

3. 地震動等の解析

3.1 予測手法

3.1.1 計測震度の算出の手順

地表における計測震度の算出方法は下図に示す。断層から放射された波は地盤で増幅され、地表に到達する。地盤は地震基盤（せん断波速度 3km/s 相当層）から工学的基盤（せん断波速度 0.6km/s 相当層）までの深部地盤と、工学的基盤から地表までの浅部地盤に分けてモデル化する。深部地盤モデルは統計的グリーン関数法を用いた工学的基盤における地震動の計算に取り込む。工学的基盤における加速度時刻歴波形から計測震度を算出し、それに浅部地盤モデルに基づく地下 30m までの平均せん断波速度 (AVS30) から推定される浅部地盤による増分を加えて地表における計測震度を算出する。

また、直下型地震は現在知られていない断層で発生する場合があります、この未知の断層に対する危険性を知るために、全県の直下を断層と仮定し、一律マグニチュード 6.9 の地震が発生したと仮定した場合の震度分布についても算定した。計測震度の算出は、「地震防災マップ作成技術資料」（平成 17 年 3 月 内閣府）に従った。

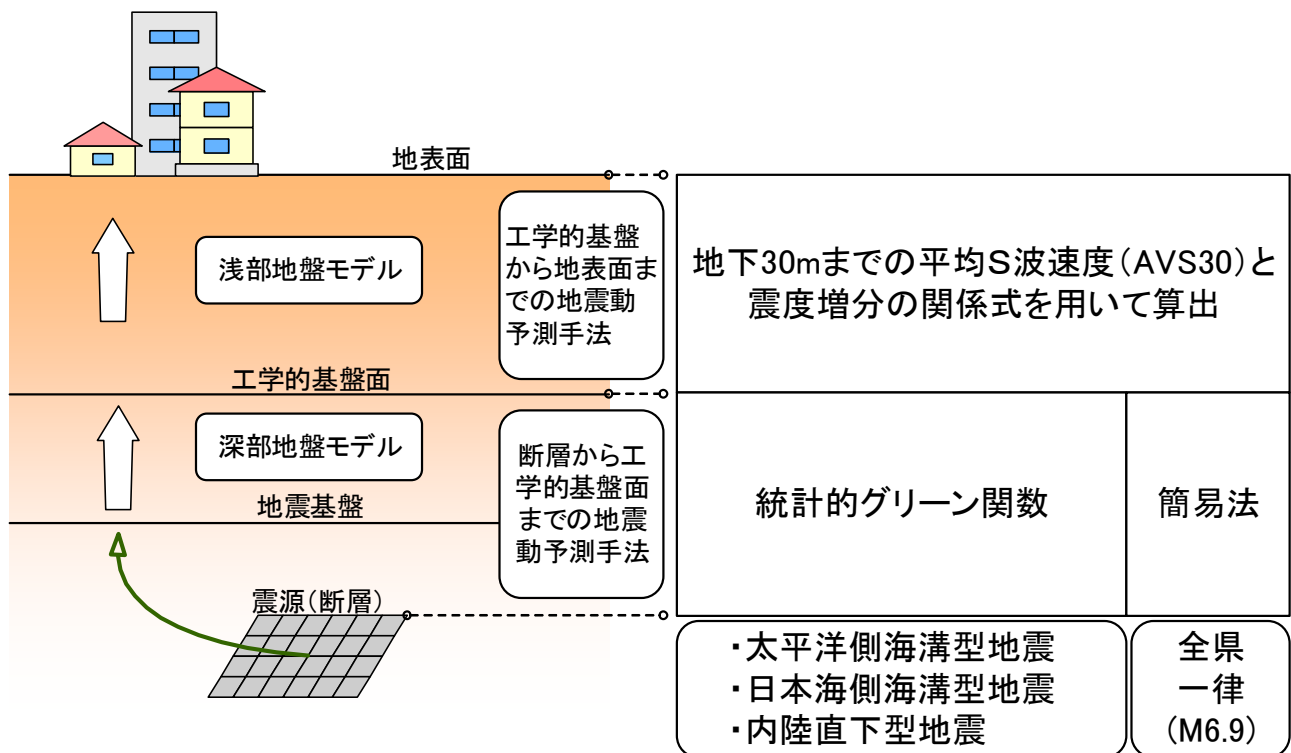


図 3.1.1 地盤構造モデルと算出手法の概要

3.1.2 工学的基盤における波形（震度）の算出

工学的基盤における波形（震度）の算出手法は、国、県、政令指定都市で広く用いられている統計的グリーン関数法による強震動解析手法を用いる。

強震動解析では、工学的基盤までは地震学的に想定される振幅スペクトルに確率的な位相を与えて作成した小地震波形をグリーン関数とし、設定された地震断層モデルに従い小地震波形の合成を行う、いわゆる統計的グリーン関数法である。

この手法は、断層上の強震動生成域（アスペリティ）を考慮した計算を行うとともに、震源直近での長周期成分を考慮した幾何減衰を採用する。

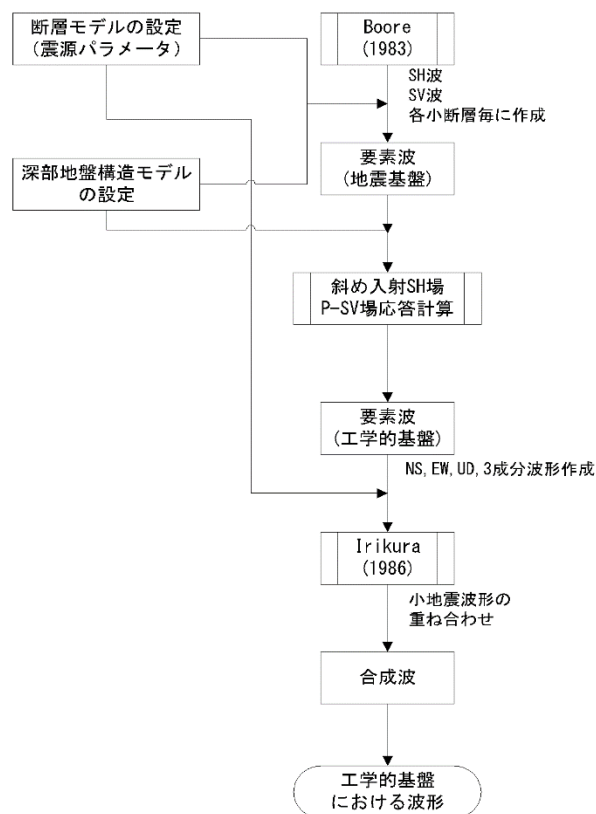


図 3.1.2 統計的グリーン関数法を用いた工学的基盤面の作成

表 3.1.1 震源断層の評価手法

評価方法	地震動評価手法の特徴	○：長所 ×：短所	利用状況
経験的手法	多数の地震観測記録を統計的に処理して求められた回帰モデルを用いて予測する手法、地震動最大値やスペクトル、波形の経時特性などを対象に回帰モデルを作成する。	○観測値の平均的特性を反映した予測値が得られる。 ×震源域での破壊過程を反映することが難しい。	広く一般的に利用されている。
翠川・小林の方法	経験的距離減衰式を断層モデルによる地震動の評価手法と結びつけて、断層の広がり、断層破壊過程を考慮して地震動を推定できる手法である。	○簡便法、設計実務上広く用いられている。 ×経験的手法を利用していることから、物理的意味にあいまいなところがある。	
半経験的手法	経験的グリーン関数	○震源の破壊過程とサイト固有の特性を反映した予測が可能 ×観測記録がないと評価できない	国、県、政令指定都市レベルで用いられている。
	統計的グリーン関数	○観測記録がなくても評価可能 ○震源の破壊過程を反映した予測が可能である。 ×盆地など不整形の影響の評価が難しい。 ×評価結果のバラツキが大きい。	
理論的方法	断層モデルの理論に基づいて震源特性を求め、地震波の伝播特性と表層地盤の増幅特性を弾性波動論により理論的に計算し、評価する手法。表層のサイト特性は経験的に求めたものを利用することも可能である。	○震源域での破壊過程及び盆地の影響を反映したやや長周期地震動を精度よく予測可能である。 ×多くの情報が必要である。 ×短周期帯域での地震動の評価は困難である。	事例が少ない。
ハイブリッド合成法	長周期帯域は理論的方法、短周期帯域は半経験的方法で求め、それらを合成する手法。それぞれの寄与は中間的な周期でフィルターして足し合わせる。	○広周期帯域の強震動予測が行える。 ×マッチング周期の選択が重要である。 ×使用手法の欠点そのまま反映される。	

※日本建築学会「地盤振動—現象と理論—」より転載・加筆

3.1.3 統計的グリーン関数法

本調査に適用する統計的グリーン関数法は、検討地点において適切な観測記録が得られない場合に有効な手法で、入倉(1986)に従い波形合成を行い、地震の地震動波形を算出する。

今回の統計的グリーン関数は、 ω^{-2} 則に従う震源特性に従うスペクトルモデル [Boore(1983)] を用いると共に、実地震動に即した位相特性を与えたものである。

深部地盤モデルでの応答は、一次元成層構造として Haskell Matrix により求め、上述のグリーン関数から工学的基盤面上の加速度時刻歴波形を求める。

深部地盤の上面（工学的基盤上面）での加速度波形をグリーン関数と考え、入倉(1986)の手法に従い波形合成を行い、波源とする地震断層による地震動波形を算出する。

以下に具体的な作業内容を示す。

(作業内容)

- ①対象とする断層面を小断層に分割し、各小断層に、Boore(1983)の手法により、 ω^{-2} 則を満たす振幅スペクトルの形状を求める。このスペクトル形状は、次のとおりである。

$$S_A(\omega) = \frac{R_{\phi\theta}}{4\pi\rho\beta^3} M_0 \cdot \frac{\omega^2}{1+(\omega/\omega_c)^2} \cdot \frac{1}{1+(\omega/\omega_{max})^2} \cdot \frac{e^{-\alpha R/2Q\beta}}{R} \dots (1)$$

ここで $\omega_c = 2\pi f_c$, $f_c = 4.9 \times 10^6 \beta (\Delta\sigma/M_0)^{1/3}$
 $\omega_{max} = 2\pi f_{max}$, f_{max} は高周波遮断周波数

なお、 M_0 は地震モーメント、 ρ は密度、 R は震源距離、 $\Delta\sigma$ は応力降下量、 β は媒質のS波速度である。

- ②(1) 式中の $R_{\phi\theta}$ は、ラディエーション係数である。これは、各小断層から計算地点への方位角、射出角により計算する。この時、Kamae and Irikura(1992)と同様に、周波数依存型の放射特性を導入する。 ω^{-2} モデルでは、高振動数を対象としているため、一般的なランダム位相を用いている。

ただし、放射特性に関しては、低振動数では(1)式の理論式が成り立つが、高振動数では、方位性のない等方値になると考えられているため、次の値を採用した。

$$R_{\phi\theta}^P = 0.52 \quad , \quad R_{\phi\theta}^S = 0.63 \quad (\text{Boore, 1983})$$

等方の放射特性は、方向性の無い2成分の二乗和平方根(Boore, 1983)で定義されているため、この値を用いて水平2成分の波形に分解する際に、 $1/\sqrt{2}$ 倍している。

また、ここではS波のみの説明としているが、SH波、SV波毎に振幅スペクトルを求めている。

- ③小断層毎にすべり量が異なる場合は、それに応じて各小断層の M_0 , $\Delta\sigma$ を設定する。
- ④Q 値は、減衰定数を表し、 $Q=110\sqrt{f}$ にて評価する。
- ⑤Boore(1983)に従って擬似乱数によるホワイトノイズに包絡形を施した波形のスペクトルをかけ合わせ、位相を与え時刻歴波形を作成する。
- ⑥解析地点（観測点）での地震基盤におけるスペクトルに対して、工学的基盤までの地盤構造による増幅を Haskell Matrix により算定する。SH 波については、斜め入射の SH 波動場を、SV 波については、P-SV 波動場の応答計算を Haskell Matrix（線形）で行う。
- ⑦求められた工学的基盤での放射方向（Radial）、放射直角方向（Transverse）、UD の波形を NS、EW、UD に射影する。
- ⑧各小断層からの波形を Irikura(1986)及び入倉他(1997)に従って、それぞれの成分毎に足しあわせる。これにより、工学的基盤での 3 成分波形を求める。なお、以上の解析は周波数領域で行っている。破壊は、開始点からせん断波速度 (V_s) の 70% の伝播速度で同心円状に拡大するものと仮定した。
- ⑨位相は、乱数時系列により与える。
- ⑩解析地点では、最大加速度、計測震度を算出する。

3.1.4 断層パラメータの設定

(1) 太平洋側海溝型地震

想定した地震は、モーメントマグニチュード (Mw) 9.02 であり、破壊開始点 (震源) は、1968 年十勝沖地震の震源地 (E143° 35'、N40° 41') とした。破壊開始点の深さは、14.02 km とした。

表 3.1.2 太平洋側海溝型地震の強震断層パラメータ

諸元		パラメータ		
強震断層モデル 全体	面積 (m ²)	7.574E+10		
	応力パラメータ (MPa)	5.07		
	平均すべり量 (m)	13.66		
	地震モーメント (Nm)	4.23E+22		
	モーメントマグニチュード (Nm)	9.02		
強震断層モデル 各セグメント	セグメント名	青森県沖	岩手県沖	宮城県北部沖
	面積 (m ²)	3.374E+10	2.657E+10	1.544E+10
	平均応力降下量 (MPa)	9.13	7.51	8.65
	平均すべり量 (m)	16.42	11.99	10.52
	地震モーメント (Nm)	2.264E+22	1.301E+22	6.633E+21
強震断層モデル 強震動生成域 SMGA	モーメントマグニチュード (Nm)	8.84	8.68	8.48
	面積 (m ²)	6.432E+09	4.366E+09	3.30E+09
	面積比	0.191	0.164	0.214
	平均すべり量 (m)	9.06	18.10	15.74
	地震モーメント (Nm)	2.383E+21	3.232E+21	2.12E+21
強震断層モデル 強震動生成域 SMGA ①	モーメントマグニチュード (Nm)	8.18	8.27	8.15
	面積 (m ²)	3.232E+09		
	面積比	16.13		
	平均すべり量 (m)	8.97		
	地震モーメント (Nm)	1.185E+21		
強震断層モデル 強震動生成域 SMGA ②	モーメントマグニチュード (Nm)	7.98		
	面積 (m ²)	3.200E+09		
	面積比	16.54		
	平均すべり量 (m)	9.15		
	地震モーメント (Nm)	1.197E+21		
強震断層モデル 背景領域	モーメントマグニチュード (Nm)	7.99		
	面積 (m ²)	6.17E+10		
	応力パラメータ (MPa)	5.64		
	平均すべり量 (m)	13.70		
	地震モーメント (Nm)	3.455E+22		
その他	モーメントマグニチュード (Nm)	8.96		
	破壊伝播速度 (km/s)	2.7	2.7	2.7
	fmax (Hz)	6	6	6
	剛性率 (GPa)	40	40	40

SMGA: 強震動生成域 (震源域の中で大きくずれ、大きな揺れを起こす地震波が出ると考えられるエリア)

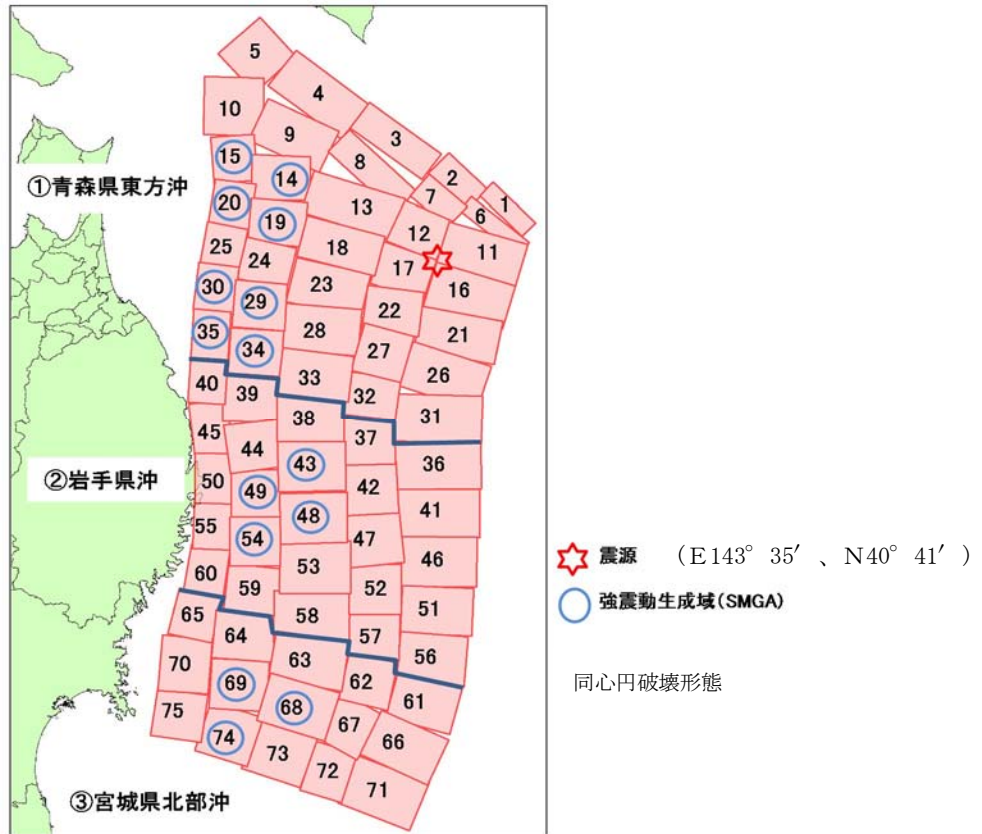


図 3.1.3 太平洋側海溝型地震の各セグメントと SMGA の位置

No	経度[°]	緯度[°]	断層長さ[m]	断層幅[m]	断層深さ[m]	走向[°]	傾斜角[°]	すべり角[°]
1	144.377	40.907	10178	34466	4500	227.39	8.5	113.281
2	144.069	41.102	15704	32562	11600	225.946	8.948	112.014
3	143.767	41.29	18798	53516	18500	218.77	10.799	105.067
4	143.272	41.581	25674	55710	29500	218.937	10.369	105.526
5	142.764	41.853	32870	33604	38500	229.523	17.377	116.35
6	144.331	40.818	9478	42372	4400	219.154	6.892	105.102
7	143.916	41.017	15824	28826	12400	220.837	10.231	106.992
8	143.589	41.097	18564	57936	18600	225.109	10.453	111.517
9	143.044	41.451	28018	46306	28500	206.553	11.887	93.263
10	142.521	41.735	33134	34940	37300	183.253	18.004	70.197
11	144.327	40.792	25666	47658	5100	198.843	6.036	84.85
12	143.815	40.933	25468	29524	12700	205.849	9.701	92.088
13	143.491	41.066	25638	56708	18700	198.421	10.096	84.92
14	142.847	41.305	26452	35532	27900	183.224	17.39	69.999
15	142.446	41.433	27454	27564	38700	174.925	24.019	61.883
16	144.23	40.569	25526	48376	6400	199.799	5.942	85.873
17	143.707	40.728	25492	33170	12500	202.122	8.655	88.442
18	143.346	40.863	25398	48210	18500	197.771	11.97	84.334
19	142.813	41.051	25944	33352	28200	188.859	18.018	75.664
20	142.463	41.156	26280	25496	38600	189.209	23.798	76.183
21	144.132	40.375	25782	47808	6600	193.826	6.082	79.961
22	143.61	40.538	25850	34404	12600	192.408	8.505	78.789
23	143.247	40.661	25888	46198	17500	194.233	12.648	80.854
24	142.755	40.803	25496	32458	28300	196.134	18.086	82.987
25	142.411	40.915	25500	25468	38700	193.517	23.437	80.536
26	144.055	40.124	27000	48846	6700	200.312	5.877	86.508
27	143.523	40.302	26800	31470	13800	197.056	9.121	83.492
28	143.175	40.457	27350	46410	17900	188.998	12.833	75.665
29	142.681	40.601	27796	33392	28100	188.906	17.978	75.807
30	142.332	40.7	27256	24096	37700	189.576	25.259	76.641
31	143.99	39.955	29328	53766	6600	185.894	5.56	72.142
32	143.418	40.083	27236	29086	13200	193.469	10.04	79.962
33	143.108	40.206	27088	43710	18300	190.274	13.549	76.982
34	142.637	40.361	27858	34508	28500	186.524	17.607	73.461
35	142.274	40.463	27808	23506	38400	186.251	26.409	73.351
36	143.97	39.711	28314	56198	6600	182.501	5.45	68.772
37	143.354	39.874	29090	30166	12400	181.375	10.273	67.902
38	143.04	39.992	28590	41684	18000	181.604	14.945	68.341
39	142.608	40.123	28898	35852	28600	182.948	17.268	69.91
40	142.237	40.216	28010	23216	38900	184.699	27.013	71.828
41	143.929	39.465	28210	51730	6600	178.995	6.051	65.279
42	143.359	39.631	30968	32542	12100	175.774	9.931	62.306
43	143.026	39.746	29422	41046	17400	177.909	15.623	64.656
44	142.579	39.887	29708	34378	28500	171.89	19.71	58.853
45	142.221	39.996	32998	25948	38000	171.123	26.633	58.253
46	143.899	39.193	28902	45764	6400	180.961	6.75	67.255
47	143.396	39.355	30854	34398	12100	176.535	9.352	63.064
48	143.046	39.479	30698	42292	16800	179.446	14.938	66.197
49	142.609	39.591	29370	30656	28400	181.272	20.577	68.231
50	142.292	39.695	29744	27376	39300	178.617	23.652	65.738
51	143.871	38.915	28716	42268	6800	185.338	7.13	71.651
52	143.41	39.064	29254	33338	12500	181.162	9.291	67.696
53	143.06	39.207	30174	44200	17200	179.277	14.321	66.036
54	142.609	39.326	29934	32046	28400	183.249	19.289	70.225
55	142.292	39.41	28538	26012	39700	186.254	23.691	73.392
56	143.826	38.64	28136	40608	6700	190.544	7.243	76.891
57	143.389	38.784	28438	31120	12600	186.905	9.621	73.461
58	143.068	38.914	28978	45150	17800	186.281	13.375	73.058
59	142.607	39.04	28502	35440	28900	190.755	16.752	77.762
60	142.248	39.142	27778	25340	39300	193.356	23.609	80.534
61	143.753	38.372	27742	39338	6600	196.967	7.343	83.365
62	143.334	38.514	27812	29306	12400	193.995	9.942	80.592
63	143.029	38.637	28048	45612	18100	191.546	12.931	78.359
64	142.556	38.788	28124	37182	29000	191.072	15.965	78.122
65	142.183	38.894	28030	27078	39600	195.645	21.696	82.876
66	143.658	38.103	29842	41678	6500	206.277	6.867	92.751
67	143.231	38.243	30098	27420	13200	209.512	10.557	96.186
68	142.93	38.374	29804	40794	19000	198.341	14.047	85.21
69	142.486	38.553	30524	35624	29200	186.079	17.027	73.165
70	142.127	38.671	31604	31372	38800	186.567	19.311	73.842
71	143.522	37.867	29852	43684	6700	203.154	6.57	89.715
72	143.062	38.031	29786	25482	12800	199.553	11.325	86.313
73	142.799	38.126	29866	36594	18500	198.121	15.919	85.057
74	142.427	38.251	29784	33328	29400	197.551	17.544	84.684
75	142.082	38.378	29834	31300	39300	192.279	18.877	79.593

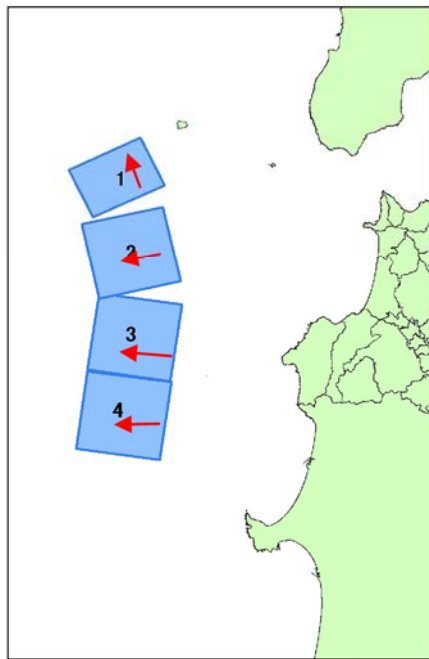
(2) 日本海側海溝型地震

想定した地震は、モーメントマグニチュード (Mw) 7.94 であり、破壊開始点 (震源) は、1983 年日本海中部地震の震源地 (E 139° 4'、N 40° 21') とした。破壊開始点の深さは、10.75 km とした。

表 3.1.3 日本海側海溝型地震の強震断層パラメータ

諸元		パラメータ			
強震断層モデル 全体	面積 (m ²)	4.365E+09			
	応力パラメータ (MPa)	9.01			
	平均すべり量 (m)	6.80			
	地震モーメント (Nm)	1.039E+21			
	モーメントマグニチュード (Nm)	7.94			
強震断層モデル 各セグメント	セグメント名	①	②	③	④
	面積 (m ²)	6.900E+08	1.225E+09	1.225E+09	1.225E+09
	平均応力降下量 (MPa)	22.65	17.00	17.00	17.00
	平均すべり量 (m)	6.80	6.80	6.80	6.80
	地震モーメント (Nm)	1.642E+20	2.916E+20	2.916E+20	2.916E+20
	モーメントマグニチュード (Nm)	7.41	7.58	7.58	7.58
強震断層モデル 強震動生成域 SMGA	面積 (m ²)	2.875E+08	4.594E+08	4.594E+08	4.594E+08
	面積比	0.417	0.375	0.375	0.375
	平均すべり量 (m)	13.60	13.60	13.60	13.60
	地震モーメント (Nm)	1.369E+20	2.187E+20	2.187E+20	2.187E+20
	モーメントマグニチュード (Nm)	7.36	7.49	7.49	7.49
強震断層モデル 背景領域	面積 (m ²)	4.025E+08	7.656E+08	7.656E+08	7.656E+08
	応力パラメータ (MPa)	8.47	8.60	8.60	8.60
	平均すべり量 (m)	1.94	2.72	2.72	2.72
	地震モーメント (Nm)	2.737E+19	7.289E+19	7.289E+19	7.289E+19
	モーメントマグニチュード (Nm)	6.89	7.18	7.18	7.18
その他	破壊伝播速度 (km/s)	2.7	2.7	2.7	2.7
	f _{max} (Hz)	6	6	6	6
	剛性率 (GPa)	35	35	35	35

NO.	経度 [°]	緯度 [°]	断層長さ [m]	断層幅 [m]	断層深さ [m]	走向 [°]	傾斜角 [°]	すべり角 [°]
1	138.9	41.35	30000	23000	3000	60	30	90
2	139.06	40.84	35000	35000	2000	345	30	90
3	138.97	40.58	35000	35000	2000	15	30	90
4	138.86	40.27	35000	35000	2000	15	30	90



図中の番号は、表のNOと対応

矢印は、断層の上盤側のすべり方向

①

1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30
31	32	33	34	35	36
37	38	39	40	41	42
43	44	45	46	47	48

②

1	2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	31	32
33	34	35	36	37	38	39	40
41	42	43	44	45	46	47	48
49	50	51	52	53	54	55	56
57	58	59	60	61	62	63	64

③

1	2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	31	32
33	34	35	36	37	38	39	40
41	42	43	44	45	46	47	48
49	50	51	52	53	54	55	56
57	58	59	60	61	62	63	64

④

1	2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	31	32
33	34	35	36	37	38	39	40
41	42	43	44	45	46	47	48
49	50	51	52	53	54	55	56
57	58	59	60	61	62	63	64

日本海中部地震の震源地



N 40.357
E 139.073

色つけ部 強震動生成域(SMGA)

図 3.1.4 日本海側海溝型地震の各セグメントと SMGA の位置、同心円破壊形態

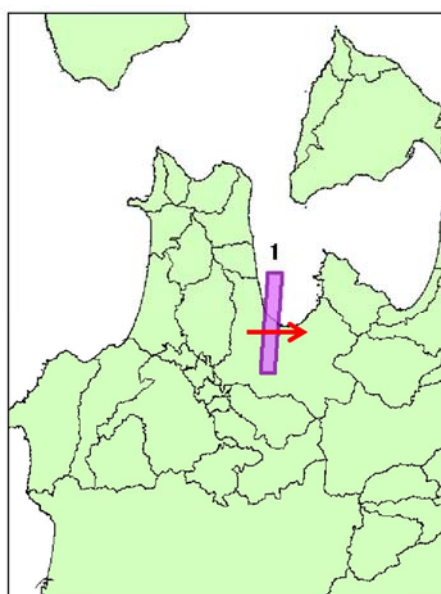
(3) 内陸直下型地震

想定した地震は、モーメントマグニチュード (Mw) 6.74 であり、破壊開始点 (震源) は、入倉のレシビに準じて想定断層の強震動生成域の下端を震源地 (E 140° 41'、N 40° 50') とした。破壊開始点の深さは、5.26 km とした。

表 3.1.4 内陸直下型地震の強震断層パラメータ

諸元		パラメータ
強震断層モデル 全体	面積 (m ²)	2.187E+08
	応力パラメータ (MPa)	12.66
	平均すべり量 (m)	2.14
	地震モーメント (Nm)	1.638E+19
	モーメントマグニチュード(Nm)	6.74
強震断層モデル 強震動生成域 SMGA	面積 (m ²)	7.570E+07
	面積比	0.346
	平均すべり量 (m)	4.28
	地震モーメント (Nm)	1.134E+19
	モーメントマグニチュード(Nm)	6.64
強震断層モデル 背景領域	面積 (m ²)	1.430E+08
	応力パラメータ (MPa)	7.37
	平均すべり量 (m)	1.01
	地震モーメント (Nm)	5.040E+18
	モーメントマグニチュード(Nm)	6.40
その他	破壊伝播速度 (km/s)	2.7
	fmax (Hz)	6
	剛性率 (GPa)	31.2

No	経度[°]	緯度[°]	断層長さ[m]	断層幅[m]	断層深さ[m]	走向[°]	傾斜角[°]	すべり角[°]
1	140.74	40.95	27000	8100	0	185	60	90



矢印は、断層の上盤側のすべり方向

40	27	14	1
41	28	15	2
42	29	16	3
43	30	17	4
44	31	18	5
45	32	19	6
46	33	20	7
47	34	21	8
48	35	22	9
49	36	23	10
50	37	24	11
51	38	25	12
52	39	26	13

同心円破壊形態

★ 震源
 強震動生成域 (SMGA)

表 3.1.5 内陸直下型地震の震源域と SMGA の関係

3.1.5 地表の計測震度の算出

(1) 算定の手法

地表における計測震度は、工学基盤での計測震度から、地下 30m までの平均せん断波速度 (AVS30) と震度増分の関係式を用いて算出した。

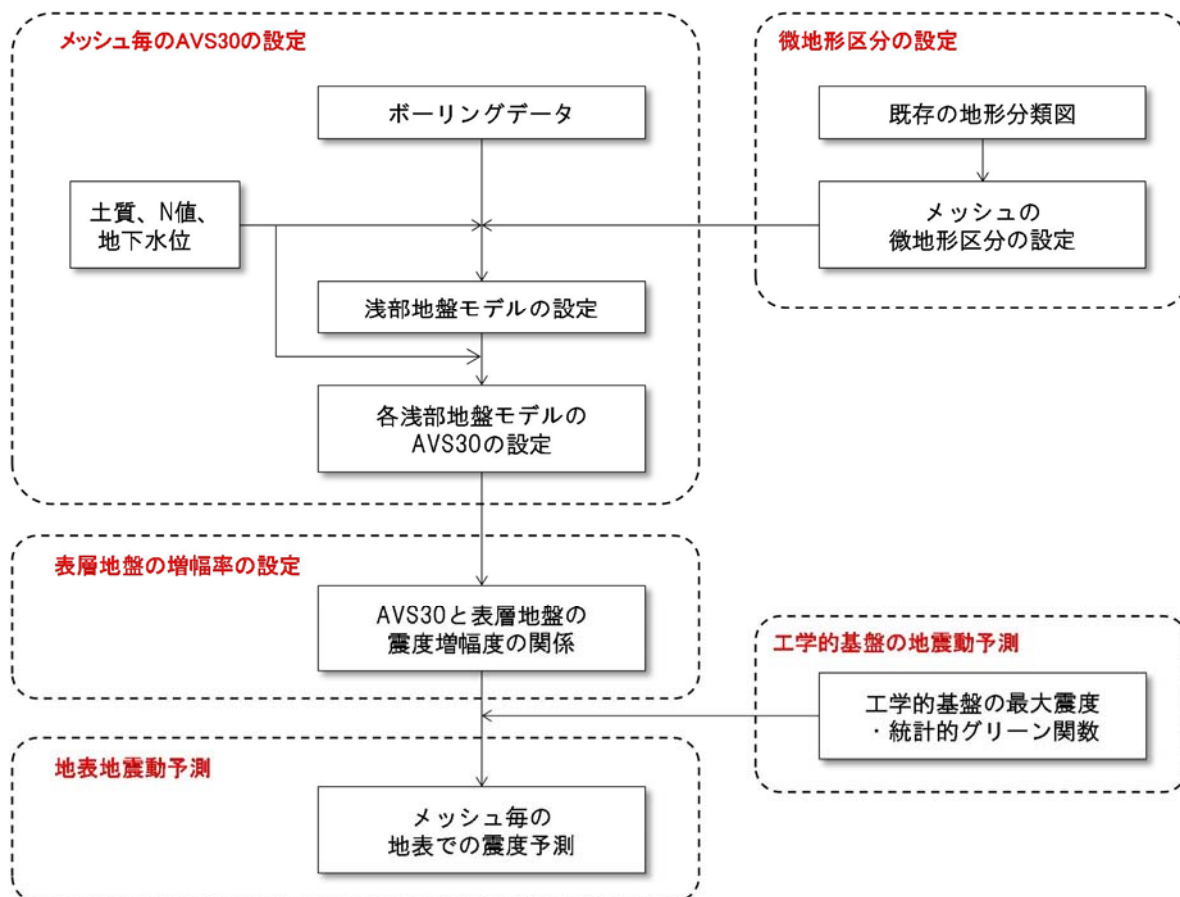


図 3.1.5 地震動の予測手法の概要 (AVS30)

次頁には、設定した AVS30、計測震度増分量及び地盤の増幅率（地表、工学基盤）の分布図を示す。

AVS30 の値は、大きな数値ほど地盤の剛性が高く堅い地盤といえる。従って、計測震度増分量は小さくなると共に、地盤の増幅率も小さい値となる。地盤の固有周期も短周期側にあると言える。

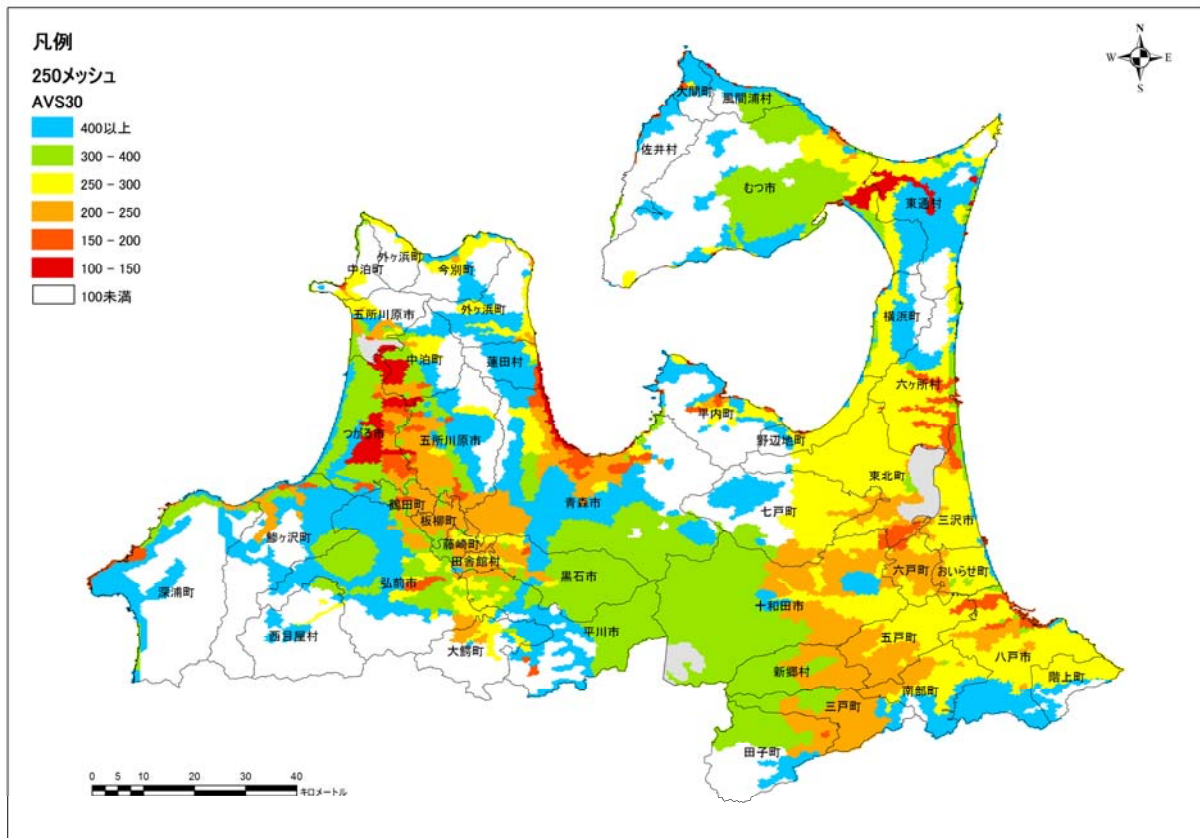


図 3.1.6 地盤の AVS30 の分布 (単位 : m/sec)

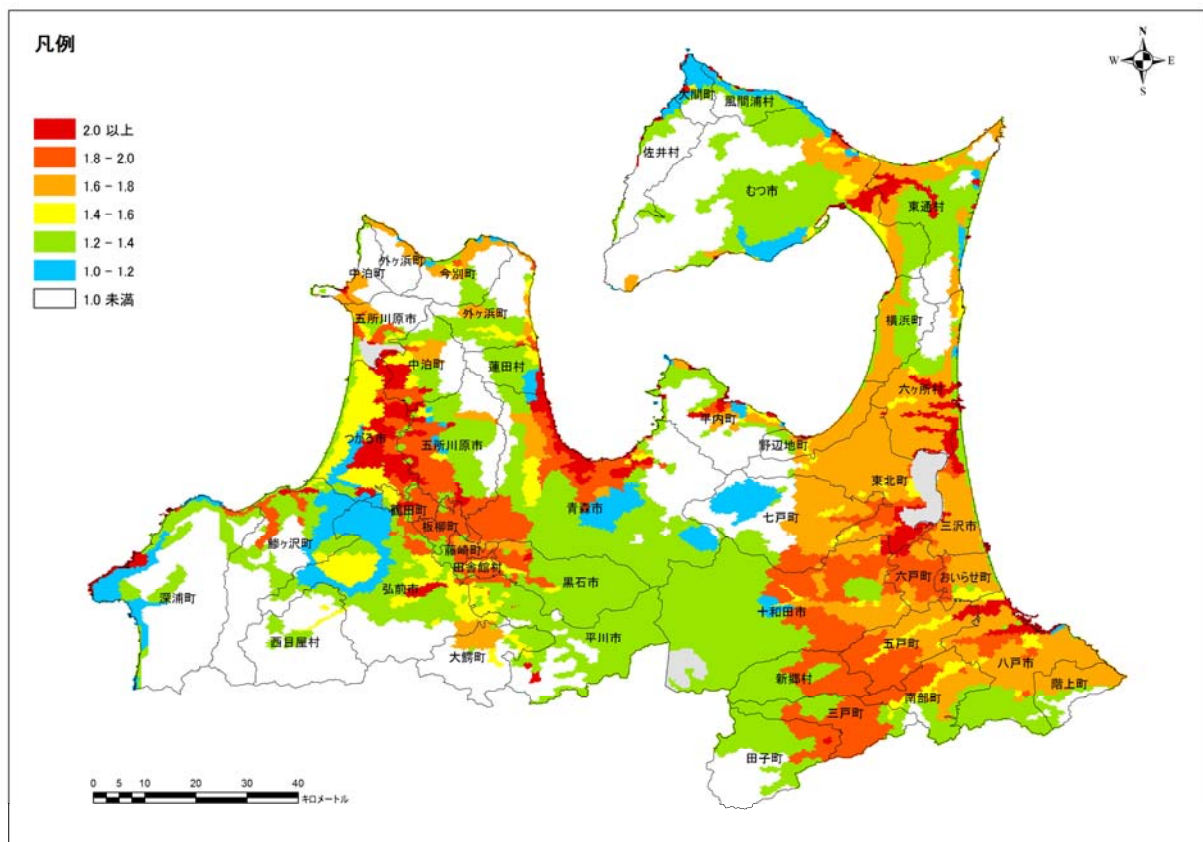


図 3.1.7 地盤の増幅率

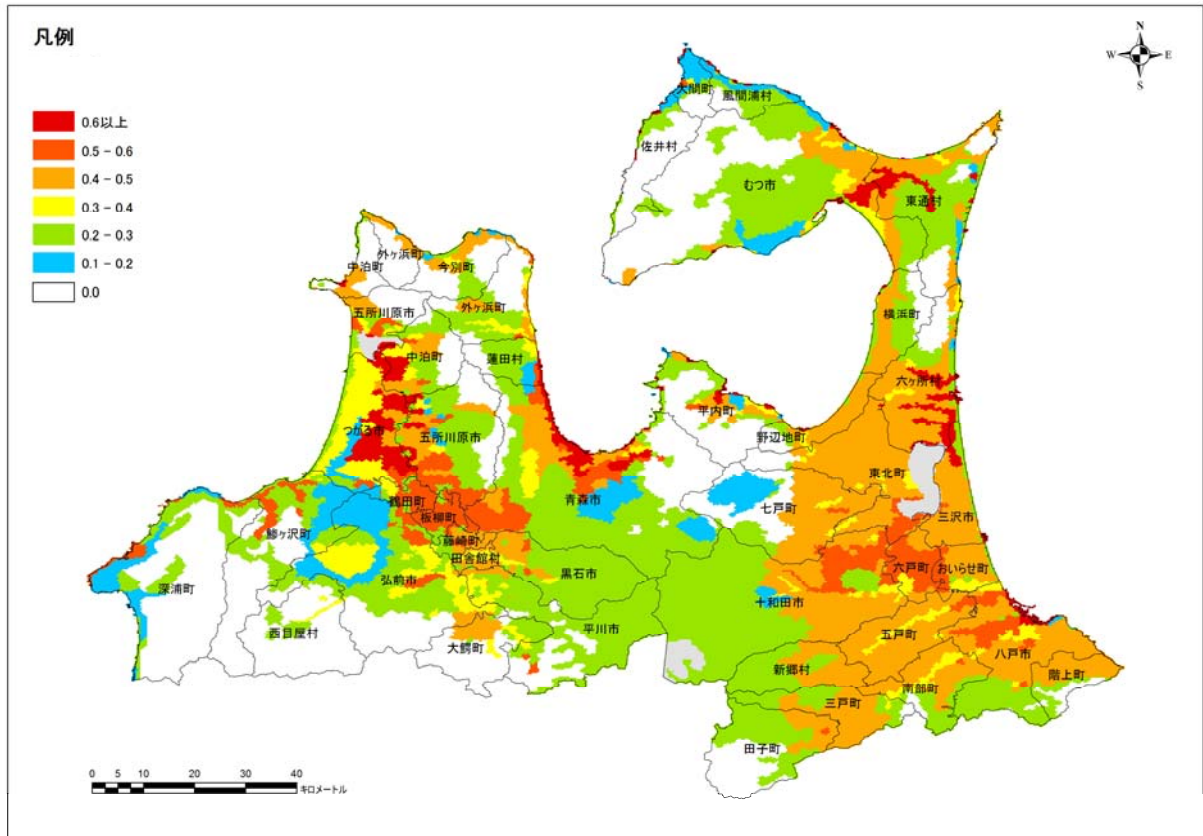


図 3.1.8 計測震度増分（浅部地盤の地震動の増分特性）

(2) 地震動の予測手法

地震動の予測手法について、浅部地盤モデルのAVS30(表層30mまでの平均せん断波速度)を算出して評価している。地盤の増幅率は、翠川他のAVS30の経験的手法から算出し、工学的基盤面での計測震度から地表面の計測震度の算出では、横田他(2005)の手法を用いた。

地震動の予測手法は、以下の手順に基づき算出した。

1) AVS30の算出

想定した浅部地盤モデルは、深度30m以上、あるいは30m未満でN値 ≥ 50 となる2ケースである。各浅部地盤モデルのAVS30の推定は、次の方法である。

① 浅部地盤モデルが深度30m以上の場合

各地層のS波速度と層厚からの加重平均からAVS30を推定した。

② 浅部地盤モデルが深度30m未満でN値 ≥ 50 が確認できる場合

深度10m、15m、20m、25mのうちで最もN値 ≥ 50 の出現深度に近い値を設定し、その深度までの平均S波速度AVSn(n=10, 15, 20, 25)を計算し、次式よりAVS30を推定した。

$$AVS30 = a_n \times AVS_n + b_n$$

ここに ; n : 10, 15, 20, 25

a_n, b_n : AVSn と AVS30 の回帰式の係数

※ a_n, b_n の係数は、全国のKiK-net(防災科学技術研究所 強震観測網)観測点のうち、N値 ≥ 50 の出現深度が30m未満の観測点のS波速度構造データを、N値 ≥ 50 の出現深度10m、15m、20m、25m毎に整理して、AVS n(n=10, 15, 20, 25)とAVS30の関係を回帰式で導く。

2) 地盤増幅度の算出

浅部地盤の増幅度は、AVS30から翠川他(1994)による経験式を用いた。

$$\text{Log}G = 1.83 - 0.66\text{Log}AVS30 \pm 0.16$$

ここに ; AVS30 : 表層30mの平均S波速度(m/s)の推定値

ただし、 $100\text{m/s} < AVS30 < 1500\text{m/s}$

G : S波速度700m/s基盤の最大速度に対する

表層地盤の最大速度の増幅度

3) 地盤の計測震度増分の算出

地表の計測震度の算出では、工学基盤面における計測震度から浅部地盤で増幅される計測震度の増分を加えて算出した。

この計測震度増分は、地盤の非線形性により、震度が大きくなると震度増分が小さくなる。横田他(2005)は、数値計算により非線形性を加味したAVS30と計測震度増分の関係式を作成している。この回帰式は、工学基盤震度の大きさごとに算出しており、本調査では工学基盤震度が4.5~4.9の揺れに対しての地表震度(震度差)の関係式を採用している。この手法と回帰式の係数は、中央防災会議においても用いられている。

$$\Delta I = 2.888 - 1.015 \text{Log}(\text{AVS30})$$

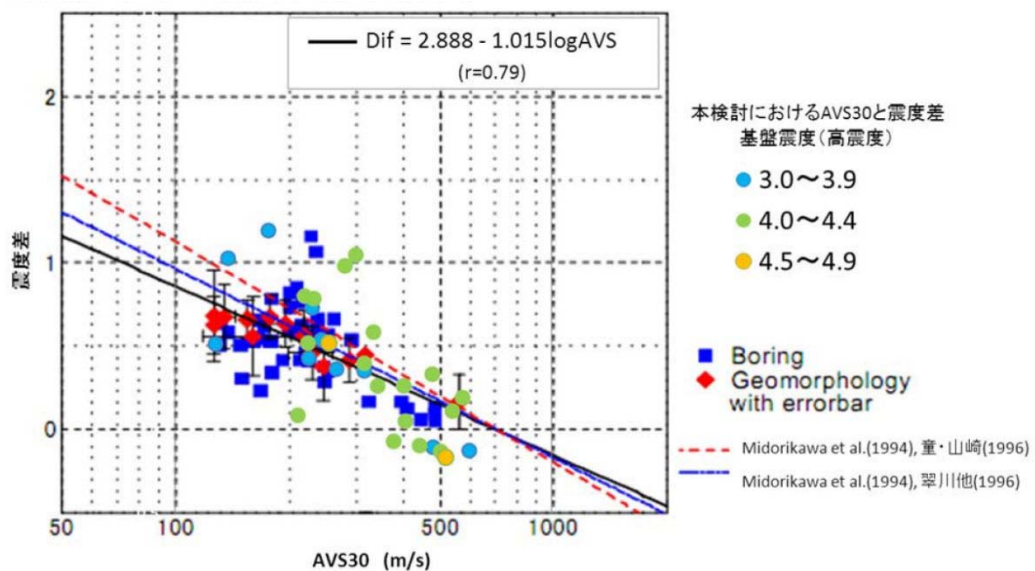


図 3.1.9 横田他(2005)の AVS30 と計測震度差の関係

3.1.6 解析結果

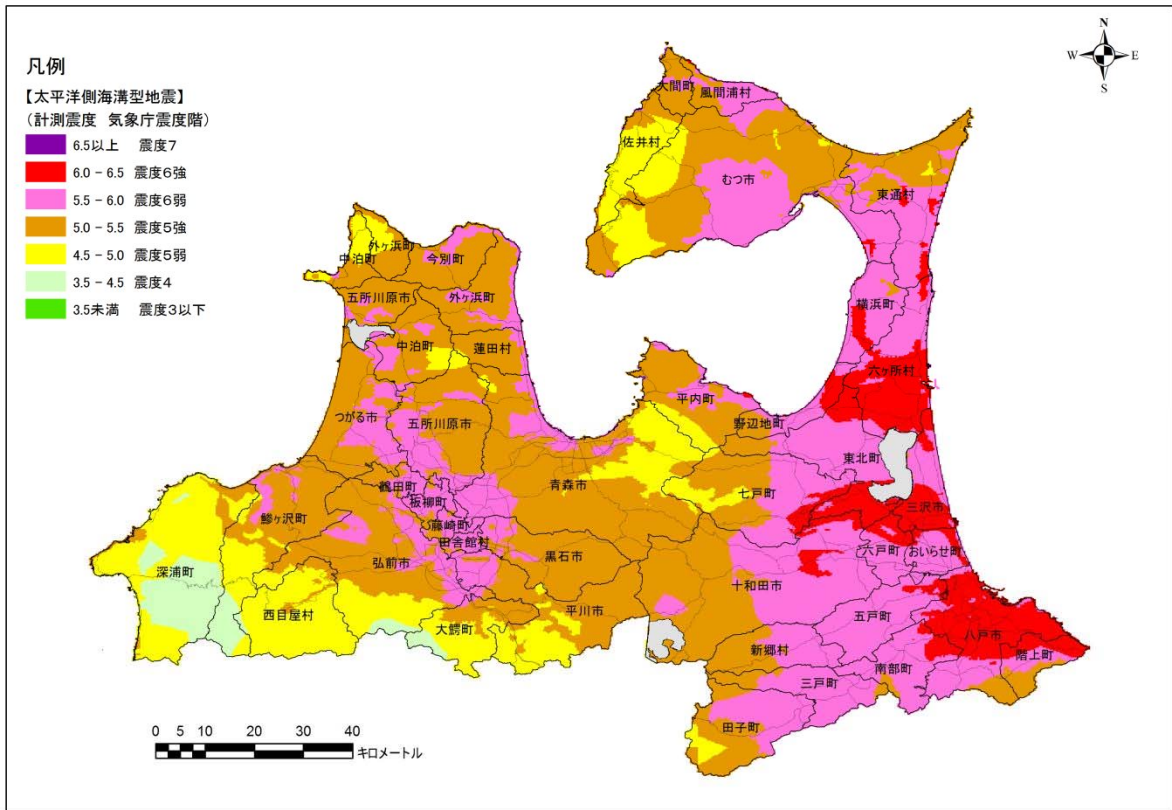


図 3.1.10 震度分布図 (太平洋側海溝型地震)

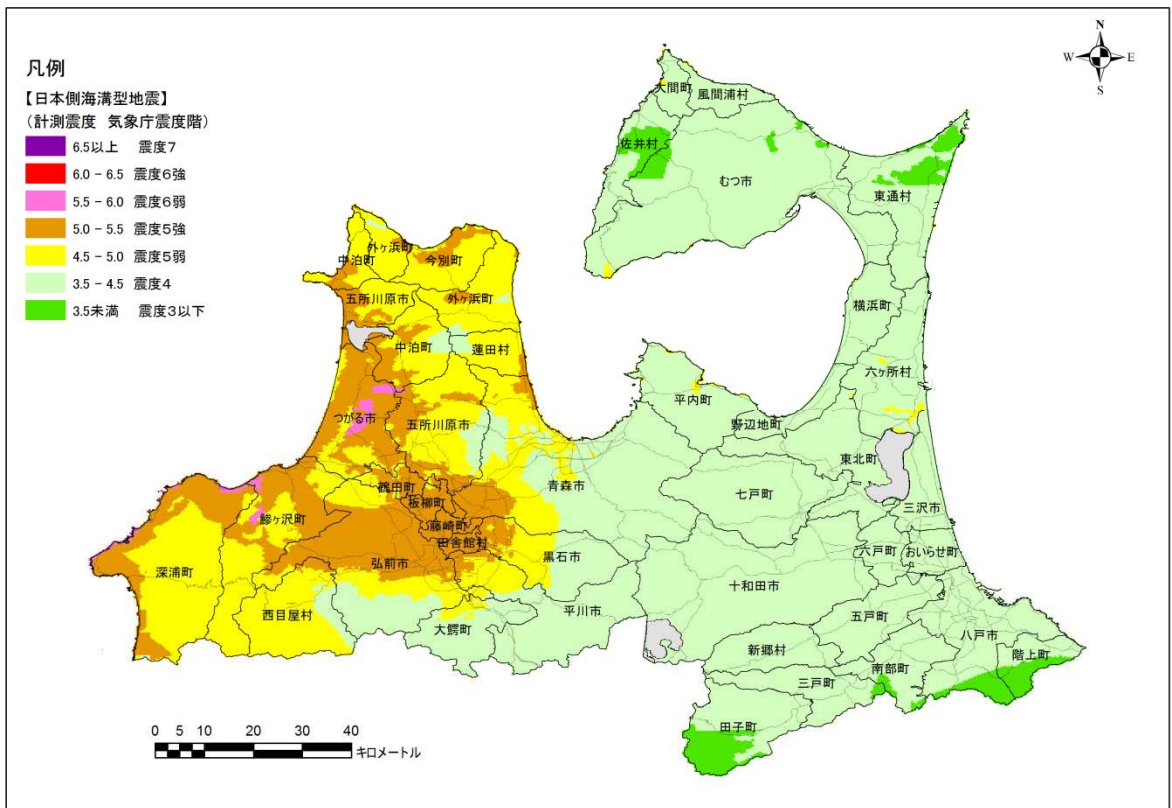


図 3.1.11 震度分布図 (日本海側海溝型地震)

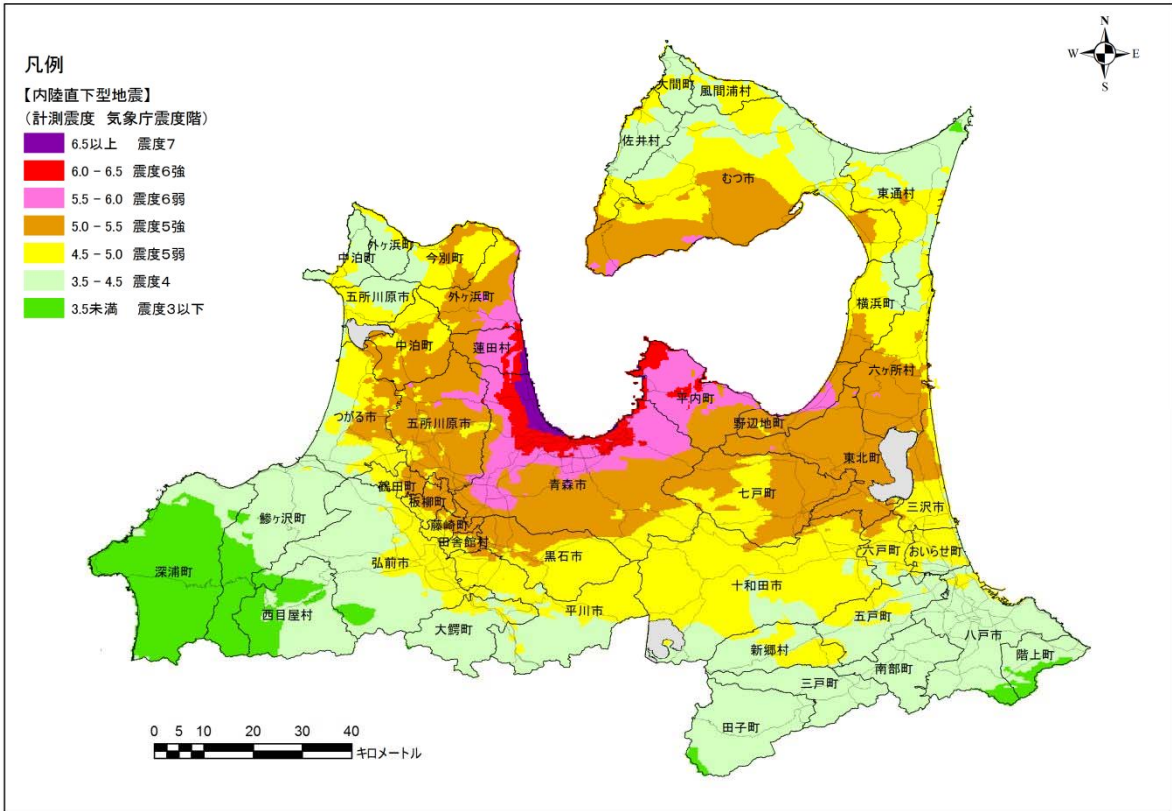


図 3.1.12 震度分布図 (内陸直下型地震)

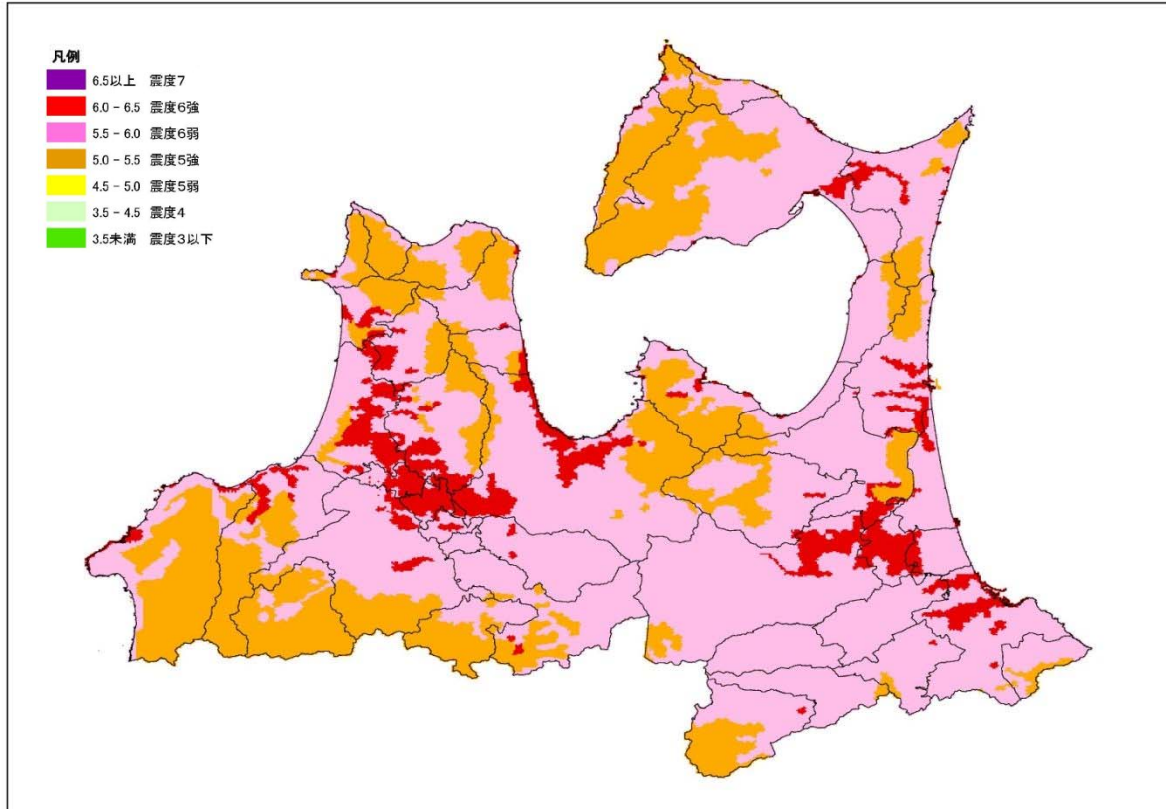


図 3.1.13 震度分布図 (どこでも起こりうる直下型地震)

直下型地震は現在知られていない断層で発生する場合があります、この未知の断層に対する危険性を知るために、全県の直下を断層と仮定し、一律マグニチュード6.9の地震が発生したと仮定した場合の震度分布を示したものである。

3.2 液状化危険度の算出結果

3.2.1 算出手法

(1) 液状化予測手法

液状化可能性の評価は、「道路橋示方書・同解説（2012年3月発行）」に記載の砂質土層の液状化の判定手法を採用した。

地震動予測結果を用いて、地表から深度-20mまでの地中に発生するせん断応力（L）と液状化対象層の繰り返し三軸強度比（R）を用いて、液状化対象層ごとに液状化に対する抵抗率（ $F_L=R/L$ ）を求め、さらに地層全体の液状化可能性指数（ P_L ）を評価した。

なお、求められたメッシュごとの P_L 値より、以下の基準で液状化可能性を評価した。

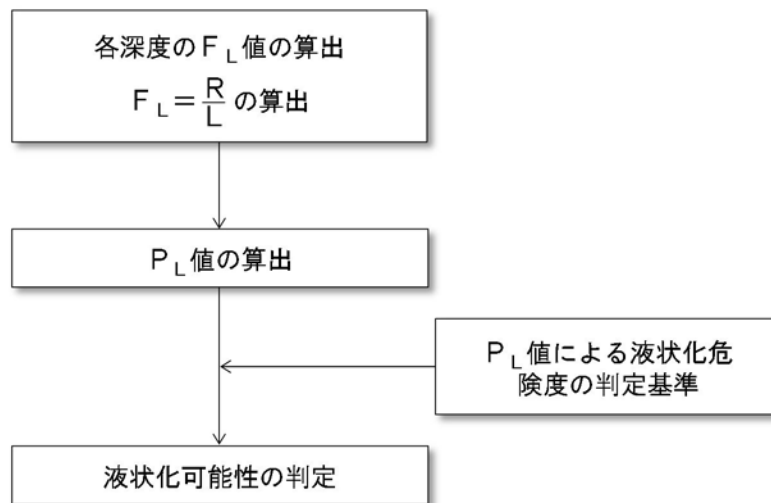


図 3.2.1 P_L 値の算定

表 3.2.1 液状化対象微地形分類（地盤タイプ）

危険度ランク	液状化の可能性なし	液状化の可能性小	液状化の可能性中	液状化の可能性大
P_L 値	$P_L=0$	$0 < P_L \leq 5$	$5 < P_L \leq 15$	$15 < P_L$
調査及び対策の必要性	液状化に関する詳細な調査は不要	特に重要な構造物に対して、より詳細な調査が必要	構造物に対しては、より詳細な調査が必要 液状化対策が一般的に必要	液状化に関する詳細な調査と液状化対策は不可避

(2) 液状化の発生による地盤沈下量の推定

液状化に伴う地盤の沈下量 S は、繰返しせん断ひずみから求めた。まず、建築基礎構造設計指針(2001)に示されている補正 N 値と繰返しせん断ひずみの関係を用いて、補正 N 値と応力比（地盤の発生せん断応力を有効応力で割った数値）のプロット点に対応する繰返しせん断ひずみを隣接する γ_{cy} 曲線の間により求めた。繰返しせん断ひずみ 8%の曲線より左側にプロットされる場合には $\gamma_{cy} = 8\%$ とし、0.5%より右側にプロットされる場合には、 $\gamma_{cy} = 0.5\%$ とした。繰返しせん断ひずみ γ_{cy} を体積ひずみ ε_v として読み替え、沈下量 S は次のようにして推定した。

$$S = \sum (H_i \cdot \varepsilon_{vi}), \quad i = 1 \sim n$$

S : 沈下量

H_i : $F_L < 1.0$ となる砂質土層 i の層厚

ε_{vi} : $F_L < 1.0$ となる砂質土層 i の体積ひずみ

n : $F_L < 1.0$ となる砂質土層数

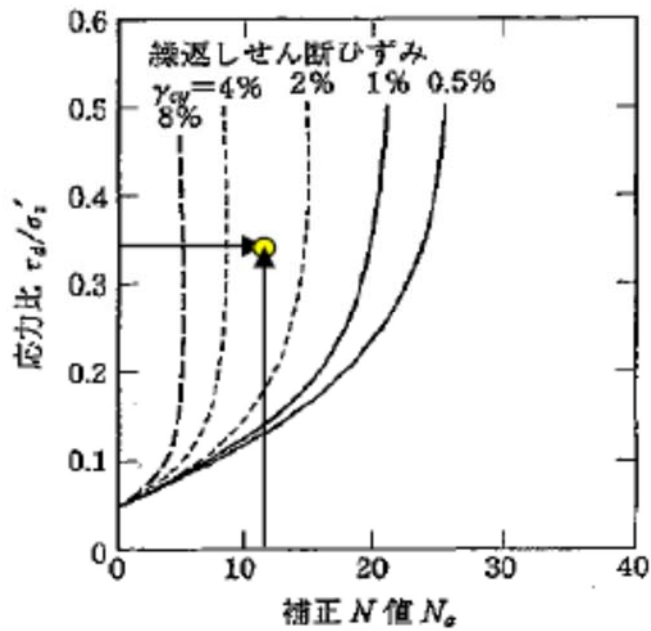


図 3.2.2 補正 N 値と繰返しせん断ひずみの関係

出典：建築基礎構造設計指針(2001) 補正 N 値と繰返しせん断ひずみの関係図に加筆

3.2.2 解析結果

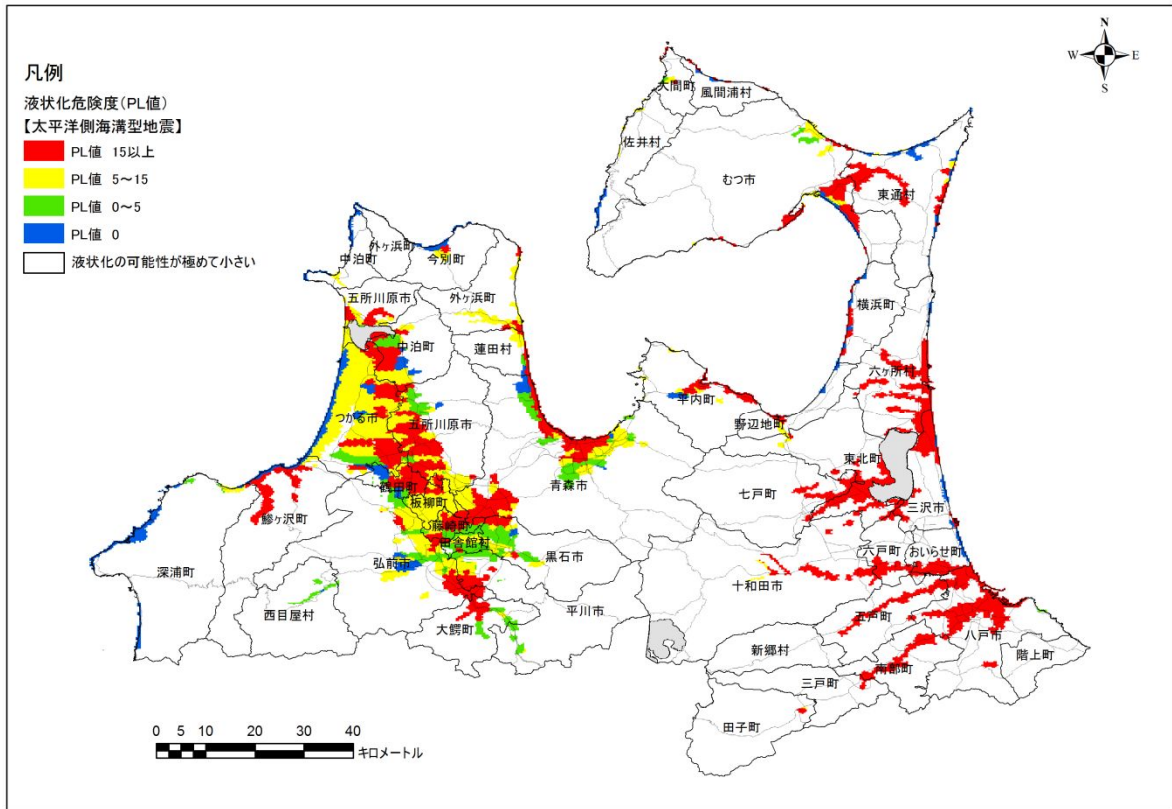


図 3.2.3 PL 値 (太平洋側海溝型地震)

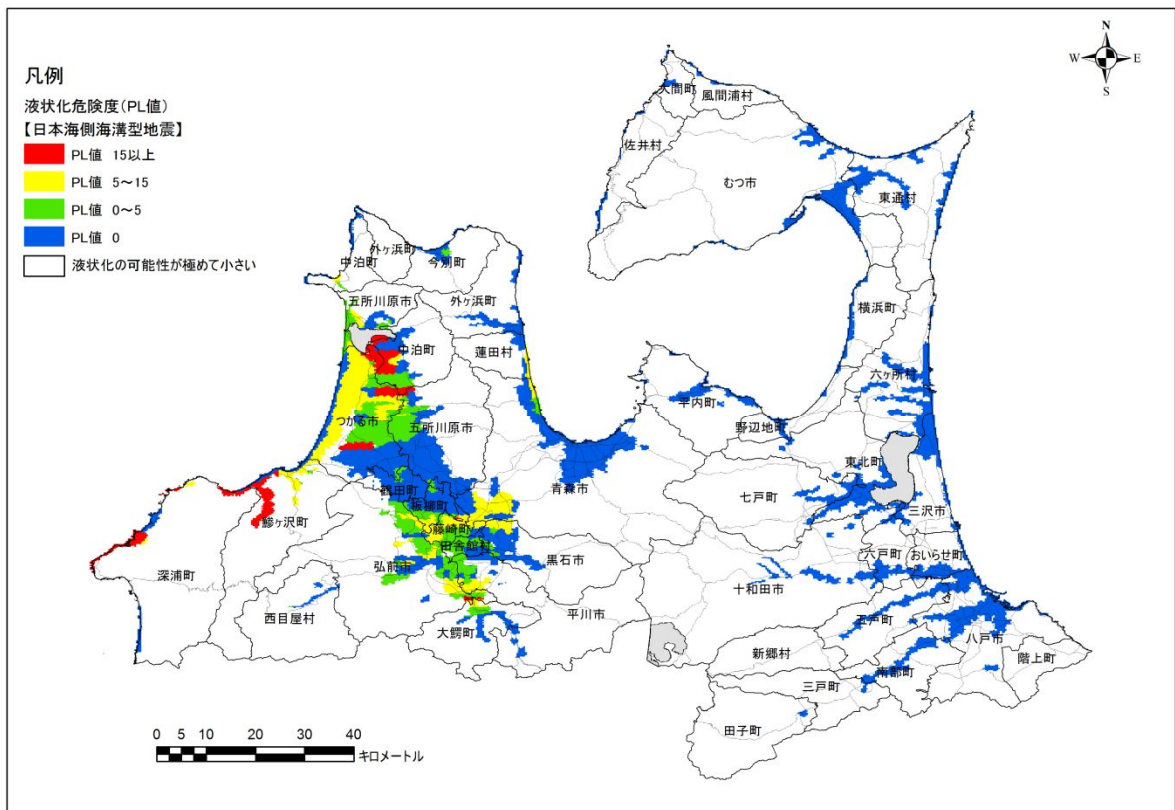


図 3.2.4 PL 値 (日本海側海溝型地震)

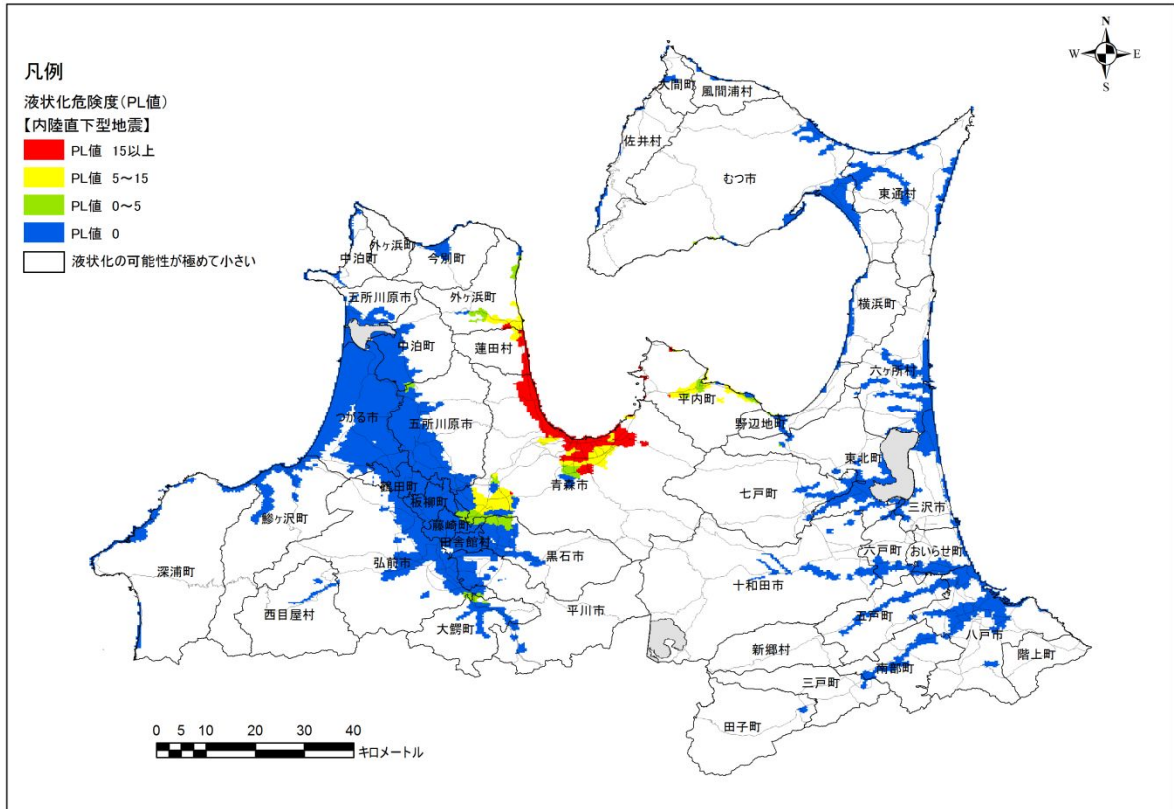


図 3.2.5 PL値（内陸直下型地震）

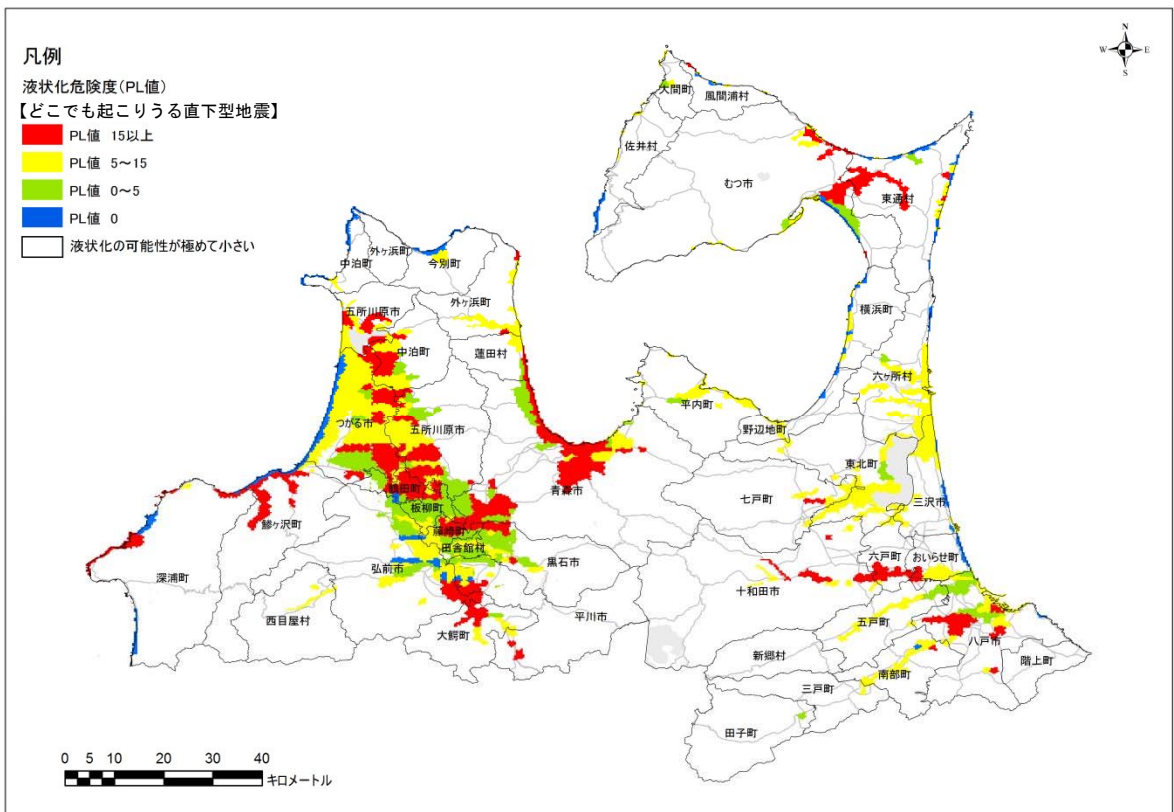


図 3.2.6 PL値（どこでも起こりうる直下型地震）

直下型地震は現在知られていない断層で発生する場合があります、この未知の断層に対する危険性を知るために、全県の直下を断層と仮定し、一律マグニチュード6.9の地震が発生したと仮定した場合の液状化危険度分布を示したものである。