

2004年新潟県中越地震の余震および微動の観測

山中浩明, 元木健太郎, 駒場信彦, 太田原薫 (東京工業大学・総合理工学研究科)

福元俊一, 田中均, 高橋寿幸, 山田悦子 (東京ソイルリサーチ)

1. はじめに

2004年10月23日新潟県中越地震はM6.8の内陸の浅発地震であり, 新潟県小千谷市を中心とした比較的狭い地域で大きな被害を生じた。この地震直後にK-NETや気象庁により強震記録が公開され, 被災地では大きな最大加速度・速度が得られていることが非常に早い段階でわかった。著者らは, 被害が大きい小千谷市および川口町での強震動特性を評価し, 被害との関係を解明することを目的として, 余震および微動の観測を実施した。ここでは, 観測の概要と結果の一部について紹介する。

2. 余震および微動観測

地震は, 23日土曜の夕方に発生した。著者のひとり(山中)は, 横浜市で地震を感じ, 報道により小千谷市で震度6強であることを知った。その後, 夜になり, 現地では停電となっていたこともあって, 新幹線の脱線以外に被害の様子は十分にわからなかった。しかし, 被害が大きいことは十分に予想でき, しかも, 大きな余震が多いことやK-NET小千谷での記録が100cm/sを越えていることなどを勘案して, 24日朝から余震観測の準備を始めた。

25日11時にすずかけ台キャンパスを出て, 上越, 柏崎経由で長岡に向かい, 夕方には小千谷市に入ることができた。現地に到着した後, 直ちに地震計を設置し始めた。この日は深夜までかかって9地点に地震計を設置した。これらの9観測点は, 表1の観測点1-9で示されているように小千谷市中心部から長岡市の間に展開された。さらに, 26日の午前中には一部の観測点を撤収し, 小千谷市に新たに地震計を設置した(観測点10-15)。その後, 川口町へ入ることを試みたが, 通行規制が厳しく, 渋滞も激しくなり, 川口町の調査は後日とした。27日には, 東京ソイルリサーチ班と合流して, 小千谷市および長岡市において微動のアレイ観測および単点観測を行った。28日になって, 小千谷市から川口町に入ることができ, 午後には川口町内の4地点に機器を設置することができた(表1の19-22)。当初の予定では, 28日に調査・観測を終了することを考えていたが, 29日午前中まで観測を実施することとした。

上記の余震観測点および微動アレイ観測の位置は, 図1にまとめられている。小千谷市中心部の観測点のうち, 観測点10は山地にあり, 表層地質は第三紀砂岩もしくは砂礫となっている(柳沢・他, 1986)。しかし, その付近にある小規模な墓地での墓石の転倒率は約7割と高かった(図2)。観測点11付近の中子墓苑での墓石の転倒率は2割程度と少ない(図3)。一方, 観測点7は小千谷総合病院の近くの観測点であり, 病院の建物のうちの古い3階建てのRC建物の柱にせん断亀裂がみられた(図4)。また, その付近の成就院では, 図5に示すように約9割の墓石が転倒していた。この寺は崖上にあり, その影響の可能性もあると考えられる。観測点14の船岡公園は, 小高い丘の麓にあり, 観測点付近では図6に示すようにコンクリート製のベンチのスラブが跳躍したような跡があった。また, 20cmぐらいの石もソケット部からずれていた。

各地震観測点では、データロガー（白山 SH8000）と地震計（アカシ 6A3）が設置された。これらの機器はバッテリーで4 - 5日間駆動するので、観測の当初は連続観測を行うことを考えた。しかし、通行規制や渋滞などでデータ回収がうまくいかない場合があったので、途中でイベントトリガー方式に変更した。余震観測では11台の観測機器を用意し、設置場所を変えながら観測を行ったので、表1の観測点のうちいくつかでは、観測期間が一晩だけの地点もある。

表1：余震観測点

番号	地点	緯度	経度	観測開始	観測終了	備考
1	長岡市江陽	37.473	138.841	10/25	10/26	
2	長岡市七日町	37.447	138.807	10/25	10/27	蓮法寺：墓石転倒なし
3	長岡市幸町	37.432	138.843	10/25	10/26	
4	長岡市前島町	37.402	138.825	10/25	10/26	託念寺：墓石転倒なし
5	小千谷市五辺	37.363	138.805	10/25	10/26	
6	小千谷市千谷	37.327	138.816	10/25	10/27	
7	小千谷市本町	37.307	138.803	10/25	10/29	成就院：墓石転倒9割
8	小千谷市城内	37.311	138.799	10/25	10/29	小千谷市役所内
9	中ノ島町横山	37.537	138.859	10/25	10/27	
10	小千谷市山寺	37.305	138.819	10/26	10/29	毘沙門天：墓石転倒7
11	小千谷市東栄	37.305	138.812	10/26	10/29	中子浄苑：墓石転倒2
12	小千谷市土川	37.305	138.791	10/26	10/29	
13	小千谷市桜町	37.309	138.789	10/26	10/29	
14	小千谷市稲荷町	37.301	138.800	10/26	10/27	船岡公園ベンチが跳躍
15	小千谷市山本	37.293	138.805	10/26	10/29	
K1	河口交差点付近	37.265	138.866	10/28	10/29	
K2	河口町役場	37.268	138.864	10/28	10/29	
K3	越後河口駅付近	37.269	138.865	10/28	10/29	
K4	河口小付近	37.262	138.865	10/28	10/29	

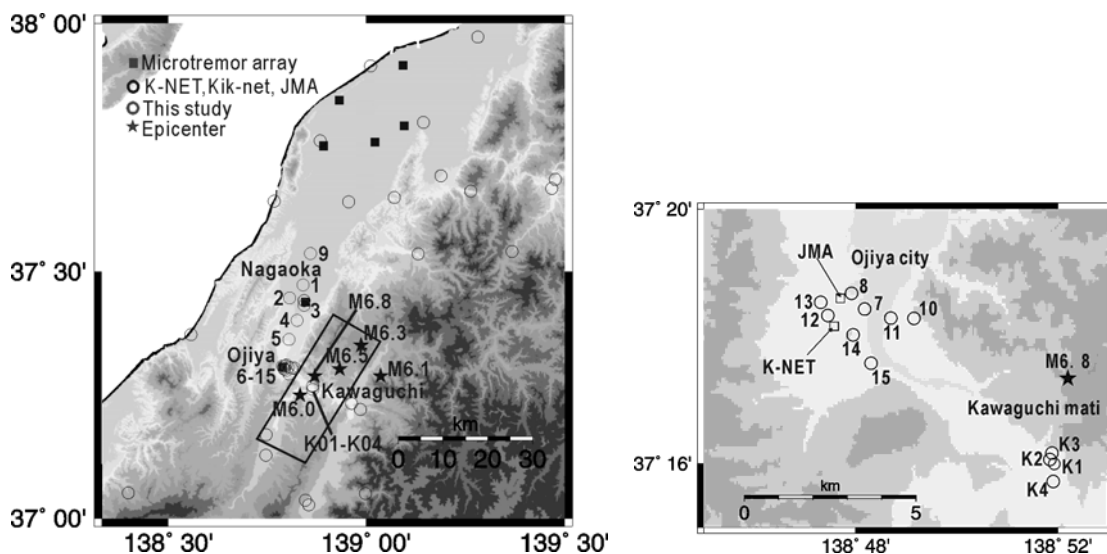


図1：余震観測点の位置



図 2 : 観測点 10 付近の毘沙門天の墓地



図 3 : 観測点 11 付近の中子浄苑墓地



図 4 : 小千谷総合病院の被害



図 5 : 成就院の墓地



図 6 : 船岡公園でのベンチや石の跳躍があったのか？



3. 観測結果

表 1 に観測点のうち、観測点 6 と K1 では、アンプの故障があり、1 成分しか記録が得られていない。また、川口町での余震観測は観測期間が非常に短く、解析可能な記録は 2 - 3 個程度となってしまった。観測記録の処理は現在進めているところであり、ここでは、小千谷市中心部で得られた記録のなかで最も大きい M6.1 の余震の観測結果について説明する。

10 月 27 日に 10 : 40 に発生した余震は M6.1 であり、小千谷市では震度 5 強が観測された。図 7 には、小千谷市中心部で観測された加速度および積分して得られる速度波形が示されている。図中には、K-NET (NIG019) および気象庁 (532) による記録も含まれている。NIG019 および

観測点 12 では、短周期成分が顕著になることがわかる。一方、これらの観測点の西側にある観測点 13 では、この短周期成分は非常に小さい。各地点での計測震度相当の値、最大速度、最大加速度を比較すると図 8 のようになる。計測震度は、K-NET 小千谷と観測点 12 で 5.5 と最大であり、観測点 7,8 では、4.7 と小さい。最大速度も同様であるが、1.8 倍程度の差がある。さらに、最大加速度では、3 倍以上の差があることがわかる。これらの観測点の震源距離は 20km 程度であり、観測点間隔よりは大きく、上述の強震動特性の差異は地盤特性による可能性が高いと考えられる。この記録の 2 次元応答スペクトルは図 9 に示すごとくであり、震度や最大速度と同様に周期 1 秒以下の成分については、K-NET 小千谷や観測点 12 で大きい。JMA ではピークが小さく、その周期も短くなる。さらに、観測点 8 から東側の観測点でのピーク周期は、より短くなる。一方、最も西に位置している観測点 13 では、卓越周期は 0.7 秒と長くなっている。また、周期 2 - 3 秒の応答値については、西側にある観測点（12, 13, K-NET, JMA）で大きく、東側の地点では小さくなり、より深い地盤の影響の差を示唆している。このように、小千谷市中心部の数 km の範囲でも、地盤の影響は広い周期範囲で異なる可能性があり、本震時の強震動評価には、こうした地盤の影響を考慮することが重要であると考えられる。

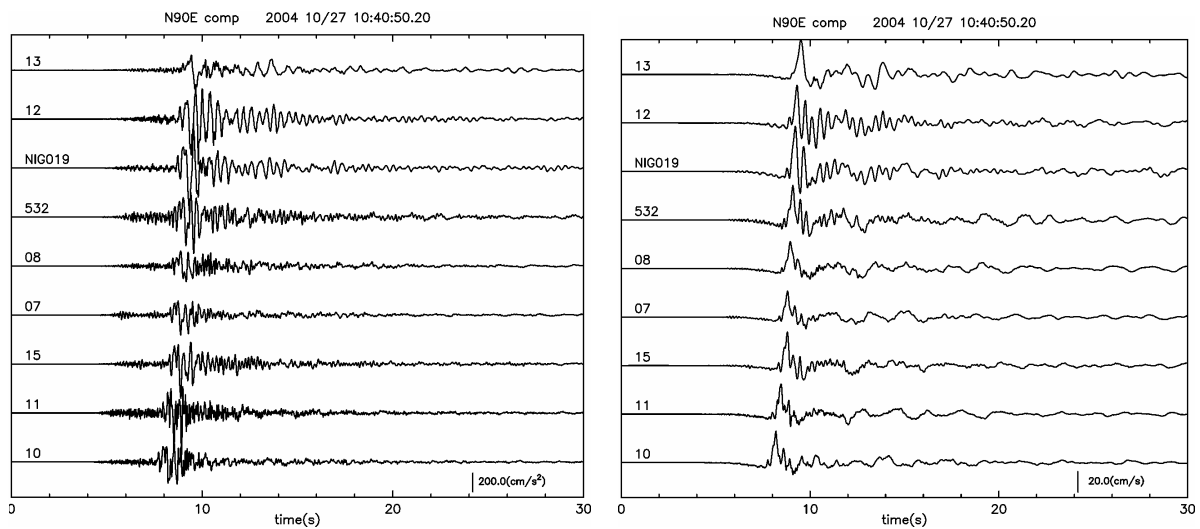


図 7：小千谷市中心部での 10 月 27 日 M6.1 の余震の加速度および速度波形（EW 成分）

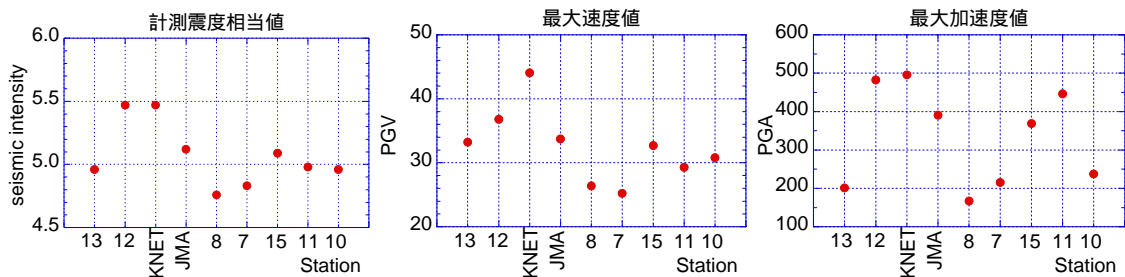


図 8：10 月 27 日 M6.1 の余震の計測震度相当の値、最大加速度および最大速度の分布

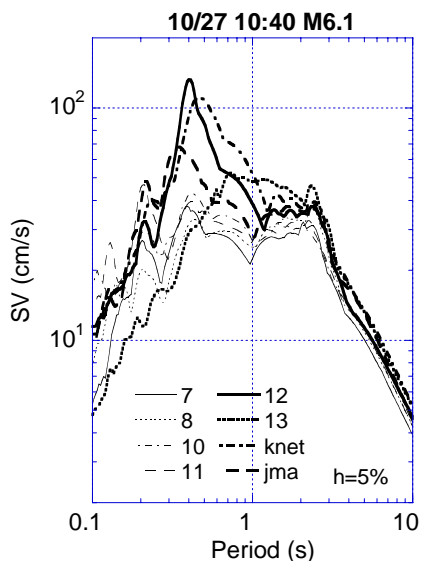


図9：10月27日の余震の応答スペクトル

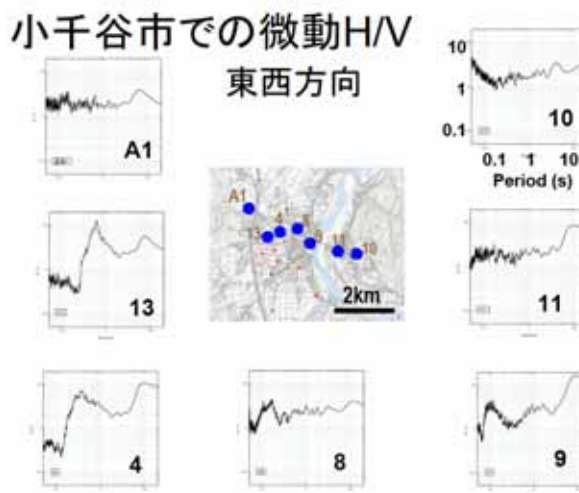


図10：小千谷市での微動のH/Vスペクトル

微動のアレイ観測のデータは現在解析中であり、ここでは小千谷市中心部での単点3成分の微動観測の結果について説明する。単点微動観測は、余震観測点を含めた17点で行われた。図10には、東西方向に並んだ微動観測点での微動のH/Vスペクトルが示されている。微動観測点の4とA1を除く5地点は上述した余震観測点と同じ位置である。周期1秒以下については、微動観測点A1と11のH/Vスペクトルはフラットであるが、その間では、観測点9から13へ向かって徐々にピーク周期が長くなっており、地盤の影響の差を反映したものであると考えられる。

4. まとめ

2004年新潟県中越地震で大きな被害が生じた小千谷市中心部と川口町を中心にして余震と微動の観測を実施した。小千谷市中心部の余震観測では、10月27日のM6.1の余震を含めて多数の地震記録を観測することができた。得られた観測データの初期的な解析により、小千谷市中心部では周期1秒以下の成分と周期2-3秒の成分に明瞭な地域性が認められ、地盤の影響である可能性が高いことがわかった。この地域での微動の単点観測の結果には余震記録と同様に短周期成分の地域性が認められた。

【謝辞】

現地での余震観測に際しては、多くの方々にご協力を頂きました。K-NETおよび気象庁による強震記録を使わせて頂きました。この調査研究は、COEプロジェクト「都市地震工学の体系化と展開（代表者：大町達夫）」および文部科学省科学研究費補助金「2004年新潟県中越地震の余震に関する調査研究（代表者：平田直）」の支援を受けて実施されました。記して、関係する皆様に感謝いたします。

【引用文献】

柳沢幸夫・ほか (1986), 5万分の1地質図幅「小千谷」。地質調査所