

#### 4. まとめ

##### 4. 1 活断層・変動地形学的調査等に基づいた地震の分類

本検討において、兵庫県南部地震以降に起こった内陸地震、22地震を対象として、地域の地質、活断層の分布、過去の地震、重力異常の分布、磁気異常の分布を収集し、地震前の情報をとりまとめた。また、地震発生後に各種収集・実施された変位情報（地震断層情報）、トレンチ情報、物理探査等情報を収集し、それらの関係についてとりまとめを行った。とりまとめと考察の関係上、図の表記は、Mwの大きい順に示す。表4.1.1-1にMwの順に本検討地震を示す。

表4.1.1-1 Mw順に並べた本検討地震と断層のタイプ

地震名称	Mw	断層のタイプ
1995年兵庫県南部	6.9	S
2008年岩手・宮城内陸	6.9	R
2007年能登半島	6.7	R
2000年鳥取県西部	6.6	S
2004年新潟県中越	6.6	R
2005年福岡県西方沖	6.6	S
2007年新潟県中越沖	6.6	R
2011年福島県浜通り	6.6	N
2011年長野県北部	6.2	R
1997年鹿児島県北西部(3月)	6.1	S
2003年宮城県北部	6.1	R
1996年宮城県北部(鬼首)	6.0	R
1997年鹿児島県北西部(5月)	6.0	S
1998年岩手県内陸北部	5.9	R
2011年静岡県東部	5.9	S
1997年山口県北部	5.8	S
2011年茨城県北部	5.8	N
2013年栃木県北部	5.8	S
2004年北海道留萌	5.7	R
2005年福岡県西方沖(余震)	5.4	S
2012年茨城県北部	5.2	N
2011年和歌山県北部	5.0	R

#### 4. 1. 1 地質情報や活断層情報，地震断層情報，震源断層情報に関する整理

20 万分の 1 日本シームレス地質図（産業技術総合研究所，2012）を基図として活断層情報および地震断層情報，震源断層情報を一元化して表示した（図 4.1.1-1～22）．図 4.1.1-1 には，地質図の凡例を示す．

図中には，活断層を赤線で示し，緑で示したものは既に解析済みの震源断層で，地表面側を太い線で示した．また，地震断層が見られた場合には，青色の線で示した．周辺の主な地質は文字にて記入し，過去に発生した地震の震源を黒丸で示し，日時とマグニチュードを示した．

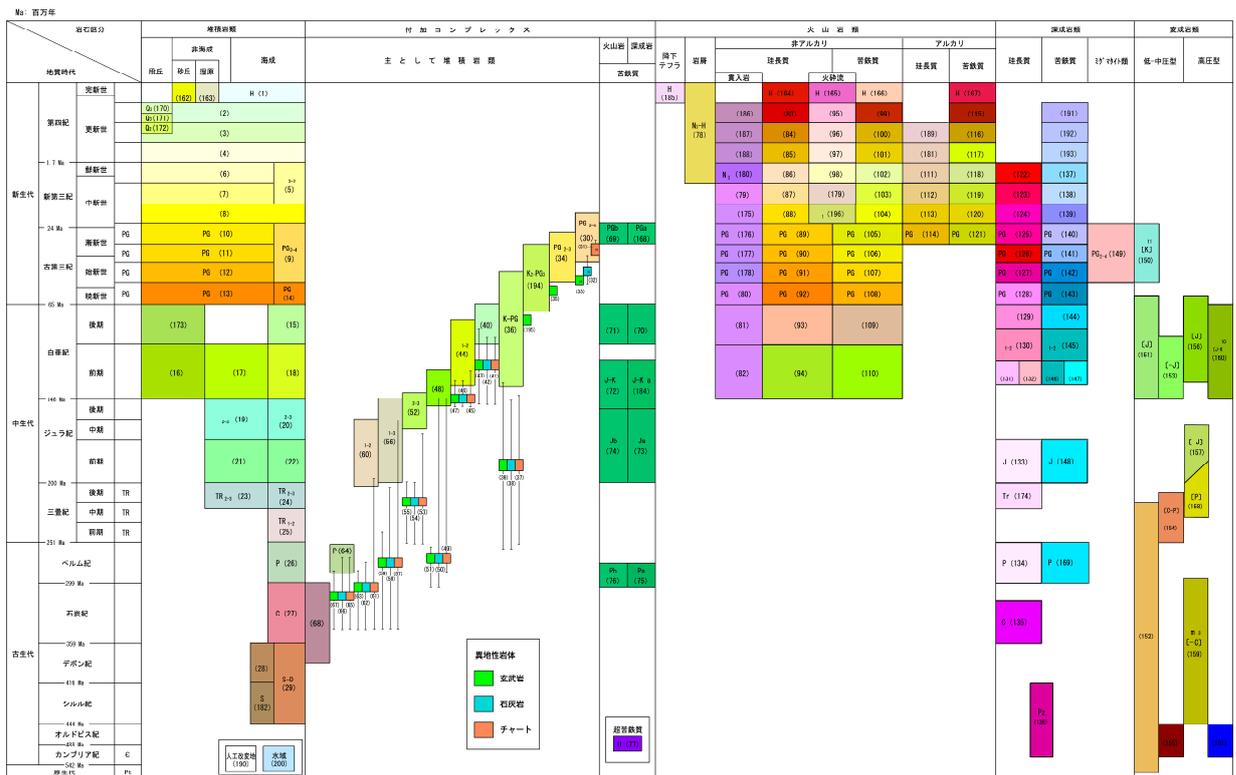


図 4.1.1-1 シームレス地質図の凡例

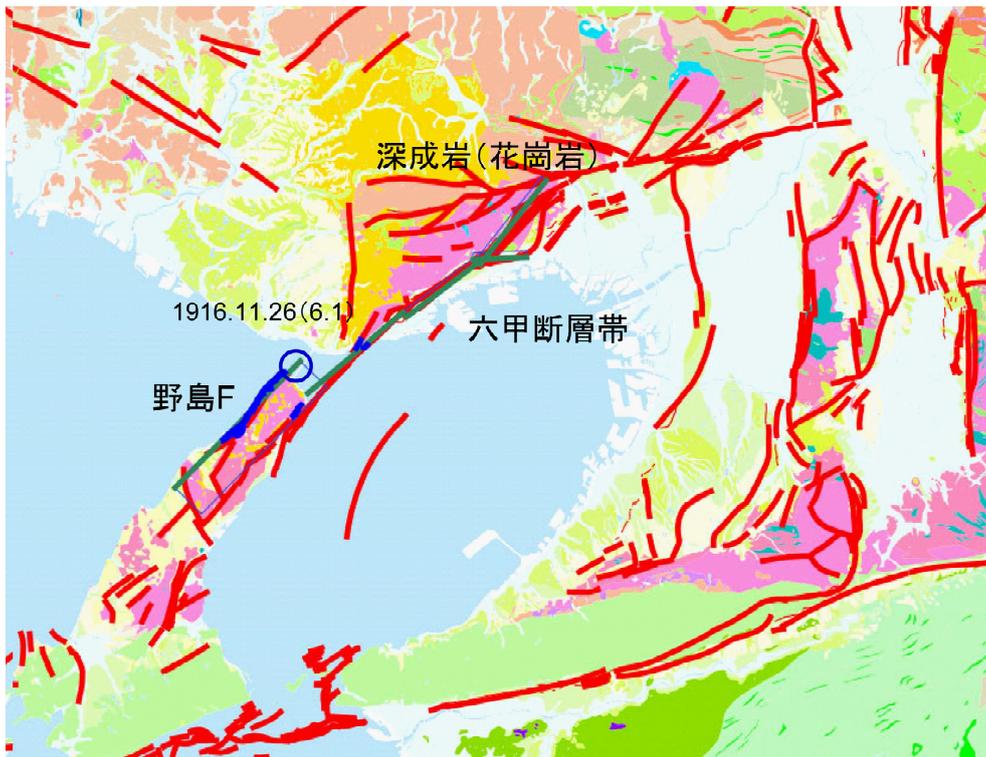


図 4. 1. 1-2 1995 年兵庫県南部地震発生地域の概況

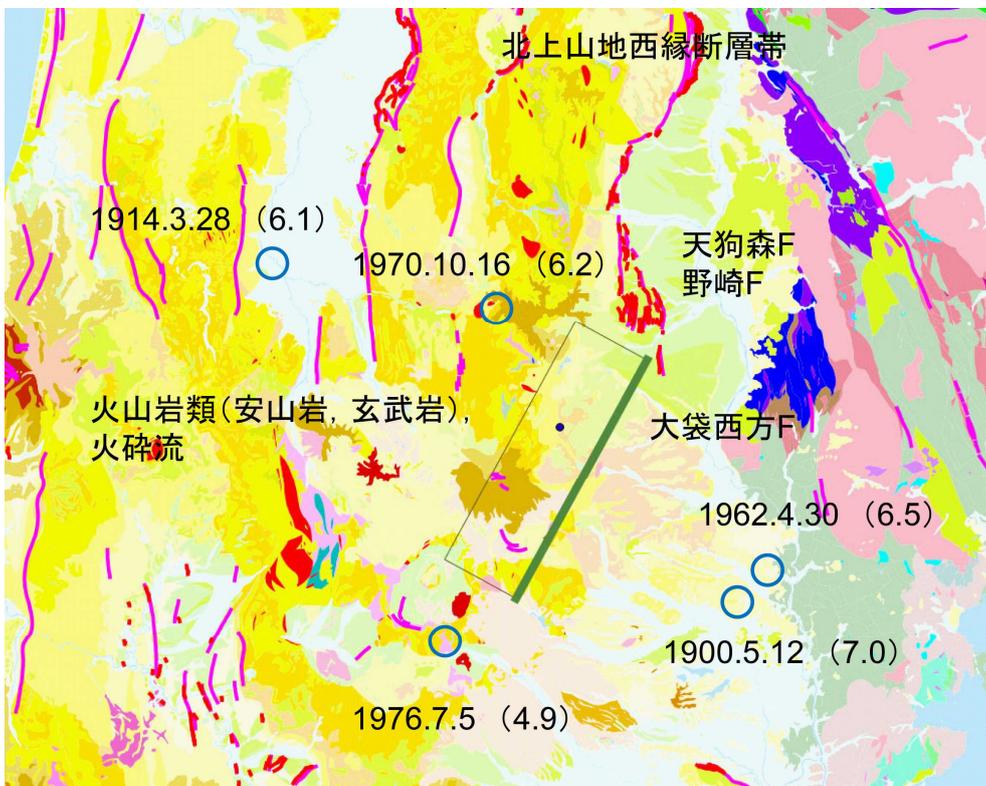


図 4. 1. 1-3 2008 年岩手宮城内陸地震発生地域の概況

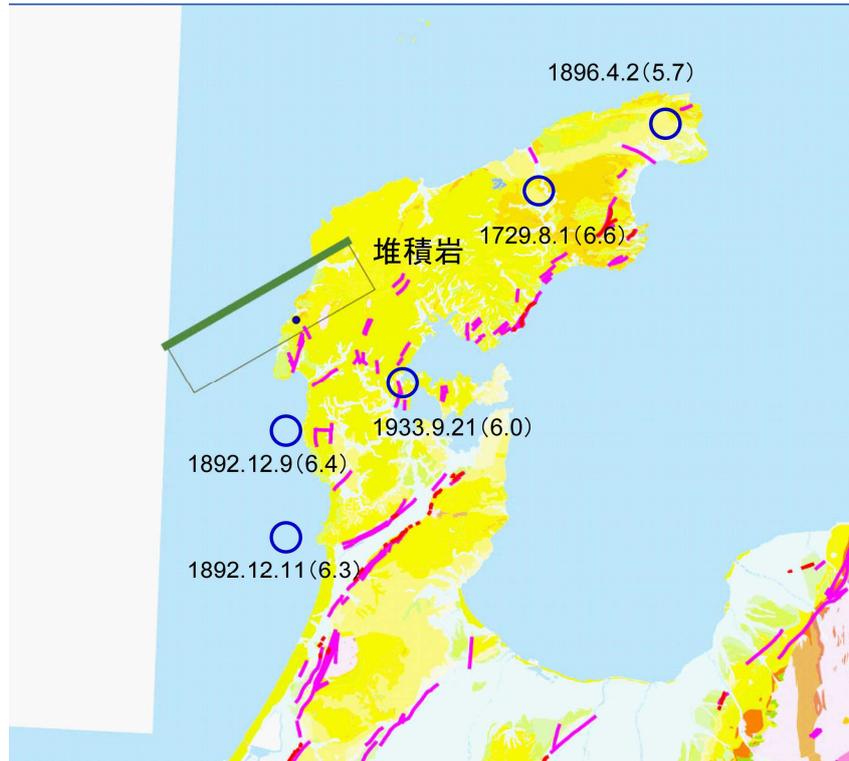


図 4.1.1-4 2007年 能登半島地震発生地域の概況

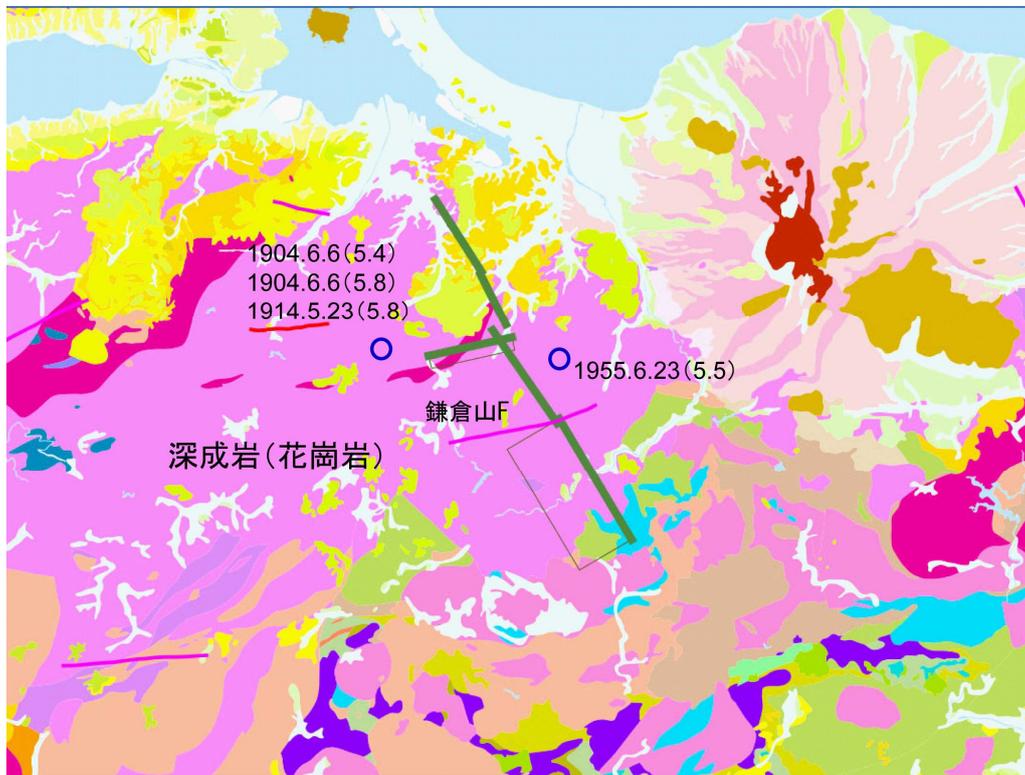


図 4.1.1-5 2000年 鳥取県西部地震発生地域の概況

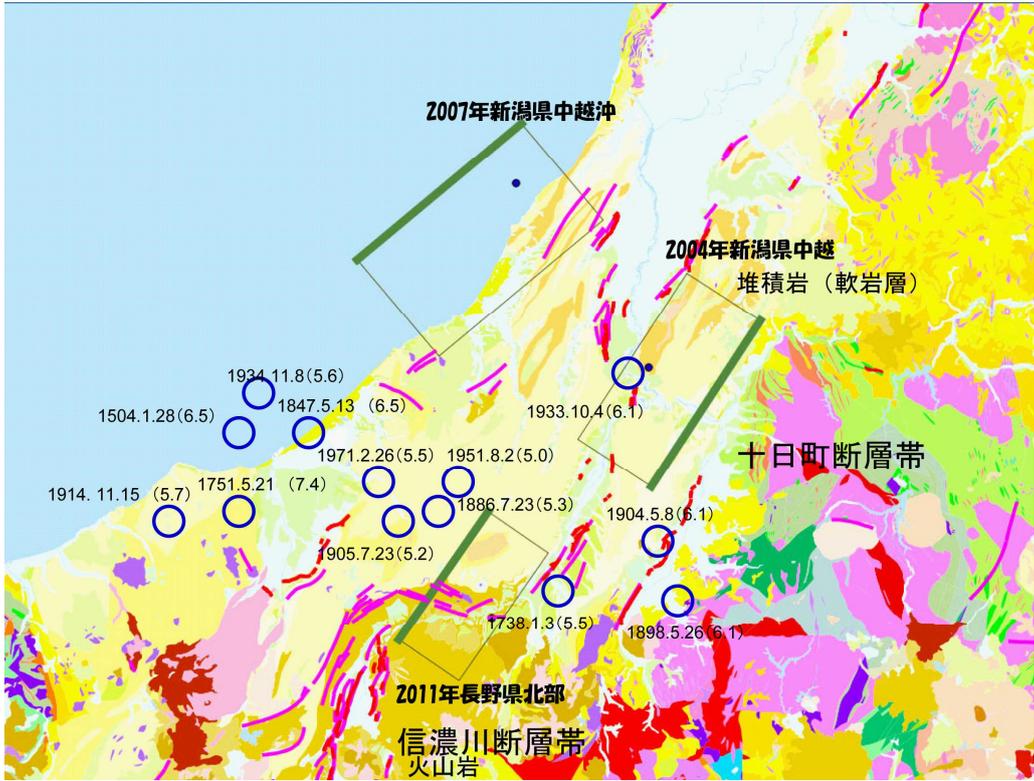


図 4. 1. 1-6 2004 年 新潟県中越地震, 2007 年 新潟県中越沖地震および  
2011 年長野県北部地震の発生地域の概況



図 4. 1. 1-5 2005 年 福岡県西方沖地震発生地域の概況



図 4. 1. 1-6 2011 年 福島県浜通り地震発生地域の概況

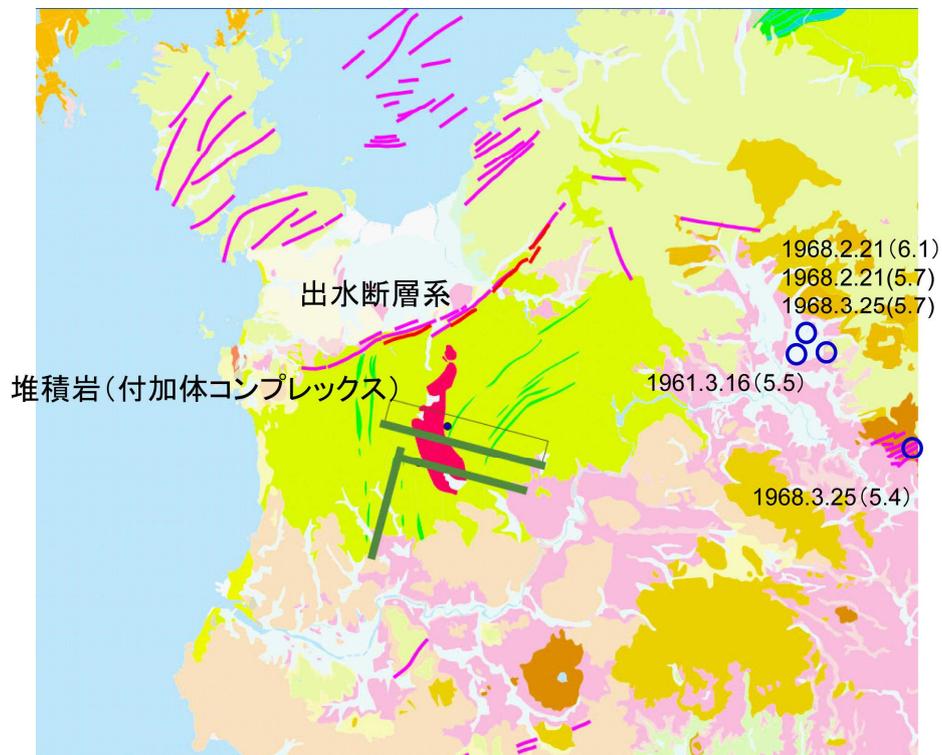


図 4. 1. 1-7 1997 年鹿児島県北西部（3月，5月）地震発生地域の概況

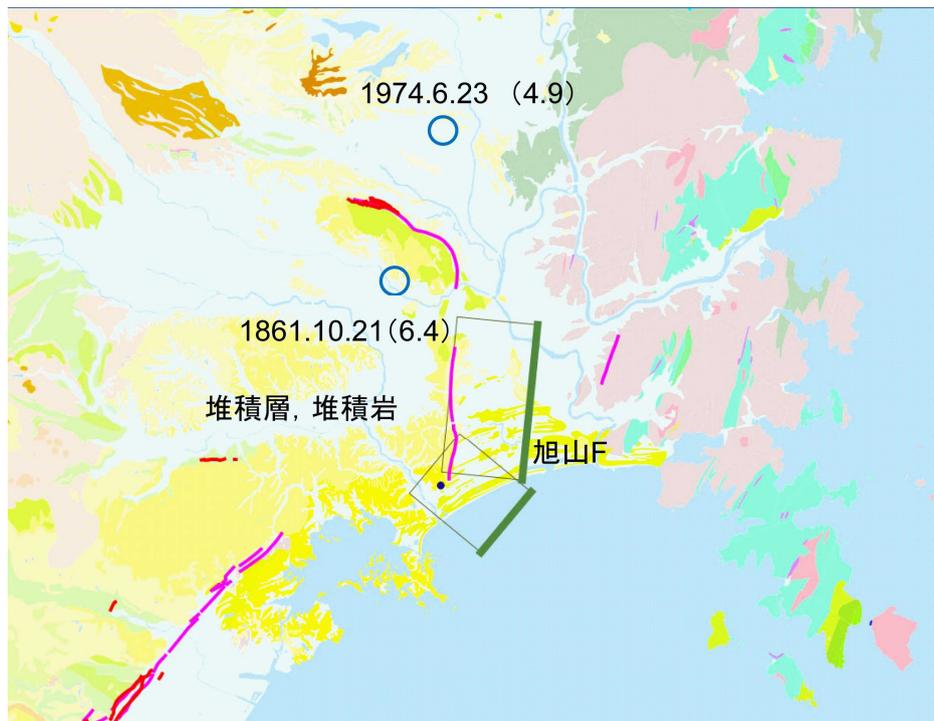


図 4. 1. 1-8 2003 年 宮城県北部地震発生地域の概況



図 4. 1. 1-9 1998 年 岩手県内陸北部地震発生地域の概況



図 4. 1. 1-10 2011 年静岡県東部地震発生地域の概況

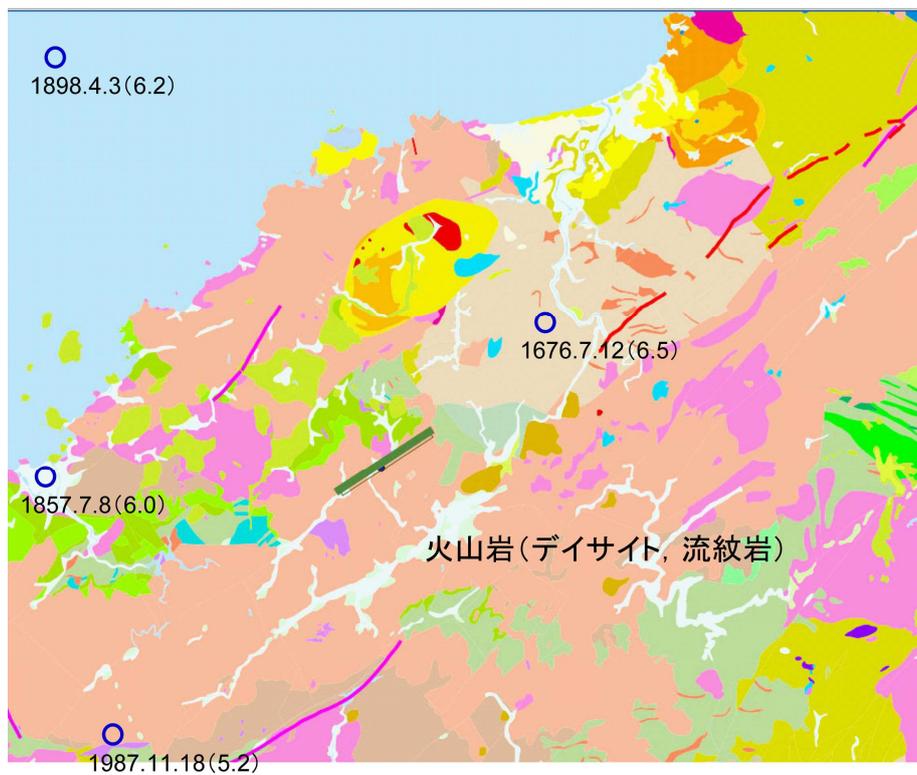


図 4. 1. 1-11 1997 年 山口県北部地震発生地域の概況



図 4. 1. 1-12 2013 年 栃木県北部地震発生地域の概況



図 4. 1. 1-13 2004 年北海道留萌地震発生地域の概況

以上の状況をとりまとめて表 4.1.1-2 には既存活断層の有無と地震断層が確認されたかどうか、および周辺の地質体の情報を示す。

表 4.1.1-2 各地震で見られる活断層，地震断層の有無および構成する地質体

対象地震	Mw	断層のタイプ	地震断層	活断層	地質体
1995年兵庫県南部	6.9	S	◎	◎	深成岩(花崗岩)
2008年岩手・宮城内陸	6.9	R	◎ △	△(数km)	火山岩類(安山岩, 玄武岩), 火砕流
2007年能登半島	6.7	R	◎	◎(海域)	堆積岩(中新世)
2000年鳥取県西部	6.6	S	○ △	△	深成岩(花崗岩)
2004年新潟県中越	6.6	R	○	△	堆積岩(軟岩層)
2005年福岡県西方沖	6.6	S	×	△(海域)	堆積岩(第三紀)、火山岩
2007年新潟県中越沖	6.6	R	×	△(海域)	堆積層、堆積岩
2011年福島県浜通り	6.6	N	◎	◎	変成岩, 花崗岩
2011年長野県北部	6.2	R	△	△	堆積岩, 火山岩
1997年鹿児島県北西部(3月)	6.1	S	—		堆積岩(付加体コンプレックス)
2003年宮城県北部	6.1	R	△		堆積層
1996年宮城県北部(鬼首)	6.0	R	—	—	—
1997年鹿児島県北西部(5月)	6.0	S	—		堆積岩(付加体コンプレックス)
1998年岩手県内陸北部	5.9	R	△		火山岩類(安山岩, 玄武岩)
2011年静岡県東部	5.9	S	—	×	火山岩類(安山岩, 玄武岩)
1997年山口県北部	5.8	S	—	×	火山岩(デイサイト, 流紋岩)
2011年茨城県北部	5.8	N	—		深成岩(花崗岩)
2013年栃木県北部	5.8	S	—	×	火山岩(デイサイト, 流紋岩)
2004年北海道留萌	5.7	R	—	(海域)	堆積岩
2005年福岡県西方沖(余震)	5.4	S	×	△(海域)	堆積層, 堆積岩
2012年茨城県北部	5.2	N			深成岩(花崗岩)
2011年和歌山県北部	5.0	R		△	堆積岩(付加体コンプレックス)

表 4.1.1-2 より表層に地震断層が確認された事例は、**Mw6.6** 以上の地震に見られる。地震断層部に△で示しているものは、変形が見られる部分が非常に局所的であったり、他の研究者からは否定的な見解が示されているものである。**Mw6.6** 以上の地震のうち、福岡県西方沖と新潟県中越沖地震については、震源域が海域であるために、他の内陸地震とは異なる。福岡県西方沖地震については、海底調査などを行った結果、明瞭な変形が現れていないとの公式見解が出されている。横ずれ断層センスの活動であることから顕著な上下変異が見られなかった可能性がある。同様に活断層の有無についても、既存の活断層直下に震源断層があり、活断層に沿った形で地震断層が見られたものは 2 重丸を示した。また、既存の活断層の有無については、内陸断層については、リニアメント判読などを経て調査が行われているが、海域の場合（図中では、水色に着色）事前に地形判読を実施することが困難なため、調査が実施されていない場合も多く、地震後の調査などで明らかになったものもある。

周辺の地質体には、火山岩類のものについては、ピンク色のハッチ、中新世など軟質地すべりや斜面崩壊が見られる堆積岩をグリーンで着色した。火山岩類から構成される地質体の地域では、比較的最近に火山砕屑物が噴出した場所もあり、地表における、累積変化のある断層地形を読み取ることが難しいと考えられる。同様に地すべりや斜面崩壊が多く見られる地域においても、活断層による地表変形を抽出することは難しい。以上のことから、地質体によって、活断層および地震断層の出現の読み取りやすさは異なると考えられる。

また、**Mw6.2** 以下の地震については、地震断層も活断層も認定がほとんどできない。表 4.1.1-3 には、震源断層の地表部側周辺 10km 内に分布する活断層と古地震について、検討を行った。震源断層近傍に存在する活断層であっても、活断層と対応しない地震も 10 地震あり、残りの地震も走向方向が震源断層と斜交するものも多数あり、地表活断層から震源断層を類推することができるものは、非常に少ない。古地震を見ても、過去に同じ震源域で地震があったことが記録されているのは、兵庫県南部地震の事例（1916 年）のみである（図 4.1.1-2）。

表 4.1.1-3 各地震と周辺の活断層や古地震の関係

対象地震	Mw	断層のタイプ	地震断層	活断層	地質体	震源断層の表層部付近(10km)活断層の有無	関連する断層	過去の地震活動(日活か)
1995年兵庫県南部	6.9	S	◎	◎	深成岩(花崗岩)	有	野島F、六甲F	1916.11.26 M6.1
2008年岩手・宮城内陸	6.9	R	◎ △	△(敦)(km)	火山岩類(安山岩、玄武岩)、火砕流	有?	北上山地西縁断層帯の南端か? 狐木立F(1.5km)	1900.5.12 M7.0 1962.4.30 M6.5 1970.10.16 M6.2 1976.7.5 M4.9
2007年能登半島	6.7	R	◎	◎(海域)	堆積岩(中新世)	有(海域)	地震後の調査でAF確認	1892.12.9 M6.4 1933.9.21 M6.0
2000年鳥取県西部	6.6	S	○ △	△	深成岩(花崗岩)	有	中国地方は活断層が未成熟のためわからない?	1904.6.6 M5.4 1904.6.6 M5.8 14914.5.23 M5.8 1955.6.23 M5.5
2004年新潟県中越	6.6	R	○	△	堆積岩(軟岩層)	有?	未知のAF or 小平野F	1933.10.4 M6.1 1904.5.8 M6.1
2005年福岡県西方沖	6.6	S	x	△(海域)	堆積岩(第三紀)、火山岩	有(海城南に警固F)	地震後の調査で海底に変化なし	1929.8.8 M5.1
2007年新潟県中越沖	6.6	R	x	△(海域)	堆積層、堆積岩	有(海域)?	中田、渡辺は有 岡村行は無	1847.5.13 M6.5程度
2011年福島県浜通り	6.6	N	◎	◎	変成岩、花崗岩	有	井戸沢F、湯の岳F	-
2011年長野県北部	6.2	R	△	△	堆積岩、火山岩	有?	信濃川断層帯の北端部か?	1738.1.3 M5.5 1886.7.23 M5.3 1905.7.23 M5.2 1951.8.2 M5.0 1971.2.26 M5.5
1997年鹿児島県北西部(3月)	6.1	S	-	-	堆積岩(付加体コンプレックス)		北に分布する出水(いずみ)断層とは無関係	-
2003年宮城県北部	6.1	R	△	△	堆積層		旭山境曲と関係?(10km距離あり並走)	1861.10.21 M6.4 1974.6.23 M4.7
1996年宮城県北部(鬼首)	6.0	R	-	-	-			-
1997年鹿児島県北西部(5月)	6.0	S	-	-	堆積岩(付加体コンプレックス)		北に分布する出水(いずみ)断層とは無関係	-
1995年岩手県内陸北部	5.9	R	△	△	火山岩類(安山岩、玄武岩)	有	無し	1986.8.23 M5.5程度
2011年静岡県東部	5.9	S	-	x	火山岩類(安山岩、玄武岩)		無し	
1997年山口県北部	5.8	S	-	x	火山岩(テイヤイト、流紋岩)		無し	
2011年茨城県北部	5.8	N	-	-	深成岩(花崗岩)			
2013年栃木県北部	5.8	S	-	x	火山岩(テイヤイト、流紋岩)		無し(詳細不明)	
2004年北海道留萌	5.7	R	-	(海域)	堆積岩	有	力屋F延長?	1910.9.8 M5.3 1918.5.26 M5.8
2005年福岡県西方沖(余震)	5.4	S	x	△(海域)	堆積層、堆積岩	有(海城南に警固F)	地震後の調査で海底に変化なし	1929.8.8 M5.1
2012年茨城県北部	5.2	N			深成岩(花崗岩)			
2011年和歌山県北部	5.0	R		△	堆積岩(付加体コンプレックス)		仏像構造線沿い	

本検討の 22 地震について、事前に震源断層の予測ができたかどうかについてのとりまとめ。表 4.1.1-4 に示したように、基本的に地表地震断層の出現があるものは、 $M_w6.6$  よりも大きな地震の事例となり、 $M_w6.2$  以下の地震については、既存の活断層分布もなく、現地調査を事前に行って詳細な活断層有無の情報を得ることすら難しいものである。

地表地震断層の出現率についての研究が、武村（1998）や香川ほか（2003）によって、過去の地震事例を用いて検討されている。図 4.1.1-1 は濃尾地震から兵庫県南部地震までの情報をもとに検討された事例であり、 $M_j6.5$  より大きくなると、地表地震断層の出現率が急激に増加し、 $M_j7.4$  よりも大きい場合はほぼ 100%の出現率になると検討されている。しかしながら、 $M_j6.5\sim M_j7.4$  の地震事例が少ないため、武村（1998）では、不連続的に急激な増加があると述べられている。一方、香川ほか（2003）では、シミュレーションを用いて出現率を検討した（図 4.1.1-1）。

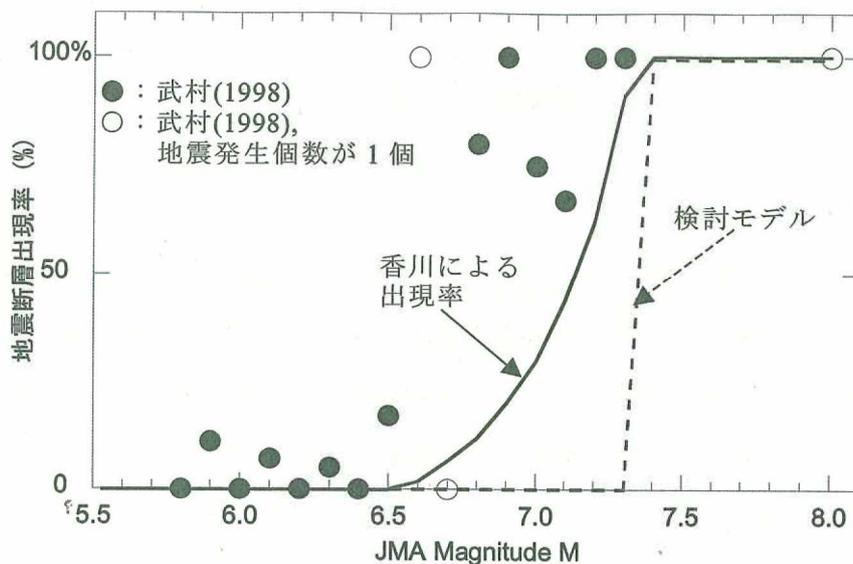
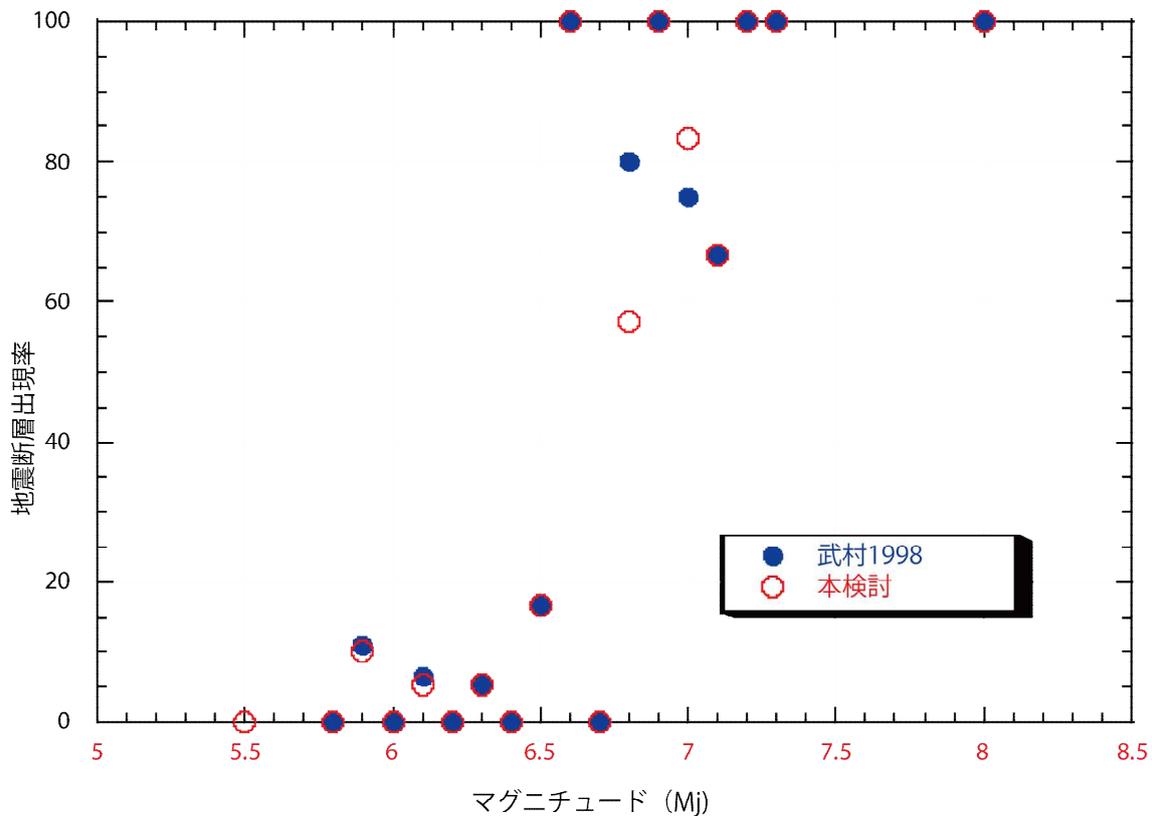


図 4.1.1-1 香川による評価手法（地表変形 5 cm を基準、検討モデル、及び日本の内陸地殻内地震に基づく地表地震断層出現率（武村、1998）の比較図（原子力安全委員会、震震 W 第 12-2 資料より）

本検討では、 $M_j$  ではなく、 $M_w$  を用いて検討しているので、今回の検討した 22 事例の  $M_j$  値を気象庁カタログより参照し、武村（1998）の検討結果に追加した。図 4.1.1-2 には、武村（1998）の地震を青色、本検討地震を赤丸で示した。本検討の 22 地震を加えることで、 $M_j6.5\sim M_j7.5$  間の情報は追加され、出現率の増加は、不連続な増加というよりも、香川ほか（2005）による出現率の曲線に沿った結果になっている。図 4.1.1-2 を見ると、 $M_j6.8$  以上で、ほぼ地表地震断層の出現率が 80% 程度を超える。



島崎（2008）では、活火山分布に代表されるように地域性を考慮すべきパラメータが存在し、地表断層＝震源断層とならない短い活断層についても検討が必要と述べている。本検討地震の中でも、2008年岩手宮城内陸地震や2000年鳥取県西部地震がこれに該当すると考えられる。地下で発生した地震の変位が地表まで到達するには、被覆層が薄いことなどの条件が伴うと考えられ、火山岩類や軟質な堆積岩が分布する地域は、地表変位が出現しにくいと考えられる（例えば、2008年岩手宮城内陸地震、2004年新潟県中越地震など）。さらに、日本列島では、活断層の密度や発生頻度などに偏りがあり、垣見ほか（2003）による地震地体構造区分では、鳥取県西部地震の震源域は活断層密度が小さく、松田（1990）による地震分帯図では、中国地方の日本海側は明瞭な活断層が少なく活動度も低い。さらに隈元（2001）でも活断層データから震源断層をあらかじめ想定することのできない *background seismicity* の一つと考えたほうが合理的であるとしており、未成熟な活断層が活動した可能性が高く、事前にリニアメントなどが未発達なため確認できなかった可能性が高いと考えられている。

また、陸域と海域の違いは、活断層の事前認定に対してハードルが大きく異なる。陸域で行われる写真判読などの調査ができないし、実際の踏査やトレンチ調査も難しい。よって活断層調査手法も異なり、どのような調査が事前調査として有効であるかなどについて

今後検討が必要である。

表 4.1.1-4 各地震と周辺の活断層や古地震の関係

対象地震	Mw	断層のタイプ	地震断層	活断層	地質体	震源断層の表層部付近(10km)活断層の有無	事前情報からの予測は可能か？
1995年兵庫県南部	6.9	S	◎	◎	深成岩(花崗岩)	有	可能(少なくとも一連の断層を一つとして)
2008年岩手・宮城内陸	6.9	R	◎ △	△(数km)	火山岩類(安山岩、玄武岩)、火砕流	有？	活断層は非常に短い。活断層長の想定は難しい
2007年能登半島	6.7	R	◎	◎(海域)	堆積岩(中新世)	有(海域)	地震前の音波探査でも活断層を確認
2000年鳥取県西部	6.6	S	○ △	△	深成岩(花崗岩)	有	反射法探査では、構造が見られるが、事前にも測線の設定は可能だろうか？
2004年新潟県中越	6.6	R	○	△	堆積岩(軟岩層)	有？	活断層長の想定は難しい
2005年福岡県西方沖	6.6	S	x	△(海域)	堆積岩(第三紀)、火山岩	有(海域南に警固F)	1985年の地調探査では、断層付近に僅かな変化有り。しかし、活断層とは特定できず
2007年新潟県中越沖	6.6	R	x	△(海域)	堆積層、堆積岩	有(海域)？	海域の物理探査を事前にも実施すべき
2011年福島県浜通り	6.6	N	◎	◎	変成岩、花崗岩	有	位置は可能かも。長さは困難？活動時期は海溝型に運動
2011年長野県北部	6.2	R	△	△	堆積岩、火山岩	有？	活断層長の想定は難しい
1997年鹿児島県北西部(3月)	6.1	S	-	-	堆積岩(付加体コンプレックス)		困難
2003年宮城県北部	6.1	R	△		堆積層		困難
1996年宮城県北部(鬼首)	6.0	R	-	-	-		困難
1997年鹿児島県北西部(5月)	6.0	S	-	-	堆積岩(付加体コンプレックス)		困難
1998年岩手県内陸北部	5.9	R	△		火山岩類(安山岩、玄武岩)	有	斜交
2011年静岡県東部	5.9	S	-	x	火山岩類(安山岩、玄武岩)		困難
1997年山口県北部	5.8	S	-	x	火山岩(テイスサイト、流紋岩)		困難
2011年茨城県北部	5.8	N	-	-	深成岩(花崗岩)		困難
2013年栃木県北部	5.8	S	-	x	火山岩(テイスサイト、流紋岩)		困難
2004年北海道留萌	5.7	R	-	(海域)	堆積岩	有	海域の物理探査を事前にも実施すべき
2005年福岡県西方沖(余震)	5.4	S	x	△(海域)	堆積層、堆積岩	有(海域南に警固F)	1985年の地調探査では、断層付近に僅かな変化有り。しかし、活断層とは特定できず
2012年茨城県北部	5.2	N			深成岩(花崗岩)		困難
2011年和歌山県北部	5.0	R		△	堆積岩(付加体コンプレックス)		仏像構造線沿いではある

## 参考文献

- 産業技術総合研究所地質調査総合センター（編）（2012）20万分の1日本シームレス地質図データベース（2012年7月3日版）．産業技術総合研究所研究情報公開データベース DB084，産業技術総合研究所地質調査総合センター．
- 垣見俊弘，松田時彦，相田勇，衣笠善博（2003）日本列島と周辺海域の地震地体構造区分，地震，55，389-406．
- 松田時彦（1990）最大地震規模による日本列島の地震分布図，地震研究所彙報，65，289-319．
- 隈元 崇（2001）鳥取県西部地震で提起された地震の発生確率と規模の推定に関する課題，活断層研究，20，71-78．
- 島崎邦彦（2008）震源断層より短い活断層の長期予測，日本活断層学会 2008 年度秋期学術大会予講集，S-05．
- 武村雅之（1998）日本列島における地殻内地震のスケーリング則—地震断層の影響および地震被害との関連—，地震，51，211-228．
- 香川敬生，壇一男，大塚康弘，本橋章平（2005）確率論的地震危険度評価のための潜在断層地震の発生確率設定法，土木学会地震工学論文集，28，1-6．
- 原子力安全委員会（2003）原子力安全基準・指針専門部会 耐震指針検討分科会 地震・地震動ワーキンググループ，第12回会議資料．