3.4 長周期・広帯域地震動予測のための時刻歴計算の検討等

- (1) 研究の内容
- (a) 研究の題目

長周期・広帯域地震動予測のための時刻歴計算の検討等

(b) 担当者

	所属機関	役職	氏名
独立行政法人	防災科学技術研究所	研究領域長	藤原 広行
独立行政法人	防災科学技術研究所	主任研究員	森川 信之
独立行政法人	防災科学技術研究所	主任研究員	青井 真
独立行政法人	防災科学技術研究所	契約研究員	前田 宜浩

(c) 研究の目的

長周期・広帯域地震動予測の高度化に必要なハイブリッド合成法の高度化に資するため マグニチュード8級程度の海溝型地震を想定した時刻歴計算を実施し、計算結果の分析を もとに、震源モデル、地下構造モデル、計算手法の改良に向けた方策を提示するとともに、 予測結果の不確実性について検討する。計算の対象となる範囲が非常に広域となる海溝型 巨大地震における計算を高速化するための方策について、今後の実現可能性も含めて検討 する。

(2) 平成 23 年度の成果

(a) 研究の要約

南海トラフのマグニチュード 8 級以上の巨大地震に関して、現在の知見において一つの モデルに特定することが困難である破壊開始点やアスペリティの位置について、その不確 実性を考慮した様々な震源モデルによる地震動シミュレーションを実施し、それらの結果 を比較することにより長周期地震動の予測結果がどの程度のばらつきとなるかを示し、破 壊開始点位置の違いが予測結果に及ぼす影響が大きいことを明らかにした。

また、南海トラフの巨大地震を対象として、特性化震源モデルを用いて現在のハイブリ ッド合成法で用いられている、差分法及び統計的グリーン関数法それぞれによる地震動の 時刻歴計算を実施し、ハイブリッド合成法における接続周期付近でスペクトルの落ち込み が見られることを示し、現在の計算で用いられている要素断層の大きさを変更することを 提案するとともに地下構造モデルをさらに改良する必要があることを示した。

さらに、海溝型巨大地震における地震動計算において、GPU (Graphics Processing Unit) を用いることにより、従来のスーパーコンピューターよりも高速化できる可能性を示した。

(b) 研究の成果

1) 予測結果の不確実性に関する検討

南海トラフで発生するマグニチュード 8 クラスの巨大地震については、南海地震、東南 海地震及び想定東海地震のそれぞれの領域それぞれが発生するだけでなく、複数の領域が 連動して発生する可能性も示されている。また、特に連動タイプのような地震においては、 破壊開始点やアスペリティの位置が特定されているとは言えない状況にある。そこで、こ れらの不確実性を考慮した複数の震源モデルを作成し、それぞれの地震動シミュレーショ ン結果に基づき長周期地震動の予測結果の不確実性について検討する。

震源モデルについては、全国1次地下構造モデル(暫定版)のフィリピン海プレート 上面形状を、地震調査委員会(2001)による南海地震、東南海地震、想定東海地震の 断層面形状で切り出して断層面積をそれぞれ求めた。平均応力降下量(Δσ_c)は 3MPa と仮定し、次式より地震モーメント(*M*₀)、平均すべり量(*D*)を算出した。

$$M_{0} = (16/7) \cdot \Delta \sigma / (S/\pi)^{1.5}$$
(3.4-1)
$$D = M_{0} / (\mu S)$$
(3.4-2)

ここで、 μ は剛性率で、S 波速度(β = 3.8km/s)と密度(ρ = 2.8g/cm³)から、 $\mu = \rho\beta^{2}$ として求めた。また、アスペリティ領域の総面積(S_{a})と平均すべり量(D_{a})は、Murotani et al. (2008)のプレート境界地震のスケーリング則に基づき、 S_{a} = 0.25、Da = 2.2Dとして算出した。アスペリティの個数は、南海地震、東南海地震、想定東海地震の断層面にそれぞれ3個とし、その面積比は2:1:1とした。個々のアスペリティの平均すべり量(D_{ai})は次式により算出した。

$$D_{ai} = (\chi_i / \sum \chi_i^3) D_a$$
(3.4-3)
$$\chi_i = r_i / r = \sqrt{S_{ai} / S_a}$$
(3.4-4)

ここで、 r_i は個々のアスペリティの等価半径、rはアスペリティ全体の等価半径である。 背景領域の面積(S_b)、地震モーメント(M_{0b})、平均すべり量(D_b)は、アスペリティ の地震モーメントを $M_{0a} = \mu D_a S_a$ として、次式により算出した。

$$S_b = S - S_a \tag{3.4-5}$$

$$M_{0b} = M_0 - M_{0a} \tag{3.4-6}$$

$$D_b = M_{0b} / (\mu S_b) \tag{3.4-7}$$

アスペリティの応力降下量($\Delta \sigma_a$)は、 $\Delta \sigma_a = \Delta \sigma_c (S/S_a)$ の関係式から求め、各アスペリ ティで等しいとした。背景領域の実効応力(σ_b)は、レシピによる複数アスペリティの 場合の式 $(\sigma_b = (D_b/W_b) \cdot (\sqrt{\pi}/D_a) \cdot r \cdot \sum \gamma_i^3 \cdot \sigma_a)$ を用いて算出した。ここで、 W_b は断層 幅であり、 $W_b = \sqrt{S/2}$ と仮定した。その結果、 $\sigma_b \approx 0.12\sigma_a$ となった。

連動型の震源モデルについては、カスケード型とスケーリング型の二通りでモデル化を 行った。スケーリング型では、アスペリティ面積は単独型の場合と等しいとし、すべり 量、地震モーメント、応力降下量を変化させた。また、2011 年東北地方太平洋沖地震 を参考として、海溝沿い(トラフ沿い)に大すべり領域を設定した。ここでは、3 地震 の想定断層面とトラフとの間に、幅 25km、長さ 100km の大すべり領域をアスペリテ ィとして設定した。算出した震源パラメータを表 3.4-1 に示す。アスペリティの配置や 破壊開始点の位置は、既往の研究等を参考に設定する。不確実性を考慮して設定した震 源パラメータは、以下の通りである。

- ▶ 破壞開始点
 - ◆ 西:南海地震の震源域の西端
 - ◆ 中央:南海地震、東南海地震の震源域の境界付近
 - ◆ 東:東南海地震、想定東海地震の震源域の境界付近
- ▶ 破壞様式
 - ◆ 同心円状(破壊伝播速度 2.7km/s)
 - ◆ ただし、アスペリティでは、アスペリティ内の1点から同心円状に拡がる。
- ▶ 震源時間関数
 - ◆ 中村・宮武 (2000)
 - ◆ 箱型関数(トラフ沿いのすべりの大きな領域に対して)
- ▶ アスペリティ(浅い・深い)
- ▶ 連動型の震源のモデル化(スケーリング・カスケード)

このうち、トラフ沿いのすべりの大きい領域の震源時間関数を適用するのは、2011 年 東北地方太平洋沖地震において海溝寄りの領域においてきわめて大きなすべりの領域 が認められている一方で、必ずしも強震動には寄与していない可能性があるということ を考慮したものである。また、本検討においては、Q値の参照周期を5秒としているが、 計算手法における Q値の組み込み方に関する課題が残されていることを考慮して、Q 値による減衰が無い(すなわち Q値を無限大とした)モデルも計算することにより、 予測結果の取り得る最大値を見るために実施した。また、「3.2 巨大地震の長周期・ 広帯域地震動予測のための震源モデル化手法の検討等」で提案したk-2モデルによる不 均質性を導入したモデルについても試算した。本検討で地震動シミュレーションを実施 したケースを表2に示す。計算のための地下構造モデルについては、全国1次地下構造 モデル(暫定版)(地震調査委員会、2012)を用いた。



地震調査委員会(2009)

地震調査委員会(2011)

-

4m

破壊開始点



..Goog

山中 (2004)

武村・神田(2006)

図 3.4-1 参照した既往研究等による震源モデル。



図 3.4・2 本検討で設定した震源モデル。南海(赤:ANNKI)、東南海(青:ATNKI)、 想定東海(緑:ATOKI)、日向灘(橙:AHGND)、トラフ沿い(灰:ATRGH)のアス ペリティ分布。想定東海、東南海、南海、日向灘については、深いアスペリティ(白抜 き)と浅いアスペリティを設定している。トラフ沿いは、(a)四国沖、(b)紀伊半島沖、 (c)遠州灘沖の3か所にすべりの大きな領域を設定している。想定東海、東南海、南 海が同時に破壊したケースが3連動(ANNI3)、3連動にトラフ沿いの領域を組み合わ せたケース(ANNI4)と、3連動に日向灘を組み合わせたケース(ANNI5)が4連動 となる。図内の赤星印は、仮定した破壊開始点(西、中央、東)である。

まず、破壊開始点及びアスペリティ配置が同じで、すべり量(スケーリングかカスケードか)、トラフ沿いのすべりの翁領域の震源時間関数、Q値、k-2モデルによる不均質性の 導入、による違いを見る。図3.4-3には、3連動+トラフ沿い(遠州灘沖:ANNI4c-s-c) について、すべり量、震源時間関数、Q値、不均質性を変化させた場合の、愛知県庁と 東京都庁についての地震動計算結果を示している。k-2モデルにより不均質性を付与し たケースでは、不均質性を付与しないケース(スケーリング)の波形や応答スペクトル からの差異が認められる。特に、最小波数を1、Δtを5秒とした場合には、その差は顕 著である。図3.4-4に示した5地点の応答スペクトル比(基準スペクトル:ANNI4c-s-c) によると、k-2モデルを適用することで応答スペクトルに変化が生じているが、そのば らつきの程度はQ値無限大モデルとカスケードモデルの間に収まっている。また、ス ペクトル比の周期依存性は顕著には見られない。一方で、トラフ沿いの震源時間関数を 箱型関数とした場合には、短周期成分が大きく減少していることがわかる。

							1.4	
		南海	東南海	想定東海	日向灘	トラフ沿い	南海一	東南海
	$\overline{\tau}$ $\tau \neq (1 - 2)$	25000	14500	0400	10000	10500	カスケード	スケーリング
	<u> 面積(km⁻)</u> 地電エーシント(Nm	30800	14000	9400	19000	1 70 × 10 ²¹	1.05×10^{22}	31200
会休	地展し アンド(Nin 平均すべり景(m)	8.33 × 10	2.14 × 10	1.13×10	3.23 × 10	1./2 × 10	1.05 × 10	1.43 × 10
土仲	〒均9109重(III) 広力際下景(MPa)	3.0	3.7	3.0	4.2	3.4	2.0	0.9
		3.0	3.0	3.0	3.0	3.U 0 1	3.0	3.0
	ww 弄挂(! ²)	3580	- 0.2		- 0.5	- 0.1	3580	3580
	<u> 画視(KM)</u> 地震モーメント(Nm	2.15×10^{21}	_	_	_	_	2.15×10^{21}	2.87×10^{21}
南海1	 地展と パライ (Nin 平均すべり景(m) 	14.9	_	_	_	_	14.9	19.8
	<u>「 </u>	15.0	_	_	_	_	15.0	15.3
	而秸(km ²)	1790	_	_	_	_	1790	1790
	<u>曲復(kiii)</u> 地震モーメント(Nm	7.60 × 10 ²⁰	_	_	_	_	7.60 x 10 ²⁰	1 02 x 10 ²¹
南海2,3	2.2平均すべり量(m)	10.5	_	_	_	_	10.5	14.0
	<u>「 </u>	15.0	_	_	_	_	15.0	153
	応57年1 <u>重(Mild)</u> 而秸(km ²)	-	1450	_	_	_	1450	1450
	<u>画復(NII)</u> 地震モーメント(Nm	_	554×10^{20}	_	_	_	554×10^{20}	740×10^{20}
東南海1	<u> </u>		9.5	_	_	_	9.5	126
	<u>「 </u>	_	15.0	_	_	_	15.0	15.3
	而秸(km ²)	_	725	_	_	_	725	725
宙南海	<u>曲復(NII)</u> 地震モーメント(Nm	_	1 96 × 10 ²⁰	_	_	_	1 96 × 10 ²⁰	2 62 × 10 ²⁰
末田/ 西 2.3	平均すべり量(m)	_	6.7	_	_	_	6.7	8.9
2, 3	応力除下量(MPa)	_	15.0	_	_	_	15.0	15.3
想定東海1	而積(km ²)	_	_	940	_	_	_	-
	<u>曲頃(いい)</u> 地震モーメント(Nm	_	_	2.89×10^{20}	_	_	_	_
	平均すべり量(m)	_	_	7.6	_	_	_	_
	応力降下量(MPa)	_	_	15.0	_	_	_	_
	面積(km ²)	_	_	470	_	_	—	_
想定東	地震モーメント(Nm	_	-	1.02×10^{20}	_	-	_	-
海 2,3	平均すべり量(m)	_	_	5.4	_	_	_	_
	応力降下量(MPa)	_	_	15.0	_	_	_	_
	面積(km ²)	_	_	_	1900	_	—	_
	地震モーメント(Nm	_	_	_	8.31 × 10 ²⁰	_	—	_
想定東 海 2,3 日向灘1	平均すべり量(m)	_	_	_	10.8	_	_	_
	応力降下量(MPa)	—	_	_	15.0	_	—	-
	面積(km ²)	—	-	-	950	_	—	-
口白斑のつ	地震モーメント(Nm	_			2.94×10^{20}		-	
口问湃乙,	平均すべり量(m)	_		-	7.7		_	-
東南海1 東高海 東2,3 想定東定2,3 日向灘1 日向灘2,3 トラフ沿い	応力降下量(MPa)	_	-	-	15.0		_	-
	面積(km ²)	_	_	_	_	2500	_	—
トラフジハ	地震モーメント(Nm	—	—	-	—	7.57×10^{20}	—	—
1.72/110.	平均すべり量(m)	_	-	-	-	7.50	—	-
	応力降下量(MPa)	_	_	_	_	15.00	_	_
	面積(km ²)	28640	11600	7520	15200	10000	40240	41140
봡롣頌냆	地震モーメント(Nm	4.66×10^{21}	1.19 × 10 ²¹	6.33×10^{20}	1.81 × 10 ²¹	9.64×10^{20}	5.85×10^{21}	8.10×10^{21}
日景限线	平均すべり量(m)	4.0	2.6	2.1	2.9	2.4		4.9
	応力降下量(MPa)	1.8	1.8	1.8	1.8	3.0		1.4
参考		-	-	-			-	
中央防災会議	Mw	8.6	8.2	8.0			8.6	
地震本部	Mw	8.4	8.1	8.0	1		8.5	

表 3.4-1 震源パラメータの一覧(1)。

表 3.4-1 震源パラメータの一覧(2)。

ウスマード マーリング カスマード マクレング カスマード マクレッグ カスマード マクレッグ カスマード マクレッグ アスマード マクレッグ アスマード マクレッグ アスマード マスマード マスマーF マスPA マスPA マスPA マスPA マスPA </th <th></th> <th></th> <th>東南海一</th> <th>想定東海</th> <th>南海-東南洋</th> <th>毎-想定東海</th> <th>3連動+</th> <th>-日向灘</th> <th>3連動+ </th> <th>~ラフ沿い</th>			東南海一	想定東海	南海-東南洋	毎-想定東海	3連動+	-日向灘	3連動+	~ラフ沿い
A (hm) 2300 2300 59700 6030 78700 8042 72200 72800 h (hm) 27×10 ² 4.46×10 ² 1.18×10 ² 1.48×10 ² 2.81×10 ² 1.33×10 ² 2.42×10 ²⁷ h (hm) 1.0×10 ² 4.46×10 ² 1.18×10 ² 1.48×10 ² 2.81×10 ² 1.33×10 ² 2.42×10 ²⁷ h (hm) 3.0 3.0 3.0 3.0 3.0 3.0 3.0 3.0 3.0 3.0			カスケード	スケーリング	カスケード	スケーリング	カスケード	スケーリング	カスケード	スケーリング
(地震モーメント (Nm 327 × 10 ³ 4.46 × 10 ⁴ 1.16 × 10 ² 1.82 × 10 ² 1.48 × 10 ³ 1.38 × 10 ² 1.33 × 10 ² 1.22 × 10 ² 平均すべり量(m) - 4.7 - 75 - 8.6 - 82 た力除下量(MPa) 3.0 3.0 3.0 3.0 3.0 3.0 3.0 3.0 3.0		面積(km ²)	23900	23600	59700	60300	78700	80482	72200	72800
全体 平均すべり量(m) - 4.7 - 7.5 - 8.6 - 8.2 応力降下量(MPa) 3.0 3.		地震モーメント(Nm	3.27×10^{21}	4.46×10^{21}	1.16 × 10 ²²	1.82×10^{22}	1.48 × 10 ²²	2.81 × 10 ²²	1.33×10^{22}	2.42×10^{22}
応力降下量(MPa) 3.0 <t< td=""><td>全体</td><td>平均すべり量(m)</td><td>—</td><td>4.7</td><td>—</td><td>7.5</td><td>-</td><td>8.6</td><td>—</td><td>8.2</td></t<>	全体	平均すべり量(m)	—	4.7	—	7.5	-	8.6	—	8.2
Mw 8.3 8.4 8.6 8.7 8.9 8.7 8.9 8.7 8.9 面積(m ²) - - - 3580 3680 3680 3680 3680 3680 3680 3680 3680 3680 3680 3680		応力降下量(MPa)	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
南浦(m ⁵) - - 3580 <t< td=""><td></td><td>Mw</td><td>8.3</td><td>8.4</td><td>8.6</td><td>8.8</td><td>8.7</td><td>8.9</td><td>8.7</td><td>8.9</td></t<>		Mw	8.3	8.4	8.6	8.8	8.7	8.9	8.7	8.9
抽電モーメン(Nm - - 2.15 × 10 ² 2.15 × 10 ² 2.15 × 10 ² 3.98 × 10 ² 2.15 × 10 ² 3.97 × 10 ²¹ 市均すべり屋(m) - - 14.9 23.1 14.9 27.5 14.9 24.6 方房下屋(MPa) - - 15.0 15.2 15.0 15.3 15.0 15.1 市意な(m ²) - - 7.60 × 10 ⁶ 1.18 × 10 ² 7.60 × 10 ⁶ 1.41 × 10 ² 7.60 × 10 ⁶ 1.28 × 10 ²¹ 市意な(m ²) - - 1.50 15.2 15.0 15.3 15.0 15.1 市意な(m ²) 1450 1450 1450 1450 1450 1450 1450 1450 1450 1450 1450 15.1 1		面積(km ²)	-	_	3580	3580	3580	3580	3580	3580
(m) 平均すべり運(m) - - 14.9 27.5 14.9 24.6 応力降下量(MPa) - - 15.0 15.2 15.0 15.1 15.0 15.1 両海2.3 一 - 7.00×10 ²⁰ 1.790 17	古 海1	地震モーメント(Nm	—	—	2.15×10^{21}	3.34×10^{21}	2.15×10^{21}	3.98×10^{21}	2.15×10^{21}	3.57×10^{21}
応力降下量(MPa) ー ー 150 15.2 15.0 15.1 15.1 雨海2.3 面積(m ²) - - 1790 160×10 ²⁰ 16.1 16.3 10.5 16.7 16.5 17.5 16.5 15.0 16.1 15.0 16.5 15.0 15.1 15.0 15.1 15.0 15.1<	刊/再	平均すべり量(m)	—	—	14.9	23.1	14.9	27.5	14.9	24.6
面積(m ²) - - - 1790 17		応力降下量(MPa)	—	—	15.0	15.2	15.0	15.3	15.0	15.1
南海2.3 地震モーシント(Nm - - - 7.60 × 10 ²⁸ 1.41 × 10 ²¹ 7.60 × 10 ²⁴ 1.26 × 10 ²¹ 7.60 × 10 ²⁴ 1.26 × 10 ²¹ 7.60 × 10 ²⁴		面積(km ²)	_	_	1790	1790	1790	1790	1790	1790
中的すべり量(m) - - 10.5 10.3 10.5 19.5 10.5 17.4 応力降下量(MPa) - - 15.0 15.2 15.0 15.3 15.0 15.1 東南海 五歳(\mathbf{km2}) 1450 1450 1450 1450 1450 1450 1450 1450 1450 15.5 15.7 5.54 × 10 ²⁸ 5.54 × 10 ²⁸ 5.54 × 10 ²⁹ 1.50 15.7 5.55 15.7 5.55 15.7 5.55 15.7 5.55 7.25 7.25 7.25 7.25 7.25 7.25 7.25 7.25 15.0 15.1 15.0 15.1 15.0 15.1 15.0 15.1 15.0 15.1 15.0 15.1 15.0 15.1 15.0 15.1 15.0 15.1 15.0 15.1 15.0 15.0 15.1 15.0 15.0 15.0 15.0 15.0 15.0 15.0	南海23	地震モーメント(Nm	-	-	7.60×10^{20}	1.18 × 10 ²¹	7.60×10^{20}	1.41×10^{21}	7.60 × 10 ²⁰	1.26×10^{21}
応力降下量(MPa) - - 15.0 15.2 15.0 15.3 15.0 15.10 調痛(m ²) 1450 157 754 757 725 726 745	η-η <i>η</i> μμαζ, Ο	平均すべり量(m)	_	_	10.5	16.3	10.5	19.5	10.5	17.4
画積(km ²) 1450 155 156 155 165 165 165 <th< td=""><td></td><td>応力降下量(MPa)</td><td>-</td><td>_</td><td>15.0</td><td>15.2</td><td>15.0</td><td>15.3</td><td>15.0</td><td>15.1</td></th<>		応力降下量(MPa)	-	_	15.0	15.2	15.0	15.3	15.0	15.1
東南海 地震モーメント(Nm 5.54 × 10 ²⁴ 7.66 × 10 ²⁸ 5.54 × 10 ²⁸ 8.61 × 10 ²⁶ 5.54 × 10 ²⁸ 1.03 × 10 ²¹ 5.54 × 10 ²⁸ 9.19 × 10 ²⁰ 東均すべり量(m) 9.5 13.1 9.5 14.7 9.5 17.5 9.5 15.7 床力降下量(MPa) 15.0 14.8 15.0 15.2 15.0 15.0 15.1 東方海 地震モーメント(Nm 1.96 × 10 ²⁶ 2.71 × 10 ²⁶ 1.96 × 10 ²⁶ 3.05 × 10 ²⁰ 1.96 × 10 ²⁶ 3.05 × 10 ²⁶ 1.96 × 10 ²⁶ 1.96 × 10 ²⁶ 3.05 × 10 ²⁶ 1.96		面積(km ²)	1450	1450	1450	1450	1450	1450	1450	1450
平均すべり量(m) 9.5 13.1 9.5 14.7 9.5 17.5 9.5 15.7 成力降下量(MPa) 15.0 14.8 15.0 15.2 15.0 15.3 15.0 15.1 東海海 道積(m ²) 725	亩 南 海 1	地震モーメント(Nm	5.54×10^{20}	7.66×10^{20}	5.54×10^{20}	8.61 × 10 ²⁰	5.54×10^{20}	1.03×10^{21}	5.54×10^{20}	9.19 × 10 ²⁰
応力降下量(MPa) 15.0 14.8 15.0 15.2 15.0 15.3 15.0 15.1 東南海 通積(m ²) 725	木田海	平均すべり量(m)	9.5	13.1	9.5	14.7	9.5	17.5	9.5	15.7
画積(km ²) 725 <th< td=""><td></td><td>応力降下量(MPa)</td><td>15.0</td><td>14.8</td><td>15.0</td><td>15.2</td><td>15.0</td><td>15.3</td><td>15.0</td><td>15.1</td></th<>		応力降下量(MPa)	15.0	14.8	15.0	15.2	15.0	15.3	15.0	15.1
東南海 地震モージント(Nm 1.96 × 10 ²⁰ 2.71 × 10 ²⁰ 1.96 × 10 ²⁰ 3.63 × 10 ²⁰ 1.24 6.7 11.1 応力降下量(MPa) 15.0 14.8 15.0 15.2 15.0 15.3 15.0 15.1 動養(m ²) 940 12.6 15.3 15.0 15.1 15.1 15.3 15.1 1		面積(km ²)	725	725	725	725	725	725	725	725
2.3 平均すべり量(m) 6.7 9.2 6.7 10.4 6.7 12.4 6.7 11.1 応力降下量(MPa) 15.0 14.8 15.0 15.2 15.0 15.3 15.0 15.1 調査(MPa) 940 102 102 102 102 102 102 102 102 102 102 102 102 10	東南海	地震モーメント(Nm	1.96×10^{20}	2.71 × 10 ²⁰	1.96×10^{20}	3.05×10^{20}	1.96×10^{20}	3.63×10^{20}	1.96 × 10 ²⁰	3.25×10^{20}
応力降下量(MPa) 15.0 14.8 15.0 15.2 15.0 15.3 15.0 15.1 調査積(m ²) 940 102 <td rowspan="2">2, 3</td> <td>平均すべり量(m)</td> <td>6.7</td> <td>9.2</td> <td>6.7</td> <td>10.4</td> <td>6.7</td> <td>12.4</td> <td>6.7</td> <td>11.1</td>	2, 3	平均すべり量(m)	6.7	9.2	6.7	10.4	6.7	12.4	6.7	11.1
		応力降下量(MPa)	15.0	14.8	15.0	15.2	15.0	15.3	15.0	15.1
勘定東海 地震モーメント (Nm 2.89 × 10 ²⁰ 4.00 × 10 ²⁰ 2.89 × 10 ²⁰ 4.50 × 10 ²⁰ 2.89 × 10 ²⁰ 5.36 × 10 ²⁰ 2.89 × 10 ²⁰ 4.80 × 10 ²⁰ 平均すべり量(m) 7.6 10.5 7.6 11.8 7.6 14.1 7.6 12.6 応力降下量(MPa) 15.0 14.8 15.0 15.2 15.0 15.3 15.0 15.1 通積(km ²) 470 470 470 470 470 470 470 470 470 470		面積(km ²)	940	940	940	940	940	940	940	940
密大米病 応力降下量(MPa) 7.6 10.5 7.6 11.8 7.6 14.1 7.6 12.6 応力降下量(MPa) 15.0 14.8 15.0 15.2 15.0 15.3 15.0 15.1 加積(km²) 470 102 102 102 102 102 102 102 102 102	相定宙海1	地震モーメント(Nm	2.89 × 10 ²⁰	4.00×10^{20}	2.89 × 10 ²⁰	4.50×10^{20}	2.89 × 10 ²⁰	5.36×10^{20}	2.89 × 10 ²⁰	4.80×10^{20}
応力降下量(MPa) 15.0 14.8 15.0 15.2 15.0 15.3 15.0 15.1 想定東 海 2. 3 面積(km ²) 470 102 <td< td=""><td>心た木冲</td><td>平均すべり量(m)</td><td>7.6</td><td>10.5</td><td>7.6</td><td>11.8</td><td>7.6</td><td>14.1</td><td>7.6</td><td>12.6</td></td<>	心た木冲	平均すべり量(m)	7.6	10.5	7.6	11.8	7.6	14.1	7.6	12.6
画積(km²) 470 102 102 102 102 102 102 102 102 102 102 102 102 102 103 105 105 110 110 110 110 110 110 110 110 110 110 110 110 110 110 110 1		応力降下量(MPa)	15.0	14.8	15.0	15.2	15.0	15.3	15.0	15.1
想定東 海 2,3 地震モーメント (Nm 1.02 × 10 ²⁰ 1.41 × 10 ²⁰ 1.02 × 10 ²⁰ 1.59 × 10 ²⁰ 1.02 × 10 ²⁰ 1.89 × 10 ²⁰ 1.02 × 10 ²⁰ 1.70 × 10 ²⁰ 1.		面積(km ²)	470	470	470	470	470	470	470	470
海 2,3 平均すべり量(m) 5.4 7.4 5.4 8.4 5.4 10.0 5.4 8.9 応力降下量(MPa) 15.0 14.8 15.0 15.2 15.0 15.3 15.0 15.1 田市潍1 面積(km²) - - - - - - - - </td <td>想定東</td> <td>地震モーメント(Nm</td> <td>1.02×10^{20}</td> <td>1.41 × 10²⁰</td> <td>1.02×10^{20}</td> <td>1.59×10^{20}</td> <td>1.02×10^{20}</td> <td>1.89 × 10²⁰</td> <td>1.02 × 10²⁰</td> <td>1.70 × 10²⁰</td>	想定東	地震モーメント(Nm	1.02×10^{20}	1.41 × 10 ²⁰	1.02×10^{20}	1.59×10^{20}	1.02×10^{20}	1.89 × 10 ²⁰	1.02 × 10 ²⁰	1.70 × 10 ²⁰
応力降下量(MPa) 15.0 14.8 15.0 15.2 15.0 15.3 15.0 15.1 日向灘1	海 2,3	平均すべり量(m)	5.4	7.4	5.4	8.4	5.4	10.0	5.4	8.9
田向港1 面積(km ²) - - - 1900 1900 - - - - 地震モーメント(Nm - - - 8.31 × 10 ²⁰ 1.54 × 10 ²¹ - -		応力降下量(MPa)	15.0	14.8	15.0	15.2	15.0	15.3	15.0	15.1
田向灘1 地震モーメント(Nm ー ー ー 8.31 × 10 ²⁰ 1.54 × 10 ²¹ ー ー ー 平均すべり量(m) ー ー ー ー 10.8 20.0 ー ー ー 応力降下量(MPa) ー ー ー 15.0 15.3 ー ー ー 画積(km ²) ー ー - 950 950 - - - 地震モーメント(Nm ー - - 950 950 - - - 地震モーメント(Nm - - - 2.94 × 10 ²⁰ 5.45 × 10 ²⁰ - - - 平均すべり量(m) - - - 7.7 14.2 - - - 平均すべり量(m) - - - 15.0 15.3 - - - 地震モーメント(Nm - 0.0 0.0 0.0		面積(km ²)	-	_	_	1900	1900	_	_	_
平均すべり量(m)10.820.0応力降下量(MPa)15.015.3田満(km²)950950地震モーメント(Nm2.94 × 10² $5.45 \times 10²0$ 平均すべり量(m)7.714.2ア均すべり量(m)15.015.3市満(km²)25002500地震モーメント(Nmア均すべり量(m)7.57 × 10²2.08 × 10²1平均すべり量(m)7.57 × 10²2.08 × 10²1市満(km²)1912018820477604836062960647425776058360地震モーメント(Nm1.83 × 10²2.48 × 10²1.03 × 10²28.29 × 10²1.60 × 10²27.45 × 10²11.36 × 10²2背景領域5.3-6.1-5.8市力-1.3-1.2-1.0-1.1-1.1	日向灘1	地震モーメント(Nm	_	_	_	8.31 × 10 ²⁰	1.54×10^{21}	_	_	_
応力降下量(MPa) ー ー ー 15.0 15.3 ー ー ー ー 田積(km ²) - - - 950 950 - - - - 地震モーメント(Nm - - - 2.94 × 10 ²⁰ 5.45 × 10 ²⁰ - - - - 平均すべり量(m) - - - 7.7 14.2 - - - - ア均すべり量(m) - 1.0 - 1.0 1.0 1.0 1.1 1.1 - 1.1 - 1.1		平均すべり量(m)	_	_	—	10.8	20.0	—	_	-
田南濮(km²) 一 一 950 950 一 一 一 地震モーメント(Nm 一 一 一 2.94 × 10 ²⁰ 5.45 × 10 ²⁰ 一 一 一 平均すべり量(m) 一 一 一 7.7 14.2 一 一 一 下均すべり量(m) 一 一 一 15.0 15.3 一 一 一 トラフ沿い 面積(km²) 一 一 一 一 一 一 ・サガすべり量(m) 一 一 一 一 一 一 7.57 × 10 ²⁰ 2.08 × 10 ²¹ ・中均すべり量(m) 一 一 一 一 一 7.57 × 10 ²⁰ 2.08 × 10 ²¹ ・市均すべり量(m) 一 一 一 一 1.5.0 15.10 市 市 一 一 一 一 1.0 1.36 × 10 ²² ・市均すべり量(m) 一 3.3 1.32 1.02 1.00 1.1 1.1 市 <t< td=""><td></td><td>応力降下量(MPa)</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>15.0</td><td>15.3</td><td>—</td><td>-</td><td>-</td></t<>		応力降下量(MPa)	-	-	-	15.0	15.3	—	-	-
田向灘2: 地震モーメント(Nm ー ー ー 2.94 × 10 ²⁰ 5.45 × 10 ²⁰ ー ー ー 平均すべり量(m) ー ー ー - 7.7 14.2 - - - - 応力降下量(MPa) - - - 15.0 15.3 - - - - トラフ沿い 面積(km ²) - - -		面積(km ²)	_	_	_	950	950	_	_	_
平均すべり量(m) - - 7.7 14.2 - - - - 応力降下量(MPa) - - - 15.0 15.3 - - - - トラフ沿い 面積(km ²) - <	日向灘2.3	地震モーメント(Nm	_	-	-	2.94×10^{20}	5.45×10^{20}	_	_	_
応力降下量(MPa) ー ー ー 15.0 15.3 ー ー ー h 一 ー ー - - 15.0 15.3 - - - - h 一 - <th< td=""><td></td><td>平均すべり量(m)</td><td>_</td><td>_</td><td>_</td><td>7.7</td><td>14.2</td><td>_</td><td>_</td><td>_</td></th<>		平均すべり量(m)	_	_	_	7.7	14.2	_	_	_
h 面積(km ²) - - - - - - 2500 2500 地震モーメント(Nm - - - - - - - 208 × 10 ²¹ 平均すべり量(m) - - - - - - - 7.57 × 10 ²⁰ 2.08 × 10 ²¹ 平均すべり量(m) - - - - - - - 7.50 20.60 応力降下量(MPa) - - - - - - - - 7.50 20.60		応力降下量(MPa)	—	—	—	15.0	15.3	_	—	_
トラフ沿い 地震モーメント(Nm ー ー ー ー ー ー ー ー ー 1000000000000000000000000000000000000		面積(km ²)	_	_	_	_	_	_	2500	2500
平均すべり量(m) ー ー ー ー ー ー ー 0 20.60 応力降下量(MPa) ー - - - - - - 15.00 15.10 かう降下量(MPa) - - - - - - - 15.00 15.10 かう降下量(MPa) 19120 18820 47760 48360 62960 64742 57760 58360 地震モーメント(Nm 1.83 × 10 ²¹ 2.48 × 10 ²¹ 6.48 × 10 ²¹ 1.03 × 10 ²² 8.29 × 10 ²¹ 1.60 × 10 ²² 7.45 × 10 ²¹ 1.36 × 10 ²² 平均すべり量(m) - 3.3 - 5.3 - 6.1 - 5.8 ホカ降下量(MPa) - 1.3 - 1.2 - 1.0 - 1.1	トラフ沿い	地震モーメント(Nm	_	_	_	_	_	_	7.57×10^{20}	2.08×10^{21}
応力降下量(MPa) ー ー ー ー ー ー ー 15.00 15.10 前積(km ²) 19120 18820 47760 48360 62960 64742 57760 58360 地震モーメント(Nm 1.83 × 10 ²¹ 2.48 × 10 ²¹ 6.48 × 10 ²¹ 1.03 × 10 ²² 8.29 × 10 ²¹ 1.60 × 10 ²² 7.45 × 10 ²¹ 1.36 × 10 ²² 平均すべり量(m) - 3.3 - 5.3 - 6.1 - 5.8 応力降下量(MPa) - 1.3 - 1.2 - 1.0 - 1.1		平均すべり量(m)	_	_	_	_	_	_	7.50	20.60
面積(km ²) 19120 18820 47760 48360 62960 64742 57760 58360 せ震モーメント(Nm 1.83 × 10 ²¹ 2.48 × 10 ²¹ 6.48 × 10 ²¹ 1.03 × 10 ²² 8.29 × 10 ²¹ 1.60 × 10 ²² 7.45 × 10 ²¹ 1.36 × 10 ²² 平均すべり量(m) - 3.3		応力降下量(MPa)	—	_	—		_	_	15.00	15.10
背景領域 地震モーメント(Nm 1.83 × 10 ²¹ 2.48 × 10 ²¹ 6.48 × 10 ²¹ 1.03 × 10 ²¹ 8.29 × 10 ²¹ 1.60 × 10 ²² 7.45 × 10 ²¹ 1.36 × 10 ²² 平均すべり量(m) - 3.3 - 5.3 - 6.1 - 5.8 応力降下量(MPa) - 1.3 - 1.2 - 1.0 - 1.1 参考 - - - - - - - -		面積(km ²)	19120	18820	47760	48360	62960	64742	57760	58360
平均すべり量(m) - 3.3 - 5.3 - 6.1 - 5.8 応力降下量(MPa) - 1.3 - 1.2 - 1.0 - 1.1 参考 - - - 1.2 - 1.0 - 1.1	背景領域	地震モーメント(Nm	1.83×10^{21}	2.48×10^{21}	6.48×10^{21}	1.03×10^{22}	8.29 × 10 ²¹	1.60×10^{22}	7.45×10^{21}	1.36×10^{22}
応力降下量(MPa) ー 1.3 ー 1.2 ー 1.0 ー 1.1 参考		半均すべり量(m)	_	3.3	_	5.3	—	6.1		5.8
<u> </u>	全土	応力降下量(MPa)	—	1.3	-	1.2	—	1.0	—	1.1
	沙冇 由由吐≪△⇒	NA	0.0		07					
T T T T T T T T T T T T T T T T T T T	中天的火空雨	Mw	0.3 Q /		0./ Q 5					

ケース名					領域								
	1	~1	1		南海	市南海	相宁声海	日向潮	1	トラフ沿い			
領域	トラフ沿い	深さ	破壊	*	用冲	米用海	您正果/毋	口问题	a.四国沖	b. 紀伊半島沖	c. 遠州灘沖		
		d	С		0								
ADDING	_	S	с	_	0								
ATNKI		S	C			0							
ATOKI		S	е				0				ĺ		
AHGND		d	w	1				0	1				
AIIGIND		S	w	-				0					
	а		С			<u>n</u>			0				
ATRGH	b		w							0			
	C		c								0		
ANNI1		S	c	cas	0	0		1					
/		S	e	cas	0	0							
ANNI2	1	S	С	cas		0	0		î. î				
		d	w		0	0	0			10.00			
		d	c		0	0	0						
		d	е		0	0	0						
		S	w		0	0	0						
ANNI3		s	w	cas	0	0	0						
		S	С		0	0	0						
		s	c	cas	0	0	0						
		s	е		0	0	0						
		S	е	cas	0	0	0						
	a	d	w		0	0	0		0				
	а	d	C		0	0	0		0				
	а	d	e		0	0	0		0				
	а	S	w		0	0	0		0				
	а	S	С		0	0	0		0				
	a	s	c	cas	0	0	0		0				
	а	S	с	box	0	0	0		0				
	а	S	е		0	0	0		0				
	b	d	w		0	0	0			0			
	b	d	C		0	0	0			0			
	b	d	e		0	0	0			0			
ANNI4	b	S	w		0	0	0			0			
	b	S	c		0	0	0			0			
	b	S	e		0	0	0			0			
	C	d	w		0	0	0			1.20	0		
	c	d	c		0	0	0				0		
	c	d	e		Ō	Ō	Ō				Ō		
	C	S	w		0	Ō	0			-	Ō		
	C	S	C		0	0	0				0		
	c	S	C	cas	Ő	Õ	0				Õ		
	C	S	C	box	0	0	0				0		
	0	s	0	qi	0	0	0			-	Õ		
	0	8	e	4	Õ	Ő	Õ				Õ		
	U	d	C		0	Ő	0	0					
ANNI5		6	C		Õ	Õ	õ	Õ					
					-	-		-			-		

表 3.4-2 地震動計算を行ったケースの一覧(1)。

※ cas: カスケードモデル、box: 箱形関数、qi:Q 値無限大モデル

	ケ	ース名			アスペリ	ノティ深さ	(南海H	破壊開始点 、ラフ全体に	i 対して)	震源の	モデル化
領域	トラフ沿い	深さ	破壊	*	深い	浅い	西	中央	東	カスケード	スケーリンク
		d	с		0			0			0
		S	с	_		0		0			0
ATNKI		S	С			0		0		-	0
ATOKI	(S	е			0			0	-	0
AHGND		d	w		0		0				0
7410110		S	w	-		0	0			_	0
l'annear a' l'a	а		с				-	0			0
ATRGH	b		W			-	0			_	0
	C		c			-		0			0
ANNI1		S	С	cas		0		0	~	0	
	_	S	e	cas		0			0	0	
ANNI2		S	С	Cas		0		0		0	
		d	W		0		0	0		_	0
	-	d	С		0			0	0	-	0
		d	e	-	0	0	0		0	-	0
ANINITO	-	S	w	126.23		0	0			0	0
AININI3		S	w	cas		0	0	0		0	0
		S	С	V2323		0		0		0	0
		S	C	cas		0		0	0	0	0
		S	e	* 7:301-1		0			0	0	0
		5	e	cas	0	0	0		0		0
	a	d	w		õ		0	0			ŏ
	a	4	C		ŏ			v	0	1	ŏ
	a	a	ę			0	0		0		ŏ
	a 2	5	Ŵ			ő	~	0		-	ŏ
	a	5	0	0.00		õ		0		0	0
	a 2	0	0	bay		õ		Ő			0
	a	3	0	DOX		ŏ			0		ŏ
	h	d	G		0	~	0		~		õ
	h	d	vv C		ŏ		~	0		-	õ
	h	d	0		ŏ			Ŭ	0	-	õ
ANNI4	h	0	w			0	0		~		õ
	h	e	· ·			õ	Ŭ,	0			õ
	h	5	e			Ő			0		Õ
	c	d	w		0	· ·	0			-	õ
	0	d	0		ŏ		Ŭ	0			õ
	c	d	e		õ				0	1	õ
	C C	e	w			0	0				Õ
	c	S	C			0		0			0
	c	S	c	cas		Õ		Õ		0	
	c	S	c	box		Õ		Õ			0
	C	s	C	qi		0		0			0
	C	S	e			Ō		-	0		0
		d	C		0			0			0
ANNI5		s	c			0		0			0

表 3.4-2 地震動計算を行ったケースの一覧(2)。

※ cas: カスケードモデル、box: 箱形関数、qi:Q 値無限大モデル



図 3.4-3a 同じアスペリティ配置、破壊開始点を持つモデル (ANNI4c-s-c) について、 すべり量 (スケーリング、カスケード)、トラフ沿いのすべりの大きな領域の震源時間 関数、Q 値、不均質性を変化させた場合の速度波形と相対速度応答スペクトルの比較。 愛知県庁の例。

東京都庁 Vel.(cm/s)

NS	q		100	200	300	400	500			
スケーリング				MAMMMAN	WhenAma	MMMMM	~~~ 58.1			
カスケード				Minimum	Mmmmmmm	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	41.8		10 [°]	
箱形関数	_			Malan	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	······	60.9		-	
Q值無限大	_			MANNAN	When Amel Units	NMMAAMbah	MM -106.5	n/s)	-	
最小波数1, 乱数1, ∆t=5.	.0s, 破壞時間			~~~~~	howwww.	Mannon	www 80.3	e (cn	-	
最小波数3, 乱数1, Δt=2.	.5s, 破壞時間			MMMM	Whentheman	MMMMM	····· 60.1	suoc	10 ²	
最小波数3, 乱数1, Δt=2.	.5s, 破壞時間と	とすべり量		MAMAMAN	Whentheman	www.www.	59.4	Resp	=	
最小波数3, 乱数1, Δt=5.	.0s, 破壊時間と	とすべり量		n. M. M. M. M.	MAMAMAMA	www.www.	-61.7	ocity	-	
最小波数5, 乱数1, Δt=2.	.5s, 破壊時間と	とすべり量		~ AAMAMMAN	WWWN MMM MMM	MMMMMM		Velo	-	
最小波数3, 乱数2, Δt=2.	.5s, 破壊時間と	とすべり量		~ Armhimhr	William Mann	NewMannew	65.4		10 ¹	
最小波数3, 乱数3, Δt=2.	.5s,破壞時間と	とすべり量		~ Armalumba	Walkin Amar Amar	www.dan.www.mm	64.1		=	
514				A A A A fullion of	dianter to tet te					10 ¹
EW スケーリング				Manada			40.0			Period (s)
カスケード				~ New Marker	www.wvvv.wvv	www.www.	20.0		10 ³	
箱形関数				Mar Marine		~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~			-	
O值無限大	_			AL AL AND ALLA	man all have	where the about	-40.5	s)	-	
最小波数1, 乱数1, Δt=5.	.0s, 破壞時間			~NmMMMMMM	a.M.AMAAAAAAAAAA	wwwwwwwwww	60.5	(cm/	-	
最小波数3, 乱数1, ∆t=2.	.5s, 破壞時間		W	MMMMMM	M.M.M.M.M.	mann	-47.6	nse	10 ²	
最小波数3, 乱数1, ∆t=2.	.5s, 破壞時間と	とすべり量		~ Nim Martin Mar	M.M.M.W.W.W.W.W.W.W.W.W.W.W.W.W.W.W.W.W	www.www.	-51.3	espc	-	
最小波数3, 乱数1, ∆t=5.	.0s, 破壊時間と	とすべり量		~ MMMMMMMMM	www.www.	www.www.	-54.2	city R	-	
最小波数5, 乱数1, Δt=2.	.5s, 破壊時間と	とすべり量		ALALAN AAAA		~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	48.6	Veloc	-	
最小波数3, 乱数2, ∆t=2.	.5s, 破壞時間と	とすべり量		~ [111]~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~		www.www.	53.2		10 ¹ _	
最小波数3, 乱数3, ∆t=2.	.5s,破壊時間と	とすべり量		~ ynwwpwwww Alwenn e e lee	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~		54.9		-	
				~ Allenda.A. M.M.M.M.M.M.	MUMPORT OF PARTY OF	44-4-26-404000 (444-4)	WW			10 ¹
UD スケーリング							27.6			Period (s)
カスケード				MMMMMM	mmmmm	www.www.	www. 27.6		10 ³ _	
\$P\$100000000000000000000000000000000000				-MMMmmmM	how how have	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	-16.2		=	
の値無限大				MMMmmmm	when white	mannan all the state	-25.8	(9	-	
最小波数1, 乱数1, ∆t=5.	.0s, 破壞時間			~NMMMMMMM	MMMMM	MMMMMMM	-43.6 17.2	cm/	-	
最小波数3, 乱数1, ∆t=2.	.5s, 破壞時間			MMMMM	mmmmmmm	Mar	-17.2 26.2	nse (10 ²	
最小波数3, 乱数1, ∆t=2.	.5s, 破壊時間と	とすべり量		~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	MMMMMMM	hamma	-20.5	espc	-	
最小波数3, 乱数1, ∆t=5.	.0s, 破壊時間と	とすべり量		~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	halmaallaallaan		-24.3	city F	-	
最小波数5, 乱数1, ∆t=2.	.5s, 破壊時間と	とすべり量		www.www.www.	hal a south the		-273	Veloc	-	
最小波数3, 乱数2, ∆t=2.	.5s, 破壊時間と	とすべり量		~vijvajvavvavij	hallow a supply and a second	V~VV~VVVVVVV	-27.9		10 ¹ _	
最小波数3, 乱数3, ∆t=2.	.5s, 破壞時間と	とすべり量		- Martina - Martina	hallow A particular and	00~00000000000000000000000000000000000	-31.9		=	
	_			~. All hand have how how how	hammen A subhered and	**************************************	vyyv. 5115			10 ¹
			100	200	200	400	500			Period (s)
	0		100	200 tim	300 e (s)	400	500			

図 3.4-3b 図 3.4-3a と同じ。ただし、東京都庁についての図。



図 3.4-4 図 3.4-3 に示したケースについての応答スペクトル比。ANNI4c-s-c (スケー リングモデル)を基準とした比となっている。色は、図 3.3-3a, b と対応している。

次に、本検討で計算を実施した全ケースによる速度波形の例を図 3.4-5 に示す。ここでは、その中でもさらにスケーリング型のうち、箱型関数、Q 値無限大モデルを除く 35 ケースの結果を基に、震源モデルの違いが地震動予測結果に与える影響について検討する。

- 最大地動速度 (PGV) 値の空間分布 (図 3.4-6)
 - > 空間分布の大局的な特徴は、破壊開始点の違いに依存している。
 - ▶ アスペリティが深い場合の方が、浅い場合に比べて最大振幅値が大きい。
 - カスケードモデルの分布は、個々の単独型の分布を重ねたものとなっている。

- 各地点に対する寄与の大きな単独領域(浅いアスペリティのケース)を基準とした応答スペクトル比(図 3.4-7)
 - ➤ 破壊開始点の影響

大分県庁では中央と東側、大阪府庁では西側、愛知県庁では西側に破壊 開始点がある場合に振幅が大きい。静岡県庁、東京都庁では、他の地点に 比べ破壊開始点によるばらつきは小さい。これは、両地点の地震動に対す る寄与の大きい想定東海では、東方向への破壊伝播のみを仮定しているた めと考えられる。

▶ アスペリティ深さの影響

大分県庁、大阪府庁では、アスペリティが深い方が、浅い場合よりも長 周期帯で振幅が大きい。これらは南海地震の寄与を強く受ける地点である。 南海地震の深いアスペリティは陸に近く、大分県庁、大阪府庁に対しては、 長周期 S 波の寄与が強いと考えられる。

- トラフ沿いの大すべり領域の影響(震源域が拡がる影響) 震源域が拡がることでスペクトル形状が変化している。大阪府庁では3 ~4秒付近、愛知県庁では3~4秒付近、東京都庁では7~8秒付近(NS 成分)にピークがみられる。また、トラフ沿いの領域の影響として、大分 県庁では四国沖(a)の領域を含む場合に5~6秒付近、愛知県庁では遠州 灘沖(c)の領域を含む場合に3~4秒付近、東京都庁では遠州灘沖(c) の領域を含む場合に8秒付近(NS)にピークが現れている。
- 最大地動速度値、応答値(周期5秒、7秒、10秒)の度数分布(図 3.4-8)
 - ヒストグラムは震源域の拡がりと最大値の関係を示している。灰色の単独 領域に比べ、黒の3連動、赤、青、緑、黄の4連動は大きな最大値を有し ている。また、大阪府庁のANNI4aや愛知県庁のANNI4cなど、トラフ 沿いの特定の領域の影響を強く受けて大きな振幅をもつケースがみられ る。一方で、静岡県庁や東京都庁では、連動型でのばらつきは小さく、ト ラフ沿いの影響は相対的に小さいと考えられる。
 - 累積頻度分布は破壊開始点、アスペリティ深さと最大値との関係を示して いる。赤印で示した西から破壊するケースは、大分県庁では最大値の小さ いグループに含まれるが、他の地点では最大値の大きなグループに多く含 まれている。また、三角印で示したアスペリティの深いケースは、大分で は最大値の大きなグループのほとんどを占めている。

大分県庁(N-S)

Hb -w	
1D-a-w	
la-d-w	
D-s-w	
-s-w-cas	
a-s-w	
b-s-w	
C-S-W	
ic -c	
-d-c	
-d-c	
a-a-c	
č-d-č	
-d-c	
-S-C	
-s-c-cas	
-s-c-cas	
-s-c-cas	
a-s-c-cas	
a-s-c	
a-s-c-box	
D-S-C	
c-s-c	
c -s-c-box	
c-s-c-qi	
-d-e	
b-d-e	
c-d-e	
-s-e-cas	
-s-e-cas	
-s-e	
d-5-e	
0	time (s)

図 3.4-5 全ケースの速度波形。右の数値は最大振幅(単位は cm/s)。

大分県庁(E-W)

-w	mm	min					
-w-cas	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	mm	www	mm	mm	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	
-W			www.	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	www	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	
-W			~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	444 6 0 0 0 0 0 0 0		
-W	~~~~~		······································	man	mm	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	mm
-c			i	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	mm		
		~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	mm	min	mm	w	·····
-c		www	~~~~~~	~~~~~~			
-c		$\sim\sim\sim\sim\sim$		~~~~~			~~~~~
l-c	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	~~~~~~		~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	~~~~~~		
-c		~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~		~~~~~~			
l-c		man	·····	~~~~~			
-c		min	m	m		~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	
		·····	$\sim$	m	mm	mmm	$\sim$
-c-cas		~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	www.	m		······	
		~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	$\sim$	~~~~~~	mm	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~
-C			www.				
-c-cas		~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~		200 000000	444 400		
-c		mm	man	mmmnnn	Anton	······	
-c-box		mon	min	mm	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	
-c		mm	mm	mm	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	
-c-cas		mm	www	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~		·/······	
-c-box		~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	www.	www	······		
-c-di		~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~		~~~~~		
-C		-Annen A					
-e		V	nAnn	~~~~~~			
l-e			m	~~~~~~		~~~~~~	
l-e			$\sim\sim\sim$	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~			
-e			m	mmm	mm	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~
-e-cas			~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	www	$\sim\sim\sim\sim\sim$	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~
-e			~~~~~~	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	~~~~~	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	
-e				~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	~~~~~	~^^^	
-e				mmm	mmm	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~

図 3.4-5 全ケースの速度波形。右の数値は最大振幅(単位は cm/s)。

time (s)

大分県庁(U-D)

TRGHb -w	
HGND-d-w	
NNIA - d-w	
HGND-s-w	
NNI3 -s-w-cas	
NNI3 -s-w	
NNI4a-s-w	
NNI4b-s-w	
NNI4c-s-w	
TRGHa -c	
IRGHc -c	
NNKI -d-c	
NNI3 - d-c	
MM4a-u-c	
VNI4c-d-c	
NNI5 -d-c	
NKI -s-c	
NKI -s-c	
NNI1 -s-c-cas	
INI2 -s-c-cas	
INI3 -s-c-cas	
INI3 -s-c	
INI4a -s-c-cas	
INI4a-s-c	
INI4a-s-c-box	
INI4c-s-c-cas	
INI4c-s-c	
NI4c -s-c-box	
INI4c-s-c-qi	
NNI5 -s-c	
VNI3d-e	
NNI4b-d-e	
NNI4c-d-e	
UNI -s-e	
INIT -s-e-cas	
VIVID -S-E-Cas	
VNI4a-s-e	
NNI4c -s-e	
0	100 200
	time (s)

図 3.4-5 全ケースの速度波形。右の数値は最大振幅(単位は cm/s)。

大阪府庁(N-S)

ATRGHb -w	
AHGND-d-w	0.7
ANNI3 -d-w	-29.4
ANNI4a-d-w	
AHGND-s-w	3.0
ANNI3 -s-w-cas	-26.5
ANNI3 -s-w	-37.6
ANNI4a -s-w	-69.8
ANNI4b-s-w	-36.2
ANNI4c -s-w	-41.6
ATRGHa -c	-5.3
ATRGHc -c	61
ANNKI -d-c	9.7
ANNI3 -d-c	-240
ANNI4a-d-c	-264
ANNI4b-d-c	-25 c
ANNI4c-d-c	-264
ANNI5 -d-c	
ANNKI -s-c	
ATNKI -s-c	
ANNI1 -s-c-cas	
ANNI2 -c-c-cas	
ANNIZ -s-c-cas	
ANNID cc	
ANNIAS -S-C	
ANNIA - S-C-CdS	
ANNI4a-S-C	
ANNI4a-s-c-Dox_	——————————————————————————————————————
ANNI4D-S-C	-29.6
ANNIAC -S-C-Cas	
ANNIAC-S-C	
ANNI4C-S-C-DOX	
ANNI4C-S-C-QI	
ANNI5 -S-C	20.
ANNI3 -d-e	
ANNI4b-d-e	
ANNI4c-d-e	23-j
ATOKI -s-e	
ANNI1 -s-e-cas_	
ANNI3 -s-e-cas	
ANNI3 -s-e _	
ANNI4a-s-e	
ANNI4c -s-e	27.2
Г	
	100 200 200 400 500
0	100 200 time (c) 300 400 300
	time (s)

図 3.4-5 全ケースの速度波形。右の数値は最大振幅(単位は cm/s)。

大阪府庁(E-W)

ATRGHb -w				to a link meaning				5.3
AHGND-d-w			Mandalana	man man has	A MA mana	And an and a state of the		-0.6
ANNI3 -d-w		- man man	Anna	And add a Man An and a con	Acceleration of the	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·		21.9
ANNI4a-d-w			- A Manuro Maria	100 Annon	An MARANA MARA	Innon Annon Anno	~~~	-32.8
AHGND-s-w				A A A A A A A A A A A A A A A A A A A	Arras a secon and a	00 000 · · · · · · · · · · · · · · · ·		-0.8
ANNI3 -s-w-	cas		0.0	Manager				22.2
ANNI3 -s-w			an advantanta and	Manager				31.7
ANNI4a-s-w								41.4
ANNI4b-s-w				Monte and a fight	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	**************		37.0
ANNI4c -s-w				Manage And Manager	····			-36.9
ATRGHa -c			~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	400-40 W WWW				-3.4
ATRGHC -C				and all a start of a start of a	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~		· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	-4.9
ANNKI -d-c					/~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	-5.7
ANNI3 -d-c		- Vy when when when when when when when when	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~		21.4
ANNI4a-d-c		-V. manuna Maria	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~				22.6
ANNI4b-d-c		-V manna	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~		*******		22.4
ANNI4c-d-c		-V. m.	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	······································		~~~~	****	22.4
ANNIS dec		-V.m.m.m.m.m.	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	~~~	25.0
ANNKI		- / manum	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~				-61
ATNKI -5-C		www.www.	vwww	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	-0.1
ANNU -S-C			······································	mmm	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~		~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	
ANNIT -S-C-C	.ds		Mar Marine	mmm	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	-0.1
ANNIZ -S-C-C	.ds		mmm	mmm	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	
ANNIS -S-C-C	.ds	m	www.	mmmm	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	-0.5
AININI3 -S-C		m	www.	mmmm	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	-0.5
ANNI4a-s-c-c	.as	m	vmmm	mmmm	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~		0./
ANNI4a-s-c			MM MMM	mmm	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	9.0
ANNI4a-s-c-b	00X		mm	mmm	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	
ANNI4D-S-C		m	Mar	www.www	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	~~~~ IZ.4
AININI4C -S-C-C	.as		mm	mmmm	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	
ANNI4C-S-C		www.	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	mmm	mmm	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	-12-3
ANNI4C-S-C-D	poxx		mmmm	mmm	mm	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	·····	-10.0
ANNI4C-S-C-C	an	www.	mmm	minum	mmm	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	Mannah	~~ 22./
ANNI5 -s-c			mmm	monim	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	······································	-10.5
ANNI3 -d-e		- h mmmmm	······		~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~			-19.9
ANNI4b-d-e		- mmmmmm		~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~		-21.0
ANNI4c-d-e		- manner	mmmm	mmmm	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	······	-24.3
ATOKI -s-e			mmm	www.www.	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~		-2.7
ANNI1 -s-e-c	cas		minim	monum	mm	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	······	8.1
ANNI3 -s-e-c	cas		mmmmm	mann	mm	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	-8.3
ANNI3 -s-e			mmmmm	monum	mm	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	·····	-11.6
ANNI4a-s-e			mmmmm	monor	mm	mmm	····	-13.4
ANNI4c -s-e			mmmm	www.	~~~~~~	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	······	-25.7
							· · · ·	
		100	202		200		20	- no
	0	100	200		300	4(00	500
				time (s)				
				(-)				

図 3.4-5 全ケースの速度波形。右の数値は最大振幅(単位は cm/s)。

大阪府庁(U-D)



図 3.4-5 全ケースの速度波形。右の数値は最大振幅(単位は cm/s)。

愛知県庁(N-S)

ATRGHb -w		-8.8
AHGND-d-w		-0.4
ANNI3 -d-w		22.1
ANNI4a-d-w		24.3
AHGND-s-w		0.8
ANNI3 -s-w-cas		21.2
ANNI3 -s-w		32.7
ANNI4a -s-w		35.1
ANNI4b-s-w		36.6
ANNI4c -s-w		48.7
ATRGHa -c		-3.6
ATRGHcc		20.6
ANNKI -d-c		1.6
ANNI3 -d-c		15.9
ANNI4a-d-c		16.4
ANNI4b-d-c		17.1
ANNI4c-d-c		46.5
ANNI5 -d-c		18.9
ANNKI -s-c		-3.7
AINKI -s-c		11.1
ANNI1 -s-c-cas		10.9
ANNIZ -s-c-cas		9.9
ANNI3 -s-c-cas		.9.8
ANNI3 -s-c		15.0
ANNI4a-s-c-cas		.9.6
ANNI4a-s-c		16.1
ANNI4a-s-c-box		10.1
ANNI4D-S-C	^	18.5
ANNIAC -S-C-Cas		24.1
ANNIAC -S-C		40.4
ANNIAC -S-C-DOX		20.9
ANNIE cc		177
ANNI2 d-o		16.4
ANNIAb-d-o		17.3
ANNIAc-d-e		17.3
		-37
ANNI1 -s-e-cas		-3.6
ANNI3 -s-e-cas		-41
ANNI3 -s-e		-5.9
ANNI4a-s-e		-7.0
ANNI4c -s-e		9.2
0	100 200 300 400 500	
-	time (s)	

図 3.4-5 全ケースの速度波形。右の数値は最大振幅(単位は cm/s)。

愛知県庁(E-W)

ATRGHb -w					CONTRACTOR CONTRACTOR		-7.8
AHGND-d-w			- Constanting	montener	manna	Man Manana Manana and	0.4
ANNI3 -d-w			man	~~~~~~			29.1
ANNI4a-d-w			mound	hannah	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	~~~~~	28.1
AHGND-s-w			man aman	Manuslamana	and marked an	when and an and a second and a second as	0.6
ANNI3 -s-w-c	as		mmmmm	Cummer .			-23.3
ANNI3 -s-w			marm moment	Mar Munn	~~~~~~~		25.6
ANNI4a -s-w			-annahalan	mannen			33.4
ANNI4b-s-w			-AAM MAAAM	March	Sector Manalana		-26.1
ANNI4c -s-w			man manne	mar mark		~~^^	-29.9
ATRGHa -c				Mana Man Andrewson		-	-4.3
ATRGHc -c			and a second second second	Ale - a de alemana			14.0
ANNKI -d-c		man and all more	Manuel and the Amore	1000 - 0000	14 mm m m m h h h		1.9
ANNI3 -d-c		Max					18.5
ANNI4a-d-c							19.1
ANNI4b-d-c		Man	manufacture to the Asia			Actual Ac	19.0
ANNI4c-d-c			A state of the sta			- WeinWeineren	-34.6
ANNI5 -d-c		Maa		1			21.6
ANNKI -s-c		And the second sec	0.0				3.8
ATNKI -s-c		CM And A					-7.2
ANNI1 -s-c-ca	15	CM A A					-7.1
ANNI2 -s-c-ca	35	CAN AND A COMPANY					-7.0
ANNI3 -s-c-ca	15	CM And A Charles And	0-04 mm - 0.0 0.0				-7.3
ANNI3 -s-c		man han han han han han					-10.8
ANNI4a-s-c-ca	15	CAN AN A CHARTER AN					-7.7
ANNI4a-s-c		C.M. Marche Marchen					11.2
ANNI4a-s-c-be	ox	C.M. March March		N			11.2
ANNI4b-s-c						Al-tutti	-16.1
ANNI4c -s-c-ca	35			Alexandra and a second and a second		- Wester Manual and a second second	14.3
ANNI4c -s-c				Marke Standard Access			-32.6
ANNI4c -s-c-be	ox	Contraction and a state of the state of the		A stable sectors and			14.3
ANNI4c -s-c-ai				A of March and March and			-50.6
ANNI5 -s-c		Collection As allowing the				Allowed for a state of the second state of the	-12.6
ANNI3 -d-e	and at about		~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~				8.9
ANNI4b-d-e							9.5
ANNI4c-d-e							9.4
ATOKI -s-e			······································	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~			-5.2
ANNI1 -s-e-ca	35	and a house of the second		A D with an ex			-4.2
ANNI3 -s-e-ca	35		~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	A A A A A A A A A A A A A A A A A A A			-5.9
ANNI3 -s-e			~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~			-8.5
ANNI4a-s-e				~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~			-9.1
ANNI4c -s-e							-11.0
			And Manual Annual and a	1			
						'	'
	0	100	200		300	400	500
				time (s)			

図 3.4-5 全ケースの速度波形。右の数値は最大振幅(単位は cm/s)。

愛知県庁(U-D)



図 3.4-5 全ケースの速度波形。右の数値は最大振幅(単位は cm/s)。

静岡県庁 (N-S)

Hb -w	
ND-d-w	
13 -d-w	
14a-d-w	
ND-s-w	
13 -s-w-cas	
13 -S-W	
4d-5-W	
40-5-W	
Ha -c	
Hc -c	
KI -d-c	
3 -d-c	
4a-d-c	
4b-d-c	
4c-d-c	
5 -d-c	
KI -s-c	
(I -s-c	
1 -s-c-cas	
2 -s-c-cas	
3 -s-c-cas	
3 -s-c	
4a-s-c-cas	
4a-s-c	
4a-s-c-box	
40-5-6	
4c-c-c	
4c-s-c-box	
4c-s-c-di	
5 -5-0	
3 -d-e	
4b-d-e	
4c-d-e	
(I -s-e	
1 -s-e-cas	
3 -s-e-cas	
3 -s-е	<u>^</u>
4a-s-e	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~
14c -s-e	<u>^</u>
	· · · · · · · · · · ·
	100 200 200 400 500
0	100 200 300 400 500
	timo (c)

図 3.4-5 全ケースの速度波形。右の数値は最大振幅(単位は cm/s)。

静岡県庁 (E-W)

ATRGHb -w	-6.
AHGND-d-w	
ANNI3 -d-w	38.
ANNI4a-d-w	41.
AHGND-s-w	0.
ANNI3 -s-w-cas	35.
ANNI3 -s-w	43
ANNI4a-s-w	46
ANNI4b-s-w	45.
ANNI4c -s-w	49
ATRGHa -c	
ATRGHC -c	15
ANNKI -d-c	
ANNI3 -d-c	42
ANNI4a-d-c	43
ANNI4b-d-c	46
ANNI4c-d-c	46
ANNIS -d-c	
ANNKI -s-c	10
ANNI1 -s-c-cas	
ANNI2 -s-c-cas	
ANNIZ -S-C-Cas	
ANNIA o c	ZZ-
ANNIA a a boy	47.
ANNIAL	47
ANNIAC CCCCdS	
ANNIAC -S-C	
ANNIAC -S-C-DOX	
ANNIAC -S-C-QI	
ANNIS -S-C	
ANNI3 -d-e	30.
ANNI4D-d-e	40.
ANNI4C-O-E	41
ATOKI -s-e	27
ANNIT -s-e-cas	
ANNI3 -s-e-cas	26.
ANNI3 -s-e	40
ANNI4a-s-e	42
ANNI4C-S-E	42.
0	100 200 300 400 500
	time (s)
	* *

図 3.4-5 全ケースの速度波形。右の数値は最大振幅(単位は cm/s)。

静岡県庁(U-D)

KGHD -W	
IGND-d-w	
INI3 -d-w	
NI4a-d-w	
IGND-s-w	
INI3 -s-w-cas	
INI3 -s-w	M
INI4a-s-w	M
INI4b-s-w	
INI4c-s-w	
RGHa -c	
RGHc -c	
NKI -d-c	
NI3 -d-c	
INI4a-d-c	
INI4b-d-c	
INI4c-d-c	
INI5 -d-c	- Martin - Ma
INKI -s-c	
NKI -s-c	
INI1 -s-c-cas	
NI2 -s-c-cas	
NI3 -s-c-cas	
NI3 -s-c	
NI4a -s-c-cas	
NI4a-s-c	
NI4a-s-c-box	
NI4b-s-c	
NI4c -s-c-cas	
NI4c-s-c	
NI4C-S-C-DOX	
NI4c-s-c-qi	
NI5 -S-C	
NI3 -d-e	
NI4D-d-e	·····
NI4c-d-e	
UKI -s-e	
INIT -s-e-cas	
INIS -s-e-cas	
NI3 -S-E	
INI4C-2-6	~~~~~~
· · · ·	
0	100 200 300 400 500
	110 /00 500 400 500
0	

図 3.4-5 全ケースの速度波形。右の数値は最大振幅(単位は cm/s)。

東京都庁(N-S)

ATRGHb -w	-16.9
AHGND-d-w	-0.5
ANNI3 -d-w	47.0
ANNI4a-d-w	
AHGND-s-w	-0.
ANNI3 -s-w-cas	33.
ANNI3 -s-w	67.
ANNI4a-s-w	73.
ANNI4b-s-w	-73.
ANNI4c -s-w	-86.0
ATRGHa -c	-4.9
ATRGHc -c	-24.8
ANNKI -d-c	2.
ANNI3 -d-c	32.4
ANNI4a-d-c	35
ANNI4b-d-c	35.(
ANNI4c-d-c	57.4
ANNI5 -d-c	36.9
ANNKI -s-c	-3.
ATNKI -s-c	17.0
ANNI1 -s-c-cas	16.9
ANNI2 -s-c-cas	40.
ANNI3 -s-c-cas	40.6
ANNI3 -s-c	58.4
ANNI4a-s-c-cas	40.4
ANNI4a-s-c	62.0
ANNI4a-s-c-box	62.0
ANNI4b-s-c	62.0
ANNI4c -s-c-cas	41.4
ANNI4c -s-c	58.
ANNI4c -s-c-box	60.9
ANNI4c -s-c-ai	-106.
ANNI5 -s-c	67.0
ANNI3 -d-e	434
ANNI4b-d-e	45/
ANNI4c-d-e	46.
ATOKI -s-e	-31
ANNI1 -s-e-cas	
ANNI3 -s-e-cas	-31
ANNI3 -s-e	-45.
ANNI4a-s-e	-47/
ANNI4c -s-e	-481
_	
r	
0	100 200 300 400 500
0	time (s)
	diffe (5)

図 3.4-5 全ケースの速度波形。右の数値は最大振幅(単位は cm/s)。

東京都庁(E-W)

ATRGHb -w	19-
AHGND-d-w	
ANNI3 -d-w	
ANNI4a-d-w	60
AHGND-s-W	
ANNID -S-W-CdS	
ANNI3 -s-W	44 .
ANNI4a-s-w	
ANNI4b-s-w	4/3
ANNI4c -s-w	
ATRGHa -c	-4.
ATRGHc -c	
ANNKI -d-c	
ANNI3 -d-c	37.
ANNI4a-d-c	36
ANNI4b-d-c	-35(
ANNI4c-d-c	46/
ANNIS d.c	
ANNIS -u-c	42
ATINKI -S-C	
ANNII -s-c-cas	
ANNIZ -s-c-cas	
ANNI3 -s-c-cas	
ANNI3 -s-c	-45.
ANNI4a-s-c-cas	
ANNI4a-s-c	-47.
ANNI4a-s-c-box	-47.
ANNI4b-s-c	-48.
ANNI4c -s-c-cas	-30.9
ANNI4c-s-c	49.1
ANNI4c-s-c-box	-46
ANNIAc -s-c-qi	77
ANNIS -c-c	-23
ANNI2 -d-a	33.
ANNIAL d o	
ANNI40-d-e	
ANNI4c-d-e	
ATOKI -s-e	
ANNII -s-e-cas	
ANNI3 -s-e-cas	
ANNI3 -s-e	-48.
ANNI4a-s-e	-51./
ANNI4c -s-e	-51.5
1	
0	100 200 300 400 500
-	time (s)

図 3.4-5 全ケースの速度波形。右の数値は最大振幅(単位は cm/s)。

東京都庁(U-D)

TRGHb -w	
HGND-d-w	
NNI3 -d-w	
NNI4a-d-w	
HGND-s-w	
NNI3 -s-w-cas	
NNI3 -s-w	
NNI4a-s-w	
NNI4b-s-w	
NNI4c-s-w	
FRGHa -c	
FRGHcc	
NNKI -d-c	
NNI3 -d-c	
NNI4a-d-c	
NNI4b-d-c	
NNI4c-d-c	
NNI5 -d-c	
NNKI -s-c	
NKI -s-c	
NI1 -s-c-cas	
INI2 -s-c-cas	
INI3 -s-c-cas	
INI3 -s-c	
INI4a-s-c-cas	
NI4a-s-c	
NI4a-s-c-box	
NI4b-s-c	
INI4c -s-c-cas	
NI4c-s-c	
NI4c-s-c-box	
NI4c-s-c-ai	
INI5 -s-c	
INI3 -d-e	
NI4b-d-e	
NI4c-d-e	
OKL -s-e	
INI1 -s-e-cas	
INI3 -s-e-cas	
INI3 -s-e	
INI4a-s-e	
INIAc -s-e	
1111-0-3-6	
[
0	100 200 300 400 500
0	time (c) 500 400 500
	line (s)

図 3.4-5 全ケースの速度波形。右の数値は最大振幅(単位は cm/s)。



図 3.4-6a 最大地動速度値の分布(3 連動、4 連動の場合)。ケース名は各パネル上に示している。



図 3.4-6b 最大地動速度値の分布(単独領域、複数領域(カスケード、スケーリングの場合)ケース名は各パネル上に示している。



図 3.4-7 応答スペクトル比。(a) アスペリティが浅いケース、(b) アスペリティが深い ケース。スペクトル比の基準としたケース名は地点名の右に示している。太実線は4連 動、細実線は3連動、点線は単独領域。破線はトラフ沿いの単独領域。



図 3.4-8 スケーリング型の 35 ケース(箱型関数、Q 値無限大、k-2 モデルは除く)に ついての、最大地動速度値、応答スペクトル(周期 5 秒、7 秒、10 秒)の度数分布。 ヒストグラムは震源域と最大値の関係、累積頻度分布は破壊開始点、アスペリティ深さ と最大値との関係を示している。ヒストグラムの色、累積頻度の印、色については、上 段の図中を参照。

2) ハイブリッド合成法の高度化に関する検討

海溝型巨大地震による広帯域地震動予測には、短周期領域における計算結果とのハイブ リッド合成法の高度化が今後必要となる。ここでは、南海トラフの巨大地震を対象として 統計的グリーン関数法により波形合成を行い、同じ特性化震源モデルを用いた差分法によ る結果と比較した。

対象とした震源モデルは、1)で示したもののうち、南海・東南海・想定東海にトラフ沿 いの領域を加えた4 連動型で、破壊開始点を震源域の中央部に置いたモデルとした。統計 的グリーン関数法に用いる要素地震による統計的グリーン関数は、「全国地震動予測地図」 の「震源断層を特定した地震動予測地図」の計算で用いられているものと同じパラメータ を用いて設定した。震源域が広大であることから、要素地震は各アスペリティの中心点に 設定したが、背景領域については、破壊開始点に置いた要素地震を全体に適用した。地震 基盤(Vs3400m/s)から工学的基盤上面(Vs500m/s)までの地下構造は、差分法の計算と 同様に全国1 次地下構造モデル(暫定版)を用いた。震源パラメータは差分法の計算に用 いたものと同じものを用いた。ただし、差分法では震源モデルのグリッド間隔を0。5km としていたが、統計的グリーン関数法では要素断層の大きさを約10km四方とした。

図 3.4・8 に、大分県庁、大阪府庁、愛知県庁、静岡県庁、東京都庁における、統計的グリ ーン関数法による合成波形、各アスペリティと背景領域からの寄与、それらのフーリエス ペクトルを示す。大阪府庁、愛知県庁では複数のアスペリティからの寄与により他に比べ て継続時間の長い波形となっている。静岡県庁は想定東海地震の震源域直上にあるため、 短周期成分に富んだ大振幅の波形となっている。震源域から離れている大分県庁と東京都 庁では、それぞれの地点に近いアスペリティからの寄与を強く受けた波形となっている。

図 3.4-9 に、統計的グリーン関数法による合成波形、差分法による計算波形、それらのフ ーリエスペクトルを示す。大阪府庁、愛知県庁、静岡県庁では、両手法による時刻歴波形 の振幅は同程度となっているが、大分県庁、東京都庁では統計的グリーン関数法による合 成波形の短周期成分が減衰し、差分法の結果に比べて 2 割程度の振幅となっている。

両手法では、地震基盤以深について異なる速度構造を仮定しているため、各アスペリティからの寄与も時間的にずれて現れていると考えられるが、今回の震源モデルでは各アスペリティからの寄与が時間的に重なっていることから、その影響は顕著ではない。図 2 では、差分法の結果のみに 0.5Hz のローパスフィルターをかけているため、スペクトルは高周波数帯で減少しているが、いずれの地点においても差分法と統計的グリーン関数法のフーリエスペクトルは 0.5Hz 付近で交差している。静岡県庁では両手法によるフーリエスペクトルは滑らかに接続するように見えるが、他の 4 地点では統計的グリーン関数の振幅レベルが低く、特に、大分県庁、東京都庁では一桁程度小さい。接続周波数帯域の振幅レベルの差は、統計的グリーン関数法の要素断層サイズをさらに大きくすることで縮小されると考えられるが、この帯域の時刻歴の評価のためには差分法に用いる震源モデルの短周期化と地下構造モデルの高精度化も必要である。



図 3.4-8 統計的グリーン関数法による、5 地点の速度波形と速度フーリエスペクトル。 各アスペリティと背景領域からの波形の色は、上図内の震源モデルと対応している。黒線 で示した波形・スペクトルはそれらを合成したもの。



図 3.4-9 統計的グリーン関数法と差分法による、5 地点の速度波形と速度フーリエスペク トル。黒は統計的グリーン関数法、赤、緑、青は差分法による結果。差分法の結果には 0.5Hz のローパスフィルターをかけている。

3) 計算の高速化に関する検討

大規模な多数の地震動シミュレーションを実施するためには、多大な計算機資源が必要 とされるが、GPU(Graphics Processing Unit)を演算機として活用して汎用的な計算を 行う GPGPU(General Purpose Computation on GPU)の技術開発が進められている。詳 細については、青井・他(2010)などを参照いただくこととするが、ここでは、「3.1 長 周期地震動予測に資するデータ・資料の収集等」で示した条件による計算について、100GPU および 256GPU を用いて並列計算を実施する場合について計算時間の見積もりを行った。 その結果、100GPU では約 60 分 256GPU では約 30 分まで短縮される可能性があることが わかった。ただし、これには大量な計算結果を出力する時間が含まれておらず、実用化に 向けては効率的な出力を行う手法の開発が必要とされている(青井・他、2011)。

(c) 結論ならびに今後の課題

連動型の震源モデルにカスケードモデルを適用したケースでは、対象地点に最も近 い単独領域の影響を強く受けるが、スケーリングモデルを適用したケースでは、単独領 域のみが破壊した場合に比べて地震動の振幅レベルは当然大きくなる。また、破壊開始 点の影響は大きく、特に広域の地震動分布は破壊開始点の影響を強く受けている。トラ フ沿いのすべりの大きな領域との位置関係によって、特に強い影響を受ける地域がある ことがわかった。今回の検討で対象としている周期帯(やや長周期帯)の地震動に対し ては、震源時間関数の違いによる影響が大きく、特に海溝沿いの領域に対してどのよう な震源時間関数を設定するかは、今後の重要な課題であり、2011年東北地方太平洋沖 地震を対象とした検討が必要である。

ハイブリッド合成法に関する検討結果より、接続周期帯域における振幅レベルの差異を 改良するために統計的グリーン関数法の要素断層サイズをさらに大きくすることを提案す るとともに、差分法に用いる震源モデルの短周期化と地下構造モデルの高精度化も必要で あることを指摘した。

また、GPUを用いることで、より高速に大規模地震動シミュレーションを実施できる可 能性を示した。

これらは、主にマグニチュード8クラスの地震に関して得られた知見であるが、2011 年東北地方太平洋沖地震の発生により、さらに規模の大きなマグニチュード9クラスの 地震のに対する計算手法等の検証も必要である。

(d) 引用文献

- Aoi, S. and H. Fujiwara, 3-D finite difference method using discontinuous grids, Bull. Seismol. Soc. Am., 89, 918-930, 1999.
- 2) 青井真・藤井公輔・青木尊之, マルチ GPU による三次元波動伝播シミュレーション, 日本地球惑星科学連合 2010 年大会予稿集, SSS016-07, 2010.

- 3) 青井真・西沢直樹・青木尊之, TSUBAME2.0 による GPU を用いた大規模波動伝播 シミュレーション, 日本地球惑星科学連合 2011 年大会予稿集, HSD028-16, 2011.
- 4) 中央防災会議, 第16回東南海、南海地震等に関する専門調査委員会, 参考資料, 2003.
- 5) Hisada, Y., A theoretical omega-square model considering the spatial variation in slip and rupture velocity. Part 2: Case for a two-dimensional source model, Bull. Seismol. Soc. Am., 91, 651-666, 2001.
- 6) 地震調査研究推進本部地震調査委員会,南海トラフの地震を想定した強震動評価手法 について(中間報告),2001.
- 7) 地震調査研究推進本部地震調査委員会,「日向灘の地震を想定した強震動評価について」, 2005.
- 8) 地震調查研究推進本部地震調查委員会,「長周期地震動予測地図」2009 年試作版, 2009.
- 9) 地震調查研究推進本部地震調查委員会,「長周期地震動予測地図」2012 年試作版, 2012.
- 10) 中村洋光・宮武隆, 断層近傍強震動シミュレーションのための滑り速度時間関数の 近似式, 地震 2, 53, 1-9, 2000.
- 11) 武村雅之・神田克久, 震度データのインバージョン解析による過去の東海・南海地震の短周期地震波発生域, 地震予知連絡会会報, 76, 598-604, 2006.
- 12) 山中佳子, 1944年東南海地震と1945年三河地震の震源過程, 月刊地球, 26, 739-745, 2004.