

北海道の地震動観測値によるサイト特性設定の試み

Study of Site Amplification factors by Earthquake in Hokkaido

飛島建設(株)技術研究所 非会員 上明戸 昇 (Noboru Kamiakito)
 飛島建設(株)技術研究所 正員 三輪 滋 (Shigeru Miwa)
 (独)北海道開発土木研究所 正員 佐藤 京 (Takashi Satoh)
 飛島建設(株)技術研究所 正員 池田 隆明 (Takaaki Ikeda)
 専修大学北海道短期大学 正員 金子 孝吉 (Takakichi Kaneko)
 (独)北海道開発土木研究所 正員 岡田 慎哉 (Shinya Okada)

1. はじめに

地震動評価,およびリアルタイム地震防災に用いるための基盤から地表までのサイト特性(増幅特性)の設定では国土数値情報を用いた松岡・翠川の方法¹⁾が用いられる事が多い。この方法では,国土数値情報により分類された微地形を基準とし,これに主要河川からの距離や標高によって表層30mの平均S波速度を算出し,この平均S波速度を経験的關係式から最大速度の増幅度に変換するものである。しかし,用いられた経験的關係式は特に関東地方を対象としたものである。我々はこの点に着目し,北海道の地震動に基づき,北海道のサイト特性設定を試みた。

2. 検討対象地震

増幅度検討対象とする地震記録をKiK-net観測情報²⁾から選定した。北海道周辺で発生した既往地震として2000年7月1日から2004年10月8日の期間における観測記録のある観測点数順に並び替え,上位24地震について地震観測点分布を確かめ,任意に6地震を抽出した。表1に選定した6地震を示す。

3. 工学的基盤の条件

工学的基盤の条件を設定するために,地中,地表の観測記録があるKiK-net観測点について地中観測深度におけるS波速度の頻度状況を確認した。KiK-netの北海道観測点112データに関する地中観測深度のS波速度頻度分布を図1に示す。図1のS波速度の頻度分布に加え,地中観測点のS

波速度をVs=400m/s以上から1000m/s以上まで(100m/s刻み)の条件とした場合の北海道におけるKiK-net観測所配置の速度発生状況を確認して,KiK-net観測点の選定条件をS波速度400m/s以上とした。

4. 増幅度の計算方法

増幅度は工学的基盤と地表面の水平方向速度最大値によるものとし,KiK-net,K-NET³⁾,WISE⁴⁾,JMAの観測データを用いて増幅度を計算した。工学的基盤の速度最大値はKiK-netの地中観測データから算出し,面的な補間によりその他(K-NET,WISE,JMA)の観測点に対応する基盤速度最大値とした。増幅度計算式を(1)式とする。また,表2に選定地震に対する観測点数を示す。

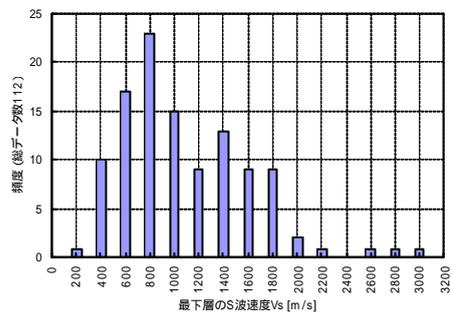


図1 KiK-net 地中観測点の Vs 値に関する頻度分布

$$\text{増幅度 } A = \frac{\text{地表観測点の最大値 (KiK-net, K-NET, WISE, JMA)}}{\text{基盤観測点の最大値 (KiK-netの観測点を補間)}} \dots (1)$$

表1 選定した6地震

地震番号	年月日	時刻	マグニチュード	震源東経[°]	震源北緯[°]	震源深さ[km]	震源位置
1	03/09/26	06:08	7.1	143.7	41.7	40	十勝沖余震
2	03/09/26	04:50	8.0	144	41.8	40	十勝沖本震
3	03/05/26	18:24	7.0	141.3	38.8	70	宮城県沖
4	01/08/14	05:11	6.2	142.4	41	40	青森県東方沖
5	03/09/29	11:36	6.5	144.6	42.6	40	十勝沖余震
6	02/10/14	23:12	5.9	142.3	41.2	50	青森県東方沖

5. 基盤地震動最大値および地表面地震動最大値

図2に地震1から地震6までの基盤地震動最大値(速度)を示す。基盤地震動最大値(速度)をKiK-net観測記録のメッシュ補間値から求めた。作成条件を記す。加速度データを直接積分により速度へ変換し、周波数範囲が0.1Hzから10.0Hzの時間軸波形とした。速度最大値はNS,EWの2方向から水平方向における大きさの最大値を求めて使用した。メッシュ補間は曲率最小化アルゴリズム(t=0.2)を使用した。分布図の最大値は選定地震により大きく異なるため、それぞれ傾向がわかる範囲の表示色設定とした。表示範囲内に震源が示せる場合は印(●)でプロットし、表示範囲外である場合は矢印(→)で到来方向を示した。また、増幅度Aを作成する元情報と考えて、KiK-net,K-NET,

WISE,JMAの観測点において地震毎に地表データのある観測位置に印(○,△,◇,□)をプロットした。図3に地震1から地震6までの地表面最大値速度を示す。KiK-net,K-NET,WISE,JMAの地表面観測記録から作成した。

表2 観測点数

観測データ	Kik-NET	K-NET	WISE	JMA	
地震番号	1	105	152	3	32
	2	104	169	120	44
	3	86	109	84	8
	4	81	115	84	10
	5	80	85	49	8
	6	69	85	72	4

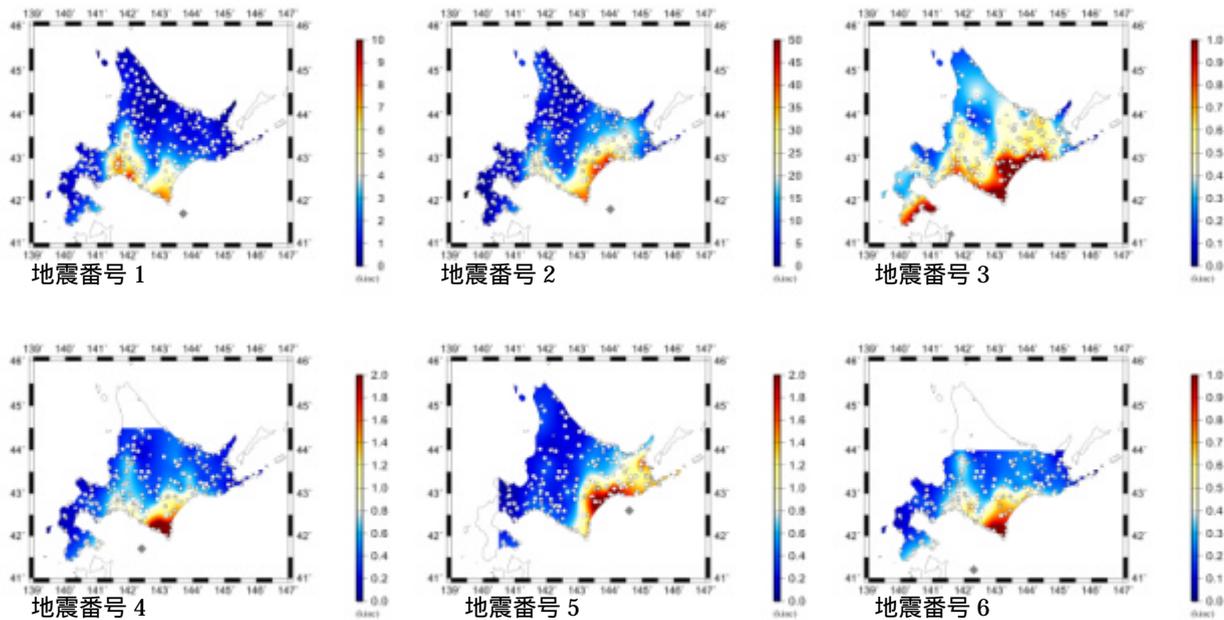


図2 基盤速度最大値分布

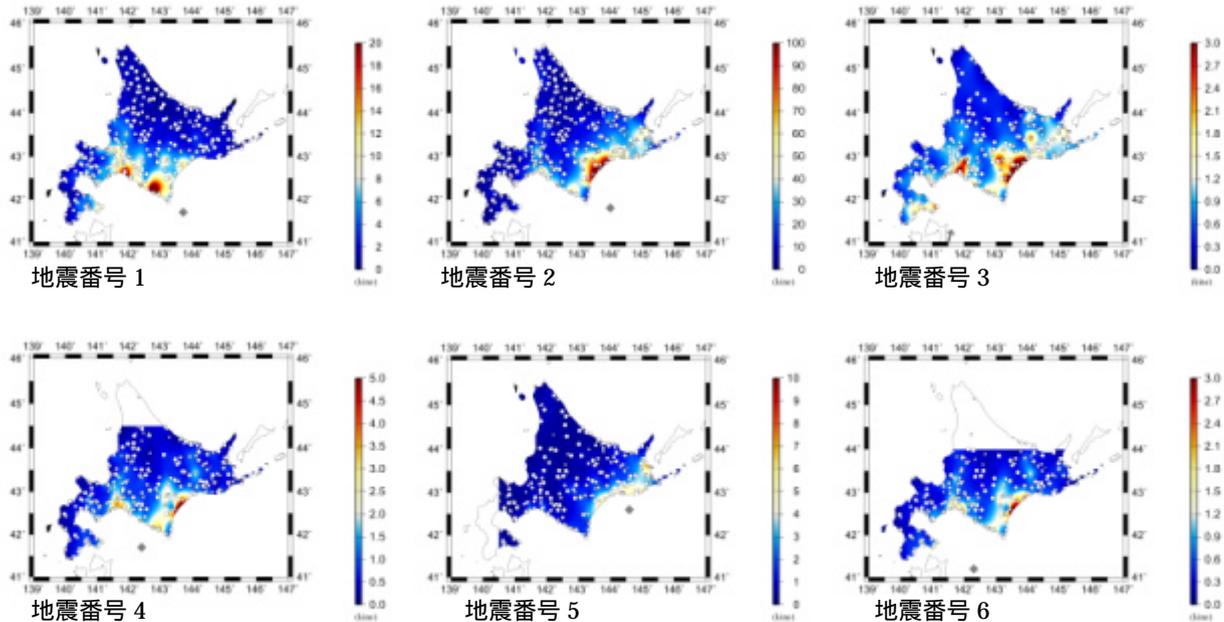


図3 地表面速度最大値分布

6. 増幅度分布

図4に増幅度分布(速度)を示す。観測点上で対応する基盤地震動最大値と地表面地震動最大値から増幅度を算出して分布図を作成した。周波数領域は0.1Hz~10.0Hzを用いた。地表面地震動最大値データは、KiK-net, K-NET, WISE, JMAの観測波形最大値(速度)からメッシュ補間値を作成した。メッシュ補間は曲率最小化アルゴリズム(t=0.2)を使用した。

7. 微地形区分による補正係数検討

微地形区分による補正係数検討を行った。図5に検討イメージを示す。従来の微地形区分から増幅度(速度最大値)を求める場合は、松岡・翠川の式により地表から30mまでの平均S波速度AVSを求め、その次に例えば開発土木研究所の方法⁴⁾による回帰式により増幅度(速度最大値)を求めるという手順である。本検討では元データとして「国土数値情報による北海道の微地形区分」と「地震動観測記録によるARVを開発土木研究所の方法で逆算したAVS」から微地形区分によるAVSの推定式における回帰係数a,b,cを設定する。

国土数値情報には多くのデータがあり、自然条件に関する

情報として自然地形がある。これは国土庁の縮尺10~20万分の1の土地分類図に基づいたものであり、緯度方向に30秒、経度方向に45秒(約1km×1km)の地域基準メッシュごとに与えられている。メッシュは20万分の1の1次メッシュ(2/3度×1度)、それを緯度・経度方向に8分割した2次メッシュ(5分×7.5分)、さらに2次メッシュを緯度・経度方向に10分割した3次メッシュ(30秒×45秒)に細分化されている。さらに標高や傾斜については、3次メッシュを緯度・経度方向に4分割した1/4細分区画で与えられている。3次メッシュにおいて与えられた地形分類を用いて松岡・翠川の方法に基づき微地形区分を行う。本検討では表3に示す区分へ分類した。ここでは選定した6地震の中から地震番号2(平成15年十勝沖地震データ)による回帰係数設定を試みた。

図6に標高と平均S波速度(30m)の関係を示すグラフ例(8分類, 9分類, 10分類)を示す。また、表4にこれらの関係式作成により求められた回帰係数を示す。

8. 微地形区分を考慮したサイト特性

図7に北海道観測記録に基づく微地形区分を考慮したサイト特性を示す。松岡・翠川の方法により作成した北海

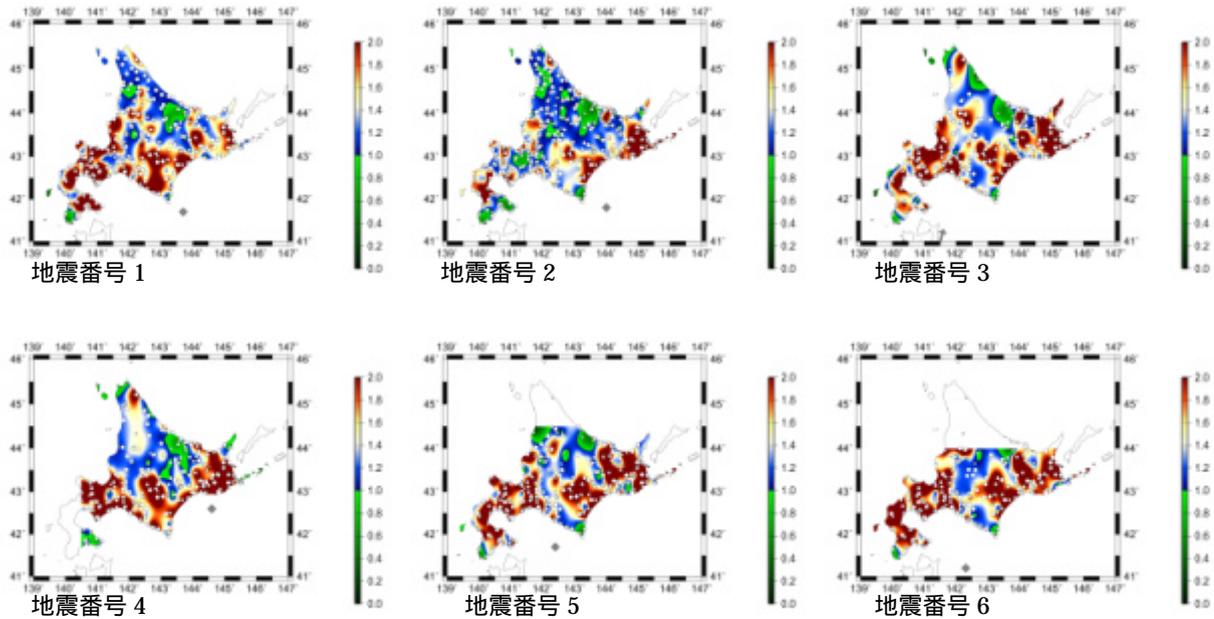


図4 増幅度分布

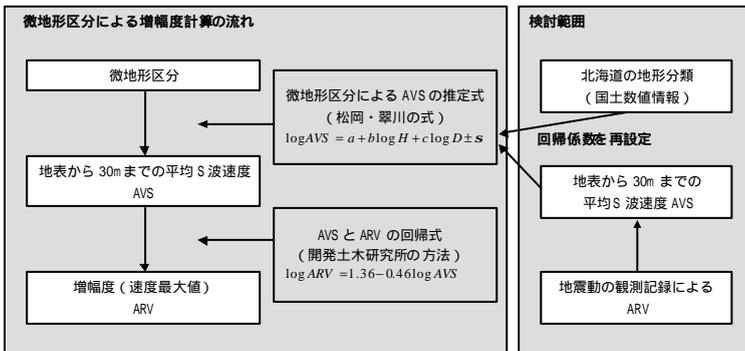


図5 検討イメージ

表3 国土数値情報から微地形区分への分類

微地形区分	地形分類		表層地質
	主分類	副分類	時代
埋立地			6
造成地			
三角州 後背湿地 (D < 0.5)	2021		
三角州 後背湿地 (D > 0.5)	2021		
自然堤防		22	
谷床			7
砂州	23		8
扇状地	12,19		
ローム台地	14,31-33		
砂礫台地	10,16,17,237-39		
丘陵	00,09-11		
その他	01-08,15,18,24,25		
先第三紀			1-4,7-9

道サイト特性と比べると、同様の起伏が見られる傾向である事を確かめた。しかし傾向が異なる分類もあり、河川周辺と考えられる（北緯42.7度，東経143.5度）付近および（北緯42.8度，東経141.6度）付近の傾向が異なっている。考えられる原因としては、微地形区分と平均S波速度の回帰係数設定時のばらつきや震源位置と観測点の位置関係による適切なエリアの選定などが挙げられるが、詳細な検討は今後の課題として残る。

9. まとめ

北海道の観測記録を用いた増幅度によるサイト特性を示した。さらに、微地形区分を考慮したサイト特性（平成15年十勝沖地震からの回帰係数設定による）を示した。結果として概ね既往の手法によるサイト特性に近い傾向を示す結果が得られ、既往の手法によるサイト特性と北海

道の観測記録から微地形区分を考慮したサイト特性は同様の傾向となっている事を確かめた。しかし分類によっては異なる傾向を示す部分があり、今後さらに検討を進めていく。

<参考文献>

- 1) 松岡昌志, 翠川三郎: 国土数値情報とサイスミックマイクロゾーニング, 第22回地盤振動シンポジウム資料集, 23-34, 1994
- 2) <http://www.kik.bosai.go.jp/kik/>
- 3) <http://www.k-net.bosai.go.jp/k-net/>
- 4) 佐藤 京, 池田憲二, 山本明夫, 篠原秀明, 佐々木克憲: 地震情報伝達システム(WISE)を用いた地盤の地震動増幅度の検討, 第11回日本地震工学シンポジウム, 643-646, 2002

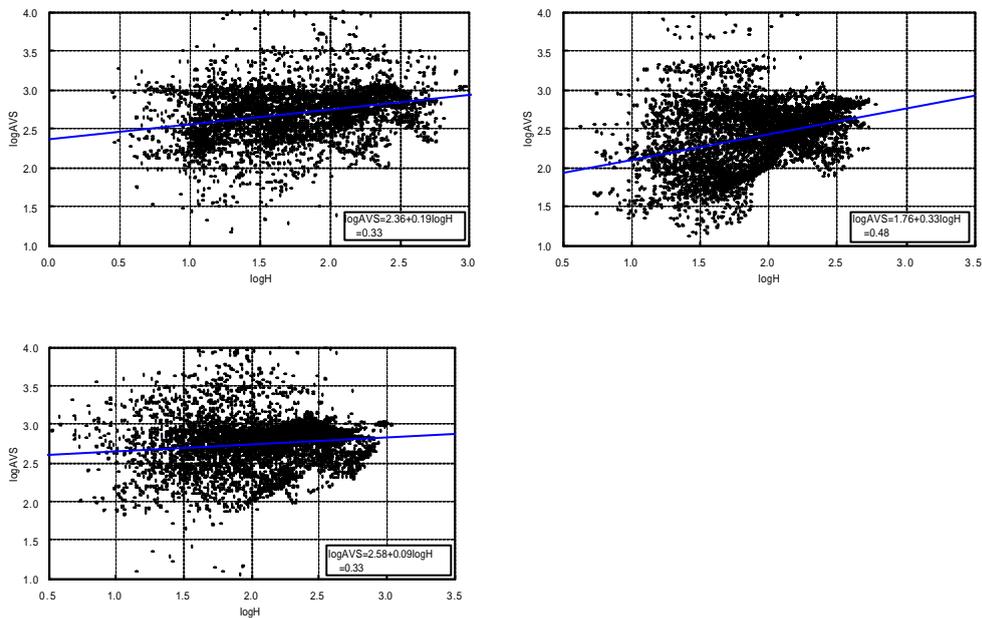


図6 標高と平均S波速度(30m)の関係

(左上: 8分類(扇状地), 右上: 9分類(ローム台地), 左下: 10分類(砂礫台地))

表4 微地形区分と平均S波速度(30m)の回帰係数 (平成15年十勝沖地震)

微地形区分	a	b	c	データ数	
埋立地	2.92	0	0	-	1
造成地	(2.26)	0	0	-	0
三角州 後背湿地 (D < 0.5)	2.47	0	0	0.38	1588
三角州 後背湿地 (D > 0.5)	2.53	0	0	0.37	1615
自然堤防	2.13	0.43	0	0.39	505
谷床	3.86	-0.49	0	0.29	528
砂州	2.30	0	0	0.10	16
扇状地	2.36	0.19	0	0.33	6774
ローム台地	1.76	0.33	0	0.48	8191
砂礫台地	2.58	0.09	0	0.33	7990
丘陵	2.69	0	0	0.39	14739
その他	2.74	0.03	0	0.30	42727
先第三紀	3.00	0	0	0.11	149

2分類(造成地)はデータが無いため松岡・翠川の回帰係数とした。

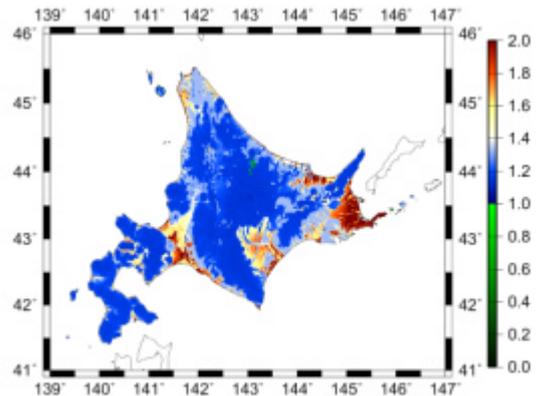


図7 微地形区分の係数補正によるサイト特性