

# 宇宙地球科学 I (第四回目)

## 火成活動と地震

東京大学総合文化研究科：  
小宮 剛 教授

komiya@ea.c.u-tokyo.ac.jp  
http://www43.tok2.com/home/isua/

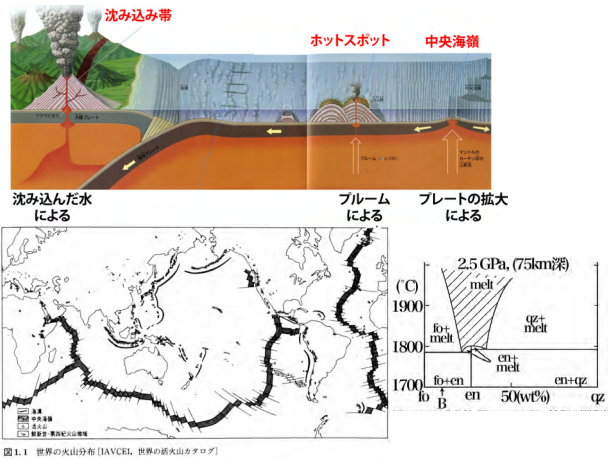
**岩石：** 鉱物または岩片から構成される固結した混合物

**火成岩：** 岩石の融解を伴う岩石

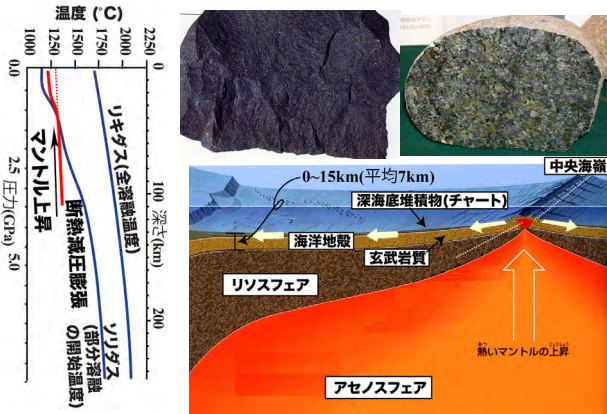
**変成岩：** 岩石の融解を伴わない程度で、温度・圧力条件の変化に伴い、構成する鉱物組み合わせや組成が変化して生じた岩石。

**堆積岩：** 流体運動の作用により地表あるいは水底に沈積した固体粒子の集合物を堆積物とし、圧密や膠結(コウケツ)などによる粒子間稠密(チュウミツ)で固結した堆積物

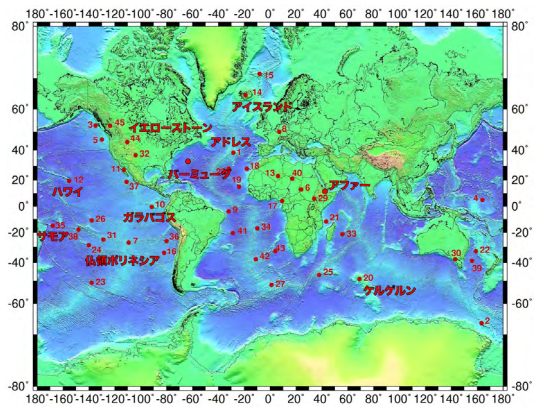
### 火成岩の組成と鉱物組織



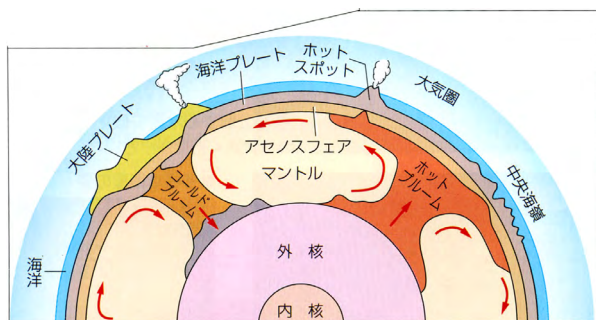
### 中央海嶺での火成活動



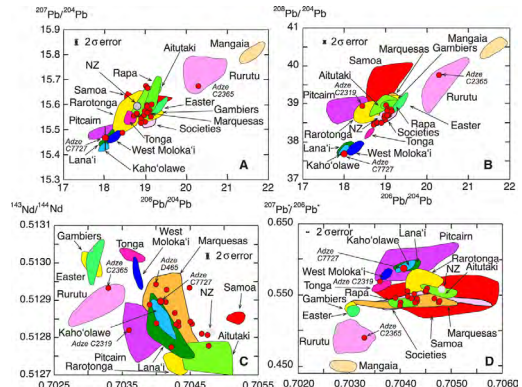
### ホットスポット



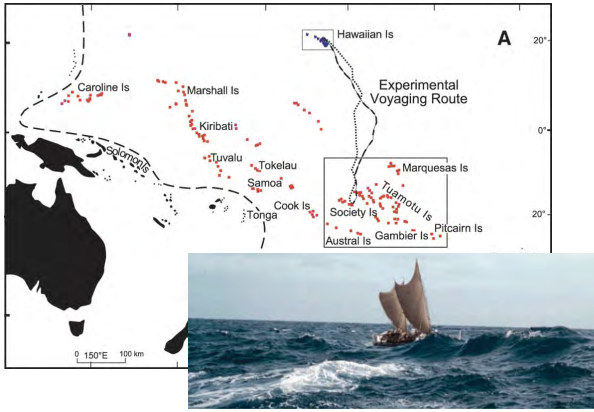
### プレートテクトニクスとブルームテクトニクス 地球断面とブルームテクトニクス



### ブルームテクトニクスとホットスポットの起源



## 太平洋の文化交流

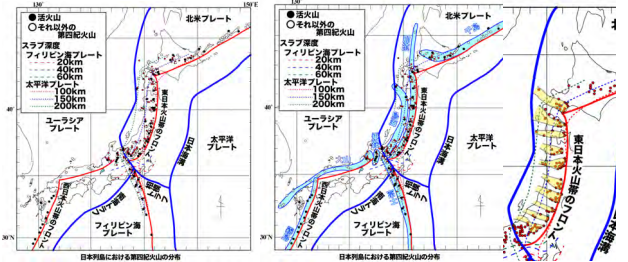


## 日本列島の火山の分布と火山フロント

(活)火山は海溝から約100km離れたところから分布

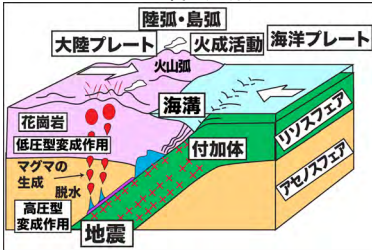
- (1) 四国や紀伊半島には火山は無い。
- (2) 東京にも火山は無い。

- 温泉は??
- (1) 大江戸温泉
  - (2) 有馬(神戸)温泉
  - (3) 道後温泉



## 沈み込み帯の火成活動 —安山岩／玄武岩と花崗岩—

沈み込んだ海洋プレートから脱水 安山岩  
した水がマントルに流入、マントル～浅間山,箱根  
のソリダス(融点)を下げる。  
→マントルの部分溶融

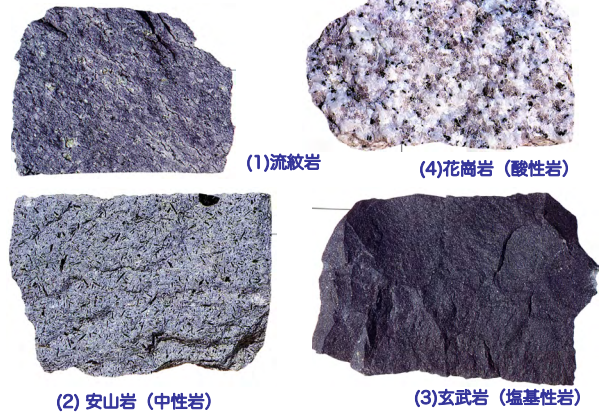


玄武岩  
～富士山,伊豆大島

流紋岩  
～雲仙普賢岳

花崗岩(大陸を  
代表する岩石)

## (2)沈み込み帯の火成岩

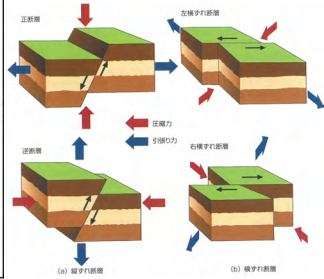
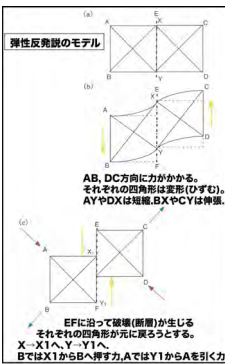


## 地殻変動と地震

①地震: 地震波が放出される地球内部の破壊現象、地震波は断層の両側の岩盤が急激にずれることにより放出

②力がかかり、ひずみが蓄積されて破壊が起こりそれが解放される。

③断層には4タイプ。



## 用語解説

- ①震源(ずれが開始した点)と震央
- ②マグニチュード: 地震の強さ(エネルギーの大きさ)を表す(Mが2増加で1000倍, 1なら32倍, 0.2の時2倍).  
 $\log_{10} E = 4.8 + 1.5 M$ ,  $E(J) = 6.3 \times 10^4 \times 10^{1.5M}$
- モーメントマグニチュード: 断層運動の規模(金森博雄)  
 $M_w = (\log M_0 - 9.2) / 1.5$  ( $M_0 = \mu \times D \times S$ )
- S: 震源断層面積, D: 平均変位量,  $\mu$ : 剛性率( $2-4 \times 10^{10} \text{ N/m}^2$ )
- リヒター(最初にマグニチュードを定義), 表面波, 実体波, 気象庁マグニチュード(震源(震央)からの距離と最大振幅)
- ③震度: 地震の揺れの程度を表した指標(日本は10段階)

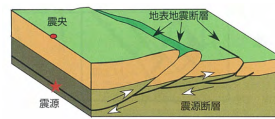
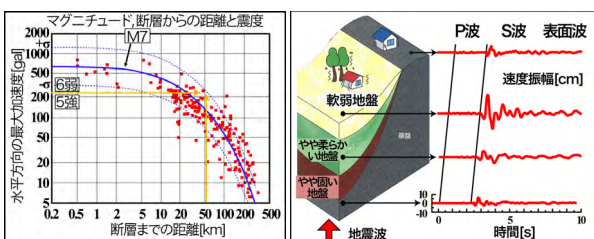


図2.9 震源と震央

## 震度とマグニチュード

震度: ある場所がどれだけ揺れたか  
M: 地震自体のエネルギー



## 日本周辺の地震の種類

- ①沈み込み帯直前の海洋プレートのたわみ
- ②大陸プレートと海洋プレートの間での滑り
- ③大陸プレート内の圧縮によるずれ

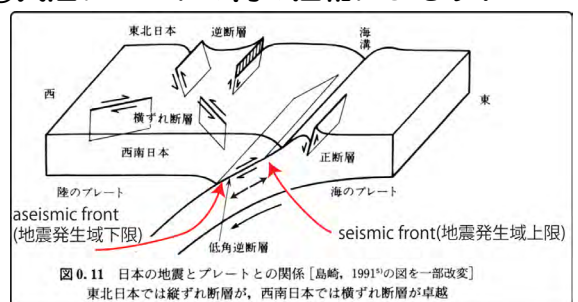
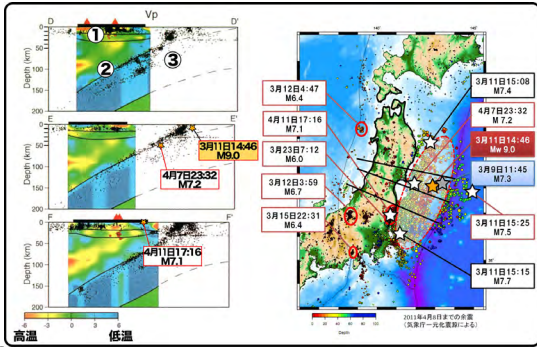


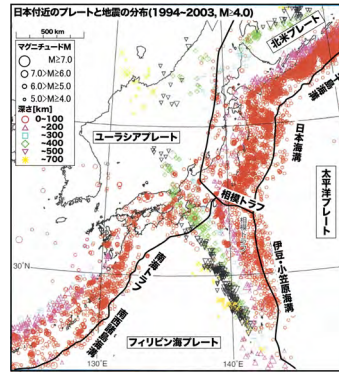
図0.11 日本の地震とプレートとの関係 [島崎, 1991の図を一部改変]  
東北日本では縦ずれ断層が, 西南日本では横ずれ断層が卓越

# 日本周辺のプレート境界と地震：断面



- ①地震の多いところはプレート境界
- ②しかし、内陸や沈み込むプレート内でも地震あり
- ③地震の起こる深さには上限と下限がある

# 日本周辺のプレート境界と地震



- ①地震の多いところはプレート境界
- ②しかし、内陸や沈み込むプレート内でも地震あり

# 日本周辺の大地震

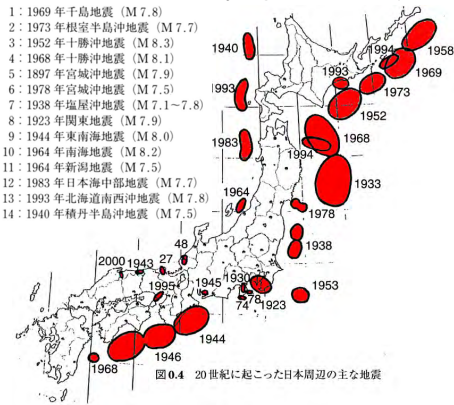
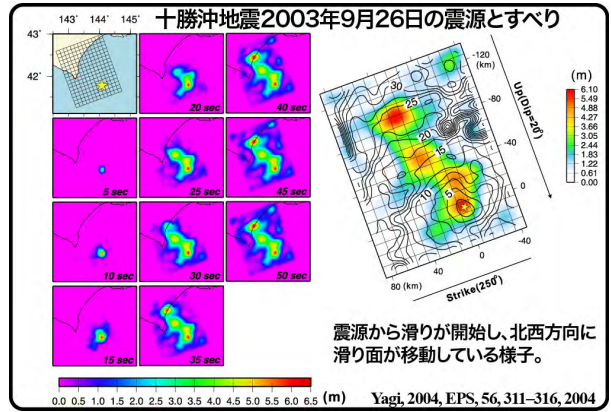


図0.4 20世紀に起こった日本周辺の主な地震

# 震源と断層すべり

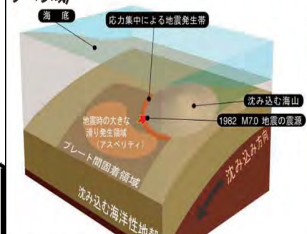


震源から滑りが開始し、北西方向に滑り面が移動している様子。

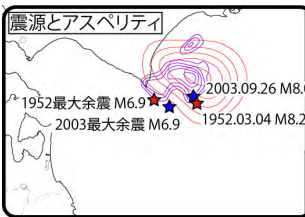
Yagi, 2004, EPS, 56, 311-316, 2004

# 震源と断層すべり

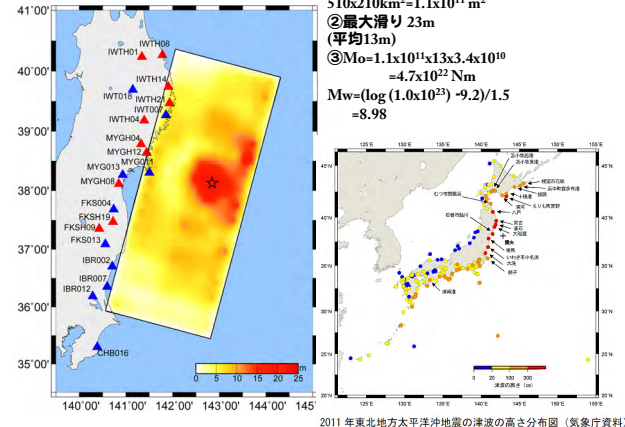
海山とアスペリティの関係  
アスペリティ: 普段は固着していて、地震時に急激にすべって強い地震波を出す領域(c.f. ゆっくりすべり域)



固着度の違いの原因  
①沈み込むプレートの凹凸  
②表面の岩石との性質(硬い岩盤 vs 柔らかい粘土)  
海山部分のプレート境界では地震活動が見られず、沈み込む海山の前方の麓から地震が起こり始める。アスペリティはさらに深い場所に位置。両者直接関係無し

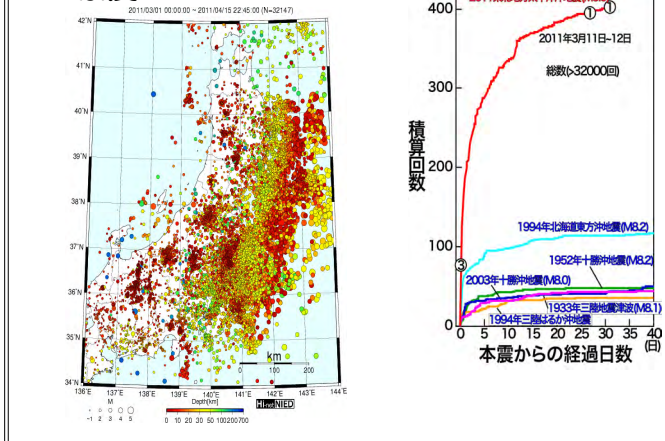


# 東北太平洋沖地震

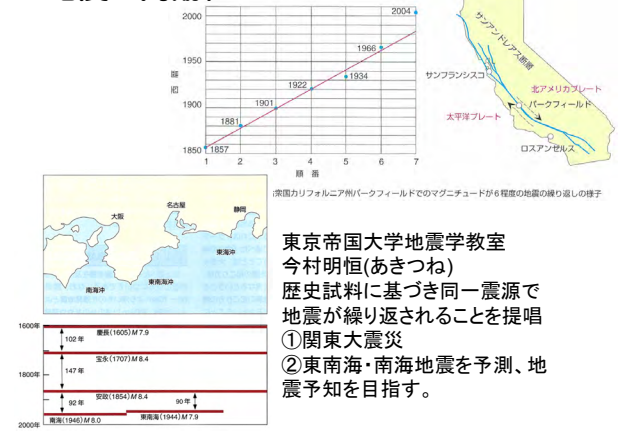


2011年東北地方太平洋沖地震の津波の高さ分布図 (気象庁資料)

# 余震

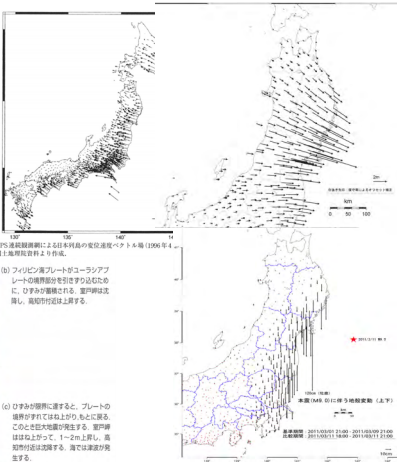
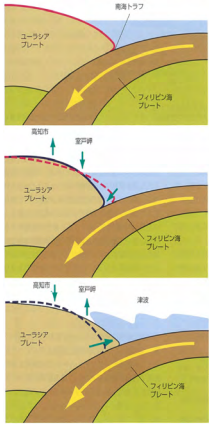


# 地震の周期性



東京帝国大学地震学教室  
今村恒(あきつね)  
歴史資料に基づき同一震源で地震が繰り返されることを提唱  
①関東大震災  
②東南海・南海地震を予測、地震予知を目指す。

# 地震の周期性



GPS最新観測網により日本列島の収縮速度は約4mm/年(1996年4月現在)と推定されている。  
 (a) フィリピン海プレートとユーラシアプレートの境界がずれがねとなり、もたれ、このため地震が発生する。境界ずれはなすりによって1-2m/年、長期平均は約2cm/年である。境界ずれが蓄積し、最終的にずれがねが破断し、短期平均は約10cm/年である。  
 (b) ひずみが蓄積すると、プレートの境界がずれがねとなり、もたれ、このため地震が発生する。境界ずれはなすりによって1-2m/年、長期平均は約2cm/年である。境界ずれが蓄積し、最終的にずれがねが破断し、短期平均は約10cm/年である。  
 (c) ひずみが蓄積すると、プレートの境界がずれがねとなり、もたれ、このため地震が発生する。境界ずれはなすりによって1-2m/年、長期平均は約2cm/年である。境界ずれが蓄積し、最終的にずれがねが破断し、短期平均は約10cm/年である。

# 地震予知

地震予知の分類と手法

	時間スケール	手法
長期予知	数百年～数十年	過去の地震発生履歴を用いて統計的に予測
中期予知	数十年～数ヶ月	現在の観測データと物理モデルを用いてシミュレーションによって予測
直前予知	数ヶ月～数週間	地震直前に現れる現象(前兆現象)を捉えて予測
地震速報	数秒～数十秒前	地震発生後に震源から離れた場所に地震の規模と到達時刻を知らせる

# 地震予知: 「いつ」「どこで」「その規模」

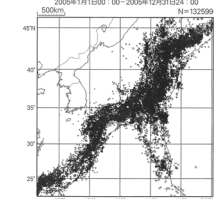


図1-1. 2005年1月に発生した日本列島周辺で発生した地震の震央分布図(マゼンタマーカーはM8以上、赤がM7以上、黒がM6以上、127個以上の震央が日本列島をとおっているのがわかる。

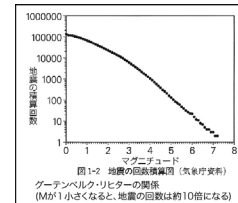
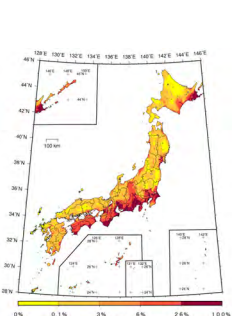


図1-2. 地震の収斂係数(収斂係数)マゼンタマーカーはM2とM1の関係(収斂係数)マゼンタマーカーはM2とM1の関係(収斂係数)マゼンタマーカーはM2とM1の関係(収斂係数)

長期予知: 地震の周期性から、予測。現在、地震の大きさと場所を今後30年間に起る確立として提示



中期予知: 現在の地殻変動や地震の発生の観測データから予知

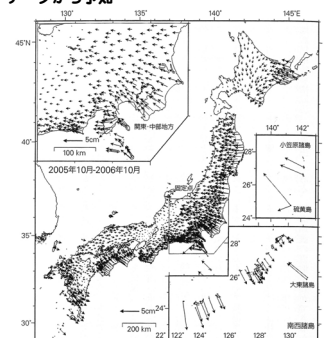
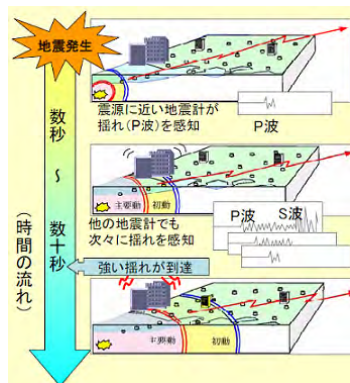


図1-4. GPS観測網により明らかになった日本列島の地殻変動(新潟県大潟湖観測点(図中に固定点と示す)に対する2005年10月から2006年10月までの各観測点での変動も矢印で示す。

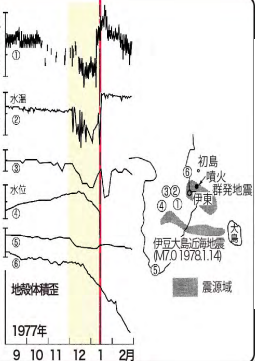
直前予知: 前兆現象(プレスリップ)を検出して、地震発生を警告

緊急地震速報  
現在の地殻変動や地震の発生の観測データから予知

直前予知  
前兆現象(プレスリップ)を検出して、地震発生を警告

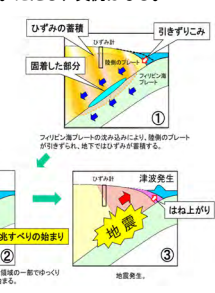


# 直前予知(70~80年代)

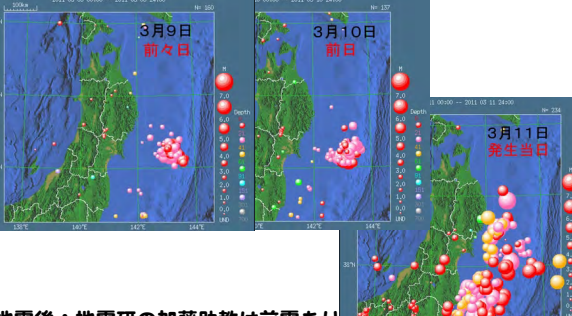


# 直前予知(最近)

プレスリップ。実験的・理論的裏づけ。ただし、実例はなし。



# 東日本大震災に前震はあったのか?



地震後: 地震研の加藤助教は前震あり  
 2/16にM5.5.3月上旬にM2~4が80回.  
 3/9にM7.3.その後、震災までに250回の地震.  
 地震前: 東北大地震・噴火予知観測センターの松沢教授は3/9の時点でM7.3の地震は来るべき大地震とは関係無し

# 前震と判定するのは難しい.

イタリア中部ラクイアで起きた群発地震 (2009年1月~4月)

- ①この間、多数の地震が発生。
- ②3/31の科学者らの専門家に『よる委員会』で「大地震が発生する「公算はほとんどない」ただ可能性が全くないとは言えない」
- ③この発言で、油断した?
- ④4/6に最大地震(M6.3) 309人の死者
- ⑤その後も、M5以上が4回



# 震度6弱以上の地震確率分布図と日本の原発の場所

