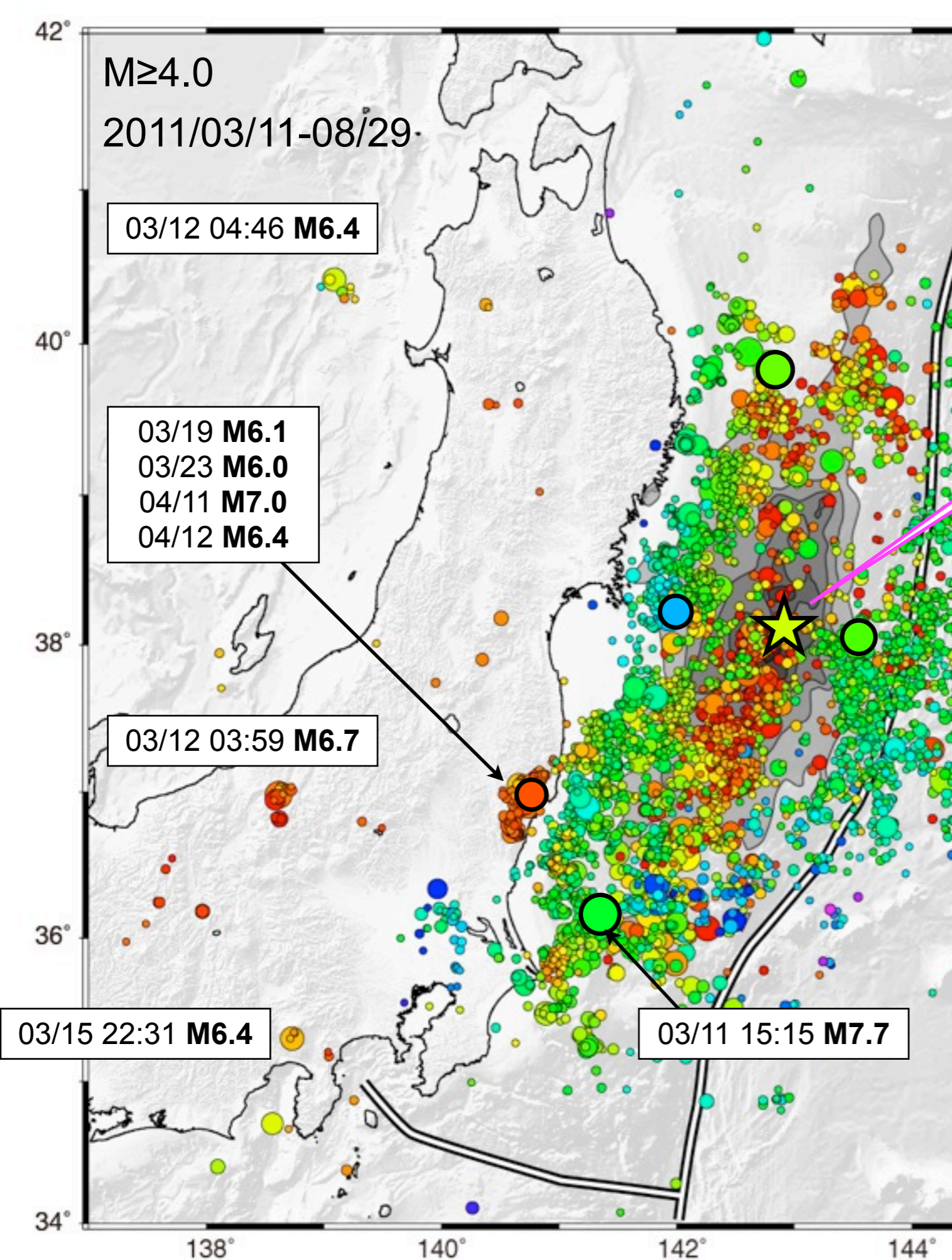


連鎖する地震活動：理解と予測は大違い



2011年4月11日福島県浜通りの
地震 (M7.0) で
出現した地震断層

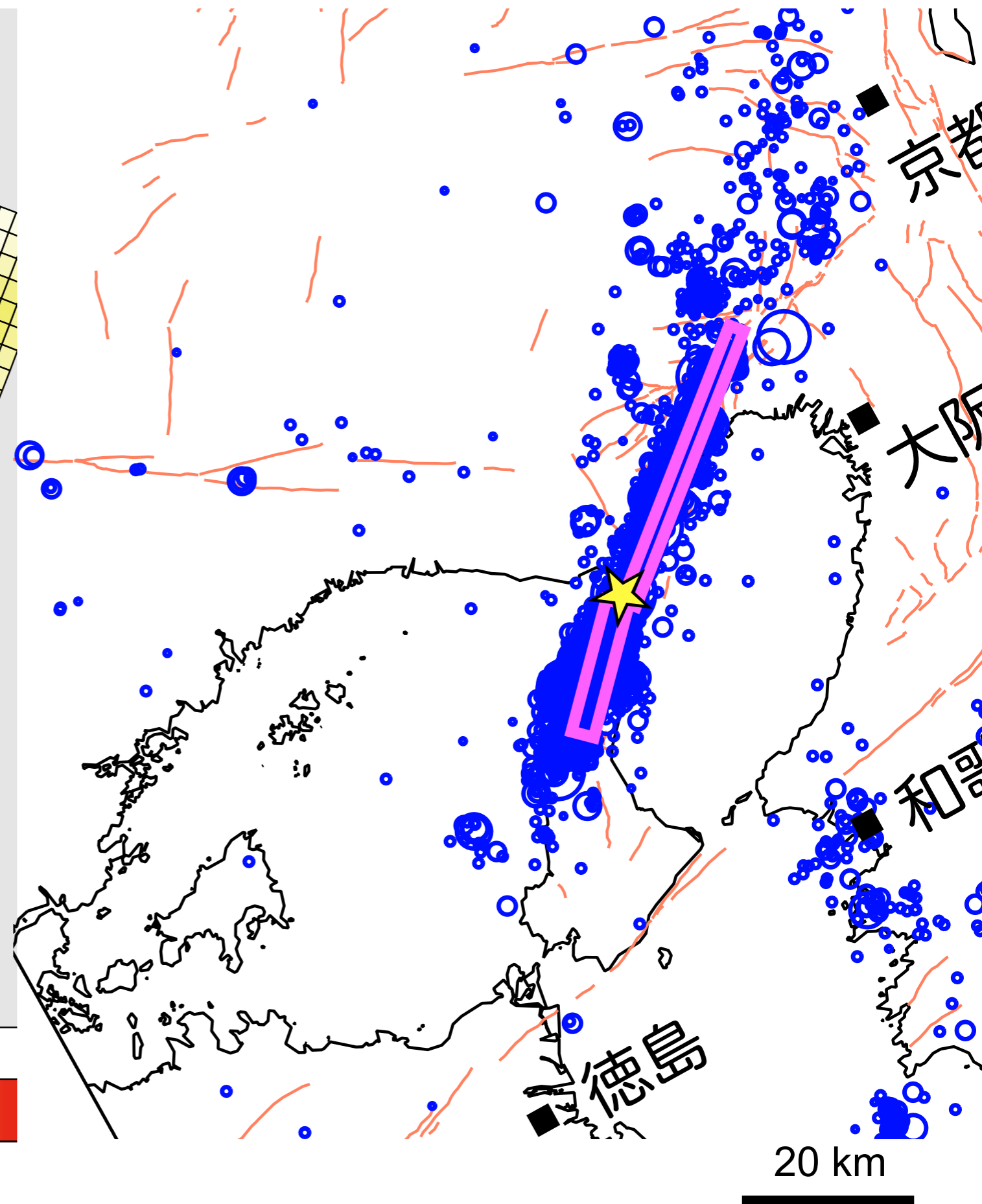
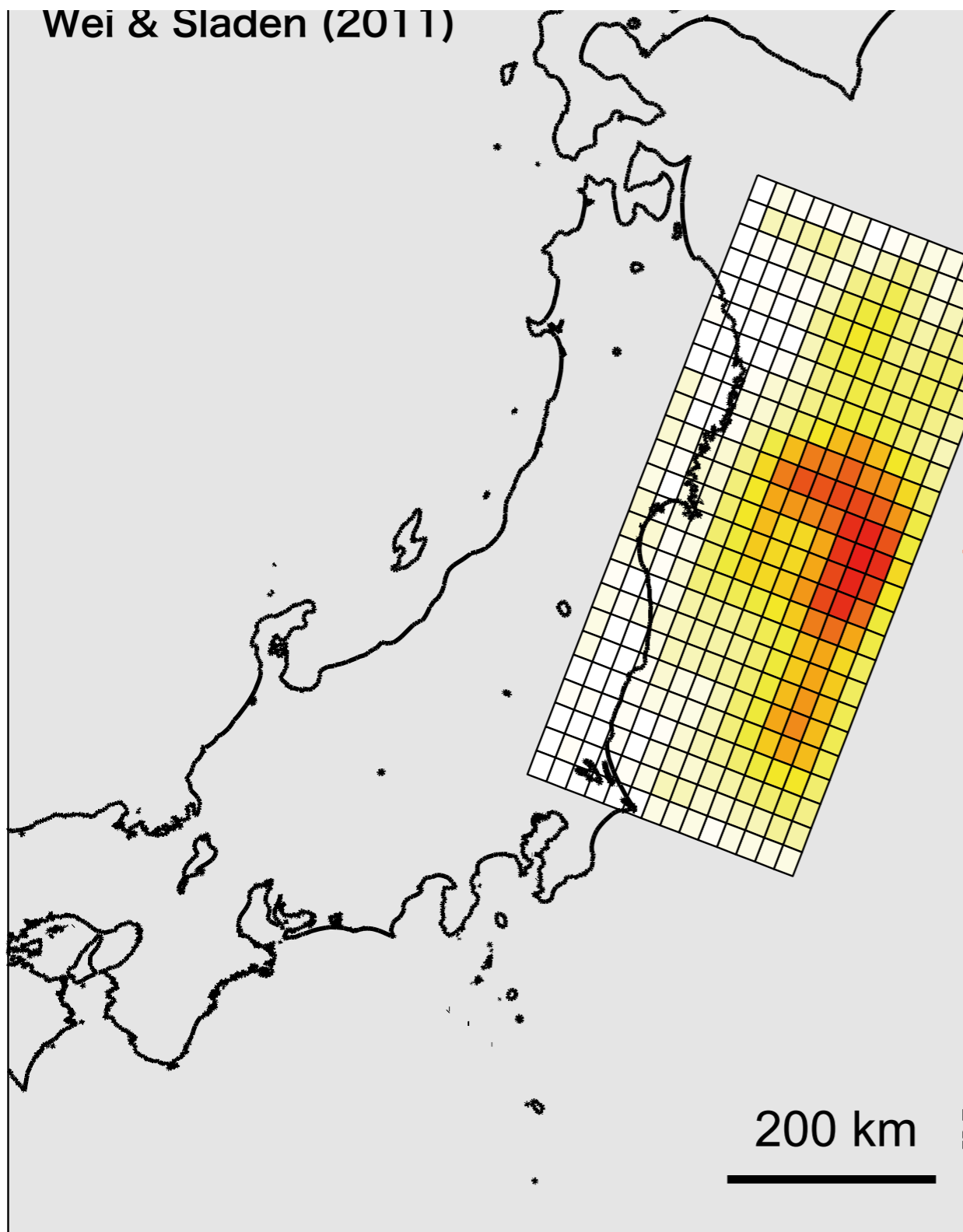
広義の 余震活動



日本列島陸地直下20km以浅
(1923-2010)

M	発生数	年間レート
M \geq 6.0	73	0.84
M \geq 7.0	9	0.1

東北地方太平洋沖地震 vs 兵庫県南部地震 x 10



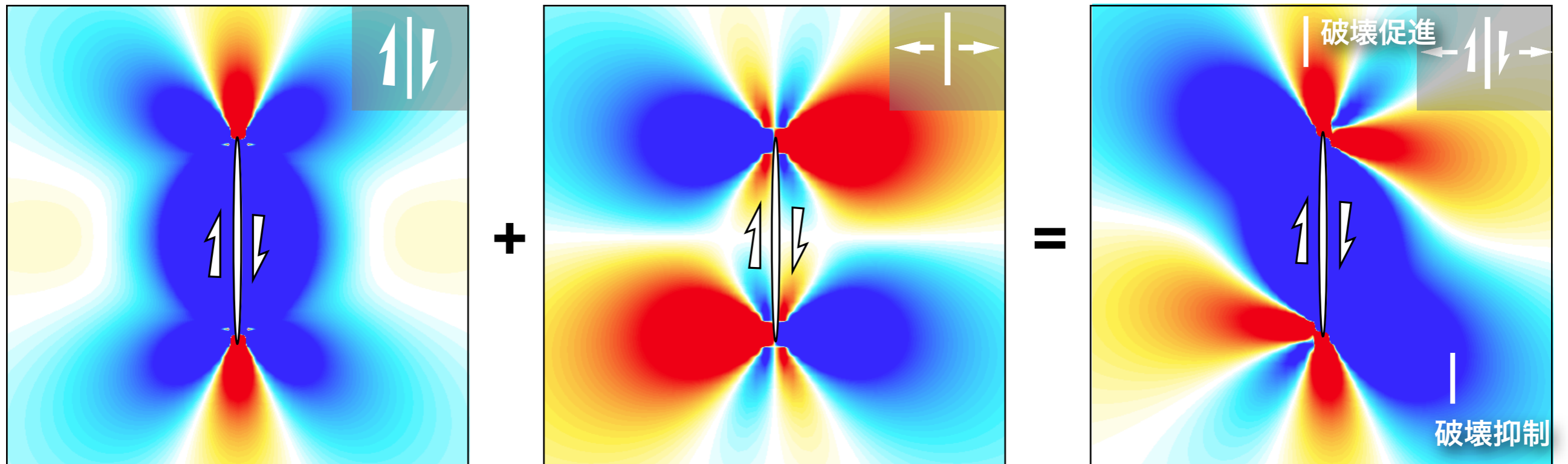
連鎖する地震：断層どうしのコミュニケーション



大地震後による隣接域・断層への応力伝播



断層間相互作用評価の指標：クーロン破壊応力変化



$\Delta\tau$

$\mu' \times \Delta\sigma$

ΔCFF

剪断応力変化

+


摩擦
係数

× 法線応力変化

=

クーロン応力変化

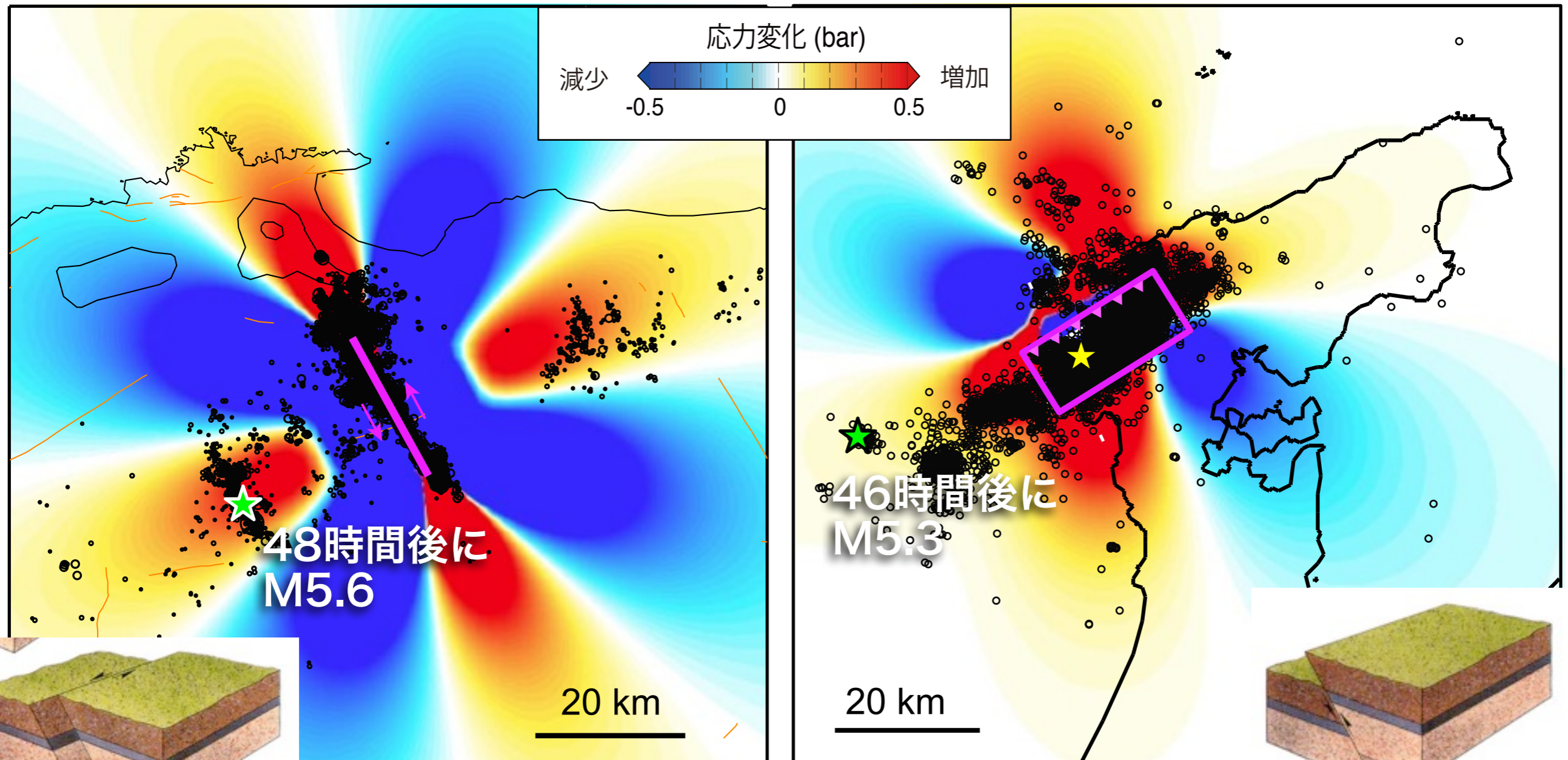
Coulomb failure stress change

減少  増加

余震の分布：本震を引き起こした断層の周辺でも起きる 応力伝播によって

2000年鳥取県西部地震 (M7.3)

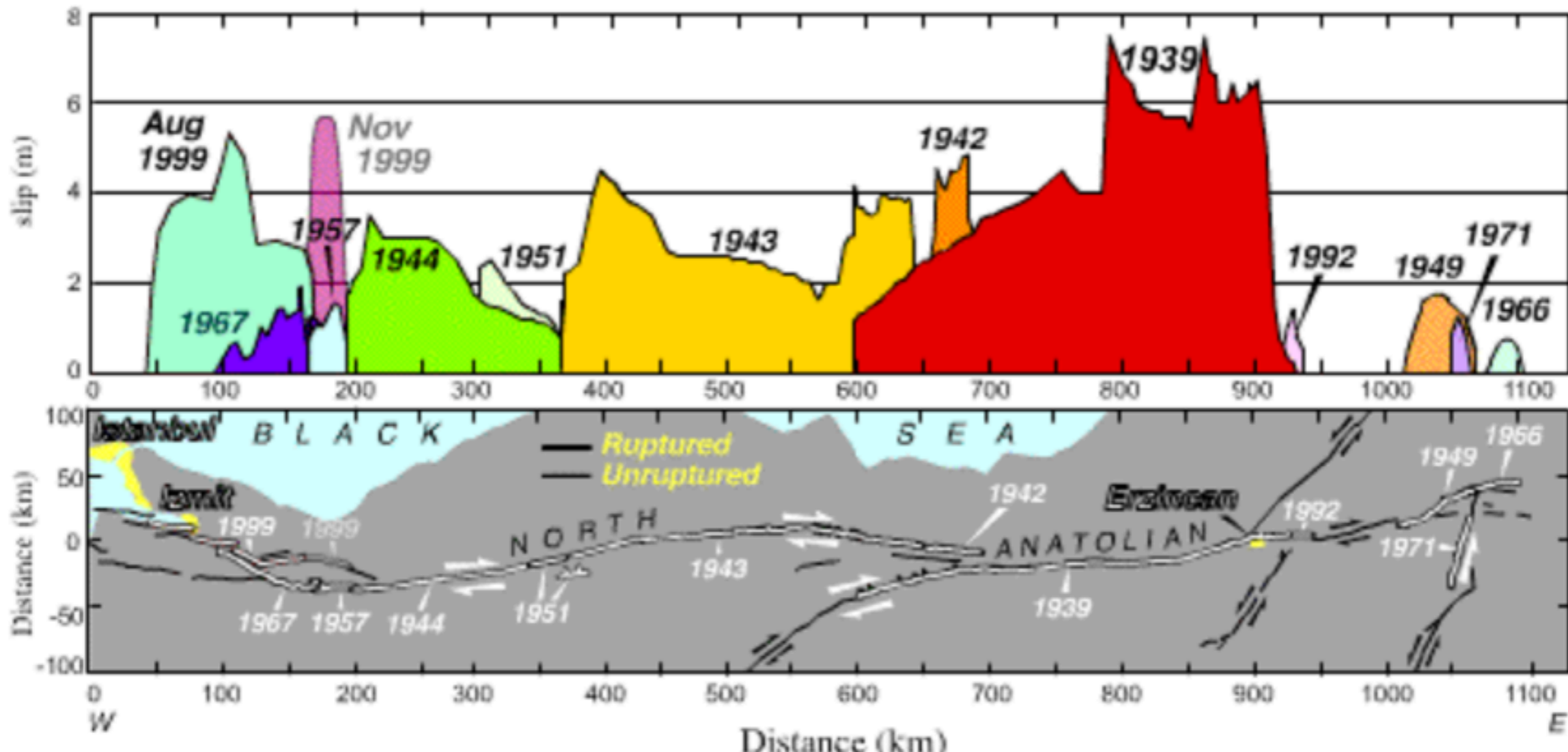
2007年能登半島地震 (M6.9)



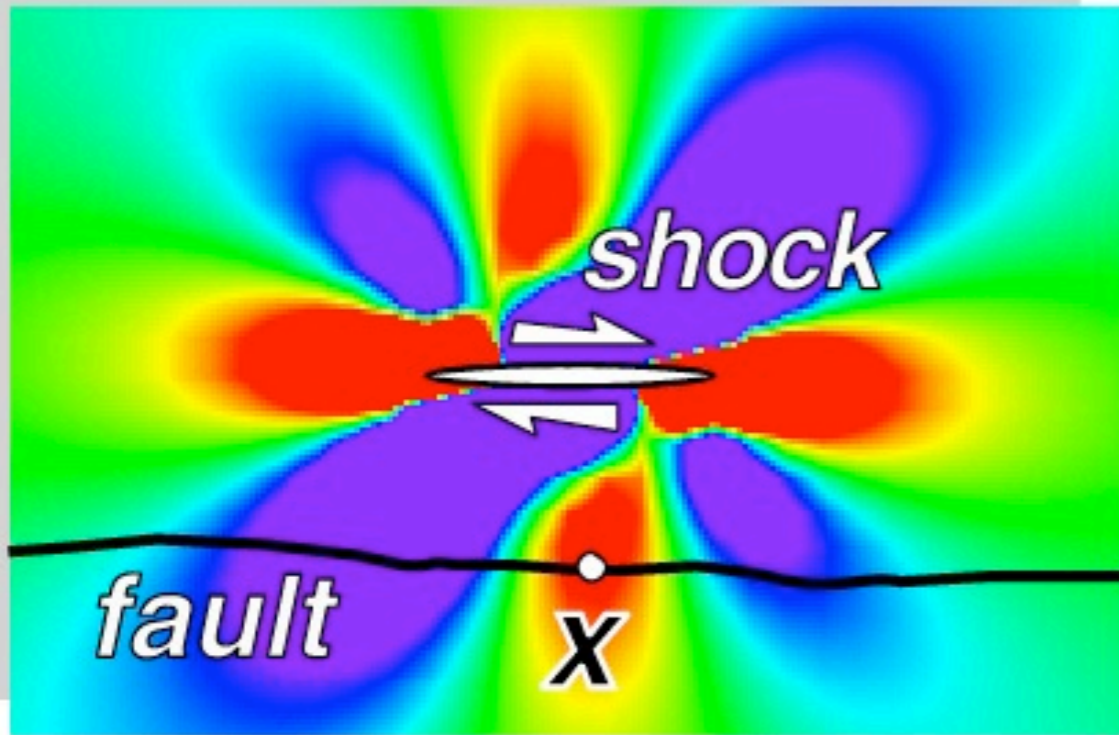
(左) 横ずれ断層

逆断層

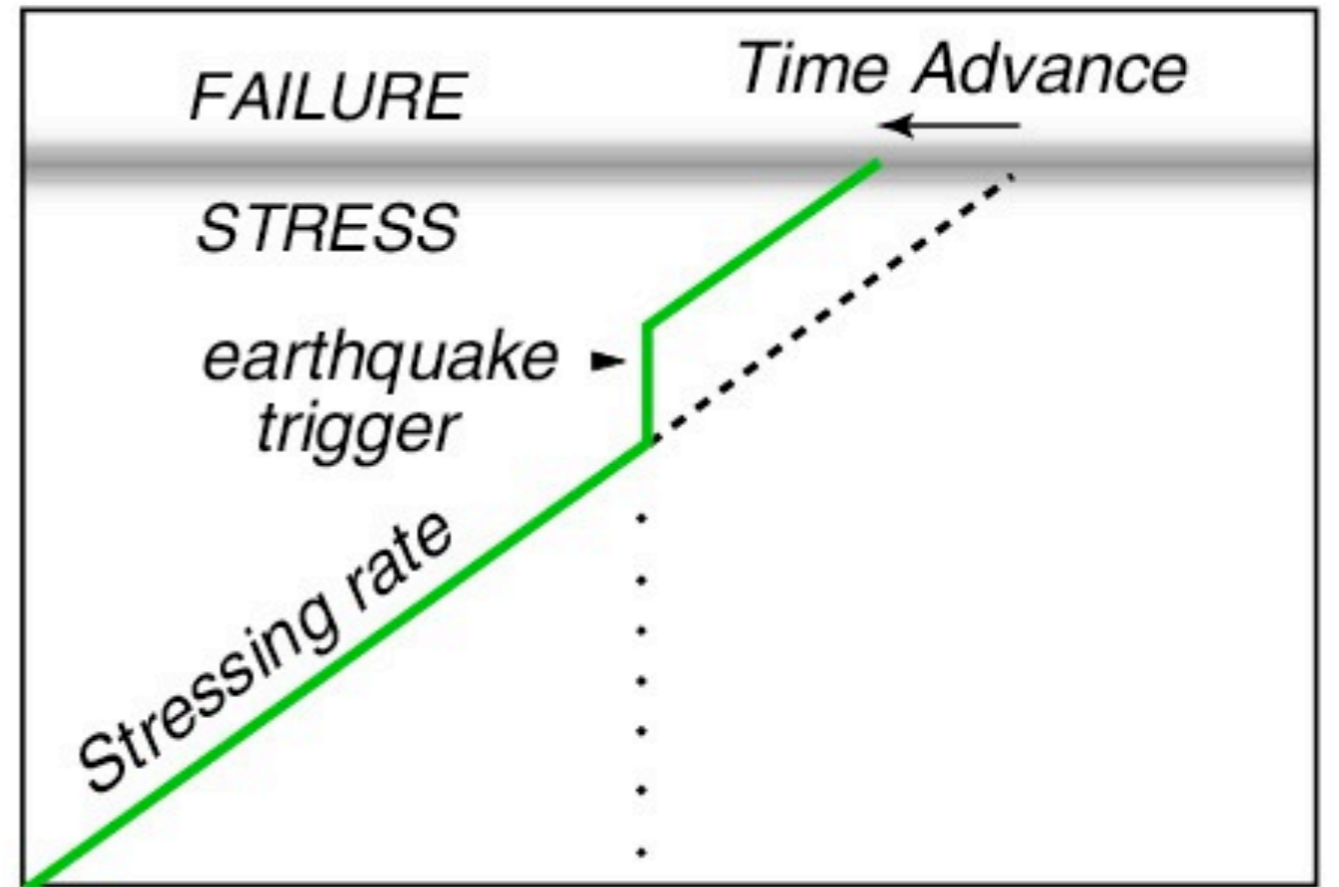
大地震の続発：トルコ北アナトリア断層帯



近傍の大地震によって断層運動の「時計が進む」



X地点の応力

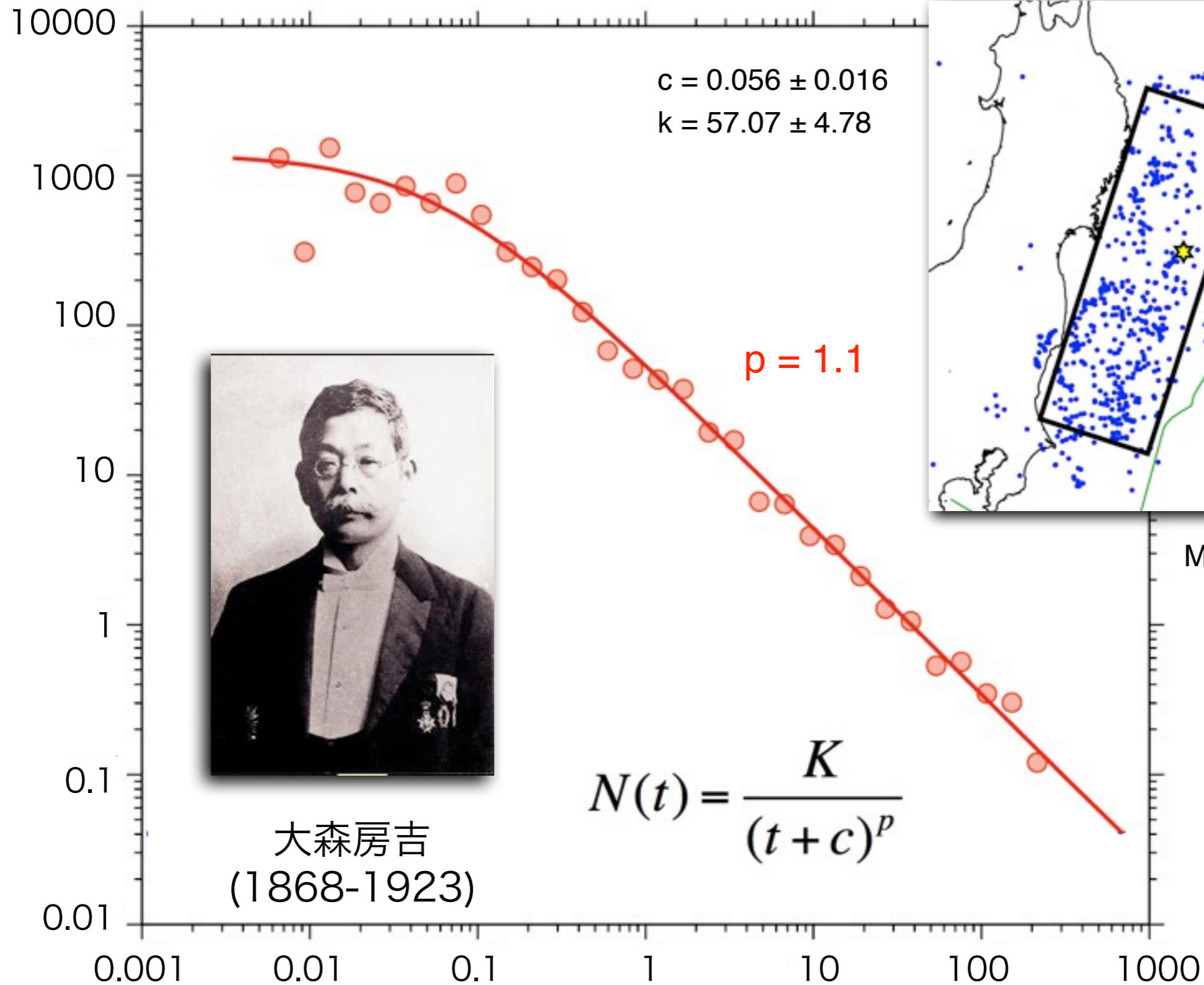


近傍での
大地震

→ 時間

連鎖する地震・相互に影響する断層：本震と余震

一日あたりのマグニチュード5以上の地震数



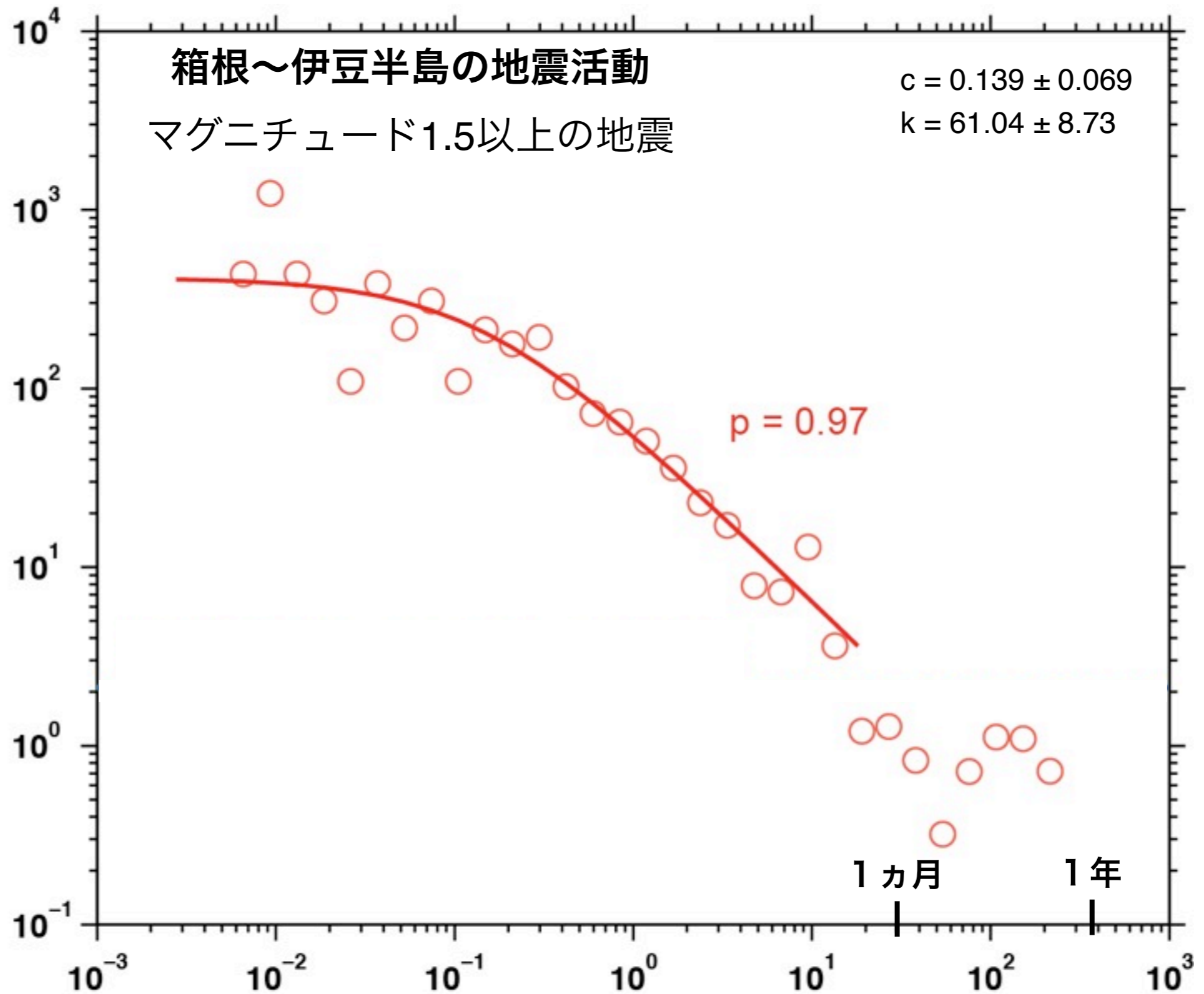
大森房吉
(1868-1923)

$$N(t) = \frac{K}{(t+c)^p}$$

東北地方太平洋沖地震からの日数

オフフォールト余震・誘発地震にも大森公式が適用可能

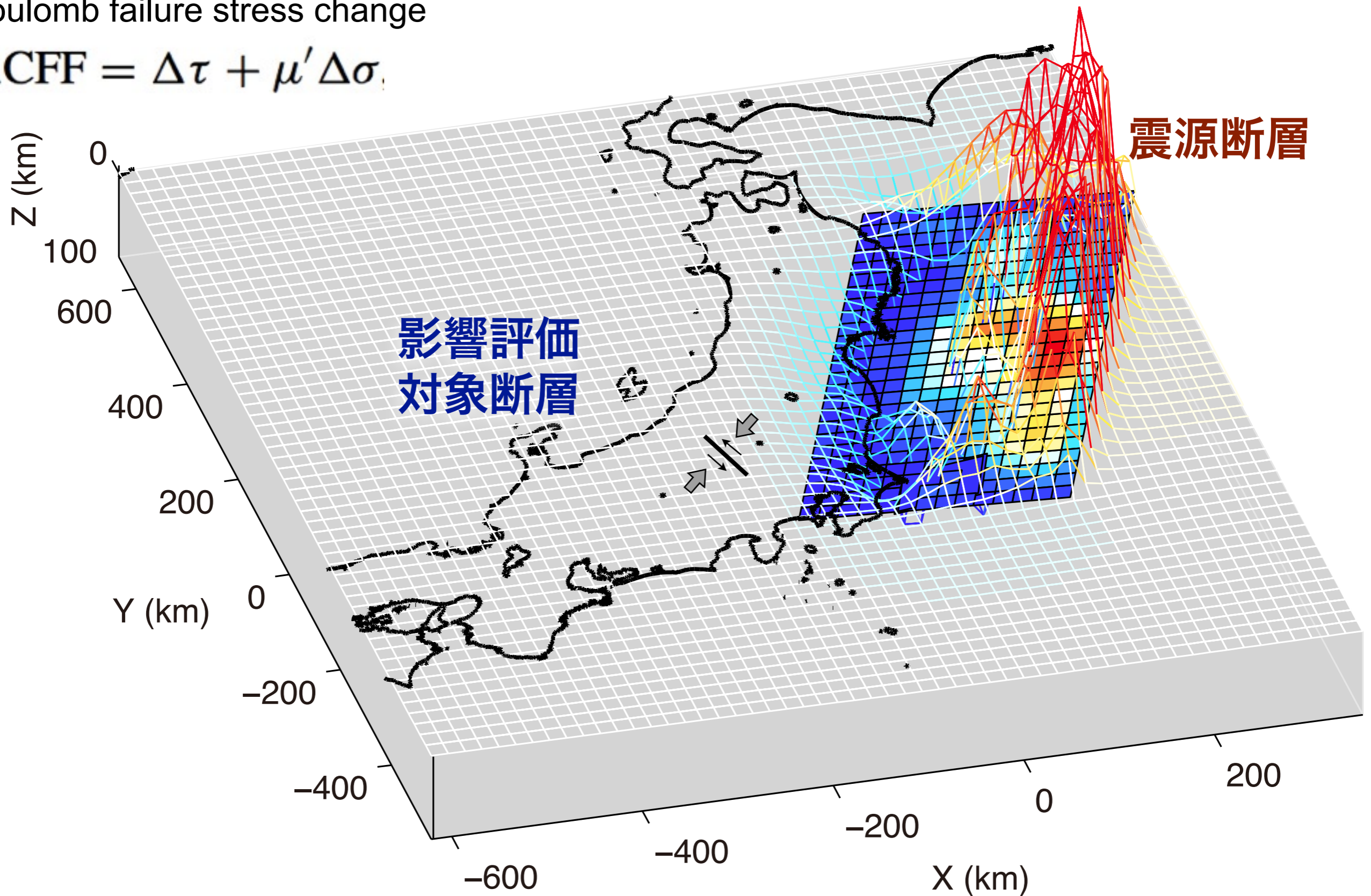
一日あたりの地震数



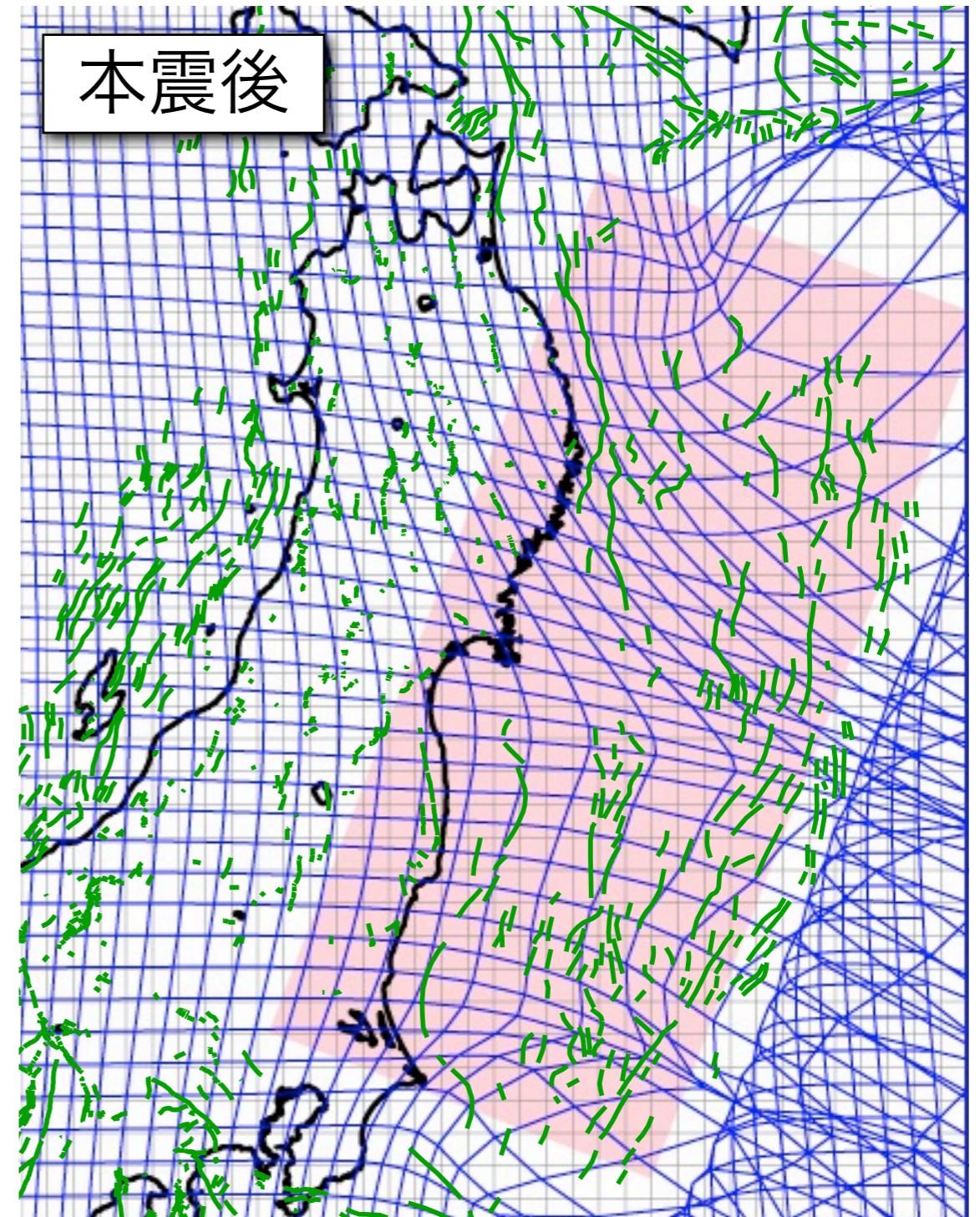
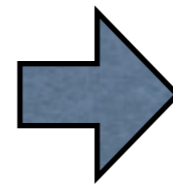
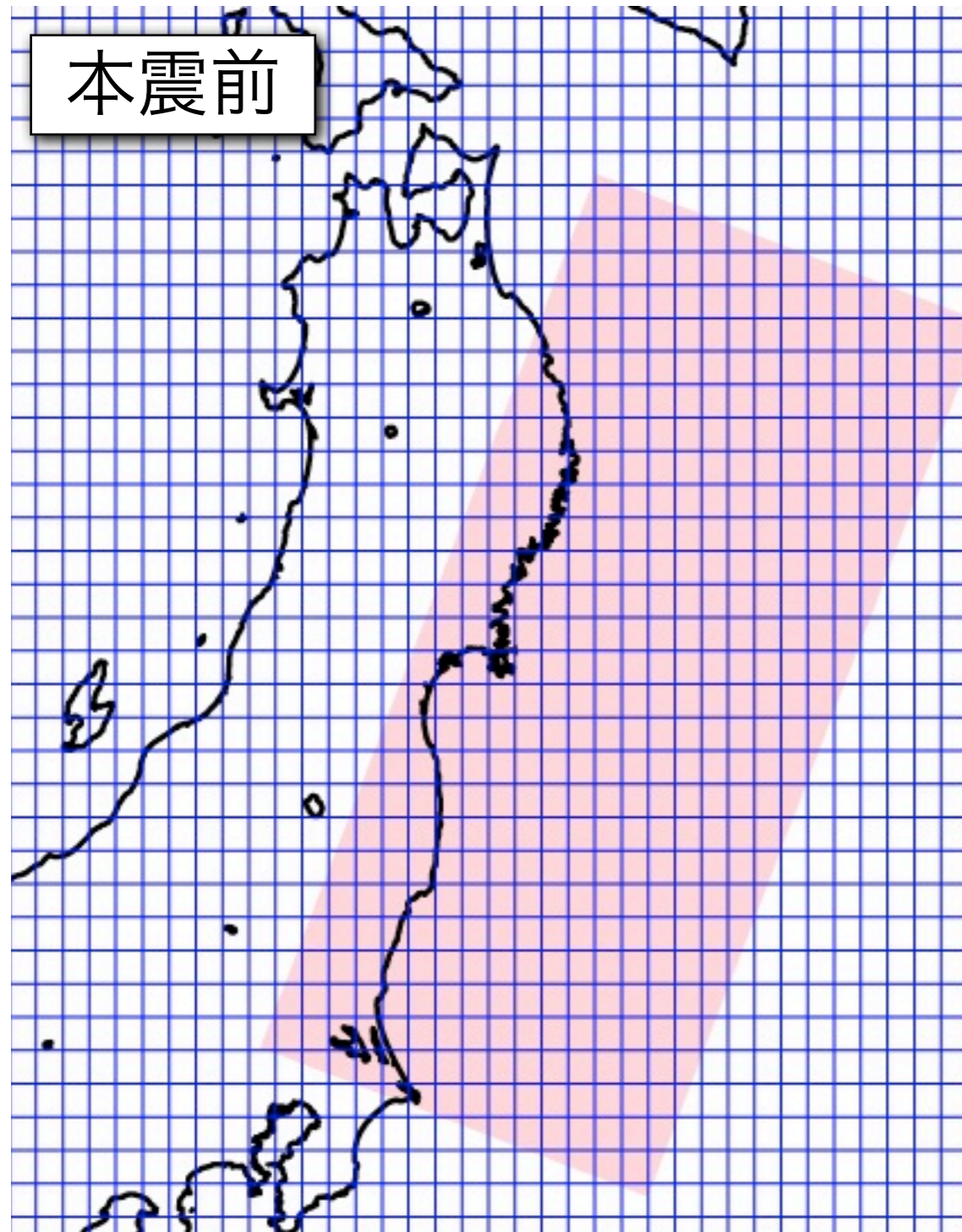
地震前後の周辺地殻・断層への応力変化を見積もる

Coulomb failure stress change

$$\Delta CFF = \Delta\tau + \mu' \Delta\sigma$$

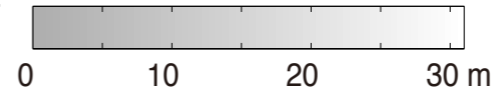


地震前後の周辺地殻・断層への応力変化を見積もる

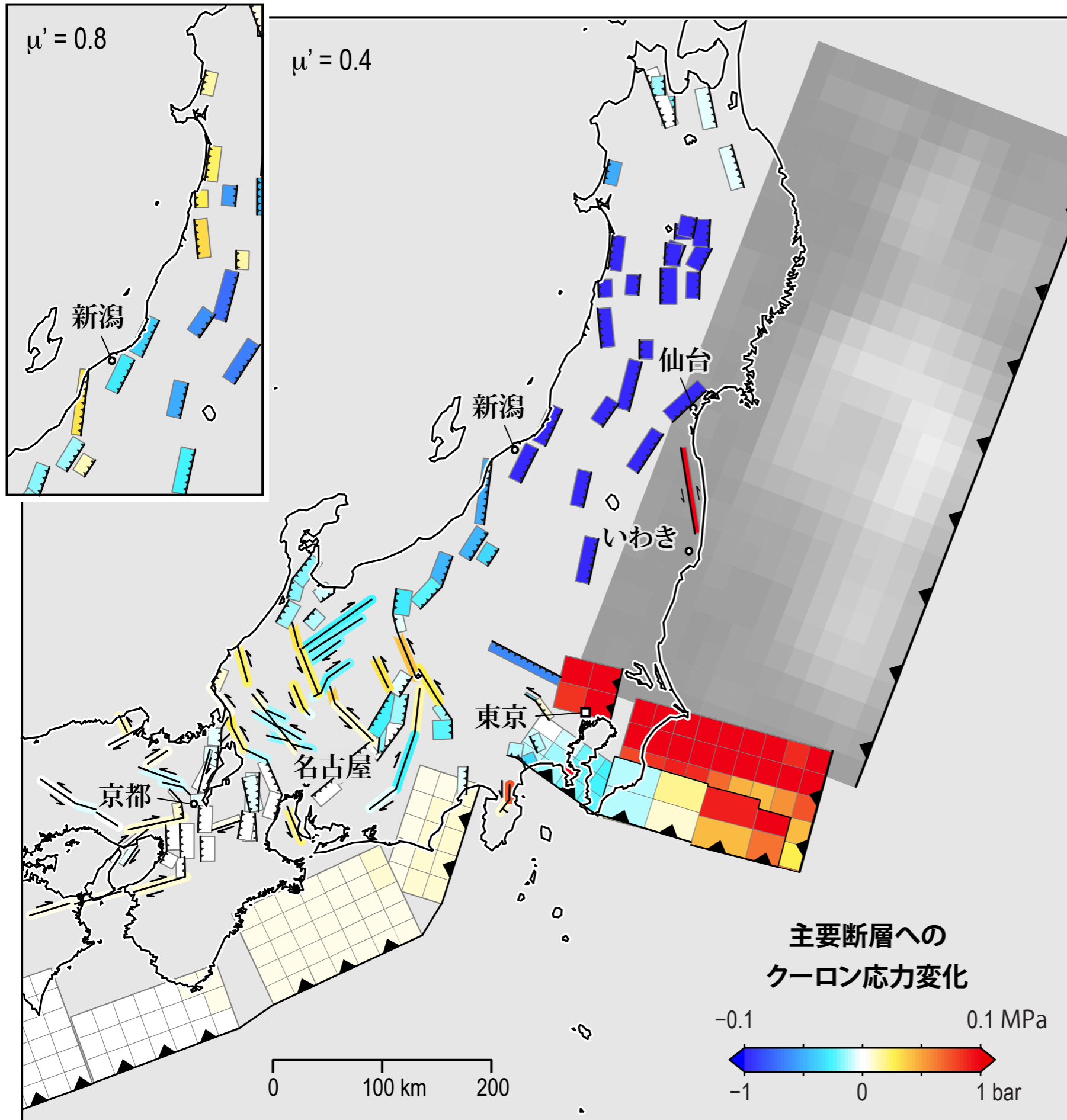


本震震源断層のすべり分布

Wei & Sladen, 2011

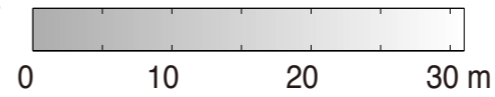


東北地方太平洋沖地震による主要活断層への応力変化



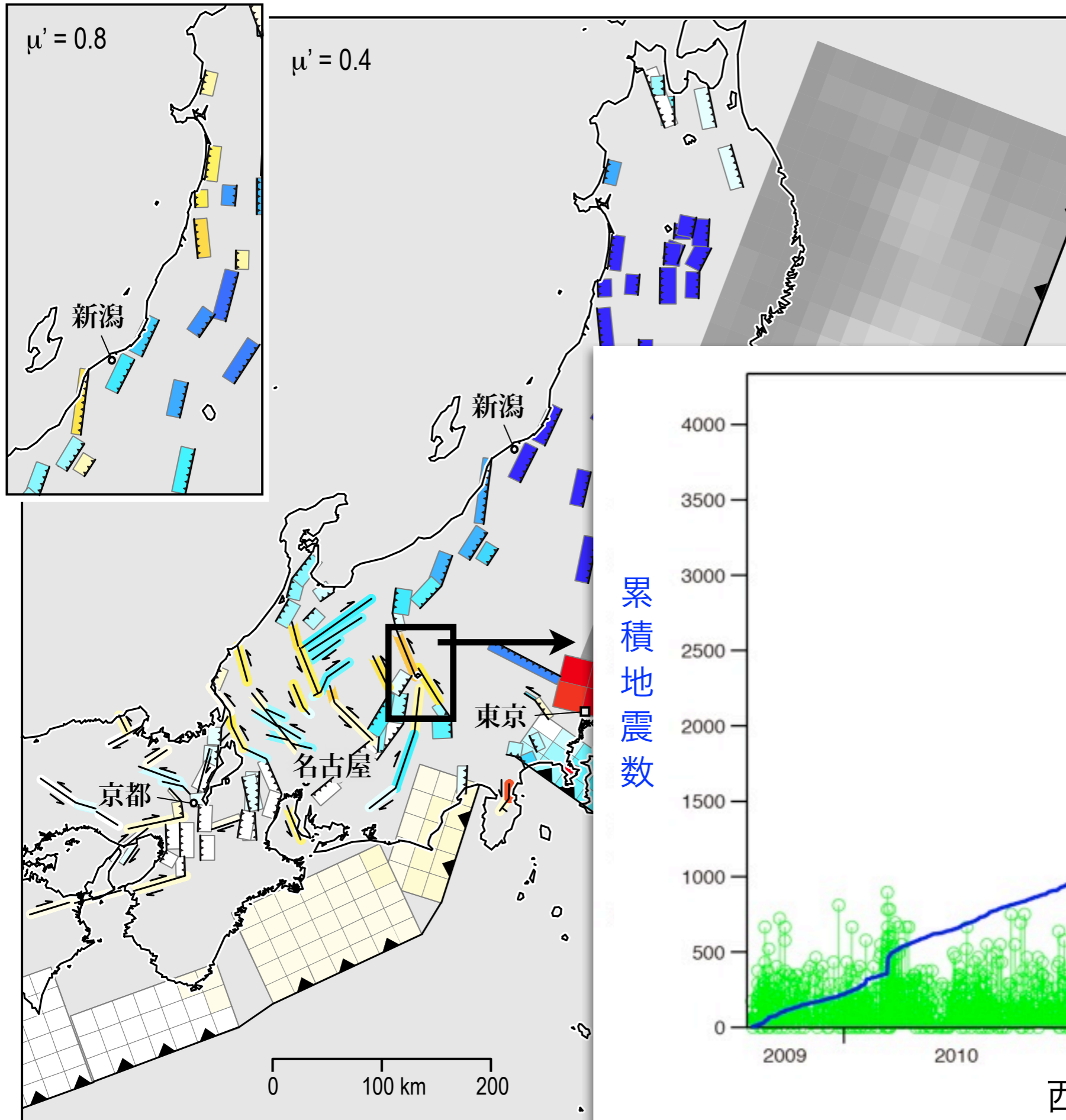
本震震源断層のすべり分布

Wei & Sladen, 2011

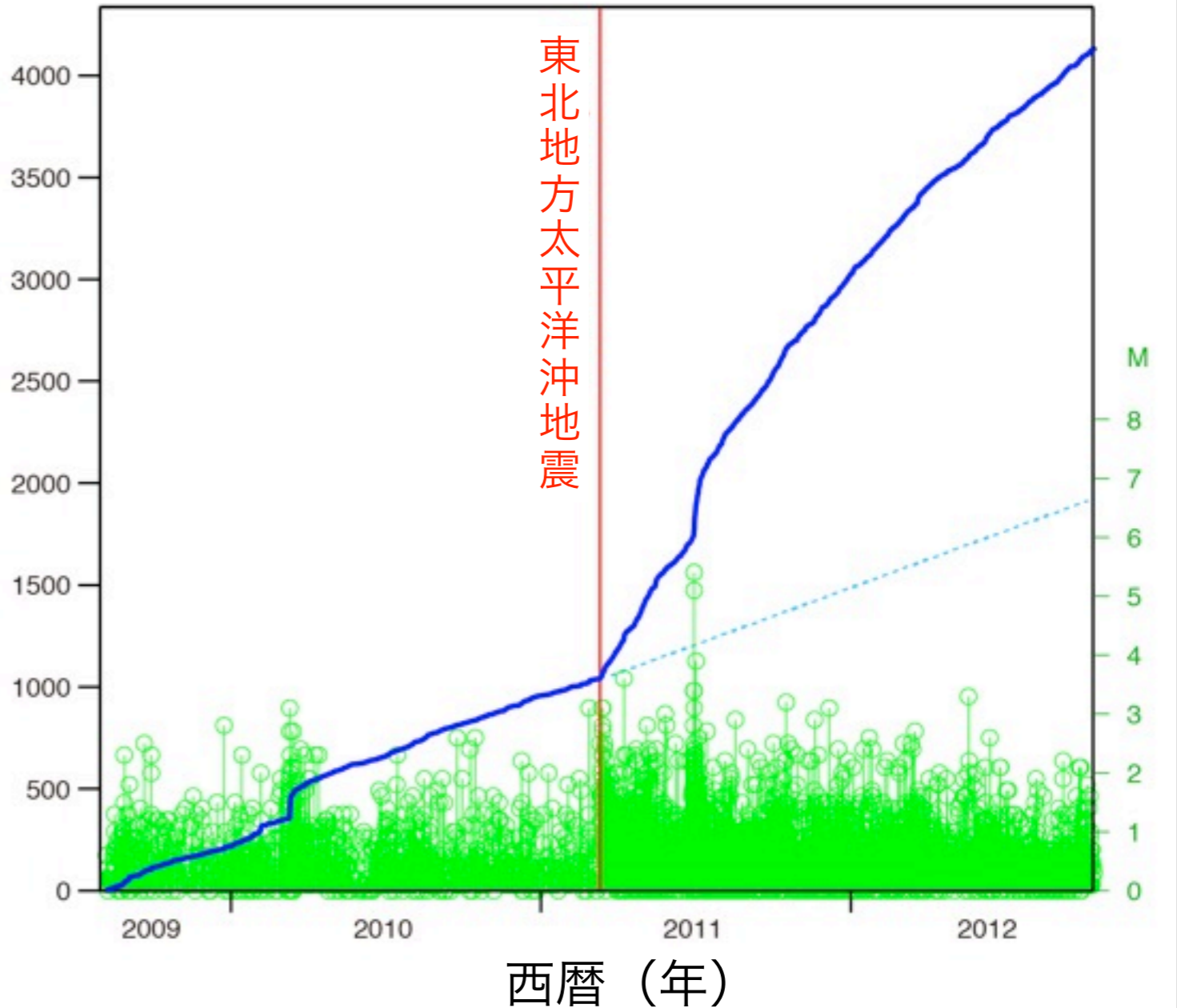


東北地方太平洋沖地震による主要活断層への応力変化

糸魚川-静岡構造線

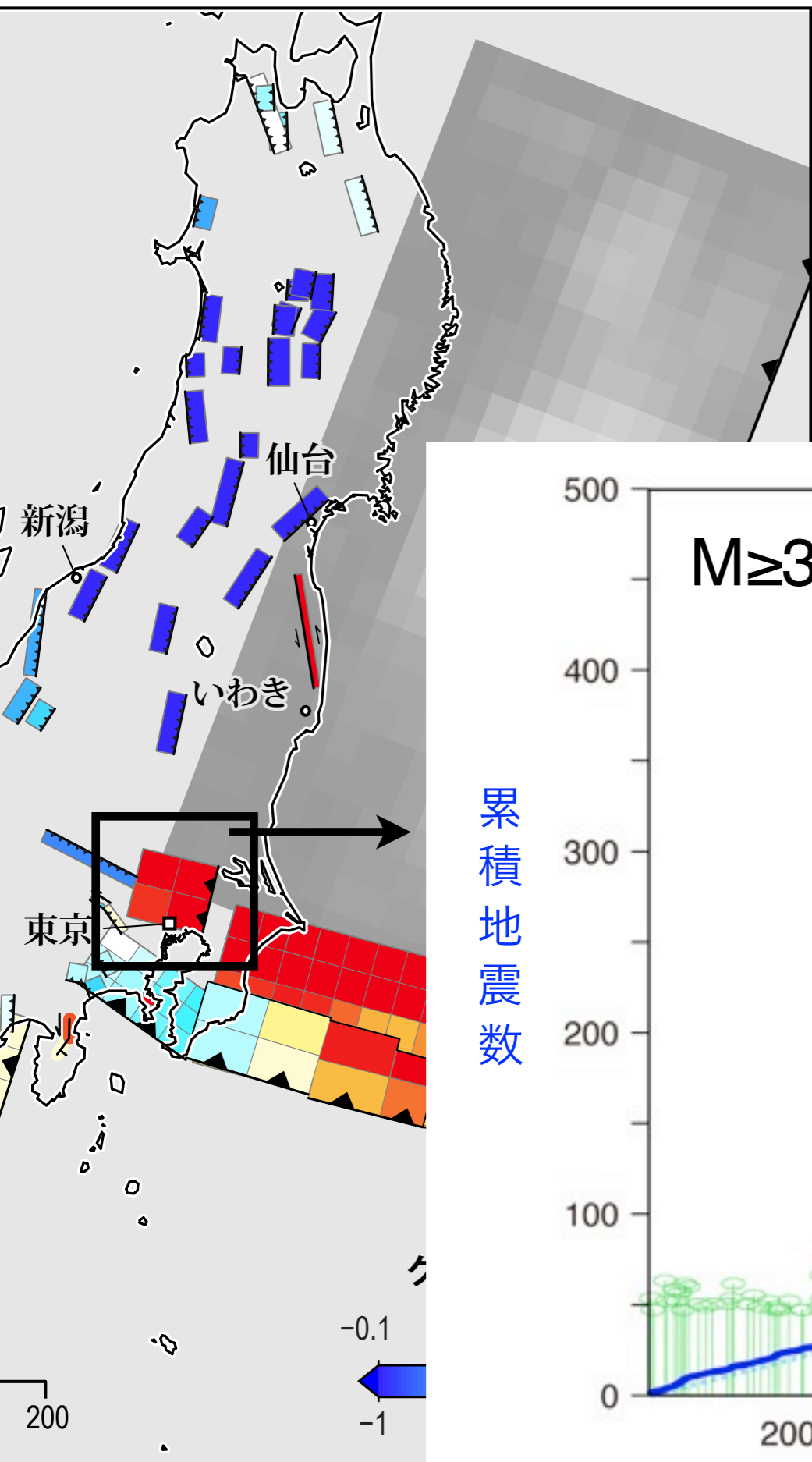
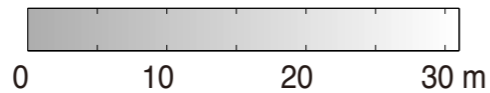


累積地震数



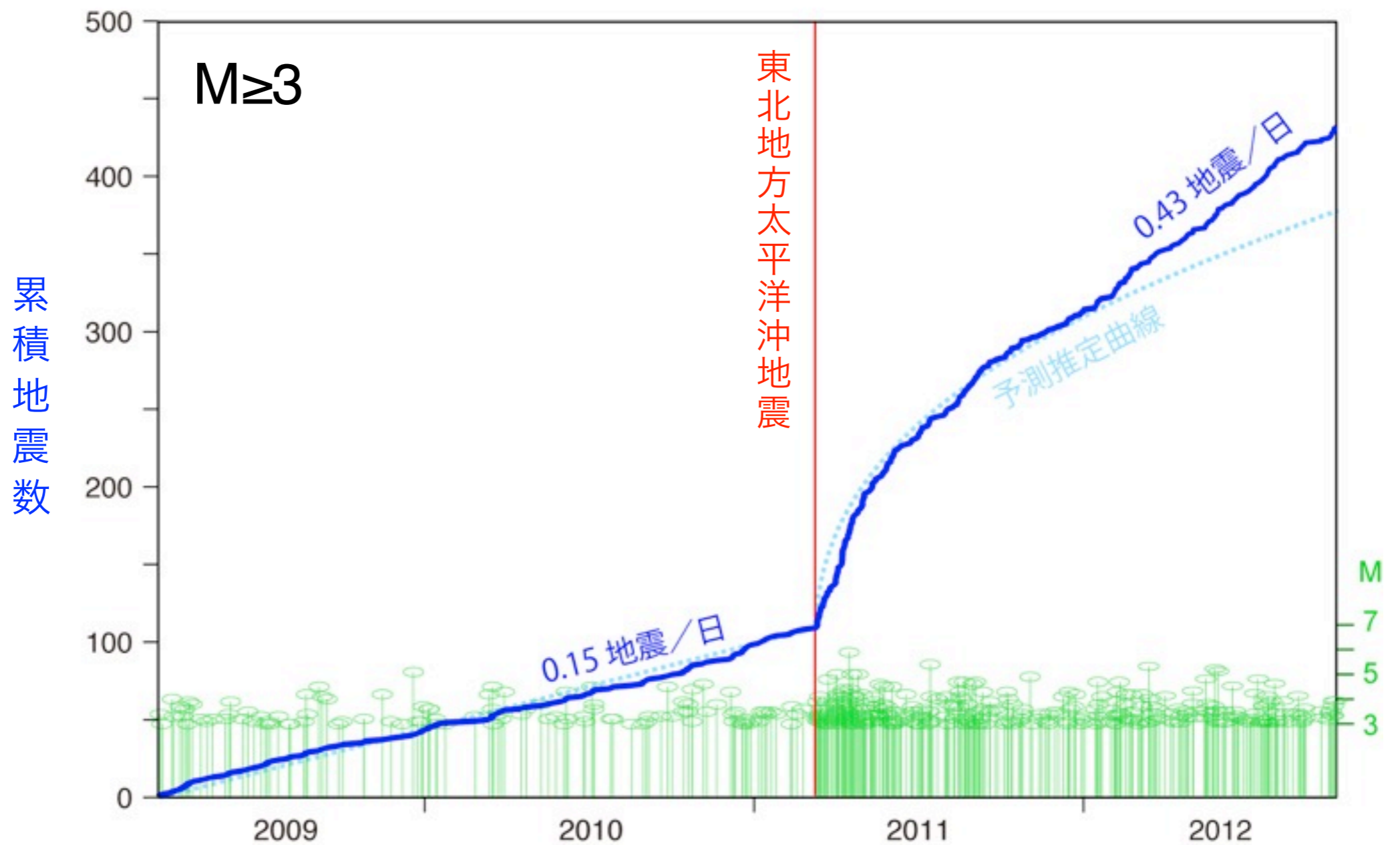
本震震源断層のすべり分布

Wei & Sladen, 2011



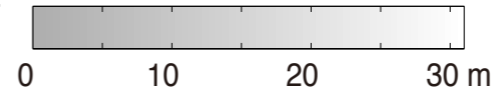
東北地方太平洋沖地震による主要活断層への応力変化

首都直下の地震活動

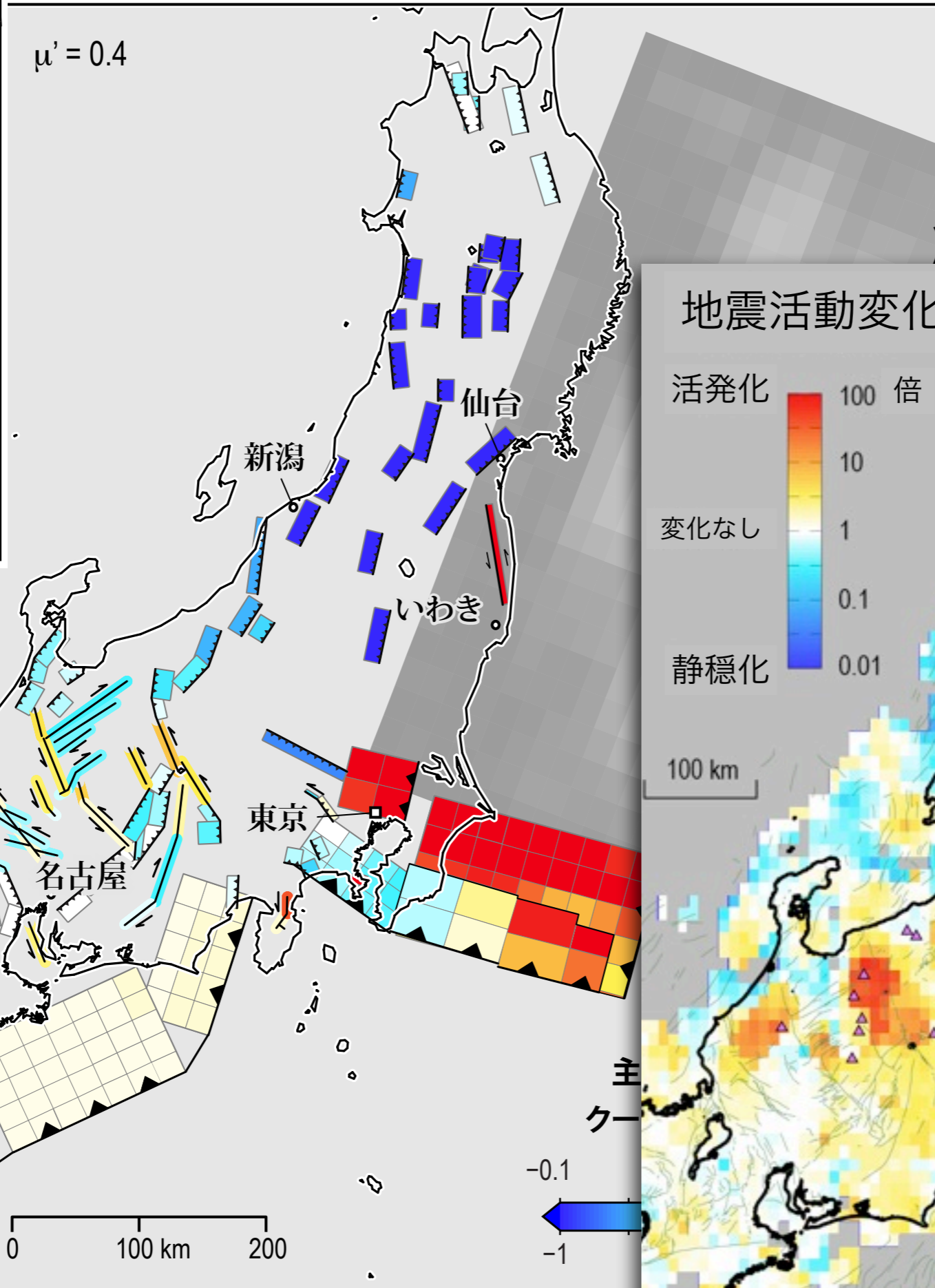
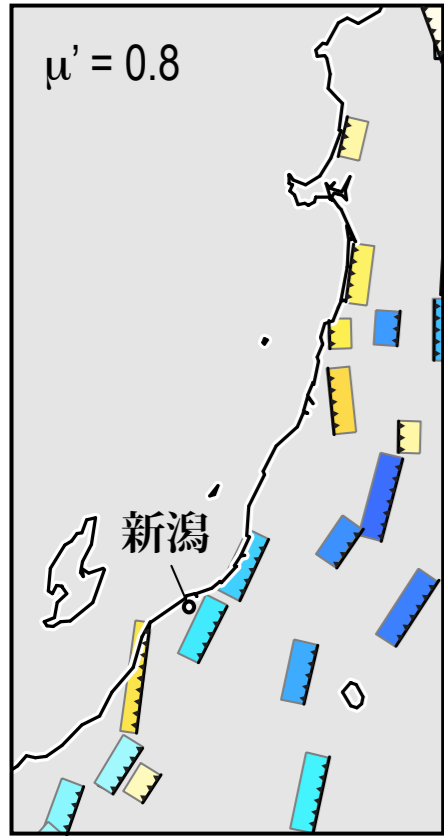


本震震源断層のすべり分布

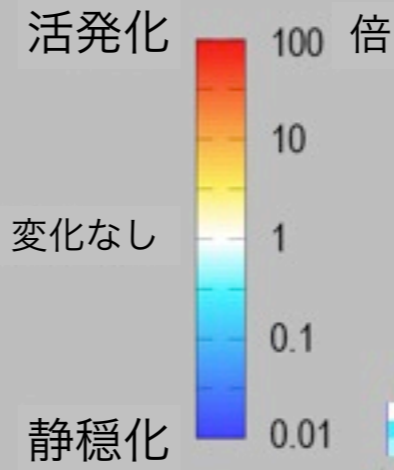
Wei & Sladen, 2011



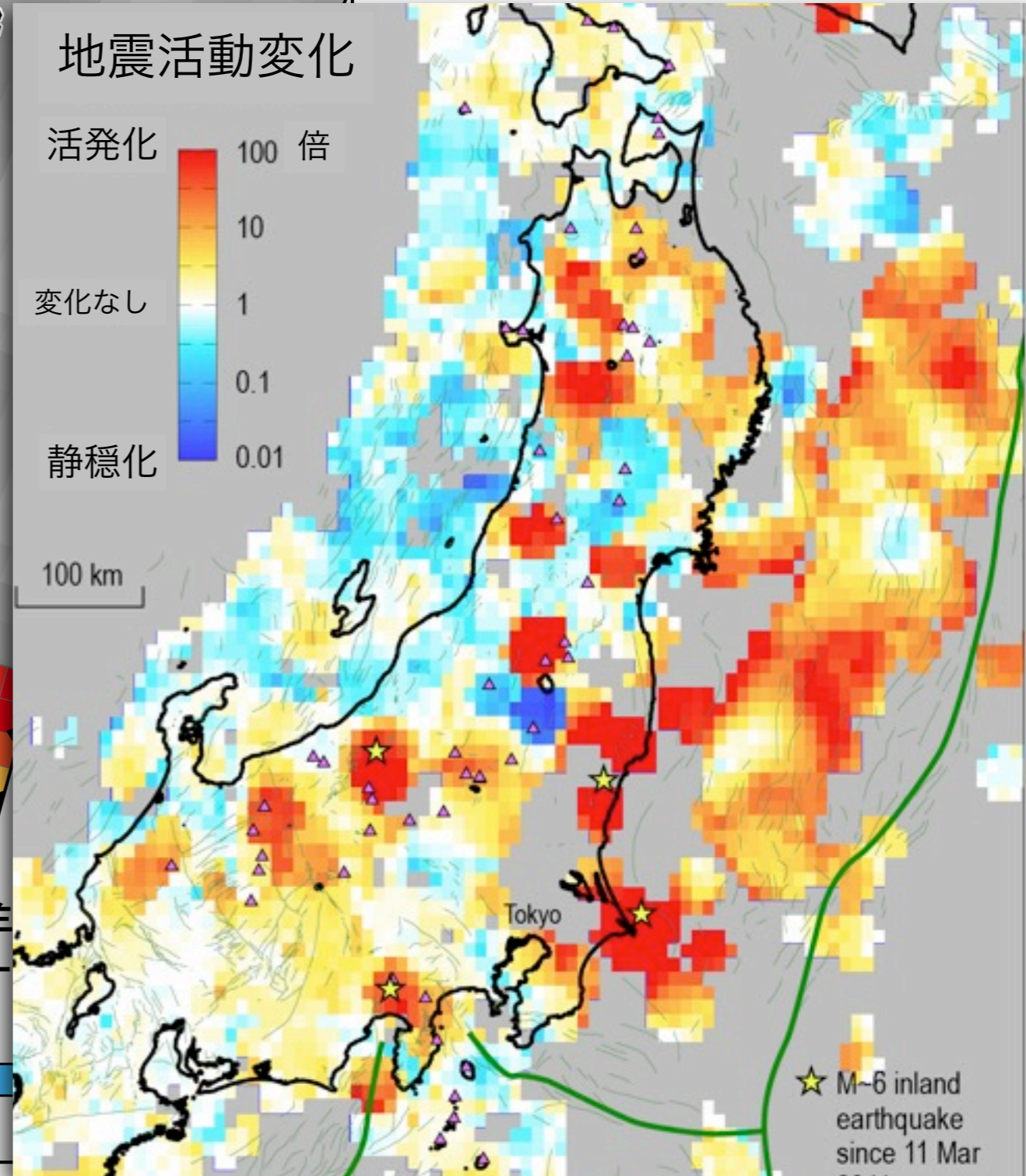
東北地方太平洋沖地震による主要活断層への応力変化



地震活動変化

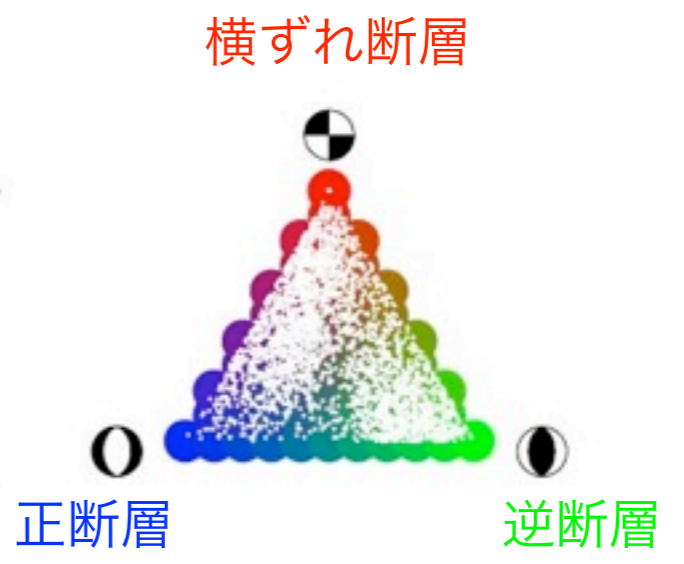
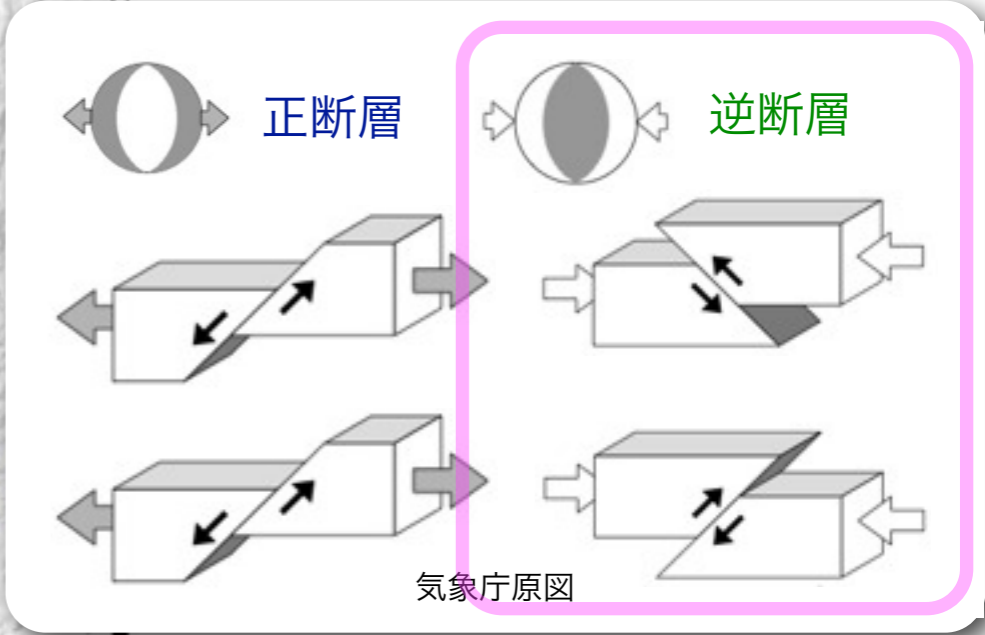
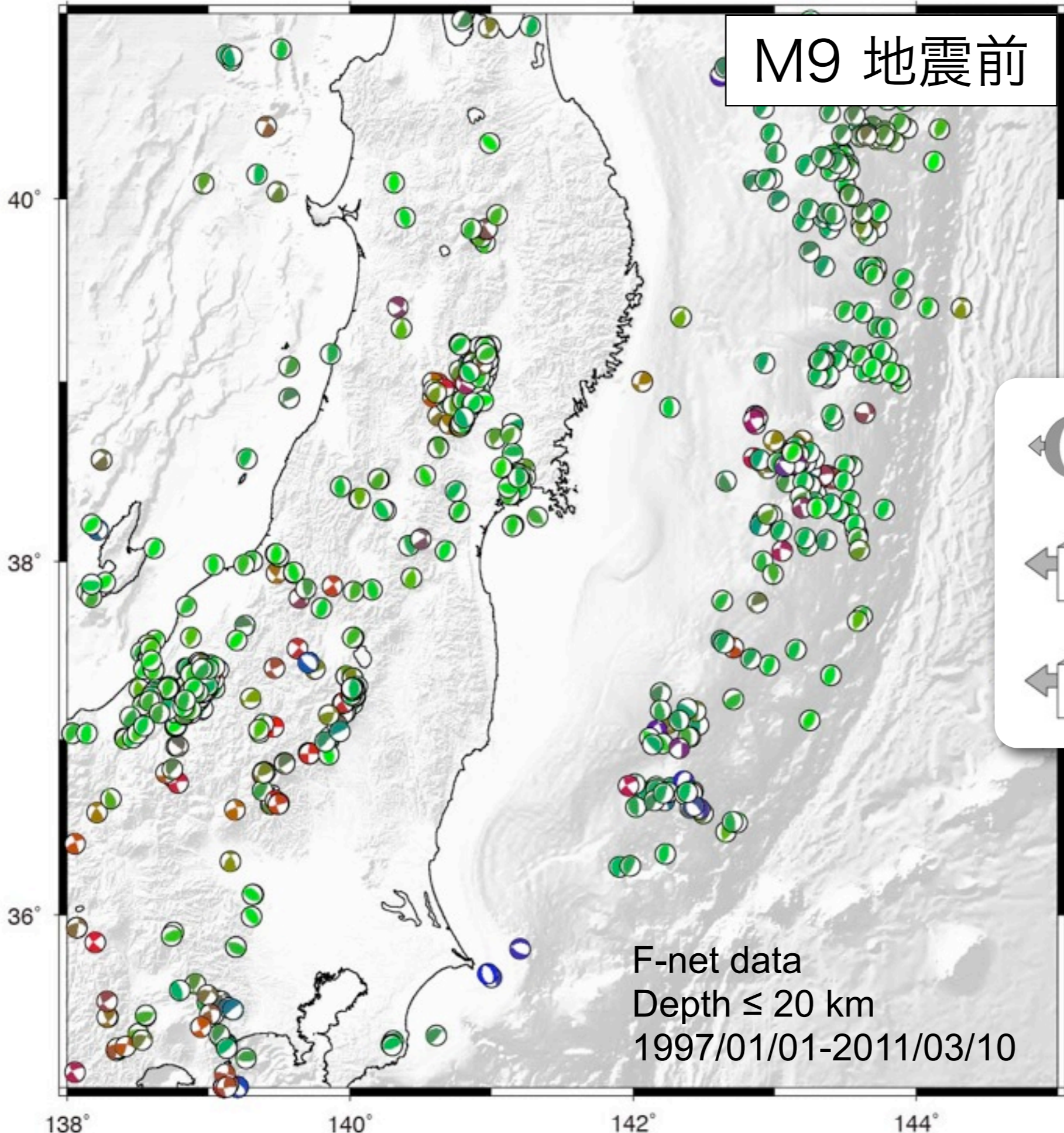


100 km



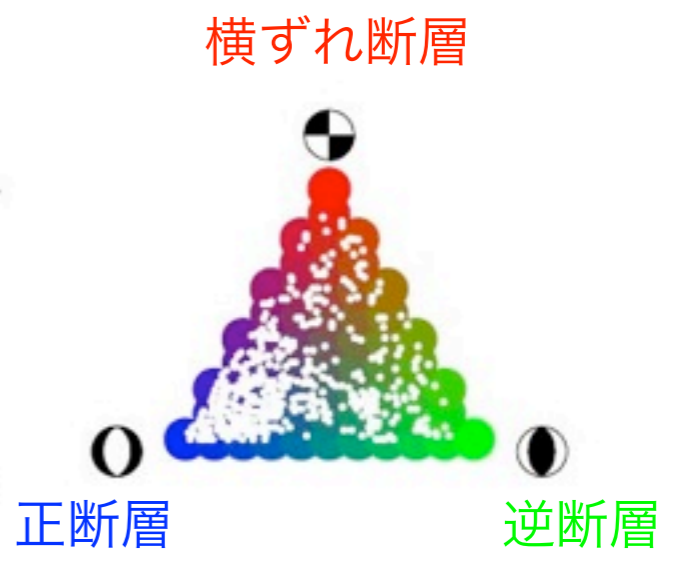
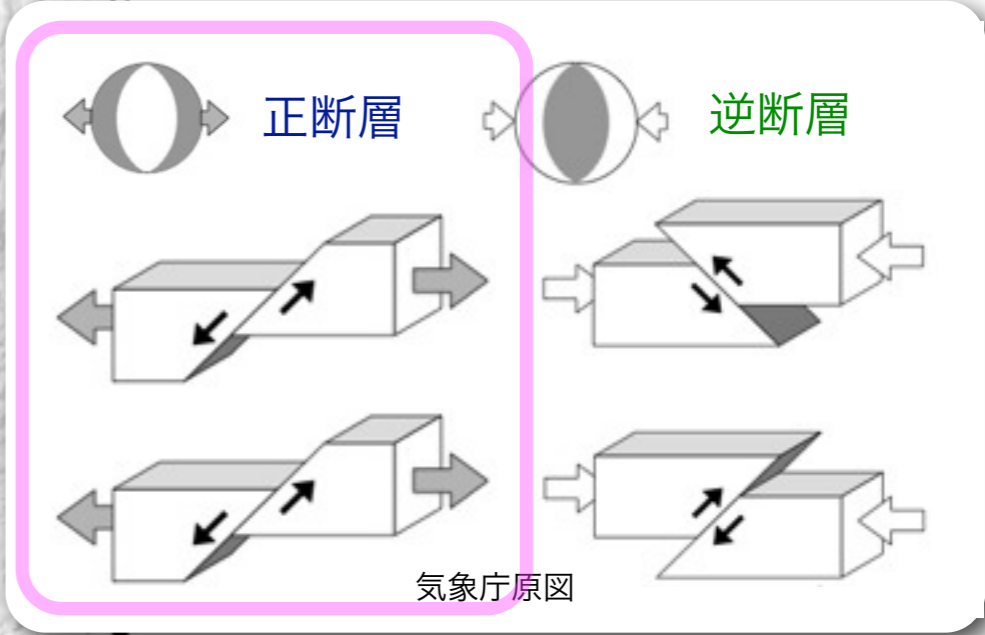
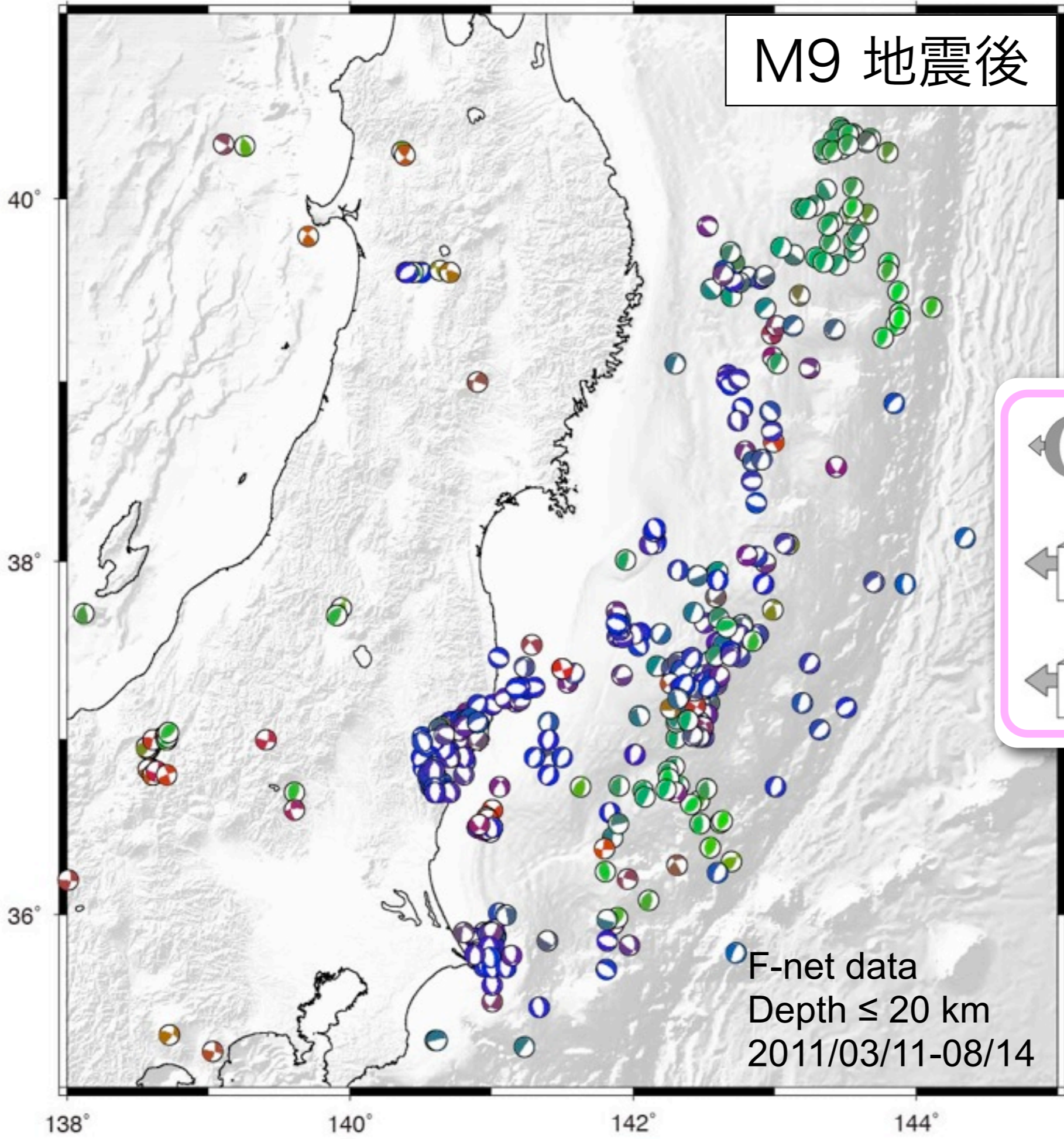
M9 地震前

メカニズムと発生場の変化



M9 地震後

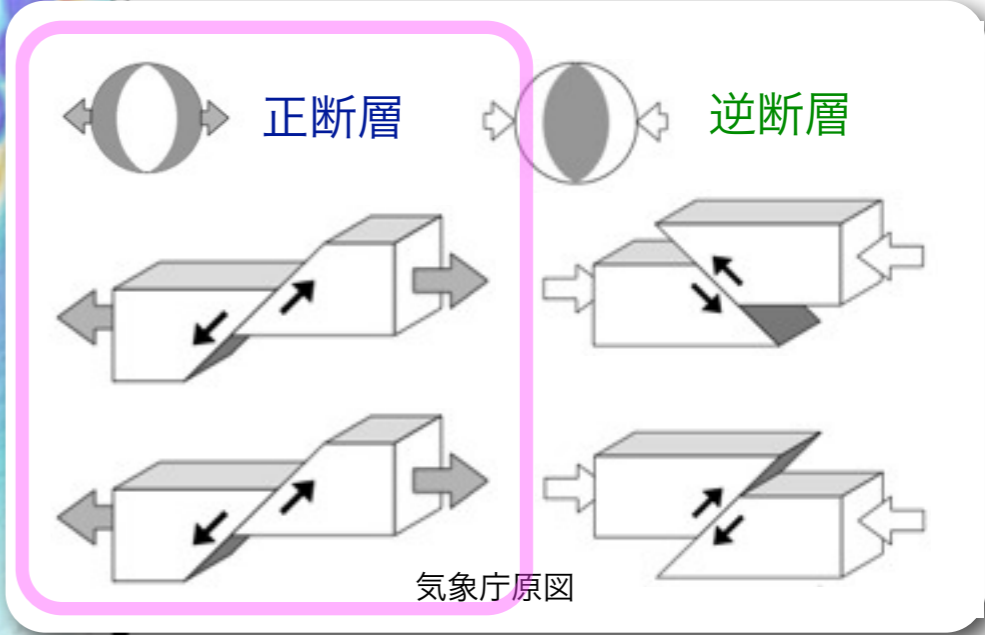
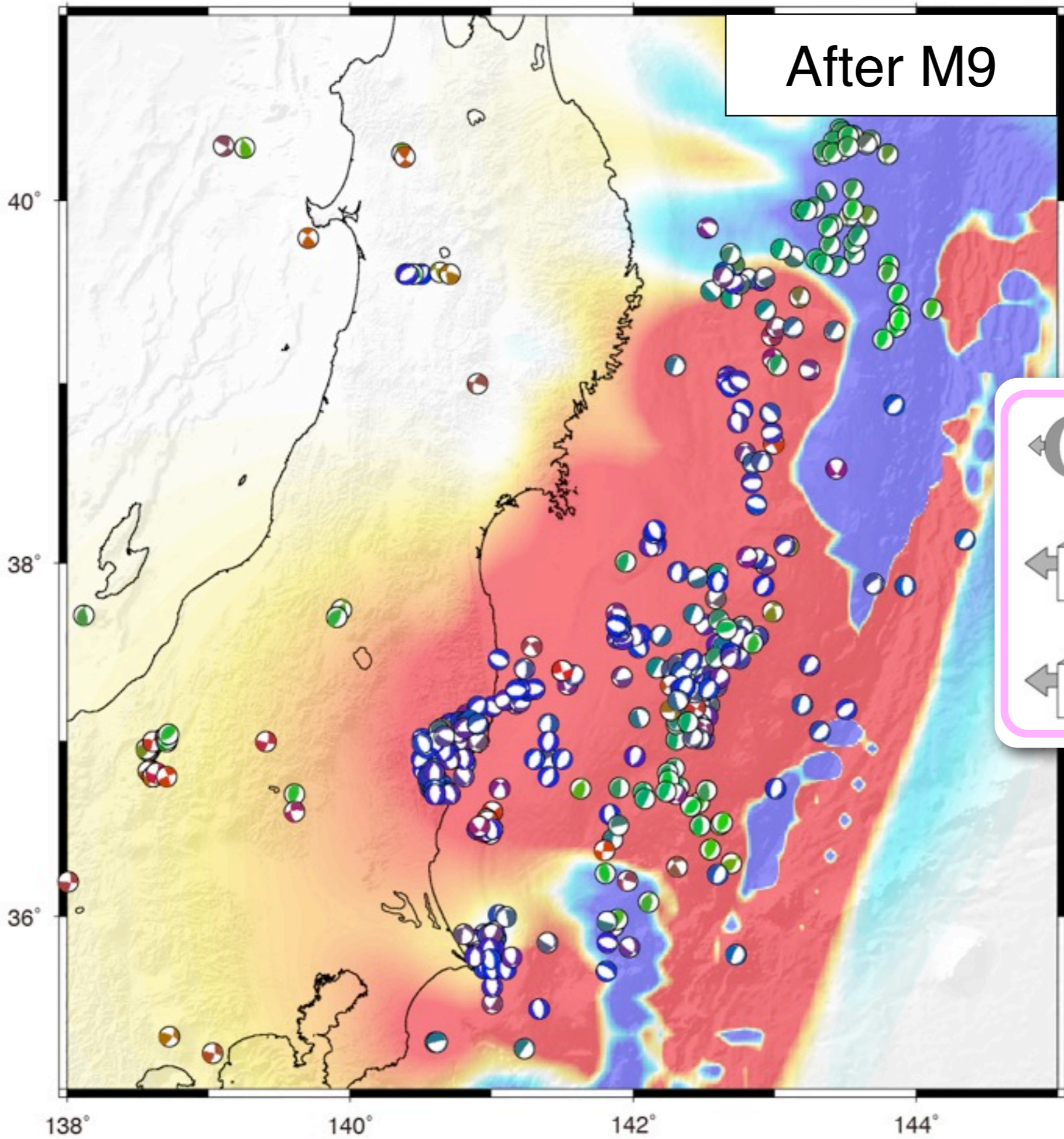
メカニズムと発生場の変化



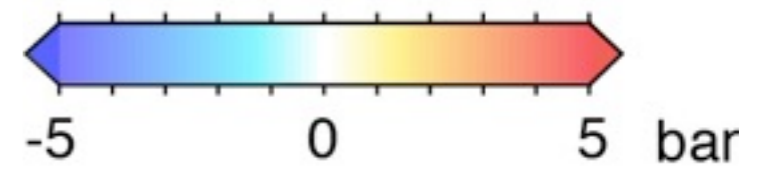
After M9

正断層に対して 解いた応力変化

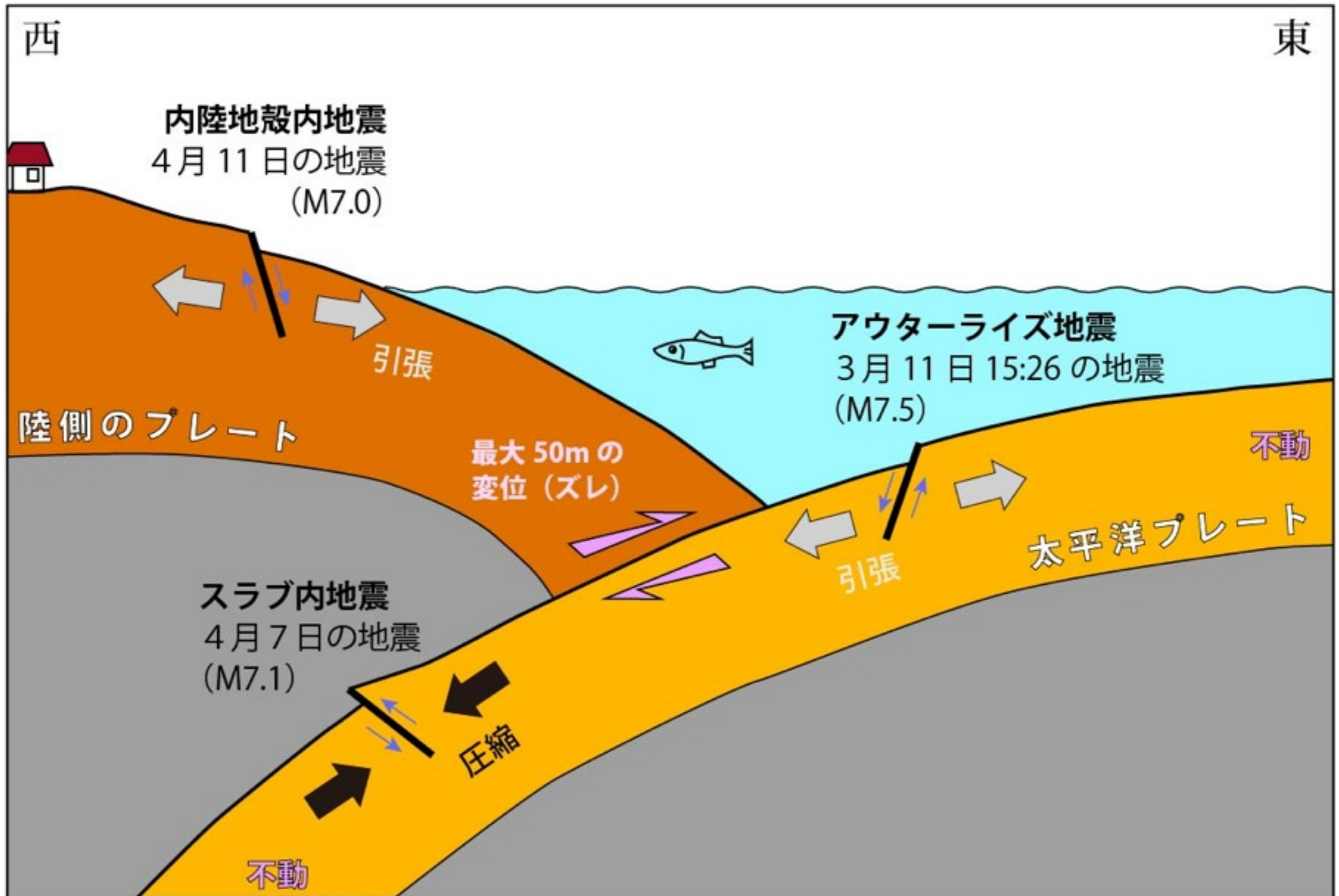
後で説明可能
事前予測は無理



Coulomb stress change
for normal fault
at a depth of 10 km

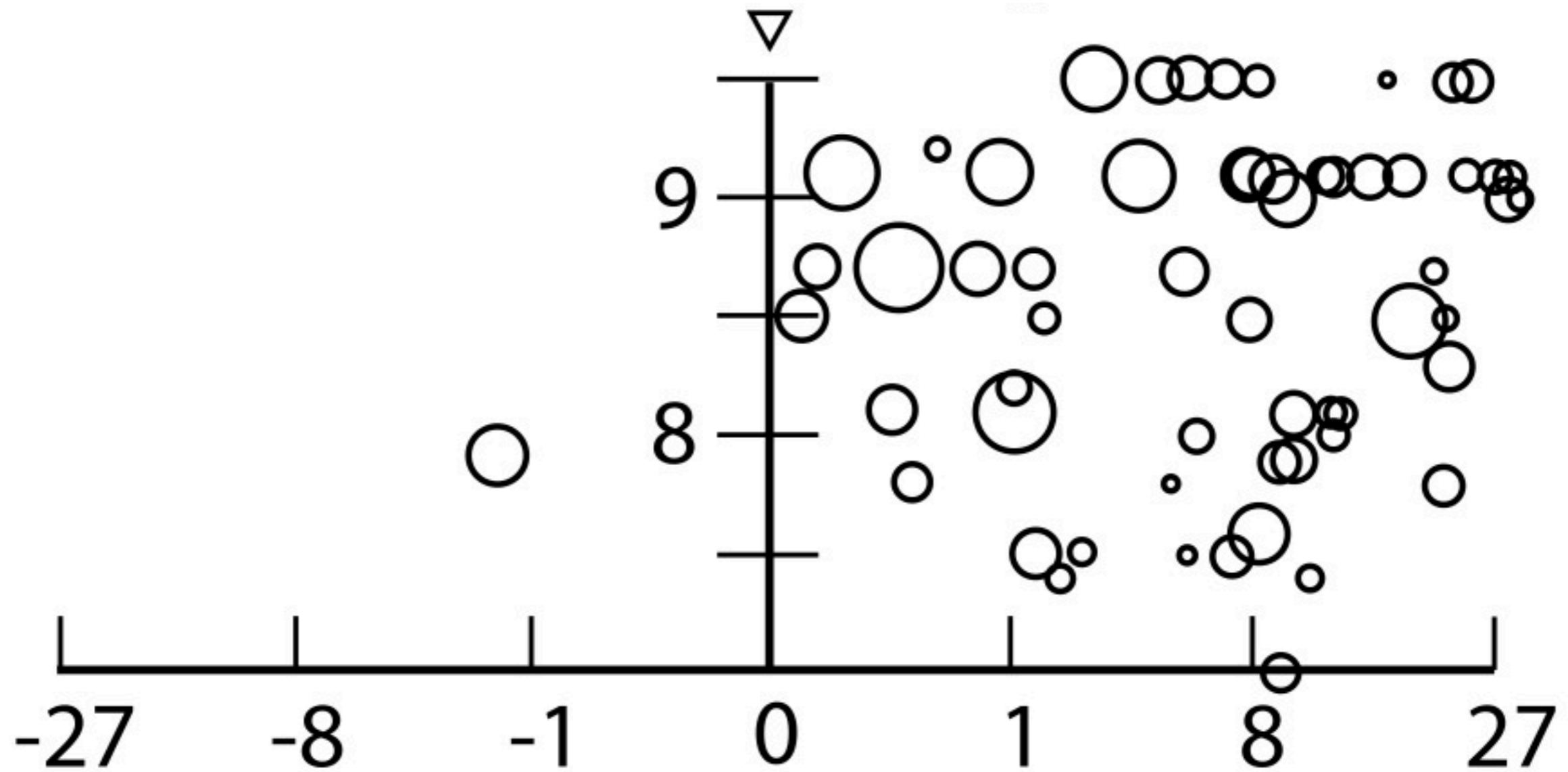


応力場が反転したことによって誘発されたM7地震



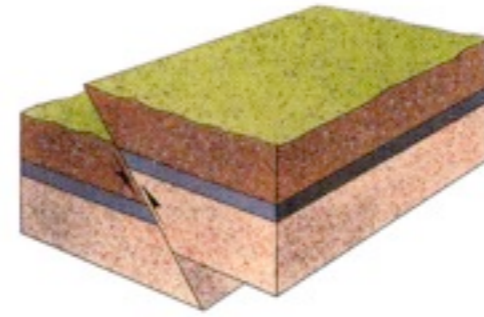
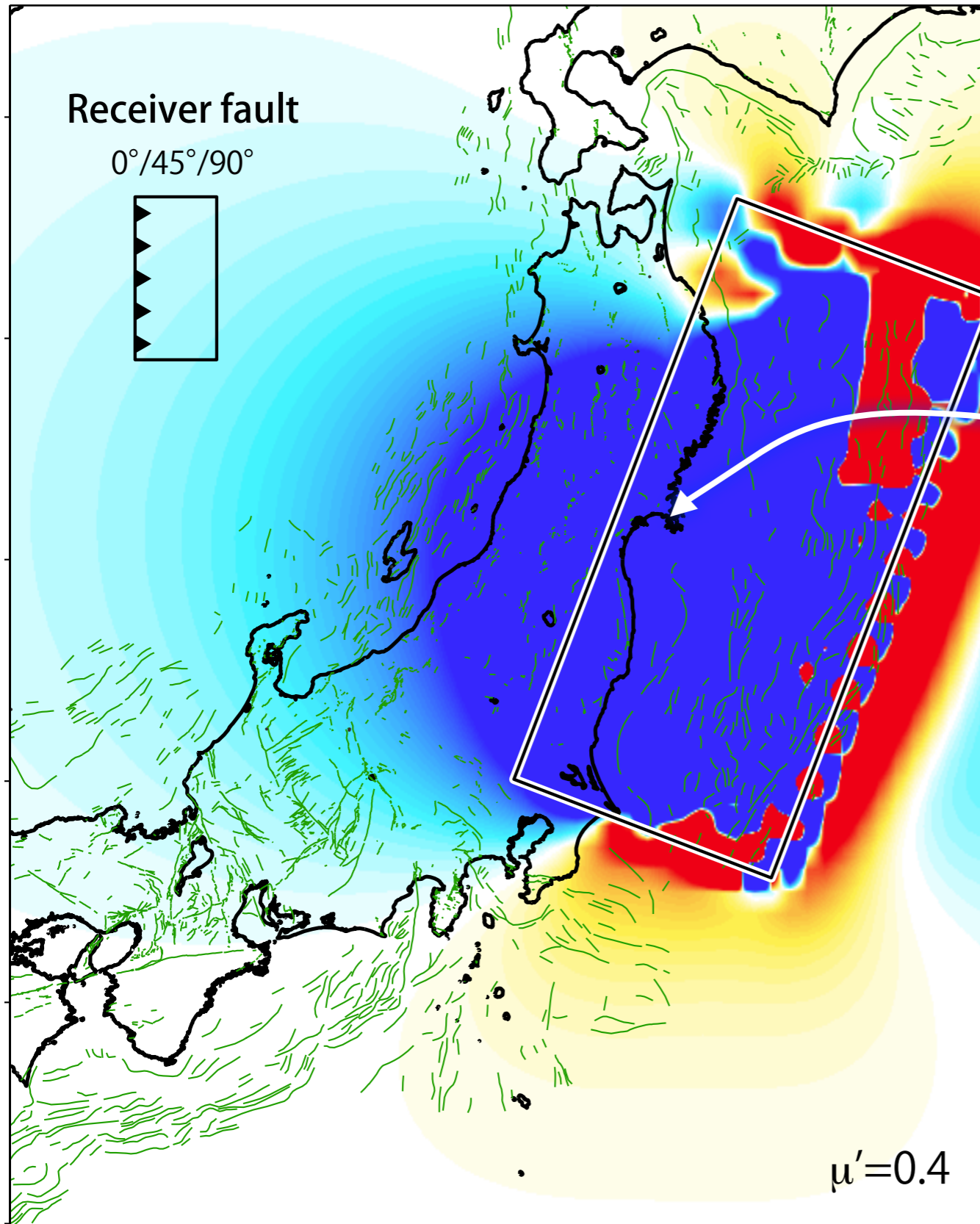
プレート境界型地震に遅れて発生するアウターライズ地震

プレート境界地震の
マグニチュード



プレート境界地震からの年数

応力減少で地震活動は抑制されるか？



南北走向の
逆断層に対す
る応力変化

そのうち
地震が起きなくなる？
安全地帯？



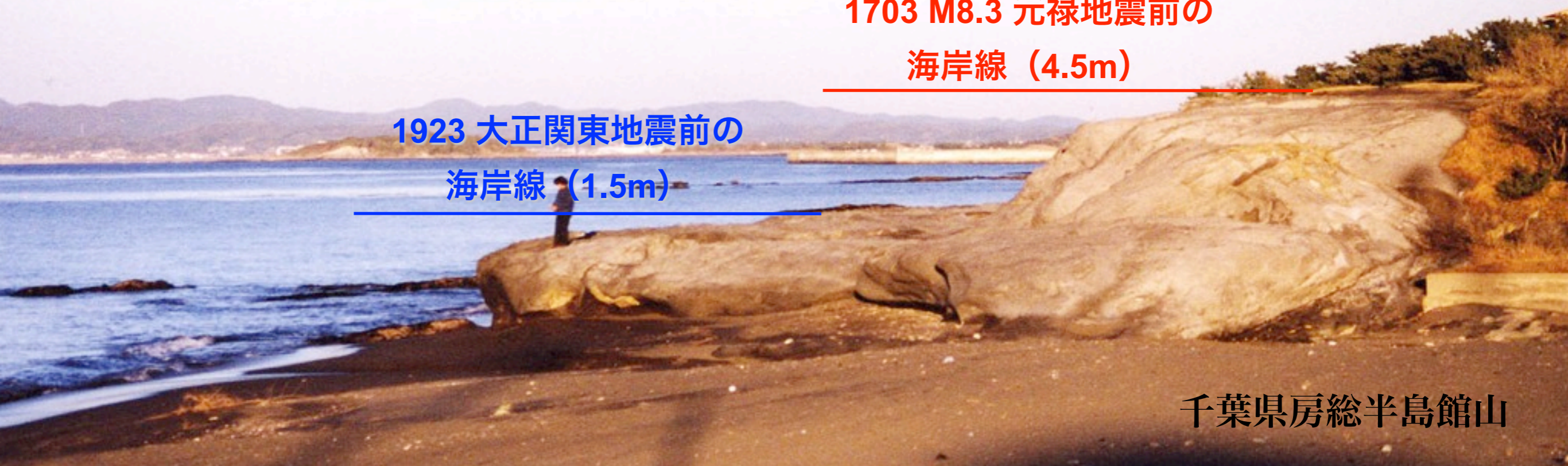
応力減少で地震活動は抑制されるか？

1923年M7.8
大正関東地震と
その後の**静穏期**



1703 M8.3 元禄地震前の
海岸線 (4.5m)

1923 大正関東地震前の
海岸線 (1.5m)



千葉県房総半島館山

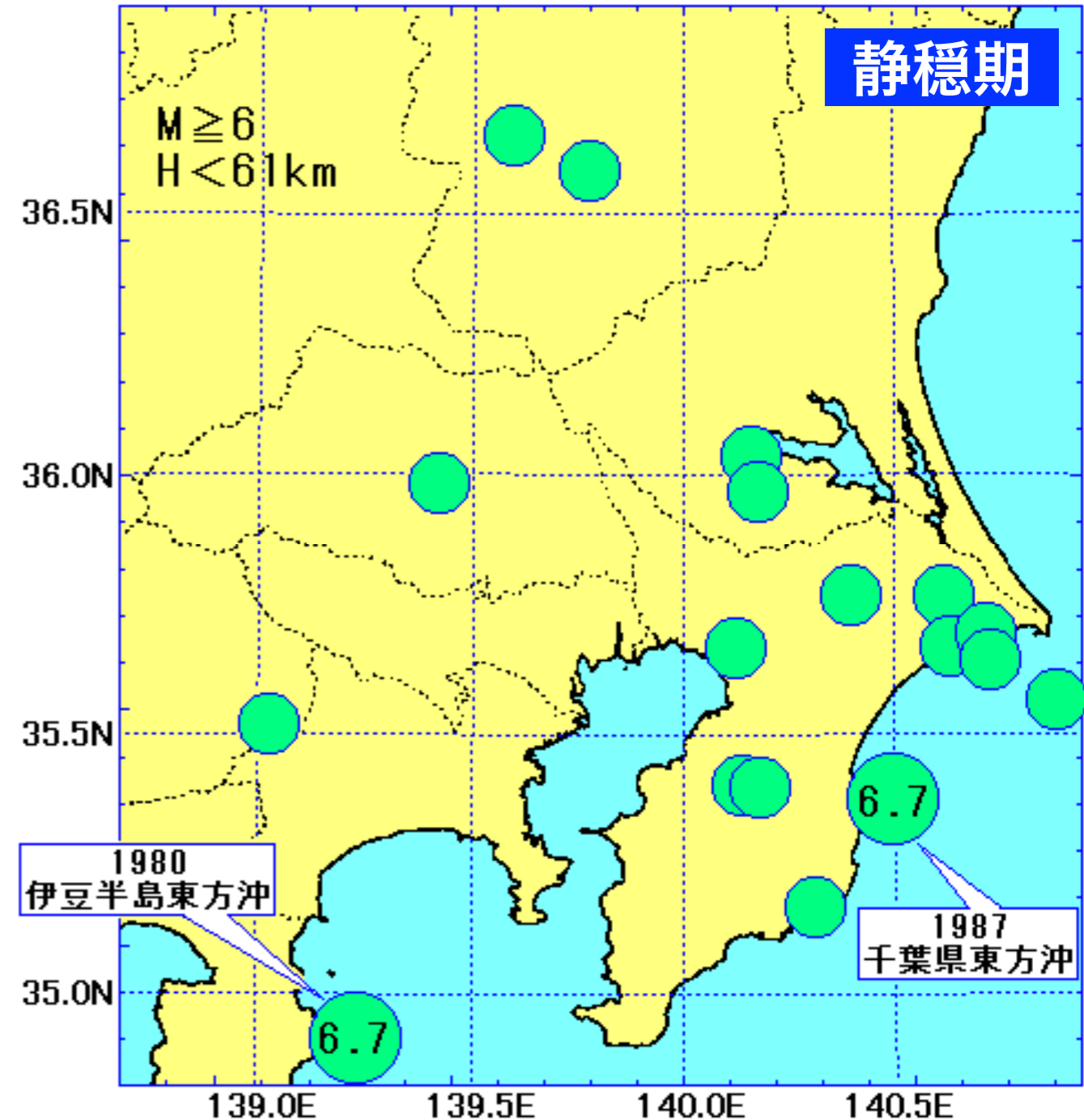
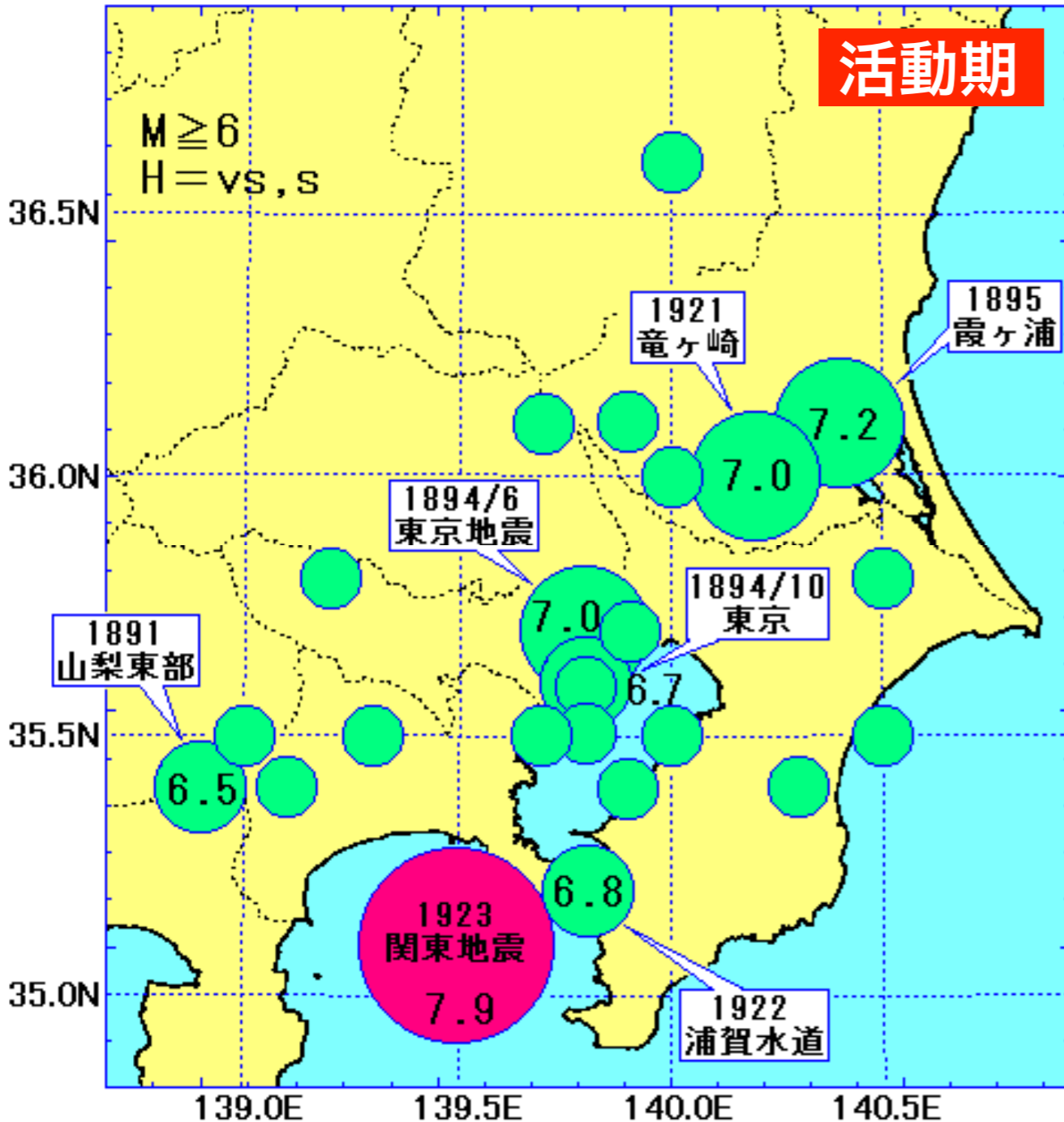
関東大震災によってその後被害地震が起きなくなった

関東地震前

関東地震後

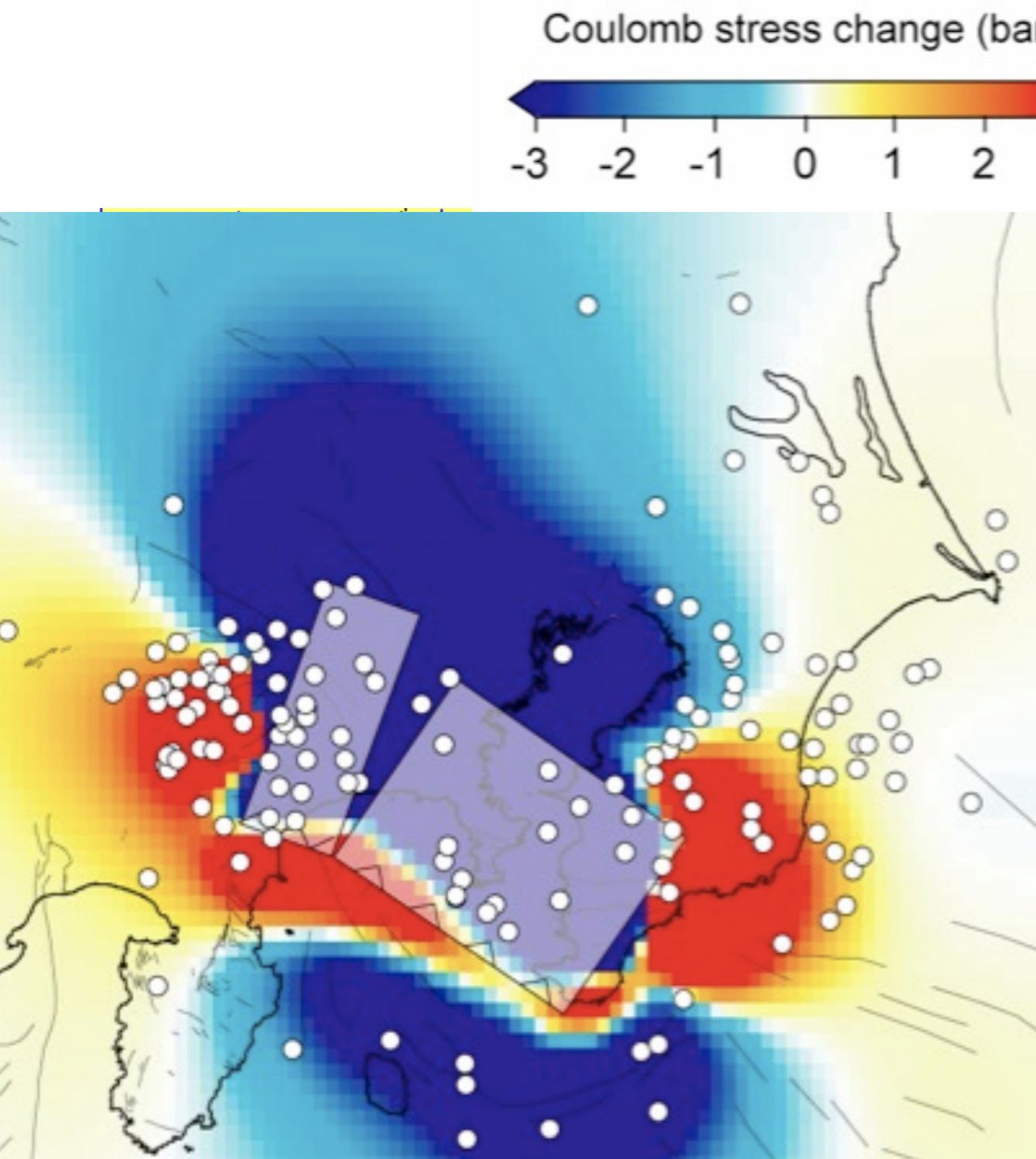
40年間(1883/9/1~1923/9/1) N=24

67年間(1933/1/1~1999/12/31) N=18



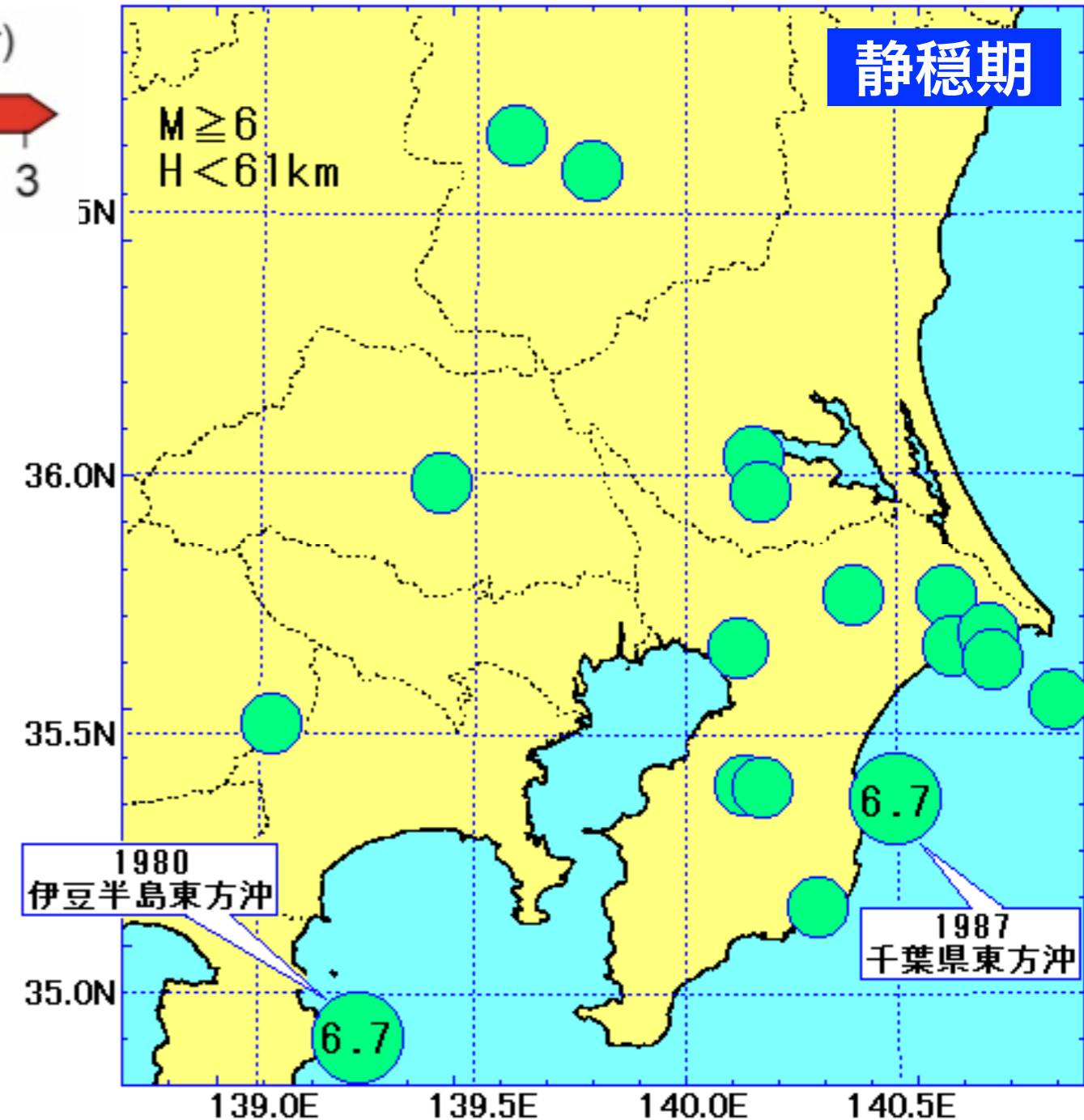
関東大震災によってその後被害地震が起きなくなった

関東地震による応力変化



関東地震後

67年間(1933/1/1~1999/12/31) N=18



1906年サンフランシスコ大地震前75年間に発生したM>6地震



Earthquakes from *Bakun* [1999] and *Ellsworth* [1990]

1906年サンフランシスコ大地震後75年間に発生したM>6地震

静穏期



- Historic rupture
- Past 10,000 yr rupture

1911 M=6.2 shock from *Bakun* [BSSA, 1999]

連鎖する地震活動，地震はでたらめに発生しない

広義の余震（オフフォルト余震）

双子地震・続発

群発地震

活動期・静穏期

互いに影響を及ぼし合う性質を利用して地震を予測

- 地域区分と，おおまかな推移予測は可能な場合も
- 「理解」の段階。実用的「予測」には道のりが長い