

北海道の地域特性を考慮した表層地盤増幅度の精度向上の試み

Study on Accuracy improvement of Site Amplification factors considering regional characteristics in Hokkaido.

飛鳥建設（株）技術研究所 ○ 正員 上明戸 昇 (Noboru Kamiakito)
 （独）寒地土木研究所 正員 佐藤 京 (Takashi Satoh)
 飛鳥建設（株）技術研究所 正員 池田 隆明 (Takaaki Ikeda)
 （独）寒地土木研究所 正員 西 弘明 (Hiroaki Hishi)

1. はじめに

サイト特性の設定には、一般的に松岡・翠川の方法が用いられる事が多い¹⁾。この方法に対して佐藤らは北海道観測記録を基に増幅度の経験的關係式の設定を試みている²⁾。さらに、北海道のサイト特性について、国土数値情報を用いた係数設定を試みたところ、微地形区分において扇状地の区分は周囲の増幅特性に比べて小さい傾向となる結果となった³⁾。この課題の修正方法として原因が局所的な影響を受けていると考え、特徴的なエリアで分割して微地形区分による経験的關係式の係数を設定しなおす事で特性は修正されることを確かめている。

本報では、この課題についてさらに検討を試み、北海道の特性上、扇状地となるエリアについてサイト特性設定の情報として扱う場合に特徴的な地域特性の違いがある可能性があると考えて、観測点調査を行った。さらに可能な地点においては微動測定を行いH/Vスペクトルを求めて、傾向について検討し、サイト特性の修正を試みた結果について報告する。

2. 現地調査対象とする観測網毎の観測点

国土数値情報からサイト特性を設定する時、扇状地は河川傍であるため、周囲の堆積層に比べて軟弱地盤の層が深いと考えられ、増幅度も周囲に比べて高い傾向を示すものと予想される。しかし、微地形区分データに従う経験的關係式から求めた増幅度特性では、十勝平野付近において扇状地区分が周囲の増幅度に対して小さい値を示す特徴となった。この点について、十勝平野付近をエリア選定して係数設定を行った場合、その係数は修正される事を確かめている³⁾。そのため、扇状地の区分については、サイト特性設定の際に微地形区分以上に影響する地域特性があるものと考えられる。本報ではさらに、係数の傾きを下げる要因となっている観測点の状況把握を目的として現地調査を行う事とした。

調査対象とする観測点は、2003年十勝沖地震の観測記録を持つ観測点とし、以下の条件として現地調査を実施した。

- ・調査地点は主として扇状地区分とする。
- ・現地調査として観測点周囲の写真記録を実施する。
- ・微動測定を行う。

現地調査を実施した地震観測地点を表1に示す。図1に調査対象とした観測点を北海道地図内にプロットして示す。基本的に調査対象とした観測点では常時微動測定と写真記録を行った。図中の斜体文字の観測点は写真記

録のみの調査地点である。図2に示す散布図はAVS10の平均S波速度が判明している観測点であり、8区分（扇状地）のデータのみを抽出している。その結果、扇状地区分として視覚的に特徴の見えやすい十勝平野付近の観測点に加えて倶知安町付近も調査対象とした。

3. 現地調査結果および検討

写真記録からの事例として図3に観測地点（多度志）、観測地点（富良野）を示す。観測点（多度志）の周囲は河川が傍にある田園地帯であり、扇状地として考えられる地形に対応する。しかし観測点（富良野）は山地にある観測点であり、近くに河川はあるものの軟弱な地盤上

表1 現地調査を実施した地震観測所

	観測網	観測点コード	観測点名	微地形区分	微動測定	写真記録	東経	北緯
1	KIK-net	KKWH07	富良野	扇状地	○	○	142.345	43.367
2	KIK-net	KKWH08	占冠	扇状地	○	○	142.660	43.038
3	KIK-net	SBSH05	倶知安	扇状地	○	○	140.826	42.948
4	KIK-net	SBSH07	真狩	扇状地	○	○	140.812	42.761
5	KIK-net	SBSH08	喜茂別	扇状地	○	○	140.980	42.766
6	K-NET	HKD031	朝日	扇状地	○	○	142.599	44.116
7	K-NET	HKD032	和寒	扇状地	○	○	142.416	44.021
8	K-NET	HKD033	愛別	扇状地	○	○	142.573	43.907
9	K-NET	HKD036	旭川	扇状地	○	○	142.369	43.770
10	K-NET	HKD037	美瑛	扇状地	○	○	142.471	43.586
11	K-NET	HKD050	白滝	扇状地	○	○	143.179	43.876
12	K-NET	HKD093	樺平	ローム台地	○	○	143.309	43.317
13	K-NET	HKD099	新得	ローム台地	○	○	142.843	43.071
14	K-NET	HKD095	帯広	扇状地	○	○	143.218	42.929
15	K-NET	HKD115	幌加内	扇状地	○	○	142.152	44.005
16	K-NET	HKD117	深川	扇状地	○	○	142.056	43.722
17	K-NET	HKD118	滝川	扇状地	○	○	141.921	43.550
18	K-NET	HKD144	倶知安	扇状地	○	○	140.771	42.903
19	Wise	1005K001	幌加内分駐所	扇状地	○	○	142.156	44.022
20	Wise	1103K001	倶知安道路維持構内	扇状地	○	○	140.758	42.908
21	Wise	1103K002	相川	扇状地	○	○	140.936	42.787
22	Wise	1304K001	長和	扇状地	○	○	140.836	42.489
23	Wise	1801K003	中札内	扇状地	○	○	143.140	42.709
24	Wise	1805K003	足寄	砂礫台地	○	○	143.544	43.230
25	Wise	1806K001	土機水位流量観測所	砂礫台地	○	○	143.229	43.184
26	Wise	1807K001	東機水位流量観測所	扇状地	○	○	143.520	43.092
27	Wise	1A04K001	多度志観測局	扇状地	○	○	142.017	43.804
28	Wise	1A04K003	大鳳橋観測	扇状地	○	○	141.931	43.710

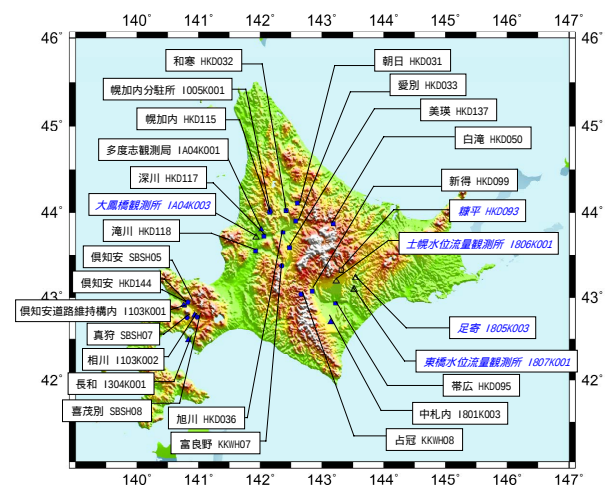


図1 調査対象とした観測点
 (○: KIK-net, □: K-NET, △: WISE)

とはいいがたい．扇状地は定義として山間部から河川による堆積エリアが扇状に広がるなだらかな傾斜のエリアであると考えられるが，地形・地質図および現地を調査した結果，国土数値情報として分類されている地点には山間部の河川傍の微小な堆積エリアも扇状地として区分されている．また，微動測定記録から求めた H/V スペクトルを図 4 に示す．計測条件として，サンプリング周波数は 100Hz とし XYZ 3 成分の速度について地表面の常時微動を 5 分間記録したものをを用いている．解析条件として FFT 長 8192，平均回数 5 回，Parzen ウィンドウ



多度志観測局(Wise)



富良野 (KiK-net)

図 3 観測点の写真記録

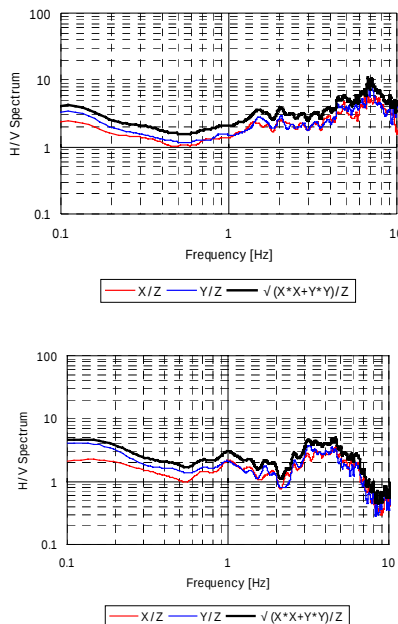


図 4 H/V スペクトル (上：多度志，下：富良野)

0.2Hz として H/V スペクトルを求めている．この H/V スペクトルの形状を見ると異なる傾向が現れているものと考えられる．以上の結果から，扇状地と区分された地点であっても，平野部の扇状地と山間部の扇状地では異なる傾向となる可能性があると考え，扇状地の分類をさらに分割した場合について検討する．

算出された H/V スペクトルの形状からグルーピングによる傾向が見られるか検討する．全体的に特性を見て図 5 に示す分類を試み，グループの特徴とその代表の H/V スペクトルを示す．

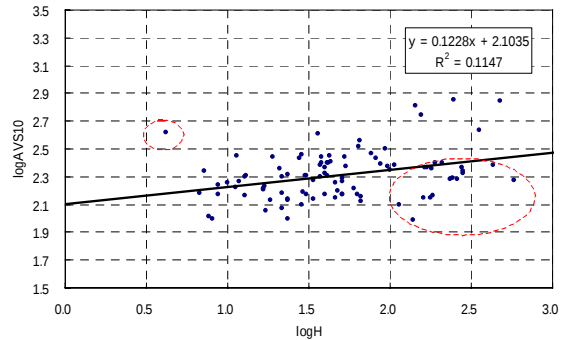


図 2 扇状地区分に対応する観測点の標高と平均 S 波速度 (AVS10)

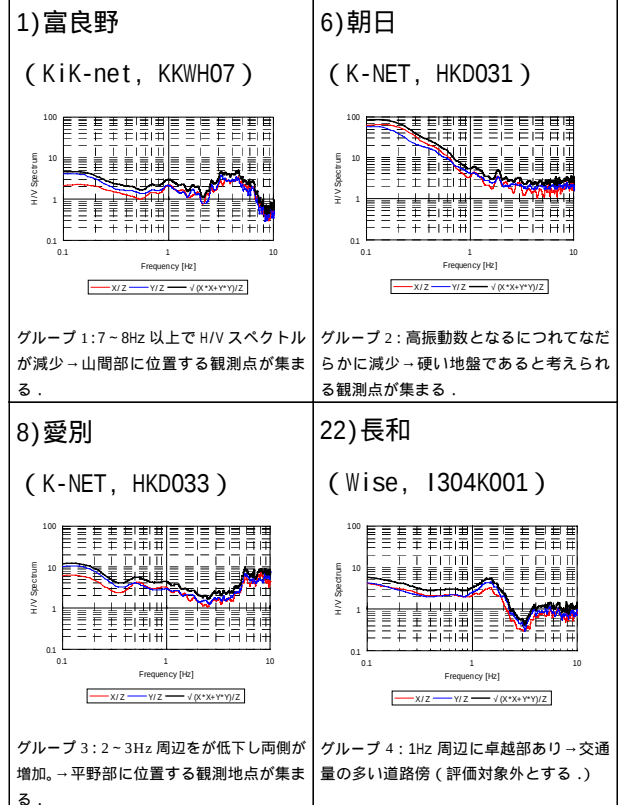


図 5 H/V スペクトルのグループ分類

表2 国土数値情報(土壌統計一覧)

<土壌統計>	<コード>	低地と平野	山地
岩石地	2	○	○
高山岩屑性土壌	3	○	○
岩屑性土壌	4	○	○
扇状性未熟土壌	5	○	○
残積性未熟土壌	6	○	○
砂丘未熟土壌	7	○	○
火山噴出物未熟土壌	8	○	○
粗粒火山噴出物未熟土壌	9	○	○
粗粒火山噴出物未熟土壌	10	○	○
粗粒火山噴出物未熟土壌	11	○	○
厚層黒ボク土壌	12	○	○
黒ボク土壌	13	○	○
厚層黒ボク土壌・黒ボク土壌複合相	14	○	○
厚層黒ボク土壌	15	○	○
多量黒ボク土壌	16	○	○
粗粒多量黒ボク土壌	17	○	○
黒ボクグライ土壌	18	○	○
灰色黒ボク土壌	19	○	○
粗粒灰色黒ボク土壌	20	○	○
乾性褐色森林土壌	21	○	○
乾性褐色森林土壌(黄楊系)	22	○	○
乾性褐色森林土壌(赤楊系)	23	○	○
乾性褐色森林土壌(赤楊系)	24	○	○
褐色森林土壌	25	○	○
褐色森林土壌(黄楊系)	26	○	○
褐色森林土壌(赤楊系)	27	○	○
その他(砂礫地・市街地等)	28	○	○
褐色森林土壌(表層グライ系)	29	○	○
湿性褐色森林土壌	30	○	○
湿性褐色森林土壌(黄楊系)	31	○	○
乾性ポツル化土壌	32	○	○
湿性ポツル化土壌	33	○	○
赤色土壌	34	○	○
赤・黄赤土壌	35	○	○
黄赤土壌	36	○	○
暗赤色土壌	37	○	○
褐色低地土壌	38	○	○
粗粒褐色低地土壌	39	○	○
粗粒灰色低地土壌	40	○	○
灰色低地土壌	41	○	○
粗粒灰色低地土壌	42	○	○
粗粒グライ土壌	43	○	○
グライ土壌	44	○	○
粗粒グライ土壌	45	○	○
高砂泥炭土壌	46	○	○
低位泥炭土壌	47	○	○
黒泥土壌	48	○	○
鉱害復旧地	49	○	○
高山性岩屑土壌・岩石地	50	○	○

表3 調査対象とした観測点と土壌統計による分類の対応確認

観測所名	観測点コード	現地調査、H/Vスペクトルから判断したグループ(A:平野部, B:山間部)	土壌統計	正誤判定
豊別	HK0115	A	43	○
旭川	HK0032	A	40	○
美瑛	HK0033	A	39	○
帯広	HK0117	A	40	○
幌加内	HK0118	A	38	○
深川	HK0093	A	65	×
滝川	HK0099	A	38	○
長和	I103K001	A	40	○
中札内	I304K001	A	39	○
東機水位流量観測所	I805K003	A	67	×
多度志観測局	I806K001	A	39	○
大島橋観測	I807K001	A	39	○
直良野	K00H07	B	65	○
占冠	S85H05	B	63	○
倶知安	S85H08	B	39	×
真狩	K00H08	B	67	○
喜茂別	S85H07	B	57	○
朝日	HK0031	B	65	○
和寒	HK0050	B	65	○
白滝	HK0036	B	56	×
倶知安	HK0095	B	57	○
幌加内分駐所	I103K002	B	39	×
倶知安道路維持構内	I801K003	B	60	○
相川	I005K001	B	38	×

4. サイト特性の修正

山間部の比較的標高が高いエリアを新たな区分として設定し回帰係数の再設定を試みる。扇状地の区分分けは国土数値情報の土壌統計を元に山地付近にあると考えられる区分を新たな区分として設定する。山地と平野の区分を国土数値情報の土壌統計から区分する事で新たな微地形分類を定義する。表2に国土数値情報の北海道における土壌統計表を示す。この表を元に山間部および平野部の分類を定めて扇状地区分に当てはまる3次メッシュをさらに平野部、山間部に分類を行う事とした。また、設定した分類に対して調査対象とした観測点が想定する分類となっているか確かめた結果を表3に示す。平野部の扇状地と判断した調査地点の正当率は83%、山間部の扇状地と判断した調査地点の正当率は66%である。山間部の正当率は若干低めではあるものの土壌統計による分類は概ね有効であると判断して、以下の分類検討を行う事とした。

扇状地区分を平野部の扇状地、山間部の扇状地とし分類し、サイト特性において微地形区分と標高からAVS30を求める関係式の係数を再設定した。回帰係数を求めるための散布図を図6から図8に示す。回帰直線から求められた係数を表4から表6に示す。その結果として修正されたサイト特性設定の回帰係数一覧を表7に示す。

以上の検討により求められた回帰係数について、修正前後のサイト特性を設定した。修正前のサイト特性を図9に示す。また修正後の回帰係数を用いて設定したサイト特性を図10に示す。扇状地に分類される地域として、例えば十勝平野の分布において係数の増加が確認され、周囲に対して高い増幅特性を示す特性に修正される結果を得た。

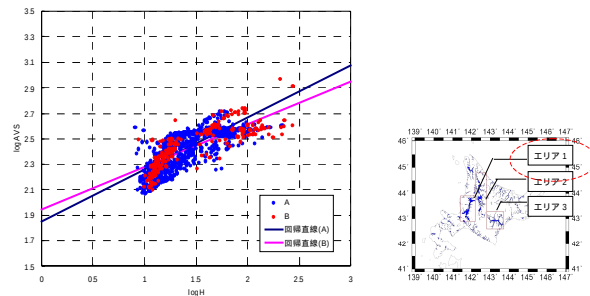


図6 係数設定のための回帰直線(エリア1)

表4 回帰直線より得られた係数

	A	B	σ	N
平野部の扇状地	1.85	0.41	0.09	985
山間部の扇状地	1.95	0.33	0.10	221

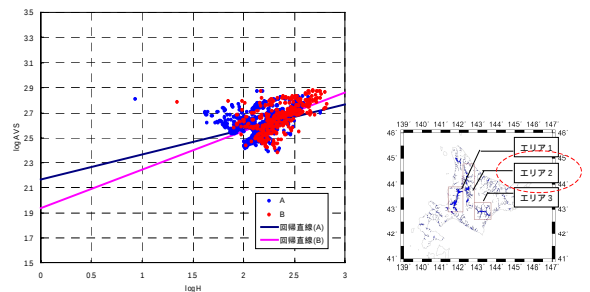


図7 係数設定のための回帰直線(エリア2)

表5 回帰直線より得られた係数

	A	B	σ	N
平野部の扇状地	2.17	0.20	0.08	975
山間部の扇状地	1.93	0.31	0.09	312

5. まとめ

国土数値情報を用いた北海道におけるサイト特性の高精度化を目的として地震観測点の現地調査、微動測定を行った。調査地点は、主に微地形区分で扇状地区分に分類される観測点とし、北海道内の KiK-net、K-NET、WISE の観測点から現地調査地点を選定し観測点周囲の確認および微動測定を行った。その結果、想定していた扇状地の地形に対して山間部の狭い河川堆積エリアについても扇状地区分とされていることを確かめた。この点を考慮して、微動測定により得られたデータから H/V スペクトルを求め、特徴的な形状からグルーピングを試みた。その結果、山間部および平野部の違いにより特徴が分かると考えられたため、微地形区分として新たに「山間部の扇状地」を設定して北海道のサイト特性を修正し、より現実に即した地震動レベルの推定を行えるようにした。今後、対象とする地震動を継続的に追加し、観測記

録との整合性を進めていく事で、サイト特性の精度をより高められると考えられ、今後も検討を進めていく。

【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) 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.
- 3) 上明戸 昇，佐藤 京，池田 隆明，西 弘明：北海道の地震動観測記録によるサイト特性設定の試み（その 2 地形区分を考慮したサイト特性の修正），土木学会北海道支部研究発表会，2007.2

表 7 修正後のサイト特性パラメーター一覧

微地形区分	係数 a	係数 b	係数 c	標準偏差 σ
埋立地	2.6			
造成地	-2.26			
三角洲・後背湿地 (D < 0.5)	2.36			0.12
三角洲・後背湿地 (D > 0.5)	2.34			0.12
自然堤防	2.34	0.07		0.21
谷床	2.68	-0.08		0.04
砂州	2.23	0.14		0.02
扇状地	2.20	0.18		0.14
扇状地(エリア 1)	1.85	0.41		0.09
扇状地(エリア 2)	2.17	0.20		0.08
扇状地(エリア 3)	2.01	0.26		0.06
ローム台地	2.04	0.21		0.1
砂礫台地	2.35	0.12		0.13
丘陵	2.5			0.14
その他	2.39	0.1		0.12
先第三紀	2.84			0.13
山間部の扇状地	2.24	0.17		0.14
山間部の扇状地(エリア 1)	1.95	0.33		0.10
山間部の扇状地(エリア 2)	1.93	0.31		0.09
山間部の扇状地(エリア 3)	1.81	0.33		0.08

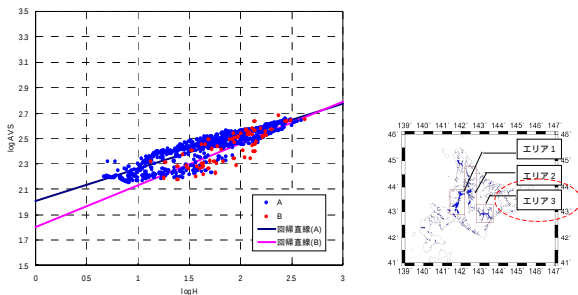


図8 係数設定のための回帰直線(エリア3)

表6 回帰直線より得られた係数

	A	B	σ	N
平野部の扇状地	2.01	0.26	0.06	683
山間部の扇状地	1.81	0.33	0.08	66

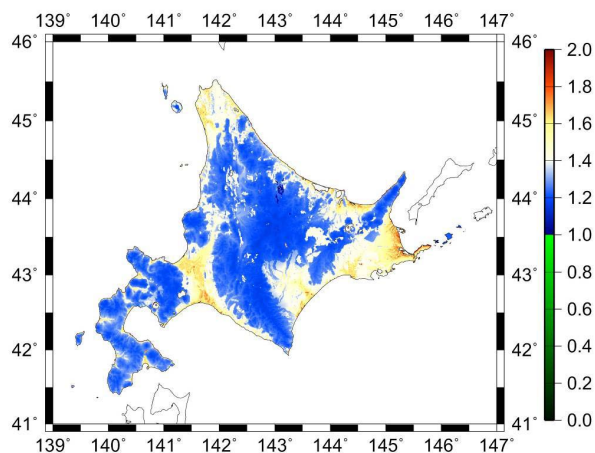


図 9 修正前のサイト特性

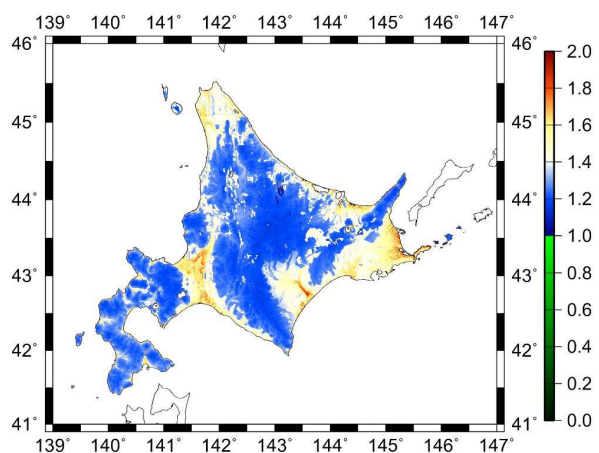


図 10 修正後のサイト特性