

2006年6月12日大分県中部で発生した地震

(株) 東建ジオテック 技術本部 地震部会

1. はじめに

2006年6月12日05時01分頃、大分県中部を震源（深さ約140 km）とするマグニチュード（M）6.1（暫定値）の地震が発生した。

この地震で、大分県佐伯市・広島県呉市・愛媛県今治市・八幡浜市、西予市・伊方町で震度5弱と大きな揺れを観測した（図1.1、気象庁発表6/12）。

地震発生直後、現在発生が懸念されている南海地震と比較的震源が近いため、その関連性が心配されたが、今回の地震は震源が深くプレート内部で発生した地震（スラブ内地震）であり、南海地震との関連性は低いと思われる。

南海地震がフィリピン海プレートとユーラシアプレートの境界付近で発生する地震と考えられているのに対し、このスラブ内地震はプレートの先端近く（スラブ）の破壊によって引き起こされる地震であり、2001年に発生した芸予地震も同様メカニズムであったと考えられている（図1.2）。山口大学大学院理工学研究科の金折裕司教授（応用地球科学）によると、「西日本は地震の活動期にあり、プレートのずれによる次の大きな地震でエネルギーが放出されるまでは、引き続きこのタイプの地震が起こる恐れある」と話している（中国新聞6/14の記事より）。

なお、今回の地震で発生した被害は、消防庁によると負傷者8名（重傷3名、軽傷5名）と住居被害（一部破損）が5棟である（6月15日17時現在）²⁾。

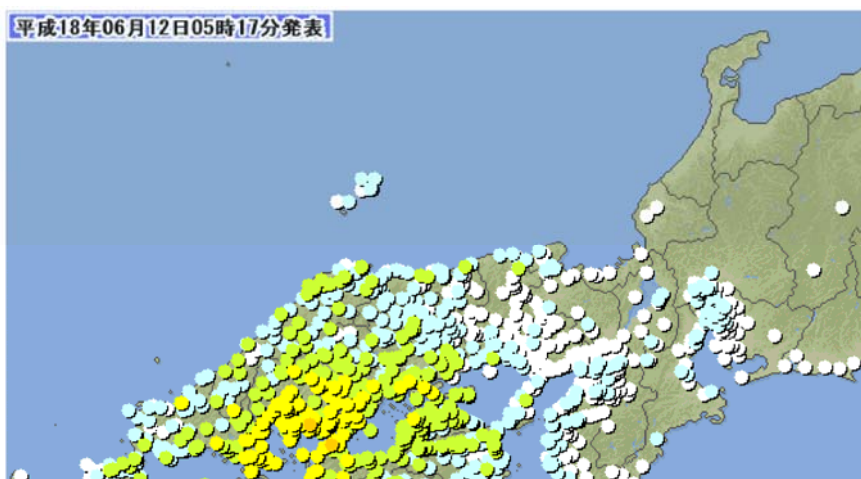


図 1.2 地震発生メカニズム
(中国新聞6/14)³⁾

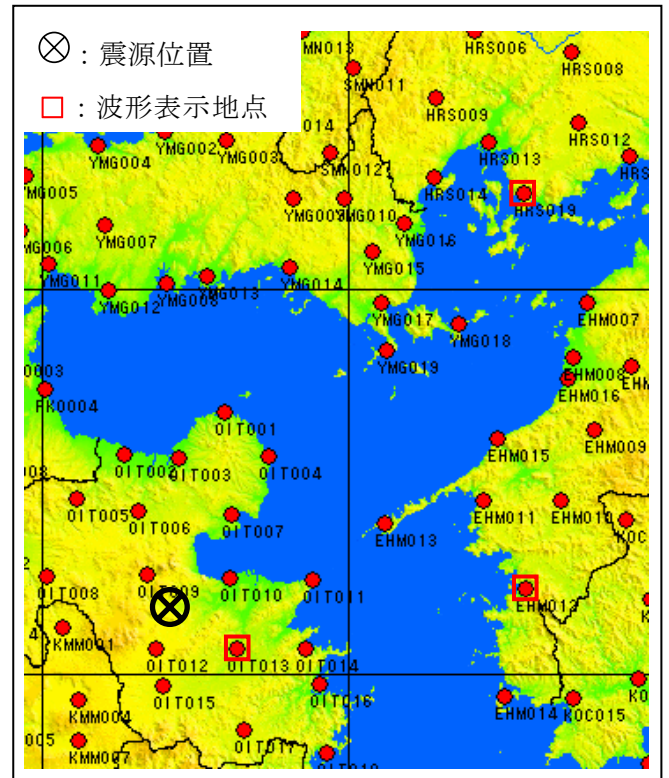
図 1.1 各地の震度分布（気象庁）¹⁾

2. 時刻歴波形 (K-NET : 地表)

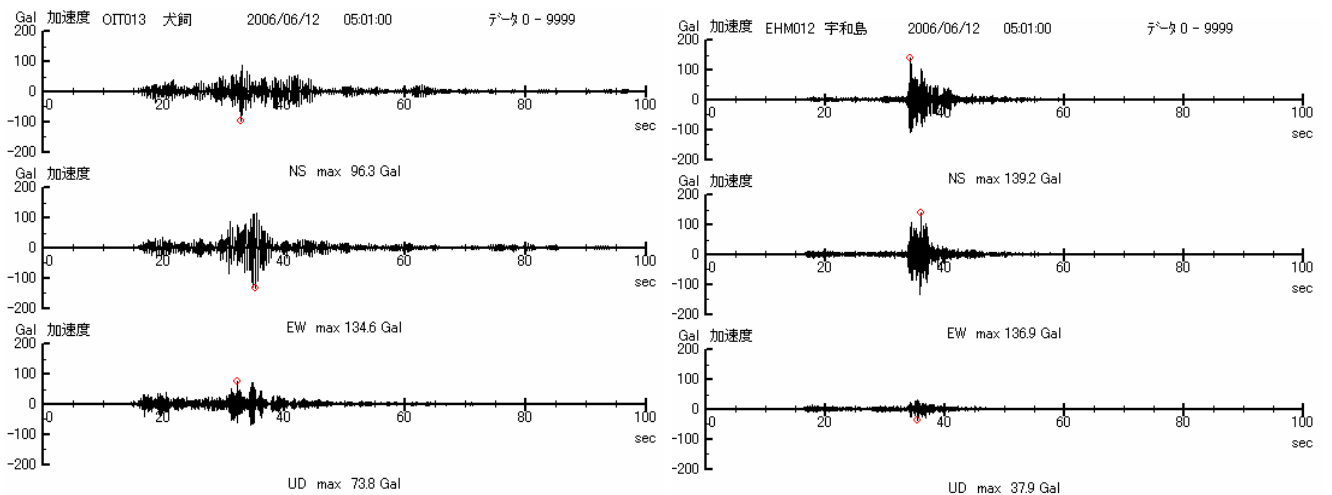
震度 5 弱を確認した大分県大野郡犬飼町 (OIT013) と、観測された加速度が最も大きかった愛媛県宇和島市 (EHM012) における K-NET の時刻歴波形を図 2.1 に示す。

地表面の最大加速度・速度は、OIT013 犬飼で EW 成分であるが (134.6 gal・8.3 kine)、EHM012 宇和島は加速度で NS 成分 (139.2 gal)、速度は EW 成分 (5.2 kine) と異なる。

また、P 波の到達から S 波の到達までが 15 秒程度と比較的長い (宇和島では P 波の振幅が小さい)。これは、震源深さが約 140 km と比較的深く、地震波の伝播距離が長いことに起因していると思われる。



加速度波形



速度波形

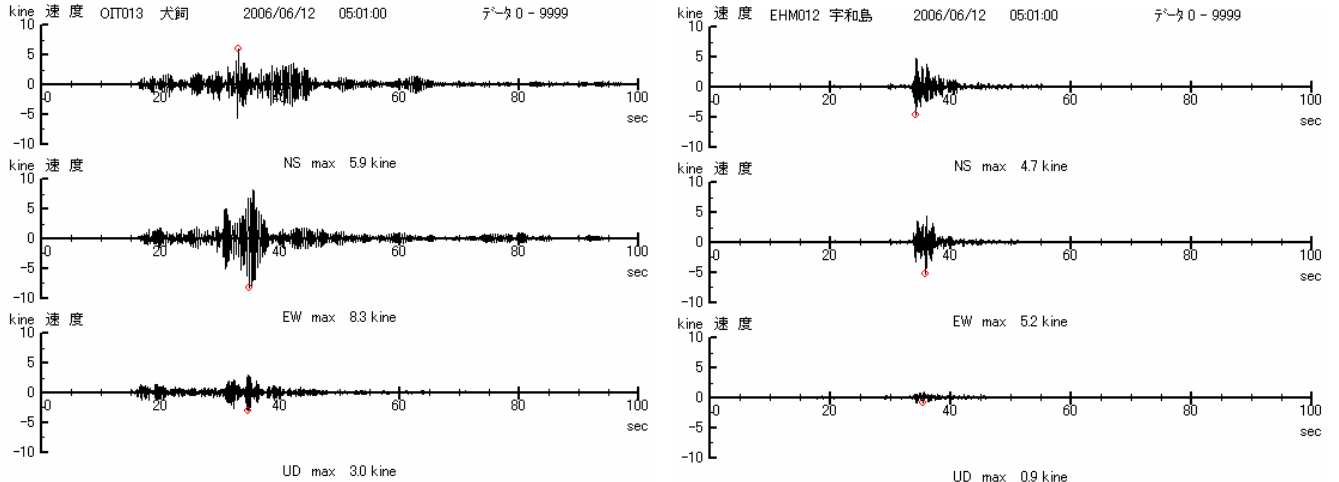


図 2.1 時刻歴波形とK-NET位置図 (左 : OIT013 犬飼、右 : EHM012 宇和島) 4)

3. 応答スペクトル (K-NET : 地表)

時刻歴波形で振幅が大きかった EW 成分における地震の応答スペクトル(h=5%)を図 3.1 に示す。加速度応答スペクトルは、0IT013 犬飼 EW ではピーク周期が 0.45 s であるのに対し、EHM012 宇和島 EW は 0.2 s 程度とその卓越周期が異なる。

速度応答スペクトルは、ピーク周期は概ね加速度と同様であるが、応答値の比が加速度応答と比べ大きく異なる。その値は、加速度応答で (犬飼 EW) / (宇和島 EW) = 820/700 ≒ 1.17 であるのに対し、速度応答で (犬飼 EW) / (宇和島 EW) = 57/21 ≒ 2.71 となる。

これら周期や振幅の違いは、GL-20 m 付近まで比較的軟弱である 0IT013 犬飼と、GL-5 m 程度で硬質となる EHM012 宇和島の地盤特性の影響が大きいのと考えられる (図 3.2)。

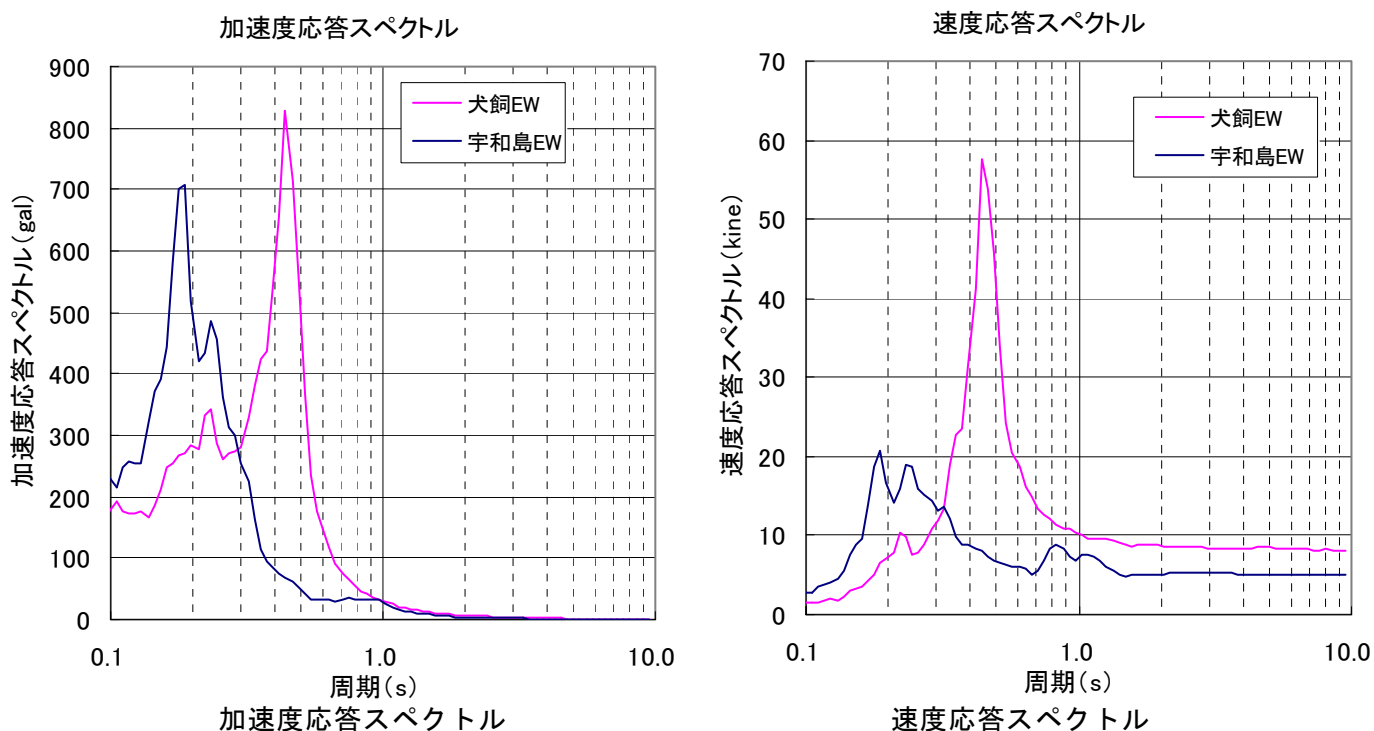


図 3.1 応答スペクトル (左 : 0IT013 犬飼、右 : EHM012 宇和島) ⁴⁾

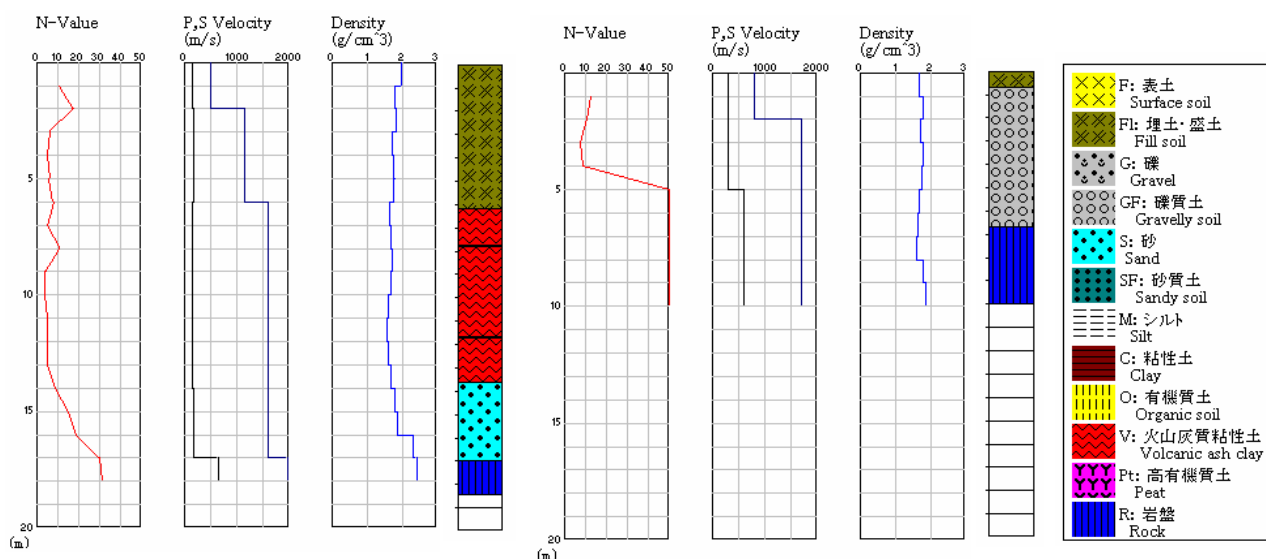


図 3.2 地盤データ (左 : 0IT013 犬飼、右 : EHM012 宇和島) ⁴⁾

4. 応答スペクトル (KiK-net : 地表-地中同時観測)

KiK-net (地表-地中同時観測) で観測された、震度 5 弱を記録した広島県呉市 (HRSH07、呉) の応答スペクトル及びボーリング柱状図を図 4.1 に示す。

地表面と地中の応答スペクトルを比較すると、最も応答が大きい NS 成分では、加速度で 4.6 倍 ($\equiv 415/90$)、速度で 4.9 倍 ($\equiv 20.9/4.2$) となり、地中に対して地表面での揺れは 5 倍程度に増幅されている。また、加速度では地中のピーク周期が 0.25 s 付近なのに対し、地表のピーク周期が 0.4 s 付近とピーク周期が異なる。

加速度と速度の地表の応答スペクトルを比べると、ピーク周期は加速度で 0.4 s 付近であるのに対し、速度では 0.5 s 付近と若干長くなる。

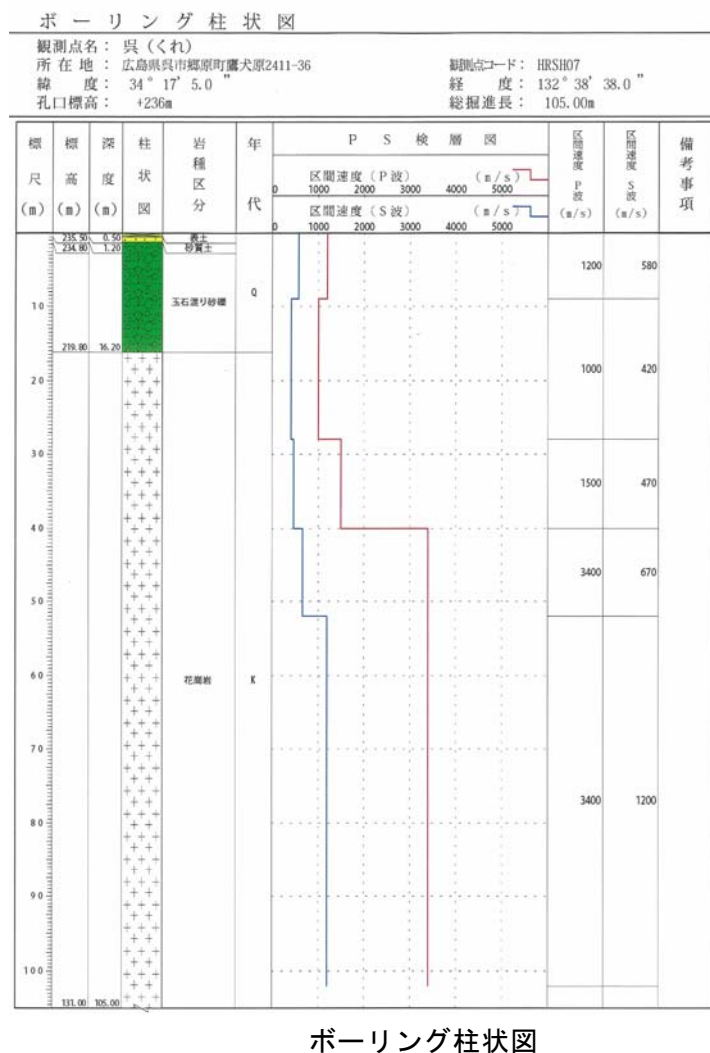
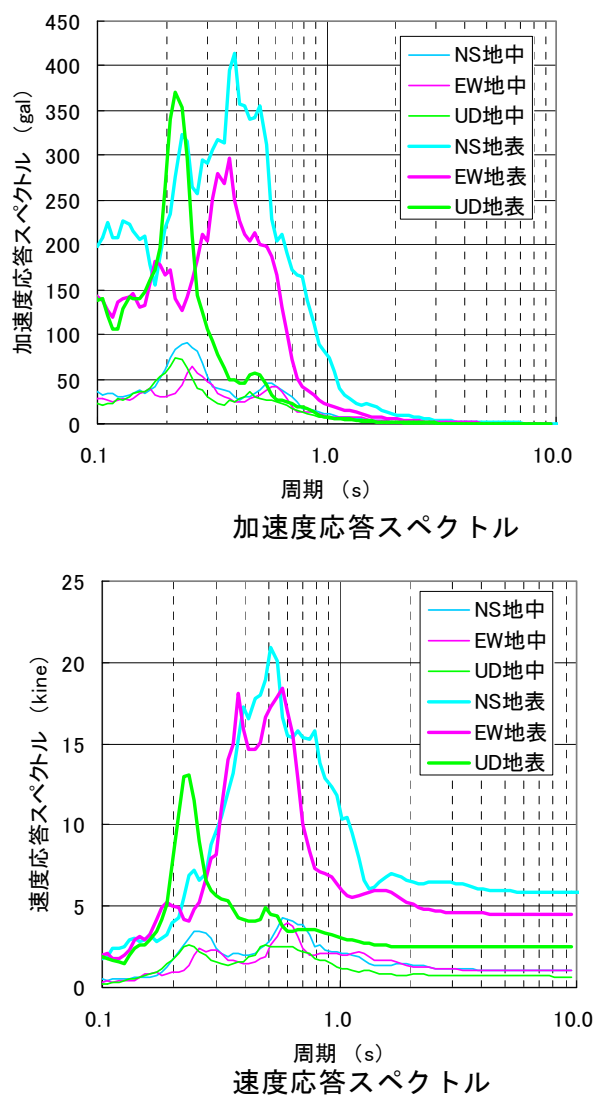


図 4.1 応答スペクトル及びボーリング柱状図 (h=5%、HRSH07 呉 : KiK-net) ⁴⁾

5. 地震動の比較

(1) 最近発生した被害地震

近年発生した被害地震のいくつかと、今回の地震の応答スペクトルの比較を図 5.1 に示す。他の被害地震と比較すると、全体には加速度・速度共に応答は小さくピーク周期も短い。

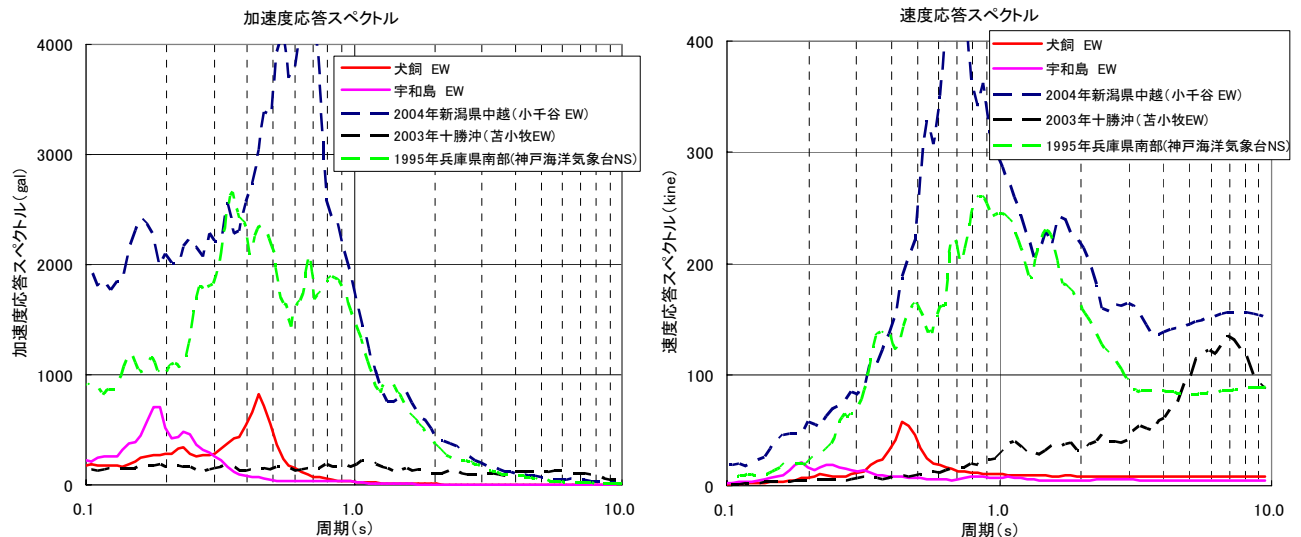


図 5.1 被害地震との応答スペクトルの比較 (h=5%) (左：加速度、右：速度応答)

(2) 芸予地震

今回の地震と発生メカニズムが同じと考えられている 2001 年芸予地震 (2001.3.24) との応答スペクトルの比較を図 5.2 に示す。図はいずれも K-NET 呉 (HRS019、前記した KiK-net 呉とは観測点が若干異なる) のものであり、今回の地震では震度 5 弱、2001 年芸予地震では震度 5 強の揺れが観測されている (今回の地震：M6.1、2001 年芸予地震：M6.4)。

加速度・速度共にその特性は大きく異なる。これは、発生メカニズムは同様であっても震源深度が大きく異なること (今回の地震：約 140 km、芸予地震：約 46 km)、それによる伝播特性の違い、マグニチュードの違いなど断層パラメーターが影響していると考えられる。

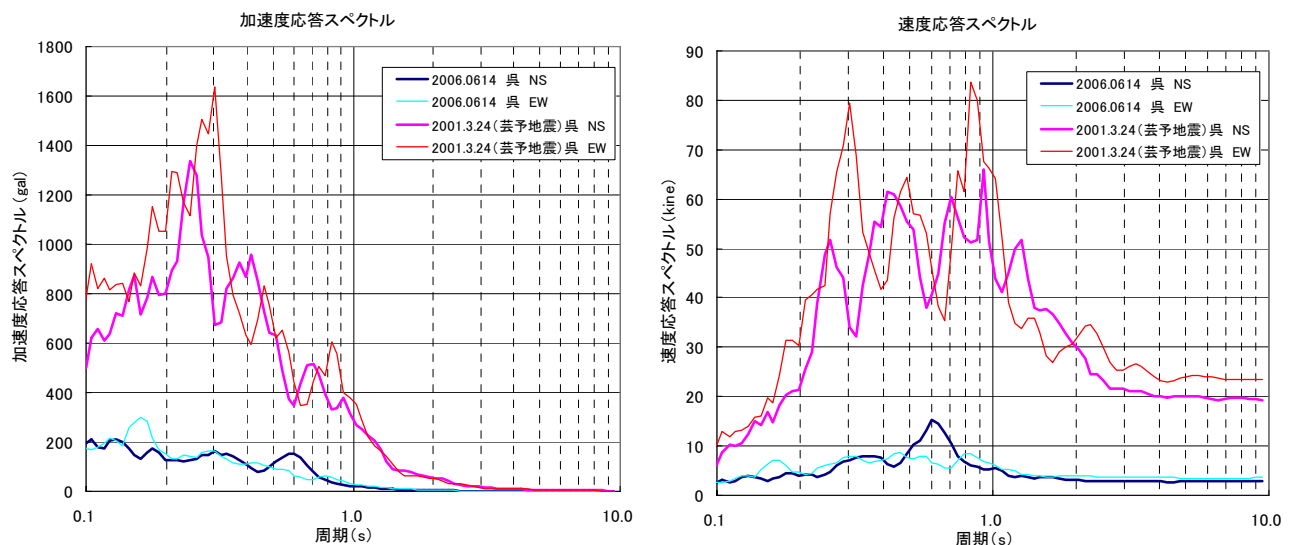


図 5.2 芸予地震との応答スペクトルの比較 (h=5%) (左：加速度、右：速度応答)

6. 参考資料

ここでは、今回発生した地震の震源付近で今後発生が懸念されている地震概要を述べる。

(1) 海溝型地震の長期評価

地震調査推進本部により公表されている「南海トラフの地震」および「日向灘および南西諸島海溝周辺の地震」における長期評価の概要、震源域の範囲を表 6.1、図 6.1 に示す。

表 6.1 南海トラフおよび日向灘等の地震の長期評価の概略⁵⁾

領域または地震名	長期評価で予想した地震規模(マグニチュード)	地震発生確率(注1)			平均発生間隔(注1) (上段)		
		10年以内	30年以内	50年以内	最新発生時期 (下段:ボーン・プロセスを適用したものを除く)		
南海トラフの地震(注7)	南海地震	8.4前後	同時 8.5前後	10%程度	50%程度	80%~90%	1140年(次回までの標準的な値(注2) 901年) 590年前
	東南海地震	8.1前後		10%~20%	60%程度	90%程度	1116年(次回までの標準的な値(注2) 86.4年) 61.1年前
日向灘および南西諸島海溝周辺の地震	安芸灘~伊予灘~豊後水道のプレート内地震	6.7~7.4		10%程度	40%程度	50%程度	約37年
	日向灘のプレート間地震	7.6前後		5%程度	10%程度	20%程度	約200年
	日向灘のひとまわり小さいプレート間地震	7.1前後		30%~40%	70%~80%	80%~90%	約20~27年
	南西諸島周辺の浅発地震(注5)	-		-	-	-	-
	九州から南西諸島周辺のやや深発地震(注5)	-		-	-	-	-
	与那国島周辺の地震	7.8程度		10%程度	30%程度	40%程度	約100年

上記表中、「[]」とあるのは、10%未満の確率値を表す。

- 注1: 発生確率の算定基準日は2006年1月1日。これらの評価は、基準日を元に更新過程を適用。また、三陸沖から房総沖の海溝帯の地震、三陸沖北部の一回り規模の小さい地震、福島県沖の地震、茨城県沖の地震、千葉県海溝沿いのひとまわり規模の小さい地震および沈み込んだプレート内の地震、日本海東縁部の秋田県沖の地震、佐渡島北方沖の地震、日向灘および南西諸島海溝周辺の地震、相模トラフ沿いのその他の南関東のM7程度の地震については、ボーン・プロセスを適用。
- 注2: 時間予測モデルに基づいて推定。
- 注3: 千島海溝沿いの区分けた各領域でM8程度のプレート間地震が繰り返して発生するとし、それらの発生間隔などの領域でもほぼ同程度と仮定した。そこで、各領域の地震発生間隔(十勝沖1108.9年及び51.6年、根室沖79.2年、色丹島沖76.2年、択捉島沖45.1年)の違いをばらつきと見なし、それらの値の平均値72.2年が平均発生間隔を近似するものとした。
- 注4: 過去の地震のMとMwの差が大きい場合、Mwも参考として示した。Mwは「モーメントマグニチュード」のことである。地震の規模を表すマグニチュード(M)は、観測点における地震波(地震動)の大きさ(揺れの大きさ)の分布を使って算出するのに対して、Mwは震源の物理的な規模を表す地震モーメントという量を使って算出するマグニチュードである。地震の震源域の規模を反映し、マグニチュードの揺打ち(地震が大きくなるとマグニチュードはその割に入らなくなる)現象を回避するために、物理的な意味が明確な指標である。
- 注5: これらの領域については、地震発生の特性を明らかにするための十分な知見が得られていないことや、長大な設定領域において発生する場所を特定できないこと等により、対象となる地震の平均発生間隔などを評価しなかった。
- 注6: 元禄型関東地震は、大正型関東地震の想定震源域が房総半島南沖~南東沖へ拡大・運動したタイプとしているので、ここでは大正型関東地震と元禄型関東地震の発生確率を互いに独立して扱うものとは考えていない。
- 注7: 南海トラフで発生する地震のうち、東海地震については中央防災会議が国としての評価を「東海地震に関する専門調査会報告」(2001年)として公表しており、中央防災会議はこの報告の中で、東海地震がいつ発生してもおかしくないとしている。想定東海地震の震源域が単独で継続した事例は知られていないため、過去の事例に基づいて発生間隔を推定するこれまでの長期評価の手法では発生確率を求めることはできない。しかし、地震調査研究推進本部では、確率的地震動予測地図を作成するにあたり東海地震の発生確率が必要であるため、以下の方法で求めた。
 ・平均活動間隔は「南海トラフの地震の長期評価」に想定東海地震の震源域の全域または一部地域が活動したと記載のある、明正東海地震(1499年)、慶長地震(1605年)、宝永地震(1707年)、安政東海地震(1854年)の4つ地震の発生間隔の平均値(118.8年)とした。
 ・最新活動時期は1854年安政東海地震とした。
 ・平均活動間隔のばらつきを表すパラメータは、長期評価が行われている東南海地震と同(0.20)を用いた。
 ・隣接する地域と連動する場合と単独で発生する場合が同一の発生間隔であると仮定した。
 東海地震は隣接する地域との連動性の観点から、発生確率を求めたため、上記のようないくつかの仮定を行う必要があった。したがって、長期評価結果として公表している他の海溝型地震の発生確率と同程度の信頼度はないことに留意する必要がある。

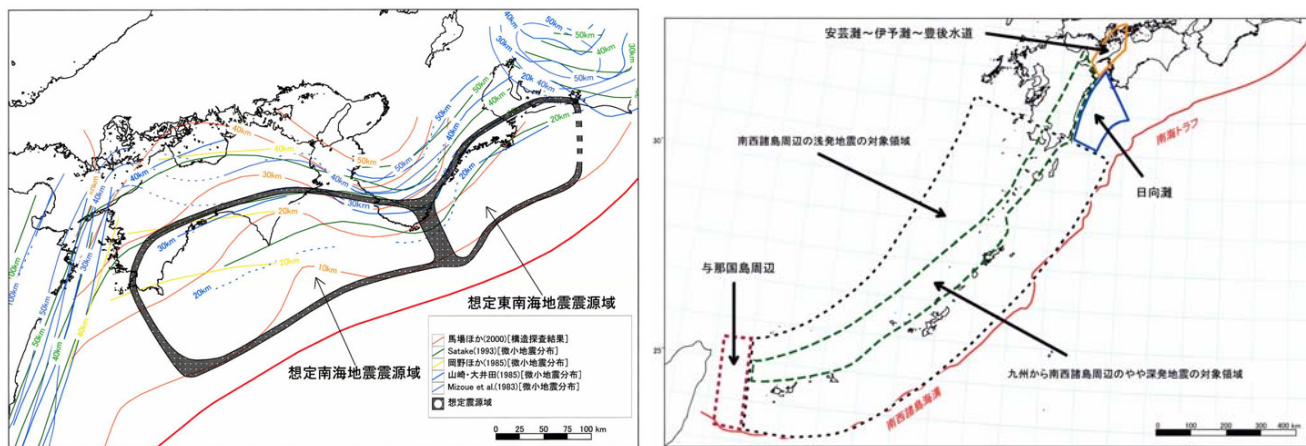


図 6.1 南海トラフ(左)および日向灘等(右)の想定されている震源域⁵⁾

(2) 活断層の長期評価

今回の地震発生地点付近で確認されている活断層の位置を図 6.2 に示す。図で黒線は地震調査推進本部により長期評価がおこなわれている主要 98 断層帯であり、赤線はそれ以外の主な活断層である。主要 98 活断層の詳細については、(独)産業技術総合研究所の活断層研究センターが活断層データベース (<http://www.aist.go.jp/RIODB/activefault/>) としてインターネット上に比較的詳細なデータを公開している。よってここではその他の活断層の中で「30 年発生確率が 0.2%以上」と比較的高い断層帯の概要を表 6.2 に示す。「30 年発生確率 0.2%」とは、一般的に非常に確率が低く感じるが、交通事故による死亡確率や火災により死傷するのと同等の確率であり、地震の発生確率としてはやや高い位である。

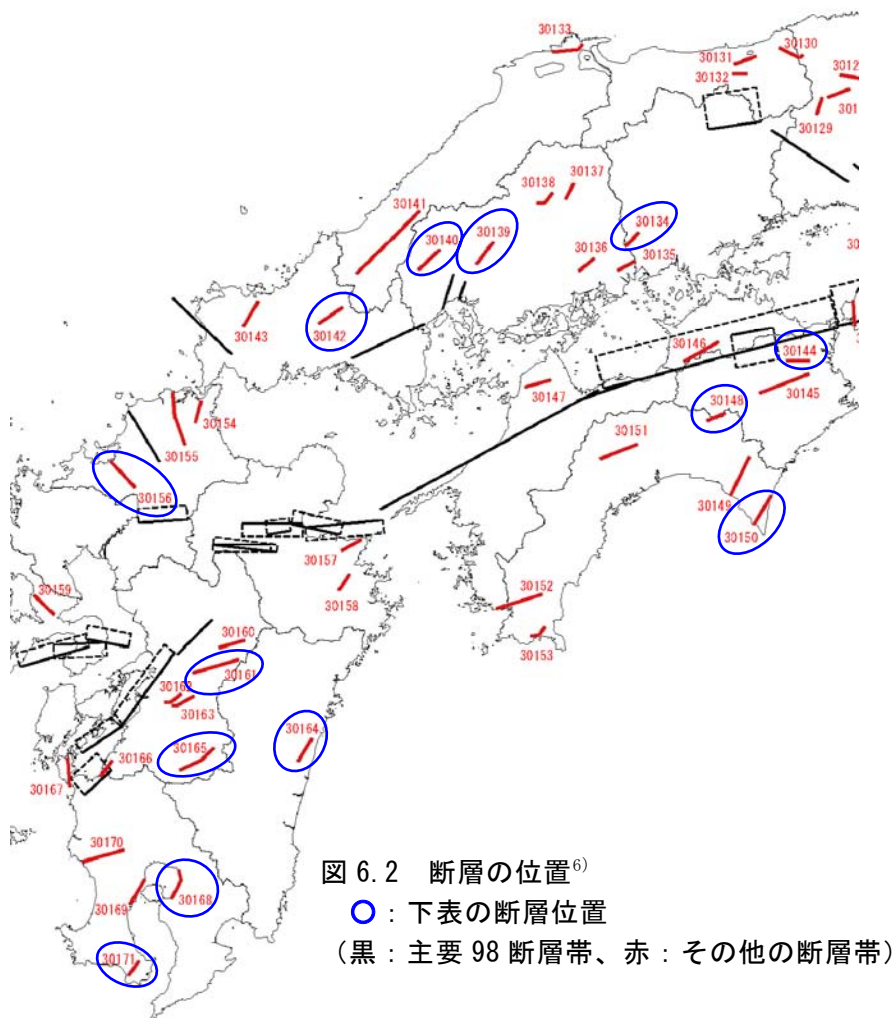


図 6.2 断層の位置⁶⁾
 ○ : 下表の断層位置
 (黒 : 主要 98 断層帯、赤 : その他の断層帯)

表 6.2 その他の断層の概要⁶⁾

コード	断層名	長さ km	M	活動 間隔年	活動間隔 算出根拠	30 年発生 確率 %	50 年発生 確率 %
30134	芳井断層	11	6.6	1500	0.6mm/y	2.00	3.30
30139	上根断層	15	6.8	4800	B 級	0.62	1.00
30140	筒賀断層帯	16	6.8	12700	0.1mm/y	0.24	0.39
30142	大原湖断層	16	6.8	2500	0.5mm/y	1.20	2.00
30144	徳島平野南縁断層帯	13	6.7	4100	B 級	0.73	1.20
30148	網付森断層	11	6.6	3500	B 級	0.85	1.40
30150	行当岬断層	17	6.9	5400	B 級	0.55	0.92
30156	警固断層帯	19	7.0	15100	0.1mm/y	0.20	0.33
30161	緑川断層帯	26	7.2	8300	B 級	0.36	0.60
30164	川南-征矢原断層帯	16	6.8	5100	B 級	0.59	0.98
30165	人吉盆地断層帯	22	7.1	8700	0.2mm/y	0.34	0.57
30168	鹿児島県湾東縁断層帯	17	6.9	5400	B 級	0.55	0.92
30171	池田湖西断層帯	10	6.5	800	A 級	3.70	6.10

7. おわりに

- ・ 1995年の兵庫県南部地震以降、日本は地震の活動期にあると言われている。一般の方々も地震に対する関心が高まっている。
- ・ 建築系の構造計算の方法も兵庫県南部地震後、大きく変化している。性能設計からの限界耐力計算法や平成17年度から使えるようになったエネルギー法などである。
- ・ 在来型の許容応力度等計算法(高さ31m超の特定建築物は保有水平耐力の確認)や超高層や免震・制震建築物などで実施する時刻歴応答解析法など、構造計算の種類が増えている。
- ・ 構造計算の方法によって必要な地盤情報が異なるため、当然地質調査の項目や内容に注意が必要で、追加調査や設計の手戻りなど最悪の事態にならないようにする必要がある。
- ・ 限界耐力計算法(高さ60m超は適用外)では、地盤を簡単にモデル化し工学的基盤と地表での応答スペクトルの増加分を地盤増幅率 G_s で評価しており、時刻歴応答解析では地震基盤から地盤をモデル化し(告示波の場合は工学的基盤から)、応答解析には模擬地震波の作成が必要となるなど、地盤に関して適切な情報を提供する必要がある。
- ・ 今や在来型の許容応力度等計算法での認識で業務を実施すると顧客の要望に応えられないばかりでなく、技術者としてのレベルを疑われることを肝に銘じる必要がある。

8. 参考文献

- 1) 気象庁、気象庁地震情報 (HP)
- 2) 総務省消防庁、災害情報「大分県中部を震源とする地震(確定報)」(HP)
- 3) 中国新聞、2006年6月14日(水)紙面
- 4) 防災科学技術研究所、「強震ネットワーク K-NET」・「基盤強震ネットワーク KiK-net」(HP)
- 5) 地震調査推進本部、地震に関する評価 (HP)
- 6) 地震調査推進本部、『全国を概観した地震動予測地図』、平成17年3月
- 7) 産業技術総合研究所 活断層研究センター、活断層データベース (HP)

※地震波形は、(独)防災科学技術研究所のK-NET、KiK-netの地震波形を使用させていただいた。

報告書作成 株式会社東建ジオテック 技術本部・地震部会

佐々木誠二

落合 努