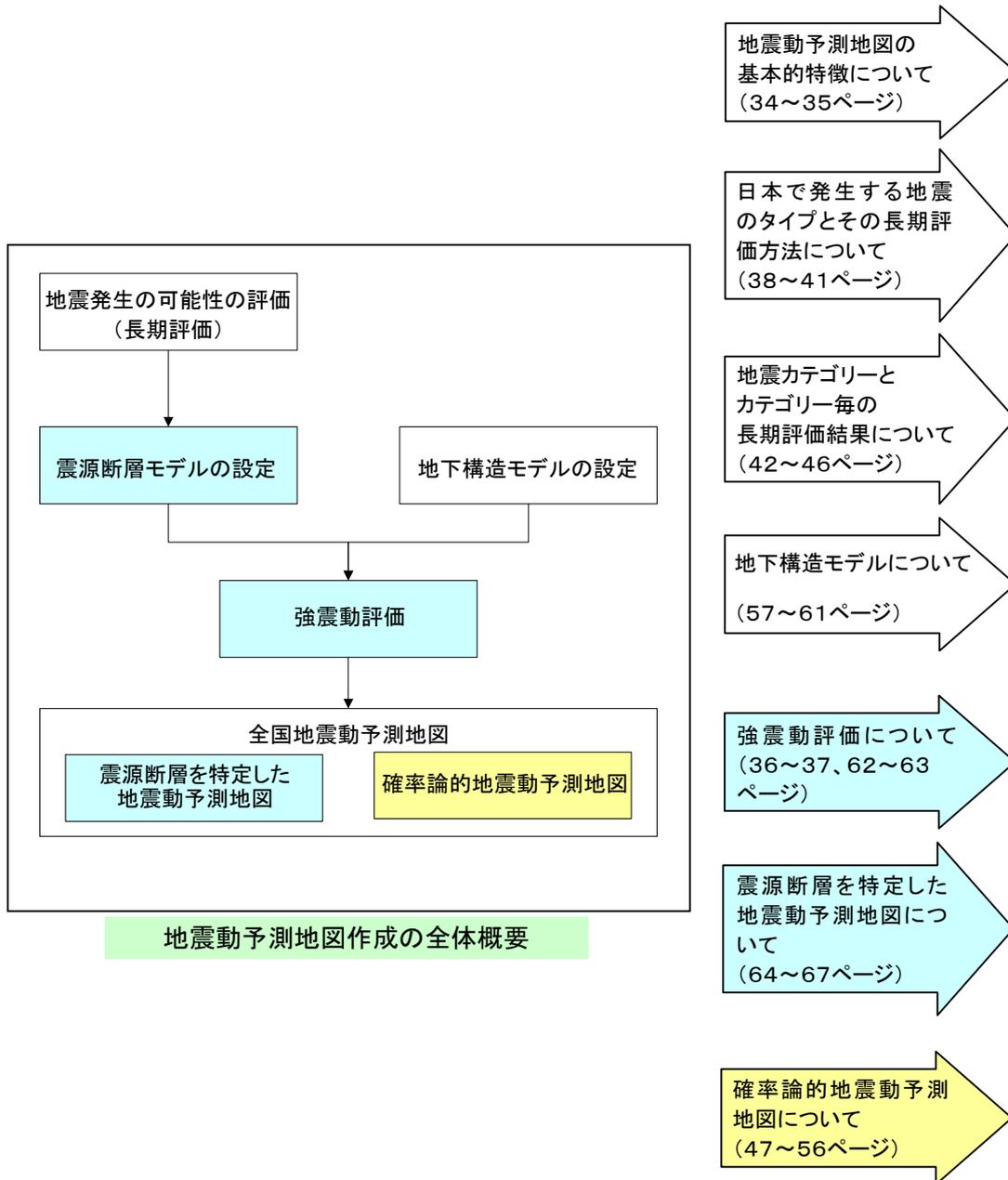


# 5. 解説編

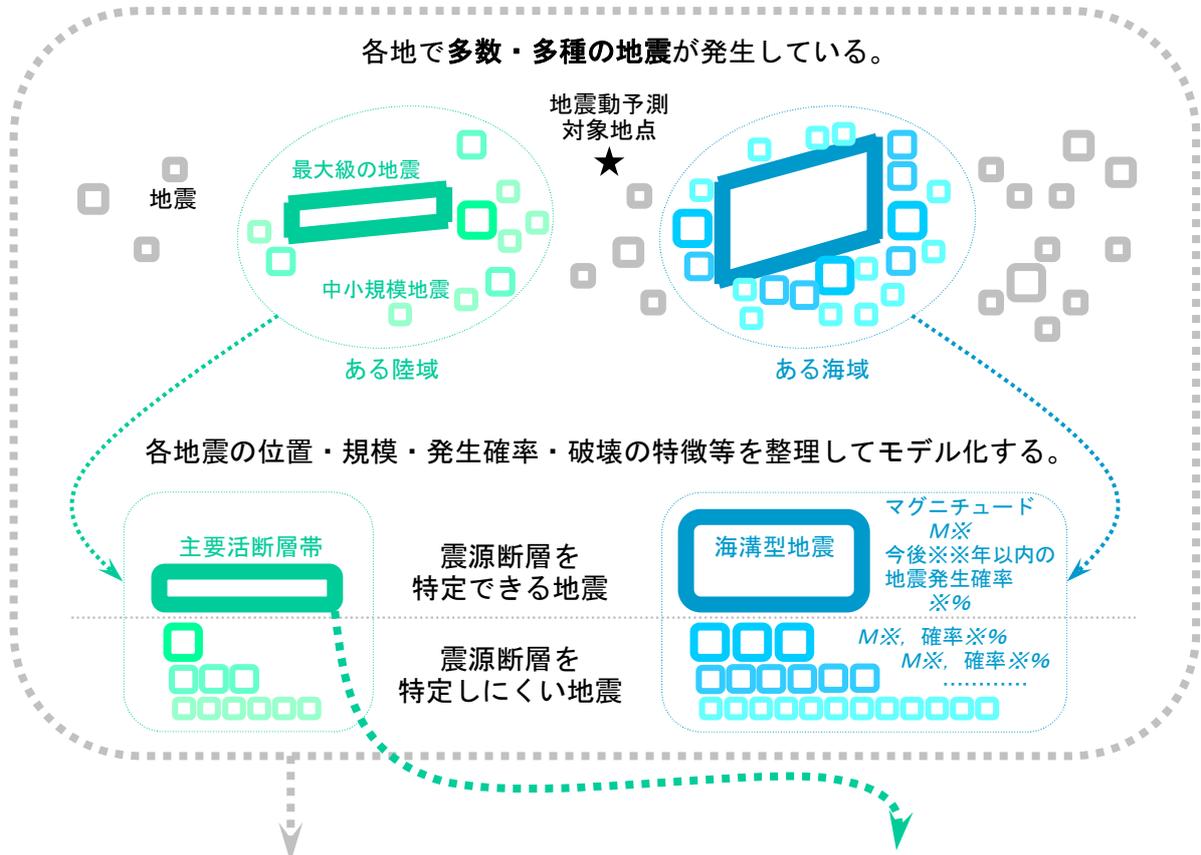
もう少し詳しく知りたい方のために・・・＜解説＞



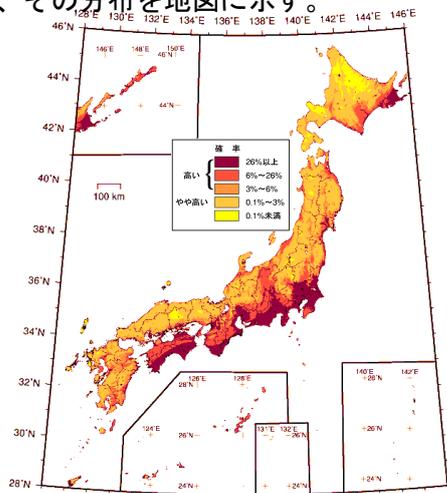
# 解説：全国地震動予測地図とは

「確率論的地震動予測地図」と「震源断層を特定した地震動予測地図」

地震調査研究推進本部の作成する地震動予測地図には、「確率論的地震動予測地図」と「震源断層を特定した地震動予測地図」という二種類の地図がある。

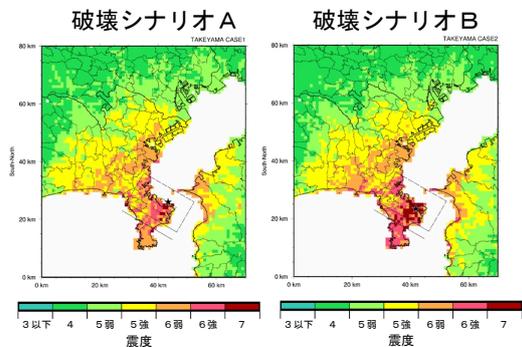


現時点において考慮する全ての地震の位置・規模・確率に基づき各地点がどの程度の確率でどの程度揺れるのかをまとめて計算し、その分布を地図に示す。



確率論的地震動予測地図

ある特定の地震の破壊シナリオが生じた場合に各地点がどのように揺れるのかを計算し、その分布を地図に示す。

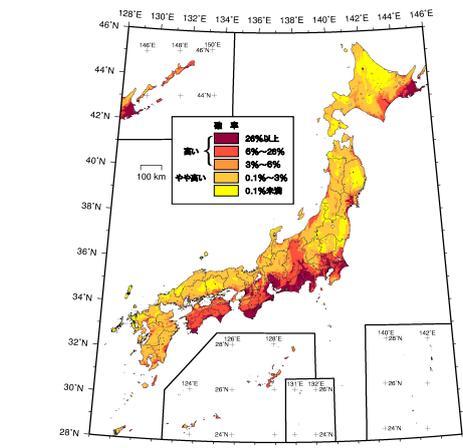
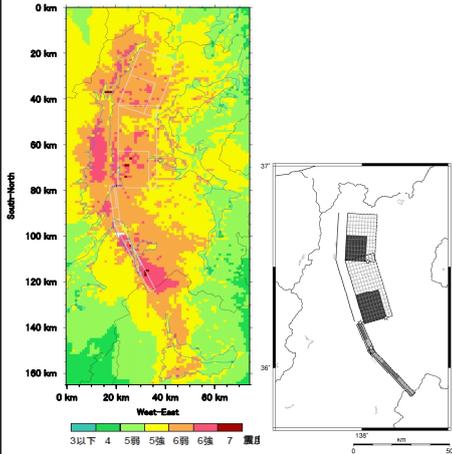


震源断層を特定した地震動予測地図

## 解説：全国地震動予測地図とは

「確率論的地震動予測地図」と「震源断層を特定した地震動予測地図」

- ★ 「確率論的地震動予測地図」とは、現時点で考慮しうる全ての地震の位置・規模・確率に基づき各地点がどの程度の確率でどの程度揺れるのかをまとめて計算し、その分布を地図に示すものである。（詳しくは 解説編-29~46 参照のこと）
- ★ 「震源断層を特定した地震動予測地図」とは、ある特定の断層について、特定の断層破壊の仕方（破壊シナリオ）で地震が生じた場合に各地点がどのように揺れるのかを計算し、その分布を地図に示すものである。

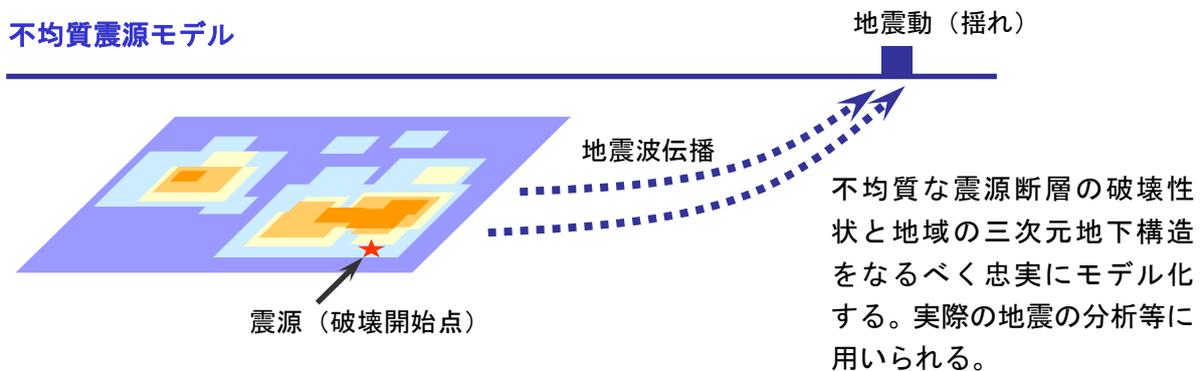
	確率論的地震動予測地図	震源断層を特定した地震動予測地図
定義	多数・多種の地震の発生とそれによる地震動の強さを確率論的に処理してまとめたハザードカーブに基づいて各地点の地震動の強さ・期間・確率の関係情報を地図にまとめたもの	ある特定の想定地震の破壊シナリオが発生した場合にある地域に同時に生じる地震動強さの分布を地図にまとめたもの
種類	超過確率の分布を示した地図 地震動強さの分布を示した地図	地震動強さの分布を示した地図
例	多種多様な地震により今後 30 年間に震度 6 弱以上の揺れに見舞われる確率 	想定糸魚川-静岡構造線断層帯地震の破壊ケース1(右図)による地表の計測震度(左図) 
主な特徴	<ul style="list-style-type: none"> <li>・地震動強さ・期間・確率のうち二つを固定した場合の残る一つのパラメータの地域分布</li> <li>・一つの地震により同時に発生する地震動強さ分布ではない</li> <li>・周辺で発生する可能性のある全ての地震をその種類毎に確率論的にモデル化</li> <li>・現状では経験式(距離減衰式)による地震動評価が基本</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・予め特定の地震あるいは特定の破壊シナリオを想定する</li> <li>・複数の地震あるいは複数の破壊シナリオに対しては異なる結果</li> <li>・震源・伝播・サイトの各特性に関する地域の詳細情報を利用した高度な地震動評価が可能</li> <li>・時刻歴波形が評価されている</li> </ul>
主な利用例	<ul style="list-style-type: none"> <li>・法令整備</li> <li>・設計荷重設定・設計指針</li> <li>・広域防災計画</li> <li>・都市計画・施設立地選定</li> <li>・公的教育</li> <li>・地震保険料率算定</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・特定の地震を想定した諸対策の立案・震災時行動計画・備蓄計画</li> <li>・顕著な地域的・局所的特徴を反映した時刻歴波形を用いた各種構造物の耐震設計・耐震性評価・改修・研究</li> <li>・地域の詳細情報自体にも利用価値</li> </ul>

## 解説：地震動予測の基本的な考え方

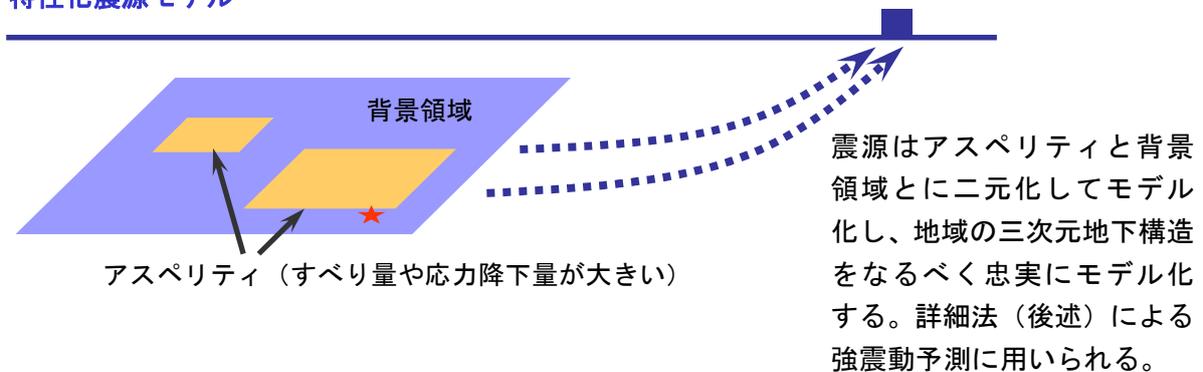
不均質震源モデル・特性化震源モデル・一様震源モデル

自然現象としての地震は複雑で、震源断層の三次元的な形状や破壊性状、三次元的に変化する地下構造の影響を受ける地震波の三次元的な伝播性状、表層地盤による増幅等の局所的な条件の影響により、地震動の性状は左右される。実際には、それらの活用可能な情報の質・量や地震動予測結果の活用目的に応じて、震源特性や伝播特性をモデル化して扱う。

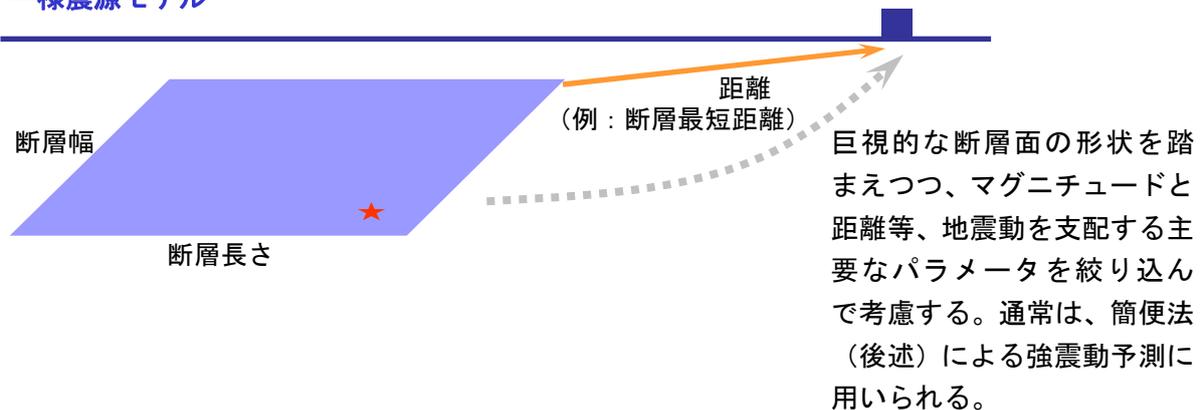
### 不均質震源モデル



### 特性化震源モデル



### 一様震源モデル

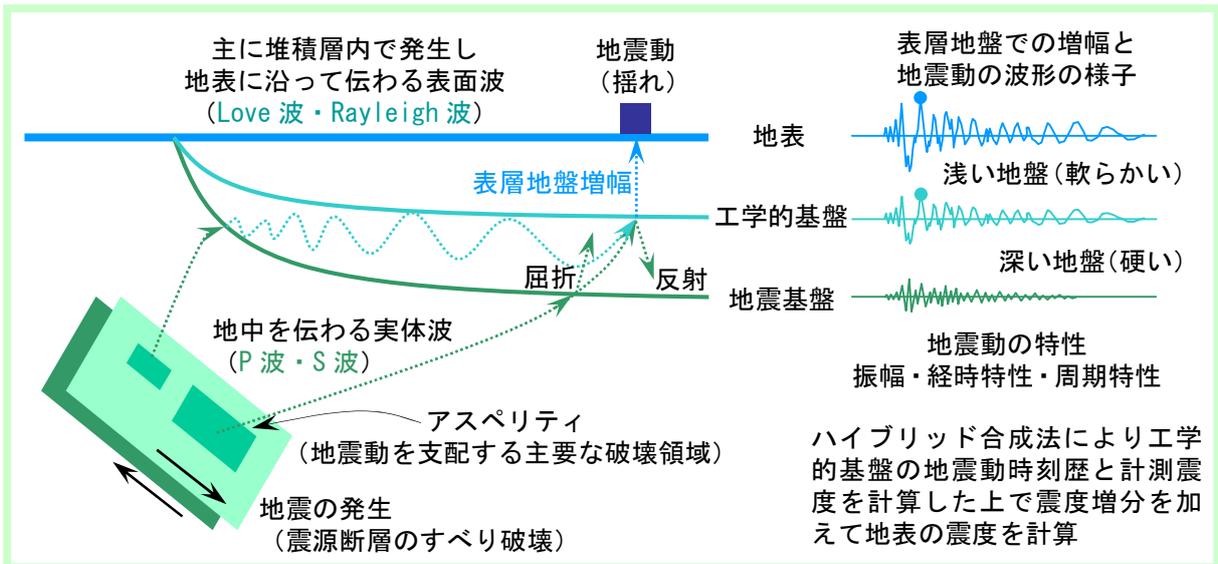


## 解説：地震動予測の基本的な考え方

ハイブリッド合成法に基づく「詳細法」と距離減衰式に基づく「簡便法」

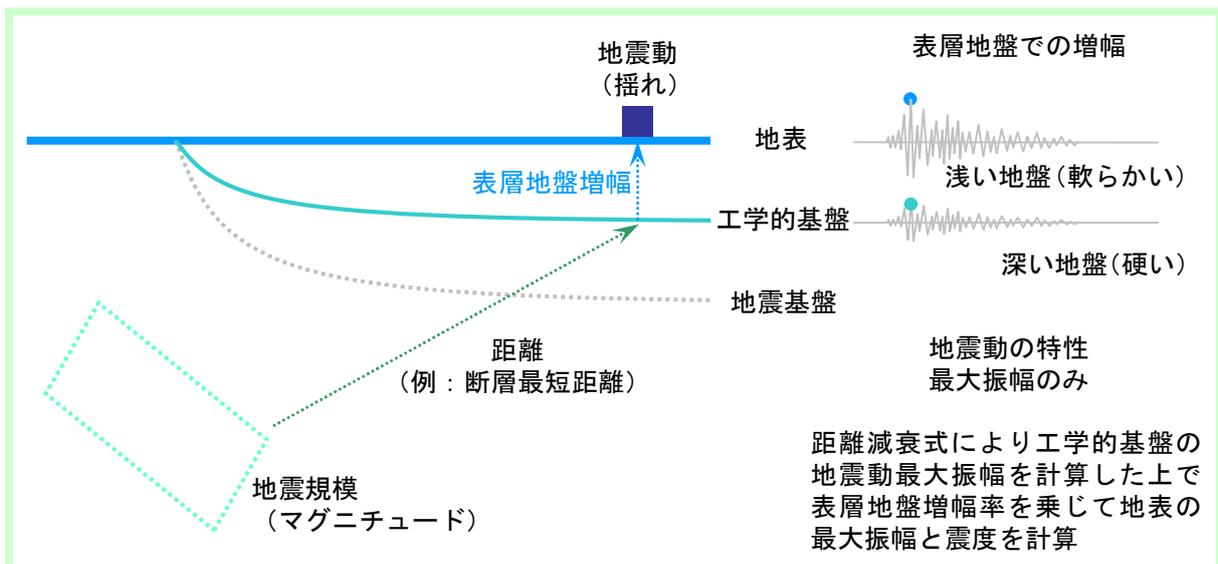
全国地震動予測地図で用いられている地震動予測手法は、ハイブリッド合成法に基づく「詳細法」と距離減衰式に基づく「簡便法」とに大別される。

詳細法では、三次元的な形状とそこでの破壊伝播を考慮し得る震源断層モデルを用いて、差分法により長周期地震動を計算し、統計的グリーン関数法により短周期地震動を計算し、マッチングフィルタを介して両者を合成して広帯域地震動の時刻歴を予測する。このとき、差分法では三次元的な形状とそこでの波動伝播を考慮し得る地下構造モデルを用い、統計的グリーン関数法では、水平成層構造を仮定した一次元地下構造モデルを用いる。



### ハイブリッド合成法に基づく「詳細法」による地震動予測の概要

簡便法では、地震規模 (マグニチュード) と距離 (例えば断層最短距離等) を与え、距離減衰式により地震動の最大振幅を計算する。

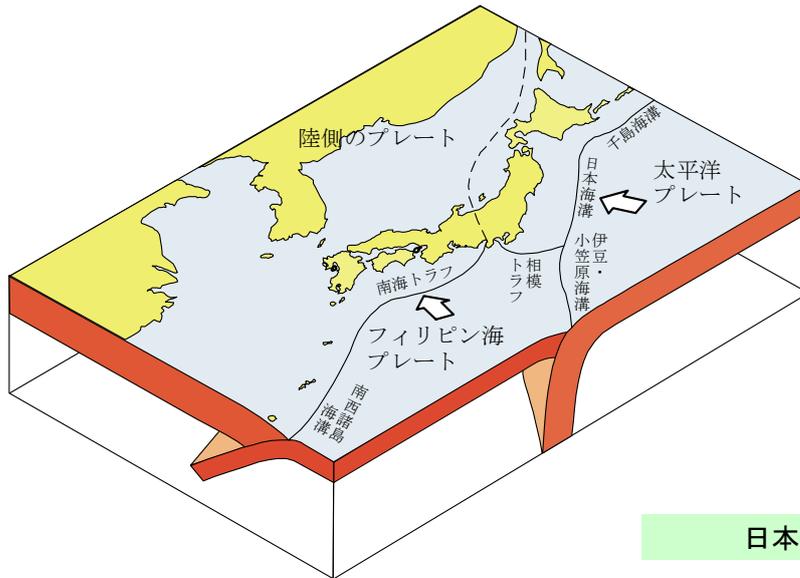


### 距離減衰式に基づく「簡便法」による地震動予測の概要

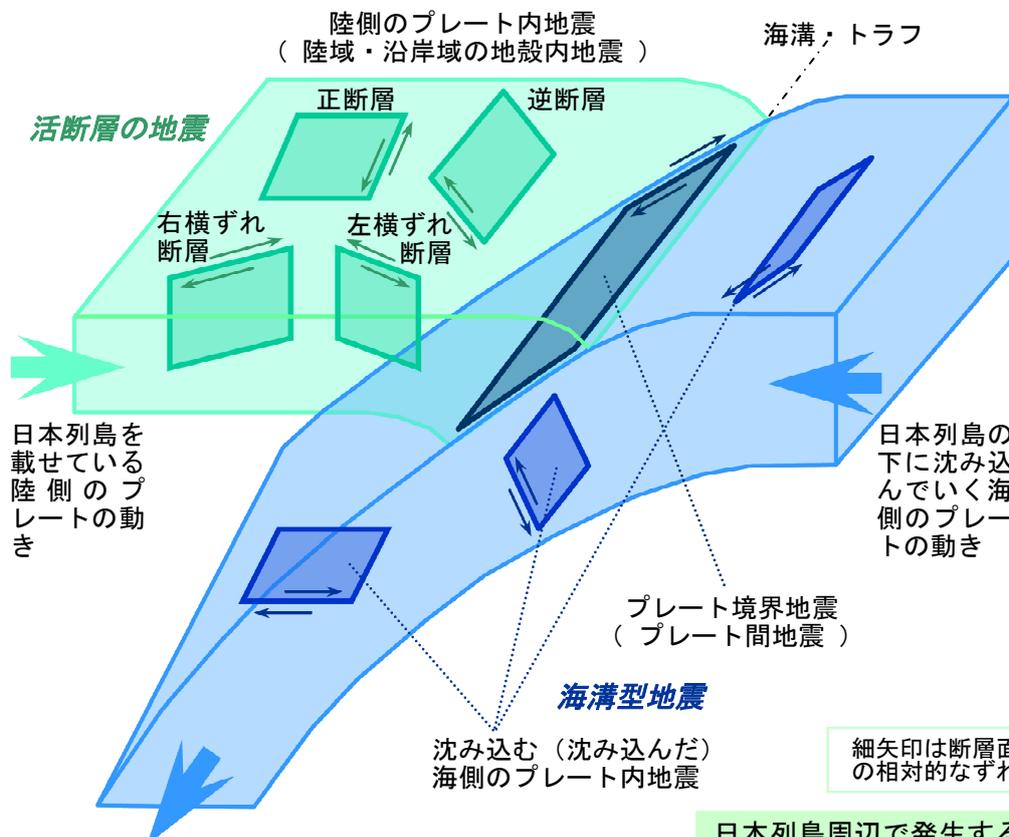
## 解説：日本列島とその周辺で発生する地震のタイプ

日本列島周辺のプレートの構造とそこで発生する多種多様な地震のタイプ

プレートは、地球表面を覆う厚さ数十 km~100 km 程度の岩盤である。日本列島とその周辺では、日本列島が載っている陸側のプレートと、太平洋プレートおよびフィリピン海プレートという海側の2つのプレートがあり、海側のプレートは陸側のプレートの下に沈み込んでいる。この地域で発生する地震は、活断層で発生する地震等、「陸域および沿岸域で発生する地震」と「海溝等のプレート境界やその近くで発生する地震」（海溝型地震）の2つに大別される。



日本列島周辺のプレート

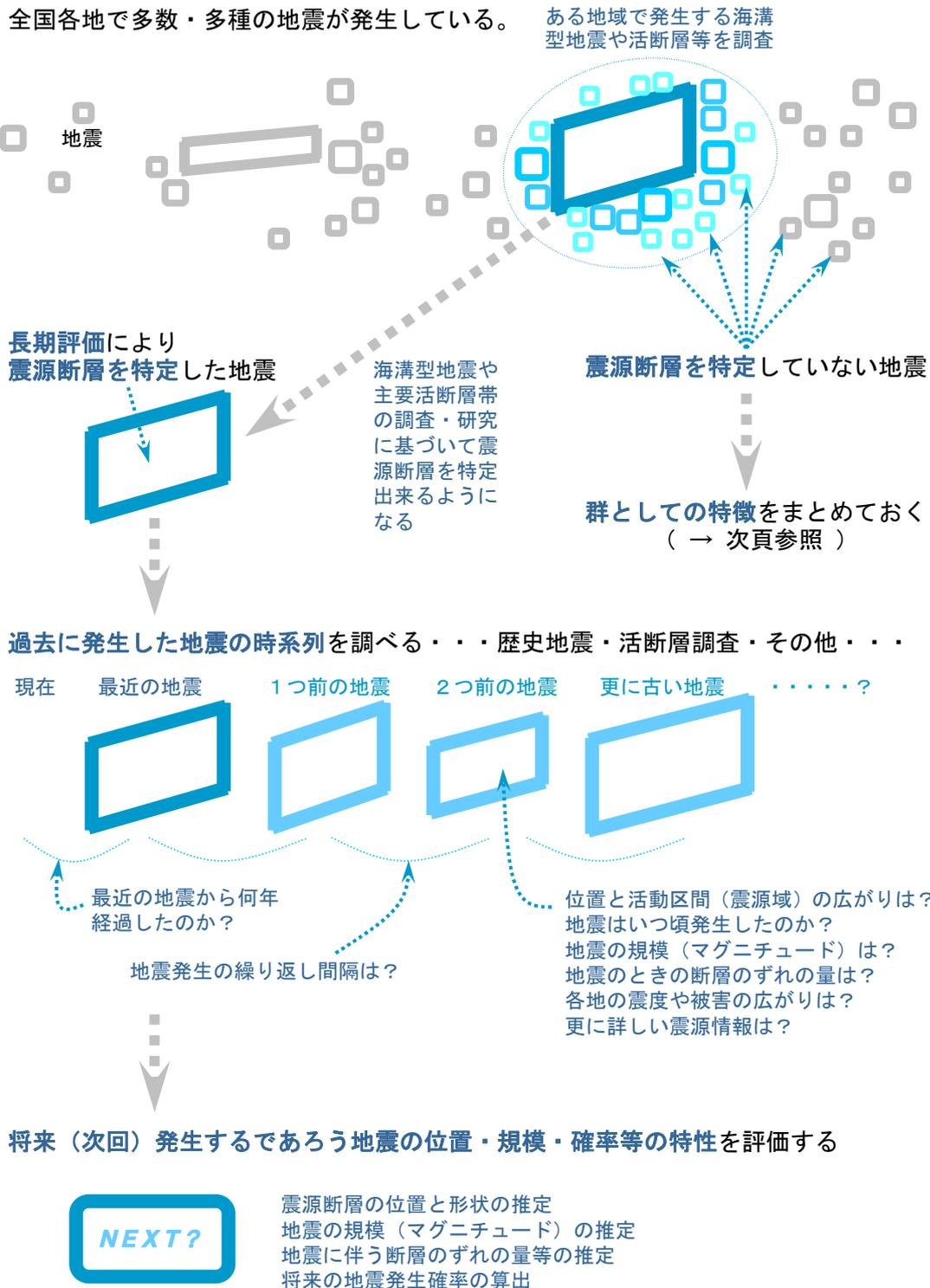


日本列島周辺で発生する地震のタイプ

## 解説：震源断層を特定した地震とその長期評価

地震調査研究推進本部による長期評価の概要

地震調査研究推進本部の長期評価では、以下のような検討の流れに沿って、将来の地震を引き起こすと考えられる断層の位置と形状、その地震の規模（マグニチュード）、地震に伴う断層のずれの量等を推定すると共に、将来の地震発生確率を算出している。



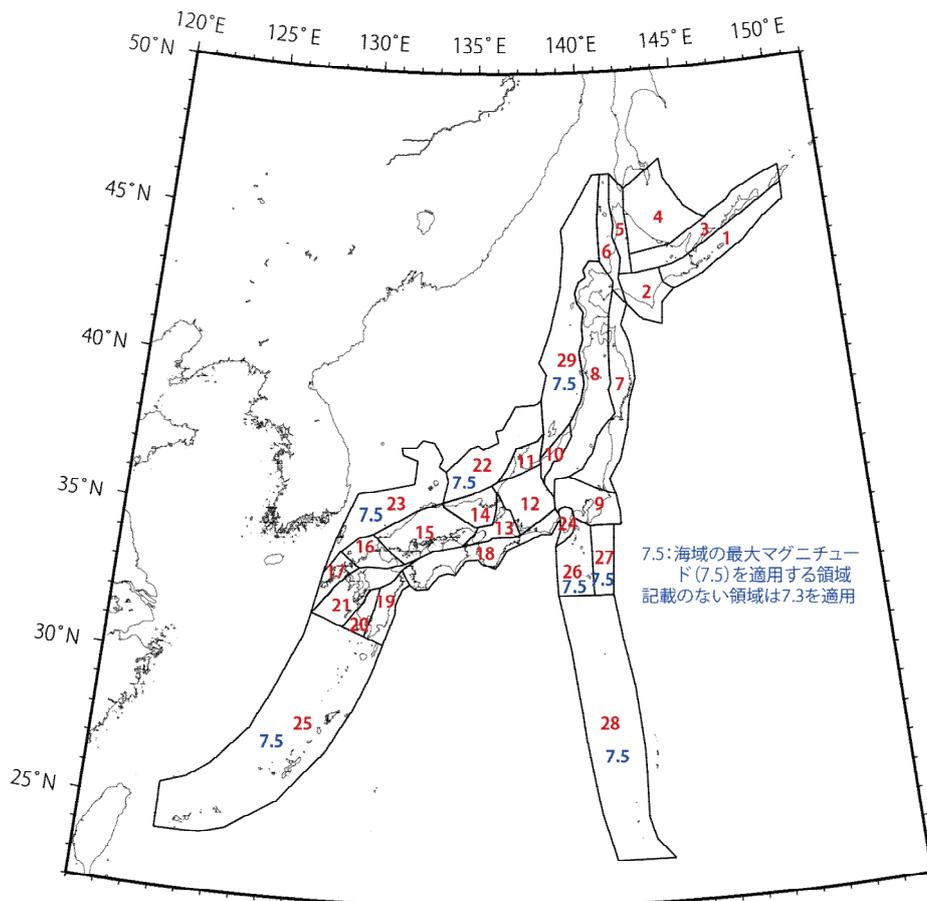
## 解説：震源断層をあらかじめ特定しにくい地震

地震調査研究推進本部の長期評価によって震源断層が特定された主要活断層帯と海溝型地震以外にも、例えば活断層が知られていないところで発生する内陸の浅い地震やプレート間の地震など、実際には数多くの地震が発生する。地震調査研究推進本部では、これらの地震を「震源断層をあらかじめ特定しにくい地震」と呼び、確率的な地震動予測地図作成の際にその影響を考慮している。震源断層をあらかじめ特定しにくい地震は、その一つ一つについて、事前に発生場所、地震規模、発生確率を特定することが困難なため、地震群としての特徴を確率モデルで取り扱う。

2014年版では、震源断層をあらかじめ特定しにくい地震として、以下の地震を考慮している。

- ・太平洋プレートの震源断層をあらかじめ特定しにくい地震
- ・浦河沖の震源断層をあらかじめ特定しにくい地震
- ・フィリピン海プレートの震源断層をあらかじめ特定しにくい地震
- ・日本海東縁部の震源断層をあらかじめ特定しにくい地震
- ・伊豆諸島以南の震源断層をあらかじめ特定しにくい地震
- ・陸域で発生する地震のうち活断層が特定されていない場所で発生する地震
- ・与那国島周辺の震源断層をあらかじめ特定しにくい地震
- ・南西諸島付近の震源断層をあらかじめ特定しにくい地震

なお、震源断層をあらかじめ特定しにくい地震としてどの規模の地震まで考慮するか（最大マグニチュードの設定）は、地域によって異なる。例として、2014年版での陸域における最大マグニチュードの設定を下図に示す。その他の震源断層をあらかじめ特定しにくい地震の最大マグニチュードの設定については、付録-1の5章を参照頂きたい。

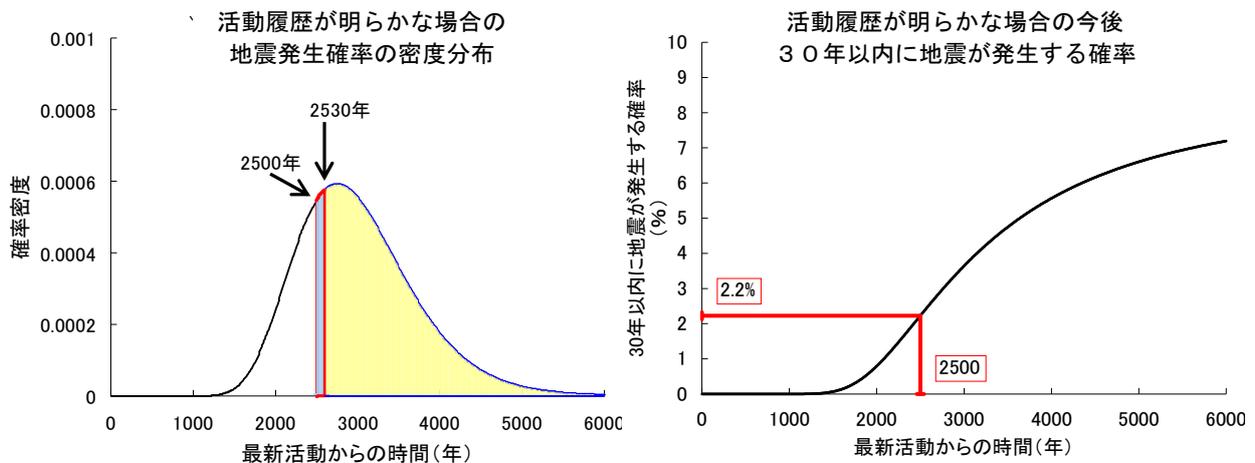


陸域や沿岸域で発生する浅い地震のうち活断層が特定されていない場所で発生する地震の領域と最大マグニチュード  
図中の赤字は領域番頭、青字は最大マグニチュード(M7.3以外の場合)。

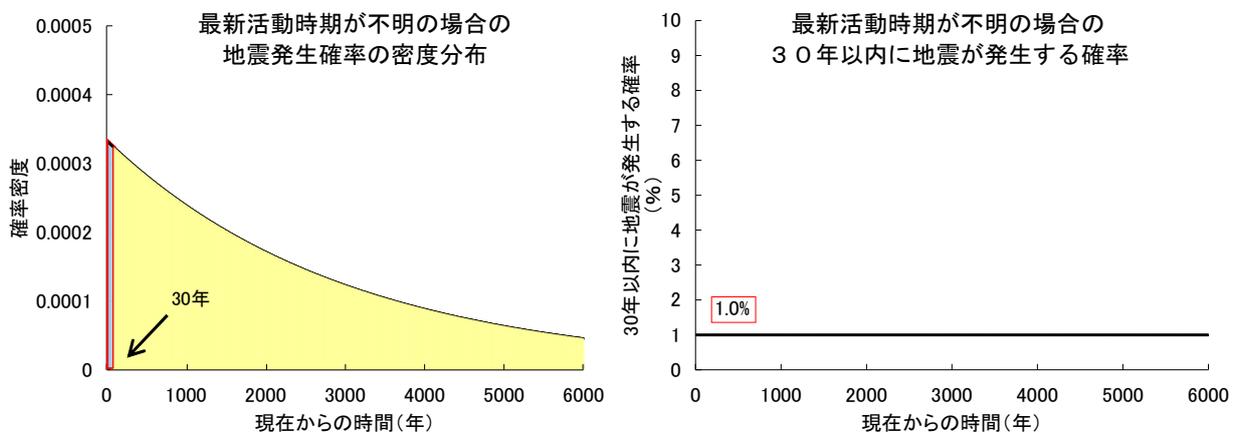
## 解説：地震発生確率の計算方法

BPT 分布に基づく場合とポアソン過程に基づく場合

主要活断層帯の地震や海溝型地震は繰り返し発生し、その活動間隔は BPT 分布 (Brownian Passage Time 分布) に従うと考えられている。BPT 分布は、次の模式図の例では左のような確率密度関数となり、例えば過去の最新活動時期から 2500 年後～2530 年後に再び地震が発生する確率は水色部分の面積となる。仮に現在「最新活動から 2500 年経過」していると、「今後 30 年以内に地震が発生する確率」は「水色の面積÷(水色の面積+黄色の面積)」となる。最新活動からの経過年数とその時点から 30 年以内に再び地震が発生する確率は、次の模式図の例では右のようになる。



一方、過去の最新活動時期が不明の場合もある。その場合には、地震の発生が「ポアソン過程」に従うと仮定し、「平均的には何年間隔で地震が発生するか」という情報のみを用いて地震発生確率を計算する。例えば、下の図の例では、「今後 30 年以内に地震が発生する確率」は、左下図の「水色の面積÷(水色の面積+黄色の面積)」となる。現在からの年数と、その時点から 30 年以内に再び地震が発生する確率は、右下図のようになる。この場合、ある基準日から 30 年以内に再び地震が発生する確率は、基準日によらず一定となる。



現実には「平均活動間隔」や「最新活動時期」の評価結果に幅がある場合が多いので、活断層で発生する地震については、評価結果の中央の値を代表値として地震発生確率を計算する「平均ケース」と、評価された確率の最大値を用いる「最大ケース」とを各々考えている。

## 解説：地震カテゴリー

地震調査研究推進本部による地震動予測地図とその利活用のための地震の分類

利活用する際の利便性のため、確率論的地震動予測地図で考慮している地震は以下に示す 3つのカテゴリーに分類されている。各カテゴリーに対する確率や影響度の地図を見ることにより、各地域に大きな影響を及ぼす地震の特徴に応じた備えをすることも可能となる。

カテゴリーⅠ：海溝型地震のうち震源断層を特定できる地震 (平均活動間隔が数十年から数百年程度)
<ul style="list-style-type: none"><li>・色丹島沖の地震</li><li>・択捉島沖の地震</li><li>・十勝沖の地震</li><li>・根室沖の地震</li><li>・東北地方太平洋沖型の地震</li><li>・三陸沖北部のプレート間地震</li><li>・相模トラフ沿いのM8クラスの地震</li><li>・南海トラフの地震</li></ul>
カテゴリーⅡ：海溝型地震のうち震源断層を特定しにくい地震 (平均活動間隔が数十年から数百年程度)
<ul style="list-style-type: none"><li>・三陸沖から房総沖の海溝寄りのプレート間大地震(津波地震)</li><li>・三陸沖から房総沖の海溝寄りのプレート内大地震(正断層型)</li><li>・日向灘のプレート間地震</li><li>・日向灘のひとまわり小さいプレート間地震</li><li>・与那国島周辺の地震</li><li>・太平洋プレートのプレート間及びプレート内の震源断層をあらかじめ特定しにくい地震</li><li>・浦河沖の震源断層を予め特定しにくい地震</li><li>・フィリピン海プレートのプレート間及びプレート内の震源断層をあらかじめ特定しにくい地震</li></ul>
カテゴリーⅢ：活断層など陸域と沿岸海域の浅い地震 (平均活動間隔が数千年から数万年程度)
<ul style="list-style-type: none"><li>・主要活断層帯で発生する固有地震</li><li>・九州地域において評価対象とする活断層で発生する地震</li><li>・その他の活断層で発生する地震</li><li>・地表の証拠からは活動の痕跡を認めにくい地震</li><li>・北海道北西沖の地震</li><li>・北海道西方沖の地震</li><li>・北海道南西沖の地震</li><li>・青森県西方沖の地震</li><li>・秋田県沖の地震</li><li>・山形県沖の地震</li><li>・新潟県北部沖の地震</li><li>・佐渡島北方沖の地震</li><li>・陸域で発生する地震のうち活断層が特定されていない場所で発生する地震</li><li>・日本海東縁部の震源断層をあらかじめ特定しにくい地震</li><li>・伊豆諸島以南の震源断層をあらかじめ特定しにくい地震</li><li>・与那国島周辺の震源断層をあらかじめ特定しにくい地震</li></ul>

注：地震カテゴリーは、主に確率や影響度の地図(確率論的地震動予測地図)の説明性向上のために工夫され設定されたものであり、強震動の予測方法や震源断層を特定した地震動予測地図の作成方法を選定する際には、この分類に従わない場合もある。例えば、発生間隔が長いと考えられる日本海東縁部の地震は活断層と共にカテゴリーⅢに分類されている。

# 解説：地震カテゴリー

## カテゴリーⅠの地震の長期評価結果の概要

カテゴリーⅠの地震、すなわち、海溝型地震のうち震源断層を特定できる地震（震源断層をあらかじめ特定でき、平均活動間隔が数十年～数百年程度の地震）の長期評価結果の概要を以下に示す。

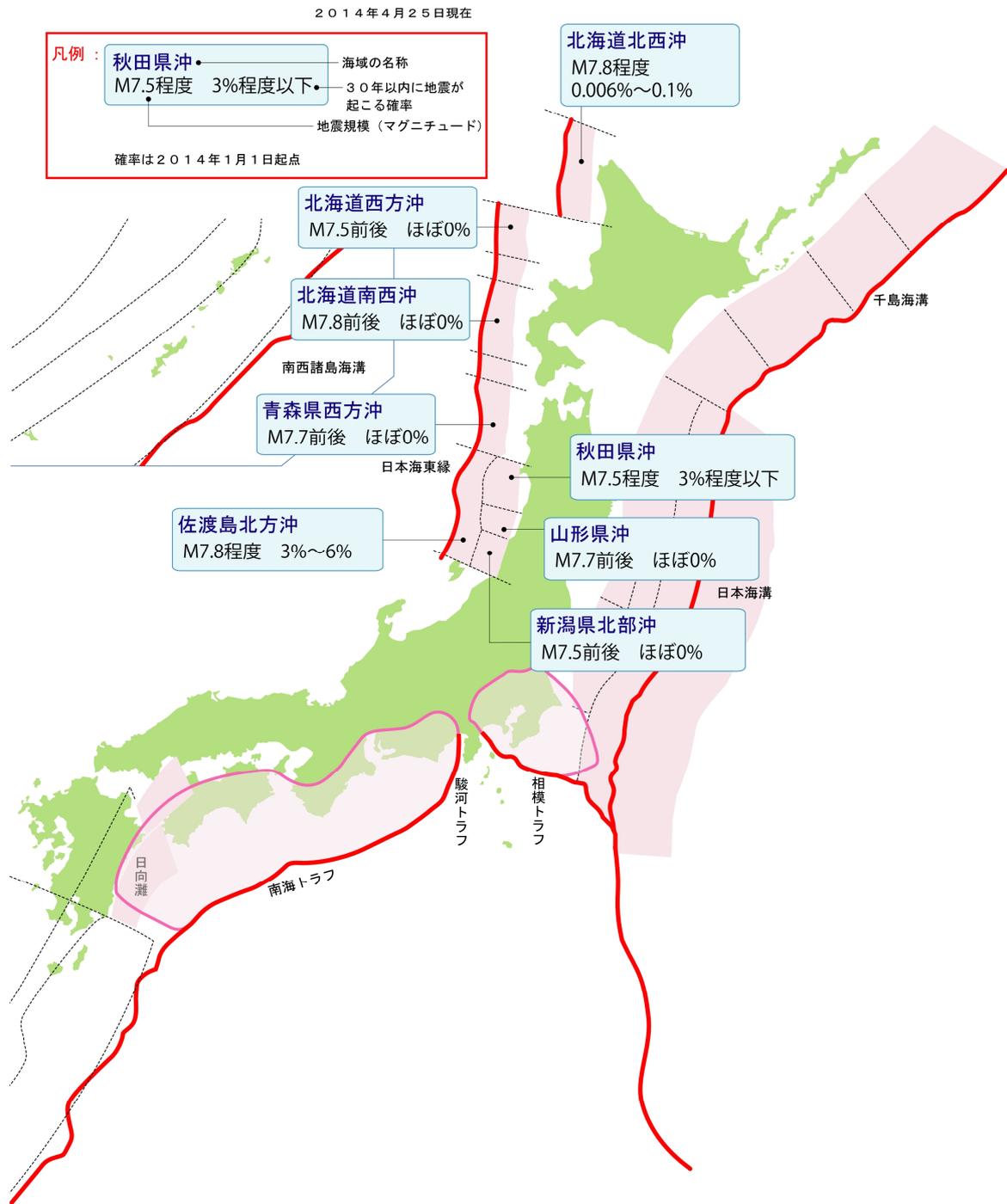




## 解説：地震カテゴリー

カテゴリーⅢの地震のうち長期評価されている沿岸海域の地震の概要

確率論的地震動予測地図では、活断層等で起こる陸域や沿岸海域の浅い地震（平均活動間隔が数千年～数万年程度の地震）について、長期評価がなされ震源断層が特定されている地震と、震源断層をあらかじめ特定しにくい地震をあわせて、カテゴリーⅢの地震として扱っている。以下には、カテゴリーⅢの地震のうち、沿岸海域の地震の長期評価結果の概要を示す。

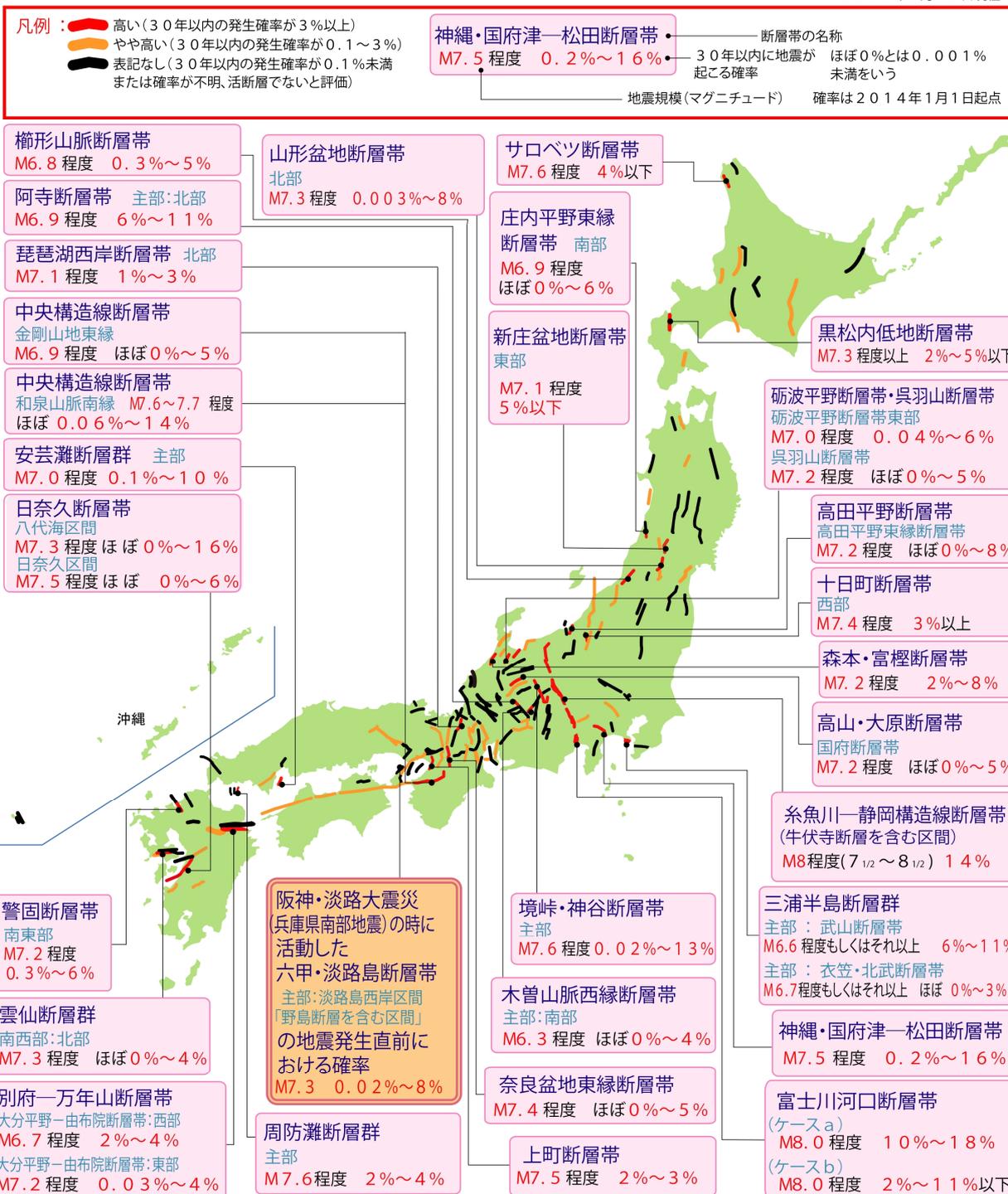


# 解説：地震カテゴリー

カテゴリーⅢの地震のうち長期評価されている陸域の地震の概要

確率論的地震動予測地図では、活断層等で起こる陸域や沿岸海域の浅い地震（平均活動間隔が数千年～数万年程度の地震）について、長期評価がなされ震源断層が特定されている地震と、震源断層をあらかじめ特定しにくい地震をあわせて、カテゴリーⅢの地震として扱っている。以下には、活断層で起こる地震など、陸域の浅いところで起こる地震の長期評価結果の概要を示す。

2014年1月15日現在



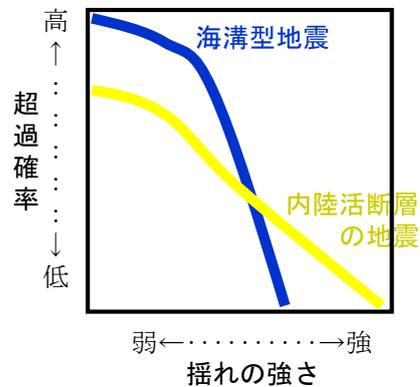
## 解説：確率論的地震動予測地図

「期間」・「揺れの強さ」・「確率」の情報の総合化

「地震動ハザード」とは、地震によってもたらされる地震動（揺れ）の強さやその確率（これらは自然現象である）を評価したものであり、その結果社会にもたらされる被害等は、「地震リスク」と呼ばれる。このように、「地震動ハザード」と「地震リスク」とは異なるので、混同しないよう、注意が必要である。

確率論的地震動予測地図に示されるのは「地震動ハザード」である。具体的には、「ある地震の発生確率」に「その地震が発生したときのある地点での揺れがある大きさを超える確率」を乗じたものを全ての地震に対して計算して得られた「地震動の強さと超過確率との関係」が得られる。この関係を表した曲線（ハザードカーブ）に基づき、各地点での揺れの確率や揺れの強さの分布が地図に示したものが確率論的地震動予測地図である。「地震の発生確率」と「地震動の超過確率」とは異なるので注意が必要である。

一般に、内陸活断層の地震は海溝型地震に比べて地震発生確率が低いが、震源断層近傍では非常に強い揺れに見舞われる。この特徴をハザードカーブ（揺れの強さと超過確率との関係）に概念的に示すと、右図のようになる。実際には、位置・規模・確率の異なる多数・多種の地震があるので、超過確率や揺れの強さ、ハザードカーブの形状も様々である。



確率論的地震動予測地図では、対象地域に影響を及ぼす、現時点で考慮しうる全ての地震を考慮し、地震発生の可能性と地震動の強さを計算し、その結果を総合化して地図上に表現する。設定する「期間」、「揺れの強さ」および「確率」（地震動の超過確率）を必要に応じて変えることで、その結果は多様な特徴をもった地図になる。

- ① 「期間」と「揺れの強さ」を固定した場合の「確率」の分布図  
例：今後30年以内に震度6弱以上（計測震度5.5以上）になる確率
- ② 「期間」と「確率」を固定した場合の「揺れの強さ」の領域図  
例：今後30年以内に3%の確率で見舞われる震度（正確にはこの震度以上）

震度6弱以上になる確率 — いろいろな地震による揺れの総合化—

ある地点で今後30年以内に震度6弱以上になる確率は、いろいろな地震について「地震が発生する確率」×「その場所で震度6弱以上になる確率」を総合的に考慮して求める。

例として、地点Sにおいて2つの地震A、Bを考える。それぞれの確率が

今後30年以内の地震の発生確率 … A: 40%, B: 30%

地震により地点Sが震度6弱以上になる確率 … A: 60%, B: 40%

のとき、「30年以内に地震により地点Sで震度6弱以上になる確率」は、次のようになる。

地震Aの場合： $0.4 \times 0.6 = 0.24$  (24%)

地震Bの場合： $0.3 \times 0.4 = 0.12$  (12%)

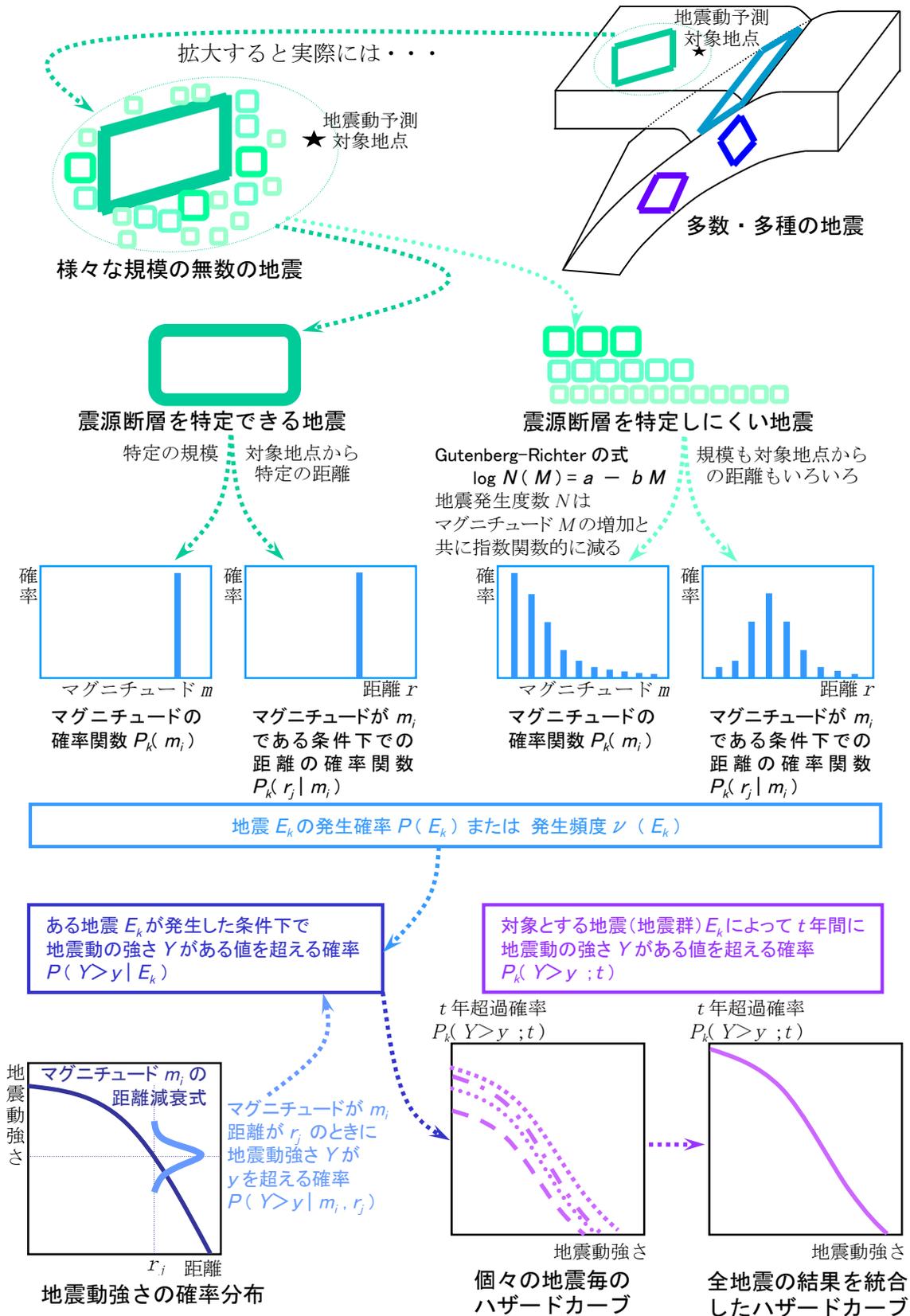
このとき、30年以内に地震Aまたは地震Bにより、地点Sで震度6弱以上になる確率は

$1 - \{ (1-0.24) \times (1-0.12) \} = 0.3312$  (約33%)

となる。確率値の単純な足し算で「24%+12%=36%」とはならないことに注意が必要である。

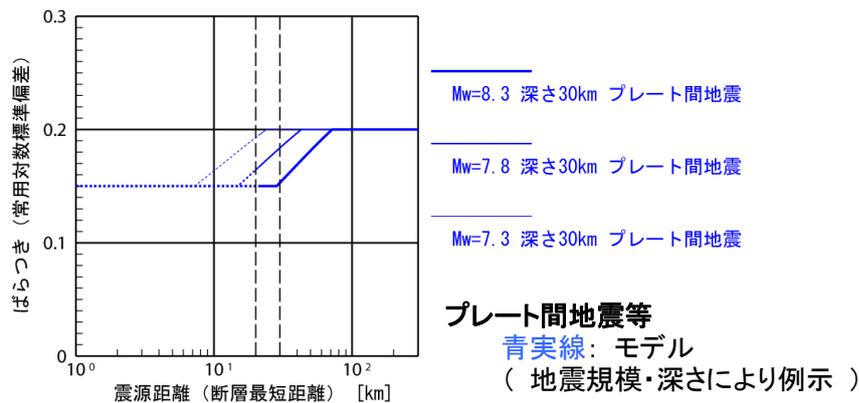
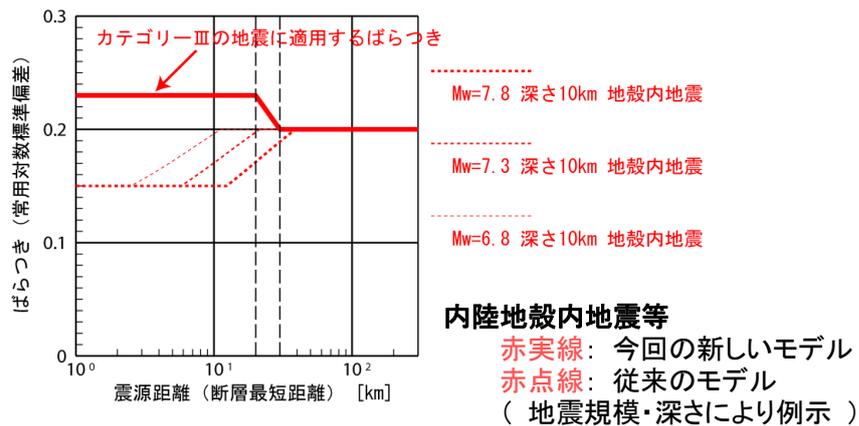
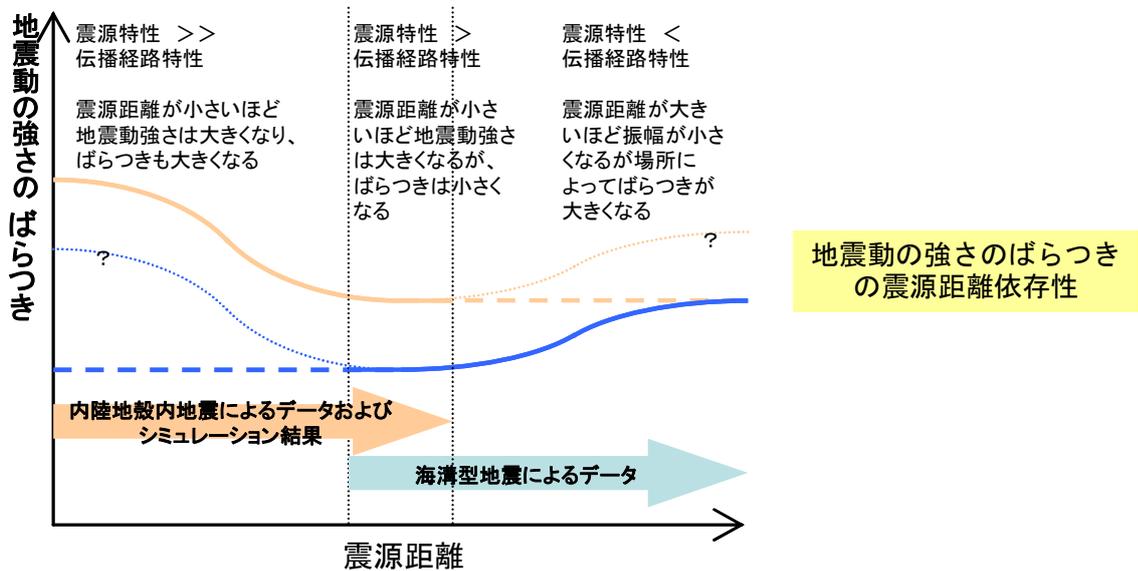
# 解説：確率論的地震動予測地図

確率論的地震動予測地図のためのハザードカーブ計算フロー



# 解説：確率論的地震動予測地図

地震動強さを計算する際の距離減衰式のばらつき



## 地震動のばらつきの震源距離依存性のモデル

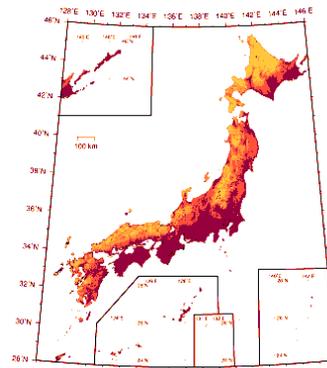
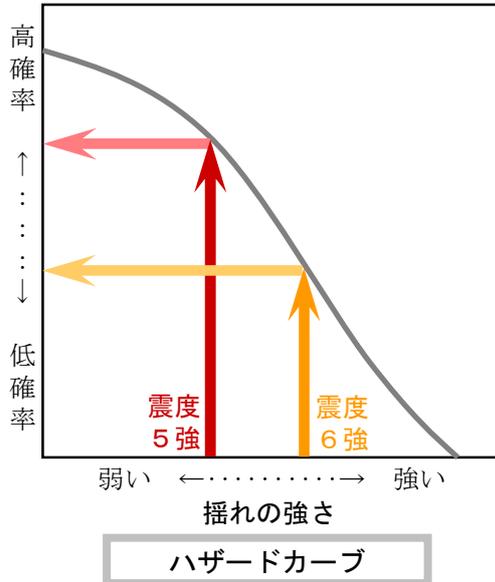
なお、モデル上、距離減衰式による地震動強さは対数正規分布に従ってばらつくると仮定しており、分布の裾において非現実的な値となることを回避する判断から、ここでは、 $\pm 3\sigma$  ( $\sigma$ は分布の標準偏差) を超える値の確率をゼロとしてモデル化している。

## 解説：確率論的地震動予測地図

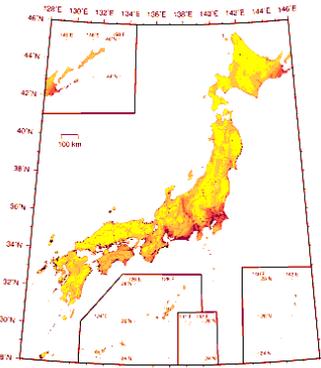
「期間」・「揺れの強さ」・「確率」の情報の総合化

- ★ 同じ地域でも、揺れが弱い（地震動・震度が小さい）ほど、その値を超える確率（超過確率）は高くなる。

$t$ 年超過確率



今後30年間に震度5強以上となる確率（超過確率）

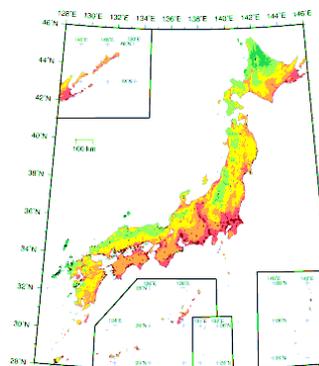
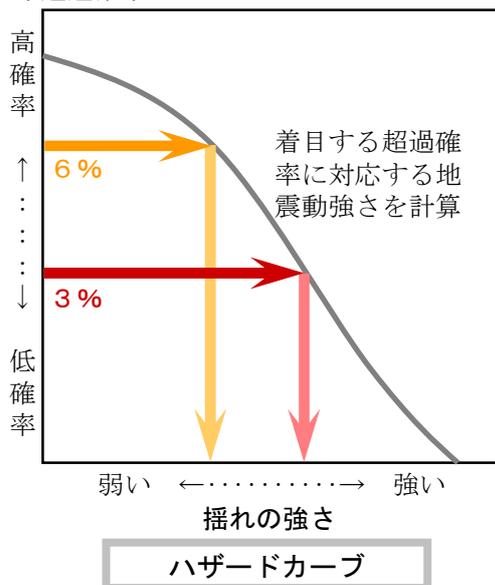


今後30年間に震度6強以上となる確率（超過確率）

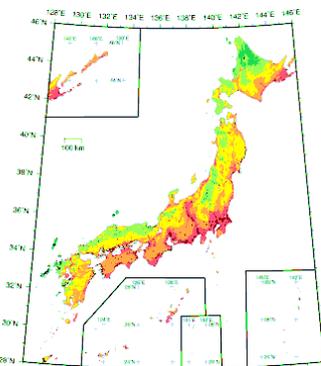
ハザードカーブと超過確率の地図の見方

- ★ 同じ地域でも、超過確率が低いほど揺れは強く（地震動・震度は大きく）なる。

$t$ 年超過確率



今後30年の超過確率が6%の震度



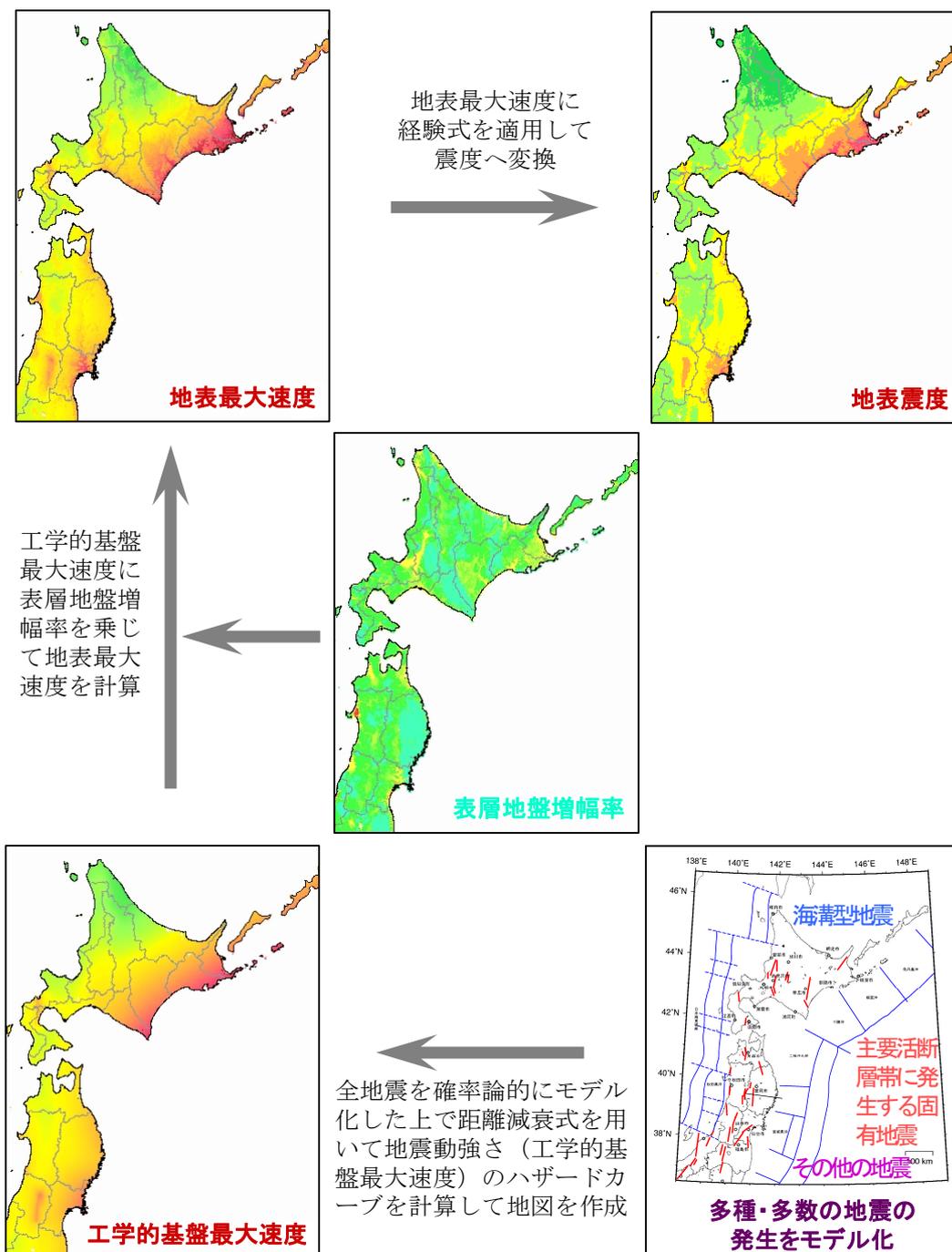
今後30年の超過確率が3%の震度

ハザードカーブと地震動強さの地図の見方

## 解説：確率論的地震動予測地図

地震動強さを示した各地図の作成手順

多種・多数の地震の発生をモデル化した上で、距離減衰式を用いて工学的基盤の地震動最大速度を求め、表層地盤増幅率を乗じて地表の地震動最大速度を求め、経験式を用いた変換により地表の震度を求める。なお、簡便法による震源断層を特定した地震動予測地図でも、工学的基盤以浅での地震動予測には同様の処理が施されている。

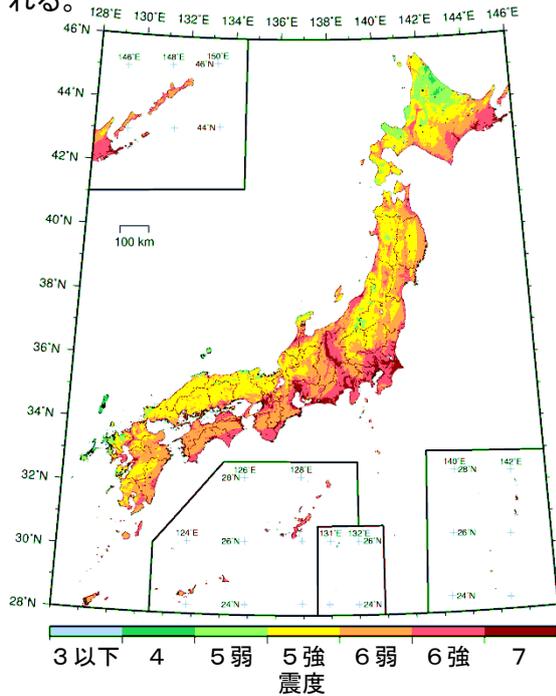


※ 上図は作成手順の概念説明図であり、地図のサンプルは北日本地域限定試作版（2003.3）のものである。

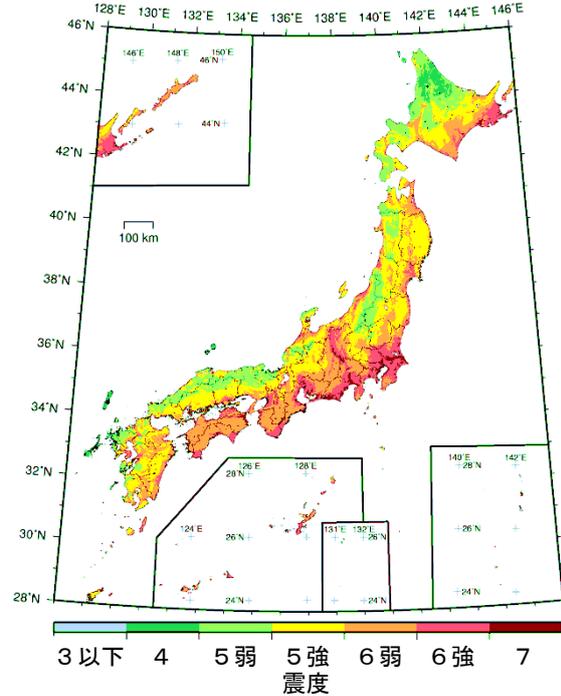
## 解説：確率論的地震動予測地図

今後 50 年間にその値以上の揺れに見舞われる確率が 2, 5, 10, 39 %の震度分布

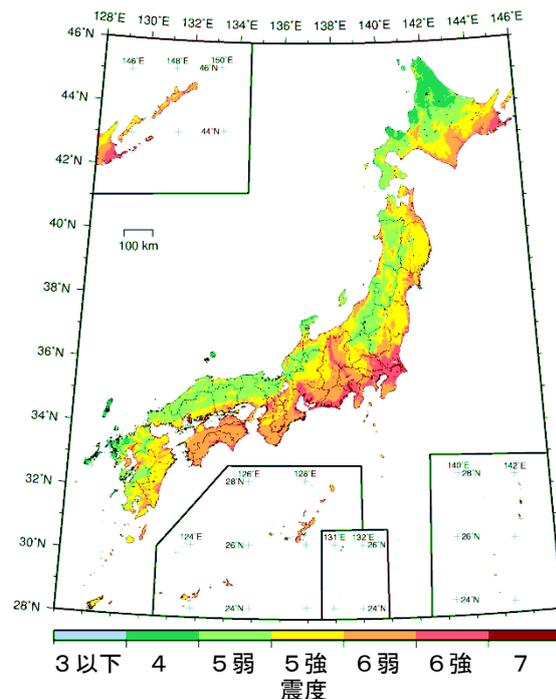
下に示す今後 50 年間にその値以上の揺れに見舞われる確率が 2, 5, 10, 39 %の震度分布図は、ごく大まかには、それぞれ約 2500 年、約 1000 年、約 500 年、約 100 年に1回程度見舞われる揺れの震度を意味している。同じ地域でも、超過確率を小さくするほど地震動は強く(震度が大きく)なり、特にその傾向は活断層沿いの地域で顕著である。このような図については、確率レベルに応じた地震動強さの地域性評価や、それを考慮した設計荷重などの基礎資料とすることなど、多様な利用が考えられる。



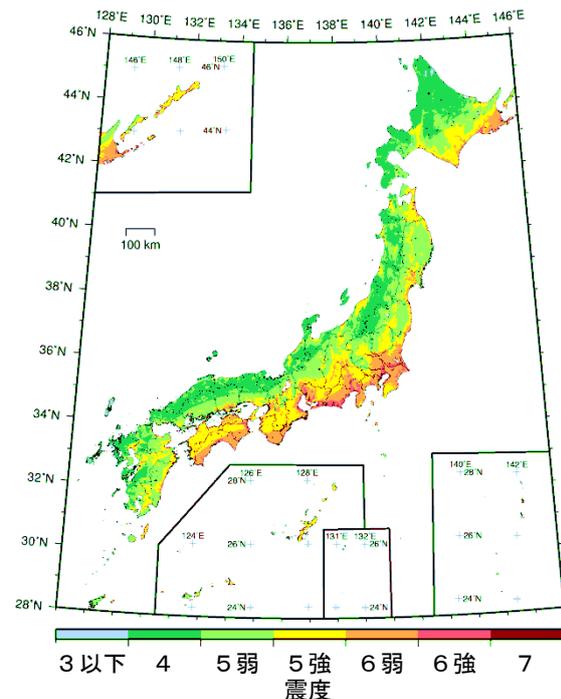
50年超過確率2%



50年超過確率5%



50年超過確率10%

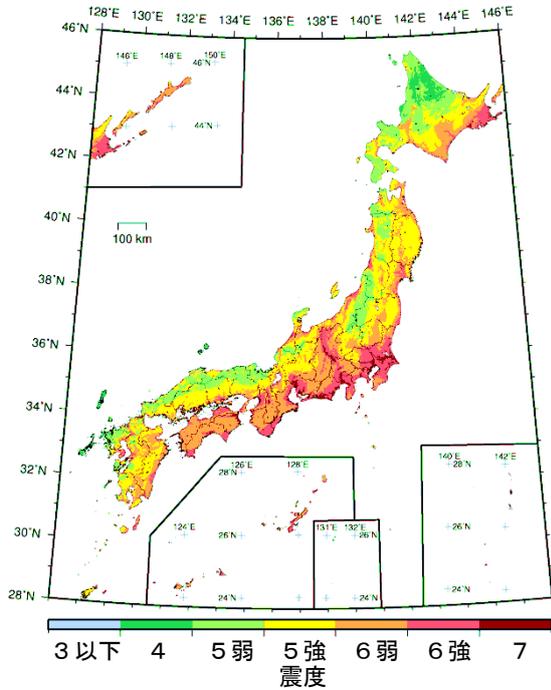


50年超過確率39%

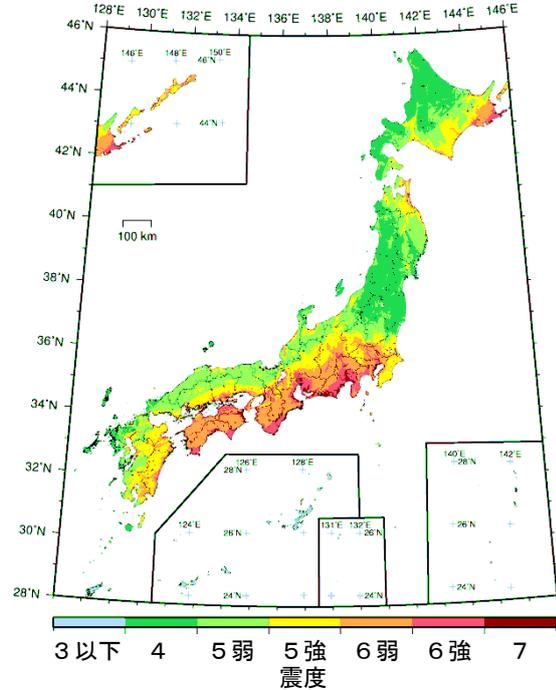
## 解説：確率論的地震動予測地図

今後 30 年間にその値以上の揺れに見舞われる確率が 3 %の震度分布

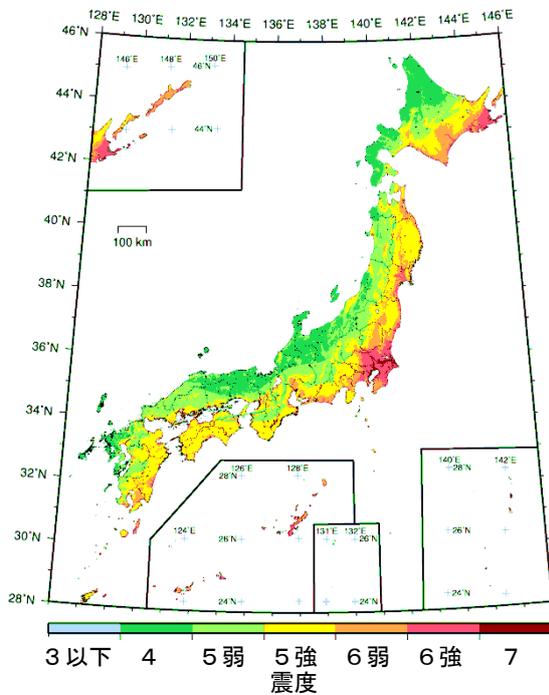
下の図を見ると、同じ地域・同じ期間・同じ確率を考えても、各地域に最も大きな影響を及ぼす地震の категорияや、その地震動の強さ（震度）は多様である。その特徴を踏まえた上で地震防災対策を考えることが望ましい。



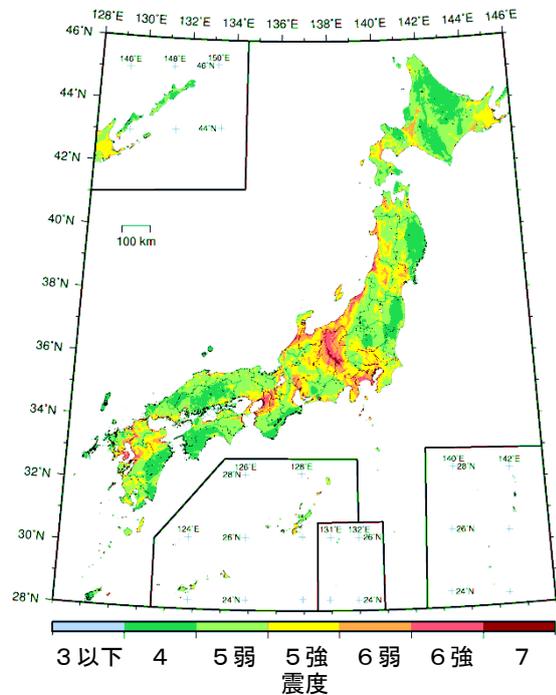
全地震



地震カテゴリーⅠ



地震カテゴリーⅡ



地震カテゴリーⅢ

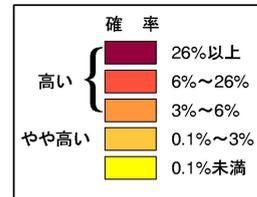
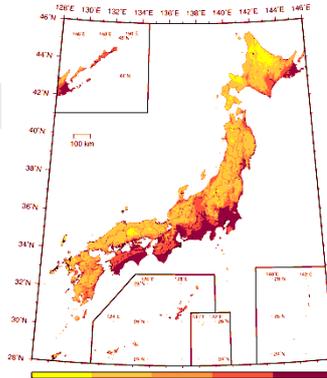
※今後 30 年間にその値以上の揺れに見舞われる確率が 3%である震度は、ごく大まかには、約 1000 年に1回程度見舞われる揺れの震度を意味しています。

# f 解説：地震カテゴリーと影響度

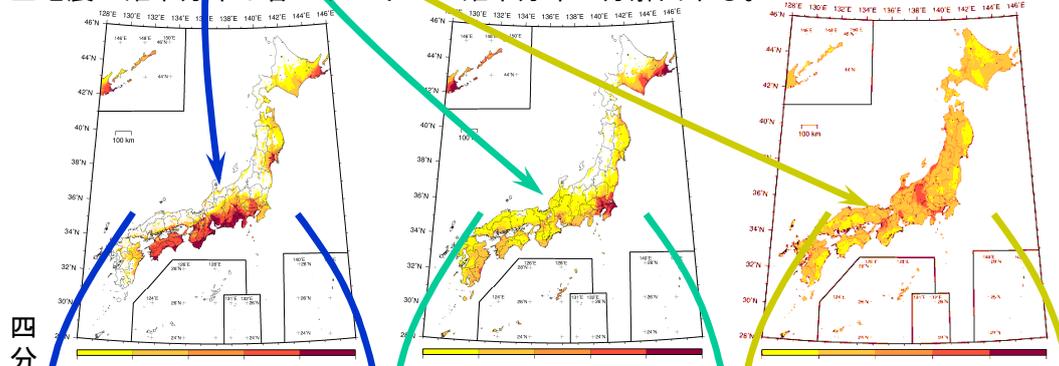
今後 30 年間に震度 6 弱以上の揺れに見舞われる確率分布とその四分位表示

全地震による確率分布

各カテゴリーの確率分布を統合すると全地震の確率分布が求められる。



全地震の確率分布は各カテゴリーの確率分布に分解出来る。

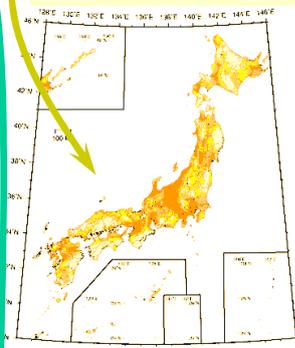
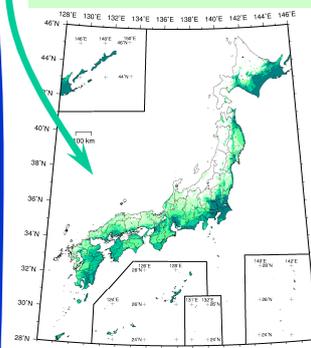
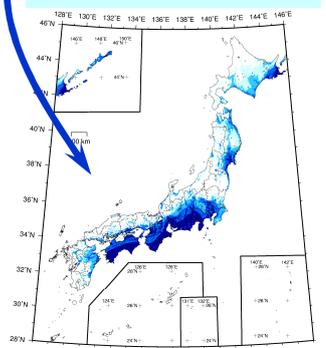


四分位表示

地震カテゴリー I

地震カテゴリー II

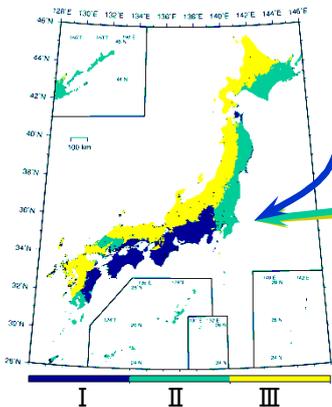
地震カテゴリー III



低率 ← 1/4 2/4 3/4 → 高率

低率 ← 1/4 2/4 3/4 → 高率

低率 ← 1/4 2/4 3/4 → 高率



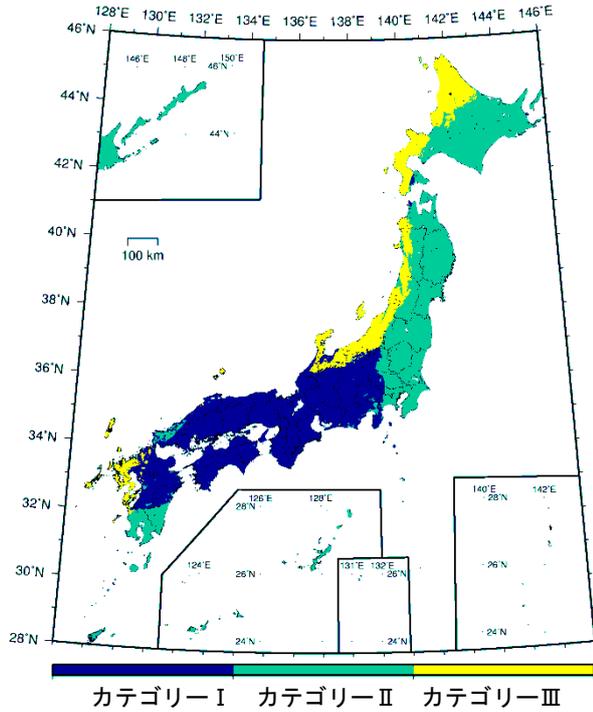
最大影響地震カテゴリー

※2014 年版では、これまでのカテゴリー別の地図に加え、カテゴリー I とカテゴリー II を併せた地図も作成しており、震源断層が特定されている地震と震源断層が特定されていない地震を併せた海溝型地震によるハザードを把握することができる（地図編を参照）。

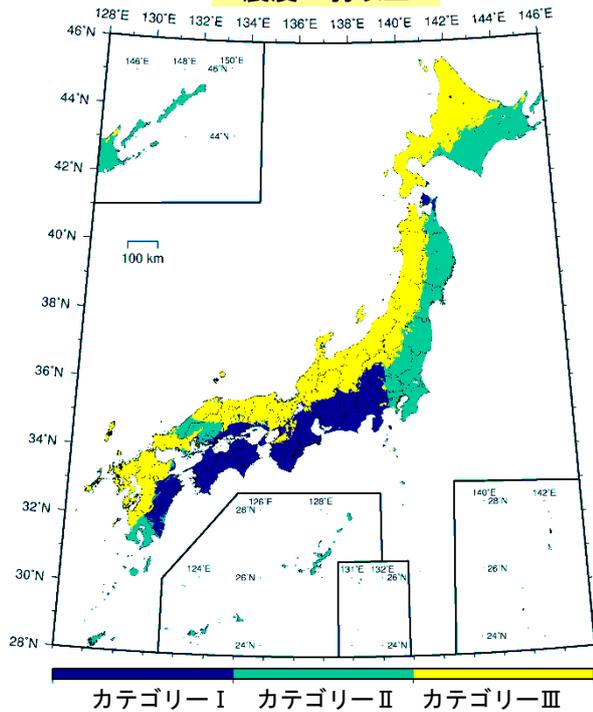
## 解説：地震カテゴリーと影響度

今後 30 年間にそれ以上の揺れに見舞われる可能性の最も大きな地震カテゴリー

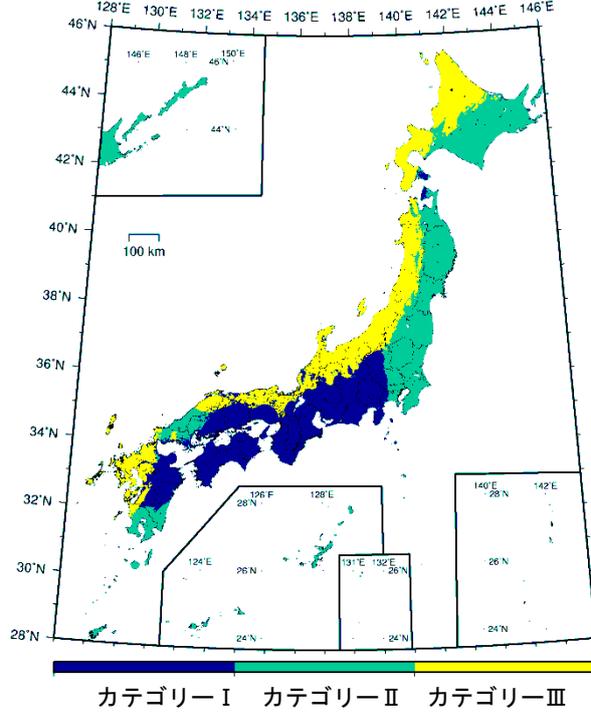
同じ地域・同じ期間を考えても、対象とする揺れが強い（震度が大きい）ほど、その揺れは、活断層をはじめとしたカテゴリーⅢの地震によってもたらされる可能性が高くなる。一般に海溝型地震の影響が大きいとされる地域でも、最大級の揺れに対する備えを考えるときには、場合によっては内陸の活断層にも相当の注意を払う必要があることを意味している。



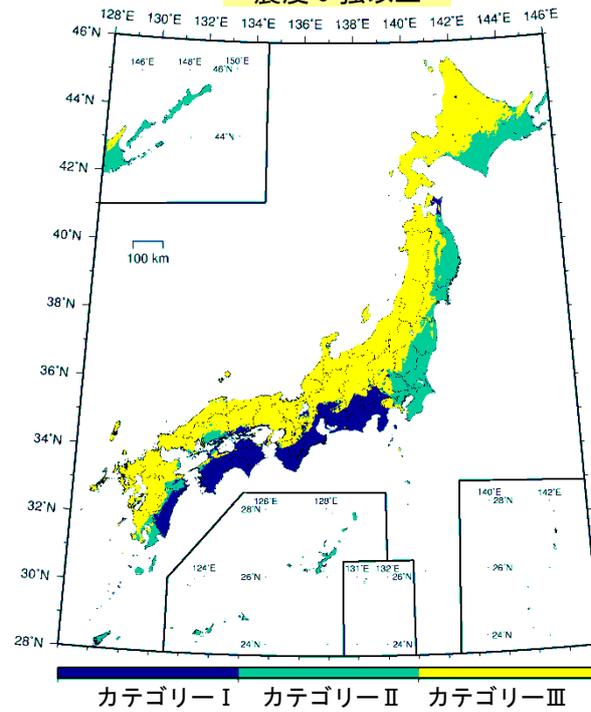
震度 5 弱以上



震度 6 弱以上



震度 5 強以上

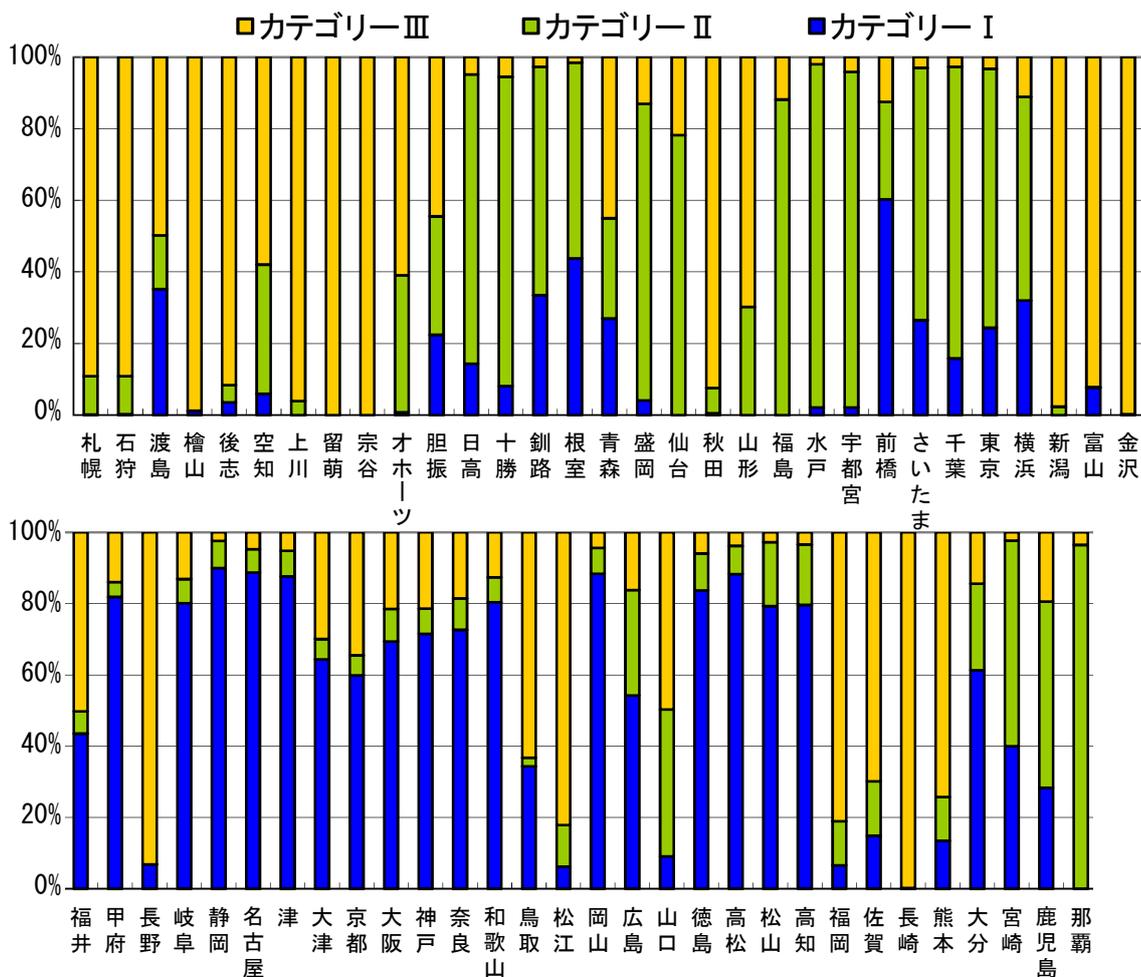


震度 6 強以上

## 解説：地震カテゴリーと影響度

各都道府県庁所在地（北海道は支庁所在地）での震度 6 弱以上 30 年超過確率の影響度

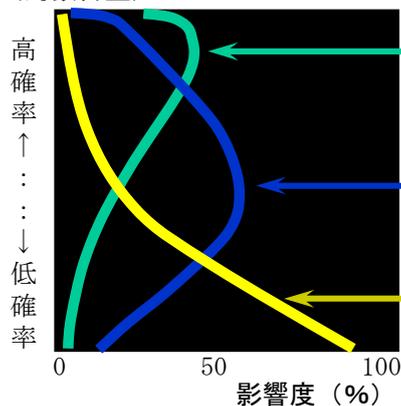
地点によって、最大影響地震カテゴリーが違うだけでなく、地震カテゴリー毎の影響度の特徴が異なる。例えば、関東地方の都市で、最大影響地震カテゴリーがいずれもカテゴリー II であっても、水戸・宇都宮ではカテゴリー II の影響度が支配的なのに対して、東京・横浜、さいたまではカテゴリー I の影響度もそれなりに大きい。



※ここに例示する影響度は、2014 年時点のものです。

地震動強さとそれをある特定期間内に超える確率（超過確率）との関係を示したものがハザードカーブだが、更に、各確率レベルに対応する地震動の強さは多数種類の地震のうちどのカテゴリーの地震によるものかを相対確率として表わしたものを影響度と呼ぶ。影響度は、どのような地震に対してどのように備えるべきかの一つの判断材料とすることが出来る。

$t$  年超過確率  
(対数目盛)



超過確率の高いレベルではプレート境界の M7 級地震などカテゴリー II の影響度が高い

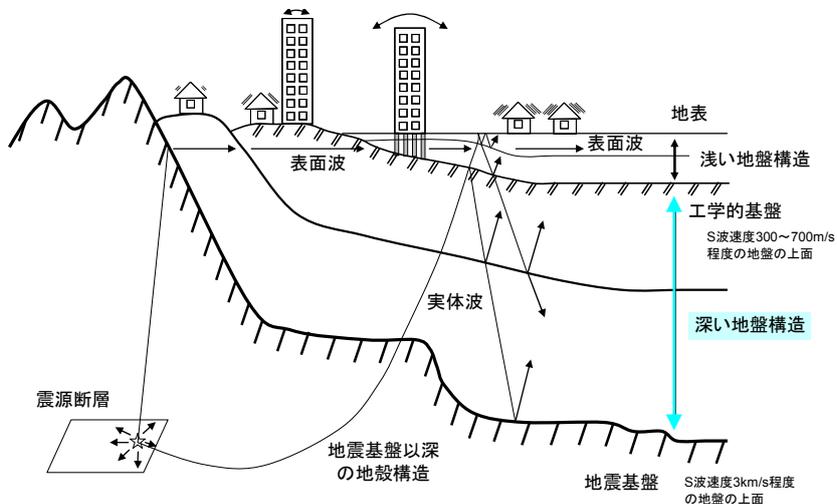
プレート境界の M8 級固有地震などカテゴリー I の影響度は全般的に高い

超過確率の低い（稀な）レベルになると主要活断層帯などカテゴリー III の影響度が他を上回る

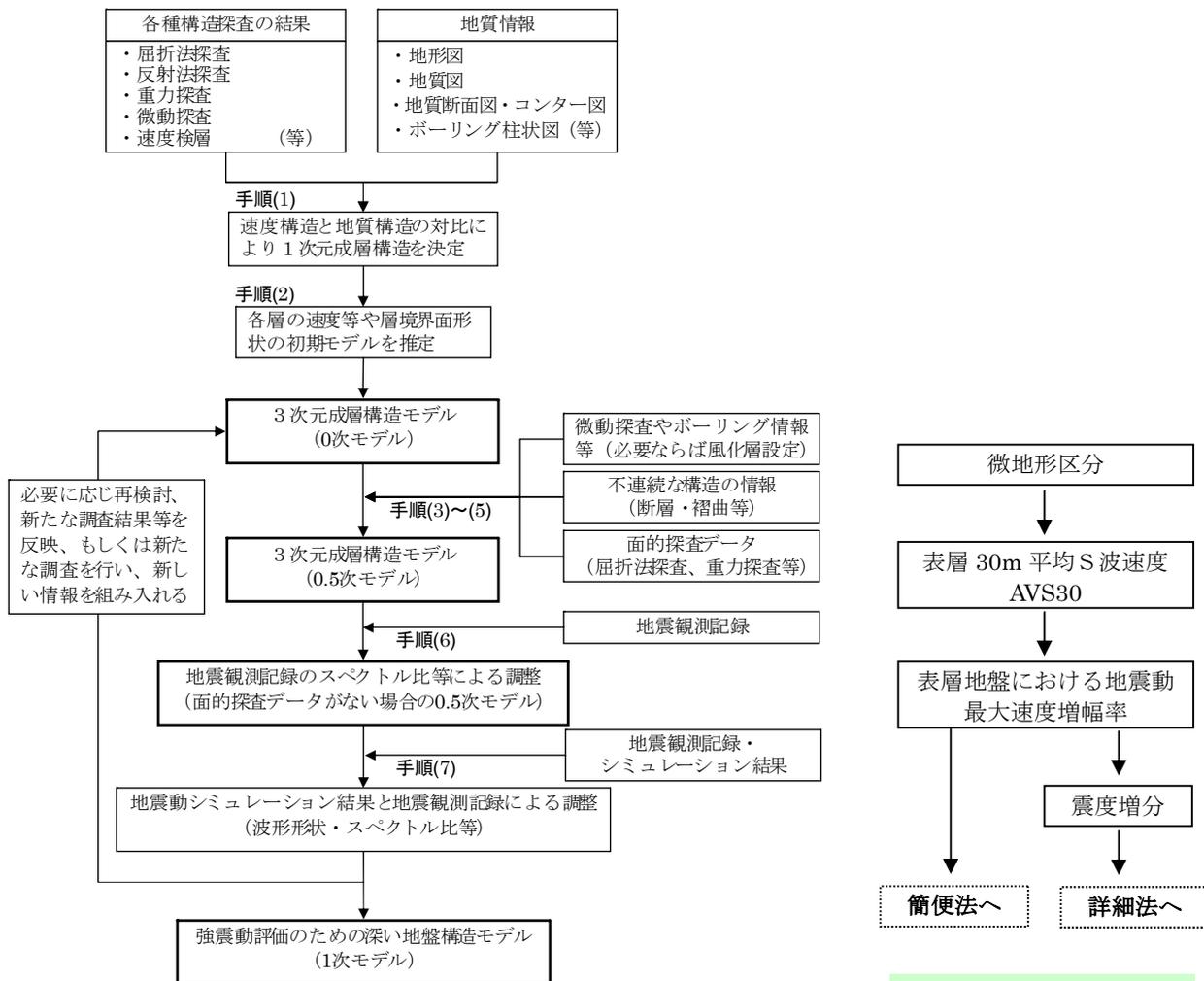
# 解説：地下構造モデル

浅い地盤構造・深い地盤構造・地震基盤以深の地殻構造のモデル化

各種調査結果を総合化して、強震動予測用の三次元地下構造モデルを作成する。



## 地下構造と地震波伝播の概要



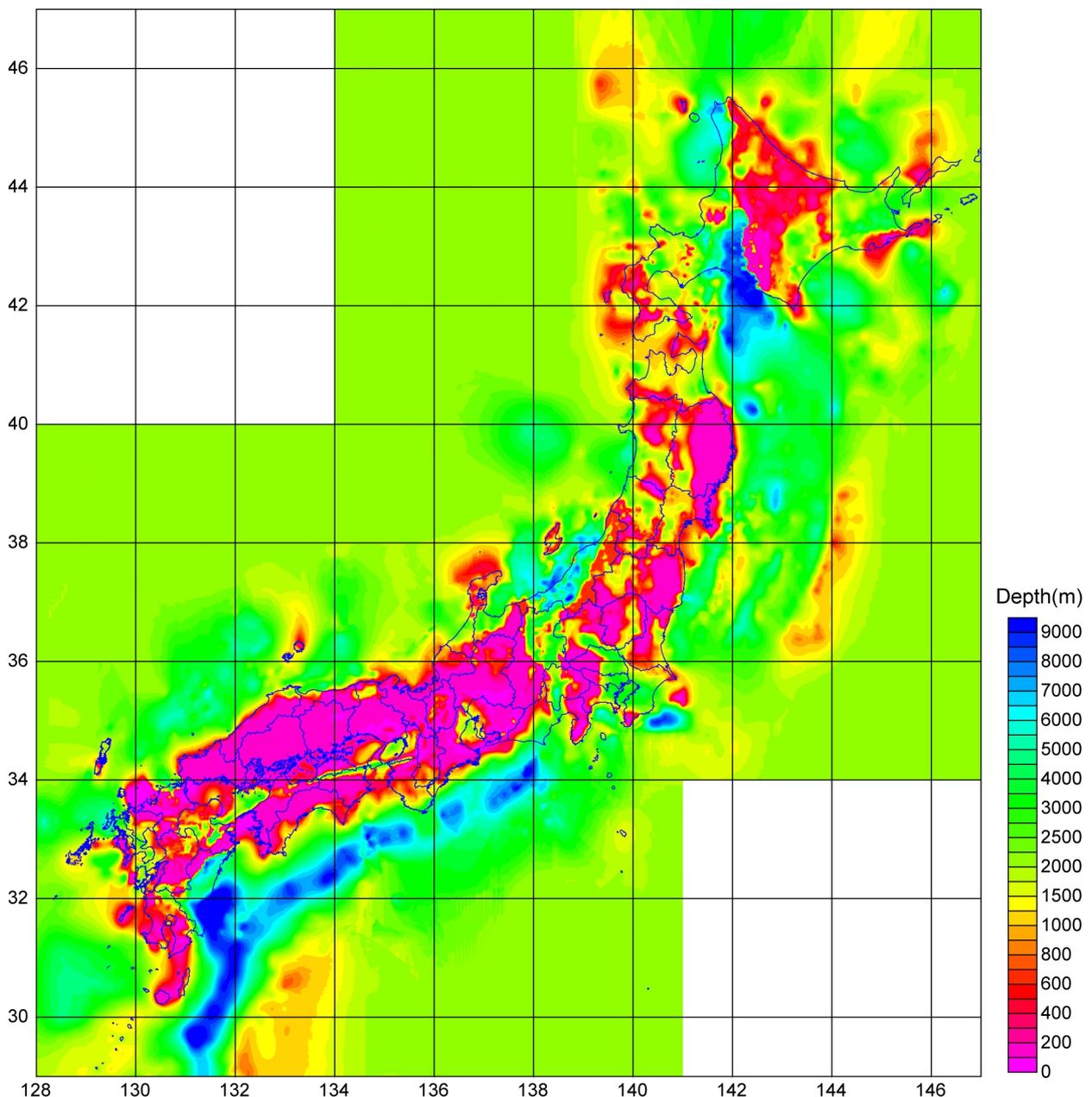
強震動評価のための深い地盤構造モデル作成の流れ

浅い地盤構造のモデル化の流れ

## 解説：深い地盤構造

地震基盤から工学的基盤に至るまでの全国の三次元の深い地盤構造モデル

強震動予測のために、地震基盤から工学的基盤に至るまでの全国の三次元地盤構造モデルを作成した。そのうち、地震基盤上面深さ分布を以下に示す。地下構造モデルの信頼性・精度は必ずしも全国一律ではなく、地震観測記録を説明するように調整（Tuning）された地域とそうでない地域とでは異なり、モデル化する際に用いたデータが異なる複数モデルの領域接合部などでも、その両側で異なる可能性がある。現時点では最新の知見を総合化したモデルであるが、今後一層の改良を図っていく必要がある。

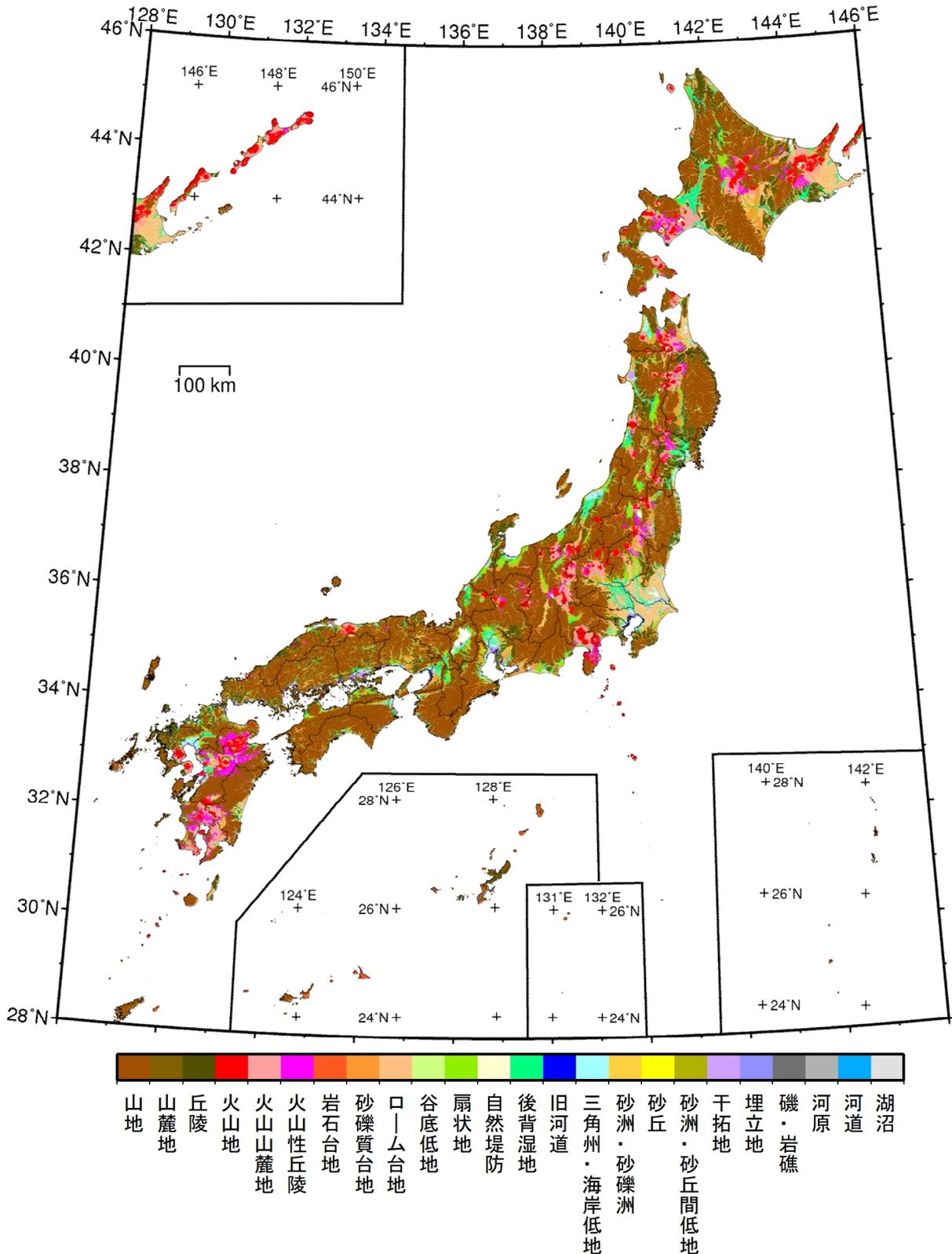


地震基盤上面深さ分布

## 解説：浅い地盤構造

### 見直された微地形区分

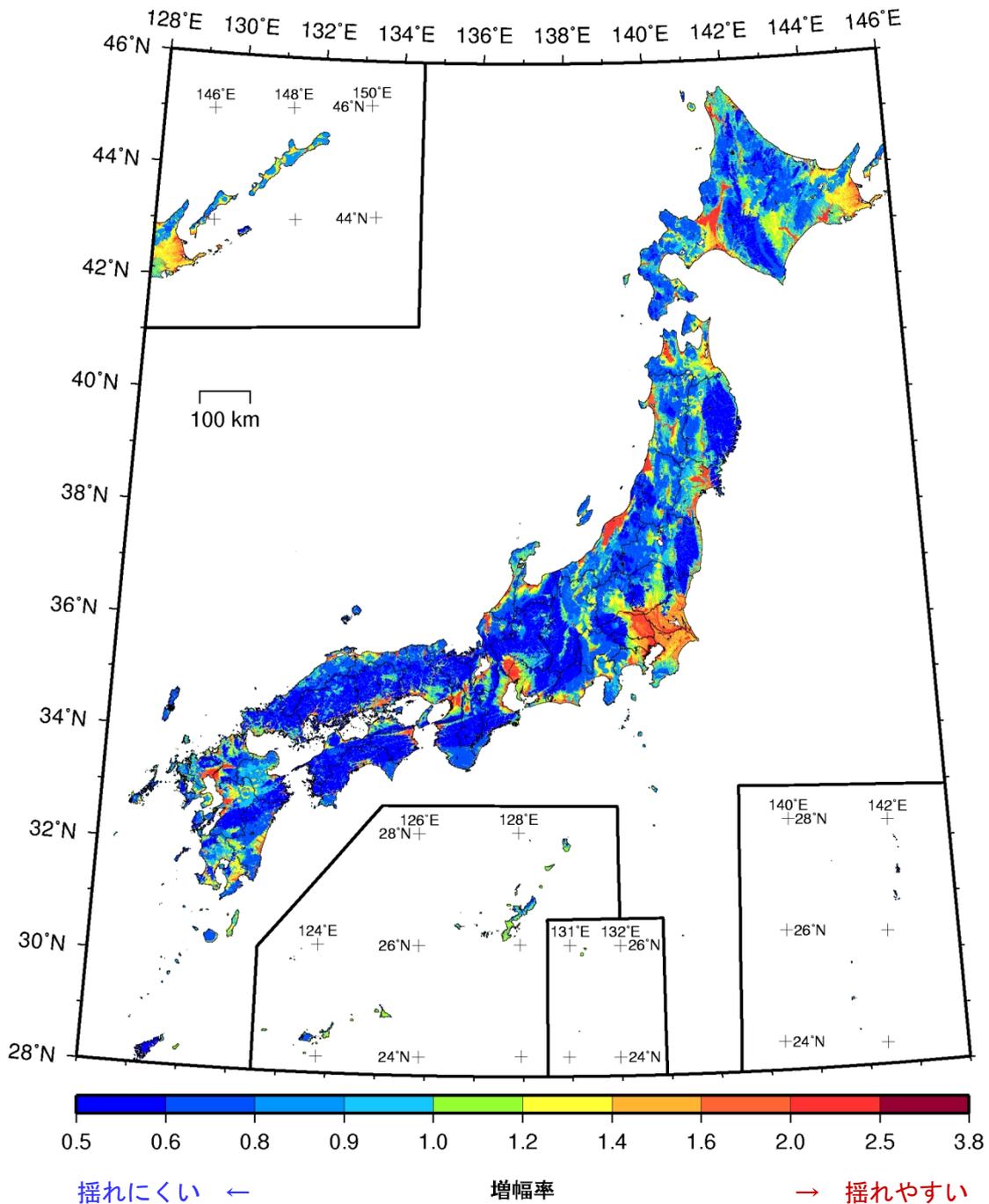
2014年版では、全国的に見直しを行うとともに、日本測地系から世界測地系への測地系の変更を行った約250mメッシュの微地形区分を、表層地盤による最大速度の増幅率評価のための基礎データとして用いている。下の図に2014年版で用いた微地形区分を示す。



## 解説：浅い地盤構造

微地形区分から求められた工学的基盤以浅の表層地盤での最大速度増幅率

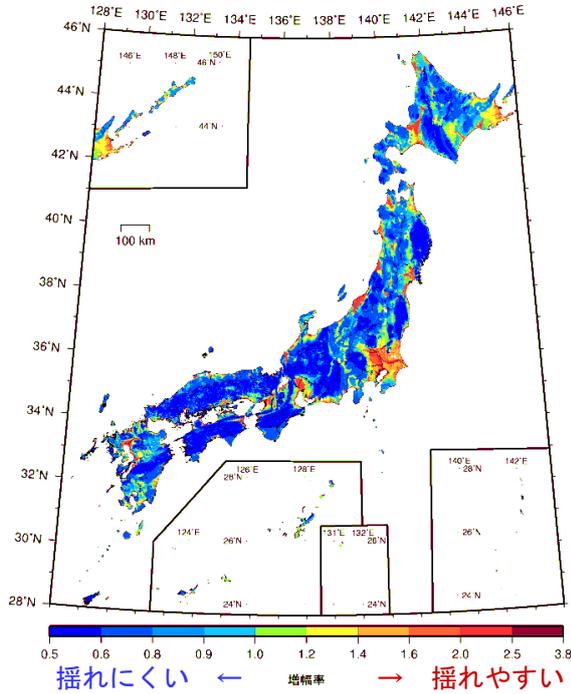
確率論的地震動予測地図では、表層地盤による最大速度の増幅を考慮している。これは、経験式により微地形区分から表層地盤の層厚 30 m の平均 S 波速度 (AVS30) を算出し、さらに経験式により AVS30 から最大速度増幅率を算出することにより行う。下図に、2014 年版の確率論的地震動予測地図の作成に用いた表層地盤による速度増幅率を示す。



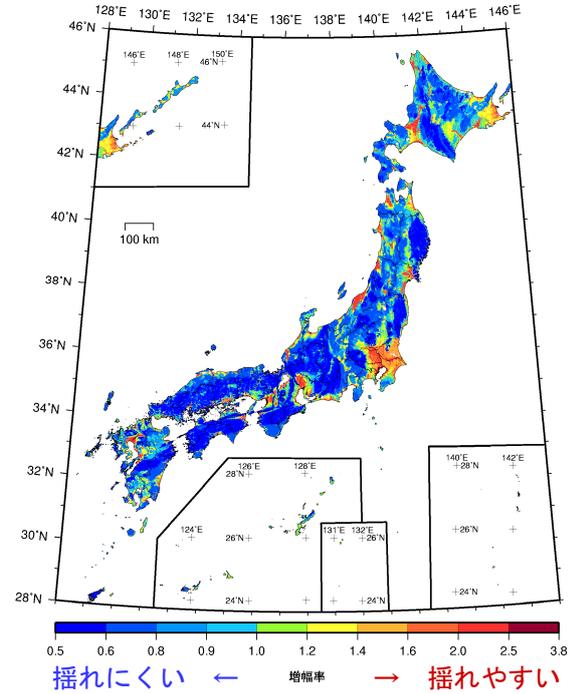
工学的基盤 ( S 波速度  $V_s=400$  m/s 相当 ) から地表に至る表層地盤での最大速度増幅率

## 解説：浅い地盤構造

2013年と2014年の地震動予測地図で用いた工学的基盤以浅の最大速度増幅率の比較

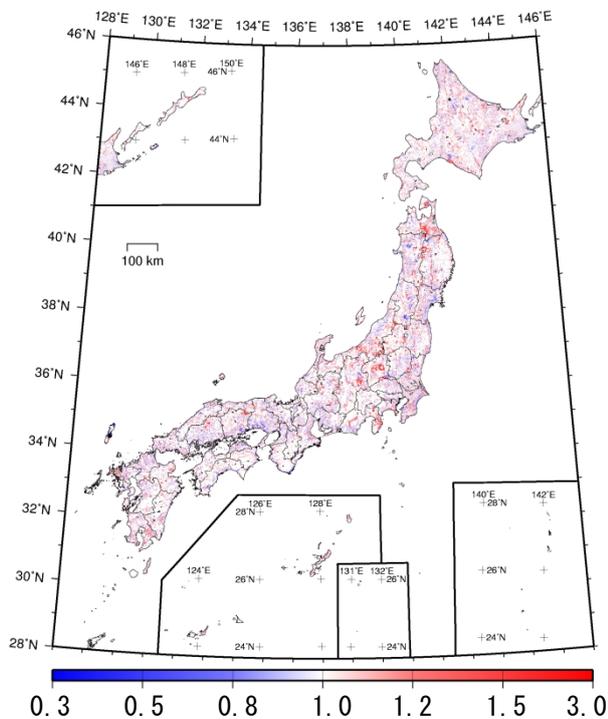


2013年の最大速度増幅率



2014年版の最大速度増幅率

工学的基盤（S波速度  $V_S=400$  m/s 相当）から地表に至る表層地盤での最大速度増幅率



旧版に比べて揺れにくい ← → 旧版に比べて揺れやすい

最大速度増幅率の比（2014年／2013年）

2014年版では、これまでに用いてきた表層地盤による最大速度の増幅率のデータ（左上の図）を全国的に見直した（右上の図）。表層地盤による増幅率は確率に大きく影響するため、増幅率の変化が大きい地点では、2013年と比較して確率が大きく変化した。

左下の図に、浅部地盤による最大速度の増幅率について、2014年版で用いたものと従来用いてきたものの比を示す。2014年版は世界測地系を、これまでは日本測地系を採用している。これにより、両者でメッシュの境界が百メートル程度異なるため、世界測地系の各メッシュの中心位置で比較している。2014年版で用いた表層地盤データの更新の詳細については、本編の参考資料 A. 2. 2 を参照のこと。

## 解説：強震動予測レシピ

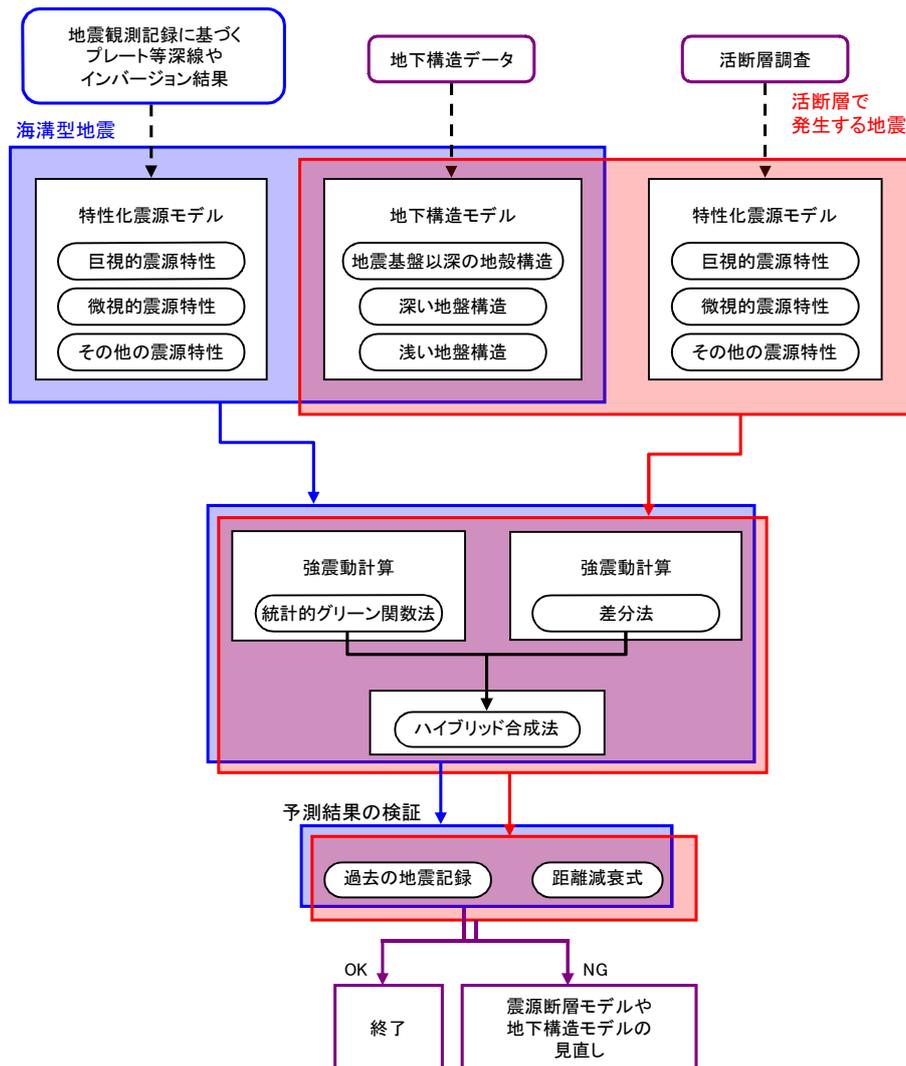
震源断層を特定した地震の強震動予測手法のフロー

「レシピ」とは、主要活断層帯や海溝型の地震など震源断層を特定できる地震について、将来発生する可能性の高い想定地震の断層モデルを設定して強震動を予測するために、誰でも同じような予測計算が出来るような標準的な方法論としてまとめられたものである。最大加速度、最大速度、震度といった単純化された指標だけではなく時刻歴波形も計算されるので、それを用いれば構造物の地震時挙動や破壊力を知ることができる。

強震動予測の「レシピ」の構成は、次の通りである。

- ① 想定する地震の震源の特性化
- ② 震源と対象地域を包含する地下構造・地盤構造のモデル化
- ③ 地震動のシミュレーション手法
- ④ 予測結果の検証

この「レシピ」を適用することにより、構造物の被害に関係する周期 0.1 秒から 10 秒の広い周期帯域における強震動の高精度予測が可能となり、地震被害軽減策に役立てることが可能となる。また、最近の地震の発生で得られた多数の高精度な観測記録や震源情報をを用いて、レシピは随時見直され改良されている。



## 解説：震源断層を特定した地震の断層モデル

主要活断層帯や海溝型地震の震源断層モデルの例（立川断層帯の例）

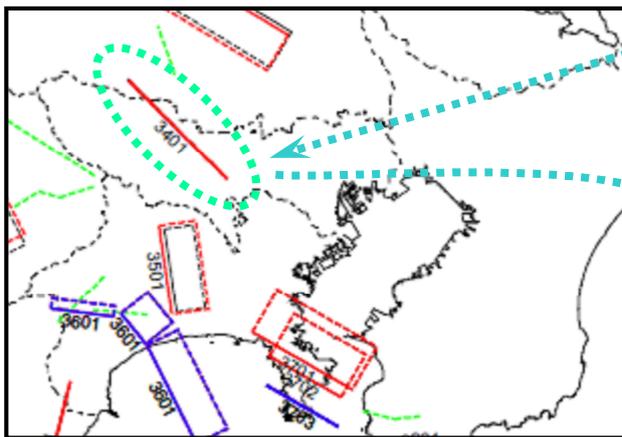
震源断層を特定した地震の断層モデルは、以下のルールに従って作成されています。

- ★ 長期評価結果に基づいて強震動予測用の震源断層モデルが設定される。
- ★ 地域の詳細情報が得られている場合には、それを優先して考慮する。
- ★ 不明のパラメータは、全国一律に手順化されたレシピに従って設定する。

以下には、立川断層の震源モデルの設定例を示します。

### 立川断層帯で発生する地震の諸元の例

断層名称	断層面のずれの向き		$M_J$	断層長さ	断層面の幅	断層面の傾斜角	地震発生層の深さ
立川断層帯	北東側隆起北西部では左横ずれ成分を伴う	長期評価	7.4程度	約33km	不明	極めて高角	不明
		モデル化	$M_w$ 6.8	34km	18km	90度	2-18km



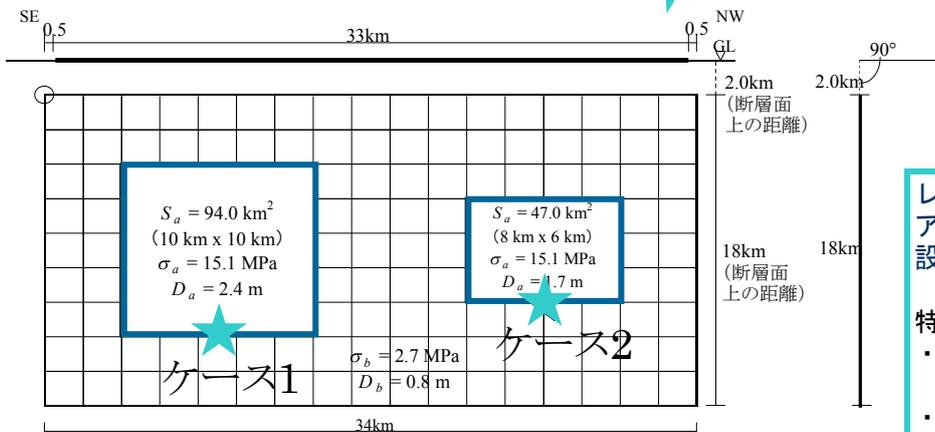
活断層帯で発生する地震の断層面の地表投影

巨視的断層パラメータの設定  
位置・規模を始め震源断層の全体像を記述するパラメータ

微視的断層パラメータの設定  
アスペリティなど震源断層の詳細像を記述するパラメータ

下図青枠内：アスペリティ  
(主要な破壊領域)

下図青★印：破壊開始点  
この例では南東側から破壊が始まるケース1と北西側から破壊が始まるケース2の二通りのシナリオが設定されている



立川断層帯で発生する地震の微視的断層モデル(左図)とその直交断面(右図)

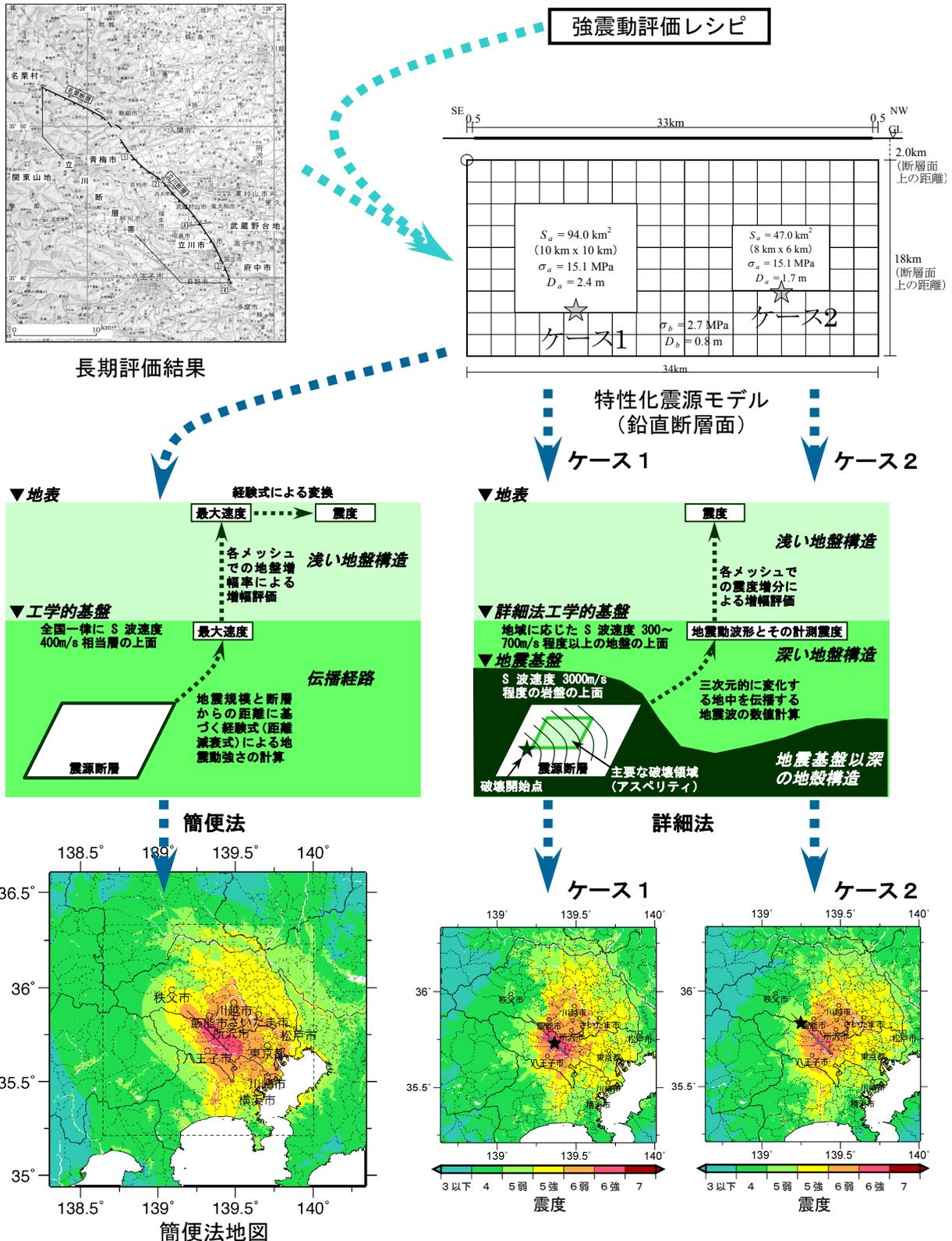
### レシピにおけるアスペリティ個数の設定原則

- 特に根拠情報がなければ
- ・断層長さ ≤ 25km の場合  
断層中央に 1 個
  - ・断層長さ 26~30km の場合  
1 個と 2 個の両ケース
  - ・断層長さ ≥ 30km の場合  
2 個

# 解説：震源断層を特定した地震動予測地図

強震動予測と震源断層を特定した地震動予測地図作成の概要（立川断層帯の例）

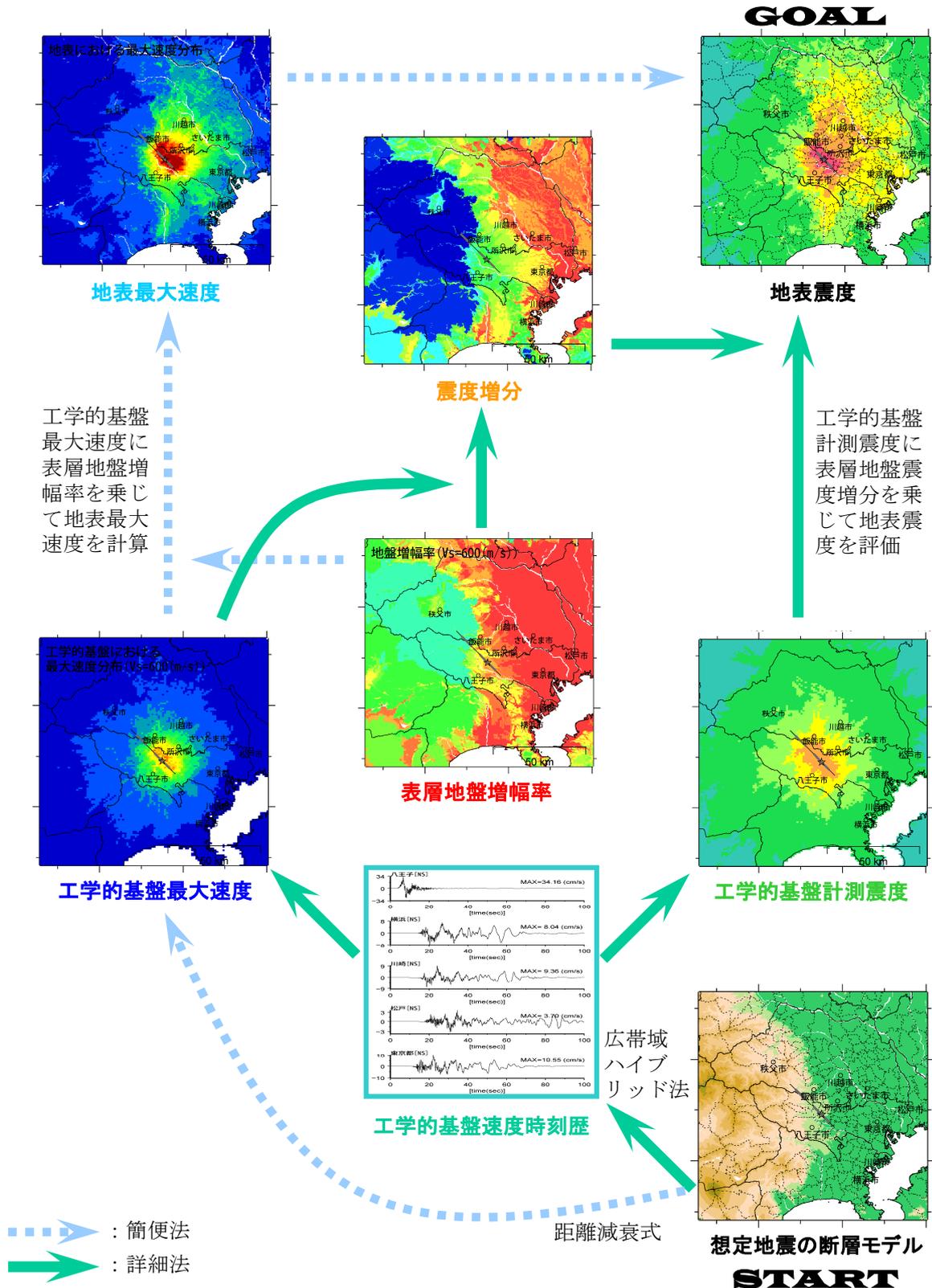
震源断層を特定した地震動予測地図とは、ある特定の地震の破壊シナリオが生じた場合に各地点がどのように揺れるのかを計算してその分布を地図に示したものである。



# 解説：震源断層を特定した地震動予測地図

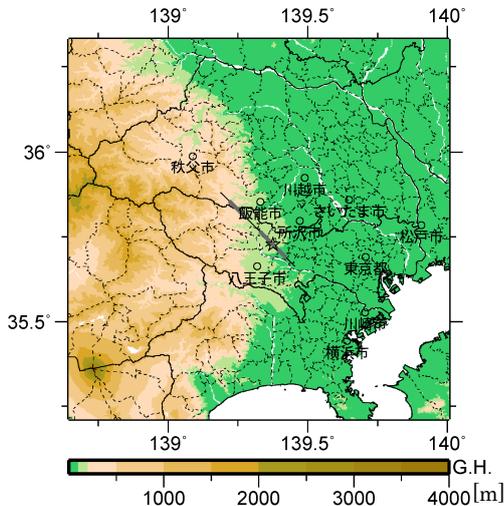
工学的基盤以浅の地震動の計算手順（立川断層帯の例）

震源断層を特定した地震動予測地図には、工学的基盤の地震動最大速度の分布図、地表の地震動最大速度の分布図、地表の震度の分布図がある。

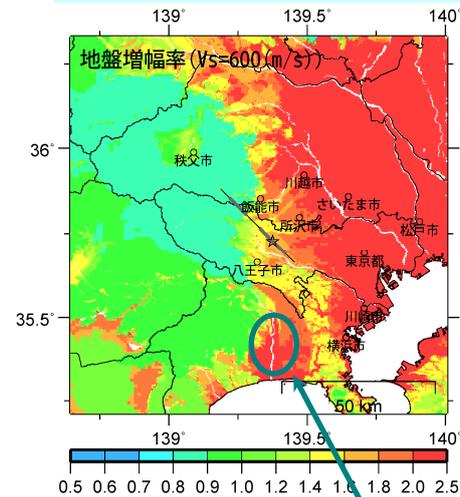


# 解説：震源断層を特定した地震動予測地図

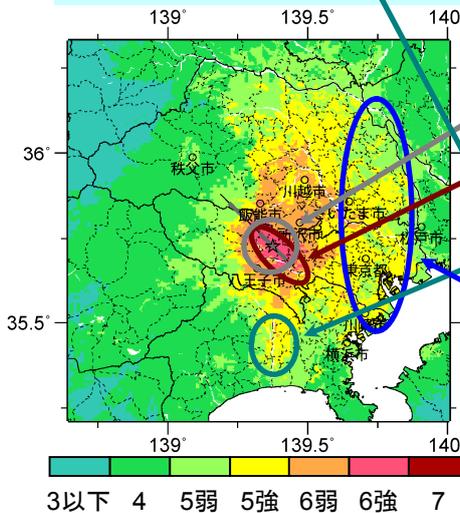
全国一律に手続き化された強震動予測結果の例（立川断層帯の例）



震源断層モデルの地表面投影



表層地盤増幅率分布

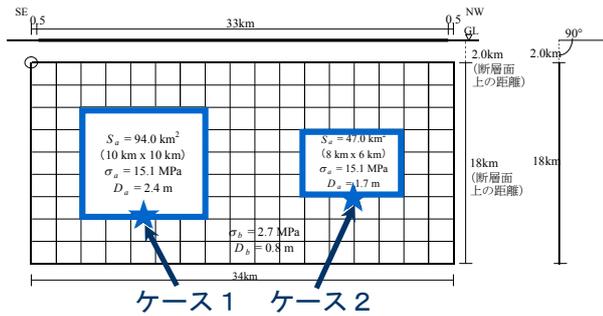


地表面の震度分布

震源断層を特定した地震動予測地図とは、ある断層において仮定した断層の破壊様式（破壊シナリオ）で地震が発生した場合に各地点がどのように揺れるのかを計算してその分布を地図に示したものである。

条件の異なる複数の破壊シナリオ（ケース）が設定されており、その結果を並べて比較検討することが出来る。また、このように作成した地震動予測地図から、地盤の揺れやすさなどの地域性や、破壊シナリオによる揺れ方の違いなどを把握することができる。

断層面上には、各シナリオ毎に、アスペリティと呼ばれる主要な破壊領域（下図青矩形）と破壊開始点（下図★印）が設定されている。



微視的断層モデル（右端は直交断面図）

- ★ アスペリティの直上や至近では、大きな地震動に見舞われる。
- ★ アスペリティの破壊伝播の前面（破壊伝播の延長上）の地域では、大きな地震動に見舞われる。
- ★ 表層地盤の良くないところでは、増幅が大きく、大きな地震動に見舞われる。
- ★ 軟らかい地層が厚く堆積している平野や盆地等では、増幅が大きく、大きな地震動に見舞われる。
- ★ これらの条件が複数重なると、震度6強や震度7の最大級の揺れになる場合もある。

## 解説：震源断層を特定した地震動予測地図

複数の破壊シナリオ（ケース）とその効果（糸魚川—静岡構造線断層帯の例）

震源断層を特定した地震動予測地図を見ると、

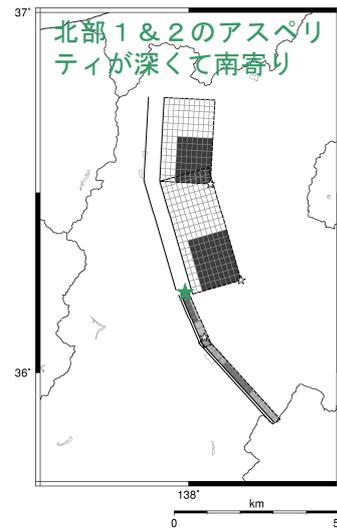
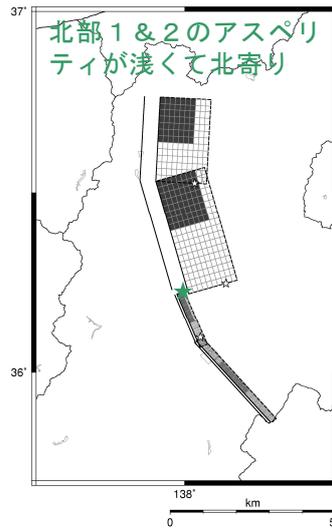
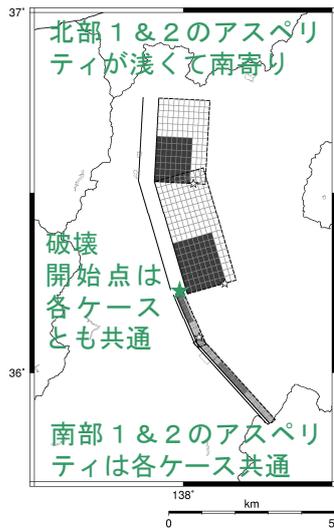
- ★ アスペリティの直上、アスペリティの破壊の前面（破壊伝播の延長上）、厚い堆積平野や盆地、表層地盤の良くないところ等では、大きな地震動に見舞われる。
- ★ 条件が複数重なると、震度6強や震度7になる場合もある。

など、破壊シナリオやその場所の揺れやすさによって異なる揺れの様子を理解することができる。

ケース1

ケース2

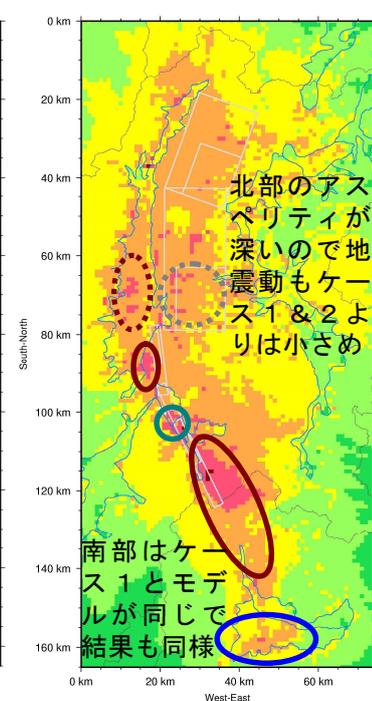
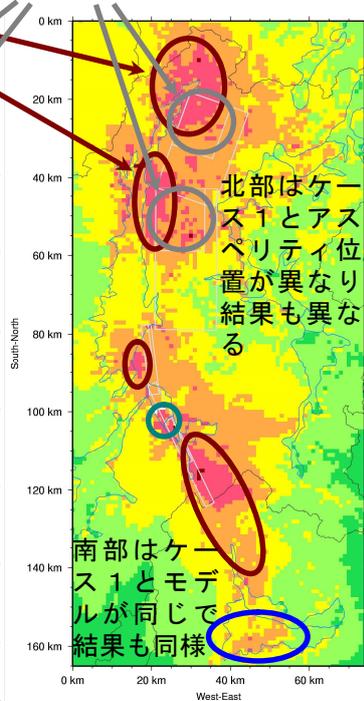
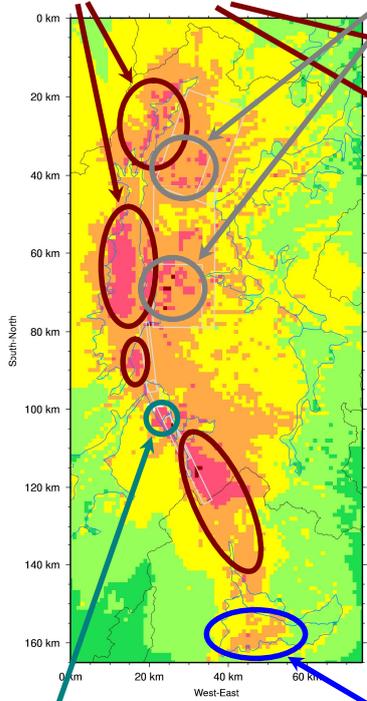
ケース3



アスペリティの破壊伝播の前面地域で大振幅

アスペリティ直上至近で大振幅

震源断層モデルの地表面投影



北部はケース1とアスペリティ位置が異なり結果も異なる

北部のアスペリティが深いので地震動もケース1&2よりは小さめ

南部はケース1とモデルが同じで結果も同様

南部はケース1とモデルが同じで結果も同様



断層近傍に加え諏訪盆地の深い地盤構造と表層地盤増幅により大振幅

遠方だが甲府盆地の深い地盤構造により周辺よりも増幅

地表面の震度分布