

# 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：

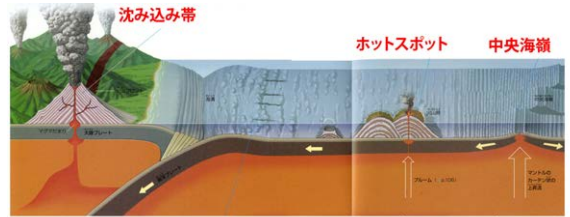
小宮 剛 准教授

2017/10/26

komiya@ea.c.u-tokyo.ac.jp

http://www43.tok2.com/home/isua/

## プレートテクトニクスと火成活動

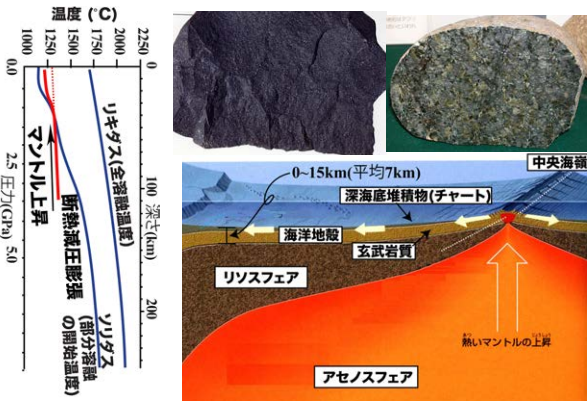


沈み込んだ水による

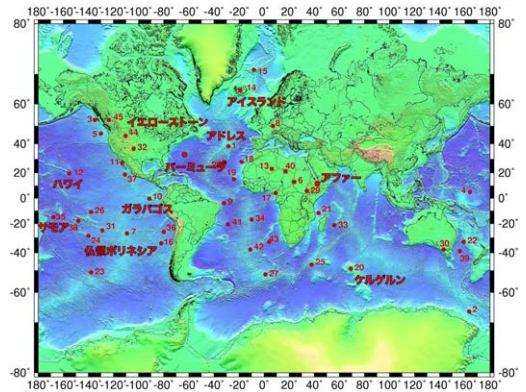
ブルームによる

プレートの拡大による

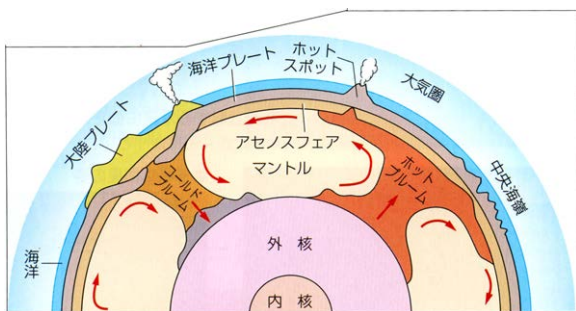
## 中央海嶺での火成活動



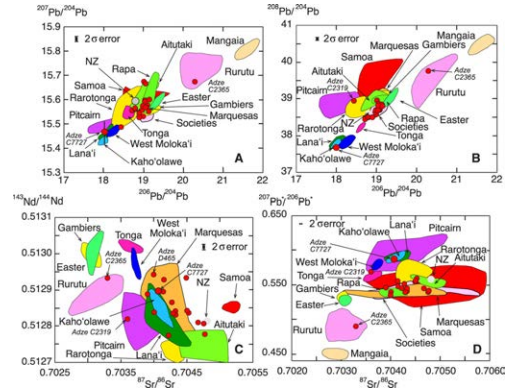
## ホットスポット



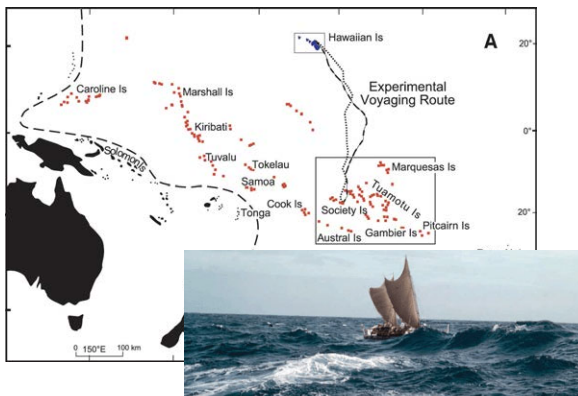
## プレートテクトニクスとブルームテクトニクス 地球断面とブルームテクトニクス



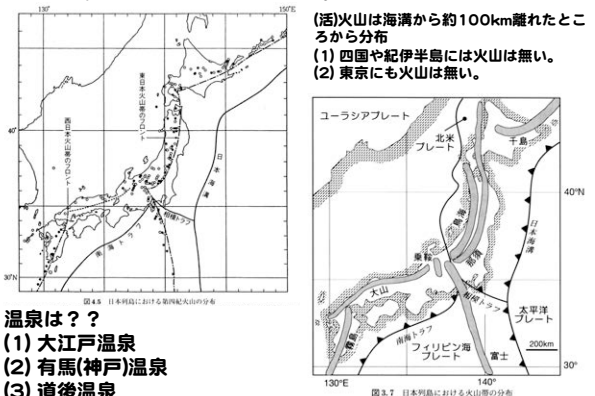
## ブルームテクトニクスとホットスポットの起源



## 太平洋の文化交流

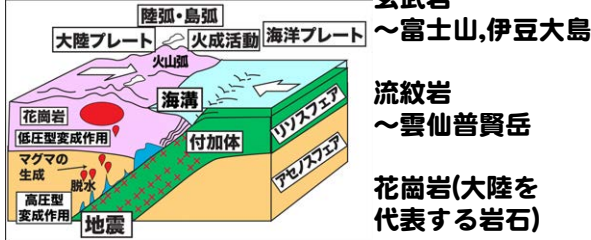


## 日本列島の火山の分布と火山フロント

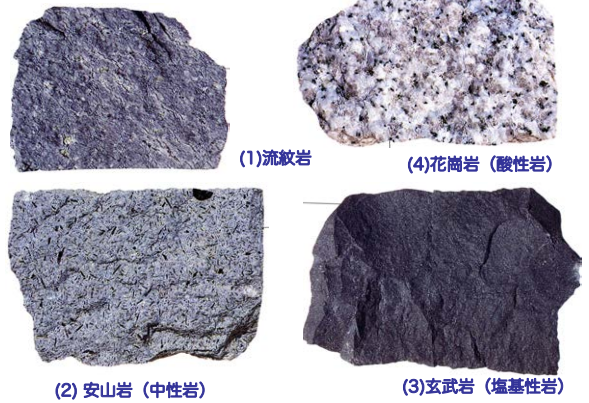


## 沈み込み帯の火成活動 —安山岩／玄武岩と花崗岩—

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 ~浅間山,箱根  
ルのソリダス(融点)を下げる。  
→マントルの部分熔融



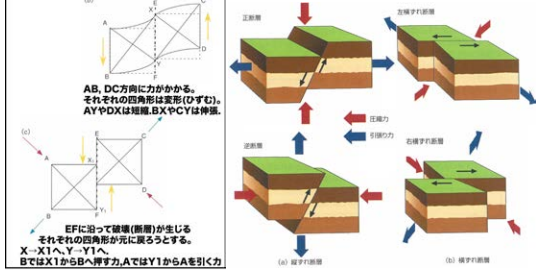
## (2)沈み込み帯の火成岩



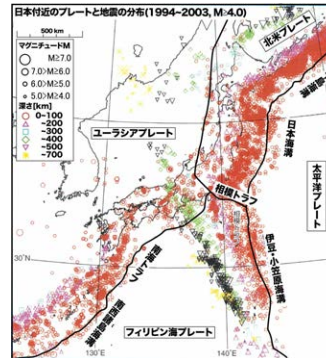
## 地殻変動と地震

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りそれが解放される。  
③断層には4タイプ。

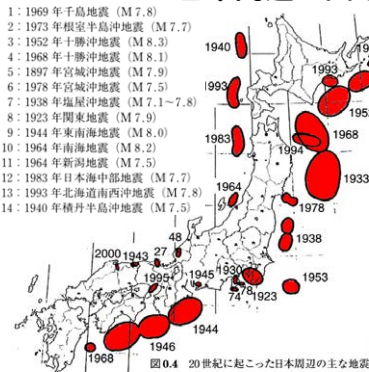


## 日本周辺のプレート境界と地震

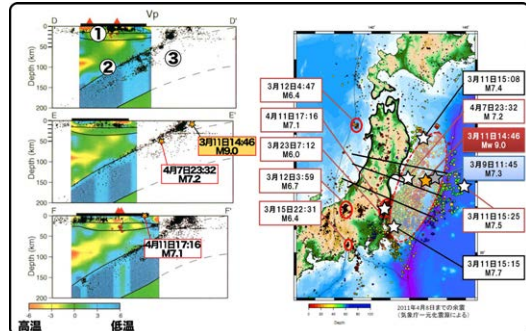


①地震の多いところはプレート境界  
②しかし、内陸や沈み込むプレート内でも地震あり

## 日本周辺の大地震



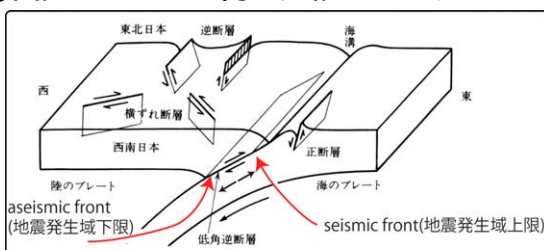
## 日本周辺のプレート境界と地震：断面



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

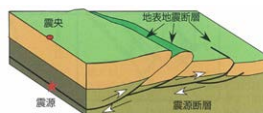
## 日本周辺の地震の種類

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との間の滑り  
③大陸プレートの内の圧縮によるずれ



## 用語解説

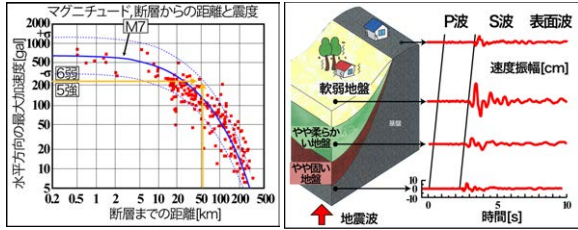
- ①震源(ずれが開始した点)と震央
- ②マグニチュード: 地震の強さ(エネルギーの大きさ)を表す(Mが2増加で1000倍, 1なら32倍, 0.2の時2倍).  
 $\log_{10} E = 4.8 + 1.5 M$ ,  $E(J) = 6.3 \times 10^4 \times 10^{1.5M}$
- モーメントマグニチュード: 断層運動の規模(金森博雄)  
 $M_w = (\log M_0 - 9.2) / 1.5$  ( $M_0 = \mu \times D \times S$ )
- S: 震源断層面積, D: 平均変位量,  $\mu$ : 剛性率 ( $2 \sim 4 \times 10^{10} \text{ N/m}^2$ )
- 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)



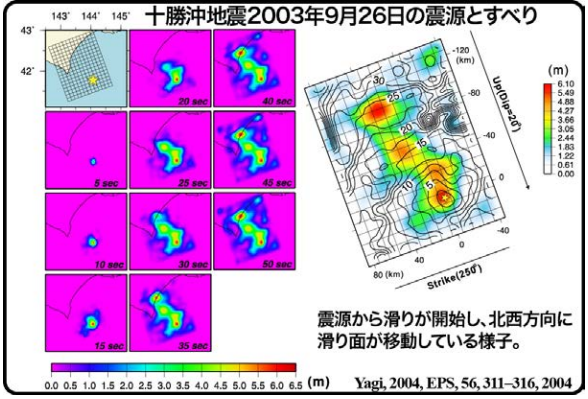


# 震度とマグニチュード

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

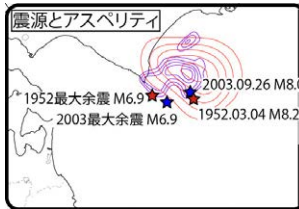
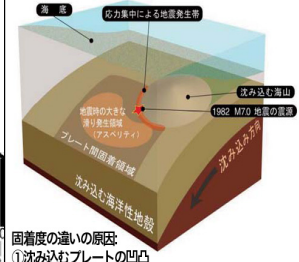


# 震源と断層すべり



# 震源と断層すべり

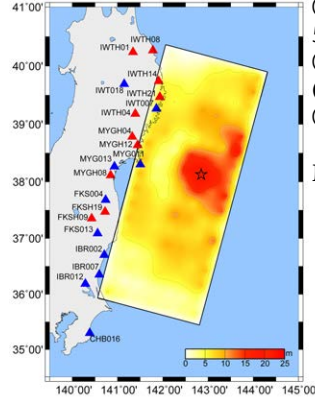
海山とアスペリティの関係  
アスペリティ: 普段は固着しているが、地震時に急激にすべって強い地震波を出す領域(cf. ゆっくりすべり域)



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)

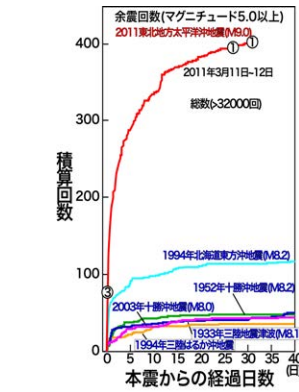
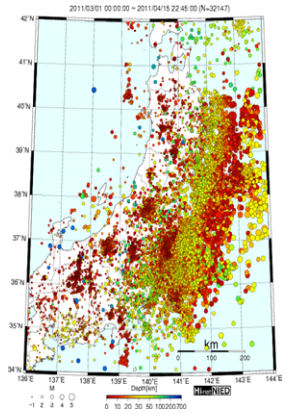
海山部分のプレート境界では地震活動が見られず、沈み込む海山の前方の麓から地震が起り始める。アスペリティはさらに深い場所に位置。両者直接関係無し

# 東北太平洋沖地震

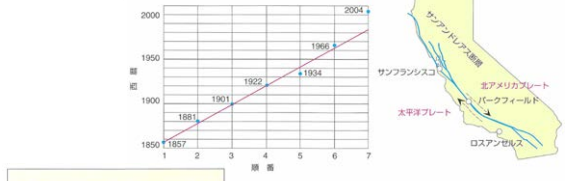


- ①断層面の大きさ  $510 \times 210 \text{ km}^2 = 1.1 \times 10^{11} \text{ m}^2$
- ②最大滑り 23m (平均13m)
- ③  $M_0 = 1.1 \times 10^{11} \times 13 \times 3.4 \times 10^{10} = 4.7 \times 10^{22} \text{ Nm}$   
 $M_w = (\log(1.0 \times 10^{23}) - 9.2) / 1.5 = 8.98$

# 余震

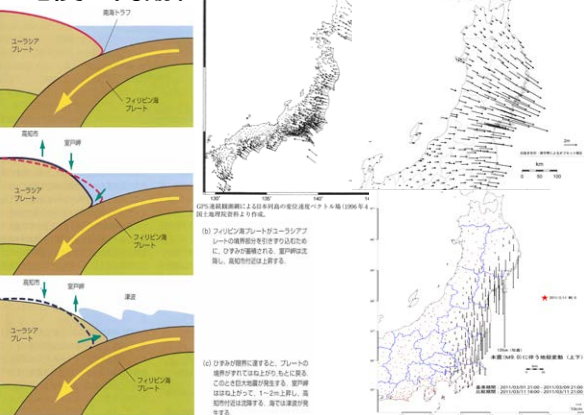


# 地震の周期性

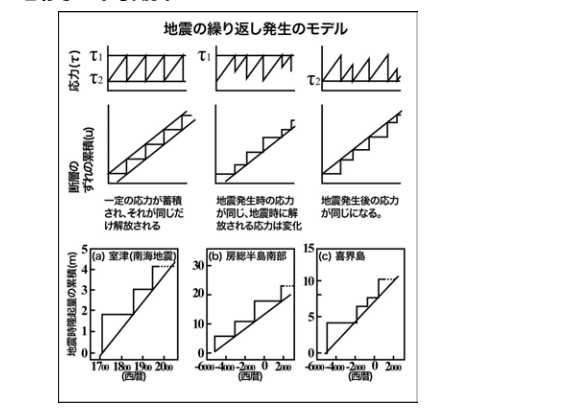


東京帝国大学地震学教室  
今村明恒(あきつね)  
歴史資料に基づき同一震源で地震が繰り返されることを提唱  
①関東大震災  
②東南海・南海地震を予測、地震予知を目指す。

# 地震の周期性



# 地震の周期性



## 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」

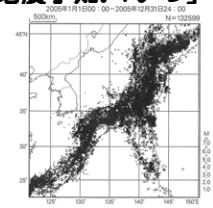


図1-1 2005年10月期に日本列島周辺で発生した地震の震央分布図（マグニチュード1以上、震源の深さ100km以内、震源のずれ量が10cm以上）。

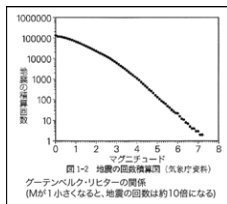
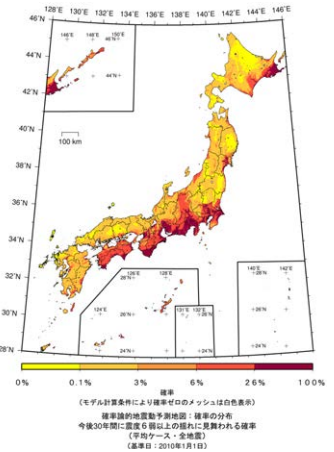


図1-2 地震の回数とマグニチュードの関係（グーテンベルク・リヒターの関係（Mが1小さくなると、地震の回数は約10倍になる））

## 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



（モデル計算条件により確率ゼロのメッシュは白色表示）  
確率論的予測はあくまで参考。今後の30年間に発生する確率以上の揺れに期待される確率（平均ケース・全地震）  
（基準日：2010年1月1日）

## 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

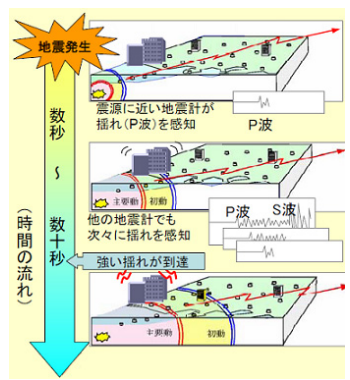
直前予知  
前兆現象（プレスリップ）を検出して、地震発生を警告



図1-6 GP3観測網により明らかになった日本全国の地殻変動  
新潟県大湊観測点（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量を矢印で示す。

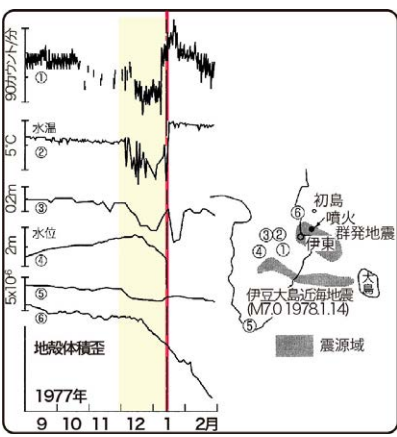
緊急地震速報  
現在の地殻変動や地震の発生の観測データから予知

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



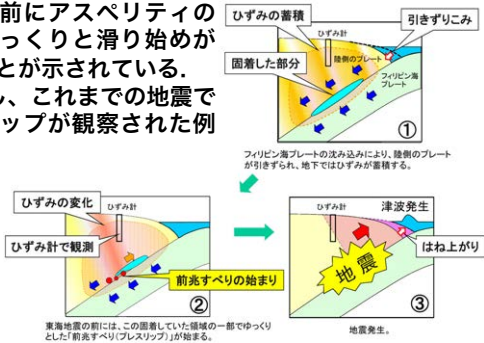
## 直前予知

(1)日本では、前兆現象を地震前に「明確に」捉えた例はない。地震後に前兆現象だったかという主張は多い。  
(2)1970年代後半～80年代、もてはやされたもの(左図)。①その後、常に起る訳でもない。②理論や実験的裏付け

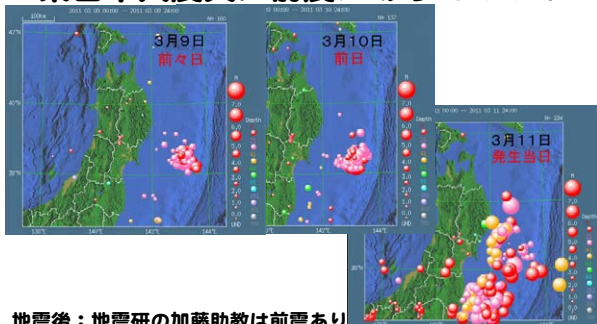


## 直前予知

(1)現在、最有力なのはプレスリップ。実験的にも、理論的にも地震前にアスペリティの一部でゆっくりと滑り始めが起きることが示されている。  
(2)しかし、これまでの地震でプレスリップが観察された例はない。



## 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・噴火予知研究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い切れない』
- 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

