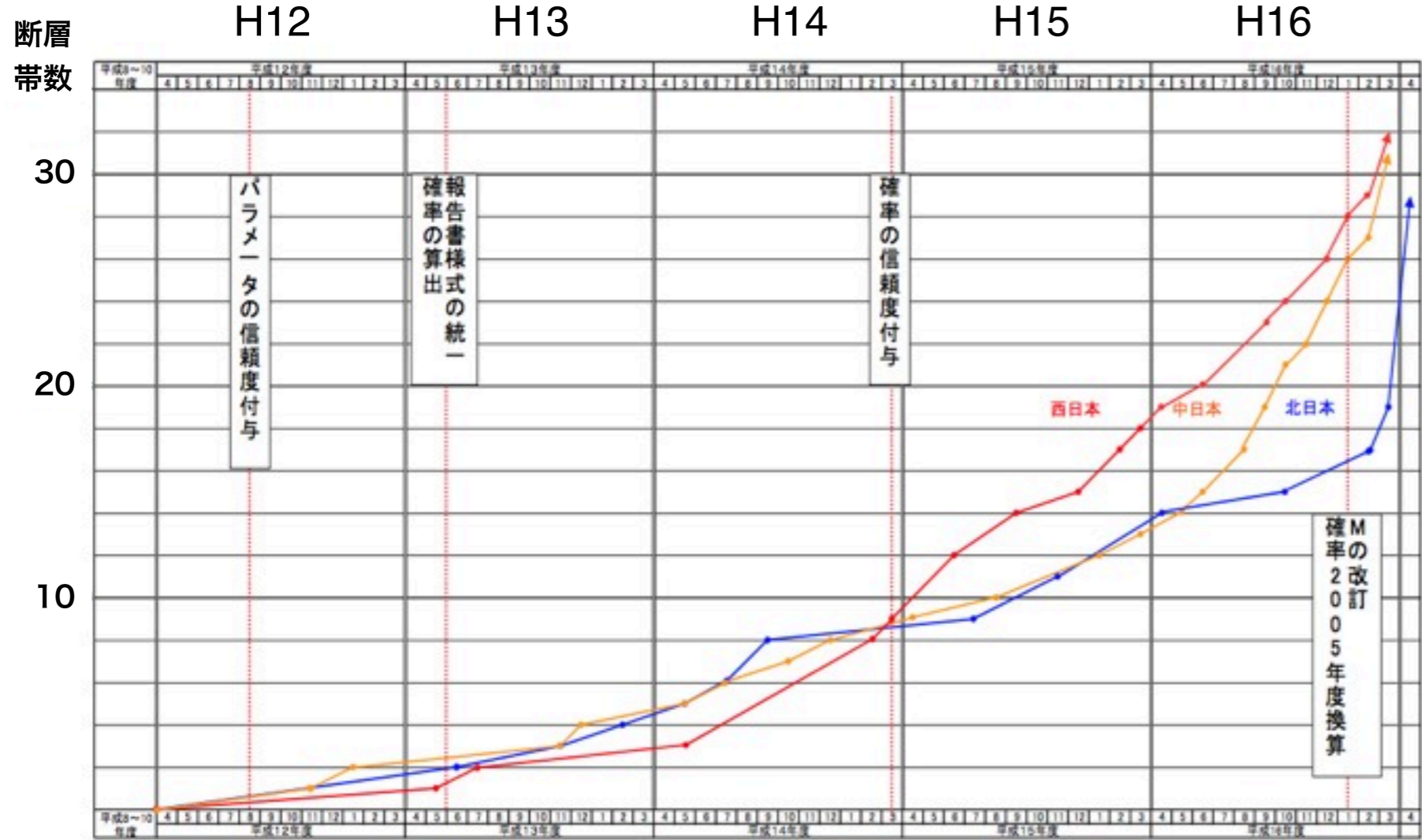


# 野島断層の功罪（その後の18年）

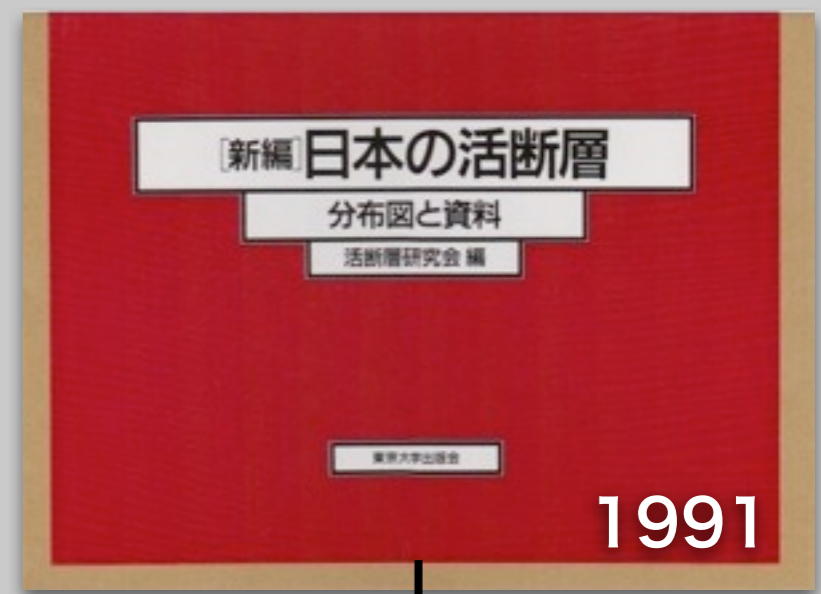


東北大学災害科学国際研究所 遠田晋次

# 第一次活断層ブーム



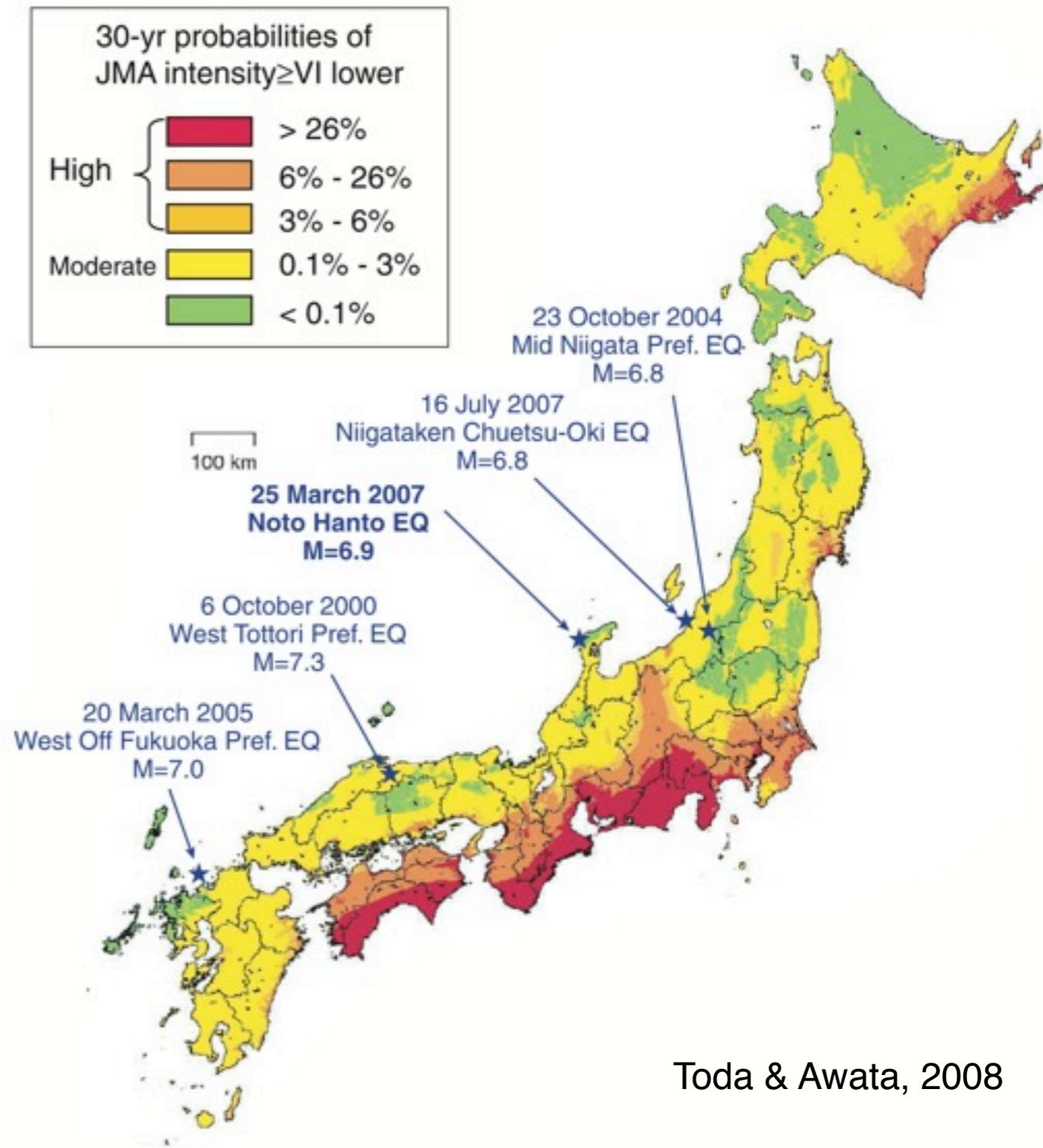
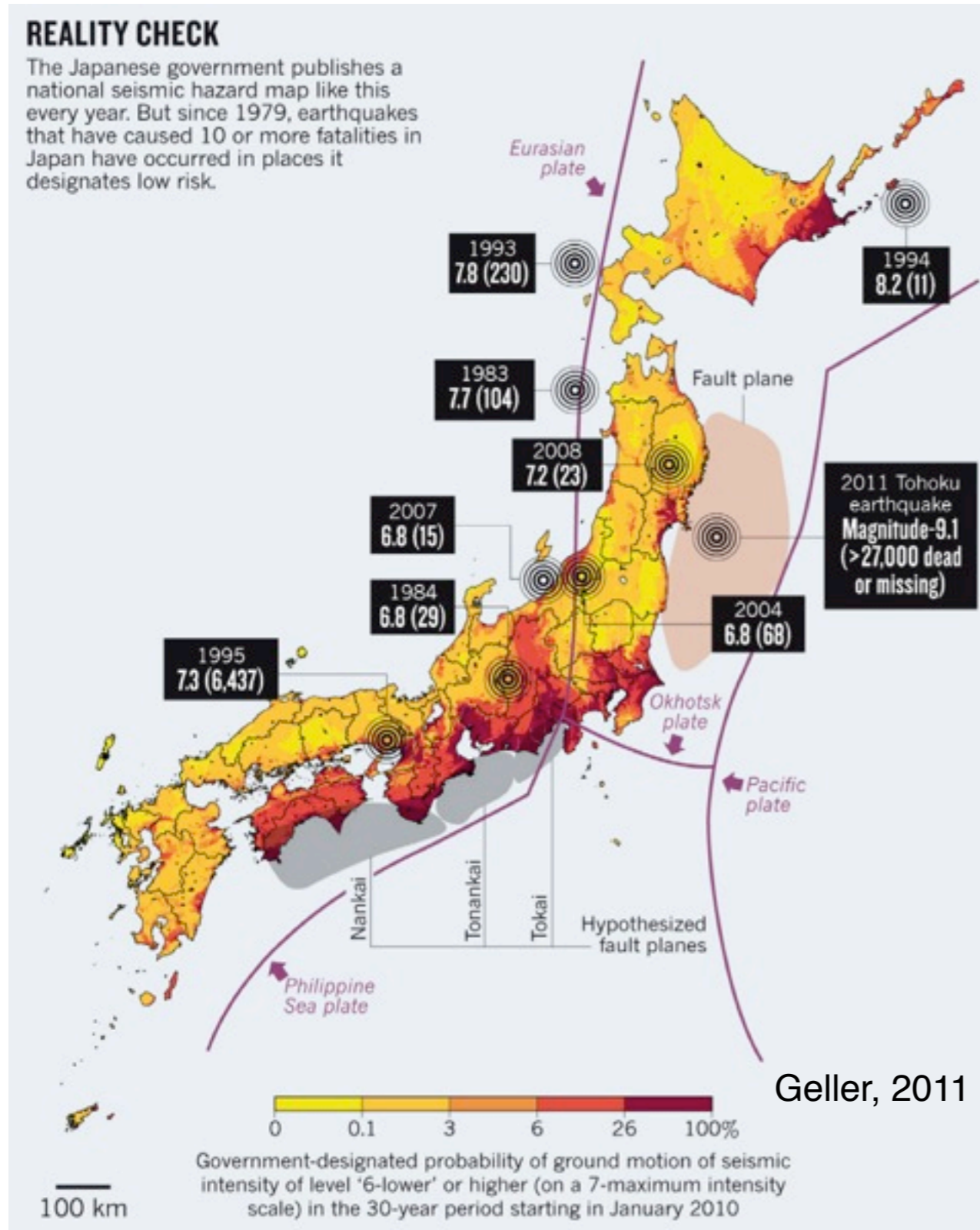
地震調査委員会 (2005)



↓

201X 活断層基本台帳 (?)

# 「期待を裏切った」 兵庫県南部地震後の内陸被害地震



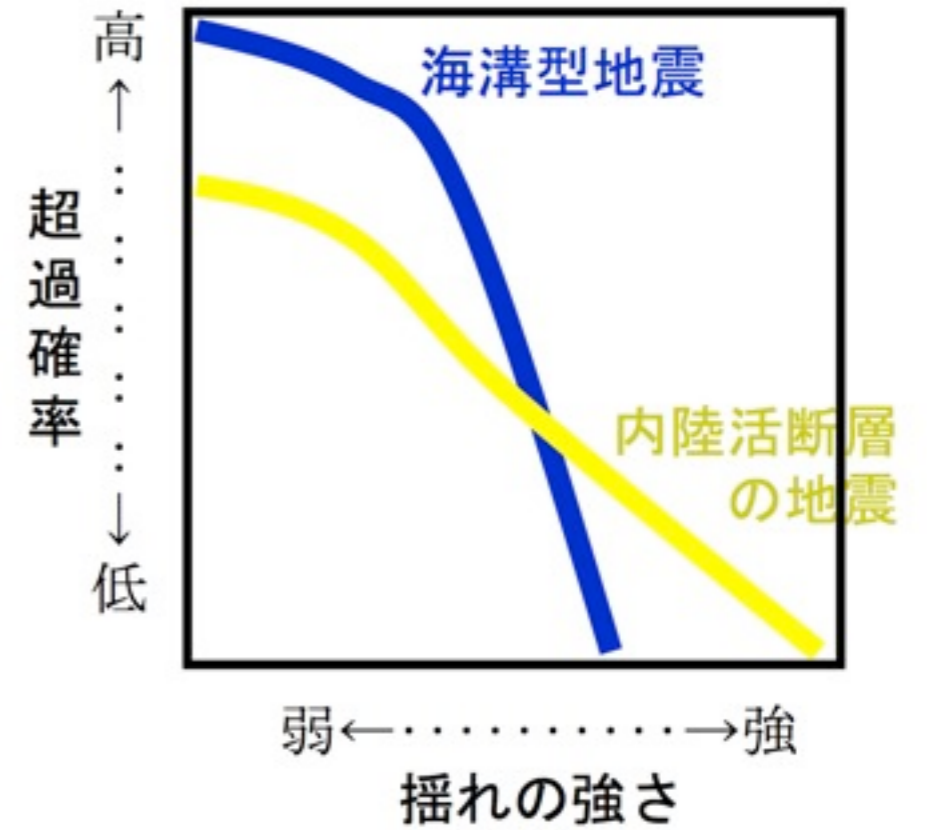
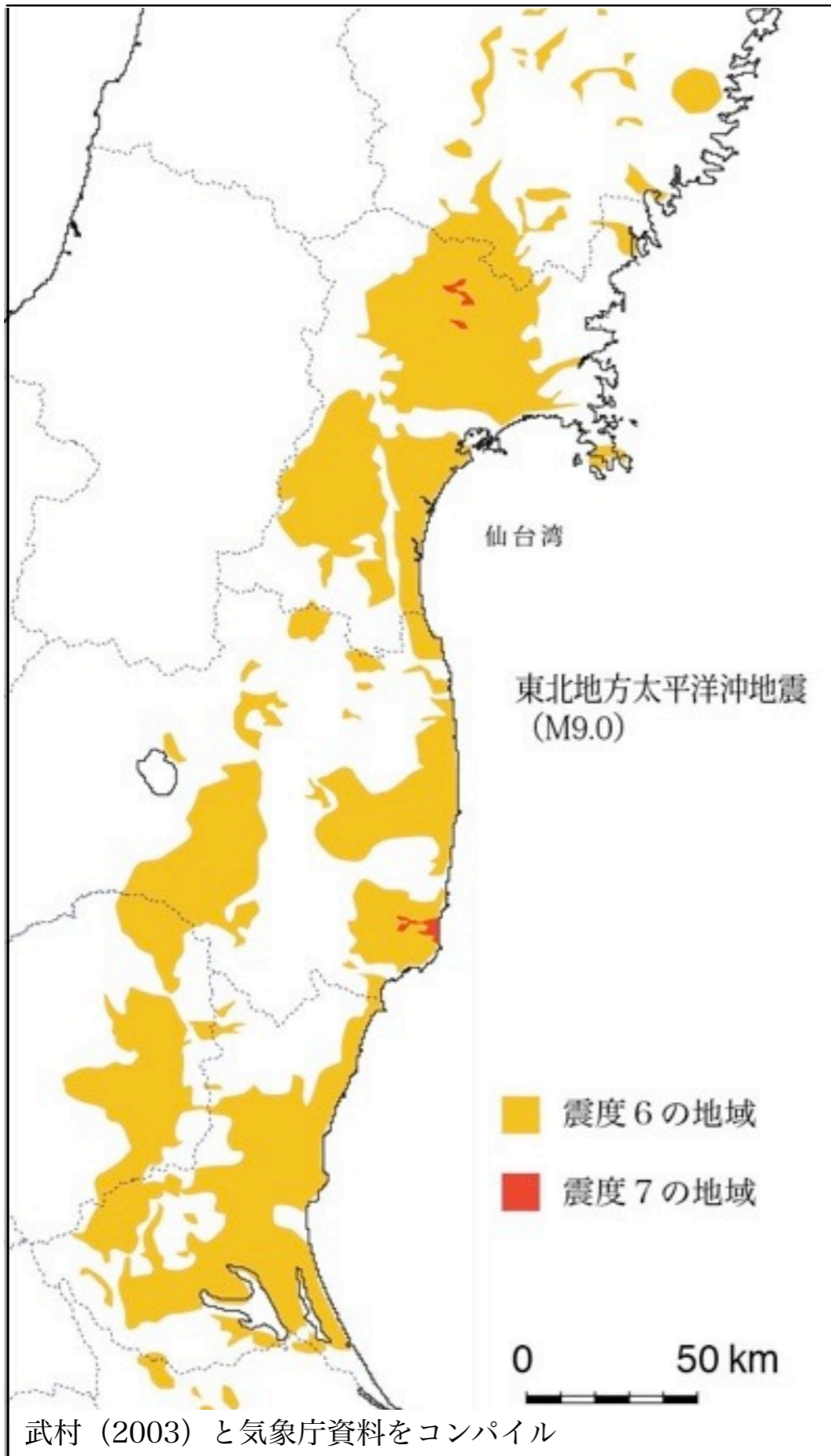
Review Article

Tectonophysics

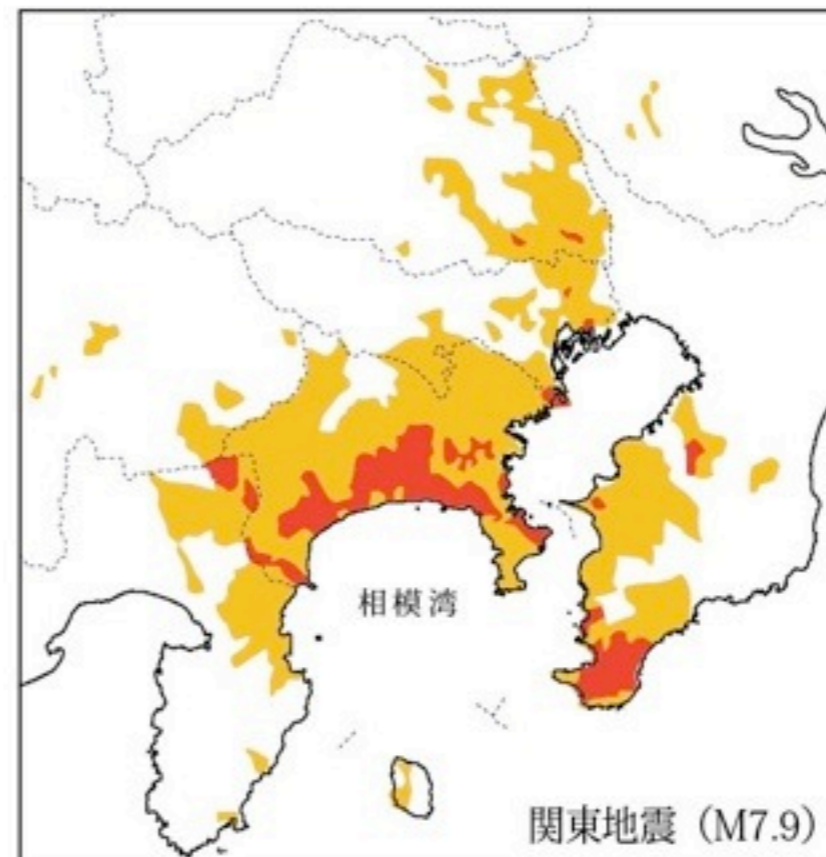
Why earthquake hazard maps often fail and what to do about it

Seth Stein <sup>a,\*</sup>, Robert J. Geller <sup>b</sup>, Mian Liu <sup>c</sup>

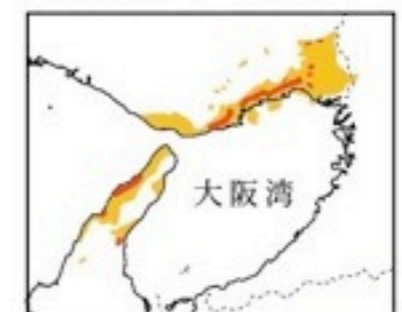
# 「地震動の超過確率」 ≠ 「地震発生確率」



地震調査委員会 (2009)

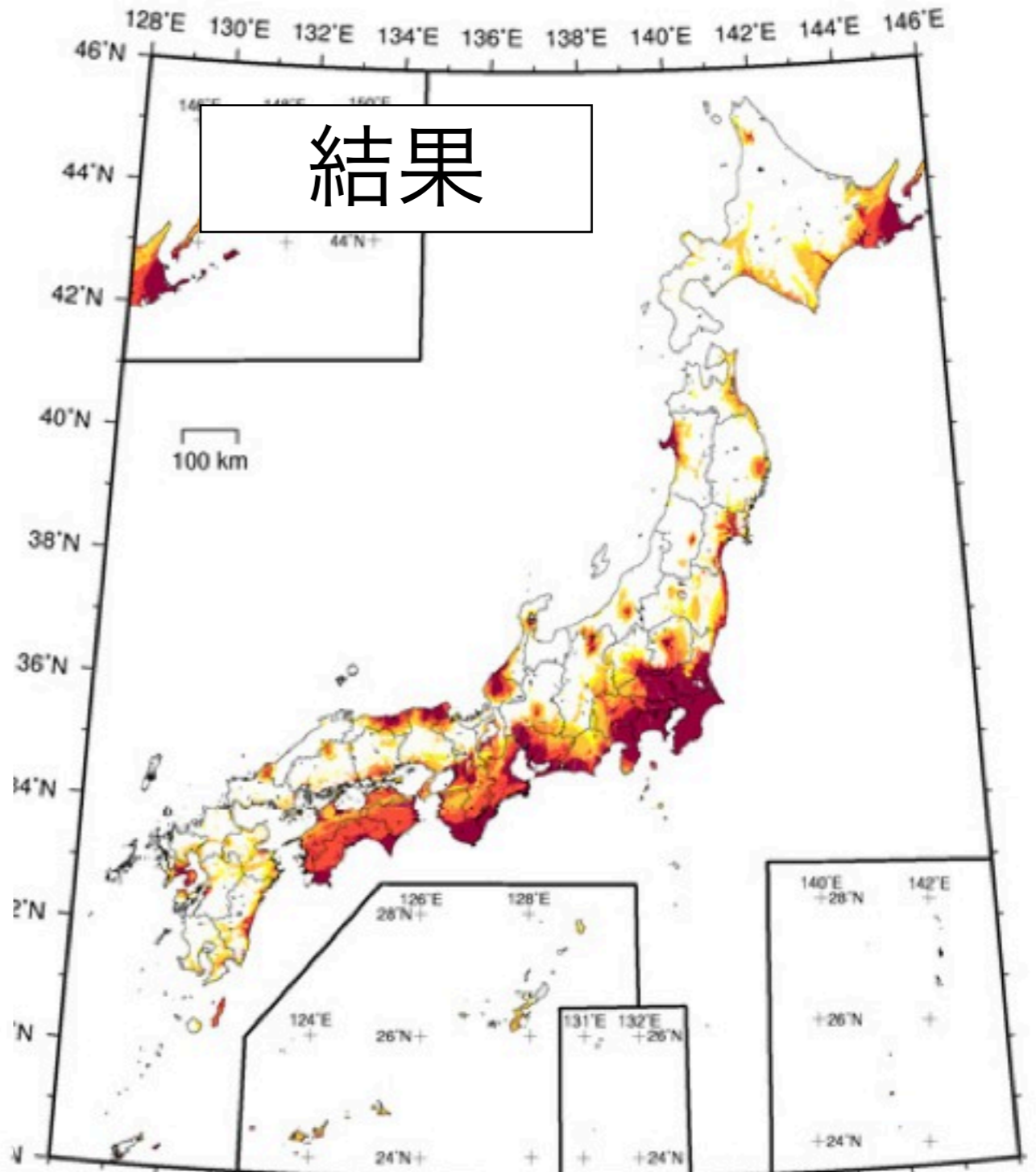
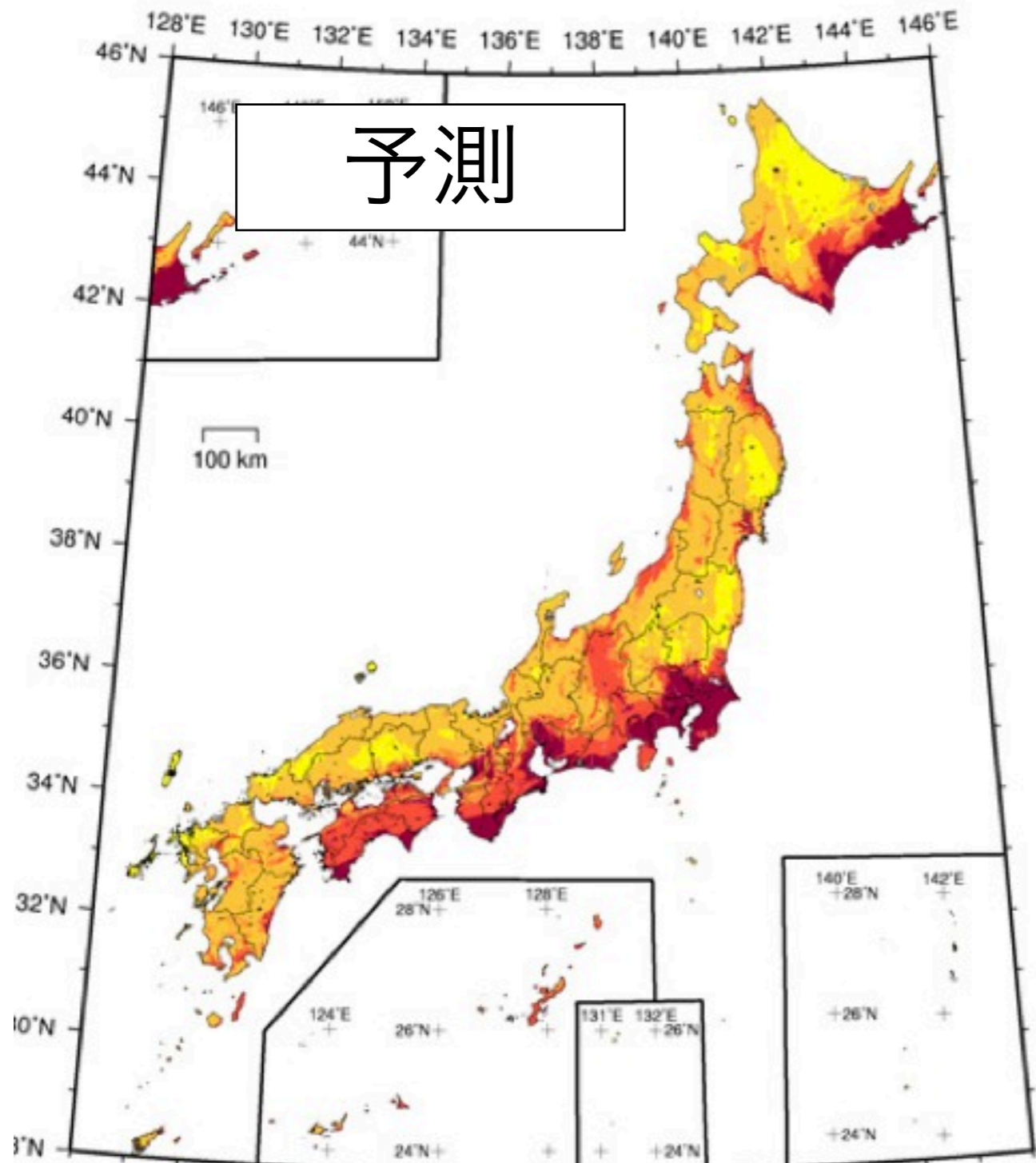


兵庫県南部地震 (M7.3)



# 1920年時点での30年間 (-1950年) 回顧的評価

石川ほか, 2011



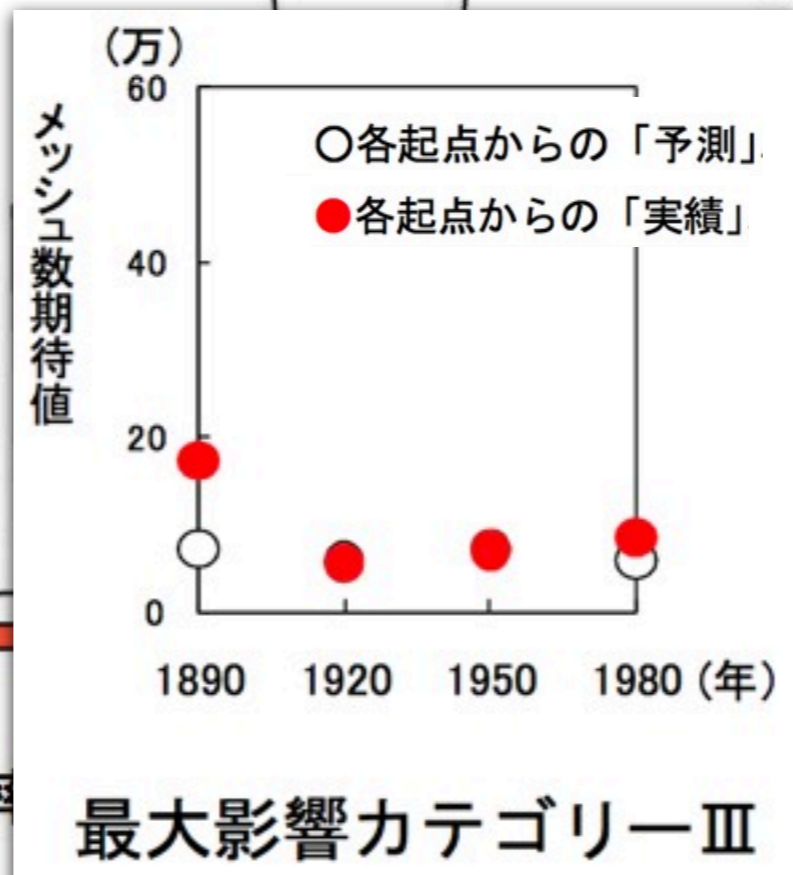
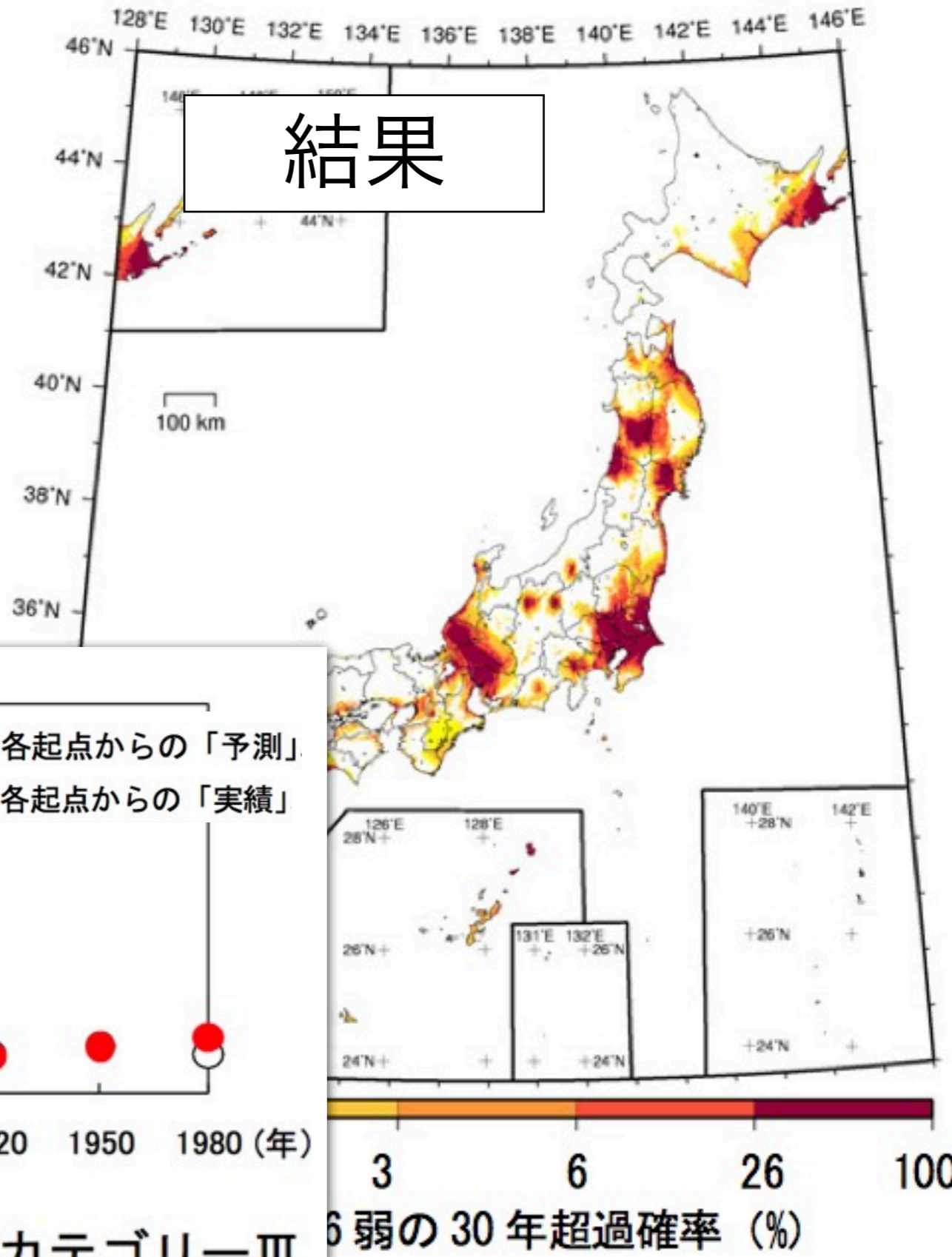
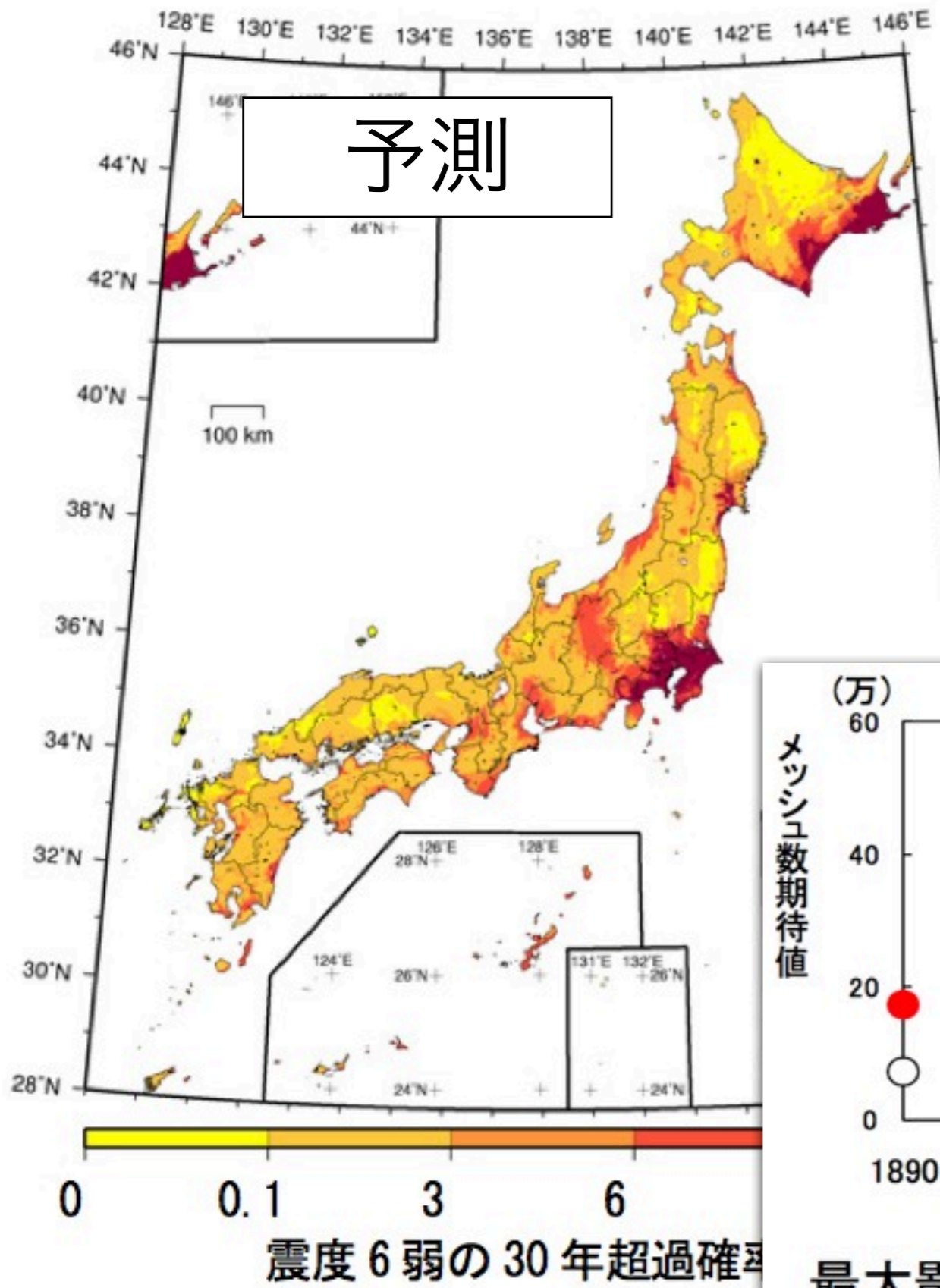
震度 6 弱の 30 年超過確率 (%)



震度 6 弱の 30 年超過確率 (%)

# 1890年時点での30年間 (-1920年) 回顧的評価

石川ほか, 2011



# M $\geq$ 6.5の内陸地震のうち約半分で地表地震断層出現とはいうが

M $\geq$  6.5

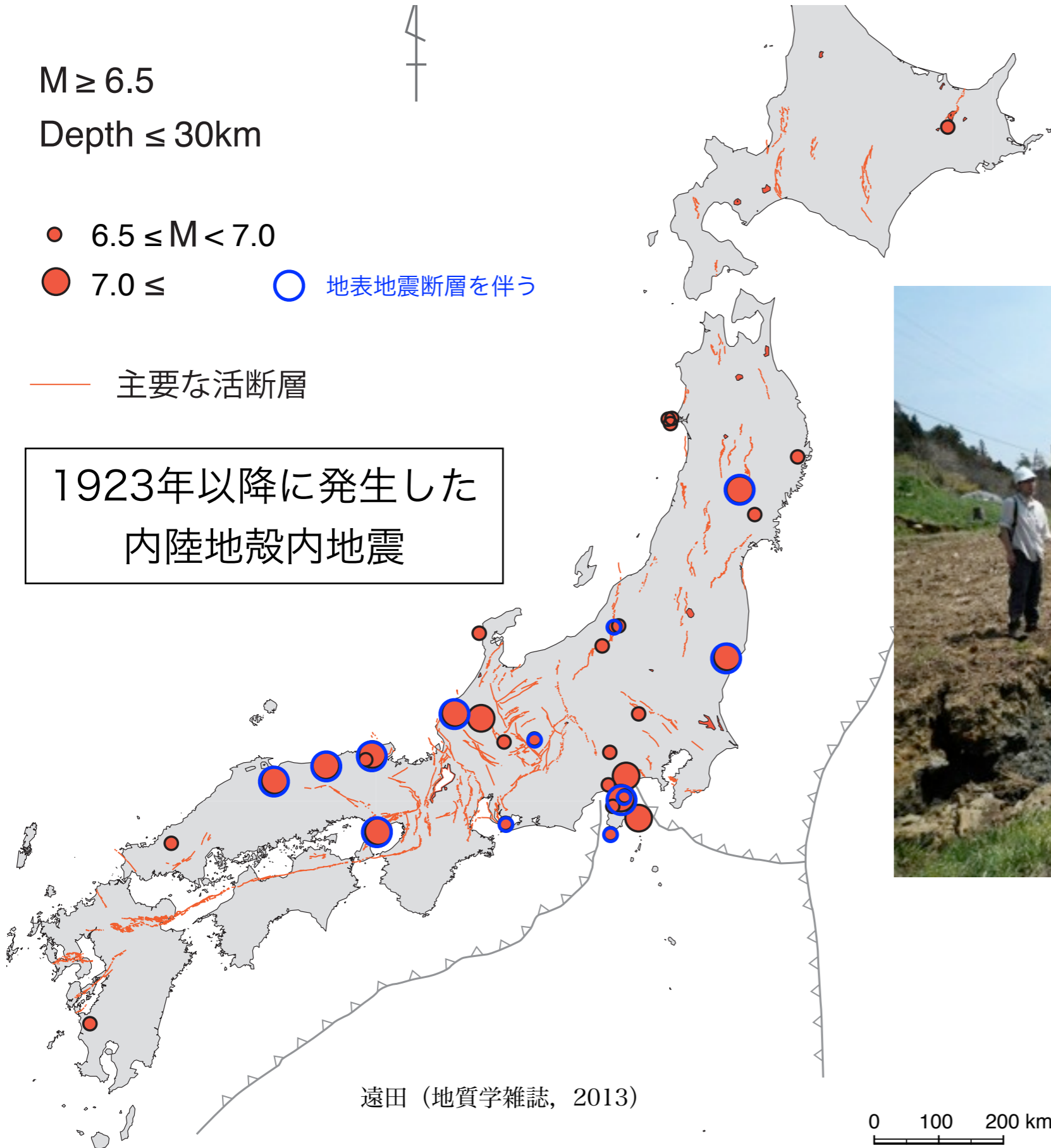
Depth  $\leq$  30km

● 6.5  $\leq$  M < 7.0

● 7.0  $\leq$  ○ 地表地震断層を伴う

— 主要な活断層

1923年以降に発生した  
内陸地殻内地震

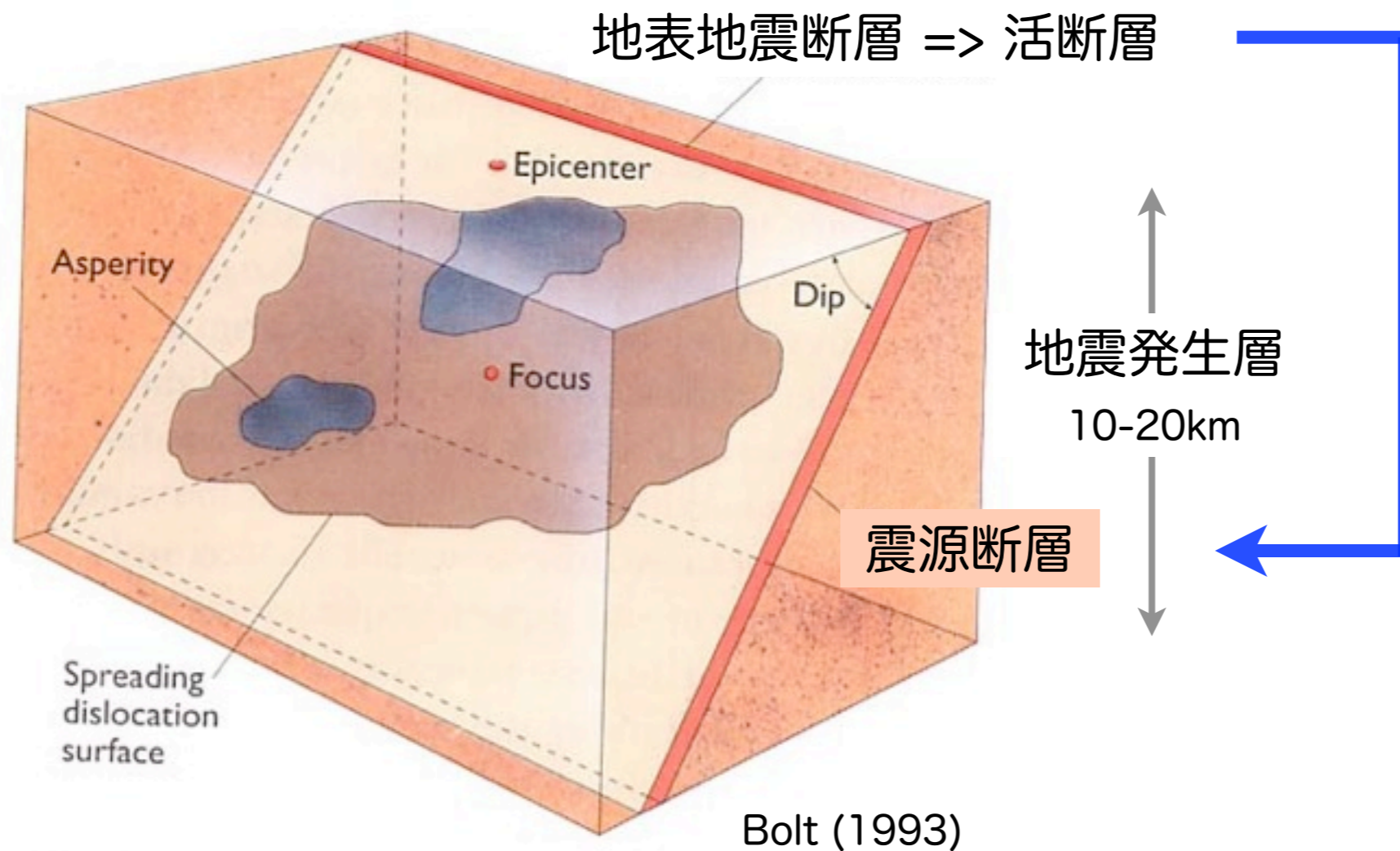


遠田 (地質学雑誌, 2013)

0 100 200 km

# 地表地震断層から震源を推定できるか

M6.5以上の地震の半分以上，M6.8以上のほとんどの内陸地殻内地震で「地震断層が出現した」というが...



後世の人々が  
過去起きた地震規模  
を推定できるか？

地震断層の「質」  
を検討



| 発生年  | 地震名      | M   | 変位センス | 地震断層名  | ランク | 地震断層長 (km) |
|------|----------|-----|-------|--------|-----|------------|
| 1923 | 山梨 (丹沢?) | 6.8 |       |        |     |            |
| 1923 | 北伊豆半島    | 6.6 |       |        |     |            |
| 1923 | 西北伊豆半島   | 6.6 |       |        |     |            |
| 1923 | 西伊豆半島    | 6.5 |       |        |     |            |
| 1925 | 但馬       | 6.8 | 鉛直    | 田結     | 3   | 2          |
| 1927 | 北丹後      | 7.3 | 左横ずれ  | 郷村     | 1   | 22         |
| 1930 | 北伊豆      | 7.3 | 左横ずれ  | 丹那     | 1   | 32         |
| 1931 | 西埼玉      | 6.9 |       |        |     |            |
| 1931 | 岩手       | 6.5 |       |        |     |            |
| 1939 | 男鹿       | 6.8 |       | 申川?    |     |            |
| 1939 | 男鹿       | 6.7 |       |        |     |            |
| 1939 | 男鹿       | 6.6 |       |        |     |            |
| 1943 | 鳥取       | 7.2 | 右横ずれ  | 鹿野     | 1   | 12         |
| 1945 | 三河       | 6.8 | 逆     | 深溝     | 1   | 20         |
| 1948 | 福井       | 7.1 | 右横ずれ  | 福井     | 2   | 25?        |
| 1961 | 北美濃      | 7.0 |       |        |     |            |
| 1962 | 宮城県北部    | 6.5 |       |        |     |            |
| 1967 | 屈斜路      | 6.5 |       |        |     |            |
| 1969 | 岐阜県中部    | 6.6 |       |        |     |            |
| 1974 | 伊豆半島沖    | 6.9 | 右横ずれ  | 石廊崎    | 2   | 6          |
| 1978 | 伊豆大島近海   | 7.0 | 右横ずれ  | 稲取-大嶺山 | 3   | 4          |
| 1984 | 長野県西部    | 6.8 | 右横ずれ  |        | 3   | -          |
| 1995 | 兵庫県南部    | 7.3 | 右横ずれ  | 野島     | 1   | 17         |
| 1997 | 鹿児島県北西部  | 6.6 | 左横ずれ  |        |     |            |
| 1997 | 山口県北部    | 6.6 | 右横ずれ  |        |     |            |
| 2000 | 鳥取県西部    | 7.3 | 左横ずれ  |        | 3   | 4          |
| 2003 | 宮城県北部    | 6.4 | 逆     |        |     |            |
| 2004 | 新潟県中越    | 6.8 | 逆     | 小平     |     |            |
| 2004 | 新潟県中越    | 6.5 | 逆     |        |     |            |
| 2007 | 能登半島     | 6.9 | 逆     |        |     |            |
| 2008 | 岩手宮城内陸   | 7.2 | 逆     |        |     |            |

## Rank 1



兵庫県南部地震

## Rank 2



新潟県中越地震

**Rank 1:** 震源断層と地表地震断層の長さがほぼ対応

**Rank 2:** 部分的に震源断層が地表に露出

**Rank 3:** 連続性に乏しく震源断層の延長である可能性が低い表層での誘発すべりとして説明可能.

遠田 (2013, 地質学雑誌)

| 発生年        | 地震名    | M   | 変位センス | 地震断層名   | ランク | 地震断層長 (km) |
|------------|--------|-----|-------|---------|-----|------------|
| 2011/03/12 | 長野県北部  | 6.7 | 逆     |         |     |            |
| 2011/04/11 | 福島県浜通り | 7.0 | 正     | 井戸沢・湯ノ岳 | 1   | 30         |

# 地表地震断層から震源を推定できるか

気象庁一元化震源カタログ 1923-2009.0 陸域, 深さ20km以浅

| $\geq M$ | 地震数 | 発生率<br>(個/年) | 地震断層数<br>(rank 1) | 完全出現率<br>(%) |
|----------|-----|--------------|-------------------|--------------|
| 6.0      | 73  | 0.84         |                   |              |
| 6.5      | 25  | 0.29         | 5                 | 20           |
| 7.0      | 9   | 0.11         | 4                 | 44           |
| 地震       | -   | -            | -                 | 活断層          |

活断層を完璧に調査しても半分以上の $M \geq 7.0$ 地震を見逃す

# 検証：活断層評価結果から内陸地震活動をどれだけ再現できるか？

すべての想定震源（Mと確率）から内陸地震の規模・頻度を求める

## ■ 主要98断層帯

「全国を概観した地震動予測地図」報告書（2005）より

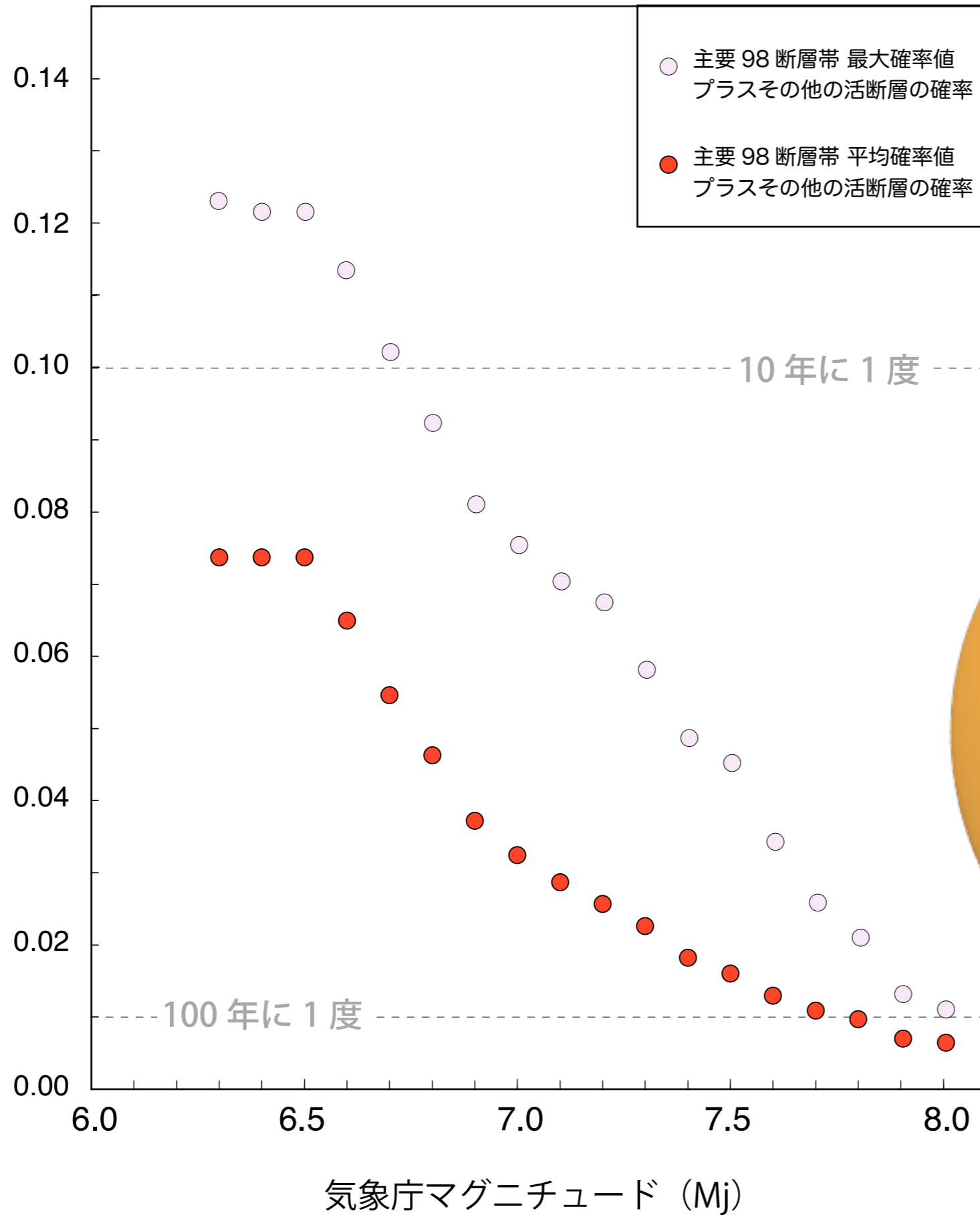
| コード  | 断層名称                                |         | 長期評価結果 | 発生確率<br>平均ケース | 発生確率<br>最大ケース |
|------|-------------------------------------|---------|--------|---------------|---------------|
| 0101 | 標津断層帯<br>$L=52\text{km}$<br>$M=7.7$ | 平均活動間隔  | 不明     | 17000年        | 17000年        |
|      |                                     | 最新活動時期  | 不明     | (ポアソン過程)      |               |
|      |                                     | 30年発生確率 | —      | 0.18%         | 0.18%         |
|      |                                     | 50年発生確率 | —      | 0.29%         | 0.29%         |

## ■ その他の活断層

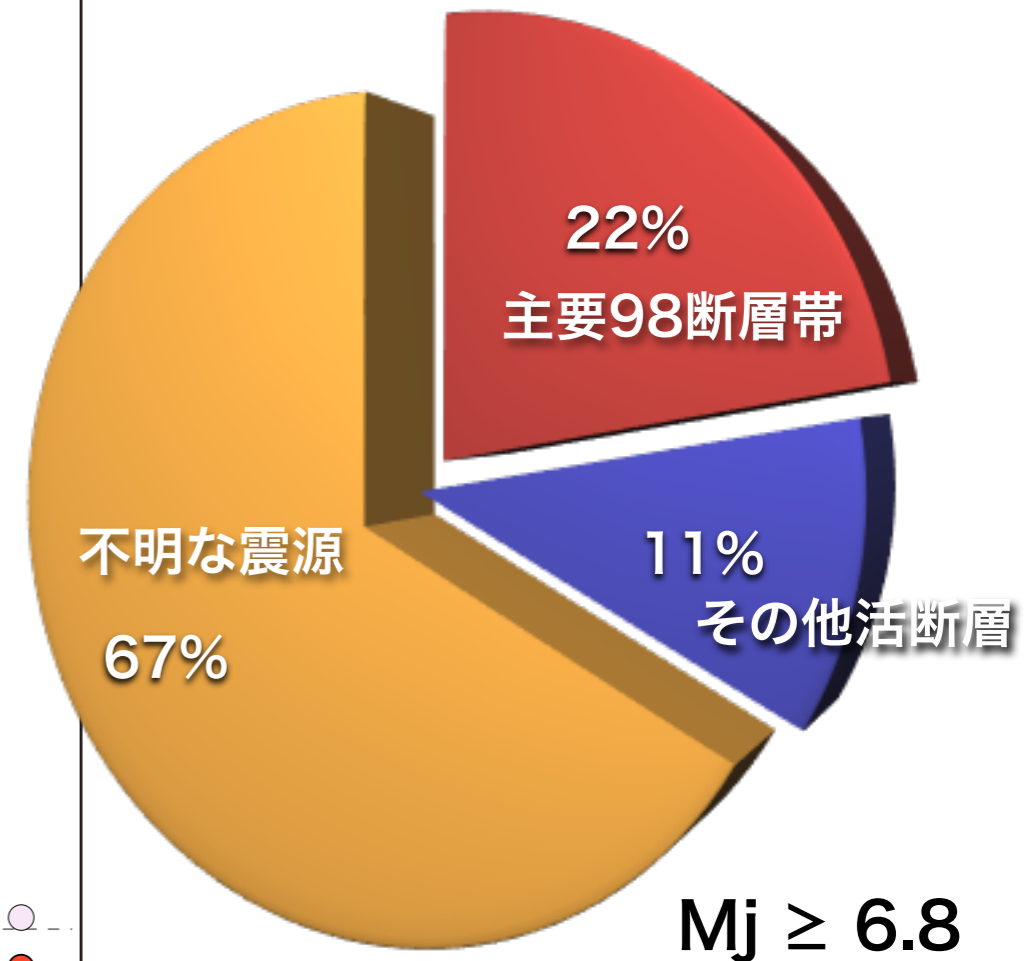
| コード   | モデル化した断層名<br>(注1) | 断層<br>長さ<br>(注2) | M   | 活動間隔  | 活動間隔<br>算出根拠<br>(注3) | 30年発生<br>確率 | 50年発生<br>確率 |
|-------|-------------------|------------------|-----|-------|----------------------|-------------|-------------|
| 30001 | 羅臼岳断層帯            | 12km             | 6.6 | 1000年 | A級                   | 3.0%        | 4.9%        |
| 30002 | 斜里岳東断層帯           | 13km             | 6.7 | 1500年 | 0.7mm/y              | 2.0%        | 3.3%        |

## ■ 活断層が特定されていない場所で発生する地震

任意のマグニチュード以上の一年当たりの発生頻度



検証：活断層評価結果から内陸地震活動をどれだけ再現できるか？



# 「未知の活断層」が内陸被害地震を起こす理由

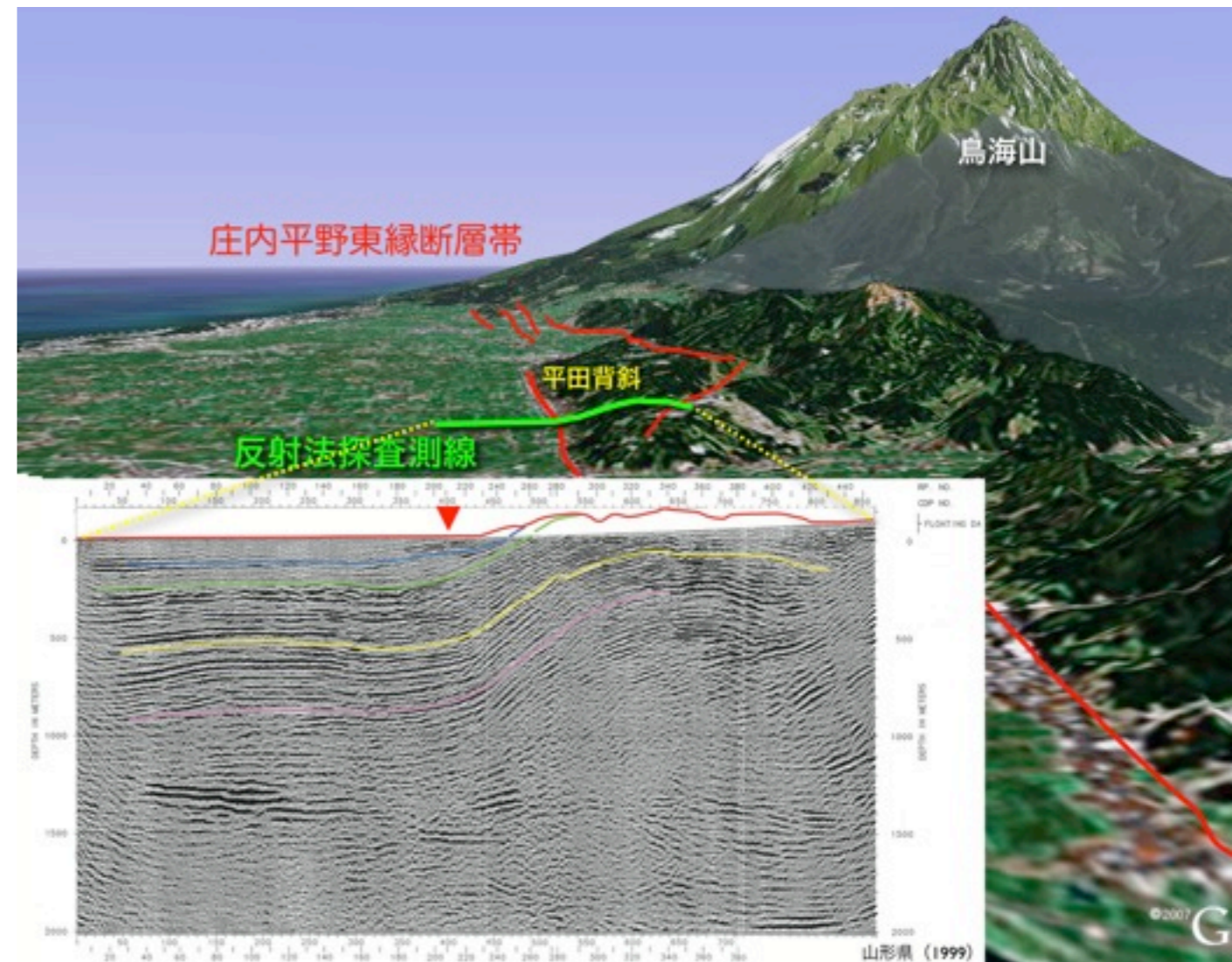
## 地震断層出現に関わる要因

- マグニチュードと震源の深さ
- 断層上の「被覆層」の層厚
- 断層「成熟度」・幾何構造
- 断層破壊の不完全性
- 発見に関する地理的条件

完璧に出現したとしても...

## 地震断層保存・活断層検出に関わる要因

- 堆積・侵食速度と断層変位速度との関係
- 人口改変

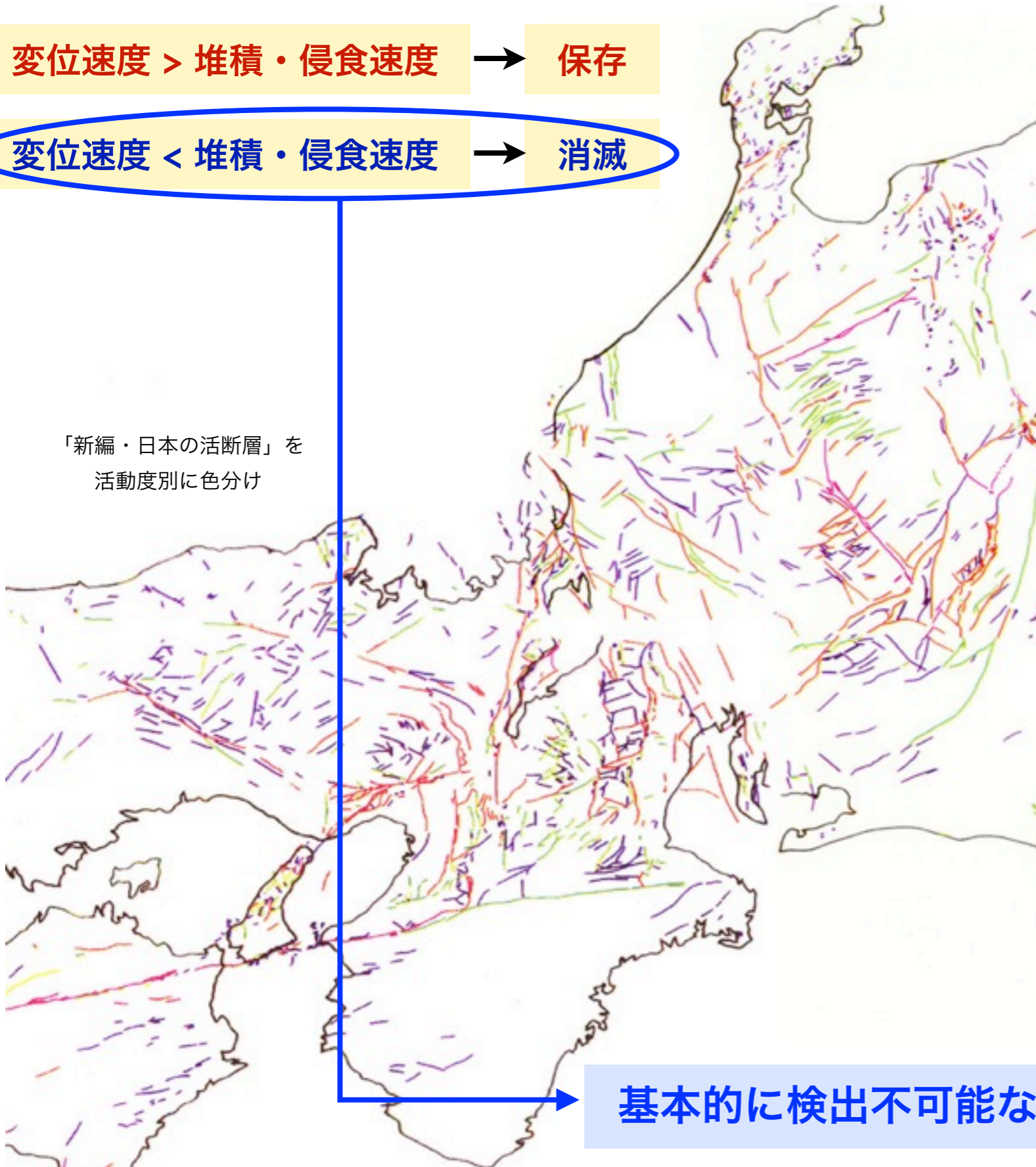


# 地表地震断層が活断層として認識されるまで

変位速度 > 堆積・侵食速度 → 保存

変位速度 < 堆積・侵食速度 → 消滅

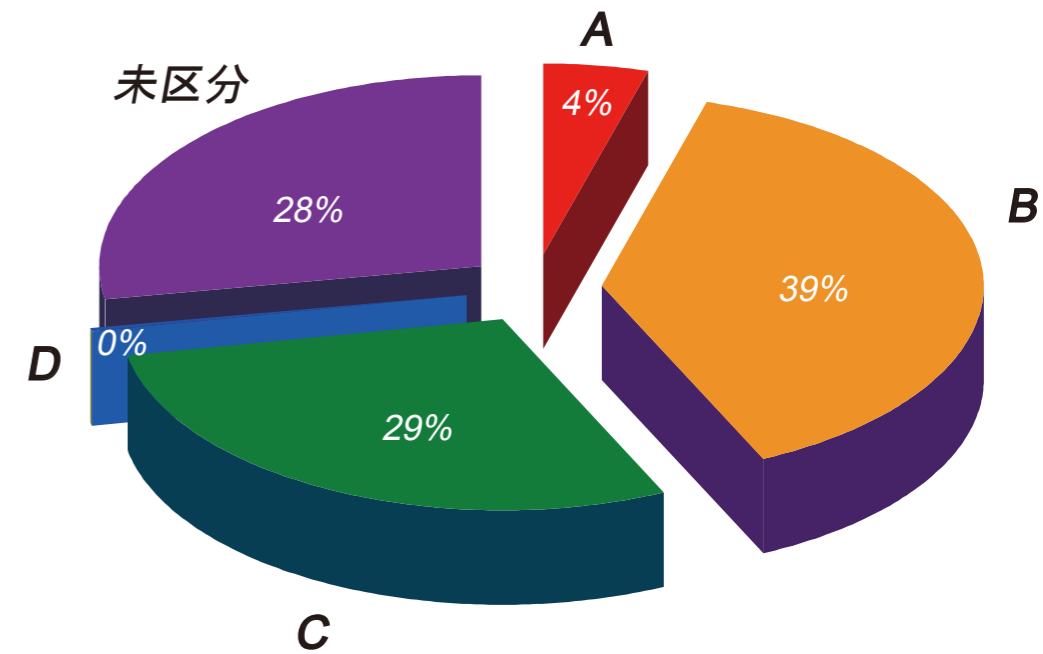
「新編・日本の活断層」を  
活動度別に色分け



## C級活断層問題

「最近100年間の地震はA,B,C同数だから、  
C級はA級の100倍あるはずだ」  
(浅田, 1991)

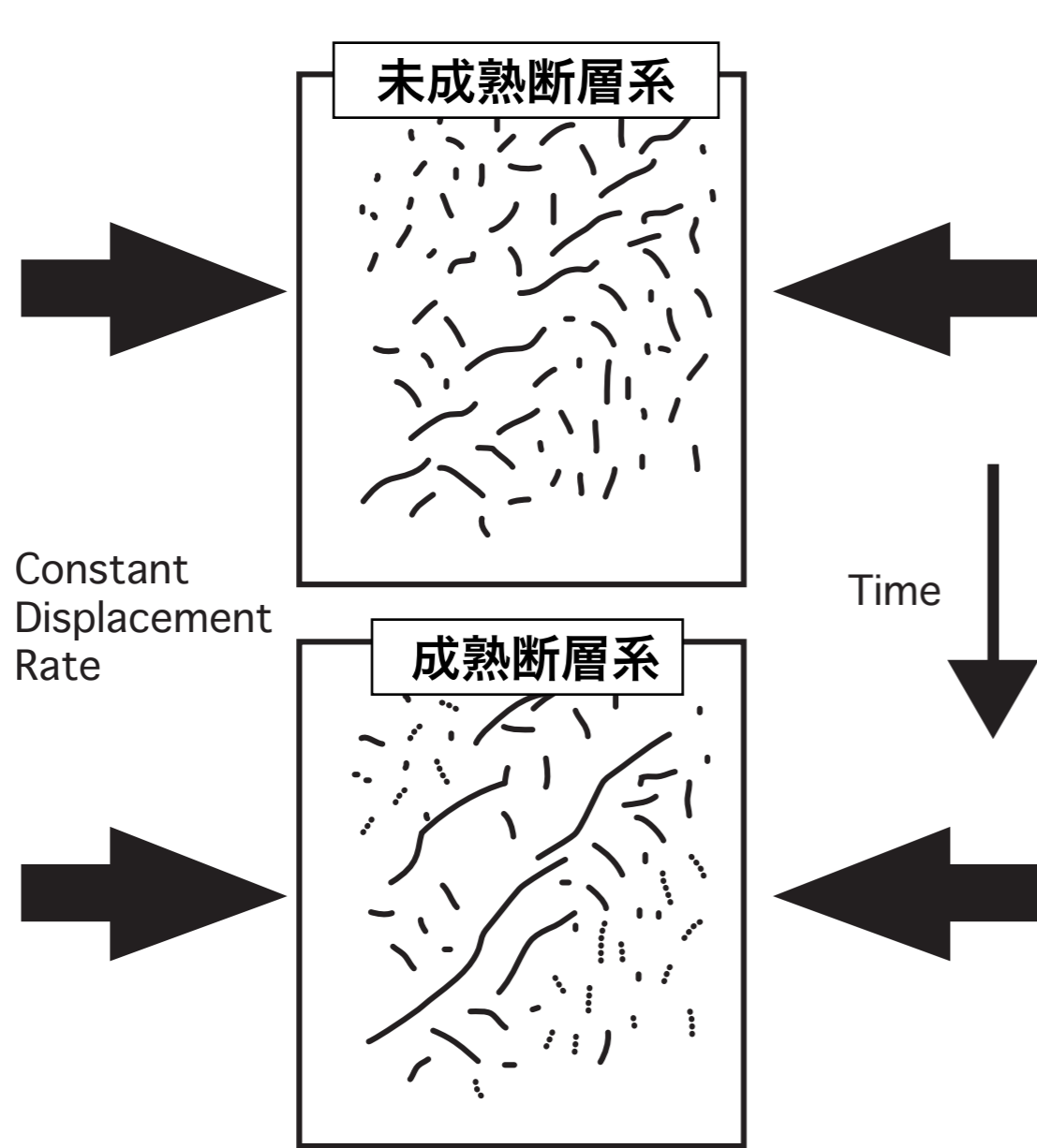
活動度別比





|                       |   |      |   |
|-----------------------|---|------|---|
| A級 (1-10 mm/yr)       | : | 103  | 条 |
| B級 (0.1-1 mm/yr)      | : | 884  | 条 |
| C級 (0.01-0.1 mm/yr)   | : | 660  | 条 |
| D級 (0.001-0.01 mm/yr) | : | 8    | 条 |
| 未区分                   | : | 634  | 条 |
| 合計                    |   | 2289 | 条 |

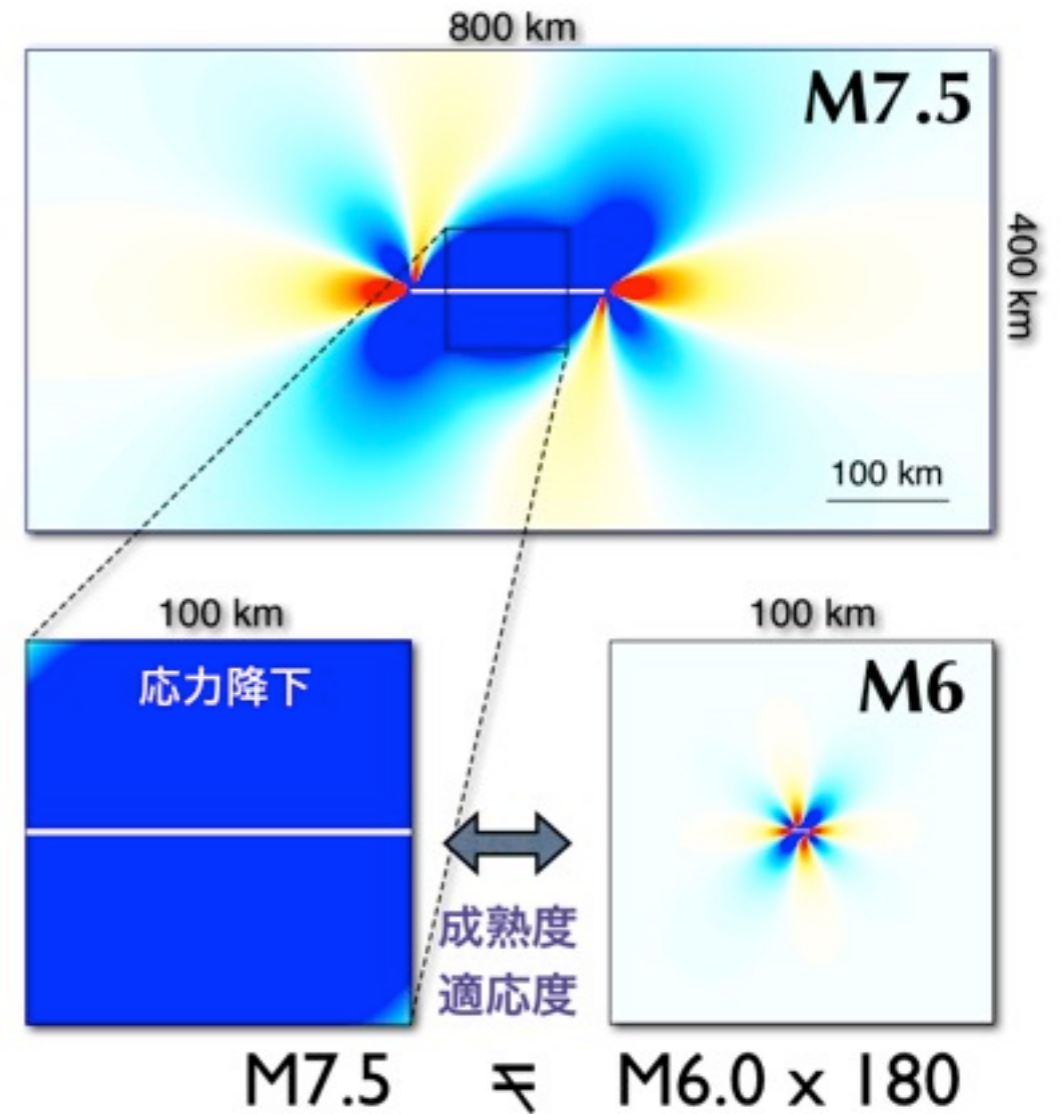
基本的に検出不可能な「活断層」が多数あると考えるべき

# 数値化できない本質：応力蓄積・解放システムの地域特性



 Active Fault  
 Ceased or Decreased Activity on Fault

Wesnousky (1999)



小さな断層運動が多数発生しても広域応力は解放されない (例, 中越地域)

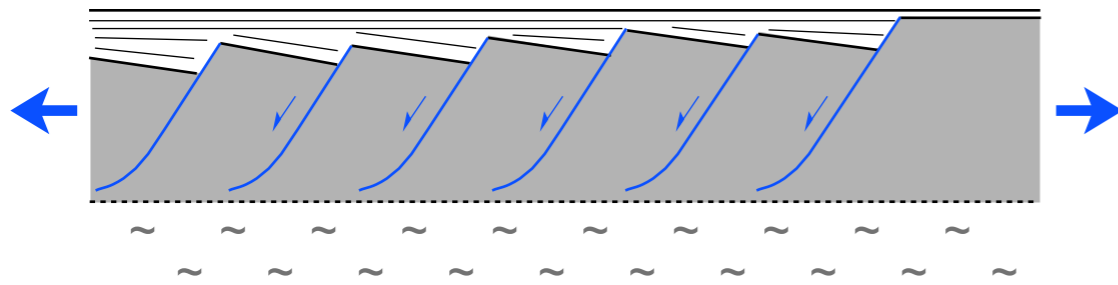
**成熟した断層系が必要**

# 数値化できない本質：応力蓄積・解放システムの地域特性

東西伸張

**EXTENSION**

(Steeply dipping normal faults)

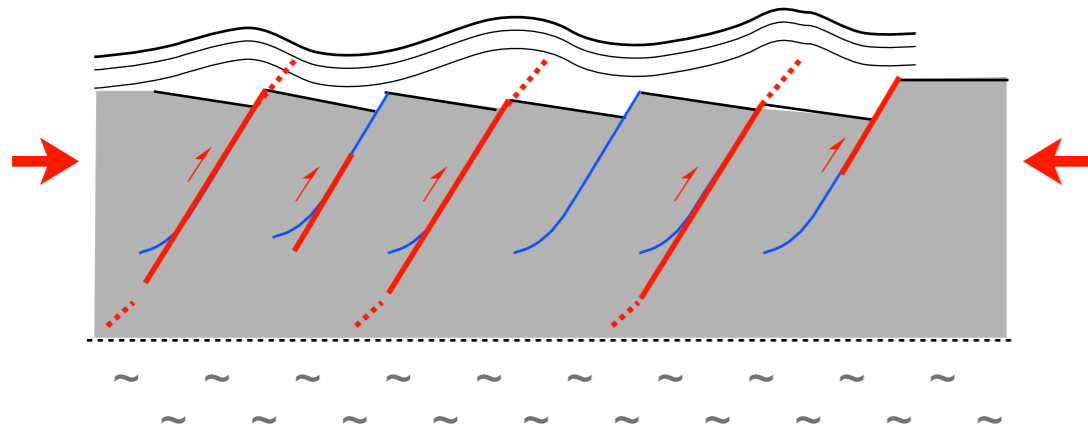


Japan Sea opening (25-5 Ma)

東西圧縮

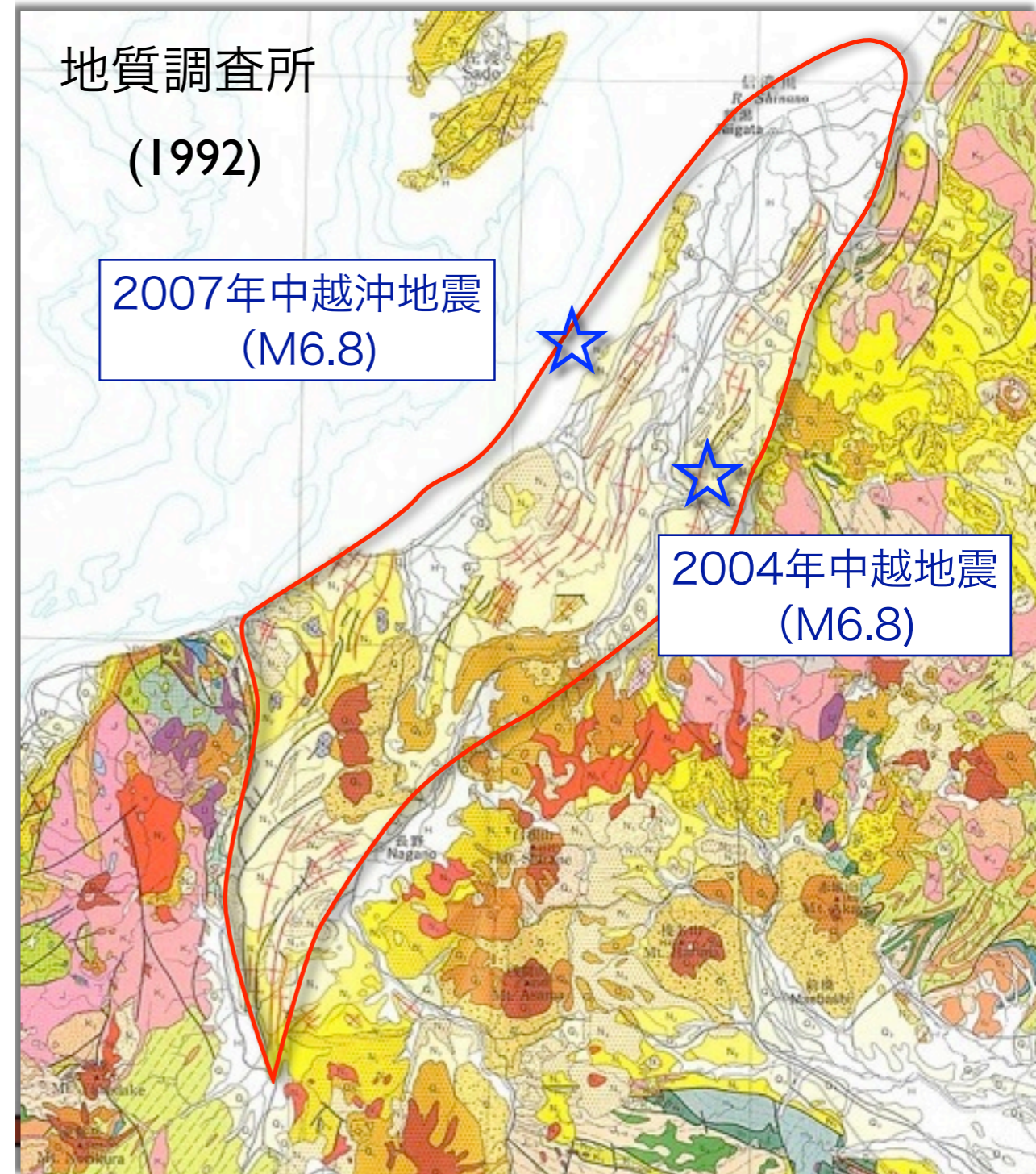
**COMPRESSION**

(Steeply dipping reverse faults)



Present (Quaternary)

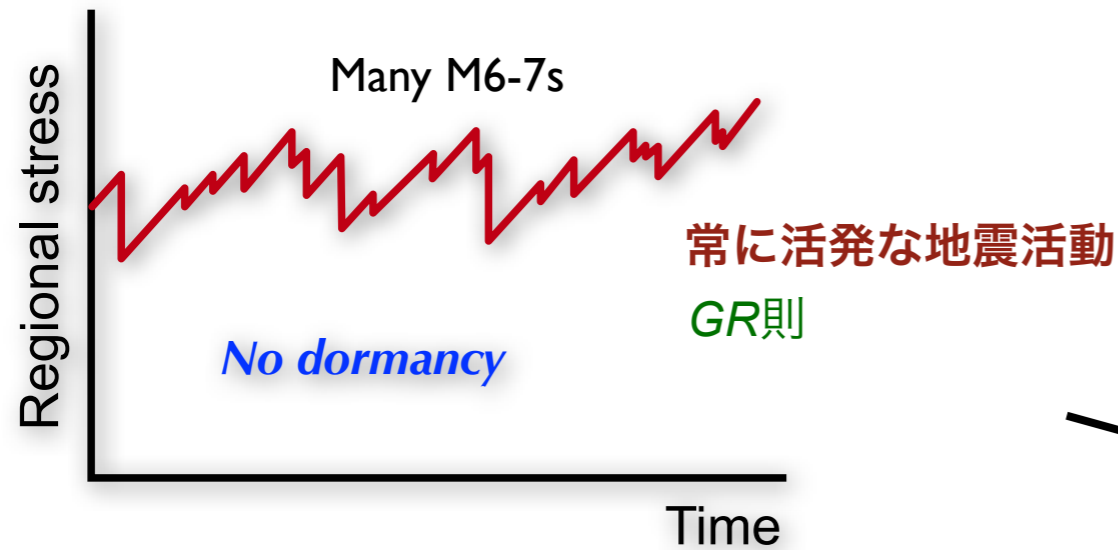
現在の応力場に最適化されていない  
変位に不向きな断層



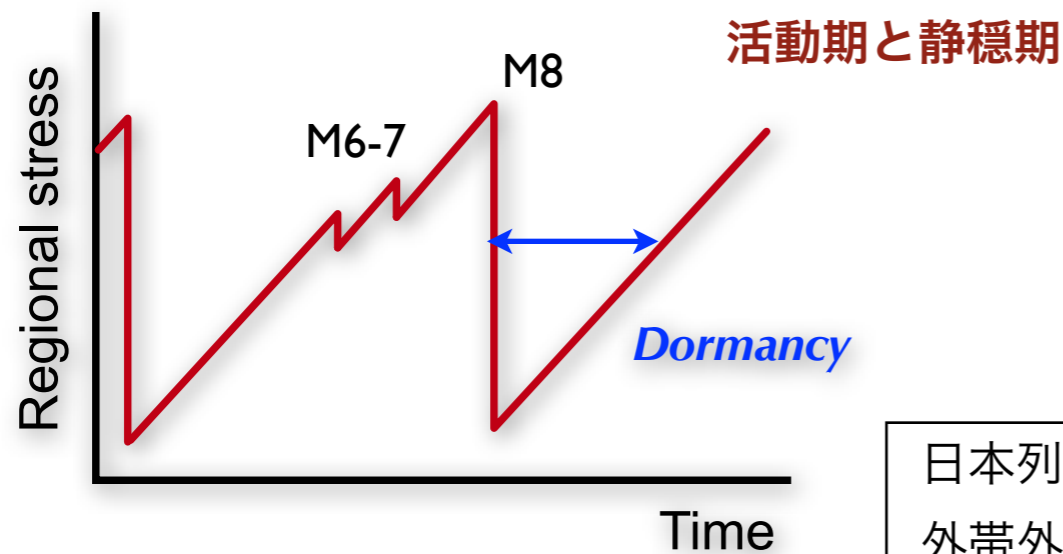


# 数値化できない本質：応力蓄積・解放システムの地域特性

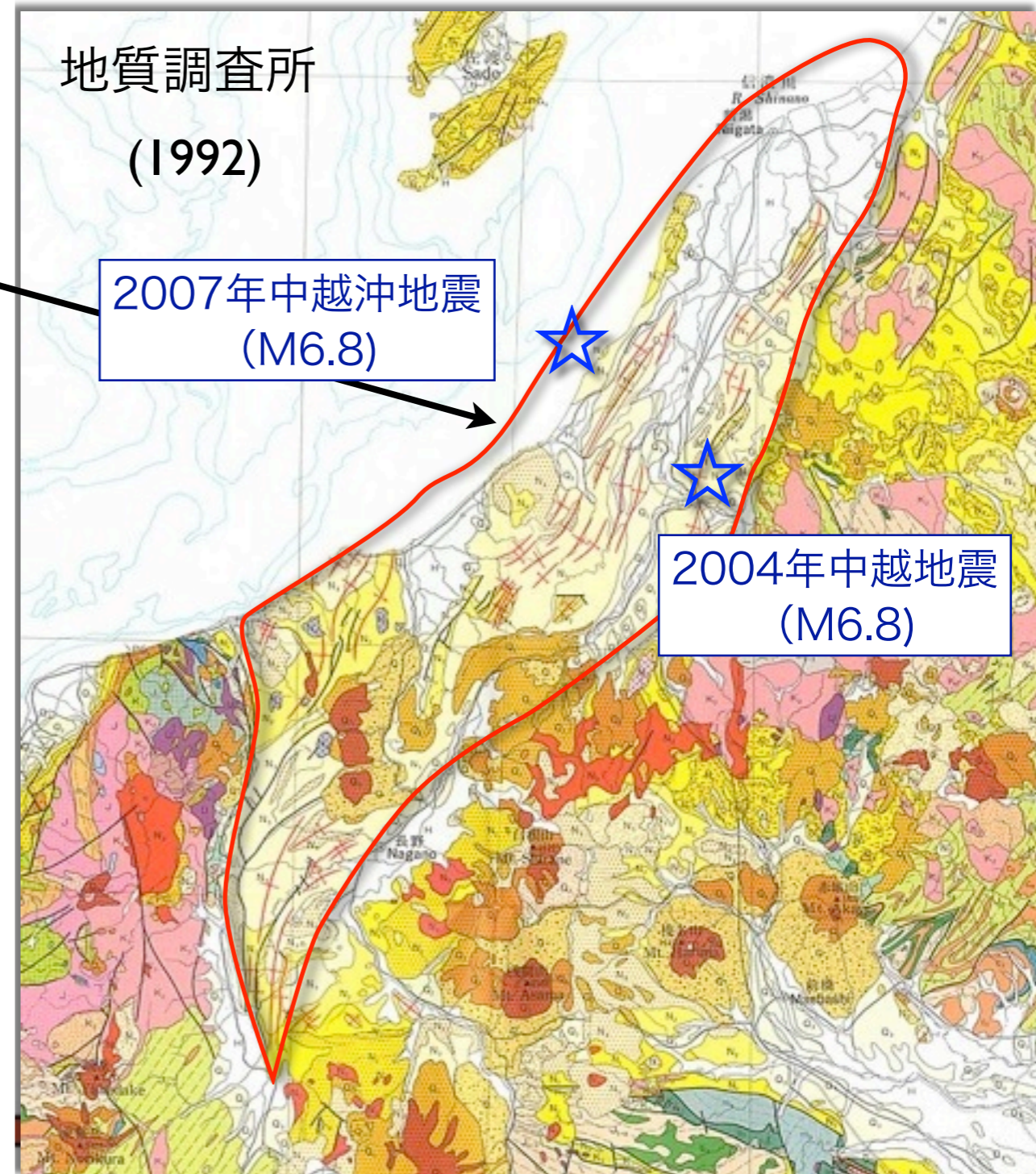
“Immature” or “unfavorable”



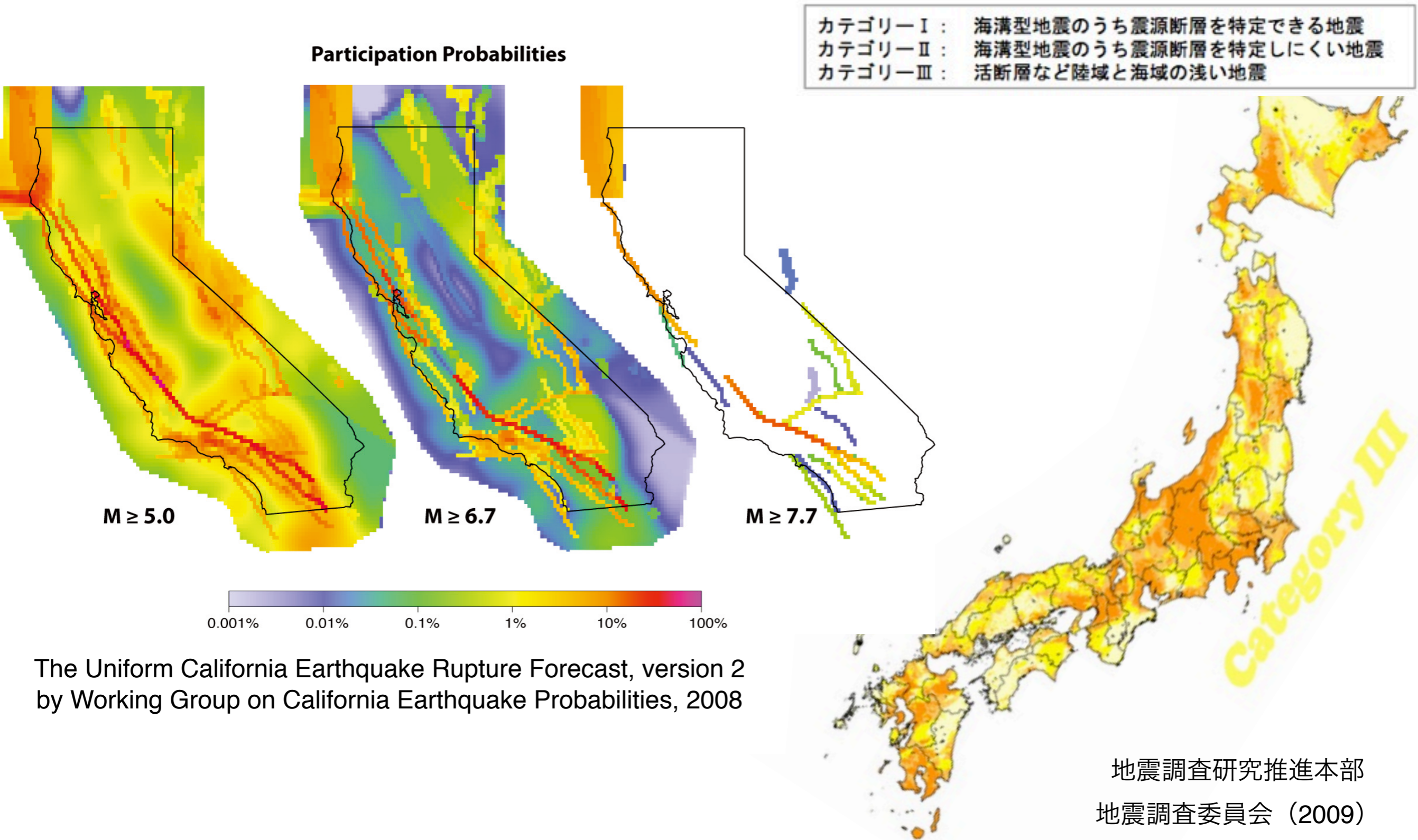
“Mature” or “favorable”



現在の応力場に最適化されていない  
変位に不向きな断層

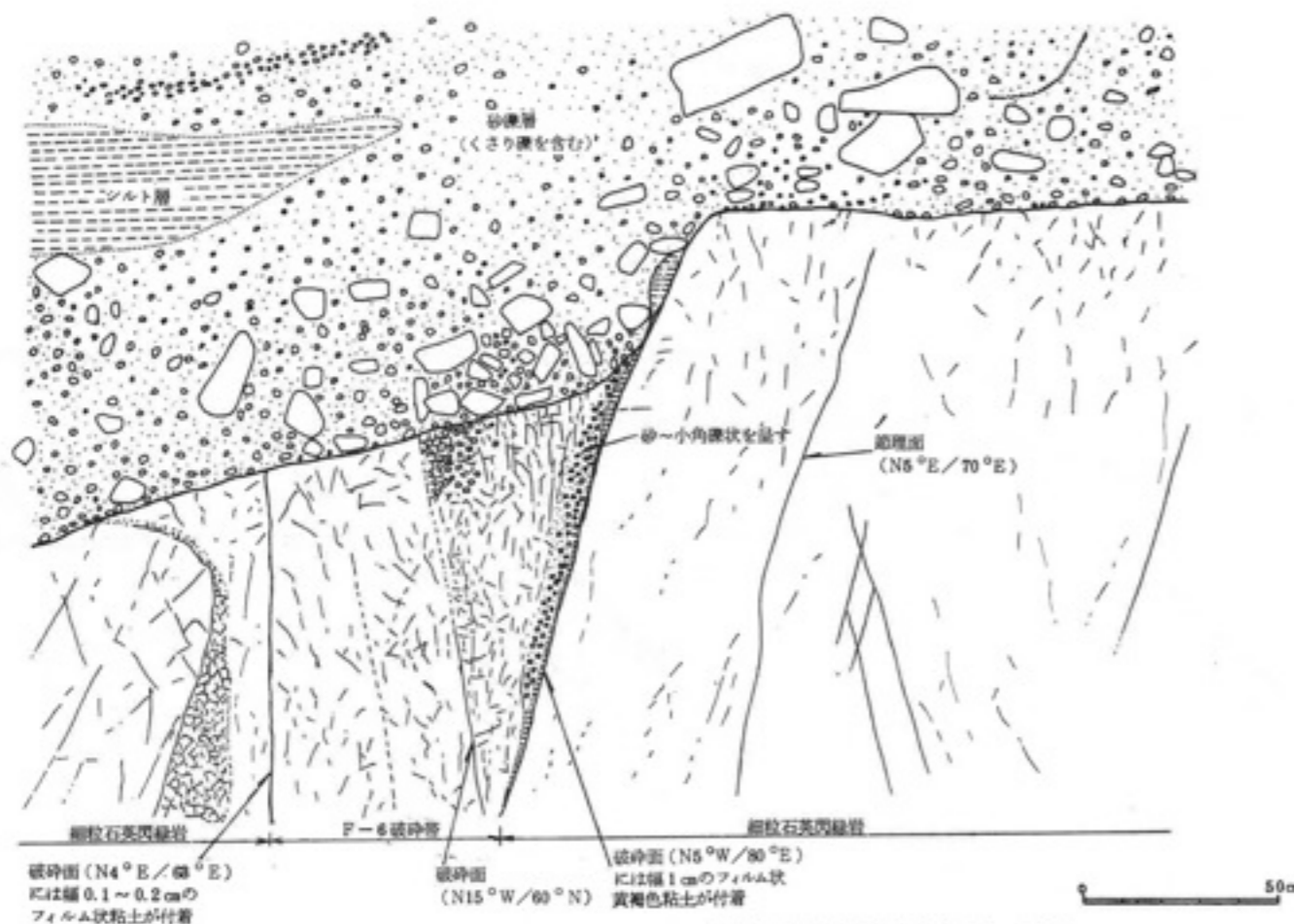


# より良い伝え方：日本列島として高頻度の内陸M~7地震： 「地震動の超過確率」ではなく規模別「地震発生確率」



- 「活断層」の強調が過小予測につながり信頼性も低下
- 活断層評価における不確実性（地球科学特有の難しさ）

認識・解釈



第 3.4.24 図 トレンチ地質展開図 (その 3) (北西側側壁基底部スケッチ)

自然固有

