

3.4. 相模トラフ（マグニチュード7級）等を対象とした長周期地震動ハザード評価の基礎調査等

(1) 事業の内容

(a) 事業の題目

相模トラフ（マグニチュード7級）等を対象とした長周期地震動ハザード評価の基礎調査等

(b) 担当者

所属機関	役職	氏名
国立研究開発法人 防災科学技術研究所	研究部門長	藤原 広行
国立研究開発法人 防災科学技術研究所	主任研究員	森川 信之
国立研究開発法人 防災科学技術研究所	主任研究員	前田 宜浩
国立研究開発法人 防災科学技術研究所	契約研究員	岩城 麻子

(c) 事業の目的

関東地域における長周期地震動の評価の優先度を決定するため、マグニチュード7級のスラブ内地震や長大な活断層による長周期地震動の評価に関する基礎調査を行う。

(2) 事業の成果

(a) 事業の要約

国内のスラブ内地震による強震動記録及び既往研究等における震源インバージョン解析・フォワード解析による国内外のスラブ内地震の震源モデルの収集

- ・アスペリティや強震動生成域の大きさ、すべり量、加速度震源スペクトルの短周期レベル等のパラメータの整理と既往の経験的關係式との比較
- ・上記成果を踏まえた関東地域を対象としたマグニチュード7級のスラブ内地震の長周期地震動シミュレーション
- ・関東地域及びその周辺における活断層の複数の活動区間が同時に活動する地震について、破壊開始点位置等の不確かさを考慮した複数の震源モデルを作成と首都圏の浅部・深部統合地盤モデルに基づく地下構造モデルを用いて長周期地震動シミュレーション
- ・国府津－松田断層帯のモデル化手法の検討

を実施し、マグニチュード7級のスラブ内地震及び長大な活断層の地震による関東平野内の長周期地震動のレベルを示した。

(b) 事業の成果

1) 相模トラフ沿いのマグニチュード7級のスラブ内地震に関する検討

スラブ内地震を対象とした強震動予測のための震源モデルの設定方法が、地震調査委員会の強震動予測手法（「レシピ」）に2016年に追加されたが、主として短周期地震動を対象

としたモデル化手法となっている。そのため、本検討でははじめに、スラブ内地震を対象とした長周期地震動を評価するための震源モデルに関する検討を行った。

(1) 震源モデルの調査

本項では、スラブ内地震のアスペリティの面積（強震動生成域の面積）の特性について調べるために、震源位置、地震規模（モーメントマグニチュード、地震モーメント）、アスペリティの面積などの項目を調査した。

震源モデルの収集対象の地震リストと、断層モデルの数を表 3.4-1 に示す。なお、壇・他 (2006)、笹谷・他 (2006)、Iwata and Asano (2011)の対象地震の一部に震源モデルがない場合も含まれているため、3つの文献以外の地震も追加して、16地震を対象に、計 27 個の震源モデル（1地震に複数の震源モデルがある場合を含む）を調査した。

(2) アスペリティ面積（強震動生成域の面積）の調査と分析

本項では、スラブ内地震のアスペリティの面積（強震動生成域の面積）の特性について調べるために、震源位置、地震規模（モーメントマグニチュード、地震モーメント）、アスペリティの面積や強震動生成域の面積などの項目を調査した。

調査対象とした地震の震央とメカニズム解を図 3.4-1 に示し、断層パラメータの調査結果を表 3.4-2 に示す。

表 3.4-2 では、アスペリティと強震動生成域のそれぞれの項目について整理を行っているが、スラブ内地震においてアスペリティの面積と強震動生成域の面積の関係について調べた結果を図 3.4-2 と図 3.4-3 に示す。

図 4.3-2 では、2011 年宮城県沖地震の震源モデルにおける原田・釜江 (2011) によるアスペリティと、Harada et al. (2012) による強震動生成領域 S_{SMGA} を比較しているが、両者は全く同じであることがわかる。

図 4.3-3 は、染井・他 (2012) による、2011 年宮城県沖地震の強震波形インバージョン結果から得られたアスペリティの位置と、染井・他 (2012) による経験的グリーン関数法から得られた強震動生成域 (SMGA) の位置を比較している図である。染井・他 (2012) では、観測記録の主要動に影響を与える SMGA1 と SMGA2 の空間位置は、Asp.1、Asp.2 と概ね一致しており、SMGA3 は強震波形の主要動部分ではなく、後続動部分を説明しているため、2011 年宮城県沖地震ではアスペリティ領域（強震動生成域）によって広帯域強震動が生成されたとしている。

以上より、スラブ内地震においては、アスペリティと強震動生成域が同じであることが示唆されているため、本検討ではスラブ内地震のアスペリティの面積と強震動生成域の面積を同じだと考えて分析を行った。

表 3.4-1 震源モデルの収集対象の地震リスト。

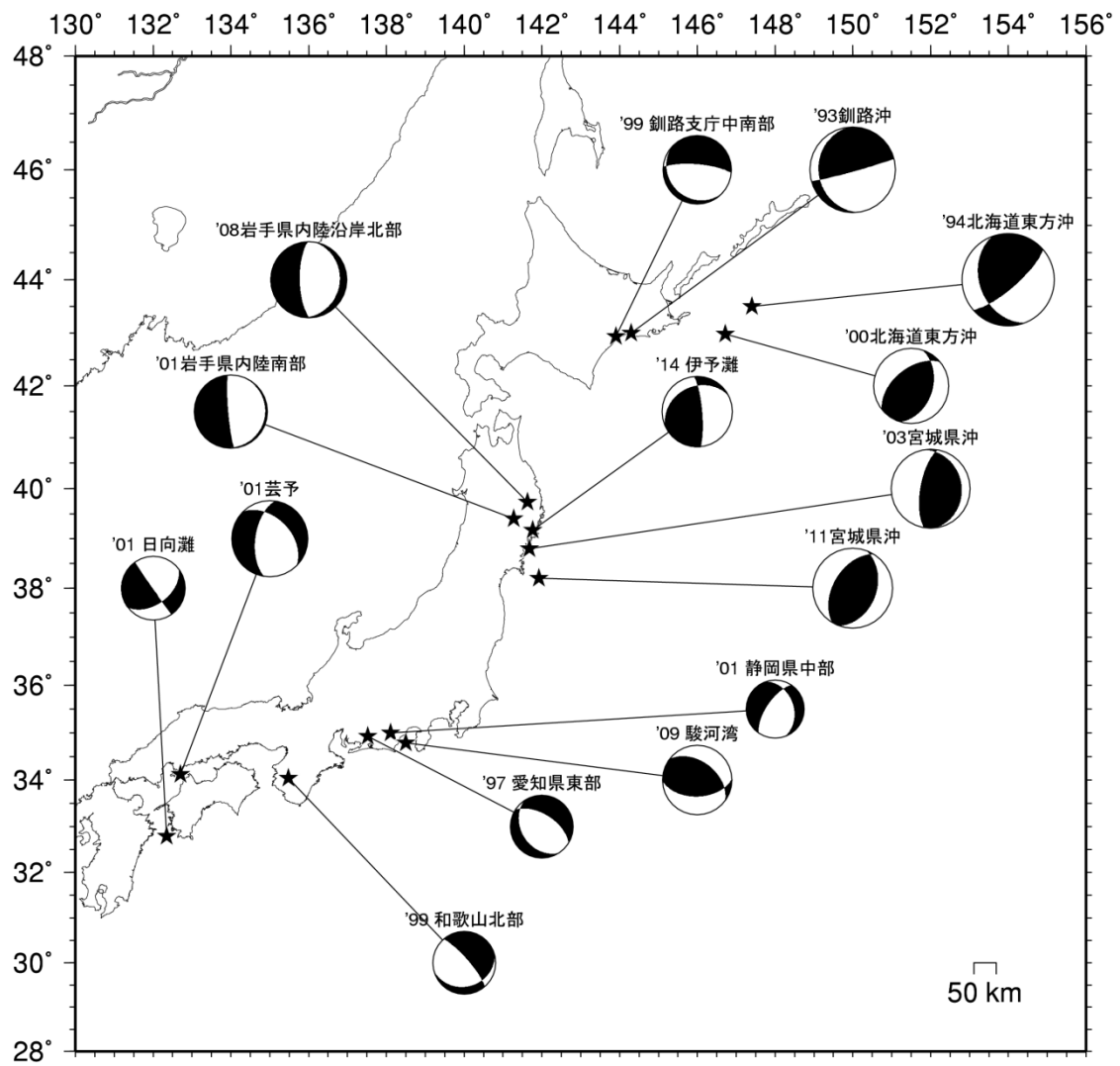
地震番号	壇・他(2006)	笹谷・他(2006)	Iwata and Asano (2011)	そのほか	震源モデルの数	参考文献
1	1994年北海道東方沖地震 (Mj 8.2)	1994年北海道東方沖地震 (Mj 8.2)	1994年北海道東方沖地震 (Mj 8.2)		1	Morikawa and Sasatani(2004)
2	2001年芸予地震 (Mj 6.7)	2001年芸予地震 (Mj 6.7)	2001年芸予地震 (Mj 6.7)		1	Aasano <i>et al.</i> (2004)
3	2003年宮城県沖地震 (Mj 7.1)	2003年宮城県沖地震 (Mj 7.1)	2003年宮城県沖地震 (Mj 7.1)		4	浅野・他 (2004) 青井・他(2003) 八木(2003) Aoi <i>et al.</i> (2005)
4	1993年釧路沖地震 (Mj 7.5)	1993年釧路沖地震 (Mj 7.5)			1	Morikawa and Sasatani(2004)
5		1997年愛知県東部地震 (Mj 5.9)			-	
6		1999年釧路支庁中南部地震 (Mj 6.4)			-	
7		1999年和歌山北部地震 (Mj 5.6)			-	
8		2000年北海道東方沖地震 (Mj 7.0)			-	
9		2001年静岡県中部 (Mj 5.3)			1	森川・笹谷(2002)
10		2001年日向灘地震 (Mj 5.8)			-	
11		2001年岩手県内陸南部地震 (Mj 6.4)			-	
12			2008年岩手県沿岸北部地震 (Mj 6.8)		2	Iwata and Asano (2011) Suzuki <i>et al.</i> (2009)
13			1949年Olympia地震 (Mw 6.8)		1	Ichinose <i>et al.</i> (2006)
14			1965年Seattle-Tacma地震 (Mw 6.6)		1	Ichinose <i>et al.</i> (2004)
15			1997年Michoacan地震 (Mw 7.1)		1	Santoyo <i>et al.</i> (2005)
16			1999年Oaxaca地震 (Mw 7.4)		1	Hernandez <i>et al.</i> (2001)
17			2001年EL Salvador地震 (Mw 7.7)		-	-
18			2001年Nisqually地震 (Mw 6.8)		1	Ichinose <i>et al.</i> (2004)
19			2005年Tarapaca地震 (Mw 7.8)		1	Delouis and Legrand (2007)
20				2009年駿河湾の地震 (Mj 6.5)	4	佐藤(2010) 浅野・岩田(2010) 川辺・他(2010) 倉橋・他(2009)
21				2011年宮城県沖地震 (Mj 7.2)	5	芝・野口(2012) 原田・釜江(2011) Harada <i>et al.</i> (2012) 染井・他(2012a) 染井・他(2012b)
22				2014年伊予灘地震 (Mj 6.2)	1	池田・他(2014)
23				1855年安政江戸地震 (Mj 7.1)	1	佐藤(2016)
					total	
					27	

図 3.4-4 に表 3.4-2 に示したスラブ内地震の地震モーメント M_0 とアスペリティ（強震動生成域）の面積 S_a との関係を示す。図中、白丸印は国内のスラブ内地震、黒丸印は海外のスラブ内地震である。また、赤線は (3.4-1) 式で表される笹谷・他（2006）によるスラブ内地震の地震モーメント M_0 とアスペリティの面積 $S_{sasatani}$ との経験的關係式で、黒線は (3.4-2) 式で表される Somerville *et al.*(1999)による内陸地震の地震モーメント M_0 とアスペリティの面積 $S_{somerville}$ との経験的關係式である。

$$S_{sasatani}[\text{km}^2]=1.25 \times 10^{-16} \times (M_0 [\text{N} \cdot \text{m}] \times 10^7)^{2/3} \quad (3.4-1)$$

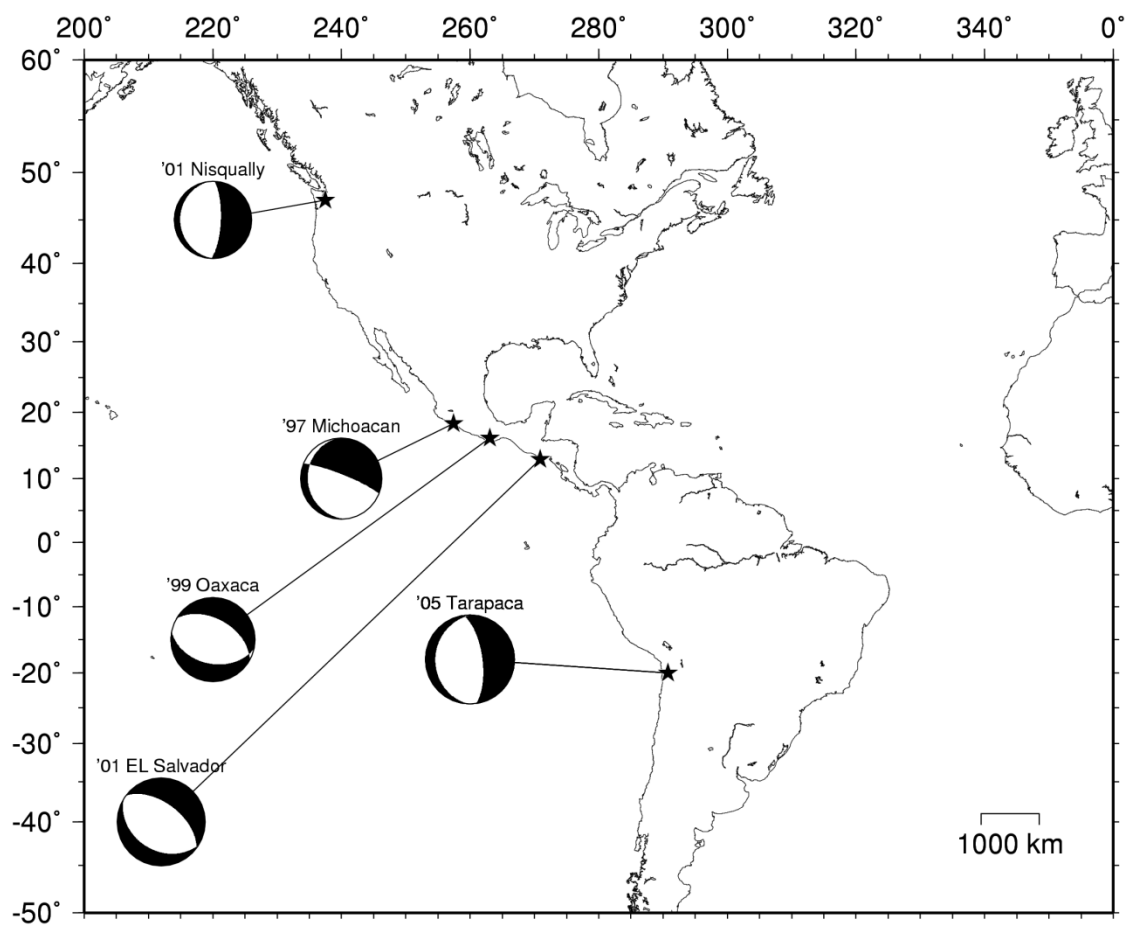
$$S_{somerville}[\text{km}^2]=5.00 \times 10^{-16} \times (M_0 [\text{N} \cdot \text{m}] \times 10^7)^{2/3} \quad (3.4-2)$$

図より、国内のスラブ内地震および海外のスラブ内地震ともに、地震モーメントとアスペリティの面積（強震動生成域の面積）との関係が、笹谷・他（2006）によるスラブ内地震の地震モーメントとアスペリティの面積との経験的關係式にほぼのっていることがわかる。



a) 国内の地震

図 3.4-1 アスペリティ面積（強震動生成域の面積）の調査対象とした地震の震央位置（星印）とメカニズム解（※F-net のデータ引用）。



b) 海外の地震

図 3.4-1 アスぺリティ面積（強震動生成域の面積）の調査対象とした地震の震央位置（星印）とメカニズム解（※Global-GMT のデータ引用）（つづき）。

表 3.4-2 アスペリティ面積（強震動生成域の面積）の調査対象とした地震リスト。

◆日本の地震																	
地震番号	地域 (プレート)	地震名 (観測モデルの 収束対象地域)	発生日 年月日	現象庁 マグニ チュード	F-mat			論文 ※赤字は、 M_D - S_{asp} or S_{SMGA} 図においてプロットした							参考文献	備考	
					地震 モーメント	震源 位置	モーメント マグニ チュード	地震 モーメント	震源 位置	短周期 レベル	アスペ リティの 応力降下量	アスペリ ティの 面積	強震動 生成領域の 応力降下量	強震動 生成領域の 面積			
				M_j	M_0 (Nm)	深さ (km)	M_w	M_0 (Nm)	深さ (km)	A ($N \cdot m/s^2$)	$\Delta\sigma_{asp}$ (MPa)	S_{asp} (km^2)	$\Delta\sigma_{SMGA}$ (MPa)	S_{SMGA} (km^2)			
1	太平洋	北海道 東方沖*	1994/10/4	8.2	-	-	8.2	2.6E+21 (KK) 3.0E+21 (H)	56.0	1.7E+21 (MS)	-	-	SMGA1: 400 SMGA2: 256 SMGA3: 382 SMGA4: 300 SMGA5: 137 (MS)	SMGA1: 400 SMGA2: 256 SMGA3: 144 SMGA4: 144 SMGA5: 256 total: 1200 (MS)	笹谷・他(2006)	KK,Kauckch-Kanamori (1995) HHarvard CMT MS,Morikawa&Sasatani (2004) I2Ikeda et al.(2004) $\beta=4.6$	
							8.3	3.50E+21	64.0	-	28.7	2640.0	-	-	Iwata and Asano (2011)	Shao et al. (2006)	
2	太平洋	御前沖*	1993/1/15	7.5	-	-	7.7	3.3E+20(T) 2.7E+20(H)	95.0	4.2E+20 (MS) 2.0E+20 (H)	-	-	モデルA SMGA1: 109 SMGA2: 381 SMGA3: 163	モデルA SMGA1: 51.8 SMGA2: 72.0 SMGA3: 34.6 total: 158.6	笹谷・他(2006)	MS,Morikawa and Sasatani (2004), HHarvard CMT H池田(2002) T笹谷・他(2006) $\beta=4.6$	
							7.5	2.3E+20	103.0	-	-	-	-	-	菊地(2003)	$\beta=4.6$	
							-	-	100.6	-	-	-	-	-	野津(2003)	-	
							7.6	3.3E+20	107.0	-	-	-	-	-	Takeo et al. (1993)	-	
3	太平洋	宮城県沖*	2011/4/7	7.2	4.74E+19	65.73	7.1	4.74E+19	65.9	-	-	-	-	-	芝・野口(2012)	$\beta=4.46$	
							7.1	5.54E+19	49.0	-	-	-	-	-	山中(2011)	-	
							7.17	7.2E+19	56.1	-	-	-	-	-	Ohn et al. (2011)	$kgM_D=1.5M_w+9.1$	
							-	-	66.0	1.10E+20	asp1:70.6 asp2:70.6	asp1: 10.2*10.2 =104.04 asp2: 10.2*10.2 =104.04	-	-	原田・釜江(2011)	$A=kg\beta^2 \Delta\sigma_{asp}(S_{asp})^{1/2}$ $\beta=3.9$ 震源位置 山中(2011)参照	
							-	-	-	-	-	-	-	SMGA1: 10.2*10.2= 104.04 SMGA2:	Harada et al. (2012)	$\beta=3.9$	
							-	-	-	8.01E+19	-	-	-	SMGA1: 22.7 SMGA2: 70.8 SMGA3: 70.8	SMGA1: 35.6 SMGA2: 80.1 SMGA3: 35.6	染井・宮藤(2012) 建築学会	$A=kg\beta^2 \Delta\sigma_{asp}(S_{asp})^{1/2}$ $\beta=3.82$
							7.1	5.24E+19	66.0	-	-	-	-	-	染井・宮藤(2012) 地震学会	-	
							7.1	4.74E+19	68.0	2.17E+20	-	-	-	-	佐藤 (2013)	モデルなし	
4	太平洋	宮城県沖*	2003/5/26	7.1	3.49E+19	70.73	7.0	3.49E+19	72.0	1.1E+20(S) 1.4E20(TS)	-	-	SMGA1: 105 SMGA2: 105 SMGA3: 105 (A2)	SMGA1: 105 SMGA2: 105 SMGA3: 105 SMGA4: 16 SMGA5: 36 total: 61.0 (A2)	笹谷・他(2006)	$\beta=3.98$ S.Satou(2004) TS:笹谷・他(2006) A2: 茂野・他(2004)	
							7.0	3.80E+19	-	-	-	-	-	-	引間 (2003)	-	
							7.0	4.0E+19	52.0	-	-	-	-	-	国土地理院(2003)	$kgM_D=1.5M_w+9.1$	
							7.0	3.8E+19	75.0	-	-	-	-	-	山中・菊地(2003)	-	
							7.2	7.6E+19	72.0	-	-	-	-	-	青井・他(2003)	2枚断層	
							7.1	5.62E+19	68.0	-	-	-	-	-	Okada and Hasegawa(2003)	$kgM_D=1.5M_w+9.1$	
							6.9	3.00E+19	70.0	-	-	-	-	-	八木 (2003)	$kgM_D=1.5M_w+9.1$	
							7.0	6.20E+19	72.0	-	49.9	108.0	-	-	Iwata and Asano (2011)	Aoi et al. (2005)	
7.0	3.49E+19	-	1.20E+20	-	-	-	-	佐藤(2013)	-								
5	太平洋	岩手県 内陸沿岸 北部*	2008/7/24	6.8	1.72E+19	108.08	6.9	2.82E+19	115.0	3.51E+19	-	23.9	96	-	Iwata and Asano (2011)	$A=kg\beta^2 \Delta\sigma_{asp}(S_{asp})^{1/2}$ $\beta=4.5$	
							6.9	2.82E+19	115.0	-	-	24	-	-	Suzuki et al.(2009)	-	
							6.8	1.72E+19	-	8.96E+19	-	-	-	-	佐藤(2013)	-	

表 3.4-2 アスペリティ面積（強震動生成域の面積）の調査対象とした地震リスト。
(続き)

◆日本の地震																		
地震番号	地域 (プレート)	地震名 (震源モデルの 収束対象地震)	発生日 年 月 日	気象庁 マグニチュード M_j	F-net			論文 ※赤字は、 M_p - S_a or S_{SMGA} 図においてプロットした										
					地震モーメント M_0 (Nm)	震源位置 深さ (km)	モーメント マグニチュード M_w	地震モーメント M_0 (Nm)	震源位置 深さ (km)	短周期 レベル A ($N \cdot ms^3$)	アスペリティ の応力降下量 $\Delta\sigma_s$ (MPa)	アスペリティ の面積 S_a (km^2)	強震動 生成域の 応力降下量 $\Delta\sigma_{area}$ (MPa)	強震動 生成域の 面積 S_{area} (km^2)	参考文献	備考		
6	6-1	太平洋	北海道 東方沖*	2000/1/28	7.0	1.21E+19	55.64	6.8	2.00E+18	59.0	5.2E+19 (TS)	62.4(TS) 26(A1)	56.3 (TS) 24.6(A1)	-	-	笹谷・他(2006)	H ; Harvard A1 : Asano et al. (2003) TS: 笹谷・他(2006)	
7	7-1	太平洋	岩手県 内陸 南部*	2001/12/2	6.4	5.34E+18	121.50	6.4	5.6E+18(H)	122.0	3.9E+19 (MF)	asp1.87 asp2.116 asp3.116 (MF)	asp1.5.8 asp2.8.6 asp3.5.8 (MF)	-	-	笹谷・他(2006)	MF: 森川・藤原(2002) HHarvard CMT	
	7-2							6.4	5.34E+18	-	4.21E+19	-	-	-	-	佐藤(2013)	モデルなし	
8	8-1	太平洋	御路支庁 中南部*	1999/5/13	6.4	1.72E+18	103.57	6.2	2.4E+18(H)	109.0	2.8E+19(TS) 2.3E19(I1)	asp1.73 asp1.73 (TS)	asp1.3.2 asp1.4.9 (TS)	-	-	笹谷・他(2006)	HHarvard CMT I2: 池田(2002)	
9	9-1	フィリピン海	芸子*	2001/3/24	6.7	1.51E+19	51.38	6.7 (YK)	1.4E+19 (YK)	50 (YK)	6.2E+19 (M)	asp1.47 asp2.41 (A1)	asp1.33.1 asp2.34.8 (A1)	SMGA1: 47.5 SMGA2: 42.8 (M)	SMGA1: 31.7 SMGA2: 42.3 (M)	笹谷・他(2006)	A1: Asano et al. (2003) M: 森川・他(2002), YK: Yagi and Kikuchi (2001)	
								6.8 (TS)	2.1E+19 (KH)	46.46 (TS)	6.0E+19 (I2)	-	-	-	-	-	-	-
	9-2						6.8	1.88E+19	46.0	-	81.0	24.3	-	-	Iwata and Asano (2011)	Kakehi(2004)		
	9-3						7.0	3.36E+19	46.0	-	135.0	24.2	135.0	-	-	Asano et al. (2004)	関口・岩田(2002)	
10	10-1	フィリピン海	駿河湾*	2009/8/11	6.5	2.25E+18	23.32	6.2	2.25E+18	21.6	3.71E+19	-	-	SMGA1: 75.1 SMGA2: 75.1	SMGA1: 37.2-6 SMGA2: 4.8*4.8-23	佐藤(2010)	$Q=30^{0.64}$	
	10-2							-	-	23.0	-	-	SMGA1: 35.7 SMGA2: 27.5	SMGA1: 3.0*3.6-13 SMGA2: 4.8*4.8-23	浅野・岩田(2010)	2枚の断層面		
	10-3							-	-	23.0	-	-	-	-	野津(2010)	2枚の断層面 3つのアスペリティ		
	10-4							6.4	4.8E+18	-	-	-	-	-	上野・他(2009)	2枚の断層面		
	10-5							-	-	17.1	-	asp1.15 asp2.15	asp1: 5.0*5.0-25 asp2: 5.0*5.0-25 total: 50.0	-	-	川辺・他(2010)	-	
	10-6							-	-	23.0	-	asp1.16.7 asp2.17.6	asp1.16.2 asp2.45.0	-	-	倉橋・他(2009)	2枚の断層面	
11	11-1	フィリピン海	日向灘*	2001/4/25	5.8	4.00E+17	41.54	5.7	4.00E+17	39.3 (I2)	6.8E+18(I2)	-	-	19 (A1)	2.2*3.4 -7.5(A1)	笹谷・他(2006)	HHarvard CMT A1: Asano et al.(2003) I2: Ikeda(2004)	
12	12-1	フィリピン海	和歌山県 北部*	1999/8/21	5.6	2.79E+17	69.58	5.6	3.1E+17 (H)	66.0	2.9E+18(I2)	314 (A1)	1.4 (A1)	-	-	笹谷・他(2006)	HHarvard CMT A1: Asano et al.(2003) I2: Ikeda(2004)	
13	13-1	フィリピン海	愛知県 東部*	1997/3/16	5.9	2.97E+17	39.12	5.6	3.3E+17(H)	39.0	1.2E+18(I2)	32(A1)	2.7(A1)	-	-	笹谷・他(2006)	HHarvard CMT A1: Asano et al.(2003) I2: Ikeda(2004)	
14	14-1	フィリピン海	静岡県 中部*	2001/4/3	5.1	8.17E+16	33.20	5.4	1.58E+17	30.11 (H) 35 (F)	9.12E+18	-	-	34	3.2	森川・笹谷(2002) 防災科学技術研究所 (2004)	$\beta=4.6$ HH=ms NED 走向: 傾斜: ずべり角: 311.7, 74.8, 170.2 FFressia 走向: 傾斜: ずべり角: 341.8, 62 2枚の断層面 $kgM_0=1.5M_0+9.1$	
15	15-1	フィリピン海	伊予灘*	2014/3/14	6.2	3.54E+18	78.04	6.3	3.54E+18	-	-	-	5.6*4.2= 23.52	-	-	池田・他(2014)	$\beta=3.5km/s$ $kgM_0=1.5M_0+9.1$	
16	16-1	フィリピン海	安政 江戸 地震	1886	-	-	-	7.0	3.98E+19	-	6.4E+19	-	-	SMGA1:60.0 SMGA2:60.0	SMGA1:40.5 SMGA2:20.25	-	-	Mw7.1のみ検討対象
								7.1	5.62E+19	-	6.79E+19	-	-	SMGA1:154.2 SMGA2:54.2	SMGA1:40.5 SMGA2:40.5	佐藤(2016)	-	
								7.2	7.94E+19	-	6.6E+19	-	-	SMGA1:144.6 SMGA2:44.6	SMGA1:181 SMGA2:40.5	-	-	

表 3.4-2 アスペリティ面積（強震動生成域の面積）の調査対象とした地震リスト。
(続き)

◆海外の地震																		
地震番号	地域 (プレート)	地震名 (*震源モデル の 収集対象地震)	発生日 年月日	気象庁 マグニ チュード M_J	F-net			論文 ※赤字は、 M_w , S_a or S_{max} 図においてプロットした							参考文献	備考		
					地震 モーメント M_0 (Nm)	震源 位置 深さ (km)	モーメント マグニ チュード M_w	地震 モーメント M_0 (Nm)	震源 位置 深さ (km)	短周期 レベル A ($N \cdot m \cdot s^{-2}$)	アスペ リティの 応力降下量 $\Delta\sigma_a$ (MPa)	アスペリ ティの 面積 S_a (km^2)	強震動 生成域の 応力降下量 $\Delta\sigma_{max}$ (MPa)	強震動 生成域の 面積 S_{max} (km^2)				
17	Cascadia	Olympia	1949/4/13	-	-	-	7.1	5.62E+19	54.0	-	-	-	-	-	Seno and Yoshida (2004)	-		
							6.8	1.91E+19	60.0	5.60E+19	65.0	36.0	-	-	Iwata and Asano (2011)	$A = 4\alpha\beta^2\Delta\sigma_a(S_a/\pi)^{1/2}$ より、 $\beta=4.5$ とした。		
							6.8	1.91E+19	60.0	-	-	-	36.0	-	-	Ichimose et al. (2006)	-	
							-	1.50E+19	54.0	-	-	-	-	-	-	Baker and Langston (1987)	-	
18	Cascadia	Seattle-Tacoma	1965/4/29	-	-	-	6.6	9.43E+18	60.0	3.96E+19	52.1	28.0	-	-	Iwata and Asano (2011)	$A = 4\alpha\beta^2\Delta\sigma_a(S_a/\pi)^{1/2}$ より、 $\beta=4.5$ とした。		
							6.6	9.43E+18	60.0	-	-	-	28.0	-	-	Ichimose et al. (2004)	-	
19	Mexico	Michoacan	1997/1/11	-	-	6.06+19	40	7.1	5.62E+19	40	-	-	-	-	-	Seno and Yoshida (2004)	-	
								7.1	6.06E+19	40	7.24E+19	-	-	-	-	-	Garcia et al. (2004)	$A = (2\alpha f_c)^2 M_0$ より
								7.0	4.54E+19	35	2.59E+19	10.1	320.0	-	-	-	Iwata and Asano (2011)	$A = 4\alpha\beta^2\Delta\sigma_a(S_a/\pi)^{1/2}$ より、 $\beta=4.5$ とした。
								7.1	4.90E+19	35	-	-	-	300.0	-	-	Santoyo et al. (2005)	-
20	Mexico	Oaxaca	1999/9/30	-	-	1.72E+20	46.8	7.4	1.58E+20	47	-	-	-	-	-	Seno and Yoshida (2004)	-	
								7.4	1.72E+20	47	1.89E+20	-	-	-	-	-	Garcia et al. (2004)	$A = (2\alpha f_c)^2 M_0$
								7.5	1.79E+20	40	3.80E+19	9.8	731	-	-	-	Iwata and Asano (2011)	$A = 4\alpha\beta^2\Delta\sigma_a(S_a/\pi)^{1/2}$ より、 $\beta=4.5$ とした。
								-	1.8E+20	39.7	-	-	-	-	-	-	Hernandez et al. (2001)	-
21	ココス プレート	El Salvador* エルサル バドル	2001/1/13	-	-	4.57E+20	56.00	7.7	4.57E+20	54.0	9.83E+19	25.3	733	-	-	Iwata and Asano (2011)	Vallee et al. (2003) $A = 4\alpha\beta^2\Delta\sigma_a(S_a/\pi)^{1/2}$ $\beta=4.5$ と仮定	
								7.7	4.47E+20	56.0	-	-	-	-	-	-	Seno and Yoshida(2004)	$\log M_0 = 1.5M_w + 9.1$
22	Cascadia	Nisqually	2001/2/28	-	-	1.76E+20	46.8	6.8	2.00E+19	47	-	-	-	-	-	Seno and Yoshida (2004)	-	
								6.8	1.66E+19	56	3.80E+19	40.4	43	-	-	-	Iwata and Asano (2011)	$A = 4\alpha\beta^2\Delta\sigma_a(S_a/\pi)^{1/2}$ より、 $\beta=4.5$ とした。
								6.8	1.66E+19	56	-	-	-	45	-	-	Ichimose et al. (2004)	-
								6.67	1.11E+19	60	-	-	-	-	-	-	Ichimose et al. (2006)	-
23	ナスカ プレート	Chile Tarapaca* チリ (タラパカ) 地震	2005/6/13	-	-	5.32E+20	94.50	7.7	3.92E+20	-	1.71E+20	59.7	400	-	-	Iwata and Asano (2011)	Delouis and Legrand(2007) $A = 4\alpha\beta^2\Delta\sigma_a(S_a/\pi)^{1/2}$ $\beta=4.5$ と仮定	
								7.8	5.47E+20	108.0	-	-	-	-	-	-	Delouis and Legrand(2007)	-

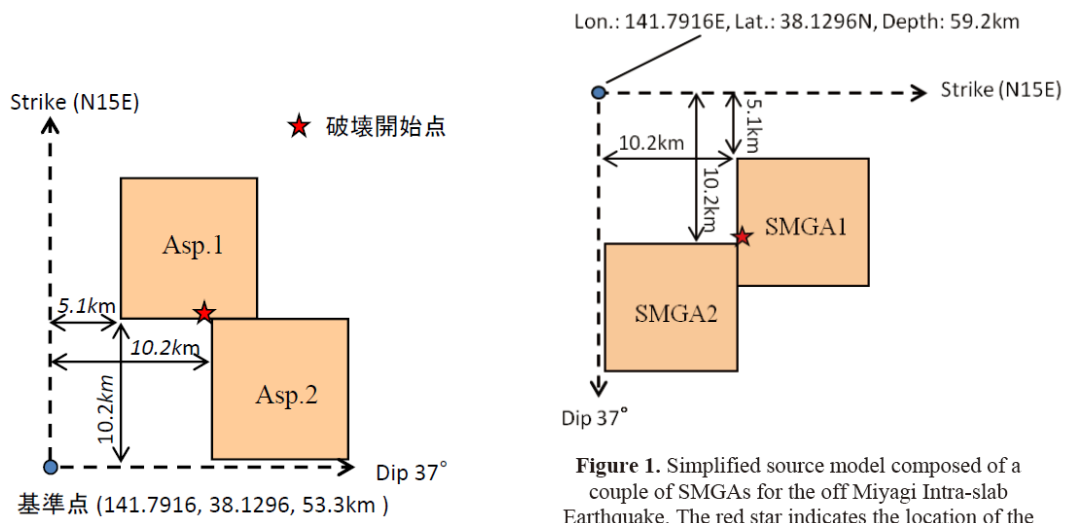
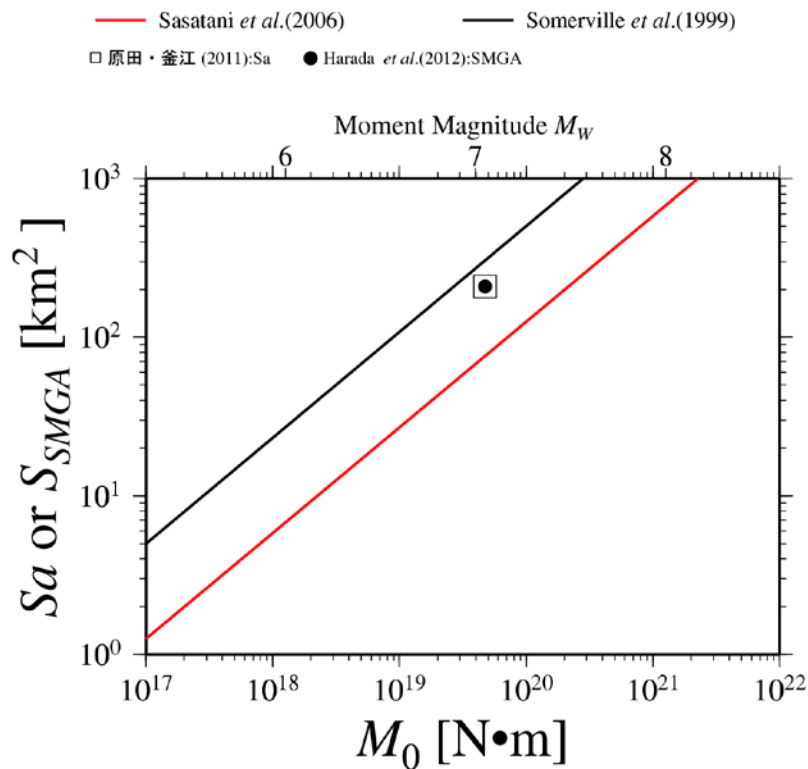


図4 4月7日宮城県沖の地震の震源モデル

Figure 1. Simplified source model composed of a couple of SMGAs for the off Miyagi Intra-slab Earthquake. The red star indicates the location of the hypocenter (the rupture start point). We assumed the rupture propagates radially from the hypocenter.

a) 原田・釜江(2011、左図)と Harada *et al.* (2012、右図)の震源モデルの比較



b) 原田・釜江(2011)によるアスペリティの面積と、Harada *et al.* (2012) による強震動生成域の面積との比較

図 3.4-2 2011 年宮城県沖地震におけるアスペリティの面積 S_a (原田・釜江, 2011) と強震動生成領域の面積 S_{SMGA} (Harada *et al.*, 2012) との関係。

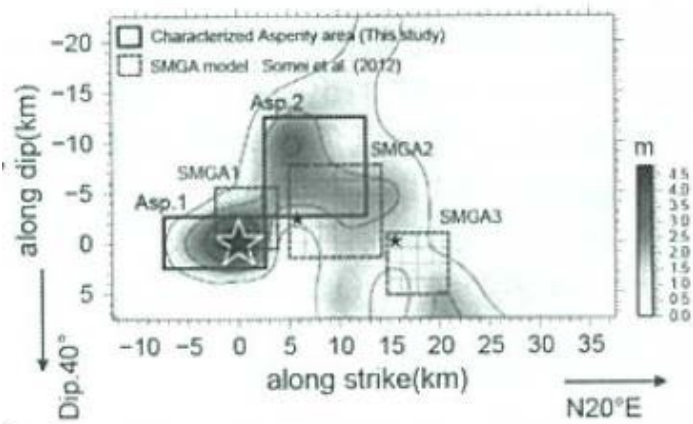


図2 断層面上でのすべり量の分布. 実線矩形は SMGA 領域 (染井・他,2012), 破線矩形は特性化されたアスペリティ領域を表す. 白色星印は破壊開始点 (気象庁震源位置) を示す.

図 3.4-3 2011 年宮城県沖地震におけるアスペリティの位置と強震動生成領域の位置との関係 (染井・他, 2012)。

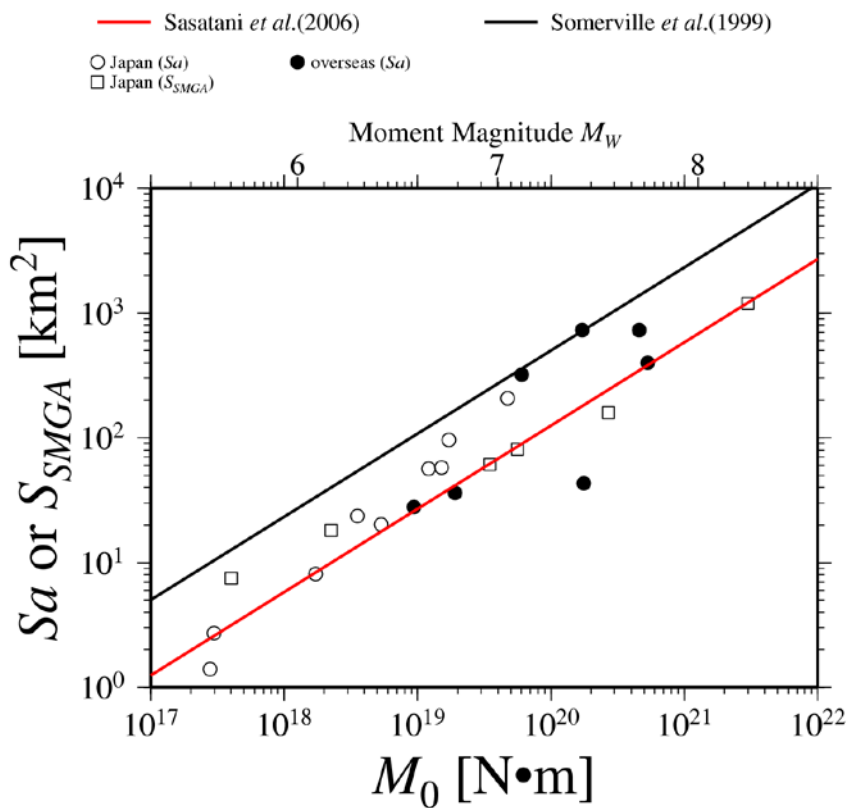


図 3.4-4 スラブ内地震の地震モーメント M_0 とアスペリティの面積 S_a (強震動生成領域の面積 S_{SMGA}) との関係。

(3) 地震動シミュレーション対象とする地震および断層モデルの設定

フィリピン海プレート内のマグニチュード7程度の地震として、1855年安政江戸地震タイプのスラブ内地震を想定する。

モーメントマグニチュードは宇佐美(2003)より7.1とし、その値から地震モーメントを算出した。それを与条件として、地震調査研究推進本部地震調査委員会(2016)の「震源断層を特定した地震の強震動予測手法(「レシピ」)」に従って断層パラメータを設定する。地震モーメントから短周期レベルを求める際は笹谷・他(2006)による経験式から得られる値の0.5倍とした(新井・他、2015)。

設定した断層パラメータを表3.4-3に示す。これらのパラメータ、1855年安政江戸地震に対する佐藤(2016)によるパラメータ、および「レシピ」の地震モーメントと短周期レベルの関係を図3.4-5に示す。「レシピ」の(31)式は、笹谷・他(2006)による経験式である。また、地震モーメントと断層面積の関係を図3.4-6に示す。

なお、佐藤(2016)の経験的グリーン関数法に用いられた要素地震の震源パラメータを求めるために記録の補正に用いられたQ値は、 $Q=107f^{0.51}$ に近い値である。

首都直下地震モデル検討会(2013)を参考に設定した巨視的断層面の位置を図3.4-7に、断層モデルを図3.4-8に示す。

参考として、モーメントマグニチュードを7.3とした場合の断層パラメータを表3.4-4に示す。地震モーメントは表3.4-3の2倍となっているが、短周期レベルは1.3倍程度にとどまっている。

表 3.4-3 断層パラメータ (与条件 $M_w=7.1$)

断層パラメータ	記号	設定方法	設定値	
断層位置 (断層原点)	-	設定	N35.6° E139.8°	
走向	θ	首都直下地震モデル検討会(2013)	0 °	
傾斜角	δ	首都直下地震モデル検討会(2013)	90 °	
ずれの種類		首都直下地震モデル検討会(2013)	横ずれ型	
断層長さ	L	$L=S/W$	29 km	
断層幅	W	$W=S^{0.5}$	29 km	
断層面積	S	$S=(7\pi^2\beta^2M_0)/(4A(S_a/S)^{0.5})$	860 km ²	
断層上端深さ	-	設定	40.0 km	
破壊開始点	-	設定	アスペリティ下端	
破壊伝播形式	-	設定	同心円状	
地震モーメント	M_0	$M_0=10^{(1.5M_w+9.1)}$	5.62×10^{19} Nm	
モーメントマグニチュード	M_w	設定(基本値)	7.1	
剛性率	μ	$\mu=\rho\beta^2$	4.80×10^{10} N/m ²	
密度	ρ	設定	3 g/cm ³	
S波速度	V_s	設定	4 km/s	
平均すべり量	D	$D=M_0/(\mu S)$	1.36 m	
平均応力降下量	$\Delta\sigma$	$\Delta\sigma=(7\pi^{1.5}/16)(M_0/S^{1.5})$	5.43 MPa	
破壊伝播速度	V_r	$V_r=0.72\beta$ (Geller, 1976)	2.88 km/s	
短周期レベル	A	笹谷・他(2006)×0.5	4.06×10^{19} Nm/s ²	
アスペリティ面積比	S_a/S	$S_a/S=16(9.84 \times 1.25 \times 10^7)^2/(49\pi^4\beta^4)$	0.20	
ア ス ペ リ テ イ	地震モーメント	M_{0a}	$M_{0a}=\mu S_a D_a$	2.23×10^{19} Nm
	面積	S_a	$S_a=(S_a/S)S$	170 km ²
	平均すべり量	D_a	$D_a=\gamma_D D, \gamma_D=2.0$	2.73 m
	応力降下量	$\Delta\sigma_a$	$\Delta\sigma_a=A/(4\beta^2(\pi S_a)^{0.5})$	27.4 MPa
背 景 領 域	地震モーメント	M_{0b}	$M_{0b}=M_0-M_{0a}$	3.40×10^{19} Nm
	面積	S_b	$S_b=S-S_a$	689 km ²
	平均すべり量	D_b	$D_b=M_{0b}/(\mu S_b)$	1.03 m
	実効応力	σ_b	$\sigma_b=(D_b/W_b)(\pi^{0.5}/D_a)r \Sigma(r_i/r)^3 \Delta\sigma_a, r=(S_a/\pi)^{0.5}$	4.6 MPa
Q値	Q	設定	$80^{0.7}$	
f_{max}	f_{max}	佐藤・他(1994)	13.5 Hz	

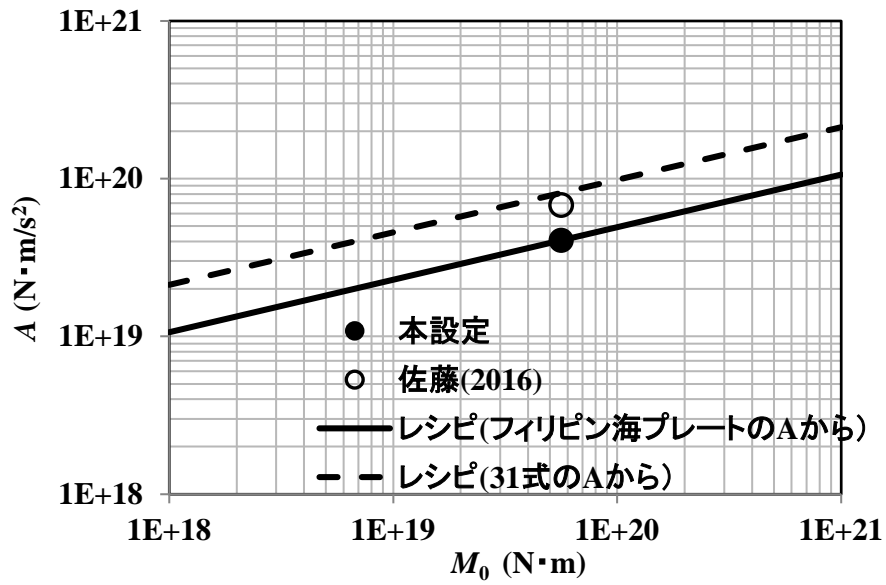


図 3.4-5 安政江戸地震および「レシピ」(地震調査委員会, 2016b) の地震モーメント(M_0)と短周期レベル(A)の関係。

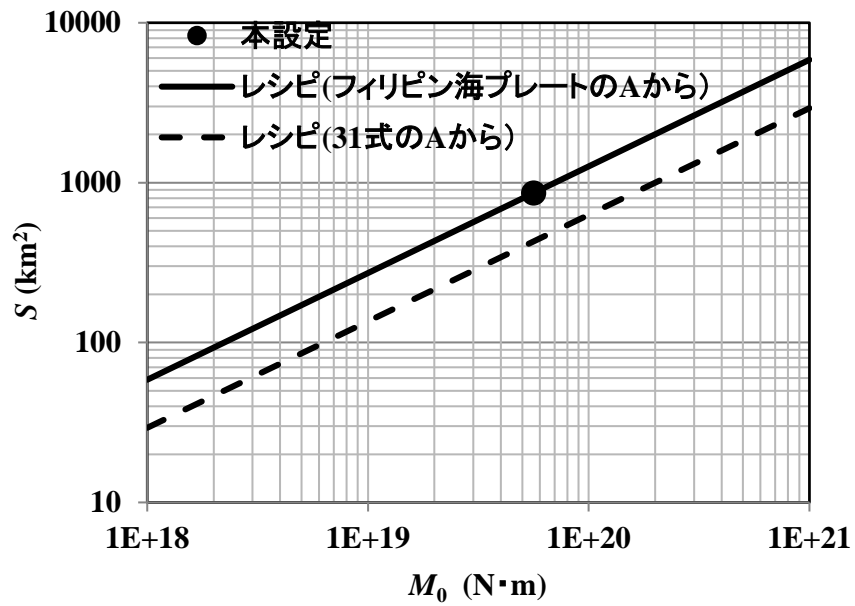


図 3.4-6 安政江戸地震および「レシピ」(地震調査委員会, 2016b) の地震モーメント(M_0)と断層面積(S)の関係。

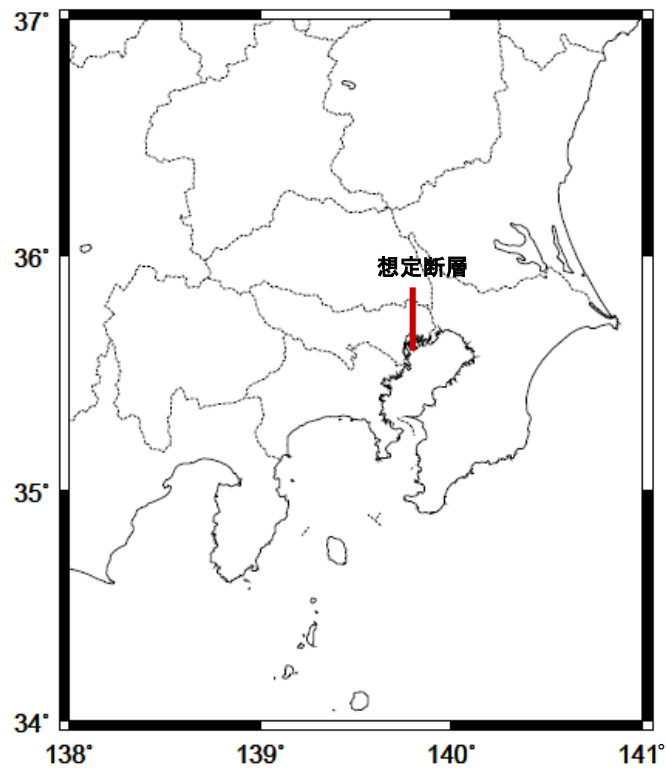


図 3.4-7 想定安政江戸地震の断層位置図

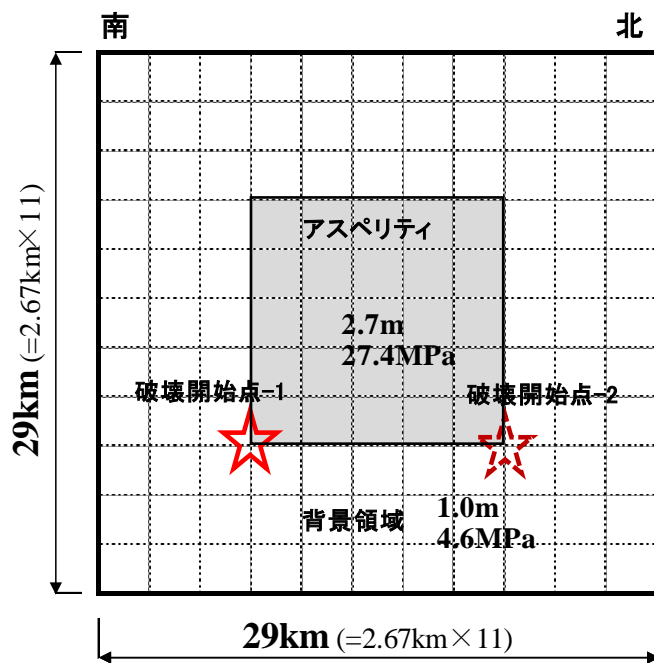


図 3.4-8 想定安政江戸地震の断層モデル図

表 3.4-4 断層パラメータ (与条件 $M_w=7.3$)

断層パラメータ	記号	設定方法	設定値	
断層位置 (断層原点)	-	設定	N35.6° E139.8°	
走向	θ	首都直下地震モデル検討会(2013)	0 °	
傾斜角	δ	首都直下地震モデル検討会(2013)	90 °	
ずれの種類		首都直下地震モデル検討会(2013)	横ずれ型	
断層長さ	L	$L=S/W$	37 km	
断層幅	W	$W=S^{0.5}$	37 km	
断層面積	S	$S=(7\pi^2\beta^2M_0)/(4A(S_a/S)^{0.5})$	1363 km ²	
断層上端深さ	-	設定	40.0 km	
破壊開始点	-	設定	アスペリティ下端	
破壊伝播形式	-	設定	同心円状	
地震モーメント	M_0	$M_0=10^{(1.5M_w+9.1)}$	1.12×10 ²⁰ Nm	
モーメントマグニチュード	M_w	設定(基本値)	7.3	
剛性率	μ	$\mu=\rho\beta^2$	4.80×10 ¹⁰ N/m ²	
密度	ρ	設定	3 g/cm ³	
S波速度	V_s	設定	4 km/s	
平均すべり量	D	$D=M_0/(\mu S)$	1.72 m	
平均応力降下量	$\Delta\sigma$	$\Delta\sigma=(7\pi^{1.5}/16)(M_0/S^{1.5})$	5.43 MPa	
破壊伝播速度	V_r	$V_r=0.72\beta$ (Geller, 1976)	2.88 km/s	
短周期レベル	A	笹谷・他(2006)×0.5	5.11×10 ¹⁹ Nm/s ²	
アスペリティ面積比	S_a/S	$S_a/S=16(9.84\times1.25\times10^7)^2/(49\pi^4\beta^4)$	0.20	
ア ス ペ リ テ イ	地震モーメント	M_{0a}	$M_{0a}=\mu S_a D_a$	4.45×10 ¹⁹ Nm
	面積	S_a	$S_a=(S_a/S)S$	270 km ²
	平均すべり量	D_a	$D_a=\gamma_D D, \gamma_D=2.0$	3.43 m
	応力降下量	$\Delta\sigma_a$	$\Delta\sigma_a=A/(4\beta^2(\pi S_a)^{0.5})$	27.4 MPa
背 景 領 域	地震モーメント	M_{0b}	$M_{0b}=M_0-M_{0a}$	6.77×10 ¹⁹ Nm
	面積	S_b	$S_b=S-S_a$	1093 km ²
	平均すべり量	D_b	$D_b=M_{0b}/(\mu S_b)$	1.29 m
	実効応力	σ_b	$\sigma_b=(D_b/W_b)(\pi^{0.5}/D_a) r \Sigma(r_i/r)^3 \Delta\sigma_a, r=(S_a/\pi)^{0.5}$	4.6 MPa
Q値	Q	設定	80 ^{0.7}	
f_{max}	f_{max}	佐藤・他(1994)	13.5 Hz	

(4) 地震動評価の対象とする位置

地震動評価の対象位置は、神奈川県庁、東京都庁、埼玉県庁および千葉県庁の位置における工学的基盤上面を地表とした解放基盤とする。

対象の位置図を図 3.4-9 に示す。

想定安政江戸地震による地震動は、評価対象地点までの水平距離に対して比較的震源が深いことも考慮して、統計的グリーン関数法を用いて試算する。このとき、長周期地震動の計算精度を担保するため、ラディエーション係数は評価地点ごとに計算される理論値を用いる。評価地点の地震基盤から工学的基盤への 1 次元波動論による増幅を考慮する。この地下構造モデルは、相模トラフ巨大地震の長周期地震動評価（地震調査委員会、2016）で用いられた、表 3.4-5 と表 3.4-6 の地盤構造と物性値である。

表 3.4-5 計算対象位置の深層地盤各層の下端深さ。

対象位置	神奈川県庁	東京都庁	埼玉県庁	千葉県庁
層番号	層下端深さ (m)			
1	192	207	138	298
2	199	422	390	837
3	1012	1022	1232	1541
4	2794	2585	2448	3031

表 3.4-6 深層地盤の各層の物性値

層番号	P波速度 (m/s)	S波速度 (m/s)	密度 (g/cm ³)	Q(1Hz) ^{*1}	備考
1	1800	500	1.90	50	工学的基盤
2	2100	700	2.00	70	
3	2400	900	2.05	90	
4	3200	1500	2.25	150	
5	5500	3200	2.65	320	地震基盤

*1 振動数依存のQ値の1Hzの値： $Q(f)=Q(1Hz) \cdot f$

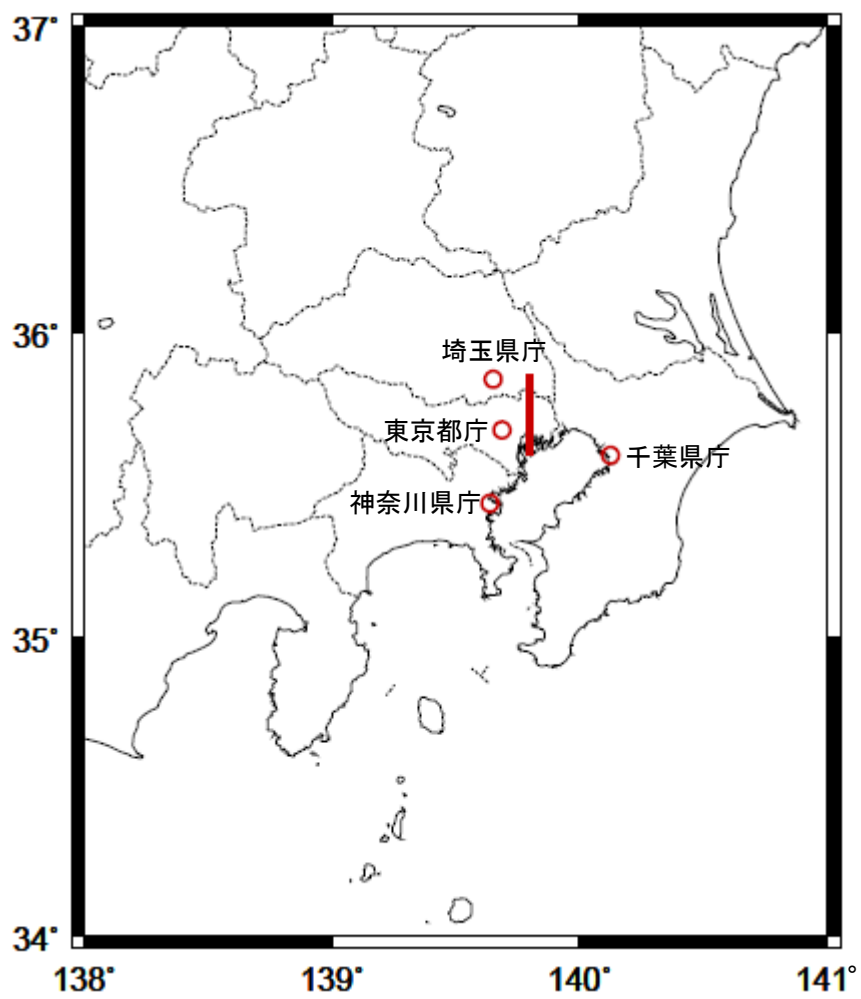


図 3.4-9 計算対象の位置図

(5) 試算結果

想定安政江戸地震による地震動を、次の2ケースについて試算した。

ケース1 破壊開始点を図3.4-9の開始点-1とする。

ケース2 破壊開始点を図3.4-9の開始点-2とする。

解放基盤とした工学的基盤上面において試算した、ケース1の地震動の速度波形を図3.4-10、ケース2の地震動の速度波形を図3.4-11にそれぞれ示す。減衰定数5%の擬似速度応答スペクトルを図3.4-12に示す。ここで、応答スペクトルおよび図3.4-13で地震動予測式と比較する最大値は、NS・EW成分の時刻歴（応答波形）におけるオービットの最大値である。

次に、工学的基盤上面 ($V_s 500\text{m/s}$) で試算した最大加速度、最大速度を Morikawa and Fujiwara (2013) の地震動予測式 (GMPE) と比較して図3.4-13に示す。また、擬似速度応答スペクトルの比較（地震動予測式は距離が45kmの場合）を図3.4-14に、擬似速度応答スペクトルの周期2秒と5秒における距離減衰における比較を図3.4-15に示す。なお、断層パラメータの設定において短周期レベルを笹谷・他(2006)による経験式から得られる値の0.5倍としたため、図3.4-13～図5.4-15の Morikawa and Fujiwara (2013) の地震動予測式による値は、森川・他(2015)を参考に0.5倍とした。

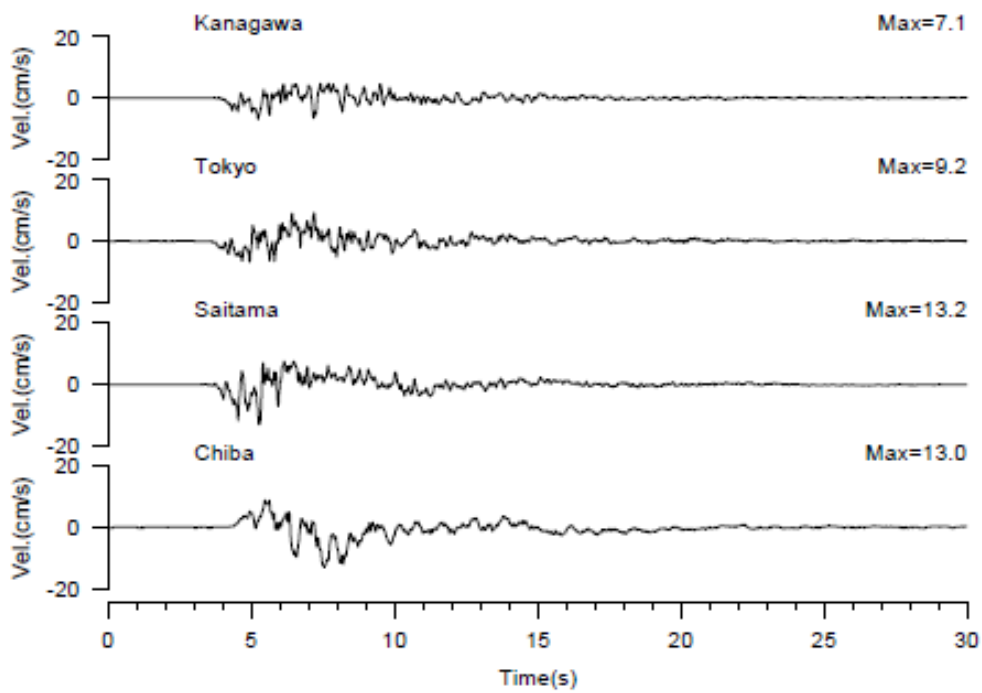
試算地震動の最大加速度と最大速度を地震動予測式による値と比較すると、試算地震動は地震動予測式を0.5倍した平均値と良く対応している。また、擬似速度応答スペクトルも比較的に良く対応している。

ここで、試算結果と1855年安政江戸地震との対応関係を検討するために、試算地震動に基づく地表の震度を求めた。

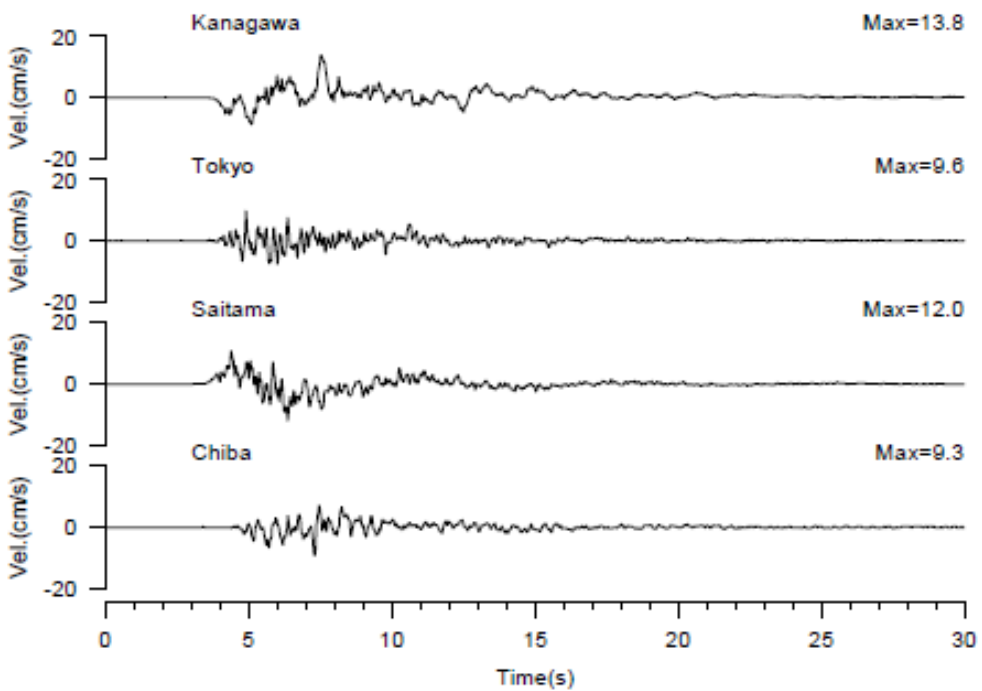
地表の震度は、「レシピ」の3.2.2のii) ハイブリッド合成法等により工学的基盤上の時刻歴波形が求められている場合、に従って算出した。すなわち、まず工学的基盤で試算した3成分地震動から気象庁の方法による計測震度を求める。次に、J-SHISの表層地盤データによる表層30mの平均S波速度AVS30を用いて工学的基盤から地表への増幅率を求める。最後に両者から地表の震度を求める。

地表震度の算出結果を表3.4-7に示す。歴史地震データに基づく1855年安政江戸地震の震度分布（首都直下地震モデル検討会、2013）を図5.4-16に示す。図3.4-16から類推される震度と表3.4-7を比較すると、試算地震動に基づく震度は、やや小さいと思われる。

上記の震度の検討から、本検討の計算結果はやや過小評価の可能性もあるものの、周期2秒程度以上の長周期地震動としては、減衰定数5%の速度応答スペクトルで10～20cm/s程度となっている。なお、マグニチュード7クラスの地震として最大の7.3まで考慮した場合、地震モーメントが2倍となることから、長周期地震動の振幅も本検討で示した結果2倍程度の20～40cm/s程度となりうる。

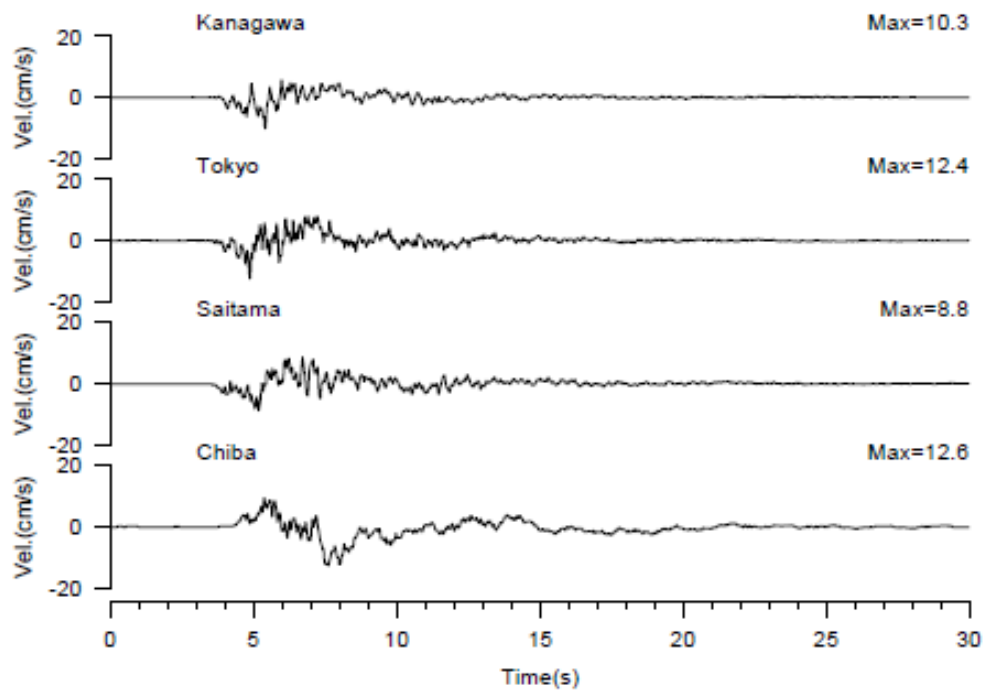


a) NS 成分の速度波形

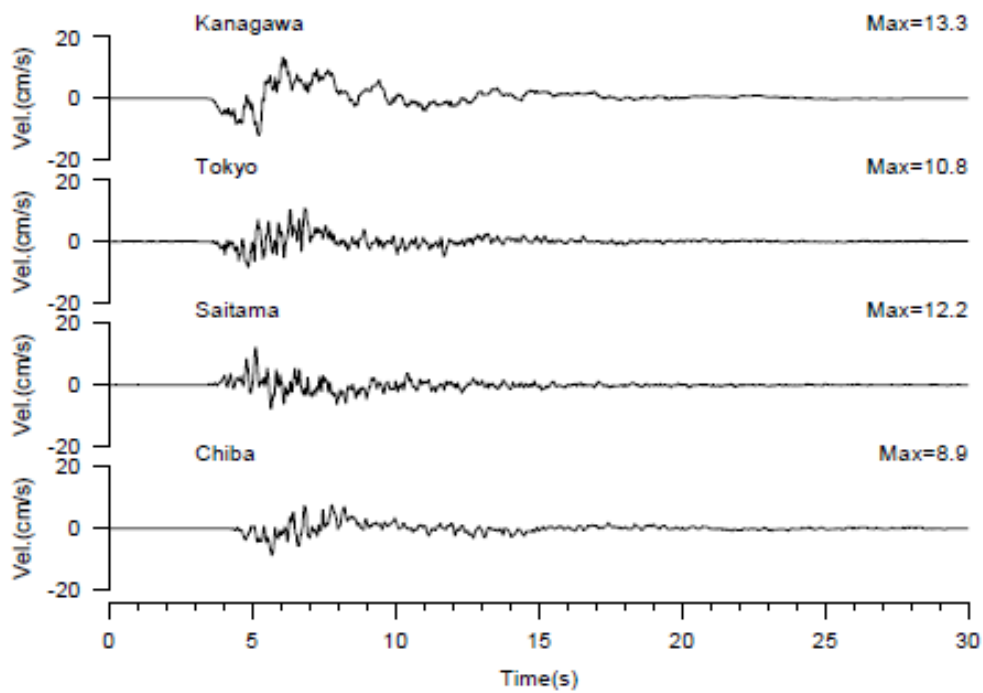


b) EW 成分の速度波形

図 3.4-10 想定安政江戸地震のケース 1 による地震動の速度波形。



a) NS 成分の速度波形



b) EW 成分の速度波形

図 3.4-11 想定安政江戸地震のケース 2 による地震動の速度波形。

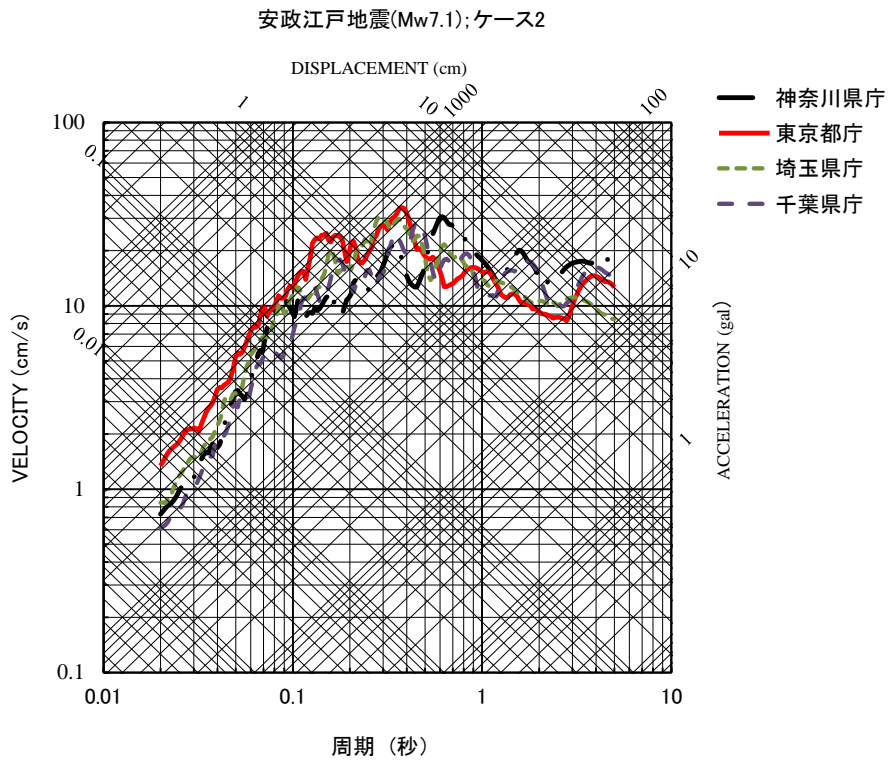
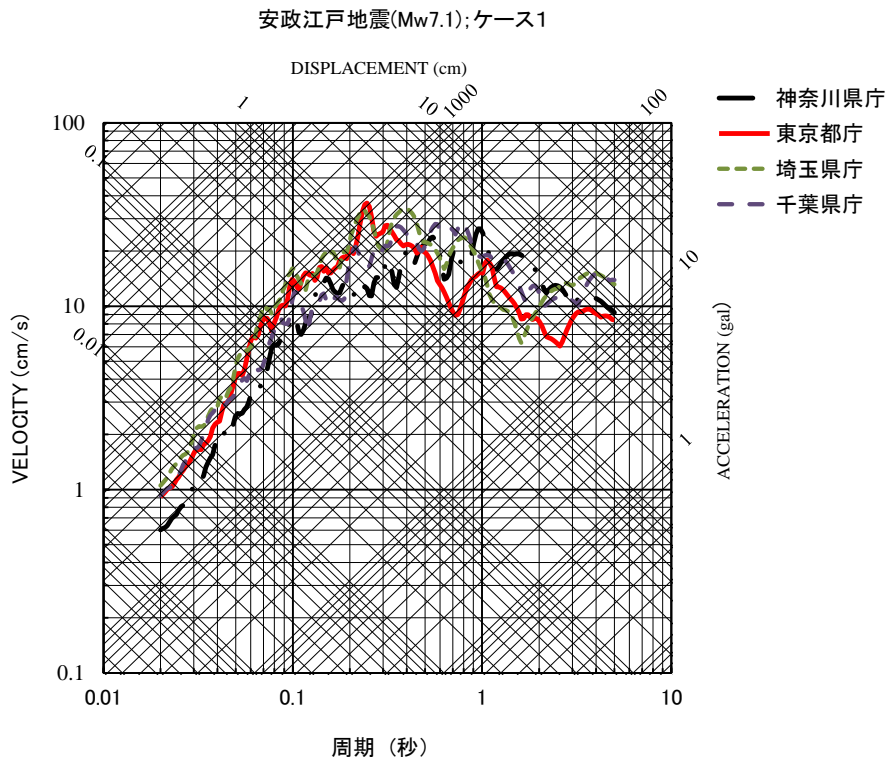
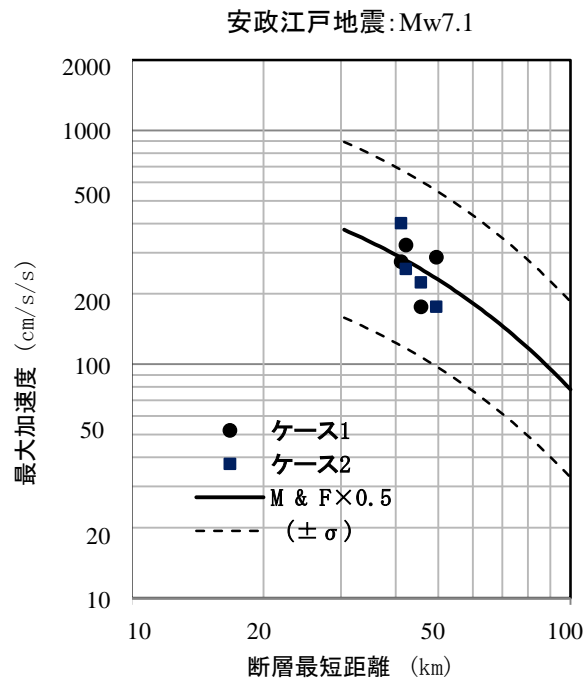
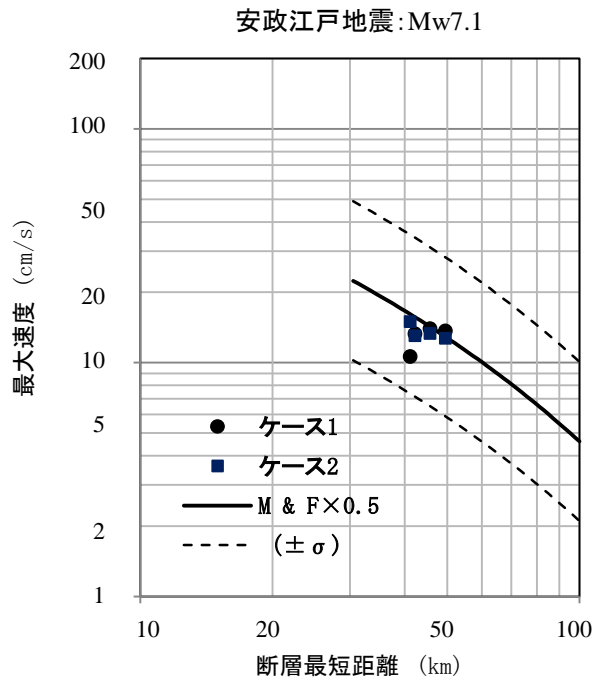


図 3.4-12 想定安政江戸地震のケース 1 による地震動の擬似速度応答スペクトル。



a) 最大加速度



b) 最大速度

図 3.4-13 想定安政江戸地震の地震動最大値と Morikawa and Fujiwara (2013)による地震動予測式との比較。

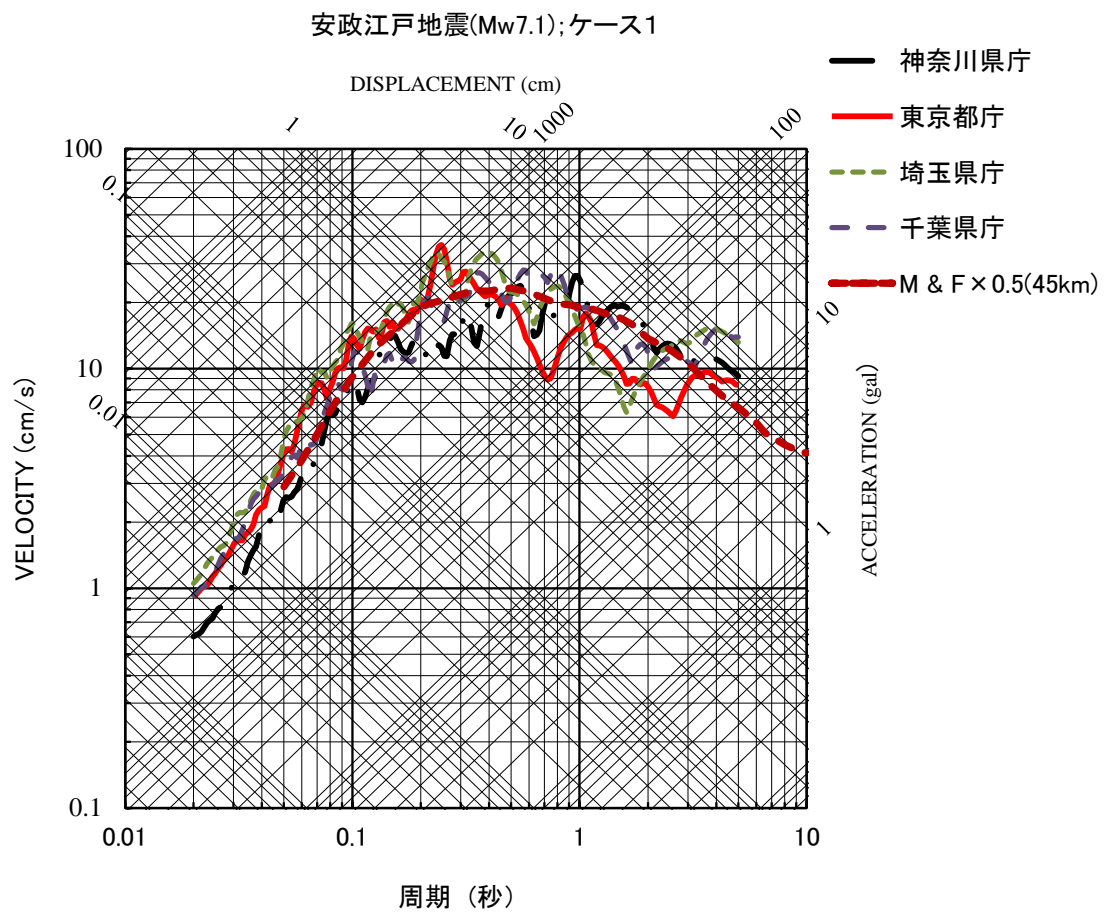
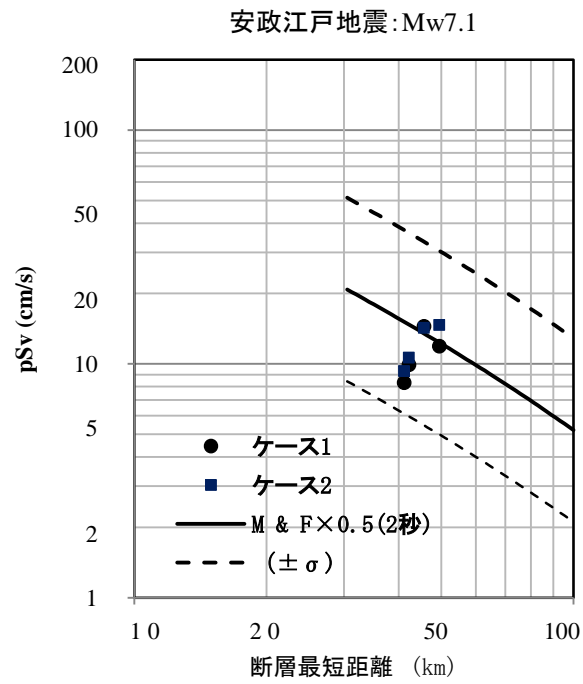
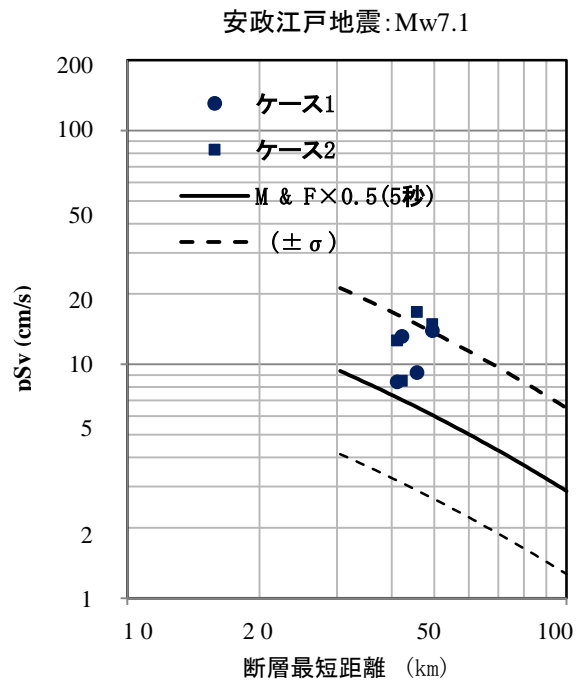


図 3.4-14 想定安政江戸地震の地震動 (ケース 1) と Morikawa and Fujiwara (2013)による地震動予測式の擬似速度応答スペクトルの比較。



a) 周期 2 秒



b) 周期 5 秒

図 3.4-15 想定安政江戸地震の地震動と Morikawa and Fujiwara (2013)による地震動予測式の擬似速度応答スペクトルの距離減衰関係の比較。

表 3.4-7 想定安政江戸地震の試算による地表震度。

対象位置	神奈川県庁	東京都庁	埼玉県庁	千葉県庁
ケース1	5.0	5.2	5.4	5.4
ケース2	5.0	5.2	5.3	5.3

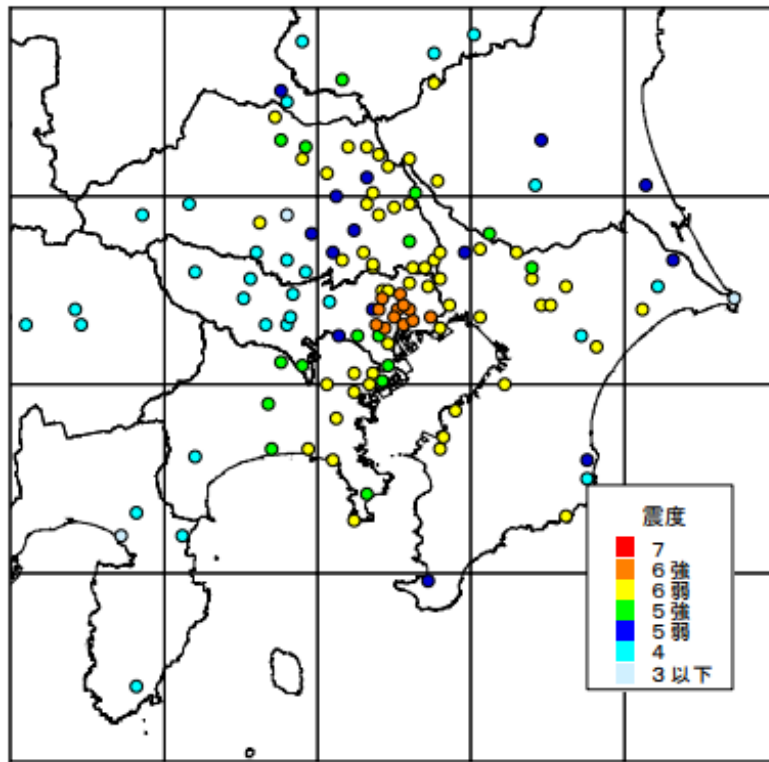


図 3.4-16 首都直下地震モデル検討会(2013)に示された 1855 年安政江戸地震の震度分布：宇佐美(1994)による震度分布。

2) 関東地域の活断層を対象とした検討

(1) 対象とする地震と震源モデルの設定

関東平野内において大きな長周期地震動が生じる可能性がある活断層で発生する地震として、長さが 50km を超える規模が大きい以下の地震を本検討の対象とした。

- F14601: 長野盆地西縁断層帯飯山―千曲区間（単独の活動）
- F14611: 長野盆地西縁断層帯全体が同時に活動
- F14701: 深谷断層帯（単独の活動）
- F14711: 深谷断層帯および綾瀬川断層鴻巣―伊奈区間が同時に活動
- F14721: 深谷断層帯および綾瀬川断層の全体が同時に活動
- F15311: 糸魚川―静岡構造線断層帯の北部区間および中北部区間が同時に活動
- F15312: 糸魚川―静岡構造線断層帯の中北部区間および中南部区間が同時に活動
- F15313: 糸魚川―静岡構造線断層帯の中南部区間および南部区間が同時に活動
- F15321: 糸魚川―静岡構造線断層帯の北部区間～中南部区間が同時に活動
- F15322: 糸魚川―静岡構造線断層帯の中北部区間～南部区間が同時に活動
- F15331: 糸魚川―静岡構造線断層帯全体が同時に活動

上記の地震のうち、長野盆地西縁断層帯飯山―千曲区間（単独の活動）及び深谷断層帯（単独の活動）については全国地震動予測地図 2016 年版（地震調査委員会、2016a）における震源モデルをそのまま用いる。それ以外の複数区間が同時に活動する地震については、全国地震動予測地図 2016 年版で設定されている各区間の震源断層モデルをそのまま組み合わせ設定した。震源パラメータについては、「レシピ」（地震調査委員会、2016b）に従った。なお、糸魚川―静岡構造線断層帯の中北部区間および中南部区間が同時に活動する地震については、両区間の震源断層面積の和から設定される地震モーメントが、それぞれの区間単独で活動する地震の地震モーメントの和よりも小さくなったことから、ここではそれぞれの区間単独で活動する地震の地震モーメントを足し合わせた「カスケード的」なモデルとした。複数区間が同時に活動する地震について、設定した震源パラメータおよび震源モデルを表 3.4-8～表 3.4-16、図 3.4-17～図 3.4-25 にそれぞれ示す。

表 3.4-8 長野盆地西縁断層帯全体が同時に活動する地震の震源パラメータ。

巨視的震源パラメータ		設定方法	ケース1~5		
断層長さ L	km	—	—		
地震規模 M		—	—		
地震モーメント M_0	Nm	$M_0 = (S/4.24 \times 10^{11})^2 \times 10^{-7}$	1.10E+20		
モーメントマグニチュード M_w		$(\log M_0 - 9.1) / 1.5$	7.3		
断層原点位置 (地中)	°N	長期評価に基づく	37.017		36.57
	°E	長期評価に基づく	138.429		138.066
走向 θ	°	長期評価に基づく	213.9	213.9	208.4
傾斜角 δ	°	長期評価に基づく	145	145	135
すべり角 ϵ	°	「南西側隆起の逆断層」	90	90	90
上端深さ D_{top}	km	地震基盤深さと 2km の深い方	4	4	4
断層モデル区間長さ L_{model_seg}	km	長期評価および「レシビ」に基づく	31	31	18
断層モデル区間幅 W_{model_seg}	km	長期評価および「レシビ」に基づく	18	18	16
断層モデル区間面積 S_{model_seg}	km ²	$S_{model_seg} = L_{model} \times W_{model}$	558	558	288
断層モデル面積 S_{model}	km ²	$S_{model} = \sum S_{model_seg}$	1404		
平均すべり量 D	m	$D = M_0 / (\mu \cdot S_{model})$	2.5		
平均静的応力降下量 $\Delta\sigma$	MPa	$\Delta\sigma = 7/16 \times M_0 / (S_{model} / \pi)^{1.5}$	5.1		
微視的震源パラメータ			飯山-千曲	麻績	
短周期レベル A	Nm/s ²	$A = 2.46 \times 10^{10} \times (M_0 \times 10^7)^{1/3}$	2.54E+19		
アスペリティ総面積 S_a	km ²	$S_a = \pi r^2, r = 7\pi/4 \times M_0 / (A \cdot R) \times \beta^2$	530.5		
アスペリティの実効応力 σ_a	MPa	$\sigma_a = \Delta\sigma_a = 7/16 \times M_0 / (r^2 \cdot R)$	13.4		
区間地震モーメント M_{0seg}	Nm	単独活動時の地震モーメントに比例して配分	5.13E+19	5.13E+19	7.10E+18
区間平均すべり量 D_{seg}	m	$D_{seg} = M_{0seg} / (\mu \cdot S_{seg})$	2.9	2.9	0.8
全アスペリティ	面積 S_{a_seg}	単位区間の面積に比例して配分	210.8	210.8	108.8
	平均すべり量 D_{a_seg}	$D_{a_seg} = \gamma_D \cdot D_{seg}, \gamma_D = 2.0$	5.9	5.9	1.6
	実効応力 σ_{a_seg}	$\sigma_{a_seg} = \sigma_a$	13.4	13.4	13.4
	地震モーメント M_{0a_seg}	$M_{0a_seg} = \mu \cdot D_{a_seg} \cdot S_{a_seg}$	3.87E+19	3.87E+19	5.36E+18
第1リアス	面積 S_{a1}	$S_{a1} = 2/3 \times S_{a_seg}$ (または $S_{a1} = S_{a_seg}$)	140.6	140.6	108.8
	すべり量 D_{a1}	$D_{a1} = (\gamma_1 / \Sigma \gamma_i^3) \cdot D_{a_seg}$	6.5	6.5	1.6
	実効応力 σ_{a1}	$\sigma_{a1} = \sigma_{a_seg}$	13.4	13.4	13.4
	計算用アスペリティ長さ	2kmメッシュサイズ	14	14	10
	計算用アスペリティ幅	2kmメッシュサイズ	10	10	10
第2リアス	面積 S_{a2}	$S_{a2} = 1/3 \times S_{a_seg}$	70.3	70.3	—
	すべり量 D_{a2}	$D_{a2} = (\gamma_2 / \Sigma \gamma_i^3) \cdot D_{a_seg}$	4.6	4.6	—
	実効応力 σ_{a2}	$\sigma_{a2} = \sigma_{a_seg}$	13.4	13.4	—
	計算用アスペリティ長さ	2kmメッシュサイズ	8	8	—
	計算用アスペリティ幅	2kmメッシュサイズ	8	8	—
背景領域	面積 S_{b_seg}	$S_{b_seg} = S_{model_seg} - S_{a_seg}$	347.2	347.2	179.2
	すべり量 D_{b_seg}	$D_{b_seg} = M_{0b_seg} / (\mu \cdot S_{b_seg})$	1.2	1.2	0.3
	実効応力 σ_{b_seg}	$\sigma_{b_seg} = (D_{b_seg} / W_{b_seg}) \times (\pi^{1/2} / D_{a_seg}) \times (r \cdot \Sigma \gamma_i^3 \cdot \sigma_a)$	1.6	1.6	1.6
	地震モーメント M_{0b_seg}	$M_{0b_seg} = M_{0seg} - M_{0a_seg}$	1.25E+19	1.25E+19	1.73E+18

表 3.4-9 深谷断層帯および綾瀬川断層鴻巣-伊奈区間が同時に活動する地震の震源パラメータ。

巨視的震源パラメータ		設定方法	ケース1~5		
断層長さ L	km	—	—		
地震規模 M		—	—		
地震モーメント M_0	Nm	$M_0 = (S/4.24 \times 10^{11})^2 \times 10^{-7}$	1.60E+20		
モーメントマグニチュード M_w		$(\log M_0 - 9.1) / 1.5$	7.4		
断層原点位置 (地中)	°N	長期評価に基づく	36.366		36.057
	°E	長期評価に基づく	138.821		139.444
走向 θ	°	長期評価に基づく	122.1	122.1	130.2
傾斜角 δ	°	長期評価に基づく	60	60	50
すべり角 ϵ	°	「南西側隆起の逆断層」	90	90	90
上端深さ D_{top}	km	地震基盤深さと 2km の深い方	5	5	5
断層モデル区間長さ L_{model_seg}	km	長期評価および「レシピ」に基づく	36	36	20
断層モデル区間幅 W_{model_seg}	km	長期評価および「レシピ」に基づく	18	18	20
断層モデル区間面積 S_{model_seg}	km ²	$S_{model_seg} = L_{model_seg} \times W_{model_seg}$	648	648	400
断層モデル面積 S_{model}	km ²	$S_{model} = \sum S_{model_seg}$	1696		
平均すべり量 D	m	$D = M_0 / (\mu \cdot S_{model})$	3.0		
平均静的応力降下量 $\Delta\sigma$	MPa	$\Delta\sigma = 7/16 \times M_0 / (S_{model} / \pi)^{1.5}$	5.6		
微視的震源パラメータ			深谷	鴻巣-伊奈	
短周期レベル A	Nm/s ²	$A = 2.46 \times 10^{10} \times (M_0 \times 10^7)^{1/3}$	2.88E+19		
アスペリティ総面積 S_a	km ²	$S_a = \pi r^2, r = 7\pi/4 \times M_0 / (A \cdot R) \times \beta^2$	726.9		
アスペリティの実効応力 σ_a	MPa	$\sigma_a = \Delta\sigma_a = 7/16 \times M_0 / (r^2 \cdot R)$	13.0		
区間地震モーメント M_{0seg}	Nm	単独活動時の地震モーメントに比例して配分	7.40E+19	7.40E+19	2.23E+19
区間平均すべり量 D_{seg}	m	$D_{seg} = M_{0seg} / (\mu \cdot S_{seg})$	3.7	3.7	1.8
全面積 S_{a_seg}	km ²	単位区間の面積に比例して配分	277.7	277.7	171.4
平均すべり量 D_{a_seg}	m	$D_{a_seg} = \gamma_D \cdot D_{seg}, \gamma_D = 2.0$	7.3	7.3	3.6
実効応力 σ_{a_seg}	MPa	$\sigma_{a_seg} = \sigma_a$	13.0	13.0	13.0
地震モーメント M_{0a_seg}	Nm	$M_{0a_seg} = \mu \cdot D_{a_seg} \cdot S_{a_seg}$	6.34E+19	6.34E+19	1.91E+19
ベ第1リアイス					
面積 S_{a1}	km ²	$S_{a1} = 2/3 \times S_{a_seg}$ (または $S_{a1} = S_{a_seg}$)	185.1	185.1	171.4
すべり量 D_{a1}	m	$D_{a1} = (\gamma_1 / \Sigma \gamma_i^3) \cdot D_{a_seg}$	8.1	8.1	3.6
実効応力 σ_{a1}	MPa	$\sigma_{a1} = \sigma_{a_seg}$	13.0	13.0	13.0
計算用面積	km×km	2kmメッシュサイズ	16 × 12	16 × 12	14 × 12
ベ第2リアイス					
面積 S_{a2}	km ²	$S_{a2} = 1/3 \times S_{a_seg}$	92.6	92.6	—
すべり量 D_{a2}	m	$D_{a2} = (\gamma_2 / \Sigma \gamma_i^3) \cdot D_{a_seg}$	5.7	5.7	—
実効応力 σ_{a2}	MPa	$\sigma_{a2} = \sigma_{a_seg}$	13.0	13.0	—
計算用面積	km×km	2kmメッシュサイズ	12 × 8	12 × 8	—
背景領域					
面積 S_{b_seg}	km ²	$S_{b_seg} = S_{model_seg} - S_{a_seg}$	370.3	370.3	228.6
すべり量 D_{b_seg}	m	$D_{b_seg} = M_{0b_seg} / (\mu \cdot S_{b_seg})$	0.9	0.9	0.4
実効応力 σ_{b_seg}	MPa	$\sigma_{b_seg} = (D_{b_seg} / W_{b_seg}) \times (\pi^{1/2} / D_{a_seg}) \times (r \cdot \Sigma \gamma_i^3 \cdot \sigma_a)$	1.1	1.1	0.8
地震モーメント M_{0b_seg}	Nm	$M_{0b_seg} = M_{0seg} - M_{0a_seg}$	1.06E+19	1.06E+19	3.18E+18

表 3.4-10 深谷断層帯および綾瀬川断層全体が同時に活動する地震の震源パラメータ。

巨視的震源パラメータ		設定方法	ケース1~6			
断層長さ L	km	—	—			
地震規模 M	—	—	—			
地震モーメント M_0	Nm	$M_0 = S \times 10^{17}$	2.10E+20			
モーメントマグニチュード M_w	—	$(\log M_0 - 9.1) / 1.5$	7.5			
断層原点位置 (地中)	°N	長期評価に基づく	36.366	36.057	35.946	
	°E	長期評価に基づく	138.821	139.444	139.607	
走向 θ	°	長期評価に基づく	122.1	122.1	130.2	
傾斜角 δ	°	長期評価に基づく	60	60	50	
すべり角 λ	°	「南西側隆起の逆断層」	90	90	90	
上端深さ D_{top}	km	地震基盤深さと2kmの深い方	5	5	5	
断層モデル区間長さ L_{model_seg}	km	長期評価および「レシピ」に基づく	36	36	20	
断層モデル区間幅 W_{model_seg}	km	長期評価および「レシピ」に基づく	18	18	20	
断層モデル区間面積 S_{model_seg}	km ²	$S_{model_seg} = L_{model_seg} \times W_{model_seg}$	648	648	400	
断層モデル面積 S_{model}	km ²	$S_{model} = \sum S_{model_seg}$	2096			
平均すべり量 D	m	$D = M_0 / (\mu \cdot S_{model})$	3.2			
平均静的応力降下量 $\Delta\sigma$	MPa	Fujii and Matsu'ura (2000)	3.1			
微視的震源パラメータ			深谷断層帯		瀬川-伊奈 伊奈-川口	
短周期レベル A	Nm/s ²	$A = 2.46 \times 10^{10} \times (M_0 \times 10^7)^{1/3}$ (参考値)	3.15E+19			
アスペリティ総面積 S_a	km ²	$S_a = 0.22 \cdot S_{model}$	461.1			
アスペリティの実効応力 σ_a	MPa	$\sigma_a = \Delta\sigma_a = S_a / S \times \Delta\sigma$	14.1			
区間地震モーメント M_{0seg}	Nm	単独活動時の地震モーメントに比例して配分	9.02E+19	9.02E+19	1.46E+19	1.46E+19
区間平均すべり量 D_{seg}	m	$D_{seg} = M_{0seg} / (\mu \cdot S_{seg})$	4.5	4.5	1.2	1.2
全 ア テ ィ ス ペ	面積 S_{a_seg}	単位区間の面積に比例して配分	142.6	142.6	88.0	88.0
	平均すべり量 D_{a_seg}	$D_{a_seg} = \gamma_D \cdot D_{seg}$ $\gamma_D = 2.0$	8.9	8.9	2.3	2.3
	実効応力 σ_{a_seg}	$\sigma_{a_seg} = \sigma_a$	14.1	14.1	14.1	14.1
	地震モーメント M_{0a_seg}	$M_{0a_seg} = \mu \cdot D_{a_seg} \cdot S_{a_seg}$	3.97E+19	3.97E+19	6.42E+18	6.42E+18
ベ 第 リ 1 テ ィ ス	面積 S_{a1}	$S_{a1} = 2/3 \times S_{a_seg}$ (または $S_{a1} = S_{a_seg}$)	95.0	95.0	88.0	88.0
	すべり量 D_{a1}	$D_{a1} = (\gamma_1 / \Sigma \gamma_i^3) \cdot D_{a_seg}$	9.9	9.9	2.3	2.3
	実効応力 σ_{a1}	$\sigma_{a1} = \sigma_{a_seg}$	14.1	14.1	14.1	14.1
	計算用面積	2kmメッシュサイズ	10 × 10	10 × 10	10 × 8	10 × 8
ベ 第 リ 2 テ ィ ス	面積 S_{a2}	$S_{a2} = 1/3 \times S_{a_seg}$	47.5	47.5	—	—
	すべり量 D_{a2}	$D_{a2} = (\gamma_2 / \Sigma \gamma_i^3) \cdot D_{a_seg}$	7.0	7.0	—	—
	実効応力 σ_{a2}	$\sigma_{a2} = \sigma_{a_seg}$	14.1	14.1	—	—
	計算用面積	2kmメッシュサイズ	8 × 6	8 × 6	—	—
背 景 領 域	面積 S_{b_seg}	$S_{b_seg} = S_{model_seg} - S_{a_seg}$	505.4	505.4	312.0	312.0
	すべり量 D_{b_seg}	$D_{b_seg} = M_{0b_seg} / (\mu \cdot S_{b_seg})$	3.2	3.2	0.8	0.8
	実効応力 σ_{b_seg}	$\sigma_{b_seg} = (D_{b_seg} / W_{b_seg}) \times (\pi^{1/2} / D_{a_seg}) \times (r \cdot \Sigma \gamma_i^3 \cdot \sigma_a)$	2.5	2.5	2.0	2.0
	地震モーメント M_{0b_seg}	$M_{0b_seg} = M_{0seg} - M_{0a_seg}$	5.05E+19	5.05E+19	8.17E+18	8.17E+18

表 3.4-11 糸魚川静岡構造線断層帯北部区間+中北部区間が同時に活動する地震の震源パラメータ。

巨視的震源パラメータ		設定方法	ケース1~12										
断層長さ L	km	—	—										
地震規模 M		—	—										
地震モーメント M_0	Nm	$M_0 = (S/4.24 \times 10^{11})^2 \times 10^{-7}$	9.34E+19										
モーメントマグニチュード M_w		$(\log M_0 - 9.1) / 1.5$	7.2										
断層原点位置 (地中)	°N	長期評価に基づく	36.355	36.364	36.533	36.537	36.651	36.645	35.983	36.023	36.069		
	°E	長期評価に基づく	137.957	137.994	137.893	137.932	137.898	137.937	138.162	138.091	138.059		
走向 θ	°	長期評価に基づく	343.7	343.7	2	2.0	18.9	18.9	304.6	330.9	339.2		
傾斜角 δ	°	長期評価に基づく	30	60	30	60	30	60	70	70	70		
すべり角 ϵ	°	「南西側隆起の逆断層」	90	90	90	90	90	90	0	0	0		
上端深さ D_{top}	km	地震基底深さ & 2km の深い方	2	4	2	4	2	4	2	2	2		
断層モデル区間長さ L_{model_seg}	km	長期評価および「レシビ」に基づく	(20)		(12)		(16)		(8)		(6)	(34)	
断層モデル区間幅 W_{model_seg}	km	長期評価および「レシビ」に基づく	18		18		18		10		10		
断層モデル区間面積 S_{model_seg}	km ²	$S_{model_seg} = L_{model} \times W_{model}$	351.3		199.3		280.0		74.3		52.5		
断層モデル面積 S_{model}	km ²	$S_{model} = \sum S_{model_seg}$	1295.6										
平均すべり量 D	m	$D = M_0 / (\mu \cdot S_{model})$	2.3										
平均静的応力降下量 $\Delta\sigma$	MPa	$\Delta\sigma = 7/16 \times M_0 / (S_{model} / \pi)^{1.5}$	4.9										
微視的震源パラメータ			北部					中北部					
短周期レベル A	Nm/s ²	$A = 2.46 \times 10^{10} \times (M_0 \times 10^{-7})^{1/3}$ (参考値)	2.40E+19										
アスペリティ総面積 S_a	km ²	$S_a = \pi r^2, r = 7\pi/4 \times M_0 / (A \cdot R) \times \beta^2$	464.0										
アスペリティの実効応力 σ_a	MPa	$\sigma_a = \Delta\sigma_a = 7/16 \times M_0 / (r^2 \cdot R)$	13.6										
区間地震モーメント M_{0seg}	Nm	単独活動時の地震モーメントに比例して分割面積の1.5乗に比例して分配	2.41E+19		1.03E+19		1.71E+19		3.71E+18		2.20E+18		3.60E+19
区間平均すべり量 D_{seg}	m	$D_{seg} = M_{0seg} / (\mu \cdot S_{seg})$	2.2		1.7		2.0		1.6		1.3		3.4
全リアテイスベ	面積 S_{a_seg}	単位区間の面積に比例して配分	125.8		71.4		100.3		26.6		18.8		121.1
	平均すべり量 D_{a_seg}	$D_{a_seg} = \gamma_D \cdot D_{seg}, \gamma_D = 2.0$	4.4		3.3		3.9		3.2		2.7		6.8
	実効応力 σ_{a_seg}	$\sigma_{a_seg} = \sigma_a$	13.6		13.6		13.6		13.6		13.6		13.6
	地震モーメント M_{0a_seg}	$M_{0a_seg} = \mu \cdot D_{a_seg} \cdot S_{a_seg}$	1.72E+19		7.36E+18		1.23E+19		2.65E+18		1.58E+18		2.58E+19
ベ第1リアテイス	面積 S_{a1}	$S_{a1} = 2/3 \times S_{a_seg}$ (または $S_{a1} = S_{a_seg}$)	—		125.8		—		71.4		—		100.3
	すべり量 D_{a1}	$D_{a1} = (\gamma_1 / \Sigma \gamma_i^3) \cdot D_{a_seg}$	—		4.4		—		3.3		—		3.9
	実効応力 σ_{a1}	$\sigma_{a1} = \sigma_{a_seg}$	—		13.6		—		13.6		—		13.6
	計算用面積	2kmメッシュサイズ	—		12 × 10		—		8 × 8		—		10 × 10
ベ第2リアテイス	面積 S_{a2}	$S_{a2} = 1/3 \times S_{a_seg}$	—		—		—		—		—		—
	すべり量 D_{a2}	$D_{a2} = (\gamma_2 / \Sigma \gamma_i^3) \cdot D_{a_seg}$	—		—		—		—		—		—
	実効応力 σ_{a2}	$\sigma_{a2} = \sigma_{a_seg}$	—		—		—		—		—		—
	計算用面積	2kmメッシュサイズ	—		—		—		—		—		6 × 6
背景領域	面積 S_{b_seg}	$S_{b_seg} = S_{model_seg} - S_{a_seg}$	225.5		127.9		179.7		47.7		33.7		217.1
	すべり量 D_{b_seg}	$D_{b_seg} = M_{0b_seg} / (\mu \cdot S_{b_seg})$	1.0		0.7		0.9		0.7		0.6		1.5
	実効応力 σ_{b_seg}	$\sigma_{b_seg} = (D_{b_seg} / W_{b_seg}) \times (\pi^{1/2} / D_{a_seg}) \times (r \cdot \Sigma \gamma_i^3 \cdot \sigma_a)$	1.7		1.3		1.7		1.2		1.2		2.4
	地震モーメント M_{0b_seg}	$M_{0b_seg} = M_{0seg} - M_{0a_seg}$	6.83E+18		2.92E+18		4.86E+18		1.05E+18		6.25E+17		1.02E+19

表 3.4-12 糸魚川静岡構造線断層帯中北部区間+中南部区間が同時に活動する地震の震源パラメータ。

巨視的震源パラメータ		設定方法	ケース1~8					
断層長さ L	km	—	—					
地震規模 M		—	—					
地震モーメント M_0	Nm	単独活動の合算値	6.14E+19					
モーメントマグニチュード M_w		$(\log M_0 - 9.1) / 1.5$	7.1					
断層原点位置 (地中)	°N	長期評価に基づく	35.983	36.023	36.069	36.079	36.056	36.007
	°E	長期評価に基づく	138.162	138.091	138.059	138.049	138.106	138.131
走向 θ	°	長期評価に基づく	304.6	330.9	339.2	116	157.7	141.2
傾斜角 δ	°	長期評価に基づく	70	70	70	70	70	70
すべり角 ϵ	°	「南西側隆起の逆断層」	0	0	0	0	0	0
上端深さ D_{top}	km	地震基盤深さと 2km の深い方	2	2	2	2	2	2
断層モデル区間長さ L_{model_seg}	km	長期評価および「レシピ」に基づく	(8)	(6)	(34)	(6)	(6)	24
断層モデル区間幅 W_{model_seg}	km	長期評価および「レシピ」に基づく	10	10	10	14	14	14
断層モデル区間面積 S_{model_seg}	km ²	$S_{model_seg} = L_{model_seg} \times W_{model_seg}$	74.3	52.5	338.2	67.4	67.4	336.0
断層モデル面積 S_{model}	km ²	$S_{model} = \sum S_{model_seg}$	935.8					
平均すべり量 D	m	$D = M_0 / (\mu \cdot S_{model})$	2.1					
平均静的応力降下量 $\Delta\sigma$	MPa	$\Delta\sigma = 7/16 \times M_0 / (S_{model} / \pi)^{1.5}$	5.2					
微視的震源パラメータ			中北部			中南部		
短周期レベル A	Nm/s ²	$A = 2.46 \times 10^{10} \times (M_0 \times 10^7)^{1/3}$ (参考値)	2.09E+19					
アスペリティ総面積 S_a	km ²	$S_a = \pi r^2, r = 7\pi/4 \times M_0 / (A \cdot R) \times \beta^2$	367.2					
アスペリティの実効応力 σ_a	MPa	$\sigma_a = \Delta\sigma_a = 7/16 \times M_0 / (r^2 \cdot R)$	13.3					
区間地震モーメント M_{0seg}	Nm	単独活動時の地震モーメントに比例して面積の1.5乗に比例して分配	3.97E+19			2.17E+19		
区間平均すべり量 D_{seg}	m	$D_{seg} = M_{0seg} / (\mu \cdot S_{seg})$	3.51E+18	2.09E+18	3.41E+19	1.65E+18	1.65E+18	1.84E+19
			1.5	1.3	3.2	0.8	0.8	1.8
全面積 S_{a_seg}	km ²	単位区間の面積に比例して配分	29.2	20.6	132.7	26.4	26.4	131.9
平均すべり量 D_{a_seg}	m	$D_{a_seg} = \gamma_D \cdot D_{seg}, \gamma_D = 2.0$	3.0	2.5	6.5	1.6	1.6	3.5
実効応力 σ_{a_seg}	MPa	$\sigma_{a_seg} = \sigma_a$	13.3	13.3	13.3	13.3	13.3	13.3
地震モーメント M_{0a_seg}	Nm	$M_{0a_seg} = \mu \cdot D_{a_seg} \cdot S_{a_seg}$	2.76E+18	1.64E+18	2.68E+19	1.29E+18	1.29E+18	1.44E+19
1 面積 S_{a1}	km ²	$S_{a1} = 2/3 \times S_{a_seg}$ (または $S_{a1} = S_{a_seg}$)	29.2	20.6	88.5	26.4	26.4	131.9
すべり量 D_{a1}	m	$D_{a1} = (\gamma_1 / \Sigma \gamma_i^3) \cdot D_{a_seg}$	3.0	2.5	7.2	1.6	1.6	3.5
実効応力 σ_{a1}	MPa	$\sigma_{a1} = \sigma_{a_seg}$	13.3	13.3	13.3	13.3	13.3	13.3
計算用面積	km×km	2kmメッシュサイズ	4 × 6	4 × 6	10 × 8	4 × 6	4 × 6	14 × 10
2 面積 S_{a2}	km ²	$S_{a2} = 1/3 \times S_{a_seg}$	—	—	44.2	—	—	—
すべり量 D_{a2}	m	$D_{a2} = (\gamma_2 / \Sigma \gamma_i^3) \cdot D_{a_seg}$	—	—	5.1	—	—	—
実効応力 σ_{a2}	MPa	$\sigma_{a2} = \sigma_{a_seg}$	—	—	13.3	—	—	—
計算用面積	km×km	2kmメッシュサイズ	—	—	8 × 6	—	—	—
背景領域 面積 S_{b_seg}	km ²	$S_{b_seg} = S_{model_seg} - S_{a_seg}$	45.1	31.9	205.5	40.9	40.9	204.1
すべり量 D_{b_seg}	m	$D_{b_seg} = M_{0b_seg} / (\mu \cdot S_{b_seg})$	0.5	0.5	1.1	0.3	0.3	0.6
実効応力 σ_{b_seg}	MPa	$\sigma_{b_seg} = (D_{b_seg} / W_{b_seg}) \times (\pi^{1/2} / D_{a_seg}) \times (r \cdot \Sigma \gamma_i^3 \cdot \sigma_a)$	0.9	0.9	2.0	0.7	0.7	1.7
地震モーメント M_{0b_seg}	Nm	$M_{0b_seg} = M_{0seg} - M_{0a_seg}$	7.55E+17	4.49E+17	7.34E+18	3.55E+17	3.55E+17	3.96E+18

表 3.4-13 糸魚川静岡構造線断層帯中南部区間＋南部区間が同時に活動する地震の震源パラメータ。

巨視的震源パラメータ		設定方法	ケース1~6					
断層長さ L	km	—	—					
地震規模 M		—	—					
地震モーメント M_0	Nm	$M_0 = (S/4.24 \times 10^{11})^2 \times 10^7$	1.00E+20					
モーメントマグニチュード M_w		$(\log M_0 - 9.1) / 1.5$	7.3					
断層原点位置 (地中)	°N	長期評価に基づく	36.079	36.056	36.007	35.828	35.755	35.551
	°E	長期評価に基づく	138.049	138.106	138.131	138.260	138.343	138.415
走向 θ	°	長期評価に基づく	116	157.7	141.2	137.5	164.0	205.1
傾斜角 δ	°	長期評価に基づく	70	70	70	45	45	45
すべり角 λ	°	「南西側隆起の逆断層」	0	0	0	90	90	90
上端深さ D_{top}	km	地震基盤深さと 2km の深い方	2	2	2	4	4	4
断層モデル区間長さ $L_{model\ seg}$	km	長期評価および「レンピ」に基づく	(6)	(6)	24	(12)	(26)	(16)
断層モデル区間幅 $W_{model\ seg}$	km	長期評価および「レンピ」に基づく	14	14	14	22	22	22
断層モデル区間面積 $S_{model\ seg}$	km ²	$S_{model\ seg} = L_{model} \times W_{model}$	67.4	67.4	336.0	203.0	413.9	254.9
断層モデル面積 S_{model}	km ²	$S_{model} = \sum S_{model\ seg}$	1342.4					
平均すべり量 D	m	$D = M_0 / (\mu \cdot S_{model})$	2.4					
平均静的応力降下量 $\Delta\sigma$	MPa	$\Delta\sigma = 7/16 \times M_0 / (S_{model} / \pi)^{1.5}$	5.0					
微視的震源パラメータ			中南部			南部		
短周期レベル A	Nm/s ²	$A = 2.46 \times 10^{10} \times (M_0 \times 10^7)^{1/3}$ (参考値)	2.46E+19					
アスペリティ総面積 S_a	km ²	$S_a = \pi r^2, r = 7\pi/4 \times M_0 / (A \cdot R) \times \beta^2$	492.3					
アスペリティの実効応力 σ_a	MPa	$\sigma_a = \Delta\sigma_a = 7/16 \times M_0 / (r^2 \cdot R)$	13.5					
区間地震モーメント M_{0seg}	Nm	単独活動時の地震モーメントに比例して分配 面積の1.5乗に比例して分配	3.26E+19			6.77E+19		
区間平均すべり量 D_{seg}	m	$D_{seg} = M_{0seg} / (\mu \cdot S_{seg})$	2.48E+18	2.48E+18	2.76E+19	1.27E+19	3.70E+19	1.79E+19
			1.2	1.2	2.6	2.0	2.9	2.2
全 ア ス ペ リ ティ	面積 $S_{a\ seg}$	単位区間の面積に比例して配分	24.7	24.7	123.2	74.4	151.8	93.5
	平均すべり量 $D_{a\ seg}$	$D_{a\ seg} = \gamma_D \cdot D_{seg}, \gamma_D = 2.0$	2.4	2.4	5.3	4.0	5.7	4.5
	実効応力 $\sigma_{a\ seg}$	$\sigma_{a\ seg} = \sigma_a$	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5
	地震モーメント $M_{0a\ seg}$	$M_{0a\ seg} = \mu \cdot D_{a\ seg} \cdot S_{a\ seg}$	1.82E+18	1.82E+18	2.03E+19	9.33E+18	2.72E+19	1.31E+19
第 1 ア ス ペ リ ティ	面積 S_{a1}	$S_{a1} = 2/3 \times S_{a\ seg}$ (または $S_{a1} = S_{a\ seg}$)	24.7	24.7	123.2	74.4	151.8	93.5
	すべり量 D_{a1}	$D_{a1} = (\gamma_1 / \sum \gamma_i^3) \cdot D_{a\ seg}$	2.4	2.4	5.3	4.0	5.7	4.5
	実効応力 σ_{a1}	$\sigma_{a1} = \sigma_{a\ seg}$	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5
	計算用面積	2kmメッシュサイズ	4 × 6	4 × 6	12 × 10	6 × 12	12 × 12	8 × 12
第 2 ア ス ペ リ ティ	面積 S_{a2}	$S_{a2} = 1/3 \times S_{a\ seg}$	—	—	—	—	—	—
	すべり量 D_{a2}	$D_{a2} = (\gamma_2 / \sum \gamma_i^3) \cdot D_{a\ seg}$	—	—	—	—	—	—
	実効応力 σ_{a2}	$\sigma_{a2} = \sigma_{a\ seg}$	—	—	—	—	—	—
	計算用面積	2kmメッシュサイズ	—	—	—	—	—	—
背 景 領 域	面積 $S_{b\ seg}$	$S_{b\ seg} = S_{model\ seg} - S_{a\ seg}$	42.7	42.7	212.8	128.5	262.1	161.4
	すべり量 $D_{b\ seg}$	$D_{b\ seg} = M_{0b\ seg} / (\mu \cdot S_{b\ seg})$	0.5	0.5	1.1	0.8	1.2	0.9
	実効応力 $\sigma_{b\ seg}$	$\sigma_{b\ seg} = (D_{b\ seg} / W_{b\ seg}) \times (\pi^{1/2} / D_{a\ seg}) \times (r \cdot \sum \gamma_i^3 \cdot \sigma_a)$	0.8	0.8	2.0	0.8	1.6	1.0
	地震モーメント $M_{0b\ seg}$	$M_{0b\ seg} = M_{0seg} - M_{0a\ seg}$	6.61E+17	6.61E+17	7.36E+18	3.39E+18	9.87E+18	4.77E+18

表 3.4-14 糸魚川静岡構造線断層帯北部区間～中南部区間が同時に活動する地震の震源パラメータ。

設定方法	ケース1～12											
—	—											
$M_0 = (S/4.24 \times 10^{11})^2 \times 10^{-7}$	1.74E+20											
$(\log M_0 - 9.1) / 1.5$	7.4											
長期評価に基づく	36.355	36.364	36.533	36.537	36.651	36.645	35.983	36.023	36.069	36.079	36.056	36.007
長期評価に基づく	137.957	137.994	137.893	137.932	137.898	137.937	138.162	138.091	138.059	138.049	138.106	138.131
長期評価に基づく	343.7	343.7	2	2.0	18.9	18.9	304.6	330.9	339.2	116	157.7	141.2
長期評価に基づく	30	60	30	60	30	60	70	70	70	70	70	70
「南西側隆起の逆断層」	90	90	90	90	90	90	0	0	0	0	0	0
地震基盤深さと 2km の深い方	2	4	2	4	2	4	2	2	2	2	2	2
長期評価および「レシビ」に基づく	(20)		(12)		(16)		(8)	(6)	(34)	(6)	(6)	24
長期評価および「レシビ」に基づく	18		18		18		10	10	10	14	14	14
$S_{\text{model seg}} = L_{\text{model}} \times W_{\text{model}}$	351.3		199.3		280.0		74.3	52.5	338.2	67.4	67.4	336.0
$S_{\text{model}} = \sum S_{\text{model seg}}$	1766.3											
$D = M_0 / (\mu \cdot S_{\text{model}})$	3.1											
$\Delta\sigma = 7/16 \times M_0 / (S_{\text{model}} / \pi)^{1.5}$	5.7											
	北部				中北部				中南部			
$A = 2.46 \times 10^{10} \times (M_0 \times 10^7)^{1/3}$ (参考値)	2.96E+19											
$S_a = \pi r^2, r = 7\pi/4 \times M_0 / (A \cdot R) \times \beta^2$	777.8											
$\sigma_a = \Delta\sigma_a = 7/16 \times M_0 / (r^2 \cdot R)$	12.9											
単独活動時の地震モーメントに比例して分配	7.68E+19				6.26E+19				3.42E+19			
面積の1.5乗に比例して分配	3.59E+19	1.53E+19	2.56E+19	5.53E+18	3.29E+18	5.37E+19	2.60E+18	2.60E+18	2.90E+19	2.60E+18	2.90E+19	2.90E+19
$D_{\text{seg}} = M_{0\text{seg}} / (\mu \cdot S_{\text{seg}})$	3.3	2.5	2.9	2.4	2.0	5.1	1.2	1.2	2.8	1.2	2.8	2.8
単位区間の面積に比例して配分	154.7	87.8	123.3	32.7	23.1	148.9	29.7	29.7	148.0	29.7	29.7	148.0
$D_{a \text{ seg}} = \gamma_D \cdot D_{\text{seg}}, \gamma_D = 2.0$	6.6	4.9	5.8	4.8	4.0	10.2	2.5	2.5	5.5	2.5	2.5	5.5
$\sigma_{a \text{ seg}} = \sigma_a$	12.9	12.9	12.9	12.9	12.9	12.9	12.9	12.9	12.9	12.9	12.9	12.9
$M_{0a \text{ seg}} = \mu \cdot D_{a \text{ seg}} \cdot S_{a \text{ seg}}$	3.16E+19	1.35E+19	2.25E+19	4.87E+18	2.90E+18	4.73E+19	2.29E+18	2.29E+18	2.55E+19	2.29E+18	2.29E+18	2.55E+19
$S_{a1} = 2/3 \times S_{a \text{ seg}}$ (または $S_{a1} = S_{a \text{ seg}}$)	—	154.7	—	87.8	—	123.3	32.7	23.1	99.3	29.7	29.7	148.0
$D_{a1} = (\gamma_1 / \Sigma \gamma_i^3) \cdot D_{a \text{ seg}}$	—	6.6	—	4.9	—	5.8	4.8	4.0	11.3	2.5	2.5	5.5
$\sigma_{a1} = \sigma_{a \text{ seg}}$	—	12.9	—	12.9	—	12.9	12.9	12.9	12.9	12.9	12.9	12.9
2kmメッシュサイズ	—	16 × 10	—	8 × 10	—	12 × 10	6 × 6	4 × 6	12 × 8	4 × 6	4 × 6	14 × 10
$S_{a2} = 1/3 \times S_{a \text{ seg}}$	—	—	—	—	—	—	—	—	49.6	—	—	—
$D_{a2} = (\gamma_2 / \Sigma \gamma_i^3) \cdot D_{a \text{ seg}}$	—	—	—	—	—	—	—	—	8.0	—	—	—
$\sigma_{a2} = \sigma_{a \text{ seg}}$	—	—	—	—	—	—	—	—	12.9	—	—	—
2kmメッシュサイズ	—	—	—	—	—	—	—	—	8 × 6	—	—	—
$S_{b \text{ seg}} = S_{\text{model seg}} - S_{a \text{ seg}}$	196.6		111.5		156.7		41.6	29.4	189.3	37.7	37.7	188.0
$D_{b \text{ seg}} = M_{0b \text{ seg}} / (\mu \cdot S_{b \text{ seg}})$	0.7		0.5		0.6		0.5	0.4	1.1	0.3	0.3	0.6
$\sigma_{b \text{ seg}} = (D_{b \text{ seg}} / W_{b \text{ seg}}) \times (\pi^{1/2} / D_{a \text{ seg}}) \times (r \cdot \Sigma \gamma_i^3 \cdot \sigma_a)$	0.8		0.6		0.8		0.8	0.6	1.2	0.4	0.4	1.0
$M_{0b \text{ seg}} = M_{0\text{seg}} - M_{0a \text{ seg}}$	4.29E+18		1.83E+18		3.05E+18		6.60E+17	3.92E+17	6.41E+18	3.10E+17	3.10E+17	3.46E+18

表 3.4-15 糸魚川静岡構造線断層帯中北部区間～中部区間が同時に活動する地震の震源パラメータ。

巨視的震源パラメータ		設定方法	ケース1～12									
断層長さ L	km	—	—									
地震規模 M	—	—	—									
地震モーメント M_0	Nm	$M_0 = S \times 10^{17}$	1.81E+20									
モーメントマグニチュード M_w	—	$(\log M_0 - 9.1) / 1.5$	7.4									
断層原点位置 (地中)	°N	長期評価に基づく	35.983	36.023	36.069	36.079	36.056	36.007	35.828	35.755	35.551	
	°E	長期評価に基づく	138.162	138.091	138.059	138.049	138.106	138.131	138.260	138.343	138.415	
走向 θ	°	長期評価に基づく	304.6	330.9	339.2	116	157.7	141.2	137.5	164.0	205.1	
傾斜角 δ	°	長期評価に基づく	70	70	70	70	70	70	45	45	45	
すべり角 λ	°	「南西側隆起の逆断層」	0	0	0	0	0	0	90	90	90	
上端深さ D_{top}	km	地震基盤深さと 2km の深い方	2	2	2	2	2	2	4	4	4	
断層モデル区間長さ L_{model_seg}	km	長期評価および「レンジ」に基づく	(8)	(6)	(34)	(6)	(6)	24	(12)	(26)	(16)	
断層モデル区間幅 W_{model_seg}	km	長期評価および「レンジ」に基づく	10	10	10	14	14	14	22	22	22	
断層モデル区間面積 S_{model_seg}	km ²	$S_{model_seg} = L_{model_seg} \times W_{model_seg}$	74.3	52.5	338.2	67.4	67.4	336.0	203.0	413.9	254.9	
断層モデル面積 S_{model}	km ²	$S_{model} = \sum S_{model_seg}$	1807.5									
平均すべり量 D	m	$D = M_0 / (\mu \cdot S_{model})$	3.2									
平均静的応力降下量 $\Delta\sigma$	MPa	Fujii and Matsu'ura (2000)	3.1									
微視的震源パラメータ			中北部			中南部			南部			
短周期レベル A	Nm/s ²	$A = 2.46 \times 10^{10} \times (M_0 \times 10^7)^{1/3}$ (参考値)	3.00E+19									
アスペリティ総面積 S_a	km ²	$S_a = 0.22 \cdot S_{model}$	397.6									
アスペリティの実効応力 σ_a	MPa	$\sigma_a = \Delta\sigma_a = S / S_a \times \Delta\sigma$	14.1									
区間地震モーメント M_{0seg}	Nm	単独活動時の地震モーメントに比例して分配	6.74E+19			3.68E+19			7.65E+19			
区間平均すべり量 D_{seg}	m	面積の1.5乗に比例して分配 $D_{seg} = M_{0seg} / (\mu \cdot S_{seg})$	5.96E+18	3.55E+18	5.79E+19	2.80E+18	2.80E+18	3.12E+19	1.44E+19	4.19E+19	2.02E+19	
全面積 S_{a_seg}	km ²	単位区間の面積に比例して配分	16.3	11.6	74.4	14.8	14.8	73.9	44.7	91.0	56.1	
平均すべり量 D_{a_seg}	m	$D_{a_seg} = \gamma_D \cdot D_{seg}$, $\gamma_D = 2.0$	5.1	4.3	11.0	2.7	2.7	6.0	4.5	6.5	5.1	
実効応力 σ_{a_seg}	MPa	$\sigma_{a_seg} = \sigma_a$	14.1	14.1	14.1	14.1	14.1	14.1	14.1	14.1	14.1	
地震モーメント M_{0a_seg}	Nm	$M_{0a_seg} = \mu \cdot D_{a_seg} \cdot S_{a_seg}$	2.62E+18	1.56E+18	2.55E+19	1.23E+18	1.23E+18	1.37E+19	6.33E+18	1.84E+19	8.90E+18	
第1区間面積 S_{a1}	km ²	$S_{a1} = 2/3 \times S_{a_seg}$ (または $S_{a1} = S_{a_seg}$)	16.3	11.6	49.6	14.8	14.8	73.9	44.7	91.0	56.1	
第1区間すべり量 D_{a1}	m	$D_{a1} = (\gamma_1 / \Sigma \gamma_i^3) \cdot D_{a_seg}$	5.1	4.3	12.2	2.7	2.7	6.0	4.5	6.5	5.1	
第1区間実効応力 σ_{a1}	MPa	$\sigma_{a1} = \sigma_{a_seg}$	14.1	14.1	14.1	14.1	14.1	14.1	14.1	14.1	14.1	
第1区間計算用面積	km×km	2kmメッシュサイズ	4 × 4	2 × 4	8 × 6	4 × 4	4 × 4	10 × 8	6 × 8	12 × 8	6 × 10	
第2区間面積 S_{a2}	km ²	$S_{a2} = 1/3 \times S_{a_seg}$	—	—	24.8	—	—	—	—	—	—	
第2区間すべり量 D_{a2}	m	$D_{a2} = (\gamma_2 / \Sigma \gamma_i^3) \cdot D_{a_seg}$	—	—	8.6	—	—	—	—	—	—	
第2区間実効応力 σ_{a2}	MPa	$\sigma_{a2} = \sigma_{a_seg}$	—	—	14.1	—	—	—	—	—	—	
第2区間計算用面積	km×km	2kmメッシュサイズ	—	—	6 × 4	—	—	—	—	—	—	
背景領域面積 S_{b_seg}	km ²	$S_{b_seg} = S_{model_seg} - S_{a_seg}$	58.0	41.0	263.8	52.5	52.5	262.1	158.3	322.8	198.8	
背景領域すべり量 D_{b_seg}	m	$D_{b_seg} = M_{0b_seg} / (\mu \cdot S_{b_seg})$	1.8	1.6	3.9	1.0	1.0	2.1	1.6	2.3	1.8	
背景領域実効応力 σ_{b_seg}	MPa	$\sigma_{b_seg} = (D_{b_seg} / W_{b_seg}) \times (\pi^{1/2} / D_{a_seg}) \times (r \cdot \Sigma \gamma_i^3 \cdot \sigma_a)$	2.0	1.0	3.2	1.4	1.4	2.9	1.4	1.8	1.4	
背景領域地震モーメント M_{0b_seg}	Nm	$M_{0b_seg} = M_{0seg} - M_{0a_seg}$	3.34E+18	1.99E+18	3.24E+19	1.57E+18	1.57E+18	1.75E+19	8.05E+18	2.34E+19	1.13E+19	

表 3.4-16 糸魚川静岡構造線断層帯全体が同時に活動する地震の震源パラメータ。

巨視的震源パラメータ		設定方法	ケース1~16														
断層長さ L	km	—	—														
地震規模 M		—	—														
地震モーメント M_0	Nm	$M_0 = S \times 10^{17}$	2.64E+20														
モーメントマグニチュード M_w		$(\log M_0 - 9.1) / 1.5$	7.5														
断層原点位置 (地中)	°N	長期評価に基づく	36.355	36.364	36.533	36.537	36.651	36.645	35.983	36.023	36.069	36.079	36.056	36.007	35.828	35.755	35.551
	°E	長期評価に基づく	137.957	137.994	137.893	137.932	137.898	137.937	138.162	138.091	138.059	138.049	138.106	138.131	138.260	138.343	138.415
走向 θ	°	長期評価に基づく	343.7	343.7	2.0000	2.0	18.9	18.9	304.6	330.9	339.2	116.0000	157.7	141.2	137.5	164.0	205.1
傾斜角 δ	°	長期評価に基づく	30	60	30	60	30	60	70	70	70	70	70	70	45	45	45
すべり角 ϵ	°	「南西側隆起の逆断層」	90	90	90	90	90	90	0	0	0	0	0	0	90	90	90
上端深さ D_{top}	km	地震基底深さと 2km の深い方	2	4	2	4	2	4	2	2	2	2	2	2	4	4	4
断層モデル区間長さ L_{model_seg}	km	長期評価および「レシビ」に基づく	(20)	(12)	(16)	(8)	(6)	(34)	(6)	(6)	(6)	(6)	24	(12)	(26)	(16)	
断層モデル区間幅 W_{model_seg}	km	長期評価および「レシビ」に基づく	18	18	18	10	10	10	10	14	14	14	14	22	22	22	22
断層モデル区間面積 S_{model_seg}	km ²	$S_{model_seg} = L_{model_seg} \times W_{model_seg}$	351.3	199.3	280.0	74.3	52.5	338.2	67.4	67.4	67.4	67.4	336	203.0	413.9	254.9	
断層モデル面積 S_{model}	km ²	$S_{model} = \sum S_{model_seg}$	2638.0														
平均すべり量 D	m	$D = M_0 / (\mu \cdot S_{model})$	3.2														
平均静的応力降下量 $\Delta\sigma$	MPa	Fujii and Matsuura (2000)	3.1														
微視的震源パラメータ			北部				中北部				中南部				南部		
短周期レベル A	Nm/s ²	$A = 2.46 \times 10^{10} \times (M_0 \times 10^{17})^{1/3}$ (参考値)	3.40E+19														
アスペリティ総面積 S_a	km ²	$S_a = 0.22 \cdot S_{model}$	580.4														
アスペリティの実効応力 σ_a	MPa	$\sigma_a = \Delta\sigma_a = S / S_a \times \Delta\sigma$	14.1														
区間地震モーメント M_{0_seg}	Nm	単独活動時の地震モーメントに比例して分配	8.29E+19				6.75E+19				3.69E+19				7.65E+19		
区間平均すべり量 D_{seg}	m	面積の1.5倍に比例して分配 $D_{seg} = M_{0_seg} / (\mu \cdot S_{seg})$	3.88E+19	1.66E+19	2.76E+19	5.97E+18	3.55E+18	5.80E+19	2.75E+18	2.75E+18	3.07E+19	1.44E+19	4.19E+19	2.03E+19	2.5		
			3.5	2.7	3.2	2.6	2.2	5.5	1.3	1.3	2.9	2.3	2.3	2.3	2.5		
全面積 S_{a_seg}	km ²	単位区間の面積に比例して配分	77.3	43.8	61.6	18.3	11.6	74.4	14.8	14.8	73.9	44.7	91.0	56.1			
平均すべり量 D_{a_seg}	m	$D_{a_seg} = \gamma_D \cdot D_{seg}$ $\gamma_D = 2.0$	7.1	5.3	6.3	5.1	4.3	11.0	2.6	2.6	5.8	4.5	6.5	5.1			
実効応力 σ_{a_seg}	MPa	$\sigma_{a_seg} = \sigma_a$	14.1	14.1	14.1	14.1	14.1	14.1	14.1	14.1	14.1	14.1	14.1	14.1			
地震モーメント M_{0a_seg}	Nm	$M_{0a_seg} = \mu \cdot D_{a_seg} \cdot S_{a_seg}$	1.71E+19	7.29E+18	1.21E+19	2.63E+18	1.56E+18	2.55E+19	1.21E+18	1.21E+18	1.35E+19	6.33E+18	1.84E+19	8.91E+18			
第1面積 S_{a1}	km ²	$S_{a1} = 2/3 \times S_{a_seg}$ (または $S_{a1} = S_{a_seg}$)	—	77.3	—	43.8	—	61.6	18.3	11.6	49.6	14.8	14.8	73.9	44.7	91.0	56.1
すべり量 D_{a1}	m	$D_{a1} = (\gamma_1 / \Sigma \gamma_i^3) \cdot D_{a_seg}$	—	7.1	—	5.3	—	6.3	5.1	4.3	12.2	2.6	2.6	5.8	4.5	6.5	5.1
実効応力 σ_{a1}	MPa	$\sigma_{a1} = \sigma_{a_seg}$	—	14.1	—	14.1	—	14.1	14.1	14.1	14.1	14.1	14.1	14.1	14.1	14.1	14.1
計算用面積	km ²	2kmメッシュサイズ	—	10 × 8	—	6 × 8	—	10 × 6	4 × 4	4 × 4	8 × 6	4 × 4	4 × 4	10 × 8	4 × 6	4 × 6	14 × 10
第2面積 S_{a2}	km ²	$S_{a2} = 1/3 \times S_{a_seg}$	—	—	—	—	—	—	—	—	24.8	—	—	—	—	—	—
すべり量 D_{a2}	m	$D_{a2} = (\gamma_2 / \Sigma \gamma_i^3) \cdot D_{a_seg}$	—	—	—	—	—	—	—	—	8.6	—	—	—	—	—	—
実効応力 σ_{a2}	MPa	$\sigma_{a2} = \sigma_{a_seg}$	—	—	—	—	—	—	—	—	14.1	—	—	—	—	—	—
計算用面積	km ²	2kmメッシュサイズ	—	—	—	—	—	—	—	—	6 × 4	—	—	—	—	—	—
背景領域面積 S_{b_seg}	km ²	$S_{b_seg} = S_{model_seg} - S_{a_seg}$	274.0	155.4	218.4	58.0	41.0	263.8	52.5	52.5	262.1	158.3	322.8	198.8			
すべり量 D_{b_seg}	m	$D_{b_seg} = M_{0b_seg} / (\mu \cdot S_{b_seg})$	2.5	1.9	2.3	1.8	1.6	3.9	0.9	0.9	2.1	1.6	2.3	1.8			
実効応力 σ_{b_seg}	MPa	$\sigma_{b_seg} = (D_{b_seg} / W_{b_seg}) \times (\pi^{1/2} / D_{a_seg}) \times (r \cdot \Sigma \gamma_i^3 \cdot \sigma_a)$	2.2	1.7	1.7	2.0	2.0	3.2	1.4	1.4	2.9	0.9	0.9	2.3			
地震モーメント M_{0b_seg}	Nm	$M_{0b_seg} = M_{0_seg} - M_{0a_seg}$	2.17E+19	9.27E+18	1.54E+19	3.34E+18	1.99E+18	3.25E+19	1.54E+18	1.54E+18	1.72E+19	8.06E+18	2.35E+19	1.13E+19			

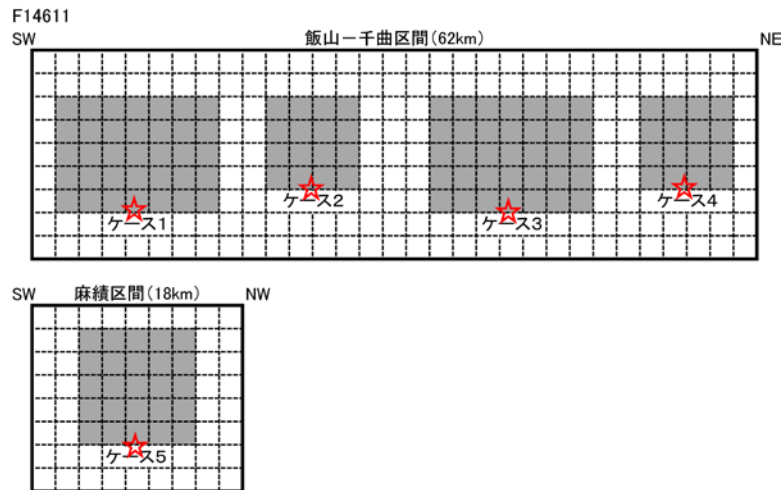


図 3.4-17 長野盆地西縁断層帯全体が同時に活動する地震の震源モデル模式図。

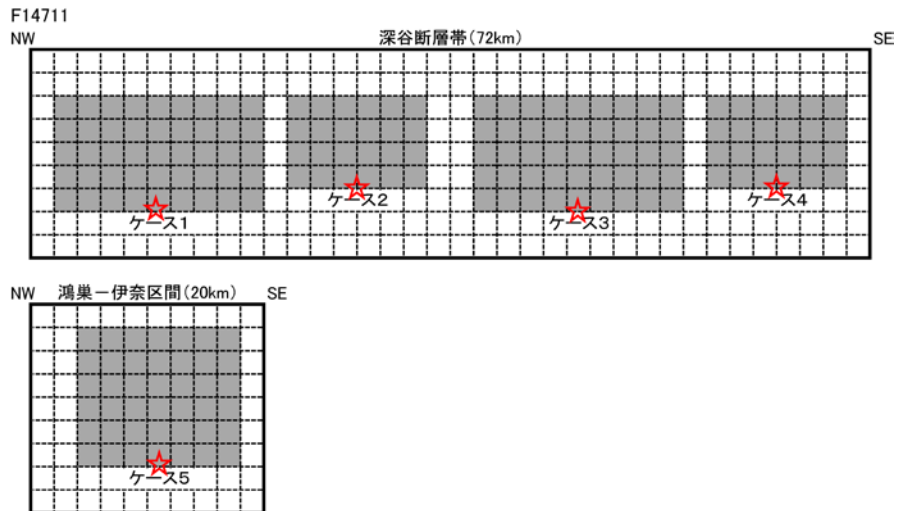


図 3.4-18 深谷断層帯および綾瀬川断層鴻巣-伊奈区間が同時に活動する地震の震源モデル模式図。

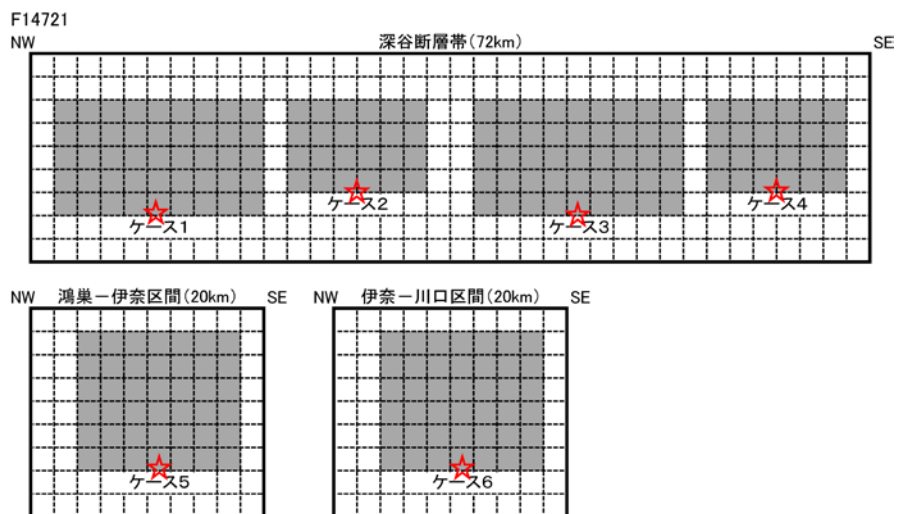


図 3.4-19 深谷断層帯および綾瀬川断層全体が同時に活動する地震の震源モデル模式図。

F15331

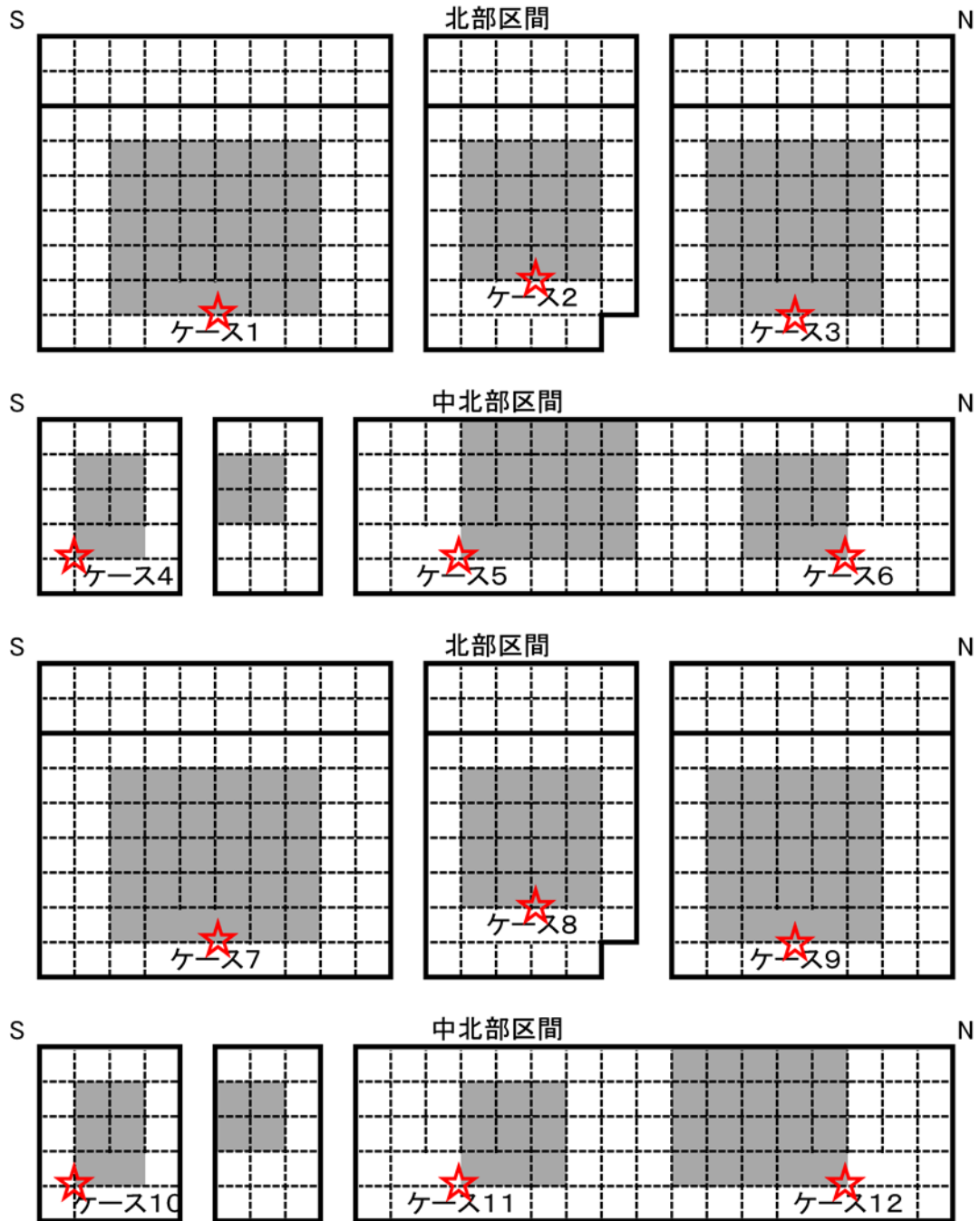


図 3.4-20 糸魚川－静岡構造線断層帯北部区間＋中北部区間が同時に活動する地震の震源モデル模式図。

F15331

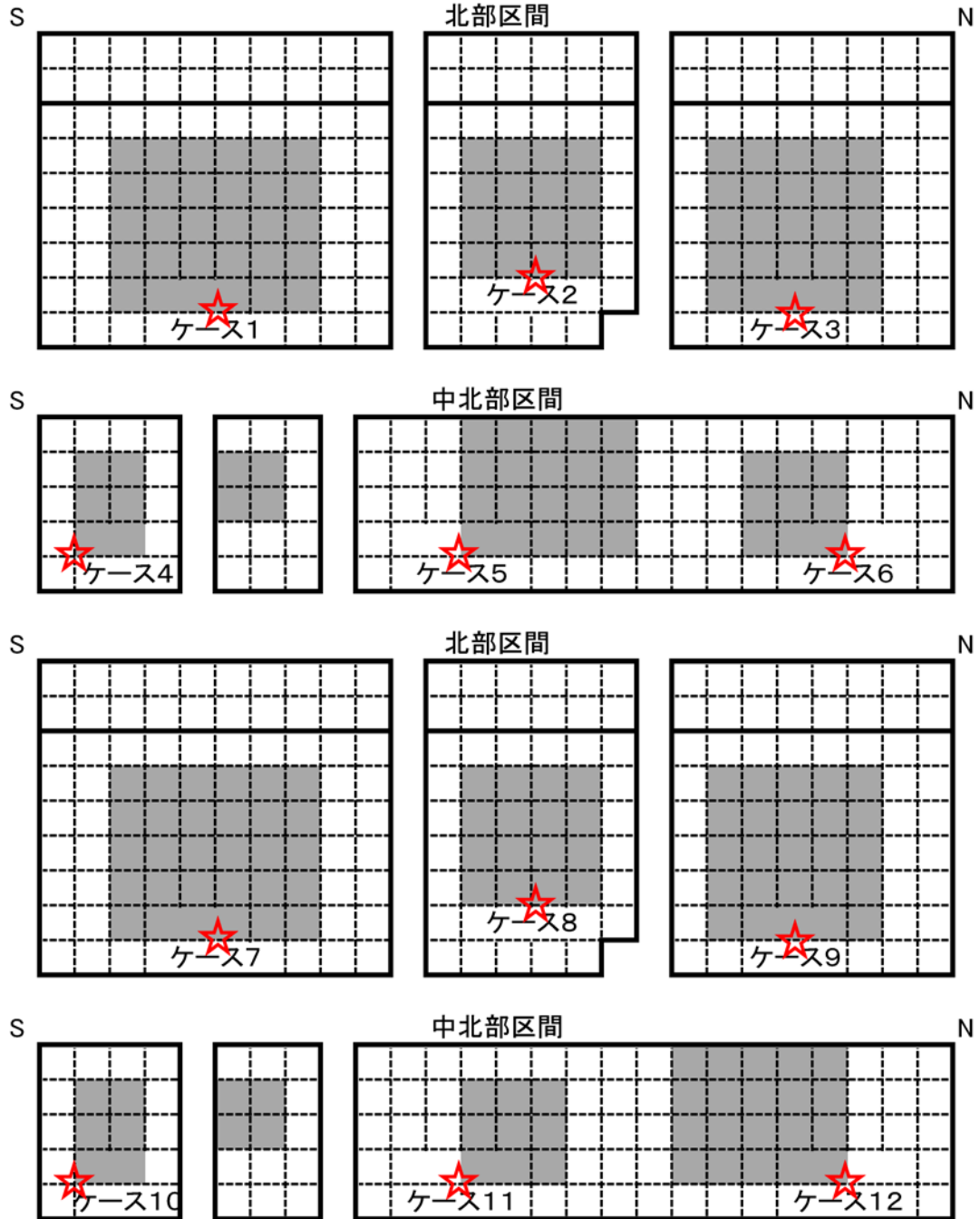


図 3.4-21 糸魚川-静岡構造線断層帯中北部区間+中南部区間が同時に活動する地震の震源モデル模式図。

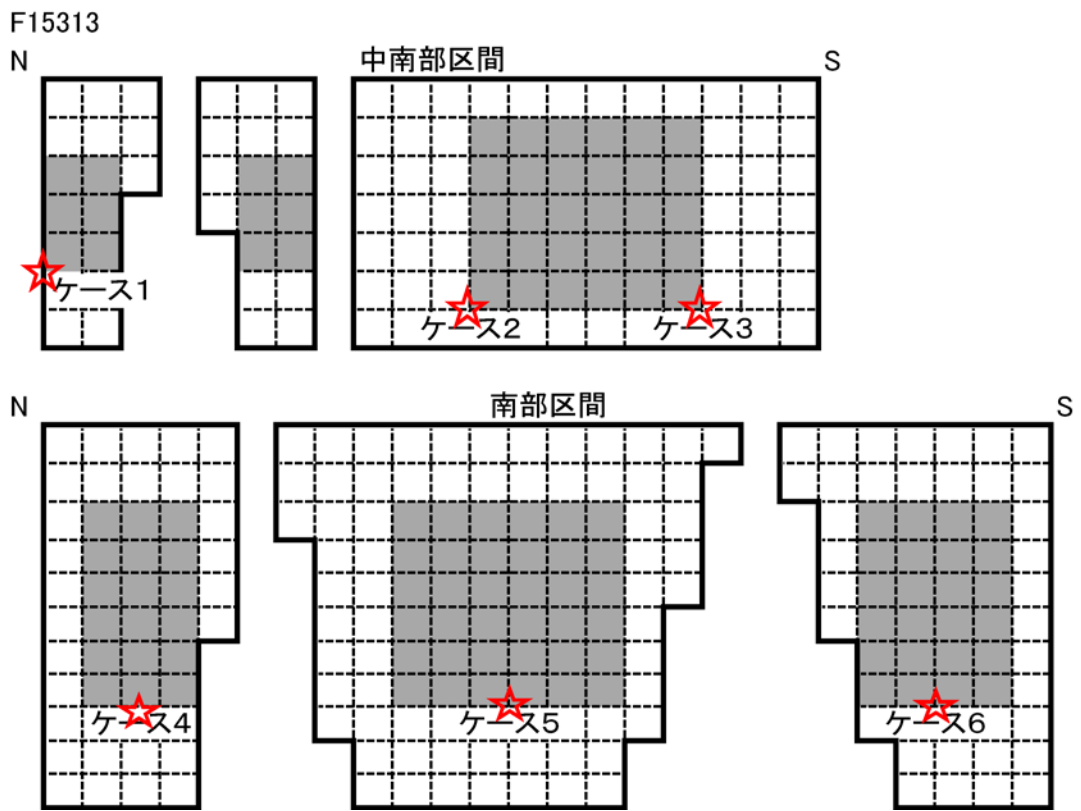


図 3.4-22 糸魚川－静岡構造線断層帯中南部区間＋南部区間が同時に活動する地震の震源モデル模式図。

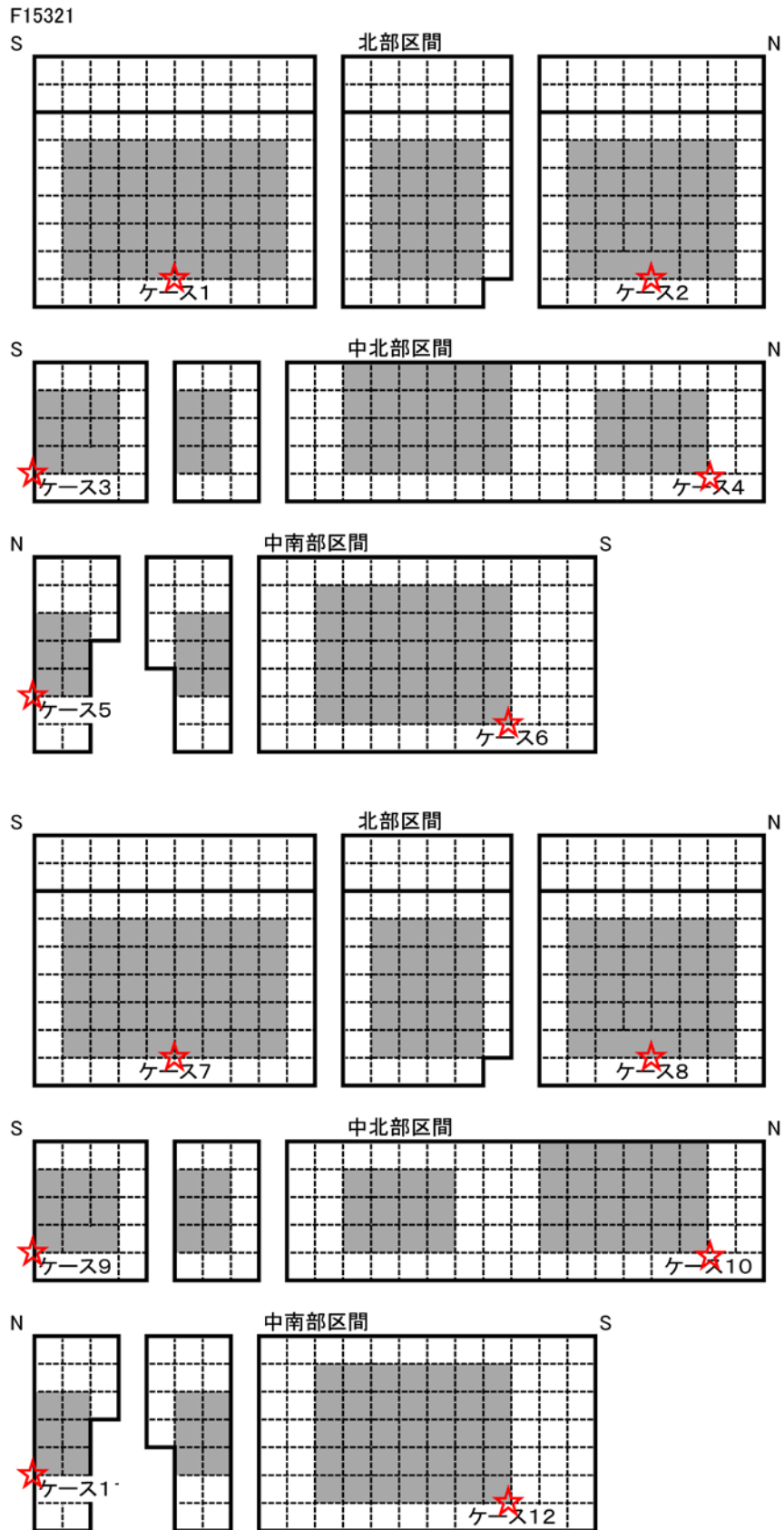


図 3.4-23 糸魚川ー静岡構造線断層帯北部区間～中南部区間が同時に活動する地震の震源モデル模式図。

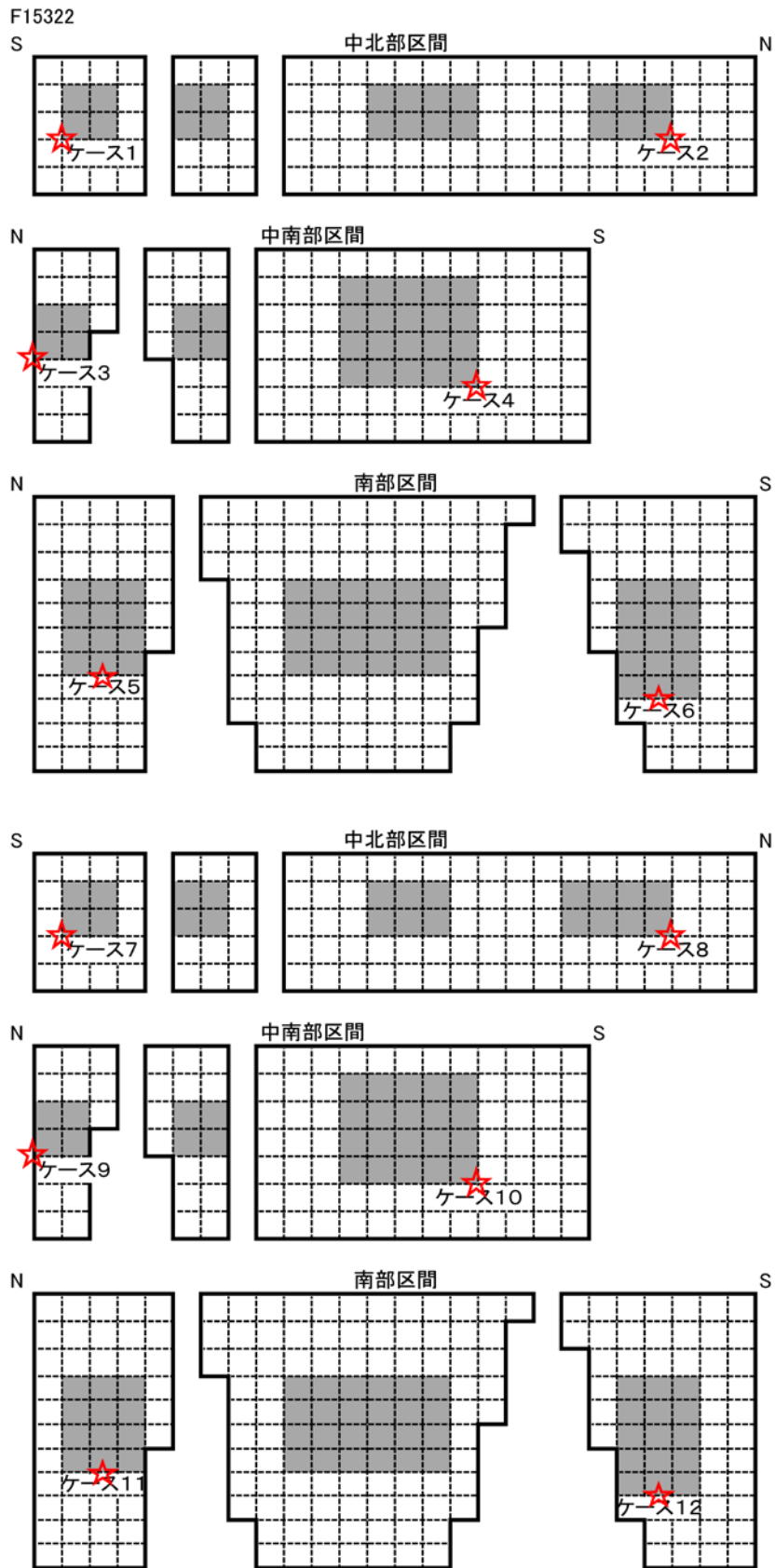


図 3.4-24 糸魚川－静岡構造線断層帯中北部区間～南部区間が同時に活動する地震の震源モデル模式図。

F15331

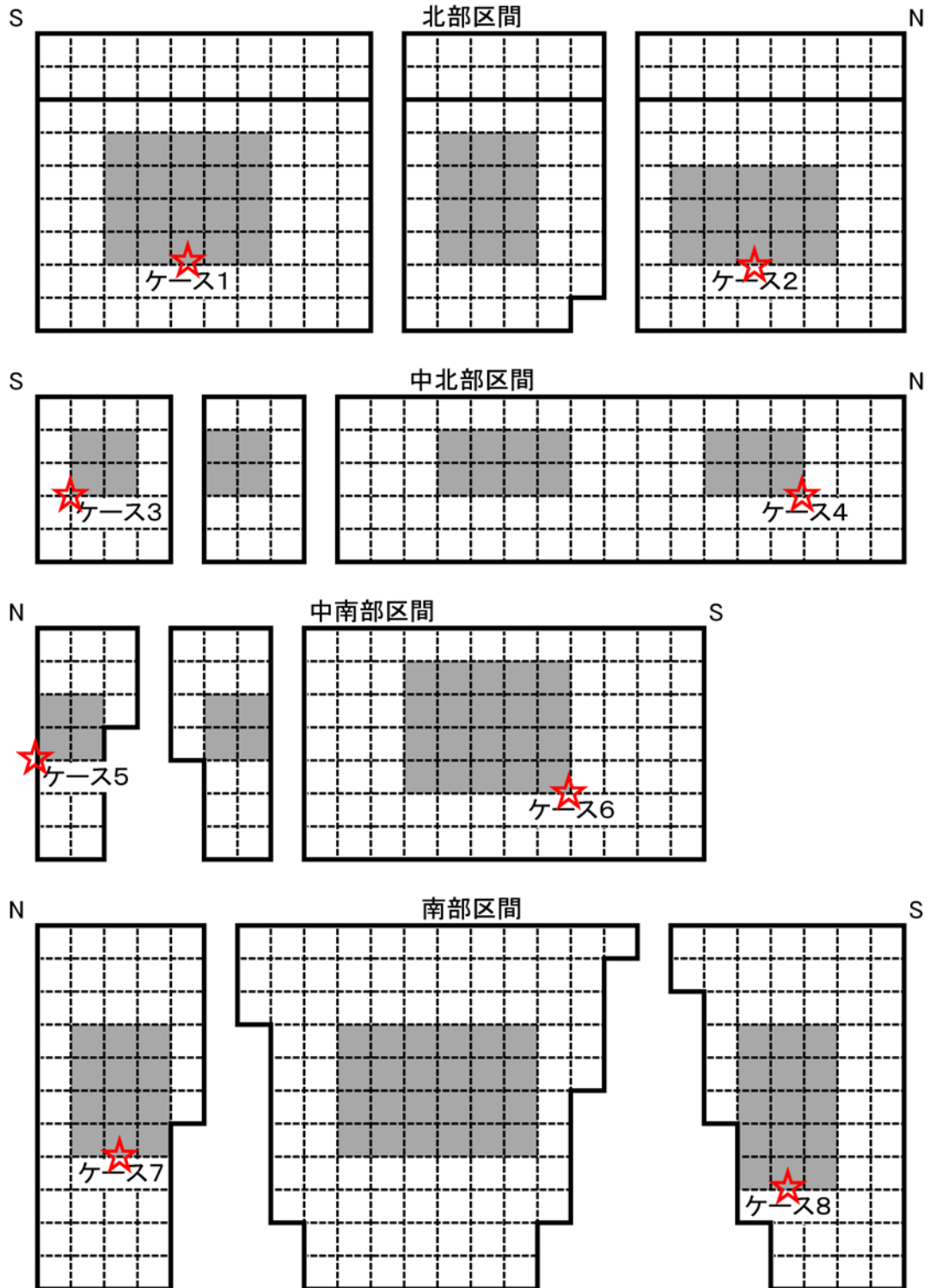


図 3.4-25 糸魚川－静岡構造線断層帯全体が同時に活動する地震の震源モデル模式図。

F15331

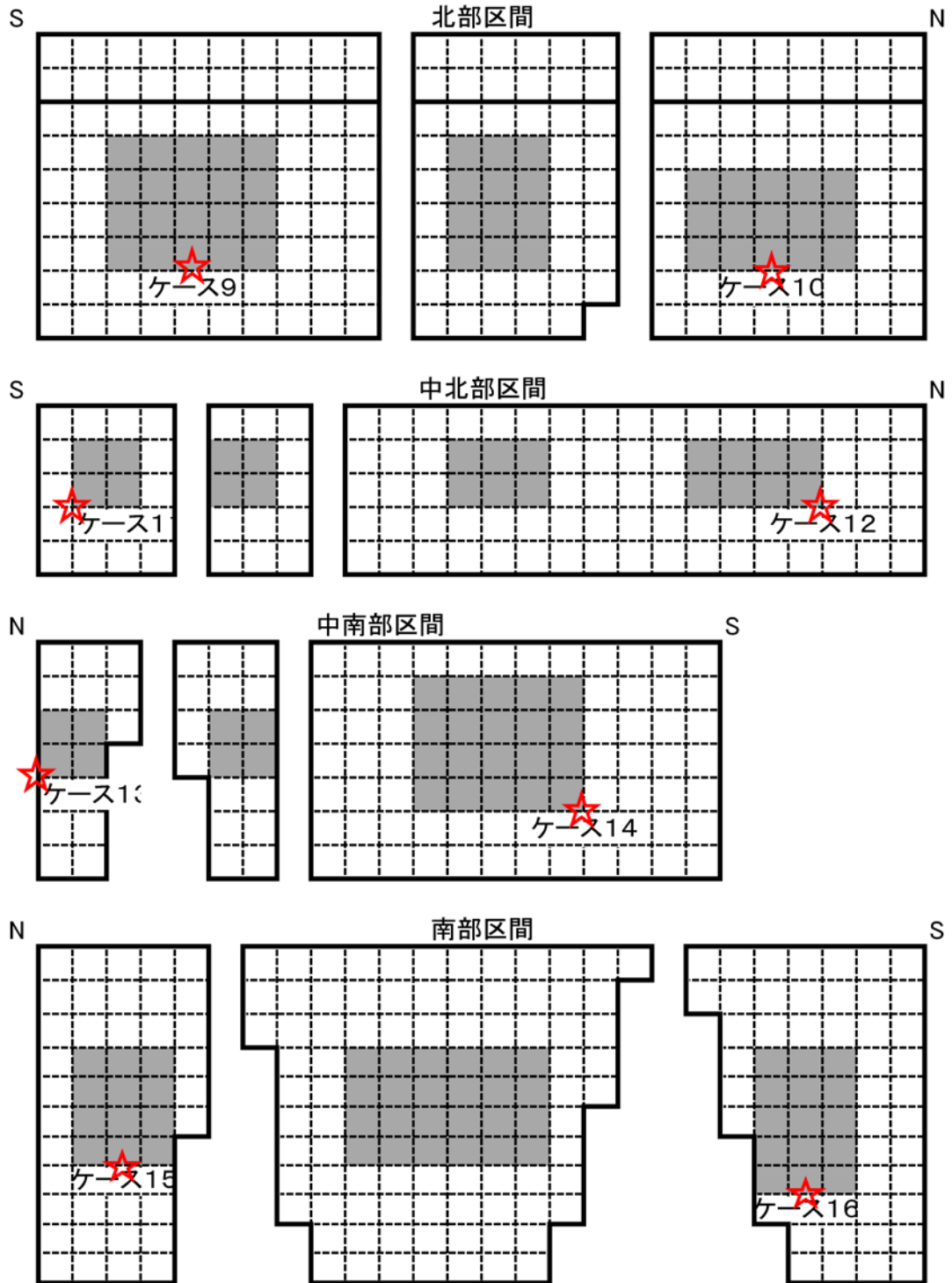


図 3.4-25 糸魚川－静岡構造線断層帯全体が同時に活動する地震の震源モデル模式図（つづき）。

(2) 計算結果

地震動シミュレーションにあたって、地下構造モデルは長周期地震動評価 2016 年試作版（地震調査委員会、2016c）で用いられた、浅部・深部統合地盤モデルに基づく深部地盤モデルを用いた。ただし、全国地震動予測地図 2016 年版（地震調査委員会、2016a）の結果と比較できるように、工学的基盤は $V_s=600\text{m/s}$ とした。計算は GMS（青井・他、2004）を用いて、周期 1 秒以上を対象として行った。図 3.4-26 に深谷断層帯単独の活動の地震について、本検討における計算速度波形と J-SHIS より公開されている全国地震動予測地図 2016 年版の速度波形と比較した例を示す。地下構造モデルが異なることにより、計算波形に若干の違いが見られるものの、大局的には似た波形となっている。

東京都庁、神奈川県庁、千葉県庁および埼玉県庁位置における工学的基盤上の速度波形の例（各地震のケース 1）を図 3.4-27～図 3.4-30 に、速度応答スペクトル（減衰定数 5%）を図 3.4-31～図 3.4-34 にそれぞれ示す。震源が関東平野内にある深谷断層および綾瀬川断層との同時活動において、大きな振幅となっており、速度応答スペクトルは周期によっては 100cm/s を超えている。また、糸魚川－静岡構造線断層帯による地震動も、南関東地域に対しては震源から遠いにもかかわらず 1) のスラブ内地震の結果と比べても大きな振幅となっており、速度応答スペクトルも 20cm/s 以上となっているケースも少なくない。

なお、本検討では「レシピ」に従った震源モデルのため、震源断層モデルの上端深さが地震発生層の上端深さ（2～5km）となっており、地表（0km）とはなっていない。しかしながら、平成 28 年熊本地震においては地表に明瞭な断層が現れ、地表付近において数 m 程度の変位が現れている場所もあることが確認されており、大きな長周期地震動が震源断層ごく近傍の熊本県西原村の震度計で記録されている。従って、このような地震発生層以浅の地表付近の大きなすべりをモデル化することにより、活断層の地震で発生する長周期地震動は、特に震源断層ごく近傍において本検討の計算結果よりも大きくなる可能性が高い。この点に関しては、地表付近の詳細な断層の位置・形状やすべり（破壊）過程のモデル化手法の確立に向けた検討が必要である。

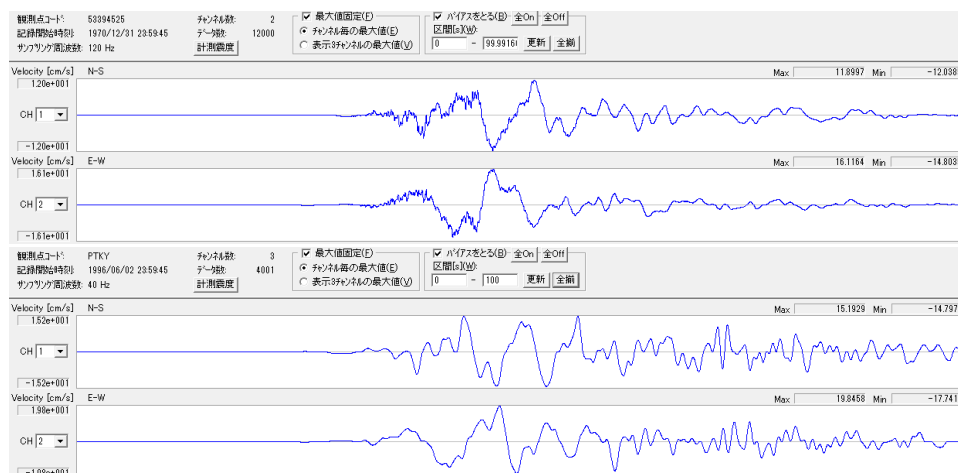


図 3.4-26 深谷断層帯が単独で活動する地震の速度波形の比較（上；J-SHIS、下：本検討）。

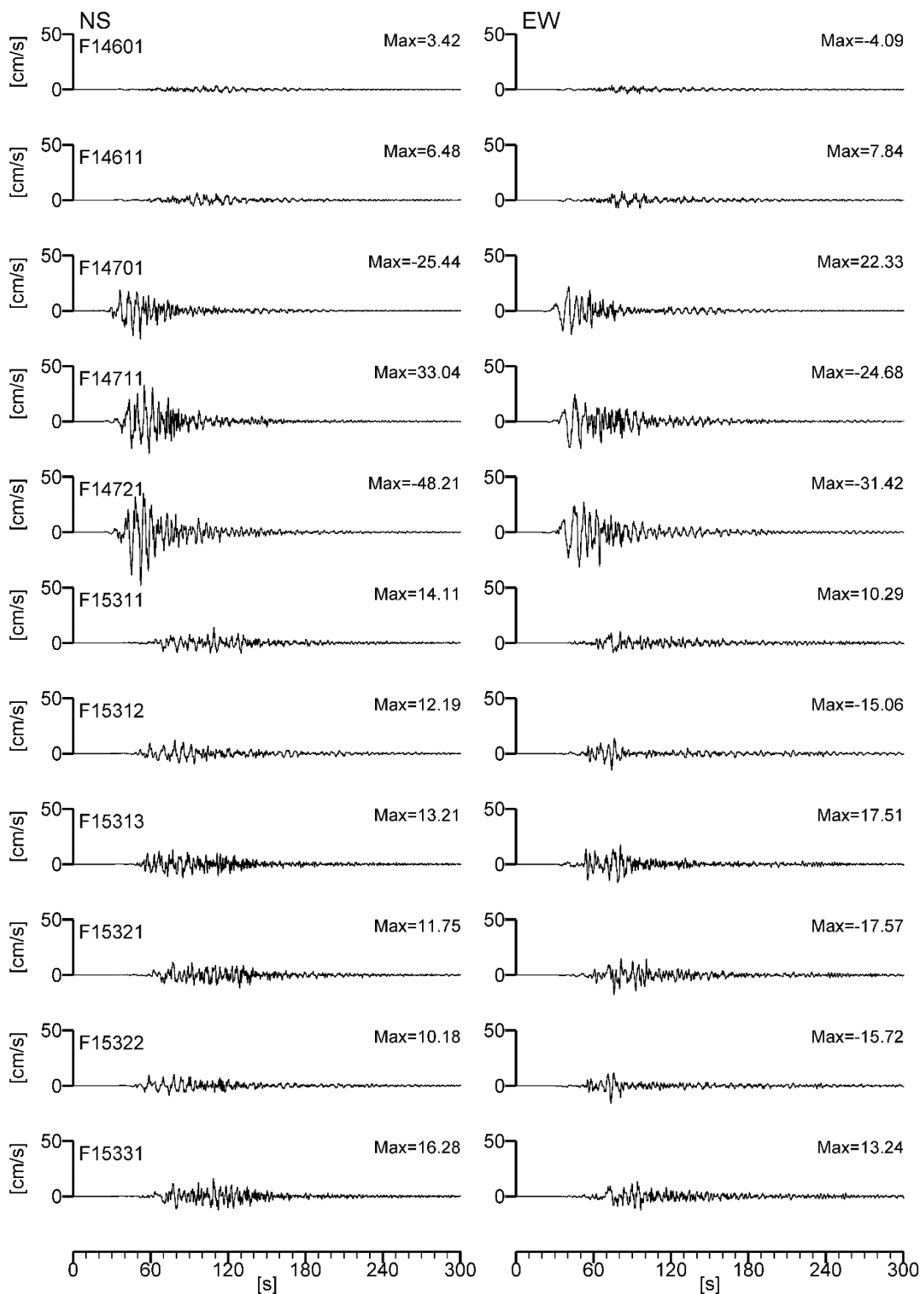


図 3.4-27 地震動シミュレーション結果（速度波形；東京都庁位置）。

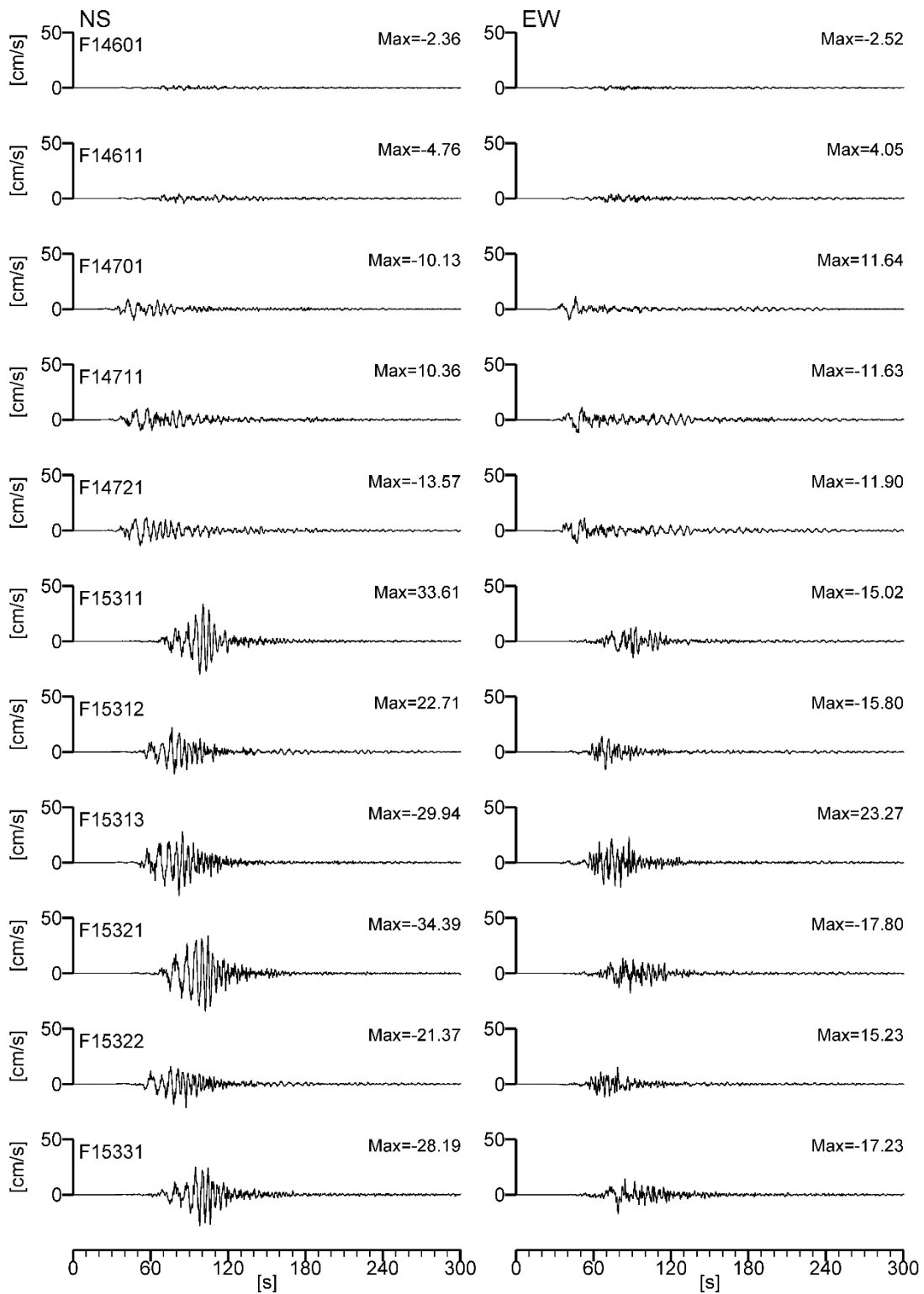


図 3.4-28 地震動シミュレーション結果（速度波形；神奈川県庁位置）。

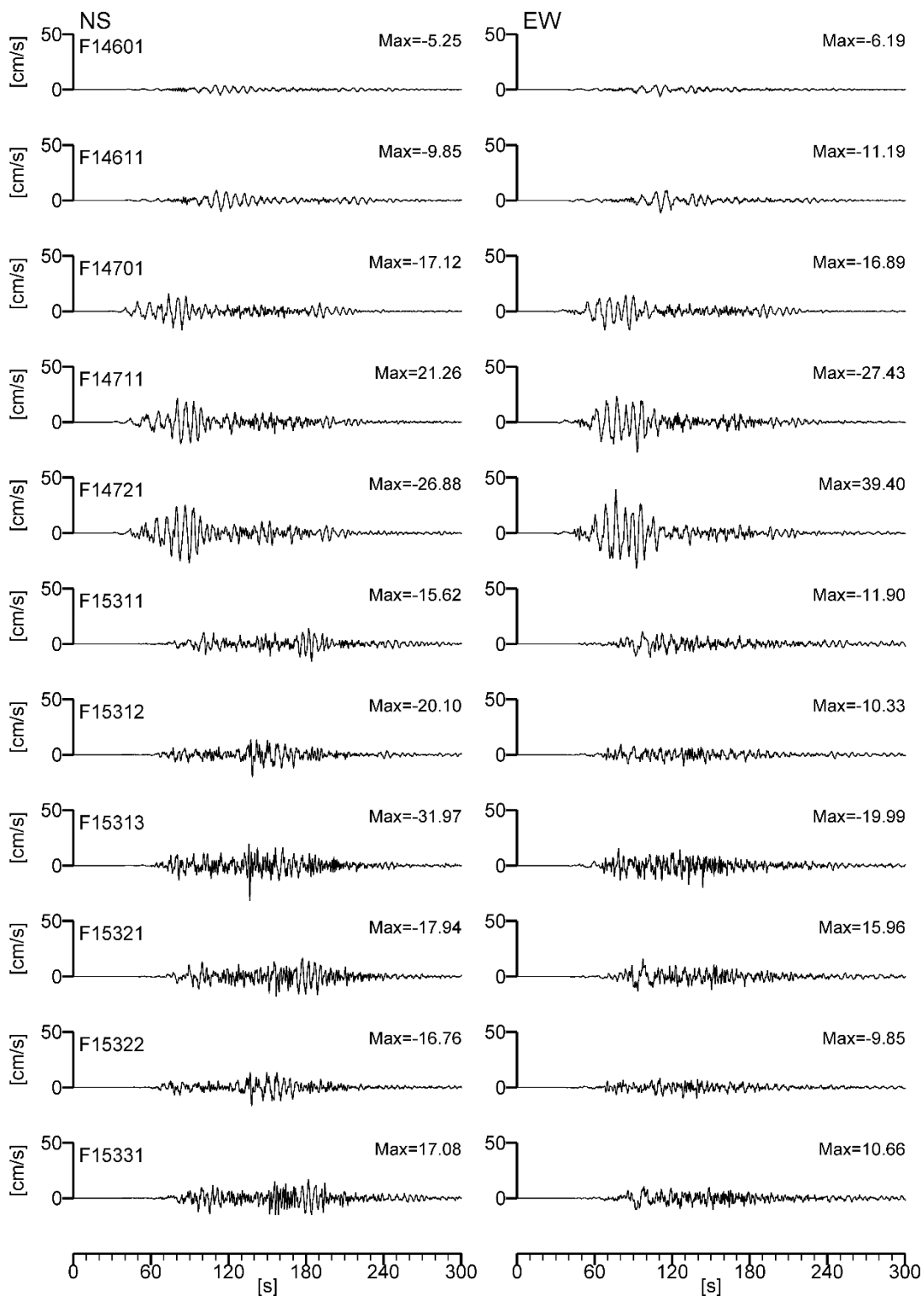


図 3.4-29 地震動シミュレーション結果（速度波形；千葉県庁位置）。

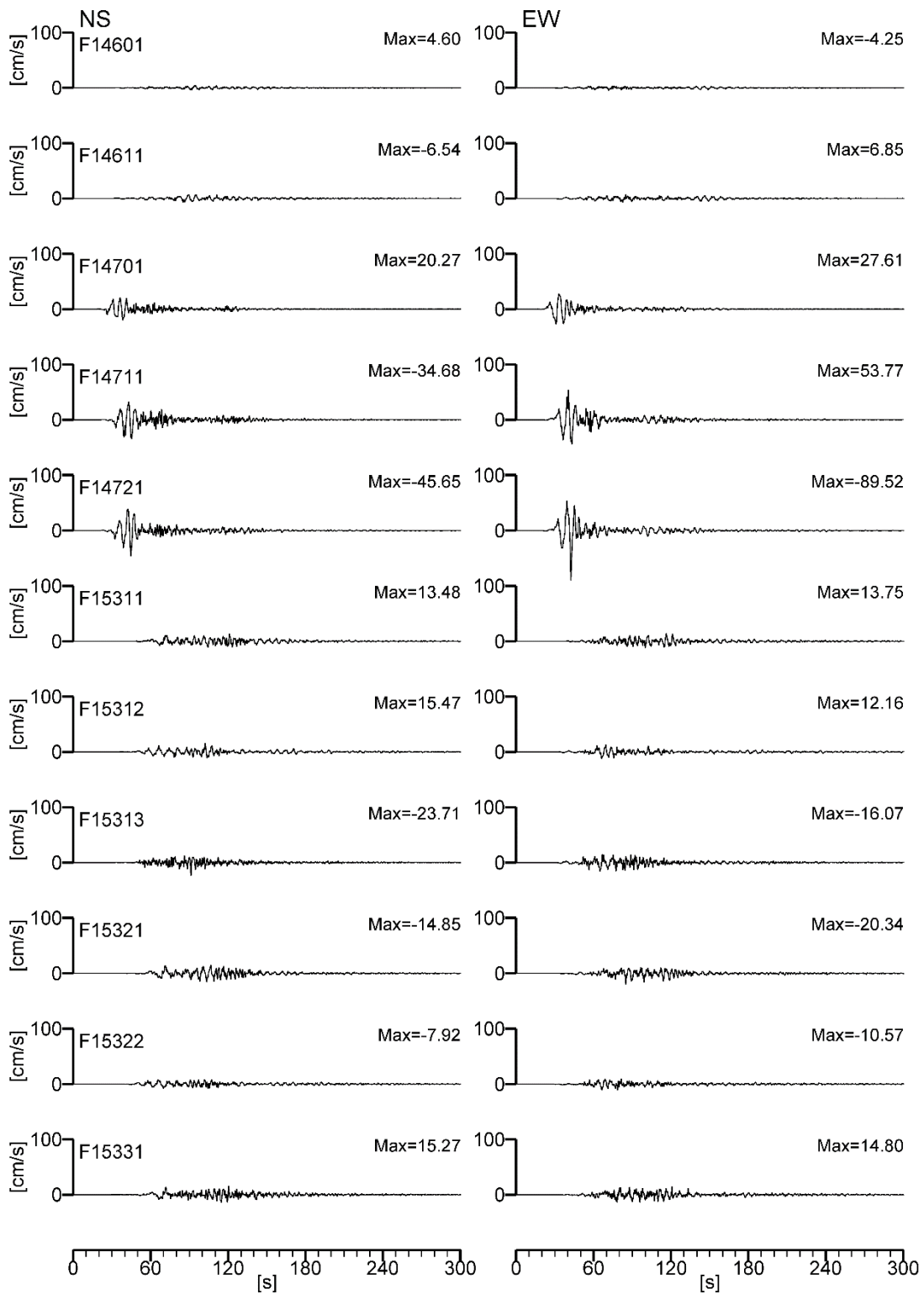


図 3.4-30 地震動シミュレーション結果（速度波形；埼玉県庁位置）。

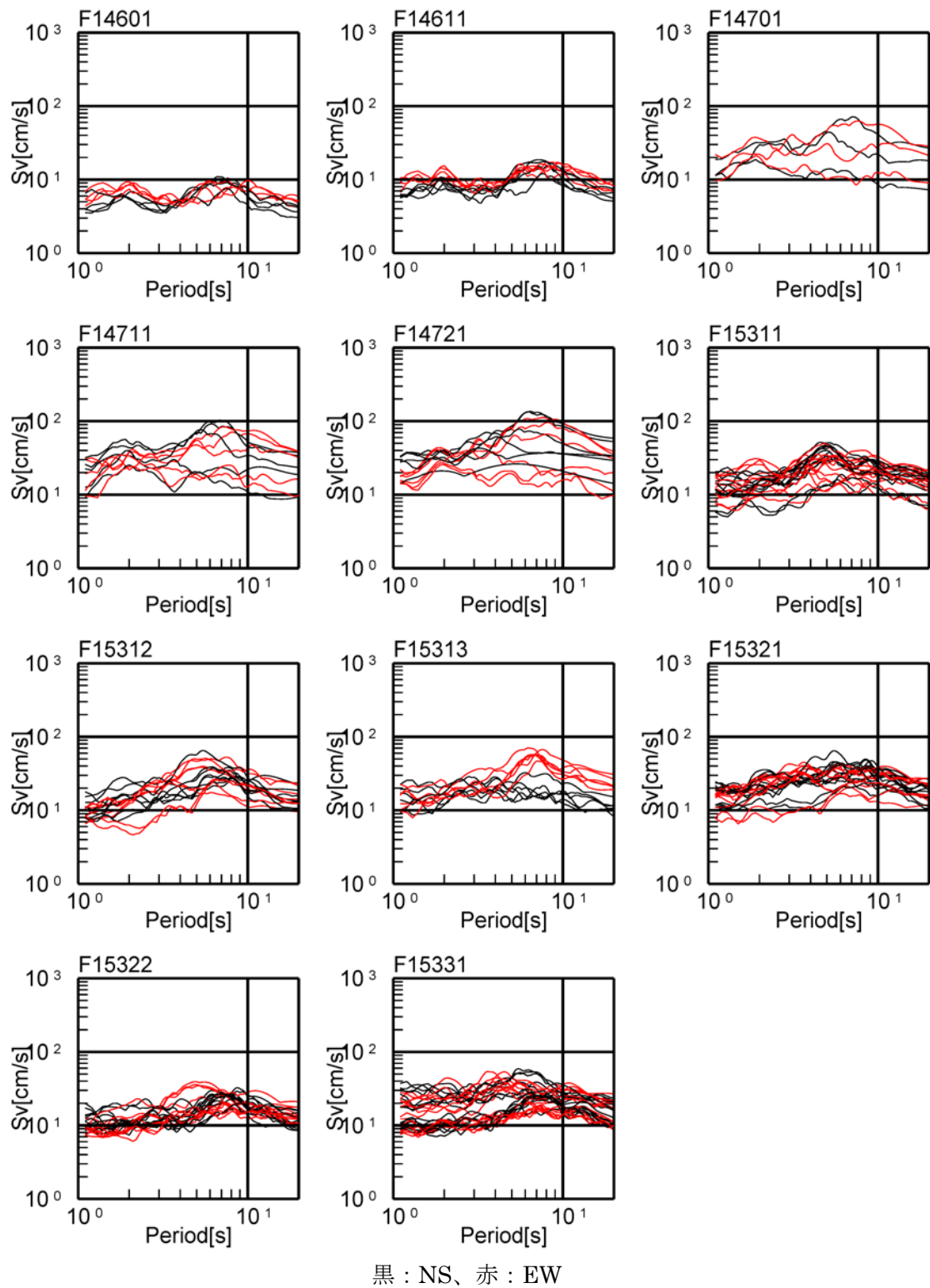


図 3.4-31 地震動シミュレーション結果（速度応答スペクトル；東京都庁位置）。

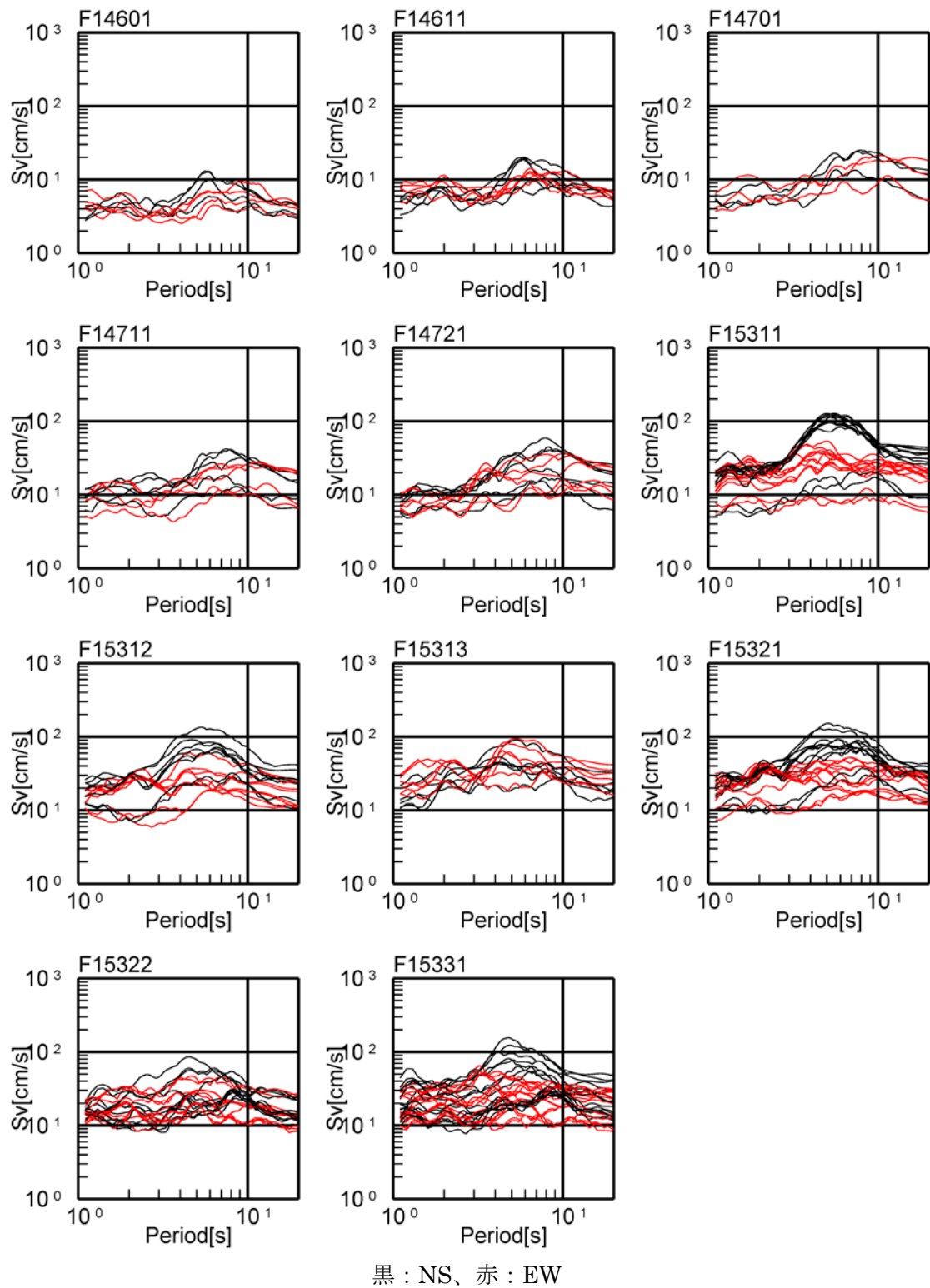


図 3.4-32 地震動シミュレーション結果（速度応答スペクトル；神奈川県庁位置）。

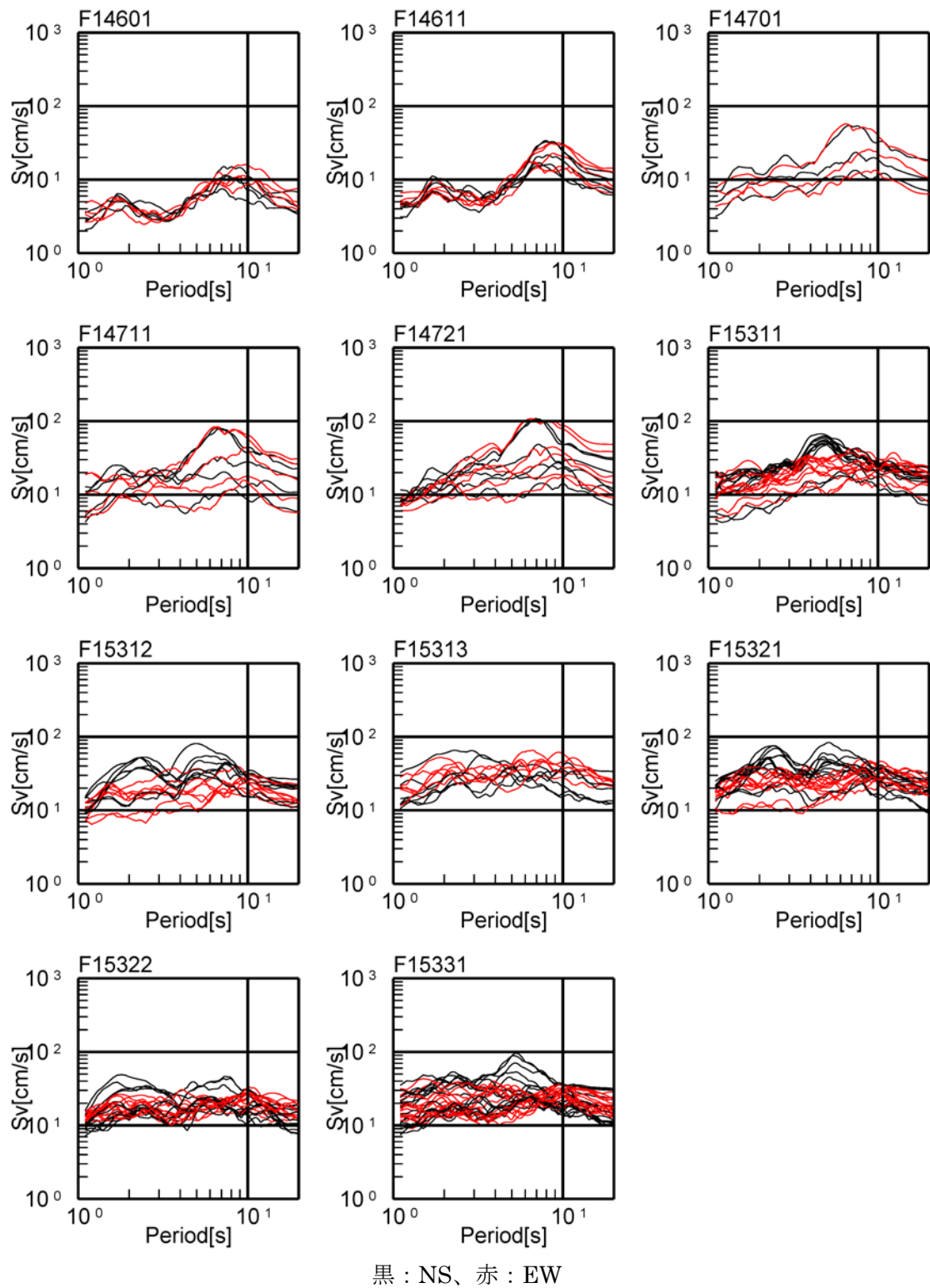


図 3.4-33 地震動シミュレーション結果（速度応答スペクトル；千葉県庁位置）。

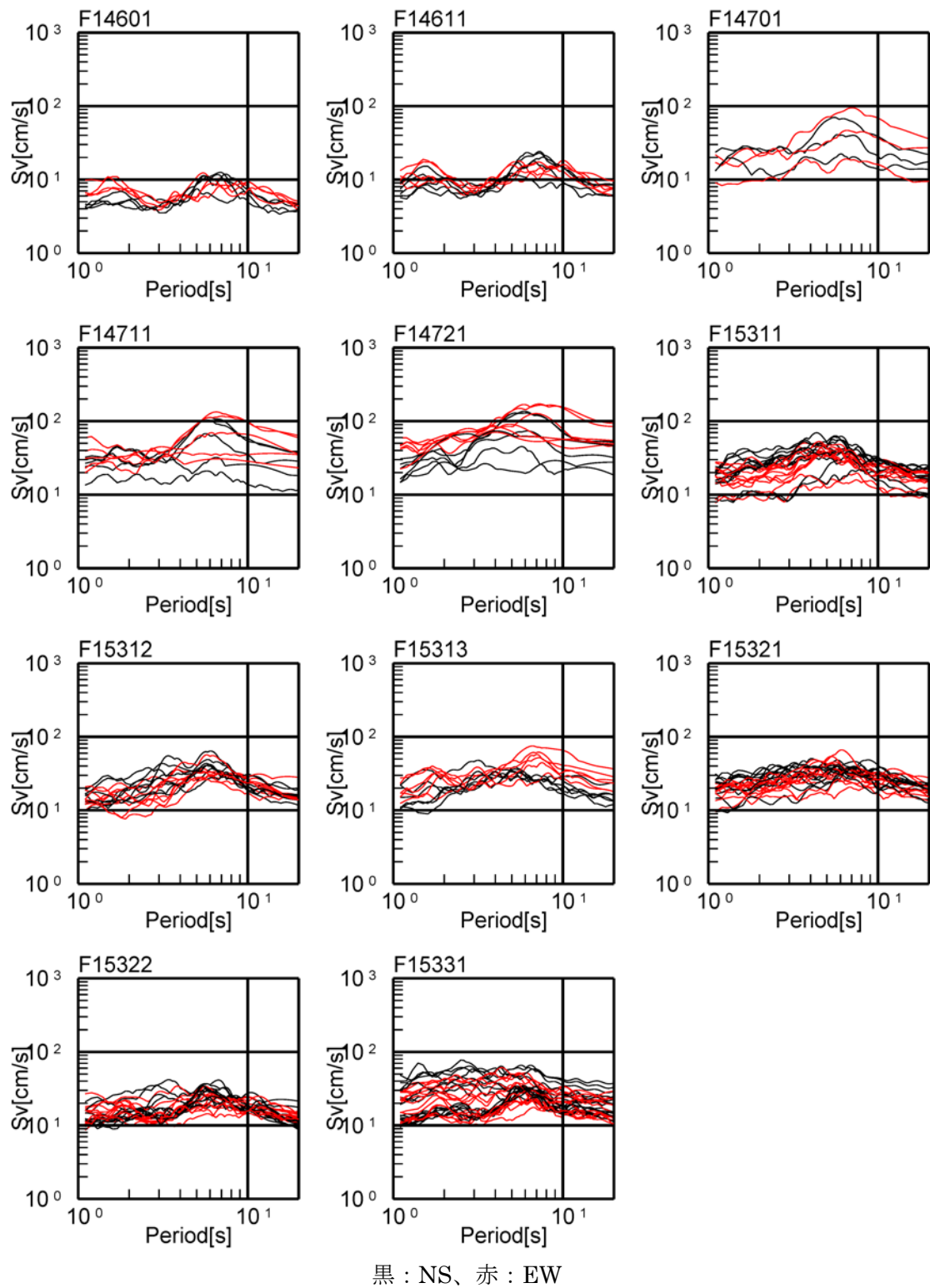


図 3.4-34 地震動シミュレーション結果（速度応答スペクトル；埼玉県庁位置）。

(3) 国府津－松田断層帯のモデル化に関する検討

国府津－松田断層帯は、関東地域の活断層の長期評価（第一版）（地震調査委員会、2014）において、『』と評価されている。このような海溝型巨大地震と同時に陸域の活断層が活動する地震は、近代的な地震観測が開始されて以後世界的にも事例がなく、どのような地震動が放出されるか不明である。従って、現状で考えられる複数のモデル化手法を考慮する必要がある。

一つは、通常の活断層と同様に扱い、「レシピ」の活断層で発生する地震のモデル化を行うことである。現時点においても一つ考えられるモデルとして、長周期地震動評価 2016 年試作版（地震調査委員会、2016c）の相模トラフ巨大地震の震源域において、プレート上面深さが 10km 以浅の場合にすべり速度時間関数を中村・宮武（2000）による近似式ではなく、smoothed ramp を用いてゆっくりと滑る様子をモデル化したものがある。

(c) 結論および今後の課題

相模トラフ沿いのマグニチュード 7 クラスのスラブ内地震による関東平野内での長周期地震動の大きさを見積もるため、スラブ内地震の震源モデルについて整理し、短周期レベルやアスペリティ面積について整理した。その結果「レシピ」に従ってモデル化した震源モデルにより長周期地震動を計算することの妥当性を確認した。このことを踏まえ、安静江戸地震を想定したマグニチュード 7 クラスのスラブ内地震の地震動シミュレーションを行った。その結果、比較的震源に近い東京都庁、埼玉県庁、千葉県庁および神奈川県庁位置で計算された地震動に関して、震度に大きく影響を及ぼす地震動の短周期成分がやや過小評価の可能性のあるものの、周期 2 秒程度以上の地震動強さは、減衰定数 5% の速度応答スペクトルで 20cm/s 以下となった。ただし、地震調査委員会による確率論的地震動予測地図では、関東直下において太平洋プレートのスラブ地震もモデル化されており、その最大規模は M8.2 となっている。発生頻度は低いものの、マグニチュード 8 クラスのスラブ内地震による長周期地震動についても検討の余地が残されている。

一方、関東地域周辺の活断層について、長さが 50km を超え規模が大きくなる地震を対象として長周期地震動シミュレーションを行った。その結果計算された長周期地震動は、関東平野内にある深谷断層帯・綾瀬川断層、ならびに、規模が大きくなる糸魚川－静岡構造線断層帯の 3 区間以上が同時に活動する地震において、減衰定数 5% の速度応答スペクトルが 100cm/s を超える結果も見られた。

ただし、本検討では「レシピ」に従って震源断層上端を 2～5km と設定している。平成 28 年熊本地震を踏まえると、今後、規模の大きな活断層で発生する地震に関しては、地震発生層以浅についても震源断層としてモデル化する必要があり、その場合、長周期地震動は本検討の結果よりもさらに大きくなる可能性が高い。今後、詳細なモデル化手法の確立が必要である。

相模トラフ巨大地震と同時に活動すると評価されている国府津－松田断層帯に関して、従来の活断層で発生する地震を対象としたモデル化手法による震源モデルに加え、相模ト

ラフ巨大地震の長周期地震動評価において、プレート上面深さが 10km 以浅の震源域に対して仮定した、すべり速度時間関数が smoothed ramp 型となる、短周期成分の地震動があまり励起されない震源モデルの可能性を挙げた。

(d) 引用文献

- 青井真・早川俊彦・藤原広行 (2004) : 地震動シミュレータ : GMS, 物理探査, 57, 651-666.
- 青井真・関口春子・功刀卓・森川信之・本多亮・藤原広行 (2005) : 近地強震波形記録を用いた波形インバージョンによる 2003 年宮城県沖地震の震源破壊過程, 月刊地球, pp. 29-34.
- 新井健介・壇一男・石井透・花村正樹・藤原広行・森川信之 (2015) : 強震動予測のためのスラブ内地震の断層パラメータ設定方法の提案, 日本建築学会構造系論文集, 第 80 巻, 第 716 号, 1537-1547.
- 浅野公之・岩田知孝・入倉孝次郎 (2004) : 2003 年 5 月 26 日宮城県沖で発生したスラブ内地震の震源モデルと強震動シミュレーション, 地震, 第 2 輯, Vol. 57, pp. 171-185.
- Asano, K., T. Iwata, and K. Irikura (2004) : Characterization of source models of shallow intraslab earthquakes using strongmotion data, Proceedings of 13th WCEE, no. 835.
- 浅野公之・岩田知孝 (2010) : 経験的グリーン関数法による 2009 年 8 月 11 日駿河湾の地震(M_{JMA} 6.5)の震源モデルの推定と強震動シミュレーション, 北海道大学地球物理学研究報告, No.73, pp. 137-147.
- Baker, Glenn Eli and Charles A. Langston (1987) : Source parameters of the 1949 magnitude 7.1 south Puget Sound, Washington, earthquake as determined from long-period body waves and strong ground motions, Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 77, No. 5, pp. 1530-1557.
- 防災科学研究所 (2001) : 2001 年 4 月 3 日静岡県中部の地震活動, 地震予知連絡会会報, 第 66 巻, 5-4, pp. 241-244.
- 壇一男・渡辺基史・佐藤俊明・石井透 (2001) : 断層の非一様すべり破壊モデルから算定される短周期レベルと半経験的波形合成法による強震動予測のための震源断層のモデル化, 日本建築学会構造系論文集, 第 545 号, pp. 51-62.
- 壇一男・武藤尊彦・宮腰淳一・渡辺基史 (2006) : スラブ内地震による強震動を予測するための特性化震源モデルの設定方法, 日本建築学会構造系論文集, No. 600, pp. 35-42.
- Delouis, Bertrand and Denis Legrand (2007) : Mw 7.8 Tarapaca intermediate depth earthquake of 13 June 2005 (northern Chile): Fault plane identification and slip distribution by waveform inversion, Geophysical Research Letters, Vol. 34, L01304.
- Garcia, D., Shri Krishna Singh, Miguel Herraiz, Javier Francisco Pacheco, and M. Ordaz: Inslab earthquakes of central Mexico (2004) : Q, source spectra, and stress drop, Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 94, No. 3, pp. 789-802.
- Global CMT (Harvard CMT): Global CMT CatalogSearch, (<http://www>.

- globalcmt.org/CMT se arch. html 2017/2/27 参照).
- 原田怜・釜江克宏 (2011) : 2011 年 4 月 7 日宮城県沖のスラブ内地震の震源のモデル化, 京都大学原子炉実験所 (http://www.rri.kyoto-u.ac.jp/jishin/eq/tohoku2/20110407miyagioki_slab.pdf, 2017/2/16 参照).
- Harada S., K. Kamae, H. Kawabe, and H. Uebayashi (2012) : Source modeling of the off Miyagi Intraslab Earthquake ($M_{JMA} = 7.1$) occurred on April 7, 2011, Proceedings of 15th WCEE.
- Hernandez, B., N. M. Shapiro, S. K. Singh, J. F. Pacheco, F. Cotton, M. Campillo, A. Iglesias, V. Cruz, J. M. Gomez, and L. Alcantara (2001) : Rupture history of September 30, 1999 intraplate earthquake of Oaxaca, Mexico ($M_W=7.5$) from inversion of strong-motion data, *Geophysical Research Letters*, Vol.28, No. 2, pp. 363-366.
- 引間和人・山中佳子・瀧本一樹・菊地正幸 (2003) : 強震動・遠地実体波による 2003 年 5 月 26 日宮城県沖の地震の震源過程, 日本地震学会講演予稿集, p.179, 2003.
- Ichinose, Gene A., Hong Kie Thio, and Paul G. Somerville (2004) : Rupture process and near-source shaking of the 1965 Seattle-Tacoma and 2001 Nisqually, intraslab earthquakes, *Geophysical Research Letters*, Vol. 31, L10604.
- Ichinose, Gene A., Hong Kie Thio, and Paul G. Somerville (2006) : Moment tensor and rupture model for the 1949 Olympia, Washington, earthquake and scaling relations for Cascadia and global intraslab earthquakes, *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol. 96, No. 3, pp. 1029-1037.
- 池田孝・武村雅之・加藤研一 (2002) : 強震記録に基づく北海道周辺のやや深発地震の高振動数成分の励起特性, 日本建築学会構造系論文集, 第 560 号, pp. 67-73.
- 池田孝・武村雅之・加藤研一 (2004) : 強震記録に基づくフィリピン海プレート内で発生するスラブ内地震の高振動数成分の励起特性- 北海道・東北地方のスラブ内地震との比較 -, 日本建築学会構造系論文集, 第 586 号, pp. 53-61.
- 池田隆明・釜江克宏・小長井一男・高瀬裕也 (2014) : 特性化震源モデルを用いた 2014 年伊予灘の地震の強震動シミュレーション, 土木学会第 69 回年次学術講演会, I-429, pp.857-858.
- Iwata, T. and K. Asano (2011) : Characterization of the heterogeneous source model of intraslab earthquakes toward strong ground motion prediction, *Pure Appl. Geophys.*, Vol. 168, pp. 117-124.
- 地震調査委員会(2016a) : 「全国地震動予測地図 2016 年版」(平成 28 年 6 月 10 日公表).
- 地震調査委員会(2016b) : 「全国地震動予測地図 2016 年版」(平成 28 年 6 月 10 日公表), 別冊, 震源断層を特定した地震の強震動予測手法(「レシピ」)(平成 28 年 6 月 10 日改訂).
- 地震調査委員会(2016c) : 長周期地震動評価 2016 年試作版—相模トラフ巨大地震の検討—(平成 28 年 10 月 9 日公表).
- 川辺秀憲・釜江克宏・上林宏敏 (2011) : 2009 年駿河湾の地震($M_j6.5$)の震源モデル, 日本

- 建築学会大会(北陸), pp.707-708.
- Kikuchi, M. and H. Kanamori (1995) : The Shikotan earthquake of October 4, 1994: lithospheric earthquake, *Geophysical Research Letters* 22, pp. 1025-1028.
- 菊地正幸 (2003) : リアルタイム地震学, 東京大学出版, pp. 142-143.
- 国土地理院 (2003) : 2003年5月26日宮城県沖の地震に伴う地殻変動について, 地理院報道発表資料5月26日 (<http://www.gsi.go.jp/WNEW/PRESS-RELEASE/2003-0527.html>, 2017/2/16 参照).
- 倉橋奨・入倉孝次郎・宮腰研・正木和明 (2009) : 2009年駿河湾を震源とする地震の震源モデルの構築と波形シミュレーション, 日本地震学会講演予稿集秋季大会, P1-20, p.160.
- 森川信之・笹谷努・藤原広行 (2002) : 経験的グリーン関数法によるスラブ内地震の震源モデルの構築, 第11回日本地震工学シンポジウム.
- Morikawa, N. and T. Sasatani (2004) : Source models of two large intraslab earthquakes from broadband strong ground motions, *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol. 94, pp. 803-817.
- Morikawa, N. and H. Fujiwara (2013) : A New Ground Motion Prediction Equation for Japan Applicable up to M9 Mega-Earthquake, *Journal of Disaster Research*, Vol.8, No.5, pp.878-888.
- 森川信之・藤原広行 (2015) : 海溝型プレート内地震のための地震動予測式の補正項に関する検討, 日本地球惑星科学連合大会 2015 予稿集, SSS25-14.
- Nishimura, I. et al (2001) : Response Spectra for design purpose of stiff structures on rock sites, *SMiRT 16*, Paper#1133.
- 野津厚 (2003) : 表層地盤の非線形挙動を考慮した 1993年釧路沖地震の強震動シミュレーション, *土木学会地震工学論文集*, Vol. 27, No. 0202, pp. 1-8.
- 野津厚 (2010) : 2009年8月11日駿河湾の地震(M_j6.5)の特性化震源モデル, 日本建築学会大会(北陸), pp.705-706.
- Ohta, Y., S. Miura, M. Ohzono, S. Kita, T. Iinuma, T. Demachi, K. Tachibana, T. Nakayama, S. Hirahara, S. Suzuki, T. Sato, N. Uchida, A. Hasegawa, and N. Umino (2011) : Large intraslab earthquake (2011 April 7, M 7.1) after the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake (M 9.0): Coseismic fault model based on the dense GPS network data, *Earth Planets Space*, Vol. 63, pp. 1207-1211.
- Okada, T. and A. Hasegawa (2003) : The M7.1 May 26, 2003 off-shore Miyagi Prefecture Earthquake in northeast Japan: Source process and aftershock distribution of an intra-slab event, *Earth Planets Space*, Vol. 55, pp. 731-739.
- Santoyo, Miguel A., Shri K. Singh, and T. Mikumo (2005) : Source process and stress change associated with the 11 January, 1997 (M_w=7.1) Michoacan, Mexico inslab earthquake, *Geofisica Internacional*, Vol. 44, No.4, pp. 317-330.
- 笹谷努・森川信之・前田宣浩 (2006) : スラブ内地震の震源特性, 北海道大学地球物理学研究報告, No. 69, pp. 123-134.

- Sasatani, T., N. Takai, M. Shigefuji, Y. Miyahara, W. Kawabata, and Y. Okazaki (2012) : Source characteristics of large outer rise earthquakes in the Pacific Plate, Proceedings of 15th WCEE.
- 佐藤智美 (2010) : スペクトルインバージョンと経験的グリーン関数法に基づく 2009 年駿河湾の地震の震源モデルの推定, 日本建築学会構造系論文集, Vol. 75, No. 658, pp. 2153-2162.
- 佐藤智美 (2013) : 東北地方のアウトラーイズ地震, スラブ内地震, プレート境界地震の短周期レベルと f_{\max} 及び距離減衰特性, 日本建築学会構造系論文集, Vol. 78, No. 699, pp. 1227-1236.
- 佐藤智美 (2015) 表面波と散乱波を経験的に考慮した統計的グリーン関数生成手法に基づく 1987 年千葉県東方沖地震(M_J6.7)の強震動シミュレーション, 日本地震工学会論文集, 第 15 巻, 第 7 号 (特集号), pp.34-48.
- 佐藤智美 (2016a) : 太平洋プレートの海溝型地震の広帯域震源モデルに基づく微視的断層パラメータの特性, 日本建築学会構造系論文集, 第 724 号, pp. 937-947.
- 佐藤智美 (2016b) : 経験的グリーン関数法に基づく 1855 年安政江戸地震の広帯域震源モデルと首都圏及び広帯域での地震動の推定, 日本建築学会構造系論文集, 第 727 号, pp.1423-1433.
- Seno, Tetsuzo and Masaki Yoshida (2004) : Where and why do large shallow intraslab earthquakes occur?, Physics of the Earth and Planetary Interiors, Vol. 141, pp. 183-206.
- 芝良昭・野口科子 (2012) : 広帯域地震動を規定する震源パラメータの統計的特性-震源インバージョン解析に基づく検討-, 地球工学研究所 電力中央研究所報告書, N11054, pp.1-28.
- 首都直下地震モデル検討会 (2013) : 首都直下の M7 クラスの地震及び相模トラフ沿いの M8 クラスの地震等の震源断層モデルと震度分布・津波高等に関する報告書.
- 染井一寛・宮腰研・岡崎敦 (2012) : 経験的グリーン関数法から推定した 2011 年 4 月 7 日宮城県沖のスラブ内地震の震源モデル, 日本建築学会大会, pp. 85-86.
- 染井一寛・宮腰研・入倉孝次郎 (2012) : 強震波形インバージョンから推定した 2011 年 4 月 7 日宮城県沖のスラブ内地震の震源過程, 日本地震学会大会, P3-50, p. 251.
- Somerville, P., K. Irikura, R. Graves, S. Sawada, D. Wald, N. Abrahamson, Y. Iwasaki, T. Kagawa, N. Smith, and A. Kowada (1999) : Characterizing crustal earthquake slip models for the prediction of strong ground motion, Seismological Research Letters, Vol. 70, No. 1, pp. 59-80.
- Suzuki, W., S. Aoi, and H. Sekiguchi (2009) : Rupture process of the 2008 northern Iwate, intraslab, earthquake derived from strong motion records, Bull. Seism. Soc. Am. Vol.99, pp. 2825-2835.
- Takeo M., S. Ide, and Y. Yoshida (1993) : THE 1993 KUSHIRO-OKI JAPAN EARTHQUAKE A HIGH STRESS-DROP EVENT IN A SUBDUCTING SLAB,

GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS, Vol. 20, No. 23, pp. 607-2610.

上野寛・追田浩司・吉田康宏 (2009) : 近地強震波形を用いた駿河湾の地震(平成 21 年 8 月 11 日; $M_j6.5$)の震源過程解析, 日本地震学会講演予稿集秋季大会, P1-19, p.160.

宇佐美龍夫 (2003) : 最新版日本地震被害総覧, 東京大学出版会.

宇佐美龍夫・大和探査技術株式会社 (編) (1994) : わが国の歴史地震の震度分布・等震度線図, 日本電気協会.

八木勇治 (2003) : 2003 年 5 月 26 日宮城県沖で発生した地震(M_{jma} 7.0)の震源過程, 建築研究 所
(http://iisee.kenken.go.jp/staff/yagi/eq/east_honshu20030526/east_honshu200305_26-j.html, 2017/2/16 参照).

山中佳子・菊地正幸 (2003) : 5 月 26 日宮城県沖地震 ($M_j7.0$) 東京大学・地震火山情報センター・EIC 地震学ノート (http://www.eic.eri.u-tokyo.ac.jp/EIC/EIC_News/030526n.html, 2017/2/16 参照), No. 135.

山中佳子 (2011) : 4 月 7 日宮城沖地震($M7.4$), 名古屋大学地震 火山・防災研究センター リアルタイム地震学・NGY 地震学ノート, No. 37, (http://www.seis.nagoya-u.ac.jp/sanchu/Seismo_Note/2011/NGY37.html, 2017/2/16 参照).