

關係機關提供資料

国土地理院提供資料

GEONETによるプレート境界面上の 断層すべりの検知能力

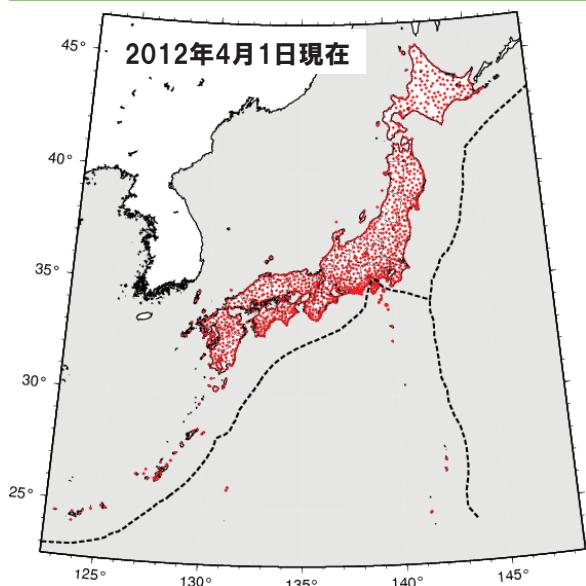
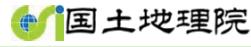
国土地理院 地理地殻活動研究センター
地殻変動研究室
水藤 尚

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
平成24年8月6日(月)



Geospatial Information Authority of Japan

はじめに



- GEONETの運用開始以降16年余りが経過
解析戦略第4版のルーチン解:F3解
↓
 - ・mmオーダーの変動の検出
 - ・プレート境界面上での断層すべりの検出
 - ・プレート境界地震
 - ・プレート境界地震後の余効すべり
 - ・中長期的スロースリップ
(房総、東海、豊後水道)
- 現在のGEONETで理論的に捉えられる
プレート境界面上の断層すべりは
どこで、どの程度の大きさなのか？

1. 検知能力の検討手順
2. フィリピン海プレート上での断層すべりの検知能力
3. 断層すべりの検知能力の検討において考慮すべき点
水平・上下成分、閾値、観測点、断層の大きさ、プレート等深線
4. 断層すべり検知から地震発生までの猶予時間
5. 太平洋プレート上での断層すべりの検知能力

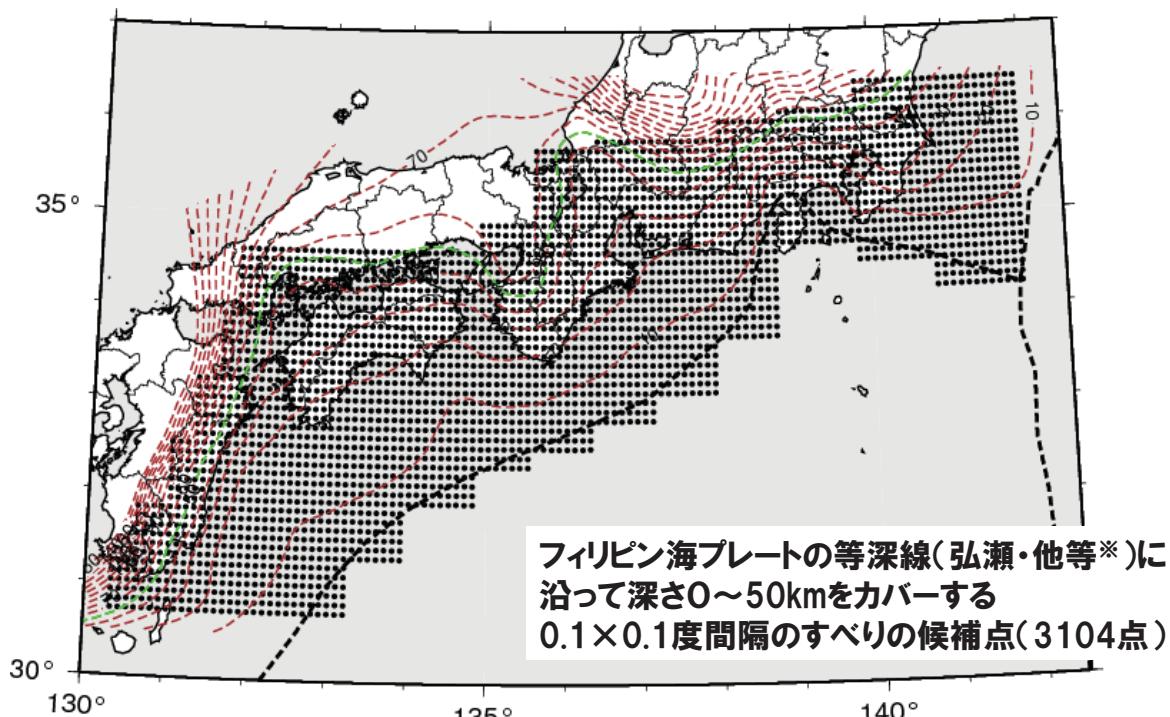
1. プレート境界面上の断層すべりの候補点の作成
太平洋プレート、フィリピン海プレートの等深線
2. 断層パラメータの作成
矩形断層を仮定、9つの静的断層パラメータ
3. 断層すべりによる地殻変動の計算
Okada (1985)に基づく計算
4. 断層すべりの検出基準の選定
閾値と観測点数
5. 断層すべりの検知能力
Mw5.5～Mw7.5

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 2012年8月6日(月)

3

手順1. プレート境界面上の断層すべりの候補点の作成 國土地理院

フィリピン海プレートの等深線



※Hirose et al. (2008), 弘瀬・他 (2008), Nakajima et al. (2009), Nakajima and Hasegawa (2007), Baba et al. (2002)

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 2012年8月6日(月)

4

手順2. 断層パラメータの作成

静的断層パラメータの定義

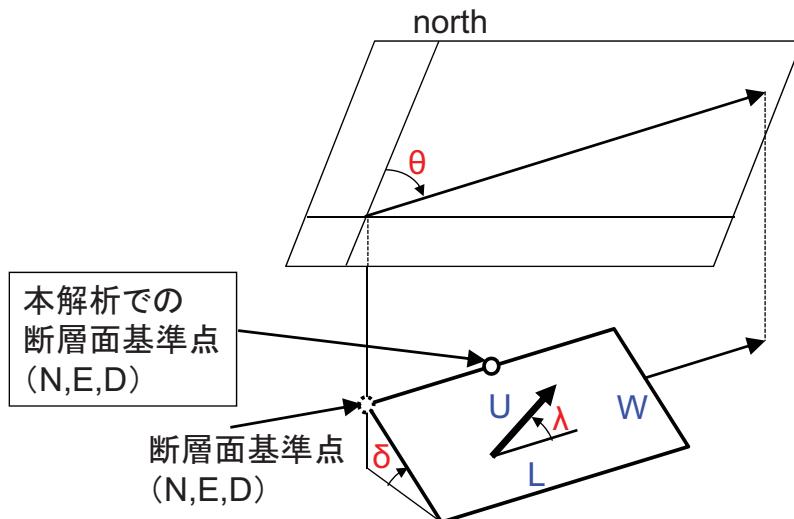
すべりの候補点上での断層すべりを矩形断層で計算(Okada, 1985)

→ 矩形断層を規定する9つの静的断層パラメータ

断層の位置(緯度N, 経度E, 深さD)

断層の向き(走向θ, 傾斜角δ, すべり角α)

断層の大きさ(長さL, 幅W), すべり量U



手順2. 断層パラメータの作成

静的断層パラメータ

◎断層の位置(緯度, 経度, 深さ):

太平洋プレート: 深さ0~120kmをカバーする

0.1×0.1度間隔の候補点

フィリピン海プレート: 深さ0~50kmをカバーする

0.1×0.1度間隔の候補点

◎断層の向き(走向, 傾斜角, すべり角):

走向: プレート等深線に平行

傾斜角: プレート等深線の傾斜

すべり角: 太平洋プレート: 太平洋プレートに対する北米プレートの
相対運動の回転極から求めた速度ベクトルの向き

フィリピン海プレート: フィリピン海プレートに対する
アムールプレートの相対運動の回転極から求めた
速度ベクトルの向き(Sella et al., 2002)

◎断層の大きさ(断層の長さ, 幅)・すべり量:

モーメントマグニチュード(Mw) 5.5~7.5まで(0.1刻み)

地震のスケーリング則に基づき, Mwから長さ, 幅, すべり量を算出
(長さと幅の比は2:1)

手順2. 断層パラメータの作成

Mwと断層の長さ、幅、すべり量

| 地震のスケーリング則 | Mw | 長さ(km) | 幅(km) | すべり量(cm) |
|---|-----|--------|-------|----------|
| ・マグニチュードと長さの関係 $\text{LogL} = 0.5\text{Mw} - 1.8$ | 7.5 | 89.1 | 44.6 | 188.4 |
| L=2Wと仮定 | 7.4 | 79.4 | 39.7 | 167.9 |
| ・マグニチュードとすべり量の関係 $\text{LogU} = 0.5\text{Mw} - 1.475$ | 7.3 | 70.8 | 35.4 | 149.6 |
| ・モーメントとマグニチュードの関係 $\text{LogM}_0 = 1.5\text{Mw} + 9.1$ | 7.2 | 63.1 | 31.5 | 133.4 |
| Mw:モーメントマグニチュード L:断層の長さ(km) W:断層の幅(km) S:断層面積(km ²) M0:地震モーメント(Nm) U:すべり量(cm) μ :剛性率(GPa) | 7.1 | 56.2 | 28.1 | 118.9 |
| | 6.9 | 44.7 | 22.3 | 94.4 |
| | 6.8 | 39.8 | 19.9 | 84.1 |
| | 6.7 | 35.5 | 17.7 | 75.0 |
| | 6.6 | 31.6 | 15.8 | 66.8 |
| | 6.5 | 28.0 | 14.0 | 60.0 |
| | 6.4 | 25.0 | 12.6 | 53.0 |
| | 6.3 | 22.0 | 11.0 | 50.0 |
| | 6.2 | 20.0 | 10.0 | 42.0 |
| | 6.1 | 18.0 | 9.0 | 37.0 |
| | 6.0 | 16.0 | 8.0 | 33.5 |
| | 5.9 | 14.0 | 7.0 | 30.5 |
| | 5.8 | 12.6 | 6.3 | 26.5 |
| | 5.7 | 11.2 | 5.6 | 24.0 |
| | 5.6 | 10.0 | 5.0 | 21.1 |
| | 5.5 | 9.0 | 4.5 | 19.0 |

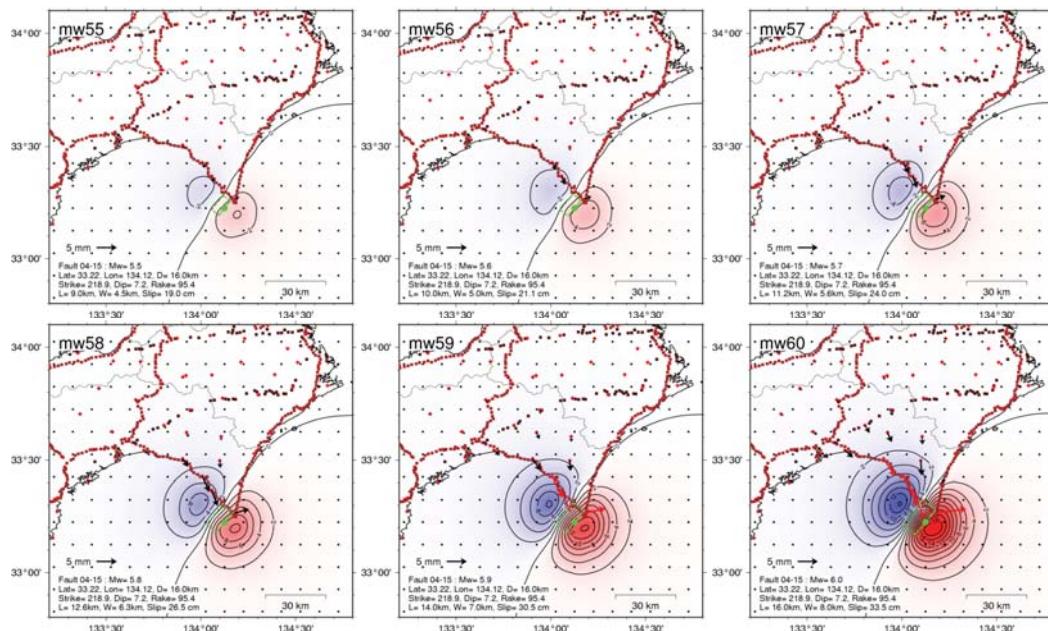
南海トラフ沿いの大規模地震の予測可能性に関する調査部会 2012年8月6日(月)

7

手順3. 断層すべりによる地殻変動の計算

断層すべりによる地殻変動の計算例

9つの静的断層パラメータ → 断層すべりによる地殻変動の計算 (Okada, 1985)



作成したすべてのすべりの候補点に対して、断層すべり(Mw5.5～7.5)による地殻変動の計算
各候補点の断層すべり → 任意の観測点での地殻変動量

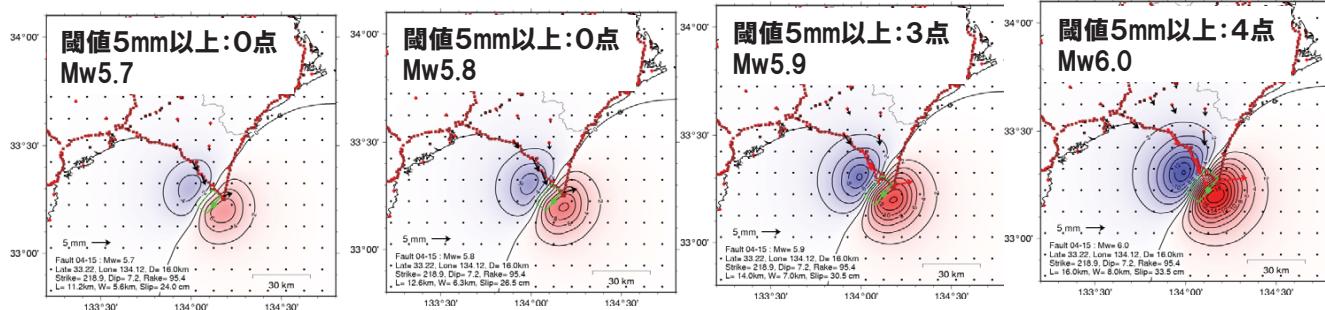
南海トラフ沿いの大規模地震の予測可能性に関する調査部会 2012年8月6日(月)

8

“候補点での断層すべりを検知できる”との判断基準は？

- ①閾値(U): 観測点でのシグナルとみなす変動量の大きさ
- ②観測点数(N): シグナルとみなす変動量が観測される観測点の数

“閾値U以上の地殻変動が、N点以上の観測点で、想定される場合に、その候補点での断層すべりは検知できる”と考え、候補点での最小の断層すべりの大きさ(Mw)を算出。



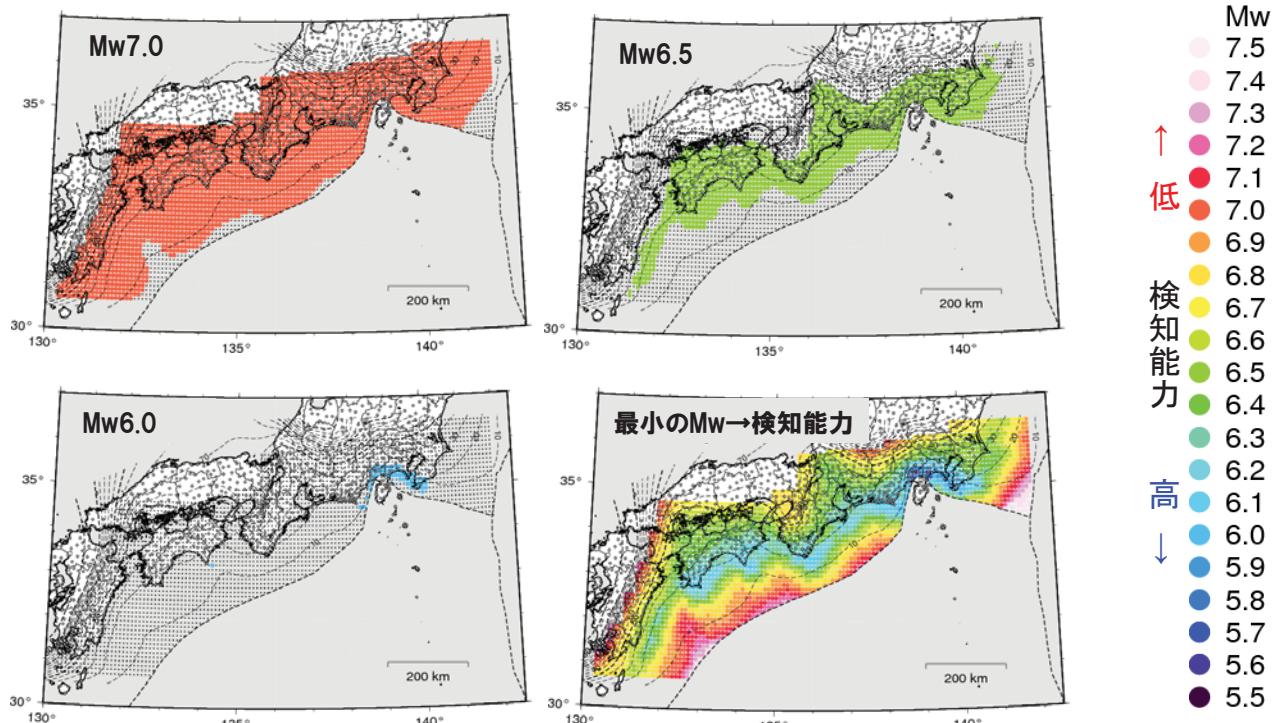
例えば... 閾値:5mm, 観測点数:3点 → Mw5.9
閾値:5mm, 観測点数:4点 → Mw6.0

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 2012年8月6日(月)

9

手順5. 断層すべりの検知能力

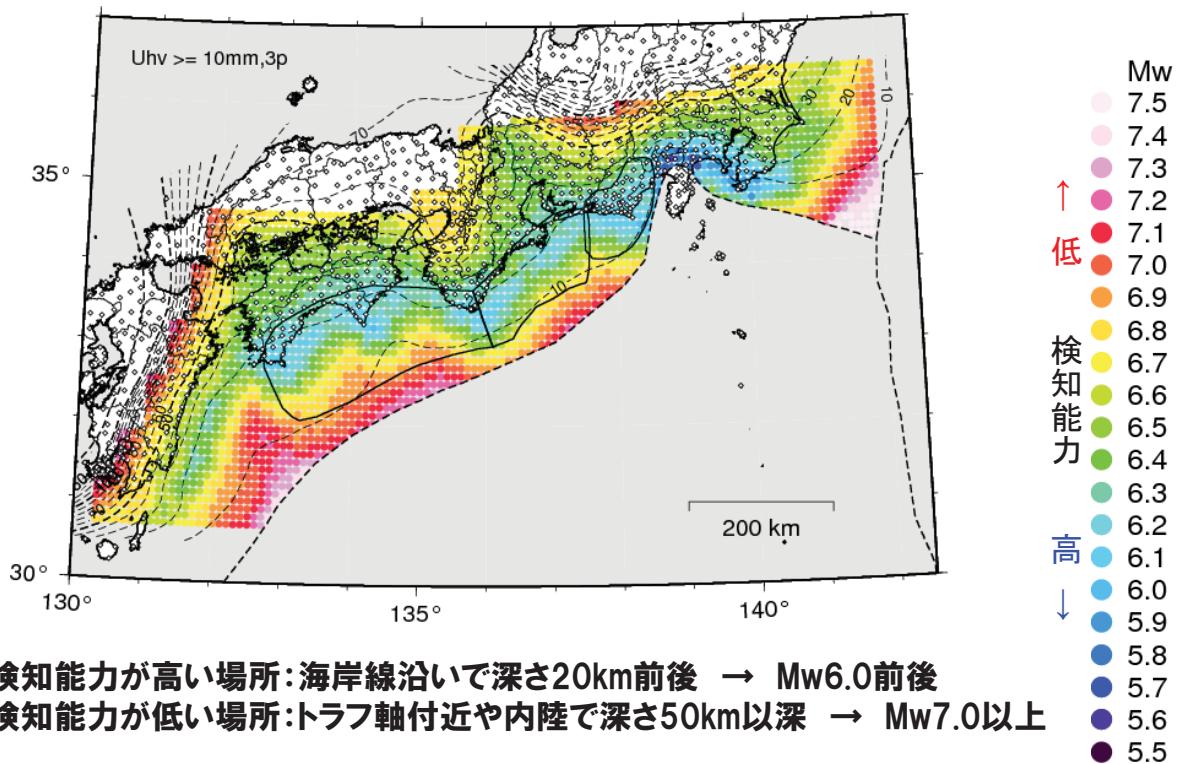
候補点上で最も小さいMwの大きさ → 検知能力の高低



観測点数:3点以上, 閾値:水平10mm, 上下30mm

南海トラフの大規模地震の予測可能性に関する調査部会 2012年8月6日(月)

10



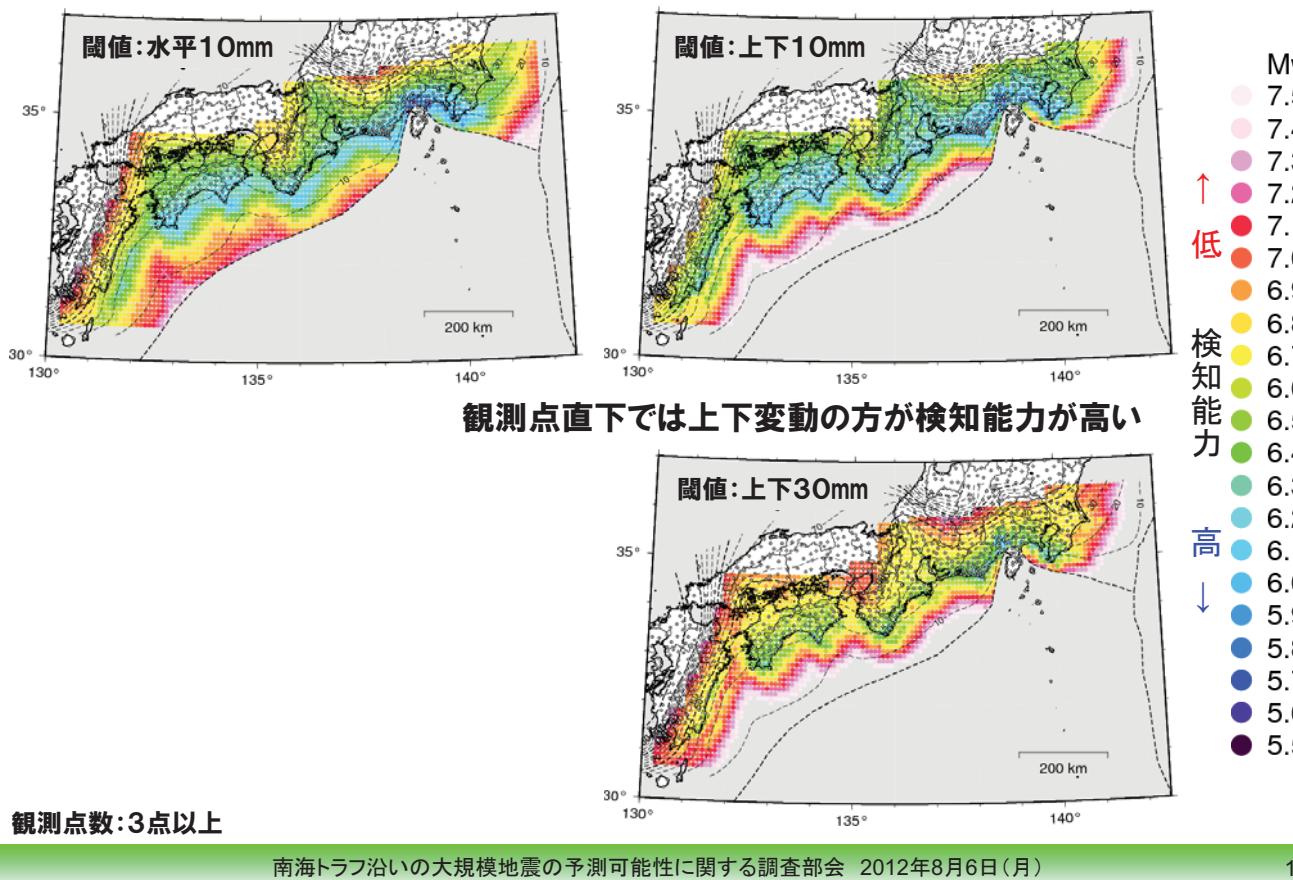
南海トラフ沿いの大規模地震の予測可能性に関する調査部会 2012年8月6日(月)

11

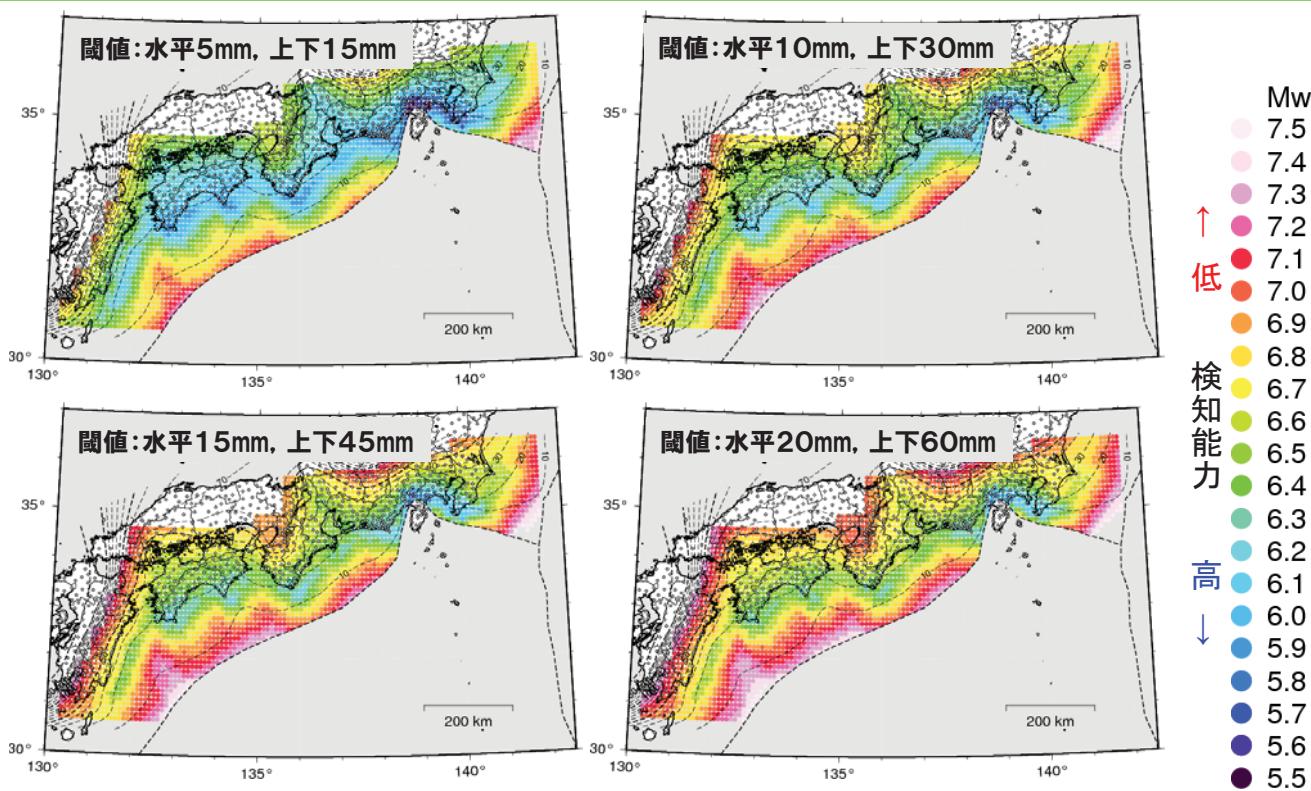
プレート境界面上の断層すべりの検知能力

検知能力の検討において考慮すべき点

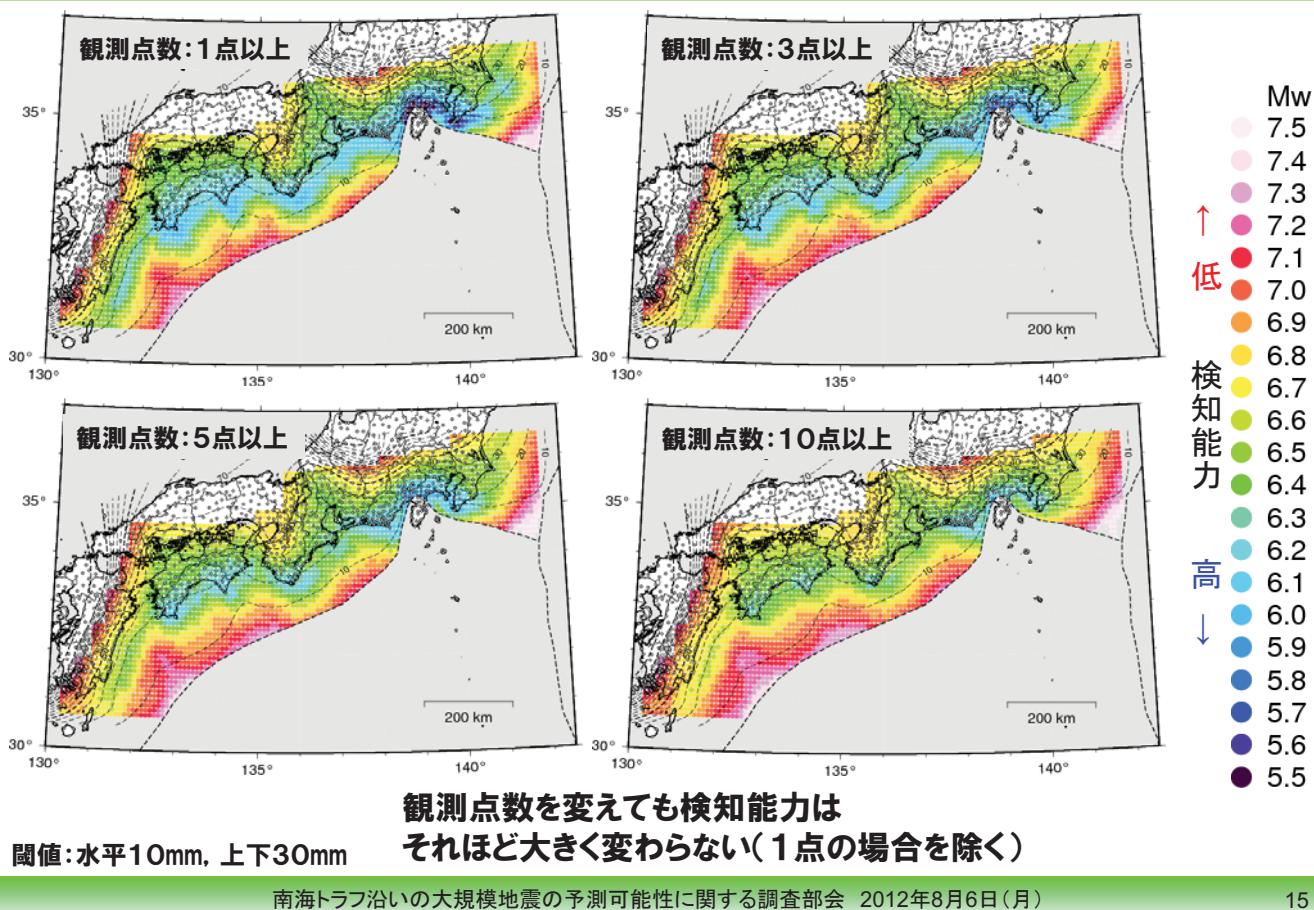
- 判断基準について
 - ・閾値
 - 水平成分と上下成分
 - 閾値の大きさ
 - ・観測点数の違い
- 断層パラメータについて
 - ・断層の大きさの違い
 - ・プレート等深線の違い



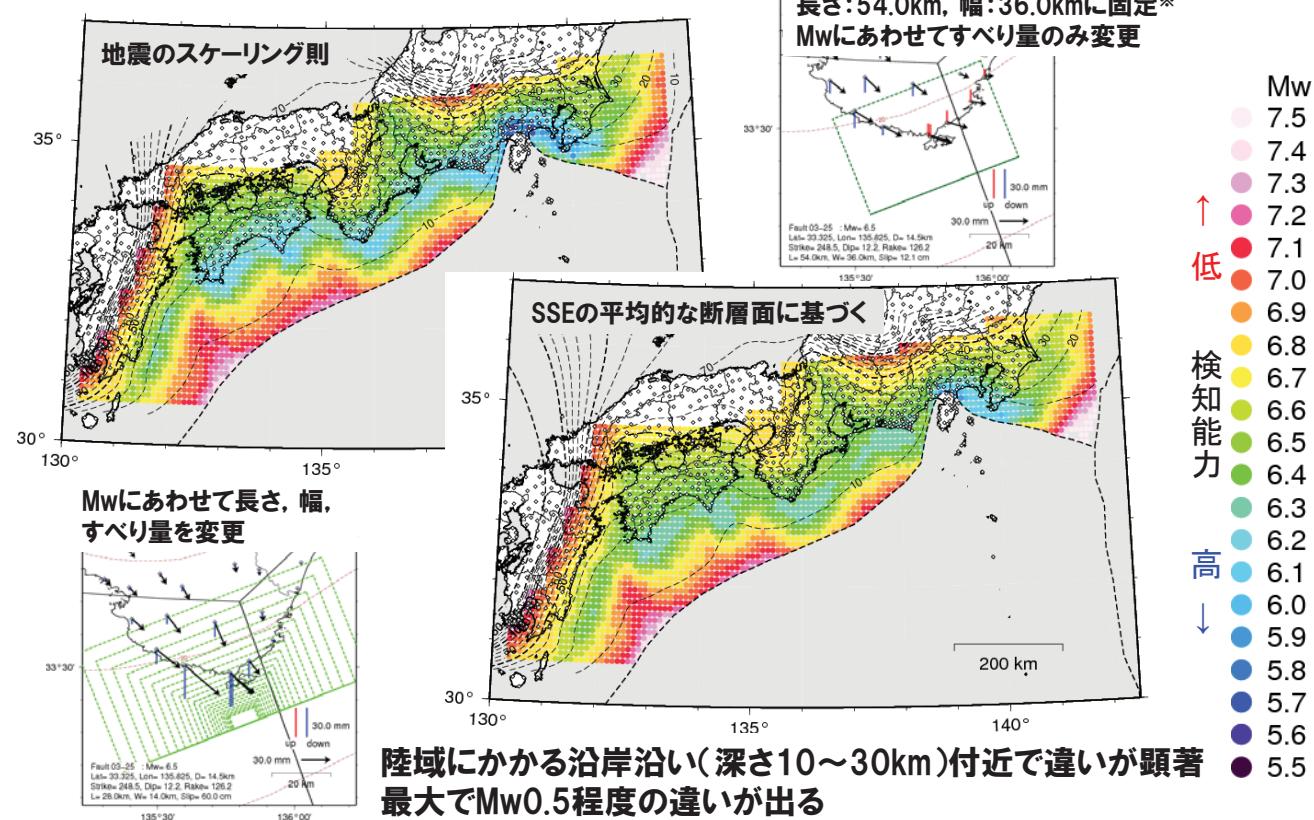
閾値の違い



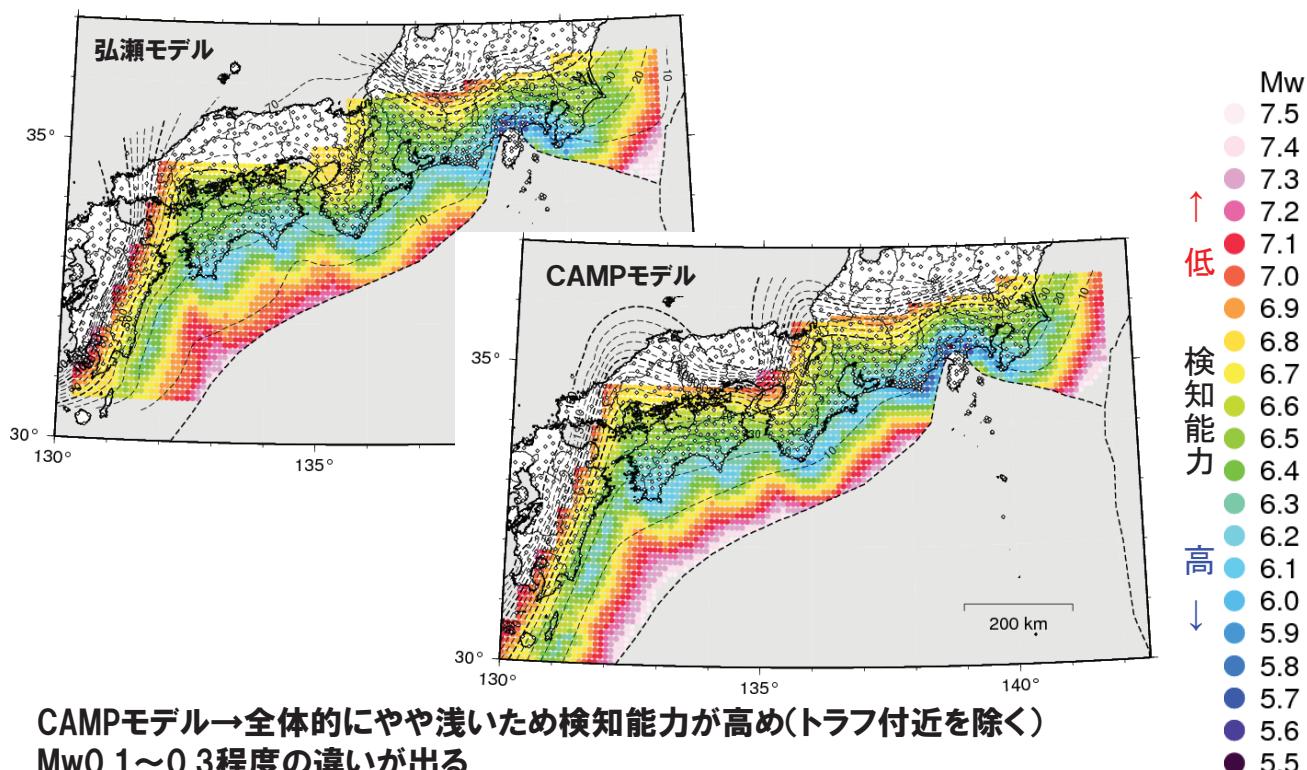
観測点数の違い



断層の大きさの違い



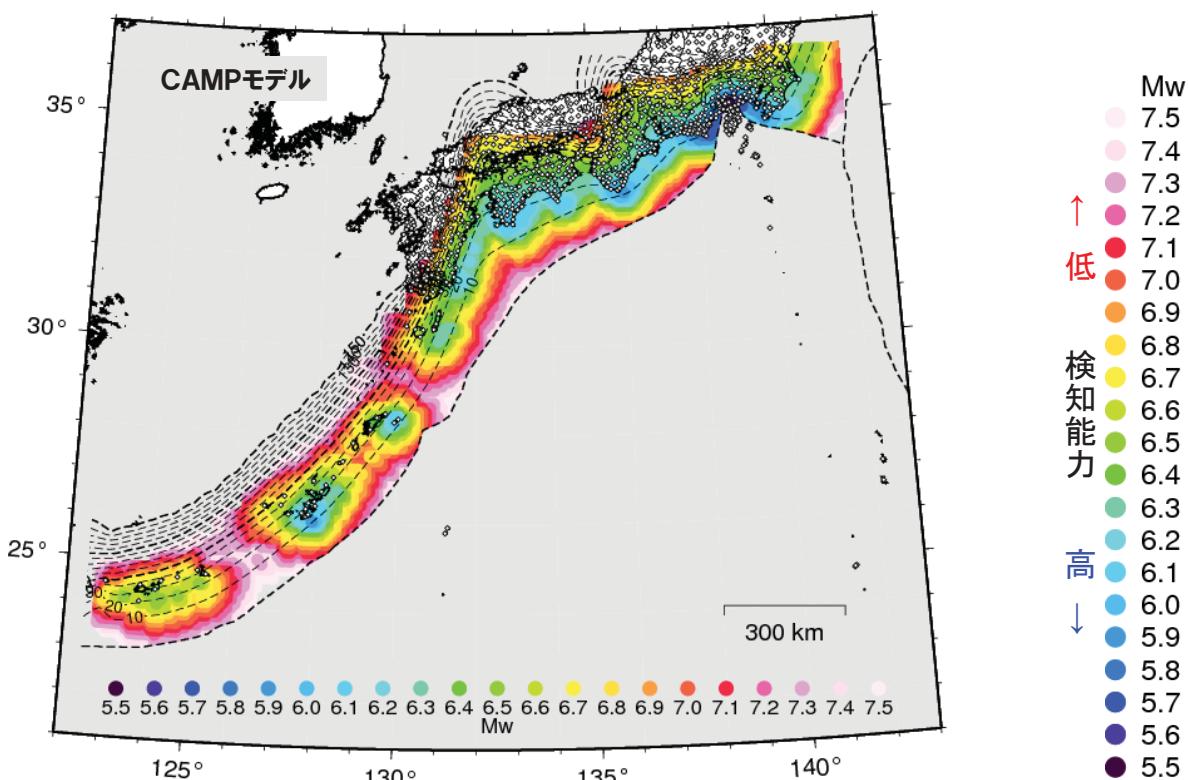
プレート等深線の違い



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 2012年8月6日(月)

17

南海トラフ全域

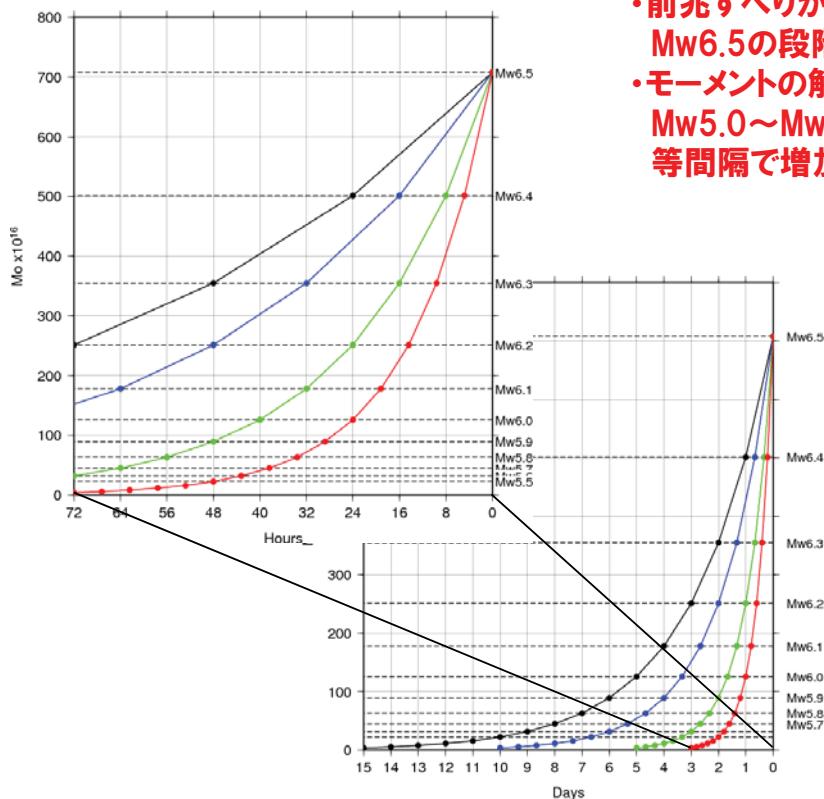


18

※CAMPモデル: Hashimoto et al. (2004)

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 2012年8月6日(月)

すべり(モーメント解放)の時間関数



- 前兆すべりがT日前から発生し、
Mw6.5の段階で地震発生に至る。
- モーメントの解放は、前兆すべり発生から
Mw5.0～Mw6.5までMw0.1相当ずつ
等間隔で増加する。

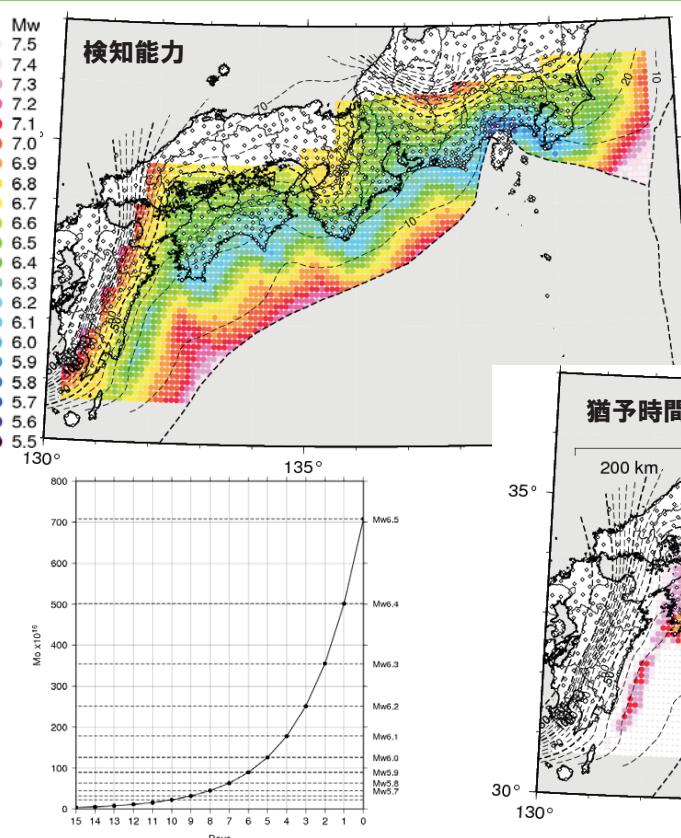
- 15日前からの場合
1日ごとMw5.0からMw0.1増加
15日前:Mw5.0
10日前:Mw5.5
5日前:Mw6.0

- 5日(120時間)前からの場合
8時間ごとMw5.0からMw0.1増加
120時間前:Mw5.0
72時間前:Mw5.6
24時間前:Mw6.2

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 2012年8月6日(月)

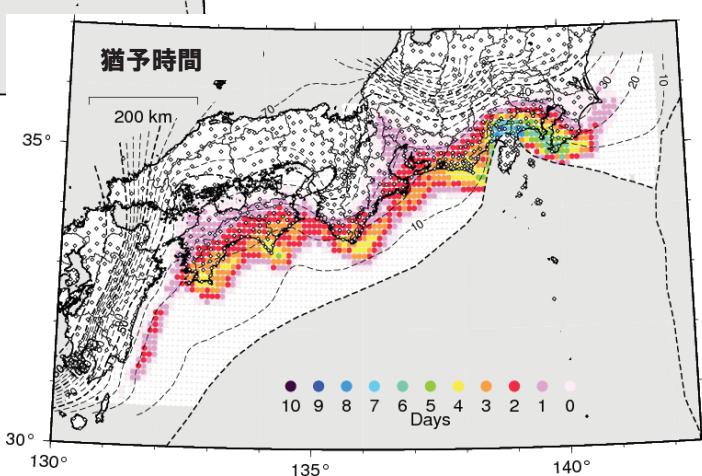
19

検知から地震発生までの猶予時間は？



15日前から発生の場合

- | | |
|--------------|-------------|
| Mw5.0 → 15日前 | Mw6.0 → 5日前 |
| Mw5.5 → 10日前 | Mw6.1 → 4日前 |
| Mw5.6 → 9日前 | Mw6.2 → 3日前 |
| Mw5.7 → 8日前 | Mw6.3 → 2日前 |
| Mw5.8 → 7日前 | Mw6.4 → 1日前 |
| Mw5.9 → 6日前 | Mw6.5 → 0日 |

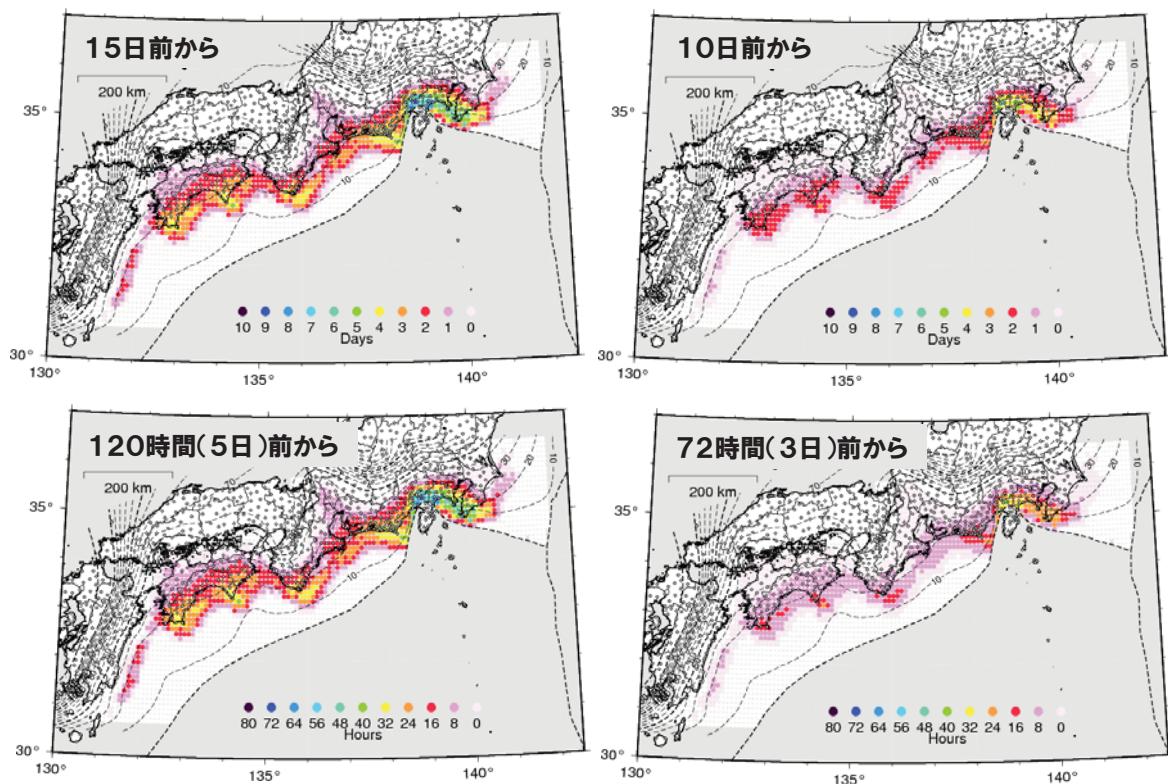


観測点数:3点以上, 閾値:水平10mm, 上下30mm

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 2012年8月6日(月)

20

検知から地震発生までの猶予時間



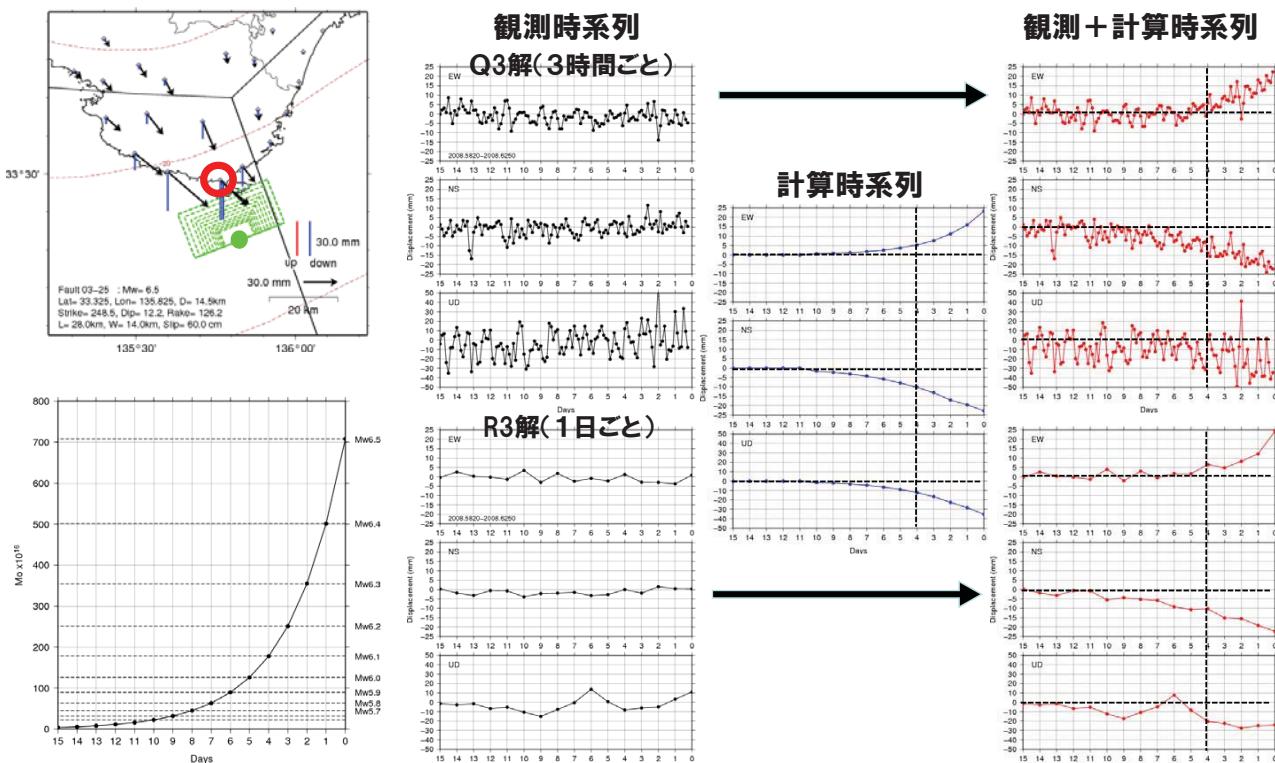
観測点数:3点以上, 閾値:水平10mm, 上下30mm

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 2012年8月6日(月)

21

観測時系列にあてはめると…

紀伊半島先端(検知能力Mw6.1), 15日前から発生(猶予時間4日)



観測点数:3点以上, 閾値:水平10mm, 上下30mm

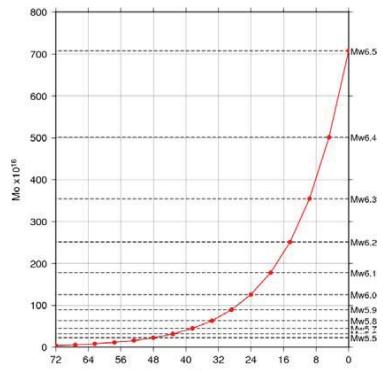
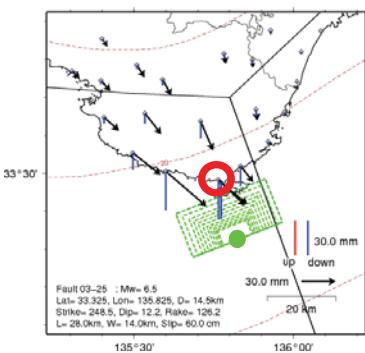
南海トラフ沿いの大規模地震の予測可能性に関する調査部会 2012年8月6日(月)

※Q3解は約4時間遅れ, R3解は約2日遅れ

22

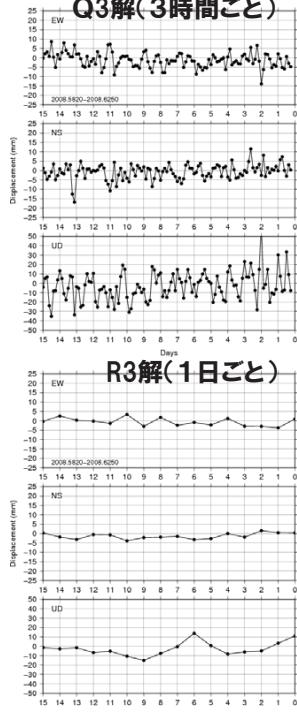
観測時系列にあてはめると…

紀伊半島先端(検知能力Mw6.1), 3日前から発生(猶予時間16時間)

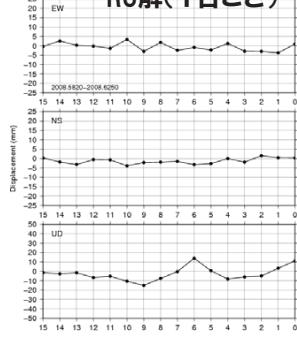


観測点数:3点以上, 閾値:水平10mm, 上下30mm

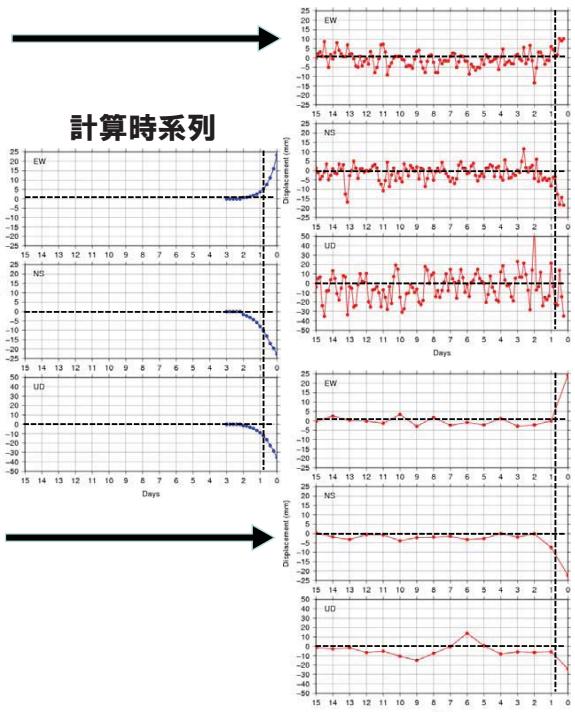
観測時系列 Q3解(3時間ごと)



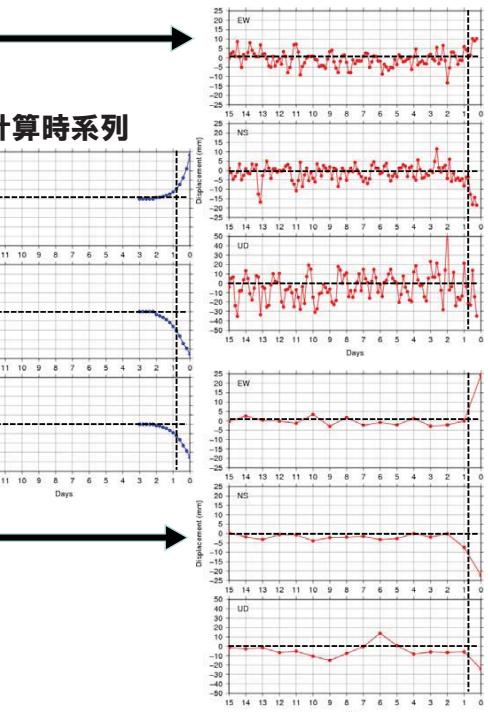
R3解(1日ごと)



観測+計算時系列



計算時系列

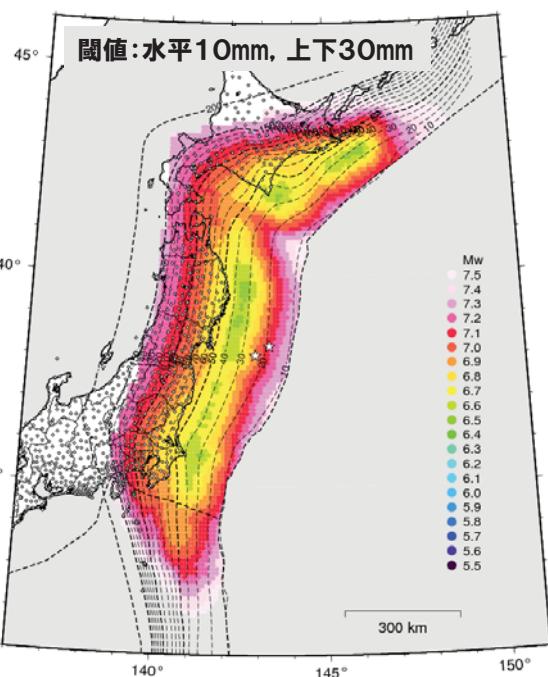
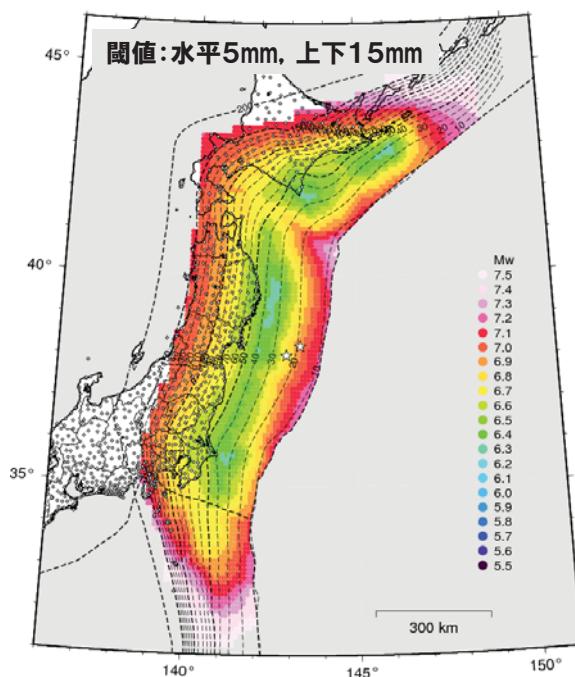


※Q3解は約4時間遅れ, R3解は約2日遅れ

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 2012年8月6日(月)

23

太平洋プレートでは?(検知能力)



| | |
|---|-----|
| ↑ | 低 |
| ● | 7.5 |
| ● | 7.4 |
| ● | 7.3 |
| ● | 7.2 |
| ● | 7.1 |
| ● | 7.0 |
| ● | 6.9 |
| ● | 6.8 |
| ● | 6.7 |
| ● | 6.6 |
| ● | 6.5 |
| ● | 6.4 |
| ● | 6.3 |
| ● | 6.2 |
| ● | 6.1 |
| ● | 6.0 |
| ● | 5.9 |
| ● | 5.8 |
| ● | 5.7 |
| ● | 5.6 |
| ● | 5.5 |

検
知
能
力

高
↓

検知能力が高い場所: 海岸線沿いで深さ40km前後
検知能力が低い場所: トラフ軸付近や内陸で深さ60km以深

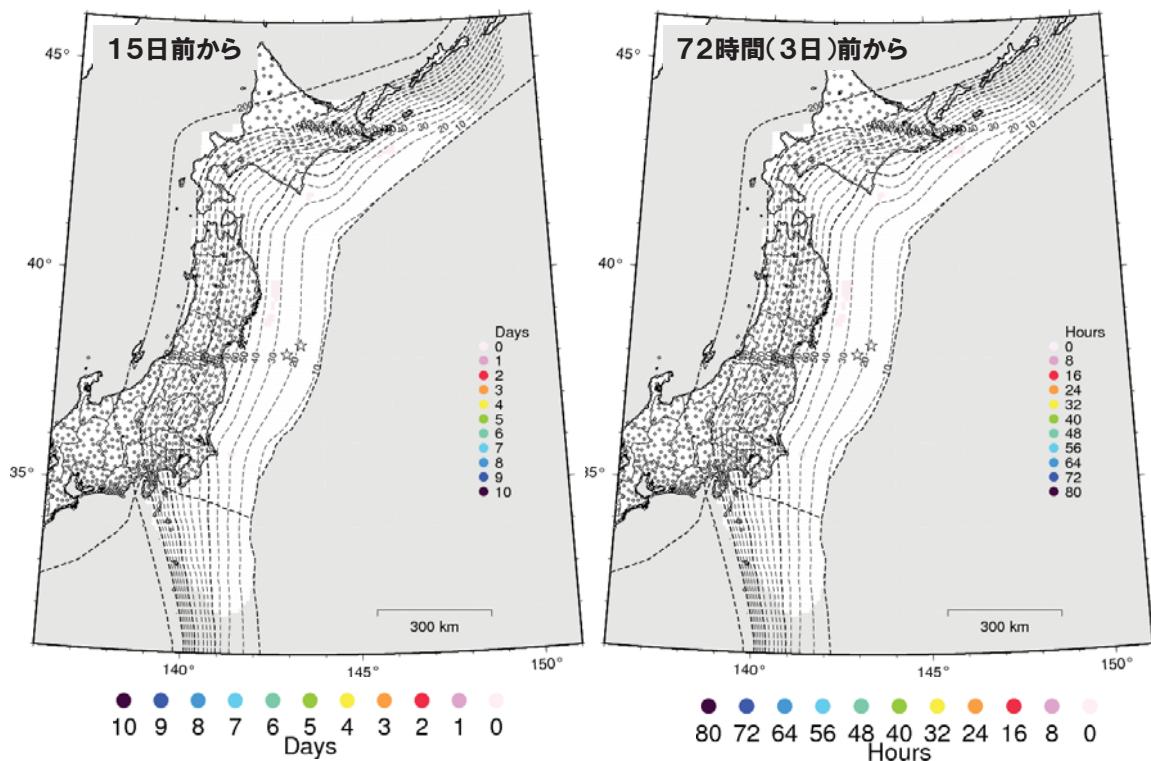
観測点数:3点以上

※太平洋プレートの形状は, Kita et al. (2010), Nakajima and Hasegawa (2006), Nakajima et al. (2009)による

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 2012年8月6日(月)

24

太平洋プレートでは？(猶予時間)

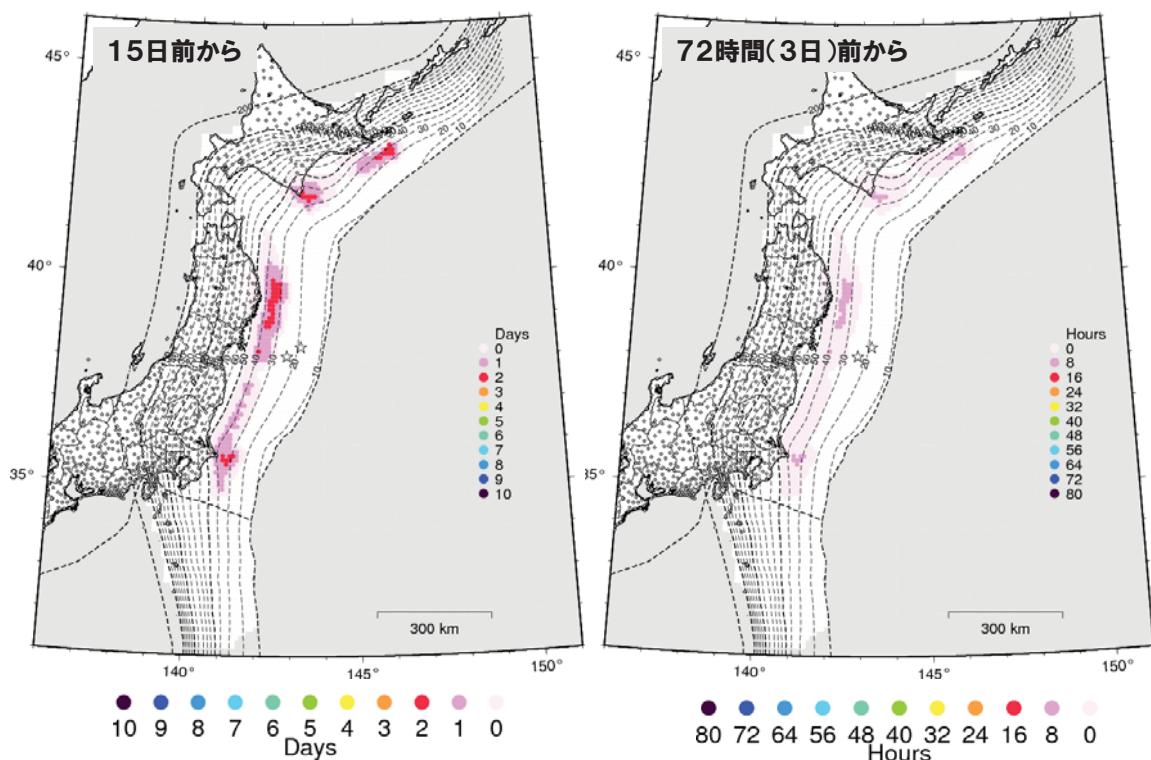


観測点数:3点以上, 閾値:水平10mm, 上下30mm

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 2012年8月6日(月)

25

太平洋プレートでは？(猶予時間)



観測点数:3点以上, 閾値:水平5mm, 上下15mm

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 2012年8月6日(月)

26

●GEONETによるフィリピン海プレート境界面上での断層すべりの検知能力

- ・検知能力が高い場所：海岸線沿いで深さ20km前後
→ Mw6.0前後
 - ・検知能力が低い場所：トラフ軸付近や内陸で深さ50km以深
→ Mw7.0以上
- (いずれも観測点数：3点、閾値：水平10mm、上下30mmの場合)
- ・断層パラメータ(断層の大きさとプレートの深さ)の違いによって
Mw0.1～0.5程度の違いができる

●太平洋プレート上では

- ・検知能力が高い場所：海岸線沿いで深さ40km前後
→ Mw6.5前後
 - ・検知能力が低い場所：トラフ軸付近、内陸で深さ60km以深
→ Mw7.0以上
- (いずれも観測点数：3点、閾値：水平10mm、上下30mmの場合)