

地震発生メカニズムと長期予測

大正大学地域構想研究所 加藤照之

プロフィール

昭和27年 神奈川県藤沢市生まれ

昭和50年 東京大学地震研究所入所（大学院生）

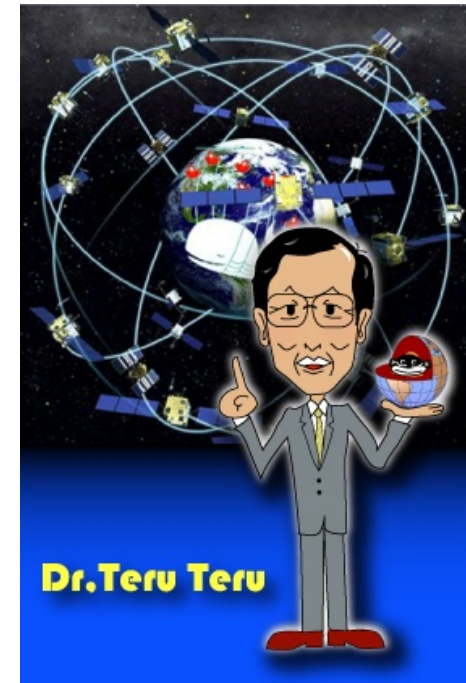
昭和55年～平成30年 同所にてGPS（GNSS）の研究に従事

- ・ GPSを用いた地殻変動の研究
- ・ GPS（GNSS）ブイを用いた津波計の開発研究

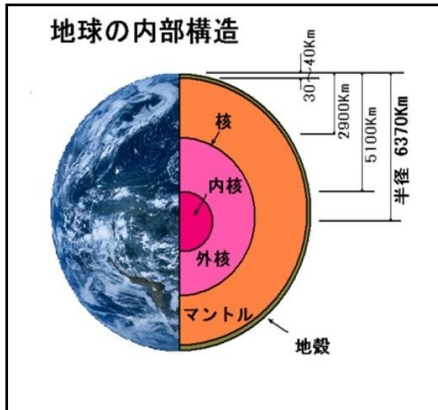
平成31年（令和元年）～令和3年 神奈川県温泉地学研究所

- ・ 箱根火山の防災・行政

令和3年～ 大正大学地域構想研究所

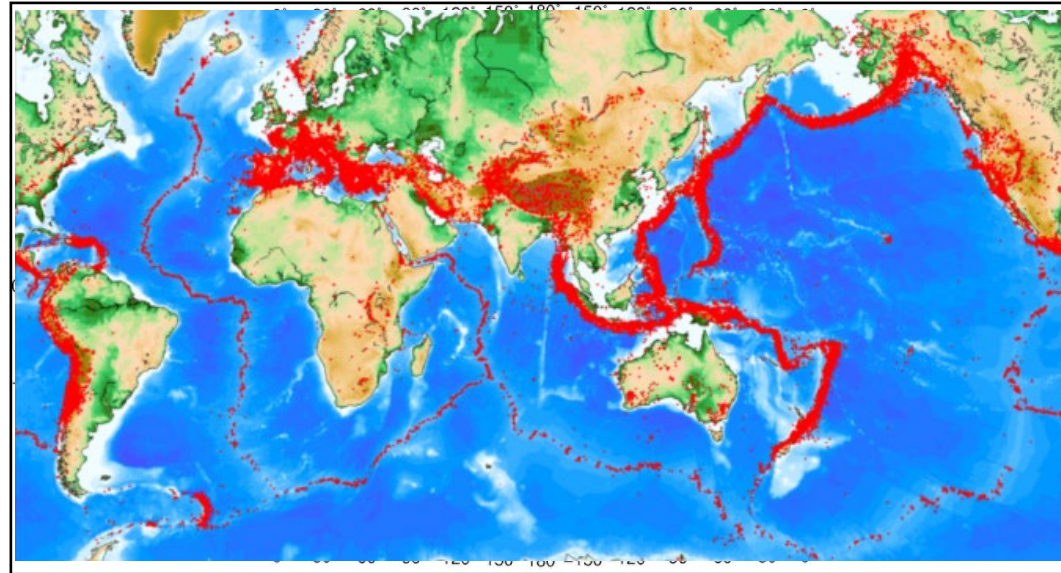


地震はなぜ起こる？



<https://blog.goo.ne.jp/greensoil-take/e/40336042a48e096f74897557b337babcb>

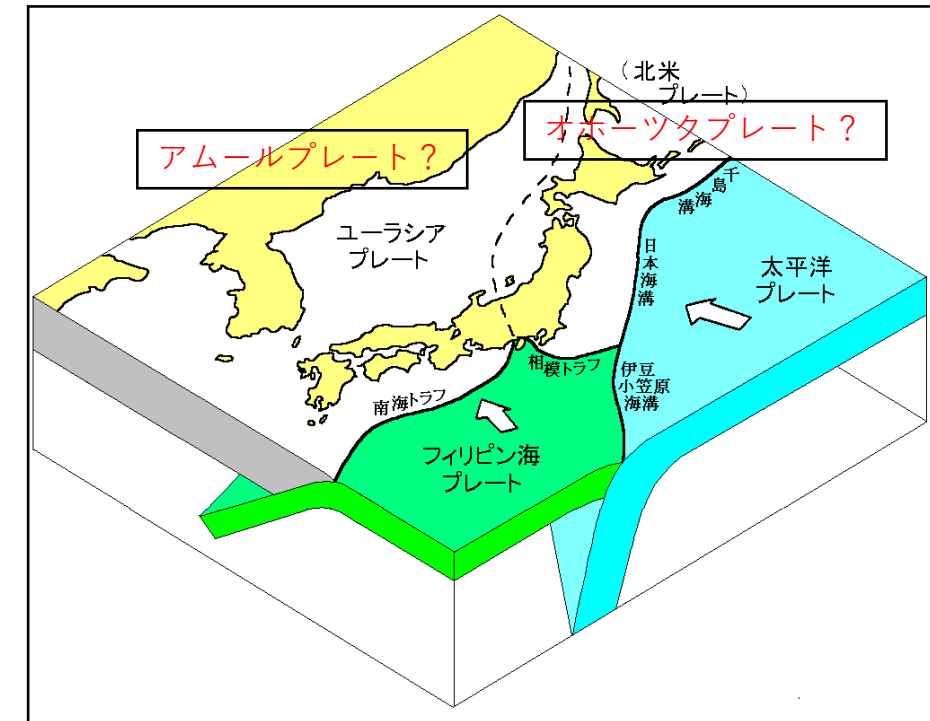
地球の内部は、
流体の核、固体
のマントルと地
表付近の地殻で
構成されている



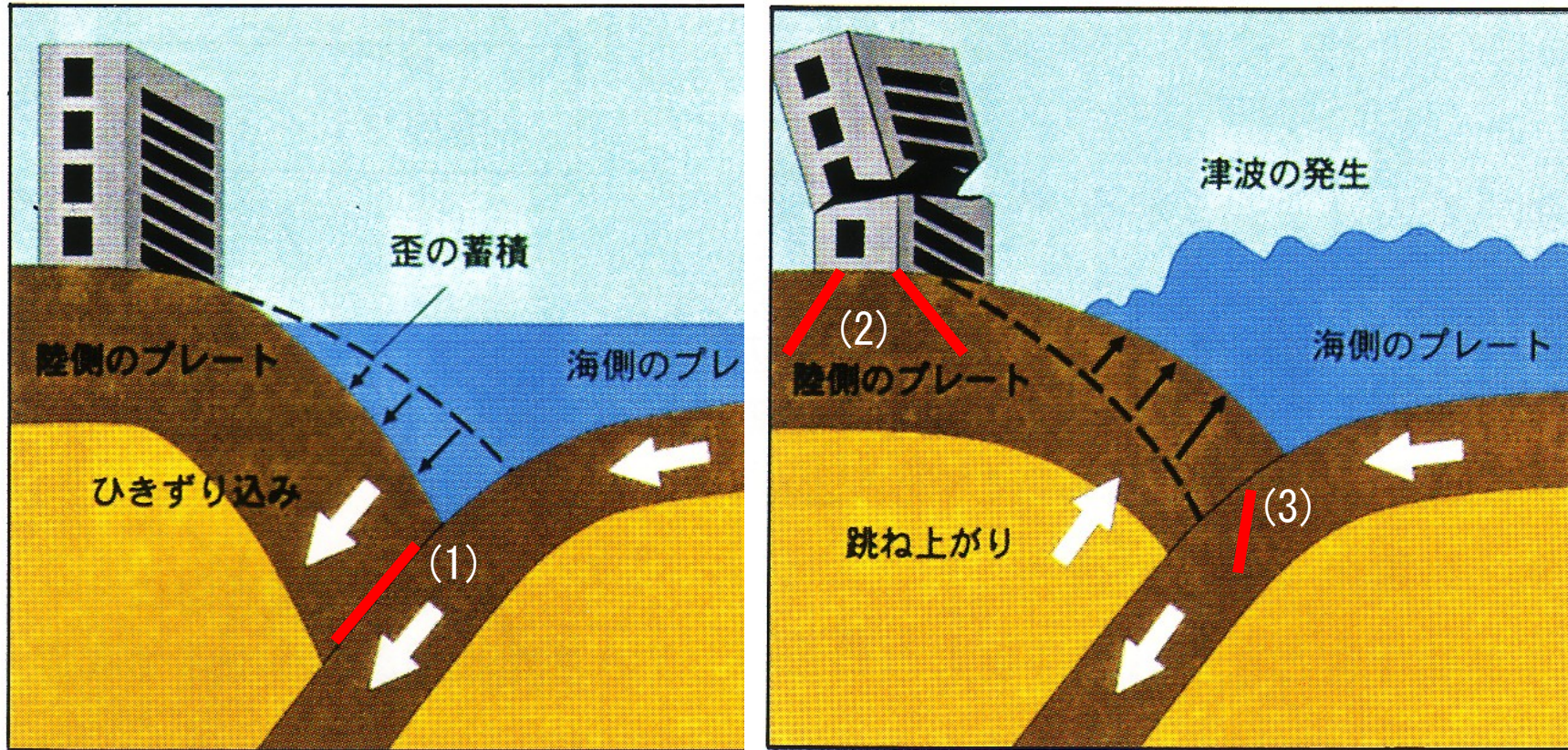
地殻と上部マントルで構成されるプレート
と呼ばれる岩板が水平に移動し、ぶつかり
合っている。

プレートとプレートがぶつかり合う境界
部で地震や火山活動が発生する。

日本列島は2つの海のプレート（太平洋
プレートとフィリピン海プレート）が大
陸のプレート（ユーラシアプレートと北
米プレート）の下に沈み込んでいる。

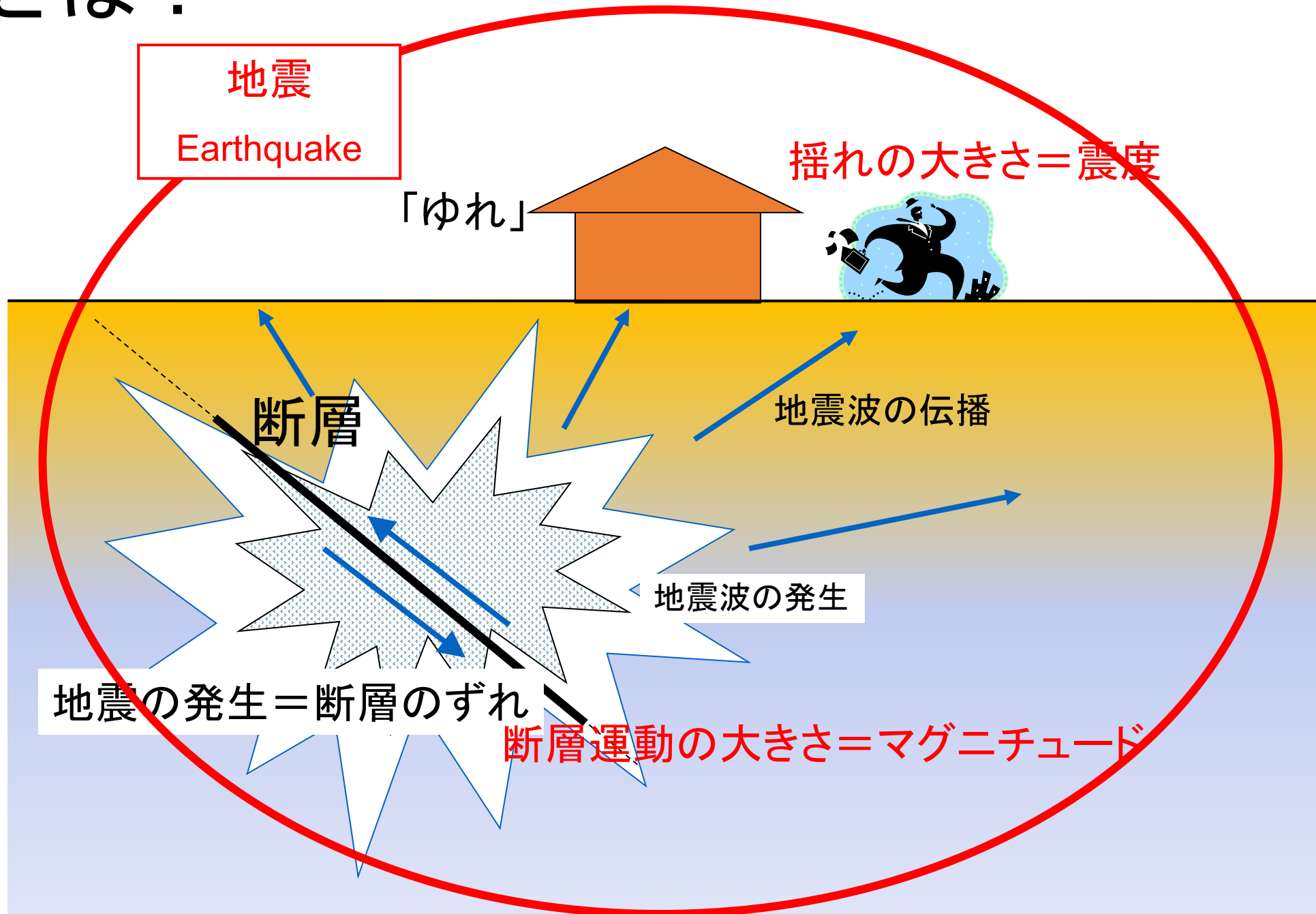


地震発生 の3種類 の場所



- (1) プレート間地震(M8<, 周期:100-200年, 津波発生)
- (2) 内陸地震(M7級, 周期:>1000年)
- (3) スラブ内地震

地震とは？



地震の発生メカニズム

- 地球の深部は熱く， マントルが対流する（固体の流動）．
- マントル対流に乗って， プレートが移動し， プレートの境界部にひずみが溜まり地震が発生する．
- プレート境界部の地震には， (1)プレート間地震， (2)内陸地震， 及び(3)スラブ内地震の3種類が発生する．
- 地震は地下の断層がずれることによって発生し， 地震波が地面の中を伝わって地表に到達して地面を揺らす．
- 地震による地面の揺れによって被害が生じる．
（“地震”という言葉の2面性に注意）
- 地震による被害を軽減することが我々に課せられた課題．

断層運動の表し方（地震のモデル）

地表での地震動や地殻変動を測定する
⇒断層の幅(W), 長さ(L), ずれの量(D)
を推定する
⇒マグニチュードがわかる

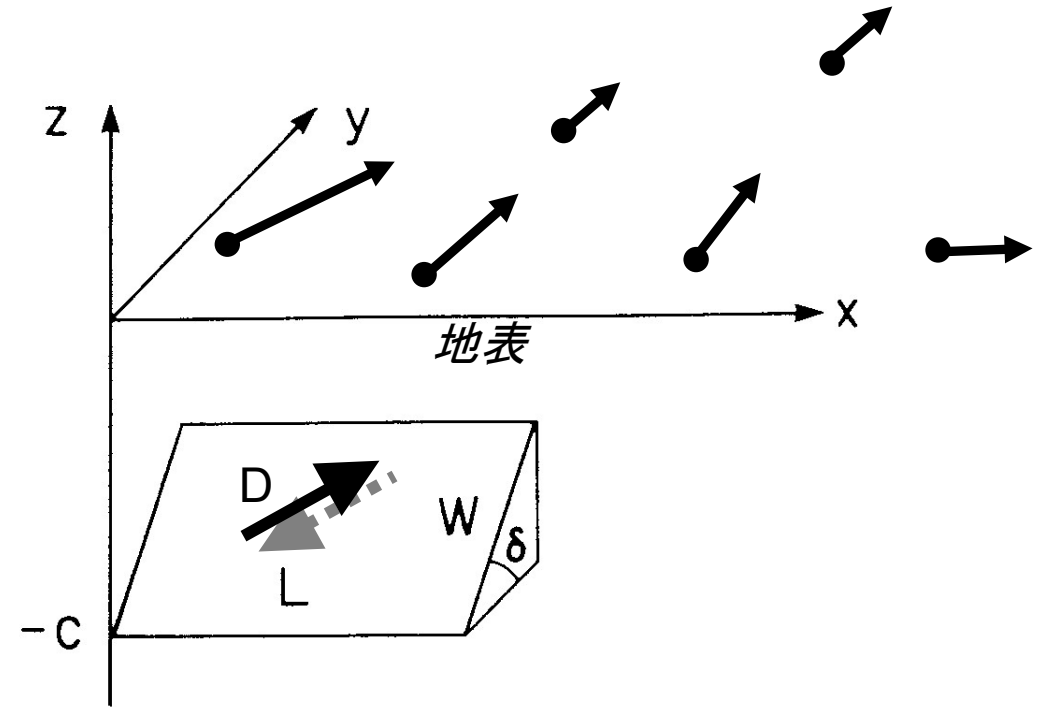
◆ 地震モーメント

$$M_0 = \mu L W D \quad (\text{Nm}) \quad (\mu: \text{地殻の剛性率})$$

◆ モーメント・マグニチュード

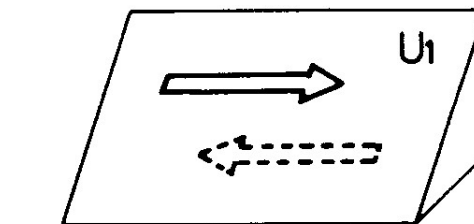
$$M_w = (\log M_0 - 16.1) / 1.5$$

(注: マグニチュードの決め方はいろいろある[e.g. 気象庁の M])

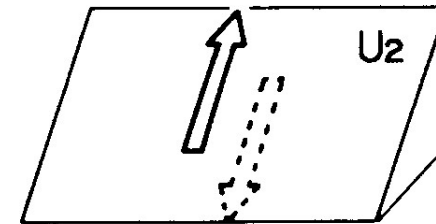


発生した地震
の大きさや形
状がわかる

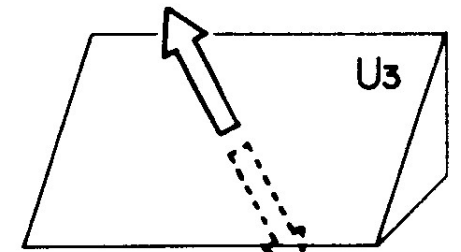
将来発生が予測される地震のモデル
となり, 被害想定に使われる



横ずれ
(右横ずれと左横ずれ)



縦ずれ
(逆断層と正断層)

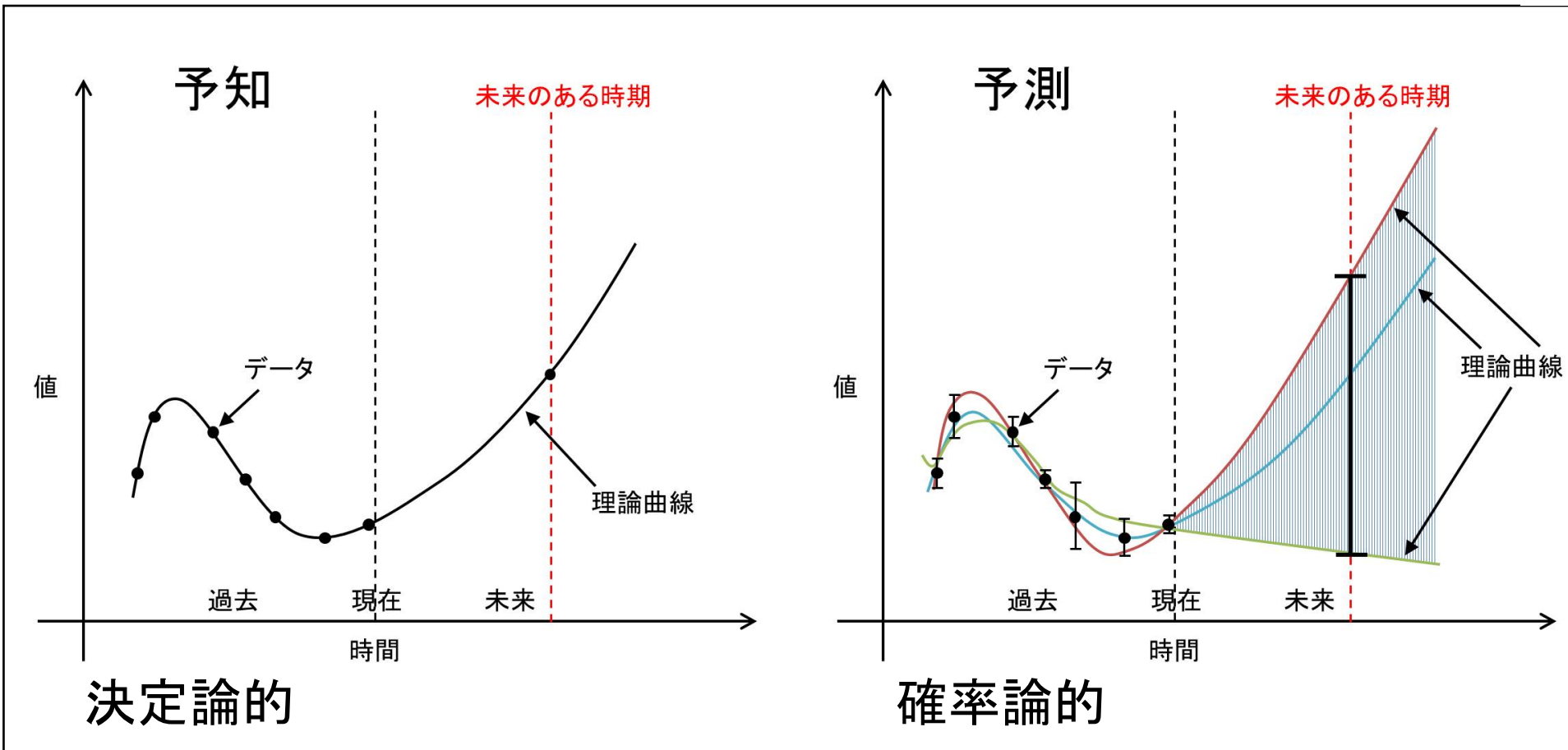
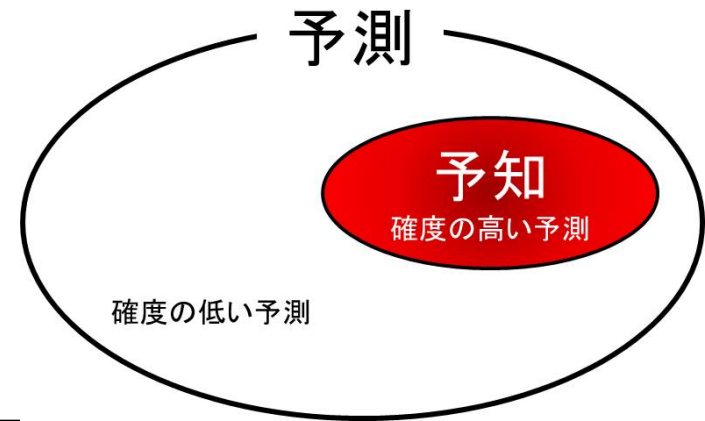


開口割れ目

“地震による被害”を減らすにはどうすればよい？

- 地震が予知できればよい！！
 - 地震の「場所」「大きさ」「発生時刻」を事前に正確に言い当てる.
- 日本の「地震予知」に関する歴史.
 - 1891年濃尾地震の後にはじめての国家的な地震予知研究がスタート
 - 関東地震に関する地震予知論争（大森教授vs. 今村助教授）
 - 1965年頃に近代的な「地震予知（研究）計画」の開始
 - 1995年神戸地震における「予知計画」の挫折
 - 1996年政府の「地震調査研究推進本部」の創設
 - 2011年東北沖地震を経て“地震予知は原状では不可能”と認識.
 - 2009年イタリア・ラクイラ地震における“地震予知”事件と科学者の訴追
- 決定論的な“予知”から確率論的な“予測”へ

予知と予測の違いとは？



「地震調査研究推進本部」 （地震本部） と 確率を用いた “長期予測”

地震に揺られない国にする
地震本部
政府 地震調査研究推進本部
The Headquarters for Earthquake Research Promotion

文字のサイズ 小 中 大 日本語 | English Google 提供

地震本部とは 地震・津波の知識 地震に関する評価 計画と予算 データベース

ひとめでわかる地震本部の活動 各種パンフレット キッズページ データ公開ポータルサイト 素材集 関連機関リンク集 よくある質問 平成30年北海道胆振東部地震に関する情報

都道府県ごとの地震活動
地域ごとに、地震に関する情報を閲覧できます。

北海道地方 中部地方 中国・四国地方 九州・沖縄地方 近畿地方 関東地方 東北地方

主な地震活動の評価 主要活断層帯の長期評価 海溝型地震の長期評価 全国地震動予測地図 2020年版

新着情報

評価	2021年09月09日	2021年8月の地震活動の評価（令和3年9月9日公表）	
予算	2021年09月03日	令和4年度の地震調査研究関係予算概算要求について	📄
予算	2021年09月03日	令和4年度の地震調査研究関係予算概算要求の概要	📄
予算	2021年09月03日	令和4年度地震調査研究関係政府予算概算要求（関係機関別）	📄
会議資料	2021年09月03日	地震調査研究推進本部第4回本部会議（令和3年8月31日（火）開催）	
会議資料	2021年08月18日	第61回政策委員会（令和3年8月18日開催）	

≫ 続きをみる

• 主な地震活動の評価

- 毎月定期的に実施し結果を公表
- 大きな地震が発生するとその都度臨時に実施

• 主要活断層帯の長期評価

- 全国115の主要な活断層の確率評価の実施
- 地域毎の長期評価も実施

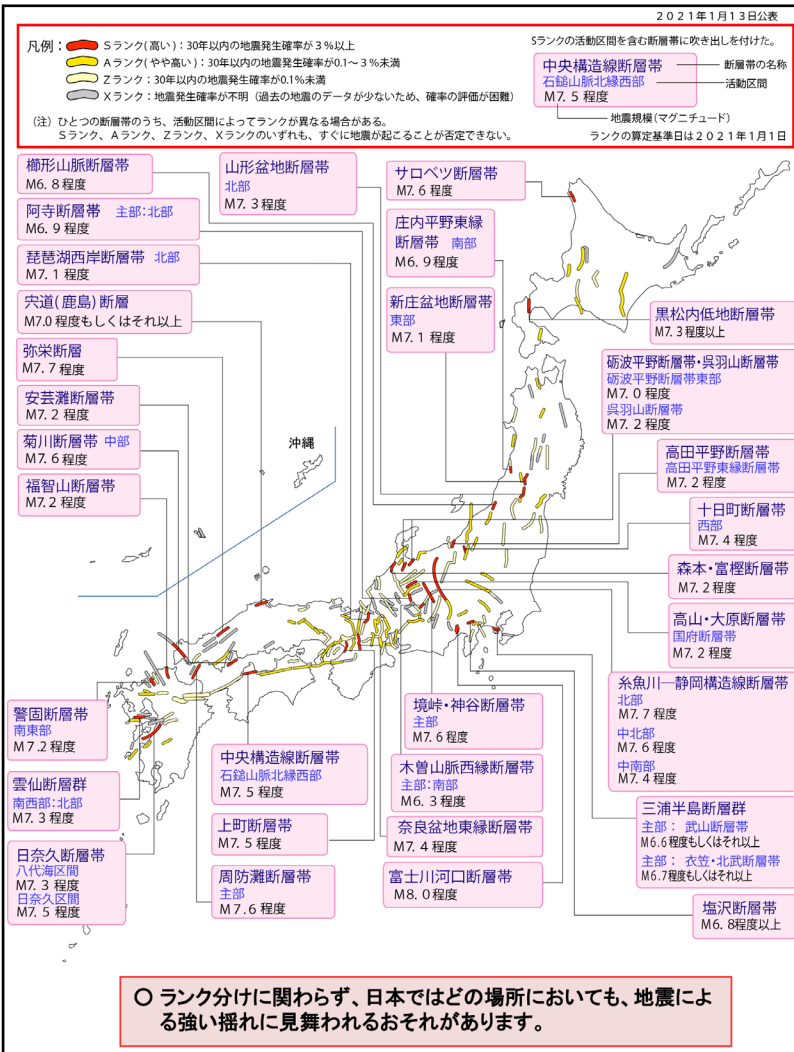
• 海溝型地震の長期評価

• 全国地震動予測地図

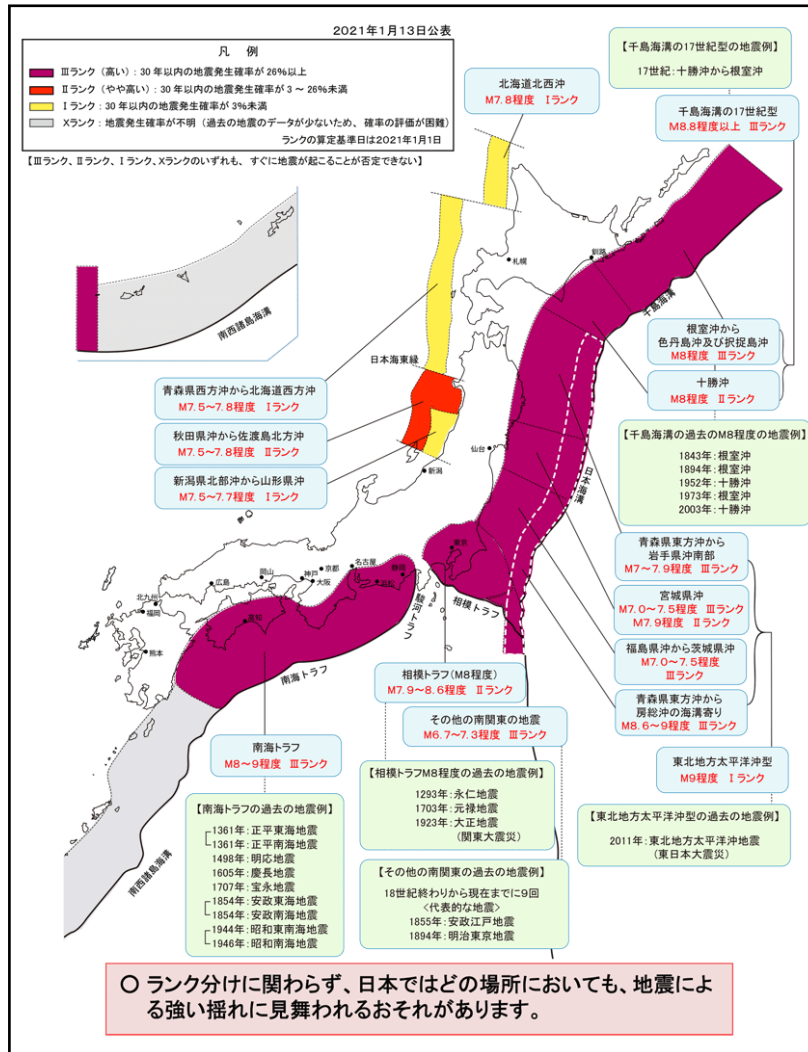
- 2021年版からJ-SHIS（防災科研）へ
<https://www.j-shis.bosai.go.jp/>

長期評価が実施されている活断層・海溝型地震と地震動予測地図

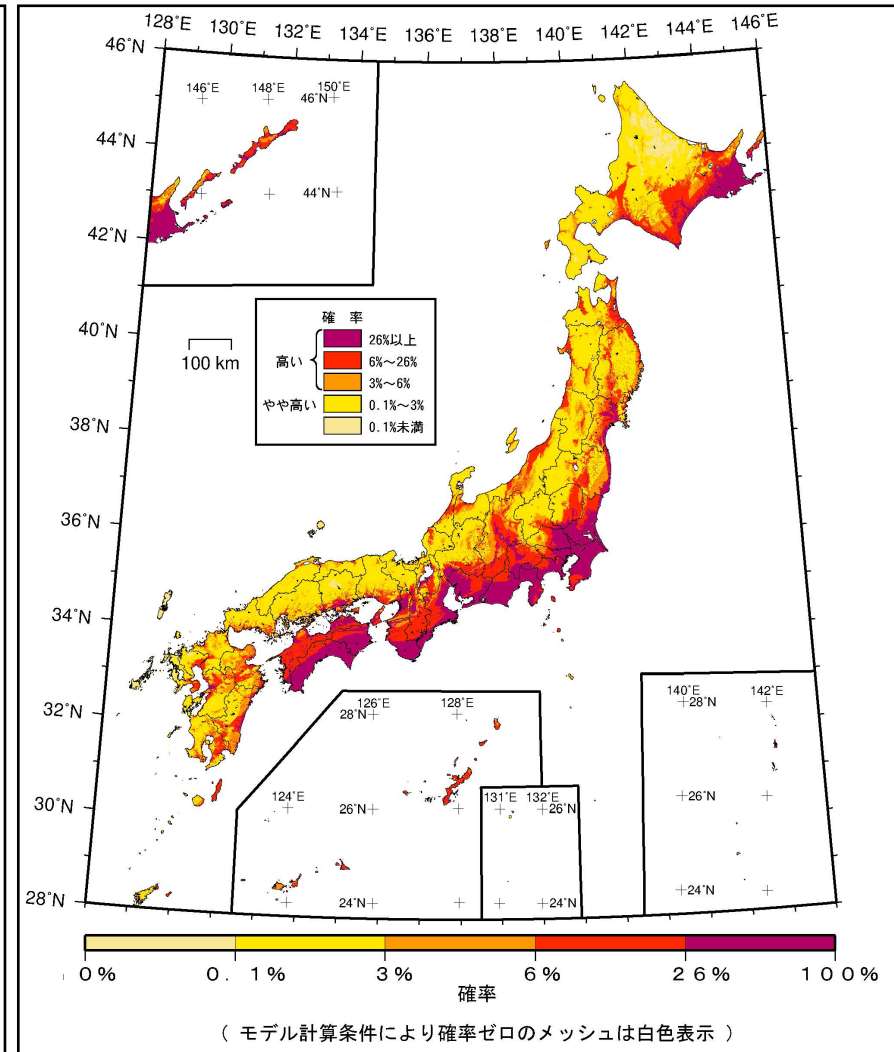
主要活断層



海溝型地震

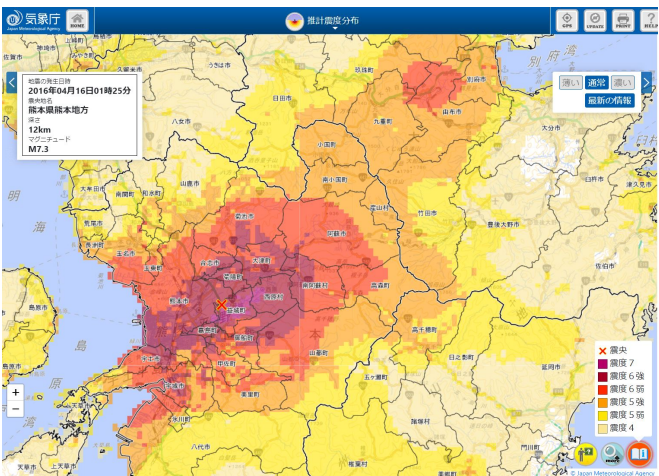


確率論的地震動予測地図

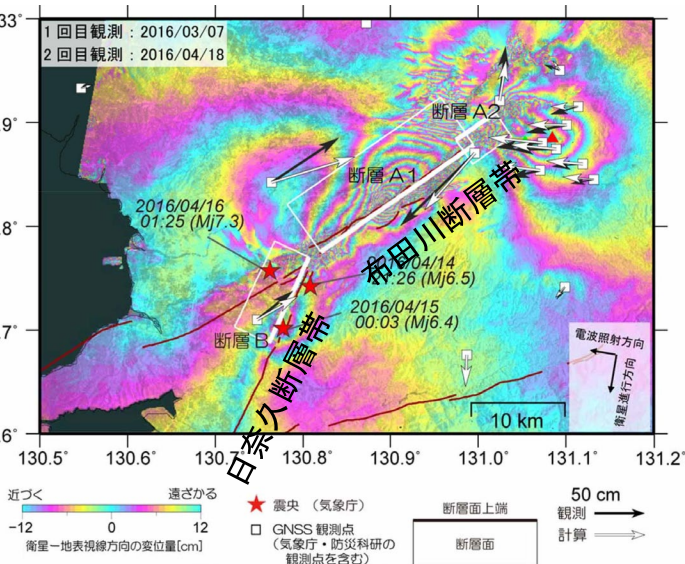


今後30年間に震度6以上の揺れに見舞われる確率

2016年4月14日，16日熊本地震



気象庁による16日地震の推定震度分布図



干渉SARとGNSSから推定した断層モデル（国土地理院）

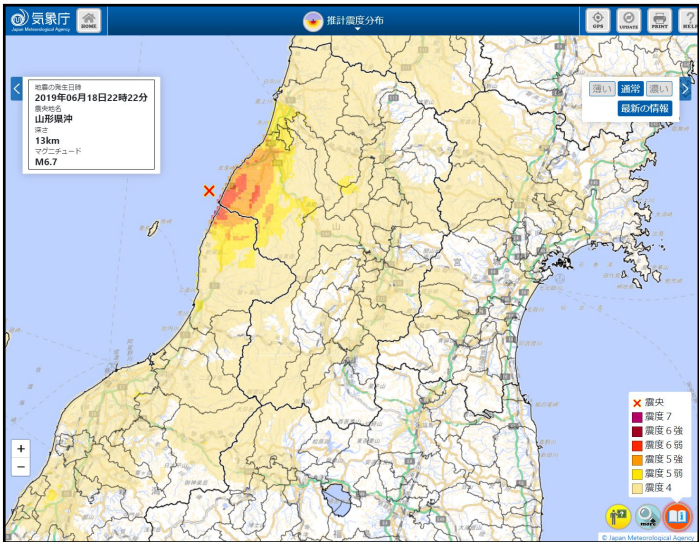
2016年4月14日21時26分にM6. 5，続いて28時間後の4月16日1時25分にM7. 3の地震が熊本県と大分県で相次いで発生した地震。両地震で最大震度7を2回の地震で観測した。これらの他、最大震度が6強の地震が2回、6弱の地震が3回発生している。この地震以後、気象庁は“余震”という言葉を使わなくなった。

都道府県名	人的被害			住家被害					非住家被害		火災
	死者	負傷者		全壊	半壊	一部損壊	床上浸水	床下浸水	公共建物	その他	
		重傷	軽傷								
	名	名	名	棟	棟	棟	棟	棟	棟	棟	件
山口						3					
福岡		1	16		4	251					
佐賀		4	9			1				2	
長崎						1					
熊本	270	1, 184	1, 553	8, 657	34, 491	155, 095	114	156	467	12, 857	15
大分	3	11	23	10	222	8, 110				59	
宮崎		3	5		2	39					
合計	273	1, 203	1, 606	8, 667	34, 719	163, 500	114	156	467	12, 918	15

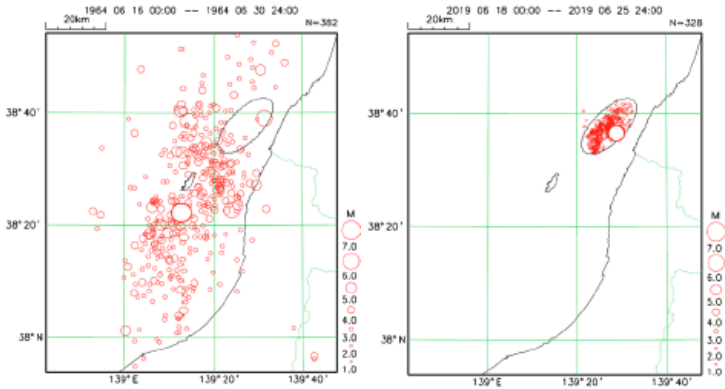
地震直前（2013）の長期評価（今後30年以内の発生確率）：
布田川断層（ほぼ0-0.9%），日奈久断層帯（ほぼ0-6%）

2019年6月18日山形県沖地震

2019年6月18日22時22分に山形県沖で発生（M6.7）。新潟県村上市府屋で震度6強。山形県鶴岡市温海川で震度6弱。観測史上初めて山形県内（鶴岡市温海川：震度6弱）で震度6以上の揺れを記録（Wikipediaより）。鶴岡市鼠ヶ関で11cmの津波を観測。



https://www.jma.go.jp/bosai/map.html#9/38.324/140.161/&contents=estimated_intensity_map



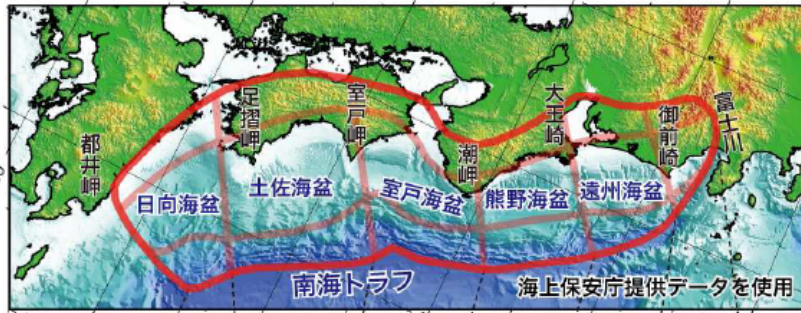
2019年7月9日地震調査委員会資料



2019年7月9日地震調査委員会資料

県名	人の被害				住家被害					非住家被害	
	死者	行方不明者	負傷者		全壊	半壊	一部損壊	床上浸水	床下浸水	公共建物	その他
			重傷	軽傷							
	人	人	人	人	棟	棟	棟	棟	棟	棟	棟
宮城				5							
秋田			1	1			1				1
山形			3	25		4	940				5
新潟			4	3		24	639				
石川			1								
合計			9			28	1,580				6

南海トラフで過去に起きた大地震の震源域の時空間分布と長期評価



発生確率予測

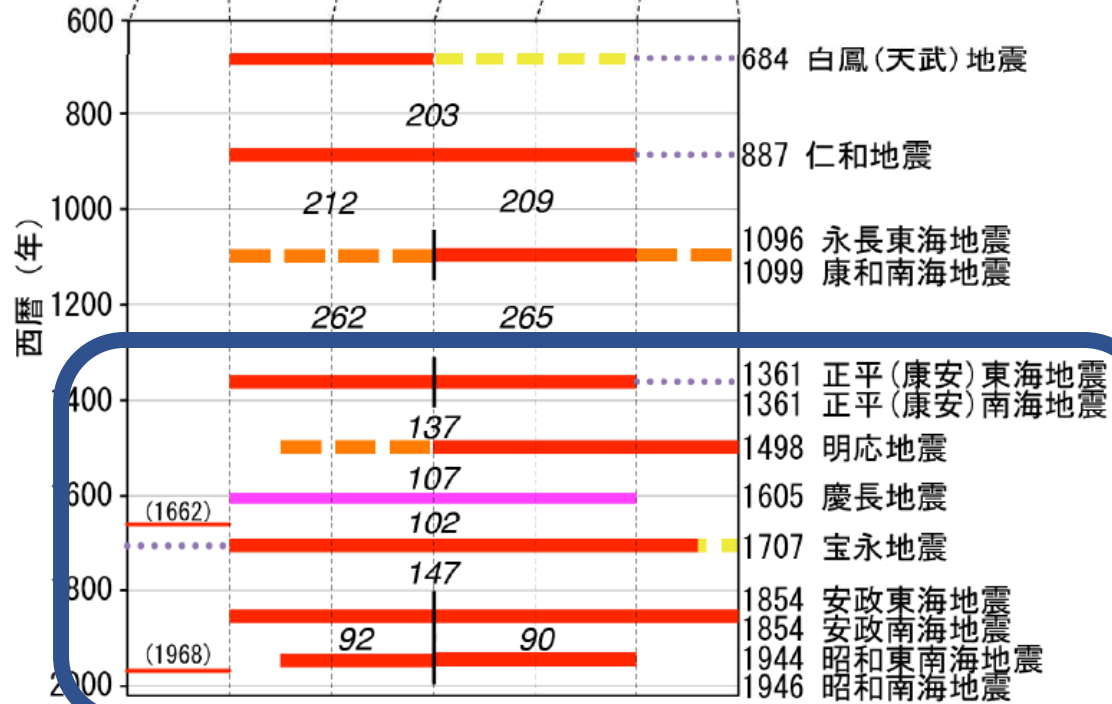
10年以内: 30%程度

30年以内: 70-80%

50年以内: 90%程度or以上

地震後経過率: 0.85

(2021年1月1日基準)



(地震調査委員会資料:20130528)

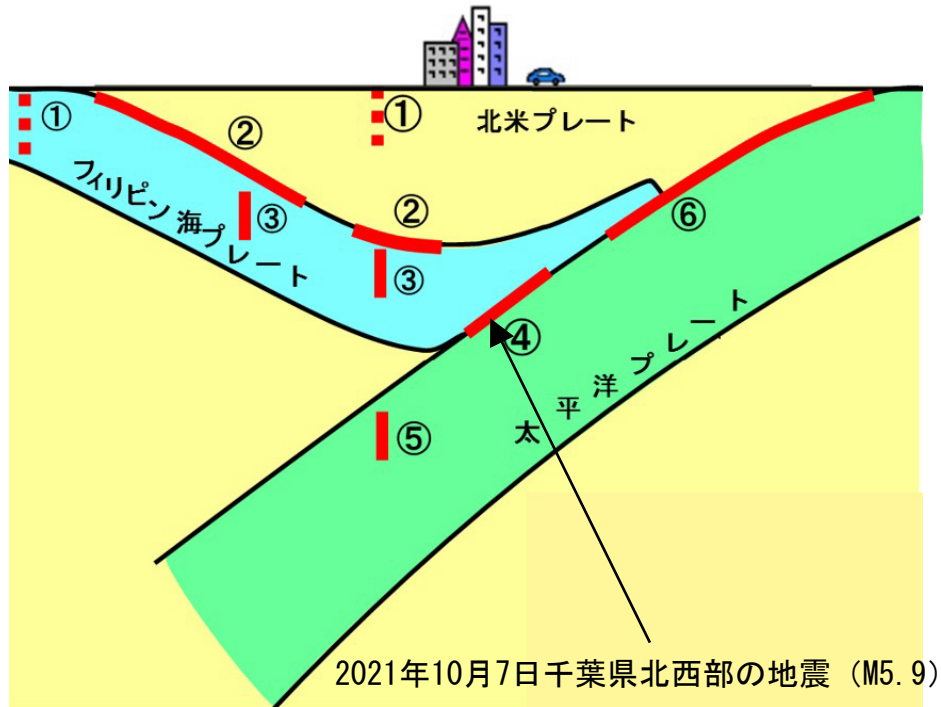
- 確実な震源域
- 確実視されている震源域
- 可能性のある震源域
- 説がある震源域
- 津波地震の可能性が高い地震
- 日向灘のプレート間地震(M7クラス)

想定される震源域の例

	深さ	推定破壊域						スケーリング則から推定されるMw
		Z	A	B	C	D	E	
東海・南海地域が連動するパターン	浅部							8.8
	中部							
	深部							
	浅部							9.0 ^{*1}
	中部							
	深部							
	浅部							9.0
	中部							
	深部							
	浅部							9.1 ^{*2}
	中部							
	深部							
	浅部							8.7
	中部							
	深部							
	浅部							8.9
	中部							
	深部							
東海・南海地域の2地震が時間差をおいて発生するパターン	浅部							8.8
	中部							
	深部							
	浅部							9.0
	中部							
	深部							
	浅部							8.7
	中部							
	深部							
	浅部							8.9
	中部							
	深部							
東海・南海地域の2地震が時間差をおいて発生するパターン	浅部							8.4
	中部							
	深部							
	浅部							8.7, 8.3
	中部							
	深部							
	浅部							8.5, 8.3
	中部							
	深部							
	浅部							8.7, 8.2
	中部							
	深部							

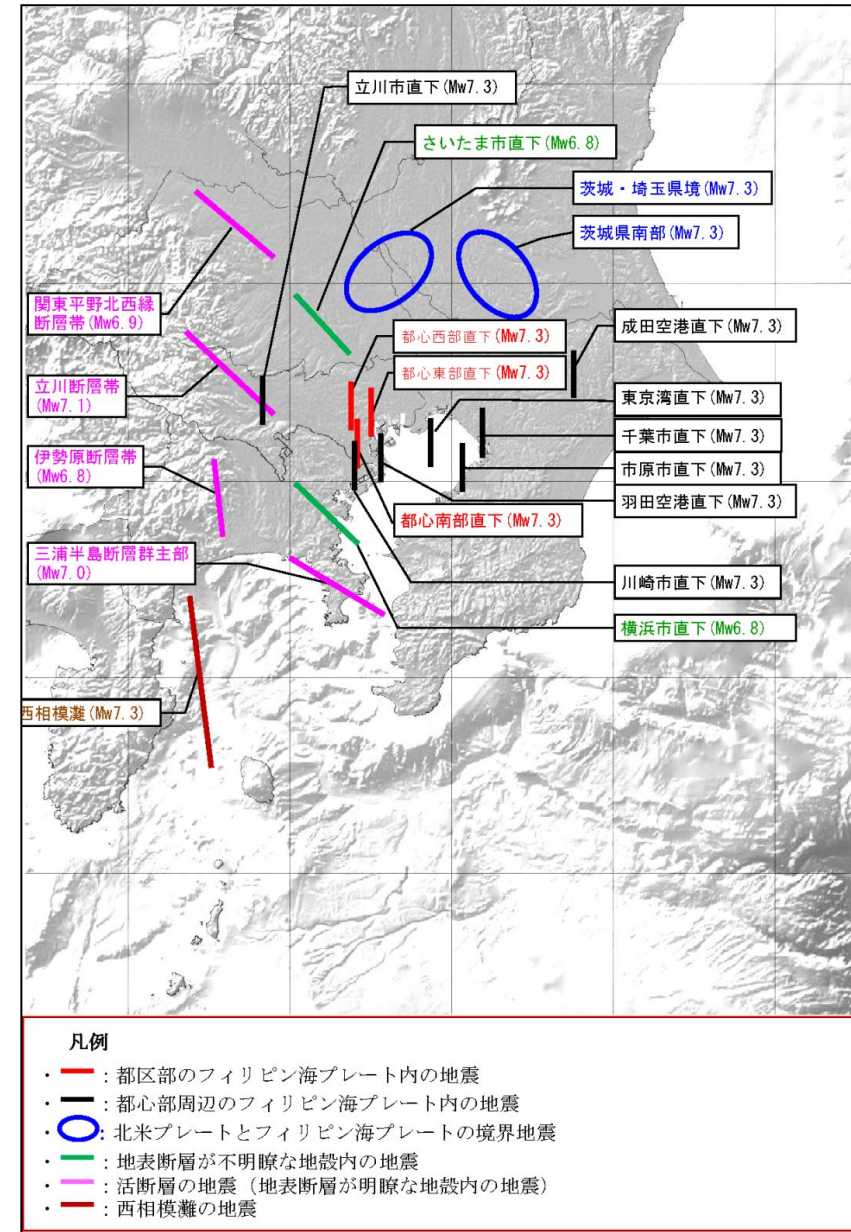
<https://www.jishin.go.jp/main/choukihyoka/ichiran.pdf>

“首都直下地震”とはどんな地震？



- ①地殻内の浅い地震
- ②フィリピン海プレートと北米プレートの境界の地震
- ③フィリピン海プレート内部の地震
- ④フィリピン海プレートと太平洋プレートの境界の地震
- ⑤太平洋プレート内の地震
- ⑥フィリピン海プレート及び北米プレートと太平洋プレートの境界の地震

(中央防災会議, 2013)



19の起こり
そうな地震
を想定

震度

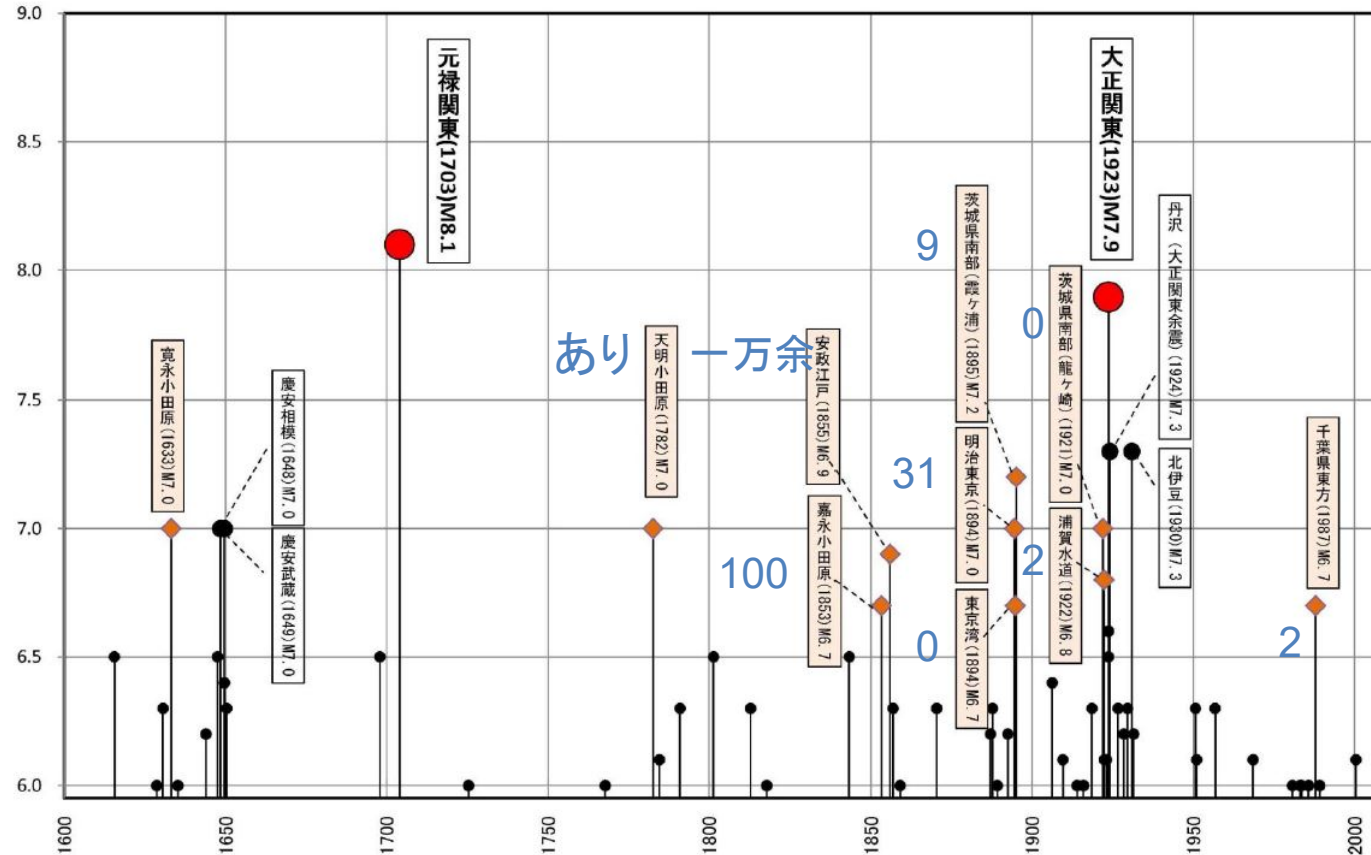
7	7
6	6 強
6	6 弱
5	5 強
5	5 弱
4	4
3	3 以下

どの地震が起こるかわからないので、被害の最も大きくなる都心南部直下地震で被害想定を作成



南関東で発生したM7クラスの地震

首都直下地震の発生確率はなぜ70%なのか？



- 18世紀末から現在まで9個の地震が発生
- 平均繰り返し間隔は25.9年
- 最新の地震1987年千葉県東方沖地震から33年経過

国（地震本部）：長期評価による地震のモデル

国（内閣府中央防災会議）

- 防災基本計画
- 大規模地震防災・減災対策大綱
 - 東海地震，東南海・南海地震，首都直下地震，日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震，中部圏・近畿圏直下地震の各対策大綱
 - 南海トラフ巨大地震

【被害想定】

都道府県：地域防災計画
【被害想定】

市区町村：地域防災計画

自主防災組織

住民

まとめ

- 地球内部のマントル対流によって地表の岩板（プレート）が移動し、ぶつかりあう境界で地震が発生する.
- 日本付近の地震が発生する場所は、(1)プレート境界、(2)内陸、及び(3)沈み込むプレートの内部（スラブ内）の3か所
- 地震は、地下で発生する断層運動とそこから発生する地震波が地表を揺らすまでの一連の過程を示す. 断層運動の大きさをマグニチュード、揺れの大きさを震度で表す.
- 地震による被害を軽減するには、「地震予知」が有望とされたこともあるが、現状では予知は不可能であり、確率を用いた予測が重要.
- 政府の地震本部では、発生した地震の評価と活断層と海溝型巨大地震の長期予測を実施. ハザードマップも作成
- 内閣府中央防災会議では大規模地震として南海トラフ地震や首都直下地震等の防災・減災対策大綱を作成.
- 地方自治体は国の長期予測や防災基本計画に基づき、地域防災計画や防災業務計画を作成し、地震防災行政を実行している.