

### 3. 8. 2003 年宮城県北部地震(Mw6.1)

2003 年 7 月 26 日 7 時 26 分頃に、宮城県北部を震源（深さ 11.9km, Mj6.4, 気象庁による）とする地震が発生し、宮城県南郷町、矢本町、鳴瀬町で震度 6 強、同鹿島台町、桶谷町、小牛田町、宮城河南町、桃生町で震度 6 弱を観測した。図 3.8.1 に防災科学技術研究所による PGA, PGV 分布を示す。図 3.8.2 に震源メカニズムを示す。この地震は震源メカニズムから逆断層タイプに分類される。

この地震は Hikima and Koketsu(2004)によって震源インバージョン解析が実施されており、その結果を図 3.8.3 に示す。図 3.8.4 に Hikima and Koketsu(2004)の設定断層面および強震観測点を示す。図 3.8.5 に強震観測点における観測 PGA, PGV の距離減衰を示す。距離減衰式（司・翠川, 1999）の震源深さは Hikima and Koketsu(2004)を参照した。なお、図中の赤丸は AVS30 が 500m/s 以下の比較的柔らかい地盤、黄色丸は AVS30 が 500m/s 以上の硬質な地盤の地点をそれぞれ示す。この検討において、震源近傍のダムサイトの記録は得られていない。観測された PGA, PGV は司・翠川(1999)による距離減衰式と調和的である。図 3.8.6 に強震観測点における疑似速度応答スペクトルを示す。AVS30 が 500m/s 以上の観測点は、断層最短距離が約 15km 以上の観測点であり、それらの疑似速度応答スペクトルは JNEAG のスペクトルより小さい。

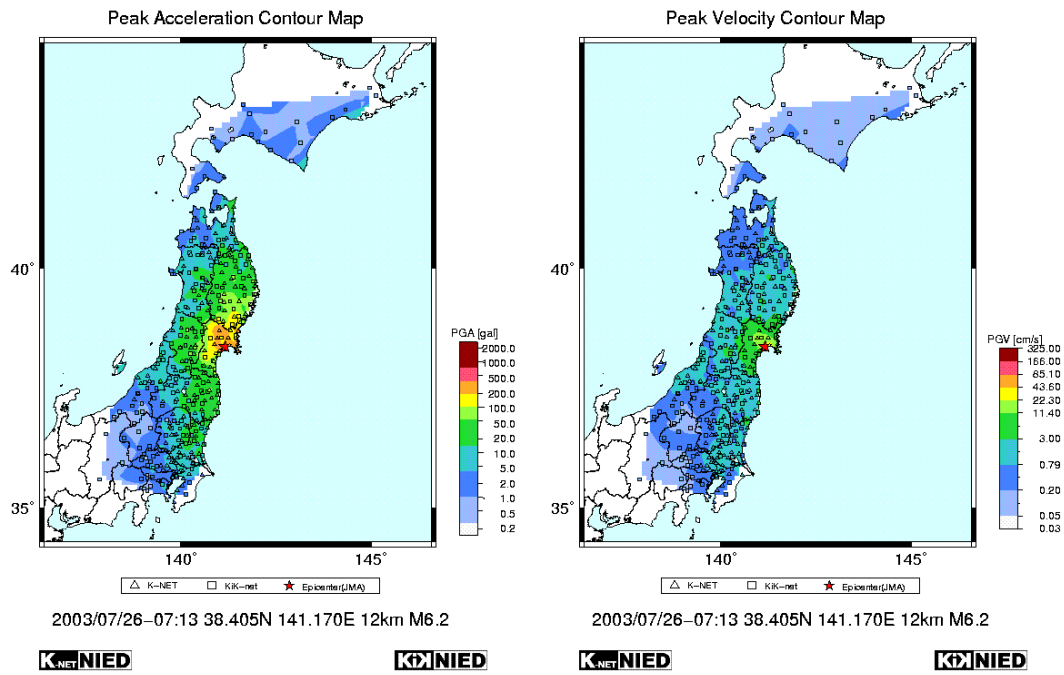


図 3. 8. 1 PGA, PGV 分布 (防災科学技術研究所)

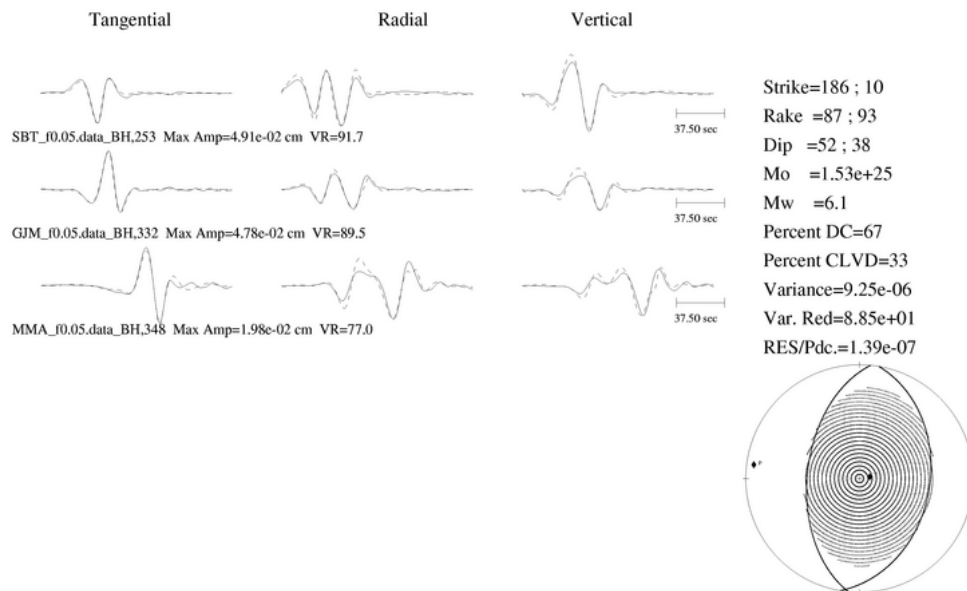


図 3. 8. 2 震源メカニズム (F-net)

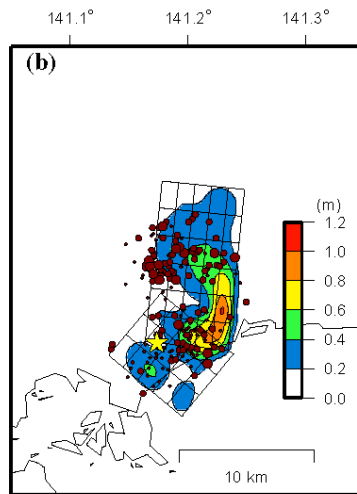


図 3.8.3 Hikima and Koketsu(2004)による震源インバージョン解析結果

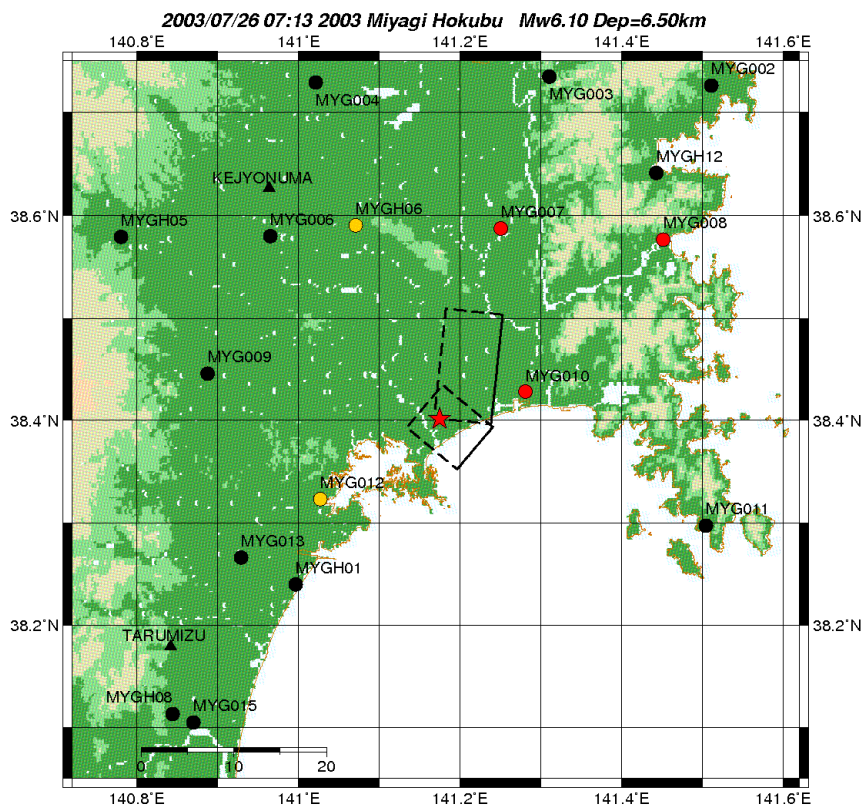
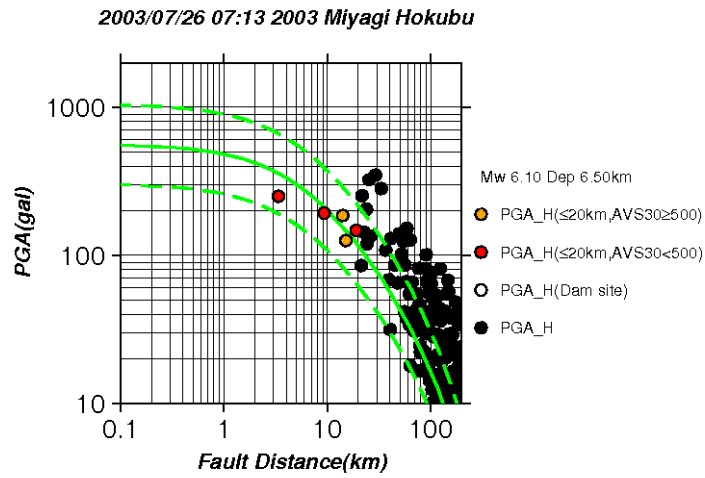
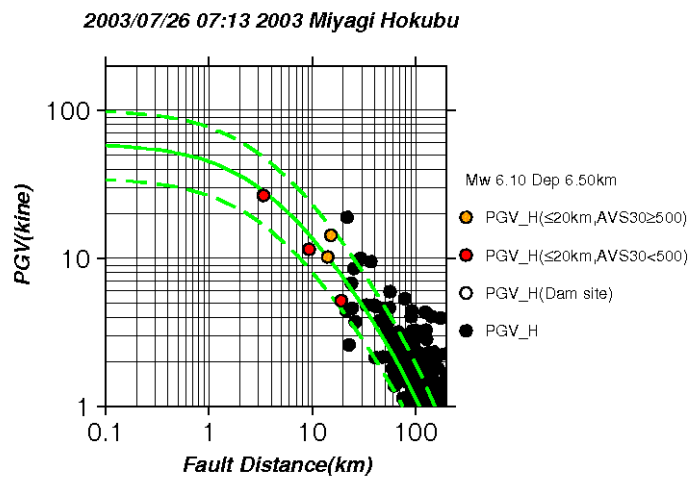


図 3.8.4 Hikima and Koketsu(2004)の設定断層面および強震観測点 (★：破壊開始点)  
 赤丸：AVS30 が 500m/s 以下の地点，黄色丸：AVS30 が 500m/s 以上の地点（ダム地点を含む）  
 黒丸：断層最短距離が 20km 以上の地点，黒三角：ダム地点（記録無し）



(1) PGA の距離減衰



(2) PGV の距離減衰

図 3.8.5 強震観測点における観測 PGA, PGV の距離減衰  
 赤丸 : AVS30 が 500m/s 以下の地点, 黄色丸 : AVS30 が 500m/s 以上の地点  
 白丸 : ダム地点, 黒丸 : 断層最短距離が 20km 以上の地点  
 緑実線, 緑破線 : 司・翠川(1999) による距離減衰式およびその標準偏差

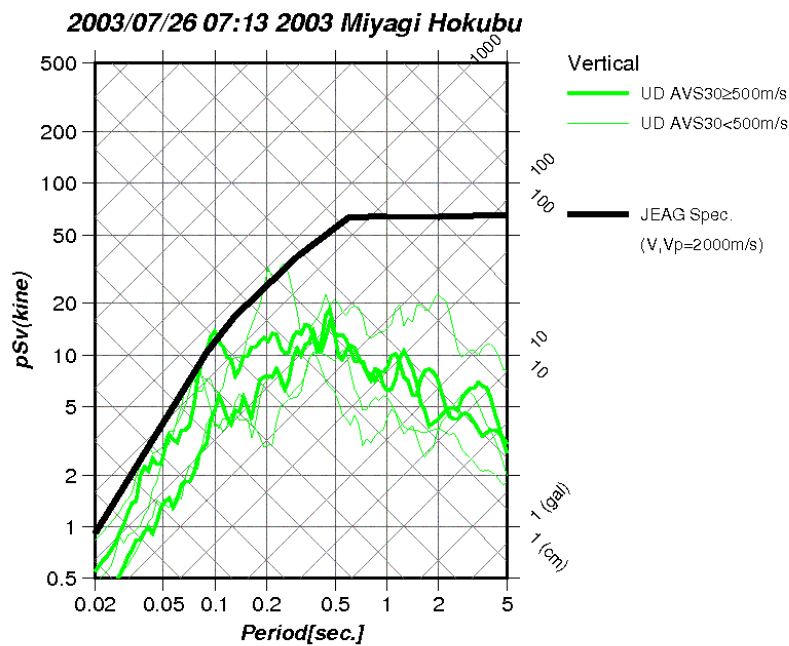
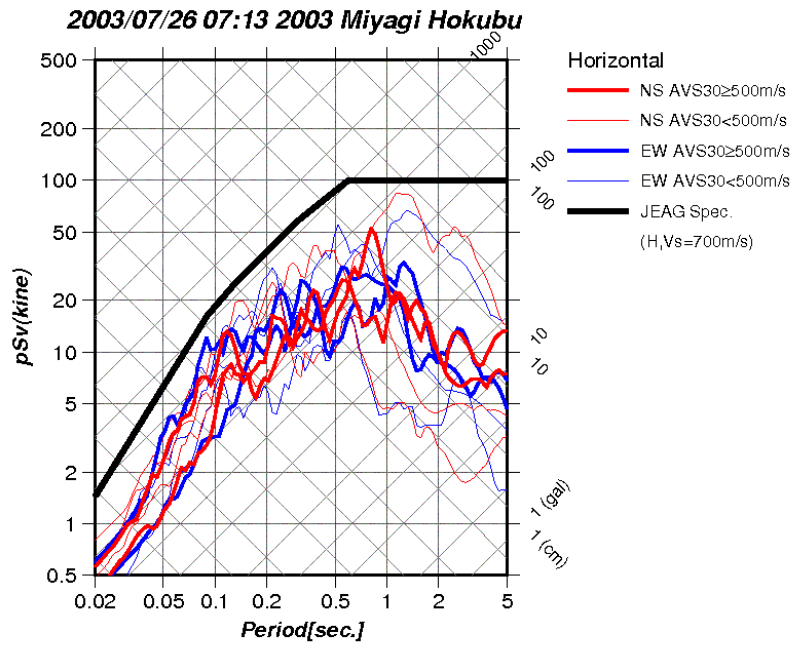


図 3.8.6(1) 強震観測点における疑似速度応答スペクトル (地表)  
 上：水平動成分 (赤-NS 成分, 青-EW 成分), 下：上下動成分 (緑-UD 成分)  
 太線：AVS30 が 500m/s 以上の地点, 細線：AVS30 が 500m/s 以下の地点  
 黒太線：JEAG による「震源を特定せず策定する地震動」  
 (水平：Vs=700m/s, 上下：Vp=2000m/s)

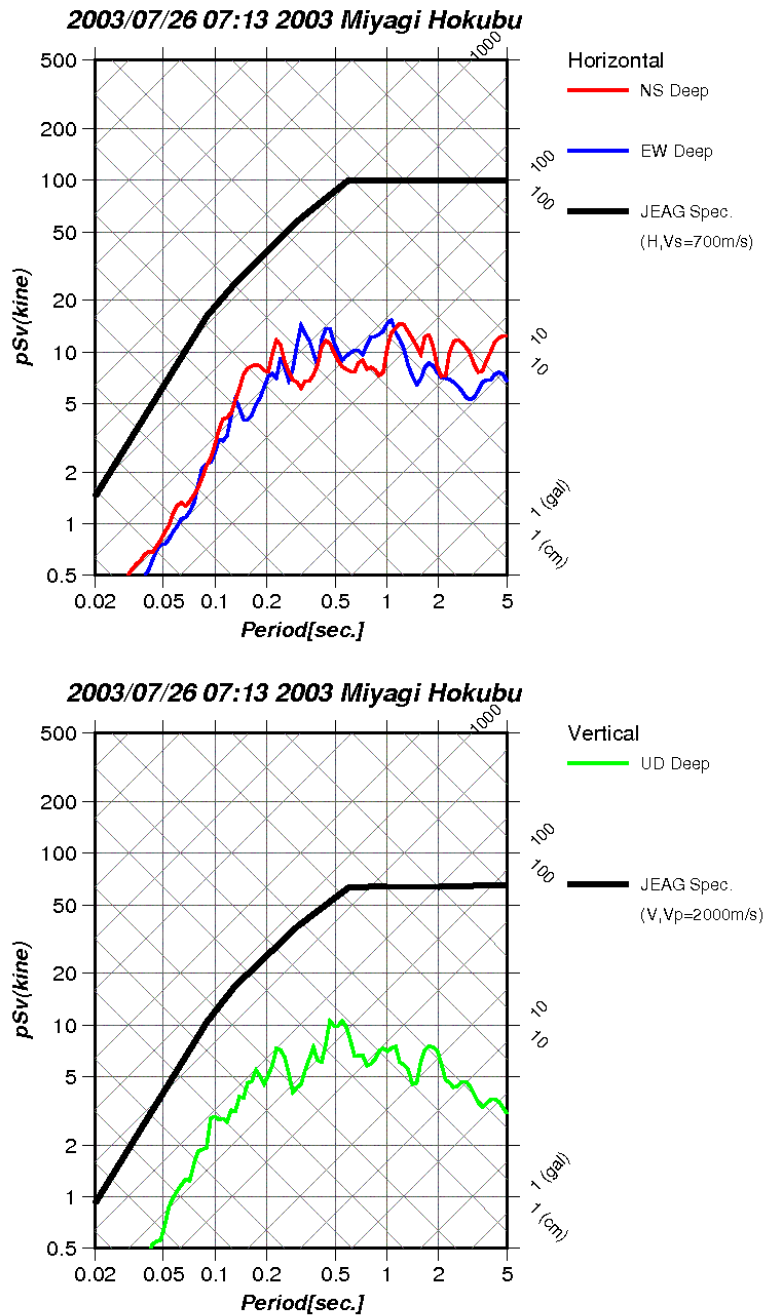


図 3.8.6(2) 強震観測点における疑似速度応答スペクトル (地中)  
 上：水平動成分 (赤-NS 成分, 青-EW 成分), 下：上下動成分 (緑-UD 成分)  
 太線：地中  
 黒太線：JEAG による「震源を特定せず策定する地震動」  
 (水平：Vs=700m/s, 上下：Vp=2000m/s)

### 3. 9. 2004 年新潟県中越地震(Mw6.6)

2004 年 10 月 23 日 17 時 56 分頃に、新潟県中越地方を震源（深さ 13.1kmm, Mj6.8, 気象庁による）の地震が発生し、新潟県小千谷市で震度 6 強、同長岡市、十日町市、栃尾市、中里村で震度 6 弱を観測した(気象庁発表)。図 3.9.1 に防災科学技術研究所による PGA, PGV 分布を示す。図 3.9.2 に震源メカニズムを示す。この地震は震源メカニズムから逆断層タイプに分類される。

この地震は Asano and Iwata(2009)によって震源インバージョン解析が実施されており、その結果を図 3.9.3 に示す。図 3.9.4 に Asano and Iwata(2009)の設定断層面および強震観測点を示す。図 3.9.5 に強震観測点における観測 PGA, PGV の距離減衰を示す。なお、図中の赤丸は AVS30 が 500m/s 以下の比較的柔らかい地盤、黄色丸は AVS30 が 500m/s 以上の硬質な地盤の地点をそれぞれ示す。距離減衰式（司・翠川，1999）の震源深さは Asano and Iwata(2009)を参照した。この検討において、震源近傍のダムサイトの記録は得られていない。観測された PGA, PGV は司・翠川(1999)による距離減衰式に比べてやや大きい。ただし、NIG021(十日町)を除けば、PGA, PGV の大きな観測点の AVS30 は 500m/s 以下であり、解放基盤相当からの地盤増幅の可能性が考えられる。一方、NIG021(十日町)の AVS30 は 500m/s 以上で、その PGA は約  $1500\text{cm/s}^2$  である。Kamae et al. (2005)は NIG021(十日町)の強震動記録を説明するために、震源インバージョン結果から認められない強震動生成領域（SMGA：Strong Motion Generation Area）を断層の南側に設定している。また、彼らは NIG019（小千谷）において地震動記録が非線形性の影響を受けている可能性も報告している。図 3.9.6 に強震観測点における疑似速度応答スペクトルを示す。地表記録の疑似速度応答スペクトルにおいて、特に NIG021(十日町)の周期約 0.2 秒（水平動成分）、0.1~0.2 秒（上下動成分）に顕著な卓越が認められ、JEAG のスペクトルを大きく越えている。なお、地中地震動記録の疑似速度応答スペクトルにおいて、主に周期 1 秒以下で JEAG のスペクトルとほぼ同等か、それ以下である。

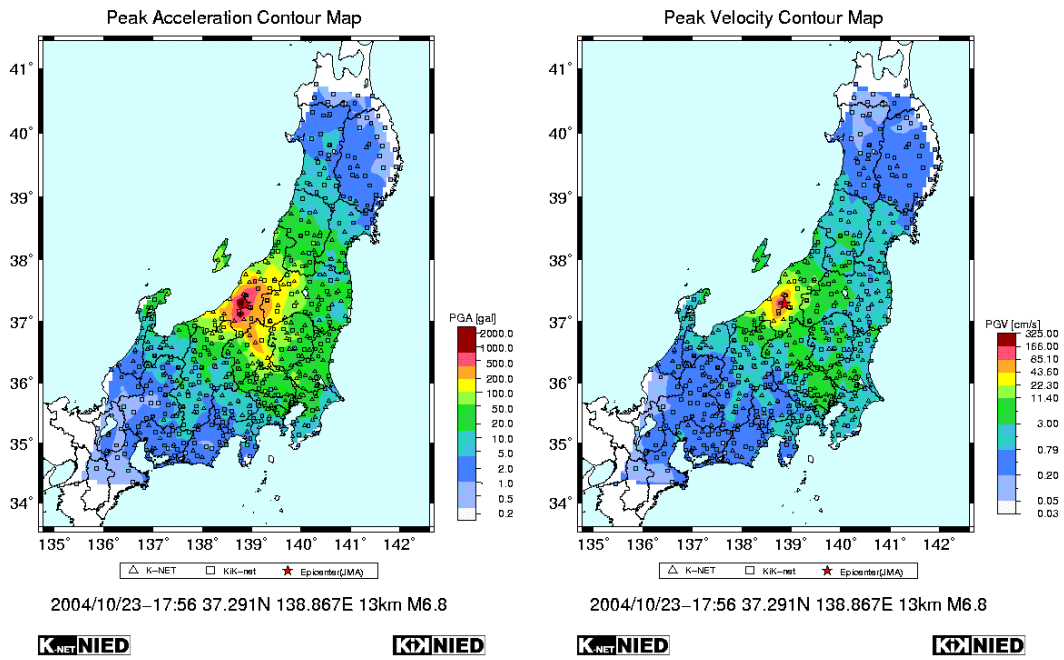


図 3.9.1 PGA, PGV 分布 (防災科学技術研究所)

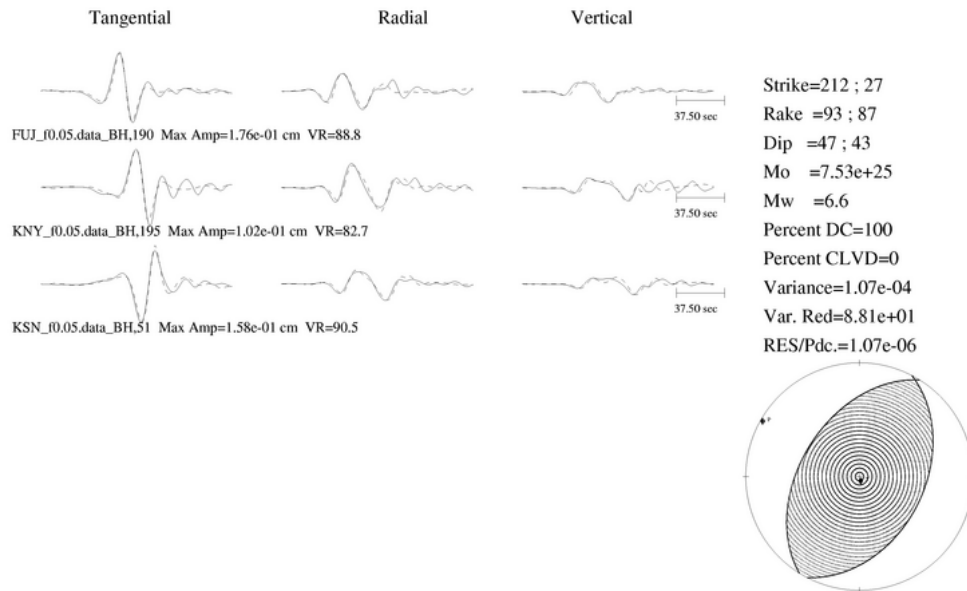


図 3.9.2 震源メカニズム (F-net)



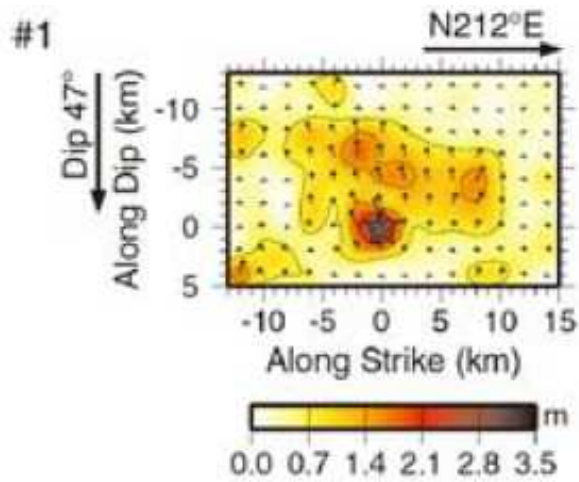


図 3.9.3 Asano and Iwata(2009)による震源インバージョン解析結果

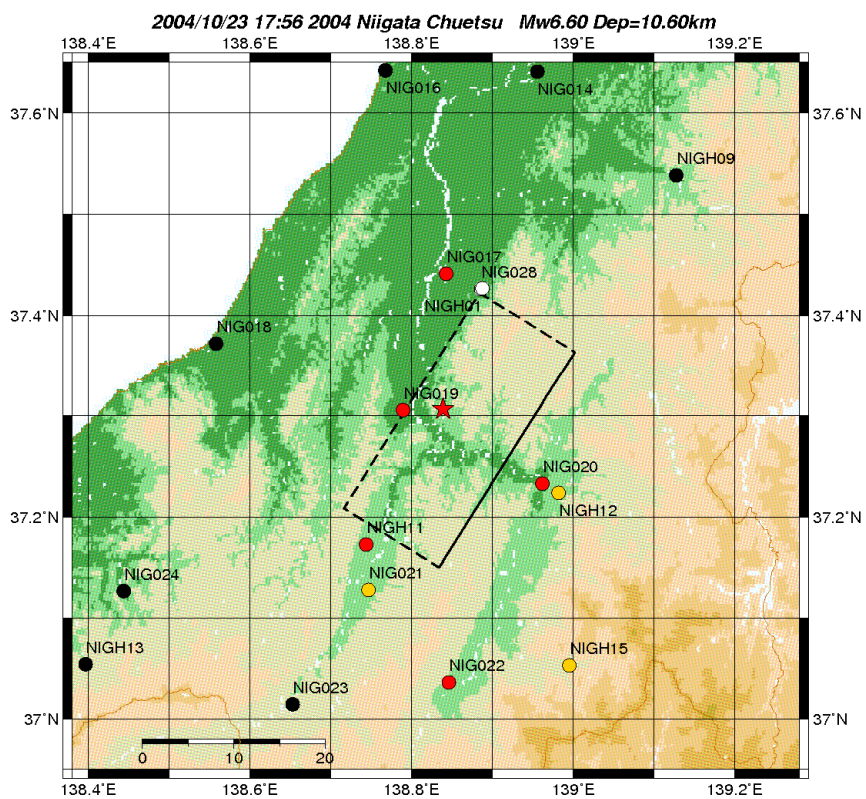
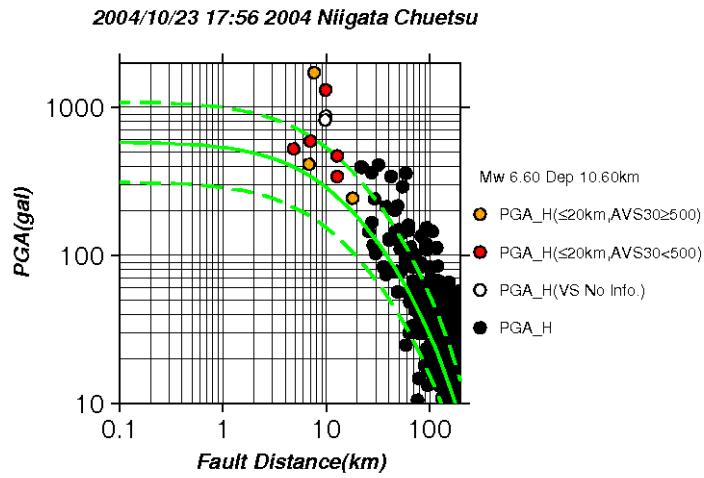
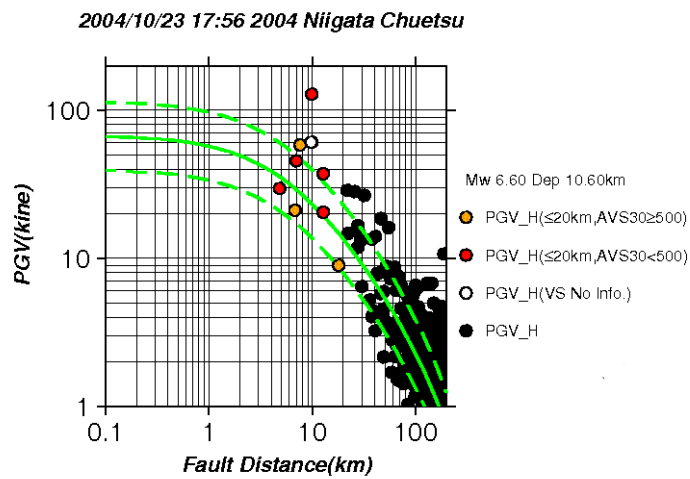


図 3.9.4 Asano and Iwata(2009)の設定断層面および強震観測点 (★：破壊開始点)  
 赤丸：AVS30 が 500m/s 以下の地点，黄色丸：AVS30 が 500m/s 以上の地点（ダム地点を含む）  
 白丸：地盤情報が無い地点，黒丸：断層最短距離が 20km 以上の地点  
 黒三角：ダム地点（記録無し）



(1) PGA の距離減衰



(2) PGV の距離減衰

図 3.9.5 強震観測点における観測 PGA, PGV の距離減衰  
 赤丸 : AVS30 が 500m/s 以下の地点, 黄色丸 : AVS30 が 500m/s 以上の地点  
 白丸 : 地盤情報がない地点, 黒丸 : 断層最短距離が 20km 以上の地点  
 緑実線, 緑破線 : 司・翠川(1999) による距離減衰式およびその標準偏差

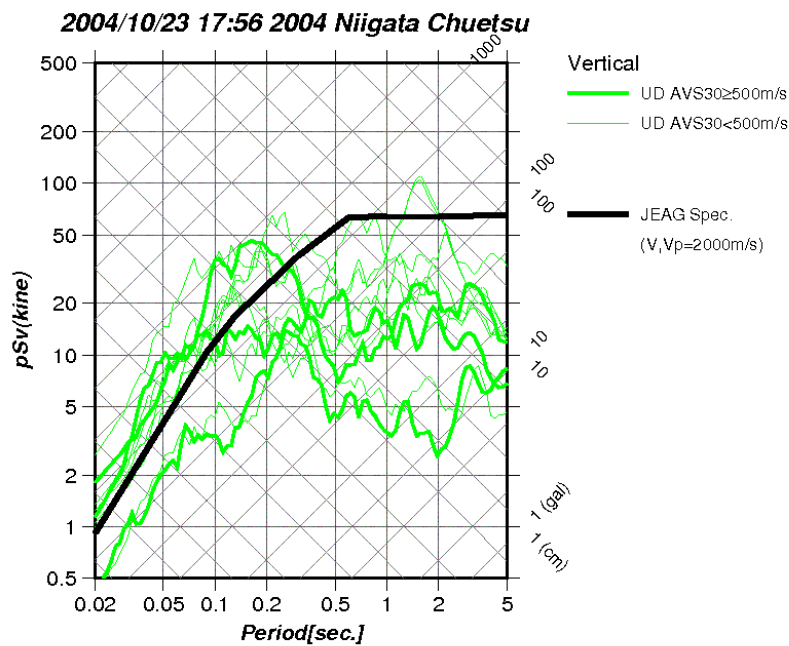
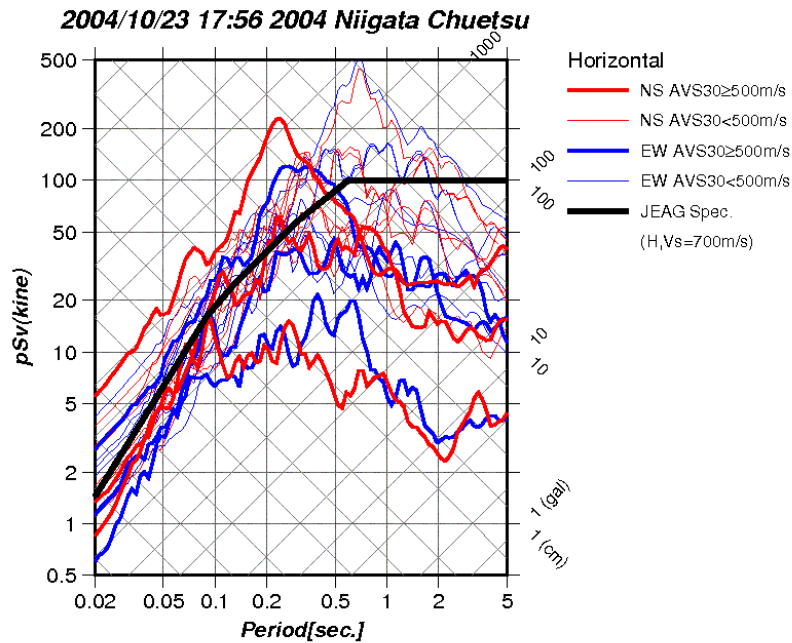


図 3.9.6(1) 強震観測点における疑似速度応答スペクトル (地表)  
 上：水平動成分 (赤-NS 成分, 青-EW 成分), 下：上下動成分 (緑-UD 成分)  
 太線：AVS30 が 500m/s 以上の地点, 細線：AVS30 が 500m/s 以下の地点  
 黒太線：JEAG による「震源を特定せず策定する地震動」  
 (水平：Vs=700m/s, 上下：Vp=2000m/s)

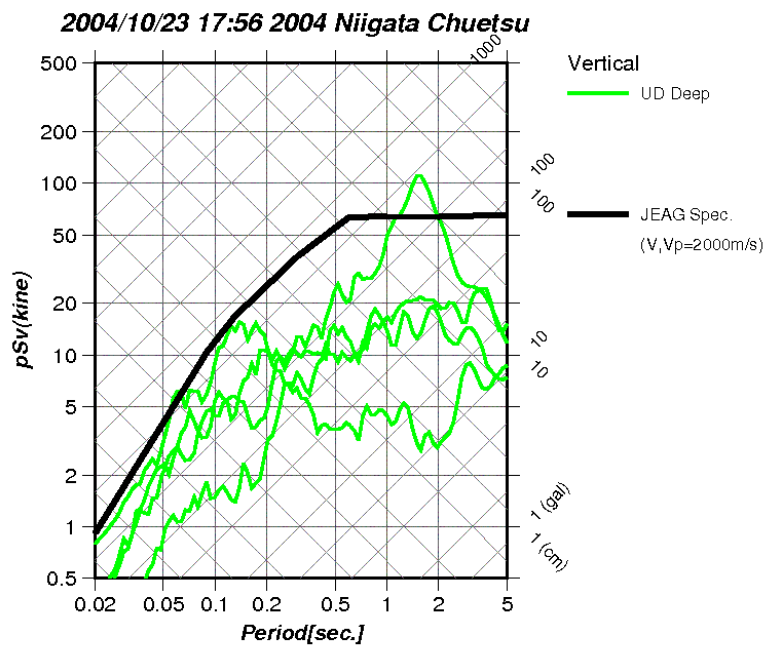
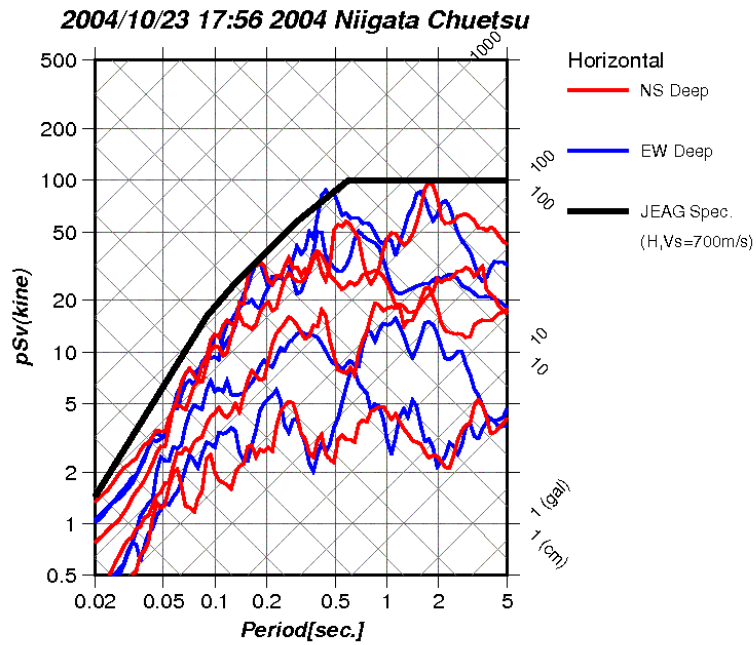


図 3.9.6(2) 強震観測点における疑似速度応答スペクトル (地中)  
 上：水平動成分 (赤-NS 成分, 青-EW 成分), 下：上下動成分 (緑-UD 成分)  
 太線：地中  
 黒太線：JEAG による「震源を特定せず策定する地震動」  
 (水平： $V_s=700\text{m/s}$ , 上下： $V_p=2000\text{m/s}$ )

### 3. 10. 2004年北海道留萌支庁南部地震(Mw5.7)

2004年12月14日14時56分頃に北海道留萌支庁南部を震源（深さ8.6km, Mj6.1, 気象庁による暫定値）とする地震が発生し、北海道小平町で震度6弱を観測した。図3.10.1に防災科学技術研究所によるPGA, PGV分布を示す。図3.10.2に震源メカニズムを示す。この地震は震源メカニズムから逆断層タイプに分類される。

この地震について震源インバージョン結果は得られていないが、Maeda and Sasatani (2009)によって経験的グリーン関数法を用いたフォワードモデリング震源解析が実施されており、その結果を図3.10.3に示す。彼らが推定しているのは強震動生成領域（SMGA: Strong Motion Generation Area）である。図3.10.4にMaeda and Sasatani (2009)の設定断層面および強震観測点を示す。彼らは余震分布を参照して断層面を設定している。図3.10.5に強震観測点における観測PGA, PGVの距離減衰を示す。距離減衰式（司・翠川, 1999）の震源深さはMaeda and Sasatani (2009)を参照した。なお、図中の赤丸はAVS30が500m/s以下の比較的柔らかい地盤、黄色丸はAVS30が500m/s以上の硬質な地盤の地点をそれぞれ示す。この検討において、震源近傍のダムサイトの記録は得られていない。観測されたPGA, PGVは、HKD020（港町）を除き、司・翠川(1999)による距離減衰式と調和的である。一方、HKD020（港町）は $1000\text{cm/s}^2$ を越える大加速度を観測している。その生成原因として、地盤増幅の影響よりは、観測点近傍のSMGAによる破壊伝播効果が指摘されている（Maeda and Sasatani, 2009）。図3.10.6に強震観測点における疑似速度応答スペクトルを示す。HKD020（港町）の疑似速度応答スペクトル（特にEW成分）はJEAGのスペクトルを大きく越えている。なお、HKD020（港町）における詳細な地盤構造は不明であるため、この地点で得られた大加速度の要因として、破壊伝播効果も含め、HKD020（港町）における解放基盤相当からの地盤増幅の影響に関する検討も必要であろう。

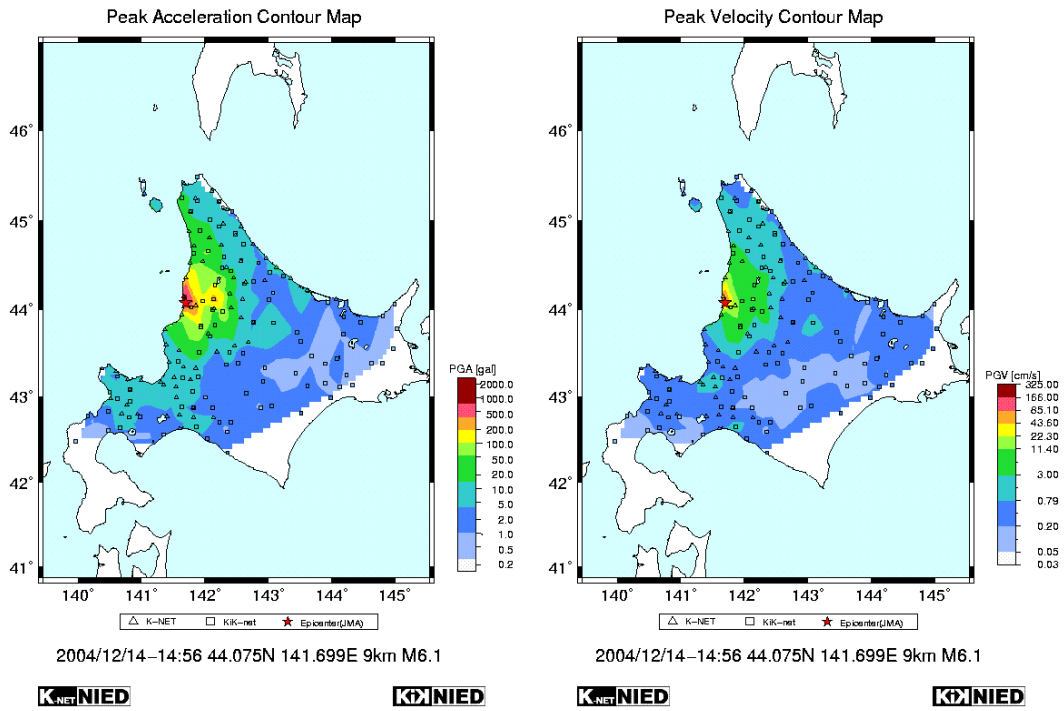


図 3.10.1 PGA, PGV 分布 (防災科学技術研究所)

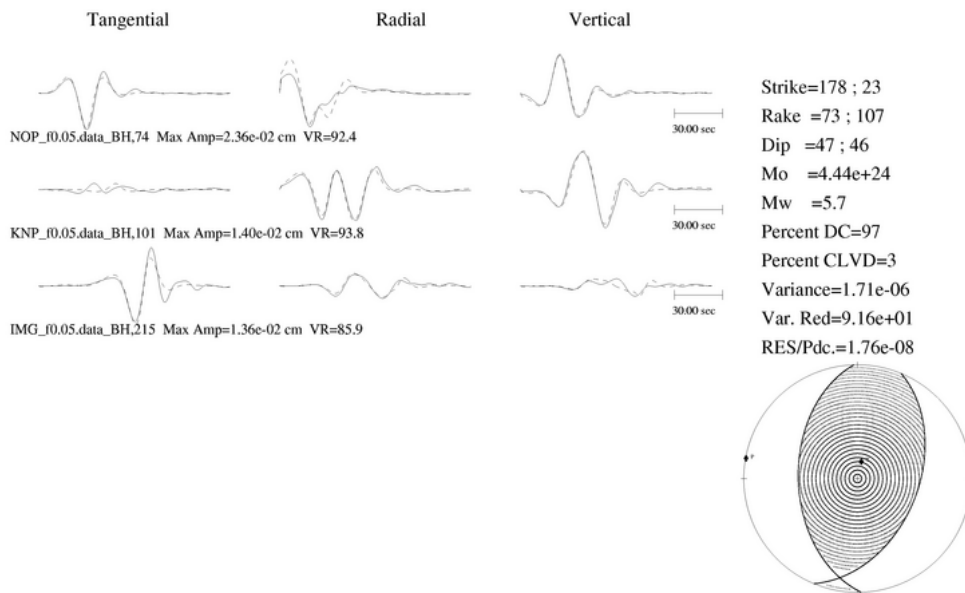


図 3.10.2 震源メカニズム (F-net)

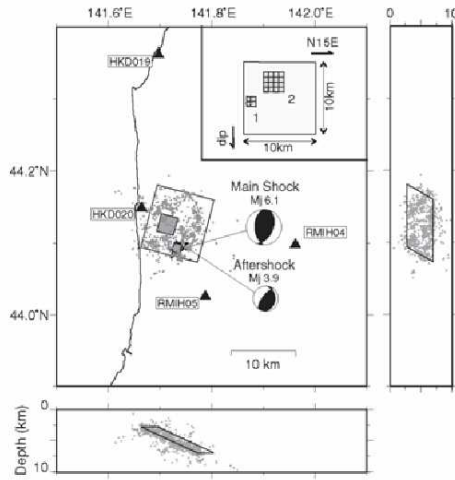


図 3.10.3 Maeda and Sasatani (2009)によるフォワードモデリング解析結果

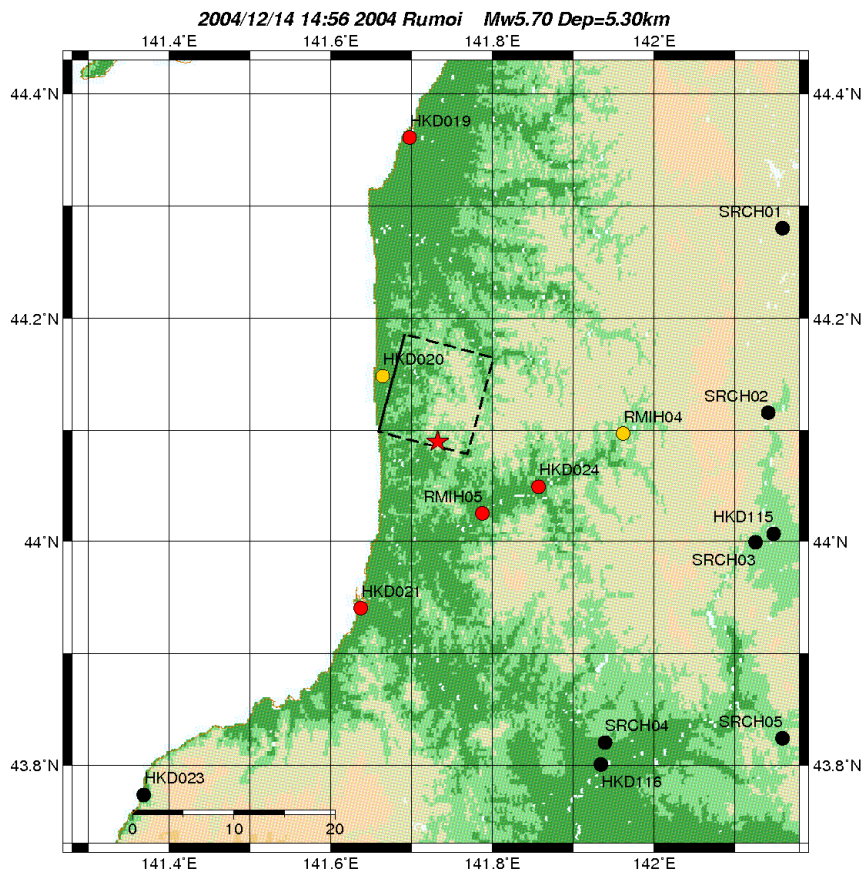
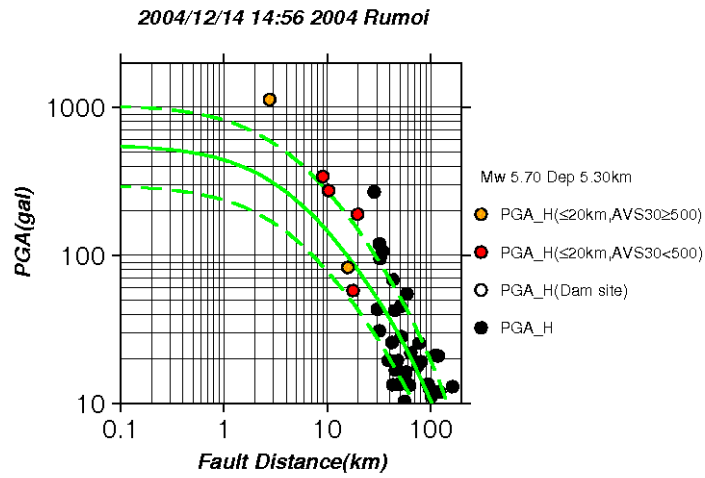
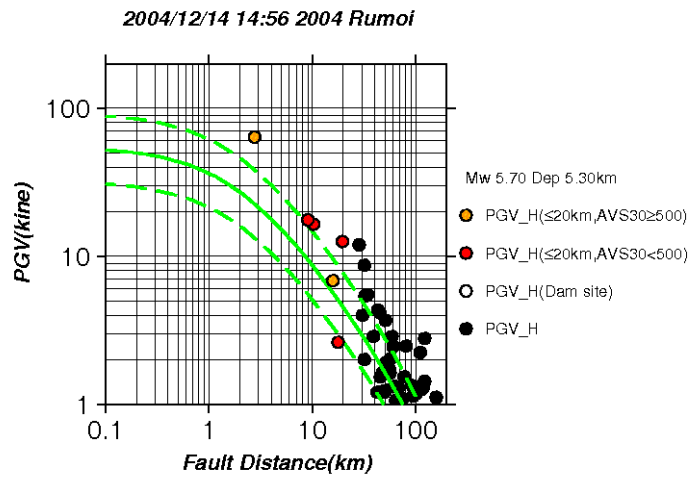


図 3.10.4 Maeda and Sasatani (2009)の設定断層面および強震観測点 (★：破壊開始点)  
 赤丸：AVS30 が 500m/s 以下の地点，黄色丸：AVS30 が 500m/s 以上の地点 (ダム地点を含む)  
 黒丸：断層最短距離が 20km 以上の地点，黒三角：ダム地点 (記録無し)



(1) PGA の距離減衰



(2) PGV の距離減衰

図 3.10.5 強震観測点における観測 PGA, PGV の距離減衰  
 赤丸 : AVS30 が 500m/s 以下の地点, 黄色丸 : AVS30 が 500m/s 以上の地点  
 白丸 : ダム地点, 黒丸 : 断層最短距離が 20km 以上の地点  
 緑実線, 緑破線 : 司・翠川(1999) による距離減衰式およびその標準偏差



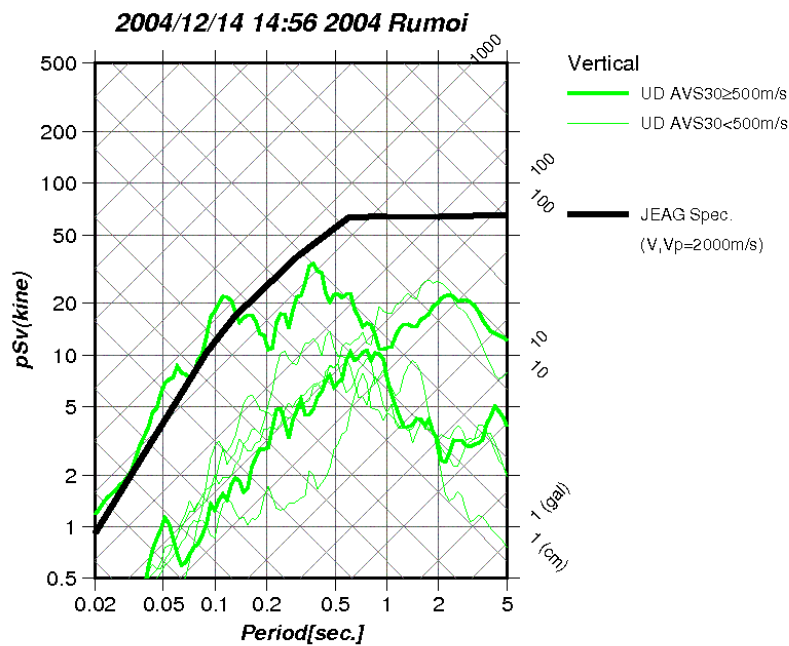
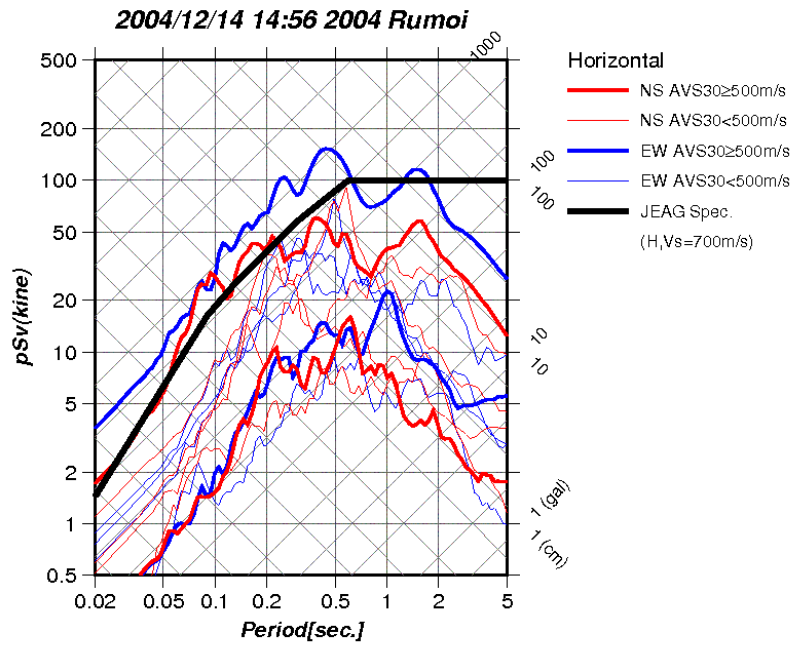


図 3.10.6(1) 強震観測点における疑似速度応答スペクトル (地表)  
 上：水平動成分 (赤-NS 成分, 青-EW 成分), 下：上下動成分 (緑-UD 成分)  
 太線：AVS30 が 500m/s 以上の地点, 細線：AVS30 が 500m/s 以下の地点  
 黒太線：JEAG による「震源を特定せず策定する地震動」  
 (水平：Vs=700m/s, 上下：Vp=2000m/s)

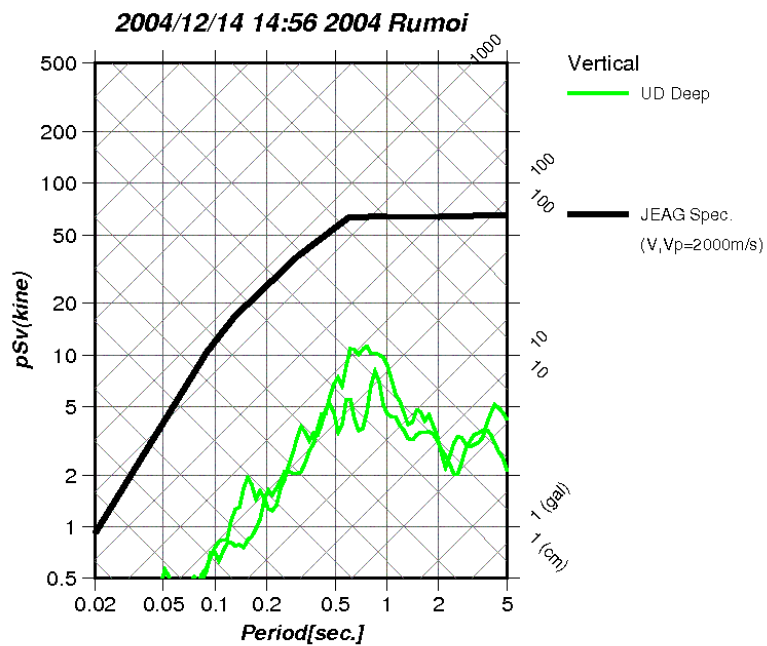
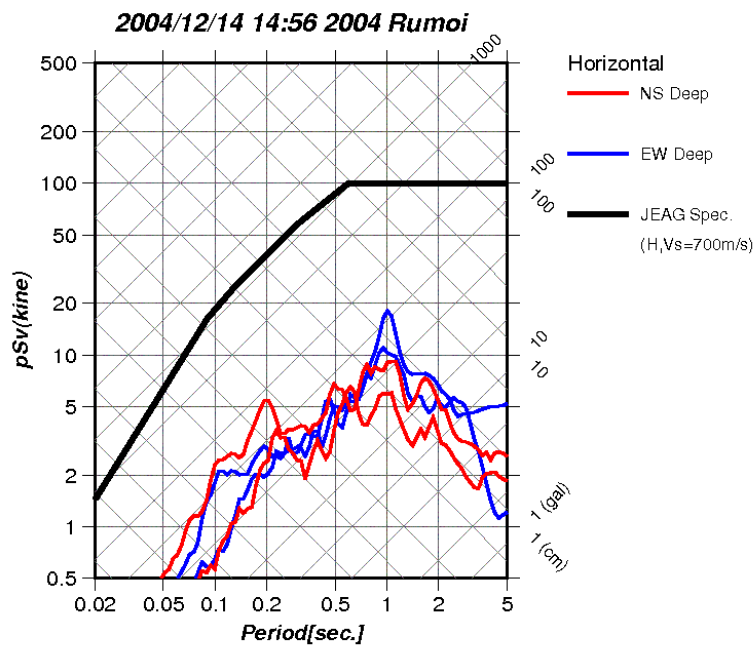


図 3.10.6(2) 強震観測点における疑似速度応答スペクトル (地中)  
 上：水平動成分 (赤-NS 成分, 青-EW 成分), 下：上下動成分 (緑-UD 成分)  
 太線：地中  
 黒太線：JEAG による「震源を特定せず策定する地震動」  
 (水平： $V_s=700\text{m/s}$ , 上下： $V_p=2000\text{m/s}$ )

### 3. 1 1. 2005 年福岡県西方沖越地震(Mw6.6)

2005 年 3 月 20 日 10 時 53 分頃に、福岡県西方沖を震源（深さ 9.2km、Mj7.0、気象庁による）を震源とする地震が発生し、福岡県福岡市中央区，東区，前原市，佐賀県みやき町で震度 6 弱を観測した（気象庁発表）。図 3.11.1 に防災科学技術研究所による PGA, PGV 分布を示す。図 3.11.2 に震源メカニズムを示す。この地震は震源メカニズムから横ずれ断層タイプに分類される。

この地震は Asano and Iwata(2006)によって震源インバージョン解析が実施されており、その結果を図 3.11.3 に示す。図 3.11.4 に Asano and Iwata(2006)の設定断層面および強震観測点を示す。図 3.11.5 に強震観測点における観測 PGA, PGV の距離減衰を示す。距離減衰式（司・翠川，1999）の震源深さは Asano and Iwata(2006)を参照した。なお，図中の赤丸は AVS30 が 500m/s 以下の比較的柔らかい地盤，黄色丸は AVS30 が 500m/s 以上の硬質な地盤の地点をそれぞれ示す。この検討において，震源近傍のダムサイトの記録は得られていない。また，この地震は海域で発生したため，震源近傍で得られた観測記録は多くない。観測された PGA, PGV は司・翠川(1999)による距離減衰式と比べてやや大きい傾向が認められる。ただし，距離減衰式と比べて大きな PGA, PGV を示す観測点は主に断層最短距離 20km 以上であることから，表面波の混入が考えられる。図 3.11.6 に強震観測点における疑似速度応答スペクトルを示す。地表記録の疑似速度応答スペクトルは JEAG のスペクトルに比べて小さい。なお，断層最短距離 20km 以内の観測点の AVS30 は 500m/s 以下であり，また，地中観測記録も得られてないため，この地震で選択される疑似速度応答スペクトルはなかった。

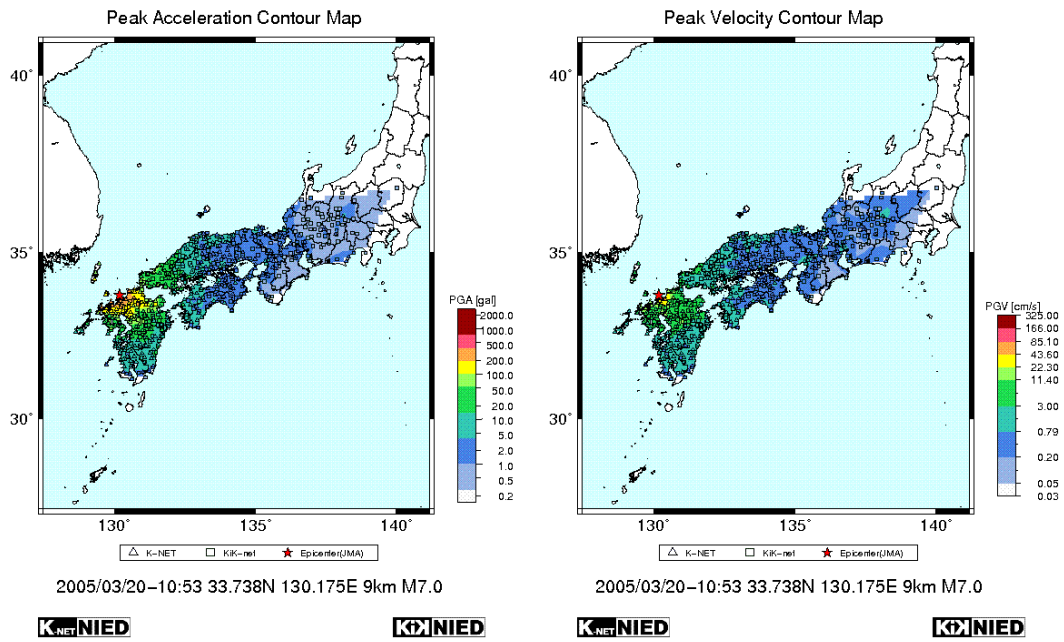


図 3.11.1 PGA, PGV 分布 (防災科学技術研究所)

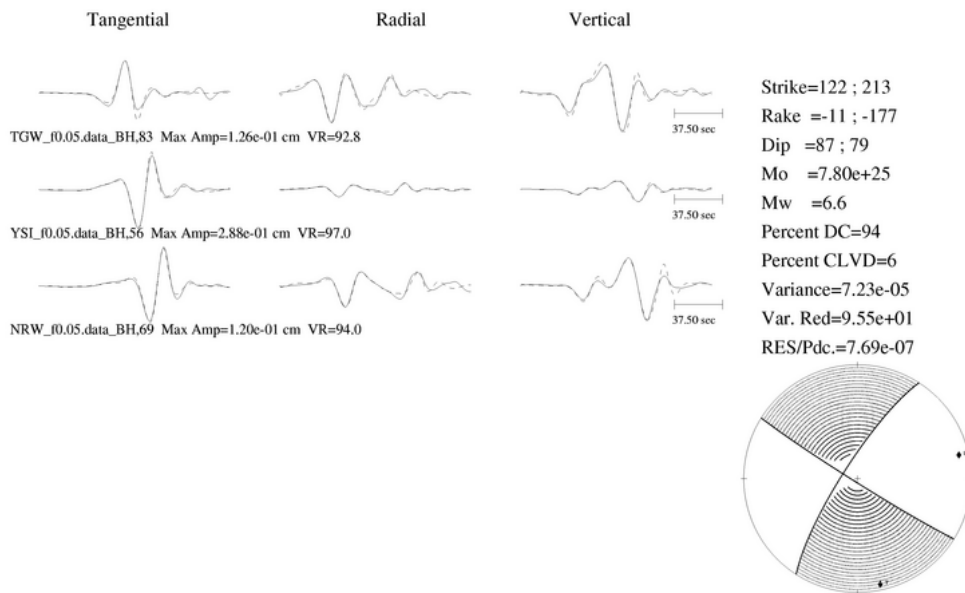


図 3.11.2 震源メカニズム (F-net)

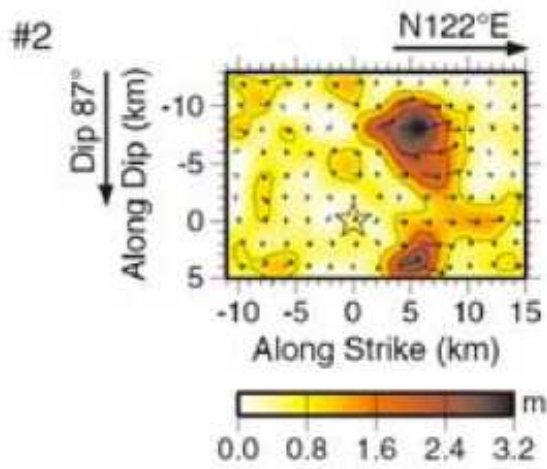


図 3.11.3 Asano and Iwata(2006)による震源インバージョン解析結果

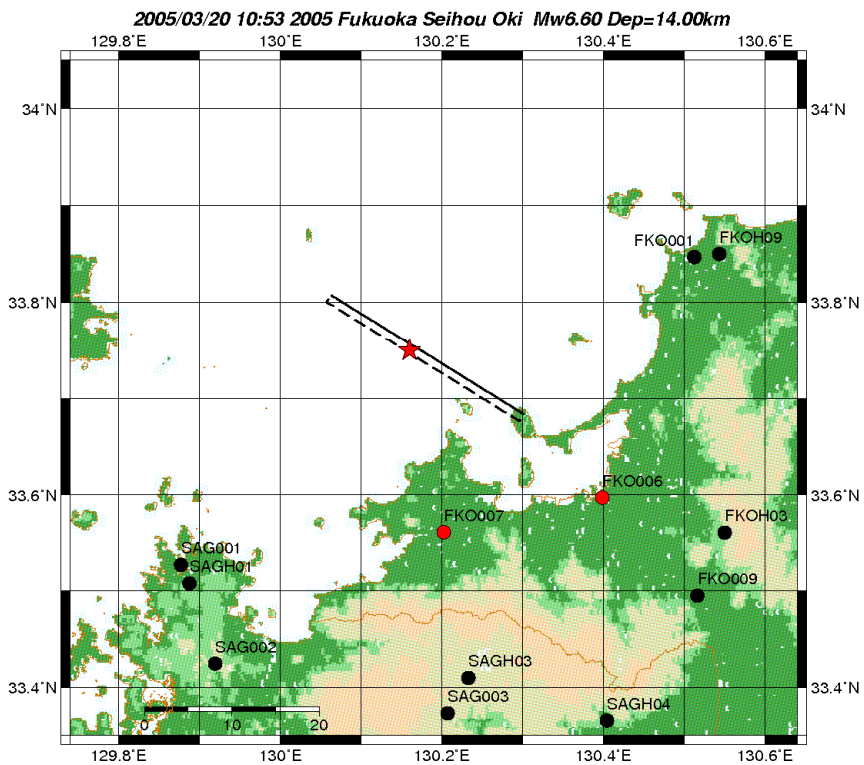
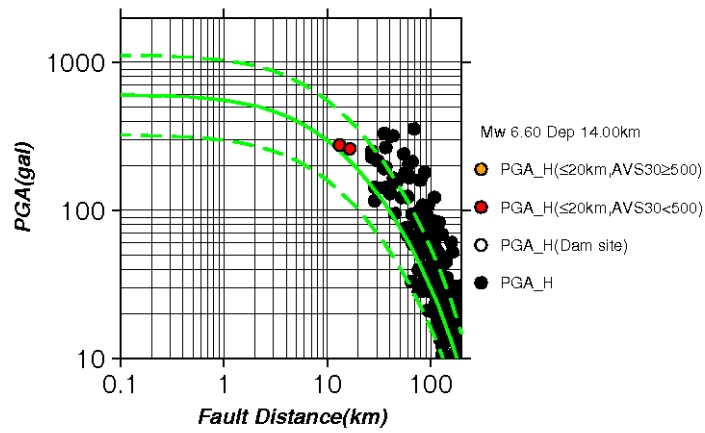


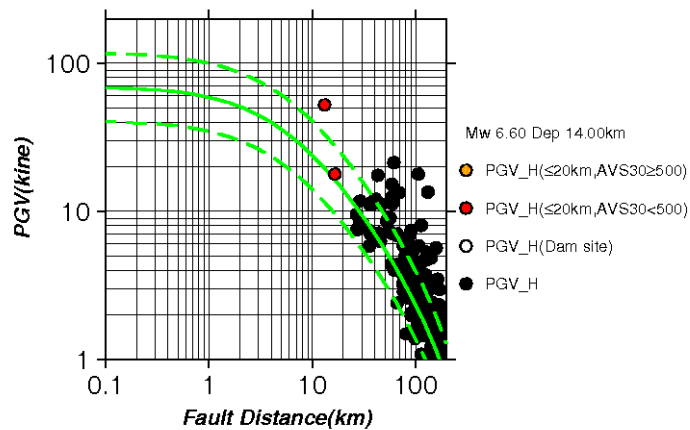
図 3.11.4 Asano and Iwata(2006)の設定断層面および強震観測点 (★：破壊開始点)  
 赤丸：AVS30 が 500m/s 以下の地点，黄色丸：AVS30 が 500m/s 以上の地点 (ダム地点を含む)  
 黒丸：断層最短距離が 20km 以上の地点，黒三角：ダム地点 (記録無し)

2005/03/20 10:53 2005 Fukuoka Seihou Oki



(1) PGA の距離減衰

2005/03/20 10:53 2005 Fukuoka Seihou Oki



(2) PGV の距離減衰

図 3.11.5 強震観測点における観測 PGA, PGV の距離減衰  
 赤丸 : AVS30 が 500m/s 以下の地点, 黄色丸 : AVS30 が 500m/s 以上の地点  
 白丸 : ダム地点, 黒丸 : 断層最短距離が 20km 以上の地点  
 緑実線, 緑破線 : 司・翠川(1999) による距離減衰式およびその標準偏差

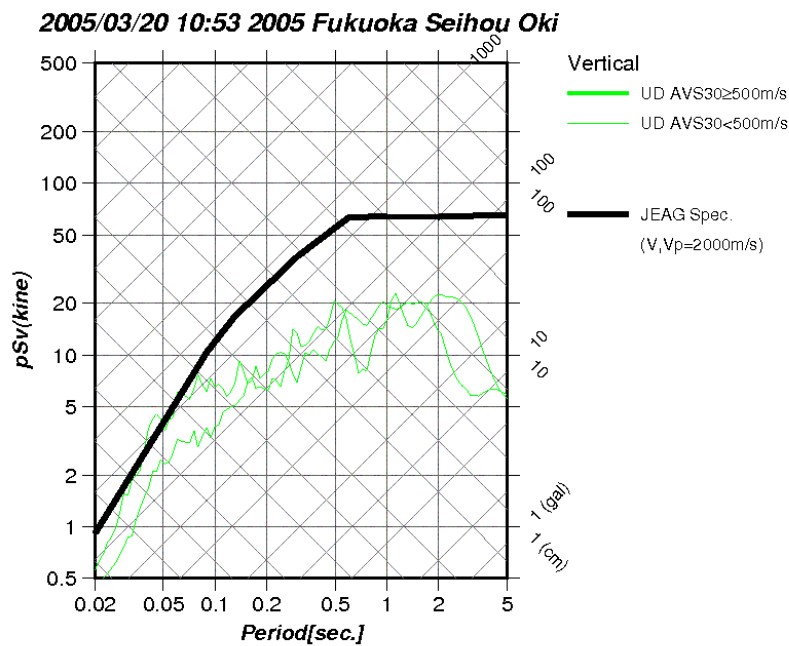
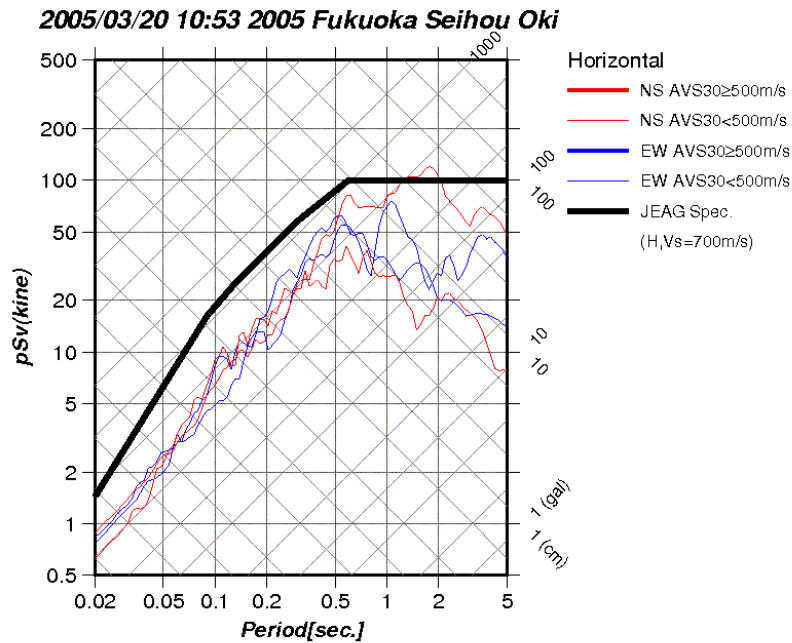


図 3.11.6(1) 強震観測点における疑似速度応答スペクトル (地表)  
 上：水平動成分 (赤-NS 成分, 青-EW 成分), 下：上下動成分 (緑-UD 成分)  
 太線：AVS30 が 500m/s 以上の地点, 細線：AVS30 が 500m/s 以下の地点  
 黒太線：JEAG による「震源を特定せず策定する地震動」  
 (水平：Vs=700m/s, 上下：Vp=2000m/s)

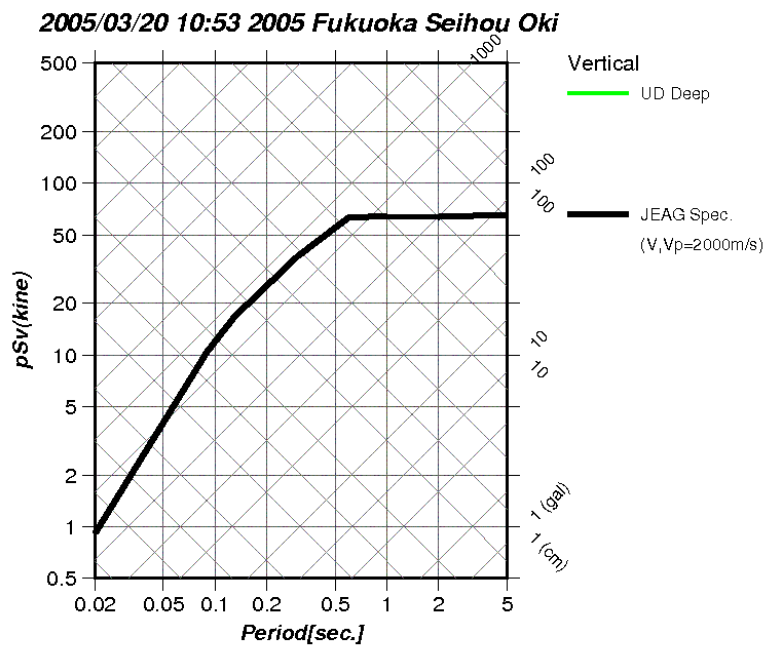
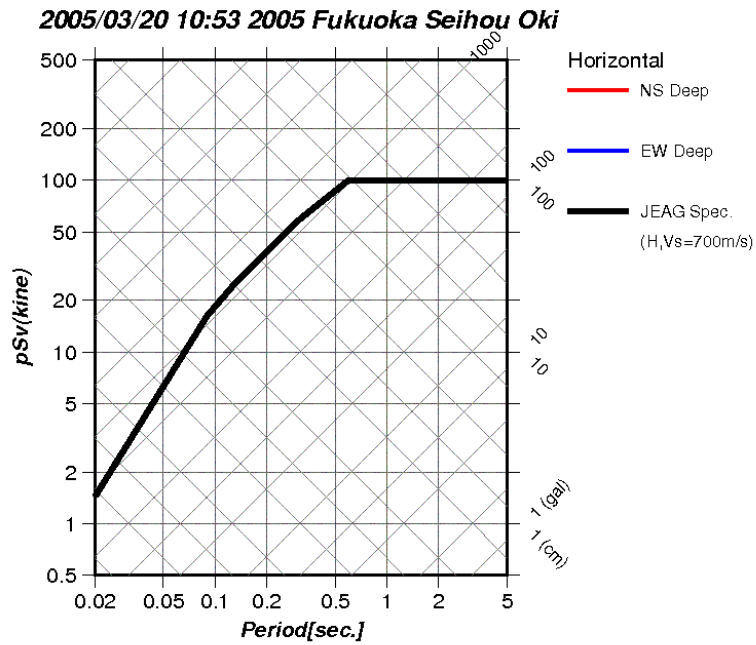


図 3.11.6(2) 強震観測点における疑似速度応答スペクトル (地中とダム地点)  
 上：水平動成分 (赤-NS 成分, 青-EW 成分), 下：上下動成分 (緑-UD 成分)  
 太線：地中とダム地点  
 黒太線：JEAG による「震源を特定せず策定する地震動」  
 (水平： $V_s=700\text{m/s}$ , 上下： $V_p=2000\text{m/s}$ )



### 3. 1 2. 2005 年福岡県西方沖地震の最大余震(Mw5.4)

2005 年 4 月 20 日 06 時 11 分頃に福岡県西方沖を震源（深さ 13.5km,  $M_j$ 5.8, 気象庁による）とする地震が発生し，福岡県福岡市博多区博多駅前，中央区舞鶴，南区塩原，早良区百道浜，春日市原町，新宮町緑ヶ浜，碓井町上臼井で震度 5 強を観測した。図 3. 12. 1 に防災科学技術研究所による PGA, PGV 分布を示す。図 3. 12. 2 に震源メカニズムを示す。この地震は震源メカニズムから横ずれ断層タイプに分類される。

この地震は，本震(Mw6.6)と同様に Asano and Iwata(2006)によって震源インバージョン解析が実施されており，その結果を図 3. 12. 3 に示す。図 3. 12. 4 に Asano and Iwata(2006)の設定断層面および強震観測点を示す。図 3. 12. 5 に強震観測点における観測 PGA, PGV の距離減衰を示す。距離減衰式（司・翠川，1999）の震源深さは Asano and Iwata(2006)を参照した。なお，図中の赤丸は AVS30 が 500m/s 以下の比較的柔らかい地盤，黄色丸は AVS30 が 500m/s 以上の硬質な地盤の地点をそれぞれ示す。この検討において，震源近傍のダムサイトの記録は得られていない。この地震は海域で発生したため，震源近傍で得られた観測記録は多くない。観測された PGA, PGV は，本震と同様に，司・翠川(1999)による距離減衰式に比べてやや大きい傾向が認められる。ただし，距離減衰式と比べて大きな PGA, PGV を示す観測点は主に断層最短距離 20km 以上の観測点であることから，表面波の混入が考えられる。図 3. 12. 6 に強震観測点における疑似速度応答スペクトルを示す。地表記録の疑似速度応答スペクトルは JEAG のスペクトルに比べて小さい。なお，断層最短距離 20km 以内の観測点の AVS30 は 500m/s 以下であり，また，地中観測記録も得られてないため，この地震で選択される疑似速度応答スペクトルはなかった。

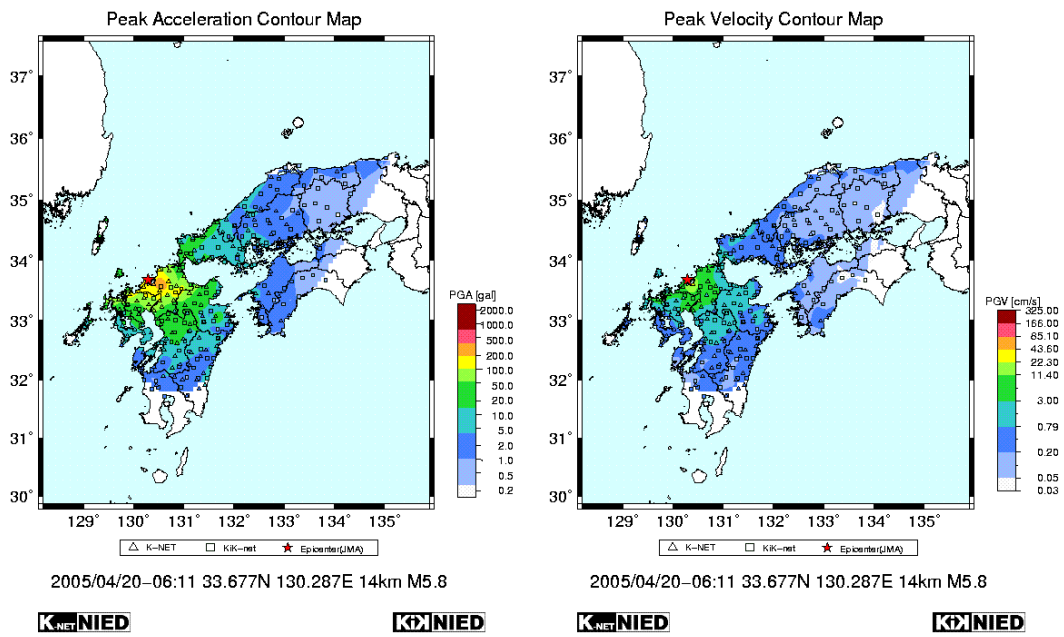


図 3.12.1 PGA, PGV 分布 (防災科学技術研究所)

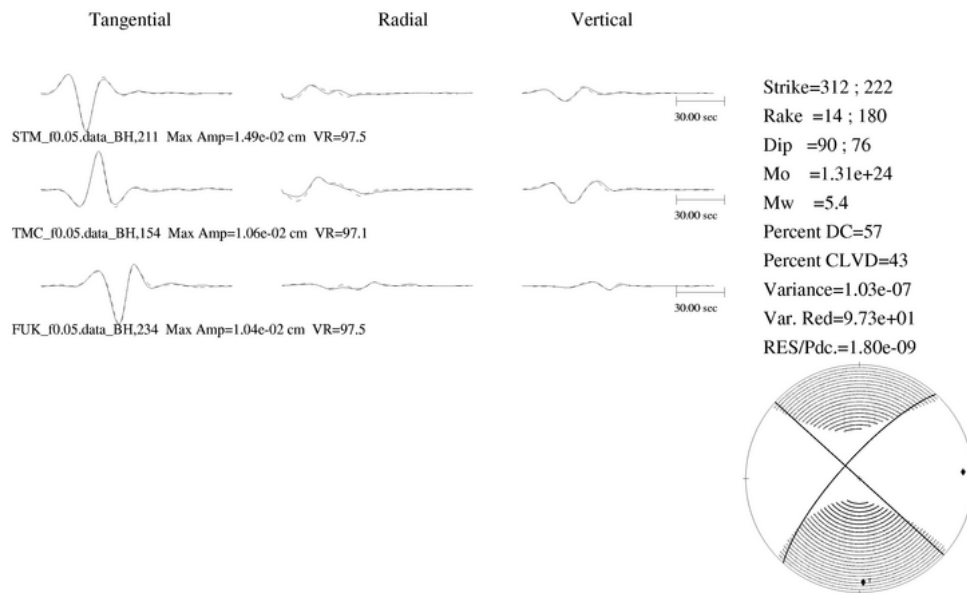


図 3.12.2 震源メカニズム (F-net)

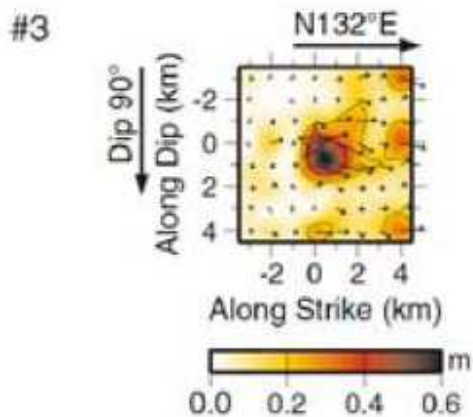


図 3.12.3 Asano and Iwata(2006)による震源インバージョン解析結果

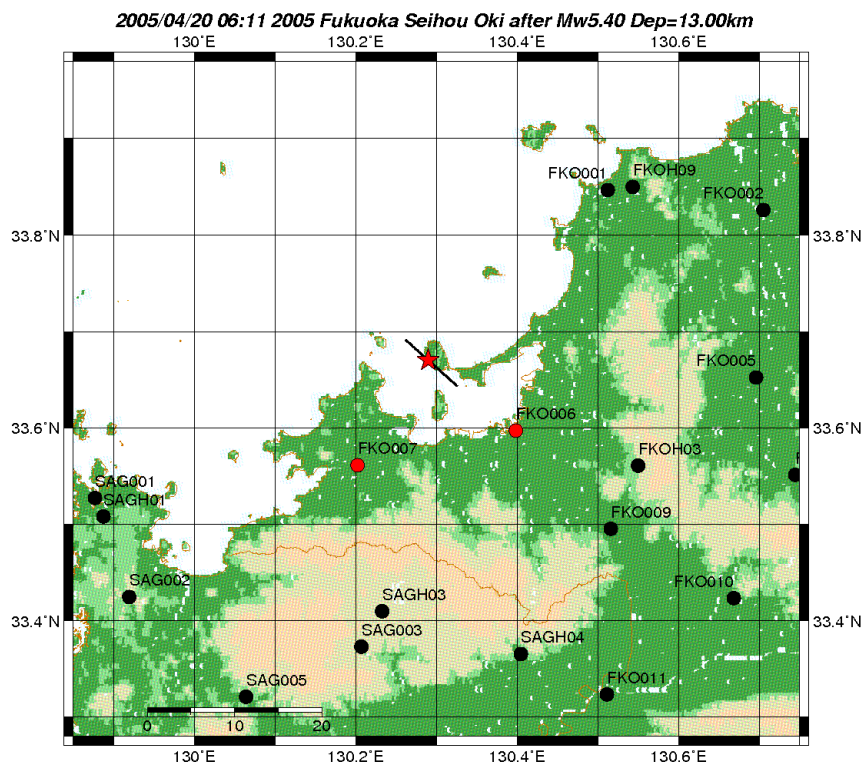
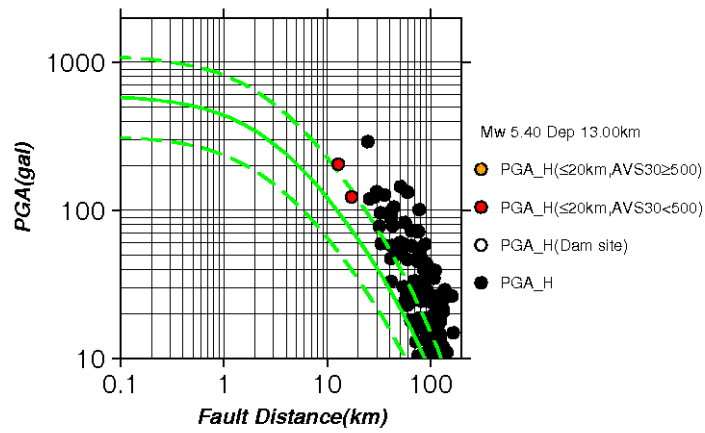


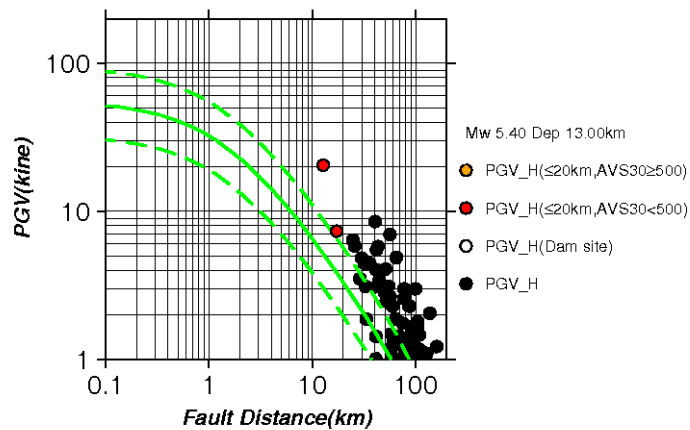
図 3.12.4 Asano and Iwata(2006)の設定断層面および強震観測点 (★：破壊開始点)  
 赤丸：AVS30 が 500m/s 以下の地点，黄色丸：AVS30 が 500m/s 以上の地点 (ダム地点を含む)  
 黒丸：断層最短距離が 20km 以上の地点，黒三角：ダム地点 (記録無し)

2005/04/20 06:11 2005 Fukuoka Seihou Oki after



(1) PGA の距離減衰

2005/04/20 06:11 2005 Fukuoka Seihou Oki after



(2) PGV の距離減衰

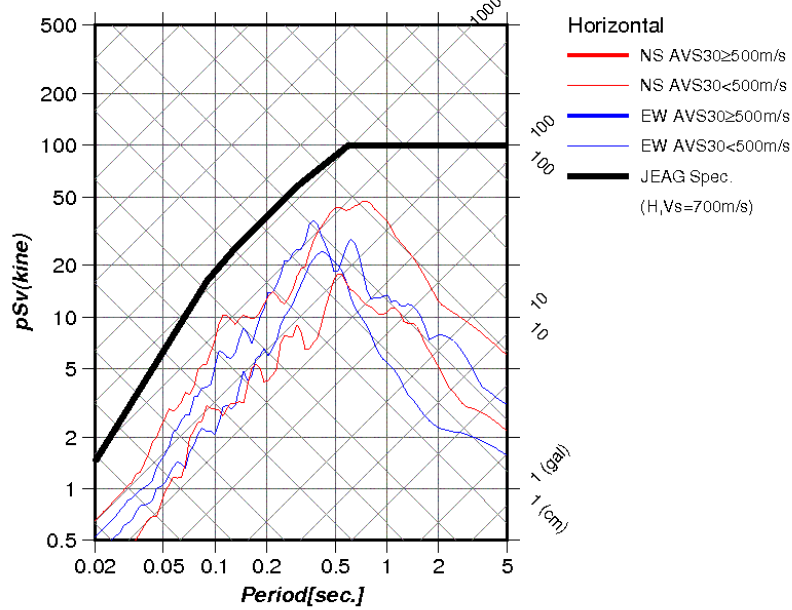
図 3.12.5 強震観測点における観測 PGA, PGV の距離減衰

赤丸 : AVS30 が 500m/s 以下の地点, 黄色丸 : AVS30 が 500m/s 以上の地点

白丸 : ダム地点, 黒丸 : 断層最短距離が 20km 以上の地点

緑実線, 緑破線 : 司・翠川(1999) による距離減衰式およびその標準偏差

2005/04/20 06:11 2005 Fukuoka Seihou Oki after



2005/04/20 06:11 2005 Fukuoka Seihou Oki after

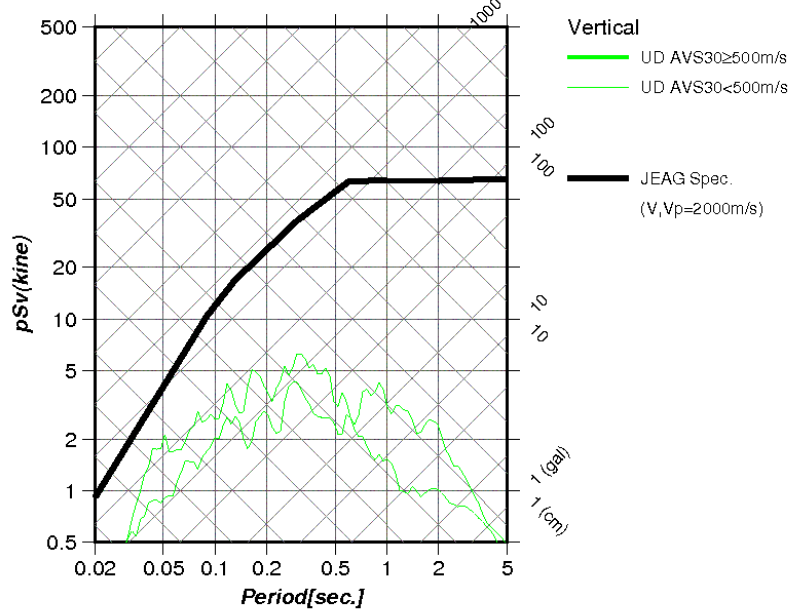
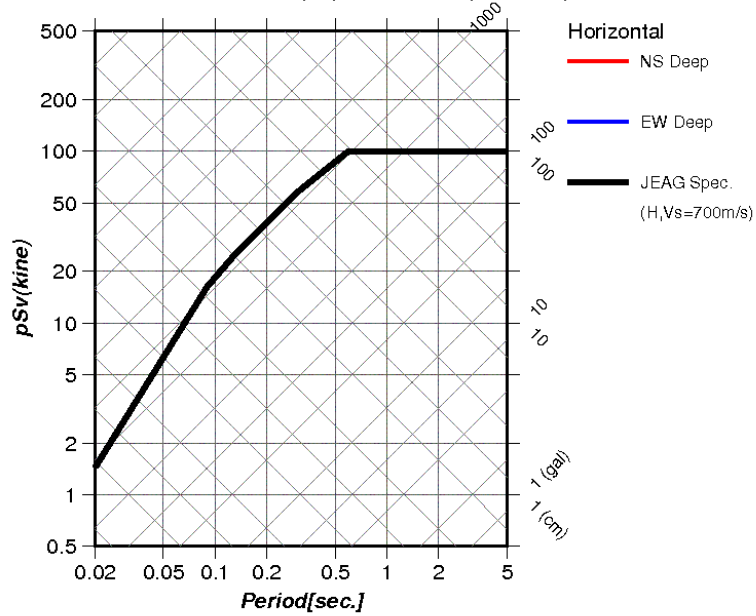


図 3.12.6(1) 強震観測点における疑似速度応答スペクトル (地表)  
 上：水平動成分 (赤-NS 成分, 青-EW 成分), 下：上下動成分 (緑-UD 成分)  
 太線：AVS30 が 500m/s 以上の地点, 細線：AVS30 が 500m/s 以下の地点  
 黒太線：JEAG による「震源を特定せず策定する地震動」  
 (水平： $V_s=700\text{m/s}$ , 上下： $V_s=V_p=2000\text{m/s}$ )

2005/04/20 06:11 2005 Fukuoka Seihou Oki after



2005/04/20 06:11 2005 Fukuoka Seihou Oki after

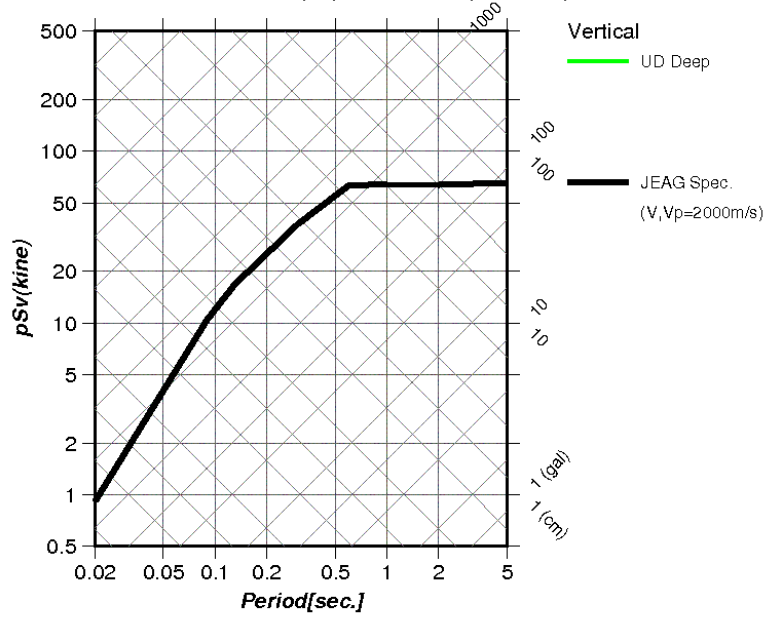


図 3.12.6(2) 強震観測点における疑似速度応答スペクトル (地中とダム地点)  
 上：水平動成分 (赤-NS 成分, 青-EW 成分), 下：上下動成分 (緑-UD 成分)  
 太線：地中とダム地点  
 黒太線：JEAG による「震源を特定せず策定する地震動」  
 (水平： $V_s=700\text{m/s}$ , 上下： $V_p=2000\text{m/s}$ )

### 3. 1 3. 2007 年能登半島地震(Mw6.7)

2007 年 3 月 25 日 9 時 42 分頃に、能登半島沖を震源（深さ 10.7km, Mj6.9, 気象庁による）の地震が発生し、石川県七尾市、輪島市、穴水町で震度 6 強を、石川県志賀町、中能登町、能登町で震度 6 弱を観測した（気象庁発表）。図 3.13.1 に防災科学技術研究所による PGA, PGV 分布を示す。図 3.13.2 に震源メカニズムを示す。この地震は震源メカニズムから逆断層タイプに分類される。

この地震は Asano and Iwata(2011a)によって震源インバージョン解析が実施されており、その結果を図 3.13.3 に示す。図 3.13.4 に Asano and Iwata(2011a)の設定断層面および強震観測点を示す。図 3.13.5 に強震観測点における観測 PGA, PGV の距離減衰を示す。距離減衰式（司・翠川, 1999）の震源深さは Asano and Iwata(2011a)を参照した。なお、図中の赤丸は AVS30 が 500m/s 以下の比較的柔らかい地盤、黄色丸は AVS30 が 500m/s 以上の硬質な地盤の地点をそれぞれ示す。この検討において、震源近傍のダムサイトの記録は得られていない。観測された PGA, PGV は司・翠川(1999)による距離減衰式に比べてやや大きい。ただし、それらの観測点は AVS30 が 500m/s 以下であり、解放基盤相当からの地盤増幅の可能性が考えられる。図 3.13.6 に強震観測点における疑似速度応答スペクトルを示す。ISK005（穴水）の観測スペクトルは周期約 2~3 秒で 100cm/s を超えている。なお、ISK005（穴水）の AVS30 は 500m/s 以下であり、この観測地震動は地盤の非線形性の影響を受けている可能性が指摘されている（例えば、Kurahashi and Irikura, 2008; 釜江・他, 2007）。一方、AVS30 が 500m/s 以上の観測点である ISK003（輪島）の疑似速度応答スペクトルは JEAG スペクトルを一部周期帯で超えているが、それ以外は、JEAG スペクトルより小さい。ISK003（輪島）は K-NET 観測点であることから地中地震動記録はないため、地盤増幅の影響を検討する必要があるだろう。

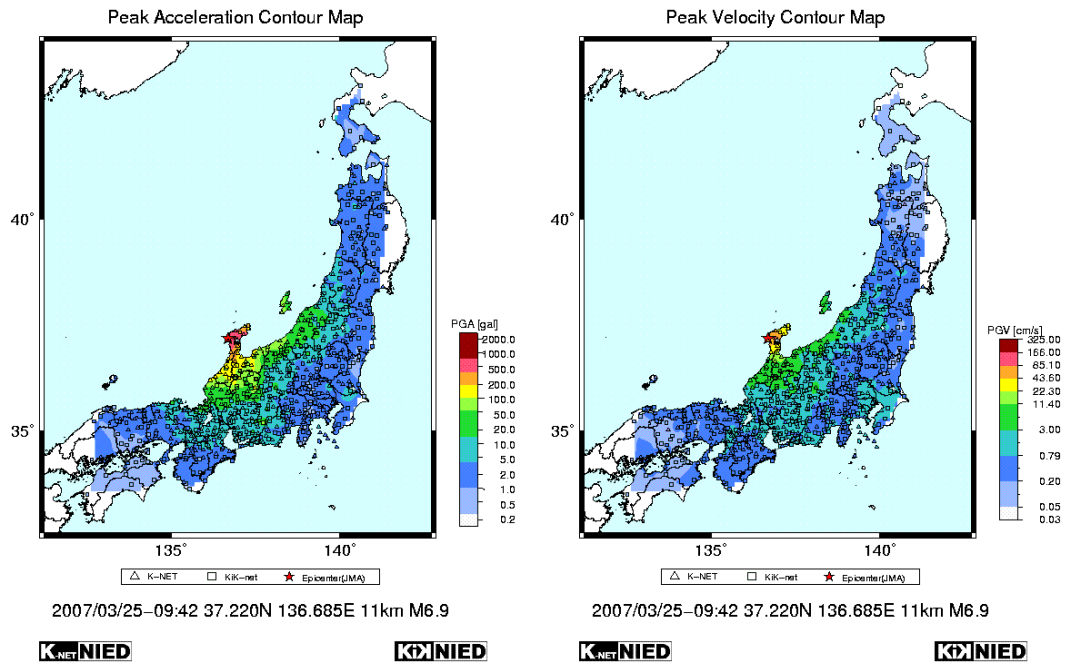


図 3.13.1 PGA, PGV 分布 (防災科学技術研究所)

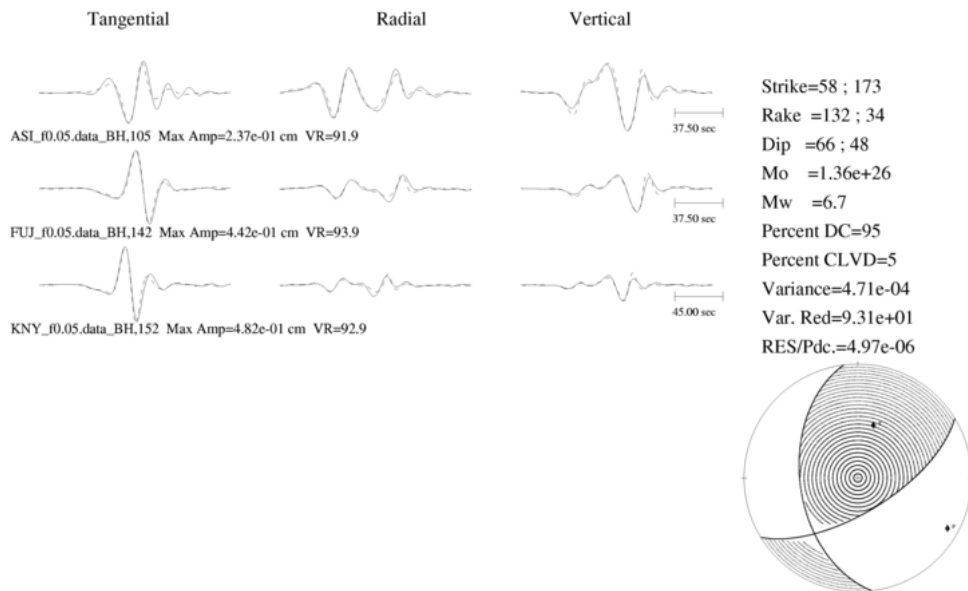


図 3.13.2 震源メカニズム (F-net)



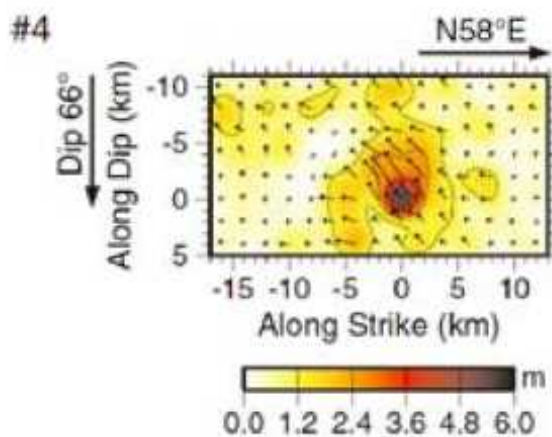


図 3.13.3 Asano and Iwata(2011a)による震源インバージョン解析結果

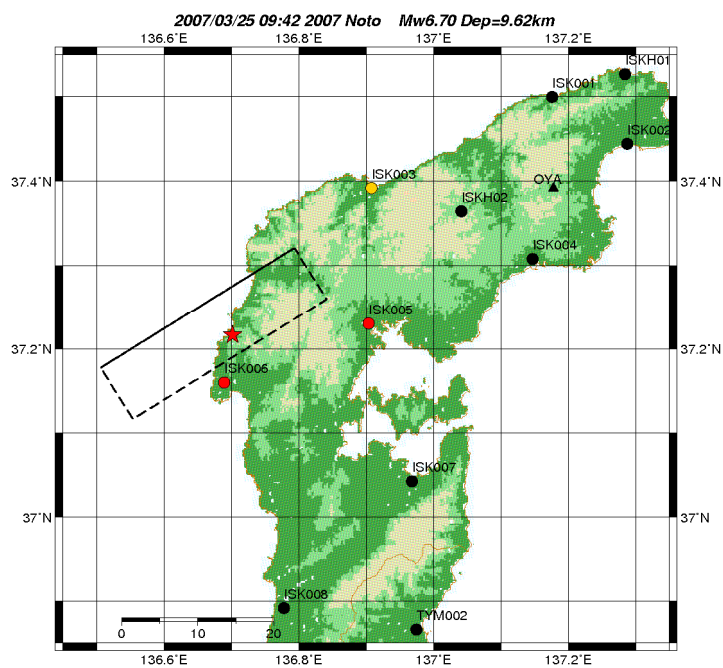
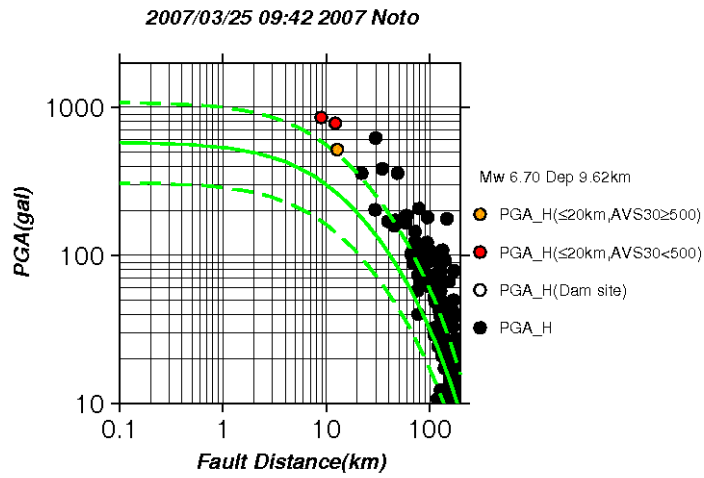
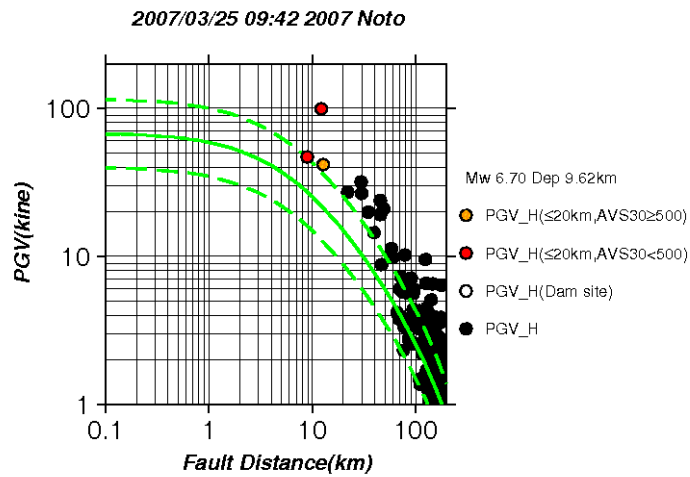


図 3.13.4 Asano and Iwata(2011a)の設定断層面および強震観測点 (★：破壊開始点)  
 赤丸：AVS30 が 500m/s 以下の地点，黄色丸：AVS30 が 500m/s 以上の地点 (ダム地点を含む)  
 黒丸：断層最短距離が 20km 以上の地点，黒三角：ダム地点



(1) PGA の距離減衰



(2) PGV の距離減衰

図 3.13.5 強震観測点における観測 PGA, PGV の距離減衰  
 赤丸 : AVS30 が 500m/s 以下の地点, 黄色丸 : AVS30 が 500m/s 以上の地点  
 白丸 : ダム地点, 黒丸 : 断層最短距離が 20km 以上の地点  
 緑実線, 緑破線 : 司・翠川(1999) による距離減衰式およびその標準偏差

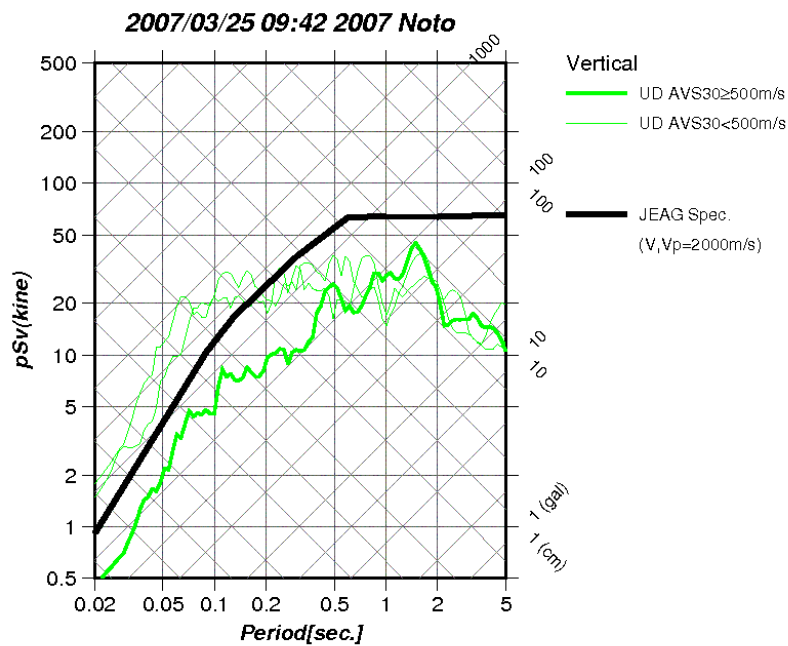
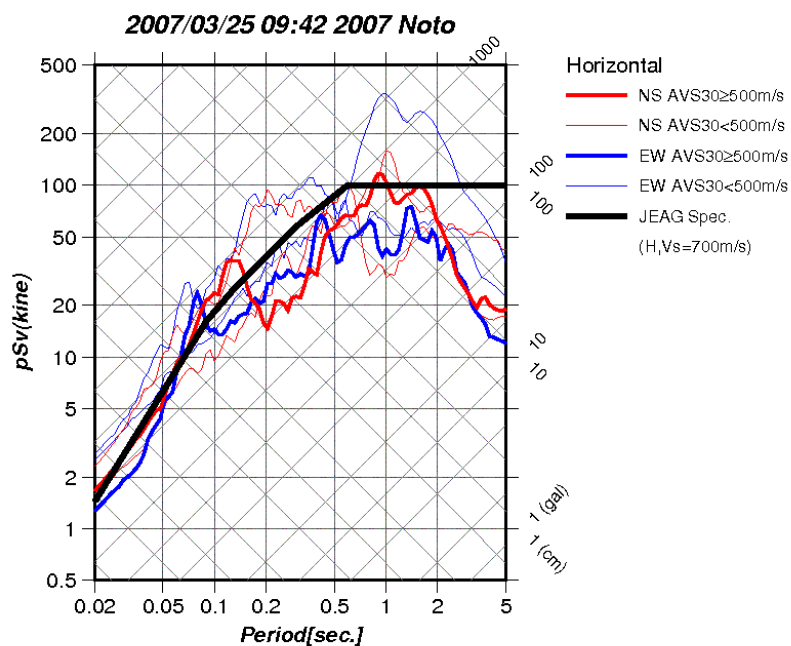


図 3.13.6(1) 強震観測点における疑似速度応答スペクトル (地表)  
 上：水平動成分 (赤-NS 成分, 青-EW 成分), 下：上下動成分 (緑-UD 成分)  
 太線：AVS30 が 500m/s 以上の地点, 細線：AVS30 が 500m/s 以下の地点  
 黒太線：JEAG による「震源を特定せず策定する地震動」  
 (水平： $V_s=700\text{m/s}$ , 上下： $V_p=2000\text{m/s}$ )

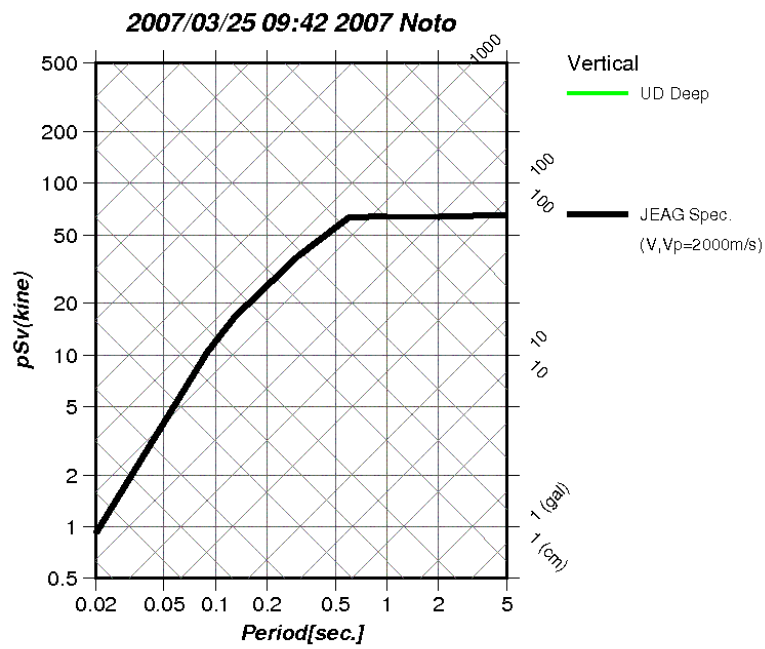
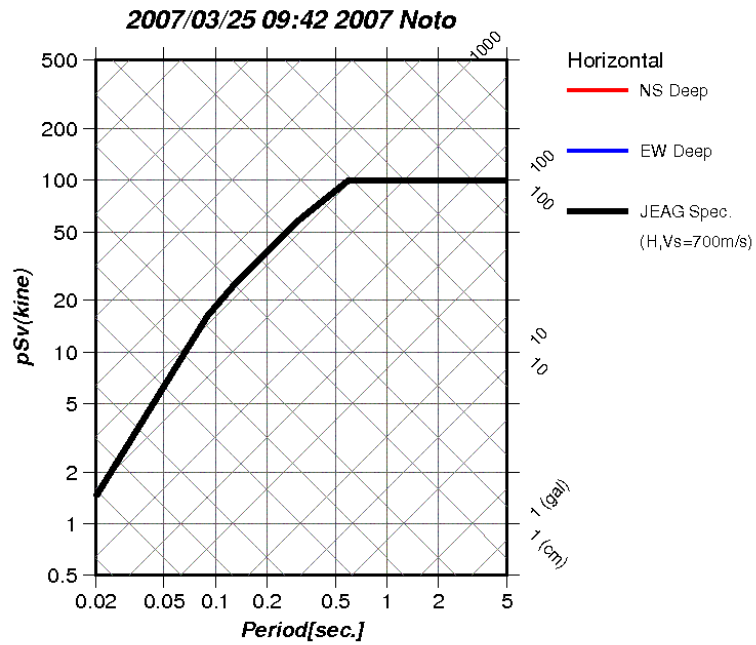


図 3.13.6(2) 強震観測点における疑似速度応答スペクトル (地中とダム地点)  
 上：水平動成分 (赤-NS 成分, 青-EW 成分), 下：上下動成分 (緑-UD 成分)  
 太線：地中とダム地点  
 黒太線：JEAG による「震源を特定せず策定する地震動」  
 (水平： $V_s=700\text{m/s}$ , 上下： $V_p=2000\text{m/s}$ )

### 3. 1 4. 2007 年新潟県中越沖越地震(Mw6.6)

2007 年 7 月 16 日 10 時 13 分頃に、新潟県上中越沖を震源（深さ 16.8km, Mj6.8, 気象庁によ）の地震が発生し、新潟県柏崎市、刈羽村、長野県飯網町で震度 6 強、新潟県上越市、小千谷市、出雲崎町で震度 6 弱を観測した（気象庁発表）。図 3.14.1 に防災科学技術研究所による PGA, PGV 分布を示す。図 3.14.2 に震源メカニズムを示す。この地震は震源メカニズムから逆断層タイプに分類される。なお、この地震の断層面は南東傾斜あるいは北東傾斜の議論があったが、海底地震計観測による余震分布の震源再決定から、南東傾斜と考えられる（引間・瀨瀬, 2008）。

この地震は Aoi et al. (2008) によって震源インバージョン解析が実施されており、その結果を図 3.14.3 に示す。図 3.14.4 に Aoi et al. (2008) の設定断層面および強震観測点を示す。図 3.14.5 に強震観測点における観測 PGA, PGV の距離減衰を示す。距離減衰式（司・翠川, 1999）の震源深さは Aoi et al. (2008) を参照した。なお、図中の赤丸は AVS30 が 500m/s 以下の比較的柔らかい地盤、黄色丸は AVS30 が 500m/s 以上の硬質な地盤の地点をそれぞれ示す。この地震において、震源近傍のダムサイトの記録は得られていない。NIG018（柏崎）、KSHSG1（柏崎刈羽原子力発電所・サービスホール）の観測点を除き、観測された PGA, PGV は司・翠川(1999)による距離減衰式と調和的である。なお、NIG018（柏崎）および KSHSG1 の AVS30 は 500m/s 以下であり、地盤の非線形性の影響を受けていることが指摘されている（例えば、翠川・他, 2007; 東京電力, 2008）。釜江・川辺(2008)は経験的グリーン関数を用いた強震動評価を実施するとともに、その結果に基づいて 3 次元地下構造モデルを用いた理論的地震動シミュレーションを実施しており、柏崎刈羽原子力発電所内の大地震動の生成原因として、複雑な 3 次元地下構造による地震波のフォーカシングを指摘している。図 3.14.6 に強震観測点における疑似速度応答スペクトルを示す。地表記録の疑似速度応答スペクトルにおいて、特に NIG018（柏崎）および KSHSG1 の周期約 2 秒（水平動成分）に顕著な卓越が認められる。これらは先述したように AVS30 が 500m/s 以下の観測点であり、地盤の非線形特性による影響と考える。一方、地中地震動記録の疑似速度応答スペクトルにおいて、KSHSG1（柏崎刈羽原子力発電所・サービスホール）のスペクトルは、JEAG のスペクトルと同等か一部周期帯（周期 0.1~0.2 秒）でややそれを越える。

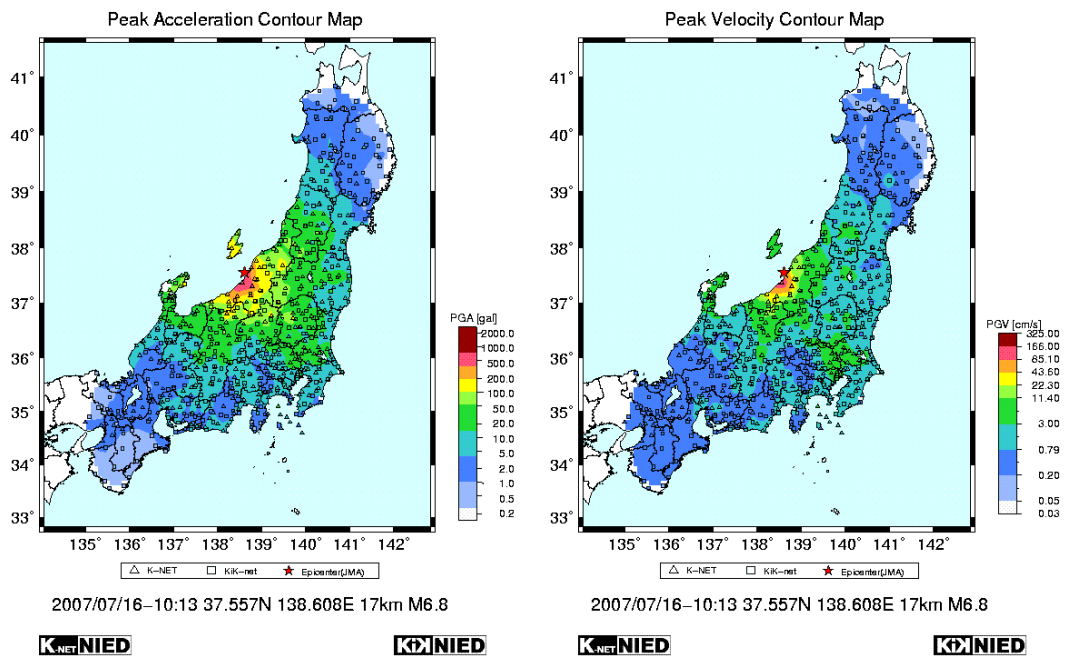


図 3.14.1 PGA, PGV 分布 (防災科学技術研究所)

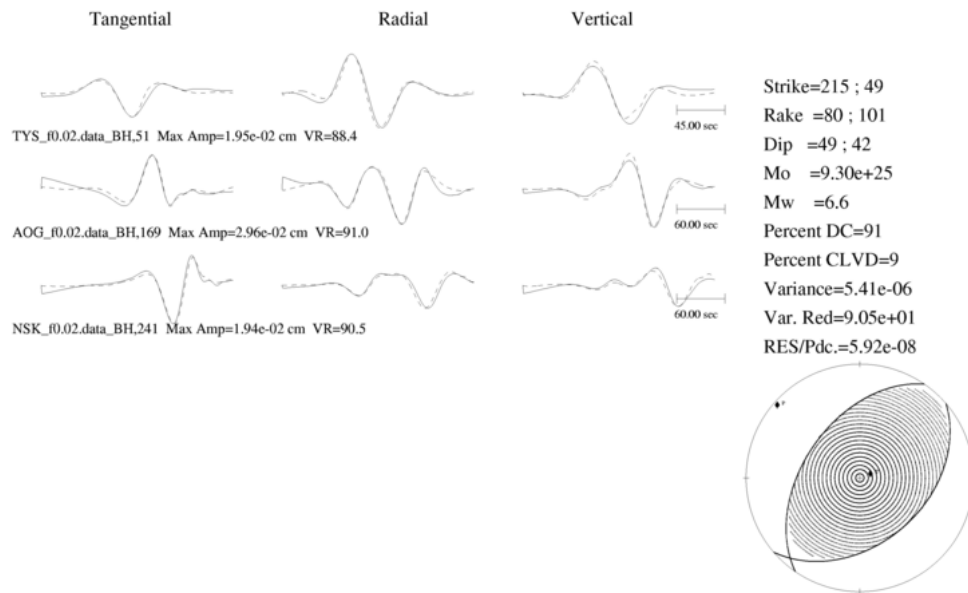


図 3.14.2 震源メカニズム (F-net)

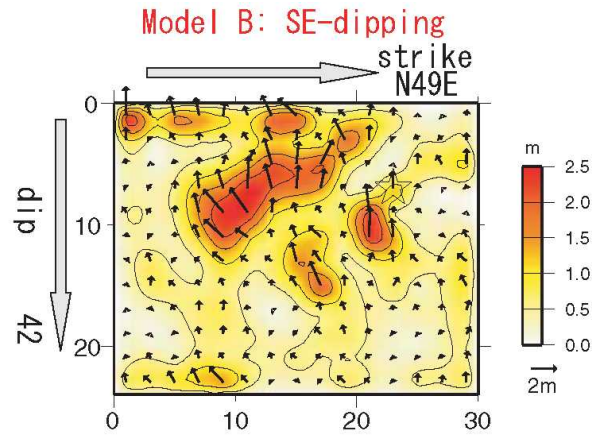


図 3.14.3 Aoi et al. (2008)による震源インバージョン解析結果

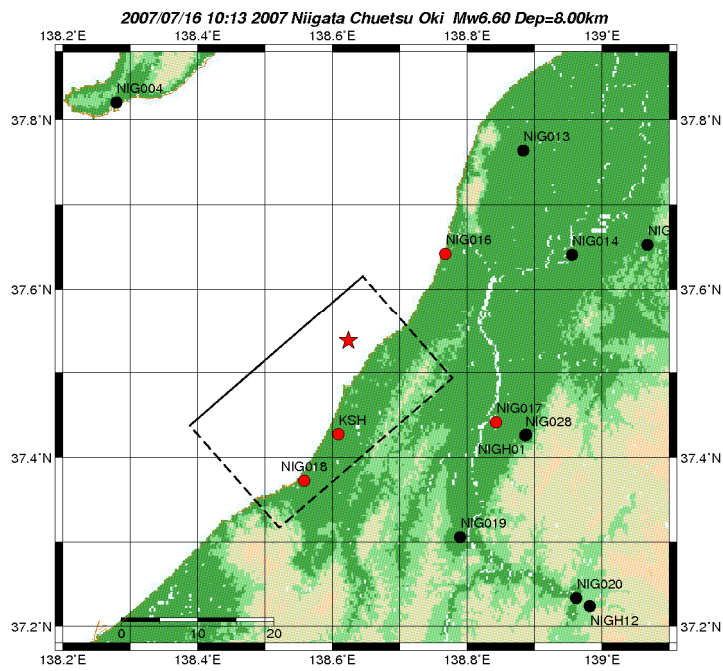
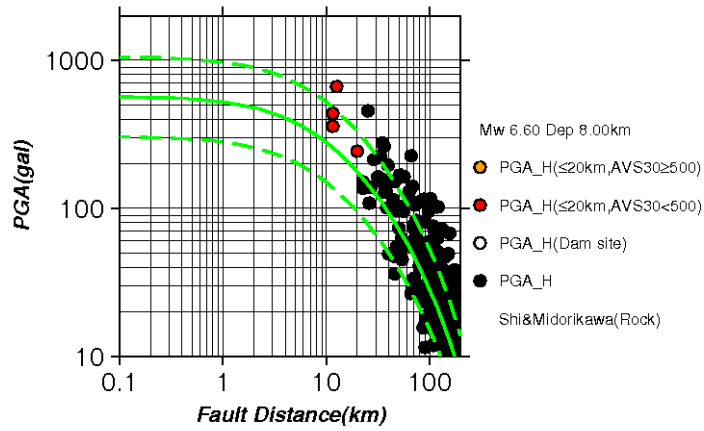


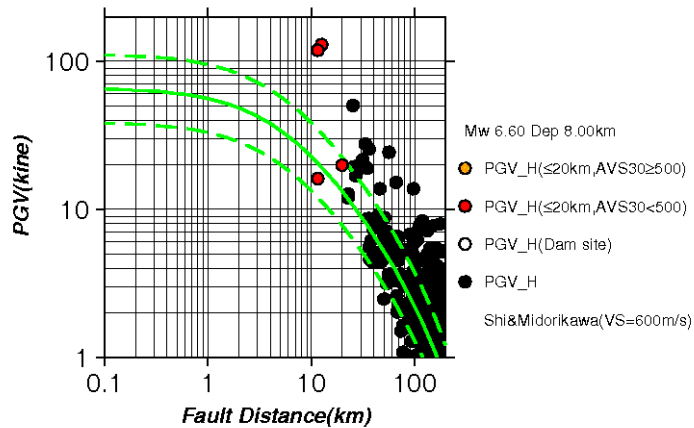
図 3.14.4 Aoi et al. (2008)の設定断層面および強震観測点 (★：破壊開始点)  
 赤丸：AVS30 が 500m/s 以下の地点，黄色丸：AVS30 が 500m/s 以上の地点 (ダム地点を含む)  
 黒丸：断層最短距離が 20km 以上の地点，黒三角：ダム地点 (記録無し)

2007/07/16 10:13 2007 Niigata Chuetsu Oki



(1) PGA の距離減衰

2007/07/16 10:13 2007 Niigata Chuetsu Oki



(2) PGV の距離減衰

図 3.14.5 強震観測点における観測 PGA, PGV の距離減衰  
 赤丸 : AVS30 が 500m/s 以下の地点, 黄色丸 : AVS30 が 500m/s 以上の地点  
 白丸 : ダム地点, 黒丸 : 断層最短距離が 20km 以上の地点  
 緑実線, 緑破線 : 司・翠川(1999) による距離減衰式およびその標準偏差



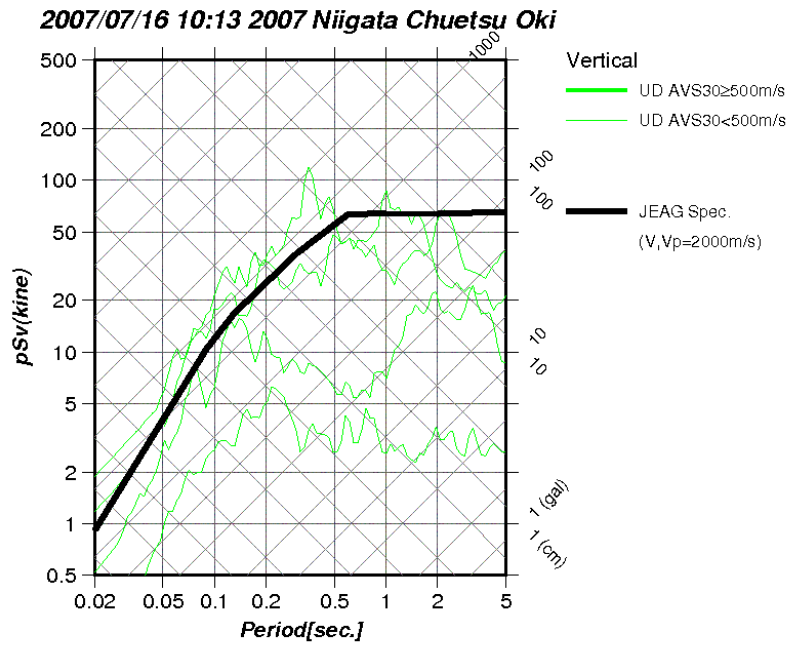
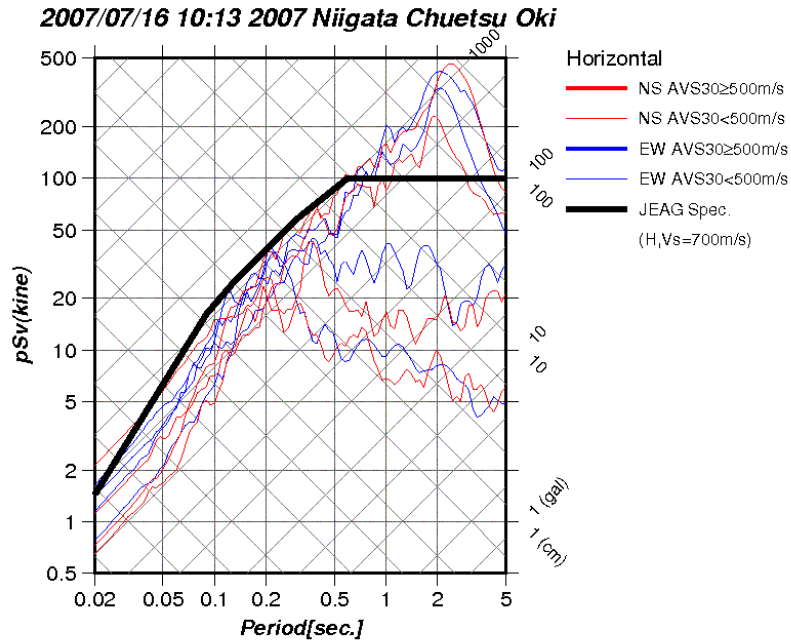


図 3.14.6(1) 強震観測点における疑似速度応答スペクトル (地表)  
 上：水平動成分 (赤-NS 成分, 青-EW 成分), 下：上下動成分 (緑-UD 成分)  
 太線：AVS30 が 500m/s 以上の地点, 細線：AVS30 が 500m/s 以下の地点  
 黒太線：JEAG による「震源を特定せず策定する地震動」  
 (水平： $V_s=700\text{m/s}$ , 上下： $V_p=2000\text{m/s}$ )

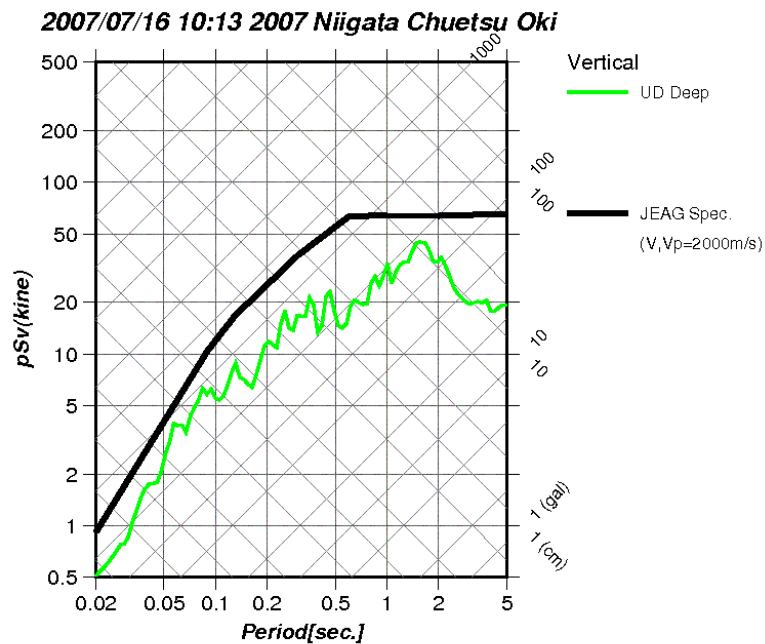
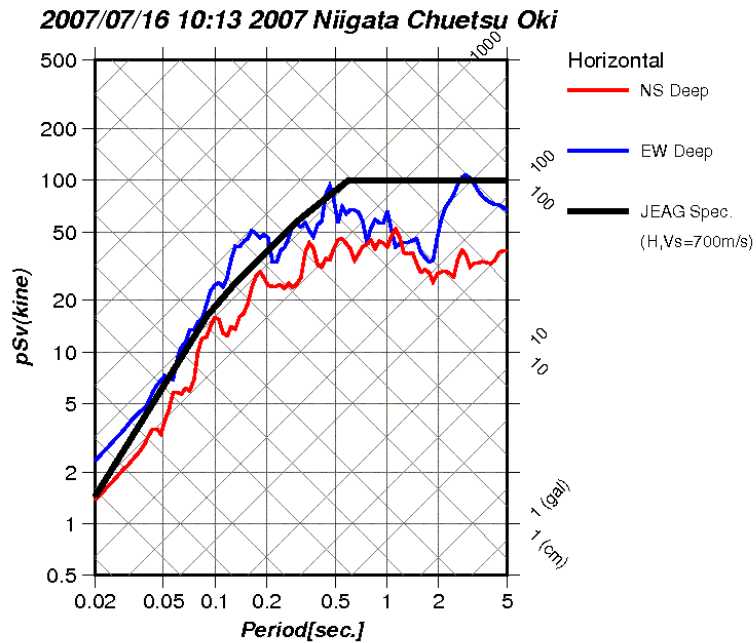


図 3.14.6(2) 強震観測点における疑似速度応答スペクトル (地中)  
 上：水平動成分 (赤-NS 成分, 青-EW 成分), 下：上下動成分 (緑-UD 成分)  
 太線：地中  
 黒太線：JEAG による「震源を特定せず策定する地震動」  
 (水平：Vs=700m/s, 上下：Vp=2000m/s)

### 3. 15. 2008年岩手・宮城内陸地震(Mw6.9)

2008年6月14日8時43分頃に、岩手県内陸南部を震源（深さ7.8km, Mj7.2, 気象庁による）とする地震が発生し、岩手県奥州市と宮城県栗原市で震度6強、宮城県大崎市で震度6弱を観測した（気象庁発表）。図3.15.1に防災科学技術研究所によるPGA, PGV分布を示す。図3.15.2に震源メカニズムを示す。この地震は震源メカニズムから逆断層タイプに分類される。

この地震はAsano and Iwata(2011b)によって震源インバージョン解析が実施されており、その結果を図3.15.3に示す。図3.11.4にAsano and Iwata(2011b)の設定断面および強震動観測点を示す。図3.15.5に強震観測点における観測PGA, PGVの距離減衰を示す。距離減衰式（司・翠川, 1999）の震源深さはAsano and Iwata(2011b)を参照した。なお、図中の赤丸はAVS30が500m/s以下の比較的柔らかい地盤、黄色丸はAVS30が500m/s以上の硬質な地盤の地点をそれぞれ示す。観測されたPGA, PGVは司・翠川(1999)による距離減衰式とほぼ調和的である。この地震ではIWTH25（一関西）の地表の上下動成分において約 $3900\text{cm/s}^2$ の大加速度が観測されている。しかしながら、図3.15.5で示したPGA, PGVは水平動成分であるため、この大加速度は図中にプロットされていない。IWTH25（一関西）の地表の上下動加速度記録の特徴として、上下非対称性が挙げられている。青井・他(2010)は、この上下非対称性を「トランポリン効果」と名付け、その原因として大加速度による弾性限界を超えた地盤の媒質が部分的に粒状体的な性質をもったためと指摘している。図3.15.6に強震観測点における疑似速度応答スペクトルを示す。地表の疑似速度応答スペクトルはJEAGのスペクトルを大きく超えている。なお、これらの観測点はIWTH25（一関西）とARATOZAWA（荒砥沢ダム）である。特に上下動成分の疑似速度応答スペクトルが周期1秒以下で大きいのはIWTH25（一関西）の地表地震動記録であり、これは先述した「トランポリン効果」の影響と考えられる。一方、IWTH25（一関西）の地中記録の疑似速度応答スペクトルでも周期約0.2~0.02秒でJEAGのスペクトルを上回っており、水平動成分のスペクトルレベルとほぼ同等である。ARATOZAWA（荒砥沢ダム）の記録でも同様に上下動成分が大きい。このようなIWTH25（一関西）の地中の上下動記録およびARATOZAWA（荒砥沢ダム）の上下動記録については、それらの原因として震源特性あるいは解放基盤相当からの地盤増幅特性が考えられるが、今後、その要因分析に基づいた結果を強震動予測に反映させることが重要と考える。

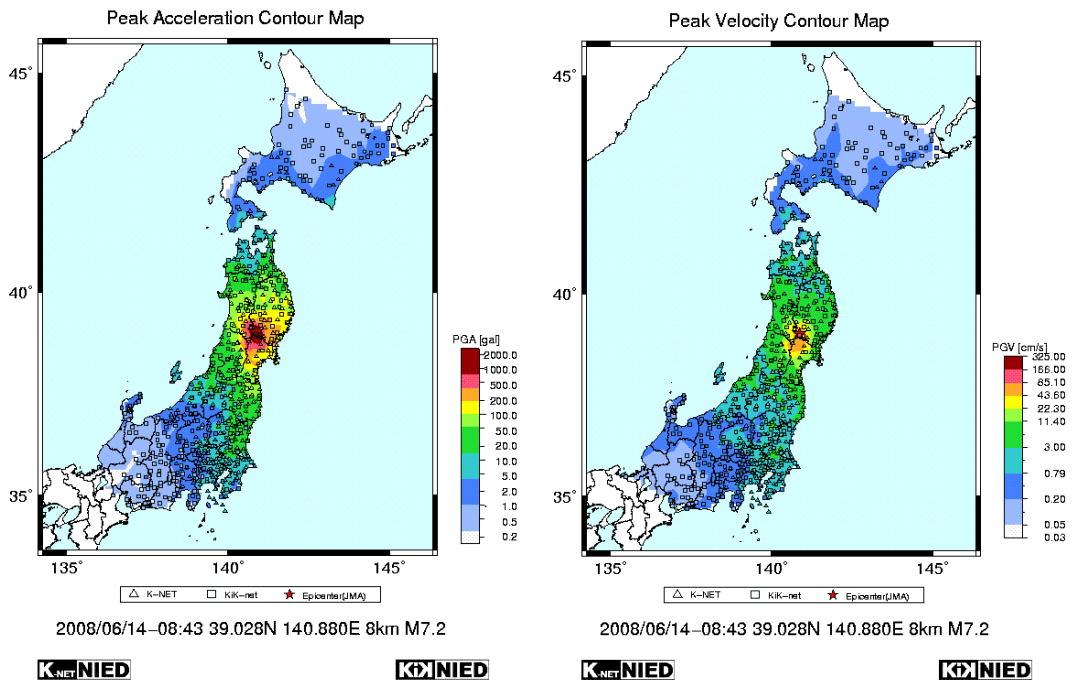


図 3.15.1 PGA, PGV 分布 (防災科学技術研究所)

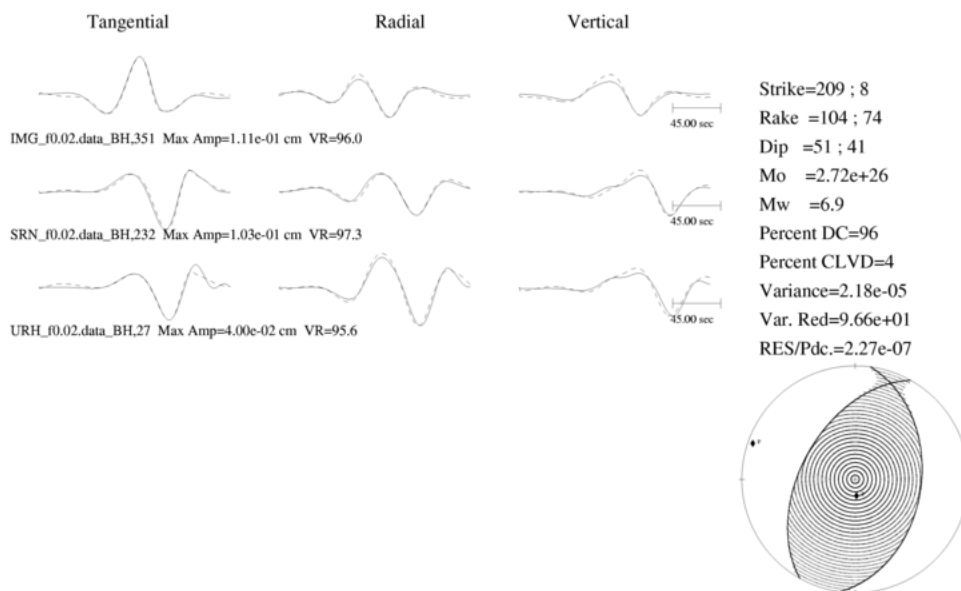


図 3.15.2 震源メカニズム (F-net)

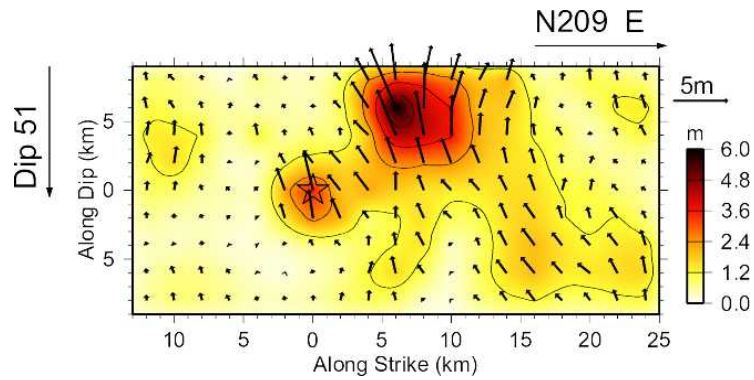


図 3.15.3 Asano and Iwata(2011b)による震源インバージョン解析結果

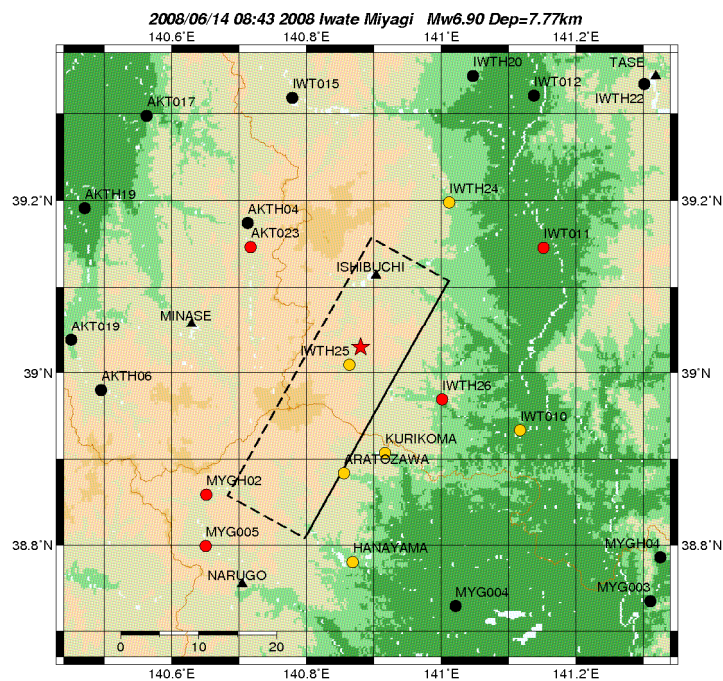
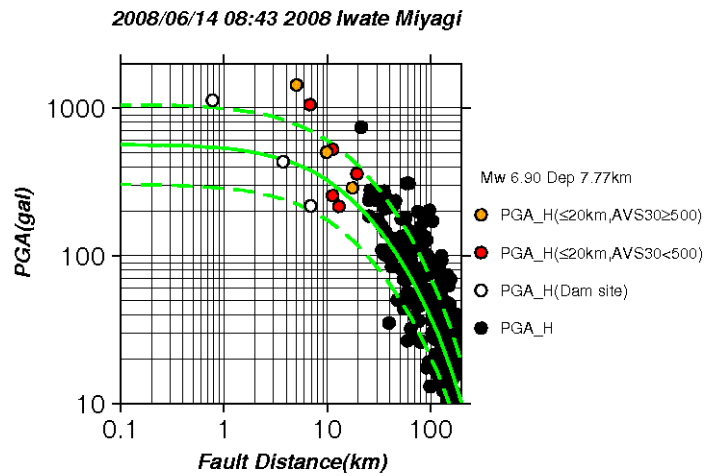
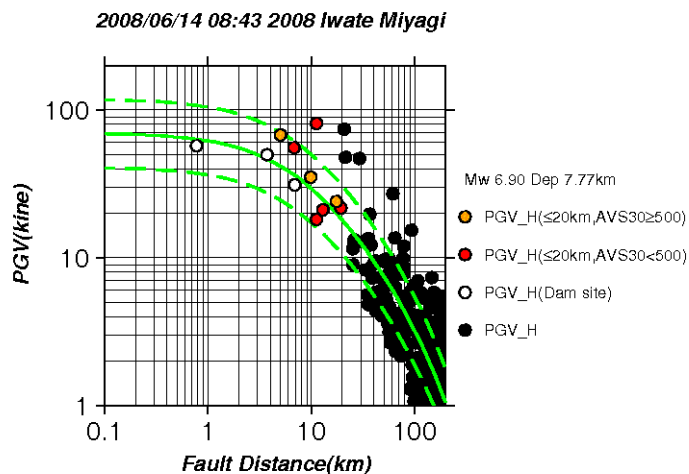


図 3.15.4 Asano and Iwata(2011b)の設定断層面および強震観測点 (★：破壊開始点)  
 赤丸：AVS30 が 500m/s 以下の地点，黄色丸：AVS30 が 500m/s 以上の地点 (ダム地点を含む)  
 黒丸：断層最短距離が 20km 以上の地点，黒三角：ダム地点



(1) PGA の距離減衰



(2) PGV の距離減衰

図 3.15.5 強震観測点における観測 PGA, PGV の距離減衰  
 赤丸 : AVS30 が 500m/s 以下の地点, 黄色丸 : AVS30 が 500m/s 以上の地点  
 白丸 : ダム地点, 黒丸 : 断層最短距離が 20km 以上の地点  
 緑実線, 緑破線 : 司・翠川(1999) による距離減衰式およびその標準偏差

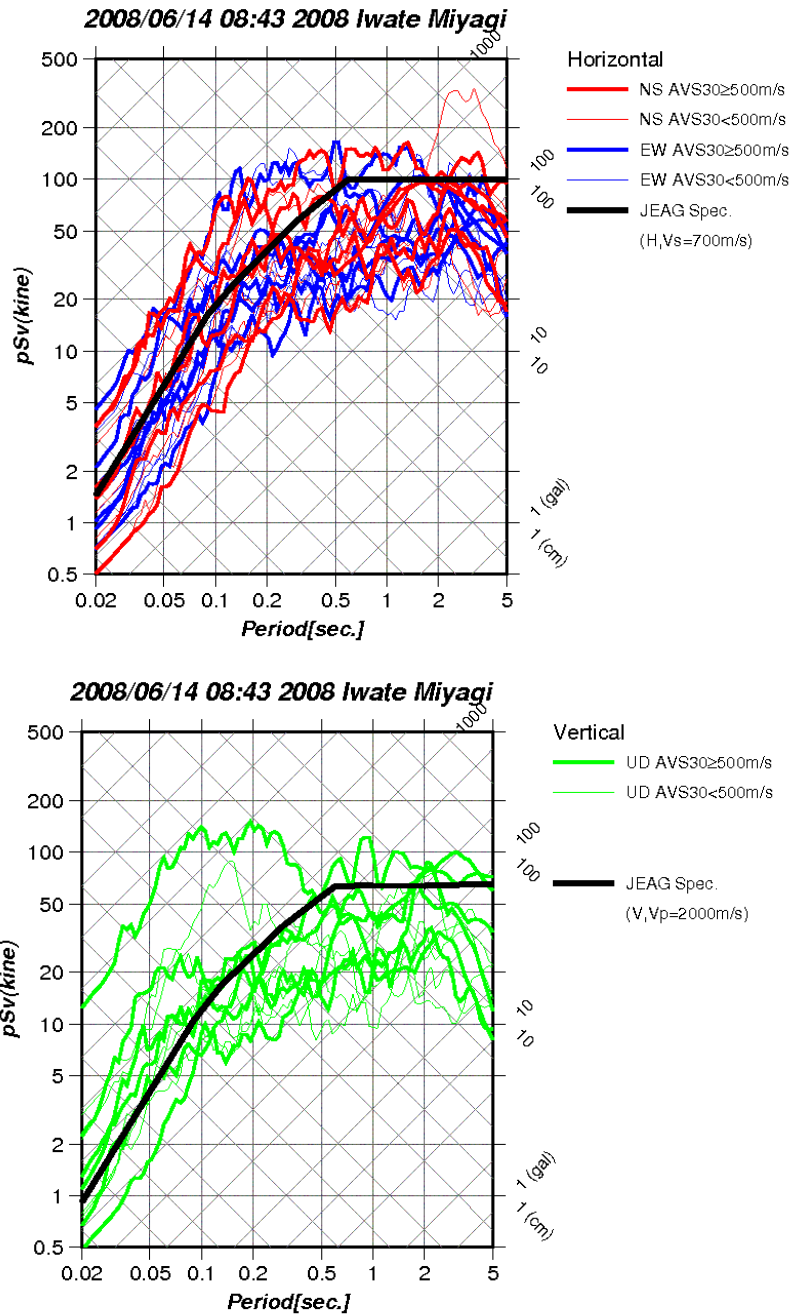


図 3.15.6(1) 強震観測点における疑似速度応答スペクトル (地表とダム)  
 上：水平動成分 (赤-NS 成分, 青-EW 成分), 下：上下動成分 (緑-UD 成分)  
 太線：AVS30 が 500m/s 以上の地点とダム地点, 細線：AVS30 が 500m/s 以下の地点  
 黒太線：JEAG による「震源を特定せず策定する地震動」  
 (水平： $V_s=700\text{m/s}$ , 上下： $V_p=2000\text{m/s}$ )

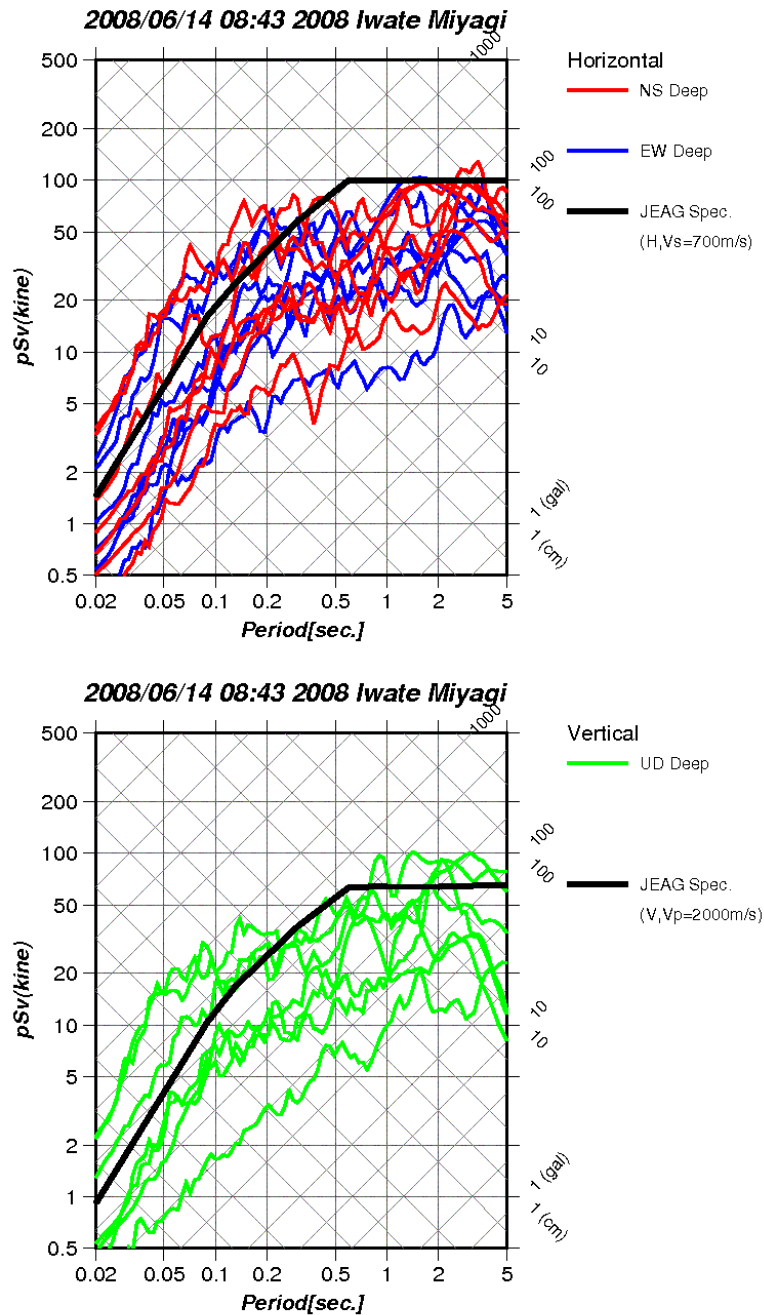


図 3.15.6(2) 強震観測点における疑似速度応答スペクトル (地中とダム)  
 上：水平動成分 (赤-NS 成分, 青-EW 成分), 下：上下動成分 (緑-UD 成分)  
 太線：地中とダム地点  
 黒太線：JEAG による「震源を特定せず策定する地震動」  
 (水平：Vs=700m/s, 上下：Vp=2000m/s)



### 3. 16. 2011年長野県北部地震(Mw6.2)

2011年3月12日3時59分頃に、長野県・新潟県県境付近を震源（深さ8.4km, Mj6.7, 気象庁による暫定値）とする地震が発生し、長野県栄村で震度6強を観測した。図3.16.1に防災科学技術研究所によるPGA, PGV分布を示す。図3.16.2に震源メカニズムを示す。この地震は震源メカニズムから逆断層タイプに分類される。

この地震は気象庁（2012a）によって震源インバージョン解析が実施されており、その結果を図3.16.3に示す。図3.16.4に気象庁（2012a）の設定断層面および強震観測点を示す。図3.16.5に強震観測点における観測PGA, PGVの距離減衰を示す。距離減衰式（司・翠川, 1999）の震源深さは気象庁（2012a）を参照した。なお、図中の赤丸はAVS30が500m/s以下の比較的柔らかい地盤, 黄色丸はAVS30が500m/s以上の硬質な地盤の地点をそれぞれ示す。この検討において、震源近傍のダムサイトの記録は得られていない。観測されたPGA, PGVは司・翠川(1999)による距離減衰式と調和的である。図3.16.6に強震観測点における疑似速度応答スペクトルを示す。NIG023（津南）を除き、地表の疑似速度応答スペクトルはJEAGのスペクトルとほぼ同等である。また、地中の疑似速度応答スペクトルはJEAGのスペクトル以下となっている。NIG023（津南）のAVS30は500m/s以上であるが、そのスペクトルは周期約0.05~0.1秒付近でJEAGスペクトルを超えている。この原因については解放基盤相当からの地盤増幅特性の可能性が考えられる。このため、NIG023（津南）の観測地震動を対象にした解放基盤からの地盤増幅の検討が必要であろう。

なお、図3.16.7で示すように余震域の北東側と南西側では余震分布の特徴に違いがあり、北東側の余震域では、余震が南東傾斜の面状に分布しているが、南西側ではその特徴は明瞭ではないという報告がある（防災科学技術研究所, 2011）。このことから、気象庁(2012a)の設定したような南東傾斜の単純な断層ではなく、北東側と南西側では断層面の傾斜が異なっている可能性も考えられ、注意が必要である。

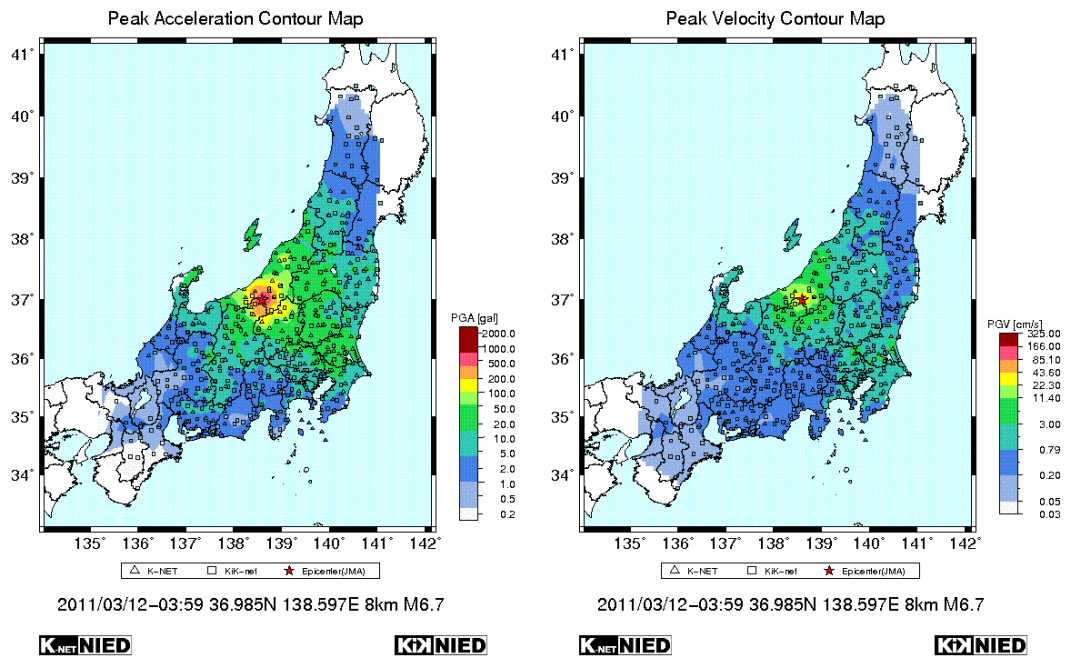


図 3.16.1 PGA, PGV 分布 (防災科学技術研究所)

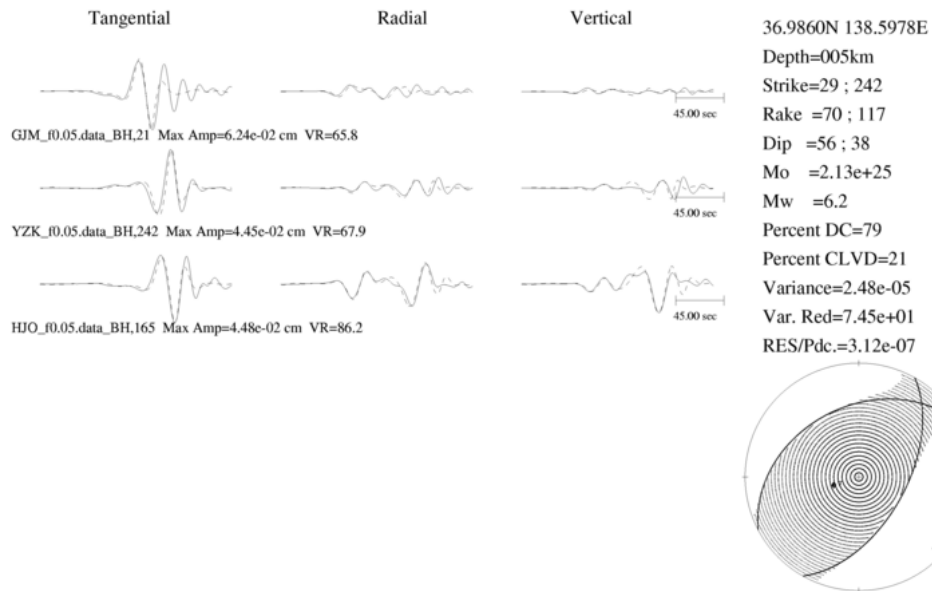


図 3.16.2 震源メカニズム (F-net)

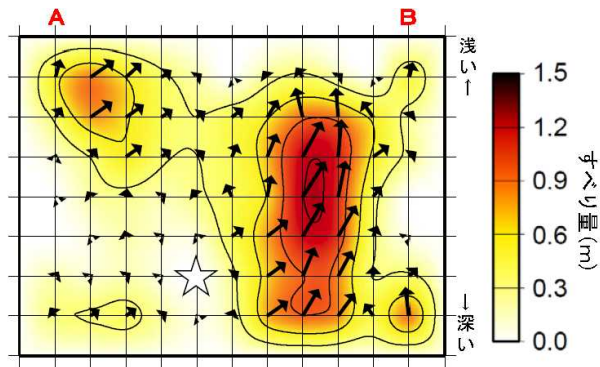


図 3.16.3 気象庁 (2012a) による震源インバージョン解析結果

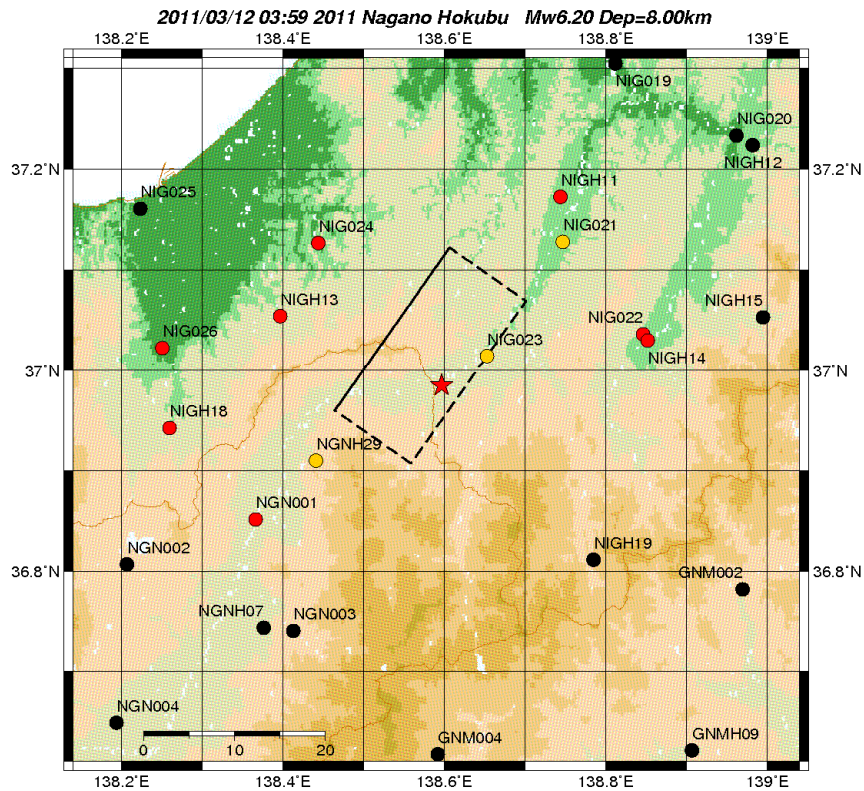
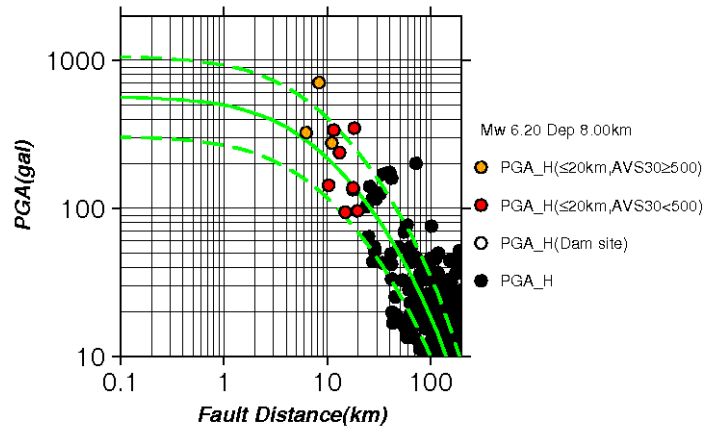


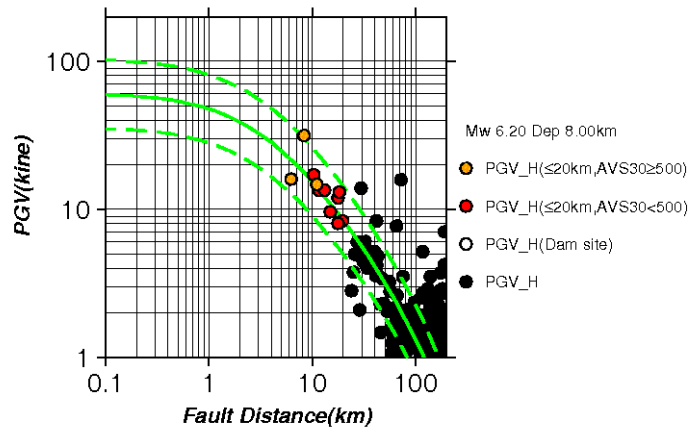
図 3.16.4 気象庁 (2012a) の設定断層面および強震観測点 (★：破壊開始点)  
 赤丸：AVS30 が 500m/s 以下の地点，黄色丸：AVS30 が 500m/s 以上の地点 (ダム地点を含む)  
 黒丸：断層最短距離が 20km 以上の地点，黒三角：ダム地点 (記録無し)

2011/03/12 03:59 2011 Nagano Hokubu



(1) PGA の距離減衰

2011/03/12 03:59 2011 Nagano Hokubu



(2) PGV の距離減衰

図 3.16.5 強震観測点における観測 PGA, PGV の距離減衰  
 赤丸 : AVS30 が 500m/s 以下の地点, 黄色丸 : AVS30 が 500m/s 以上の地点  
 白丸 : ダム地点, 黒丸 : 断層最短距離が 20km 以上の地点  
 緑実線, 緑破線 : 司・翠川(1999) による距離減衰式およびその標準偏差

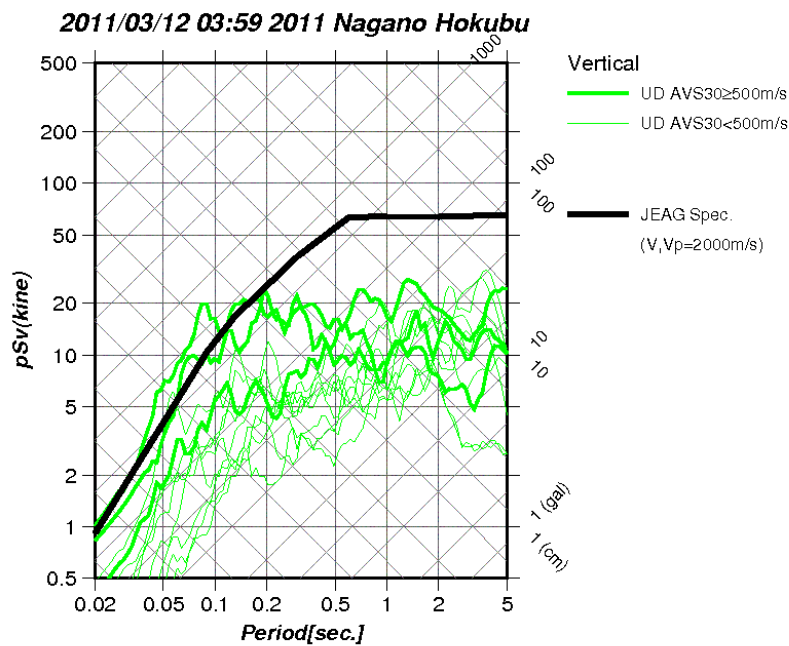
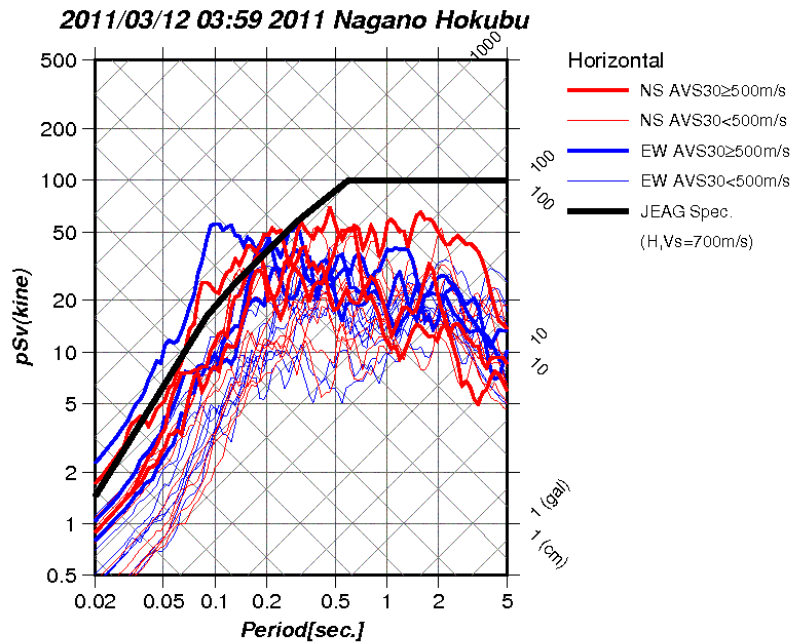


図 3.16.6(1) 強震観測点における疑似速度応答スペクトル (地表)  
 上：水平動成分 (赤-NS 成分, 青-EW 成分), 下：上下動成分 (緑-UD 成分)  
 太線：AVS30 が 500m/s 以上の地点, 細線：AVS30 が 500m/s 以下の地点  
 黒太線：JEAG による「震源を特定せず策定する地震動」  
 (水平： $V_s=700\text{m/s}$ , 上下： $V_p=2000\text{m/s}$ )

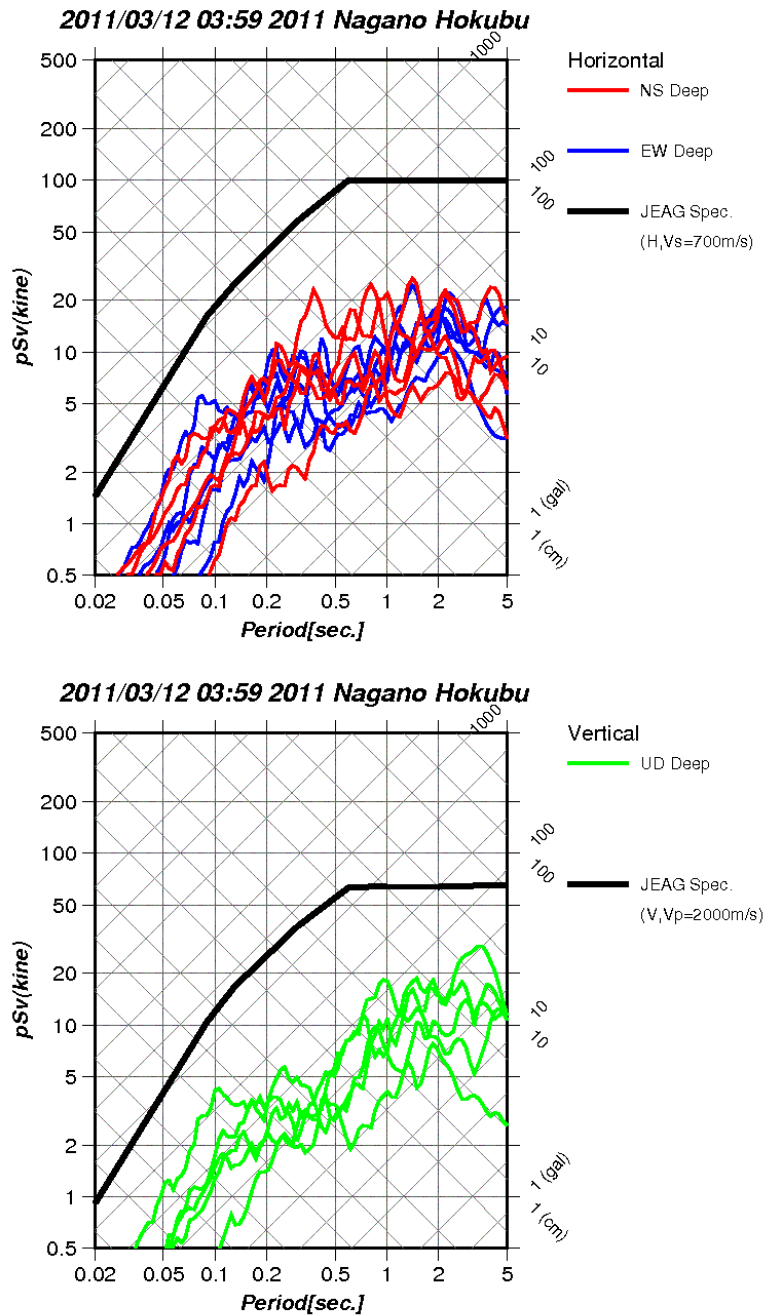


図 3.16.6(2) 強震観測点における疑似速度応答スペクトル (地中)  
 上：水平動成分 (赤-NS 成分, 青-EW 成分), 下：上下動成分 (緑-UD 成分)  
 太線：地中  
 黒太線：JEAG による「震源を特定せず策定する地震動」  
 (水平：Vs=700m/s, 上下：Vp=2000m/s)

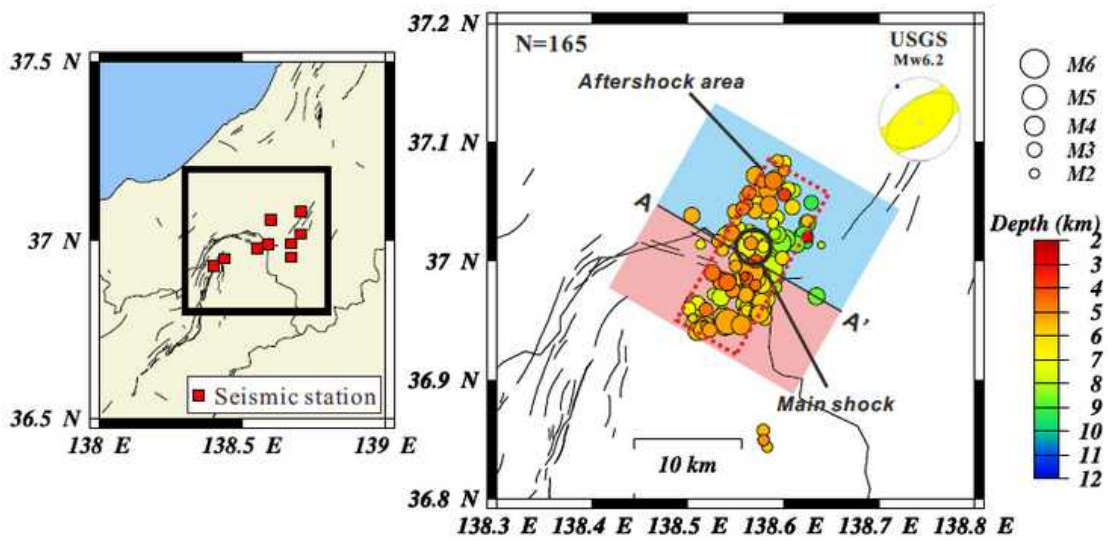


図1 波形相関データを用いたDD法による精密震央分布(2011 3/11 21:00 - 3/12 9:00)。アメリカ地質調査所(USGS)の実体波波波形解析による発震機構解を合わせて示す。

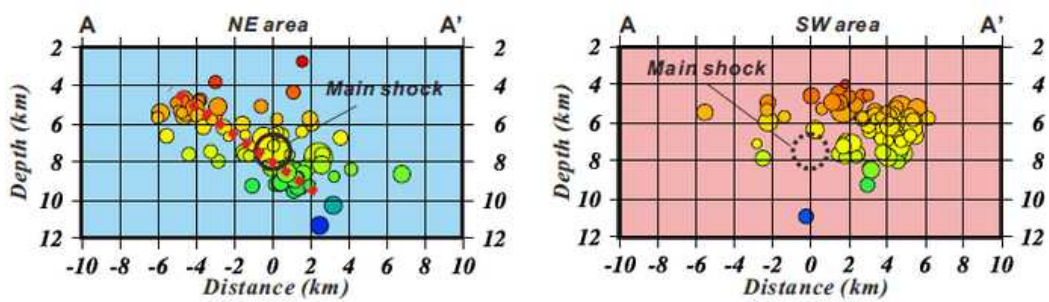


図2 図1のA-A'断面に震源を投影した図(左は北東域、右は南西域)。

図 3. 16. 7 余震分布 (防災科学技術研究所, 2011)  
<http://www.hinet.bosai.go.jp/topics/n-nagano110312/>

### 3. 17. 2011 年静岡県東部地震(Mw5.9)

2011 年 03 月 15 日 22 時 31 分頃に静岡県東部を震源（深さ 14.3km, Mj6.4, 気象庁による）とする地震が発生し静岡県富士宮市弓沢町, 富士宮市野中で震度 6 強を観測した。図 3.17.1 に防災科学技術研究所による PGA, PGV 分布を示す。図 3.17.2 に震源メカニズムを示す。この地震は震源メカニズムから横ずれ断層タイプに分類される。

この地震は気象庁（2012b）によって震源インバージョン解析が実施されており、その結果を図 3.17.3 に示す。図 3.17.4 に気象庁（2012b）の設定断層面および強震観測点を示す。図 3.17.5 に強震観測点における観測 PGA, PGV の距離減衰を示す。距離減衰式（司・翠川, 1999）の震源深さは気象庁（2012b）を参照した。なお、図中の赤丸は AVS30 が 500m/s 以下の比較的柔らかい地盤, 黄色丸は AVS30 が 500m/s 以上の硬質な地盤の地点をそれぞれ示す。この検討において、震源近傍のダムサイトの記録は得られていない。震源近傍観測点 SZ0011（富士宮）では約  $980\text{cm/s}^2$  の大加速度が観測されている。当初は 2004 年北海道留萌地震のように破壊伝播が SZ0011（富士宮）に影響していると考えられた。しかしながら、SZ0011（富士宮）から約 3km 西側に位置する SZ0H37（芝川）の PGA は約  $480\text{cm/s}^2$  で、SZ0011（富士宮）の PGA の約半分となっている。このため、経験的グリーン関数を用いた強震動評価を実施した結果（原子力安全委員会, 2012）、SZ0011（富士宮）の大加速度の原因として、破壊伝播効果より、地盤増幅の影響が大きいとの報告がされている。図 3.17.6 に強震観測点における疑似速度応答スペクトルを示す。AVS30 が 500m/s 以上の観測点の地表の疑似速度応答スペクトルは、JEAG のスペクトルと同等か、一部周期で大きい。一方、地中の疑似速度応答スペクトルは JEAG のスペクトル以下であることから、地表の地震動記録は解放基盤相当からの地盤増幅の影響を受けていることが示唆される。



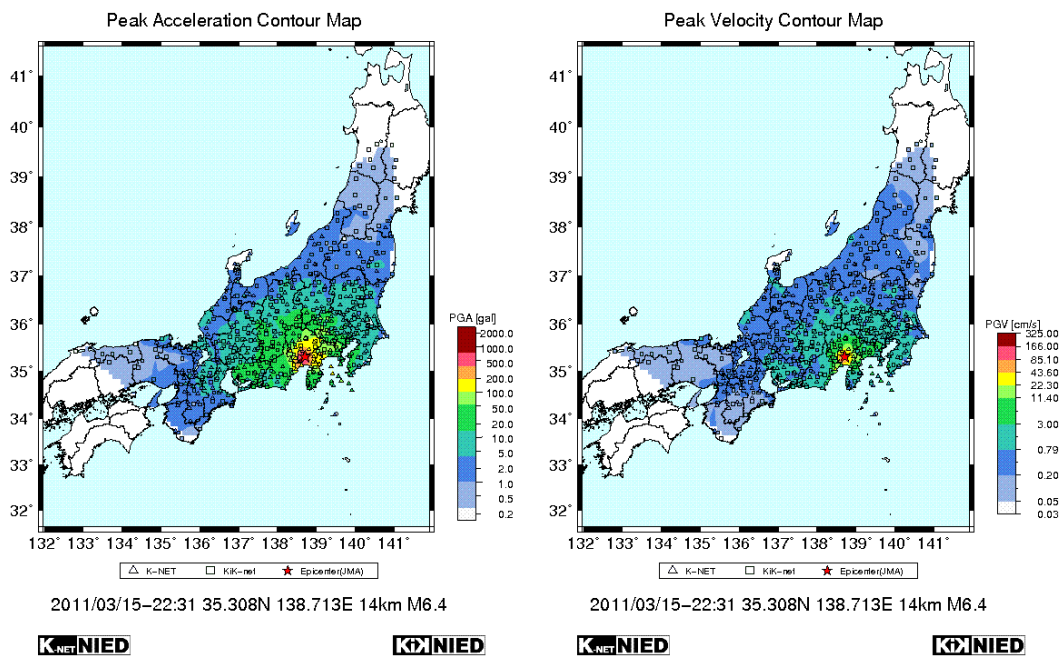


図 3.17.1 PGA, PGV 分布 (防災科学技術研究所)

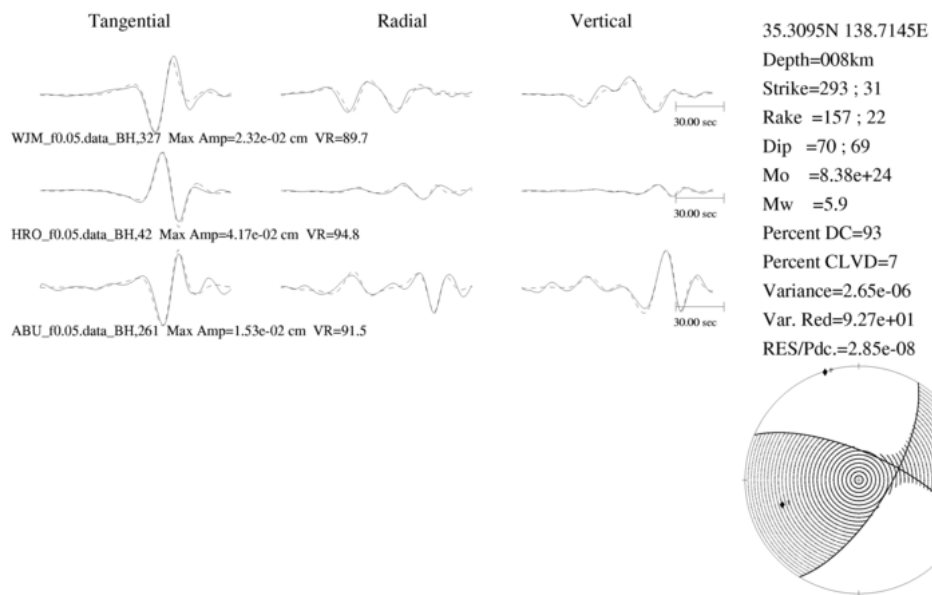


図 3.17.2 震源メカニズム (F-net)

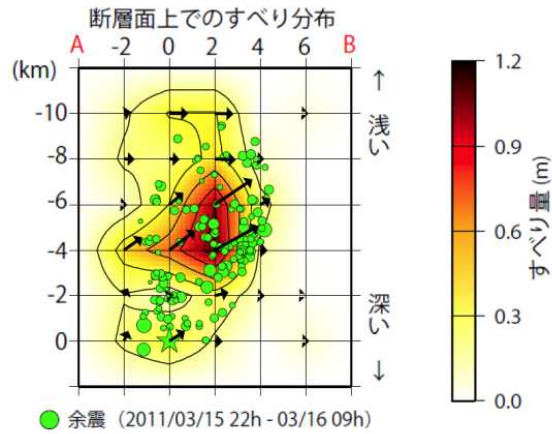


図 3.17.3 気象庁 (2012b) による震源インバージョン解析結果

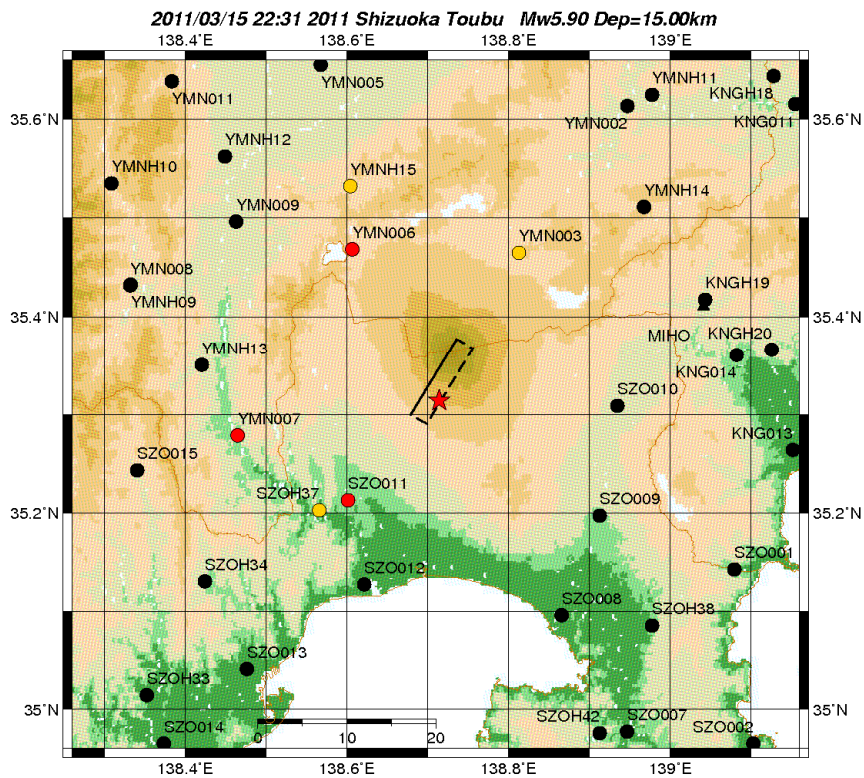
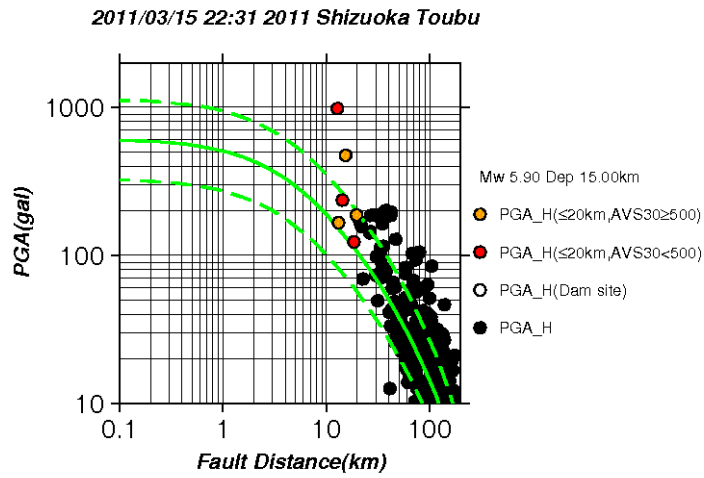
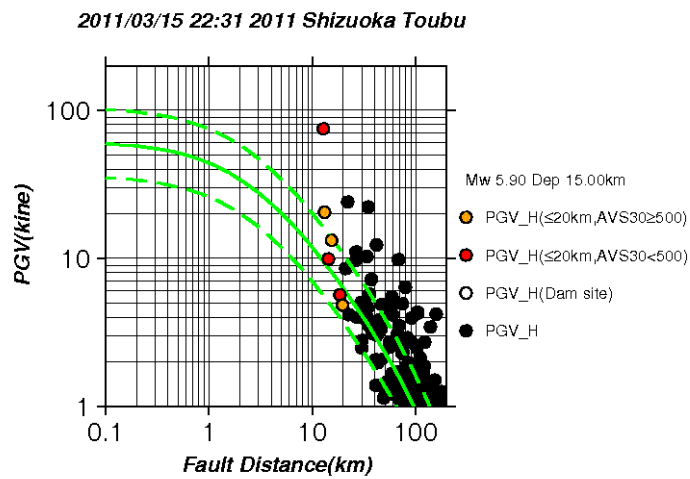


図 3.17.4 気象庁 (2012b) の設定断層面および強震観測点 (★：破壊開始点)  
 赤丸：AVS30 が 500m/s 以下の地点，黄色丸：AVS30 が 500m/s 以上の地点 (ダム地点を含む)  
 黒丸：断層最短距離が 20km 以上の地点，黒三角：ダム地点 (記録無し)



(1) PGA の距離減衰



(2) PGV の距離減衰

図 3.17.5 強震観測点における観測 PGA, PGV の距離減衰  
 赤丸 : AVS30 が 500m/s 以下の地点, 黄色丸 : AVS30 が 500m/s 以上の地点  
 白丸 : ダム地点, 黒丸 : 断層最短距離が 20km 以上の地点  
 緑実線, 緑破線 : 司・翠川(1999) による距離減衰式およびその標準偏差

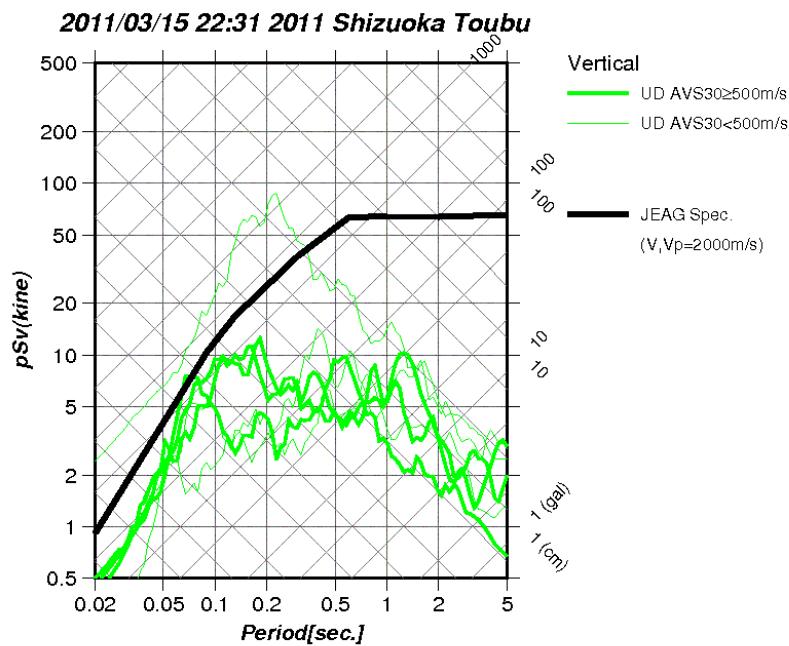
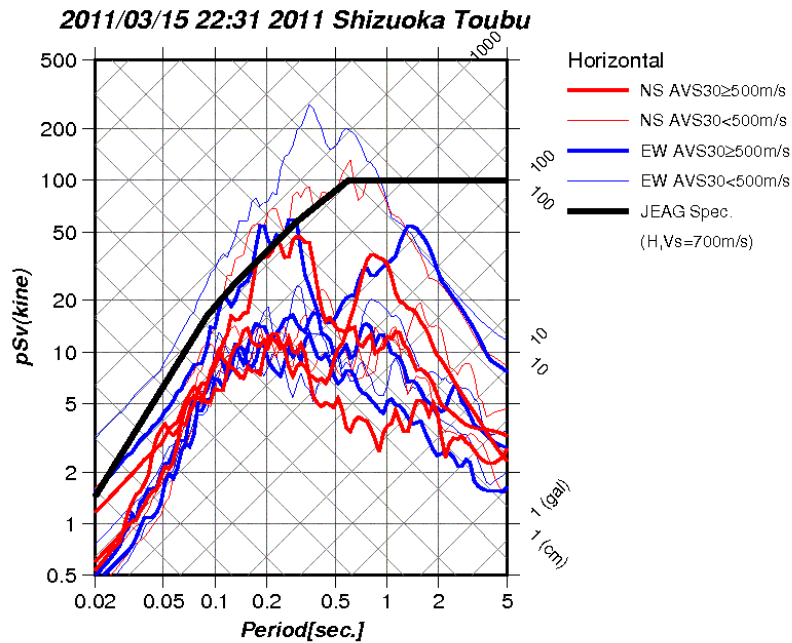


図 3.17.6(1) 強震観測点における疑似速度応答スペクトル (地表)  
 上：水平動成分 (赤-NS 成分, 青-EW 成分), 下：上下動成分 (緑-UD 成分)  
 太線：AVS30 が 500m/s 以上の地点, 細線：AVS30 が 500m/s 以下の地点  
 黒太線：JEAG による「震源を特定せず策定する地震動」  
 (水平：Vs=700m/s, 上下：Vp=2000m/s)

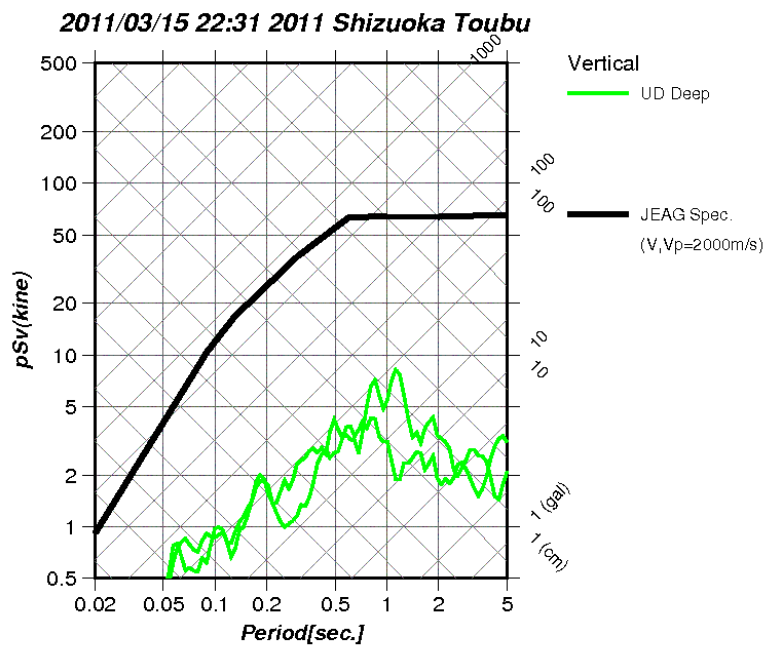
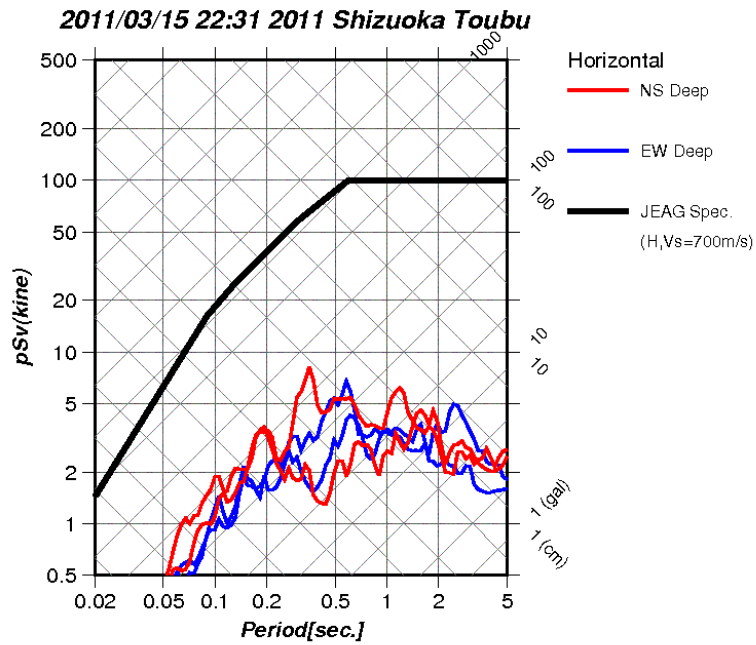


図 3.17.6(2) 強震観測点における疑似速度応答スペクトル (地中)  
 上：水平動成分 (赤-NS 成分, 青-EW 成分), 下：上下動成分 (緑-UD 成分)  
 太線：地中  
 黒太線：JEAG による「震源を特定せず策定する地震動」  
 (水平： $V_s=700\text{m/s}$ , 上下： $V_p=2000\text{m/s}$ )