

## 観測データに基づく設計用長周期地震動の作成手法

### 1. はじめに

ここでは、地震動の観測データに基づいて設計用長周期地震動（ただし水平動のみ）を作成する方法を示している（別紙5に詳細版を示すので、必要に応じて参考にされたい。）。これによれば、少なくとも各地震動観測地点における設計用長周期地震動を作成することが可能であり、超高層建築物等の建設地点が地震動観測地点と一致する場合にはその地震動を直接構造計算に用いることができる。しかし通常は超高層建築物等の建設地点は地震動観測地点とは異なる場合が多く、このようなときは次の方法によって建設地点の設計用長周期地震動を設定する。

なお、ここで設定する設計用長周期地震動は解放工学的基盤における地震動である。地表面の設計用長周期地震動を設定する場合には、建設地点における表層地盤による地震動の増幅を適切に考慮するものとする。

(方法 A) 各地震動観測地点間のデータの補間により求めた任意の建設地点のサイト増幅係数等のデータを求めて作成した3つの海溝型地震（想定東海地震、東南海地震、宮城県沖地震、以下3地震という）の設計用長周期地震動を建設地点の地震動とする方法

(方法 B) 建設地点に近い3箇所の地震動観測地点の3地震に対する設計用長周期地震動を建設地点の地震動とする方法。ただし地域毎に代表する設計用長周期地震動が設定されている場合にはそれを建設地点の地震動とみなす。

このうち、(方法 A) は現時点ではその手法が確立されていないので、ここでは、(方法 B) により地震動を設定する。

なお、本手法の適用範囲・適用地域等は以下の通りである。

- (a) 本手法は、周期 0.1 秒から 10 秒の周期成分を対象としている。よって、建築物の塑性化等により周期が伸びることを考慮し、例えば弾性一次固有周期が 7 秒（免震建築物にあっては免震層の最大応答変形時の割線剛性周期が 8 秒）までの超高層建築物等に対して本手法を適用する。これらの周期より長くなるような場合には本手法以外の方法によって、3地震を対象とした長周期地震動を考慮することとする。
- (b) 3地震の断層直上及びその近傍地域は対象外とする。このような地域では本手法以外の方法によって、3地震を対象とした長周期地震動を設定することとする。
- (c) 沖縄県は本手法の適用外である。

### 2. 方法 B（建設地点に近い3箇所の観測地点の設計用長周期地震動を建設地点の地震動とする方法）

#### 2.1 対象地域の区分（図1～3、表1～3）に示す区域1～9の地域

対象地域の区分（図1～3及び表1～3）に示す地域のうち区域1，2，3，4，5，6，7，8，9の地域は、区域分類毎に設計用長周期地震動を別紙2に示しているので、その地震動を構造計算に用いるものとする。

#### 2.2 対象地域の区分（図1～3、表1～3）に示す区域0の地域

対象地域の区分（図1～3、表1～3）に示す地域のうち区域0の地域では、建設地点に近い順に3箇所の地震動観測地点を選び、各観測地点における3地震の設計用長周期地震動を「3. 地震動観測地点の設計用長周期地震動作成方法」により作成し構造計算に用いるものとする。なお、図1～3に地震動観測地点の概略の位置を●印で示している。全国約1700の地震動観測地点の正確な緯度経度等は別紙3参照のこと。

注)2.1、2.2の地域は、原則として3地震のうちのいずれかの擬似速度応答スペクトルがいわゆる告示波（平成12年建設省告示第1461号 極めて希に発生する地震動）の擬似速度応答スペクトルと比較して周期3秒～10秒の間でスペクトルの比が0.8以上となる周期があると想定される地域を示しているものである。なお0.8は、2.3の条件に示している告示波のエネルギースペクトルとここで示す設計用長周期地震動のエネルギースペクトルの関係も考慮して定めている。

### 2.3 2.1 および 2.2 に示す地域以外の地域

図1～3及び表1～3に示す区域0～9以外の地域では、次に示す条件を満たす場合に限り今回対象とした3地震の設計用長周期地震動を考慮する必要はないものとする。

条件：観測波として標準的な3波（エルセントロ NS、タフト EW、八戸 NS、ただし地震動レベル(最大速度)は何れも50kine以上）及びいわゆる告示波（ただし地震地域係数Zは1.0以上、位相はランダム位相で継続時間は120秒以上）を構造計算に用いる。

この条件を満たさない場合には、2.2の図1～3、表1～3の区域0と同じ扱い、すなわち建設地点に近い3箇所の地震動観測地点を選び、各観測地点における3地震の設計用長周期地震動を「3. 地震動観測地点の設計用長周期地震動作成方法」に示す方法により作成した地震動を、標準波や告示波等とともに構造計算に用いるものとする。

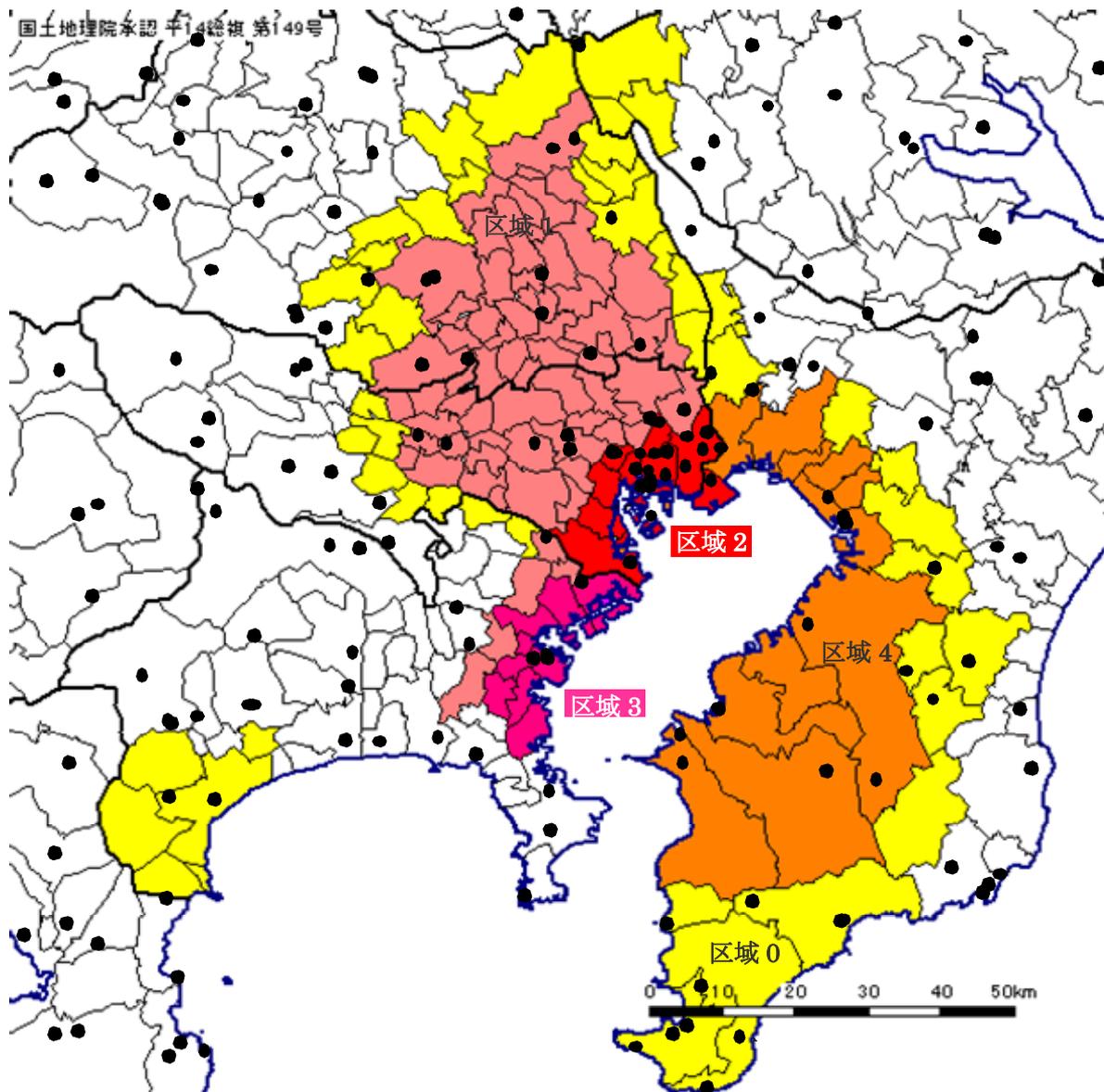


図1 対象地域の区分（関東地域）

表1 対象地域の区分（関東地域）

区域	0(黄)	1(桃)	2(赤)	3(赤紫)	4(橙)
茨城県	古河市,境町,五霞町				
埼玉県	加須市,鴻巣市,北本市,川島町,坂戸市,鶴ヶ島市,日高市,狭山市,入間市,幸手市,宮代町,杉戸町,春日部市,松伏町,吉川市,三郷市	さいたま市岩槻区,浦和区,大宮区,北区,桜区,中央区,西区,緑区,南区,見沼区,久喜市,桶川市,上尾市,伊奈町,蓮田市,白岡町,川越市,所沢市,ふじみ野市,三芳町,富士見市,志木市,新座市,朝霞市,和光市,戸田市,蕨市,川口市,鳩ヶ谷市,越谷市,草加市,八潮市			
千葉県	流山市, 松戸市, 八千代市,四街道市,千葉市若葉区,緑区,茂原市,長柄町,長南町,大多喜町,鴨川市,鋸南町,南房総市,館山市		浦安市		市川市,船橋市,習志野市,千葉市花見川区,稲毛区,美浜区,中央区,市原市,袖ヶ浦市,木更津市,君津市,富津市,
東京都	武蔵村山市,立川市,昭島市,日野市,多摩市,稲城市	足立区,荒川区,板橋区,葛飾区,北区,渋谷区,新宿区,杉並区,世田谷区,台東区,豊島区,中野区,練馬区,文京区,目黒区,清瀬市,国立市,小金井市,国分寺市,小平市,狛江市,調布市,西東京市,東久留米市,東村山市,東大和市,府中市,三鷹市,武蔵野市	江戸川区,大田区,江東区,品川区,墨田区,中央区,千代田区,港区		
神奈川県	川崎市多摩区,高津区,小田原市,中井町,箱根町,真鶴町,南足柄市,湯河原町	川崎市幸区,中原区,横浜市港北区,戸塚区,保土ヶ谷区		川崎市川崎区,横浜市鶴見区,神奈川県中区,西区,南区,磯子区,港南区,金沢区	

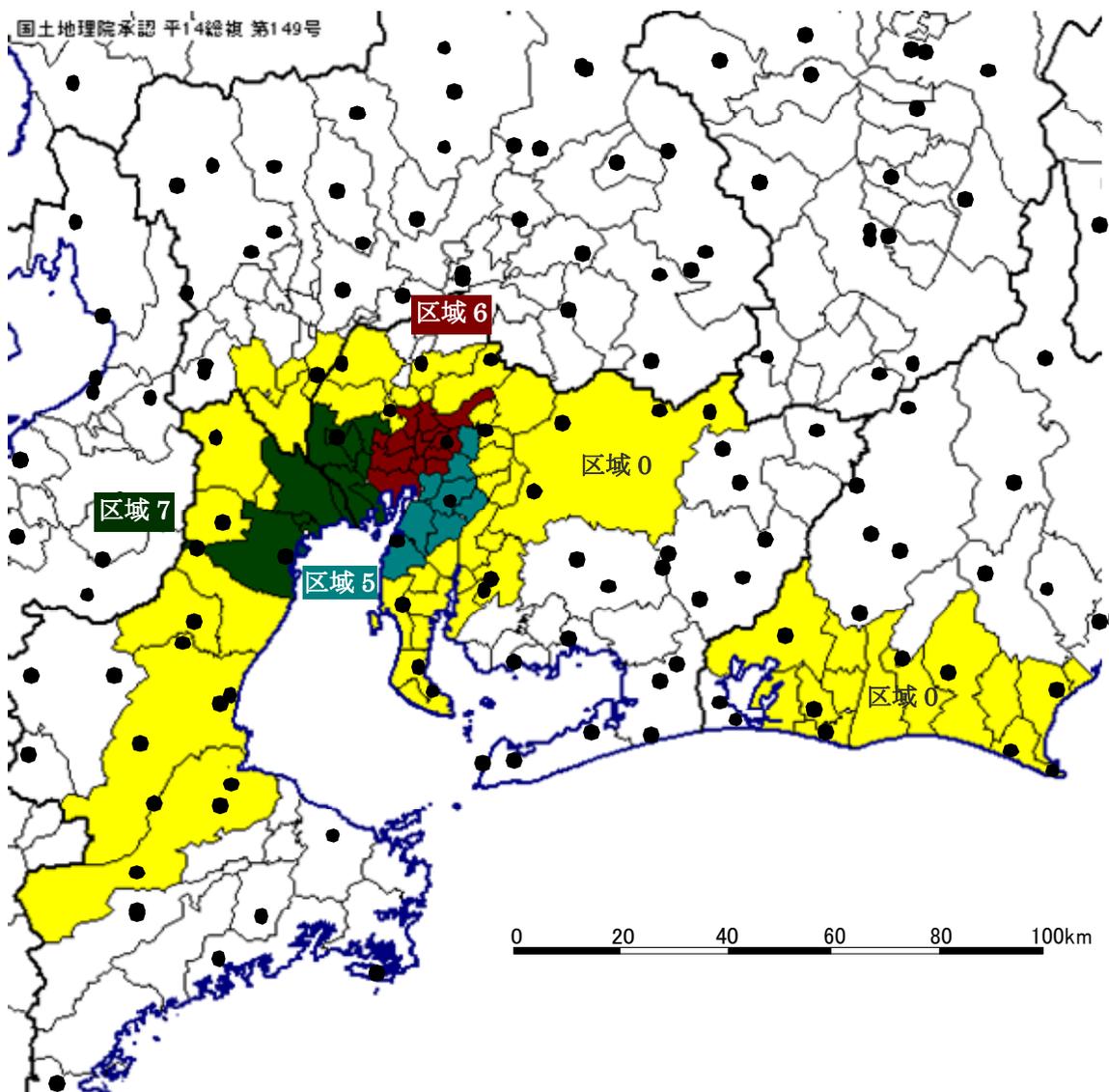


図2 対象地域の区分（東海地域）

表2 対象地域の区分（東海地域）

区域	0(黄)	5(青緑)	6(茶)	7(深緑)
静岡県	浜松市北区, 中区, 西区, 浜北区, 東区, 南区, 磐田 市, 袋井市, 掛川市, 菊川 市, 御前崎市, 牧之原市, 吉田町			
愛知県	一宮市, 稲沢市, 清須市, 北名古屋市, 小牧市, 豊 山町, 春日井市, 瀬戸市, 豊田市, 尾張旭市, 長久 手町, 日進市, 東郷町, み よし市, 刈谷市, 知立市, 安城市, 高浜市, 碧南市, 東浦町, 阿久比町, 半田 市, 常滑市, 武豊町, 美浜 町, 南知多町	名古屋市名東区, 天白区, 緑区, 南区, 大府市, 東海 市, 豊明市, 知多市	名古屋市西区, 北区, 守山 区, 東区, 千種区, 中村区, 中 区, 昭和区, 中川区, 熱田区, 瑞穂区, 港区, 大治町	愛西市, あま市, 蟹江 町, 津島市, 飛島村, 弥富市
岐阜県	海津市, 羽島市, 輪之内 町, 養老町			
三重県	いなべ市, 東員町, 菰野 町, 鈴鹿市, 亀山市, 津市, 松阪市,			朝日町, 川越町, 木曾 岬町, 桑名市, 四日市 市

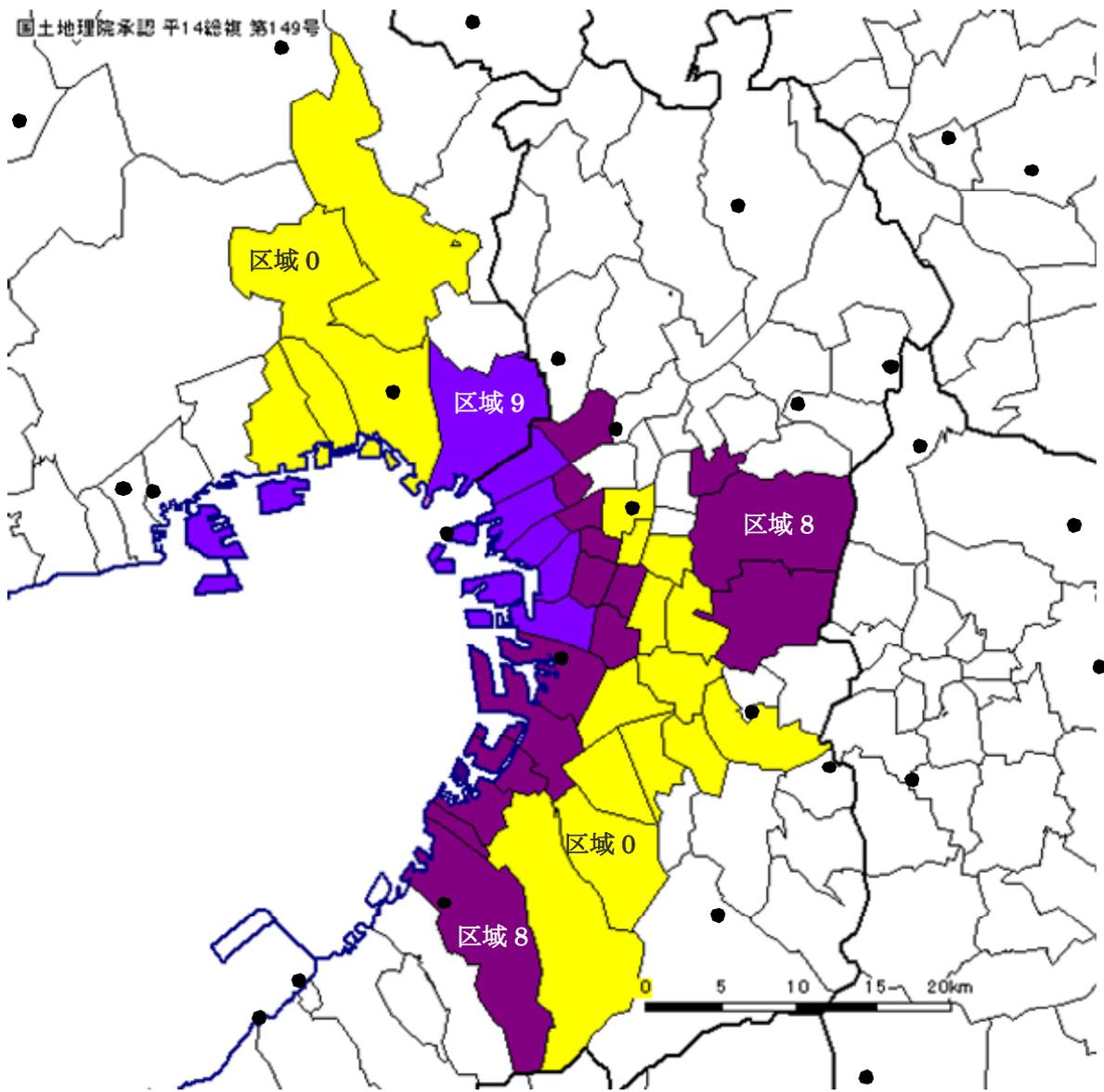


図3 対象地域の区分（関西地域）

表3 対象地域の区分（関西地域）

区域	0(黄)	8(紫)	9(青紫)
大阪府	大阪市中央区,天王寺区,生野区,東住吉区,平野区,堺市北区,中区,東区,南区,美原区,和泉市,松原市,羽曳野市	大阪市鶴見区,淀川区,福島区,西区,浪速区,西成区,阿倍野区,住吉区,堺市堺区,西区,高石市,泉大津市,忠岡町,岸和田市,東大阪市,八尾市	大阪市西淀川区,此花区,港区,大正区,住之江区
兵庫県	宝塚市,西宮市,芦屋市,神戸市東灘区		尼崎市,六甲アイランド(神戸市東灘区向洋町西・中・東),ポートアイランド(神戸市中央区港島,港島中町,港島南町,神戸空港)

### 3. 地震動観測地点の設計用長周期地震動作成方法

地震動観測地点の設計用長周期地震動を以下の方法で作成する。

3.1 に示す各観測地点の解放工学的基盤における加速度応答スペクトル  $Sa(T)_{\text{工学的基盤}}$  と、3.2 に示す群遅延時間の平均値  $\mu_{igr}(f)$  と標準偏差  $\sigma_{igr}(f)$  をもとに 3.3 に示す方法によって時刻歴波形を作成する。

#### 3.1 解放工学的基盤における加速度応答スペクトル $Sa(T)_{\text{工学的基盤}}$

各地震動観測地点における解放工学的基盤の加速度応答スペクトル  $Sa(T)_{\text{工学的基盤}}$  (減衰定数 5% :  $\text{cm/s}^2$ ) を次の回帰式で与える。

$$\log_{10}(Sa(T)_{\text{工学的基盤}}) = a(T) \times Mw + b(T) \times R - \log_{10}(R^{p(T)} + d(T) \times 10^{0.5Mw}) + c(T) + c_j(T) \quad (1)$$

ここで、 $T$  : 周期(s)、 0.1(s) ~ 10(s)

$a(T), b(T), p(T), d(T), c(T)$  : 表 4 に示す周期  $T$  毎の係数 (地震動観測地点によらない共通の係数) (デジタルデータを付録に示す。)

$c_j(T)$  : 地震動観測地点  $j$  における地震基盤から解放工学的基盤までのサイト増幅係数  
(地震動観測地点毎に異なる係数)

次に示す代表的な 8 つの地震動観測地点におけるサイト増幅係数  $c_j(T)$  の値に対応したサイト増幅率 ( $=10^{c_j(T)}$ ) として、表 5 に示す。

気象庁大手町観測点(E4E)

気象庁横浜地方気象台(E56)

K-NET 東雲観測点(TKY016)

東京西新宿・工学院大学観測点(KGIN)

K-NET 津島観測点(AIC003)

K-NET 名古屋観測点(AIC004)

KiK-net 此花観測点(OSKH02)

K-NET 大阪観測点(OSK005)

なお、全国の地震動観測地点約 1700 地点分のサイト増幅率の値は別紙 3 参照のこと

$Mw$  : 地震のモーメントマグニチュード

想定東海地震 8.0

東南海地震 8.1

宮城県沖地震 7.6

$R$  : 地震動観測地点  $j$  から想定震源断層までの最短距離(km)

想定震源断層は通常、四角形で表現される。地震動観測地点の緯度経度と想定震源断層の位置を定める想定震源断層四隅の緯度経度及びそれぞれの深さがわかれば、地震動観測地点からこの四角形までの最短距離を求めることができる。

想定東海地震の想定震源断層の緯度経度 (四隅)

東経 137.069°	北緯 34.363°	深さ 24.0km
東経 138.327°	北緯 35.399°	深さ 24.0km
東経 138.955°	北緯 34.877°	深さ 2.0km
東経 137.697°	北緯 33.840°	深さ 2.0km

東南海地震の想定震源断層の緯度経度 (四隅)

東経 135.605°	北緯 33.698°	深さ 22.0km
東経 137.142°	北緯 34.973°	深さ 22.0km
東経 138.042°	北緯 34.217°	深さ 3.2km
東経 136.505°	北緯 32.942°	深さ 3.2km

宮城県沖地震の想定震源断層の緯度経度 (四隅)

東経 141.446°	北緯 38.176°	深さ 50.7km
東経 141.942°	北緯 38.825°	深さ 50.7km
東経 142.596°	北緯 38.515°	深さ 23.7km
東経 142.098°	北緯 37.867°	深さ 23.7km

実用的には、断層面が長方形で与えられるならば、長さ、幅を等分割し、分割された各領域の中心位置から地震動観測地点までの距離を計算し、その最小値を最短距離とすればよい。

分割された領域  $i$  の地震動観測地点までの距離  $R_i$  (km)は、

$$R_i = \sqrt{D_i^2 + (6371 \times \Delta_i)^2}$$

$D_i$  : 分割された領域  $i$  の中心位置の深さ(km)

$\Delta_i$  : 角距離(rad)

$$\sin^2\left(\frac{\Delta_i}{2}\right) = \frac{(\alpha_i - \alpha_j)^2 + (\beta_i - \beta_j)^2 + (\gamma_i - \gamma_j)^2}{4}$$

$$\alpha_i = \cos \phi_i \times \cos \lambda_i$$

$$\alpha_j = \cos \phi_j \times \cos \lambda_j$$

$$\beta_i = \cos \phi_i \times \sin \lambda_i$$

$$\beta_j = \cos \phi_j \times \sin \lambda_j$$

$$\gamma_i = \sin \phi_i$$

$$\gamma_j = \sin \phi_j$$

$\phi_i$ 、 $\lambda_i$  : 分割された微少領域  $i$  の中心位置の緯度、経度

$\phi_j$ 、 $\lambda_j$  : 地震動観測地点  $j$  の緯度、経度

表4  $a(T), b(T), p(T), d(T), c(T)$  の値

$T(\text{sec})$	$a(T)$	$b(T)$	$p(T)$	$d(T)$	$c(T)$
0.1	0.533	-0.00420	1	0.020	1.516
0.2	0.536	-0.00418	1	0.020	1.472
0.3	0.537	-0.00401	1	0.020	1.667
0.4	0.547	-0.00362	1	0.020	1.179
0.5	0.539	-0.00326	1	0.019	0.838
0.6	0.517	-0.00293	1	0.016	0.689
0.7	0.511	-0.00279	1	0.015	0.541
0.8	0.503	-0.00270	1	0.015	0.448
0.9	0.519	-0.00259	1	0.016	0.272
1.0	0.519	-0.00243	1	0.015	0.124
1.2	0.519	-0.00216	1	0.012	-0.025
1.4	0.498	-0.00189	1	0.008	-0.105
1.6	0.492	-0.00172	1	0.006	-0.190
1.8	0.509	-0.00167	1	0.007	-0.411
2.0	0.526	-0.00169	1	0.008	-0.620
2.2	0.546	-0.00166	1	0.009	-0.835
2.4	0.567	-0.00164	1	0.009	-1.001
2.6	0.596	-0.00173	1	0.011	-1.187
2.8	0.604	-0.00174	1	0.011	-1.261
3.0	0.606	-0.00172	1	0.011	-1.310
3.2	0.589	-0.00161	1	0.009	-1.260
3.4	0.575	-0.00149	1	0.007	-1.237
3.6	0.573	-0.00145	1	0.006	-1.252
3.8	0.585	-0.00147	1	0.006	-1.361
4.0	0.607	-0.00150	1	0.007	-1.501
4.2	0.619	-0.00148	1	0.007	-1.617
4.4	0.628	-0.00148	1	0.007	-1.747
4.6	0.639	-0.00146	1	0.007	-1.867
4.8	0.659	-0.00148	1	0.008	-2.016
5.0	0.669	-0.00148	1	0.008	-2.103
5.2	0.679	-0.00148	1	0.008	-2.189
5.4	0.706	-0.00153	1	0.010	-2.364
5.6	0.726	-0.00155	1	0.011	-2.504
5.8	0.744	-0.00157	1	0.012	-2.636
6.0	0.758	-0.00159	1	0.013	-2.744
6.2	0.768	-0.00161	1	0.014	-2.828
6.4	0.772	-0.00161	1	0.014	-2.870
6.6	0.774	-0.00162	1	0.014	-2.904
6.8	0.778	-0.00163	1	0.014	-2.944
7.0	0.781	-0.00163	1	0.014	-2.997
7.2	0.790	-0.00165	1	0.015	-3.079
7.4	0.795	-0.00164	1	0.015	-3.136
7.6	0.799	-0.00164	1	0.015	-3.184
7.8	0.802	-0.00164	1	0.015	-3.221
8.0	0.806	-0.00163	1	0.015	-3.263
8.2	0.810	-0.00163	1	0.015	-3.301
8.4	0.814	-0.00163	1	0.015	-3.336
8.6	0.817	-0.00162	1	0.015	-3.371
8.8	0.825	-0.00165	1	0.016	-3.425
9.0	0.827	-0.00165	1	0.016	-3.447
9.2	0.823	-0.00163	1	0.015	-3.442
9.4	0.823	-0.00163	1	0.015	-3.454
9.6	0.829	-0.00166	1	0.016	-3.492
9.8	0.824	-0.00165	1	0.015	-3.477
10.0	0.829	-0.00168	1	0.016	-3.510

表5 代表的な8つの地震動観測地点におけるサイト増幅率 ( $10^{c_j(T)}$ ) の値

$T(sec)$	E4E	E56	TKY016	KGIN	AIC003	AIC004	OSKH02	OSK005
0.1	0.354	0.354	0.354	0.354	0.354	0.354	0.354	0.354
0.2	0.361	0.361	0.361	0.361	0.361	0.361	0.361	0.361
0.3	0.176	0.176	0.176	0.176	0.176	0.176	0.176	0.176
0.4	0.353	0.353	0.353	0.353	0.353	0.353	0.353	0.353
0.5	0.607	0.607	0.607	0.607	0.607	0.607	0.607	0.607
0.6	1.330	1.422	1.153	1.103	1.172	1.051	1.005	1.006
0.7	2.636	3.090	2.128	1.890	2.452	1.664	1.525	1.512
0.8	3.843	4.822	3.165	2.553	4.092	2.435	2.251	2.383
0.9	4.115	5.781	4.031	3.231	5.315	2.625	3.049	2.459
1.0	4.199	5.798	5.159	3.811	6.467	2.817	4.047	2.882
1.2	5.294	6.621	6.767	5.083	6.842	3.021	5.889	4.000
1.4	6.181	6.527	8.307	6.587	8.533	3.718	7.386	5.028
1.6	7.178	7.340	8.546	7.522	9.205	3.987	9.110	4.933
1.8	8.015	8.201	8.599	8.252	11.190	3.924	14.030	5.036
2.0	9.201	7.787	9.521	10.060	12.070	4.363	17.330	6.261
2.2	10.080	8.247	9.693	10.650	12.830	5.547	14.880	6.647
2.4	9.075	8.933	9.497	10.510	13.180	6.116	12.280	7.240
2.6	8.532	8.298	8.399	9.791	12.650	6.199	10.530	6.060
2.8	7.772	7.756	7.902	8.794	11.290	6.232	10.810	5.864
3.0	7.519	7.345	7.681	7.441	10.660	7.148	11.350	5.811
3.2	7.952	7.188	7.897	7.064	10.480	7.569	10.700	5.614
3.4	8.347	7.537	7.879	7.952	10.400	7.071	10.760	5.192
3.6	8.436	7.417	7.715	7.692	9.617	6.332	11.200	5.111
3.8	8.533	7.177	7.556	7.196	9.818	5.274	11.510	5.163
4.0	8.589	7.006	7.402	7.326	9.666	4.258	10.560	4.549
4.2	8.976	6.945	7.573	7.649	9.749	3.804	10.620	4.179
4.4	9.613	7.218	7.920	8.485	9.735	3.833	12.080	4.200
4.6	10.450	7.352	8.367	8.919	10.110	3.827	13.260	4.297
4.8	11.420	7.522	8.945	9.091	10.160	3.620	13.880	4.356
5.0	12.380	7.961	9.341	9.661	9.420	3.457	13.800	4.239
5.2	13.120	8.626	9.538	10.060	8.755	3.396	14.500	4.070
5.4	14.420	9.405	10.380	10.520	8.468	3.358	15.540	4.007
5.6	16.160	10.550	11.730	11.330	8.128	3.396	16.510	3.918
5.8	17.560	11.480	12.790	12.280	7.883	3.378	17.770	3.887
6.0	19.160	11.910	13.510	12.810	7.716	3.228	18.640	3.939
6.2	20.690	12.000	14.150	13.120	7.873	3.127	18.370	3.909
6.4	21.100	11.880	14.720	13.370	7.849	2.939	17.560	3.834
6.6	21.590	11.850	15.380	13.480	7.635	2.807	16.860	3.786
6.8	21.610	12.170	15.590	13.490	7.271	2.859	16.300	3.762
7.0	20.850	12.280	15.240	13.480	6.974	2.966	15.820	3.758
7.2	19.610	12.280	15.010	13.470	6.689	3.062	15.110	3.671
7.4	18.480	11.950	14.900	12.920	6.337	3.059	14.200	3.481
7.6	17.910	11.610	14.500	12.160	6.083	2.980	13.080	3.243
7.8	17.390	11.480	14.190	11.340	5.945	2.846	11.960	3.108
8.0	16.680	11.320	13.980	10.740	5.723	2.756	10.900	3.030
8.2	15.500	11.160	13.590	10.200	5.387	2.584	9.865	2.910
8.4	14.210	11.230	13.250	9.699	5.206	2.473	9.131	2.750
8.6	13.590	11.440	13.010	9.399	5.070	2.407	8.625	2.706
8.8	13.300	11.450	12.740	9.402	4.950	2.379	8.247	2.688
9.0	13.280	11.380	12.570	9.622	4.858	2.347	7.947	2.692
9.2	12.990	11.330	12.410	9.798	4.869	2.363	7.674	2.698
9.4	12.360	11.110	12.100	9.830	4.854	2.384	7.327	2.687
9.6	11.890	11.050	11.780	9.850	4.814	2.373	7.046	2.665
9.8	11.290	11.070	11.490	9.778	4.778	2.338	6.698	2.630
10.0	10.750	11.020	11.070	9.470	4.678	2.269	6.320	2.550

### 3.2 群遅延時間の平均値と分散

群遅延時間の微小帯域（中心振動数  $f$ ）における平均値と分散（標準偏差の二乗）は以下の回帰式で与えられる。

群遅延時間の平均値  $\mu_{igr}(f)$

$$\mu_{igr}(f) = A_1(f) \times M_0^{1/3} + B_1(f) \times X + C_{1j}(f) \quad (2)$$

群遅延時間の分散  $\sigma_{igr}^2(f)$

$$\sigma_{igr}^2(f) = A_2(f) \times M_0^{1/3} + B_2(f) \times X + C_{2j}^2(f) \quad (3)$$

ここで、 $f$  : 振動数(Hz)

$A_1(f), B_1(f), A_2(f), B_2(f)$  : 表 6, 7, 8 に示す振動数  $f$  毎の海溝型地震に対する係数（地震動観測地点によらない共通の係数）（デジタルデータを付録に示す。）

$C_{1j}(f), C_{2j}(f)$  : 地震動観測地点  $j$  における係数（地震動観測地点毎に海溝型地震に対し

てそれぞれ与えられる係数）

以下の代表的な 8 つの地震動観測地点における海溝型地震に対するこれらの係数を表 9 ~ 表 16 に示す。

ただし、2(Hz)以上は全地点でそれぞれ同じ値である。

気象庁大手町観測点(E4E)

気象庁横浜地方气象台(E56)

K-NET 東雲観測点(TKY016)

東京西新宿・工学院大学観測点(KGIN)

K-NET 津島観測点(AIC003)

K-NET 名古屋観測点(AIC004)

KiK-net 此花観測点(OSKH02)

K-NET 大阪観測点(OSK005)

なお、全国の地震動観測地点約 1700 地点分の値は別紙 3 参照のこと

$M_0$  : 地震モーメント(dyne-cm)

想定東海地震  $1.12 \times 10^{28}$

東南海地震  $1.48 \times 10^{28}$

宮城県沖地震  $2.80 \times 10^{27}$

$X$  : 地震動観測地点  $j$  から想定震源断層の破壊開始地点までの距離(km)

想定東海地震の想定震源断層の破壊開始地点の緯度経度

東経 137.610° 北緯 34.636° 深さ 20.3km

東南海地震の想定震源断層の破壊開始地点の緯度経度

東経 136.060° 北緯 33.700° 深さ 17.3km

宮城県沖地震の想定震源断層の破壊開始地点の緯度経度

東経 142.167° 北緯 38.150° 深さ 28.2km

$$X = \sqrt{D_0^2 + (6371 \times \Delta_0)^2}$$

$D_0$  : 断層破壊開始地点の深さ(km)

$\Delta_0$  : 角距離(rad)

$$\sin^2\left(\frac{\Delta_0}{2}\right) = \frac{(\alpha_E - \alpha_j)^2 + (\beta_E - \beta_j)^2 + (\gamma_E - \gamma_j)^2}{4}$$

$$\alpha_E = \cos \phi_E \times \cos \lambda_E$$

$$\alpha_j = \cos \phi_j \times \cos \lambda_j$$

$$\beta_E = \cos \phi_E \times \sin \lambda_E$$

$$\beta_j = \cos \phi_j \times \sin \lambda_j$$

$$\gamma_E = \sin \phi_E$$

$$\gamma_j = \sin \phi_j$$

$\phi_E$ 、 $\lambda_E$  : 想定震源断層の破壊開始地点の緯度、経度

$\phi_j$ 、 $\lambda_j$  : 地震動観測地点  $j$  の緯度、経度

表6  $A_1(f), B_1(f), A_2(f), B_2(f)$  の値 (振動数 0.122Hz~3.442Hz)

$f(\text{Hz})$	$A_1 \times 10^9$	$B_1 \times 10$	$A_2 \times 10^7$	$B_2 \times 10^2$
0.122	13.290	1.962	4.926	0.000
0.171	11.850	2.714	2.150	0.000
0.220	10.360	2.947	1.782	0.000
0.269	9.641	2.972	1.938	0.000
0.317	8.114	3.022	1.345	0.000
0.366	7.126	2.999	0.892	0.000
0.415	6.673	2.968	0.650	0.000
0.464	7.039	2.867	0.512	0.000
0.513	6.614	2.800	0.547	1.670
0.562	6.342	2.778	0.432	3.552
0.610	5.398	2.830	0.288	10.490
0.659	5.121	2.791	0.125	8.428
0.708	5.068	2.771	0.171	8.188
0.757	4.700	2.760	0.131	2.153
0.806	4.655	2.745	0.153	2.826
0.855	4.749	2.746	0.168	4.481
0.903	5.051	2.725	0.176	4.148
0.952	5.352	2.713	0.111	1.359
1.001	5.653	2.703	0.191	5.080
1.050	5.559	2.695	0.134	1.167
1.099	5.744	2.678	0.210	5.055
1.147	5.581	2.669	0.240	6.048
1.196	5.584	2.660	0.249	4.041
1.245	5.840	2.664	0.225	3.961
1.294	5.904	2.676	0.223	6.178
1.343	5.911	2.656	0.264	6.357
1.392	5.892	2.661	0.276	5.886
1.440	5.833	2.648	0.303	3.580
1.489	5.650	2.658	0.263	4.972
1.538	5.757	2.655	0.259	5.639
1.587	5.742	2.640	0.336	6.509
1.636	5.862	2.639	0.249	3.819
1.685	5.822	2.641	0.295	5.242
1.733	5.680	2.621	0.314	4.744
1.782	5.737	2.622	0.299	7.134
1.831	5.801	2.622	0.313	6.489
1.880	5.692	2.618	0.330	2.436
1.929	5.659	2.597	0.358	3.105
1.978	5.925	2.600	0.383	4.071
2.026	5.627	2.623	0.336	3.822
2.075	5.505	2.620	0.349	4.071
2.124	5.679	2.589	0.360	3.695
2.173	5.714	2.583	0.409	3.066
2.222	5.602	2.587	0.300	3.897
2.271	5.868	2.587	0.338	4.257
2.319	5.835	2.583	0.336	3.950
2.368	6.062	2.569	0.305	4.475
2.417	6.150	2.569	0.338	4.741
2.466	6.129	2.559	0.350	1.882
2.515	5.974	2.594	0.342	0.000
2.563	5.801	2.595	0.372	4.773
2.612	5.890	2.572	0.386	4.584
2.661	5.907	2.553	0.355	3.326
2.710	5.696	2.549	0.323	4.226
2.759	5.724	2.546	0.339	4.522
2.808	5.640	2.570	0.323	3.515
2.856	5.741	2.583	0.356	3.413
2.905	5.939	2.580	0.383	2.461
2.954	6.044	2.558	0.358	3.054
3.003	5.826	2.558	0.306	0.931
3.052	6.061	2.561	0.337	4.209
3.101	5.804	2.573	0.355	1.395
3.149	5.740	2.568	0.336	3.613
3.198	5.949	2.565	0.351	0.000
3.247	5.923	2.571	0.338	0.000
3.296	6.206	2.566	0.408	0.000
3.345	5.944	2.554	0.315	0.000
3.394	6.026	2.553	0.380	0.000
3.442	5.902	2.561	0.332	0.000

表7  $A_1(f), B_1(f), A_2(f), B_2(f)$  の値 (振動数 3.491Hz~6.860Hz)

$f(\text{Hz})$	$A_1 \times 10^9$	$B_1 \times 10$	$A_2 \times 10^7$	$B_2 \times 10^2$
3.491	5.938	2.561	0.375	0.262
3.540	5.986	2.560	0.333	3.290
3.589	6.126	2.554	0.329	0.000
3.638	6.097	2.526	0.377	2.920
3.687	6.069	2.531	0.382	0.000
3.735	5.988	2.521	0.381	0.000
3.784	6.092	2.519	0.357	0.000
3.833	6.218	2.513	0.335	0.000
3.882	6.258	2.514	0.323	0.000
3.931	6.054	2.528	0.341	0.000
3.979	6.022	2.527	0.353	0.000
4.028	5.951	2.532	0.330	0.000
4.077	5.964	2.544	0.347	0.000
4.126	6.026	2.548	0.360	0.000
4.175	5.978	2.545	0.299	0.000
4.224	6.151	2.544	0.283	0.000
4.272	6.306	2.533	0.294	0.000
4.321	5.980	2.542	0.276	0.000
4.370	5.825	2.543	0.269	0.000
4.419	5.819	2.541	0.274	0.000
4.468	6.118	2.545	0.294	0.000
4.517	6.102	2.534	0.222	0.000
4.565	6.335	2.518	0.214	0.000
4.614	6.220	2.509	0.264	0.000
4.663	6.010	2.513	0.234	0.000
4.712	5.960	2.514	0.137	0.000
4.761	6.078	2.517	0.227	0.000
4.810	6.144	2.521	0.324	0.000
4.858	6.071	2.520	0.233	0.000
4.907	6.155	2.532	0.197	0.000
4.956	6.185	2.513	0.260	0.000
5.005	6.201	2.508	0.325	0.000
5.054	6.071	2.519	0.208	0.000
5.103	5.960	2.542	0.192	0.000
5.151	5.995	2.525	0.229	0.000
5.200	6.238	2.491	0.248	0.000
5.249	6.008	2.485	0.181	0.000
5.298	6.221	2.499	0.264	0.000
5.347	5.949	2.522	0.257	0.000
5.396	6.077	2.530	0.261	0.000
5.444	5.848	2.537	0.229	0.000
5.493	5.946	2.529	0.239	0.000
5.542	5.685	2.530	0.104	0.000
5.591	5.830	2.522	0.106	0.000
5.640	5.732	2.530	0.134	0.000
5.688	5.866	2.521	0.193	0.000
5.737	5.679	2.518	0.144	0.000
5.786	5.745	2.523	0.172	0.000
5.835	5.790	2.527	0.099	0.000
5.884	5.552	2.531	0.031	0.000
5.933	5.720	2.529	0.068	0.000
5.981	5.554	2.520	0.117	0.000
6.030	5.709	2.520	0.152	0.000
6.079	5.865	2.502	0.086	0.000
6.128	6.019	2.493	0.176	0.000
6.177	6.018	2.487	0.064	0.000
6.226	5.929	2.491	0.000	0.000
6.274	5.890	2.493	0.186	0.000
6.323	5.583	2.497	0.155	0.000
6.372	5.567	2.506	0.003	0.000
6.421	5.806	2.481	0.000	0.000
6.470	5.658	2.493	0.000	0.000
6.519	5.647	2.502	0.022	0.000
6.567	5.728	2.504	0.051	0.000
6.616	5.792	2.497	0.061	0.000
6.665	5.805	2.489	0.000	0.000
6.714	5.628	2.492	0.000	0.000
6.763	5.596	2.489	0.000	0.000
6.812	5.404	2.501	0.000	0.000
6.860	5.476	2.490	0.000	0.000

表 8  $A_1(f), B_1(f), A_2(f), B_2(f)$  の値 (振動数 6.909Hz~9.985Hz)

$f(\text{Hz})$	$A_1 \times 10^9$	$B_1 \times 10$	$A_2 \times 10^7$	$B_2 \times 10^2$
6.909	5.232	2.509	0.000	0.000
6.958	5.325	2.496	0.000	0.000
7.007	5.556	2.492	0.000	0.000
7.056	5.478	2.499	0.037	0.000
7.104	5.261	2.512	0.000	0.000
7.153	5.212	2.513	0.000	0.000
7.202	5.236	2.494	0.034	0.000
7.251	5.453	2.509	0.000	0.000
7.300	5.549	2.511	0.062	0.000
7.349	5.296	2.510	0.000	0.000
7.397	5.146	2.521	0.000	0.000
7.446	5.428	2.496	0.000	0.000
7.495	5.430	2.490	0.000	0.000
7.544	5.427	2.479	0.000	0.000
7.593	5.219	2.506	0.000	0.000
7.642	5.118	2.504	0.000	0.000
7.690	5.365	2.484	0.000	0.000
7.739	5.417	2.488	0.000	0.000
7.788	5.187	2.486	0.000	0.000
7.837	5.109	2.488	0.000	0.000
7.886	4.958	2.502	0.000	0.000
7.935	5.082	2.491	0.000	0.000
7.983	4.890	2.498	0.000	0.000
8.032	4.902	2.507	0.000	0.000
8.081	4.897	2.506	0.000	0.000
8.130	4.640	2.491	0.000	0.000
8.179	4.605	2.492	0.000	0.000
8.228	4.792	2.497	0.000	0.000
8.276	4.714	2.500	0.000	0.000
8.325	4.805	2.514	0.000	0.000
8.374	4.670	2.496	0.000	0.000
8.423	4.646	2.505	0.000	0.000
8.472	4.812	2.489	0.000	0.000
8.521	4.779	2.487	0.000	0.000
8.569	4.769	2.490	0.000	0.000
8.618	4.895	2.484	0.000	0.000
8.667	4.902	2.491	0.109	0.000
8.716	4.710	2.484	0.000	0.000
8.765	4.513	2.502	0.000	0.000
8.813	4.563	2.512	0.000	0.000
8.862	4.573	2.510	0.000	0.000
8.911	4.633	2.505	0.000	0.000
8.960	4.566	2.485	0.000	0.000
9.009	4.512	2.481	0.000	0.000
9.058	4.455	2.507	0.000	0.000
9.106	4.577	2.487	0.000	0.000
9.155	4.428	2.498	0.000	0.000
9.204	4.481	2.497	0.000	0.000
9.253	4.331	2.507	0.000	0.000
9.302	4.243	2.496	0.000	0.000
9.351	4.048	2.492	0.000	0.000
9.399	3.928	2.480	0.000	0.000
9.448	4.178	2.486	0.000	0.000
9.497	4.254	2.489	0.000	0.000
9.546	4.170	2.477	0.000	0.000
9.595	4.032	2.473	0.000	0.000
9.644	4.151	2.468	0.000	0.000
9.692	3.959	2.505	0.000	0.000
9.741	3.994	2.501	0.000	0.000
9.790	3.999	2.498	0.000	0.000
9.839	4.024	2.510	0.000	0.000
9.888	3.856	2.492	0.000	0.000
9.937	3.809	2.500	0.000	0.000
9.985	3.970	2.500	0.000	0.000

表9  $C_{1j}(f)$ の値 (振動数 0.122Hz~1.978Hz)

$f$ (Hz)	E4E	E56	TKY016	KGIN	AIC003	AIC004	OSKH02	OSK005
0.122	110.20	110.70	134.10	157.90	87.71	49.77	78.46	49.26
0.171	133.00	126.20	153.00	160.60	74.42	43.86	72.69	45.97
0.220	139.50	116.70	156.00	135.90	77.49	54.21	67.48	39.48
0.269	129.90	110.60	138.40	127.70	83.27	59.00	56.89	28.35
0.317	106.70	106.30	119.40	102.40	78.25	59.91	52.71	26.40
0.366	93.49	93.64	98.88	80.39	72.90	59.72	54.90	33.82
0.415	87.16	92.61	79.68	63.89	63.65	53.07	42.21	31.06
0.464	80.17	76.34	88.69	65.21	58.17	55.72	39.59	34.28
0.513	85.76	73.82	89.05	72.87	52.73	53.38	40.39	33.74
0.562	72.86	71.04	84.39	57.15	55.49	38.46	41.97	35.21
0.610	69.45	62.46	72.43	51.51	54.38	35.25	42.84	35.22
0.659	72.02	57.59	63.59	42.37	49.42	36.41	41.95	24.89
0.708	70.52	61.56	64.39	55.27	44.65	32.68	44.39	25.91
0.757	69.37	50.46	67.48	49.75	40.84	33.95	45.85	30.33
0.806	68.95	47.84	60.28	47.27	35.48	36.05	39.03	26.63
0.855	63.64	51.75	52.94	39.82	36.20	35.21	32.80	22.51
0.903	54.21	55.77	51.73	34.21	34.55	29.77	37.54	21.81
0.952	51.37	51.67	51.34	42.00	34.35	19.88	34.96	22.97
1.001	58.96	46.98	49.47	39.85	32.98	18.47	39.68	18.67
1.050	57.24	43.14	52.95	43.66	30.56	20.21	35.43	15.73
1.099	49.95	41.64	50.41	39.51	24.98	25.38	28.93	19.73
1.147	49.45	35.33	52.55	47.05	26.48	24.55	27.53	20.25
1.196	48.18	29.64	46.94	44.33	24.26	20.84	29.10	13.79
1.245	44.45	29.85	39.10	37.89	23.37	16.80	26.82	9.80
1.294	40.72	29.75	32.73	38.56	21.58	16.11	21.93	10.28
1.343	38.95	33.56	28.79	32.25	15.87	16.19	24.97	17.08
1.392	33.45	30.45	28.06	26.65	16.42	15.32	19.57	17.62
1.440	31.41	30.56	27.10	27.60	15.85	15.07	19.32	16.47
1.489	25.93	28.59	23.94	25.00	17.75	12.74	18.67	12.84
1.538	25.03	22.75	20.99	19.75	15.92	10.62	17.24	12.12
1.587	21.50	20.16	20.73	18.04	15.82	11.48	15.49	10.55
1.636	19.13	18.62	19.54	18.01	15.20	12.19	14.43	10.18
1.685	17.96	17.10	18.00	16.29	14.14	12.46	12.99	10.77
1.733	15.88	15.99	15.80	14.57	13.75	12.27	13.48	11.76
1.782	14.80	14.45	14.06	13.68	12.71	12.27	12.56	11.78
1.831	13.06	13.16	13.06	12.67	11.96	11.73	11.98	11.76
1.880	12.19	12.02	12.02	11.86	11.54	11.28	11.56	11.38
1.929	11.83	11.82	11.85	11.80	11.68	11.59	11.68	11.59
1.978	11.23	11.24	11.24	11.23	11.22	11.22	11.22	11.21

表 10  $C_{1j}(f)$  の値

(振動数 2.026Hz~4.663Hz)

$f$ (Hz)	$C_1$
2.026	11.06
2.075	11.03
2.124	11.14
2.173	11.02
2.222	10.98
2.271	10.75
2.319	10.88
2.368	10.67
2.417	10.51
2.466	10.58
2.515	10.05
2.563	9.93
2.612	10.09
2.661	10.27
2.710	10.29
2.759	10.26
2.808	9.83
2.856	9.54
2.905	9.32
2.954	9.73
3.003	9.79
3.052	9.36
3.101	9.10
3.149	9.32
3.198	9.23
3.247	9.21
3.296	9.05
3.345	9.33
3.394	9.09
3.442	9.04
3.491	8.88
3.540	8.92
3.589	9.04
3.638	9.36
3.687	9.14
3.735	9.35
3.784	9.38
3.833	9.44
3.882	9.41
3.931	9.08
3.979	9.08
4.028	9.14
4.077	8.94
4.126	8.66
4.175	8.76
4.224	8.69
4.272	8.68
4.321	8.74
4.370	8.72
4.419	8.76
4.468	8.49
4.517	8.56
4.565	8.86
4.614	8.95
4.663	8.98

表 11  $C_{1j}(f)$  の値

(振動数 4.712Hz~7.349Hz)

$f$ (Hz)	$C_1$
4.712	9.07
4.761	8.75
4.810	8.66
4.858	8.96
4.907	8.56
4.956	8.98
5.005	9.10
5.054	8.89
5.103	8.42
5.151	8.79
5.200	9.37
5.249	9.48
5.298	9.16
5.347	8.84
5.396	8.45
5.444	8.42
5.493	8.57
5.542	8.60
5.591	8.67
5.640	8.60
5.688	8.76
5.737	8.88
5.786	8.50
5.835	8.52
5.884	8.65
5.933	8.54
5.981	8.81
6.030	8.78
6.079	8.98
6.128	9.07
6.177	9.06
6.226	9.04
6.274	9.15
6.323	9.29
6.372	8.81
6.421	9.15
6.470	9.19
6.519	8.86
6.567	8.99
6.616	9.01
6.665	8.86
6.714	8.91
6.763	8.91
6.812	8.92
6.860	9.02
6.909	8.78
6.958	8.79
7.007	8.96
7.056	8.84
7.104	9.04
7.153	8.98
7.202	9.20
7.251	8.90
7.300	8.76
7.349	8.97

表 12  $C_{1j}(f)$  の値

(振動数 7.397Hz~9.985Hz)

$f$ (Hz)	$C_1$
7.397	8.66
7.446	8.93
7.495	8.98
7.544	9.25
7.593	8.94
7.642	9.06
7.690	9.34
7.739	9.37
7.788	9.43
7.837	9.43
7.886	9.09
7.935	9.35
7.983	9.25
8.032	9.17
8.081	9.28
8.130	9.58
8.179	9.57
8.228	9.43
8.276	9.38
8.325	9.13
8.374	9.61
8.423	9.39
8.472	9.75
8.521	9.66
8.569	9.77
8.618	9.49
8.667	9.57
8.716	9.69
8.765	9.57
8.813	9.18
8.862	9.45
8.911	9.56
8.960	9.85
9.009	9.89
9.058	9.51
9.106	9.81
9.155	9.85
9.204	9.61
9.253	9.49
9.302	9.64
9.351	9.88
9.399	10.06
9.448	9.87
9.497	10.03
9.546	10.60
9.595	10.65
9.644	10.35
9.692	9.84
9.741	9.77
9.790	9.86
9.839	9.57
9.888	10.01
9.937	9.93
9.985	9.75

表 13  $C_{2j}(f)$  の値 (振動数 0.122Hz~1.978Hz)

$f$ (Hz)	E4E	E56	TKY016	KGIN	AIC003	AIC004	OSKH02	OSK005
0.122	77.23	70.29	83.14	136.49	49.63	41.93	31.38	39.99
0.171	55.58	47.11	68.09	104.88	50.96	39.81	21.35	28.63
0.220	43.61	47.52	64.48	98.76	40.93	34.91	26.87	38.74
0.269	46.57	54.90	68.65	71.81	43.45	39.80	27.54	26.25
0.317	48.22	43.61	60.74	66.75	40.72	34.68	27.94	24.99
0.366	51.49	44.60	57.90	47.97	40.85	28.96	21.23	23.75
0.415	43.82	44.20	51.23	48.40	35.50	35.87	26.24	27.25
0.464	37.62	50.47	49.07	46.18	29.13	31.59	19.42	26.70
0.513	35.86	42.13	43.26	42.01	32.14	29.15	19.41	20.50
0.562	31.37	34.50	33.84	29.78	29.20	26.87	23.02	21.86
0.610	35.07	30.58	37.84	30.55	32.48	24.47	21.59	24.11
0.659	26.47	23.37	33.85	22.95	28.30	23.72	20.93	32.30
0.708	33.94	27.99	35.14	27.79	24.82	24.44	25.21	19.99
0.757	29.32	29.64	36.06	28.96	27.23	23.68	23.25	20.17
0.806	35.06	30.37	33.99	24.72	21.56	21.31	18.91	19.53
0.855	37.09	20.86	24.20	23.90	21.99	21.44	21.00	17.76
0.903	34.81	23.15	25.36	20.26	26.70	15.74	20.78	20.33
0.952	16.51	24.40	27.52	24.82	20.13	19.57	20.25	21.01
1.001	27.71	24.84	24.06	30.49	17.75	19.07	18.23	17.71
1.050	23.29	21.00	21.64	25.48	20.26	20.70	19.87	15.76
1.099	14.34	17.60	17.01	20.96	18.58	18.62	13.70	14.61
1.147	18.67	15.95	21.21	26.07	18.47	18.01	19.21	16.14
1.196	16.82	15.21	20.12	21.83	19.60	17.28	15.54	15.12
1.245	15.13	16.38	18.91	19.54	20.78	15.40	18.68	13.80
1.294	20.05	16.04	18.62	19.54	16.32	14.14	19.73	16.66
1.343	19.97	16.02	14.10	13.38	12.55	11.38	18.77	14.74
1.392	16.19	14.33	17.27	16.13	15.54	13.93	13.02	12.84
1.440	14.67	12.21	16.15	14.08	14.25	11.92	13.78	15.74
1.489	15.52	13.33	12.83	14.11	13.74	13.32	14.44	11.61
1.538	15.04	10.96	14.58	14.41	14.00	11.64	12.35	13.24
1.587	14.64	11.33	15.35	15.02	13.00	12.56	13.63	10.99
1.636	11.41	11.40	13.47	14.20	12.26	12.01	12.34	10.94
1.685	11.61	10.66	13.88	13.02	12.17	10.76	11.42	11.48
1.733	11.34	10.78	11.51	10.70	11.27	11.76	11.20	11.32
1.782	11.35	11.13	10.98	11.49	11.27	10.87	10.88	10.62
1.831	11.48	11.20	11.59	11.34	11.17	11.07	11.28	11.18
1.880	11.29	11.22	11.31	11.25	11.36	11.28	11.28	11.21
1.929	10.84	10.76	10.87	10.85	10.80	10.85	10.83	10.80
1.978	10.33	10.33	10.34	10.33	10.33	10.33	10.33	10.33

表 14  $C_{2j}(f)$  の値

(振動数 2.026Hz~4.663Hz)

$f$ (Hz)	$C_2$
2.026	10.59
2.075	10.38
2.124	10.48
2.173	10.32
2.222	10.55
2.271	10.23
2.319	10.09
2.368	10.00
2.417	9.73
2.466	9.94
2.515	10.19
2.563	9.59
2.612	9.34
2.661	9.64
2.710	9.51
2.759	9.41
2.808	9.36
2.856	9.48
2.905	9.24
2.954	9.18
3.003	9.67
3.052	9.27
3.101	9.21
3.149	9.08
3.198	9.24
3.247	9.53
3.296	9.24
3.345	9.62
3.394	9.12
3.442	9.28
3.491	9.13
3.540	8.89
3.589	9.33
3.638	8.96
3.687	8.99
3.735	9.24
3.784	9.31
3.833	9.26
3.882	9.32
3.931	8.96
3.979	9.04
4.028	9.08
4.077	9.15
4.126	8.98
4.175	9.11
4.224	9.25
4.272	9.24
4.321	9.34
4.370	9.24
4.419	9.15
4.468	9.12
4.517	9.59
4.565	9.50
4.614	9.31
4.663	9.50

表 15  $C_{2j}(f)$  の値

(振動数 4.712Hz~7.349Hz)

$f$ (Hz)	$C_2$
4.712	9.97
4.761	9.46
4.810	9.09
4.858	9.20
4.907	9.53
4.956	9.33
5.005	8.80
5.054	9.41
5.103	9.55
5.151	9.25
5.200	9.30
5.249	9.54
5.298	9.34
5.347	9.29
5.396	9.39
5.444	9.39
5.493	9.28
5.542	9.96
5.591	9.79
5.640	9.80
5.688	9.62
5.737	9.76
5.786	9.57
5.835	10.02
5.884	10.03
5.933	10.24
5.981	9.73
6.030	9.72
6.079	10.10
6.128	9.64
6.177	10.15
6.226	10.52
6.274	9.75
6.323	9.77
6.372	10.34
6.421	10.15
6.470	10.13
6.519	10.28
6.567	10.10
6.616	10.33
6.665	10.16
6.714	10.26
6.763	10.15
6.812	10.37
6.860	10.25
6.909	10.12
6.958	10.17
7.007	10.51
7.056	10.40
7.104	10.33
7.153	9.88
7.202	10.23
7.251	10.29
7.300	10.10
7.349	10.26

表 16  $C_{2j}(f)$  の値

(振動数 7.397Hz~9.985Hz)

$f$ (Hz)	$C_2$
7.397	10.30
7.446	10.51
7.495	10.38
7.544	10.28
7.593	10.15
7.642	10.46
7.690	10.25
7.739	10.61
7.788	10.44
7.837	10.12
7.886	10.40
7.935	10.40
7.983	10.45
8.032	10.26
8.081	9.87
8.130	10.35
8.179	10.29
8.228	9.71
8.276	10.18
8.325	9.97
8.374	10.42
8.423	10.23
8.472	10.44
8.521	10.31
8.569	10.30
8.618	10.20
8.667	10.34
8.716	10.37
8.765	10.70
8.813	10.25
8.862	10.60
8.911	10.15
8.960	10.11
9.009	10.28
9.058	10.53
9.106	10.31
9.155	10.22
9.204	10.13
9.253	10.17
9.302	10.09
9.351	10.06
9.399	10.01
9.448	10.13
9.497	10.13
9.546	10.30
9.595	10.41
9.644	10.20
9.692	10.73
9.741	10.35
9.790	10.73
9.839	10.59
9.888	10.38
9.937	10.53
9.985	10.45

### 3.3 時刻歴波形の算定方法

対象とする地震について地震動観測地点の解放工学的基盤での減衰定数5%の加速度応答スペクトルと、群遅延時間の平均値と標準偏差に基づく位相特性を用いて時刻歴波形を算定する。

長周期地震動の加速度時刻歴の作成においては、フーリエ（逆）変換を用いる。なお以下に示す方法は高速フーリエ（逆）変換を用いる場合を想定している。

位相特性の算定に用いるサイト係数の設定上、時刻歴の継続時間（データ時間長さ）は、一律に1310.72秒（ $=T_d$ ）とする。このデータ時間長さは、データの時間刻み（ $\Delta_t$ ）を0.02秒とした場合には、65536のデータ個数（ $N$ ）となる。

加速度時刻歴波形を $a(t)$ とすると、フーリエ逆変換により次式のような表現となる。

$$a(t) = \sum_{k=0}^{N_f} (A_k \times \cos(2\pi f_k t + \phi_k))$$

$A_k$  : 振動数 $f_k$ におけるフーリエ係数

$f_k$  :  $k$ 番目の成分振動数で、 $f_k = k/T_d$  (Hz)

$N_f$  : 成分振動数の個数  $N_f = N/2 = 32768$

$\phi_k$  :  $k$ 番目の成分の位相角(rad)

前述のようにデータ個数が65536、データ時間刻みが0.02秒でデータ時間長さが1310.72秒の場合、成分振動数（周期）は、小さいものから、0Hz（ $\infty$ 秒）、1/1310.72Hz（1310.72秒）、2/1310.72Hz（655.36秒）、のように、 $\Delta_f = 1/1310.72$ Hzの等間隔に並ぶ。最大の成分振動数は、 $32768/1310.72 = 25$ Hz  $= 1/(2\Delta_t)$ となる。

本方法の対象振動数を0.1Hz（10秒）～10Hz（0.1秒）とし、この対象振動数以外には成分が含まれないものと仮定すると、上記条件では、10Hzに最も近い成分振動数は、全体の13107番目の成分で周期は約0.1秒、0.1Hzに最も近い成分振動数は、131番目で、周期は約10秒となる。

位相角 $\phi_k$ の算定方法は以下の通りとする。

$\phi_k$ の振動数に関する傾きを群遅延時間 $(\overline{TGR}_k)$ として以下で定義する。

$$\overline{TGR}_k = (\phi_{k+1} - \phi_k) / (2\pi\Delta f) = \Delta\phi_k / (2\pi\Delta f)$$

この群遅延時間については、 $\overline{TGR}_k$ が正規分布に従うものとして、0～10Hzまでの206個の等間隔の帯域についてその平均値と標準偏差を計算する。

各振動数帯域における地震動観測地点の群遅延時間の平均値と標準偏差は、以下のように計算する。

中心振動数  $f$  の帯域に対して、群遅延時間の平均値を回帰式から、

$$\mu_{igr}(f) = A_1(f) \times M_0^{1/3} + B_1(f) \times X + C_{1j}(f)$$

同じく中心振動数  $f$  の帯域に対して、群遅延時間の標準偏差を回帰式から、

$$\sigma_{igr}(f) = \sqrt{A_2(f) \times M_0^{1/3} + B_2(f) \times X + C_{2j}^2(f)}$$

で計算する。(3.2の(2)式、(3)式参照)

波形合成時の各振動数での位相差分（隣り合う振動数でのフーリエ位相角の差分） $\Delta\phi$ は以下で計算する。

$$\Delta\phi(f) = -(\mu_{igr}(f) + \sigma_{igr}(f) \times s) \times df \times 2\pi$$

ここで、 $s$  : 平均値 0、標準偏差 1 の正規乱数

$df$  : 振動数刻み（継続時間の逆数）

各振動数における位相角  $\phi_k$  は、

$$\phi_{k+1} = \phi_k + \Delta\phi_k$$

によって逐次求められ、結局以下の式により加速度波形が計算される。

$$a(t) = \sum_{k=0}^{N_f} (A_k \times \cos(2\pi f_k t + \phi_k))$$

このうち  $A_k$  は対象とする地震について地震動観測地点で求められる加速度応答スペクトル (3.1

解放工学的基盤における加速度応答スペクトル 参照) を目標値として、繰り返し計算によって、所要の値に近づくように修正しながら求められるものである。