

活断層の地域評価

「中国地域の活断層の長期評価(第一版)の概要」(平成28年7月)
を抜粋、一部修正

令和5年11月
地震調査研究推進本部 事務局

活断層の地域評価の位置づけ

日本列島周辺で発生する地震のタイプ



※「活断層」とは地層を観察すると、もとはつながっていた地層がある面を境に食い違っていることがあります。このような食い違いを断層と呼んでいます。断層に沿って、両側の岩盤がずれ動くことによって地震が発生します。活断層とは、過去に繰り返し地震が発生し、今後も活動すると考えられている断層のことです。

地震について
知りたいこと

南海トラフの地震の切迫性・影響は？

自分の町・地域に活断層があるの？

どの箇所から優先的に耐震化を進めるか？
最適な資源の分配は？

〇〇地震ではどの範囲にまで被害が及ぶ？
応急対策・復旧戦略は？

この家に住みづけても大丈夫？

〇〇地震が来ても、十分耐えられるようにしたい。



地震本部の成果

内陸の活断層で発生する地震

主要活断層帯の長期評価

断層長 20km以上、規模 \geq M7.0
位置・規模・動き方・発生確率

短い活断層の長期評価

断層長20km未満、規模 \geq M6.8
位置・規模・動き方・発生確率
陸域から延長する沿岸海域の活断層や、地下に伏在する部分も含み検討

活断層の地域評価

- ・被害を起こす可能性のある活断層を細かく検討
- ・地域ごとの発生確率値

海溝型地震

海溝型地震の長期評価

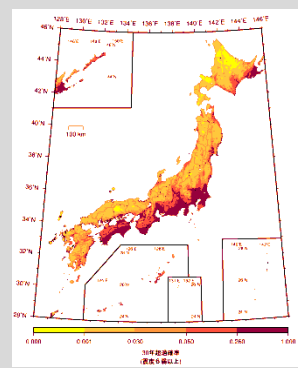
位置・規模・動き方・発生確率



地震動予測地図

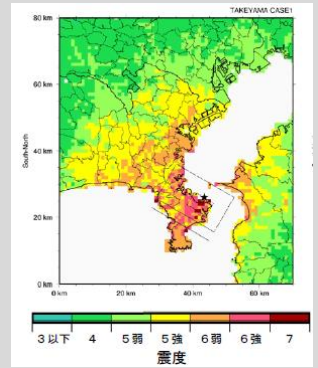
確率論的地震動予測地図

今後30年間に震度6弱以上の揺れに見舞われる確率



震源断層を特定した地震動予測地図

ある断層が動いたときの周囲の震度分布



長期評価を基に作成

どんな地震が将来想定されるか？

想定される地震によってどんな揺れに見舞われるか？

評価の経緯

従来の活断層の長期評価(～H17)

■ 基盤的調査観測対象の活断層帯(主要活断層帯)を対象

- 確実度Ⅱ以上、地表の長さ20km(マグニチュード7.0に相当)以上、活動度B級(0.1m～1m/千年)以上が基本的な選定の基準
- 個々の主要活断層帯ごとに評価

114断層帯
※2023年11月時点

■ 課題

- 主要活断層帯以外(地表の長さが短い活断層、沿岸海域)で被害地震が発生
- M7未満の地震でも被害が生じている
 - 例) H16 新潟県中越地震(M6.8) H19 能登半島地震(M6.9) H19 新潟県中越沖地震(M6.8)
H26 長野県北部を震源とする地震(M6.7)

従来の長期評価では
カバーできない地震規模

「活断層の長期評価手法」(暫定版)(H22)

- 地域評価の導入
- 評価対象とする活断層の見直し 等

個々の断層毎の評価では、地域で起こる活断層による地震の傾向が良く見えない

被害地震を発生させる活断層をなるべく拾う

活断層の地域評価(H25～)

- 九州地域(平成25年2月)
- 関東地域(平成27年4月)
- 中国地域(平成28年7月)
- 四国地域(平成29年12月)

現在、近畿地域を審議中

活断層による地域のハザード情報
「XX年に1回程度の頻度で、活断層やそれ以外の陸域の浅い地震に見舞われるおそれがある」ことを示すことができる。

地域評価の特徴

■ 評価する活断層の対象を拡大

- 地表の断層長さ20km以上(主文・説明文・特性表) → 15km以上(主文・特性表)を評価、**15km未満を簡便評価(特性表)**
- 活動度B級(0.1~1m/千年)以上 → 活動度C級も評価
- 陸域の活断層に加え、**沿岸海域**の活断層も評価
- 地表に現れている部分だけでなく、地質や地球物理学的情報に基づき、**地下の断層面の長さ**を評価

■ 個々の活断層だけでなく、**地域単位**で評価を実施

- 地質構造や地殻変動、地震活動等の情報も利用
- 地域に存在する活断層、地域単位での特徴、地震発生確率を評価

■ 主要活断層帯の評価との主な違い

		主要活断層帯の評価	地域評価
対象 活断層	規模	20km以上(主文・説明文・特性表)	15km以上(主文・特性表) 15km未満(特性表)
	場所	陸域	陸域・沿岸海域
	範囲	地表に現れている部分のみ	地下の延長部も推定して評価
評価方法		個別に活断層を評価	・個別に活断層を評価 ・地域単位で活断層を評価

① 対象地域内の評価対象活断層の洗い出し

- 活断層の位置の判読や活動度・既存の研究成果等を参照し、以下のように分類

①評価対象活断層

②評価対象としなかった構造(可能性のある構造/可能性の低い構造)

② 地域内の区分

- 活断層の特性や地質構造などにに基づき区分

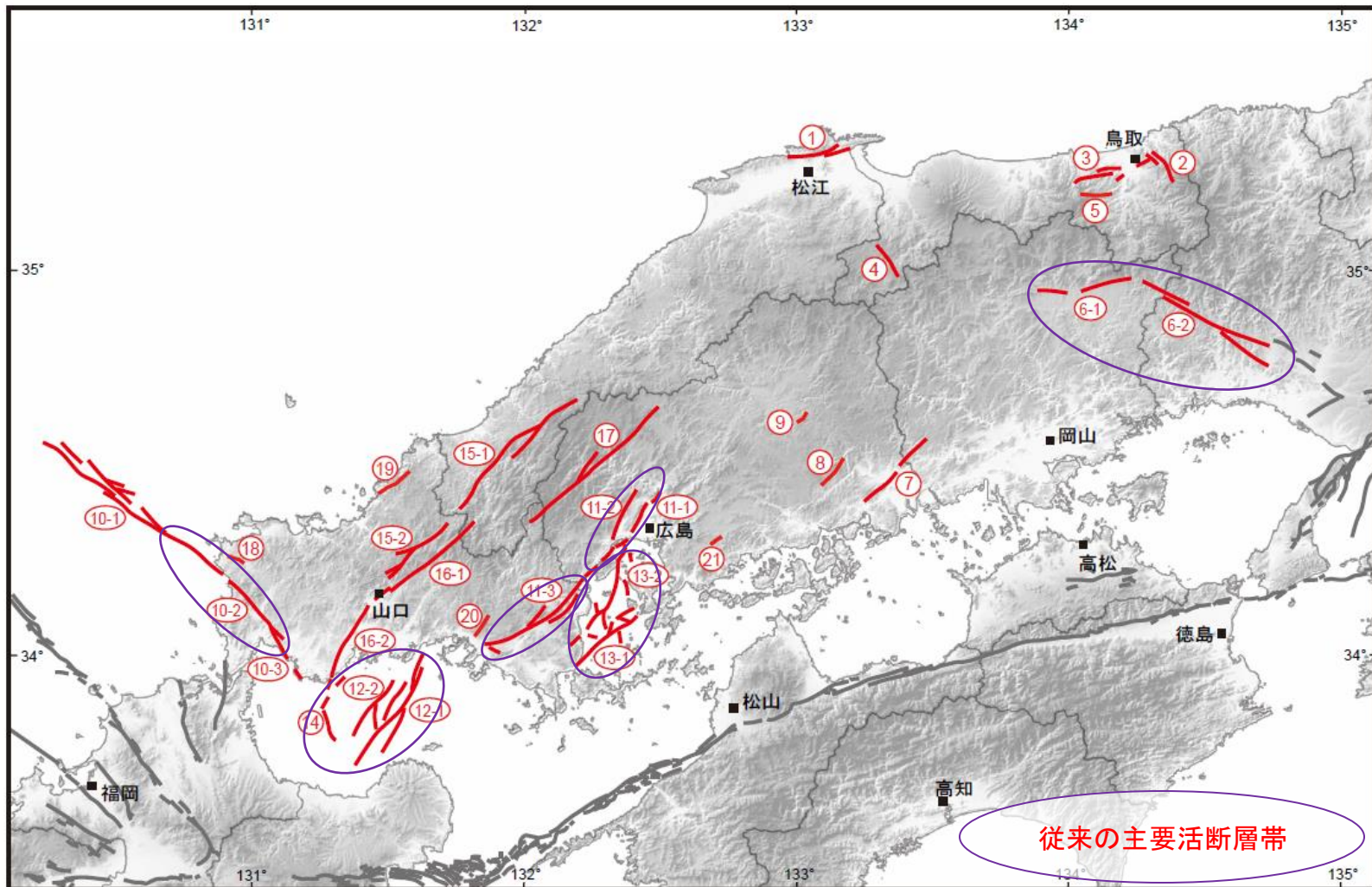
③ 既存の活断層改訂・新たな活断層の評価

- 既存の主要活断層帯は、前回評価以後、得られた新たな知見を取り入れて評価を見直し
- 新たに評価対象となった活断層の地震発生確率等を評価

④ 対象地域の活断層で発生する地震の長期評価

- 個別の活断層の評価結果をもとに、「活断層の活動によって今後30年以内にM6.8以上の地震が起きる確率」を計算
- 最近の地震活動から統計的経験則(G-R則)に基づき計算した確率と比較

① 中国地域内の評価対象活断層

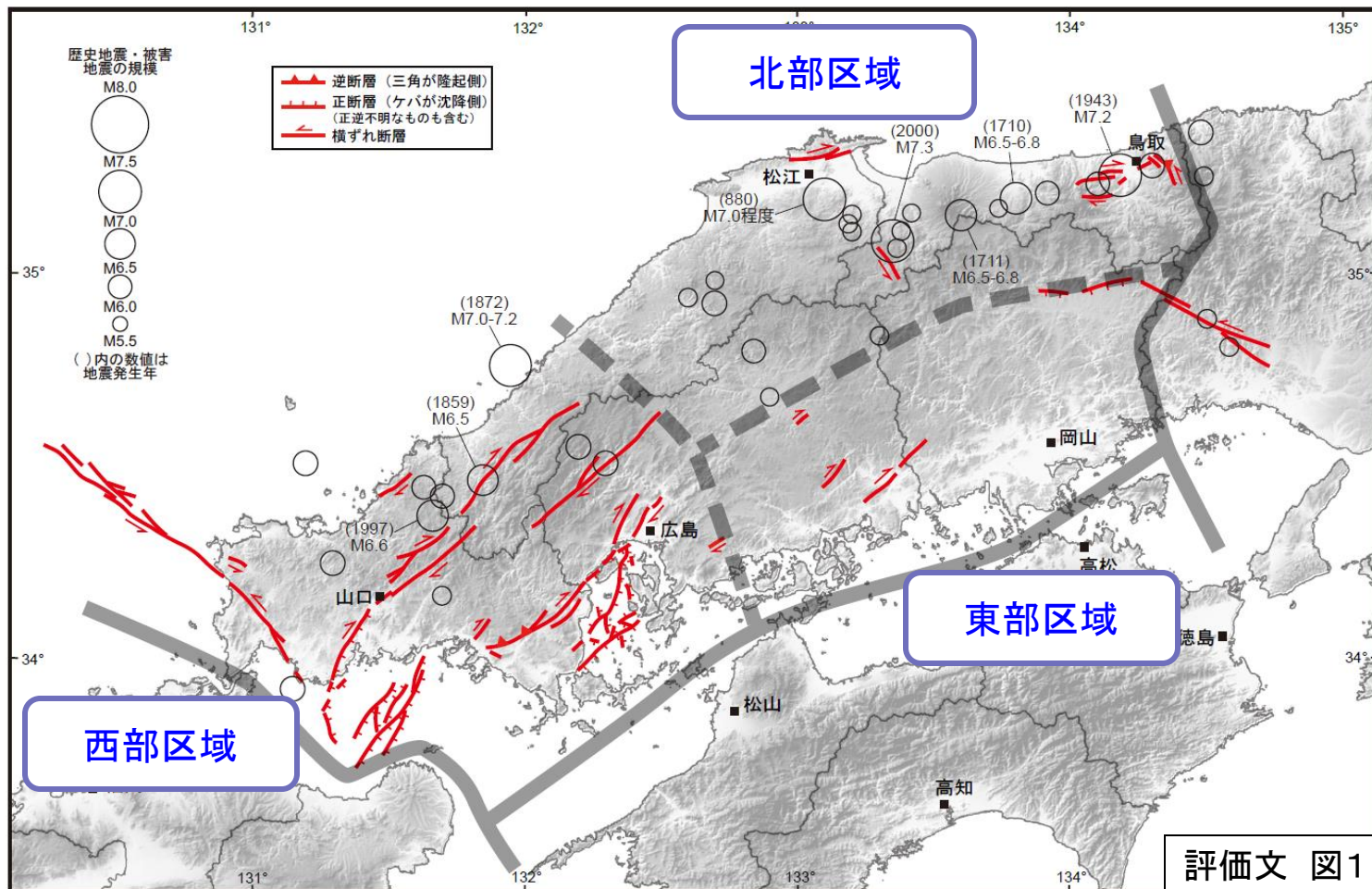


注意: 評価の対象を主要活断層帯(長さ20km以上)以外の活断層にも広げているが、全ての活断層を評価の対象にできたわけではない。

活動度が低く痕跡が残りにくい、伏在断層
海域内に分布、火山活動との関係

②中国地域内の区分

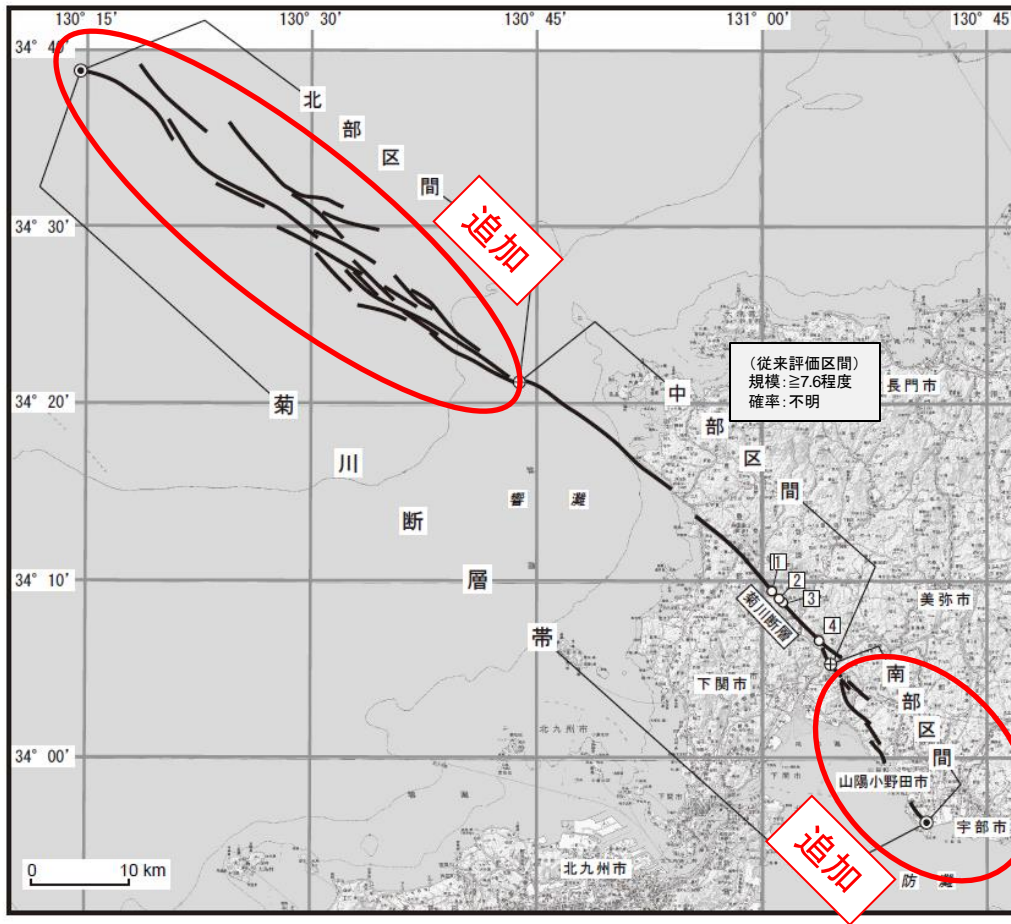
活断層の分布・特徴、地質構造や地震活動の特性を基に、3つの区域に分割



中国地域の評価対象の活断層、ずれの向きと種類及び歴史地震・被害地震の震央

区域は、短期間で変化する事の無い、活断層の特徴やこれを形成した要因となる地質・地下構造等の特性を考慮した。このため、境界は明確に分かれるものではなく、また地震活動を縛るものでもない。

③【例】菊川断層帯の改訂ポイント



●北部区間【新たに追加】

北西端は沖合の響灘沖まで延長
→約53km

●中部区間【従来評価区間】

過去の活動履歴が複数判明
→地震後発生経過率 0.6-1.4

●南部区間【新たに追加】

南東端は山陽小野田市竜王山付近まで延長。海域にさらに延びる可能性もある。

→約18kmもしくはそれ以上

→(課題) 沖合に宇部南方沖断層

区間	規模 (M)	30年以内発生確率	備考
北部	7.7程度	不明	最新活動時期: 1.4万年前以降
中部	7.6程度	0.1-4%	平均活動間隔: 4.1-5.9千年 地震後経過率: 0.6-1.4
南部	≥6.9程度	不明	過去の活動履歴が得られていない
(全体)	≥7.8-8.2程度	各区間の発生確率を超えない	(課題) 南東に延びる可能性→宇部南方沖断層

④地域の活断層で発生する地震の長期評価

＜区域毎の発生確率の算出手順と比較＞

個別の活断層での地震発生確率

- 発生確率が不明な活断層：平均活動間隔 R を仮定
 - 平均変位速度S(m/千年)と1回変位量D(m)から $R=D/S$ で算出
 - 平均変位速度：「新編日本の活断層」等に示された活動度(A～C)に応じて仮定(評価文 付表2)

地域内の活断層によるM6.8以上の地震発生確率(地域確率)

- 手法1) 区域内の評価対象活断層の発生確率の集合から地域確率を求める ←
 - 個別の活断層の発生確率の幅の取扱い
 - 地表の証拠からは活動の痕跡を認めにくい地震の考慮
- 手法2) 区域内の最近の地震活動から統計的経験則により地域確率を求める
 - 近代以降(1923年～)の地震観測結果を基にしたG-R則より、M6.8以上の地震が発生する確率を計算



区域内の2つの手法の地域確率を比較・考察

それぞれの手法による評価が妥当であれば地域内でM6.8以上の地震が発生する確率は

手法1(活断層を正確に把握) \geq 手法2(短期間での平均的な地震活動)

④地域の活断層で発生する地震の長期評価

手法1) 区域内の活断層の発生確率の集合から地域の発生確率を求める

個別の活断層の発生確率の幅の取扱い

中国地域の活断層の長期評価(第一版)より抜粋

4-2. 評価地域の地震の発生確率の算出

各区域で将来一定規模以上の地震が発生する確率の計算法は、「活断層の長期評価手法(暫定版)」報告書(地震研究推進本部地震調査委員会長期評価部会, 2010)に基づく。各区域内で t 年間に少なくとも1回マグニチュードが y を超える地震が発生する確率 $P(Y > y; t)$ は、

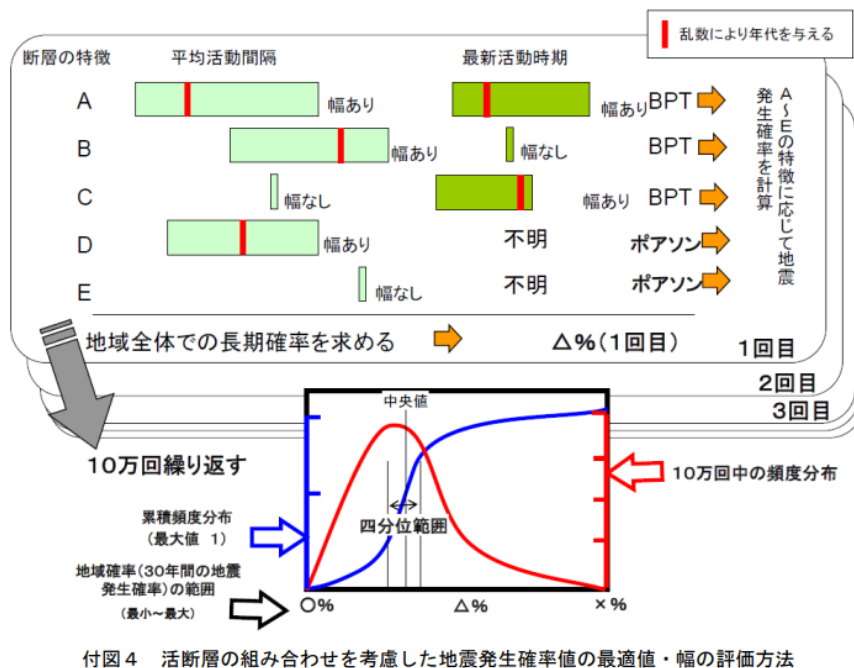
$$P(Y > y; t) = 1 - \prod \{1 - P_k(Y > y; t)\} \quad (A-2)$$

で与えられる。ここで P_k は k 番目の「評価単位区間」において t 年間にマグニチュードが y を超える地震が少なくとも1回発生する確率である。ここでは $P(Y > y; t)$ の t を30年、 y をM6.8とする。

活断層の活動時期は活動層準の直上と直下の地層の堆積年代で挟まれる期間として求められる。その結果、活断層調査で得られる最新活動時期や平均活動間隔は推定幅を伴い、それに基づいて算出される地震発生確率も幅を持つ(表10)。よって、式(A-2)による確率値は大きな幅を持つことになる。すべての活断層において平均活動間隔が幅の最大値を取り、最新活動時期が求まっているすべての活断層において幅の最新値を取ると、確率値は最小となる。その逆の場合、確率値は最大となる。

各活断層についての最新活動時期や平均活動間隔の推定幅を考慮した上で区域全体の地震発生確率 $P(Y > y; t)$ を評価するために、ここでは計算機で乱数を発生させる方法(モンテカルロ法)を採用する。具体的な手順は次のとおりである(付図4)。

- (1) ある区域に分布する活断層をA、B、…、Eとする(付図4)。活断層A-Eについて、それぞれ平均活動間隔及び最新活動時期の推定幅に基づいて一様分布を仮定して乱数を発生させ、平均活動間隔と最新活動時期の具体的な値を与える。
- (2) 活断層A-Eについて、それぞれ(1)で与えられた平均活動間隔と最新活動時期に基づき、BPT(Brownian Passage Time)分布(活動間隔のばらつきのパラメータ α は0.24とする)を仮定して地震発生確率を計算する。最新活動時期が不明な断層については、平均活動間隔をもとにポアソン過程を仮定して地震発生確率を計算する。
- (3) (2)による活断層A-Eの地震発生確率を式(A-2)に適用し、区域全体での確率を求める。
- (4) (1)-(3)の操作を一回の試行とし、同様にして10万回の試行を繰り返す。
- (5) 以上により、地震の発生確率のある値が10万回の試行の中で何回計算されたか、すなわち相対度数分布を求め、確率分布とみなす。区域全体の地震の発生確率の代表値として、上記で求めた確率分布の中央値及びその95%信頼区間を用いる。



地表の証拠からは活動の痕跡を認めにくい地震の考慮

「活断層の長期評価手法」報告書(暫定版)より抜粋

新手法においては、「地表の証拠からは活動の痕跡を認めにくい地震」の発生頻度について、主要活断層帯における過去の地震の発生状況に基づいて求めた、明瞭な地表地震断層を伴うケースとそうでない場合の出現傾向(2:1)を参照する。すなわち、トレンチ調査等で認められる活動間隔に、この比を乗じた値を「地表の証拠からは活動の痕跡を認めにくい地震」の発生間隔とする。この発生間隔からポアソン過程を用いてこれらの地震の発生確率を求め、将来の地震発生確率に上乗せすることとする。

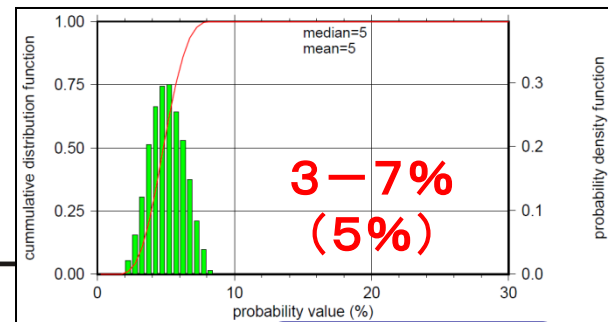
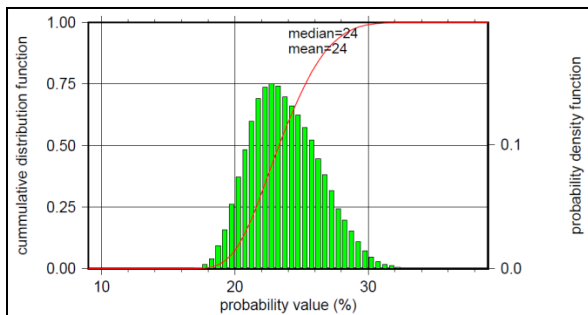
④中国地域の活断層で発生する地震の長期評価

手法1) 区域内の活断層の発生確率の集合から地域の発生確率を求める

全域

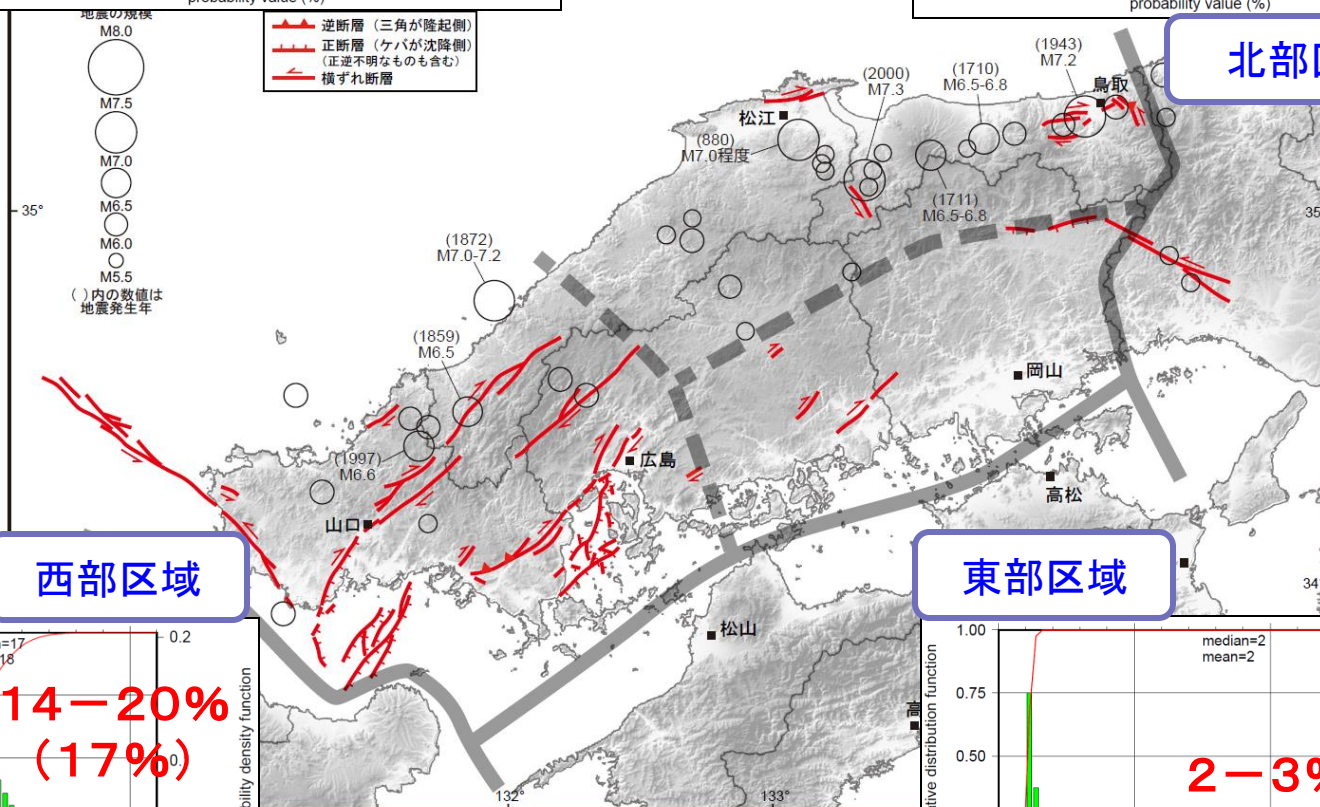
95%信頼区間
(中央値)

**19-30%
(24%)**



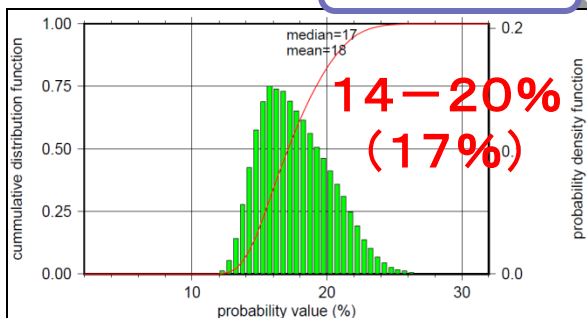
**3-7%
(5%)**

北部区域

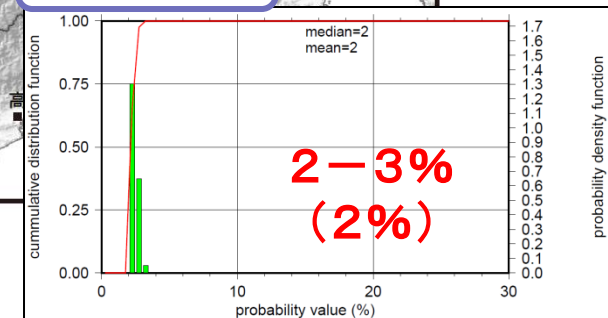


西部区域

東部区域



**14-20%
(17%)**

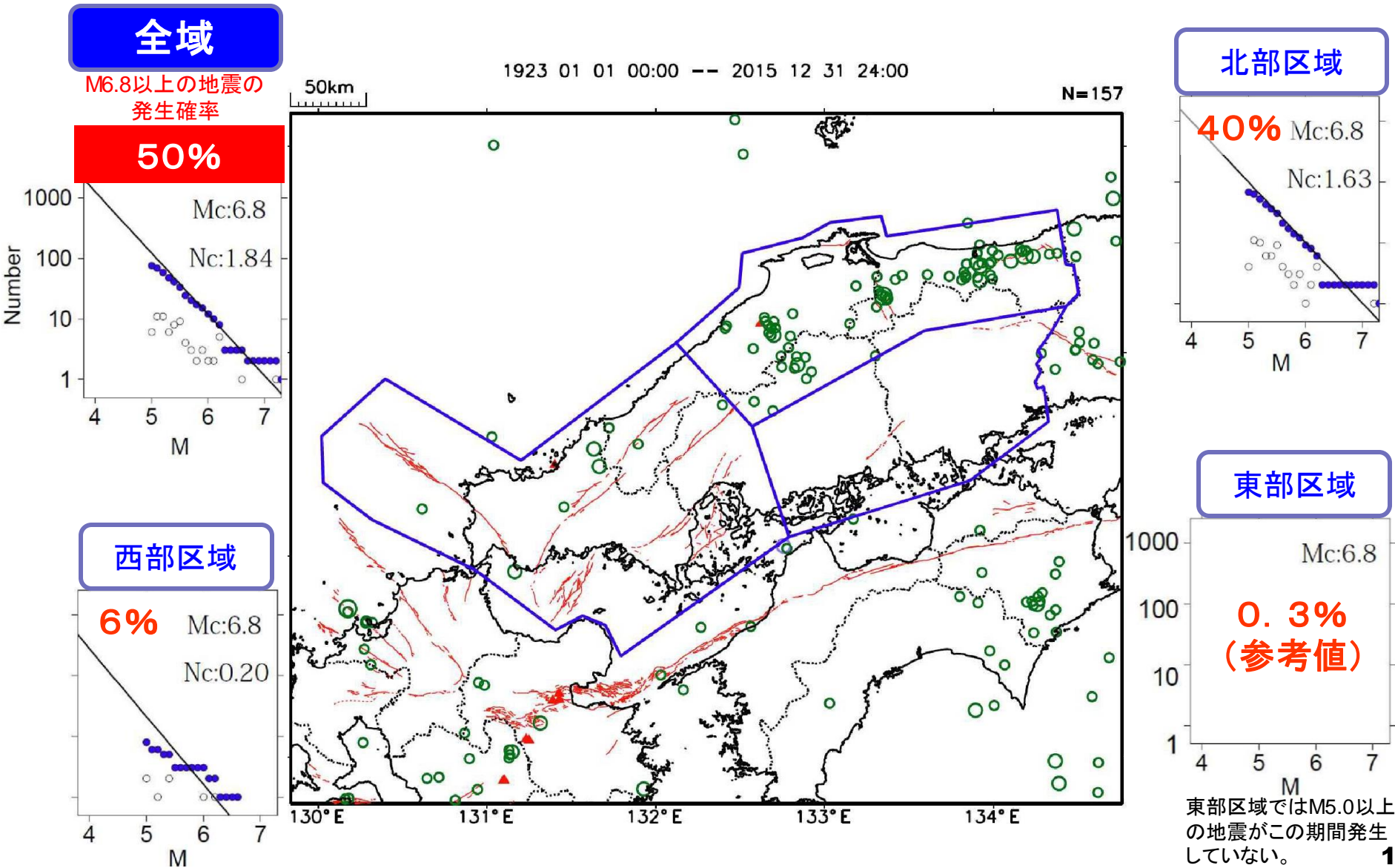


**2-3%
(2%)**

④中国地域の活断層で発生する地震の長期評価

手法2) 区域内の最近の地震活動から統計的経験則により地域の発生確率を求める

1923.1~2015.12(93年間) 深さ25km以浅で発生したM5.0以上の地震の規模別度数



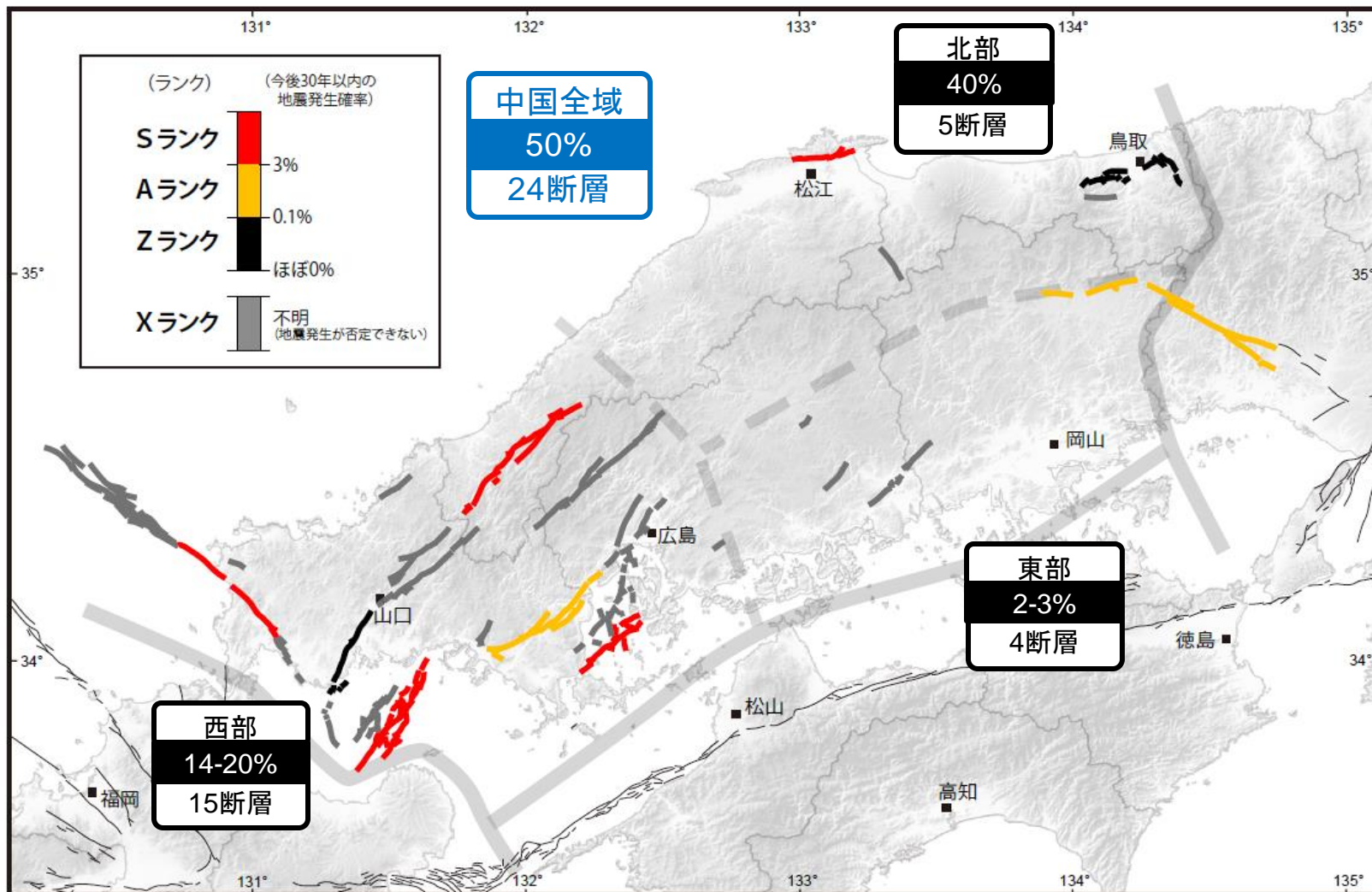
中国地域の活断層で発生する地震の長期評価

地域内でM6.8以上の地震が30年以内に発生する確率

北部区域・・・活断層は少ないが、地震活動は比較的活発

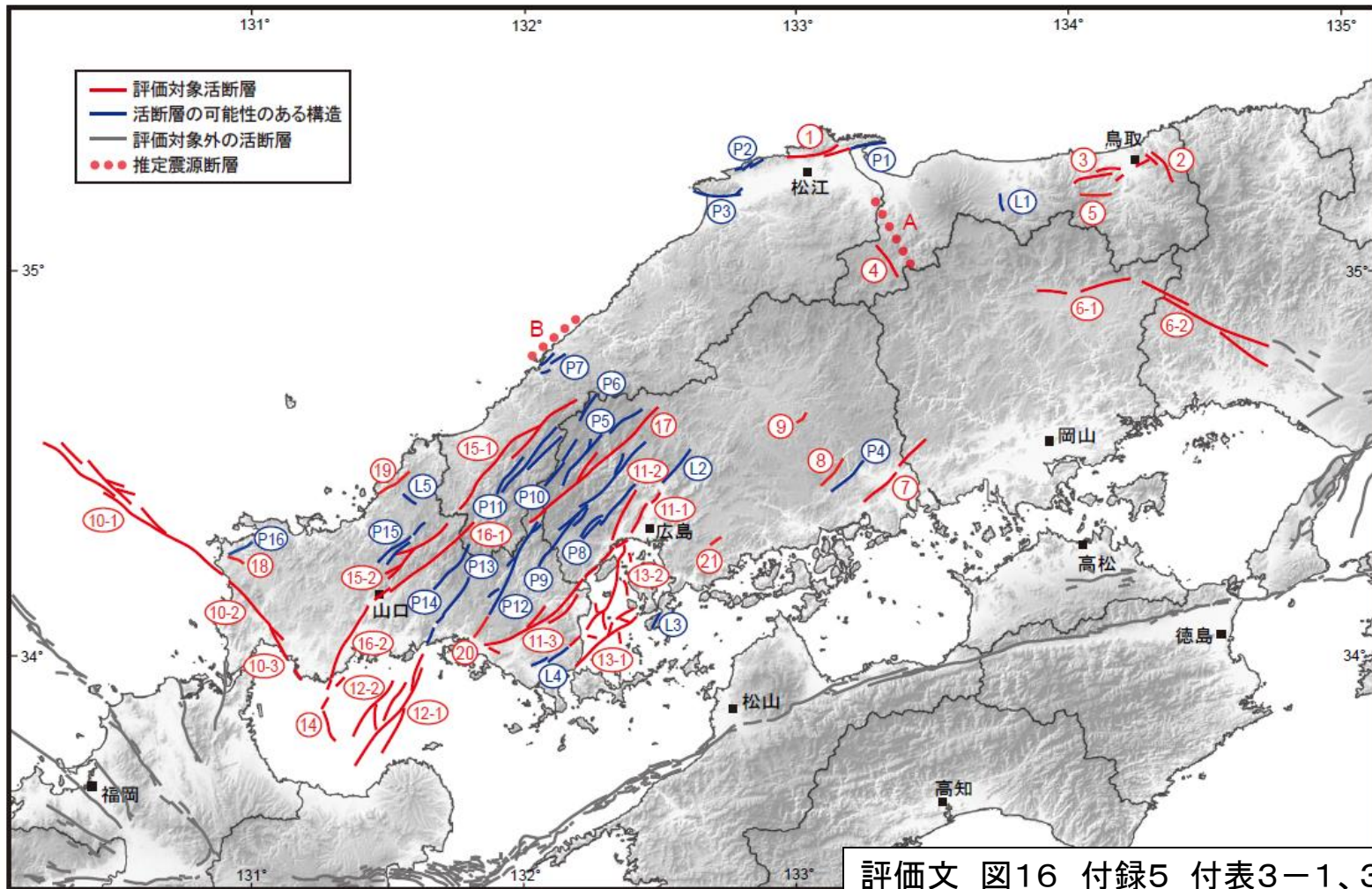
東部区域・・・活断層も少なく、地震活動も低調

西部区域・・・活断層が相対的に多く、活動性も概して高い



※黒細線は評価対象外の活断層

評価対象活断層としなかった構造



活断層の可能性のある構造: 評価を行うにあたって検討したが、結果として評価対象から外した構造

◆ 活断層の可能性のある構造 (P1~P16)

可能性はあるが、現時点では活断層としての証拠が揃っていないことから評価から外したもの

◆ 活断層の可能性が低いと判断した構造 (L1~L5)

活断層研究会(1991)等の既存文献で活断層と指摘されているものの、活断層の可能性が低いと判断したもの

參考資料

地表の証拠からは活動の痕跡を認めにくい地震の考慮

課題

2004年新潟県中越地震(M6.8 最大震度7)

→地表地震断層が認められた小平尾地点でのトレンチ調査の結果

地震に伴う変位量は最大でも20cm

トレンチ調査結果のみから中越地震をイベントとして把握できない？

「地表地質調査で痕跡を認めにくい地震」が過小評価されている可能性

対応

「地表の証拠からは活動の痕跡を認めにくい地震」が単位区間で発生する可能性を考慮



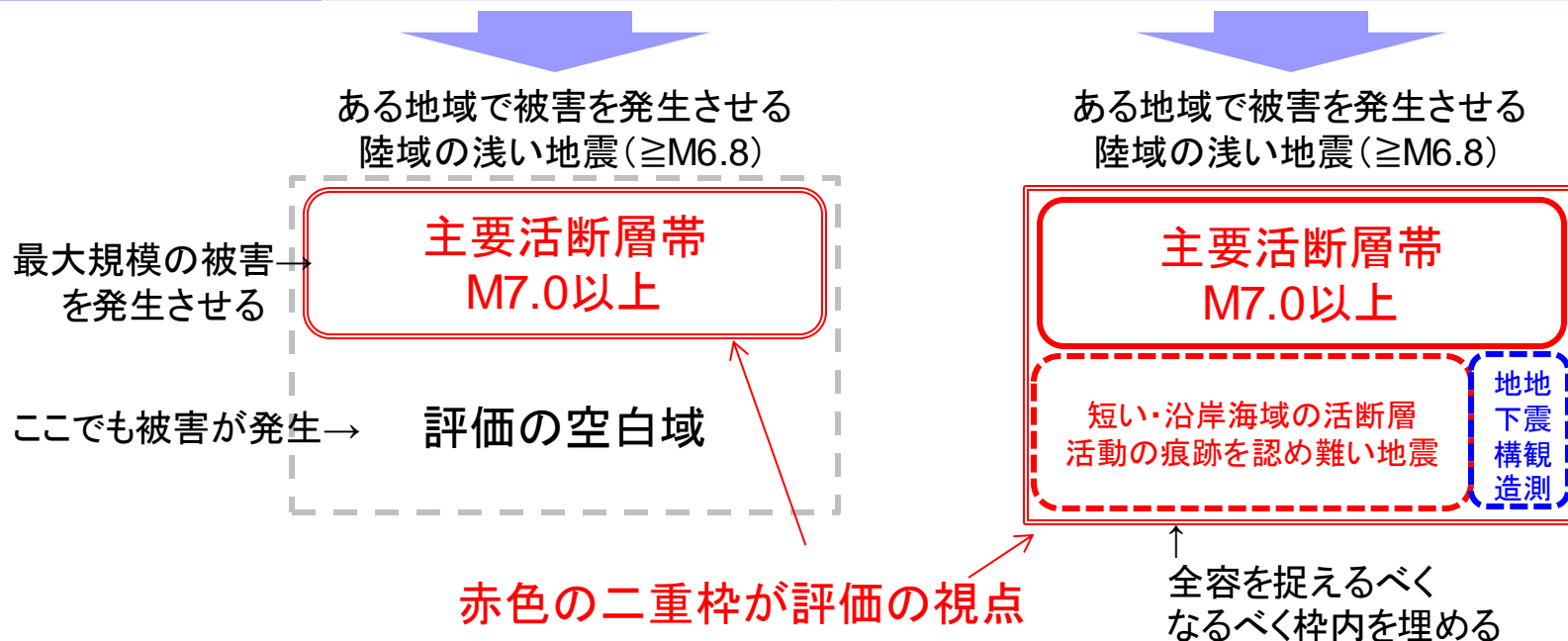
主要活断層帯において過去に発生したM6.8以上の地震で、明瞭な地表地震断層を伴う場合とそうでない場合の出現傾向(2:1)を参照

地表の証拠からは活動の痕跡を認めにくい地震の発生確率モデル

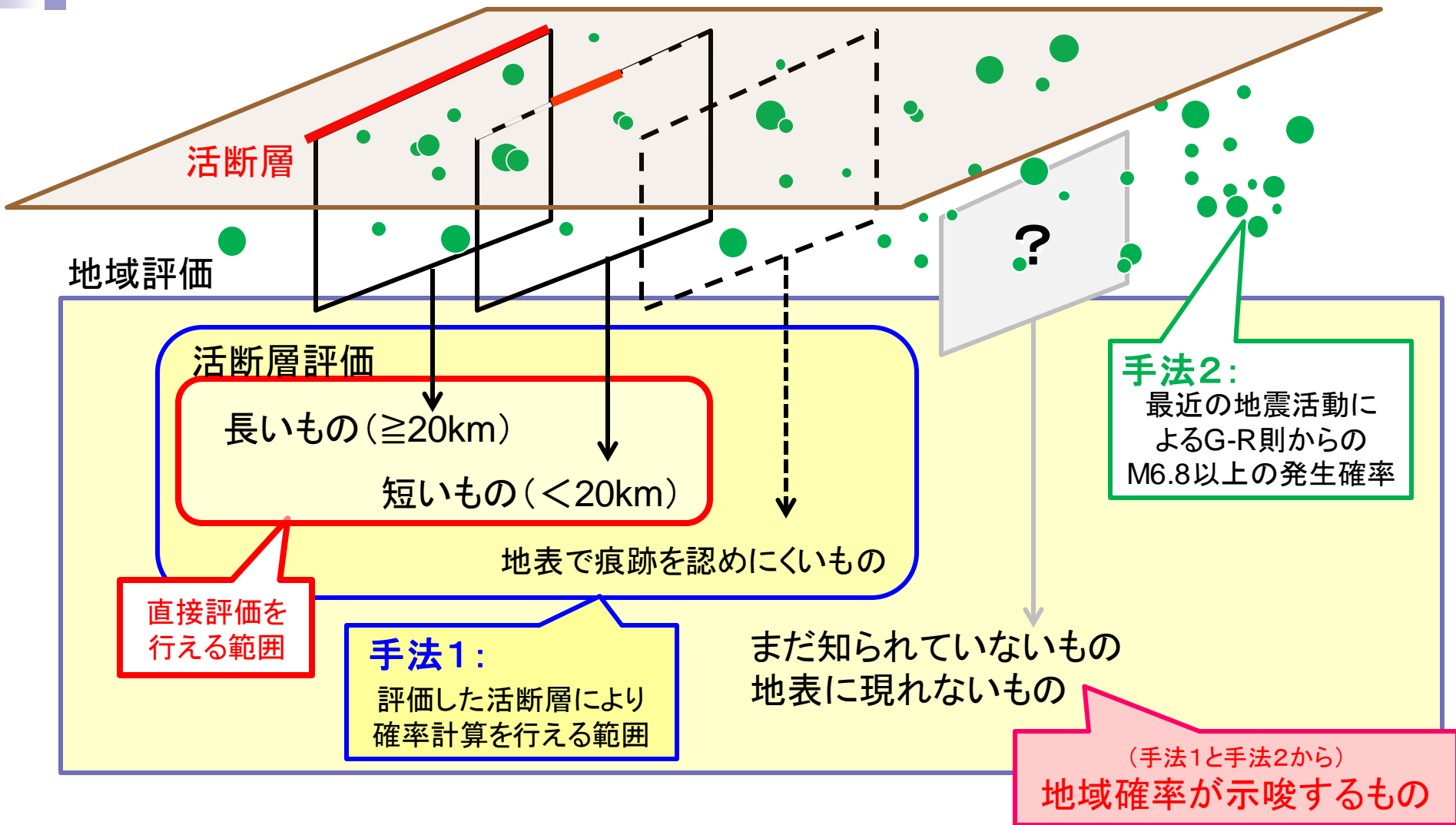
- ✓ 対象となる「単位区間」で得られている平均活動間隔の2倍の間隔で発生しているとみなし、ポアソン過程により地震発生確率を求める。
- ✓ 地震規模は、最大で地表の活断層長から想定される地震と同一規模、最小でM6.8とする。
(「活断層の長期評価手法」報告書(暫定版)p.58)

主要活断層帯の評価と地域評価の視点の違い

		主要活断層帯の評価	地域評価
対象 活断層	規模	20km以上 (主文・説明文・特性表)	15km以上(主文・特性表) 15km未満(特性表)
	場所	陸域	陸域・沿岸海域
	範囲	地表に現れている部分のみ	地下の延長部も推定して評価
評価方法		個別に活断層を評価	<ul style="list-style-type: none"> ・個別に活断層を評価 ・地域単位で活断層を評価



地域評価の確率値が示すもの



- ✓ 地域評価を行っても、「まだ知られていない」震源断層はあるかもしれない。
- ✓ 同じ区域であれば、未知の震源断層は既知のものと同じ特性である可能性がある。
- ✓ 最近の地震活動によるG-R則は、区域内の既知・未知を含む震源断層が動く可能性の下限を与える。

⇒地域の発生確率は、区域内の未知の震源断層の存在(多寡)とその活動の可能性を含んでいる。 18