

### 3. 海洋プレート内地震の地震動評価の検討

#### 3.1 スラブ内地震の地震動解析

##### 3.1.1 2016年アラスカ Iniskin 地震の地震観測記録の収集及び波形処理

2016年アラスカ Iniskin 地震の際に、表 3.1.1-1 及び図 3.1.1-1 に示す強震観測点で観測記録が得られている。同図には本震の震央位置もプロットしている。これらの観測点で得られた観測記録を CESMD (Center for Engineering Strong Motion Data) のウェブサイト (<https://www.strongmotioncenter.org/index.html>) より収集して、加速度波形を積分することによって速度波形に変化した。また、加速度波形を用いて、フーリエスペクトル、速度応答スペクトルを計算した。入手できた観測記録について波形処理により得られた加速度波形、速度波形、速度応答スペクトル及びフーリエスペクトルを図 3.1.1-3～図 3.1.1-41 に示す。

一方、2015年発生した Iliamna 地震の際に、図 3.1.1-2 に示す強震観測点（表 3.1.1-1 にある HOM と FIRE の 2 観測点）で観測記録が得られている。同図には本震の震央位置もプロットしている。これらの観測点で得られた観測記録を CESMD (Center for Engineering Strong Motion Data) のウェブサイト (<https://www.strongmotioncenter.org/index.html>) より収集して、加速度波形を積分することによって速度波形に変化した。また、加速度波形を用いて、フーリエスペクトル、速度応答スペクトルを計算した。波形処理により得られた加速度波形、速度波形、速度応答スペクトル及びフーリエスペクトルを図 3.1.1-42 と図 3.1.1-43 に示す。

これらの図から、当該地震の観測記録を適切に収集し処理されていることが分かった。

表 3.1.1-1 2016 年アラスカ Iniskin 地震の観測点リスト

Network		Station	Station Name	N.Lat	W.Long
ID	Name				
NP	NSMP	8029	AK:Anchorage;Tudor Elem Sch	61.174	149.850
NP	NSMP	8049	AK:Kodiak;Fire Dept HQ	57.791	152.406
NP	NSMP	8050	AK:Kodiak Is;USCG AS Admin Bld	57.741	152.504
NP	NSMP	8051	AK:Kodiak Is;USCG AS Hanger 1	57.737	152.504
NP	NSMP	8035	AK:Kodiak;Chiniak Sch	57.614	152.234
NP	NSMP	AJKS	Mt Kiliak, Eagle River, AK	60.242	149.276
AK	UAGI	FIRE	Fire Island, AK	61.143	150.216
AK	UAGI	K220	AK: Anchorage;Kincaid Park	61.154	150.055
NP	NSMP	8037	Anchorage - NOAA Weather Fac	61.156	149.985
NP	NSMP	8021	AK:Anchorage;Klatt Elem Sch	61.113	149.910
AK	UAGI	K210	AK:Anchorage;Mears Jr HS	61.129	149.931
AK	UAGI	K204	AK:Anchorage;Signature Fit Sup	61.176	150.012
NP	NSMP	8039	AK:Anchorage;FS 07 (new)	61.142	149.951
AK	UAGI	K221	AK:Anchorage;St James Ortho Ch	61.152	149.951
NP	NSMP	8007	AK:Anchorage;Intl Arpt	61.182	149.997
AK	UAGI	K222	AK:Anchorage;Chapel by the Sea	61.088	149.837
AK	UAGI	K213	AK:Anchorage;ASD Operation Ctr	61.113	149.859
NP	NSMP	8036	AK:Anchorage;DOI OAS	61.178	149.966
NP	NSMP	8025	Anchorage - BS Lutheran Ch	61.147	149.894
NP	NSMP	ALUK	Aluka Dr, Anchorage, AK	61.103	149.816
AK	UAGI	K208	AK:Anchorage;Spenard Rec Ctr	61.176	149.922
NP	NSMP	8027	AK:Anchorage;St Fish&Game	61.161	149.889
NP	NSMP	8041	AK:Anchorage;Turnagain ELMN	61.194	149.947
AK	UAGI	K211	AK:Anchorage;HQ Fire Dept #12	61.149	149.858
AK	UAGI	K215	AK:Anchorage;Rabbit Creek FS10	61.086	149.752
AK	UAGI	K205	AK:Anchorage;ASD Data Proc Ctr	61.200	149.914
AK	UAGI	K214	AK:Anchorage;O Malley FS08	61.123	149.768
NP	NSMP	8016	AK:Anchorage;BP Bld	61.192	149.864
AK	UAGI	K212	AK:Anchorage;BLM	61.156	149.793
NP	NSMP	2704	AK:Anchorage;Old Fed Bld	61.219	149.894
AK	UAGI	K216	AK:Anchorage;Glen Alps	61.098	149.687
NP	NSMP	8038	AK:Anchorage;FS 01 (Central)	61.218	149.883
NP	NSMP	8030	Anchorage - Police HQ	61.179	149.806
NP	NSMP	8026	AK:Anchorage;Baptist Ch Christ	61.209	149.829
AK	UAGI	K223	AK:Anchorage;Gvt Hill Elem Sch	61.234	149.868
NP	NSMP	8028	AK:Anchorage;Coll Gate Elem	61.193	149.782
AK	UAGI	K209	AK:Anchorage;Scenic Prk Bib Ch	61.185	149.747
NP	NSMP	8011	Anch - Russian Jack Spr St Pk	61.209	149.786
AK	UAGI	K203	AK:Anchorage;St Christo Epi Ch	61.220	149.745
NP	NSMP	8046	AK Anchorage - VAMC, FF	61.234	149.743
AK	UAGI	K217	AK:Anchorage;Chugiak FS	61.396	149.516
NP	NSMP	AHOU	City Hall,Houston,AK	61.632	149.797
NP	NSMP	AWPL	Wasilla Pub Lib,Wasilla,AK	61.583	149.441
AK	UAGI	PWL	Port Wells, AK	60.858	148.333
AK	UAGI	K218	AK:Anchorage;PTWC	61.593	149.133

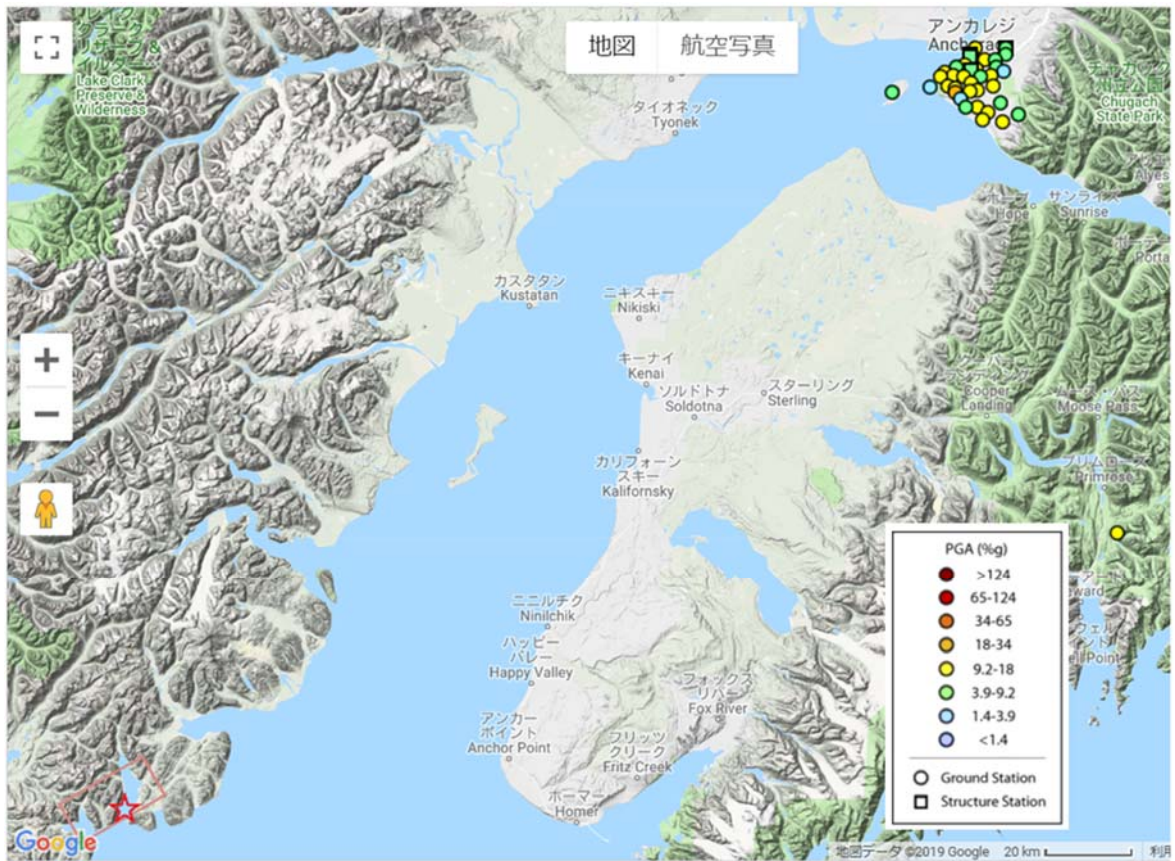


図3.1.1-1 2016年アラスカIniskin地震の震央位置と観測記録の得られている観測点の位置  
(CESMDより作成)

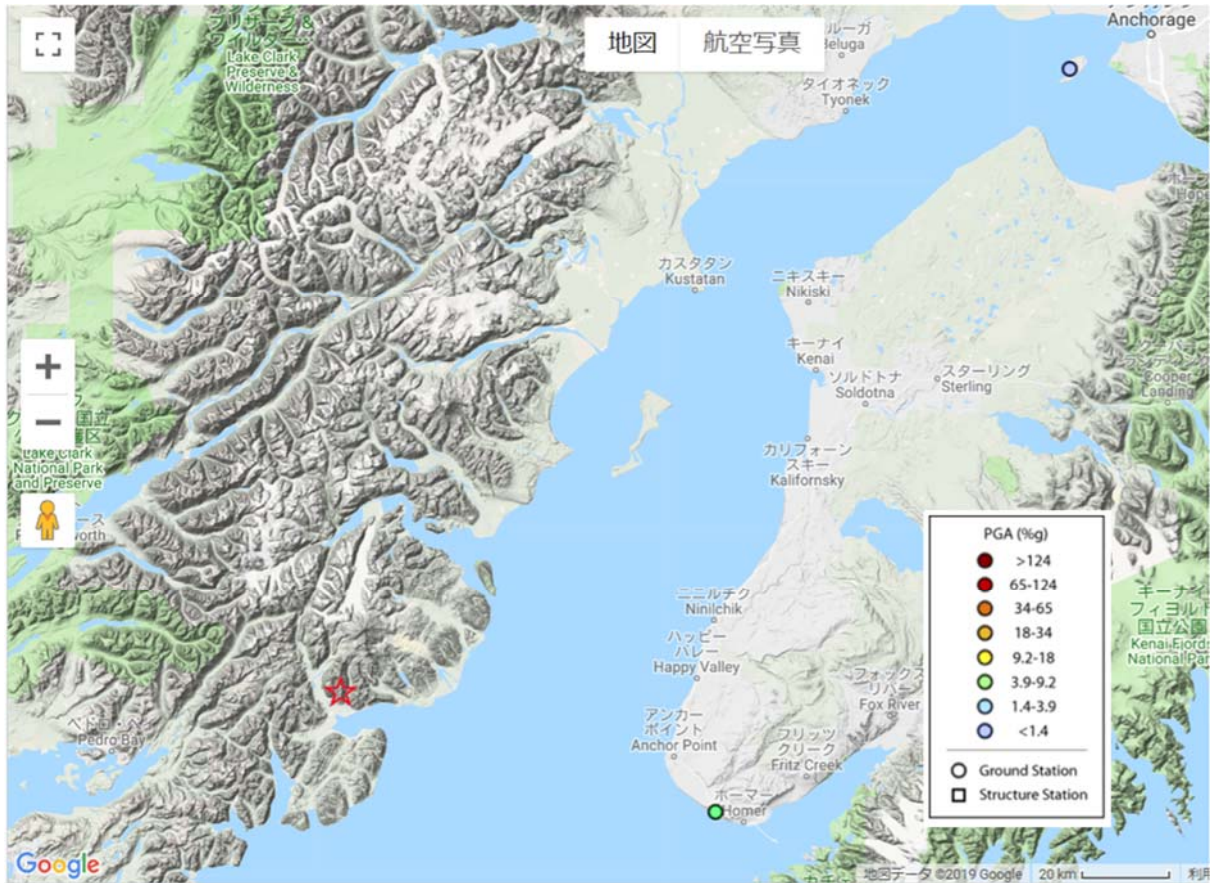
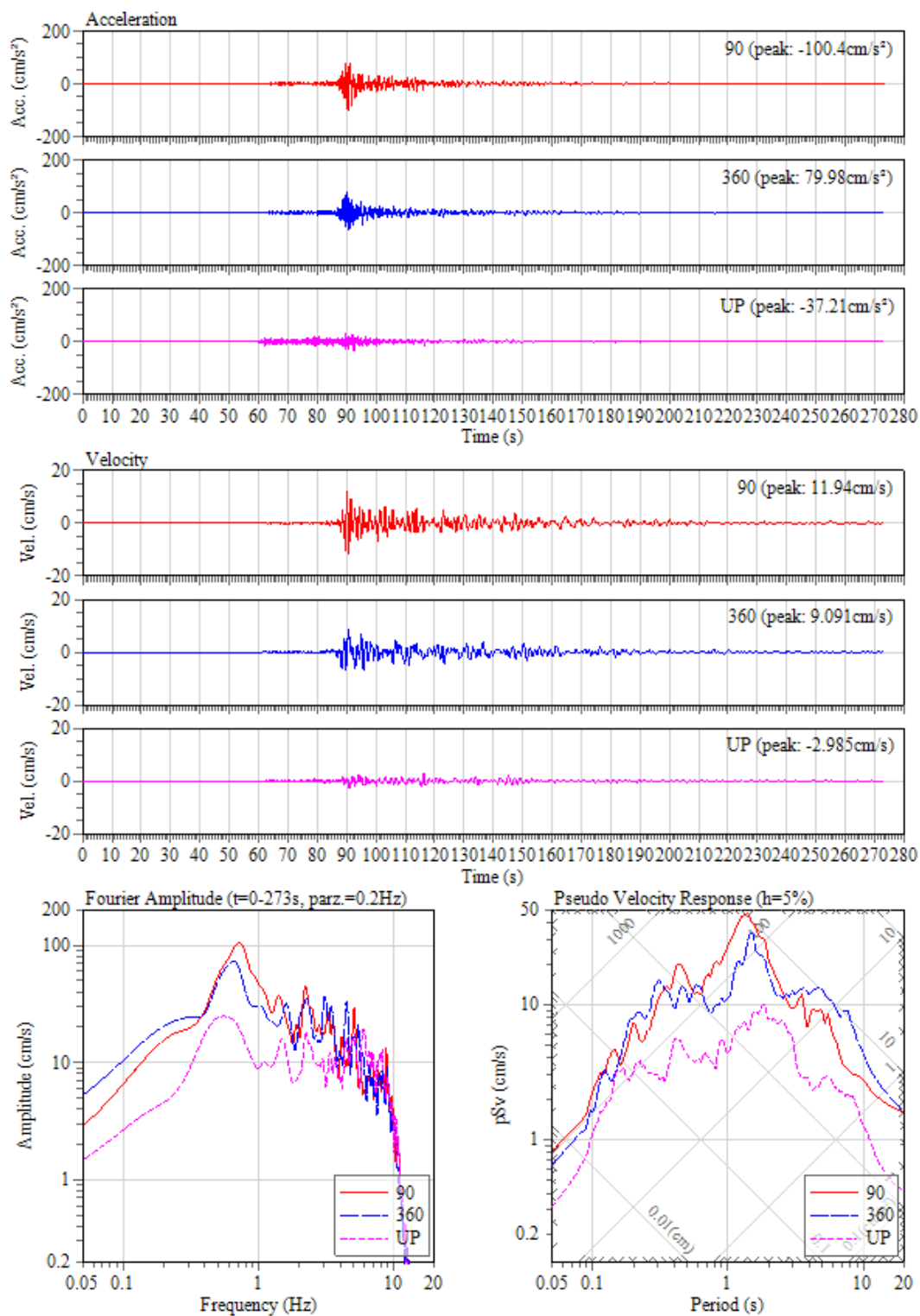


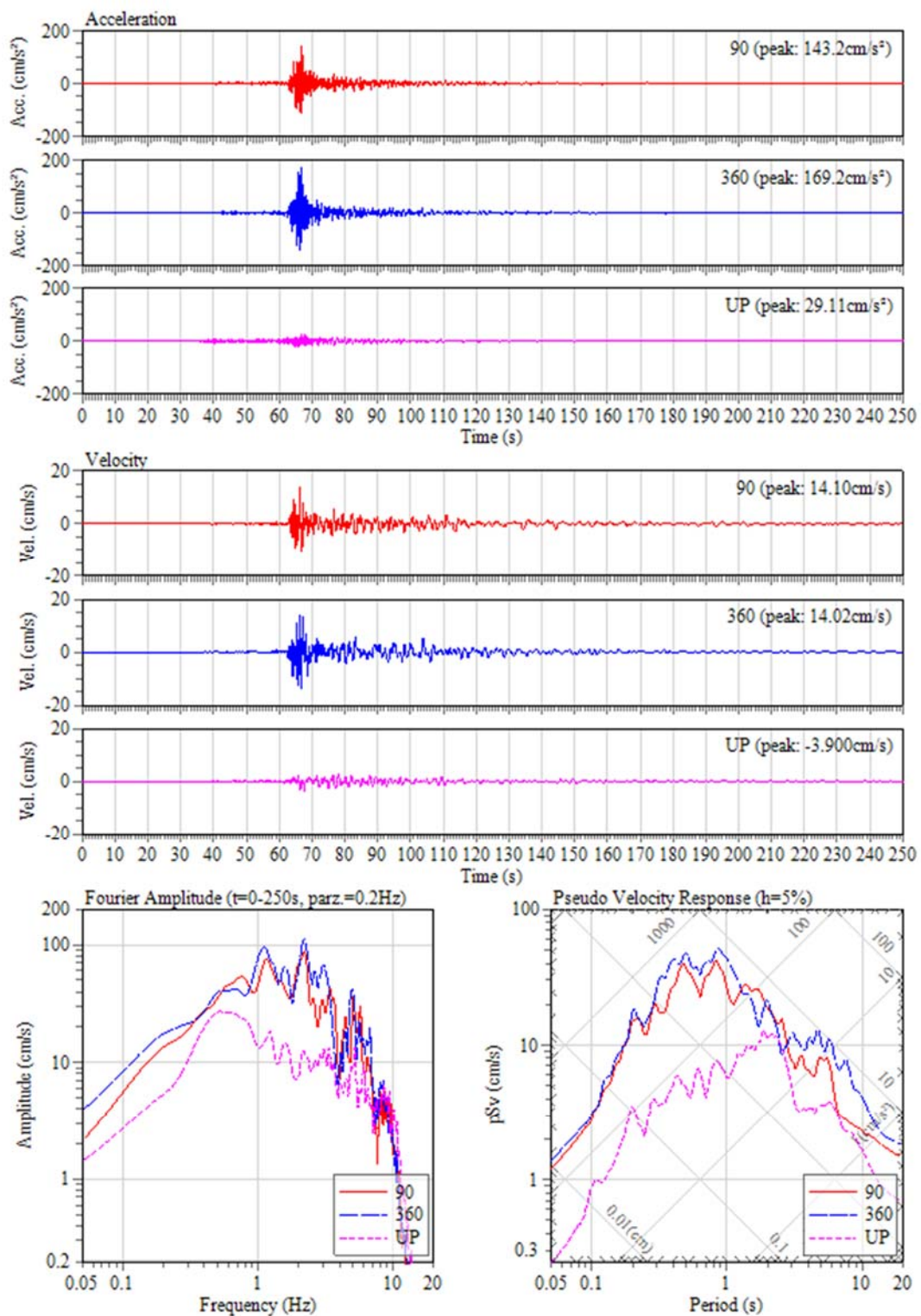
図3.1.1-2 2015年アラスカIliamna地震の震央位置と観測記録の得られている観測点の位置  
(CESMDより作成)





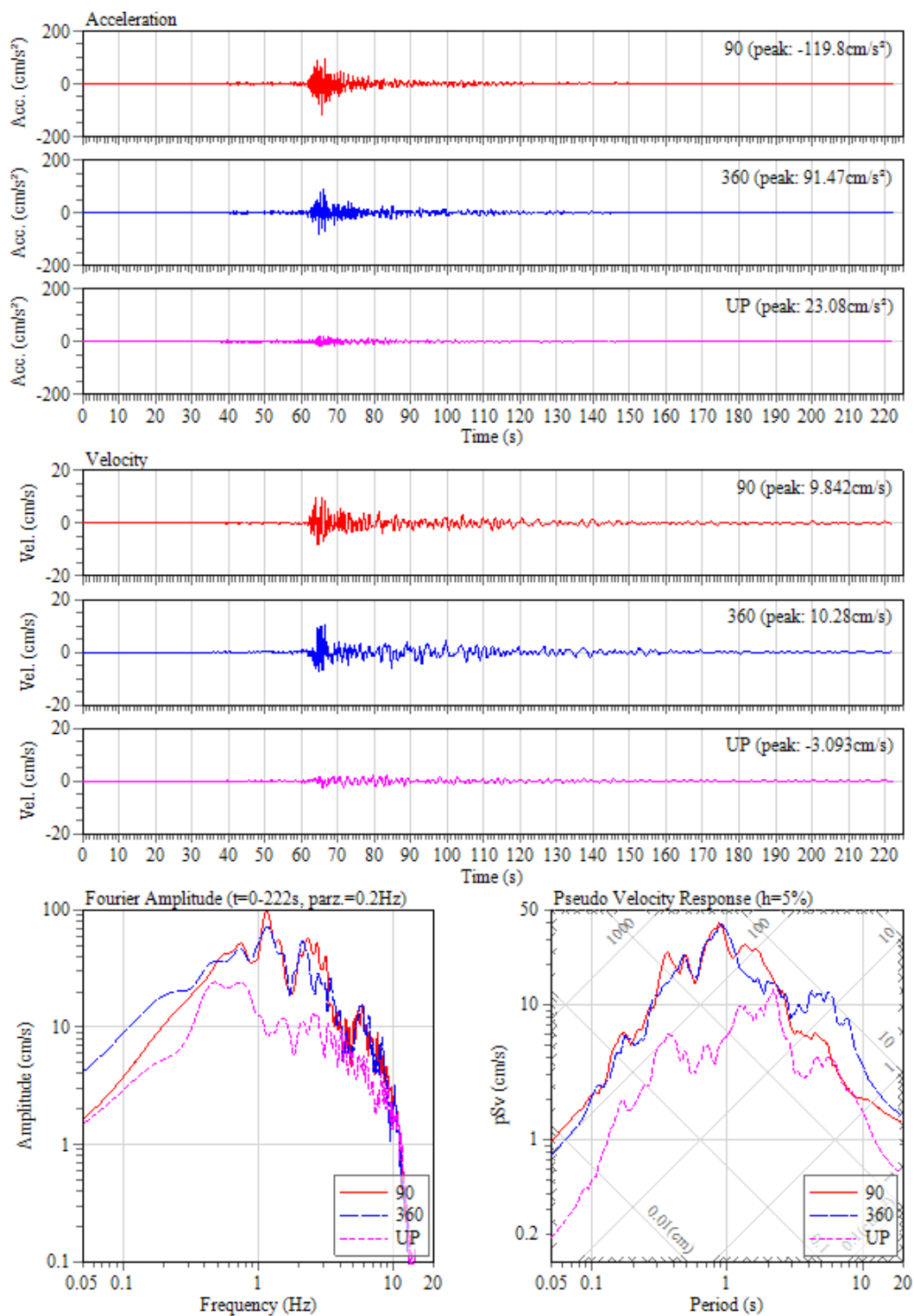
2016/01/24 10:30:10 at K204: AK:Anchorage:Fuel & Srvc CO, Intensity: 4.5

図 3.1.1-3 K204 観測点における加速度、速度波形とフーリエ・速度応答スペクトル



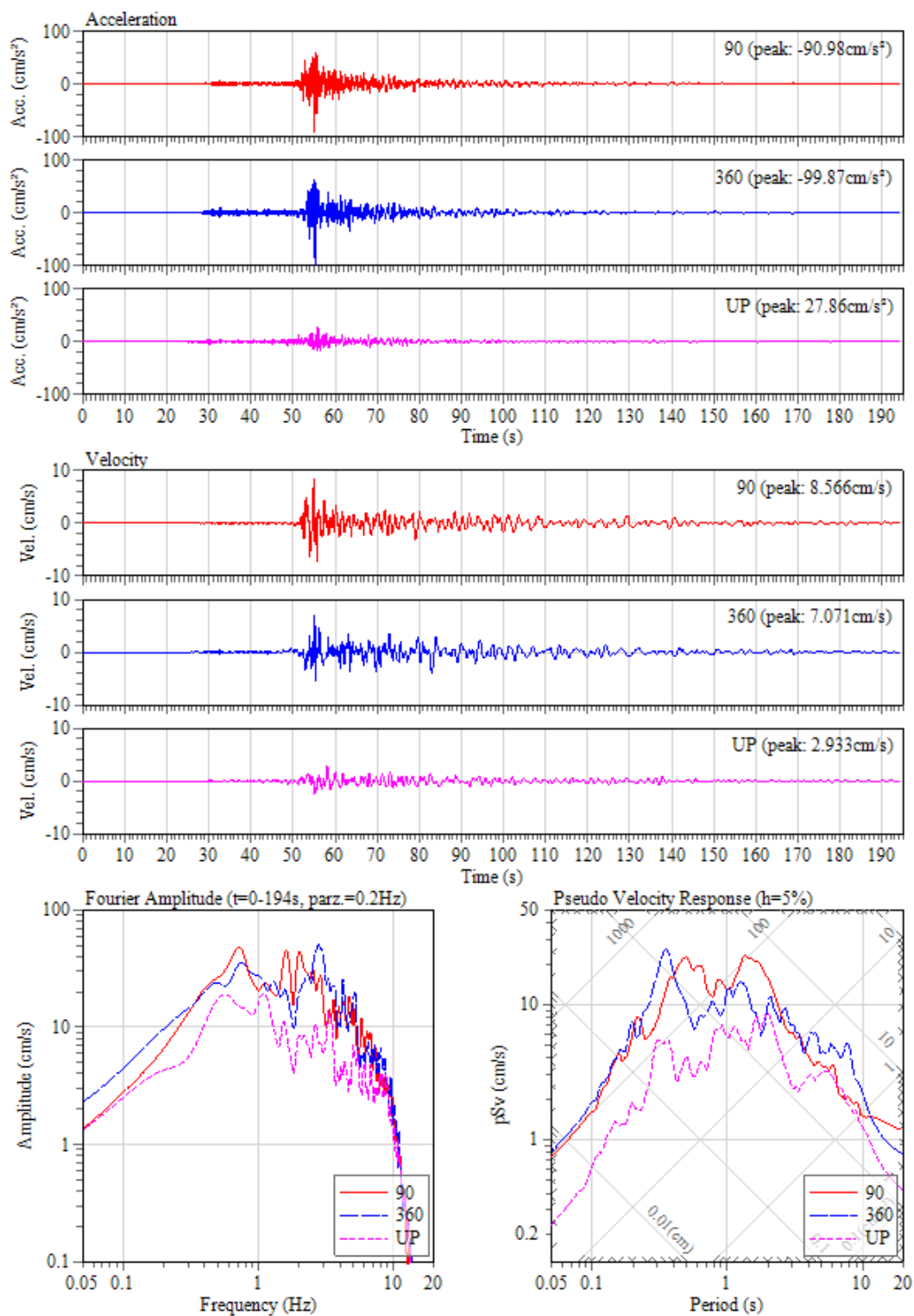
2016/01/24 10:30:34 at K205: AK:Anchorage;ASD West High Sch, Intensity: 4.9

図 3.1.1-4 K205 観測点における加速度、速度波形とフーリエ・速度応答スペクトル



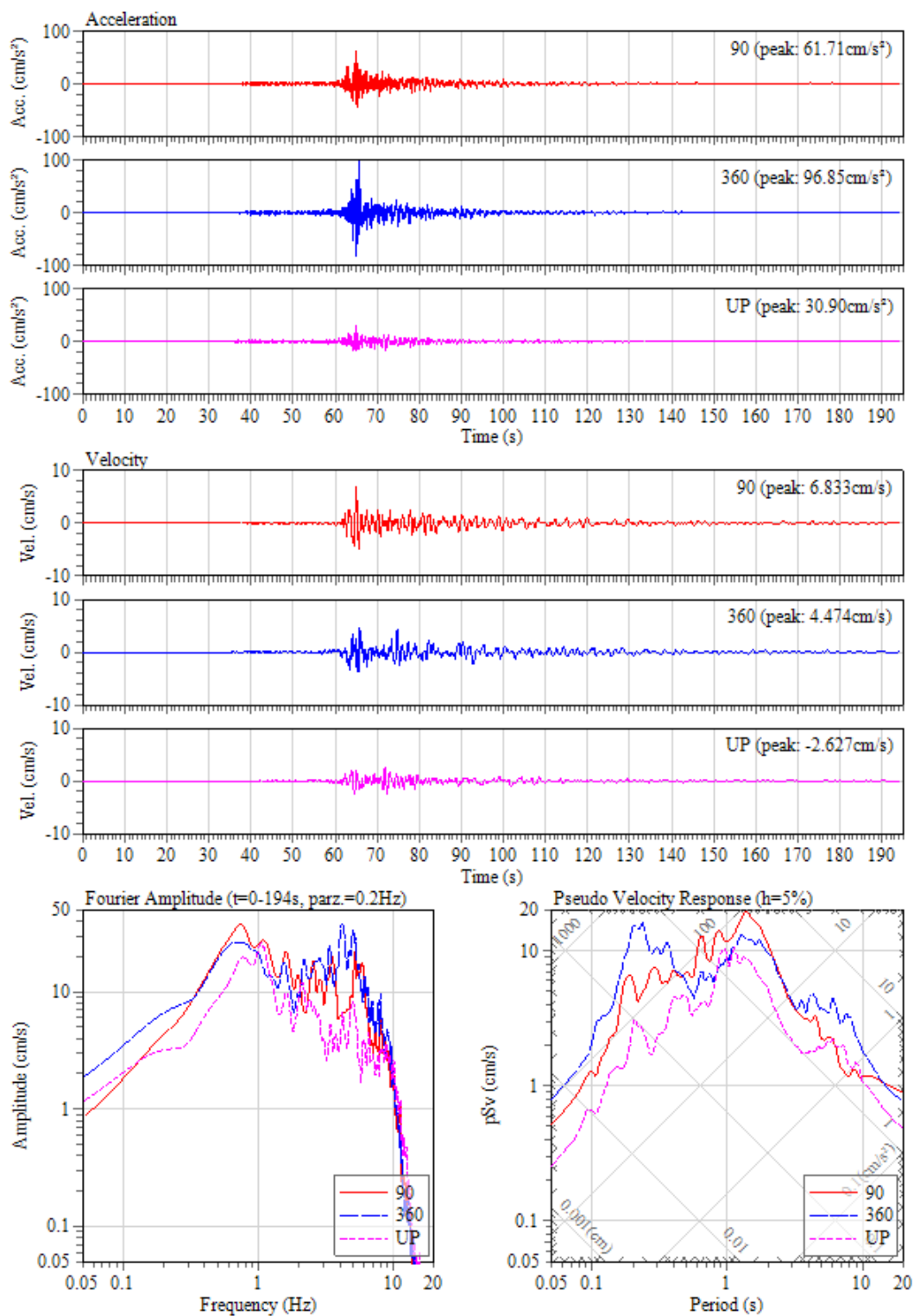
2016/01/24 10:30:35 at K208: AK:Anchorage;Spennard Rec Ctr, Intensity: 4.6

図 3.1.1-5 K208 観測点における加速度、速度波形とフーリエ・速度応答スペクトル



2016/01/24 10:30:45 at K211: AK:Anchorage:HQ Fire Dept #12, Intensity: 4.3

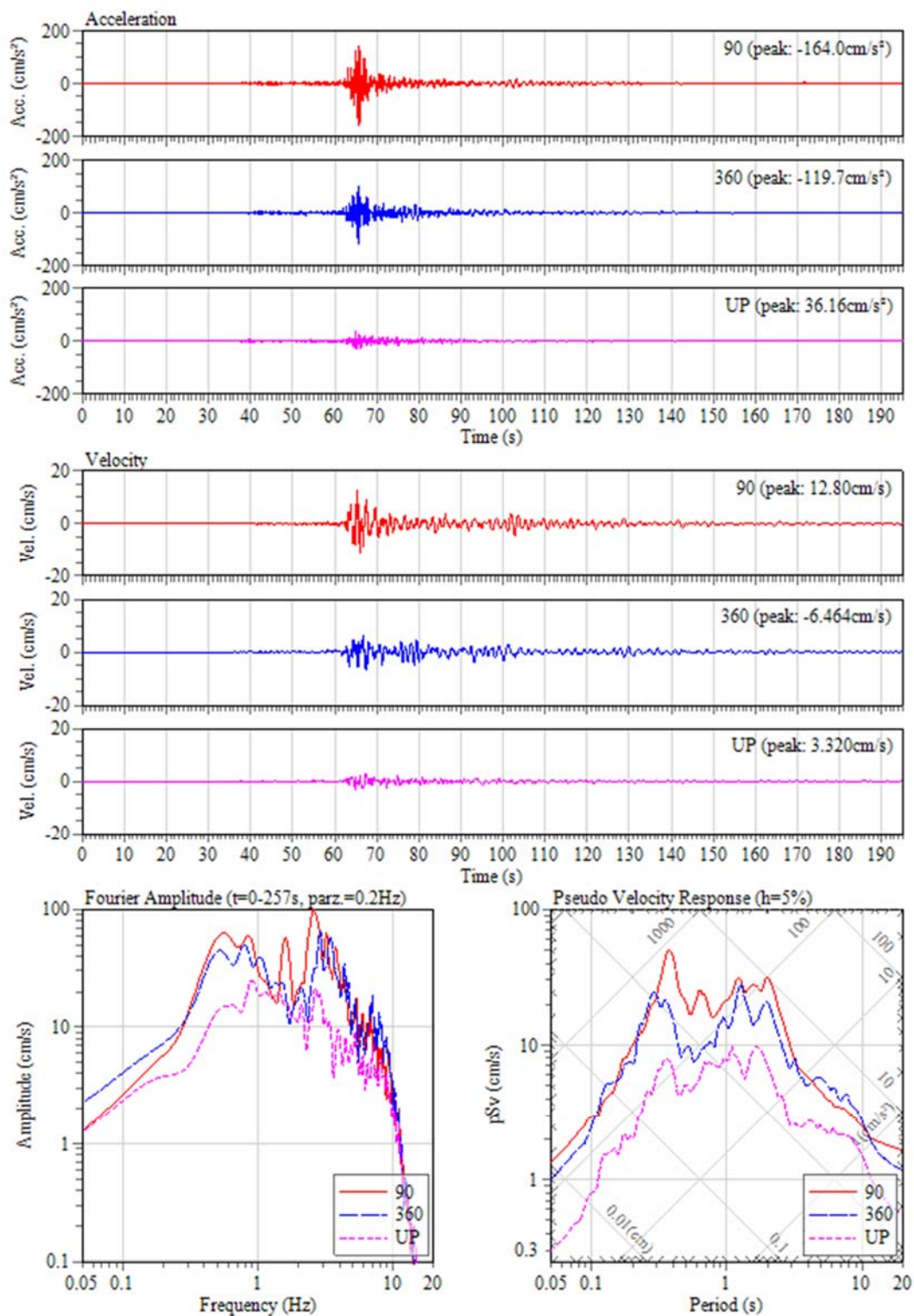
図 3.1.1-6 K211 観測点における加速度、速度波形とフーリエ・速度応答スペクトル



2016/01/24 10:30:35 at K212: AK:Anchorage:BLM, Intensity: 4.1

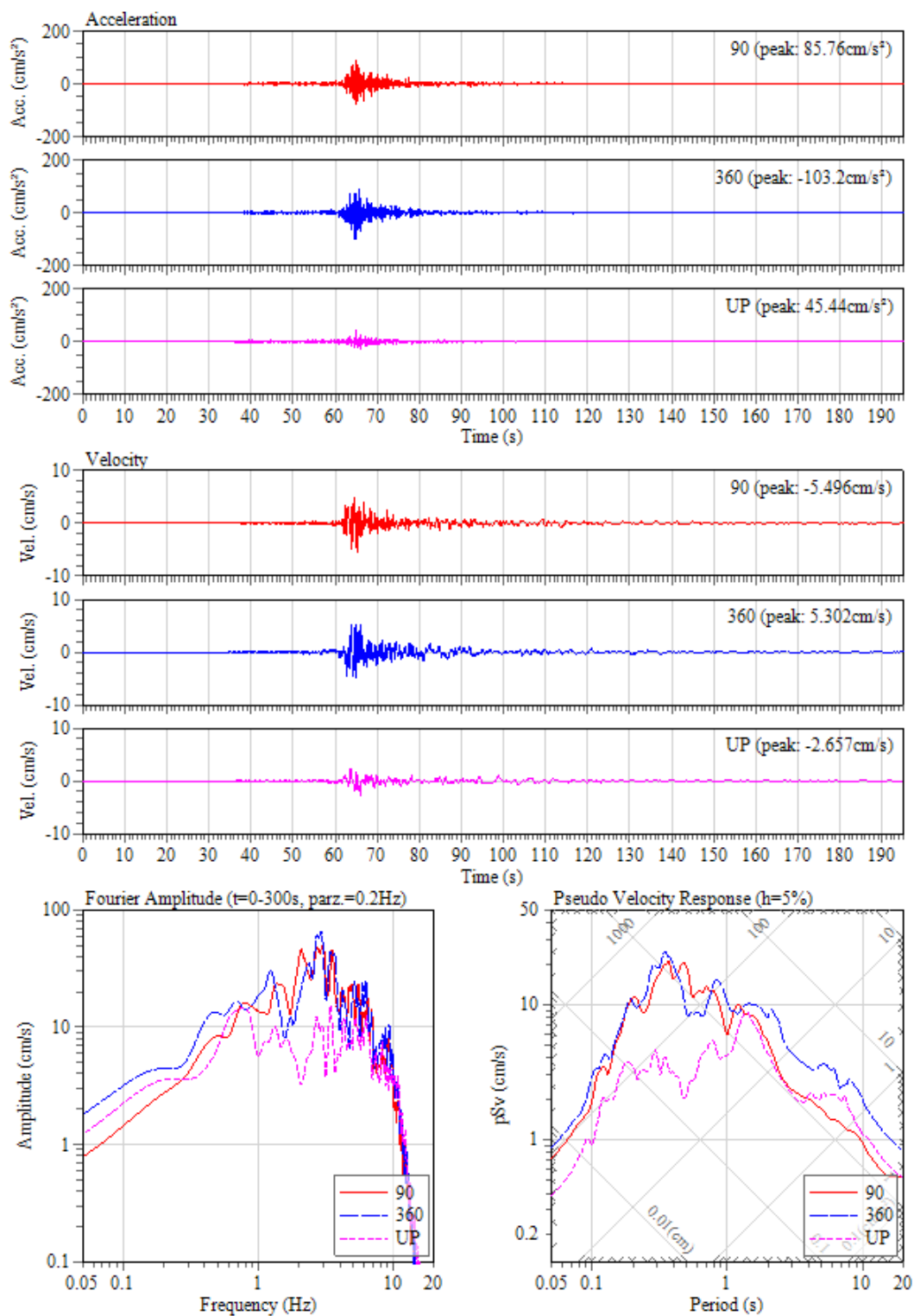
図 3.1.1-7 K212 観測点における加速度、速度波形とフーリエ・速度応答スペクトル





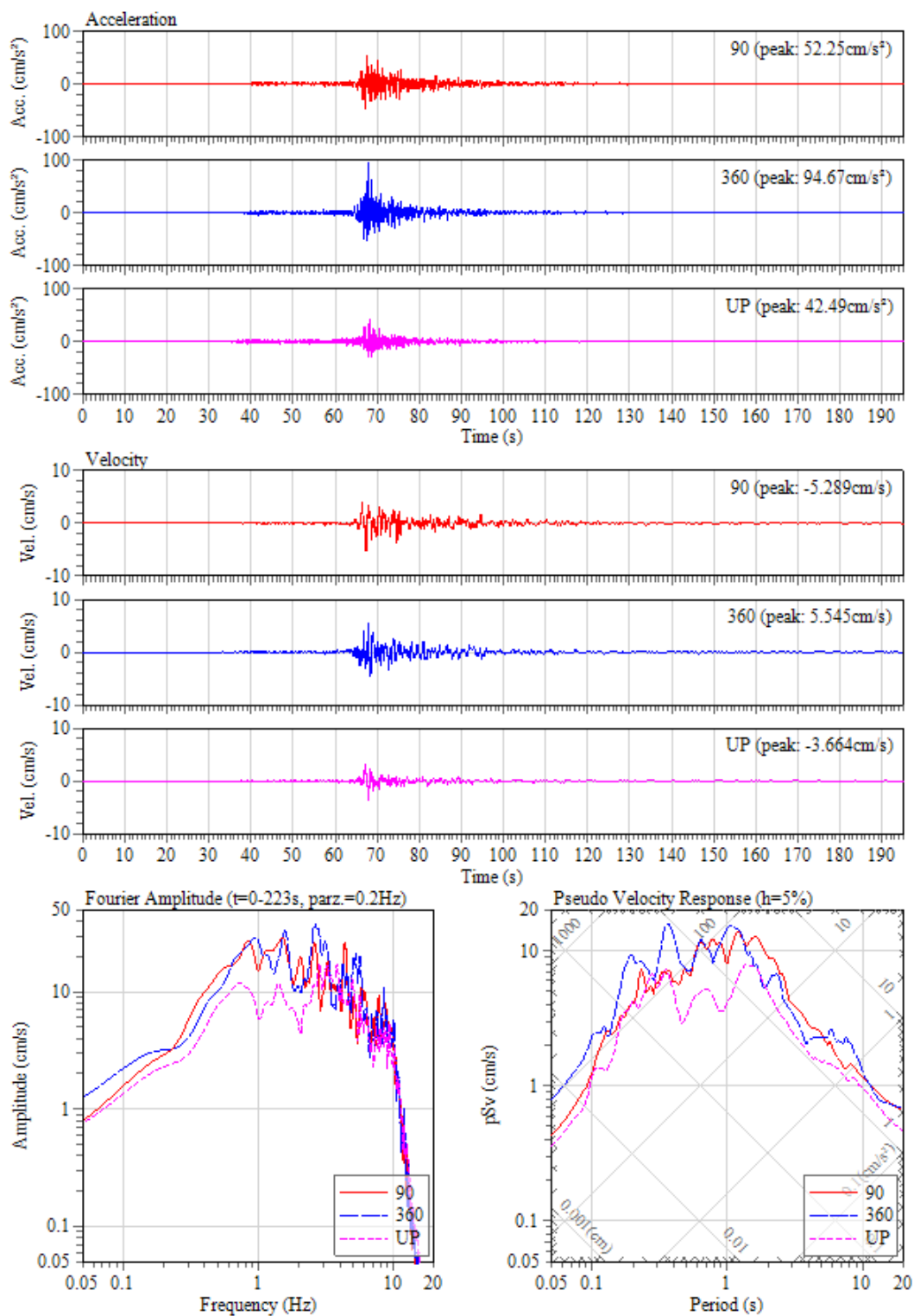
2016/01/24 10:30:34 at K213: AK:Anchorage;ASD Operation Ctr, Intensity: 4.7

図 3.1.1-8 K213 観測点における加速度、速度波形とフーリエ・速度応答スペクトル



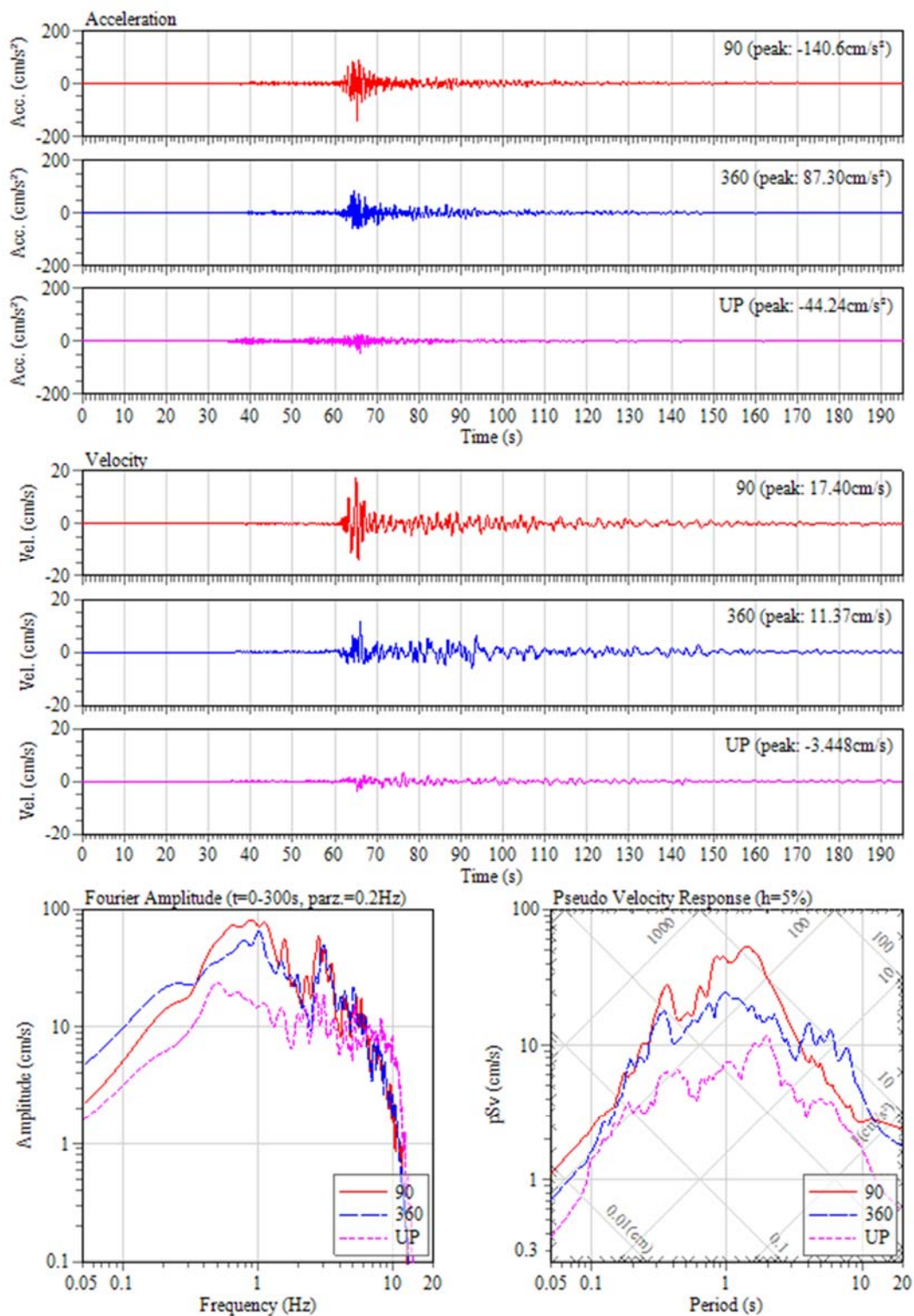
2016/01/24 10:30:35 at K215: AK:Anchorage;Rabbit Creek FS10, Intensity: 4.2

図 3.1.1-9 K215 観測点における加速度、速度波形とフーリエ・速度応答スペクトル



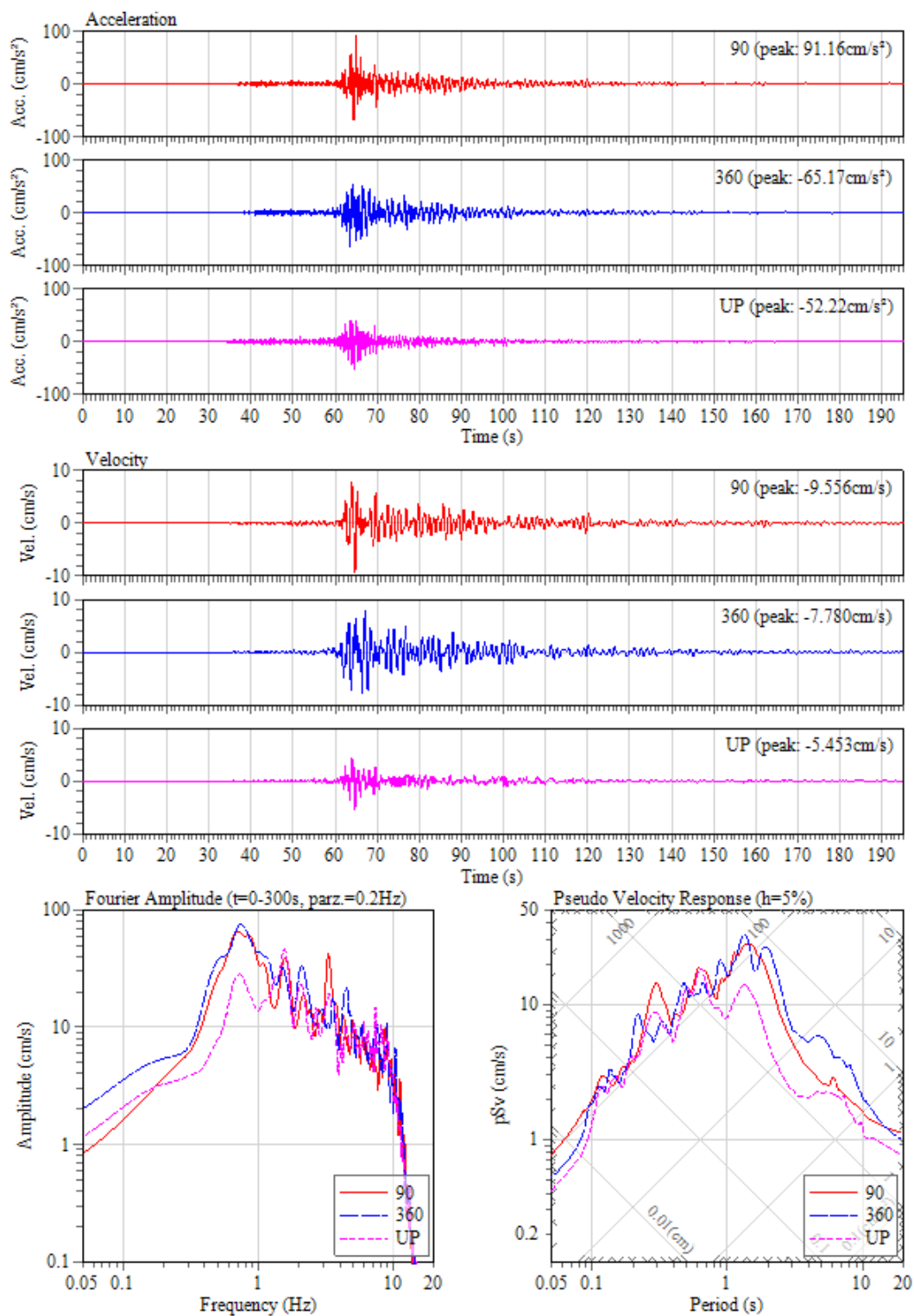
2016/01/24 10:30:38 at K217: AK:Anchorage;Chugiak FS, Intensity: 4.0

図 3.1.1-10 K217 観測点における加速度、速度波形とフーリエ・速度応答スペクトル



2016/01/24 10:30:35 at K221: AK:Anchorage;Jewel Lake Parish, Intensity: 4.7

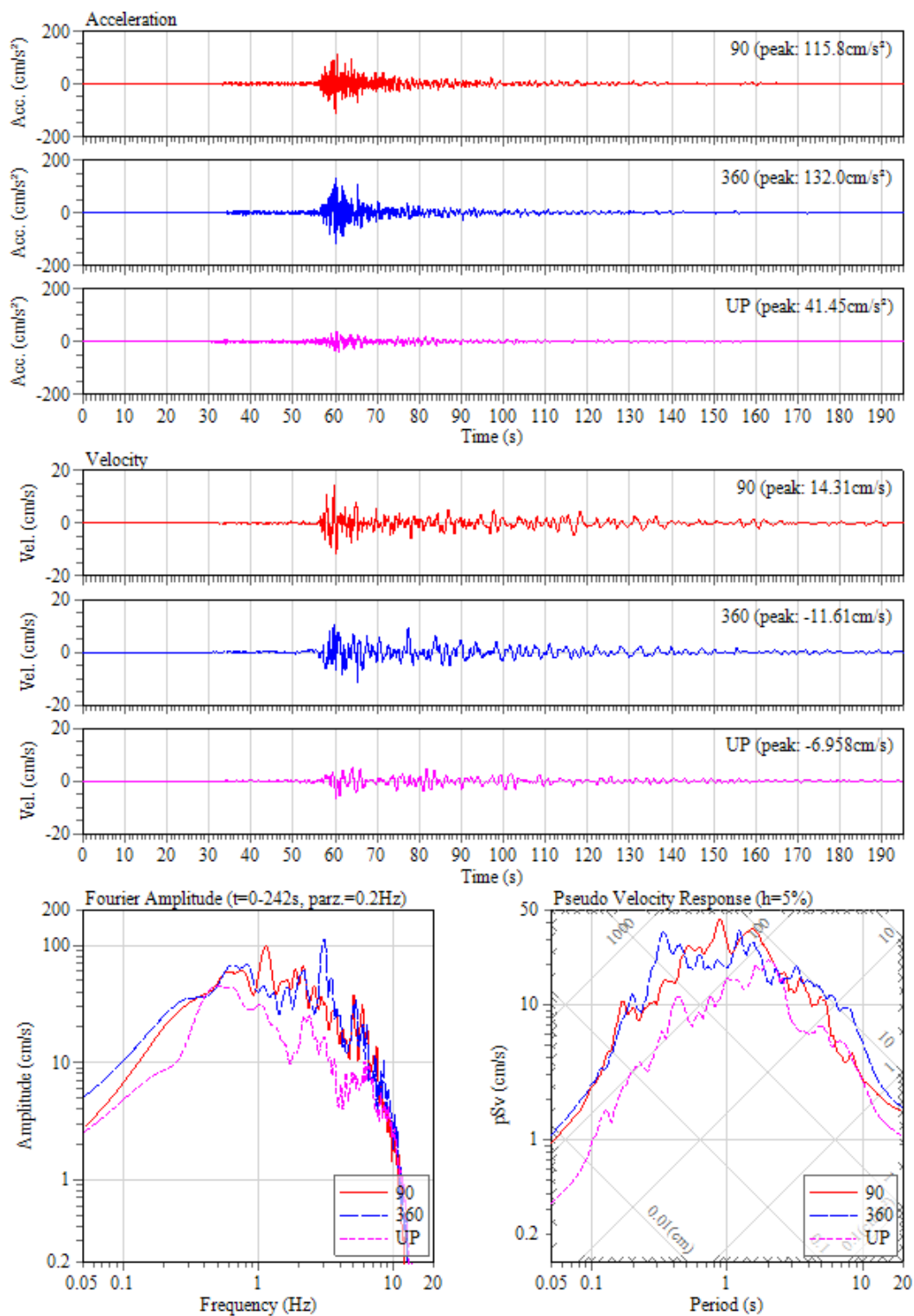
図 3.1.1-11 K221 観測点における加速度、速度波形とフーリエ・速度応答スペクトル



2016/01/24 10:30:35 at K222: AK:Anchorage;Chapel by the Sea, Intensity: 4.4

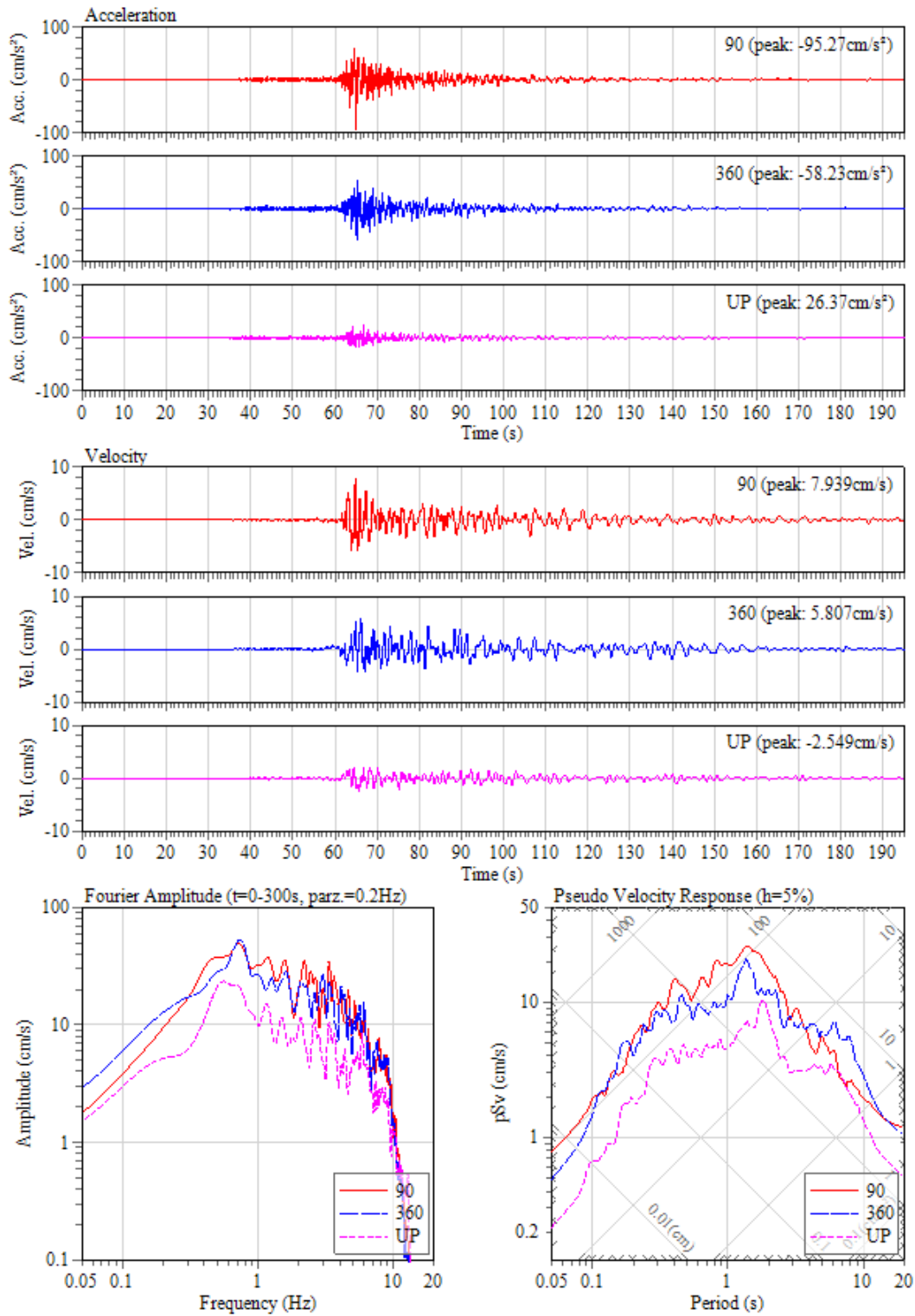
図 3.1.1-12 K222 観測点における加速度、速度波形とフーリエ・速度応答スペクトル





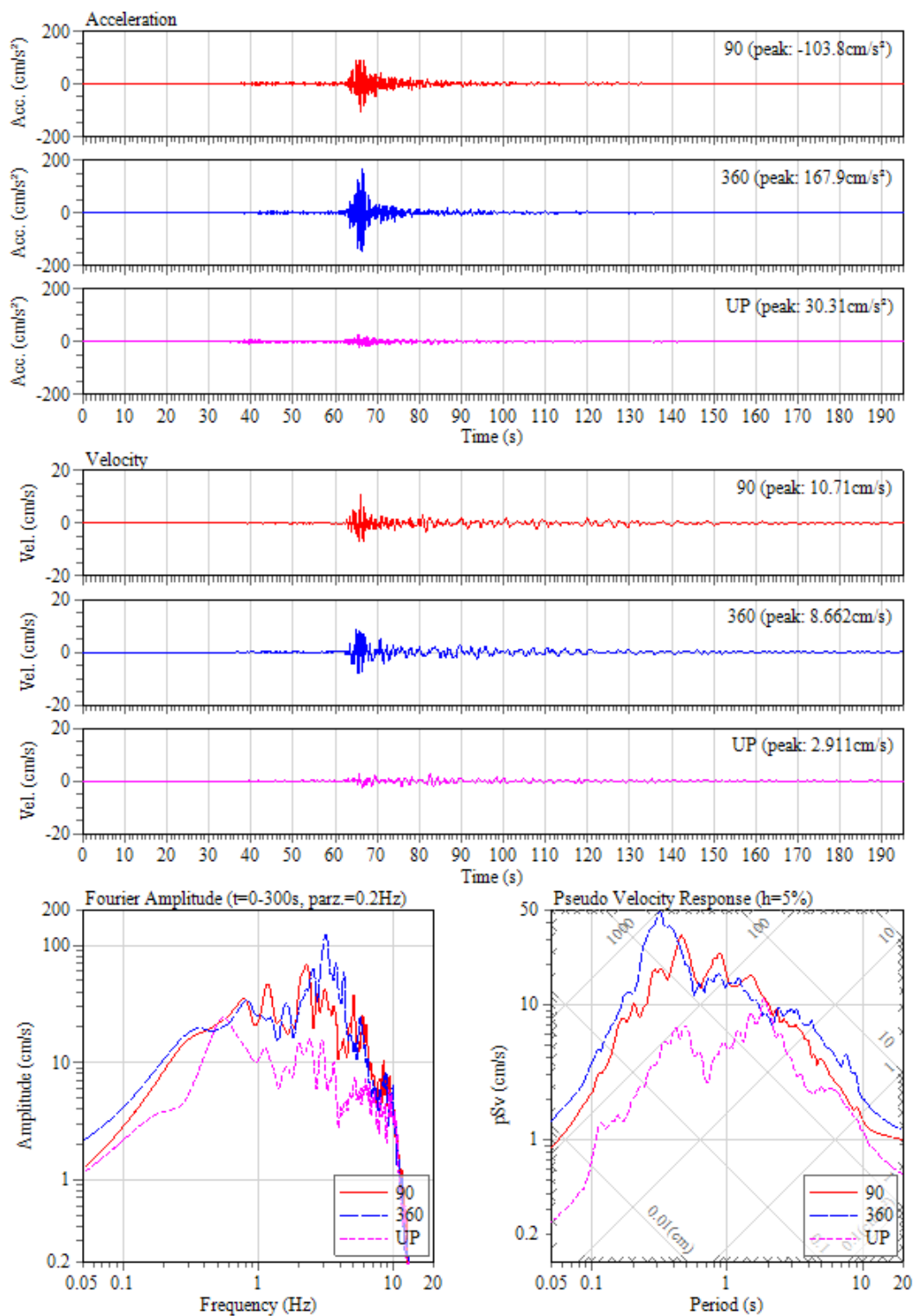
2016/01/24 10:30:41 at 8016a: AK:Anchorage:BP Bld, Intensity: 4.7

図 3.1.1-13 8016 観測点における加速度、速度波形とフーリエ・速度応答スペクトル



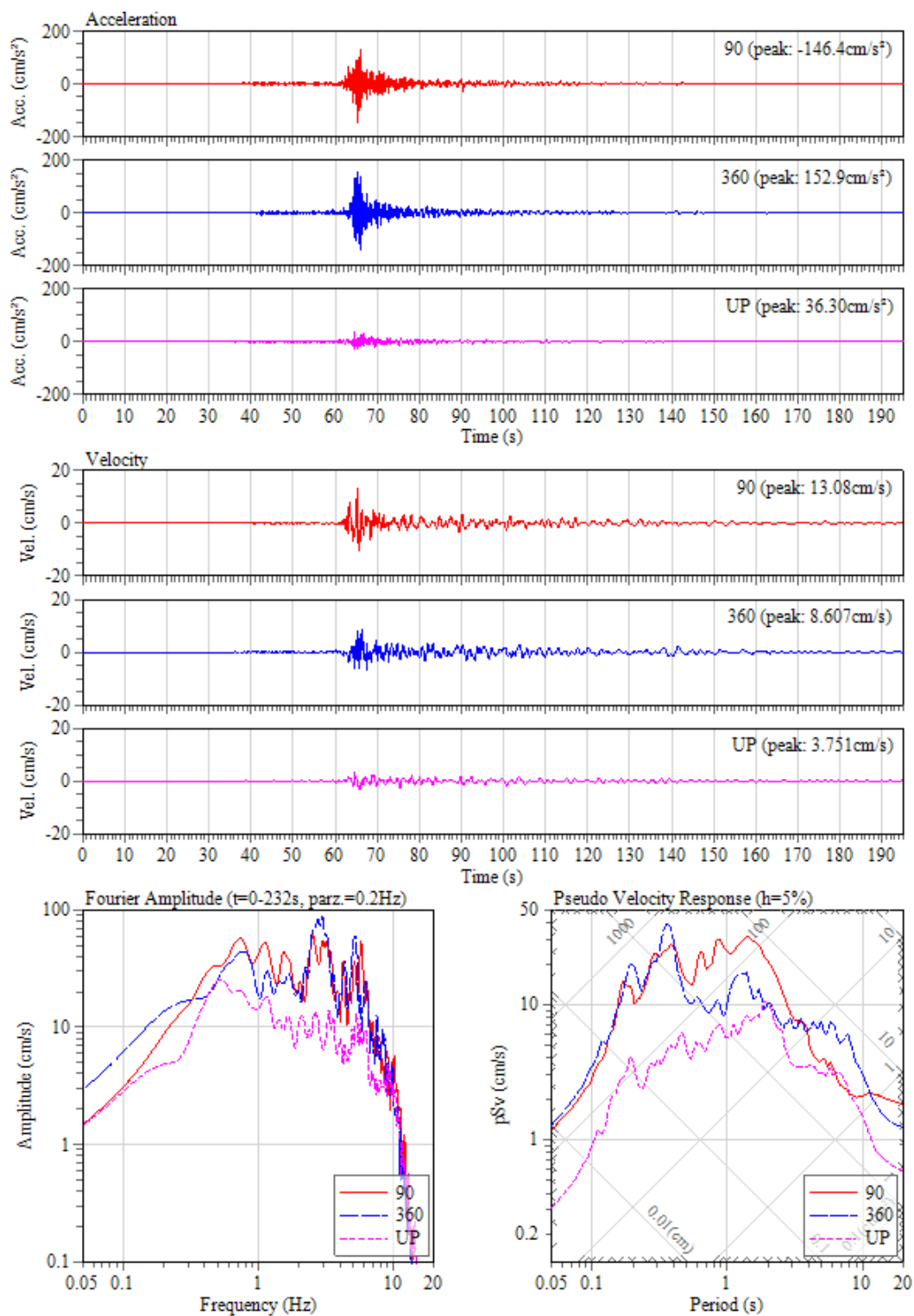
2016/01/24 10:30:35 at 8025: AK:Anchorage;BS Lutheran Ch, Intensity: 4.1

図 3.1.1-14 8025 観測点における加速度、速度波形とフーリエ・速度応答スペクトル



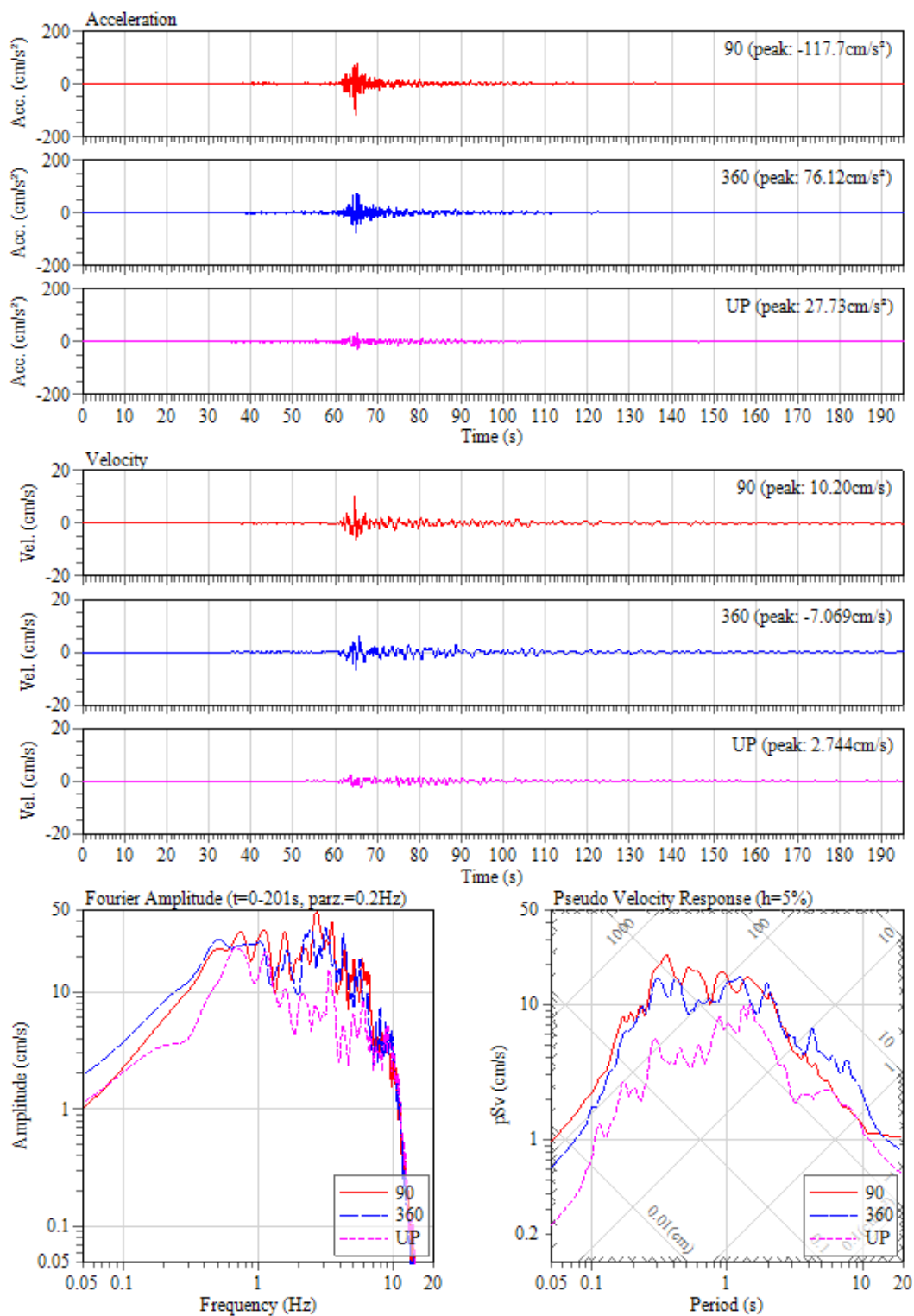
2016/01/24 10:30:35 at 8026: AK:Anchorage;Baptist Ch Christ, Intensity: 4.7

図 3.1.1-15 8026 観測点における加速度、速度波形とフーリエ・速度応答スペクトル



2016/01/24 10:30:35 at 8027: AK:Anchorage;St Fish&Game, Intensity: 4.7

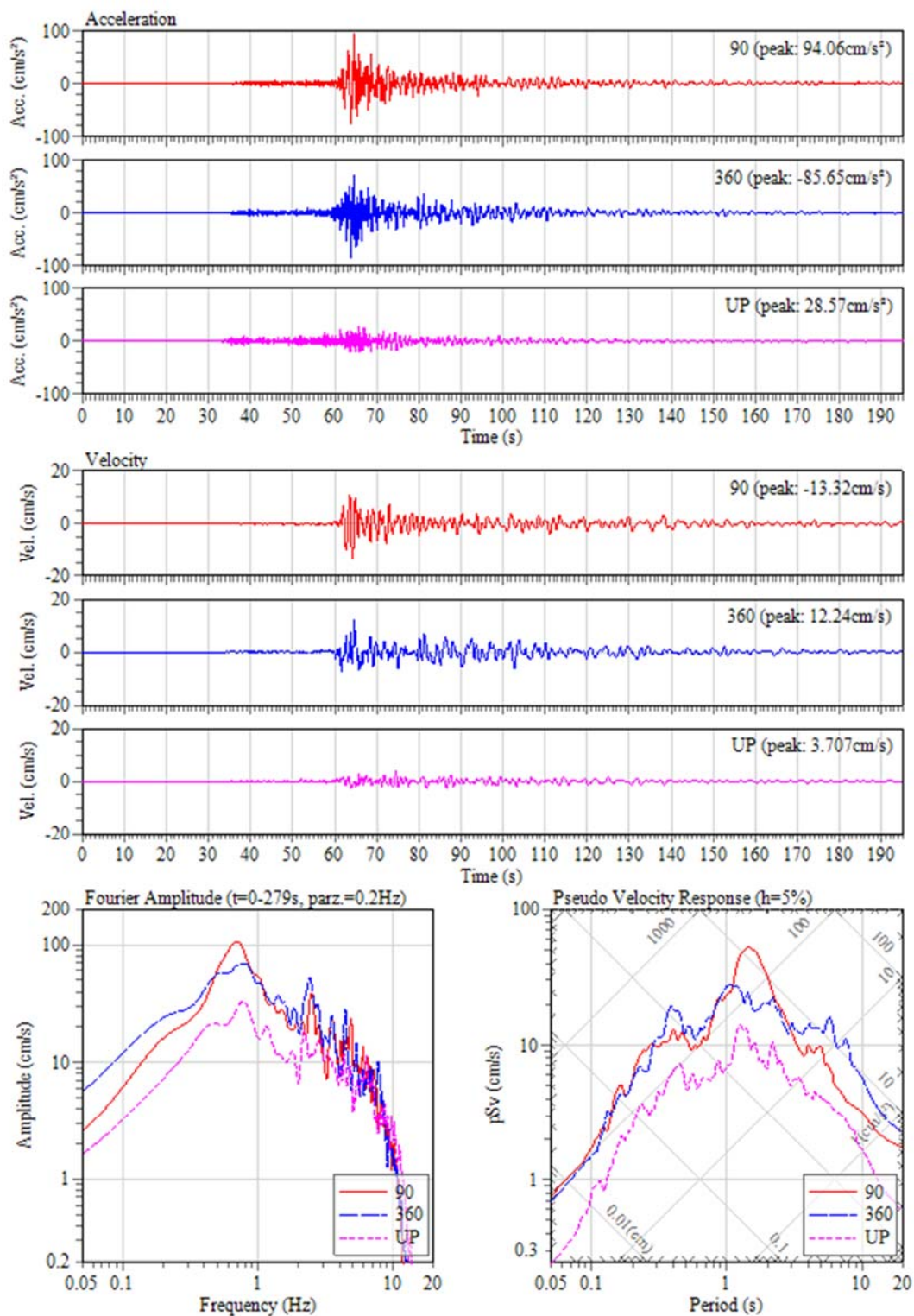
図 3.1.1-16 8027 観測点における加速度、速度波形とフーリエ・速度応答スペクトル



2016/01/24 10:30:36 at 8030: AK:Anchorage;Police HQ, Intensity: 4.3

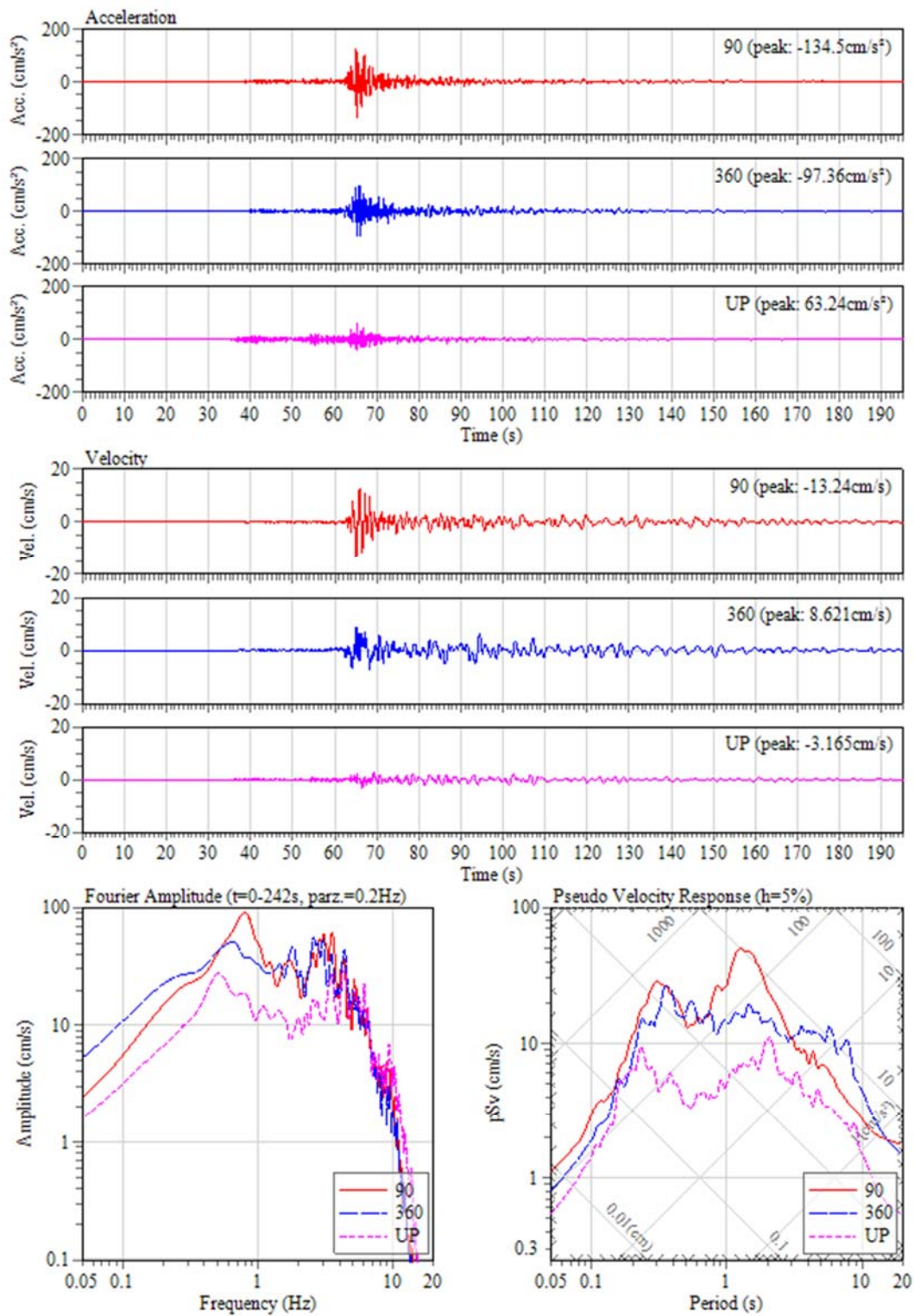
図 3.1.1-17 8030 観測点における加速度、速度波形とフーリエ・速度応答スペクトル





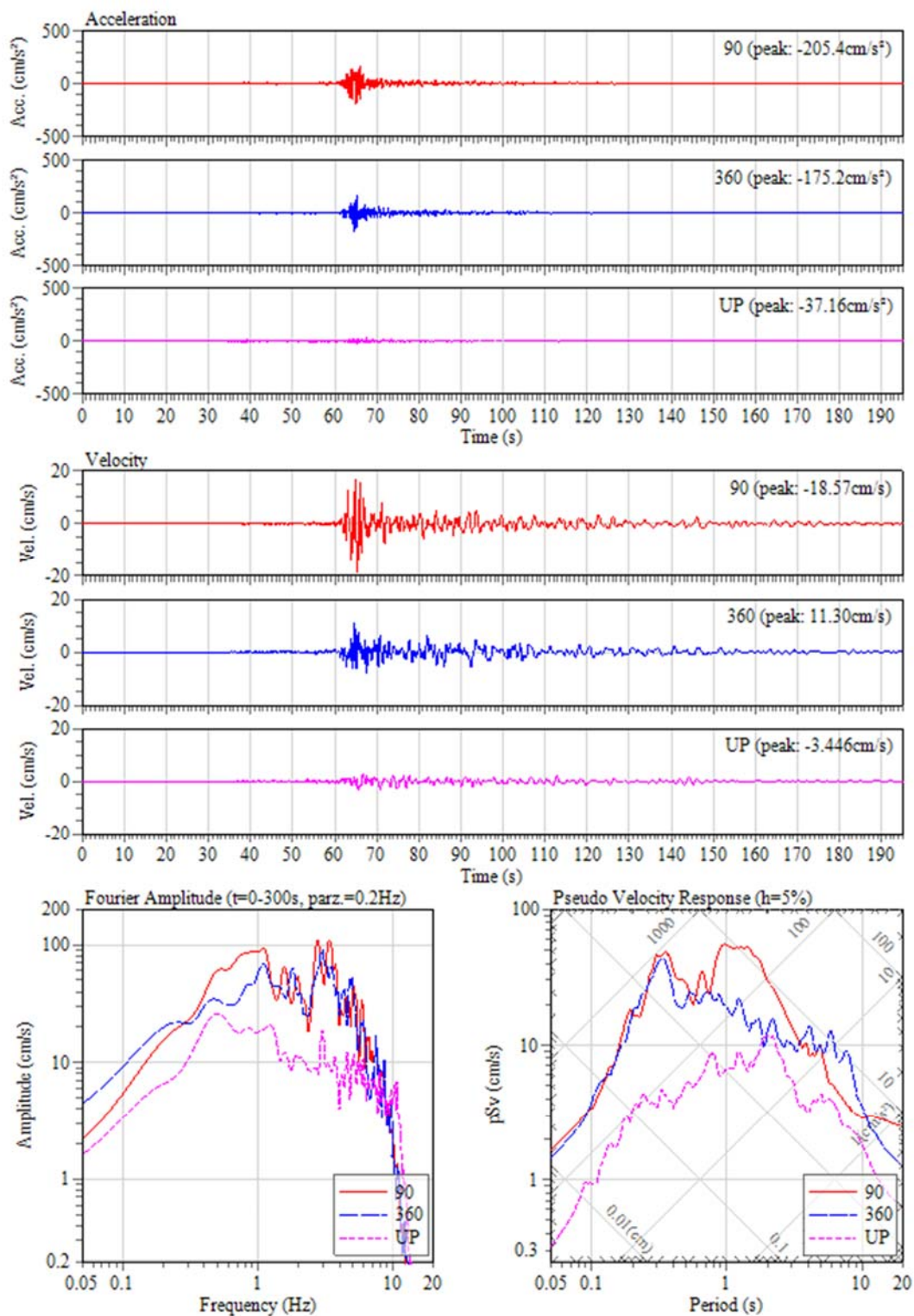
2016/01/24 10:30:37 at 8036: AK:Anchorage;DOI OAS, Intensity: 4.6

図 3.1.1-18 8036 観測点における加速度、速度波形とフーリエ・速度応答スペクトル



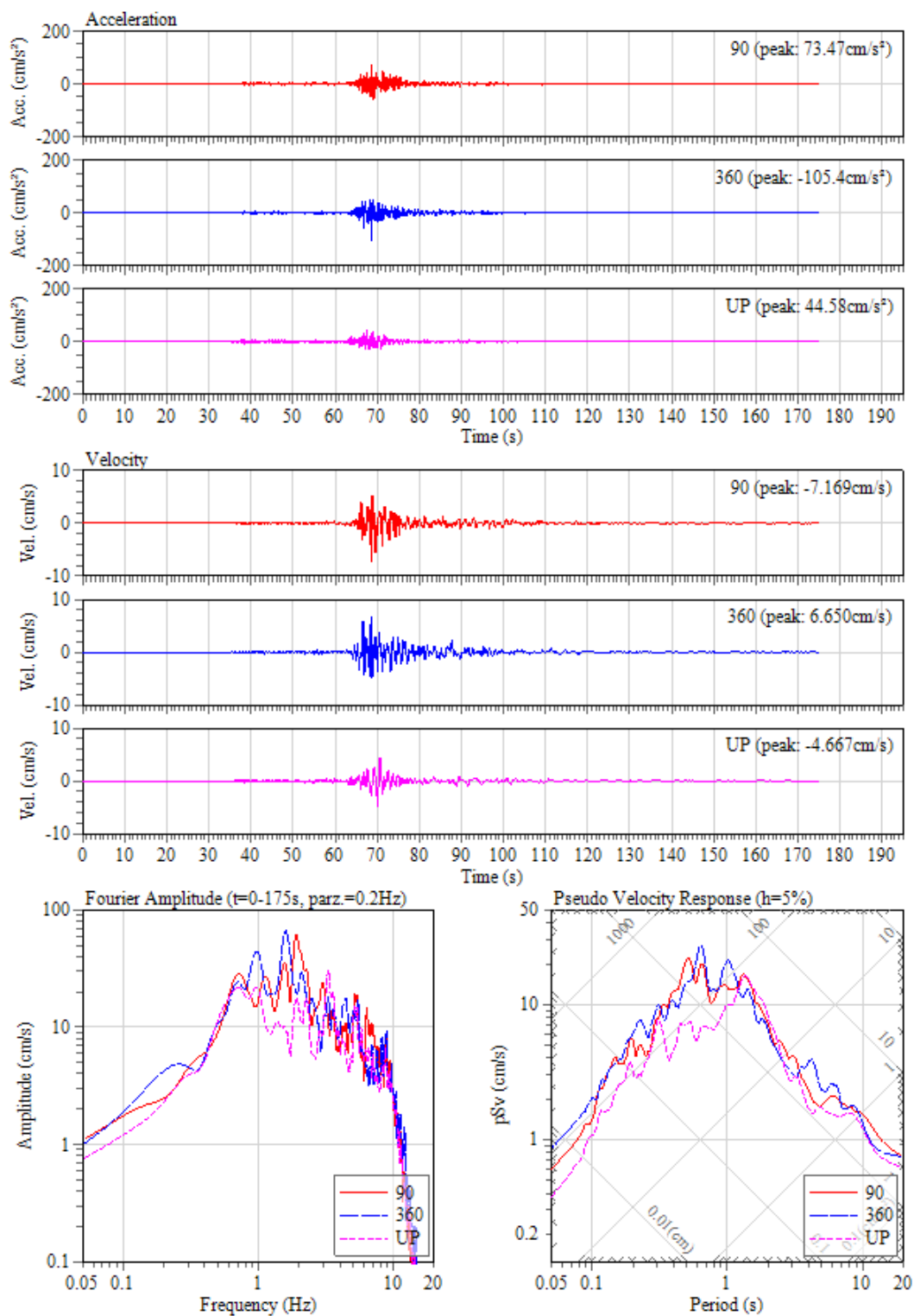
2016/01/24 10:30:34 at 8037: AK:Anchorage;NOAA Weather Fac, Intensity: 4.7

図 3.1.1-19 8037 観測点における加速度、速度波形とフーリエ・速度応答スペクトル



2016/01/24 10:30:35 at 8039: AK:Anchorage;FS 07 (new), Intensity: 5.0

図 3.1.1-20 8039 観測点における加速度、速度波形とフーリエ・速度応答スペクトル



2016/01/24 10:30:38 at AJKS: Mt Kiliak, Eagle River, AK, Intensity: 4.3

図 3.1.1-21 AJKS 観測点における加速度、速度波形とフーリエ・速度応答スペクトル



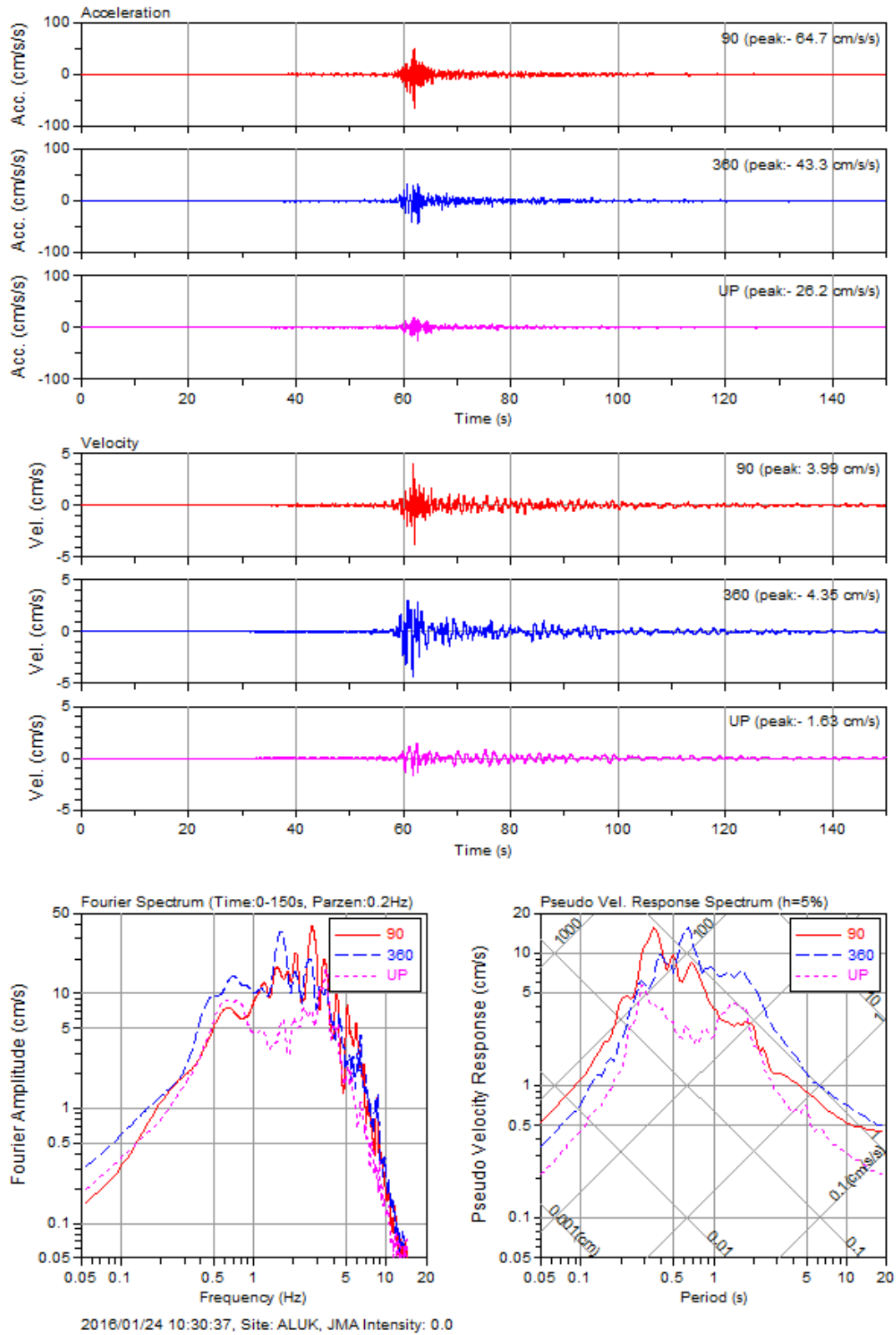
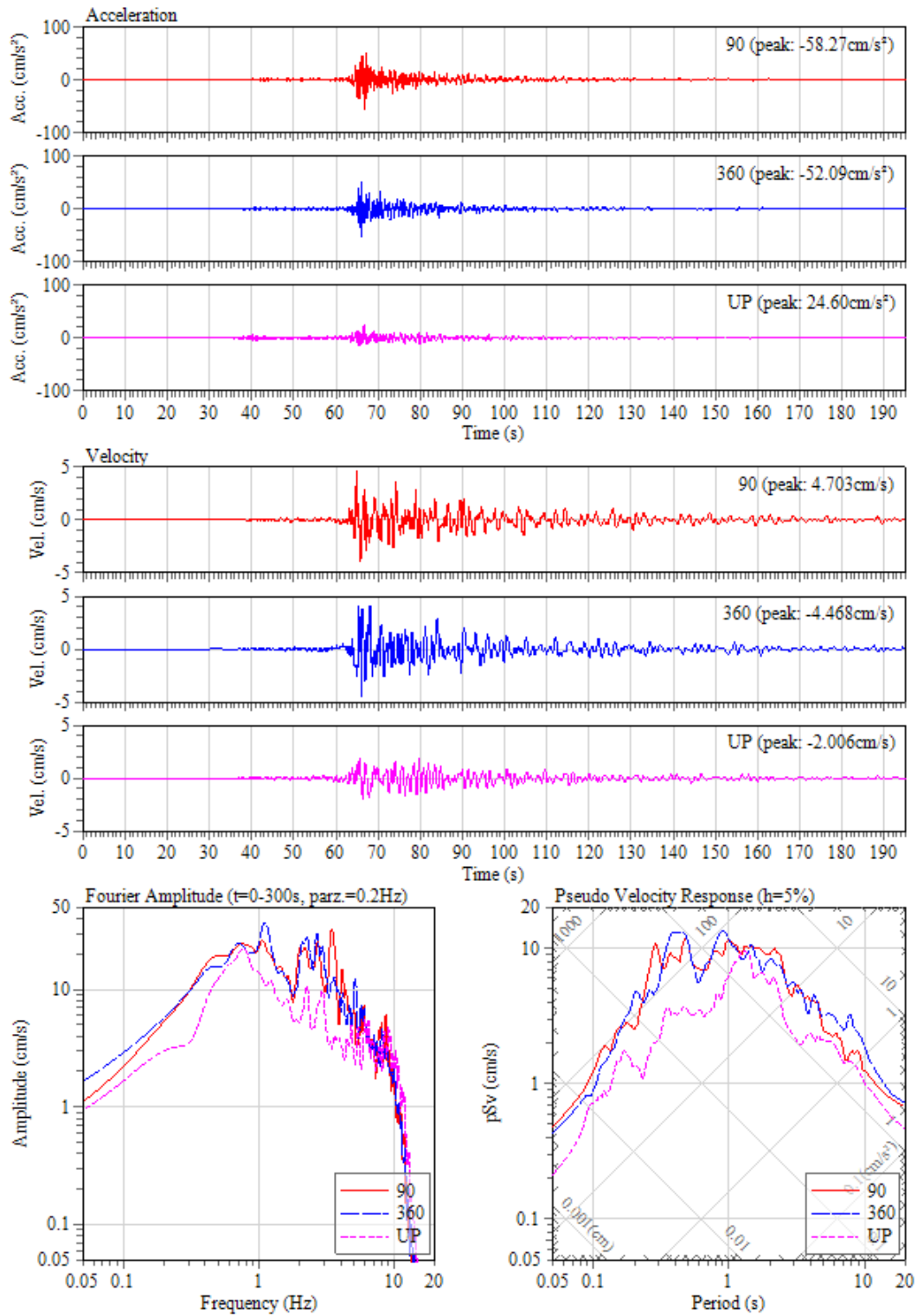


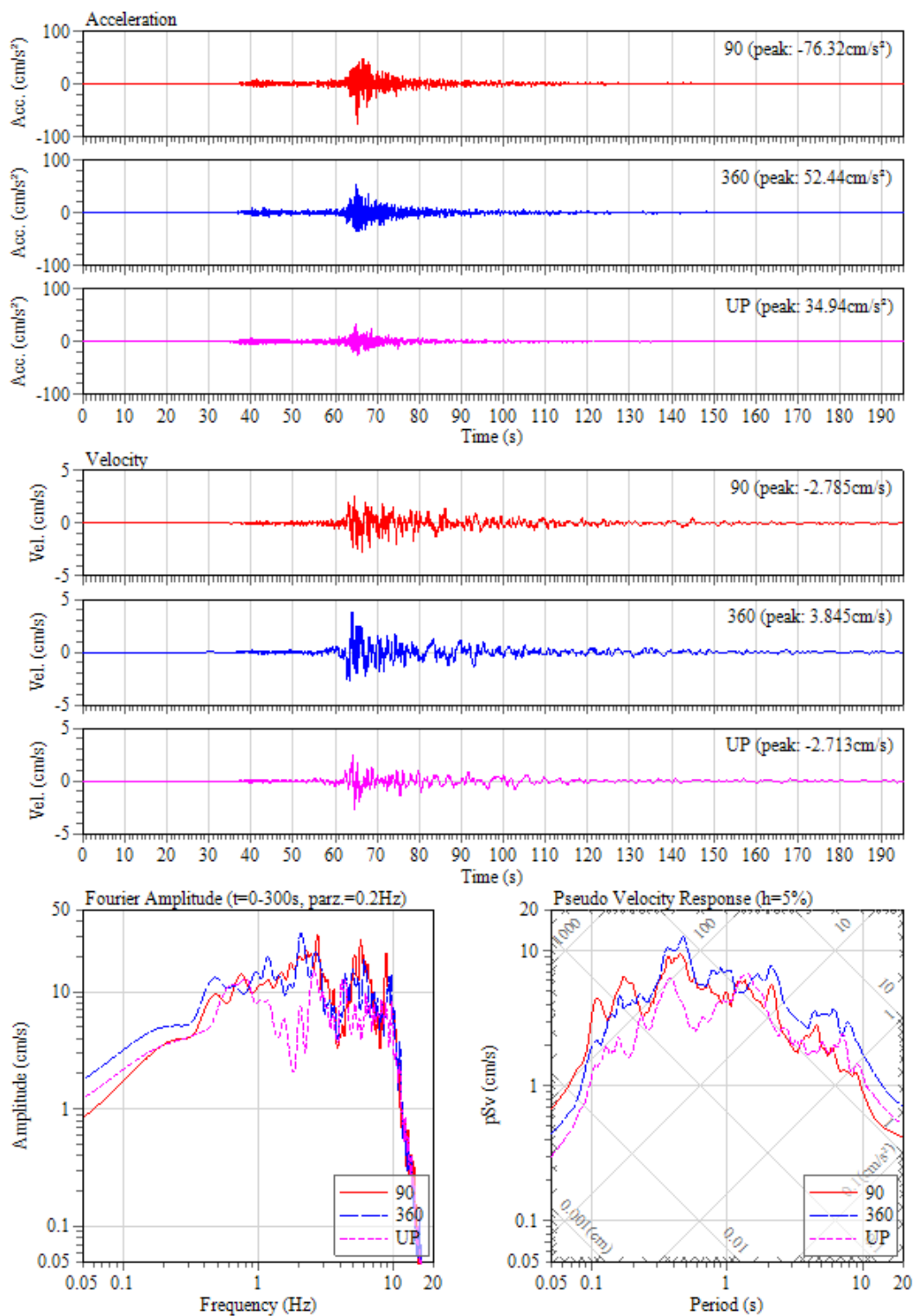
図 3.1.1-22 ALUK 観測点における加速度、速度波形とフーリエ・速度応答スペクトル





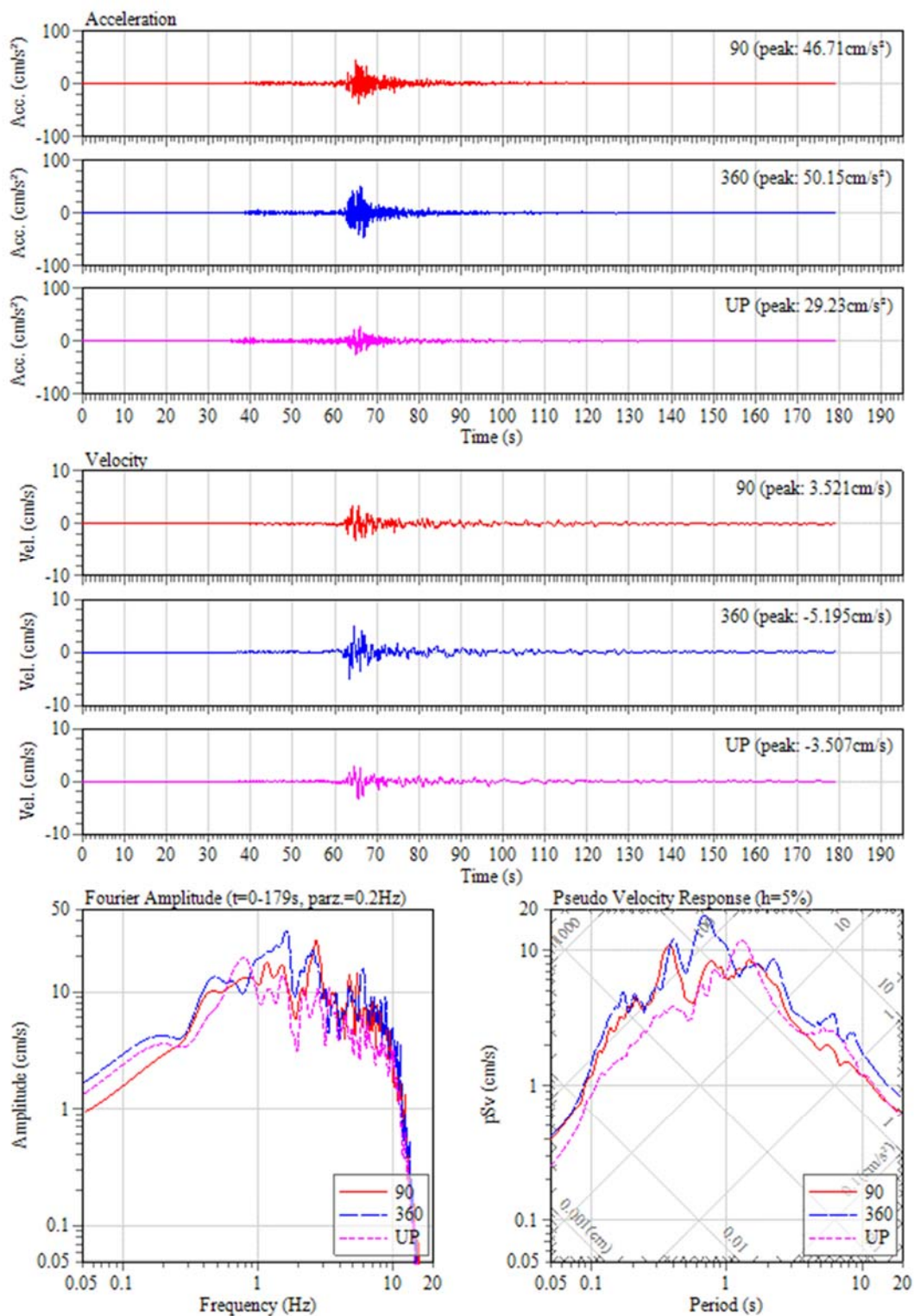
2016/01/24 10:30:35 at K203: AK:Anchorage;St Christo Epi Ch, Intensity: 3.9

図 3.1.1-23 K203 観測点における加速度、速度波形とフーリエ・速度応答スペクトル



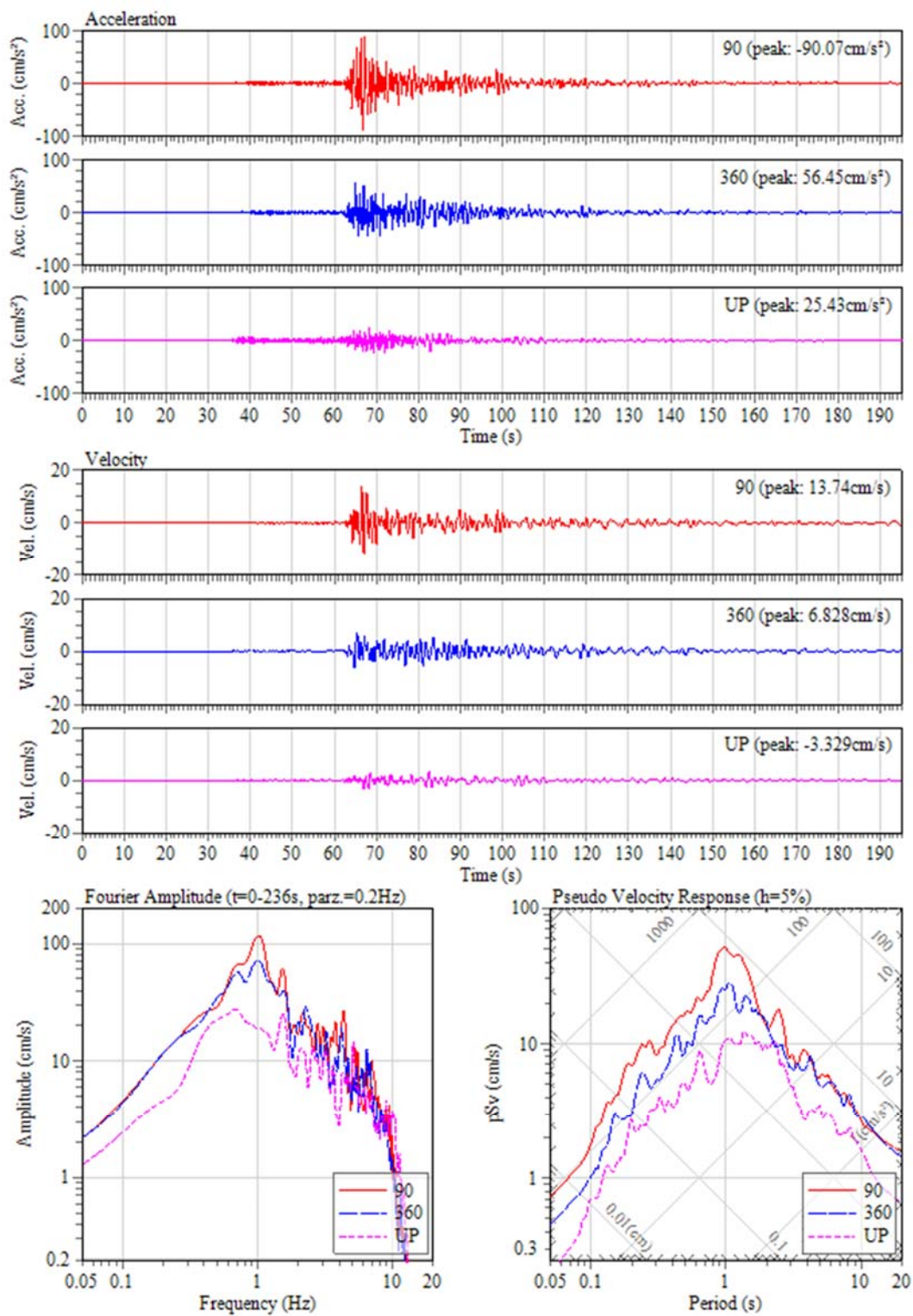
2016/01/24 10:30:35 at K214: AK:Anchorage;O'Malley FS08, Intensity: 3.7

図 3.1.1-24 K214 観測点における加速度、速度波形とフーリエ・速度応答スペクトル



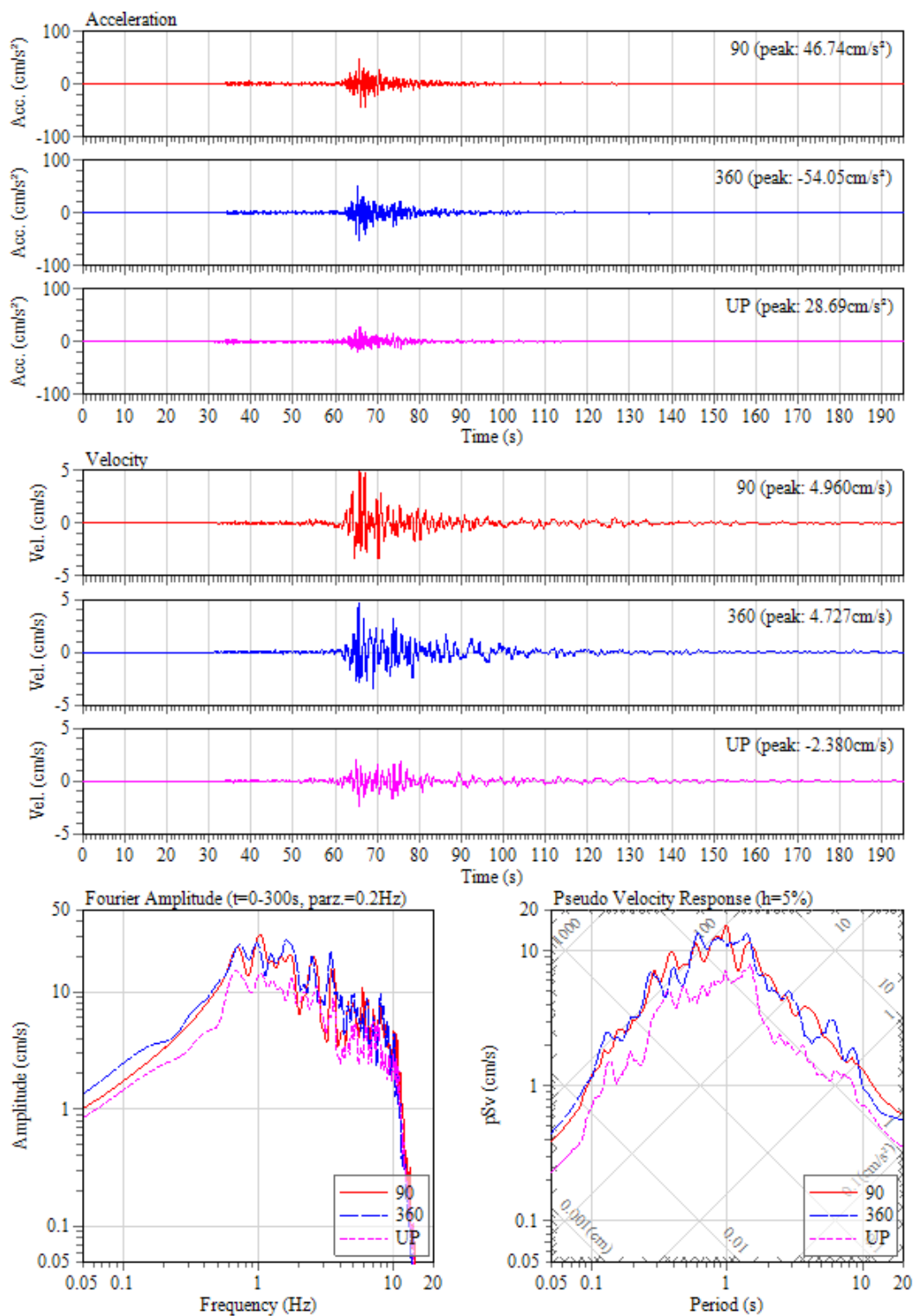
2016/01/24 10:30:35 at K216: AK:Anchorage;Glen Alps, Intensity: 3.9

図 3.1.1-25 K216 観測点における加速度、速度波形とフーリエ・速度応答スペクトル



2016/01/24 10:30:35 at K223: AK:Anchorage;Gvt Hill Elem Sch, Intensity: 4.6

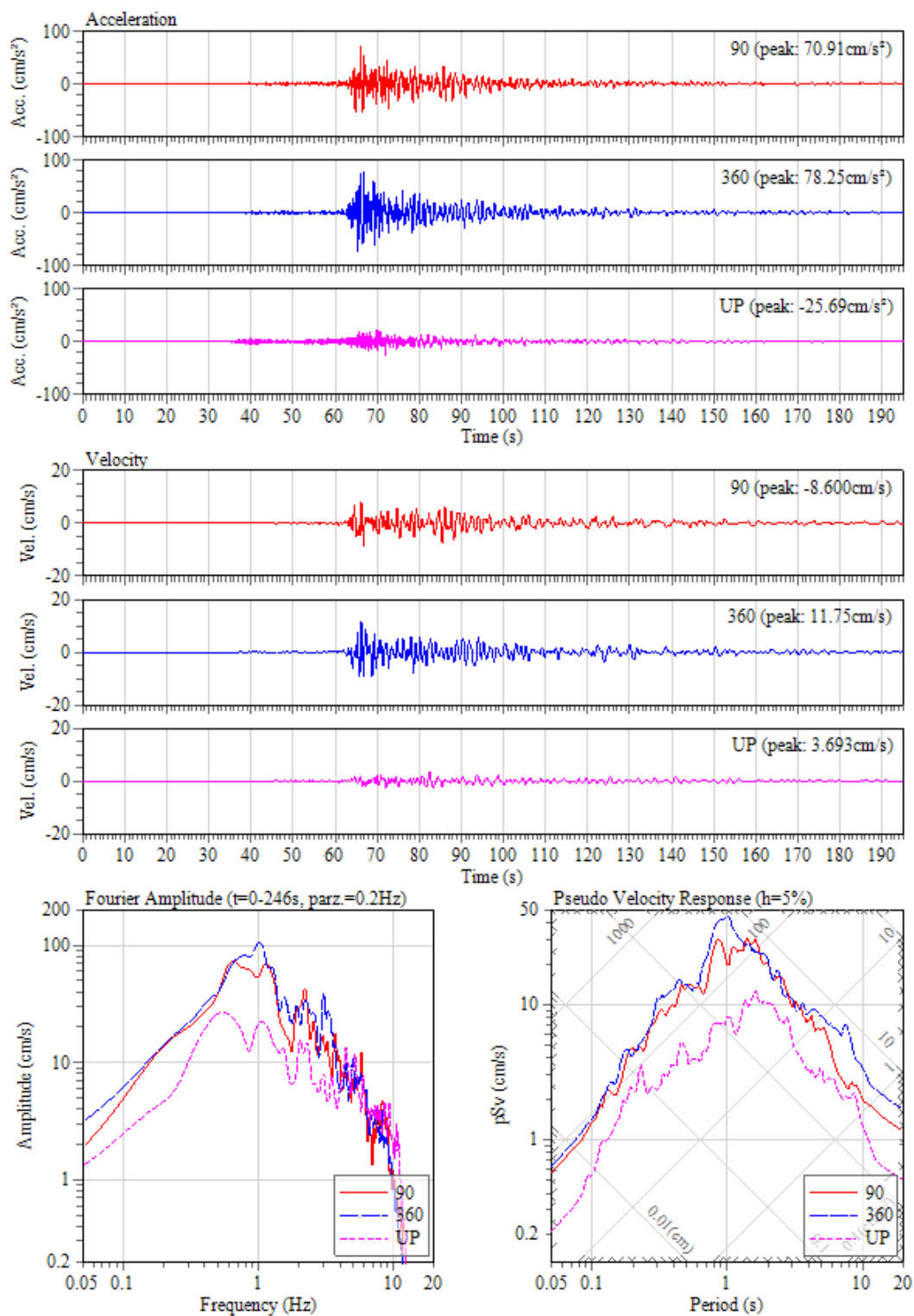
図 3.1.1-26 K223 観測点における加速度、速度波形とフーリエ・速度応答スペクトル



2016/01/24 10:30:44 at PWL: Port Wells, AK, Intensity: 3.9

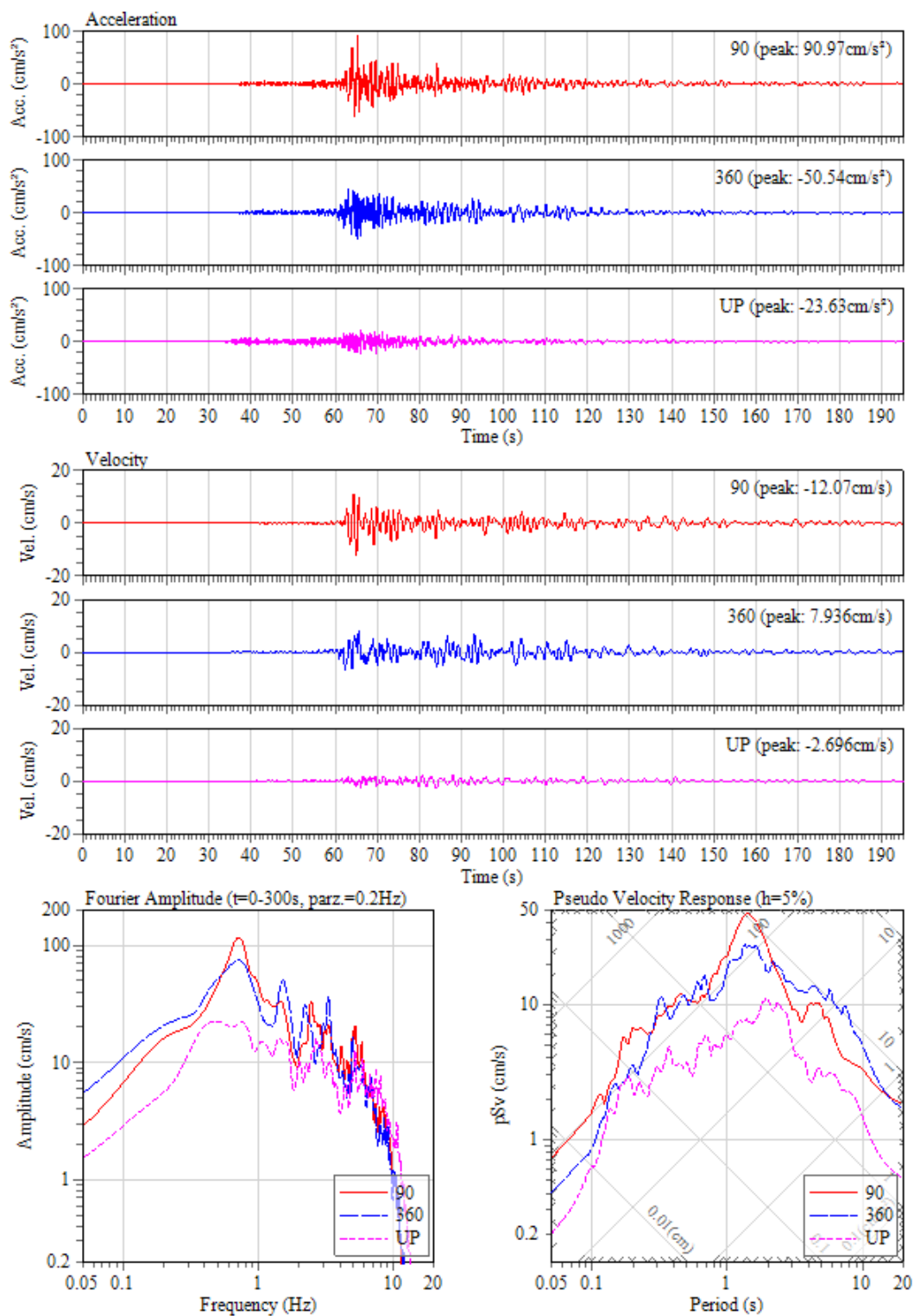
図 3.1.1-27 PWL 観測点における加速度、速度波形とフーリエ・速度応答スペクトル





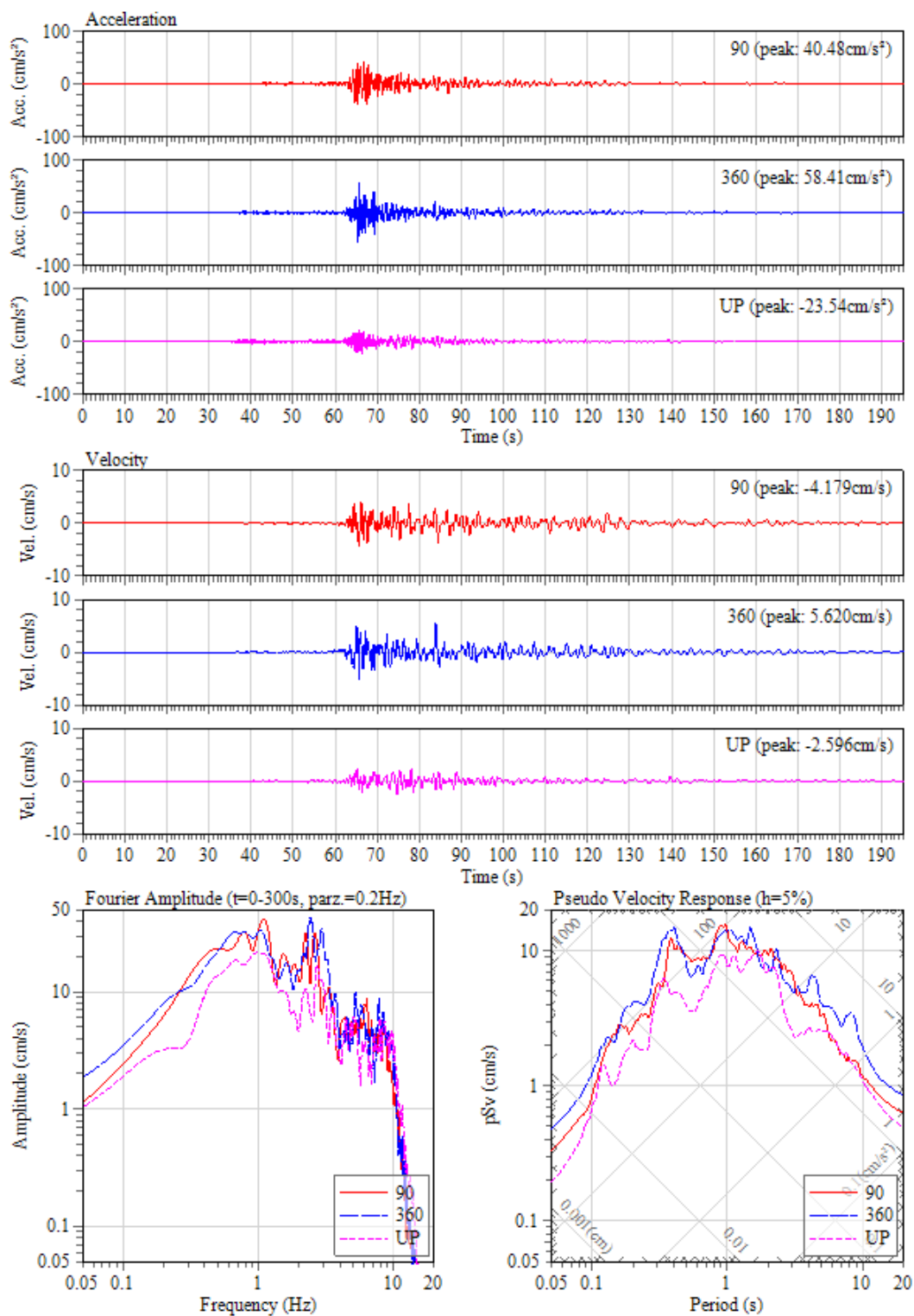
2016/01/24 10:30:35 at 2704: AK:Anchorage;Old Fed Bld, Intensity: 4.5

図 3.1.1-28 2704 観測点における加速度、速度波形とフーリエ・速度応答スペクトル



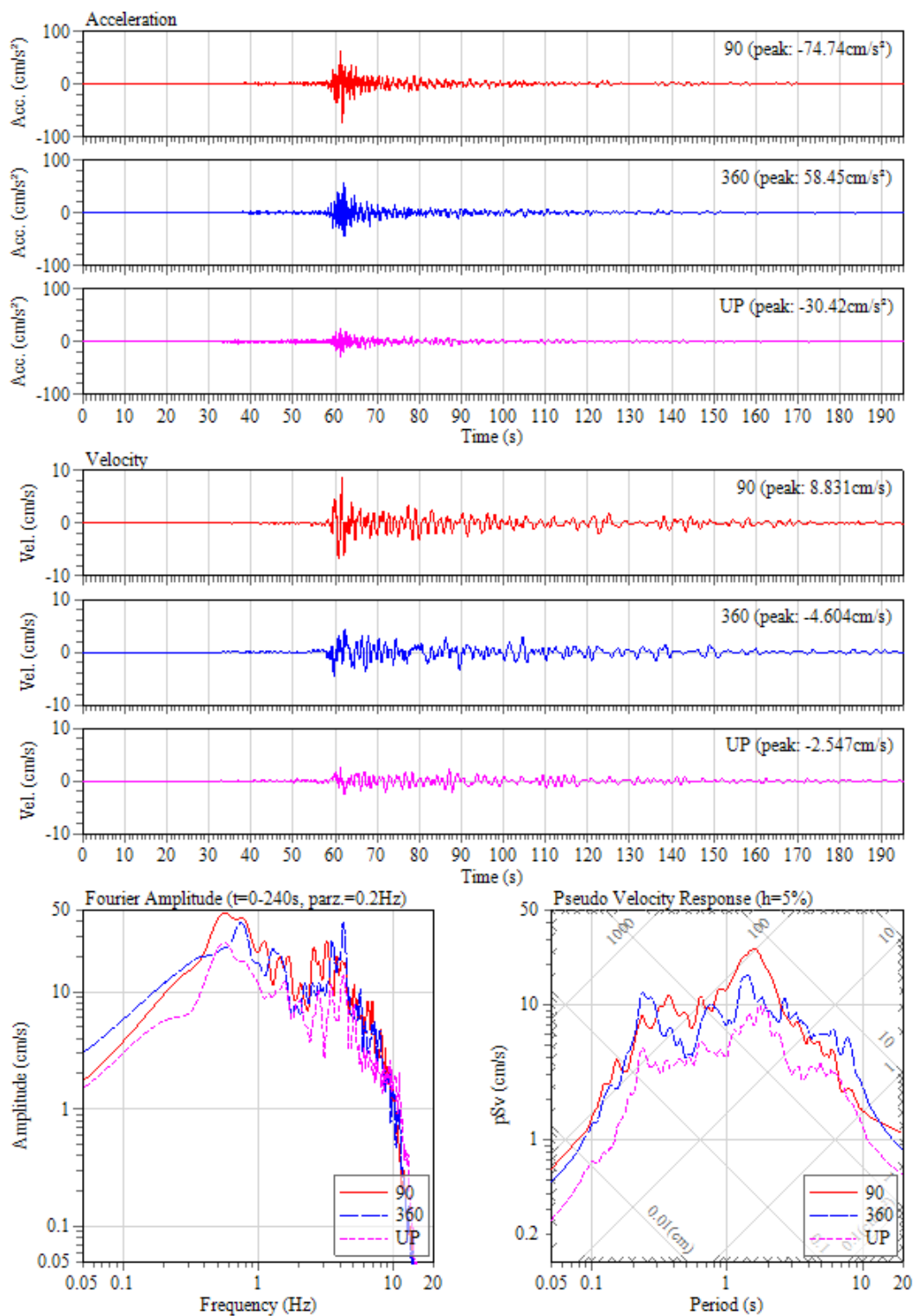
2016/01/24 10:30:35 at 8007: AK:Anchorage;Intl Arpt, Intensity: 4.4

図 3.1.1-29 8007 観測点における加速度、速度波形とフーリエ・速度応答スペクトル



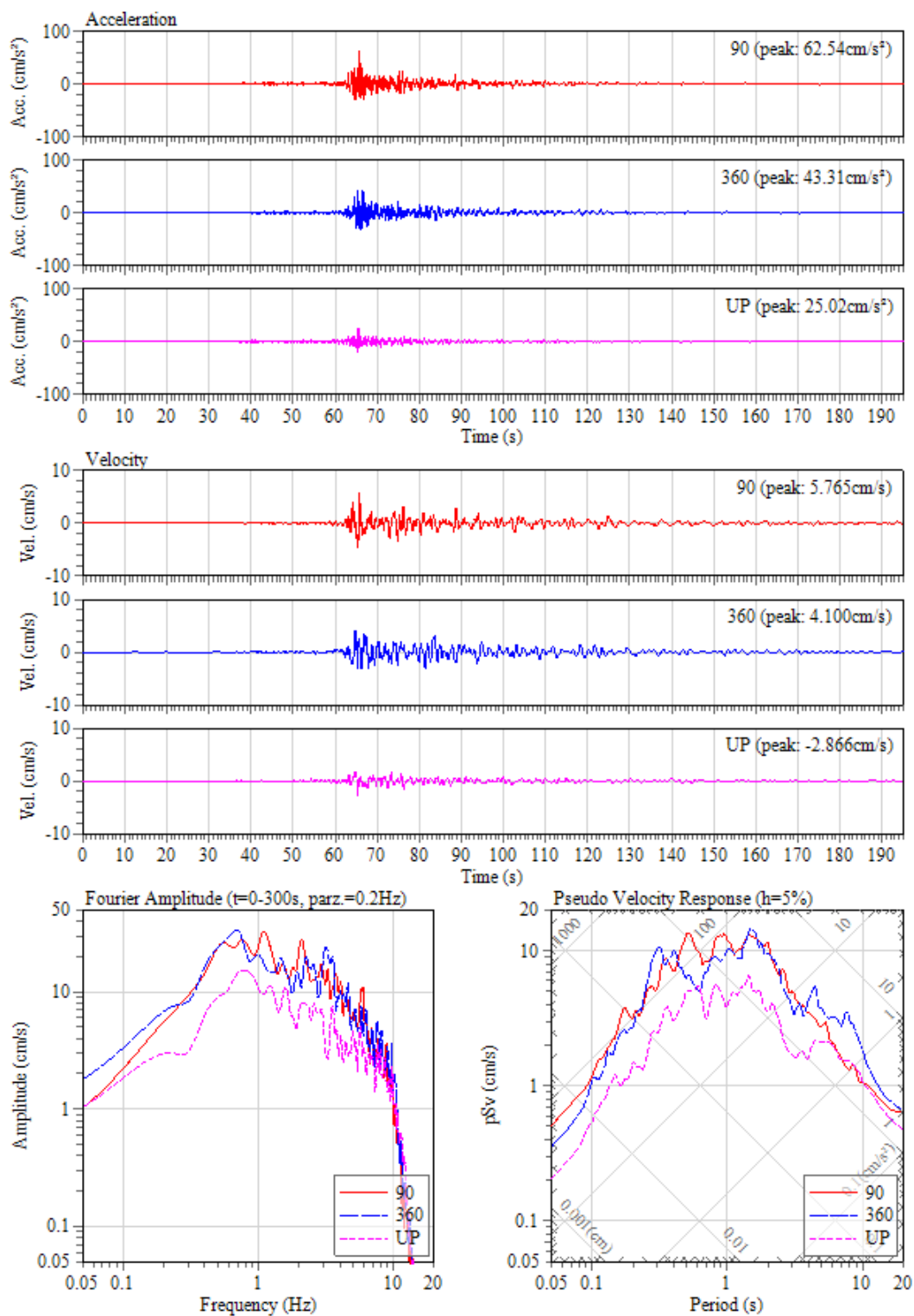
2016/01/24 10:30:35 at 8011: AK:Anch;Russian Jack Spr St Pk, Intensity: 3.9

図 3.1.1-30 8011 観測点における加速度、速度波形とフーリエ・速度応答スペクトル



2016/01/24 10:30:37 at 8021: AK:Anchorage;Klatt Elem Sch, Intensity: 4.1

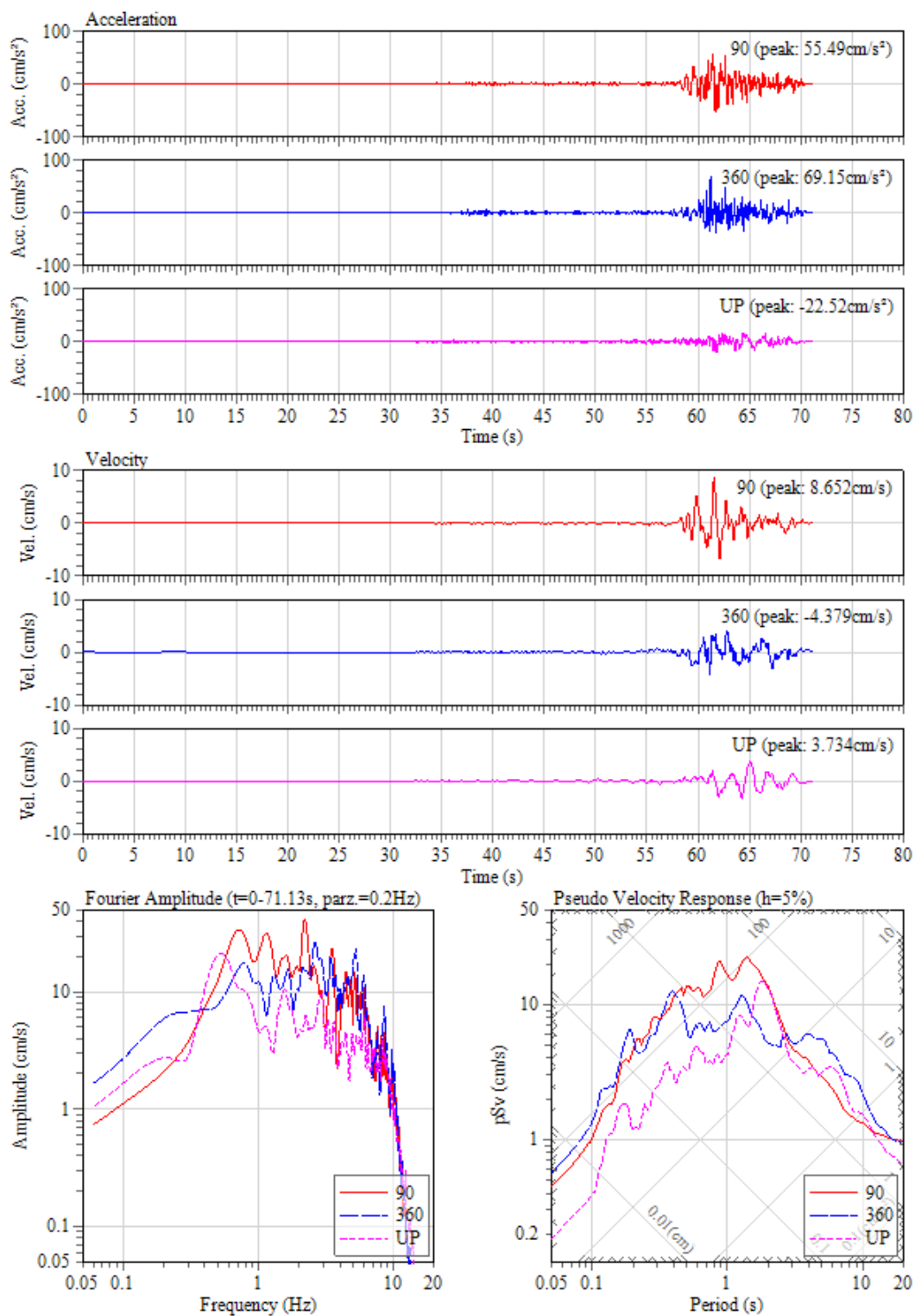
図 3.1.1-31 8021 観測点における加速度、速度波形とフーリエ・速度応答スペクトル



2016/01/24 10:30:35 at 8028: AK:Anchorage:Coll Gate Elem, Intensity: 3.9

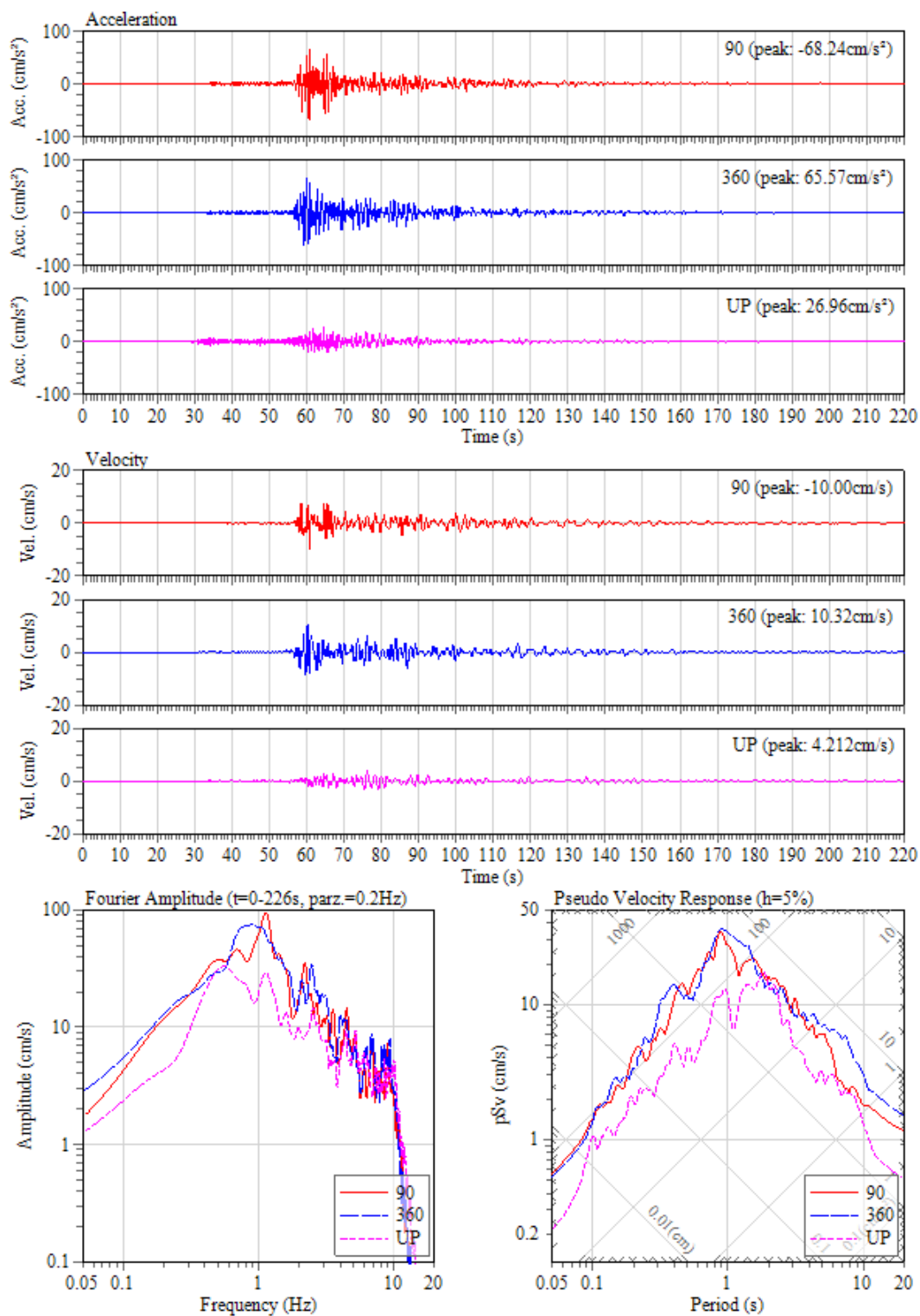
図 3.1.1-32 8028 観測点における加速度、速度波形とフーリエ・速度応答スペクトル





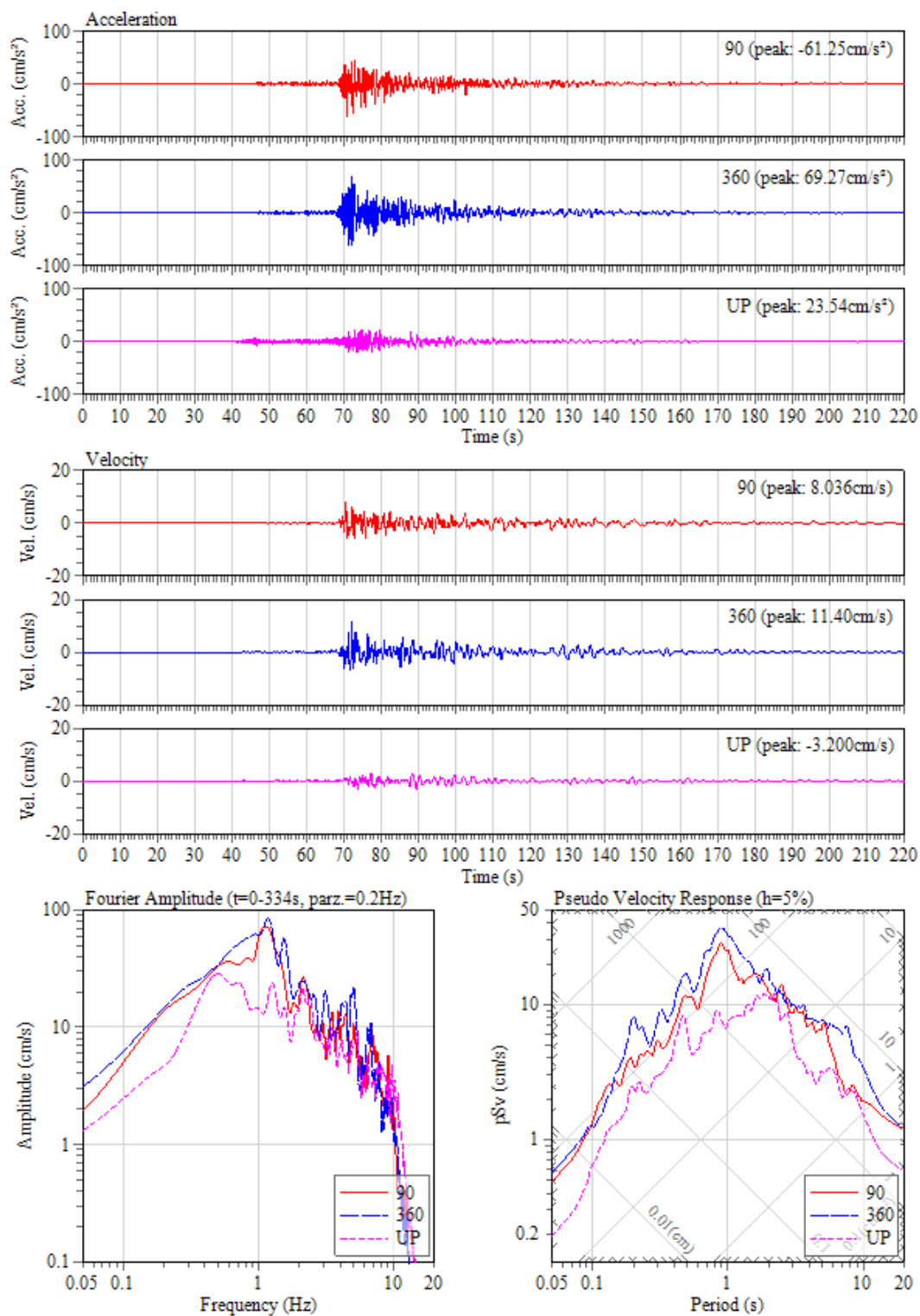
2016/01/24 10:30:39 at 8029: AK:Anchorage;Tudor Elem Sch, Intensity: 4.1

図 3.1.1-33 8029 観測点における加速度、速度波形とフーリエ・速度応答スペクトル



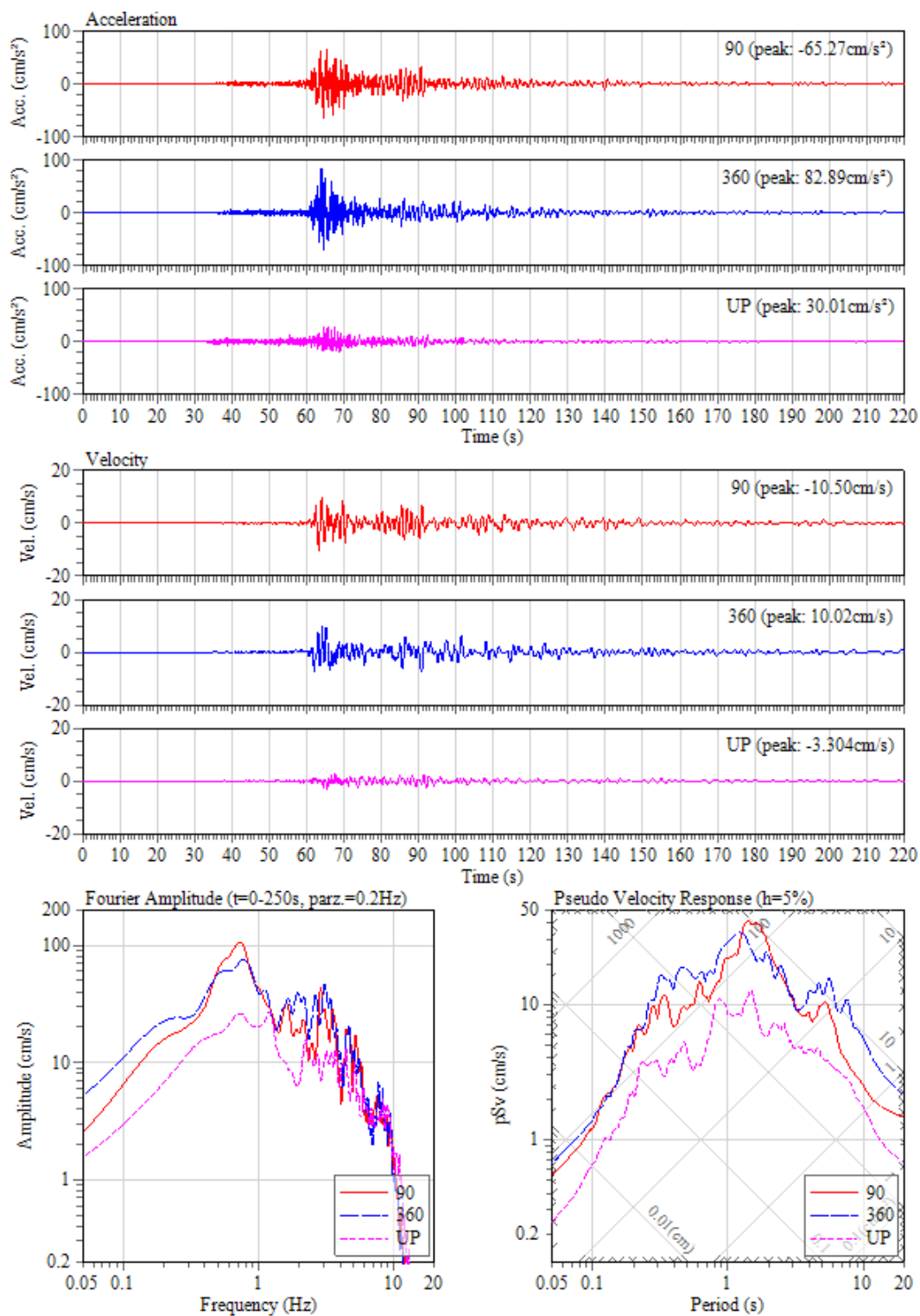
2016/01/24 10:30:41 at 8038: AK:Anchorage;FS 01 (Central), Intensity: 4.5

図 3.1.1-34 8038 観測点における加速度、速度波形とフーリエ・速度応答スペクトル



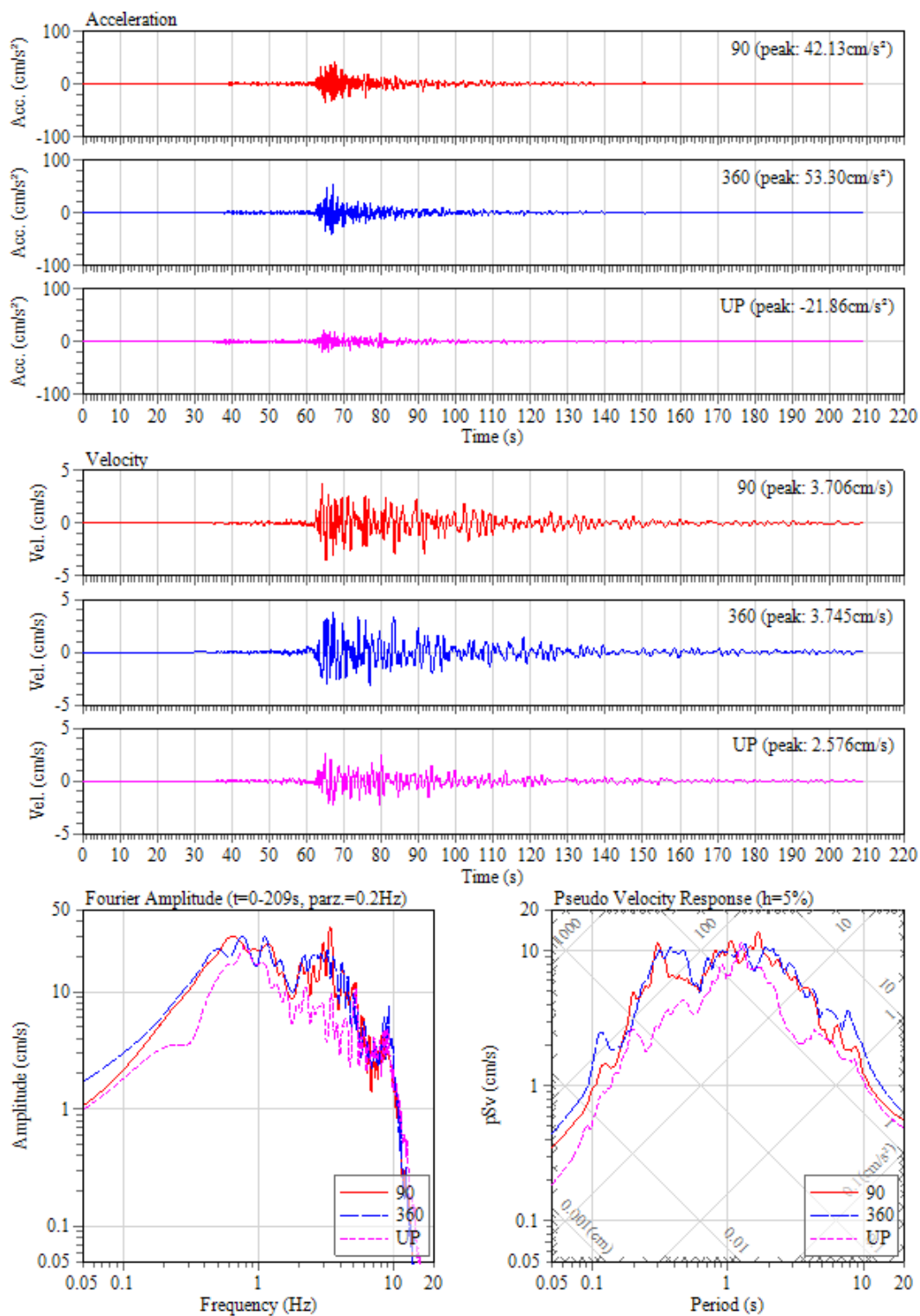
2016/01/24 10:30:29 at 8040: AK:Anchorage;R B Atwood Bld, Intensity: 4.4

図 3.1.1-35 8040 観測点における加速度、速度波形とフーリエ・速度応答スペクトル



2016/01/24 10:30:37 at 8041: AK:Anchorage;Turnagain ELMN, Intensity: 4.5

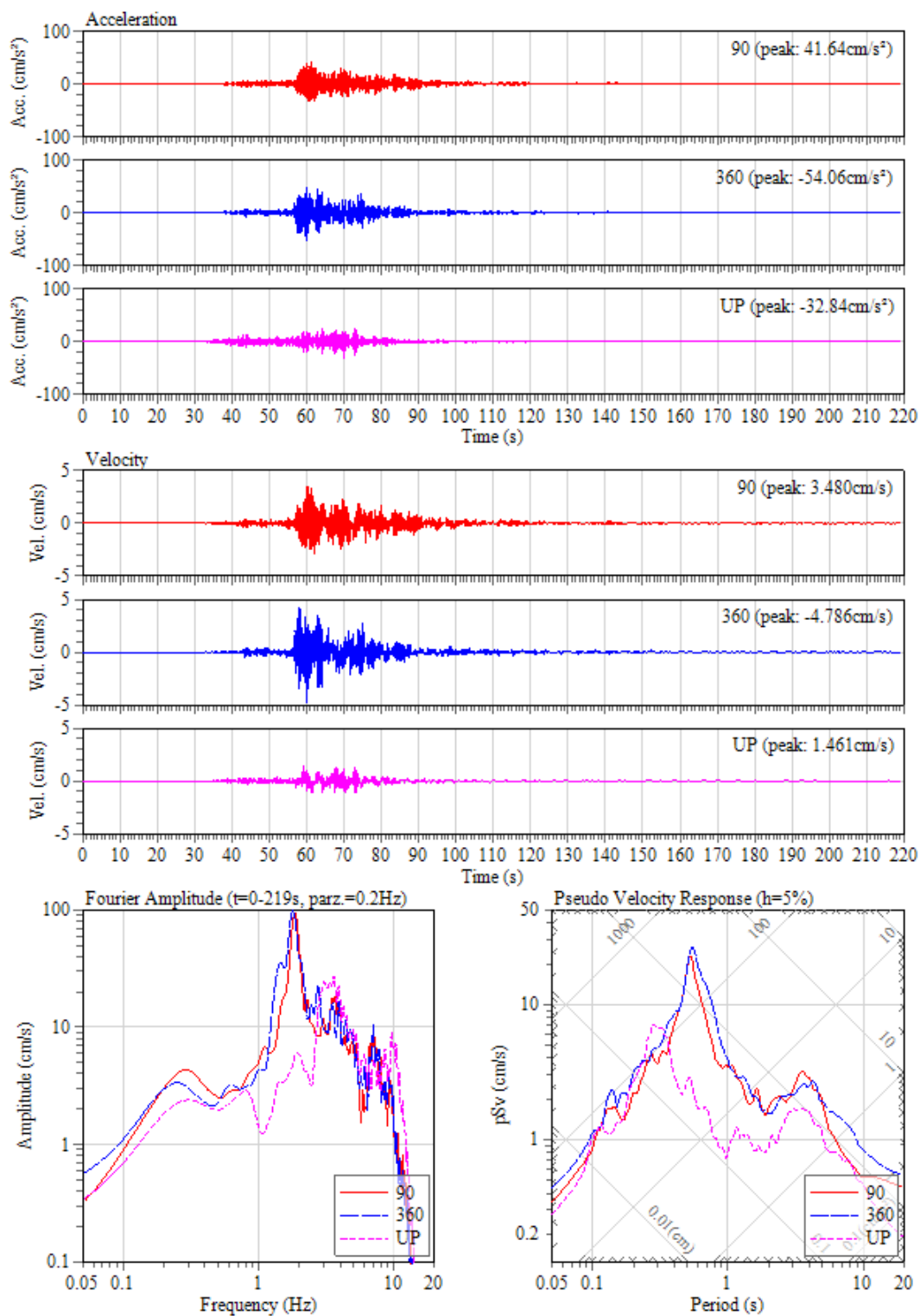
図 3.1.1-36 8041 観測点における加速度、速度波形とフーリエ・速度応答スペクトル



2016/01/24 10:30:36 at 8046: AK:Anchorage;VAMC, FF, Intensity: 3.7

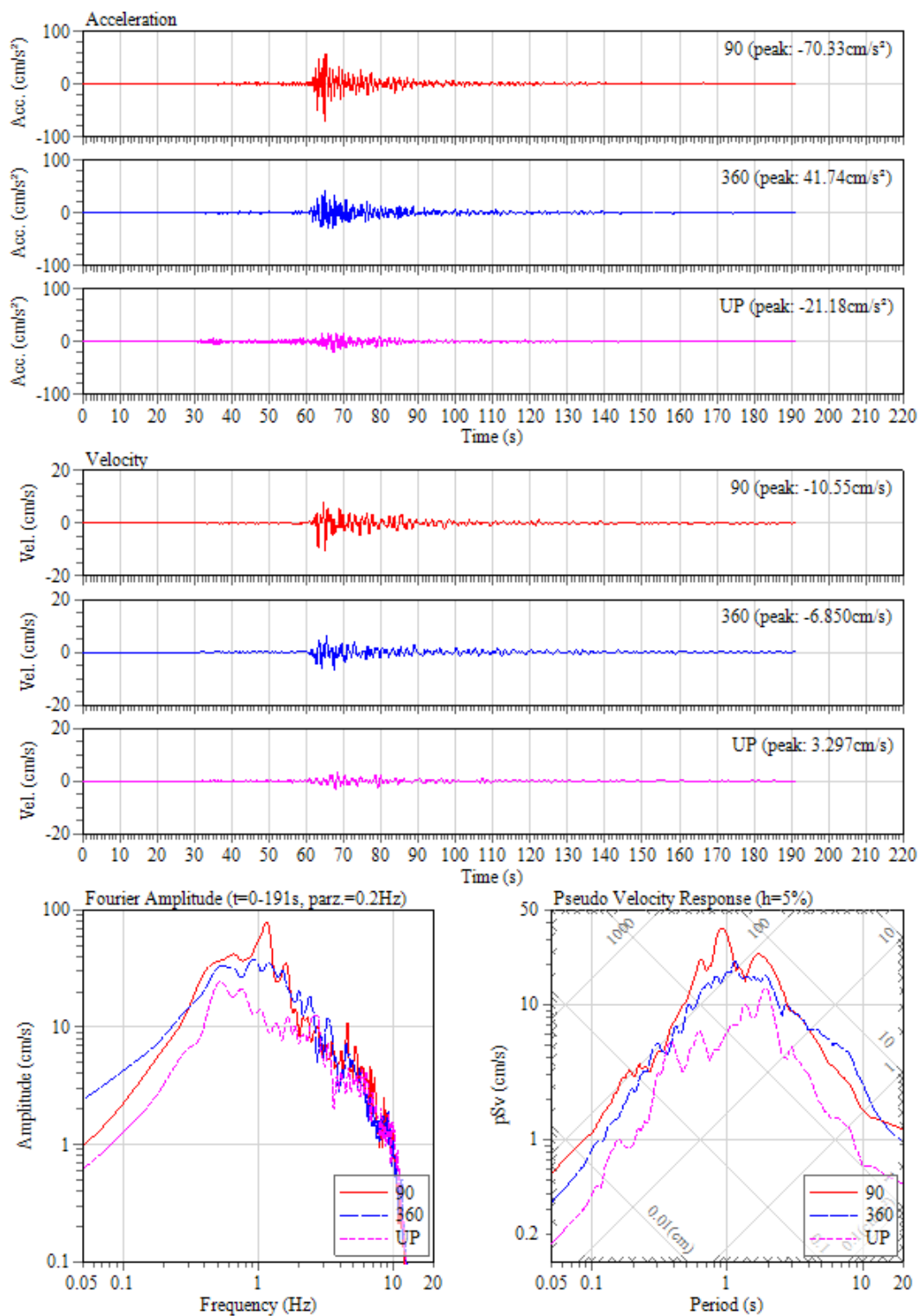
図 3.1.1-37 8046 観測点における加速度、速度波形とフーリエ・速度応答スペクトル





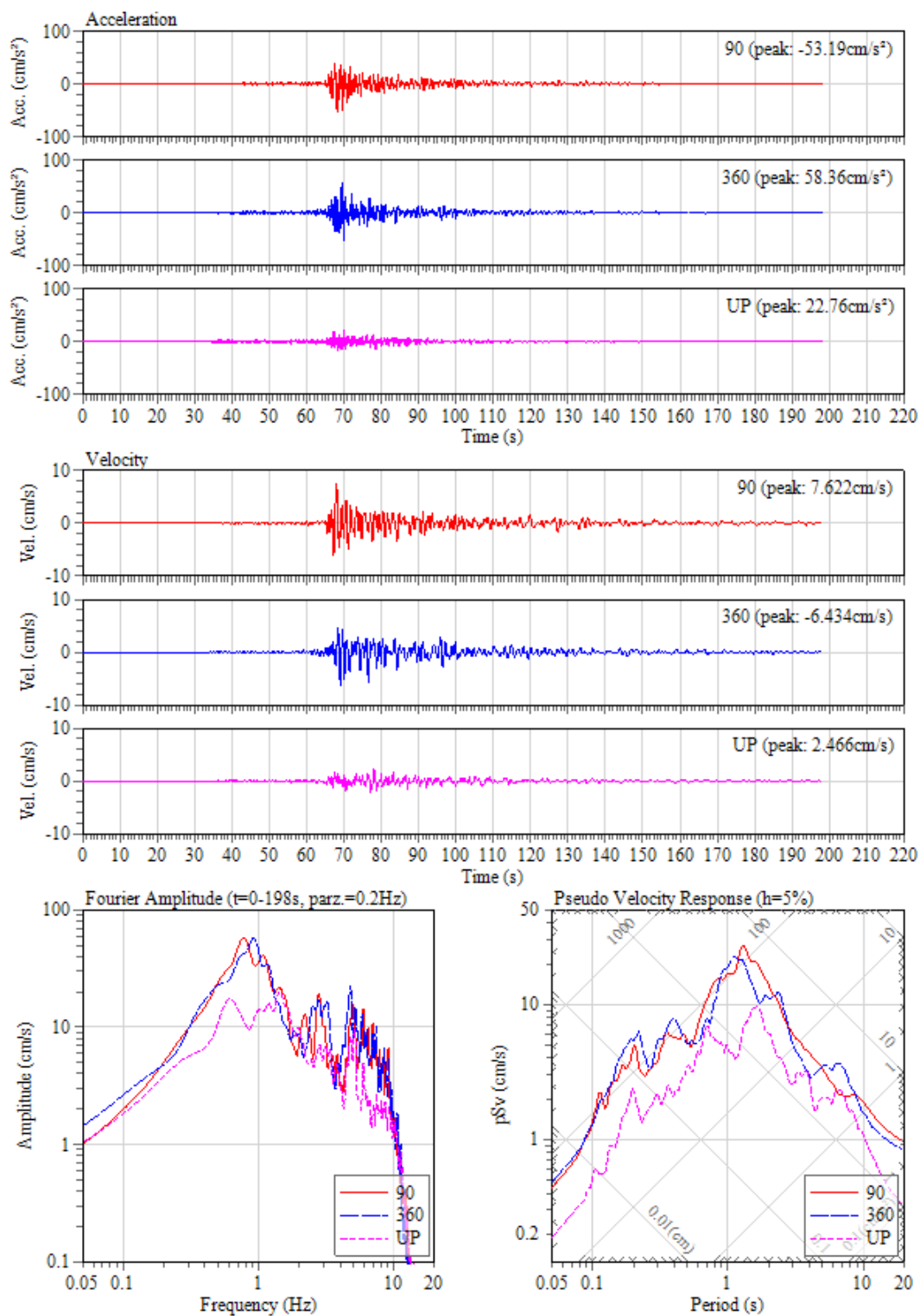
2016/01/24 10:30:30 at 8051: AK:Kodiak Is;USCG AS Hanger 1, Intensity: 3.9

図 3.1.1-38 KDAK 観測点における加速度、速度波形とフーリエ・速度応答スペクトル



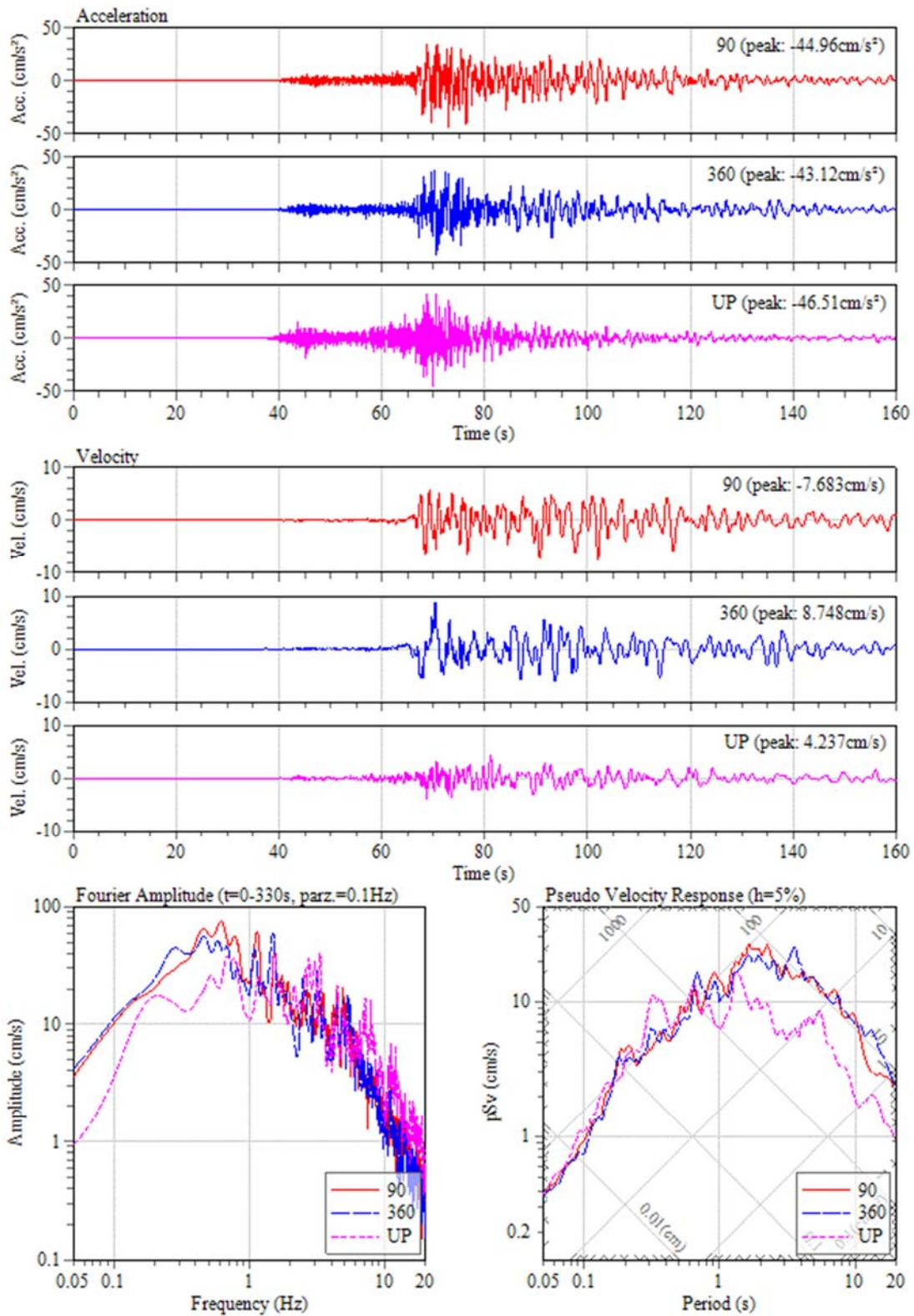
2016/01/24 10:30:45 at AHOU: City Hall,Houston,AK, Intensity: 4.3

図 3.1.1-39 AHOU 観測点における加速度、速度波形とフーリエ・速度応答スペクトル



2016/01/24 10:30:41 at AWPL: Wasilla Pub Lib, Wasilla, AK, Intensity: 4.0

図 3.1.1-40 AWPL 観測点における加速度、速度波形とフーリエ・速度応答スペクトル



2016/01/24 10:30:30 at FIRE: Fire Island, AK, Intensity: 4.0

図 3.1.1.41 FIRE 観測点における加速度、速度波形とフーリエ・速度応答スペクトル

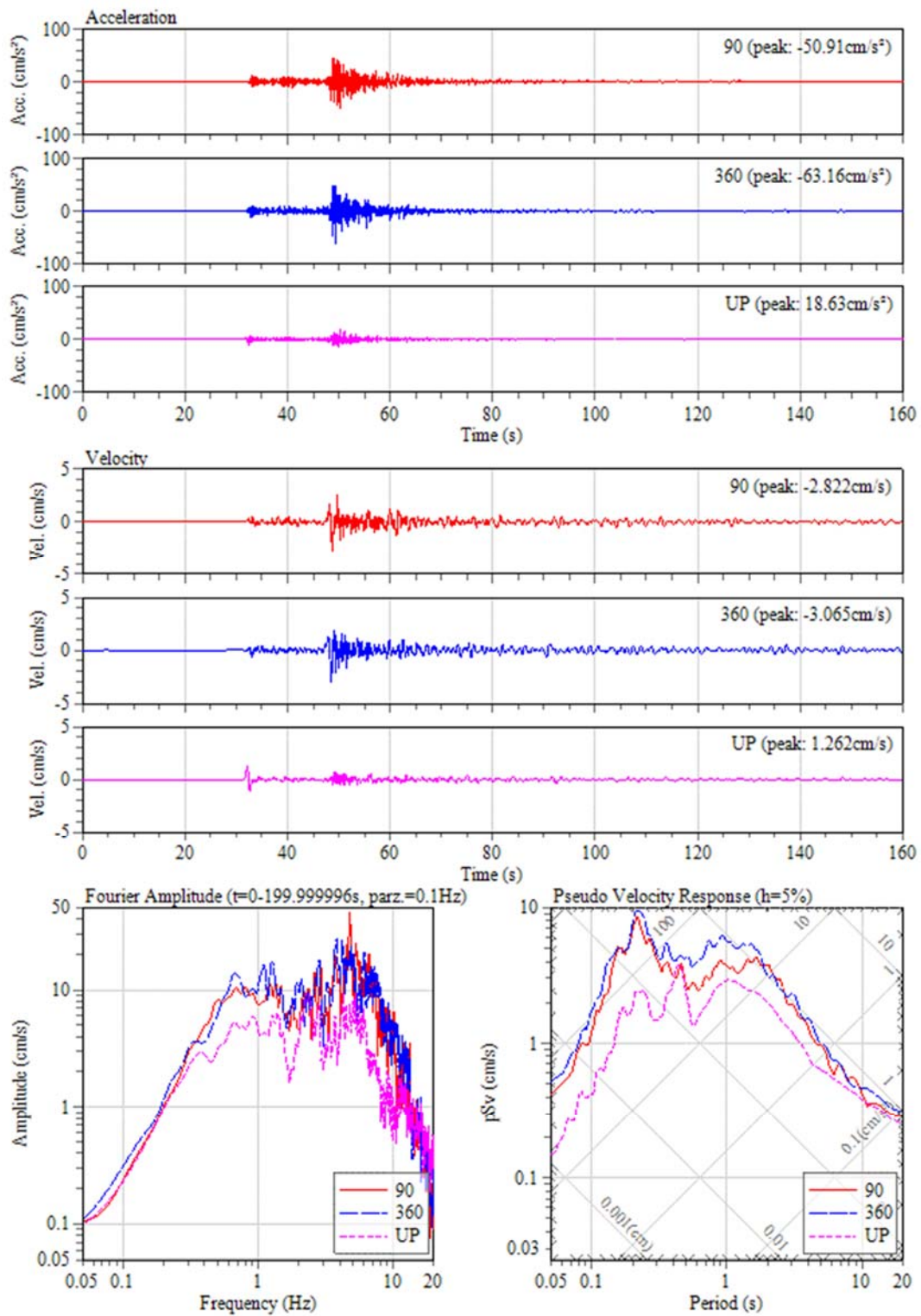


図 3.1.1-42 2015 年 7 月 28 日 M6.4 Iliamna 地震 HOM 観測点における加速度、速度波形とフーリエ・速度応答スペクトル



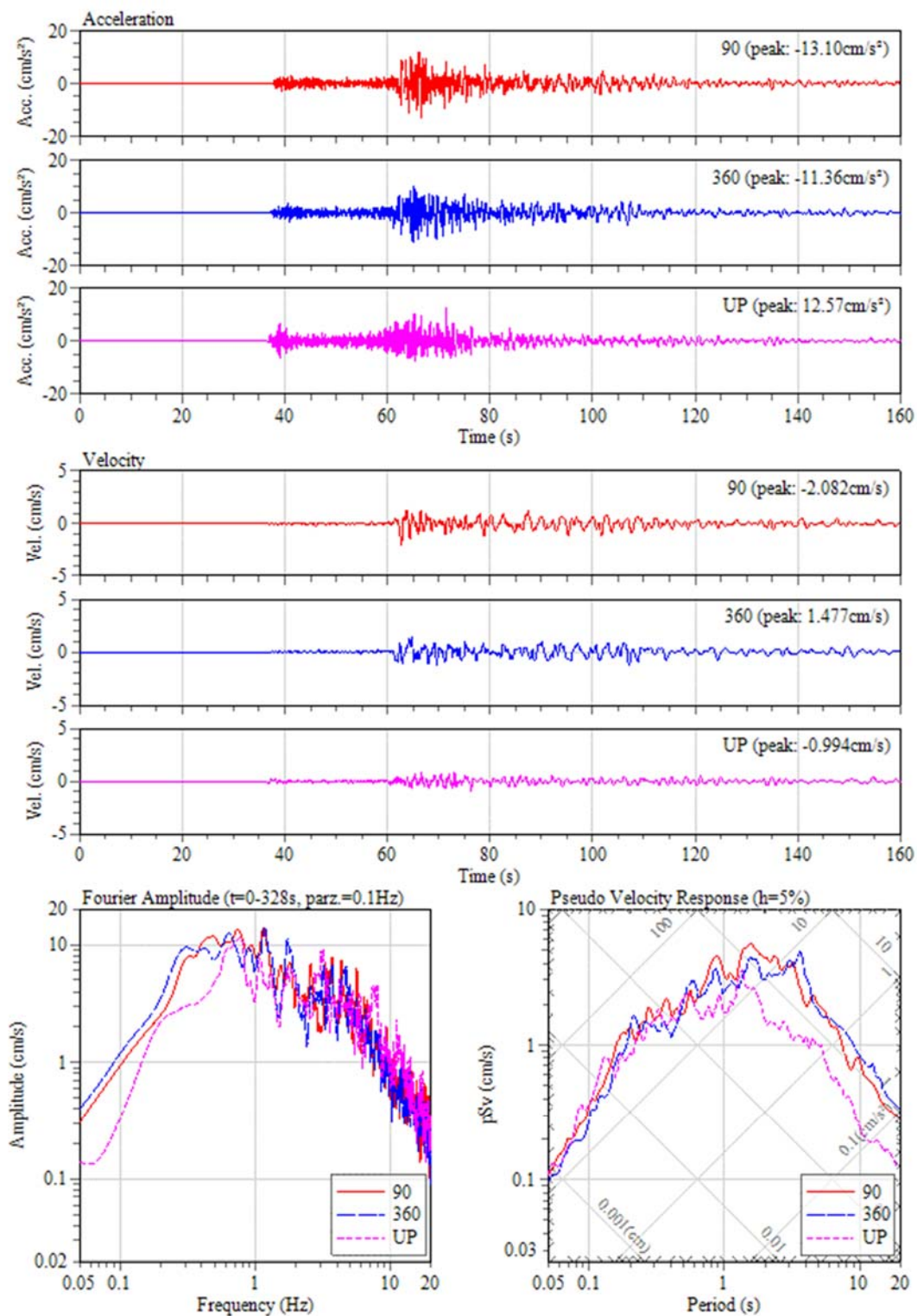


図 3.1.1-43 2015 年 7 月 28 日 M6.4 Iliamna 地震 FIRE 観測点における加速度、速度波形とフーリエ・速度応答スペクトル

### 3.1.2 2016年アラスカ Iniskin 地震の震源モデルの設定

本年度の研究では、2016年1月24日年 Mw7.1 アラスカ Iniskin 地震をターゲットとした（以降ターゲット地震と称す。図 3.1.2-1 を参照）。経験的グリーン関数法に用いる要素地震としては、Iniskin 地震の震源近くで発生した 2015年7月28日 Mw6.4 Iliamna 地震がターゲット地震の震源メカニズムが本震に近いことから、この地震を選択した。2つの地震の震源位置、メカニズム解、ターゲットの地震のすべり分布（USGS）とこの2地震で共通に観測記録の得られている FIRE 観測点の位置図を図 3.1.2-2 に示す。本項では、まず Iniskin 地震と Iliamna 地震のコーナー周波数を観測記録のスペクトル比で決め、さらにそれぞれの地震の断層パラメータを推定したうえ、Iniskin 地震について経験的グリーン関数法で地震動を評価するための等価クラックモデルを設定することとした。

#### (1) FIRE 観測点フーリエスペクトル比とコーナー周波数の推定

経験的グリーン関数法により、Iniskin地震の震源モデルを推定するには、波形合成のための合成倍率と応力降下量比を決める必要がある。本研究では、Miyake and Irikura (2003)に従い、大地震と要素地震の距離補正を行ったフーリエスペクトル比により、波形合成のための合成倍率と応力降下量比について検討を行った。この方法では、まず、(3.1.2-1) 式により、大地震と要素地震の観測記録により、両者のスペクトル比を計算される。次にこのスペクトル比に(3.1.2-2)式をフィッティングさせ、要素地震と大地震のコーナー周波数 $f_{ca}$ と $f_{cm}$ をそれぞれ決め、(3.1.2-3)、(3.1.2-4)式より合成倍率 $N$ 、応力降下量比をそれぞれ決められる。

$$\frac{S(f)}{s(f)} = \frac{O(f)/\frac{1}{R} \exp(-\pi f R / Q_s(f) V_s)}{o(f)/\frac{1}{r} \exp(-\pi f r / Q_s(f) V_s)} \quad (3.1.2.1)$$

$$SSRF(f) = \frac{M_o}{m} \frac{1 + \left(\frac{f}{f_{ca}}\right)^2}{1 + \left(\frac{f}{f_{cm}}\right)^2} \quad (3.1.2.2)$$

$$N = \frac{f_{ca}}{f_{cm}} \quad (3.1.2.3)$$

$$C = \frac{M_o}{m} \left( \frac{f_{cm}}{f_{ca}} \right)^3 \quad (3.1.2.4)$$

図 3.1.2-3 と図 3.1.2-4 には、本震記録と前震記録を共通に得られている FIRE 観測点における本震と前震の観測記録（3.1.1 項に示されている）のフーリエスペクトルとそのスペクトル比（EW、NS 成分）をそれぞれ示し、フーリエスペクトル比にフィッティングさせた SSRF も示している。なお、距離補正については、前震について震源距離を用いることにして、本震については断層最短距離を用いた。これにより、本震のコーナー周波数は 0.21Hz、前震のコーナー周波数が 0.41Hz と求まり、それから応力降下量の比が約 1.78、合成倍率は 1.95 と求まった。求まったコーナー周波数により計算された理論スペクトルと観測記録のフーリエスペクトルとの比較は図 3.1.2-5 と図 3.1.2-6 に示す。これらの図から、理論スペクトルは観測記録のフーリエスペクトルとおおむね一致することが分かった。

## (2) 等価クラックモデルおよび断層パラメータ

断層パラメータの設定では、(1) で求まったパラメータを参考に、ターゲットの地震のモーメントマグニチュード  $M_{wl}=7.1$ 、要素地震のコーナー振動数  $f_{cs}=0.41\text{Hz}$ 、経験的グリーン関数法による波形合成時に用いる重ね合わせ数  $N=1.95$ 、およびターゲットの地震と要素地震の応力降下量の比  $C=1.78$  の 4 つのパラメータを与条件として、要素地震とターゲットの地震の断層パラメータを設定した。

まず、Kanamori (1977)による(3.1.2-5)式より、ターゲットの地震のモーメントマグニチュード  $M_{wl}$  から地震モーメント  $M_{ol}$  を算出した後、(1)で求めた  $C$  と  $N$  の値を(3.1.2-6)式に代入して、要素地震の地震モーメント  $M_{os}$  を決めた。

$$M_{ol}[N \cdot m] = 10^{1.5M_{wl}+9.1} \quad (3.1.2-5)$$

$$M_{ol}/M_{os} = CN^3 = 13.2 \quad (3.1.2-6)$$

次に、Brune(1970)の  $\omega^2$  モデルを仮定した場合の、(3.1.2-7) 式によるコーナー振動数の値と、円形クラックの平均応力降下量を求める(3.1.2-8) 式を用いて、要素地震の断層面積  $S_s$ 、および要素地震の応力降下量  $\Delta\sigma_s$  を算定した。

$$f_{cs} = \beta\sqrt{(7/16)/S_s} = 0.41\text{Hz} \quad (3.1.2-7)$$

$$\Delta\sigma_s = (7/16)M_{os}/(S_s/\pi)^{1.5} \quad (3.1.2-8)$$

要素地震の応力降下量  $\Delta\sigma_s$  が求まったので(3.1.2-9)式の値よりターゲットの地震の応力降

下量 $\Delta\sigma_l$ が求まる。

$$\Delta\sigma_l/\Delta\sigma_s = C = 1.78 \quad (3.1.2-9)$$

また、ターゲットの地震の $M_{0l}$ 、応力降下量 $\Delta\sigma_l$ から円形クラックの(3.1.2-10)式で断層面積 $S_l$ が求まり、 $L_l=W_l$ とすると、(3.1.2-11)式より $L_l$ と $W_l$ が求まる。

$$\Delta\sigma_l = (7/16)M_{0l}/(S_l/\pi)^{1.5} \quad (3.1.2-10)$$

$$S_l = L_l \times W_l \quad (3.1.2-11)$$

ターゲットの地震の平均すべり量 $D_l$ は下記の(3.1.2-12)式より算定した。ここに、剛性率 $\mu$ は、 $7 \times 10^{10} \text{ N/m}^2$ と仮定した。

$$M_{0l} = \mu D_l S_l \quad (3.1.2-12)$$

同様に、(3.1.2-13)式と(3.1.2-14)式より、要素地震の断層長さ $L_s$ 、断層幅 $W_s$ 、および平均すべり量 $D_s$ を算定した。ここに、 $L_s=W_s$ とした。

$$S_s = L_s \times W_s \quad (3.1.2-13)$$

$$M_{0s} = \mu D_s S_s \quad (3.1.2-14)$$

表 3.1.2-1 に以上より設定したターゲットの地震の等価クラックモデルの断層パラメータを、表 3.1.2-2(a)に前震の断層パラメータを示す。なお、司・他(2015)による方法を用いて前震から理論スペクトルの比から求めた $M_w 5.1$ の要素地震のパラメータを表 3.1.2-2(b)に示す。また、ターゲットの地震の等価クラックモデルの震源モデルを図 3.1.2-7 に示す。この等価クラックモデルにおいて、破壊伝播速度は $V_R=3.11\text{km/s}$ 、破壊開始点は断層面の下方中央とした。

表 3.1.2-1 2016年1月24日 Mw7.1 アラスカ Iniskin 地震(ターゲットの地震)の等価クラックモデルの断層パラメータ

2016年M7.1地震の等価クラックモデル		設定方法
モーメントマグニチュード $M_w$	7.1	$M_w=(\log_{10}(M_0)-9.1)/1.5$
地震モーメント $M_0$	5.92E+19	$M_w=(\log_{10}(M_0)-9.1)/1.5$
応力降下量 $\Delta\sigma$ (MPa)	50.6	$\Delta\sigma=(7/16)M_0/(S/\pi)^{1.5}$
断層面積 $S$ (km <sup>2</sup> )	200.9	$S=(7/16)(\beta/f_c)^2, \beta=4.5\text{km/s}$
平均滑り量 $D$ (m)	4.2	$D=M_0/\mu S$
コーナー振動数 $f_c$ (Hz)	0.21	スペクトル比より推定
短周期レベル $A$	1.03E+20	$A_s=4\pi\beta^2(S_s/\pi)^{1/2}\Delta\sigma_s$

表 3.1.2-2 2015年7月28日 Mw6.4 Iliamna 地震(a)と要素地震 (b) の断層パラメータ

(a)

2015年M6.4地震の断層パラメータ		設定方法
モーメントマグニチュード $M_w$	6.4	$M_w=(\log_{10}(M_0)-9.1)/1.5$
地震モーメント $M_0$	4.48E+18	$M_{o1}/M_{os}=CN^3=13.2$
応力降下量 $\Delta\sigma$ (MPa)	28.5	$\Delta\sigma=(7/16)M_0/(S/\pi)^{1.5}$
断層面積 $S$ (km <sup>2</sup> )	52.7	$S=(7/16)(\beta/f_c)^2, \beta=4.5\text{km/s}$
平均滑り量 $D$ (m)	1.2	$D=M_0/\mu S$
コーナー振動数 $f_c$ (Hz)	0.41	スペクトル比より推定
短周期レベル $A$	2.97E+19	$A_s=4\pi\beta^2(S_s/\pi)^{1/2}\Delta\sigma_s$

(b)

要素地震の断層パラメータ		設定方法
モーメントマグニチュード $M_w$	5.1	M7.1から2を引いた値
地震モーメント $M_0$	5.62E+16	$M_w=(\log_{10}(M_0)-9.1)/1.5$
応力降下量 $\Delta\sigma$ (MPa)	28.4	$\Delta\sigma=(7/16)M_0/(S/\pi)^{1.5}$
断層面積 $S$ (km <sup>2</sup> )	2.9	$S=(7/16)(\beta/f_c)^2, \beta=4.5\text{km/s}$
平均滑り量 $D$ (m)	0.3	$D=M_0/\mu S$
コーナー振動数 $f_c$ (Hz)	1.762	$\Delta\sigma$ が28.4MPaになるように設定
短周期レベル $A$	6.89E+18	$A_s=4\pi\beta^2(S_s/\pi)^{1/2}\Delta\sigma_s$

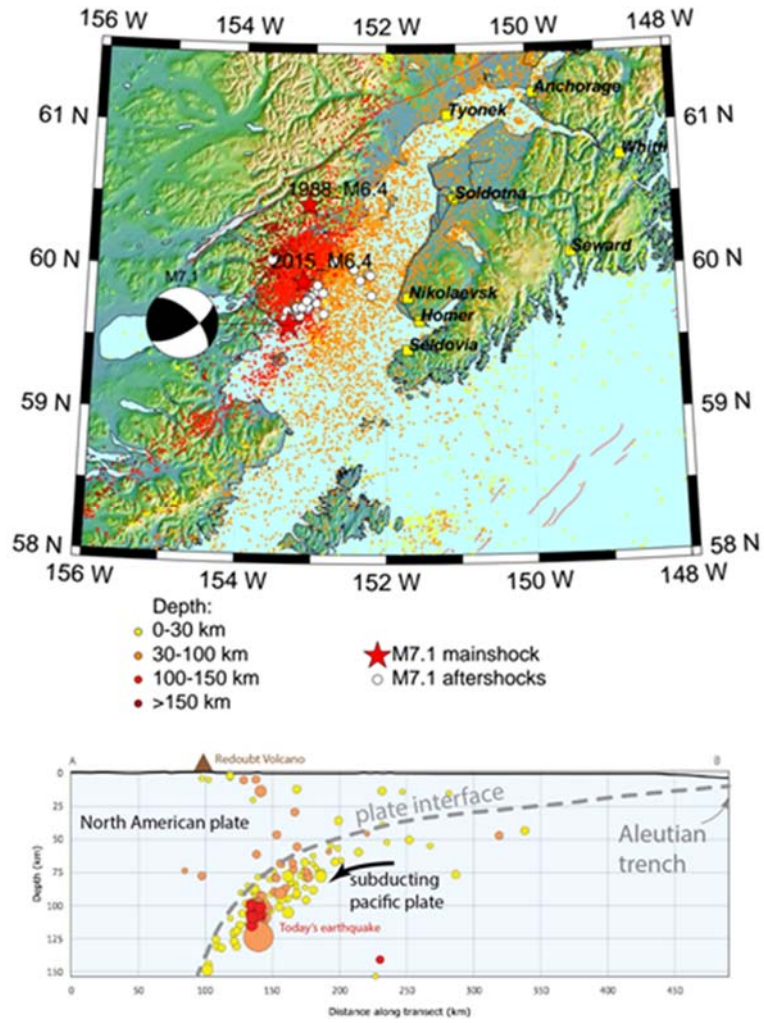


図3.1.2-1 ターゲットの地震（2016年1月24日年Mw7.1アラスカIniskin地震）のテクトロニクス（<http://earthquake.alaska.edu/>より引用）



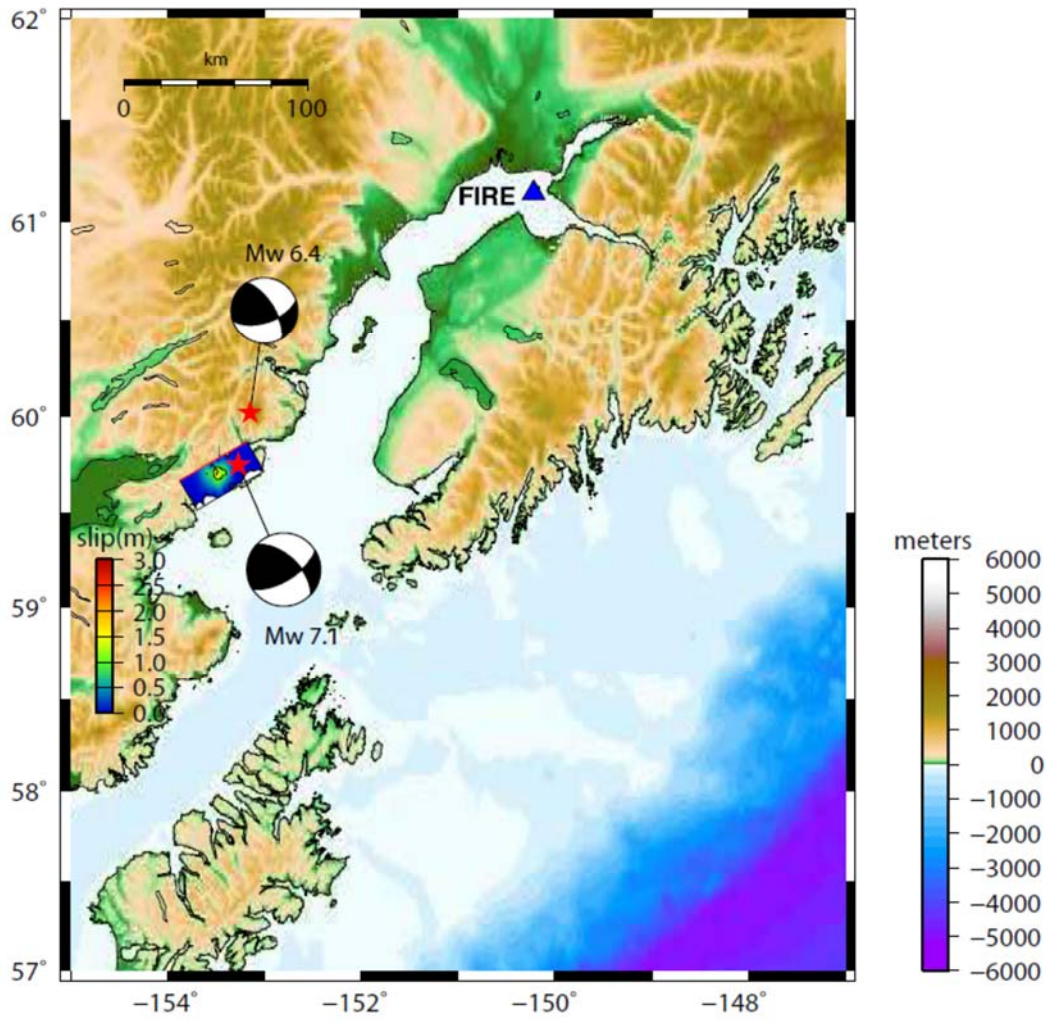


図3.1.2-2 ターゲットの地震のすべり分布、前震（要素地震のもと）の震央位置（赤☆印）  
および地震動評価点（▲印）

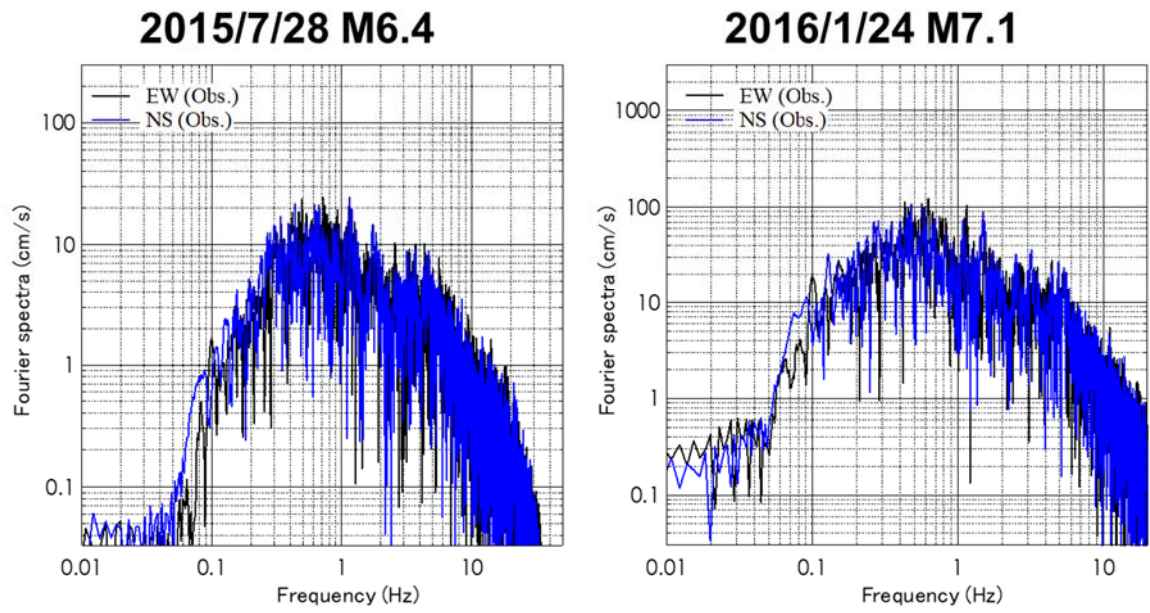


図3.1.2-3 前震とターゲットの地震のフーリエスペクトル

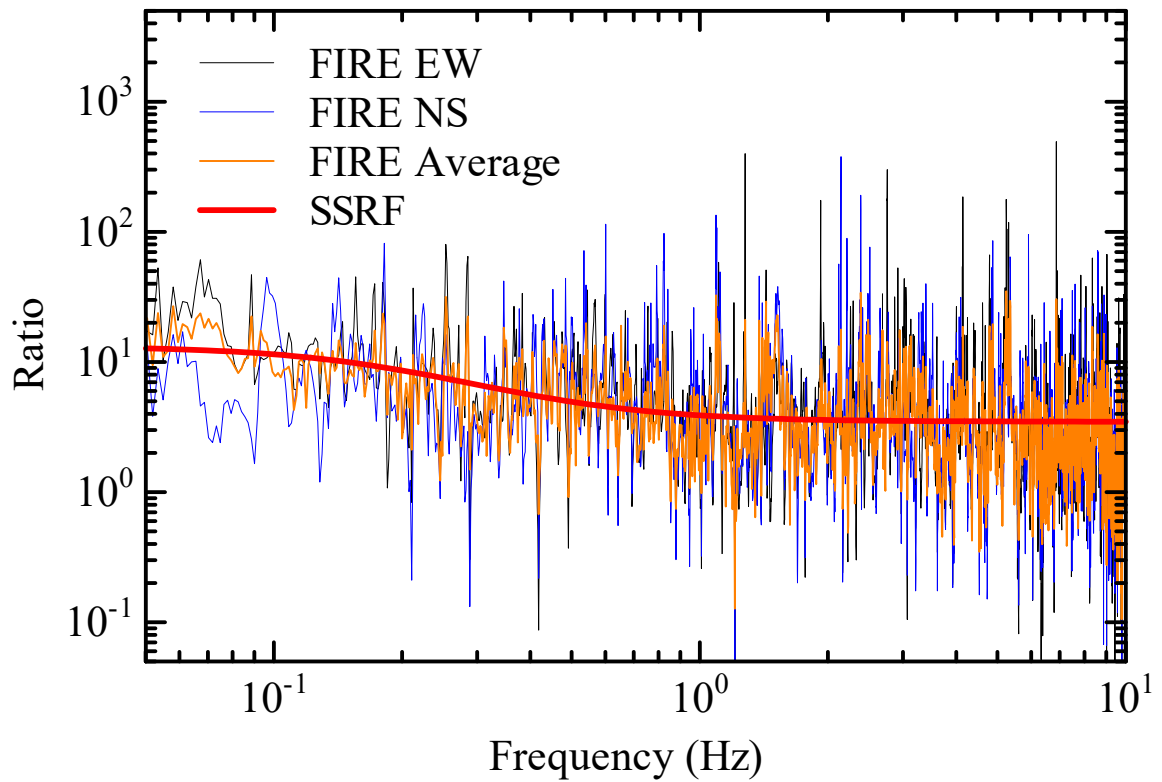


図3.1.2-4 ターゲット地震と前震のフーリエスペクトル比、2成分の平均及びSSRF

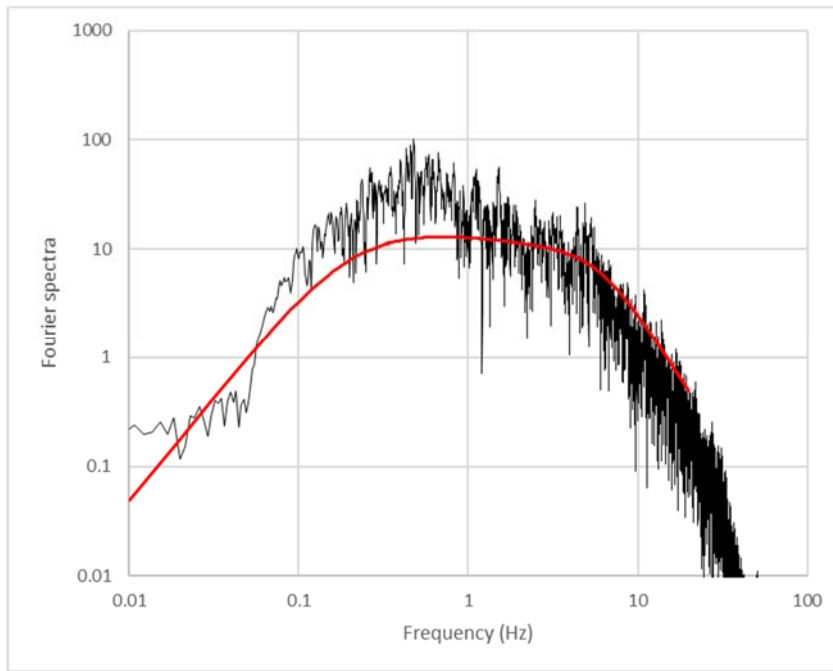


図3.1.2-5 ターゲット地震のフーリエスペクトルと理論スペクトルの比較

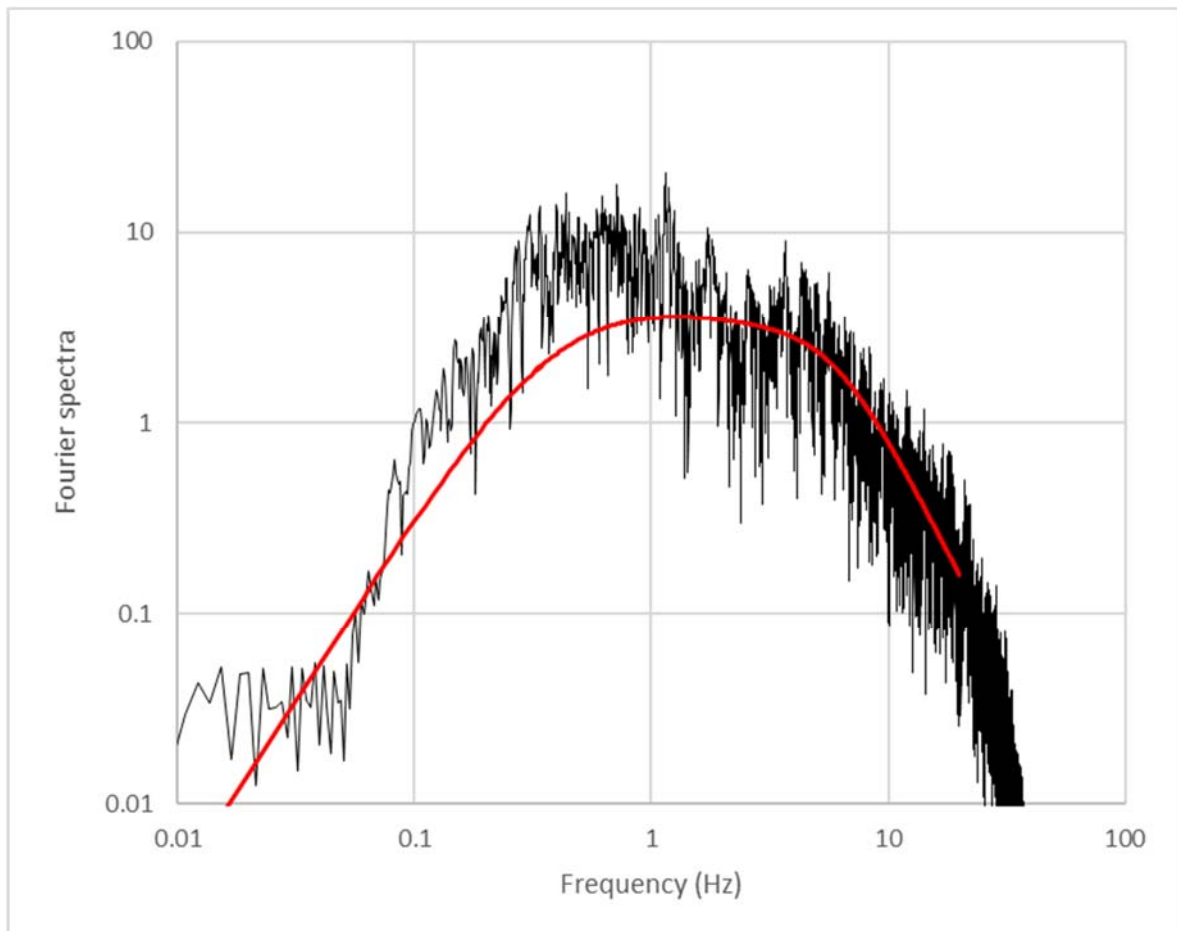


図3.1.2-6 前震のフーリエスペクトルと理論スペクトルの比較価点

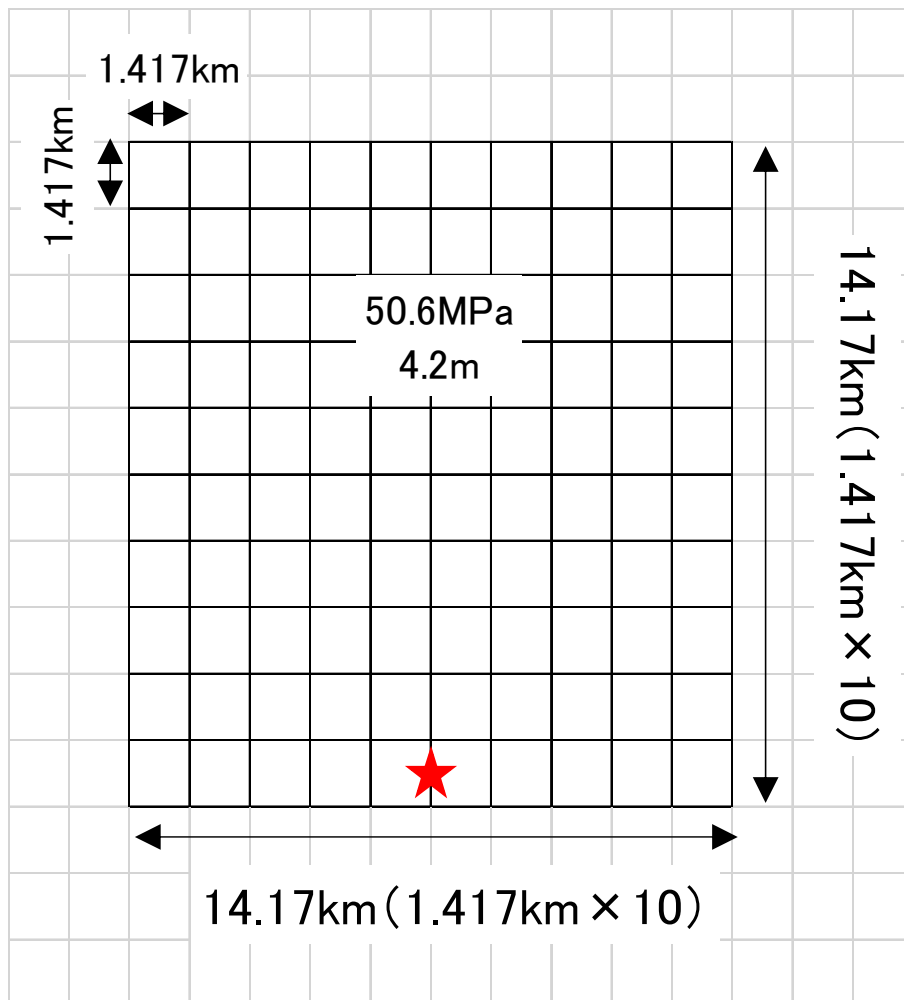


図 3.1.2-7 2016 年アラスカ Iniskin 地震 (ターゲットの地震)のクラックモデルによる  
震源モデル (赤★印：破壊開始点)

### 3.1.3 2016年アラスカIniskin地震の地震動再現解析

3.1.2項で得られた2016年アラスカIniskin地震の等価クラックモデルをもとに、Dan et al.(1989)による経験的グリーン関数法により、FIRE観測点において地震動を計算した。計算に用いる要素地震の波形と応答スペクトル、フーリエスペクトルについては図3.1.3-1に示す。また、等価クラックモデルについて経験的グリーン関数法によるFIRE観測点における計算結果のうち、速度応答スペクトルを図3.1.3-2に、加速度波形を図3.1.3-3に示す。

これらの図から、等価クラックモデルに基づいた地震動評価の結果はおおむね観測記録に近い値になっていることが確認でき、今回設定した断層モデルと計算結果が適切である可能性が高いと判断される。

また、今後は、この地震に対してアスペリティモデルを設定して、解析を行うことが課題であると考えられる。

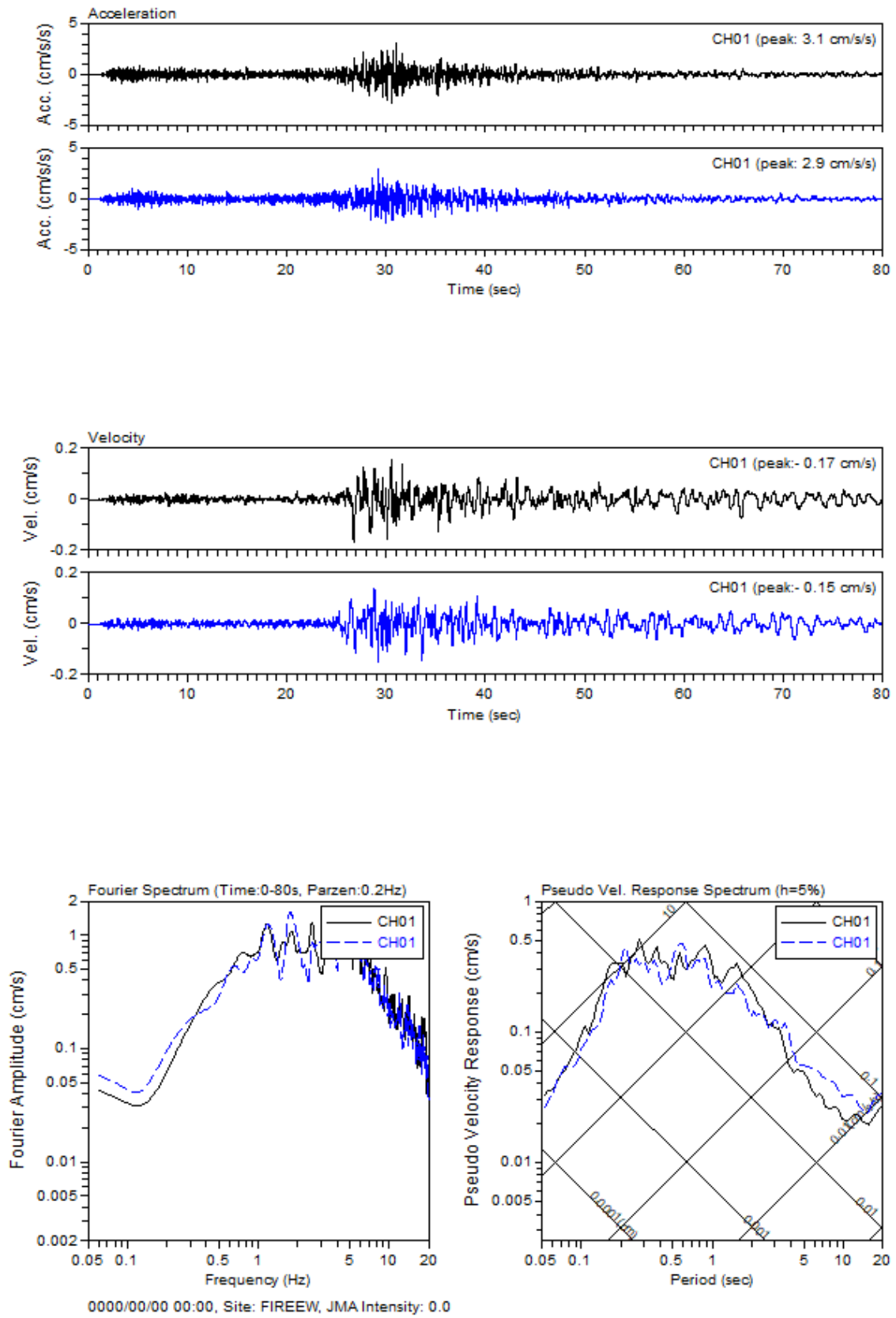


図3.1.3-1 仮想のM5.1地震のFIRE観測点における観測記録の観測波形とスペクトル



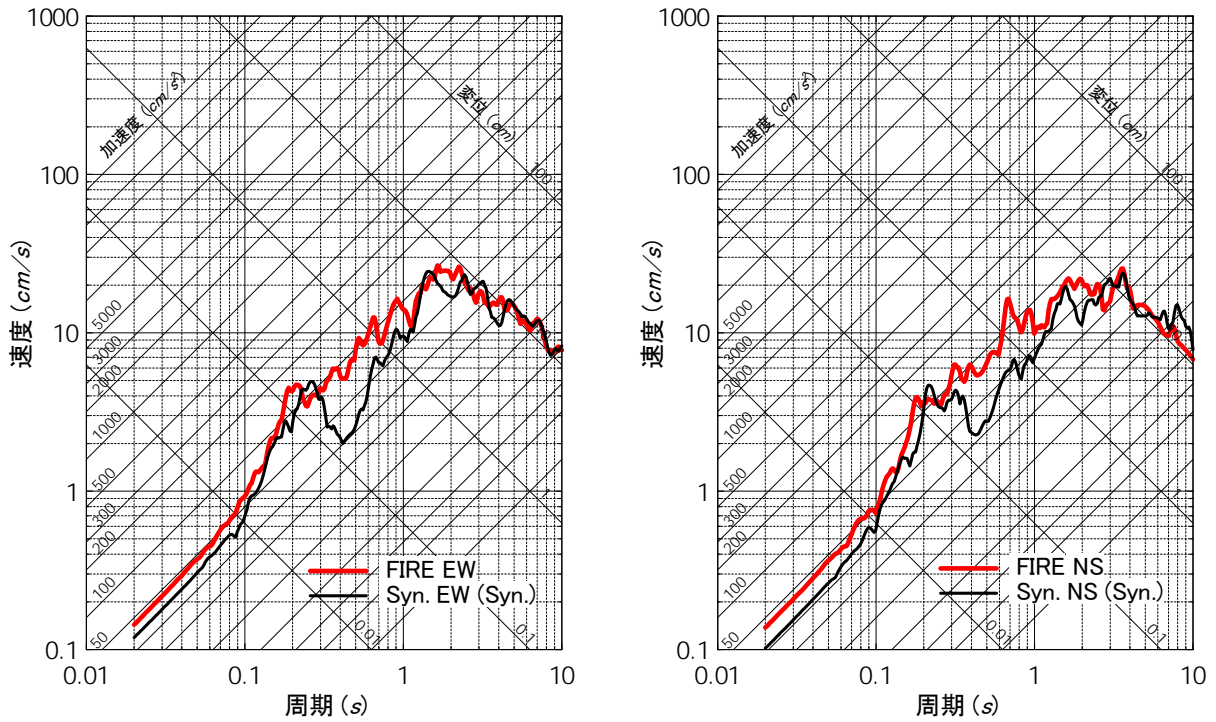


図3.1.3-2 FIRE地点における計算結果と観測記録の比較（EW、NS成分の速度応答スペクトル）

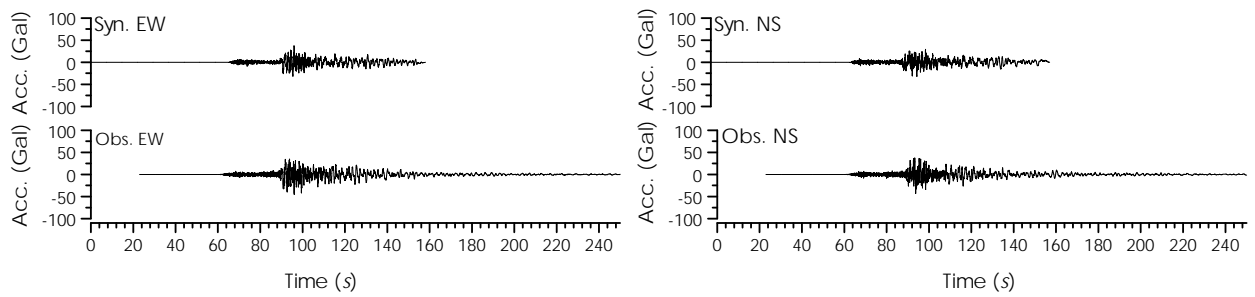


図3.1.3-3 FIRE地点における計算結果と観測記録の比較（加速度波形(EW, NS)）

### 3.1.4 2005年チリ Tarapaca 地震のアスペリティモデルの設定

既往の研究 (原子力規制庁, 2018)で対象とした 2005 年チリ Tarapaca 地震を対象に、アスペリティモデルの設定を行った。なお、既往の研究 (原子力規制庁, 2018)では、ターゲットの地震の震源モデルをクラックモデル (強震動生成域 SMGA のみ) として解釈して断層パラメータを設定し、経験的グリーン関数法による検討を行ったが、本研究では地震調査研究推進本部によるスラブ内地震の「レシピ」と比較するために、背景領域も含む、アスペリティモデルとして考えた場合について検討した。

#### (1) 対象地震

地震動再現解析の対象は、既往の研究 (原子力規制庁, 2018)と同様で、2005 年チリ Tarapaca 地震 ( $M_W$ 7.8、以降、ターゲットの地震と呼ぶ) とし、要素地震として 2005 年 8 月 14 日に発生した余震 ( $M_W$ 5.8) を用いた。ターゲットの地震のすべり分布 (USGS)、要素地震の震央位置および地震動評価点 (1 地点) を図 3.1.4-1 に示す。

#### (2) 等価クラックモデルおよび断層パラメータ

断層パラメータの設定では、2005 年チリ Tarapaca 地震の経験的グリーン関数法用のパラメータの再見積り結果 (図 3.1.4-2、表 3.1.4-1) を参照に、ターゲットの地震のモーメントマグニチュード  $M_{WI}=7.8$ 、要素地震のコーナー振動数  $f_{cs}=0.46\text{Hz}$ 、経験的グリーン関数法による波形合成時に用いる重ね合わせ数  $N=7$ 、およびターゲットの地震と要素地震の応力降下量の比  $C=3$  の 4 つのパラメータを与条件として、要素地震とターゲットの地震の断層パラメータを設定した。

まず、Kanamori (1977)による(3.1.4-1)式より、ターゲットの地震のモーメントマグニチュード  $M_{WI}$  から地震モーメント  $M_{0I}$  を算出した後、既往の研究 (原子力規制庁, 2018)で求めた  $C$  と  $N$  の値を(3.1.4-2)式に代入して、要素地震の地震モーメント  $M_{0S}$  を決めた。

$$M_{0I}[\text{N}\cdot\text{m}] = 10^{1.5M_{WI}+9.1} \quad (3.1.4-1)$$

$$M_{0I} / M_{0S} = CN^3 = 1029 \quad (3.1.4-2)$$

次に、Brune(1970)の  $\omega^2$  モデルを仮定した場合の、(3.1.4-3) 式によるコーナー振動数の値と、円形クラックの平均応力降下量を求める(3.1.4-4) 式を用いて、要素地震の断層面積  $S_S$ 、および要素地震の応力降下量  $\Delta\sigma_S$  を算定した。

$$f_{cs} = \beta\sqrt{(7/16)/S_s} = 0.46\text{Hz} \quad (3.1.4-3)$$

$$\Delta\sigma_s = (7/16)M_{0s} / (S_s / \pi)^{1.5} \quad (3.1.4-4)$$

要素地震の応力降下量 $\Delta\sigma_s$ が求めたので(3.1.4-5)式の値よりターゲットの地震の応力降下量 $\Delta\sigma_l$ が求まる。

$$\Delta\sigma_l / \Delta\sigma_s = C = 3.0 \quad (3.1.4-5)$$

また、ターゲットの地震の $M_{0l}$ 、応力降下量 $\Delta\sigma_l$ から円形クラックの(3.1.4-6)式で断層面積 $S_l$ が求まり、 $L_l=W_l$ とすると、(3.1.4-7)式より $L_l$ と $W_l$ が求まる。

$$\Delta\sigma_l = (7/16)M_{0l} / (S_l / \pi)^{1.5} \quad (3.1.4-6)$$

$$S_l = L_l \times W_l \quad (3.1.4-7)$$

ターゲットの地震の平均すべり量 $D_l$ は下記の(3.1.4-8)式より算定した。ここに、剛性率 $\mu$ は、既往の研究(原子力規制庁, 2018)より、 $7 \times 10^{10} \text{N/m}^2$ と仮定した。

$$M_{0l} = \mu D_l S_l \quad (3.1.4-8)$$

同様に、(3.1.4-9)式と(3.1.4-10)式より、要素地震の断層長さ $L_s$ 、断層幅 $W_s$ 、および平均すべり量 $D_s$ を算定した。ここに、 $L_s=W_s$ とした。

$$S_s = L_s \times W_s \quad (3.1.4-9)$$

$$M_{0s} = \mu D_s S_s \quad (3.1.4-10)$$

表 3.1.4-2 に以上より設定したターゲットの地震の等価クラックモデルの断層パラメータを、表 3.1.4-3 に要素地震の断層パラメータを示す。また、ターゲットの地震の等価クラックモデルの震源モデルを図 3.1.4-3 に示す。破壊伝播速度は $V_R=0.72\beta$ 、破壊開始点は断層面の中央とした。

### (3) アスペリティモデルおよび断層パラメータ

断層パラメータの設定では、2005年チリ Tarapaca 地震の経験的グリーン関数法用のパラメータの再見積り結果(図 3.1.4-2、表 3.1.4-1)を参照に、ターゲットの地震のモーメントマグニチュード $M_{wl}=7.8$ 、要素地震のコーナー振動数 $f_{cs}=0.46\text{Hz}$ 、経験的グリーン関数法による波形合成時に用いる重ね合わせ数 $N=7$ 、およびターゲットの地震と要素地震の応力降下量の比 $C=3$ の4つのパラメータを与条件として、地震調査研究推進本部によるスラブ内地震の「レシピ」に基づいて、ターゲットの地震のアスペリティモデルの断層パラメータ

を設定した。

地震調査研究推進本部(2016)でまとめられている強震動予測レシピによる、スラブ内地震のアスペリティモデルの設定の流れは図 3.1.4-4 のようになっている。

スラブ内地震のアスペリティモデルを記述する主なパラメータは、震源断層面積  $S$ 、地震モーメント  $M_0$ 、短周期レベル  $A$ 、平均応力降下量  $\Delta\sigma$ 、強震動生成域(SMGA)の応力降下量  $\Delta\sigma_{SMGA}$ 、強震動生成域の面積  $S_{SMGA}$  の 6 つである。

地震調査研究推進本部(2016)の強震動予測レシピでは、まず、対象地震の  $M_0$  を与えると、(3.1.4-11)式～(3.1.4-13)式より、対象地震の短周期レベル  $A$ 、および強震動生成域の面積  $S_{SMGA}$  の震源断層面積  $S$  に対する比  $\gamma_{SMGA}$  が求まる。ここに、(3.1.4-11)式は笹谷・他(2006)による地震モーメントと短周期レベルの経験式、(3.1.4-12)式は笹谷・他(2006)による地震モーメントとアスペリティの面積の経験式で、(3.1.4-13)式は(3.1.4-11)式と(3.1.4-12)式に基づく地震モーメントと強震動生成域の面積  $S_{SMGA}$  の震源断層面積  $S$  に対する比  $\gamma_{SMGA}$  の経験式である。

その後、式(3.1.4-14)～式(3.1.4-16)の 3 つの関係式を用いて、震源断層面積  $S$ 、平均応力降下量  $\Delta\sigma$ 、強震動生成域の応力降下量  $\Delta\sigma_{SMGA}$ 、および強震動生成域の面積  $S_{SMGA}$  を算定する。ここに、(3.1.4-14)式は、Eshelby (1957)による円形クラックモデルにおける断層面積  $S$  と地震モーメント  $M_0$  と平均応力降下量  $\Delta\sigma$  の理論的な関係式であり、(3.1.4-15)式は Madariaga (1979)によるアスペリティモデルの一般式、(3.1.4-16)式は円形クラックモデルを念頭においた Brune (1970)による経験式であるが、のちに Boatwright (1988)が断層の動学的破壊シミュレーションよりアスペリティモデルにも適用できることを示した式である。

対象地震の短周期レベル  $A$  に関しては、(3.1.4-11)式の地震モーメントと短周期レベルの経験式より求めることもできれば、対象評価地域で過去に発生したスラブ内地震について短周期レベルが推定されている場合は、その情報を参照することもできるとしている。

$$A_{sasatani}[\text{N} \cdot \text{m} / \text{s}^2] = 9.84 \times 10^{10} \times (M_0 \times 10^7 [\text{N} \cdot \text{m}])^{1/3} \quad (3.1.4-11)$$

$$S_{sasatani}[\text{km}^2] = 1.25 \times 10^{-16} \times (M_0 \times 10^7 [\text{N} \cdot \text{m}])^{2/3} \quad (3.1.4-12)$$

$$\gamma_{SMGA} = S_{SMGA} / S = (16 A_{sasatani}^2 S_{sasatani}^2) / (49 \pi^4 \beta^4 M_0^2) \quad (3.1.4-13)$$

$$\Delta\sigma = (7/16) M_0 / (S / \pi)^{1.5} \quad (3.1.4-14)$$

$$\Delta\sigma_{SMGA} = (S / S_{SMGA}) \Delta\sigma \quad (3.1.4-15)$$

$$A = 4 \pi \beta^2 (S / \pi)^{1/2} \Delta\sigma \quad (3.1.4-16)$$

ここでは、まず、Kanamori (1977)による(3.1.4-1)式より、ターゲットの地震の地震モーメ

ント  $M_{0l}$  をモーメントマグニチュード  $M_{ml}$  から算出した。

$$M_{0l}[\text{N}\cdot\text{m}] = 10^{1.5M_{ml}+9.1} \quad (3.1.4-1)(\text{再掲})$$

ターゲットの地震の地震モーメント  $M_{0l}$  が得られたので、地震調査研究推進本部によるスラブ内地震の強震動予測レシピに基づいて、ターゲットの地震のアスペリティモデルにおける残りの5つの断層パラメータを求めることができる。その際、ターゲットの地震の短周期レベル  $A_l$  については、与条件として用いた既往の研究 (原子力規制庁, 2018) による4つのパラメータから推定した値を直接用いることにした。

ターゲットの地震の短周期レベル  $A_l$  を推定するために、まず要素地震の短周期レベル  $A_s$  を求めた。既往の研究 (原子力規制庁, 2018) で求めた  $C$  と  $N$  の値を(3.1.4-2)式に代入すると、要素地震の地震モーメント  $M_{0s}$  が決まる。次に、Brune(1970)の  $\omega^{-2}$  モデルを仮定した場合の、(3.1.4-3) 式によるコーナー振動数の値と、円形クラックの平均応力降下量を求める(3.1.4-4)式を用いて、要素地震の断層面積  $S_s$ 、および要素地震の応力降下量  $\Delta\sigma_s$  を算定した。さらに、要素地震の断層面積  $S_s$ 、および要素地震の応力降下量  $\Delta\sigma_s$  を用いて、(3.1.4-17)式より要素地震の短周期レベル  $A_s$  が求まる。

$$M_{0l} / M_{0s} = CN^3 = 1029 \quad (3.1.4-2)(\text{再掲})$$

$$f_{cs} = \beta\sqrt{(7/16)/S_s} = 0.46\text{Hz} \quad (3.1.4-3)(\text{再掲})$$

$$\Delta\sigma_s = (7/16)M_{0s} / (S_s / \pi)^{1.5} \quad (3.1.4-4) (\text{再掲})$$

$$A_s = 4\pi\beta^2 (S_s / \pi)^{1/2} \Delta\sigma_s \quad (3.1.4-17)$$

要素地震の短周期レベル  $A_s$  が求まったので(3.1.4-18)式よりターゲットの地震の短周期レベル  $A_l$  が求まる。

$$A_l / A_s = CN = 21 \quad (3.1.4-18)$$

ターゲットの地震の地震モーメント  $M_{0l}$  と短周期レベル  $A_l$  が分かったので、(3.1.4-13)式～(3.1.4-16)式より、ターゲットの地震における、強震動生成域の面積  $S_{SMGA}$  の断層面積  $S_l$  に対する比  $\gamma_{SMGA}$ 、震源断層面積  $S_l$ 、平均応力降下量  $\Delta\sigma$ 、強震動生成域の応力降下量  $\Delta\sigma_{SMGA}$ 、および強震動生成域の面積  $S_{SMGA}$  が求まる。

ほかに、ターゲットの地震の平均すべり量  $D_l$  は (3.1.4-8)式より算定した。ここに、剛性率  $\mu$  は、既往の研究 (原子力規制庁, 2018) より、 $7 \times 10^{10} \text{N/m}^2$  とした。

$$M_{0l} = \mu D_l S_l \quad (3.1.4-8)(\text{再掲})$$

また、強震動生成域の平均すべり量  $D_{SMGA}$  は、断層面全体の平均すべり量の2倍とした。

$$D_{SMGA} = 2 \times D_l \quad (3.1.4-19)$$

最後に、背景領域の平均すべり量 $D_{back}$ 、および実効応力 $\sigma_{back}$ は下記の(3.1.4-20)～(3.1.4-21)式より算定した。ここに、 $W_{back}=W_l$ とし、 $W_{SMGA}=\text{sqrt}(S_{SMGA})$ とした。

$$D_{back} = (D_l S_l - D_{SMGA} S_{SMGA}) / (S_l - S_{SMGA}) \quad (3.1.4-20)$$

$$\sigma_{back} = (D_{back} / W_{back}) / (D_{SMGA} / W_{SMGA}) \cdot \Delta\sigma_{SMGA} \quad (3.1.4-21)$$

表 3.1.4-4 に、設定したターゲットの地震のアスペリティモデルの断層パラメータを示す。また、ターゲットの地震の地震モーメント  $M_0$  と短周期レベル  $A$  の関係を図 3.1.4-5 に、ターゲットの地震のアスペリティモデルによる震源モデルを図 3.1.4-6 に示す。



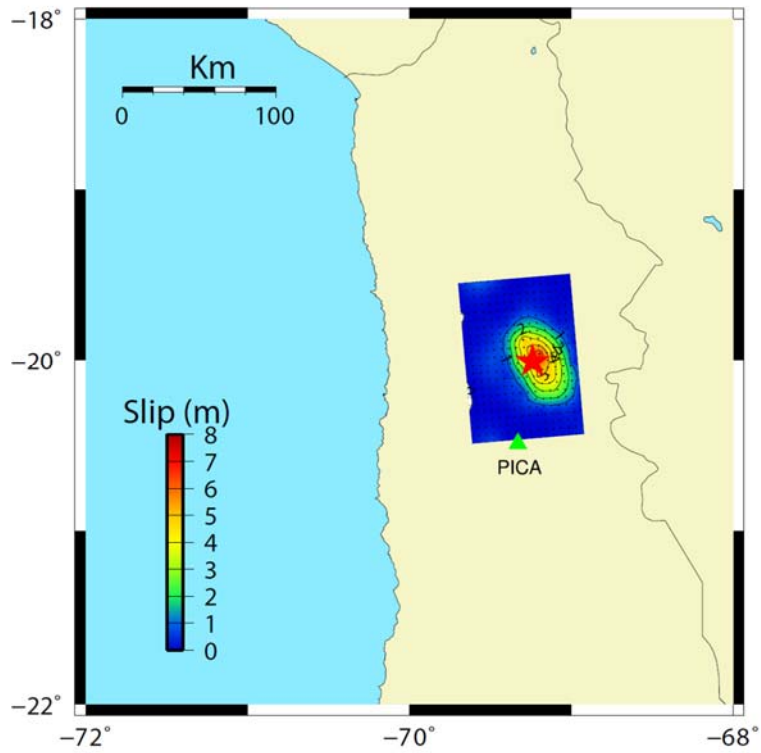


図3.1.4-1 ターゲットの地震のすべり分布、要素地震の震央位置（赤☆印）および地震動評価点（▲印）（2017年度報告書の図3.3.2-1を再掲）

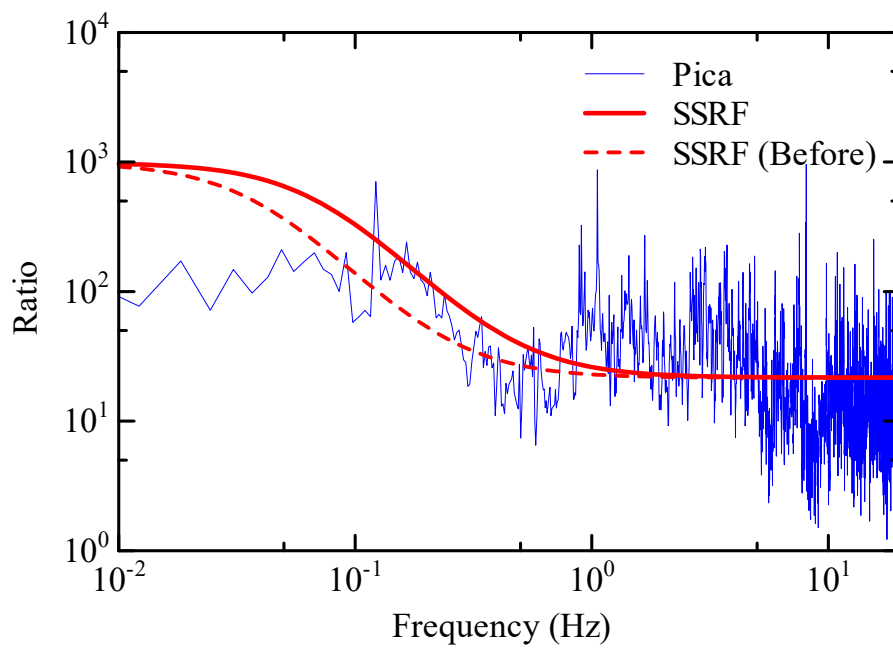


図 3.1.4-2 2005 年チリ Tarapaca 地震の経験的グリーン関数法用のパラメータの再見積り

表 3.1.4-1 2005 年チリ Tarapaca 地震の経験的グリーン関数法用の  
パラメータの再見積り結果

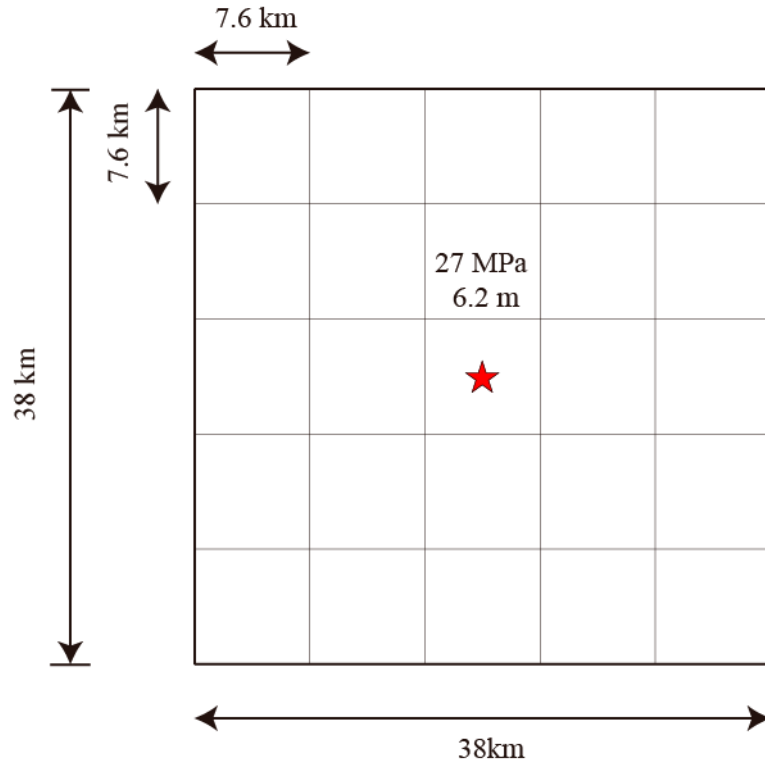
経験的グリーン関数法用の パラメータ	長周期側の比率 $CN^3$	短周期側の 比率 $CN$	重ね 合わせ数 $N$	応力降下量 の比 $C$	余震のコーナー振 動数 $f_{cs}$ (Hz)
本震(Mw7.8)/ 余震(Mw5.8)	1029	21	6.74 ≒7	3.2 ≒3	0.46

表 3.1.4-2 2005 年チリ Tarapaca 地震(ターゲットの地震)の等価クラックモデルの  
断層パラメータ

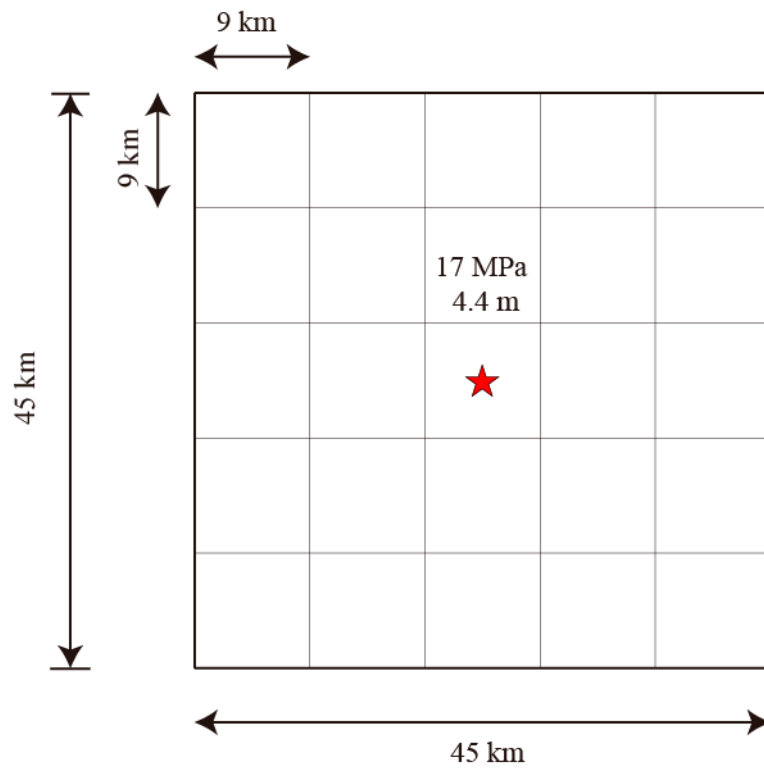
ターゲットの地震の断層パラメータ		設定方法
モーメントマグニチュード $M_{wl}$	7.8	原子力規制庁(2018)
地震モーメント $M_{0l}$ (N・m)	6.31E+20	$M_{0l}[\text{N}\cdot\text{m}] = 10^{(1.5M_{wl} + 9.1)}$
平均応力降下量 $\Delta\sigma_l$ (MPa)	17	$\Delta\sigma_l = C \Delta\sigma_s$ 、ここに $C$ は再見積り結果より3とした。
断層面積 $S_l$ (km <sup>2</sup> )	2052	$S_l = \pi(7/16 * M_{0l} / \Delta\sigma_l)^{2/3}$
断層長さ $L_l$ (km)	45	$L_l = W_l = \sqrt{S_l}$
断層幅 $W_l$ (km)	45	$L_l = W_l = \sqrt{S_l}$
平均すべり量 $D_l$ (m)	4.4	$D_l = M_{0l} / (\mu S_l)$ 、ここに $\mu$ は原子力規制庁(2018)より $7 \times 10^{10} \text{N/m}^2$ と仮定した。
コーナー振動数 $f_{cl}$ (Hz)	0.07	$f_{cl} = \beta \sqrt{7/16 S_l}$ 、ここに $\beta$ は原子力規制庁(2018)より4.5km/sと仮定した。
短周期レベル $A_l$ (N・m/s <sup>2</sup> )	1.08E+20	$A_s = 4\pi\beta^2(S_s/\pi)^{1/2} \Delta\sigma_s$

表 3.1.4-3 2005 年 8 月 14 日の地震(要素地震)の断層パラメータ

要素地震の断層パラメータ		設定方法
モーメントマグニチュード $M_{ws}$	5.8	$M_{ws} = (\log_{10}(M_{0s}[\text{N}\cdot\text{m}]) - 9.1) / 1.5$
地震モーメント $M_{0s}$ (N・m)	6.13E+17	$M_{0s} = M_{0l} / (C \cdot N^3)$ 、ここに $C$ と $N$ は再見積り結果より3と7とした。
応力降下量 $\Delta\sigma_s$ (MPa)	6	$\Delta\sigma_s = (7/16) [(M_{0s} / (S_s/\pi))^{1.5}]$
断層面積 $S_s$ (km <sup>2</sup> )	42	$S_s = (7/16) (\beta / f_{cs})^2$ 、ここに $\beta$ は原子力規制庁(2018)より4.5km/sと仮定した。
平均すべり量 $D_s$ (m)	0.2	$D_s = M_{0s} / (\mu S_s)$ 、ここに $\mu$ は原子力規制庁(2018)より $7 \times 10^{10} \text{N/m}^2$ と仮定した。
コーナー振動数 $f_{cs}$ (Hz)	0.46	再見積り結果より
短周期レベル $A_s$ (N・m/s <sup>2</sup> )	5.12E+18	$A_s = 4\pi\beta^2(S_s/\pi)^{1/2} \Delta\sigma_s$



a) 変更前



b) 変更後

図 3.14-3 2005 年チリ Tarapaca 地震 (ターゲットの地震)のクラックモデルによる震源モデル (赤★印：破壊開始点)

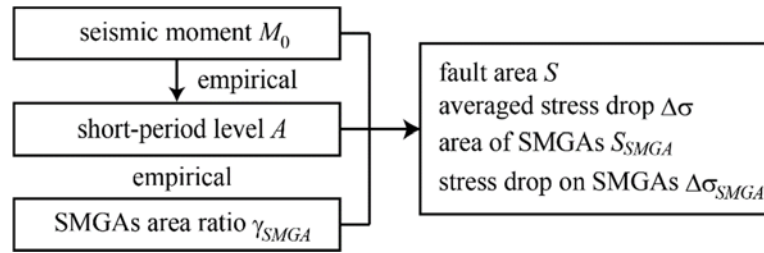
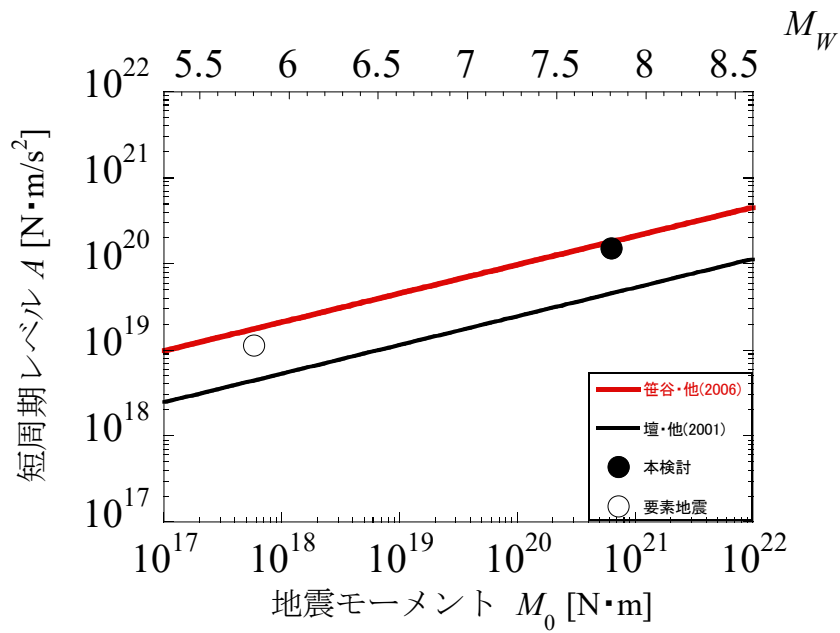


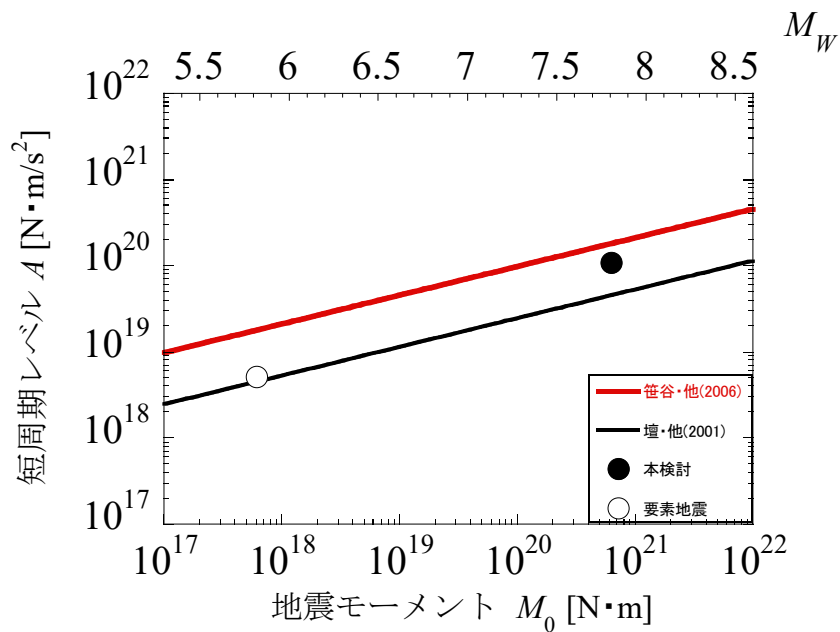
図 3.1.4-4 地震調査研究推進本部(2016)の強震動予測レシピによる  
断層パラメータ算定手順

表 3.1.4-4 2005 年チリ Tarapaca 地震(ターゲットの地震)のアスペリティモデルの  
断層パラメータ

ターゲットの地震の断層パラメータ		設定方法
モーメントマグニチュード $M_{wl}$	7.8	H29年度NRA安全研究報告書
地震モーメント $M_{0l}$ (N・m)	6.31E+20	$M_{0l}[\text{N}\cdot\text{m}] = 10^{(1.5M_{wl} + 9.1)}$
短周期レベル $A_l$ (N・m/s <sup>2</sup> )	1.08E+20	$A_l = A_s CN$ 、ここに $C$ と $N$ は原子力規制庁(2018)より3と7とした。
短周期レベル $A_{sasatani}$ (N・m/s <sup>2</sup> )	1.82E+20	$A_{sasatani}[\text{N}\cdot\text{m}/\text{s}^2] = 9.84 \times 10^{10} \times [M_0 \times 10^7]^{1/3}$
強震動生成域の面積 $S_{sasatani}$ (km <sup>2</sup> )	427	$S_{sasatani}[\text{km}^2] = 1.25 \times 10^{-16} \times [M_0 \times 10^7]^{7/2/3}$
強震動生成域の面積の震源断層の面積に対する比 $\gamma_{SMGA}$	0.12	$\gamma_{SMGA} = (16A_{sasatani}^2 S_{sasatani}^2) / (49\pi^4 \beta^4 M_0^2)$
断層面積 $S_l$ (km <sup>2</sup> )	5834	$S_l = (7\pi^2 \beta^2 M_0) / (4A \gamma_{SMGA}^{0.5})$
断層長さ $L_l$ (km)	76.4	$L_l = W_l = \text{sqrt}(S_l)$
断層幅 $W_l$ (km)	76.4	$L_l = W_l = \text{sqrt}(S_l)$
平均すべり量 $D_l$ (m)	1.5	$D_l = M_{0l} / (\mu S_l)$ 、ここに $\mu$ は原子力規制庁(2018)より $7 \times 10^{10} \text{N/m}^2$ と仮定した。
平均応力降下量 $\Delta\sigma_l$ (MPa)	3	$\Delta\sigma_l = (7/16) [(M_{0l} / (S_l / \pi))^{1.5}]$
強震動生成域の面積 $S_{SMGA}$ (km <sup>2</sup> )	721	$S_{SMGA} = S_l \times \gamma_{SMGA}$
強震動生成域の応力降下量 $\Delta\sigma_{SMGA}$ (MPa)	28	$\Delta\sigma_{SMGA} = (S_l \Delta\sigma_l) / S_{SMGA}$
強震動生成域のすべり量 $D_{SMGA}$ (m)	3.1	$D_{SMGA} = 2D_l$
強震動生成域の地震モーメント $M_{0SMGA}$ (N・m)	1.56E+20	$M_{0SMGA} = \mu S_{SMGA} D_{SMGA}$ 、ここに $\mu$ は原子力規制庁(2018)より $7 \times 10^{10} \text{N/m}^2$ と仮定した。
背景領域の地震モーメント $M_{0back}$ (N・m)	4.75E+20	$M_{0back} = M_{0l} - M_{0SMGA}$
背景領域の面積 $S_{back}$	5112	$S_{back} = S_l - S_a$
背景領域のすべり量 $D_{back}$ (m)	1.3	$D_{back} = (S_l D_l - S_a D_a) / S_{back}$
背景領域の実効応力 $\sigma_{back}$ (MPa)	4	$\sigma_{back} = (D_{back} / W_{back}) / (D_{SMGA} / W_{SMGA}) \Delta\sigma_{SMGA}$

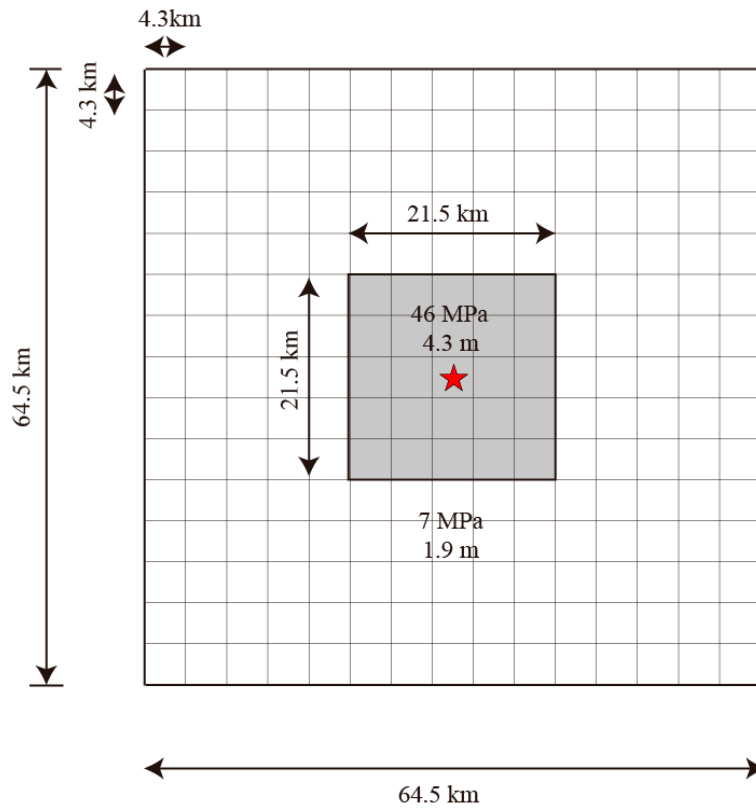


a) 変更前

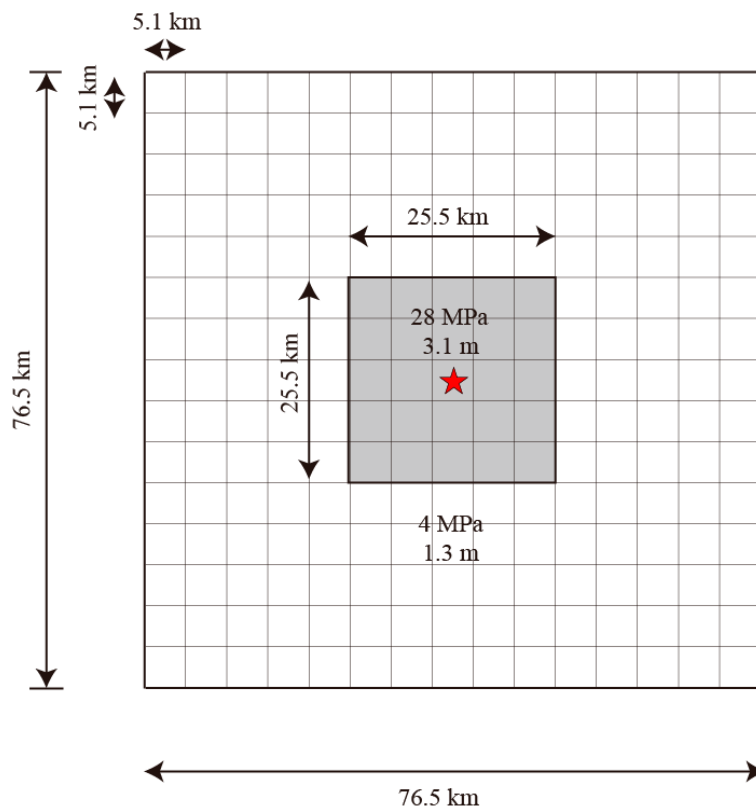


b) 変更後

図 3.1.4-5 2005 年チリ Tarapaca 地震の地震モーメントと短周期レベルとの関係



a) 変更前



b) 変更後

図 3.1.4-6 2005 年チリ Tarapaca 地震(ターゲットの地震)のアスペリティモデルによる震源モデル (赤★印: 破壊開始点)



### 3.1.5 2005年チリ Tarapaca地震の地震動再現解析

3.1.4項で得られた2005年チリ Tarapaca地震の等価クラックモデルとアスペリティモデルをもとに、Dan *et al.* (1989)による経験的グリーン関数法により、Pica観測点において地震動を計算した。計算に用いる要素地震の波形と応答スペクトル、フーリエスペクトルについては図3.1.5-1に示す。また、等価クラックモデルについて経験的グリーン関数法によるPica観測点における計算結果のうち、速度応答スペクトルを図3.1.5-2に、加速度波形を図3.1.5-3に示す。一方、アスペリティモデルについて経験的グリーン関数法によるPica観測点における計算結果のうち、速度応答スペクトルを図3.1.5-4に、加速度波形を図3.1.5-5に示す。

これらの図から、等価クラックモデルとアスペリティモデルに基づいた地震動評価の結果は、いずれの場合も比較的観測記録に近いものが得られていると見受けられるが、アスペリティモデルの方はより適合度が高いと考えられる。

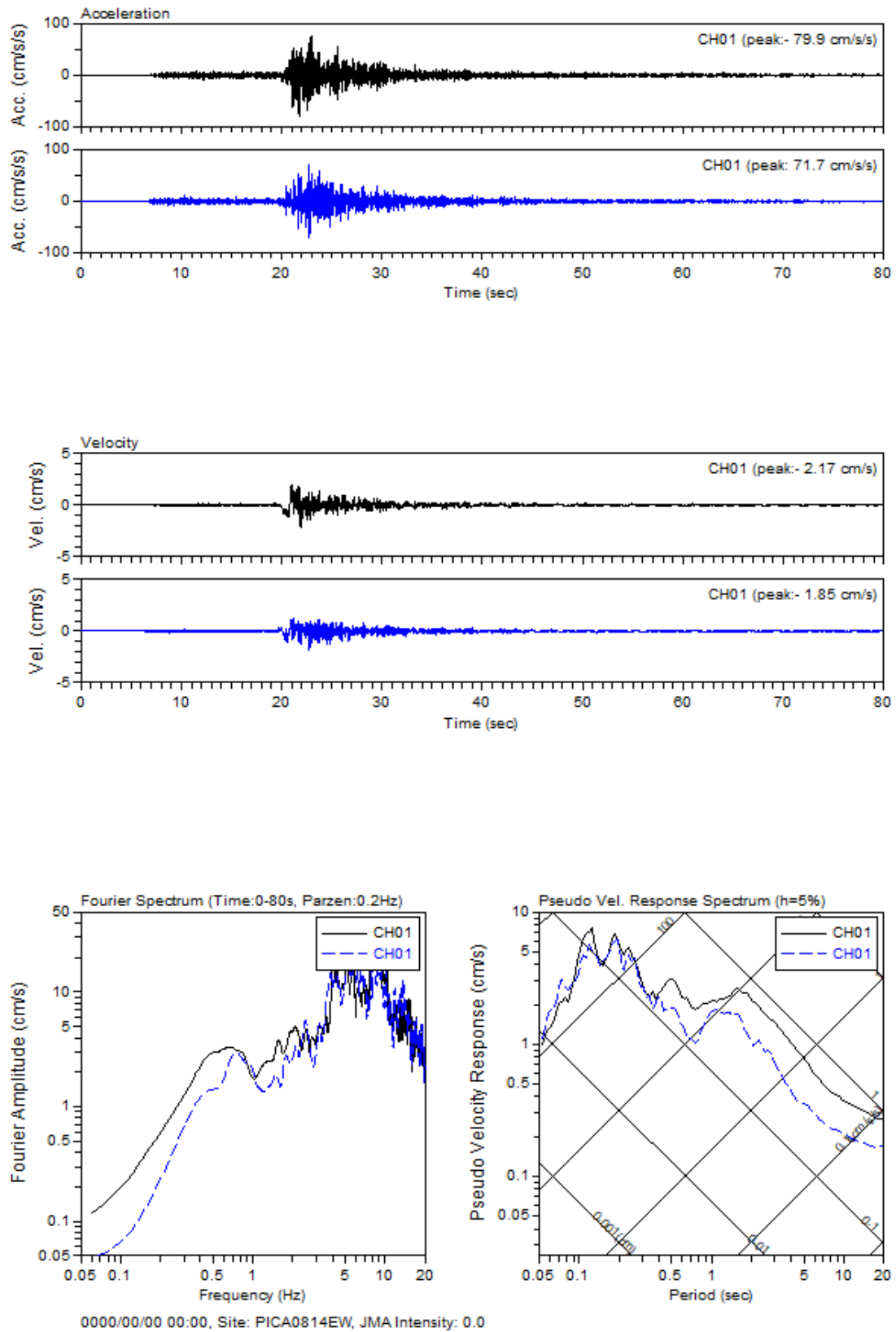


図3.1.5-1 2005年8月14日の余震の際にPica観測点における観測記録の観測波形とスペクトル

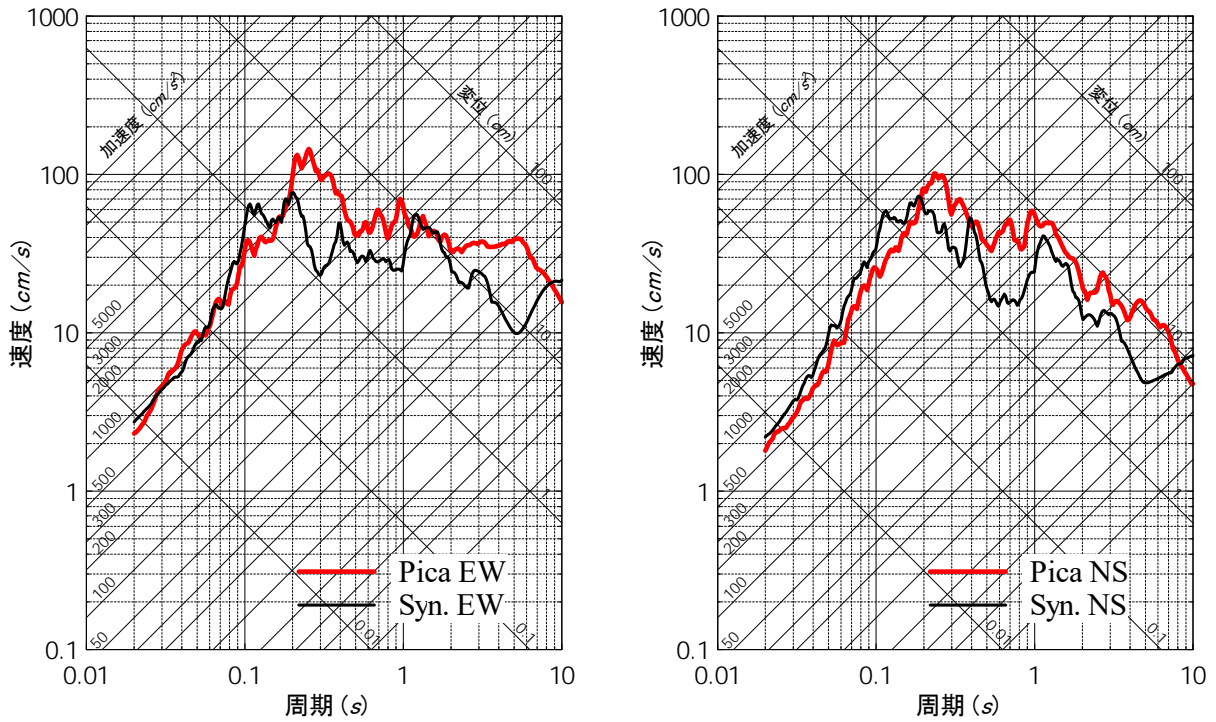


図3.1.5-2 Pica地点における計算結果と観測記録の比較 (EW、NS成分の速度応答スペクトル、等価クラックモデル)

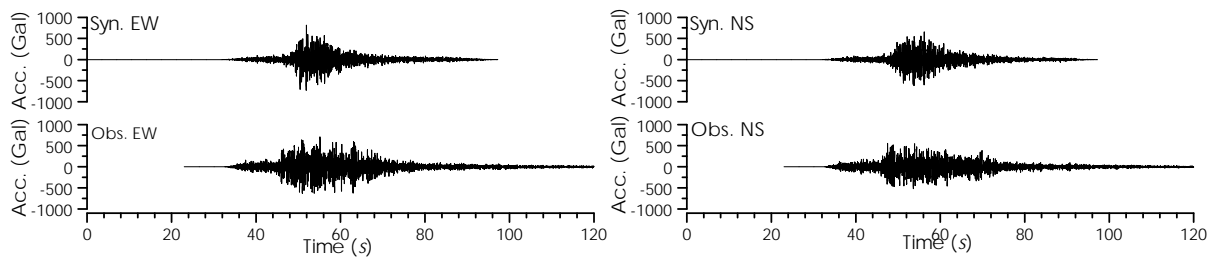


図3.1.5-3 Pica地点における計算結果と観測記録の比較 (加速度波形(EW, NS)、等価クラックモデル)

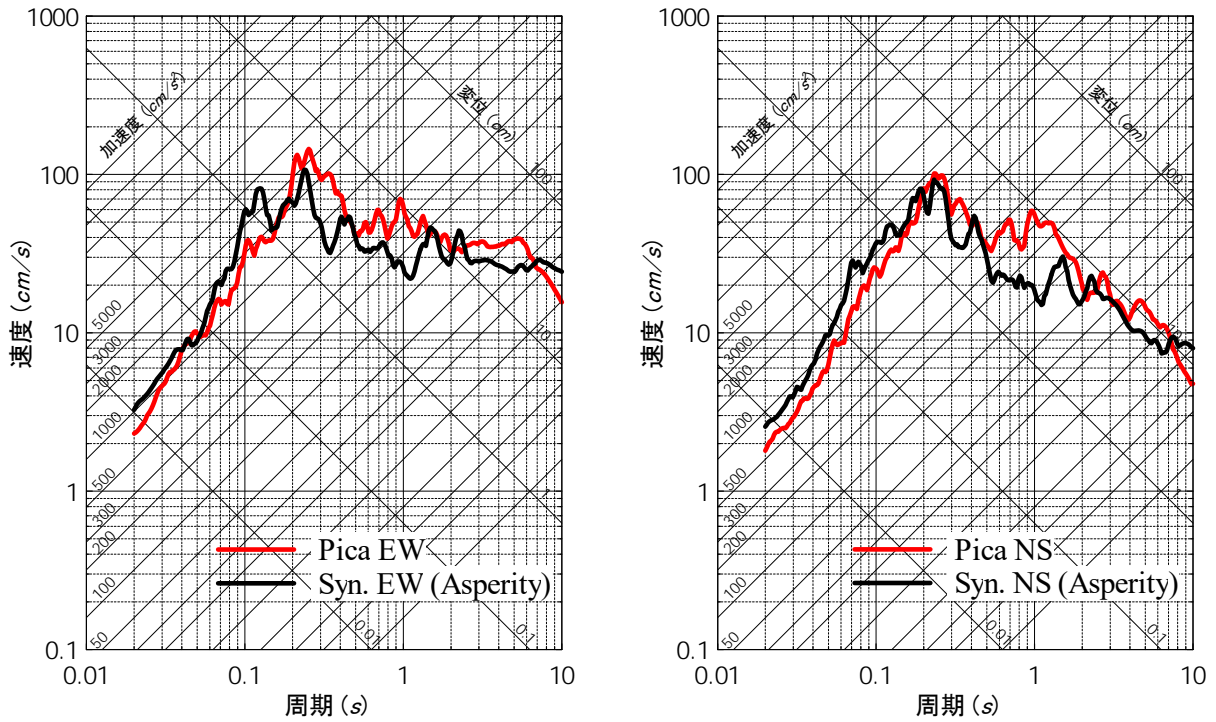


図3.1.5-4 Pica地点における計算結果と観測記録の比較 (EW、NS成分の速度応答スペクトル、アスペリティモデル)

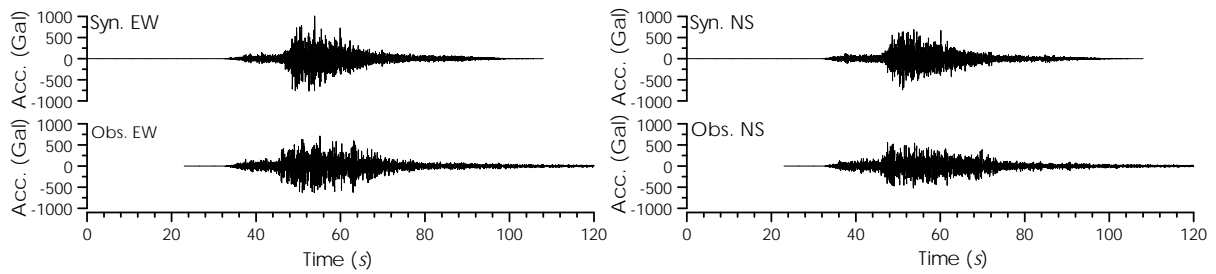


図3.1.5-5 Pica地点における計算結果と観測記録の比較 (加速度波形(EW, NS)、アスペリティモデル)

### 3.1 節の参考文献（英文：アルファベット順、和文：五十音順）

#### 3.1.1

- 1) Center for Engineering Strong Motion Data: <https://www.strongmotioncenter.org/index.html>.

#### 3.1.2

- 2) Miyake, H., T. Iwata, and K. Irikura (2003). Source characterization for broadband ground-motion simulation: Kinematic heterogeneous source model and strong motion generation area, *Bull. Seismol. Soc. Am.*, 93, 2531-2545, doi:10.1785/0120020183.
- 3) Boatwright, J. (1988): The seismic radiation from composite models of faulting, *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol. 78, No. 2, pp. 489-508.
- 4) Brune, J. N. (1970): Tectonic stress and the spectra of seismic shear waves from earthquakes, *Journal of Geophysical Research*, Vol. 75, No. 26, pp.4997-5009.
- 5) Eshelby, J. D. (1957): The determination of the elastic field of an ellipsoidal inclusion, and related problems, *Proceedings of the Royal Society of London, Series A*, Vol. 241, pp. 376-396.
- 6) Kanamori, H. (1997): The energy release in great earthquakes, *Journal of Geophysical Research*, Vol. 82, No. 20, pp. 2981-2987.
- 7) Madariaga, Raul (1979): On the relation between seismic moment and stress drop in the presence of stress and strength heterogeneity, *Journal of Geophysical Research*, Vol. 84, No. B5, pp. 2243-2250.
- 8) 地震調査研究推進本部 (2016): 震源断層を特定した地震の強震動予測手法 (「レシピ」), ([http://www.jishin.go.jp/main/chousa/16\\_yosokuchizu/recipe.pdf](http://www.jishin.go.jp/main/chousa/16_yosokuchizu/recipe.pdf) 2017/2/22 アクセス).

#### 3.1.3

- 9) Dan, K., Watanabe, T., and Tanaka, T (1989): A semi-empirical method to synthesize earthquake ground motions based on approximate far-field shear-wave displacement, *Journal of Structural and Construction Engineering (Transactions of the Architectural Institute of Japan)*, No. 396, pp. 27-36.

#### 3.1.4

- 10) Boatwright, J. (1988): The seismic radiation from composite models of faulting, *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol. 78, No. 2, pp. 489-508.
- 11) Brune, J. N. (1970): Tectonic stress and the spectra of seismic shear waves from earthquakes, *Journal of Geophysical Research*, Vol. 75, No. 26, pp.4997-5009.
- 12) Eshelby, J. D. (1957): The determination of the elastic field of an ellipsoidal inclusion, and related problems, *Proceedings of the Royal Society of London, Series A*, Vol. 241, pp. 376-396.
- 13) Kanamori, H. (1997): The energy release in great earthquakes, *Journal of Geophysical Research*, Vol. 82, No. 20, pp. 2981-2987.
- 14) Madariaga, R. (1979): On the relation between seismic moment and stress drop in the presence of stress and strength heterogeneity, *Journal of Geophysical Research*, Vol. 84, No. B5, pp. 2243-2250.
- 15) 原子力規制庁 (2018): 平成 29 年度原子力規制庁安全研究, 原子力施設等防災対策等委託費 (海溝型地震による地震動の評価手法の検討) 事業業務報告書.
- 16) 地震調査研究推進本部 (2016): 震源断層を特定した地震の強震動予測手法 (「レシピ」), ([http://www.jishin.go.jp/main/chousa/16\\_yosokuchizu/recipe.pdf](http://www.jishin.go.jp/main/chousa/16_yosokuchizu/recipe.pdf) 2017/2/22 アクセス).
- 17) 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.
- 18) 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, No. 545, pp. 51-62.

#### 3.1.5

- 19) Dan, K., Watanabe, T., and Tanaka, T (1989): A semi-empirical method to synthesize earthquake ground motions based on approximate far-field shear-wave displacement, *Journal of Structural*

and Construction Engineering (Transactions of the Architectural Institute of Japan), No. 396, pp. 27-36.



### 3.2 海洋プレート内地震のスケーリング則等の検討

#### 3.2.1 海洋プレート内地震の地震動特性の調査

##### a) 沈み込むプレート内で起きるやや浅い地震（アウターライズ地震）

###### (1) 岡崎・他 (2010)

岡崎・他 (2010) では、既存の3つの距離減衰式 (司・翠川, 1999; Dhakal *et al.*, 2010; Kanno *et al.*, 2006) と、2005年三陸沖アウターライズ地震による最大加速度(PGA)および擬似速度応答値の距離減衰を比較することで、この地震による強震動の特異性を調べた。

2005年三陸沖地震の震源は、日本列島から遠く、最も近い観測点でも震源距離が約300kmある。既存の距離減衰式に使用したデータは300km以内であるが、岡崎・他 (2010) は300km以上の距離でもそれらが成り立つと仮定して、観測データと比較した。

固有周期0.1secのときの空間分布と距離減衰を図3.2.1-1に示す。固有周期0.1secにおける観測値は既存の距離減衰式よりもかなり大きな値をとることがわかる。また、背弧側を通る距離に応じて値が小さくなるのがわかる。

次に、固有周期0.3secと5.0secのときの空間分布と距離減衰を図3.2.1-2と図3.2.1-3に示す。図3.2.1-1～図3.2.1-3を見ると、周期の増大にともない観測値のバラツキが小さくなり、前弧側と背弧側のデータの区分もなくなってくる。これより、アウターライズ地震はプレート境界地震より短周期地震動を極めて強く励起することがわかる。

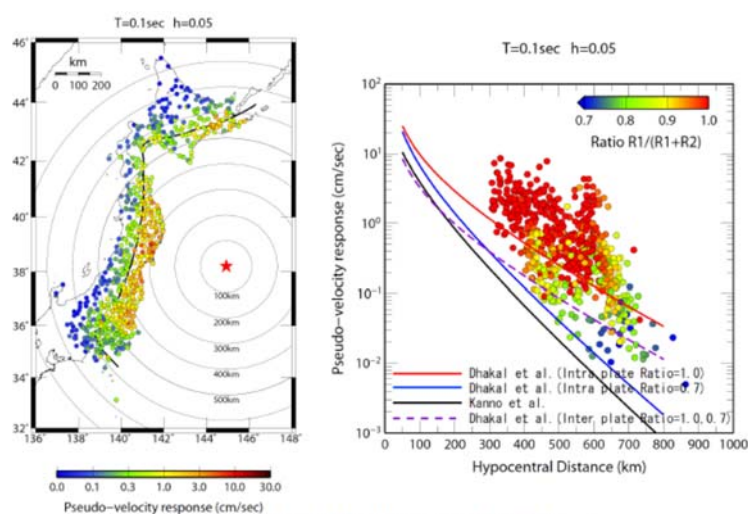


図6 擬似速度応答の空間分布と距離減衰(固有周期0.1sec)

図3.2.1-1 2005年三陸沖アウターライズ地震による擬似速度応答の空間分布と距離減衰 (固有周期0.1sec)

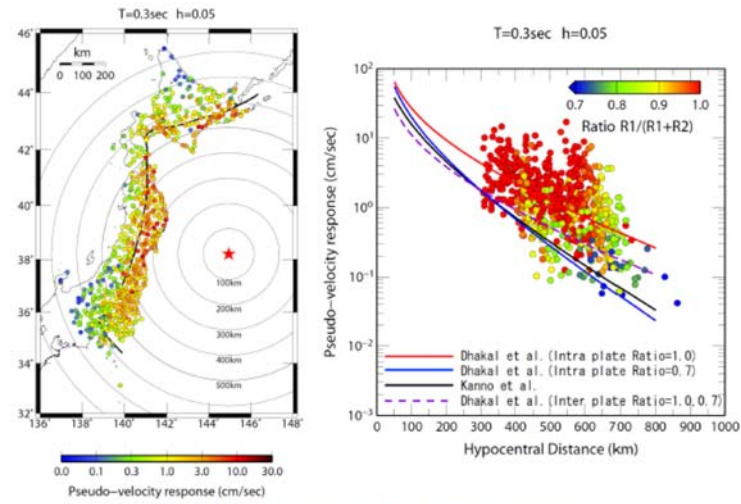


図7 擬似速度応答の空間分布と距離減衰(固有周期0.3sec)

図3.2.1-2 2005年三陸沖アウターライズ地震による擬似速度応答の空間分布と距離減衰(固有周期0.3sec)

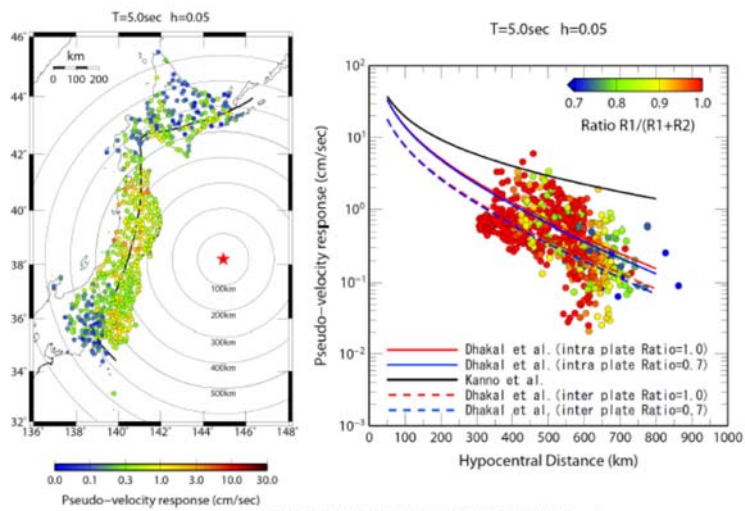


図8 擬似速度応答の空間分布と距離減衰(固有周期5.0sec)

図3.2.1-3 2005年三陸沖アウターライズ地震による擬似速度応答の空間分布と距離減衰(固有周期5.0sec)

## (2) 高井・他 (2015)

高井・他 (2015) は、はじめに三陸沖において1933年以降で初めて発生した $M_w$  7級のアウトターライズ地震である2005年の地震と、東北地方太平洋沖地震以降に三陸沖のほぼ同一地域で発生した計5つのアウトターライズ地震の強震観測記録を用いて、既往の距離減衰式における擬似速度応答値の予測値と観測値の比較を行った。

図3.2.1-4に、アウトターライズ地震のGMPEの検討に用いた地震の震央とメカニズム解を、表3.2.1-1にこれらの地震の諸元を示す。

次に、 $M_w$ を用いた回帰分析により三陸沖で発生するアウトターライズ地震に対する単一地点のGMPEを各サイトで構築し、さらに、予測式構築に用いていない地震に適用してその有用性を検証した。ここに、アウトターライズ地震の距離減衰特性は、既往の距離減衰式の中から、火山フロントを境界とした地震波減衰特性の違いが考慮されているDhakal *et al.* (以降、Dhakal式) を用いて検討している。Dhakal式ではプレート境界地震 (解析に用いた地震の深さ範囲: 20-50km) とスラブ内地震 (同: 60-130km) の2つの地震タイプについての距離減衰式が提案されている。また、Dhakal式は火山フロントの前・背弧側の減衰特性の違いを反映させるため、震源距離を前弧側と背弧側の距離に分割した予測式である。各距離は図3.2.1-5のように定義され、距離減衰式は下の式で与えられる。

$$\log(pSv) = c + aM_w - \log(R) - b_1R_1 - b_2R_2 \quad (3.2.1-1)$$

ここに、 $pSv$ は擬似速度応答値、 $R$ は震源距離、 $R_1$ は震源から火山フロントまでの距離、 $R_2$ は火山フロントからサイトまでの距離 (図3.2.1-5を参照) である。また、 $c$ 、 $a$ 、 $b_1$ および $b_2$ は回帰係数である。

Dhakal式はスラブ内地震に対して構築されたものであるが、 $T=0.1$ 、 $0.3\text{sec}$ の短周期帯域においては比較的良くアウトターライズ地震の観測値を説明している。一方、長周期帯域に関してDhakal式は $T=1.0\text{sec}$ では平均値よりやや大きい値を予測し、 $T=3.0\text{sec}$ では過大評価である。

しかし、依然として観測値と予測値間の残差はかなりのばらつきを有していた。この残差は、既往の距離減衰式が複数の地域で発生した多くの地震の複数サイトの記録を用いた回帰分析によって作成されているため、サイト特性と震源特性を適切に評価出来ていないことが原因である。そこで、この両特性を適切に含んだ予測式構築のため、三陸沖のほぼ同一地域で発生した5地震 ( $M_w$  6.0-7.6) の擬似速度応答値を用い、既往の距離減衰式の減衰項とこれらの $M_w$ をパラメータとする三陸沖で発生するアウトターライズ地震に対する各サイトでの単一地点のGMPEを構築した。構築に用いた地震の観測値と予測値の残差を比較すると、

既往のGMPEと比較して、非常に小さな残差を示し、精度の向上が示された。狭い震央領域、同じ地震タイプ、サイトごとに構築された単一地点のGMPEでは、伝播経路特性、サイト特性、震源特性が適切に考慮されているためである。最後に、構築したSS-GMPEを用いて、構築に用いなかった対象範囲内で発生した $M_w6.2$ 、 $M_w7.1$ の地震に対して予測を実施し、その有効性を確認した。

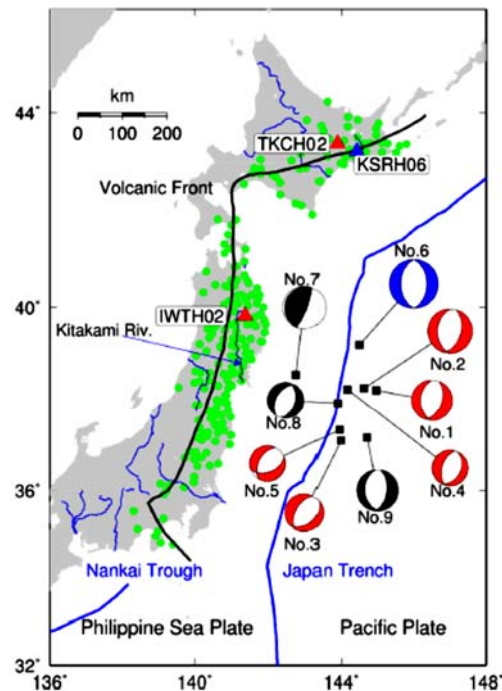


図1 解析対象地震の震央分布とメカニズム解  
 (地震のNo.は表1に対応、メカニズム解の色(赤、黒、青)はそれぞれ、SS-GMPE構築に使用した地震、その他の検討に用いた地震、昭和三陸地震に対応、緑点はSS-GMPE構築に使用した観測点、青三角は図2、3で、赤三角は図12、13、21、25で用いた観測点)

図3.2.1-4 高井・他 (2015) がアウターライズ地震のGMPEの検討に用いた地震の震央とメカニズム解

表3.2.1-1 高井・他 (2015) がアウターライズ地震のGMPEの検討に用いた地震の諸元

表1 解析対象地震 (震源情報はGlobal-CMTによる。ただし、\*はKanamori<sup>12)</sup>による。)

Eq. No.	Date (JST)	Time (JST)	$M_w$	Depth (km)	Data
1	2005/11/15	06:38	7.0	18.0	659
2	2011/03/11	15:26	7.6	21.1	867
3	2011/03/22	16:18	6.4	12.3	455
4	2011/05/05	23:58	6.1	13.9	305
5	2011/06/03	09:05	6.1	20.5	408
6*	1933/03/03	02:31	8.4	10	-
7	2011/03/09	11:45	7.3	14.1	742
8	2012/12/07	17:31	6.2	24.9	433
9	2013/10/26	02:10	7.1	24.9	814

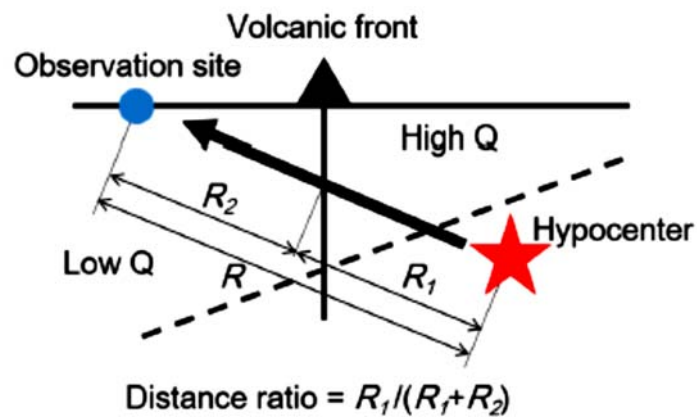


図4 火山フロントによる震源距離の分割

図3.2.1-5 高井・他 (2015) がアウターライズ地震のGMPEの検討に用いた震源距離の分割方法

b) 沈み込んだプレート内で起きるやや深い地震（スラブ内地震）

### (3) Atkinson (2005)

Atkinson (2005) は、大陸地殻内で起った浅い地震、海洋地殻内で起った浅い地震、大陸の下に沈み込んだJuan de Fucaスラブ内で起った地震、バンクーバー島の西方沖に沿った遷移領域などの大陸の縁に位置するJuan de Fucaスラブ内で起った地震、およびJuan de Fucaプレートと北米プレートの境界で起った大地震の記録を分析してGMPEを作成した。用いたGMPEの式は、

$$\begin{aligned} \log A_{ij} &= c_1 + c_2(M_i - 4) + c_3(M_i - 4)^2 \\ &\quad + b \log R_{ij} + c_4 R_{ij} \quad R_{ij} \leq r_{t1} \\ \log A_{ij} &= c_1 + c_2(M_i - 4) + c_3(M_i - 4)^2 + b \log r_{t1} \\ &\quad + t \log(R_{ij} / r_{t1}) + c_4 R_{ij} \quad r_{t1} < R_{ij} \leq r_{t2} \\ \log A_{ij} &= c_1 + c_2(M_i - 4) + c_3(M_i - 4)^2 + b \log r_{t1} \\ &\quad + t \log(r_{t2} / r_{t1}) - 0.5 \log(R_{ij} / r_{t2}) + c_4 R_{ij} \quad R_{ij} > r_{t2} \end{aligned} \tag{3.2.1-2}$$

である。ここに、 $A_{ij}$ は*i*番目の地震による、*j*番目の観測点におけるスペクトル、 $M_i$ は*i*番目の地震のマグニチュード、 $R_{ij}$ は*i*番目の地震と*j*番目の観測点との震源距離である。また、 $c_1, c_2, c_3, b, c_4, t$ は回帰係数で、 $r_{t1}$ と $r_{t2}$ は距離の区分境界である。

表3.2.1-2に、分析に用いた地震諸元を、図3.2.1-6にマグニチュードと震源距離を示す。また、表3.2.1-3に、分析の結果得られた回帰係数を示す。

表3.2.1-2 Atkinson (2005) がGMPEの作成に用いた地震の諸元

**Table 1**  
List of Earthquakes of  $M > 4$  with PSA Data at  $R < 300$  km

Day	Mo	Year	nrec	it	Depth (km)	M	$m_1$
13	4	1949	4	2	54	6.8	
29	4	1965	8	2	60	6.7	
14	2	1981	3	1	7	5.3	5.1
16	6	1986	8	4	35	5.5	5.1
5	3	1989	17	2	46	4.6	4.3
18	6	1989	13	2	45	4.5	4.1
12	9	1989	15	4	34	4.6	4.3
24	12	1989	4	1	18	4.4	4.3
2	4	1990	17	1	1	4.6	4.3
14	4	1990	17	1	2	4.9	4.6
25	4	1992	30	1	11	7.1	
21	9	1993	2	1	6	6.0	
3	1	1994	12	4	28	5.7	4.7
3	5	1996	17	1	4	5.1	
25	6	1998	3	3	10	5.3	4.1
30	8	1998	5	3	10	6.2	5.3
1	9	1998	4	3	10	4.6	4.2
3	7	1999	20	2	41	5.8	4.9
11	12	1999	19	2	53	4.9	3.9
30	4	2000	16	3	10	5.4	4.7
15	5	2000	13	3	10	5.3	4.2
15	5	2000	12	3	10	5.3	4.2
10	6	2000	12	3	10	5.0	4.4
1	8	2000	22	4	41.3	4.9	4.5
11	1	2001	9	3	10	6.0	4.6
23	1	2001	10	3	10	5.5	4.2
23	1	2001	17	3	10	5.7	4.4
17	2	2001	7	3	20	5.0	4.6
17	2	2001	7	3	20	5.3	4.8
17	2	2001	7	3	20	6.3	6.4
28	2	2001	164	2	52	6.8	
7	4	2001	20	4	32.1	4.2	3.9
10	4	2001	9	3	10	5.3	4.6
2	5	2001	6	3	10	5.4	4.3
10	6	2001	15	2	44.6	5.0	4.3
22	7	2001	8	2	50.3	4.1	3.8
20	10	2001	23	4	38.3	4.1	3.7
20	2	2002	14	3	10	5.1	4.2
17	8	2002	32	1	10	4.5	4.3
5	9	2002	10	3	20	5.2	4.9
21	9	2002	42	1	26.2	4.3	3.9
30	10	2002	9	3	20	5.0	4.2
3	11	2002	12	3	10	5.8	5.0
25	4	2003	50	2	51.3	4.6	4.1
1	7	2003	20	3	10	5.0	4.0
19	12	2003	15	3	10	5.4	
17	3	2004	58	1	1.3	4.2	

nrec, number of records; it, 1 for crust, 2 for in-slab (Puget), 3 for offshore, and 4 for transition (Vancouver Island)



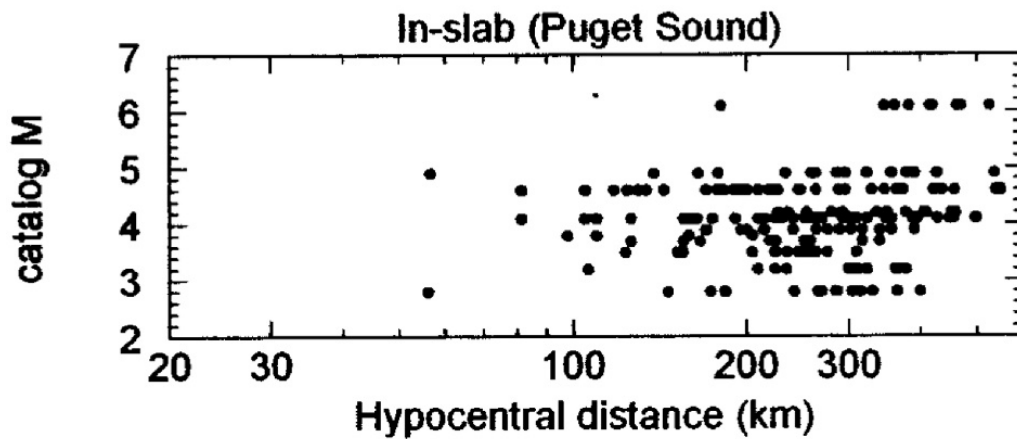


Figure 2. Distribution of Fourier spectra database in magnitude and distance for crustal, in-slab, off-shore, and transition events.

図3.2.1-6 Atkinson (2005) がスラブ内地震のGMPEの作成に用いた地震のマグニチュードと震源距離

表3.2.1-3 Atkinson (2005) が求めたスラブ内地震のGMPEの回帰係数

Table 2  
Coefficients of Regression (Equation 5)

$f$ (Hz)	$c_1$	$c_2$	$c_3$	$b$	$t$	$c_4$
In-slab (Puget Sound)			$r_{11} = 40 \text{ km}$	$r_{12} = 300 \text{ km}$		
0.50	-2.027	1.670	0.178		-0.867	-0.00078
0.63	-1.842	1.411	0.141		-0.766	-0.0009
0.79	-1.698	1.420	-0.120		-0.668	-0.0013
1.00	-1.493	1.459	-0.236		-0.630	-0.0018
1.26	-1.262	1.384	-0.243		-0.667	-0.0022
1.59	-1.187	1.298	-0.291		-0.516	-0.0026
2.00	-1.042	1.233	-0.327		-0.549	-0.0029
2.51	-0.800	1.198	-0.220		-0.771	-0.0031
3.16	-0.758	1.194	-0.095		-0.811	-0.0032
3.98	-0.765	1.164	-0.208		-0.658	-0.0034
5.01	-0.559	1.084	-0.253		-0.961	-0.0034
6.31	-0.375	1.028	-0.283		-1.317	-0.0033
7.94	-0.426	0.967	-0.329		-1.351	-0.0034
10.00	-0.356	0.994	-0.391		-1.475	-0.0035
12.59	-0.327	0.956	-0.441		-1.854	-0.0027
15.85	-0.020	1.111	-0.442		-3.115	-0.0013
19.95	-0.629	0.759	-0.492		-2.765	-0.00044

#### (4) 佐藤 (2010)

佐藤 (2010) は、太平洋プレートのプレート間地震とスラブ内地震およびフィリピン海プレートのプレート間地震とスラブ内地震の記録を用いて、GMPE を求めた。表 3.2.1-4 に太平洋プレートの地震の諸元を、表 3.2.1-5 にフィリピン海プレートの地震の諸元を示す。また、図 3.2.1-7 に各地震の震央位置を、図 3.2.1-8 にマグニチュードと断層最短距離およびマグニチュードと震源深さを示す。

佐藤 (2010) が用いた GMPE は、モーメントマグニチュード  $M_w$  と断層最短距離  $X$ [km]、震源深さ  $D$ [km] をパラメータとした次式である。

$$\log_{10} Y = aM_w + h_{sub} \log_{10} D + h_{sla} \log_{10} D - bX - \log_{10}(X + d10^{0.5M_w}) + c_j \pm e \quad (3.2.1-3)$$

ただし、 $D < 10$ km では、 $D = 0$ km とする。また、 $Y$  は P 波部、S 波部、全継続時間のそれぞれ 3 成分に対する最大加速度 [ $\text{cm/s}^2$ ]、最大速度 [ $\text{cm/s}$ ]、減衰定数 5% の加速度応答スペクトル [ $\text{cm/s}^2$ ] である。 $a$ 、 $h_{sub}$ 、 $h_{sla}$ 、 $b$ 、 $d$ 、 $c_j$  は回帰係数であり、 $e$  は標準偏差(回帰誤差)である。また、 $c_j$  はサイト係数であり、全観測点のサイト係数の平均値を  $c_0$  と表し、 $V_s 400 \sim 600$ m/s の基盤、 $V_s 600 \sim 800$ m/s の基盤、 $V_s 800 \sim 1000$ m/s の基盤、 $V_s 3000$ m/s 程度の地震基盤、道路橋示方書の定義に基づく I 種地盤、II 種地盤、III 種地盤の観測点のサイト係数の平均値をそれぞれ、 $C_{500}$ 、 $C_{700}$ 、 $C_{900}$ 、 $C_{3000}$ 、 $C_I$ 、 $C_{II}$ 、 $C_{III}$  と表す。

表 3.2.1-5 に、太平洋プレートの海溝型地震の最大加速度と最大速度の回帰係数を、表 3.2.1-6 に、フィリピン海プレートの海溝型地震の最大加速度と最大速度の回帰係数を、表 3.2.1-7 に太平洋プレートの海溝型地震の加速度応答スペクトルの回帰係数を、表 3.2.1-8 に、フィリピン海プレートの海溝型地震の加速度応答スペクトルの回帰係数を示す。また、図 3.2.1-4 に、プレート間地震とスラブ内地震の GMPE の例と既往の研究による GMPE との比較を示す。

これらの図表では、同じプレートのスラブ内地震とプレート間地震の回帰係数  $h$  は類似の傾向をもつこと、同じ震源深さではスラブ内地震の方がプレート間地震より地震動レベルが大きいことが示されている。また、プレート間地震に対するスラブ内地震の比は、データセットの震源深さの平均値を用いた場合には、最大加速度や加速度応答スペクトルの短周期領域において、太平洋プレートでは 2.8~2.9 倍、フィリピン海プレートでは 1.5~1.6 倍となっている。一方、 $M_w 7 \sim 7.4$  の近距離では、スラブ内地震とプレート間地震とも、ごく一部の周期を除き、太平洋プレートの方がフィリピン海プレートより、水平動、上下動とも大きくになっている。

表3.2.1-4 佐藤 (2010) がGMPEを求めるために用いた太平洋プレートの海溝型地震の諸元

表 1 太平洋プレートの海溝型地震の諸元(気象庁)

発震時			深さ km	$M_j$	地震名または 震央地名	$M_w$	$M_0$ dyne-cm	地震タ イプ**	$M_0, M_w$ の根拠
年	月/日	時:分							
1989	11/2	3:25	0.0	7.1	三陸はるか沖	7.4	$1.36 \times 10^{27}$	sub	Har.
1993	1/15	20:06	109.1*	7.5	釧路沖地震	7.6	$3.00 \times 10^{27}$	sla	文献23)
1994	10/4	22:22	60.5*	8.2	北海道東方沖地震	8.2	$2.60 \times 10^{28}$	sla	文献24)
1994	12/28	21:19	32.3*	7.6	三陸沖地震	7.7	$4.00 \times 10^{27}$	sub	文献25)
1995	1/7	7:37	47.8	7.2	岩手県北東沖	6.9	$3.33 \times 10^{26}$	sub	Har.
1996	9/11	11:37	52.0	6.4	銚子付近	6.1	$1.97 \times 10^{25}$	sla	Har.
1999	5/13	2:59	106.0	6.3	釧路地方	6.1	$1.72 \times 10^{25}$	sla	F-net
2000	1/28	23:21	58.5	7.0	根室半島沖	6.7	$1.21 \times 10^{26}$	sla	F-net
2003	5/26	18:24	76.8*	7.1	宮城県沖	7.1	$6.50 \times 10^{26}$	sla	文献26)
2003	9/26	4:50	40.4*	8.0	十勝沖地震	8.2	$2.20 \times 10^{28}$	sub	文献27)
2003	9/26	6:08	21.0	7.1	十勝南東沖	7.3	$1.15 \times 10^{27}$	sub	F-net
2003	9/27	5:38	34.0	6.0	十勝南東沖	6.0	$1.16 \times 10^{25}$	sla	F-net
2003	10/8	18:06	51.4	6.4	十勝南東沖	6.6	$9.83 \times 10^{25}$	sub	F-net
2003	10/31	10:06	33.3	6.8	宮城県南東沖	6.7	$1.42 \times 10^{26}$	sub	F-net
2004	11/29	3:32	48.2	7.1	根室半島沖	7.0	$3.36 \times 10^{26}$	sub	F-net
2004	12/6	23:15	45.8	6.9	根室半島沖	6.7	$1.41 \times 10^{26}$	sub	F-net
2005	8/16	11:46	41.1*	7.2	宮城県沖	7.1	$5.62 \times 10^{26}$	sub	文献28)
2005	9/21	11:25	102.9	6.0	国後島付近	6.0	$1.23 \times 10^{25}$	sla	F-net
2001	12/2	22:01	121.5	6.4	岩手県南部	6.4	$5.34 \times 10^{25}$	sla	F-net
2008	5/8	1:45	50.6	7.0	茨城県はるか沖	6.8	$1.97 \times 10^{26}$	sub	F-net
2008	7/19	11:39	31.6	6.9	福島県はるか沖	6.9	$2.39 \times 10^{26}$	sub	F-net
2008	7/24	0:26	106.9*	6.8	岩手県北部	6.9	$2.89 \times 10^{26}$	sla	文献29)
2008	9/11	9:20	30.9	7.1	十勝南東沖	6.8	$1.97 \times 10^{26}$	sub	F-net

表3.2.1-5 佐藤(2010) がGMPEを求めるために用いたフィリピン海プレートの海溝型地震の諸元

表 2 フィリピン海プレートの海溝型地震の諸元(気象庁)

発震時			深さ km	$M_j$	地震名または 震央地名	$M_w$	$M_0$ dyne-cm	地震タ イプ**	$M_0, M_w$ の根拠
年	月/日	時:分							
1996	10/18	19:50	37.7	6.4	種子島付近	6.6	$1.00 \times 10^{26}$	sub	Har.
1996	10/19	23:01	37.0	5.5	日向灘地方	5.7	$4.16 \times 10^{24}$	sub	Har.
1996	10/19	23:44	34.0	6.9	日向灘地方	6.7	$1.43 \times 10^{26}$	sub	Har.
1996	10/20	6:17	37.4	5.3	日向灘地方	5.5	$2.39 \times 10^{24}$	sub	Har.
1996	12/3	7:17	38.0	6.7	日向灘地方	6.7	$1.23 \times 10^{26}$	sub	Har.
1997	3/16	14:51	39.1	5.9	愛知県北東部	5.6	$2.97 \times 10^{24}$	sla	F-net
1998	12/16	9:18	24.1	5.6	大隅半島南東沖	6.1	$1.85 \times 10^{25}$	sla	F-net
1999	1/24	9:37	40.0	6.6	種子島付近	6.5	$6.58 \times 10^{25}$	sla	F-net
1999	8/21	5:33	65.8	5.5	和歌山県中部	5.6	$2.79 \times 10^{24}$	sla	F-net
2000	6/25	15:34	36.0	6.0	大隅半島南東沖	6.0	$1.13 \times 10^{25}$	sub	F-net
2001	3/24	15:27	46.5	6.7	芸予地震	6.9	$2.98 \times 10^{26}$	sla	文献30)
2001	4/25	23:40	39.3	5.7	日向灘地方	5.7	$4.00 \times 10^{24}$	sla	F-net
2002	11/4	13:36	35.2	5.9	日向灘地方	5.6	$3.64 \times 10^{24}$	sla	F-net
2004	9/5	19:07	19.2*	7.1	紀伊半島南東沖	7.3	$9.80 \times 10^{26}$	sla	文献31)
2004	9/5	23:57	15.2*	7.4	紀伊半島南東沖	7.4	$1.80 \times 10^{27}$	sla	文献31)
2004	9/6	5:30	36.9	5.9	紀伊半島南東沖	5.7	$3.82 \times 10^{24}$	sla	F-net
2004	9/7	8:29	41.0	6.5	紀伊半島南東沖	6.5	$6.00 \times 10^{25}$	sla	F-net
2005	5/31	11:04	28.6	5.8	大隅半島南東沖	5.7	$4.38 \times 10^{24}$	sub	F-net
2006	3/27	11:50	34.8	5.5	日向灘地方	5.5	$2.12 \times 10^{24}$	sla	F-net

\* $M_0, M_w$ の根拠となっている文献の断層中心深さ

\*\* sub はプレート境界地震、sla はスラブ内地震

Har.は Harvard 大学の略

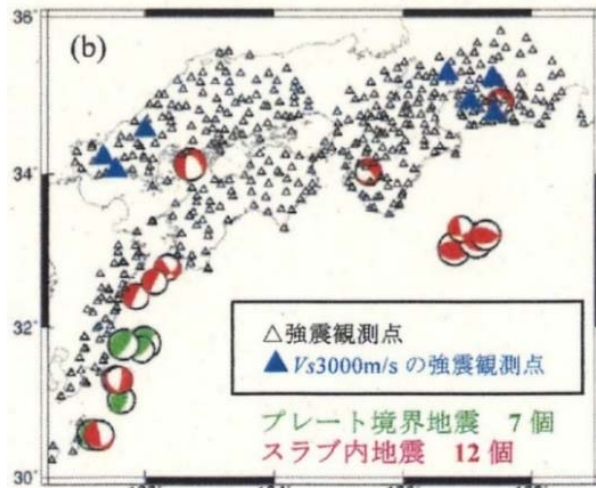
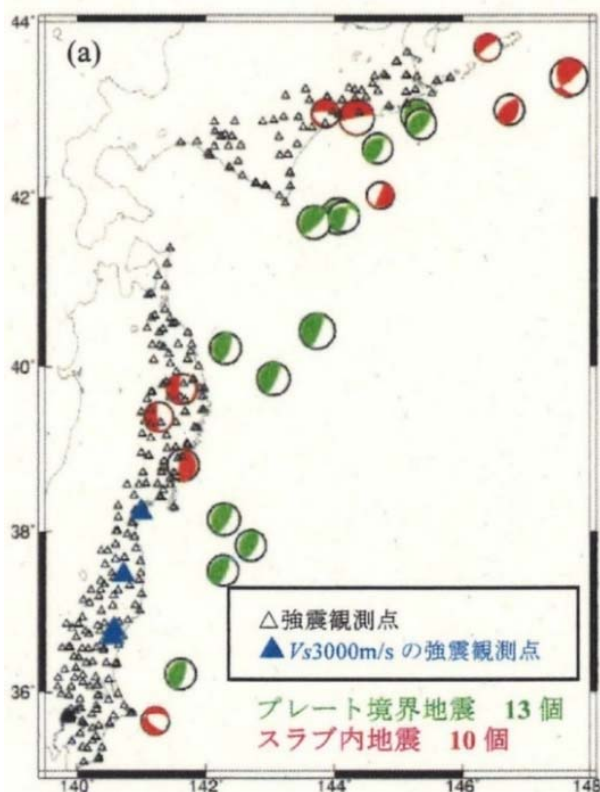


図1 太平洋プレート(a)とフィリピン海プレート(b)の海溝型地震の震央位置・メカニズム解及び観測点位置

図3.2.1-7 佐藤(2010) がプレート間地震のGMPEとスラブ内地震のGMPEを求めるために用いた地震の震央とメカニズム解および観測点

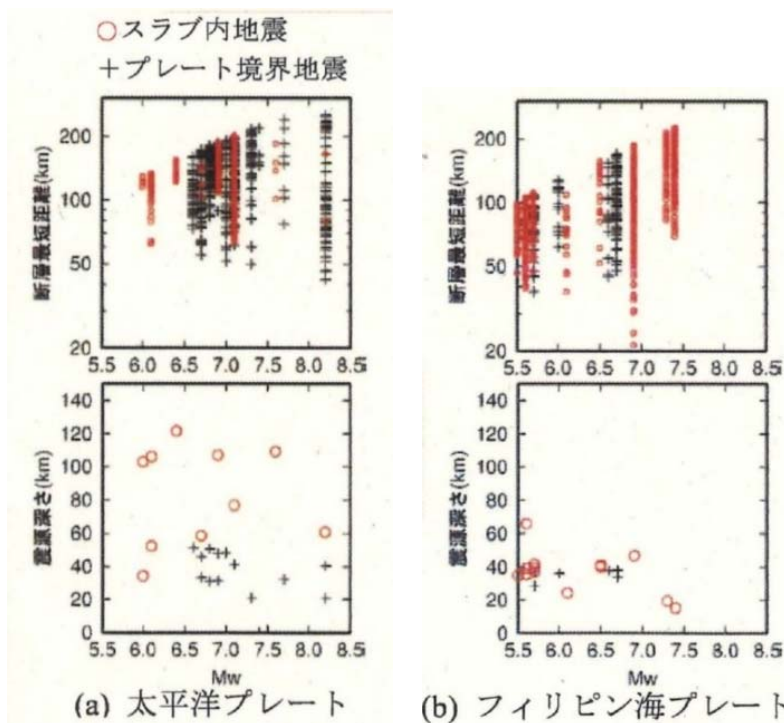


図2  $M_w$  と断層最短距離  $X$ 、震源深さとの関係

図3.2.1-8 佐藤(2010) がプレート間地震のGMPEとスラブ内地震のGMPEを求めるために用いた地震のモーメントマグニチュードと断層最短距離との関係およびモーメントマグニチュードと震源深さとの関係

表3.2.1-6 佐藤 (2010) が求めた太平洋プレートの海溝型地震の最大加速度と最大速度の回帰係数

表 3 太平洋プレートの海溝型地震の最大加速度と最大速度の回帰係数

最大加速度	$a$	$h_{sub}$	$h_{sla}$	$b$	$d$	$c_0$	$c_{700}$	$c_I$	$c_{II}$	$c_{III}$	$c_{3000}$	$c_{500}$	$e$	$error$
P波部:Radial	0.531	0.417	0.572	-0.00307	0.0140	-0.657	-0.787	-0.628	-0.602	-0.749	-	-	0.318	0.210
P波部:Transverse	0.528	0.418	0.581	-0.00319	0.0145	-0.659	-0.804	-0.627	-0.608	-0.729	-	-	0.327	0.210
P波部:Vertical	0.467	0.547	0.703	-0.00451	0.0080	-0.306	-0.433	-0.299	-0.250	-0.328	-	-	0.324	0.222
全継続時間:Radial	0.522	0.690	0.808	-0.00305	0.0055	-0.452	-0.538	-0.465	-0.412	-0.424	-1.036	-0.620	0.307	0.217
全継続時間:Transverse	0.509	0.685	0.802	-0.00311	0.0055	-0.342	-0.421	-0.356	-0.298	-0.313	-0.904	-0.538	0.310	0.219
全継続時間:Vertical	0.472	0.493	0.639	-0.00321	0.0025	-0.152	-0.204	-0.153	-0.123	-0.173	-0.599	-0.252	0.302	0.209
最大速度	$a$	$h_{sub}$	$h_{sla}$	$b$	$d$	$c_0$	$c_{700}$	$c_I$	$c_{II}$	$c_{III}$	$c_{3000}$	$c_{500}$	$e$	$error$
P波部:Radial	0.480	0.417	0.570	-0.00277	0.0085	-0.394	-0.523	-0.364	-0.340	-0.486	-	-	0.320	0.211
P波部:Transverse	0.474	0.299	0.416	-0.00262	0.0065	-1.599	-1.842	-1.608	-1.520	-1.508	-	-	0.344	0.239
P波部:Vertical	0.414	0.324	0.438	-0.00349	0.0065	-1.077	-1.188	-1.071	-1.034	-1.070	-	-	0.294	0.201
全継続時間:Radial	0.499	0.459	0.586	-0.00261	0.0020	-1.192	-1.429	-1.249	-1.119	-1.003	-1.831	-1.368	0.289	0.201
全継続時間:Transverse	0.481	0.553	0.651	-0.00252	0.0020	-1.208	-1.427	-1.274	-1.123	-1.019	-1.861	-1.454	0.294	0.208
全継続時間:Vertical	0.474	0.194	0.307	-0.00198	0.0025	-1.018	-1.148	-1.026	-0.988	-0.970	-1.387	-1.040	0.260	0.175

表3.2.1-7 佐藤 (2010) が求めたフィリピン海プレートの海溝型地震の最大加速度と最大速度の回帰係数

表 4 フィリピン海プレートの海溝型地震の最大加速度と最大速度の回帰係数

最大加速度	$a$	$h_{sub}$	$h_{sla}$	$b$	$d$	$c_0$	$c_{700}$	$c_I$	$c_{II}$	$c_{III}$	$c_{3000}$	$c_{500}$	$c_{900}$	$e$	$error$
P波部:Radial	0.606	1.377	1.493	-0.003461	0.0140	-2.724	-3.016	-2.729	-2.662	-2.633	-	-	-	0.385	0.267
P波部:Transverse	0.632	1.479	1.603	-0.003539	0.0145	-3.094	-3.433	-3.097	-3.032	-2.995	-	-	-	0.390	0.265
P波部:Vertical	0.594	1.389	1.536	-0.004479	0.0080	-2.638	-2.828	-2.663	-2.536	-2.509	-	-	-	0.380	0.280
全継続時間:Radial	0.518	0.496	0.596	-0.003614	0.0055	-0.220	-0.556	-0.224	-0.162	-0.079	-0.935	-0.371	-0.543	0.287	0.154
全継続時間:Transverse	0.522	0.524	0.612	-0.003807	0.0055	-0.248	-0.588	-0.250	-0.194	-0.115	-0.980	-0.388	-0.635	0.294	0.154
全継続時間:Vertical	0.532	0.454	0.565	-0.003925	0.0025	-0.607	-0.858	-0.624	-0.530	-0.424	-0.978	-0.747	-0.995	0.277	0.151
最大速度	$a$	$h_{sub}$	$h_{sla}$	$b$	$d$	$c_0$	$c_{700}$	$c_I$	$c_{II}$	$c_{III}$	$c_{3000}$	$c_{500}$	$c_{900}$	$e$	$error$
P波部:Radial	0.612	1.378	1.443	-0.00180	0.0085	-4.365	-4.549	-4.399	-4.260	-4.126	-	-	-	0.350	0.259
P波部:Transverse	0.620	1.645	1.708	-0.00179	0.0065	-4.948	-5.215	-4.983	-4.824	-4.691	-	-	-	0.381	0.267
P波部:Vertical	0.576	1.422	1.489	-0.00251	0.0065	-4.192	-4.246	-4.222	-4.113	-4.035	-	-	-	0.331	0.257
全継続時間:Radial	0.490	0.463	0.506	-0.00242	0.0020	-1.380	-1.638	-1.422	-1.245	-1.090	-1.994	-1.533	-1.788	0.278	0.158
全継続時間:Transverse	0.486	0.488	0.512	-0.00230	0.0020	-1.382	-1.601	-1.425	-1.253	-1.075	-2.015	-1.563	-1.788	0.284	0.167
全継続時間:Vertical	0.492	0.333	0.375	-0.00121	0.0025	-1.656	-1.780	-1.679	-1.592	-1.479	-2.016	-1.699	-1.925	0.238	0.149



表3.2.1-8 佐藤 (2010) が求めた太平洋プレートの海溝型地震の加速度応答スペクトルの回帰係数

表5 太平洋プレートの海溝型地震の加速度応答スペクトルの回帰係数  
(上段:Radial、中段:Transverse、下段:Vertical)

$T$	$a$	$h_{sub}$	$h_{s/a}$	$b$	$d$	$c_0$	$c_{700}$	$c_1$	$c_{11}$	$c_{111}$	$c_{3000}$	$c_{500}$	$e$	error
0.07	0.569	0.801	0.929	-0.00346	0.0085	-0.693	-0.593	-0.660	-0.711	-0.757	-1.194	-0.739	0.327	0.221
0.10	0.596	0.790	0.919	-0.00359	0.0110	-0.704	-0.688	-0.668	-0.712	-0.769	-1.306	-0.801	0.343	0.233
0.15	0.555	0.688	0.807	-0.00348	0.0070	-0.229	-0.370	-0.228	-0.180	-0.257	-0.844	-0.390	0.341	0.226
0.20	0.512	0.614	0.727	-0.00308	0.0050	0.121	-0.097	0.092	0.213	0.129	-0.455	-0.048	0.339	0.220
0.25	0.516	0.561	0.677	-0.00274	0.0040	0.083	-0.172	0.035	0.191	0.126	-0.531	-0.096	0.336	0.221
0.30	0.503	0.477	0.604	-0.00263	0.0035	0.248	-0.011	0.188	0.368	0.312	-0.407	0.082	0.337	0.221
0.40	0.492	0.588	0.698	-0.00186	0.0025	-0.053	-0.339	-0.134	0.085	0.070	-0.771	-0.174	0.332	0.221
0.50	0.487	0.524	0.634	-0.00157	0.0025	-0.042	-0.336	-0.136	0.091	0.162	-0.713	-0.144	0.326	0.212
0.60	0.463	0.441	0.544	-0.00180	0.0020	0.209	-0.069	0.116	0.330	0.442	-0.531	0.103	0.325	0.207
0.70	0.471	0.414	0.516	-0.00174	0.0020	0.111	-0.183	0.020	0.219	0.382	-0.605	0.002	0.330	0.204
0.80	0.473	0.316	0.431	-0.00171	0.0020	0.194	-0.109	0.104	0.293	0.491	-0.555	0.090	0.334	0.203
0.90	0.475	0.325	0.444	-0.00160	0.0015	0.080	-0.207	-0.009	0.164	0.411	-0.659	-0.007	0.339	0.200
1.00	0.483	0.314	0.435	-0.00204	0.0015	0.039	-0.218	-0.046	0.112	0.374	-0.714	-0.029	0.342	0.200
1.50	0.500	0.273	0.396	-0.00229	0.0020	-0.195	-0.474	-0.263	-0.139	0.112	-0.986	-0.266	0.358	0.207
2.00	0.535	0.325	0.438	-0.00258	0.0020	-0.666	-0.979	-0.735	-0.605	-0.372	-1.355	-0.760	0.368	0.208
2.50	0.553	0.293	0.401	-0.00279	0.0015	-0.855	-1.159	-0.927	-0.787	-0.601	-1.462	-0.963	0.365	0.207
3.00	0.595	0.274	0.377	-0.00282	0.0025	-1.211	-1.501	-1.274	-1.142	-0.989	-1.810	-1.291	0.360	0.204
4.00	0.569	0.114	0.207	-0.00248	0.0030	-0.997	-1.220	-1.058	-0.925	-0.782	-1.635	-1.080	0.349	0.192
5.00	0.613	0.028	0.134	-0.00203	0.0030	-1.417	-1.626	-1.474	-1.339	-1.205	-1.982	-1.503	0.331	0.179
0.07	0.560	0.754	0.888	-0.00348	0.0090	-0.547	-0.480	-0.511	-0.565	-0.615	-1.017	-0.592	0.329	0.220
0.10	0.565	0.751	0.876	-0.00365	0.0095	-0.426	-0.395	-0.393	-0.431	-0.486	-1.008	-0.551	0.343	0.223
0.15	0.534	0.706	0.822	-0.00372	0.0070	-0.067	-0.179	-0.063	-0.021	-0.101	-0.650	-0.252	0.350	0.229
0.20	0.521	0.631	0.734	-0.00334	0.0050	0.074	-0.111	0.055	0.147	0.078	-0.452	-0.108	0.346	0.226
0.25	0.503	0.537	0.657	-0.00288	0.0035	0.239	0.011	0.199	0.341	0.267	-0.367	0.050	0.339	0.217
0.30	0.502	0.500	0.611	-0.00249	0.0035	0.211	-0.009	0.155	0.319	0.287	-0.438	0.043	0.336	0.219
0.40	0.488	0.515	0.629	-0.00194	0.0020	0.098	-0.140	0.014	0.237	0.224	-0.645	-0.049	0.324	0.218
0.50	0.479	0.508	0.606	-0.00211	0.0025	0.120	-0.137	0.021	0.258	0.316	-0.567	-0.032	0.322	0.215
0.60	0.468	0.458	0.557	-0.00210	0.0020	0.196	-0.032	0.099	0.329	0.406	-0.579	0.054	0.323	0.209
0.70	0.477	0.489	0.580	-0.00179	0.0020	-0.030	-0.288	-0.130	0.090	0.223	-0.861	-0.212	0.329	0.206
0.80	0.493	0.487	0.582	-0.00116	0.0020	-0.289	-0.534	-0.387	-0.178	-0.003	-1.053	-0.457	0.329	0.207
0.90	0.465	0.440	0.531	-0.00119	0.0015	-0.072	-0.310	-0.170	0.022	0.243	-0.851	-0.235	0.337	0.212
1.00	0.468	0.444	0.532	-0.00112	0.0020	-0.147	-0.337	-0.240	-0.064	0.173	-0.914	-0.305	0.338	0.213
1.50	0.470	0.413	0.494	-0.00180	0.0015	-0.248	-0.436	-0.328	-0.177	0.053	-1.023	-0.362	0.345	0.213
2.00	0.484	0.553	0.617	-0.00169	0.0015	-0.753	-0.945	-0.835	-0.686	-0.486	-1.528	-0.853	0.358	0.217
2.50	0.490	0.496	0.553	-0.00222	0.0010	-0.782	-1.004	-0.858	-0.713	-0.534	-1.576	-0.893	0.350	0.210
3.00	0.479	0.378	0.436	-0.00247	0.0010	-0.590	-0.830	-0.655	-0.515	-0.388	-1.363	-0.676	0.355	0.213
4.00	0.498	0.200	0.272	-0.00275	0.0015	-0.589	-0.799	-0.657	-0.510	-0.403	-1.339	-0.691	0.340	0.203
5.00	0.569	0.087	0.181	-0.00279	0.0015	-1.094	-1.281	-1.157	-1.016	-0.902	-1.810	-1.179	0.324	0.194
0.07	0.516	0.624	0.800	-0.00432	0.0025	-0.216	-0.264	-0.188	-0.200	-0.273	-0.677	-0.262	0.358	0.237
0.10	0.497	0.611	0.761	-0.00393	0.0025	-0.060	-0.122	-0.056	-0.013	-0.117	-0.396	-0.172	0.349	0.226
0.15	0.472	0.488	0.628	-0.00318	0.0020	0.198	0.079	0.175	0.274	0.178	-0.262	0.077	0.321	0.212
0.20	0.484	0.496	0.606	-0.00280	0.0035	0.040	-0.057	0.009	0.106	0.052	-0.386	-0.050	0.304	0.203
0.25	0.483	0.424	0.534	-0.00236	0.0035	0.062	-0.023	0.030	0.125	0.074	-0.370	-0.068	0.290	0.197
0.30	0.483	0.458	0.557	-0.00196	0.0040	-0.080	-0.177	-0.111	-0.036	-0.025	-0.500	-0.188	0.276	0.192
0.40	0.509	0.458	0.564	-0.00113	0.0040	-0.451	-0.540	-0.484	-0.409	-0.376	-0.943	-0.547	0.272	0.182
0.50	0.509	0.403	0.499	-0.00131	0.0045	-0.385	-0.486	-0.421	-0.348	-0.279	-0.781	-0.468	0.268	0.176
0.60	0.484	0.329	0.412	-0.00141	0.0045	-0.148	-0.243	-0.177	-0.114	-0.060	-0.682	-0.222	0.270	0.174
0.70	0.476	0.325	0.404	-0.00112	0.0045	-0.182	-0.280	-0.203	-0.156	-0.107	-0.757	-0.241	0.277	0.172
0.80	0.474	0.215	0.313	-0.00083	0.0040	-0.088	-0.210	-0.104	-0.065	-0.007	-0.685	-0.133	0.281	0.173
0.90	0.470	0.187	0.277	-0.00086	0.0040	-0.055	-0.179	-0.070	-0.037	0.027	-0.662	-0.093	0.282	0.170
1.00	0.461	0.171	0.253	-0.00101	0.0030	0.003	-0.124	-0.008	0.021	0.076	-0.598	-0.022	0.287	0.174
1.50	0.466	0.043	0.144	-0.00128	0.0025	-0.006	-0.155	-0.019	0.028	0.083	-0.540	0.012	0.312	0.186
2.00	0.499	0.171	0.259	-0.00117	0.0020	-0.629	-0.743	-0.654	-0.578	-0.529	-1.074	-0.599	0.322	0.186
2.50	0.546	0.061	0.152	-0.00152	0.0020	-0.848	-1.046	-0.877	-0.787	-0.765	-1.200	-0.851	0.329	0.192
3.00	0.545	-0.053	0.026	-0.00174	0.0020	-0.713	-0.927	-0.739	-0.655	-0.639	-1.045	-0.716	0.324	0.200
4.00	0.560	-0.167	-0.092	-0.00173	0.0025	-0.807	-1.002	-0.825	-0.762	-0.730	-1.186	-0.798	0.316	0.198
5.00	0.648	-0.278	-0.191	-0.00161	0.0040	-1.406	-1.592	-1.419	-1.374	-1.315	-1.762	-1.368	0.291	0.180

表3.2.1-9 佐藤 (2010) が求めたフィリピン海プレートの海溝型地震の加速度応答スペクトルの回帰係数

表 6 フィリピン海プレートの海溝型地震の加速度応答スペクトルの回帰係数  
(上段:Radial、中段:Transverse、下段:Vertical)

T	a	h <sub>sub</sub>	h <sub>slab</sub>	b	d	c <sub>0</sub>	c <sub>700</sub>	c <sub>1</sub>	c <sub>11</sub>	c <sub>111</sub>	c <sub>3000</sub>	c <sub>900</sub>	c <sub>900</sub>	e	error
0.07	0.564	0.558	0.691	-0.00420	0.0085	-0.312	-0.639	-0.293	-0.320	-0.241	-0.880	-0.353	-0.583	0.324	0.156
0.10	0.606	0.504	0.665	-0.00480	0.0110	-0.354	-0.706	-0.332	-0.364	-0.297	-1.053	-0.425	-0.668	0.330	0.157
0.15	0.538	0.475	0.599	-0.00375	0.0070	0.057	-0.275	0.058	0.106	0.154	-0.674	-0.075	-0.224	0.319	0.158
0.20	0.515	0.396	0.505	-0.00368	0.0050	0.289	-0.035	0.269	0.410	0.404	-0.406	0.119	-0.023	0.306	0.152
0.25	0.504	0.388	0.472	-0.00336	0.0040	0.315	0.030	0.281	0.460	0.483	-0.474	0.156	0.009	0.312	0.150
0.30	0.490	0.323	0.389	-0.00331	0.0035	0.464	0.191	0.420	0.639	0.655	-0.248	0.319	0.162	0.318	0.146
0.40	0.469	0.373	0.375	-0.00290	0.0025	0.447	0.180	0.393	0.635	0.705	-0.291	0.324	0.163	0.324	0.157
0.50	0.512	0.383	0.396	-0.00314	0.0025	0.057	-0.193	-0.007	0.246	0.447	-0.743	-0.099	-0.240	0.338	0.160
0.60	0.496	0.382	0.388	-0.00249	0.0020	-0.012	-0.253	-0.075	0.155	0.452	-0.819	-0.139	-0.292	0.335	0.182
0.70	0.518	0.434	0.434	-0.00229	0.0020	-0.336	-0.555	-0.404	-0.168	0.179	-1.105	-0.458	-0.628	0.336	0.185
0.80	0.511	0.548	0.533	-0.00179	0.0020	-0.581	-0.800	-0.647	-0.417	-0.090	-1.304	-0.705	-0.841	0.335	0.188
0.90	0.514	0.630	0.596	-0.00152	0.0015	-0.801	-1.024	-0.863	-0.642	-0.345	-1.453	-0.929	-1.044	0.333	0.187
1.00	0.531	0.634	0.612	-0.00151	0.0015	-0.990	-1.222	-1.049	-0.834	-0.564	-1.622	-1.112	-1.211	0.331	0.183
1.50	0.553	0.541	0.527	-0.00110	0.0020	-1.330	-1.486	-1.385	-1.168	-1.059	-2.071	-1.447	-1.514	0.323	0.175
2.00	0.590	0.308	0.329	-0.00104	0.0020	-1.475	-1.639	-1.524	-1.325	-1.255	-2.125	-1.566	-1.706	0.320	0.180
2.50	0.632	0.352	0.371	-0.00085	0.0015	-2.022	-2.422	-2.067	-1.888	-1.793	-2.536	-2.103	-2.276	0.316	0.173
3.00	0.676	0.434	0.432	-0.00119	0.0025	-2.513	-2.637	-2.557	-2.389	-2.277	-3.025	-2.596	-2.770	0.316	0.168
4.00	0.693	0.335	0.325	-0.00128	0.0030	-2.677	-2.802	-2.716	-2.568	-2.461	-3.278	-2.741	-2.905	0.288	0.166
5.00	0.721	0.309	0.303	-0.00159	0.0030	-2.957	-3.053	-2.995	-2.860	-2.717	-3.433	-3.024	-3.150	0.272	0.163

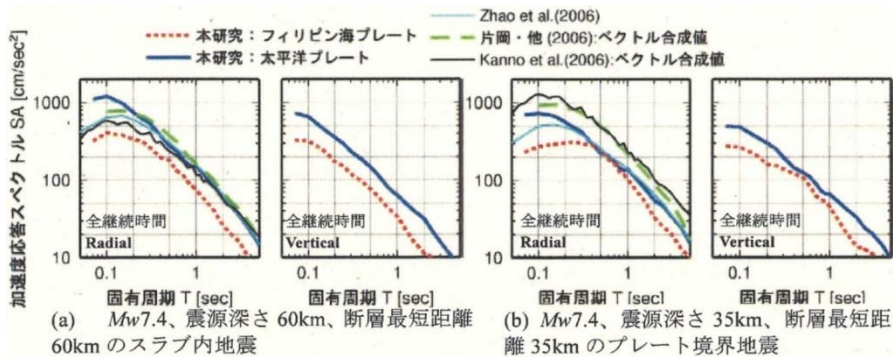


図 15 本研究と既往の研究の加速度応答スペクトルの距離減衰式の比較( $V_s600 \sim 800\text{m/s}$ の基盤相当に補正)

図3.2.1-9 佐藤 (2010) によるプレート間地震とスラブ内地震のGMPEの例と既往の研究によるGMPEとの比較



(5) Skarlatoudis *et al.* (2013)

Skarlatoudis *et al.* (2013) は、エーゲ海の沈み込み帯で起ったプレート間地震とスラブ内地震のGMPEを、Q値を領域ごとに分けることで求めた。表3.2.1-10にGMPEを求めるために用いたエーゲ海のプレート間地震とスラブ内地震を、図3.2.1-10にこれらの地震の震央を示す。また、Q値の領域分けを図3.2.1-11に示す。

Skarlatoudis *et al.* (2013) が用いたGMPEは、

$$\begin{aligned} \log Y = & c_1 + c_2(\mathbf{M} - 5.5) + c_{31} \log R + c_{32}(R - R_{\text{ref}}) \\ & + c_{41}(1 - \text{ARC}) * H(h - h_0) \\ & + c_{42}(1 - \text{ARC}) * H(h_0 - h) f(h, R) \\ & + c_{51} \text{ARC} * H(h - h_0) + c_{52} \text{ARC} * H(h_0 - h) f(h, R) \\ & + c_{61} S + c_{62} SS + \varepsilon \end{aligned} \quad (3.2.1-4)$$

である。ここに、 $Y$ は最大加速度か最大速度もしくは周期0.01～4秒の5%減衰の擬似加速度応答スペクトルである。また、 $H$ はヘビサイドのステップ関数で、 $h_0=100\text{km}$ である。 $f(h, R)$ は、

$$f(h, R) = \begin{cases} 0 & \text{if } 60 \text{ km} \leq h < 80 \text{ km} \\ & \text{if } R < 205 \text{ km} \\ (205 - R) / 150 & \text{if } 205 \text{ km} \leq R < 335 \text{ km} \\ 1 & \text{if } R > 335 \text{ km,} \\ & \text{or} \\ & \text{if } 80 \text{ km} \leq h < 100 \text{ km} \\ 0 & \text{if } R < 140 \text{ km} \\ (140 - R) / 100 & \text{if } 140 \text{ km} \leq R < 240 \text{ km} \\ 1 & \text{if } R > 240 \text{ km} \end{cases}, \quad (3.2.1-5)$$

である。対数の底は10で、 $\mathbf{M}$ はモーメントマグニチュード、 $R$ は震源、距離、 $h$ は震源深さ、 $\text{ARC}$ は背弧側で0、島弧に沿ったところで1である。

$S$ はsoil (Cクラス) のとき1で、 $SS$ はsoft-soil (Dクラス) のとき1で、それ以外のときは0である。

深さが45km～60kmの深いプレート間地震の場合は、

$$\begin{aligned} \log Y = & c_1 + c_2(\mathbf{M} - 5.5) + c_3 \log R \\ & + c_{41}(1 - \text{ARC})(R - R_{\text{ref}}) + c_{42} \text{ARC}(R - R_{\text{ref}}) \\ & + c_{51} S + c_{52} SS + \varepsilon \end{aligned} \quad (3.2.1-6)$$

を用いる。

表3.2.1-10 Skarlatoudis *et al.* (2013) がGMPEを求めるために用いたエーゲ海のプレート間地震とスラブ内地震

Table 1  
Earthquakes Used in the Present Study

Id	Origin Time (yyyy/mm/dd hh:mm:ss.ss)	Latitude (°)	Longitude (°)	Depth (km)	$M_w$	CR*	Source†
1	1994/05/23 06:46:12.00	35.5409	24.6968	68	6.1	0	ISC
2	2003/04/29 01:51:20.20	36.9395	21.7314	66	5.1	1	ISC
3	2003/09/13 13:46:21.68	36.6910	26.8488	134	5.2	0	CYG
4	2004/03/28 14:54:38.26	35.5700	22.9900	55	4.7	1	HRVD
5	2004/11/04 06:22:37.56	35.9633	23.1454	70	5.2	0	ISC
6	2005/08/01 13:34:58.92	36.6092	26.6775	127	4.8	0	EGE
7	2005/11/20 21:20:56.50	35.0332	27.2676	50	4.6	1	ISC
8	2006/01/08 11:34:54.64	36.1853	23.4037	67	6.7	0	THE
9	2006/05/11 01:47:47.61	36.1256	23.3697	72	4.5	0	ISC
10	2006/05/15 04:22:39.87	35.7490	25.9830	68	4.7	0	EGE
11	2006/07/09 03:12:54.22	36.4597	27.2451	118	4.6	0	ISC
12	2006/12/02 10:26:54.60	34.7687	26.8962	52	4.7	1	ISC
13	2007/02/03 13:43:22.10	35.8092	22.6367	47	5.4	1	EGE
14	2008/01/06 05:14:20.18	37.2569	22.7037	84	6.2	0	ISC-NEIC
15	2008/03/28 00:16:19.90	34.7922	25.3423	49	5.6	1	ISC
16	2008/06/18 01:58:42.90	37.6700	22.7800	83	5.1	0	ISC
17	2008/07/15 03:26:34.70	35.8500	27.9200	56	6.4	1	ISC
18	2008/09/16 02:58:39.80	36.6900	24.0300	137	4.5	0	ISC
19	2008/11/04 12:05:43.50	36.1900	23.3500	68	4.5	0	ISC
20	2010/07/16 08:11:05.30	36.776	27.008	163	5.2	0	THE
21	2011/02/25 21:33:29.90	36.645	27.011	118	4.4	0	THE

\*CR: 0 for in-slab events, 1 for interface events.

†Data source definitions: THE, Seismological Station of Aristotle University of Thessaloniki; EGE, EGELADOS temporary seismological network deployed in the Southern Aegean area, coordinated by the Ruhr–University of Bochum (Germany) and operated by a large working group involving University of Thessaloniki, National Observatory of Athens, Technical University of Chania (Greece), Istanbul Technical University (Turkey), University of Hamburg and GeoForschungszentrum Potsdam (Germany); ISC, International Seismological Centre; HRVD, Global Centroid Moment Tensor database; NEIC, National Earthquake Information Center.

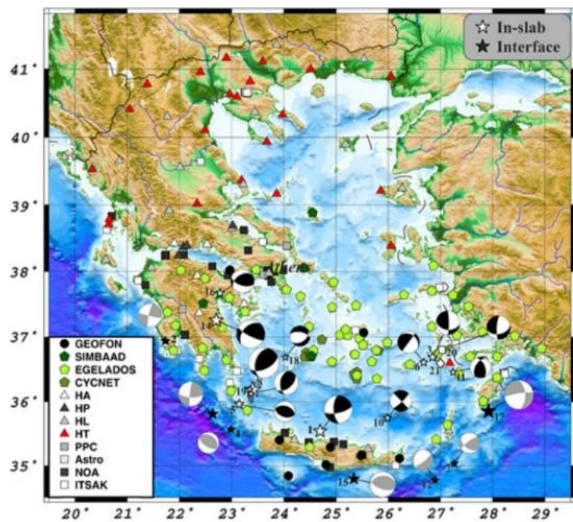
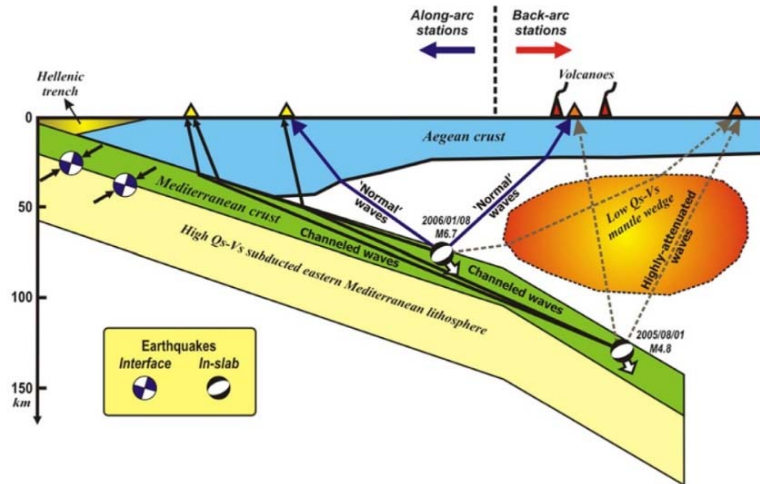


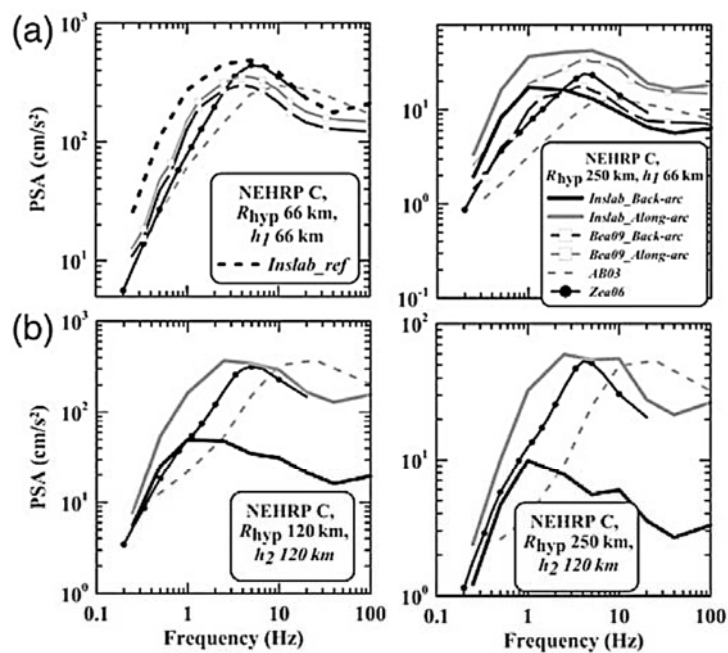
Figure 2. Acceleration- and velocity-sensor recording stations (see legend for symbols) and spatial distribution of the analyzed earthquakes, including their corresponding fault-plane solutions. White stars (black and white focal mechanism plots) correspond to epicenters of in-slab earthquakes, while black stars (gray and white focal mechanism plots) depict epicenters of earthquakes classified as interface. The white square and diamond denote the locations from two additional earthquakes used for result evaluation (see corresponding text). The color version of this figure is available only in the electronic edition.

図3.2.1-10 Skarlatoudis *et al.* (2013) がGMPEを求めるために用いたエーゲ海のプレート間地震とスラブ内地震の震央



**Figure 5.** A schematic presentation of the main patterns of wave propagation for intermediate-depth events in the Hellenic arc, along a profile parallel to the subduction direction. The main geophysical features affecting the wave propagation (high- $Q$  subducted slab, low- $Q$  mantle wedge, and so forth) are also depicted. The color version of this figure is available only in the electronic edition.

図3.2.1-11 Skarlatoudis *et al.* (2013) が用いたQ値の領域区分



**Figure 15.** Predicted spectra for  $M = 6.7$  with (a)  $h_1 = 66$  km and (b)  $h_2 = 120$  km for NEHRP C (soil) site conditions and in-slab events. The spectra are calculated for two hypocentral distances, one at zero epicentral distance (above each hypocenter, left panels) and one at  $R_{hyp} = 250$  km (right panel). The corresponding predictions for the 8 January Kythera intermediate-depth earthquake (Boore *et al.*, 2009; Bea09, Atkinson and Boore, 2003; AB03, and Zhao *et al.*, 2006; Zea06) are also shown for comparison.

図3.2.1-12 Skarlatoudis *et al.* (2013) によるスラブ内地震のGMPEの例

(6) Zhao *et al.* (2016)

Zhao *et al.* (2016) は、2012年までに日本で起ったスラブ内地震による4710の強震記録を収集し、GMPEを作成した。

表3.2.1-11に、スラブ内地震のGMPEの作成のために用いた地盤種別を、図3.2.1-13に、スラブ内地震のGMPEの作成のために用いた地震のモーメントマグニチュードと断層上端深さとの関係およびモーメントマグニチュードと震源距離との関係を示す。

Zhao *et al.* (2016) は、スラブ内地震のGMPEの震源項を下のようモデル化した。

$$f_{mSL}(m_i, h_i) = b_{SL} h_i + \begin{cases} c_{SL1} m_i + c_{SL2} (m_i - m_{sc})^2 & \text{if } m_i \leq m_c \\ c_{SL1} m_c + c_{SL2} (m_c - m_{sc})^2 + d_{SL} (m_i - m_{sc}) & \text{if } m_i > m_c \end{cases}, \quad (3.2.1-7)$$

ここに、SLはスラブ地震に関する量であることを示す添字で、 $i$ は $i$ 番目の地震を示す添字である。また、 $b_{SL}$ は断層上端深さ $h_i$ に関する係数、 $c_{SL1}$ と $c_{SL2}$ はマグニチュード係数、 $d_{SL}$ は $m_c=7.1$ より大きなマグニチュードの地震に対するマグニチュード係数である。

Zhao *et al.* (2016) が用いたGMPEは、

$$\begin{aligned} \log_e(y_{i,j}) = & f_{mSL} + g_{SL} \log_e(r_{i,j}) + g_{SLL} \log_e(x_{i,j} + 200.0) \\ & + e_{SL} x_{i,j} + q_{SLH} x_{i,j} + e_{SL}^v x_{i,j}^v + \gamma_{SL} \\ & + \log_e(A) + \xi_{i,j} + \eta_i \end{aligned} \quad (3.2.1-8)$$

および

$$\log_e\left(\frac{\mu_{i,j}}{y_{i,j}}\right) = \xi_{i,j} + \eta_i \quad (3.2.1-9)$$

である。ここに、 $y_{i,j}$ は $i$ 番目の地震による $j$ 番目のサイトにおける最大加速度もしくは減衰定数5%の加速度応答スペクトルで単位は重力加速度である。

また、 $e$ は非弾性の減衰率、 $x$ は断層最短距離、 $\gamma_{SL}$ は定数、 $g_{SL}$ は幾何減衰率、 $g_{SLL}$ は遠距離における幾何減衰率である。 $v$ は火山に関する肩文字で、 $e_{SL}^v$ は火山帯を通る伝播経路の水平距離 $x^v$ に適用される非弾性減衰率である。 $\xi_{i,j}$ は地震内のばらつきで、 $\eta_i$ は地震間のばらつきである。また、 $r_{i,j}$ は、

$$r_{i,j} = x_{i,j} + EXP(c_1 + c_2 C_m) \quad (3.2.1-10)$$

である。ここに、

$$C_m = \begin{cases} m_i & \text{if } m_i \leq C_{\max} \\ C_{\max} & \text{if } m_i > C_{\max} \end{cases} \quad (3.2.1-11)$$

である。ただし、 $C_{max}$ は、Zhao *et al.* (2016) による。また、非弾性の減衰項 $q_{SLH}$ は、

$$q_{SLH} = e_{SLH} \begin{cases} 0 & \text{if } h < 50 \\ 0.02h - 1.0 & \text{if } h \geq 50 \end{cases} \quad (3.2.1-12)$$

である。

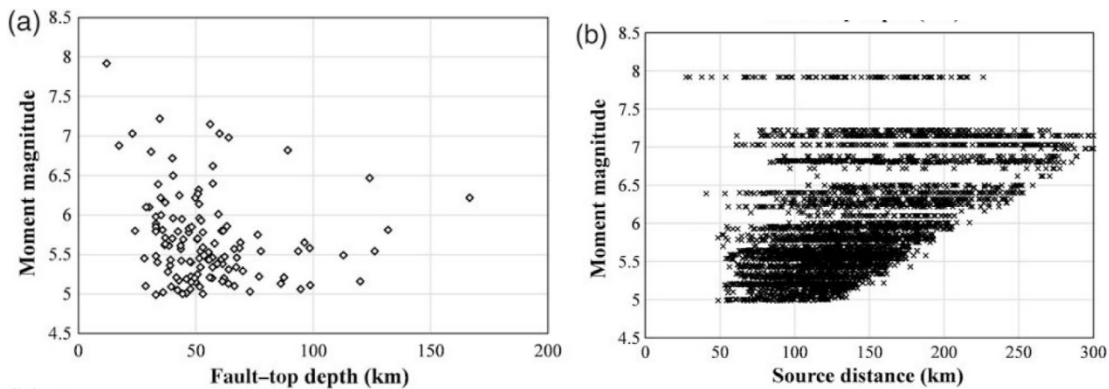
図3.2.1-14に、Zhao *et al.* (2016) がスラブ内地震のGMPEを求めるときに用いた伝播経路のモデルを示す。表3.2.1-12と表3.2.1-13にZhao *et al.* (2016) が求めたスラブ内地震のGMPEの回帰係数を、表3.2.1-14にZhao *et al.* (2016) によるスラブ内地震のGMPEのサイト内およびサイト間の標準偏差を示す。また、図3.2.1-15には、Zhao *et al.* (2016) が求めたスラブ内地震のGMPEによる加速度応答スペクトルの例を示す。

表3.2.1-11 Zhao *et al.* (2016) がスラブ内地震のGMPEの作成のために用いた地盤種別  
Table 1

Site Class Definitions Used in the Present Study and the Approximately Corresponding NEHRP Site Classes (BSSC, 2000)

Site Class	Description	Natural Period	$V_{S30}$ Calculated from Site Period	NEHRP Site Classes
SC I	Rock	$T < 0.2$ s	$V_{S30} > 600$	A+B+C
SC II	Hard soil	$0.2 \leq T < 0.4$ s	$300 < V_{S30} \leq 600$	C
SC III	Medium soil	$0.4 \leq T < 0.6$ s	$200 < V_{S30} \leq 300$	D
SC IV	Soft soil	$T \geq 0.6$ s	$V_{S30} \leq 200$	E+F

NEHRP, National Earthquake Hazards Reduction Program.



**Figure 1.** (a) The distribution of earthquakes used in the present study with respect to fault depth and moment magnitude and (b) the distribution of strong-motion records with respect to source distance and magnitude.

図3.2.1-13 Zhao *et al.* (2016) がスラブ内地震のGMPEの作成のために用いた地震のモーメントマグニチュードと断層上端深さとの関係およびモーメントマグニチュードと震源距離との関係

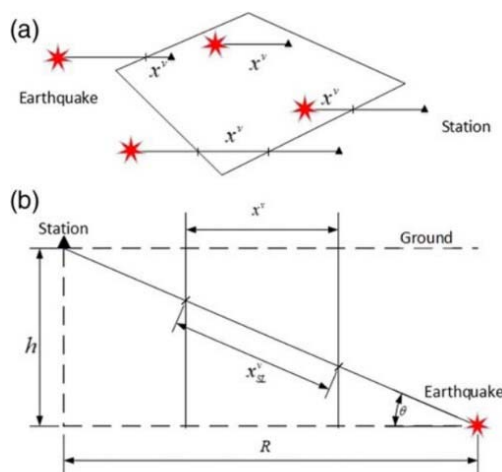


Figure 2. (a) The definition of volcanic path for four cases and (b) the horizontal and slant volcanic distance. The color version of this figure is available only in the electronic edition.

図3.2.1-14 Zhao *et al.* (2016) がスラブ内地震のGMPEを求めるときに用いた伝播経路のモデル

表3.2.1-12 Zhao *et al.* (2016) が求めたスラブ内地震のGMPEの回帰係数 (その1)

Table 6  
Model Coefficients, Part 1

$T$ (s)	$c_1$	$c_{SL1}$	$c_{SL2}$	$d_{SL}$	$b_{SL}$	$g_{SL}$	$g_{SSL}$	$e_{SL}^V$
PGA	-5.30119	1.44758	0.37625	0.42646	0.01826	-1.98471	1.12071	-0.01499
0.01	-5.28844	1.45400	0.38099	0.42075	0.01826	-1.96360	1.03278	-0.01503
0.02	-5.27568	1.46625	0.39101	0.40055	0.01826	-1.91839	0.94715	-0.01517
0.03	-5.26822	1.49246	0.41976	0.36433	0.01826	-1.89271	0.93420	-0.01567
0.04	-5.26293	1.50129	0.45746	0.32072	0.01826	-1.87260	0.97168	-0.01616
0.05	-5.25882	1.51051	0.48601	0.30000	0.01826	-1.85351	1.01492	-0.01676
0.06	-5.25547	1.51380	0.50311	0.31147	0.01826	-1.83395	1.06854	-0.01722
0.07	-5.25263	1.51111	0.50704	0.32673	0.01826	-1.81345	1.13401	-0.01752
0.08	-5.25017	1.50406	0.50004	0.34289	0.01826	-1.79189	1.20364	-0.01768
0.09	-5.24801	1.49423	0.48071	0.35921	0.01826	-1.76931	1.25808	-0.01772
0.1	-5.24607	1.48300	0.45759	0.37000	0.01826	-1.74581	1.30112	-0.01768
0.12	-5.24271	1.45559	0.41355	0.40606	0.01826	-1.73746	1.39137	-0.01742
0.14	-5.23988	1.44277	0.37828	0.43450	0.01826	-1.74463	1.47084	-0.01700
0.15	-5.23861	1.43314	0.36308	0.45000	0.01826	-1.74972	1.50784	-0.01676
0.16	-5.23742	1.43253	0.34919	0.46055	0.01826	-1.76259	1.54326	-0.01649
0.18	-5.23525	1.43710	0.32464	0.48439	0.01826	-1.78989	1.60985	-0.01594
0.2	-5.23331	1.44781	0.30358	0.50900	0.01826	-1.82110	1.67146	-0.01537
0.25	-5.22921	1.48260	0.26174	0.55500	0.01826	-1.90412	1.80738	-0.01395
0.3	-5.22585	1.51881	0.23036	0.59300	0.01826	-1.98439	1.92242	-0.01261
0.35	-5.22302	1.55291	0.20580	0.62500	0.01826	-2.05756	2.02102	-0.01139
0.4	-5.22056	1.58443	0.18597	0.65200	0.01826	-2.12282	2.10642	-0.01029
0.45	-5.21839	1.61360	0.16960	0.67500	0.01826	-2.18047	2.18097	-0.00931
0.5	-5.21645	1.64075	0.15585	0.69500	0.01826	-2.23118	2.24651	-0.00843
0.6	-5.21310	1.69020	0.13405	0.72900	0.01826	-2.31475	2.35602	-0.00694
0.7	-5.21026	1.73450	0.11757	0.75600	0.01826	-2.37885	2.44331	-0.00574
0.8	-5.20781	1.77474	0.10476	0.77800	0.01826	-2.42769	2.51391	-0.00477
0.9	-5.20564	1.81162	0.09458	0.79600	0.01826	-2.46450	2.57166	-0.00398
1	-5.20370	1.84561	0.08636	0.81200	0.01826	-2.49170	2.61931	-0.00333
1.25	-5.19959	1.92015	0.07173	0.84100	0.01808	-2.52758	2.70638	-0.00215
1.5	-5.19624	1.98274	0.06258	0.86100	0.01786	-2.53359	2.76244	-0.00142
2	-5.19095	2.08214	0.05327	0.88400	0.01718	-2.49565	2.82205	-0.00067
2.5	-5.18684	2.15841	0.05036	0.90000	0.01628	-2.42623	2.84475	-0.00039
3	-5.18349	2.22046	0.04536	0.90000	0.01549	-2.34726	2.84988	-0.00030
3.5	-5.18065	2.27406	0.04536	0.90000	0.01489	-2.27002	2.84667	-0.00026
4	-5.17819	2.32307	0.04536	0.90000	0.01458	-2.19947	2.83992	-0.00021
4.5	-5.17602	2.37009	0.04536	0.90000	0.01459	-2.12528	2.82802	-0.00021
5	-5.17409	2.37009	0.04536	0.90000	0.01459	-2.02646	2.82521	-0.00021

$m_{sc} = 6.3$ .



表3.2.1-13 Zhao *et al.* (2016) が求めたスラブ内地震のGMPEの回帰係数 (その2)

Table 7

Model Coefficients, Part 2

Period (s)	$e_{SL}$	$e_{SLH}$	$\gamma$	$S_2$	$S_3$	$S_4$	$\sigma$	$\tau$	$\sigma_T$
PGA	-0.00340	-0.00050	-9.880	0.2320	0.1437	0.1470	0.587	0.457	0.744
0.01	-0.00331	-0.00050	-9.513	0.2289	0.1398	0.1328	0.587	0.458	0.745
0.02	-0.00345	-0.00050	-9.266	0.2183	0.1260	0.1443	0.587	0.465	0.749
0.03	-0.00391	-0.00050	-9.332	0.1874	0.0616	0.0660	0.588	0.480	0.759
0.04	-0.00454	-0.00050	-9.508	0.1233	-0.0171	-0.0171	0.599	0.521	0.794
0.05	-0.00510	-0.00050	-9.729	0.0721	-0.0633	-0.0731	0.607	0.555	0.823
0.06	-0.00552	-0.00050	-9.966	0.0270	-0.1010	-0.1196	0.623	0.584	0.854
0.07	-0.00588	-0.00049	-10.226	-0.0062	-0.1468	-0.1601	0.638	0.600	0.876
0.08	-0.00615	-0.00048	-10.551	0.0157	-0.1448	-0.1243	0.651	0.598	0.884
0.09	-0.00635	-0.00048	-10.807	0.0509	-0.1267	-0.0729	0.662	0.585	0.883
0.1	-0.00652	-0.00048	-11.022	0.0956	-0.0932	-0.0146	0.674	0.567	0.881
0.12	-0.00660	-0.00049	-11.365	0.2004	-0.0088	0.0825	0.689	0.534	0.872
0.14	-0.00652	-0.00051	-11.730	0.3037	0.0893	0.1715	0.692	0.504	0.856
0.15	-0.00647	-0.00052	-11.880	0.3428	0.1360	0.2093	0.696	0.486	0.849
0.16	-0.00636	-0.00053	-12.056	0.3740	0.1775	0.2412	0.697	0.465	0.838
0.18	-0.00614	-0.00056	-12.420	0.4270	0.2531	0.2990	0.704	0.430	0.825
0.2	-0.00590	-0.00059	-12.785	0.4630	0.3201	0.3459	0.713	0.406	0.821
0.25	-0.00526	-0.00067	-13.635	0.5086	0.4530	0.4423	0.711	0.385	0.808
0.3	-0.00468	-0.00075	-14.381	0.5078	0.5488	0.5178	0.684	0.365	0.775
0.35	-0.00415	-0.00083	-15.035	0.4971	0.6171	0.5760	0.665	0.371	0.762
0.4	-0.00369	-0.00091	-15.616	0.4807	0.6663	0.6224	0.657	0.383	0.761
0.45	-0.00327	-0.00099	-16.138	0.4616	0.7011	0.6598	0.647	0.391	0.756
0.5	-0.00290	-0.00107	-16.613	0.4422	0.7256	0.6907	0.640	0.403	0.756
0.6	-0.00227	-0.00124	-17.453	0.4054	0.7529	0.7380	0.633	0.412	0.755
0.7	-0.00178	-0.00139	-18.181	0.3734	0.7625	0.7723	0.632	0.432	0.766
0.8	-0.00139	-0.00154	-18.825	0.3462	0.7612	0.7974	0.635	0.438	0.772
0.9	-0.00109	-0.00166	-19.403	0.3236	0.7538	0.8162	0.636	0.438	0.772
1	-0.00086	-0.00178	-19.928	0.3048	0.7428	0.8301	0.636	0.439	0.773
1.25	-0.00052	-0.00199	-21.058	0.2703	0.7083	0.8504	0.635	0.444	0.775
1.5	-0.00043	-0.00213	-21.996	0.2483	0.6726	0.8573	0.645	0.448	0.786
2	-0.00070	-0.00225	-23.488	0.2253	0.6107	0.8499	0.633	0.425	0.762
2.5	-0.00127	-0.00219	-24.647	0.2154	0.5640	0.8276	0.607	0.413	0.735
3	-0.00198	-0.00207	-25.597	0.2115	0.5261	0.7991	0.582	0.407	0.710
3.5	-0.00271	-0.00193	-26.410	0.2098	0.4977	0.7678	0.562	0.395	0.687
4	-0.00341	-0.00180	-27.132	0.2088	0.4769	0.7359	0.540	0.381	0.661
4.5	-0.00421	-0.00170	-27.793	0.2077	0.4622	0.7041	0.526	0.367	0.641
5	-0.00500	-0.00158	-28.313	0.2067	0.4527	0.6722	0.522	0.378	0.645



表3.2.1-14 Zhao *et al.* (2016) によるスラブ内地震のGMPEのサイト内およびサイト間の標準偏差

Table 8  
Within-Site and Between-Site Standard Deviations

Period (s)	SC I			SC II			SC III			SC IV		
	$\sigma_{S1}$	$\tau_{S1}$	$\sigma_{ST1}$	$\sigma_{S2}$	$\tau_{S2}$	$\sigma_{ST2}$	$\sigma_{S3}$	$\tau_{S3}$	$\sigma_{ST3}$	$\sigma_{S4}$	$\tau_{S4}$	$\sigma_{ST4}$
PGA	0.398	0.511	0.648	0.417	0.449	0.613	0.409	0.431	0.594	0.415	0.422	0.592
0.01	0.397	0.517	0.651	0.417	0.450	0.614	0.409	0.431	0.594	0.415	0.418	0.589
0.02	0.395	0.518	0.652	0.417	0.449	0.613	0.408	0.431	0.594	0.416	0.425	0.594
0.03	0.389	0.537	0.663	0.418	0.449	0.614	0.409	0.430	0.593	0.417	0.422	0.593
0.04	0.387	0.572	0.691	0.420	0.456	0.620	0.413	0.428	0.595	0.420	0.431	0.602
0.05	0.387	0.586	0.702	0.422	0.479	0.639	0.409	0.429	0.592	0.422	0.439	0.609
0.06	0.397	0.613	0.730	0.416	0.507	0.656	0.401	0.449	0.602	0.423	0.445	0.614
0.07	0.403	0.633	0.750	0.412	0.532	0.673	0.394	0.456	0.603	0.420	0.473	0.633
0.08	0.413	0.643	0.765	0.412	0.555	0.692	0.389	0.455	0.599	0.423	0.491	0.648
0.09	0.422	0.631	0.759	0.412	0.568	0.702	0.391	0.475	0.615	0.427	0.518	0.671
0.1	0.429	0.626	0.759	0.418	0.566	0.704	0.394	0.507	0.642	0.426	0.559	0.703
0.12	0.440	0.614	0.755	0.429	0.570	0.713	0.428	0.548	0.695	0.445	0.576	0.728
0.14	0.441	0.613	0.755	0.435	0.597	0.739	0.433	0.507	0.667	0.442	0.561	0.714
0.15	0.450	0.602	0.752	0.440	0.599	0.743	0.420	0.490	0.645	0.440	0.555	0.708
0.16	0.452	0.599	0.750	0.444	0.597	0.744	0.424	0.494	0.651	0.437	0.552	0.704
0.18	0.454	0.599	0.752	0.447	0.601	0.749	0.446	0.500	0.670	0.436	0.553	0.705
0.2	0.462	0.590	0.749	0.450	0.596	0.747	0.441	0.491	0.660	0.432	0.562	0.709
0.25	0.474	0.555	0.730	0.470	0.601	0.763	0.459	0.450	0.643	0.432	0.507	0.666
0.3	0.472	0.532	0.711	0.475	0.557	0.732	0.437	0.499	0.663	0.432	0.489	0.653
0.35	0.468	0.505	0.688	0.478	0.518	0.705	0.444	0.532	0.692	0.432	0.463	0.633
0.4	0.457	0.479	0.663	0.484	0.488	0.687	0.453	0.546	0.709	0.416	0.466	0.624
0.45	0.450	0.461	0.644	0.477	0.479	0.676	0.477	0.529	0.713	0.408	0.461	0.616
0.5	0.445	0.451	0.633	0.470	0.471	0.665	0.472	0.495	0.684	0.409	0.467	0.620
0.6	0.448	0.436	0.625	0.460	0.467	0.655	0.459	0.470	0.657	0.407	0.434	0.594
0.7	0.440	0.430	0.615	0.460	0.464	0.653	0.461	0.473	0.660	0.403	0.430	0.589
0.8	0.441	0.427	0.614	0.460	0.456	0.647	0.457	0.457	0.646	0.407	0.454	0.610
0.9	0.435	0.431	0.612	0.456	0.466	0.652	0.449	0.439	0.628	0.408	0.456	0.612
1	0.427	0.440	0.613	0.448	0.466	0.647	0.442	0.442	0.625	0.408	0.462	0.616
1.25	0.413	0.440	0.603	0.442	0.476	0.649	0.428	0.432	0.608	0.412	0.444	0.606
1.5	0.416	0.449	0.612	0.448	0.473	0.651	0.418	0.461	0.622	0.418	0.443	0.609
2	0.409	0.441	0.601	0.437	0.462	0.636	0.406	0.472	0.623	0.413	0.439	0.603
2.5	0.398	0.425	0.582	0.429	0.427	0.606	0.387	0.484	0.620	0.414	0.427	0.595
3	0.390	0.396	0.556	0.423	0.407	0.587	0.369	0.447	0.580	0.412	0.431	0.596
3.5	0.386	0.386	0.545	0.410	0.401	0.574	0.376	0.434	0.574	0.402	0.413	0.576
4	0.377	0.373	0.530	0.410	0.386	0.564	0.362	0.406	0.544	0.394	0.391	0.555
4.5	0.360	0.364	0.512	0.412	0.373	0.556	0.368	0.383	0.531	0.385	0.366	0.532
5	0.361	0.359	0.509	0.447	0.322	0.551	0.381	0.316	0.495	0.380	0.324	0.499

Subscripts 1, 2, 3, and 4 with  $\sigma$  and  $\tau$  denote site classes.

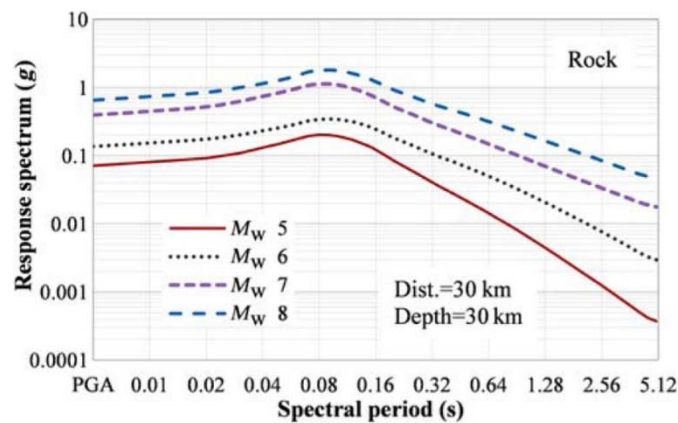


Figure 16. Predicted rock-site spectra for slab events with  $M_w$  5–8 and a depth of 30 km at a source distance of 30 km. The color version of this figure is available only in the electronic edition.

図3.2.1-15 Zhao *et al.* (2016) が求めたスラブ内地震のGMPEによる加速度応答スペクトルの例

(7) Ibrahim *et al.* (2016)

Ibrahim *et al.* (2016) は、日本で発生した地殻内地震、プレート間地震、スラブ内地震を対象として、最大速度と最大変位のGMPEを開発した。対象とした地震動の周期は5~30秒である。GMPEは、下の2通りを考えている。

$$\log_{10} A = b - \log_{10}(X + c) - kX \quad (3.2.1-13)$$

$$\log_{10} A = b - \log_{10} X_{eq} - kX_{eq} \quad (3.2.1-14)$$

ここに、 $A$ は最大速度または最大変位、 $X(\text{km})$ は断層最短距離、 $X_{eq}(\text{km})$ は等価震源距離である。また、 $b$ は各地震のマグニチュード項で、 $c$ は、

$$c = 0.0028 \times 10^{0.5M_w} \quad (3.2.1-15)$$

である。 $k$ は、非弾性の減衰を表す項で、

$$k = 0.002 \quad (3.2.1-16)$$

である。

2011年東北地方太平洋沖地震の場合、 $c=39.55\text{km}$ とした。この値は $M_w=8.3$ のときの値で、 $M_w>8.3$ の場合、強震動は飽和し、これ以上大きくはならない(Si *et al.*, 2011)からである。

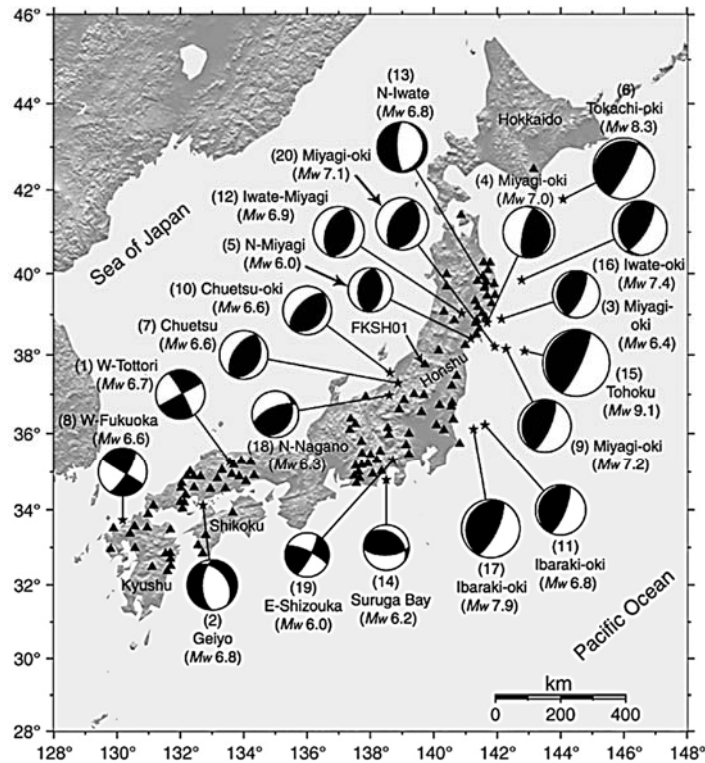
また、マグニチュード項は、

$$b = aM_w + hD + \sum d_i S_i + e + \varepsilon \quad (3.2.1-17)$$

と書ける。ここに、 $D(\text{km})$ は震源深さで、 $S_i$ はダミー変数で、地殻内地震、プレート間地震、スラブ内地震のとき1である。また、 $\varepsilon$ は標準偏差、 $a, h, d_i, e$ は回帰係数である。

図3.2.1-16に、GMPEの作成に用いた日本の地震の震央とメカニズム解およびKiK-net観測点を示す。また、表3.2.1-15に、GMPEの作成に用いた地震を示す。

表3.2.1-16に、GMPEの回帰係数を、図3.2.1-17に、Ibrahim *et al.* (2016) による地殻内地震およびプレート間地震とスラブ内地震のGMPEの例を示す。図より、最大速度、最大変位とも、地殻内地震が最も大きく、プレート間地震とスラブ内地震はほぼ等しいことがわかる。



**Figure 1.** Epicenters (black stars) and focal mechanisms of the earthquakes used in this study. The focal mechanisms were obtained from the Global Centroid Moment Tensor (CMT) project. Black triangles indicate the KiK-net station sites.

図3.2.1-16 Ibrahim *et al.* (2016) がGMPEの作成に用いた日本の地震の震央とメカニズム解およびKiK-net観測点

表3.2.1-15 Ibrahim *et al.* (2016) がGMPEの作成に用いた日本の地震

Table 1

Earthquake Data Used to Develop Long-Period Ground-Motion Prediction Equations and Reference Source Model Used to Estimate the Fault Distance (FD) and Equivalent Hypocentral Distance (EHD)

Number	Earthquake	Origin time (yyyy/mm/dd hh:mm)	Longitude (°)	Latitude (°)	Depth (km)	$M_w$	Earthquake Type	Reference Source Model
1	Western Tottori	2000/10/06 13:30	133.55 E	35.27 N	11	6.7	Crustal	Iwata and Sekiguchi (2002)
2	Geiyo	2001/03/24 15:58	132.71 E	34.12 N	51	6.8	Intraplate	Yagi and Kikuchi (2002)
3	Miyagi-Oki	2002/11/03 12:37	142.14 E	38.89 N	46	6.4	Interplate	EIC Seismological Note Number 128
4	Miyagi-Oki	2003/05/26 18:24	141.68 E	38.80 N	71	7.0	Intraplate	Aoi <i>et al.</i> (2003)
5	Northern Miyagi	2003/07/26 07:13	141.17 E	38.40 N	12	6.0	Crustal	Hikima and Koketsu (2004)
6	Tokachi-Oki	2003/09/26 04:50	144.08 E	41.78 N	42	8.3	Interplate	Koketsu <i>et al.</i> (2004)
7	Chuetsu	2004/10/23 17:56	138.87 E	37.29 N	13	6.6	Crustal	Horikawa (2005)
8	Western Fukuoka	2005/03/20 10:53	130.18 E	33.73 N	9	6.6	Crustal	Asano and Iwata (2006)
9	Miyagi-Oki	2005/08/16 11:46	142.28 E	38.15 N	42	7.2	Interplate	Wu <i>et al.</i> (2008, 2009)
10	Chuetsu-Oki	2007/07/16 10:13	138.61 E	37.55 N	17	6.6	Crustal	Irikura (2008)
11	Ibaraki-Oki	2008/05/08 01:45	141.61 E	36.22 N	51	6.8	Interplate	Nagoya University (2008)*
12	Iwate-Miyagi Nairiku	2008/06/14 08:43	140.88 E	39.03 N	8	6.9	Crustal	Suzuki <i>et al.</i> (2010)
13	Northern Iwate	2008/07/24 00:26	141.64 E	39.73 N	108	6.8	Intraplate	Suzuki <i>et al.</i> (2009)
14	Suruga Bay	2009/08/11 05:07	138.50 E	34.78 N	23	6.2	Intraplate	Suzuki and Aoi (2009)
15	Tohoku	2011/03/11 14:46	142.86 E	38.10 N	24	9.1	Interplate	Y. Yokota <i>et al.</i> (2011)
16	Iwate-Oki	2011/03/11 15:09	142.78 E	39.84 N	32	7.4	Interplate	JMA
17	Ibaraki-Oki	2011/03/11 15:15	141.26 E	36.11 N	43	7.9	Interplate	Satoh <sup>†</sup>
18	Northern Nagano	2011/03/12 03:59	138.60 E	36.98 N	8	6.3	Crustal	Takeda (2011)
19	Eastern Shizuoka	2011/03/15 22:31	138.71 E	35.31 N	14	6.0	Crustal	JMA
20	Miyagi-Oki	2011/04/07 23:32	141.92 E	38.20 N	66	7.1	Intraplate	JMA

JMA, Japan Meteorological Agency.

\*Research Center for Seismology, Volcanology and Disaster Mitigation, Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University (2008).

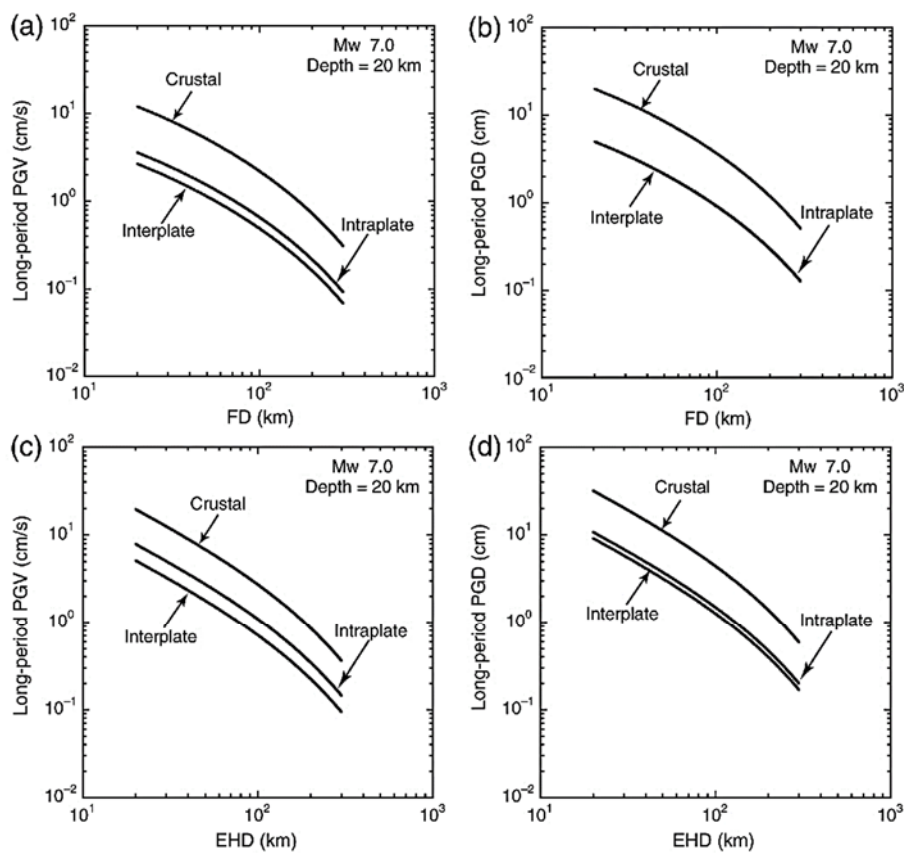
<sup>†</sup>Source model information obtained from T. Satoh (personal comm., 2012).

表3.2.1-16 Ibrahim *et al.* (2016) が日本の地震の記録を用いて求めたGMPEの回帰係数

**Table 2**  
Resultant Regression Coefficients  $a$ ,  $h$ ,  $d$ , and  $e$  and the Values of  $\epsilon$  (i.e., the Standard Deviation of the Estimate)

Ground Motion	$M_w$	Distance Measure	$a$	$h$	$D$			$e$	$\epsilon$
					Crustal	Interplate	Intraplate		
PGV	<7.5	FD	1.0061	0.0063	0.00	-0.6530	-0.5251	-4.5889	0.24
PGD	<7.5	FD	1.1099	0.0064	0.00	-0.6019	-0.5994	-5.0980	0.25
PGV	<7.5	EHD	1.0491	0.0047	0.00	-0.5844	-0.3964	-4.8037	0.23
PGD	<7.5	EHD	1.1382	0.0049	0.00	-0.5430	-0.4718	-5.2189	0.27
PGV	$\geq 7.5$	FD	0.3800	0.0063	0.00	-0.6530	-0.5251	0.2708	0.33
PGD	$\geq 7.5$	FD	0.4437	0.0064	0.00	-0.6019	-0.5994	0.1893	0.33
PGV	$\geq 7.5$	EHD	0.8174	0.0047	0.00	-0.5844	-0.3964	-3.1746	0.42
PGD	$\geq 7.5$	EHD	0.9277	0.0049	0.00	-0.5430	-0.4718	-3.6307	0.41

PGV, peak ground velocity and PGD, peak ground displacement.



**Figure 12.** Long-period GMPEs of crustal, interplate, and intraplate earthquakes with a reference magnitude of  $M_w$  7.0 and a reference depth of 20 km for long-period (a) PGVs versus FDs, (b) PGDs versus FDs, (c) PGVs versus EHDs, and (d) PGDs versus EHDs.

図3.2.1-17 Ibrahim *et al.* (2016) による日本で発生した地殻内地震およびプレート間地震とスラブ内地震のGMPEの例

(8) Montalva *et al.* (2017)

Montalva *et al.* (2017) は、チリの沈み込み帯で発生した地震の水平成分の応答スペクトルのGMPEを開発した。データベースは、2010年Maule地震 ( $M_W$  8.8) や2014年Iquique地震 ( $M_W$  8.1)、2015年Illapel地震 ( $M_W$  8.3) を含む473地震による3774記録である。

応答スペクトルの中央値は下式で表されている。

$$\mu(Z|\theta) = \ln SA(T) = \theta_1 + f_{\text{source}} + f_{\text{path}} + f_{\text{event/depth}} + f_{\text{site}} + f_{\text{FABA}} \quad (3.2.1-18)$$

$$f_{\text{source}} = \theta_4 \Delta C_1 + f_{\text{mag}}(M_W) \quad (3.2.1-19)$$

$$f_{\text{mag}}(M_W) = \begin{cases} \theta_4(M_W - (C_1 + \Delta C_1)), & \text{if } M_W \leq C_1 + \Delta C_1 \\ \theta_5(M_W - (C_1 + \Delta C_1)), & \text{if } M_W > C_1 + \Delta C_1 \end{cases} \quad (3.2.1-20)$$

$$f_{\text{path}} = [\theta_2 + \theta_{14} F_{\text{event}} + \theta_3(M_W - 7.8)] \times \ln(R + C_4 \exp(\theta_9(M_W - 6))) + \theta_6 R \quad (3.2.1-21)$$

$$f_{\text{event/depth}} = [\theta_{10} + \theta_{11}(\min(Z_h, 120) - 60)] F_{\text{event}} \quad (3.2.1-22)$$

$$f_{\text{site}}(\text{PGA}_{1000}, V_{S30}) = \begin{cases} \theta_{12} \ln\left(\frac{V_S^*}{V_{\text{lin}}}\right) - b \ln(\text{PGA}_{1000} + c) \\ + b \ln\left(\text{PGA}_{1000} + c \left(\frac{V_S^*}{V_{\text{lin}}}\right)^n\right), & \text{if } V_{S30} < V_{\text{lin}} \\ \theta_{12} \ln\left(\frac{V_S^*}{V_{\text{lin}}}\right) + b \ln\left(\frac{V_S^*}{V_{\text{lin}}}\right), & \text{if } V_{S30} > V_{\text{lin}} \end{cases} \quad (3.2.1-23)$$

$$V_S^* = \begin{cases} 1000, & \text{if } V_{S30} > 1000 \\ V_{S30}, & \text{if } M_W \leq C_1 + \Delta C_1 \end{cases} \quad (3.2.1-24)$$

$$f_{\text{FABA}}(R) = \begin{cases} \left(\theta_4 + \theta_8 \ln\left(\frac{\max(R, 85)}{40}\right)\right) \times F_{\text{FABA}}, & \text{if } F_{\text{event}} = 1 \\ \left(\theta_{15} + \theta_{16} \ln\left(\frac{\max(R, 100)}{40}\right)\right) \times F_{\text{FABA}}, & \text{if } F_{\text{event}} = 0 \end{cases} \quad (3.2.1-25)$$

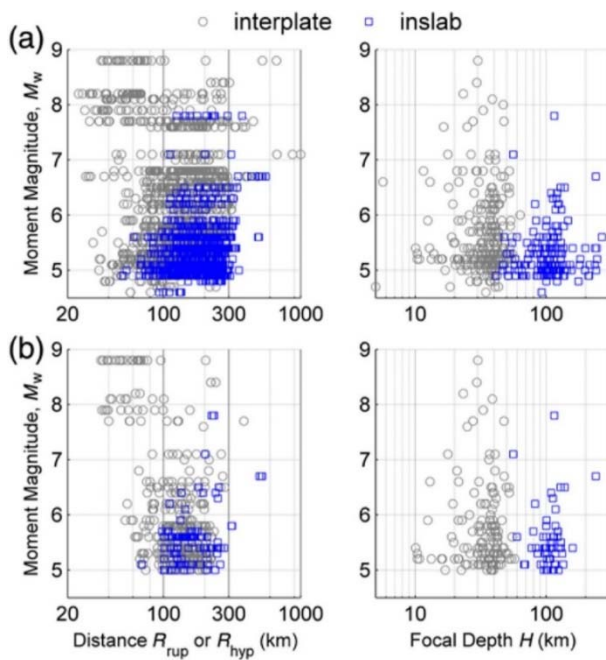
ここに、 $\mu(Z|\theta)$ は中央値、 $Z$ は変数、 $\theta$ は回帰係数、 $SA$ は減衰定数5%の加速度応答スペクトルか最大加速度で単位は重力加速度、 $M_W$ はモーメントマグニチュード、 $Z_h$ は震源深さで単位はkm、 $R$ はプレート間地震の場合、断層最短距離で、スラブ内地震の場合、震源距離、 $\text{PGA}_{1000}$ は $V_{S30}$ が1000m/sのときの最大加速度の中央値、 $F_{\text{event}}$ はスラブ内地震のとき1で、プレート間地震のとき0である。 $f_{\text{FABA}}$ の項は、背弧で1、前弧もしくは不明の場合に0である。 $\Delta C_1$ ,  $\theta$ ,  $C_4$ ,  $V_{\text{lin}}$ ,  $b$ ,  $c$ , and  $n$ は、背弧の影響を表したBC Hydroモデルから直接採用される係数



である。

図3.2.1-18に、Montalva *et al.* (2017) がGMPEを求めるのに用いたチリのプレート間地震とスラブ内地震のモーメントマグニチュードと距離との関係およびモーメントマグニチュードと震源深さとの関係を示す。

表3.2.1-16に、Montalva *et al.* (2017) がチリのプレート間地震とスラブ内地震の記録を用いて求めた回帰係数を示す。また、図3.2.1-19に、Montalva *et al.* (2017) によるスラブ内地震のGMPEの例を示す。



**Figure 1.** Distribution of records and earthquakes from the strong ground motion database used for the regression. (a,b) Full dataset; (c,d) high-quality (HQ) dataset. The color version of this figure is available only in the electronic edition.

図3.2.1-18 Montalva *et al.* (2017) がGMPEを求めるのに用いたチリのプレート間地震とスラブ内地震のモーメントマグニチュードと距離との関係およびモーメントマグニチュードと震源深さとの関係

表3.2.1-17 Montalva *et al.* (2017) がチリのプレート間地震とスラブ内地震の記録を用いて求めた回帰係数

Table 1  
Model Coefficients

Period (s)	Number of Data Points	$\theta_1$	$\theta_4$	$\theta_5$	$\theta_2$	$\theta_3$	$\theta_6$	$\theta_{14}$	$\theta_{10}$	$\theta_{11}$	$\theta_{12}$	$\tau$	$\phi_{525}$	$\phi_{55}$
0.00	3657	5.87504	0.80277	-0.33487	-1.75360	0.13125	-0.00039	-0.73080	4.53143	0.00567	1.01495	0.47462	0.56436	0.39903
0.02	3657	5.97631	0.84132	-0.28055	-1.77011	0.12246	-0.00039	-0.73869	4.57416	0.00565	1.03738	0.47632	0.57188	0.40261
0.05	3658	7.45297	1.03131	-0.03954	-2.03336	0.08332	0.00000	-0.69849	4.56071	0.00848	1.31034	0.53776	0.57850	0.39720
0.075	3656	8.04760	1.03437	-0.01295	-2.10610	0.08013	-0.00010	-0.65336	4.36639	0.00922	1.48158	0.56188	0.59937	0.38824
0.1	3652	7.76085	1.07565	0.00758	-1.99371	0.07303	-0.00079	-0.55051	3.90923	0.00630	1.65619	0.52707	0.63410	0.38365
0.15	3654	6.17192	1.17061	0.10491	-1.58654	0.05482	-0.00268	-0.42997	3.06236	0.00559	1.93944	0.50642	0.63022	0.39930
0.2	3657	4.83403	1.20531	0.17968	-1.29711	0.05250	-0.00338	-0.53088	3.50113	0.00320	2.08901	0.44619	0.61699	0.41782
0.25	3682	4.42688	1.37607	0.22912	-1.18774	0.02995	-0.00355	-0.58086	3.62816	0.00182	2.25003	0.45040	0.58609	0.43277
0.3	3673	4.57009	1.34991	0.15593	-1.24896	0.03866	-0.00245	-0.66281	3.87634	0.00213	2.28339	0.42549	0.57014	0.44123
0.4	3643	3.98311	1.37954	0.11671	-1.13377	0.04683	-0.00208	-0.72244	4.03388	0.00069	2.31409	0.42945	0.54796	0.45157
0.5	3591	4.86034	1.51950	0.18348	-1.38020	0.03822	-0.00002	-0.79644	4.31418	0.00065	2.33333	0.43334	0.49113	0.45476
0.6	3634	4.67510	1.66663	0.21968	-1.35362	0.02524	0.00000	-0.90120	4.75197	0.00087	2.23422	0.44599	0.49078	0.45219
0.75	3614	4.40862	1.85625	0.29783	-1.30800	0.00995	0.00000	-0.89829	4.70452	-0.00031	2.05217	0.46723	0.48213	0.45553
1	3685	3.57339	1.81217	0.24372	-1.23082	0.03605	0.00000	-0.87331	4.56020	-0.00101	1.63506	0.50143	0.45955	0.43828
1.5	3717	2.92216	2.03469	0.22521	-1.18750	0.02769	-0.00010	-0.94686	4.83343	0.00010	0.69338	0.51633	0.42573	0.42297
2	3648	2.39780	2.04340	0.27383	-1.16319	0.04011	-0.00033	-0.90845	4.59029	0.00109	-0.09762	0.50688	0.40179	0.40377
2.5	3583	1.64148	1.88987	0.18740	-1.06544	0.08310	-0.00121	-0.80518	4.13415	0.00035	-0.34932	0.51465	0.39825	0.38489
3	3525	1.66483	1.90504	0.13268	-1.12678	0.09404	-0.00088	-0.81689	4.18978	0.00073	-0.33270	0.50365	0.38493	0.37384
4	3283	0.90565	1.71178	0.01380	-1.07620	0.13838	-0.00062	-0.87331	4.50907	0.00084	-0.41321	0.45311	0.35579	0.37020
5	3102	0.61234	1.59359	0.06465	-1.13080	0.15259	0.00000	-0.87800	4.56386	0.00068	-0.42395	0.43900	0.34991	0.37674
6	2921	0.32672	1.69184	0.32368	-1.15734	0.12421	0.00000	-0.88436	4.55837	0.00137	-0.38760	0.42084	0.32048	0.37173
7.5	2780	-0.24140	1.71126	0.60252	-1.14070	0.10951	0.00000	-0.98803	5.08282	0.00167	-0.32638	0.41701	0.29895	0.36349
10	2473	-0.96314	1.67160	0.77621	-1.09295	0.11344	0.00000	-1.05008	5.49692	-0.00070	-0.25811	0.38872	0.28454	0.36173

Period (s)	$\sigma$	$\theta_7$	$\theta_8$	$\theta_{15}$	$\theta_{16}$	$\theta_9$	$\Delta C_{1,interface}$	$\Delta C_{1,in-slab}$	$V_{lin}$	$b$	$n$	$c$	$C_4$	$C_1$
0.00	0.83845	1.0988	-1.420	0.9969	-1.000	0.4	0.200	-0.300	865.1	-1.186	1.18	1.88	10	7.2
0.02	0.84618	1.0988	-1.420	0.9969	-1.000	0.4	0.200	-0.300	865.1	-1.186	1.18	1.88	10	7.2
0.05	0.88409	1.2536	-1.650	1.1030	-1.180	0.4	0.200	-0.300	1053.5	-1.346	1.18	1.88	10	7.2
0.075	0.90867	1.4175	-1.800	1.2732	-1.360	0.4	0.200	-0.300	1085.7	-1.471	1.18	1.88	10	7.2
0.1	0.90944	1.3997	-1.800	1.3042	-1.360	0.4	0.200	-0.300	1032.5	-1.624	1.18	1.88	10	7.2
0.15	0.90171	1.3582	-1.690	1.2600	-1.300	0.4	0.200	-0.300	877.6	-1.931	1.18	1.88	10	7.2
0.2	0.86853	1.1648	-1.490	1.2230	-1.250	0.4	0.200	-0.300	748.2	-2.188	1.18	1.88	10	7.2
0.25	0.85654	0.9940	-1.300	1.1600	-1.170	0.4	0.200	-0.300	654.3	-2.381	1.18	1.88	10	7.2
0.3	0.83713	0.8821	-1.180	1.0500	-1.060	0.4	0.200	-0.300	587.1	-2.518	1.18	1.88	10	7.2
0.4	0.82982	0.7046	-0.980	0.8000	-0.780	0.4	0.144	-0.300	503	-2.657	1.18	1.88	10	7.2
0.5	0.79737	0.5799	-0.820	0.6620	-0.620	0.4	0.100	-0.300	456.6	-2.669	1.18	1.88	10	7.2
0.6	0.80265	0.5021	-0.700	0.5800	-0.500	0.4	0.074	-0.300	430.3	-2.599	1.18	1.88	10	7.2
0.75	0.81134	0.3687	-0.540	0.4800	-0.340	0.4	0.042	-0.300	410.5	-2.401	1.18	1.88	10	7.2
1	0.80914	0.1746	-0.340	0.3300	-0.140	0.4	0.000	-0.300	400	-1.955	1.18	1.88	10	7.2
1.5	0.79168	-0.0820	-0.050	0.3100	0.000	0.4	-0.058	-0.300	400	-1.025	1.18	1.88	10	7.2
2	0.76249	-0.2821	0.120	0.3000	0.000	0.4	-0.100	-0.300	400	-0.299	1.18	1.88	10	7.2
2.5	0.75605	-0.4108	0.250	0.3000	0.000	0.4	-0.155	-0.300	400	0	1.18	1.88	10	7.2
3	0.73593	-0.4466	0.300	0.3000	0.000	0.4	-0.200	-0.300	400	0	1.18	1.88	10	7.2
4	0.68480	-0.4344	0.300	0.3000	0.000	0.4	-0.200	-0.300	400	0	1.18	1.88	10	7.2
5	0.67609	-0.4368	0.300	0.3000	0.000	0.4	-0.200	-0.300	400	0	1.18	1.88	10	7.2
6	0.64653	-0.4586	0.300	0.3000	0.000	0.4	-0.200	-0.300	400	0	1.18	1.88	10	7.2
7.5	0.62881	-0.4433	0.300	0.3000	0.000	0.4	-0.200	-0.300	400	0	1.18	1.88	10	7.2
10	0.60243	-0.4828	0.300	0.3000	0.000	0.4	-0.200	-0.300	400	0	1.18	1.88	10	7.2

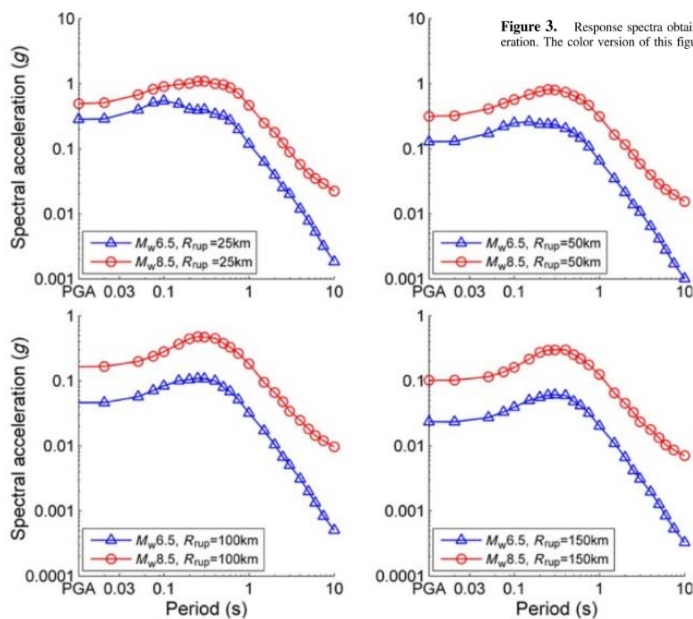


Figure 3. Response spectra obtained for a fore-arc site with  $V_{s30} = 300$  m/s for an interplate earthquake. PGA, peak ground acceleration. The color version of this figure is available only in the electronic edition.

図3.2.1-19 Montalva *et al.* (2017) によるプレート間地震のGMPEの例



### 3.2.2 海洋プレート内地震のスケーリング則の調査

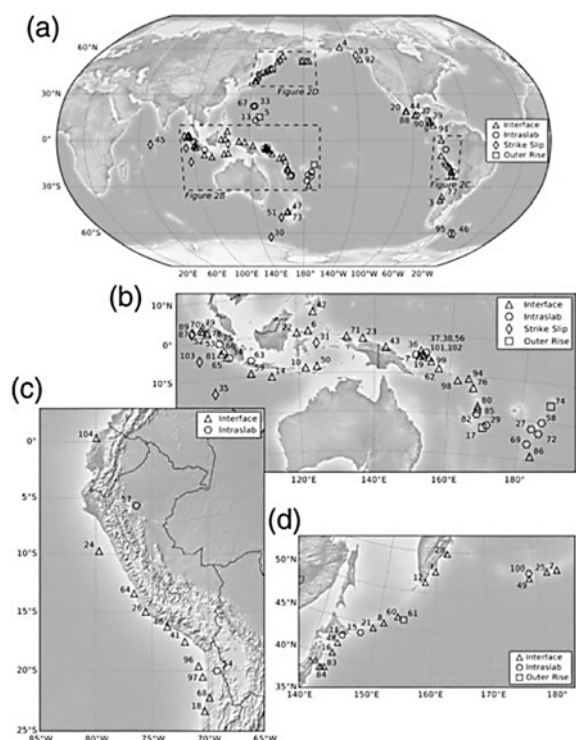
#### a) 沈み込むプレート内で起きるやや浅い地震（アウターライズ地震）

##### (1) Allen *et al.* (2017)

Allen *et al.* (2017) は、沈み込み帯で発生したモーメントマグニチュードが7.1～9.5の地震の断層モデルから、断層面積、断層長さ、断層幅、最大すべり量、および平均すべり量の各量とモーメントマグニチュードとの関係を求めた。

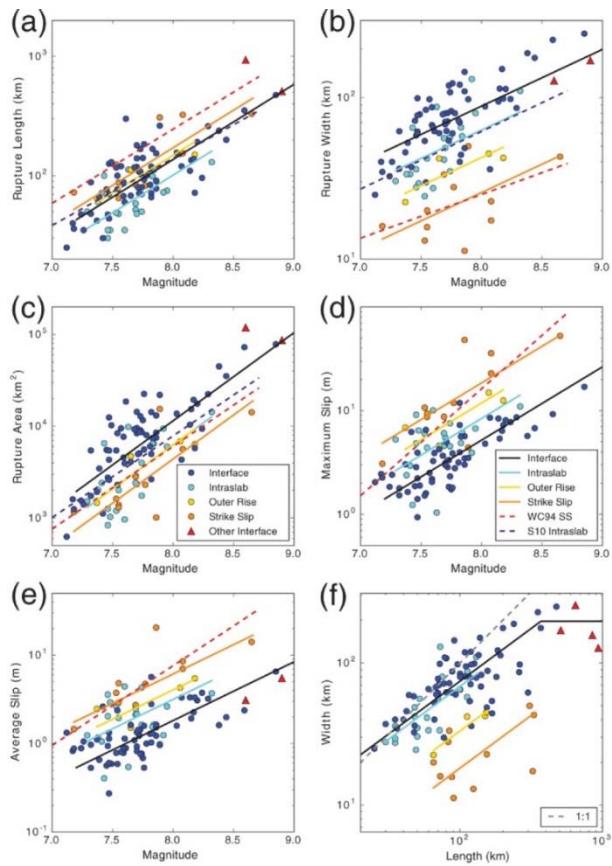
図3.2.2-1には、検討に用いた世界の地震の震央位置と断層タイプ（プレート間地震、スラブ内地震、アウターライズ地震）を示す。

また、図3.2.2-1にはAllen *et al.* (2017) が求めた世界のプレート間以外の地震（スラブ内地震、アウターライズ地震、横ずれ断層の地震）のモーメントマグニチュードと断層長さとの関係、モーメントマグニチュードと断層幅との関係、モーメントマグニチュードと破壊面積との関係、モーメントマグニチュードと最大すべり量との関係、モーメントマグニチュードと平均すべり量との関係、断層長さとの関係を示す。



**Figure 2.** (a) Global distribution of epicenters and rupture types for earthquakes used in this study. Subplots show the detailed distribution of earthquakes in (b) the southeast Asia and the southwest Pacific region; (c) South America; and (d) the Kuril-Aleutian island arc region. The numbering of epicenters is consistent with the event index in [Table S1](#), available in the electronic supplement to this article.

図3.2.2-1 Allen *et al.* (2017) が断層パラメータのスケーリング則の検討に用いた沈み込み帯で発生した地震の震央位置と断層タイプ



**Figure 7.** Orthogonal regressions for other offshore rupture types. Relationships are shown between earthquake magnitude  $M_w$  and (a) rupture length  $L$ , (b) rupture width  $W$ , (c) rupture area  $S$ , (d) maximum slip  $D_{max}$ , and (e) average slip  $D_{av}$ . (f) Length-width scaling is also shown together with 1:1  $L$ - $W$  scaling (gray dashed line). Where applicable, the Strasser *et al.* (2010; S10 intraslab) scaling relations are shown for in-slab earthquake ruptures, as well as the Wells and Copper-smith (1994; WC94 SS) relationship for crustal strike-slip ruptures.

図3.2.2-2 Allen *et al.* (2017) が求めた世界のプレート間以外の地震のモーメントマグニチュードと断層長さとの関係、モーメントマグニチュードと断層幅との関係、モーメントマグニチュードと断層面積との関係、モーメントマグニチュードと最大すべり量との関係、モーメントマグニチュードと平均すべり量との関係、断層長さとの関係

表3.2.2-1 Allen *et al.* (2017) が求めた世界のプレート間以外の地震の断層パラメータの相似則の回帰係数

Table 5  
Rupture-Scaling Coefficients for Other Offshore Earthquake Rupture Styles

	Type	$a$	$SE_a$	$b^*$	$\sigma_x$	$M_w$ Range
Length: $\log L = a + b \times M_w$ (km)	Inslab	-3.03	0.04	0.63	0.14	7.3-8.3
	Outer rise	-2.87	0.04		0.08	7.4-8.2
	Strike slip	-2.81	0.05		0.15	7.2-8.7
Width: $\log W = a + b \times M_w$ (km)	Inslab	-1.01	0.03	0.35	0.15	7.3-8.3
	Outer rise	-1.18	0.04		0.08	7.4-8.2
	Strike slip	-1.39	0.06		0.17	7.2-8.7
Area: $\log S = a + b \times M_w$ (km <sup>2</sup> )	Inslab	-3.89	0.06	0.96	0.19	7.3-8.3
	Outer rise	-3.89	0.08		0.11	7.4-8.2
	Strike slip	-4.04	0.08		0.2	7.2-8.7
Maximum slip: $\log D_{max} = a + b \times M_w$ (m)	Inslab	-4.73	0.05	0.71	0.21	7.3-8.3
	Outer rise	-4.58	0.08		0.14	7.4-8.2
	Strike slip	-4.39	0.08		0.21	7.2-8.7
Average slip: $\log D_{av} = a + b \times M_w$ (m)	Inslab	-4.81	0.06	0.66	0.22	7.3-8.3
	Outer rise	-4.70	0.08		0.14	7.4-8.2
	Strike slip	-4.52	0.10		0.26	7.2-8.7
Width-length: $\log W = a + b \times \log L$ (km)	Inslab	0.35	0.03	0.74	0.13	7.3-8.3
	Outer rise	0.04	0.02		0.09	7.5-8.2
	Strike slip	-0.22	0.06		0.18	7.5-8.7

All logarithms are base 10.  $SE_a$  is the standard error on the variable  $a$ .  
<sup>\*</sup>Gradients  $b$  determined from linear regression of interface-rupture-scaling coefficients (Table 2). The constant  $a$  is determined from orthogonal regression in all cases.

b) 沈み込んだプレート内で起きるやや深い地震（スラブ内地震）

(2) Kinoshita and Ohike (2002)

Kinoshita and Ohike (2002) は、関東地方で発生した $M_0$ が $10^{13} \sim 10^{18} \text{Nm}$ の94のプレート間地震と74のスラブ内地震による634記録を分析し、コーナー振動数のスケーリング則を調べた。図3.2.2-3に、コーナー振動数のスケーリング則を調べた関東地方のプレート間地震とスラブ内地震の震源を、図3.2.2-4に、コーナー振動数のスケーリング則を調べた関東地方のプレート間地震およびスラブ内地震と北米プレートおよびフィリピン海プレートとの位置関係を、図3.2.2-5に、スラブ内地震のコーナー振動数と地震モーメントとの関係を示す。コーナー振動数と地震モーメントとの関係は、

$$\log(M_0) = (15.95 \pm 0.06) - (2.54 \pm 0.18) \log(f_c) \quad (3.2.2-1)$$

と求まった。また、円形クラックに基づく自己相似則を仮定し、 $M_0 \propto f_c^{-3}$ とした場合は、

$$\log(M_0) = (16.04 \pm 0.48) - 3 \log(f_c) \quad (3.2.2-2)$$

と求まった。上式より、Bruneの応力降下量は1.70 MPaとなる。

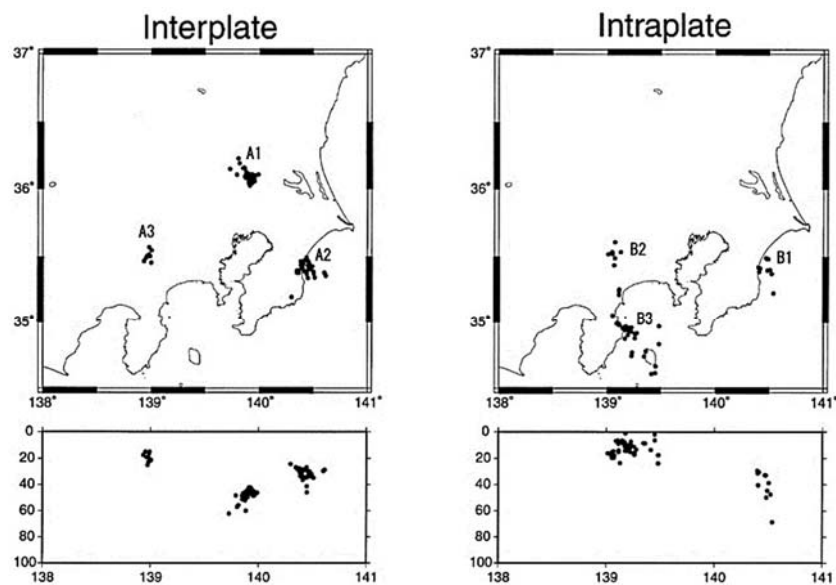


Figure 1. Locations of earthquakes (solid circles) used for studying the source characteristics: (left) interplate and (right) intraplate events.

図3.2.2-3 Kinoshita and Ohike (2002) がコーナー振動数のスケーリング則を調べた関東地方のプレート間地震とスラブ内地震の震源

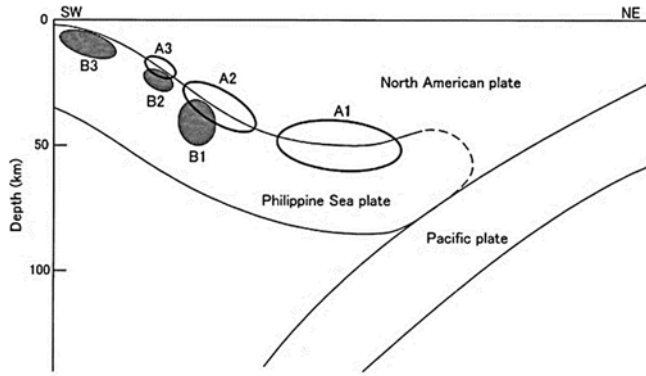


Figure 2. A schematic model that explains the source regions of earthquakes that occurred in the boundary zone between the upper part of the Philippine Sea plate and the lower part of the North American plate (A1, A2, and A3 regions) and in the Philippine Sea plate (B1, B2, and B3 regions) beneath the Kanto region, central Japan.

図3.2.2-4 Kinoshita and Ohike (2002) がコーナー振動数のスケーリング則を調べた関東地方のプレート間地震およびスラブ内地震と北米プレートおよびフィリピン海プレートとの位置関係

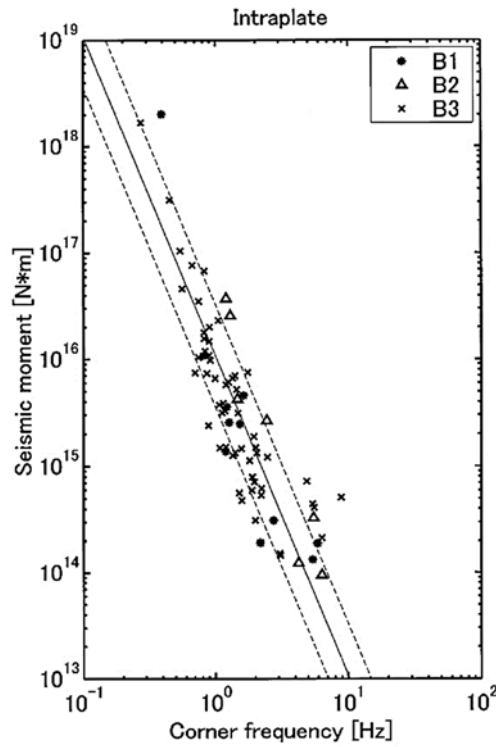


Figure 6. Estimated relations between seismic moment and corner frequency: (left) interplate and (right) intraplate events.

図3.2.2-5 Kinoshita and Ohike (2002) が求めた関東地方のスラブ内地震のコーナー振動数と地震モーメントとの関係

(3) Asano *et al.* (2003)

Asano *et al.* (2003) は、日本で発生したスラブ内地震の断層パラメータのスケーリング則を調べた。

表3.2.2-2にAsano *et al.* (2003) が断層パラメータのスケーリング則を求めるために調べたスラブ内地震を、図3.2.2-6にこれらの地震のメカニズム解と震央を示す。表3.2.2-3にはAsano *et al.* (2003) が求めたスラブ内地震の断層パラメータを、図3.2.2-7に地震モーメントと強震動生成域 (SMGA: Strong Motion Generation Area) の総面積との関係を、図3.2.2-8に、アスペリティ面積と震源深さとの関係を示す。図中、アスペリティの面積 $S_a$ は、Somerville (1999) により提案されている内陸地殻内地震のアスペリティ面積 $S_a'$ との比率をとっている。図より、アスペリティの大きさは、震源深さと明らかに関係があることがわかる。

表3.2.2-2 Asano *et al.* (2003) が断層パラメータのスケーリング則を求めるために調べたスラブ内地震

Table 1. Hypocentral information for target events and empirical Green's function events determined by JMA.

Target event						Empirical Green's function event				
Event No.	Origin time	Lat. (deg.)	Long. (deg.)	Depth (km)	$M_J$	Origin time	Lat. (deg.)	Long. (deg.)	Depth (km)	$M_J$
1	1997/03/16 14:51	34.925	137.528	39.1	5.8	1997/03/16 14:53	34.901	137.515	36.2	4.3
2	1999/08/21 05:33	34.028	135.473	65.8	5.4	2000/06/02 15:05	34.002	135.407	59.9	4.1
3	2000/01/28 23:21	43.056	146.749	58.5	7.0	2000/09/03 20:01	42.984	146.846	49.4	5.2
4	2001/03/24 15:27	34.129	132.696	46.5	6.7	2001/03/26 05:40	34.114	132.712	45.9	5.0
5	2001/04/03 23:57	35.021	138.097	30.3	5.1	2001/04/04 00:04	35.011	138.089	31.3	4.3
6	2001/04/25 23:40	32.796	132.342	39.3	5.6	1999/01/25 05:05	32.694	132.286	39.2	4.0

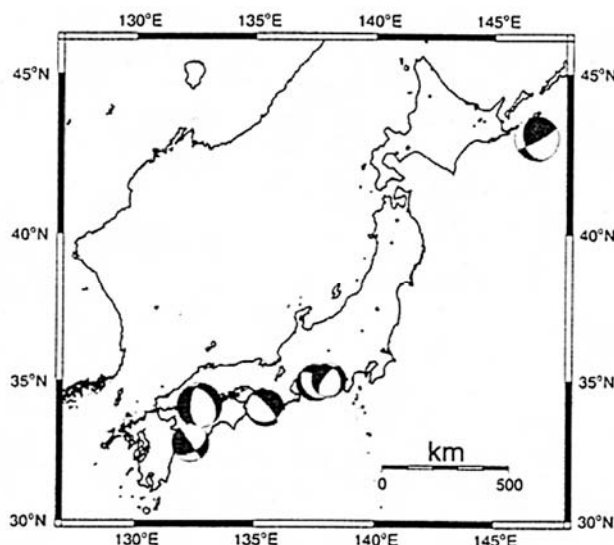


Fig. 1. Locations of epicenters and focal mechanisms (lower hemisphere projection) used in this study. The center of the focal sphere indicates the epicenter of the corresponding event. These focal mechanisms were determined from the moment tensor inversion by F-net (<http://www.fnet.bosai.go.jp/>) and Harvard University (<http://www.seismology.harvard.edu/projects/CMT/>).

図3.2.2-6 Asano *et al.* (2003) が断層パラメータのスケーリング則を求めるために調べたスラブ地震のメカニズム解と震央

表3.2.2-3 Asano *et al.* (2003) が求めたスラブ内地震の断層パラメータ

Table 2. Source parameters obtained in this study and seismic moment determined by F-net.

Event No.	$L$ (km)	$W$ (km)	$S_a$ (km <sup>2</sup> )	$V_r$ (km/s)	$t_r$ (sec)	$M_0$ (Nm)
1	1.5	1.8	2.7	3.1	0.09	$2.97 \times 10^{17}$
2	1.2	1.2	1.4	4.2	0.04	$2.79 \times 10^{17}$
3	4.4	5.6	24.6	3.7	0.12	$1.21 \times 10^{19}$
4 (#1)	7.2	4.6	33.1	2.7	0.24	
4 (#2)	5.4	4.6	24.8	2.7	0.18	
4 (total)			58.0			$1.51 \times 10^{19}$
5	1.8	2.2	4.0	3.1	0.04	$8.17 \times 10^{16}$
6	2.2	3.4	7.5	3.4	0.12	$4.00 \times 10^{17}$

$L$ ,  $W$ , and  $S_a$  are length, width, and area of SMGA for each event, respectively.  $t_r$  and  $V_r$  are rise time and rupture propagation velocity. The seismic moment of the target event  $M_0$  was obtained from moment tensor inversions using broad band waveform data by F-net (Fukuyama *et al.*, 1998).

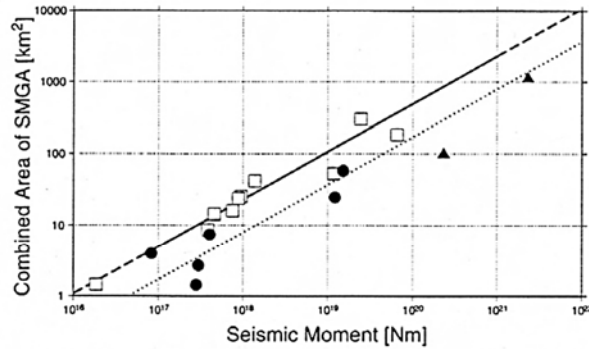


Fig. 3. Relationship between the combined area of SMGAs and seismic moment. Solid circles, solid triangles, and open squares indicate intraslab earthquakes obtained in this study, large intraslab earthquakes in Hokkaido, Japan (Morikawa and Sasatani, 2001), and inland crustal earthquakes (Kamae and Irikura, 1998a, 1998b; Miyake *et al.*, 2001; Birgoren *et al.*, 2001), respectively. The solid line indicates the empirical relationship between the combined area of asperities and seismic moment for inland crustal earthquakes by Somerville *et al.* (1999). The broken portion is the extension of the relationship for smaller and larger events. The dotted line is the relationship when the stress drop on the asperities is five times higher than that of the empirical relationship.

図3.2.2-7 Asano *et al.* (2003) によるスラブ内地震の地震モーメントと強震動生成域 (SMGA: Strong Motion Generation Area) の総面積との関係

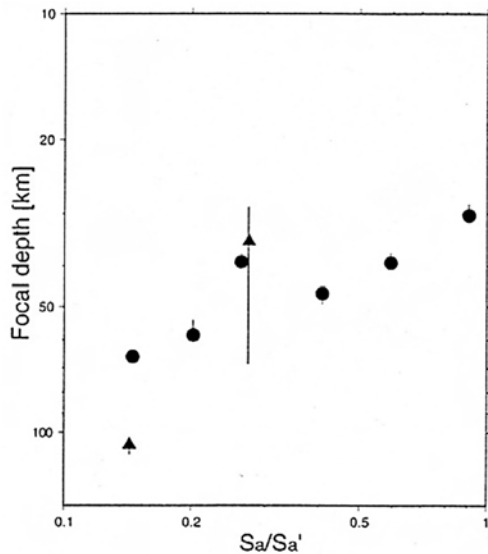


Fig. 4. Relationship between  $S_a/S_a'$  and focal depth for intraslab earthquakes. Solid circles and triangles indicate the results from this study and Morikawa and Sasatani (2001), respectively. Solid lines indicate the spatial extent of asperities in the direction of depth.

図3.2.2-8 Asano *et al.* (2003) によるアスペリティ面積と震源深さとの関係

#### (4) 池田・他 (2004)

池田・他 (2004) は、はじめにフィリピン海プレートで発生したスラブ内地震を対象として、強震記録から伝播経路とサイト特性の影響について検討し、加速度震源スペクトルを評価した。その加速度震源スペクトルの高振動数レベルとして定義した $M_{HF}$ からストレスパラメータ $\Delta\sigma$ を評価し、フィリピン海プレートにおける地震の発生地域、地震規模および震源深さの影響について検討した。図3.2.2-9に池田・他 (2004) が断層パラメータのスケーリング則の検討に用いたスラブ内地震の位置を、表3.2.2-4に池田・他 (2004) が求めたスラブ内地震の断層パラメータを示す。

次に、この結果とすでに評価されている太平洋プレートで発生したスラブ内地震の $M_{HF}$ と $\Delta\sigma$ を併せて、プレート、地震規模および震源深さに着目して日本のほぼ全域で発生するスラブ内地震の高振動数成分の励起特性について考察した。

図3.2.2-10にフィリピン海プレートのスラブ内地震の地震モーメントと短周期レベルとの関係を示す。図より、 $M_0 > 5 \times 10^{17} \text{Nm}$ の比較的規模の大きい地震はフィリピン海プレート西部のみのため比較できないが、 $M_0 < 5 \times 10^{17} \text{Nm}$ の地震については、各地震規模において地域による明確な違いは認められないことがわかる。

図3.2.2-11にフィリピン海プレートと太平洋プレートのスラブ内地震の地震モーメントと短周期レベルとの関係を示す。図より、 $\Delta\sigma$ の上限は、プレートの違いや地震規模に関らず同程度であり、約40~80MPaであること、一方、 $\Delta\sigma$ の下限はプレートや地震規模により傾向が異なっていることがわかる。

図3.2.2-12に地震規模ごとのスラブ内地震のBruneの応力降下量を示す。(a)より深さ120km付近の下限は20 MPa程度であるが、深さ50km付近の下限は1MPa程度となっていることがわかる。これを上述の $\Delta\sigma$ の上限と併せて考えると、深い地震の $\Delta\sigma$ はばらつきが小さく、浅い地震の $\Delta\sigma$ はばらつきが大きいといえる。(b)より、1地震の例外を除いて、中地震の $\Delta\sigma$ の下限は20MPa程度であり、 $\Delta\sigma$ が震源深さに依存する明瞭な傾向は認められないこと、中地震の $\Delta\sigma$ にはプレートの違いによる明瞭な差も認められないことがわかる。(c)より、太平洋プレートの大地震は4地震あるが、震源深さが約70~130kmと異なっているにも関わらず、それらの $\Delta\sigma$ は約60~80MPaとほぼ一定の値で中・小地震の上限に相当しており、中・小地震とは異なる特性を示していること、一方、フィリピン海プレートの大震の $\Delta\sigma$ は太平洋プレートのレベルよりやや小さいが、(b)に示した中地震と同程度であり、同じ深さの小地震の下限より明らかに大きいことがわかる。



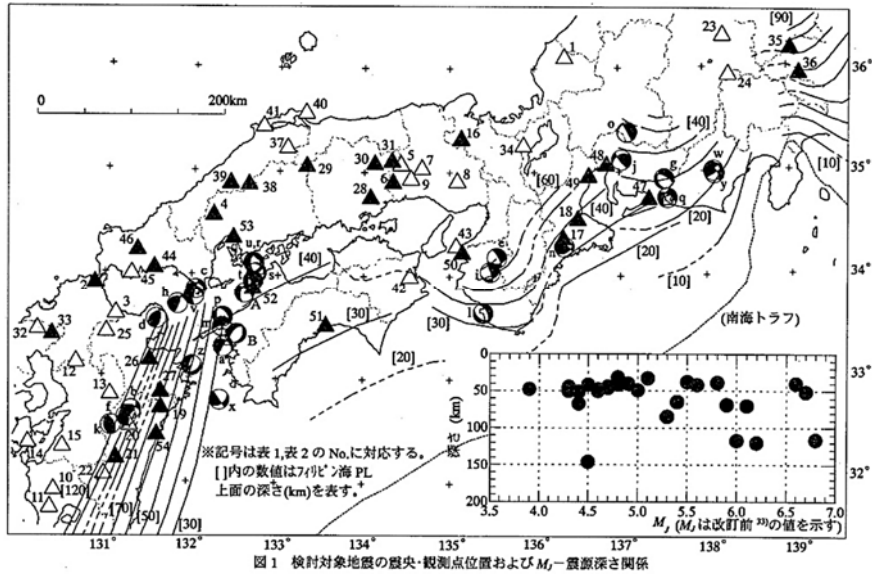


図3.2.2-9 池田・他 (2004) が断層パラメータのスケーリング則の検討に用いたスラブ内地震の位置

表3.2.2-4 池田・他 (2004) が求めたスラブ内地震の断層パラメータ

表1 検討対象地震の諸元

No.	発生日 年月日	緯度 (deg)	経度 (deg)	深さ (km)	$M_j$ 機*	$M_0$ (Nm)	$M_{HF}$ (Nm/s <sup>2</sup> )	$\Delta\sigma$ (MPa)	観測文 点数	文献
a	68 8 6	33.30	132.38	40	6.6 23)	2.1E+19	2.7E+19	11.5	2	23)
b	78 7 4	32.67	131.35	120	6.2 H	6.2E+17	3.2E+19	85.5	2	24)
c	79 7 13	33.85	132.05	70	6.1 H	1.8E+18	1.5E+19	16.9	1	24)
d	83 8 26	33.55	131.61	116	6.8 H	6.5E+18	4.0E+19	37.5	4	24)
e	85 1 6	34.18	135.55	70	5.9 H	4.5E+17	8.3E+18	13.3	1	25)
f	85 1 27	32.60	131.30	118	6.0 H	3.6E+17	2.4E+19	72.9	1	26)
g	97 3 16	34.92	137.53	39	5.8 H	3.3E+17	1.2E+19	27.0	2	27)
h	98 5 23	33.70	131.84	86	5.3 F	1.9E+17	4.8E+18	9.2	2	28)
i	99 8 21	34.03	135.47	66	5.4 H	3.1E+17	2.9E+18	3.3	12	28)
j	99 11 29	35.11	137.03	45	4.7 F	1.6E+16	6.4E+18	48.1	5	28)
k	00 4 2	32.52	131.12	147	4.5 F	2.0E+16	8.8E+17	2.2	12	28)
l	00 4 15	33.64	135.39	42	4.8 F	2.5E+16	5.7E+17	1.0	4	28)
m	00 9 7	33.49	132.36	45	4.3 F	1.9E+15	6.1E+17	4.1	3	28)
n	00 10 31	34.30	136.32	39	5.5 H	1.9E+17	1.1E+19	30.7	12	28)
o	01 1 6	35.38	137.10	48	4.6 F	1.7E+16	4.0E+17	0.7	5	28)
p	01 1 9	33.59	132.37	50	4.6 F	1.0E+16	7.1E+17	2.2	13	28)
q	01 2 23	34.74	137.56	40	4.9 F	2.4E+16	1.2E+18	3.0	8	28)
r	01 3 24	34.12	132.71	51	6.7 H	2.0E+19	6.0E+19	39.3	14	28)
s	01 3 25	34.02	132.75	51	4.4 F	4.6E+15	1.3E+18	8.3	4	28)
t	01 3 26	33.94	132.71	48	3.9 F	1.4E+15	1.5E+18	18.5	4	28)
u	01 3 26	34.11	132.72	49	5.0 H	7.0E+16	2.4E+18	5.3	7	28)
v	01 4 3	33.78	132.03	67	4.4 F	1.3E+16	9.0E+17	2.8	8	28)
w	01 4 3	35.00	138.11	33	5.1 H	1.2E+17	3.0E+18	5.6	5	28)
x	01 4 25	32.79	132.35	42	5.6 H	4.0E+17	6.8E+18	10.5	17	28)
y	01 6 1	34.97	138.12	32	4.8 F	1.4E+16	8.0E+17	2.3	3	28)
z	01 9 6	33.11	132.03	50	4.3 F	3.4E+15	6.8E+17	3.6	6	28)
A	02 3 25	33.82	132.62	46	4.7 F	1.3E+16	1.1E+18	3.8	8	28)
B	02 4 6	33.43	132.53	42	4.5 F	3.8E+15	7.2E+17	3.7	5	28)

注：\* 震源メカニズムと $M_0$ の評価機関(H: Harvard大学<sup>29)</sup>, F: F-net<sup>30)</sup>,  
23): 文献番号, \*\*改訂前<sup>33)</sup>の値を示す

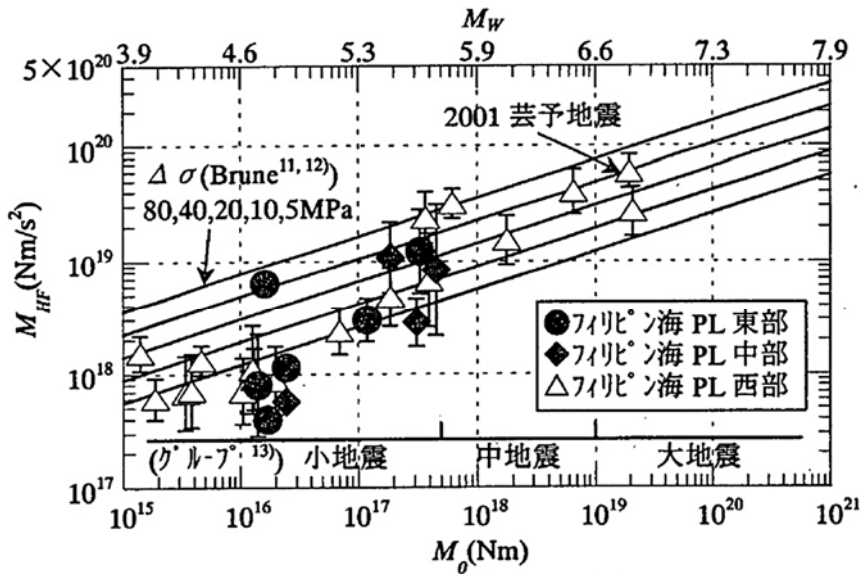


図8  $M_{HF}-M_0$ 関係 (フィリピン海 PL)

図3.2.2-10 池田・他 (2004) が求めたフィリピン海プレートのスラブ内地震の地震モーメントと短周期レベルとの関係

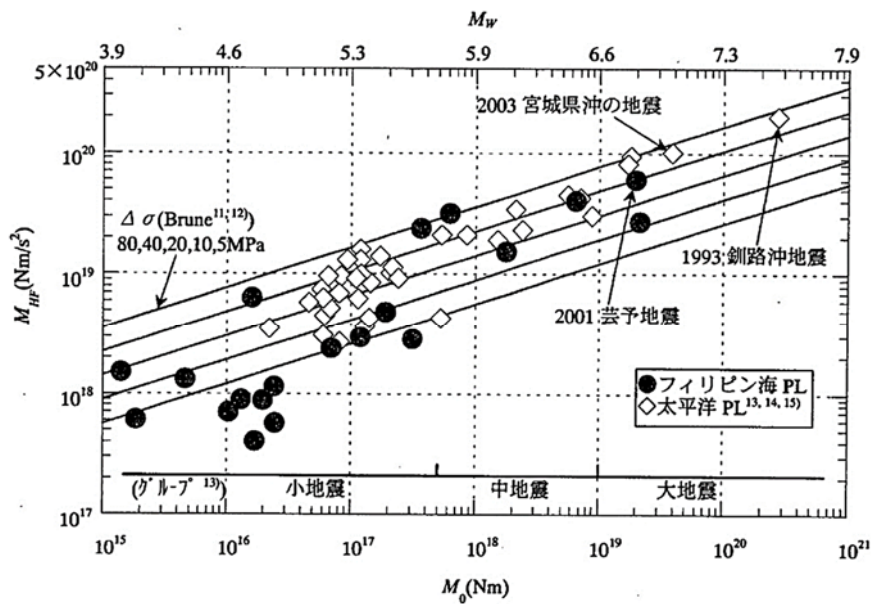


図11  $M_{HF}-M_0$ 関係 (フィリピン海 PL と太平洋 PL)

図3.2.2-11 池田・他 (2004) が求めたフィリピン海プレートと太平洋プレートのスラブ内地震の地震モーメントと短周期レベルとの関係

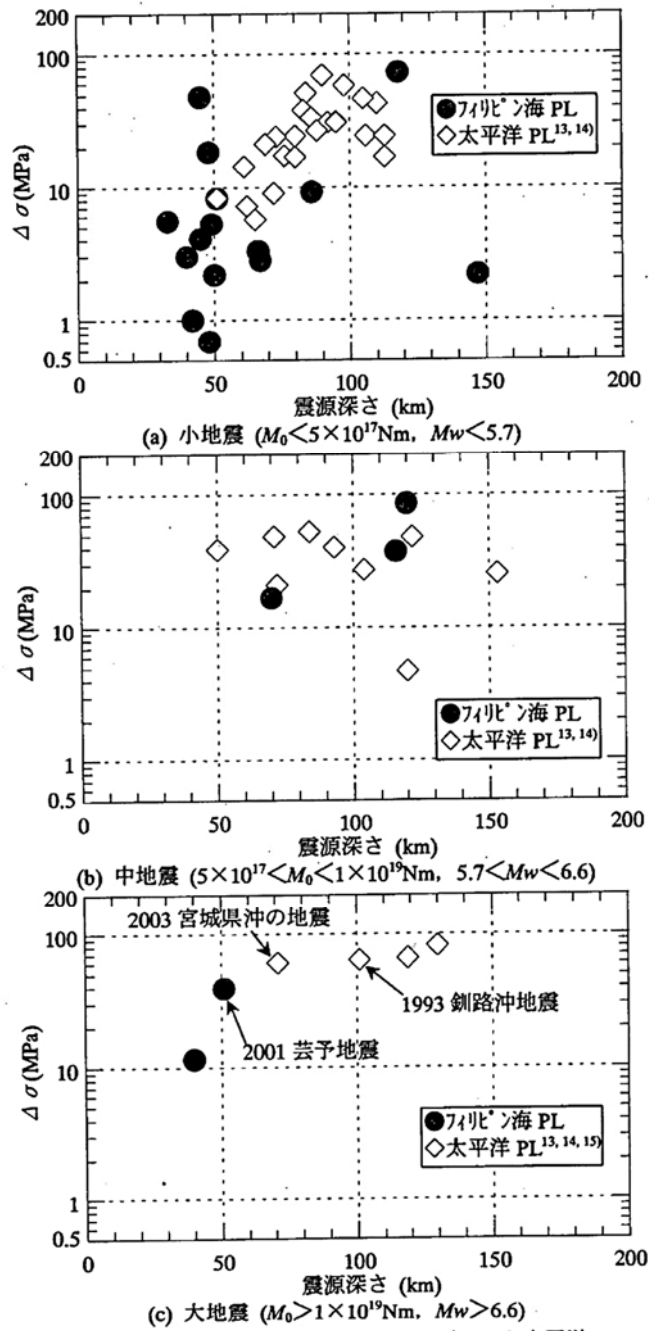


図12  $\Delta\sigma$ -震源深さ関係 (フィリピン海 PL と太平洋 PL)

図3.2.2-12 池田・他 (2004) が求めた地震規模ごとのスラブ内地震のBruneの応力降下量

(5) 浅野・他 (2004)

浅野・他 (2004) は、経験的グリーン関数法を用いた強震動シミュレーションを行い、2003年5月26日18時24分に宮城県沖の太平洋スラブ内で発生した地震の震源モデルを構築した。

図3.2.2-13に2003年宮城県沖地震の余震分布を、表3.2.2-5に浅野・他 (2004) が経験的グリーン関数法を適用した地震の諸元を示す。

また、図3.2.2-14に経験的グリーン関数法で求めた2003年宮城県沖地震の断層モデルを、表3.2.2-6に経験的グリーン関数法で求めた2003年宮城県沖地震の断層パラメータを示す。浅野・他 (2004) は、得られた震源モデルによって、震源域周辺の強震動が説明されることを示した。図3.2.2-15にスラブ内地震のアスペリティの大きさの比率と震源深さとの関係を示す。震源モデルから推定された応力降下量の値はプレート境界地震や内陸地殻内地震の一般的な値と比べ、大きめの値を示す結果となった。図より、2003年宮城県沖地震 (図中の黒四角) は震源が深く、Asano *et al.* (2003) によって指摘されている関係と調和的であった。

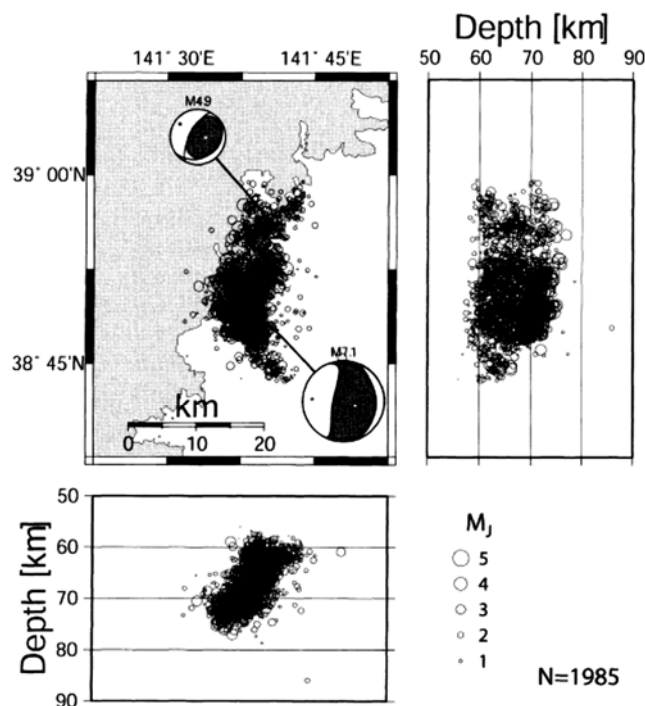


Fig. 1. Aftershock distribution within 24 hours after the occurrence of the mainshock determined by Japan Meteorological Agency (JMA). The location of the hypocenter of the mainshock is indicated by an open star. The moment tensor solutions of the mainshock ( $M 7.1$ ) and the empirical Green's function event ( $M 4.9$ ) solved by F-net are also shown (lower hemisphere projection).

図3.2.2-13 浅野・他 (2004) が断層モデルを作成した2003年宮城県沖地震の余震分布

表3.2.2-5 浅野・他 (2004) が経験的グリーン関数法を適用した地震の諸元

Table 1. Hypocentral information of the target event and the aftershock used as the empirical Green's function (EGF) determined by JMA. Seismic moments of the target and the EGF event were determined by the F-net (NIED, <http://www.fnet.bosai.go.jp/>).

	Target event	EGF event
Origin time (JST)	2003/5/26 18:24:33	2003/5/27 00:44:18
Latitude	38°49.08' N	38°56.86' N
Longitude	141°39.25' E	141°39.92' E
Depth (km)	72.03	68.52
JMA magnitude	7.1	4.9
Seismic moment (Nm)	$3.49 \times 10^{19}$	$1.43 \times 10^{16}$

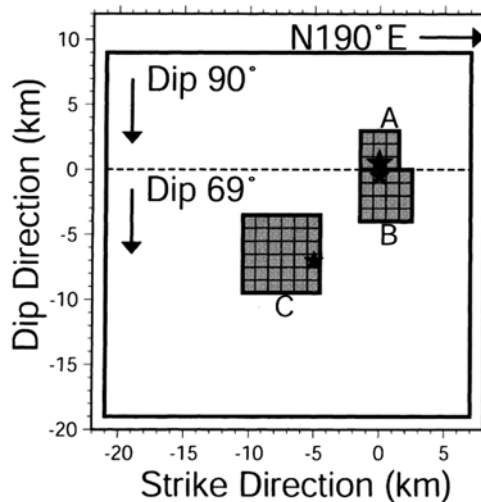


Fig. 5. The source model of the May 26, 2003 off Miyagi intraslab earthquake obtained by this study. Each gray rectangular region is the strong motion generation area (SMGA). A large solid star represents the rupture starting point of whole process, and a small solid star represents the rupture starting point of each SMGA. The grid size inside a SMGA is the area of the empirical Green's function event. The area of background is equal to the area of the fault plane assumed for the kinematic waveform inversion by Aoi *et al.* (2003). Source parameters of each SMGA are summarized in Table 2. We assume that strong motions are generated only from the strong motion generation areas in the fault plane.

図3.2.2-14 浅野・他 (2004) が経験的グリーン関数法で求めた2003年宮城県沖地震の断層モデル

表3.2.2-6 浅野・他 (2004) が経験的グリーン関数法で求めた2003年宮城県沖地震の断層パラメータ

Table 2. Model parameters of the source model obtained in this study.

	Length (km)	Width (km)	Area (km <sup>2</sup> )	Rise time (s)	$M_0$ (Nm)	Stress drop (MPa)	Rupture time (s)
A	3.0	3.0	9.0	0.18	$1.16 \times 10^{18}$	105	0.00
B	4.0	4.0	16.0	0.24	$2.75 \times 10^{18}$	105	0.36
C	6.0	6.0	36.0	0.36	$9.27 \times 10^{18}$	105	3.28
Total			61.0		$1.32 \times 10^{19}$		

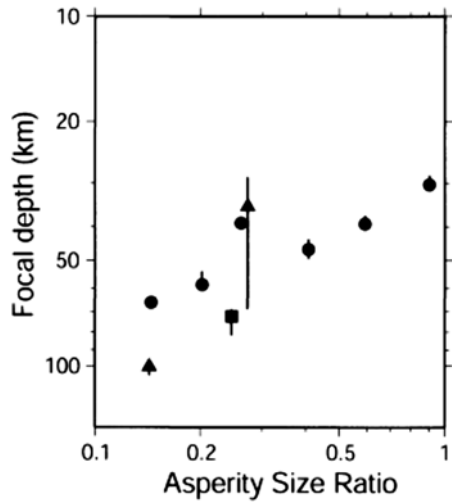


Fig. 12. Relationship between asperity size ratios and focal depths for intraslab earthquakes. The asperity size ratio is defined as the total area of SMGA normalized by the predicted area of asperities for an inland crustal earthquake having the same seismic moment based on the empirical relationship compiled by Somerville *et al.* (1999). Solid circles and triangles indicate the results from Asano *et al.* (2003) and Morikawa *et al.* (2002), respectively. A Solid square indicates the off Miyagi intraslab earthquake of May 26, 2003. Solid lines indicate the spatial extent of SMGA in the direction of depth.

図3.2.2-15 浅野・他 (2004) によるスラブ内地震のアスペリティの大きさの比率と震源深さとの関係

#### (6) 池田 (2010a)

池田・他 (2002, 2003, 2004) は、強震観測網の整備後に発生したスラブ内地震に、整備前の比較的観測データの少ない大地震のデータを加え、それらの短周期レベルAとBruneの応力降下量 $\Delta\sigma$ を統一した手法によって評価している。池田 (2010a) は、それらのデータに近年発生した比較的規模の大きい地震として2006年6月12日大分県西部の地震 ( $M_{JMA}$  6.2) と2008年7月24日岩手県沿岸北部の地震 ( $M_{JMA}$  6.8) を追加し、日本全国で発生したスラブ内地震の $\Delta\sigma$ の特徴を、メカニズム、発生地域、プレート、地震規模および震源深さの違いに着目して整理した。図3.2.2-16に検討の対象としたスラブ内地震の震央を示す。

図3.2.2-17には、スラブ内地震の地震モーメントと短周期レベルとの関係を示す。(a)は東北地方におけるスラブ内地震であり、二重深発地震面の上面で発生したDown dip Compression型の地震を黒四角で、同様に下面で発生したDown dip extension型の地震を白四角で示す。図より、 $M_0$ が同程度の2つのタイプの地震を比較すると、メカニズムの違いによる $\Delta\sigma$ に有意な差は見られないことがわかる。

(b)は太平洋プレートの内部で発生したスラブ内地震を示し、メカニズムによる分類をせず、北海道と東北地方の地域の違いによって分類している。 $M_0$ が同程度の地震間で比較すると、北海道と東北地方のスラブ内地震の $\Delta\sigma$ に明瞭な違いは見られない。これを踏まえ、北海道と東北地方を区別せずに(b)を見ると、 $M_0$ によって $\Delta\sigma$ の異なる傾向が認められる。 $M_0$ による $\Delta\sigma$ の違いを踏まえ、 $M_0 > 10^{19}$  Nmを大地震 (Large events)、 $5 \times 10^{17}$  Nm  $< M_0 < 10^{19}$  Nmを中地震 (Medium events)、 $M_0 < 5 \times 10^{17}$  Nmを小地震 (Small events) に分類する。小地震の $\Delta\sigma$ は3グループの中で地震によるばらつきが最も大きく、約5~80MPaの範囲にある。中地震の $\Delta\sigma$ は約20~60MPaにあり、ばらつきが小地震より小さく、かつ小地震のばらつきの大きい側に集中している。大地震の $\Delta\sigma$ は60~80MPaであり、地震によるばらつきがほとんど見られず、小地震と中地震のばらつきの上限付近と同程度となっている。

(c)は日本全国で発生したスラブ内地震を示し、太平洋プレートとフィリピン海プレートの違いによって分類している。フィリピン海プレートの地震のみに着目すると、太平洋プレートの地震と同様に、 $M_0$ の小さい地震は $\Delta\sigma$ のばらつきが比較的大きく、その範囲は $\Delta\sigma$ の小さい方に広がっている。

プレートの違いに着目すると、中地震についてはプレートによる $\Delta\sigma$ の傾向の違いが見られない。小地震については、フィリピン海プレートの $\Delta\sigma$ が太平洋プレートと比較してばらつきが大きく、比較的 $\Delta\sigma$ の小さい側に範囲が広がっている。大地震については、フィリピン



海プレートが2地震のみであり、それらの $\Delta\sigma$ は中地震と同程度の範囲にある。ただし、小地震と大地震のいずれについても、フィリピン海プレートのデータセットの $M_0$ が太平洋プレートと比較して小さい範囲にあることから、 $\Delta\sigma$ の傾向の違いが地震規模とプレートのいずれと関連しているかは明瞭ではない。

スラブ内地震の $\Delta\sigma$ と震源深さの関係を図3.2.2-18に示す。上述の傾向を踏まえ、 $M_0$ による3つのグループ毎に図を示す。太平洋プレートの地震については、図3.2.2-17においてメカニズムと地域による $\Delta\sigma$ の違いが見られないことを確認していることから、それらによって分類していない。既に述べたように中地震はプレートによる $\Delta\sigma$ の違いが見られず、震源深さに対しても $\Delta\sigma$ が変動する傾向はほとんど認められない。

小地震については、太平洋プレートでは震源深さ60 km付近よりも、震源深さ100 km付近の $\Delta\sigma$ の方が大きい傾向が見られる。フィリピン海プレートについては、震源深さ30~50 kmの比較的浅い範囲に多く分布しており、それらの $\Delta\sigma$ は太平洋プレートよりも小さい傾向にある。ただし、 $\Delta\sigma$ と $M_0$ の関係と同様に、太平洋プレートとフィリピン海プレートの震源深さの分布は相補的であり、両者の $\Delta\sigma$ の違いがプレート、地震規模および震源深さのいずれと関係しているかは明らかではない。

太平洋プレートの大地震は震源深さ約70~130 kmの範囲にあるが、震源深さに関らず $\Delta\sigma$ がほぼ一定で、中地震や小地震のばらつきの上限付近にある。フィリピン海プレートについては震源深さ約40~50 km付近にあり、それらの $\Delta\sigma$ は太平洋プレートと同程度か小さめの傾向にある。ただし、小地震の場合と同様に、これらの傾向の違いがプレート、地震規模および震源深さのいずれと関係しているかは明らかでない。

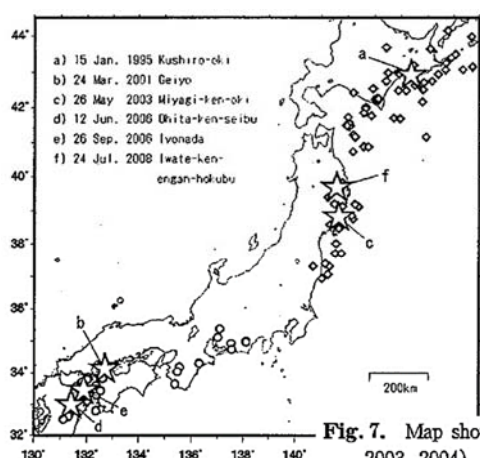


Fig. 7. Map showing epicenters of intra-slab earthquakes analyzed in this study and Ikeda et al. (2002 a, 2003, 2004). Open star: damaging earthquakes and events analyzed in this study, open squares: events in the Pacific plate and open circle: events in the Philippine sea plate.

図3.2.2-16 池田 (2010a) が検討の対象としたスラブ内地震の震央

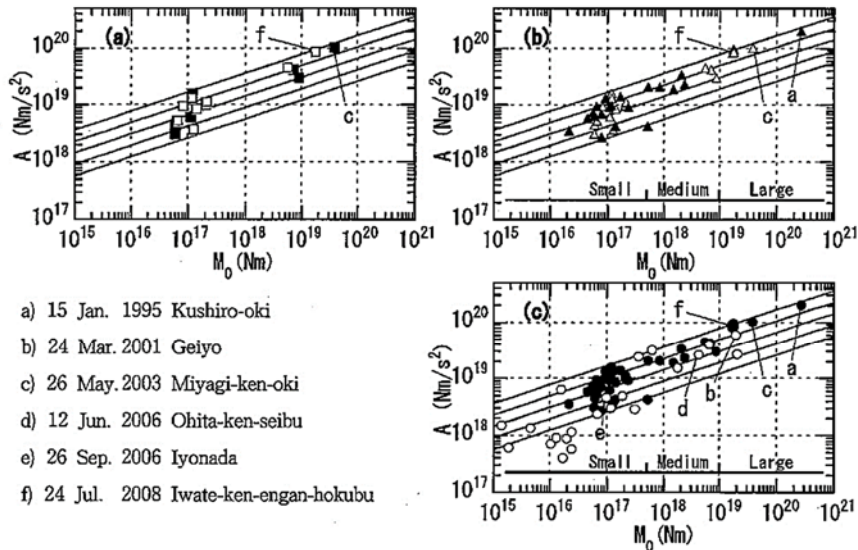


Fig. 8. Short-period spectral level  $A$  versus seismic moment  $M_0$ . (a) shows events in Tohoku district. Solid squares: down dip compression type and open squares: down dip extension. (b) shows events in the Pacific plate. Solid triangles: Hokkaido district and open triangles: Tohoku district. (c) shows events in the Pacific and the Philippine sea plates. Solid circles: the Pacific plate and open circles: the Philippine sea plate. Solid lines indicate stress parameters  $\Delta\sigma$  (80, 40, 20, 10, 5MPa).

図3.2.2-17 池田 (2010a) が求めたスラブ内地震の地震モーメントと短周期レベルとの関係

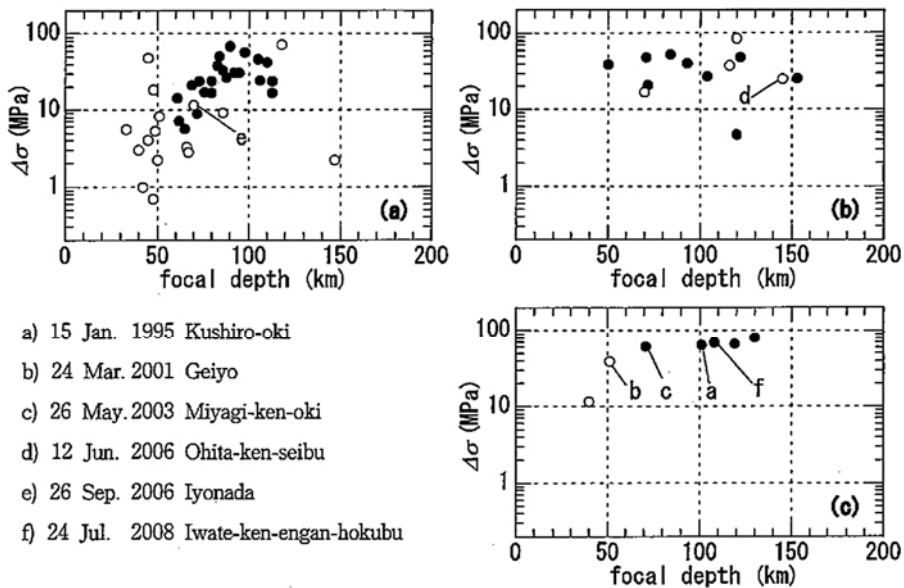


Fig. 9. Stress parameter  $\Delta\sigma$  versus focal depth for each size event (see Fig. 8). (a) shows small size events. (b) shows medium size events. (c) shows large size events. Solid circles: Pacific plate and open circles: the Philippine sea plate.

図3.2.2-18 池田 (2010a) が求めたスラブ内地震のBruneの応力降下量 $\Delta\sigma$

#### (7) 池田 (2010b)

池田 (2010b) は、まず、2009年駿河湾地震の短周期レベルAを、これまで実施してきた手法に準じた方法によって評価した。次に、その余震を対象として、駿河湾地震との観測記録のフーリエスペクトル比に基づいた方法により、短周期レベルAを評価した。最後に、評価した駿河湾地震と余震の短周期レベルAを、過去に発生した比較的震源の深いスラブ内地震の評価結果と比較した。

表3.2.2-7に2009年駿河湾地震とその余震の諸元を、図3.2.2-19に2009年駿河湾地震とその余震の震央と震源メカニズムを示す。

図3.2.2-20に2009年駿河湾地震の短周期レベルを示す。図3.2.2-21にスラブ内地震の短周期レベルと地震モーメントとの関係を示す。図3.2.2-21において駿河湾地震は中間規模の地震であり、その短周期レベルは同規模の地震の中で平均的なレベルであること、一方、余震①～③は最も規模の小さい範囲にあり、それらの短周期レベルは他の規模の小さいフィリピン海プレートのスラブ内地震と同程度であることがわかる。

図3.2.2-22には、 $A$ と $M_0$ から求めたBruneの応力降下量 $\Delta\sigma$ と震源深さとの関係を示す。ここに、 $\beta$ は3.8 km/sとした。(a)は、 $M_0 < 5 \times 10^{17}$  Nmの地震についてのもので、(b)は $M_0 > 5 \times 10^{17}$  Nmの地震についてのものである。なお、駿河湾地震と余震以外の地震は震源深さが50km以深であり、それらの $\Delta\sigma$ は $\beta=4.5$  km/sとして求められている。図より、 $M_0 < 5 \times 10^{17}$  Nmの地震については、震源が深くなるほど $\Delta\sigma$ が大きくなる傾向が見られる。ただし、太平洋プレートとフィリピン海プレートの震源深さの分布は相補的であり、両者の $\Delta\sigma$ の違いがプレート、地震規模および震源深さのいずれと関係しているかは明らかでない。一方、 $M_0 > 5 \times 10^{17}$  Nmの地震については、駿河湾本震はデータセットの中で震源が最も浅いが、その $\Delta\sigma$ は他の震源が深い地震と同程度であり、 $\Delta\sigma$ と震源深さの間に有意な相関は認められない。

表3.2.2-7 池田 (2010b) が短周期レベルを求めた2009年駿河湾地震とその余震の諸元

**表1 検討対象地震の諸元**

	発震日時	深さ(km) <sup>[1]</sup>	$M_J$ <sup>[1]</sup>	$M_0$ (Nm) <sup>[2]</sup>	$A$ (Nm/s <sup>2</sup> ) <sup>[3]</sup>	$\Delta\sigma$ (MPa) <sup>[3]</sup>	$f_c$ (Hz) <sup>[3]</sup>
駿河湾本震	2009.8.11 05:07	23	6.5	$2.3 \times 10^{18}$	$2.0 \times 10^{19}$	37.7	0.48
余震①	2009.8.11 18:09	20	4.4	$2.1 \times 10^{15}$	$2.9 \times 10^{17}$	2.1	1.87
余震②	2009.8.13 12:42	19	4.3	$6.7 \times 10^{14}$	$2.1 \times 10^{17}$	2.4	2.84
余震③	2009.8.13 18:11	23	4.5	$3.9 \times 10^{15}$	$6.6 \times 10^{17}$	5.3	2.07

[1]震源深さと 気象庁マグニチュード $M_J$ は気象庁一元化震源による。[2] 地震モーメント $M_0$ はF-netによる。  
[3] 短周期レベル $A$ , ストレスパラメータ $\Delta\sigma$ , コーナー振動数 $f_c$ は本検討による。

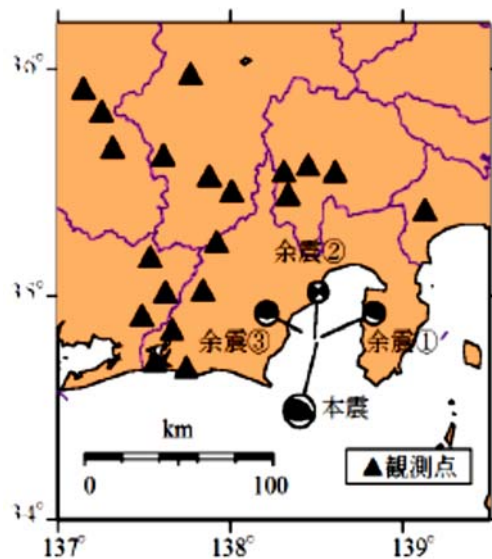


図4 駿河湾本震・余震の震源メカニズムと余震の検討に用いたKiK-net観測点

図3.2.2-19 池田 (2010b) が短周期レベルを求めた2009年駿河湾地震とその余震の震央と震源メカニズム

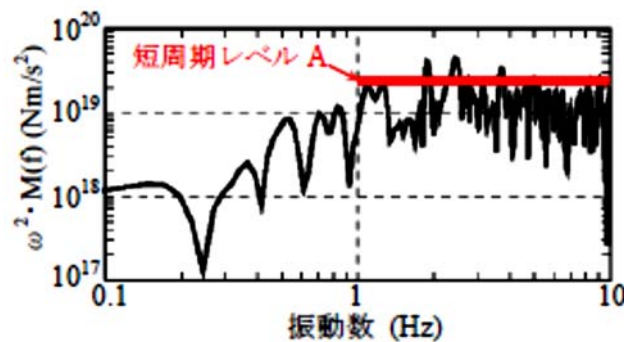


図3 観測記録に基づく加速度震源スペクトル 駿河湾本震, KiK-net YMNH13, 地表 EW

図3.2.2-20 池田 (2010b) が求めた2009年駿河湾地震の短周期レベル

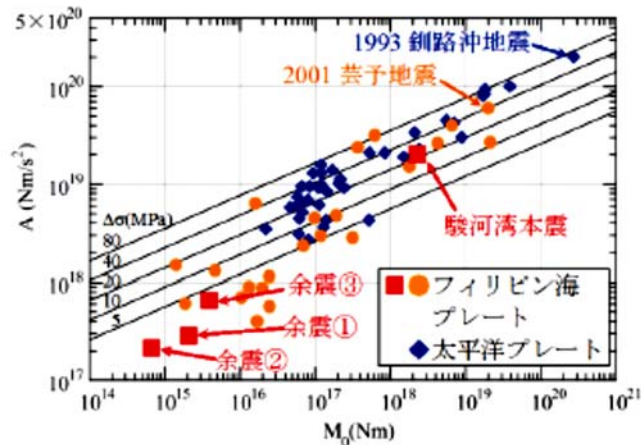


図6 スラブ内地震の  $\Delta\sigma$ - $M_0$  関係

駿河湾本震・余震以外の地震は池田・他<sup>13)</sup>による。  
 $\Delta\sigma$ の直線は(7)式に $\beta=4.5\text{km/s}$ を代入して算定した<sup>3)</sup>。

図3.2.2-21 池田 (2010b) が求めたスラブ内地震の短周期レベルと地震モーメントとの関係

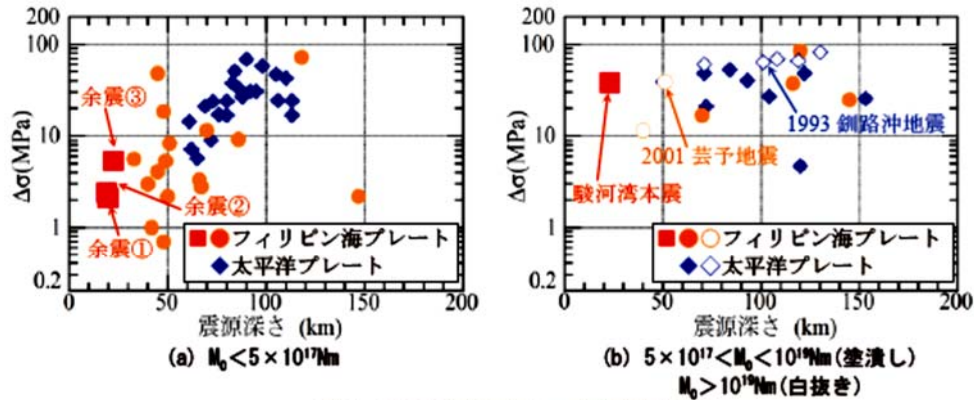


図7 スラブ内地震の $\Delta\sigma$ -震源深さ関係

駿河湾本震・余震以外の地震は池田・他<sup>13)</sup>による。  
 駿河湾本震・余震は $\beta=3.8\text{km/s}$ , その他の地震は $\beta=4.5\text{km/s}$ とし、  
 (7)式を用いて図6の  $A$  と  $M_0$  から $\Delta\sigma$ を算定した<sup>3)</sup>。

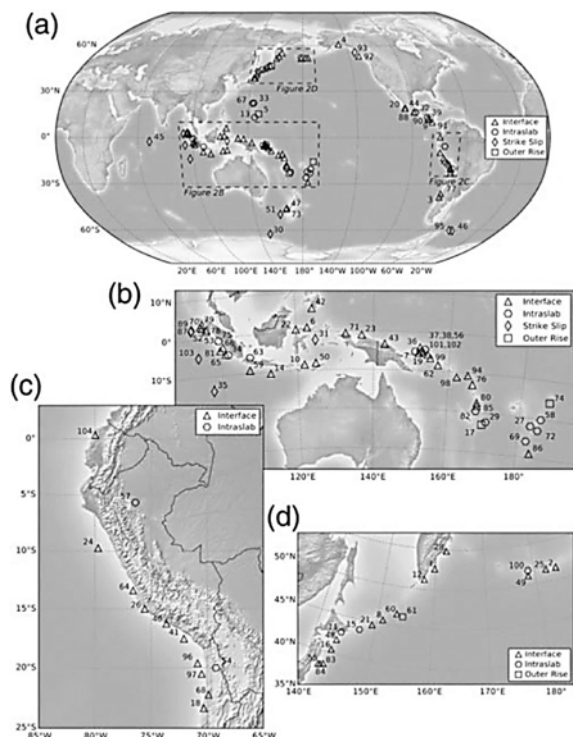
図3.2.2-22 池田 (2010b) が求めたスラブ内地震のBruneの応力降下量と震源深さとの関係

(8) Allen *et al.* (2017)

Allen *et al.* (2017) は、沈み込み帯で発生したモーメントマグニチュードが7.1~9.5の地震の断層モデルから、断層面積、断層長さ、断層幅、最大すべり量、および平均すべり量の各量とモーメントマグニチュードとの関係を求めた。

図3.2.2-23には、検討に用いた世界の地震の震央位置と断層タイプ (プレート間地震、スラブ内地震、アウターライズ地震) を示す。

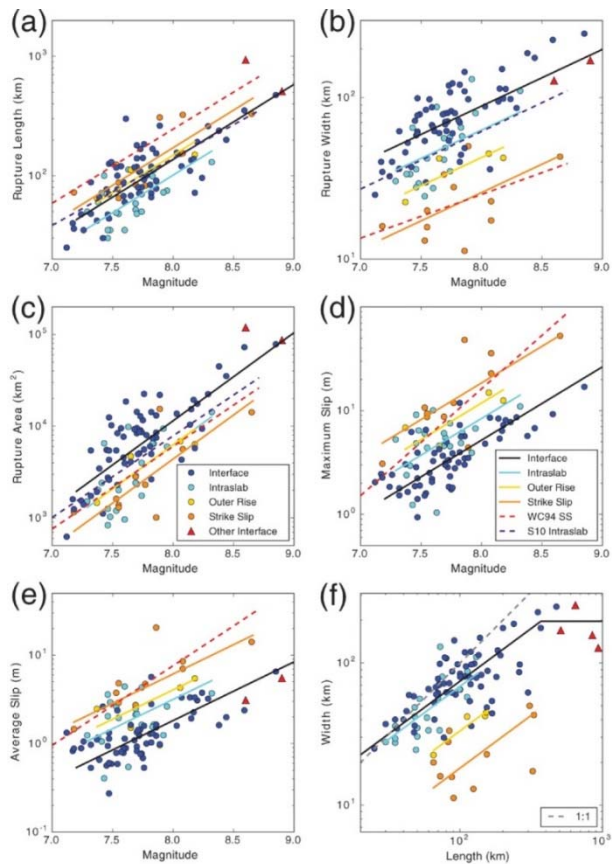
また、図3.2.2-24には、Allen *et al.* (2017) が求めた世界のプレート間以外の地震 (スラブ内地震、アウターライズ地震、横ずれ断層の地震) のモーメントマグニチュードと断層長さとの関係、モーメントマグニチュードと断層幅との関係、モーメントマグニチュードと破壊面積との関係、モーメントマグニチュードと最大すべり量との関係、モーメントマグニチュードと平均すべり量との関係、断層長さとの関係を示す。表3.2.2-8には、これらの相似則の回帰係数を示す。



**Figure 2.** (a) Global distribution of epicenters and rupture types for earthquakes used in this study. Subplots show the detailed distribution of earthquakes in (b) the southeast Asia and the southwest Pacific region; (c) South America; and (d) the Kuril-Aleutian island arc region. The numbering of epicenters is consistent with the event index in [Table S1](#), available in the electronic supplement to this article.

図3.2.2-23 Allen *et al.* (2017) が断層パラメータの相似則の検討に用いた世界の地震の震央位置と断層タイプ





**Figure 7.** Orthogonal regressions for other offshore rupture types. Relationships are shown between earthquake magnitude  $M_w$  and (a) rupture length  $L$ , (b) rupture width  $W$ , (c) rupture area  $S$ , (d) maximum slip  $D_{max}$ , and (e) average slip  $D_{av}$ . (f) Length-width scaling is also shown together with 1:1  $L$ - $W$  scaling (gray dashed line). Where applicable, the Strasser *et al.* (2010; S10 intraslab) scaling relations are shown for in-slab earthquake ruptures, as well as the Wells and Copper-smith (1994; WC94 SS) relationship for crustal strike-slip ruptures.

図3.2.2-24 Allen *et al.* (2017) が求めた世界のプレート間以外の地震のモーメントマグニチュードと断層長さとの関係、モーメントマグニチュードと断層幅との関係、モーメントマグニチュードと断層面積との関係、モーメントマグニチュードと最大すべり量との関係、モーメントマグニチュードと平均すべり量との関係、断層長さとの関係

表3.2.2-8 Allen *et al.* (2017) が求めた世界のプレート間以外の地震の断層パラメータのスクエーリング則の回帰係数

**Table 5**  
Rupture-Scaling Coefficients for Other Offshore Earthquake Rupture Styles

	Type	$a$	$SE_a$	$b^*$	$\sigma_x$	$M_w$ Range
Length: $\log L = a + b \times M_w$ (km)	Inslab	-3.03	0.04	0.63	0.14	7.3-8.3
	Outer rise	-2.87	0.04		0.08	7.4-8.2
	Strike slip	-2.81	0.05		0.15	7.2-8.7
Width: $\log W = a + b \times M_w$ (km)	Inslab	-1.01	0.03	0.35	0.15	7.3-8.3
	Outer rise	-1.18	0.04		0.08	7.4-8.2
	Strike slip	-1.39	0.06		0.17	7.2-8.7
Area: $\log S = a + b \times M_w$ (km <sup>2</sup> )	Inslab	-3.89	0.06	0.96	0.19	7.3-8.3
	Outer rise	-3.89	0.08		0.11	7.4-8.2
	Strike slip	-4.04	0.08		0.2	7.2-8.7
Maximum slip: $\log D_{max} = a + b \times M_w$ (m)	Inslab	-4.73	0.05	0.71	0.21	7.3-8.3
	Outer rise	-4.58	0.08		0.14	7.4-8.2
	Strike slip	-4.39	0.08		0.21	7.2-8.7
Average slip: $\log D_{av} = a + b \times M_w$ (m)	Inslab	-4.81	0.06	0.66	0.22	7.3-8.3
	Outer rise	-4.70	0.08		0.14	7.4-8.2
	Strike slip	-4.52	0.10		0.26	7.2-8.7
Width-length: $\log W = a + b \times \log L$ (km)	Inslab	0.35	0.03	0.74	0.13	7.3-8.3
	Outer rise	0.04	0.02		0.09	7.5-8.2
	Strike slip	-0.22	0.06		0.18	7.5-8.7

All logarithms are base 10.  $SE_a$  is the standard error on the variable  $a$ .

\*Gradients  $b$  determined from linear regression of interface-rupture-scaling coefficients (Table 2). The constant  $a$  is determined from orthogonal regression in all cases.

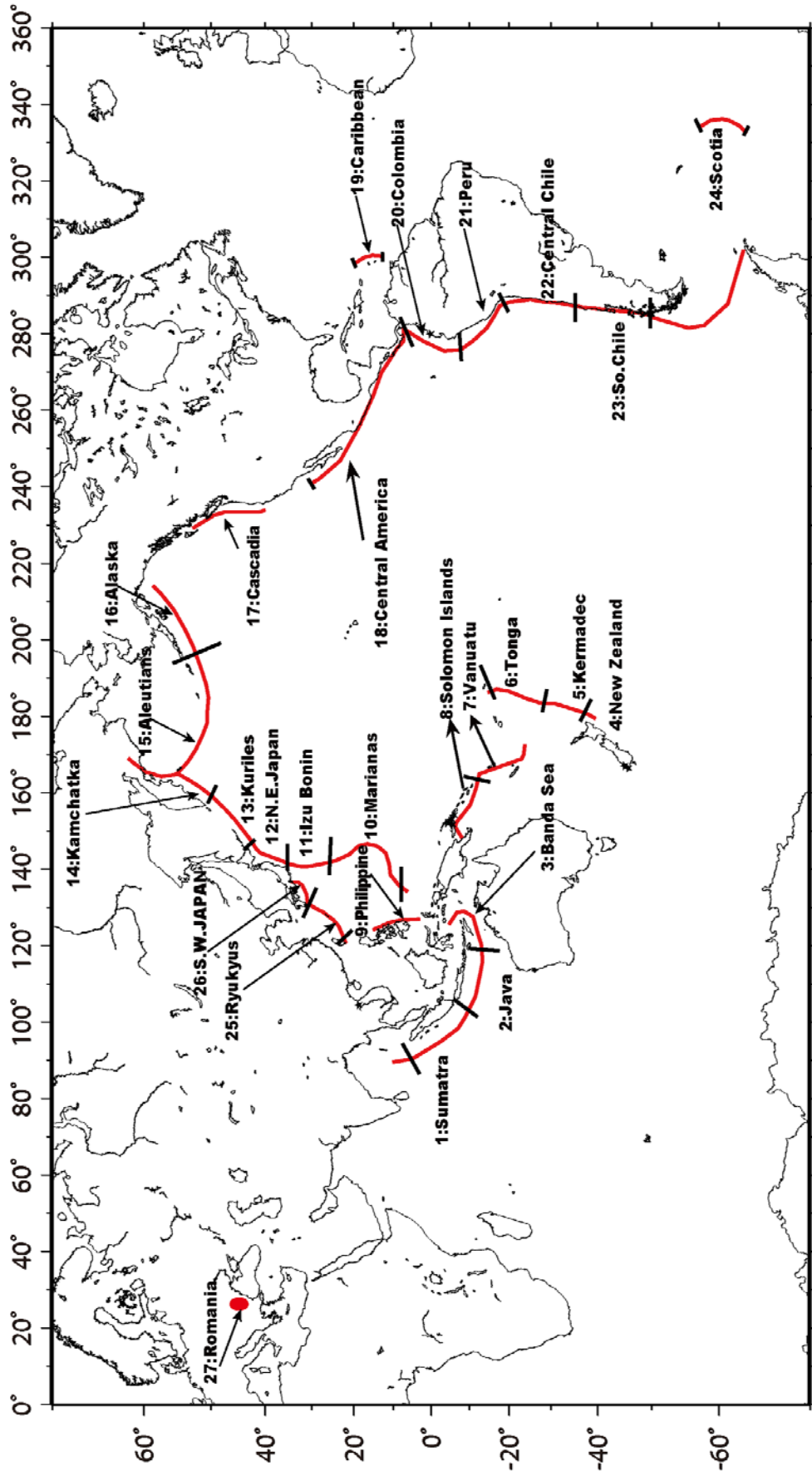


### 3.2.3 海洋プレート内地震の断層パラメータの調査

本項では、昨年度および今年度に調査した海洋プレート内地震の文献調査結果を踏まえて、断層パラメータのデータが十分に得られている、スラブ内地震（沈み込んだプレート内で起きるやや深い地震）を対象に、断層パラメータの地域性の検討を行った。具体的に、国内外のスラブ内地震の断層パラメータ、特に短周期レベルおよびアスペリティの面積の地域性について調べるために、調査対象とした地震の地域分けを行った（図 3.2.3-1）。その際、原子力規制庁(2015)による地域区分を参照とした。具体的には、下記の 27 区分に分類し、地域区分が不明な地震は、地域性の分析対象から除いた。

1. Sumatra
2. Java
3. Banda Sea
4. New Zealand
5. Kermadec
6. Tonga
7. Vanuatu
8. Solomon Islands
9. Philippine
10. Marianas
11. Izu Bonin
12. N.E.Japan（太平洋プレート）
13. Kuriles
14. Kamchatka
15. Aleutians
16. Alaska
- 17: Cascadia
18. Central America
19. Caribbean
20. Colombia

21. Peru
22. Central Chile
23. So. Chile
24. Scotia
25. Ryukyus
26. S.W.Japan (フィリピン海プレート)
27. Romania



地域名出処：  
 原子力規制庁(2015)：第253回原子力発電所の新規制基準適合性に係る審査会合，  
 資料2-1 浜岡原子力発電所 海洋プレート内地震の地震動評価について，  
<http://www.nsr.go.jp/data/000116083.pdf> (2018年7月23日参照)に加筆

図3.2.3-1 スラブ内地震の地域区分 (原子力規制庁(2015)に加筆)  
 3.2.3-3

本検討で対象とした、国内のスラブ内地震の震源位置を図3.2.3-2に、断層パラメータの調査結果を表3.2.3-1に示し、国外のプレート間地震の震源位置を図3.2.3-3に、断層パラメータの調査結果を表3.2.3-2に示す。ここでは、主に昨年度に調査した、国内外のスラブ内地震の断層パラメータの分析に用いたデータをベースとし、今年度調査した地震やデータを新たに追加した。

対象とした調査項目を下記に示す。

- ・ 地域区分
- ・ 地震名、発生日
- ・ 震源位置
- ・ モーメントマグニチュード
- ・ 地震モーメント
- ・ 断層長さ
- ・ 断層幅
- ・ 断層面積
- ・ 平均応力降下量
- ・ 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
- ・ コーナー振動数
- ・  $S$  波速度

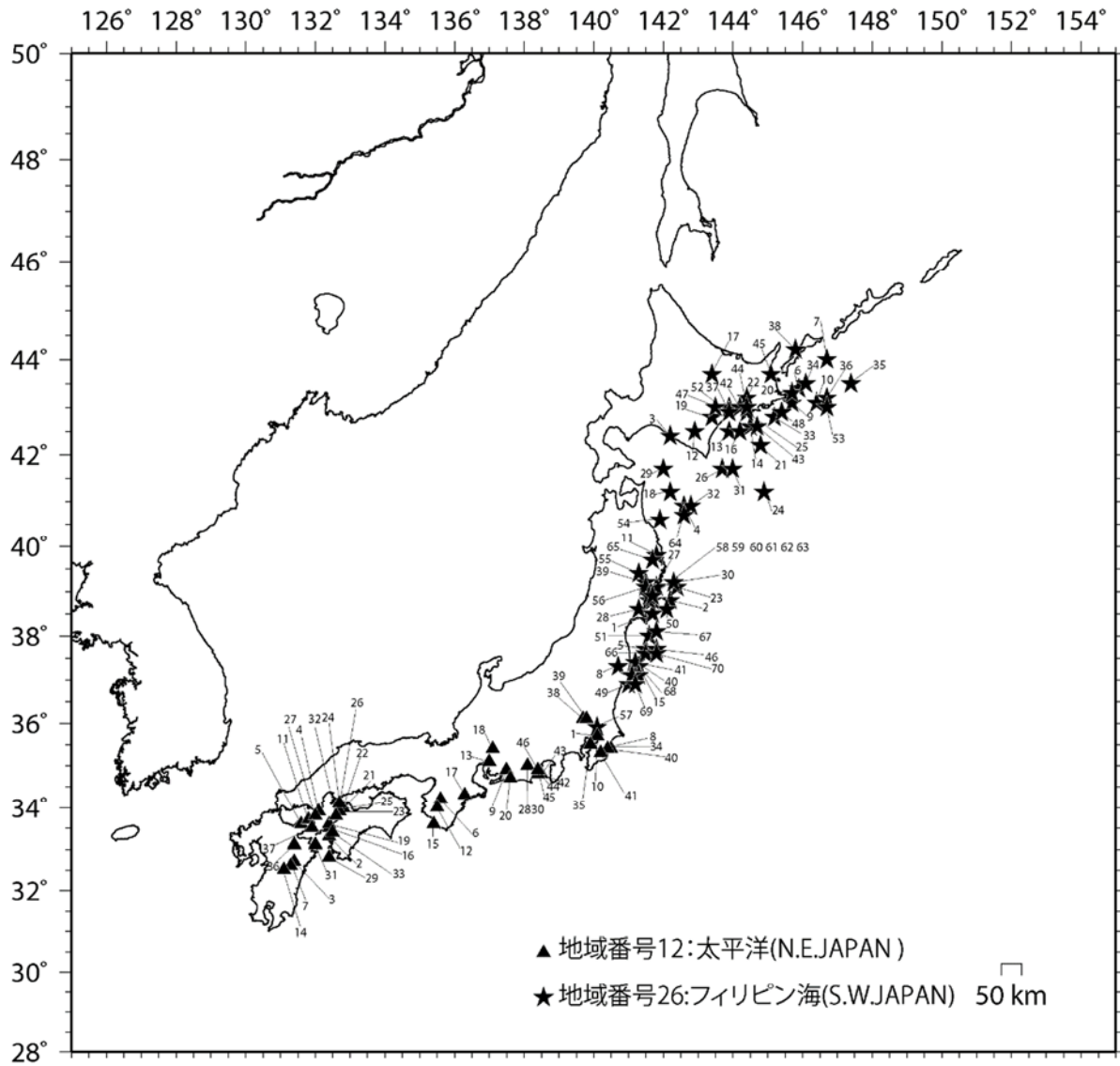
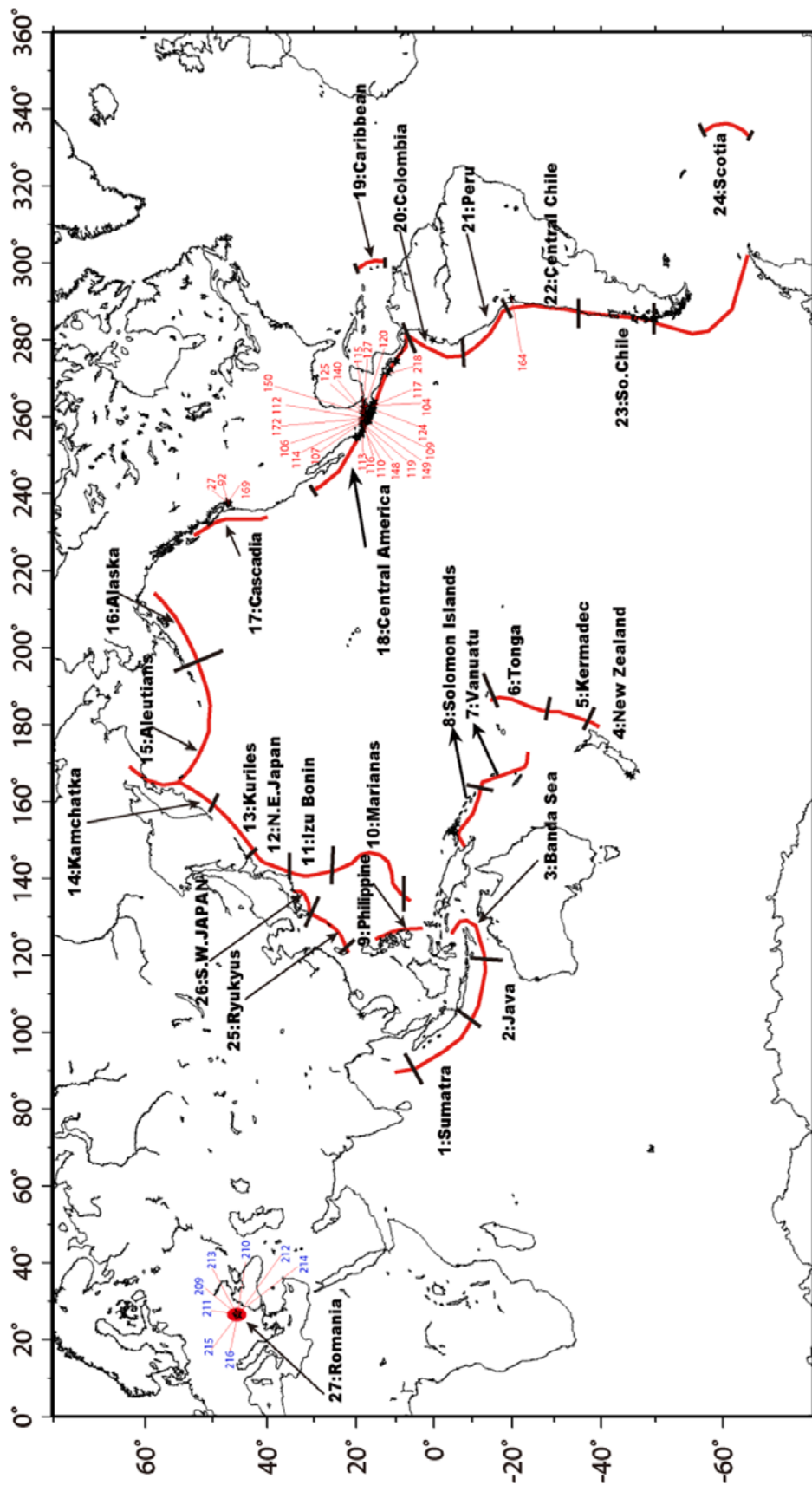


図 3.2.3-2 調査した国内のスラブ内地震

(★印：太平洋プレートの地震、▲印：フィリピン海プレートの地震)



地域名出処：  
 原子力規制庁(2015)：第253回原子力発電所の新規規制基準適合性に係る審査会合、  
 資料2-1 浜岡原子力発電所 海洋プレート内地震の地震動評価について、  
<http://www.nsr.go.jp/data/000116083.pdf> (2018年7月23日参照)に加筆

図 3.2.3-3 調査対象とした国外のスラブ内地震  
 3.2.3-6

### 3.2.3-1 国内のスラブ内地震の断層パラメータの調査結果

(赤字：作図で使用した値、青文字：今年度業務で新たに追加したデータ)

地域番号	地域名	地震番号	地震名	発生日 年月日	震源位置			モーメントマグニチュード M <sub>w</sub> (M <sub>0</sub> から求めた)	地震モーメント M <sub>0</sub> (Nm)	断層面積 S (km <sup>2</sup> )	平均応力 降下量 Δσ (MPa)	短周期 レベル (SI: Spectral Inversion) A (N・m/s <sup>2</sup> )	短周期 レベル (SMGA: Strong Motion Generation Area) A (N・m/s <sup>2</sup> )	コーナー 振動数 f <sub>c</sub> (Hz)	アスペリ ティの 応力降 下量 Δσ <sub>a</sub> (MPa)	アスペリ ティの 面積 S <sub>a</sub> (km <sup>2</sup> )	アスペリ ティの 面積比 S <sub>a</sub> /S	参考文献	備考
					緯度 [N]	経度 [E]	深さ [km]												
12	太平洋 (N.E.JAPAN)	1	宮城県沖	1977/6/8	38.5	141.7	70.0	5.8	5.90E+17	*	20.0	1.20E+19	*	*	*	*	*	池田・他 (2003)	●M0はHarvard ●Aは観測スペクトルによるM <sub>IF</sub> ●other型 ●logM0=1.5MW+9.1より求めた
	太平洋 (N.E.JAPAN)	2	宮城県沖	1978/2/20	38.8	142.2	50.0	6.5	7.00E+18	*	39.1	4.20E+19	*	*	*	*	*	池田・他 (2003)	●M0はHarvard ●Aは観測スペクトルによるM <sub>IF</sub> ●down dip compression型 ●M0はlogM0=1.5MW+9.1より求めた
	太平洋 (N.E.JAPAN)	3	浦河沖	1981/1/23	42.4	142.2	130.0	6.8	1.80E+19	*	81.7	9.40E+19	*	*	*	*	*	池田・他 (2002)	●M0はHarvard ●Aは観測スペクトルによるM <sub>IF</sub> ●down dip extension型 ●M0はlogM0=1.5MW+9.1より求めた
	太平洋 (N.E.JAPAN)	4	青森県 東方沖	1981/12/2	40.9	142.6	60.0	6.3	3.30E+18	*	3.4	6.50E+18	*	*	*	*	*	池田・他 (2003)	●M0はHarvard ●Aは観測スペクトルによるM <sub>IF</sub> ●other型 ●M0はlogM0=1.5MW+9.1より求めた
	太平洋 (N.E.JAPAN)	5	福島県沖	1982/8/23	37.7	141.5	80.0	5.2	6.80E+16	*	16.9	5.20E+18	*	*	*	*	*	池田・他 (2003)	●M0はHarvard ●Aは観測スペクトルによるM <sub>IF</sub> ●down dip extension型 ●M0はlogM0=1.5MW+9.1より求めた
	太平洋 (N.E.JAPAN)	6	根室半島南 東沖	1985/3/11	43.4	145.9	95.0	5.1	5.80E+16	*	31.0	7.40E+18	*	*	*	*	*	池田・他 (2002)	●M0はHarvard ●Aは観測スペクトルによるM <sub>IF</sub> ●down dip extension型 ●M0はlogM0=1.5MW+9.1より求めた
	太平洋 (N.E.JAPAN)	7	国後島付近	1985/3/27	44.0	146.7	157.0	6.0	1.40E+18	*	60.9	3.30E+19	*	*	*	*	*	池田・他 (2002)	●M0はHarvard ●Aは観測スペクトルによるM <sub>IF</sub> ●other型 ●M0はlogM0=1.5MW+9.1より求めた
	太平洋 (N.E.JAPAN)	8	福島県中通り	1985/7/29	37.3	140.7	90.0	5.3	1.20E+17	*	69.1	1.60E+19	*	*	*	*	*	池田・他 (2003)	●M0はHarvard ●Aは観測スペクトルによるM <sub>IF</sub> ●down dip compression型 ●M0はlogM0=1.5MW+9.1より求めた
	太平洋 (N.E.JAPAN)	9	根室半島南 東沖	1986/5/31	43.1	145.7	86.0	5.3	1.20E+17	*	33.3	9.90E+18	*	*	*	*	*	池田・他 (2002)	●M0はHarvard ●Aは観測スペクトルによるM <sub>IF</sub> ●down dip extension型 ●M0はlogM0=1.5MW+9.1より求めた
	太平洋 (N.E.JAPAN)	10	根室半島南 東沖	1986/6/8	43.1	146.4	59.0	6.0	1.10E+18	*	18.8	1.40E+19	*	*	*	*	*	池田・他 (2002)	●M0はHarvard ●Aは観測スペクトルによるM <sub>IF</sub> ●other型 ●logM0=1.5MW+9.1より求めた
	太平洋 (N.E.JAPAN)	11	岩手県沿岸 北部	1987/1/9	39.8	141.8	72.0	6.6	8.80E+18	*	21.0	3.00E+19	*	*	*	*	*	池田・他 (2003)	●M0はHarvard ●Aは観測スペクトルによるM <sub>IF</sub> ●down dip compression型 ●logM0=1.5MW+9.1より求めた
	太平洋 (N.E.JAPAN)	12	十勝地方南 部	1987/1/14	42.5	142.9	119.0	6.8	1.70E+19	*	66.2	8.10E+19	*	*	*	*	*	池田・他 (2002)	●M0はHarvard ●Aは観測スペクトルによるM <sub>IF</sub> ●down dip extension型 ●logM0=1.5MW+9.1より求めた
	太平洋 (N.E.JAPAN)	13	十勝沖	1988/5/7	42.5	143.9	93.0	5.9	8.40E+17	*	40.3	2.10E+19	*	*	*	*	*	池田・他 (2002)	●M0はHarvard ●Aは観測スペクトルによるM <sub>IF</sub> ●down dip extension型



表 3.2.3-1 国内のスラブ内地震の断層パラメータの調査結果（つづき）

（赤字：作図で使用した値、青文字：今年度業務で新たに追加したデータ）

地域番号	地域名	地震番号	地震名	発生日 年月日	震源位置			モーメントマグニチュード M <sub>w</sub> (M <sub>0</sub> から求めた)	地震モーメント (論文) M <sub>0</sub> (Nm)	断層面積 S (km <sup>2</sup> )	平均応力 降下量 Δσ (MPa)	短周期レベル (SI: Spectral Inversion) A (N・m/s <sup>2</sup> )	短周期レベル (SMGA: Strong Motion Generation Area) A (N・m/s <sup>2</sup> )	コーナー振動数 f <sub>c</sub> (Hz)	アスペリティの応力降下量 Δσ <sub>a</sub> (MPa)	アスペリティの面積 S <sub>a</sub> (km <sup>2</sup> )	アスペリティの面積比 S <sub>a</sub> /S	参考文献	備考
					緯度 [N]	経度 [E]	深さ [km]												
12	太平洋 (N.E.JAPAN)	14	釧路沖	1988/10/10	42.6	144.5	71.0	5.7	5.30E+17	*	48.4	2.10E+19	*	*	*	*	*	池田・他 (2002)	●M0はHarvard ●Aは観測スペクトルによるM <sub>w</sub> ●down dip extension型 ●logM0=1.5MW+9.1より求めた
	太平洋 (N.E.JAPAN)	15	福島県沖	1989/2/4	37.3	141.3	61.0	5.1	6.10E+16	*	14.3	4.50E+18	*	*	*	*	*	池田・他 (2003)	●M0はHarvard ●Aは観測スペクトルによるM <sub>w</sub> ●down dip compression型 ●logM0=1.5MW+9.1より求めた
	太平洋 (N.E.JAPAN)	16	十勝沖	1990/4/11	42.5	144.2	69.0	5.5	2.40E+17	*	21.2	9.20E+18	*	*	*	*	*	池田・他 (2002)	●M0はHarvard ●Aは観測スペクトルによるM <sub>w</sub> ●down dip extension型 ●logM0=1.5MW+9.1より求めた
	太平洋 (N.E.JAPAN)	17	北見地方	1990/8/16	43.7	143.4	165.0	5.3	1.00E+17	*	10.6	4.30E+18	*	*	*	*	*	池田・他 (2002)	●M0はHarvard ●Aは観測スペクトルによるM <sub>w</sub> ●other型 ●logM0=1.5MW+9.1より求めた
	太平洋 (N.E.JAPAN)	18	青森県東方沖	1990/11/2	41.2	142.2	72.0	5.4	1.40E+17	*	9.0	4.30E+18	*	*	*	*	*	池田・他 (2002)	●M0はHarvard ●Aは観測スペクトルによるM <sub>w</sub> ●down dip extension型 ●logM0=1.5MW+9.1より求めた
	太平洋 (N.E.JAPAN)	19	十勝地方中部	1991/6/13	42.8	143.4	120.0	5.7	5.20E+17	*	4.7	4.30E+18	*	*	*	*	*	池田・他 (2002)	●M0はMahadavian and Sasatani (1994) ●Aは観測スペクトルによるM <sub>w</sub> ●down dip extension型 ●logM0=1.5MW+9.1より求めた
	太平洋 (N.E.JAPAN)	20	根室半島南東沖	1991/7/10	43.3	145.7	92.0	5.3	1.10E+17	*	30.9	9.20E+18	*	*	*	*	*	池田・他 (2002)	●M0はHarvard ●Aは観測スペクトルによるM <sub>w</sub> ●down dip extension型 ●logM0=1.5MW+9.1より求めた
	太平洋 (N.E.JAPAN)	21	釧路沖	1991/8/26	42.2	144.8	56.0	5.7	4.00E+17	*	2.3	2.40E+18	*	*	*	*	*	池田・他 (2002)	●M0はHarvard ●Aは観測スペクトルによるM <sub>w</sub> ●other型 ●logM0=1.5MW+9.1より求めた
	太平洋 (N.E.JAPAN)	22	釧路地方中南部	1991/10/25	43.2	144.4	105.0	5.4	1.70E+17	*	46.8	1.40E+19	*	*	*	*	*	池田・他 (2002)	●M0はMahadavian and Sasatani (1994) ●Aは観測スペクトルによるM <sub>w</sub> ●hinge型 ●logM0=1.5MW+9.1より求めた

表 3.2.3-1 国内のスラブ内地震の断層パラメータの調査結果 (つづき)

(赤字：作図で使用した値、青文字：今年度業務で新たに追加したデータ)

地域番号	地域名	地震番号	地震名	発生日 年月日	震源位置			モーメント マグニチュード $M_w$ ( $M_0$ から求めた)	地震 モーメント (論文) $M_0$ (Nm)	断層 面積 $S$ ( $km^2$ )	平均 応力 降下量 $\Delta\sigma$ (MPa)	短周期 レベル (Sl. Spectral Inversion) $A$ ( $N\cdot m/s^2$ )	短周期 レベル (SMGA: Strong Motion Generation Area) $A$ ( $N\cdot m/s^2$ )	コーナー 振動数 $f_c$ (Hz)	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 $S_a$ ( $km^2$ )	アスペリ ティの 面積比 $S_a/S$	参考文献	備考	
					緯度 [N]	経度 [E]	深さ [km]													
12	太平洋 (N.E.JAPAN)	23	岩手県沖	1992/4/13	39.1	142.4	51.0	5.1	6.00E+16	*	8.3	3.10E+18	*	*	*	*	*	池田・他 (2003)	●M0はHarvard ●Aは観測スペクトルによる $M_{IF}$ ●down dip compression型 ●logM0=1.5MW+9.1より求めた	
	太平洋 (N.E.JAPAN)	24	十勝沖	1992/5/7	41.2	144.9	73.0	6.0	1.10E+18	*	4.1	5.10E+18	*	*	*	*	*	池田・他 (2002)	●M0はHarvard ●Aは観測スペクトルによる $M_{IF}$ ●other型 ●logM0=1.5MW+9.1より求めた	
	太平洋 (N.E.JAPAN)	25	釧路沖	1993/1/15	42.9	144.4	101.0	7.6	2.70E+20	*	63.6	2.00E+20	*	*	*	*	*	池田・他 (2002)	●M0はMahadavian and Sasatani (1994) ●Aは観測スペクトルによる $M_{IF}$ ●down dip extension型 ●logM0=1.5MW+9.1より求めた	
	太平洋 (N.E.JAPAN)	同上	同上	同上	*	*	*	*	3.30E+20	*	*	2.51E+20	*	*	*	*	*	新井・他 (2015)	●M0はTakeo et al.(1993), AはMorikawa and Sasatani(2004)のBモデルより	
	太平洋 (N.E.JAPAN)	同上	同上	同上	42.9	144.4	100.0	*	2.72E+20	40x20	*	*	*	*	*	*	*	加藤・他 (1999)	●M0はハーバード大学のCMT解 ●平均すべり量5.5m (面積とすべり量は断層パラメーターハンドブックを引用)	
	太平洋 (N.E.JAPAN)	同上	同上	同上	43.0	144.3	95.0	*	3.3E+20 (T) 2.7E+20 (H)	*	*	*	4.2E+20 (MS) 2.0E+20 (II)	*	*	モデルA SMGA1: 109 SMGA2: 381 SMGA3: 163 モデルB SMGA1: 92 SMGA2: 144 SMGA3: 69 total: 305	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)のAモデル H:Harvard CMT II:池田(2002) T:笹谷・他(2006) $\beta=4.6$
	太平洋 (N.E.JAPAN)	同上	同上	同上	42.9	144.4	103.0	*	2.30E+20	*	4.9	*	*	*	*	*	*	*	菊地(2003)	$\beta=4.6$
	太平洋 (N.E.JAPAN)	同上	同上	同上	42.9	144.4	100.6	*	-	*	-	*	*	*	*	*	*	*	野津(2003)	-
	太平洋 (N.E.JAPAN)	同上	同上	同上	-	-	107.0	*	3.30E+20	*	42.0	*	*	*	*	*	*	*	Takeo et al. (1993)	-
	太平洋 (N.E.JAPAN)	同上	同上	同上	同上	同上	同上	*	2.70E+20	2400.0	*	*	*	*	*	51.8 72.0 34.6 total:158.7	0.066	森川・他 (2002)	$M_0$ はHarvard CMT	
	太平洋 (N.E.JAPAN)	26	十勝沖	1993/3/25	41.7	143.7	60.0	6.0	1.10E+18	*	0.5	1.20E+18	*	*	*	*	*	*	池田・他 (2002)	●M0はHarvard ●Aは観測スペクトルによる $M_{IF}$ ●other型 ●logM0=1.5MW+9.1より求めた
	太平洋 (N.E.JAPAN)	27	岩手県沿岸南部	1993/5/6	39.1	141.8	106.0	5.4	1.40E+17	*	24.4	8.50E+18	*	*	*	*	*	*	池田・他 (2003)	●M0はHarvard ●Aは観測スペクトルによる $M_{IF}$ ●down dip extension型 ●logM0=1.5MW+9.1より求めた
太平洋 (N.E.JAPAN)	28	宮城県北部	1993/11/27	38.6	141.3	112.0	5.7	5.20E+17	*	43.2	1.90E+19	*	*	*	*	*	*	池田・他 (2003)	●M0はHarvard ●Aは観測スペクトルによる $M_{IF}$ ●other型 ●logM0=1.5MW+9.1より求めた	
太平洋 (N.E.JAPAN)	29	苫小牧沖	1993/12/4	41.7	142.0	80.0	5.2	8.00E+16	*	24.2	6.90E+18	*	*	*	*	*	*	池田・他 (2002)	●M0はHarvard ●Aは観測スペクトルによる $M_{IF}$ ●hinge型 ●logM0=1.5MW+9.1より求めた	
太平洋 (N.E.JAPAN)	30	岩手県沖	1993/12/17	39.2	142.3	62.0	5.3	1.30E+17	*	7.2	3.60E+18	*	*	*	*	*	*	池田・他 (2003)	●M0はHarvard ●Aは観測スペクトルによる $M_{IF}$ ●down dip extension型 ●logM0=1.5MW+9.1より求めた	

表 3.2.3-1 国内のスラブ内地震の断層パラメータの調査結果 (つづき)  
 (赤字: 作図で使用した値、青文字: 今年度業務で新たに追加したデータ)

地域番号	地域名	地震番号	地震名	発生日 年月日	震源位置			モーメントマグニチュード M <sub>0</sub> (M <sub>0</sub> から求めた)	地震モーメント (論文)	断層面積 S (km <sup>2</sup> )	平均応力 降下量 Δσ (MPa)	短周期レベル (St. Spectral Inversion) A (N・m/s <sup>2</sup> )	短周期レベル (SMGA: Strong Motion Generation Area) A (N・m/s <sup>2</sup> )	コーナー 振動数 f <sub>c</sub> (Hz)	アスペリティの 応力降 下量 Δσ <sub>a</sub> (MPa)	アスペリティの 面積 S <sub>a</sub> (km <sup>2</sup> )	アスペリティの 面積比 S <sub>a</sub> /S	参考文献	備考
					緯度 [N]	経度 [E]	深さ [km]												
12	太平洋 (N.E.JAPAN)	31	十勝沖	1994/1/26	41.7	144.0	69.0	5.5	1.90E+17	*	0.8	9.80E+17	*	*	*	*	*	池田・他 (2002)	●M0はHarvard ●Aは観測スペクトルによるM <sub>IF</sub> ●other型 ●logM0=1.5MW+9.1より求めた
	太平洋 (N.E.JAPAN)	32	青森県東方沖	1994/7/31	40.9	142.8	64.0	5.1	5.80E+16	*	3.4	1.70E+18	*	*	*	*	*	池田・他 (2003)	●M0はHarvard ●Aは観測スペクトルによるM <sub>IF</sub> ●other型 ●logM0=1.5MW+9.1より求めた
	太平洋 (N.E.JAPAN)	33	釧路沖	1994/8/25	42.8	145.2	65.0	5.2	8.10E+16	*	5.7	2.70E+18	*	*	*	*	*	池田・他 (2002)	●M0はHarvard ●Aは観測スペクトルによるM <sub>IF</sub> ●other型 ●logM0=1.5MW+9.1より求めた
	太平洋 (N.E.JAPAN)	34	根室半島南東沖	1994/8/31	43.5	146.1	84.0	6.1	2.10E+18	*	52.6	3.40E+19	*	*	*	*	*	池田・他 (2002)	●M0はHarvard ●Aは観測スペクトルによるM <sub>IF</sub> ●other型 ●logM0=1.5MW+9.1より求めた
	太平洋 (N.E.JAPAN)	35	北海道東方沖地震	1994/10/4	*	*	*	*	2.60E+21	*	*	9.96E+20	*	*	*	*	*	新井・他 (2015)	*M0はKikuchi and Kanamori(1995)、AはMorikawa and Sasatani(2004)による応力降下量を補正した値より決めている。
	太平洋 (N.E.JAPAN)	同上	同上	同上	43.5	147.4	56.0	8.2	2.6E+21 (KK) 3.0E+21 (H)	*	*	*	1.7E+21 (MS)	*	SMGA1: 82 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 Kikuchi&Kanamori (1995) H:Harvard CMT MS:Morikawa&Sasatani(2004) Iz:Ikeda et al.(2004) δ=4.6 logM0=1.5MW+9.1より求めた
	太平洋 (N.E.JAPAN)	同上	同上	同上	*	*	*	8.3	3.00E+21	7200.0	*	*	*	*	82 82 382 300 137	SMGA1: 400 SMGA2: 256 SMGA3: 144 SMGA4: 144 SMGA5: 256 total: 1200	0.167	森川・他 (2002)	M <sub>0</sub> はHarvard CMT M0はlogM0=1.5MW+9.1より求めた
	太平洋 (N.E.JAPAN)	同上	同上	同上	*	*	64.0	*	3.50E+21	*	6.0	*	*	*	28.7	2640.0	*	Iwata and Asano (2011)	Shao et al.(2006)
	太平洋 (N.E.JAPAN)	36	根室半島南東沖	1995/1/21	43.2	146.7	60.0	6.2	2.80E+18	*	19.4	2.00E+19	*	*	*	*	*	池田・他 (2002)	●M0はHarvard ●Aは観測スペクトルによるM <sub>IF</sub> ●other型 ●M0はlogM0=1.5MW+9.1より求めた
	太平洋 (N.E.JAPAN)	37	釧路地方中南部	1995/9/16	43.0	143.9	110.0	5.1	6.60E+16	*	42.9	9.50E+18	*	*	*	*	*	池田・他 (2002)	●M0はHarvard ●Aは観測スペクトルによるM <sub>IF</sub> ●down dip extension型 ●M0はlogM0=1.5MW+9.1より求めた
	太平洋 (N.E.JAPAN)	38	国後島付近	1995/12/1	44.2	145.8	147.0	5.9	1.00E+18	*	17.5	1.30E+19	*	*	*	*	*	池田・他 (2002)	●M0はHarvard ●Aは観測スペクトルによるM <sub>IF</sub> ●other型 ●M0はlogM0=1.5MW+9.1より求めた
	太平洋 (N.E.JAPAN)	39	岩手県沿岸南部	1996/4/23	39.2	141.5	76.0	5.3	1.10E+17	*	17.2	6.20E+18	*	*	*	*	*	池田・他 (2003)	●M0はHarvard ●Aは観測スペクトルによるM <sub>IF</sub> ●down dip compression型 ●M0はlogM0=1.5MW+9.1より求めた

表 3.2.3-1 国内のスラブ内地震の断層パラメータの調査結果 (つづき)  
 (赤字: 作図で使用した値、青文字: 今年度業務で新たに追加したデータ)

地域番号	地域名	地震番号	地震名	発生日 年月日	震源位置			モーメント マグニチュード M <sub>w</sub> (M0から求めた)	地震 モーメント (論文) M <sub>0</sub> (Nm)	断層 面積 S (km <sup>2</sup> )	平均 応力 降下量 Δσ (MPa)	短周期 レベル (St. Spectral Inversion) A (N·m/s <sup>2</sup> )	短周期 レベル (SMGA: Strong Motion Generation Area) A (N·m/s <sup>2</sup> )	コーナ ー振動数 f <sub>c</sub> (Hz)	アスペリ ティの 応力降 下量 Δσ <sub>a</sub> (MPa)	アスペリ ティの 面積 S <sub>a</sub> (km <sup>2</sup> )	アスペ リティの 面積比 S <sub>a</sub> /S	参考文献	備考
					緯度 [N]	経度 [E]	深さ [km]												
12	太平洋 (N.E.JAPAN)	40	福島県沖	1997/2/20	37.4	141.2	88.0	5.5	2.10E+17	*	26.7	1.00E+19	*	*	*	*	*	池田・他 (2003)	●M0はHarvard ●Aは観測スペクトルによるM <sub>0,EF</sub> ●down dip extension型 ●M0はlogM0=1.5MW+9.1より求めた
	太平洋 (N.E.JAPAN)	41	福島県沖	1997/5/12	37.1	141.3	54.0	5.9	9.00E+17	*	6.4	6.40E+18	*	*	*	*	*	池田・他 (2003)	●M0はHarvard ●Aは観測スペクトルによるM <sub>0,EF</sub> ●other型 ●M0はlogM0=1.5MW+9.1より求めた
	太平洋 (N.E.JAPAN)	42	釧路沖	1997/6/15	43.0	144.2	98.0	5.2	9.30E+16	*	58.0	1.30E+19	*	*	*	*	*	池田・他 (2002)	●M0はHarvard ●Aは観測スペクトルによるM <sub>0,EF</sub> ●down dip extension型 ●M0はlogM0=1.5MW+9.1より求めた
	太平洋 (N.E.JAPAN)	43	釧路沖	1997/7/1	42.6	144.7	73.0	5.1	6.00E+16	*	24.0	6.30E+18	*	*	*	*	*	池田・他 (2002)	●M0はHarvard ●Aは観測スペクトルによるM <sub>0,EF</sub> ●down dip extension型 ●M0はlogM0=1.5MW+9.1より求めた
	太平洋 (N.E.JAPAN)	44	釧路地方中南部	1997/11/6	43.0	144.4	113.0	4.8	2.20E+16	*	16.9	3.50E+18	*	*	*	*	*	池田・他 (2002)	●M0はF-net ●Aは観測スペクトルによるM <sub>0,EF</sub> ●down dip extension型 ●M0はlogM0=1.5MW+9.1より求めた
	太平洋 (N.E.JAPAN)	45	根室地方北部	1997/11/15	43.7	145.1	153.0	6.1	1.50E+18	*	25.6	1.90E+19	*	*	*	*	*	池田・他 (2002)	●M0はHarvard ●Aは観測スペクトルによるM <sub>0,EF</sub> ●down dip extension型 ●M0はlogM0=1.5MW+9.1より求めた
	太平洋 (N.E.JAPAN)	46	福島県沖	1997/12/7	37.7	141.8	84.0	5.3	1.20E+17	*	50.9	1.30E+19	*	*	*	*	*	池田・他 (2003)	●M0はHarvard ●Aは観測スペクトルによるM <sub>0,EF</sub> ●down dip extension型 ●M0はlogM0=1.5MW+9.1より求めた
	太平洋 (N.E.JAPAN)	47	十勝地方中部	1997/12/23	43.0	143.5	113.0	5.0	4.60E+16	*	24.3	5.80E+18	*	*	*	*	*	池田・他 (2002)	●M0はF-net ●Aは観測スペクトルによるM <sub>0,EF</sub> ●down dip extension型 ●M0はlogM0=1.5MW+9.1より求めた
	太平洋 (N.E.JAPAN)	48	釧路沖	1998/1/3	42.9	145.4	50.0	5.1	5.90E+16	*	5.8	2.40E+18	*	*	*	*	*	池田・他 (2002)	●M0はHarvard ●Aは観測スペクトルによるM <sub>0,EF</sub> ●other型 ●M0はlogM0=1.5MW+9.1より求めた
	太平洋 (N.E.JAPAN)	49	東北地方	1998/4/9	*	*	89.0	*	1.78E+17	*	*	1.34E+19	*	*	*	*	*	佐藤(2013)	表1(c)スラブ内地震一逆断層、スペクトルインバージョン。
	太平洋 (N.E.JAPAN)	49	東北地方	1998/4/9	36.9	141.0	95.0	5.5	2.20E+17	*	30.9	1.10E+19	*	*	*	*	*	池田・他 (2003)	●M0はHarvard ●Aは観測スペクトルによるM <sub>0,EF</sub> ●down dip extension型 ●M0はlogM0=1.5MW+9.1より求めた
	太平洋 (N.E.JAPAN)	50	宮城県沖	1998/5/21	38.6	142.1	84.2	4.9	2.60E+16	*	51.3	7.85E+18	*	*	*	*	*	佐藤 (2004b)	表1。スペクトルインバージョン。 M0はlogM0=1.5MW+9.1より求めた 緯度経度はF-net参
太平洋 (N.E.JAPAN)	50	宮城県沖	1998/5/21	*	*	84.2	*	2.60E+16	*	*	7.27E+18	*	*	*	*	*	佐藤 (2004a)	表1。スペクトルインバージョン。	
太平洋 (N.E.JAPAN)	51	宮城県沖	1998/11/24	38.0	141.6	83.0	5.2	8.40E+16	*	38.0	9.50E+18	*	*	*	*	*	池田・他 (2003)	●M0はHarvard ●Aは観測スペクトルによるM <sub>0,EF</sub> ●down dip extension型 M0はlogM0=1.5MW+9.1より求めた	
太平洋 (N.E.JAPAN)	同上	同上	同上	*	*	83.1	*	5.73E+16	*	*	1.16E+19	*	*	*	*	*	佐藤 (2004a)	表1。スペクトルインバージョン。	
太平洋 (N.E.JAPAN)	同上	同上	同上	*	*	83.1	*	5.73E+16	*	61.8	1.16E+19	*	*	*	*	*	佐藤 (2004b)	表1。スペクトルインバージョン。	

表 3.2.3-1 国内のスラブ内地震の断層パラメータの調査結果（つづき）

（赤字：作図で使用した値、青文字：今年度業務で新たに追加したデータ）

地域 番号	地域名	地震 番号	地震名	発生日  年月日	震源位置			モーメント マグニ チュード  Mw (M0から求め た)	地震 モーメント (論文)  M <sub>0</sub> (Nm)	断層 面積  S (km <sup>2</sup> )	平均 応力 降下量  Δσ (MPa)	短周期 レベル (SI: Spectral Inversion)  A (N・m/s <sup>2</sup> )	短周期 レベル (SMGA: Strong Motion Generation Area)  A (N・m/s <sup>2</sup> )	コーナ ー振動数  f <sub>c</sub> (Hz)	アスペリ ティの 応力降 下量  Δσ <sub>a</sub> (MPa)	アスペリ ティの 面積  S <sub>a</sub> (km <sup>2</sup> )	アスペ リティの 面積比  S <sub>a</sub> /S	参考文献	備考
					緯 度 [N]	経 度 [E]	深 さ [km]												
12	太平洋 (N.E.JAPAN)	52	釧路地方中 南部	1999/5/13	42.9	143.9	104.0	*	2.40E+18	*	27.2	2.30E+19	*	*	*	*	*	池田・他 (2002)	●M0はHarvard ●Aは観測スペク トルによるM <sub>IF</sub> ●down dip extension型
	太平洋 (N.E.JAPAN)	同上	同上	同上	42.94 (I)	143.91 (I)	109.0	6.2	2.4E+18(H) 1.72E+18(F)	*	27.2(I2)	2.8E+19(TS) 2.3E19(I1)	*	*	asp1:73 asp1:73 (TS)	asp1:3.2 asp1:4.9 (TS)	*	笹谷・他 (2006)	H:Harvard CMT I2:池田(2002) F-net M0は logM0=1.5MW+9.1よ り求めた
	太平洋 (N.E.JAPAN)	53	北海道東方 沖地震	2000/1/28	43.0	146.7	59.0	6.7	2.00E+19 1.21E+19(F)	*	*	5.2E+19 (TS)	*	*	62.4(TS) 261(A1)	56.3(TS) 24.6(A1)	*	笹谷・他 (2006)	H:Harvard A1:Asano et al. (2003) TS:笹谷・他(2006) Saは上にある値を用 いた。 M0は logM0=1.5MW+9.1よ り求めた 緯度経度はF-net参 照
	太平洋 (N.E.JAPAN)	54	東北地方	2001/4/3	40.6	141.9	59.0	5.4	1.72E+17	*	*	8.76E+18	*	*	*	*	*	佐藤(2013)	表1.c)スラブ内地震 一逆断層、スペク トルラインバージョン。 M0は logM0=1.5MW+9.1よ り求めた 緯度経度はF-net参 照
	太平洋 (N.E.JAPAN)	55	岩手県内陸 南部	2001/12/2	39.4	141.3	122.0	*	5.50E+18	*	48.4	4.50E+19	*	*	*	*	*	池田・他 (2003)	●M0はHarvard ●Aは観測スペク トルによるM <sub>IF</sub> ●down dip extension型
	太平洋 (N.E.JAPAN)	同上	同上	同上	*	*	119.0	*	5.34E+18	*	*	4.21E+19	*	*	*	*	*	佐藤(2013)	表1.c)スラブ内地震 一逆断層、スペク トルラインバージョン。
	太平洋 (N.E.JAPAN)	同上	同上	同上	*	*	122.0	6.4	5.6E+18(H)	*	*	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) H:Harvard CMT M <sub>0</sub> -A等の図ではこ ちらをプロットした。 M0は logM0=1.5MW+9.1よ り求めた
	太平洋 (N.E.JAPAN)	56	宮城県沖	2002/5/12	39.1	141.5	96.3	*	9.39E+16	*	*	7.51E+18	*	*	*	*	*	佐藤 (2004a)	表1. スペクトル ラインバージョン。 緯度経度はF-net参 照
	太平洋 (N.E.JAPAN)	同上	同上	同上	*	*	96.3	5.2	9.39E+16	*	36.0	7.51E+18	*	*	*	*	*	佐藤 (2004b)	表1. スペクトル ラインバージョン。 M0は logM0=1.5MW+9.1よ り求めた
	太平洋 (N.E.JAPAN)	57	宮城県沖	2003/5/12	35.9	140.1	46.9	5.2	7.07E+16	*	12.5	3.38E+18	*	1.10	*	*	*	佐藤 (2015a)	表1. スペクトル ラインバージョン。 M0は logM0=1.5MW+9.1よ り求めた 緯度経度はF-net参 照
	太平洋 (N.E.JAPAN)	同上	同上	同上	*	*	49.9	*	7.11E+15	*	21.1	2.22E+18	*	2.82	*	*	*	佐藤 (2015b)	表1. スペクトル ラインバージョン。

表 3.2.3-1 国内のスラブ内地震の断層パラメータの調査結果 (つづき)

(赤字: 作図で使用した値、青文字: 今年度業務で新たに追加したデータ)

地域番号	地域名	地震番号	地震名	発生日 年月日	震源位置			モーメントマグニチュード M <sub>w</sub> (M0から求めた)	地震モーメント (論文) M <sub>0</sub> (Nm)	断層面積 S (km <sup>2</sup> )	平均応力 降下量 Δσ (MPa)	短周期レベル (SI: Spectral Inversion) A (N・m/s <sup>2</sup> )	短周期レベル (SMGA: Strong Motion Generation Area) A (N・m/s <sup>2</sup> )	コーナー 振動数 f <sub>c</sub> (Hz)	アスペリティ の 応力降 下量 Δσ <sub>a</sub> (MPa)	アスペリティの 面積 S <sub>a</sub> (km <sup>2</sup> )	アスペリティの 面積比 S <sub>a</sub> /S	参考文献	備考
					緯度 [N]	経度 [E]	深さ [km]												
	太平洋 (N.E.JAPAN)	58	宮城県沖	2003/5/26	*	*	71.0	7.0	3.87E+19	*	61.0	1.01E+20	*	*	*	*	地田・武村 (2003)	●地震モーメントは Harvard大学の値 ●短周期レベルは観 測記録から推定した 震源スペクトルで求 めた M0は logM0=1.5MW+9.1よ り求めた	
	太平洋 (N.E.JAPAN)	同上	同上	同上	38.8	141.7	72.0	*	3.49E+19	*	*	2.15E+19	*	*	105	61.0 (9.0 16.0 36.0)	*	浅野・他 (2004)	A=4πβ <sup>2</sup> Δσ (S <sub>a</sub> /π) <sup>1/2</sup> ●M <sub>w</sub> 7.0 ●地震モーメントは F-netの値 ●走向は190, 傾斜 は90(震源以降)と69 (震源以降) ●二重発面上面 ●EGF(0.3~10Hz) で3つのSMGAのパラ メータを求めている (表のアスペリティ欄 はSMGAの値) ●SMGAのM0は 1.32E+19(1.16E+18と 2.75E+18と9.27E+18) ●V <sub>r</sub> は2.75km/sでS 波速度の約70%
	太平洋 (N.E.JAPAN)	同上	同上	同上	38.8	141.7	72.0	*	*	784	*	*	*	*	*	*	*	神田・武村 (2005)	●スラブ内地震を仮 定した場合の震度イ ンバージョン結果 ●θ 190, δ 69
	太平洋 (N.E.JAPAN)	同上	同上	同上	38.8	141.7	72.0	7.0	3.49E+19	*	*	*	1.1E+20 (S) 1.4E+20 (TS)	SMGA1: 105 SMGA2: 105 SMGA3: 105 (A2)	SMGA1: 3+3=9 SMGA2: 4+4=16 SMGA3: 6+6=36 total: 61.0(A2)	*	菅谷・他 (2006)	β=3.98 S.Sato(2004) TS: 菅谷・他(2006) A2: 浅野・他(2004) M0は logM0=1.5MW+9.1よ り求めた	
12	太平洋 (N.E.JAPAN)	同上	同上	同上	*	*	*	*	3.80E+19	*	*	*	*	*	*	*	*	引間・他 (2003)	-
	太平洋 (N.E.JAPAN)	同上	同上	同上	38.9	141.8	52.0	*	3.98E+19	*	*	*	*	*	*	*	*	国土地理院 (2003)	logM <sub>0</sub> =1.5M <sub>w</sub> +9.1
	太平洋 (N.E.JAPAN)	同上	同上	同上	38.8	141.7	75.0	*	3.80E+19	*	28.0	*	*	*	*	*	*	山中・菊池 (2003)	-
	太平洋 (N.E.JAPAN)	同上	同上	同上	38.8	141.7	72.0	*	7.60E+19	*	*	*	*	*	*	*	*	青井・他 (2003)	2枚断層
	太平洋 (N.E.JAPAN)	同上	同上	同上	*	*	68.0	*	5.62E+19	*	*	*	*	*	*	*	*	Okada and Hasegawa (2003)	logM <sub>0</sub> =1.5M <sub>w</sub> +9.1
	太平洋 (N.E.JAPAN)	同上	同上	同上	38.8	141.7	70.0	*	3.00E+19	*	*	*	*	*	*	*	*	八木(2003)	-
	太平洋 (N.E.JAPAN)	同上	同上	同上	*	*	72.0	*	6.20E+19	*	6.9	*	*	*	49.9	108.0	*	Iwata and Asano (2011)	Aoi et al.(2005)
	太平洋 (N.E.JAPAN)	同上	同上	同上	*	*	*	*	3.49E+19	*	*	1.20E+20	*	*	*	*	*	佐藤(2013)	-
	太平洋 (N.E.JAPAN)	同上	同上	同上	*	*	*	*	3.49E+19	128	58.4	1.09E+20	*	*	123	61.0	*	壇・他 (2006)	●走向10傾斜62 ●短周期レベルは佐 藤(2004b) ●アスペリティ面積 は浅野・他(2004)[た だしSMGA総面積]
	太平洋 (N.E.JAPAN)	同上	同上	同上	*	*	74.0	*	3.49E+19	*	*	1.20E+20	*	*	*	*	*	佐藤(2013)	表1.c)スラブ内地震 一逆断層、スペクト ルインバージョン。
	太平洋 (N.E.JAPAN)	同上	同上	同上	*	*	72.0	*	3.49E+19	*	*	1.09E+20	*	*	*	*	*	佐藤 (2004a)	表1. スペクトルイン バージョン。
	太平洋 (N.E.JAPAN)	同上	同上	同上	*	*	72.0	*	3.49E+19	*	103.5	1.09E+20	*	*	*	*	*	佐藤 (2004b)	表1. スペクトルイン バージョン。
	太平洋 (N.E.JAPAN)	59	宮城県北部	2003/5/26 22:34	38.9	141.6	73.8	4.5	8.21E+15	*	13.7	1.75E+18	*	*	*	*	*	佐藤 (2004b)	表1. スペクトルイン バージョン。 M0は logM0=1.5MW+9.1よ り求めた 緯度経度はF-net参 照
	太平洋 (N.E.JAPAN)	60	宮城県沖	2003/5/27 00:44	38.9	141.7	67.5	*	1.43E+16	*	*	1.02E+19	*	*	*	*	*	佐藤 (2004a)	表1. スペクトルイン バージョン。 緯度経度はF-net参 照
	太平洋 (N.E.JAPAN)	同上	同上	同上	*	*	67.5	4.7	1.43E+16	*	145.7	1.02E+19	*	*	*	*	*	佐藤 (2004b)	表1. スペクトルイン バージョン。 M0は logM0=1.5MW+9.1よ り求めた

表 3.2.3-1 国内のスラブ内地震の断層パラメータの調査結果（つづき）

（赤字：作図で使用した値、青文字：今年度業務で新たに追加したデータ）

地域番号	地域名	地震番号	地震名	発生日 年月日	震源位置			モーメントマグニチュード M <sub>w</sub> (M <sub>0</sub> から求めた)	地震モーメント (論文) M <sub>0</sub> (Nm)	断層面積 S (km <sup>2</sup> )	平均応力 降下量 Δσ (MPa)	短周期レベル (SI Spectral Inversion) A (N・m/s <sup>2</sup> )	短周期レベル (SMGA: Strong Motion Generation Area) A (N・m/s <sup>2</sup> )	コーナー振動数 f <sub>c</sub> (Hz)	アスペリティの応力降下量 Δσ <sub>a</sub> (MPa)	アスペリティの面積 S <sub>a</sub> (km <sup>2</sup> )	アスペリティの面積比 S <sub>a</sub> /S	参考文献	備考
					緯度 [N]	経度 [E]	深さ [km]												
12	太平洋 (N.E.JAPAN)	61	宮城県沖	2003/5/28	38.8	141.6	73.2	4.5	6.45E+15	*	6.5	9.80E+17	*	*	*	*	*	佐藤 (2004b)	表1. スペクトルラインバージョン。 M <sub>0</sub> は logM <sub>0</sub> =1.5MW+9.1より求めた 緯度経度はF-net参照
	太平洋 (N.E.JAPAN)	62	宮城県北部	2003/5/31	38.9	141.6	73.8	4.6	1.13E+16	*	*	1.79E+18	*	*	*	*	*	佐藤(2004)	表1. スペクトルラインバージョン。 M <sub>0</sub> は logM <sub>0</sub> =1.5MW+9.1より求めた 緯度経度はF-net参照
	太平洋 (N.E.JAPAN)	同上	同上	同上	*	*	73.8	*	1.10E+16	*	12.3	1.79E+18	*	*	*	*	*	佐藤 (2004b)	表1. スペクトルラインバージョン。
	太平洋 (N.E.JAPAN)	63	宮城県沖	2003/6/10	38.9	141.7	66.0	4.8	2.19E+16	*	*	2.60E+18	*	*	*	*	*	佐藤 (2004a)	表1. スペクトルラインバージョン。 M <sub>0</sub> は logM <sub>0</sub> =1.5MW+9.1より求めた 緯度経度はF-net参照
	太平洋 (N.E.JAPAN)	同上	同上	同上	*	*	66.0	*	1.61E+16	*	22.2	3.03E+18	*	*	*	*	*	佐藤 (2004b)	表1. スペクトルラインバージョン。
	太平洋 (N.E.JAPAN)	64	東北地方	2005/2/26	40.7	142.6	56.0	5.6	3.74E+17	*	*	9.89E+18	*	*	*	*	*	佐藤(2013)	表1.0)スラブ内地震 逆断層。スペクトルラインバージョン。 M <sub>0</sub> は logM <sub>0</sub> =1.5MW+9.1より求めた 緯度経度はF-net参照
	太平洋 (N.E.JAPAN)	65	岩手県沿岸北部	2008/7/24	39.7	141.7	108.0	6.8	1.80E+19	*	69.2	8.50E+19	*	*	*	*	*	池田 (2010b)	GlobalCMTカタログの値 短周期レベルは観測記録から推定した 震源スペクトルで求めた M <sub>0</sub> は logM <sub>0</sub> =1.5MW+9.1より求めた 緯度経度はF-net参照
	太平洋 (N.E.JAPAN)	同上	同上	同上	*	*	104.0	*	1.72E+19	*	*	8.96E+19	*	*	*	*	*	佐藤(2013)	表1.0)スラブ内地震 逆断層。スペクトルラインバージョン。
	太平洋 (N.E.JAPAN)	同上	同上	同上	39.7	141.7	115.0	*	2.82E+19	*	2.5	*	3.51E+19	*	23.9	96.0	*	Iwata and Asano (2011)	A=4πβ <sup>2</sup> Δσ (S <sub>a</sub> /π) <sup>2</sup> β=3.6 M <sub>0</sub> =A・M <sub>0</sub> -S <sub>a</sub> 等の 図ではこちらをプロットした。
	太平洋 (N.E.JAPAN)	同上	同上	同上	39.7	141.7	115.0	*	2.82E+19	*	2.4	*	*	*	24	*	*	Suzuki et al.(2009)	-
	太平洋 (N.E.JAPAN)	66	福岡県沖	2010/3/13 21:46	37.6	141.5	74.0	5.4	1.88E+17	*	*	1.56E+19	*	*	*	*	*	佐藤(2013)	表1.0)スラブ内地震 逆断層。スペクトルラインバージョン。 M <sub>0</sub> は logM <sub>0</sub> =1.5MW+9.1より求めた 緯度経度はF-net参照
	太平洋 (N.E.JAPAN)	67	宮城県沖	2011/4/7	*	*	68.0	7.1	4.74E+19	*	*	1.49E+20	*	*	*	*	*	佐藤(2012)	表1. スペクトルラインバージョン。 M <sub>0</sub> は logM <sub>0</sub> =1.5MW+9.1より求めた
太平洋 (N.E.JAPAN)	同上	同上	同上	*	*	*	*	4.70E+19	*	*	1.16E+20	*	*	*	*	*	新井・他 (2015)	・M <sub>0</sub> はF-net、Aは原田・釜江(2011)による。	
太平洋 (N.E.JAPAN)	同上	同上	同上	*	*	68.0	*	4.74E+19	*	*	2.17E+20	*	*	*	*	*	佐藤(2013)	表1.0)スラブ内地震 逆断層。スペクトルラインバージョン。	
太平洋 (N.E.JAPAN)	同上	同上	同上	38.1	141.8	59.2	*	3.20E+19 3.20E+19	104.04 104.04	71 71	*	*	*	71 71	104.04 104.04	1 1	Harada (2012)	Mjma=7.1; SMGA model	
太平洋 (N.E.JAPAN)	同上	同上	同上	38.2	141.9	65.9	*	4.74E+19	*	*	*	*	*	*	*	*	芝・野口 (2012)	β=4.46	
太平洋 (N.E.JAPAN)	同上	同上	同上	38.3	141.6	49.0	*	5.54E+19	*	17.0	*	*	*	*	*	*	山中(2011)	-	
太平洋 (N.E.JAPAN)	同上	同上	同上	38.2	141.8	56.1	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	Onita et al (2011)	logM <sub>0</sub> =1.5M <sub>w</sub> +9.1	



表 3.2.3-1 国内のスラブ内地震の断層パラメータの調査結果（つづき）

（赤字：作図で使用した値、青文字：今年度業務で新たに追加したデータ）

地域番号	地域名	地震番号	地震名	発生日 年月日	震源位置			モーメントマグニチュード Mw (M0から求めた)	地震モーメント M0 (Nm)	断層面積 S (km <sup>2</sup> )	平均応力降下量 Δσ (MPa)	短周期レベル (SI: Spectral Inversion) A (N・m/s <sup>2</sup> )	短周期レベル (SMGA: Strong Motion Generation Area) A (N・m/s <sup>2</sup> )	コーナー振動数 f <sub>c</sub> (Hz)	アスペリティの応力降下量 Δσ <sub>a</sub> (MPa)	アスペリティの面積 S <sub>a</sub> (km <sup>2</sup> )	アスペリティの面積比 S <sub>a</sub> /S	参考文献	備考	
					緯度 [N]	経度 [E]	深さ [km]													
12	太平洋 (N.E.JAPAN)	同上	同上	同上	*	*	66.0	7.1	4.74E+19	*	*	1.10E+20	*	*	asp1: 10.2+10.2 =104.04 asp2: 70.6 =104.04	*	原田・釜江 (2011)	A=4πβ <sup>2</sup> Δσ <sub>a</sub> (S <sub>a</sub> /π) <sup>1/2</sup> β=3.9 震源位置 山中(2011) 参照 M0はF-net参照 M0は logM0=1.5MW+9.1より求めた		
	太平洋 (N.E.JAPAN)	同上	同上	同上	*	*	*	*	*	*	8.01E+19	*	*	SMGA1: 23.7 SMGA2: 70.8 SMGA3: 70.8	SMGA1: 35.6 SMGA2: 80.1 SMGA3: 35.6	*	染井・宮腰 (2012) 建築学会	β=3.82		
	太平洋 (N.E.JAPAN)	同上	同上	同上	*	*	66.0	*	5.24E+19	*	*	*	*	*	*	*	*	染井・宮腰 (2012) 地震学会	-	
	太平洋 (N.E.JAPAN)	68	東北地方	2011/7/8	37.1	141.1	56.0	5.5	2.06E+17	*	*	1.28E+19	*	*	*	*	*	*	佐藤(2013)	表3.0.1の太平洋内地震一逆断層。スペクトルインバージョン。M0は logM0=1.5MW+9.1より求めた 緯度経度はF-net参照
	太平洋 (N.E.JAPAN)	69	東北地方	2011/7/31	36.9	141.2	56.0	6.3	4.15E+18	*	*	3.67E+19	*	*	*	*	*	*	佐藤(2013)	表3.0.1の太平洋内地震一逆断層。スペクトルインバージョン。M0は logM0=1.5MW+9.1より求めた 緯度経度はF-net参照
太平洋 (N.E.JAPAN)	70	東北地方	2011/8/19	37.6	141.8	56.0	6.3	3.19E+18	*	*	3.05E+19	*	*	*	*	*	*	佐藤(2013)	表3.0.1の太平洋内地震一逆断層。スペクトルインバージョン。M0は logM0=1.5MW+9.1より求めた 緯度経度はF-net参照	

表 3.2.3-1 国内のスラブ内地震の断層パラメータの調査結果（つづき）

（赤字：作図で使用した値、青文字：今年度業務で新たに追加したデータ）

地域 番号	地域名	地震 番号	地震名	発生日  年月日	震源位置			モーメント マグニ チュード  M <sub>w</sub> (M0から求め た)	地震 モーメント (論文)  M <sub>0</sub> (Nm)	断層 面積  S (km <sup>2</sup> )	平均 応力 降下量  Δσ (MPa)	短周期 レベル (SI: Spectral Inversion)  A (N・m/s <sup>2</sup> )	短周期 レベル (SMGA: Strong Motion Generation Area)  A (N・m/s <sup>2</sup> )	コーナ ー 振動数  f <sub>c</sub> (Hz)	アスペリ ティの 応力降 下量  Δσ <sub>a</sub> (MPa)	アスペリ ティの 面積  S <sub>a</sub> (km <sup>2</sup> )	アスペリ ティの 面積比  S <sub>a</sub> /S	参考文献	備考	
					緯度 [N]	経度 [E]	深さ [km]													
26	フィリピン海 (S.W.JAPAN)	1	1855年安政 江戸地震	1855/11/11	35.7	140.1	65.0	7.1	5.62E+19	972.00	*	6.79E+19	*	*	SMGA1: 54.2 SMGA1: 54.2	SMGA1: 40.5 SMGA1: 40.5 total:81	0.083	佐藤 (2016b)	・Table2の050723の 場合をリスト化。 ・経緯的グリーン関 数法による震度の推 定。 M0は logM0=1.5MW+9.1よ り求めた	
	フィリピン海 (S.W.JAPAN)	2	-	1988/8/6	33.3	132.4	40.0	6.8	2.10E+19	*	11.5	2.70E+19	*	*	*	*	*	池田・他 (2004)	●地震モーメントは Shiono and Mikumo(1975)の値 ●短周期レベルは観 測記録から推定した 震源スペクトルで求 めた M0は logM0=1.5MW+9.1よ り求めた	
	フィリピン海 (S.W.JAPAN)	3	-	1978/7/4	32.7	131.4	120.0	5.8	6.20E+17	*	85.5	3.20E+19	*	*	*	*	*	池田・他 (2004)	●地震モーメントは Harvard大学の値 ●短周期レベルは観 測記録から推定した 震源スペクトルで求 めた M0は logM0=1.5MW+9.1よ り求めた	
	フィリピン海 (S.W.JAPAN)	4	-	1979/7/13	33.9	132.1	70.0	6.1	1.80E+18	*	16.9	1.50E+19	*	*	*	*	*	池田・他 (2004)	●地震モーメントは Harvard大学の値 ●短周期レベルは観 測記録から推定した 震源スペクトルで求 めた M0は logM0=1.5MW+9.1よ り求めた	
	フィリピン海 (S.W.JAPAN)	5	-	1983/8/26	33.6	131.6	116.0	6.5	6.50E+18	*	37.5	4.00E+19	*	*	*	*	*	池田・他 (2004)	●地震モーメントは Harvard大学の値 ●短周期レベルは観 測記録から推定した 震源スペクトルで求 めた M0は logM0=1.5MW+9.1よ り求めた	
	フィリピン海 (S.W.JAPAN)	6	-	1985/1/6	34.2	135.6	70.0	5.7	4.50E+17	*	13.3	8.30E+18	*	*	*	*	*	池田・他 (2004)	●地震モーメントは Harvard大学の値 ●短周期レベルは観 測記録から推定した 震源スペクトルで求 めた M0は logM0=1.5MW+9.1よ り求めた	
	フィリピン海 (S.W.JAPAN)	7	-	1985/1/27	32.6	131.3	118.0	5.6	3.60E+17	*	72.9	2.40E+19	*	*	*	*	*	池田・他 (2004)	●地震モーメントは Harvard大学の値 ●短周期レベルは観 測記録から推定した 震源スペクトルで求 めた M0は logM0=1.5MW+9.1よ り求めた	
	フィリピン海 (S.W.JAPAN)	8	千葉県東方 沖地震	1987/12/17	35.4	140.5	47.3	6.7	1.41E+19	400	4.3	*	2.82E+19	*	*	(33.0, 33.0)	52.0 (36.0, 16.0)	0.130	佐藤 (2015a)	・統計的グリーン関 数法による震源モデ ルの推定。 ・震源位置、L、Wは、 Okada and Kasahara(1990)によ る、表1 ・2つのSMGAと背景 領域のモデル。パラ メータは表3。 M0は logM0=1.5MW+9.1よ り求めた
	フィリピン海 (S.W.JAPAN)	9	愛知県東部	1997/3/16	34.9	137.5	39.0	5.6	3.30E+17	*	27.0	1.20E+19	*	*	*	*	*	*	池田・他 (2004)	●地震モーメントは Harvard大学の値 ●短周期レベルは観 測記録から推定した 震源スペクトルで求 めた M0は logM0=1.5MW+9.1よ り求めた
	フィリピン海 (S.W.JAPAN)	同上	同上	1997/3/16	*	*	39.0	*	3.3E+17(H)	*	*	1.2E+19(I2)	*	*	32(A1)	2.7(A1)	*	笹谷・他 (2006)	H:Harvard CMT A1:Asano et al.(2003) I2:Ikeda et al.(2004)	
フィリピン海 (S.W.JAPAN)	10	相模トラフ	1997/12/6	35.7	140.1	47.9	4.7	1.31E+16	*	16.8	2.35E+18	*	2.13	*	*	*	*	佐藤(2015)	表1:スプレッドリフ バージョン。 M0は logM0=1.5MW+9.1よ り求めた 緯度経度はF-net参	

表 3.2.3-1 国内のスラブ内地震の断層パラメータの調査結果（つづき）

（赤字：作図で使用した値、青文字：今年度業務で新たに追加したデータ）

地域番号	地域名	地震番号	地震名	発生日 年月日	震源位置			モーメントマグニチュード $M_w$ ( $M_0$ から求めた)	地震モーメント (論文) $M_0$ (Nm)	断層面積 $S$ ( $\text{km}^2$ )	平均応力 低下量 $\Delta\sigma$ (MPa)	短周期 レベル (St. Spectral Inversion) $A$ ( $\text{N}\cdot\text{m}/\text{s}^2$ )	短周期 レベル (SMGA: Strong Motion Generation Area) $A$ ( $\text{N}\cdot\text{m}/\text{s}^2$ )	コーナー 振動数 $f_c$ (Hz)	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 $S_a$ ( $\text{km}^2$ )	アスペ リティの 面積比 $S_a/S$	参考文献	備考
					緯度 [N]	経度 [E]	深さ [km]												
26	フィリピン海 (S.W.JAPAN)	11	-	1998/5/23	33.7	131.8	86.0	5.5	1.90E+17	*	9.2	4.80E+18	*	*	*	*	*	池田・他 (2004)	●地震モーメントは F-netの値 ●短周期レベルは観 測記録から推定した 震源スペクトルで求 めた $M_0$ は $\log M_0=1.5M_w+9.1$ よ り求めた
	フィリピン海 (S.W.JAPAN)	12	和歌山県北 部	1999/8/21	34.0	135.5	66.0	5.6	3.10E+17	*	3.3	2.90E+18	*	*	*	*	*	池田・他 (2004)	●地震モーメントは Harvard大学の値 ●短周期レベルは観 測記録から推定した 震源スペクトルで求 めた $M_0$ は $\log M_0=1.5M_w+9.1$ よ り求めた
	フィリピン海 (S.W.JAPAN)	同上	同上	同上	*	*	66.0	*	3.1E+17(H)	*	*	2.9E+18(I2)	*	*	314(A1)	1.4(A1)	*	笹谷・他 (2006)	HHarvard CMT AlAaane et al.(2003) I2Ikeda et al.(2004)
	フィリピン海 (S.W.JAPAN)	13	-	1999/11/29	35.1	137.0	45.0	4.7	1.60E+16	*	48.1	6.40E+18	*	*	*	*	*	池田・他 (2004)	●地震モーメントは F-netの値 ●短周期レベルは観 測記録から推定した 震源スペクトルで求 めた $M_0$ は $\log M_0=1.5M_w+9.1$ よ り求めた
	フィリピン海 (S.W.JAPAN)	14	-	2000/4/2	32.5	131.1	147.0	4.8	2.00E+16	*	2.2	8.80E+17	*	*	*	*	*	池田・他 (2004)	●地震モーメントは F-netの値 ●短周期レベルは観 測記録から推定した 震源スペクトルで求 めた $M_0$ は $\log M_0=1.5M_w+9.1$ よ り求めた
	フィリピン海 (S.W.JAPAN)	15	-	2000/4/15	33.6	135.4	42.0	4.9	2.50E+16	*	1.0	5.70E+17	*	*	*	*	*	池田・他 (2004)	●地震モーメントは F-netの値 ●短周期レベルは観 測記録から推定した 震源スペクトルで求 めた
	フィリピン海 (S.W.JAPAN)	16	-	2000/9/7	33.5	132.4	45.0	4.1	1.90E+15	*	4.1	6.10E+17	*	*	*	*	*	池田・他 (2004)	●地震モーメントは F-netの値 ●短周期レベルは観 測記録から推定した 震源スペクトルで求 めた $M_0$ は $\log M_0=1.5M_w+9.1$ よ り求めた
	フィリピン海 (S.W.JAPAN)	17	-	2000/10/31	34.3	136.3	39.0	5.5	1.90E+17	*	30.7	1.10E+19	*	*	*	*	*	池田・他 (2004)	●地震モーメントは Harvard大学の値 ●短周期レベルは観 測記録から推定した 震源スペクトルで求 めた $M_0$ は $\log M_0=1.5M_w+9.1$ よ り求めた
	フィリピン海 (S.W.JAPAN)	18	-	2001/1/6	35.4	137.1	48.0	4.8	1.70E+16	*	0.7	4.00E+17	*	*	*	*	*	池田・他 (2004)	●地震モーメントは F-netの値 ●短周期レベルは観 測記録から推定した 震源スペクトルで求 めた $M_0$ は $\log M_0=1.5M_w+9.1$ よ り求めた
	フィリピン海 (S.W.JAPAN)	19	-	2001/1/9	33.6	132.4	50.0	4.6	1.00E+16	*	2.2	7.10E+17	*	*	*	*	*	池田・他 (2004)	●地震モーメントは F-netの値 ●短周期レベルは観 測記録から推定した 震源スペクトルで求 めた $M_0$ は $\log M_0=1.5M_w+9.1$ よ り求めた

表 3.2.3-1 国内のスラブ内地震の断層パラメータの調査結果（つづき）

（赤字：作図で使用した値、青文字：今年度業務で新たに追加したデータ）

地域番号	地域名	地震番号	地震名	発生日 年月日	震源位置			モーメントマグニチュード M <sub>w</sub> (M0から求めた)	地震モーメント M <sub>0</sub> (Nm)	断層面積 S (km <sup>2</sup> )	平均応力 降下量 Δσ (MPa)	短周期レベル (SI: Spectral Inversion) A (N・m/s <sup>2</sup> )	短周期レベル (SMGA: Strong Motion Generation Area) A (N・m/s <sup>2</sup> )	コーナー振動数 f <sub>c</sub> (Hz)	アスペリティの応力降下量 Δσ <sub>a</sub> (MPa)	アスペリティの面積 S <sub>a</sub> (km <sup>2</sup> )	アスペリティの面積比 S <sub>a</sub> /S	参考文献	備考
					緯度 [N]	経度 [E]	深さ [km]												
	フィリピン海 (S.W.JAPAN)	20	-	2001/2/23	34.7	137.6	40.0	4.9	2.40E+16	*	3.0	1.20E+18	*	*	*	*	*	池田・他 (2004)	●地震モーメントはF-netの値 ●短周期レベルは観測記録から推定した震源スペクトルで求めた M0はlogM0=1.5MW+9.1より求めた
	フィリピン海 (S.W.JAPAN)	21	芸予地震	2001/3/24	*	*	*	6.8	2.10E+19	*	*	5.85E+19	*	*	*	*	*	新井・他 (2015)	・M0はKakehi(2004)、Aは経緯式による。 M0はlogM0=1.5MW+9.1より求めた
	フィリピン海 (S.W.JAPAN)	同上	同上	2001/3/24	34.1	132.7	51.0	*	2.00E+19	*	39.3	6.00E+19	*	*	*	*	*	池田・他 (2004)	●地震モーメントはHarvard大学の値 ●短周期レベルは観測記録から推定した震源スペクトルで求めた
	フィリピン海 (S.W.JAPAN)	同上	同上	2001/3/24	34.1	132.7	51.0	*	1.50E+19	*	38.5	5.40E+19	*	*	*	*	*	池田・他 (2002b)	●地震モーメントはHarvard大学の値 ●短周期レベルは観測記録から推定した震源スペクトルで求めた
	フィリピン海 (S.W.JAPAN)	同上	同上	2001/3/24	34.12 (YK)	132.7087 (YK)	50 (YK) 46.46 (TS)	*	1.4E+19 (YK) 2.1E+19 (KH)	*	*	6.0E+19 (I2)	6.2E+19 (M)	*	asp1.47 asp2.41 (A1)	asp1.33.1 asp2.24.8 (A1)	*	笹谷・他 (2006)	A1:Asano et al. (2003) M:森川・他(2002), YK:Yagi and Kikuchi (2001) M <sub>0</sub> -A, M <sub>0</sub> -Sa等の図ではこちらをプロットした。 TS:笹谷・他(2006) KH:Kakehi (2004), I2:池田・他(2004) 笹谷・他では6.0E+20だが池田・他より6.0E+19とした。
	フィリピン海 (S.W.JAPAN)	同上	同上	2001/3/24	*	*	46.0	*	1.88E+19	*	3.6	*	*	*	81.0	24.3	*	Iwata and Asano (2011)	Kakehi(2004)
	フィリピン海 (S.W.JAPAN)	同上	同上	2001/3/24	*	*	46.0	*	3.36E+19	*	5.2	*	*	*	135.0	24.2	*	関口・岩田 (2002)	
26	フィリピン海 (S.W.JAPAN)	同上	同上	2001/3/24	34.1	132.7	46.5	*	1.51E+19	*	*	*	*	*	*	*	*	Asano et al. (2004)	2つのアスペリティ
	フィリピン海 (S.W.JAPAN)	同上	同上	2001/3/24	*	*	*	*	*	423.2	*	*	*	*	*	74.0	0.175	森川・(2002)	
	フィリピン海 (S.W.JAPAN)	22	芸予地震(余震)	2001/3/25	34.0	132.8	51.0	4.4	4.60E+15	*	12.8	1.80E+18	*	*	*	*	*	池田・他 (2002b)	●地震モーメントはHarvard大学の値 ●短周期レベルは観測記録から推定した震源スペクトルで求めた
	フィリピン海 (S.W.JAPAN)	同上	同上	同上	34.0	132.8	51.0	*	4.60E+15	*	8.3	1.30E+18	*	*	*	*	*	池田・他 (2004)	●地震モーメントはF-netの値 ●短周期レベルは観測記録から推定した震源スペクトルで求めた
	フィリピン海 (S.W.JAPAN)	23	*	2001/3/26	33.9	132.7	48.0	4.0	1.40E+15	*	18.5	1.50E+18	*	*	*	*	*	池田・他 (2004)	●地震モーメントはF-netの値 ●短周期レベルは観測記録から推定した震源スペクトルで求めた M0はlogM0=1.5MW+9.1より求めた
	フィリピン海 (S.W.JAPAN)	24	*	2001/3/26	34.1	132.7	49.0	5.2	7.00E+16	*	5.3	2.40E+18	*	*	*	*	*	池田・他 (2004)	●地震モーメントはHarvard大学の値 ●短周期レベルは観測記録から推定した震源スペクトルで求めた M0はlogM0=1.5MW+9.1より求めた
	フィリピン海 (S.W.JAPAN)	25	芸予地震(余震)	2001/3/26 02.16	33.9	132.7	48.0	4.0	1.40E+15	*	20.5	1.60E+18	*	*	*	*	*	池田・他 (2002b)	●地震モーメントはHarvard大学の値 ●短周期レベルは観測記録から推定した震源スペクトルで求めた M0はlogM0=1.5MW+9.1より求めた

表 3.2.3-1 国内のスラブ内地震の断層パラメータの調査結果（つづき）

（赤字：作図で使用した値、青文字：今年度業務で新たに追加したデータ）

地域 番号	地域名	地震 番号	地震名	発生日 年月日	震源位置			モーメント マグニ チュード M <sub>w</sub> (M <sub>0</sub> か ら求め た)	地震 モーメント (論文) M <sub>0</sub> (Nm)	断層 面積 S (km <sup>2</sup> )	平均 応力 降下量 Δσ (MPa)	短周期 レベル (SI: Spectral Inversion) A (N・m/s <sup>3</sup> )	短周期 レベル (SMGA: Strong Motion Generation Area) A (N・m/s <sup>3</sup> )	コーナ ー 振動数 f <sub>c</sub> (Hz)	アスペリ ティの 応力降 下量 Δσ <sub>s</sub> (MPa)	アスペリ ティの 面積 S <sub>a</sub> (km <sup>2</sup> )	アスペ リティの 面積比 S <sub>a</sub> /S	参考文献	備考
					緯度 [N]	経度 [E]	深さ [km]												
	フィリピン海 (S.W.JAPAN)	26	芸予地震 (余震)	2001/3/26 05:40	34.1	132.7	49.0	5.1	4.80E+16	*	7.0	2.60E+18	*	*	*	*	*	池田・他 (2002b)	●地震モーメントは ハーバード大学の値 ●短周期レベルは観 測記録から推定した 震源スペクトルで求 めた M <sub>0</sub> は logM <sub>0</sub> =1.5MW+9.1よ り求めた
	フィリピン海 (S.W.JAPAN)	27	*	2001/4/3	33.8	132.0	67.0	4.7	1.30E+16	*	2.8	9.00E+17	*	*	*	*	*	池田・他 (2004)	●地震モーメントは F-netの値 ●短周期レベルは観 測記録から推定した 震源スペクトルで求 めた M <sub>0</sub> は logM <sub>0</sub> =1.5MW+9.1よ り求めた
	フィリピン海 (S.W.JAPAN)	28	静岡県中部	2001/4/3	35.0	138.1	33.0	5.3	1.20E+17	*	5.6	3.00E+18	*	*	*	*	*	池田・他 (2004)	●地震モーメントは Harvard大学の値 ●短周期レベルは観 測記録から推定した 震源スペクトルで求 めた M <sub>0</sub> は logM <sub>0</sub> =1.5MW+9.1よ り求めた
	フィリピン海 (S.W.JAPAN)	28	静岡県中部	2001/4/3	35.039 (H) 35 (F)	138.095 (H) 138.1 (F)	30.11 (H) 35 (F)	*	*	*	*	*	9.12E+18	*	34	3.2	*	森川・他 (2001)	β=4.6 HH-net NIED 走向傾斜すべり角: 311.7, 74.8, 170.2 度 術科学技 術研究所 (2001) 走向傾斜すべり角: 341.36-62 2枚の断層面 logM <sub>0</sub> =1.5M <sub>w</sub> +9.1
	フィリピン海 (S.W.JAPAN)	28	静岡県中部	2001/4/3	*	*	*	*	8.20E+16	30.24	*	*	*	*	34	3.2	0.106	森川・他 (2002)	
	フィリピン海 (S.W.JAPAN)	29	日向灘	2001/4/25	32.8	132.4	42.0	5.7	4.00E+17	*	10.5	6.80E+18	*	*	*	*	*	池田・他 (2004)	●地震モーメントは Harvard大学の値 ●短周期レベルは観 測記録から推定した 震源スペクトルで求 めた M <sub>0</sub> は logM <sub>0</sub> =1.5MW+9.1よ り求めた
26	フィリピン海 (S.W.JAPAN)	同上	同上	同上	32.796 (I2)	132.342 (I2)	39.3 (I2)	*	4.00E+17	*	*	6.8E+18(I2)	*	*	19(A1)	2.2+3.4 =7.5(A1)	*	笹谷・他 (2006)	HHarvard CMT AI-Asano et al.(2003) I2,Ikeda et al.(2004)
	フィリピン海 (S.W.JAPAN)	30	-	2001/6/1	35.0	138.1	32.0	4.7	1.40E+16	*	2.3	8.00E+17	*	*	*	*	*	池田・他 (2004)	●地震モーメントは F-netの値 ●短周期レベルは観 測記録から推定した 震源スペクトルで求 めた M <sub>0</sub> は logM <sub>0</sub> =1.5MW+9.1よ り求めた
	フィリピン海 (S.W.JAPAN)	31	-	2001/9/6	33.1	132.0	50.0	4.3	3.40E+15	*	3.6	6.80E+17	*	*	*	*	*	池田・他 (2004)	●地震モーメントは F-netの値 ●短周期レベルは観 測記録から推定した 震源スペクトルで求 めた M <sub>0</sub> は logM <sub>0</sub> =1.5MW+9.1よ り求めた
	フィリピン海 (S.W.JAPAN)	32	-	2002/3/25	33.8	132.6	46.0	4.7	1.30E+16	*	3.8	1.10E+18	*	*	*	*	*	池田・他 (2004)	●地震モーメントは F-netの値 ●短周期レベルは観 測記録から推定した 震源スペクトルで求 めた M <sub>0</sub> は logM <sub>0</sub> =1.5MW+9.1よ り求めた
	フィリピン海 (S.W.JAPAN)	33	-	2002/4/6	33.4	132.5	42.0	4.3	3.80E+15	*	3.7	7.20E+17	*	*	*	*	*	池田・他 (2004)	●地震モーメントは F-netの値 ●短周期レベルは観 測記録から推定した 震源スペクトルで求 めた M <sub>0</sub> は logM <sub>0</sub> =1.5MW+9.1よ り求めた
	フィリピン海 (S.W.JAPAN)	34	相模トラフ	2004/2/28	35.4	140.4	38.7	4.0	1.30E+15	*	47.5	2.17E+18	*	6.50	*	*	*	佐藤(2015)	表1、スベッドルイン バージョン。 M <sub>0</sub> は logM <sub>0</sub> =1.5MW+9.1よ り求めた 傾度傾度はF-net参 照

表 3.2.3-1 国内のスラブ内地震の断層パラメータの調査結果（つづき）

（赤字：作図で使用した値、青文字：今年度業務で新たに追加したデータ）

地域番号	地域名	地震番号	地震名	発生日 年月日	震源位置			モーメントマグニチュード Mw (M0から求めた)	地震モーメント (論文) M0 (Nm)	断層面積 S (km <sup>2</sup> )	平均応力 低下量 Δσ (MPa)	短周期 レベル (St. Spectral Inversion) A (N・m/s <sup>2</sup> )	短周期 レベル (SMGA, Strong Motion Generation Area) A (N・m/s <sup>2</sup> )	コーナー 振動数 fc (Hz)	アスペリ ティの 応力降 下量 Δσs (MPa)	アスペリ ティの 面積 Ss (km <sup>2</sup> )	アスペ リティの 面積比 Ss/S	参考文献	備考
					緯度 [N]	経度 [E]	深さ [km]												
26	フィリピン海 (S.W.JAPAN)	35	相模トラフ	2004/8/25	35.5	139.9	50.6	4.3	3.39E+15	*	16.0	1.44E+18	*	3.28	*	*	*	佐藤(2015)	表1. スペクトルインバージョン。 M0は logM0=1.5MW+9.1より求めた 緯度経度はF-net参照
	フィリピン海 (S.W.JAPAN)	36	大分県西部 の地震	2006/6/12	33.1	131.4	145.0	6.3	4.20E+18	*	24.9	2.70E+19	*	*	*	*	*	池田 (2010b)	●地震モーメントはGlobalCMTカタログの値 ●短周期レベルは観測記録から推定した震源スペクトルで求めた M0は logM0=1.5MW+9.1より求めた ●短周期モーメントはGlobalCMTカタログの値
	フィリピン海 (S.W.JAPAN)	37	伊予灘の地震	2006/9/26	33.5	131.9	70.0	5.3	9.80E+16	*	11.5	4.50E+18	*	*	*	*	*	池田 (2010b)	●短周期レベルは観測記録から推定した震源スペクトルで求めた M0は logM0=1.5MW+9.1より求めた 緯度経度はF-net参照
	フィリピン海 (S.W.JAPAN)	38	相模トラフ	2007/6/1	36.1	139.7	59.4	4.4	4.43E+15	*	42.1	3.01E+18	*	4.15	*	*	*	佐藤(2015)	表1. スペクトルインバージョン。 M0は logM0=1.5MW+9.1より求めた 緯度経度はF-net参照
	フィリピン海 (S.W.JAPAN)	39	相模トラフ	2008/4/4	36.1	139.8	53.5	4.8	2.05E+16	*	35.1	4.45E+18	*	2.34	*	*	*	佐藤(2015)	表1. スペクトルインバージョン。 M0は logM0=1.5MW+9.1より求めた 緯度経度はF-net参照
	フィリピン海 (S.W.JAPAN)	40	相模トラフ	2008/5/1	35.4	140.4	35.8	4.4	4.80E+15	*	22.2	2.02E+18	*	3.27	*	*	*	佐藤(2015)	表1. スペクトルインバージョン。 M0は logM0=1.5MW+9.1より求めた 緯度経度はF-net参照
	フィリピン海 (S.W.JAPAN)	41	相模トラフ	2009/2/17	35.3	140.2	31.0	4.5	6.74E+15	*	10.6	1.38E+18	*	2.28	*	*	*	佐藤(2015)	表1. スペクトルインバージョン。 M0は logM0=1.5MW+9.1より求めた 緯度経度はF-net参照
	フィリピン海 (S.W.JAPAN)	42	駿河湾の 地震(余震)	2009/8/11 18.09	34.8	138.5	20.0	4.1	2.10E+15	*	2.1	2.90E+17	*	1.87	*	*	*	池田 (2010a)	●地震モーメントはF-net ●短周期レベルは観測記録のフーリエスペクトル比(余震/本震)から求めた M0は logM0=1.5MW+9.1より求めた 緯度経度はF-net参照
	フィリピン海 (S.W.JAPAN)	同上	同上	同上	*	*	19.5	*	2.08E+15	*	21.0	1.48E+18	*	4.24	*	*	*	佐藤 (2010b)	・深さ、M0(F-net)は、表1。 ・Δσ、A、fcは、スペクトルインバージョンによる、表2。

表 3.2.3-1 国内のスラブ内地震の断層パラメータの調査結果（つづき）

（赤字：作図で使用した値、青文字：今年度業務で新たに追加したデータ）

地域番号	地域名	地震番号	地震名	発生日 年月日	震源位置			モーメントマグニチュード Mw (M0から求めた)	地震モーメント (論文) M <sub>0</sub> (Nm)	断層面積 S (km <sup>2</sup> )	平均応力 降下量 Δσ (MPa)	短周期 レベル (SI: Spectral Inversion) A (N・m/s <sup>3</sup> )	短周期 レベル (SMGA: Strong Motion Generation Area) A (N・m/s <sup>3</sup> )	コーナー 振動数 f <sub>c</sub> (Hz)	アスペリ ティの 応力降 下量 Δσ <sub>s</sub> (MPa)	アスペリ ティの 面積 S <sub>a</sub> (km <sup>2</sup> )	アスペ リティの 面積比 S <sub>a</sub> /S	参考文献	備考
					緯度 [N]	経度 [E]	深さ [km]												
	フィリピン海 (S.W.JAPAN)	43	駿河湾沖 (本震)	2009/8/11 05:07	*	*	*	6.2	2.25E+18	*	*	*	3.61E+19 (2.09E+19, 2.95E+19)	*	(75.1, 75.1)	18 (6, 12)	*	佐藤 (2010b)	・経験的グリーン関 数法による震源モデル の推定。 ・M0は、F-netによる (表1)。 ・震源位置、L、Wは、 SMGAのために設定 した。2枚の断層面。 ・2つのSMGAのモデル。 ・SMGAのパラメータ は表4。 M0は logM0=1.5MW+9.1より 求めた
	フィリピン海 (S.W.JAPAN)	同上	同上	同上	*	*	21.6	*	2.25E+18	*	80.6	3.71E+19	*	0.65	*	*	*	佐藤 (2010b)	・深さ、M0(F-net)は、 表1。 ・Δσ、A、fcは、スペ クトルインバージョン による。表2。
	フィリピン海 (S.W.JAPAN)	同上	同上	同上	*	*	23.0	6.2	2.30E+18	*	37.7	2.00E+19	*	0.48	*	*	*	池田 (2010a)	●地震モーメントは F-net ●短周期レベルは観 測記録から推定した 震源スペクトルで求 めた M0は logM0=1.5MW+9.1より 求めた
	フィリピン海 (S.W.JAPAN)	同上	同上	同上	-	-	23.0	*	*	*	*	*	*	SMGA1:3 5.7 SMGA2:2 7.5	SMGA1: 3.6*3.6 =13 SMGA2: 4.8*4.8 =23	*	浅野・岩田 (2010)	注)2枚の断層面	
	フィリピン海 (S.W.JAPAN)	同上	同上	同上	34.8	138.5	23.0	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	野津(2010)	2枚の断層面 3つのアスペリティ
	フィリピン海 (S.W.JAPAN)	同上	同上	同上	-	-	-	*	4.80E+18	*	*	*	*	*	*	*	*	上野・他 (2009)	2枚の断層面
26	フィリピン海 (S.W.JAPAN)	同上	同上	同上	34.7	138.5	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)	-	
	フィリピン海 (S.W.JAPAN)	同上	同上	同上	-	-	23.0	*	*	*	*	*	*	asp1: 16.7 asp2: 17.6	asp1:16.2 asp2:45.0	*	倉橋・他 (2009)	2枚の断層面	
	フィリピン海 (S.W.JAPAN)	44	駿河湾地震 (余震)	2009/8/13 12:42	34.8	138.5	19.0	3.8	6.70E+14	*	2.4	2.10E+17	*	2.84	*	*	*	池田 (2010a)	●地震モーメントは F-net ●短周期レベルは観 測記録のフーリエ スペクトル比(余震/ 本震)から求めた M0は logM0=1.5MW+9.1より 求めた
	フィリピン海 (S.W.JAPAN)	同上	同上	同上	*	*	19.0	*	6.72E+14	*	36.7	1.47E+18	*	7.44	*	*	*	佐藤 (2010b)	・深さ、M0(F-net)は、 表1。 ・Δσ、A、fcは、スペ クトルインバージョン による。表2。
	フィリピン海 (S.W.JAPAN)	45	駿河湾地震 (余震)	2009/8/13 18:11	34.8	138.4	23.0	4.3	3.90E+15	*	5.3	6.60E+17	*	2.07	*	*	*	池田 (2010a)	●地震モーメントは F-net ●短周期レベルは観 測記録のフーリエ スペクトル比(余震/ 本震)から求めた M0は logM0=1.5MW+9.1より 求めた
	フィリピン海 (S.W.JAPAN)	同上	同上	同上	*	*	22.6	*	3.90E+15	*	24.8	2.03E+18	*	3.63	*	*	*	佐藤 (2010b)	・深さ、M0(F-net)は、 表1。 ・Δσ、A、fcは、スペ クトルインバージョン による。表2。
	フィリピン海 (S.W.JAPAN)	46	駿河湾沖	2009/9/2 13:04	34.9	138.4	22.2	3.5	2.28E+14	*	17.7	6.29E+17	*	8.36	*	*	*	佐藤 (2010b)	・深さ、M0(F-net)は、 表1。 ・Δσ、A、fcは、スペ クトルインバージョン による。表2。 M0は logM0=1.5MW+9.1より 求めた



表 3.2.3-2 国外のスラブ内地震の断層パラメータの調査結果

(赤字：作図で使用した値、青文字：今年度業務で新たに追加したデータ)

地域 番号	地域名	地震 番号	地震名	発生日  年月日	震源位置			モーメント マグニ チュード  Mw (M0から 求めた)	地震 モーメント (論文)  M0 (Nm)	断層 面積  S (km <sup>2</sup> )	平均 応力 降下量  Δσ (MPa)	短周期 レベル (SI: Spectral Inversion)  A (N・m/s <sup>2</sup> )	短周期 レベル (SMGA: Strong Motion Generation Area)  A (N・m/s <sup>2</sup> )	コーナ ー 振動数  f <sub>0</sub> (Hz)	アスペリ ティの 応力降下 量  Δσ <sub>a</sub> (MPa)	アスペリ ティの面 積  S <sub>a</sub> (km <sup>2</sup> )	アスペリ ティの面 積比  S <sub>a</sub> /S	参考 文献	備考
					緯 度 [N]	経 度 [E]	深 さ [km]												
17	Cascadia	27	Olympia	1949/4/13	47.2	-122.6	60.0	6.8	1.91.E+19	*	5.9	*	5.60.E+19	*	65	36.0	*	Iwata and Asano (2011)	β=4.5としてAを求めた。 M <sub>0</sub> は logM <sub>0</sub> =1.5M <sub>w</sub> +9.1 より求めた 震源位置はSeno and Yoshida (2004)参照
	Cascadia	同上	-	1949/4/13	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	McNeill et al. (2004)		
	Cascadia	同上	-	1949/4/13	47.2	-122.6	54.0	*	*	*	*	*	*	*	*	*	Seno and Yoshida (2004)		
	Cascadia	同上	-	1949/4/13	*	*	60.0	*	1.91.E+19	*	*	*	*	*	*	36.0	*	Ichinose et al. (2006).	
	Cascadia	同上	-	1949/4/13	47.1	-123.0	54.0	*	1.50.E+19	*	*	*	*	*	*	*	Baker and Langston (1987)		
	Cascadia	169	Tacoma	1965/4/29	47.4	-122.3	60.0	6.6	9.43.E+18	*	5.9	*	4.28.E+19	*	52.1	28.0	*	Iwata and Asano (2011)	M <sub>0</sub> は logM <sub>0</sub> =1.5M <sub>w</sub> +9.1 より求めた 震源位置はLin and Lee (2008)参照
	Cascadia	同上	-	1965/4/29	47.4	-122.3	59.0	*	*	*	*	*	*	*	*	*	Lin and Lee (2008)	Mw=6.7	
	Cascadia	同上	-	1965/4/29	47.4	-122.3	60.0	*	9.43.E+18	*	*	*	*	*	*	28.0	*	Ichinose et al. (2004)	
	Cascadia	92	Nisqually	2001/2/28	47.1	-122.5	56.0	6.7	1.66.E+19	*	3.7	*	4.11.E+19	*	40.40	43.0	*	Iwata and Asano (2011)	M <sub>0</sub> は logM <sub>0</sub> =1.5M <sub>w</sub> +9.1 より求めた 震源位置 globalCMT参照
	Cascadia	同上	Nisqually	2001/2/28	47.1	-122.5	47.0	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	Seno and Yoshida (2004)	
	Cascadia	同上	-	2001/2/28	47.1	-122.7	56.0	*	1.66.E+19	*	*	*	*	*	*	45.0	*	Ichinose et al. (2004)	
Cascadia	同上	-	2001/2/28	*	*	60.0	*	1.11.E+19	*	*	*	*	*	*	*	*	Ichinose et al. (2006).		

表 3.2.3-2 国外のスラブ内地震の断層パラメータの調査結果（つづき）

（赤字：作図で使用した値、青文字：今年度業務で新たに追加したデータ）

地域 番号	地域名	地震 番号	地震名	発生日  年月日	震源位置			モーメント マグニ チュード M <sub>w</sub> (M <sub>0</sub> から 求めた)	地震 モーメント (論文) M <sub>0</sub> (Nm)	断層 面積 S (km <sup>2</sup> )	平均 応力 降下量 Δσ (MPa)	短周期 レベル (SI Spectral Inversion) A (N・m/s <sup>2</sup> )	短周期 レベル (SMCA: Strong Motion Generation Area) A (N・m/s <sup>2</sup> )	コーナ ー振 動数 f <sub>c</sub> (Hz)	アスペ リティ の 応力降 下量 Δσ <sub>a</sub> (MPa)	アスペ リティ の 面積 S <sub>a</sub> (km <sup>2</sup> )	アスペ リティ の 面積 比 S <sub>a</sub> /S	参考 文献	備考
					緯 度 [N]	経 度 [E]	深 さ [km]												
18	Central America	104	-	1994/2/23	17.8	-97.3	75.0	5.8	6.28E+17	*	32.4	1.81E+19	*	8.55E-01	*	*	*	Garcia et al. (2004)	A = (2πf <sub>c</sub> ) <sup>2</sup> M <sub>0</sub> よりAを求めた。 M <sub>0</sub> は log M <sub>0</sub> = 1.5M <sub>w</sub> + 9.1 より求めた
	Central America	同上	-	1994/2/23	17.8	-97.3	75.0	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	Iglesias et al. (2002)	Mw5.8
	Central America	同上	-	1994/2/23	17.8	-97.3	75.0	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	Garcia et al. (2005)	
	Central America	106	-	1994/5/23	18.0	-100.6	50.0	6.2	2.77E+18	*	32.4	2.97E+19	*	0.52	*	*	*	Garcia et al. (2004)	A = (2πf <sub>c</sub> ) <sup>2</sup> M <sub>0</sub> よりAを求めた。 M <sub>0</sub> は log M <sub>0</sub> = 1.5M <sub>w</sub> + 9.1 より求めた
	Central America	同上	-	1994/5/23	18.0	-100.6	50.0	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	Iglesias et al. (2002)	Mw6.2
	Central America	同上	-	1994/5/23	18.0	-100.6	50.0	*	2.51E+18	*	*	*	*	*	*	*	*	Garcia et al. (2005)	
	Central America	172	Mexico	1994/5/23	18.0	-100.6	50.0	6.2	2.77E+18	*	32.4	2.97E+19	*	0.52	*	*	*	Garcia et al. (2004)	A = (2πf <sub>c</sub> ) <sup>2</sup> M <sub>0</sub> よりAを求めた。 M <sub>0</sub> は log M <sub>0</sub> = 1.5M <sub>w</sub> + 9.1 より求めた
	Central America	同上	-	1994/5/23	18.2	-100.5	55.0	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	Lin and Lee (2008)	Mw=6.3.
	Central America	同上	-	1994/5/23	18.0	-100.6	50.0	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	Garcia et al. (2005)	
	Central America	107	-	1994/12/10	18.0	-101.5	50.0	6.4	5.20E+18	*	49.4	4.85E+19	*	0.49	*	*	*	Garcia et al. (2004)	A = (2πf <sub>c</sub> ) <sup>2</sup> M <sub>0</sub> よりAを求めた。 M <sub>0</sub> は log M <sub>0</sub> = 1.5M <sub>w</sub> + 9.1 より求めた
	Central America	同上	-	1994/12/10	18.0	-101.5	49.0	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	Iglesias et al. (2002)	Mw6.4
	Central America	同上	-	1994/12/10	18.0	-101.5	50.0	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	Garcia et al. (2005)	

表 3.2.3-2 国外のスラブ内地震の断層パラメータの調査結果（つづき）

（赤字：作図で使用した値、青文字：今年度業務で新たに追加したデータ）

地域 番号	地域名	地震 番号	地震名	発生日 年月日	震源位置			モーメント マグニ チュード M <sub>w</sub> (M <sub>0</sub> から 求めた)	地震 モーメント (論文) M <sub>0</sub> (Nm)	断層 面積 S (km <sup>2</sup> )	平均 応力 降下量 Δσ (MPa)	短周期 レベル (St. Spectral Inversion) A (N・m/s <sup>2</sup> )	短周期 レベル (SMGA: Strong Motion Generation Area) A (N・m/s <sup>2</sup> )	コーナ ー 振動数 f <sub>0</sub> (Hz)	アスペリ ティの 応力降下 量 Δσ <sub>a</sub> (MPa)	アスペリ ティの面 積 S <sub>a</sub> (km <sup>2</sup> )	アスペリ ティの面 積比 S <sub>a</sub> /S	参考 文献	備考	
					緯 度 [N]	経 度 [E]	深 さ [km]													
18	Central America	109	-	1996/7/19	17.2	-100.4	50.0	4.9	2.81.E+16	*	31.0	6.25.E+18	*	2.37	*	*	*	Garcia et al. (2004)	M <sub>0</sub> は log M <sub>0</sub> =1.5 M <sub>w</sub> +9.1 より求めた	
	Central America	110	-	1997/1/11	18.3	-102.6	40.0	7.1	6.06.E+19	*	26.6	7.24.E+19	*	0.17	*	*	*	Garcia et al. (2004)	M <sub>0</sub> -Aの図ではこ ちらをプロットし た。 A = (2 π f <sub>0</sub> ) <sup>2</sup> M <sub>0</sub> よ りAを求めた。 M <sub>0</sub> は log M <sub>0</sub> =1.5 M <sub>w</sub> +9.1 より求めた	
	Central America	同上	-	1997/1/11	*	*	35.0	*	4.54.E+19	*	2.7	*	2.59.E+19	*	10.1	320.0	*	Iwata and Asano (2011)	M <sub>0</sub> -S <sub>a</sub> の図ではこ ちらをプロットし た。 β=4.5として、A = 4 π β <sup>2</sup> Δσ <sub>a</sub> (S <sub>a</sub> / π) <sup>1/2</sup> よりAを求め た。	
	Central America	同上	-	1997/1/11	*	*	35.0	*	7.94.E+19	1500.0	*	*	*	*	*	*	*	Mikumo et al. (1999)	M <sub>w</sub> =7.1; 鉛直正断 層: 上端深さ20k m、下端深さ50k m;	
	Central America	同上	-	1997/1/11	18.3	-102.6	40.0	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	Seno and Yoshida (2004)	
	Central America	112	-	1997/5/19	17.3	-100.5	44.0	4.6	9.41.E+15	*	14.3	2.58.E+18	*	2.64	*	*	*	Garcia et al. (2004)	M <sub>0</sub> は log M <sub>0</sub> =1.5 M <sub>w</sub> +9.1 より求めた	
	Central America	113	-	1997/5/22	18.4	-101.8	54.0	6.5	6.53.E+18	*	22.1	3.07.E+19	*	0.35	*	*	*	Garcia et al. (2004)	M <sub>0</sub> は log M <sub>0</sub> =1.5 M <sub>w</sub> +9.1 より求めた	
	Central America	同上	-	1997/5/22	18.4	-101.8	54.0	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	Iglesias et al.(2002)	Mw6.5
	Central America	同上	-	1997/5/22	18.4	-101.8	54.0	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	Garcia et al. (2005)	
	Central America	114	-	1998/4/20	18.4	-101.2	64.0	5.9	1.01.E+18	*	20.6	1.57.E+19	*	0.63	*	*	*	Garcia et al. (2004)	M <sub>0</sub> は log M <sub>0</sub> =1.5 M <sub>w</sub> +9.1 より求めた	
	Central America	同上	-	1998/4/20	18.4	-101.2	64.0	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	Iglesias et al.(2002)	Mw5.9
	Central America	同上	-	1998/4/20	18.4	-101.2	64.0	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	Garcia et al. (2005)	

表 3.2.3-2 国外のスラブ内地震の断層パラメータの調査結果（つづき）

（赤字：作図で使用した値、青文字：今年度業務で新たに追加したデータ）

地域 番号	地域名	地震 番号	地震名	発生日 年月日	震源位置			モーメント マグニ チュード M <sub>w</sub> (M0から 求めた)	地震 モーメント (論文) M <sub>0</sub> (Nm)	断層 面積 S (km <sup>2</sup> )	平均 応力 降下量 Δσ (MPa)	短周期 レベル (SI Spectral Inversion) A (N・m/s <sup>2</sup> )	短周期 レベル (SMGA- Strong Motion Generation Area) A (N・m/s <sup>2</sup> )	コーナー 振動数 f <sub>c</sub> (Hz)	アスペリ ティの 応力降下 量 Δσ <sub>a</sub> (MPa)	アスペリ ティの面積 S <sub>a</sub> (km <sup>2</sup> )	アスペリ ティの面積 比 S <sub>a</sub> /S	参考 文献	備考
					緯度 [N]	経度 [E]	深さ [km]												
18	Central America	115	-	1999/6/15	18.1	-97.5	61.0	6.9	3.10E+19	*	73.3	1.15E+20	*	0.31	*	*	*	Garcia et al. (2004)	M <sub>0</sub> は log M <sub>0</sub> =1.5M <sub>w</sub> +9.1 より求めた
	Central America	同上	-	1999/6/15	18.2	-97.5	60.0	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	Iglesias et al.(2002)	Mw6.9
	Central America	同上	-	1999/6/15	18.1	-97.5	61.0	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	Garcia et al. (2005)	
	Central America	116	-	1999/6/21	18.2	-101.7	53.0	6.3	3.11E+18	*	30.3	2.95E+19	*	0.49	*	*	*	Garcia et al. (2004)	M <sub>0</sub> は log M <sub>0</sub> =1.5M <sub>w</sub> +9.1 より求めた
	Central America	同上	-	1999/6/21	18.2	-101.7	53.0	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	Iglesias et al.(2002)	Mw6.3
	Central America	同上	-	1999/6/21	18.2	-101.7	53.0	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	Garcia et al. (2005)	
	Central America	117	-	1999/9/30	16.0	-97.0	47.0	7.4	1.72E+20	*	66.0	1.89E+20	*	0.17	*	*	*	Garcia et al. (2004)	M <sub>0</sub> は log M <sub>0</sub> =1.5M <sub>w</sub> +9.1 より求めた
	Central America	同上	-	1999/9/30	*	*	40.0	*	1.79E+20	*	1.9	*	4.11E+19	*	9.8	731.0	*	Iwata and Asano (2011)	作図では、 globalGMTの M <sub>0</sub> =1.72E+20を用 いた
	Central America	同上	-	1999/9/30	16.1	-96.9	40.0	*	*	2020.0	*	*	*	*	*	*	*	Allen and Hayes (2017)	Mw=7.38
	Central America	同上	-	1999/9/30	15.7	-97.0	47.0	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	Seno and Yoshida (2004)	
Central America	同上	-	1999/9/30	16.0	-97.0	39.7	*	1.80E+20	*	*	*	*	*	*	*	*	Hernandez et al. (2001)		

表 3.2.3-2 国外のスラブ内地震の断層パラメータの調査結果（つづき）

（赤字：作図で使用した値、青文字：今年度業務で新たに追加したデータ）

地域 番号	地域名	地震 番号	地震名	発生日 年月日	震源位置			モーメント マグニ チュード M <sub>w</sub> (M0から 求めた)	地震 モーメント (論文) M <sub>0</sub> (Nm)	断層 面積 S (km <sup>2</sup> )	平均 応力 降下量 Δσ (MPa)	短周期 レベル (SI: Spectral Inversion) A (N・m/s <sup>2</sup> )	短周期 レベル (SMGA: Strong Motion Generation Area) A (N・m/s <sup>2</sup> )	コーナ ー振動数 f <sub>c</sub> (Hz)	アスペリ ティの 応力降下 量 Δσ <sub>s</sub> (MPa)	アスペリ ティの面積 S <sub>a</sub> (km <sup>2</sup> )	アスペリ ティの面積比 S <sub>a</sub> /S	参考 文献	備考	
					緯 度 [N]	経 度 [E]	深 さ [km]													
18	Central America	119	-	1999/12/29	18.0	-101.6	50.0	5.9	8.29E+17	*		1.07E+19	*	0.57	*	*	*	Garcia et al. (2004)	M <sub>0</sub> は logM <sub>0</sub> =1.5M <sub>w</sub> +9.1 より求めた	
	Central America	同上	-	1999/12/29	18.0	-101.6	50.0	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	Iglesias et al.(2002)	Mw5.9	
	Central America	120	Copalillo earthquake	2000/7/21	18.1	-99.0	50.0	5.9	8.49E+17	*	37.7	2.21E+19	*	0.81	*	*	*	Singh et al. (2014)	A = (2πf <sub>c</sub> ) <sup>3</sup> M <sub>0</sub> より Aを求めた。 M <sub>0</sub> は logM <sub>0</sub> =1.5M <sub>w</sub> +9.1 より求めた	
	Central America	同上	Copalillo earthquake	2000/7/21	18.1	-99.0	50.0	*	6.00E+17	400.0	36.0	*	*	0.81	*	*	*	Iglesias et al.(2002)	Mw=5.9; epicentral location from regional data; M0 from S-wave spectra of regional data;	
	Central America	218	El Salvador	2001/1/13	13.0	-89.1	54.0	7.7	4.57E+20	*	5.2	*	9.83E+19	*	25.3	733.0	*	Iwata and Asano (2011)	β=4.5として、A = 4πβ <sup>2</sup> Δσ <sub>s</sub> (S <sub>a</sub> / π) <sup>1/2</sup> よりAを求め た。 M <sub>0</sub> は logM <sub>0</sub> =1.5M <sub>w</sub> +9.1 より求めた ・震源位置 globalCMT参照	
	Central America	同上	El Salvador	2001/1/13	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	Arango et al. (2012)	intraslab, Mw=7.7
	Central America	同上	-	2001/1/13	13.0	-89.1	56.0	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	Seno and Yoshida (2004)	
	Central America	同上	-	2001/1/13	*	*	54.0	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	Vallee et al. (2003)	
	Central America	同上	-	2001/1/13	13.1	-88.7	60.0	*	*	2.34E+03	*	*	*	*	*	*	*	*	Allen and Hayes (2017)	Mw=7.70
	Central America	124	-	2001/3/5	17.2	-100.1	35.0	*	1.12E+17	*	15.1	5.91E+18	*	1.22	*	*	*	*	Garcia et al. (2005)	M <sub>0</sub> は logM <sub>0</sub> =1.5M <sub>w</sub> +9.1 より求めた
	Central America	同上	-	2001/3/5	17.2	-100.1	35.0	*	1.00E+17	*		*	*	*	*	*	*	*	Garcia et al. (2004)	

表 3.2.3-2 国外のスラブ内地震の断層パラメータの調査結果（つづき）

（赤字：作図で使用した値、青文字：今年度業務で新たに追加したデータ）

地域番号	地域名	地震番号	地震名	発生日 年月日	震源位置			モーメント マグニチュード Mw (M0から 求めた)	地震 モーメント (論文) M0 (Nm)	断層 面積 S (km <sup>2</sup> )	平均 応力 低下量 Δσ (MPa)	短周期 レベル (SI: Spectral Inversion) A (N・m/s <sup>2</sup> )	短周期 レベル (SMGA: Strong Motion Generation Area) A (N・m/s <sup>2</sup> )	コーナ ー 振動数 f <sub>c</sub> (Hz)	アスペリ ティの 応力降下 量 Δσ <sub>s</sub> (MPa)	アスペリ ティの面積 S <sub>s</sub> (km <sup>2</sup> )	アスペリ ティの面積比 S <sub>s</sub> /S	参考 文献	備考
					緯度 [N]	経度 [E]	深さ [km]												
18	Central America	125	-	2001/3/6	17.1	-100.1	38.0	5.2	8.30E+16	*	23.0	7.35E+18	*	1.50	*	*	*	Garcia et al. (2004)	M0は logM0=1.5Mw+9.1 より求めた
	Central America	同上	同上	2001/3/6	17.1	-100.1	38.0	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	Garcia et al. (2005)	
	Central America	127	-	2002/1/30	18.2	-96.0	118.0	5.9	9.43E+17	*	198.1	6.94E+19	*	1.37E+00	*	*	*	Garcia et al. (2004)	M0は logM0=1.5Mw+9.1 より求めた
	Central America	同上	-	2002/1/30	18.2	-95.9	116.0	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	Rodriguez-Perez (2014)	Mw=5.9. 傾斜角 =63°
	Central America	同上	-	2002/1/30	18.2	-96.0	118.0	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	Garcia et al. (2005)	
	Central America	140	-	2009/5/22	18.1	-98.4	46.0	5.7	4.60E+17	*	44.7	2.04E+19	*	1.06	*	*	*	Singh et al. (2014)	A = (2πf <sub>c</sub> ) <sup>3</sup> M0より Aを求めた。 M0は logM0=1.5Mw+9.1 より求めた
	Central America	148	-	2011/12/11	17.8	-99.9	57.0	6.5	6.71E+18	*	60.0	6.00E+19	*	0.48	*	*	*	Singh et al. (2014)	A = (2πf <sub>c</sub> ) <sup>3</sup> M0より Aを求めた。 M0は logM0=1.5Mw+9.1 より求めた
	Central America	149	-	2012/11/15	18.4	-100.4	60.9	*	1.83E+18	*	41.4	3.04E+19	*	0.65	*	*	*	Singh et al. (2014)	A = (2πf <sub>c</sub> ) <sup>3</sup> M0より Aを求めた。 M0は logM0=1.5Mw+9.1 より求めた
	Central America	150	-	2013/6/16	18.1	-99.2	55.0	5.9	9.10E+17	*	39.1	2.32E+19	*	0.80	*	*	*	Singh et al. (2014)	A = (2πf <sub>c</sub> ) <sup>3</sup> M0より Aを求めた。 M0は logM0=1.5Mw+9.1 より求めた
22	Central Chile	164	-	2005/6/13	-20.0	-69.2	108.0	7.7	3.92E+20	*	14.9	*	1.71E+20	*	59.7	400.0	*	Iwata and Asano (2011)	β=4.5として、A = 4πβ <sup>2</sup> Δσ <sub>s</sub> (S <sub>s</sub> /π) <sup>1/2</sup> よりAを求め た。 M0は logM0=1.5Mw+9.1 より求めた 震源位置 globalICMT参照
	Central Chile	同上	-	2005/6/13	-20.0	-69.2	108.0	*	*	1750.0	*	*	*	*	*	*	*	Allen and Hayes (2017)	Mw=7.74
	Central Chile	同上	-	2005/6/13	-20.0	-69.2	108.0	*	5.47E+20	*	15.0	*	*	*	*	*	*	Delouis and Legrand (2007)	

表 3.2.3-2 国外のスラブ内地震の断層パラメータの調査結果（つづき）

（赤字：作図で使用した値、青文字：今年度業務で新たに追加したデータ）

地域 番号	地域名	地震 番号	地震名	発生日 年月日	震源位置			モーメント マグニ チュード M <sub>w</sub> (M0から 求めた)	地震 モーメント (論文) M <sub>0</sub> (Nm)	断層 面積 S (km <sup>2</sup> )	平均 応力 降下量 Δσ (MPa)	短周期 レベル (St. Spectral Inversion) A (N・m/s <sup>2</sup> )	短周期 レベル (SMGA: Strong Motion Generation Area) A (N・m/s <sup>2</sup> )	コーナ ー振動数 f <sub>c</sub> (Hz)	アスペリ ティの 応力降下 量 Δσ <sub>a</sub> (MPa)	アスペリ ティの面 積 S <sub>a</sub> (km <sup>2</sup> )	アスペリ ティの面 積比 S <sub>a</sub> /S	参考 文献	備考
					緯 度 [N]	経 度 [E]	深 さ [km]												
27	Romania	209	Vrancea	1977/3/4	45.8	26.8	94.0	*	1.58.E+20	*	*	1.40.E+20	*	120	65.6	*	Oth et al. 2007	A = 4πβ <sup>2</sup> Δσα (Sa/π) <sup>1/2</sup> より。 M <sub>0</sub> はlogM <sub>0</sub> = 1.5M <sub>w</sub> +9.1より求 めた	
	Romania	215	Vrancea	1986/8/30	45.5	26.5	132.0	*	5.62.E+19	*	*	5.48.E+19	0.30	30	161.8	*	Oth et al. 2007	A = (2πf <sub>c</sub> ) <sup>2</sup> M <sub>0</sub> よ りAを求めた。 M <sub>0</sub> は logM <sub>0</sub> =1.5M <sub>w</sub> +9.1 より求めた 震源位置 globalCMT参照	
	Romania	212	Vrancea	1999/11/8	45.6	26.4	138.0	*	1.00.E+16	*	*	6.32.E+18	*	4.00	*	*	Oth et al. 2007	A = (2πf <sub>c</sub> ) <sup>2</sup> M <sub>0</sub> よ りAを求めた。 M <sub>0</sub> は logM <sub>0</sub> =1.5M <sub>w</sub> +9.1 より求めた	
	Romania	213	Vrancea	1999/11/14	45.5	26.3	132.0	*	1.00.E+16	*	*	9.48.E+18	*	4.90	*	*	Oth et al. 2007	A = (2πf <sub>c</sub> ) <sup>2</sup> M <sub>0</sub> よ りAを求めた。 M <sub>0</sub> は logM <sub>0</sub> =1.5M <sub>w</sub> +9.1 より求めた	
	Romania	214	Vrancea	2000/4/6	45.8	26.6	143.0	*	3.98.E+16	*	*	1.51.E+19	*	3.10	*	*	Oth et al. 2007	A = (2πf <sub>c</sub> ) <sup>2</sup> M <sub>0</sub> よ りAを求めた。 M <sub>0</sub> は logM <sub>0</sub> =1.5M <sub>w</sub> +9.1 より求めた	
	Romania	210	Vrancea	2002/9/6	45.6	26.4	105.0	*	1.78.E+15	*	*	4.84.E+18	*	8.30	*	*	Oth et al. 2007	A = (2πf <sub>c</sub> ) <sup>2</sup> M <sub>0</sub> よ りAを求めた。 M <sub>0</sub> は logM <sub>0</sub> =1.5M <sub>w</sub> +9.1 より求めた	
	Romania	211	Vrancea	2002/11/3	45.7	26.9	90.0	*	1.26.E+15	*	*	5.80.E+18	*	10.80	*	*	Oth et al. 2007	A = (2πf <sub>c</sub> ) <sup>2</sup> M <sub>0</sub> よ りAを求めた。 M <sub>0</sub> は logM <sub>0</sub> =1.5M <sub>w</sub> +9.1 より求めた	
	Romania	216	Vrancea	2004/10/27	45.8	26.7	99.0	*	6.31.E+17	*	*	*	2.17.E+19	1.6-1.7	90-120	2.1	*	Oth et al. 2007	A = 4πβ <sup>2</sup> Δσα (Sa/π) <sup>1/2</sup> より。 M <sub>0</sub> はlogM <sub>0</sub> = 1.5M <sub>w</sub> +9.1より求 めた



表 3.2.3-2 国外のスラブ内地震の断層パラメータの調査結果（つづき）

（赤字：作図で使用した値、青文字：今年度業務で新たに追加したデータ）

地域番号	地域名	地震番号	地震名	発生日 年月日	震源位置			モーメント マグニチュード Mw (M0から 求めた)	地震 モーメント (論文) M <sub>0</sub> (Nm)	断層 面積 S (km <sup>2</sup> )	平均 応力 降下量 Δσ (MPa)	短周期 レベル (St. Spectral Inversion) A (N・m/s <sup>2</sup> )	短周期 レベル (SMGA: Strong Motion Generation Area) A (N・m/s <sup>2</sup> )	コーナー 振動数 f <sub>c</sub> (Hz)	アスペリ ティの 応力降下 量 Δσ <sub>s</sub> (MPa)	アスペリ ティの面 積 S <sub>s</sub> (km <sup>2</sup> )	アスペリ ティの面 積比 S <sub>s</sub> /S	参考 文献	備考
					緯 度 [N]	経 度 [E]	深 さ [km]												
-	-	220	Chile, Nazca plate	1997/10/15	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	Lay et al. (2014)	Mw=7.1; intraslab earthquake, normal fault;
-	-	221	Sunda subduction zone arcs	2009/9/30	*	*	*	*	3.74e20, 3.42e20	5850	*	*	*	*	*	*	*	Wiseman et al.(2012)	・節面として、east-striking nodal plane (EWNP) またはsouth-striking nodal plane (NSNP)を仮定 ・波形とGPSデータによるJoint inversion ・EWNP節面で3.74e20Nm、NSNP節面で3.42e20Nm ・断層の長さとは幅は、Fig.6のすべり分布図の読み取りによる。
-	-	219	subducting Pacific lithosphere	2013/5/24	*	*	*	*	4.80E+21	7000	*	*	*	*	*	*	*	Wei et al. (2013a)	・波形inversion ・破壊速度 4km/s
-	-	同上	subducting Pacific plate	2013/5/24	*	*	*	*	4.10E+21	10800	15	*	*	*	*	*	*	Ye et al.(2013)	radiation efficiency(η <sub>r</sub> )を使って、静的応力降下量Δσ <sub>s</sub> と関係を求めると ・η <sub>r</sub> =0.6となるために、V <sub>r</sub> =4km/sなら、Δσ <sub>s</sub> =15MPaが必要で、断層長さ180km、幅60kmとなる。 ・また、V <sub>r</sub> =5km/sなら、Δσ <sub>s</sub> =12MPa、η <sub>r</sub> =0.6で、断層長さ180km、幅68kmとなる。
-	-		Okhotsk earthquake	2013/5/24	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	Allen and Hayes (2017)	intraslab earthquake、Mw=8.3

### 3.2.4 海洋プレート内地震の断層パラメータの分析

#### a) 国内外のスラブ内地震の地震モーメント $M_0$ と短周期レベル $A$ との関係の分析

図 3.2.4-1(1)に表 3.2.3-1 と表 3.2.3-2 に示した国内外のスラブ内地震の地震モーメント  $M_0$  と短周期レベル  $A$  との関係を、国内の地震については白丸印で、国外の地震については黒丸印で示す。図中、赤線は(3.2.4-1)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  $M_0$  と短周期レベル  $A_{sasatani}$  との経験的關係式で点線部分は外挿である。黒線は、(3.2.4-2)式で表される壇・他(2001)による内陸地震の地震モーメント  $M_0$  と短周期レベル  $A_{dan}$  との経験的關係式である。太線は平均値で、細線はその 2 倍と 1/2、点線部分は外挿である。

$$A_{sasatani}[\text{N} \cdot \text{m} / \text{s}^2] = 9.84 \times 10^{10} \times (M_0[\text{N} \cdot \text{m}] \times 10^7)^{1/3} \quad (3.2.4-1)$$

$$A_{dan}[\text{N} \cdot \text{m} / \text{s}^2] = 2.46 \times 10^{10} \times (M_0[\text{N} \cdot \text{m}] \times 10^7)^{1/3} \quad (3.2.4-2)$$

図 3.2.4-1(2)~(7)に地域区分ごとのスラブ内地震の地震モーメント  $M_0$  と短周期レベル  $A$  との関係を示す。

図より、スラブ内地震の短周期レベルと地震モーメントの関係において、日本のスラブ内地震は、 $M_w$  6 から  $M_w$  7 の間で、既往の経験則(笹谷・他, 2006)ほぼのっているが、 $M_w$  7 以上では既往の経験則より大きく、 $M_w$  6 以下では既往の経験則より小さい傾向が見られたが、国外のスラブ内地震は規模によらず、既往の経験則にほぼのっていることが分かった。地域ごとに見た場合、日本の太平洋プレートのスラブ内地震は、地震規模が大きくなると ( $M_w$  7 以上)、短周期レベルが既往の経験則(笹谷・他, 2006)より大きくなり、ほかの地域に比べて大きいことが分かった。国外のスラブ内地震の場合、ある程度のばらつきはあるがスラブ別の差は小さかった。

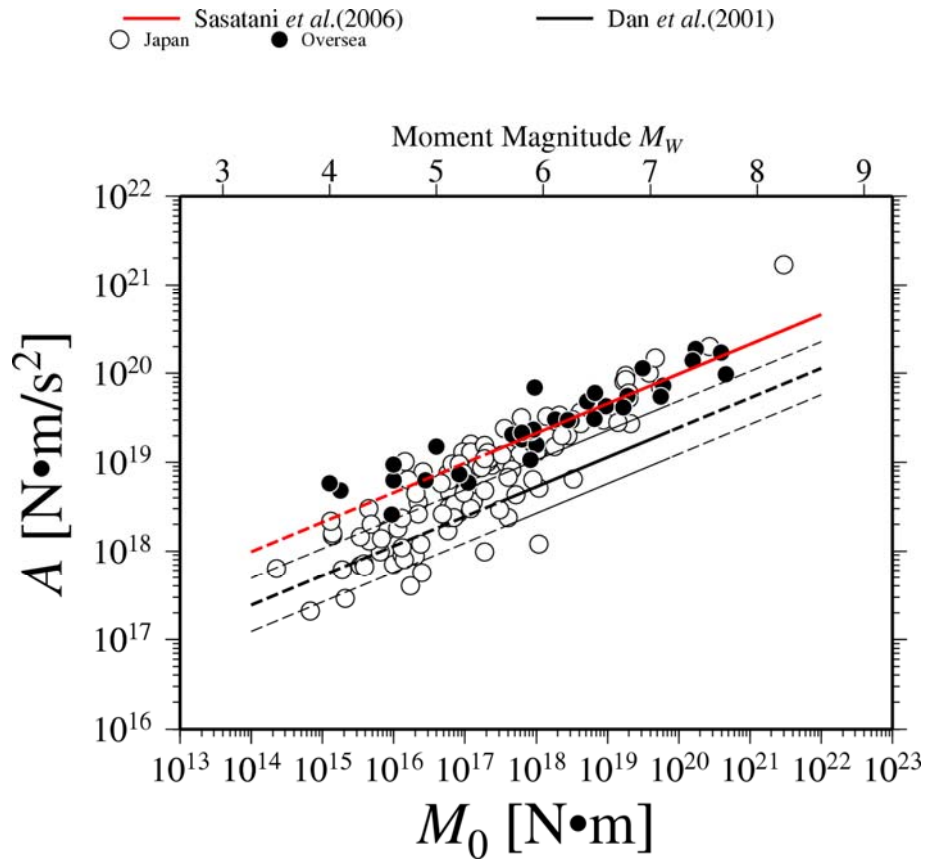


図 3.2.4-1(1) 国内外のスラブ内地震の地震モーメント  $M_0$  と短周期レベル  $A$  との関係

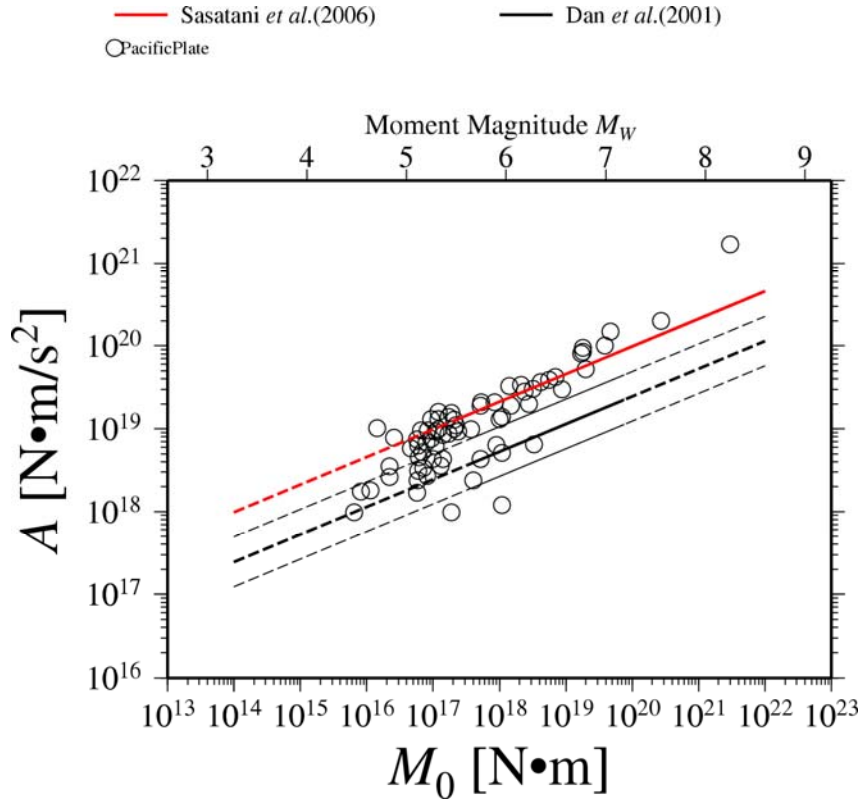


図 3.2.4-1(2) 国内外のスラブ内地震の地震モーメント  $M_0$  と短周期レベル  $A$  との関係

地域番号-12: Pacific Plate (日本)

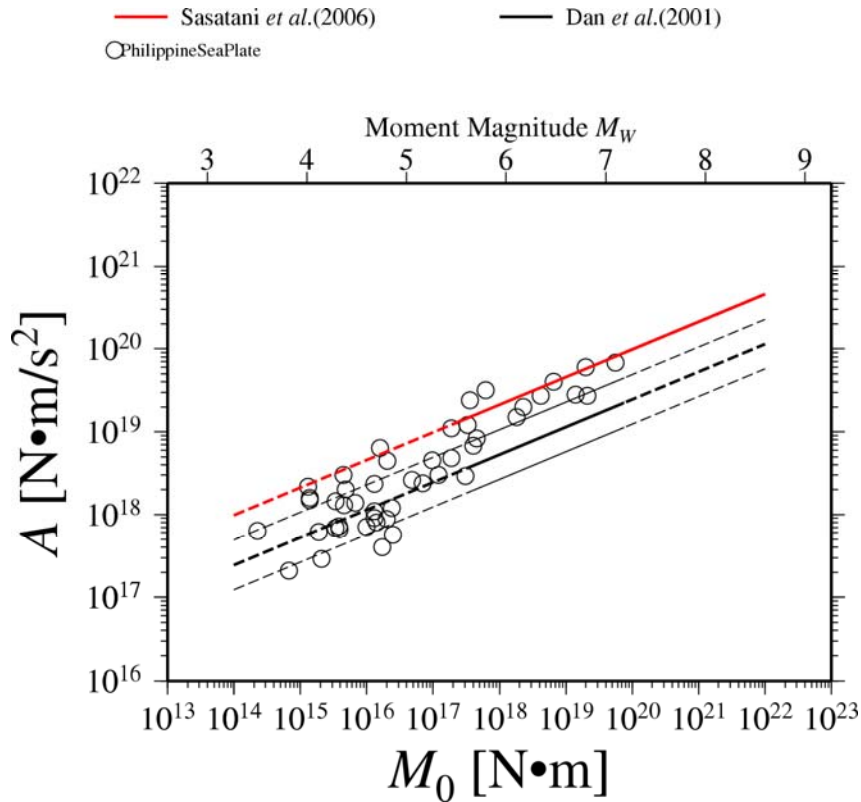


図 3.2.4-1(3) 国内外のスラブ内地震の地震モーメント  $M_0$  と短周期レベル  $A$  との関係

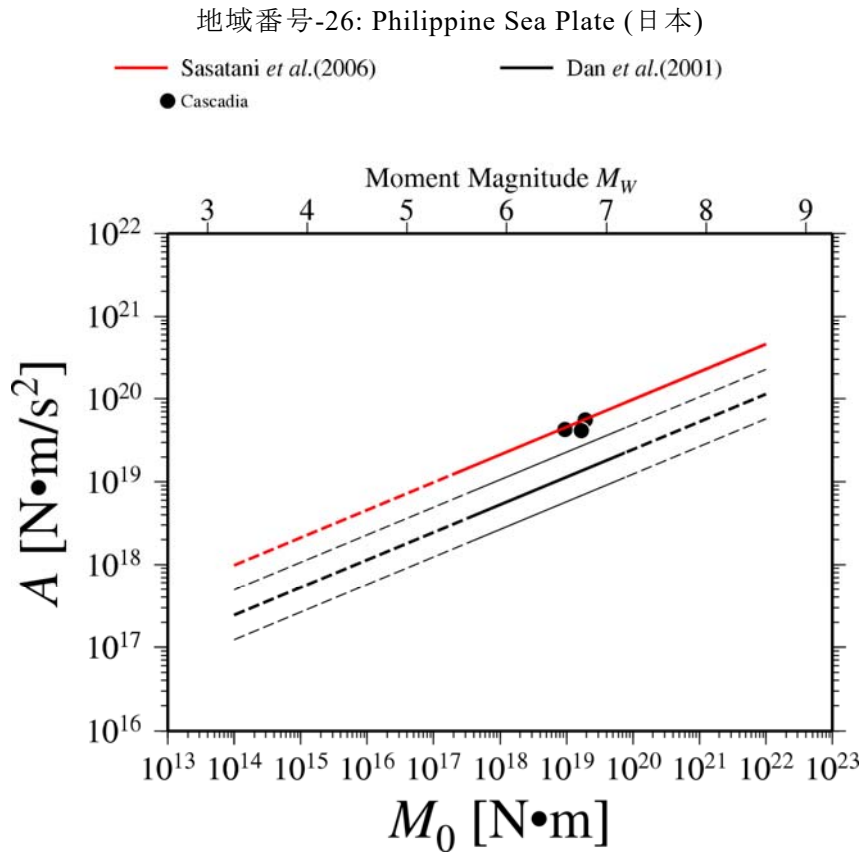


図 3.2.4-1(4) 国外のスラブ内地震の地震モーメント  $M_0$  と短周期レベル  $A$  との関係

地域番号-17: Cascadia (海外)

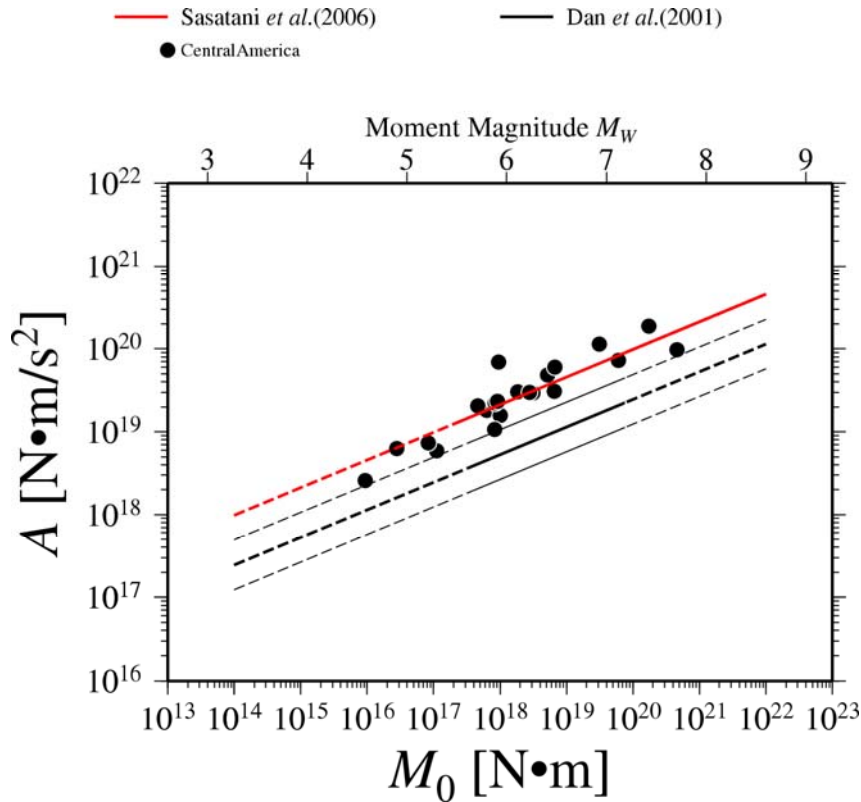


図 3.2.4-1(5) 国外のスラブ内地震の地震モーメント  $M_0$  と短周期レベル  $A$  との関係

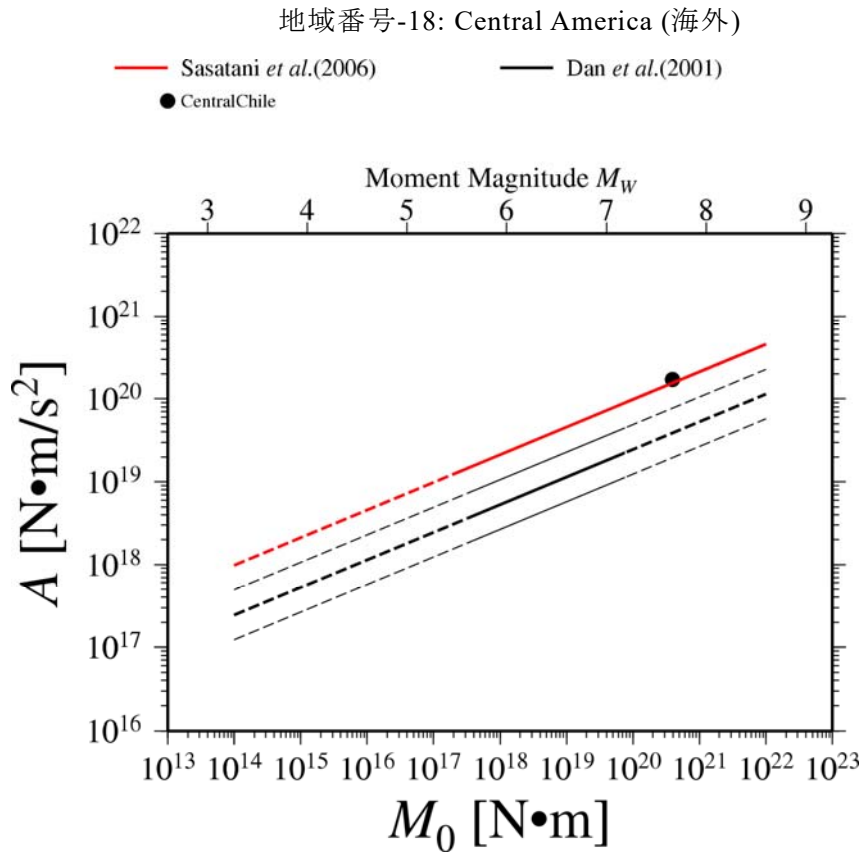


図 3.2.4-1(6) 国外のスラブ内地震の地震モーメント  $M_0$  と短周期レベル  $A$  との関係

地域番号-22: Central Chile (海外)

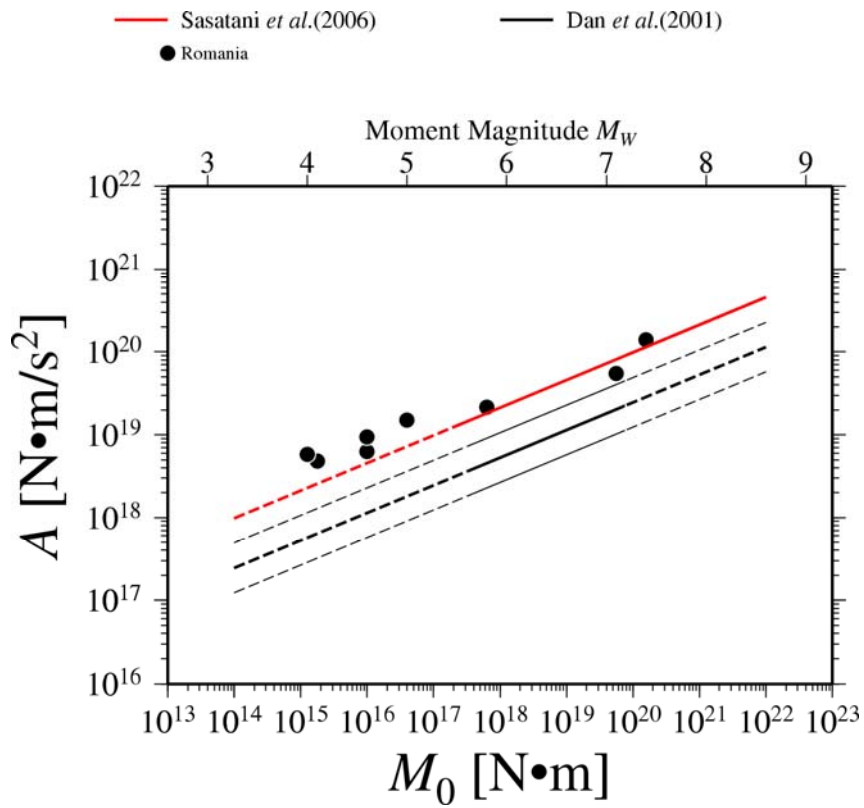


図 3.2.4-1(7) 国外のスラブ内地震の地震モーメント  $M_0$  と短周期レベル  $A$  との関係

地域番号-27: Romania (海外)

b) 国内外の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  $Sa$  との関係の分析

図 3.2.4-2(1)に表 3.2.3-1 と表 3.2.3-2 に示した国内外の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  $Sa$  との関係を、国内の地震については白丸印で、国外の地震については黒丸印で示す。図中、赤線は(3.2.4-3)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  $Sa_{sasatani}$  との経験的關係式で、黒線は(3.2.4-4)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  $Sa_{somerville}$  との経験的關係式である。

$$Sa_{sasatani}[\text{km}^2] = 1.25 \times 10^{-16} \times (M_0[\text{N} \cdot \text{m}] \times 10^7)^{2/3} \quad (3.2.4-3)$$

$$Sa_{somerville}[\text{km}^2] = 5.00 \times 10^{-16} \times (M_0[\text{N} \cdot \text{m}] \times 10^7)^{2/3} \quad (3.2.4-4)$$

図 3.2.4-2(2)~(7)に地域区分ごとの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  $Sa$  との関係を示す。

図より、スラブ内地震のアスペリティの面積と地震モーメントの関係において、日本のスラブ内地震と国外のスラブ内地震ともに、既往の経験則(笹谷・他, 2006)による経験的關係式に概ね整合しているが、国外のスラブ内地震の方が多少ばらつきが大きい分かった。地域ごとに見た場合、Cascadia 地域では既往の経験則よりアスペリティの面積が小さく、Central America では既往の経験則よりアスペリティの面積が大きいなどの違いが見られた。



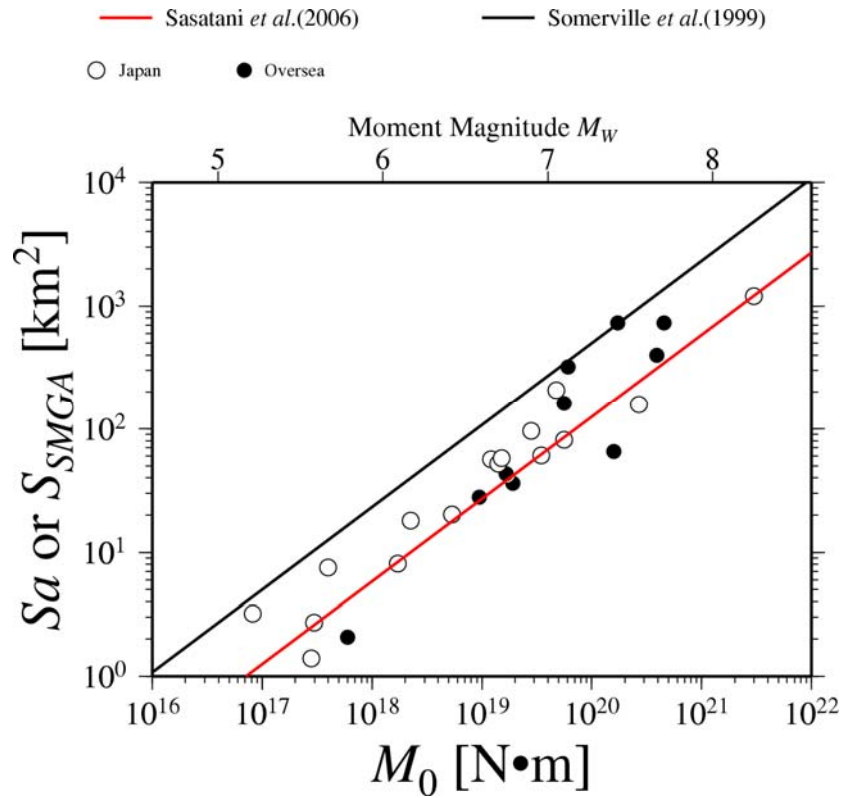


図 3.2.4-2(1) 国内外のスラブ内地震の地震モーメント  $M_0$  とアスペリティの面積  $S_a$  との関係

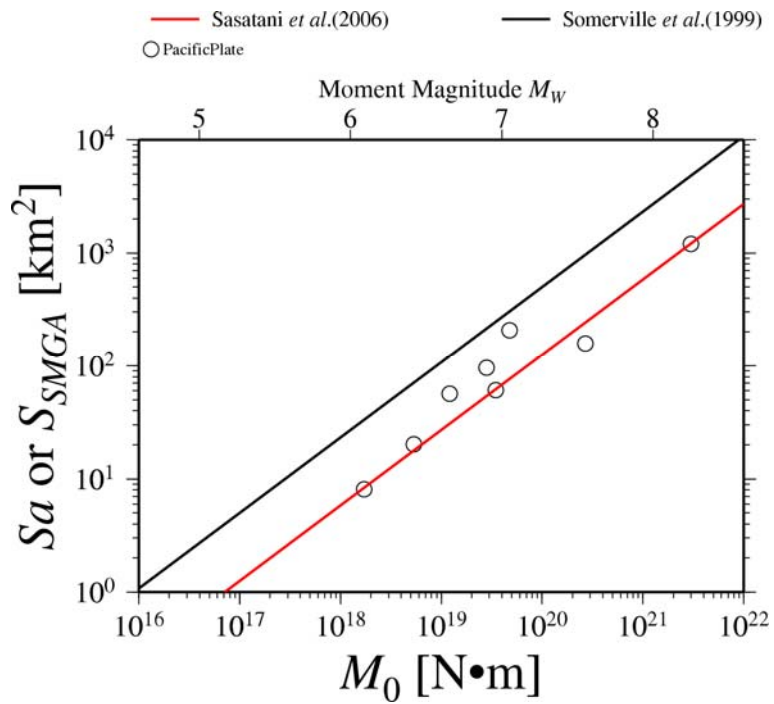


図 3.2.4-2(2) 国内外のスラブ内地震の地震モーメント  $M_0$  とアスペリティの面積  $S_a$  との関係, 地域番号-12: Pacific Plate (日本)

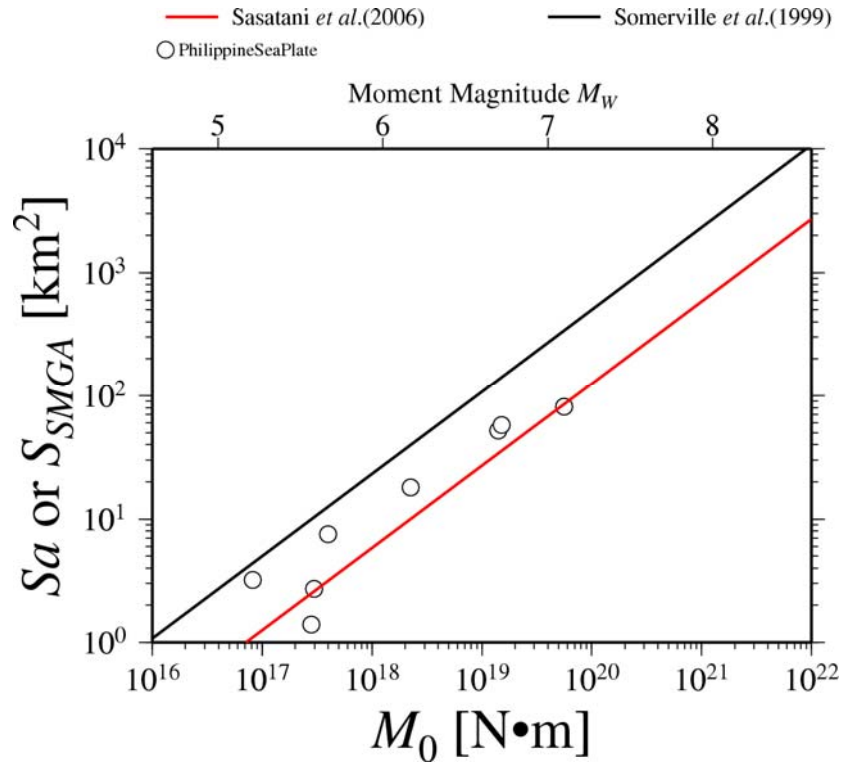


図 3.2.4-2(3) 国内外のスラブ内地震の地震モーメント  $M_0$  とアスペリティの面積  $S_a$  との関係， 地域番号-26: Philippine Sea Plate (日本)

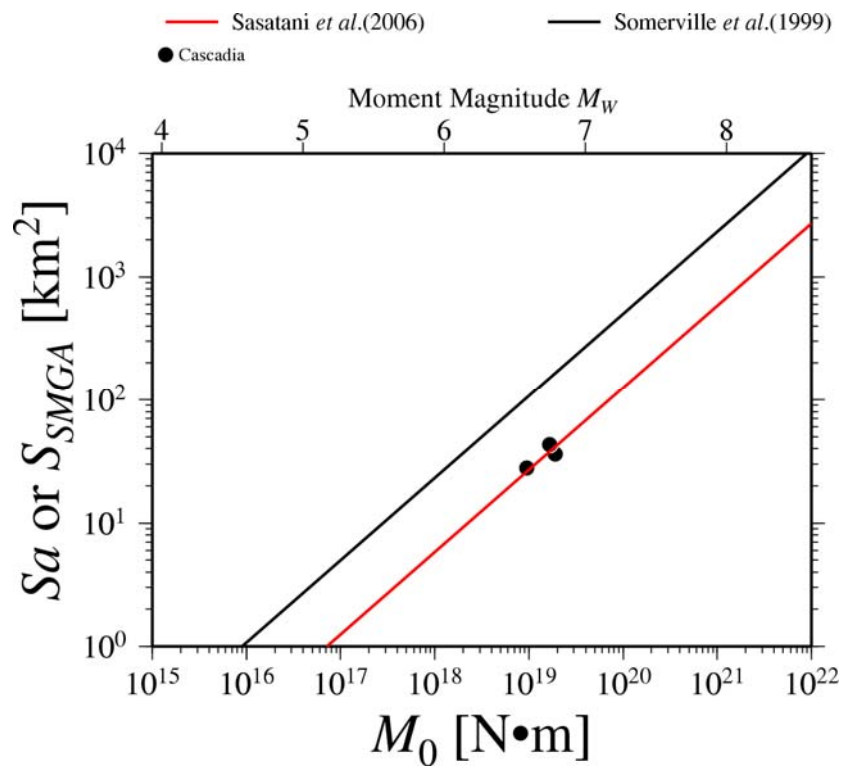


図 3.2.4-2(4) 国外のスラブ内地震の地震モーメント  $M_0$  とアスペリティの面積  $S_a$  との関係， 地域番号-17: Cascadia (海外)

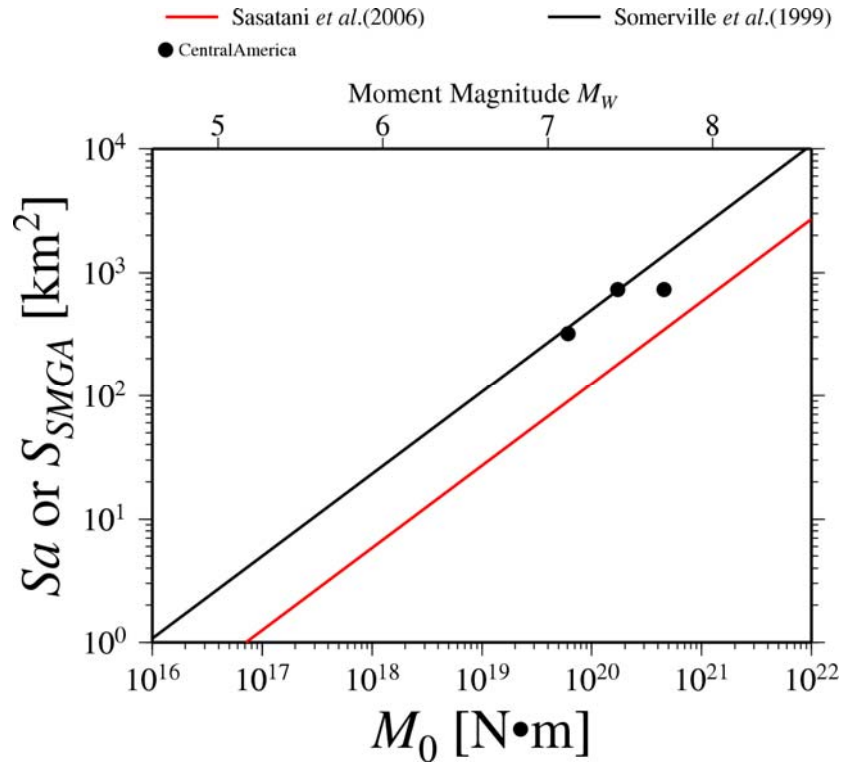


図 3.2.4-2(5) 国内外のスラブ内地震の地震モーメント  $M_0$  とアスペリティの面積  $S_a$  との関係，地域番号-18: Central America (海外)

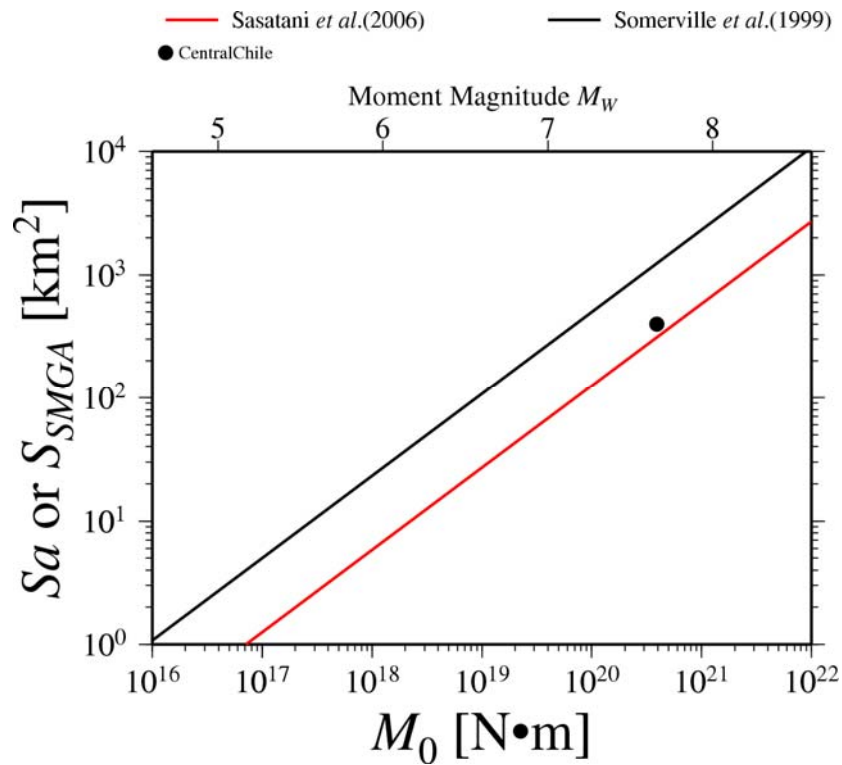


図 3.2.4-2(6) 国内外のスラブ内地震の地震モーメント  $M_0$  とアスペリティの面積  $S_a$  との関係，地域番号-22: Central Chile (海外)

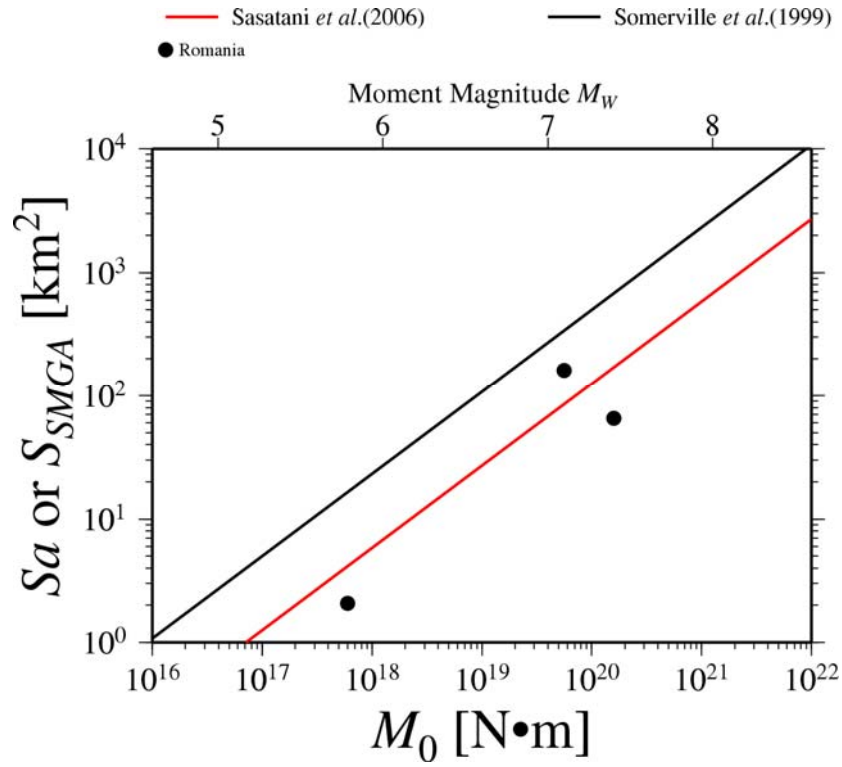


図 3.2.4-2(7) 国内外のスラブ内地震の地震モーメント  $M_0$  とアスペリティの面積  $S_a$  との関係，地域番号-27: Romania (海外)

c) 国内外のスラブ内地震の震源の深さ  $D$  と  $A/A_{\text{sasatani}}$  との関係の分析

図 3.2.4-3(1)に国内外のスラブ内地震の震源の深さ  $D$  と  $A/A_{\text{sasatani}}$  との関係を、国内の地震については白丸印で、国外の地震については黒丸印で示す。図には、佐藤(2013)による震源深さ  $D$  と  $A/A_{\text{dan}}$  との経験的關係を震源深さ  $D$  と  $A/A_{\text{sasatani}}$  との経験的關係に直した線も示す。

図 3.2.4-3(2)～(7)に地域区分ごとのスラブ内地震の震源の深さ  $D$  と  $A/A_{\text{sasatani}}$  との関係を示す。図より、スラブ内地震の震源深さと短周期レベルの関係において、日本のスラブ内地震と国外のスラブ内地震ともに、佐藤(2013)による経験的關係式に概ね整合している。地域ごとに見た場合、ある程度のばらつきはあるがスラブ別の差は小さかった。

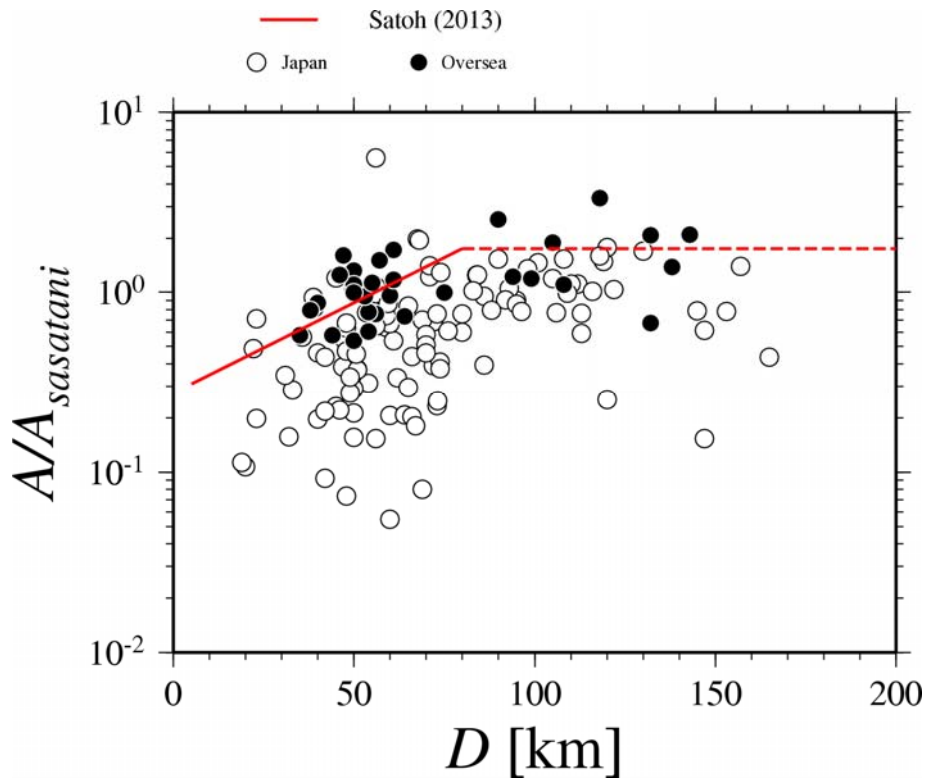


図 3.2.4-3(1) 国内のスラブ内地震の震源の深さ  $D$  と  $A/A_{sasatani}$  との関係

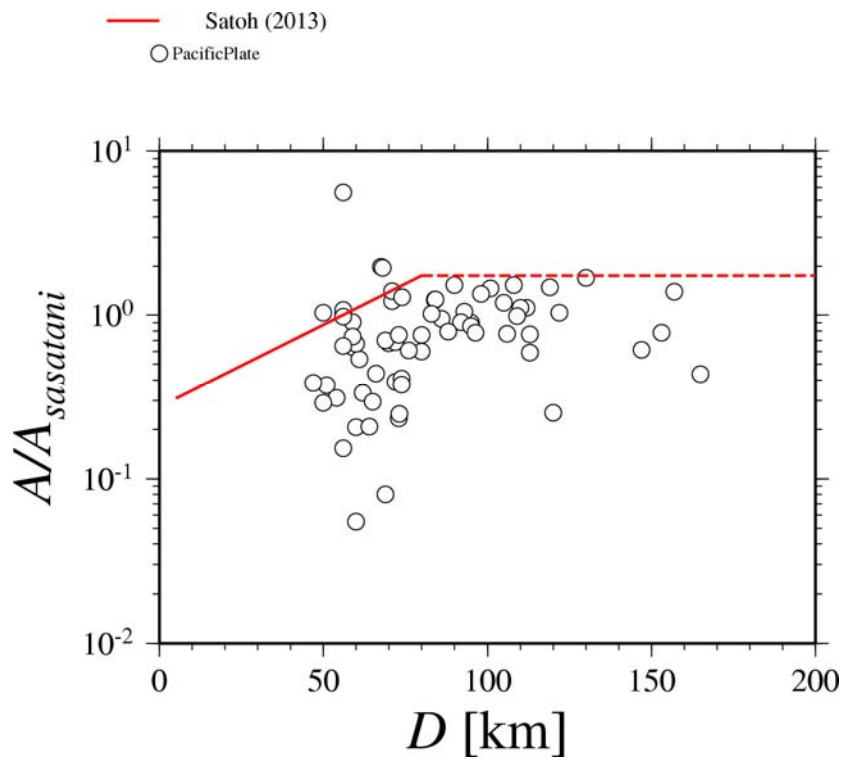


図 3.2.4-3(2) 国内外のスラブ内地震の震源の深さ  $D$  と  $A/A_{sasatani}$  との関係

地域番号-12: Pacific Plate (日本)

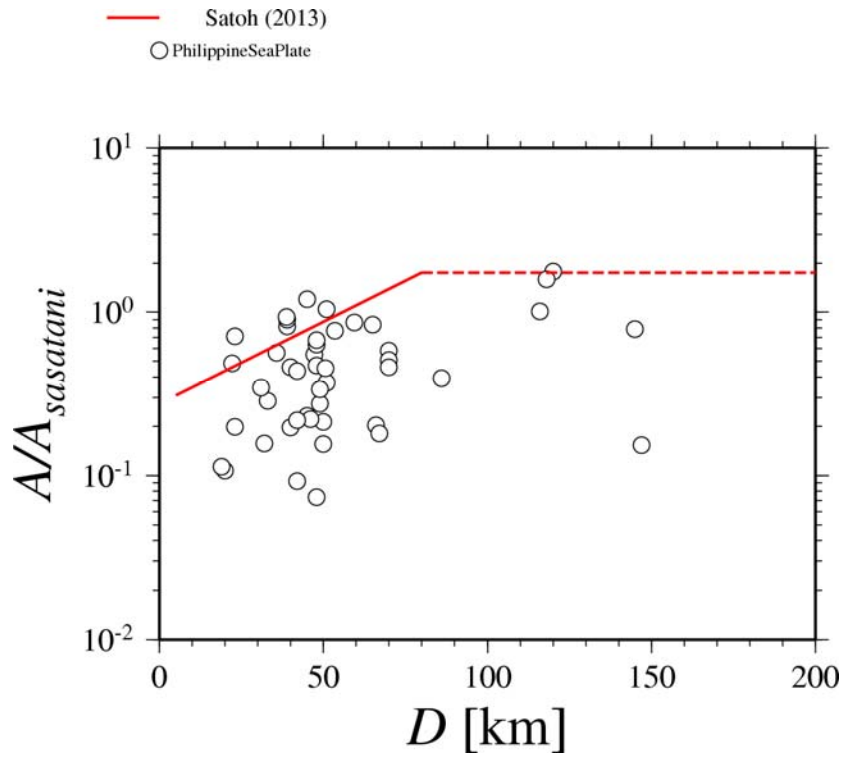


図 3.2.4-3(3) 国内外のスラブ内地震の震源の深さ  $D$  と  $A/A_{sasatani}$  との関係

地域番号-26: Philippine Sea Plate (日本)

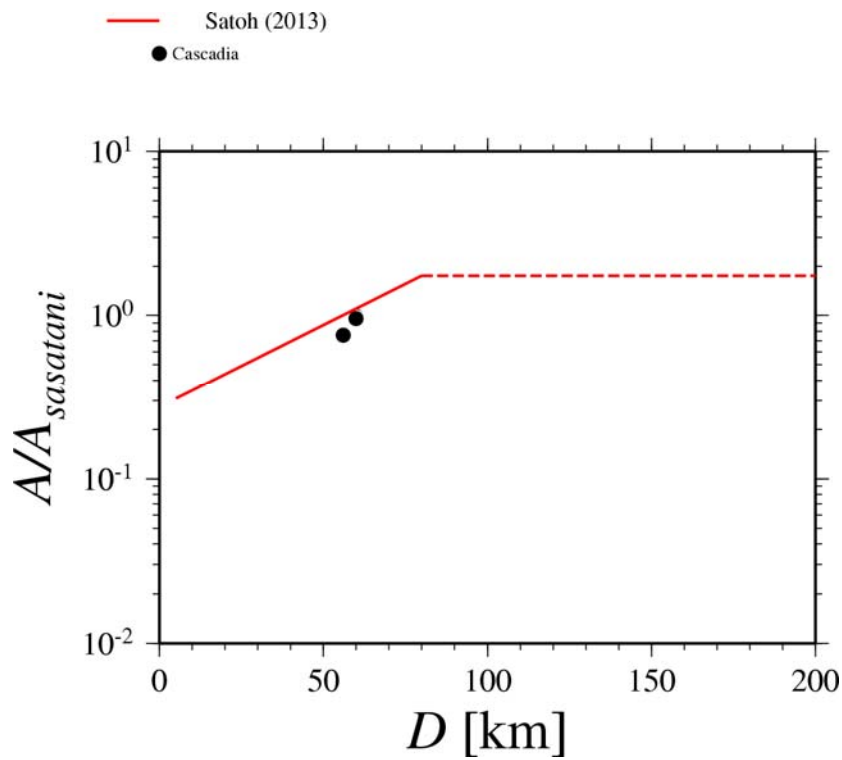


図 3.2.4-3(4) 国内外のスラブ内地震の震源の深さ  $D$  と  $A/A_{sasatani}$  との関係

地域番号-17: Cascadia (海外)



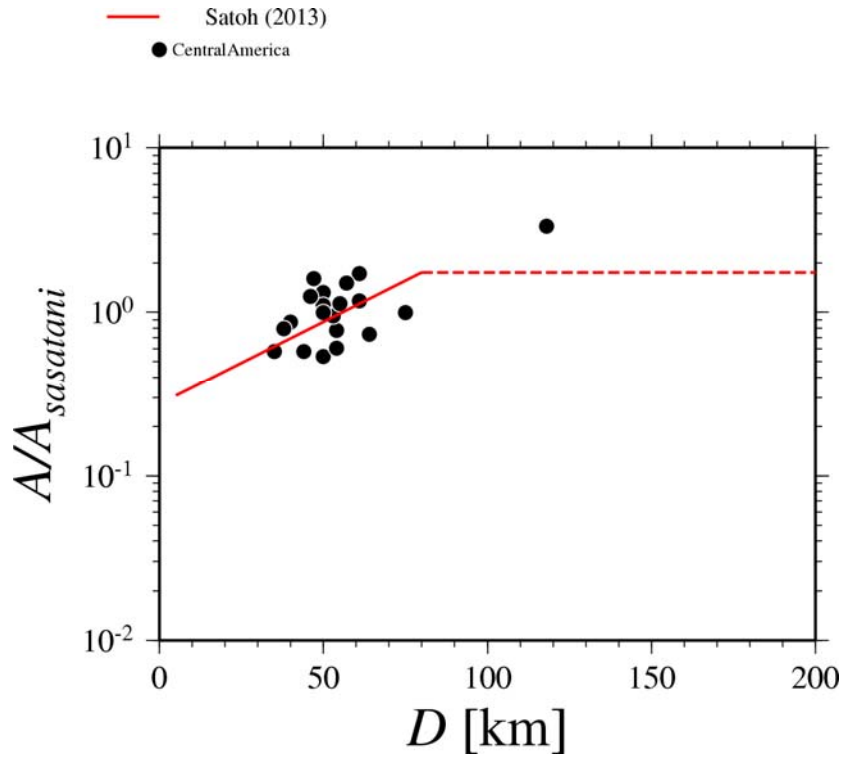


図 3.2.4-3(5) 国内外のスラブ内地震の震源の深さ  $D$  と  $A/A_{sasatani}$  との関係

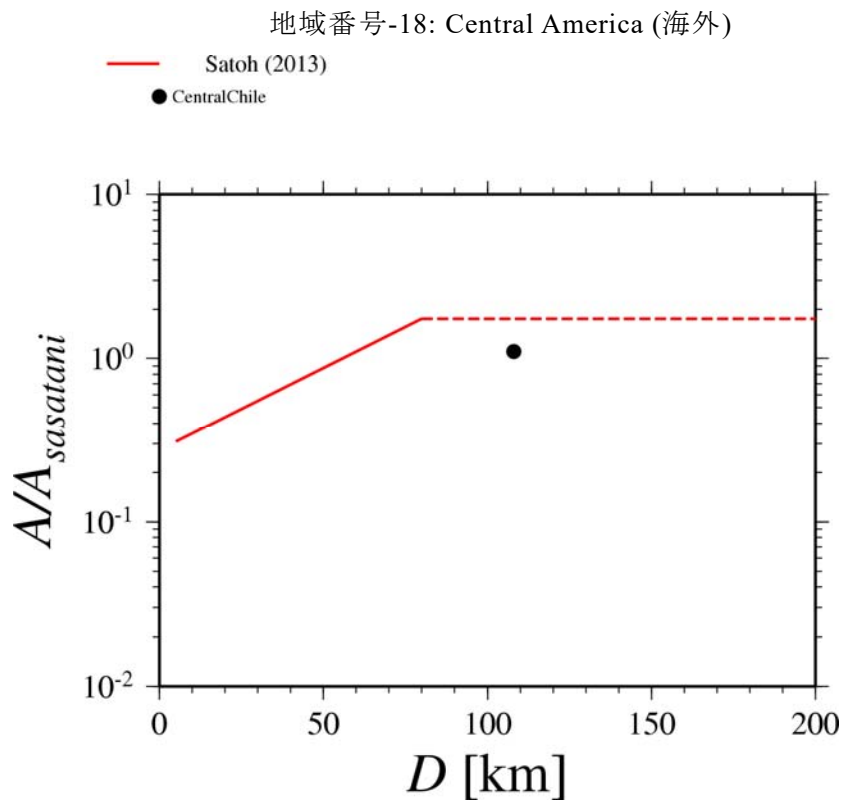


図 3.2.4-3(6) 国内外のスラブ内地震の震源の深さ  $D$  と  $A/A_{sasatani}$  との関係

地域番号-22: Central Chile (海外)

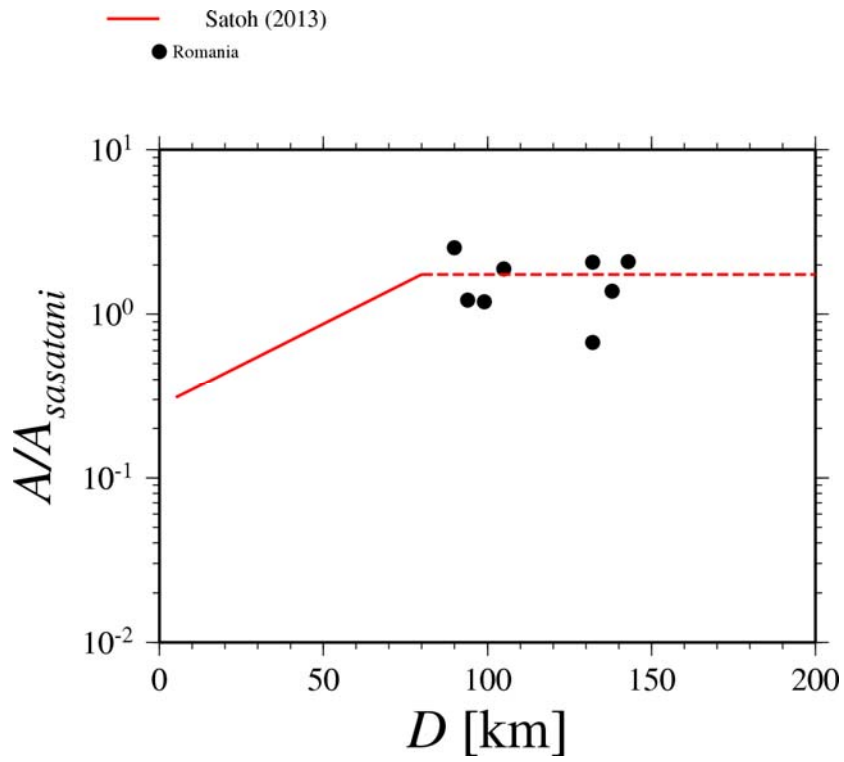


図 3.2.4-3(7) 国内外のスラブ内地震の震源の深さ  $D$  と  $A/A_{sasatani}$  との関係

地域番号-27: Romania (海外)

3.2 節の参考文献（英文：アルファベット順、和文：五十音順）

3.2.1

- 1) Atkinson, G. M. (2005): Ground Motions for Earthquakes in Southwestern British Columbia and Northwestern Washington: Crustal, In-Slab, and Offshoore Events, *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol. 95, No. 3, pp. 1027-1044.
- 2) Ibrahim, R., H. Si, K. Koketsu, and H. Miyake (2016): Long-Period Ground-Motion Prediction Equations for Moment Magnitude Estimation of Large Earthquakes in Japan, *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol. 106, No. 1, pp. 54-72.
- 3) Montalva, G. A., N. Bastias, and A. Rodriguez-Marek (2017): Ground-Motion Prediction Equation for the Chilean Subduction Zone, *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol. 107, No. 2, pp. 901-911.
- 4) Skarlatoudis, A. A., C. B. Papazachos, B. N. Margaris, C. Ventouzi, I. Kalogeras, and the EGELADOS Group (2013): Ground-Motion Prediction Equations of Intermediate-Depth Earthquakes in the Hellenic Arc, Southern Aegean Subduction Area, *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol. 103, No. 3, pp. 1952-1968.
- 5) Zhao, J. X., F. Jiang, P. Shi, H. Xing, H. Huang, R. Hou, Y. Zhang, P. Yu, X. Lan, D. A. Rhoades, P. G. Somerville, K. Irikura, and Y. Fukushima (2016): Ground-Motion Prediction Equations for Subduction Slab Earthquakes in Japan Using Site Class and Simple Geometric Attenuation Functions, *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol. 106, No. 4, pp. 1535-1551.
- 6) 岡崎由佳・笹谷努・高井伸雄・Yadab P. Dhakal (2010): 2005年三陸沖アウターライズ地震 (Mw7.0)による強震動特性, 第13回日本地震工学シンポジウム, pp. 281-288.
- 7) 佐藤智美 (2010): 日本のスラブ内地震とプレート境界地震の水平・上下動の距離減衰式, 日本建築学会構造系論文集, 第75巻, 第647号, pp. 67-76.
- 8) 高井伸雄・前田宣浩・重藤迪子・笹谷努 (2015): 応答スペクトルの単一サイト予測式 (SS-GMPE)ー三陸沖アウターライズ地震における検討ー, 日本地震工学会論文集, 第15巻, 第1号, pp. 18-37.

### 3.2.2

- 9) Allen, T. I. and G. P. Hayes (2017): Alternative Rupture-Scaling Relationships for Subduction Interface and Other Offshore Environments, *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol. 107, No. 3, pp. 1240-1253.
- 10) Asano, K., T. Iwata, and K. Irikura (2003): Source characteristics of shallow intraslab earthquakes derived from strong-motion simulations, *Earth Planets Space*, 55, e5-e8.
- 11) Kinoshita, S. and M. Ohike (2002): Scaling Relations of Earthquakes That Occurred in the Upper Part of the Philippine Sea Plate beneath the Kanto Region, Japan, Estimated by Means of Borehole Recordings, *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol. 92, No. 2, pp. 611-624.
- 12) 浅野公之・岩田知孝・入倉孝次郎 (2004): 2003年5月26日に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, 第57巻, pp. 171-185.
- 13) 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ー北海道・東北地方のスラブ内地震との比較ー, *日本建築学会構造系論文集*, 第 586 号, pp. 53-61.
- 14) 池田孝 (2010a): 2009年8月に駿河湾で発生したスラブ内地震の高振動数成分の励起特性, 第13回日本地震工学シンポジウム, pp. 289-296.
- 15) 池田孝 (2010b): 観測記録に基づいたスラブ内地震の短周期レベル, *北海道大学地球物理学研究報告*, No. 73, pp. 71-85.

### 3.2.3

- 16) Allen, T. I. and G. P. Hayes (2017): Alternative Rupture-Scaling Relationships for Subduction Interface and Other Offshore Environments, *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol. 107, No. 3, pp. 1240-1253.
- 17) Arango, M. C., F. O. Strasser, J. J. Bommer, J. M. Cepeda, R. Boroschek, D. A. Hernandez, and H. Tavera (2012): An Evaluation of the Applicability of Current Ground-Motion Models to the South and Central American Subduction Zones, *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol. 102, No. 1, pp. 143-168.

- 18) Asano, K., T. Iwata, and K. Irikura (2004): Characterization of source models of shallow intraslab earthquakes using strong motion data, Proceedings of 13th WCEE, No. 835.
- 19) Baker, G. E. and C. 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.
- 20) Delouis, B. and D. Legrand (2007):  $M_w$  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.
- 21) Garcia, D., S. K. Singh, M. Herraiz, J. F. Pacheco, and M. Ordaz (2004): Inslab Earthquakes of Central Mexico:  $Q$ , Source Spectra, and Stress Drop, Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 94, No. 3, pp. 789-802.
- 22) Garcia, D., S. K. Singh, M. Herraiz, M. Ordaz, and J. F. Pacheco (2005): Inslab Earthquakes of Central Mexico: Peak Ground-Motion Parameters and Response Spectra, Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 95, No. 6, pp. 2272-2282.
- 23) 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, 15WCEE.
- 24) 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.
- 25) Ichinose, G. A., H. K. Thio, and P. 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.
- 26) Ichinose, G. A., H. K. Thio, and P. 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.

- 27) Iglesias, A., S. K. Singh, J. F. Pacheco, and M. Ordaz (2002): A Source and Wave Propagation Study of the Copalillo, Mexico, Earthquake of 21 July 2000 (*M<sub>w</sub>* 5.9): Implications for Seismic Hazard in Mexico City from Inslab Earthquakes, *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol. 92, No. 3, pp. 1060-1071.
- 28) Iwata, T. and K. Asano (2011): Characterization of the heterogeneous source model of intraslab earthquakes toward strong ground motion prediction, *Pure and Applied Geophysics*, Vol. 168, pp. 117-124.
- 29) Lay, T., H. Yue, E. E. Brodsky, and C. An (2014): The 1 April 2014 Iquique, Chile, *M<sub>w</sub>* 8.1 earthquake rupture sequence, *Geophys. Res. Lett.*, 41, doi:10.1002/2014GL060238.
- 30) Lin, Po-Shen and Chyi-Tyi Lee (2008): Ground-Motion Attenuation Relationships for Subduction-Zone Earthquakes in Northeastern Taiwan, *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol. 98, No. 1, pp. 220-240.
- 31) McNeill, A. F., M. G. Bostock, G. C. Rogers, and J. C. Shragge (2004): The Effect of Forearc Mantle Serpentinization on Ground Motions from Megathrust and Intraslab Events in the Cascadia Subduction Zone, *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol. 94, No. 1, pp. 147-154.
- 32) Mikumo, T., S. K. Singh, and M. A. Santoyo (1999): A Possible Stress Interaction between Large Thrust and Normal Faulting Earthquakes in the Mexican Subduction Zone, *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol. 89, No. 6, pp. 1418-1427.
- 33) 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.
- 34) Morikawa, N., and H. Fujiwara (2013): A New Ground Motion Prediction Equation for Japan Applicable up to *M*<sub>9</sub> Mega-Earthquake, *Journal of Disaster Research*, Vol.8, No.5, pp.878-888.
- 35) Obana, K., S. Kodaira, Y. Nakamura, T. Sato, G. Fujie, T. Takahashi and Y. Yamamoto (2014): Aftershocks of the December 7, 2012 intraplate doublet near the Japan Trench axis, *Earth, Planets and Space*.

- 36) 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 (2012): 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*, 63, pp. 1207-1211.
  
- 37) Okada, T. and A. Hasegawa (2003): The  $M$ 7.1 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.
  
- 38) Oth A, Wenzel F, Radulian M (2007). Source parameters of intermediate-depth Vrancea (Romania) earthquakes from empirical Green's functions modeling, *Tectonophysics*, 438, 33-56.
  
- 39) Rodriguez-Perez, Q. (2014): Ground-Motion Prediction Equations for Near-Trench Interplate and Normal-Faulting Inslab Subduction Zone Earthquakes in Mexico, *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol. 104, No. 1, pp. 427-438.
  
- 40) Seno, T. and M. Yoshida (2004): Where and why do large shallow intraslab earthquakes occur?, *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, Vol. 141, pp. 183-206.
  
- 41) Singh, S. K., X. Perez-Campos, V. H. Espindola, V. M. Cruz-Atienza, and A. Iglesias (2014): Intraslab earthquake of 16 June 2013 ( $M_w$  5.9), one of the closest such events to Mexico City, *Seismological Research Letters*, Vol. 85, No. 2, pp. 268-277.
  
- 42) 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.
  
- 43) 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.
  
- 44) Vallee, M., M. Bouchon, and S. Y. Schwartz (2003): The 13 January 2001 El Salvador earthquake: Amultidata analysis, *Journal of Geophysical Research*, Vol. 108, No. B4.
  
- 45) Wei, S., D. Helmberger, Z. Zhan, and R. Graves (2013): Rupture complexity of the  $M_w$  8.3 sea



of Okhotsk earthquake: Rapid triggering of complementary earthquakes?, GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS, Vol. 40, 1-6, doi:10.1002/grl.50977.

- 46) Wiseman, K. P. Banerjee, R. Burgmann, K. Sieh, D. S. Dreger and I. Hermawan (2012): Geophysical Journal International, 190, 1710-1722.
- 47) Ye, L., Lay, T., Kanamori, H., and Koper, K. D. (2013): Energy release of the 2013 Mw 8.3 Sea of Okhotsk earthquake and deep slab stress heterogeneity. Science, 341(6152), 1380-1384.
- 48) 青井真・関口春子・功刀卓・本多亮・藤原広行 (2003): 近地強震動記録による宮城県北部の地震(2003/05/26,18:24)の震源インバージョン, 防災科学研究所(<http://www.kyoshin.bosai.go.jp/kyoshin/topics/miyagi/toppage.html> 2017/2/16 アクセス).
- 49) 浅野公之・岩田知孝・入倉孝次郎 (2004): 2003年5月26日に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, 第57巻, pp. 171-185.
- 50) 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.
- 51) 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, pp. 1537-1547.
- 52) 池田孝 (2010a): 2009年8月に駿河湾で発生したスラブ内地震の高振動数成分の励起特性, 第13回日本地震工学シンポジウム, pp. 289-296.
- 53) 池田孝 (2010b): 観測記録に基づいたスラブ内地震の短周期レベル, 北海道大学地球物理学研究報告, No. 73, pp. 71-85.
- 54) 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.
- 55) 池田孝・加藤研一・武村雅之 (2002): 2001年芸予地震の高振動数成分の励起特性, 第11回日本地震工学シンポジウム, pp. 119-124.

- 56) 池田孝・武村雅之・加藤研一 (2003): 強震記録に基づく東北地方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 572 号, pp. 39-46.
- 57) 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.
- 58) 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; Mj6.5) 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.
- 59) 加藤研一・武村雅之・入代和彦 (1999): やや深発地震の短周期地震動の励起強さとその地域性-最大加速度値に基づく検討-, 日本建築学会構造系論文集, 第521号, pp. 33-40.
- 60) 川辺秀憲・釜江克宏・上林宏敏 (2010): 2009 年駿河湾の地震(Mj6.5)の震源モデル, 日本建築学会大会(北陸), pp.707-708.
- 61) 神田克久・武村雅之 (2005): 震度データから検証する宮城県沖で発生する被害地震の繰り返し, 地震, 第2輯, 第58巻, pp. 177-198.
- 62) 菊地正幸 (2003): リアルタイム地震学, 東京大学出版, pp. 142-143.
- 63) 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.
- 64) 原子力規制庁 (2015): 第 253 回原子力発電所の新規制基準適合性に係る審査会合, 資料 2-1 浜岡原子力発電所海洋プレート内地震の地震動評価について, <http://www.nsr.go.jp/data/000116083.pdf> (2018 年 7 月 23 日参照)
- 65) 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 アクセス).
- 66) 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.
- 67) 佐藤智美 (2004a): 宮城県沖のスラブ内地震とプレート境界地震の短周期レベルの推定,

日本地震工学会論文集, 第4巻, 第1号, pp. 1-4.

- 68) 佐藤智美 (2004b): 強震記録に基づく 2003 年宮城県沖の地震の大加速度の成因に関する研究, 日本建築学会構造系論文集, 第 581 号, pp.31-38.
- 69) 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, 第 75 巻, 第 658 号, pp.2153-2162.
- 70) 佐藤智美 (2012): 経験的グリーン関数法に基づく2011年東北地方太平洋沖地震の震源モデル-プレート境界地震の短周期レベルに着目して-, 日本建築学会構造系論文集, 第 77巻, 第675号, pp. 695-704.
- 71) 佐藤智美 (2013): 東北地方のアウトライズ地震、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, 第 78 巻, 第 689 号, pp. 1227-1236.
- 72) 佐藤智美 (2015a): 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 (Mj6.7) 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, pp. 34-48.
- 73) 佐藤智美 (2015b): 相模トラフ沿いの中規模スラブ内地震記録に基づく表面波と散乱波を考慮した統計的グリーン関数, 日本地震工学会論文集, 第 15 巻, 第 1 号, pp. 116-135.
- 74) 佐藤智美 (2016): 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域での強震動の推定, 日本建築学会構造系論文集, 第81巻, 第727号, pp. 1423-1433.
- 75) 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.
- 76) 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.
- 77) 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.
- 78) 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, 第 600 号, pp. 35-42.
- 79) 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.
- 80) 野津厚 (2010): 2009 年 8 月 11 日駿河湾の地震(Mj6.5)の特性化震源モデル, 日本建築学会大会(北陸), pp.705-706.
- 81) 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/tohoku2/20110407\\_miyagioki\\_slab.pdf](http://www.rri.kyoto-u.ac.jp/jishin/eq/tohoku2/20110407_miyagioki_slab.pdf) 2017/2/16 アクセス).
- 82) 引間和人・山中佳子・瀨瀬一起・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.
- 83) 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.
- 84) 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.
- 85) 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\\_honshu20030526-j.html](http://iisee.kenken.go.jp/staff/yagi/eq/east_honshu20030526/east_honshu20030526-j.html), 2017/2/16 アクセス).
- 86) 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](http://www.seis.nagoya-u.ac.jp/sanchu/Seismo_Note/2011/NGY37.html) 2017/2/16 アクセス).
- 87) 山中佳子・菊地正幸 (2003): 5 月 26 日宮城県沖地震 (Mj7.0) 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](http://www.eic.eri.u-tokyo.ac.jp/EIC/EIC_News/030526n.html) 2017/2/16 アクセス), No. 135.

#### 3.2.4

- 88) 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 prediction of strong motion, *Seismological Research Letters*, Vol. 70, pp. 59-80.
- 89) 地震調査研究推進本部 (2016): 震源断層を特定した地震の強震動予測手法(「レシピ」), ([http://www.jishin.go.jp/main/chousa/16\\_yosokuchizu/recipe.pdf](http://www.jishin.go.jp/main/chousa/16_yosokuchizu/recipe.pdf) 2017/2/22 アクセス).
- 90) 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.
- 91) 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, 第 87 巻, 第 689 号, pp. 1227-1236.
- 92) 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, No. 545, pp. 51-62.

## 4. 結 論

本研究では、断層モデルを用いた手法（以下「断層モデル法」という。）による地震動評価の精度向上のため、国内外で起きた海溝型地震の地震動特性及び震源特性に関する研究を対象に文献調査、地震動解析等を実施することとし、以下2項目の内容を実施した。

### （1）プレート間巨大地震の地震動評価の検討

まず、2007年ペルーPisco地震を含む、プレート間巨大地震の観測記録の収集を行うとともに、2015年チリ Illapel 地震を対象に長周期インバージョン解析および特性化震源モデルによる地震動再現解析を行った。

長周期インバージョン解析では、2015年チリ Illapel 地震( $M_w$  8.3)は、海溝軸側まで壊れている第2ステージの地震の可能性があることがわかった。また、特性化震源モデルによる地震動再現解析では、アスペリティの位置が長周期インバージョンより得られた深部の大すべり域と一致しており、2015年チリ Illapel 地震の短周期側の地震動を良く再現できることがわかった。さらに、2014年チリ Iquique 地震を対象に、地震本部(2005)によるプレート間地震の強震動予測のレシピと、断層破壊が地表まで達するプレート間地震の平均動的応力降下量の式（ドルジャパラム・他，2015）に基づく、第2ステージを対象とした設定方法（具・他，2016）の適用性の検証を行った。その結果、2つの方法ともに、2014年チリ Iquique 地震の短周期側の地震動を過大評価しており、その原因については、引き続き調べる必要がある。

つぎに、国内外で発生したプレート間地震を対象に、地震動特性および震源特性等に関する文献を調査した。また、プレートの地域性に着目して、国内外のプレート間地震の断層パラメータ、特に断層長さ、断層幅、断層面積および短周期レベルの地域性について調べた。

プレート間地震の断層長さと断層幅の関係において、断層長さが概ね300kmより大きい地震に着目した場合、日本のプレート間地震と国外のプレート間地震による違いはほとんどなく、平均的に既往の経験則(渡辺・他, 2000)とよく整合していることが分かった。地域ごとに見た場合、Sumatra、Alaska、Central Chileなどの地域では断層幅の上限が既往の経験則より大きく、Aleutians、Cascadia地域では断層幅の上限が既往の経験則より小さいなどの違いが見られた。

プレート間地震の地震モーメントと断層面積の関係においても、地震規模が比較的大きい地震（概ね  $M_w$  8.4 以上）に着目した場合、日本のプレート間地震と国外のプレート間地震による違いはほとんどなく、第 2 ステージ以降の既往の経験則(田島・他, 2013)とよく整合していることが分かった。地域ごとに見た場合、Sumatra、Alaska などの地域では断層面積が既往の経験則より大きく、Cascadia 地域では断層面積が既往の経験則より小さいなどの違いが見られた。

プレート間地震の地震モーメントと短周期レベルの関係においては、日本のプレート間地震と国外のプレート間地震による断層パラメータの違いはほとんどなく、平均的に壇・他(2001)の 0.5 倍から 2 倍の間であることが分かった。地域ごとに見た場合、日本の太平洋プレートでは、壇・他(2001)の 1 倍から 2 倍で、ほかの地域に比べて大きいことが分かった。

## (2) 海洋プレート内地震の地震動評価の検討

まず、2016 年アラスカ Iniskin 地震と 2005 年チリ Tarapaca 地震を対象に地震動解析を行った。2016 年アラスカ Iniskin 地震の等価クラックモデルによる地震動再現解析では、短周期側の地震動を概ね再現できた。一方、2005 年チリ Tarapaca 地震を対象とした検討では、アスペリティモデルに基づく地震動再現解析を行った結果、地震本部(2016)によるスラブ内地震の強震動予測のレシピのチリ地震への適用性が検証された。

つぎに、国内外で発生した海洋プレート内地震を対象に、震源断層パラメータ、地震動特性等に関する文献を調査した。また、プレートの地域性に着目して、海洋プレート内地震のうち国内外のスラブ内地震を対象に、断層パラメータ、特に短周期レベルおよびアスペリティの面積の地域性について調べた。

スラブ内地震の短周期レベルと地震モーメントの関係において、日本のスラブ内地震は、 $M_w$  6 から  $M_w$  7 の間で、既往の経験則(笹谷・他, 2006)にほぼのっているが、 $M_w$  7 以上では既往の経験則より大きく、 $M_w$  6 以下では既往の経験則より小さい傾向が見られた。一方、国外のスラブ内地震は規模によらず、既往の経験則にほぼのっていることが分かった。地域ごとに見た場合、日本の太平洋プレートのスラブ内地震は、地震規模が大きくなると ( $M_w$  7 以上)、短周期レベルが既往の経験則(笹谷・他, 2006)より大きくなり、ほかの地域に比べて大きいことが分かった。国外のスラブ内地震の場合、ある程度のばらつきはあるがスラブ別の差は小さかった。



スラブ内地震のアスペリティの面積と地震モーメントの関係において、日本のスラブ内地震と国外のスラブ内地震ともに、既往の経験則(笹谷・他, 2006)による経験的關係式に概ね整合しているが、国外のスラブ内地震の方が多少ばらつきが大きい分かった。地域ごとに見た場合、**Cascadia** 地域では既往の経験則よりアスペリティの面積が小さく、**Central America** では既往の経験則よりアスペリティの面積が大きいなどの違いが見られた。

スラブ内地震の震源深さと短周期レベルの関係においては、日本のスラブ内地震と国外のスラブ内地震ともに、佐藤(2013)による経験的關係式に概ね整合していることが分かった。地域ごとに見た場合、ある程度のばらつきはあるがスラブ別の差は小さかった。

付録 A. 収集した文献のリスト

プレート間

- 1) Ammon, C. J., J. Chen, H. K. Thio, D. Robinson, S. Ni, V. Hjorleifsdottir, H. Kanamori, T. Lay, S. Das, D. Helmberger, G. Ichinose, J. Polet, and D. Wald. (2005): Rupture process of the great 2004 Sumatra-Andaman earthquake, *Science*, 308, 1133-1139.

担当：I「プレート間地震の断層パラメータ表作成済み。」

- 2) Ammon, C. J., H. Kanamori, and T. Lay (2008a): A great earthquake doublet and seismic stress transfer cycle in the central Kuril islands, *Nature*, 451, 561–566, doi:10.1038/nature06521.

担当：I「プレート間地震の断層パラメータ表作成済み。アウターライズ地震の断層パラメータ表作成済み。」

- 3) Ammon, C. J., H. Kanamori, and T. Lay (2008b): A great earthquake doublet and seismic stress transfer cycle in the central Kuril islands, *Nature*, Supplementary information, 1-10, doi:10.1038/nature06521.

担当：I「プレート間地震の断層パラメータ表作成済み。アウターライズ地震の断層パラメータ表作成済み。」

- 4) Bejar-Pizarro M., D. Carrizo, A. Socquet, and R. Armijo (2010): Asperities, barriers and transition zone in the North Chile seismic gap: State of the art after the 2007 Mw 7.7 Tocopilla earthquake inferred by GPS and InSAR data, *Geoph. Journ. Int.*, GJI-S-09-0648, doi:10.1111/j.1365-246X.2010.04748.x.

担当：I「プレート間地震の断層パラメータ表作成済み。」

- 5) Chen T., A. V. Newman, L. Feng, and H. M. Fritz (2009): Slip distribution from the 1 April 2007 Solomon islands earthquake: A unique image of near-trench rupture, *Geophysical Research Letters*, Vol. 36, L16307, doi:10.1029/2009GL039496.

担当：I「プレート間地震の断層パラメータ表作成済み。」

- 6) Courboux, F., M. A. Santoyo, J. F. Pacheco, and S. K. Singh (1997): The 14 September 1995 (M=7.3) Copala, Mexico, Earthquake: A Source Study Using Teleseismic, Regional, and Local Data, *Bull. Seismol. Soc. Am.* 87, 999-1010.

担当：I「プレート間地震の断層パラメータ表作成済み。」

- 7) Delouis B., J. M. Nocquet, M. Vallée (2010): Slip distribution of the February 27, 2010 Mw =

8.8 Maule Earthquake, central Chile, from static and high-rate GPS, InSAR, and broadband teleseismic data, *Geophys. Res. Lett.*, 37, L17305, doi:10.1029/2010GL043899.

担当：I「プレート間地震の断層パラメータ表作成済み。」

- 8) Fry B., S. Bannister, J. Beavan, L. Bland, B. Bradley, S. Cox, J. Cousins, N. Gale, G. Hancox, C. Holden, R. Jongens, W. Power, G. Prasetya, M. Reyners, J. Ristau, R. Robinson, S. Samsonov, K. Wilson and the GeoNet team (2010): The  $M_W$  7.6 Dusky Sound Earthquake of 2009: Preliminary report, *Bulletin of the New Zealand Society for Earthquake Engineering*, Vol. 43, No. 1, March 2010.

担当：S「プレート間地震の断層パラメータ表作成済み。ニュージーランド地震の速報レポート。」

- 9) Fujii Y. K. Satake and Y. Nishimae (2011): Observation and Modeling of the January 2009 West Papua, Indonesia Tsunami, *Pure Appl. Geophys.* 168 (2011), 1089-1100, DOI 10.1007/s00024-010-0220-z.

担当：S「プレート間地震の断層パラメータ表作成済み。津波の震源モデルを提案。」

- 10) Gusman, A. R., Y. Tanioka, T. Kobayashi, H. Latief, and W. Pandoe (2010): Slip distribution of the 2007 Bengkulu earthquake inferred from tsunami waveforms and InSAR data, *Jour. Geophys. Res.*, 115, B12316, doi:10.1029/2010JB007565.

担当：S「プレート間地震の断層パラメータ表作成済み。津波データと InSAR データのジョイントインバージョンからすべり分布を提案。」

- 11) Hartzell, S., and C. Langer (1993): Importance of model parameterization in finite fault inversions; application to the 1974 Mw 8.0 Peru earthquake. *J. Geophys. Res.* 98 (12):22,123-22,134.

担当：S「プレート間地震の断層パラメータ表作成済み。ペルー地震を用いて色々なパラメータがすべり分布にどう影響するのかを調べている。」

- 12) Ji et al. (2005):

担当：S「プレート間地震の断層パラメータ表作成済み。」

<http://equakerc.info/SRCMOD/searchmodels/viewmodel/s2004SUMATR01Jlxx/2018.11.26>  
確認」

- 13) Konca, A. O., V. Hjorleifsdottir, T. A. Song, J. Avouac, D. V. Helmberger, C. Ji, K. Sieh, R. Briggs, A. Meltzner (2007): Rupture kinematics of the 2005, Mw 8.6, Nias- Simeulue earthquake from

the joint inversion of seismic and geodetic data, Bull. Seism. Soc. Am., Sumatra special issue. Data accessible at [http://www.tectonics.caltech.edu/slip\\_history/2005\\_sumatra/sumatra\\_update2.html](http://www.tectonics.caltech.edu/slip_history/2005_sumatra/sumatra_update2.html). last accessed 01 July, 2013.

担当：S「プレート間地震の断層パラメータ表作成済み。この地震はGPSステーションアレイがある場所に発生。観測波形と地震時変位データを合わさった解析で震源特性を調べた。Vr と rise time を決めた。」

14) Konca, A. O., J P. Avouac, A. Sladen, A. J. Meltzner, K. Sieh, P. Fang, Z. Li, J. Galetzka, J. Genrich, M. Chlieh, D. H. Natawidjaja, Y. Bock, E. Fielding, C. Ji, and D. V. Helmberger (2008): Partial rupture of a locked patch of the Sumatra megathrust during the 2007 earthquake sequence, Nature, 456, 631-635, doi:10.1038/nature07572. Data accessible at [http://www.tectonics.caltech.edu/slip\\_history/2007\\_s\\_sumatra/ssumatra-update.html](http://www.tectonics.caltech.edu/slip_history/2007_s_sumatra/ssumatra-update.html), last accessed July 1, 2013.

担当：S「プレート間地震の断層パラメータ表作成済み。2007年にスマトラの沈み込み帯で起こった2つの地震の震源パラメータとそこに発生した以前の地震とパターンの違い、応力の蓄積すなわち連動や単独破壊を説明している。」

15) Lay T., C. J. Ammon, H. Kanamori, Y. Yamazaki, K. F. Cheung, and A. R. Hutko (2011): The 25 October 2010 Mentawai tsunami earthquake (Mw 7.8) and the tsunami hazard presented by shallow megathrust ruptures, GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS, Vol. 38, L06302, doi:10.1029/2010GL046552.

担当：D「プレート間地震の断層パラメータ表作成済み。」

16) Lay, T., Ye, L., Kanamori, H., Yamazaki, Y., Cheung, K. F., and Ammon, C. J. (2013a): The February 6, 2013 Mw 8.0 Santa Cruz Islands earthquake and tsunami. Tectonophysics, 608, 1109-1121.

担当：D「プレート間地震の断層パラメータ表作成済み。」

17) Lay, T., Ye, L., Kanamori, H., Yamazaki, Y., Cheung, K. F., Kwong, K., and Koper, K. D. (2013b): The October 28, 2012 Mw 7.8 Haida Gwaii underthrusting earthquake and tsunami: Slip partitioning along the Queen Charlotte Fault transpressional plate boundary. Earth and Planetary Sci. Lett., 375, 57-70.

担当：D「プレート間地震の断層パラメータ表作成済み。」

18) Lay, T., H. Yue, E. E. Brodsky, and C. An (2014): The 1 April 2014 Iquique, Chile, Mw 8.1 earthquake rupture sequence, Geophys. Res. Lett., 41, doi:10.1002/2014GL060238.

担当：D「プレート間地震の断層パラメータ表作成済み。」

19) Litchfield et al. (2018): Surface Rupture of Multiple Crustal Faults in the 2016  $M_w$  7.8 Kaikoura, New Zealand, Earthquake, Bull. Seismol. Soc. Am., Vol. 108, No. 3B, pp. 1496-1520, doi:10.1785/0120170300.

担当：D「不明地震の断層パラメータ表作成済み。」

20) Liu, C., Zheng, Y., Xiong, X., Wang, R., López, A. and Li, J. (2015): Rupture processes of the 2012 September 5  $M_w$  7.6 Nicoya, Costa Rica earthquake constrained by improved geodetic and seismological observations. Geophysical Journal International, 203(1), pp.175-183.

担当：D「プレート間地震の断層パラメータ表作成済み。」

21) Lorito, S., F. Romano, S. Atzori, X. Tong, A. Avallone, J. McCloskey, M. Cocco, E. Boschi, and A. Piatanesi (2011): Limited overlap between the seismic gap and coseismic slip of the great 2010 Chile earthquake, Nature Geoscience, 4, 173-177, doi:10.1038/ngeo1073.

担当：D「プレート間地震の断層パラメータ表作成済み。スラブ内地震の断層パラメータ表作成済み。」

22) Luttrell, K. M., Tong, X., Sandwell, D. T., Brooks, B. A., & Bevis, M. G. (2011): Estimates of stress drop and crustal tectonic stress from the 27 February 2010 Maule, Chile, earthquake: Implications for fault strength. Journal of Geophysical Research: Solid Earth (1978-2012), 116(B11).

担当：D「プレート間地震の断層パラメータ表作成済み。」

23) Mendoza, C., and S. H. Hartzell (1989): Slip Distribution of the 19 September 1985 Michoacan, Mexico, Earthquake - near-Source and Teleseismic Constraints. Bull. Seis. Soc. Am 79 (3):655-669.

担当：M「プレート間地震の断層パラメータ表作成済み。中米沈み込み帯における  $M_r=8.05$  のプレート間地震につき記載。2日後に起こったプレート境界のすべり域を南西に拡げるような  $M_s=7.5$  の地震（Zihuatanejo 地震）について言及があるものの、詳細な記載はなし。」

24) Mendoza, C. (1993): Coseismic Slip of 2 Large Mexican Earthquakes from Teleseismic Body Wave-Forms - Implications for Asperity Interaction in the Michoacan Plate Boundary Segment. J. Geophys. Res.-Solid Earth 98 (B5):8197-8210.

担当：M「プレート間地震の断層パラメータ表作成済み。中米沈み込み帯における  $M_r=8.05$  のプレート間地震につき記載。1985/9/19に起こった  $M_r=8.05$  の Michoacan 地震の付近で、その前後に起こった 2 地震（1981/10/25,  $M_r=7.17$ , Playa Azul 地震と、1985/9/21,

$M_w=7.35$ , Zihuatanejo 地震) に関し、インバージョン解析を実施。その結果に基づき、沈み込み帯ではアスペリティの大きさと分布に依存して断層の壊れ方が変化すると主張。」

25) Mendoza, C., S. Hartzell, and T. Monfret. (1994): Wide-Band Analysis of the 3 March 1985 Central Chile Earthquake - Overall Source Process and Rupture History. Bull. Seis. Soc. Am 84 (2):269-283.

担当：M「プレート間地震の断層パラメータ表作成済み。ナスカ-南米プレート境界における  $M_w=8.0$  のプレート間地震につき記載。1985/3/3,  $M_s 7.8$  チリ地震について、遠地  $P$ 波・レイリー波・断層近くで取れた強震記録の三種類のデータを同時に使用したインバージョン解析を実施。」

26) Mendoza, C. (1995): Finite-Fault Analysis of the 1979 March 14 Petatlan, Mexico, Earthquake Using Teleseismic P-Wave-Forms. Geophys. J. Int. 121 (3):675-683.

担当：M「プレート間地震の断層パラメータ表作成済み。中米沈み込み帯における  $M_w=7.4$  のプレート間地震につき記載。1979/3/14 に起こった  $M_s 7.6$ , メキシコ Petatlan 地震に関し、遠地  $P$ 波を使用したインバージョン解析を実施。この地震ですべったプレート境界部分は、1985年の Michoacan 地震及び Zihuatanejo 地震では動かなかったことから、1979年の地震は Michoacan セグメント全体を破壊する一連の隣接する地震の最初のものと考えられると主張。」

27) Mendoza, C., (2014): Near -realtime source analysis of the 20 March 2012 Ometepec- Pinotepa Nacional, Mexico earthquake, GEOFÍSICA INTERNACIONAL (2014) 53-2: 211-220.

担当：M「プレート間地震の断層パラメータ表作成済み。中米沈み込み帯における  $M_w=7.4$  のプレート間地震につき記載。2012/3/20 に起こった  $M_w 7.4$ , メキシコ Ometepec-Pinotepa Nacional 地震に関し、遠地  $P$ 波を使用したインバージョン解析を実施。但し、大地震前の早期警戒と、地震後の即応に役立てる目的で、USGS/NEIC, gCMT 等で発表される諸元を使用し、遠地  $P$ 波を用いて、暫定的な一次近似のラプチャーモデルを素早く作成できることを示すことが目的の論文であり、他機関の詳細なインバージョン結果と概ね一致する結果が得られたと報告。」

28) Motag, M., B. Schurr, J. Anderssohn, B. Cailleau, T. R. Walter, R. Wang, J. P. Villotte (2010): Subduction earthquake deformation associated with 14 November 2007, Mw 7.8 Tocopilla earthquake in Chile: Results from InSAR and aftershocks, Tectonophysics 490, 60-68.

担当：M「プレート間地震の断層パラメータ表作成済み。チリ北部のナスカ海洋プレート-南米大陸プレート間の沈み込み帯で起こった 2007/11/14,  $M_w 7.8$  Tocopilla 地震について、ESA (欧州宇宙機関) の衛星による測地データを用いたすべり分布のインバージョン解析を

実施。」

- 29) Okuwaki, R., Yagi, Y., Aránguiz, R., González, J., and González, G. (2016): Rupture Process During the 2015 Illapel, Chile Earthquake: Zigzag-Along-Dip Rupture Episodes. *Pure and Applied Geophysics*, 173(4), 1011-1020.

担当：M「プレート間地震の断層パラメータ表作成済み。ナスカプレート-南米プレート間の沈み込み帯で起こった 2015/9/16,  $M_w$  8.4 Illapel (チリ中北部コキンボ州チヨアパ県イヤペル) 地震について、遠地  $P$ 波のインバージョン解析と HBP 法 (hybrid back projection method) による短周期波源の時空間分布の解析とを実施。」

- 30) Pollitz, F. F., Brooks, B., Tong, X., Bevis, M. G., Foster, J. H., Bürgmann, R., Smalley, R., Vigny, C., Socquet, A., Ruegg, J. C. and Campos, J. (2011): Coseismic slip distribution of the February 27, 2010  $M_w$  8.8 Maule, Chile earthquake, *Geophys. Res. Lett.*, 38, L09309, doi:10.1029/2011GL047065.

担当：M「プレート間地震の断層パラメータ表作成済み。ナスカプレート-南米プレート間の沈み込み帯で起こった 2010/2/27,  $M_w$  8.8 Maule (チリ中部マウレ州) 地震について、干渉合成開口レーダー (InSAR) データと GPS データを用いてすべり分布を評価。」

- 31) Rhie, J., D. Dreger, R. Burgmann, and B. Romanowicz (2007): Slip of the 2004 Sumatra-Andaman Earthquake from joint inversion of long-period global seismic waveforms and GPS static Offsets, *Bull. Seismo. Soc. Am.*, 97(1A):S115-S127.

担当：M「プレート間地震の断層パラメータ表作成済み。2004/12/26,  $M_w$  9.2 スマトラ-アンダマン地震 (震央 95.96° E, 3.30° N) について、長周期の地震波データと GPS データを共に用いるインバージョンを実施。」

- 32) Salichon, J., B. Delouis, P. Lundgren, D. Giardini, M. Costantini, and P. Rosen (2003): Joint inversion of broadband teleseismic and interferometric synthetic aperture radar (InSAR) data for the slip history of the  $M_w=7.7$ , Nazca ridge (Peru) earthquake of 12 November 1996. *J. Geophys. Res.* 108 (B2): 2085, doi:10.1029/2001JB000913.

担当：O「プレート間地震の断層パラメータ表作成済み。3 地震、いずれも subduction interface between the Nazca ridge and the South American plate」

- 33) Sladen, A., H. Tavera, M. Simons, J. P. Avouac, A. O. Konca, H. Perfettini, L. Audin, E. J. Fielding, F. Ortega, and R. Cavagnoud (2010): Source model of the 2007  $M_w$  8.0 Pisco, Peru earthquake: Implications for seismogenic behavior of subduction megathrusts, *J. Geophys. Res.*, 115, B02405, doi:10.1029/2009JB006429.

担当：0「プレート間地震の断層パラメータ表作成済み。1 地震、interplate earthquake between the Nazca and the South American plates」

34) Spence, W., C. Mendoza, E. R. Engdahl, G. L. Choy, and E. Norabuena. (1999): Seismic subduction of the Nazca Ridge as shown by the 1996-97 Peru earthquakes. *Pure and Applied Geophysics* 154 (3-4):753-776.

担当：0「プレート間地震の断層パラメータ表作成済み。4 地震、subduction interface of the Nazca Ridge」

35) Wang, T., S. Wei, X. Shi, Q. Qiu, L. Li, D. Peng, R. J. Weldon, and S. Barbot (2018): The Kaikōura earthquake: Simultaneous rupture of the subduction interface and overlying faults, *Earth Planet. Sci. Lett.* 482, 44-51.

担当：0「不明地震の断層パラメータ表作成済み。1 地震、simultaneous rupture on both the subduction interface and the upper crustal splay faults (分類不明)、全モーメントの45%は subduction interface で」

36) Wen Y., K. F. Ma and B. Fry (2018): Multiple-Fault, Slow Rupture of the 2016  $M_w$  7.8 Kaikōura, New Zealand, Earthquake: Complementary Insights from Teleseismic and Geodetic Data. *Bull. Seis. Soc. Am.* 108 (3B), pp. 1774-1783, doi:10.1785/0120170285.

担当：0「不明地震の断層パラメータ表作成済み。1 地震、crustal faults and subduction interface (分類不明)、subduction interface の寄与は相対的に小さい」

37) Yagi, Y., T. Mikurno, J. Pacheco, and G. Reyes (2004): Source rupture process of the Tecoman, Colima, Mexico earthquake of 22 January 2003, determined by joint inversion of teleseismic body-wave and near-source data. *Bull. Seis. Soc. Am* 94 (5):1795-1807.

担当：0「プレート間地震の断層パラメータ表作成済み。1 地震、この領域は subduction interface between Rivera and Cocos plates and North American plate との記載からプレート間地震と判断」

38) Yagi, Y. and Fukahata, Y. (2011): Introduction of uncertainty of Green's function into waveform inversion for seismic source processes, *Geophys. J. Int.*, 186, 711-720, DOI: 10.1111/j.1365-246X.2011.05043.x.

担当：0「不明地震の断層パラメータ表作成済み。1 地震、地震タイプ記載なし (プレートとすると恐らく Australian plate and Sonde plate、分類不明)」

39) Yagi, Y., and R. Okuwaki (2015): Integrated seismic source model of the 2015 Gorkha, Nepal,



earthquake, *Geophys. Res. Lett.*, 42, doi:10.1002/2015GL064995.

担当：0「不明地震の断層パラメータ表作成済み。1 地震、恐らく subduction interface between the India and Eurasia plates (分類不明)」

40) Yue H., T. Lay, S. Y. Schwartz, L. Rivera, M. Protti, T. H. Dixon, S. Owen and A. V. Newman, (2013): The 5 September 2012 Nicoya, Costa Rica Mw 7.6 earthquake rupture process from joint inversion of high-rate GPS, strong-motion, and teleseismic P wave data and its relationship to adjacent plate boundary interface properties. *J. Geophys. Res.* 2013JB010187; doi:10.1002/jgrb.50379.

担当：0「プレート間地震の断層パラメータ表作成済み。1 地震、plate boundary megathrust fault between the Cocos and the Caribbean plates」

41) 友澤裕介・加藤研一・渡部哲巳・川合佳穂 (2018): スペクトルインバージョン解析に基づく巨大プレート間地震の震源特性の検討-1985年メキシコ地震と2015年チリ地震の発生域での検討-, 第15回日本地震工学シンポジウム, pp. 2672-2679.

担当：T「プレート間地震の断層パラメータ表作成済み。」

スラブ内 (沈み込んだプレート内で起きるやや深い地震)

42) Wei, S. J., D. V. Helmberger, Z. W. Zhan and R. W. Graves (2013a): Rupture complexity of the Mw 8.3 Sea of Okhotsk earthquake: rapid triggering of complementary earthquakes?, *Geophysical Research Letters*, 40, 1-6, doi:10.1002/grl.50977.

担当：T「スラブ内地震の断層パラメータ表作成済み。」

43) Wiseman Kelly, Paramesh Banerjee, Roland Burgmann, Kerry Sieh, Douglas S. Dreger and Iwan Hermawan (2012): Source model of the 2009 Mw 7.6 Padang intraslab earthquake and its effect on the Sunda megathrust, *Geophys. J. Int.* (2012) 190, 1710–1722. doi:10.1111/j.1365-246X.2012.05600.x.

担当：T「スラブ内地震の断層パラメータ表作成済み。」

44) Ye, L., Lay, T., Kanamori, H., and Koper, K. D. (2013): Energy release of the 2013 Mw 8.3 Sea of Okhotsk earthquake and deep slab stress heterogeneity. *Science*, 341(6152), 1380-1384.

担当：T「スラブ内地震の断層パラメータ表作成済み。」

アウターライズ (沈み込むプレート内で起きるやや浅い地震)

45) Ammon, C. J., H. Kanamori, and T. Lay (2008a): A great earthquake doublet and seismic stress transfer cycle in the central Kuril islands, *Nature*, 451, 561-566.

担当：I「プレート間地震の断層パラメータ表作成済み。アウターライズ地震の断層パラメータ表作成済み。」

46) Ammon, C. J., H. Kanamori, and T. Lay (2008b): A great earthquake doublet and seismic stress transfer cycle in the central Kuril islands, *Nature*, Supplementary information, 1-10.

担当：I「プレート間地震の断層パラメータ表作成済み。アウターライズ地震の断層パラメータ表作成済み。」

47) Beavan, J., X. Wang, C. Holden, K. Wilson, W. Power, G. Prasetya, M. Bevis & R. Kautoke (2010): Near-simultaneous great earthquakes at Tongan megathrust and other rise in September 2009, *Nature Letters*, Vol 466 19 August 2010 doi:10.1038/nature09214.

担当：M「太平洋プレートがオーストラリア・プレートに潜り込むトンガ沈み込み帯で2009/9/29に発生した $M_w=8.0$ のサモア-トンガ地震について記載。当初アウターライズで生じた正断層の地震と思われていた当該地震について、GPS及び海底圧力センサー(DART)による津波のデータを説明するため、ゆっくりとすべるプレート間地震が先行し、そのために生じた静的応力の変化によりアウターライズ地震が励起されたとするモデルを提示。プレート間地震とアウターライズ地震の断層パラメータ表作成済み」

48) Lay T., C. J. Ammon, H. Kanamori, L. Rivera, K. D. Koper and A. R. Hutko (2010): The 2009 Samoa-Tonga great earthquake triggered doublet, *Nature Letters*, Vol. 466, No. 19, doi:10.1038/nature09214.

担当：M「太平洋プレートがオーストラリア・プレートに潜り込むトンガ沈み込み帯で2009/9/29に発生した $M_w=8.1$ のサモア-トンガ地震について記載。当初アウターライズで生じた正断層の地震と思われていた当該地震について、レイリー波(R1)の震源時間関数で見ると、発震から70s及び110sに東西方向で最大振幅となる逆符号のパルスが含まれていたことから、アウターライズ地震による動的な外乱が二箇所プレート間地震を誘発したとするモデルを作成。プレート間地震とアウターライズ地震の断層パラメータ表作成済み」

49) Okuwaki, R., and Y. Yagi (2017): Rupture Process during the Mw 8.1 2017 Chiapas Mexico Earthquake: Shallow Intraplate Normal Faulting by Slab Bending, *Geophysical Research Letters*, <https://doi.org/10.1002/2017GL075956>.

担当：0「1地震、アウターライズ地震 (the upper part of the subducting Cocos plate

と intraplate normal-faulting event、及び震源深さ 18km で判断)、アウターライズ地震の断層パラメータ表作成済み」

50) Yen Y. T., K. F. Ma, and Y. Y. Wen (2008): Slip Partition of the 26 December 2006 Pingtung, Taiwan (M6.9, M6.8) Earthquake Doublet Determined from Teleseismic Waveforms, Terr. Atmos. Ocean. Sci., Vol. 19, No. 6, pp. 567-578.

担当: 0 「2 地震、不明地震 (a region where the Eurasia Plate subducts beneath the Philippine Plate で、normal fault with right-lateral component およびその共役断層で起きた地震であり、震源深さが 44~51km と深いことから分類不明と判断)、不明地震の断層パラメータ表作成済み」

付録B. 収集した断層パラメータ

プレート間地震

地震 番号	地域(プレート)	地震名	発生日 年月日	震源位置			地震 モーメント (論文) $M_0$ (Nm)	断層 長さ $L$ (km)	断層 幅 $W$ (km)	断層 面積 $S$ (km <sup>2</sup> )	平均 応力 降下量 $\Delta\sigma$ (MPa)	短周期レベル (SI: Spectral Inversion) $A$ (N·m/s <sup>2</sup> )	短周期レベル (SMGA: Strong Motion Generation Area) $A$ (N·m/s <sup>2</sup> )	コーナ ー振動数 $f_c$ (Hz)
				緯度 [N]	経度 [E]	深さ [km]								
1	アンダマン (インド・オーストラリア -ユーラシア)	2004 Sumatra- Andaman	2004/12/26	*	*	*	6.5E+22	*	*	*	*	*	*	*
1	千島 (北米-太平洋)	central Kuril islands	2006/11/15	46.592	153.266	*	4.6E+21	250	*	*	*	*	*	*
1	千島 (北米-太平洋)	central Kuril islands	2006/11/15	*	*	11	4.6E+21	320	140	*	*	*	*	*
1	北チリ (南米-ナスカ)	Tocopilla	2007/11/14	*	*	*	*	150	*	*	*	*	*	*
1	ソロモン諸島 (太平洋-オーストラ リア)	Solomon Islands	2007/4/1				3.7E+21	294	82.5? ( $\delta$ 29度で 深さ40km)	*	*	*	*	*
1	メキシコ (北米-ココス)	Copala	1995/9/14	16.48	-98.76	16	7.31E+19	45	35	*	*	*	*	*
1	中央チリ (北米-ナスカ)	Maule	2010/2/27	-36.208	-72.963	32	1.8E+22	500	深さ50km (傾斜18度 でW=161.8 km?)	*	*	*	*	*

付録B. 収集した断層パラメータ

プレート間地震

地震番号	地域(プレート)	地震名	発生日 年月日	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 <sup>2</sup> )	アスペリティ の 面積比 $S_a/S$	S波速度 $\beta$ (km/s)	参考文献	備考
1	アンダマン (インド・オーストラリア -ユーラシア)	2004 Sumatra- Andaman	2004/12/26	*	*	*	*	Ammon et al. (2005)	●Mw9.1
1	千島 (北米-太平洋)	central Kuril islands	2006/11/15	*	*	*	*	Ammon et al. (2008a)	●遠地記録の波形インバージョン ●Mw8.4 ● $\delta$ 215, $\lambda$ 92 ● $V_r=2.0$ km/s
1	千島 (北米-太平洋)	central Kuril islands	2006/11/15	*	*	*	*	Ammon et al. (2008b)	● $V_r=2.0$ km/s, $\mu=40$ GPa, $V_p=6.7$ km/s, $\rho=2.9$ g/cm <sup>3</sup> ●平均すべり4.6m ●Mw8.4 ●Ammon他(2008a)と同じ?
1	北チリ (南米-ナスカ)	Tocopilla	2007/11/14	*	*	*	*	Bejar-Pizarro et al. (2010)	●Mw7.7 ●地殻変動から震源断層すべり分布を推定している
1	ソロモン諸島 (太平洋-オーストラ リア)	Solomon Islands	2007/4/1	*	*	*	*	Chen et al. (2009)	●上下の地殻変動データより傾斜方向のすべり量分布モデルを推定 ●Mw8.1 ● $\mu$ 30GPa ● $K=1000$ のモデルが最適解 ●平均すべり量5.02m, すべり量30mを上限
1	メキシコ (北米-ココス)	Copala	1995/9/14	*	*	*	*	Courboux et al. (1997)	●遠地, 近地記録を用いたEGF波形合わせ(グリッドサーチ, 最大周波数0.5Hz) ● $V_r=2.5$ km/s ●最大すべり量4.12m, 平均すべり量1.4m ●断層長さと同幅は応力降下量1MPa以上の領域
1	中央チリ (北米-ナスカ)	Maule	2010/2/27	*	*	*	*	Delouis et al. (2010)	●地殻変動データと遠地表面波を用いた震源インバージョン ●Mw=8.8 ●最大すべり量20m ● $V_r=2.6$ km/s

付録B. 収集した断層パラメータ

アウターライズ地震

地震 番号	地域(プレート)	地震名	発生日 年月日	震源位置			地震 モーメント (論文) $M_0$ (Nm)	断層 長さ $L$ (km)	断層 幅 $W$ (km)	断層 面積 $S$ (km <sup>2</sup> )	平均 応力 降下量 $\Delta\sigma$ (MPa)	短周期レベル (SI: Spectral Inversion) $A$ (N·m/s <sup>2</sup> )	短周期レベル (SMGA: Strong Motion Generation Area) $A$ (N·m/s <sup>2</sup> )	コーナ ー振動数 $f_c$ (Hz)
				緯度 [N]	経度 [E]	深さ [km]								
1	千島 (太平洋)	central Kuril islands	2007/1/13	46.243	154.524	*	1.5E+21	200?	*	*	*	*	*	*
1	千島 (太平洋)	central Kuril islands	2007/1/13	*	*	22	1.5E+21	200	*	*	*	*	*	*
1	千島 (太平洋)	central Kurils	1963/3/16	46.79	154.83	10-50	*	*	*	*	*	*	*	*
1	千島 (太平洋)	central Kurils	1971/12/2	44.77	153.33	38	*	*	*	*	*	*	*	*
1	千島 (太平洋)	central Kurils	1981/8/23	48.71	157.37	20-42	*	*	*	*	*	*	*	*
1	千島 (太平洋)	central Kurils	1983/8/2	45.17	153.48	68	*	*	*	*	*	*	*	*
1	千島 (太平洋)	central Kurils	1990/9/10	46.59	155.48	23	*	*	*	*	*	*	*	*

付録B. 収集した断層パラメータ

アウターライズ地震

地震番号	地域(プレート)	地震名	発生日 年月日	アスベリテイ の 応力降下量 $\Delta\sigma_a$ (MPa)	アスベリテイ の面積 $S_a$ (km <sup>2</sup> )	アスベリテイ の面積比 $S_a/S$	S波速度 $\beta$ (km/s)	参考文献1	備考
1	千島 (太平洋)	central Kuril islands	2007/1/13	*	*	*	*	Ammon et al. (2008a)	<ul style="list-style-type: none"> <li>●遠地記録の波形インバージョン</li> <li>●Mw8.1</li> <li>●<math>\theta</math> 43, <math>\delta</math> 59, <math>\lambda</math> -115</li> <li>●Vr=3.5km/s</li> </ul>
1	千島 (太平洋)	central Kuril islands	2007/1/13	*	*	*	*	Ammon et al. (2008b)	<ul style="list-style-type: none"> <li>●遠地記録の波形インバージョン</li> <li>●Mw8.1</li> <li>●Ammon他(2008a)と同じ?</li> </ul>
1	千島 (太平洋)	central Kurils	1963/3/16	*	*	*	*	Ammon et al. (2008b)	<ul style="list-style-type: none"> <li>●Christensen and Ruff (1988)</li> </ul>
1	千島 (太平洋)	central Kurils	1971/12/2	*	*	*	*	Ammon et al. (2008b)	<ul style="list-style-type: none"> <li>●Christensen and Ruff (1988)</li> </ul>
1	千島 (太平洋)	central Kurils	1981/8/23	*	*	*	*	Ammon et al. (2008b)	<ul style="list-style-type: none"> <li>●Christensen and Ruff (1988)</li> <li>●Global CMT解</li> <li>●Mw=6.0</li> </ul>
1	千島 (太平洋)	central Kurils	1983/8/2	*	*	*	*	Ammon et al. (2008b)	<ul style="list-style-type: none"> <li>●Global CMT解</li> <li>●Mw=5.4</li> </ul>
1	千島 (太平洋)	central Kurils	1990/9/10	*	*	*	*	Ammon et al. (2008b)	<ul style="list-style-type: none"> <li>●Global CMT解</li> <li>●Mw=5.3</li> </ul>

付録B. 収集した断層パラメータ

プレート間地震

地震 番号	地域(プレート)	地震名	発生日 年月日	震源位置			地震 モーメント (論文) $M_0$ (Nm)	断層 長さ $L$ (km)	断層 幅 $W$ (km)	断層 面積 $S$ (km <sup>2</sup> )	平均 応力 降下量 $\Delta\sigma$ (MPa)	短周期レベル (SI: Spectral Inversion) $A$ (N·m/s <sup>2</sup> )	短周期レベル (SMGA: Strong Motion Generation Area) $A$ (N·m/s <sup>2</sup> )	コーナ ー振動数 $f_c$ (Hz)
				緯度 [N]	経度 [E]	深さ [km]								
S	NewZealand	Dusky sound earthquake	2009/07/15	-	-	38	2.7E+20	140	80	-	-	-	-	-
S	Sumatra(Indonesia)	Bengkulu earthquake	2007/09/12	-4.520	101.374	-	6.7E+21	400	250	-	-	-	-	-
S	Peru	Peru Earthquake	1974/09/03	-	-	11	1.5E+28	-	58	-	-	-	-	-
S	Peru	Peru Earthquake	1974/09/03	-	-	15	1.2E+28	-	49	-	-	-	-	-
S	Sunda megathrust	Nias-Simeulue Earthquake	2005	2.074	97.013	30	1.24E+22	416.650	413.137	-	-	-	-	-
S	Sunda megathrust	Nias-Simeulue Earthquake	2005	2.074	97.013	30	1.00E+22	-	-	-	-	-	-	-
S	Mentawai	-	2007/09/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S	Manokwari Trench	West Papua,Indonesia Earthquake	2009/01/03	-0.408	132.886	about 20	1.02E+20	80	40	-	-	-	-	-
S	Manokwari Trench	West Papua,Indonesia Earthquake	2009/01/03	-0.408	132.886	about 20	1.11E+20	100	40	-	-	-	-	-
S	Sumatra(Indonesia)	-	2004/12/26	3.3	95.8	35	2.46E+22	450	180	-	-	-	-	-



付録B. 収集した断層パラメータ

プレート間地震

地震番号	地域(プレート)	地震名	発生日 年月日	アスベリテイ の 応力降下量 $\Delta\sigma_a$ (MPa)	アスベリテイ の 面積 $S_a$ (km <sup>2</sup> )	アスベリテイ の 面積比 $S_a/S$	S波速度 $\beta$ (km/s)	参考文献	備考
S	NewZealand	Dusky sound earthquake	2009/07/15	-	-	-	-	Fry_etal(2010)	Australian/Pacific plate, low-angle reverse fault, 観測データのインバージョンから出たモデル
S	Sumatra(Indonesia)	Bengkulu earthquake	2007/09/12	-	-	-	-	Gusman_etal(2010)	すべり分布から計算。[CMT M0=6.71e+21,Mw=8.5], Indo-Australian/sunda plate, thrust fault
S	Peru	Peru Earthquake	1974/09/03	-	-	-	-	Harzell_Langer(1993)	Mw=8.0, TABLE 1. モデルCm
S	Peru	Peru Earthquake	1974/09/03	-	-	-	-	Harzell_Langer(1993)	Mw=8.0, TABLE 1. モデルDm
S	Sunda megathrust	Nias-Simeulue Earthquake	2005	-	-	-	-	Konca_etal(2007)	dip angleが8° のときのモーメント。論文に破壊面積(サイズ)がないがLとWを断層面の4つの角の座標から計算したら(Table 2)416.650×413.137になる。層ごとのvsが論文の中にある(Table3)
S	Sunda megathrust	Nias-Simeulue Earthquake	2005	-	-	-	-	Konca_etal(2007)	dip angleが10° のときのモーメント。層ごとのvsが論文の中にある(Table3)
S	Mentawai	-	2007/09/12	-	-	-	-	Konca_etal(2008)	Sumatra megathrust
S	Manokwari Trench	West Papua,Indonesia Earthquake	2009/01/03	-	-	-	-	Fujii_etal(2011)	PacificPlate/AustralianPlate, Mw=7.7(USGS), Mw=7.3(tsunami model), single fault model,thrust type
S	Manokwari Trench	West Papua,Indonesia Earthquake	2009/01/03	-	-	-	-	Fujii_etal(2011)	PacificPlate/AustralianPlate, Mw=7.4(USGS), Mw=7.3(tsunami model), fault with 5 subfaults model, thrust type
S	Sumatra(Indonesia)	-	2004/12/26	-	-	-	-	Ji et al.(2005)	SRCMOD web サイトhttp://quake-rc.info/SRCMOD/searchmodels/viewmodel/s2004SUMATR01Jlxx/ ,2018.11.26 確認, Mw=8.89

付録B. 収集した断層パラメータ

プレート間地震

地震番号	地域(プレート)	地震名	発生日 年月日	震源位置			地震モーメント (論文) $M_0$ (Nm)	断層長さ $L$ (km)	断層幅 $W$ (km)	断層面積 $S$ (km <sup>2</sup> )	平均応力 降下量 $\Delta\sigma$ (MPa)	短周期レベル(SI: Spectral Inversion) $A$ (N·m/s <sup>2</sup> )	短周期レベル (SMGA: Strong Motion Generation Area) $A$ (N·m/s <sup>2</sup> )	コーナー 振動数 $f_c$ (Hz)
				緯度 [N]	経度 [E]	深さ [km]								
D	Indonesia	Mentawai earthquake	2010/10/25	-3.484	100.114		6.70E+20							
D						12	5.0E+20							
D							6.2E+20	180	110	19800.0				
D						12	5.0E+20	180	120	21600.0				
D				-3.487	100.082	20.1	5.7E+20	225	140	31500.0				
D	Indonesia, Java	Java tsunami earthquake	2006/7/17											
D	Indonesia	Kepulauan earthquake	2007/9/12											
D	Indonesia		1907/1/4											
D	Indonesia	Great Sumatra event	1833											
D	Indonesia	Great Sumatra event	1797											
D	Indonesia	Sumatra earthquake	2007/9/12											
D	Pacific-Australian plate	Santa Cruz Islands earthquake	2013/2/6	-10.738	165.138	28.7								
D						12.7	1.50E+21	144	90	12960.0				
D	Pacific-Australian plate	Vanuatu earthquake	1934/7/18	-11.910	166.73									
D	Pacific-Australian plate		1966/12/31	-11.890	166.44									
D	Pacific-North American plate	Haida Gwaii earthquake	2012/10/28	52.788	-132.101	12	6.70E+20	~150	63					
D	Pacific-North American plate		1949/8/22					~265						
D	Pacific-North American plate	Craig, Alaska, earthquake	2013/1/5	55.394	-134.65	7.1	2.50E+20	~120	24					
D														
D	Chile, Nazca plate	Iquique earthquake	2014/4/1	-19.642	-70.817		1.66E+21	157.5	105.0	16537.5	~2.5			
D	Chile, Nazca plate	Iquique earthquake余震	2014/4/3	-20.518	-70.498	35	4.27E+20	90.0	90.0	8100.0				
D	New Zealand, Hikurangi subd.z.	2016 Kaikoura earthquake	2016/11/14											
D														
D														
D														
D	Costa Rica	Nicoya, Costa Rica	2012/9/5	9.760	-85.56	13.1	3.46E+20	168	112	18816.0	3.4			

付録B. 収集した断層パラメータ

プレート間地震

地震番号	地域(プレート)	地震名	発生日 年月日	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 <sup>2</sup> )	アスペリティ の面積比 $S_a/S$	S波速度 $\beta$ (km/s)	参考文献	備考
D	Indonesia	Mentawai earthquake	2010/10/25					Lay et al. (2011)	Global CMTウェブページ情報; Mw=7.8;
D								Lay et al. (2011)	Mw=7.7; dip=10°; W-phaseのインバージョン結果
D							2.9	Lay et al. (2011)	Mw=7.7; dip=10°; strike=324°; P,SH,R1波のインバージョン結果; 断層サイズはFig.S3より読み取った;
D								Lay et al. (2011)	平方成層地盤; P,SH波インバージョン; 断層のサイズはFig.S5より読み取った;
D								USGS	USGSウェブページ; strike=325°; dip=11.6°; L=15x15=225km; W=10x14=140km;
D	Indonesia, Java	Java tsunami earthquake	2006/7/17					Lay et al. (2011)	Mw=7.8;
D	Indonesia	Kepulauan earthquake	2007/9/12					Lay et al. (2011)	Mw=7.9;
D	Indonesia		1907/1/4					Lay et al. (2011)	M=7.6;
D	Indonesia	Great Sumatra event	1833					Lay et al. (2011)	M~9;
D	Indonesia	Great Sumatra event	1797					Lay et al. (2011)	M~8.8;
D	Indonesia	Sumatra earthquake	2007/9/12					Lay et al. (2011)	Mw=8.4;
D	Pacific-Australian plate	Santa Cruz Islands earthquake	2013/2/6					Lay et al. (2013a)	USGS; Mw=8.0; Vanuatu subduction zone; strike=314°; dip=21°; rake=74°; thrust fault;
D								Lay et al. (2013a)	Mw=8.1; strike=309°; dip=17°; rake=61°; 速度構造Crust2.0;
D	Pacific-Australian plate	Vanuatu earthquake	1934/7/18					Lay et al. (2013a)	M~7.8; M=7.8(Pacheco and Sykes, 1992);
D	Pacific-Australian plate		1966/12/31					Lay et al. (2013a)	Ms=7.9(Tajima et al., 1990);
D	Pacific-North American plate	Haida Gwaii earthquake	2012/10/28					Lay et al. (2013b)	Mw=7.8; thrust faulting; 断層幅はFig.3.5,9より読み取った;
D	Pacific-North American plate		1949/8/22					Lay et al. (2013b)	Ms=8.1; strike-slip faulting; the Queen Charlotte Fault; Mw=7.9;断層長さはLove波の初期位相よりの値;
D	Pacific-North American plate	Craig, Alaska, earthquake	2013/1/5					Lay et al. (2013b)	Mw=7.5; strike-slip faulting; 断層幅はFig.3より読み取った;
D									
D	Chile, Nazca plate	Iquique earthquake	2014/4/1				3.98	Lay et al. (2014)	Mw=8.1; strike=357, dip=18; circular fault model; centroid depth=21.9km; interplate thrust fault;
D	Chile, Nazca plate	Iquique earthquake余震	2014/4/3				4.4	Lay et al. (2014)	Mw=7.7; thrust fault (Figure 1);
D	New Zealand, Hikurangi subd.z.	2016 Kaikoura earthquake	2016/11/14					Litchfield et al. (2018)	Hollingsworth et al. (2017), プレート間の破壊は全体のM <sub>0</sub> の60%;
D								Litchfield et al. (2018)	Bai et al. (2017), プレート間の破壊は全体のM <sub>0</sub> =7.25E+20Nmの41%;
D								Litchfield et al. (2018)	Wen et al. (2018), プレート間の破壊は全体のM <sub>0</sub> =9.91E+20Nmの15%-25%;
D								Litchfield et al. (2018)	Wang et al. (2018), プレート間の破壊は全体のM <sub>0</sub> =1.04E+21Nmの45%;
D								Litchfield et al. (2018)	Haming et al.(2017)&Clark et al.(2017), プレート間の破壊は全体のM <sub>0</sub> =7.7E+20Nmの9%;
D	Costa Rica	Nicoya, Costa Rica	2012/9/5					Liu et al. (2015)	Mw=7.6; thrust faulting; large slip patch 110km x 50kmR=30km, Δσ=3.4MPa;

付録B. 収集した断層パラメータ

プレート間地震

地震 番号	地域(プレート)	地震名	発生日 年月日	震源位置			地震 モーメント (論文) $M_0$ (Nm)	断層 長さ $L$ (km)	断層 幅 $W$ (km)	断層 面積 $S$ (km <sup>2</sup> )	平均 応力 降下量 $\Delta\sigma$ (MPa)	短周期レベル(SI: Spectral Inversion) $A$ (N·m/s <sup>2</sup> )	短周期レベル (SMGA: Strong Motion Generation Area) $A$ (N·m/s <sup>2</sup> )	コーナ ー振動数 $f_c$ (Hz)
				緯度 [N]	経度 [E]	深さ [km]								
D	Chile, Maule	The great 2010 Chile earthquake	2010/2/27	-36.12	-72.9		1.55E+22	625	200	125000.0				
D	Chile		1960/5/22											
D	Chile		1939											
D	Chile		1928											
D	Chile		1960/5/21											
D	Chile, Maule	Maule, Chile	2010/2/27					~600			~4			

付録B. 収集した断層パラメータ

プレート間地震

地震 番号	地域(プレート)	地震名	発生日 年月日	アスベリテイ の 応力降下量 $\Delta\sigma_a$ (MPa)	アスベリテイ の面積 $S_a$ (km <sup>2</sup> )	アスベリテイ の面積比 $S_a/S$	S波速度 $\beta$ (km/s)	参考文献	備考
D	Chile, Maule	The great 2010 Chile earthquake	2010/2/27					Lorito et al. (2011)	Mw=8.8; mega-thrust;
D	Chile		1960/5/22					Lorito et al. (2011)	Mw=9.5;
D	Chile		1939					Lorito et al. (2011)	Mw=7.9; intra-plate event;
D	Chile		1928					Lorito et al. (2011)	Mw=8.0;
D	Chile		1960/5/21					Lorito et al. (2011)	Mw=7.9;
D	Chile, Maule	Maule, Chile	2010/2/27					Luttrell et al. (2011)	Mw=8.8; mega-thrust; $\Delta\sigma_{peak}=17\text{MPa}$ ; $\Delta\sigma=-6\text{MPa}\sim 17\text{MPa}$ ;

付録B. 収集した断層パラメータ

スラブ内地震

地震 番号	地域(プレート)	地震名	発生日 年月日	震源位置			地震 モーメント (論文) $M_0$ (Nm)	断層 長さ $L$ (km)	断層 幅 $W$ (km)	断層 面積 $S$ (km <sup>2</sup> )	平均 応力 降下量 $\Delta\sigma$ (MPa)	短周期レベル(SI: Spectral Inversion) $A$ (N·m/s <sup>2</sup> )	短周期レベル (SMGA: Strong Motion Generation Area) $A$ (N·m/s <sup>2</sup> )	コーナ ー振動数 $f_c$ (Hz)
				緯度 [N]	経度 [E]	深さ [km]								
D	Chile, Nazca plate	Punitaqui intraslab earthquake	1997/10/15			~70								

付録B. 収集した断層パラメータ

スラブ内地震

地震番号	地域(プレート)	地震名	発生日 年月日	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 <sup>2</sup> )	アスペリティ の面積比 $S_a/S$	S波速度 $\beta$ (km/s)	参考文献	備考
D	Chile, Nazca plate	Punitaqui intraslab earthquake	1997/10/15					Lay et al. (2014)	Mw=7.1; intraslab earthquake, normal fault;

付録B. 収集した断層パラメータ

不明地震

地震 番号	地域(プレート)	地震名	発生日 年月日	震源位置			地震 モーメント (論文) $M_0$ (Nm)	断層 長さ $L$ (km)	断層 幅 $W$ (km)	断層 面積 $S$ (km <sup>2</sup> )	平均 応力 降下量 $\Delta\sigma$ (MPa)	短周期レベル (SI: Spectral Inversion) $A$ (N·m/s <sup>2</sup> )	短周期レベル (SMGA: Strong Motion Generation Area) $A$ (N·m/s <sup>2</sup> )	コーナ ー振動数 $f_c$ (Hz)
				緯度 [N]	経度 [E]	深さ [km]								
D	New Zealand, Hikurangi subd. zone	2016 Kaikoura earthquake	2016/11/14											
D														
D														
D														
D														



付録B. 収集した断層パラメータ

不明地震

地震番号	地域(プレート)	地震名	発生日 年月日	アスベリテイ の 応力降下量 $\Delta\sigma_a$ (MPa)	アスベリテイ の 面積 $S_a$ (km <sup>2</sup> )	アスベリテイ の 面積比 $S_a/S$	S波速度 $\beta$ (km/s)	参考文献	備考
D	New Zealand, Hikurangi subd. zone	2016 Kaikoura earthquake	2016/11/14					Litchfield et al. (2018)	Hollingsworth et al. (2017), プレート間の破壊は全体の $M_0$ の60%;
D								Litchfield et al. (2018)	Bai et al. (2017), プレート間の破壊は全体の $M_0=7.25E+20Nm$ の41%;
D								Litchfield et al. (2018)	Wen et al. (2018), プレート間の破壊は全体の $M_0=9.91E+20Nm$ の15%-25%;
D								Litchfield et al. (2018)	Wang et al. (2018), プレート間の破壊は全体の $M_0=1.04E+21Nm$ の45%;
D								Litchfield et al. (2018)	Hamling et al.(2017)&Clark et al.(2017), プレート間の破壊は全体の $M_0=7.7E+20Nm$ の9%;

付録B. 収集した断層パラメータ

プレート間地震

地震番号	地域(プレート)	地震名	発生日 年月日	震源位置			地震 モーメント (論文) $M_0$ (Nm)	断層 長さ $L$ (km)	断層 幅 $W$ (km)	断層 面積 $S$ (km <sup>2</sup> )	平均 応力 降下量 $\Delta\sigma$ (MPa)	短周期レベル (SI: Spectral Inversion) $A$ (N·m/s <sup>2</sup> )	短周期レベル (SMGA: Strong Motion Generation Area) $A$ (N·m/s <sup>2</sup> )	コーナ ー振動数 $f_c$ (Hz)
				緯度 [N]	経度 [E]	深さ [km]								
M	Middle America subduction zone (between the Cocos and North America plate)	Sep.19,1985, Michoacan	1985/9/19	18.18	-102.57	17	1.50E+21	180	139	*	*	*	*	*
M	Middle America subduction zone (between the Cocos and North America plate)	Oct.25,1981,Playa Azul Sep.21,1985,Zihuatanejo	1981/10/25 1985/9/21	*	*	*	7.14E+19 1.35E+20	*	*	707 2827	1.8 2.1	*	*	*
M	The Naska-South America plate interface	Mar.3,1985, Central Chile	1985/3/3	*	*	40	1.5E+21	255	165	*	*	*	*	*
M	Middle America subduction zone (between the Cocos and North America plate)	Mar.14,1979, Petatlan	1979/3/14	17.46	-101.46	15	1.5E+20	*	*	5027	*	*	*	*
M	Middle America subduction zone (between the Cocos and North America plate)	Mar.20,2012, Ometepec-Pinotepa Nacional	2012/3/20	*	*	17	1.9E+20	*	*	2500	*	*	*	*
M	The Naska-South America plate interface	Nov.14,2007, Tocopilla	2007/11/14	-22.33	-70.11	*	5.01E+20	160	50	*	*	*	*	*
M	The Naska-South America plate interface	Sep.16,2015, Illapel	2015/9/16	-31.637	-71.741	25	3.3E+21	200	140	*	*	*	*	*
M	The Naska-South America plate interface	Feb.27,2010 Maule, Chile	2010/2/27	*	*	*	1.97E+22	650	194.5	*	*	*	*	*
M	The subduction zone west of the island of Sumatra in Indonesia	Dec.26,2004, Sumatra-Andaman	2004/12/26	3.30	95.96	*	7.124E+22	1300	*	*	*	*	*	*
M	Tonga subduction zone (between the Pacific and the Austraria plates)	Sep.29,2009, the Samoa-Tonga earthquake	2009/9/29	-15.940	-172.718	18	1.19E+21	109	90	*	*	*	*	*
M	Tonga subduction zone (between the Pacific and the Austraria plates)	Sep.29,2009, the Samoa-Tonga earthquake	2009/9/29	-15.75 -16.00	-172.25 -172.25	*	5.2E+20 5.3E+20	*	*	*	*	*	*	*

付録B. 収集した断層パラメータ

プレート間地震

地震番号	地域(プレート)	地震名	発生日 年月日	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 <sup>2</sup> )	アスペリティ の 面積比 $S_a/S$	S波速度 $\beta$ (km/s)	参考文献1	備考
M	Middle America subduction zone (between the Cocos and North America plate)	Sep.19,1985, Michoacan	1985/9/19	*	*	*	*	Mendoza and Hartzell (1989)	$V_r \approx 0.7 \beta = 2.6 \text{ km/s}$ , $\beta \approx 3.7 \text{ km/s}$ $Asp1=80 \times 55$ , $Asp2=45 \times 60$ , $Asp3=30 \times 60 \text{ km}$ $S=180 \times 139=25020$ , $Sa1=4400$ , $Sa2=2700$ , $Sa3=1800$ , $Sa=4400+2700+1800=8900 \text{ km}^2$ , $Sa/S=8900/25020=0.36$ $Ms=8.1$ (Mendoza,C.,1993より), $Mw=[\log(1.5e+28)-16.1]/1.5=8.05$
M	Middle America subduction zone (between the Cocos and North America plate)	Oct.25,1981,Playa Azul Sep.21,1985,Zihuatanejo	1981/10/25 1985/9/21	*	*	*	*	Mendoza, C. (1993)	$V_r \approx 0.7 \beta = 2.6 \text{ km/s}$ , $\beta \approx 3.7 \text{ km/s}$ すべり領域:半径15km(Playa Azul), 半径30km(Zihuatanejo) $Ms=7.3$ , $Mw=[\log(7.14e+26)-16.1]/1.5=7.17$ (Playa Azul) $Ms=7.6$ , $Mw=[\log(1.35e+27)-16.1]/1.5=7.35$ (Zihuatanejo)
M	The Naska-South America plate interface	Mar.3,1985, Central Chile	1985/3/3	*	*	*	*	Mendoza, Hartzell, and Monfret (1994)	$Mw=8.0$ , $Ms=7.8$ $V_r=3.0 \text{ km/s}$ (max. allowable valueをインバージョンに使用。Table 4 に速度構造記載) 破壊開始点位置はChoy and Dewey(1988)の震源に同じと記述
M	Middle America subduction zone (between the Cocos and North America plate)	Mar.14,1979, Petatlan	1979/3/14	*	*	*	*	Mendoza, C. (1995)	$Ms=7.6$ , $Mw=[\log(1.5e+27)-16.1]/1.5=7.4$ 解析領域:120 × 120km, 全すべり領域:半径40km, $\pi \times 40 \times 40=5027 \text{ km}^2$ $\Delta\sigma_a = 7/16 \times 1.5 \times 10^{20}/40000^2/10^6=1.0 \text{ MPa}$ $V_r=3.3 \text{ km/s}$
M	Middle America subduction zone (between the Cocos and North America plate)	Mar.20,2012, Ometepe-Pinotepa Nacional	2012/3/20	*	*	*	*	Mendoza, C. (2014)	$Mw=7.4$ , $V_r=2.5 \text{ km/s}$ , 破壊開始点位置:断層中央 解析領域:140 × 70km, すべり領域:震源の上下に拡がる2500km <sup>2</sup> の楕円 USGS/NEIC/gCMT等で発表される諸元と遠地P波データを用いて、暫定的な一次近似のラプチャーモデルを素早く作成できることを示すのが目的の論文
M	The Naska-South America plate interface	Nov.14,2007, Tocopilla	2007/11/14	*	*	*	*	Motagh,M., B.Schurr, J.Anderssohn, B.Cailleau, T.R.Walter, R.Wang, J.P.Villotte (2010)	$Mw=7.8$ $\mu=30 \text{ GPa}$
M	The Naska-South America plate interface	Sep.16,2015, Illapel	2015/9/16	*	*	*	*	Okuwaki,R., Yagi,Y., Aránguiz,R., González,J., and González,G. (2016)	$Mw=8.3$ 解析領域:長さ200km × 幅140km ( electronic supplementary material )
M	The Naska-South America plate interface	Feb.27,2010 Maule, Chile	2010/2/27	*	*	*	*	Pollitz,F.F., Brooks B., Tong,X., Bevis,M.G., Foster,J.H., Bürgmann,R., Smalley,R., Vigny,C., Socquet,A., Ruegg,J.C. and Campos,J. (2011)	$Mw=8.83$ 水平面投影幅:185km, $\delta=18^\circ \rightarrow W=185/\cos 18^\circ =194.5 \text{ km}$
M	The subduction zone west of the island of Sumatra in Indonesia	Dec.26,2004, Sumatra-Andaman	2004/12/26	*	*	*	*	Rhie,J., D.Dreger, R.Burgmann, and B.Romanowicz (2007)	$Mw=9.2$ $V_r=2.5 \text{ km/s}$ Banerjee <i>et al.</i> (2005)記載モデル及びそれを一部変更したモデルを使用
M	Tonga subduction zone (between the Pacific and the Austraria plates)	Sep.29,2009, the Samoa-Tonga earthquake	2009/9/29	*	*	*	*	J.Beavan, X.Wang, C.Holden, K.Wilson, W.Power, G.Prasetya, M.Bevis & R.Kautoke (2010)	plate boundary earthquake, strike $\theta=175 \text{ deg}$ , dip $\delta=16 \text{ deg}$ , rake $\lambda=85 \text{ deg}$ , $Mw=8.0$ , rigidity $\mu=30 \text{ GPa}$ , slip $D=4.1 \text{ m}$ $S=109 \times 90=9810 \text{ km}^2$
M	Tonga subduction zone (between the Pacific and the Austraria plates)	Sep.29,2009, the Samoa-Tonga earthquake	2009/9/29	*	*	*	*	Thorne Lay, Charles J. Ammon, Hiroo Kanamori, Luis Rivera, Keith D. Koper & Alexander R. Hutko (2010)	plate boundary earthquake, strike $\theta=185 \text{ deg}$ , dip $\delta=29 \text{ deg}$ , rake $\lambda=90 \text{ deg}$ , $Mw=7.8 \& 7.8$ , 8.0(total)

付録B. 収集した断層パラメータ

アウトターライズ地震

地震 番号	地域(プレート)	地震名	発生日 年月日	震源位置			地震 モーメント (論文) $M_0$ (Nm)	断層 長さ $L$ (km)	断層 幅 $W$ (km)	断層 面積 $S$ (km <sup>2</sup> )	平均 応力 降下量 $\Delta\sigma$ (MPa)	短周期レベル (SI: Spectral Inversion) $A$ (N·m/s <sup>2</sup> )	短周期レベル (SMGA: Strong Motion Generation Area) $A$ (N·m/s <sup>2</sup> )	コーナ ー振動数 $f_c$ (Hz)
				緯度 [N]	経度 [E]	深さ [km]								
M	Tonga subduction zone (the Pacific plate)	Sep.29.2009, the Samoa-Tonga earthquake	2009/9/29	-15.542	-172.237	13	8.20E+20	114	28	*	*	*	*	*
M	Tonga subduction zone (the Pacific plate)	Sep.29.2009, the Samoa-Tonga earthquake	2009/9/29	-15.51	-172.03	*	1.8E+21	*	*	3510	13	*	*	*

付録B. 収集した断層パラメータ

アウトターライズ地震

地震番号	地域(プレート)	地震名	発生日 年月日	アスベリテイ の 応力降下量 $\Delta\sigma_a$ (MPa)	アスベリテイ の面積 $S_a$ (km <sup>2</sup> )	アスベリテイ の面積比 $S_a/S$	S波速度 $\beta$ (km/s)	参考文献1	備考
M	Tonga subduction zone (the Pacific plate)	Sep.29.2009, the Samoa-Tonga earthquake	2009/9/29	*	*	*	*	J.Beavan, X.Wang, C.Holden, K.Wilson, W.Power, G.Prasetya, M.Bevis & R.Kautoke (2010)	<a href="#">outer rise earthquake</a> , strike $\theta = 172$ deg, dip $\delta = 48$ deg, rake $\lambda = -41$ deg, $M_w = 7.9$ , rigidity $\mu = 30$ GPa, slip $D = 8.6$ m $S = 114 \times 28 = 3192$ km <sup>2</sup>
M	Tonga subduction zone (the Pacific plate)	Sep.29.2009, the Samoa-Tonga earthquake	2009/9/29	*	*	*	4.1	Thorne Lay, Charles J. Ammon, Hiroo Kanamori, Luis Rivera, Keith D. Koper & Alexander R. Hutko (2010)	<a href="#">outer rise earthquake</a> , strike $\theta = 144$ deg, dip $\delta = 65$ deg, rake $\lambda = -91$ deg, $M_w = [\log(1.8e+28) - 16.1] / 1.5 = 8.1$ , rupture velocity $V_r = 1.5$ km/s, slip $D = 10.0$ m, $\alpha = 7.3$ , $\beta = 4.1$ km/s, $\rho = 3.1$ g/cm <sup>3</sup>

付録B. 収集した断層パラメータ

プレート間地震

地震 番号	地域(プレート)	地震名	発生日 年月日	震源位置			地震 モーメント (論文) $M_0$ (Nm)	断層 長さ $L$ (km)	断層 幅 $W$ (km)	断層 面積 $S$ (km <sup>2</sup> )	平均 応力 降下量 $\Delta\sigma$ (MPa)	短周期レベル(SI: Spectral Inversion) $A$ (N・m/s <sup>2</sup> )	短周期レベル (SMGA: Strong Motion Generation Area) $A$ (N・m/s <sup>2</sup> )	コーナ ー振動数 $f_c$ (Hz)
				緯度 [N]	経度 [E]	深さ [km]								
O	Nazca ridge and South American plate	Peru earthquake	1996/11/12	-14.99	-75.63	28	4.4E+20	180	120	*	*	*	*	*
O	Nazca ridge and South American plate		1942/8/24	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
O	Nazca ridge and South American plate		1974/10/3	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
O	Nazca and South American plates	Pisco, Peru earthquake	2007/8/15	-13.35	-76.51	39	1.1E+20	*	*	*	*	*	*	*
O	Nazca ridge and South American plate	Peruvian earthquake	1996/11/12	-14.99	-75.63	21	1.5E+21	200	*	12,500	*	*	*	*
O	Nazca ridge and South American plate		1942/xx/xx	*	*	*	*	240	*	*	*	*	*	*
O	Nazca and South American plates	Antofagasta, Chile	1995/7/30	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
O	Nazca and South American plates	Bolivia earthquake	1994/6/9	*	*	635	*	*	*	*	*	*	*	*
O	Rivera and Cocos plates and North American plate	the 2003 Tecoman, Mexico earthquake	2003/1/22	18.71	-104.13	20	2.30E+20	70	85	*	*	*	*	*
O	Cocos and Caribbean plates	the 2012 Nicoya, Costa Rica Mw7.6 earthquake	2012/9/5	9.76	-85.56	13.1	3.5E+20	128	113	*	*	*	*	*

付録B. 収集した断層パラメータ

プレート間地震

青字:地震タイプ

地震番号	地域(プレート)	地震名	発生日 年月日	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 <sup>2</sup> )	アスペリティ の 面積比 $S_a/S$	S波速度 $\beta$ (km/s)	参考文献1	備考
O	Nazca ridge and South American plate	Peru earthquake	1996/11/12	*	*	*	3.8	J.Salichon et al.(2003)	subduction interface between the Nazca ridge and the South American plate, Mw=7.7, Harvard moment=4.57E+20Nm、最大すべり量6~7m
O	Nazca ridge and South American plate		1942/8/24	*	*	*	*	J.Salichon et al.(2003)	subduction interface between the Nazca ridge and the South American plate, Mw=8.1or8.2
O	Nazca ridge and South American plate		1974/10/3	*	*	*	*	J.Salichon et al.(2003)	subduction interface between the Nazca ridge and the South American plate, Mw=8.1
O	Nazca and South American plates	Pisco, Peru earthquake	2007/8/15	*	*	*	*	Sladen et al.(2010)	interplate earthquake, Mw=8.0、この規模の地震としては例外的に震源の広がりが60kmと小さい、震源での最大すべり量11m(In-SAR onlyのインバージョン結果)、最大津波高さ10m、最大到達距離2km
O	Nazca ridge and South American plate	Peruvian earthquake	1996/11/12	*	*	*	*	Spence et al.(1999)	subduction interface of the Nazca Ridge, Mw=8.0、平均すべり量1.4m、HarvardではM0=4.4E+20Nm (Mw=7.7)
O	Nazca ridge and South American plate		1942/xx/xx	*	*	*	*	Spence et al.(1999)	subduction interface of the Nazca Ridge, Mw=7.9~8.2、震源深さは96.11.12地震とほぼ同じで規模はやや大きい
O	Nazca and South American plates	Antofagasta, Chile	1995/7/30	*	*	*	*	Spence et al.(1999)	subduction event, Mw=8.0~8.1
O	Nazca and South American plates	Bolivia earthquake	1994/6/9	*	*	*	*	Spence et al.(1999)	deep thrust earthquake, Mw=8.2
O	Rivera and Cocos plates and North American plate	the 2003 Tecoman, Mexico earthquake	2003/1/22	最大値として 9.4~10.7	*	*	*	Yagi et al.(2004)	subduction interface between Rivera and Cocos plates and North American plate, Mw=7.5、Harvard CMT解ではM0=1.62E+20Nmで震源は18.807° N、-103.886° E、深さ30km、アスペリティの最大すべり量は3.4mと3.1m
O	Cocos and Caribbean plates	the 2012 Nicoya, Costa Rica Mw7.6 earthquake	2012/9/5	*	*	*	*	Yue et al.(2013)	plate boundary megathrust fault, Mw=7.6、静的応力降下量=3MPa、平均すべり量=2m、USGSの震源位置は10.085° N、-85.315° E、深さ35km

付録B. 収集した断層パラメータ

アウトターライズ地震

地震 番号	地域(プレート)	地震名	発生日 年月日	震源位置			地震 モーメント (論文) $M_0$ (Nm)	断層 長さ $L$ (km)	断層 幅 $W$ (km)	断層 面積 $S$ (km <sup>2</sup> )	平均 応力 降下量 $\Delta\sigma$ (MPa)	短周期レベル (St: Spectral Inversion) $A$ (N·m/s <sup>2</sup> )	短周期レベル (SMGA: Strong Motion Generation Area) $A$ (N·m/s <sup>2</sup> )	コーナー 振動数 $f_c$ (Hz)
				緯度 [N]	経度 [E]	深さ [km]								
0	the southern Mexico subduction zone (Cocos plate)	2017 Chiapas Mexico earthquake	2017/9/8	14.85	-94.11	18	1.85E+21	*	*	*	*	*	*	*



付録B. 収集した断層パラメータ

アウターライズ地震

青字:地震タイプ

地震番号	地域(プレート)	地震名	発生日 年月日	アスベリテイ の 応力降下量 $\Delta\sigma_a$ (MPa)	アスベリテイ の面積 $S_a$ (km <sup>2</sup> )	アスベリテイ の面積比 $S_a/S$	S波速度 $\beta$ (km/s)	参考文献	備考
0	the southern Mexico subduction zone (Cocos plate)	2017 Chiapas Mexico earthquake	2017/9/8	*	*	*	*	Okuwaki et al.(2017)	アウターライズ地震 (the upper part of the subducting Cocos plate と intraplate normal-faulting event、及び震源深さ18kmで判断)、アウターライズ地震の断層パラメータ表作成済み、Mw=8.1 (本研究 / GCMT solutionではMw=8.2)、震源深さは Servicio Sismologico Nacionalでは58km、最大すべり量18.6m、最大すべり量の70%の領域50km × 30km

付録B. 収集した断層パラメータ

不明地震

地震 番号	地域(プレート)	地震名	発生日 年月日	震源位置			地震 モーメント (論文) $M_0$ (Nm)	断層 長さ $L$ (km)	断層 幅 $W$ (km)	断層 面積 $S$ (km <sup>2</sup> )	平均 応力 降下量 $\Delta\sigma$ (MPa)	短周期レベル (St: Spectral Inversion) $A$ (N・m/s <sup>2</sup> )	短周期レベル (SMGA: Strong Motion Generation Area) $A$ (N・m/s <sup>2</sup> )	コーナ- 振動数 $f_c$ (Hz)
				緯度 [N]	経度 [E]	深さ [km]								
○	Pacific Plate and Australian Plate	the 2016 Kaikoura earthquake	2016/11/14	*	*	*	1.04E+21	*	*	*	*	*	*	*
○	Pacific Plate and Australian Plate	the 2016 Mw7.8 Kaikoura earthquake	2016/11/14	-42.69	173.02	15	9.91E+20	~170	*	*	*	*	*	*
○		the 2006 Java, Indonesia, tsunami earthquake	2006/7/17	-9.28	107.42	15	6.6E+20	360	132	*	*	*	*	*
○	India and Eurasia plates	the 2015 Gorkha, Nepal, earthquake	2015/4/25	28.147	84.708	15	9.1E+20	168	96	*	*	*	*	*
○	the Manila Trench subduction zone (the Eurasia Plate)	2006 Pingtung Taiwan Earthquake(Mw6.9)	2006/12/26	21.690	120.560	44.00	2.7E+19	120	100	*	*	*	*	*
○	the Manila Trench subduction zone (the Eurasia Plate)	2006 Pingtung Taiwan Earthquake(Mw6.8)	2006/12/26	21.970	120.420	51.00	1.8E+19	90	80	*	*	*	*	*

付録B. 収集した断層パラメータ

不明地震

青字:地震タイプ

地震番号	地域(プレート)	地震名	発生日 年月日	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 <sup>2</sup> )	アスペリティ の面積比 $S_a/S$	S波速度 $\beta$ (km/s)	参考文献	備考
O	Pacific Plate and Australian Plate	the 2016 Kaikoura earthquake	2016/11/14	*	*	*	*	Wang et al. (2018)	simultaneous rupture on both the subduction interface and the upper crustal splay faults, Mw=7.94 (USGS 7.8)、全モーメントの45%はsubduction interfaceで
O	Pacific Plate and Australian Plate	the 2016 Mw7.8 Kaikoura earthquake	2016/11/14	*	*	*	*	Wen et al.(2018)	crustal faults and subduction interface、subduction interfaceの寄与は相対的に小さい、Mw & M0 (1)遠地震波を用いたインバージョンでは7.90、8.90E+20Nm、2)GPS dataでは7.87、8.03E+20Nm、3)joint inversionでは7.93、9.91E+20Nm)
O		the 2006 Java, Indonesia, tsunami earthquake	2006/7/17	*	*	*	*	Yagi and Fukahata(2011)	? (Wikipediaでは海溝型、深さ32km) near the Java trench / thrust faulting、Mw=7.8、CMTのM0=4.61E+20Nm、fault areaとして360km × 132kmと記述されているがモデルの大きさは260km × 130km程度に見える
O	India and Eurasia plates	the 2015 Gorkha, Nepal, earthquake	2015/4/25	*	*	*	*	Yagi and Okuwaki(2015)	? 恐らくsubduction interface between the India and Eurasia plates、Mw=7.9、GCMTのM0=7.8E+20Nm、effective rupture areaは120km × 80km、最大すべり量7.5m、
O	the Manila Trench subduction zone (the Eurasia Plate)	2006 Pingtung Taiwan Earthquake(Mw6.9)	2006/12/26	0.3~0.4	1800 2000	*	*	Yen Y.T. et al.(2008)	不明地震 (a region where the Eurasia Plate subducts beneath the Philippine Plate で、normal fault with right-lateral componentおよびその共役断層で起きた地震であり、震源深さが44~51kmと深いことから分類不明と判断)、Mw=6.9、表のLとWはFEMのモデルサイズ、破壊伝播速度を2.7km/sとしている
O	the Manila Trench subduction zone (the Eurasia Plate)	2006 Pingtung Taiwan Earthquake(Mw6.8)	2006/12/26	0.3~0.4	1225 1200	*	*	Yen Y.T. et al.(2008)	上記地震の発生から8分後に共役断層で起こった地震で分類不明とする、Mw=6.8、表のLとWはFEMのモデルサイズ、破壊伝播速度を2.7km/sとしている

付録B. 収集した断層パラメータ

プレート間地震

地震 番号	地域(プレート)	地震名	発生日 年月日	震源位置			地震 モーメント (論文) $M_0$ (Nm)	断層 長さ $L$ (km)	断層 幅 $W$ (km)	断層 面積 $S$ (km <sup>2</sup> )	平均 応力 降下量 $\Delta\sigma$ (MPa)	短周期レベル (SI: Spectral Inversion) $A$ (N $\cdot$ m/s <sup>2</sup> )	短周期レベル (SMGA: Strong Motion Generation Area) $A$ (N $\cdot$ m/s <sup>2</sup> )	コーナ ー振動数 $f_c$ (Hz)
				緯度 [N]	経度 [E]	深さ [km]								
T	ココスプレート、北米 プレート	メキシコ・Michoacan 地震	1985/9/19	*	*	*	1.099E+21	*	*	*	1.85	2.41E+19	*	0.024
T	ココスプレート、北米 プレート	メキシコ・Michoacan 地震の最大余震	1985/9/21	*	*	*	2.490E+20	*	*	*	2.89	1.98E+19	*	0.045
T	ナスカプレート、南ア メリカプレート	チリ・Illapel 地震	2015/9/16	*	*	*	3.229E+21	*	*	*	6.04	7.18E+19	*	0.024

付録B. 収集した断層パラメータ

プレート間地震

地震番号	地域(プレート)	地震名	発生日 年月日	アスベリテイ の 応力降下量 $\Delta\sigma_a$ (MPa)	アスベリテイ の面積 $S_a$ (km <sup>2</sup> )	アスベリテイ の面積比 $S_a/S$	S波速度 $\beta$ (km/s)	参考文献1	備考
T	ココスプレート、北米プレート	メキシコ・Michoacan地震	1985/9/19	*	*	*	3.7	友澤・他(2018)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・スペクトルインバージョン解析による震源スペクトルの推定.</li> <li>・地震モーメントは、Global CMT解.</li> <li>・震源スペクトルに<math>\omega</math>二乗スペクトルを当てはめて<math>f_c</math>を評価. 応力降下量<math>\Delta\sigma</math>はBrune(1970)による.</li> <li>・メキシコ地域の結果、<math>Q(f)=80f^{1.0}</math>程度.</li> </ul>
T	ココスプレート、北米プレート	メキシコ・Michoacan地震の最大余震	1985/9/21	*	*	*	3.7	友澤・他(2018)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・発生日は、論文不記載より、globalCMT解で調査.</li> <li>・スペクトルインバージョン解析による震源スペクトルの推定.</li> <li>・地震モーメントは、Global CMT解.</li> <li>・震源スペクトルに<math>\omega</math>二乗スペクトルを当てはめて<math>f_c</math>を評価. 応力降下量<math>\Delta\sigma</math>はBrune(1970)による.</li> </ul>
T	ナスカプレート、南アメリカプレート	チリ・Illapel地震	2015/9/16	*	*	*	3.7	友澤・他(2018)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・スペクトルインバージョン解析による震源スペクトルの推定.</li> <li>・地震モーメントは、Global CMT解.</li> <li>・震源スペクトルに<math>\omega</math>二乗スペクトルを当てはめて<math>f_c</math>を評価. 応力降下量<math>\Delta\sigma</math>はBrune(1970)による.</li> <li>・チリ地域の結果、<math>Q(f)=200f^{0.8}</math>程度.</li> </ul>

付録B. 収集した断層パラメータ

スラブ内地震

地震 番号	地域(プレート)	地震名	発生日 年月日	震源位置			地震 モーメント (論文) $M_0$ (Nm)	断層 長さ $L$ (km)	断層 幅 $W$ (km)	断層 面積 $S$ (km <sup>2</sup> )	平均 応力 降下量 $\Delta\sigma$ (MPa)	短周期レベル(SI: Spectral Inversion) $A$ (N·m/s <sup>2</sup> )	短周期レベル (SMGA: Strong Motion Generation Area) $A$ (N·m/s <sup>2</sup> )	コーナ ー 振動数 $f_c$ (Hz)
				緯度 [N]	経度 [E]	深さ [km]								
T	subducting Pacific lithosphere	Sea of Okhotsk earthquake	2013/5/24	*	*	610	4.8E+21	140	50	*	*	*	*	*
T	Sunda subduction zone arcs	Padang earthquake	2009/9/30	*	*	78	3.74e20, 3.42e20	90	65	*	*	*	*	*
T	subducting Pacific plate	Sea of Okhotsk earthquake	2013/5/24	54.874	153.281	609	4.1E+21	180	60	*	15	*	*	*

付録B. 収集した断層パラメータ

スラブ内地震

地震番号	地域(プレート)	地震名	発生日 年月日	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 <sup>2</sup> )	アスペリティ の面積比 $S_a/S$	S波速度 $\beta$ (km/s)	参考文献1	備考
T	subducting Pacific lithosphere	Sea of Okhotsk earthquake	2013/5/24	*	*	*	*	Wei et al. (2013a)	<ul style="list-style-type: none"> <li>波形inversion</li> <li>破壊速度 4km/s</li> </ul>
T	Sunda subduction zone arcs	Padang earthquake	2009/9/30	*	*	*	*	Wiseman et al.(2012)	<ul style="list-style-type: none"> <li>節面として、east-striking nodal plane (EWNP) またはsouth-striking nodal plane (NSNP)を仮定</li> <li>波形とGPSデータによるJoint inversion</li> <li>EWNP節面で3.74e20Nm、NSNP節面で3.42e20Nm</li> <li>断層の長さとは幅は、Fig.6のすべり分布図の読み取りによる。</li> </ul>
T	subducting Pacific plate	Sea of Okhotsk earthquake	2013/5/24	*	*	*	*	Ye et al.(2013)	<ul style="list-style-type: none"> <li>radiation efficiency(<math>\eta r</math>)を使って、静的応力降下量<math>\Delta\sigma_s</math>と関係を求めると</li> <li><math>\eta r=0.6</math>となるために、<math>V_r=4\text{km/s}</math>なら、<math>\Delta\sigma_s=15\text{MPa}</math>が必要で、断層長さ180km、幅60kmとなる。</li> <li>また、<math>V_r=5\text{km/s}</math>なら、<math>\Delta\sigma_s=12\text{MPa}</math>、<math>\eta r=0.6</math>で、断層長さ180km、幅68kmとなる。</li> </ul>

付録C. 地震タイプごとの断層パラメータ

プレート間地震の断層パラメータ表

地震番号	地域(プレート)	地震名	発生日 年月日	震源位置			地震モーメント (論文) $M_0$ (Nm)	断層長さ $L$ (km)	断層幅 $W$ (km)	断層面積 $S$ (km <sup>2</sup> )	平均応力 降下量 $\Delta\sigma$ (MPa)	短周期レベル (SI: Spectral Inversion) $A$ (N·m/s <sup>2</sup> )	短周期レベル (SMGA: Strong Motion Generation Area) $A$ (N·m/s <sup>2</sup> )	コーナー 振動数 $f_c$ (Hz)
				緯度 [N]	経度 [E]	深さ [km]								
I	アンダマン (インド・オーストラリア -ユーラシア)	2004 Sumatra- Andaman	2004/12/26	*	*	*	6.5E+22	*	*	*	*	*	*	*
I	千島 (北米-太平洋)	central Kuril islands	2006/11/15	46.592	153.266	*	4.6E+21	250	*	*	*	*	*	*
I	千島 (北米-太平洋)	central Kuril islands	2006/11/15	*	*	11	4.6E+21	320	140	*	*	*	*	*
I	北チリ (南米-ナスカ)	Tocopilla	2007/11/14	*	*	*	*	150	*	*	*	*	*	*
I	ソロモン諸島 (太平洋-オーストラ リア)	Solomon Islands	2007/4/1				3.7E+21	294	82.5? ( $\delta$ 29度で 深さ40km)	*	*	*	*	*
I	メキシコ (北米-ココス)	Copala	1995/9/14	16.48	-98.76	16	7.31E+19	45	35	*	*	*	*	*
I	中央チリ (北米-ナスカ)	Maule	2010/2/27	-36.208	-72.963	32	1.8E+22	500	深さ50km (傾斜18度 でW=161.8 km?)	*	*	*	*	*
S	NewZealand	Dusky sound earthquake	2009/07/15	-	-	38	2.7E+20	140	80	-	-	-	-	-
S	Sumatra(Indonesia)	Bengkulu earthquake	2007/09/12	-4.520	101.374	-	6.7E+21	400	250	-	-	-	-	-
S	Peru	Peru Earthquake	1974/09/03	-	-	11	1.5E+28	-	58	-	-	-	-	-
S	Peru	Peru Earthquake	1974/09/03	-	-	15	1.2E+28	-	49	-	-	-	-	-
S	Sunda megathrust	Nias-Simeulue Earthquake	2005	2.074	97.013	30	1.24E+22	416.650	413.137	-	-	-	-	-
S	Sunda megathrust	Nias-Simeulue Earthquake	2005	2.074	97.013	30	1.00E+22	-	-	-	-	-	-	-
S	Mentawai	-	2007/09/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S	Manokwari Trench	West Papua,Indonesia Earthquake	2009/01/03	-0.408	132.886	about 20	1.02E+20	80	40	-	-	-	-	-
S	Manokwari Trench	West Papua,Indonesia Earthquake	2009/01/03	-0.408	132.886	about 20	1.11E+20	100	40	-	-	-	-	-
S	Sumatra(Indonesia)	-	2004/12/26	3.3	95.8	35	2.46E+22	450	180	-	-	-	-	-
D	Indonesia	Mentawai earthquake	2010/10/25	-3.484	100.114		6.70E+20							
D						12	5.0E+20							
D							6.2E+20	180	110	19800.0				
D						12	5.0E+20	180	120	21600.0				
D				-3.487	100.082	20.1	5.7E+20	225	140	31500.0				
D	Indonesia, Java	Java tsunami earthquake	2006/7/17											
D	Indonesia	Kepulauan earthquake	2007/9/12											
D	Indonesia		1907/1/4											



付録C. 地震タイプごとの断層パラメータ

プレート間地震地震の断層パラメータ表

地震番号	地域(プレート)	地震名	発生日 年月日	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 <sup>2</sup> )	アスペリティ の 面積比 $S_a/S$	S波速度 $\beta$ (km/s)	参考文献	備考
I	アンダマン (インド・オーストラリア -ユーラシア)	2004 Sumatra- Andaman	2004/12/26	*	*	*	*	Ammon et al. (2005)	●Mw9.1
I	千島 (北米-太平洋)	central Kuril islands	2006/11/15	*	*	*	*	Ammon et al. (2008a)	●遠地記録の波形インバージョン ●Mw8.4 ● $\theta$ 215, $\delta$ 15, $\lambda$ 92 ● $V_r=2.0$ km/s
I	千島 (北米-太平洋)	central Kuril islands	2006/11/15	*	*	*	*	Ammon et al. (2008b)	● $V_r=2.0$ km/s, $\mu=40$ GPa, $V_p=6.7$ km/s, $\rho=2.9$ g/cm <sup>3</sup> ●平均すべり4.6m ●Mw8.4 ●Ammon他(2008a)と同じ?
I	北チリ (南米-ナスカ)	Tocopilla	2007/11/14	*	*	*	*	Bejar-Pizzaro et al. (2010)	●Mw7.7 ●地殻変動から震源断層すべり分布を推定している
I	ソロモン諸島 (太平洋-オーストラ リア)	Solomon Islands	2007/4/1	*	*	*	*	Chen et al. (2009)	●上下の地殻変動データより傾斜方向のすべり量分布モデルを推定 ●Mw8.1 ● $\mu$ 30GPa ● $K=1000$ のモデルが最適解 ●平均すべり量5.02m, すべり量30mを上限
I	メキシコ (北米-ココス)	Copala	1995/9/14	*	*	*	*	Courboux et al. (1997)	●遠地, 近地記録を用いたEGF波形合わせ(グリッドサーチ, 最大周波数0.5Hz) ● $V_r=2.5$ km/s ●最大すべり量4.12m, 平均すべり量1.4m ●断層長さ幅は応力降下量1MPa以上の領域
I	中央チリ (北米-ナスカ)	Maule	2010/2/27	*	*	*	*	Delouis et al. (2010)	●地殻変動データと遠地表面波を用いた震源インバージョン ●Mw=8.8 ●最大すべり量20m ● $V_r=2.6$ km/s
S	NewZealand	Dusky sound earthquake	2009/07/15	-	-	-	-	Fry_etal(2010)	Australian/Pacific plate, low-angle reverse fault, 観測データのインバージョンから出たモデル
S	Sumatra(Indonesia)	Bengkulu earthquake	2007/09/12	-	-	-	-	Gusman_etal(2010)	すべり分布から計算。[CMT M0=6.71e+21,Mw=8.5], Indo-Australian/sunda plate, thrust fault
S	Peru	Peru Earthquake	1974/09/03	-	-	-	-	Harzell_Langer(1993)	Mw=8.0, TABLE 1. モデルCm
S	Peru	Peru Earthquake	1974/09/03	-	-	-	-	Harzell_Langer(1993)	Mw=8.0, TABLE 1. モデルDm
S	Sunda megathrust	Nias-Simeulue Earthquake	2005	-	-	-	-	Konca_etal(2007)	dip angleが8° ときのモーメント。論文に破壊面積(サイズ)がないがLとWを断層面の4つの角の座標から計算したら(Table 2)416.650×413.137になる。層ごとのvsが論文の中にある (Table3)
S	Sunda megathrust	Nias-Simeulue Earthquake	2005	-	-	-	-	Konca_etal(2007)	dip angleが10° ときのモーメント。層ごとのvsが論文の中にある (Table3)
S	Mentawai	-	2007/09/12	-	-	-	-	Konca_etal(2008)	Sumatra megathrust
S	Manokwari Trench	West Papua,Indonesia Earthquake	2009/01/03	-	-	-	-	Fujii_etal(2011)	PacificPlate/AustralianPlate, Mw=7.7(USGS), Mw=7.3(tsunami model), single fault model,thrust type
S	Manokwari Trench	West Papua,Indonesia Earthquake	2009/01/03	-	-	-	-	Fujii_etal(2011)	PacificPlate/AustralianPlate, Mw=7.4(USGS), Mw=7.3(tsunami model), fault with 5 subfaults model, thrust type
S	Sumatra(Indonesia)	-	2004/12/26	-	-	-	-	Ji et al.(2005)	SRCMOD web サイトhttp://equake-rc.info/SRCMOD/searchmodels/viewmodel/s2004SUMATR01Jlx/ ,2018.11.26 確認, Mw=8.89
D	Indonesia	Mentawai earthquake	2010/10/25					Lay et al. (2011)	Global CMTウェブページ情報, Mw=7.8;
D								Lay et al. (2011)	Mw=7.7; dip=10°; W-phaseのインバージョン結果
D							2.9	Lay et al. (2011)	Mw=7.7; dip=10°; strike=324°; P.SH,R1波のインバージョン結果; 断層サイズはFig.S3より読み取った;
D								Lay et al. (2011)	平方成層地盤; P.SH波インバージョン; 断層のサイズはFig.S5より読み取った;
D								USGS	USGSウェブページ; strike=325°; dip=11.6°; L=15x15=225km; W=10x14=140km;
D	Indonesia, Java	Java tsunami earthquake	2006/7/17					Lay et al. (2011)	Mw=7.8;
D	Indonesia	Kepulauan earthquake	2007/9/12					Lay et al. (2011)	Mw=7.9;
D	Indonesia		1907/1/4					Lay et al. (2011)	M=7.6;

付録C. 地震タイプごとの断層パラメータ

プレート間地震の断層パラメータ表

地震番号	地域(プレート)	地震名	発生日 年月日	震源位置			地震モーメント (論文) $M_0$ (Nm)	断層長さ $L$ (km)	断層幅 $W$ (km)	断層面積 $S$ (km <sup>2</sup> )	平均応力 降下量 $\Delta\sigma$ (MPa)	短周期レベル (SI: Spectral Inversion) $A$ (N·m/s <sup>2</sup> )	短周期レベル (SMGA: Strong Motion Generation Area) $A$ (N·m/s <sup>2</sup> )	コーナー 振動数 $f_c$ (Hz)
				緯度 [N]	経度 [E]	深さ [km]								
D	Indonesia	Great Sumatra event	1833											
D	Indonesia	Great Sumatra event	1797											
D	Indonesia	Sumatra earthquake	2007/9/12											
D	Pacific-Australian plate	Santa Cruz Islands earthquake	2013/2/6	-10.738	165.138	28.7								
D						12.7	1.50E+21	144	90	12960.0				
D	Pacific-Australian plate	Vanuatu earthquake	1934/7/18	-11.910	166.73									
D	Pacific-Australian plate		1966/12/31	-11.890	166.44									
D	Pacific-North American plate	Haida Gwaii earthquake	2012/10/28	52.788	-132.101	12	6.70E+20	~150	63					
D	Pacific-North American plate		1949/8/22					~265						
D	Pacific-North American plate	Craig, Alaska, earthquake	2013/1/5	55.394	-134.65	7.1	2.50E+20	~120	24					
D														
D	Chile, Nazca plate	Iquique earthquake	2014/4/1	-19.642	-70.817		1.66E+21	157.5	105.0	16537.5	~2.5			
D	Chile, Nazca plate	Iquique earthquake余震	2014/4/3	-20.518	-70.498	35	4.27E+20	90.0	90.0	8100.0				
D	New Zealand, Hikurangi subd.z.	2016 Kaikoura earthquake	2016/11/14											
D														
D														
D														
D	Costa Rica	Nicoya, Costa Rica	2012/9/5	9.760	-85.56	13.1	3.46E+20	168	112	18816.0	3.4			
D	Chile, Maule	The great 2010 Chile earthquake	2010/2/27	-36.12	-72.9		1.55E+22	625	200	125000.0				
D	Chile		1960/5/22											
D	Chile		1939											
D	Chile		1928											
D	Chile		1960/5/21											
D	Chile, Maule	Maule, Chile	2010/2/27					~600			~4			
M	Middle America subduction zone (between the Cocos and North America plate)	Sep.19,1985, Michoacan	1985/9/19	18.18	-102.57	17	1.50E+21	180	139	*	*	*	*	*

付録C. 地震タイプごとの断層パラメータ

プレート間地震地震の断層パラメータ表

地震番号	地域(プレート)	地震名	発生日 年月日	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 <sup>2</sup> )	アスペリティ の面積比 $S_a/S$	S波速度 $\beta$ (km/s)	参考文献	備考
D	Indonesia	Great Sumatra event	1833					Lay et al. (2011)	M~9;
D	Indonesia	Great Sumatra event	1797					Lay et al. (2011)	M~8.8;
D	Indonesia	Sumatra earthquake	2007/9/12					Lay et al. (2011)	Mw=8.4;
D	Pacific-Australian plate	Santa Cruz Islands earthquake	2013/2/6					Lay et al. (2013a)	USGS: Mw=8.0; Vanuatu subduction zone; strike=314°; dip=21°; rake=74°; thrust fault;
D								Lay et al. (2013a)	Mw=8.1; strike=309°; dip=17°; rake=61°; 速度構造Crust2.0;
D	Pacific-Australian plate	Vanuatu earthquake	1934/7/18					Lay et al. (2013a)	M~7.8; M=7.8(Pacheco and Sykes, 1992);
D	Pacific-Australian plate		1966/12/31					Lay et al. (2013a)	Ms=7.9(Tajima et al., 1990);
D	Pacific-North American plate	Haida Gwaii earthquake	2012/10/28					Lay et al. (2013b)	Mw=7.8; thrust faulting; 断層幅はFig.3.5.9より読み取った;
D	Pacific-North American plate		1949/8/22					Lay et al. (2013b)	Ms=8.1; strike-slip faulting; the Queen Charlotte Fault; Mw=7.9;断層長さはLove波の初期位相よりの値;
D	Pacific-North American plate	Craig, Alaska, earthquake	2013/1/5					Lay et al. (2013b)	Mw=7.5; strike-slip faulting; 断層幅はFig.3より読み取った;
D									
D	Chile, Nazca plate	Iquique earthquake	2014/4/1				3.98	Lay et al. (2014)	Mw=8.1; strike=357, dip=18; circular fault model; centroid depth=21.9km; interplate thrust fault;
D	Chile, Nazca plate	Iquique earthquake余震	2014/4/3				4.4	Lay et al. (2014)	Mw=7.7; thrust fault (Figure 1);
D	New Zealand, Hikurangi subd.z.	2016 Kaikoura earthquake	2016/11/14					Litchfield et al. (2018)	Hollingsworth et al. (2017), プレート間の破壊は全体のM <sub>0</sub> の60%;
D								Litchfield et al. (2018)	Bai et al. (2017), プレート間の破壊は全体のM <sub>0</sub> =7.25E+20Nmの41%;
D								Litchfield et al. (2018)	Wen et al. (2018), プレート間の破壊は全体のM <sub>0</sub> =9.91E+20Nmの15%-25%;
D								Litchfield et al. (2018)	Wang et al. (2018), プレート間の破壊は全体のM <sub>0</sub> =1.04E+21Nmの45%;
D								Litchfield et al. (2018)	Hamling et al.(2017)&Clark et al.(2017), プレート間の破壊は全体のM <sub>0</sub> =7.7E+20Nmの9%;
D	Costa Rica	Nicoya, Costa Rica	2012/9/5					Liu et al. (2015)	Mw=7.6; thrust faulting; large slip patch 110km × 50kmR=30km, Δσ=3.4MPa;
D	Chile, Maule	The great 2010 Chile earthquake	2010/2/27					Lorito et al. (2011)	Mw=8.8; mega-thrust;
D	Chile		1960/5/22					Lorito et al. (2011)	Mw=9.5;
D	Chile		1939					Lorito et al. (2011)	Mw=7.9; intra-plate event;
D	Chile		1928					Lorito et al. (2011)	Mw=8.0;
D	Chile		1960/5/21					Lorito et al. (2011)	Mw=7.9;
D	Chile, Maule	Maule, Chile	2010/2/27					Luttrell et al. (2011)	Mw=8.8; mega-thrust; Δσpeak=17MPa; Δσ=6MPa~17MPa;
M	Middle America subduction zone (between the Cocos and North America plate)	Sep.19,1985, Michoacan	1985/9/19	*	*	*	*	Mendoza and Hartzell (1989)	V <sub>r</sub> =0.7 β=2.6km/s, β=3.7km/s Asp1=80×55, Asp2=45×60, Asp3=30×60km S=180×139=25020, Sa1=4400, Sa2=2700, Sa3=1800, Sa=4400+2700+1800=8900km <sup>2</sup> , Sa/S=8900/25020=0.36 Ms=8.1(Mendoza,C.,1993より), Mw={log(1.5e+28)-16.1}/1.5=8.05

付録C. 地震タイプごとの断層パラメータ

プレート間地震の断層パラメータ表

地震番号	地域(プレート)	地震名	発生日 年月日	震源位置			地震モーメント (論文) $M_0$ (Nm)	断層長さ $L$ (km)	断層幅 $W$ (km)	断層面積 $S$ (km <sup>2</sup> )	平均応力 降下量 $\Delta\sigma$ (MPa)	短周期レベル (SI: Spectral Inversion) $A$ (N·m/s <sup>2</sup> )	短周期レベル (SMGA: Strong Motion Generation Area) $A$ (N·m/s <sup>2</sup> )	コーナー 振動数 $f_c$ (Hz)
				緯度 [N]	経度 [E]	深さ [km]								
M	Middle America subduction zone (between the Cocos and North America plate)	Oct.25,1981,Playa Azul Sep.21,1985,Zihuatanejo	1981/10/25 1985/9/21	*	*	*	7.14E+19 1.35E+20	*	*	707 2827	1.8 2.1	*	*	*
M	The Naska-South America plate interface	Mar.3,1985, Central Chile	1985/3/3	*	*	40	1.5E+21	255	165	*	*	*	*	*
M	Middle America subduction zone (between the Cocos and North America plate)	Mar.14,1979, Petatlan	1979/3/14	17.46	-101.46	15	1.5E+20	*	*	5027	*	*	*	*
M	Middle America subduction zone (between the Cocos and North America plate)	Mar.20,2012, Ometepe-Pinotepa Nacional	2012/3/20	*	*	17	1.9E+20	*	*	2500	*	*	*	*
M	The Naska-South America plate interface	Nov.14,2007, Tocopilla	2007/11/14	-22.33	-70.11	*	5.01E+20	160	50	*	*	*	*	*
M	The Naska-South America plate interface	Sep.16,2015, Illapel	2015/9/16	-31.637	-71.741	25	3.3E+21	200	140	*	*	*	*	*
M	The Naska-South America plate interface	Feb.27,2010 Maule, Chile	2010/2/27	*	*	*	1.97E+22	650	194.5	*	*	*	*	*
M	The subduction zone west of the island of Sumatra in Indonesia	Dec.26,2004, Sumatra-Andaman	2004/12/26	3.30	95.96	*	7.124E+22	1300	*	*	*	*	*	*
M	Tonga subduction zone (between the Pacific and the Austraria plates)	Sep.29,2009, the Samoa-Tonga earthquake	2009/9/29	-15.940	-172.718	18	1.19E+21	109	90	*	*	*	*	*
M	Tonga subduction zone (between the Pacific and the Austraria plates)	Sep.29,2009, the Samoa-Tonga earthquake	2009/9/29	-15.75 -16.00	-172.25 -172.25	*	5.2E+20 5.3E+20	*	*	*	*	*	*	*
O	Nazca ridge and South American plate	Peru earthquake	1996/11/12	-14.99	-75.63	28	4.4E+20	180	120	*	*	*	*	*
O	Nazca ridge and South American plate		1942/8/24	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
O	Nazca ridge and South American plate		1974/10/3	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
O	Nazca and South American plates	Pisco, Peru earthquake	2007/8/15	-13.35	-76.51	39	1.1E+20	*	*	*	*	*	*	*
O	Nazca ridge and South American plate	Peruvian earthquake	1996/11/12	-14.99	-75.63	21	1.5E+21	200	*	12,500	*	*	*	*
O	Nazca ridge and South American plate		1942/xx/xx	*	*	*	*	240	*	*	*	*	*	*
O	Nazca and South American plates	Antofagasta, Chile	1995/7/30	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
O	Nazca and South American plates	Bolivia earthquake	1994/6/9	*	*	635	*	*	*	*	*	*	*	*
O	Rivera and Cocos plates and North American plate	the 2003 Tecoman, Mexico earthquake	2003/1/22	18.71	-104.13	20	2.30E+20	70	85	*	*	*	*	*
O	Cocos and Caribbean plates	the 2012 Nicoya, Costa Rica Mw7.6 earthquake	2012/9/5	9.76	-85.56	13.1	3.5E+20	128	113	*	*	*	*	*
T	ココスプレート、北米プレート	メキシコ・Michoacan地震	1985/9/19	*	*	*	1.099E+21	*	*	*	1.85	2.41E+19	*	0.024

付録C. 地震タイプごとの断層パラメータ

プレート間地震の断層パラメータ表

地震番号	地域(プレート)	地震名	発生日 年月日	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 <sup>2</sup> )	アスペリティ の面積比 $S_a/S$	S波速度 $\beta$ (km/s)	参考文献	備考
M	Middle America subduction zone (between the Cocos and North America plate)	Oct.25,1981,Playa Azul Sep.21,1985,Zihuatanejo	1981/10/25 1985/9/21	*	*	*	*	Mendoza, C. (1993)	$V_r \approx 0.7\beta = 2.6\text{km/s}$ , $\beta \approx 3.7\text{km/s}$ すべり領域:半径15km(Playa Azul), 半径30km(Zihuatanejo) $M_s=7.3$ , $M_w=[\log(7.14e+26)-16.1]/1.5=7.17$ (Playa Azul) $M_s=7.6$ , $M_w=[\log(1.35e+27)-16.1]/1.5=7.35$ (Zihuatanejo)
M	The Naska-South America plate interface	Mar.3,1985, Central Chile	1985/3/3	*	*	*	*	Mendoza, Hartzell, and Monfret (1994)	$M_w=8.0$ , $M_s=7.8$ $V_r=3.0\text{km/s}$ (max. allowable valueをインバージョンに使用。Table 4 に速度構造記載) 破壊開始点位置はChoy and Dewey(1988)の震源に同じと記述
M	Middle America subduction zone (between the Cocos and North America plate)	Mar.14,1979, Petatlan	1979/3/14	*	*	*	*	Mendoza, C. (1995)	$M_s=7.6$ , $M_w=[\log(1.5e+27)-16.1]/1.5=7.4$ 解析領域:120×120km, すべり領域:半径40km, $\pi \times 40 \times 40=5027\text{km}^2$ $\Delta\sigma_a = 7/16 \times 1.5 \times 10^{20}/40000^2/10^9=1.0\text{MPa}$ $V_r=3.3\text{km/s}$
M	Middle America subduction zone (between the Cocos and North America plate)	Mar.20,2012, Ometepe-Pinotepa Nacional	2012/3/20	*	*	*	*	Mendoza, C. (2014)	$M_w=7.4$ , $V_r=2.5\text{km/s}$ , 破壊開始点位置:断層中央 解析領域:140×70km, すべり領域:震源の上下に広がる2500km <sup>2</sup> の楕円 USGS/NEIC,gCMT等で発表される諸元と遠地P波データを用いて、暫定的な一次近似のラプチャーモデルを素早く作成できることを示すのが目的の論文
M	The Naska-South America plate interface	Nov.14,2007, Tocopilla	2007/11/14	*	*	*	*	Motagh,M., B.Schurr, J.Anderssohn, B.Cailleau, T.R.Walter, R.Wang, J.P.Vilotte (2010)	$M_w=7.8$ $\mu=30\text{GPa}$
M	The Naska-South America plate interface	Sep.16,2015, Illapel	2015/9/16	*	*	*	*	Okuwaki,R., Yagi,Y., Aránguiz,R., González,J., and González,G. (2016)	$M_w=8.3$ 解析領域:長さ200km×幅140km ( electronic supplementary material )
M	The Naska-South America plate interface	Feb.27,2010 Maule, Chile	2010/2/27	*	*	*	*	Pollitz,F.F., Brooks B., Tong,X., Bevis,M.G., Foster,J.H., Bürgmann,R., Smalley,R., Vigny,C., Socquet,A., Ruegg,J.C. and Campos,J. (2011)	$M_w=8.83$ 水平面投影幅:185km, $\delta=18^\circ \rightarrow W=185/\cos 18^\circ =194.5\text{km}$
M	The subduction zone west of the island of Sumatra in Indonesia	Dec.26,2004, Sumatra-Andaman	2004/12/26	*	*	*	*	Rhie,J., D.Dreger, R.Burgmann, and B.Romanowicz (2007)	$M_w=9.2$ $V_r=2.5\text{km/s}$ Banerjee <i>et al</i> (2005)記載モデル及びそれを一部変更したモデルを使用
M	Tonga subduction zone (between the Pacific and the Austraria plates)	Sep.29,2009, the Samoa-Tonga earthquake	2009/9/29	*	*	*	*	J.Beavan, X.Wang, C.Holden, K.Wilson, W.Power, G.Prasetya, M.Bevis & R.Kautoke (2010)	plate boundary earthquake, strike $\theta=175\text{deg}$ , dip $\delta=16\text{deg}$ , rake $\lambda=85\text{deg}$ , $M_w=8.0$ , rigidity $\mu=30\text{GPa}$ , slip $D=4.1\text{m}$ $S=109 \times 90=9810\text{km}^2$
M	Tonga subduction zone (between the Pacific and the Austraria plates)	Sep.29,2009, the Samoa-Tonga earthquake	2009/9/29	*	*	*	*	Thorne Lay, Charles J. Ammon, Hiroo Kanamori, Luis Rivera, Keith D. Koper & Alexander R. Hutko (2010)	plate boundary earthquake, strike $\theta=185\text{deg}$ , dip $\delta=29\text{deg}$ , rake $\lambda=90\text{deg}$ , $M_w=7.8&7.8, 8.0$ (total)
O	Nazca ridge and South American plate	Peru earthquake	1996/11/12	*	*	*	3.8	J.Salichon <i>et al.</i> (2003)	subduction interface between the Nazca ridge and the South American plate, $M_w=7.7$ , Harvard moment=4.57E+20Nm, 最大すべり量6~7m
O	Nazca ridge and South American plate		1942/8/24	*	*	*	*	J.Salichon <i>et al.</i> (2003)	subduction interface between the Nazca ridge and the South American plate, $M_w=8.1\text{or}8.2$
O	Nazca ridge and South American plate		1974/10/3	*	*	*	*	J.Salichon <i>et al.</i> (2003)	subduction interface between the Nazca ridge and the South American plate, $M_w=8.1$
O	Nazca and South American plates	Pisco, Peru earthquake	2007/8/15	*	*	*	*	Sladen <i>et al.</i> (2010)	interplate earthquake, $M_w=8.0$ , この規模の地震としては例外的に震源の広がりが60kmと小さい、震源での最大すべり量11m (In-SAR onlyのインバージョン結果)、最大津波高さ10m、最大到達距離2km
O	Nazca ridge and South American plate	Peruvian earthquake	1996/11/12	*	*	*	*	Spence <i>et al.</i> (1999)	subduction interface of the Nazca Ridge, $M_w=8.0$ , 平均すべり量1.4m, Harvardでは $M_0=4.4E+20\text{Nm}$ ( $M_w=7.7$ )
O	Nazca ridge and South American plate		1942/xx/xx	*	*	*	*	Spence <i>et al.</i> (1999)	subduction interface of the Nazca Ridge, $M_w=7.9\sim 8.2$ , 震源深さは96.11.12地震とほぼ同じで規模はやや大きい
O	Nazca and South American plates	Antofagasta, Chile	1995/7/30	*	*	*	*	Spence <i>et al.</i> (1999)	subduction event, $M_w=8.0\sim 8.1$
O	Nazca and South American plates	Bolivia earthquake	1994/6/9	*	*	*	*	Spence <i>et al.</i> (1999)	deep thrust earthquake, $M_w=8.2$
O	Rivera and Cocos plates and North American plate	the 2003 Tecoman, Mexico earthquake	2003/1/22	最大値として 9.4~10.7	*	*	*	Yagi <i>et al.</i> (2004)	subduction interface between Rivera and Cocos plates and North American plate, $M_w=7.5$ , Harvard CMT解では $M_0=1.62E+20\text{Nm}$ で震源は18.807° N, -103.886° E, 深さ30km, アスペリティの最大すべり量は3.4mと3.1m
O	Cocos and Caribbean plates	the 2012 Nicoya, Costa Rica Mw7.6 earthquake	2012/9/5	*	*	*	*	Yue <i>et al.</i> (2013)	plate boundary megathrust fault, $M_w=7.6$ , 静的応力降下量=3MPa, 平均すべり量=2m, USGSの震源位置は10.085° N, -85.315° E, 深さ35km
T	ココスプレート・北米プレート	メキシコ・Michoacan地震	1985/9/19	*	*	*	3.7	友澤・他(2018)	・スペクトルインバージョン解析による震源スペクトルの推定。 ・地震モーメントは、Global CMT解。 ・震源スペクトルに $\omega$ 二乗スペクトルを当てはめて $f_0$ を評価。応力降下量 $\Delta\sigma$ はBrune(1970)による。 ・メキシコ地域の結果、 $Q(f)=80f^{1.0}$ 程度。

付録C. 地震タイプごとの断層パラメータ

プレート間地震地震の断層パラメータ表

地震 番号	地域(プレート)	地震名	発生日 年月日	震源位置			地震 モーメント (論文) $M_0$ (Nm)	断層 長さ $L$ (km)	断層 幅 $W$ (km)	断層 面積 $S$ (km <sup>2</sup> )	平均 応力 降下量 $\Delta\sigma$ (MPa)	短周期レベル(SI: Spectral Inversion) $A$ (N·m/s <sup>2</sup> )	短周期レベル (SMGA: Strong Motion Generation Area) $A$ (N·m/s <sup>2</sup> )	コーナ ー振動数 $f_c$ (Hz)
				緯度 [N]	経度 [E]	深さ [km]								
T	ココスプレート、北米 プレート	メキシコ・Michoacan 地震の最大余震	1985/9/21	*	*	*	2.490E+20	*	*	*	2.89	1.98E+19	*	0.045
T	ナスカプレート、南ア メリカプレート	チリ・Illapel 地震	2015/9/16	*	*	*	3.229E+21	*	*	*	6.04	7.18E+19	*	0.024

付録C. 地震タイプごとの断層パラメータ

プレート間地震地震の断層パラメータ表

地震番号	地域(プレート)	地震名	発生日 年月日	アスベリテイ の 応力降下量 $\Delta\sigma_a$ (MPa)	アスベリテイ の面積 $S_a$ (km <sup>2</sup> )	アスベリテイ の面積比 $S_a/S$	S波速度 $\beta$ (km/s)	参考文献	備考
T	ココスプレート、北米プレート	メキシコ・Michoacan 地震の最大余震	1985/9/21	*	*	*	3.7	友澤・他(2018)	<ul style="list-style-type: none"> <li>発生日は、論文不記載より、globalCMT解で調査。</li> <li>スペクトルインバージョン解析による震源スペクトルの推定。</li> <li>地震モーメントは、Global CMT解。</li> <li>震源スペクトルに<math>\omega</math>二乗スペクトルを当てはめて<math>f_0</math>を評価。応力降下量<math>\Delta\sigma</math>はBrune(1970)による。</li> </ul>
T	ナスカプレート、南アメリカプレート	チリ・Illapel 地震	2015/9/16	*	*	*	3.7	友澤・他(2018)	<ul style="list-style-type: none"> <li>スペクトルインバージョン解析による震源スペクトルの推定。</li> <li>地震モーメントは、Global CMT解。</li> <li>震源スペクトルに<math>\omega</math>二乗スペクトルを当てはめて<math>f_0</math>を評価。応力降下量<math>\Delta\sigma</math>はBrune(1970)による。</li> <li>チリ地域の結果、<math>Q(f)=200f^{0.8}</math>程度。</li> </ul>

付録C. 地震タイプごとの断層パラメータ

スラブ内地震の断層パラメータ表

地震 番号	地域(プレート)	地震名	発生日 年月日	震源位置			地震 モーメント (論文) $M_0$ (Nm)	断層 長さ $L$ (km)	断層 幅 $W$ (km)	断層 面積 $S$ (km <sup>2</sup> )	平均 応力 降下量 $\Delta\sigma$ (MPa)	短周期レベル (SI: Spectral Inversion) $A$ (N·m/s <sup>2</sup> )	短周期レベル (SMGA: Strong Motion Generation Area) $A$ (N·m/s <sup>2</sup> )	コーナー 振動数 $f_c$ (Hz)
				緯度 [N]	経度 [E]	深さ [km]								
D	Chile, Nazca plate	Punitaqui intraslab earthquake	1997/10/15			~70								
T	subducting Pacific lithosphere	Sea of Okhotsk earthquake	2013/5/24	*	*	610	4.8E+21	140	50	*	*	*	*	*
T	Sunda subduction zone arcs	Padang earthquake	2009/9/30	*	*	78	3.74e20, 3.42e20	90	65	*	*	*	*	*
T	subducting Pacific plate	Sea of Okhotsk earthquake	2013/5/24	54.874	153.281	609	4.1E+21	180	60	*	15	*	*	*



付録C. 地震タイプごとの断層パラメータ

スラブ内地震の断層パラメータ表

地震番号	地域(プレート)	地震名	発生日 年月日	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 <sup>2</sup> )	アスペリティ の面積比 $S_a/S$	S波速度 $\beta$ (km/s)	参考文献	備考
D	Chile, Nazca plate	Punitaqui intraslab earthquake	1997/10/15					Lay et al. (2014)	Mw=7.1; intraslab earthquake, normal fault;
T	subducting Pacific lithosphere	Sea of Okhotsk earthquake	2013/5/24	*	*	*	*	Wei et al. (2013a)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・波形inversion</li> <li>・破壊速度 4km/s</li> </ul>
T	Sunda subduction zone arcs	Padang earthquake	2009/9/30	*	*	*	*	Wiseman et al.(2012)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・節面として、east-striking nodal plane (EWNP) またはsouth-striking nodal plane (NSNP)を仮定</li> <li>・波形とGPSデータによるJoint inversion</li> <li>・EWNP節面で3.74e20Nm、NSNP節面で3.42e20Nm</li> <li>・断層の長さとは幅は、Fig.6のすべり分布図の読み取りによる。</li> </ul>
T	subducting Pacific plate	Sea of Okhotsk earthquake	2013/5/24	*	*	*	*	Ye et al.(2013)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・radiation efficiency(<math>\eta_r</math>)を使って、静的応力降下量<math>\Delta\sigma_s</math>と関係を求めると</li> <li>・<math>\eta_r=0.6</math>となるために、<math>V_r=4\text{km/s}</math>なら、<math>\Delta\sigma_s=15\text{MPa}</math>が必要で、断層長さ180km、幅60kmとなる。</li> <li>・また、<math>V_r=5\text{km/s}</math>なら、<math>\Delta\sigma_s=12\text{MPa}</math>、<math>\eta_r=0.6</math>で、断層長さ180km、幅68kmとなる。</li> </ul>

付録C. 地震タイプごとの断層パラメータ

アウトワーライズ地震の断層パラメータ表

地震 番号	地域(プレート)	地震名	発生日 年月日	震源位置			地震 モーメント (論文) $M_0$ (Nm)	断層 長さ $L$ (km)	断層 幅 $W$ (km)	断層 面積 $S$ (km <sup>2</sup> )	平均 応力 降下量 $\Delta\sigma$ (MPa)	短周期レベル (SI: Spectral Inversion) $A$ (N·m/s <sup>2</sup> )	短周期レベル (SMGA: Strong Motion Generation Area) $A$ (N·m/s <sup>2</sup> )	コーナ ー振動数 $f_c$ (Hz)
				緯度 [N]	経度 [E]	深さ [km]								
I	千島 (太平洋)	central Kuril islands	2007/1/13	46.243	154.524	*	1.5E+21	200?	*	*	*	*	*	*
I	千島 (太平洋)	central Kuril islands	2007/1/13	*	*	22	1.5E+21	200	*	*	*	*	*	*
I	千島 (太平洋)	central Kurils	1963/3/16	46.79	154.83	10-50	*	*	*	*	*	*	*	*
I	千島 (太平洋)	central Kurils	1971/12/2	44.77	153.33	38	*	*	*	*	*	*	*	*
I	千島 (太平洋)	central Kurils	1981/8/23	48.71	157.37	20-42	*	*	*	*	*	*	*	*
I	千島 (太平洋)	central Kurils	1983/8/2	45.17	153.48	68	*	*	*	*	*	*	*	*
I	千島 (太平洋)	central Kurils	1990/9/10	46.59	155.48	23	*	*	*	*	*	*	*	*
M	Tonga subduction zone (the Pacific plate)	Sep.29.2009, the Samoa-Tonga earthquake	2009/9/29	-15.542	-172.237	13	8.20E+20	114	28	*	*	*	*	*
M	Tonga subduction zone (the Pacific plate)	Sep.29.2009, the Samoa-Tonga earthquake	2009/9/29	-15.51	-172.03	*	1.8E+21	*	*	3510	13	*	*	*
O	the southern Mexico subduction zone (Cocos plate)	2017 Chiapas Mexico earthquake	2017/9/8	14.85	-94.11	18	1.85E+21	*	*	*	*	*	*	*

付録C. 地震タイプごとの断層パラメータ

アウトターライズ地震の断層パラメータ表

地震番号	地域(プレート)	地震名	発生日 年月日	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 <sup>2</sup> )	アスペリティ の面積比 $S_a/S$	S波速度 $\beta$ (km/s)	参考文献1	備考
I	千島 (太平洋)	central Kuril islands	2007/1/13	*	*	*	*	Ammon et al. (2008a)	●遠地記録の波形インバージョン ●Mw8.1 ● $\theta$ 43, $\delta$ 59, $\lambda$ -115 ●Vr=3.5km/s
I	千島 (太平洋)	central Kuril islands	2007/1/13	*	*	*	*	Ammon et al. (2008b)	●遠地記録の波形インバージョン ●Mw8.1 ●Ammon他(2008a)と同じ?
I	千島 (太平洋)	central Kurils	1963/3/16	*	*	*	*	Ammon et al. (2008b)	●Christensen and Ruff (1988)
I	千島 (太平洋)	central Kurils	1971/12/2	*	*	*	*	Ammon et al. (2008b)	●Christensen and Ruff (1988)
I	千島 (太平洋)	central Kurils	1981/8/23	*	*	*	*	Ammon et al. (2008b)	●Christensen and Ruff (1988) ●Global CMT解 ●Mw=6.0
I	千島 (太平洋)	central Kurils	1983/8/2	*	*	*	*	Ammon et al. (2008b)	●Global CMT解 ●Mw=5.4
I	千島 (太平洋)	central Kurils	1990/9/10	*	*	*	*	Ammon et al. (2008b)	●Global CMT解 ●Mw=5.3
M	Tonga subduction zone (the Pacific plate)	Sep.29.2009, the Samoa-Tonga earthquake	2009/9/29	*	*	*	*	J.Beavan, X.Wang, C.Holden, K.Wilson, W.Power, G.Prasetya, M.Bevis & R.Kautoko (2010)	outer rise earthquake, strike $\theta$ =172deg, dip $\delta$ =48deg, rake $\lambda$ =-41deg, Mw=7.9, rigidity $\mu$ =30GPa, slip D=8.6m S=114 × 28=3192km <sup>2</sup>
M	Tonga subduction zone (the Pacific plate)	Sep.29.2009, the Samoa-Tonga earthquake	2009/9/29	*	*	*	4.1	Thorne Lay, Charles J. Ammon, Hiroo Kanamori, Luis Rivera, Keith D. Koper & Alexander R. Hutko (2010)	outer rise earthquake, strike $\theta$ =144deg, dip $\delta$ =65deg, rake $\lambda$ =-91deg, Mw= $\log(1.8e+28)-16.1$ /1.5=8.1, rupture velocity Vr=1.5km/s, slip D=10.0m, $\alpha$ =7.3, $\beta$ =4.1km/s, $\rho$ =3.1g/cm <sup>3</sup>
O	the southern Mexico subduction zone (Cocos plate)	2017 Chiapas Mexico earthquake	2017/9/8	*	*	*	*	Okuwaki et al.(2017)	アウトターライズ地震(the upper part of the subducting Cocos plate と intraplate normal-faulting event、及び震源深さ18kmで判断)、アウトターライズ地震の断層パラメータ表作成済み、Mw=8.1(本研究 / GCMT solutionではMw=8.2)、震源深さは Servicio Sismologico Nacionalでは58km、最大すべり量18.6m、最大すべり量の70%の領域50km × 30km

付録C. 地震タイプごとの断層パラメータ

不明地震

地震 番号	地域(プレート)	地震名	発生日 年月日	震源位置			地震 モーメント (論文) $M_0$ (Nm)	断層 長さ $L$ (km)	断層 幅 $W$ (km)	断層 面積 $S$ (km <sup>2</sup> )	平均 応力 降下量 $\Delta\sigma$ (MPa)	短周期レベル (SI: Spectral Inversion) $A$ (N·m/s <sup>2</sup> )	短周期レベル (SMGA: Strong Motion Generation Area) $A$ (N·m/s <sup>2</sup> )	コーナ ー振動数 $f_c$ (Hz)
				緯度 [N]	経度 [E]	深さ [km]								
D	New Zealand, Hikurangi subd. zone	2016 Kaikoura earthquake	2016/11/14											
D														
D											*			
D														
D														
O	Pacific Plate and Australian Plate	the 2016 Kaikoura earthquake	2016/11/14	*	*	*	1.04E+21	*	*	*	*	*	*	*
O	Pacific Plate and Australian Plate	the 2016 Mw7.8 Kaikoura earthquake	2016/11/14	-42.69	173.02	15	9.91E+20	~170	*	*	*	*	*	*
O		the 2006 Java, Indonesia, tsunami earthquake	2006/7/17	-9.28	107.42	15	6.6E+20	360	132	*	*	*	*	*
O	India and Eurasia plates	the 2015 Gorkha, Nepal, earthquake	2015/4/25	28.147	84.708	15	9.1E+20	168	96	*	*	*	*	*
O	the Manila Trench subduction zone (the Eurasia Plate)	2006 Pingtung Taiwan Earthquake(Mw6.9)	2006/12/26	21.690	120.560	44.00	2.7E+19	120	100	*	*	*	*	*
O	the Manila Trench subduction zone (the Eurasia Plate)	2006 Pingtung Taiwan Earthquake(Mw6.8)	2006/12/26	21.970	120.420	51.00	1.8E+19	90	80	*	*	*	*	*

付録C. 地震タイプごとの断層パラメータ

不明地震

地震番号	地域(プレート)	地震名	発生日 年月日	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 <sup>2</sup> )	アスペリティ の面積比 $S_a/S$	S波速度 $\beta$ (km/s)	参考文献	備考
D	New Zealand, Hikurangi subd. zone	2016 Kaikoura earthquake	2016/11/14					Litchfield et al. (2018)	Hollingsworth et al. (2017), プレート間の破壊は全体の $M_0$ の60%;
D								Litchfield et al. (2018)	Bai et al. (2017), プレート間の破壊は全体の $M_0=7.25E+20Nm$ の41%;
D								Litchfield et al. (2018)	Wen et al. (2018), プレート間の破壊は全体の $M_0=9.91E+20Nm$ の15%-25%;
D								Litchfield et al. (2018)	Wang et al. (2018), プレート間の破壊は全体の $M_0=1.04E+21Nm$ の45%;
D								Litchfield et al. (2018)	Hamling et al.(2017)&Clark et al.(2017), プレート間の破壊は全体の $M_0=7.7E+20Nm$ の9%;
O	Pacific Plate and Australian Plate	the 2016 Kaikoura earthquake	2016/11/14	*	*	*	*	Wang et al. (2018)	simultaneous rupture on both the subduction interface and the upper crustal splay faults, $M_w=7.94$ (USGS 7.8)、全モーメントの45%はsubduction interfaceで
O	Pacific Plate and Australian Plate	the 2016 Mw7.8 Kaikoura earthquake	2016/11/14	*	*	*	*	Wen et al.(2018)	crustal faults and subduction interface、subduction interfaceの寄与は相対的に小さい、 $M_w$ & $M_0$ (1)遠地地震波を用いたインバージョンでは7.90、 $8.90E+20Nm$ 、2)GPS dataでは7.87、 $8.03E+20Nm$ 、3)joint inversionでは7.93、 $9.91E+20Nm$ )
O		the 2006 Java, Indonesia, tsunami earthquake	2006/7/17	*	*	*	*	Yagi and Fukahata(2011)	? (Wikipediaでは海溝型、深さ32km) near the Java trench / thrust faulting、 $M_w=7.8$ 、CMTの $M_0=4.61E+20Nm$ 、fault areaとして360km × 132kmと記述されているがモデルの大きさは260km × 130km程度に見える
O	India and Eurasia plates	the 2015 Gorkha, Nepal, earthquake	2015/4/25	*	*	*	*	Yagi and Okuwaki(2015)	? 恐らくsubduction interface between the India and Eurasia plates、 $M_w=7.9$ 、GCMTの $M_0=7.8E+20Nm$ 、effective rupture areaは120km × 80km、最大すべり量7.5m、
O	the Manila Trench subduction zone (the Eurasia Plate)	2006 Pingtung Taiwan Earthquake( $M_w6.9$ )	2006/12/26	0.3~0.4	1800 2000	*	*	Yen Y.T. et al.(2008)	不明地震(a region where the Eurasia Plate subducts beneath the Philippine Plate で、normal fault with right-lateral componentおよびその共役断層で起きた地震であり、震源深さが44~51kmと深いことから分類不明と判断)、 $M_w=6.9$ 、表のLとWはFEMのモデルサイズ、破壊伝播速度を2.7km/sとしている
O	the Manila Trench subduction zone (the Eurasia Plate)	2006 Pingtung Taiwan Earthquake( $M_w6.8$ )	2006/12/26	0.3~0.4	1225 1200	*	*	Yen Y.T. et al.(2008)	上記地震の発生から8分後に共役断層で起こった地震で分類不明とする、 $M_w=6.8$ 、表のLとWはFEMのモデルサイズ、破壊伝播速度を2.7km/sとしている