

3. 地震および地震動

3. 1 地震

3.1.1 震源位置および断層パラメータ

気象庁の発表によると、本震の震源は明石海峡の下深さ20kmに位置しており、地震の規模を示すマグニチュードはM₁7.2である。本震の震央位置を1月20日までの余震分布と共に図3.1.1-1に示す。横浜市立大学菊地正幸氏の解析結果（YCUレポート）による地震全体の断層パラメータ[3.1.1-1]を以下に示す。

メカニズム	: (走行, 傾斜, 滑り角) = (233, 85, 165)
地震モーメント	: $M_0 = 2.5 \times 10^{26} \text{ dyne} \cdot \text{cm}$
断層面積	: $S = 40 \times 10 \text{ km}^2$
相対変位量	: $U = 2.1 \text{ m}$
応力降下量	: $\Delta \sigma = 100 \sim 200 \text{ bar}$
主破壊の継続時間	: $T = 11 \text{ s}$

また、菊地氏のレポートによると、この地震には3つのサブイベントが認められ、各イベントの断層面解、パラメータが図3.1.1-2[3.1.1-1]のように求められている。同図から、断層の破壊は破壊開始点である震源から北東の神戸、芦屋方面および南西の淡路島一宮町方面へ進行したことが分かる。同図中のM_wは、モーメントマグニチュードを表す。

3.1.2 震度分布

地震直後に気象庁から発表された各地の震度を図3.1.2-1に示す。神戸で最大の震度VIを記録した。震源距離が比較的近い大阪の震度はIVであるが、断層の破壊方向に位置する京都や彦根では距離的には遠いが、Vと大きな震度を示している。気象庁は後に実施した建物被害の現地調査から判断して、図3.1.2-2に示す宝塚市、西宮市、芦屋市、神戸市および淡路島北淡町、一宮町にわたる断層に平行する帯状の範囲を震度VIIと発表した。

3.1.3 余震分布

京都大学地震予知研究センターから発表された1月17日から1月21日にまでの余震分布を図3.1.3-1に示した。余震の位置は図2.2-1に示した六甲断層系および淡路島の活断層とほぼ重なり、今回の地震がこれら既知の活断層により引き起こされた可能性が高い。

3.1.4 過去の地震活動

有史以来1994年までの近畿地方の歴史地震を図3.1.4-1に示した。同図より、今回の地震を引き起こした六甲断層系には歴史地震は認められず、神戸市付近では約1500年程度の間大きな地震が起こっていなかったものと思われる。淡路島北部では1916年（大正5年）にマグニチュード6.1の地震が発生している[3.1.4-1]。

発震時 1995年1月17日05時46分 (担当：若松邦夫, 奥田暁)
 震央 北緯34.6° 東経135.0°
 マグニチュード7.2 深さ20km

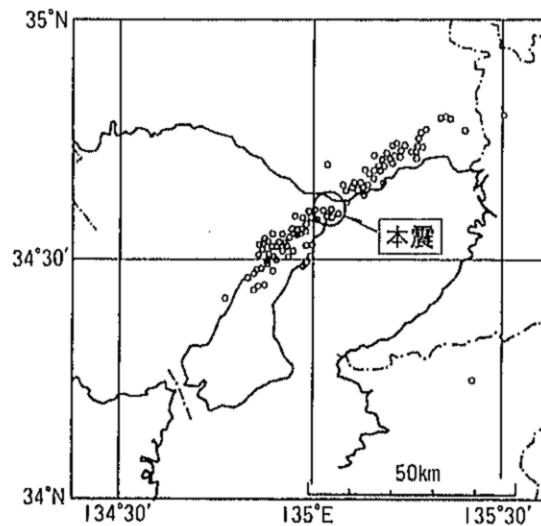


図3.1.1-1 本震および余震の震央分布（気象庁による）
 (Epicenter distribution of mainshock and aftershocks)

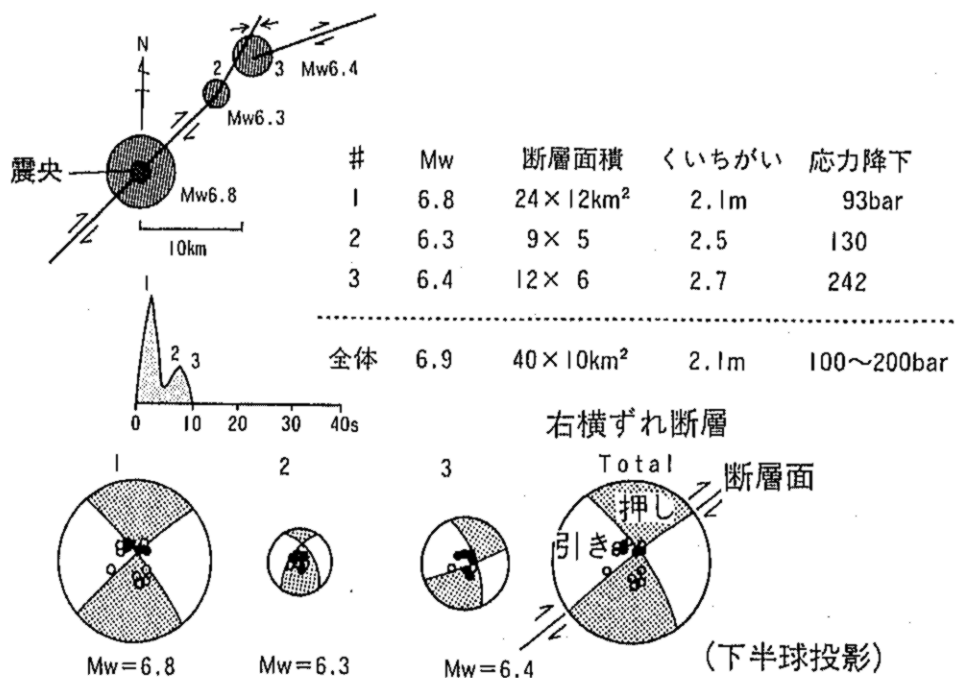


図3.1.1-2 地震のメカニズム（YCUレポートによる）
 (Source mechanism of mainshock)

本震の震度分布図

- ・ □ は気象官署以外で気象庁が観測した震度4以上の観測点
- ・ 神津島は臨時観測点

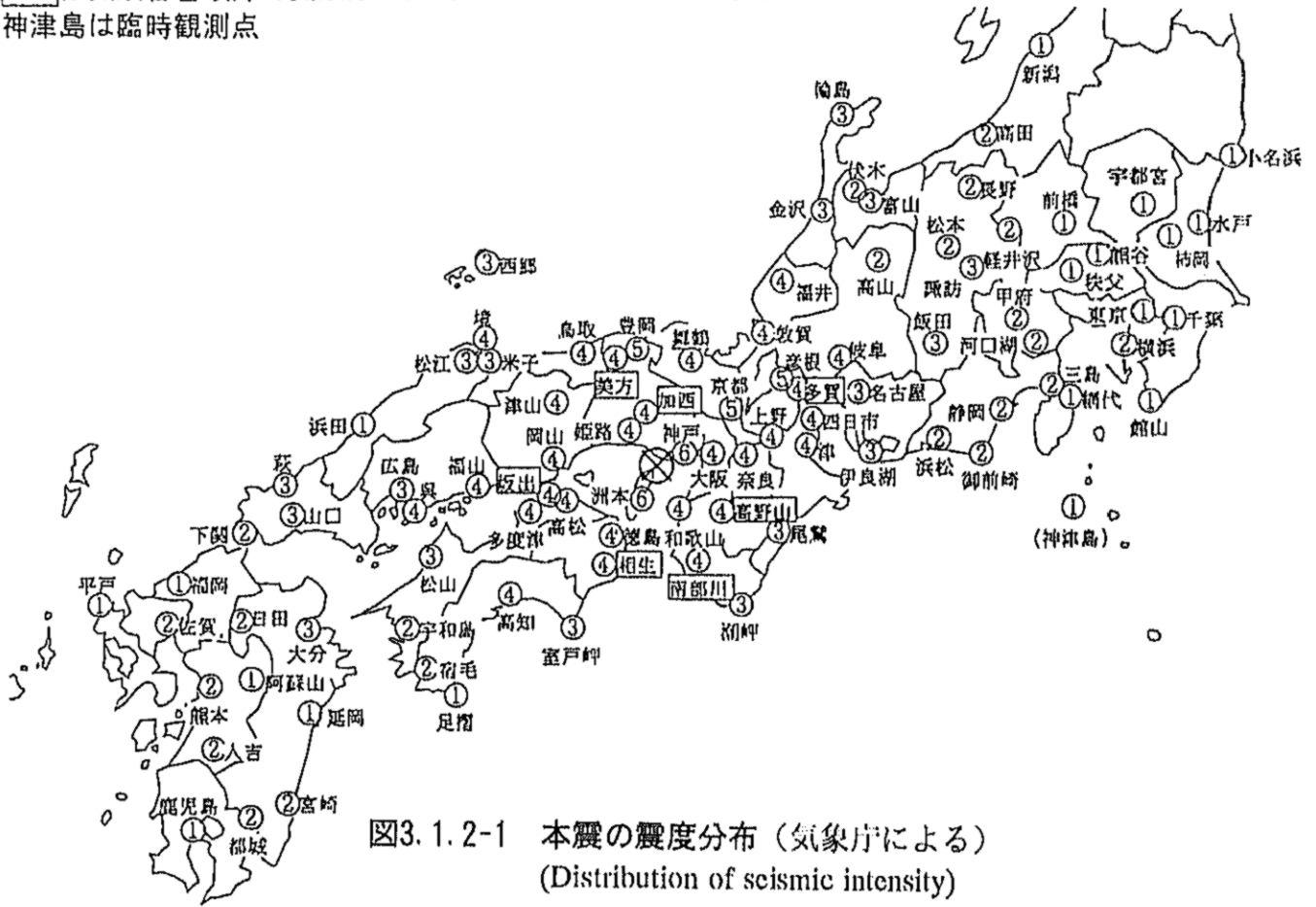


図3.1.2-1 本震の震度分布 (気象庁による)
(Distribution of seismic intensity)

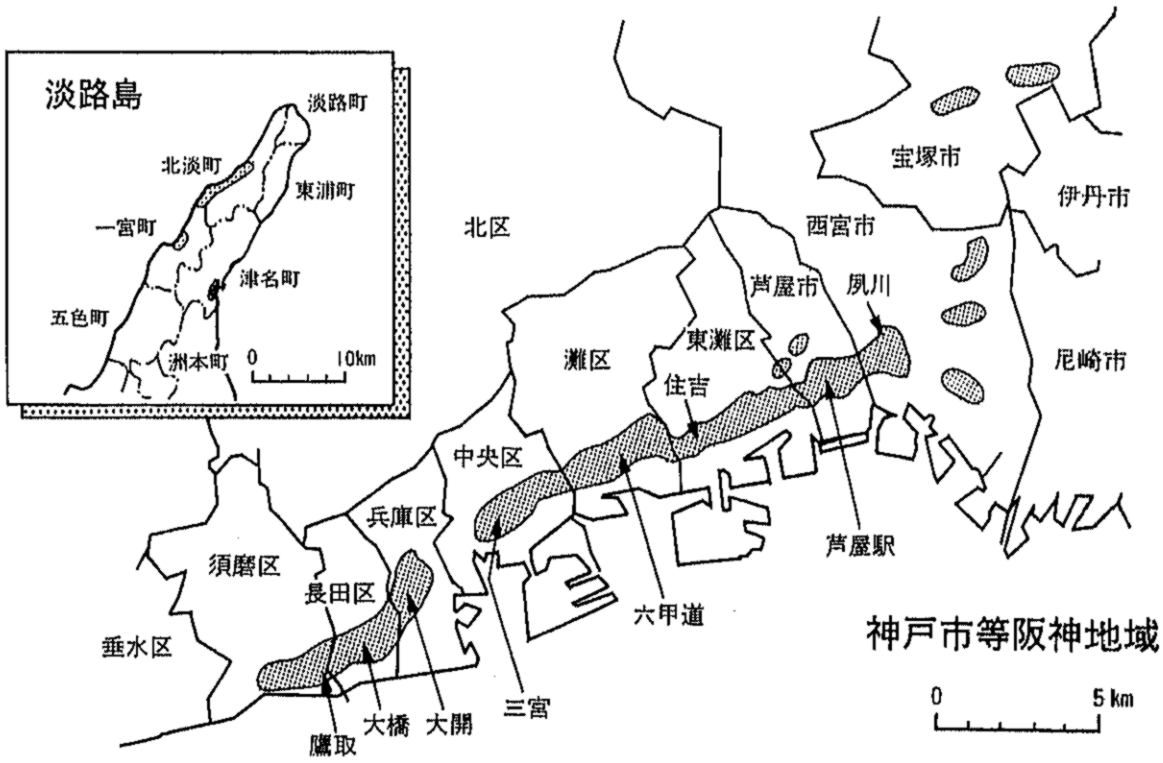


図3.1.2-2 震度VIIの分布 (気象庁による)
(Area of seismic intensity VII)

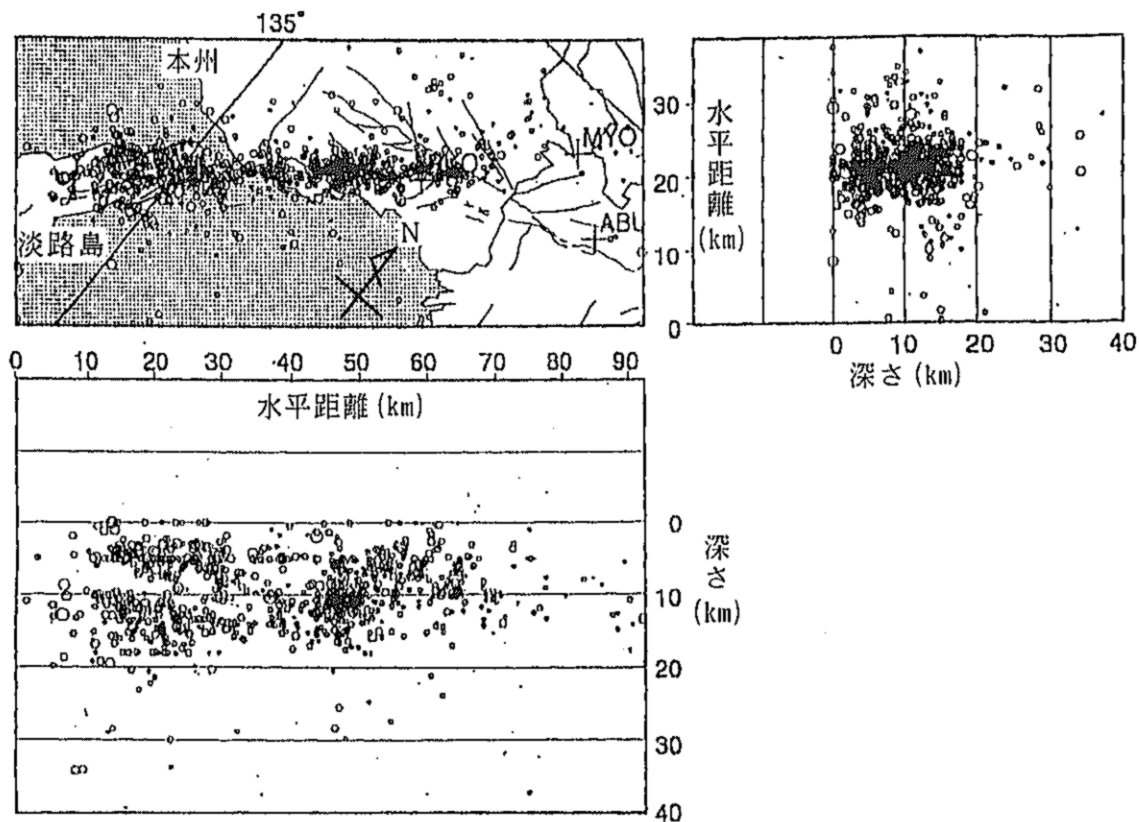


図3.1.3-1 余震分布 (京都大学地震予知研究センターによる)
(Epicenter distribution of aftershocks[1/17-1/21])

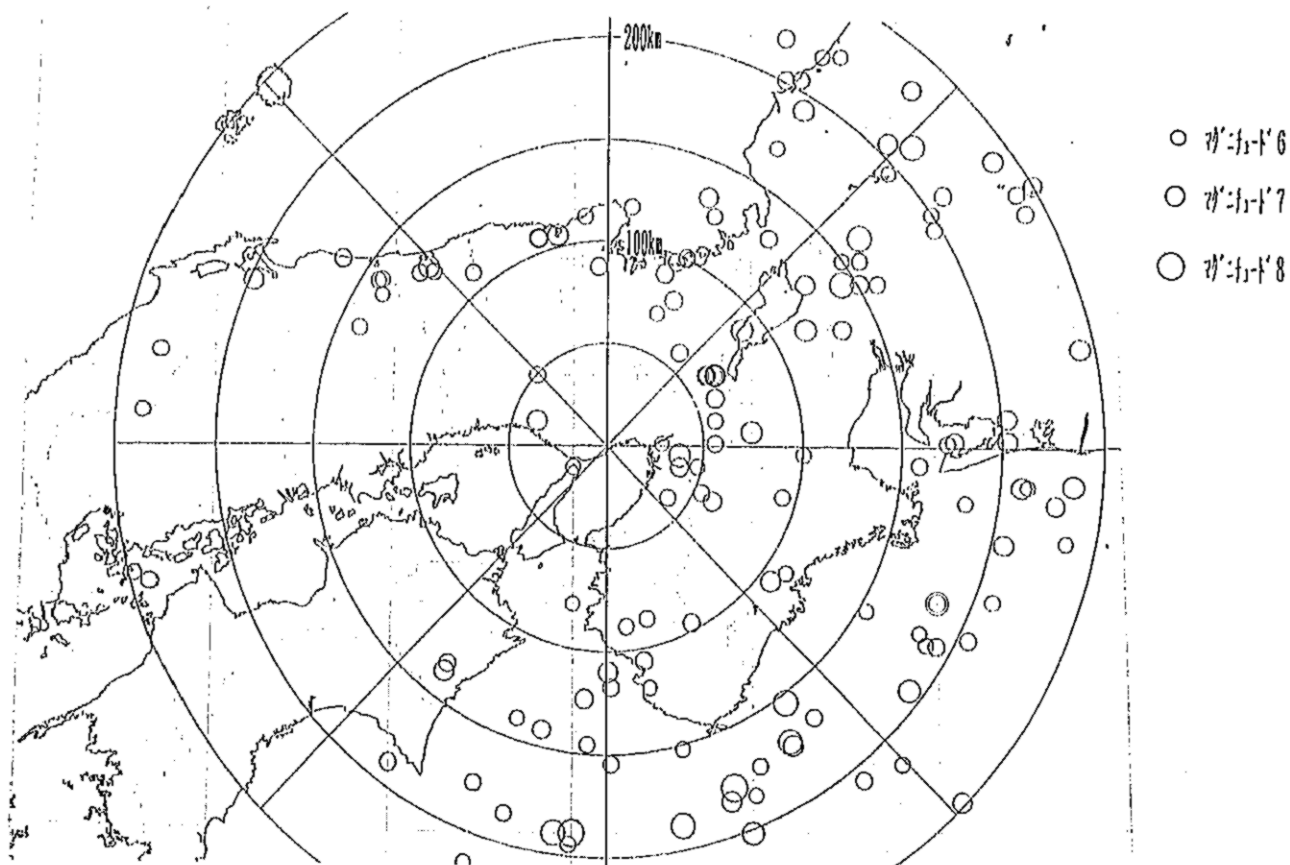


図3.1.4-1 近畿地方の歴史地震 (地震データは理科年表による)
(Historical earthquakes in the Kinki district)

3. 2 地震動

3.2.1 最大加速度分布および距離減衰特性

神戸、大阪方面で観測された強震記録の水平動および上下動の最大加速度値を図3.2.1-1に示した。また、最大加速度を基に作成した水平および上下動のコンターマップを図3.2.1-2, 図3.2.1-3にそれぞれ示した。これらの図から、最大加速度は断層からの距離に強く関係しており、震央距離が遠い場所においても大きな加速度の生じていることが分かる。断層に近い水平成分の加速度値を表層地質(図2.1-1)との関連で見ると、洪積地盤上の神戸海洋気象台(以下、気象台と呼ぶ)で818gal、海岸側の沖積地盤上では600~800galを越える極めて大きな値を示している場所が多数認められる。一方、岩盤上に位置する神戸大学の記録は約300galであり、表層地盤の増幅効果の大きいことが分かる。なお、ポートアイランドの記録は地盤の液化の影響により加速度としては小さめの値となっている。また、大阪では概ね100~200gal程度である。上下動成分については、水平成分より大きな値を示した場所も一部に認められるが、大方水平動の方が大きな値を示している。

断層線からの最短距離を指標としたときの最大加速度の距離減衰特性をJoyner & Booreが提案した評価式[3.2.1-1]と併せて図3.2.1-4に示した。同図には、上下動の最大加速度も示してあるが、Joyner & Booreの式は水平動に対応するものである。同図によると、最大加速度の距離減衰性はほぼ経験式から得られる値と整合しているのが分かる。震源が浅かったため断層近傍では大きな加速度を生じたものの、今回の地震が特別に大きな地震ではなかったことを示している。

3.2.2 代表的な観測記録およびスペクトル

今回の地震では断層に比較的近い神戸海洋気象台および神戸大において波形記録が得られている。両観測場所の加速度波形を図3.2.2-1, 図3.2.2-2に、またそれらの疑似速度応答スペクトル($h=5\%$)を図3.2.2-3, 図3.2.2-4にそれぞれ示した。更に、加速度応答スペクトル($h=5\%$)をリニア軸上に表現して図3.2.2-5, 図3.2.2-6に示した。図3.2.2-1, 図3.2.2-2から、両記録とも主要動の継続時間は10秒程度以下であり、断層の破壊時間にほぼ等しい。しかし、振幅については岩盤上の神戸大学の記録に比べ洪積台地上の気象台の記録は大きく増幅されているのが認められる。なお、神戸大学のUD成分は計器に問題があり、現時点では参考記録である。また、図3.2.2-3~6の応答スペクトルにみられるように、気象台では周期0.3秒から1秒にかけて

2 Gあるいはそれ以上の、また周期1秒では250cm/s程度の応答を示しており、極めて強い地震動であったことが分かる。一方、神戸大学のスペクトルは長周期1秒程度以上では気象台のそれとほぼ同程度であるが、短周期領域では500～600gal程度の応答であり、気象台の1/3～1/4の応答量である。

岩盤である神戸大に対する気象台の増幅率を水平2次元フーリエスペクトルの振幅比として図3.2.2-7に示した。同図によると、0.2～1秒程度の短周期領域において4倍以上に増幅されていることが分かる。次項に示す沖積地盤上と神戸大との余震観測結果の増幅率（図3.2.3-3）より明らかに大きい値となっている。神戸気象台は小高い丘の上に位置しており、観測記録には地表の不整形性の影響が混入している可能性も考えられ、本気象台の観測記録については今後十分吟味する必要があると思われる。

神戸海洋気象台の記録は気象庁より、また神戸大学の記録は関西地震観測研究協議会よりそれぞれ入手したものである。

3.2.3 余震観測

岩盤上に位置する神戸大学（A点）および沖積地盤上の三宮南海岸寄り（B点）において余震の比較観測を行った。観測点位置を図3.2.3-1に示した。神戸大学の観測点は、前項に示した関西地震観測研究協議会の観測点から西へ約400m離れた7階建研究棟の地下1階に設置した。以後、神戸大¹と呼ぶ。観測期間は1月23日～2月4日であり、その間に3つの地震を両地点で観測した。観測記録の一例を図3.2.3-2に示した。同図にみられるように、沖積地盤上のB点の波形は岩盤（神戸大¹）上のA点に比べて大きな振幅を示していることが分かる。岩盤に対する沖積地盤の増幅特性を3地震の水平2次元フーリエスペクトル比の平均として図3.2.3-3に示した。同図より、0.3秒から長周期側の領域においては沖積地盤上で2～3倍程度増幅されていることが認められる。弱震観測の結果をそのまま強震動に適用することはできないが、本震時の沖積低地における大よその地震動強度を推定することができるものと思われる。

[若松邦夫, 野畑有秀, 奥田暁, 江尻讓嗣, 孫利民]

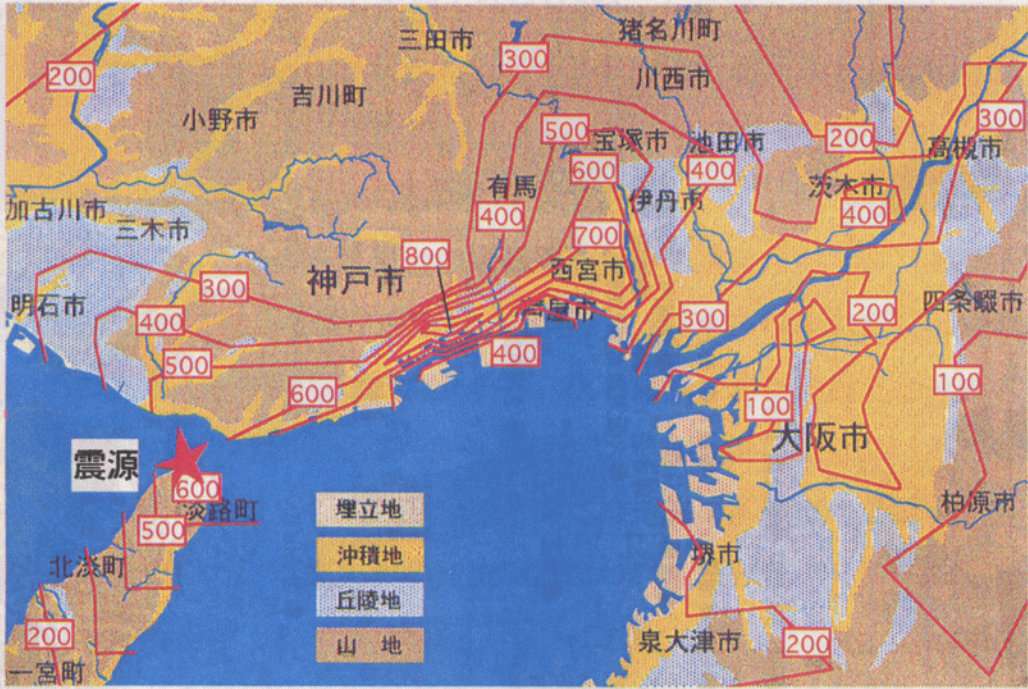


图3. 2. 1-2 最大水平加速度分布图
(Contour map of maximum horizontal acceleration)



图3. 2. 1-3 最大上下加速度分布图
(Contour map of maximum vertical acceleration)

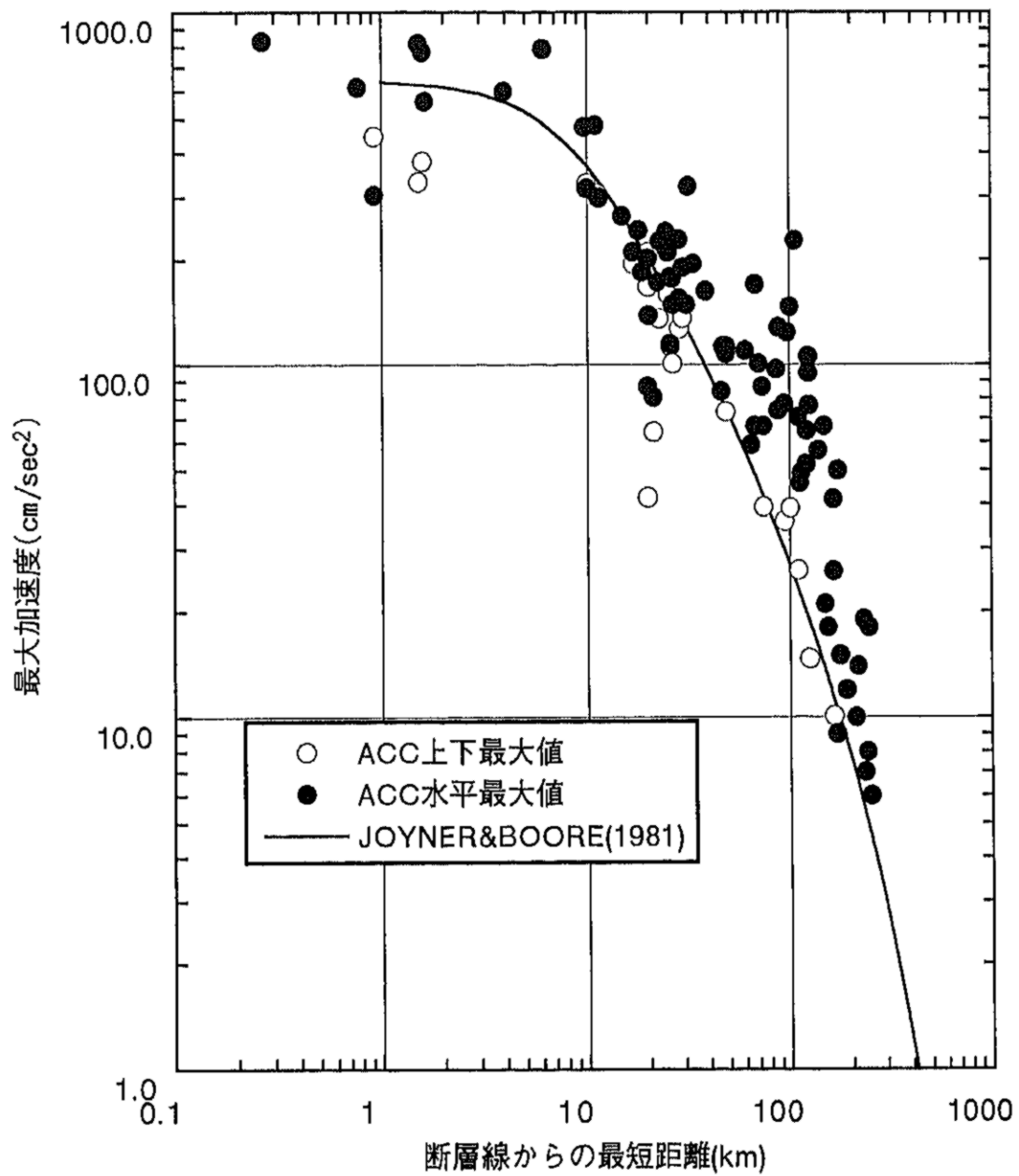


図3. 2. 1-4 最大加速度の距離減衰特性
(Attenuation characteristics on maximum acceleration)

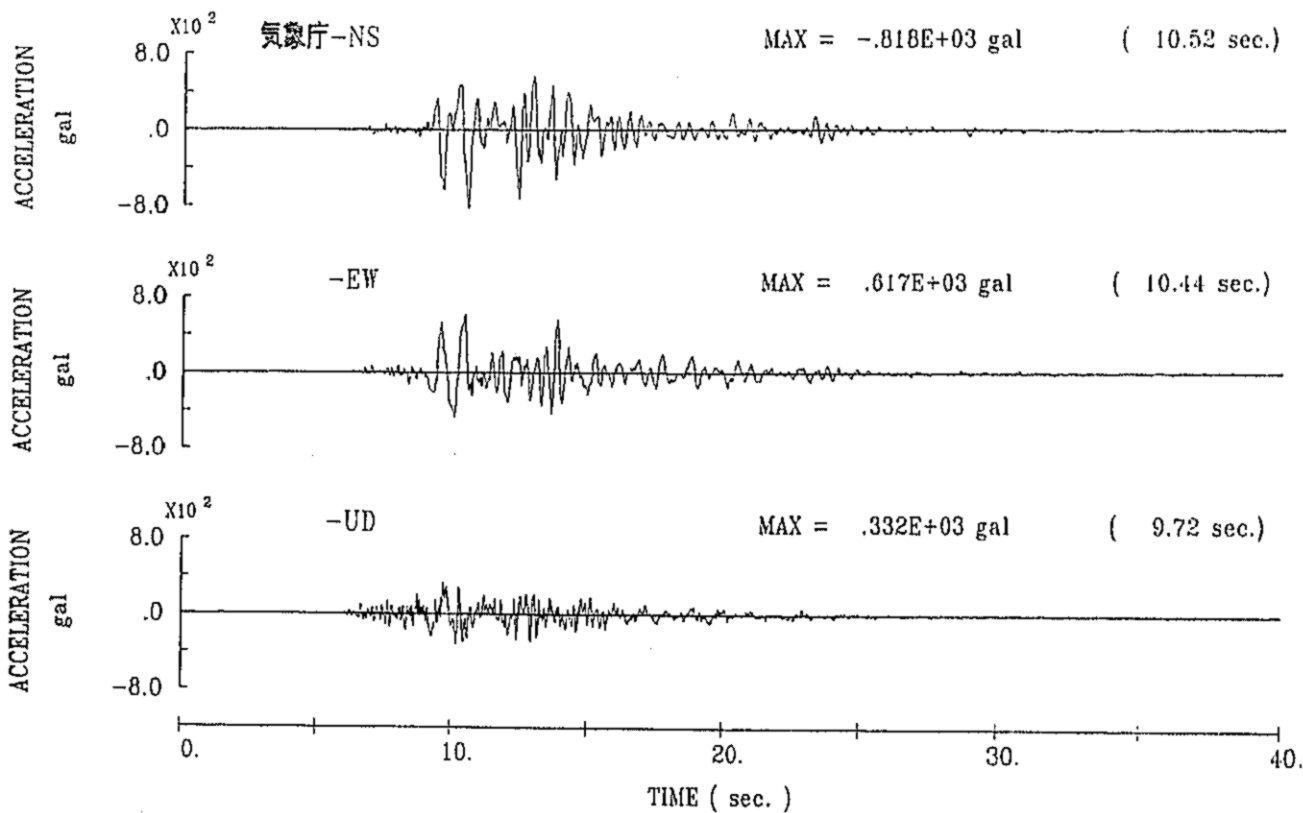


図3. 2. 2-1 神戸海洋気象台の加速度波形
(Acceleration records obtained at Kobe marine observatory)

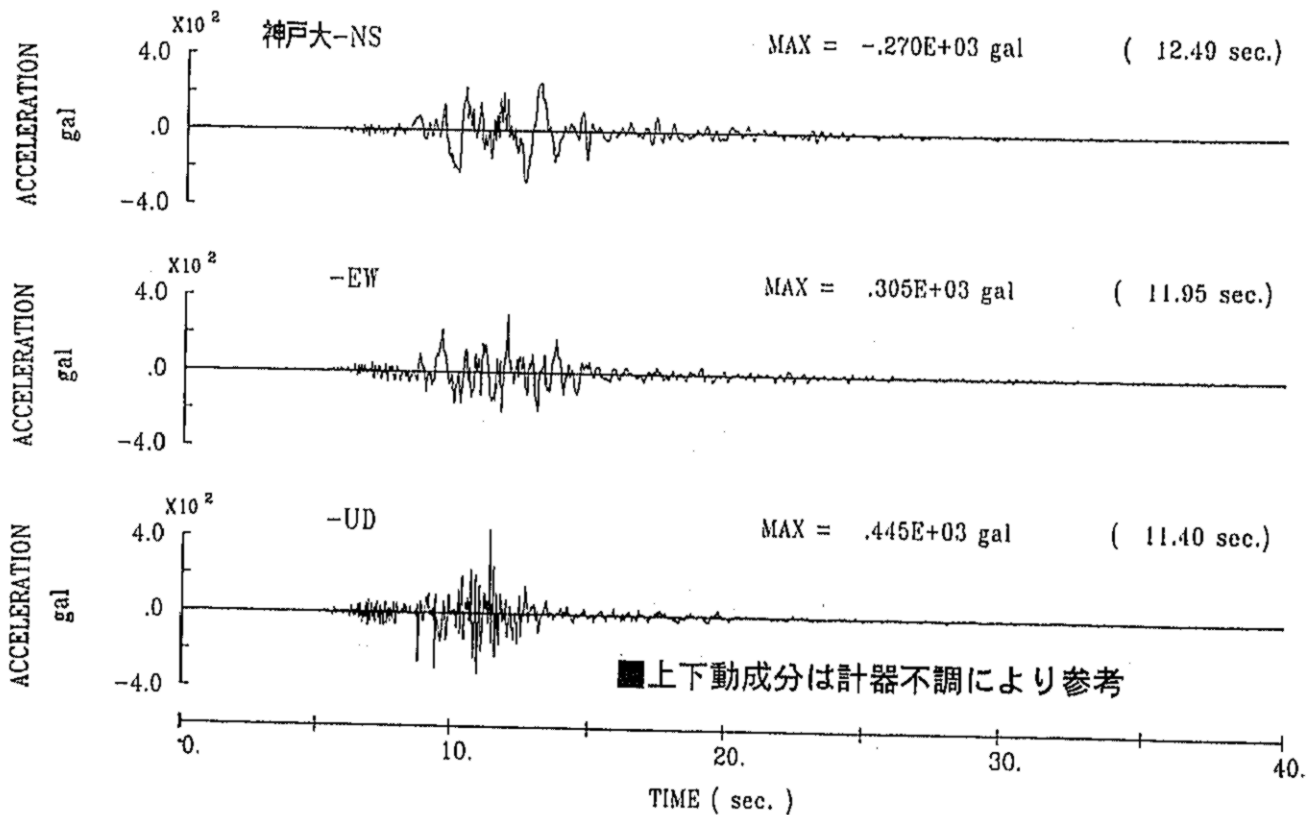


図3. 2. 2-2 神戸大の加速度波形
(Acceleration records obtained at Kobe university[rock site])

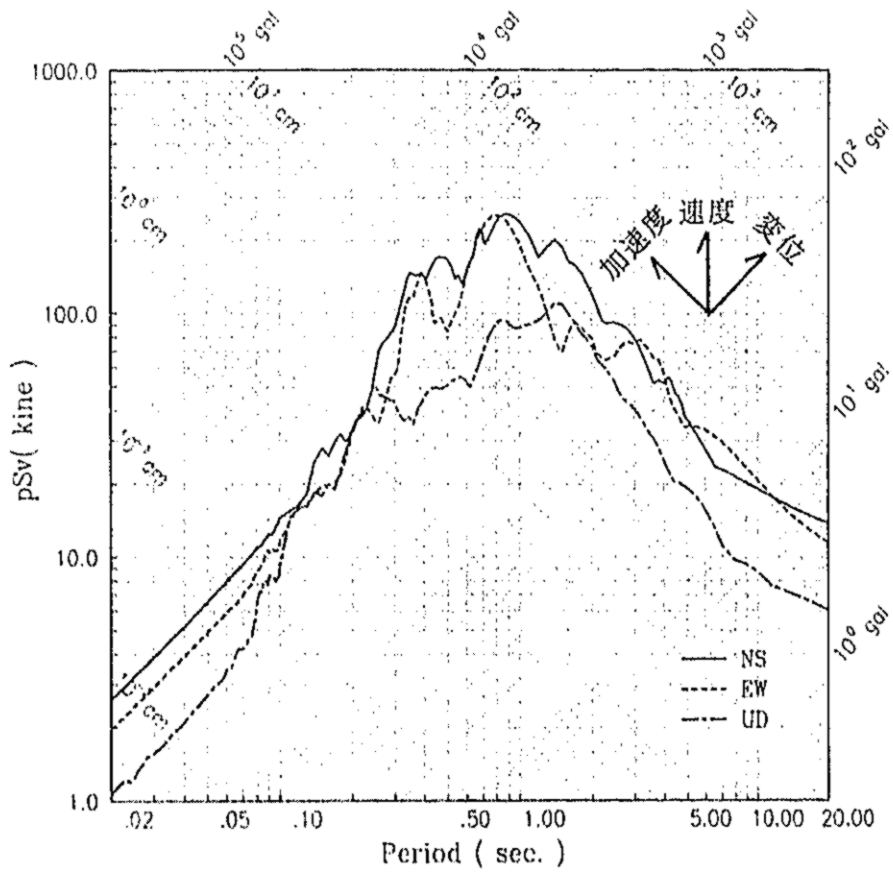


図3. 2. 2-3 気象台の疑似速度応答スペクトル (h=5%)
(Pseudo velocity response spectra at Kobe marine observatory)

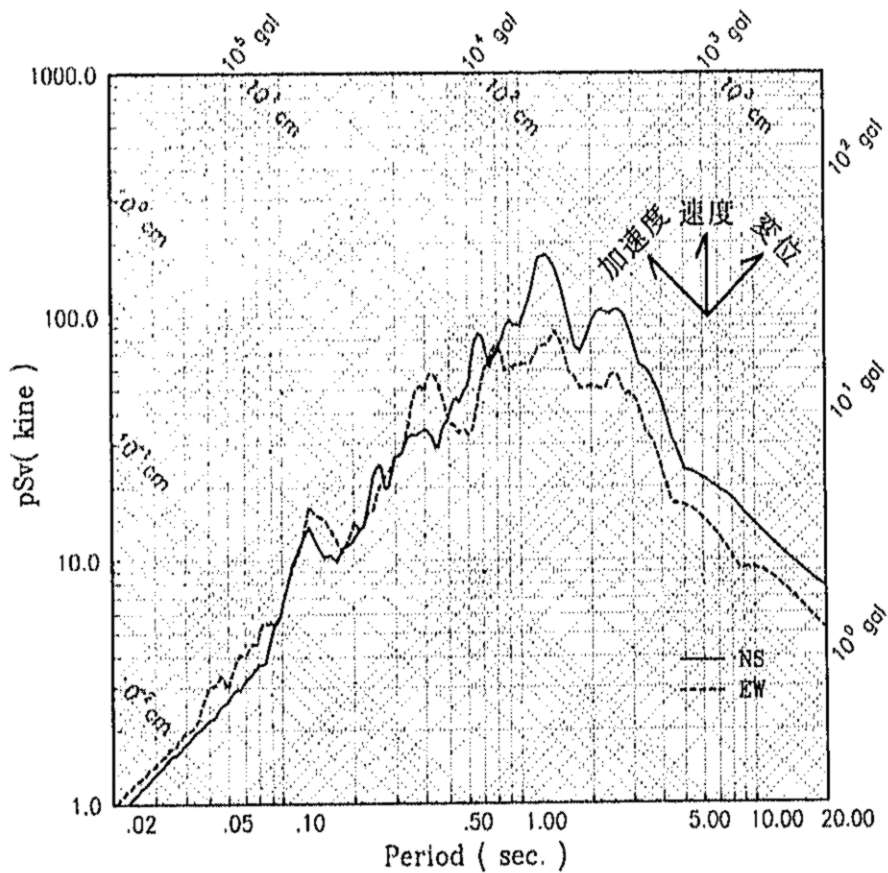


図3. 2. 2-4 神戸大の疑似速度応答スペクトル (h=5%)
(Pseudo velocity response spectra at Kobe university[rock site])

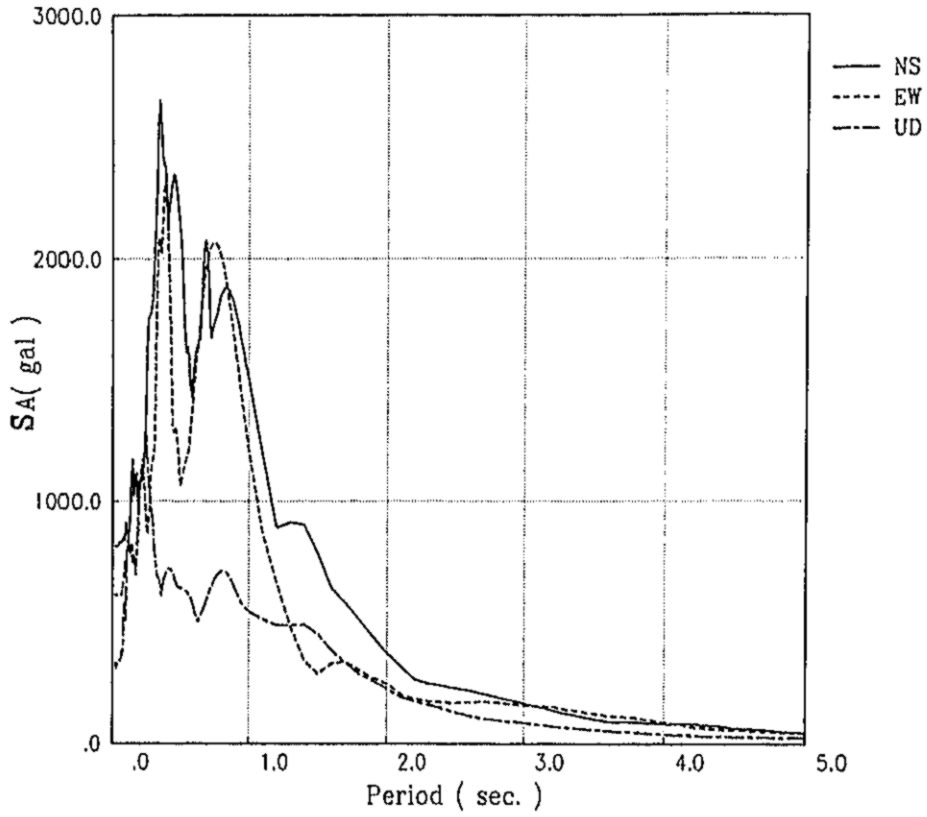


図3. 2. 2-5 気象台の加速度応答スペクトル (h=5%)
 (Acceleration response spectra at Kobe marine observatory)

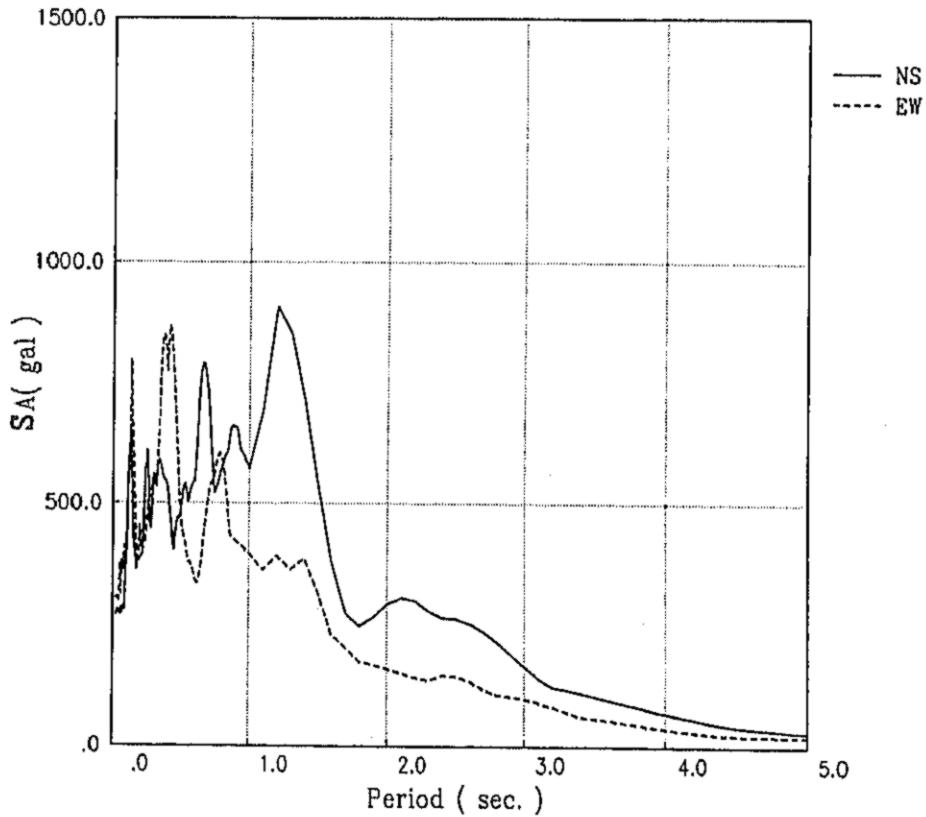


図3. 2. 2-6 神戸大の加速度応答スペクトル (h=5%)
 (Acceleration response spectra at Kobe university[rock site])

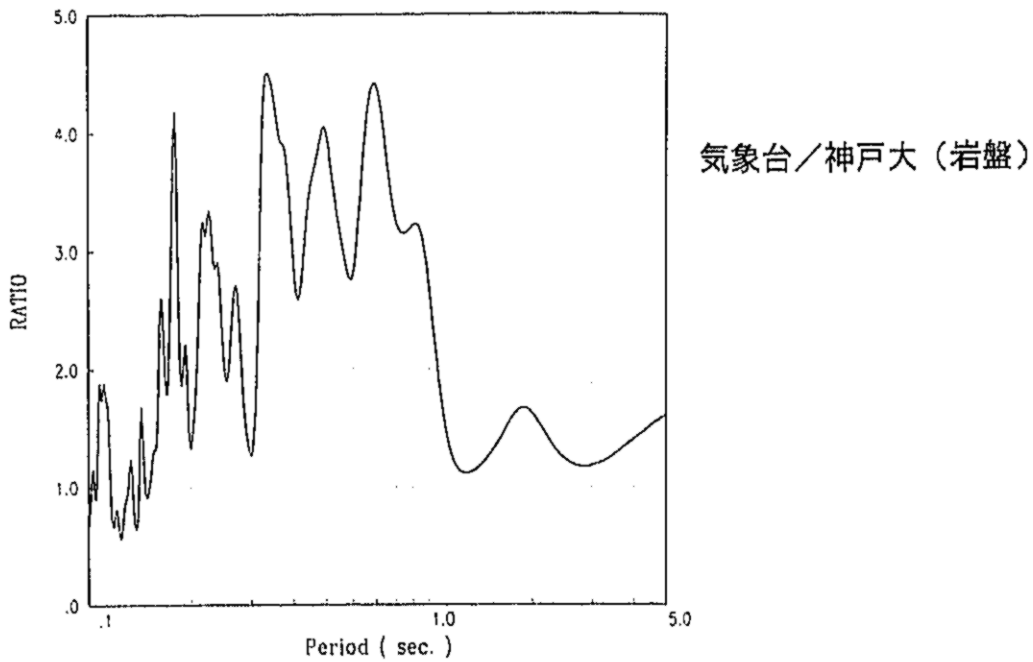


図3.2.2-7 神戸大に対する気象台の増幅率 (Amplification characteristics between Kobe marine observatory and Kobe university[rock site])

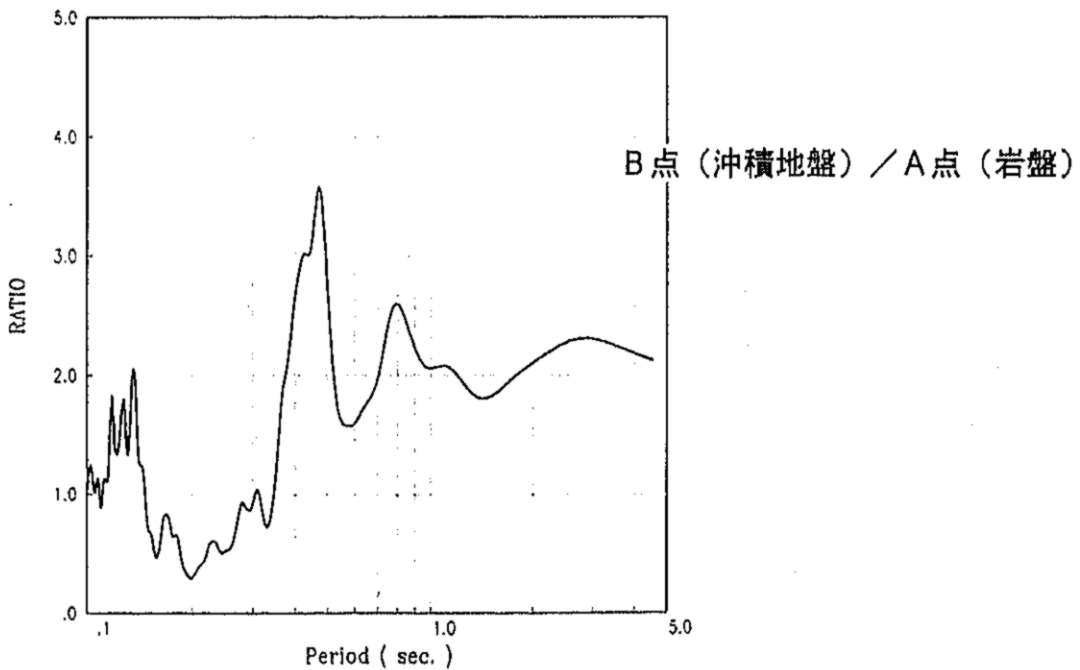
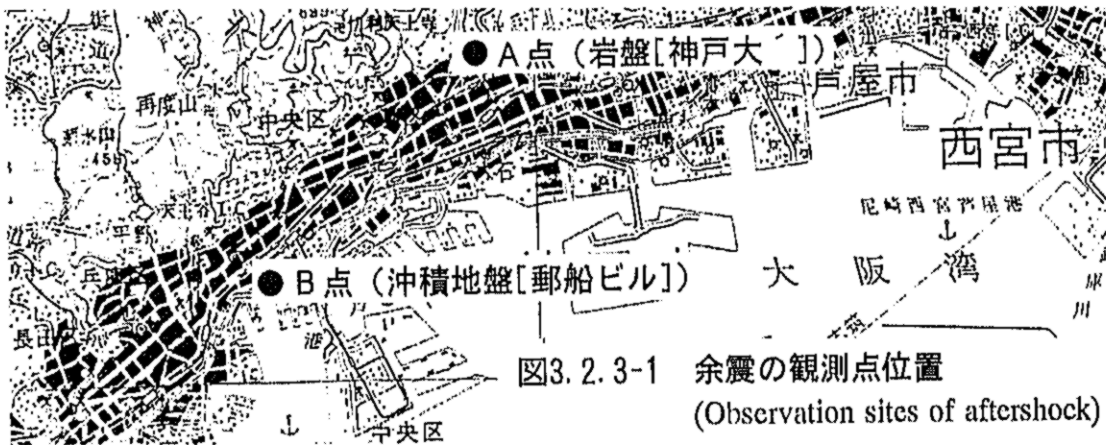
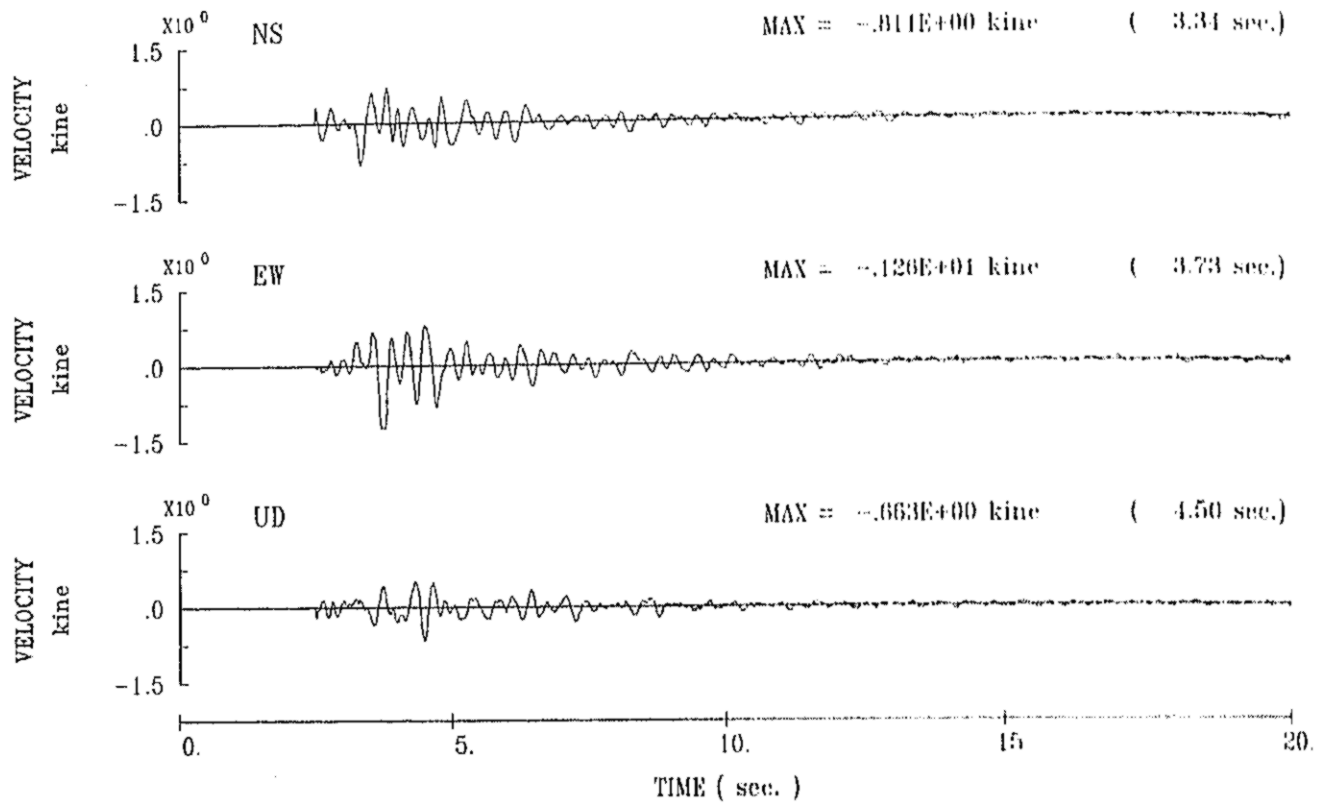
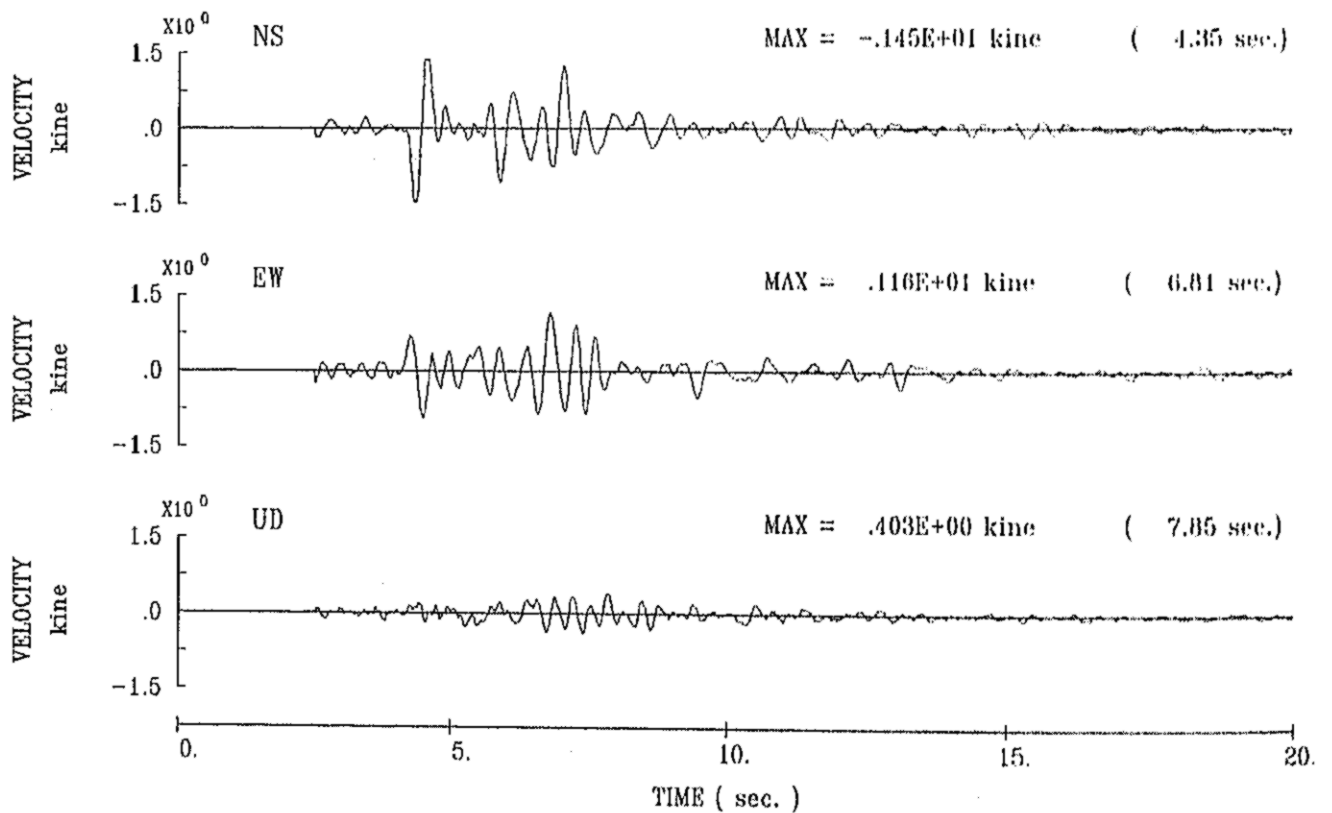


図3.2.3-3 A点(岩盤[神戸大])に対するB点(沖積地盤[郵船ビル])の増幅率 (Amplification characteristics between alluvial site[B] and rock site[A])



A点 (岩盤[神戸大])



B点 (沖積地盤[郵船ビル])

図3. 2. 3-2 余震記録の一例[1995. 1. 25 23:16 M4. 7]
 (An example of velocity seismograms for aftershock[1995.1.25 23:16 M4.7])