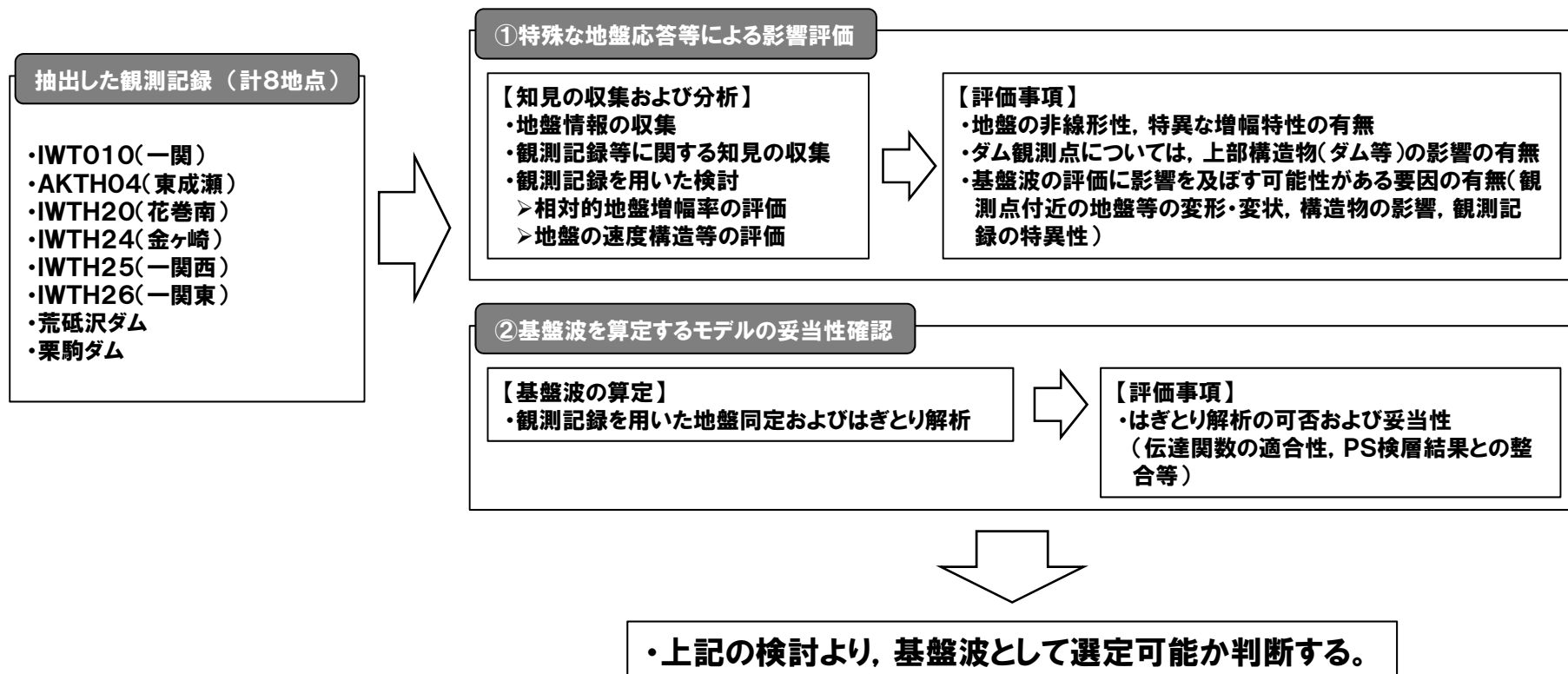


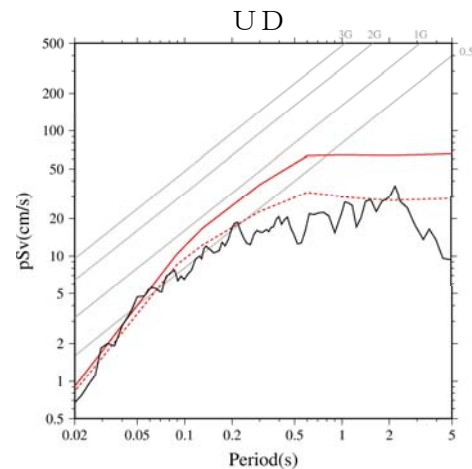
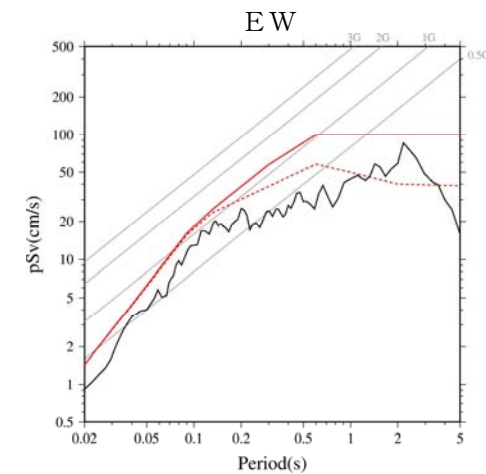
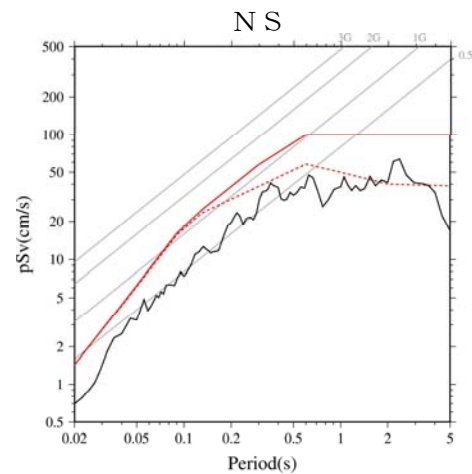
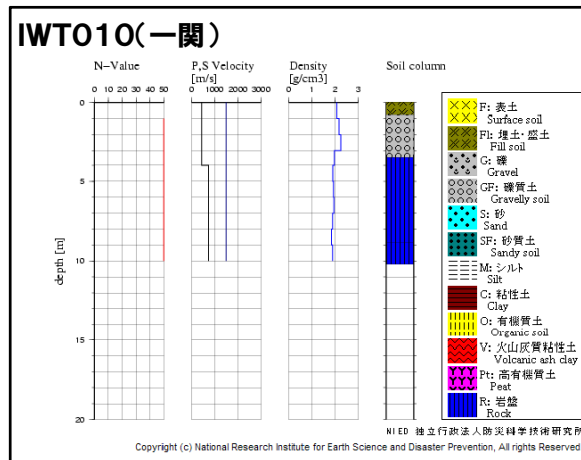
3. 地震観測記録の分析・評価

- 前項の観測記録の収集・分析において、敷地に及ぼす影響が大きいと考えられるものとして抽出した観測記録について、以下の観点で記録の分析・評価を実施する。
 - ・特殊な地盤応答等による影響評価(地盤情報の収集, 各種知見の収集・整理, 相対的地盤増幅率の評価, 地盤の速度構造等の評価)
 - ・基盤波を算定するモデルの妥当性確認(観測記録を用いた地盤同定およびはぎとり解析)



K-NET観測点に関する検討

●K-NET観測点のうち、加藤ほか(2004)の応答スペクトルを上回る観測記録(IWT010(一関))について、地盤情報を収集整理し、基盤地震動としての評価を実施する。



— IWT010一関
 — 加藤ほか(2004) [Vs=700m/s] ... 加藤ほか(2004) [Vs=2200m/s]
 — 加藤ほか(2004) [Vp=2000m/s] ... 加藤ほか(2004) [Vp=4200m/s]

●IWT010(一関)は、表層のVsは430m/sであるが、深さ4mでVs=730m/sの層となっており、観測記録の応答スペクトルは、一部の周期帯で加藤ほか(2004)を上回る。

3.2 KiK-net—関西観測点

—関西観測点(KiK-net)に関する既往の知見 (Aoi et al. (2008))

- 上向きの地震動の振幅が下向きの2倍以上も大きい上下非対称な地震動は、線形・非線形の波動伝播理論では説明できず、トランポリン上で跳ねている物体の運動に類似していることから、トランポリンモデルを提唱した。
- 弾性的な振る舞いと粒状的な振る舞いの中間的振る舞い(トランポリンモデル)による模擬波形は、一関西観測点(KiK-net)で観測された非常に大きな加速度波形の性質をよく再現していると評価。

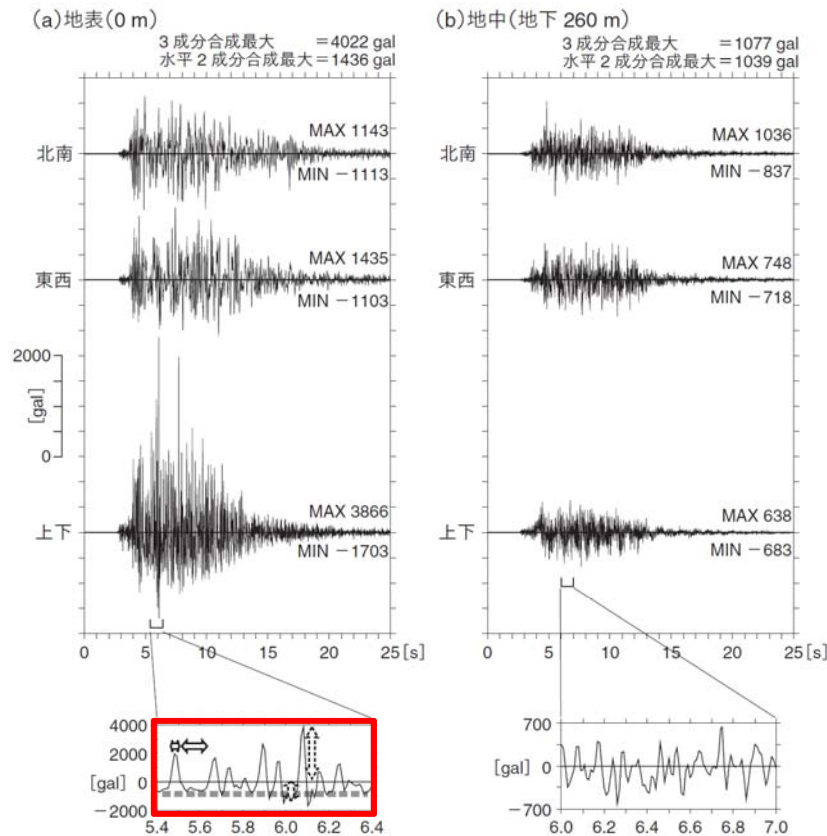


図1—KiK-net—関西観測点で記録された加速度記録(左は地表, 右は地中-260 m)。波形右側に示したMAX, MINはそれぞれプラス(北, 東, 上)方向, マイナス(南, 西, 下)方向の最大加速度(gal)。最下段は, 下動に関し, 最大値を含む1秒間の波形の拡大図。地表の拡大図中の矢印は振幅(点線)と周期(実線)の非対称性を, 太点線は $-1g$ の頭打ちを示す。

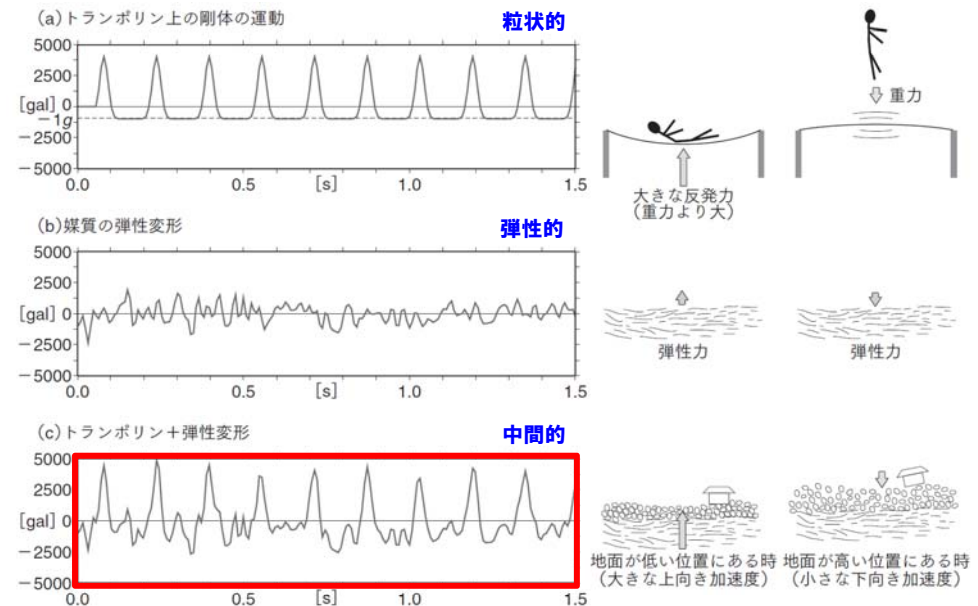


図2—(a)トランポリン上の剛体運動を単純化したモデル。(b)媒質の弾性変形。(c)トランポリン上の剛体運動と媒質の弾性変形の和。KiK-net—関西観測点で記録された地表加速度上下動の特徴(振幅と周期の非対称性)をよく再現している。

—関西観測点(KiK-net)に関する既往の知見 (大町ほか(2011))

- 一関西観測点で観測された極めて大きな強震記録(上下動)は、強大な地震動入力によって地震観測小屋がロッキング振動で浮き上がり、地面と再接触した際の衝撃力の影響が強く反映している可能性が高いことを指摘している。
- 観測小屋が基礎の浮き上がりに伴うロッキング応答をする時、基礎と地面と再接触する際の衝撃力で、上向きのパルス状大加速度が発生することを振動台実験と数値解析で確認。
- 二次元FEMを用いて、観測小屋の浮き上がりと地盤との接触を含む非線形解析を行い、地表記録と類似した地震応答解析結果が得られたとしている。

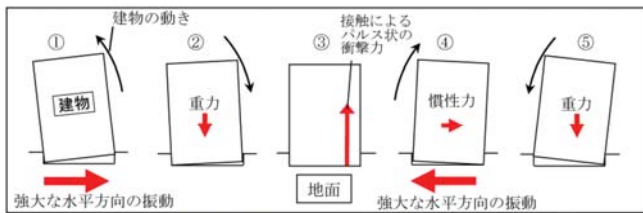


図8 強大な水平入力地震動による浮き上がりに伴うロッキング振動の模式図

ロッキング振動模式図

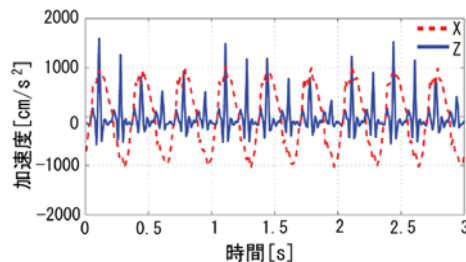
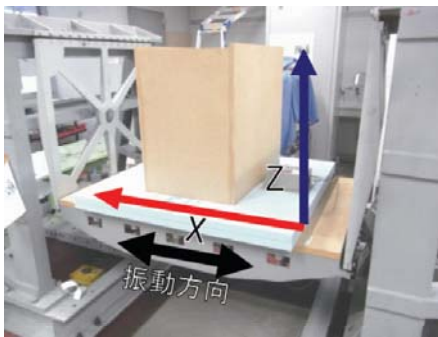


図10 最大加速度900gal入力時の水平方向(X)と上下方向(Z)の応答加速度

振動台実験 模型図と応答加速度結果

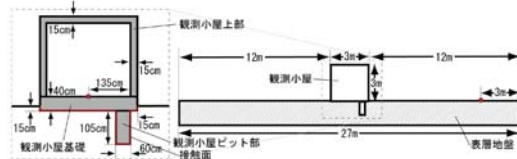


図16 有限要素モデル概要図

表2 有限要素解析モデルの物性値

	密度 (t/m ³)	ポアソン比	ヤング率 (GPa)	粘着力	摩擦係数
観測小屋上部	0.85	0.20	6.8	—	—
観測小屋基礎	2.4	0.20	22	—	—
観測小屋ビット部	0.50	0.20	1.9	—	—
表層地盤	1.6	0.33	0.51	—	—
接触面	—	—	—	0	0.50

有限要素解析モデル概要図, モデル物性値

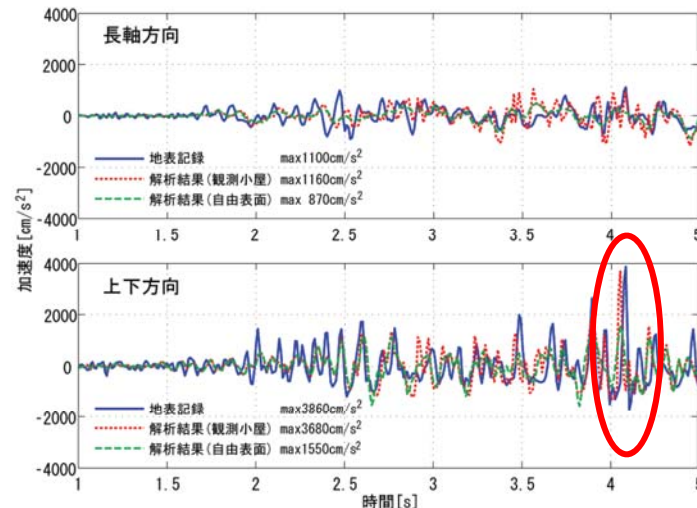


図17 本震の強震時加速度時刻歴の比較

3.2 KiK-net—関西観測点

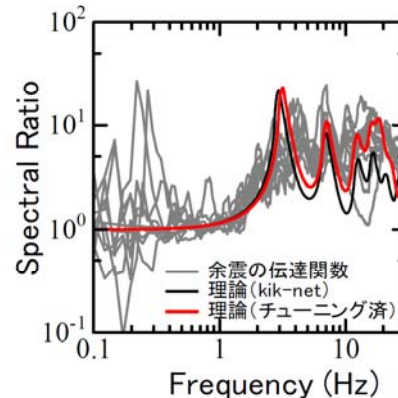
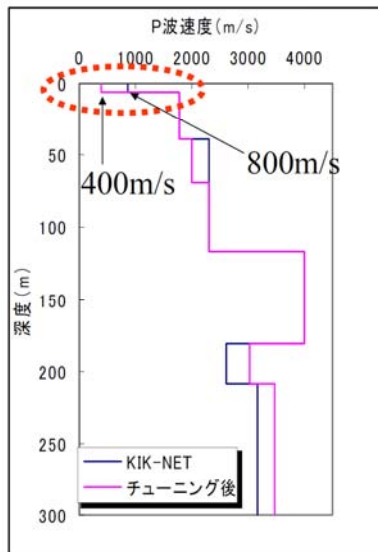
—関西観測点(KiK-net)に関する既往の知見 (入倉・倉橋(2008))

- KiK-netボーリングデータによる理論伝達関数は、観測記録から推定される伝達関数と比較して、高周波帯域で過小評価と考えられるため、余震記録および本震記録を用いて地盤構造を再評価。
- 再評価した地盤モデルから計算された理論伝達関数を用いて、地中記録から地表波形を再現すると観測記録にほぼ対応することを指摘。
- 但し、このモデルでは、観測記録に見られる上下動の非対称性は説明できず、別の要因(トランポリン効果など)を考える必要があるとしている。

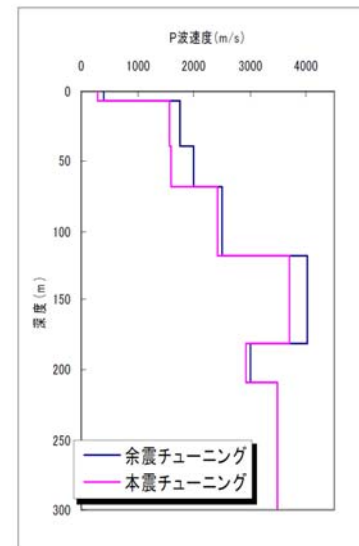
主な地盤構造の変更点

第一層のP波速度

850m/s → 400m/s に変更により
高周波の振幅を大きくする。

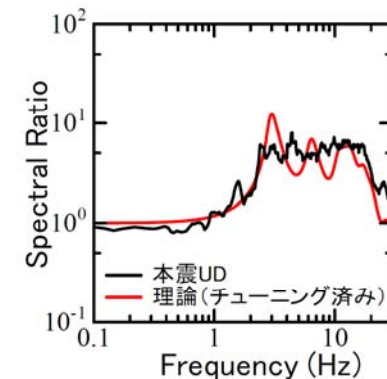


余震記録を考慮した地盤構造の再評価



振幅を下げるために、Q値を劇的に小さくしている。

各層 Q=10程度



本震記録を考慮した地盤構造の再評価

3.2 KiK-net—関西観測点

●岩手・宮城内陸地震については、IWTH25(一関西)とその他の観測点で観測された本震記録の加速度レベル(短周期側の地震動レベル)に大きな差異がみられることから、それらの要因について、以下の検討方針に基づき詳細検討を実施する。

●本震観測記録の加速度レベルが大きいIWTH25(一関西)について、岩手・宮城内陸地震震源近傍の5地点との地盤増幅の相違※を把握する。

●なお、検討に用いる観測記録は、IWTH25(一関西)[地中]の観測記録を用いる。

※ IWTH25(一関西)で得られた観測記録と震源近傍の5地点の観測記録の応答スペクトル比を求め、増幅の相違(相対的地盤増幅率)を評価する。

$$\Delta G(T) = \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M \log \left[\frac{Sa_{1,m}(T)}{Sa_{2,m}(T)} \cdot \frac{X_{1,m}}{X_{2,m}} \right]$$

$\Delta G(T)$: Sa_2 に対する地盤増幅率(相対的地盤増幅率)

$Sa_1(T)$: KiK-net一関西[地中](IWTH25)

$Sa_2(T)$: KiK-net一関東[地中](IWTH26)

KiK-net金ヶ崎[地中](IWTH24)

KiK-net東成瀬[地中](AKTH04)

KiK-net鳴子[地中](MYGH02)

栗駒ダム[右岸地山]

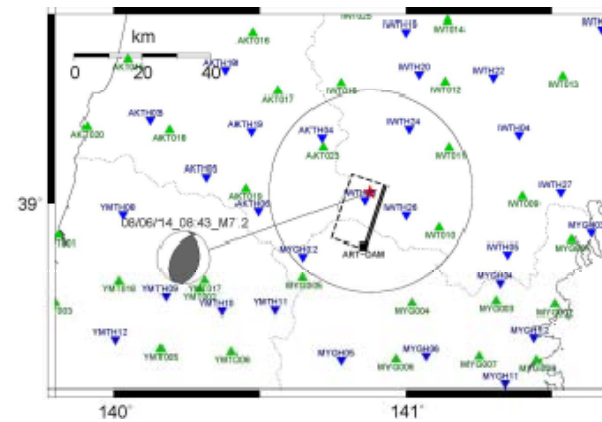
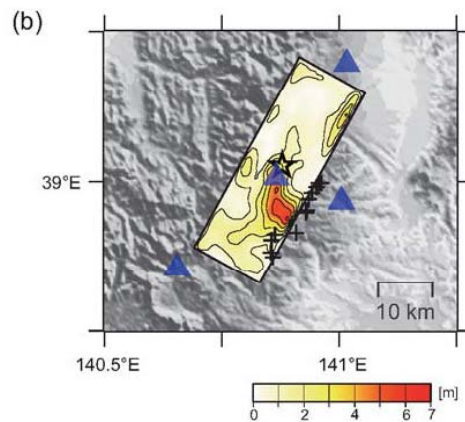
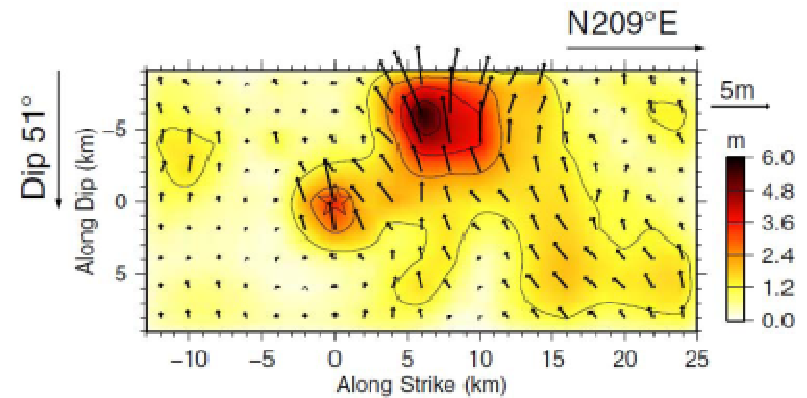
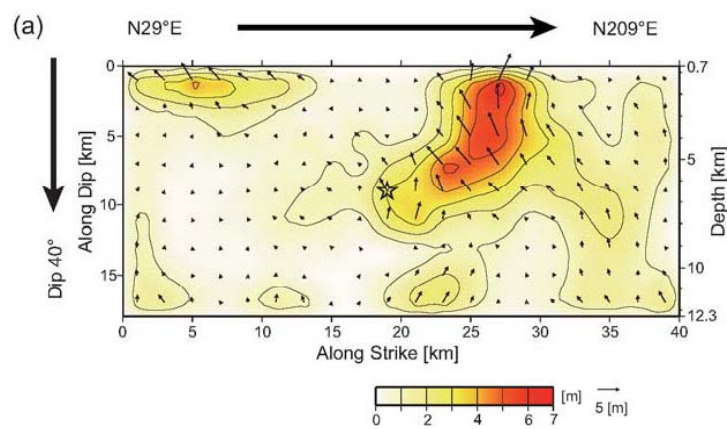
X_1 : Sa_1 の震源距離

X_2 : Sa_2 の震源距離

3.2 KiK-net—関西観測点

岩手・宮城内陸地震本震のアスペリティ位置に関する知見

●2008年岩手・宮城内陸地震は、震源領域の中心～南側に主なアスペリティがあるとされている。



(1) Suzuki et al. (2010)

(2) Asano and Iwata (2011)

3.2 KiK-net—関西観測点

検討対象地震

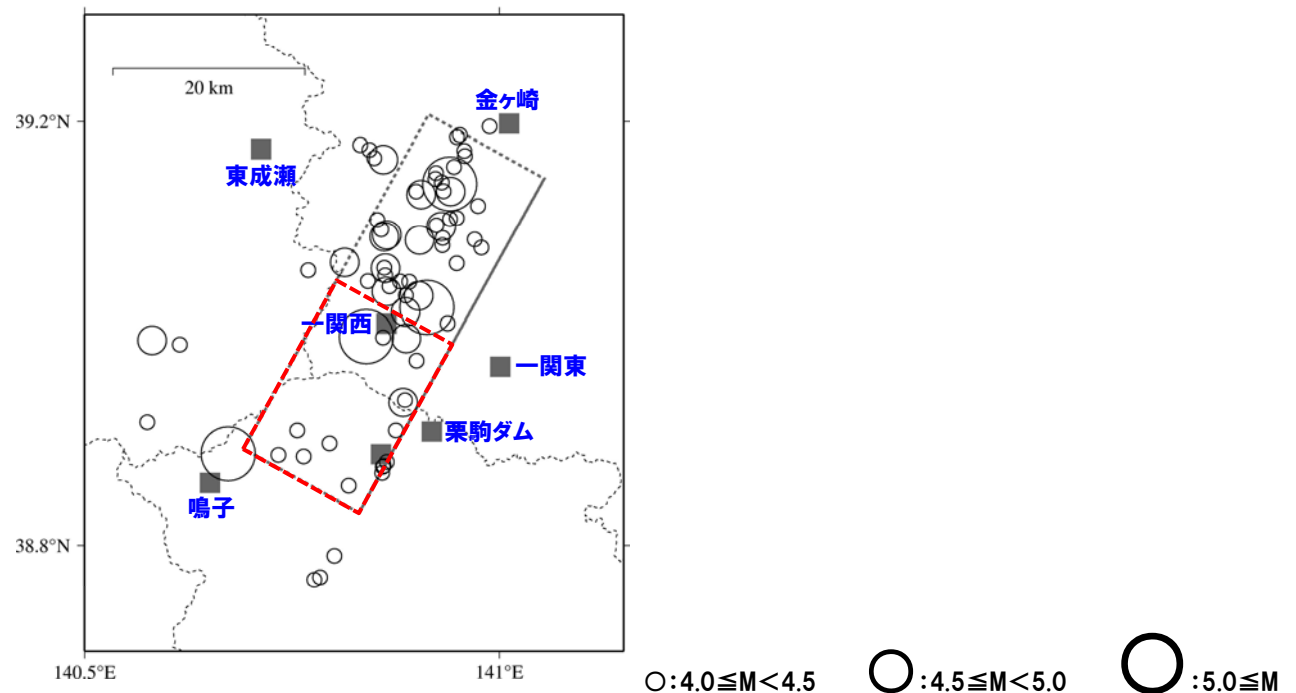
●以下の条件に基づき、検討地震を選定する。

- ・IWTH25(一関西)で観測記録が得られている2008年～2013年の地震
- ・ $M \geq 4.0$ の内陸地殻内地震(2008年岩手・宮城内陸地震の本震は除外)^{※1}
- ・検討対象地震の範囲は、本震のアスペリティ位置を踏まえ、本震の震源領域中心～南側の地震^{※2}

●検討地震の震央分布は、以下の赤枠内の通り。(地震諸元は、気象庁による)

※1 一般的な地盤増幅特性を評価するため、中小地震を用いる。

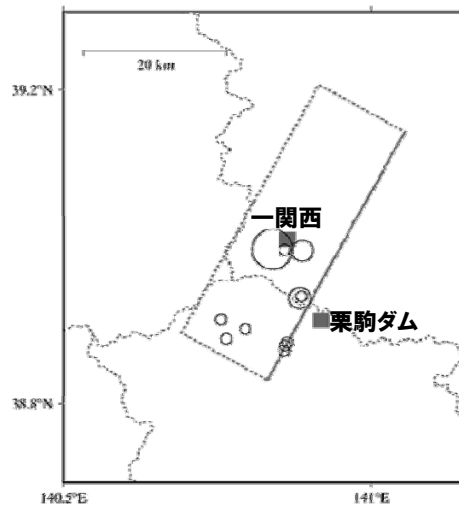
※2 2008年岩手・宮城内陸地震は、震源領域の南側の活動(主なアスペリティは、震源領域の中心～南側)が地震の特徴を主に表しているため、この範囲を検討対象とすることで、本震時の各観測点間の特徴を把握する。



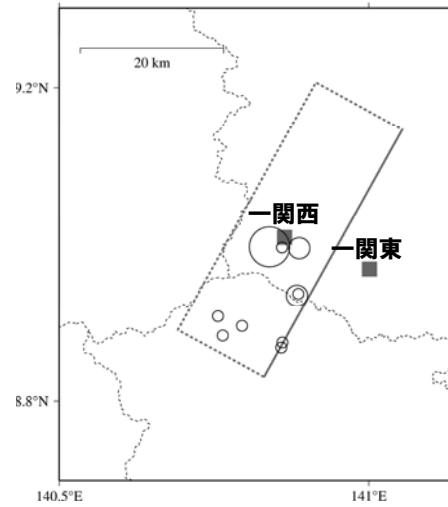
3.2 KiK-net—関西観測点

IWITH25(—関西)を対象とした相対的地盤増幅率

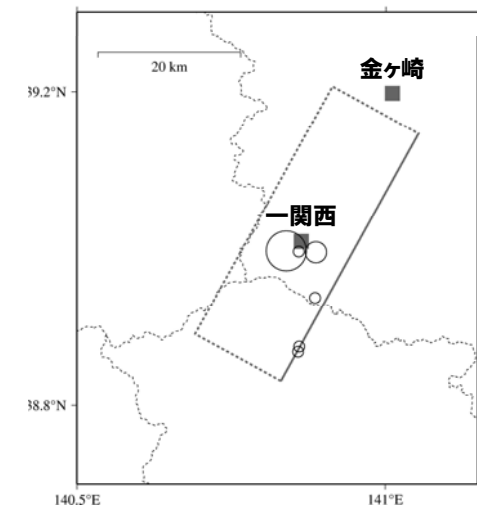
●震源近傍に位置する5地点を基準としたIWITH25(—関西)の相対的地盤増幅率を評価する。



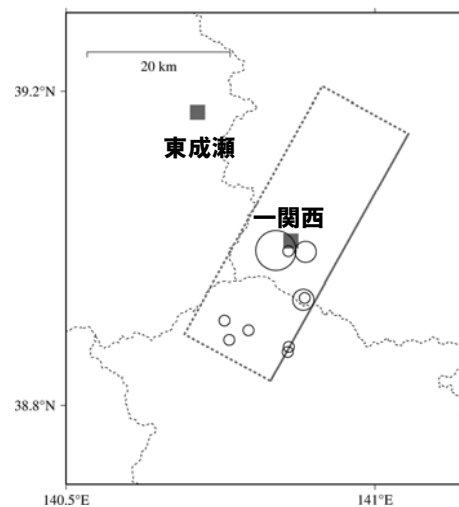
IWITH25(—関西)/栗駒ダム[地山]



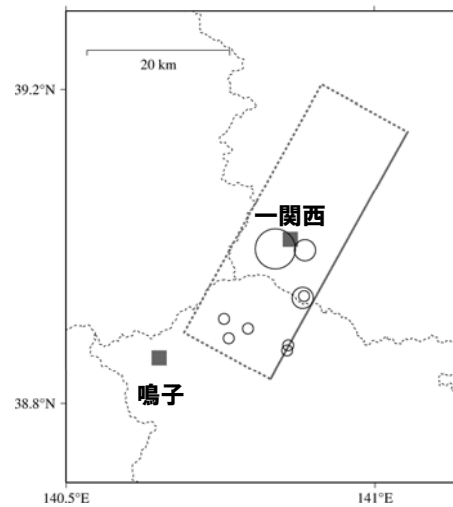
IWITH25(—関西)/KiK-net—関東



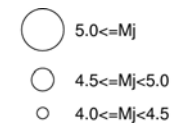
IWITH25(—関西)/KiK-net金ヶ崎



IWITH25(—関西)/KiK-net東成瀬



IWITH25(—関西)/KiK-net鳴子



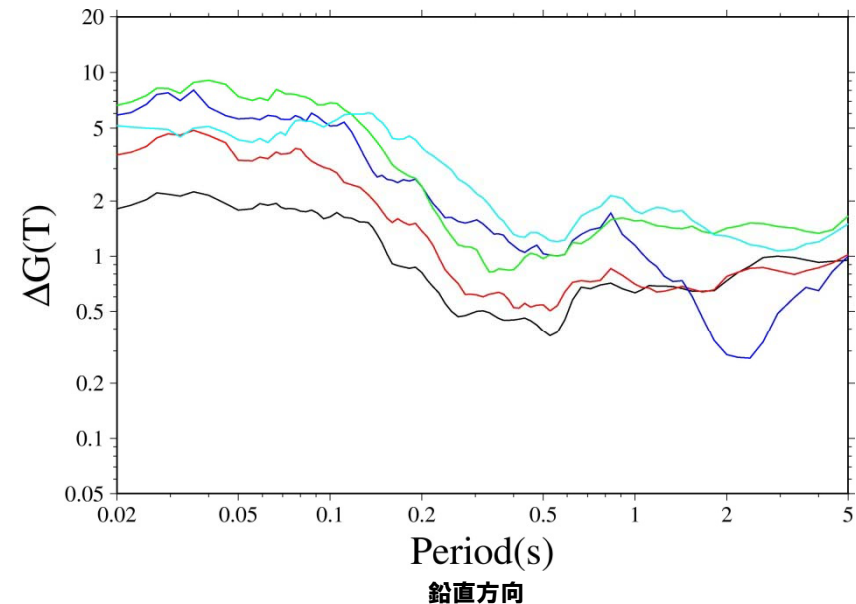
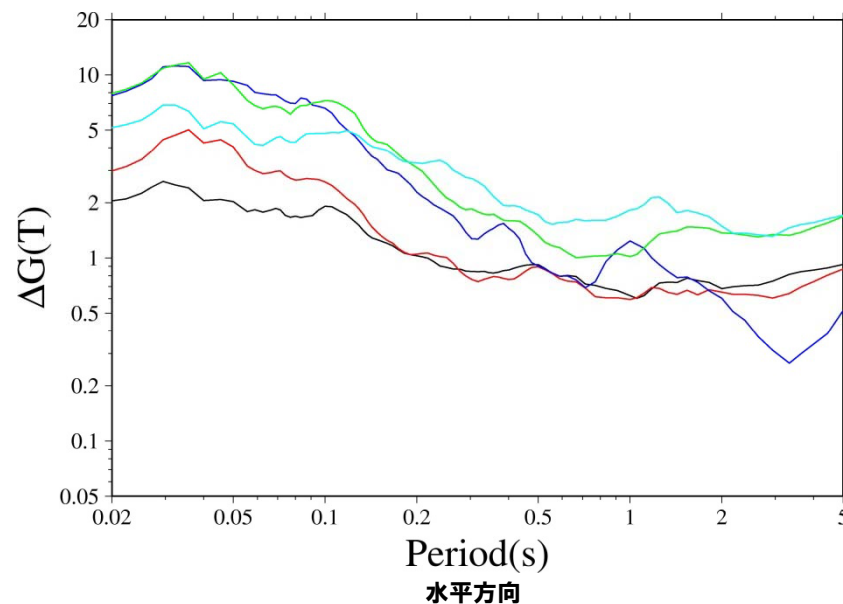
3.2 KiK-net—関西観測点

IWITH25(—関西)を対象とした相対的地盤増幅率

●震源近傍に位置する5地点を基準としたIWITH25(—関西)の応答スペクトル比(=相対的地盤増幅率)は、以下の通り。

—関西[地中]／栗駒ダム[右岸地山]
 —関西[地中]／KiK-net—関東[地中]
 —関西[地中]／KiK-net金ヶ崎[地中]
 —関西[地中]／KiK-net東成瀬[地中]
 —関西[地中]／KiK-net鳴子[地中]

相対的地盤増幅率は平均を示す

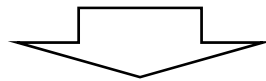


●震源近傍に位置する5地点と比較し、IWITH25(—関西)は岩手・宮城内陸地震の本震の特徴を踏まえた相対的地盤増幅率が短周期側で大きい傾向にある。

3.2 KiK-net—関西観測点

まとめ

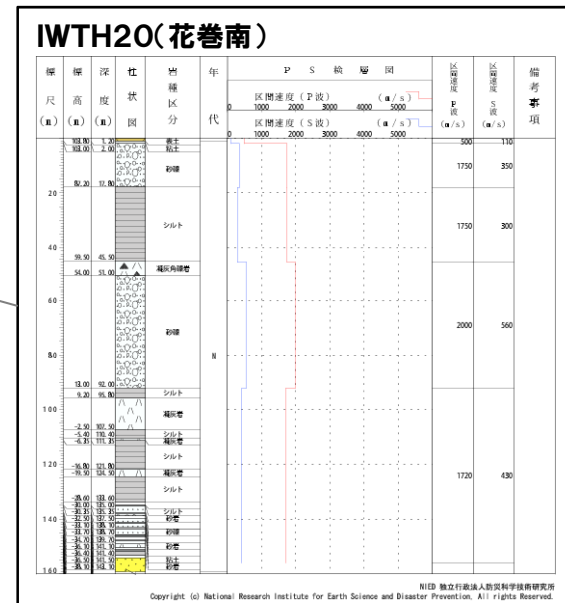
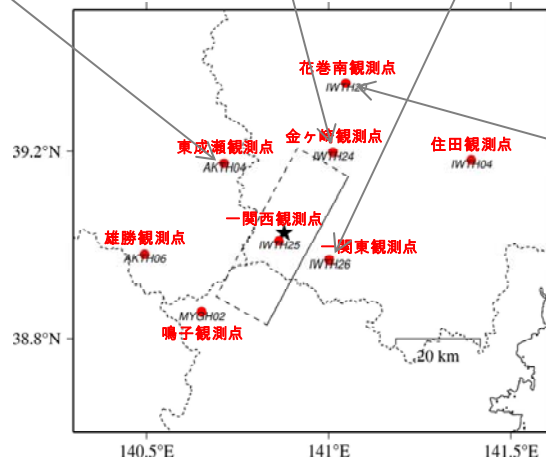
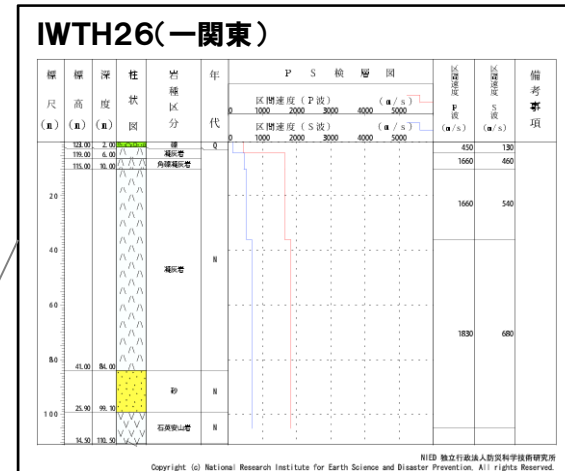
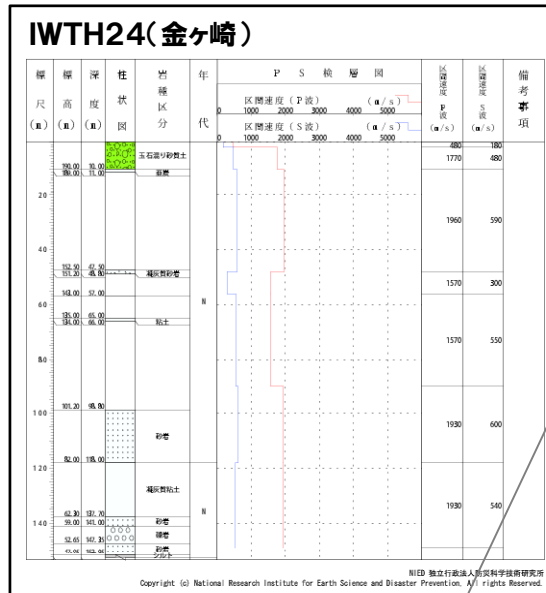
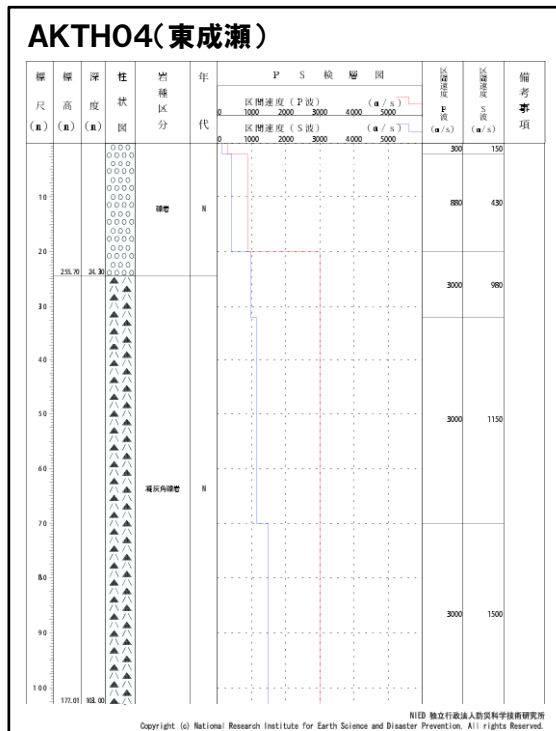
- Aoi et al. (2008)は、一関西観測点において非常に大きな加速度(上下動)が記録されたことに加えて、上向きの地震動の振幅が下向きの2倍以上も大きいという、明瞭に上下非対称な波形形状を示していることを指摘し、このような現象を説明するために、地盤が示す挙動をトランポリンのような性質をもつものとして説明する新しい物理モデルを提示している。
- 大町ほか(2011)は、一関西観測点の地表で観測された極めて大きな強震記録(上下動)は、地震観測小屋がロッキング振動で浮き上がり、地面と再接触した際の衝撃力の影響が強く反映している可能性が高いと指摘。
- 入倉ほか(2008)は、余震記録および本震記録より地中地震計設置層から地表までの理論伝達関数を評価し、地中の観測記録から地表の地震動を推定している。推定された地表の地震動は、ほぼ観測記録に対応するが、観測記録に見られる上下動の非対称性は説明できず、別の原因(例えば、トランポリン効果など)を考える必要があると指摘。
- 観測記録に関する検討より、IWTH25(一関西)は、本震震源域南部で発生する地震に対して、他の観測点よりも大きく増幅する地域と考えられる。



- IWTH25(一関西)については、地表記録にトランポリン効果、ロッキング振動の影響などが含まれており、観測記録の伝達関数を用いた地盤同定によるはざとり波の算定は困難と考えられる。また、IWTH25(一関西)が本震震源域南部で発生する地震に対して、他の観測点よりも大きく増幅する地域と考えられる。
- トランポリン効果、ロッキング振動の要因や大加速度が発生した要因を特定するため、地盤構造等の調査、調査結果を踏まえたはざとり解析、および震源特性を踏まえた検討が必要である。それらの検討には相応の期間が必要であり、現時点で信頼性の高い基盤地震動の評価は困難である。

KiK-net観測点に関する検討

●IWTH25(一関西)を除く震源近傍のKiK-net観測点のうち、加藤ほか(2004)の応答スペクトルを上回る観測記録について、基盤地震動を評価することを目的とした観測記録のはぎとり解析を実施する。

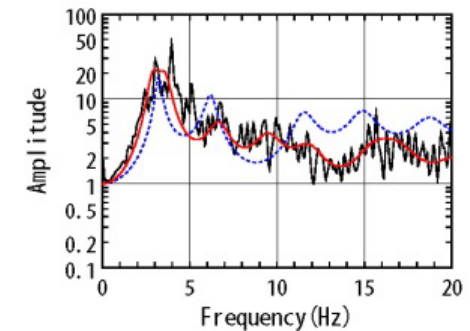
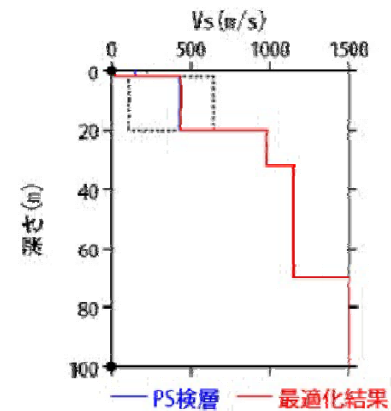


AKTH04(東成瀬)

- AKTH04(東成瀬)の観測記録について、KiK-netボーリングデータを初期値として、観測記録の伝達関数を再現できるように地盤同定を実施。
- 得られた地盤モデルは、表層のVsが極端に小さい。また、上下動の観測記録の伝達関数を再現できていない。

地盤同定結果(水平)

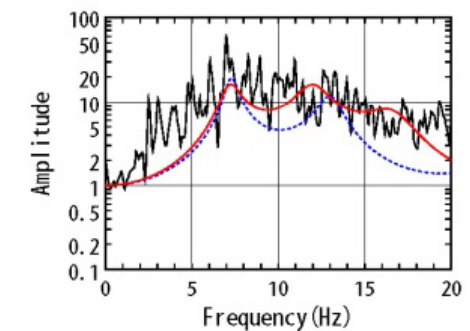
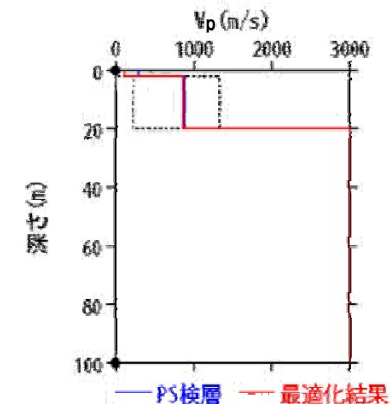
No	THK (m)	DEP (m)	Den (g/cm ³)	S波速度(m/s)					減衰定数	
				Initial	Lower	Upper	Optimized	Opt./Ini.	ho	α
1	2	0	1.64	150	15	225	25	0.17	0.142	0.283
2	18	2	1.64	430	108	645	433	1.01		
3	12	20	2.22	980	980	980	980	1.00		
4	38	32	2.22	1150	1150	1150	1150	1.00		
5	30	70	2.22	1500	1500	1500	1500	1.00		
6	—	100	2.22	1500	1500	1500	1500	1.00		



伝達関数の比較(水平)

地盤同定結果(上下)

No	THK (m)	DEP (m)	Den (g/cm ³)	P波速度(m/s)					減衰定数	
				Initial	Lower	Upper	Optimized	Opt./Ini.	ho	α
1	2	0	1.64	300	30	450	116	0.39	0.078	0.000
2	18	2	1.64	880	220	1320	861	0.98		
3	12	20	2.22	3000	3000	3000	3000	1.00		
4	38	32	2.22	3000	3000	3000	3000	1.00		
5	30	70	2.22	3000	3000	3000	3000	1.00		
6	—	100	2.22	3000	3000	3000	3000	1.00		

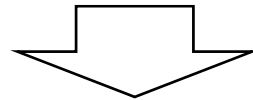


伝達関数の比較(上下)

※電力共通研究「東北地方太平洋沖地震を踏まえた地震動評価手法の高度化に関する研究」にて検討を実施

AKTH04(東成瀬)観測点に関する詳細検討

●AKTH04(東成瀬)観測点については、2008年岩手・宮城内陸地震の本震記録を用いて、観測記録のはざとり解析のための地盤同定を実施したが、得られた地盤モデルは、表層のVsが極端に小さいことや上下動の観測記録の伝達関数を再現できていないことから、信頼性の高い基盤地震動の評価は困難であると判断している。



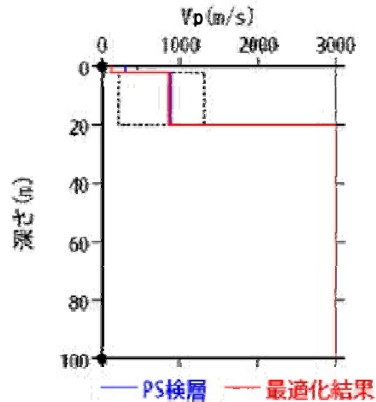
- 上記検討の参考として、観測記録のはざとり解析のための地盤同定について、検討条件を変えた以下の検討を行った。
- 本震を用いた地盤同定に関する検討(上下動の再現性の確認)
 - 中小地震を用いた地盤同定に関する検討

AKTH04(東成瀬) 本震を用いた地盤同定に関する検討(再現性の確認)

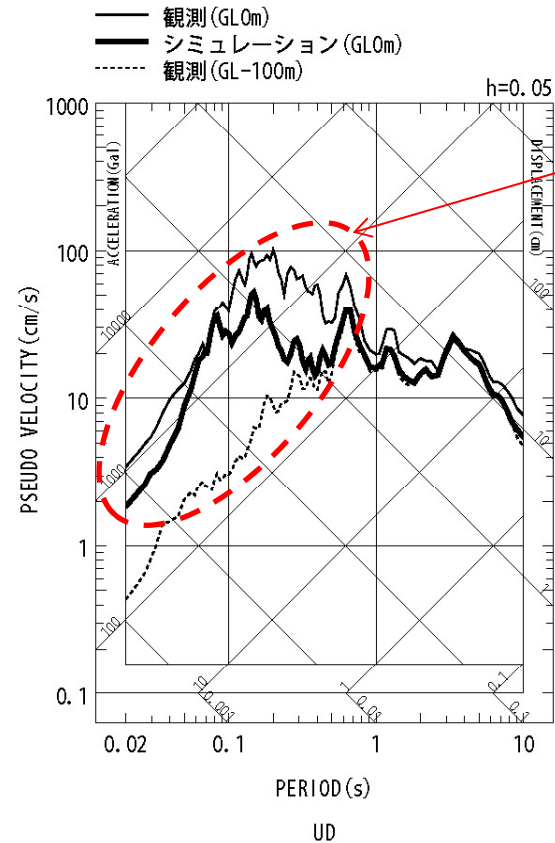
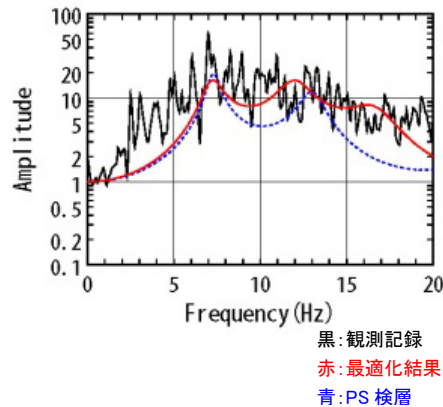
●観測記録を用いた地盤同定により得られた地盤モデル(上下)を用いて、応答スペクトルの再現性を確認した結果、地表記録の短周期側が再現できていない。

地盤同定結果(上下)

No	THK (m)	DEP (m)	Den (g/cm ³)	P波速度(m/s)					減衰定数	
				Initial	Lower	Upper	Optimized	Opt./Ini.	ho	α
1	2	0	1.64	300	30	450	116	0.39	0.078	0.000
2	18	2	1.64	880	220	1320	861	0.98		
3	12	20	2.22	3000	3000	3000	3000	1.00		
4	38	32	2.22	3000	3000	3000	3000	1.00		
5	30	70	2.22	3000	3000	3000	3000	1.00		
6	—	100	2.22	3000	3000	3000	3000	1.00		



伝達関数の比較(上下)



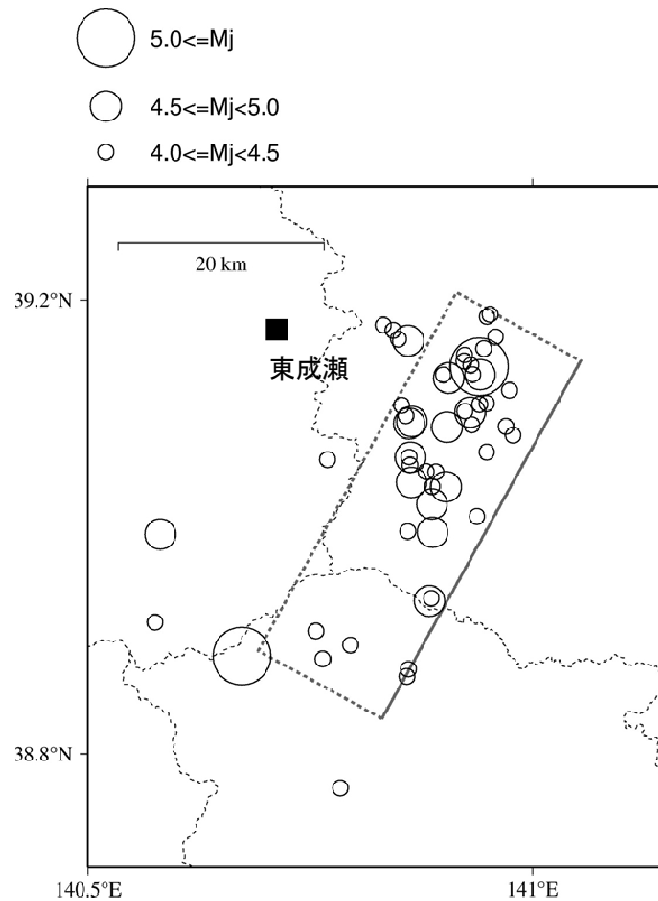
短周期側が再現できていない

応答スペクトルの比較(上下)

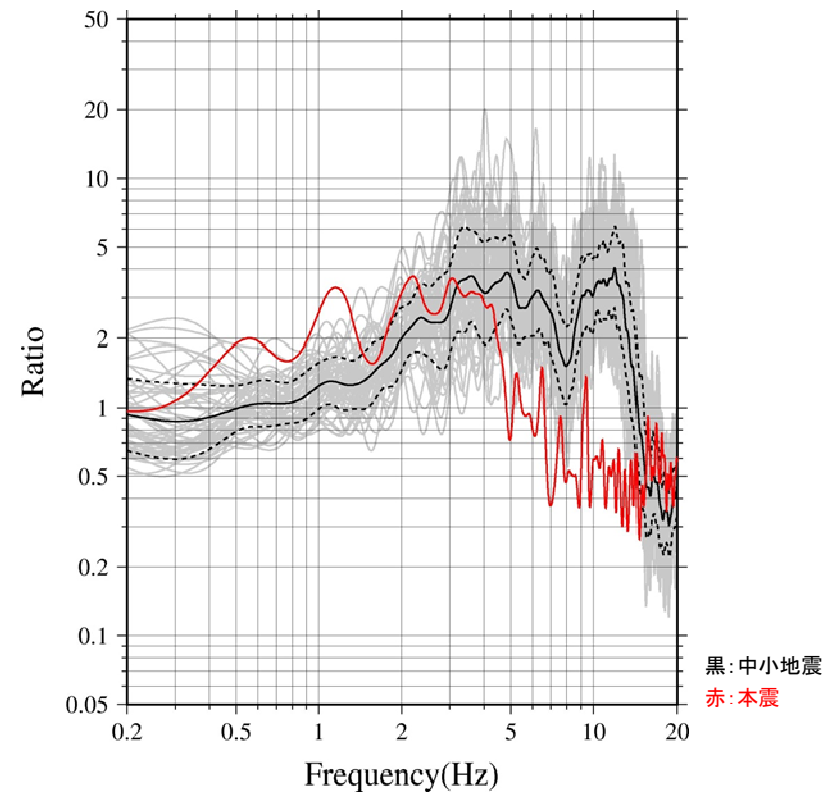
※電力共通研究「東北地方太平洋沖地震を踏まえた地震動評価手法の高度化に関する研究」にて検討を実施

AKTH04(東成瀬) 中小地震を用いた地盤同定に関する検討

- 2008年岩手・宮城内陸地震の本震および中小地震の地表記録を用いてH/Vスペクトルを算定した。
- 中小地震と比べて本震では、5Hz程度より高周波数側(短周期側)においてH/Vスペクトルの低下がみられることから、本震記録には地盤の非線形性の影響が含まれている可能性が考えられる。



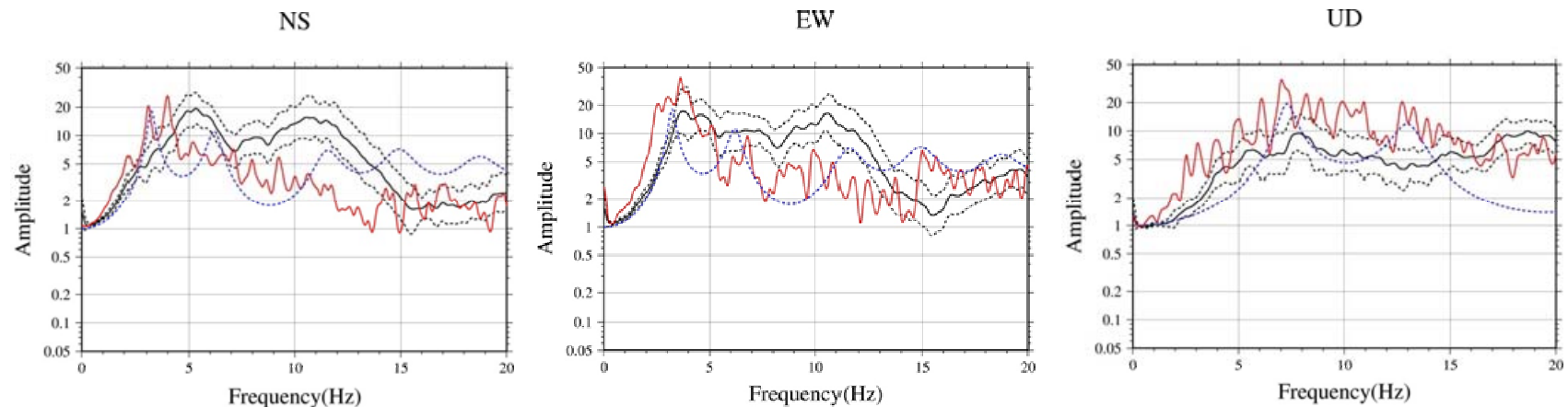
検討地震の震央分布



H/Vスペクトル

AKTH04(東成瀬) 中小地震を用いた地盤同定に関する検討

- 2008年岩手・宮城内陸地震の本震および中小地震について、地表記録と地中記録の伝達関数を算定した。
- NS方向とEW方向について、中小地震と比べて本震では、5Hz程度より高周波数側(短周期側)において倍率が小さくなっており、10Hz弱においてその傾向は顕著である。
- UD方向について、中小地震と比べて本震では、全体的に倍率が大きくなっている。
- 本震による伝達関数と中小地震による伝達関数および中小地震による伝達関数とPS検層結果による伝達関数の傾向が大きく異なることから、中小地震による伝達関数を用いた地盤同定により、本震のはぎとり解析のための地盤モデルを作成することは困難と考えられる。



黒: 中小地震
赤: 本震
青: PS 検層

NS方向

EW方向

UD方向

伝達関数

AKTH04(東成瀬) まとめ

- 2008年岩手・宮城内陸地震の本震記録のはぎとり解析のための地盤同定について、検討条件を変えて検討を行った。
 - 2008年岩手・宮城内陸地震の本震記録(上下動)を用いた地盤同定により得られた地盤モデルにより、観測記録の伝達関数および地表記録の応答スペクトルを再現できない。
 - 本震による伝達関数と中小地震による伝達関数および中小地震による伝達関数とPS検層結果による伝達関数の傾向が大きく異なることから、中小地震による伝達関数を用いた地盤同定により、本震のはぎとり解析のための地盤モデルを作成することは困難と考えられる。
- ⇒現時点では信頼性の高い基盤地震動の評価は困難である。

(参考)地震観測点の状況

引用元:<http://www.eqh.dpri.kyoto-u.ac.jp/~masumi/eq>

京都大学防災研究所山田真澄:岩手・宮城内陸地震被害調査報告

観測小屋



東成瀬(KiK-net AKTH04)



観測点は少し小高い丘の上にある。
すぐ後ろは急ながけになっている。

IWTH20(花巻南)

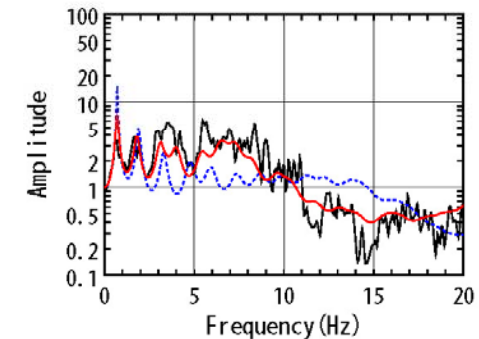
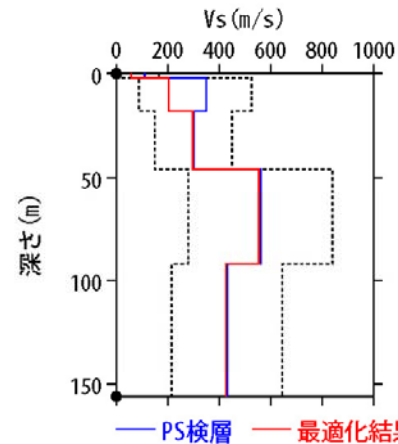
●IWTH20(花巻南)の観測記録について、KiK-netボーリングデータを初期値として、観測記録の伝達関数を再現できるように地盤同定を実施。

地盤同定結果(水平)

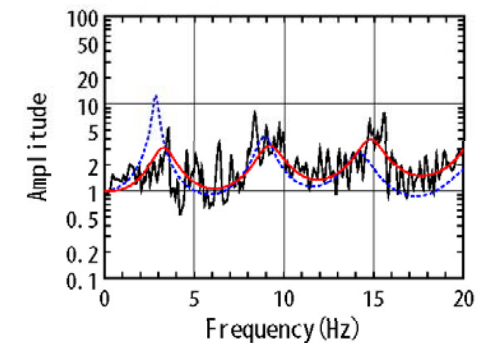
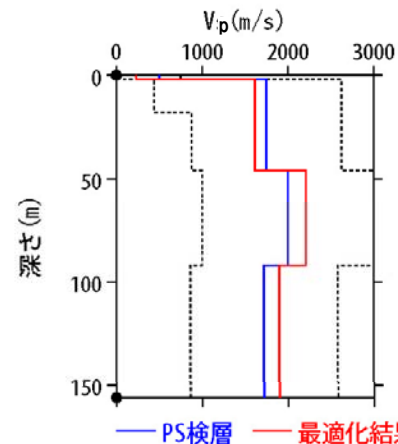
No	THK (m)	DEP (m)	Den (g/cm ³)	S波速度(m/s)				減衰定数		
				Initial	Lower	Upper	Optimized	Opt./Ini.	ho	α
1	2	0	1.64	110	11	165	57	0.52	0.093	0.269
2	16	2	1.78	350	88	525	203	0.58		
3	28	18	1.78	300	150	450	298	0.99		
4	46	46	1.91	560	280	840	555	0.99		
5	64	92	1.77	430	215	645	426	0.99		
6	—	156	1.77	430	215	645	426	0.99		

地盤同定結果(上下)

No	THK (m)	DEP (m)	Den (g/cm ³)	P波速度(m/s)				減衰定数		
				Initial	Lower	Upper	Optimized	Opt./Ini.	ho	α
1	2	0	1.64	500	50	750	231	0.46	0.709	1.000
2	16	2	1.78	1750	438	2625	1613	0.92		
3	28	18	1.78	1750	875	2625	1613	0.92		
4	46	46	1.91	2000	1000	3000	2210	1.11		
5	64	92	1.77	1720	860	2580	1900	1.10		
6	—	156	1.77	1720	860	2580	1900	1.10		



伝達関数の比較(水平)

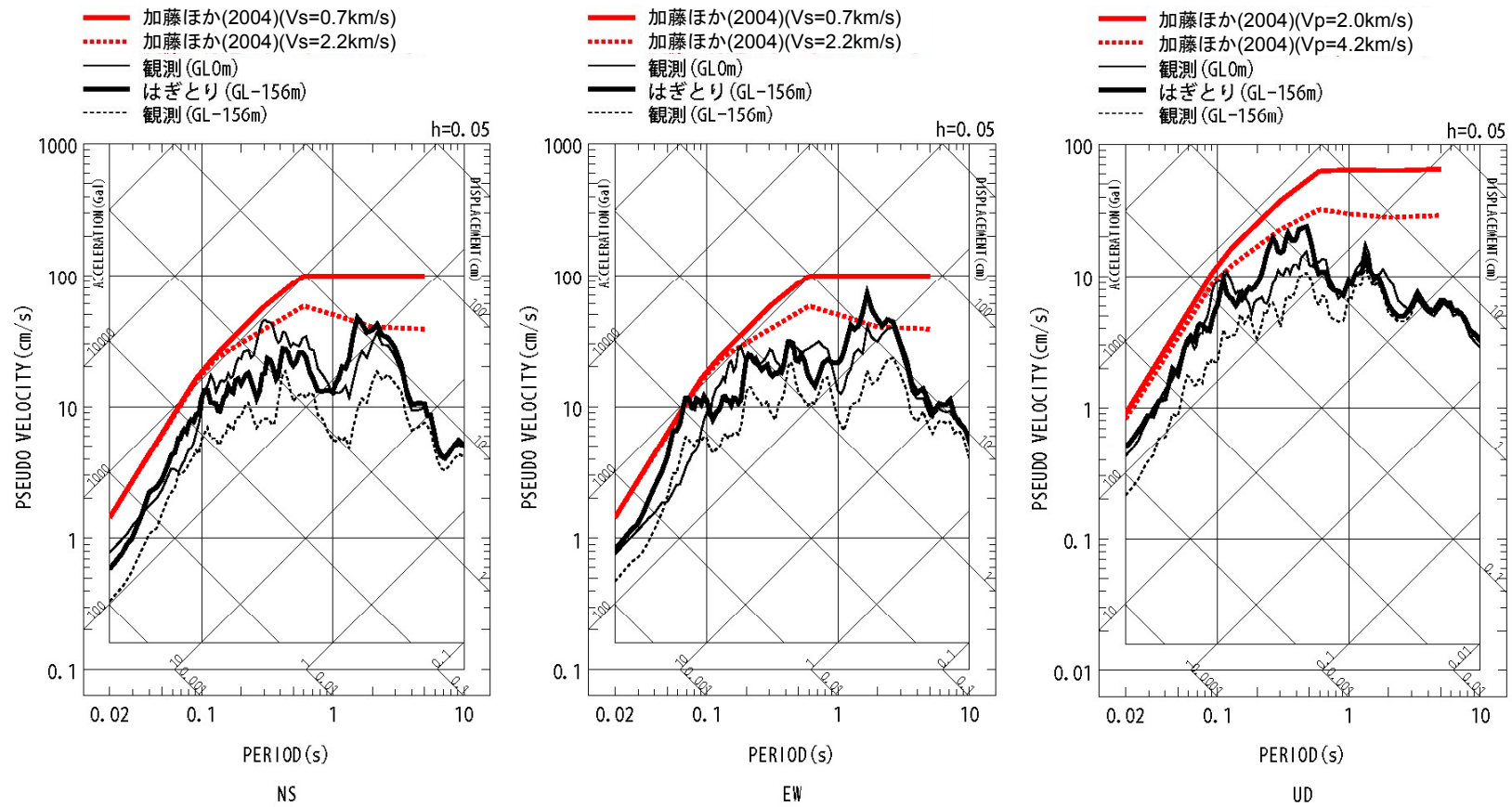


伝達関数の比較(上下)

※電力共通研究「東北地方太平洋沖地震を踏まえた地震動評価手法の高度化に関する研究」にて検討を実施

IWTH20(花巻南)

●地盤同定により得られた地盤モデルを用いて、IWTH20(花巻南)のはぎとり解析を実施。



※電力共通研究「東北地方太平洋沖地震を踏まえた地震動評価手法の高度化に関する研究」にて検討を実施

IWTH24(金ヶ崎)

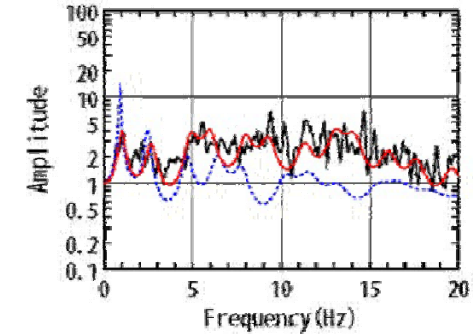
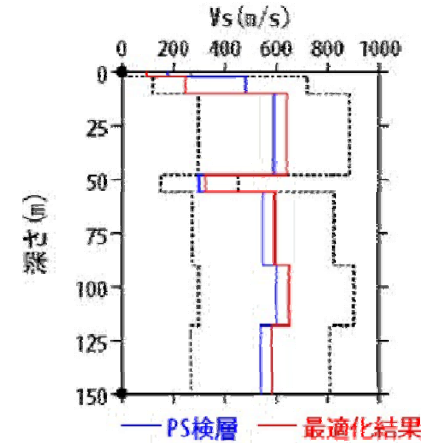
●IWTH24(金ヶ崎)の観測記録について、KiK-netボーリングデータを初期値として、観測記録の伝達関数を再現できるように地盤同定を実施。

地盤同定結果(水平)

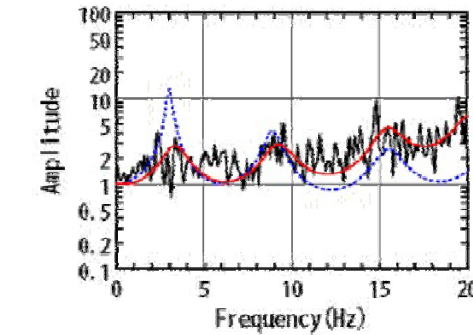
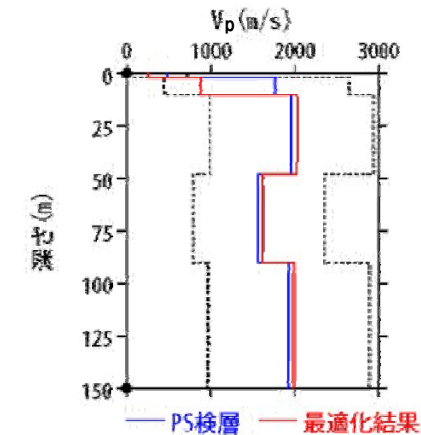
No	THK (m)	DFP (m)	Den (g/cm ³)	S波速度(m/s)					減衰定数	
				Initial	Lower	Upper	Optimized	Opt./Ini.	h ₀	α
1	2	0	1.64	180	18	270	97	0.54	0.174	0.682
2	8	2	1.79	480	120	720	247	0.51		
3	38	10	1.89	590	295	885	638	1.08		
4	8	48	1.68	300	150	450	324	1.08		
5	34	56	1.68	550	275	825	595	1.08		
6	28	90	1.87	600	300	900	649	1.08		
7	32	118	1.87	540	270	810	584	1.08		
8	—	150	1.87	540	270	810	584	1.08		

地盤同定結果(上下)

No	THK (m)	DEP (m)	Den (g/cm ³)	P波速度(m/s)					減衰定数	
				Initial	Lower	Upper	Optimized	Opt./Ini.	h ₀	α
1	2	0	1.64	480	48	720	262	0.55	0.812	1.000
2	8	2	1.79	1770	443	2655	871	0.49		
3	38	10	1.89	1960	980	2940	2021	1.03		
4	8	48	1.68	1570	785	2355	1619	1.03		
5	34	56	1.68	1570	785	2355	1619	1.03		
6	28	90	1.87	1930	965	2895	1990	1.03		
7	32	118	1.87	1930	965	2895	1990	1.03		
8	—	150	1.87	1930	965	2895	1990	1.03		



伝達関数の比較(水平)

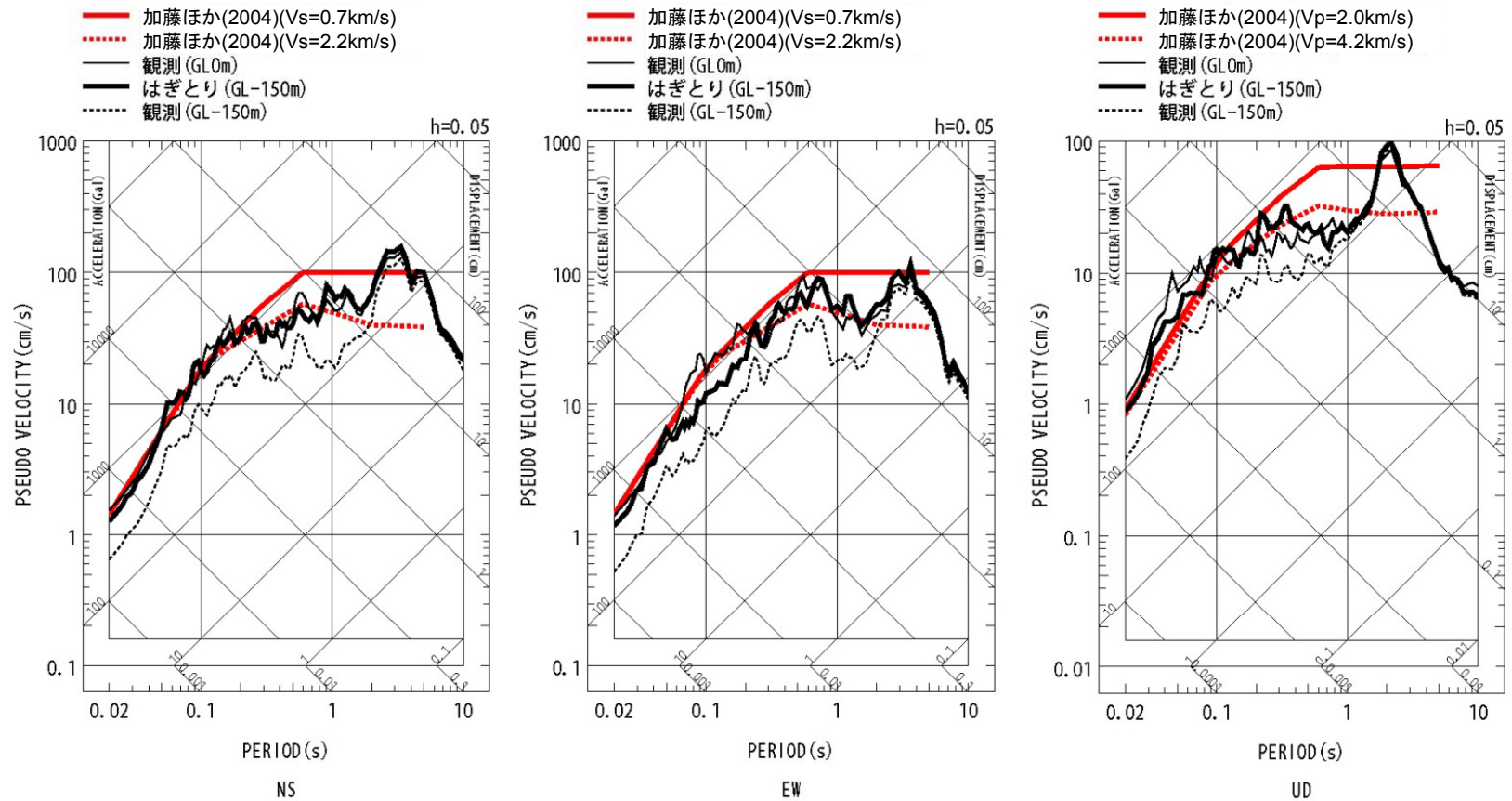


伝達関数の比較(上下)

※電力共通研究「東北地方太平洋沖地震を踏まえた地震動評価手法の高度化に関する研究」にて検討を実施

IWTH24(金ヶ崎)

●地盤同定により得られた地盤モデルを用いて、IWTH24(金ヶ崎)のはぎとり解析を実施。



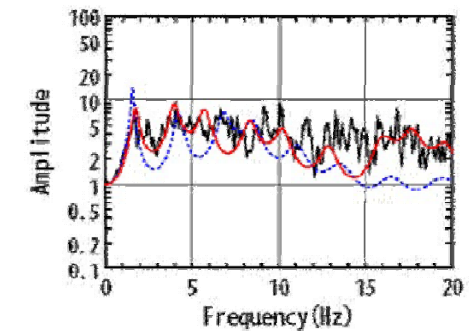
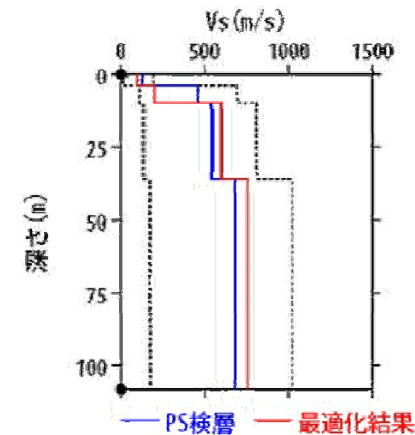
※電力共通研究「東北地方太平洋沖地震を踏まえた地震動評価手法の高度化に関する研究」にて検討を実施

IWTH26(一関東)

- IWTH26(一関東)の観測記録について、KiK-netボーリングデータを初期値として、観測記録の伝達関数を再現できるように地盤同定を実施。
- 得られた地盤モデルは、上下動の観測記録の伝達関数を再現できていない。

地盤同定結果(水平)

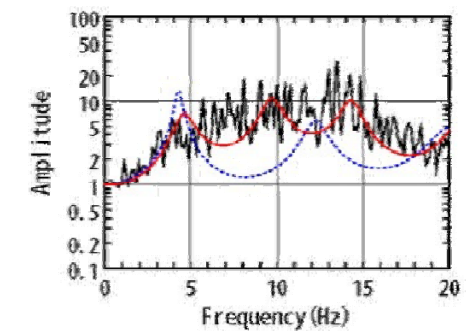
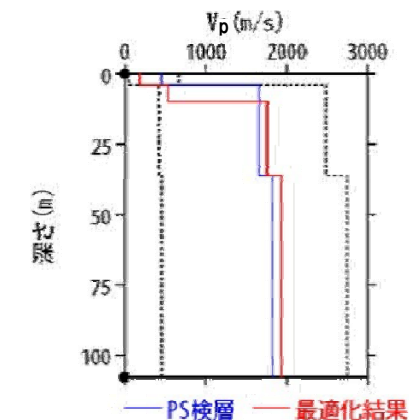
No	THK (m)	DEP (m)	Den (g/cm ³)	S波速度 (m/s)					減衰定数	
				Initial	Lower	Upper	Optimized	Opt./Ini.	ho	α
1	4	0	1.64	130	13	195	95	0.73		
2	6	4	1.73	460	115	690	200	0.43		
3	26	10	1.73	540	135	810	598	1.11	0.139	0.543
4	72	36	1.82	680	170	1020	752	1.11		
5	—	108	1.82	680	170	1020	752	1.11		



伝達関数の比較(水平)

地盤同定結果(上下)

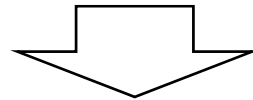
No	THK (m)	DEP (m)	Den (g/cm ³)	P波速度 (m/s)					減衰定数	
				Initial	Lower	Upper	Optimized	Opt./Ini.	ho	α
1	4	0	1.64	450	45	675	186	0.41		
2	6	4	1.73	1660	415	2490	534	0.32		
3	26	10	1.73	1660	415	2490	1759	1.06	0.559	1.000
4	72	36	1.82	1830	458	2745	1940	1.06		
5	—	108	1.82	1830	458	2745	1940	1.06		



伝達関数の比較(上下)

IWTH26(一関東)観測点に関する詳細検討

●IWTH26(一関東)観測点については、2008年岩手・宮城内陸地震の本震記録を用いて、観測記録のはざとり解析のための地盤同定を実施したが、得られた地盤モデルは、上下動の観測記録の伝達関数を再現できていないことから、信頼性の高い基盤地震動の評価は困難であると判断している。



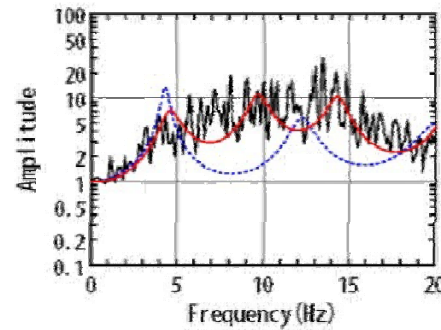
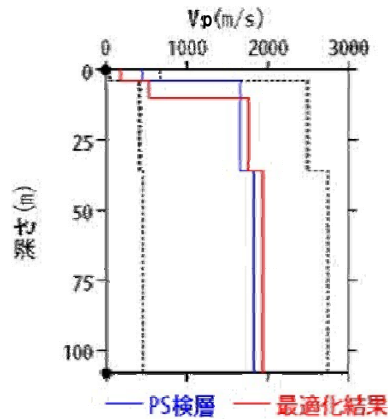
- 上記検討の参考として、上下動の観測記録のはざとり解析のための地盤同定について、検討条件を変えた以下の検討を行った。
- 本震を用いた地盤同定に関する検討(再現性の確認)
 - 本震を用いた地盤同定に関する検討(探索範囲等の変更)
 - 中小地震を用いた地盤同定に関する検討

IWTH26(一関東) 本震を用いた地盤同定に関する検討(再現性の確認)

●観測記録を用いた地盤同定により得られた地盤モデル(上下)を用いて、応答スペクトルの再現性を確認した結果、地表記録の周期0.1~0.2sにみられるピークが再現できていない。

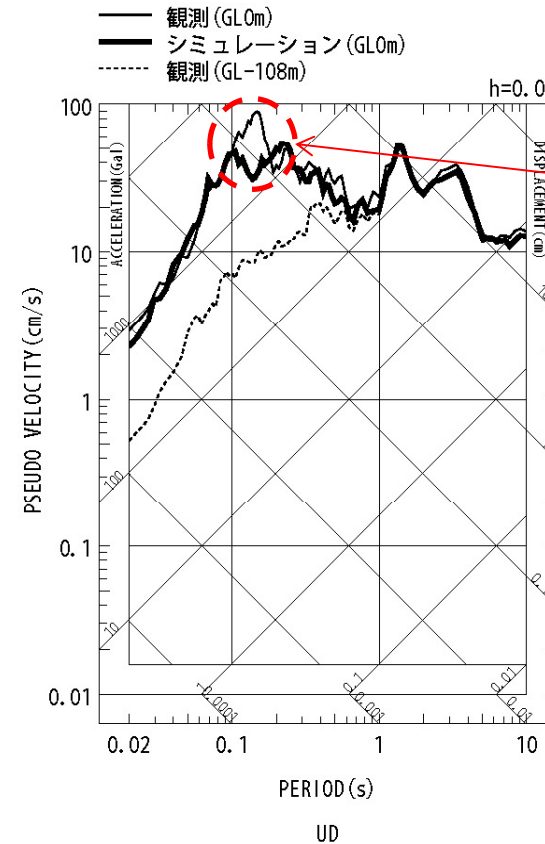
地盤同定結果(上下)

No	THK (m)	DEP (m)	Den (g/cm ³)	P波速度(m/s)					減衰定数	
				Initial	Lower	Upper	Optimized	Opt./Ini.	ho	α
1	4	0	1.64	450	45	675	186	0.41		
2	6	4	1.73	1660	415	2490	534	0.32		
3	26	10	1.73	1660	415	2490	1759	1.06	0.559	1.000
4	72	36	1.82	1830	458	2745	1940	1.06		
5	—	108	1.82	1830	458	2745	1940	1.06		



黒:観測記録
赤:最適化結果
青:PS 検層

伝達関数の比較(上下)



ピークが再現できていない

応答スペクトルの比較(上下)

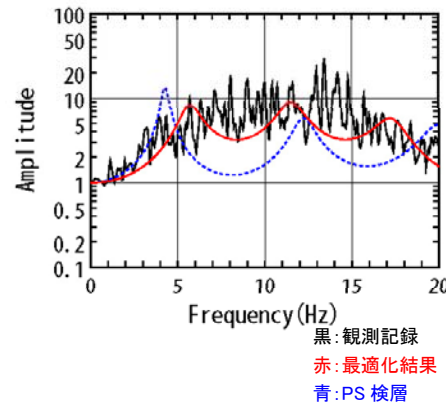
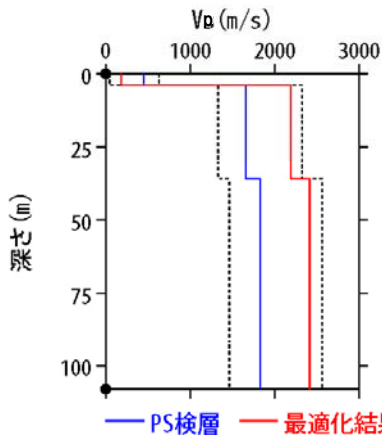
※電力共通研究「東北地方太平洋沖地震を踏まえた地震動評価手法の高度化に関する研究」にて検討を実施

IWTH26(一関東) 本震を用いた地盤同定に関する検討(探索範囲等の変更)

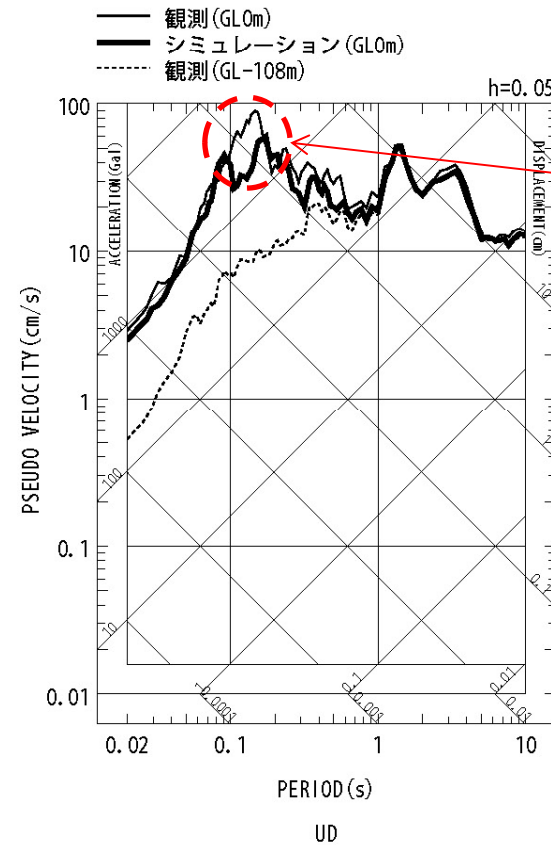
- 観測記録を用いた地盤同定(上下)について、伝達関数の周波数約7Hz付近の再現性を向上させるため、探索範囲等の条件を変えて再度同定を実施した。
- 従来の同定結果と比べて、伝達関数の周波数約7Hz付近の再現性は若干改善されたが、地表記録の応答スペクトルの周期0.1~0.2sにみられるピークが再現できていない。

地盤同定結果(上下)

No	THK (m)	DEP (m)	Den (g/cm ³)	P波速度(m/s)					減衰定数	
				Initial	Lower	Upper	Optimized	Opt./Ini.	ho	α
1	4	0	1.64	450	45	630	184	0.41		
2	6	4	1.73	1660	1328	2324	2190	1.32		
3	26	10	1.73	1660	1328	2324	2190	1.32	0.331	0.654
4	72	36	1.82	1830	1464	2562	2415	1.32		
5	—	108	1.82	1830	1464	2562	2415	1.32		



伝達関数の比較(上下)

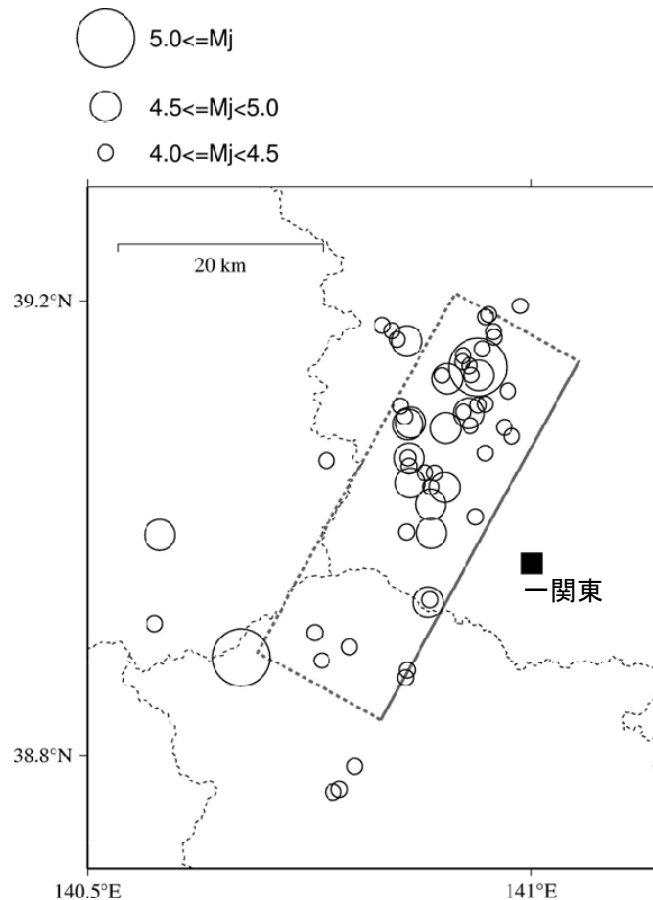


ピークが再現できていない

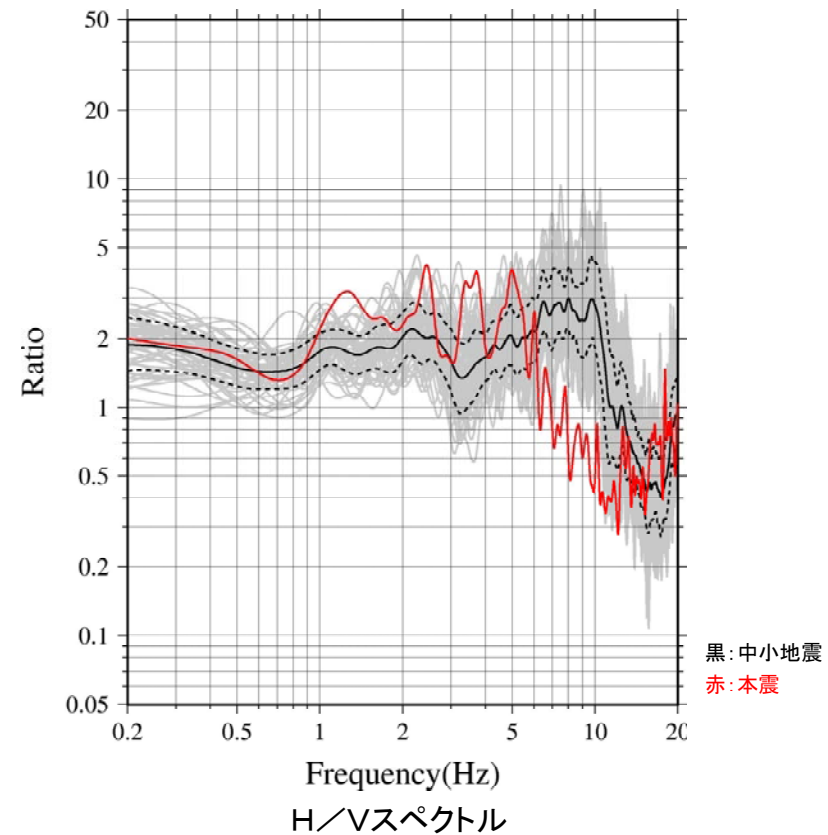
応答スペクトルの比較(上下)

IWTH26(一関東) 中小地震を用いた地盤同定に関する検討

- 2008年岩手・宮城内陸地震の本震および中小地震の地表記録を用いてH/Vスペクトルを算定した。
- 中小地震と比べて本震では、5Hz程度より高周波数側(短周期側)においてH/Vスペクトルの低下がみられることから、本震記録には地盤の非線形性の影響が含まれている可能性が考えられる。



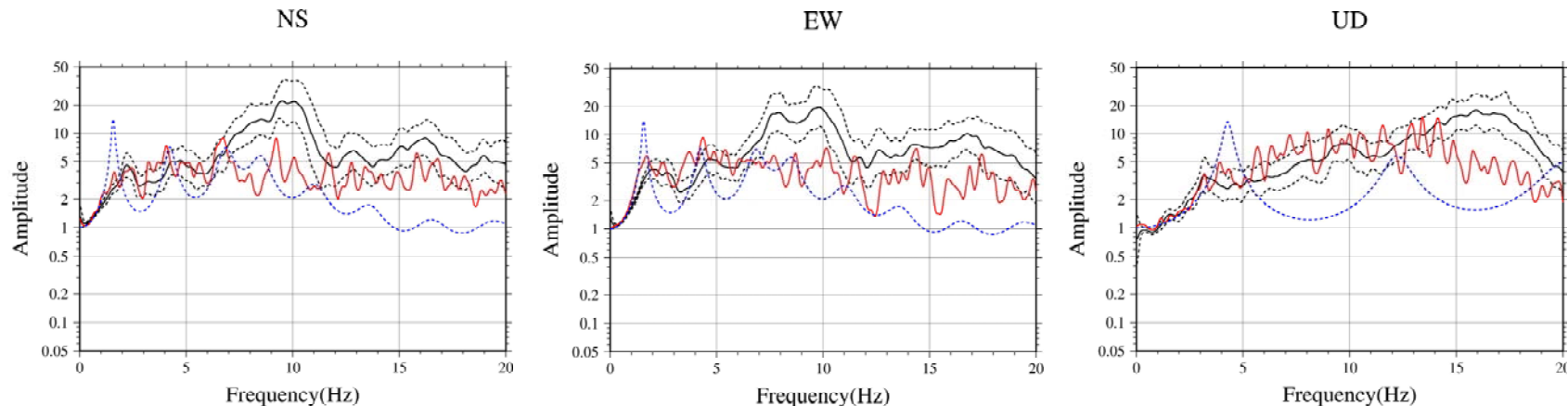
検討地震の震央分布



H/Vスペクトル

IWTH26(一関東) 中小地震を用いた地盤同定に関する検討

- 2008年岩手・宮城内陸地震の本震および中小地震について、地表記録と地中記録の伝達関数を算定した。
- NS方向とEW方向について、中小地震と比べて本震では、5Hz程度より高周波数側(短周期側)において倍率が小さくなっており、10Hz弱においてその傾向は顕著である。
- UD方向について、中小地震と比べて本震では、15Hz程度より高周波数側(短周期側)において倍率が小さくなっている。
- 本震による伝達関数と中小地震による伝達関数の傾向が大きく異なることおよび中小地震による伝達関数とP/S検層結果による伝達関数が本震とPS検層結果の関係よりさらに乖離していることから、中小地震による伝達関数を用いた地盤同定により、本震のはぎとり解析のための地盤モデルを作成することは困難と考えられる。



黒: 中小地震
赤: 本震
青: PS 検層

NS方向

EW方向

UD方向

伝達関数

IWTH26(一関東) まとめ

- 2008年岩手・宮城内陸地震の本震記録(上下動)のはぎとり解析のための地盤同定について、検討条件を変えて検討を行った。
- 2008年岩手・宮城内陸地震の本震記録(上下動)を用いた地盤同定により得られた地盤モデルにより、観測記録の伝達関数および地表記録の応答スペクトルを再現できない。
- 本震による伝達関数と中小地震による伝達関数の傾向が大きく異なることおよび中小地震による伝達関数とPS検層結果による伝達関数が本震とPS検層結果の関係よりさらに乖離していることから、中小地震による伝達関数を用いた地盤同定により、本震のはぎとり解析のための地盤モデルを作成することは困難と考えられる。
⇒現時点では信頼性の高い基盤地震動の評価は困難である。

(参考)地震観測点の状況

観測小屋



まとめ

- IWTH25(一関西)を除く震源近傍のKiK-net観測点のうち、加藤ほか(2004)の応答スペクトルを上回る観測記録について、基盤地震動を評価することを目的とした観測記録のはぎとり解析を実施した。
 - ・AKTH04(東成瀬)は、得られた地盤モデルの表層のVsが極端に小さく、はぎとり用の地盤モデルとして採用できないこと、また、上下動の観測記録の伝達関数を再現できていないことから、1次元波動論によるはぎとり解析の適用が困難である。
 - ・IWTH20(花巻南)およびIWTH24(金ヶ崎)は、概ね妥当な地盤モデルを作成でき、はぎとり解析を実施した結果、一部の周期帯で加藤ほか(2004)を上回る結果となった。
 - ・IWTH26(一関東)は、上下動の観測記録の伝達関数を再現できていないことから、1次元波動論によるはぎとり解析の適用が困難である。
- AKTH04(東成瀬)およびIWTH26(一関東)については、地盤構造等の調査、調査結果を踏まえたはぎとり解析が必要である。それらの検討には相応の期間が必要であり、現時点で信頼性の高い基盤地震動の評価は困難である。