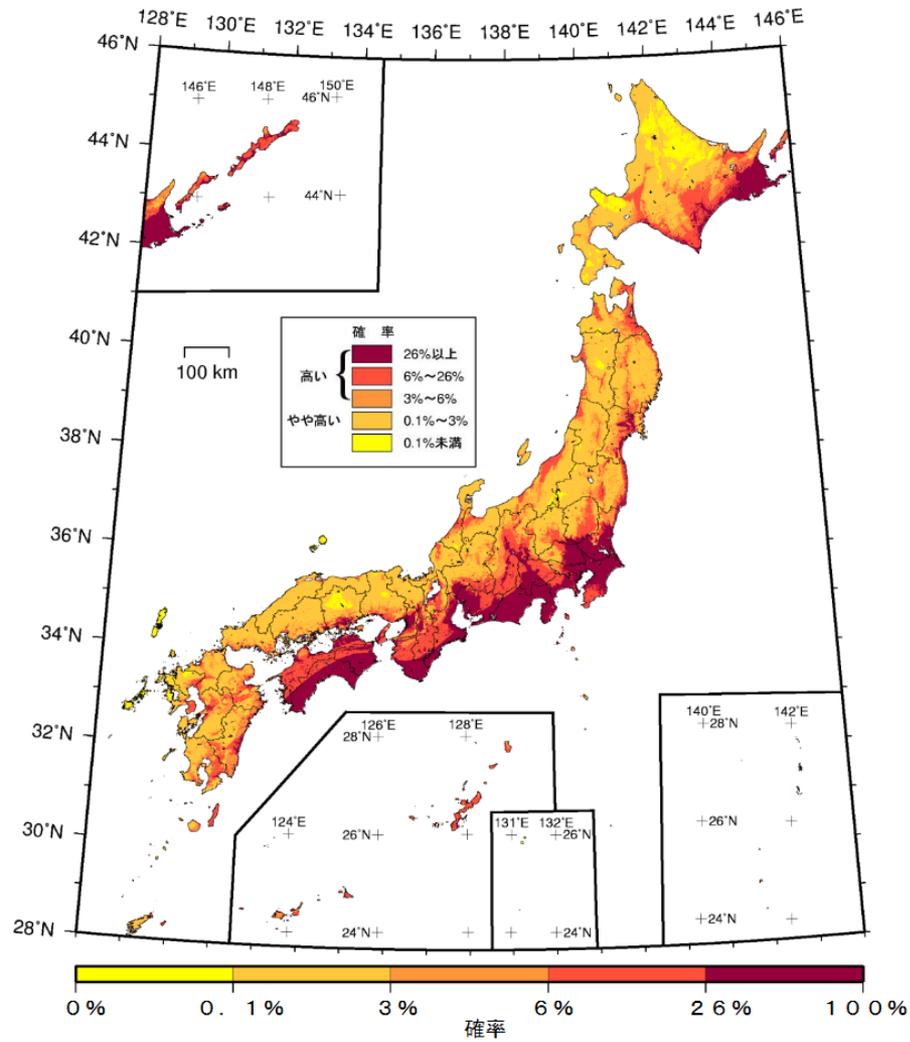


南海トラフ巨大地震 —揺れの予測とその活用—

関口春子

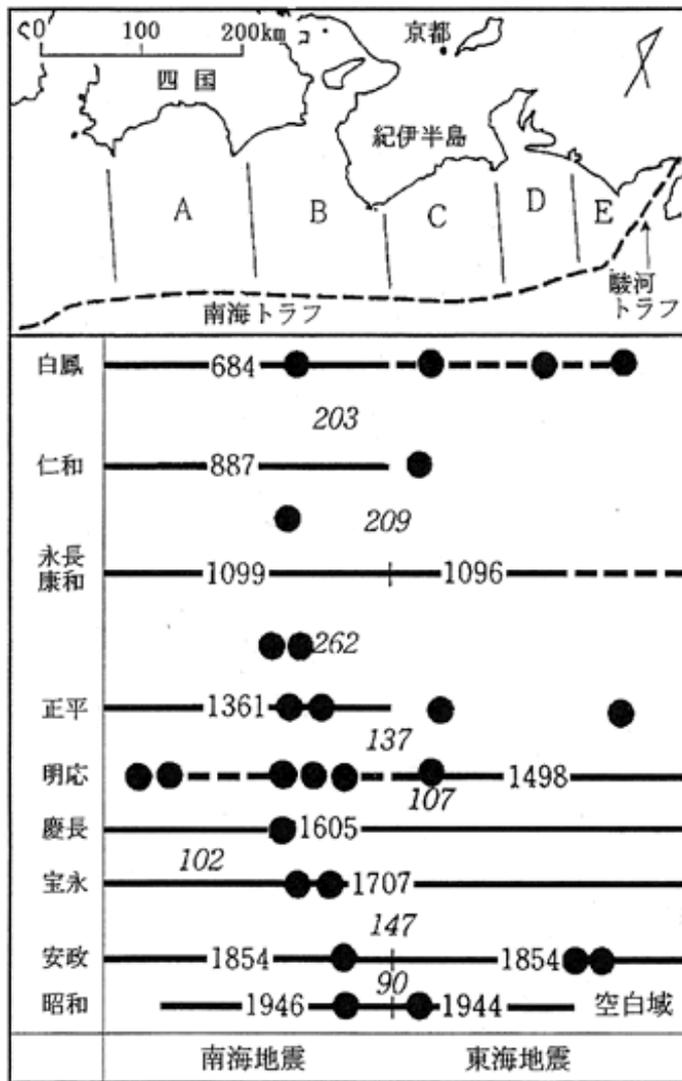
全国地震動予測地図



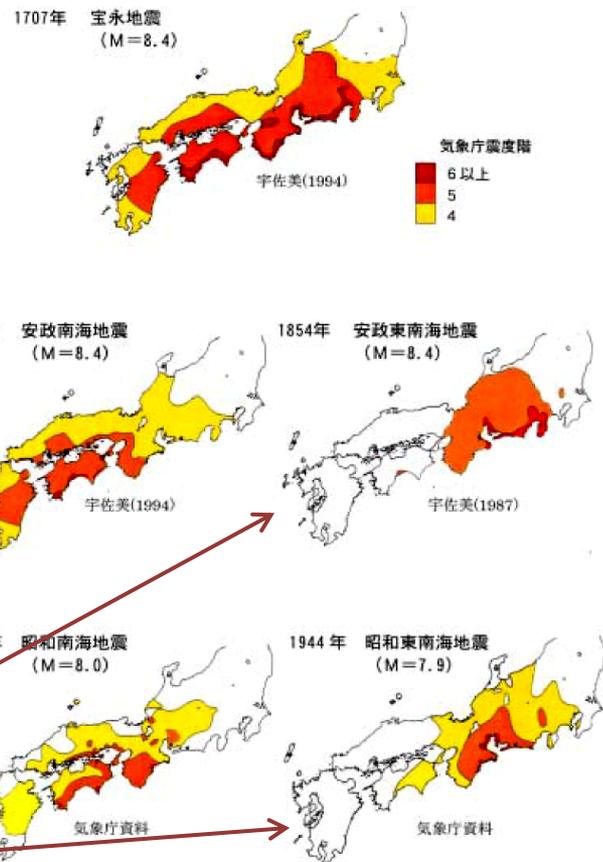
(モデル計算条件により確率ゼロのメッシュは白色表示)

確率論的地震動予測地図：確率の分布
今後30年間に震度6弱以上の揺れに見舞われる確率
(平均ケース・全地震)

繰り返り起こる南海トラフの巨大地震



南海トラフ添いの巨大地震による震度分布概念図



中央防災会議 (2001)

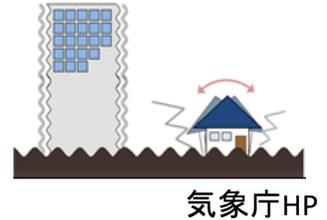
目次

- 0. イントロ
- 1. 地震動予測(揺れの予測)の必要性
 - 1. 意義
 - 2. 過去の地震の震度情報では不足な理由
- 2. 地震動予測で重要な要素
 - 1. 震源断層の破壊プロセスのモデル
 - 2. 地盤構造モデル
- 3. 南海トラフ地震の予測地震動

地震動予測の意義

将来起こりうる大地震

地震動(揺れ)の予測



建造物の耐震性の検討

被害の予測

(建造物、機械、設備、液状化、地すべり)

安全な建造物

救助・避難・
備蓄の計画

都市計画

個人の減災行動

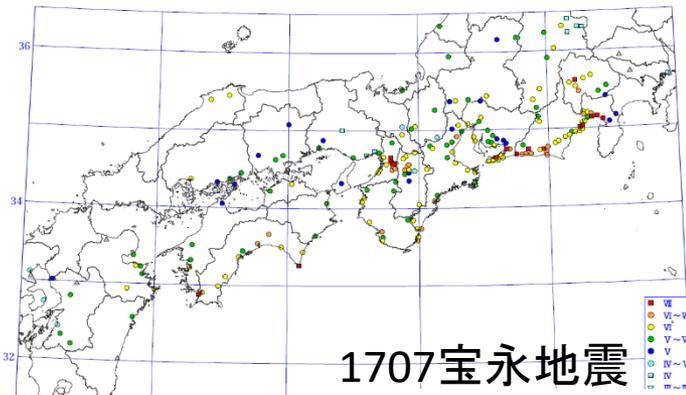
耐震補強

地震に強い社会

過去の地震の震度情報では不足な理由

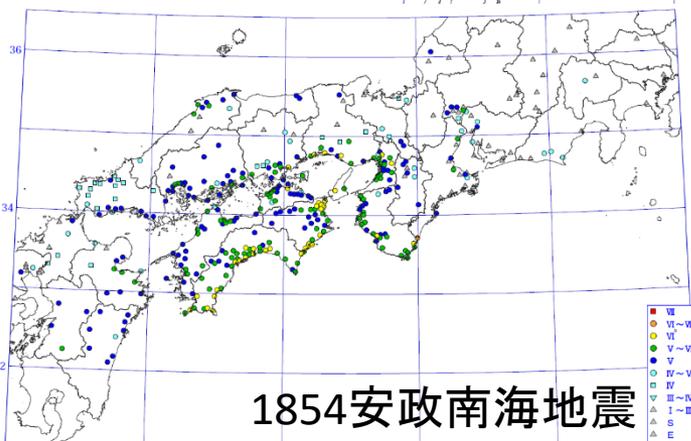
- 情報の空間密度の不足
- 情報の質的な不足
- 震源像のバラエティの不足

過去の南海トラフ巨大地震の史料等に基づく震度分布

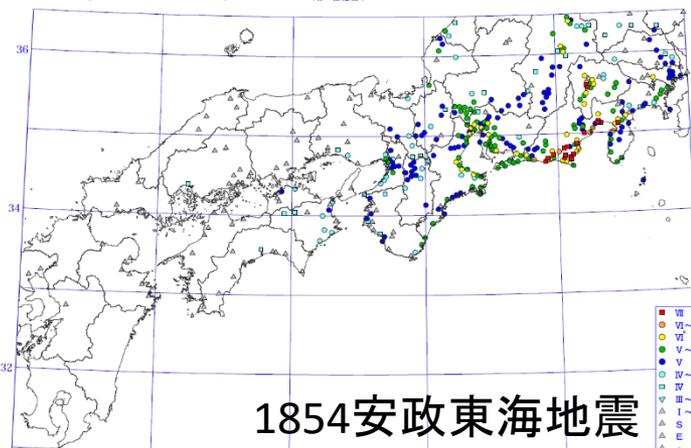


・情報の空間密度の不足

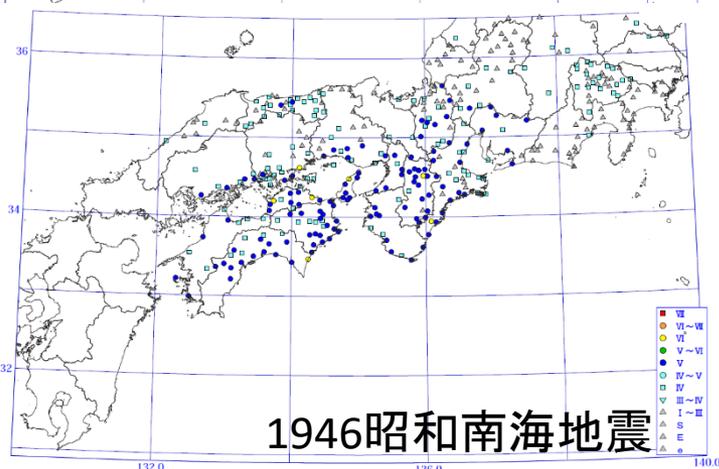
1707宝永地震



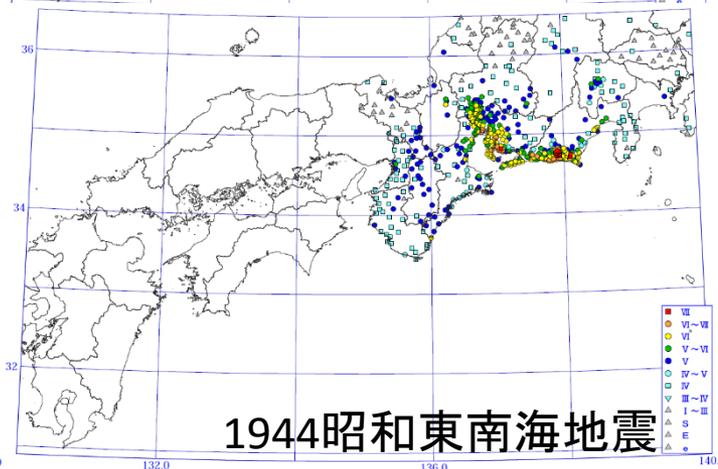
1854安政南海地震



1854安政東海地震



1946昭和南海地震



1944昭和東南海地震

中央防災会議(2003)

地盤による揺れの違い -2011年東北地方太平洋沖地震-

・近接した場所でも地盤により地震動は大きく異なる

速度波形

東西成分

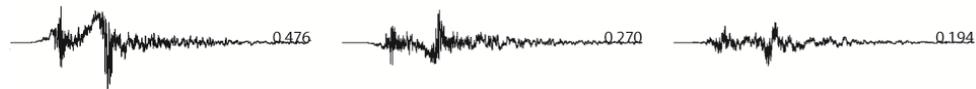
南北成分

上下成分

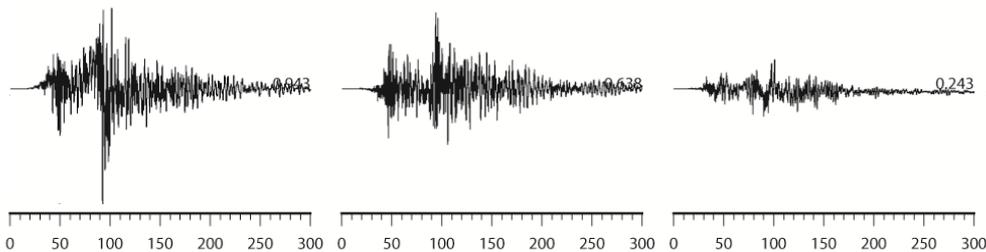
□ MYGH04: 東和 震度5強 山地



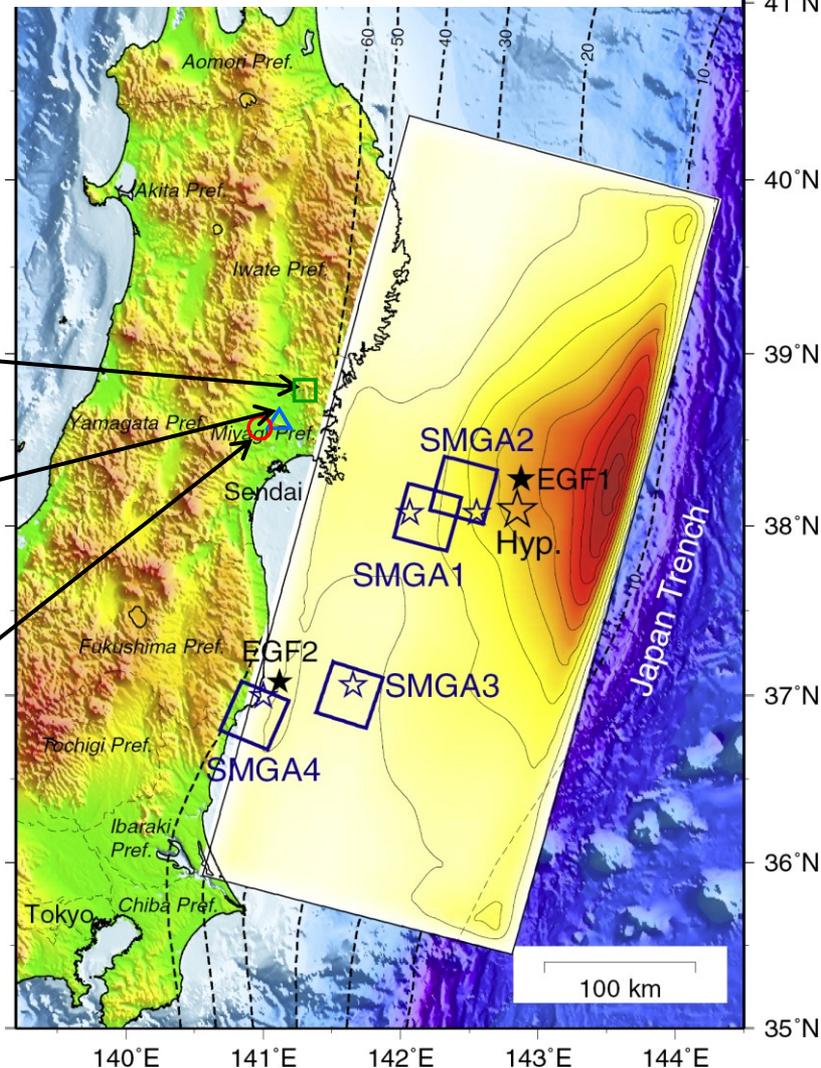
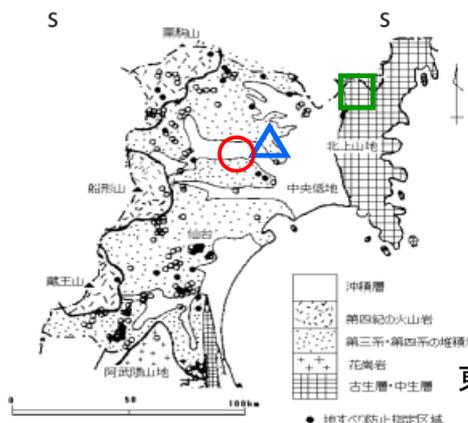
△ MYGH06: 田尻 震度5強 台地



○ MYG006: 古川 震度6強 低地



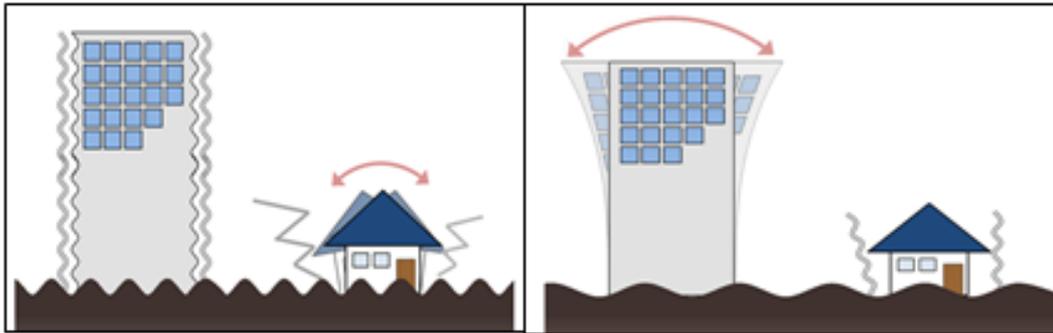
観測記録: 防災科学技術研究
K-NET, KiK-net



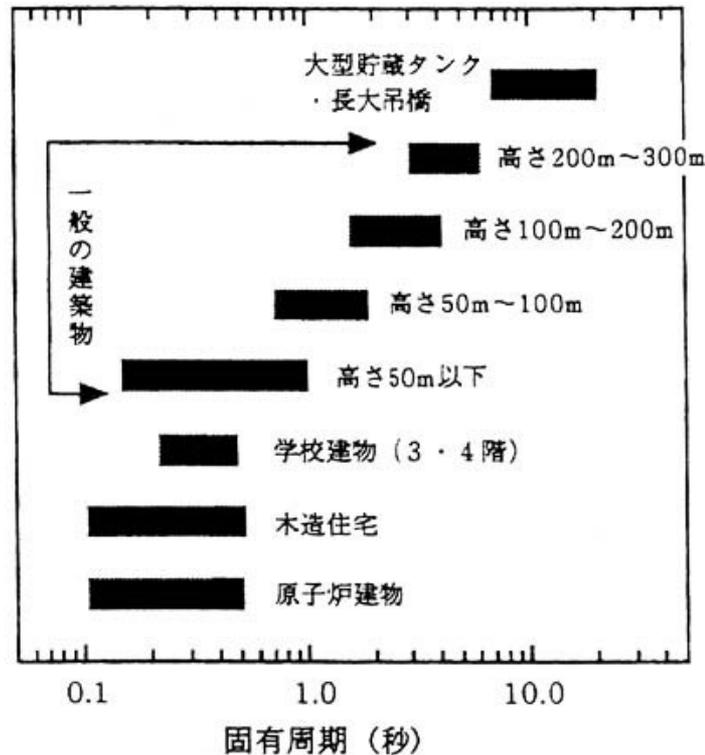
建物の揺れやすい周期

短い周期の地震動

長周期地震動



気象庁HP

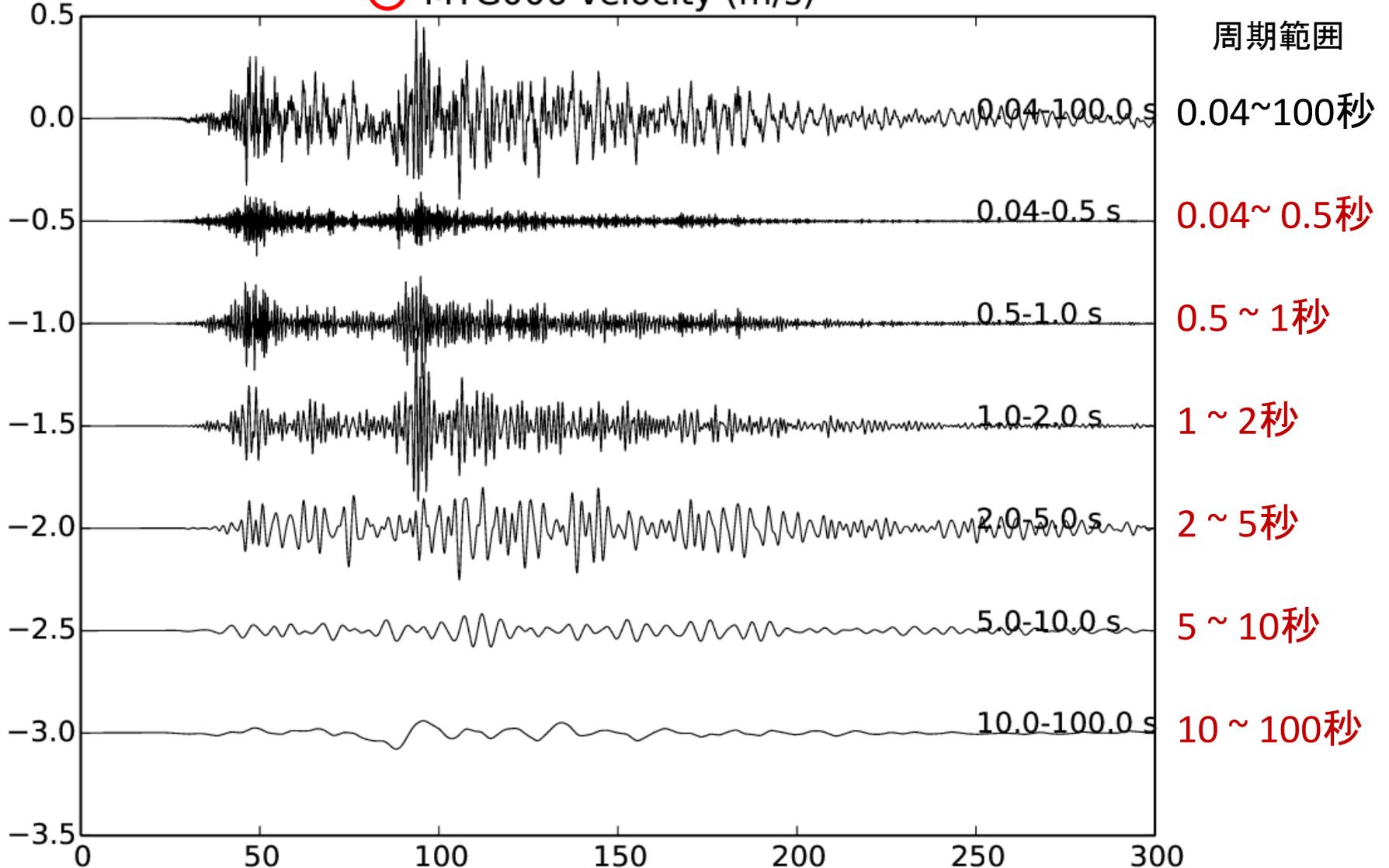


周期0.1~10秒の地震動が重要

大堀(1997)

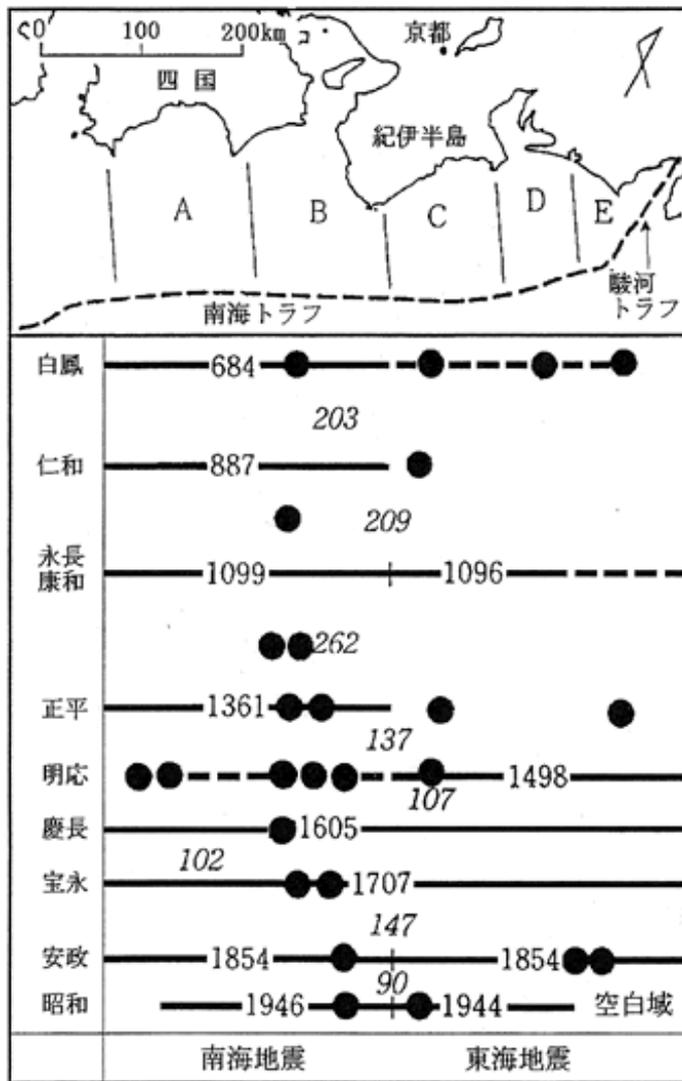
地震動の周期成分

○ MYG006 velocity (m/s)

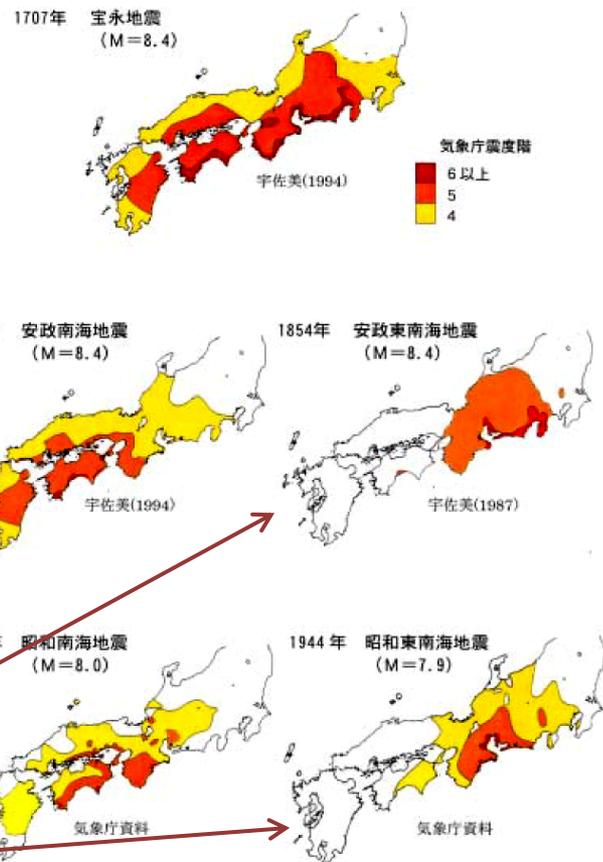


・地震波には、いろいろな周期の波が混ざっている

繰り返り起こる南海トラフの巨大地震



南海トラフ添いの巨大地震による震度分布概念図



中央防災会議 (2001)

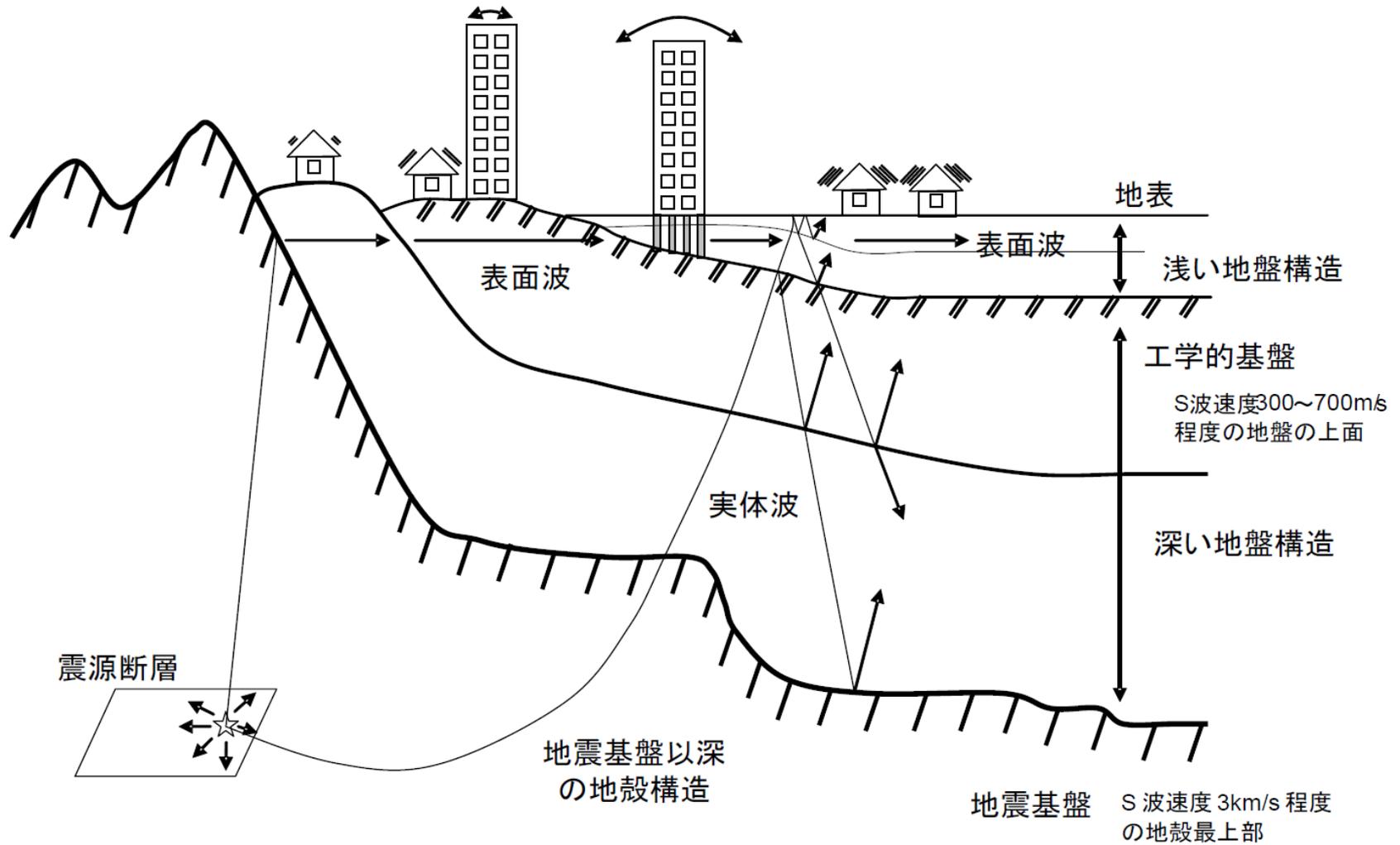
過去の地震の震度情報では不足な理由

- 情報の空間密度の不足
 - 地盤構造の空間変化
- 情報の質的な不足
 - 地震動の周期特性 → 構造物、機械、設備、地すべり
 - 地震動の継続時間 → 液状化
- 震源像のバラエティの不足
 - 直近5回のバラエティ → ありうる変化の幅はもっと大きい

目次

- 0. イントロ
- 1. 地震動予測(揺れの予測)の必要性
 - 1. 意義
 - 2. 過去の地震の震度情報では不足な理由
- 2. 地震動予測で重要な要素
 - 1. 震源断層の破壊プロセスのモデル
 - 2. 地盤構造モデル
- 3. 南海トラフ地震の予測地震動

地震動予測で重要な要素 ← 地震動の形成過程

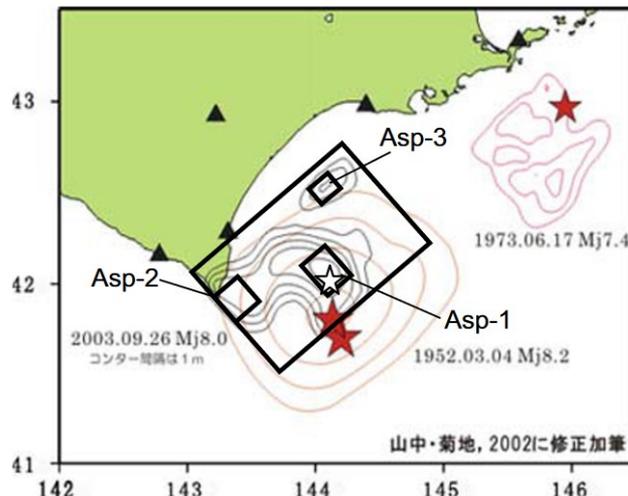


震源断層の破壊プロセスのモデルの重要要素

- 強震動生成域の位置、大きさ、応力降下量
- 破壊伝播

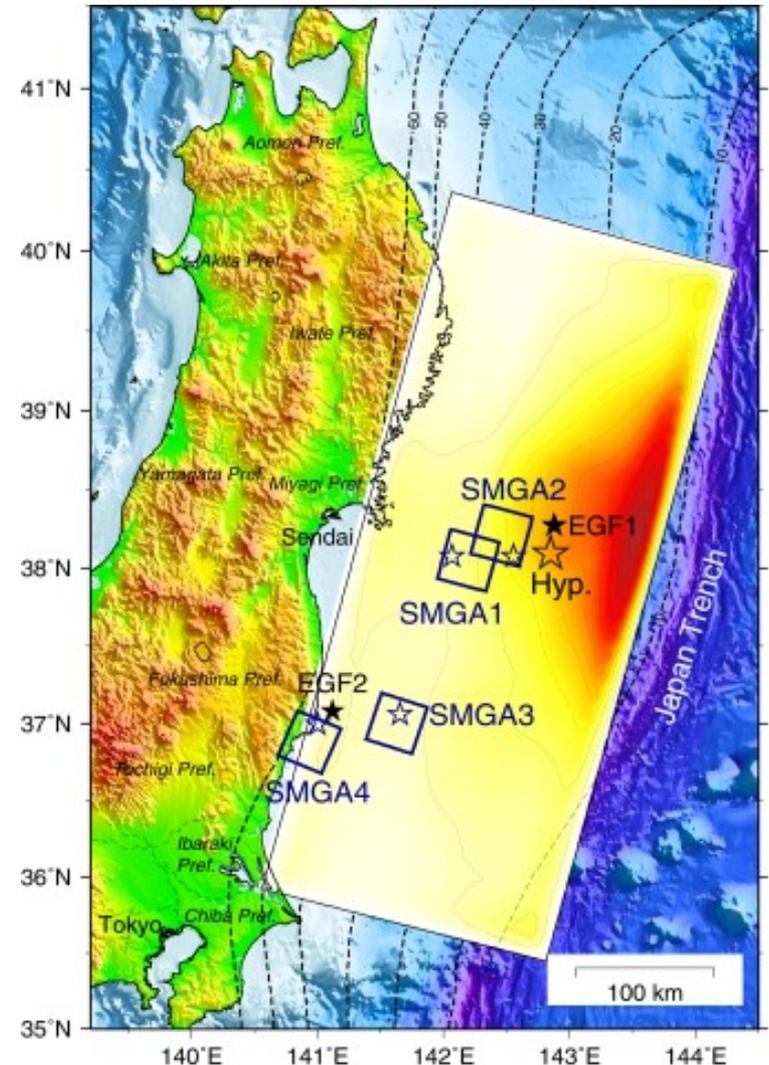
※強震動生成域: 断層面の中で、構造物被害に影響を与える周期帯の地震動を特に強く発する領域(Miyake et al., 2003)。プレート境界巨大地震では断層面の5~20%(内閣府、2012)。

2003十勝沖地震の強震動生成域

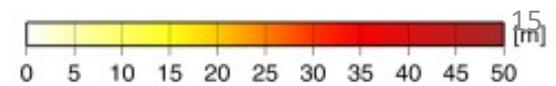


Kamae and Kawabe (2004)

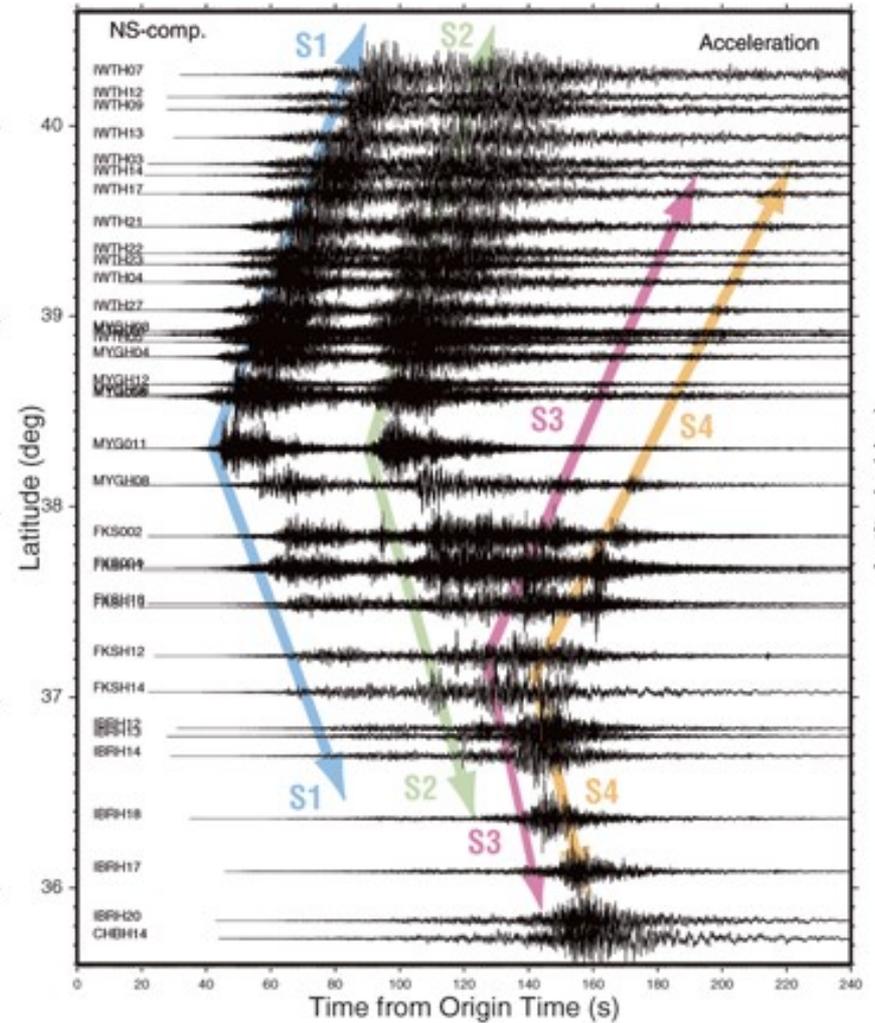
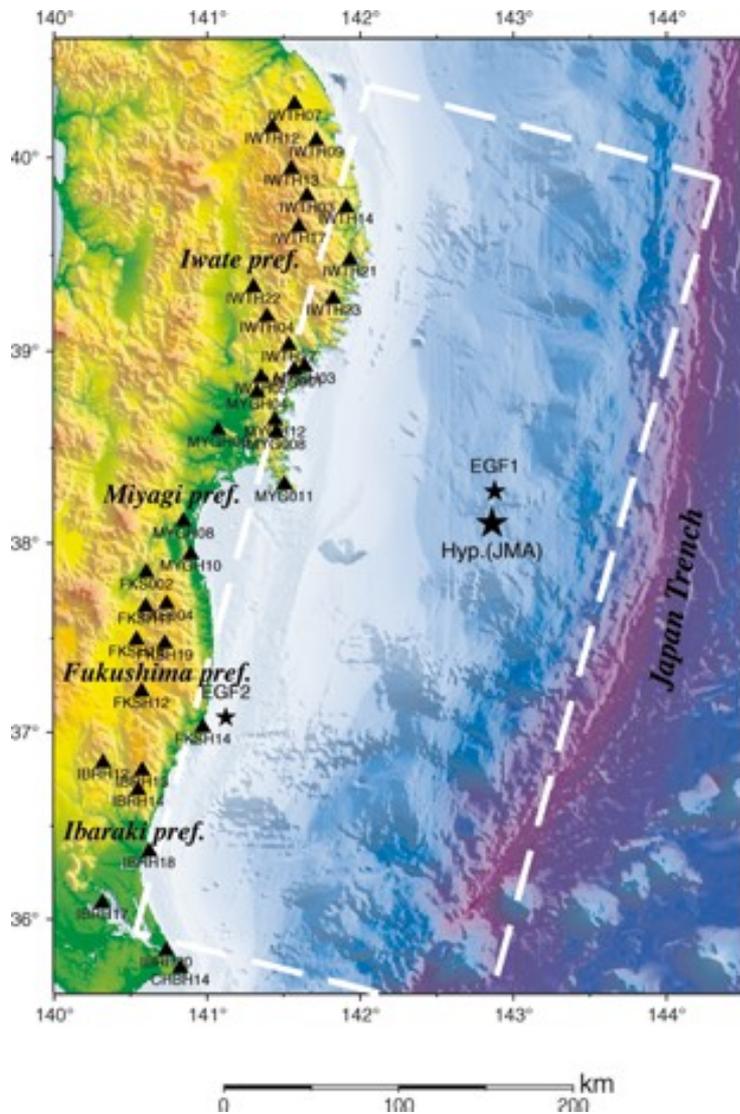
2011東北地方太平洋沖地震の強震動生成域

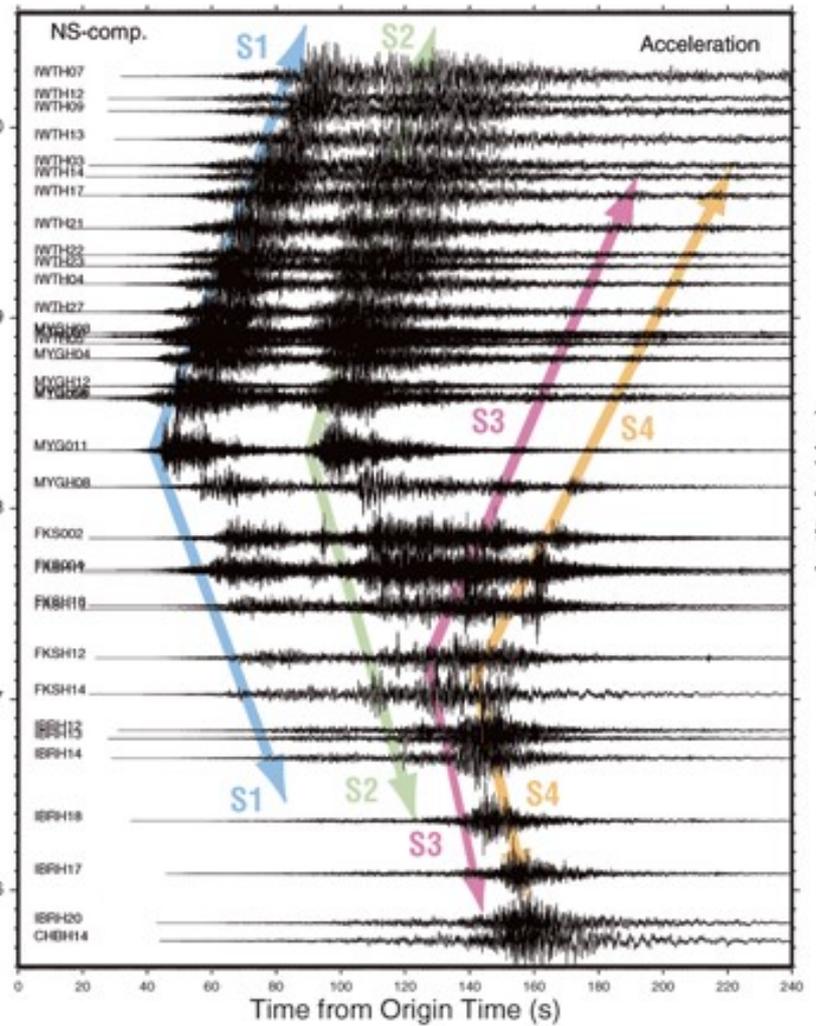
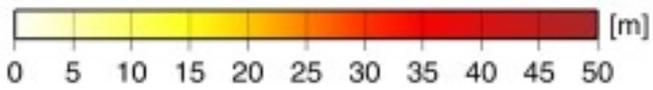
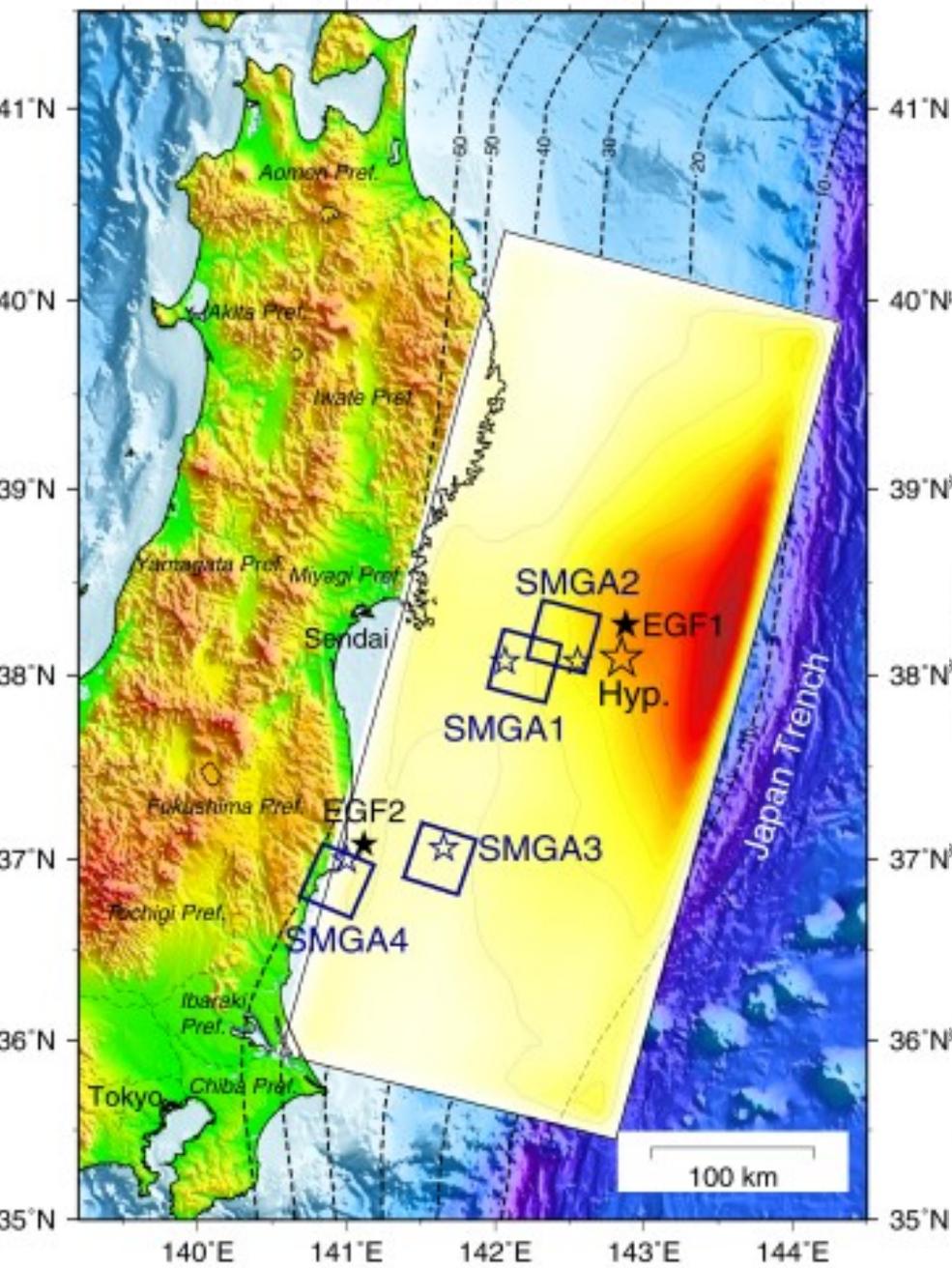


Asano et al.(2014)



2011東北地方太平洋沖地震の震源近傍地震動





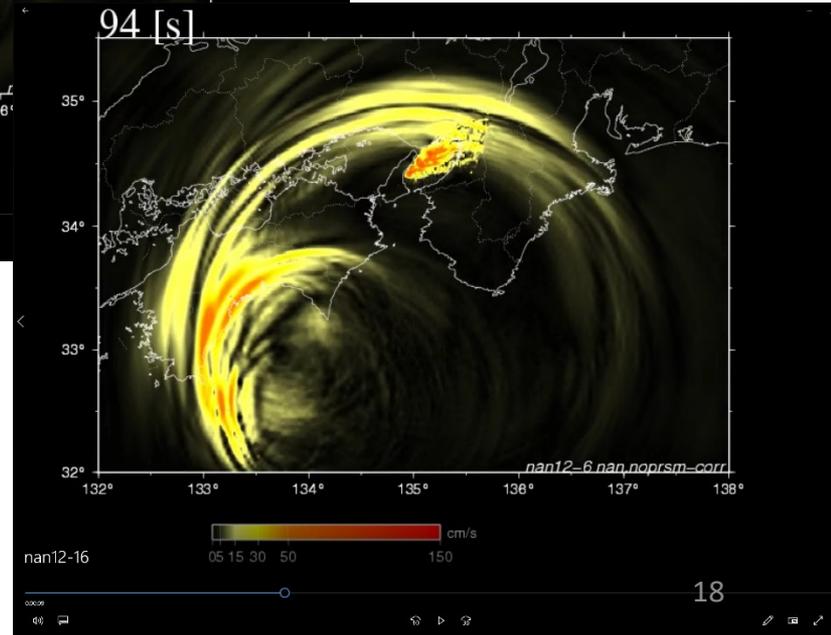
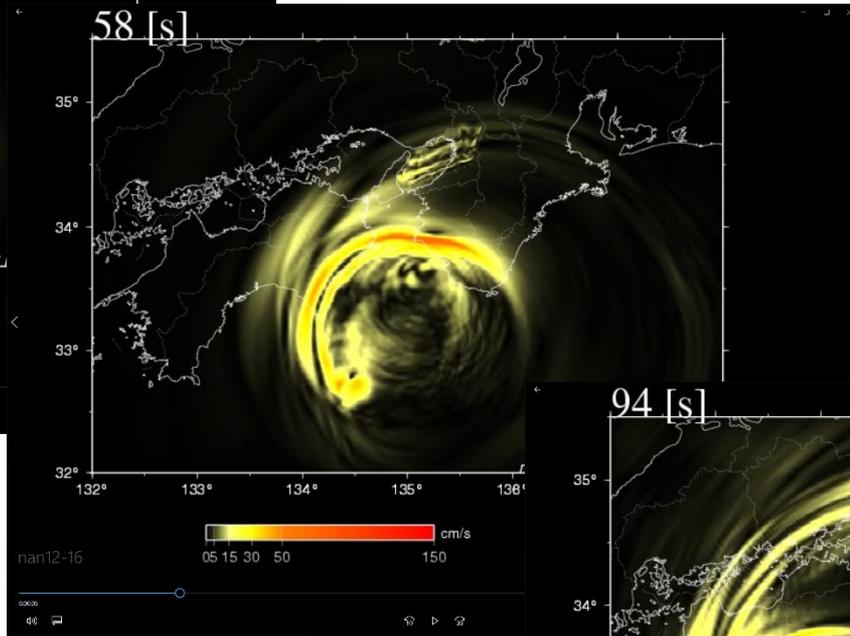
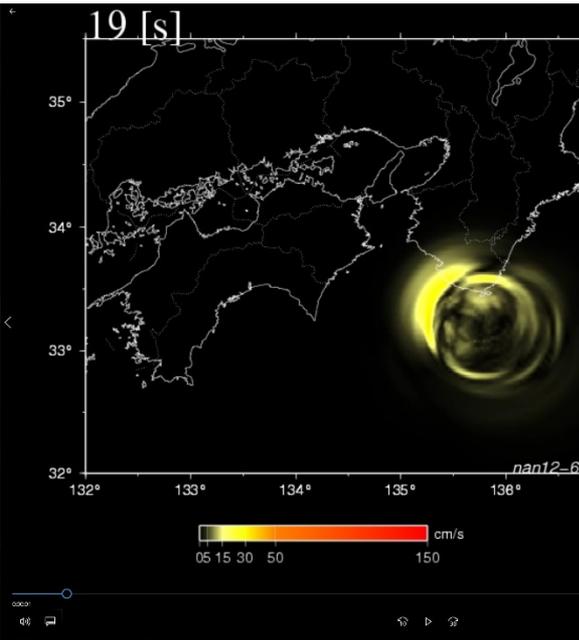
Asano et al.(2014)

破壊の前方指向性効果

- 強震動生成域の破壊の進行方向前方で揺れが強くなる

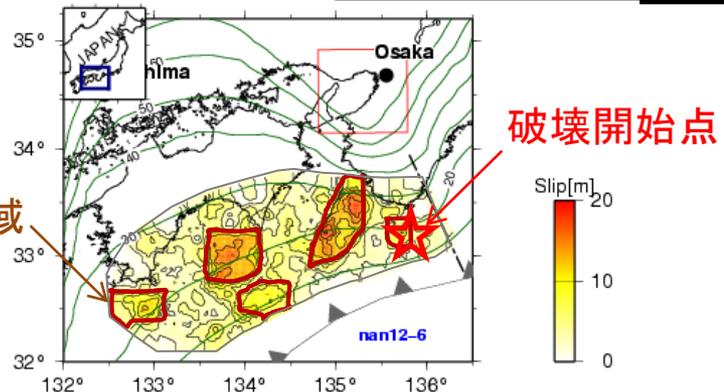
注: 大阪盆地以外は堆積層構造を考慮していない

吉見・関口(2012)

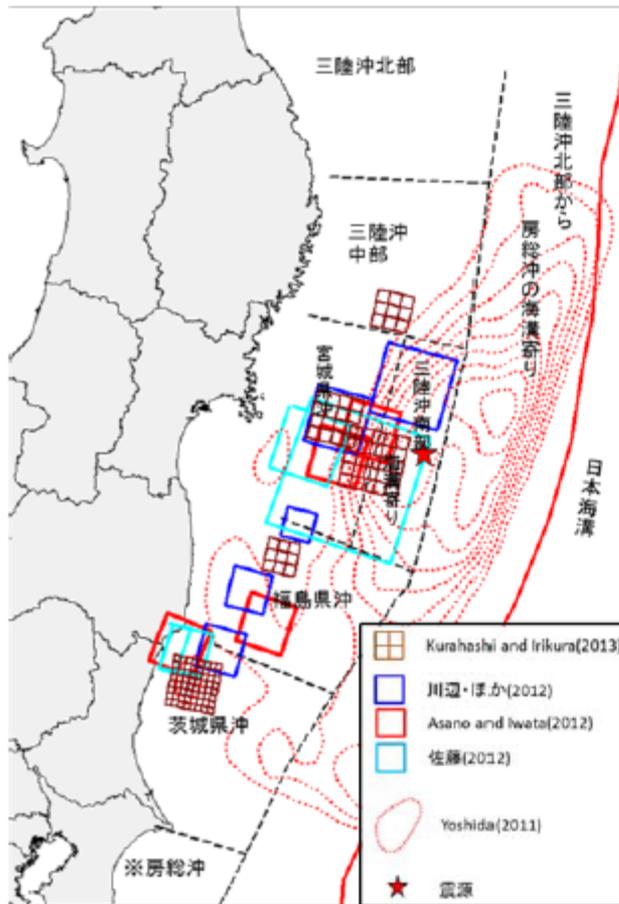


震源モデル:
中央防災会議(2003)の南海地震
モデルに不均質を与えたもの

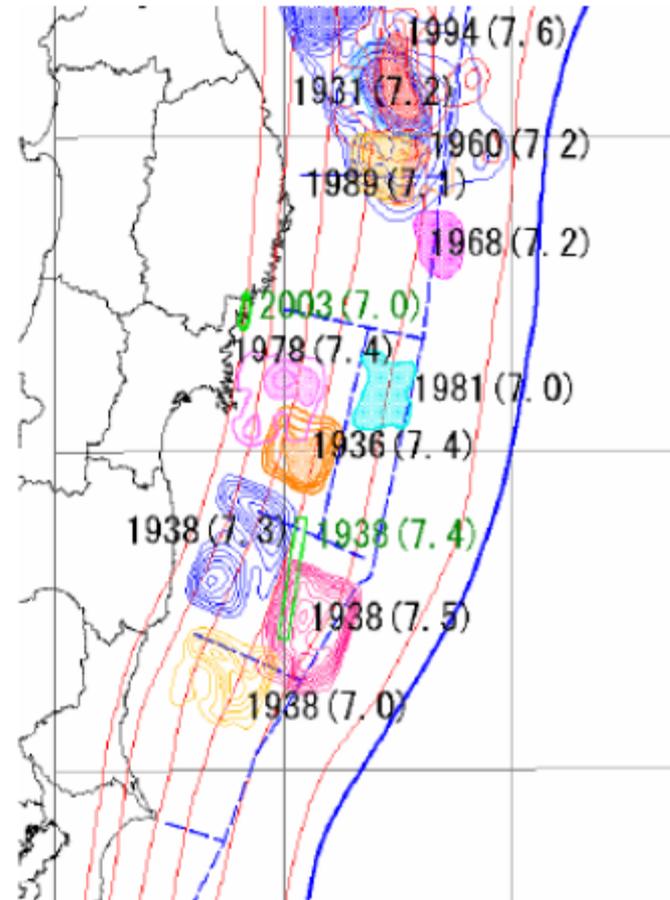
すべり分布



強震動生成域の位置



東北地方太平洋沖地震における
強震動生成域とすべり量分布

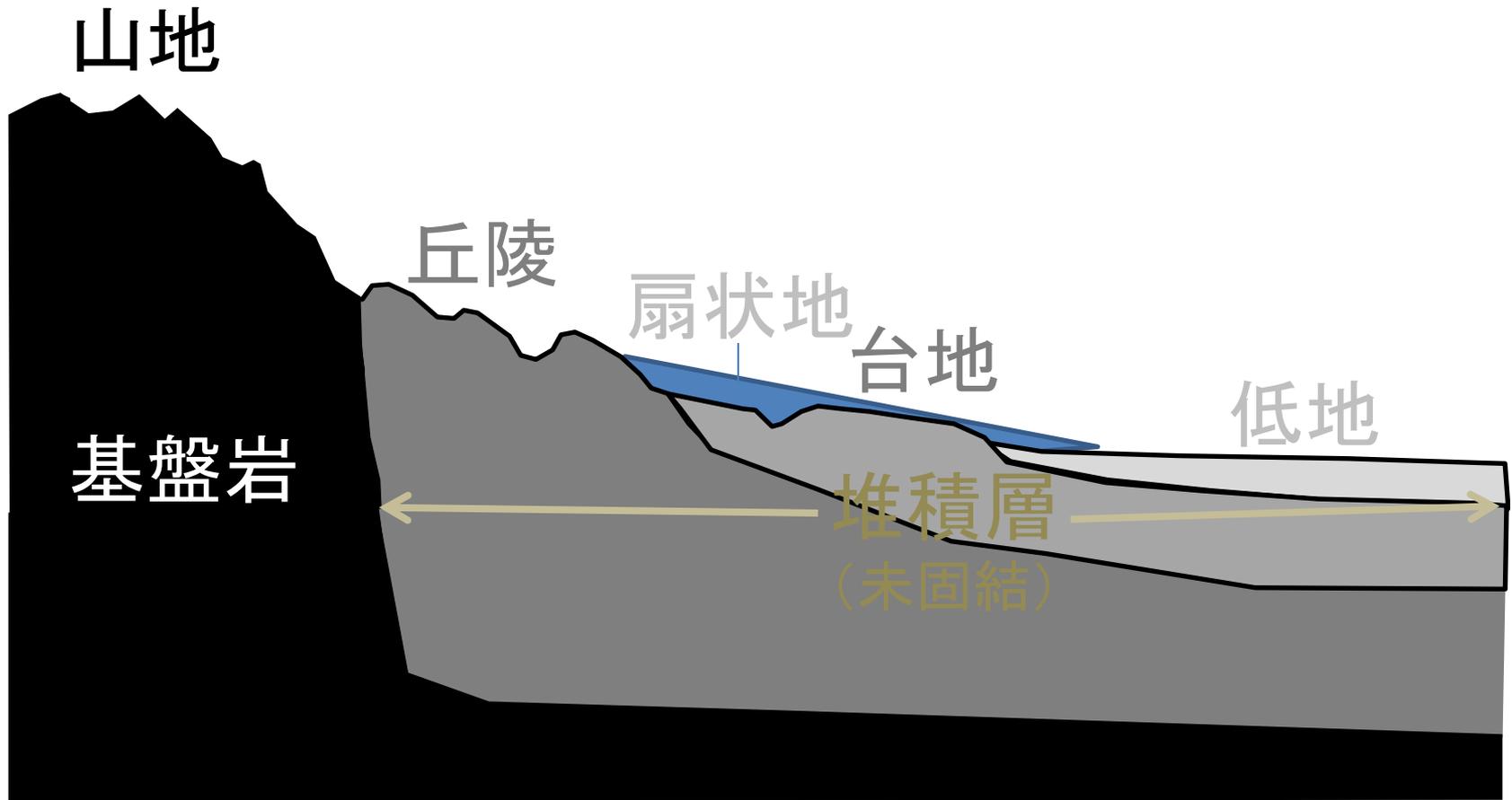


「日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震に関する
専門調査会」(H18)で検討したアスペリティ分布

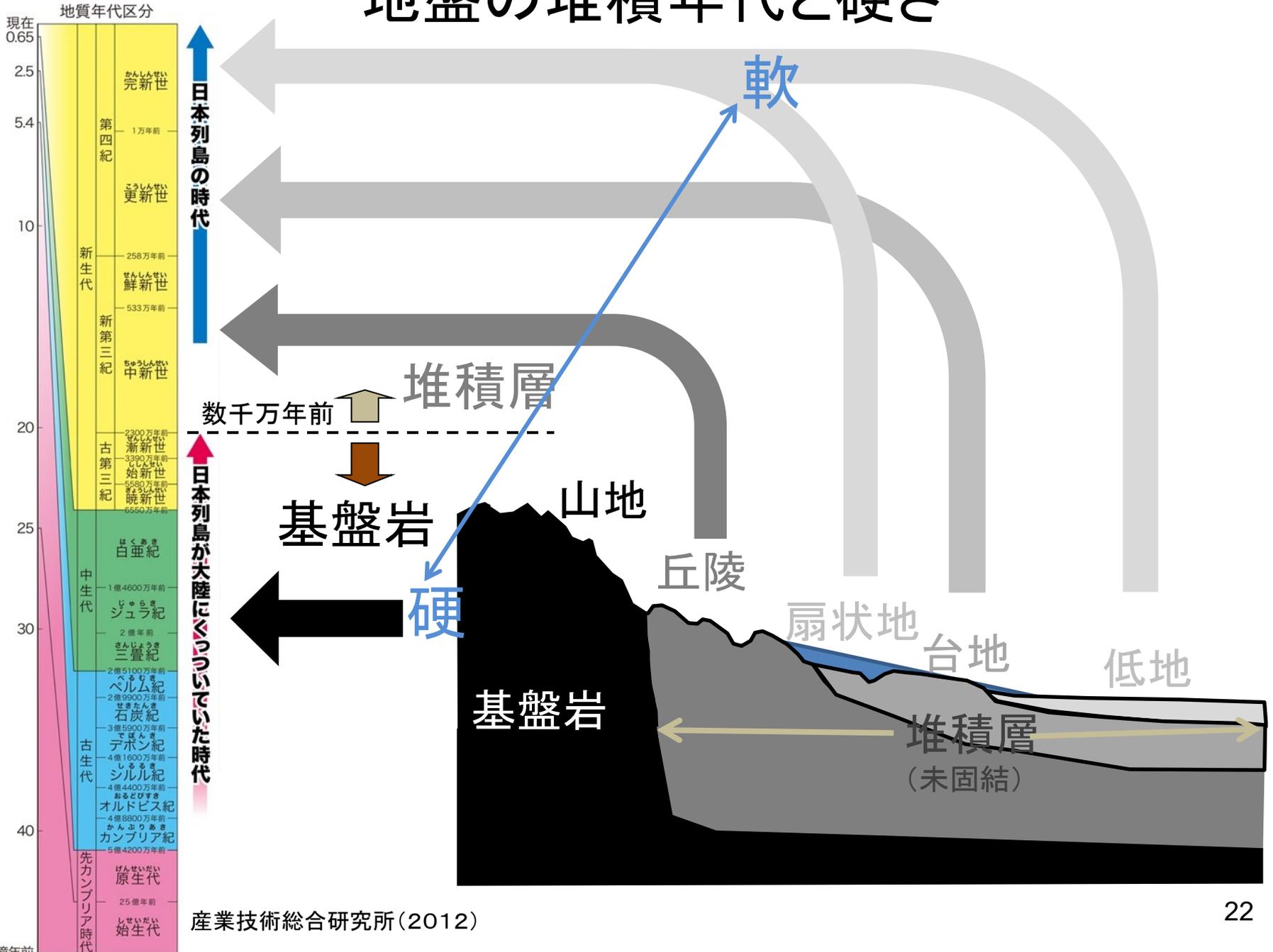
目次

- 0. イントロ
- 1. 地震動予測(揺れの予測)の必要性
 - 1. 意義
 - 2. 過去の地震の震度情報では不足な理由
- 2. 地震動予測で重要な要素
 - 1. 震源断層の破壊プロセスのモデル
 - 2. 地盤構造モデル
- 3. 南海トラフ地震の予測地震動

日本の一般的な地盤構造



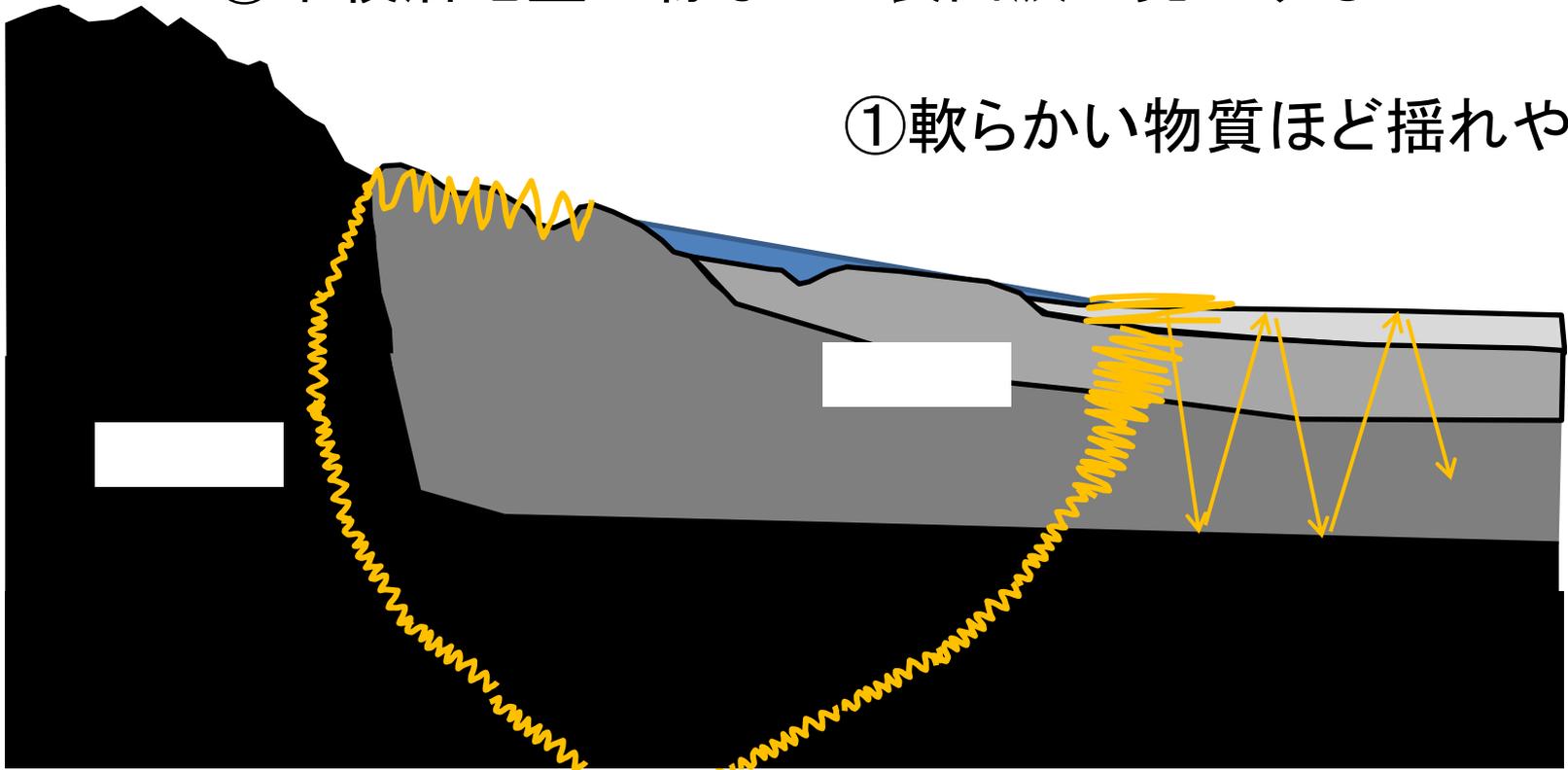
地盤の堆積年代と硬さ



堆積地盤での揺れの特徴

③堆積層地盤の縁などで表面波が発生する

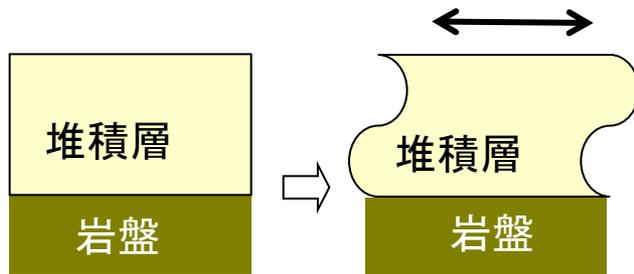
①軟らかい物質ほど揺れやすい



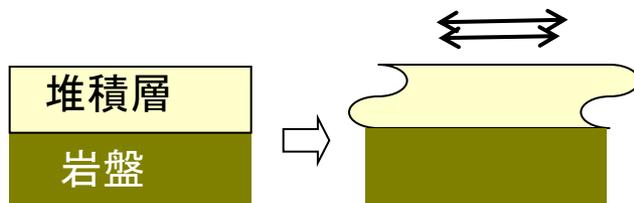
②一旦、堆積層に入った地震波は、地表面と基盤岩上面で反射を繰り返し、長い間、堆積層を揺らし続ける

堆積層で卓越するゆれの周期

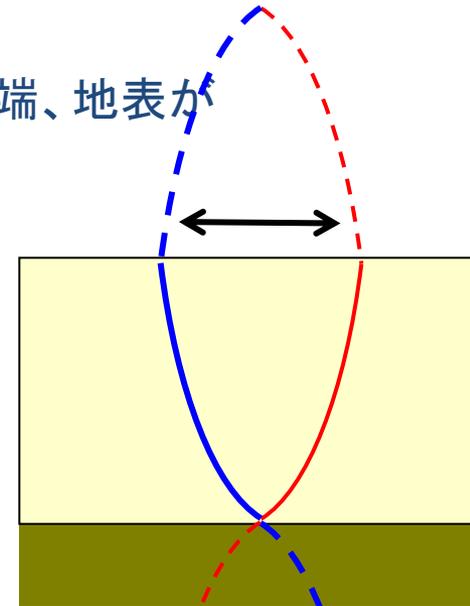
- **厚い**堆積層は**長い**周期が卓越



- **薄い**堆積層は**短い**周期が卓越



岩盤との接点が固定端、地表が自由端の定常波



$$\text{周期} = \frac{\text{堆積層の厚さ} \times 4}{\text{S波速度}}$$

表層の堆積年代

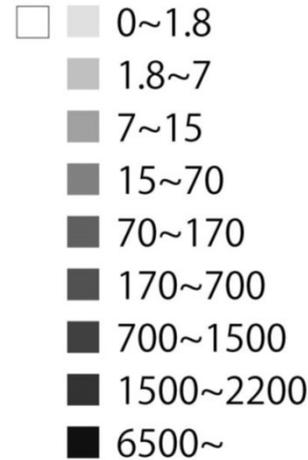
大阪堆積盆地

和歌山平野

現在地

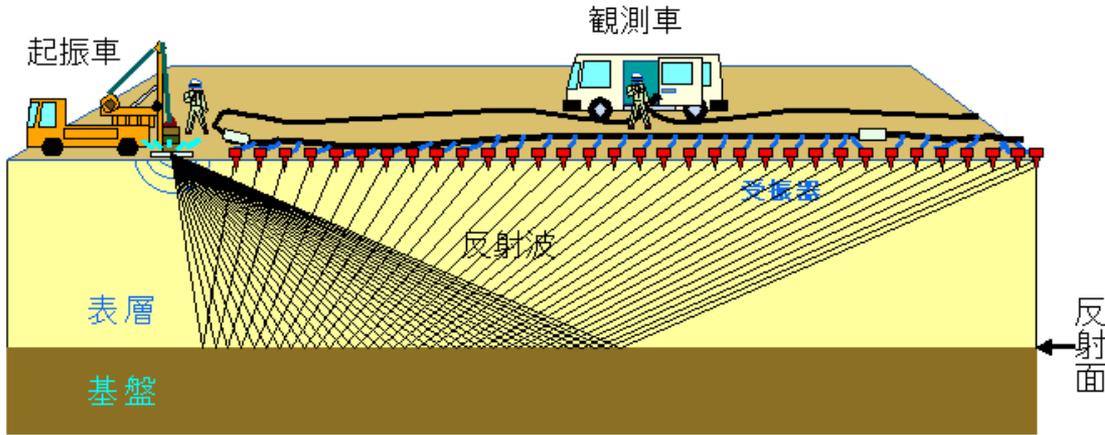
中央構造線断層帯

堆積年代[万年前]



産業技術総合研究所地質調査総合センター
シームレス地質図データより作成

反射法地震探査



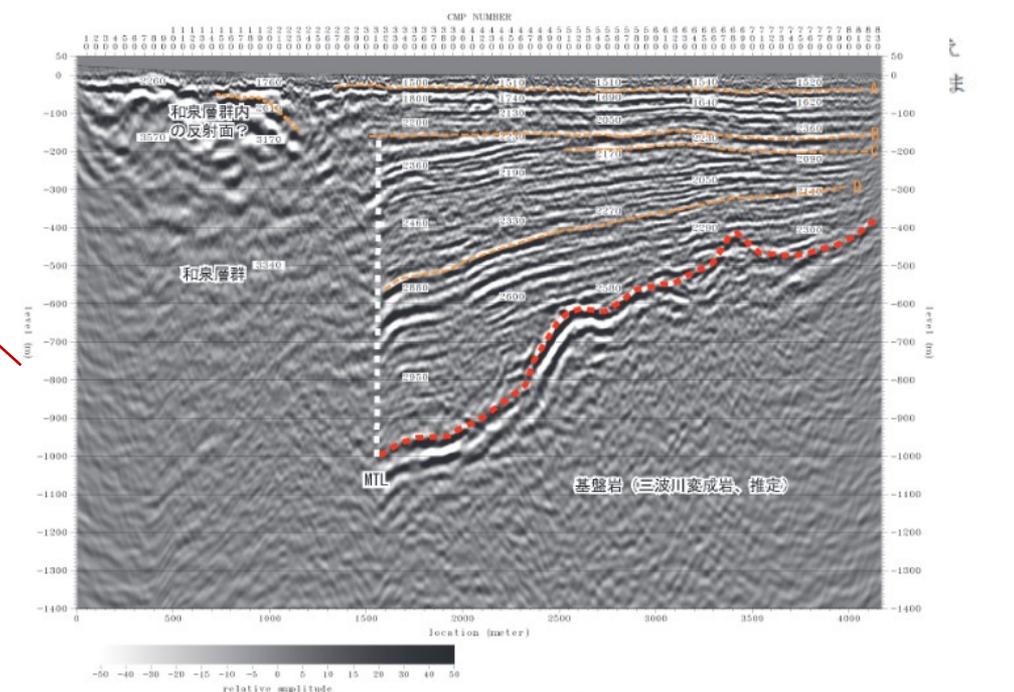
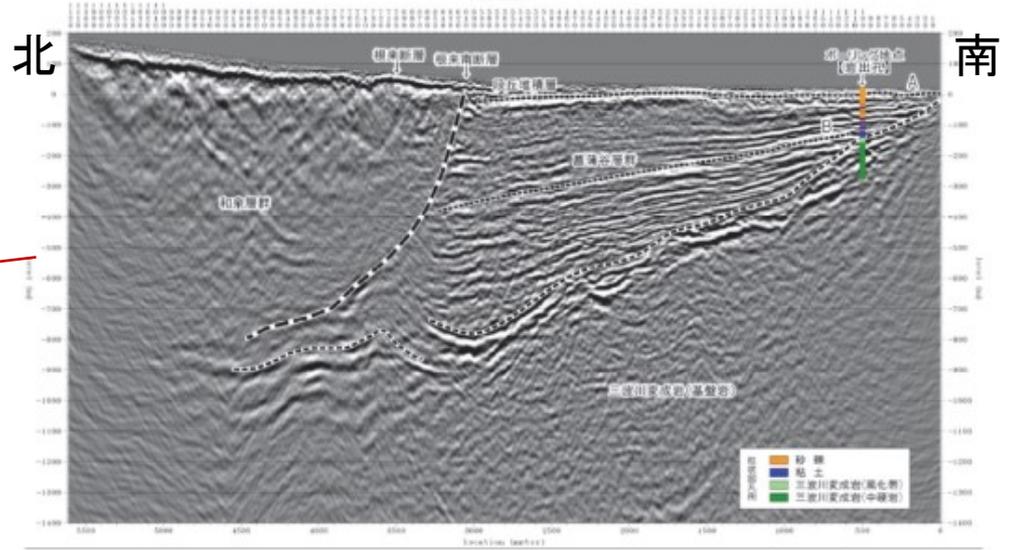
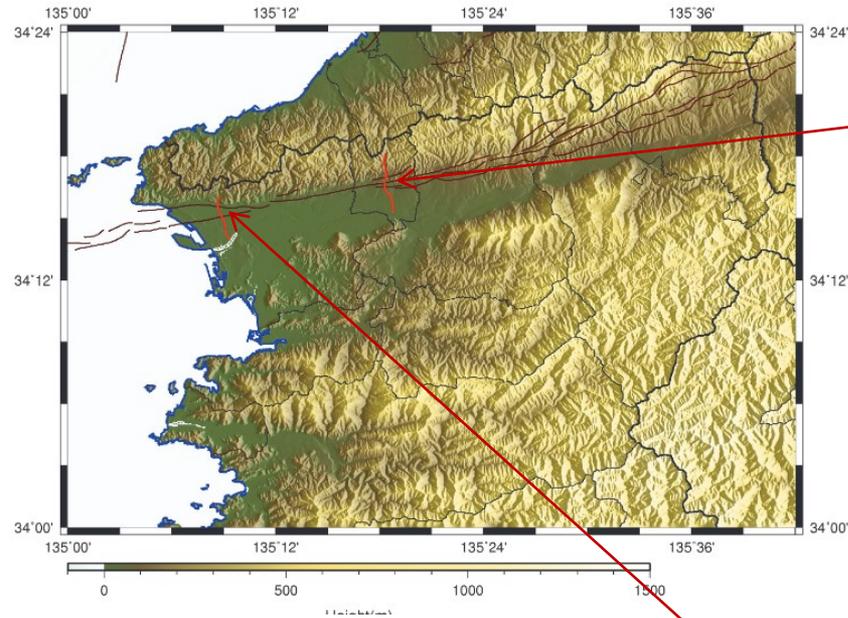
陸上反射法地震探査の模式図



<http://www.n-buturi.co.jp/technology/geophy/seismic/reflection/index.html>

(株)地球科学総合研究所

和歌山平野で行われた反射法地震探査

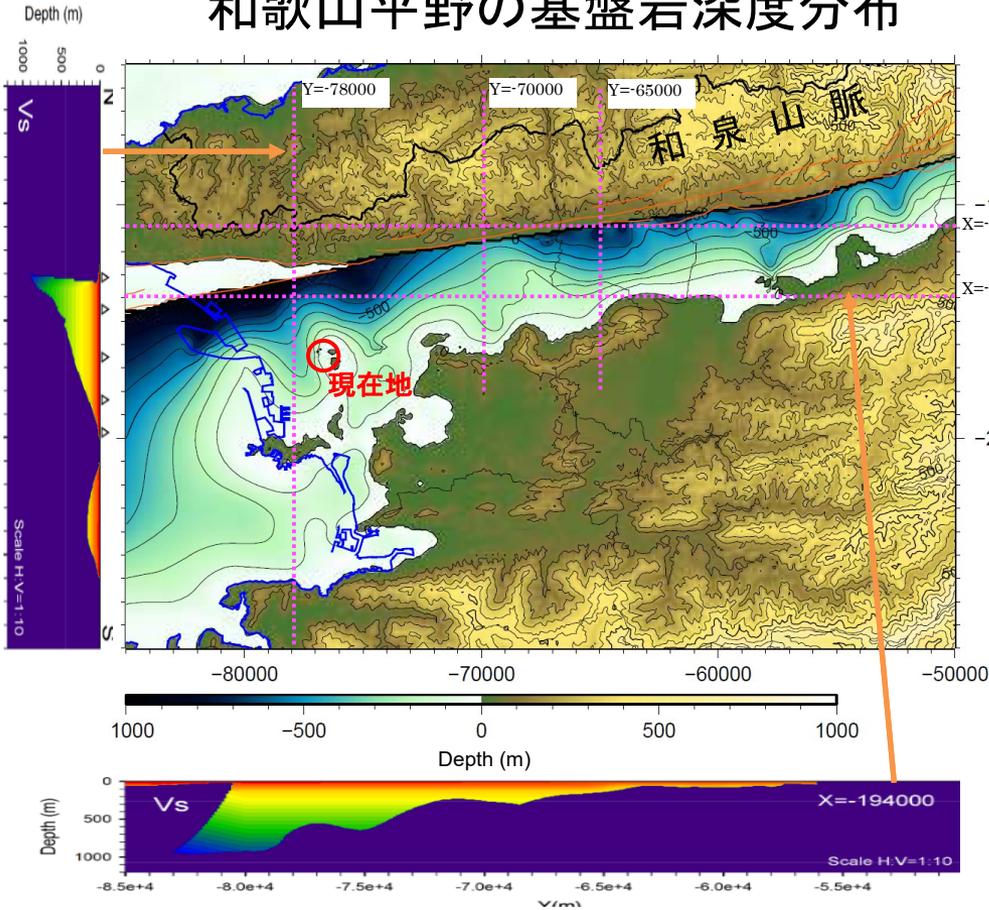


中央構造線断層帯(金剛山地東縁-和泉山脈南縁)における重点的な調査観測(文科省・京都大学、2014)

図 16(1) 和歌山北測線解釈図。鉛直方向に2倍誇張。

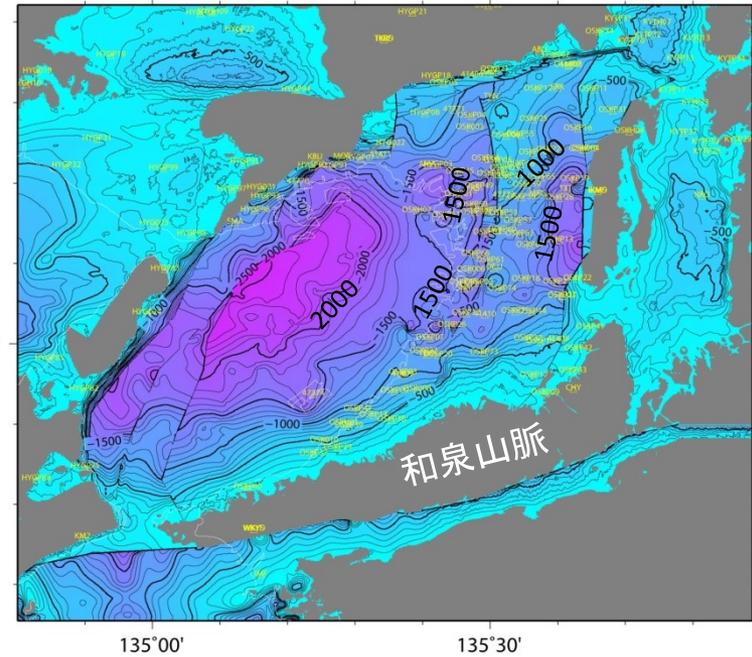
深い地盤構造のモデル

和歌山平野の基盤岩深度分布



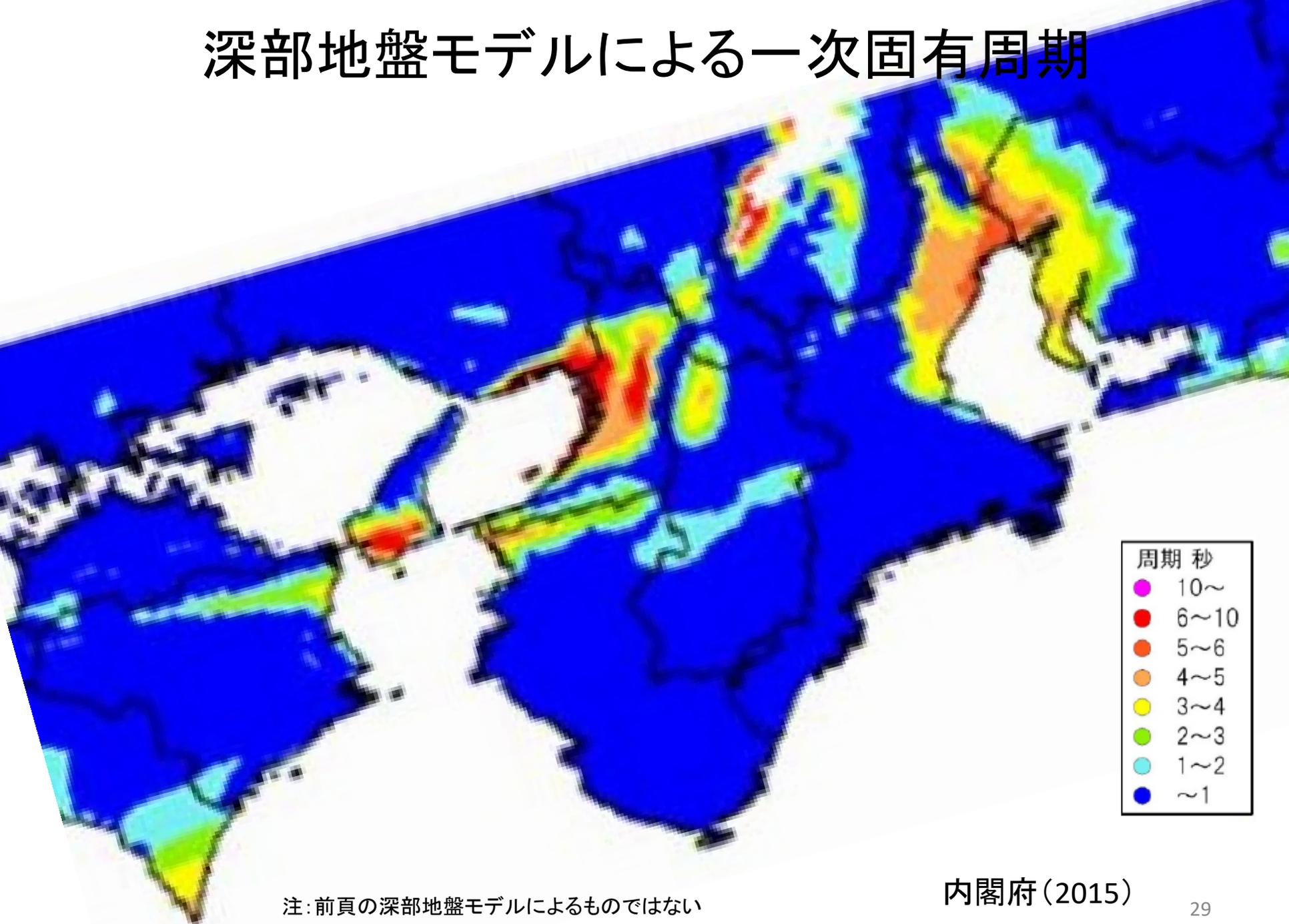
上林ほか(2018)

大阪堆積盆地とその周辺の基盤岩深度分布



Sekiguchi et al. (2016)
関口ほか(2019)

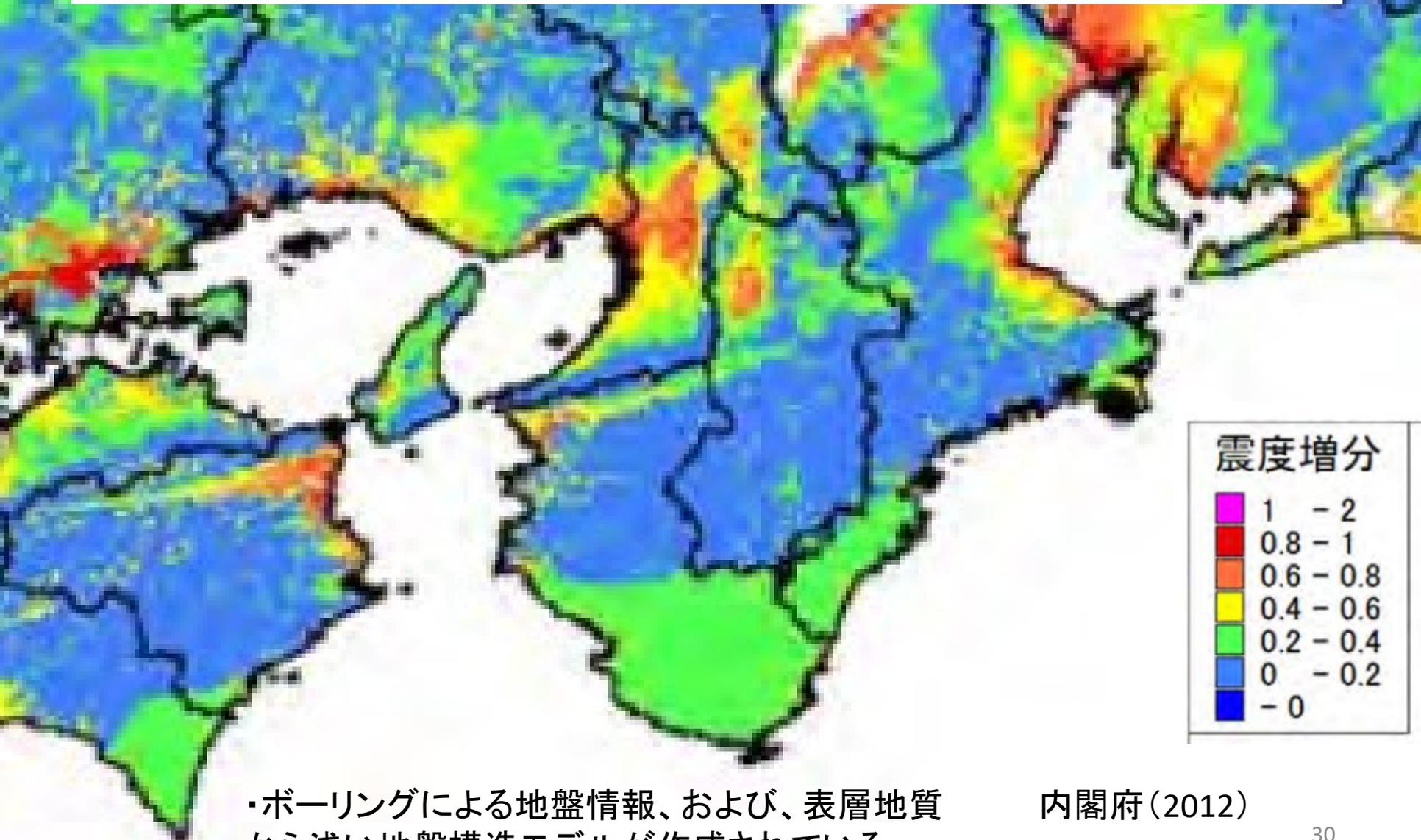
深部地盤モデルによる一次固有周期



注:前頁の深部地盤モデルによるものではない

内閣府(2015)

浅い地盤構造による震度の増分 (S波速度400m/s 地盤に対する増分)



・ボーリングによる地盤情報、および、表層地質から浅い地盤構造モデルが作成されている

内閣府(2012)

目次

- 0. イントロ
- 1. 地震動予測(揺れの予測)の必要性
 - 1. 意義
 - 2. 過去の地震の震度情報では不足な理由
- 2. 地震動予測で重要な要素
 - 1. 震源断層の破壊プロセスのモデル
 - 2. 地下構造モデル
- 3. 南海トラフ地震の予測地震動

南海トラフ地震の震源モデルの例

既往最大(3連動)(Mw8.7)のモデル

巨大地震(Mw9.1)のモデル

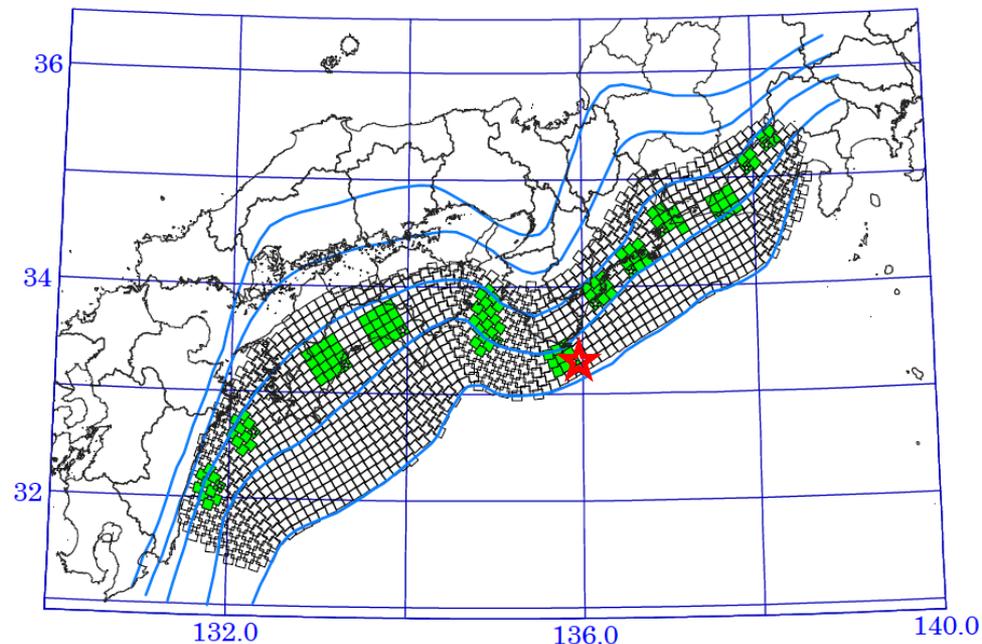
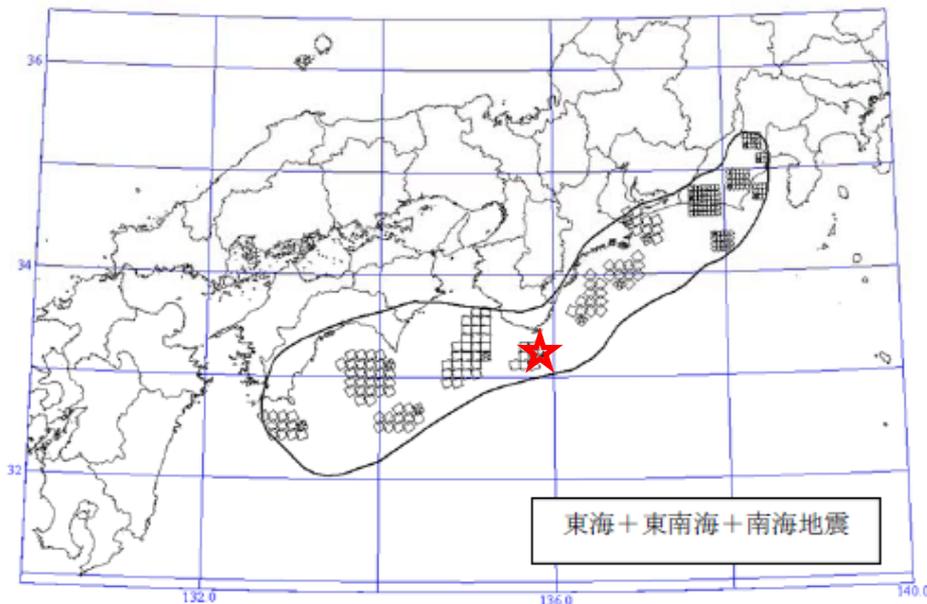


図3.6 強震動生成域の設定の検討ケース(陸側ケース)

中央防災会議(2003)

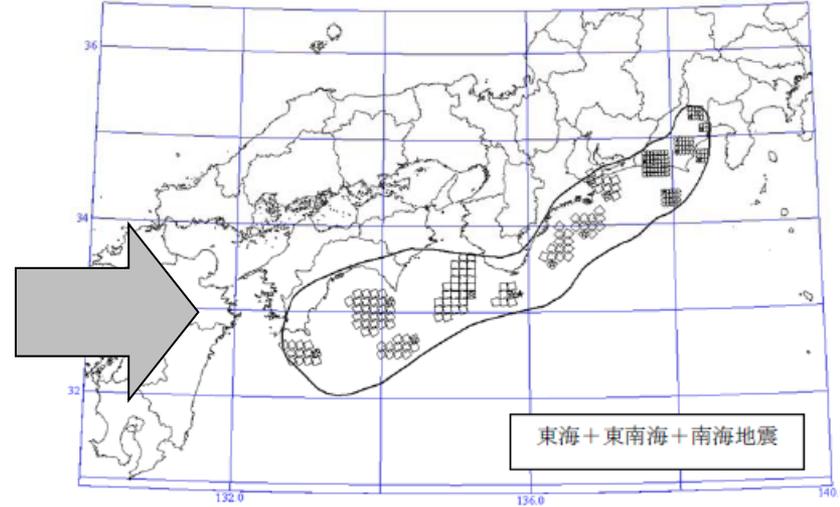
内閣府(2012)

・最低限、既往最大を考えるべきである

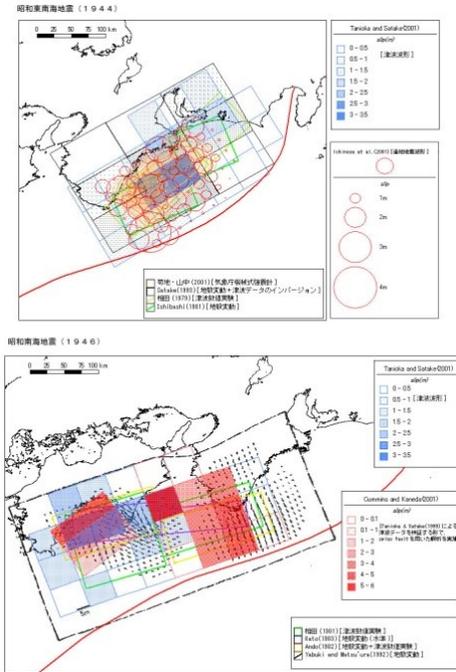
既往最大(3連動)(Mw8.7) (中央防災会議、2003)のモデル

過去の地震の震度分布

南海トラフ添いの巨大地震による震度分布概念図

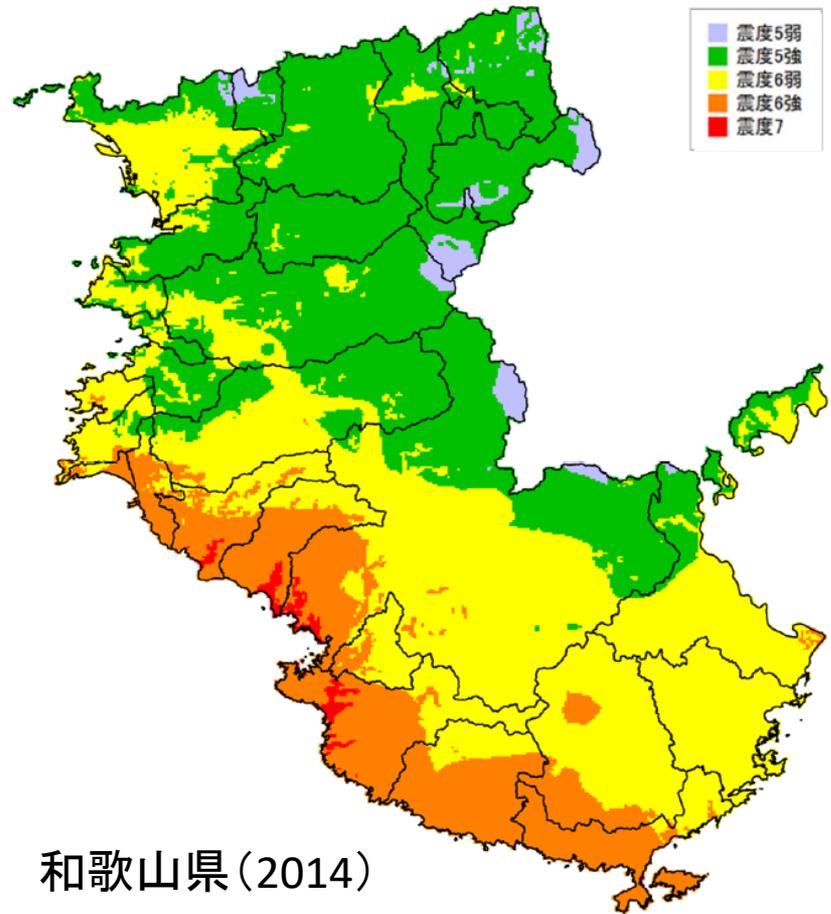


昭和南海地震・東南海地震のすべり分布

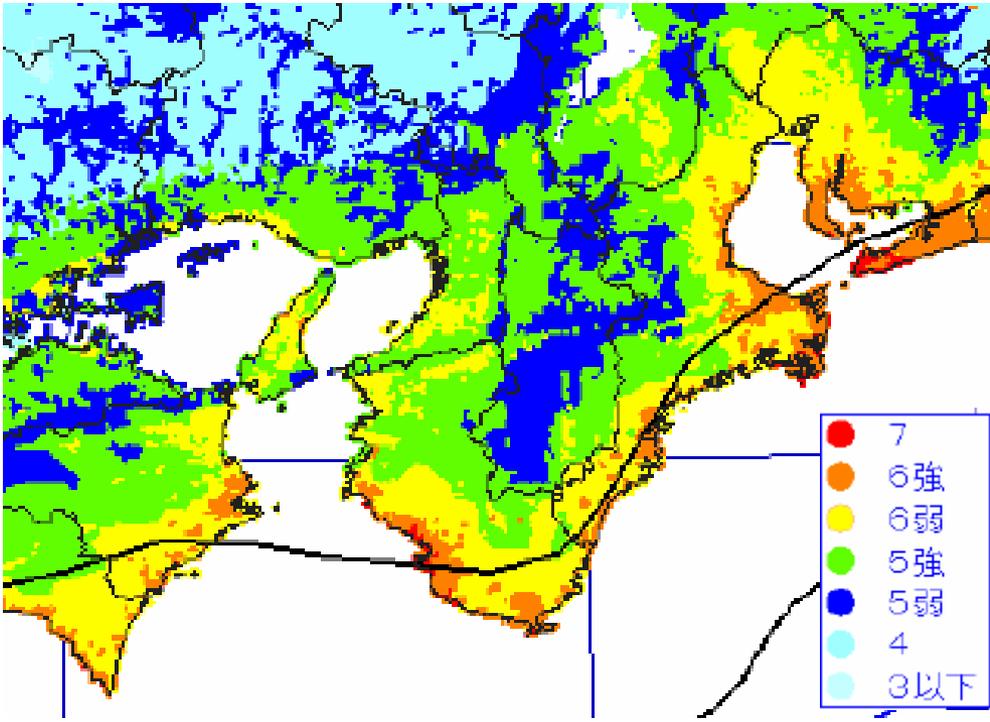


既往最大(3連動) (Mw8.7) 震源モデルによる予測震度分布

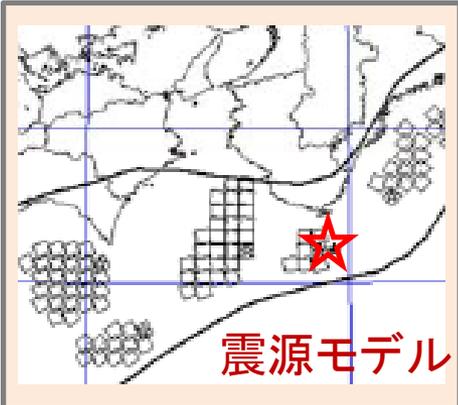
【3連動地震】



和歌山県(2014)

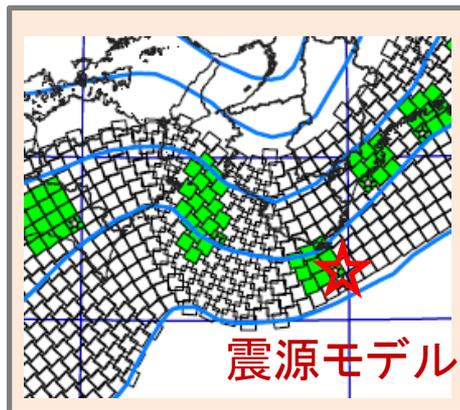
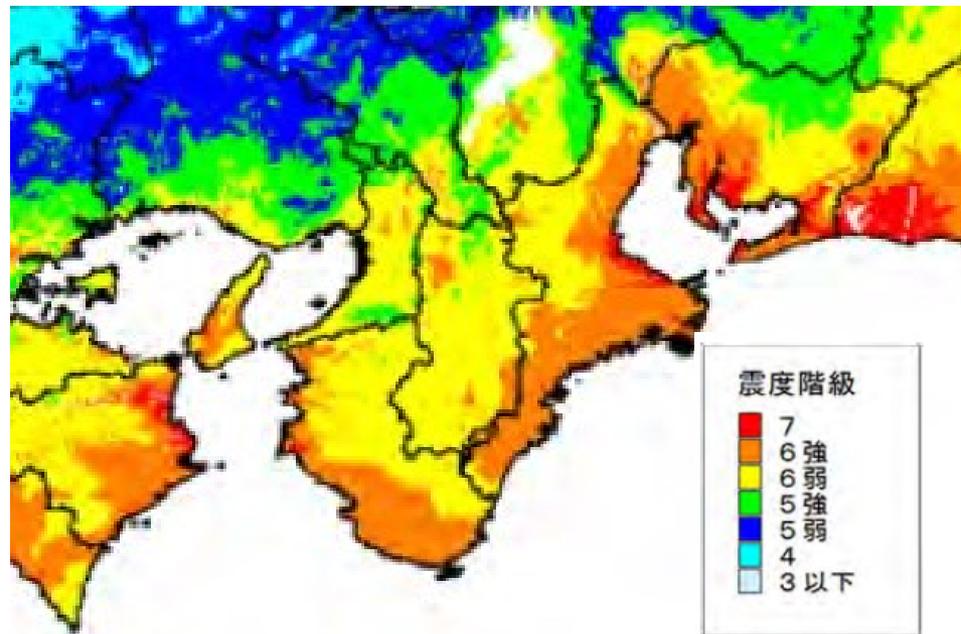
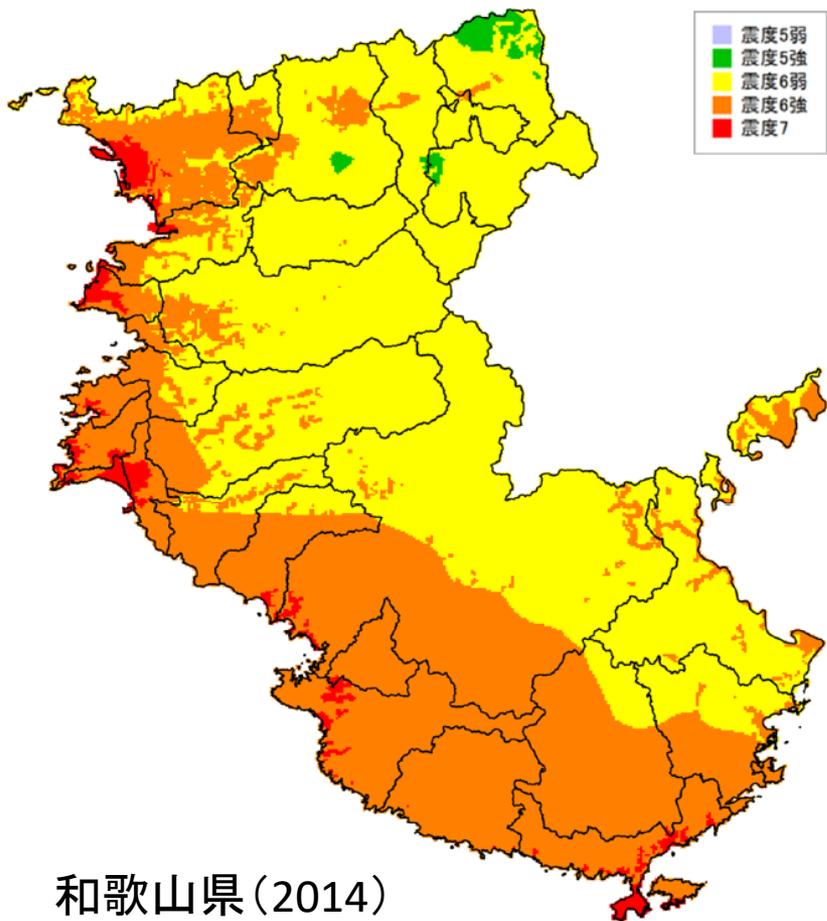


中央防災会議(2003)



巨大地震(Mw9.1)震源モデルによる予測震度分布

【南海トラフ巨大地震】



海溝型地震の断層

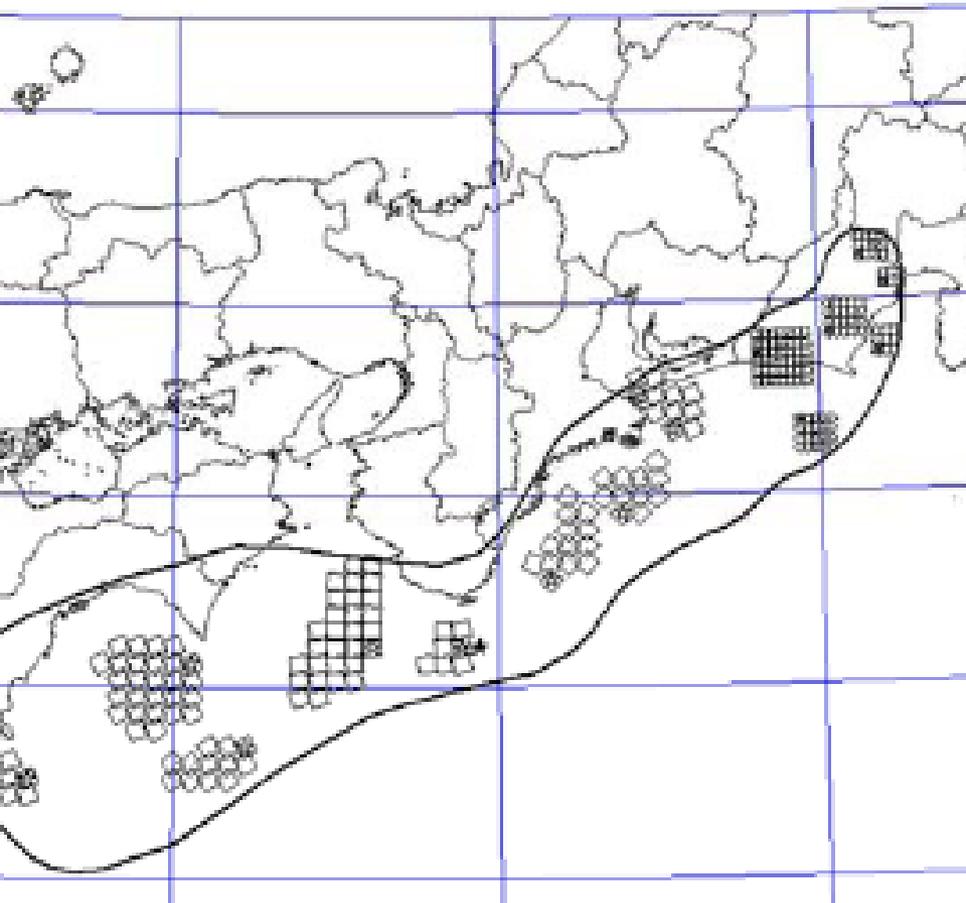
南海トラフ沿いの地震の断層面は、東北地方太平洋沖地震の断層面に比べ、陸に近い。



地震動は強く、地震動被害は度合いも量も大きくなる恐れがある。

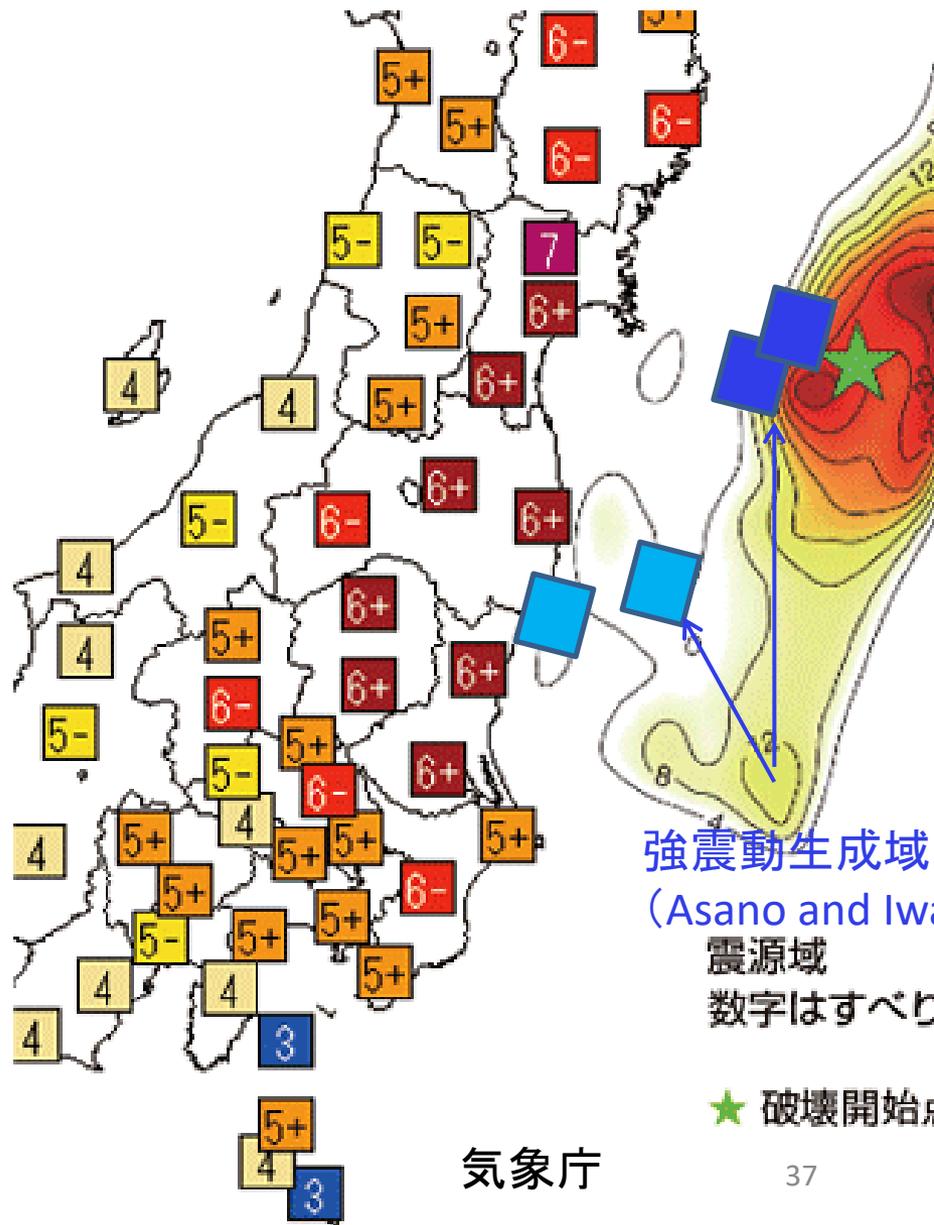
破壊開始点に近い地域では、緊急地震速報からの時間がほとんどない。

南海トラフの既往最大(3連動) (Mw8.7)のモデル



中央防災会議(2003)

2011東北地方太平洋沖地震の 震源像と震度分布



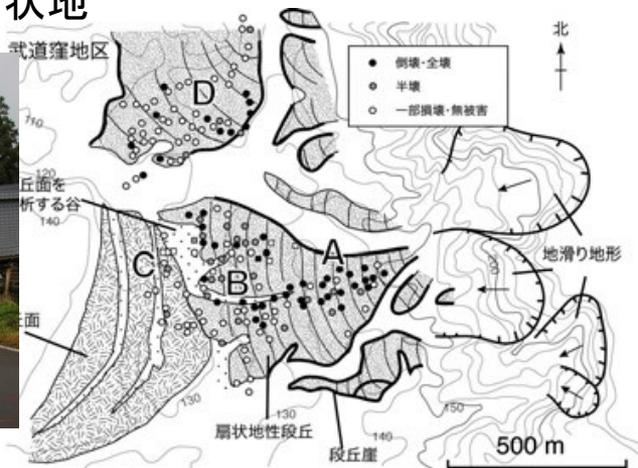
気象庁

現在の地震動予測で十分考慮できていない浅い地盤構造

地すべり堆積物、地すべり地塊の被害集中

盛土崩壊

2004新潟県中越地震の扇状地



吉見ほか(2005)

1995年兵庫県南部地震



国土交通省
パンフレットより

2014長野県神城断層地震 堀之内地区



ト部ほか(2014、HPより)

まとめ:地震動予測について

- 地震動予測は、減災対策の基礎情報を提供する。
- 構造物被害や液状化は、地震動の強さ、周期特性、継続時間に影響を受ける。これらを適切に予測するため、震源モデルと地盤モデルの精度を高める努力がなされている。
- 震源断層の破壊プロセスのモデルでは、断層面の5~20%を占める強震動生成域と破壊伝播方向の設定が重要。強震動生成域の位置が固定しているという考え方もある。
- 地盤構造モデルの質は空間的に一様ではなく、精度が不十分なところも多い。新しいモデル、ローカルに作られたモデルのほうが一般的に精度が良い。

まとめ：南海トラフ地震の和歌山県の地震動予測について

- 南海トラフの地震に対する減災・防災対応を考える際には、震源モデルとして、最低限、既往最大を考えるべきである。
- 中央防災会議(2003)の既往最大(3連動)(M8.7)震源モデルによる地震動予測では、和歌山県の震度は5強～7と推定されている。強震動生成域に近いと震度6強に、さらに地盤構造により所により震度7になる。
- 和歌山平野の一部では周期3秒程度のやや長周期地震動の増幅が想定される。
- 南海トラフ沿いの地震の震源モデルは破壊開始点を紀伊半島の南に置くものが多いが、その場合、和歌山県南部では緊急地震速報から強い揺れが来るまでの時間がほとんどない。
- 破壊開始点が紀伊半島の南方ではない場合、破壊の指向性効果により、破壊開始点が紀伊半島の南方とした予測よりも大きな地震動になる可能性が高い。
- 丘陵地や山地では、地すべり堆積物の地盤や盛土地盤にも注意が必要。