

中央防災会議
「日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震に
関する専門調査会」
北海道ワーキング
(第3回)

プレート内地震と浦河沖地震
についての検討
(図表集)

平成 16 年 11 月 22 日
中央防災会議事務局

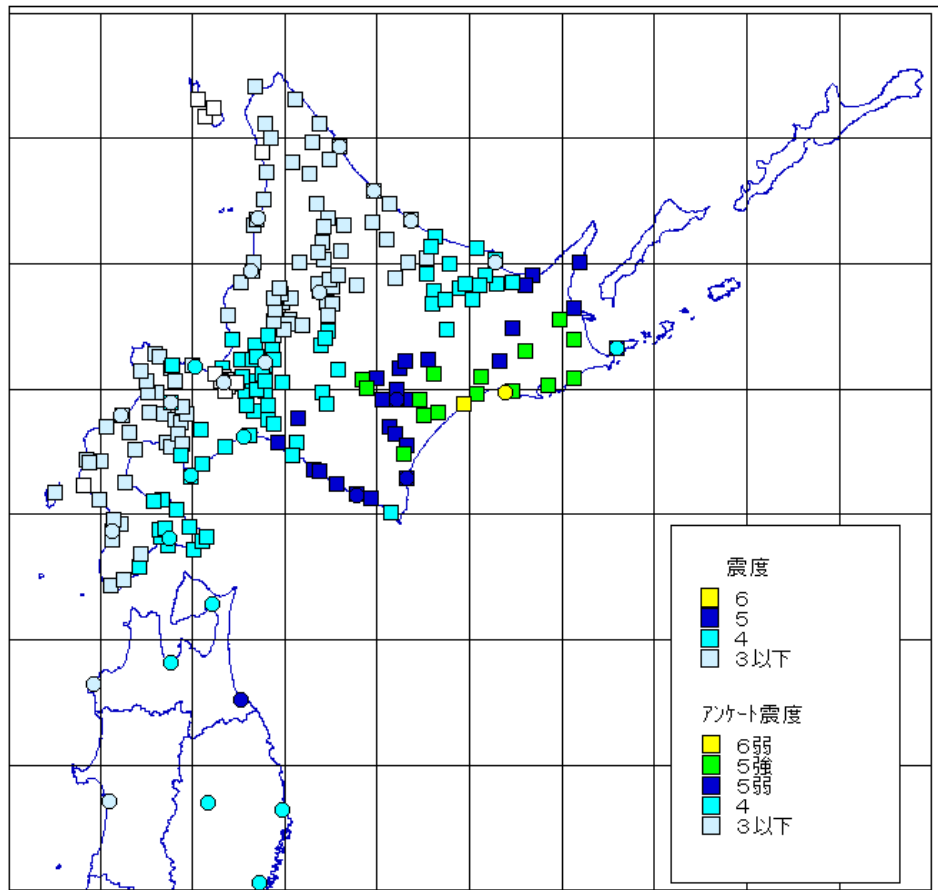


図 1 - 1 1993 年釧路沖地震の観測震度
 ○は気象庁による観測震度、□は日本建築学会によるアンケート震度。

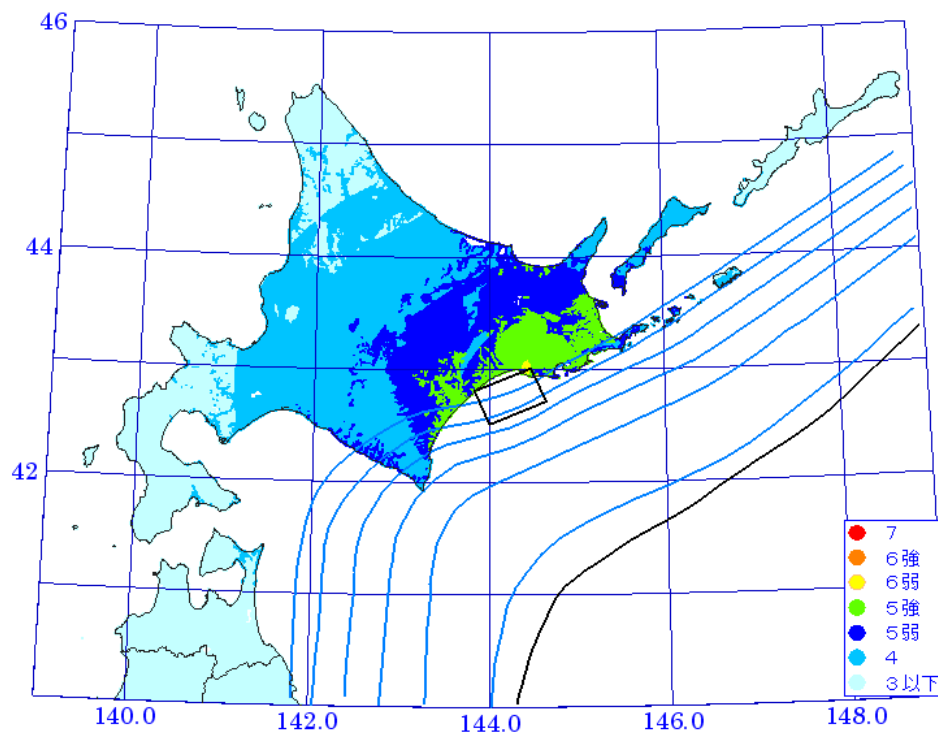


図 1 - 2 経験的手法による 1993 年釧路沖地震の震度分布
 $M_w=7.6$ $h=0.0024$

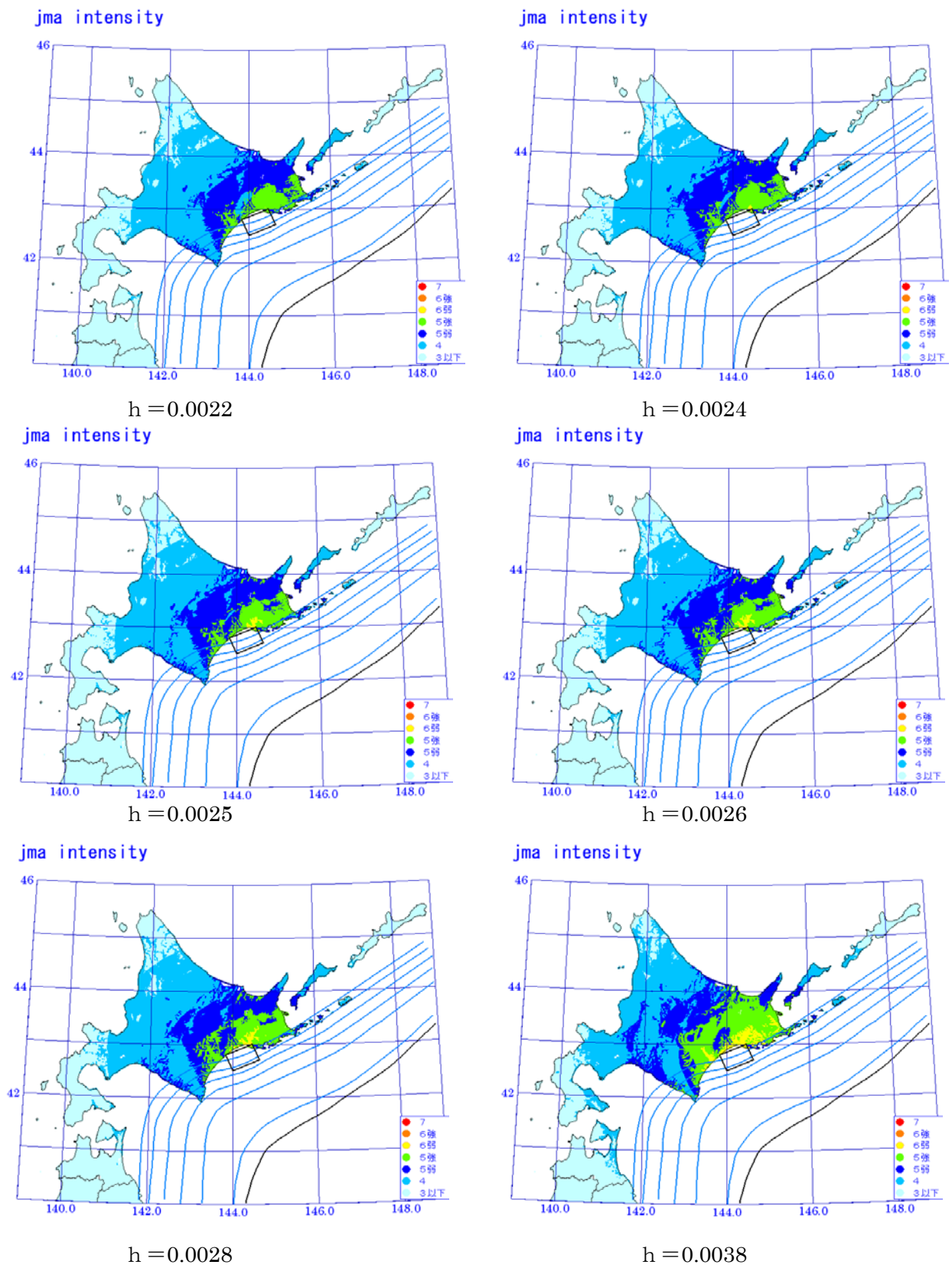


図1-3 経験的手法による1993年釧路沖地震の震度分布の調整
 $M_w=7.6$ $h=0.0022$ から 0.0038

jma intensity

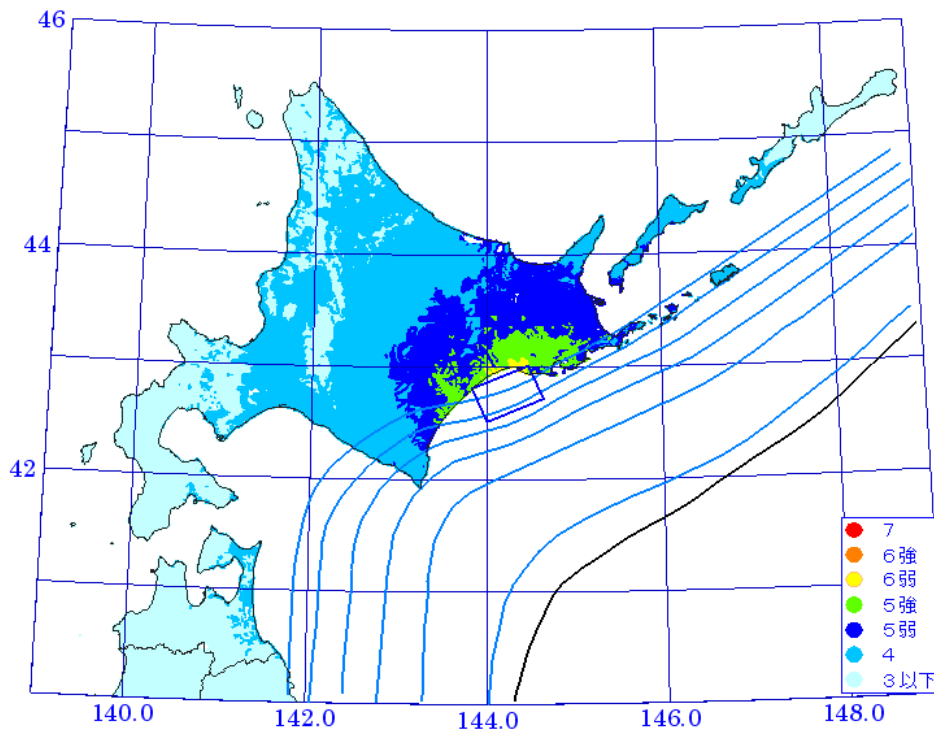


図1-4 波形計算による1993年釧路沖地震の震度分布
Mw7.6 応力降下量 5MPa

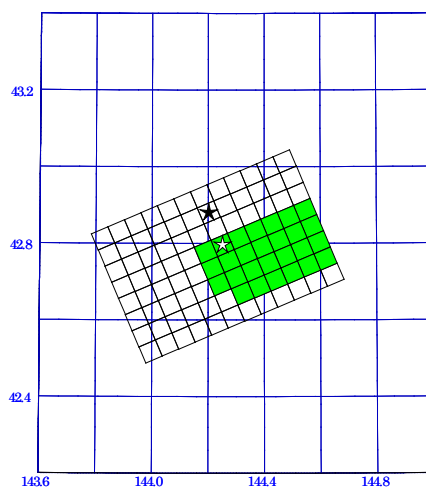


図1-5 1993年釧路沖地震のアスペリティモデル

表 1 - 1 1993 年釧路沖地震の再現計算の断層パラメータ

断層帯	釧路沖	
緯度(°)	43.05	
経度(°)	144.48	
上端深さd(km)	100	
長さL(km)	43	
幅W(km)	64	
走向θ	157	
傾斜δ(°)	11	
すべり角λ(°)	0	
マグニチュードMjma	7.5	気象庁
地震モーメントMo(Nm)	2.72E+20	
モーメントマグニチュードMw	7.6	Harvard CMT
マクロ的に見たパラメータ		
断層面積S(km ²)	2747	
S波速度Vs(km/s)	3.93	
平均密度ρ(g/cm ³)	3	
剛性率μ(N/m ²)	4.6E+10	$\mu = \rho V_s^2$
平均的な応力パラメータΔσ(MPa)	5	
平均すべり量D(m)	2.14	$M_o = \mu D S$
破壊伝播速度Vr(km/s)	2.8	$V_r = 0.72 V_s$
Fmax(Hz)	6	兵庫県南部地震の観測記録から推定された値
fc(Hz)	0.051	$f_c = 4.9 \times 10^6 V_s (\Delta \sigma / M_o)^{1/3}$
短周期レベルA(Nm/s ²)	2.77E+19	$A = M_o \times (4.9 \times 10^6 V_s (\Delta \sigma / M_o)^{1/3} \times 2 \pi)^2$
アスペリティ等内部パラメータ		
アスペリティの総面積Sa(km ²)	730	$S_a = S \times 0.30$
アスペリティ内の平均すべり量Da(m)	4.30	$D_a = D \times 2.01$
アスペリティでの総モーメントMoa(Nm)	1.45E+20	$M_{oa} = \mu D_a S_a$
アスペリティの総応力パラメータΔσa(MPa)	17.9	$\Delta \sigma_a = 2.436 M_o / S^{1.5}$
fc(Hz)	0.096	$f_c = 4.9 \times 10^6 V_s (\Delta \sigma_a / M_{oa})^{1/3}$
短周期レベル(Nm/s ²)	5.28E+19	$A = M_{oa} \times (4.9 \times 10^6 V_s (\Delta \sigma_a / M_{oa})^{1/3} \times 2 \pi)^2$
アスペリティ1の面積Sa1(km ²)	730	
要素断層の数	27	
アスペリティ1内の平均すべり量Da1(m)	4.30	$M_{oa1} = \mu D_a1 S_a1$
アスペリティ1でのモーメントMoa1(Nm)	1.45E+20	$M_{oa1} = M_{oa} \times S_a1^{1.5} / \sum S_{ai}$
要素波のモーメント(Nm)	1.08E+18	
アスペリティ1の応力パラメータΔσa1(MPa)	17.9	$\Delta \sigma_{a1} = 2.436 M_o / S^{1.5}$
fca1(Hz)	0.096	$f_c = 4.9 \times 10^6 V_s (\Delta \sigma_a / M_{oa})^{1/3}$

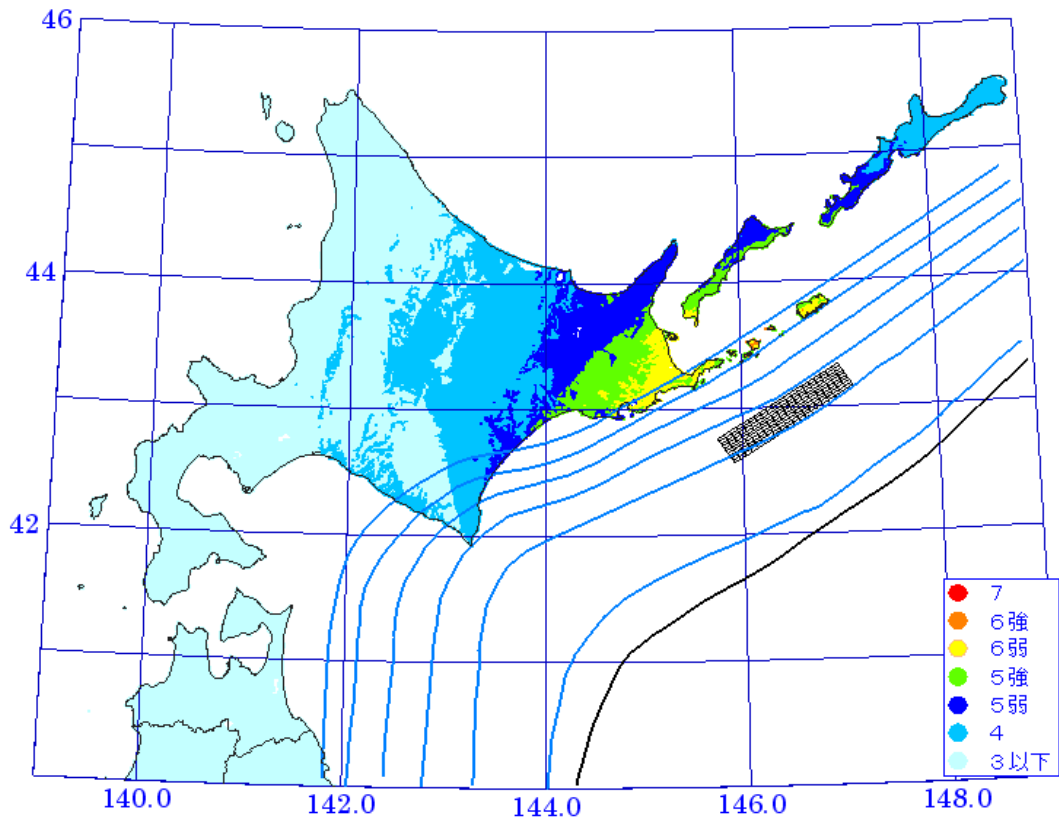
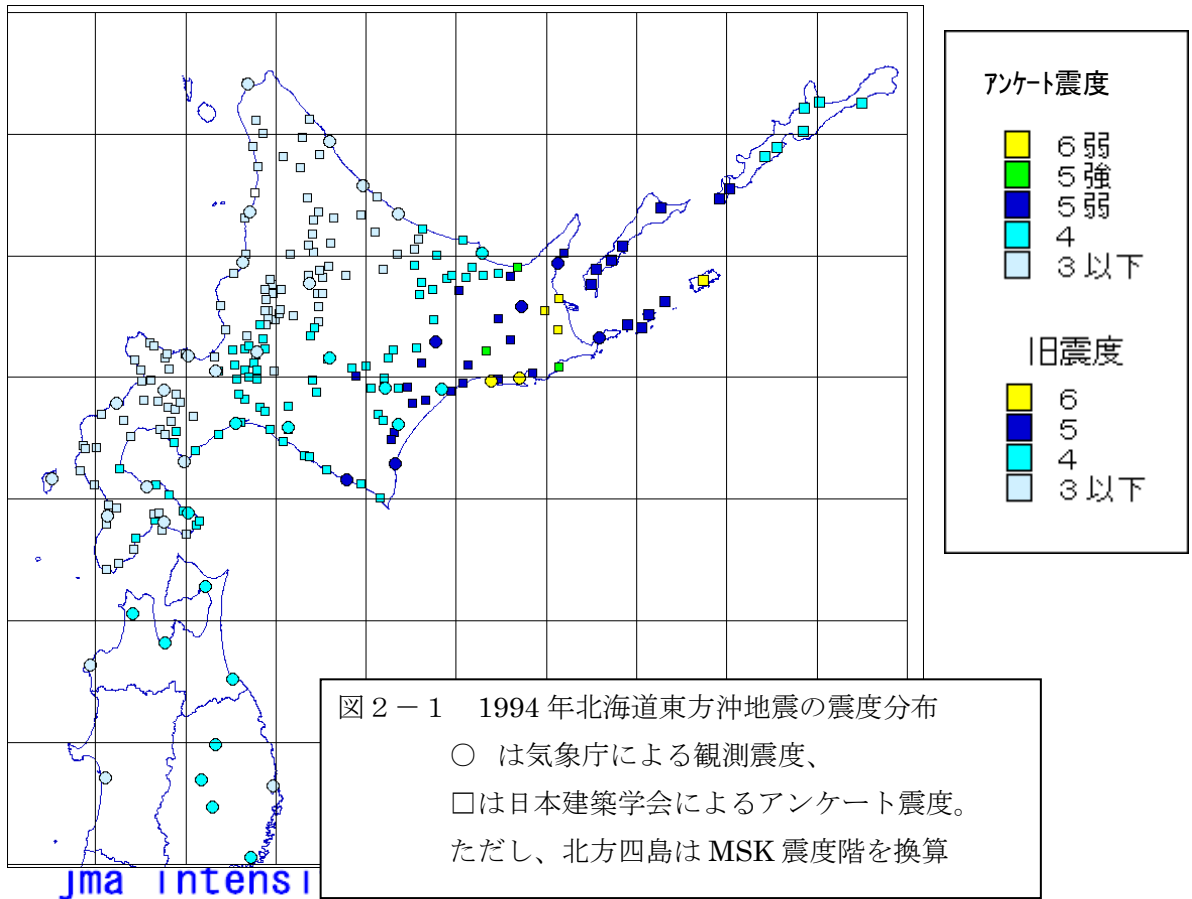


図 2 - 2 経験的手法による 1994 年北海道東方沖地震の震度分布

Mw=8.0 h=0.0024

表 2 - 1 1994 年北海道東方沖地震の再現計算の断層パラメータ

断層帯	プレート内Mw8.2 5MPa	プレート内Mw8.2 10MPa	
上端深さd(km)	40	40	
長さL(km)	152.00	120.00	
幅W(km)	76.00	60.00	
走向θ	57	57	
傾斜δ(°)	75	75	
すべり角λ(°)	125	125	
マグニチュードMjma	8.1	8.1	
地震モーメントMo(Nm)	2.51E+21	2.51E+21	
モーメントマグニチュードMw	8.2	8.2	
マクロ的に見たパラメータ			
断層面積S(km ²)	11400	7208	
S波速度Vs(km/s)	3.93	3.93	
平均密度ρ(g/cm ³)	3	3	
剛性率μ(N/m ²)	4.6E+10	4.6E+10	μ=ρVs ²
平均的な応力パラメータΔσ(MPa)	5	10	
平均すべり量D(m)	4.75	7.52	Mo=μDS
破壊伝播速度Vr(km/s)	2.8	2.8	Vr=0.72Vs
Fmax(Hz)	6	6	兵庫県南部地震の観測記録から推定された値
fc(Hz)	0.024	0.031	fc=4.9×10 ⁶ Vs(Δσ/Mo) ^{1/3}
短周期レベルA(Nm/s ²)	5.82E+19	9.23E+19	A=Mo×(4.9×10 ⁶ Vs(Δσ/Mo) ^{1/3} ×2π) ²
アスペリティ等内部パラメータ			
アスペリティの総面積Sa(km ²)	2280	1442	
アスペリティ内の平均すべり量Da(m)	9.55	15.11	Da=D×2.01
アスペリティでの総モーメントMoa(Nm)	1.01E+21	1.01E+21	Moa=μDaSa
アスペリティの総応力パラメータΔσa(MPa)	22.6	44.9	Δσa=2.436Mo/S ^{1.5}
fc(Hz)	0.054	0.068	fc=4.9×10 ⁶ Vs(Δσa/Moa) ^{1/3}
短周期レベル(Nm/s ²)	1.17E+20	1.86E+20	A=Moa×(4.9×10 ⁶ Vs(Δσa/Moa) ^{1/3} ×2π) ²
アスペリティ1の面積Sa1(km ²)	1710	1081	
要素数	30	30	
アスペリティ1内の平均すべり量Da1(m)	10.68	16.89	Moa1=μDa1Sa1
アスペリティ1でのモーメントMoa1(Nm)	8.46E+20	8.46E+20	Moa1=Moa×Sa1 ^{1.5} /ΣSai
要素波形のモーメント(Nm)	5.64E+25	5.64E+18	
アスペリティ1の応力パラメータΔσa1(MPa)	29.2	58.0	Δσa1=2.436Mo/S ^{1.5}
fc1(Hz)	0.063	0.079	fc=4.9×10 ⁶ Vs(Δσa1/Moa) ^{1/3}
短周期レベル(Nm/s ²)	1.31E+20	2.07E+20	A=Moa×(4.9×10 ⁶ Vs(Δσa1/Moa) ^{1/3} ×2π) ²
アスペリティ2の面積Sa2(km ²)	570	360	
要素数	10	10	
アスペリティ2内の平均すべり量Da2(m)	6.17	9.75	Moa2=μDa2Sa2
アスペリティ2でのモーメントMoa2(Nm)	1.63E+20	1.63E+20	Moa2=Moa×Sa2 ^{1.5} /ΣSai
要素波形のモーメント(Nm)	5.43E+25	5.43E+18	
アスペリティ2の応力パラメータΔσa2(MPa)	29.2	58.0	Δσa2=2.436Mo/S ^{1.5}
fc(Hz)	0.109	0.136	fc=4.9×10 ⁶ Vs(Δσa2/Moa) ^{1/3}
短周期レベル(Nm/s ²)	7.57E+19	1.20E+20	A=Moa×(4.9×10 ⁶ Vs(Δσa2/Moa) ^{1/3} ×2π) ²
背景領域			
面積Sb(km ²)	9120	5766	Sb=S-Sa
要素数	160	160	
地震モーメントMob(Nm)	1.50E+21	1.50E+21	Mob=Mo-Moa
要素波形のモーメント(Nm)	7.22E+24	3.42E+22	
すべり量Db(m)	3.55	5.62	Mob=μDbSb
応力パラメータΔσb(MPa)	4.2	8.4	Δσb=2.436Mo/S ^{1.5}
fc(Hz)	0.027	0.034	fc=4.9×10 ⁶ Vs(Δσb/Mob) ^{1/3}
短周期レベル(Nm/s ²)	4.36E+19	6.90E+19	A=Mob×(4.9×10 ⁶ Vs(Δσb/Mob) ^{1/3} ×2π) ²

intensity

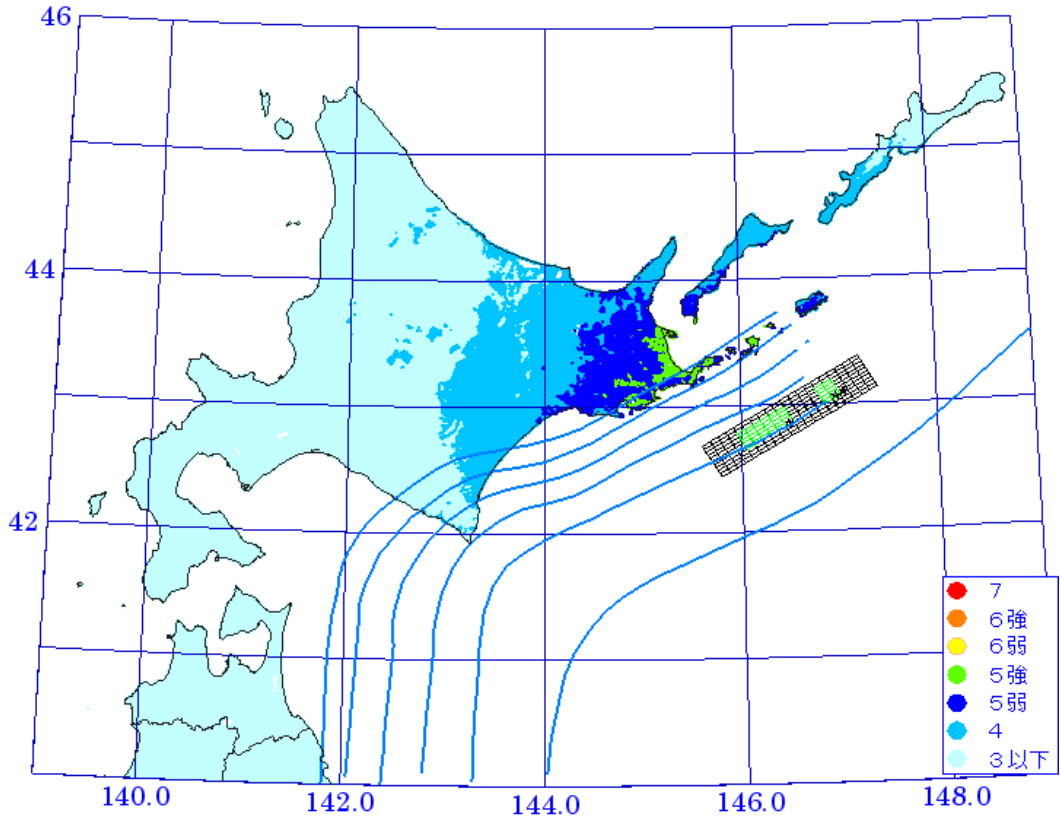


図 2 - 3 波形計算による 1994 年北海道東方沖地震の震度分布
 $\Delta\sigma = 5\text{MPa}$ の場合 $M_w 8.2$ $Q = 100f^{0.7}$

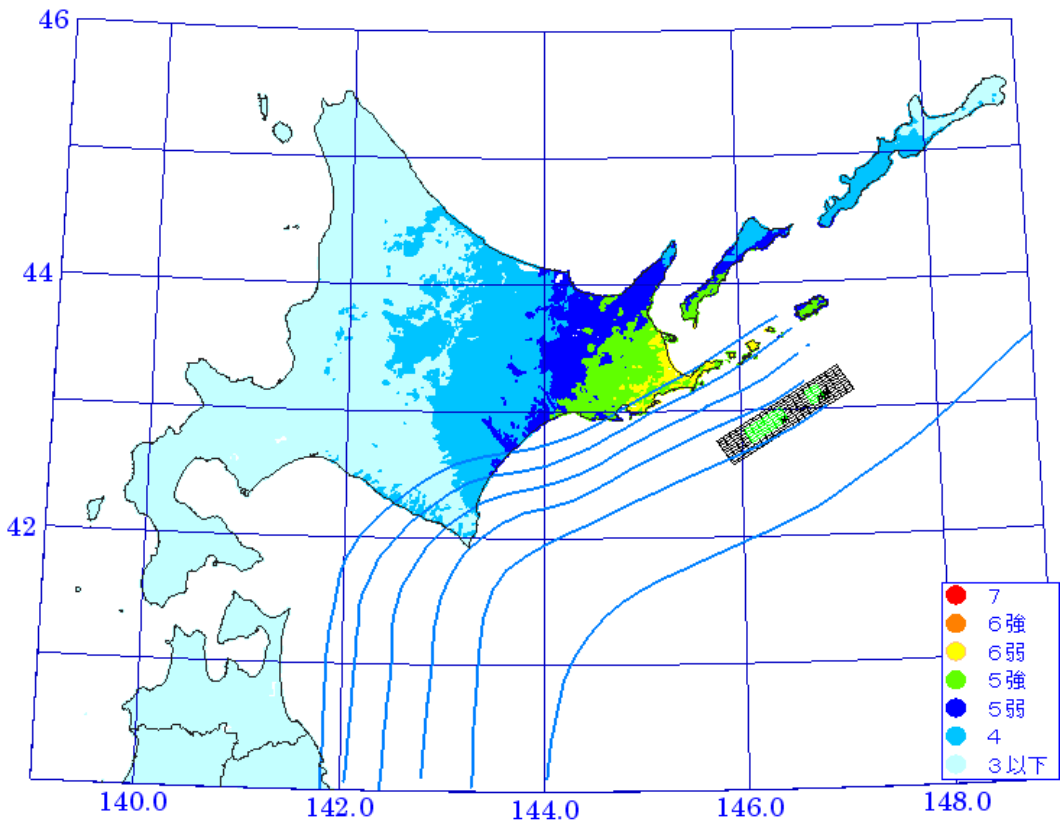


図 2 - 4 波形計算による 1994 年北海道東方沖地震の震度分布
 $\Delta\sigma = 10\text{MPa}$ の場合 $M_w 8.2$ $Q = 100f^{0.7}$

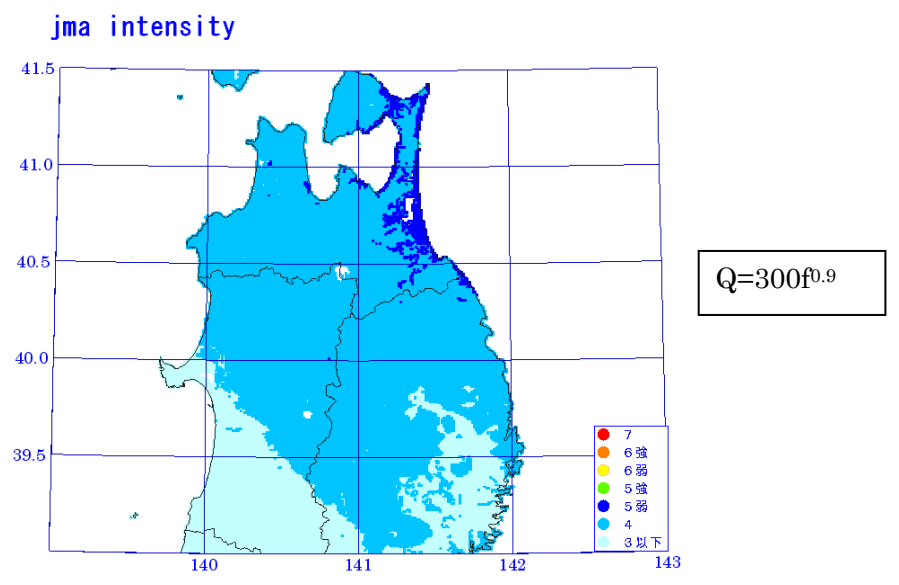
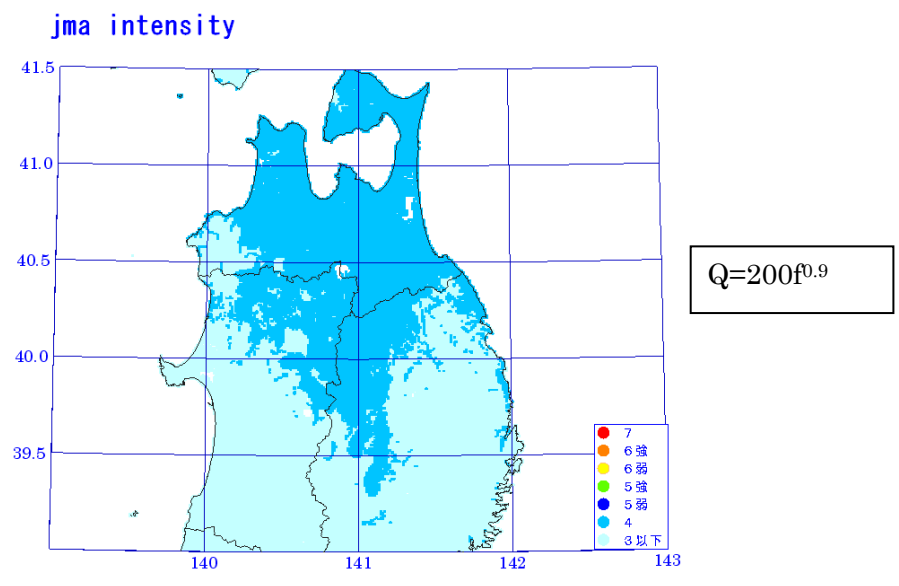
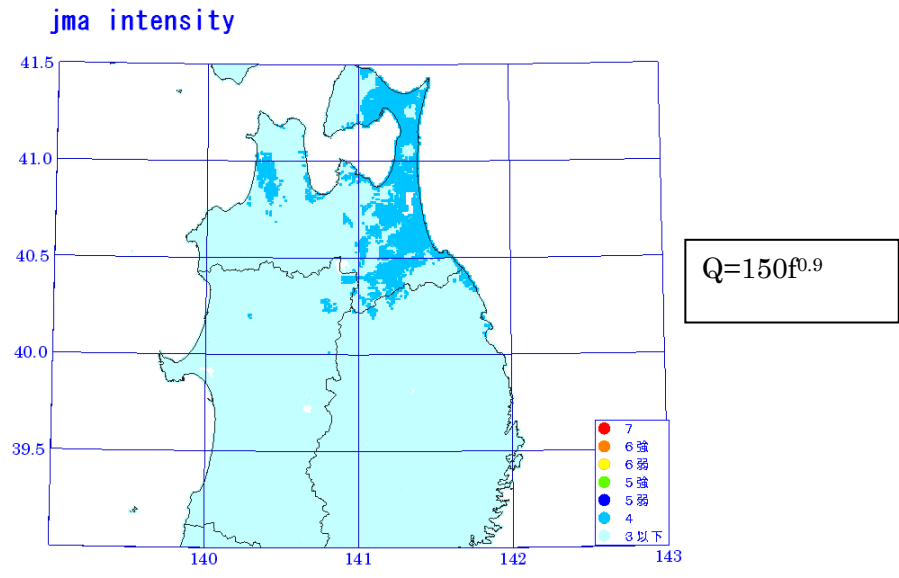


図 2 - 5 波形計算による 1994 年北海道東方沖地震の東北地方の震度分布
 Mw8.2 Δσ=10MPa
 太平洋プレートの Q 値を考慮するため、Q 値を変えた場合の震度分布

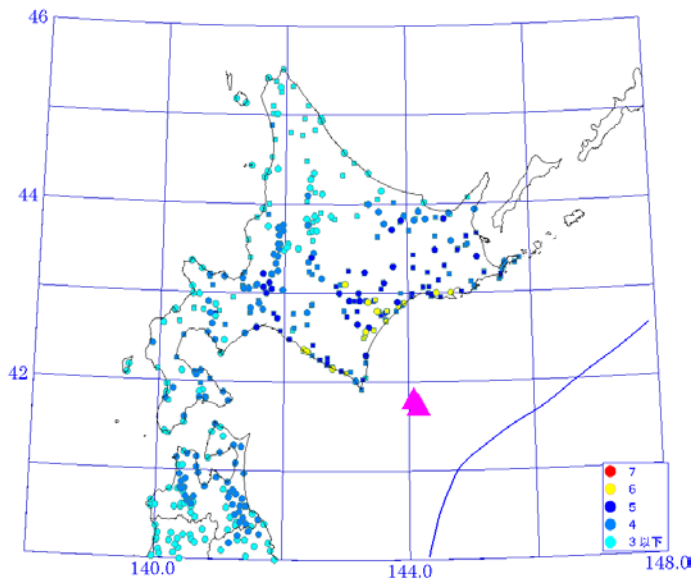
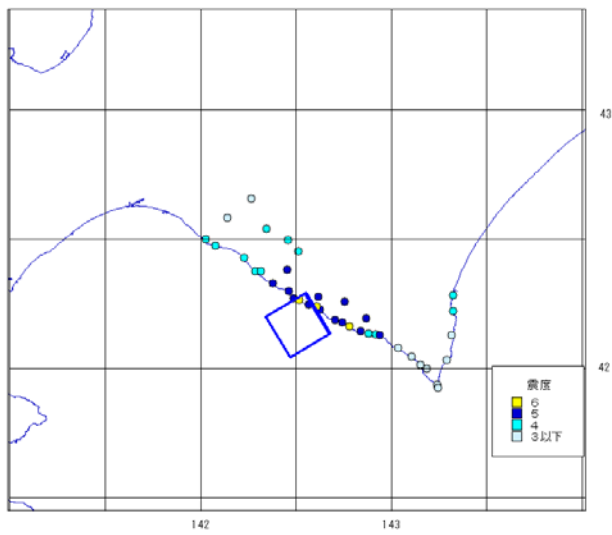
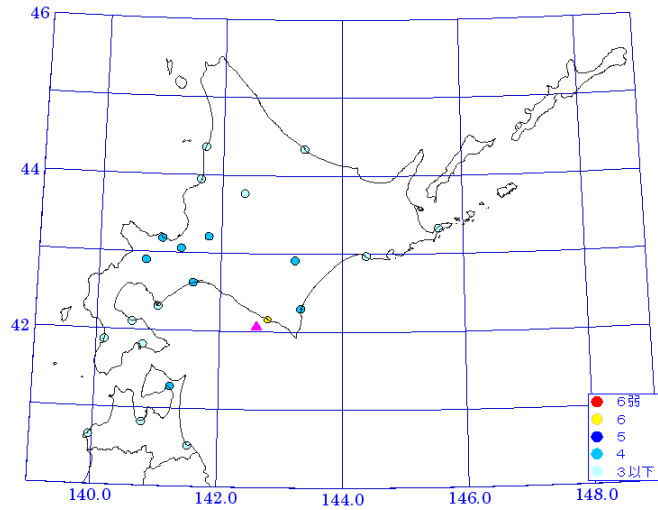
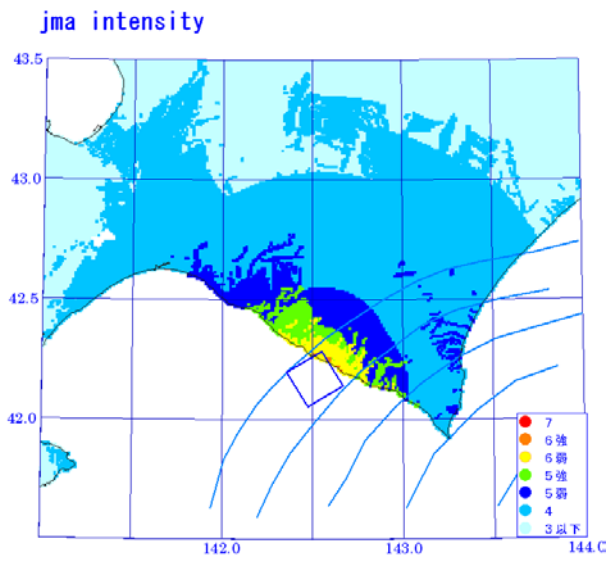
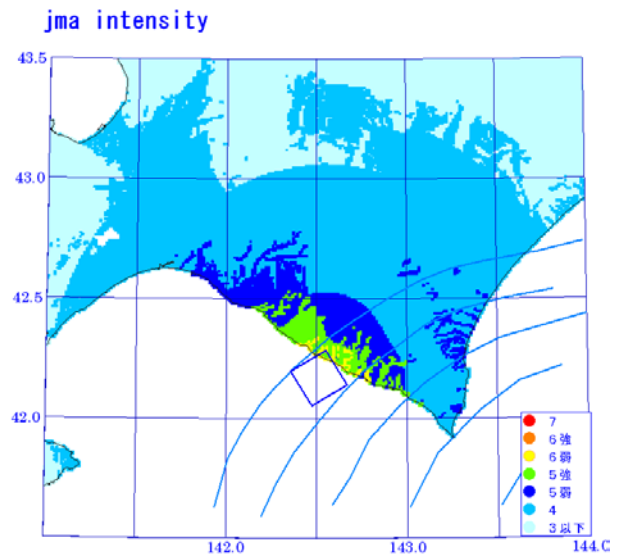


図 3 - 1
 1982 年浦河沖地震の震度分布
 上：観測震度、
 中：現地調査による詳細震度分布
 下：十勝沖地震の震度分布
 (1952 年と 2003 年の重ね合わせ)



Mw6.9 上端深さ 12km



Mw6.9 上端深さ 22km

図 3 - 2 経験的手法による 1982 年浦河沖地震の震度分布 (拡大)
断層の上端の深さを変えたケース Mw6.9

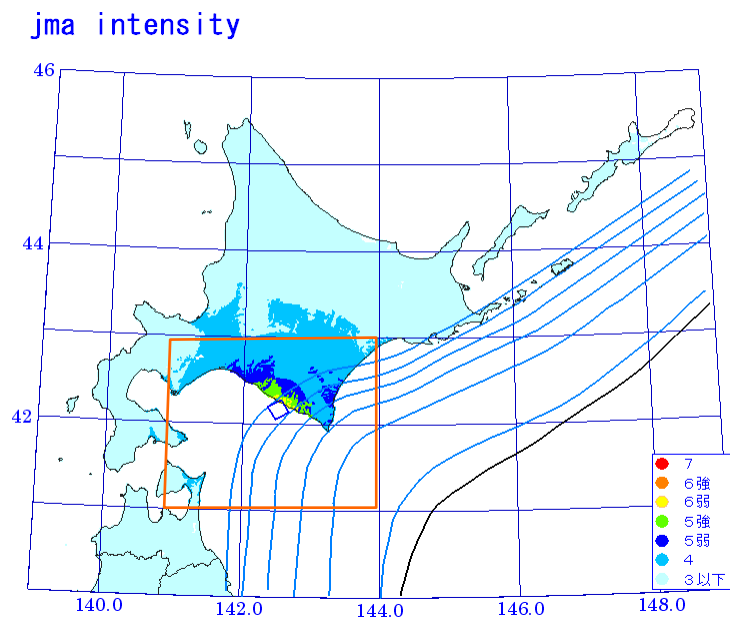
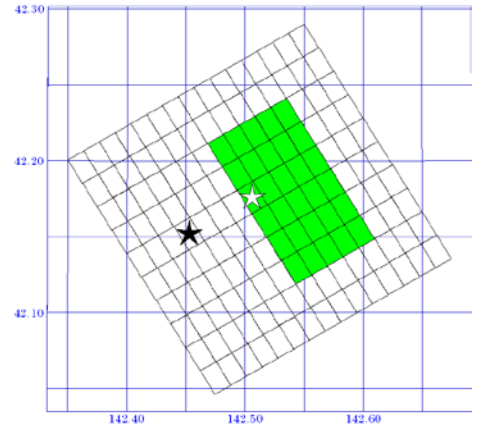
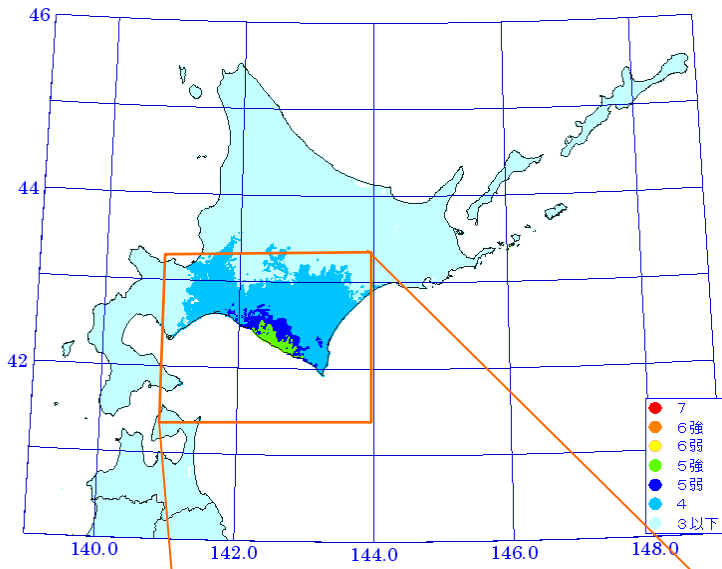


図 3 - 3 経験的手法による 1982 年浦河沖地震の震度分布 (広域)
Mw6.9 断層の上端の深さ 22km

jma intensity



jma intensity

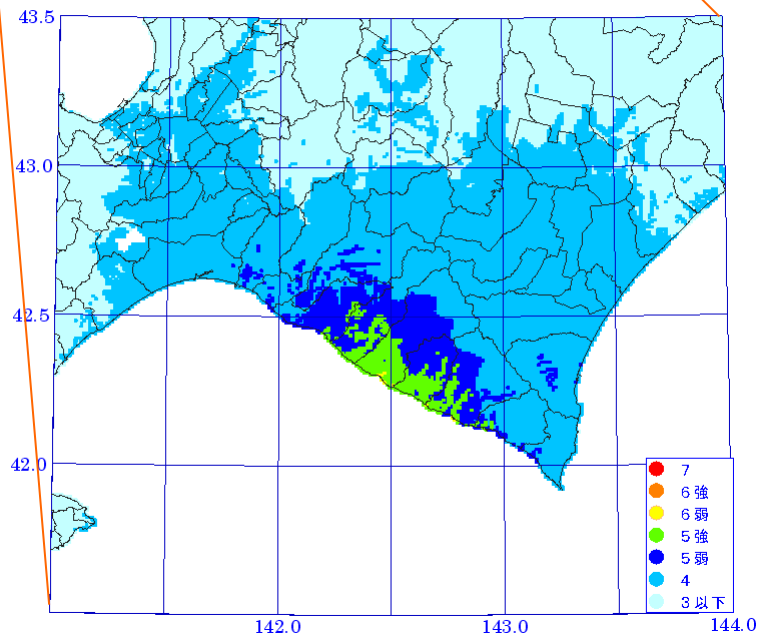


図 3 - 4 波形計算による浦河沖地震の震度分布

Mw6.9 $\Delta\sigma$ 4MPa

表3-1 1982年浦河沖地震の再現計算の断層パラメータ

断層	浦河沖	
マグニチュードMjma	7.1	
地震モーメントMo(Nm)	2.40E+19	武尾ほか(1983)
モーメントマグニチュードMw	6.9	
マクロ的に見たパラメータ		
断層面積S(km ²)	600	S=($\Delta\sigma=7\pi 1.5/16\times Mo/S1.5$)
S波速度Vs(km/s)	3.93	
平均密度 ρ (g/cm ³)	3	
剛性率 μ (N/m ²)	4.6E+10	$\mu=\rho Vs^2$
平均的な応力パラメータ $\Delta\sigma$ (MPa)	4	武尾ほか(1983)
平均すべり量D(m)	0.86	Mo= μDS
破壊伝播速度Vr(km/s)	2.8	Vr=0.72Vs
Fmax(Hz)	6	兵庫県南部地震の観測記録から推定された値
fc(Hz)	0.106	fc=4.9 $\times 10^6$ Vs($\Delta\sigma/Mo$) ^{1/3}
短周期レベルA(Nm/s ²)	1.06E+19	A=Mo $\times (4.9\times 10^6Vs(\Delta\sigma/Mo)^{1/3}\times 2\pi)^2$
アスペリティ等内部パラメータ		
アスペリティの総面積Sa(km ²)	120	Sa=0.2S
アスペリティ内の平均すべり量Da(m)	1.74	Da=D $\times 2.01$
アスペリティでの総モーメントMoa(Nm)	9.65E+18	Moa= $\mu DaSa$
アスペリティの総応力パラメータ $\Delta\sigma a$ (MPa)	17.9	$\Delta\sigma a=2.436Mo/S^{1.5}$
fc(Hz)	0.237	fc=4.9 $\times 10^6$ Vs($\Delta\sigma a/Moa$) ^{1/3}
短周期レベル(Nm/s ²)	2.13E+19	A=Moa $\times (4.9\times 10^6Vs(\Delta\sigma a/Moa)^{1/3}\times 2\pi)^2$
アスペリティ1の面積Sa1(km ²)	120	
要素数	30	
アスペリティ1内の平均すべり量Da1(m)	1.74	Moa1= $\mu Da1Sa1$
アスペリティ1でのモーメントMoa1(Nm)	9.65E+18	Moa1=Moa $\times Sa1^{1.5}/\sum Sai$
要素波形のモーメント	6.43E+16	
アスペリティ1の応力パラメータ $\Delta\sigma a1$ (MPa)	17.9	$\Delta\sigma a1=2.436Mo/S^{1.5}$
fca1(Hz)	0.237	fc=4.9 $\times 10^6$ Vs($\Delta\sigma a/Moa$) ^{1/3}
短周期レベル(Nm/s ²)	2.13E+19	A=Moa $\times (4.9\times 10^6Vs(\Delta\sigma a/Moa)^{1/3}\times 2\pi)^2$
背景領域		
面積Sb(km ²)	480	
要素数	120	
地震モーメントMob(Nm)	1.44E+19	Mob=Mo-Moa
要素波形のモーメント	1.09E+16	
すべり量Db(m)	0.65	Mob= $\mu DbSb$
応力パラメータ $\Delta\sigma b$ (MPa)	3.3	$\Delta\sigma b=2.436Mo/S^{1.5}$
fc(Hz)	0.118	fc=4.9 $\times 10^6$ Vs($\Delta\sigma b/Mob$) ^{1/3}
短周期レベル(Nm/s ²)	7.92E+18	A=Mob $\times (4.9\times 10^6Vs(\Delta\sigma b/Mob)^{1/3}\times 2\pi)^2$

intensity

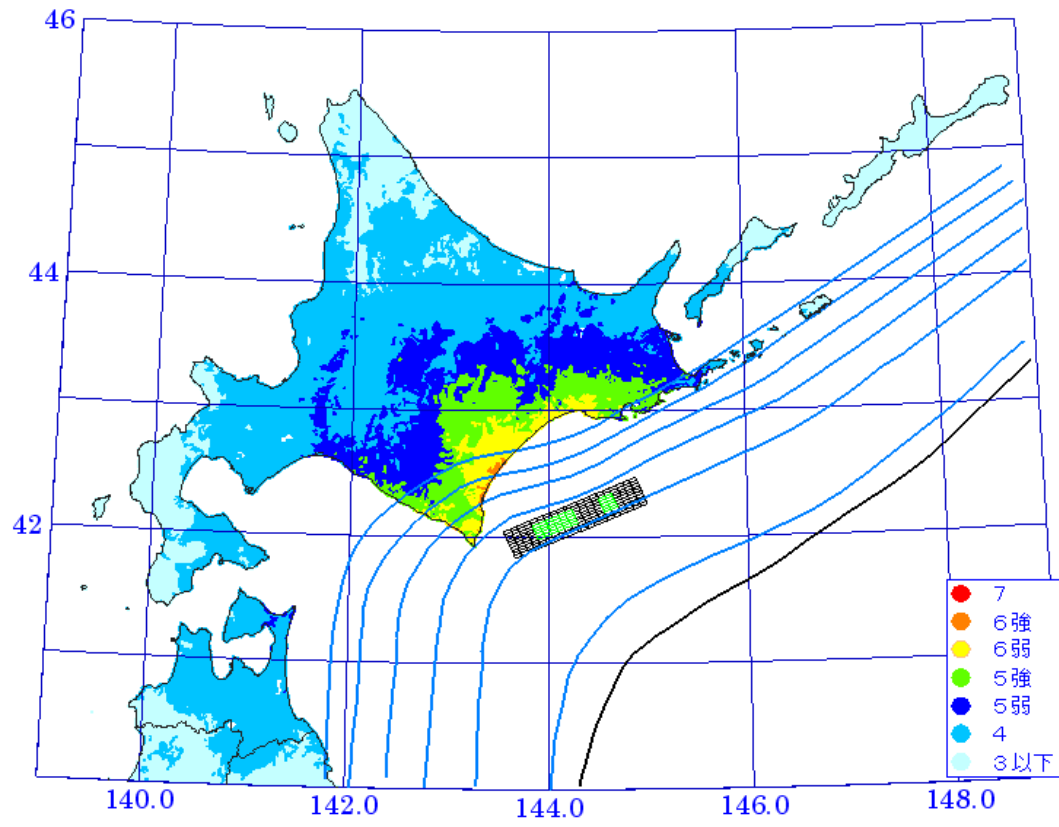


図4-1 波形計算による十勝沖に想定したプレート内地震の震度分布
 $M_w 8.2 \quad \Delta \sigma = 10 \text{MPa} \quad 100 f^{0.7}$

表4-1 十勝沖に想定したプレート内地震の断層パラメータ

断層帯	プレート内Mw8.2 10MPa	
上端深さd(km)	40	
長さL(km)	120.00	
幅W(km)	60.00	
走向θ	57	
傾斜δ(°)	75	
すべり角λ(°)	125	
マグニチュードMjma	8.2	
地震モーメントMo(Nm)	2.51E+21	
モーメントマグニチュードMw	8.2	
マクロ的に見たパラメータ		
断層面積S(km ²)	7208	
S波速度Vs(km/s)	3.93	
平均密度ρ(g/cm ³)	3	
剛性率μ(N/m ²)	4.6E+10	$\mu = \rho V_s^2$
平均的な応力パラメータΔσ(MPa)	10	-
平均すべり量D(m)	7.52	$M_o = \mu D S$
破壊伝播速度Vr(km/s)	2.8	$V_r = 0.72 V_s$
Fmax(Hz)	6	兵庫県南部地震の観測記録から推定された値
fc(Hz)	0.031	$f_c = 4.9 \times 10^6 V_s (\Delta \sigma / M_o)^{1/3}$
短周期レベルA(Nm/s ²)	9.23E+19	$A = M_o \times (4.9 \times 10^6 V_s (\Delta \sigma / M_o)^{1/3} \times 2\pi)^2$
アスペリティ等内部パラメータ		
アスペリティの総面積Sa(km ²)	1442	
アスペリティ内の平均すべり量Da(m)	15.11	$D_a = D \times 2.01$
アスペリティでの総モーメントMoa(Nm)	1.01E+21	$M_{oa} = \mu D_a S_a$
アスペリティの総応力パラメータΔσa(MPa)	44.9	$\Delta \sigma_a = 2.436 M_o / S^{1.5}$
fc(Hz)	0.068	$f_c = 4.9 \times 10^6 V_s (\Delta \sigma_a / M_{oa})^{1/3}$
短周期レベル(Nm/s ²)	1.86E+20	$A = M_{oa} \times (4.9 \times 10^6 V_s (\Delta \sigma_a / M_{oa})^{1/3} \times 2\pi)^2$
アスペリティ1の面積Sa1(km ²)		
要素数	1081	
アスペリティ1内の平均すべり量Da1(m)	30	
アスペリティ1でのモーメントMoa1(Nm)	16.89	$M_{oa1} = \mu D_{a1} S_{a1}$
	8.46E+20	$M_{oa1} = M_{oa} \times S_{a1}^{1.5} / \sum S_{ai}$
	5.64E+18	
アスペリティ1の応力パラメータΔσa1(MPa)	58.0	$\Delta \sigma_{a1} = 2.436 M_o / S^{1.5}$
fca1(Hz)	0.079	$f_{ca1} = 4.9 \times 10^6 V_s (\Delta \sigma_{a1} / M_{oa1})^{1/3}$
短周期レベル(Nm/s ²)	2.07E+20	$A = M_{oa1} \times (4.9 \times 10^6 V_s (\Delta \sigma_{a1} / M_{oa1})^{1/3} \times 2\pi)^2$
アスペリティ2の面積Sa2(km ²)		
要素数	360	
アスペリティ2内の平均すべり量Da2(m)	10	
アスペリティ2でのモーメントMoa2(Nm)	9.75	$M_{oa2} = \mu D_{a2} S_{a2}$
	1.63E+20	$M_{oa2} = M_{oa} \times S_{a2}^{1.5} / \sum S_{ai}$
	5.43E+18	
アスペリティ2の応力パラメータΔσa2(MPa)	58.0	$\Delta \sigma_{a2} = 2.436 M_o / S^{1.5}$
fc(Hz)	0.136	$f_c = 4.9 \times 10^6 V_s (\Delta \sigma_a / M_{oa})^{1/3}$
短周期レベル(Nm/s ²)	1.20E+20	$A = M_{oa} \times (4.9 \times 10^6 V_s (\Delta \sigma_a / M_{oa})^{1/3} \times 2\pi)^2$
背景領域		
面積Sb(km ²)	5766	$S_b = S - S_a$
要素数	140	
地震モーメントMob(Nm)	1.50E+21	$M_{ob} = M_o - M_{oa}$
	3.42E+22	
すべり量Db(m)	5.62	$M_{ob} = \mu D_b S_b$
応力パラメータΔσb(MPa)	8.4	$\Delta \sigma_b = 2.436 M_o / S^{1.5}$
fc(Hz)	0.034	$f_c = 4.9 \times 10^6 V_s (\Delta \sigma_b / M_{ob})^{1/3}$
短周期レベル(Nm/s ²)	6.90E+19	$A = M_{ob} \times (4.9 \times 10^6 V_s (\Delta \sigma_b / M_{ob})^{1/3} \times 2\pi)^2$

jma intensity

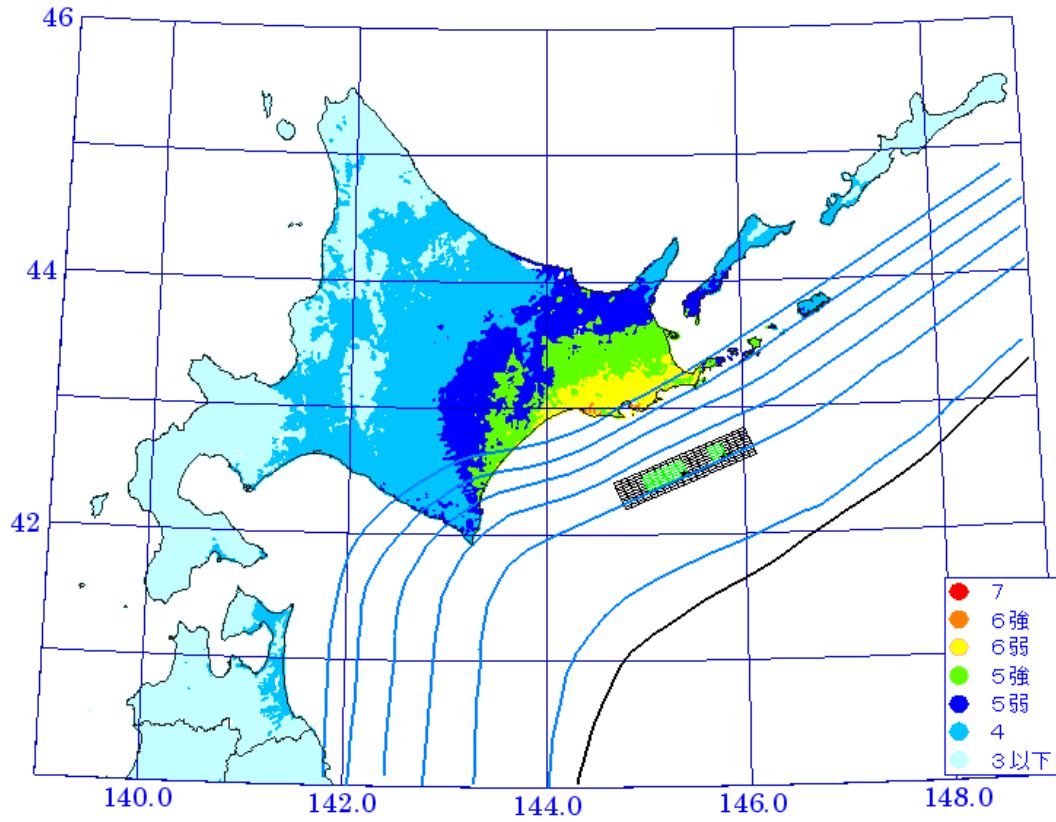


図5-1 波形計算による根室沖に想定したプレート内地震の震度分布
Mw8.2 $\Delta\sigma=10\text{MPa}$ $100f^{0.7}$

根室沖に想定したプレート内地震

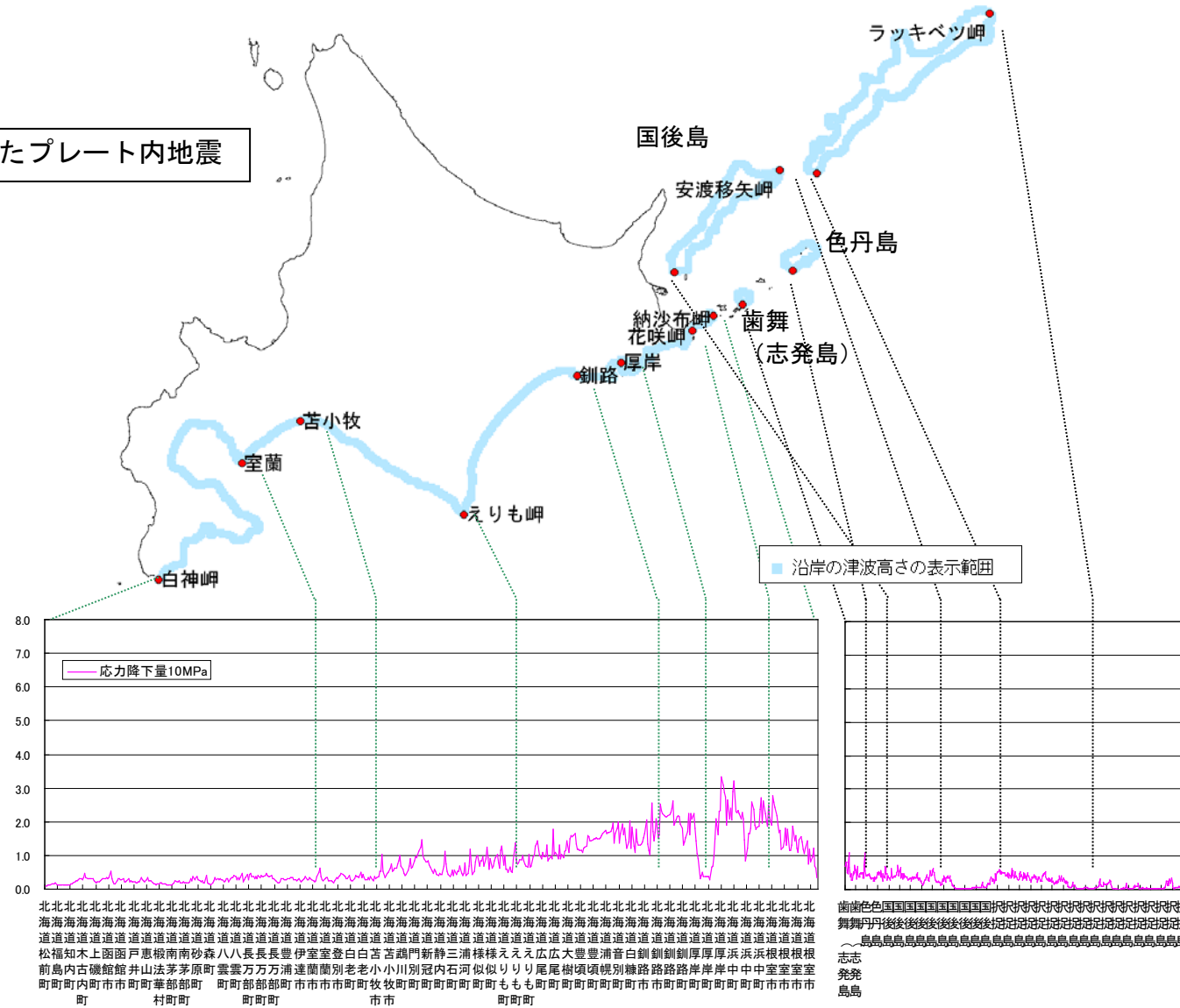


図5-2 根室沖に想定したプレート内地震 沿岸での津波高さ

表5-1 根室沖に想定したプレート内地震の断層パラメータ

断層帯	プレート内Mw8.2 10MPa	
上端深さd(km)	40	
長さL(km)	120.00	
幅W(km)	60.00	
走向 θ	57	
傾斜 $\delta(^{\circ})$	75	
すべり角 $\lambda(^{\circ})$	125	
マグニチュードMjma	8.2	
地震モーメントMo(Nm)	2.51E+21	
モーメントマグニチュードMw	8.2	
マクロ的に見たパラメータ		
断層面積S(km ²)	7208	
S波速度Vs(km/s)	3.93	
平均密度 ρ (g/cm ³)	3	
剛性率 μ (N/m ²)	4.6E+10	$\mu = \rho V_s^2$
平均的な応力パラメータ $\Delta\sigma$ (MPa)	10	-
平均すべり量D(m)	7.52	$M_o = \mu DS$
破壊伝播速度Vr(km/s)	2.8	$V_r = 0.72V_s$
Fmax(Hz)	6	兵庫県南部地震の観測記録から推定された値
fc(Hz)	0.031	$f_c = 4.9 \times 10^6 V_s (\Delta\sigma / M_o)^{1/3}$
短周期レベルA(Nm/s ²)	9.23E+19	$A = M_o \times (4.9 \times 10^6 V_s (\Delta\sigma / M_o)^{1/3} \times 2\pi)^2$
アスペリティ等内部パラメータ		
アスペリティの総面積Sa(km ²)	1442	
アスペリティ内の平均すべり量Da(m)	15.11	$D_a = D \times 2.01$
アスペリティでの総モーメントMoa(Nm)	1.01E+21	$M_{oa} = \mu D_a S_a$
アスペリティの総応力パラメータ $\Delta\sigma_a$ (MPa)	44.9	$\Delta\sigma_a = 2.436 M_o / S^{1.5}$
fc(Hz)	0.068	$f_c = 4.9 \times 10^6 V_s (\Delta\sigma_a / M_{oa})^{1/3}$
短周期レベル(Nm/s ²)	1.86E+20	$A = M_{oa} \times (4.9 \times 10^6 V_s (\Delta\sigma_a / M_{oa})^{1/3} \times 2\pi)^2$
アスペリティ1の面積Sa1(km ²)	1081	
要素数	30	
アスペリティ1内の平均すべり量Da1(m)	16.89	$M_{oa1} = \mu D_{a1} S_{a1}$
アスペリティ1でのモーメントMoa1(Nm)	8.46E+20	$M_{oa1} = M_{oa} \times S_{a1}^{1.5} / \sum S_{ai}$
	5.64E+18	
アスペリティ1の応力パラメータ $\Delta\sigma_{a1}$ (MPa)	58.0	$\Delta\sigma_{a1} = 2.436 M_o / S^{1.5}$
fca1(Hz)	0.079	$f_c = 4.9 \times 10^6 V_s (\Delta\sigma_{a1} / M_{oa1})^{1/3}$
短周期レベル(Nm/s ²)	2.07E+20	$A = M_{oa1} \times (4.9 \times 10^6 V_s (\Delta\sigma_{a1} / M_{oa1})^{1/3} \times 2\pi)^2$
アスペリティ2の面積Sa2(km ²)	360	
要素数	10	
アスペリティ2内の平均すべり量Da2(m)	9.75	$M_{oa2} = \mu D_{a2} S_{a2}$
アスペリティ2でのモーメントMoa2(Nm)	1.63E+20	$M_{oa2} = M_{oa} \times S_{a2}^{1.5} / \sum S_{ai}$
	5.43E+18	
アスペリティ2の応力パラメータ $\Delta\sigma_{a2}$ (MPa)	58.0	$\Delta\sigma_{a2} = 2.436 M_o / S^{1.5}$
fc(Hz)	0.136	$f_c = 4.9 \times 10^6 V_s (\Delta\sigma_{a2} / M_{oa2})^{1/3}$
短周期レベル(Nm/s ²)	1.20E+20	$A = M_{oa2} \times (4.9 \times 10^6 V_s (\Delta\sigma_{a2} / M_{oa2})^{1/3} \times 2\pi)^2$
背景領域		
面積Sb(km ²)	5766	$S_b = S - S_a$
要素数	140	
地震モーメントMob(Nm)	1.50E+21	$M_{ob} = M_o - M_{oa}$
	3.42E+22	
すべり量Db(m)	5.62	$M_{ob} = \mu D_b S_b$
応力パラメータ $\Delta\sigma_b$ (MPa)	8.4	$\Delta\sigma_b = 2.436 M_o / S^{1.5}$
fc(Hz)	0.034	$f_c = 4.9 \times 10^6 V_s (\Delta\sigma_b / M_{ob})^{1/3}$
短周期レベル(Nm/s ²)	6.90E+19	$A = M_{ob} \times (4.9 \times 10^6 V_s (\Delta\sigma_b / M_{ob})^{1/3} \times 2\pi)^2$