

7-16 2004年新潟県中越地震（10月23日17時56分）の地震動と震源過程 Ground Motion and Rupture Process of the 2004 Niigata-ken Chuetsu Earthquake

防災科学技術研究所

National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention

2004年新潟県中越地震(37.289N,138.870E,13.1 km, Mj6.8; JMA)の強震波形はK-NET¹⁾, KiK-net²⁾あわせて587観測点で記録され、発生後約12時間で大部分の記録が回収された。

観測された最大加速度及び最大速度と、司・翠川(1999)³⁾による距離減衰式の比較すると(最大速度は工学的基盤での値に相当)、第1図に示したとおり、震源近傍において観測値は経験式値に比べ非常に大きくなっている。今回の地震では、気象庁川口で震度7が記録され、強震観測網でもK-NET十日町(NIG021)・K-NET小千谷(NIG019)でそれぞれ最大加速度1750gal, 1500galが観測されるなど(第2図)、地震動が非常に大きかったことが特徴としてあげられる。特に、K-NET小千谷における最大速度は136cm/sで、震度7に相当する揺れであった(第3図)。震源近傍の上盤側は褶曲帯が発達しており、向斜部に位置する観測点では数千mにも及ぶ堆積層があると考えられている⁴⁾。地震動が大きかった地点は、北西傾斜の逆断層の上盤側(直上及び西側)に集中しているが、これは上盤側では断層面からの距離が近いことに加え、厚い堆積層の影響で地震動が増幅されたことによるものと考えられる。

ここでは、震央距離50km以内に位置する観測点のうち、表層の堆積層による影響が比較的少ないと考えられるK-NET及びKiK-netの7観測点(第4図)の強震記録を選択し、線形波形インバージョン法⁵⁾により震源インバージョン解析を行った。記録された加速度波形に0.1から0.6Hzのバンドパスフィルターをかけ、積分することにより得られた速度波形からS波部分10秒間を切り出し(S波到達時刻1秒前から9秒後)、データとした。解析に用いる断層モデルの震央は防災科研Hi-netにより推定された37.284N, 138.8793E, 深さ13.3km(再検測)を、メカニズムはF-net⁶⁾記録によるモーメントテンソル逆解析から得られた走向角・傾斜角を $211^{\circ} \cdot 52^{\circ}$ 、断層面は防災科研Hi-netの余震群の広がり及び予備解析の結果を参考にして $30 \text{ km} \times 18 \text{ km}$ とした(第4図)。断層面上のすべり破壊過程は、時間・空間的に離散化して表現されている。空間的には2km四方の小断層に分けた。時間的には各小断層において破壊開始点から一定速度で広がる同心円が到達してから時間幅1秒のスーズランプ関数を0.5秒間隔で6つ並べることによって表現した。各小断層からの理論地震波形は、一次元速度構造モデル⁷⁾を仮定し、離散化波数法⁸⁾と反射透過係数法⁹⁾により点震源の波形を計算し、これに小断層内部の破壊伝播の効果¹⁰⁾を付加することにより求めた。

第5図に推定されたすべり分布を、第6図に観測波形と合成波形の比較を示す。波形は観測点ごとに最大値で規格化されている。破壊開始点付近で、最大のすべり4.5mが得られた。すべりの大きな破壊は、上向き南方向及び真上方向に進展している。F-netモーメントテンソル解による震源深さは5kmであり、Hi-netの走時による震源深さに比べ浅い。このことは、破壊が浅い方向に進展したことと整合する。モーメント M_0 は $1.68 \times 10^{19} \text{ Nm}$ ($M_w = 6.8$)、最適モデルを与える断層破壊モデルの「第一タイムウィンドウをトリガーする同心円の伝播速度」は2.0km/sであった。

(青井真*, 本多亮*, 森川信之*, 関口春子**, 功刀卓*, 藤原広行*
* 防災科研, ** 産総研)

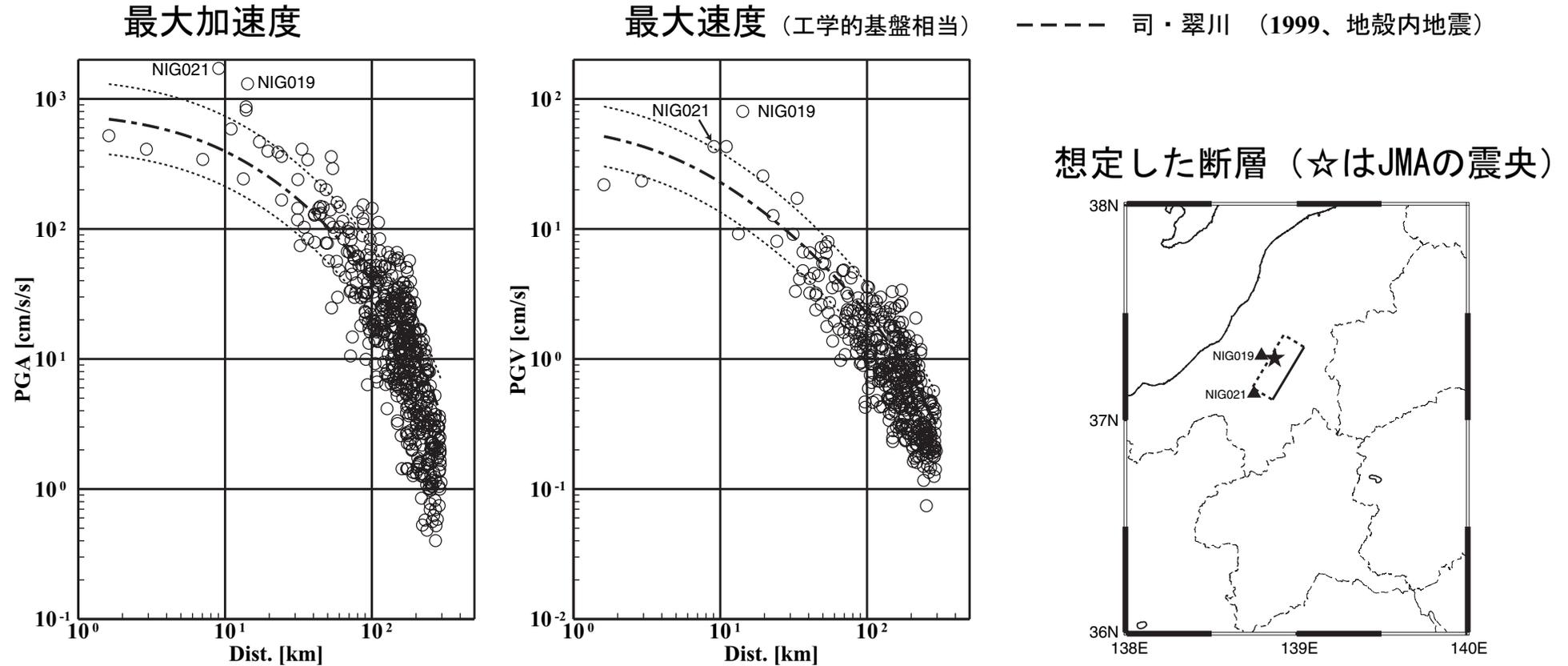
参考文献

1) Aoi, S., K. Obara, S. Hori, K. Kasahara, and Y. Okada (2000). New strong-motion observation network :

KiK-net, EOS Trans. AGU 81, F863.

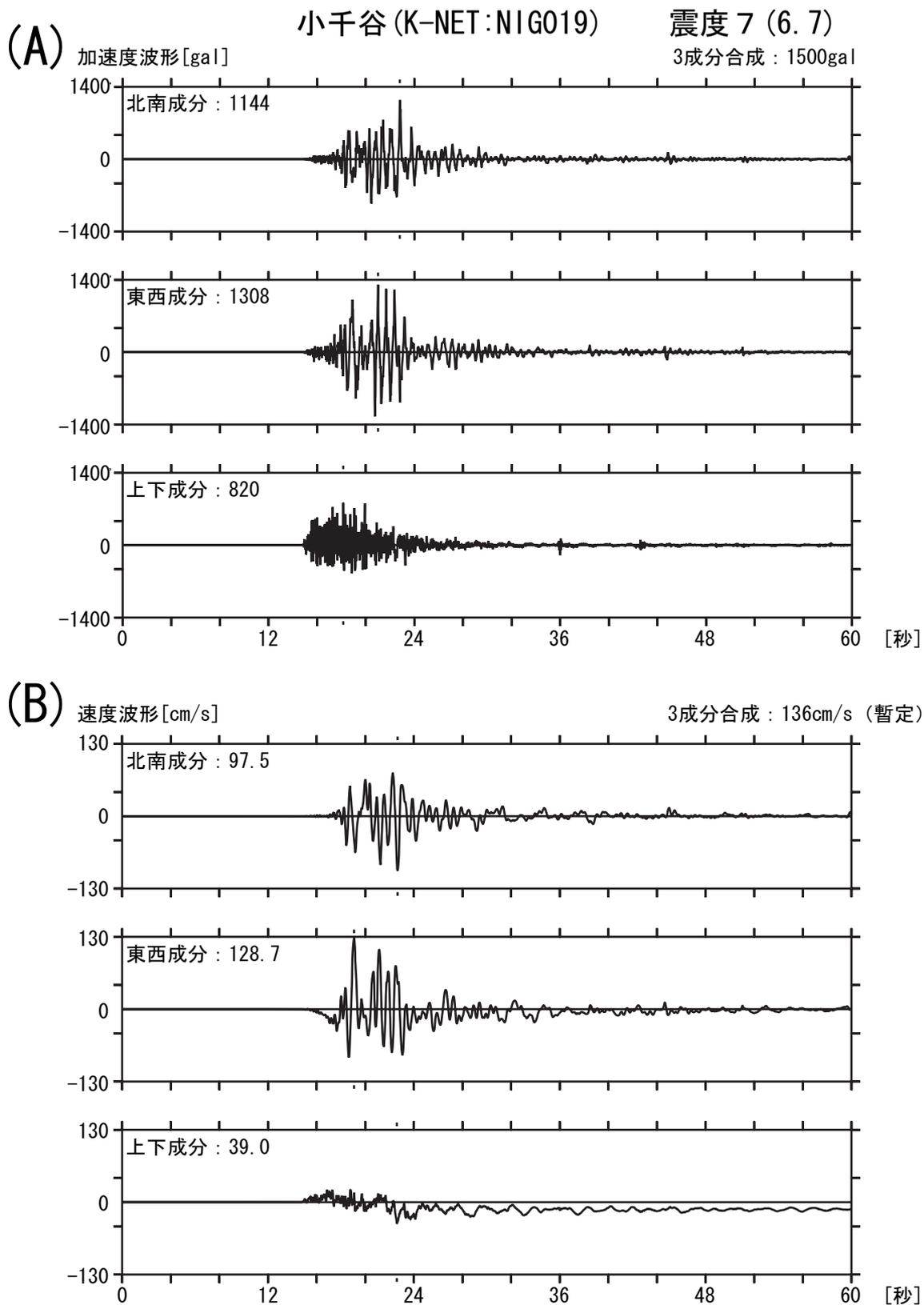
- 2) Kinoshita, S., Kyoshin net (k-net). Seism. Res. Lett., 69, 309 · 32, 1998.
- 3) 司宏俊, 翠川三郎 (1999): 断層タイプ及び地盤条件を考慮した最大加速度・最大速度の距離減衰式, 日本建築学会構造系論文集, No.523, pp.63-70.
- 4) 小林巖雄・大野隆一郎 (1988): 新第三系：新潟油田地域, 日本の地質 4「中部地方 I」, 共立出版, 65-71.
- 5) Hartzell, S. H. and T. H. Heaton (1983), Inversion of strong ground motion and teleseismic waveform data for the fault rupture history of the 1979 Imperial Valley, California, earthquake, Bull. Seism. Soc. Am., 73, 1553-1583.
- 6) F-net, www.fnet.bosai.go.jp/freesia/index-j.html
- 7) Iwasaki, T., N. Hirata, T. Kanazawa, T. Urabe, Y. Motoya and H. Shimamura (1991), Earthquake distribution in the subduction zone off eastern Hokkaido, Japan, deduced from ocean-bottom seismographic and land observations, Geophys. J. Int., 105, 693-711.
- 8) Bouchon, M. (1981), A simple method to calculate Green's function for elastic layered media, Bull. Seism. Soc. Am., 71, 959-971.
- 9) Kennett, B. L. and N. J. Kerry (1983), Seismic waves in a stratified half space, Geophys. J. R. astr. Soc., 57, 557-583.
- 10) Sekiguchi, H., K. Irikura, and T. Iwata. (2002). Source inversion for estimating continuous slip distribution on the fault, --- Introduction of Green's functions convolved with a correction function to give moving dislocation effects in subfaults ---, Geophys. J. Int., 150, 377-391, 2002.

2004/10/23 17:56, M = 6.6, H = 9 km



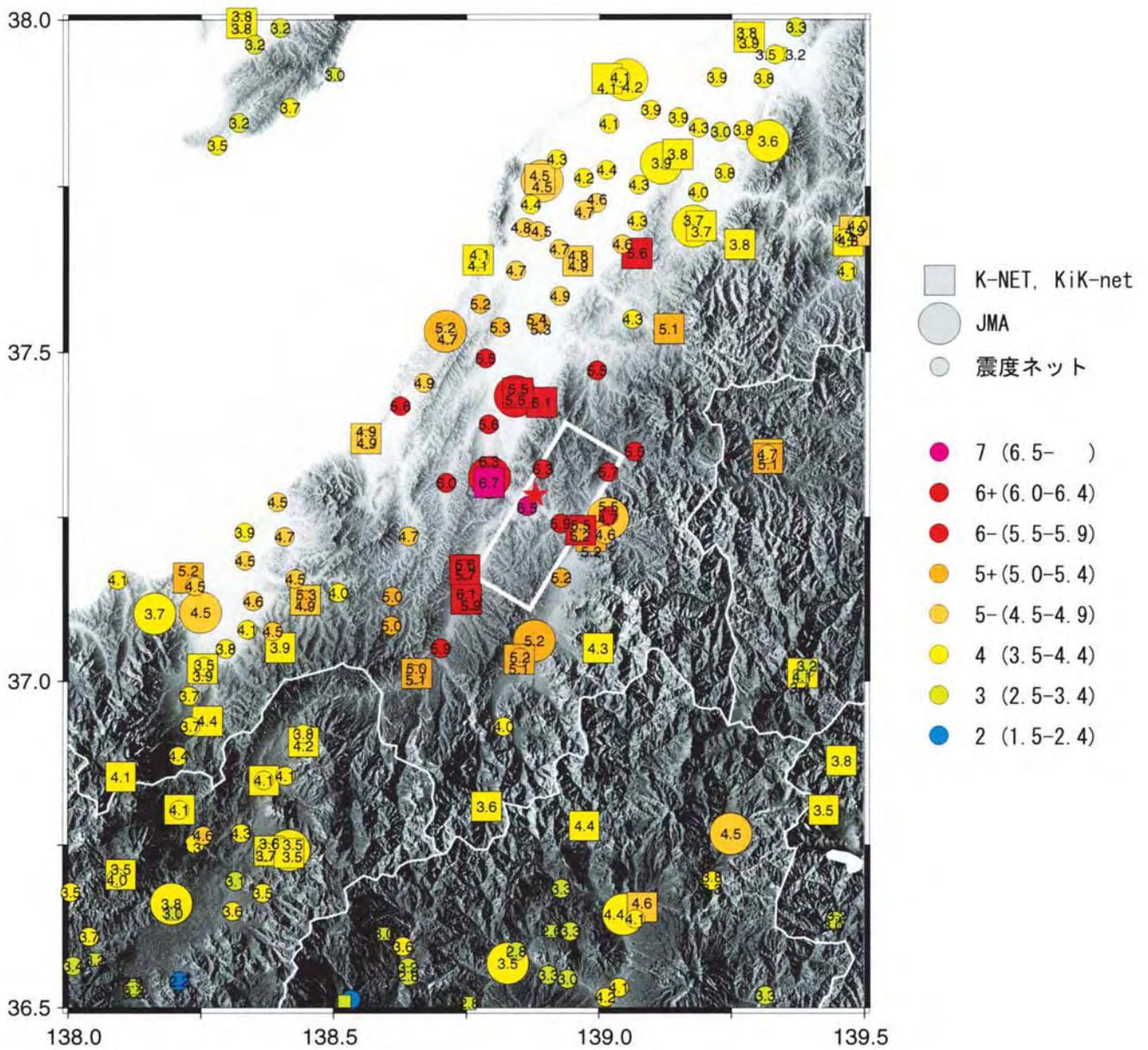
第1図 最大加速度及び最大速度の距離減衰式(司・翠川,1999)と観測値の比較。(左)地表における最大加速度。(中央)工学的基盤($V_s=600\text{m/s}$)上における最大速度。(右)断層最短距離を求める際に仮定した断層面。断層中心の深さは9.0 kmで、震源インバージョンでも同じモデルを用いる。仮定したモーメントマグニチュードはF-netのモーメントテンソル解による6.6。

Fig.1 Comparison between observed peak ground motions and an empirical attenuation relationship. Left: PGA at the surface. Center: PGV on the engineering bedrock ($V_s = 600 \text{ m/s}$). Right: Assumed fault model.



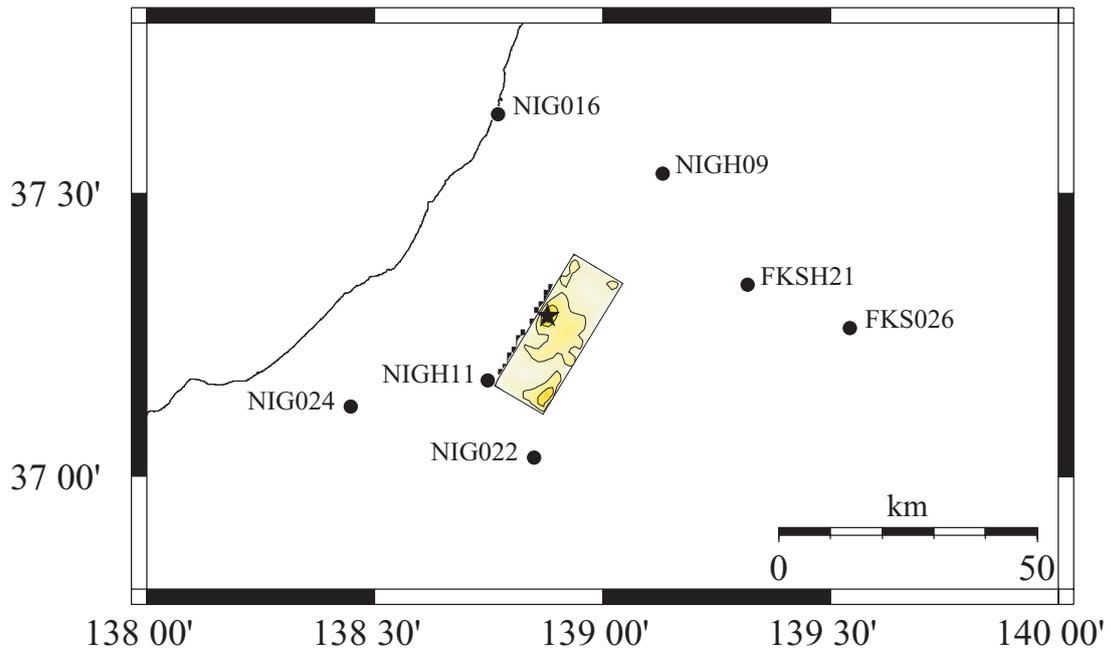
第2図 K-NET 小千谷 (NIG019) で観測された (A) 加速度波形及び (B) 速度波形. 3成分合成の最大振幅はそれぞれ 1500 gal, 136 cm/s である.

Fig.2 (A) Acceleration and (B) velocity waveforms observed at K-NET Ojiya station (NIG019). Maximum acceleration and velocity was 1500 gal and 136 cm/s, respectively.

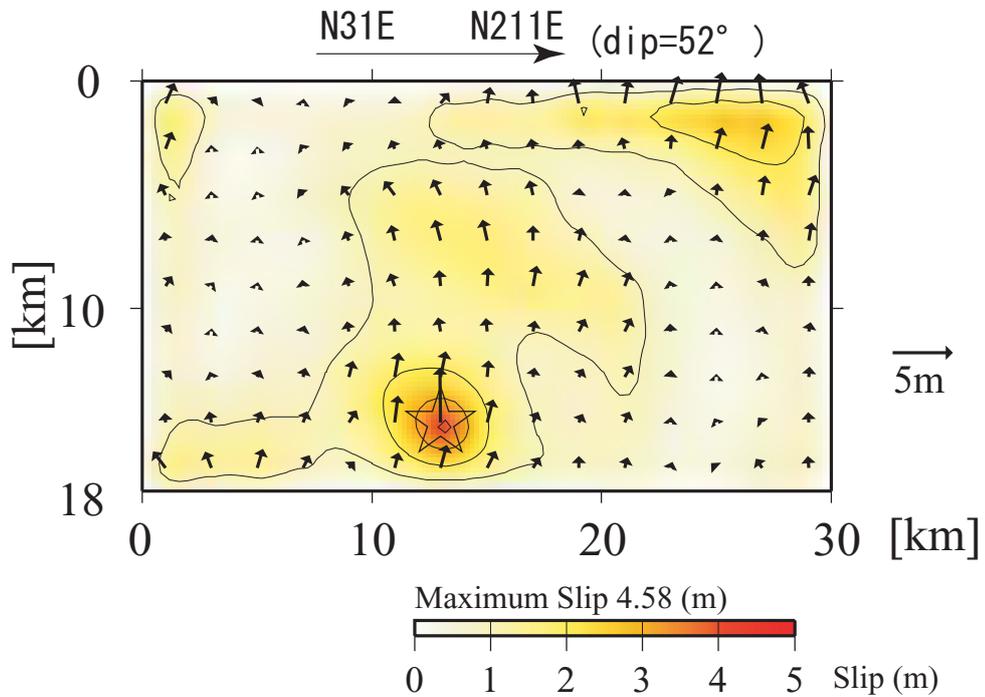


第3図 K-NET 及び KiK-net の地表加速度記録から求められた震度相当値, 及び震度観測点 (気象庁, 地方公共団体) で得られた計測震度値.

Fig.3 Distribution of seismic intensities calculated from accelerograms of K-NET and KiK-net (squares), observed by seismic-intensity meters of JMA (large circles) and local governments (small circles).

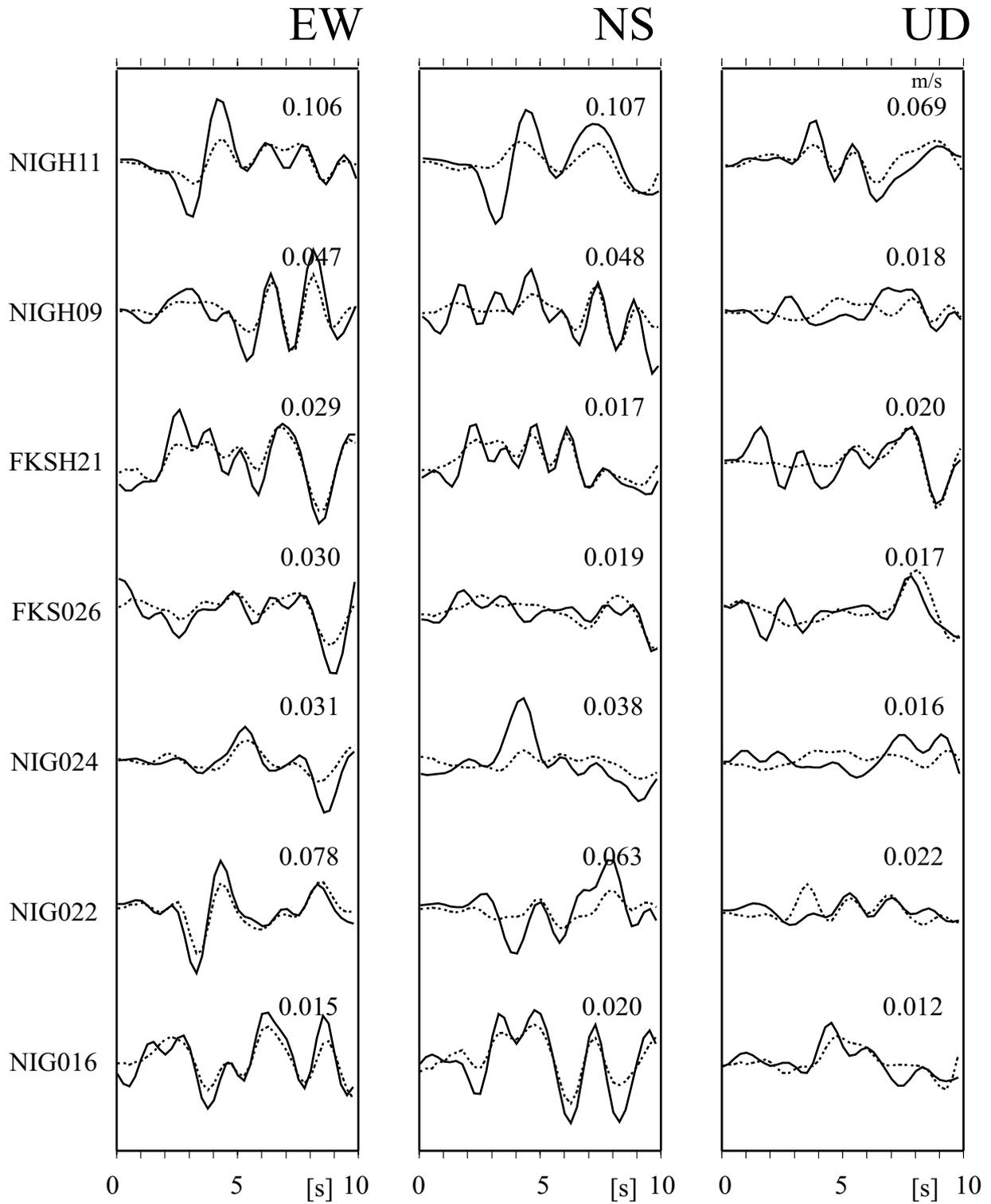


第4図 解析に用いた観測点の分布図. 長方形はインバージョン解析に用いた断層モデルを地表に投影したものを, 星印は破壊開始点を示す.
 Fig.4 Distribution of the observation stations used for the inversion analysis. A rectangle shows the projection of the assumed fault plane. The star indicates the rupture starting point.



第5図 逆解析により推定された断層面上のすべり分布.
 Fig.5 Total slip distribution. The largest slip occurred at the hypocenter.

—— Obs. Syn.



第6図 観測波形と合成波形の比較 (速度波形、0.1-0.6Hz)。振幅は各観測点ごとに規格化されており、各波形の右上に示した値は最大速度値 (m/s)。

Fig.6 Comparison between observed and synthesized velocity waveforms (0.1-0.6 Hz). Waveforms are normalized by the maximum amplitude of each station. The maximum values of each component are indicated in the right of each trace in m/s.