

2018 年北海道胆振東部地震を対象とした スペクトルインバージョンとサイト増幅特性の 分析

西川 隼人¹・野口 竜也²

¹ 正会員 福井工業大学准教授 工学部建築土木工学科 (〒910-8505 福井県福井市学園 3-6-1)

E-mail: nishikawa@fukui-ut.ac.jp

² 正会員 鳥取大学助教 学術研究院工学系部門 (〒680-8552 鳥取県鳥取市湖山町南 4-101)

E-mail: noguchit@tottori-u.ac.jp

本研究では 2018 年に発生した北海道胆振東部地震を対象に、震源域やその周辺の地震観測点の記録を用いて、スペクトルインバージョン解析を行い、震源特性、伝播経路特性、サイト増幅特性を評価した。また、既往研究で十分に評価されていない地盤条件とサイト増幅特性の関係を調べた。その結果、表層 30m の平均 S 波速度とサイト増幅特性の相関は 2Hz 付近で最も高くなった。さらに、K-NET 鶴川と K-NET 迫分を対象に、微動観測結果に基づく伝達関数とサイト増幅特性を比較した結果、ほとんどの振動数でよい対応が見られた。

Key Words: The 2018 Hokkaido Eastern Iburi Earthquake, spectral inversion, site amplification effect, average shear velocity

1. 序論

2018 年 9 月 6 日に発生した北海道胆振東部地震（気象庁マグニチュード $M_{MM}=6.7$ 、震源深さ=37km）¹⁾では、厚真町鹿沼で最大震度 7 の揺れを記録し、KiK-net 迫分（IBUH01）でも震度 7 相当の揺れを記録した。厚真町や安平町で広範囲の斜面崩壊²⁾、札幌市清田区では大規模な液状化現象による地盤変状被害が生じ³⁾、また、むかわ町などでは木造建物の倒壊などの大きな被害⁴⁾が生じた。これらの斜面崩壊や構造物被害などへの地震動の影響を把握するためには、地震動特性を詳しく調べる必要があり、例えば、スペクトルインバージョンによって、震源特性、伝播経路特性、サイト増幅特性が評価されている^{5) 6)}。ただし、これらの研究では地盤条件とサイト増幅特性の関係は十分に調べられていない。地盤条件とサイト増幅特性の関係を評価すれば、地震計が設置されていない地点でも、地盤条件からサイト増幅特性を評価でき、被災地域の地震動推定においても有用であると考ええる。

本研究では、北海道胆振東部地震の震源域やその周辺の地震観測点を対象として、スペクトルインバージョン解析⁷⁾を行い、震源特性、伝播経路特性、サイト増幅特

性を評価するとともに、既往研究で十分に分析されていない、地盤条件とサイト増幅特性の関係を調べた。検討では、微動観測結果から推定した地盤構造⁸⁾や PS 検層などから計算した表層 30m の平均 S 波速度とサイト増幅特性との関係を調べた。また、一部の地震観測点を対象に微動観測結果に基づき推定された地盤構造から求めた理論伝達関数とサイト増幅特性を比較した。

2. 解析データ

本章では解析対象とした地震の諸元と地震観測点、解析に用いた地震観測記録の条件などを説明する。

(1) 解析対象地震

解析対象とした地震は、気象庁マグニチュード M_{MM} が 4.6~6.7、震源深さが 3~38km の 9 地震である。図-1 に解析対象地震の震央分布と解析対象の地震観測点分布、表-1 に解析対象地震の諸元⁹⁾を示す。表-1 の No.1~No.5 の地震は北海道胆振東部地震とその余震、No.6~No.9 の地震は胆振地方中東部とその周辺の地域で発生した地震である。

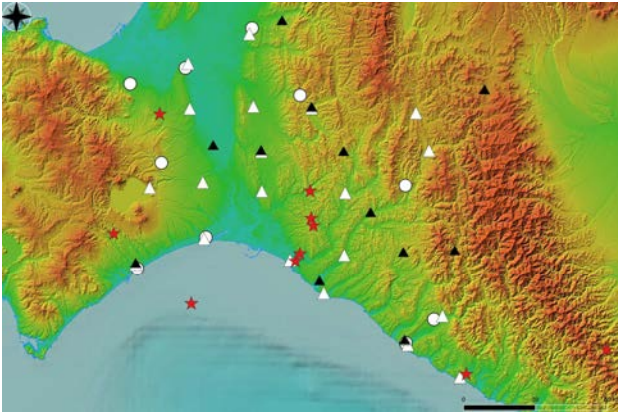


図-1 地震観測点と震央分布 (★：震央，○：気象庁，△：K-NET，▲：KiK-net)

表-1 地震の諸元

No.	地震の発生日時	震央地名	緯度 (°)	経度 (°)	震源深さ (km)	M_{JMA}
1	2018/9/6 3:7:59	胆振地方中東部	42.690	142.007	37	6.7
2	2018/9/6 3:20:11	胆振地方中東部	42.572	141.948	36	5.5
3	2018/9/6 6:11:30	胆振地方中東部	42.670	142.015	38	5.4
4	2018/10/5 8:58:49	胆振地方中東部	42.592	141.965	31	5.2
5	2019/2/21 21:22:40	胆振地方中東部	42.765	142.003	33	5.8
6	2009/10/5 9:35:13	苫小牧沖	42.453	141.558	20	4.7
7	2010/12/2 6:44:03	石狩地方中部	42.977	141.440	3	4.6
8	2011/9/7 22:29:43	日高地方中部	42.260	142.588	10	5.1
9	2014/7/8 18:05:24	胆振地方中東部	42.648	141.267	3	5.6

(2) 地震観測点

各地点で解析に用いた地震観測記録は、震源距離が80km以下であり、地盤の非線形化による影響を避けるため、最大地動加速度が水平2成分いずれも200cm/s²未満の記録である。以上の条件で解析に用いた地震観測記録は237個である。なお、気象庁の記録は表-1のNo.1, 3, 4, 5の4つの地震で得られたものである。

解析対象とした地震観測点は上記の条件で選定した記録が3つ以上の地震で得られている。地震観測点の内訳は気象庁観測点10地点、K-NET20地点、KiK-net12地点の計42地点である。

3. スペクトルインバージョンによる地震動特性の評価

本章では、スペクトルインバージョンによって、地震動を構成する震源特性、伝播経路特性、サイト増幅特性を評価する手法を説明する。

(1) スペクトルインバージョン

式(1)のように、地震動が震源特性、伝播経路特性、サイト増幅特性から構成されるものと仮定し、スペクトルインバージョン⁷⁾によって、3つの特性を分離した。

$$A_{ij}(f) = S_i(f) \cdot P_{ij}(f) \cdot G_j(f) \quad (1)$$

$A_{ij}(f)$ は*i*番目の地震における*j*番目の観測点の加速度フーリエスペクトル、 $S_i(f)$ は*i*番目の地震の震源特性、 $P_{ij}(f)$ は*i*番目の地震における*j*番目の観測点の伝播経路特性、 $G_j(f)$ は*j*番目の観測点のサイト増幅特性、 f は振動数(Hz)である。

$P_{ij}(f)$ は次式で表されるものとする。

$$P_{ij}(f) = \frac{1}{R_{ij}} \exp \left(-\frac{\pi f R_{ij}}{Q_s(f) V_s} \right) \quad (2)$$

式(2)の R_{ij} は*i*番目の地震における*j*番目の観測点の震源距離(km)である。 $Q_s(f)$ はS波に関する*Q*値であり、 V_s は伝播経路におけるS波速度である。

$A_{ij}(f)$ はS波到達から10秒間の区間を対象とした。波形を切り出す際には両端には5%のコサインテーパを施した。周波数領域は0.2Hz～10Hzを対象とし、バンド幅0.1HzのParzen windowをかけた。スペクトルは水平2成分の自乗和平方根値とした。式(1)の各特性は両辺の常用対数を取り、連立方程式を解くことによって求めた。ただし、 $S_i(f)$ と $G_j(f)$ にトレードオフの関係があるので、何らかの拘束条件が必要となる。そこで既往のスペクトルインバージョンを行った研究^{5) 9)}でも基準点となっているKiK-net 新冠(HDKH05)を基準観測点に定め、この観測点の $G_j(f)$ を拘束条件とした。スペクトルインバージョンで得られる他の地震観測点のサイト増幅特性はKiK-net 新冠(HDKH05)に対する相対的な値となる。拘束条件とするKiK-net 新冠(HDKH05)のサイト増幅特性は次節で説明する。

(2) 基準点の地盤構造最適化

基準点の地盤定数は安井他¹⁰⁾の研究を参考に、ハイブリッドヒューリスティック探索¹¹⁾を用い最適化した。最適化の対象としたのは水平2成分をTransverse成分に変換した地表と地中のスペクトルの比(以降、フーリエスペクトル比)であり、表-1の5つの地震で観測された波形から計算した幾何平均値を用いた。地震波形の計算対象区間はS波到達以降10秒間である。

地震波が最下層に鉛直入射する際のSH波伝達関数とフーリエスペクトル比がフィッティングするように、S波速度と減衰定数を同定した。第1～第3層のS波速度 V_s の探索範囲はPS検層の値の±20%とし、第4層と最下層のS波速度はPS検層の値1680m/sに固定した。

密度 ρ (t/m³)はS波速度 V_s (km/s)をパラメータとする以下の経験式¹²⁾により求め、各層の層厚はPS検層の値を用いた。

$$\rho = 0.67 \sqrt{V_s} + 1.4 \quad (3)$$

S波の減衰定数 h_s は振動数に依存する式(4)で表した。

$$h_s = h_0 f^a \quad (4)$$

h_s は層ごとに評価し、 h_0 は0~1、 a は0~1.5の範囲で探索した。フーリエスペクトル比における解析対象範囲は1~10Hz、世代数300、標本数30、乱数の初期値4830、交差確率0.7、突然変異率0.01とした。

表-2に同定したKiK-net新冠(HDKH05)の地盤定数、図-2に観測記録から計算したフーリエスペクトル比と同定した地盤構造から計算したSH波伝達関数(E+F)を示す。スペクトルインバージョンを行う際は表-2の地盤定数を用いて計算した、図-3の2E入力に対するSH波伝達関数を拘束条件として用いた。なお、最下層のS波速度 V_s と地震基盤の V_s が異なることから、KiK-net新冠の最下層と地震基盤のインピーダンス比 $\sqrt{\rho_b V_{sb} / (\rho V_s)}$ によって伝達関数を補正した。既往研究⁹⁾を参考に、 $\rho_b=2.7\text{t/m}^3$ 、 $V_{sb}=3400\text{m/s}$ 、KiK-net新冠のPS検層最下層データより、 $\rho=2.27\text{t/m}^3$ 、 $V_s=1680\text{m/s}$ とした。

4. 解析結果

4章ではスペクトルインバージョンの結果、得られた震源特性、伝播経路特性、サイト増幅特性を示すとともに、地盤条件とサイト増幅特性の関係を調べた。

(1) スペクトルインバージョンの結果

スペクトルインバージョンの結果、得られた震源特性 $S_i(f)$ から、次式で¹³⁾震源スペクトル $O_i(f)$ を評価した。

$$O_i(f) = \frac{S_i(f)}{\frac{R_{\theta\phi} F_s P_{RTITN}}{4\pi\rho V_s^3}} \quad (5)$$

ここに、 $R_{\theta\phi}$ はラディエーションパターン係数、 F_s は自由地表面の増幅効果を表す係数、 P_{RTITN} はエネルギー分配係数である¹⁴⁾。 $R_{\theta\phi}$ はラディエーションパターン係数の対数平均値であり、0.55¹⁵⁾、 F_s は2、 P_{RTITN} は1とした。

図-4に式(5)により計算した震源スペクトル $O_i(f)$ 、図-5に本震の震源スペクトル $O_1(f)$ と ω^2 モデルによる $M(f)$ の対応を示す。 $M(f)$ は次式によって計算した。

$$M(f) = \frac{M_0(2\pi)^2}{1+f^2/f_c^2} \quad (6)$$

M_0 は地震モーメント($\text{dyne} \cdot \text{cm}$)、 f_c はコーナー振動数(Hz)である。 M_0 はF-net¹⁶⁾の値($1.0 \times 10^{26} \text{dyne} \cdot \text{cm}$)、 f_c は友澤他⁹⁾の値0.24Hzを用い、 $M(f)$ を求めた。図-5を見ると、本震の $O_1(f)$ と $M(f)$ が概ね対応していることが分かる。続いて、図-6にS波の伝播経路での減衰の特性を表す

Q_s 値と既往研究⁹⁾の値を示した。同図を見て、明らかにように本研究と既往研究の Q_s 値がよく対応していることが分かる。

次に解析対象の地震観測点の中で震度6強以上の揺れを記録した地点のサイト増幅特性の特徴を考察する。図-7に震度6強、震度7を記録した5地点のサイト増幅特性を示す。K-NET 穂別(HKD125、計測震度=6.1)は増幅度に明瞭なピークが見られず、2~7Hzの増幅度の変動が小さい。K-NET 鶴川(HKD126、計測震度=6.4)のサイト増幅特性では0.9Hzと2Hz付近にピークが見られ、低振動数で増幅度が高い。K-NET 鶴川の北東側の地域で複数の木造建物に大きな被害が出ており⁴⁾、1Hz前後の増幅特性が被害に影響を及ぼした可能性がある。

表-2 KiK-net新冠(HDKH05)の同定地盤定数

No.	層厚 (m)	密度 (t/m^3)	S波速度 (m/s)	h_0	a
1	2	1.70	204	0.17	0.97
2	4	1.81	378	0.16	1.06
3	34	2.03	876	0.11	1.17
4	60	2.27	1680	0.36	0.43
5	-	2.27	1680		

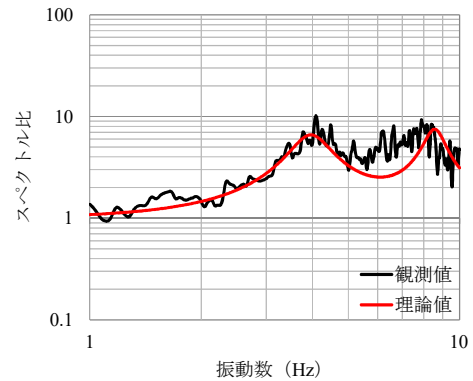


図-2 KiK-net新冠(HDKH05)のフーリエスペクトル比とSH波伝達関数(E+F)

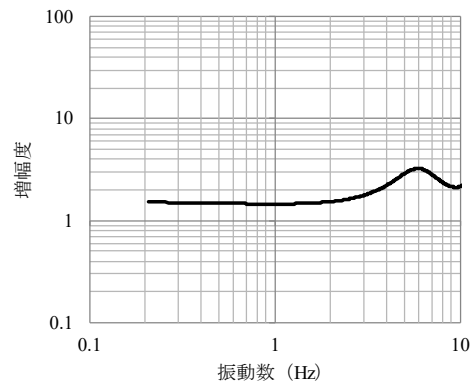


図-3 KiK-net新冠(HDKH05)のSH波伝達関数(2E)

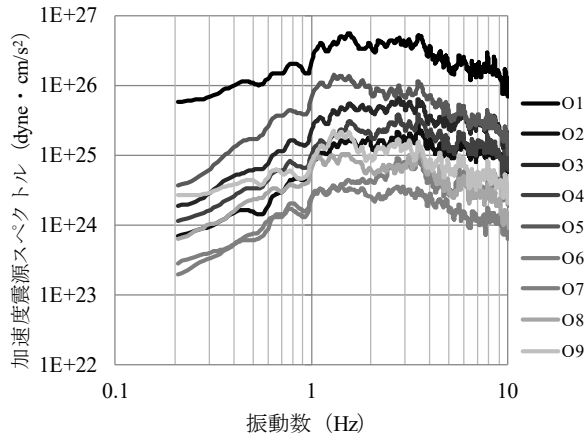


図4 加速度震源スペクトル

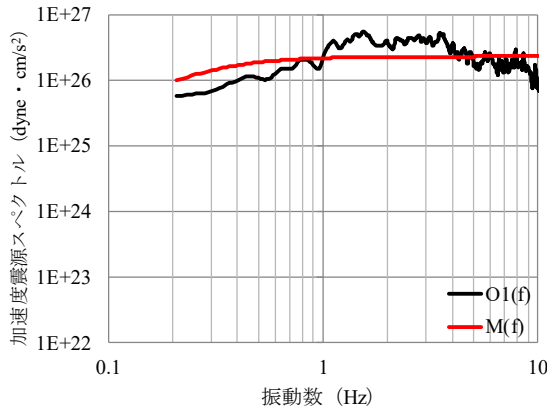


図5 加速度震源スペクトル $O_1(f)$ と $M(f)$

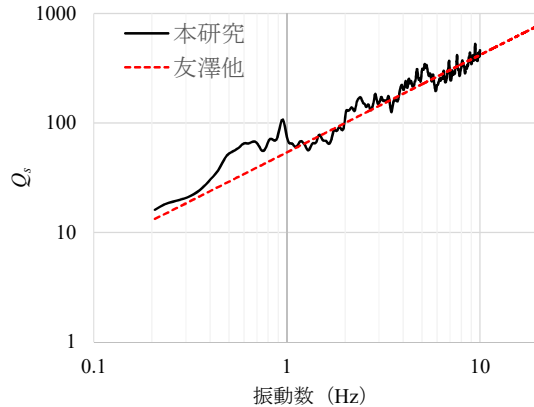


図6 本研究と既往研究⁹⁾の Q_s 値

観測点間の直線距離が約 100m の K-NET 追分 (HKD127, 計測震度=6.4) と KiK-net 追分 (IBUH01, 計測震度=6.7) は 1Hz 以下のサイト増幅特性がほとんど等しいが、2Hz よりも高振動数側では増幅度に違いが見られる。K-NET 早来 (HKD128, 計測震度=6.4) のサイト増幅特性では 1~2Hz にピークがあり、ピークの増幅度は 10 を超える大きな値となった。

(2) 平均 S 波速度とサイト増幅特性の関係

続いて、地盤条件とサイト増幅特性の関係を調べた。

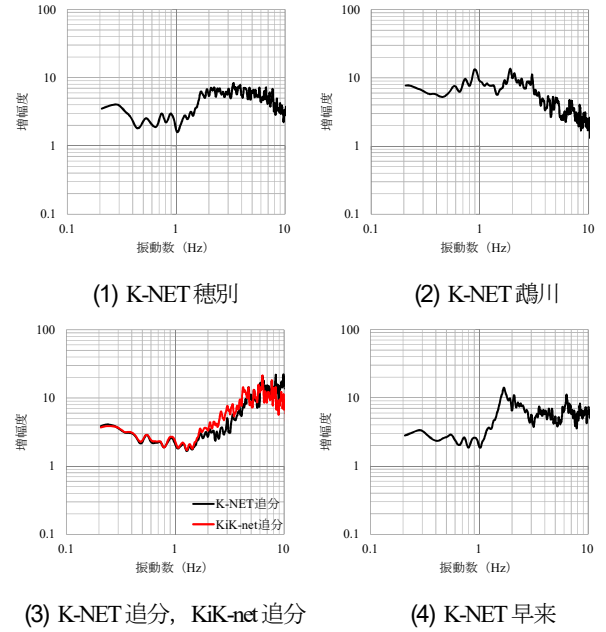


図7 サイト増幅特性

表-3 微動観測結果に基づく推定地盤構造⁸⁾

(1) K-NET 鶴川

(2) K-NET 追分

層厚(m)	$\rho(t/m^3)$	$V_p(m/s)$	$V_s(m/s)$
6	1.2	1380	80
15	1.5	1460	150
40	1.7	1570	250
40	1.9	1900	550
∞	2.2	2620	1200

層厚(m)	$\rho(t/m^3)$	$V_p(m/s)$	$V_s(m/s)$
2	1.5	1430	130
5	1.6	1470	160
30	1.9	1900	550
60	2.1	2070	700
∞	2.2	2620	1200

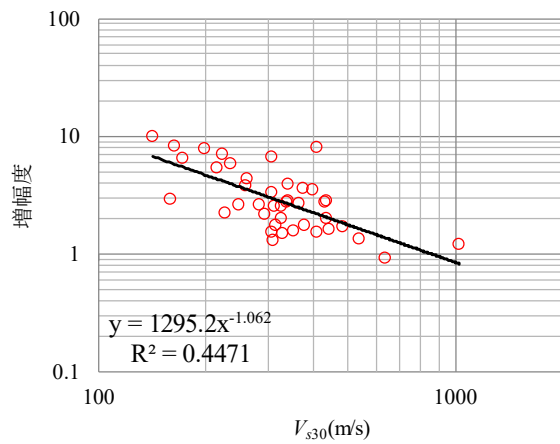
ここでは地盤条件を表す一般的な指標の 1 つである表層 30m の平均 S 波速度 V_{S30} ¹⁷⁾を検討に用いた。K-NET 鶴川 (HKD126) と K-NET 追分 (HKD127) は表-3 の微動観測結果から推定した地盤構造⁸⁾から V_{S3} を計算したが、その他の K-NET 観測点では最大でも地表から深さ 20m までしか S 波速度構造が分からないため、公開されている S 波速度の情報と次式¹⁸⁾から表層 30m までの平均 S 波速度を計算した。

$$\log_{10} V_{S30} = a \log_{10} V_{SZ} + b \log_{10} V_S + c \quad (7)$$

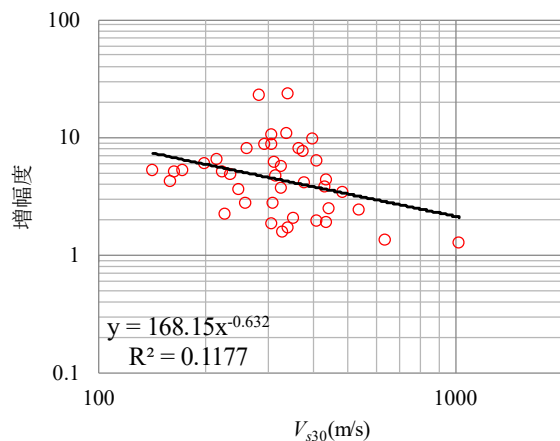
V_{SZ} は深さ z までの地盤の平均S波速度、 V_S は最深部 z での S 波速度、 a , b , c は回帰係数である。 V_{SZ} は式(8)で求めた。

$$V_{SZ} = \frac{z}{\sum \frac{h_i}{V_{Si}}} \quad (8)$$

h_i は層番号 i の層厚、 V_{Si} は層番号 i の S 波速度である。KiK-net 観測点の V_{S30} は公開されている S 波速度構造の情



(1) 2Hz



(2) 5Hz

図-8 V_{s30} とサイト増幅特性の増幅度

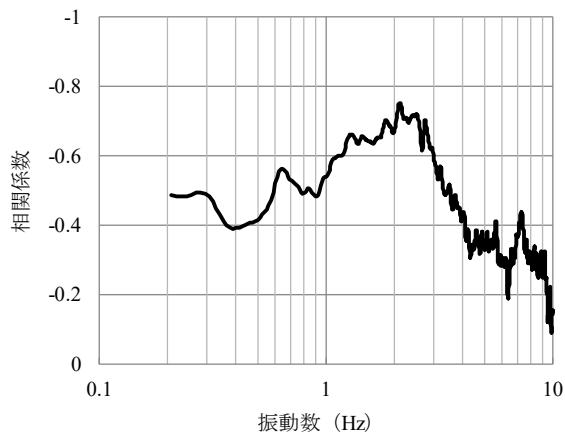
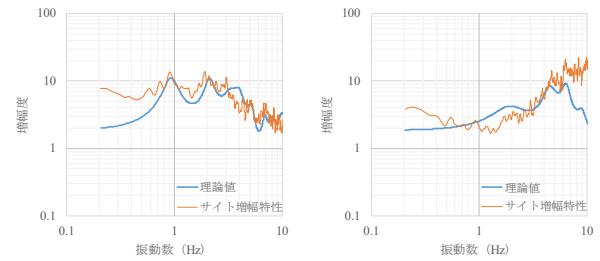


図-9 V_{s30} とサイト増幅特性の相関係数

報を用い、式(8)により計算し、気象庁はJ-SHISの250mメッシュの V_{s30} の情報¹⁹⁾を用いた。

図-8に V_{s30} とサイト増幅特性の2Hz、5Hzの増幅度の対応、図-9に V_{s30} とサイト増幅特性の常用対数値を線形回帰した際に得られる相関係数を振動数ごとに示す。

図-8(1)の2Hzを見ると、 V_{s30} が大きくなるほど、増幅度が小さくなる傾向が見られるが、(2)の5Hzでは



(1) K-NET 鶴川

(2) K-NET 追分

図-10 微動観測結果に基づくSH波伝達関数とサイト増幅特性

$V_{s30}=300\text{m/s}$ 付近で増幅度が最も大きく、全体的に見て、 V_{s30} と増幅度の相関は高くない。次に図-9の V_{s30} とサイト増幅特性の相関係数を見ると、2Hz前後で相関係数が高くなっており、既往研究²⁰⁾と調和的な傾向を示した。

最後にK-NET 鶴川とK-NET 追分を対象に、微動観測結果による推定地盤構造(表-3)から計算したSH波伝達関数(2E)とサイト増幅特性を図-10に示す。図-10凡例の理論値はSH波伝達関数(2E)である。重複反射理論によって伝達関数を計算する際はSH波が最下層に鉛直入射すると仮定するとともに、減衰定数を $7.5/V_s$ とした。また、伝達関数には推定地盤構造の最下層と地震基盤のインピーダンス比による補正を行った。

図-10を見ると、K-NET 鶴川は0.9Hzと2Hz付近のピークが概ね一致しており、0.7Hz以上では全体的に見て、SH波伝達関数とサイト増幅特性が対応している。続いて、K-NET 追分を見ると、低振動数と6Hz以上ではSH波伝達関数とサイト増幅特性の増幅度に違いが見られものの、それ以外の振動数では両者は概ね対応していることが分かる。

4. 結論

本研究では2018年に発生した北海道胆振東部地震を対象に、スペクトルインバージョンによって、地震動特性を評価するとともに、既往研究では十分に評価されていない地盤条件とサイト増幅特性の関係を調べた。

解析の結果、本震の震源特性から評価した震源スペクトルは ω^{-2} 則のスペクトルと概ね対応した。また、伝播経路特性を表す Q_s 値は既往研究の値とよく対応することが明らかになった。続いて、表層30mの平均S波速度とサイト増幅特性との相関関係を調べた結果、2Hz前後で両者の相関が最も高くなり、既往研究と同様の傾向が見られた。

最後に、K-NET 鶴川とK-NET 追分を対象に、微動観測結果に基づくSH波伝達関数とサイト増幅特性を比較した結果、ほとんどの振動数でよい対応が見られた。

今後は表層30mの平均S波速度以外の指標とサイト増幅特性との関係を調べるとともに、気象庁などの地震

観測点を増やして、再度、スペクトルインバージョンなどの解析を行う予定である。

謝辞：本研究では気象庁、国立研究開発法人 防災科学技術研究所の K-NET、KiK-net 観測記録を使用させて頂きました。地盤構造の同定の際には早稲田大学の安井譲先生ご提供のプログラムを使用させて頂きました。一部の図の作成において、QGIS²¹⁾、国土地理院の地理院タイル²²⁾を利用させて頂きました。標高図の海域部は海上保安庁海洋情報部の資料を使用して作成しました。また、本研究は JSPS 科研費 JP20K05028 (研究代表者：野口竜也)、および、令和 2 年度金井学園若手研究者育成研究費の助成を受けたものです。記して御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 気象庁：災害時地震報告 平成 30 年北海道胆振東部地震 https://www.jma.go.jp/jma/kishou/books/saigaiji/saigaiji_201901.pdf, (2020 年 9 月 5 日閲覧)。
- 2) 地盤工学会：平成 30 年北海道胆振東部地震による地盤災害調査団最終報告書, pp.119-145, 2019, https://www.jiban.or.jp/file/saigai/H30_Hokkaido_EQ_FinalReport.pdf, (2020 年 9 月 7 日閲覧)。
- 3) 地盤工学会：平成 30 年北海道胆振東部地震による地盤災害調査団最終報告書, pp.20-69, 2019, https://www.jiban.or.jp/file/saigai/H30_Hokkaido_EQ_FinalReport.pdf, (2020 年 9 月 7 日閲覧)。
- 4) 中澤駿佑, 境 有紀, 汐満将史, 三木彩加, 新井蒼太：2018 年北海道胆振東部地震における強震観測点周辺の状況と発生した地震動との対応性, 日本地震工学会論文集, 第 19 巻, 第 7 号, pp.7_67-7_104, 2019。
- 5) 佐藤智美：2018 年北海道胆振東部地震の広帯域震源モデルと強震動特性, 日本建築学会構造系論文集, 第 84 巻, 第 763 号, pp.1175-1185, 2019。
- 6) 友澤裕介, 加藤研一, 野尻揮一朗：スペクトルインバージョン解析に基づく平成 30 年北海道胆振東部地震の震源特性・伝播経路特性・サイト増幅特性の推定, 第 19 巻, 第 4 号, pp.4_170-4_174, 2019。
- 7) 岩田知孝, 入倉孝次郎：観測された地震波から、震源特性・伝播経路特性及び観測点近傍の地盤特性を分離する試み, 地震 第 2 輯, 第 39 巻, pp.579-593, 1986。
- 8) 野口竜也, 西村 武, 小野祐輔, 河野勝宣, 日比慧慎：平成 30 年北海道胆振東部地震の被害地域における微動観測および臨時地震観測, 第 39 回地震工学研究発表会, 論文番号 A14-1414, 2019。
- 9) 気象庁 地震月報 (カタログ編) : <https://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/bulletin/index.html>, (2020 年 9 月 6 日閲覧)。
- 10) 安井 譲, 西川隼人, 前田寿朗：地震動 H/V スペクトル比を逆算して地盤の諸定数を同定する方法に関する基礎的検討, 日本建築学会学術講演梗概集, pp.59-60, 2015。
- 11) 山中浩明：ハイブリッドヒューリスティック探索による位相速度の逆解析, 物理探査, 第 60 巻, 第 3 号, pp.265-275, 2007。
- 12) 小林喜久二, 阿部康彦, 植竹富一, 真下 貢, 小林啓美：地震動初期微動部の上下動・水平動スペクトル振幅比の逆解析, 日本建築学会学術講演梗概集, pp.307-308, 1995。
- 13) 佐藤智美：スペクトルインバージョンと経験的グリーン関数法に基づく 2009 年駿河湾の地震の震源モデルの推定, 日本建築学会構造系論文集, 第 75 巻, 第 658 号, pp.2153-2162, 2010。
- 14) Boore, D. M. : Stochastic simulation of high frequency ground motions based on seismological models of the radiated spectra, *Bull. Seism. Soc. Am.*, Vol.73, pp.1865-1894, 1983。
- 15) Boore, D. M. and J. Boatwright : Average bodywave radiation coefficients, *Bull. Seism. Soc. Am.*, Vol.74, pp.1615-1621, 1984。
- 16) 広帯域地震観測網 F-net : <https://www.fnet.bosai.go.jp/top.php?LANG=ja>, (2020 年 8 月 31 日閲覧)。
- 17) 翠川三郎, 松岡昌志, 作川孝一：1987 年千葉県東方沖地震の最大加速度・最大速度にみられる地盤特性の評価, 日本建築学会構造系論文報告集, 第 442 巻, pp.71-78, 1992。
- 18) 翠川三郎, 野木淑裕：深さ 30m までの地盤の平均 S 波速度を深さの浅いデータから推定する方法について, 日本地震工学会論文集, 第 15 巻, 第 2 号, pp.2_91-2_96, 2015。
- 19) J-SHIS 地震ハザードステーション : <http://www.j-shis.bosai.go.jp/map/>, (2020 年 8 月 31 日閲覧)。
- 20) 三浦弘之：平均 S 波速度による地盤増幅特性の評価, 第 48 回地震動シンポジウム, pp.55-62, 2018。
- 21) QGIS ホームページ : <https://www.qgis.org/ja/site/index.html>, (2019 年 9 月 2 日閲覧)。
- 22) 国土地理院ホームページ, 地理院タイル一覧 : <https://maps.gsi.go.jp/development/ichiran.html>, (2019 年 9 月 3 日閲覧)。

SPECTRAL INVERSION AND ANALYSIS OF SITE AMPLIFICATION EFFECTS FOR THE 2018 HOKKAIDO EASTERN IBURI EARTHQUAKE

Hayato NISHIKAWA and Tatsuya NOGUCHI

In this study, we evaluated the source effects, path effects, and site amplification effects by spectral inversion analysis using

the records of the seismic observation sites in and around the epicenter area of the 2018 Hokkaido Eastern Iburi earthquake. We also investigated the relationship between ground conditions and site amplification effects, which have not been sufficiently evaluated in previous studies. As a result, the correlation between the average S-wave velocity at the surface layer of 30 m and the site amplification effect was highest around 2 Hz. Furthermore, comparing the transfer function calculated based on the microtremor observation with the site amplification effects for K-NET Mukawa and K-NET Oiwake, good correspondence were seen at almost all frequencies.