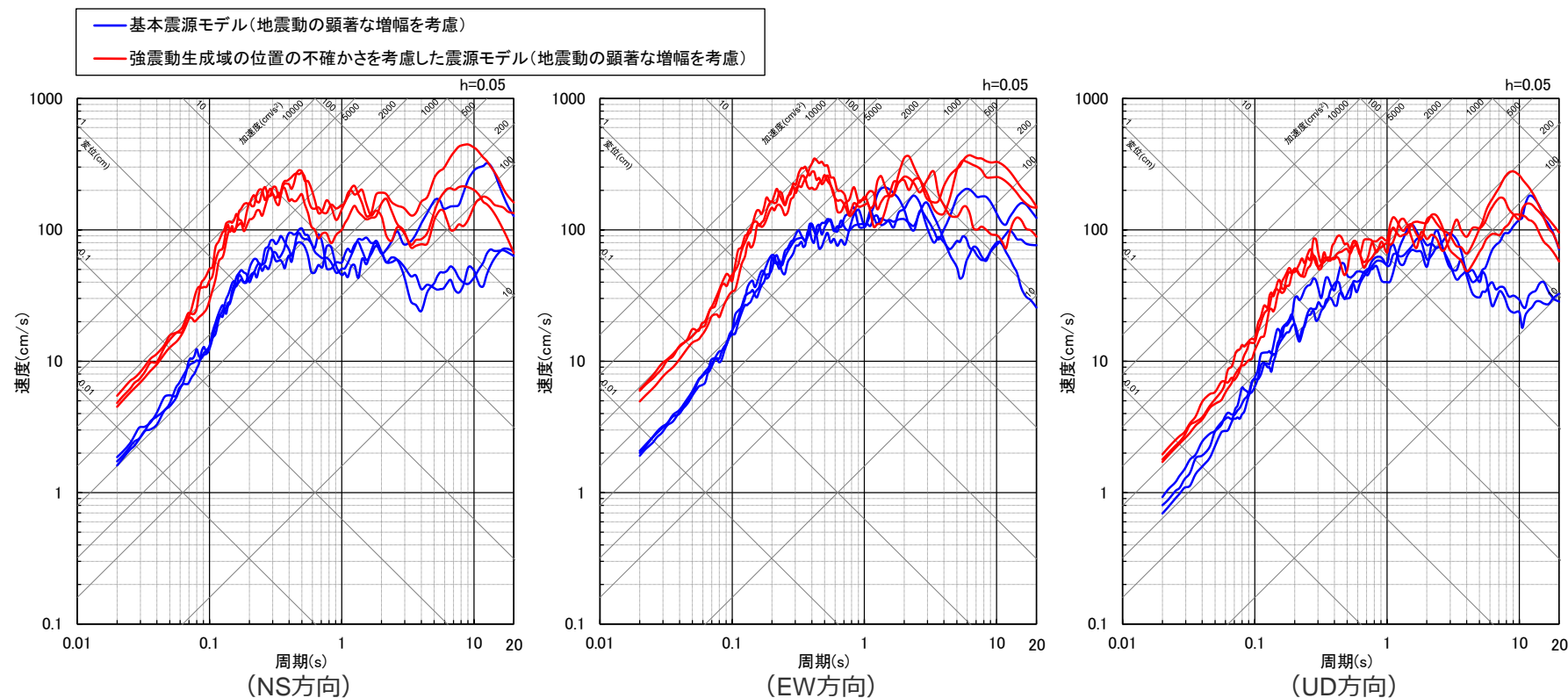
○ プレート間地震との連動ケースにおける両モデルは、内陸地殻内地震単独での検討と同様、強震動予測レシピ(2020)に記載された異なる2つの方法に基づき設定した震源モデルであり、上記のとおり両者の地震動レベルは同程度である。以上より、内陸地殻内地震単独としての地震動評価及びプレート間地震との連動ケースとしての地震動評価の両方から、採用している震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）の妥当性を確認した。

補足説明資料④-38

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）の設定（補足）

地震動レベルの比較

○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（地震動の顕著な増幅を考慮）の地震動レベルは、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）の地震動レベルより大きい。



<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）>

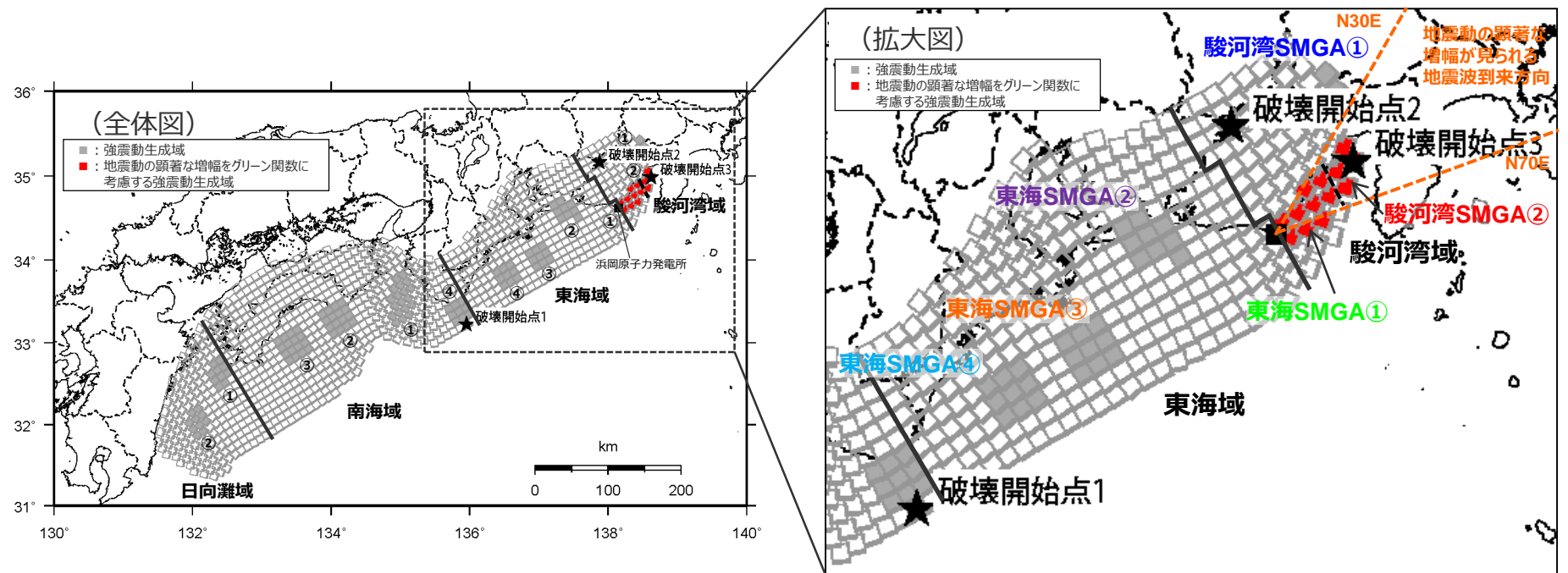
（基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）、強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）（破壊開始点1～3））

・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。

<補足説明資料④-38 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）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

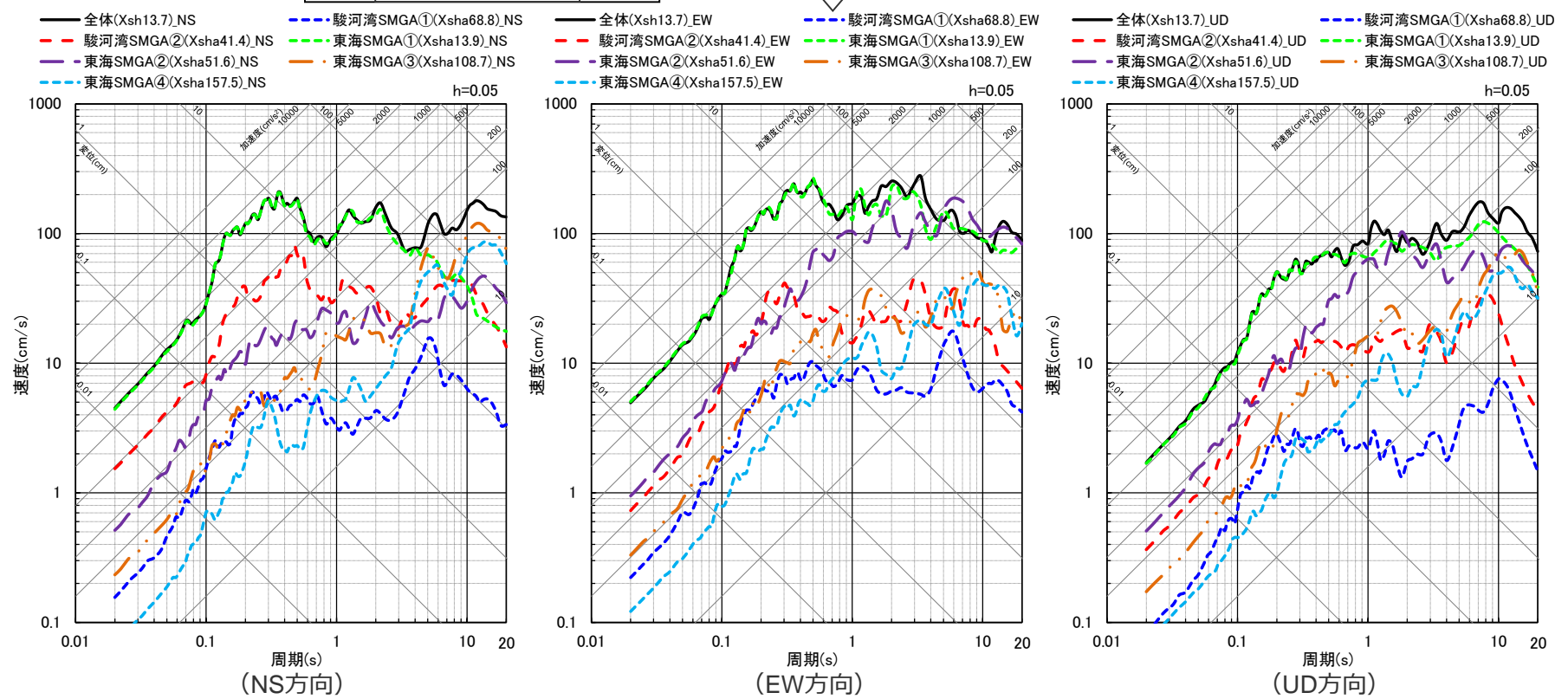
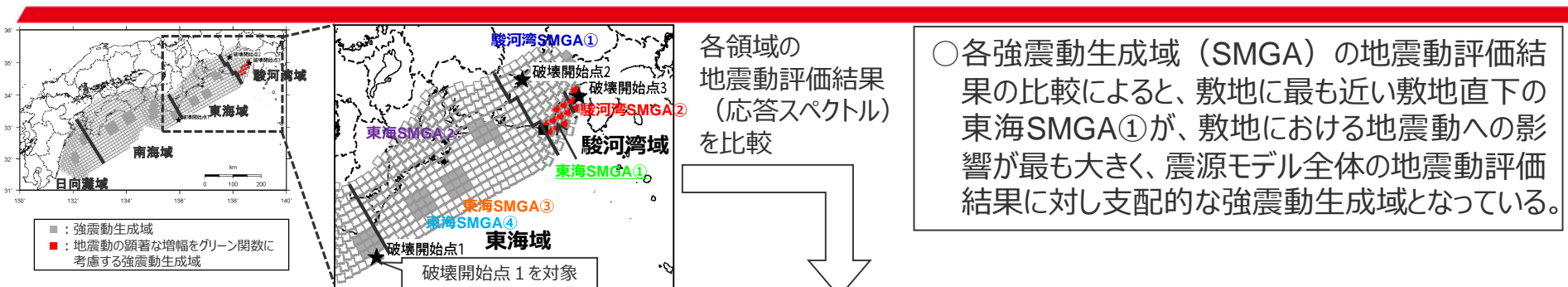
○敷地における地震動への寄与が大きい強震動生成域の分析として、強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）を代表に、敷地に近い駿河湾域及び東海域の各強震動生成域（駿河湾SMGA①、②、東海SMGA①～④）を対象として、各強震動生成域による敷地の地震動をそれぞれ統計的グリーン関数法と波数積分法のハイブリッド合成法により評価し、震源モデル全体の地震動評価結果との比較を行う。



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

・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。
 ・-----: 東海SMGA①と駿河湾SMGA②の境界を表す。

<補足説明資料④-38 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）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



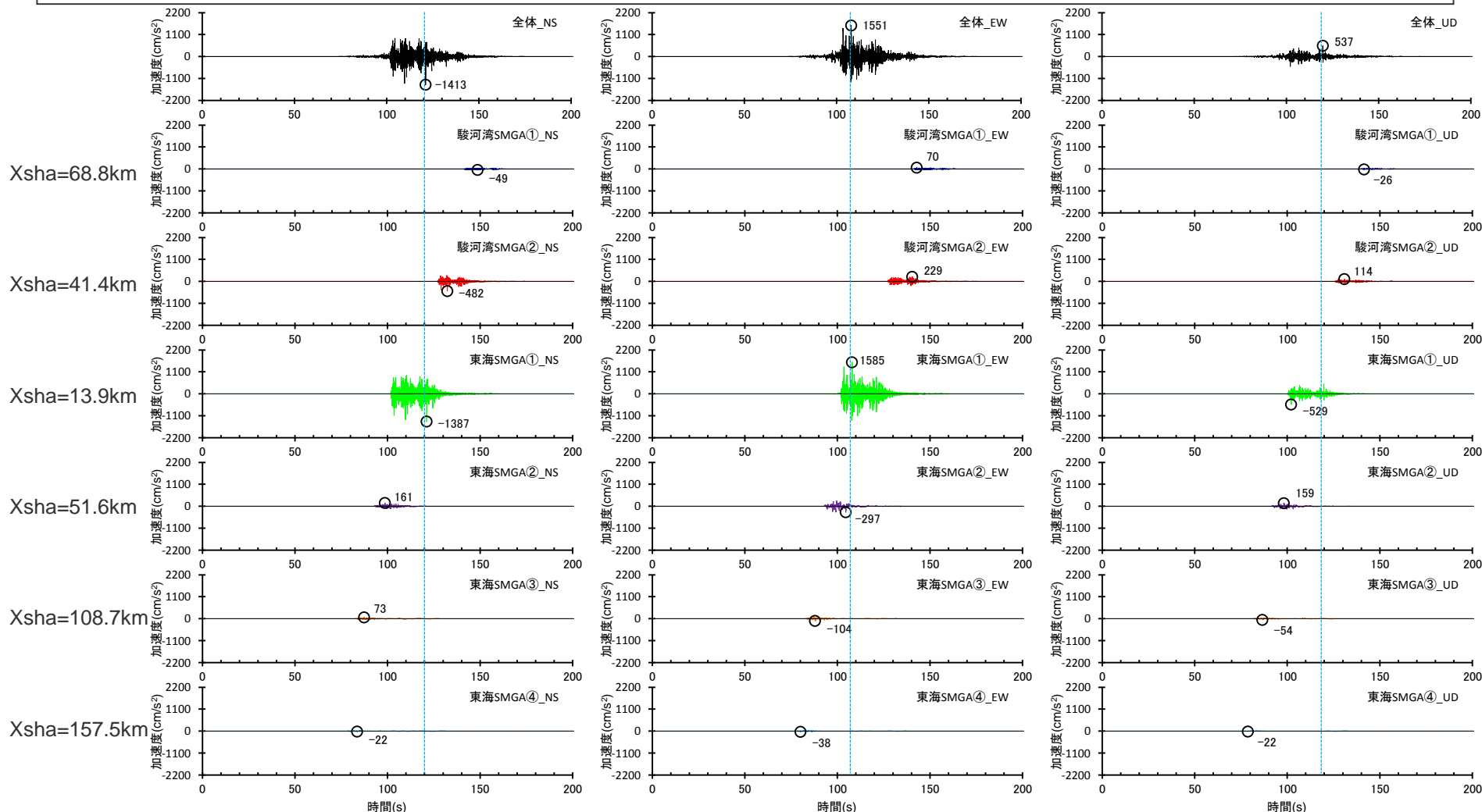
<応答スペクトルの比較（強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）（破壊開始点1））>

・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④-38 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）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。

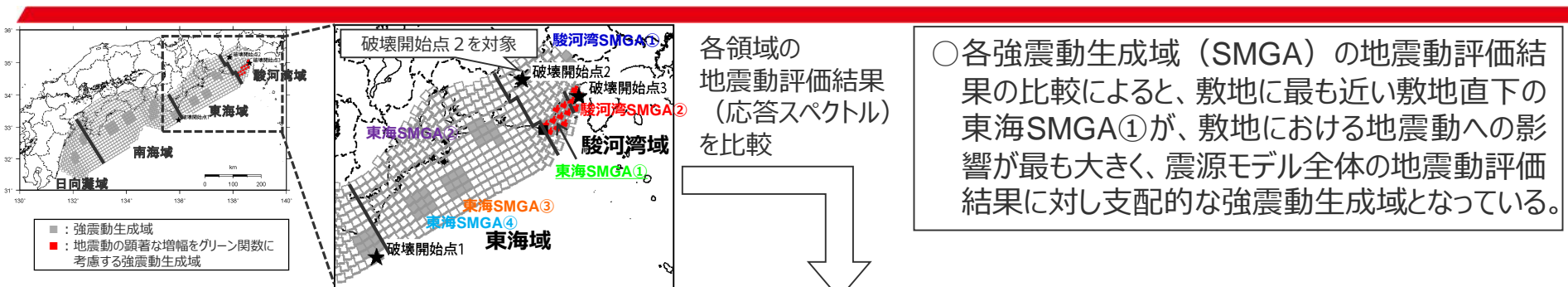


<加速度時刻歴波形の比較（強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）（破壊開始点1））>

・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④-38 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）の設定（補足）>

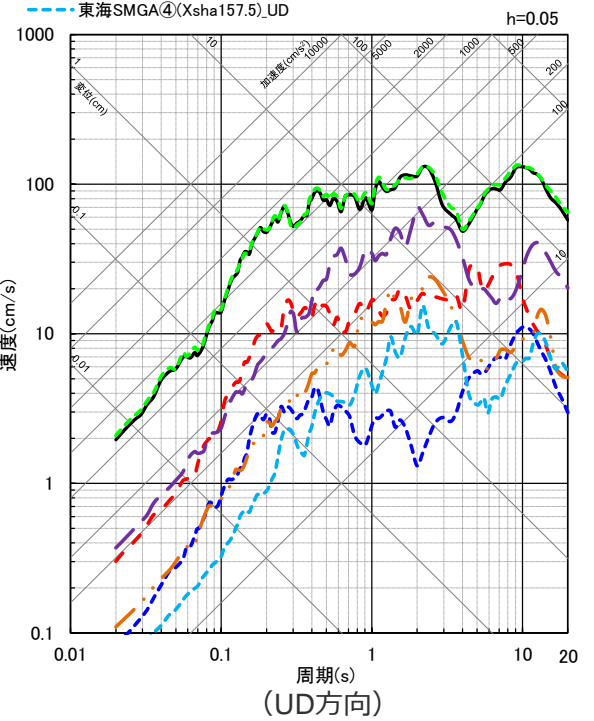
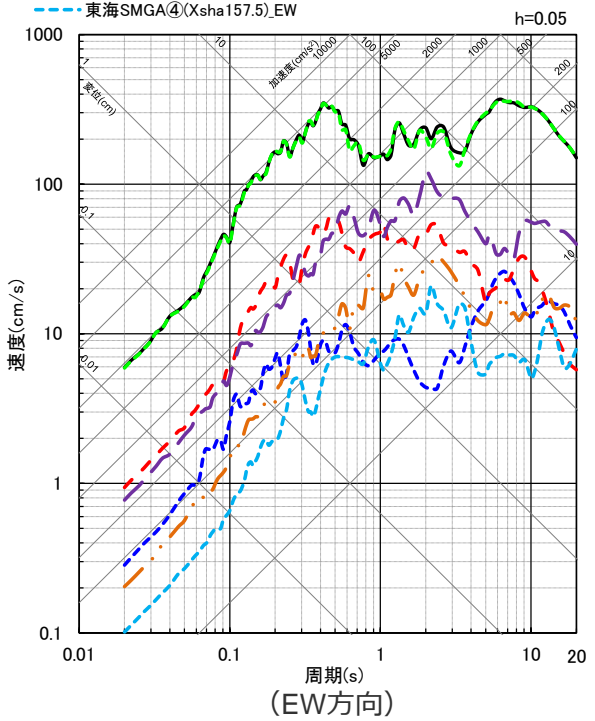
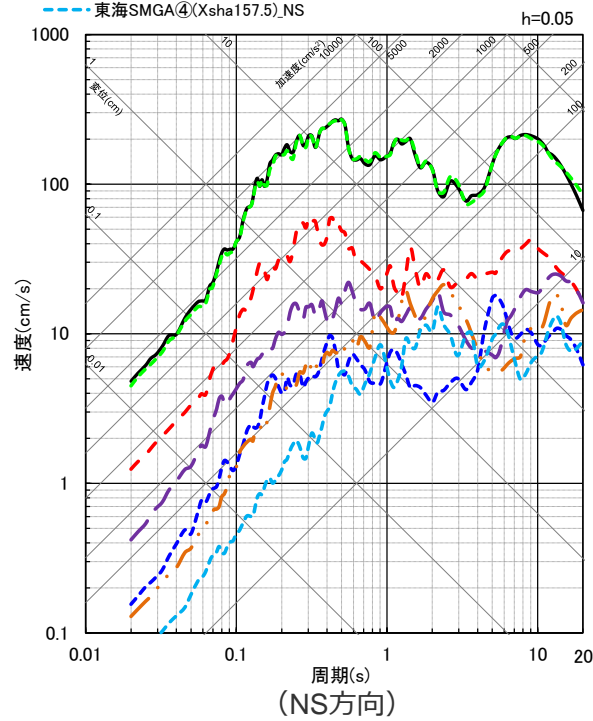
敷地における地震動に支配的な強震動生成域



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。

- | | | | | | |
|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| — 全体(Xsh13.7)_NS | --- 駿河湾SMGA①(Xsha68.8)_NS | — 全体(Xsh13.7)_EW | --- 駿河湾SMGA①(Xsha68.8)_EW | — 全体(Xsh13.7)_UD | --- 駿河湾SMGA①(Xsha68.8)_UD |
| - - 駿河湾SMGA②(Xsha41.4)_NS | - - 東海SMGA①(Xsha13.9)_NS | - - 駿河湾SMGA②(Xsha41.4)_EW | - - 東海SMGA①(Xsha13.9)_EW | - - 駿河湾SMGA②(Xsha41.4)_UD | - - 東海SMGA①(Xsha13.9)_UD |
| - - 東海SMGA②(Xsha51.6)_NS | - - 東海SMGA③(Xsha108.7)_NS | - - 東海SMGA②(Xsha51.6)_EW | - - 東海SMGA③(Xsha108.7)_EW | - - 東海SMGA②(Xsha51.6)_UD | - - 東海SMGA③(Xsha108.7)_UD |
| - - 東海SMGA④(Xsha157.5)_NS | | - - 東海SMGA④(Xsha157.5)_EW | | - - 東海SMGA④(Xsha157.5)_UD | |



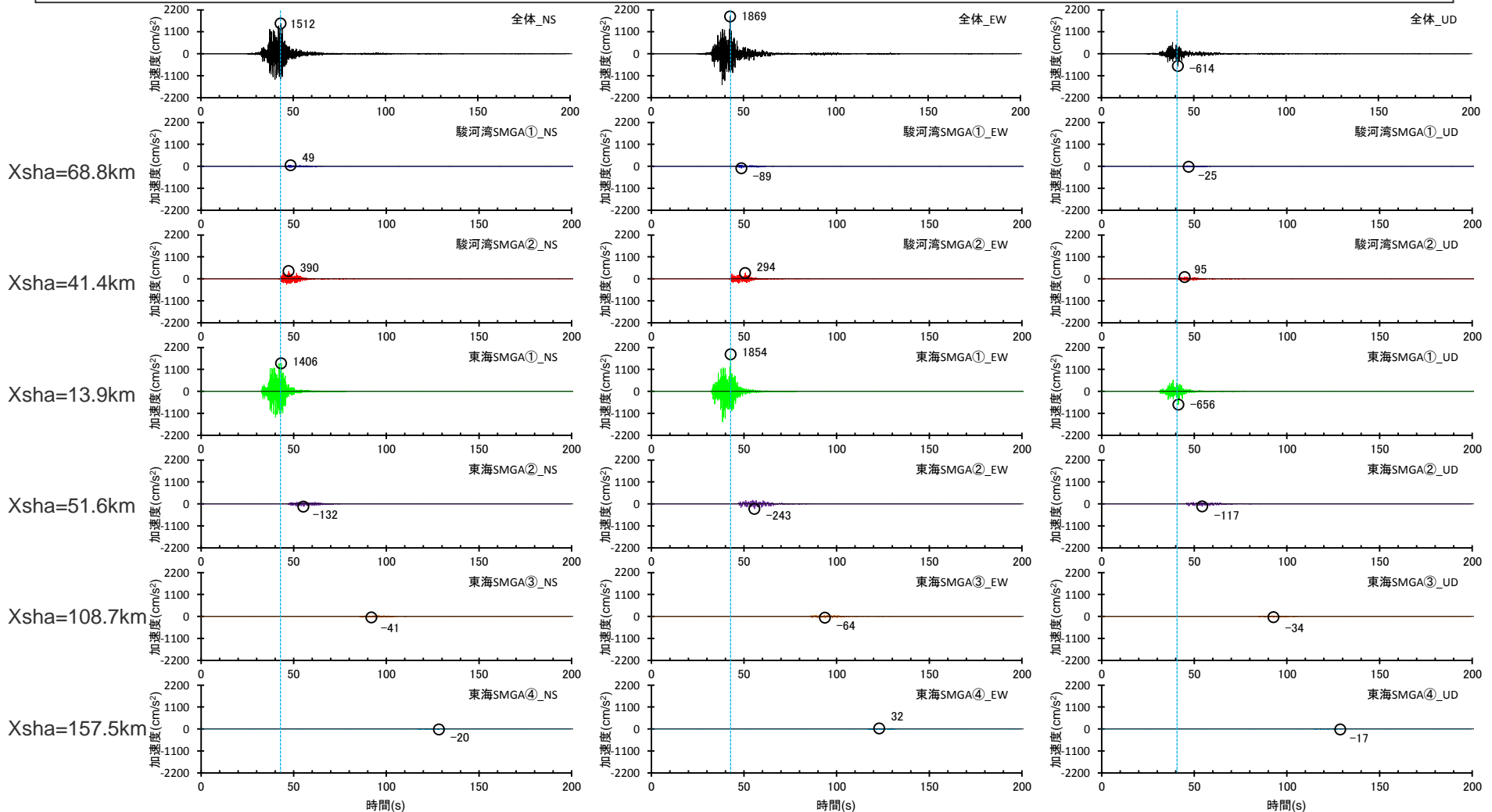
<応答スペクトルの比較（強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）（破壊開始点2））>

・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④-38 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）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

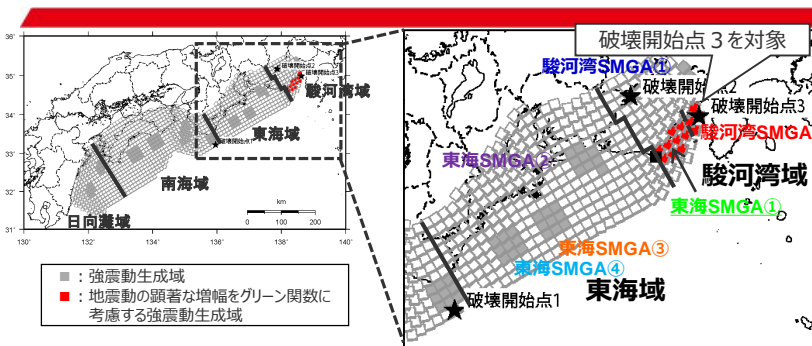
○各強震動生成域（SMGA）の地震動評価結果の比較によると、敷地に最も近い敷地直下の東海SMGA①が、敷地における地震動への影響が最も大きく、震源モデル全体の地震動評価結果に対し支配的な強震動生成域となっている。



<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（地震動の顕著な増幅を考慮）（破壊開始点2））>

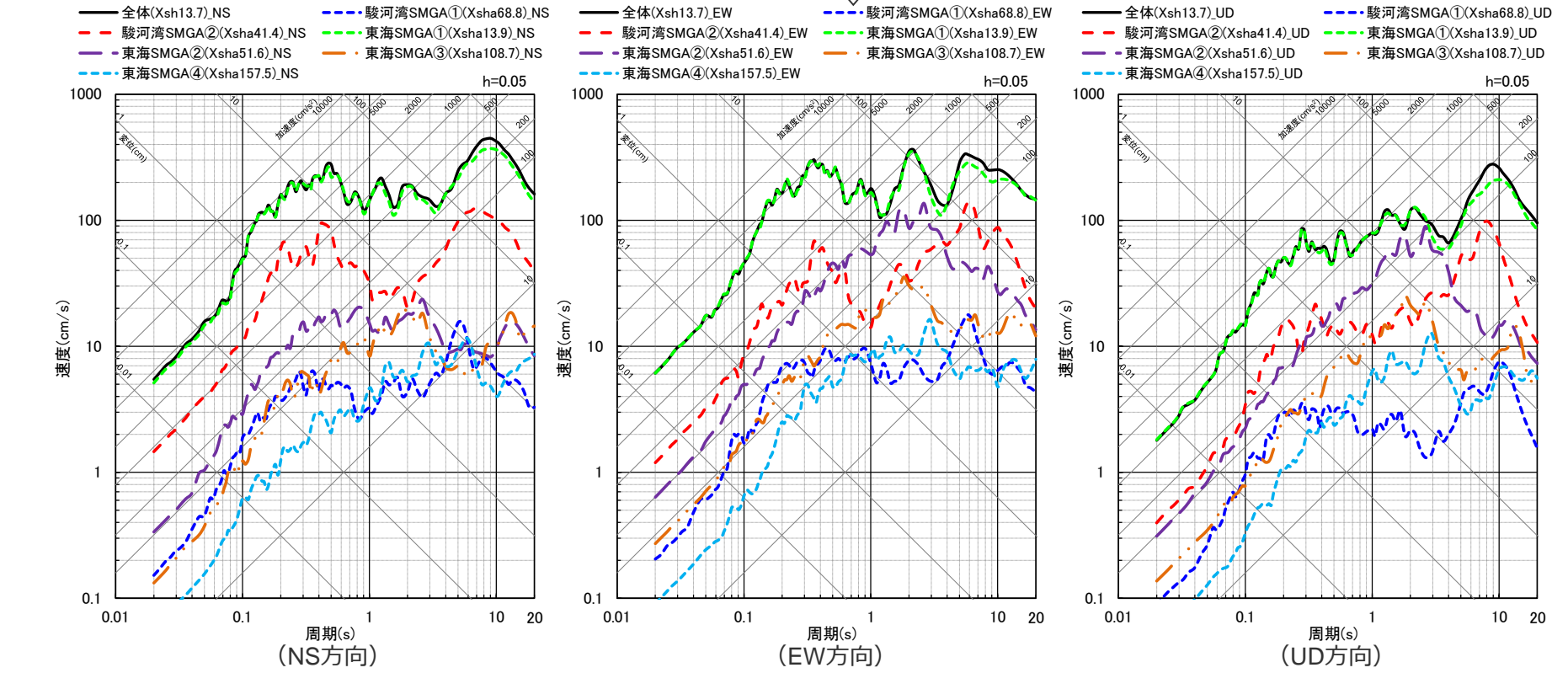
・統計的グリーン関数法と波数積分法のハイブリッド合成法による。
 ・Xshaは、強震動生成域の最短距離（km）を表す。

<補足説明資料④-38 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）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。



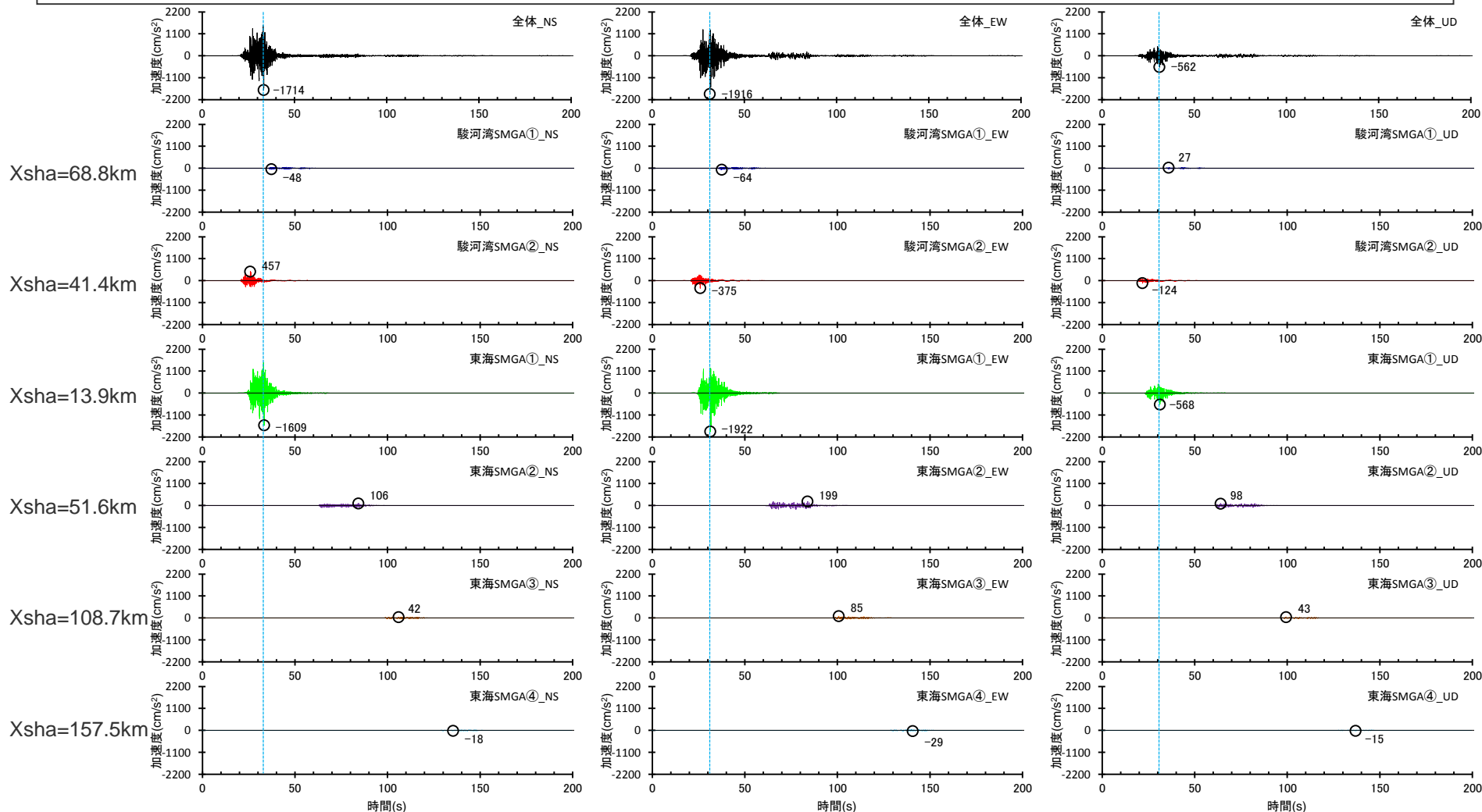
<応答スペクトルの比較（強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）（破壊開始点3））>

・ 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④-38 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）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。

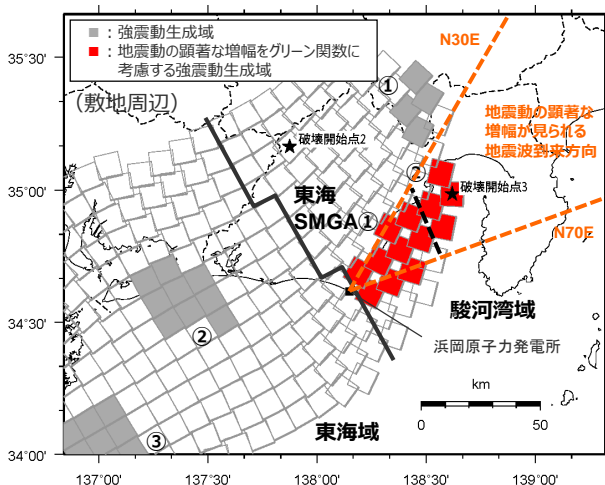


<加速度時刻歴波形の比較（強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）（破壊開始点3））>

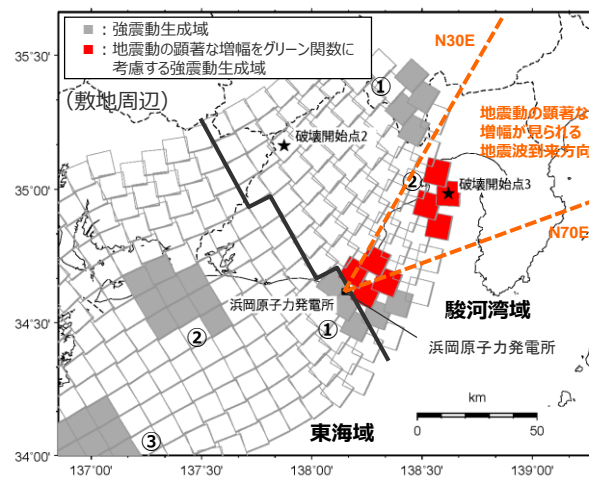
・統計的グリーン関数法と波数積分法のハイブリッド合成法による。
 ・Xshaは、強震動生成域の最短距離（km）を表す。

＜補足説明資料④-38 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）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に関するパラメータスタディ

- 前述のとおり、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）は、保守的な評価となるよう、敷地近傍を含めて地震動の顕著な増幅が見られる地震波到来方向（N30E～N70E）に強震動生成域（東海SMGA①及び駿河湾SMGA②）を集約することにより、地震動の顕著な増幅が見られる地震波到来方向（N30E～N70E）を包絡するよう強震動生成域を設定し、その全ての小断層に地震動の顕著な増幅を考慮するとともに、敷地近傍において地震動の顕著な増幅を考慮する小断層の範囲が地震動の顕著な増幅が見られる地震波到来方向（N30E～N70E）より広い設定とする。
- このように設定することで、地震動の顕著な増幅を最大限考慮できることとなるが、一方で、地震動の顕著な増幅を考慮する強震動生成域が、敷地からやや離れた位置に配置されることになる。そこで、敷地の東寄りの敷地直下に東海SMGA①を配置し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②）（地震動の顕著な増幅を考慮しない）について地震動の顕著な増幅が見られる地震波到来方向（N30E～N70E）に含まれる強震動生成域の小断層（東海SMGA①の一部及び駿河湾SMGA②）に地震動の顕著な増幅を考慮したパラスタケースを設定し、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）の代表性の確認を行う。



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

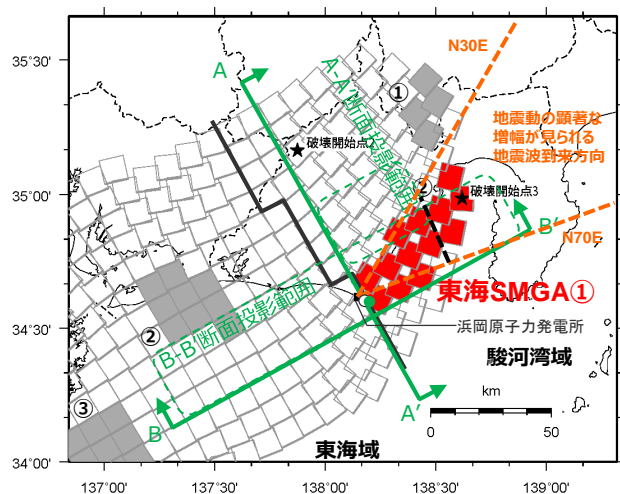


（パラスタケース）

・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。
・---：東海SMGA①と駿河湾SMGA②の境界を表す。

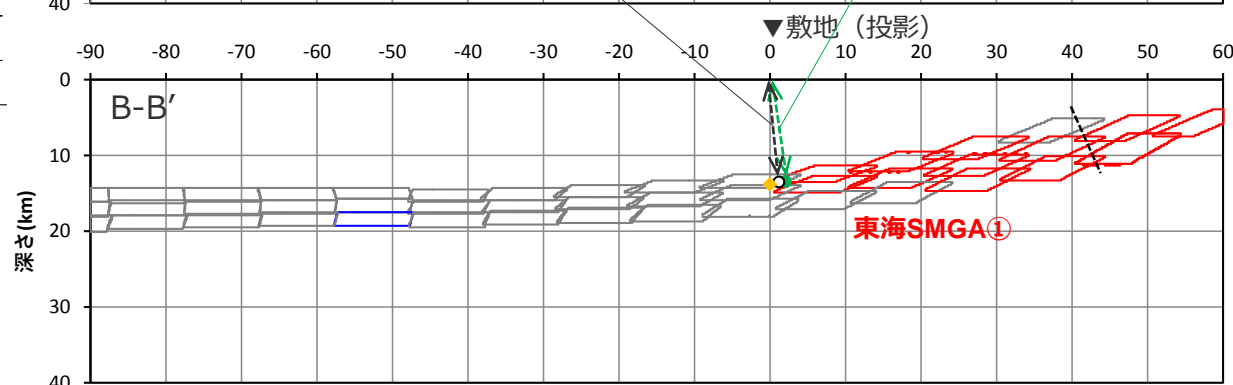
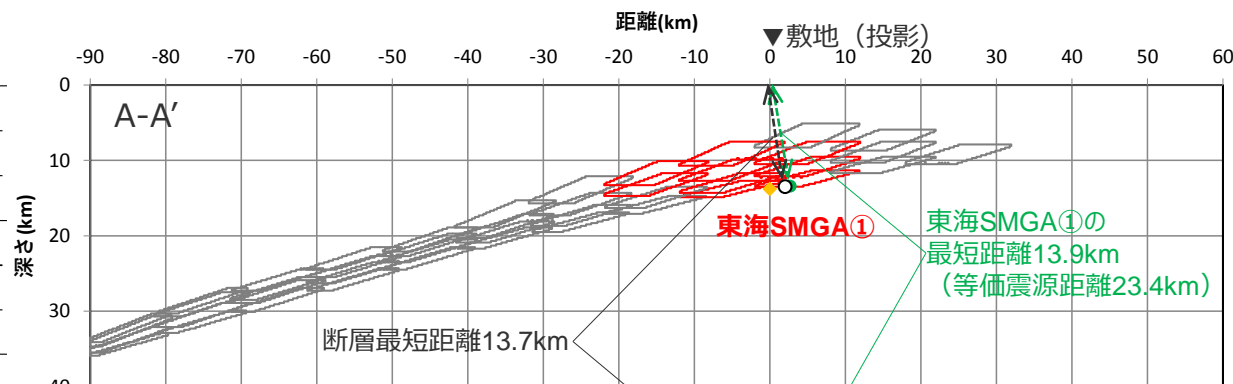
<補足説明資料④-38 プレート間地震の強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）の設定（補足）> 敷地における地震動に支配的な強震動生成域に関するパラメータスタディ

○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）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○）と東海SMGA①の最短距離の位置（下図●）はほぼ同じである（敷地からの最短距離が最も短い位置とほぼ同じ位置に、敷地における地震動に支配的な東海SMGA①が位置している）。



(測線位置図)

- : 強震動生成域の小断層（地震動の顕著な増幅を考慮しない）（投影）
- : 強震動生成域の小断層（地震動の顕著な増幅を考慮）（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



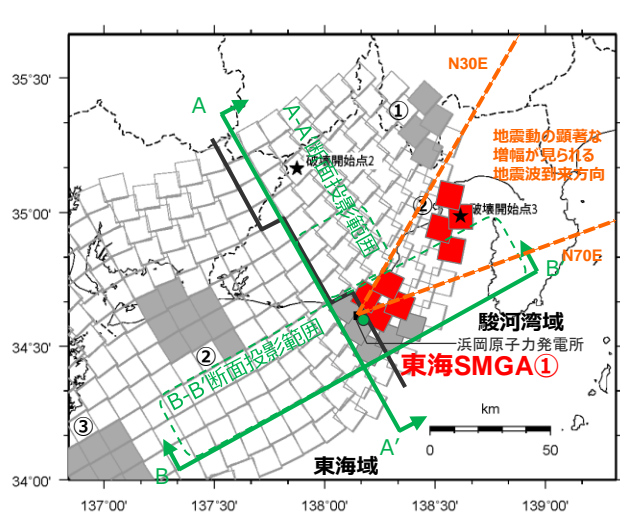
(断面図 (投影))

<強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）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。
・---: 東海SMGA①と駿河湾SMGA②の境界を表す。

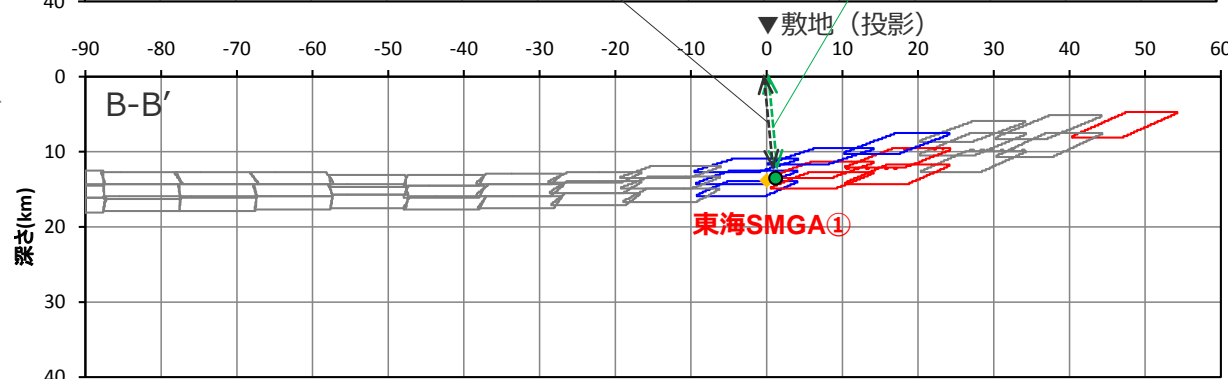
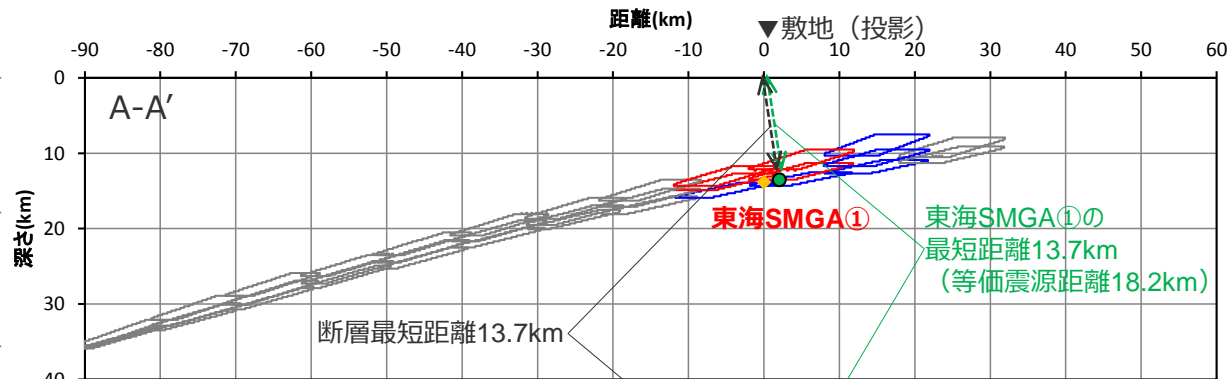
<補足説明資料④-38 プレート間地震の強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）の設定（補足）>
敷地における地震動に支配的な強震動生成域に関するパラメータスタディ

○パラスタケースでは、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○）と東海SMGA①の最短距離の位置（下図●）は同じである（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）。



(測線位置図)

- : 強震動生成域の小断層（地震動の顕著な増幅を考慮しない）（投影）
- : 強震動生成域の小断層（地震動の顕著な増幅を考慮）（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

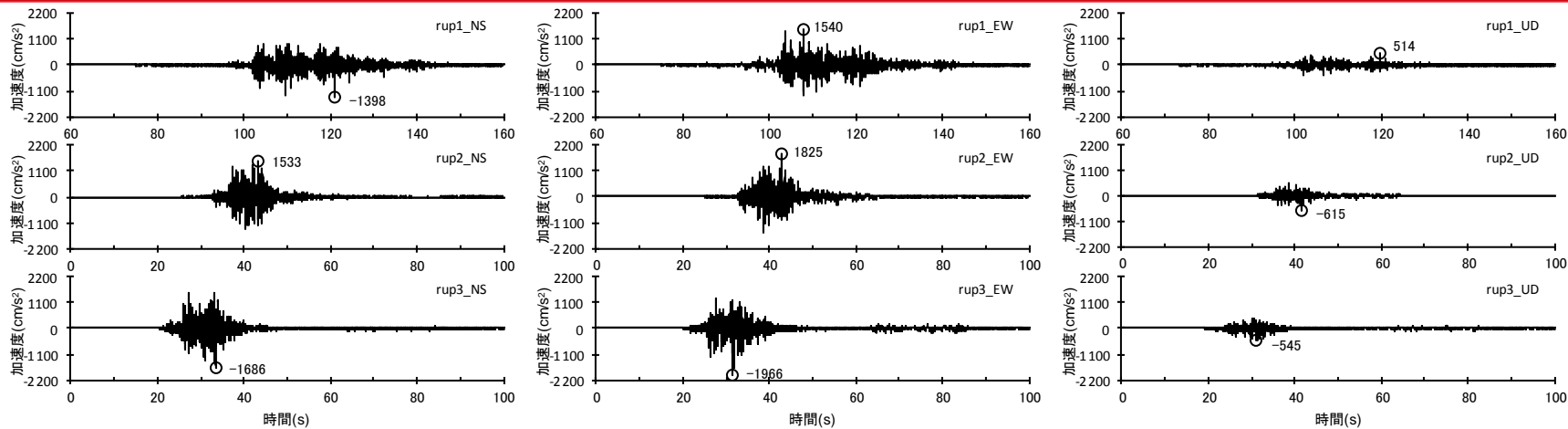


(断面図 (投影))

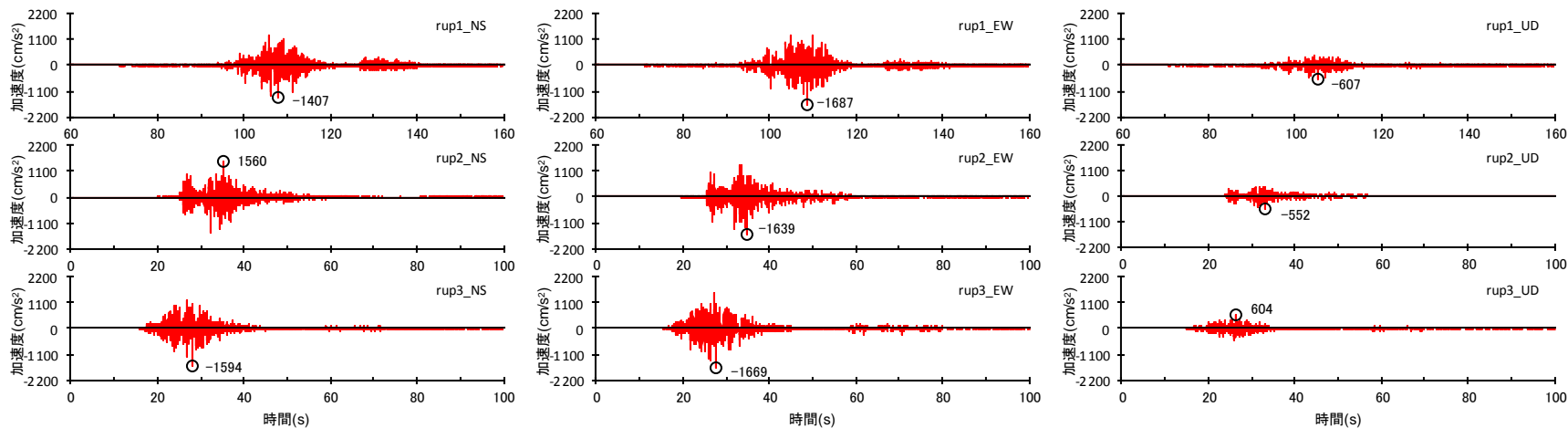
<パラスタケースにおける東海SMGA①と敷地との位置関係>

・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④-38 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）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に関するパラメータスタディ



（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））

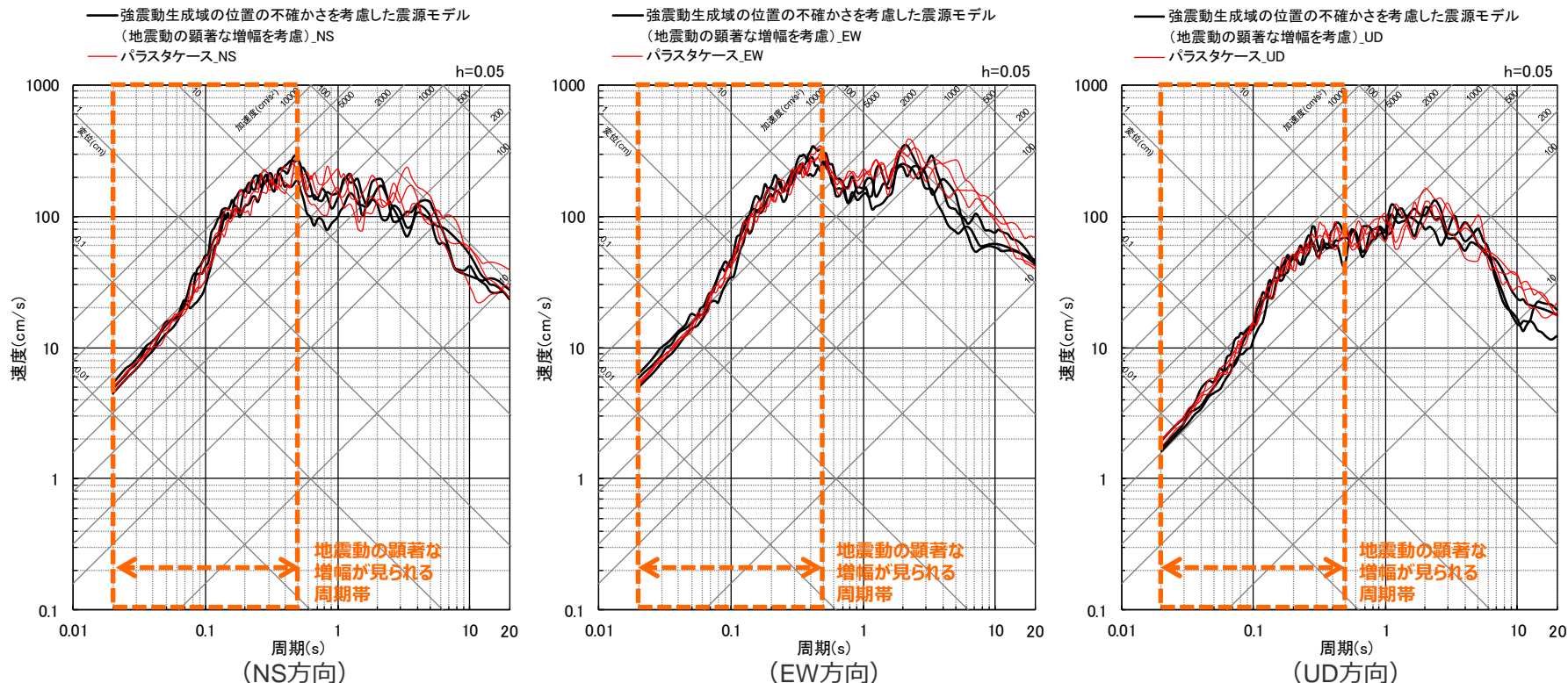


（パスタケース）

<統計的グリーン関数法による地震動評価結果（加速度時刻歴波形）>

＜補足説明資料④-38 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）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に関するパラメータスタディ

○ 統計的グリーン関数法による地震動評価結果の比較によると、地震動の顕著な増幅が見られる周期帯（周期0.5秒以下）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（地震動の顕著な増幅を考慮）の地震動レベルはパラスタケースの地震動レベルと同程度かそれ以上になっている。



＜統計的グリーン関数法による地震動評価結果（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（地震動の顕著な増幅を考慮）、パラスタケース_（破壊開始点1～3）_）

- 以上より、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）の代表性を確認した。
- なお、地震動の顕著な増幅が見られる周期帯（周期0.5秒以下）以外は比較対象としていないが、パラスタケースは、「地震動の顕著な増幅を考慮しない地震動評価」におけ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②）であり、「地震動の顕著な増幅を考慮する領域」（5号炉周辺）においても考慮することとしている。

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（地震動の顕著な増幅を考慮）の設定方針】

- 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）は、強震動生成域の位置が基本的には認識論的な不確かさに分類されるが、偶発的な不確かさの要素も有していることも踏まえ、より保守的な評価となるよう、敷地近傍を含めて地震動の顕著な増幅が見られる地震波到来方向（N30E～N70E）に地震動の顕著な増幅を考慮する強震動生成域が位置する震源モデルを新たに設定する。
- 具体的には、敷地における地震動の増幅特性の分析の結果、地震波の入射角が鉛直下方に近づく敷地近傍は、地震動の顕著な増幅が見られない傾向があるものの、地震動に与える影響が大きいことを重視し、保守的な評価となるよう、敷地近傍を含めて地震動の顕著な増幅が見られる地震波到来方向（N30E～N70E）に強震動生成域（東海SMGA①及び駿河湾SMGA②）を集約することにより、地震動の顕著な増幅が見られる地震波到来方向（N30E～N70E）を包絡するよう強震動生成域を設定し、その全ての小断層に地震動の顕著な増幅を考慮するとともに、敷地近傍において地震動の顕著な増幅を考慮する小断層の範囲が地震動の顕著な増幅が見られる地震波到来方向（N30E～N70E）より広い設定とする。



- 強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）について、上記のとおり設定することで、地震動の顕著な増幅を最大限考慮できることとなるが、一方で、地震動の顕著な増幅を考慮する強震動生成域が、敷地からやや離れた位置に配置されることになる。そこで、敷地の東寄りの敷地直下に東海SMGA①を配置し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②）（地震動の顕著な増幅を考慮しない）について、地震動の顕著な増幅が見られる地震波到来方向（N30E～N70E）に含まれる強震動生成域の小断層（東海SMGA①の一部及び駿河湾SMGA②）に地震動の顕著な増幅を考慮したパラスタケースを設定し、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）は、地震動レベルがパラスタケースと同等かそれ以上であることを確認した。



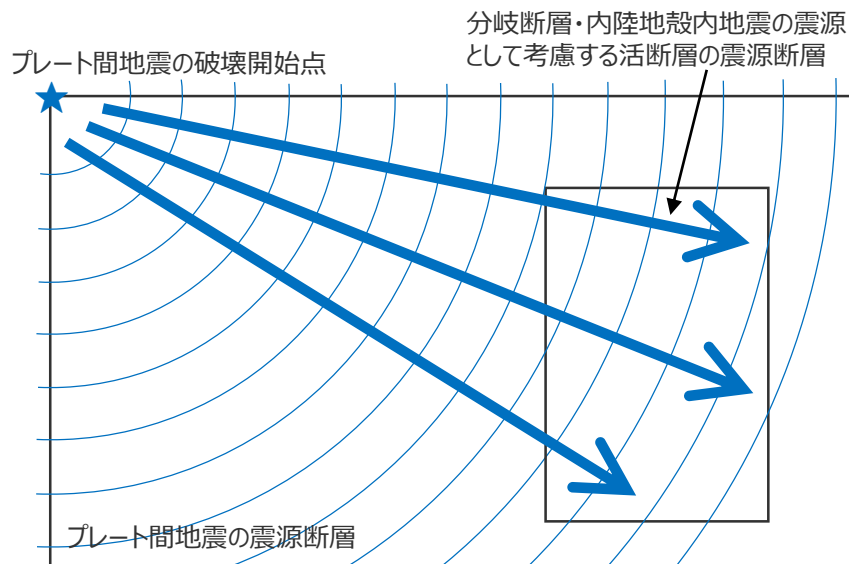
- 強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）については、強震動生成域（東海SMGA①）を敷地直下に配置しその一部の断層に地震動の顕著な増幅を考慮するケースも考えられるが、そのようなケースに対し、強震動生成域（東海SMGA①及び駿河湾SMGA②）を敷地近傍を含めて地震動の顕著な増幅が見られる地震波到来方向（N30E～N70E）に集約した震源モデルのケースは、地震動レベルが同程度かそれ以上であり、地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価において同モデルを考慮していることは、適切である。

補足説明資料④-39

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）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。



<一体計算での破壊過程（イメージ図）>

- 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等のアスペリティ」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

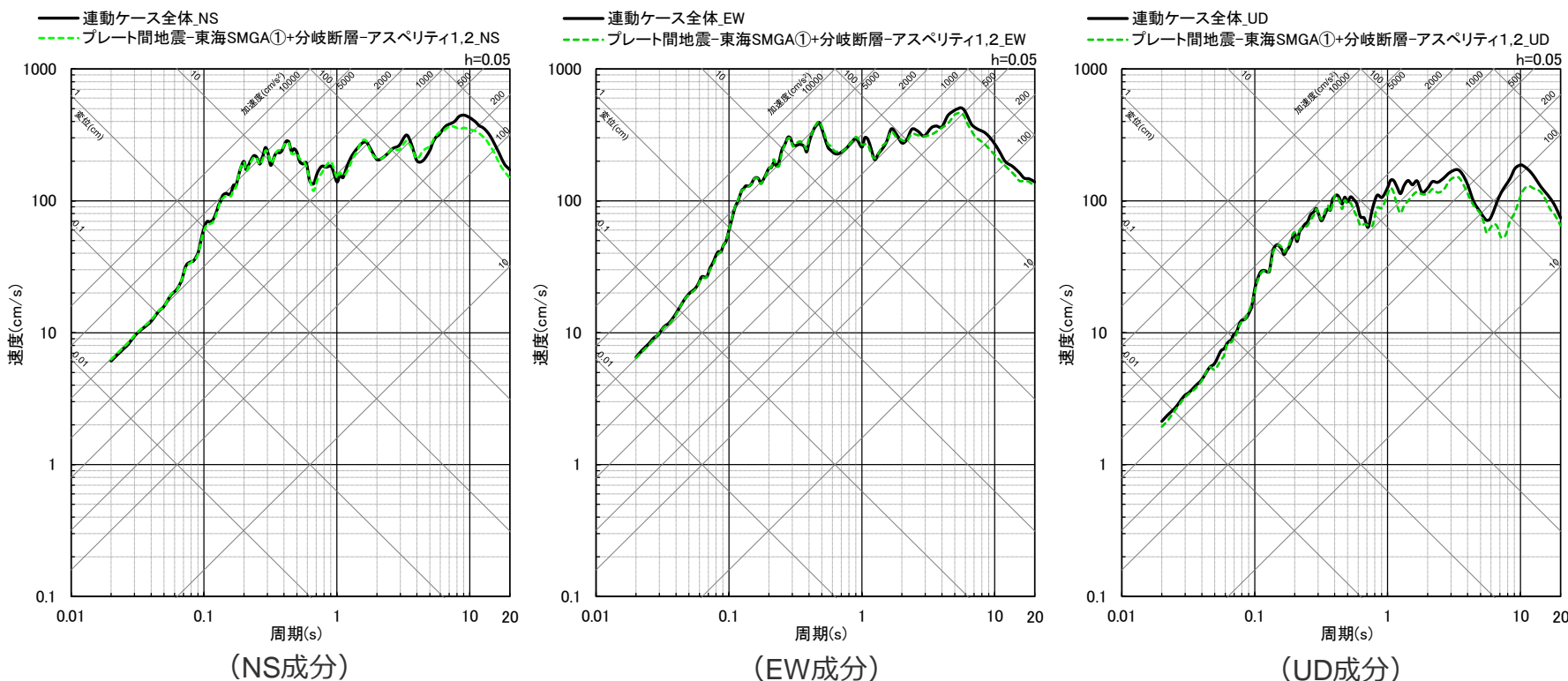
○連動ケースの断層モデルを用いた手法による地震動評価結果における「プレート間地震の強震動生成域」と「分岐断層又は内陸地殻内地震の震源として考慮する活断層のアスペリティ」の寄与の分析に当たっては、強震動生成域の位置と分岐断層の強震動励起特性に係る不確かさの組合せの考慮（地震動の顕著な増幅を考慮）、及び強震動生成域の位置と内陸地殻内地震の震源として考慮する活断層（御前崎海脚西部の断層帯）への破壊伝播に係る不確かさの組合せの考慮（地震動の顕著な増幅を考慮）について、それぞれ最大加速度が最も大きい震源モデル、破壊開始点のケース（下表）を分析対象とした。

<分析対象とした震源モデル、破壊開始点のケース（地震動の顕著な増幅を考慮）>

	不確かさの組合せの考慮 (地震動の顕著な増幅を考慮)	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)	最大加速度振幅 (cm/s ²)		
			NS	EW	UD
1	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）	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）（破壊開始点3）	1916	2049	669
2	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）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）	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（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）（破壊開始点2）	1608	2094	626

<補足説明資料④-39 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）の強震動生成域・アスペリティの寄与の分析>
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。



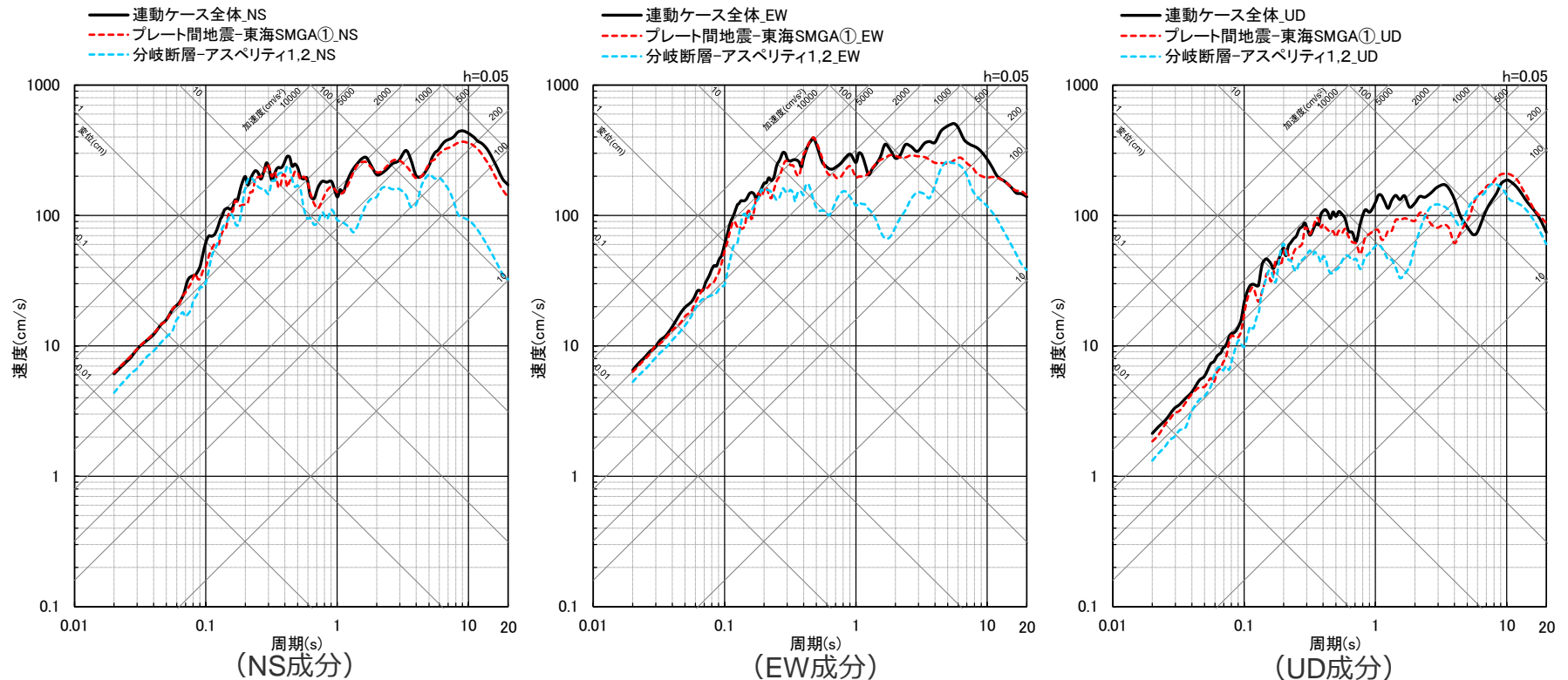
<応答スペクトルの比較>

(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) (破壊開始点3) の例)

<補足説明資料④-39 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）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）（破壊開始点3）

【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）（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は全周期帯に渡り寄与が大きく、分岐断層のアスペリティ1,2は短周期帯（周期1~2秒程度以下）において寄与が大きい。

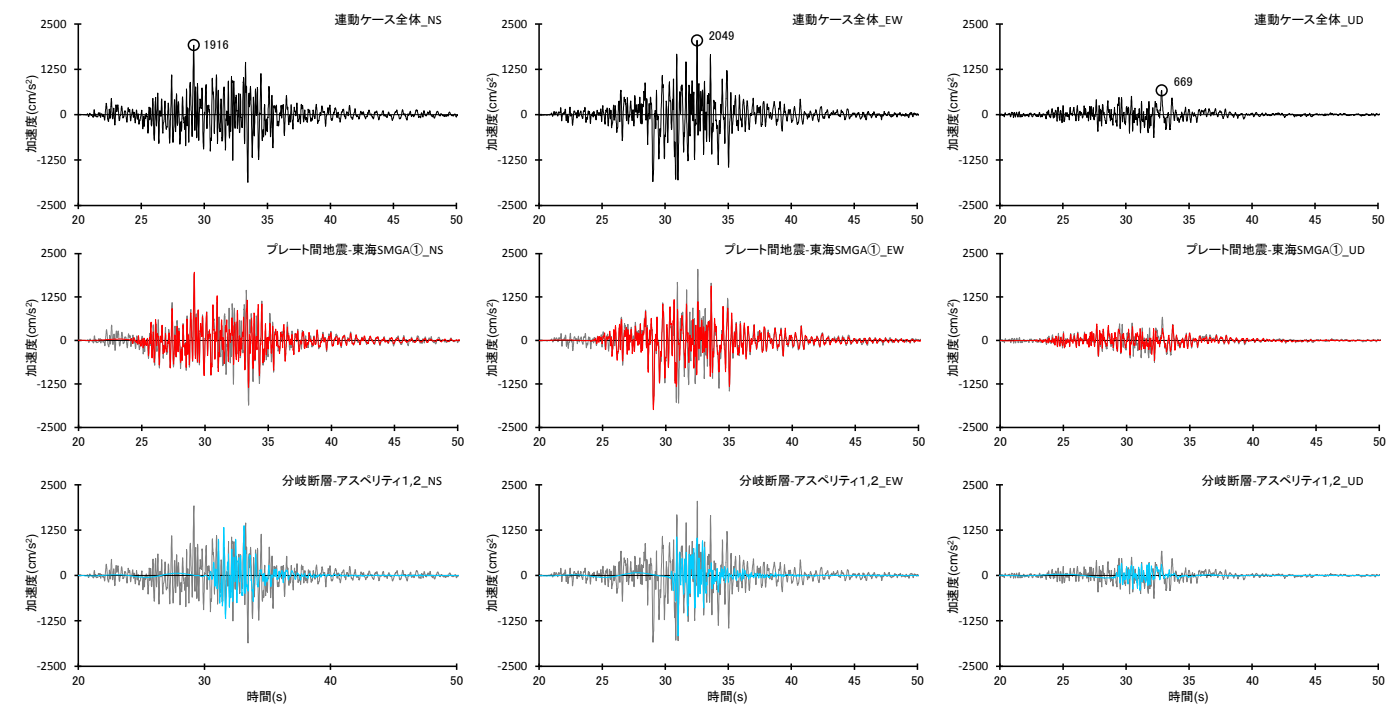


<連動ケース全体、プレート間地震の東海SMGA①、分岐断層のアスペリティ1,2の応答スペクトルの比較>

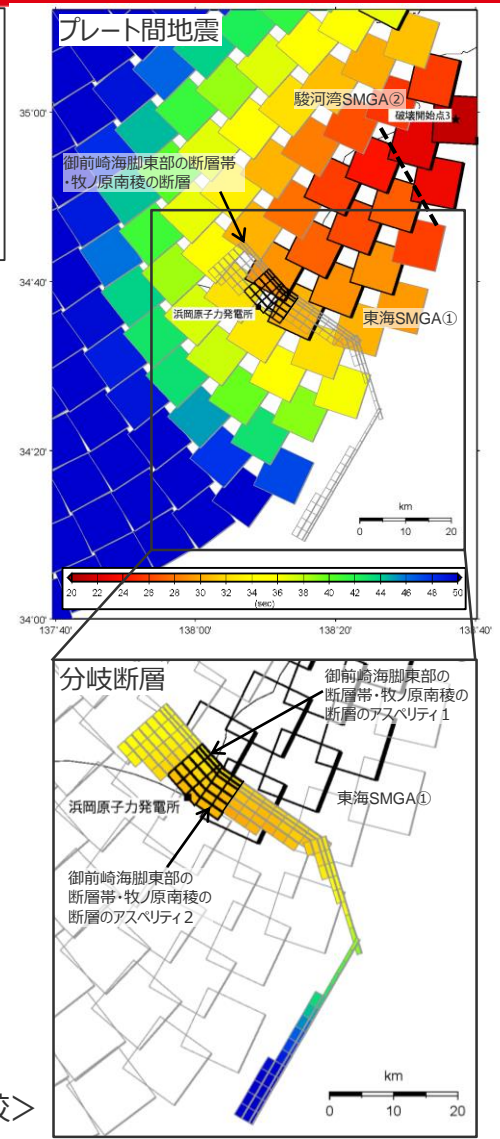
<補足説明資料④-39 プレート間地震の連動ケース（地震動の顕著な増幅を考慮）の強震動生成域・アスペリティの寄与の分析>
強震動生成域の位置と分岐断層の強震動励起特性に係る不確かさの組合せを考慮した震源モデル
（地震動の顕著な増幅を考慮）（破壊開始点3）

【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）（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と分岐断層のアスペリティ 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、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>



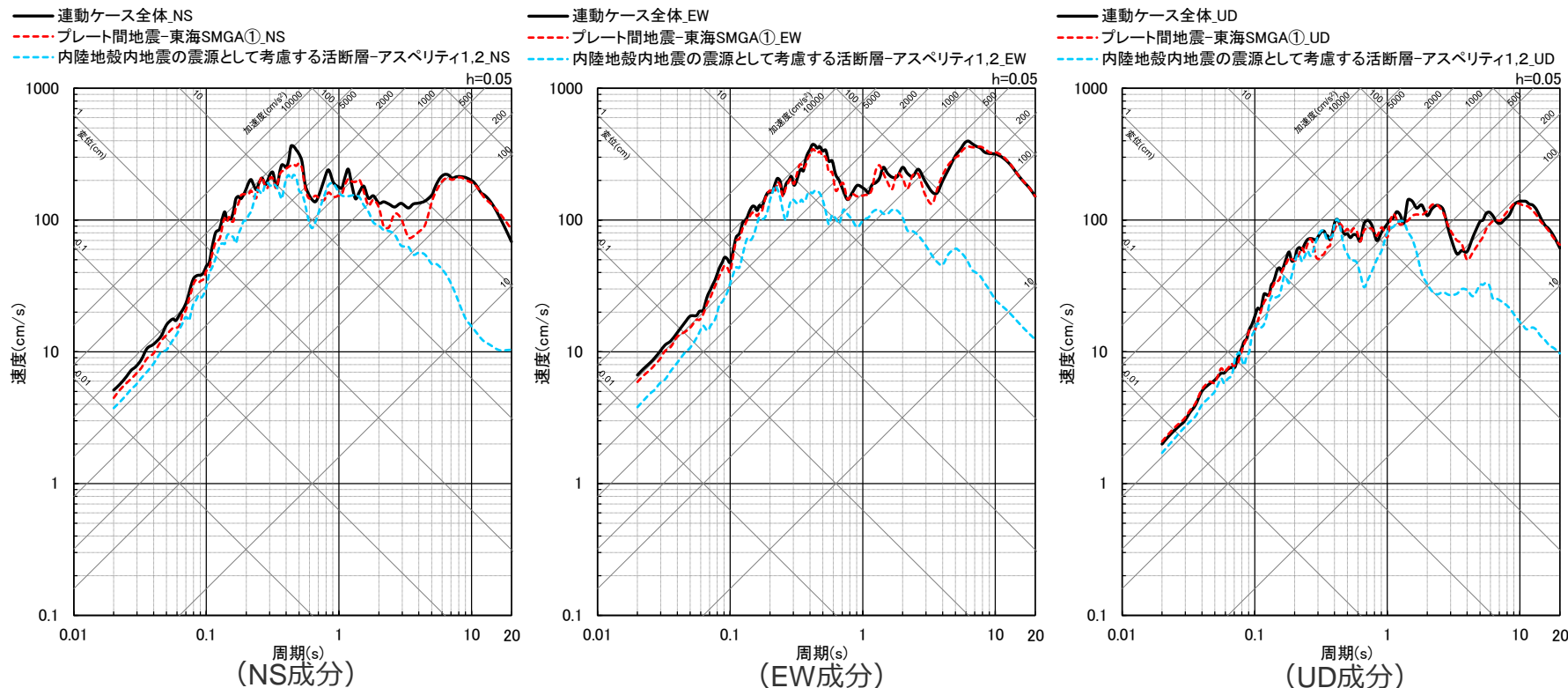
<S波到達時刻のアイソクロン>

・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。
・-----: 東海SMGA①と駿河湾SMGA②の境界を表す。

＜補足説明資料④-39 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）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）（破壊開始点2）

【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（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）（破壊開始点2）】

○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（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1～2秒程度以下）において寄与が大きい。

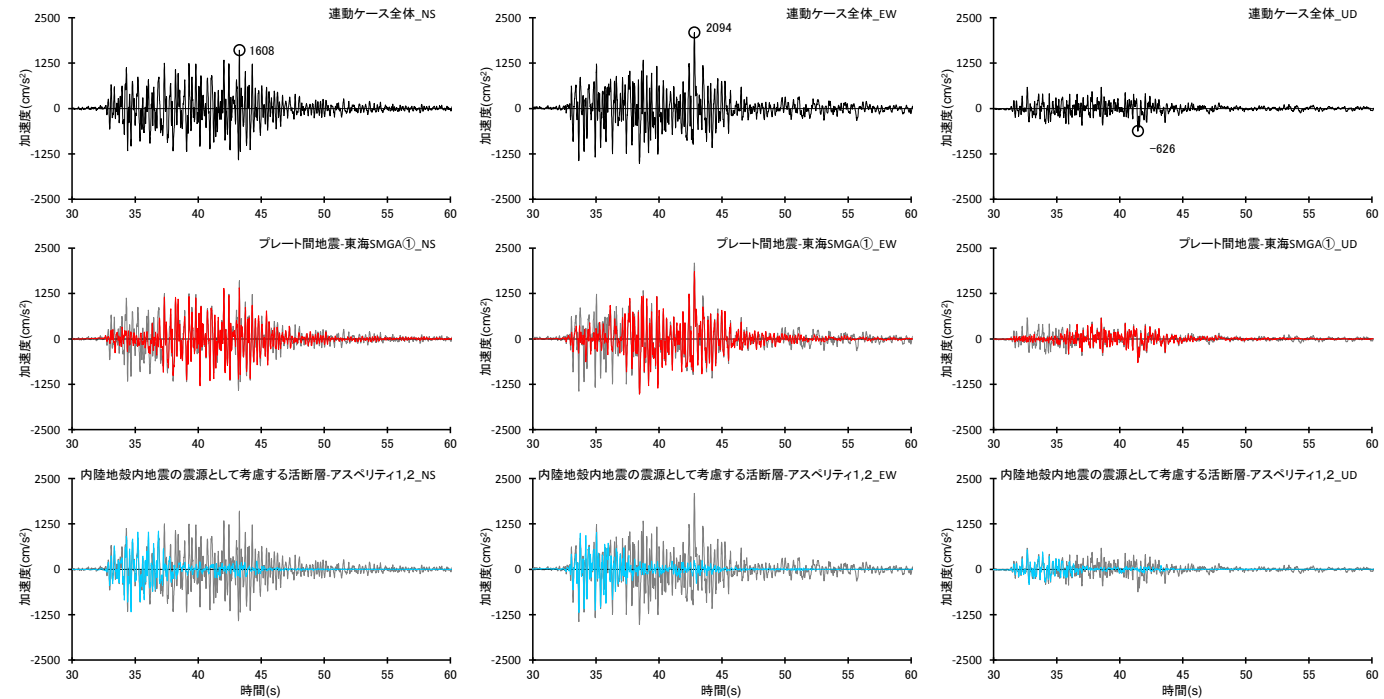


＜連動ケース全体、プレート間地震の東海SMGA①、内陸地殻内地震の震源として考慮する活断層のアスペリティ1,2の応答スペクトルの比較＞

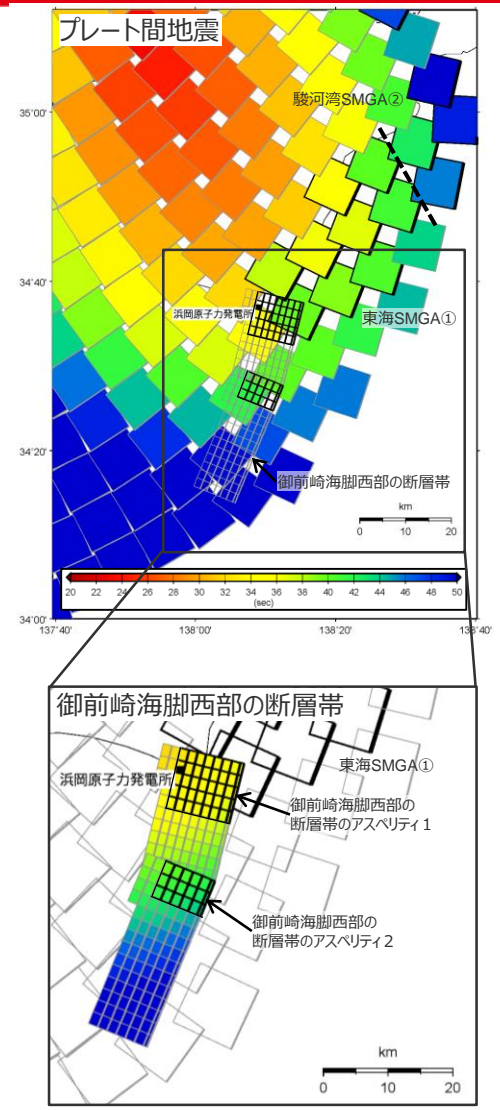
<補足説明資料④-39 プレート間地震の連動ケース（地震動の顕著な増幅を考慮）の強震動生成域・アスペリティの寄与の分析>
強震動生成域の位置と内陸地殻内地震の震源として考慮する活断層（御前崎海脚西部の断層帯（アスペリティの応力降下量の不確かさを考慮した震源モデル））への破壊伝播に係る不確かさの組合せを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）（破壊開始点2）

【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（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）（破壊開始点2）】

- 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。
・-----: 東海SMGA①と駿河湾SMGA②の境界を表す。

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。



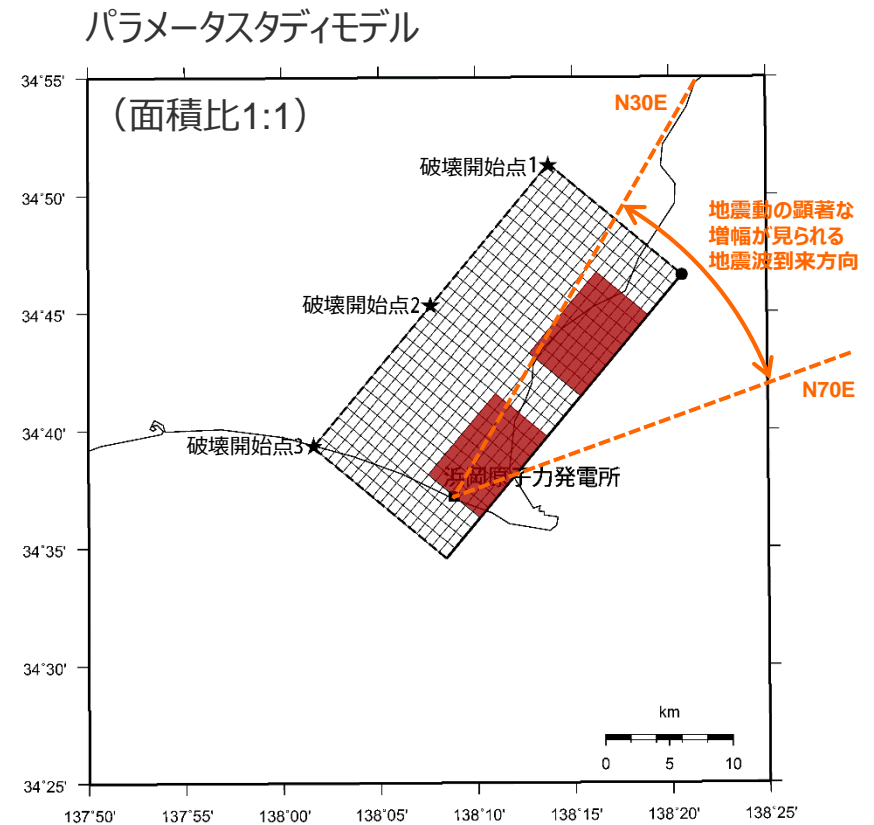
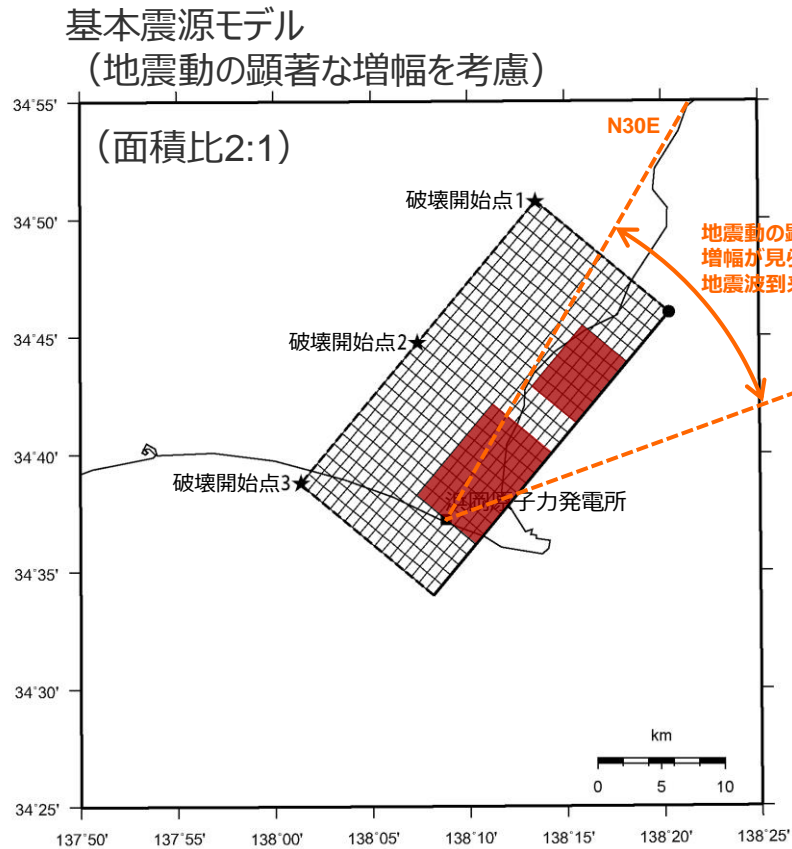
○いずれの連動ケースも、「プレート間地震の敷地に最も近い強震動生成域（東海SMGA①）」と「分岐断層又は内陸地殻内地震の震源として考慮する活断層のアスペリティ」とは、それぞれによる地震動が重なり合って敷地に到達しており、共に敷地における地震動に対する寄与が大きい。

補足説明資料④-40

海洋プレート内地震の基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）の設定（補足）

検討概要

○基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）について、2つの強震動生成域の面積比2：1の妥当性を確認するため、前述の断層位置の設定方針に基づき、面積比1：1としたパラメータスタディモデルを設定し、統計的グリーン関数法による地震動評価結果を比較する。

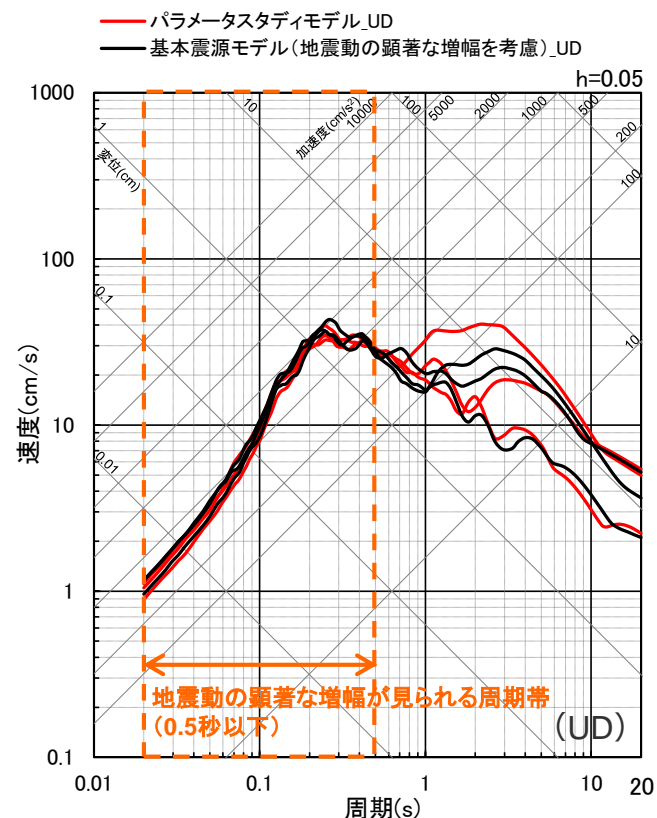
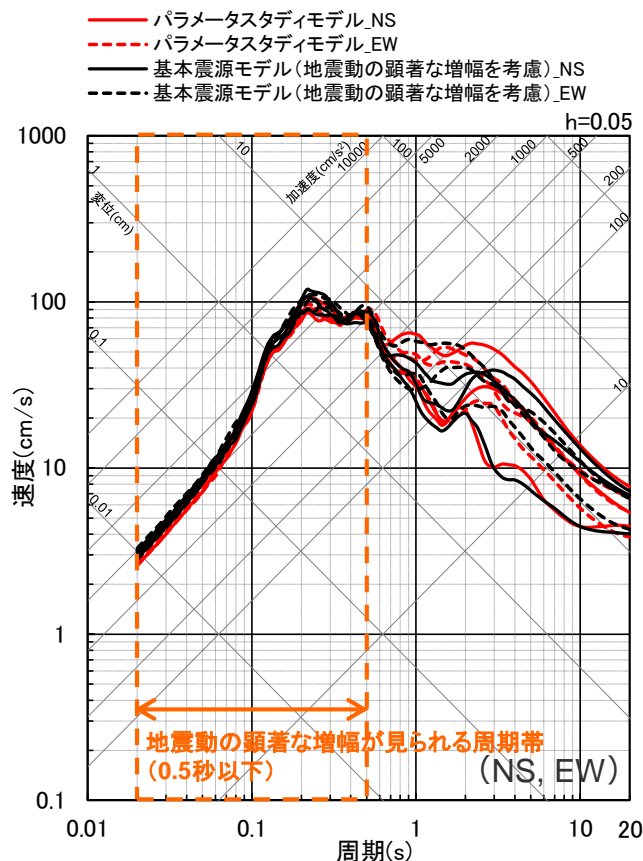


<平面配置図>

<補足説明資料④-40 海洋プレート内地震の基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）の設定（補足）>

地震動評価結果の比較

○強震動生成域の面積比 2 : 1 とした基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）と面積比 1 : 1 としたパラメータスタディモデルの地震動評価結果（擬似速度平均応答スペクトル）の比較によると、基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）の地震動レベルはパラメータスタディモデルと同程度であり、地震動の顕著な増幅が見られる周期0.02～0.5秒において、基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）の地震動評価結果の方が、若干大きくなっている。



<統計的グリーン関数法による地震動評価結果の比較（擬似速度平均応答スペクトル）（破壊開始点1～3）>

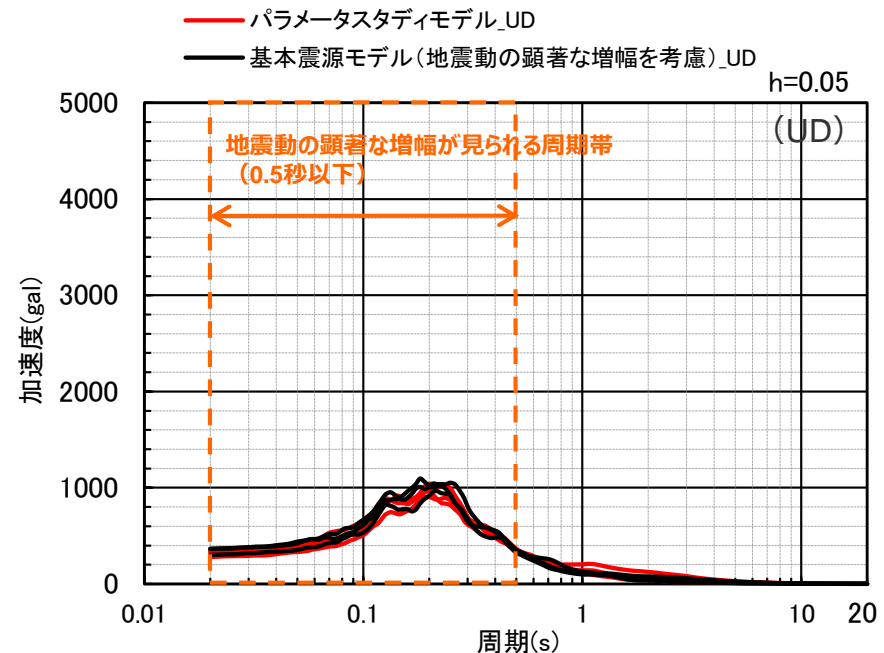
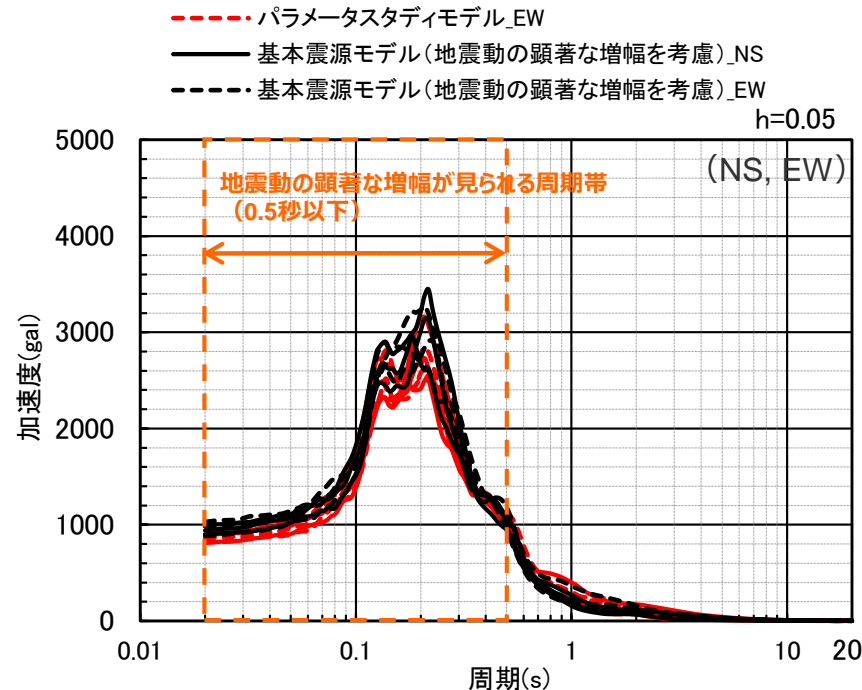
<補足説明資料④-40 海洋プレート内地震の基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）の設定（補足）>

地震動評価結果の比較

○強震動生成域の面積比 2 : 1 とした基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）と面積比 1 : 1 としたパラメータスタディモデルの地震動評価結果（加速度平均応答スペクトル）の比較によると、基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）の地震動レベルはパラメータスタディモデルと同程度であり、地震動の顕著な増幅が見られた周期0.02～0.5秒において、基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）の地震動評価結果の方が、若干大きくなっている。

⇒基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）について、2つの強震動生成域の面積比 2 : 1 とする妥当性を確認した。

○以上の検討（断層位置、強震動生成域の面積比）を踏まえ、基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）の妥当性を確認した。



<統計的グリーン関数法による地震動評価結果の比較（加速度平均応答スペクトル）（破壊開始点1～3）>

補足説明資料④-41

地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価の結果の妥当性の確認

概要

【地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価】

- 地震観測記録の分析結果で確認された地震動の顕著な増幅の特性を的確に反映するため、この敷地固有の地盤増幅特性を詳細に考慮できる**断層モデルを用いた手法を重視し、2009年駿河湾の地震（本震）の観測記録の再現検討により検証した方法**（「増幅方向」に位置する強震動生成域（アスペリティ）の各小断層からの地震動（グリーン関数）に増幅係数を乗じる方法）を用いて、地震動の顕著な増幅を反映する。応答ベクトルに基づく手法は、断層モデルを用いた手法による地震動評価結果を用いて応答スペクトルに与える影響を求めて反映する。
- 各検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の地震動評価は、断層モデルを用いた手法において、地震動の顕著な増幅を考慮する強震動生成域（アスペリティ）の小断層の範囲・増幅の程度を**地震観測記録の分析結果に対し保守的に設定**することにより、**保守的な地震動評価**を行う。応答スペクトルに基づく手法は、断層モデルを用いた手法による保守的な地震動評価結果を反映することにより、保守的な地震動評価を行う。

項目	地震観測記録の分析結果等	2009年駿河湾の地震（本震）の再現検討	基準地震動の策定に係る保守的な評価
地震動の顕著な増幅の範囲（震源位置）	<ul style="list-style-type: none"> ・特定の到来方向（N30E～N70E、「増幅方向」）の地震波のみ顕著な増幅が見られる。 ・「増幅方向」でも地震波の入射角が鉛直に近づく敷地近傍は顕著な増幅が見られない。 	<p>—</p> <p>（震源断層面が「増幅方向」の範囲内に位置するため強震動生成域（アスペリティ）の小断層のグリーン関数の全てに増幅係数を考慮）</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・強震動生成域（アスペリティ）を「増幅方向」の敷地近傍に配置したうえで、地震動の顕著な増幅を考慮する強震動生成域（アスペリティ）の小断層の範囲を、地震観測記録の分析結果における「増幅方向」より広くし、敷地近傍も含めて設定（保守的な評価）
地震動の顕著な増幅の程度（特性）	<ul style="list-style-type: none"> ・特定の短周期の周期帯（フーリエスペクトルの周期0.2～0.5秒）で地震動の顕著な増幅が見られる。 ・「増幅方向」でも増幅の程度は一樣でなく、2009年駿河湾の地震（本震）は最も大きい。 	<ul style="list-style-type: none"> ・強震動生成域（アスペリティ）の小断層のグリーン関数に周期0.2～0.5秒のみ増幅させる増幅係数を乗じる方法を採用 ・増幅係数における増幅の程度は、その程度が最も大きい2009年駿河湾の地震（本震）を対象に、増幅を考慮するグリーン関数の波形合成結果の5号炉観測記録の再現性を確認して設定 	<ul style="list-style-type: none"> ・左記と同じ強震動生成域（アスペリティ）の小断層のグリーン関数に増幅係数を乗じる方法（背景領域に増幅係数は考慮せず）を採用 ・増幅係数は、左記と同じ増幅の程度が最も大きい2009年駿河湾の地震（本震）の観測記録の再現性を確認したものを地震動の顕著な増幅を考慮する小断層の全てに一律適用（保守的な評価）

【地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価の結果の妥当性の確認】

【① 地震動評価結果に反映された地震動の顕著な増幅の分析】

- 検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の断層モデルを用いた手法による地震動評価の結果について、まず、「**2009年駿河湾の地震（本震）の観測記録の再現検討と同じ増幅係数を乗じる強震動生成域（アスペリティ）の小断層のみによる地震動（波形合成結果）**」の影響を確認する。また、「増幅方向」に位置する背景領域の小断層の影響を確認する。
- その上で、上記の「増幅係数を乗じる強震動生成域（アスペリティ）の小断層のみによる地震動（波形合成結果）」について、**2009年駿河湾の地震（本震）の観測記録の再現検討で確認した地震動の顕著な増幅と同じ特性が反映されていることを確認する。**

【② 地震動評価結果に考慮された保守性の確認】

- 各検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の断層モデルを用いた手法による地震動評価及び応答スペクトルに基づく地震動評価について、**敷地近傍は地震動の顕著な増幅が見られないなどの地震観測記録の分析結果に沿った場合の地震動評価結果との比較を行い、地震観測記録の分析結果に対し地震動の顕著な増幅が保守的に考慮された地震動評価結果となっていることを確認する。**

①地震動評価結果に反映された地震動の顕著な増幅の分析

(検討概要)

【2009年駿河湾の地震（本震）の観測記録の再現検討】

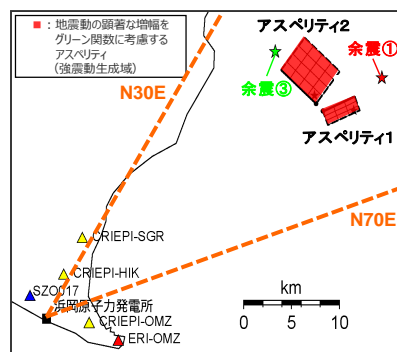
- 2009年駿河湾の地震（本震）を対象として、強震動生成域のみの震源モデルに基づき、強震動生成域（アスペリティ）の各小断層のグリーン関数に増幅係数を乗じる方法を用いて統計的グリーン関数法による地震動評価を行い、波形合成結果との比較により、地震動の顕著な増幅が見られた観測点（5G1、5RB）の観測記録の再現検討を行い、断層モデルを用いた手法における地震動の顕著な増幅の反映方法の検証を行った。

【検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の地震動評価】

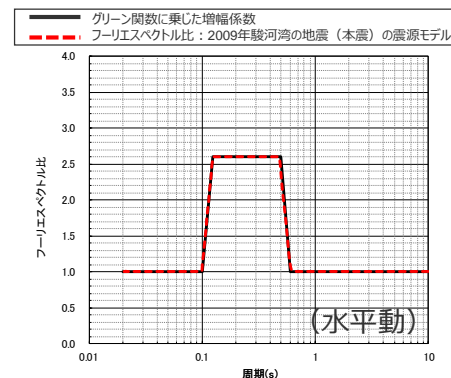
- 検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の地震動評価は、地震観測記録に基づき確認された地震動の顕著な増幅の特性を的確に反映するため、断層モデルを用いた手法を重視することとし、2009年駿河湾の地震（本震）の観測記録の再現検討により検証した方法を用いて、地震動評価に地震動の顕著な増幅を反映した。応答スペクトルに基づく手法については、断層モデルを用いた手法による地震動評価結果を用いて応答スペクトルに与える影響を求めて反映した。

【① 地震動評価結果に反映された地震動の顕著な増幅の分析】

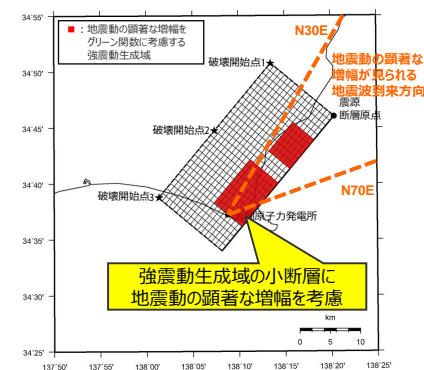
- 各地震タイプ（内陸地殻内地震、プレート間地震、海洋プレート内地震）の検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の断層モデルを用いた手法による地震動評価の結果について、まず、「2009年駿河湾の地震（本震）の観測記録の再現検討と同じ増幅係数を乗じる強震動生成域（アスペリティ）の小断層のみによる地震動（波形合成結果）」の影響を確認する。また、「増幅方向」に背景領域が位置するプレート間地震及び海洋プレート内地震の検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）について、「増幅方向」に位置する背景領域の小断層のグリーン関数にも増幅係数を乗じた場合の影響を確認する。
- その上で、上記の「2009年駿河湾の地震（本震）の観測記録の再現検討と同じ増幅係数を乗じる強震動生成域（アスペリティ）の小断層のみによる地震動（波形合成結果）」について、フーリエスペクトル比（地震動の顕著な増幅を考慮する場合／地震動の顕著な増幅を考慮しない場合）を算出し、2009年駿河湾の地震（本震）の観測記録の再現検討で確認した地震動の顕著な増幅と同じ特性が反映されていることを確認する。また、第882回審査会合で提示したフーリエスペクトル比との違いについても分析する。



(震源モデル)



(フーリエスペクトル比)



<検討用地震の震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）の例（海洋プレート内地震の基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮））>

<2009年駿河湾の地震（本震）の震源モデルとフーリエスペクトル比>

<補足説明資料④-41 地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価の結果の妥当性の確認>

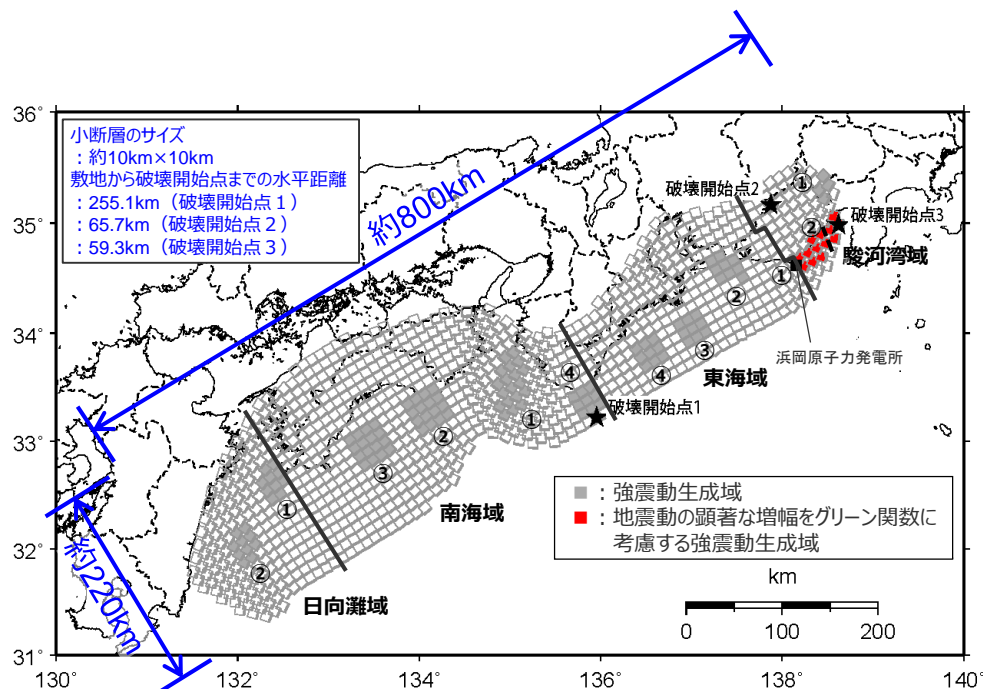
①地震動評価結果に反映された地震動の顕著な増幅の分析

(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))

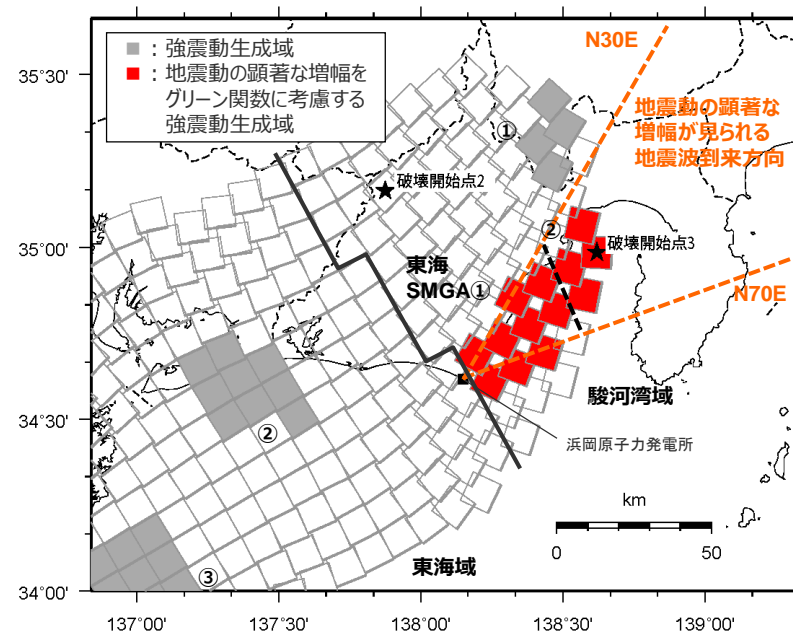
【プレート間地震の検討用地震 (地震動の顕著な増幅を考慮) の地震動評価結果に反映された地震動の顕著な増幅の分析】

○プレート間地震では、不確かさの組合せを考慮するベースモデルであ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 (地震動の顕著な増幅を考慮) として、敷地近傍を含めて地震動の顕著な増幅が見られる地震波到来方向 (N30E~N70E) に強震動生成域が位置するよう震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮) を新たに設定したうえで、地震動の顕著な増幅が見られる地震波到来方向 (N30E~N70E) にある強震動生成域の小断層のグリーン関数に、2009年駿河湾の地震 (本震) の観測記録の再現検討で検証した増幅係数を乗じることで地震動の顕著な増幅を考慮する断層モデルを用いた手法による地震動評価を実施している。

⇒プレート間地震について、強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮) を代表として、増幅係数を乗じる強震動生成域の小断層のみによる地震動 (波形合成結果) を求め、地震動評価結果に反映された地震動の顕著な増幅の分析を行う。



(全体)



(敷地周辺)

<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) >

・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。
・-----: 東海SMGA①と駿河湾SMGA②の境界を表す。

<補足説明資料④-41 地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価の結果の妥当性の確認>

①地震動評価結果に反映された地震動の顕著な増幅の分析

(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))

<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) の震源断層パラメータ>

全体	面積(km ²)	110150			
	平均応力降下量(MPa)	2.3			
各セグメント	平均すべり量(m)	7.6			
	地震モーメント(Nm)	3.4E+22			
	Mw	9.0			
	短周期レベル(Nm/s ²)	5.09E+20			
	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
強震動生成域 SMGA①	地震モーメント(Nm)	4.3E+21	2.0E+22	8.3E+21	1.1E+21
	Mw	8.4	8.8	8.5	8.0
	面積(km ²)	1014	1958	913	448
	応力パラメータ(MPa)	34.6	46.4	45.4	33.9
強震動生成域 SMGA②	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
	面積(km ²)	1023	1616	915	431
強震動生成域 SMGA③	応力パラメータ(MPa)	34.6	46.4	45.4	33.9
	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	5.2E+20	1.2E+20
	Mw	7.7	8.0	7.7	7.3
強震動生成域 SMGA④	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	
強震動生成域 SMGA④	Mw		8.0	7.7	
	面積(km ²)		932	918	
	応力パラメータ(MPa)		46.4	45.4	
	平均すべり量(m)		14.2	13.8	
	Mw		7.8	7.7	

背景領域	セグメント名	日向灘域	南海域	東海域	駿河湾域
	面積(km ²)	17017	47673	25760	7009
	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	8.9E+20
	Mw	8.3	8.7	8.5	7.9
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			

○震源断層パラメータの設定は内閣府(2012)による。設定方法は以下のとおり。

<各セグメントの地震モーメントM₀>

$$M_0 = 16 / (7\pi^{3/2}) \cdot \Delta\sigma \cdot S^{3/2}$$

($\Delta\sigma$: 平均応力降下量(4MPa), S: 震源断層面積)

<平均変位量D>

$$M_0 = \mu DS$$

(μ : 剛性率(pVs²), ρ : 密度(2.8g/cm³), Vs: S波速度(3.82km/s) (内閣府(2012)による))

<強震動生成域の面積Saと個数>

: 強震動生成域は各セグメントの震源断層面積の10%程度とし、セグメント内の地形的な構造単位に2個配置する。

<強震動生成域全体の地震モーメントM_{0a}>

$$M_{0a} = \mu DaSa$$

(Da = 2D)

<各強震動生成域の地震モーメントM_{0ai}、変位量D_{ai}、応力降下量 $\Delta\sigma_{ai}$ >

$$M_{0ai} = M_{0a} \cdot Sai^{3/2} / (\sum Sai^{3/2}) \quad (i: i番目の強震動生成域を表す)$$

$$\Delta\sigma_{ai} = (7\pi^{3/2}) / 16 \cdot M_{0ai} / Sai^{3/2}$$

$$D_{ai} = M_{0ai} / (\mu Sai)$$

<破壊伝播速度>

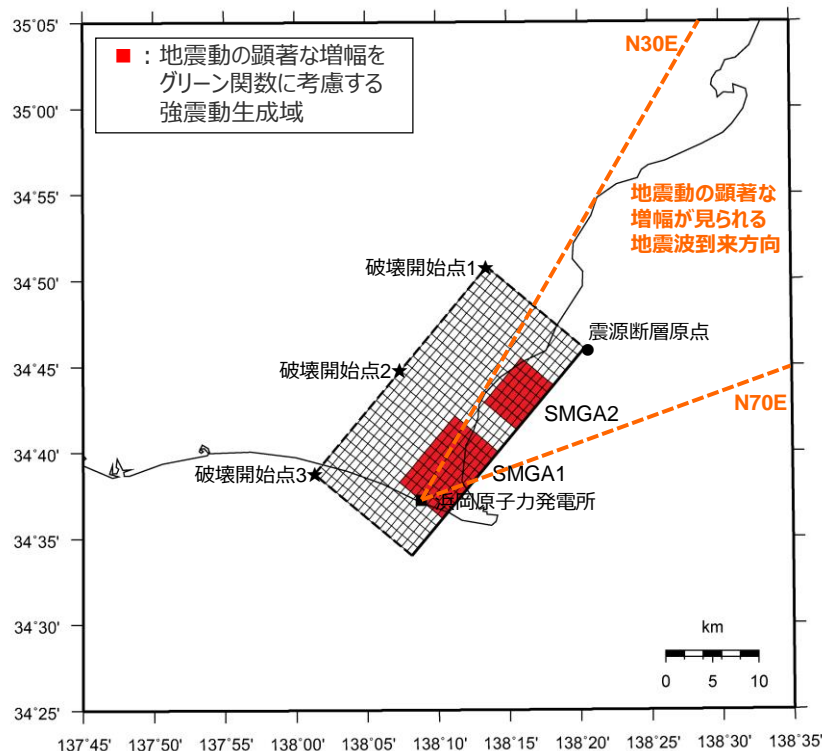
$$Vr = 0.72Vs$$

①地震動評価結果に反映された地震動の顕著な増幅の分析 (海洋プレート内地震の基本震源モデル(地震動の顕著な増幅を考慮))

【海洋プレート内地震の検討用地震(地震動の顕著な増幅を考慮)の地震動評価結果に反映された地震動の顕著な増幅の分析】

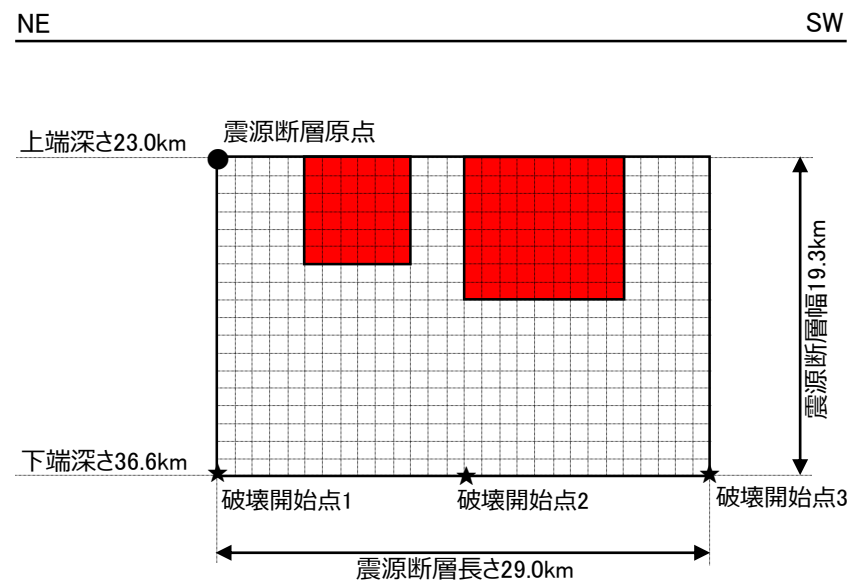
○海洋プレート内地震の検討用地震(地震動の顕著な増幅を考慮)の地震動評価では、震源モデル(地震動の顕著な増幅を考慮しない)の震源断層を移動させて、敷地近傍を含めて地震動の顕著な増幅が見られる地震波到来方向(N30E~N70E)に強震動生成域が位置するよう震源モデル(地震動の顕著な増幅を考慮)を新たに設定したうえで、地震動の顕著な増幅が見られる地震波到来方向(N30E~N70E)にある強震動生成域の小断層のグリーン関数に2009年駿河湾の地震(本震)の観測記録の再現検討で検証した増幅係数を考慮して断層モデルを用いた手法による地震動評価を実施。

⇒海洋プレート内地震について、基本震源モデル(地震動の顕著な増幅を考慮)を代表として、増幅係数を乗じる強震動生成域の小断層のみによる地震動(波形合成結果)を求め、地震動評価結果に反映された地震動の顕著な増幅の分析を行う。



(地表面投影図)

<海洋プレート内地震の基本震源モデル(地震動の顕著な増幅を考慮)>



(展開図)

①地震動評価結果に反映された地震動の顕著な増幅の分析 (海洋プレート内地震の基本震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮))

<海洋プレート内地震の基本震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮) の震源断層パラメータ>

震源断層パラメータ	設定方法	設定結果	震源断層パラメータ	設定方法	設定結果	
震源断層原点	敷地下方に設定	北緯34.766785度 東経138.33957度	強 震 動 生 成 域	地震モーメント	2009年駿河湾の地震の M_0 - M_{0SMGA} 関係及びスケーリング則による	1.06E+19 Nm
走向	プレートの沈み込み方向に直交	220 °		面積	2009年駿河湾の地震の M_0 - S_{SMGA} 関係及びスケーリング則による	114.3 km ²
傾斜角	2009年駿河湾の地震の知見に基づき設定	45 °		平均すべり量	$D_{SMGA} = M_{0SMGA} / (\mu S_{SMGA})$	2.05 m
すべり角	DC型	90 °		応力降下量	$\Delta\sigma_{SMGA} = A / (4\pi r_{SMGA} \beta^2), r_{SMGA} = (S_{SMGA} / \pi)^{0.5}$	30.71 MPa
震源断層長さ	$L = (S/6)^{0.5} \times 3$	29.0 km	強 震 動 生 成 域 1	面積	$S_{SMGA1} = S_{SMGA} \times (2/3)$	76.2 km ²
震源断層幅	$W = (S/6)^{0.5} \times 2$	19.3 km		地震モーメント	$M_{0SMGA1} = M_{0SMGA} \times S_{SMGA1}^{1.5} / (S_{SMGA1}^{1.5} + S_{SMGA2}^{1.5})$	7.85E+18 Nm
震源断層面積	$S = M_0 / (\mu D)$	559.8 km ²		平均すべり量	$D_{SMGA1} = M_{0SMGA1} / (\mu \cdot S_{SMGA1})$	2.27 m
震源断層上端深さ	2009年駿河湾の地震の知見に基づき設定	23 km	応力降下量	$\Delta\sigma_{SMGA1} = \Delta\sigma_{SMGA}$	30.71 MPa	
地震モーメント	2009年駿河湾の地震(鈴木・他(2009)の $M_0 = 4.6 \times 10^{18}$ Nm)の32 ^{0.5} 倍	2.60E+19 Nm	強 震 動 生 成 域 2	面積	$S_{SMGA2} = S_{SMGA} \times (1/3)$	38.1 km ²
モーメントマグニチュード	$M_w = (\log M_0 - 9.1) / 1.5$	6.9		地震モーメント	$M_{0SMGA2} = M_{0SMGA} \times S_{SMGA2}^{1.5} / (S_{SMGA1}^{1.5} + S_{SMGA2}^{1.5})$	2.78E+18 Nm
気象庁マグニチュード	M_j : フィリピン海プレート(領域1)におけるスラブ内地震の最大規模等を踏まえ設定	7.0		平均すべり量	$D_{SMGA2} = M_{0SMGA2} / (\mu \cdot S_{SMGA2})$	1.61 m
剛性率	$\mu = \rho \beta^2$ (β : 3.99 km/s, ρ : 2.85 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))	4.54E+10 N/m ²		応力降下量	$\Delta\sigma_{SMGA2} = \Delta\sigma_{SMGA}$	30.71 MPa
平均すべり量	$D = D_{SMGA} / \gamma_D, \gamma_D = 2.0$	1.02 m	背 景 領 域	地震モーメント	$M_{0back} = M_0 - M_{0SMGA}$	1.54E+19 Nm
平均応力降下量	$\Delta\sigma = (7/16) \cdot M_0 / (S/m)^{1.5}$	4.79 MPa		面積	$S_{back} = S - S_{SMGA}$	445.5 km ²
破壊伝播速度	V_r : 2009年駿河湾の地震の特性化震源モデルによる	3.4 km/s		平均すべり量	$D_{back} = M_{0back} / (\mu S_{back})$	0.76 m
短周期レベル	2009年駿河湾の地震の M_0 - A 関係及びスケーリング則による	3.71E+19 Nm/s ²		実効応力	$\sigma_{back} = (D_{back} / W_{back}) / (D_{SMGA} / W_{SMGA}) \Delta\sigma_{SMGA1}$ $W_{SMGA} = (\pi)^{0.5} r_{SMGA}^3 \gamma_i^3, W_{back} = W, \gamma_i = r_{SMGA} / r_{SMGA}, r_{SMGA} = (S_{SMGA} / \pi)^{0.5}$	4.66 MPa
f_{max}	中央防災会議(2004)による	6.0 Hz				

<補足説明資料④-41 地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価の結果の妥当性の確認>

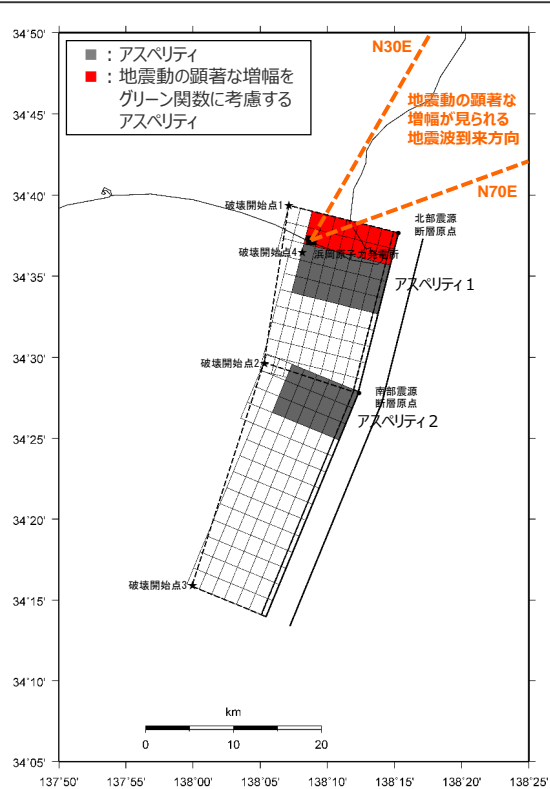
①地震動評価結果に反映された地震動の顕著な増幅の分析

(内陸地殻内地震の基本震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮))

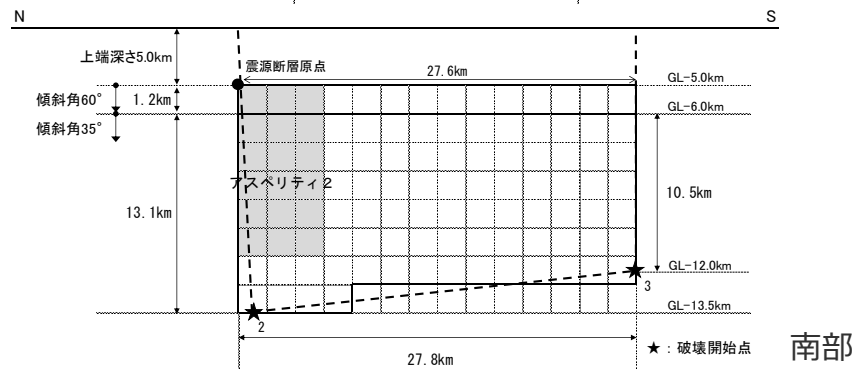
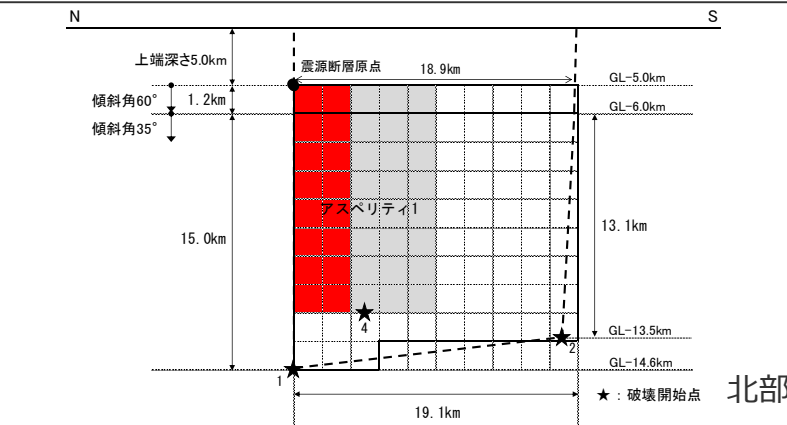
【内陸地殻内地震の検討用地震 (地震動の顕著な増幅を考慮) の地震動評価結果に反映された地震動の顕著な増幅の分析】

○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) の地震動評価では、震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮) は、震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮しない) において敷地近傍のアスぺリティが地震動の顕著な増幅が見られる地震波到来方向 (N30E~N70E) に位置しているため、これと同じとし、地震動の顕著な増幅が見られる地震波到来方向 (N30E~N70E) にあるアスぺリティの一部の小断層のグリーン関数に2009年駿河湾の地震 (本震) の観測記録の再現検討で検証した増幅係数を考慮して断層モデルを用いた手法による地震動評価を実施。

⇒内陸地殻内地震について、基本震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮) を代表として、増幅係数を乗じるアスぺリティの小断層のみによる地震動 (波形合成結果) を求め、地震動評価結果に反映された地震動の顕著な増幅の分析を行う。



(地表面投影図)



(展開図)

<内陸地殻内地震の基本震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮) (御前崎海脚西部の断層帯による地震) >

①地震動評価結果に反映された地震動の顕著な増幅の分析

(内陸地殻内地震の基本震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮))

<内陸地殻内地震の基本震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮) 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) >

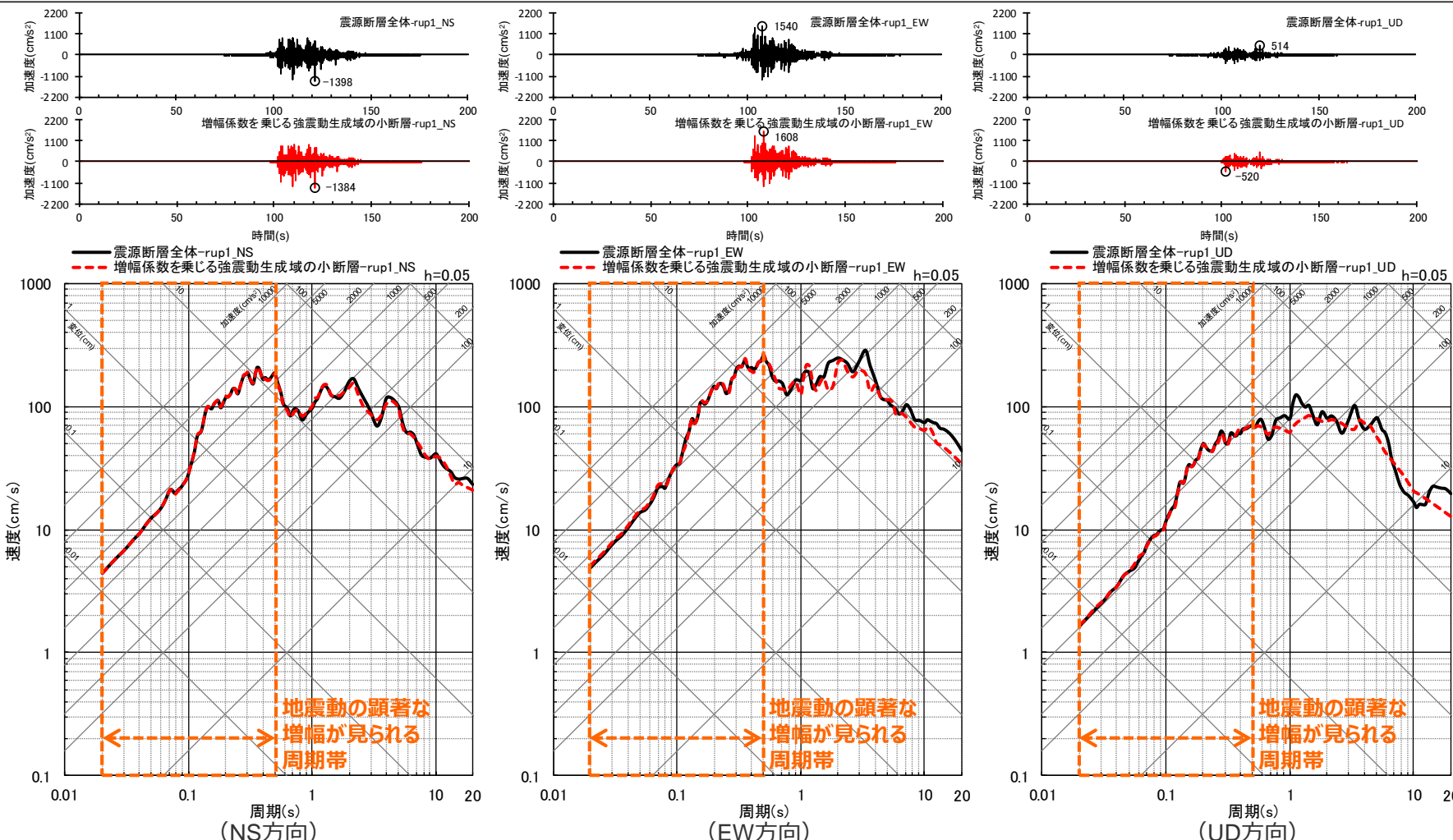
震源断層パラメータ		設定方法	単位	設定値
震源断層原点 (北端)	北部	北緯(世界測地系)	-	34.62800°
		東経(世界測地系)	-	138.25486°
	南部	北緯(世界測地系)	-	34.46467°
		東経(世界測地系)	-	138.20581°
走向	北部	地質調査結果による	-	194.1°NE
	南部	同上	-	202.4°NE
断層傾斜角	GL-6km以浅	同上	°	60
	GL-6km以深	同上	°	35
ずれの種類	同上	-	-	逆断層
震源断層上端深さ	地震発生層の検討結果による	km		5.0
震源断層下端深さ	北部	同上	km	13.5~14.6
	南部	同上	km	12.0~13.5
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	$L_{0,1}$: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	$L_{0,2}$: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	13.1~15.0
	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	10.5~13.1
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	281.51
	南部	S_2 :同上	km ²	353.63
震源断層面積	$S=S_1+S_2$	km ²		635.14
等価半径	$R=(S/\pi)^{0.5}$	km		14.22
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		2.24E+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		$M_I=(\log(L_{0,1}+L_{0,2})+2.9)/0.6$ (松田(1975))	-	7.6
		$M_J=(\log M_0-10.72)/1.17$ (武村(1990))	-	7.4
モーメントマグニチュード		$M_w=(\log M_0-9.1)/1.5$ (Kanamori(1977))	-	6.8
剛性率		$\mu=\rho\beta^2\beta$: 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		$D=M_0/(\mu S)$	m	1.02
平均応力降下量		$\Delta\sigma=(7/16)(M_0/R^3)$	MPa	3.42
短周期レベル		$A=2.46 \times 10^{10} \times (M_0 \times 10^7)^{1/3}$ (堀・他(2001))	Nm/s ²	1.49E+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
アスベリティ全体	等価半径	$r_a=(7\pi M_0\beta^2)/(4AR)$	km	7.27
	面積	$S_a=\pi r_a^2$	km ²	166.20
	平均すべり量	$D_a=2D$	m	2.043
	地震モーメント	$M_{0a}=\mu S_a D_a$	Nm	1.17E+19
	応力降下量	$\Delta\sigma_a=(7/16)M_0/(r_a^2 R)$	MPa	13.05
アスベリティ1	面積	$S_{a1}=(2/3) \times S_a$	km ²	110.80
	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	8.68E+18
	平均すべり量	$D_{a1}=M_{0a1}/(\mu S_{a1})$	m	2.264
	応力降下量	$\Delta\sigma_{a1}=\Delta\sigma_a$	MPa	13.05
アスベリティ2	面積	$S_{a2}=(1/3) \times S_a$	km ²	55.40
	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	3.07E+18
	平均すべり量	$D_{a2}=M_{0a2}/(\mu S_{a2})$	m	1.601
	応力降下量	$\Delta\sigma_{a2}=\Delta\sigma_a$	MPa	13.05
背景領域	面積	$S_b=S-S_a$	km ²	468.94
	地震モーメント	$M_{0b}=M_0-M_{0a}$	Nm	1.07E+19
	平均すべり量	$D_b=M_{0b}/(\mu S_b)$	m	0.659
	実効応力	$\sigma_b=0.2\Delta\sigma_a$	MPa	2.61

①地震動評価結果に反映された地震動の顕著な増幅の分析

(地震動の顕著な増幅を考慮する強震動生成域の小断層による影響 (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)))

- 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) について、増幅係数を乗じる強震動生成域 (駿河湾SMGA②と東海SMGA①) の小断層による地震動レベルは、地震動の顕著な増幅が見られる周期帯 (周期0.5秒程度以下) において、震源断層全体と同程度である。

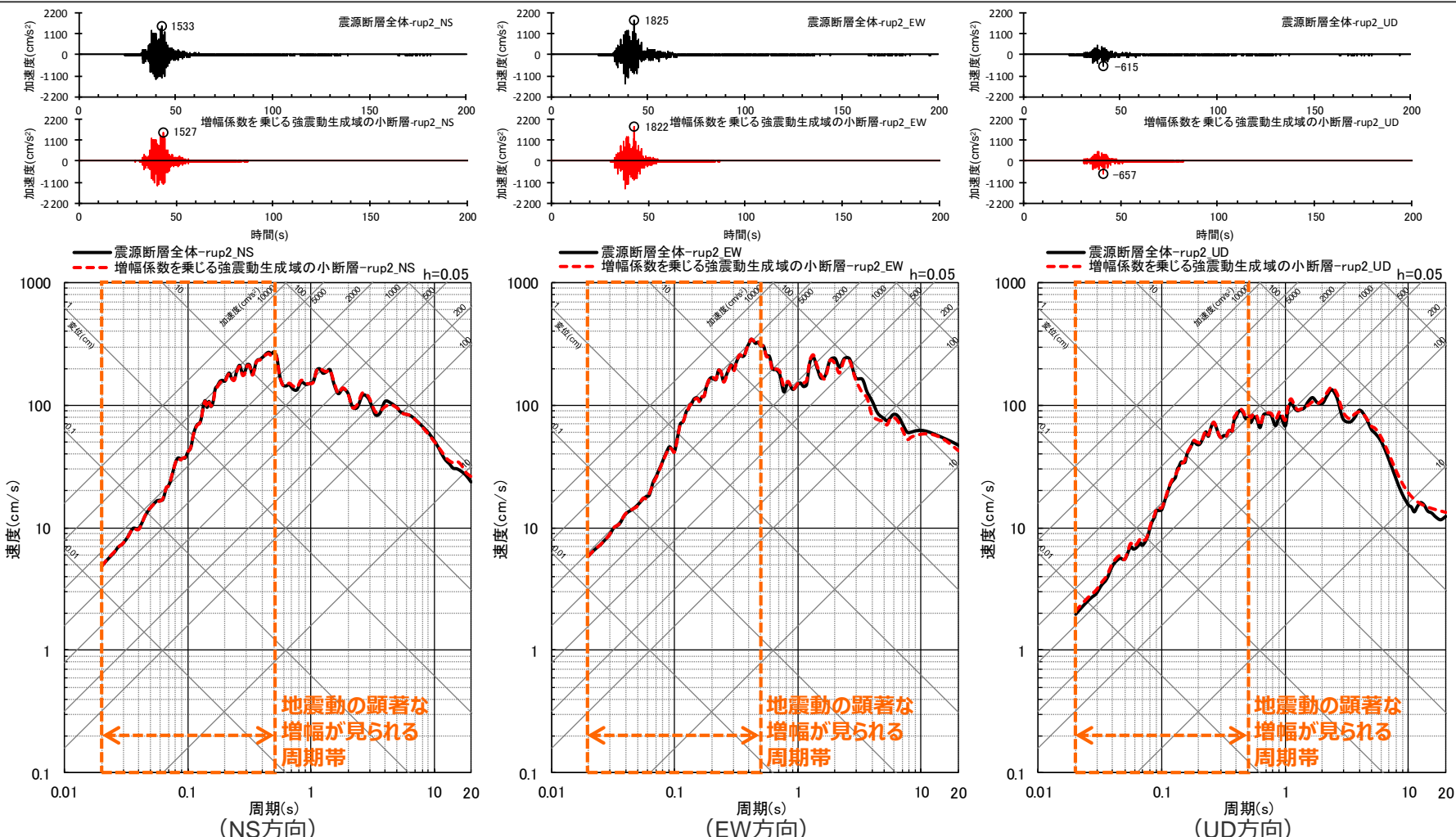


<断層モデルを用いた手法による地震動評価結果の比較 (上段: 加速度時刻歴波形、下段: 応答スペクトル) >
(プレート間地震の強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮) (破壊開始点1))

①地震動評価結果に反映された地震動の顕著な増幅の分析

(地震動の顕著な増幅を考慮する強震動生成域の小断層による影響 (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)))

- 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) について、増幅係数を乗じる強震動生成域 (駿河湾SMGA②と東海SMGA①) の小断層による地震動レベルは、地震動の顕著な増幅が見られる周期帯 (周期0.5秒程度以下) において、震源断層全体と同程度である。

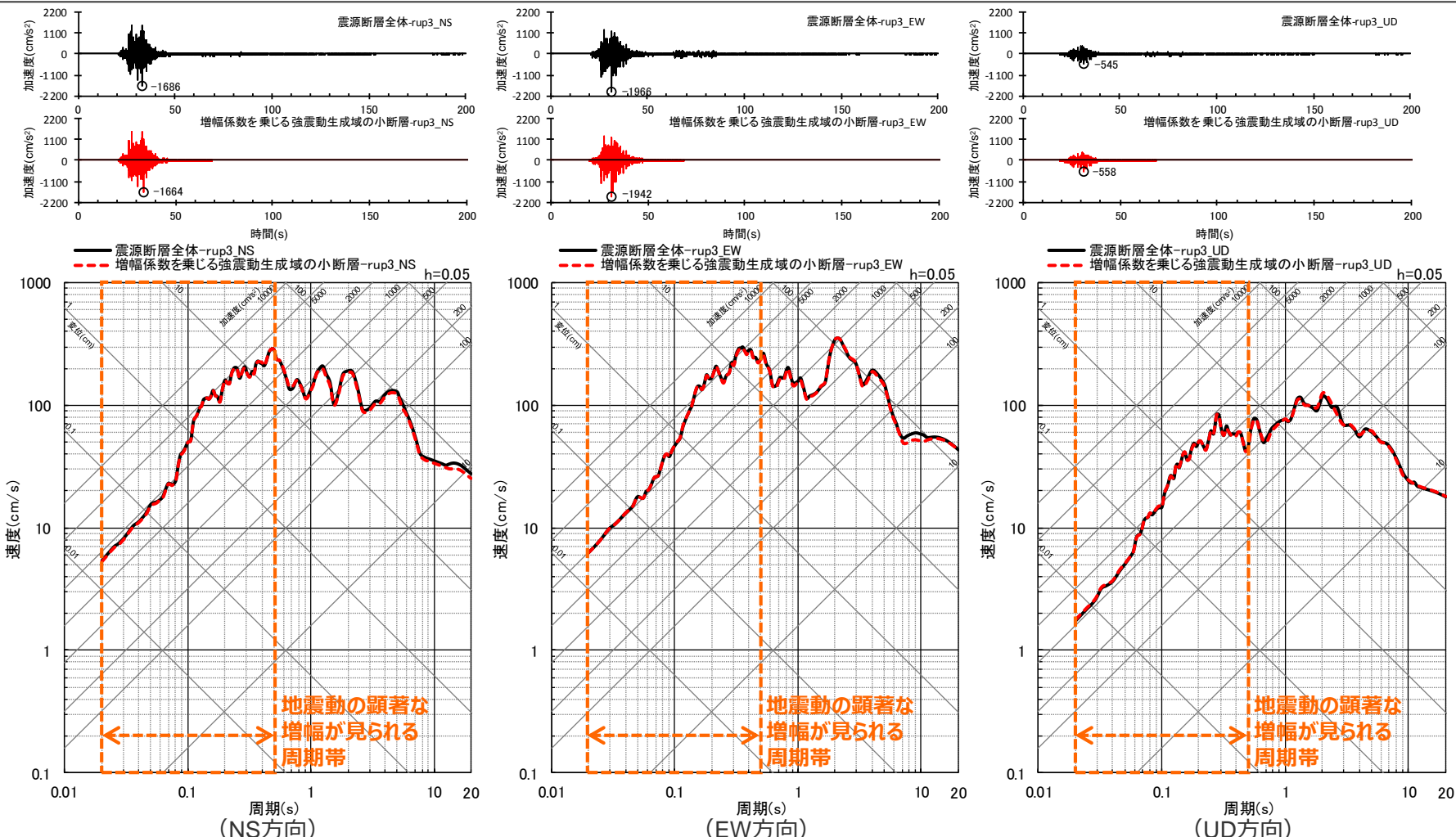


＜断層モデルを用いた手法による地震動評価結果の比較 (上段: 加速度時刻歴波形、下段: 応答スペクトル) >
(プレート間地震の強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮) (破壊開始点2))

①地震動評価結果に反映された地震動の顕著な増幅の分析

(地震動の顕著な増幅を考慮する強震動生成域の小断層による影響 (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)))

○ 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) について、増幅係数を乗じる強震動生成域 (駿河湾SMGA②と東海SMGA①) の小断層による地震動レベルは、地震動の顕著な増幅が見られる周期帯 (周期0.5秒程度以下) において、震源断層全体と同程度である。



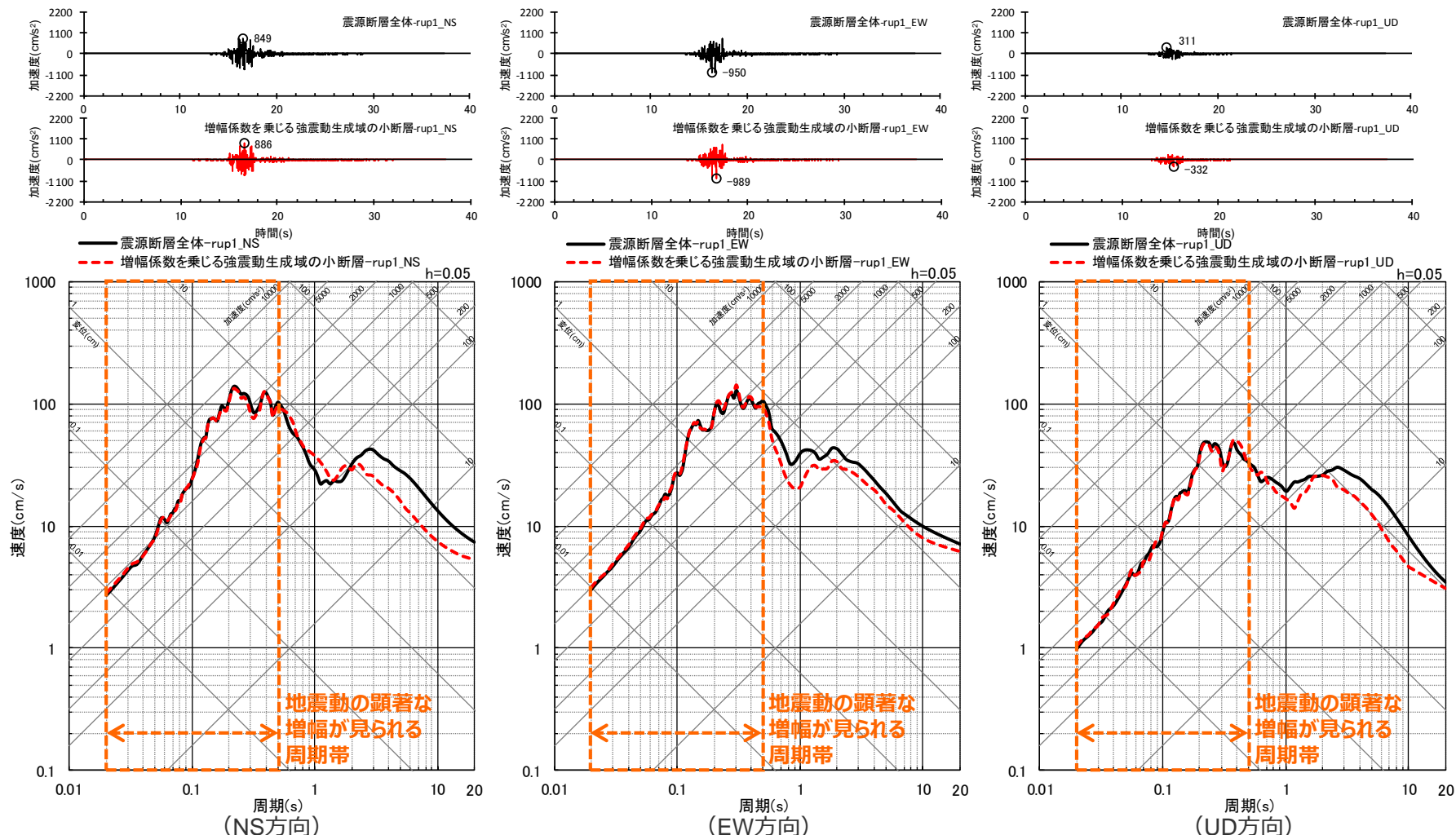
<断層モデルを用いた手法による地震動評価結果の比較 (上段: 加速度時刻歴波形、下段: 応答スペクトル) >
(プレート間地震の強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮) (破壊開始点3))

<補足説明資料④-41 地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価の結果の妥当性の確認>

①地震動評価結果に反映された地震動の顕著な増幅の分析

(地震動の顕著な増幅を考慮する強震動生成域の小断層による影響 (海洋プレート内地震の基本震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮)))

○海洋プレート内地震の基本震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮) について、増幅係数を乗じる強震動生成域 (SMGA1とSMGA2) の小断層による地震動レベルは、地震動の顕著な増幅が見られる周期帯 (周期0.5秒程度以下) において震源断層全体と同程度である。



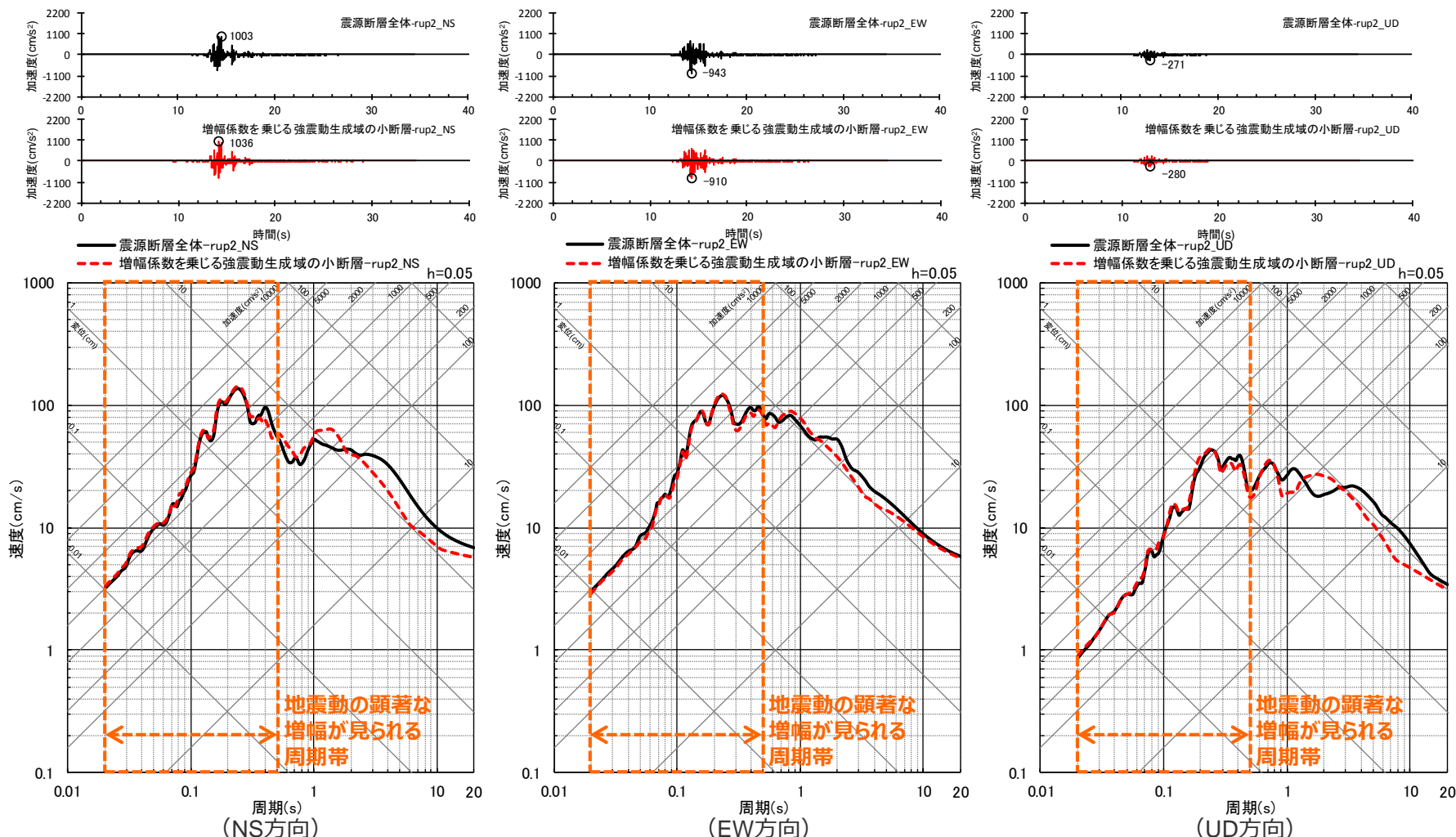
<断層モデルを用いた手法による地震動評価結果の比較 (上段: 加速度時刻歴波形、下段: 応答スペクトル) >
(海洋プレート内地震の基本震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮) (破壊開始点1))

<補足説明資料④-41 地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価の結果の妥当性の確認>

①地震動評価結果に反映された地震動の顕著な増幅の分析

(地震動の顕著な増幅を考慮する強震動生成域の小断層による影響 (海洋プレート内地震の基本震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮)))

○海洋プレート内地震の基本震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮) について、増幅係数を乗じる強震動生成域 (SMGA1とSMGA2) の小断層による地震動レベルは、地震動の顕著な増幅が見られる周期帯 (周期0.5秒程度以下) において震源断層全体と同程度である。



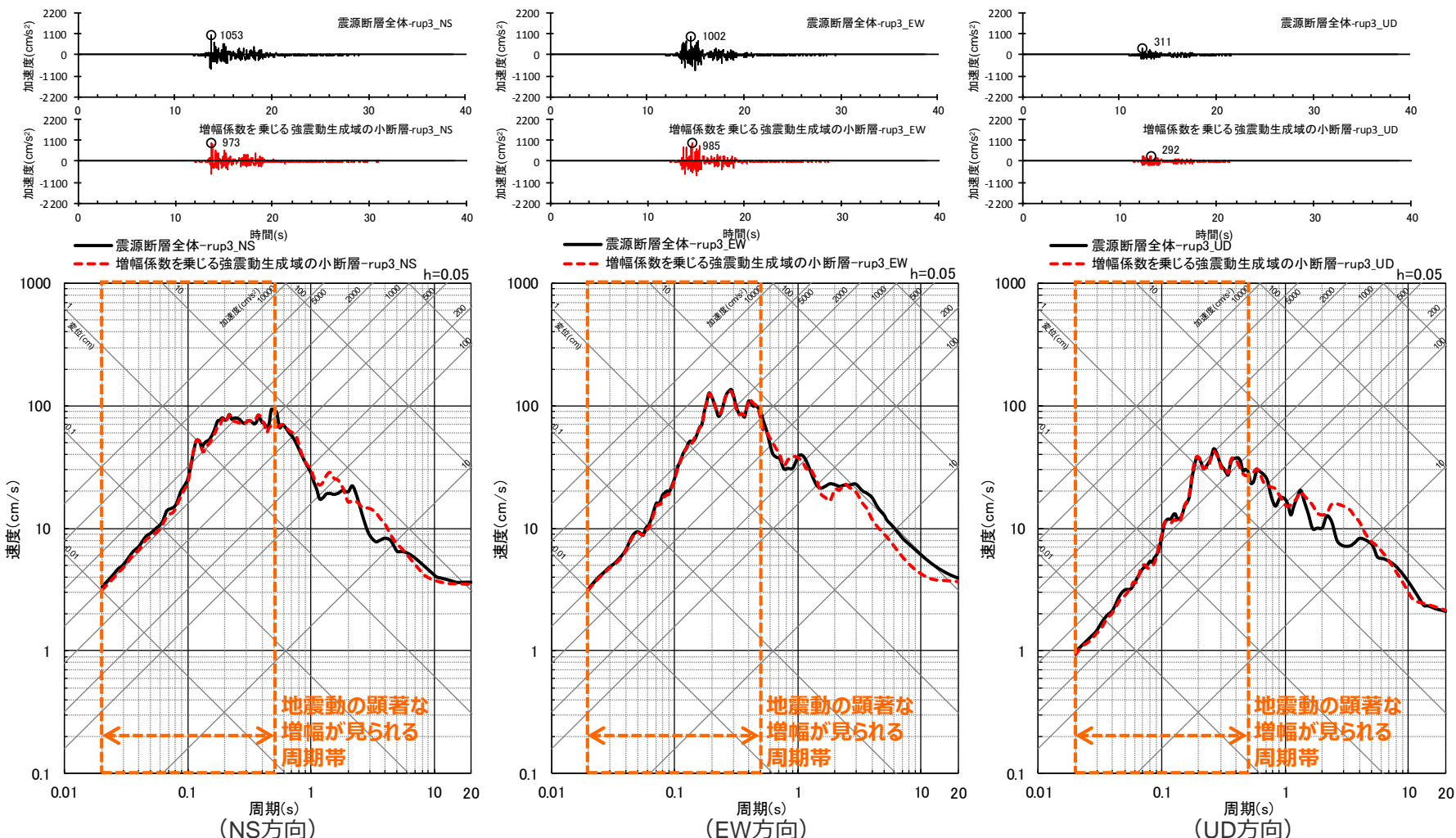
<断層モデルを用いた手法による地震動評価結果の比較 (上段: 加速度時刻歴波形、下段: 応答スペクトル)>
(海洋プレート内地震の基本震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮) (破壊開始点2))

<補足説明資料④-41 地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価の結果の妥当性の確認>

①地震動評価結果に反映された地震動の顕著な増幅の分析

(地震動の顕著な増幅を考慮する強震動生成域の小断層による影響 (海洋プレート内地震の基本震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮)))

○ 海洋プレート内地震の基本震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮) について、増幅係数を乗じる強震動生成域 (SMGA1とSMGA2) の小断層による地震動レベルは、地震動の顕著な増幅が見られる周期帯 (周期0.5秒程度以下) において震源断層全体と同程度である。



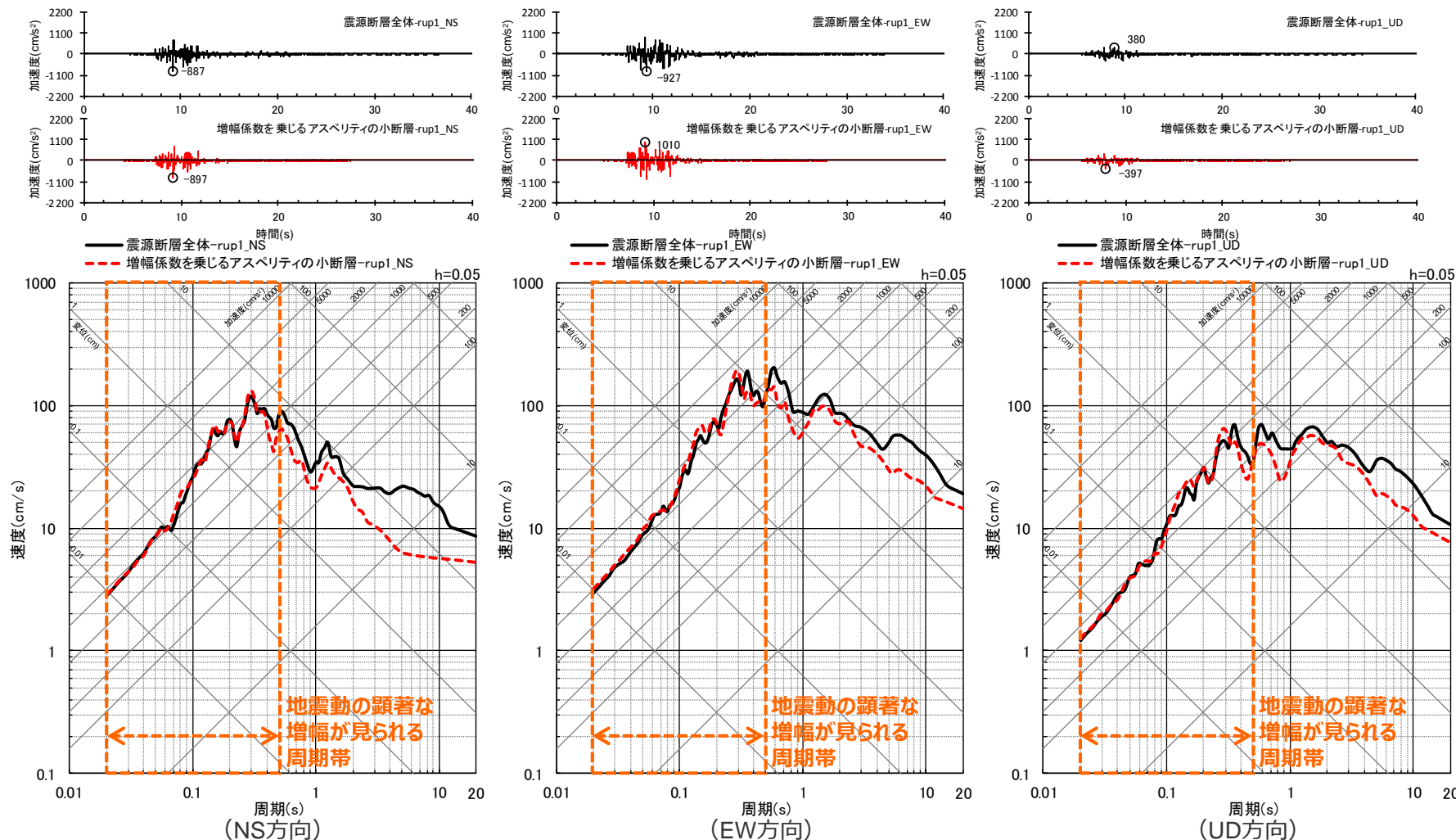
<断層モデルを用いた手法による地震動評価結果の比較 (上段: 加速度時刻歴波形、下段: 応答スペクトル)>
(海洋プレート内地震の基本震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮) (破壊開始点3))

<補足説明資料④-41 地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価の結果の妥当性の確認>

①地震動評価結果に反映された地震動の顕著な増幅の分析

(地震動の顕著な増幅を考慮するアスペリティの小断層による影響 (内陸地殻内地震の基本震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮)))

○内陸地殻内地震の基本震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮) (破壊開始点1) について、増幅係数を乗じるアスペリティ (アスペリティ 1 の一部) の小断層による地震動レベルは、地震動の顕著な増幅が見られる周期帯 (周期0.5秒程度以下) において震源断層全体と同程度である。



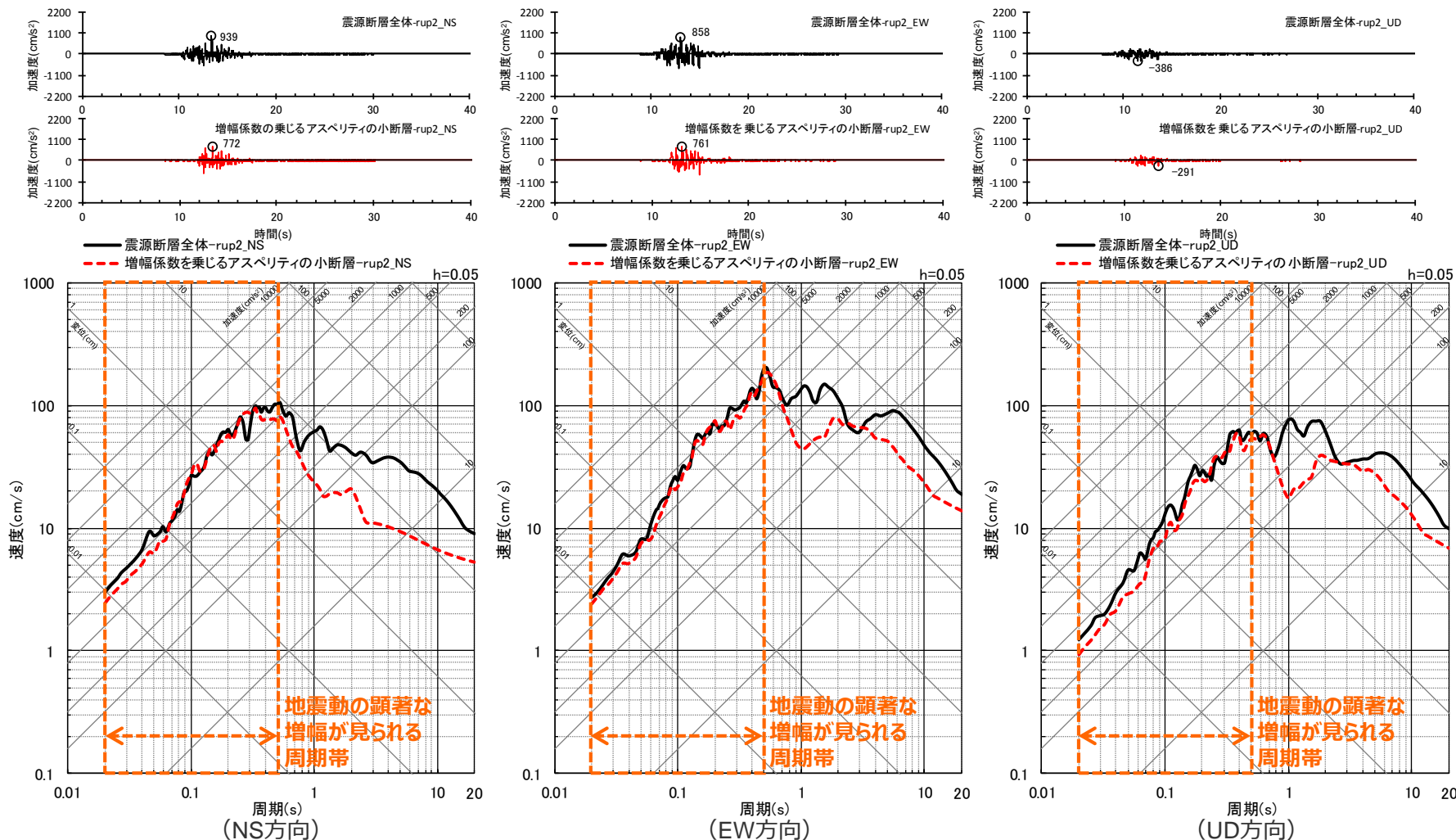
<断層モデルを用いた手法による地震動評価結果の比較 (上段: 加速度時刻歴波形、下段: 応答スペクトル) >
(内陸地殻内地震の基本震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮) (破壊開始点1))

<補足説明資料④-41 地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価の結果の妥当性の確認>

①地震動評価結果に反映された地震動の顕著な増幅の分析

(地震動の顕著な増幅を考慮するアスペリティの小断層による影響 (内陸地殻内地震の基本震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮)))

○内陸地殻内地震の基本震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮) (破壊開始点2) について、増幅係数を乗じるアスペリティ (アスペリティ 1 の一部) の小断層による地震動レベルは、地震動の顕著な増幅が見られる周期帯 (周期0.5秒程度以下) において震源断層全体と比べやや小さい。



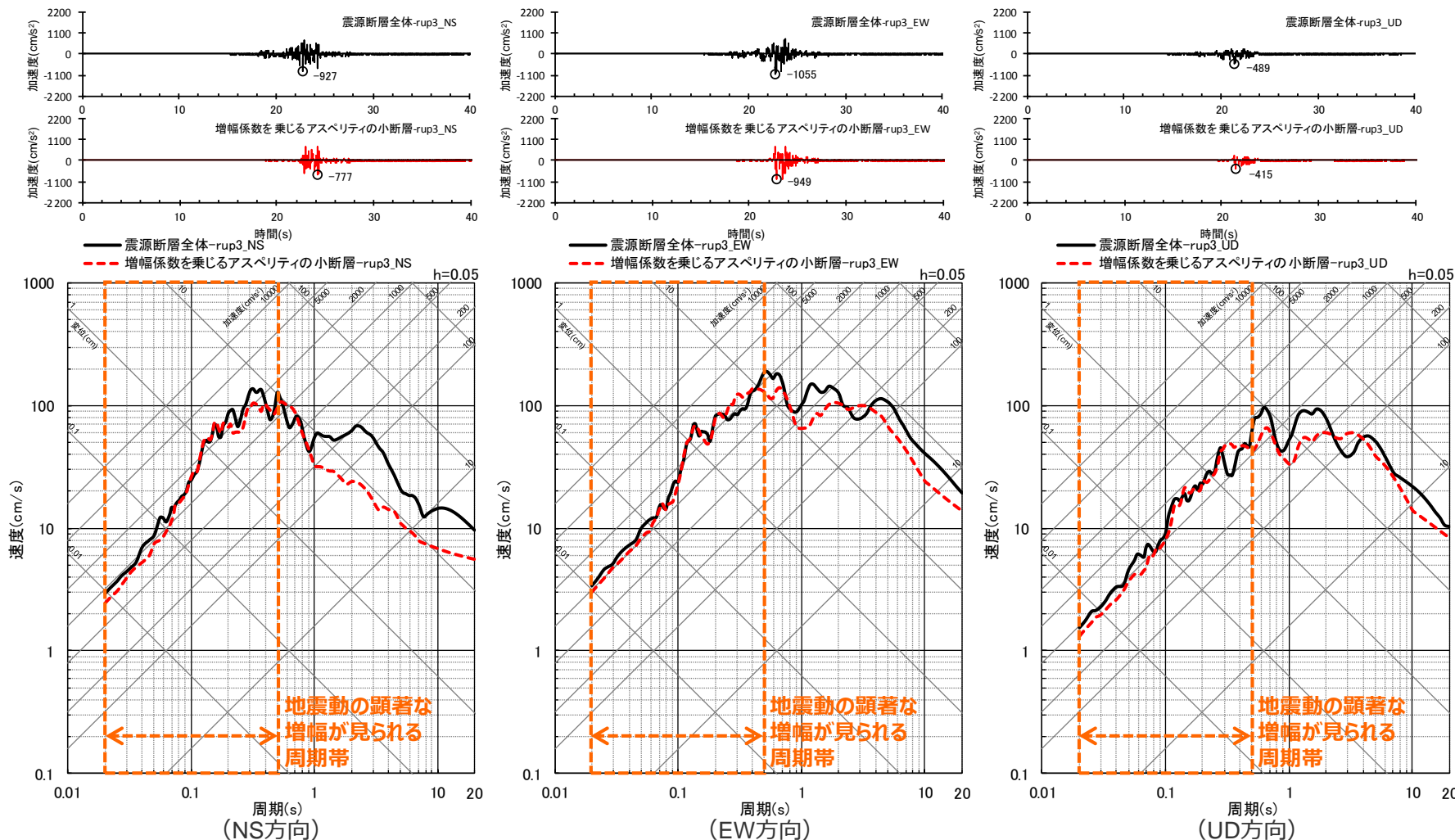
<断層モデルを用いた手法による地震動評価結果の比較 (上段: 加速度時刻歴波形、下段: 応答スペクトル) >
(内陸地殻内地震の基本震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮) (破壊開始点2))

<補足説明資料④-41 地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価の結果の妥当性の確認>

①地震動評価結果に反映された地震動の顕著な増幅の分析

(地震動の顕著な増幅を考慮するアスペリティの小断層による影響 (内陸地殻内地震の基本震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮)))

○ 内陸地殻内地震の基本震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮) (破壊開始点3) について、増幅係数を乗じるアスペリティ (アスペリティ 1 の一部) の小断層による地震動レベルは、地震動の顕著な増幅が見られる周期帯 (周期0.5秒程度以下) において震源断層全体と比べやや小さい。



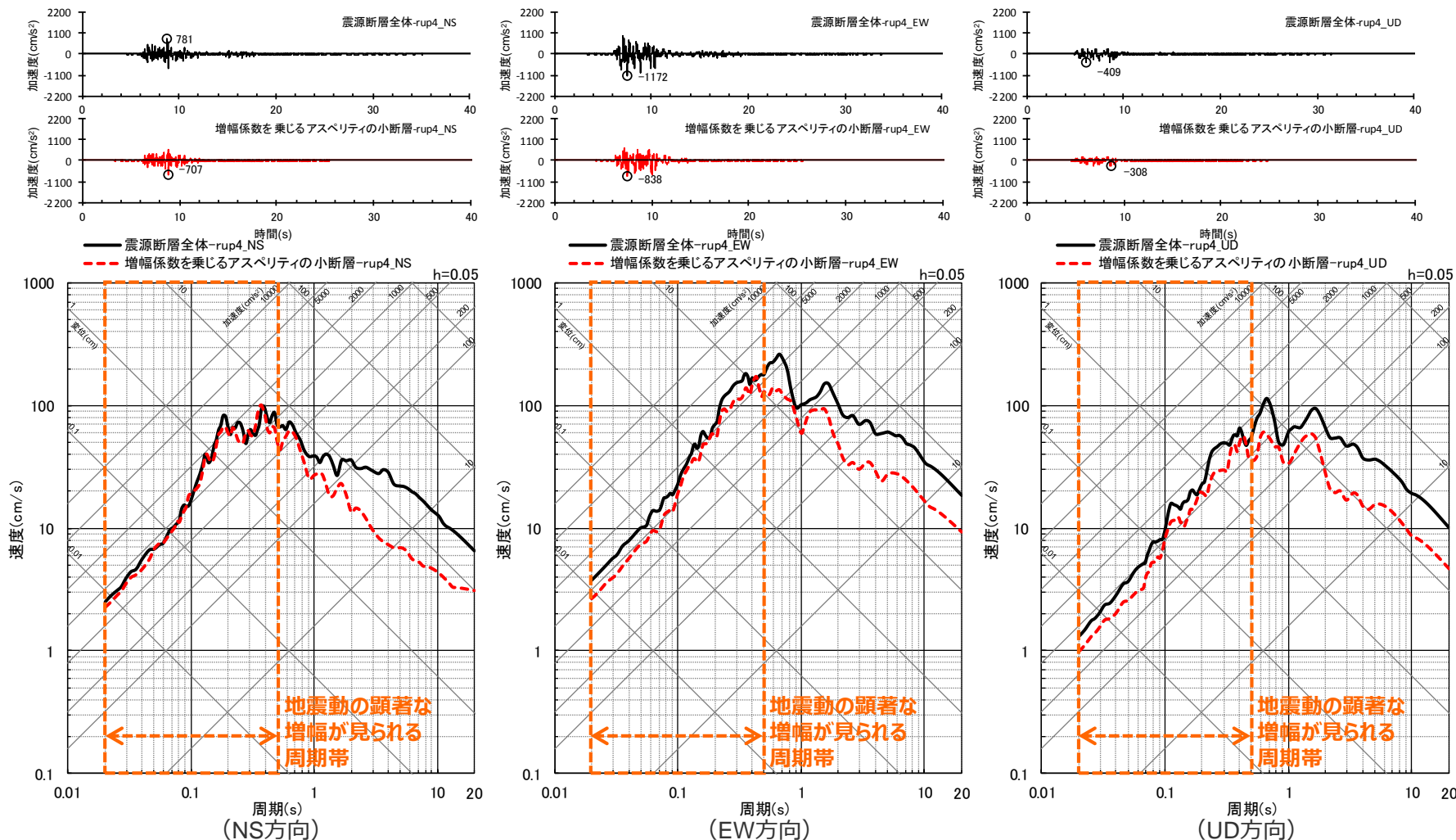
<断層モデルを用いた手法による地震動評価結果の比較 (上段: 加速度時刻歴波形、下段: 応答スペクトル) >
(内陸地殻内地震の基本震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮) (破壊開始点3))

<補足説明資料④-41 地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価の結果の妥当性の確認>

①地震動評価結果に反映された地震動の顕著な増幅の分析

(地震動の顕著な増幅を考慮するアスペリティの小断層による影響 (内陸地殻内地震の基本震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮)))

○内陸地殻内地震の基本震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮) (破壊開始点4) について、増幅係数を乗じるアスペリティ (アスペリティ 1 の一部) の小断層による地震動レベルは、地震動の顕著な増幅が見られる周期帯 (周期0.5秒程度以下) において震源断層全体と比べやや小さい。



<断層モデルを用いた手法による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) >
(内陸地殻内地震の基本震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮) (破壊開始点4))

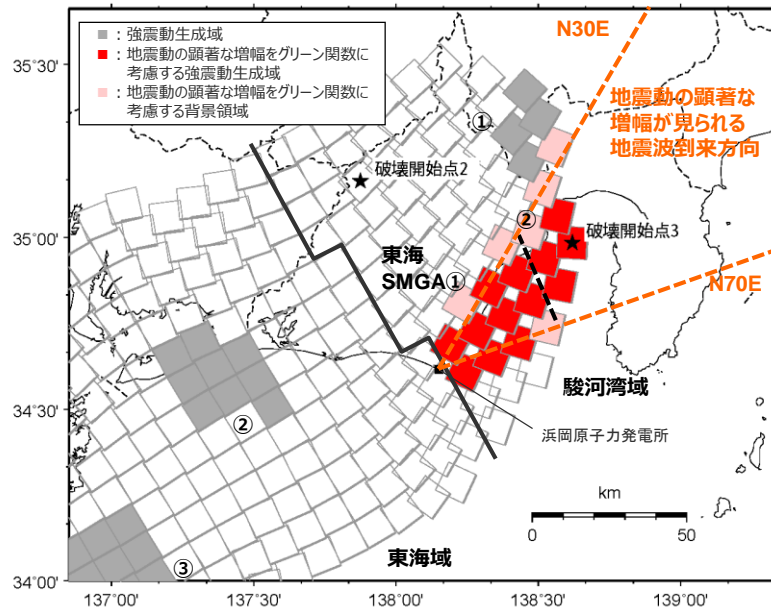
<補足説明資料④-41 地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価の結果の妥当性の確認>

①地震動評価結果に反映された地震動の顕著な増幅の分析

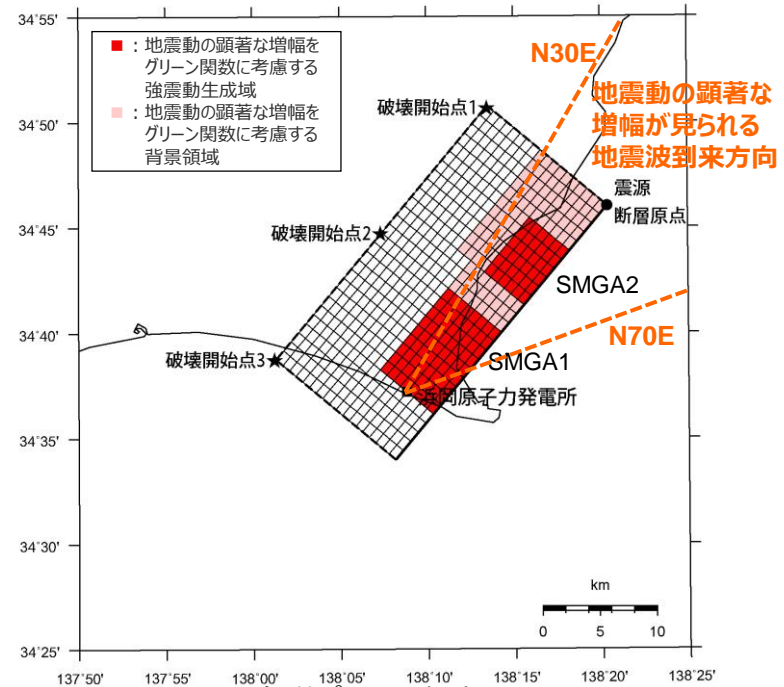
(「増幅方向」に位置する背景領域の小断層による影響の確認 (検討概要))

【「増幅方向」に位置する背景領域の小断層による影響の確認】

- 特性化震源モデルを用いた地震動評価は、背景領域からの地震動の短周期への影響は強震動生成域（アスペリティ）に比べて小さいとして検討し、震源断層全体の短周期の地震動レベルを強震動生成域（アスペリティ）からの地震動のみで評価する考え方により行われていることを踏まえ、断層モデルを用いた手法による地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価では、地震動の顕著な増幅が見られた短周期の地震動に及ぼす影響が支配的な強震動生成域（アスペリティ）に着目し、短周期の地震動評価に一般的に用いられる統計的グリーン関数法において、**「増幅方向」の敷地近傍に強震動生成域（アスペリティ）を保守的に配置したうえで、「増幅方向」に位置する強震動生成域（アスペリティ）からの地震動のみに顕著な増幅を反映する方法**（強震動生成域（アスペリティ）の小断層のグリーン関数に増幅係数を乗じる方法）を用いている。
- 増幅係数を乗じる強震動生成域（アスペリティ）を保守的に「増幅方向」の敷地近傍に配置したうえで評価を行うため、「増幅方向」に位置する背景領域の小断層は敷地から離れることとなり、その影響は小さく、「増幅方向」の敷地近傍に配置した強震動生成域（アスペリティ）による影響が支配的であると考えられるが、ここでは、「増幅方向」に背景領域の小断層が位置するプレート間地震及び海洋プレート内地震の検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）を対象に、「増幅方向」に位置する背景領域の小断層のグリーン関数にも増幅係数を乗じた場合の影響確認を行う。



<プレート間地震>



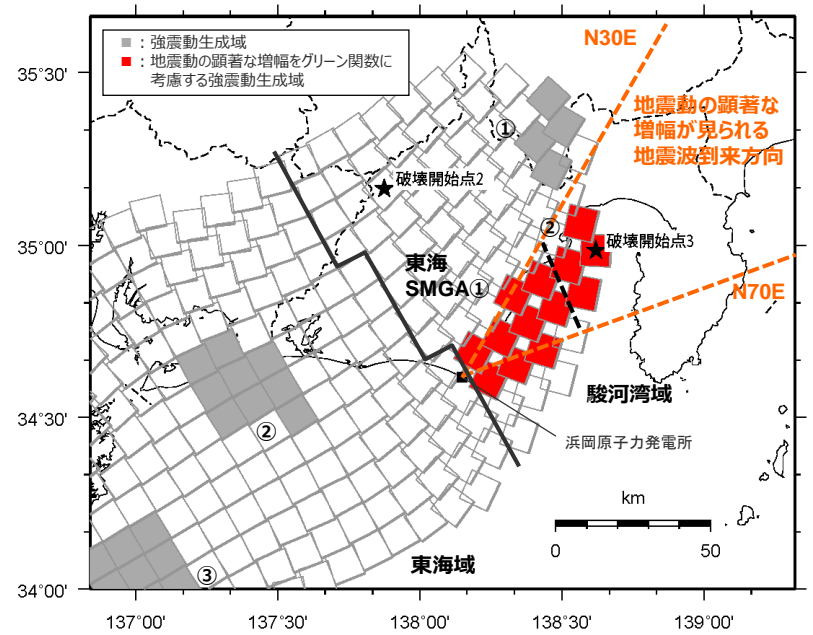
<海洋プレート内地震>

●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。
 - - - - : 東海SMGA①と駿河湾SMGA②の境界を表す。

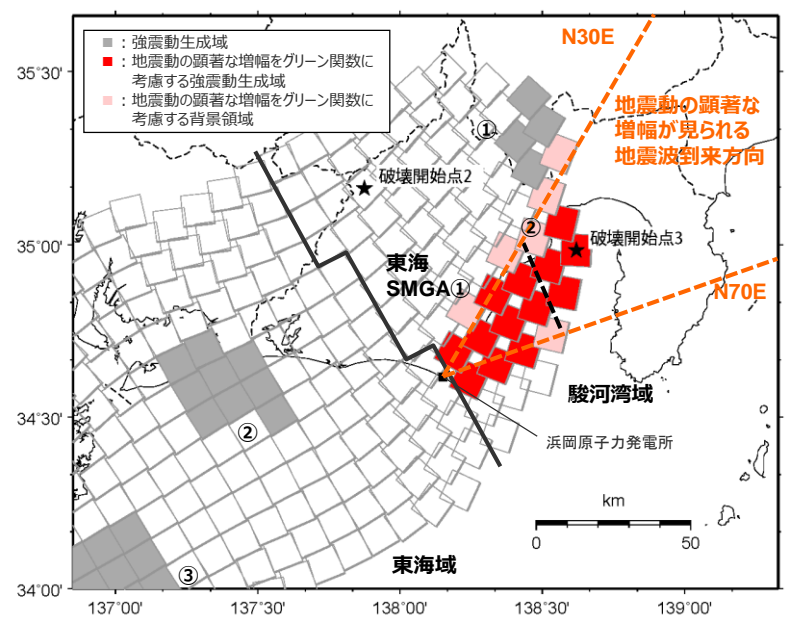
①地震動評価結果に反映された地震動の顕著な増幅の分析

(「増幅方向」に位置する背景領域の小断層による影響の確認 (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)))

○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) について、「増幅方向」に位置する背景領域の小断層による影響を確認するため、「増幅方向」の敷地近傍に配置した強震動生成域 (駿河湾SMGA②及び東海SMGA①) に加え、「増幅方向」に位置する背景領域の小断層にも増幅係数を乗じる場合の統計的グリーン法による地震動評価を行い、「増幅方向」に位置する背景領域の小断層には増幅係数を乗じない場合との比較を行う。



<「増幅方向」に位置する背景領域の小断層には増幅係数を乗じない場合の地震動評価>

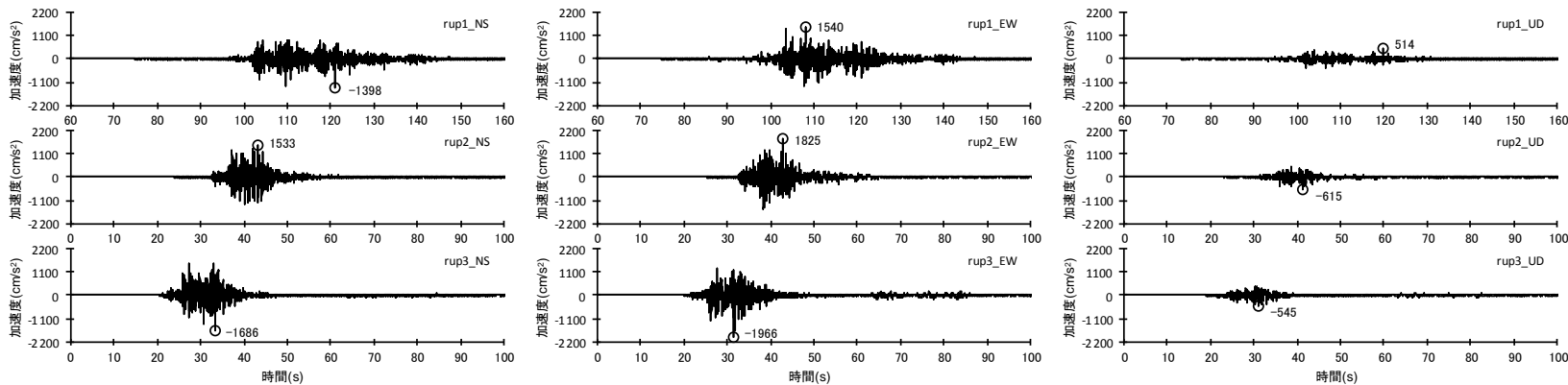


<「増幅方向」に位置する背景領域の小断層にも増幅係数を乗じる場合の地震動評価>

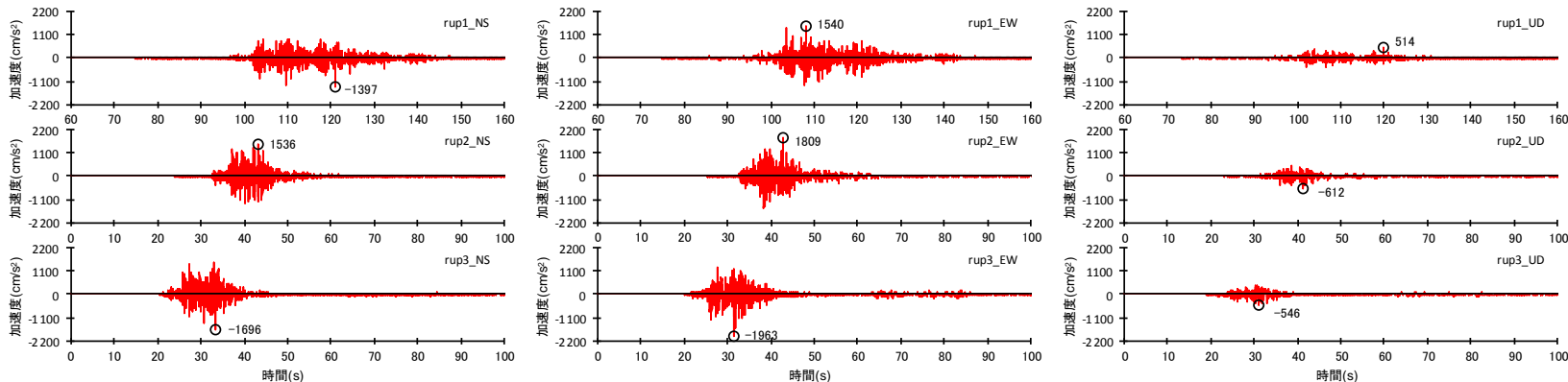
・黒字の丸数字はプレート間地震の強震動生成域のNo.を表す。
・---: 東海SMGA①と駿河湾SMGA②の境界を表す。

①地震動評価結果に反映された地震動の顕著な増幅の分析

(「増幅方向」に位置する背景領域の小断層による影響の確認 (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)))



(「増幅方向」に位置する背景領域の小断層には増幅係数を乗じない場合の地震動評価)



(「増幅方向」に位置する背景領域の小断層にも増幅係数を乗じる場合の地震動評価)

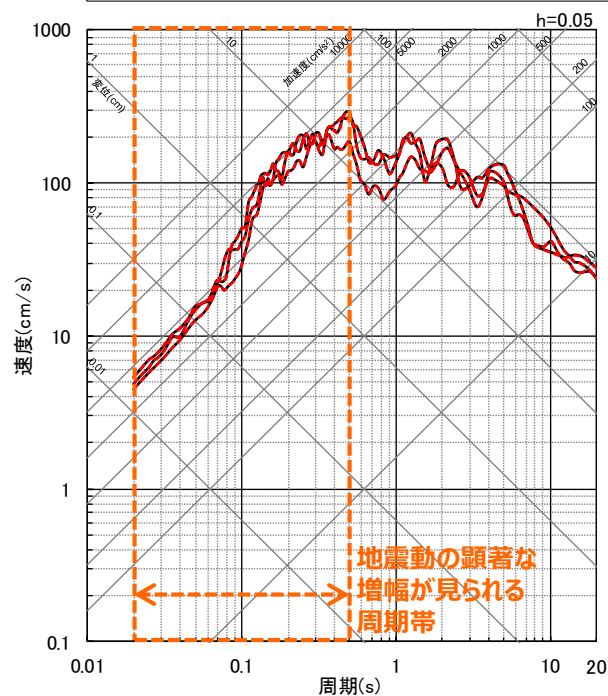
＜断層モデルを用いた手法による地震動評価結果の比較 (加速度時刻歴波形) __ (破壊開始点1~3) __ >

①地震動評価結果に反映された地震動の顕著な増幅の分析

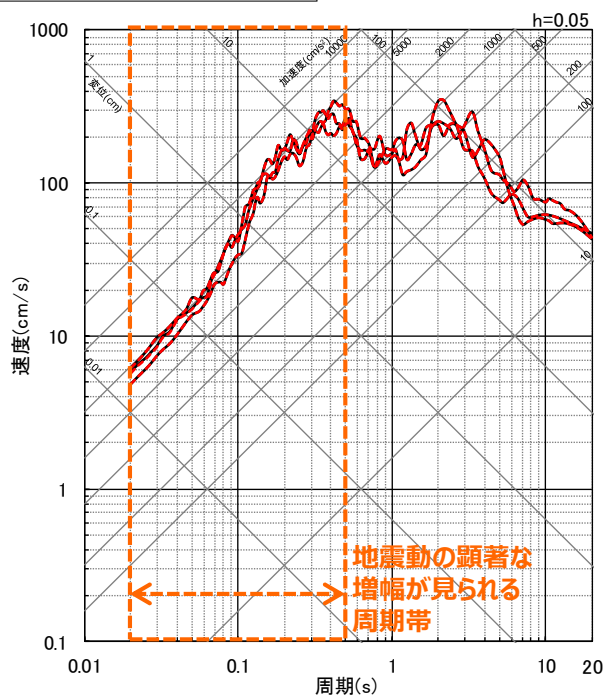
(「増幅方向」に位置する背景領域の小断層による影響の確認 (プレート間地震の強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮)))

○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) について、「増幅方向」の敷地近傍に配置した強震動生成域 (駿河湾SMGA①及び東海SMGA①) に加え、「増幅方向」に位置する背景領域の小断層にも増幅係数を乗じる場合の地震動レベルは、地震動の顕著な増幅が見られる周期帯 (周期0.5秒以下) において、「増幅方向」に位置する背景領域の小断層には増幅係数を乗じない場合と同程度であり、「増幅方向」に位置する背景領域の小断層による影響は小さく、「増幅方向」の敷地近傍に配置した強震動生成域 (駿河湾SMGA①及び東海SMGA①) による影響が支配的であることを確認した。

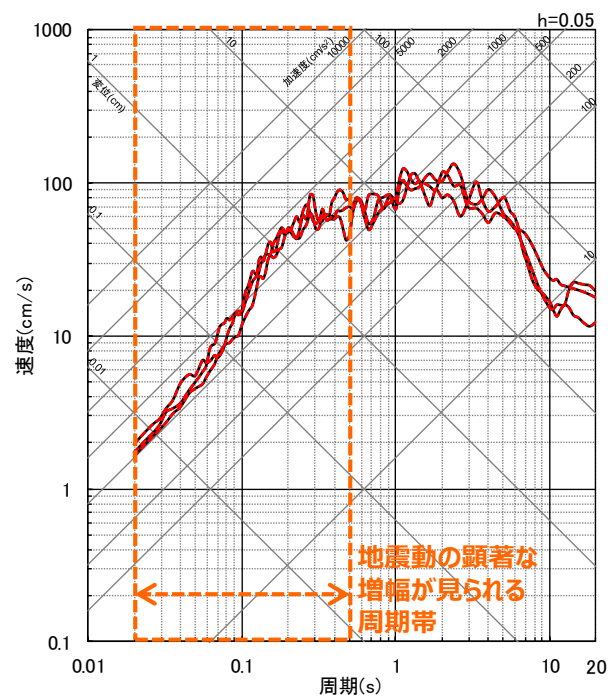
— 「増幅方向」に位置する背景領域の小断層には増幅係数を乗じない場合の地震動評価
- - - 「増幅方向」に位置する背景領域の小断層にも増幅係数を乗じる場合の地震動評価



(NS方向)



(EW方向)



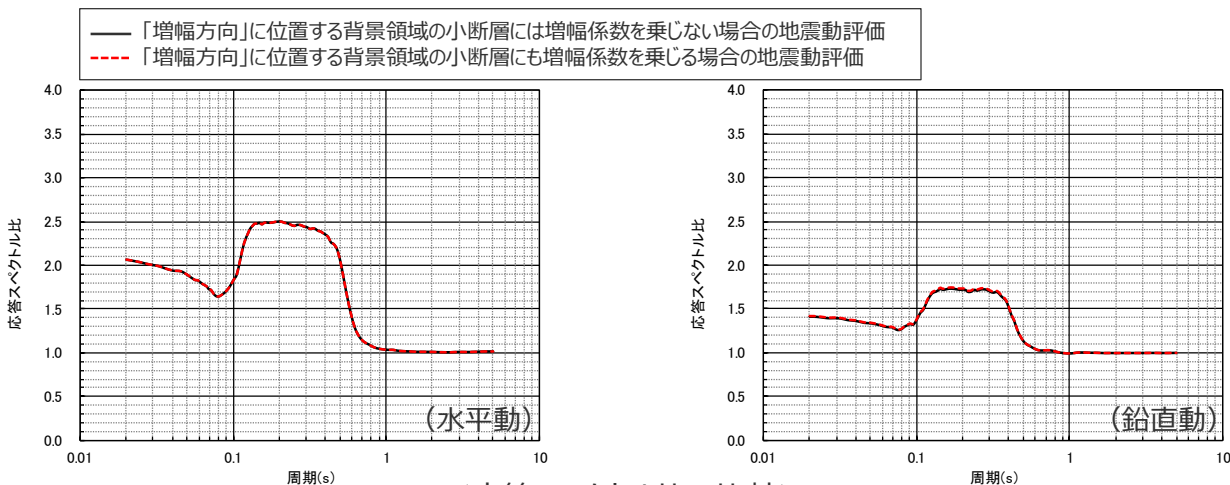
(UD方向)

<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) ... (破壊開始点1~3) ... >

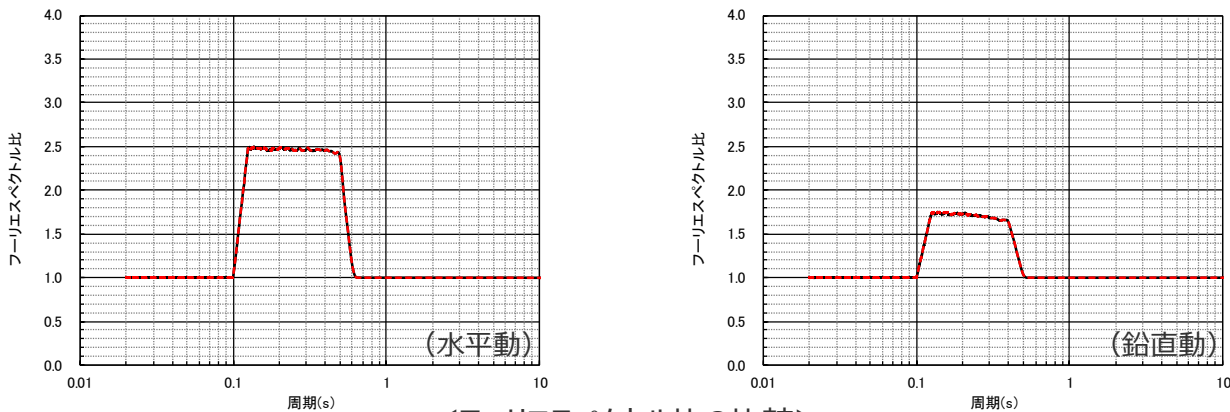
①地震動評価結果に反映された地震動の顕著な増幅の分析

(「増幅方向」に位置する背景領域の小断層による影響の確認 (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)))

○ 前述のとおり、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) について、「増幅方向」の敷地近傍に配置した強震動生成域 (駿河湾SMGA①及び東海SMGA①) に加え、「増幅方向」に位置する背景領域の小断層にも増幅係数を乗じる場合の地震動レベルは、地震動の顕著な増幅が見られる周期帯 (周期0.5秒以下) において、「増幅方向」に位置する背景領域の小断層には増幅係数を乗じない場合と同程度であり、その結果に基づく応答スペクトル比も同程度となっている。また、フーリエスペクトル比も同程度となっている。



<応答スペクトル比の比較>



<フーリエスペクトル比の比較>

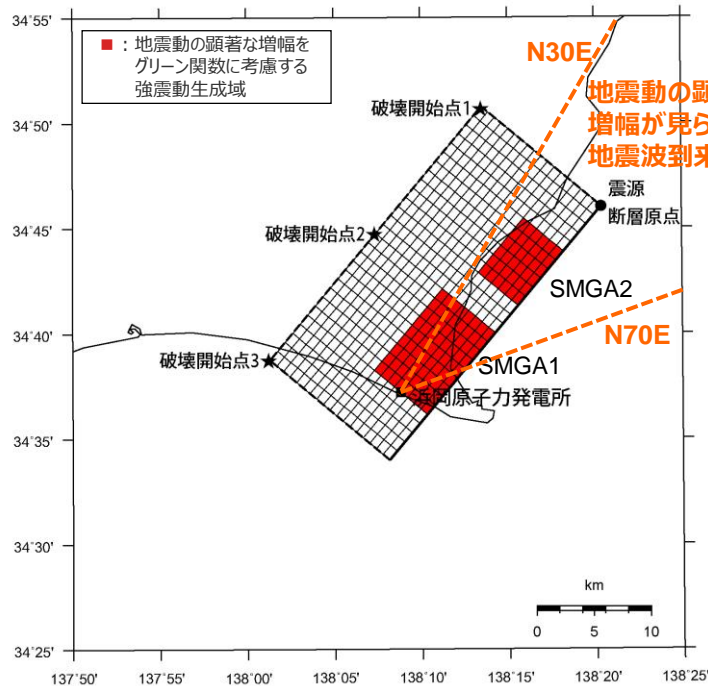
※ 水平動はNS方向とEW方向の平均。

<補足説明資料④-41 地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価の結果の妥当性の確認>

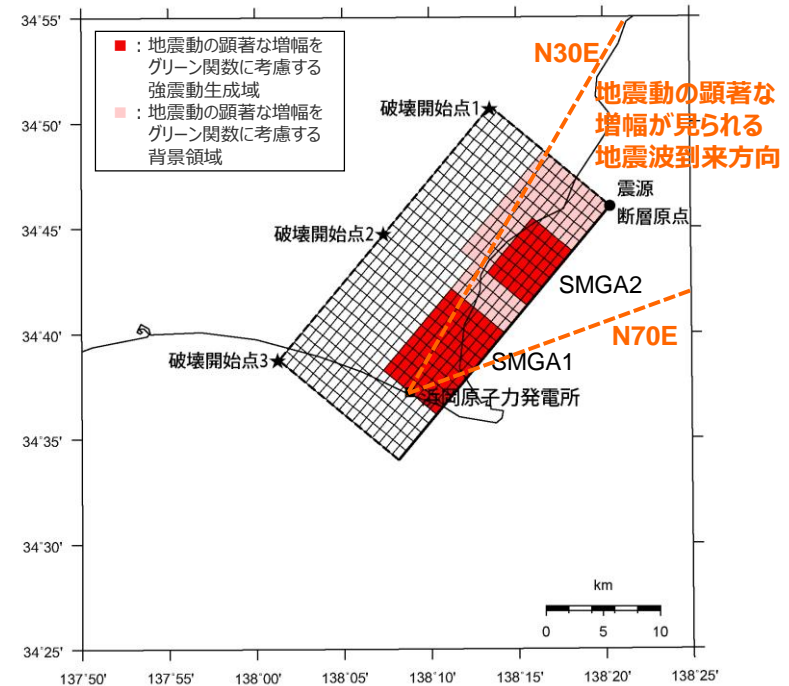
①地震動評価結果に反映された地震動の顕著な増幅の分析

(「増幅方向」に位置する背景領域の小断層による影響の確認 (海洋プレート内地震の基本震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮)))

○海洋プレート内地震の基本震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮) について、「増幅方向」に位置する背景領域の小断層による影響を確認するため、「増幅方向」の敷地近傍に配置した強震動生成域に加え、「増幅方向」に位置する背景領域の小断層にも増幅係数を乗じる場合の統計的グリーン法による地震動評価を行い、「増幅方向」に位置する背景領域の小断層には増幅係数を乗じない場合との比較を行う。



<「増幅方向」に位置する背景領域の小断層には増幅係数を乗じない場合の地震動評価>

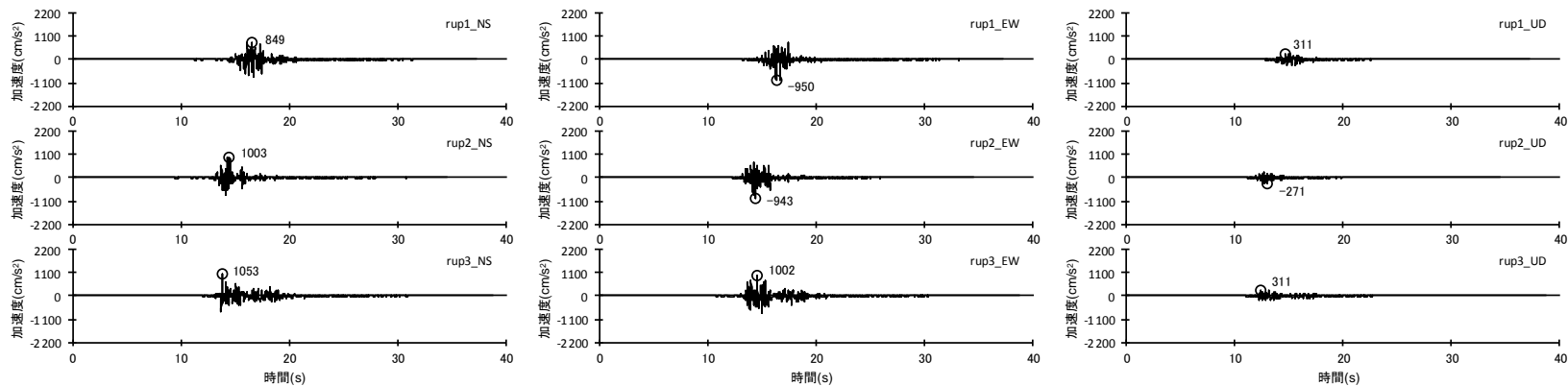


<「増幅方向」に位置する背景領域の小断層にも増幅係数を乗じる場合の地震動評価>

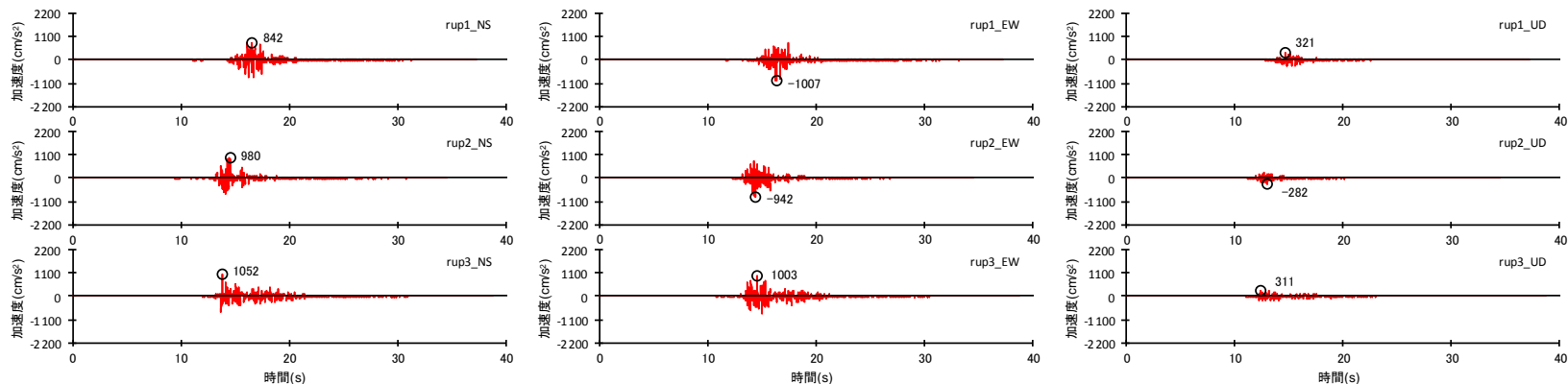
<補足説明資料④-41 地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価の結果の妥当性の確認>

①地震動評価結果に反映された地震動の顕著な増幅の分析

(「増幅方向」に位置する背景領域の小断層による影響の確認 (海洋プレート内地震の基本震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮)))



(「増幅方向」に位置する背景領域の小断層には増幅係数を乗じない場合の地震動評価)



(「増幅方向」に位置する背景領域の小断層にも増幅係数を乗じる場合の地震動評価)

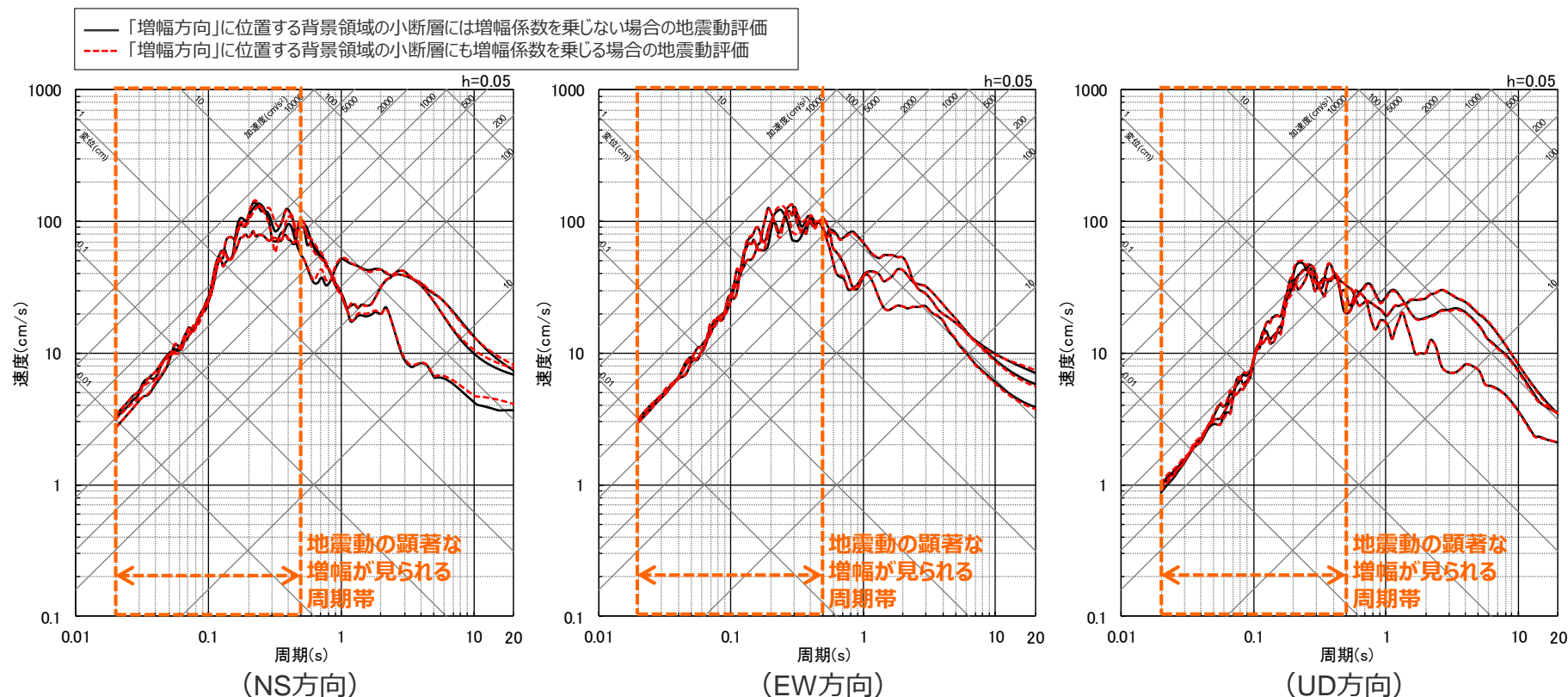
<断層モデルを用いた手法による地震動評価結果の比較 (加速度時刻歴波形) ... (破壊開始点1~3) ... >

<補足説明資料④-41 地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価の結果の妥当性の確認>

①地震動評価結果に反映された地震動の顕著な増幅の分析

(「増幅方向」に位置する背景領域の小断層による影響の確認 (海洋プレート内地震の基本震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮)))

○海洋プレート内地震の基本震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮) について、「増幅方向」の敷地近傍に配置した強震動生成域 (SMGA1及びSMGA2) に加え、「増幅方向」に位置する背景領域の小断層にも増幅係数を乗じる場合の地震動レベルは、地震動の顕著な増幅が見られる周期帯 (周期0.5秒以下) において、「増幅方向」に位置する背景領域の小断層には増幅係数を乗じない場合と同程度であり、「増幅方向」に位置する背景領域の小断層による影響は小さく、「増幅方向」の敷地近傍に配置した強震動生成域 (SMGA1及びSMGA2) による影響が支配的であることを確認した。



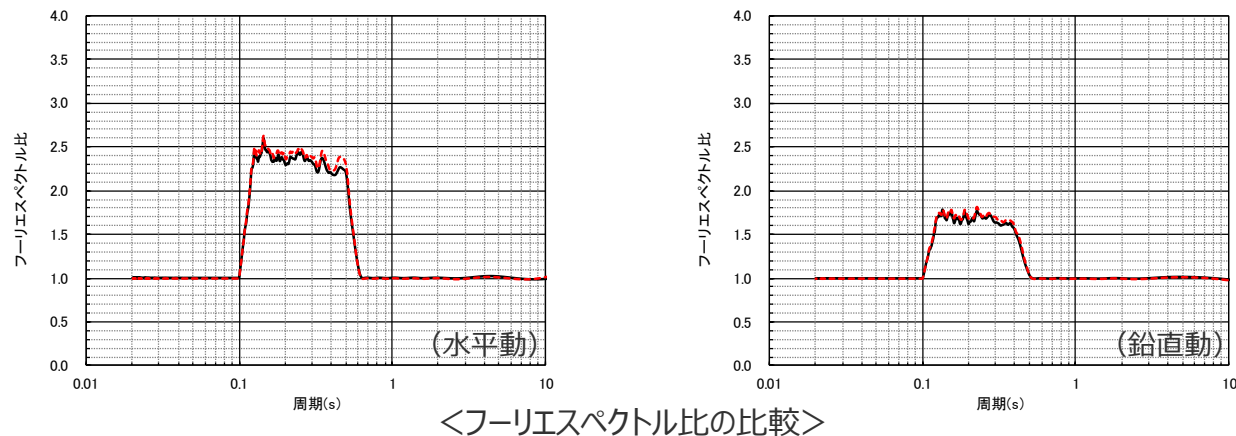
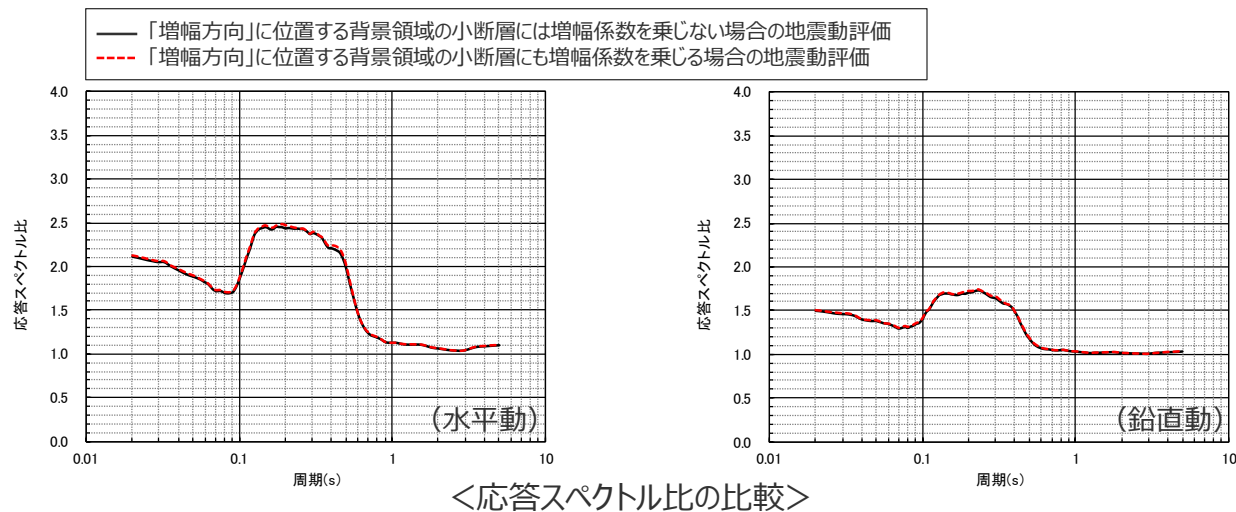
<断層モデルを用いた手法による地震動評価結果の比較 (応答スペクトル) ... (破壊開始点1~3) ... >

<補足説明資料④-41 地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価の結果の妥当性の確認>

①地震動評価結果に反映された地震動の顕著な増幅の分析

(「増幅方向」に位置する背景領域の小断層による影響の確認 (海洋プレート内地震の基本震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮)))

○ 前述のとおり、海洋プレート内地震の基本震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮) について、「増幅方向」の敷地近傍に配置した強震動生成域 (SMGA1及びSMGA2) に加え、「増幅方向」に位置する背景領域の小断層にも増幅係数を乗じる場合の地震動レベルは、地震動の顕著な増幅が見られる周期帯 (周期0.5秒以下) において、「増幅方向」に位置する背景領域の小断層には増幅係数を乗じない場合と同程度であり、その結果に基づく応答スペクトル比も同程度となっている。また、フーリエスペクトル比も同程度となっている。



※ 水平動はNS方向とEW方向の平均。

・ 統計的グリーン関数法による。
 ・ 破壊開始点1~3の平均。

<補足説明資料④-41 地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価の結果の妥当性の確認>

①地震動評価結果に反映された地震動の顕著な増幅の分析

(「増幅方向」に位置する背景領域の小断層による影響の確認 (小括))

【「増幅方向」に位置する背景領域の小断層による影響の確認 (p.584再掲)】

- 特性化震源モデルを用いた地震動評価では、背景領域からの地震動の短周期への影響は強震動生成域 (アスペリティ) に比べて小さいとして検討し、震源断層全体の**短周期の地震動レベルを強震動生成域 (アスペリティ) からの地震動のみで評価する考え方**により行われていることを踏まえ、断層モデルを用いた手法による地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価では、地震動の顕著な増幅が見られた短周期の地震動に及ぼす影響が支配的な強震動生成域 (アスペリティ) に着目し、短周期の地震動評価に一般的に用いられる統計的グリーン関数法において、「増幅方向」の敷地近傍に**強震動生成域 (アスペリティ) を保守的に配置したうえで、「増幅方向」に位置する強震動生成域 (アスペリティ) からの地震動にのみ顕著な増幅を反映する方法** (強震動生成域 (アスペリティ) の小断層のグリーン関数に増幅係数を乗じる方法) を用いている。
- 増幅係数を乗じる強震動生成域 (アスペリティ) を保守的に「増幅方向」の敷地近傍に配置したうえで評価を行うため、「増幅方向」に位置する背景領域の小断層は敷地から離れることとなり、その影響は小さく、「増幅方向」の敷地近傍に配置した強震動生成域 (アスペリティ) による影響が支配的であると考えられるが、ここでは、「増幅方向」に背景領域の小断層が位置するプレート間地震及び海洋プレート内地震の検討用地震 (地震動の顕著な増幅を考慮) を対象に、「増幅方向」に位置する背景領域の小断層のグリーン関数にも増幅係数を乗じた場合の影響確認を行う。

- プレート間地震及び海洋プレート内地震の検討用地震 (地震動の顕著な増幅を考慮) の地震動の顕著な増幅が見られる周期帯 (周期0.5秒程度以下) の地震動評価結果について、「増幅方向」に位置する背景領域の小断層による影響は小さく、「増幅方向」の敷地近傍に配置した強震動生成域による影響が支配的であることを確認した。

<補足説明資料④-41 地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価の結果の妥当性の確認>

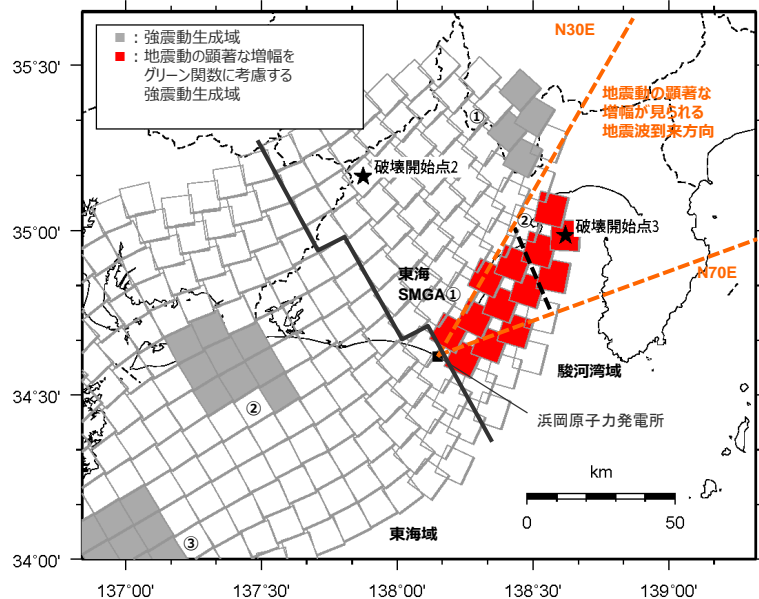
①地震動評価結果に反映された地震動の顕著な増幅の分析

(地震動の顕著な増幅を考慮する強震動生成域 (アスペリティ) の小断層による波形のフーリエスペクトル比 (検討概要))

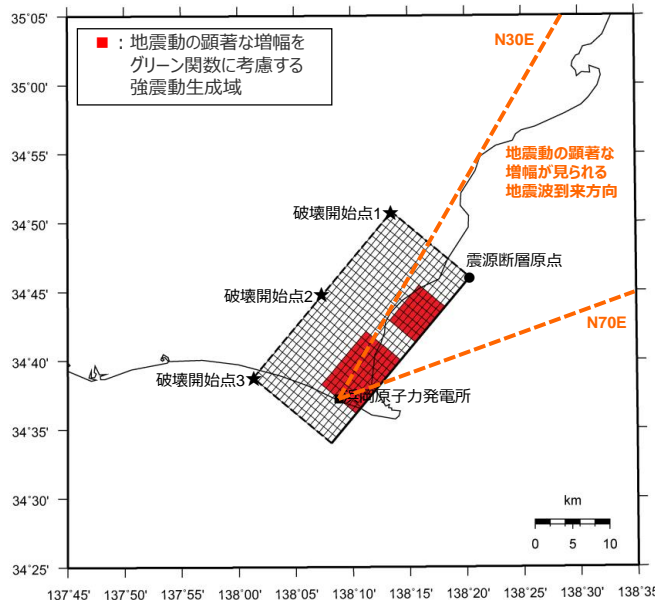
○各地震タイプ (内陸地殻内地震、プレート間地震、海洋プレート内地震) の検討用地震 (地震動の顕著な増幅を考慮) の断層モデルを用いた手法による地震動評価について、『2009年駿河湾の地震 (本震) の観測記録の再現検討と同じ増幅係数を乗じる強震動生成域 (アスペリティ) の小断層のみによる地震動 (波形合成結果) のフーリエスペクトル比 (地震動の顕著な増幅を考慮する場合 / 地震動の顕著な増幅を考慮しない場合)』を算出することで地震動評価結果に反映された地震動の顕著な増幅を分析し、**2009年駿河湾の地震 (本震) の観測記録の再現検討で確認した地震動の顕著な増幅と同じ特性が反映されていることを確認する。**また、**第882回審査会**で提示したフーリエスペクトル比との違いについても分析する。

フーリエスペクトル比を算出

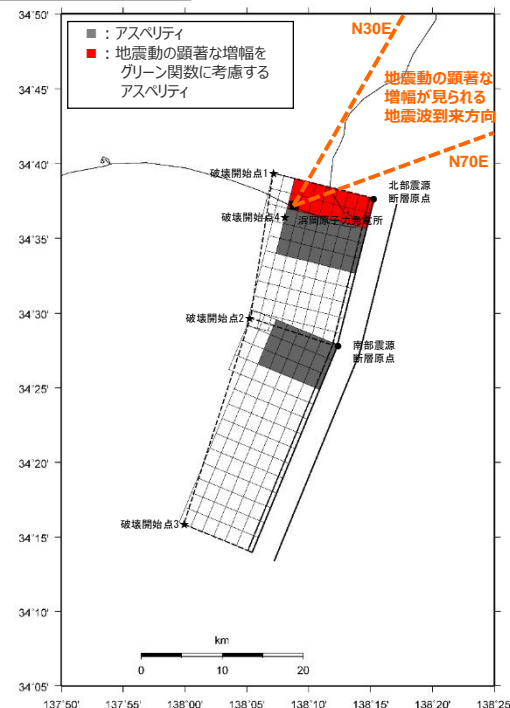
増幅係数を乗じる強震動生成域 (アスペリティ) のフーリエスペクトル※
 増幅係数を乗じる強震動生成域 (アスペリティ) の増幅係数を乗じない場合のフーリエスペクトル※



(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))



(海洋プレート内地震の基本震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮))



(内陸地殻内地震の基本震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮))

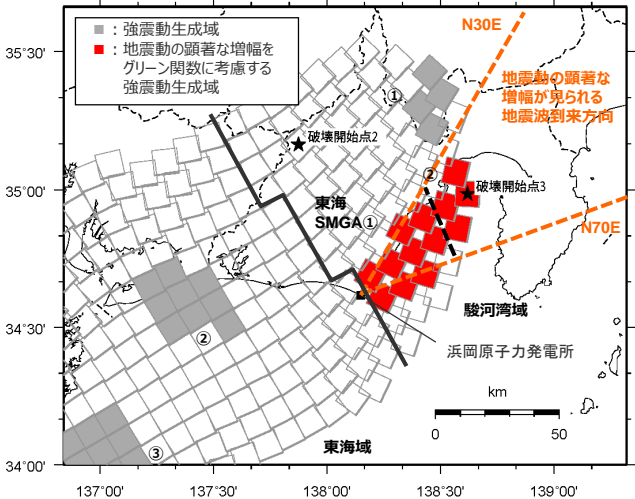
※ 水平動はNS方向とEW方向の平均。

①地震動評価結果に反映された地震動の顕著な増幅の分析

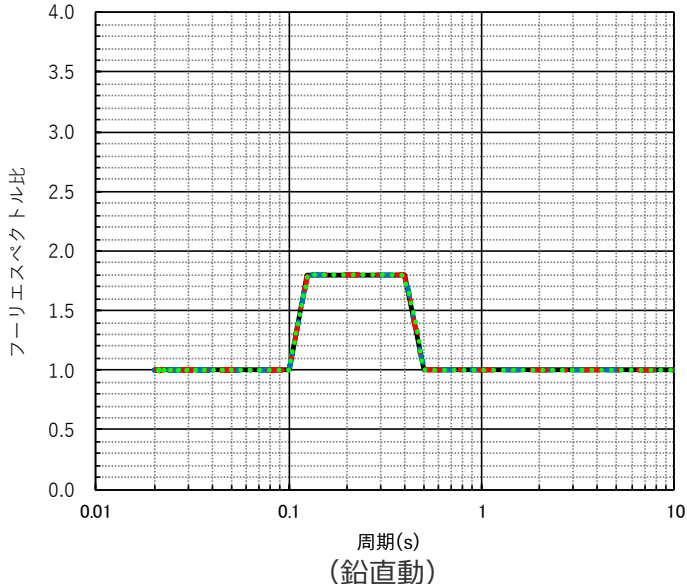
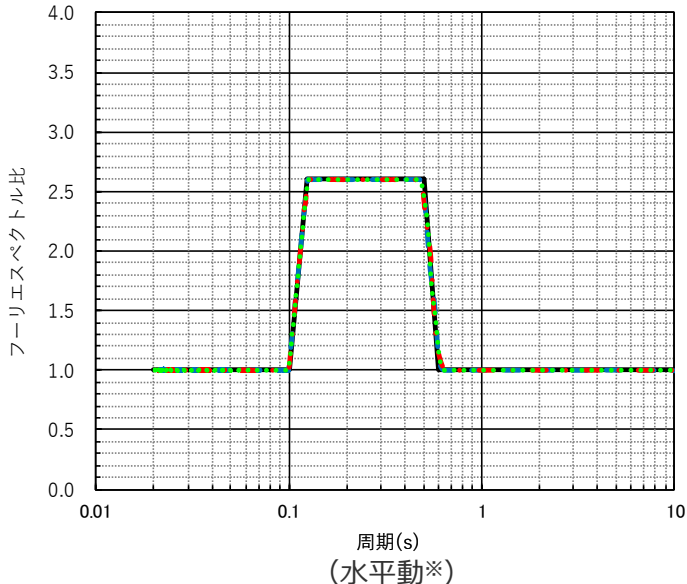
(地震動の顕著な増幅を考慮する強震動生成域(アスペリティ)の小断層による波形のフーリエスペクトル比(プレート間地震の強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル(地震動の顕著な増幅を考慮)))

○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)について、増幅係数を乗じる強震動生成域(駿河湾SMGA②と東海SMGA①)の小断層のみによる地震動(波形合成結果)のフーリエスペクトル比(地震動の顕著な増幅を考慮する場合/地震動の顕著な増幅を考慮しない場合)を算出した結果は、2009年駿河湾の地震(本震)の観測記録の再現検討におけるフーリエスペクトル比と同じ(グリーン関数に乗じる増幅係数と同じ)となっている。

— 2009年駿河湾の地震(本震)の観測記録の再現検討におけるフーリエスペクトル比(グリーン関数に乗じる増幅係数)
 - - フーリエスペクトル比: 増幅係数を乗じる強震動生成域(駿河湾SMGA②と東海SMGA①)の小断層-rup1
 - . - . フーリエスペクトル比: 増幅係数を乗じる強震動生成域(駿河湾SMGA②と東海SMGA①)の小断層-rup2
 - フーリエスペクトル比: 増幅係数を乗じる強震動生成域(駿河湾SMGA②と東海SMGA①)の小断層-rup3



(敷地周辺)



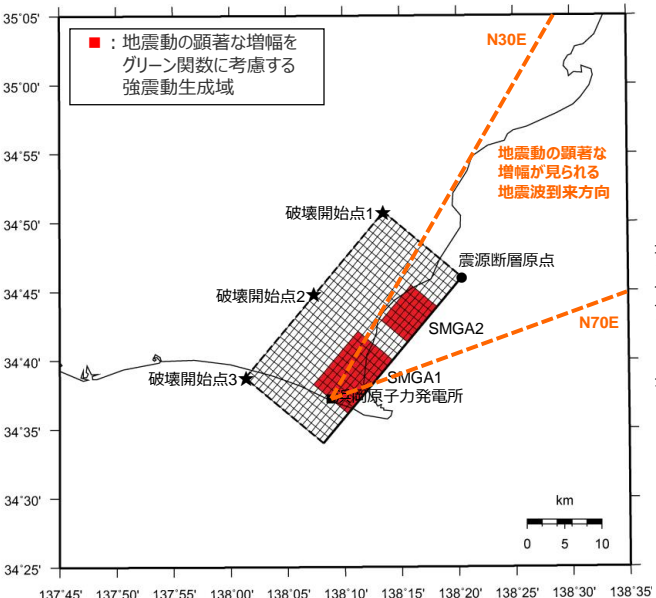
<「2009年駿河湾の地震(本震)の観測記録の再現検討におけるフーリエスペクトル比(グリーン関数に乗じる増幅係数)」と「増幅係数を乗じる強震動生成域の小断層による地震動(波形合成結果)のフーリエスペクトル比」の比較>
 (プレート間地震の強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル(地震動の顕著な増幅を考慮))

※ 水平動はNS方向とEW方向の平均。

①地震動評価結果に反映された地震動の顕著な増幅の分析

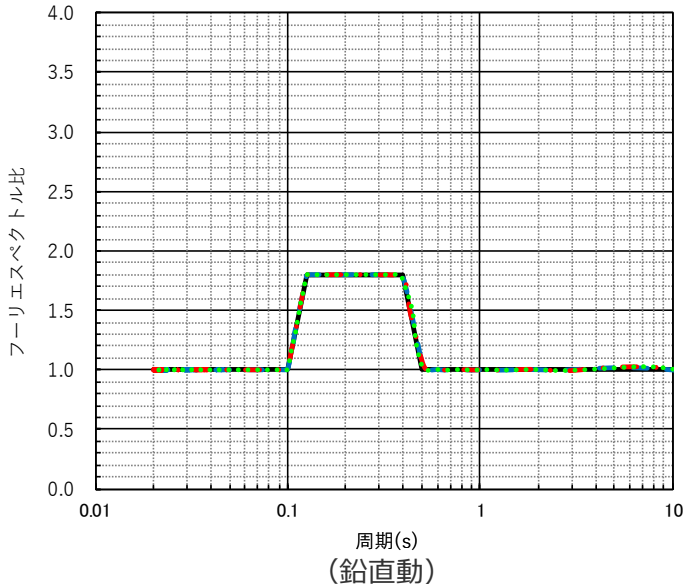
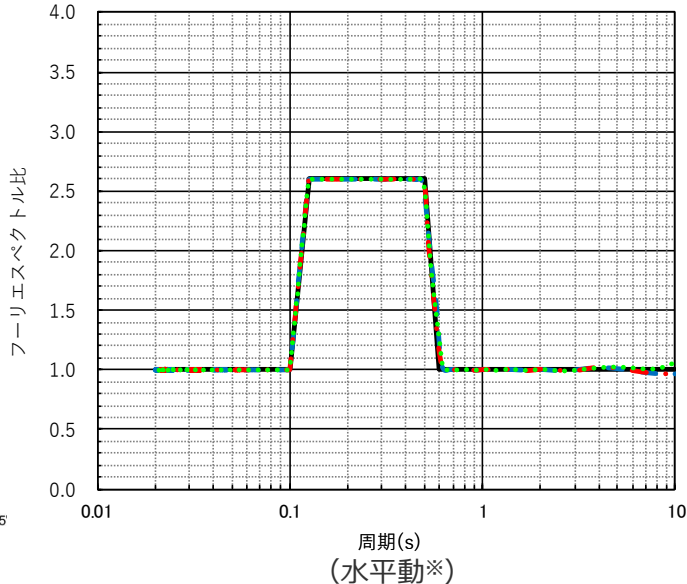
(地震動の顕著な増幅を考慮する強震動生成域(アスペリティ)の小断層による波形のフーリエスペクトル比
(海洋プレート内地震の基本震源モデル(地震動の顕著な増幅を考慮)))

○海洋プレート内地震の基本震源モデル(地震動の顕著な増幅を考慮)について、増幅係数を乗じる強震動生成域(SMGA1とSMGA2)の小断層のみによる地震動(波形合成結果)のフーリエスペクトル比(地震動の顕著な増幅を考慮する場合/地震動の顕著な増幅を考慮しない場合)を算出した結果は、2009年駿河湾の地震(本震)の観測記録の再現検討におけるフーリエスペクトル比と同じ(グリーン関数に乗じる増幅係数と同じ)となっている。



(地表面投影図)

— 2009年駿河湾の地震(本震)の観測記録の再現検討におけるフーリエスペクトル比(グリーン関数に乗じる増幅係数)
 - - フーリエスペクトル比:増幅係数を乗じる強震動生成域(SMGA1とSMGA2)の小断層-rup1
 - · - フーリエスペクトル比:増幅係数を乗じる強震動生成域(SMGA1とSMGA2)の小断層-rup2
 ····· フーリエスペクトル比:増幅係数を乗じる強震動生成域(SMGA1とSMGA2)の小断層-rup3



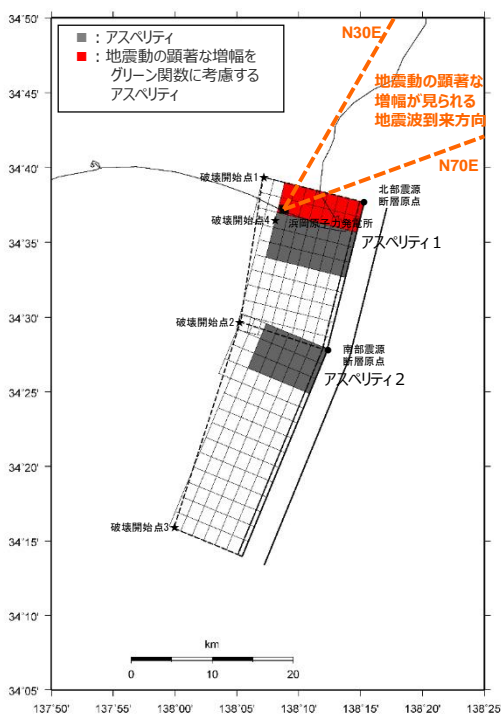
＜「2009年駿河湾の地震(本震)の観測記録の再現検討におけるフーリエスペクトル比(グリーン関数に乗じる増幅係数)」と「増幅係数を乗じる強震動生成域の小断層による地震動(波形合成結果)のフーリエスペクトル比」の比較＞
(海洋プレート内地震の基本震源モデル(地震動の顕著な増幅を考慮))

※ 水平動はNS方向とEW方向の平均。

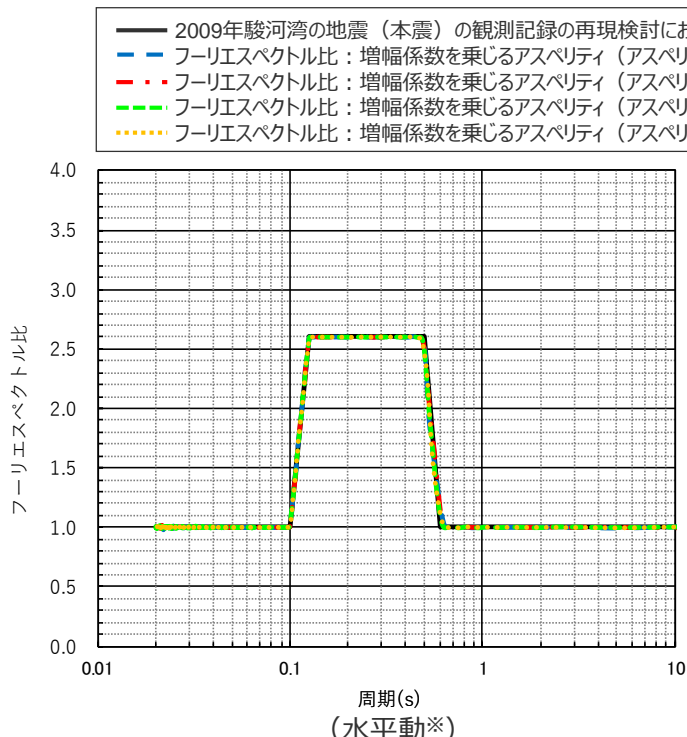
①地震動評価結果に反映された地震動の顕著な増幅の分析

(地震動の顕著な増幅を考慮する強震動生成域(アスペリティ)の小断層による波形のフーリエスペクトル比(内陸地殻内地震の基本震源モデル(地震動の顕著な増幅を考慮)))

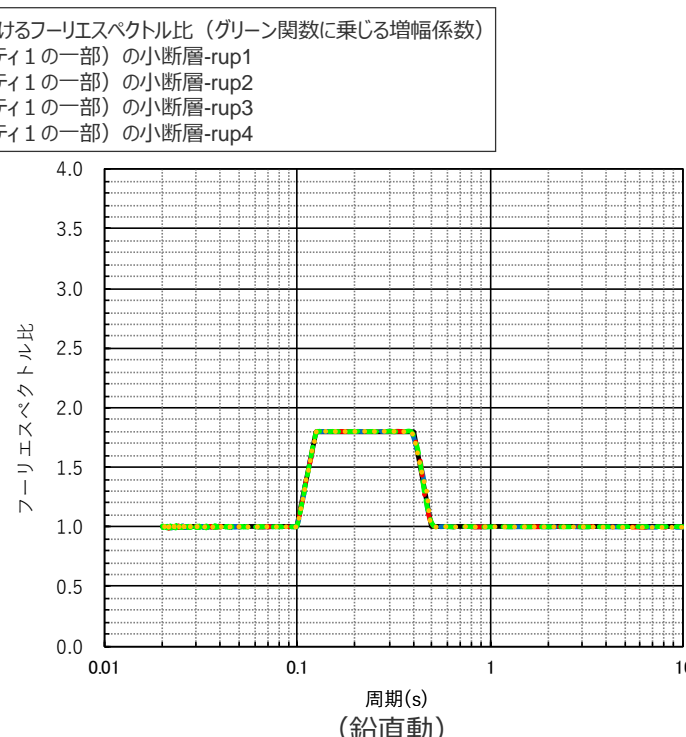
○内陸地殻内地震の基本震源モデル(地震動の顕著な増幅を考慮)について、増幅係数を乗じるアスペリティ(アスペリティ1の一部)の小断層のみによる地震動(波形合成結果)のフーリエスペクトル比(地震動の顕著な増幅を考慮する場合/地震動の顕著な増幅を考慮しない場合)を算出した結果は、2009年駿河湾の地震(本震)の観測記録の再現検討におけるフーリエスペクトル比と同じ(グリーン関数に乗じる増幅係数と同じ)となっている。



(地表面投影図)



(水平動※)



(鉛直動)

<「2009年駿河湾の地震(本震)の観測記録の再現検討におけるフーリエスペクトル比(グリーン関数に乗じる増幅係数)」と「増幅係数を乗じるアスペリティの小断層による地震動(波形合成結果)のフーリエスペクトル比」の比較>
(内陸地殻内地震の基本震源モデル(地震動の顕著な増幅を考慮))

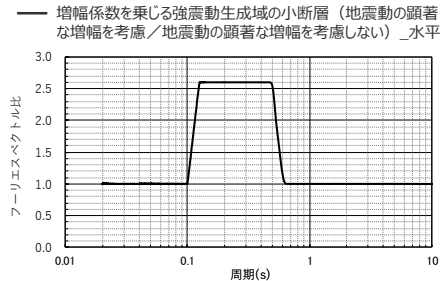
○以上より、各地震タイプ(内陸地殻内地震、プレート間地震、海洋プレート内地震)の検討用地震(地震動の顕著な増幅を考慮)の地震動評価結果について、増幅係数を乗じる強震動生成域(アスペリティ)の小断層のみによる地震動(波形合成結果)を分析し、2009年駿河湾の地震(本震)の観測記録の再現検討で確認した地震動の顕著な増幅と同じ特性が反映されていることを確認した。

※ 水平動はNS方向とEW方向の平均。

①地震動評価結果に反映された地震動の顕著な増幅の分析 (第882回審査会合で提示したフーリエスペクトル比との違いの分析)

【第940回審査会合で提示したフーリエスペクトル比】

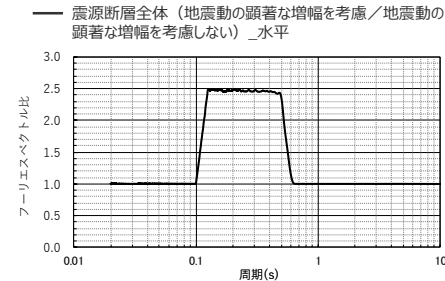
- 第940回審査会合で提示したフーリエスペクトル比（地震動の顕著な増幅を考慮する場合／地震動の顕著な増幅を考慮しない場合）は、「増幅方向」に位置し増幅係数を乗じる強震動生成域（アスペリティ）の地震動（波形合成結果）のフーリエスペクトル比であり、それが2009年駿河湾の地震（本震）の観測記録の再現検討におけるフーリエスペクトル比と同じ（グリーン関数に乗じる増幅係数と同じ）となっていることを示した。



<フーリエスペクトル比（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（水平動）の例）>

【第882回審査会合で提示したフーリエスペクトル比】

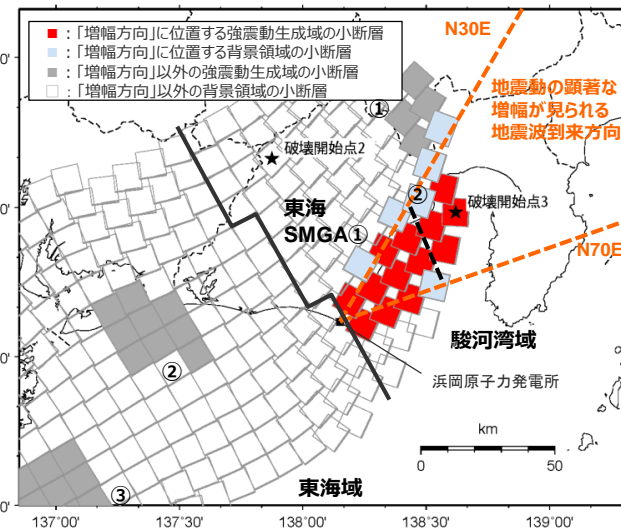
- 第882回審査会合で提示したフーリエスペクトル比（地震動の顕著な増幅を考慮する場合／地震動の顕著な増幅を考慮しない場合）は、震源断層全体の地震動（波形合成結果）のフーリエスペクトル比を示したものである。
- 震源断層全体の地震動（波形合成結果）は、「増幅方向」に位置し増幅係数を乗じた強震動生成域（アスペリティ）の地震動（波形合成結果）に加え、それ以外の増幅係数を乗じない領域（増幅係数を乗じない「増幅方向」に位置する背景領域、増幅係数を乗じない「増幅方向」以外の強震動生成域（アスペリティ）及び背景領域）の地震動（波形合成結果）を足し合わせたものである。



<フーリエスペクトル比（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（水平動）の例）>

【第882回審査会合で提示したフーリエスペクトル比との違いの分析】

- 第882回審査会合で提示した震源断層全体のフーリエスペクトル比が、強震動生成域（アスペリティ）の小断層のグリーン関数に乗じる増幅係数よりやや小さいことは、**増幅係数を乗じない領域（増幅係数を乗じない「増幅方向」に位置する背景領域、増幅係数を乗じない「増幅方向」以外の強震動生成域（アスペリティ）及び背景領域）の地震動による影響**である。
- 増幅係数を乗じない領域のうち「増幅方向」に位置する背景領域の小断層については、増幅係数を乗じる強震動生成域（アスペリティ）を「増幅方向」の敷地近傍に配置したうえで保守的な評価を行うことから、当該小断層は敷地から離れることとなり、前述のとおり地震動評価結果に及ぼす影響は小さい。
- また、増幅係数を乗じない領域のうち「増幅方向」以外の強震動生成域（アスペリティ）及び背景領域の小断層については、地震観測記録の分析結果を踏まえ、増幅係数をそのグリーン関数に乗じない。
- 更に、震源断層全体の地震動について、増幅係数を乗じる強震動生成域（アスペリティ）の地震動に、上記の増幅係数を乗じない領域の地震動が付加されることによってフーリエスペクトルが大きくなっていることを確認している（後述参照）。
- 以上より、第882回審査会合で提示したフーリエスペクトル比を踏まえても、**本反映方法により地震観測記録の分析結果に基づき地震動の顕著な増幅が地震動評価に適切に反映されている。**

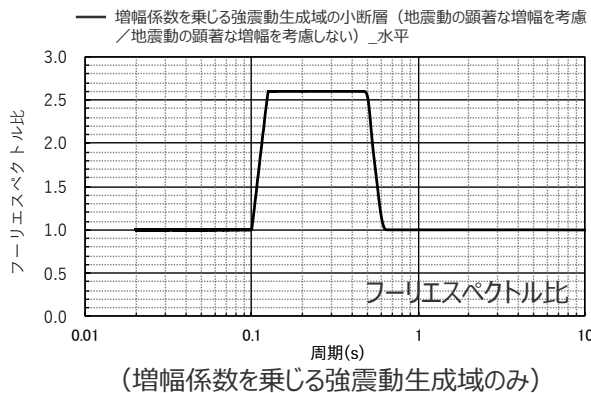
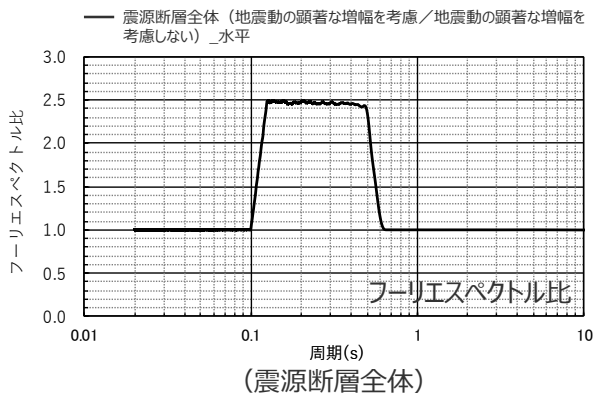
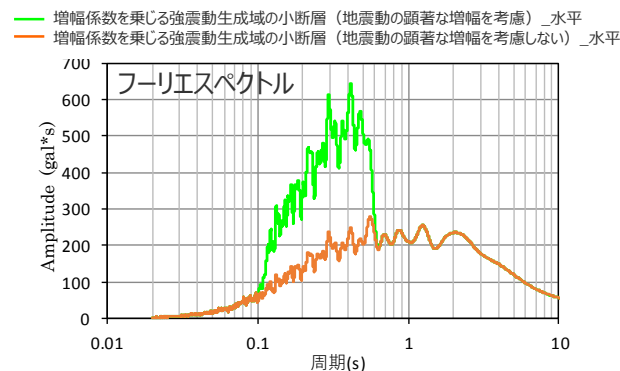
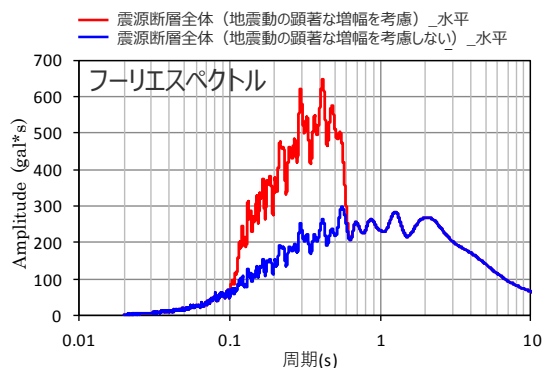


<検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の震源モデル（プレート間地震の例）>

①地震動評価結果に反映された地震動の顕著な増幅の分析

(第882回審査会合で提示したフーリエスペクトル比との違いの分析 (プレート間地震))

- 第882回審査会合で提示した震源断層全体の地震動のフーリエスペクトル比 (地震動の顕著な増幅を考慮する場合 / 地震動の顕著な増幅を考慮しない場合) が、グリーン関数に乗じる増幅係数よりやや小さいことは、**増幅係数に乗じない領域による影響**であり、増幅係数に乗じる強震動生成域の地震動 (波形合成結果) のフーリエスペクトル比が2009年駿河湾の地震 (本震) の観測記録の再現検討におけるフーリエスペクトル比と同じ (グリーン関数に乗じる増幅係数と同じ) となっていることを確認している。
- なお、震源断層全体の地震動のフーリエスペクトルは、増幅係数に乗じる強震動生成域の地震動に対し、増幅係数に乗じない領域の地震動が付加されることによって大きくなっていることも確認した。



<震源断層全体の地震動と増幅係数に乗じる強震動生成域の地震動のフーリエスペクトル比* >
(地震動の顕著な増幅を考慮する場合)

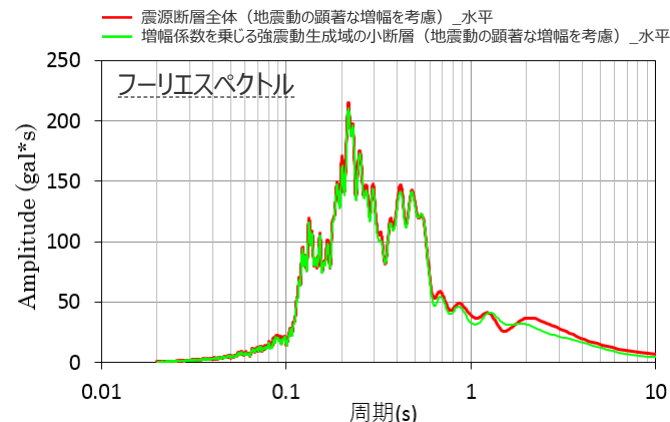
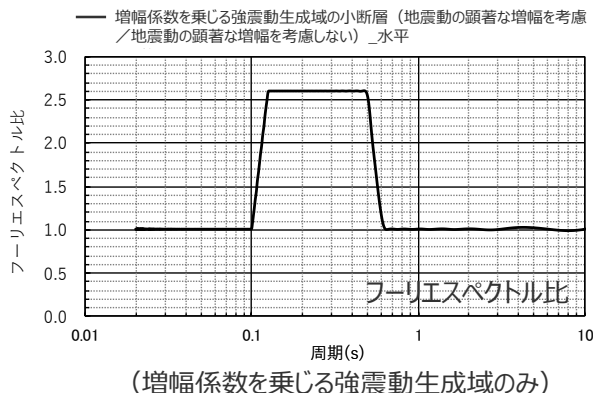
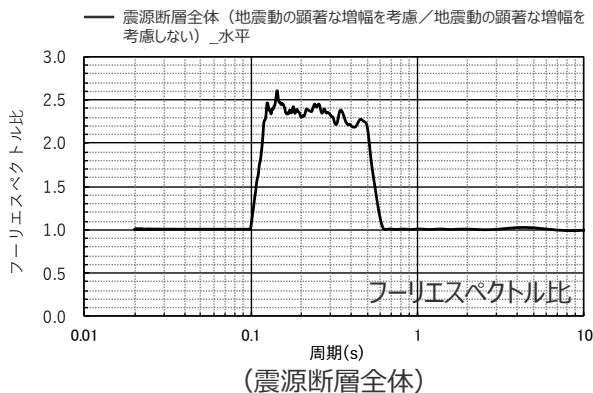
<地震動の顕著な増幅を考慮する場合と考慮しない場合のフーリエスペクトル及びフーリエスペクトル比* >

*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)、水平動の例

①地震動評価結果に反映された地震動の顕著な増幅の分析

(第882回審査会合で提示したフーリエスペクトル比との違いの分析 (海洋プレート内地震))

- 第882回審査会合で提示した震源断層全体の地震動のフーリエスペクトル比 (地震動の顕著な増幅を考慮する場合/地震動の顕著な増幅を考慮しない場合) が、グリーン関数に乗じる増幅係数よりやや小さいことは、**増幅係数に乗じない領域による影響**であり、増幅係数に乗じる強震動生成域の地震動 (波形合成結果) のフーリエスペクトル比が2009年駿河湾の地震 (本震) の観測記録の再現検討におけるフーリエスペクトル比と同じ (グリーン関数に乗じる増幅係数と同じ) となっていることを確認している。
- なお、震源断層全体の地震動のフーリエスペクトルは、増幅係数に乗じる強震動生成域の地震動に対し、増幅係数に乗じない領域の地震動が付加されることによって大きくなっていることも確認した。



<震源断層全体の地震動と増幅係数に乗じる強震動生成域の地震動のフーリエスペクトル※>
(地震動の顕著な増幅を考慮する場合)

<地震動の顕著な増幅を考慮する場合と考慮しない場合のフーリエスペクトル及びフーリエスペクトル比※>

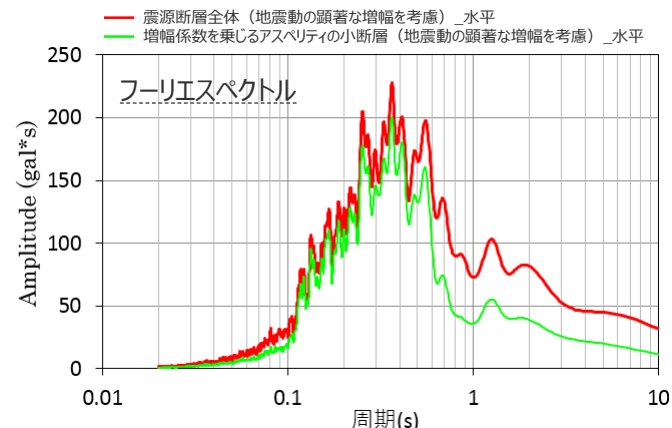
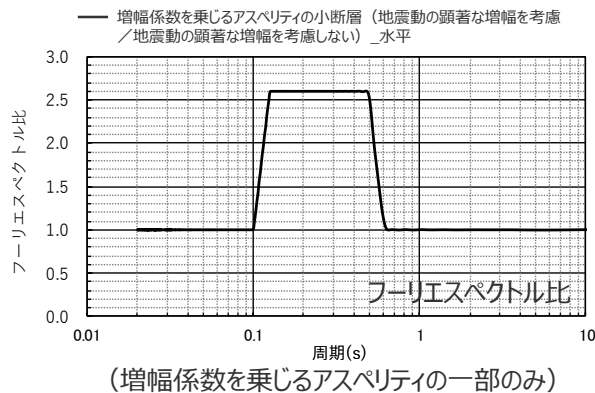
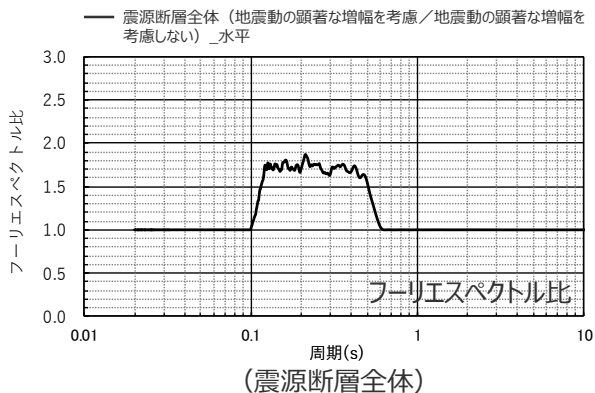
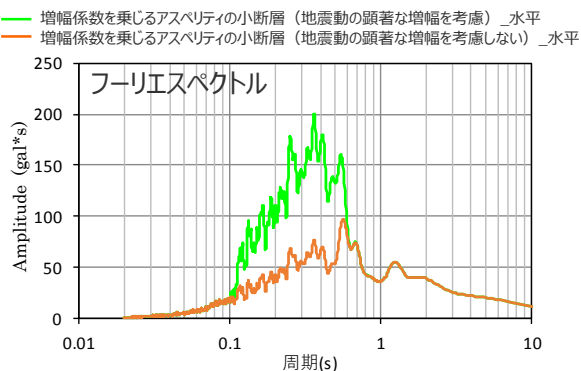
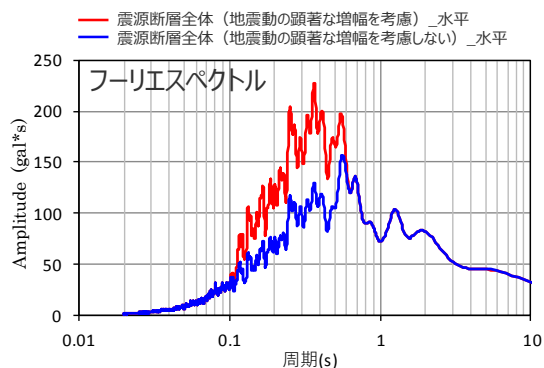
※海洋プレート内地震の基本震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮)、水平動の例

<補足説明資料④-41 地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価の結果の妥当性の確認>

①地震動評価結果に反映された地震動の顕著な増幅の分析

(第882回審査会合で提示したフーリエスペクトル比との違いの分析 (内陸地殻内地震))

- 第882回審査会合で提示した震源断層全体の地震動のフーリエスペクトル比 (地震動の顕著な増幅を考慮する場合 / 地震動の顕著な増幅を考慮しない場合) が、グリーン関数に乗じる増幅係数よりやや小さいことは、**増幅係数に乗じない領域による影響**であり、増幅係数に乗じるアスペリティの地震動 (波形合成結果) のフーリエスペクトル比が2009年駿河湾の地震 (本震) の観測記録の再現検討におけるフーリエスペクトル比と同じ (グリーン関数に乗じる増幅係数と同じ) となっていることを確認している。
- なお、震源断層全体の地震動のフーリエスペクトルは、増幅係数に乗じるアスペリティの一部の地震動に対し、増幅係数に乗じない領域の地震動が付加されることによって大きくなっていることも確認した。



<震源断層全体の地震動と増幅係数に乗じるアスペリティの一部の地震動のフーリエスペクトル* >
(地震動の顕著な増幅を考慮する場合)

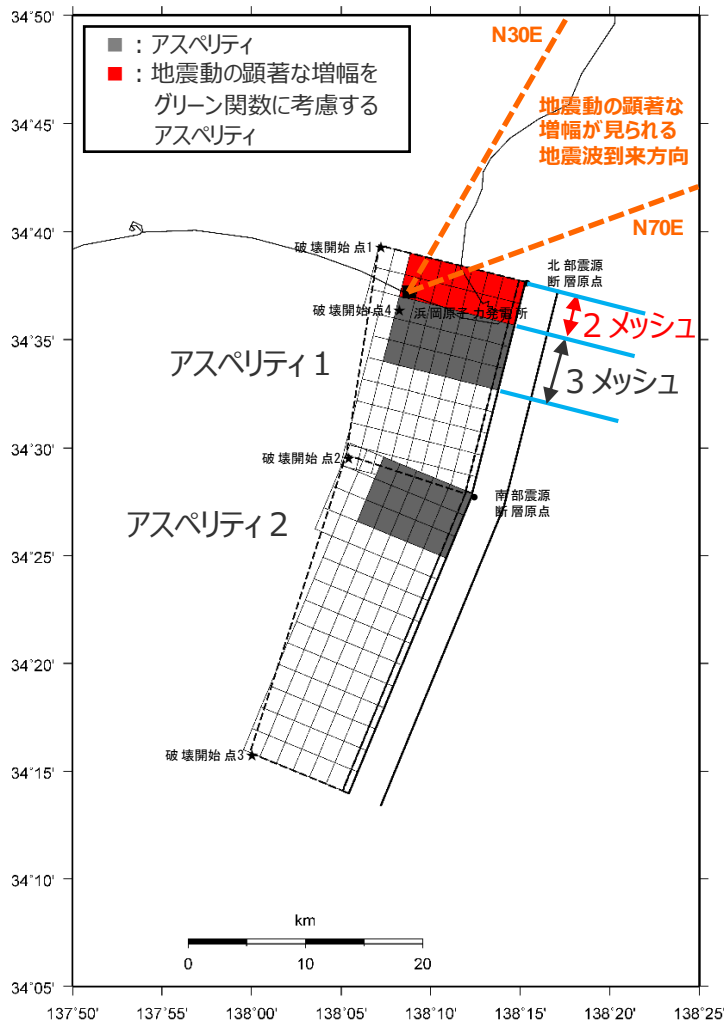
<地震動の顕著な増幅を考慮する場合と考慮しない場合のフーリエスペクトル及びフーリエスペクトル比* >

※内陸地殻内地震の基本震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮)、水平動の例

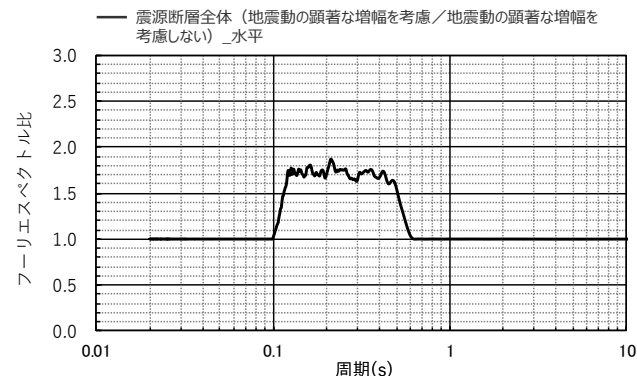
<補足説明資料④-41 地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価の結果の妥当性の確認>

①地震動評価結果に反映された地震動の顕著な増幅の分析

(第882回審査会合で提示したフーリエスペクトル比との違いの分析 (内陸地殻内地震))



○内陸地殻内地震 (御前崎海脚西部の断層帯による地震) の震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮) では、「増幅方向」に位置し増幅係数を乗じるアスペリティの小断層が、敷地の地震動に及ぼす影響が最も大きい敷地近傍のアスペリティ1の一部であることから、震源断層全体の地震動のフーリエスペクトル比は、グリーン関数に乗じる増幅係数2.6倍 (周期0.125~0.5秒) より小さく1.8倍程度である。



○これに関し、以下の簡易な分析をした。

- ① 敷地近傍のアスペリティ1のうち、増幅係数を乗じる領域の面積は4割 (2/5メッシュ) であること、短周期の地震動レベルAはアスペリティの面積の1/2乗に比例することを踏まえると、地震動の顕著な増幅を考慮しない場合の短周期の地震動レベルは、増幅係数を乗じる領域からの地震動が「 $0.4^{1/2}$ 」の時、増幅係数を乗じない領域からの地震動は「 $0.6^{1/2}$ 」と考えられる。
- ② 以下では、簡単のため、敷地近傍のアスペリティ1以外の領域からの地震動の影響は無視できる程度に小さいと考えられることから、「アスペリティ1の増幅係数を乗じる領域からの地震動」のレベルが $A_1 = 「0.4^{1/2}」$ の時、それ以外の領域の地震動レベルが $A_2 = 「0.6^{1/2}」$ と仮定して検討する。
- ③ 「アスペリティ1の増幅係数を乗じる領域の地震動」とそれ以外の地震動を時刻歴波形で足し合わせると、ランダム波形の足し合わせとなり、短周期の地震動のレベルは2乗和平方根で計算されることから、地震動の顕著な増幅を考慮しない場合、地震動の顕著な増幅を考慮する場合 (「アスペリティ1の増幅係数を乗じる領域の地震動」のみ2.6倍した場合) について、全体の短周期の地震動レベルは次のとおりとなる。

$$\text{地震動の顕著な増幅を考慮しない場合} : \sqrt{((A_1)^2 + (A_2)^2)} = \sqrt{((0.4^{1/2})^2 + (0.6^{1/2})^2)} = 1.0$$

$$\text{地震動の顕著な増幅を考慮する場合} : \sqrt{((A_1 \times 2.6)^2 + (A_2)^2)} = \sqrt{((0.4^{1/2} \times 2.6)^2 + (0.6^{1/2})^2)} \doteq 1.8$$

- ④ 以上の簡易の分析の結果、短周期の地震動レベルについて、地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価結果と考慮しない地震動評価結果との比は、1.8倍程度と推定される。

<内陸地殻内地震の基本震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮) (御前崎海脚西部の断層帯による地震)>

○内陸地殻内地震 (御前崎海脚西部の断層帯による地震) の震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮) の地震動評価結果に反映されている地震動の顕著な増幅は妥当なものと分析した。

①地震動評価結果に反映された地震動の顕著な増幅の分析

(まとめ)

【2009年駿河湾の地震（本震）の観測記録の再現検討】

○2009年駿河湾の地震（本震）を対象として、強震動生成域のみの震源モデルに基づき、強震動生成域（アスペリティ）の各小断層のグリーン関数に増幅係数を乗じる方法を用いて統計的グリーン関数法による地震動評価を行い、波形合成結果との比較により、地震動の顕著な増幅が見られた観測点（5G1、5RB）の観測記録の再現検討を行い、断層モデルを用いた手法における地震動の顕著な増幅の反映方法の検証を行った。

【検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の地震動評価】

○検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の地震動評価は、地震観測記録に基づき確認された地震動の顕著な増幅の特性を的確に反映するため、断層モデルを用いた手法を重視することとし、2009年駿河湾の地震（本震）の観測記録の再現検討により検証した方法を用いて、地震動評価に地震動の顕著な増幅を反映した。応答スペクトルに基づく手法については、断層モデルを用いた手法による地震動評価結果を用いて応答スペクトルに与える影響を求めて反映した。

【① 地震動評価結果に反映された地震動の顕著な増幅の分析】

○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）の検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の断層モデルを用いた手法による地震動評価の結果について、まず、「**2009年駿河湾の地震（本震）の観測記録の再現検討と同じ増幅係数を乗じる強震動生成域（アスペリティ）の小断層のみによる地震動（波形合成結果）**」の影響を確認する。また、「増幅方向」に背景領域が位置するプレート間地震及び海洋プレート内地震の検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）について、「**増幅方向**」に位置する背景領域の小断層のグリーン関数にも増幅係数を乗じた場合の影響を確認する。

⇒地震動の顕著な増幅が見られる周期帯（周期0.5秒程度以下）の地震動評価結果について、「**増幅方向**」に位置する背景領域の小断層による影響は小さく、「**増幅方向**」の敷地近傍に配置した強震動生成域による影響が支配的であることを確認した。

○その上で、上記の「2009年駿河湾の地震（本震）の観測記録の再現検討と同じ増幅係数を乗じる強震動生成域（アスペリティ）の小断層のみによる地震動（波形合成結果）」について、フーリエスペクトル比（地震動の顕著な増幅を考慮する場合／地震動の顕著な増幅を考慮しない場合）を算出し、**2009年駿河湾の地震（本震）の観測記録の再現検討で確認した地震動の顕著な増幅と同じ特性が反映されていることを確認する。**また、**第882回審査会合で提示したフーリエスペクトル比との違いについても分析する。**

⇒**2009年駿河湾の地震（本震）の観測記録の再現検討で確認した地震動の顕著な増幅と同じ特性が反映されていることを確認した。**

②地震動評価結果に考慮された保守性の確認

(検討概要)

【検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の地震動評価】

- 各検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の地震動評価は、断層モデルを用いた手法において、地震動の顕著な増幅を考慮する強震動生成域（アスペリティ）の小断層の範囲・増幅の程度を**地震観測記録の分析結果に対し保守的に設定**することにより、**保守的な地震動評価**を行う。応答スペクトルに基づく手法は、断層モデルを用いた手法による保守的な地震動評価結果を反映することにより、保守的な地震動評価を行う。

【② 地震動評価結果に考慮された保守性の確認】

- 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）の検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の断層モデルを用いた手法による地震動評価及び応答スペクトルに基づく地震動評価について、**敷地近傍は地震動の顕著な増幅が見られないなどの地震観測記録の分析結果に沿った場合の地震動評価を行い、地震観測記録の分析結果に対し保守的に行った地震動評価の結果に考慮された保守性を分析する**。なお、比較のため、増幅の程度は保守的な評価と同じ設定したケースについても地震動評価を行った。

ケース①：地震動の顕著な増幅の範囲・増幅の程度を地震観測記録の分析結果に沿って設定

ケース②：地震動の顕著な増幅の範囲を地震観測記録の分析結果に沿って設定し、増幅の程度は保守的な評価と同じ設定

項目	地震観測記録の分析結果等	地震観測記録の分析結果に沿った評価（ケース①）	地震観測記録の分析結果に沿った評価（ケース②）	比較	基準地震動の策定に係る保守的な評価
地震動の顕著な増幅の範囲（震源位置）	<ul style="list-style-type: none"> ・特定の到来方向（N30E～N70E、「増幅方向」）の地震波のみ顕著な増幅が見られる。 ・「増幅方向」でも地震波の入射角が鉛直に近づく敷地近傍は顕著な増幅が見られない。 	<ul style="list-style-type: none"> ・強震動生成域（アスペリティ）を「増幅方向」の敷地近傍に配置したうえで、地震動の顕著な増幅を考慮する強震動生成域（アスペリティ）の小断層の範囲を、地震観測記録の分析結果における「増幅方向と同程度とし、敷地近傍を含めずに設定」（地震観測記録の分析結果に沿った評価） 	<ul style="list-style-type: none"> ・強震動生成域（アスペリティ）を「増幅方向」の敷地近傍に配置したうえで、地震動の顕著な増幅を考慮する強震動生成域（アスペリティ）の小断層の範囲を、地震観測記録の分析結果における「増幅方向と同程度とし、敷地近傍を含めずに設定」（地震観測記録の分析結果に沿った評価） 		
地震動の顕著な増幅の程度（特性）	<ul style="list-style-type: none"> ・特定の短周期の周期帯（フーリエスペクトルの周期0.2～0.5秒）で地震動の顕著な増幅が見られる。 ・「増幅方向」でも増幅の程度は一樣でなく、2009年駿河湾の地震（本震）は最も大きい。 	<ul style="list-style-type: none"> ・強震動生成域（アスペリティ）の小断層のグリーン関数に増幅係数を乗じる方法を採用（背景領域に増幅係数は考慮せず） ・増幅係数は、増幅の程度を「増幅方向」の地震の観測記録の平均値にして地震動の顕著な増幅を考慮する小断層の全てに適用（地震観測記録の分析結果に沿った評価） 	<ul style="list-style-type: none"> ・強震動生成域（アスペリティ）の小断層のグリーン関数に増幅係数を乗じる方法を採用（背景領域に増幅係数は考慮せず） ・増幅係数は、増幅の程度が最も大きい2009年駿河湾の地震（本震）の観測記録の再現性を確認したものを地震動の顕著な増幅を考慮する小断層の全てに適用（保守的な評価） 		<ul style="list-style-type: none"> ・強震動生成域（アスペリティ）の小断層のグリーン関数に増幅係数を乗じる方法を採用（背景領域に増幅係数は考慮せず） ・増幅係数は、増幅の程度が最も大きい2009年駿河湾の地震（本震）の観測記録の再現性を確認したものを地震動の顕著な増幅を考慮する小断層の全てに適用（保守的な評価）

<補足説明資料④-41 地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価の結果の妥当性の確認>

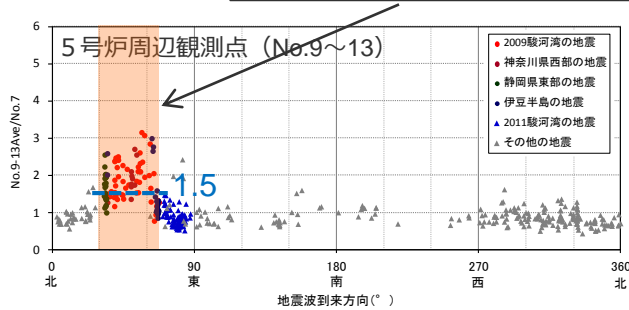
②地震動評価結果に考慮された保守性の確認

(地震観測記録の分析結果に沿った地震動評価の設定)

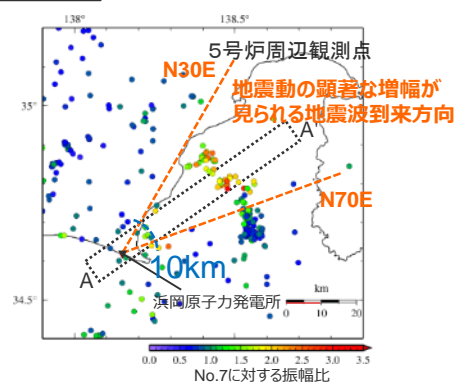
地震観測記録の分析結果

- 5号炉周辺観測点において、地震動の顕著な増幅は、2009年駿河湾の地震の到来方向（N30E～N70E）の地震波のみに見られ、その他の地震波到来方向では見られない。
- 地震動の顕著な増幅が見られる地震波到来方向（N30E～N70E）の地震波でも、増幅の程度は一樣ではなく、地震波の入射角が鉛直に近づく敷地近傍の地震ほど顕著な増幅は見られない傾向がある。このうち、2009年駿河湾の地震（本震）は増幅の程度が最も大きく信頼性が高い記録が得られた地震である。

増幅方向において敷地から半径100km程度で発生した地震（増幅が見られない敷地近傍（敷地から半径10km程度以内）を除く）の振幅比の平均=1.5

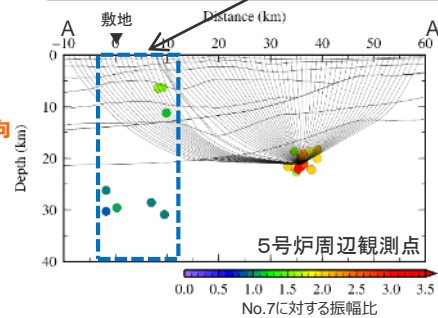


<各地震の振幅比と地震波到来方向との関係>
(No.7基準) (水平平均)

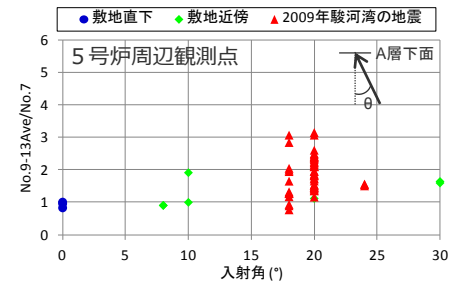


<5号炉周辺観測点における各地震の振幅比の震央分布図 (No.7基準) (多点連続地震観測)>

増幅方向の敷地近傍（敷地から半径10km程度以内）では増幅が見られない



<振幅比の断面図 (A-A'断面)>



<入射角毎の振幅比>

(N30E～N70E方向+敷地直下の地震)
※ 浅部三次元地下構造モデルの底面に相当するA層下面への入射角について、各断面の地震クラスター毎にレイトレーシングを行い評価。

【地震観測記録の分析結果に沿った地震動評価の設定】

- 地震観測記録の分析結果に沿った設定方法（地震動の顕著な増幅を考慮する小断層の範囲及び増幅の程度）は以下のとおり。
- この地震観測記録の分析結果に沿った設定に関し、敷地への影響が最も大きいプレート間地震の地震動評価を対象に、地震観測記録の分析結果に沿った地震動評価結果と前述のS波低速度層を含む三次元地下構造モデルを用いた差分法による地震動評価結果を比較する。

地震動の顕著な増幅を考慮する強震動生成域（アスペリティ）の小断層の範囲

- 地震動の顕著な増幅は、敷地における地震観測記録の分析結果において地震動の顕著な増幅が見られる地震波到来方向（N30E～N70E）に位置する強震動生成域（アスペリティ）の小断層のみに考慮し、地震動の顕著な増幅が見られない敷地近傍（敷地から半径10km以内）の小断層には考慮しない。

地震動の顕著な増幅を考慮する増幅の程度（次ページ参照）

- 地震観測記録の分析結果に沿った平均的な増幅係数は、多点連続地震観測の分析結果である5号炉周辺観測点の振幅比（No.7基準）に基づき、地震動の顕著な増幅が見られる地震波到来方向（N30E～N70E）で発生した地震（敷地から半径100km程度までの範囲の地震を対象（敷地近傍（敷地から半径10kmまで）の地震を除く））の平均値（振幅比1.5）を参考として設定する。

<補足説明資料④-41 地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価の結果の妥当性の確認>

②地震動評価結果に考慮された保守性の確認

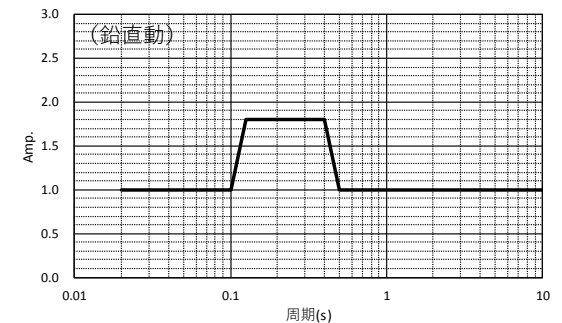
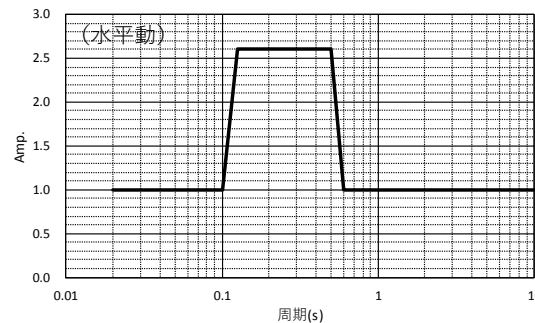
(地震観測記録の分析結果に沿った地震動評価の設定 (グリーン関数に乗じる増幅係数))

グリーン関数に乗じる増幅係数

○地震観測記録の分析結果に沿った平均的な増幅係数は、多点連続地震観測の分析結果である5号炉周辺観測点の振幅比 (No.7基準) に基づき、地震動の顕著な増幅が見られる地震波到来方向 (N30E~N70E) で発生した地震 (敷地から半径100km程度までの範囲の地震を対象 (敷地近傍 (敷地から半径10kmまで) の地震を除く)) の平均値 (振幅比1.5) を参考として下図表のとおり設定する。

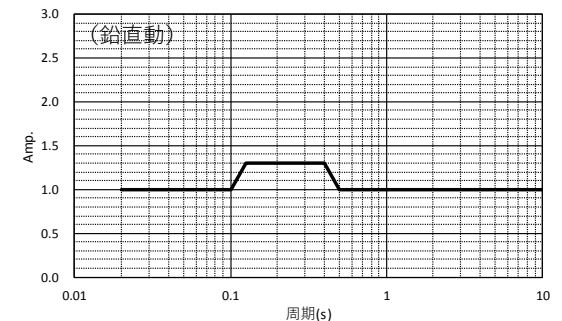
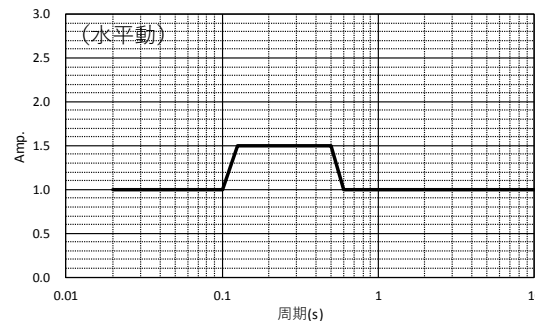
・鉛直動の増幅係数は、前述のとおり地震観測記録の分析結果を踏まえた保守的な地震動評価に用いる増幅係数の水平・鉛直比から設定する。

周期(s)	水平動	周期(s)	鉛直動
0.02	1	0.02	1
0.1	1	0.1	1
0.125	2.6	0.125	1.8
0.5	2.6	0.4	1.8
0.6	1	0.5	1
10	1	10	1



(地震観測記録の分析結果を踏まえた保守的な地震動評価に用いる増幅係数 (地震動の顕著な増幅を考慮する小断層の全てに乗じる))

周期(s)	水平動	周期(s)	鉛直動
0.02	1	0.02	1
0.1	1	0.1	1
0.125	1.5	0.125	1.3
0.5	1.5	0.4	1.3
0.6	1	0.5	1
10	1	10	1



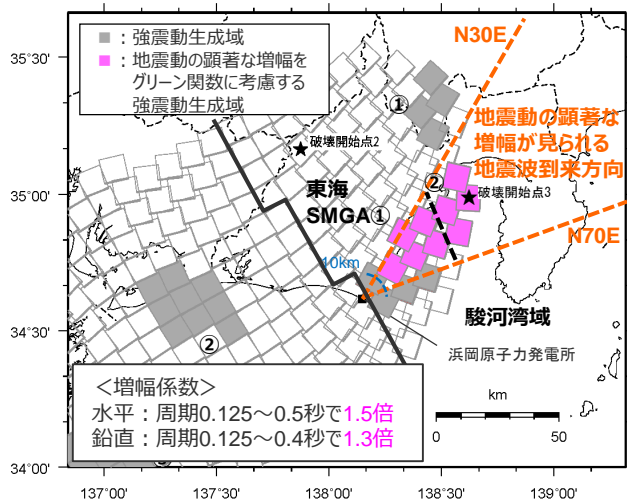
(地震観測記録の分析結果に沿った地震動評価に用いる増幅係数 (地震動の顕著な増幅が見られる地震波到来方向 (N30E~N70E) に位置する敷地から10km以遠の地震動の顕著な増幅を考慮する小断層に乗じる))

<グリーン関数に乗じる増幅係数の比較>

②地震動評価結果に考慮された保守性の確認

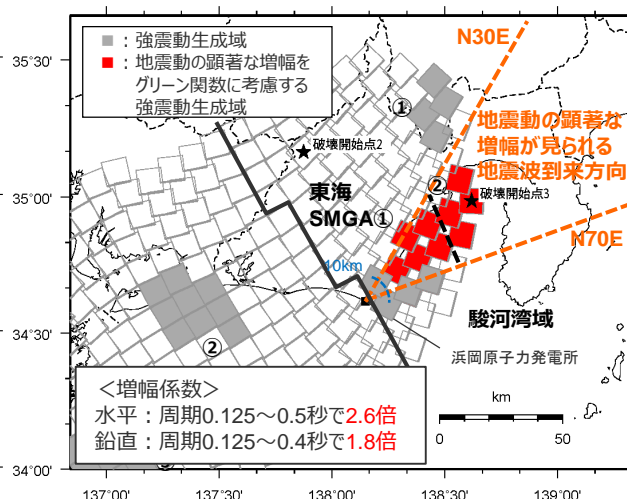
(地震観測記録の分析結果に沿った地震動評価結果との比較 (プレート間地震))

- プレート間地震について、強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮) を代表に、地震観測記録の分析結果に沿った場合の地震動評価として、ケース① (増幅の範囲及び増幅の程度を地震観測記録の分析結果に沿って設定) 及びケース② (増幅の範囲のみ地震観測記録の分析結果に沿って設定し、増幅の程度は地震観測記録の分析結果を踏まえて保守的に設定) の地震動評価を行い、地震観測記録の分析結果に対し保守的に行った地震動評価の結果に考慮された保守性を確認する。
- また、プレート間地震は敷地への影響が最も大きい検討用地震であることから、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) を代表に、地震動の顕著な増幅の要因であるS波低速度層を含む三次元地下構造モデルを用いた差分法による地震動評価を行い【第194回審査会合報告内容を再掲】、地震観測記録の分析結果に対し保守的に行った地震動評価の結果に考慮された保守性を確認する。
- なお、地震動の顕著な増幅の要因であるS波低速度層を含む三次元地下構造モデルは地震観測記録の特徴を概ね再現可能な解析モデルであり、当該モデルを用いた差分法による地震動評価結果には、S波低速度層による三次元的な影響がそのまま反映されていることから、この差分法による地震動評価結果と地震観測記録の分析結果に沿って設定した上記ケース①の地震動評価結果が同程度となることを確認する。



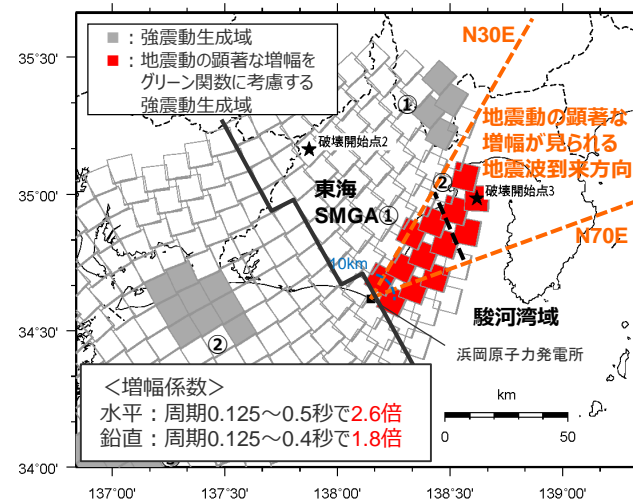
(敷地周辺)

<地震観測記録の分析結果に沿った地震動評価 (ケース①)>



(敷地周辺)

<地震観測記録の分析結果に沿った地震動評価 (ケース②)>



(敷地周辺)

<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) (基準地震動の策定に係る保守的な評価)>

・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。
 ・---: 東海SMGA①と駿河湾SMGA②の境界を表す。

<補足説明資料④-41 地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価の結果の妥当性の確認>

②地震動評価結果に考慮された保守性の確認

(地震観測記録の分析結果に沿った地震動評価結果との比較 (プレート間地震))

<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) (基準地震動の策定に係る保守的な評価) の震源断層パラメータ>

全体	面積(km ²)	110150			
	平均応力降下量(MPa)	2.3			
各セグメント	平均すべり量(m)	7.6			
	地震モーメント(Nm)	3.4E+22			
	Mw	9.0			
	短周期レベル(Nm/s ²)	5.09E+20			
	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
強震動生成域 SMGA①	地震モーメント(Nm)	4.3E+21	2.0E+22	8.3E+21	1.1E+21
	Mw	8.4	8.8	8.5	8.0
	面積(km ²)	1014	1958	913	448
	応力パラメータ(MPa)	34.6	46.4	45.4	33.9
強震動生成域 SMGA②	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
	面積(km ²)	1023	1616	915	431
強震動生成域 SMGA③	応力パラメータ(MPa)	34.6	46.4	45.4	33.9
	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	5.2E+20	1.2E+20
	Mw	7.7	8.0	7.7	7.3
強震動生成域 SMGA④	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	
強震動生成域 SMGA⑤	Mw		8.0	7.7	
	面積(km ²)		932	918	
	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	セグメント名	日向灘域	南海域	東海域	駿河湾域
背景領域	面積(km ²)	17017	47673	25760	7009
	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	8.9E+20
	Mw	8.3	8.7	8.5	7.9
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			

○震源断層パラメータの設定は内閣府(2012)による。設定方法は以下のとおり。

<各セグメントの地震モーメントM₀>

$$M_0 = 16 / (7\pi^{3/2}) \cdot \Delta\sigma \cdot S^{3/2}$$

($\Delta\sigma$: 平均応力降下量(4MPa), S: 震源断層面積)

<平均変位量D>

$$M_0 = \mu DS$$

(μ : 剛性率(pVs²), p: 密度(2.8g/cm³), Vs: S波速度(3.82km/s) (内閣府(2012)による))

<強震動生成域の面積Saと個数>

: 強震動生成域は各セグメントの震源断層面積の10%程度とし、セグメント内の地形的な構造単位に2個配置する。

<強震動生成域全体の地震モーメントM_{0a}>

$$M_{0a} = \mu DaSa$$

(Da = 2D)

<各強震動生成域の地震モーメントM_{0ai}、変位量D_{ai}、応力降下量 $\Delta\sigma_{ai}$ >

$$M_{0ai} = M_{0a} \cdot Sai^{3/2} / (\sum Sai^{3/2}) \quad (i: i番目の強震動生成域を表す)$$

$$\Delta\sigma_{ai} = (7\pi^{3/2}) / 16 \cdot M_{0ai} / Sai^{3/2}$$

$$D_{ai} = M_{0ai} / (\mu Sai)$$

<破壊伝播速度>

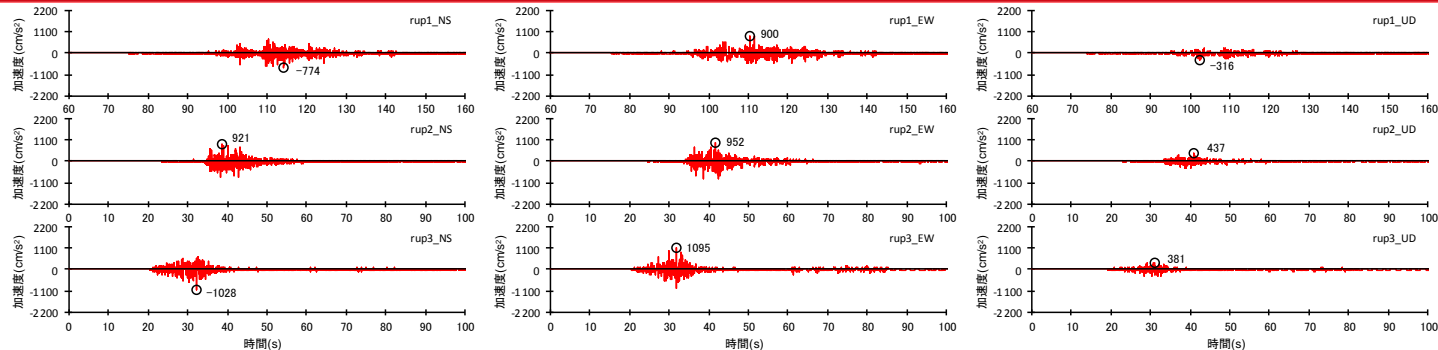
$$Vr = 0.72Vs$$

・ケース①及びケース②の震源断層パラメータは、強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮) と同じである。

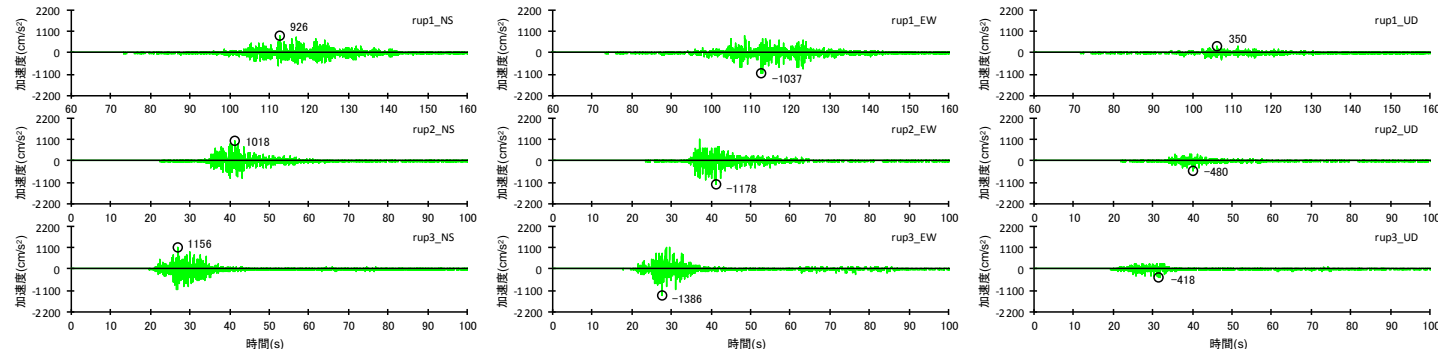
<補足説明資料④-41 地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価の結果の妥当性の確認>

②地震動評価結果に考慮された保守性の確認

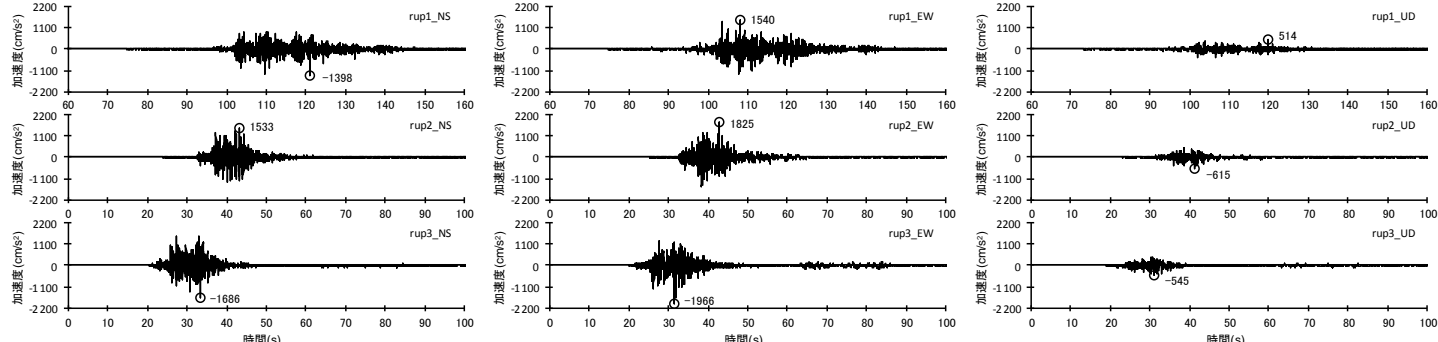
(地震観測記録の分析結果に沿った地震動評価結果との比較 (断層モデルを用いた手法による地震動評価結果 (プレート間地震)))



(地震観測記録の分析結果に沿った地震動評価 (ケース①))



(地震観測記録の分析結果に沿った地震動評価 (ケース②))



(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) (基準地震動の策定に係る保守的な評価))

<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)>

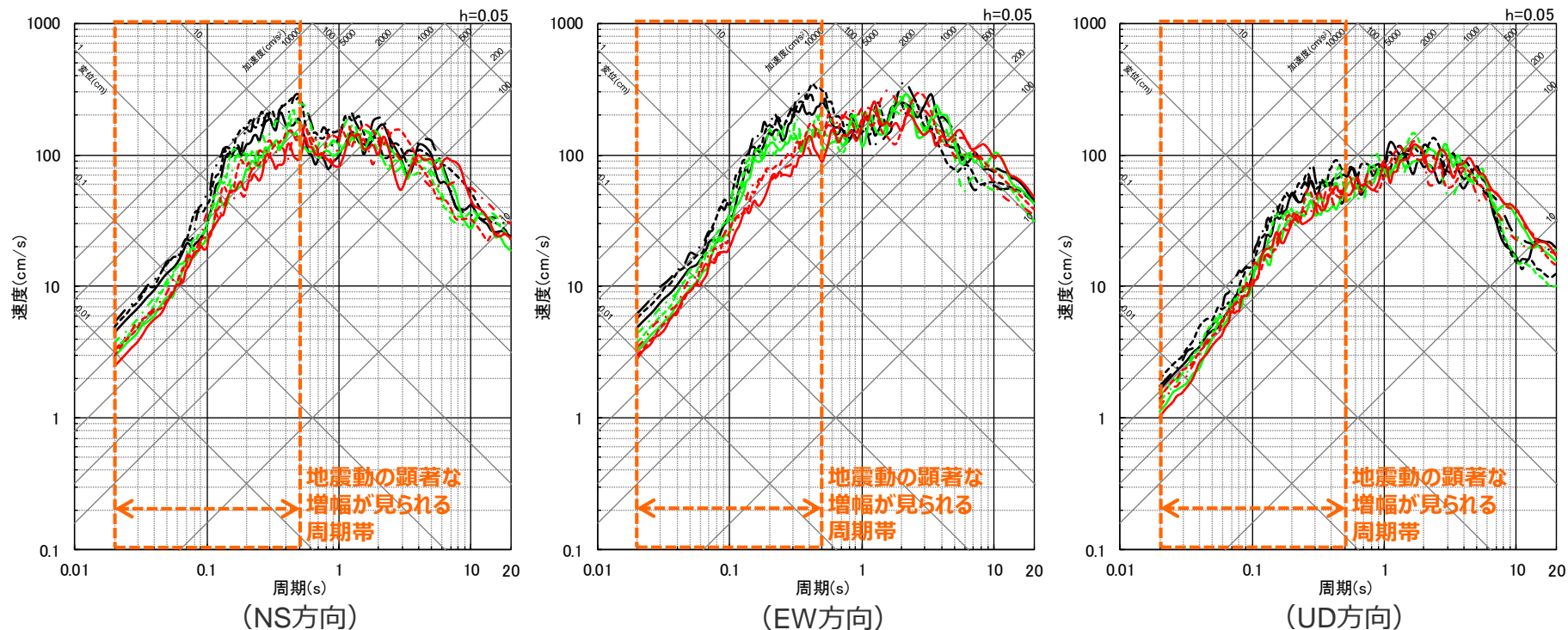
<補足説明資料④-41 地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価の結果の妥当性の確認>

②地震動評価結果に考慮された保守性の確認

(地震観測記録の分析結果に沿った地震動評価結果との比較 (断層モデルを用いた手法による地震動評価結果 (プレート間地震)))

○プレート間地震について、増幅の範囲及び増幅の程度を地震観測記録を踏まえて保守的に設定し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 (地震動の顕著な増幅を考慮) の断層モデルを用いた手法による地震動評価結果は、地震動の顕著な増幅が見られる周期帯 (周期0.5秒以下) において、地震観測記録の分析結果に沿った地震動評価 (ケース①、ケース②) よりも大きく保守的なものとなっている。

— 地震観測記録の分析結果に沿った地震動評価 (ケース①)
— 地震観測記録の分析結果に沿った地震動評価 (ケース②)
— 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) (基準地震動の策定に係る保守的な評価)



<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④-41 地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価の結果の妥当性の確認>

②地震動評価結果に考慮された保守性の確認

(地震観測記録の分析結果に沿った地震動評価結果との比較 (三次元差分法による地震動評価結果との比較))

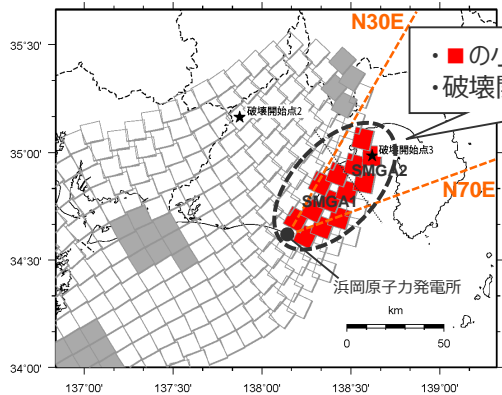
【浅部三次元地下構造モデルを用いた地震動評価結果との比較検討 (第194回審査会合で説明)】

○ **本反映方法 (グリーン関数に増幅係数を乗じる統計的グリーン関数法、増幅係数を保守的に一律設定)** について、敷地に及ぼす影響が大きいプレート間地震を対象に、地震動の顕著な増幅の要因であるS波低速度層を含む**三次元地下構造モデルを用いた差分法による地震動評価との比較**を行った。

対象震源 (プレート間地震)

	面積	地震モーメント	応力降下量
SMGA1	913km ²	5.1×10 ²⁰ Nm	45.4MPa
SMGA2	431km ²	1.2×10 ²⁰ Nm	33.9MPa

- : 強震動生成域
- : 地震動の顕著な増幅を考慮する強震動生成域

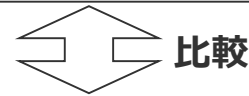


- の小断層 (13個)
- ・ 破壊開始点3を対象とする

<地震動の顕著な増幅を反映した震源モデル>

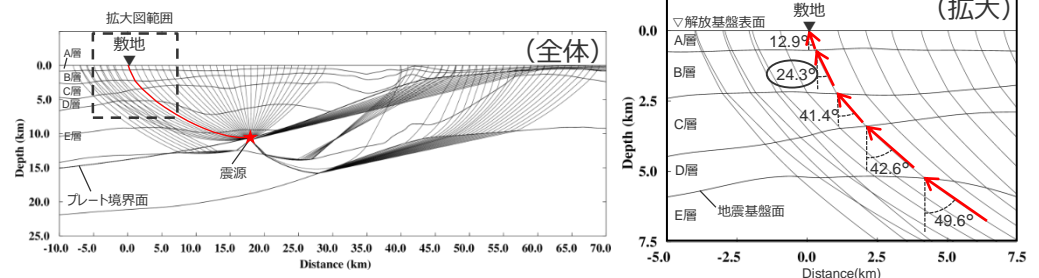
本反映方法を用いた地震動評価

統計的グリーン関数法において算定するグリーン関数 (解放基盤表面) に増幅係数を乗じることで、地震動の顕著な増幅を地震動評価へ反映。



浅部三次元地下構造モデルを用いた地震動評価

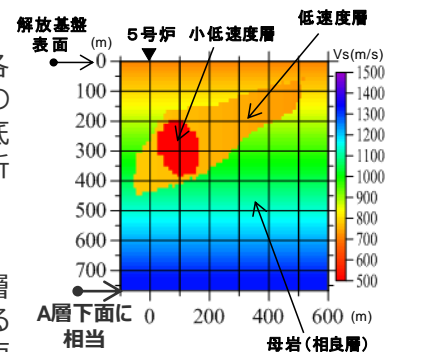
①各小断層 (13個) からA層下面 (浅部三次元地下構造モデルの底面に相当) へ到達する地震波の入射角をそれぞれ算出。



<小断層のレイトレーシング例 (左図: 全体、右図: 拡大) >

②統計的グリーン関数法を用いて、A層下面における各小断層 (13個) のグリーン関数を算出し、上記①の入射角を考慮して、浅部三次元地下構造モデルの底面へそれぞれ入射し、三次元有限差分法による解析を実施。

③このように評価した解放基盤表面における各小断層 (13個) のグリーン関数 (三次元有限差分法による各解析結果) を足し合わせることで、3~5号炉位置の地震動を評価。



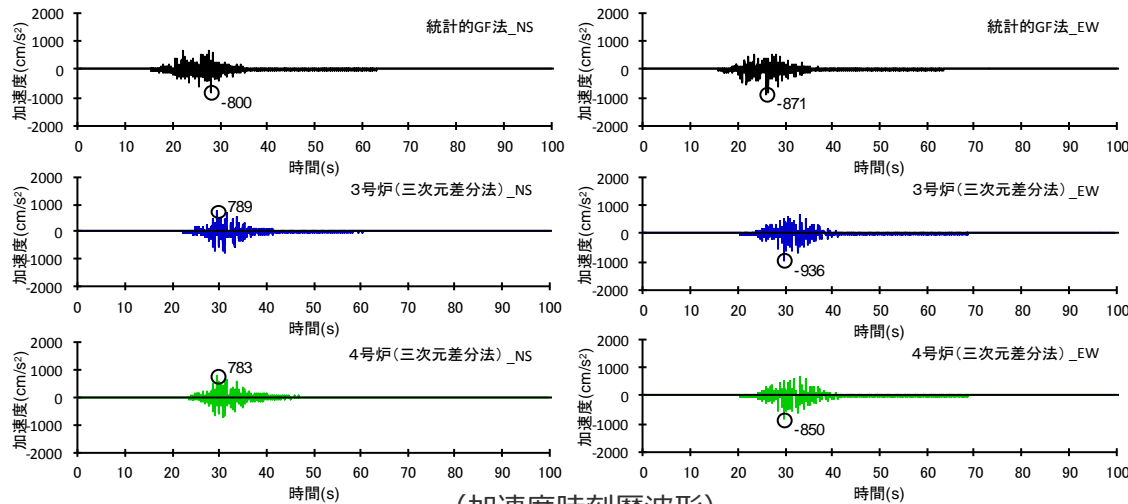
<浅部三次元地下構造モデル>

<補足説明資料④-41 地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価の結果の妥当性の確認>

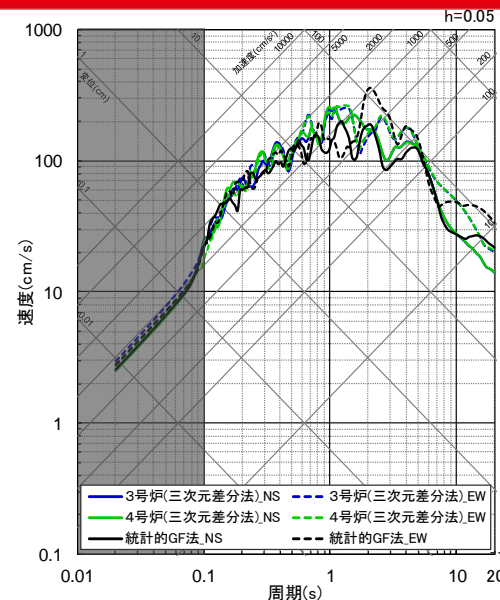
②地震動評価結果に考慮された保守性の確認

(地震観測記録の分析結果に沿った地震動評価結果との比較 (三次元差分法による地震動評価結果との比較))

“統計的GF法”と“3, 4号炉 (三次元差分法)”との比較



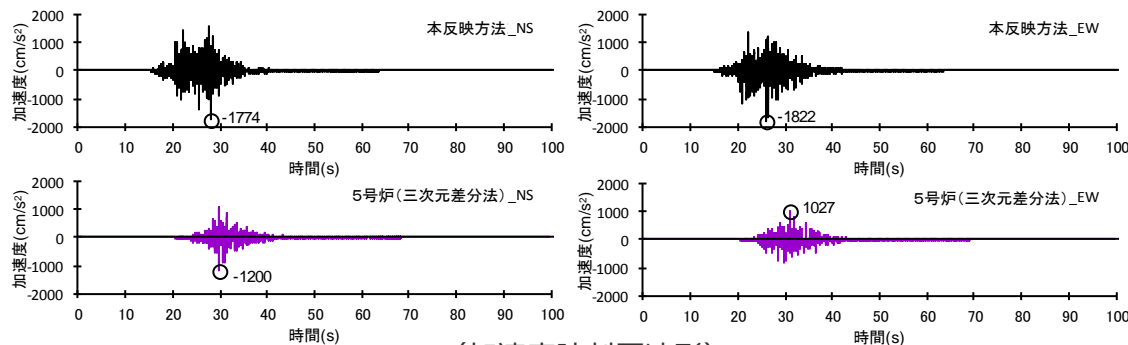
(加速度時刻歴波形)



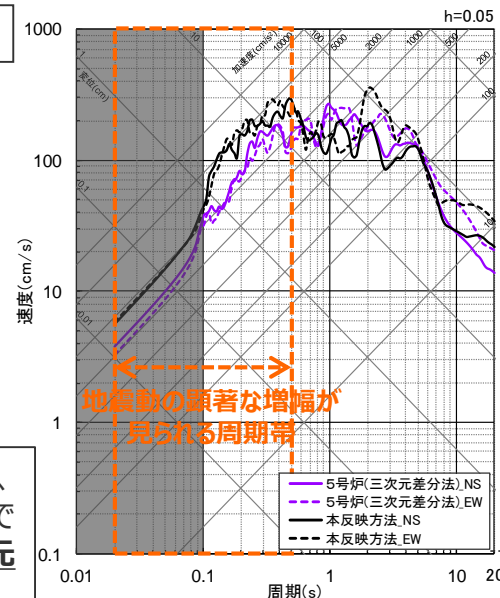
・三次元差分法の対象周波数の上限は10Hzとし、統計的GF法及び三次元差分法の波形には10Hzハイカットフィルター(応答スペクトル図におけるグレーハッチングに相当)を施す。

(応答スペクトル)

“本反映方法 (グリーン関数に増幅係数を乗じる統計的GF法)”と“5号炉 (三次元差分法)”との比較



(加速度時刻歴波形)



地震動の顕著な増幅が見られる周期帯

・三次元差分法の対象周波数の上限は10Hzとし、統計的GF法及び三次元差分法の波形には10Hzハイカットフィルター(応答スペクトル図におけるグレーハッチングに相当)を施す。

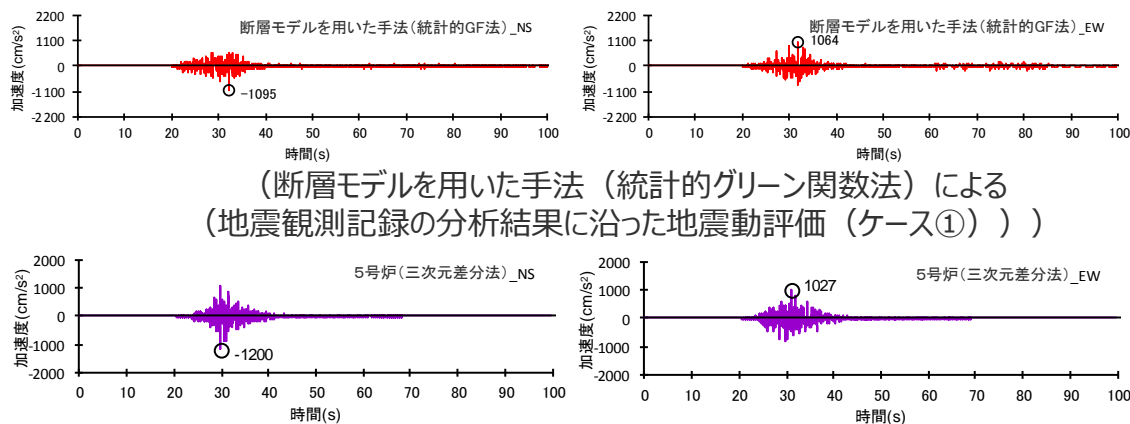
(応答スペクトル)

○本反映方法 (グリーン関数に増幅係数を乗じる統計的グリーン関数法) による地震動評価結果は、S波低速度層による影響を受けない3, 4号炉では三次元差分法による地震動評価結果と同程度であり、S波低速度層による影響を受ける5号炉では地震動の顕著な増幅が見られる周期帯で三次元差分法による地震動評価結果より大きいことを確認した。

②地震動評価結果に考慮された保守性の確認

(地震観測記録の分析結果に沿った地震動評価結果との比較 (地震観測記録の分析結果に沿った地震動評価結果と三次元差分法による地震動評価結果との比較))

- 地震観測記録の分析結果に沿った地震動評価 (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と前述のS波低速度層を含む三次元地下構造モデルを用いた差分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は概ね整合している。
- 地震動の顕著な増幅の要因であるS波低速度層を含む三次元地下構造モデルは観測記録の特徴を概ね再現可能な解析モデルであり、当該モデルを用いた差分法による地震動評価結果には、S波低速度層による三次元的な影響がそのまま反映されていることから、当該地震動評価結果と地震動レベルが同程度となっているケース①は地震観測記録の分析結果に沿った設定として合理的なものと考えられる。

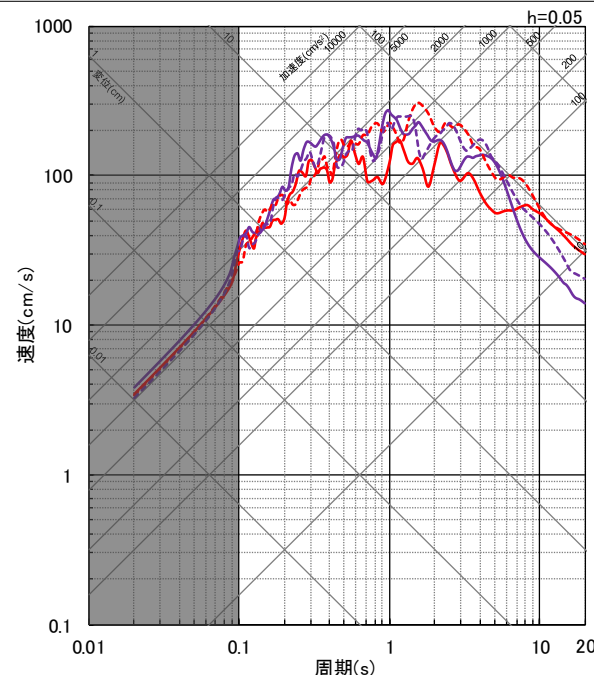


(断層モデルを用いた手法 (統計的グリーン関数法) による
(地震観測記録の分析結果に沿った地震動評価 (ケース①)))

(三次元差分法による)

(加速度時刻歴波形)

— 断層モデルを用いた手法 (統計的グリーン関数法) による地震動評価結果
(地震観測記録の分析結果に沿った地震動評価 (ケース①))
— 三次元差分法による地震動評価結果



・三次元差分法の対象周波数の上限は10Hzとし、統計的GF法及び三次元差分法の波形には10Hzハイカットフィルター (応答スペクトル図におけるグレーハッチングに相当) を施す。

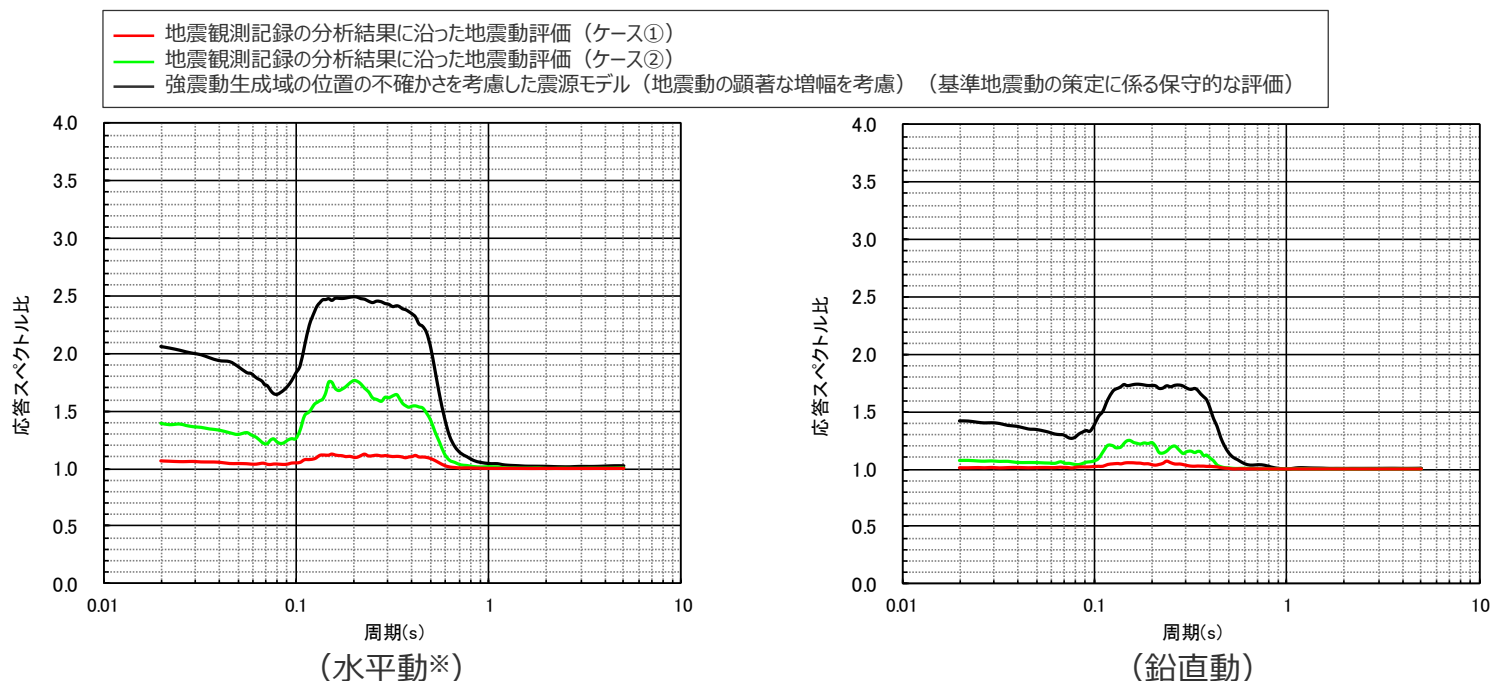
(応答スペクトル)

<断層モデルを用いた手法 (統計的グリーン関数法) による地震動評価結果と三次元差分法による地震動評価結果との比較>

②地震動評価結果に考慮された保守性の確認

(地震観測記録の分析結果に沿った地震動評価結果との比較 (応答スペクトルに基づく地震動評価に用いる増幅係数 (応答スペクトル比) (プレート間地震)))

- プレート間地震について、増幅の範囲及び増幅の程度を地震観測記録の分析結果に対し保守的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 (地震動の顕著な増幅を考慮) の応答スペクトルに基づく地震動評価に用いる増幅係数 (応答スペクトル比) は、下図のとおり。



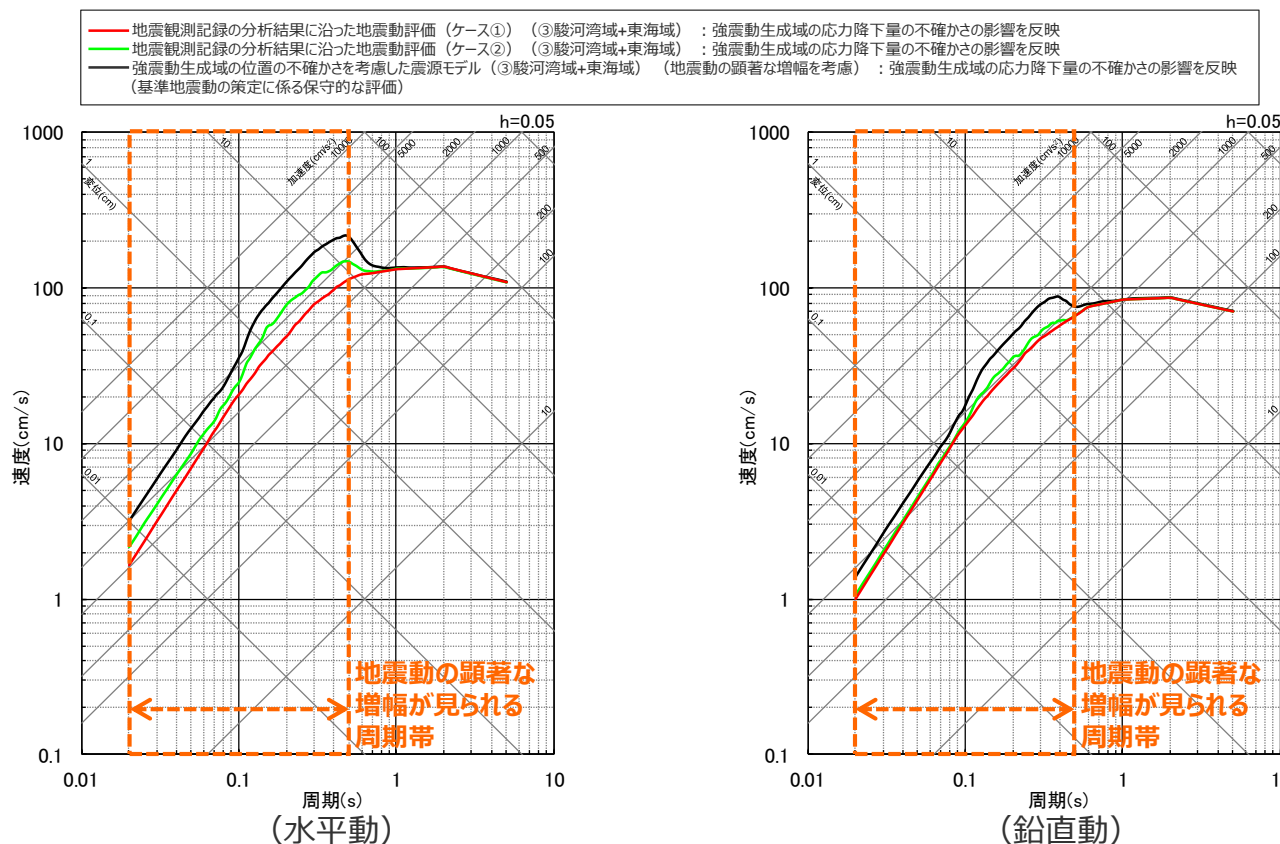
<応答スペクトルに基づく地震動評価への地震動の顕著な増幅の反映のために用いる増幅係数 (応答スペクトル比) の比較>

<補足説明資料④-41 地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価の結果の妥当性の確認>

②地震動評価結果に考慮された保守性の確認

(地震観測記録の分析結果に沿った地震動評価結果との比較 (応答スペクトルに基づく地震動評価 (プレート間地震)))

○プレート間地震について、増幅の範囲及び増幅の程度を地震観測記録の分析結果に対し保守的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 (地震動の顕著な増幅を考慮) の応答スペクトルに基づく地震動評価結果は、地震動の顕著な増幅が見られる周期帯 (周期0.5秒以下) において、地震観測記録の分析結果に沿った地震動評価 (ケース①、ケース②) よりも大きく保守的なものとなっている。



・各震源モデルの地震動評価結果として採用した (地震動レベルが最も大きい) 領域区分「③駿河湾域+東海域」。

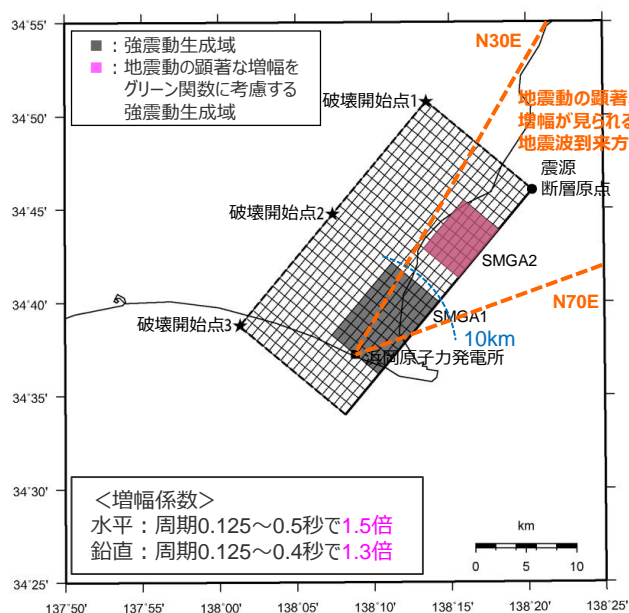
<応答スペクトルに基づく地震動評価結果の比較※>

※強震動生成域の応力降下量の不確かさの影響を反映した結果を代表で示す。

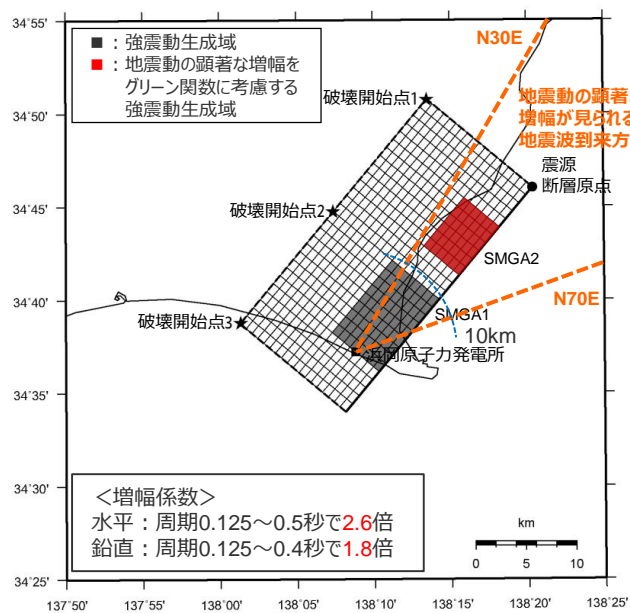
②地震動評価結果に考慮された保守性の確認

(地震観測記録の分析結果に沿った地震動評価結果との比較 (海洋プレート内地震))

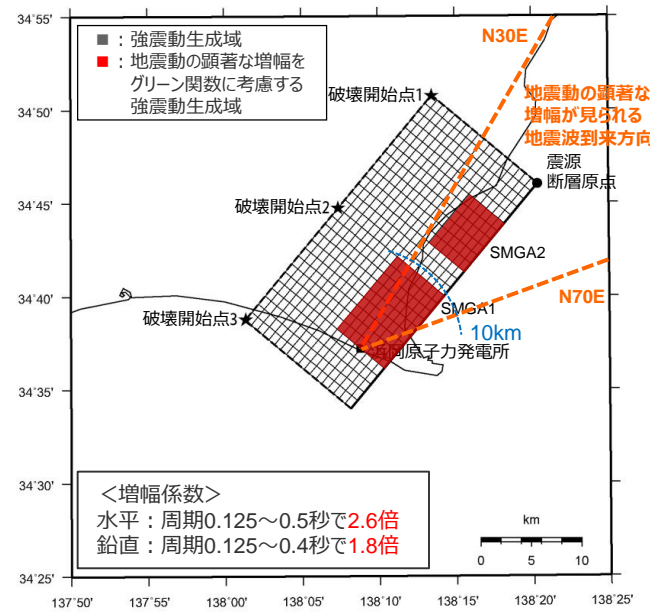
○海洋プレート内地震について、基本震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮) を代表に、地震観測記録の分析結果に沿った場合の地震動評価として、ケース① (増幅の範囲及び増幅の程度を地震観測記録の分析結果に沿って設定) 及びケース② (増幅の範囲のみ地震観測記録の分析結果に沿って設定し、増幅の程度は地震観測記録の分析結果を踏まえて保守的に設定) の地震動評価を行い、地震観測記録の分析結果に対し保守的に行った地震動評価の結果に考慮された保守性を確認する。



<地震観測記録の分析結果に沿った地震動評価 (ケース①)>



<地震観測記録の分析結果に沿った地震動評価 (ケース②)>



<基本震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮) (基準地震動の策定に係る保守的な評価)>

②地震動評価結果に考慮された保守性の確認

(地震観測記録の分析結果に沿った地震動評価結果との比較 (海洋プレート内地震))

<海洋プレート内地震の基本震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮) (基準地震動の策定に係る保守的な評価) の震源断層パラメータ>

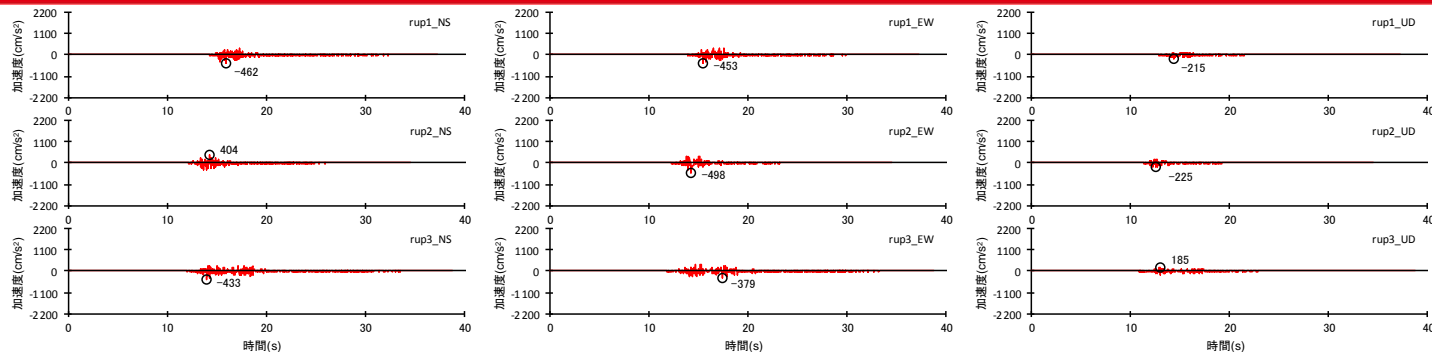
震源断層パラメータ	設定方法	設定結果	震源断層パラメータ	設定方法	設定結果	
震源断層原点	敷地下方に設定	北緯34.766785度 東経138.339557度	強震動生成域	地震モーメント	2009年駿河湾の地震の M_0 - M_{0SMGA} 関係及びスケーリング則による	1.06E+19 Nm
走向	プレートの沈み込み方向に直交	220 °		面積	2009年駿河湾の地震の M_0 - S_{SMGA} 関係及びスケーリング則による	114.3 km ²
傾斜角	2009年駿河湾の地震の知見に基づき設定	45 °		平均すべり量	$D_{SMGA} = M_{0SMGA} / (\mu S_{SMGA})$	2.05 m
すべり角	DC型	90 °		応力降下量	$\Delta\sigma_{SMGA} = A / (4\pi r_{SMGA} \beta^2), r_{SMGA} = (S_{SMGA} / \pi)^{0.5}$	30.71 MPa
震源断層長さ	$L = (S/6)^{0.5} \times 3$	29.0 km	強震動生成域1	面積	$S_{SMGA1} = S_{SMGA} \times (2/3)$	76.2 km ²
震源断層幅	$W = (S/6)^{0.5} \times 2$	19.3 km		地震モーメント	$M_{0SMGA1} = M_{0SMGA} \times S_{SMGA1}^{1.5} / (S_{SMGA1}^{1.5} + S_{SMGA2}^{1.5})$	7.85E+18 Nm
震源断層面積	$S = M_0 / (\mu D)$	559.8 km ²		平均すべり量	$D_{SMGA1} = M_{0SMGA1} / (\mu \cdot S_{SMGA1})$	2.27 m
震源断層上端深さ	2009年駿河湾の地震の知見に基づき設定	23 km	強震動生成域2	応力降下量	$\Delta\sigma_{SMGA1} = \Delta\sigma_{SMGA}$	30.71 MPa
地震モーメント	2009年駿河湾の地震 (鈴木・他(2009)の $M_0 = 4.6 \times 10^{18}$ Nm) の32 ^{0.5} 倍	2.60E+19 Nm		面積	$S_{SMGA2} = S_{SMGA} \times (1/3)$	38.1 km ²
モーメントマグニチュード	$M_w = (\log M_0 - 9.1) / 1.5$	6.9		地震モーメント	$M_{0SMGA2} = M_{0SMGA} \times S_{SMGA2}^{1.5} / (S_{SMGA1}^{1.5} + S_{SMGA2}^{1.5})$	2.78E+18 Nm
気象庁マグニチュード	M_j : フィリピン海プレート(領域1)におけるスラブ内地震の最大規模等を踏まえ設定	7.0		平均すべり量	$D_{SMGA2} = M_{0SMGA2} / (\mu \cdot S_{SMGA2})$	1.61 m
剛性率	$\mu = \rho \beta^2$ (β : 3.99 km/s, ρ : 2.85 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))	4.54E+10 N/m ²	背景領域	応力降下量	$\Delta\sigma_{SMGA2} = \Delta\sigma_{SMGA}$	30.71 MPa
平均すべり量	$D = D_{SMGA} / \gamma_D, \gamma_D = 2.0$	1.02 m		地震モーメント	$M_{0back} = M_0 \cdot M_{0SMGA}$	1.54E+19 Nm
平均応力降下量	$\Delta\sigma = (7/16) \cdot M_0 / (S/m)^{1.5}$	4.79 MPa		面積	$S_{back} = S - S_{SMGA}$	445.5 km ²
破壊伝播速度	V_r : 2009年駿河湾の地震の特性化震源モデルによる	3.4 km/s		平均すべり量	$D_{back} = M_{0back} / (\mu S_{back})$	0.76 m
短周期レベル	2009年駿河湾の地震の M_0 - A 関係及びスケーリング則による	3.71E+19 Nm/s ²	実効応力	$\sigma_{back} = (D_{back} / W_{back}) / (D_{SMGA} / W_{SMGA}) \Delta\sigma_{SMGA1}$ $W_{SMGA} = (\pi)^{0.5} r_{SMGA} \Sigma \gamma_i^3, W_{back} = W, \gamma_i = r_{SMGA} / r_{SMGA}, r_{SMGA} = (S_{SMGA} / \pi)^{0.5}$	4.66 MPa	
f_{max}	中央防災会議(2004)による	6.0 Hz				

・ケース①及びケース②の震源断層パラメータは、基本震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮) と同じである。

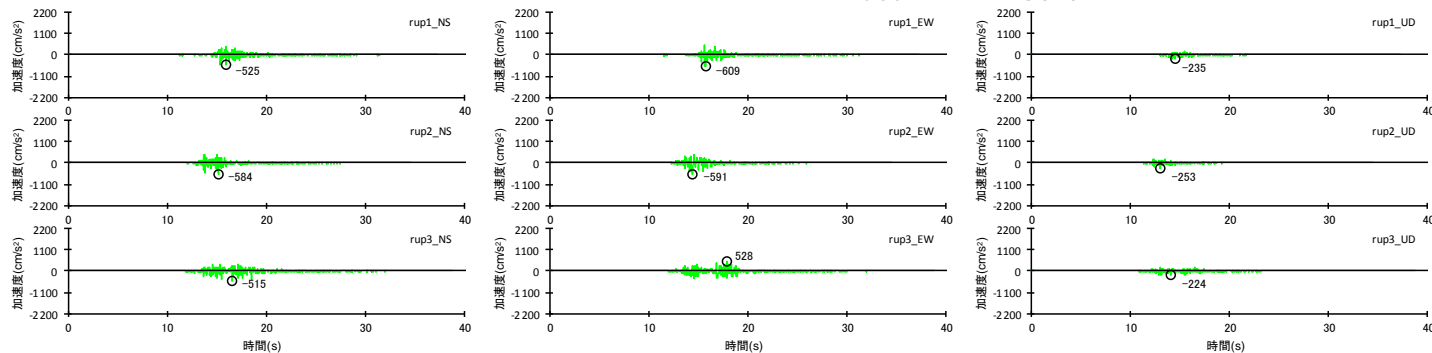
<補足説明資料④-41 地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価の結果の妥当性の確認>

②地震動評価結果に考慮された保守性の確認

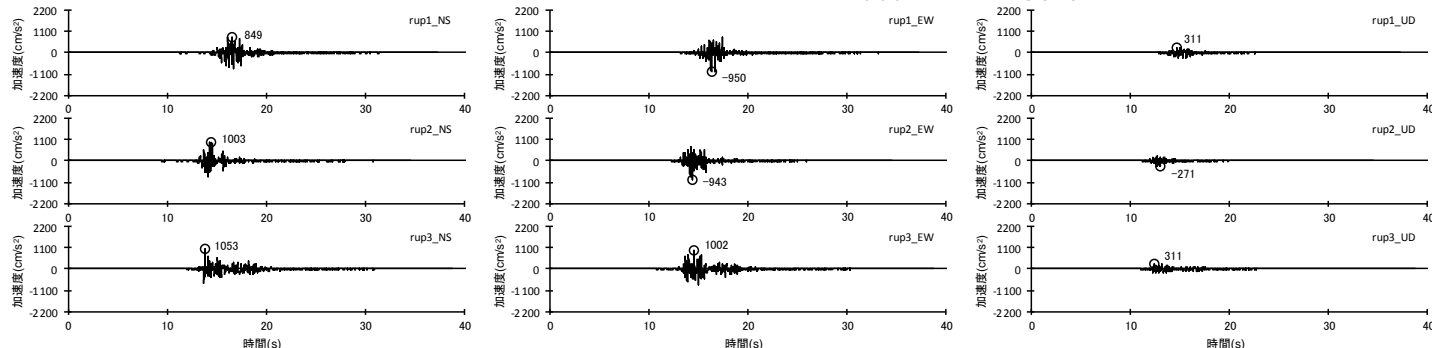
(地震観測記録の分析結果に沿った地震動評価結果との比較 (断層モデルを用いた手法による地震動評価結果 (海洋プレート内地震)))



(地震観測記録の分析結果に沿った地震動評価 (ケース①))



(地震観測記録の分析結果に沿った地震動評価 (ケース②))



(基本震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮) (基準地震動の策定に係る保守的な評価))

<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)>

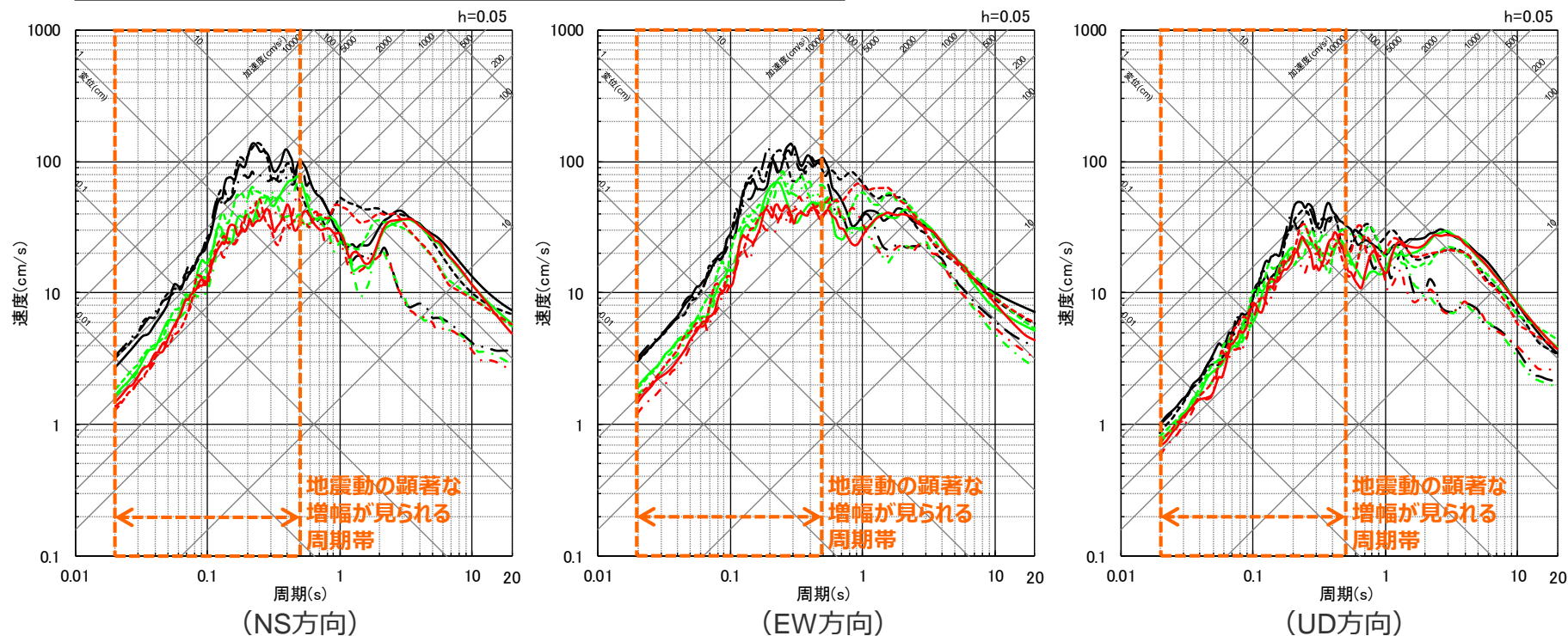
<補足説明資料④-41 地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価の結果の妥当性の確認>

②地震動評価結果に考慮された保守性の確認

(地震観測記録の分析結果に沿った地震動評価結果との比較 (断層モデルを用いた手法による地震動評価結果 (海洋プレート内地震)))

○海洋プレート内地震について、増幅の範囲及び増幅の程度を地震観測記録の分析結果に対し保守的に設定した基本震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮) の断層モデルを用いた手法による地震動評価結果は、地震動の顕著な増幅が見られる周期帯 (周期0.5秒以下) において、地震観測記録の分析結果に沿った地震動評価 (ケース①、ケース②) よりも大きく保守的なものとなっている。

— 地震観測記録の分析結果に沿った地震動評価 (ケース①)
— 地震観測記録の分析結果に沿った地震動評価 (ケース②)
— 基本震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮) (基準地震動の策定に係る保守的な評価)

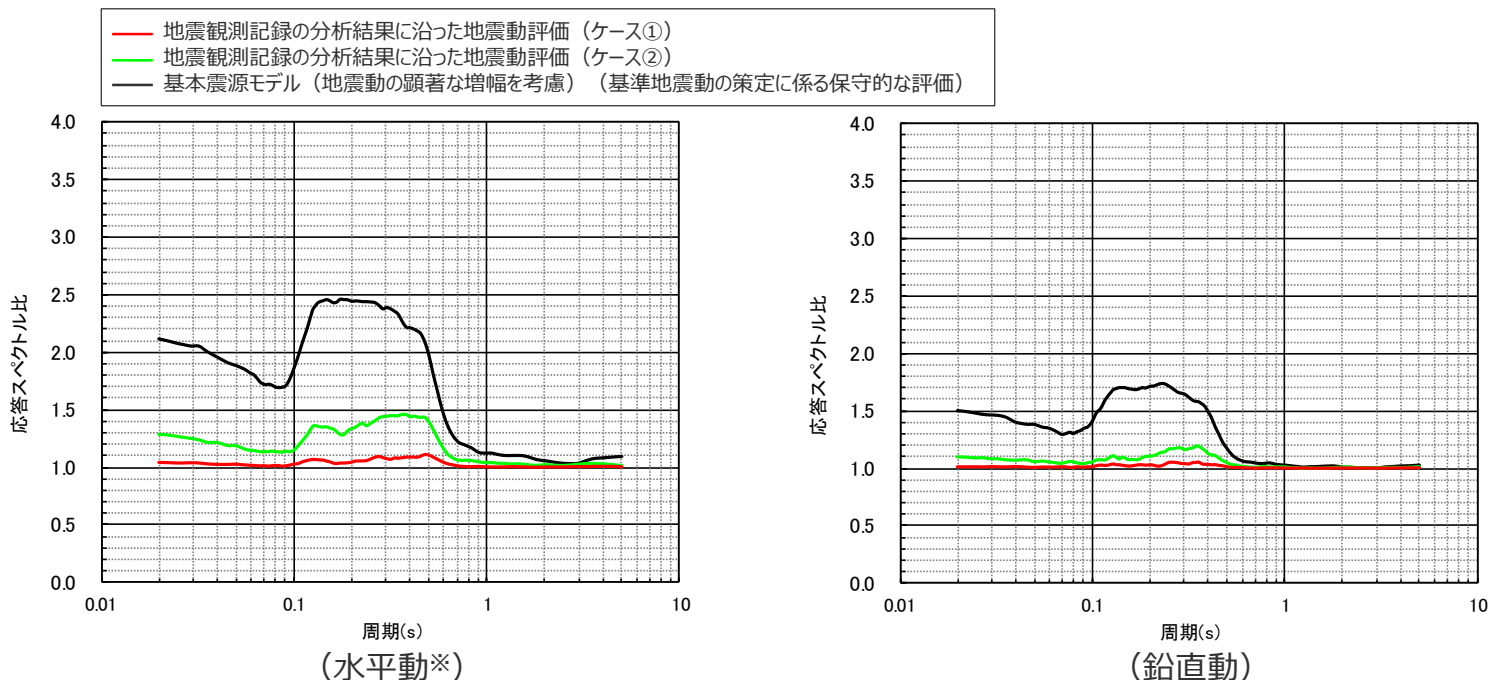


<断層モデルを用いた手法による地震動評価結果の比較 (応答スペクトル) ... (破壊開始点1~3) ... >

②地震動評価結果に考慮された保守性の確認

(地震観測記録の分析結果に沿った地震動評価結果との比較 (応答スペクトルに基づく地震動評価に用いる増幅係数 (応答スペクトル比) (海洋プレート内地震)))

○海洋プレート内地震について、増幅の範囲及び増幅の程度を地震観測記録の分析結果に対し保守的に設定した基本震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮) の応答スペクトルに基づく地震動評価に用いる増幅係数 (応答スペクトル比) は、下図のとおり。



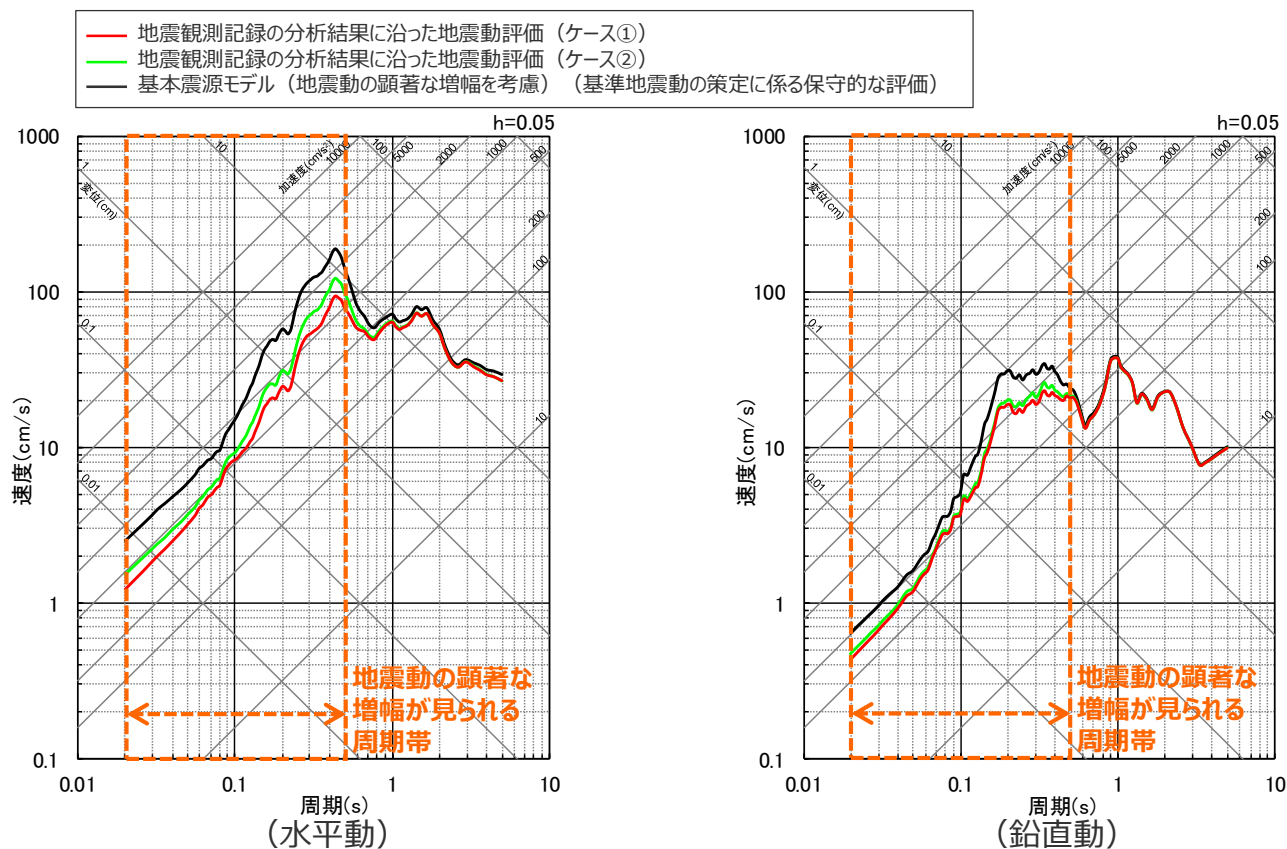
<応答スペクトルに基づく地震動評価への地震動の顕著な増幅の反映のために用いる増幅係数 (応答スペクトル比) の比較>

※ 水平動はNS方向とEW方向の平均。

②地震動評価結果に考慮された保守性の確認

(地震観測記録の分析結果に沿った地震動評価結果との比較 (応答スペクトルに基づく地震動評価結果 (海洋プレート内地震)))

○海洋プレート内地震について、増幅の範囲及び増幅の程度を地震観測記録の分析結果に対し保守的に設定した基本震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮) の応答スペクトルに基づく地震動評価結果は、地震動の顕著な増幅が見られる周期帯 (周期0.5秒以下) において、地震観測記録の分析結果に沿った地震動評価 (ケース①、ケース②) よりも大きく保守的なものとなっている。



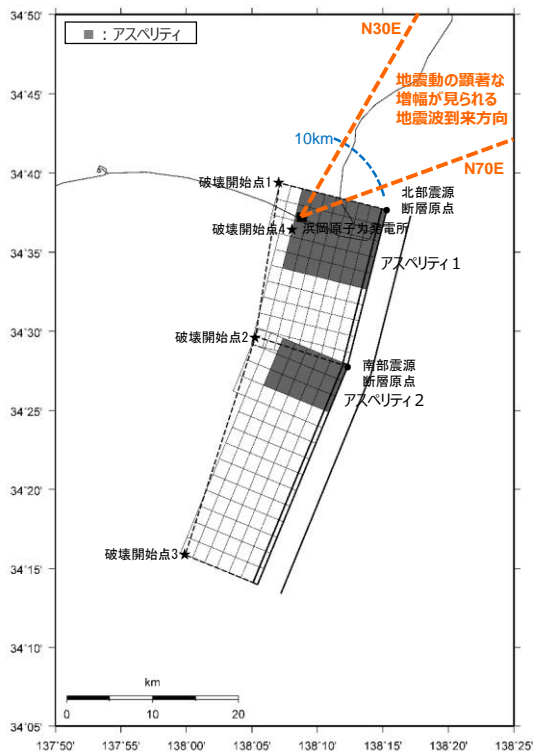
<応答スペクトルに基づく地震動評価結果の比較>

<補足説明資料④-41 地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価の結果の妥当性の確認>

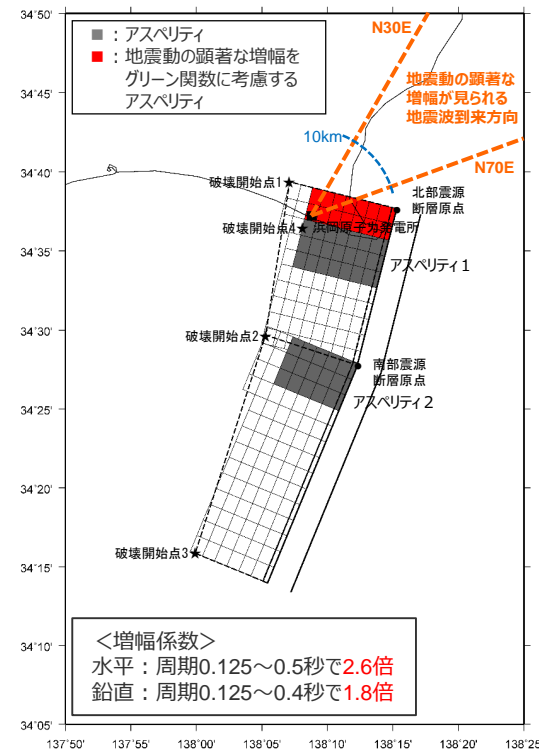
②地震動評価結果に考慮された保守性の確認

(地震観測記録の分析結果に沿った地震動評価結果との比較 (内陸地殻内地震))

- 内陸地殻内地震について、基本震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮) を代表に、地震観測記録の分析結果に沿った場合の地震動評価を行い、地震観測記録の分析結果に対し保守的に行った地震動評価の結果に考慮された保守性を確認する。
- なお、内陸地殻内地震 (御前崎海脚西部の断層帯による地震) の震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮) では、地震動の顕著な増幅を考慮するアスペリティの小断層がすべて敷地近傍 (敷地から半径10km以内) に位置するため、地震観測記録の分析結果に沿った場合の地震動評価は、地震動の顕著な増幅を考慮しない地震動評価と同じとなる。



<地震観測記録の分析結果に沿った地震動評価 (ケース①、ケース②) ※>



<基本震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮) (基準地震動の策定に係る保守的な評価) >

※地震観測記録の分析結果に沿った地震動評価 (ケース①、ケース②) は、地震動の顕著な増幅を考慮しない地震動評価と同じ。

②地震動評価結果に考慮された保守性の確認

(地震観測記録の分析結果に沿った地震動評価結果との比較 (内陸地殻内地震))

<内陸地殻内地震の基本震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮) (基準地震動の策定に係る保守的な評価) 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) >

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以深	同上	°	35
ずれの種類	同上	-	-	逆断層
震源断層上端深さ	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		5.0
震源断層下端深さ	北部	同上	km	13.5~14.6
	南部	同上	km	12.0~13.5
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	13.1~15.0
	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	10.5~13.1
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	281.51
	南部	S_2 :同上	km ²	353.63
震源断層面積	$S=S_1+S_2$	km ²		635.14
等価半径	$R=(S/\pi)^{0.5}$	km		14.22
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		2.24E+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))	-	7.4
モーメントマグニチュード		$M_w=(\log M_0-9.1)/1.5$ (Kanamori(1977))	-	6.8
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		$D=M_0/(\mu S)$	m	1.02
平均応力降下量		$\Delta\sigma=(7/16)(M_0/R^3)$	MPa	3.42
短周期レベル		$A=2.46 \times 10^{10} \times (M_0 \times 10^{10})^{1/3}$ (堀・地(2001))	Nm/s ²	1.49E+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
アスベリティ全体	等価半径	$r_a=(7\pi M_0 \beta^2)/(4AR)$	km	7.27
	面積	$S_a=\pi r_a^2$	km ²	166.20
	平均すべり量	$D_a=2D$	m	2.043
	地震モーメント	$M_{0a}=\mu S_a D_a$	Nm	1.17E+19
アスベリティ1	応力降下量	$\Delta\sigma_a=(7/16)M_0/(r_a^2 R)$	MPa	13.05
	面積	$S_{a1}=(2/3) \times S_a$	km ²	110.80
	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	8.68E+18
アスベリティ2	平均すべり量	$D_{a1}=M_{0a1}/(\mu S_{a1})$	m	2.264
	応力降下量	$\Delta\sigma_{a1}=\Delta\sigma_a$	MPa	13.05
	面積	$S_{a2}=(1/3) \times S_a$	km ²	55.40
アスベリティ2	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	3.07E+18
	平均すべり量	$D_{a2}=M_{0a2}/(\mu S_{a2})$	m	1.601
	応力降下量	$\Delta\sigma_{a2}=\Delta\sigma_a$	MPa	13.05
背景領域	面積	$S_b=S-S_a$	km ²	468.94
	地震モーメント	$M_{0b}=M_0-M_{0a}$	Nm	1.07E+19
	平均すべり量	$D_b=M_{0b}/(\mu S_b)$	m	0.659
	実効応力	$\sigma_b=0.2\Delta\sigma_a$	MPa	2.61

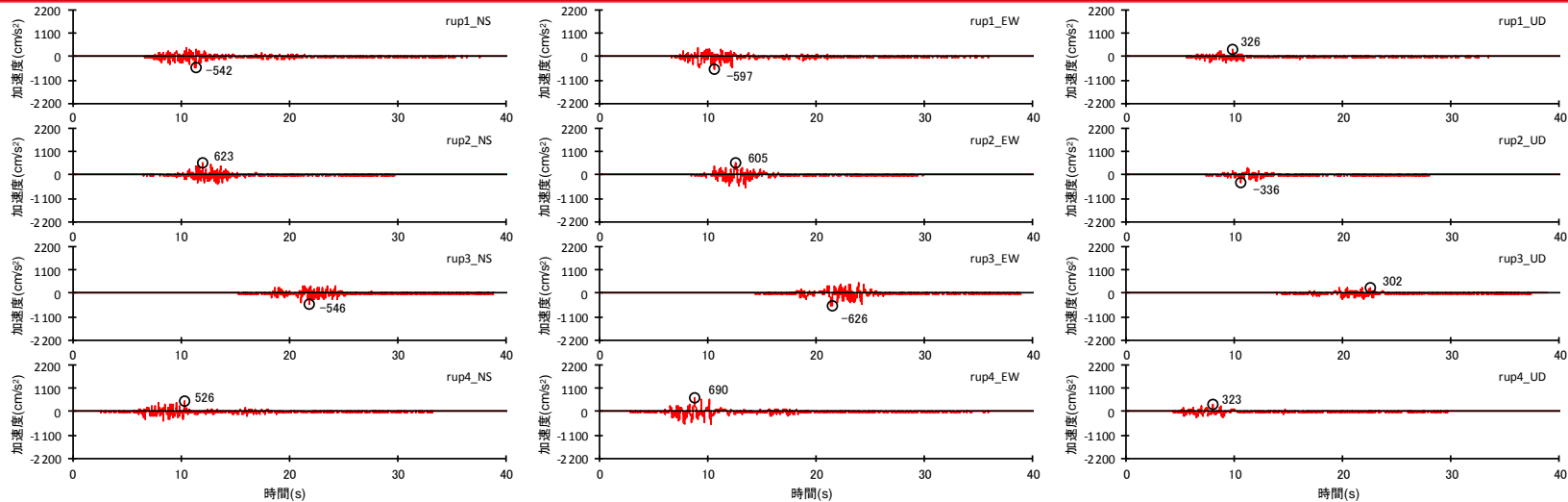
・ケース①及びケース②*の震源断層パラメータは、基本震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮) と同じである。

※地震観測記録の分析結果に沿った地震動評価 (ケース①、ケース②) は、地震動の顕著な増幅を考慮しない地震動評価と同じ。

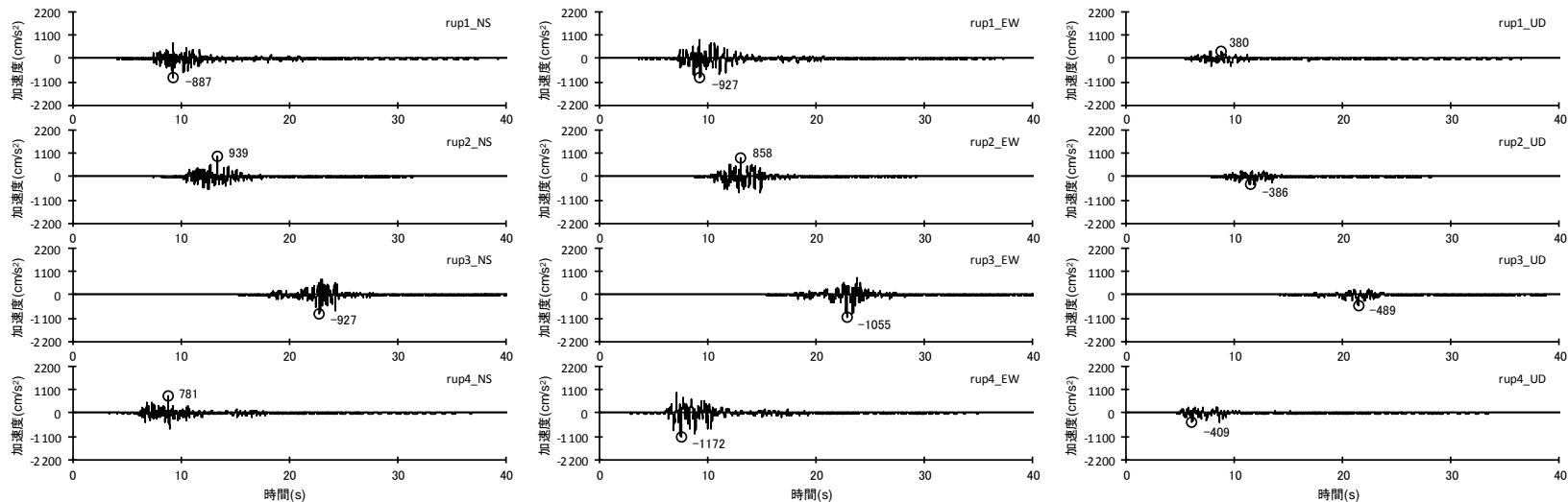
<補足説明資料④-41 地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価の結果の妥当性の確認>

②地震動評価結果に考慮された保守性の確認

(地震観測記録の分析結果に沿った地震動評価結果との比較 (断層モデルを用いた手法による地震動評価結果 (内陸地殻内地震)))



(地震観測記録の分析結果に沿った地震動評価 (ケース①、ケース②) ※)



(基本震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮) (基準地震動の策定に係る保守的な評価))

<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1~4)>

※地震観測記録の分析結果に沿った地震動評価 (ケース①、ケース②) は、地震動の顕著な増幅を考慮しない地震動評価と同じ。

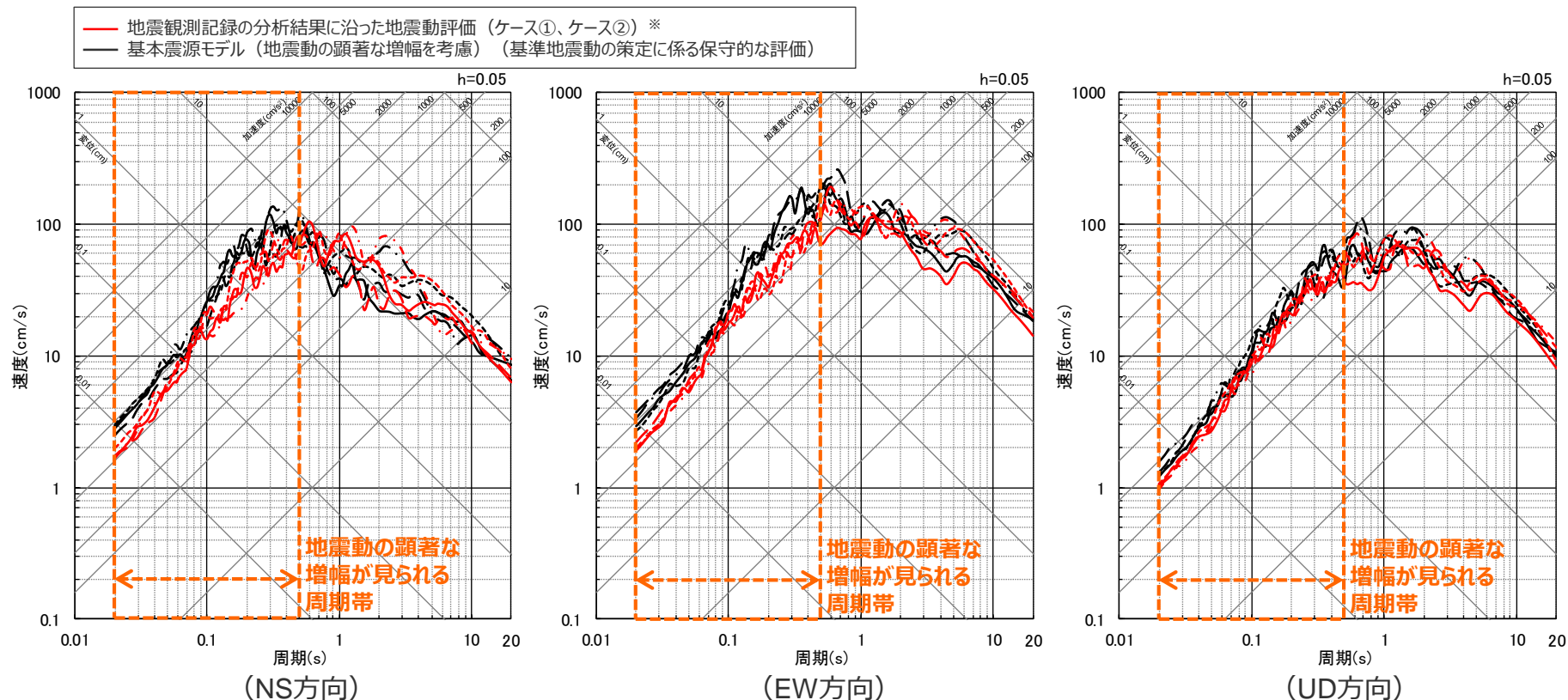
・下線 () は、一部修正箇所を示す。 660

<補足説明資料④-41 地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価の結果の妥当性の確認>

②地震動評価結果に考慮された保守性の確認

(地震観測記録の分析結果に沿った地震動評価結果との比較 (断層モデルを用いた手法による地震動評価結果 (内陸地殻内地震)))

○内陸地殻内地震について、増幅の範囲及び増幅の程度を地震観測記録の分析結果に対し保守的に設定した基本震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮) の断層モデルを用いた手法による地震動評価結果は、地震動の顕著な増幅が見られる周期帯 (周期0.5秒以下) において、地震観測記録の分析結果に沿った地震動評価 (ケース①、ケース②) ※よりも大きく保守的なものとなっている。



<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) ... (破壊開始点1~4) ... >

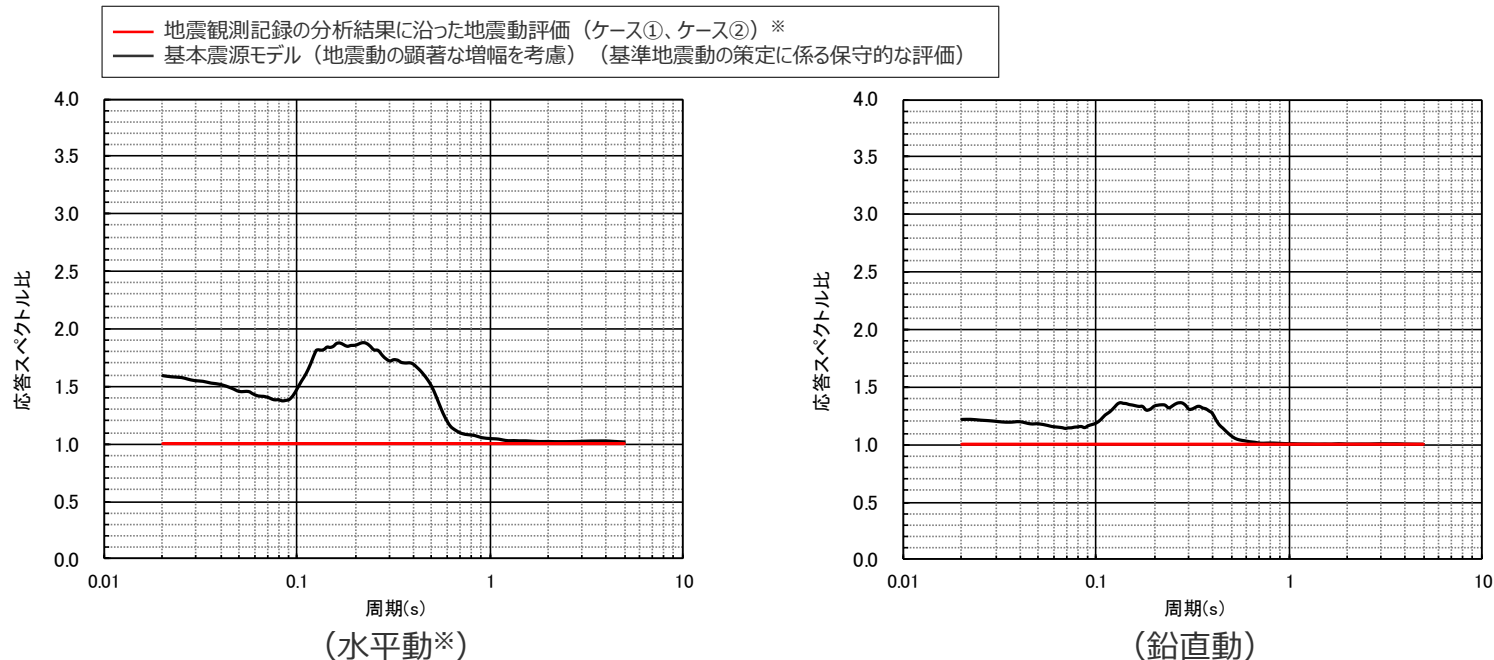
※地震観測記録の分析結果に沿った地震動評価 (ケース①、ケース②) は、地震動の顕著な増幅を考慮しない地震動評価と同じ。

<補足説明資料④-41 地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価の結果の妥当性の確認>

②地震動評価結果に考慮された保守性の確認

(地震観測記録の分析結果に沿った地震動評価結果との比較 (応答スペクトルに基づく地震動評価に用いる増幅係数 (応答スペクトル比) (内陸地殻内地震)))

○内陸地殻内地震について、増幅の範囲及び増幅の程度を地震観測記録の分析結果に対し保守的に設定した基本震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮) の応答スペクトルに基づく地震動評価に用いる増幅係数 (応答スペクトル比) は、下図のとおり。



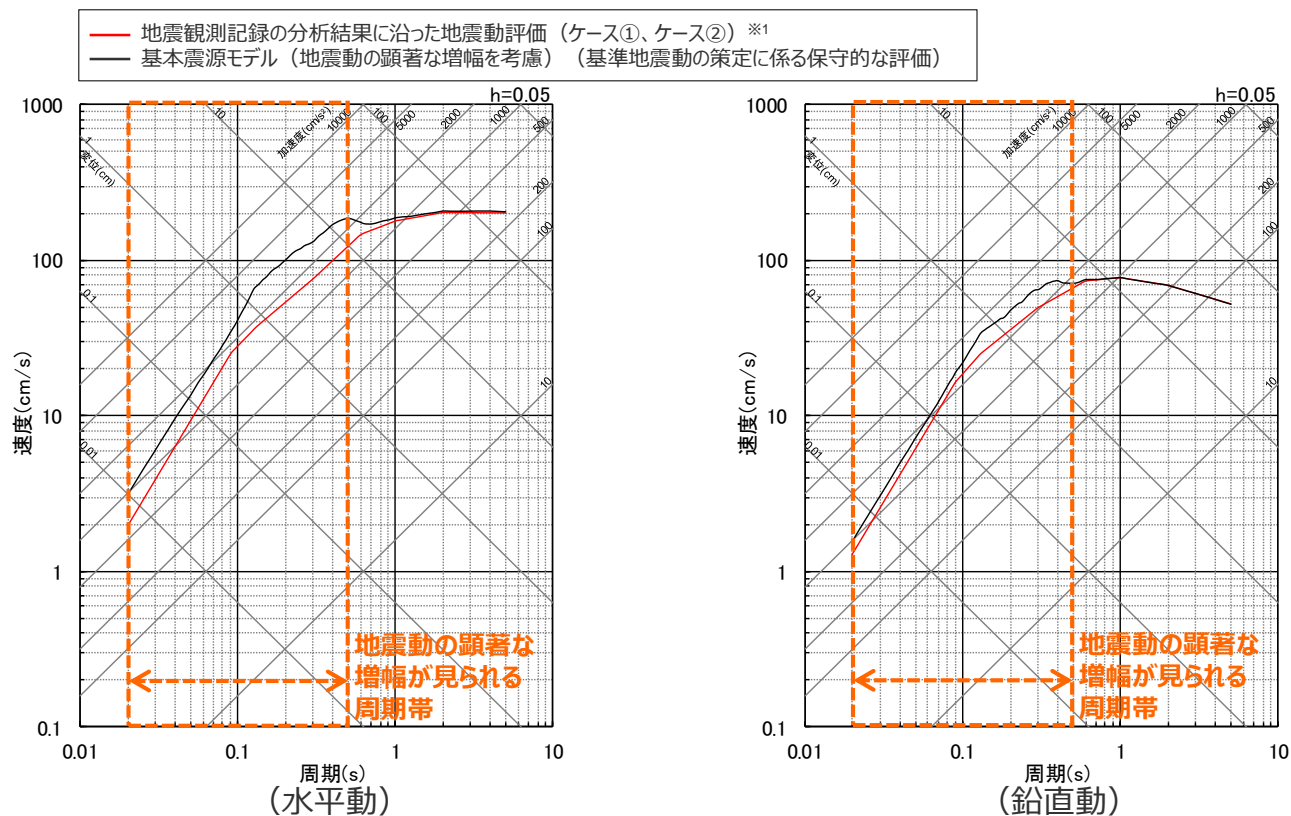
<応答スペクトルに基づく地震動評価への地震動の顕著な増幅の反映のために用いる増幅係数 (応答スペクトル比) の比較>

※地震観測記録の分析結果に沿った地震動評価 (ケース①、ケース②) は、地震動の顕著な増幅を考慮しない地震動評価と同じ。

②地震動評価結果に考慮された保守性の確認

(地震観測記録の分析結果に沿った地震動評価結果との比較 (応答スペクトルに基づく地震動評価結果 (内陸地殻内地震)))

- 内陸地殻内地震について、増幅の範囲及び増幅の程度を地震観測記録の分析結果に対し保守的に設定した基本震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮) の応答スペクトルに基づく地震動評価結果は、地震動の顕著な増幅が見られる周期帯 (周期0.5秒以下) において、地震観測記録の分析結果に沿った地震動評価 (ケース①、ケース②) ※1よりも大きく、保守的なものとなっている。



<応答スペクトルに基づく地震動評価結果の比較※2>

- ※1 地震観測記録の分析結果に沿った地震動評価 (ケース①、ケース②) は、地震動の顕著な増幅を考慮しない地震動評価と同じ。
- ※2 武村(1990)により地震規模を算出した場合の評価結果を例示。

- 以上より、いずれの検討用地震 (地震動の顕著な増幅を考慮) も、保守的に行った検討用地震 (地震動の顕著な増幅を考慮) の地震動評価結果は、地震観測記録の分析結果に沿った場合の地震動評価結果より大きくなっており、地震動の顕著な増幅を考慮する強震動生成域 (アスペリティ) の小断層の範囲・増幅の程度を保守的に設定することにより、地震観測記録の分析結果に対し保守的な地震動評価結果となっていることを確認した。

②地震動評価結果に考慮された保守性の確認

(まとめ)

【検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の地震動評価】

○各検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の地震動評価は、断層モデルを用いた手法において、地震動の顕著な増幅を考慮する強震動生成域（アスペリティ）の小断層の範囲・増幅の程度を**地震観測記録の分析結果に対し保守的に設定**することにより、**保守的な地震動評価**を行う。応答スペクトルに基づく手法は、断層モデルを用いた手法による保守的な地震動評価結果を反映することにより、保守的な地震動評価を行う。

【② 地震動評価結果に考慮された保守性の確認】

○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）の検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の断層モデルを用いた手法による地震動評価及び応答スペクトルに基づく地震動評価について、敷地近傍は地震動の顕著な増幅が見られないなどの地震観測記録の分析結果に沿った場合の地震動評価を行い、地震観測記録の分析結果に対し保守的に行った地震動評価の結果に考慮された保守性を分析する。

→その結果、いずれの検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）も、保守的に行った検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の地震動評価結果は、地震観測記録の分析結果に沿った場合の地震動評価結果より大きくなっており、地震動の顕著な増幅を考慮する強震動生成域（アスペリティ）の小断層の範囲・増幅の程度を保守的に設定することにより、地震観測記録の分析結果に対し保守的な地震動評価結果となっていることを確認した。

項目	地震観測記録の分析結果等	地震観測記録の分析結果に沿った評価（ケース①）	地震観測記録の分析結果に沿った評価（ケース②）	比較	基準地震動の策定に係る保守的な評価
地震動の顕著な増幅の範囲（震源位置）	<ul style="list-style-type: none"> 特定の到来方向（N30E～N70E、「増幅方向」）の地震波のみ顕著な増幅が見られる。 「増幅方向」でも地震波の入射角が鉛直に近づく敷地近傍は顕著な増幅が見られない。 	<ul style="list-style-type: none"> 強震動生成域（アスペリティ）を「増幅方向」の敷地近傍に配置したうえで、地震動の顕著な増幅を考慮する強震動生成域（アスペリティ）の小断層の範囲を、地震観測記録の分析結果における「増幅方向」と同程度とし、敷地近傍を含めずに設定（地震観測記録の分析結果に沿った評価） 	<ul style="list-style-type: none"> 強震動生成域（アスペリティ）を「増幅方向」の敷地近傍に配置したうえで、地震動の顕著な増幅を考慮する強震動生成域（アスペリティ）の小断層の範囲を、地震観測記録の分析結果における「増幅方向」と同程度とし、敷地近傍を含めずに設定（地震観測記録の分析結果に沿った評価） 	比較	<ul style="list-style-type: none"> 強震動生成域（アスペリティ）を「増幅方向」の敷地近傍に配置したうえで、地震動の顕著な増幅を考慮する強震動生成域（アスペリティ）の小断層の範囲を、地震観測記録の分析結果における「増幅方向」より広くし、敷地近傍も含めて設定（保守的な評価）
地震動の顕著な増幅の程度（特性）	<ul style="list-style-type: none"> 特定の短周期の周期帯（フーリエスペクトルの周期0.2～0.5秒）で地震動の顕著な増幅が見られる。 「増幅方向」でも増幅の程度は一樣でなく、2009年駿河湾の地震（本震）は最も大きい。 	<ul style="list-style-type: none"> 強震動生成域（アスペリティ）の小断層のグリーン関数に増幅係数を乗じる方法を採用（背景領域に増幅係数は考慮せず） 増幅係数は、増幅の程度を「増幅方向」の地震の観測記録の平均値にして地震動の顕著な増幅を考慮する小断層の全てに適用（地震観測記録の分析結果に沿った評価） 	<ul style="list-style-type: none"> 強震動生成域（アスペリティ）の小断層のグリーン関数に増幅係数を乗じる方法を採用（背景領域に増幅係数は考慮せず） 増幅係数は、増幅の程度が最も大きい2009年駿河湾の地震（本震）の観測記録の再現性を確認したものを地震動の顕著な増幅を考慮する小断層の全てに適用（保守的な評価） 		<ul style="list-style-type: none"> 強震動生成域（アスペリティ）の小断層のグリーン関数に増幅係数を乗じる方法を採用（背景領域に増幅係数は考慮せず） 増幅係数は、増幅の程度が最も大きい2009年駿河湾の地震（本震）の観測記録の再現性を確認したものを地震動の顕著な増幅を考慮する小断層の全てに適用（保守的な評価）

まとめ

・下線 () は、一部修正箇所を示す。

【地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価】

- 地震観測記録の分析結果で確認された地震動の顕著な増幅の特性を的確に反映するため、この敷地固有の地盤増幅特性を詳細に考慮できる**断層モデルを用いた手法を重視し、2009年駿河湾の地震（本震）の観測記録の再現検討により検証した方法**（増幅方向に位置する強震動生成域の各小断層からの地震動（グリーン関数）に増幅係数を乗じる方法）を用いて、地震動の顕著な増幅を反映する。応答ペクトルに基づく手法は、断層モデルを用いた手法による地震動評価結果を用いて応答スペクトルに与える影響を求めて反映する。
- 各検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の地震動評価は、断層モデルを用いた手法において、地震動の顕著な増幅を考慮する強震動生成域（アスペリティ）の小断層の範囲・増幅の程度を**地震観測記録の分析結果に対し保守的に設定**することにより、**保守的な地震動評価**を行う。応答スペクトルに基づく手法は、断層モデルを用いた手法による保守的な地震動評価結果を反映することにより、保守的な地震動評価を行う。

項目	地震観測記録の分析結果等	2009年駿河湾の地震（本震）の再現検討	基準地震動の策定に係る保守的な評価
地震動の顕著な増幅の範囲（震源位置）	<ul style="list-style-type: none"> ・特定の到来方向（N30E～N70E、「増幅方向」）の地震波のみ顕著な増幅が見られる。 ・「増幅方向」でも地震波の入射角が鉛直に近づく敷地近傍は顕著な増幅が見られない。 	<p>—</p> <p>（震源断層面が「増幅方向」の範囲内に位置するため強震動生成域（アスペリティ）の小断層のグリーン関数の全てに増幅係数を考慮）</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・強震動生成域（アスペリティ）を「増幅方向」の敷地近傍に配置したうえで、地震動の顕著な増幅を考慮する強震動生成域（アスペリティ）の小断層の範囲を、地震観測記録の分析結果における「増幅方向」より広くし、敷地近傍も含めて設定（保守的な評価）
地震動の顕著な増幅の程度（特性）	<ul style="list-style-type: none"> ・特定の短周期の周期帯（フーリエスペクトルの周期0.2～0.5秒）で地震動の顕著な増幅が見られる。 ・「増幅方向」でも増幅の程度は一様でなく、2009年駿河湾の地震（本震）は最も大きい。 	<ul style="list-style-type: none"> ・強震動生成域（アスペリティ）の小断層のグリーン関数に周期0.2～0.5秒のみ増幅させる増幅係数を乗じる方法を採用 ・増幅係数における増幅の程度は、その程度が最も大きい2009年駿河湾の地震（本震）を対象に、増幅を考慮するグリーン関数の波形合成結果の5号炉観測記録の再現性を確認して設定 	<ul style="list-style-type: none"> ・左記と同じ強震動生成域（アスペリティ）の小断層のグリーン関数に増幅係数を乗じる方法（背景領域に増幅係数は考慮せず）を採用 ・増幅係数は、左記と同じ増幅の程度が最も大きい2009年駿河湾の地震（本震）の観測記録の再現性を確認したものを地震動の顕著な増幅を考慮する小断層の全てに一律適用（保守的な評価）

【地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価結果の妥当性の確認】

【① 地震動評価結果に反映された地震動の顕著な増幅の分析】

- 検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の断層モデルを用いた手法による地震動評価の結果について、まず、「**2009年駿河湾の地震（本震）の観測記録の再現検討と同じ増幅係数を乗じる強震動生成域（アスペリティ）の小断層のみによる地震動（波形合成結果）**」の影響を確認する。また、「増幅方向」に位置する背景領域の小断層の影響を確認する。⇒**地震動の顕著な増幅が見られる周期帯（周期0.5秒程度以下）の地震動評価結果について、「増幅方向」に位置する背景領域の小断層の影響は小さく、「増幅方向」の敷地近傍に配置した強震動生成域による影響が支配的であることを確認した。**
- その上で、上記の「増幅係数を乗じる強震動生成域（アスペリティ）の小断層のみによる地震動（波形合成結果）」について、**2009年駿河湾の地震（本震）の観測記録の再現検討で確認した地震動の顕著な増幅と同じ特性が反映されていることを確認する。⇒2009年駿河湾の地震（本震）の観測記録の再現検討で確認した地震動の顕著な増幅と同じ特性が反映されていることを確認した。**

【② 地震動評価結果に考慮された保守性の確認】

- 各検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の断層モデルを用いた手法による地震動評価及び応答スペクトルに基づく地震動評価について、**敷地近傍は地震動の顕著な増幅が見られないなどの地震観測記録の分析結果に沿った場合の地震動評価結果との比較を行い、地震観測記録の分析結果に対し地震動の顕著な増幅が保守的に考慮された地震動評価結果となっていることを確認する。⇒地震観測記録の分析結果に対し保守的な地震動評価結果となっていることを確認した。**

補足説明資料④-42

「増幅方向」に位置する背景領域の小断層にも増幅係数を乗じる海洋プレート内地震の地震動評価

方針・概要

【第940回審査会合におけるコメント】

- 基準地震動に選定されるものは少し慎重に判断したいと考えている。海洋プレート内地震の地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価については、「増幅方向」に位置する背景領域の小断層にも増幅係数を乗じる場合の影響がフーリエスペクトル比で若干ではあるが見られる。そこで、海洋プレート内地震について、プレート間地震などの他の地震動評価結果に包絡されるのであれば必要ないが、基準地震動に選定される地震動であれば、より安全側に「増幅方向」に位置する背景領域にも増幅係数を乗じたものを採用していただきたい。

【第940回審査会合におけるコメントを踏まえた対応】

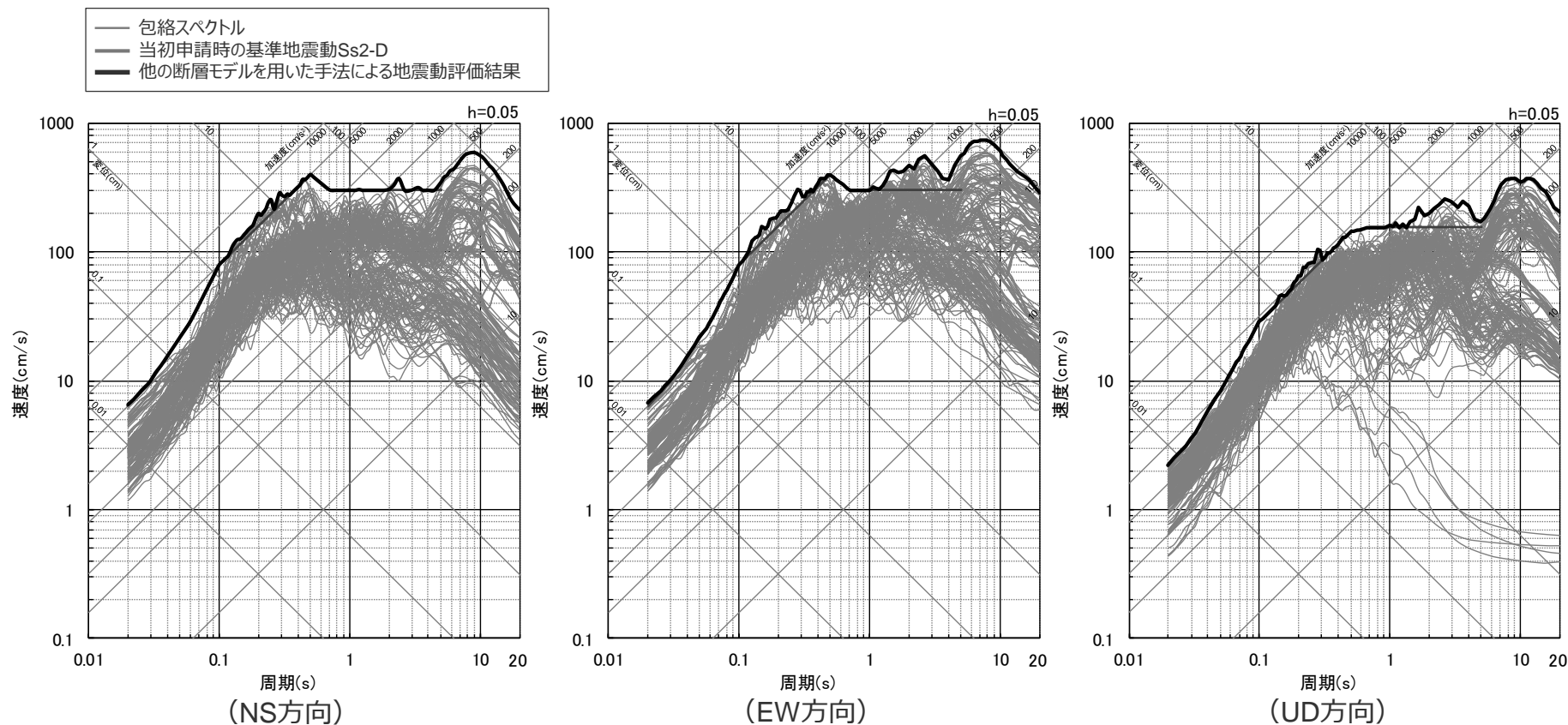
- 地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価では、前述のとおり、地震動の顕著な増幅が見られた短周期の地震動への影響が支配的な強震動生成域（アスペリティ）に着目した保守的な設定を行っており、検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の地震動評価結果は、「増幅方向」に位置する背景領域の小断層に増幅係数を乗じる乗じないにかかわらず、十分保守的な評価結果と考えられる。
- しかしながら、第940回審査会合におけるコメントを踏まえ、**基準地震動に選定される海洋プレート内地震の地震動評価結果については、より慎重に保守的な評価を行い、「増幅方向」に位置する背景領域の小断層にも増幅係数を乗じる地震動評価結果を採用することとする。**

【第940回審査会合におけるコメントを踏まえた地震動評価】

- 以降では、海洋プレート内地震において「増幅方向」に位置する背景領域の小断層のグリーン関数にも増幅係数を乗じた場合の影響が応答スペクトル比ではほぼ見られないもののフーリエスペクトル比では詳細に見るとごくわずかに見られることを踏まえ、基準地震動に選定される可能性がある海洋プレート内地震の震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）について、「増幅方向」に位置する背景領域の小断層にも増幅係数を乗じる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、基準地震動に選定される可能性のある震源モデルとして、海洋プレート内地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の各震源モデルのうち、地震動レベルが比較的大きく、「増幅方向」に位置する背景領域の小断層にも増幅係数を乗じる場合に、「他の断層モデルを用いた手法による地震動評価結果」及び「応答スペクトルに基づく手法による基準地震動」を一部周期で上回る可能性のある震源モデルを検討対象モデルとし、「増幅方向」に位置する背景領域の小断層にも増幅係数を乗じる地震動評価（統計的グリーン関数法と波数積分法によるハイブリッド合成法）を行う。
- 検討対象モデルの選定に当たっては、「海洋プレート内地震（地震動の顕著な増幅を考慮）以外の他の断層モデルを用いた手法による地震動評価結果」及び「当初申請時の基準地震動Ss2-D」を包絡する応答スペクトル（以降、「包絡スペクトル」（次ページ参照）を作成し、その包絡スペクトルを一部周期で上回る可能性のある震源モデルを選定する。

包絡スペクトルの設定

- 前述の包絡スペクトルは、海洋プレート内地震の震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）以外の以下に示す震源モデルの「他の断層モデルを用いた手法による地震動評価結果」及び「当初申請時の基準地震動Ss2-D」の応答スペクトルを包絡して作成した。
- ・内陸地殻内地震・プレート間地震の震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）
 - ・内陸地殻内地震・プレート間地震・海洋プレート内地震の震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）

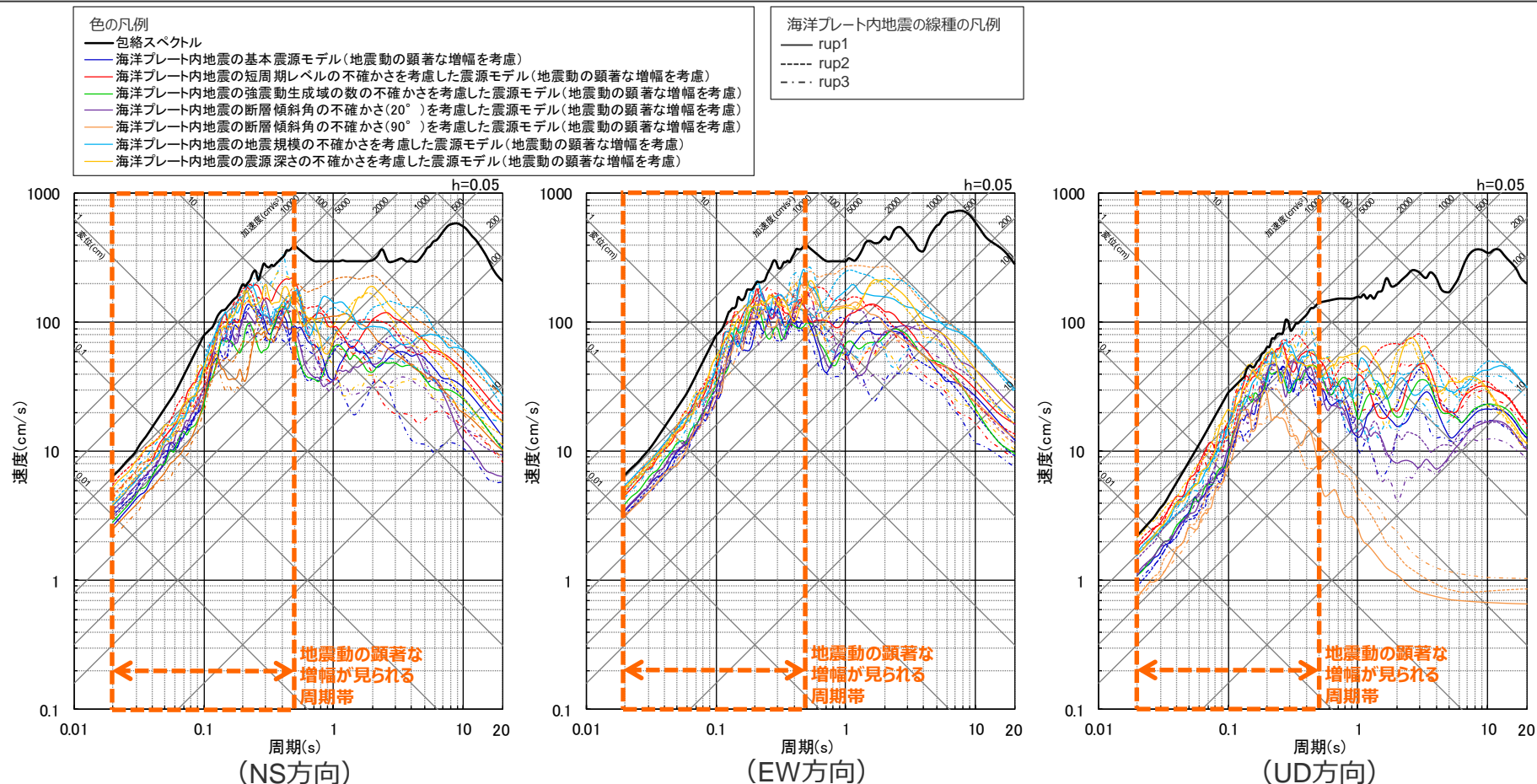


<包絡スペクトル（擬似速度応答スペクトル）>

検討対象モデルの選定

(包絡スペクトルと地震動評価結果の比較)

○包絡スペクトルと海洋プレート内地震の各震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）の断層モデルを用いた手法による地震動評価結果（「増幅方向」に位置する背景領域の小断層には増幅係数を乗じない）の比較（擬似速度応答スペクトル）は下図のとおり。

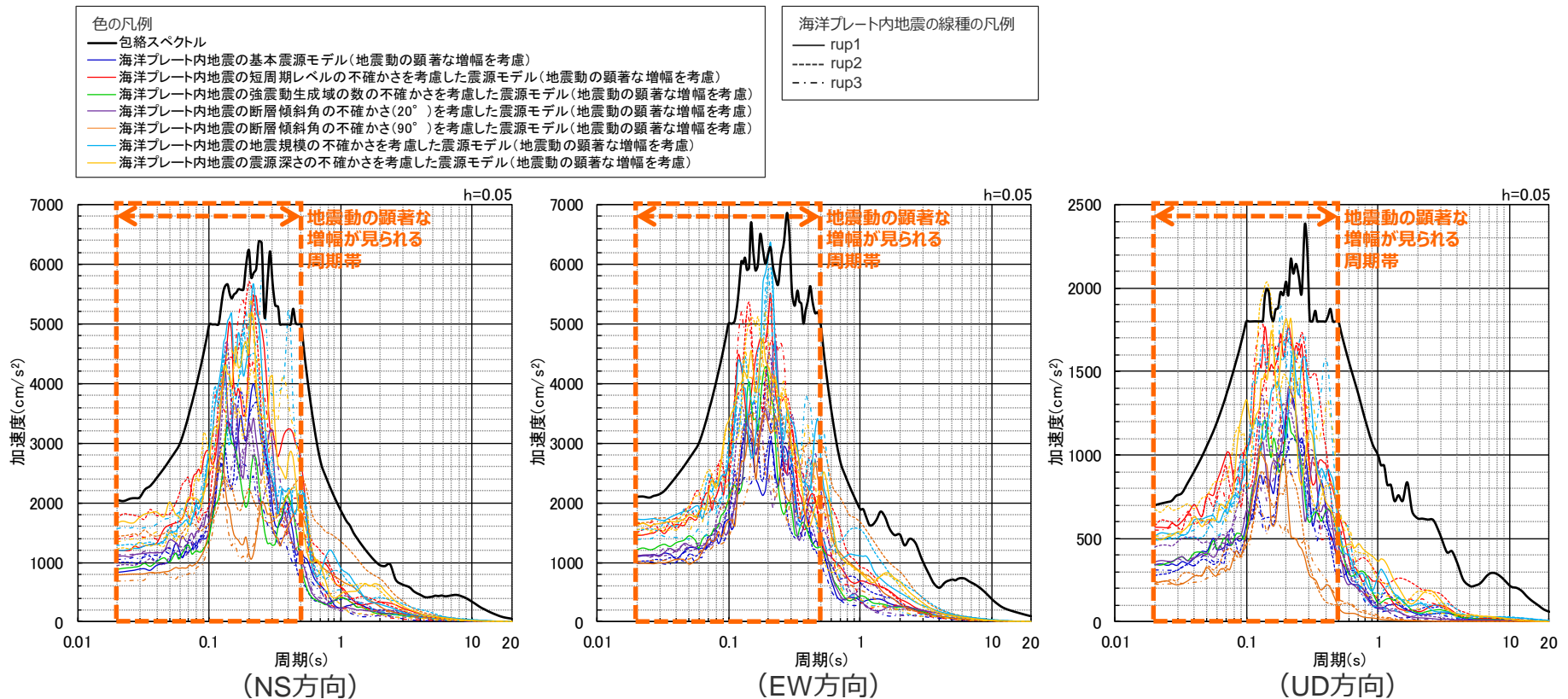


＜包絡スペクトルと断層モデルを用いた手法による地震動評価結果の比較（擬似速度応答スペクトル）＞

検討対象モデルの選定

(包絡スペクトルと地震動評価結果の比較 (地震動レベルが比較的大きい震源モデル))

○包絡スペクトルと海洋プレート内地震の各震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮) の断層モデルを用いた手法による地震動評価結果 (「増幅方向」に位置する背景領域の小断層には増幅係数を乗じない) の比較 (加速度応答スペクトル) は下図のとおり。



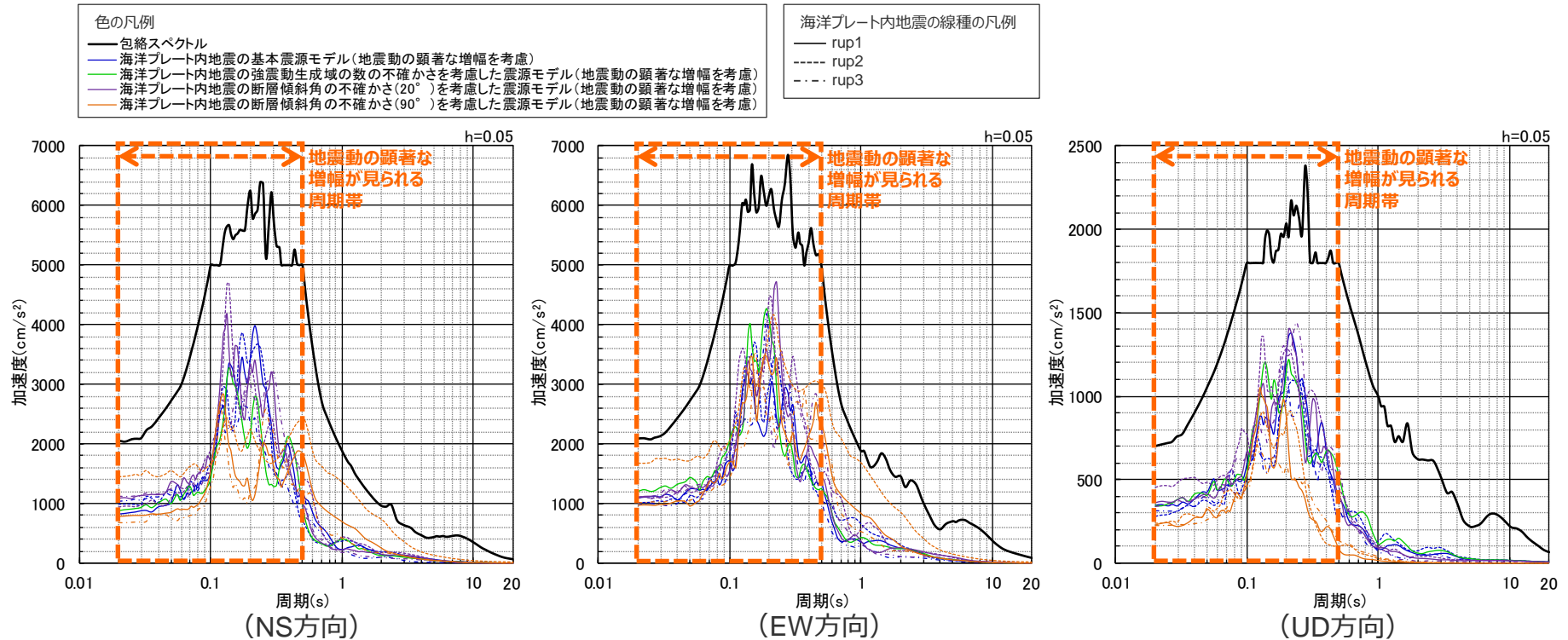
<包絡スペクトルと断層モデルを用いた手法による地震動評価結果の比較 (加速度応答スペクトル) >

検討対象モデルの選定

(包絡スペクトルと地震動評価結果の比較 (地震動レベルが比較的小さい震源モデル))

○海洋プレート内地震の各震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮) のうち、以下の震源モデルについては、地震動レベルが比較的小さく、「増幅方向」に位置する背景領域の小断層にも増幅係数を乗じた場合でも包絡スペクトルを上回らないと考えられる。

- 基本震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮)
- 強震動生成域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)
- 断層傾斜角の不確かさ (20°) を考慮した震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮)
- 断層傾斜角の不確かさ (90°) を考慮した震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮)



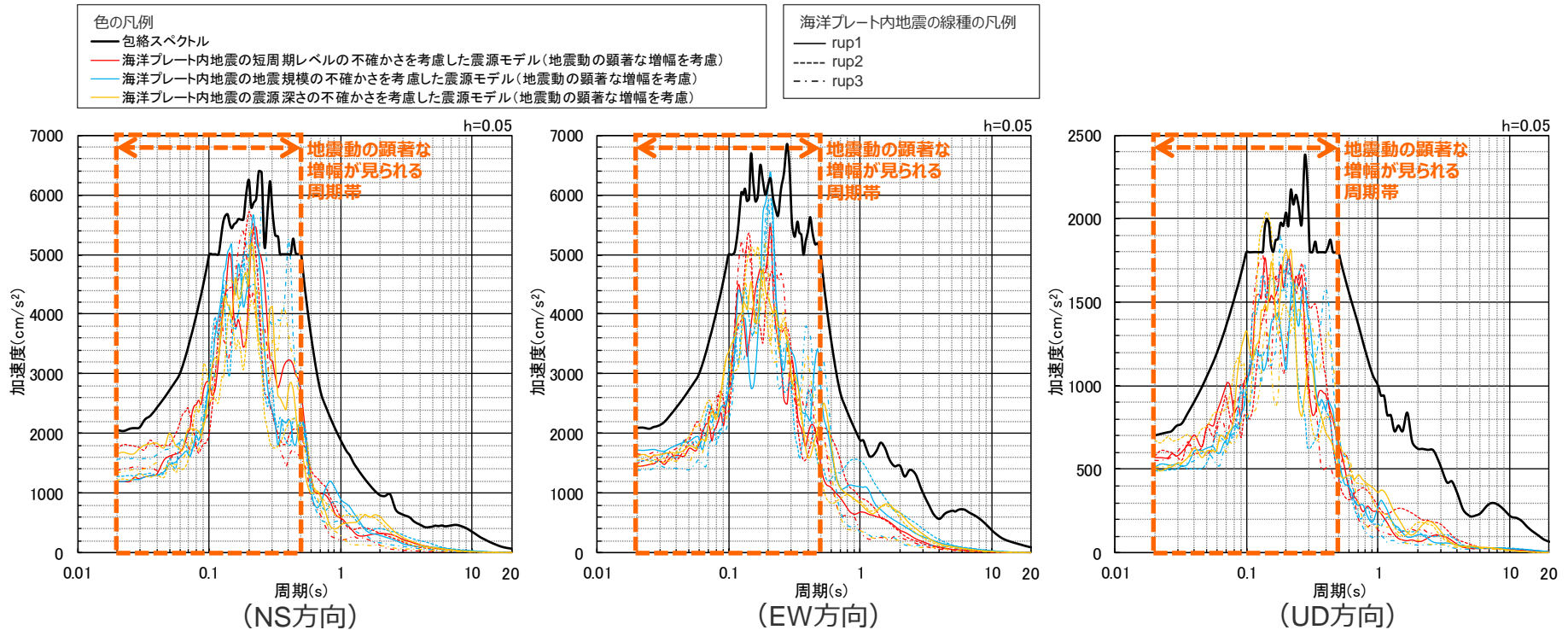
<包絡スペクトルと断層モデルを用いた手法による地震動評価結果の比較 (加速度応答スペクトル) >

検討対象モデルの選定

(選定結果)

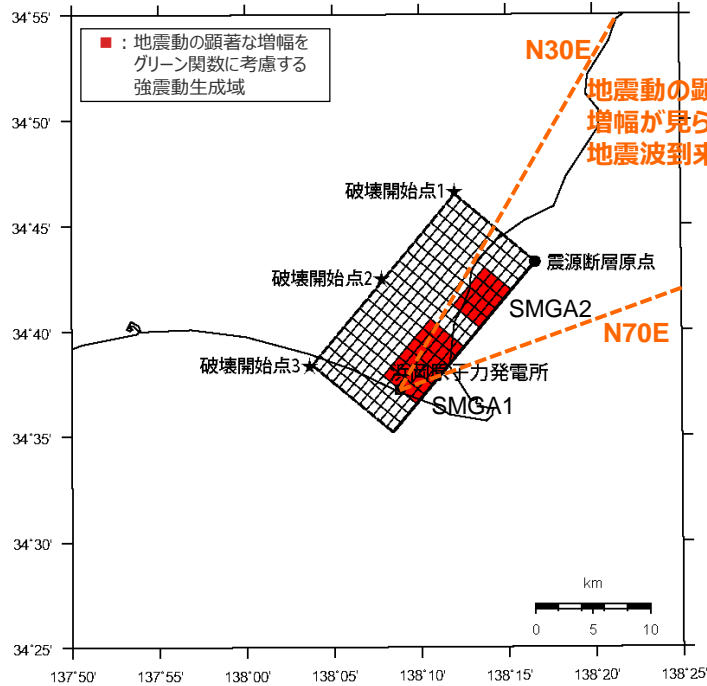
○海洋プレート内地震の各震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）のうち、以下の震源モデルは、地震動レベルが比較的大きいことから検討対象モデルとして選定し、「増幅方向」に位置する背景領域の小断層にも増幅係数を乗じる地震動評価を行い、包絡スペクトルと比較する。

- ・短周期レベル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）
- ・地震規模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）⇒破壊開始点1,3が包絡スペクトルを一部周期で上回る
- ・震源深さ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）⇒破壊開始点2が包絡スペクトルを一部周期で上回る

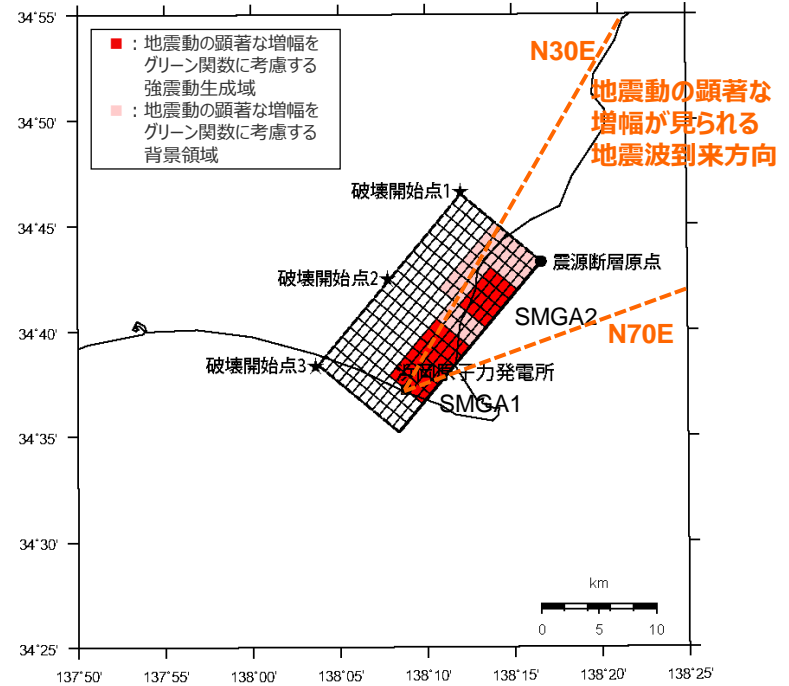


<包絡スペクトルと断層モデルを用いた手法による地震動評価結果の比較（加速度応答スペクトル）>
(検討対象モデル（「増幅方向」に位置する背景領域の小断層に増幅係数を乗じない場合）)

<補足説明資料④-42 「増幅方向」に位置する背景領域の小断層にも増幅係数を乗じる海洋プレート内地震の地震動評価>
短周期レベル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）
 （震源モデル）



（「増幅方向」に位置する背景領域の小断層には増幅係数を乗じない地震動評価）



（「増幅方向」に位置する背景領域の小断層にも増幅係数を乗じる地震動評価）

<短周期レベル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）>

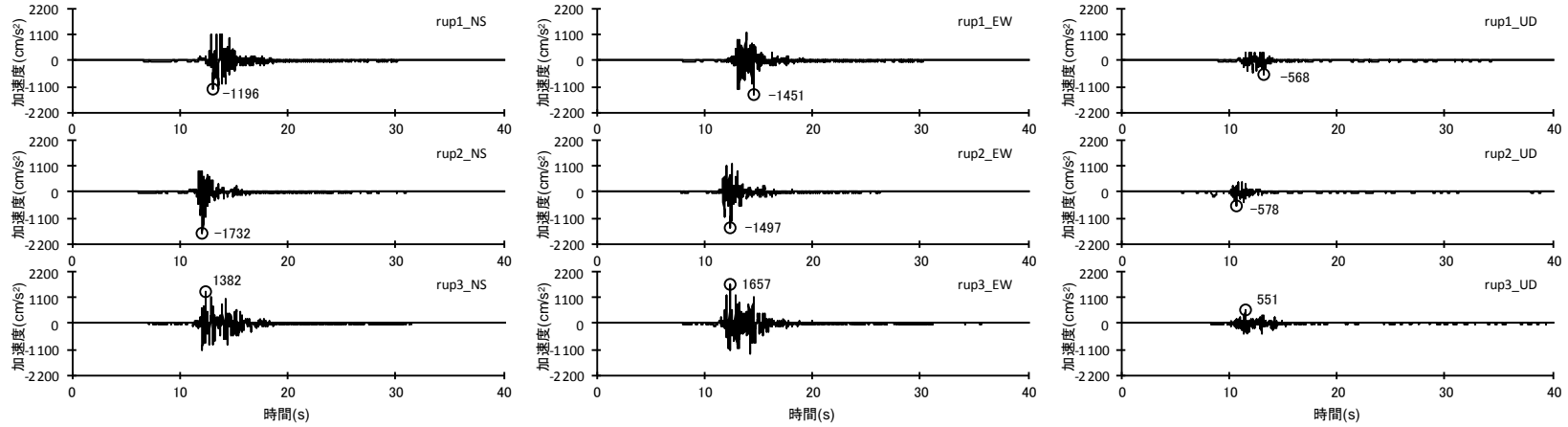
<補足説明資料④-42 「増幅方向」に位置する背景領域の小断層にも増幅係数を乗じる海洋プレート内地震の地震動評価>
短周期レベルの不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）
 （震源断層パラメータ）

<短周期レベル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）の震源断層パラメータ>
 （笹谷・他(2006)に基づく）

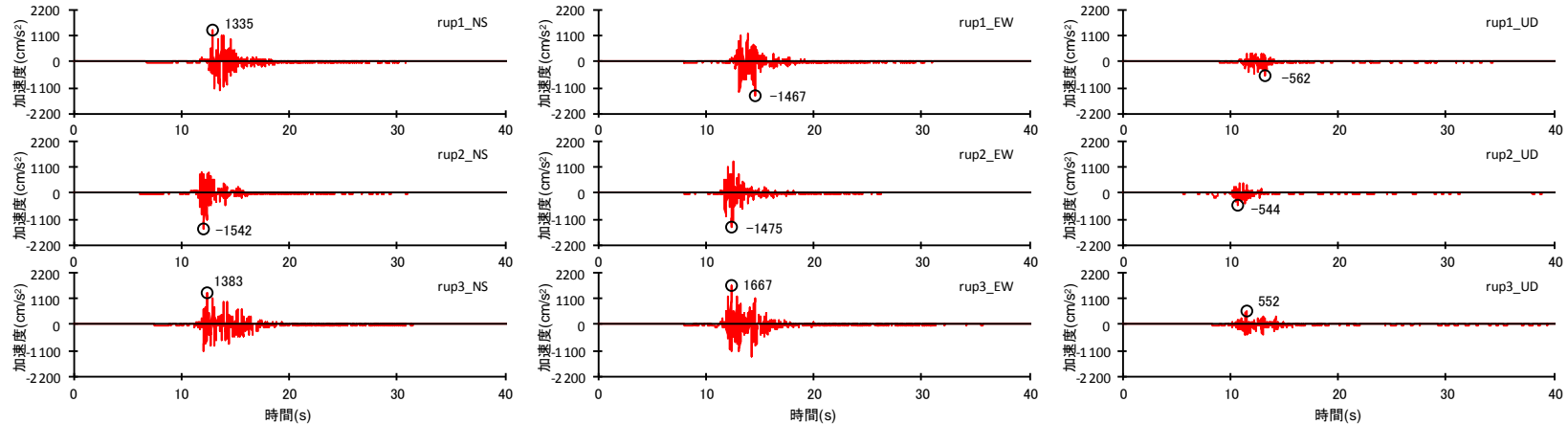
震源断層パラメータ	設定方法	設定結果	震源断層パラメータ	設定方法	設定結果	
震源断層原点	敷地下方に設定	北緯34.721057度 東経138.276965度	強震動生成域	地震モーメント	$M_{0SMGA} = \mu S_{SMGA} D_{SMGA}$	1.04E+19 Nm
走向	プレートの沈み込み方向に直交	220 °		面積	$S_{SMGA} = 1.25 \times 10^{-16} \times M_0^{2/3} [\text{dyne-cm}]$ (笹谷・他(2006)の M_0 - S_{SMGA} 関係)	50.9 km ²
傾斜角	2009年駿河湾の地震の知見に基づき設定	45 °		平均すべり量	$D_{SMGA} = \gamma_D D$, $\gamma_D = 2.0$	4.50 m
すべり角	DC型	90 °		応力降下量	$\Delta\sigma_{SMGA} = A / (4\pi\beta^2) / (S_{SMGA}/\pi)^{0.5}$	77.98 MPa
震源断層長さ	$L = (S/6)^{0.5} \times 3$	19.5 km	強震動生成域1	面積	$S_{SMGA1} = S_{SMGA} \times (2/3)$	33.97 km ²
震源断層幅	$W = (S/6)^{0.5} \times 2$	13.0 km		地震モーメント	$M_{0SMGA1} = M_{0SMGA} \times S_{SMGA1}^{1.5} / (S_{SMGA1}^{1.5} + S_{SMGA2}^{1.5})$	7.69E+18 Nm
震源断層面積	$S = (49/16) M_0^2 \beta^4 \pi^4 / (S_{SMGA} A^2)$	254.6 km ²		平均すべり量	$D_{SMGA1} = M_{0SMGA1} / (\mu \cdot S_{SMGA1})$	4.99 m
震源断層上端深さ	2009年駿河湾の地震の知見に基づき設定	23 km	応力降下量	$\Delta\sigma_{SMGA1} = \Delta\sigma_{SMGA}$	77.98 MPa	
地震モーメント	2009年駿河湾の地震(鈴木・他(2009)の $M_0 = 4.6 \times 10^{18}$ Nm) の $32^{0.5}$ 倍	2.60E+19 Nm	強震動生成域2	面積	$S_{SMGA2} = S_{SMGA} \times (1/3)$	16.98 km ²
モーメントマグニチュード	$M_w = (\log M_0 - 9.1) / 1.5$	6.9		地震モーメント	$M_{0SMGA1} = M_{0SMGA} \times S_{SMGA2}^{1.5} / (S_{SMGA1}^{1.5} + S_{SMGA2}^{1.5})$	2.72E+18 Nm
気象庁マグニチュード	M_j : フィリピン海プレート(領域1)におけるスラブ内地震の最大規模等を踏まえ設定	7.0		平均すべり量	$D_{SMGA2} = M_{0SMGA2} / (\mu \cdot S_{SMGA2})$	3.53 m
剛性率	$\mu = \rho \beta^2$ (β : 3.99 km/s, ρ : 2.85 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))	4.54E+10 N/m ²		応力降下量	$\Delta\sigma_{SMGA2} = \Delta\sigma_{SMGA}$	77.98 MPa
平均すべり量	$D = M_0 / \mu S$	2.25 m	背景領域	地震モーメント	$M_{0back} = M_0 \cdot M_{0SMGA}$	1.56E+19 Nm
平均応力降下量	$\Delta\sigma = S_{SMGA} \Delta\sigma_{SMGA} / S$	15.6 MPa		面積	$S_{back} = S - S_{SMGA}$	203.7 km ²
破壊伝播速度	V_r : 2009年駿河湾の地震の特性化震源モデルによる	3.4 km/s		平均すべり量	$D_{back} = M_{0back} / (\mu S_{back})$	1.69 m
短周期レベル	$A = 9.84 \times 10^{17} \times M_0^{1/3} [\text{dyne-cm}]$ (笹谷・他(2006)の M_0 - A 関係)	6.28E+19 Nm/s ²		実効応力	$\sigma_{back} = (D_{back} / W_{back}) / (D_{SMGA} / W_{SMGA}) \Delta\sigma_{SMGA1}$ $W_{SMGA} = (\pi)^{0.5} r_{SMGA}^3 \Sigma \gamma_i^3$, $W_{back} = W$, $\gamma_i = r_{SMGA} / r_{SMGA1}$, $r_{SMGA1} = (S_{SMGA} / \pi)^{0.5}$	11.80 MPa
f_{max}	中央防災会議(2004)による	6.0 Hz	: 震源断層パラメータ表中の2009年駿河湾の地震は本震。			

・「増幅方向」に位置する背景領域の小断層には増幅係数を乗じない場合と「増幅方向」に位置する背景領域の小断層にも増幅係数を乗じる場合で震源断層パラメータは同じ。

＜補足説明資料④-42 「増幅方向」に位置する背景領域の小断層にも増幅係数を乗じる海洋プレート内地震の地震動評価＞
 短周期レベル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）
 （地震動評価結果）



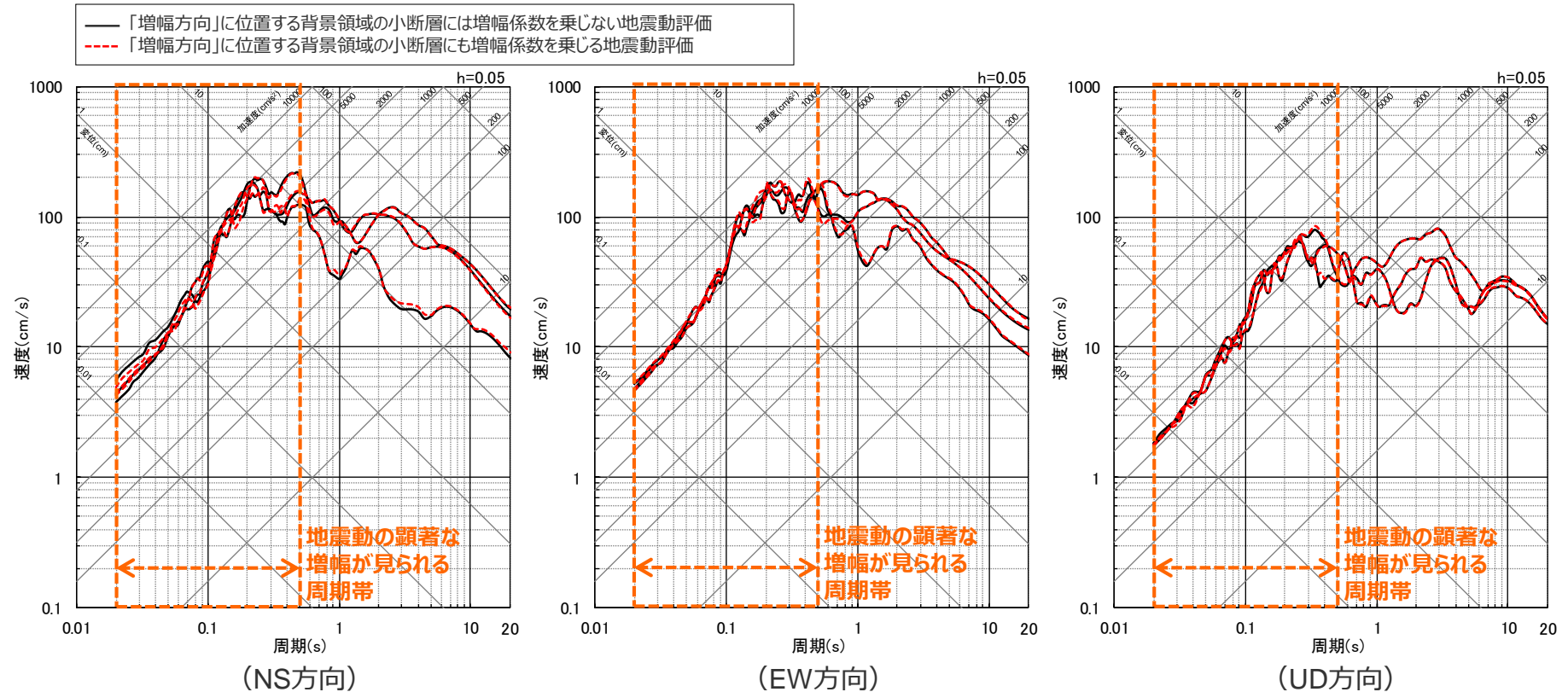
（「増幅方向」に位置する背景領域の小断層には増幅係数を乗じない地震動評価）



（「増幅方向」に位置する背景領域の小断層にも増幅係数を乗じる地震動評価）

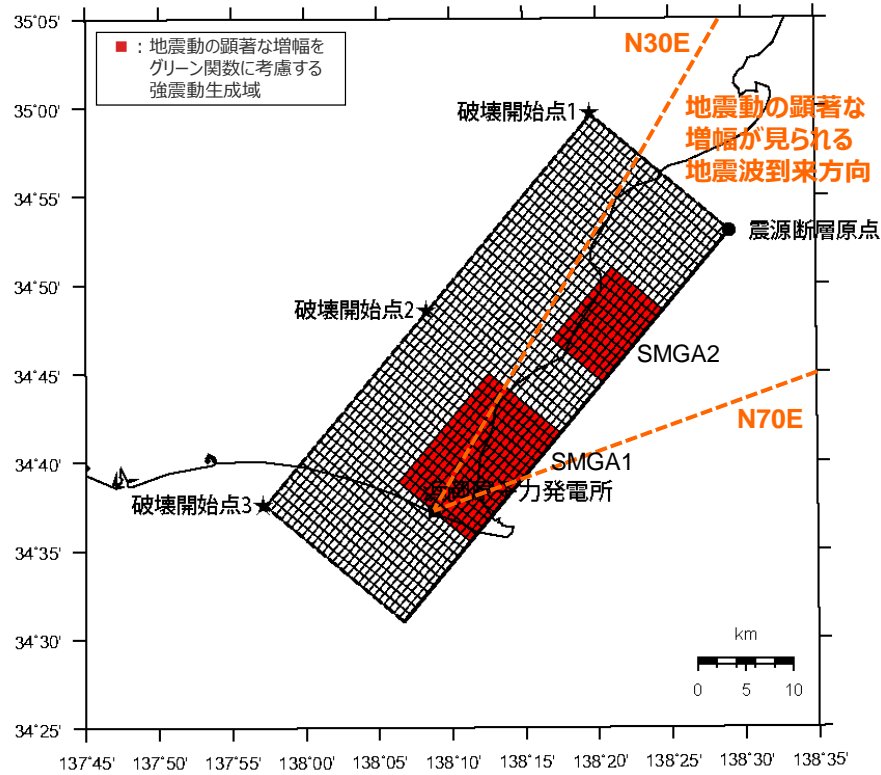
＜断層モデルを用いた手法による地震動評価結果の比較（加速度時刻歴波形）（破壊開始点1～3）＞
 （短周期レベルの不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮））

<補足説明資料④-42 「増幅方向」に位置する背景領域の小断層にも増幅係数を乗じる海洋プレート内地震の地震動評価>
短周期レベル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）
 （地震動評価結果）

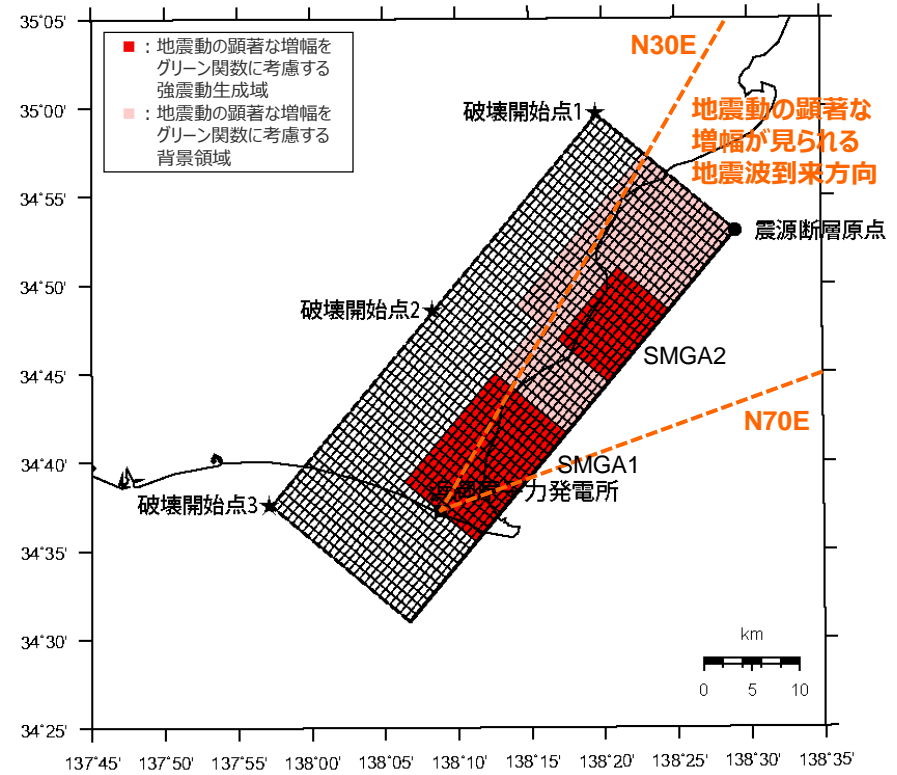


<断層モデルを用いた手法による地震動評価結果の比較（応答スペクトル）（破壊開始点1～3）>
 （短周期レベルの不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮））

<補足説明資料④-42 「増幅方向」に位置する背景領域の小断層にも増幅係数を乗じる海洋プレート内地震の地震動評価>
地震規模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）
 （震源モデル）



（「増幅方向」に位置する背景領域の小断層には増幅係数を乗じない地震動評価）



（「増幅方向」に位置する背景領域の小断層にも増幅係数を乗じる地震動評価）

<地震規模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）>

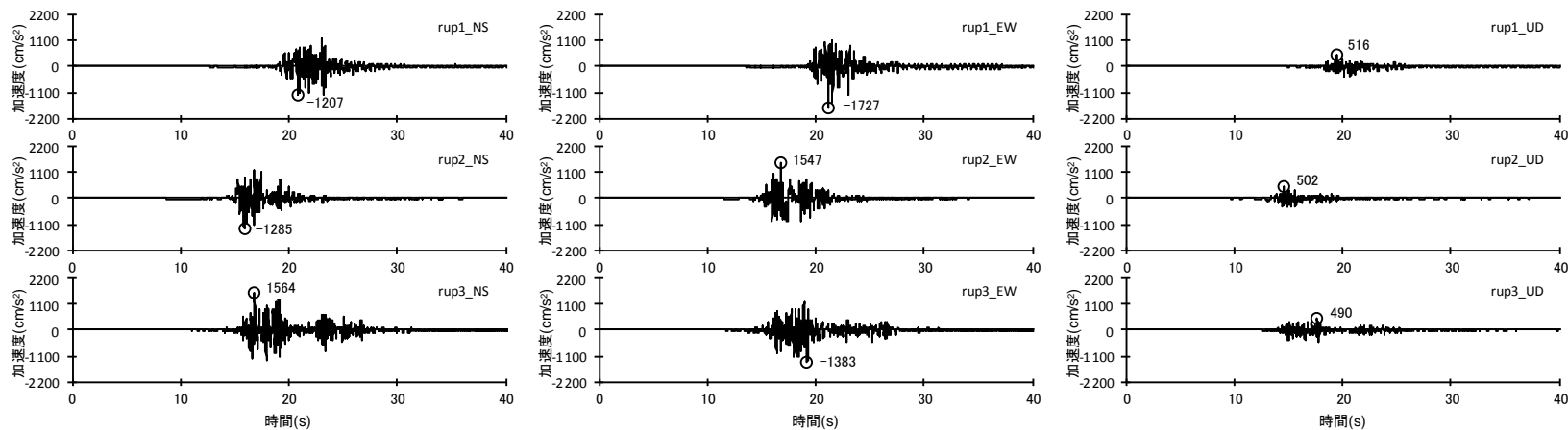
<補足説明資料④-42 「増幅方向」に位置する背景領域の小断層にも増幅係数を乗じる海洋プレート内地震の地震動評価> 地震規模の不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮） （震源断層パラメータ）

<地震規模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）の震源断層パラメータ>

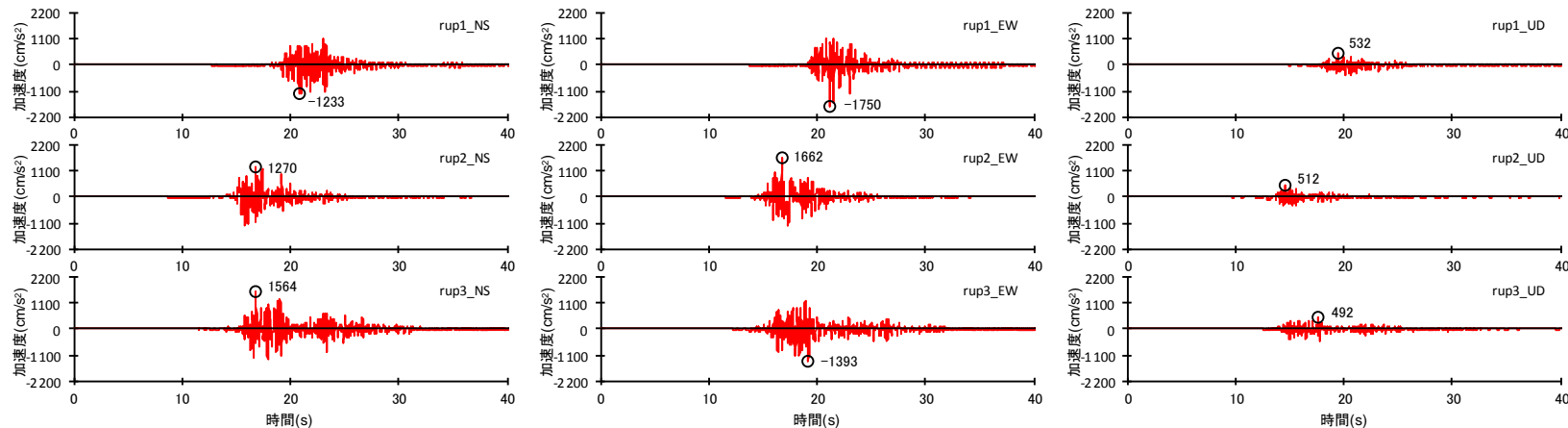
震源断層パラメータ	設定方法	設定結果	震源断層パラメータ	設定方法	設定結果	
震源断層原点	敷地下方に設定	北緯34.883279度 東経138.485104度	強震動生成域	地震モーメント	2009年駿河湾の地震の M_0 - M_{0SMGA} 関係及びスケーリング則による	4.25E+19 Nm
走向	プレートの沈み込み方向に直交	220 °		面積	2009年駿河湾の地震の M_0 - S_{SMGA} 関係及びスケーリング則による	288.0 km ²
傾斜角	2009年駿河湾の地震の知見に基づき設定	45 °		平均すべり量	$D_{SMGA} = M_{0SMGA} / (\mu S_{SMGA})$	3.25 m
すべり角	DC型	90 °		応力降下量	$\Delta\sigma_{SMGA} = A / (4\pi r_{SMGA} \beta^2)$, $r_{SMGA} = (S_{SMGA} / \pi)^{0.5}$	30.71 MPa
震源断層長さ	$L = (S/2)^{0.5} \times 2$	53.1 km	強震動生成域1	面積	$S_{SMGA1} = S_{SMGA} \times (2/3)$	192.0 km ²
震源断層幅	$W = (S/2)^{0.5}$	26.6 km		地震モーメント	$M_{0SMGA1} = M_{0SMGA} \times S_{SMGA1}^{1.5} / (S_{SMGA1}^{1.5} + S_{SMGA2}^{1.5})$	3.14E+19 Nm
震源断層面積	$S = M_0 / (\mu D)$	1410.6 km ²		平均すべり量	$D_{SMGA1} = M_{0SMGA1} / (\mu \cdot S_{SMGA1})$	3.60 m
震源断層上端深さ	2009年駿河湾の地震の知見に基づき設定	23 km	応力降下量	$\Delta\sigma_{SMGA1} = \Delta\sigma_{SMGA}$	30.71 MPa	
地震モーメント	2009年駿河湾の地震（鈴木・他(2009)の $M_0 = 4.6 \times 10^{19}$ Nm)の512 ^{0.5} 倍	1.04E+20 Nm	強震動生成域2	面積	$S_{SMGA2} = S_{SMGA} \times (1/3)$	96.0 km ²
モーメントマグニチュード	$M_w = (\log M_0 - 9.1) / 1.5$	7.3		地震モーメント	$M_{0SMGA2} = M_{0SMGA} \times S_{SMGA2}^{1.5} / (S_{SMGA1}^{1.5} + S_{SMGA2}^{1.5})$	1.11E+19 Nm
気象庁マグニチュード	M_j : 地震規模の不確かさを踏まえ設定	7.4		平均すべり量	$D_{SMGA2} = M_{0SMGA2} / (\mu \cdot S_{SMGA2})$	2.55 m
剛性率	$\mu = \rho \beta^2$ (β : 3.99 km/s, ρ : 2.85 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))	4.54E+10 N/m ²		応力降下量	$\Delta\sigma_{SMGA2} = \Delta\sigma_{SMGA}$	30.71 MPa
平均すべり量	$D = D_{SMGA} / \gamma_D$, $\gamma_D = 2.0$	1.63 m	背景領域	地震モーメント	$M_{0back} = M_0 \cdot M_{0SMGA}$	6.16E+19 Nm
平均応力降下量	$\Delta\sigma = (7/16) \cdot M_0 / (S/m)^{1.5}$	4.79 MPa		面積	$S_{back} = S - S_{SMGA}$	1122.6 km ²
破壊伝播速度	V_r : 2009年駿河湾の地震の特性化震源モデルによる	3.4 km/s		平均すべり量	$D_{back} = M_{0back} / (\mu S_{back})$	1.21 m
短周期レベル	2009年駿河湾の地震の M_0 - A 関係及びスケーリング則による	5.88E+19 Nm/s ²		実効応力	$\sigma_{back} = (D_{back} / W_{back}) / (D_{SMGA} / W_{SMGA}) \Delta\sigma_{SMGA1}$ $W_{SMGA} = (\pi)^{0.5} r_{SMGA}^3 \Sigma \gamma_i^3$, $W_{back} = W$, $\gamma_i = r_{SMGA} / r_{SMGA1}$, $r_{SMGA1} = (S_{SMGA} / \pi)^{0.5}$	5.37 MPa
f_{max}	中央防災会議(2004)による	6.0 Hz	: 震源断層パラメータ表中の2009年駿河湾の地震は本震。			

「増幅方向」に位置する背景領域の小断層には増幅係数を乗じない場合と「増幅方向」に位置する背景領域の小断層にも増幅係数を乗じる場合で震源断層パラメータは同じ。

＜補足説明資料④-42 「増幅方向」に位置する背景領域の小断層にも増幅係数を乗じる海洋プレート内地震の地震動評価＞
 地震規模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）
 （地震動評価結果）



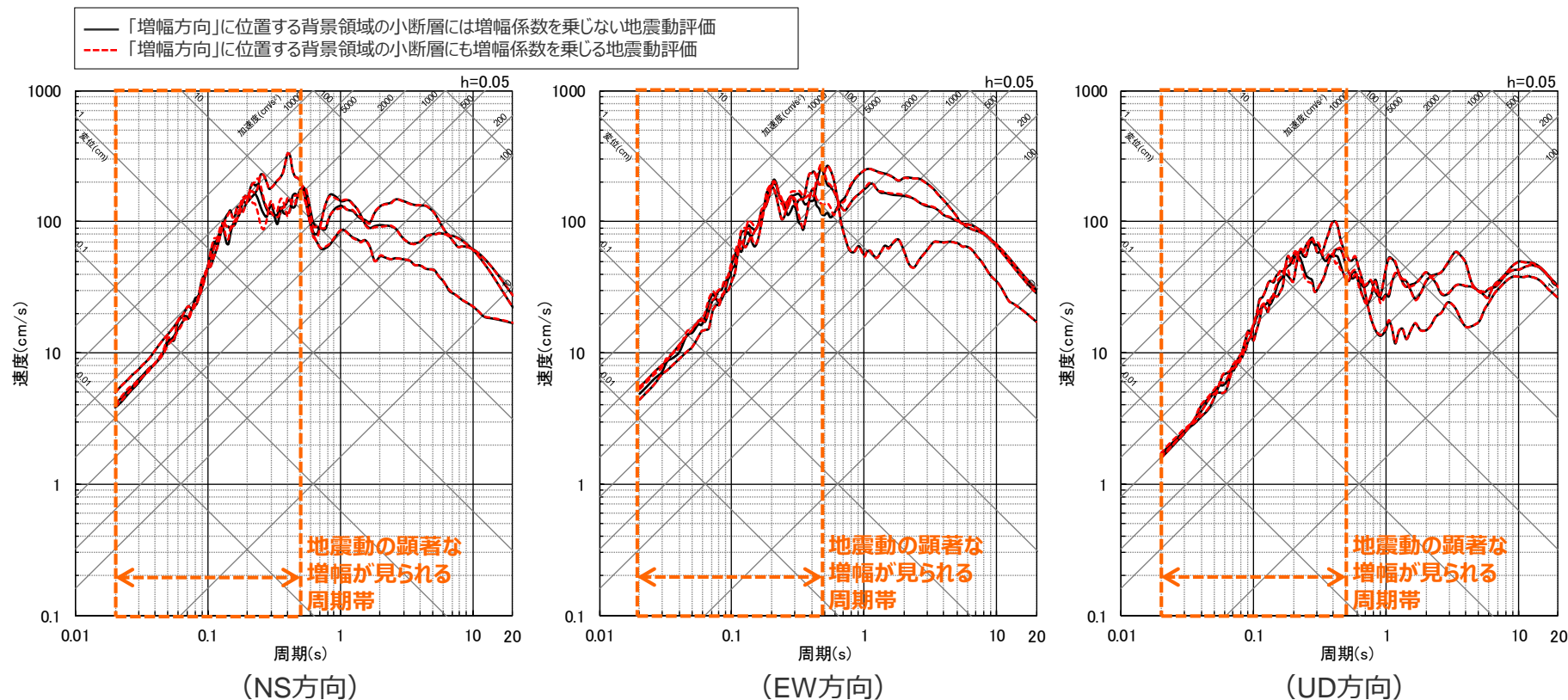
（「増幅方向」に位置する背景領域の小断層には増幅係数を乗じない地震動評価）



（「増幅方向」に位置する背景領域の小断層にも増幅係数を乗じる地震動評価）

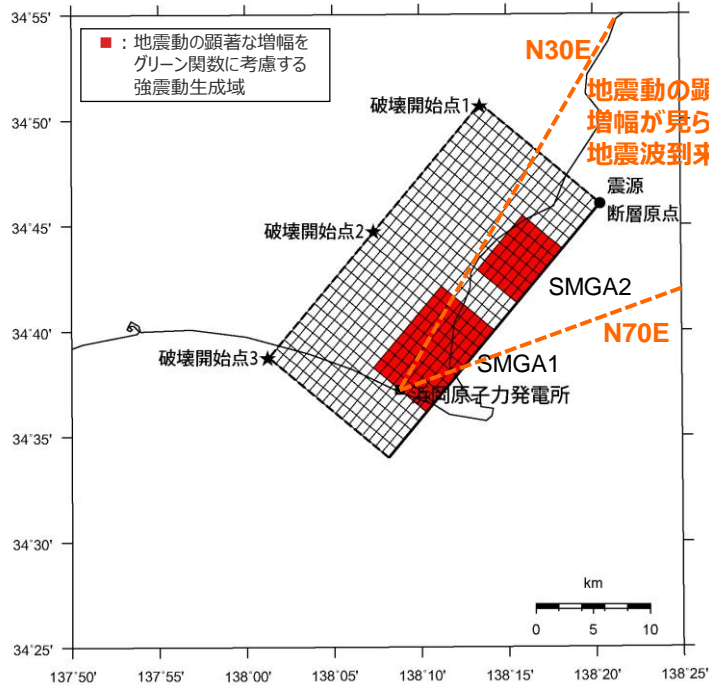
＜断層モデルを用いた手法による地震動評価結果の比較（加速度時刻歴波形）（破壊開始点1～3）＞
 （地震規模不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮））

<補足説明資料④-42 「増幅方向」に位置する背景領域の小断層にも増幅係数を乗じる海洋プレート内地震の地震動評価>
地震規模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）
（地震動評価結果）

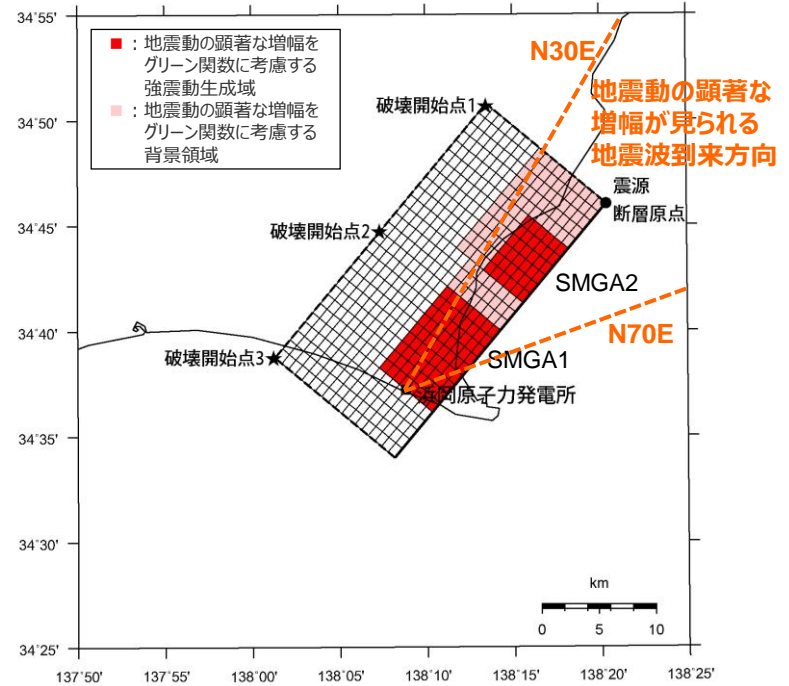


<断層モデルを用いた手法による地震動評価結果の比較（応答スペクトル）（破壊開始点1〜3）>
 （地震規模の不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮））

<補足説明資料④-42 「増幅方向」に位置する背景領域の小断層にも増幅係数を乗じる海洋プレート内地震の地震動評価>
震源深さ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）
 （震源モデル）



（「増幅方向」に位置する背景領域の小断層には増幅係数を乗じない地震動評価）



（「増幅方向」に位置する背景領域の小断層にも増幅係数を乗じる地震動評価）

<震源深さ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）>

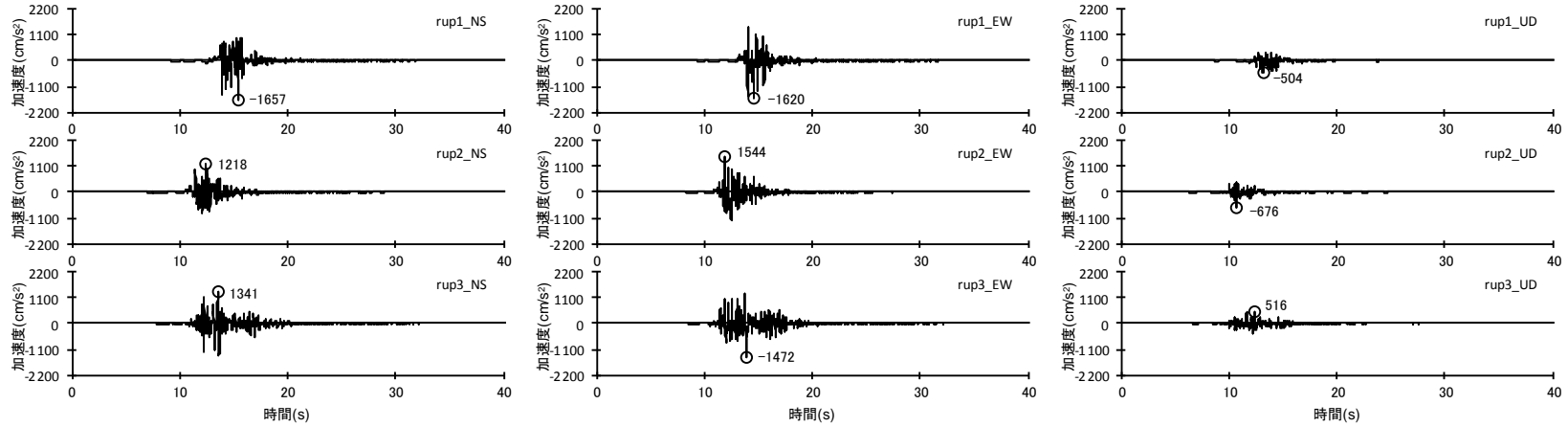
<補足説明資料④-42 「増幅方向」に位置する背景領域の小断層にも増幅係数を乗じる海洋プレート内地震の地震動評価> 震源深さの不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮） （震源断層パラメータ）

<震源深さ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）の震源断層パラメータ>

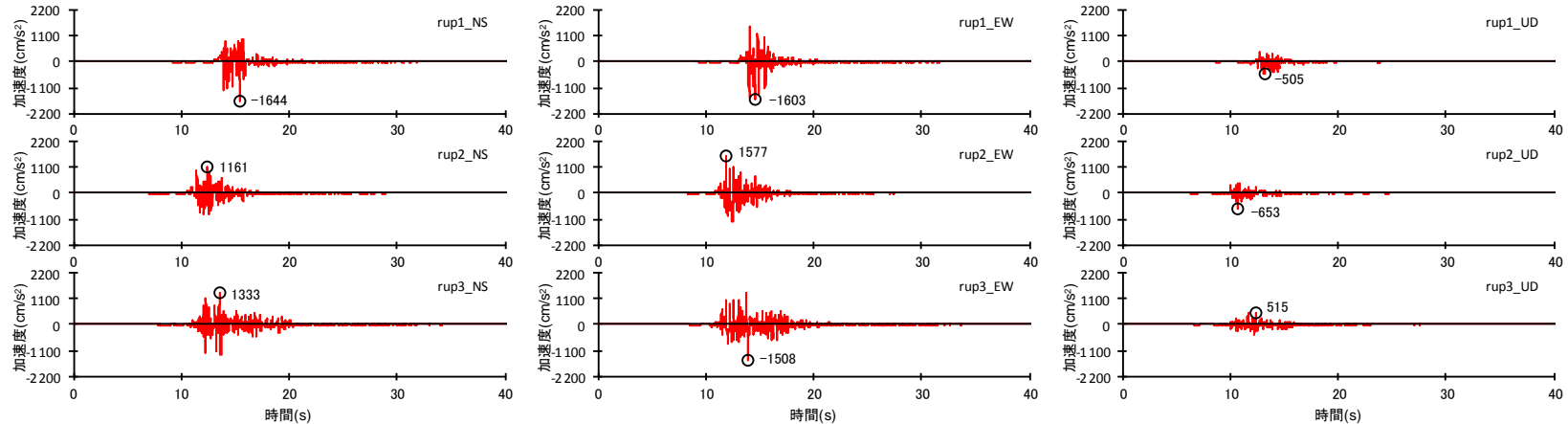
震源断層パラメータ	設定方法	設定結果	震源断層パラメータ	設定方法	設定結果	
震源断層原点	敷地下方に設定	北緯34.766785度 東経138.339557度	強震動生成域	地震モーメント	2009年駿河湾の地震の M_0 - M_{0SMGA} 関係及びスケーリング則による	1.06E+19 Nm
走向	プレートの沈み込み方向に直交	220 °		面積	2009年駿河湾の地震の M_0 - S_{SMGA} 関係及びスケーリング則による	114.3 km ²
傾斜角	2009年駿河湾の地震の知見に基づき設定	45 °		平均すべり量	$D_{SMGA} = M_{0SMGA} / (\mu S_{SMGA})$	2.05 m
すべり角	DC型	90 °		応力降下量	$\Delta\sigma_{SMGA} = A / (4\pi r_{SMGA} \beta^2), r_{SMGA} = (S_{SMGA} / \pi)^{0.5}$	30.71 MPa
震源断層長さ	$L = (S/6)^{0.5} \times 3$	29.0 km	強震動生成域1	面積	$S_{SMGA1} = S_{SMGA} \times (2/3)$	76.2 km ²
震源断層幅	$W = (S/6)^{0.5} \times 2$	19.3 km		地震モーメント	$M_{0SMGA1} = M_{0SMGA} \times S_{SMGA1}^{1.5} / (S_{SMGA1}^{1.5} + S_{SMGA2}^{1.5})$	7.85E+18 Nm
震源断層面積	$S = M_0 / (\mu D)$	559.8 km ²		平均すべり量	$D_{SMGA1} = M_{0SMGA1} / (\mu \cdot S_{SMGA1})$	2.27 m
震源断層上端深さ	敷地直下のフィリピン海プレートの構造を踏まえて設定	13.8 km	応力降下量	$\Delta\sigma_{SMGA1} = \Delta\sigma_{SMGA}$	30.71 MPa	
地震モーメント	2009年駿河湾の地震（鈴木・他(2009)の $M_0 = 4.6 \times 10^{19}$ Nm)の32 ^{0.5} 倍	2.60E+19 Nm	強震動生成域2	面積	$S_{SMGA2} = S_{SMGA} \times (1/3)$	38.1 km ²
モーメントマグニチュード	$M_w = (\log M_0 - 9.1) / 1.5$	6.9		地震モーメント	$M_{0SMGA2} = M_{0SMGA} \times S_{SMGA2}^{1.5} / (S_{SMGA1}^{1.5} + S_{SMGA2}^{1.5})$	2.78E+18 Nm
気象庁マグニチュード	M_j : フィリピン海プレート(領域1)におけるスラブ内地震の最大規模等を踏まえ設定	7.0		平均すべり量	$D_{SMGA2} = M_{0SMGA2} / (\mu \cdot S_{SMGA2})$	1.61 m
剛性率	$\mu = \rho \beta^2$ (β : 3.99 km/s, ρ : 2.85 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))	4.54E+10 N/m ²		応力降下量	$\Delta\sigma_{SMGA2} = \Delta\sigma_{SMGA}$	30.71 MPa
平均すべり量	$D = D_{SMGA} / \gamma_D, \gamma_D = 2.0$	1.02 m	背景領域	地震モーメント	$M_{0back} = M_0 \cdot M_{0SMGA}$	1.54E+19 Nm
平均応力降下量	$\Delta\sigma = (7/16) \cdot M_0 / (S/m)^{1.5}$	4.79 MPa		面積	$S_{back} = S - S_{SMGA}$	445.5 km ²
破壊伝播速度	V_r : 2009年駿河湾の地震の特性化震源モデルによる	3.4 km/s		平均すべり量	$D_{back} = M_{0back} / (\mu S_{back})$	0.76 m
短周期レベル	2009年駿河湾の地震の M_0 - A 関係及びスケーリング則による	3.71E+19 Nm/s ²		実効応力	$\sigma_{back} = (D_{back} / W_{back}) / (D_{SMGA} / W_{SMGA}) \Delta\sigma_{SMGA1}$ $W_{SMGA} = (\pi)^{0.5} r_{SMGA}^3 \Sigma \gamma_i^3, W_{back} = W, \gamma_i = r_{SMGA} / r_{SMGA1}, r_{SMGA1} = (S_{SMGA} / \pi)^{0.5}$	4.66 MPa
f_{max}	中央防災会議(2004)による	6.0 Hz	: 震源断層パラメータ表中の2009年駿河湾の地震は本震。			

「増幅方向」に位置する背景領域の小断層には増幅係数を乗じない場合と「増幅方向」に位置する背景領域の小断層にも増幅係数を乗じる場合で震源断層パラメータは同じ。

<補足説明資料④-42 「増幅方向」に位置する背景領域の小断層にも増幅係数を乗じる海洋プレート内地震の地震動評価>
 震源深さ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）
 （地震動評価結果）



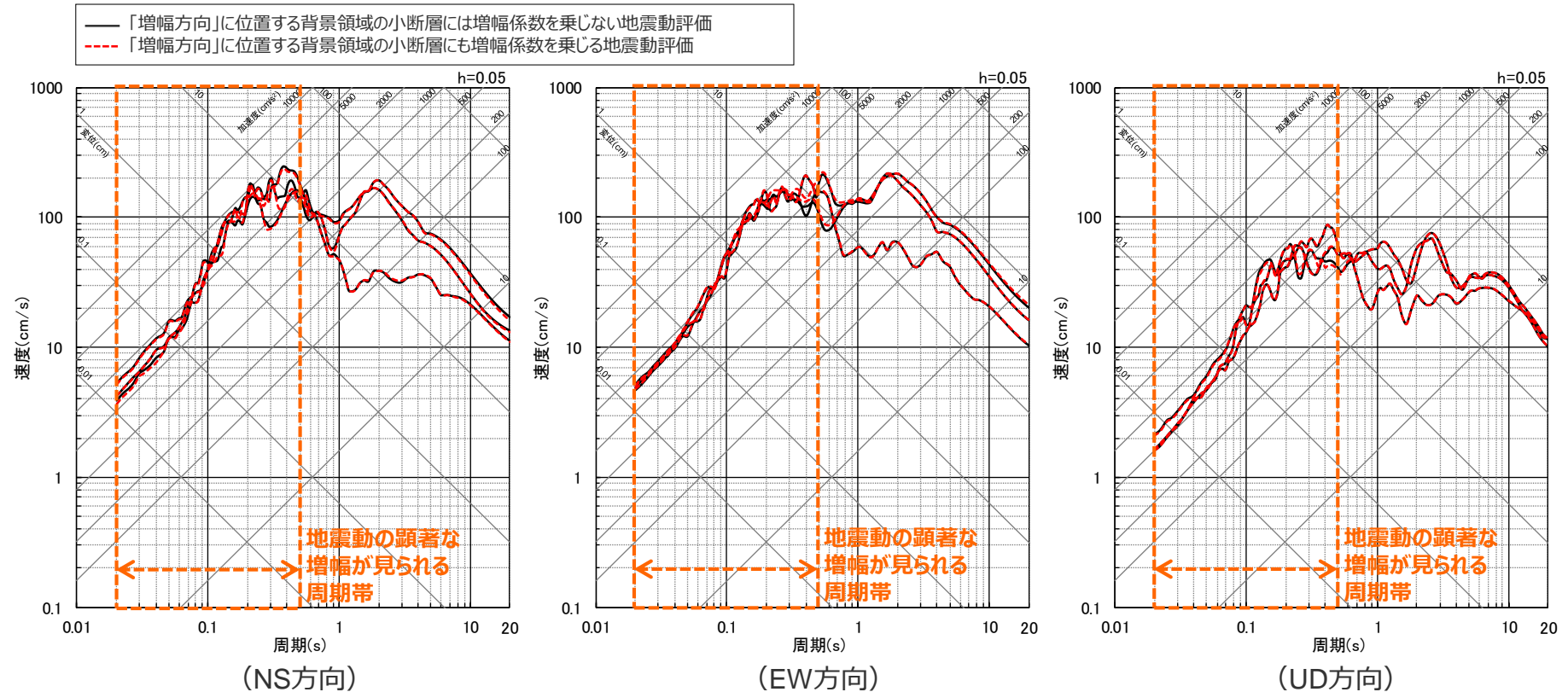
（「増幅方向」に位置する背景領域の小断層には増幅係数を乗じない地震動評価）



（「増幅方向」に位置する背景領域の小断層にも増幅係数を乗じる地震動評価）

<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）>
 （震源深さ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））

<補足説明資料④-42 「増幅方向」に位置する背景領域の小断層にも増幅係数を乗じる海洋プレート内地震の地震動評価>
震源深さ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）
 （地震動評価結果）



<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）>
 （震源深さ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））

地震動評価結果

○包絡スペクトルと検討対象モデルの断層モデルを用いた手法による地震動評価結果（「増幅方向」に位置する背景領域の小断層にも増幅係数を乗じる場合）の比較は下図のとおり。

⇒包絡スペクトルを一部周期で上回る震源モデルは、「増幅方向」に位置する背景領域の小断層に増幅係数を乗じない場合と同じ以下の震源モデルであり、その他の震源モデルについては包絡スペクトルを上回らなかった。

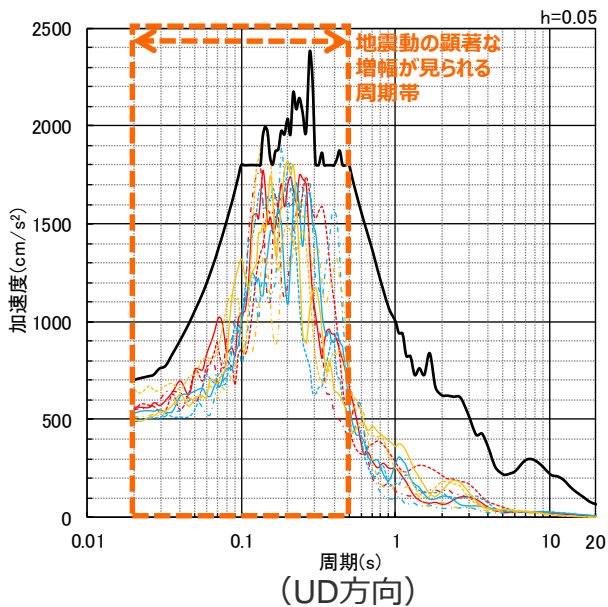
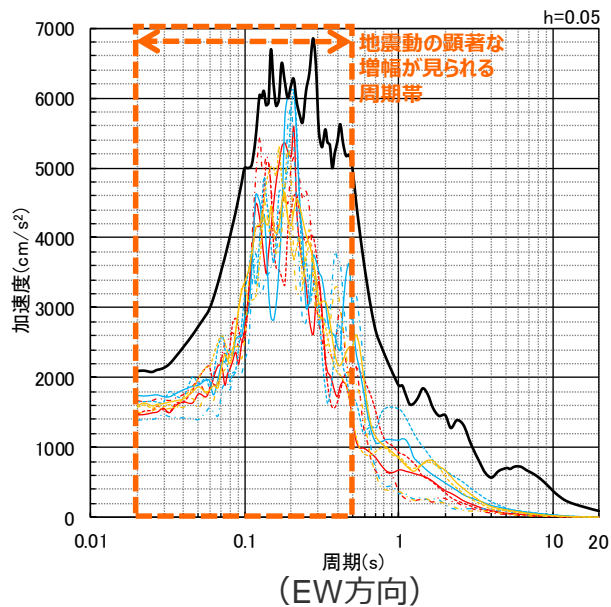
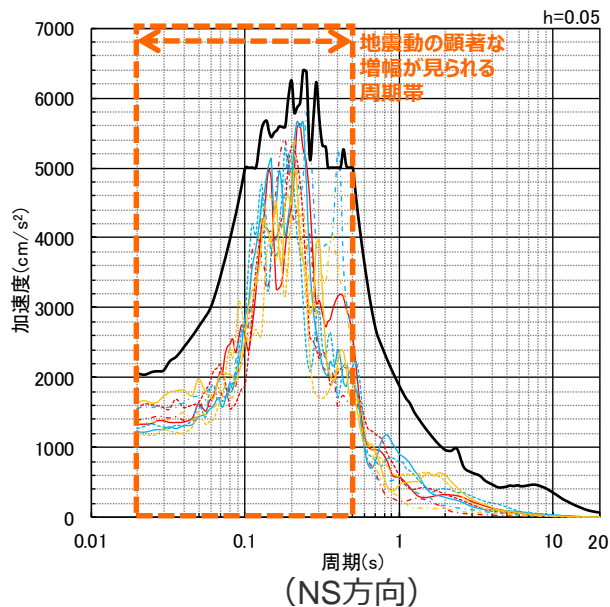
- ・地震規模の不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）・破壊開始点1,3
- ・震源深さの不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）・破壊開始点2

色の凡例

- 包絡スペクトル
- 海洋プレート内地震の短周期レベル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)
- 海洋プレート内地震の地震規模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)
- 海洋プレート内地震の震源深さ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)

海洋プレート内地震の線種の凡例

- rup1
- rup2
- ... rup3

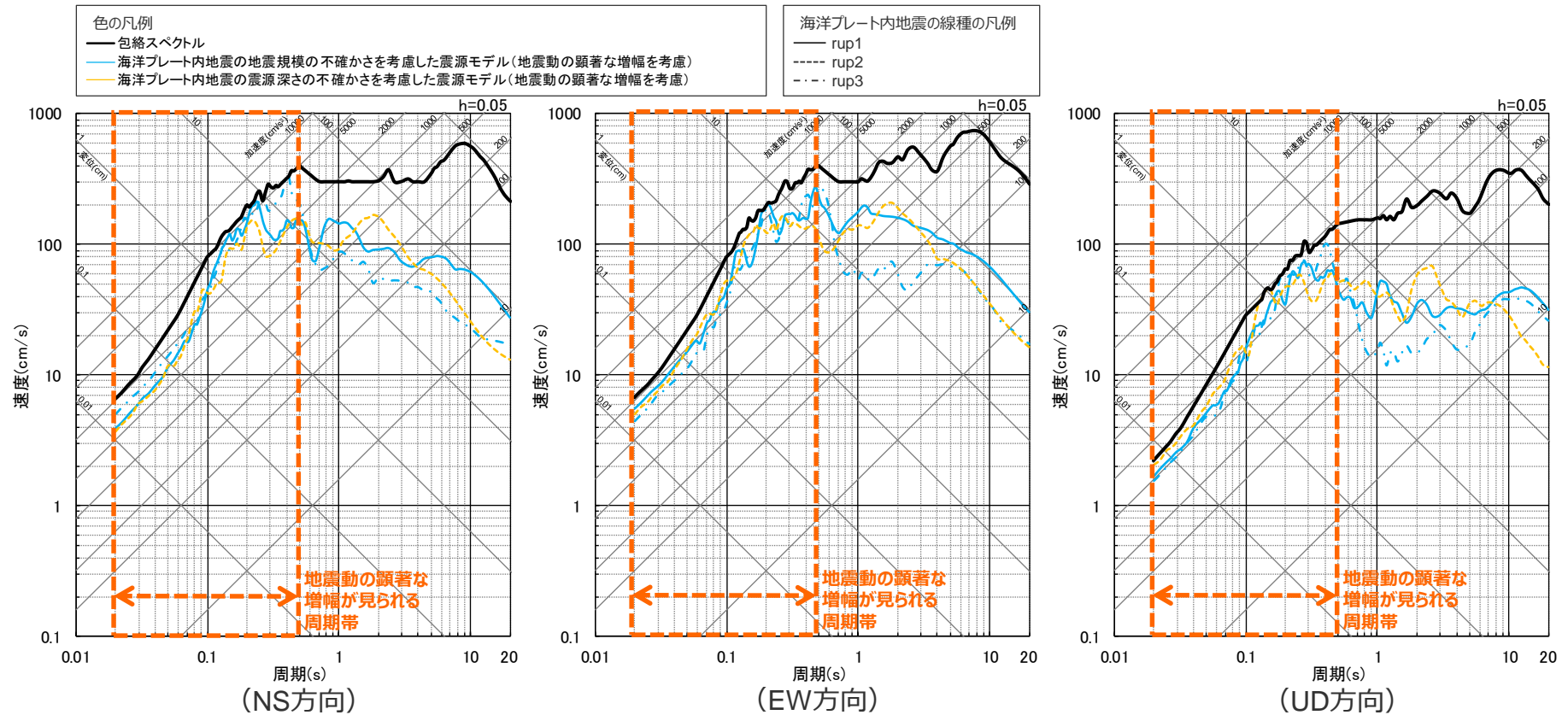


<包絡スペクトルと断層モデルを用いた手法による地震動評価結果の比較（擬似速度応答スペクトル）>
（検討対象モデル（「増幅方向」に位置する背景領域の小断層にも増幅係数を乗じる場合））

まとめ

○「他の断層モデルを用いた手法による地震動評価結果」及び「当初申請時の基準地震動Ss2-D」の包絡スペクトルを、「増幅方向」に位置する背景領域の小断層にも増幅係数を乗じる地震動評価結果が一部周期で上回る以下の震源モデルは、**第940回審査会合おけるコメントを踏まえ、より慎重に保守的な評価を行い、「増幅方向」に位置する背景領域の小断層にも増幅係数を乗じる地震動評価結果を採用する。**

- ・地震規模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）・破壊開始点1,3
- ・震源深さ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）・破壊開始点2



<包絡スペクトルと断層モデルを用いた手法による地震動評価結果の比較（擬似速度応答スペクトル）>
 （検討対象モデルのうち採用する震源モデル（「増幅方向」に位置する背景領域の小断層にも増幅係数を乗じる場合））

参考文献

- ・参考文献は、本資料参照。

余白



中部電力