

ゆっくり地震とプレート運動のゆらぎ 確率評価への応用可能性

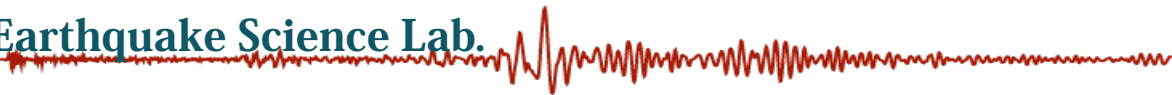
井出 哲

東大・理・地球惑星科学専攻



Dept. Earth Planetary Science
Earthquake Science Lab.





南海トラフ沿いの大規模地震の 予測可能性に関する調査部会

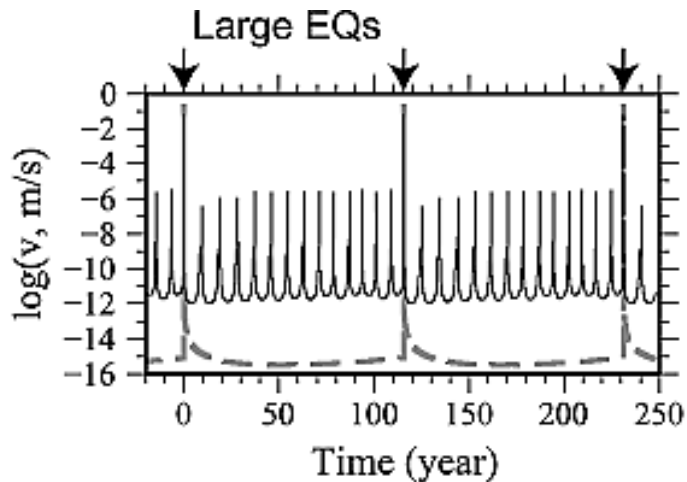
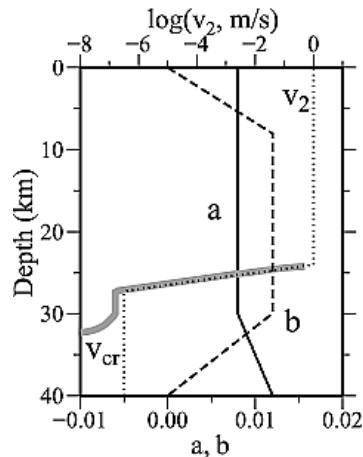
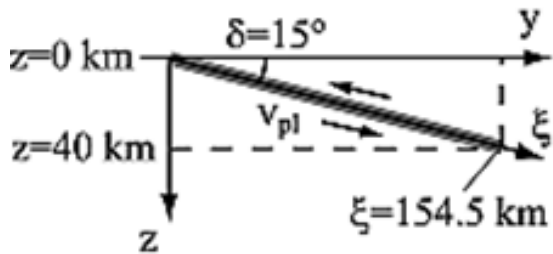
報告(平成25年5月28日公表)

- ▶ ①地震の発生時期等を確度高く予測することは、一般的に困難である
- ▶ ②南海トラフ域は、日本海溝域と比べると・・・前駆すべりが生じる可能性が相対的に高い
- ▶ ③不確実ではあるが、地震が発生する危険性が普段より高まっている状態、はある



プレート境界地震の理解の仕方

Matsuzawa et al. (2010)



Rate- & State- friction law (RSF)

面にかかる力 面の接触状態

$$V(\tau, \theta) = V_0 \exp \frac{\tau - \theta}{a - b}$$

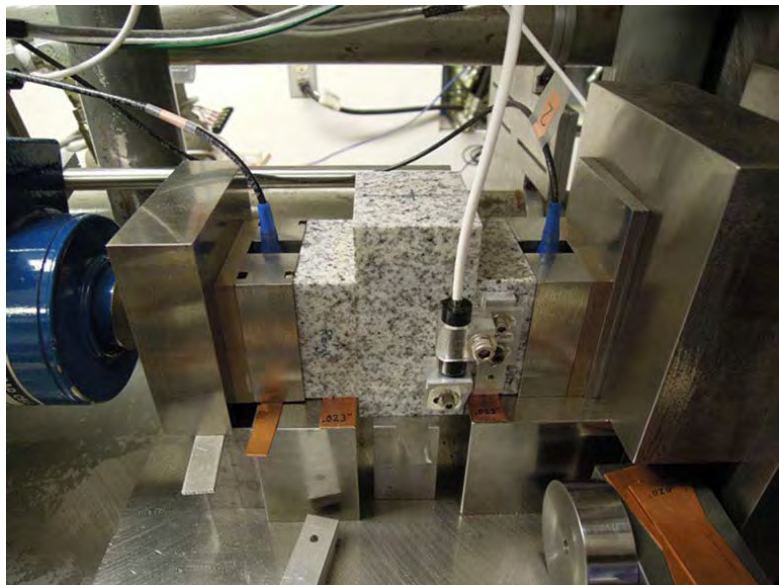
面のすべり速度

log すべり速度 = 定数 × 応力 + 定数

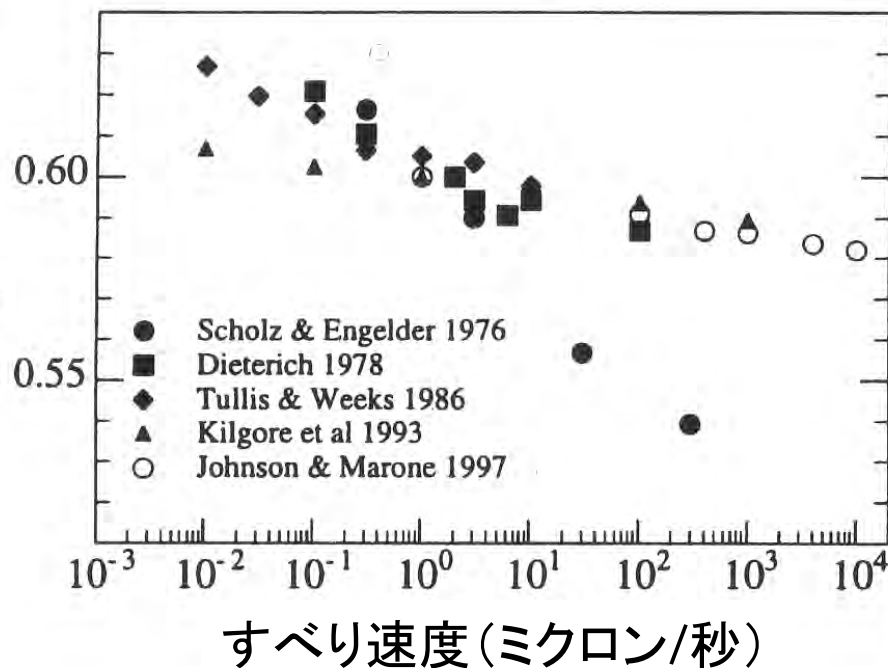


すべり速度と摩擦係数の実験事実

Scholz (2002)



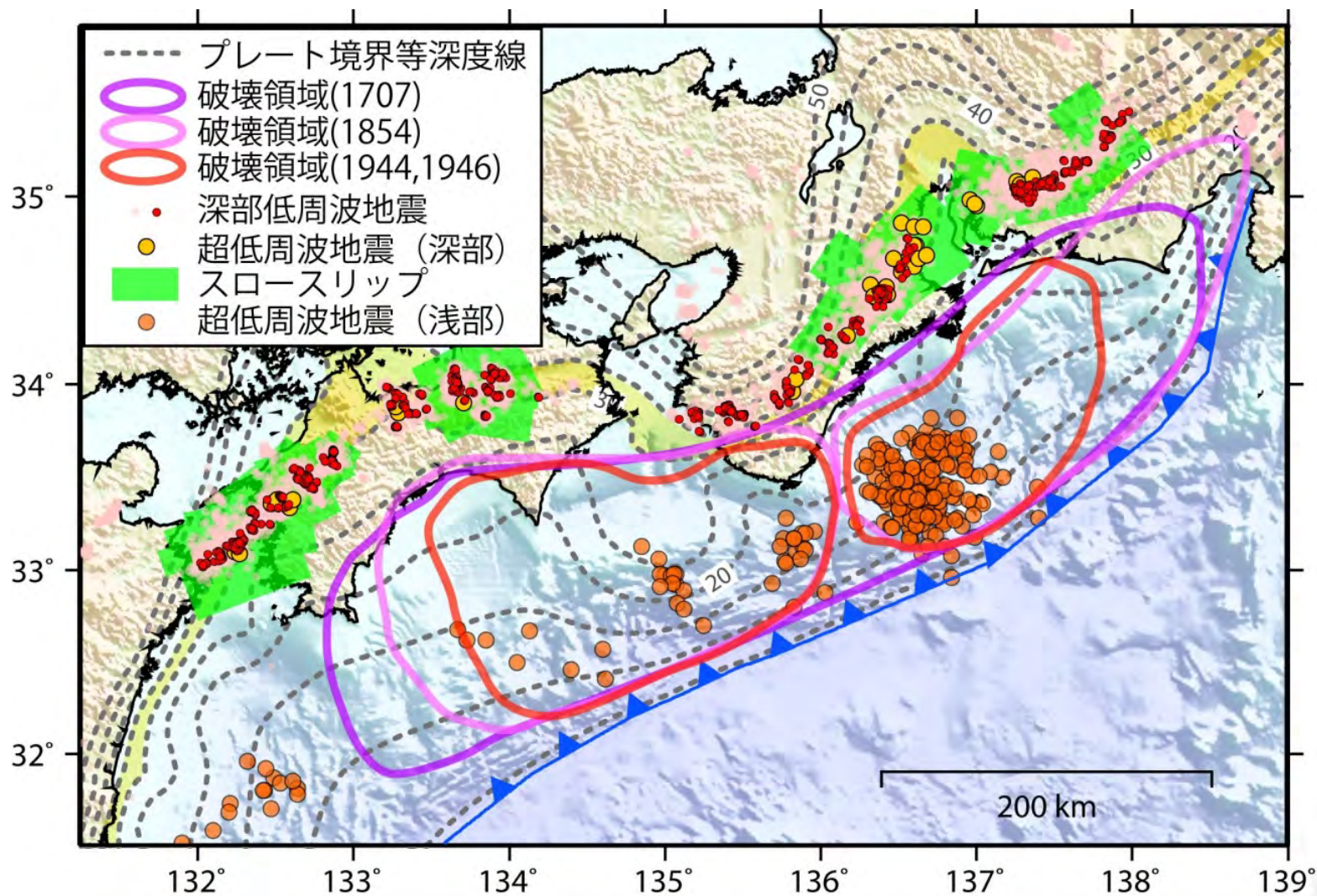
せん断応力 / 法線応力



$$\log \text{すべり速度} = \text{定数} \times \text{応力} + \text{定数}$$

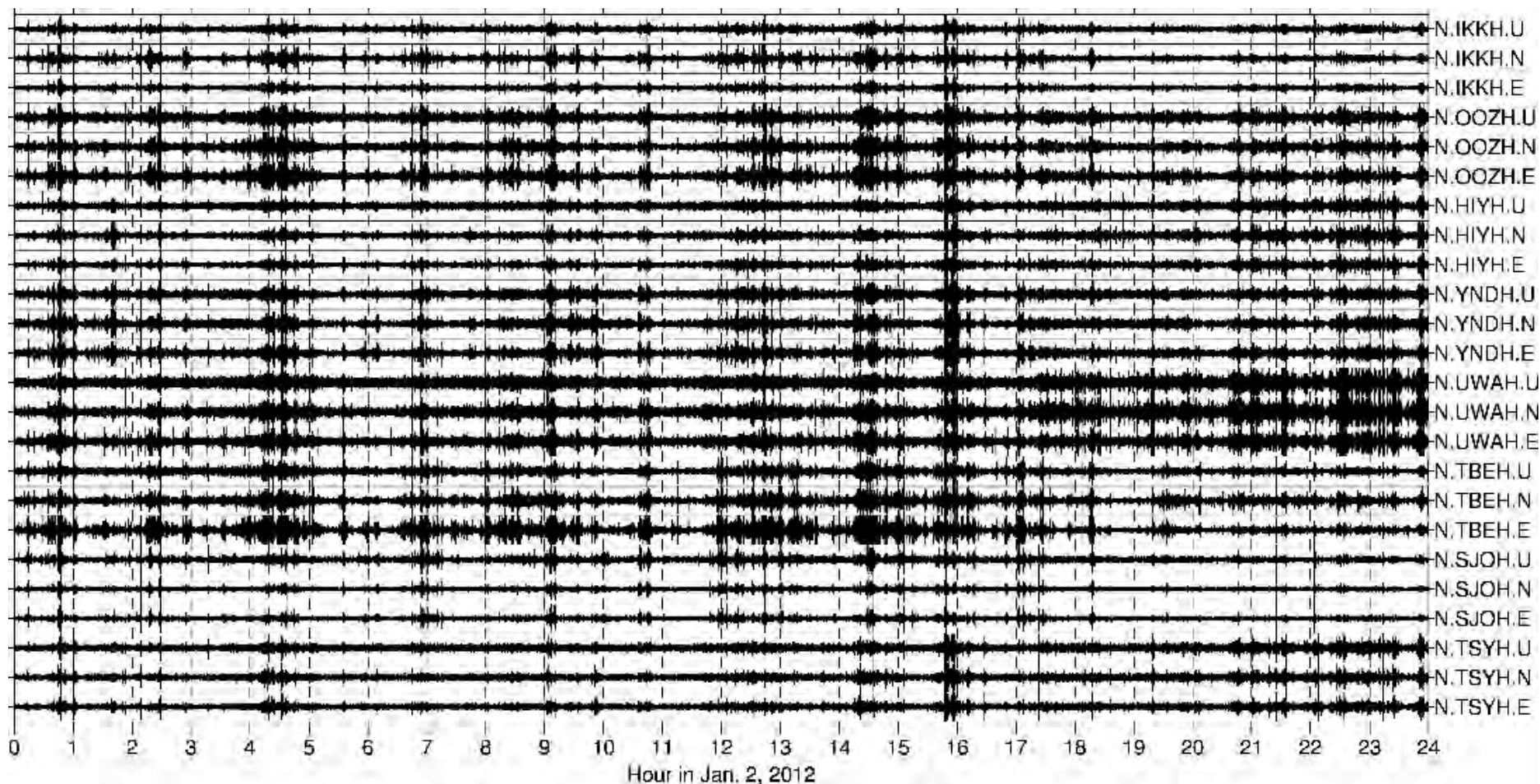


南海の「ゆっくり地震」





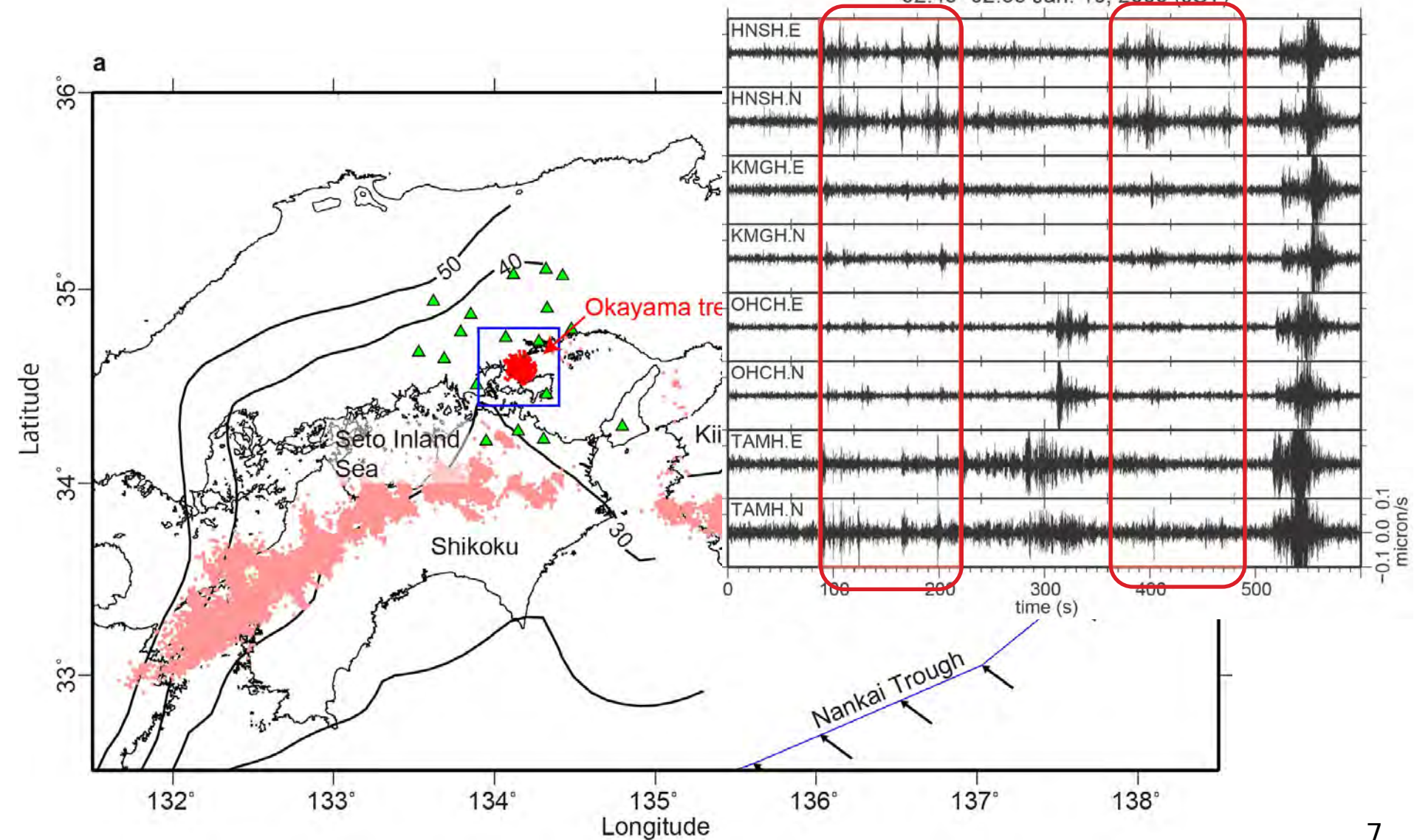
深部微動波形の例





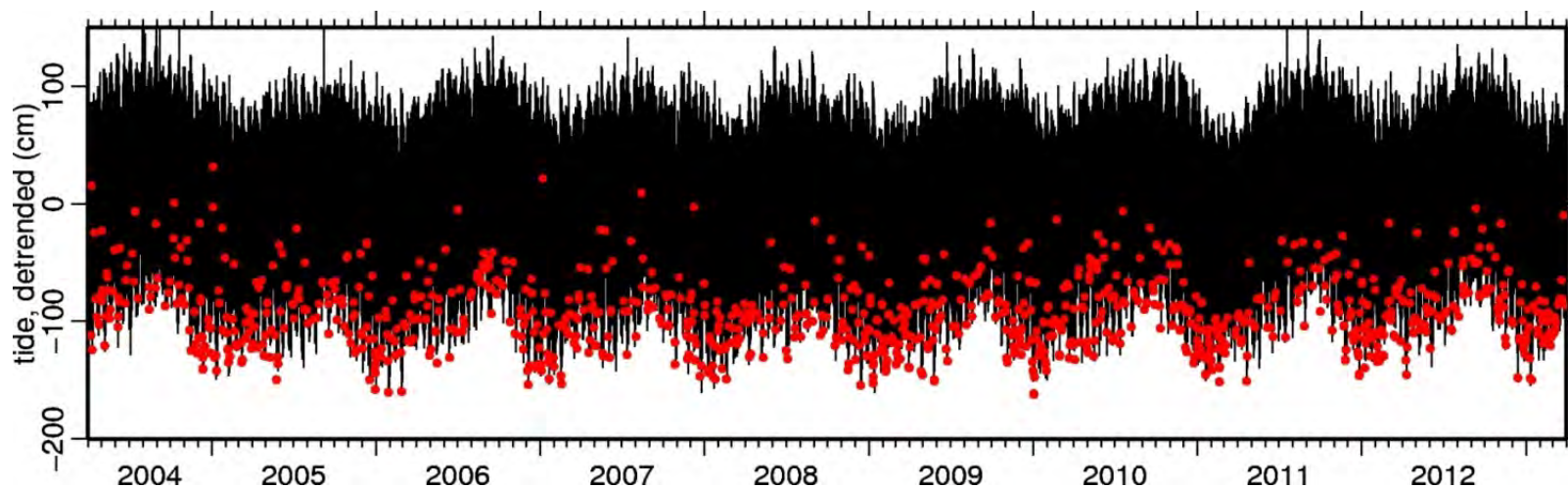
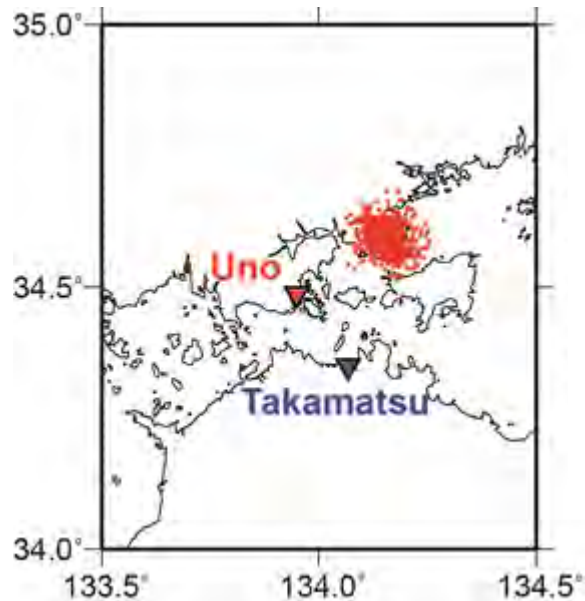
岡山県下のゆっくり地震(微動)

02:45-02:55 Jan. 10, 2009 (JST)



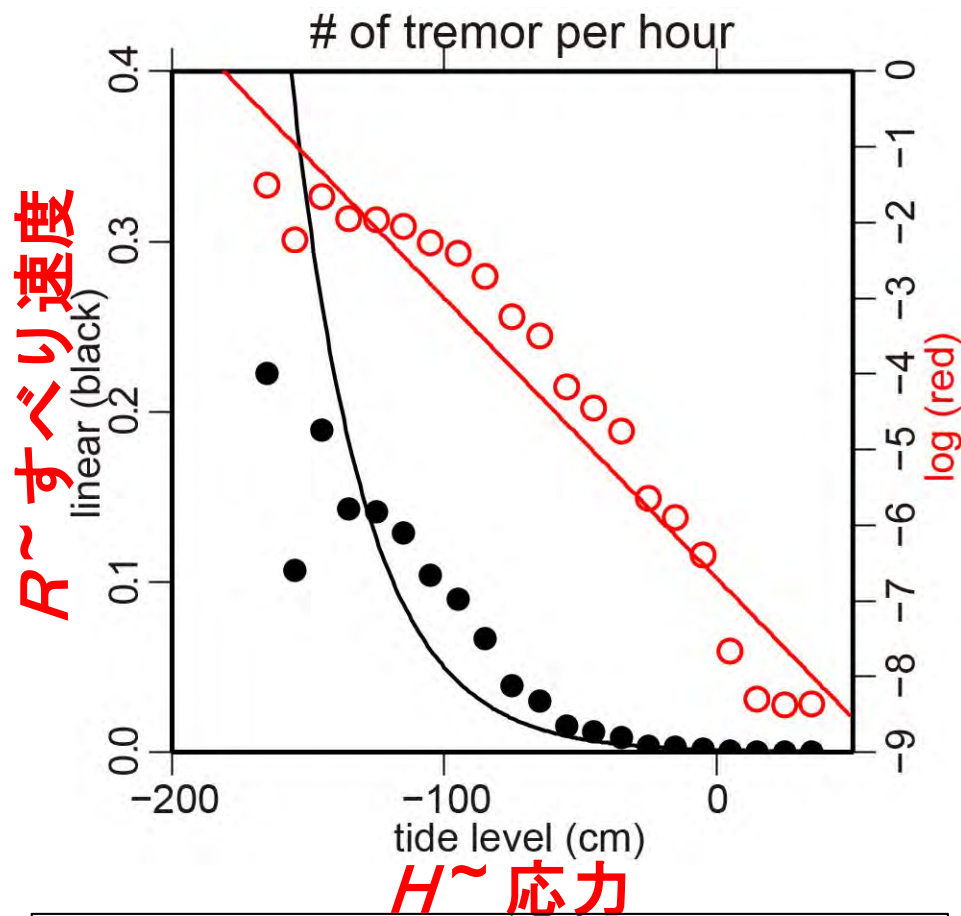
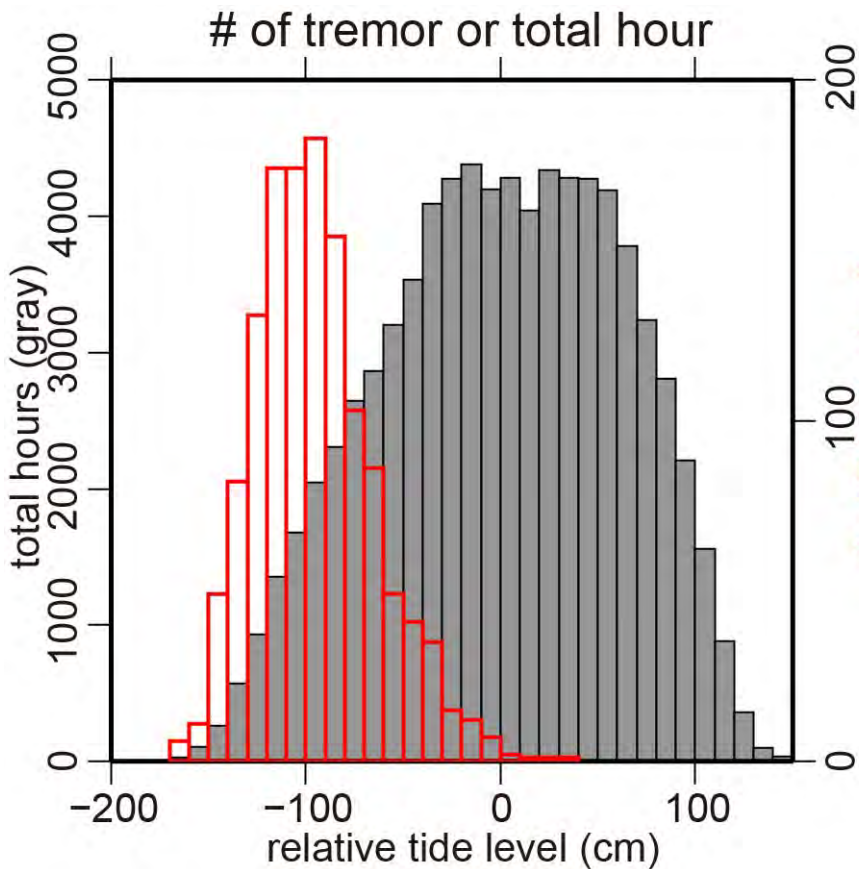


潮汐によって引き起こされる「微動」





微動発生が教える摩擦則

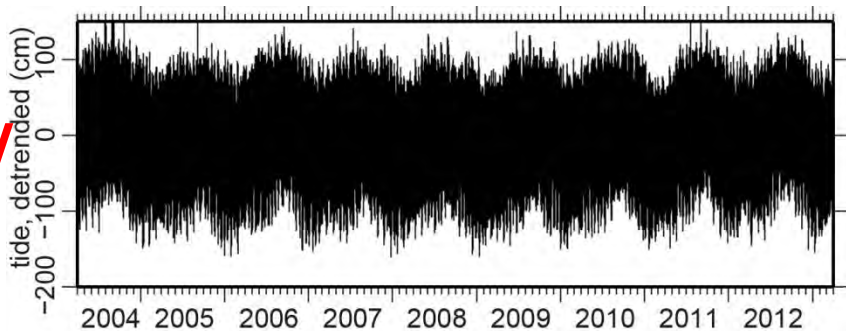


$$\log R = -0.037H - 6.7$$

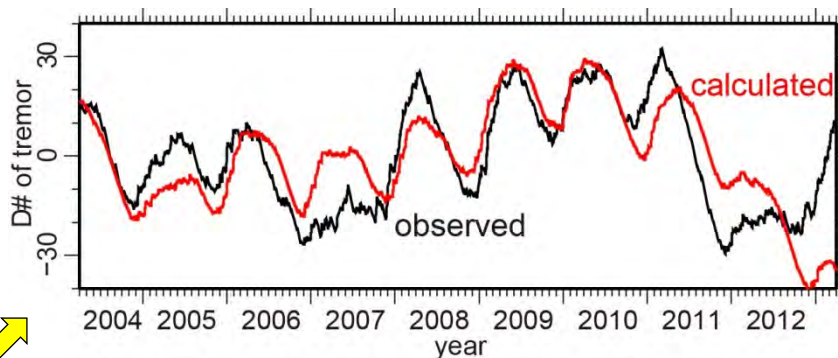
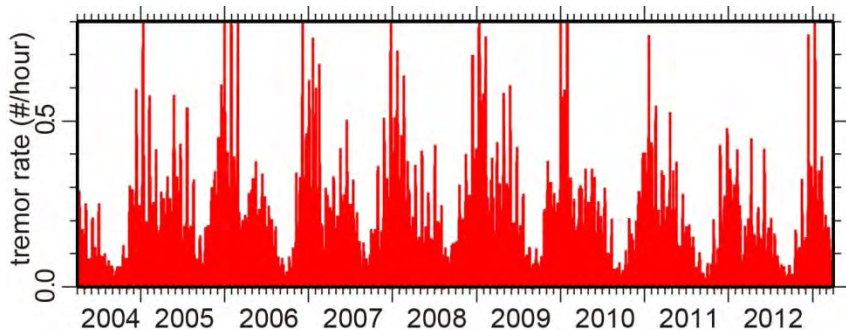
\log すべり速度 = 定数 \times 応力 + 定数



経験的微動予測の可能性



$$\ln R = -0.037H - 6.7$$

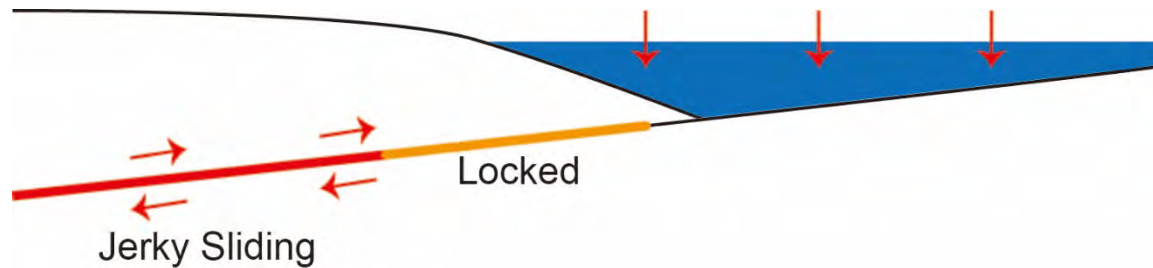
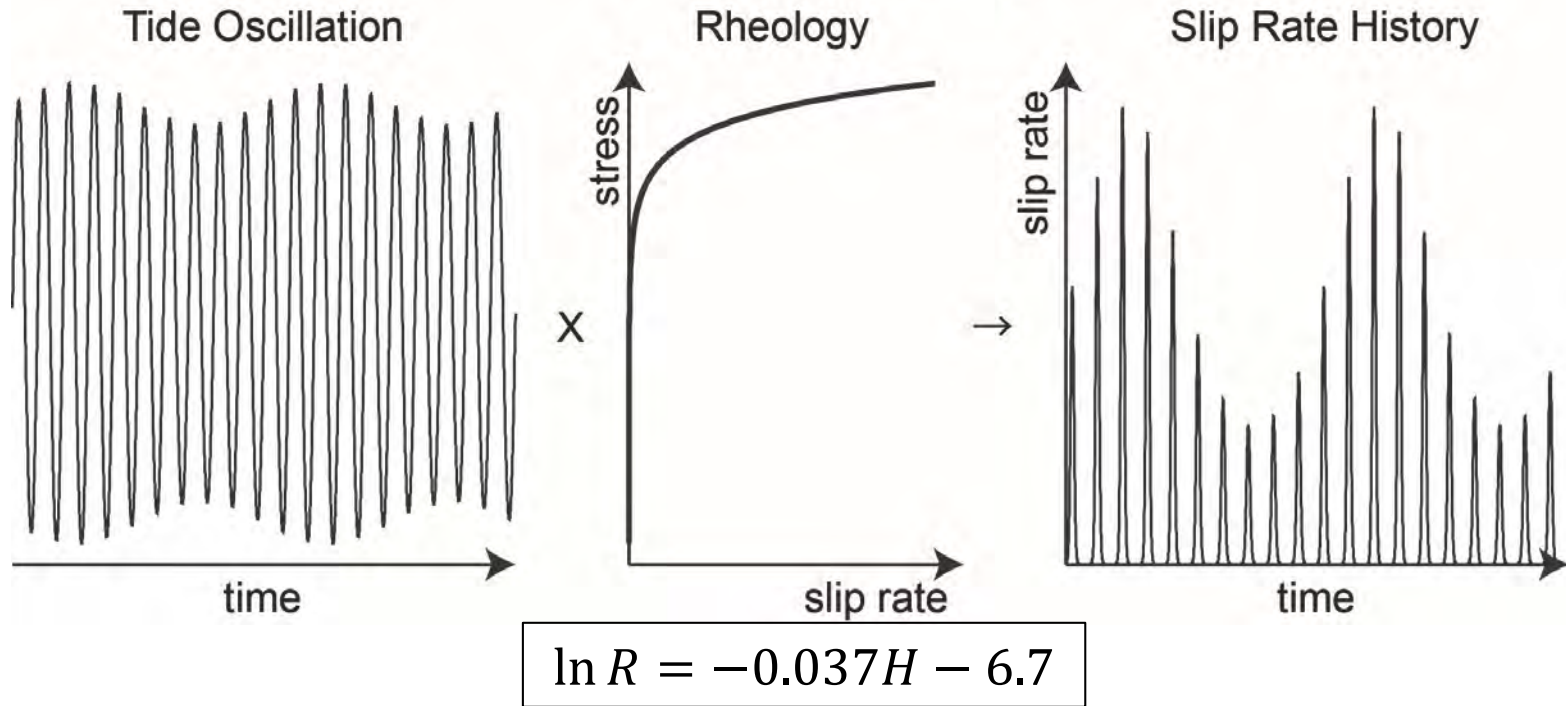


Integrated, detrended

微動は冬に多い

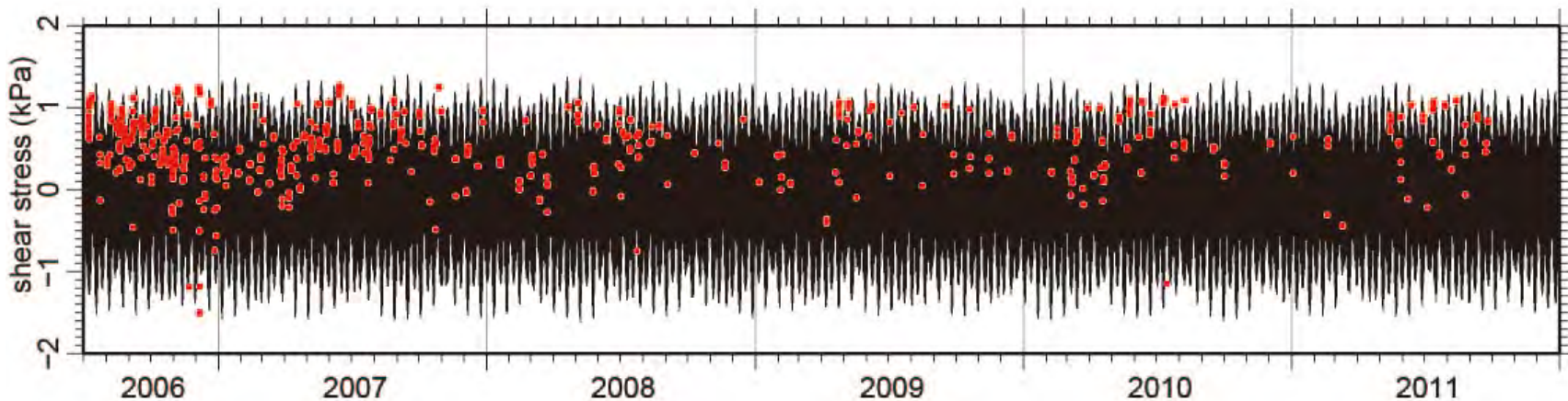


Rectified tidal Loading





台湾での微動発生



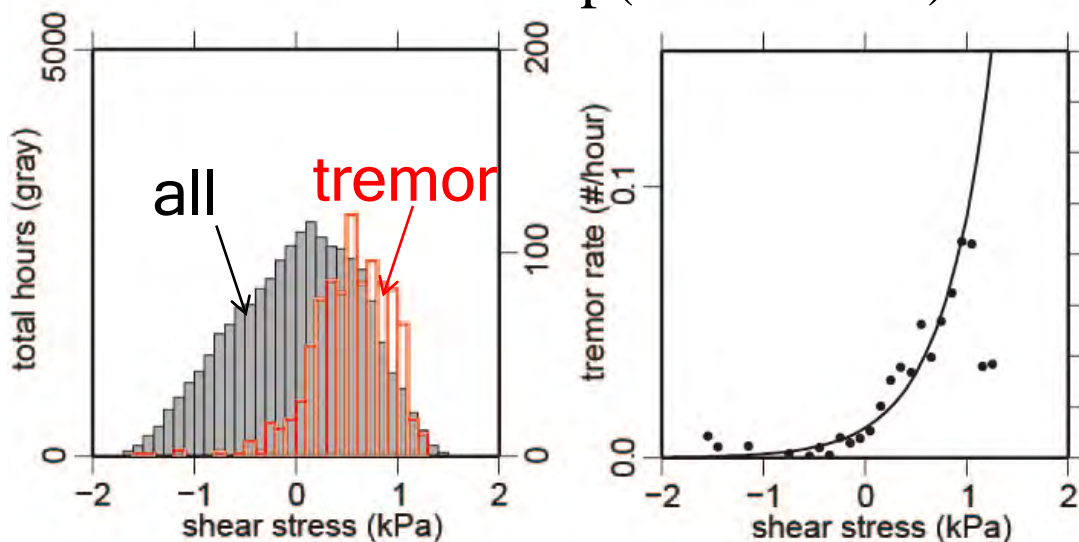
Tremor rate $\sim \exp(\text{shear stress})$

Tremor rate \rightarrow slip rate

$$V \sim \exp(\text{shear stress})$$

Velocity strengthening
Friction law

(Ide et al., 2015, GRL)



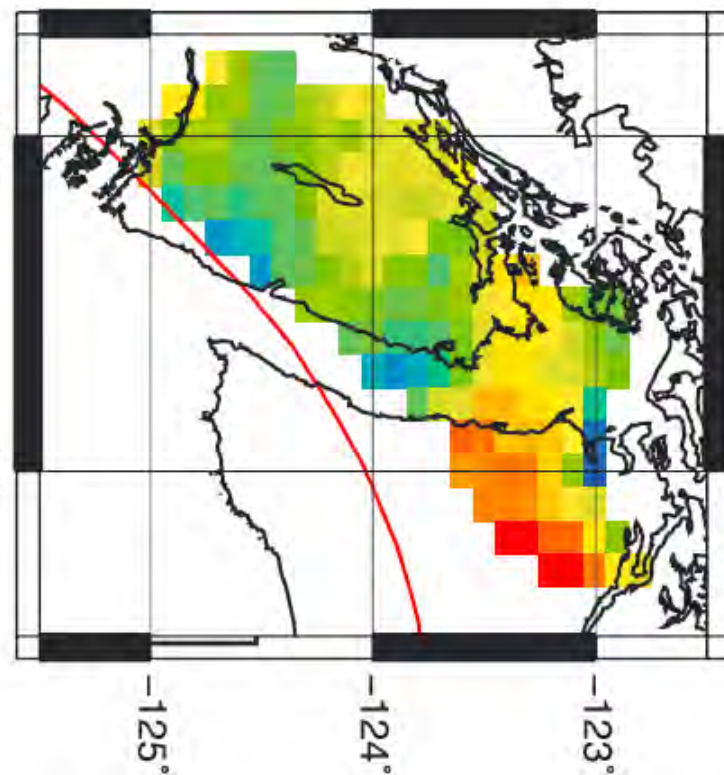
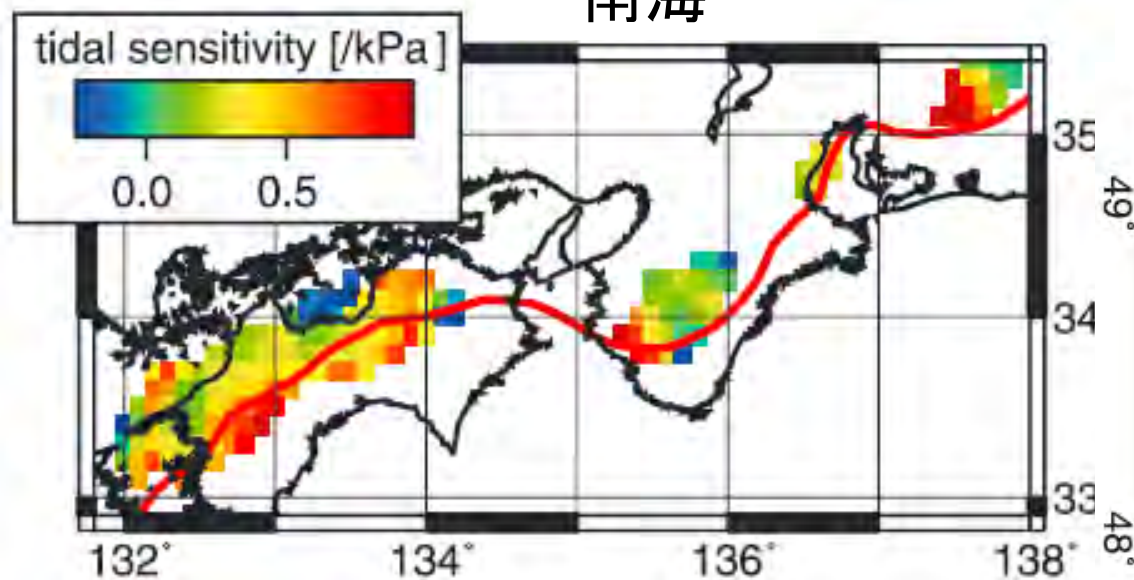


プレート境界の摩擦パラメータ推定

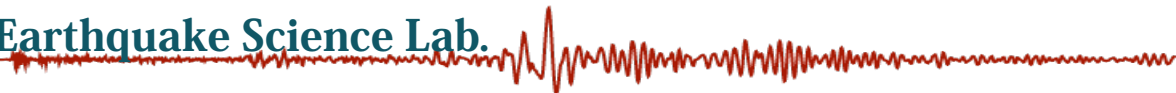
(Yabe et al., 2015, JGR)

南海

カスケード

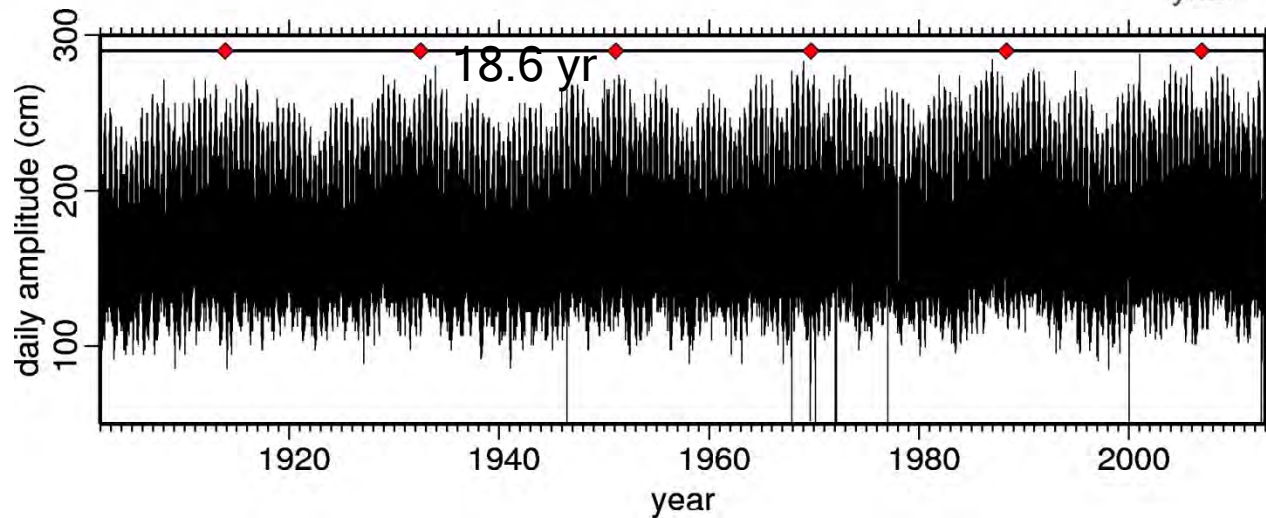
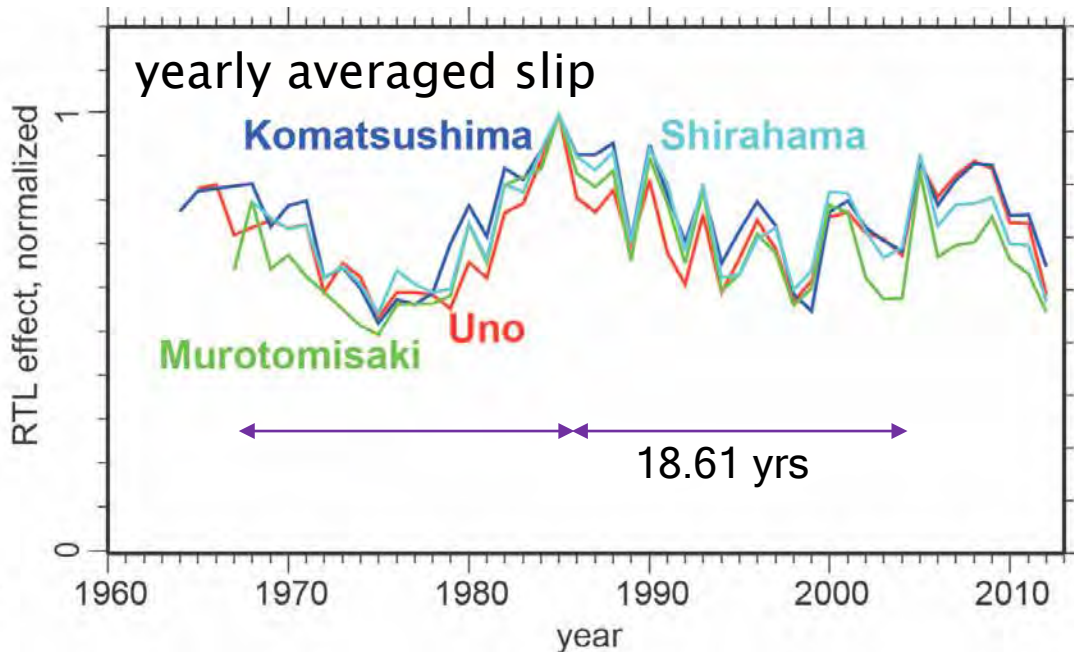
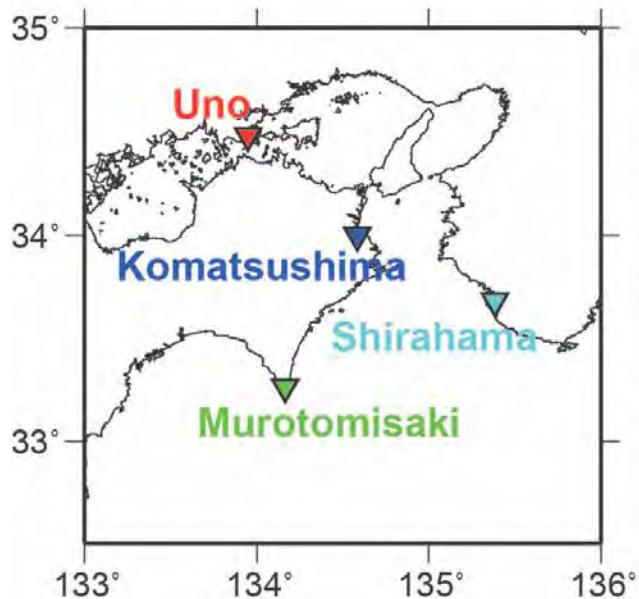


$$V(\tau, \theta) = V_0 \exp \frac{\tau - \theta}{a - b}$$



南海 微動長期予測

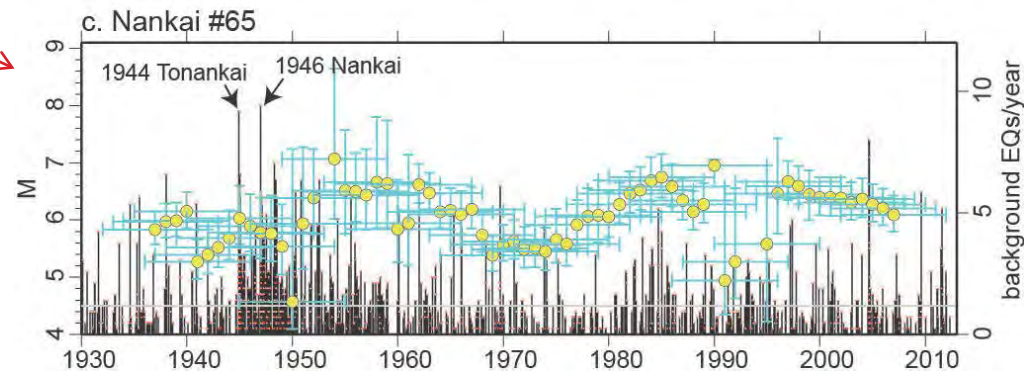
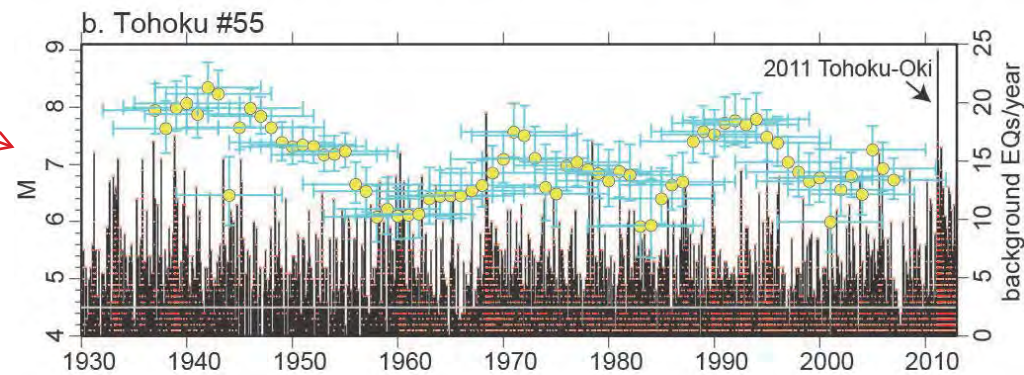
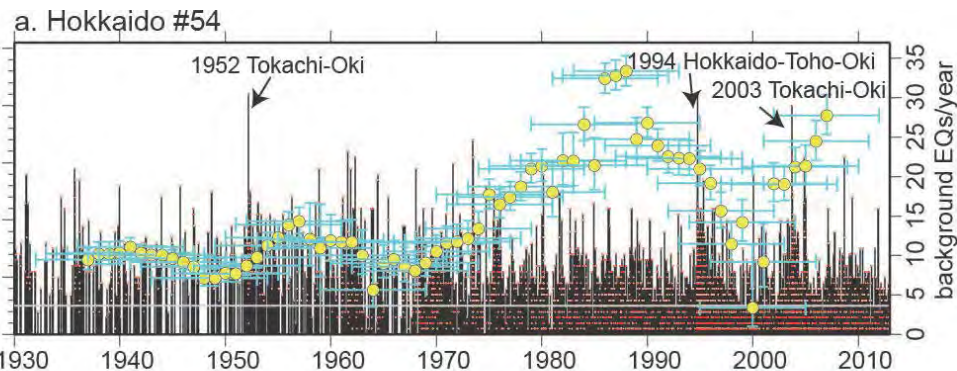
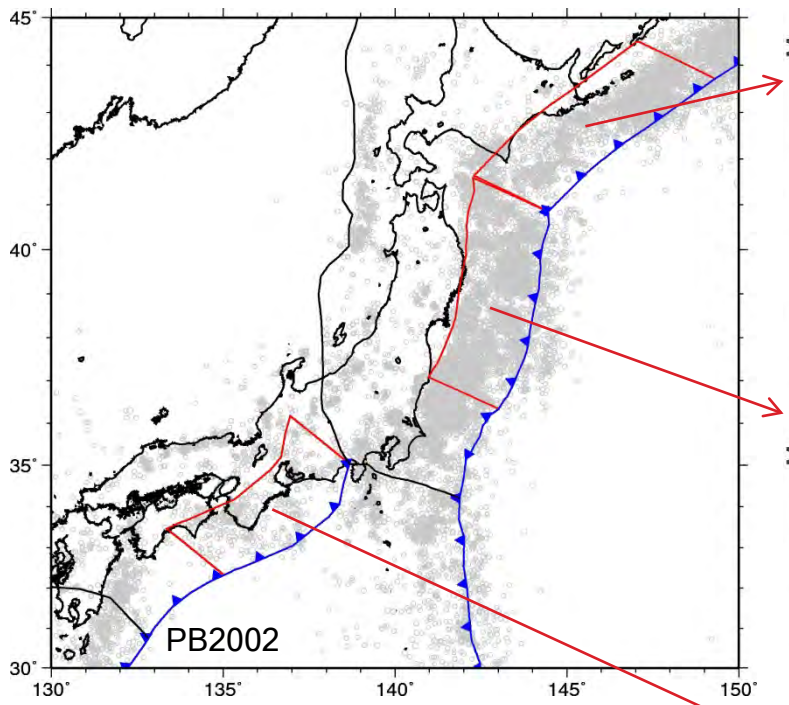
$$\ln R = -0.037H - 6.7$$



San Francisco
Tide Station
(UHSLC)



バックグラウンド地震活動の揺らぎ



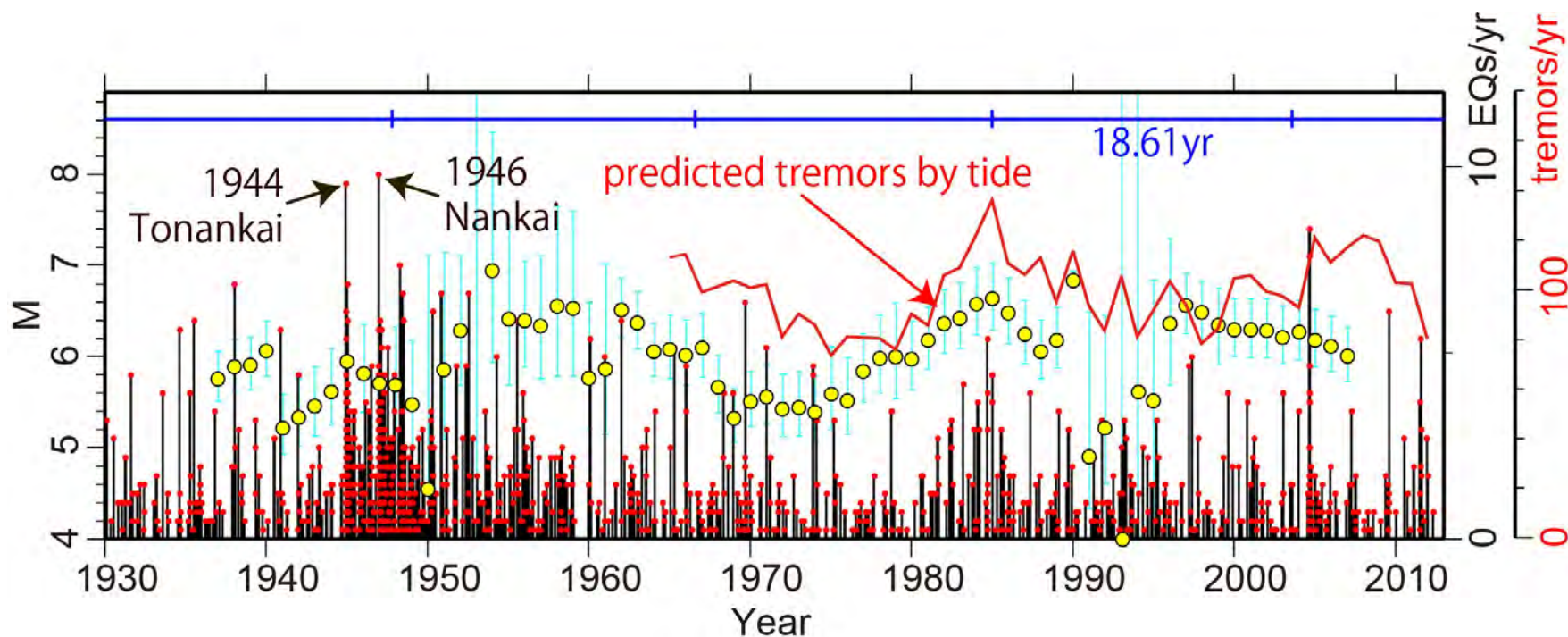
日本周辺の地震活動の
ゆらぎ

Ide (Nature Geosci. 2013)



4/28 SSS30-19

整流潮汐载荷：微動が明らかにする地震発生メカニズム



Ide and Tanaka (2014, GRL)

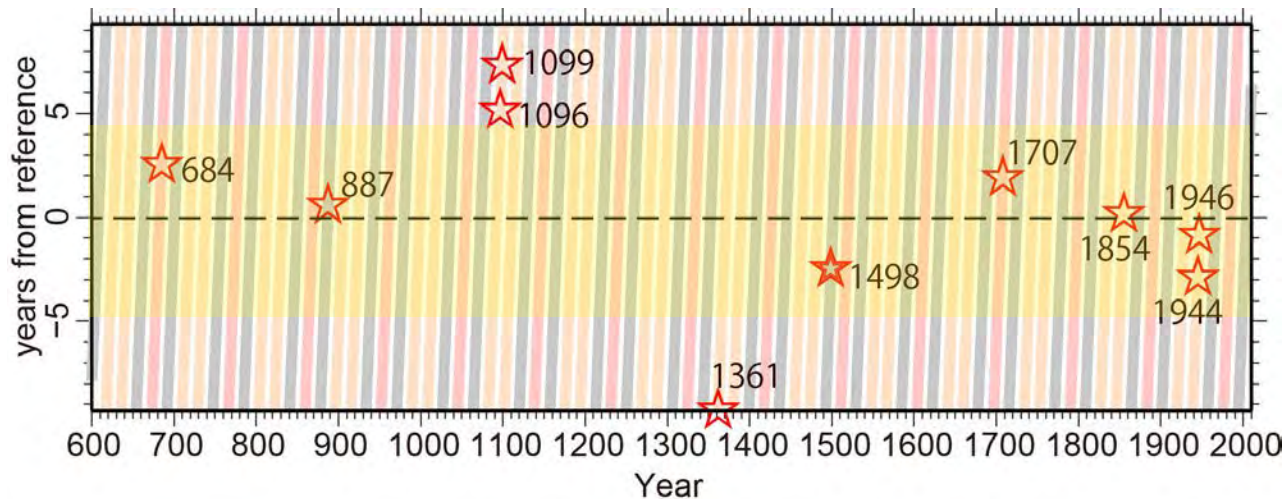
③不確実ではあるが、地震が発生する危険性が
普段より高まっている状態



南海地震の繰り返し

Y	M	D	
684	11	29	Hakuho
887	8	26	Ninna
1096	12	17	Eicho
1099	2	22	Kowa
1361	8	3	Shohei
1498	9	20	Meioh
1707	10	28	Hoei
1854	12	23	Ansei
1854	12	24	Ansei
1944	12	7	Showa
1946	12	21	Showa

18.6 yr periodicity



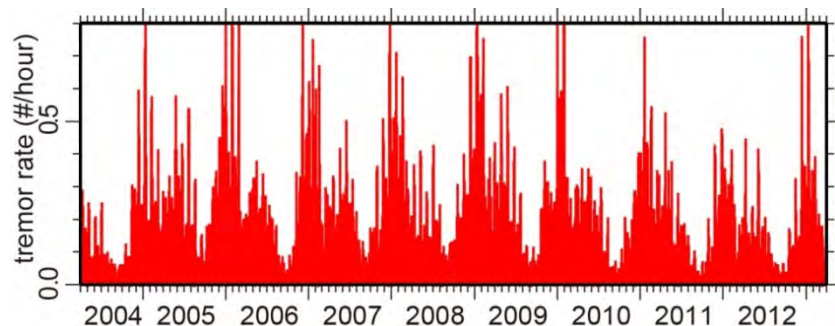
likely $\text{binocdf}(6,8,(1/2)) \sim 0.95$

Seasonality

e.g., Mogi (1969)

quite likely

$\text{binocdf}(5,10,(1/6)) \sim 0.998$





まとめ

- ▶ 「ゆっくり地震」の発見と分析によって、実験室で得られるような摩擦則が、プレート境界（微動発生領域）でも推定できるようになってきた
- ▶ 小さな潮汐応力が（気圧変動、海底圧力変動等も）プレート境界のすべり速度（および地震発生可能性）を大きくコントロールする
- ▶ プレート境界は一定速度で沈んではない
- ▶ 地震発生確率の年周変動、長期周期的変化は物理学的な根拠を持って推定可能
- ▶ すべての予測は確率的、例外も多く、決定論的に言えることはほとんどない