

第2章 地震動シミュレーション

地震の発生確率及び地震動は地域により異なる等、道路施設の地震の防災投資効果を評価する上で、適切に地震動のシミュレーションを行うことは重要である。

本章では、地震発生の再現期間の時間依存性及び事業評価期間中における地震の発生回数についての検討を行った結果と、防災投資効果を評価する際の地震動シミュレーション手法について述べる。また、本研究の地震動シミュレーションのモデルは、確率論的な地震ハザードマップの作成手法¹¹⁾を用いた。

2.1 地震発生モデルの検討

本評価手法における最適な地震発生モデルの提案においては、評価手法の精度面及び実務面の両方から以下のことを検討した上で行う。

- ・地震発生の再現期間の時間依存性を考慮するか否かでは、精度面及び実務面の両方において影響度
が変化する。
- ・事業の検討対象期間中において、仮定する地震の発生回数により算定される被害額の意味が異なる。

①地震ハザード

道路施設の地震による損失を評価する際に、対象となる地域の地震動とその発生確率を設定する必要がある。対象となる地域に地震動を設定する方法として、つぎの2つの方法が考えられる。

1) 等リスクマップを用いる方法

評価対象とする地域において、地震ハザード曲線(地震動強さと超過確率の関係)を各道路施設に対して設定する。ここでのハザード曲線は、対象地域において発生する可能性のある地震全てを一つの曲線で表現したものである。道路網の被害を考える時、発生する地震によって道路ネットワークの被害箇所が異なるはずである。しかし、等リスクマップを用いると地震毎の被害箇所の違いを表現できない。また、費用便益分析により防災投資効果を計算する際、各年でハザード曲線が変化するため計算量も評価期間に比例して膨大なものとなる。

2) シナリオ地震を設定する方法

評価対象とする地域一帯に被害をもたらすと予測される地震(シナリオ地震)を抽出し、各地震が対象地域に及ぼす地震動とその発生確率を設定する方法である。シナリオ地震を用いると、地震毎の被害を考慮することができるが、シナリオ地震を抽出する地震動の閾値の設定方法によっては、結果が変化したり、膨大な数のシナリオ地震が抽出されたりすることになる。そのため、適切にシナリオ地震を抽出する基準が必要となる。

道路は単一道路ではなく道路網として健全な場合に初めて機能し、地震時の道路に期待する機能が損傷を受けることによる損失を、個々の道路ではなく道路網としての通行機能を評価することが望ましいという観点から、本研究では、地震毎の被害を考慮できるシナリオ地震を設定する方法がよいと考えられる。

②地震発生の再現期間の時間依存性について

地震発生の再現期間の時間依存性を考慮するか否かを検討する必要がある。時間依存性を考慮しない場合は、地震の発生確率はポアソン過程に従うものとして計算する。ポアソン過程は、地震活動において周期性などの時間に対する依存性が見られないか、あるいはデータ不足のために発生時系列の性質を判断できない場合に適用されることが多く、ポアソン過程を用いる方が手法としては簡便である。しかし、精度面から考えると、ポアソン過程に従った地震発生確率を用いた場合の期待損失額は、時間依存性を考慮した地震発生確率を用いた場合のそれと比べ大きな差が生じてしまう可能性がある。また、地震発生の再現期間の時間依存性を考慮する方が実感にも即している。

以上のことから、地震活動の調査により、プレート境界の沈み込み帯のように短時間で地震が繰り返されていることが確かめられる地域や活断層の再現期間が確認されている地震については、周期性を考慮して時間に依存させた発生確率のモデルを用いることが望ましい。

③事業評価期間中における地震の発生回数の扱いについて

一般に耐用期間が50～100年といわれるような土木構造物では、その期間中に数回の被害地震に遭遇することは十分ありえると思われる。一方、地震被害に着目すれば、供用期間中に被害地震に複数回遭遇する可能性があることは現実的ではないとの考え方⁷⁾もある。つまり、実際には供用期間中に大地震に遭遇すれば、その後、耐震補強などの対策を実施することが多く、少なくとも同程度の地震に再度遭遇したとしても甚大な損失を受けるようなことは考え難い。このことから、事業評価期間中に被害地震に遭遇する可能性は1回と考えることは妥当であると思われる。

以上、地震の防災投資効果の評価手法としては、評価者の現実的な実務面から以下のとおりとした。

- ・地震ハザードとしては、シナリオ地震を用いることとする
- ・地震発生の再現期間の時間依存性は、地震活動において周期性などの時間に対する依存性が見られないか、あるいはデータ不足のために発生時系列の性質を判断できない場合以外は、地震発生には時間依存性を考慮することとする
- ・事業評価期間における地震発生回数の扱いについては、地震による被害は評価期間内において1回であるとの考えに基づくこととし、地震による被害は各年独立に発生し、評価期間内で累積することとする

2.2 地震動シミュレーション

評価対象地域の防災投資効果を評価は、評価対象施設周辺の地域に対して一定の条件を満たすシナリオ地震を抽出し、それぞれの地震について対象施設位置での地震動を算出する。

2.2.1 地震動の算出方法

本研究における地震動の算出のための距離減衰式として、Takahashi et al.らの距離減衰式⁸⁾を用いる。実際の算出に用いた距離減衰式と表2-1を以下に示す。なお、本研究において算出する地震動は、地表面最大化速度、SI値、最大速度であり、不確実性は考慮せず、平均値を算出している。

$$\log_{10}[y_{i,j}(T)] = aM_i b x_{i,j} - \log(x_{i,j} + c10^{dM_i}) + e(h - h_c)\delta_h + S_k + \xi_{i,j} + \eta_i \quad (1)$$

ここで、 y ：地表面最大加速度(cm/s^2)、またはある固有周期における減衰乗数 5% の速度応答スペクトル (cm/s)、 M ：モーメントマグニチュード、 x ：震源距離(km)、 h ：震源深さ、 S ：地盤種別により決定する値(S_H ：I種地盤、 S_M ：II種地盤、 S_S ：III種地盤)、 h_c ：20(定数)、 $\xi_{i,j}$ 、 $\eta_{i,j}$ ：0 (設定する地震動は平均値を用いるため)

表 2-1 距離減衰式の定数

period	a	b	c	d	e	S_H	S_M	S_S
PGA	0.446	0.00350	0.012	0.446	0.00665	0.901	1.003	0.995
0.10	0.428	0.00502	0.025	0.420	0.00760	-0.348	-0.309	-0.341
0.15	0.443	0.00476	0.033	0.399	0.00754	-0.256	-0.175	-0.221
0.20	0.457	0.00424	0.032	0.396	0.00769	-0.262	-0.138	-0.191
0.25	0.453	0.00372	0.036	0.374	0.00560	-0.224	-0.071	-0.106
0.30	0.444	0.00327	0.039	0.358	0.00527	-0.164	0.011	-0.016
0.40	0.460	0.00264	0.040	0.351	0.00408	-0.269	-0.055	-0.054
0.50	0.467	0.00230	0.040	0.342	0.00438	-0.342	-0.095	-0.054
0.60	0.484	0.00203	0.040	0.338	0.00373	-0.459	-0.208	-0.146
0.70	0.493	0.00193	0.040	0.319	0.00303	-0.530	-0.268	-0.203
0.80	0.511	0.00186	0.040	0.315	0.00394	-0.645	-0.396	-0.315
0.90	0.527	0.00169	0.040	0.315	0.00410	-0.754	-0.517	-0.412
1.00	0.542	0.00148	0.040	0.316	0.00398	-0.874	-0.649	-0.523
1.25	0.573	0.00135	0.040	0.295	0.00379	-1.136	-0.927	-0.811
1.50	0.604	0.00139	0.040	0.292	0.00300	-1.359	-1.157	-1.076
2.00	0.636	0.00090	0.040	0.292	0.00160	-1.658	-1.458	-1.398
2.50	0.646	0.00043	0.040	0.307	0.00178	-1.771	-1.619	-1.548

地表面最大化速度の算出にあたっては、二方向ベクトル合成値相当に修正するための補正を行い、式(1)より算出している。

また、SIの算定においては、式(1)で得られるのは減衰乗数 5% の応答速度スペクトルであるため、式(2)を用いて減衰乗数 20% の値に変換し、G.W.Housner の式を用いて算出する。

$$C_D = \frac{1.5}{40h + 1} + 0.5 \quad (2)$$

ここで、 C_D ：減衰定数別補正係数、 h ：減衰定数

$$SI = \frac{1}{2.4} \int_{0.1}^{2.5} Sv(T, h = 0.2) dt \quad (3)$$

ここで、 Sv ：速度応答スペクトル、 T ：固有周期、 h ：減衰定数

また、最大速度の算出は、次式⁹⁾の関係式による。

$$A_{max} = 10^{0.908} \times V_{max}^{1.13} \quad (4)$$

2.2.2 震源モデルについて

本研究において考慮した震源モデルはつぎの3種類である。また、各震源モデルによる地震発生確率は、最新の活動時期が特定されている場合には、地震の発生確率が最新の活動じきからの経過時間に依存するものとして地震発生確率を算定することとしている¹⁰⁾。

- ・プレート境界地震
- ・活断層
- ・バックグラウンドゾーン内の地震¹¹⁾

①プレート境界地震

プレート境界の地震として、本研究における地震動シミュレーションに考慮した地震リストと断層の幾何的な条件を表 2-2 に示す。

表 2-2 考慮したプレート境界地震

No.	領域名	マグニチュード	最新活動からの経過年 [year]	活動間隔 [year]	緯度	経度	深さ
1	干勝沖	8.1	51.8	77.4	42.33	145.22	10
2	根室沖	7.7	30.5	77.4	42.94	147.11	1
3	色丹島沖	7.8	34.4	77.4	43.85	148.89	10
4	択捉島沖	8.1	40.2	77.4	45.59	152.97	4
5	三陸沖北部	8	35.6	97	41.71	142.9	10
6	三陸沖南部海溝より	7.7	106.4	104.5	38.89	143.58	10
7	宮城県沖	7.5	25.6	37.1	38.53	142.71	25
8	北海道北西沖	7.8	2100	3900	44.6	140.92	3
9	北海道西方沖	7.5	63.4	1400	43.73	139.53	3
10	北海道南西沖	7.8	10.5	500	41.95	139.3	3
11	青森県西方沖	7.7	20.6	500	41.35	138.9	1
12	秋田県沖	7.5	-	1000	39.2	139.47	3
13	山形県沖	7.7	170.1	1000	38.43	138.9	3
14	新潟県北部沖	7.5	39.5	1000	38.74	139.42	0
15	佐渡島北方沖	7.8	-	500	38.65	138.45	3
16	関東地震	7.9	80.3	220	34.8	140.25	2
17	東海地震	8	149	119	35.24	138.68	2
18	東南海地震	8.1	59.1	86.4	34.3	138.03	10
19	南海地震	8.4	57	90.1	33.13	136.25	10

②活断層

活断層の地震として、本研究における地震動シミュレーションに考慮した活断層は次の2種類である。

- 1) 松田(2001)による起震断層¹²⁾：松田(2001)¹²⁾によって大地震を起こす単位になると考えられた独立する1つの活断層線及び複数の活断層線
- 2) 活断層研究会(1991)に記載された活断層¹³⁾のうち、松田(2001)による起震断層¹²⁾には位置づけられなかった長さ10[km]以上の活断層

なお、ここでは、起震断層に位置づけられていない長さ 10[km]以上の活断層についても、それぞれの活断層が 1 回の地震を起こす単位になるものとした。地震動シミュレーションの計算に考慮した計 320 の起震断層及び活断層の一覧を表 2-3 に示す。起震断層及び活断層の地震規模や活動性に関する情報は、基本的には、それぞれ、松田(2001)及び活断層研究会に基づいている。ただし、起震断層に関しては、最近の活断層調査により、地震調査研究推進本部による評価結果⁸⁾や文部科学省及び地質調査所等による調査情報^{12),14)~22)}が得られている場合には情報の見直しを行った。

表 2-3 考慮した起震断層及び活断層一覧

NewNo.	断層名	断層長さ [km]	マグニ チュード	活動度	平均変位速 度[mm/yr]	平均活動間 隔[yr]	最新活動時 期からの経 過年[yr]
1	羅臼岳断層帯	12	6.6 A		5	190	-
2	標津北断層帯	20	7 B		0.5	3200	-
3	常呂川東岸断層	11	6.6 B		0.5	1700	-
4	斜里東断層帯	14	6.7 A		5	220	-
5	標津岳南断層帯	18	6.9 B		0.5	2900	-
6	網走湖断層帯	15	6.8 B		0.5	2400	-
7	十勝平野東縁断層帯	82	8 -		0.5	13000	-
8	光地断層	22	7.1 -		0.2	8700	-
9	間寒別断層帯	19	7 B		0.5	3000	-
10	ポンニタシベツ断層	12	6.6 C		0.1	19000	-
11	富良野断層帯	26	7.2 B		0.5	4100	-
12	三ツ石-浦河断層帯	13	6.7 B		0.5	2100	-
13	幌延断層	24	7.1 C		0.05	38000	-
14	増毛山地東縁断層帯	60	7.8 -		-	5000	-
15	当別断層	55	7.7 -		0.16	27000	11000
16	石狩低地東縁断層帯	56	7.7 -		-	2000	3700
17	舞舞断層帯	13	6.7 C		0.05	21000	-
18	黒松内断層帯	24	7.1 -		0.6	3200	-
19	函館平野西縁断層帯	24	7.5 -		-	13000	14000
20	野辺地断層帯	12	6.6 -		0.19	5000	80000
21	青森湾西岸断層帯	15	6.8 -		-	4500	3800
22	津軽山地西縁断層帯	15	6.8 -		0.2	6000	20000
23	折爪断層	50	7.7 -		0.15	26000	33000
24	花輪盆地断層帯	19	7 B		0.5	3000	-
25	岩木山南麓断層帯	12	6.6 B		0.5	1900	-
26	能代断層帯	32	7.3 AB		1	2500	-
27	北上低地西縁断層帯	62	7.8 -		-	16000	4500
28	平石盆地西縁断層帯	20	7 B		0.7	2300	-
29	田沢湖東方断層帯	10	6.5 B		0.5	1600	-
30	横手盆地東縁断層帯	70	7.9 -		-	3500	100
31	剱倉山断層	17	6.9 -		0.2	6800	-
32	北口断層帯	16	6.8 C		0.05	25000	-
33	鳥田目断層帯	44	7.6 B		0.5	7000	-
34	北由利断層	29	7.3 B		1	2300	-
35	横手盆地西南断層	21	7 C		0.05	33000	-
36	釜ヶ台断層帯	10	6.5 B		0.5	1600	-
37	新庄盆地断層帯	23	7 -		-	2000	-
38	象潟東断層帯	13	6.7 AB		1	1000	-
39	庄内平野東縁断層帯	39	7.5 -		-	1500	3000
40	旭山断層	10	6.5 BC		0.1	7900	-
41	山形盆地断層帯	60	7.8 -		-	3000	6000
42	長町-利府縁断層帯	40	7.5 -		0.7	3000	-
43	長井盆地西縁断層帯	24	7.1 -		0.8	2400	3100
44	櫛形山脈断層帯	16	7.5 -		-	3000	6600
45	大佐渡西岸断層帯	14	6.7 -		0.1	11000	-
46	双葉断層帯	20	7 -		-	7500	2000
47	三群断層帯	21	7 B		0.5	3300	-
48	福島盆地西縁断層帯	50	8.1 -		-	3000	3700
49	小樽川断層帯	11	6.6 B		0.5	1700	-
50	川桁山断層	19	7 B		0.5	3000	-
51	会津盆地西縁断層帯	38	7.5 -		-	4000	400
52	沼越峠断層	16	6.8 B		0.5	2500	-
53	月岡断層帯	30	7.3 -		-	7500	6500
54	国中平野南縁断層帯	15	6.8 -		0.2	6000	-
55	悠久山断層帯	15	6.8 -		0.5	2400	-

表 2-3 考慮した起震断層及び活断層一覧

NewNo.	断層名	断層長さ [km]	マグニ チュード	活動度	平均変位速 度[mm/yr]	平均活動間 隔[yr]	最新活動時 期からの経 過年[yr]
56	長岡平野西縁断層帯	26	7.2	A	5	410	-
57	大阪一足沢断層帯	15	6.8	BC	0.1	12000	-
58	二ツ箭断層	11	6.6	B	0.5	1700	-
59	井戸沢断層	18	6.9	C	0.05	29000	-
60	白河西方断層帯	17	6.9	C	0.05	27000	-
61	東京湾北縁断層	-	-	-	-	-	-
62	鴨川低地断層帯	29	7.3	-	-	2300	10000
63	大内-倉村断層	10	6.5	BC	0.1	7900	-
64	関谷断層帯	38	7.5	A	5	600	300
65	檜枝岐西断層	15	6.8	C	0.05	24000	-
66	内ノ籠断層	12	6.6	BC	0.1	9500	-
67	深谷断層	20	7	-	0.4	4000	-
68	平井-樫挽断層帯	20	7	-	0.25	6400	72
69	荒川断層	20	7	-	0.2	7900	-
70	越生断層	13	6.7	C	0.05	21000	-
71	立川断層帯	33	7.3	-	-	10000	20000
72	鶴川断層	58	7.8	C	0.05	92000	-
73	長者舎断層	11	6.6	B	0.5	1700	-
74	伊勢原断層	13	7	-	-	3300	1100
75	玄倉-塩沢断層帯	18	6.9	A	5	290	-
76	東京湾北部断層	16	6.8	-	0.1	13000	-
77	綾瀬川断層帯(北部)	8	6.3	-	0.3	2100	-
78	衣笠・北武断層帯	14	6.7	-	-	1900	1500
79	武山断層帯	11	6.5	-	-	1600	2300
80	神縄-国府津-松田断層帯	25	8	-	-	3000	3000
81	丹那断層帯	30	7.4	-	-	1200	70
82	信濃川断層帯	58	7.8	-	-	800	156
83	戸隠山断層帯	12	6.6	B	0.5	1900	-
84	霧ヶ峰断層帯	20	7	A	5	320	-
85	扇山断層	23	7.1	BC	0.1	18000	-
86	曾根丘陵断層帯	12	6.6	-	0.5	1900	-
87	甲府盆地西縁断層帯	24	7.1	-	1.4	1400	-
88	畑山断層	14	6.7	C	0.05	22000	-
89	達磨山断層帯	16	6.8	B	0.5	2500	-
90	富士川河口断層帯	80	8	-	-	1500	2100
91	上賀茂断層	10	6.5	BC	0.1	7900	-
92	猫又山断層	15	6.8	B	0.5	2400	-
93	黒菱山断層帯	15	6.8	-	0.5	2400	-
94	能都断層帯	18	6.9	-	0.1	14000	-
95	糸魚川-静岡構造線活断層系	150	8	-	-	1000	1241
96	常念岳東断層帯	29	7.3	BC	0.1	23000	-
97	早乙女岳断層	16	6.8	BC	0.1	13000	-
98	牛首断層帯	54	7.7	AB	1	4300	-
99	跡津川断層帯	61	7.8	-	-	2500	140
100	国府断層帯	27	7.2	-	-	3600	4700
101	高山断層帯	48	7.7	-	-	4000	-
102	伊那谷断層帯(境界断層)	49	7.7	-	-	3000	6500
103	伊那谷断層帯(前縁断層)	57	7.8	-	-	4000	28000
104	下伊那東断層帯	27	7.2	B	0.5	4300	-
105	中央構造線赤石山地西縁断層帯	110	8.2	B	0.5	17000	-
106	奈良井断層帯	25	7.2	AB	1	2000	-
107	境峠-神谷断層帯	50	7.7	-	6	660	-
108	清内路断層	43	7.6	-	0.6	5700	-
109	木曾川断層帯	46	7.6	B	0.5	7300	-
110	白果峠断層帯	11	6.6	AB	1	870	-
111	岩橋断層	14	6.7	B	0.5	2200	-
112	阿寺断層帯	68	7.9	-	-	1300	400
113	阿寺西断層群	36	7.4	B	0.5	5700	-
114	赤河断層帯	26	7.2	B	0.5	4100	-
115	屏風山-猿投山断層帯	76	8	B	0.5	12000	-
116	華立断層	10	6.5	B	0.5	1600	-
117	平岡断層	20	7	BC	0.1	16000	-
118	新野断層	14	6.7	BC	0.1	11000	-
119	鈴ヶ沢断層	10	6.5	B	0.5	1600	-
120	笠原断層	17	6.9	BC	0.1	14000	-
121	邑知潟北縁断層帯	18	6.9	B	0.5	2900	-
122	邑知潟南縁断層帯	29	7.3	B	0.5	4600	-
123	高松断層帯	16	6.8	-	0.08	16000	-
124	砺波平野断層帯西部	26	7.2	-	-	5000	6900
125	砺波平野断層帯東部	30	7.3	-	-	3000	4300
126	呉羽山断層帯	22	7.2	-	-	3000	-
127	庄川断層帯	73	7.9	AB	1	5800	1000
128	森本・富樫断層帯	26	7.2	-	-	2000	2000

表 2-3 考慮した起震断層及び活断層一覧

NewNo.	断層名	断層長さ [km]	マグニ チュード	活動度	平均変位速 度[mm/yr]	平均活動間 隔[yr]	最新活動時 期からの経 過年[yr]
191	高塚山断層	13	6.7B	-	0.5	2100	-
192	御所谷断層	25	7.2B	-	0.5	4000	-
193	奈良盆地東縁断層帯	35	7.5-	-	-	5000	11000
194	大和川断層帯	19	7B	-	0.5	3000	-
195	中央構造線断層帯(金剛山地東縁-和泉山脈南縁)	74	8-	-	-	2000	2000
196	羽曳野断層帯	15	6.8B	-	0.5	2400	-
197	和泉北麓断層帯	16	6.8C	-	0.05	25000	-
198	大阪湾断層	14	6.7B	-	0.5	2200	-
199	養父断層帯	35	7.4B	-	0.5	5600	-
200	雨滝-釜戸断層	15	6.8-	-	-	9300	6500
201	鹿野断層	10	6.5C	-	0.05	16000	-
202	岩坪断層	11	6.6BC	-	0.1	8700	-
203	明延北方断層	12	6.6C	-	0.05	19000	-
204	引原断層	10	6.5C	-	0.05	16000	-
205	山崎断層帯	85	8-	-	-	2000	1100
206	那岐山断層帯	31	7.3B	-	0.5	4900	-
207	淡路島中部断層群	18	6.9B	-	0.5	2900	-
208	中央構造線断層帯(紀淡海峡-鳴門海峡)	51	7.7-	-	-	4000	3500
209	中央構造線断層帯(讃岐山脈南縁-石鎚山脈北縁東部)	130	8-	-	-	1000	500
210	徳島平野南縁断層帯	13	6.7-	-	-	1500	1600
211	長尾断層帯	24	7.2-	-	-	30000	1200
212	鮎喰川断層帯	42	7.5C	-	0.05	67000	-
213	安田断層	23	7.1-	-	4	460	-
214	行当断層帯	18	6.9-	-	1.1	1300	-
215	六道断層帯	27	7.2C	-	0.05	43000	-
216	塩之内断層	15	6.8C	-	0.05	24000	-
217	畑ヶ鳴断層帯	24	7.1B	-	0.5	3800	-
218	庄原断層	10	6.5C	-	0.05	16000	-
219	江畑断層帯	23	7.1D	-	0.005	37000	-
220	福山断層帯	10	6.5D	-	0.005	16000	-
221	御調断層	10	6.5C	-	0.05	16000	-
222	綱付森断層	11	6.6B	-	0.5	1700	-
223	中央構造線断層帯(石鎚山脈北縁(岡村断層))	30	8-	-	-	1000	500
224	三次断層帯	10	6.5C	-	0.05	16000	-
225	弥敏山西断層	15	6.8C	-	0.05	24000	-
226	船木断層	25	7.2C	-	0.05	40000	-
227	竹原断層帯	16	6.8C	-	0.05	25000	-
228	上根断層	17	6.9B	-	0.5	2700	-
229	五日市断層	20	7B	-	0.5	3200	1300
230	岩国断層帯	47	7.6B	-	0.5	7500	-
231	高縄山北麓断層帯	16	6.8C	-	0.05	25000	-
232	中央構造線断層帯(石鎚山脈北縁西部-伊予灘)	130	8-	-	-	1000	500
233	宿毛-中村断層帯	26	7.2C	-	0.05	41000	-
234	土佐清水北断層帯	10	6.5C	-	0.05	16000	-
235	波木断層	16	6.8C	-	0.05	25000	-
236	菊川断層帯	44	7.5-	-	0.5	7000	8500
237	小倉東断層	17	6.9-	-	-	8500	2200
238	福知山断層帯	20	7B	-	0.5	3200	-
239	西山断層帯	29	7.3-	-	-	60000	10000
240	響固断層帯	19	7-	-	-	15000	16000
241	別府-万年山断層帯	71	7.9-	-	-	1000	2000
242	佐賀関断層	13	6.7-	-	0.04	26000	-
243	福良木断層	11	6.6C	-	0.05	17000	-
244	水繩断層帯	29	7.2-	-	-	12000	1300
245	雲仙断層帯	51	7.7-	-	2.5	1600	-
246	多々良岳南西麓断層帯	15	6.8C	-	0.05	24000	-
247	緑川断層帯	41	7.5B	-	0.5	6500	-
248	布田川・日奈久断層帯(北東部)	27	7.2-	-	-	11000	1500
249	布田川・日奈久断層帯(中部・南西部)	74	8-	-	0.4	3500	7500
250	国見岳断層帯	13	6.7C	-	0.05	21000	-
251	水俣断層帯	10	6.5-	-	0.08	9900	-
252	出水断層帯	24	7.1-	-	-	5800	6300
253	長島断層帯	11	6.6-	-	0.08	11000	-
254	八代海南部断層帯	24	7.1C	-	0.05	38000	-
255	鹿児島湾東縁断層帯	16	6.8B	-	0.5	2500	-
256	鹿児島湾西縁断層	15	6.8-	-	-	-	-
257	市木断層帯	14	6.7C	-	0.05	22000	-
258	池田湖西断層帯	10	6.5-	-	2.1	380	-
259	種子島北部断層	14	6.7-	-	0.2	5600	-
260	屋久島南岸断層	13	6.7B	-	0.5	2100	-
261	喜界島断層帯	14	6.7-	-	5	220	-
262	沖永良部島断層帯	12	6.6-	-	0.2	4800	-
263	金武湾西岸断層帯	12	6.6B	-	0.5	1900	-

③バックグラウンドゾーン内の地震¹¹⁾

詳細な説明は参考文献²³⁾を参照していただくこととするが、バックグラウンドゾーン内の地震は、年代ごとの精粗や信憑性に留意した過去の地震記録を考慮している。バックグラウンドゾーンの設定方法としては、わが国及びその周辺を、地震の発生特性が類似していると考えられる範囲別にバックグラウンドゾーンとして区切り、各バックグラウンドゾーン内における年平均地震発生回数、マグニチュード別の地震発生頻度及び発生し得る地震の最大マグニチュードは一律であるとしている。バックグラウンドゾーンは、萩原(1991)の地震地帯構造²³⁾に基づき、図 2-1 のように設定している。また、各バックグラウンドゾーン内で発生している地震の最大マグニチュード M_U は、基本的には、萩原(1991)²³⁾に基づき設定し、最小マグニチュードは、全てのバックグラウンドゾーンで M_5 としてある。地震動シミュレーションの計算に考慮したバックグラウンドゾーンでの地震一覧を表 2-4 に示す。また、バックグラウンドゾーン内の年平均地震発生回数とマグニチュード別の地震発生頻度の関係は、Gutenberg-Richter 式による。

本研究の地震動シミュレーションにおけるバックグラウンドゾーン内の地震の計算では、図 2-1 に示すように、緯度・経度 0.5° ピッチのメッシュの中心点を震源位置としている。各メッシュの地震については、メッシュごとに、図 2-2 に示すように分割して代表とするマグニチュードを設定し、対応する発生確率を設定することとする。なお、発生確率はバックグラウンドゾーンとメッシュが重なる面積に応じて算出される。

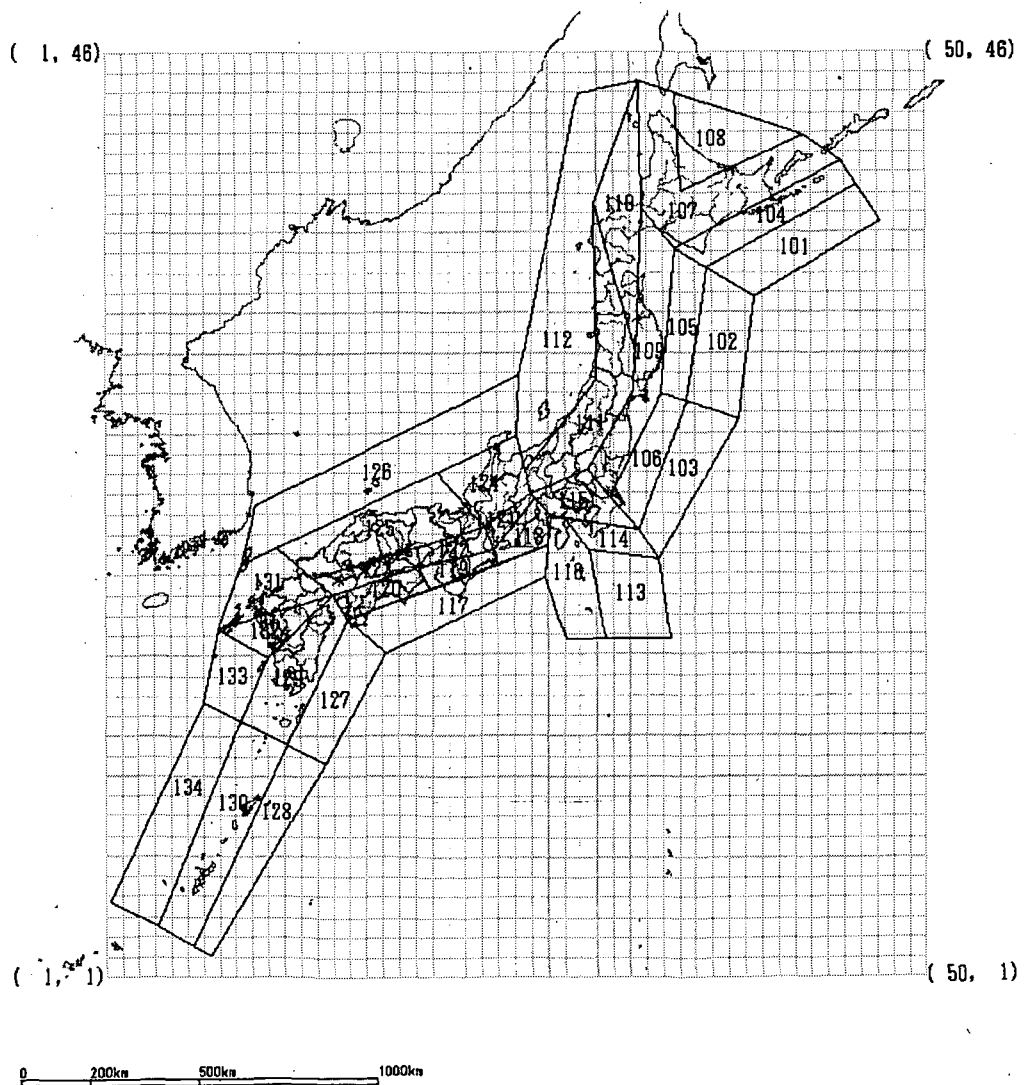


図 2-1 メッシュ分割図

表 2-4 考慮したバックグラウンドゾーンでの地震一覧

ゾーンNo.	最小M	最大M	地震発生率(/year)	震源深さ(km)	ゾーンNo.	最小M	最大M	地震発生率(/year)	震源深さ(km)
101上層	5	8.2	1.29	10	101下層	5	8.2	1.83	50.7
102上層	5	8.5	2.52	10	102下層	5	8.5	1.51	48.6
103上層	5	8	0.773	11	103下層	5	8	1.37	47.9
104上層	5	7.8	0.538	10	104下層	5	7.8	3.44	55.4
105上層	5	8.5	1.6	13.2	105下層	5	8.5	2.56	49.9
106上層	5	8	1.86	10.6	106下層	5	8	3.2	48.1
107上層	5	7.3	0.349	10	107下層	5	7.3	0.668	63
108上層	5	7.3	0.041	10	108下層	5	7.3	0.014	40
109上層	5	7.5	0.512	10	109下層	5	7.5	3.17	61.8
110上層	5	7.3	0.24	10	110下層	5	7.3	0.08	43.8
111上層	5	7.6	0.886	10	111下層	5	7.6	0.034	55
112上層	5	7.5	0.772	10.8	112下層	5	7.5	0.21	46.9
113上層	5	7.4	0.435	10	113下層	5	7.4	1.22	56.3
114上層	5	7.5	0.25	11.9	114下層	5	7.5	0.463	61.8
115上層	5	7.3	0.367	11.8	115下層	5	7.3	2.06	58.4
116上層	5	7.3	1.66	10.5	116下層	5	7.3	0.388	46.7
117上層	5	7.8	0.286	11.9	117下層	5	7.8	0.223	50
118上層	5	7.5	0.341	11.4	118下層	5	7.5	0.128	40.3
119上層	5	7	0.236	10	119下層	5	7	0.225	55.2
120上層	5	7	0.296	10	120下層	5	7	0.259	46.4
121上層	5	7.5	0.035	10	121下層	5	7.5	0.061	40.7
122上層	5	7.8	0.152	10.5	122下層	5	7.8	0.027	52.7
123上層	5	7.8	0.111	10	123下層	5	7.8	0.129	58.7
124上層	5	7.3	0.488	10	124下層	5	7.3	0.036	33.9
125上層	5	7.4	1.13	10	125下層	5	7.4	0.092	39.7
126上層	5	7.3	0.142	19.1	126下層	5	7.3	0.047	45.4
127上層	5	7.8	1.17	10	127下層	5	7.8	1.96	47.1
128上層	5	8	0.401	10	128下層	5	8	1.21	59.5
129上層	5	8	0.532	10	129下層	5	8	0.426	58
130上層	5	8	0.568	10	130下層	5	8	0.55	54.7
131上層	5	7.3	0.123	10	131下層	5	7.3	0	0
132上層	5	7.3	0.416	10	132下層	5	7.3	0.019	30
133上層	5	7.3	0.128	10	133下層	5	7.3	0.076	46.8
134上層	5	7.3	0.192	10	134下層	5	7.3	0.081	69.2

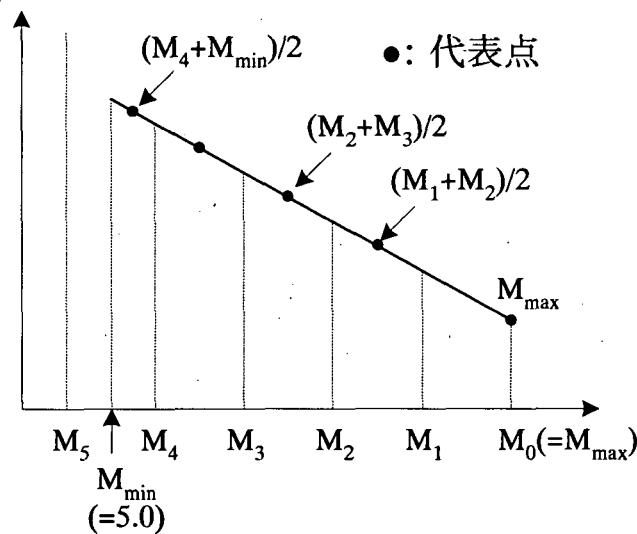


図 2-2 バックグラウンドゾーンでの代表マグニチュードの設定方法

2.2.3 シナリオ地震の選択条件

対象道路が存在する地域に対して被害を与える地震動の最小値を地表面最大加速度 250cm/s^2 とし、施設地点のいずれかで地表面最大加速度 250cm/s^2 以上の地震動が予想されるシナリオ地震を抽出することとする。つまり、対象道路内の道路施設において1箇所でも地表面最大化速度が 250cm/s^2 を超える地震を抽出する。なお、地震による期待損失額の算出は、抽出された全てのシナリオ地震に対して実施するものとする。図 2-3 に取捨選択の例を示す。

- ・シナリオ地震①：すべての道路施設において地表面最大加速度が 250cm/s^2 を超えているため選択の対象となる。
- ・シナリオ地震②：最大でも橋梁の位置で 150cm/s^2 であるため、この地震は選択の対象とはならない。
- ・シナリオ地震③：橋梁及び盛土で地表面最大加速度が 250cm/s^2 を超えていないが、斜面の位置で地表面最大加速度 250cm/s^2 であるため選択の対象となる。

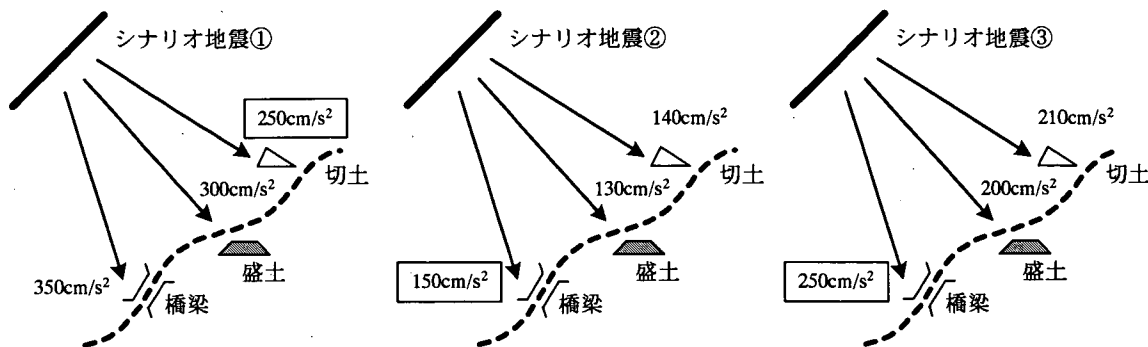


図 2-3 シナリオ地震の取捨選択の概念図

また、抽出された全てのシナリオ地震に対して損失額の計算を実施することを基本とする。しかしながら、対象地域によっては抽出されるバックグラウンドゾーン数が多くなり、計算が煩雑になる可能性がある。そのときは、図 2-4 に示すように、地震をさらにピックアップして計算を行うこととする。

(1)対象地域の中心部が存在するメッシュ内で発生する地震を抽出し計算する。

(2-1)対象地域の周囲 8 つのメッシュが全て同じバックグラウンドゾーンにある場合

→最大規模のものを選択し損失額を計算する。そして、他の 7 箇所のメッシュでも同様の被害額を生じさせる地震が発生すると仮定する。つまり、被害額を 8 倍して計上することとする。

(2-2)対象地域の周囲 8 つのメッシュが複数のバックグラウンドゾーンにまたがる場合

→各バックグラウンドゾーンで最大規模のものを選択し損失額を計算する。そして、同じバックグラウンドゾーン内のメッシュでは、同様の被害額を生じさせる地震が発生すると仮定する。つまり、バックグラウンドゾーン毎に代表値を計算して、(2-1)と同じ方法で計上する。

バックグラウンドゾーン 1	バックグラウンドゾーン 1	バックグラウンドゾーン 1	バックグラウンドゾーン 1	バックグラウンドゾーン 1	バックグラウンドゾーン 1
M7.2	M7.5 最大規模のため、この地震で他の周囲のメッシュ分を代表	M7.0	バックグラウンドゾーン 2	バックグラウンドゾーン 1	バックグラウンドゾーン 1
バックグラウンドゾーン 1	対象地域の中心があるメッシュ	バックグラウンドゾーン 1	M6.8	対象地域の中心があるメッシュ	バックグラウンドゾーン 1
M6.8	このメッシュの地震を計算本文の(1)	M7.0	バックグラウンドゾーン 2	このメッシュの地震を計算本文の(1)	M7.0
バックグラウンドゾーン 1	バックグラウンドゾーン 1	バックグラウンドゾーン 1	バックグラウンドゾーン 2	バックグラウンドゾーン 2	バックグラウンドゾーン 1
M6.8	M7.0	M6.8	M6.8	M7.0 最大規模のため、この地震で同じゾーンのメッシュを代表	M6.8

図 2-4 バックグラウンドゾーンの計算方法[左：(2-1),右：(2-2)のケース]