

## 1993年2月7日能登半島沖の地震調査報告

地震津波監視課\*・地震予知情報課\*\*・金沢地方気象台\*\*\*

Report on the Earthquake of Noto-Oki, February 7, 1993

Earthquake and Tsunami Observations Division, Earthquake Prediction  
Information Division and Kanazawa Local Meteorological Observatory

(Received July 29, 1994; Accepted December 21, 1994)

### § 1. 概要

1993年2月7日22時27分に、能登半島沖でM6.6の地震が発生し、輪島で震度5、高田、伏木、富山、金沢で震度4を観測した。そのほか、東北地方から北陸、東海、近畿、山陰地方までの広い範囲で有感となった(図1.1)。

輪島で震度5を観測したのは、震度観測を開始した1929年以降、初めてであった。この地震では、東北地方から福井県までの日本海沿岸に津波注意報が発表された。輪島港に設置された運輸省第一港湾建設局および国土地理院の検潮儀、ならびに佐渡島的小木港に設置された国土地理院の検潮儀には津波が記録された。津波による被害はなかったが、震央に近い石川県珠洲市では住居や建造物の倒壊、水道管の破損、また数カ所の道路で路肩の崩壊、陥没の被害が相次いだ。また、石川県で重傷1名、軽傷28名、新潟県で軽傷1名の人的被害を被った。このため、地震の翌日、金沢地方気象台と輪島測候所は現地調査を行った。

その後、有感地震も含め余震が数多く発生している。本報告では、本震・余震の状況や被害調査について報告する。

### § 2. 震源要素と発震機構

気象庁が決定した震源要素は次のとおりである。

発震時：22時27分43.7±0.2秒

北緯：37° 39.2' ±1.2'

東経：137° 18.0' ±1.2'

深さ：25±4 km

マグニチュード：6.6

この地震は、比較的震央に近い観測点の地震波形からすると、最初の小破壊(プレイベント)があり、その後主破壊(メインイベント)があるマルチプルショックであったと考えられている(石川・他(1993))。

気象庁がP波初動分布から求めたメカニズム解は、図2.1に示すとおり、ほぼ東-西方向にP軸(主圧力軸)をもつ逆断層型である。但し、プレイベントとメインイベントの発生時刻の間隔が約0.4秒と短いため、少し離れた観測点ではプレイベントの初動を識別することができず、図2.1はメインイベントのメカニズムを示していると考えられる。

一方、ハーバード大学によるCMT解(Centroid Moment Tensor)は、図2.2に示すとおり西北西-東南東方向にP軸をもつ逆断層型であり、これはメインイベントのメカニズムを示すと考えられる。この解は気象庁の初動から求めたメカニズム解とも調和的である。メインイベントの断層面は、余震分布が北西側に深くなる傾向にあることから、CMT解において西北西方向に傾斜した面であると推定される。

能登半島及びその周辺において、1926年以降発生したM≥5.0、深さ40km以内の地震のうちメカニズム解の決まったものについて、その解及びP軸方位を図2.3に示す。能登半島~佐渡島の地域においては、P軸方位も断層のタイプも一様ではない。ただし、新潟県南部においては、P軸方位がほぼ西北西-東南東方向を示し、横ずれ型または逆断層型が卓越しているという傾向がみられ、今回の地震のメカニズムは、これとは調和的である。

### § 3. 余震活動

#### 3.1 余震分布と余震の累積頻度分布

図3.1に、1993年2月7日22時27分の能登半島沖の地震以降、1994年7月26日までのその周辺の震央分布と深さ分布を示す。以下の考察では、図3.1の枠で囲まれた部分の地震を能登半島沖の地震の余震を対象として扱う。

\* 細野耕司、柿下 毅、杉本和信、草野富二雄

\*\* 菊田晴之、藤井幹雄

\*\*\* 岩地三郎

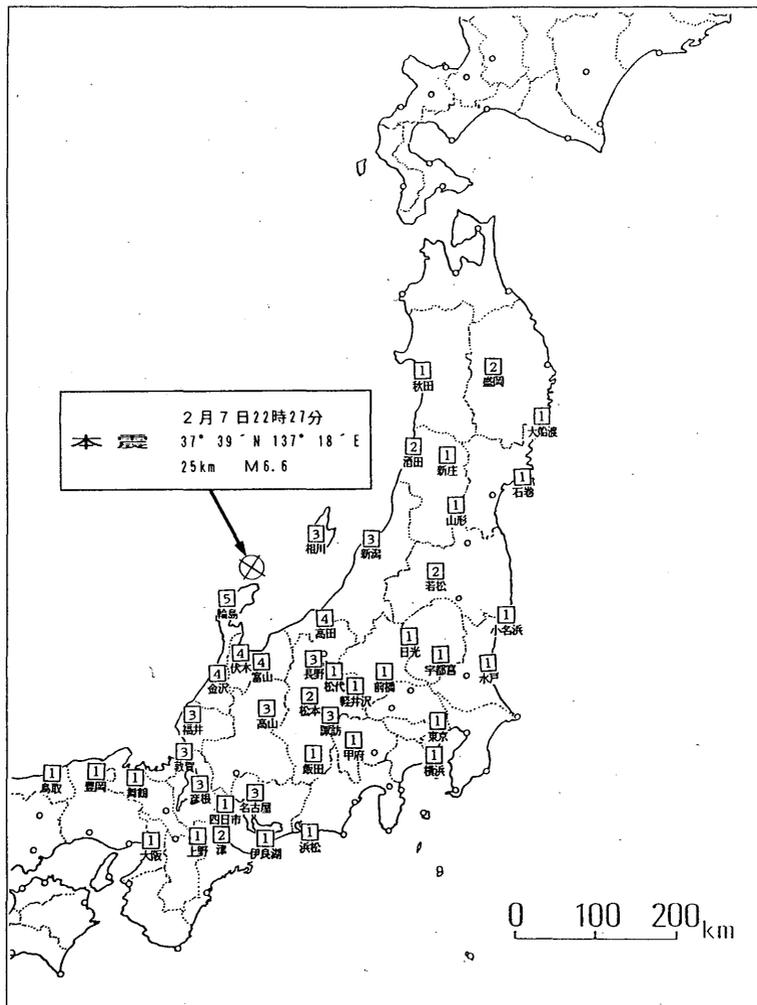


図1.1 震度分布図  
 1993年2月7日能登半島沖の地震

図3.1の深さ分布からわかるように、余震はすべて60kmより浅いところで発生している。

この余震データに関して、規模別累積頻度分布図を描いてみると、図3.2のようになる。この図から求められるb値は0.8で、余震カタログの完備性を示すカットオフマグニチュードは、2.7となる。図3.1の枠で囲まれた部分の余震のうち、M2.7以上の余震数は281個となった。

1993年北海道南西沖地震のb値は、1.17（気象庁，1994），1983年日本海中部地震では1.0（気象庁，1984），1964年新潟地震では1.0（気象庁，1965）で、これらに比べると、今回の能登半島沖地震のb値はやや小さい。

### 3.2 余震回数の減衰と余震活動の特徴

図3.3に、M2.7以上の余震の震央分布図(a)と累積余震回数の図(b)，(c)を示す。(b)図では、時間スケールを等間隔に目盛っているが、(c)図では、改良大森公式から予想される累積余震回数が直線となるように時間軸を変換（回数直線化時間スケール，Ogata and Shimazaki 1984）している。このスケールを用いることにより、とくに、本震直後の余震活動の、改良大森公式からのずれが見やすくなる。

図3.3(a)では、本震を星印で示し、3番目までの大きな余震をその順位に従って、線幅の太さで表示している。本震のM6.6に対して最大余震はM5.1で、宇津の統計的

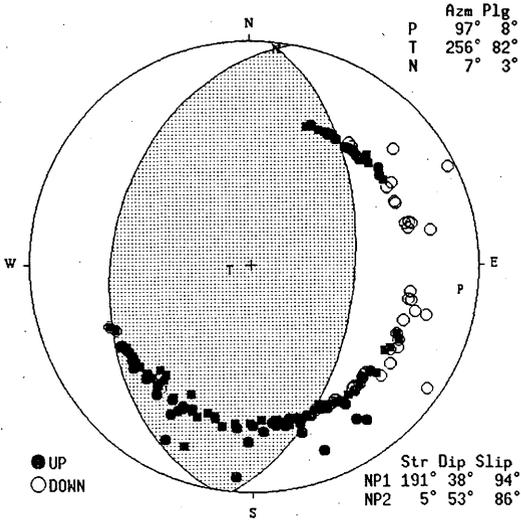


図2.1 能登半島沖地震のP波初動分布から求めたメカニズム解。下半球等積投影。Str; 走行, Dip; 傾斜角, Slip; すべり角, Azm; 方位角, Plg; 傾斜角, NP; 節面, P; 主圧力軸, T; 主張力軸, N; 中立軸。気象庁, 東京大学, 名古屋大学, 防災科学技術研究所のデータを使用。

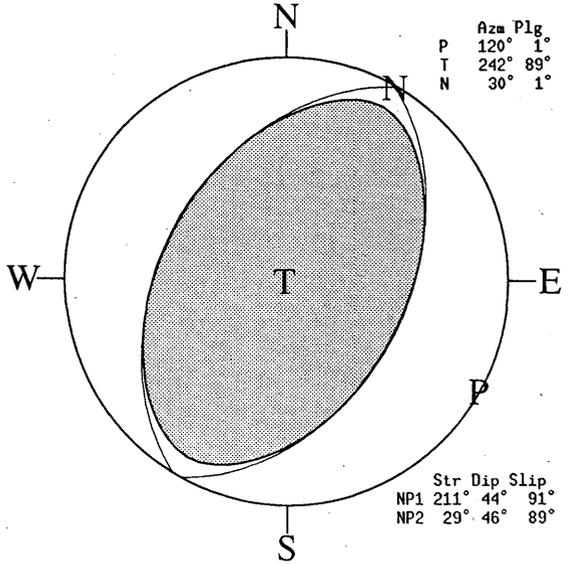


図2.2 能登半島沖地震のハーバード大学によるCMT解。下半球等積投影。Str; 走行, Dip; 傾斜角, Slip; すべり角, Azm; 方位角, Plg; 傾斜角, NP; 節面, P; 主圧力軸, T; 主張力軸, N; 中立軸。

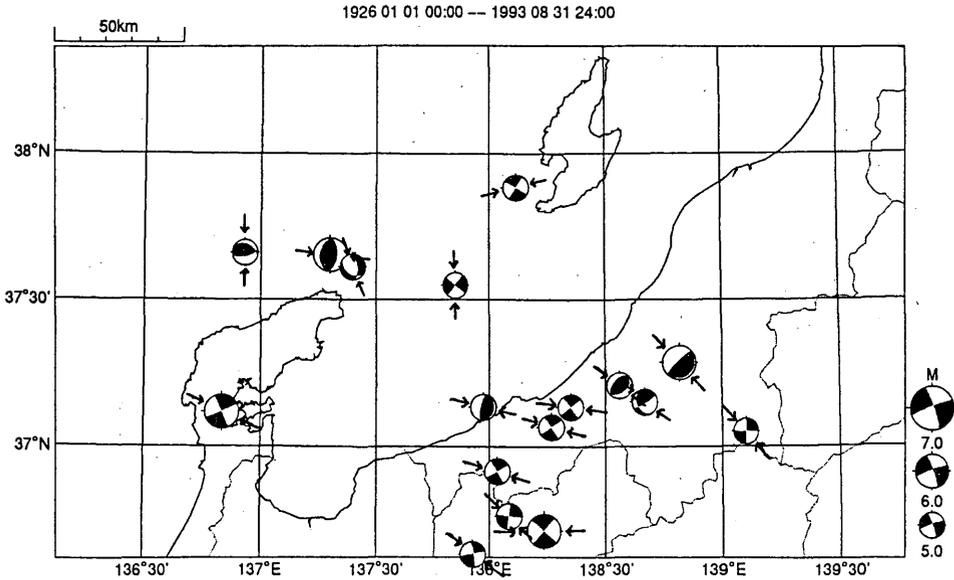


図2.3 能登半島及びその周辺のP波初動分布から求めたメカニズム解(1926年以降発生したM $\geq$ 5.0,深さ40km以浅の地震)。下半球等積投影。矢印はP軸方位を示す。

調査 (Utsu, 1969) によればほぼ標準的である。ただし、発生時期は、本震後約122日で、他の多くの場合よりは遅く発生している。第2, 第3の大きな余震もそれぞれ、約54日, 約88日後と、遅く発生している。M6.6の本震

に対して、経験則 (Sato, 1989, 松田, 1975) から断層の長さは、10数kmと推定される。今回の場合、本震と大きな余震間の水平距離がそれぞれ、約10km, 17km, 11kmとなることにより、本震の断層の長さ程度は離れて大き

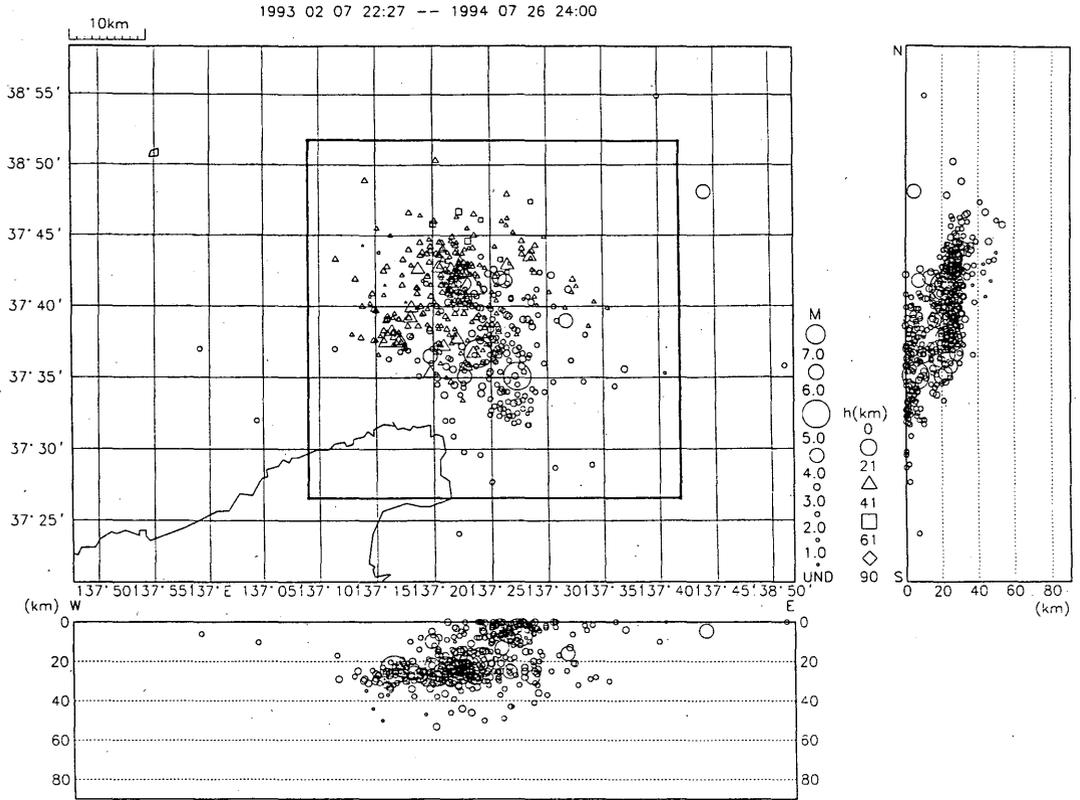


図3.1 地震発生（1993年2月7日22:27）から1994年7月26日24:00までの震央分布と深さ分布

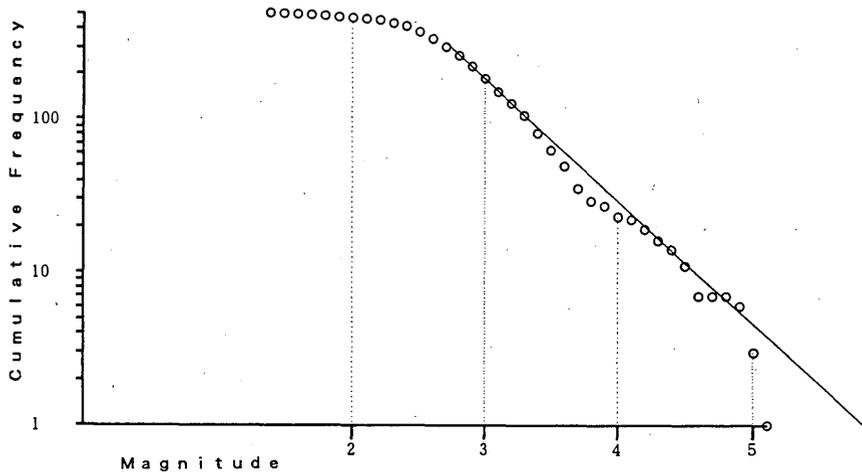


図3.2 余震の累積規模別頻度分布. この図から, カットオフマグニチュードを2.7とすると, b値は0.8となる.

な余震が発生していると考えられる. 余震分布からも本震は, 余震域の西端にあり, 他の大きな余震は, 余震域の中央から東側に位置しており, 本震の断層運動の端で大きな余震が発生している様子がうかがえる.

図3.3 (b), (c)で, 実際の余震回数と改良大森公式 (Utsu, 1961)

$$n(t) = K \cdot (t + c)^{-p}$$

から推定される余震回数の比較を行うために, 改良大森

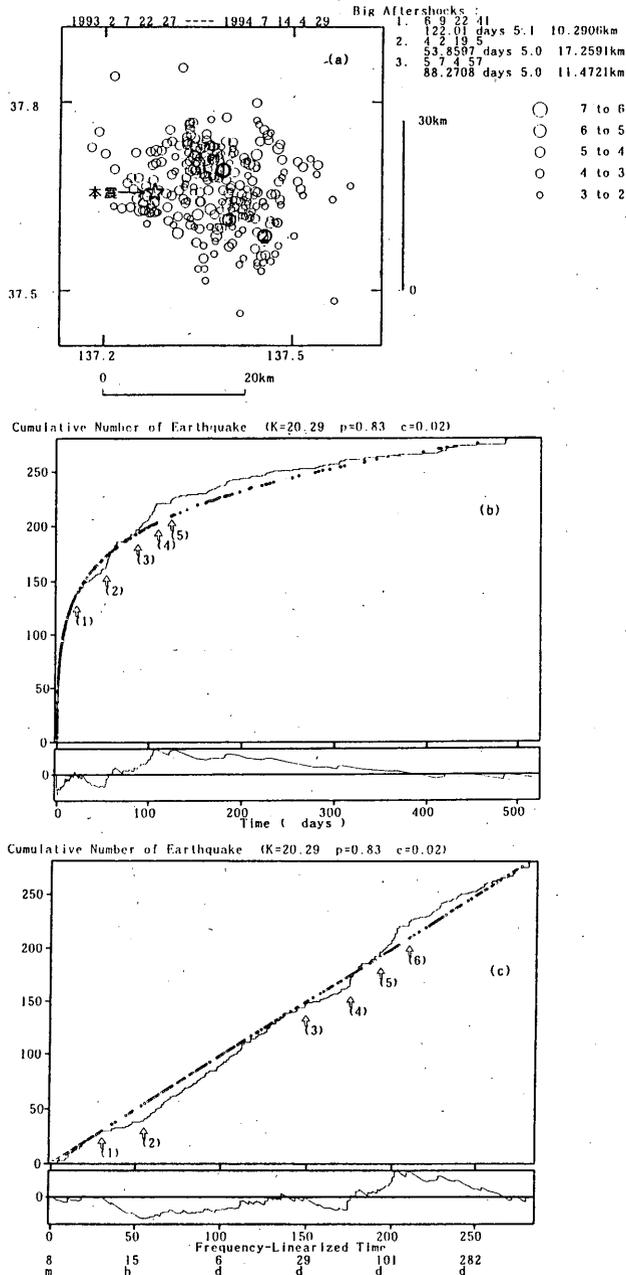


図3.3 (a)  $M \geq 2.7$ の本震を含む余震分布. 図中に本震(星印)と大きな余震を順に1, 2, 3の数字で示す. 1は, 6月9日22時41分 $M5.1$ . 2は, 4月2日19時5分 $M5.0$ . 3は, 5月7日4時57分 $M5.0$ . (b) 等間隔の時間スケールで描いた累積余震回数. (1): 本震後約30日の余震回数の減少する時期 (2): 4月2日 $M5.0$ の余震 (3): 5月7日 $M5.0$ の余震 (4): 最大余震前に $M \geq 2.7$ の余震が発生しなくなる時期 (5): 6月9日 $M5.1$ の最大余震 (c) 余震回数が直線となるように時間スケールを変換した図. (1): 本震後約4時間すぎところから回数が減る (2): ほぼ22時間後頃から回復するが, それに対応する大きな余震はみられない (3): 4月2日 $M5.0$ の余震前の静穏化の開始 (4): 4月2日 $M5.0$ の余震 (5): 5月7日 $M5.0$ の余震 (6): 6月9日 $M5.1$ の最大余震 (b), (c)図の下に付いている図は, 観測された累積余震回数とパラメータK, c, pの値を用いて改良大森公式から求められる累積余震回数との差を示す.

公式の3つのパラメータ  $K$ ,  $c$ ,  $p$  を Ogata (1983) の最尤法により、宇津 (私信, 1993) が作成したソフトウェアを用いて計算した。上式で  $n(t)$  は、時刻  $t$  における単位時間あたりのある大きさ以上の余震回数である。 $K$ ,  $c$ ,  $p$  は余震系列固有の定数で、特に  $p$  は余震活動の減衰の様子を議論する際に用いられるパラメータである。前述の期間について、3つのパラメータの値を計算すると、 $K=20.29$ ,  $p=0.83$ ,  $c=0.02$  となった。1993年北海道南西沖地震では  $p=1.25\sim 1.28$ 、1983年日本海中部地震では  $p=1.1$  程度 (気象庁, 1994)、松浦 (1993) は同じ計算方法で、全国で発生した余震を伴う大きな地震に対して、平均値として  $p=1.22$  を与えている。それらに比べて、今回の能登半島地震の  $p$  値ははるかに小さく、余震活動の減衰が緩やかである。 $b$  値も最近の日本海東縁の地震より小さいことから、それらとは異なる性質を持っていると考えられる。

図3.3(b)から、本震後30日付近から余震活動が低下し (b)図の(1)、または(c)図の(3))、4月2日19時05分のM5.0の余震 (b)図の(2)、または(c)図の(4)) 後回数が増大していることがわかる。5月7日04時57分のM5.0の余震 (b)図の(3)、または(c)図の(5)) でもわずかに回数が増えているが、前者のような直前の活動の低下は顕著ではない。6月9日22時41分のM5.1の最大余震直前にも余震が発生しない時期があり (b)図の(4))、この余震後 (b)図の(5)、または(c)図の(6)) ほんのわずかに余震回数が増えているが、4月2日のM5.0の余震後の活発化よりは顕著でない。

図3.3(c)から、本震後4時間付近から余震が少なくなり (c)図の(1))、22時間後あたりから回復している様子が見える ((c)図の(2)) が、この時刻に対応する大きな余震はない。

§ 4. 津波予報と津波発生状況

津波予報の発表状況は以下のとおりである。

気象庁本庁

2月7日22時37分 「ツナミチュウイ」の津波注意報を新潟から福井県までの日本海沿岸 (6区, 10区) に発表。

2月7日23時30分 同津波注意報解除。

仙台管区気象台

2月7日22時41分 「ツナミチュウイ」の津波注意報を東北地方の日本海沿岸 (5区) に発表。

2月7日23時31分 同津波注意報解除。

輪島港の検潮記録を図4.1に、津波の発生状況を表

4.1に示す。

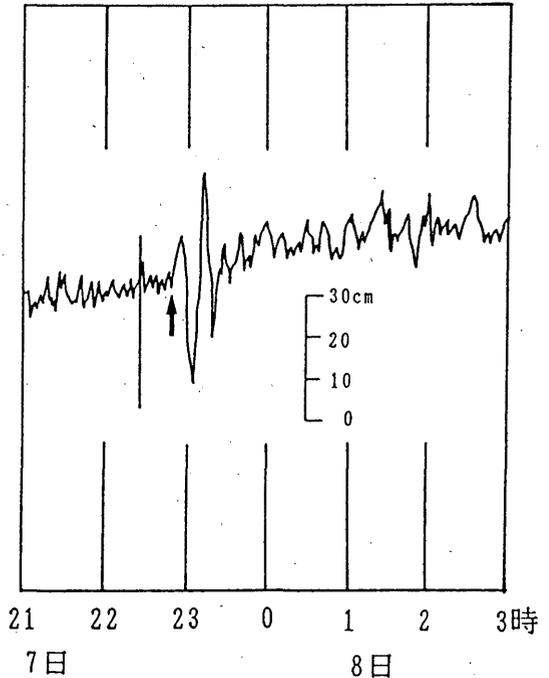


図4.1 輪島港の検潮記録  
検潮記録は、運輸省第一港湾建設局による。読みとりは、地震津波監視課による。

表4.1 津波発生状況

	時刻	初動	大きさ
第一波	22時50分	押し	12cm

	時刻	高さ*
最大の高さ	23時12分	25cm

\*推算潮位からの高さ

§ 5. 現地調査\*

5.1 調査の概要

地震発生の翌日 (8日)、金沢地方気象台は、輪島測候所の協力を得て、震源に最も近く被害の大きかった能

登半島北端の珠州市正院町を中心に現地調査をおこなった。当日は、夜明け前より小雪が降り続き屋根や道路は白く雪化粧され被害を覆い隠しているようであった。

目的地に至る主要道路の通行止めのため迂回し、ようやく珠州市役所に到着。さっそく2階の現地災害対策本部に行き、係員から災害状況・場所を地図上にて説明を受けた。この間何本もの電話がひっきりなしに鳴っている。

話を伺った市の把握している状況は、木ノ浦トンネルの落盤以外は正院町に被害が集中しているようだ。

直ちに最も近くで被害のあった神社から調査を始める。途中80歳位のおばあちゃんに会い、尋ねる。

「おばあちゃん、夕べはどうでしたか？」

「わたしゃ80年近く生きているが、こんな事のはじめてだ。朝まで怖くて眠れなかったわ！」

約3時間かけて、聞き取り及び被害現場の調査を行った。後日、県の地震被害調査団は数カ所で液状化現象（噴砂）を確認したとの新聞報道があったが、この時点では積雪（5cm位）のため確認することができなかった。

## 5.2 聞き取り調査結果

聞き取り調査で得られた現地の人々の感想、話を以下に列挙する。

- 地震発生後、朝まで怖くて眠れなかった。
- 実際の揺れは40秒位であるが、非常に長く感じた。
- 家がビリビリと音をたて左右に揺れた、家がつぶれるかと思った。
- こんな大きな地震は生まれて初めて、生きた心地がしなかった。
- いくつものポットが倒れ湯がこぼれた。
- ふすまがバタバタとはずれて倒れた。
- 津波が来なくて本当に良かった。
- 棚からいろいろな物が落ちてきた。
- 台の上のテレビが落ちた。
- ドスンと大きな音がして家が揺れた。その後外に出て見ると作業場が倒れていて直径2m位の石が中にあった。もしこれが住家の方だったらと思うと……。
- あちこちでガラスの割れる音がして怖かった。
- 夕食時でなくて良かった。
- 子供が寝たあとで良かった。
- 風呂に入っていたので、着る物も着ないで子供部屋に走った。
- こんな大きな揺れを体験したのは、初めてだ。

- 簀笥が倒れてきた。額が落ちてきた。

## 5.3 被害調査結果

現地に到着するまでは、輪島測候所の震度5やテレビ、ラジオ報道から、局地的な非常に大きな被害ではと思っていたが、調査を行っていく段階でそれほどでもないというのが実感であった。

### ○ 須受八幡宮の鳥居倒壊（写真1）

二本柱（大理石製）の直径及び高さに対して笠木が大きく土台が小さい。鉄芯でも入っていれば倒れなかったのではないかと思われる。

### ○ 火宮神社の本殿・拝殿（築後100年）倒壊（写真2）

地震の揺れによるものでなく、山の斜面に建てっており裏山崩壊の土砂による倒壊である。

### ○ 非住家（作業所）の倒壊（写真3）

最近山の一部を削り、家屋、作業所を建てたものであり、残った山が崩れその土石による倒壊である。崩



写真1 須受八幡宮の鳥居倒壊  
（すずはちまんぐう）  
珠州市正院町正院



写真2 火宮神社の本殿・拝殿（築後100年）倒壊  
（ひのみやじんじや）  
珠州市正院町飯塚

\* 金沢地方気象台 岩地三郎

れた岩肌が生々しかった。もっと裏山より離れて建てるか、裏山の削った後をモルタル吹付工事で固めておけば良かった。余震や大雨が降ると、また崩れるのではないかと思われる。

○ 道路の損壊（陥没）（写真4）

陥没した所に乗用車が突っ込み運転手が負傷している。幅20m位の谷を埋めて道路にした所で、水はけが悪く軟弱であった。大雨でもいずれば陥没したのではないか、本来は橋を架けるべき所と思った。

○ 木ノ浦トンネルの落盤（写真5）

輪島市から珠洲市への主要道路のトンネルで長さ80m位のほぼ中間地点の天井部分に直径2m位の穴があき土砂が落ちて道路をふさぎ通行止めとなっていた。かなり古いトンネルである（昭和40年完成）。

現地での被害調査や、地震発生時の状況を、電話等により、聞き取り推定し、震度分布図を作成した（図5.1）。珠洲市でも正院町を含む周囲2km位の所で被害

が集中していることがわかった。

5.4 被害状況

石川県内における被害状況は、以下のとおりである（石川県消防防災課調べ1993年3月11日現在、石川県警察本部災害月報1993年3月号）。

○ 人的被害

重傷：1名 軽傷：28名

○ 建物被害

全壊：1棟 半壊：1棟 一部破損：20棟



写真3 非住家（作業所）の倒壊  
珠洲市正院町岡田

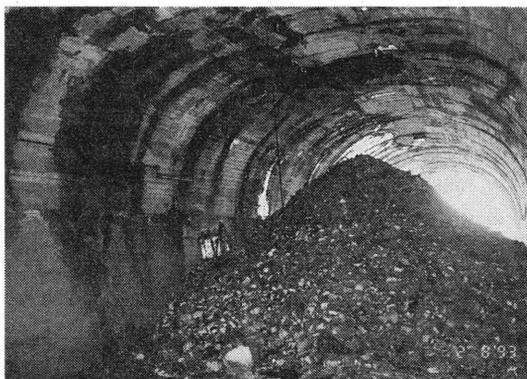


写真5 木ノ浦トンネルの落盤  
珠洲市折戸町木ノ浦 大谷狼煙飯田線



写真4 道路の損壊（陥没）  
珠洲市折戸町川尻 市道56号線

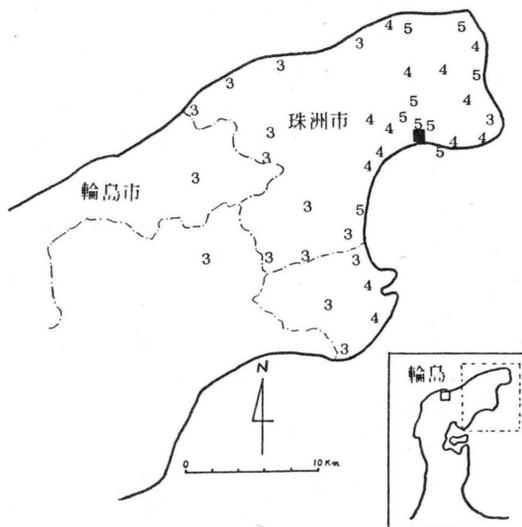


図5.1 聞き取り調査による推定震度分布図  
金沢地方気象台が行った被害調査や、地震発生時の状況を、電話等により、聞き取り推定した震度分布で、その地区を代表する震度ではない。■は正院町を示す。右下破線の範囲が本図に対応。

- 非住家被害  
11棟
- 道路損壊  
17箇所
- 山、崖くずれ  
1箇所
- トンネル落盤  
1箇所

## 5.5 所見

人的被害としては、倒れた家具の下敷きや落下物による負傷者が目立った。このうち1名の重傷者(主婦)は、倒れたタンスの下敷きになり圧迫骨折したものである。

約1ヶ月前に「釧路沖地震」があった際、釧路市の住民が自らタンス等に転倒防止の器具を施し、被害を最小限に食い止める工夫について報道があった。

北陸地方では家庭内においてこのような防止策を目にしたことがない。家具等が倒れないように上端を紐などで止める等の工夫があれば、人的被害が殆ど妨げたのではないだろうか。

また、神社の本殿・拝殿の倒壊を含めて22棟の住家で被害があったが、殆ど崩土による倒壊や沼地の整地での建築であった(液状化現象による地盤の沈降や亀裂によるもの)。

昭和23年の「福井地震」以後、石川県に被害をもたらした地震は昭和36年の北美濃地震(M7.0)、昭和39年の新潟地震(M7.5)があるが、約30年間大きな地震がなかったために住民にとって地震の記憶は遠のいていたに違いない。それだけに「北陸でも地震は起こる」ことをあらためて認識したことだろう。

また今回の地震で火災が金沢市内の1件にとどまったのは、地震発生が日曜日の深夜であったためストーブなども消してあったからと思われる。冬の北陸ということ考えると、地震発生が2時間早く、夕食時であれば火災を含め、もっと多くの被害が生じたに違いない。

## § 6. 資料

今回発生した能登半島沖の地震(本震)の87型電磁式強震計による加速度波形(ACCELERATION)と、それを積分することによって得られた変位波形(DISPLACEMENT)を主な観測点ごとに図6.1から図6.8に示した。また、有感余震の表を表6.1に示した。

## 参考文献

石川県警察本部(1993): 災害月報1993年3月号。

石川県消防防災課(1993): 能登半島沖地震による被害状況。

石川有三・中沢博志・中村雅基・桑山辰夫・小林昭夫・橋本徹夫(1993): 1993年2月7日マグニチュード6.6 能登半島沖地震, 第20回北陸地震研究会予稿集。

気象庁(1994): 平成6年(1993年)北海道南西沖地震調査報告, 気象庁技術報告(印刷中)。

気象庁(1984): 昭和58年(1983年)日本海地中部地震調査報告, 気象庁技術報告, 106, 252 pp.

気象庁(1965): 1964年新潟地震調査報告, 気象庁技術報告, 43, 230 pp.

地震津波監視課(1993): 地震・津波防災季報, 25, 25-28.

地震予知情報課(1993): 能登半島沖の地震(1993年2月7日M6.6), 地震予知連絡会会報, 50, 478-485.

松浦洋子(1993): 改良大森公式のパラメータ値について, 地震学会予稿集, No.1, 224.

松田時彦(1975): 活断層から発生する地震の規模と周期について, 地震, 28, 269-283.

三雲 健・石川有三(1987): 日本海沿岸の地震と広域テクトニクス及び長期的地震予知, 地震予知研究シンポジウム(1987); 259-269.

山崎謙介・田村尚志・川崎一郎(1985): 日本海に発生する浅発小地震の発震機構, 地震, 38, 541-558.

DZIEWONSKI, A.M., G. EKSTROM, and M.P. SALGANIK (1994): Physics of the Earth and Planetary Interiors, 82 (1994) 9-17.

OGATA, Y. (1983): Estimation of parameters in the modified Omori formula for aftershock frequencies by the maximum likelihood procedure, Jour. Phys. Earth, 31, 115-125.

OGATA, Y., and K. SHIMAZAKI (1984): Transition from aftershock to normal activity: the 1965 Rat Islands earthquake aftershock sequence, Bull. Seism. Soc. Amer., 74, 1757-1765.

SATO, R. (1989): Theoretical basis on relationships between focal parameters and earthquake magnitude. Jour. Phys. Earth, 27, 353-372.

UTSU, T. (1969): Aftershocks and earthquake statistics (I). Fac. Sci. Hokkaido Univ., Ser. IV, 3, 129-195.

UTSU, T. (1961): A statistical study on the occurrence of aftershocks, Geophy. Mag., 30, 521-605.

表 6.1 有感余震の表 (1993. 2. 7~1993. 8. 31)

月 日	時 分	北 緯	東 経	深 さ	M	各地の震度
02 07	22 : 40	37° 42′	137° 23′	20km	4.0	I : 輪島
07	23 : 07	37° 42′	137° 22′	23km	4.4	I : 輪島
08	00 : 09	37° 37′	137° 20′	10km	4.2	I : 輪島
08	02 : 06	37° 43′	137° 19′	27km	4.9	Ⅲ : 高田 Ⅱ : 輪島, 伏木 Ⅰ : 富山, 金沢, 新潟
08	12 : 38	37° 35′	137° 20′	22km	4.8	I : 輪島, 高田
08	19 : 10	37° 41′	137° 15′	30km	3.8	I : 輪島
08	23 : 03	37° 45′	137° 23′	46km	3.6	I : 輪島
09	07 : 31	37° 38′	137° 17′	25km	4.1	I : 輪島
11	21 : 17	37° 40′	137° 18′	26km	4.0	I : 輪島
13	03 : 26	37° 41′	137° 22′	17km	4.8	Ⅱ : 輪島, 高田 Ⅰ : 新潟
16	01 : 51	37° 38′	137° 16′	24km	5.0	Ⅲ : 高田 Ⅱ : 輪島, 伏木, 金沢, 新潟 Ⅰ : 相川, 富山
03 07	15 : 09	37° 44′	137° 29′	28km	4.4	I : 輪島
11	11 : 57	37° 43′	137° 22′	28km	4.1	I : 輪島
04 02	19 : 05	37° 35′	137° 27′	5 km	5.0	Ⅱ : 輪島, 金沢 Ⅰ : 高田
02	21 : 49	37° 37′	137° 22′	26km	4.9	Ⅱ : 輪島 Ⅰ : 金沢, 高田
05	04 : 35	37° 38′	137° 20′	23km	4.3	I : 輪島
05 07	04 : 57	37° 37′	137° 24′	20km	5.0	Ⅱ : 輪島, 高田 Ⅰ : 伏木, 富山, 新潟
18	18 : 29	37° 40′	137° 22′	25km	3.4	I : 輪島
23	21 : 42	37° 35′	137° 23′	20km	4.9	Ⅱ : 輪島 Ⅰ : 高田, 金沢
25	20 : 05	37° 38′	137° 22′	26km	4.4	Ⅱ : 高田 Ⅰ : 輪島, 金沢
06 09	22 : 41	37° 42′	137° 23′	21km	5.1	Ⅲ : 高田 Ⅱ : 輪島, 富山, 金沢, 新潟 Ⅰ : 伏木, 長野, 諏訪
11	00 : 00	37° 42′	137° 23′	27km	4.5	Ⅱ : 高田 Ⅰ : 輪島

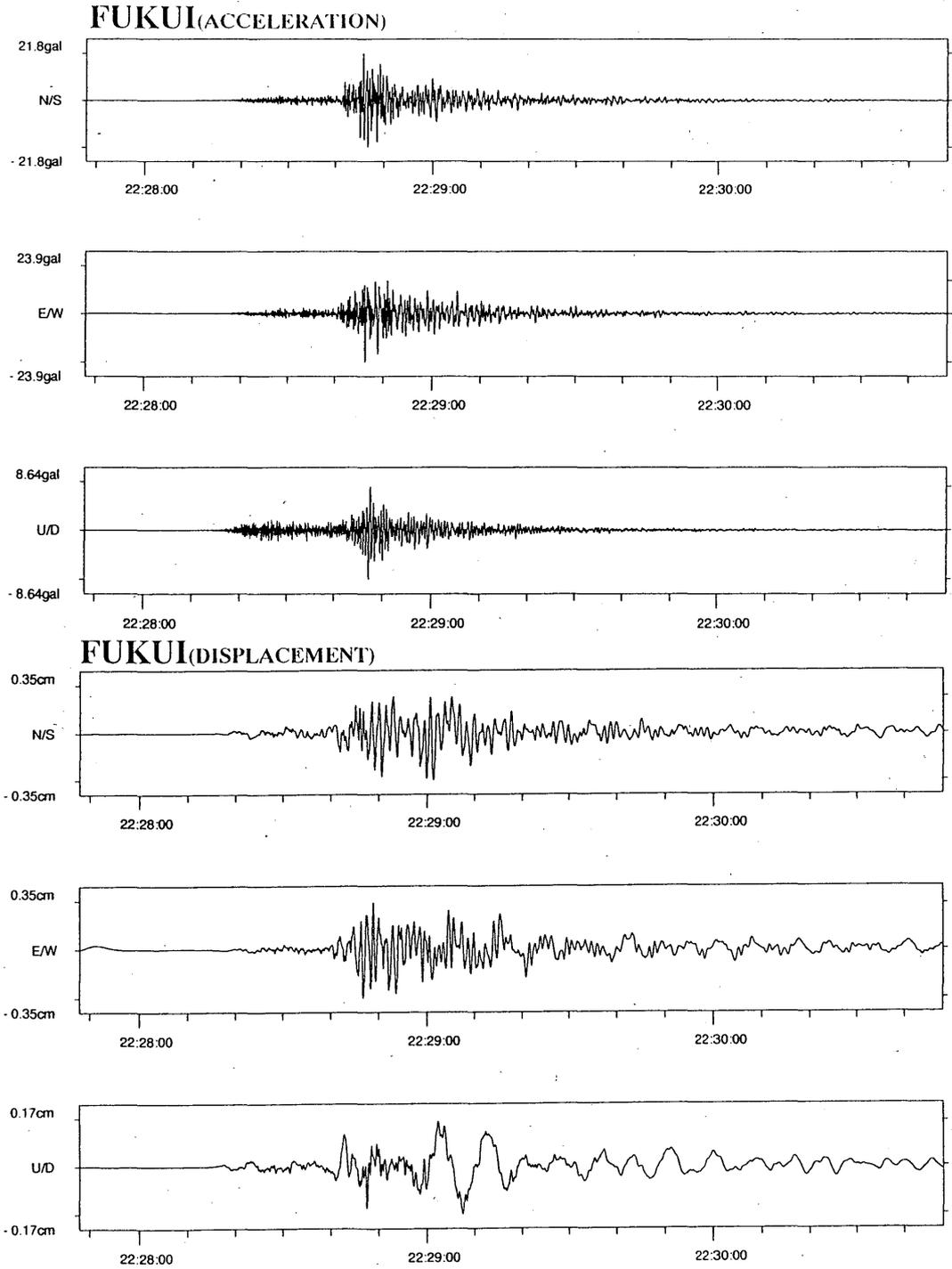


図6.1 87型電磁式強震計波形記録

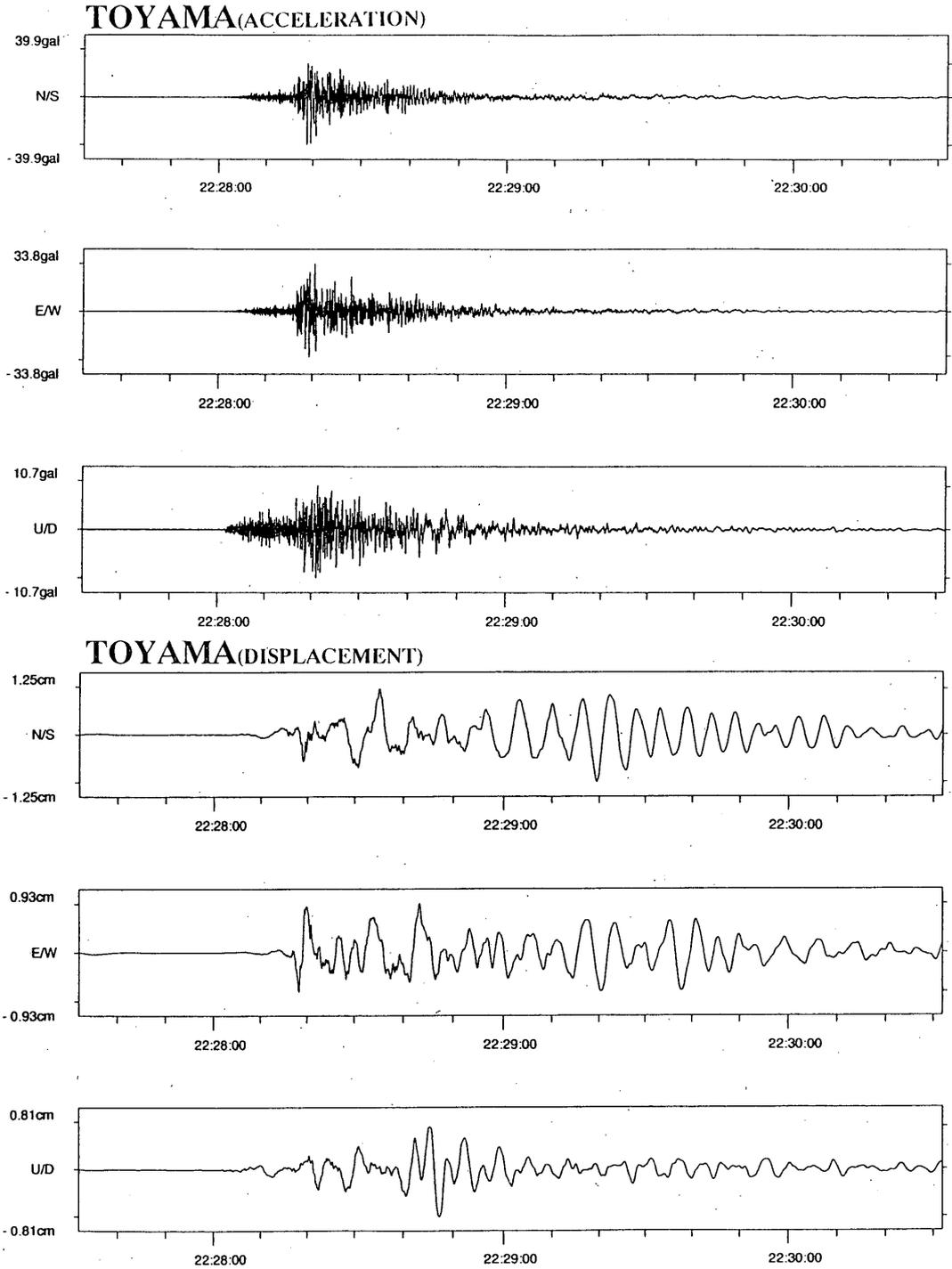


図6.2 87型電磁式強震計波形記録

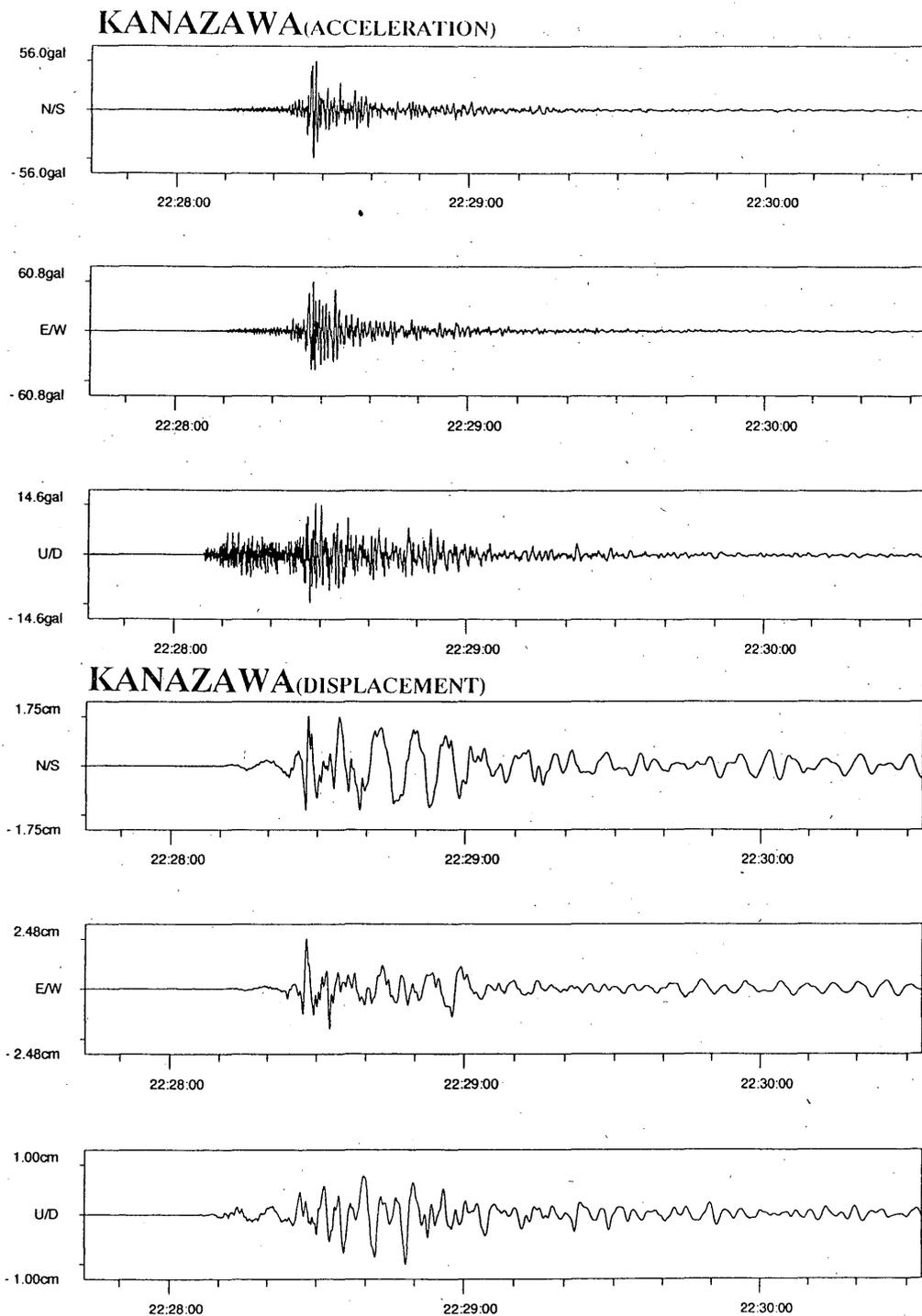


図 6. 3 87型電磁式強震計波形記録

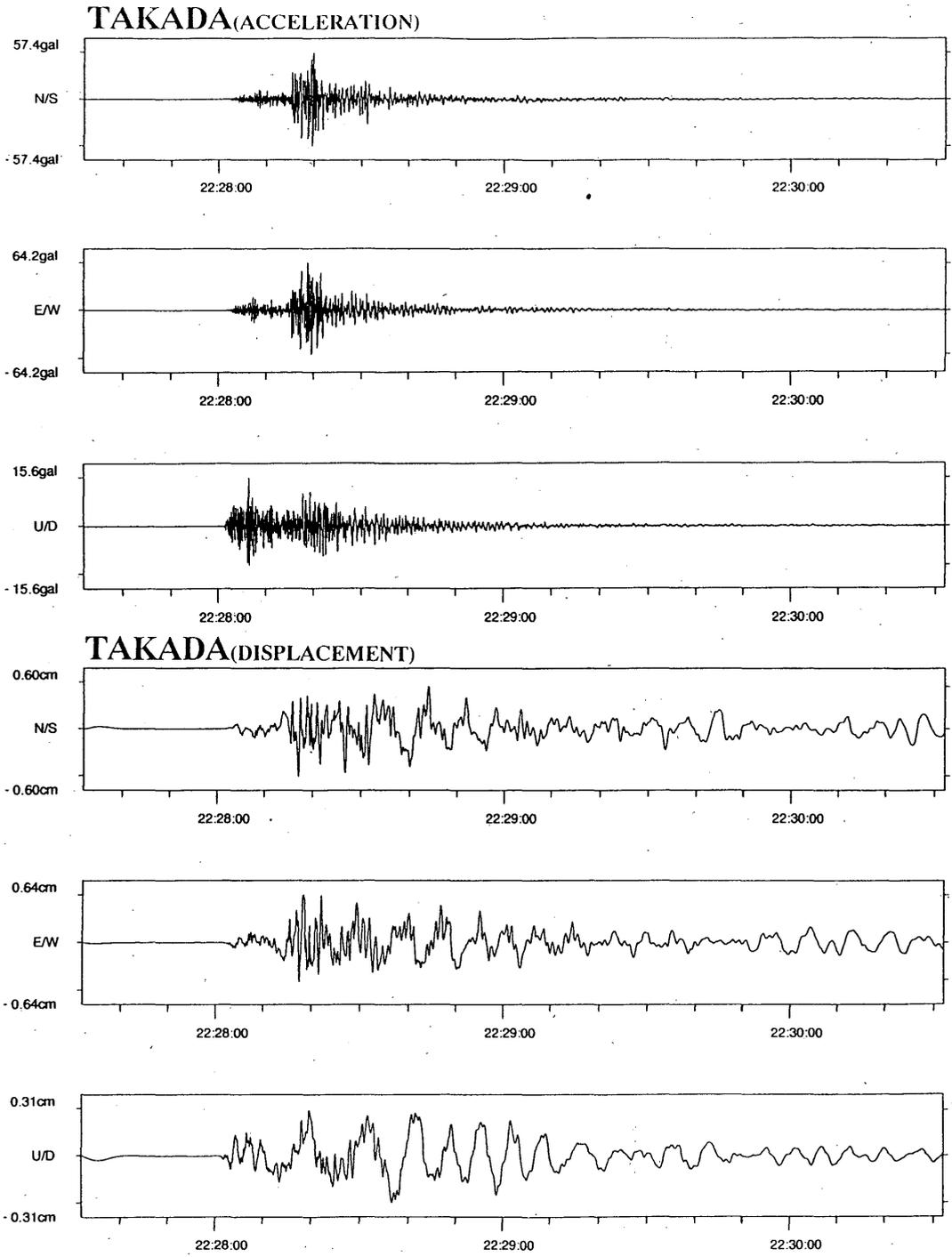


図6.4 87型電磁式強震計波形記録

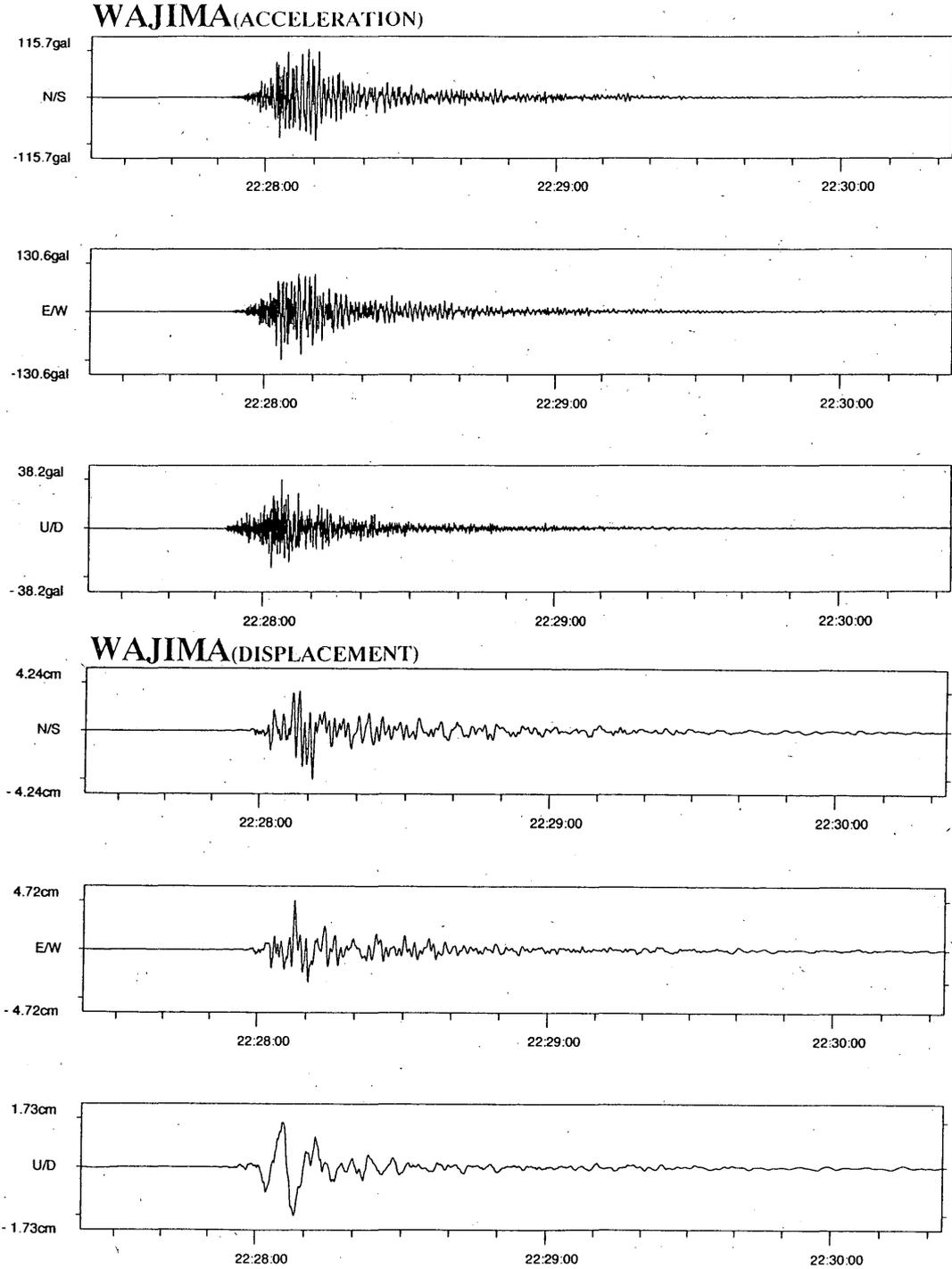


図6.5 87型電磁式強震計波形記録

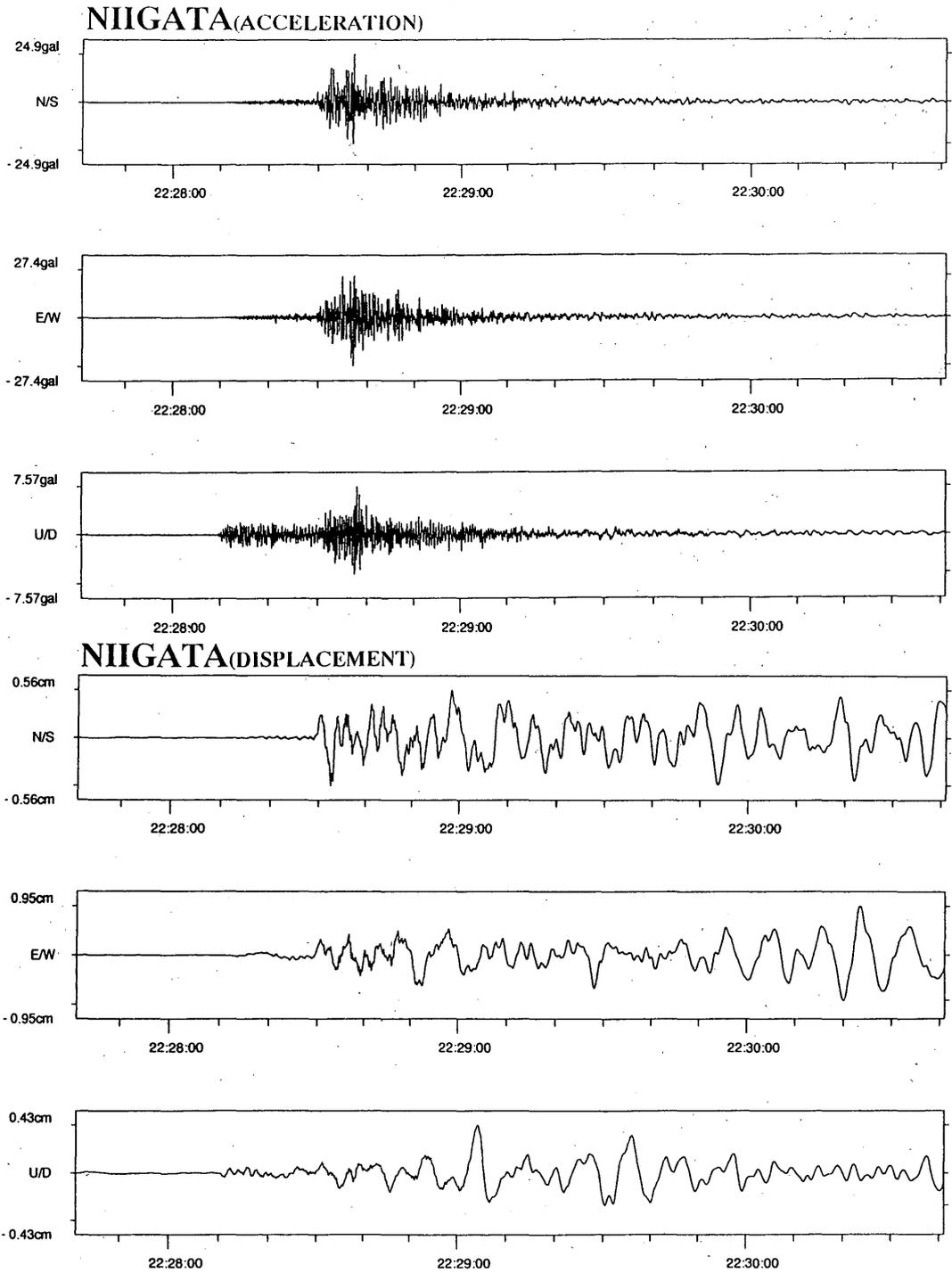


図6.6 87型電磁式強震計波形記録

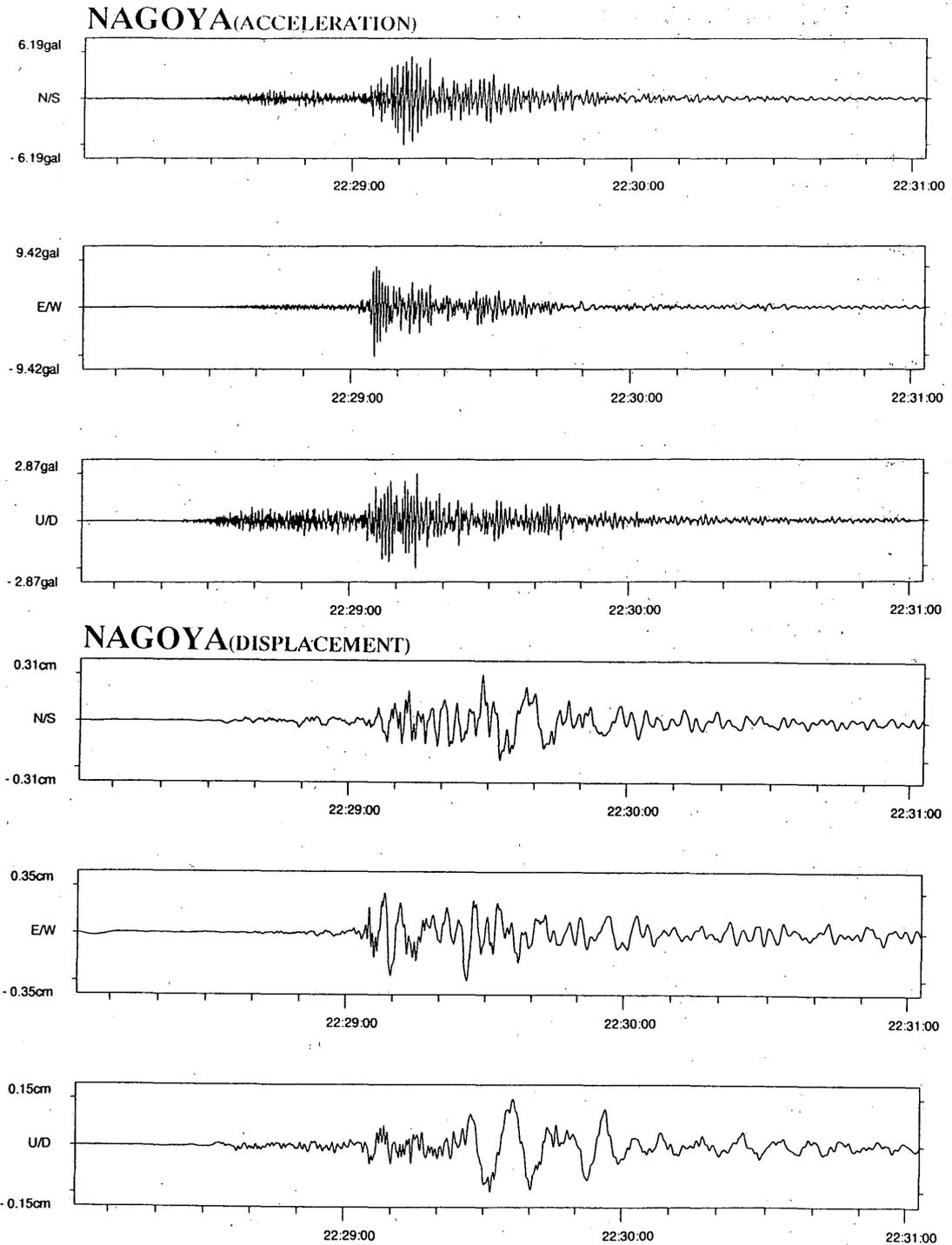


図 6. 7 87型電磁式強震計波形記録

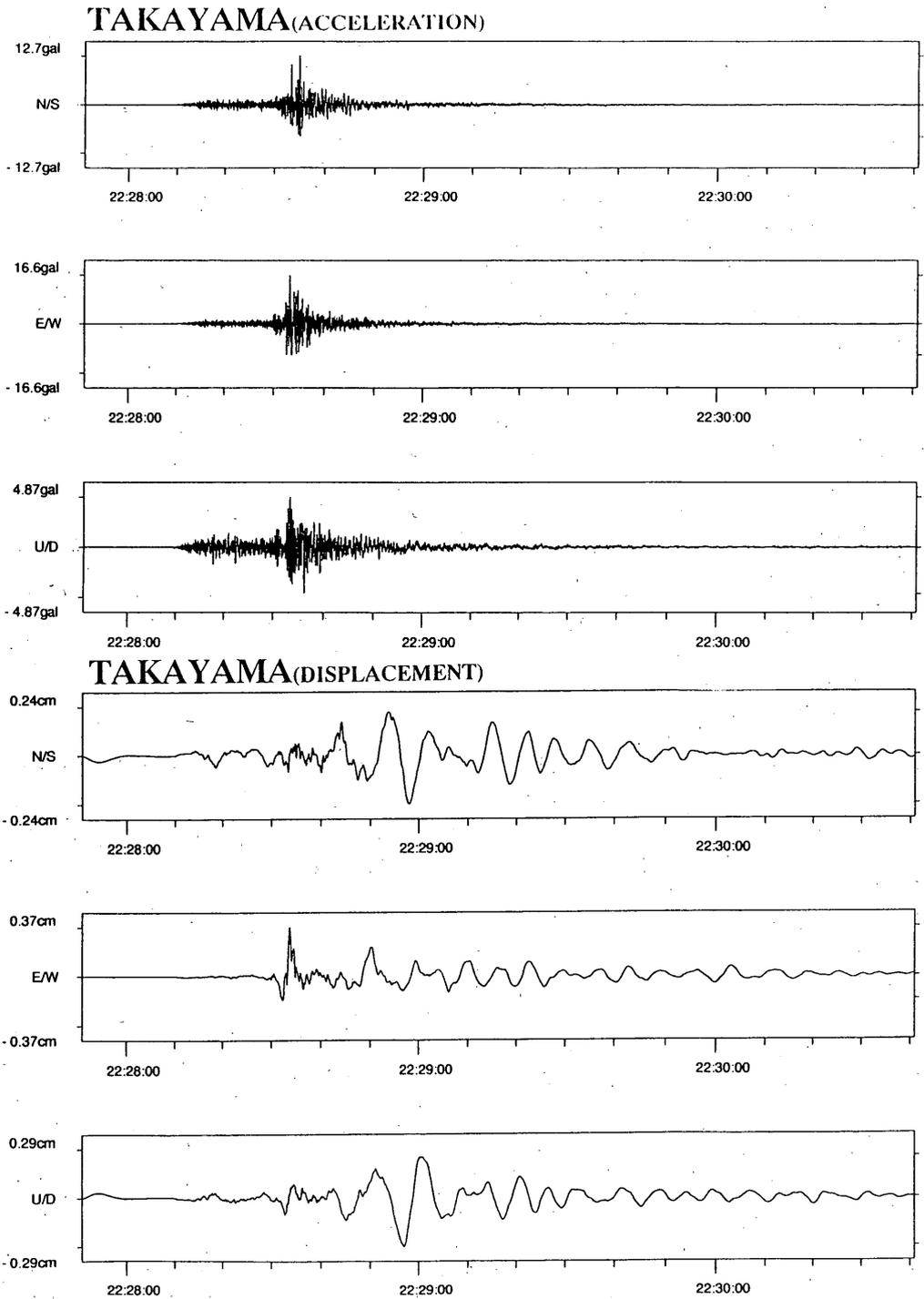


图 6.8 87型電磁式強震計波形記錄