



地震発生予測システムを活用した 地震・津波のハザード評価

海洋研究開発機構
地震津波・防災研究プロジェクト
堀 高峰

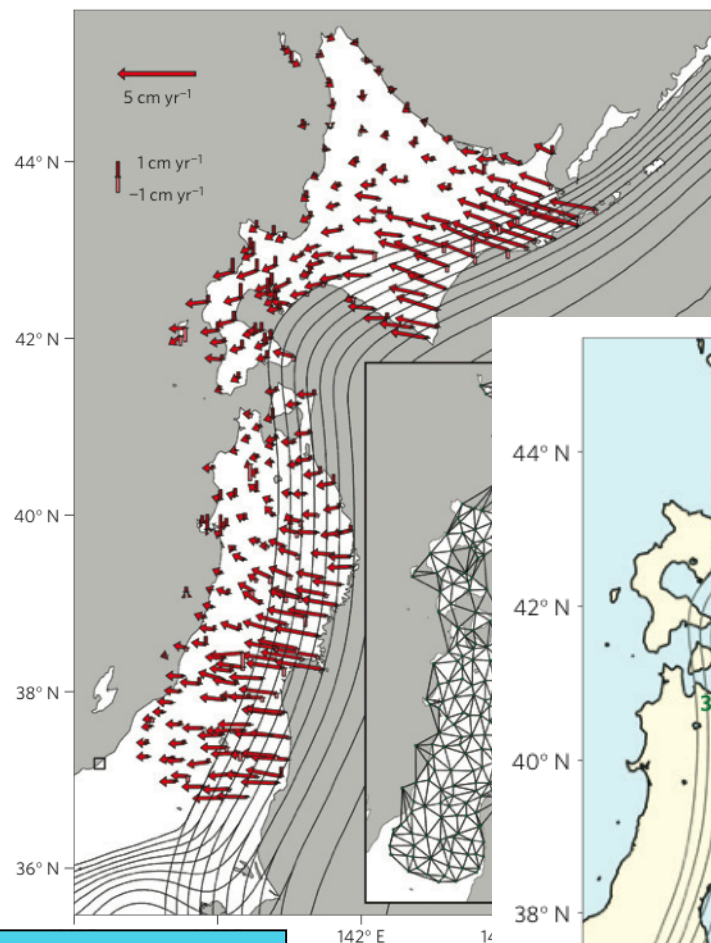
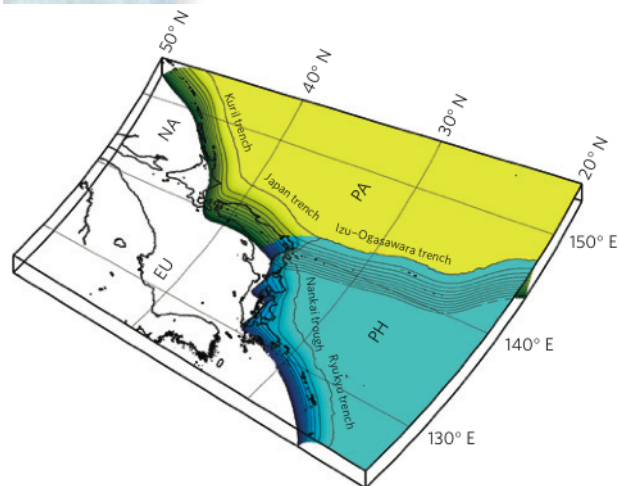
京都大学防災研究所特定研究集会
「より良い地震ハザード評価の出し方・使われ方」
2013.07.19

南海トラフの地震活動の長期評価（第二版）

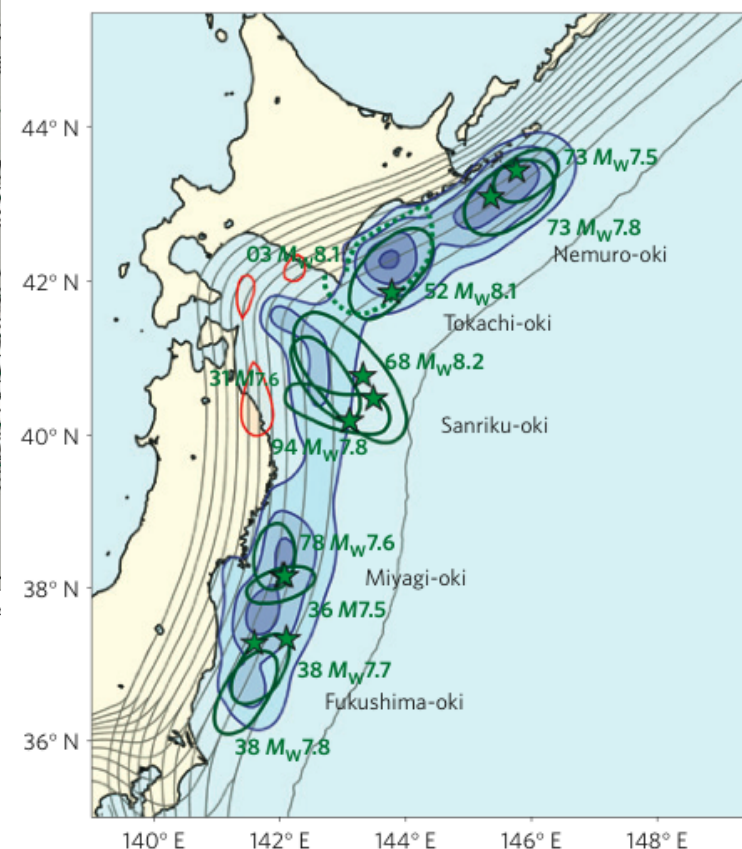
今後に向けてより

- 歴史記録や津波堆積物など**過去地震の痕跡**データの収集を網羅的に行い、**地震動や津波のシミュレーションとの比較**により過去に起きた大地震の**地震像**を明らかにする必要がある。
- ～**ひずみの蓄積**がどのように進行しているかについて**現状を把握**することが不可欠である。
- ～地震の**多様性を考慮**した、ひずみの蓄積と地震の発生を結びつける**物理的なモデルを構築**していく必要がある。
- また、物理的なモデルに基づき、**様々な条件で**計算を行った地震発生**シナリオ**の中から、**過去の地震像や現在の観測記録と矛盾しないものを**絞り込み、長期評価の信頼性を高めていく必要がある。

ひずみの蓄積と地震発生

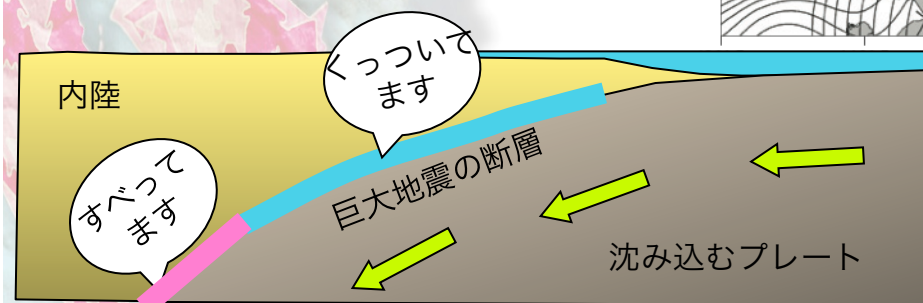


固着域と緑で示した過去の津波波源域がよく一致

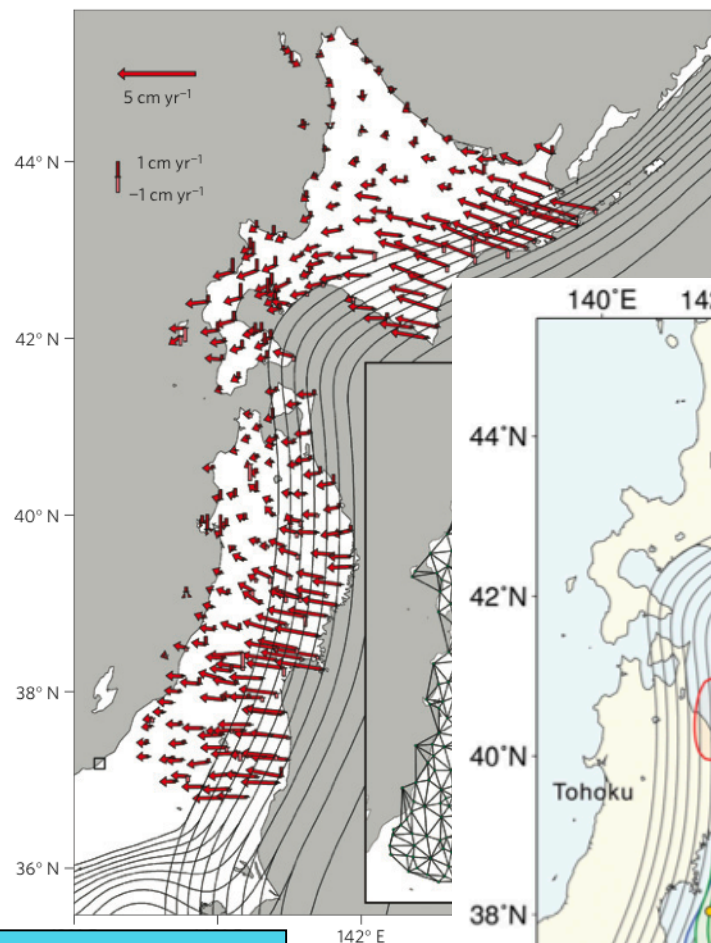
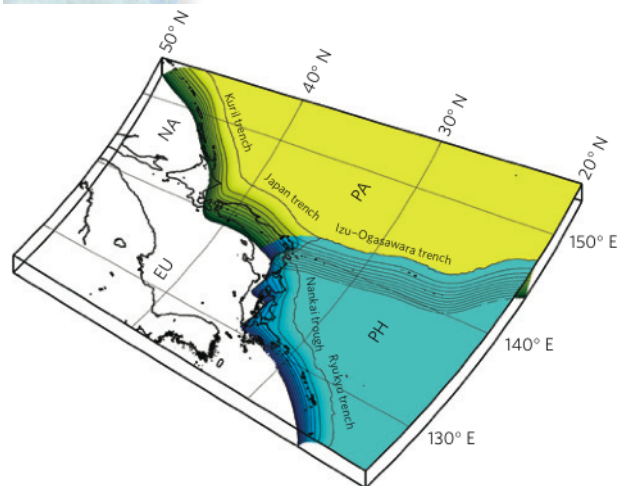


Hashimoto et al. (2009)

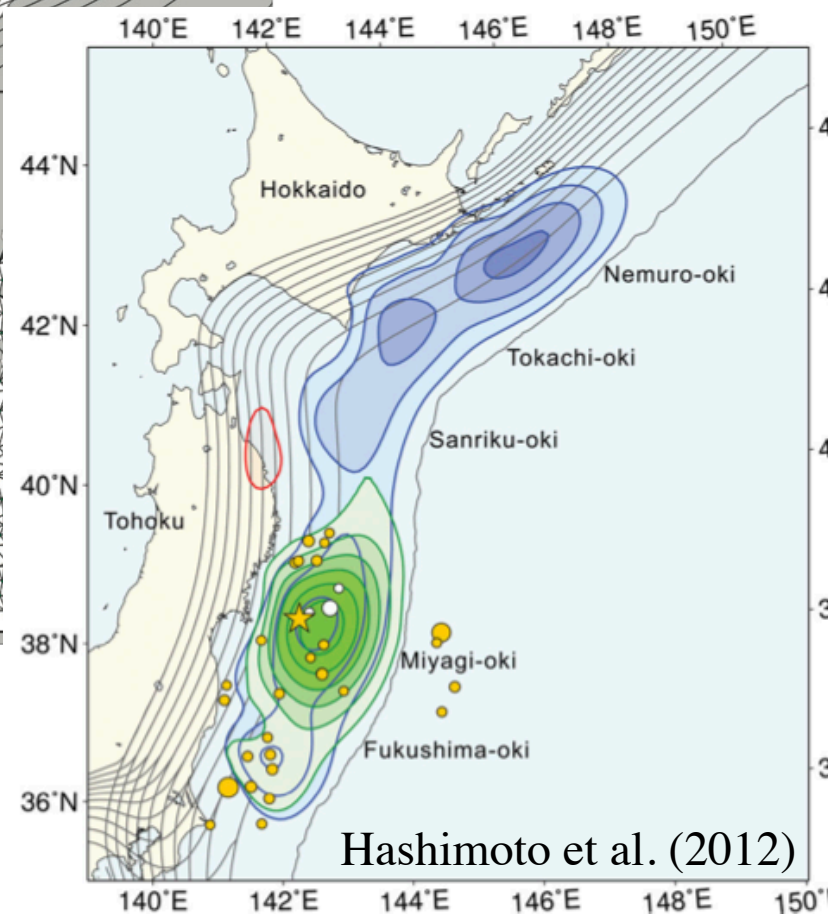
プレート境界の形を仮定し、
地表変形のデータと合うように、
境界面での固着分布を推定



ひずみの蓄積と地震発生



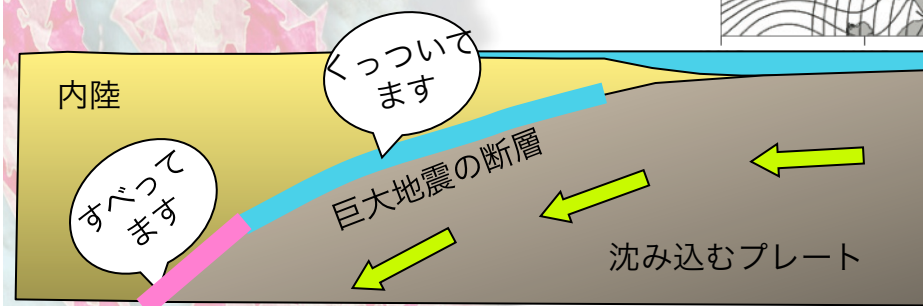
2011年東北地方太平洋沖地震も基本的に重なる



Hashimoto et al. (2012)

Hashimoto et al. (2009)

プレート境界の形を仮定し、
地表変形のデータと合うように、
境界面での固着分布を推定



結果にもとづく予測から原因にもとづく予測へ

30年地震発生確率評価からの脱皮

過去の地震の繰り返し履歴(=結果)
にもとづく予測

過去の地震の起こり方から、プレート
境界を領域に分け、そこで最も起こり
やすいと考えられる**同じ地震の繰り返し**
を仮定



地震調査研究推進本部地震調査委員会 による長期評価(30年以内地震発生確率)

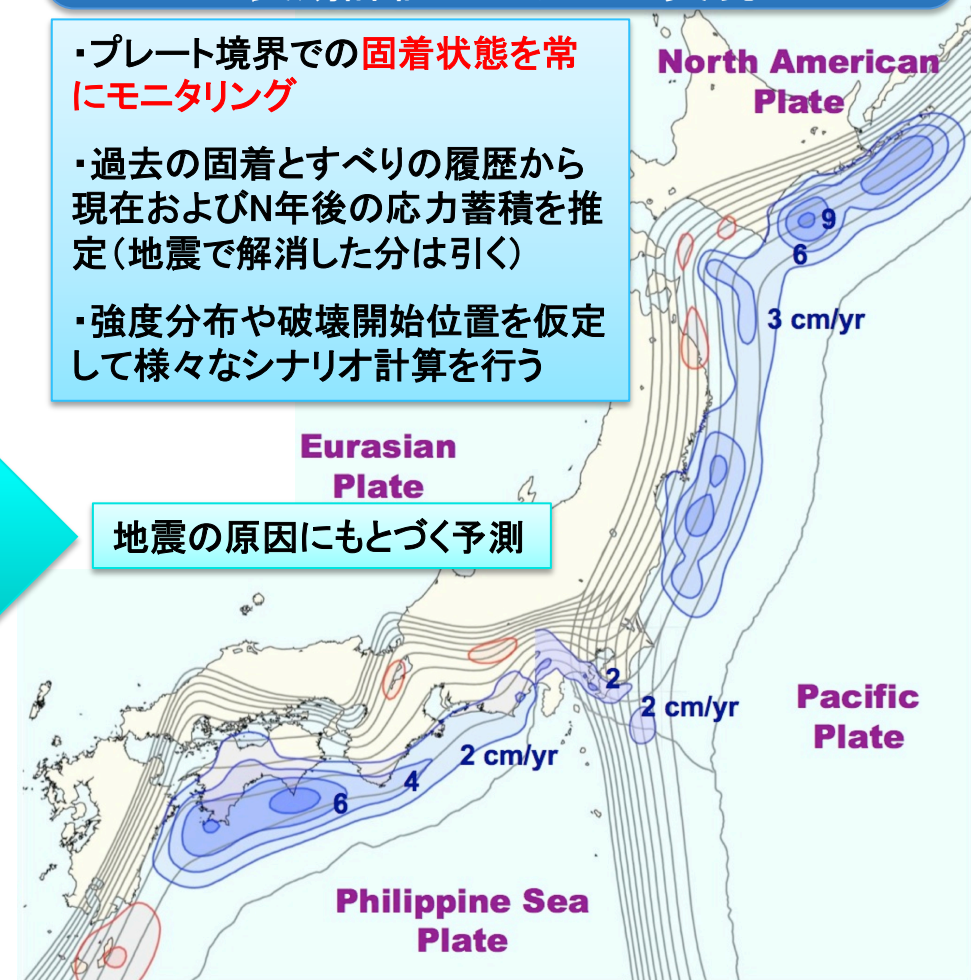
- ・ 東海地震 : M8.0程度 88%(参考値)
- ・ 東南海地震 : M8.1前後 70%程度
- ・ 南海地震 : M8.4前後 60%程度
- ・ 日向灘地震 : M7.6前後 10%程度

2012年1月1日

観測データとモデル(仮説)にもとづく 日本列島域プレート境界地震の 長期評価システムの実現

- ・ プレート境界での**固着状態を常
にモニタリング**
- ・ 過去の固着とすべりの履歴から
現在およびN年後の応力蓄積を推
定(地震で解消した分は引く)
- ・ 強度分布や破壊開始位置を仮定
して様々なシナリオ計算を行う

地震の原因にもとづく予測



地殻変動データから推定された固着域分布(橋本, 2011)

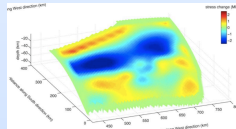
誤差や過去地震の曖昧さを考慮した複数シナリオ

すべり時空間変化推定

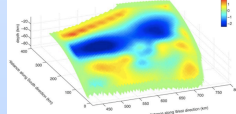
初期応力場推定

破壊伝播計算
(シナリオ地震)

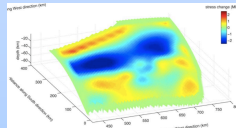
初期応力場1



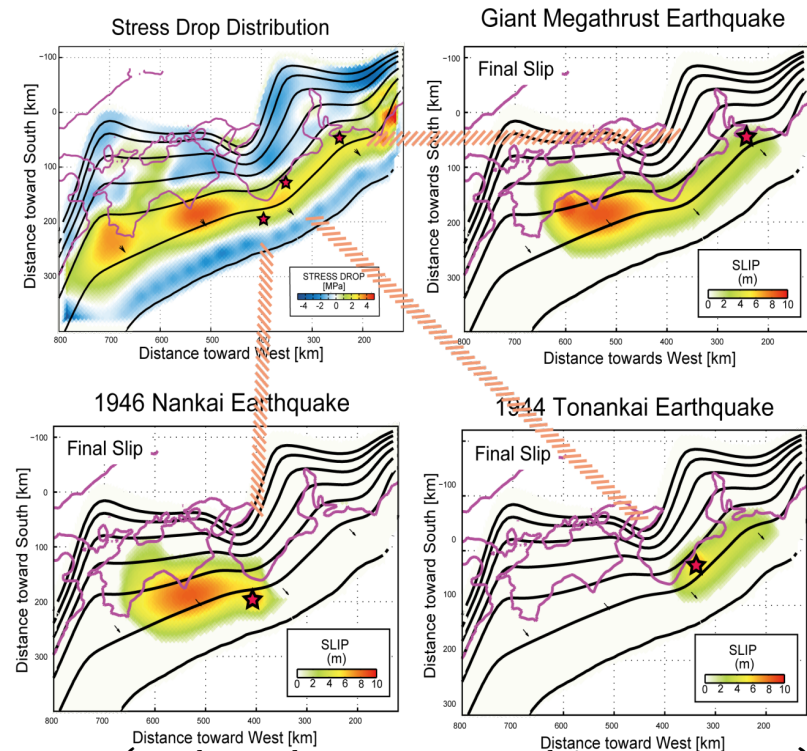
初期応力場2



初期応力場3



⋮

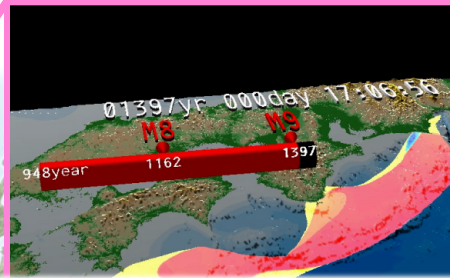


(Hok, Fukuyama, Hashimoto, 2011)

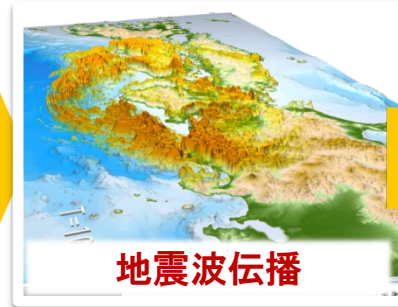
- 初期応力場: 推定誤差や過去の地震の複数シナリオを考慮
- 破壊開始位置や地震時強度変化の仮定によるばらつき
- 起こりうる地震の多様性の評価

これらの地震による強震動や津波遡上のシミュレーション
→ 過去データとの比較による妥当性評価
& 将来のハザードの評価へ

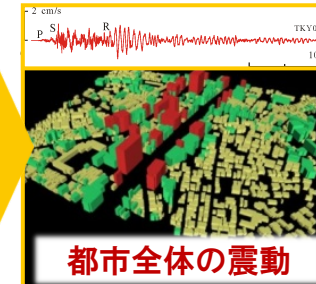
地震発生から都市の揺れ・津波遡上まで



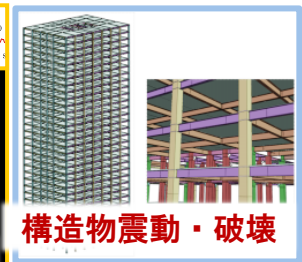
地震発生(多数シナリオ)



地震波伝播

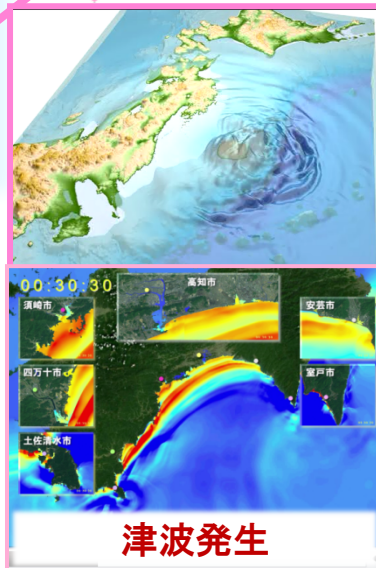


都市全体の震動

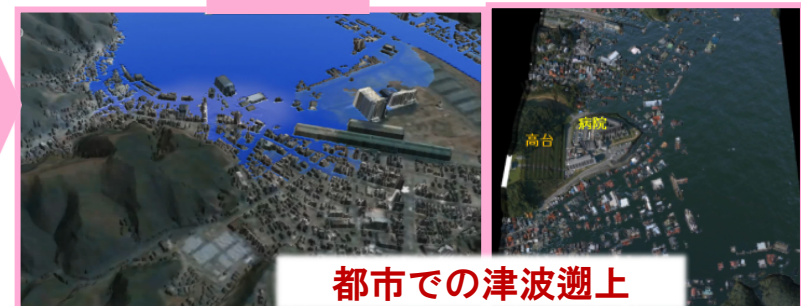


構造物震動・破壊

- ・歴史資料や地質学的痕跡など過去の断片的な情報との比較
→過去の地震・津波像の明確化
- ・複数地震発生シナリオにもとづく計算（過去の情報や近代観測データと矛盾しない範囲）
→様々な知見を統合した将来のハザードの評価



津波発生



都市での津波遡上

- ・地震発生から都市の揺れや津波遡上まで本来シームレスな現象
- ・これまで別々に行われてきた計算の接続が実現しつつある



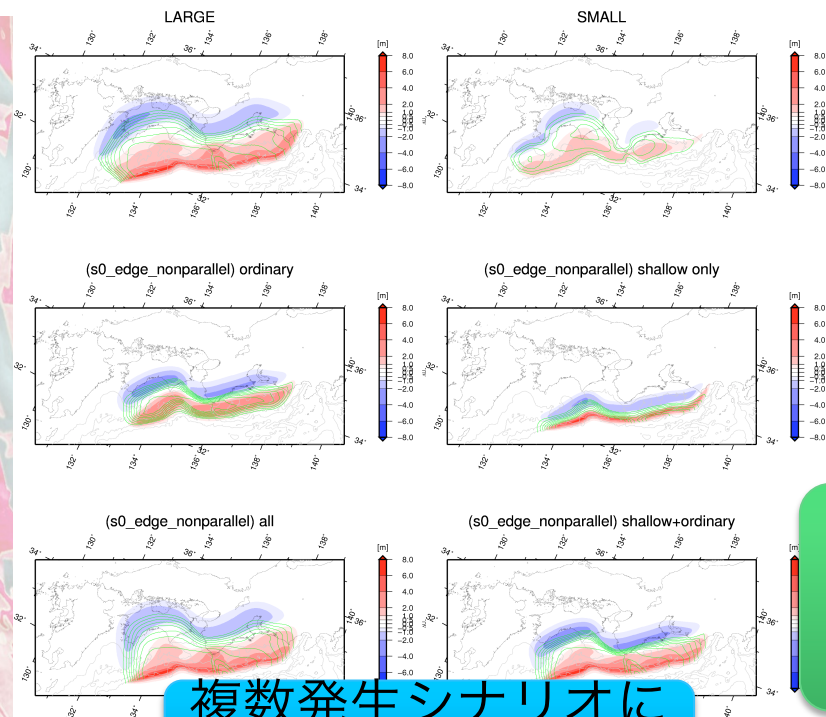
京など大規模計算機

複数地震発生シナリオからの津波計算と史料情報の比較

宝永東海南海
地震時の津波

(松浦律子, 2012,
日本歴史災害事典)

誤差の考慮



複数発生シナリオに
もとづく地殻変動

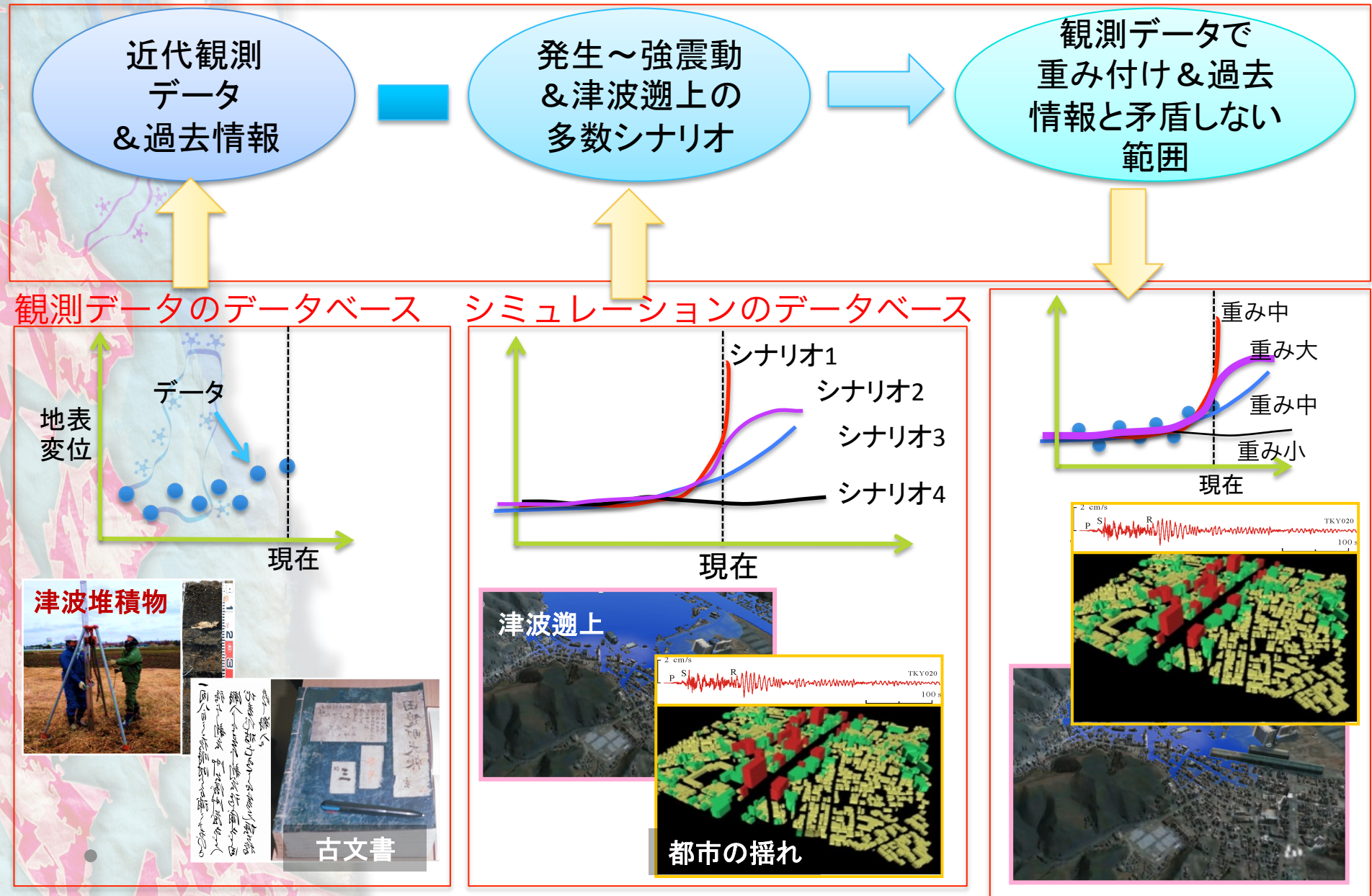
津波
計算

誤差の範囲で
妥当なモデルは？
(複数)

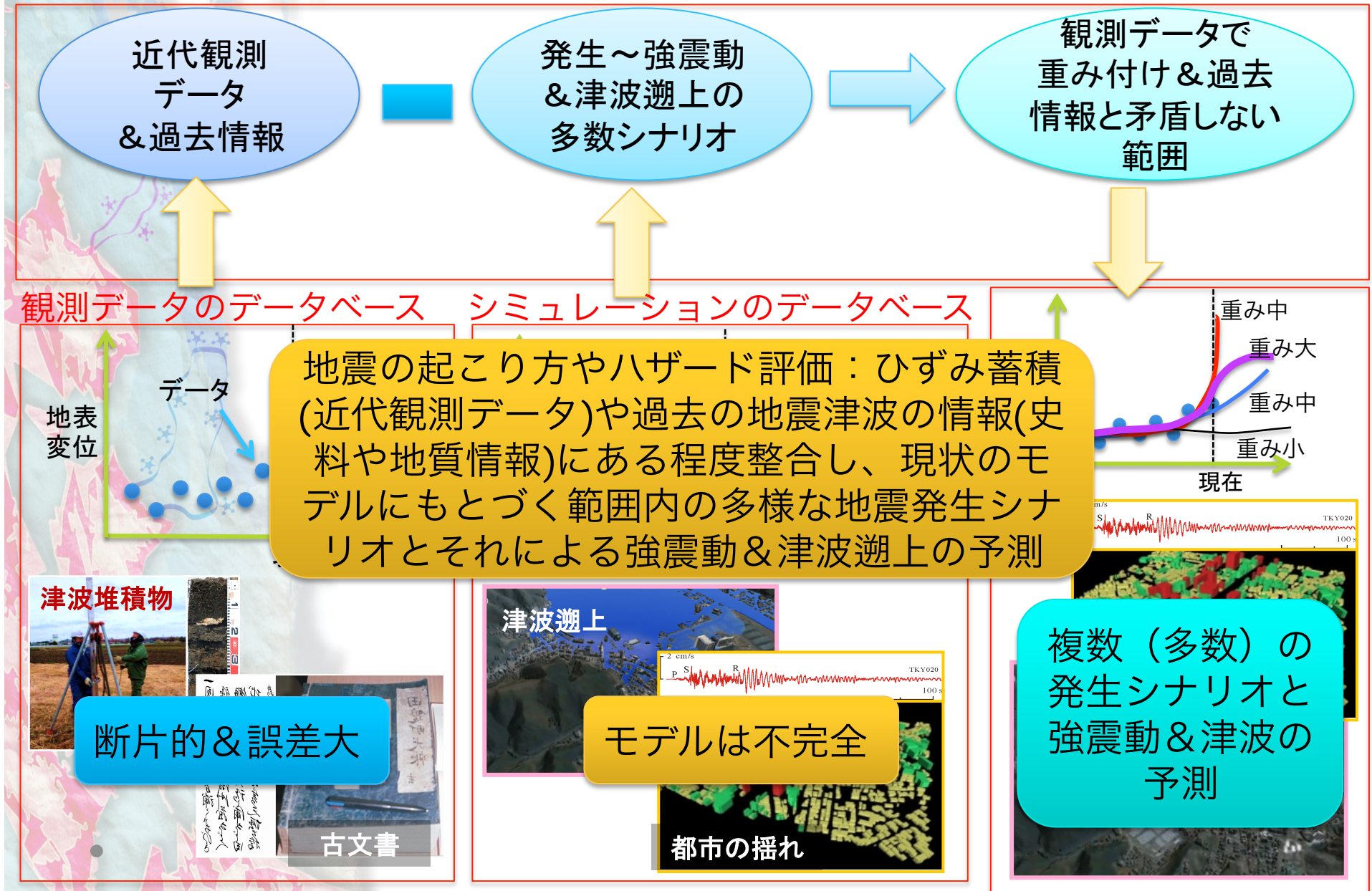
宝永地震の地震像
& 将来の津波評価
(強震動も)

Hyodo et al. in preparation

地震発生予測システムのイメージ



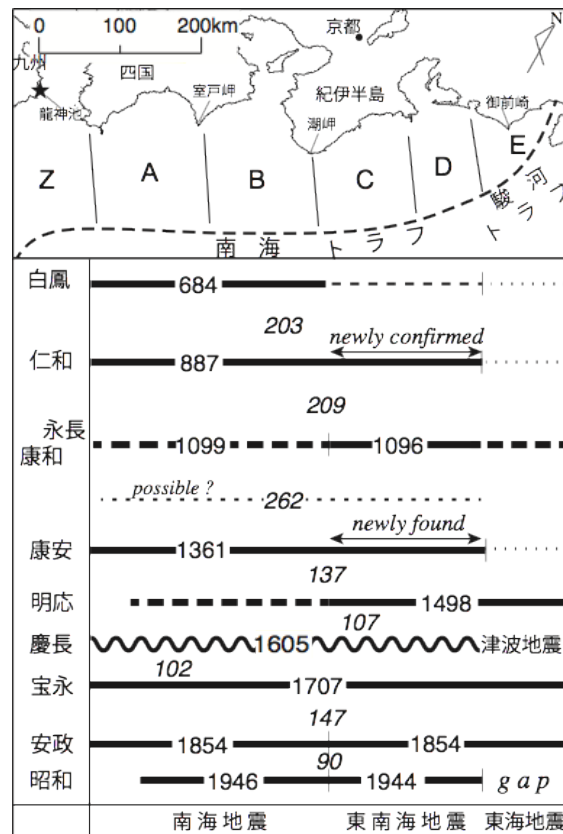
地震発生予測システムのイメージ



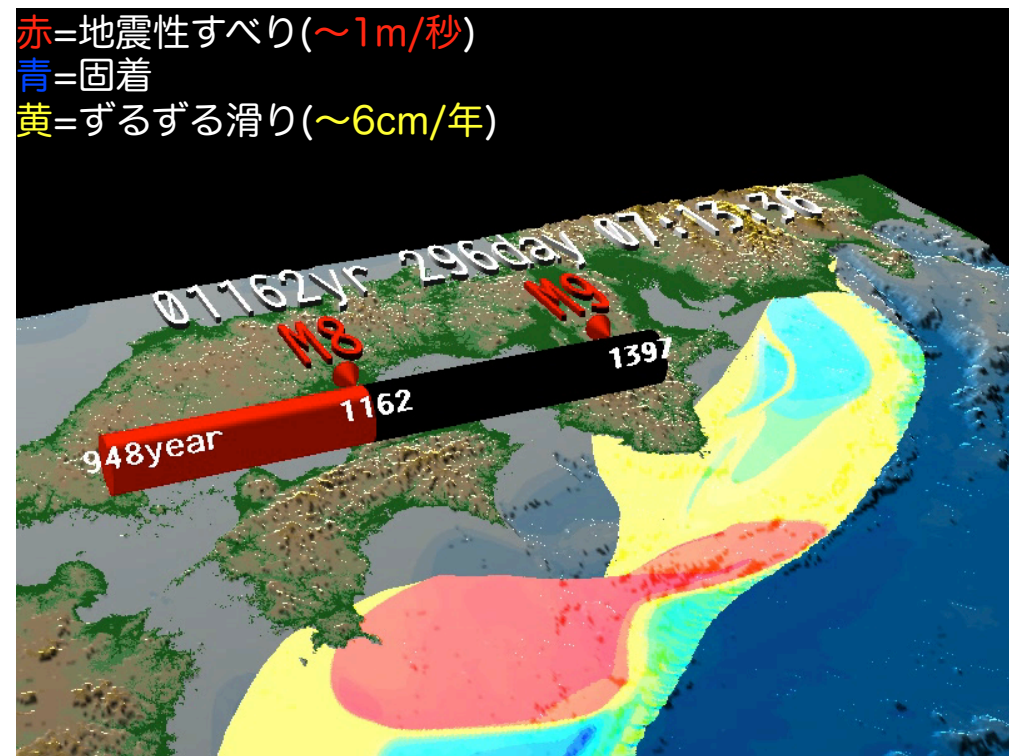
発生時期の予測

地震発生の一連の繰り返しシミュレーションと過去の地震発生履歴にもとづいて予測をする限り、**再来間隔のばらつき（数割程度）**の時間分解能にならざるを得ない

南海トラフ域での過去の地震発生系列



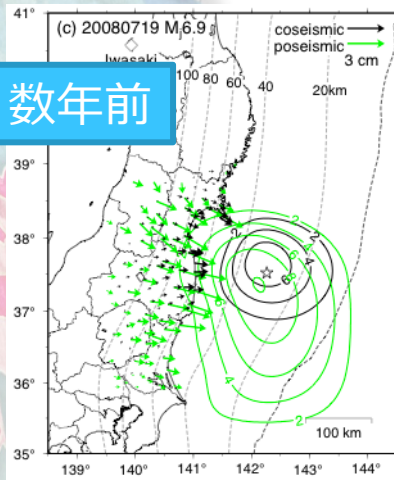
南海トラフでの地震の繰り返しシミュレーション例



発生時期の予測

発生時期の予測の時間分解能を上げるには、地震発生前の**切迫度**を示す現象が必要。
 以下は、東北地方太平洋沖地震でプレート境界すべりに関わる現象で、その候補。
 これらの現象が発生している場合には、そうでない時よりも**大地震の危険性が高い**。

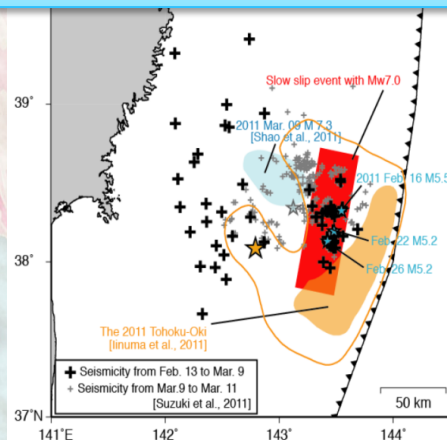
数年前



M7前後の地震
 時よりも**大きい**
余効すべり
 (2005年以降)

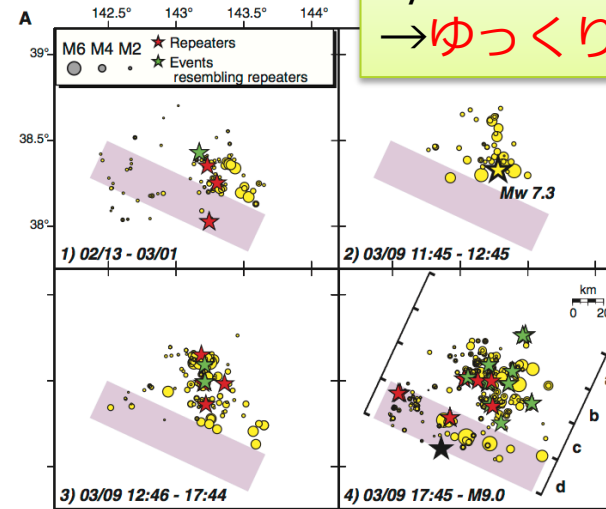
Suito et al. (2011)

震源付近で繰り返し**ゆっくり**
すべり発生(2008, 2010年)



Ito et al. (2012)

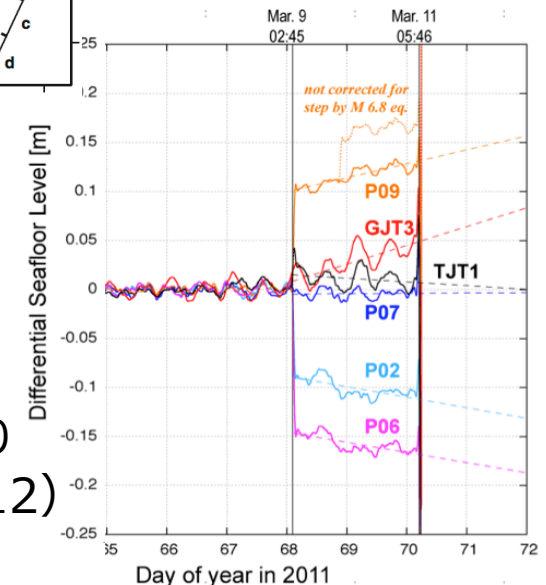
数か月前～2日前



Kato et al. (2012)

2日前～直前

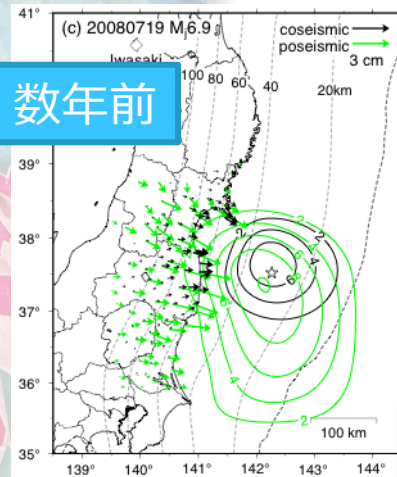
真上の**水圧計**で捉えられた
 3/9M7.3の地震と余効すべり
 による上下変動 (稲津他,2012)



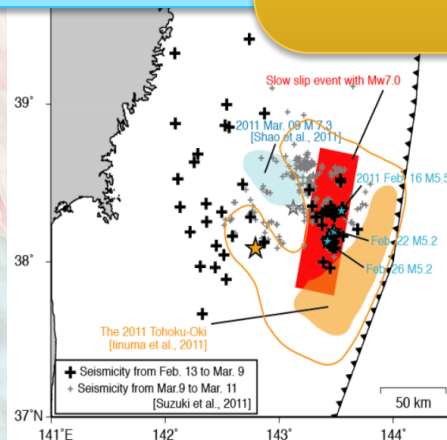
発生時期の予測

発生時期の予測の時間分解能を上げるには、地震発生前の**切迫度**を示す現象が必要。
 以下は、東北地方太平洋沖地震でプレート境界すべりに関わる現象で、その候補。
 これらの現象が発生している場合には、そうでない時よりも**大地震の危険性が高い**。

数年前



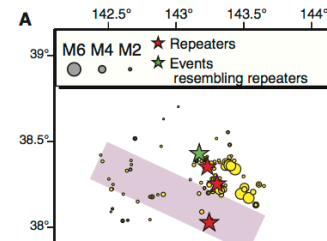
震源付近で繰り返すべり発生(2008)



Ito et al. (2012)

数か月前～2日前

M7前後の地震
 時よりも**大きい余効すべり**
 (2005年以降)



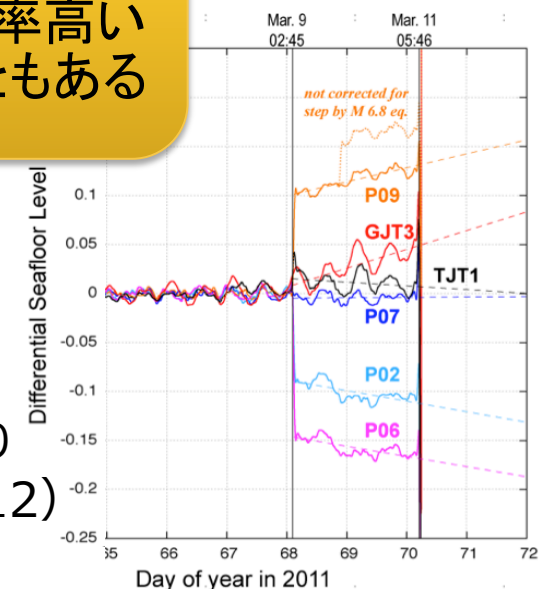
2月からゆっくりすべり
 3/9のM7.3と余効すべり
 →**ゆっくりすべりが拡大**

Kato et al. (2012)

切迫度を示す現象:モデルからも予測される
 ただし、現象と大地震発生の関係は複雑
 →現象が起きている最中:大地震発生確率高い
 But 現象終了後に大地震が発生することもある

2日前～直前

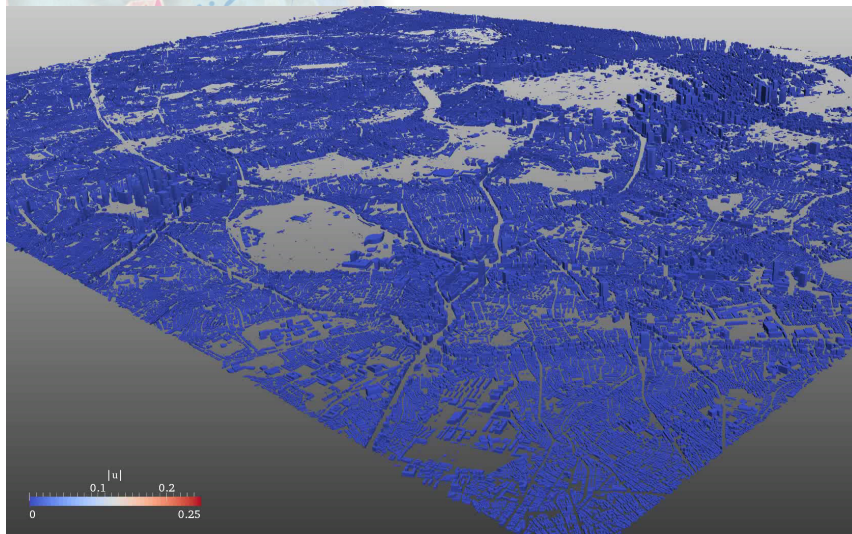
真上の**水圧計**で捉えられた
 3/9M7.3の地震と余効すべり
 による上下変動 (稲津他,2012)



まとめ：出すことのできる情報

地震の起こり方やハザード評価：ひずみ蓄積(近代観測データ)や過去の地震津波の情報(史料や地質情報)にある程度整合し、現状のモデルにもとづく範囲内の多様な地震発生シナリオとそれによる強震動&津波遡上の予測

1. 断片的で質の異なる色々な過去の情報との整合性をある程度考慮
2. 過去と整合する範囲のシナリオが近代化した都市を襲うとどうなるか
3. 多様なシナリオのうちのどれが次に起こるかの特定は困難
4. 我々の科学的知見が進展すればモデルは改善していく



地震研 堀宗朗氏提供



港空研 有川太郎氏提供



まとめ：出すことのできる情報

発生時期：過去の地震の履歴に依存する予測／
大地震の切迫度に関わる現象を使った予測

1. 前者は従来と同程度の時間分解能（再来間隔の数割）
2. 後者はより高い時間分解能で注意を促す情報を出すことは可能
ただし、現象が終わった後にそれが安心情報になる恐れ

出せる情報は将来にわたって不確かさは消えない

1. 不確かさ（多数シナリオの集合である程度定量化可能）を免れない
情報をどう防災・減災対策やそのための意思決定に活かすか？