

日本海溝・千島海溝沿いにおける異常な現象の評価基準検討委員会 第2回
2021年10月7日 10:00-12:00
Online

日本海溝・千島海溝の地震をどう考えるべきか？

井出 哲(東大・理)



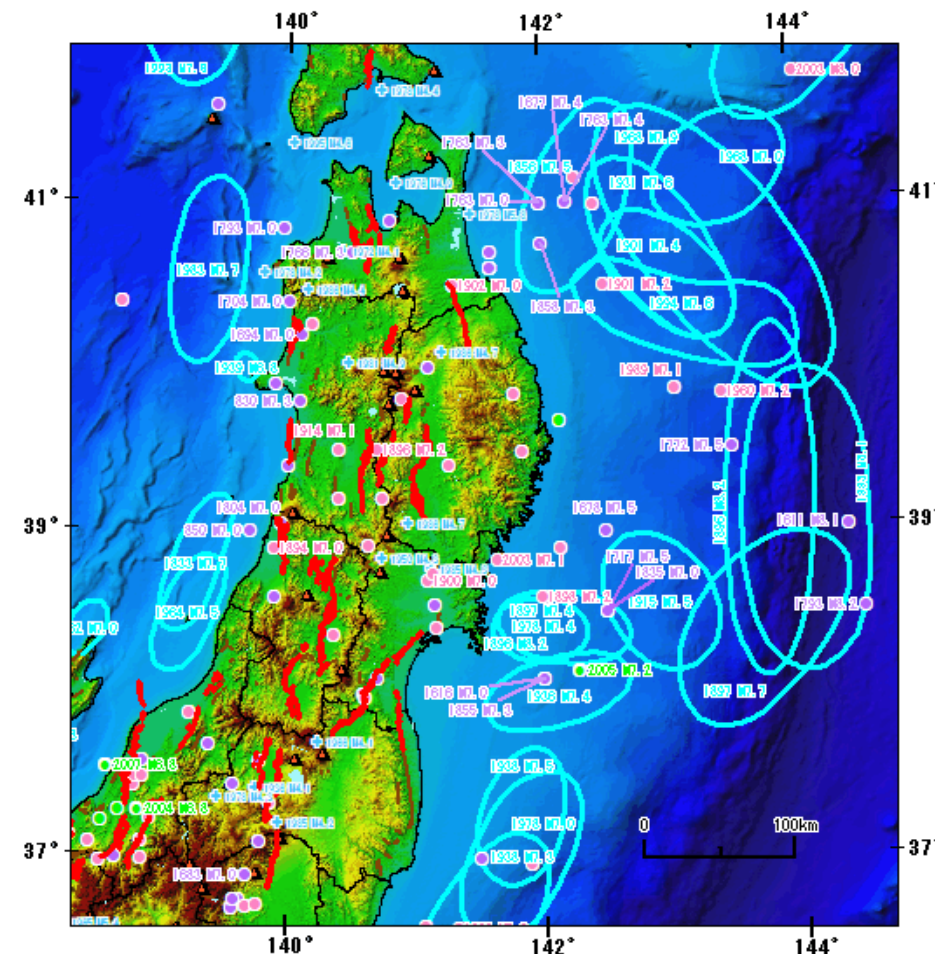
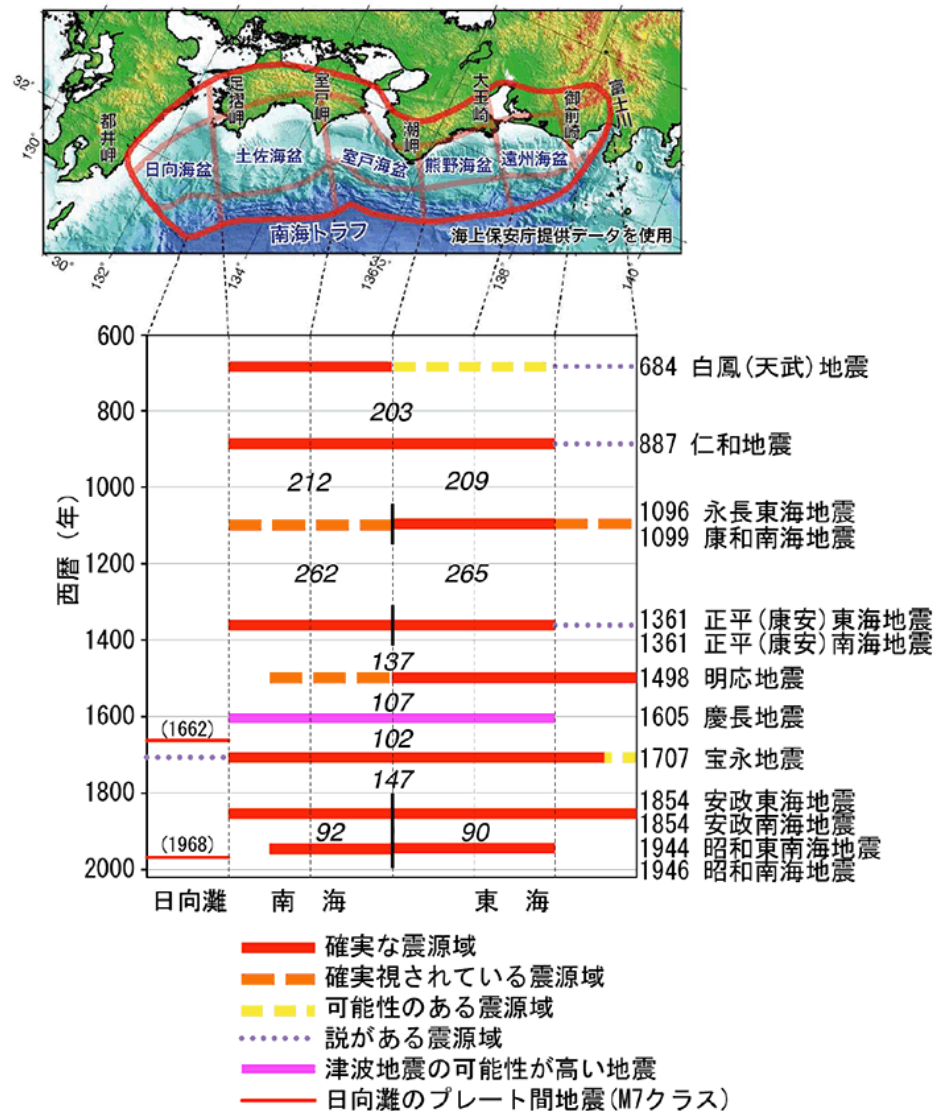
Dept. Earth Planetary Science
Earthquake Science Lab.



何が問題か？

- ▶ 日本海溝・千島海溝沿いにおける異常な現象の評価基準検討委員会
 - 今般、防災対応に資する情報発信の必要性等を検討するために、
南海トラフと同様の仕組みとして、M8程度の地震が発生する「半割れケース」、M7程度の地震が発生する「一部割れケース」、異常な地殻変動が観測される「ゆっくりすべりケース」に相当する現象の評価基準を明確にし、科学的観点から各ケースに該当する現象の評価基準を検討する委員会をWGの下に設置します。
- ▶ 西南日本と東北日本を同じ枠組みで考えることは妥当か？

西南日本と東北日本



HERP web page

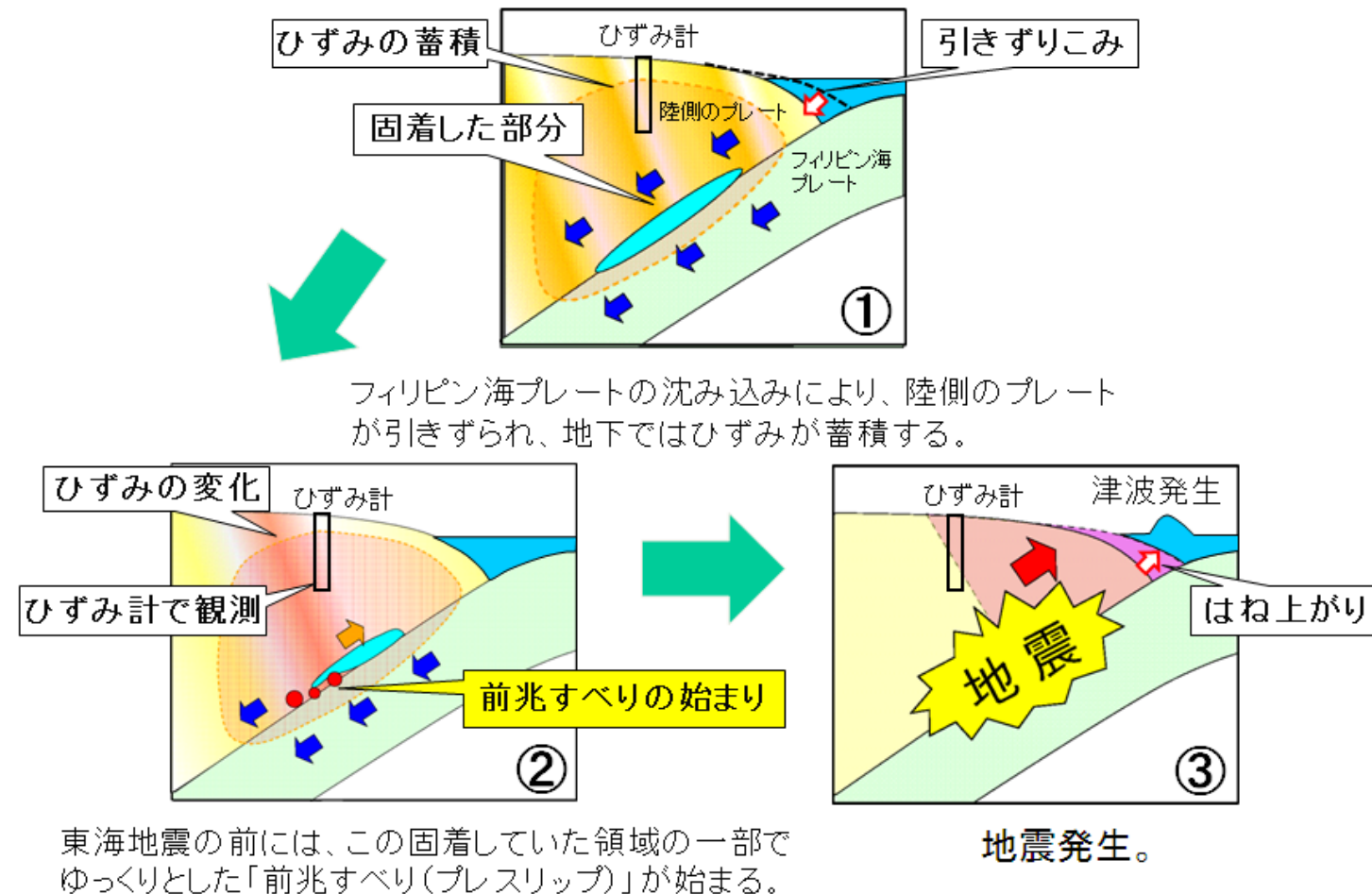
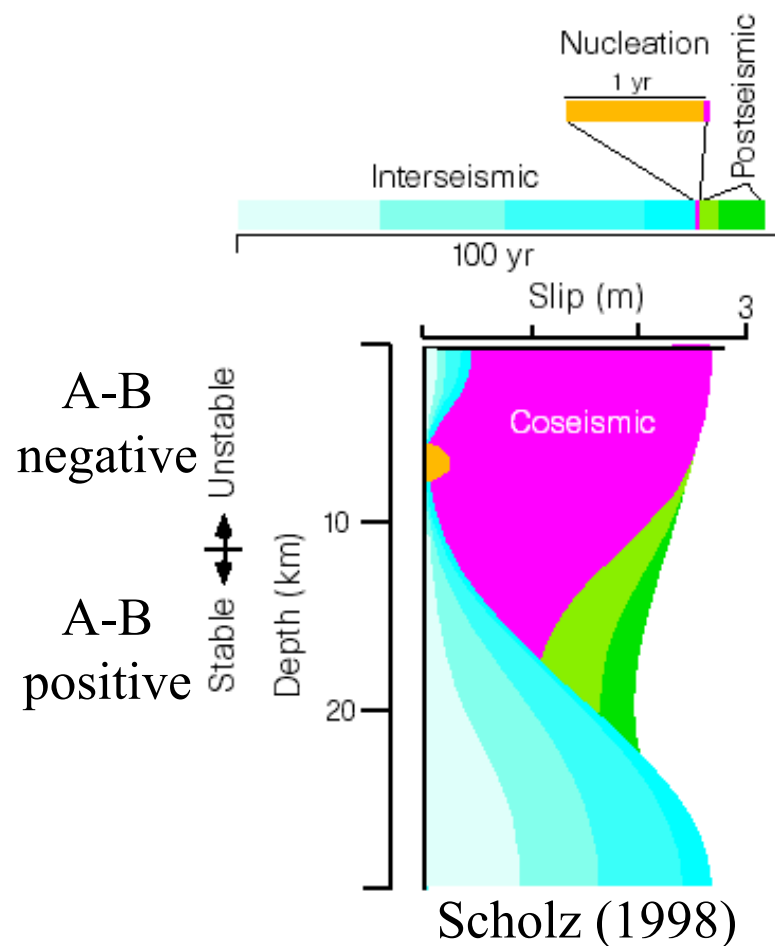
西南日本と東北日本

	西南日本（南海トラフ）	東北日本（日本海溝・千島海溝）
歴史的な地震活動	M8+が10回程度, 充実した歴史記録	M9, M8, M7, ... 但しカバーする時間短い
現在の地震活動	低調、M6.5 (2016紀伊), M7(2004紀伊)	活発、M7多数 (3.11前の十年でも10回程度)
測地モニタリング	固着の空間分布モニタリング可能	3.11による擾乱で把握しにくい
繰り返し地震	ほとんどない	多数・測地モニタリングの代用？
群発地震	ほとんどない	多数・スロースリップと関連？
固着（一部想像）	0 - 1に近い	中途半端に固着、スロースリップ、ゆらぎ？
沈み込むプレート	若い、軽い、熱いプレート	古い、重い、冷たいプレート
沈み込み角度	低角（だから地震動が脅威）	高角（地震動が脅威になりにくい）
沈み込み速度	中速度(~5 cm/yr)	高速度(~10 cm/yr)
堆積物量	厚い（巨大地震を起こしやすい）	中程度（巨大地震少ない？）

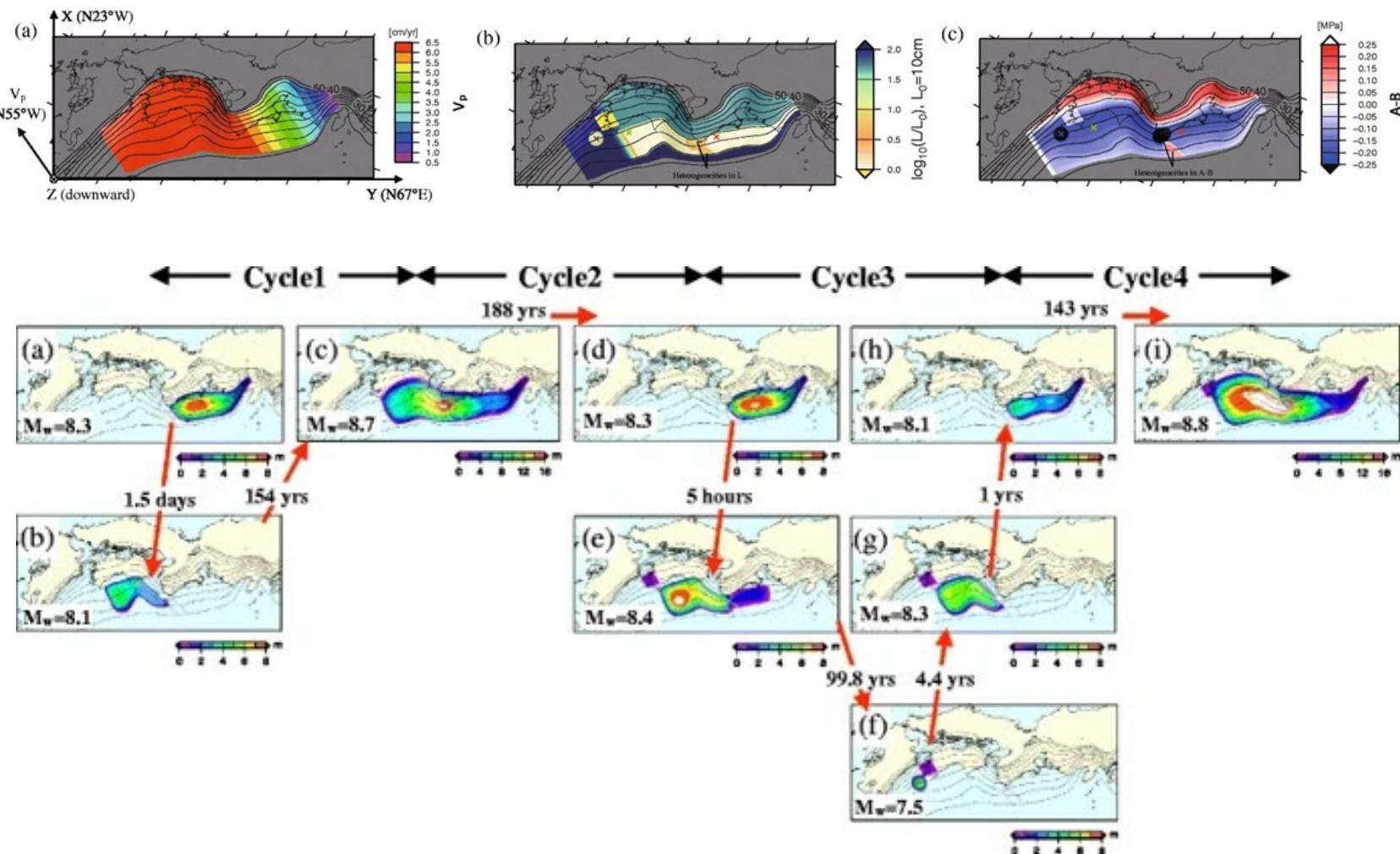
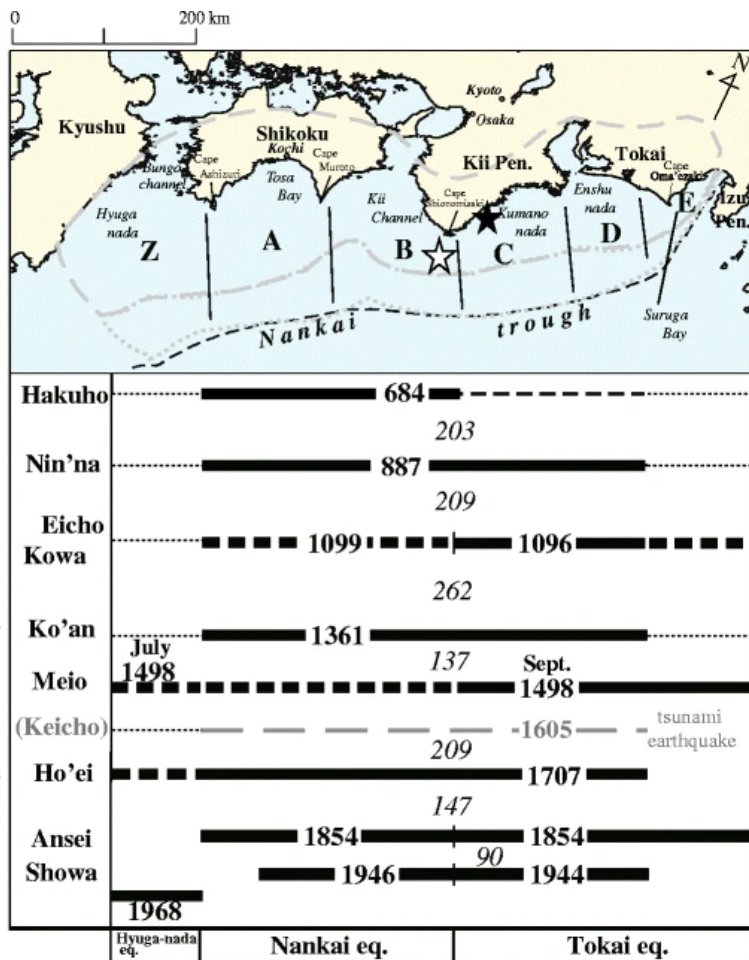
南海トラフの地震について ある考え方

気象庁のwebにあった図

地震サイクル



南海トラフの地震の繰り返し



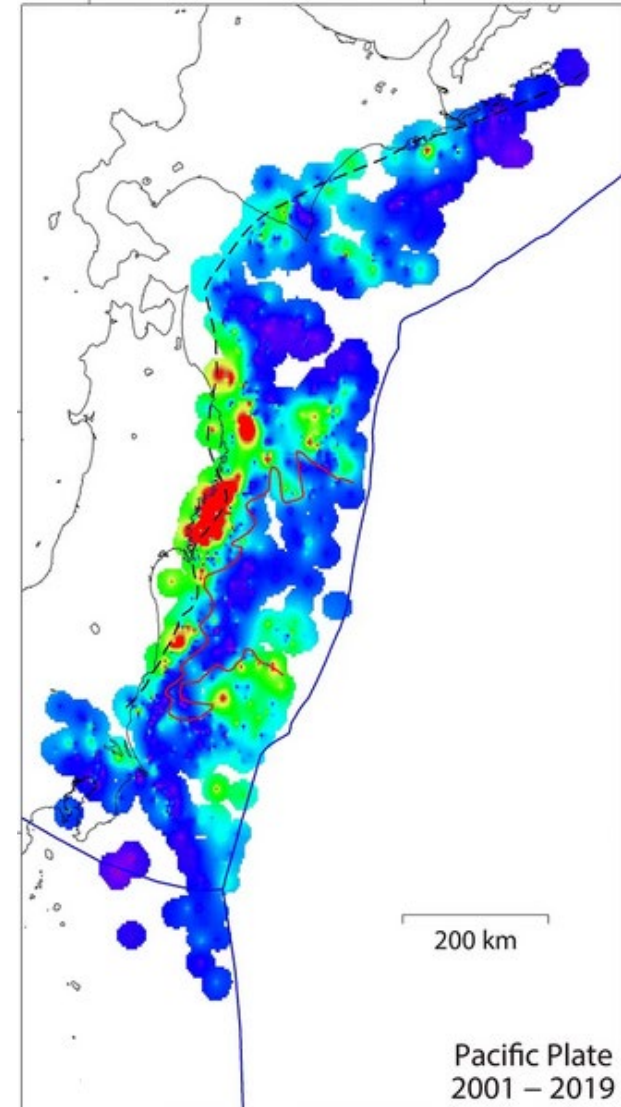
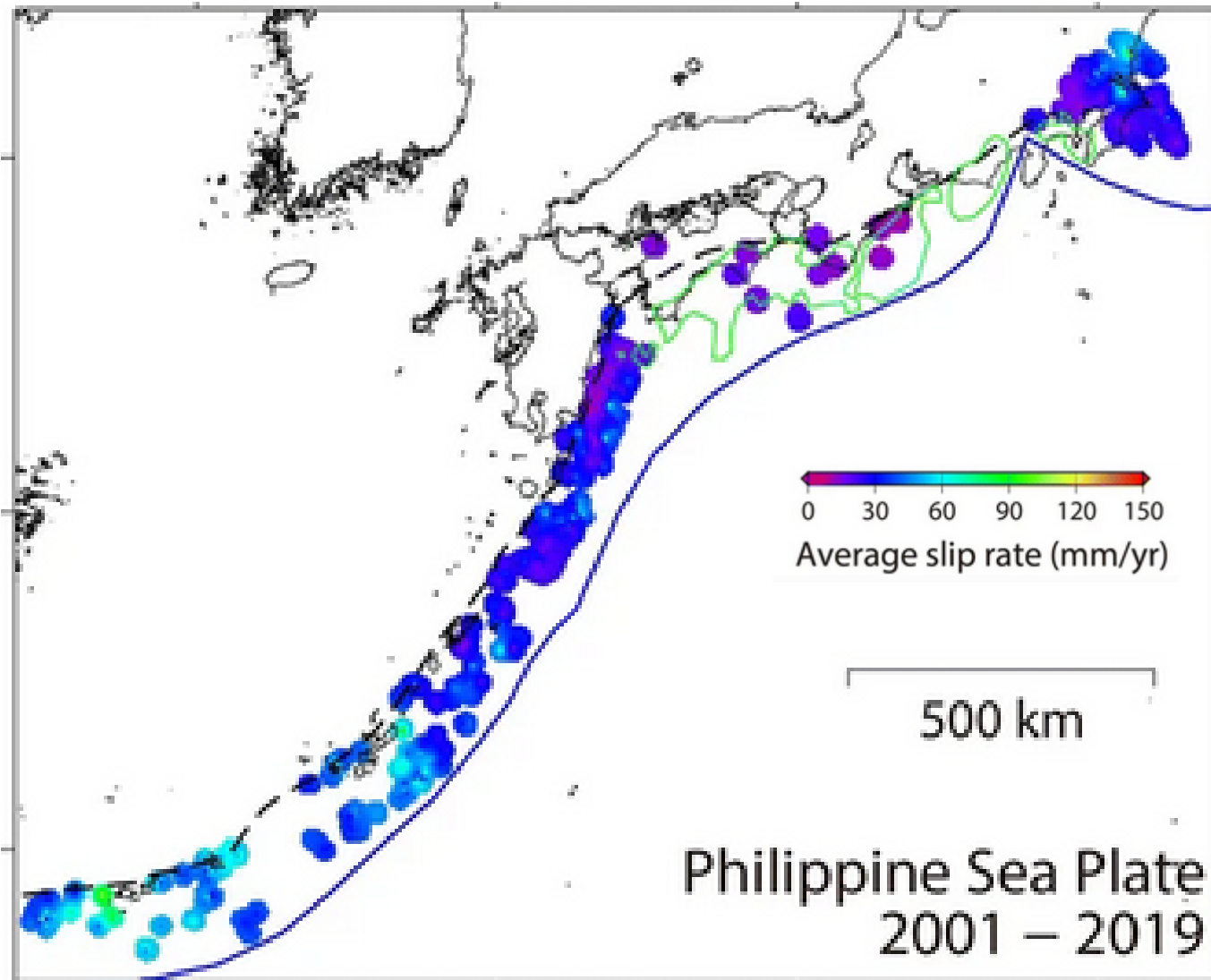
(Hyodo et al., EPS, 2016)

西南日本（南海トラフ）では

- ▶ 準リミットサイクル的な地震サイクルの近似が成立するかも
 - 過去10回近く起きているパターンを無視すべきではない
 - そのうち数回では2つの地域に分かれて発生したと考えられる
 - The 南海トラフ地震 は検討するに値する
- ▶ 「半割れ」を仮定することに意味がある
 - 残った地域では相当に地震発生確率が上昇する（但し時間的な予測は困難）
- ▶ 「一部割れ」を震源核的な活動と結び付けられるか？
 - ある地震活動が震源核内の変動だと考えられるか？

それでも研究者が合意できるギリギリの線

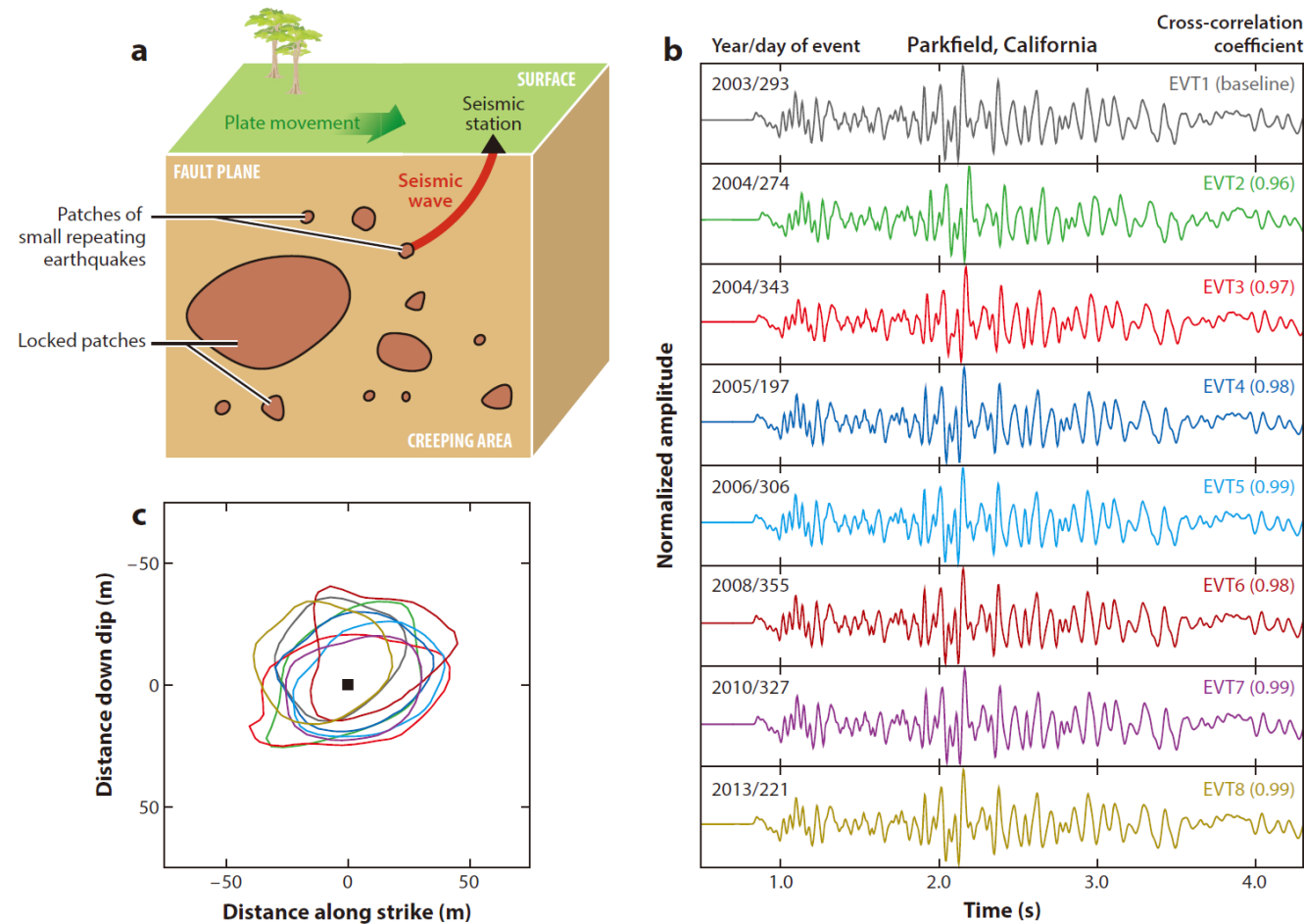
東西日本の大きな違い：繰り返し地震と固着



Igarashi (2020)

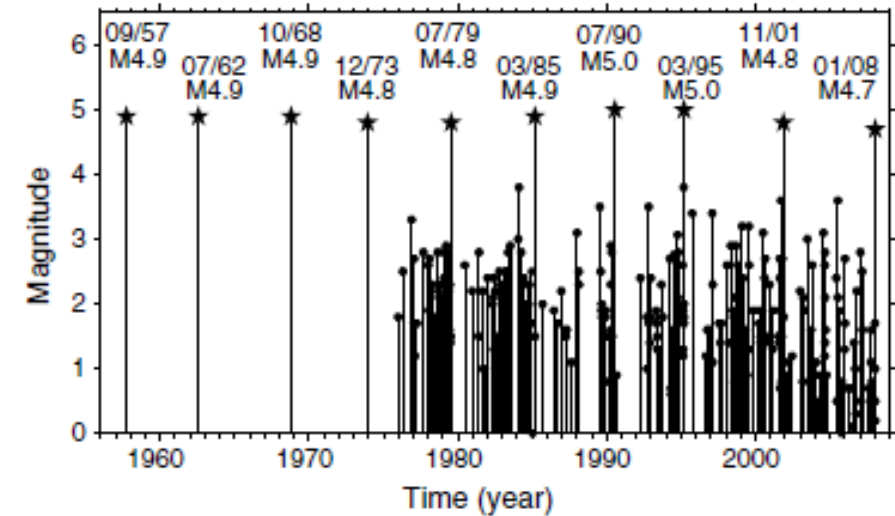
繰り返し地震

Waveforms from Mw 2.1 events

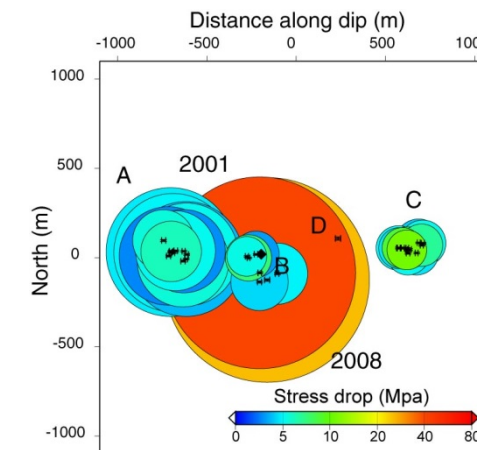


Kamaishi

Matsuzawa et al. (2002); Igarashi et al. (2003)
Okada et al. (2003); Uchida et al. (2007)



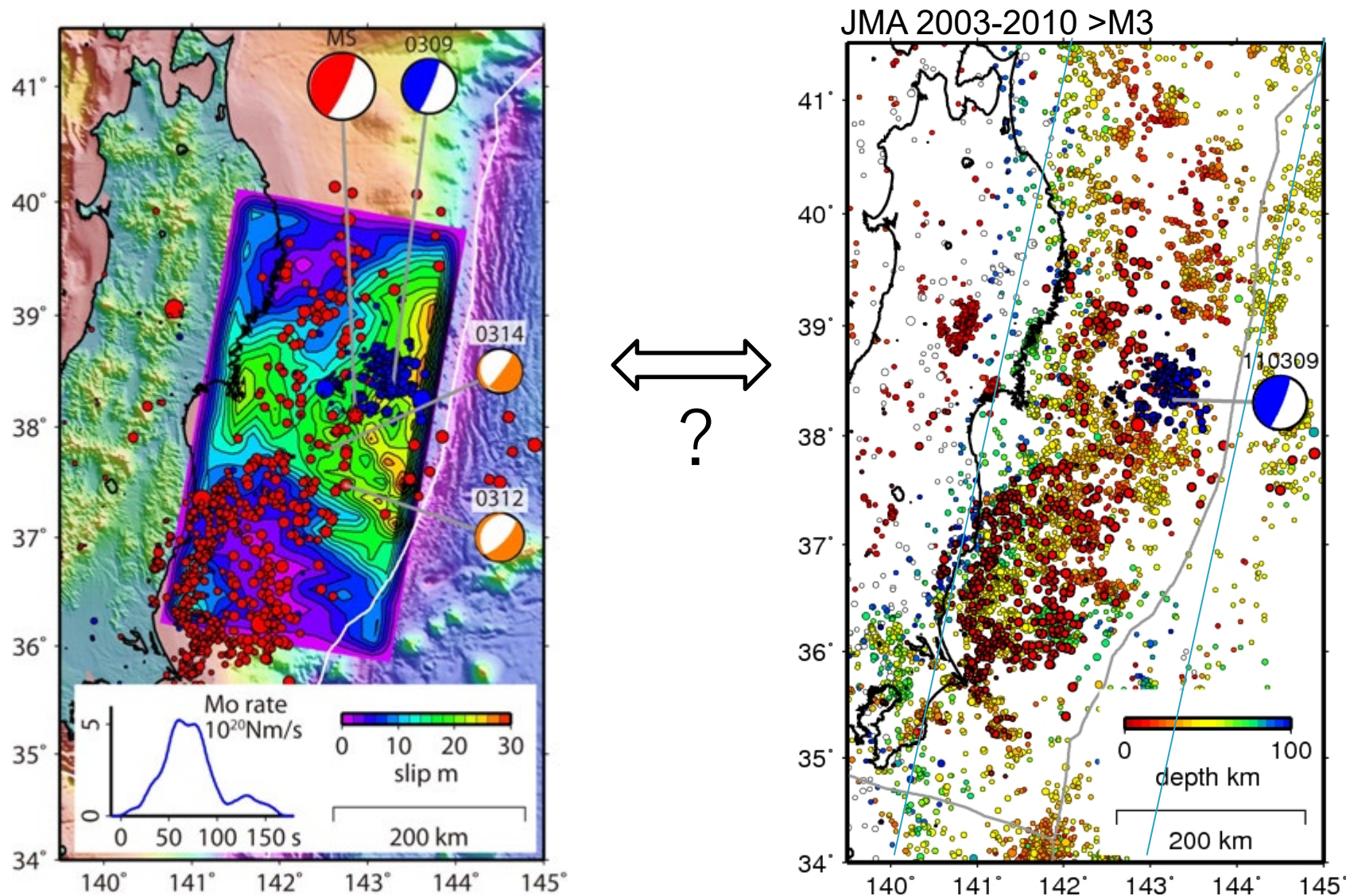
Sunamura et al. (2011)



Uchida et al. (2012)

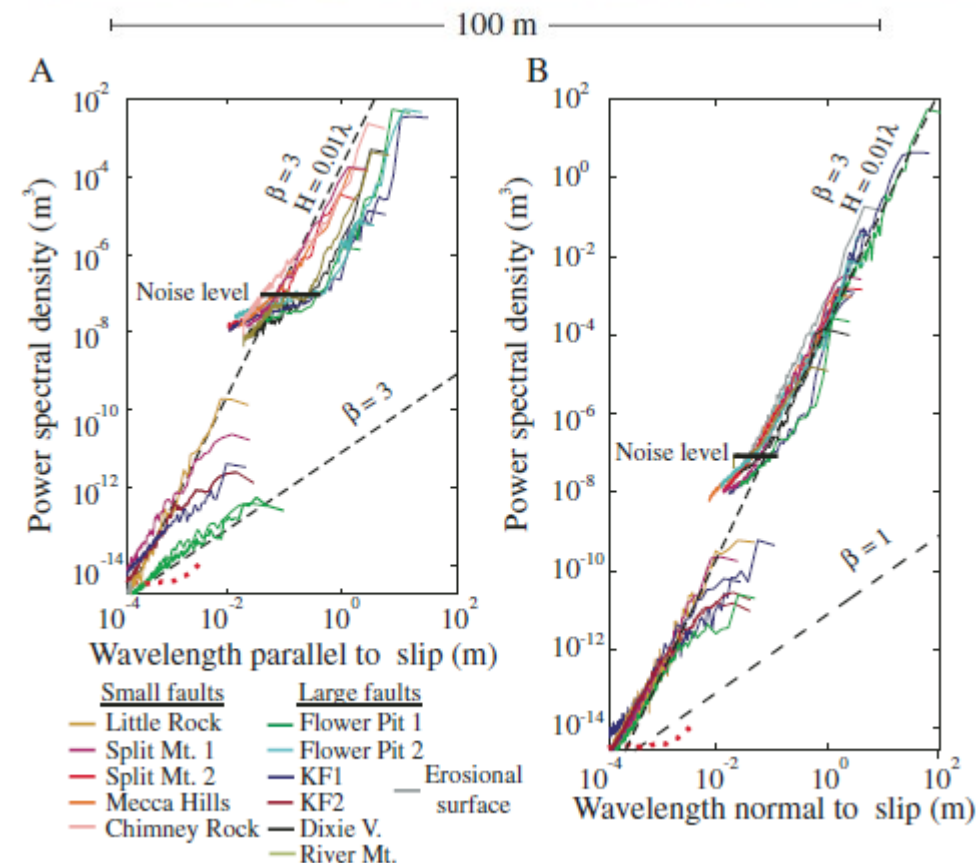
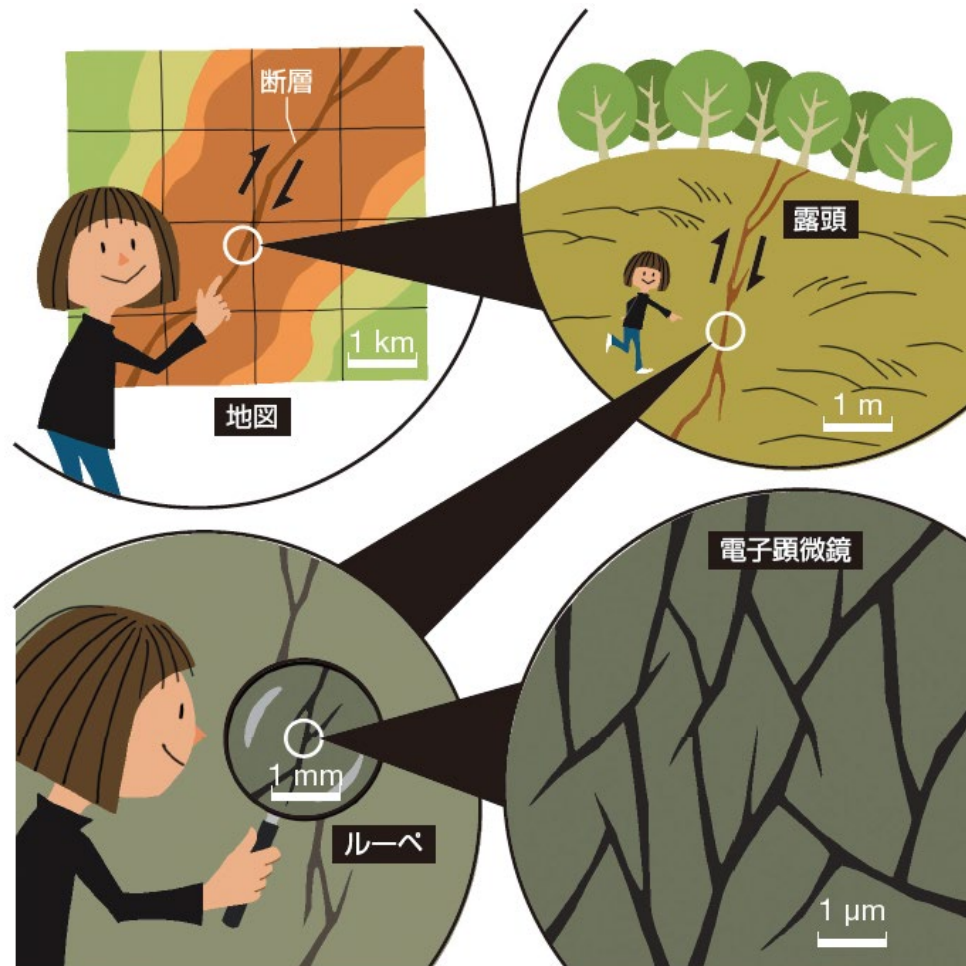
Kim et al. (JGR, 2016) Uchida and Burgmann (AREPS, 2019)

地震活動から示唆される構造



Ide et al., (2011)

地震発生地域の構造の階層性

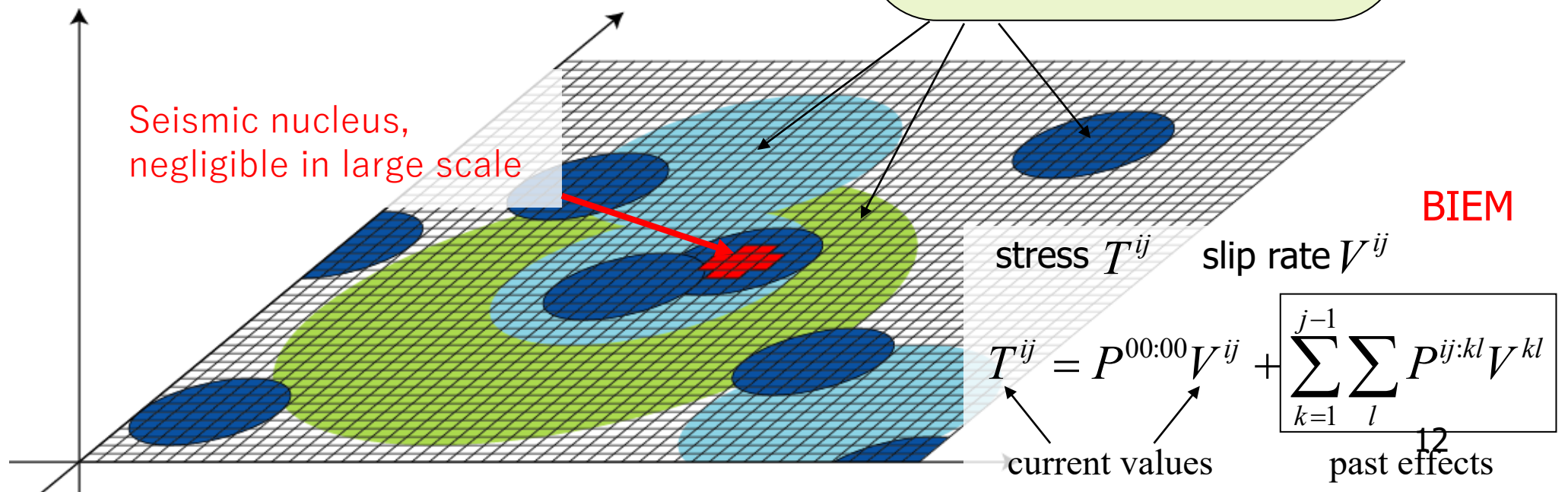
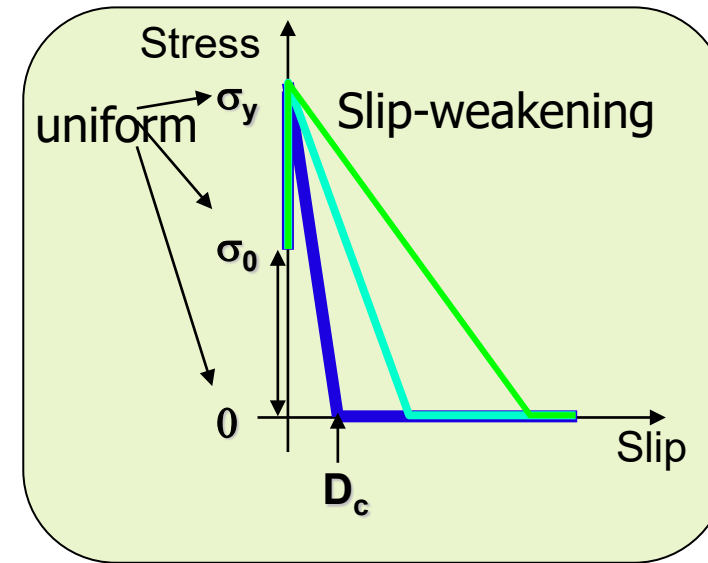


Sagy et al. (2007)

階層性地震モデル

- ▶ Circular patches
 - Fractal size distribution
- ▶ Slip-weakening friction law
 - $D_c \propto$ patch radius
 - Homogeneous stress state
 - $G_c \propto$ patch radius

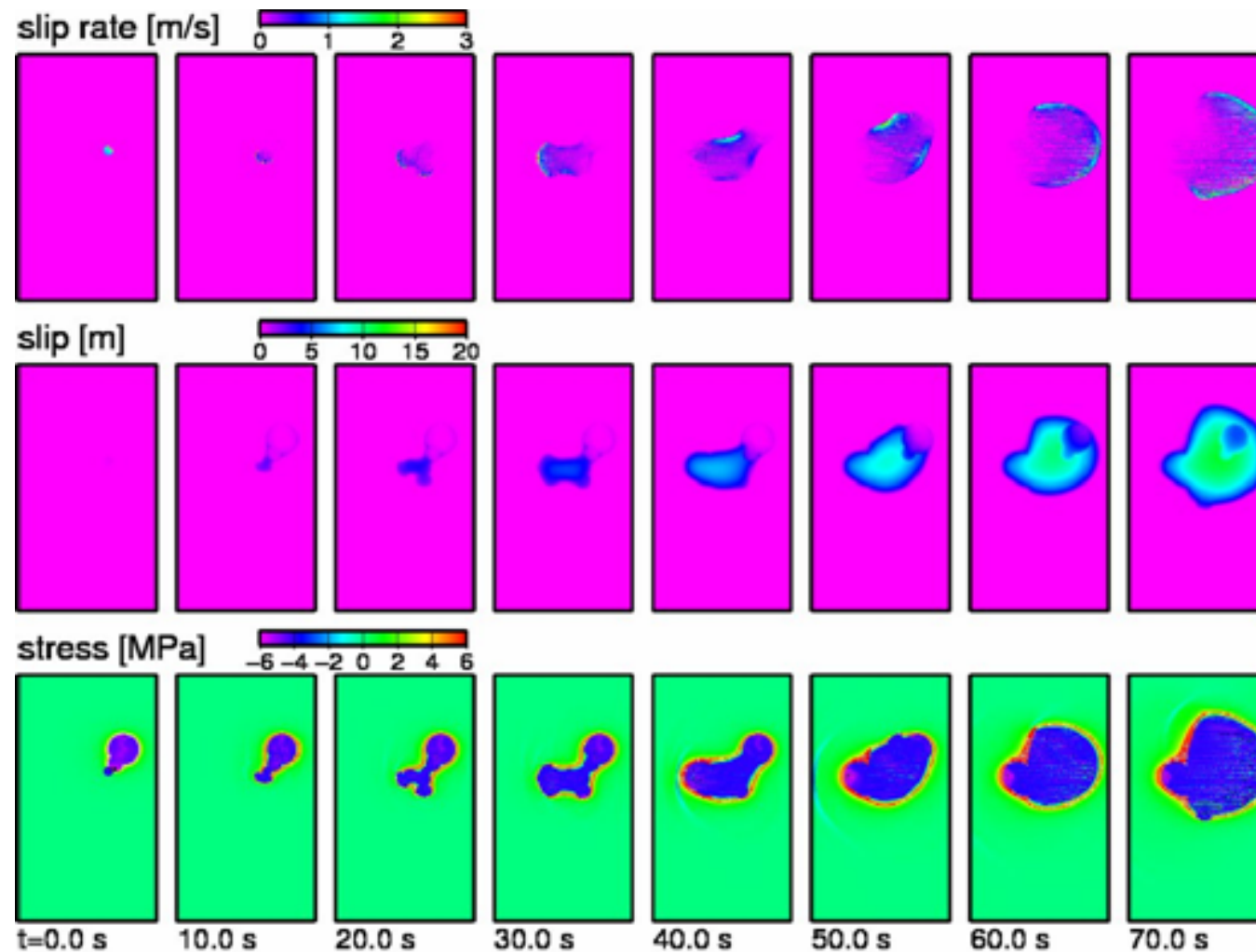
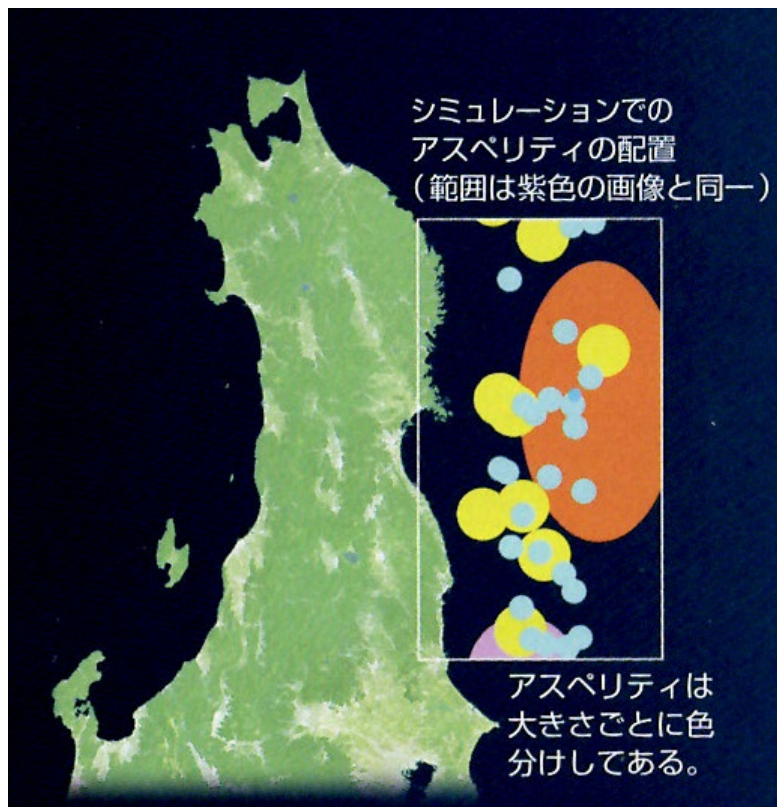
Ide and Aochi (2005)



2011 東北沖地震への適用

ニュートン2016年9月号
見えてきた実用的な地震予測より

Ide & Aochi (2013)

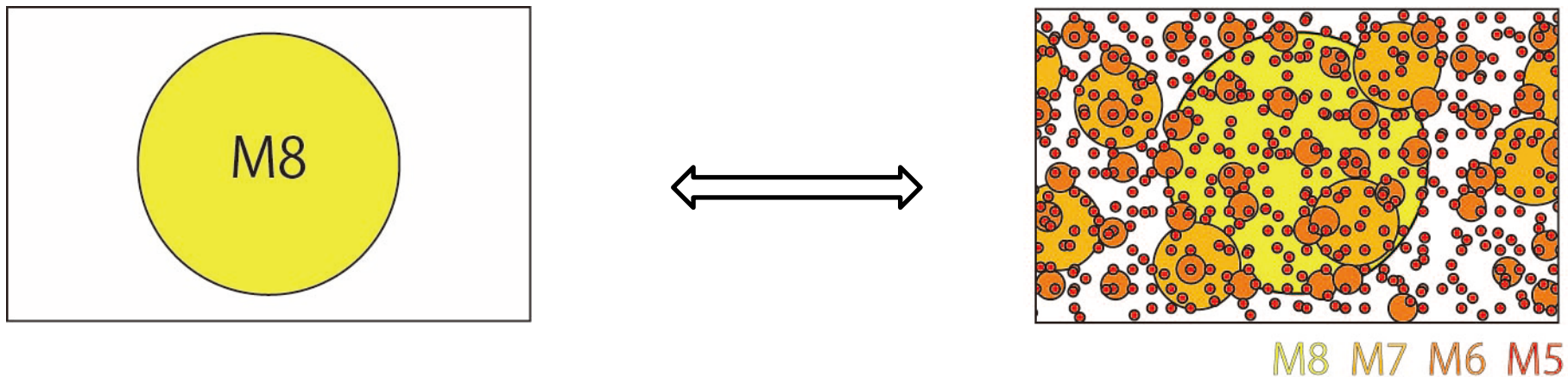


東北日本（日本・千島海溝）では

- ▶ 小繰り返し地震など固有性の高い地震が多数発生
 - プレート境界型地震は境界に「永続的」にある構造を使って起きる
 - 「アスペリティモデル」が妥当なケースが多数ある
- ▶ 構造は階層的である
 - 階層性＝特徴的な構造の規模で決まる破壊エネルギー分布
 - 過去の地震活動からある程度推定可能
- ▶ The ○○地震が定義できない
 - 最大の階層は The 千島海溝地震なのかもしれないが、地域限定は困難
 - 全体の定義なしに「半割れ」「部分割れ」はナンセンス

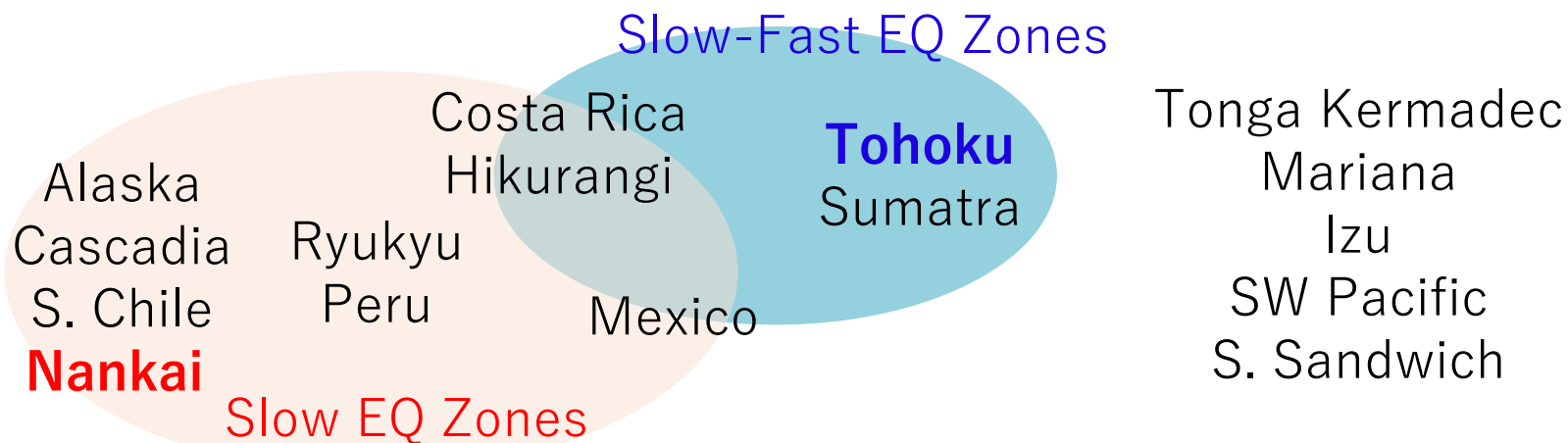
沈み込み帯のパッチモデル表現

破壊エネルギーの階層構造として



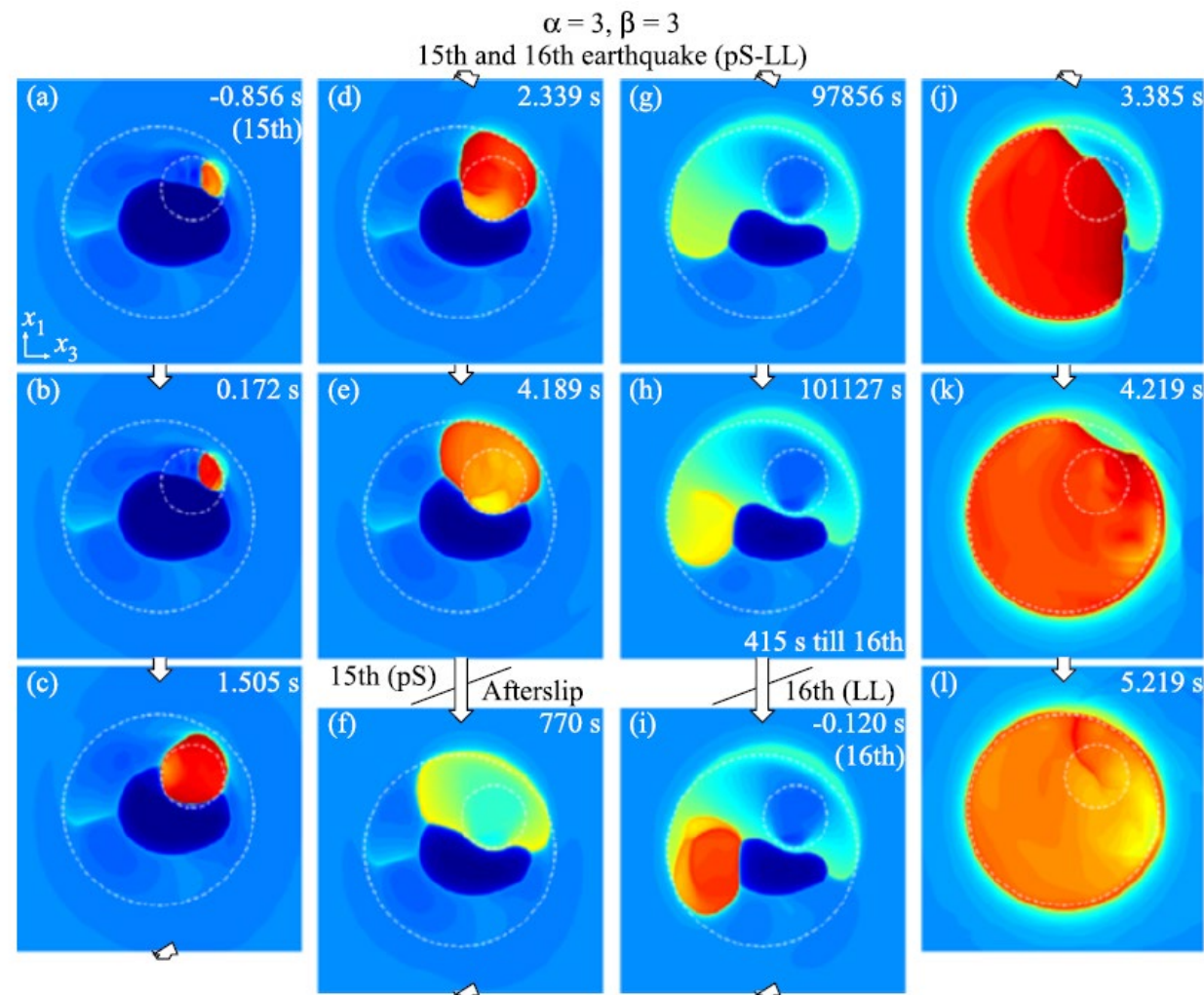
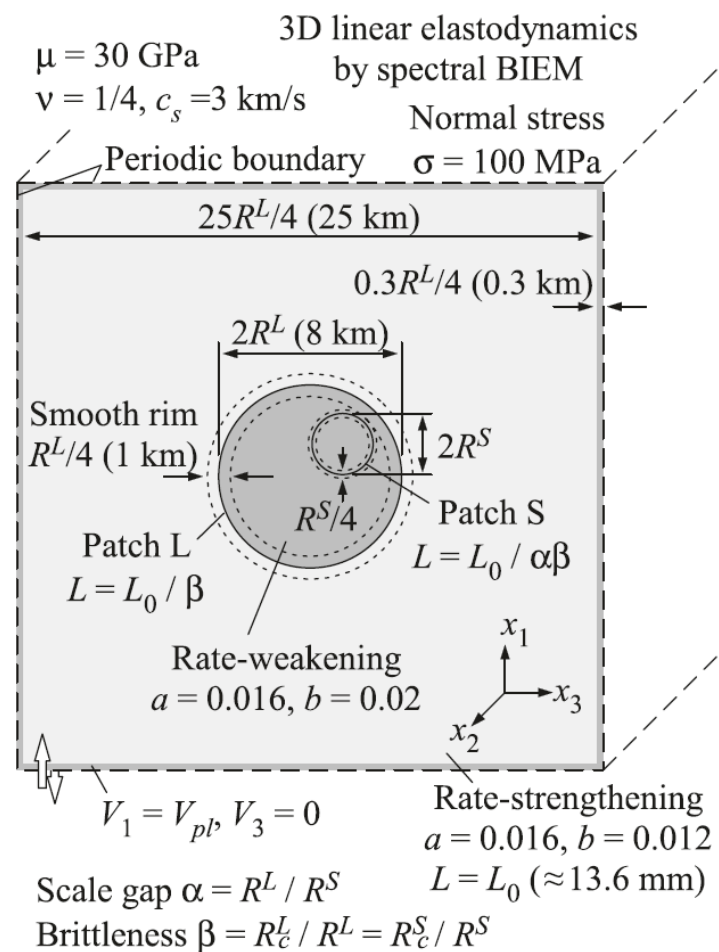
固有的

階層的



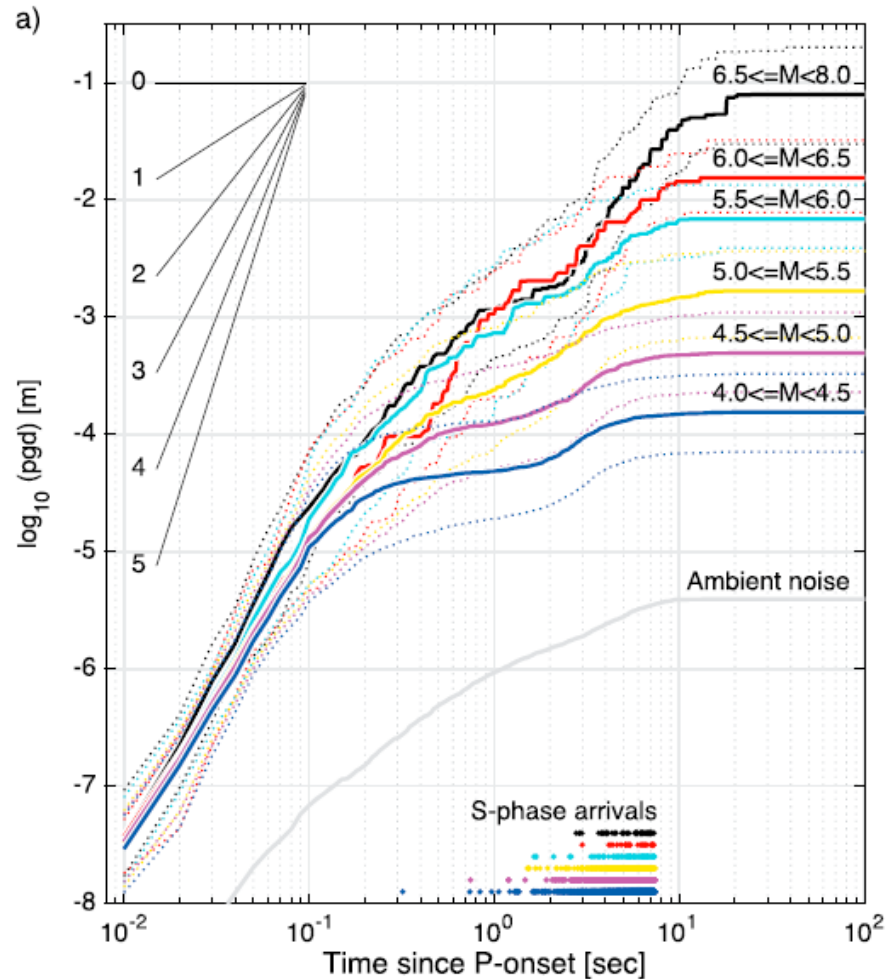
階層パッチの地震サイクルは複雑

Noda et al. (PEPS, 2014)



階層構造では大地震も小地震も同じように始まる

階層がなくても統計的に地震の始まり方は同じ

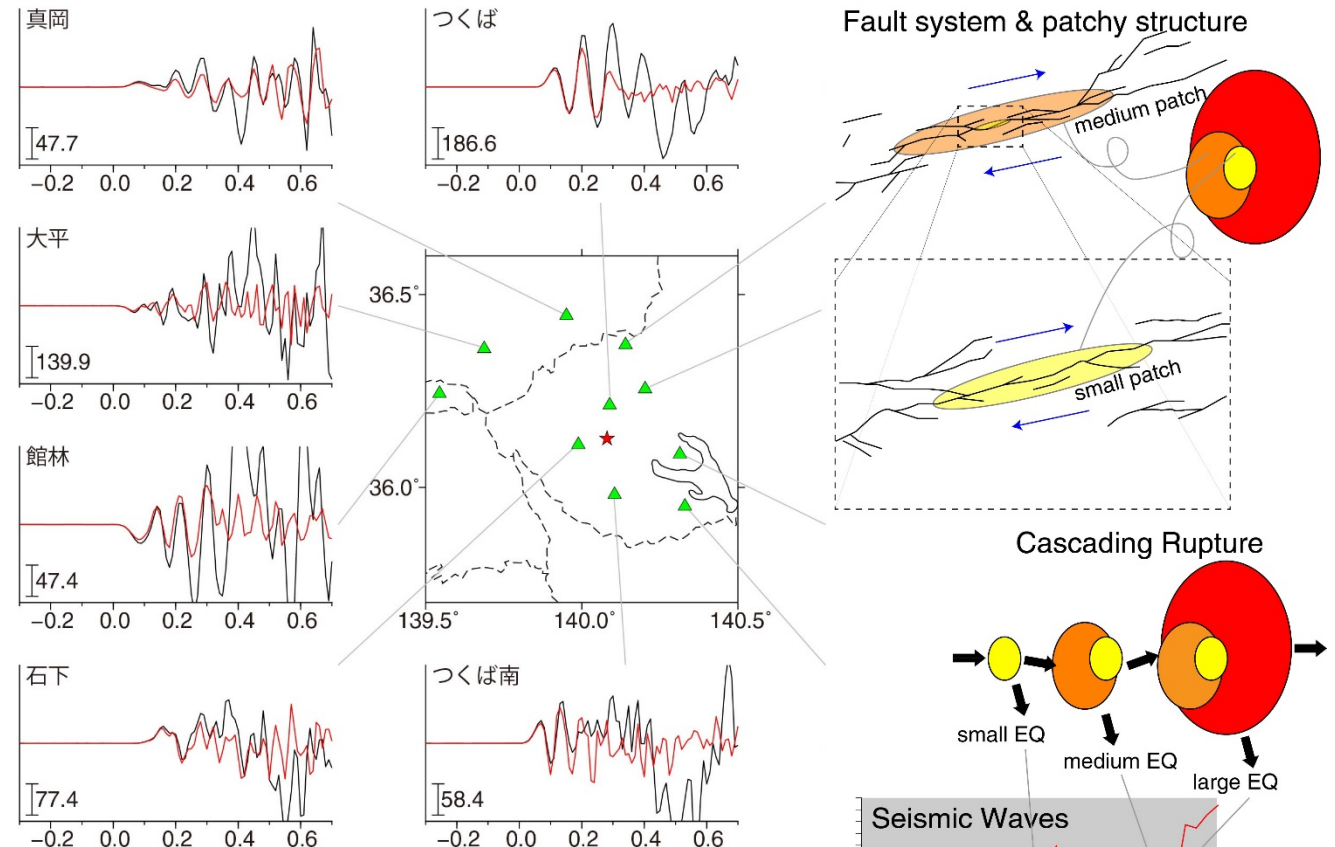


Meier et al. (2016)

茨城県南西部深さ64 kmの2つの地震の例
(防災科学技術研究所Hi-netで記録された速度地震動：単位micron/s)

黒線：2011年8月15日 15:26:48 M4.7(大)

赤線：2017年1月12日 09:36:30 M3.9(小)



Ide (2019)

階層的であるがゆえの問題

- ▶ 地震は同じように始まり、最終サイズに特徴的な震源核は不必要
 - 2003年十勝沖地震、2011年東北沖地震の観察例はプレスリップを否定
 - 破壊停止するまで最終サイズはわからない
- ▶ リミットサイクル的な挙動は期待できない
 - たった2階層でも（実は2体ばねブロックですら）カオスの振る舞い
 - 繰り返し間隔が何倍も変化するような状況がありうる
- ▶ M7, M8, M9... どれでも起こる
 - M7で情報を出したとしても、M9が起こるより10倍M8が、100倍M7が起こる
 - 何のための情報なのか曖昧

結論

- ▶ 西南日本の地震対策の枠組みを東北日本に適用するのは無理
 - 南海トラフは単純な固有地震（いわゆるアスペリティモデル的）で近似可能
 - 日本海溝・千島海溝は階層的固有性
 - 地震動や津波の発生様式も相当に違う
- ▶ それでもETAS的な確率予測は可能
 - もっともこれは日本全国どこでも可能
 - 現在の科学の限界として示す
- ▶ 日本海溝・千島海溝についてはその階層的特徴を知ることが先決
 - 小繰り返し地震や群発地震を用いたモニタリング
 - 測地観測の強化