

3-15 K-NET 及び KiK-net で記録された平成 20 年 (2008 年) 岩手・宮城内陸地震の強震動

Strong motions of the 2008 Iwate-Miyagi Nairiku earthquake observed by K-NET and KiK-net

防災科学技術研究所

National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention

2008 年 6 月 14 日 8 時 43 分に発生した 2008 年岩手・宮城内陸地震 (北緯 39.0 度, 東経 140.9 度, 深さ 8km, MJMA=7.2; 気象庁) では, 岩手県奥州市や宮城県栗原市で震度 6 強を記録し, 死者 13 名, 全半壊家屋 140 棟 (消防庁, 2008/8/8 現在) にのぼる被害に見舞われた. 断層域は都市部から離れていたことから建物等の被害は比較的少なかったものの, 荒砥沢ダムをはじめとする栗駒山周辺の大規模な土砂崩落や, 宮城県栗原市などの多数の堰き止め湖など, 山間部特有の大きな震災被害を生んだ. 本稿では, 岩手・宮城内陸地震の断層直上で記録された大加速度波形を中心に, 強震動の概要を報告する.

◎ 観測された地震動の概要

岩手・宮城内陸地震は北西傾斜の逆断層であり, 防災科研 Hi-net により推定された余震分布から, 断層面の大きさはおおそ strike 方向に 30km, dip 方向に 20km 程度であると考えられる. この地震に伴い, 防災科研が全国に展開する K-NET および KiK-net ではそれぞれ 330 点, 325 点の合計 655 観測点で記録が得られ (第 1 図), そのうち, KiK-net 一関西(IWTH25)及び KiK-net 東成瀬(AKTH04)における揺れは震度 6 強相当であった. 第 2 図に, 最大加速度 (PGA) 及び最大速度 (PGV) の観測値と, 司・翠川¹⁾による距離減衰式との比較を示す. 断層近傍の数観測点を除いて, 最大加速度・最大速度は共に距離減衰式と良い相関があり, 今回の地震に伴う地震動は全体として平均的な大きさだったことが分かる. KiK-net 東成瀬(AKTH04)の地震動が大きいのは, 地中 (GL-100m)からの増幅が大きいためであり, ごく表層の増幅が原因と考えられる.

◎ KiK-net 一関西観測点における強震動

KiK-net 一関西観測点(IWTH25)は震央距離約 3km, 逆断層上盤側のほぼ断層中央部に位置し, 三成分合成で 4022 gal という非常に大きな加速度を記録した (第 3 図). この地域は火山地帯に属し, 一関西観測点は, 磐井川により形成された河岸段丘 (河川面から約 80m) に位置する. 観測井戸掘削時の記録によると, 凝灰角礫岩などの火砕岩の上に, 厚さ 30m 余りの段丘堆積物が載っており, 最表層は表土に覆われている.

・ 加速度波形の特徴

岩手・宮城内陸地震の際の KiK-net 一関西観測点における加速度波形の最大値は, 南北, 東西成分がそれぞれ 1143 gal, 1435 gal (水平二成分合成で 1436 gal), 上下動成分が 3866 gal であり, 三成分合成では 4022 gal と重力加速度(980 gal)の 4 倍を超えており, おそらく自由表面(free surface)における地震記録としてはこれまでに観測された最大のものである (第 3 図). 通常の加速度強震記録は, 水平動が上下動に比べ 2 倍程度振幅が大きい, この記録は逆に, 上下動が水平動に比べ 2.5 倍以上大きいという特徴を有する. Vs が 1800 m/s を超える凝灰岩類中に設置された地中観測点 (深度 260m) においても南北, 東西, 上下成分がそれぞれ 1036 gal, 748 gal, 683 gal

を記録し、三成分合成では1077 galであり、工学的基盤(建築物の支持基盤, 概ね $V_s=300\sim 700\text{m/s}$)以深ですでに振幅が大きかったことが分かる。このことは、アスペリティからの距離が近かったことに加え、上盤に位置していたことによると考えられる。加速度記録の包絡線の継続時間は10秒程度であるが、これは、断層破壊の継続時間と概ね整合的である。

地表における上下動の波形状は明らかに上向きに大きく、下向きの振幅は上向きの2倍以上あり、よく見られる波形とは異なる特徴を有している。一方、地中における上下動成分における包絡形状はほぼ上下対称であり、地表記録に顕著に見られる非対称はごく表層における現象であると考えられる。これは、表層付近の地盤が大加速度の入力により弾性限界を超えてしまい、部分的に粒状体的な振る舞いをする、トランポリン効果によるものであると考えられる²⁾。

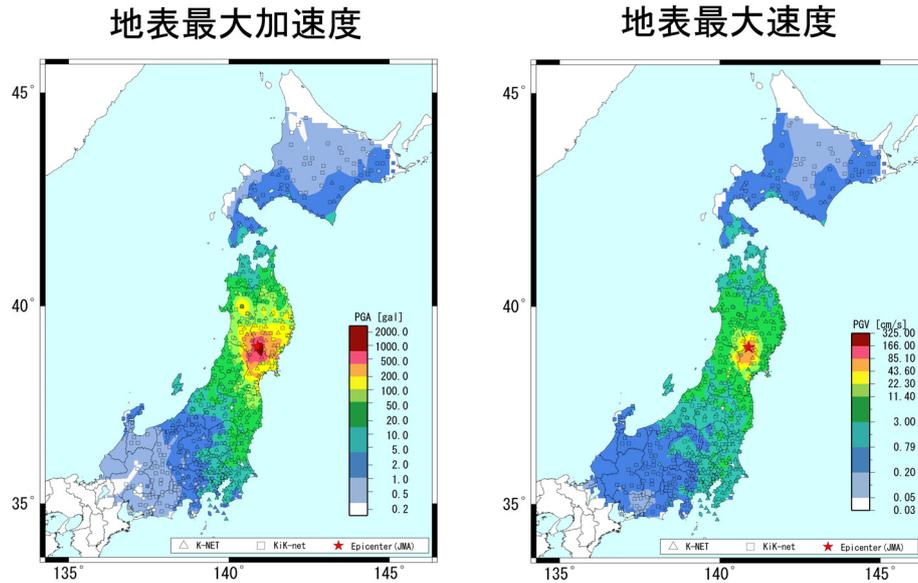
・変位波形の特徴及び永久変位

KiK-net で使用されている観測機器は、長周期側の周波数特性は平坦で直流成分(DC成分)まで収録可能であるため、十分に振幅が大きい場合には数値積分により永久変位を求めることが出来る。第4図に示した変位波形は、地表における加速度記録に基線補正を施しながら2回積分することで得たもので、地震波到来(概ね8:43:46)から十数秒で各成分とも一定値に達している。上方向(隆起)の永久変位が最も大きく、約140 cmであった。また、水平方向の永久変位は、北方向に44 cm、東方向に45 cmであり、水平2成分の合成は63 cm、3成分の合成は153 cmであった。上下方向の変位は、地震波到来から単調に増加しつづけ約9秒後に最大隆起量である163 cmに達し、その後若干沈降に転じ、永久変位量である140 cmに収束している。これらの永久変位は、断層破壊が地表に達していない地点のものとしては非常に大きな値である。一般に加速度記録を積分する際の基線補正には任意性があるため、積分により推定される永久変位は一意ではない。しかし、本解析においては、IWTH25から数百mの位置に設置されていた東北大学のGPS観測点(ICNS, 一関市・祭時)において独立に解析された永久変位量³⁾(図右の小矢印)とほぼ整合しており、推定の信頼性は高いといえる。最近では1秒GPSなどの高サンプリングの変位記録が得られるようになりつつあるが、震源過程が10秒余りのイベントにおいては、より高いサンプリングレート(KiK-netの場合100 Hz)の変位記録が得られる加速度記録からの積分法は震源過程の解明等に有効である。

(文責：青井真・森川信之・鈴木亘)

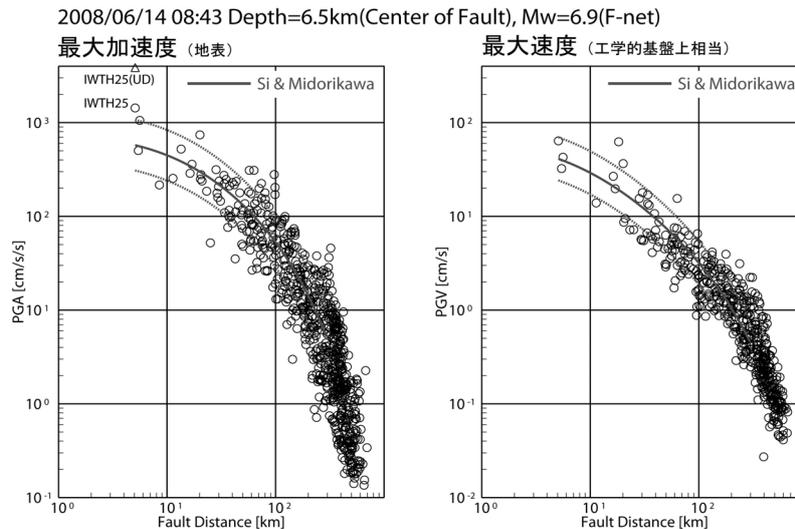
引用文献

- 1) 司宏俊, 翠川三郎: 断層タイプ及び地盤条件を考慮した最大加速度・最大速度の距離減衰式, 日本建築学会構造系論文集, Vol.523, pp.63-70, 1999.
- 2) Aoi, S., T. Kunugi, and H. Fujiwara: Trampoline effect in extreme ground motion, Science, Vol.322, 727-730, 2008.
- 3) 東北大学大学院理学研究科地震・噴火予知研究観測センター: 断層直上のGPS観測点(一関市・祭時)における地震時変動, www.aob.geophys.tohoku.ac.jp/info/topics/20080614_news/GPS, 2008.



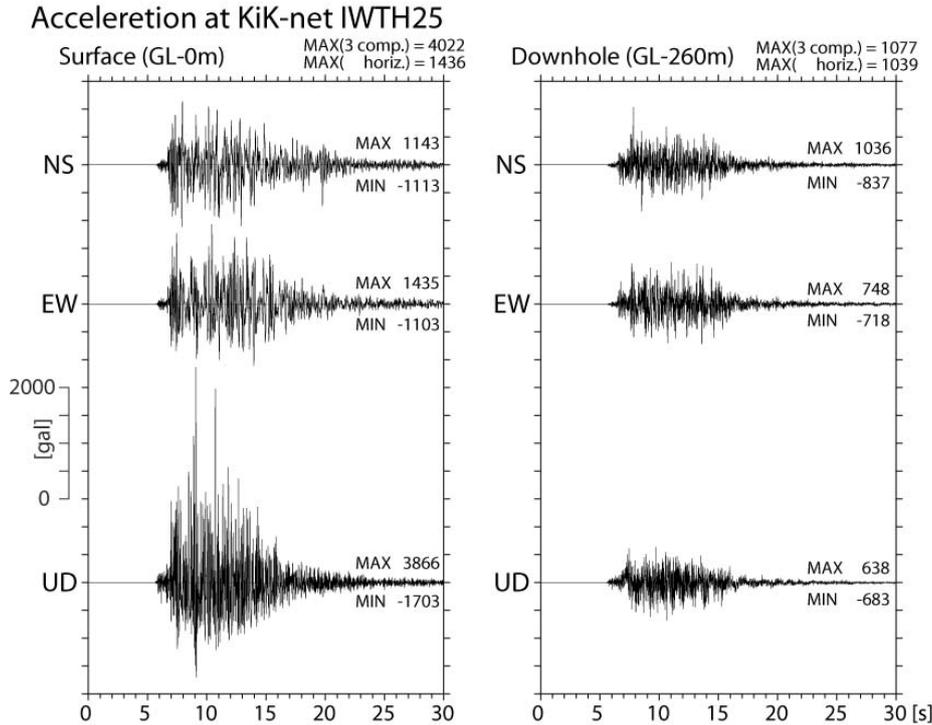
第1図 強震観測網 (△: K-NET, □: KiK-net) により観測された地表での最大加速度(左図)及び最大速度(右図)の分布.

Fig. Distributions of (left) peak ground accelerations (PGAs) and (right) peak ground velocities (PGVs) on the free surface observed by K-NET (triangle) and KiK-net (squares).



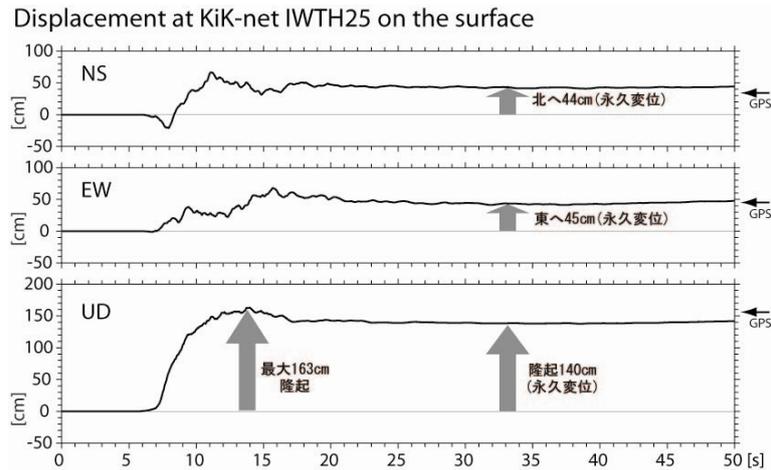
第2図 最大加速度及び最大速度の観測値と距離減衰式¹⁾との比較. 左図は地表における最大加速度, 右図はS波速度が600 m/sの工学的基盤相当に変換した最大速度を示した. ここでの最大加速度, 最大速度はいずれも水平動二成分のうち大きい方の値を用いている. △で示したのは, KiK-net 一関西(IWTH25)における上下動の最大値.

Fig. 2 Comparisons of the observed peak ground accelerations (PGAs; left panels) and peak ground velocities (PGVs; right panels) with the empirical attenuation relations. Thick and thin lines represent the empirical attenuation relations by Si and Midorikawa²⁾ and those standard deviations, respectively. PGVs are converted from the observed velocities on the ground surface into those on a stiff-soil site, where V_s is 600 m/s, following the method of Si and Midorikawa²⁾.



第3図 岩手・宮城内陸地震の際に KiK-net 一関西(IWTH25) 観測点で記録された加速度記録 (左は地表, 右は地中: GL -260 m).

Fig. 3 Acceleration at IWTH25 during the Iwate-Miyagi earthquake. Left, surface records. Right, downhole (GL -260 m) records. The origin of the time axis is 8:43:44 JST. The peak ground accelerations (PGAs) for positive and negative directions are respectively shown upper and lower right of each trace.



第4図 岩手・宮城内陸地震の際に KiK-net 一関西(IWTH25)観測点の地表における変位波形. 原記録である加速度記録に基線補正を施しながら2回積分することで得られる. 図右の小矢印は, IWTH25 から数百 m の位置に位置する東北大学の GPS 観測点 (ICNS, 一関市・祭時) において得られた永久変位.

Fig. 4 Displacement waveforms at IWTH25 during the Iwate-Miyagi earthquake which were obtained by integrating twice the observed accelerograms with baseline corrections.