

委員提供資料

井出 哲 委員
提供資料

震源動的破壊過程の研究に基づく 地震予測の難しさについて

井出哲 (東大・理)



Dept. Earth Planetary Science
Earthquake Science Lab.



1



Dept. Earth Planetary Science - Earthquake Science Lab.



地震の予測はなぜ難しいか？

- ▶ 決定論的力オスの問題
 - バネーブロック系での実証
- ▶ そもそも決定論的でさえない事実
 - 密度、弾性定数…見かけ上小さい誤差で求められる
 - 応力、摩擦法則…本質的にマクロ量、ミクロに扱うと量子統計
- ▶ 大地震と小地震に差がない(かもしれない)
 - 「準備過程」があれば…は期待に過ぎない
 - 地震の前には「プレスリップ」が起きる…とは限らない



観測でわかる大小地震の相似性

- ▶ 地震時のエネルギー分配様式は大地震と微小地震の間に有意な差がない
- ▶ 断層での破壊すべりの時間発展は(その元になる観測地震波も)、大地震でも微小地震でも複雑 subevents, directivity, subshear rupture
- ▶ 地震には「初期フェーズ」があり、その長さは破壊継続時間に比例
- ▶ 「初期フェーズ」の破壊過程は小地震の破壊過程に類似

3



地震の(自己)相似性

Kanamori & Anderson (1975, JGR)

断層長さ L 破壊継続時間 T 断層幅 W

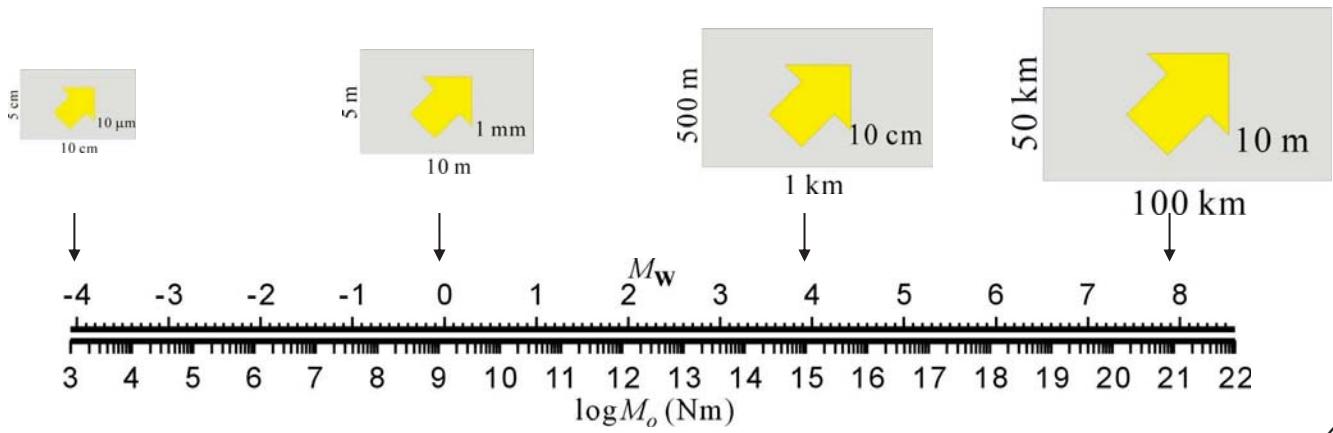
1次元スケールがすべて比例するなら相似形

断層すべり D

$$L \propto W \propto D \propto T$$

応力降下量 一定 破壊伝播速度 一定

面積 $S \propto L^2$ 地震モーメント $M_0 = \text{rigidity} \times DLW \propto L^3$

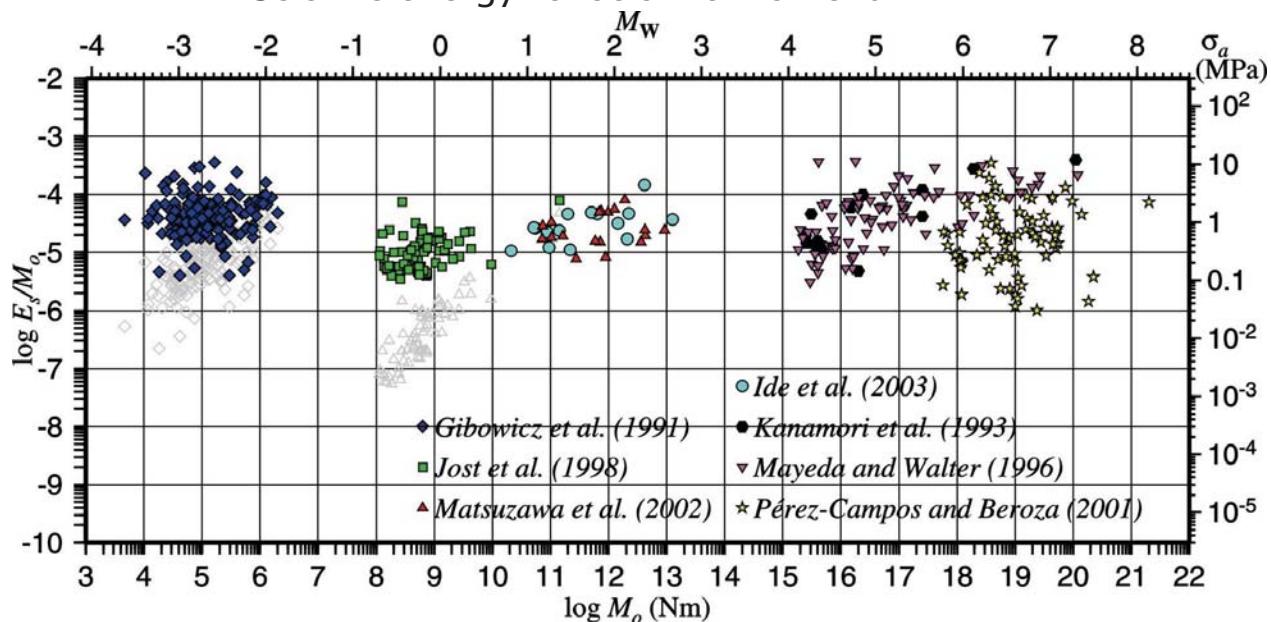


4



Es/Mo scaling

Seismic energy vs. seismic moment



after Ide and Beroza (2001, GRL)

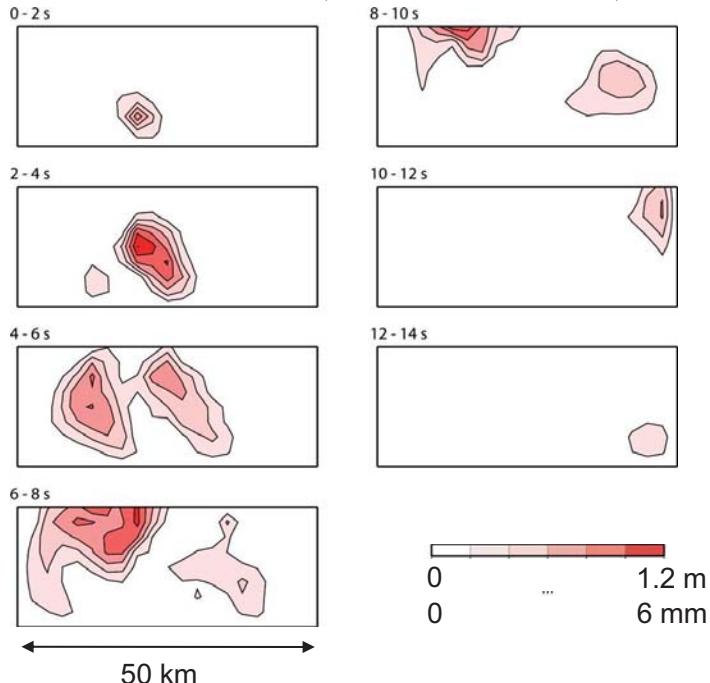
エネルギーの分配(歪解放=地震波+破壊+摩擦)は大地震でも小地震でも同じ?

5

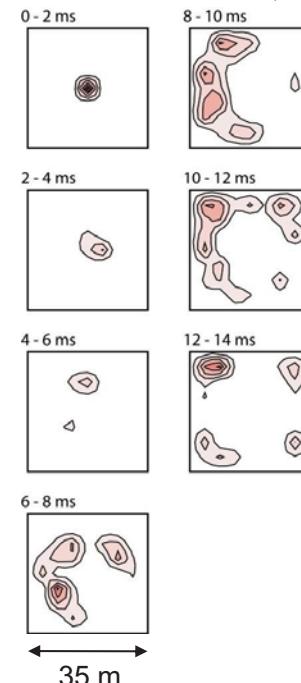


Kobe EQ and microEQ in SA

1995 Kobe Mw6.8 (Ide and Takeo 1997)

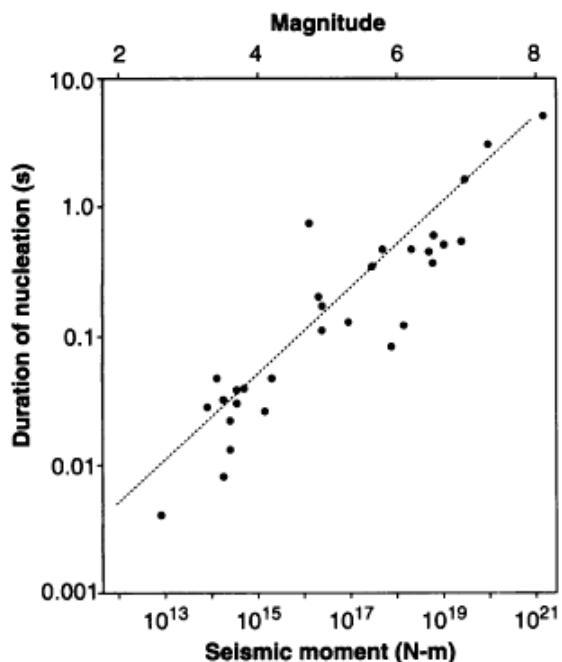
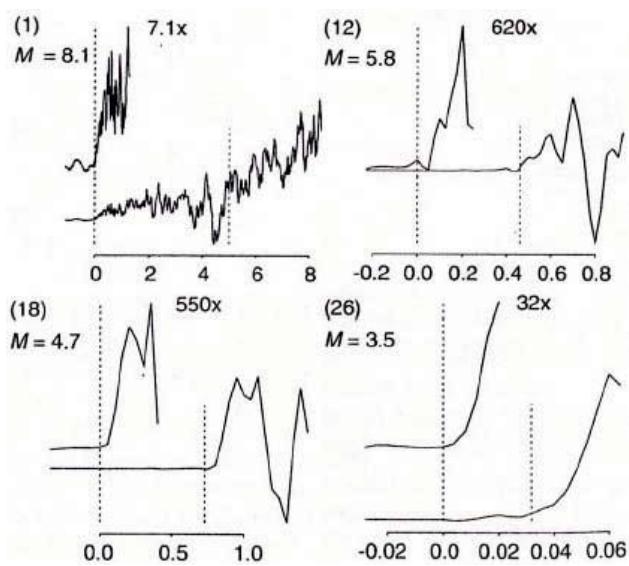


SA mine Mw1.4 (Yamada et al., 2004)



すべりモデルはどれも複雑、定数倍?

初期フェーズ

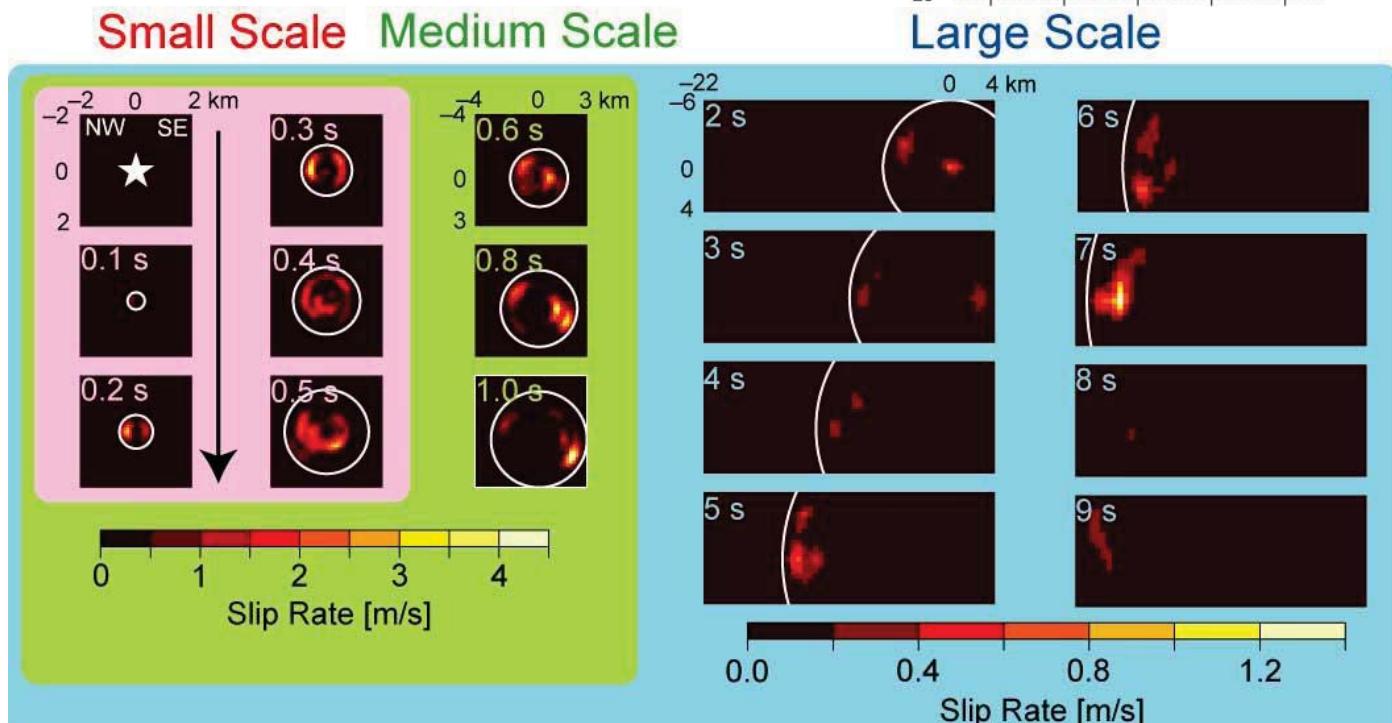


大きい地震ほど長い「初期フェーズ」？

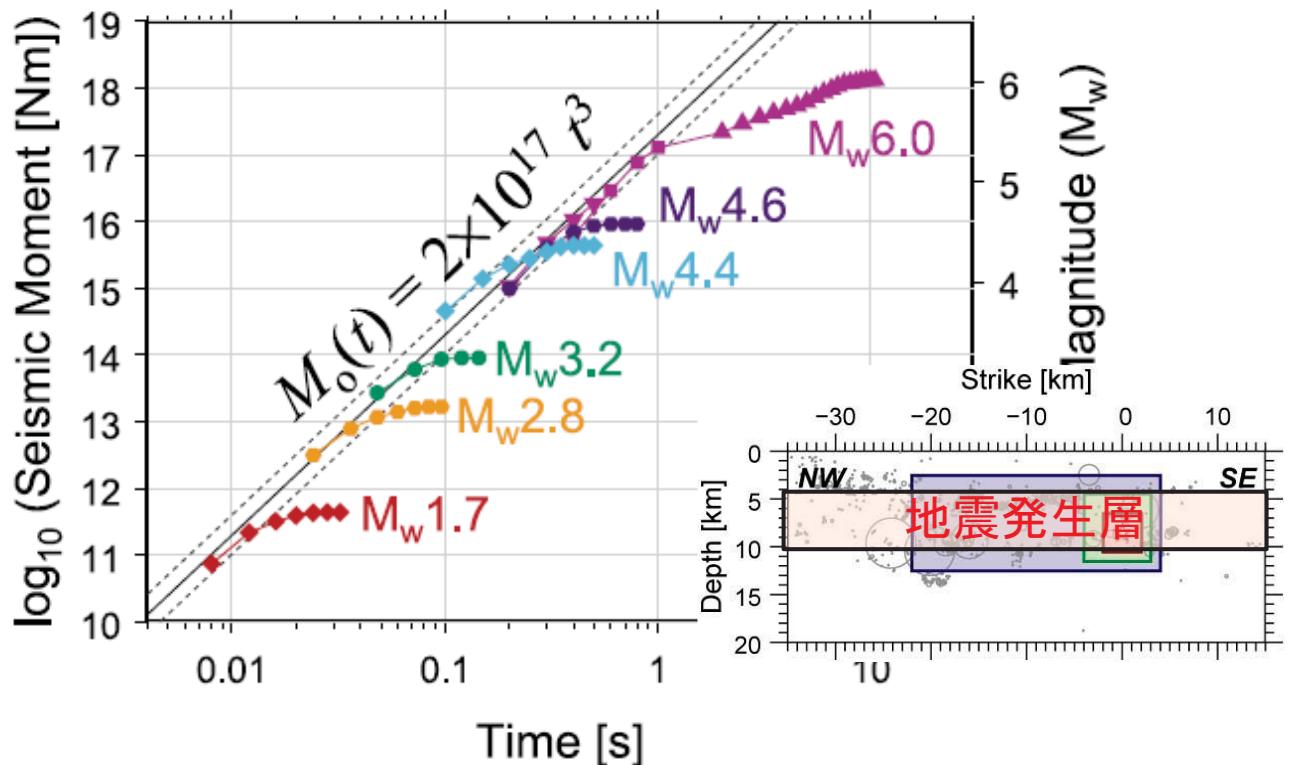
Ellsworth and Beroza (1995, Science)

7

Multiscale model for 2004 Parkfield (M6)



Scale-independent rupture growth

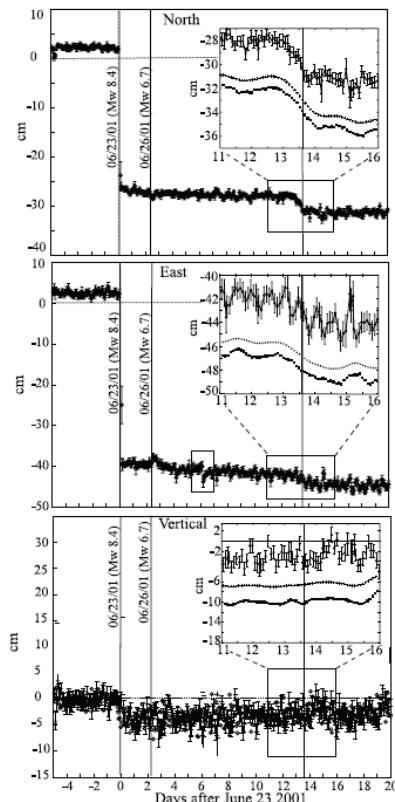
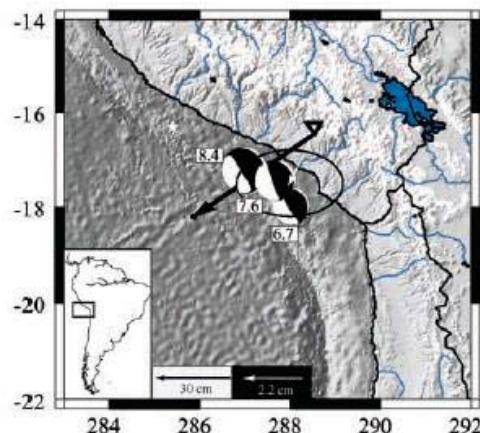


Uchide & Ide, (2010, JGR)

9

プレスリップはなぜ見えないか

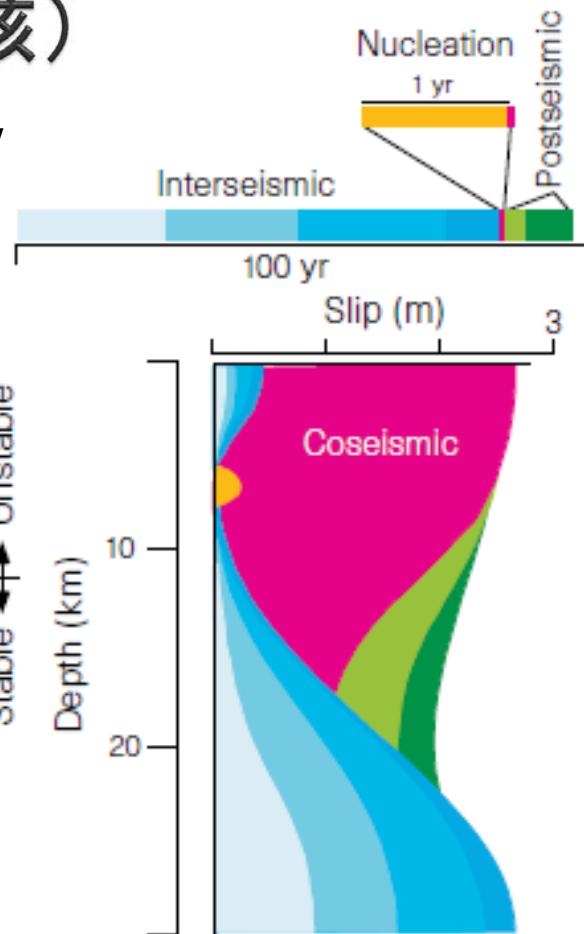
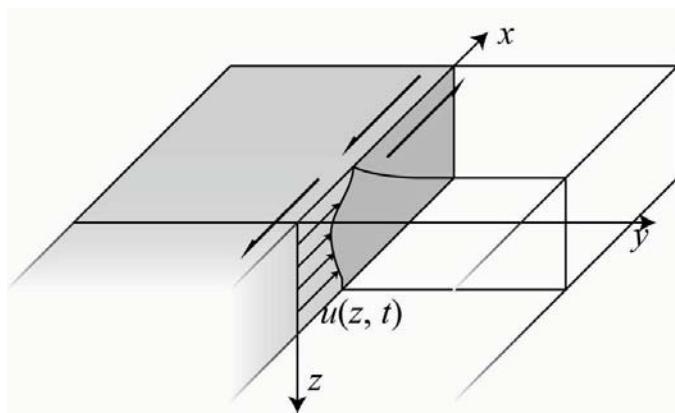
- ▶ なぜプレスリップは見えるのか
- ▶ 本来考えなければいけないこと



Melbourne and Webb (2002)

プレスリップ(震源核)

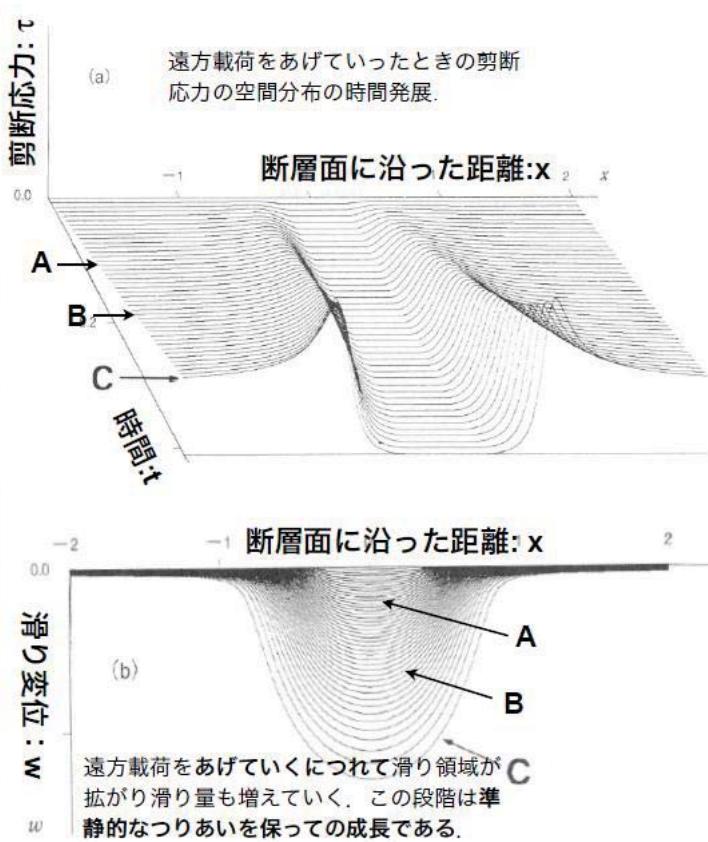
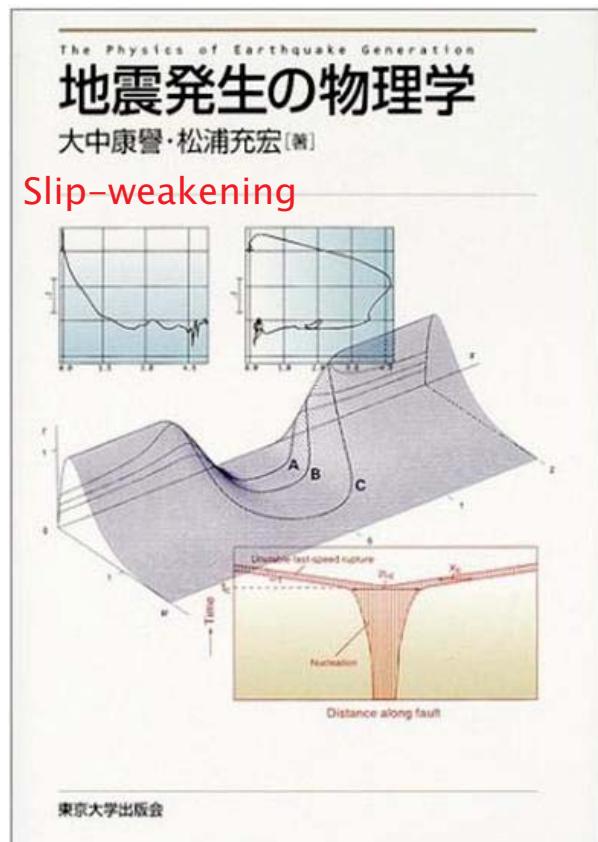
- ▶ Rate-State Friction Law
- ▶ 地震サイクル



Tse and Rice (1986, JGR), Scholz (1998, Nature)

11

Nucleation in numerical models



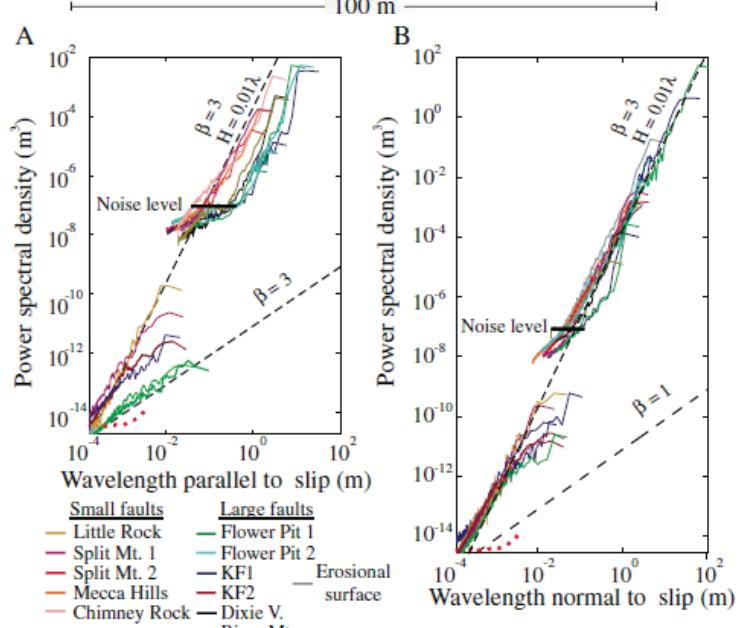
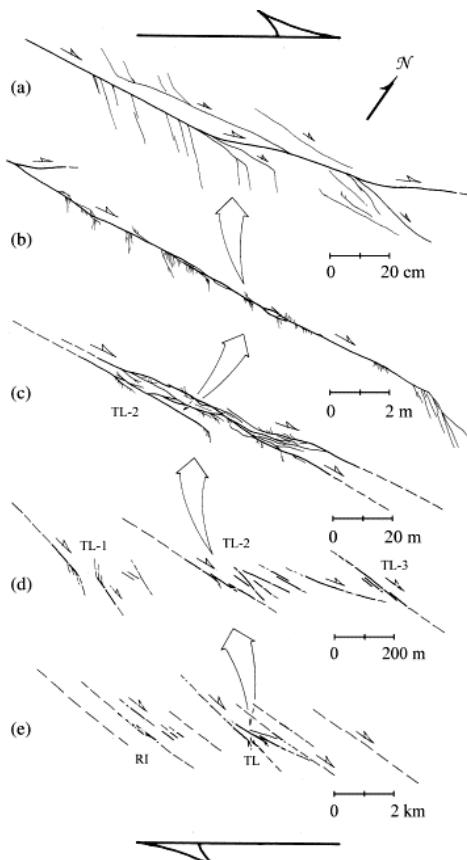
大きなプレスリップが起きるのは…

- ▶ 震源核サイズ $\propto D_c$ (多くは一定)
 - > 計算可能な $D_c \propto$ 時空間グリッドサイズ
~?
- ▶ 小さい D_c なら小さいプレスリップ、大きい D_c なら大きいプレスリップ
- ▶ 大地震のシミュレーションでは計算機能力の制約で大きなグリッドサイズを使う必要有り
→いつも大きなプレスリップが起きる

13



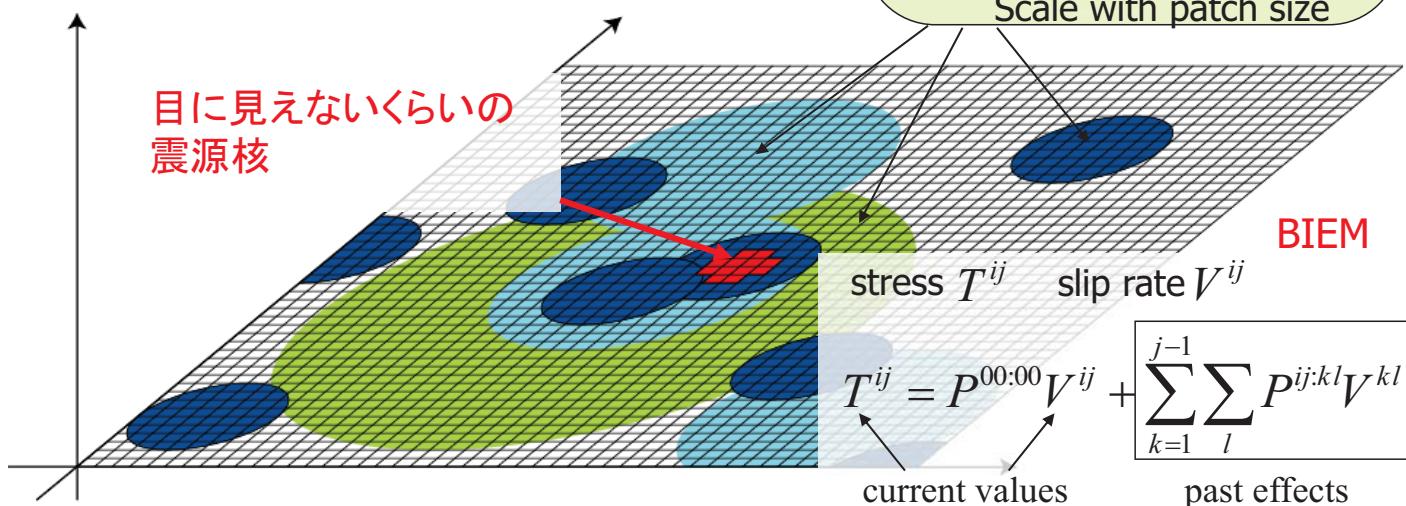
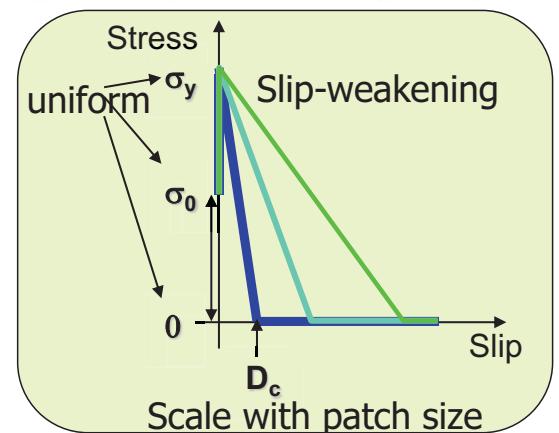
断層面の D_c は一定の大きな値なのか？



3D Fractal Patch Model

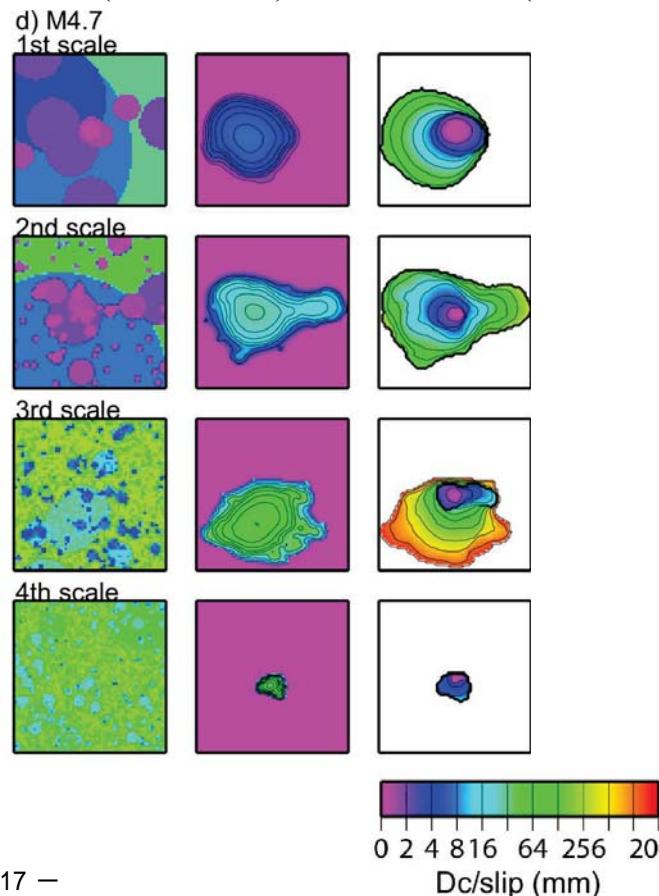
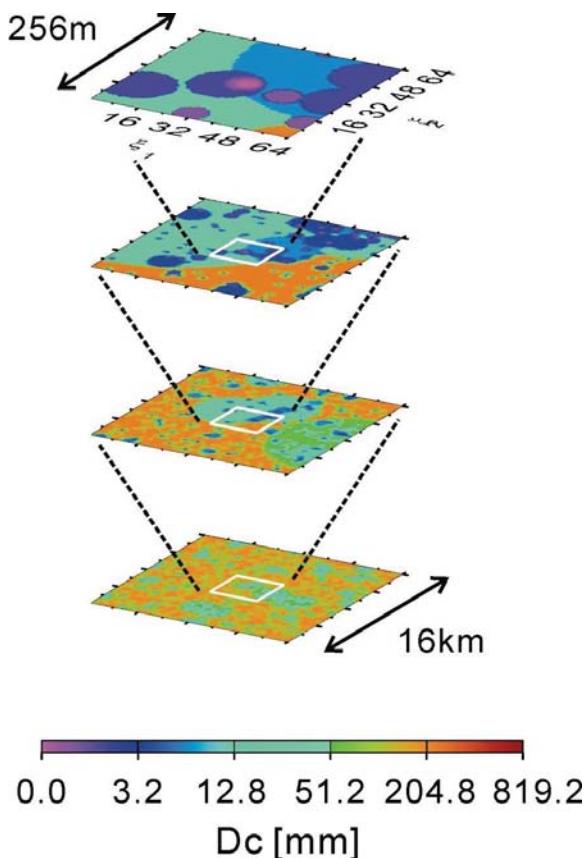
(Ide and Aochi, 2005)

- ▶ 3D無限媒質中の円形クラック分布
 - 多数の小円と少しの大円(フラクタル的)
 - 統計的には自己相似的
- ▶ Slip-weakening摩擦則
 - 円の径に比例した D_c
 - 応力状態一様



Example of dynamic rupture

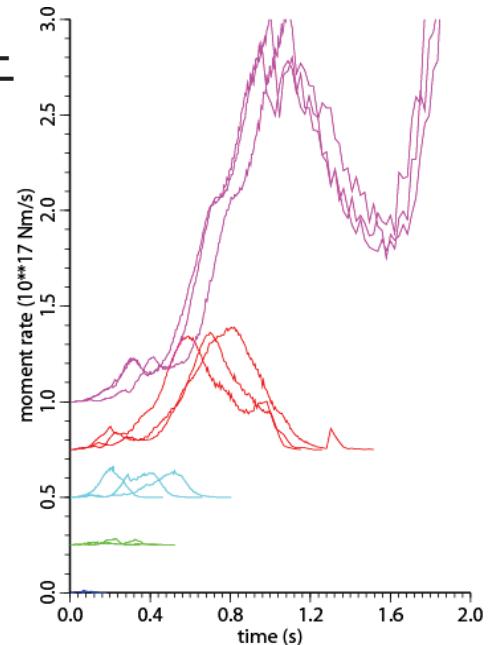
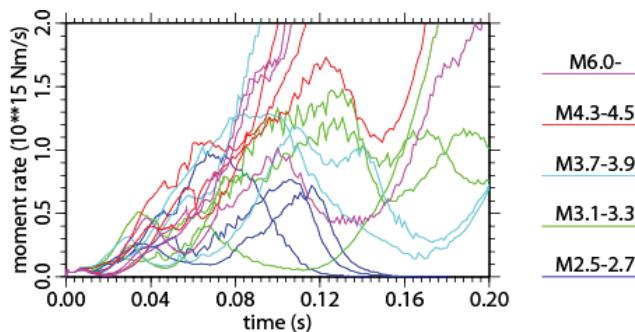
Aochi and Ide (2004, GRL), Ide and Aochi (2005, JGR)



階層的不均質モデル

▶ 破壊エネルギーが何オーダーも空間的に変化

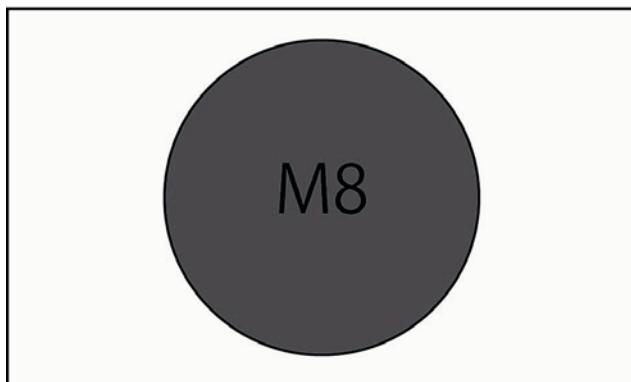
- 目に見えるような初期破壊核は不要(動的連鎖)
- 初期フェーズのようなモーメント解放
- 終端速度に達しない破壊伝播 & 停止
- 自己相似的ふるまい



17

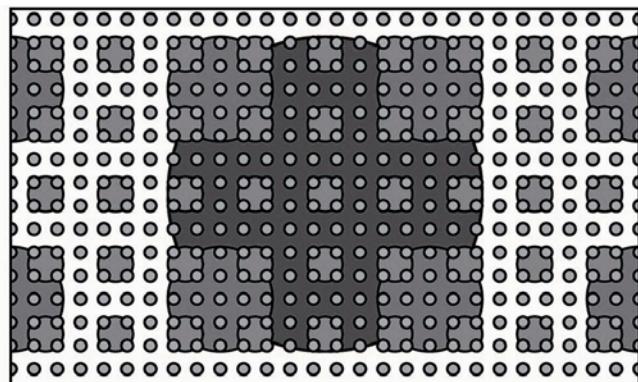
地震モデル: 2つのエンドメンバー

固有地震的アスペリティモデル



プレスリップ見える

階層的不均質断層モデル



M8 M7 M6 M5

プレスリップ見えない

実際の地震はこの間に位置する

さらにスロースリップや非弾性応答もあり

日本地震学会 秋季大会特別シンポジウム 行動計画「2012」 についての状況紹介

日本地震学会2012年秋季大会特別シンポジウム 「ブループリント」50周年—地震研究の歩みと今後

- 5月に課題募集
地震学会において重要と考えられる課題(学術的課題に限らず)について招待講演・一般講演や討論を行い、成果を何らかの形で公表する→企画1件、そのまま採用
- 実行委員会
ゲラーロバート(委員長)、井出哲、小原一成、津村健四郎、松浦律子
- 平成24年10月16日(火) 16:00-20:00

地震学会行動計画2012

- 平成24年度理事会(理事15名幹事3名)
加藤照之(会長)、西澤あずさ(副会長)、モリジェームズジロウ(副会長)、岡元太郎(常務理事)、井出哲、岡本義雄、香川敬生、加藤尚之、小泉尚嗣、関口涉次、武田哲也、田所敬一、堀川晴央、松原誠、八木勇治、川崎一朗(監事)、平原和朗(監事)、鈴木善和(監事)
- 平成24年10月17日(水)公表、19日(木)説明会、23日(火)web公開

2

秋季大会特別シンポジウム

- 津村建四郎(地震予知総合研究振興会)
– 「ブループリント」と「地震予知計画」—成果と問題点再考—
- 平田直(東京大学地震研究所)
– 地震予知のための観測研究の歩み—阪神・淡路大震災以降
- ロバート・ゲラー(東京大学大学院理学系研究科)
– 避けて通れない予知研究の総括
- 金森博雄(Caltech)
– ブループリントの目的と将来の方向
- 日野亮太(東北大学大学院理学研究科)
– 海陸統合観測網の時代～青写真と現実～
- 中谷正生(東京大学地震研究所)
– 地震発生物理と前兆現象

3

総合討論での論点

- ・ブループリントの時点での問題設定や見通しに
関してはほぼ問題がない Yes 90%
- ・それから50年間に適切な見直しがあったか疑問
Yes 50%
- ・研究進展(観測網整備、統計学進展)によって生
じた状況変化 Yes 99%
- ・確率的予測の高度化は現実的目標、直前予知
も可能性は0ではないが副産物的 Yes 70%
- ・どうしたら研究予算を正当化する意義を示し、國
民の支援を受けることができるか？

4

シンポジウムに対する報道(10/16)

毎日新聞

地震学会:予知研究の見直し求める声も函館でシンポ
「…議論は平行線をたどった。」

産経ニュース

「前兆現象で発生の事前特定は困難」 地震学会シンポ
「これまでの地震予知のあり方に否定的な認識でほぼ一致する異例の事態となっ
た。」

NHK

地震の「予測」将来は可能に

「地震を「予知」できるかどうかについては専門家の間で意見が分かれましたが、時
期や場所をある程度絞り込む「予測」は、将来、可能になるという意見が大勢を占め
ました。」

5

地震学会行動計画2012

- 行動計画作成に至る過程
 - 2011年地震学会秋季大会特別シンポジウム「地震学の今を問う—東北地方太平洋沖地震の発生を受けて」
 - 東北地方太平洋沖地震臨時対応委員会提言
 - 地震学会モノグラフ第一巻「地震学の今を問う」
 - 2012年連合大会ユニオンセッション「地震学の今後へ向けて」

6

地震学会を改革すべき点

- 1) 会員間の議論の場や機会を設けること
- 2) 地震・津波防災に関連する他学会との連携の枠組み作り
- 3) 国家によるプロジェクトに関する学会における議論の場の提供
- 4) “地震予知”への取り組みを見直すこと
- 5) 社会に対して、 “等身大”の地震学の現状を伝えていくこと
- 6) 委員会構成の再検討
- 7) 学術情報発信のあり方を検討すること
- 8) 会員数減少に対する対策をとること

7

はじめに：“地震予知”

- “地震予知”研究に対する批判
- 引用符付きの“地震予知”とは…
 - 場所、大きさ、時間を特定して地震の発生を事前に予測すること(かなり漠然とした定義)
 - 現状で適切でないことは後述
- 1995年の兵庫県南部地震後の状況の再現?
 - 地震学の現状を社会に伝えるために、各種委員会、事業によるアウトーチ活動を開始
 - “地震予知”への対応
「地震予知検討委員会」
 - “地震予知”に対する社会からの過剰な期待に対しても現状を適切に説明することができなかった?

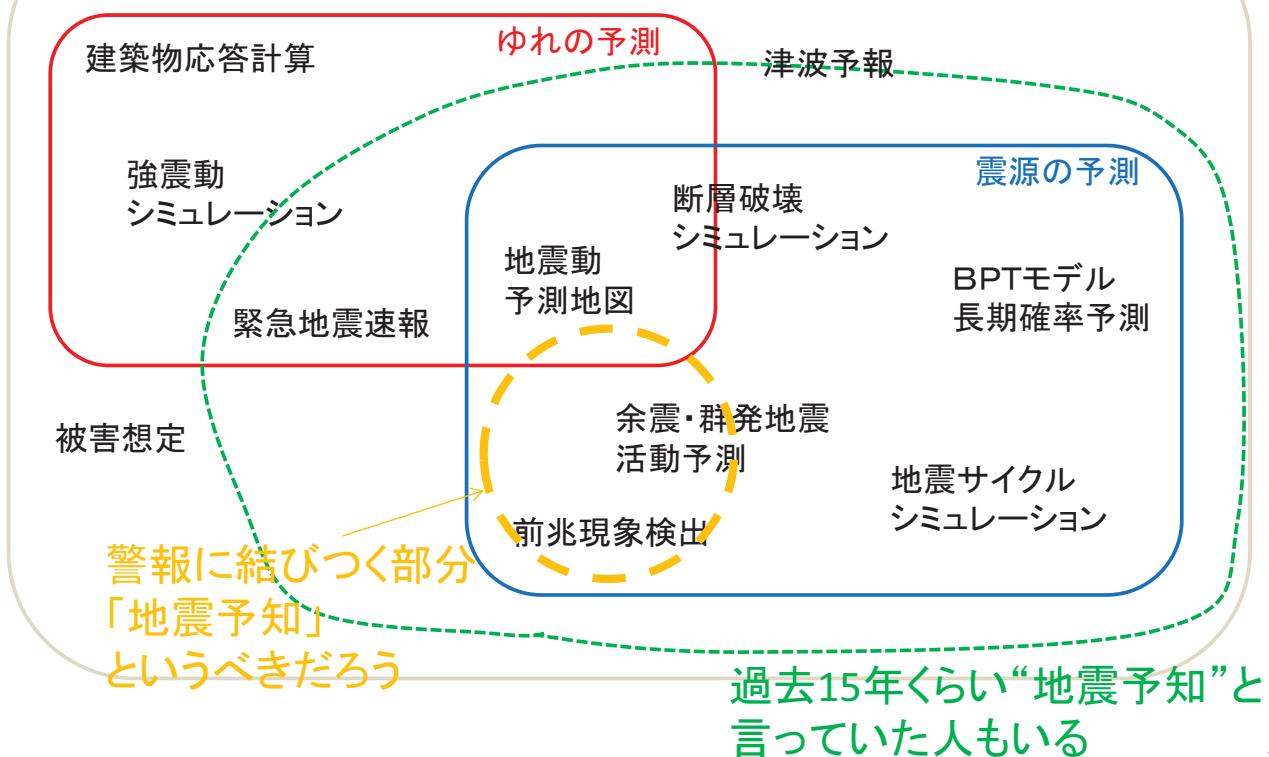
8

4) “地震予知”への取り組みを見直すこと

- 東北沖地震後に批判された“地震予知”
多くは長期予測に関するもの
直前予知に対する誤解も含まれるかもしれない
- ラクイラの報告書…国際的コンセンサス
地震の予測
 - (1)警報につながる確度の高いもの
(deterministic prediction) 地震予知
 - (2)確率で表現され日常的に公表可能なもの
(probabilistic forecast) より一般的な地震の予測

9

地震に関する様々な予測問題



10

5) 社会に対して，“等身大”的地震学の現状を伝えていくこと

- 科学技術・学術審議会による報告(平成24年8月)
 - 社会との対話など多様な手段により、自ら積極的に社会に学ぶことで「社会リテラシー」を向上させ、社会の要請を十分に認識するとともに、自ら社会との関わりの重要性について認識する必要がある
 - 現状を国民に対して丁寧に説明するとともに、科学的見地から、自然災害に対して適切な防災対策がとられるよう、助言を行う取組が必要である
- アウトリーチ活動を中心的な活動として位置づけ、様々な企画・活動を戦略的に進める
- 「地震予知検討委員会(名称変更)」「普及行事委員会」「強震動委員会」「広報委員会」「学校教育委員会」の連携により「地震学を社会に伝えるワーキンググループ」創設

11

報道の例1

朝日新聞

地震予知は「用語的に不適切」 学会が検討委員会廃止へ

地震発生前に警報を出す「予知」の目標と地震学の実力差は大きく、委員会の名称は「用語的に不適切」と判断

日経新聞

「地震予知」の用語、使い方見直しへ 日本地震学会

地震直前の現象をとらえて警報を出すのは現在の研究水準では困難と認識。

「地震予知検討委員会」が予知ができると連想させるとして名称を改める。

NHK

“地震予知困難”「予測」と使い分け

現在の地震学では、時間と場所と大きさを特定する地震予知は非常に困難で、予知できるという誤解を与えないよう、予知と予測ということばを使い分けるよう努めていく

12

報道の例2

毎日新聞

社説:地震学 「予測」の限界も語れ

「地震予知」は現時点で非常に困難

「確率的な予測」の意味で「予知」という言葉を使わない

以上は当然だが、言葉遣いを変えれば事足りるというものではない

「社会に対して、等身大の地震学の現状を伝えていくこと」が大事なことだ

産経新聞

主張:地震学会 予知に依存しない防災を

発生前に警報を出す「予知」について「現在の地震学では非常に困難」である

地震学の現状に即した社会貢献を実現するためには、国民に過度の期待を抱かせる「予知」という言葉を使わない方がよいと判断した。妥当な見解といえる。

「予知は難しいが、地震学は社会に貢献できる」ことを国民に示す必要がある。

13