

ひずみ集中域と大地震発生域 との相関：どちらが原因か？

島崎邦彦（東大地震研）

ワヒュー・トリヨソ（バンドン工科大）

ひずみ集中帯

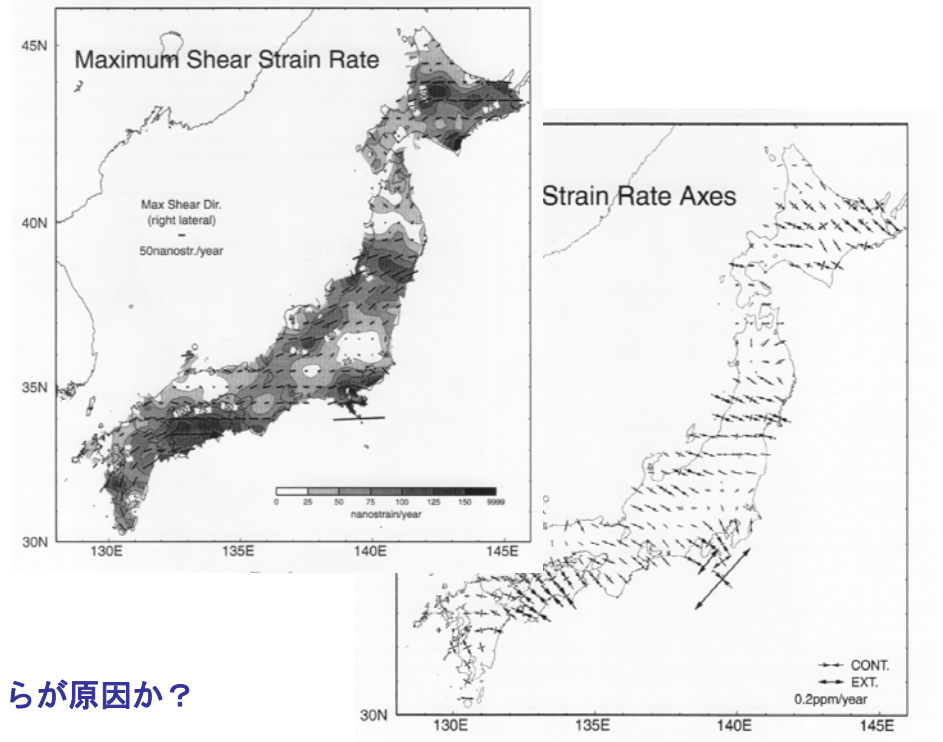
日本海東縁部 長期的な日本列島の変形

(岡村ほか, 1998; Sato, 1994; Wesnousky et al, 1982)

GPS観測による新潟-神戸歪み集中帯

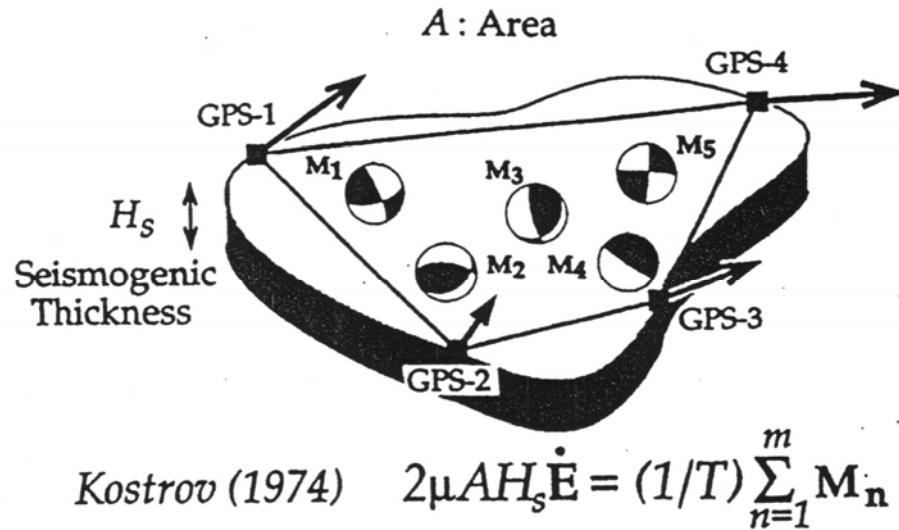
(Sagiya et al., 2000)

短期間の観測結果
で検討の余地あり



島崎・トリヨソ(2008) ひずみ集中域と大地震発生域との相関：どちらが原因か？

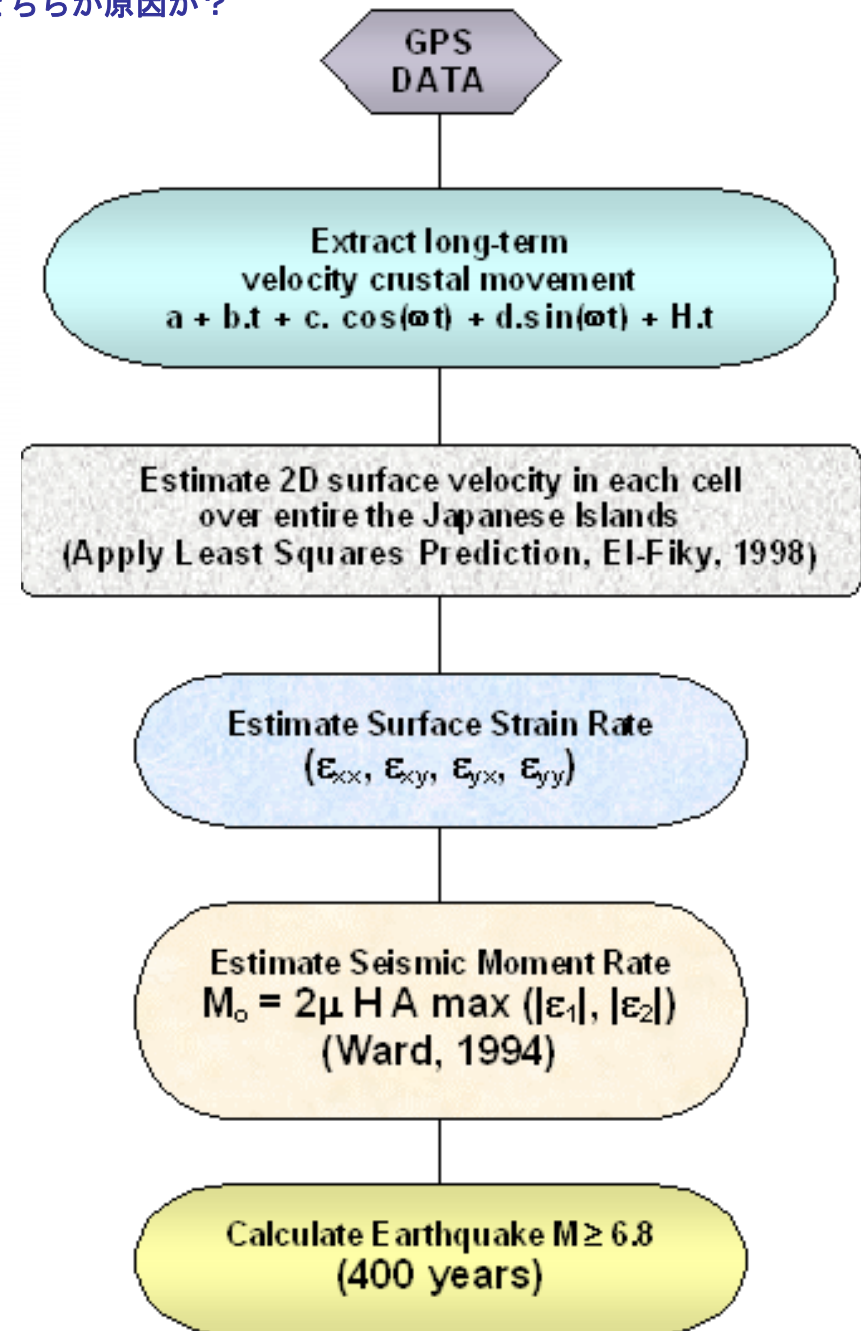
島崎・トリヨソ (2008) ひずみ集中域と大地震発生域との相関：どちらが原因か？



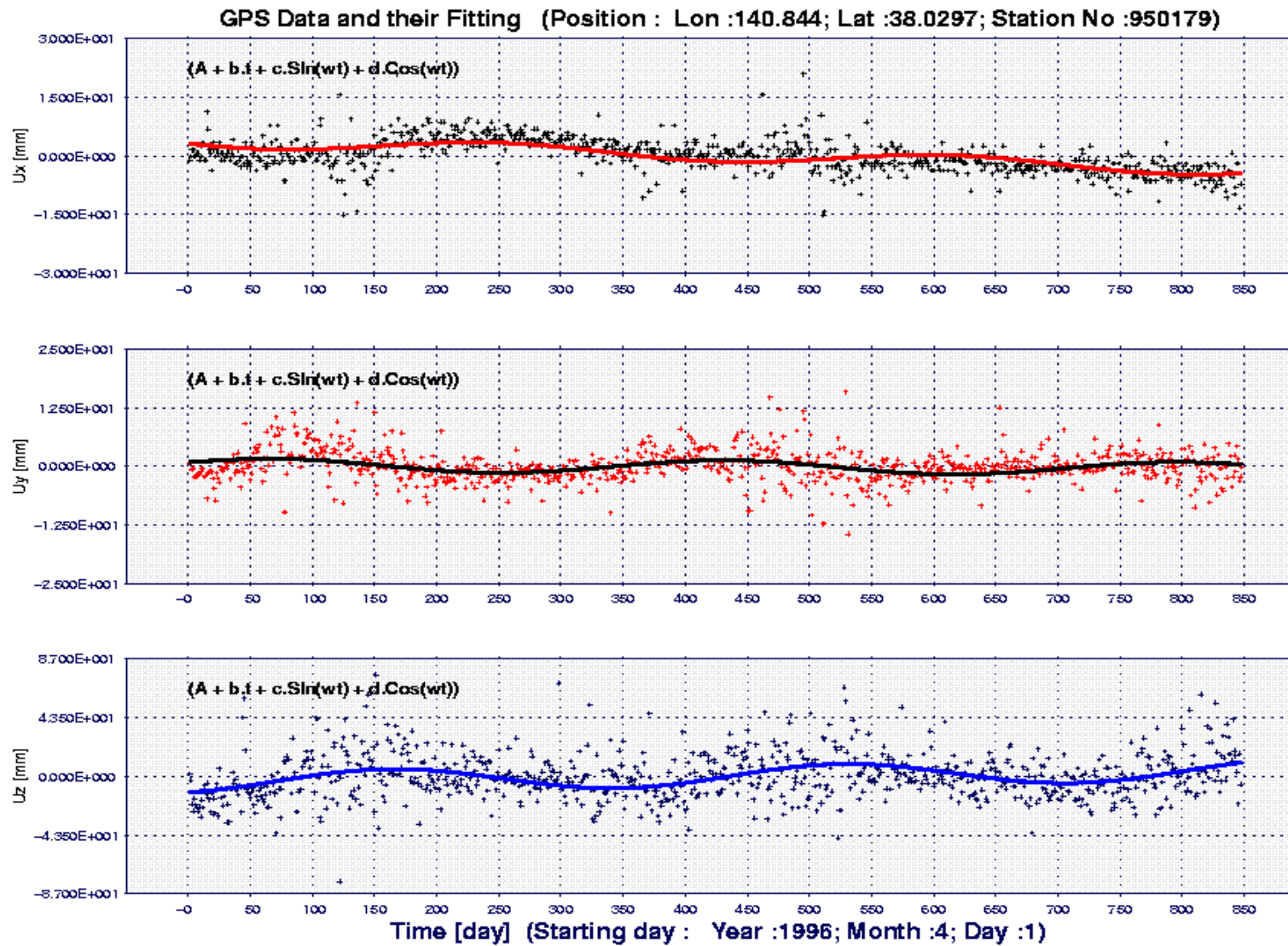
歪み速度とモーメント放出率との関係

モーメント放出率, b値, GR式から地震発生確率が求まる

大地震の発生と歪みとの定量的比較

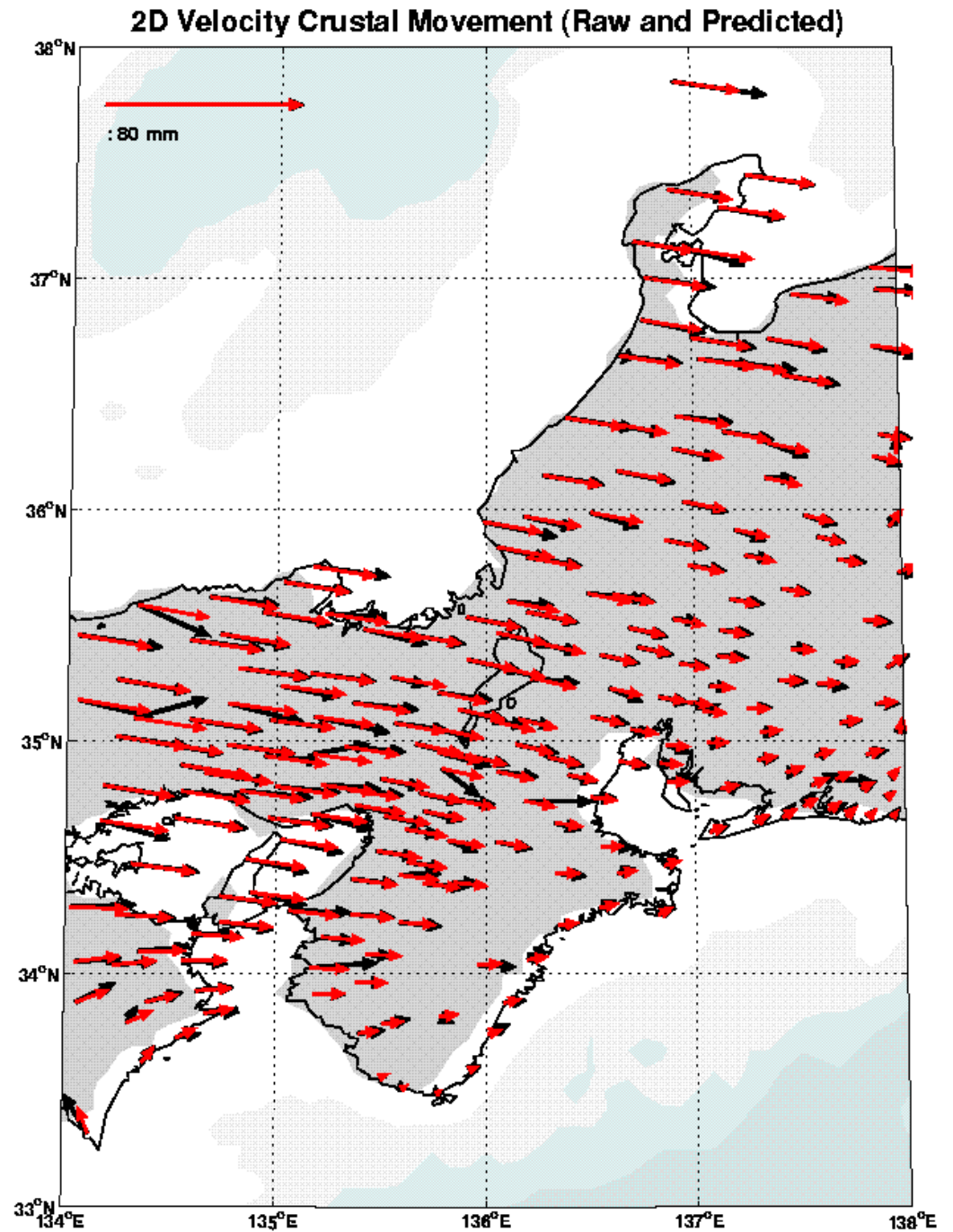


島崎・トリヨソ (2008) ひずみ集中域と大地震発生域との相関：どちらが原因か？



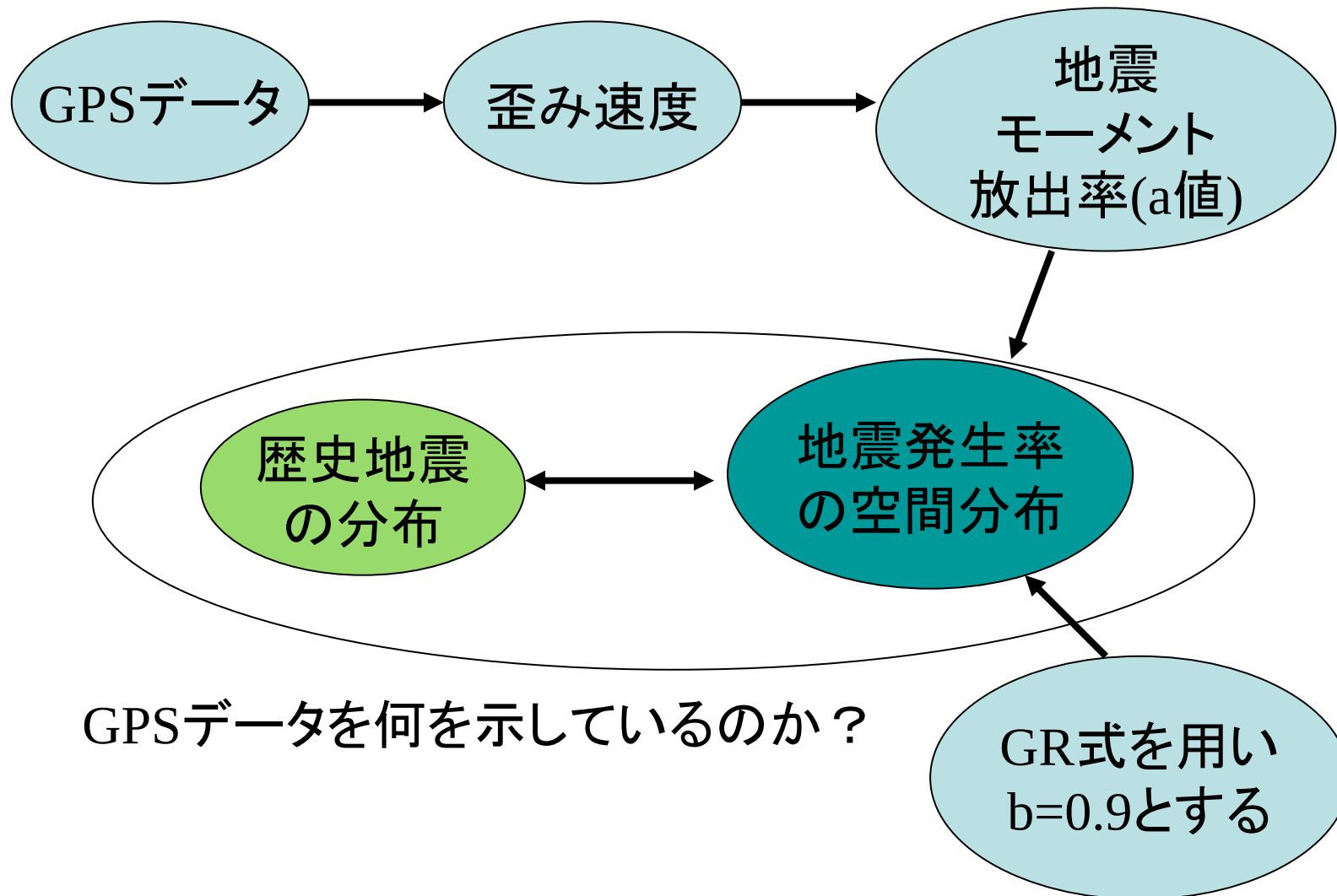
国土地理院のGEONETデータ使用(1994-1999)して変形速度を求める

速度(黒)をEl-Fiky and Kato (1999)の手法で平滑化(赤)



島崎・トリヨソ(2008)ひずみ集中域と大地震発生域との相関：どちらが原因か？

ひずみ集中域と大地震発生域との相関：どちらが原因か？



水平歪みと地震モーメントとの関係は一意的には決まらない。しかし実際には、どの式を使っても結果は変わらないので、Ward (1994)の式を用いた

$$M_0^{(W)} = 2\mu HA \text{ Max}(|\varepsilon_1|, |\varepsilon_2|)$$

Ward (1994)

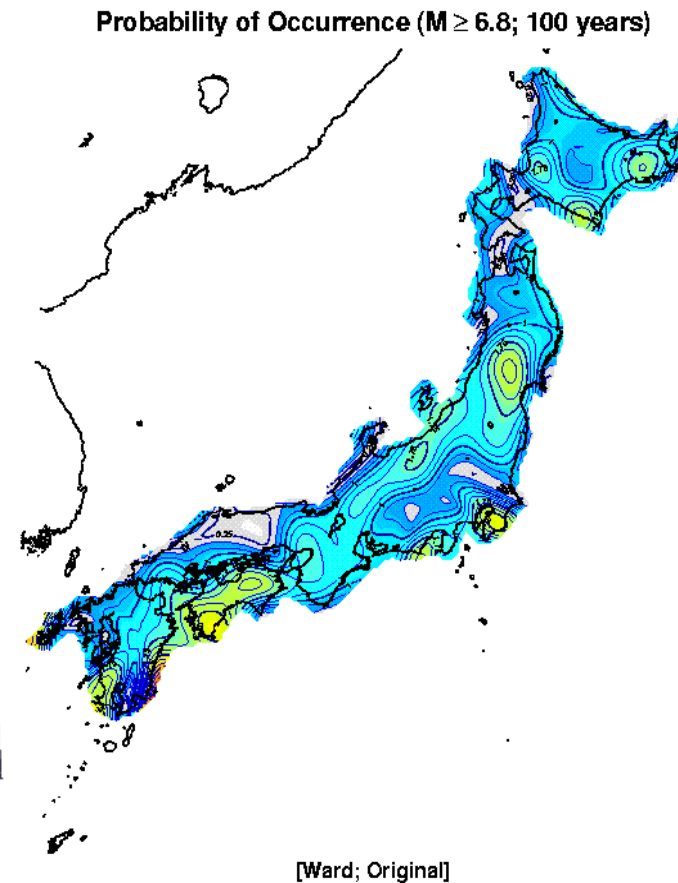
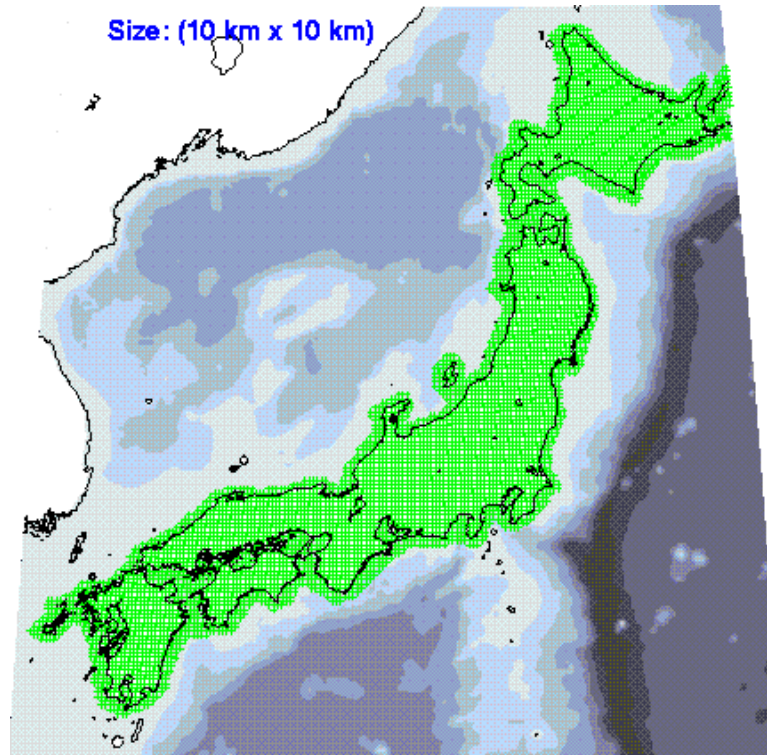
$$M_0^{(WG)} = \mu HA \gamma$$

WG on Calif Earthq Probabilities (1995)

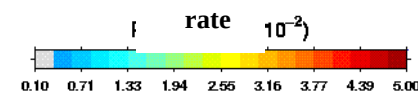
$$M_0^{(\text{min})} = 2\mu HA \text{ Max}(|\varepsilon_1|, |\varepsilon_2|, |\varepsilon_1 + \varepsilon_2|)$$

Savage and Simpson (1997)

GR式により、b値を仮定(0.9)し、モーメント放出率を用いれば、地震発生率が求まる



ほぼ10kmメッシュ
ごとに確率を計算
した

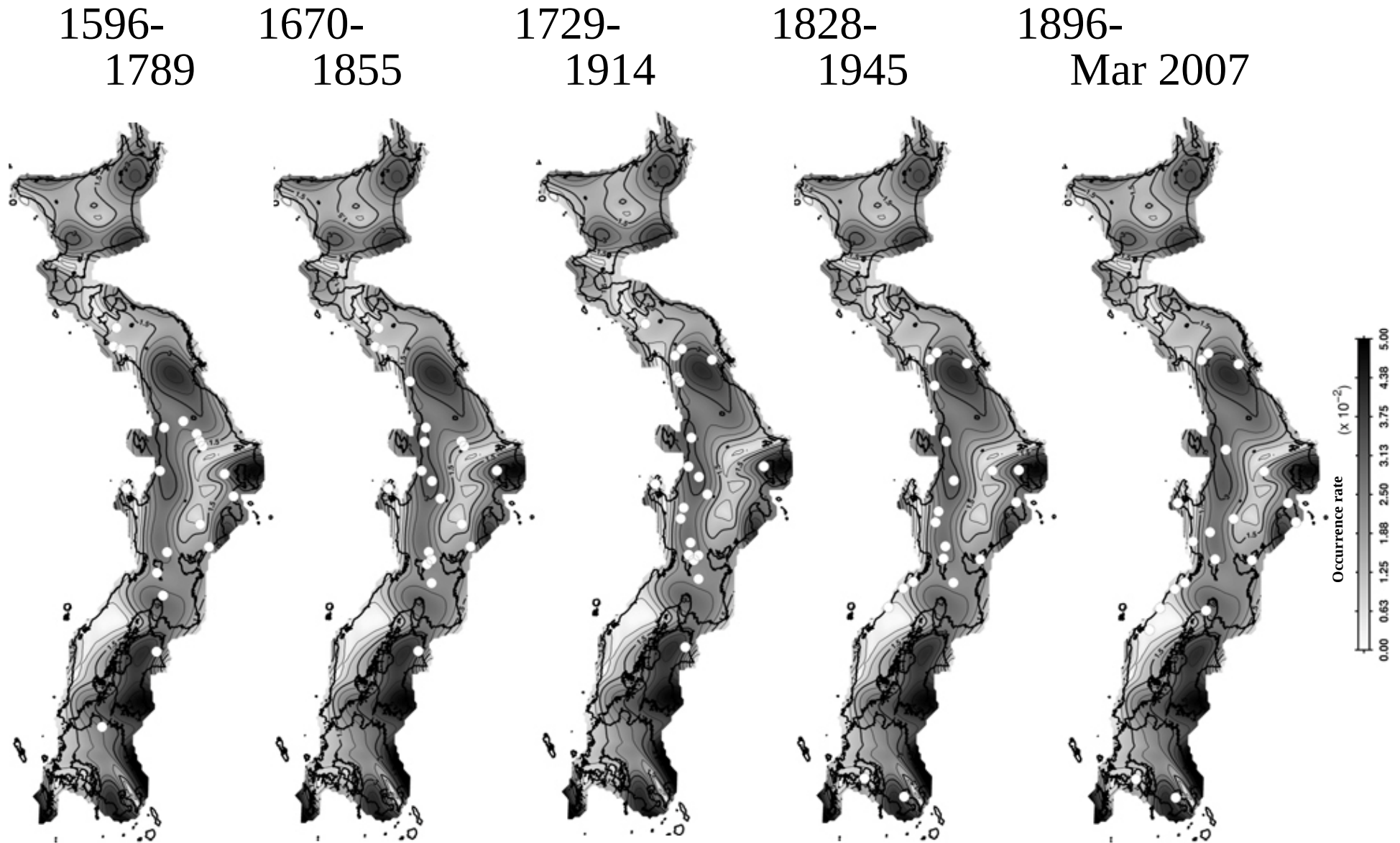


島崎・トリヨソ(2008) ひずみ集中域と大地震発生域との相関：どちらが原因か？

比較に用いる歴史地震データ

- 主に宇佐美(2003)に基づく。ただし、余震や安芸灘・伊予灘の地震を除く
- 1596年-2007年3月(まだ中越沖を含めていない)のM6 3/4またはM6.8以上の52地震を互いに12地震つつオーバーラップするように、20地震ごとの5期間に分けた(1596-1789, 1670-1855, 1729-1914, 1828-1945, 1896-Mar 2007)
- マグニチュードによる重みはつけない

島崎・トリヨソ(2008) ひずみ集中域と大地震発生域との相関：どちらが原因か？



目で見ても、どの期間が最もモデルに合うかがわかる

12地震つつ隣の期間とオーバーラップ

定量的比較のため、無情報モデル(どこも発生確率は同じ)を導入し、GPSモデルと無情報モデルとのAICの差、 ΔAIC を計算する

尤度の計算

Calculate likelihood based on historical earthquake data:

$$L = \prod^{n'} \exp(-f(x,y)_i) \prod^{n''} \{1 - \exp(-f(x,y)_i)\}$$

地震が起こらなかったセル 起こったセル

n' : no event cells

n'' : event cells

$f(x,y)$: occurrence rate

空間分布の
み注目し、発生率はkで調整する

By introducing the adjustment factor (k), then we may write:

$$\text{Log } L \approx - \sum^{n'} k f(x,y)_i + \sum^{n''} \log[k f(x,y)_i]$$

k : variable

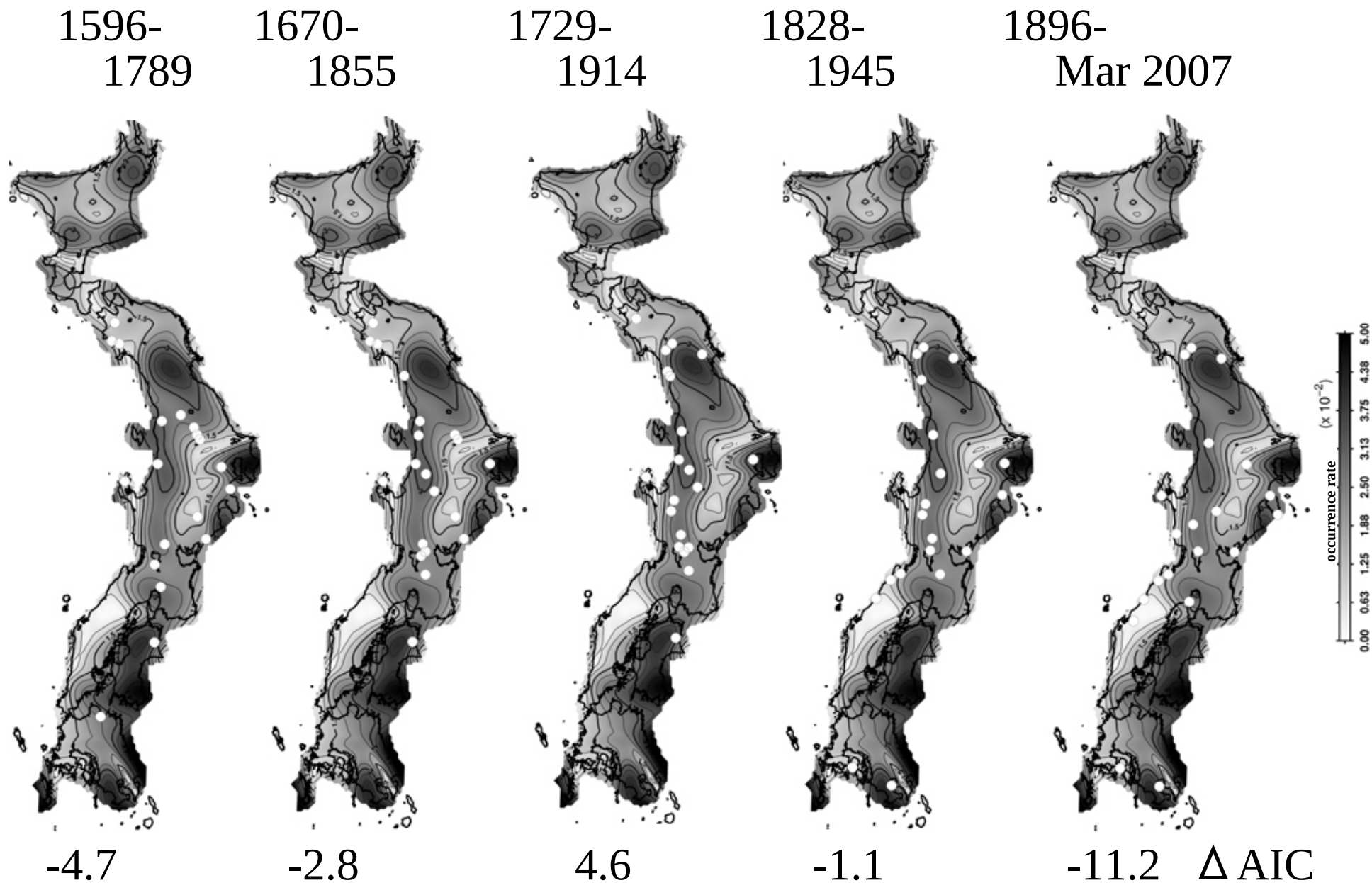
By maximizing log likelihood function (Log L), we calculate AIC:

$$AIC = -2\text{Log } L + 2p$$

p : number of parameter (p = 1)

尤度が最大になるkを決める

島崎・トリヨソ(2008) ひずみ集中域と大地震発生域との相関：どちらが原因か？



無情報モデル(どこも同じ)よりGPSモデルの方が悪い場合(マイナス)がある

1596-
1789

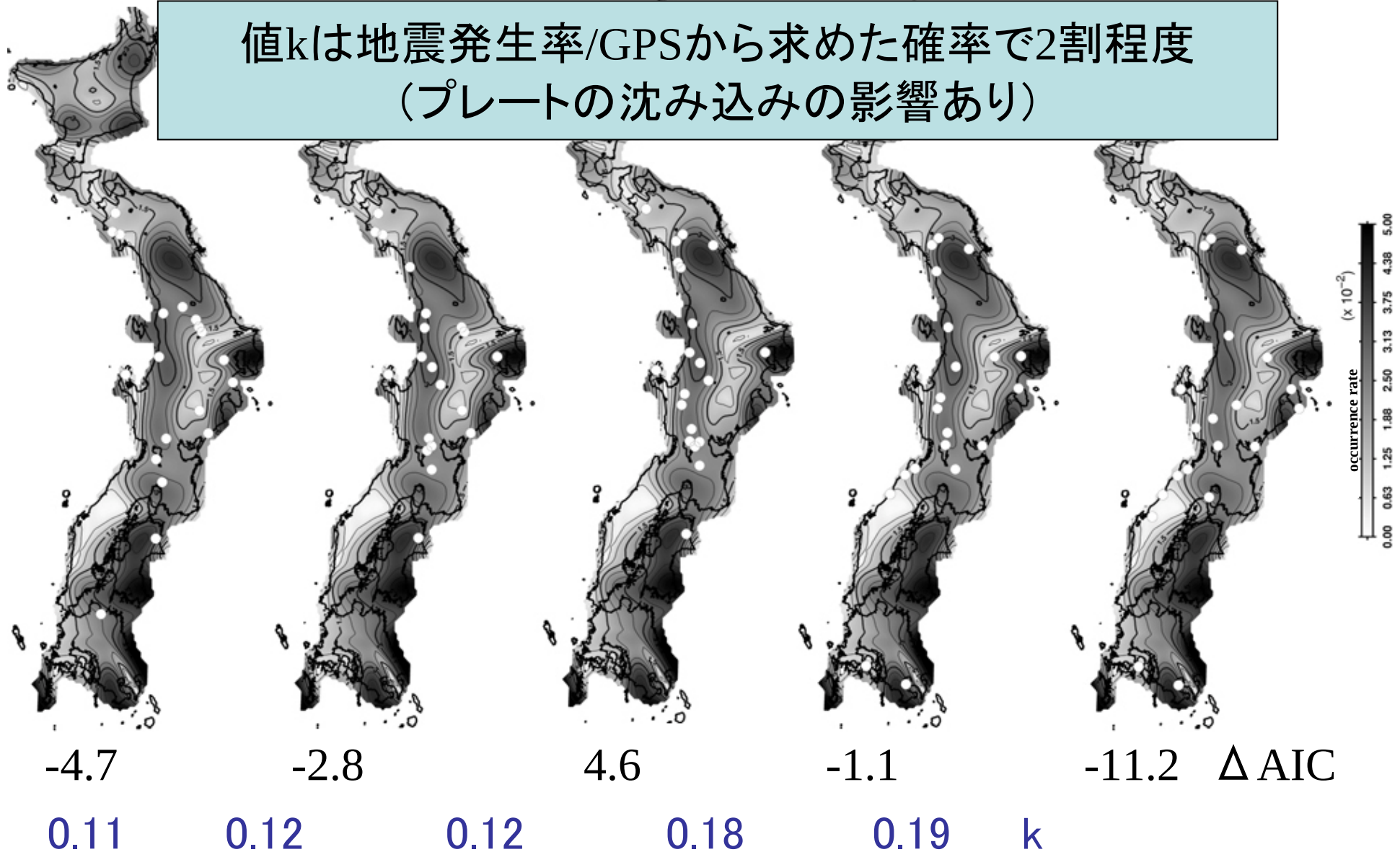
1670-
1855

1729-
1914

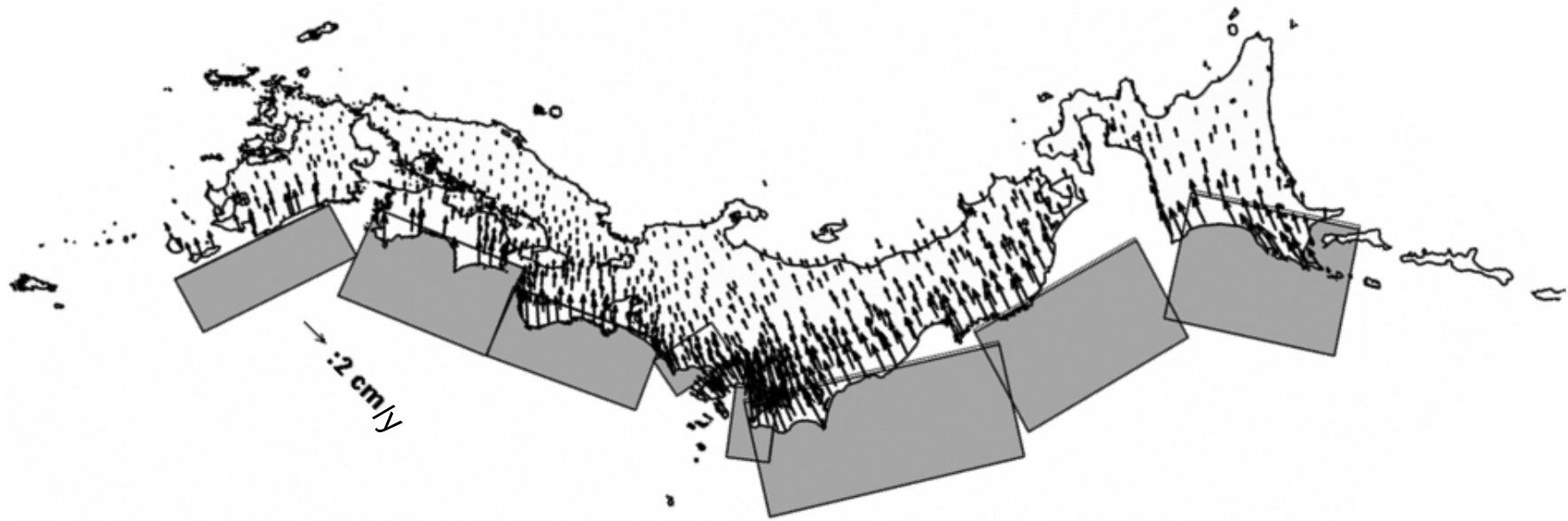
1828-
1945

1896-
Mar 2007

値kは地震発生率/GPSから求めた確率で2割程度
(プレートの沈み込みの影響あり)



Savage(1983)に基づき, プレーートの沈み込みによる変形速度を計算. GPSより求めた変形速度から下記の変形速度場を差し引いた.

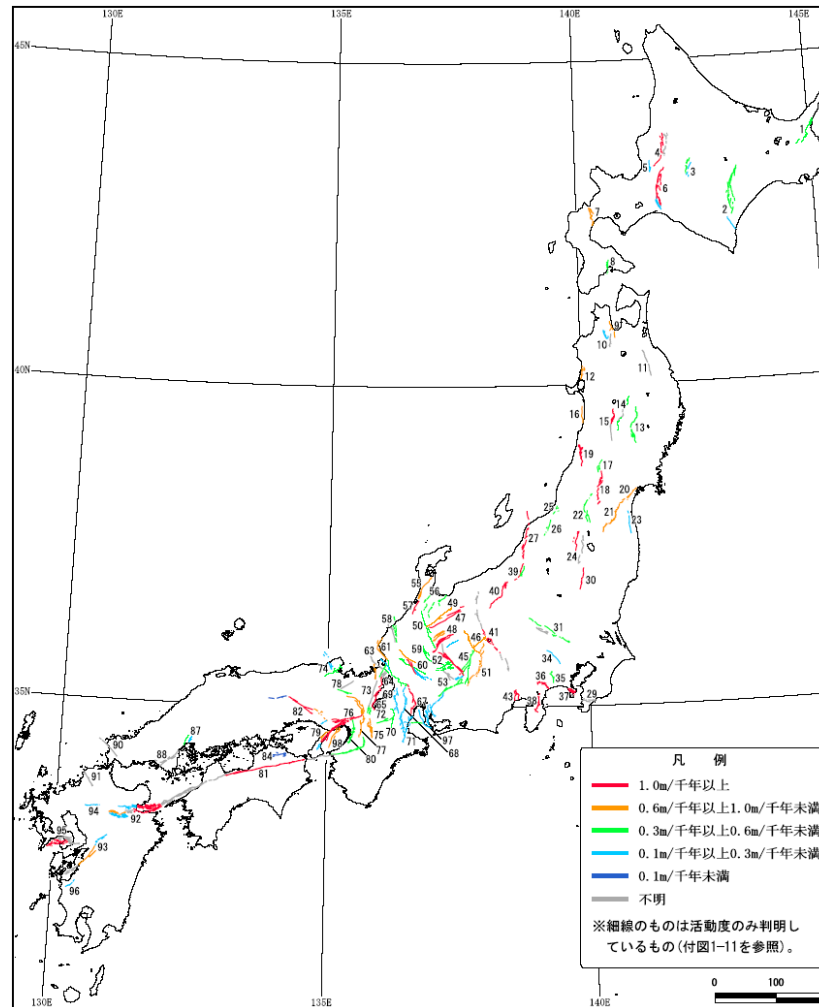


プレートの沈み込みの影響を除去

島崎・トリヨソ(2008) ひずみ集中域と大地震発生域との相関：どちらが原因か？

島崎・トリヨソ(2008) ひずみ集中域と大地震発生域との相関：どちらが原因か？

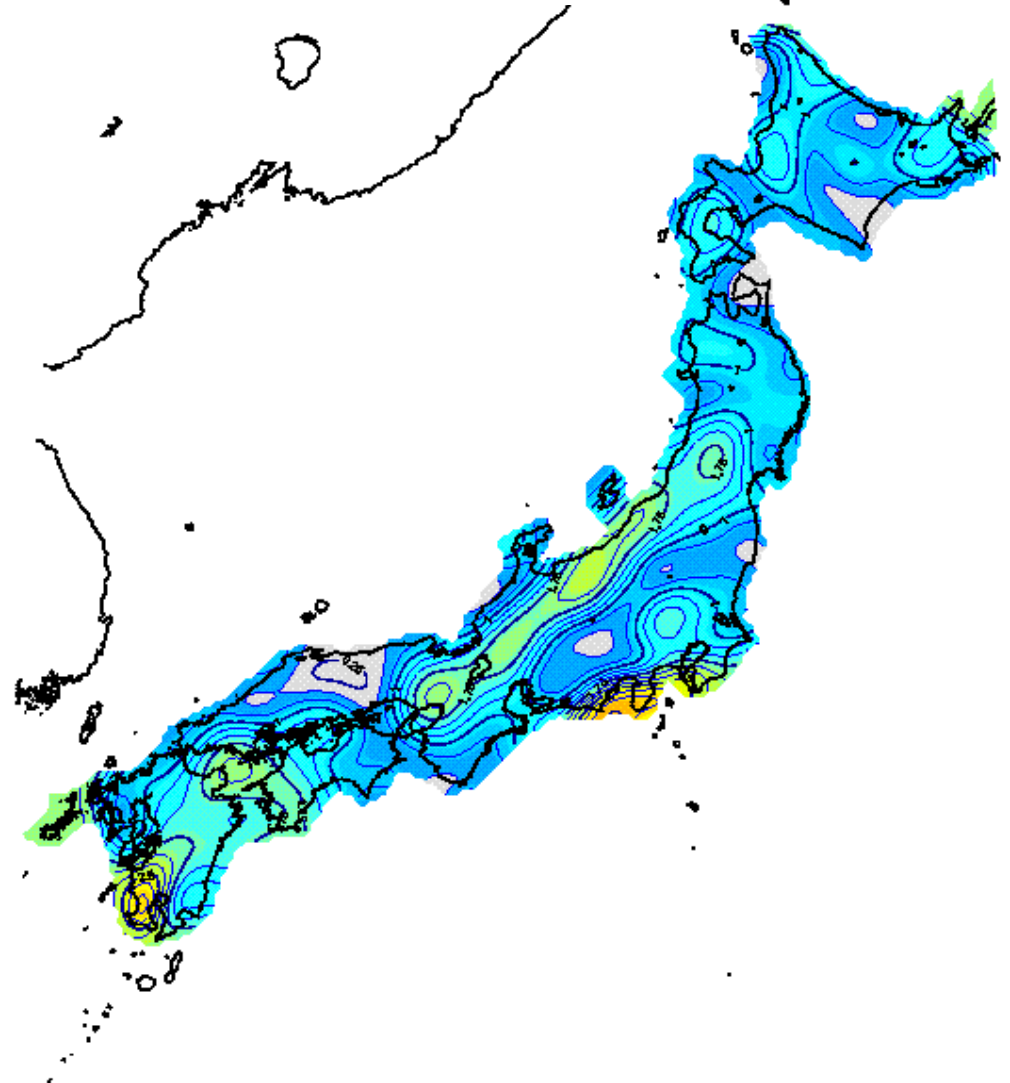
活断層の活動度(左)と水平歪みに基づく地震発生確率(右)



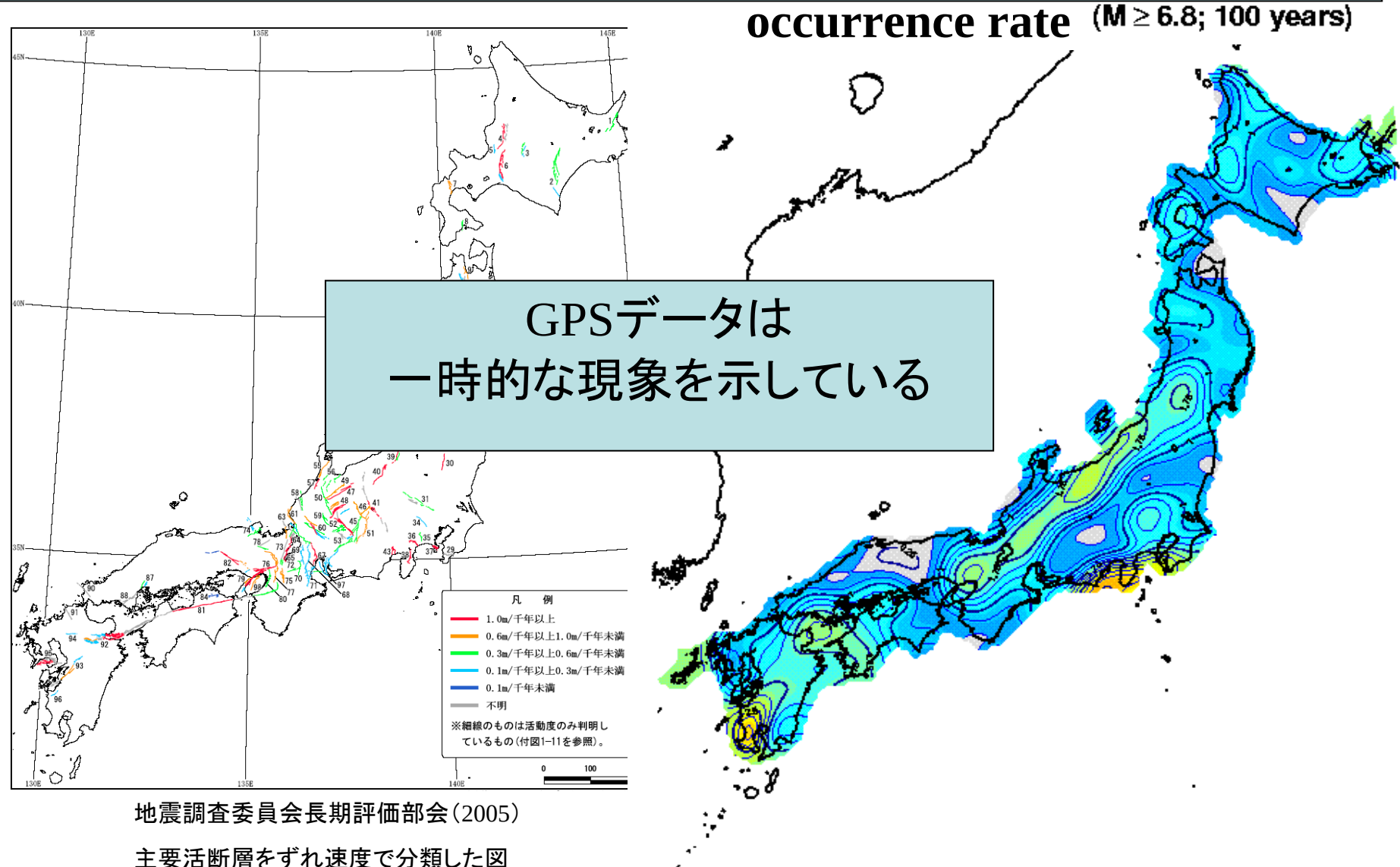
地震調査委員会長期評価部会(2005)

主要活断層をずれ速度で分類した図

occurrence rate ($M \geq 6.8$; 100 years)

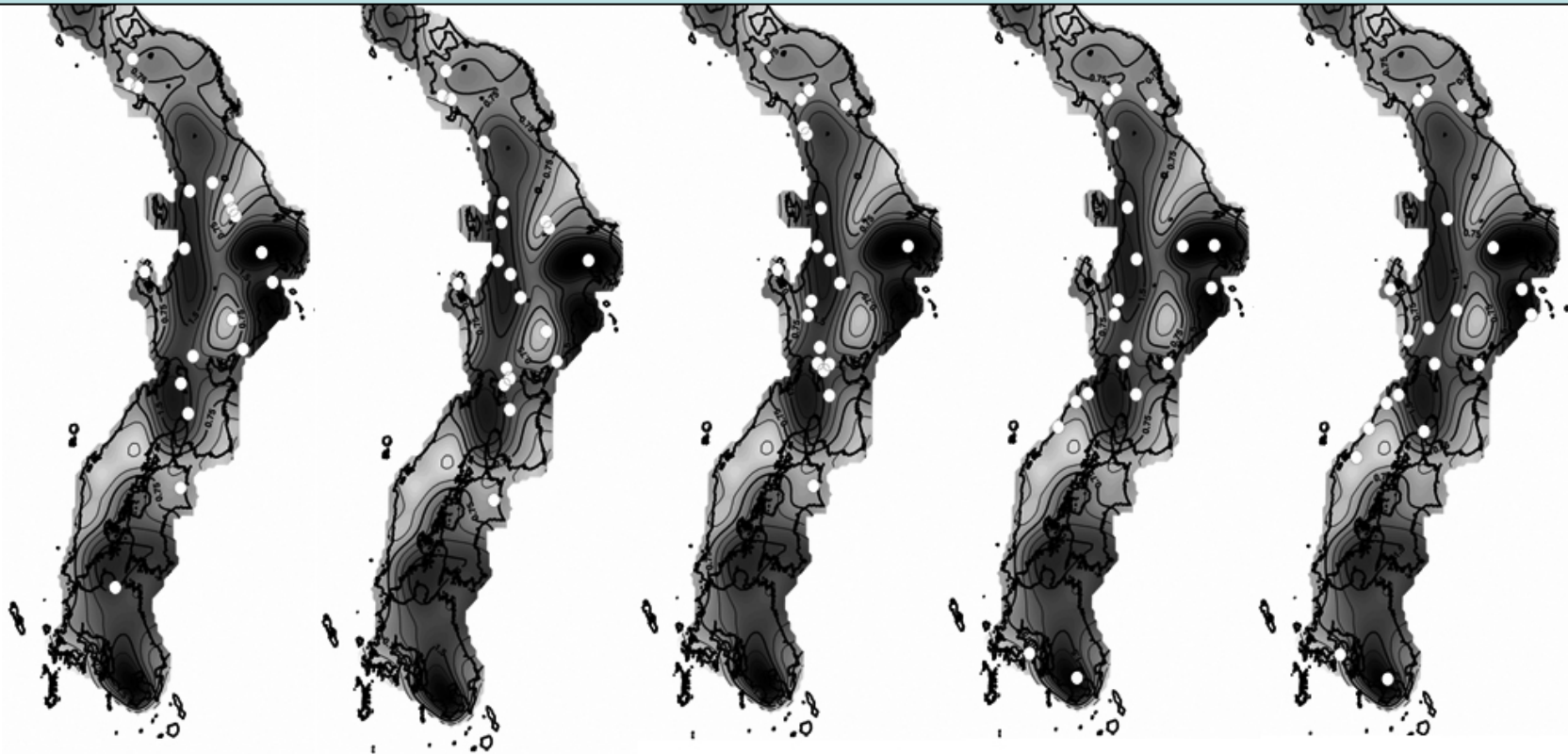


GPSデータからは、糸魚川-静岡構造線断層系、中央構造線、別府-大分平野の断層帯、阿寺断層、養老断層等が見えない



1596- 1670- 1729- 1828- 1896-
1789 1855 1914 1945 Mar 2007

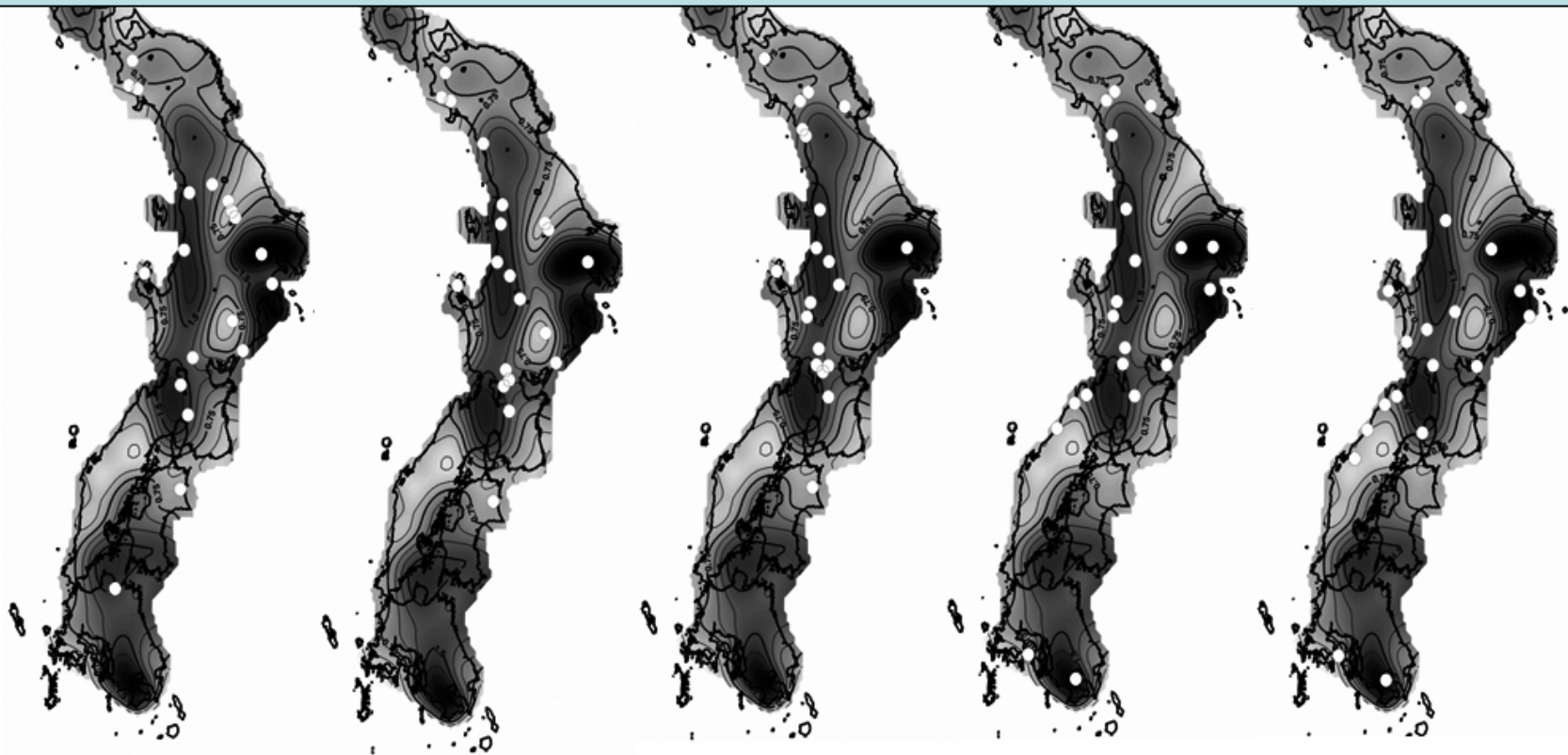
値kから、7割は非地震性の地殻変動が起こっている。
又は、Savage(1983)では水平成分の説明が不十分。



-1.9	0.1	4.2	1.8	-4.8	ΔAIC
0.17	0.19	0.19	0.29	0.31	k

1596- 1670- 1729- 1828- 1896-
1789 1855 1914 1945 Mar 2007

GPSから求めたモデルでは、1729-1914年の地震発生の方が
1896年以降より、約100倍起こりやすい

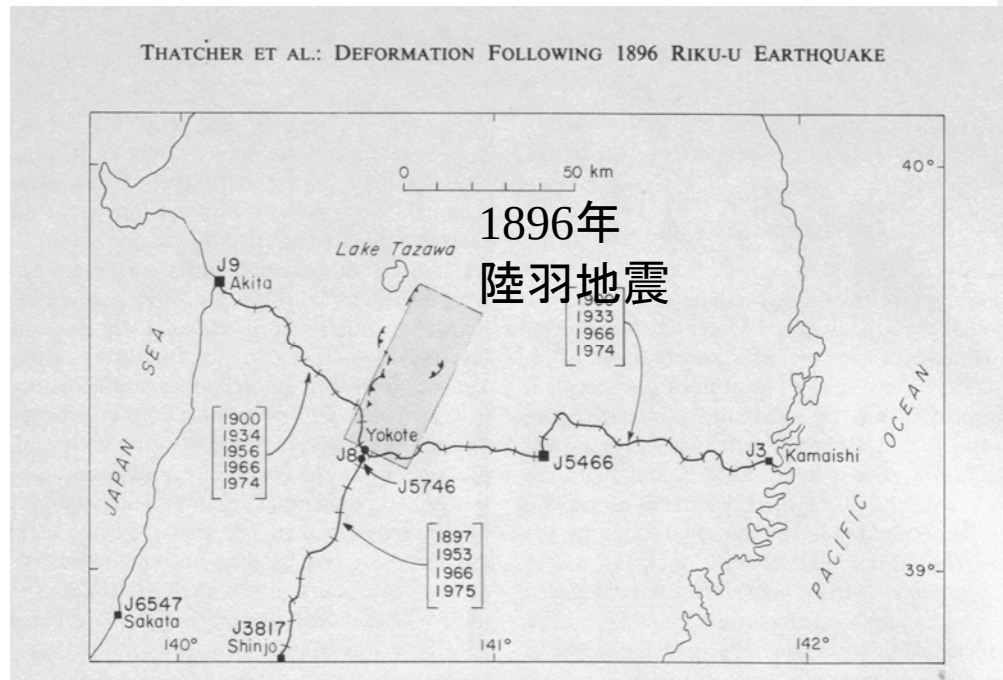


-1.9	0.1	4.2	1.8	-4.8	ΔAIC
0.17	0.19	0.19	0.29	0.31	k

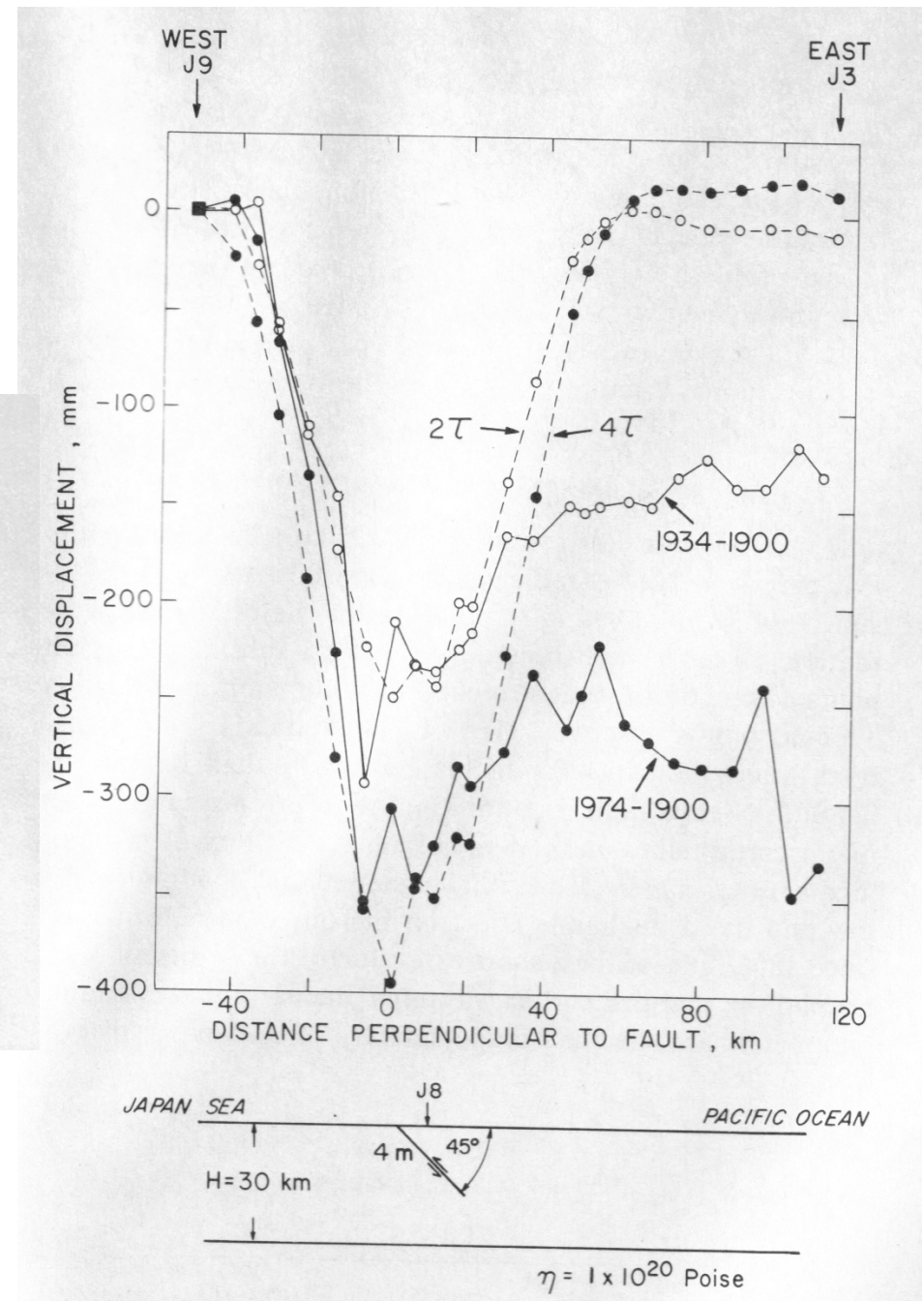
歴史地震との比較から議論と結論

- 現在の変形は永久不変とすると、活断層の分布／活動度とはあわない
- 現在の変形が一時的なものと考えると、100-300年前の地震活動の結果、変形が生まれたと考えるのが自然（マントルand/or 下部地殻の流動変形？）
- 超長期的余効変動？の調査研究が重要（その影響が取り除けないと前駆的な変動は見えないかもしれない）

地殻内地震の長期余効 変動の例(上下動)

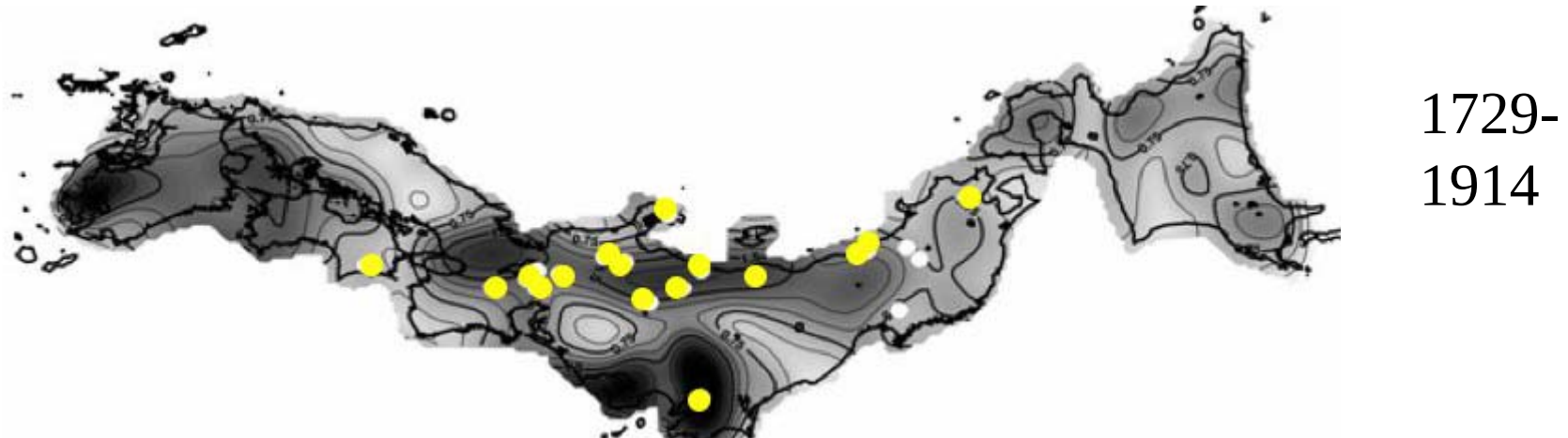


Thatcher, Matsuda, Kato, and
Rundle (1980)

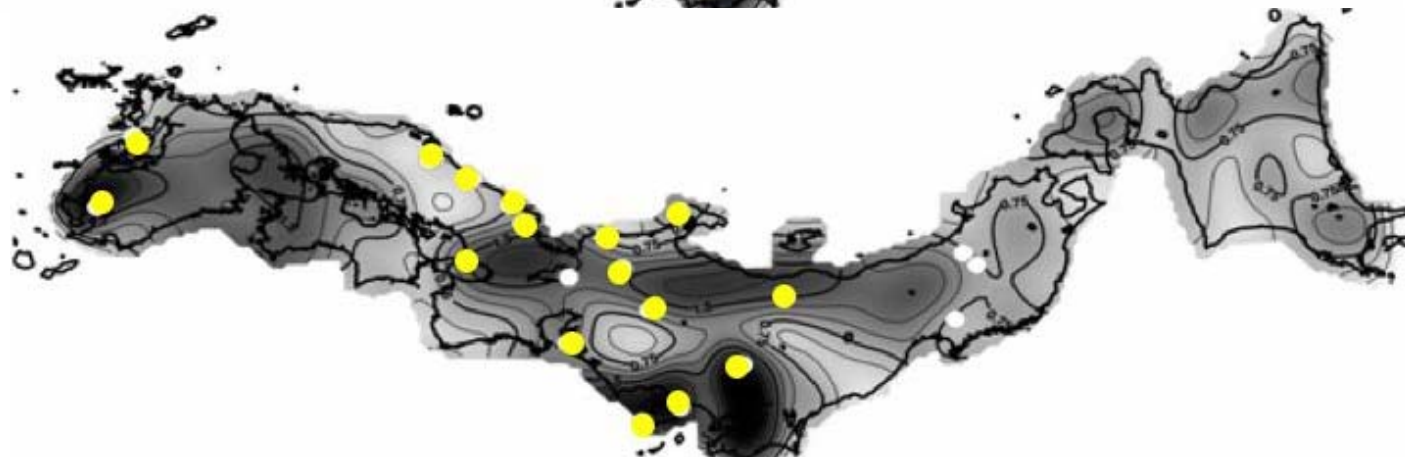


島崎・トリヨソ(2008) ひずみ集中域と大地震発生域との相関：どちらが原因か？

- 大地震の後にマントルand/or下部地殻の流動変形(超長期余効変動？)
- この影響が取り除けないと前駆的な変動は見えないかもしれない



1729-
1914



1896-
Mar2007