

# 地震はなぜおこるのか？ (中越地震のメカニズムと特質について)

溝上 恵  
東京大学名誉教授  
地震防災対策強化地域判定会会長

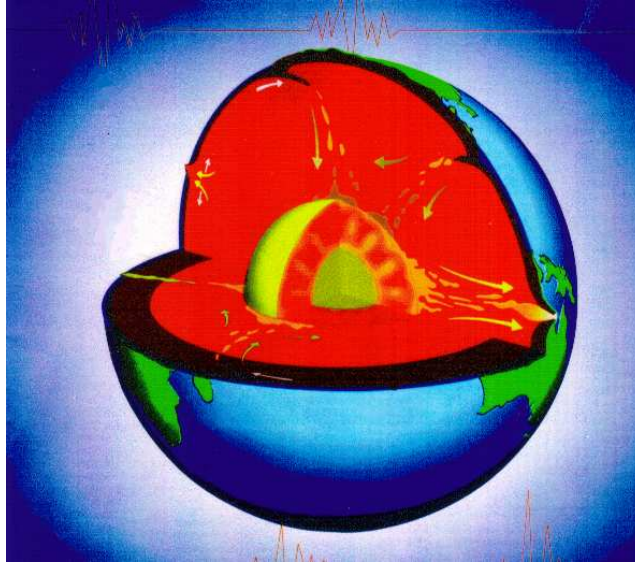
1

## 1. 地球の内部構造について

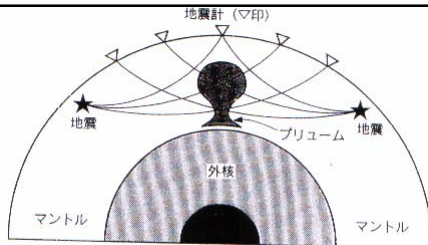
- 地球の内部は循環している(プリューム・テクトニクス)。
- そのため、地表は動く(プレート・テクトニクス)。

2

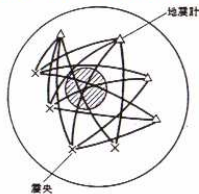
1. 地球の内部構造について—地球の内部構造とプリューム



3

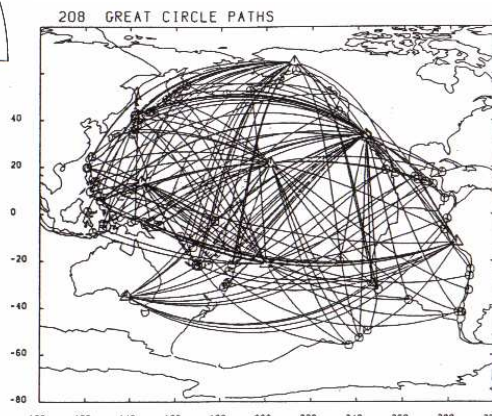


地震波トモグラフィーの仕組み



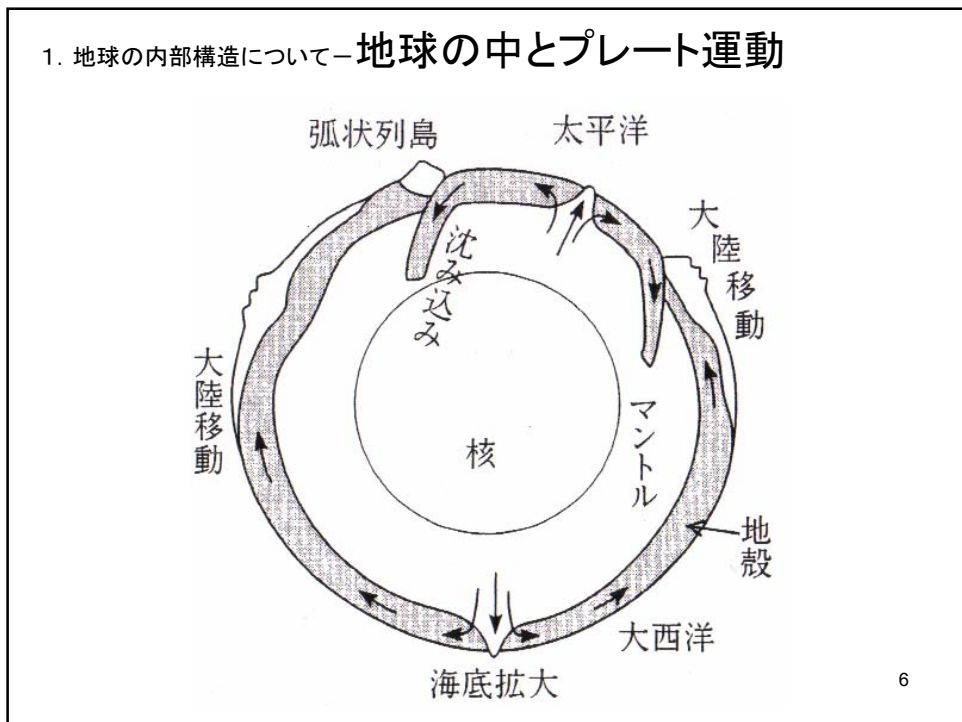
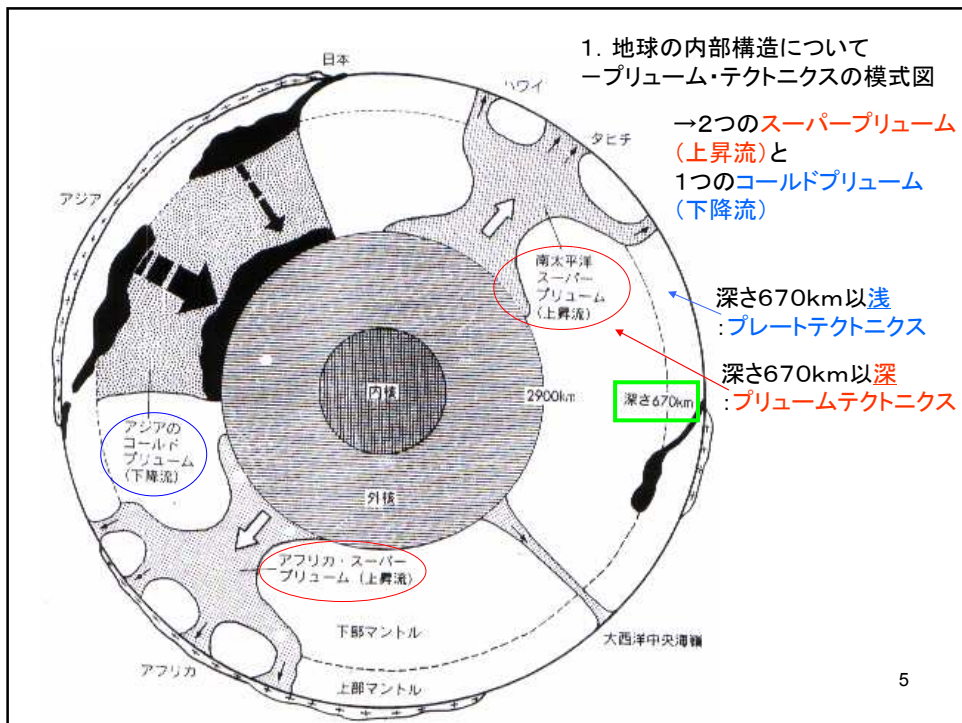
地球表面での表面波トモグラフィーによる速度異常域の検出。斜線は速度異常域。

1. 地球の内部構造について  
—どうやってわかるのか？  
→トモグラフィー



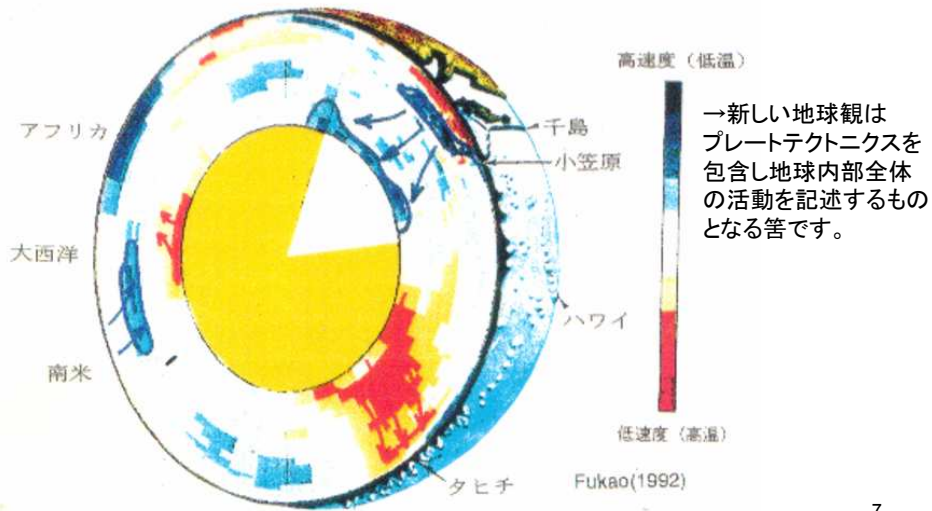
Epicenters (circles), IDA stations (triangles), and 208 surface wave paths used in the present study.

4



### 1. 地球の内部構造についてーマンツルのCTスキャン映像

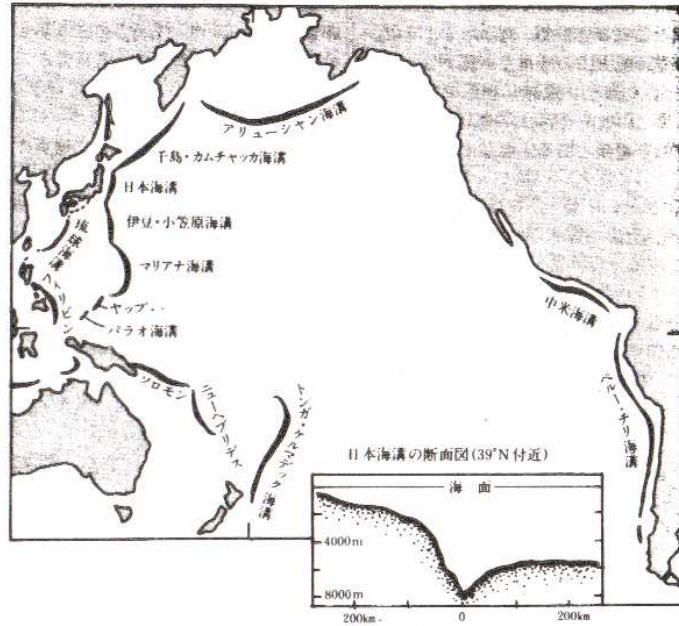
→マンツル対流のおよその形が想像できますが、海半球の映像はまだまだ不鮮明です。新しい地球観の創造には海半球ネットワークを展開し、鮮明な映像を得ることが不可欠です。



## 2. 地震発生のメカニズム

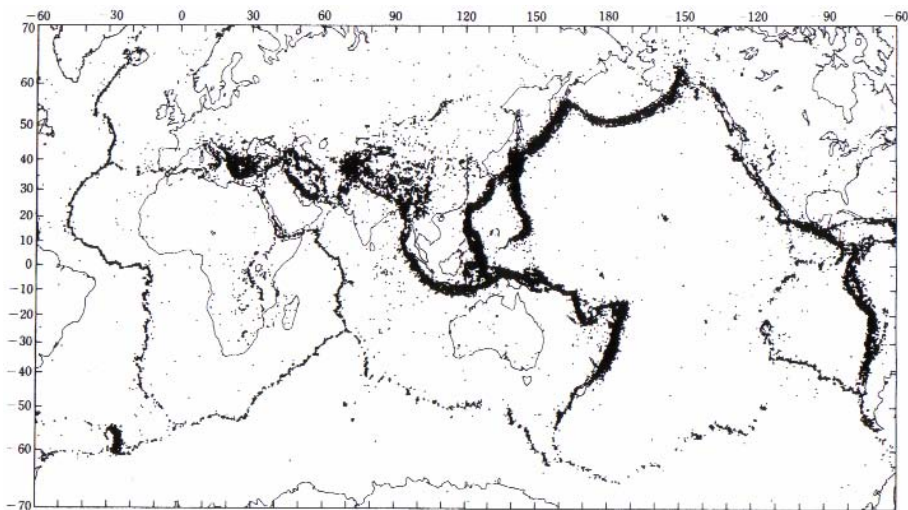
- プレートの沈み込みと大地の傷(断層)
- それぞれの地震に特徴
  - 海溝型地震(プレートの沈み込み)
  - 内陸地震(断層運動)

2. 地震発生のメカニズム—太平洋周辺の主な海溝(プレートの沈み込み)



9

2. 地震発生のメカニズム  
—世界地震分布図(M $\geq$ 4.0、深さ100km以下、1975年—1994年)

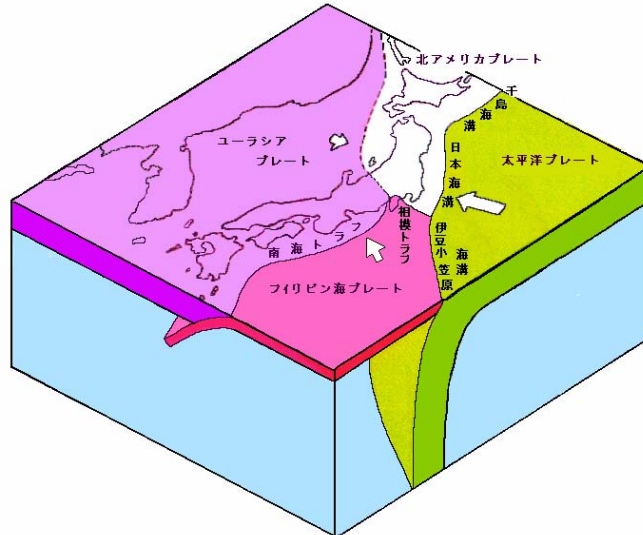


(国際地震センターISCの資料による)

→地震が帯状の地域に生じていることがよく理解できる。

10

## 2. 地震発生のメカニズム－日本付近のプレートとその運動



11

## 2. 地震発生のメカニズム－我が国の主な被害地震(明治以降)

名称	マグニチュード	発生日年月日	死者・行方不明者
濃尾地震	M 8.0	明治24年(1891年)10月28日	7,273
明治三陸地震津波	M 8 1/2	明治29年(1896年)6月15日	(約) 22,000
関東大地震	M 7.9	大正12年(1923年)9月1日	(約) 142,000
北丹後地震	M 7.3	昭和2年(1927年)3月7日	2,925
昭和三陸地震津波	M 8.1	昭和8年(1933年)3月3日	3,064
鳥取地震	M 7.2	昭和18年(1943年)9月10日	1,083
東南海地震	M 7.9	昭和19年(1944年)12月7日	1,223
三河地震	M 6.8	昭和20年(1945年)1月13日	2,306
南海地震	M 8.0	昭和21年(1946年)12月21日	1,443
福井地震	M 7.1	昭和23年(1948年)6月28日	3,769
十勝沖地震	M 8.2	昭和27年(1952年)3月4日	33
チリ地震津波	M 9.5	昭和35年(1960年)5月23日	142
新潟地震	M 7.5	昭和39年(1964年)6月16日	26
1968年十勝沖地震	M 7.9	昭和43年(1968年)5月16日	52
1974年伊豆半島沖地震	M 6.9	昭和49年(1974年)5月9日	30
1978年伊豆大島近海地震	M 7.0	昭和53年(1978年)1月14日	25
1978年宮城県沖地震	M 7.4	昭和53年(1978年)6月12日	28
昭和58年日本海中部地震	M 7.7	昭和58年(1983年)5月26日	104
昭和59年長野県西部地震	M 6.8	昭和59年(1984年)9月14日	29
平成5年北海道南西沖地震	M 7.8	平成5年(1993年)7月12日	230
平成7年兵庫県南部地震	M 7.3	平成7年(1995年)1月17日	6,436
平成16年新潟県中越地震	M 6.8	平成16年(2004年)10月23日	46

1. 戦前については死者・行方不明者が1000人を超える被害地震。戦後については死者・行方不明者が20人を超える被害地震を掲載した。
2. 死者・行方不明者は、消防庁資料及び理科年表による。(平成7年兵庫県南部地震については平成15年12月25日現在の数値)
3. チリ地震津波のマグニチュードはモーメントマグニチュード。

12

## 2. 地震発生のメカニズム－海溝型地震はこうして起きる1

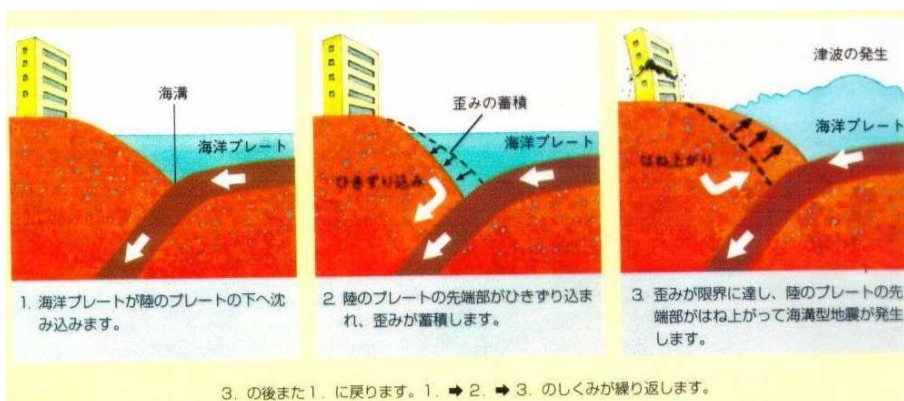
### • 海溝型地震発生のしくみ－プレートの沈み込みが原因

- － プレートが海溝で沈み込むときに、陸地の端をいっしょにまき込みます。しばらくまき込まれ続けたのち、やがて反発力によって陸地がはね上がります。このはね上がりによって起きるのが海溝型地震です。はね上がったときの地震動によって地上に被害を与えるのはもちろん、発生源が海底ですから津波を引き起こします。
- － 日本列島になぜ地震が多発するのかといえば、たくさんのプレートにとり囲まれているからです。北アメリカプレート、太平洋プレート、フィリピン海プレート、ユーラシアプレートなどが、日本列島を圧迫しています。その複雑な動きが日本各地で地震となってあらわれるのです。
- － 海溝型地震は、年間数cmというプレートの動きを解消するため、数10年～150年程度の比較的短い間隔で活動します。

13

## 2. 地震発生のメカニズム－海溝型地震はこうして起きる2

### 太平洋側で起きる地震の仕組み

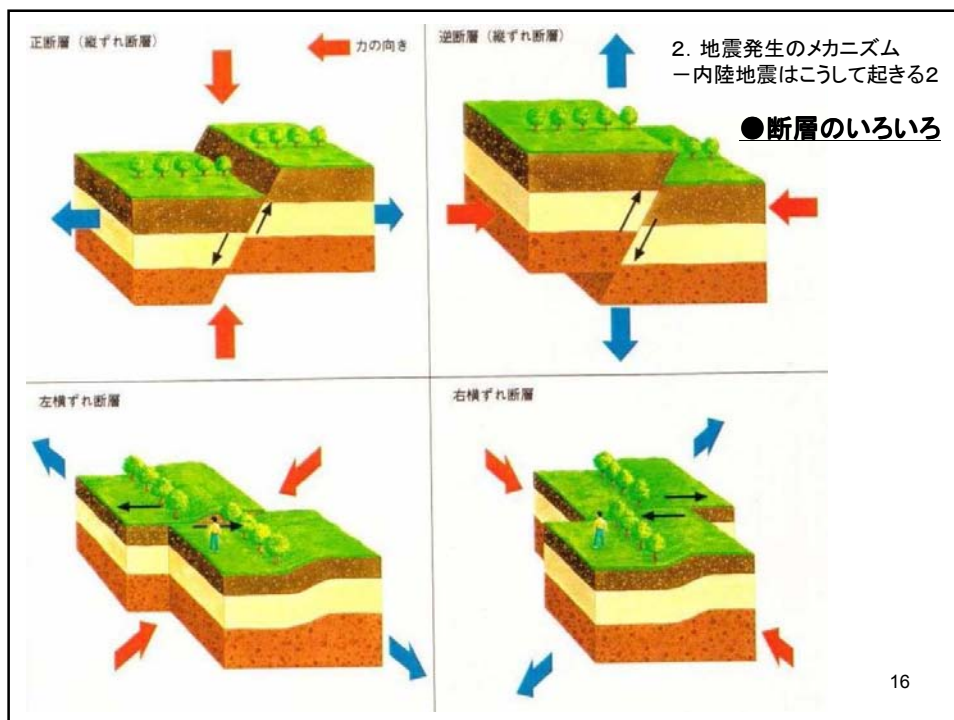


14

## 2. 地震発生のメカニズム－内陸地震はこうして起きる1

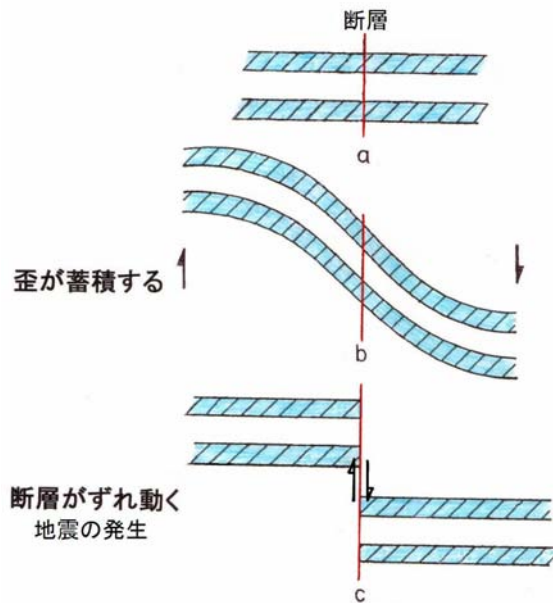
- 断層運動－地震を生む大地の傷
  - プレート運動によって海洋プレートが海溝の底にひきずり込まれるとき、圧力がかかり、陸地は歪みます。その歪みが大きくなると、ある面を境にして、地塊がずれるのです。その面を断層と呼び、大きな地震では地表にあらわれることがあります。このような運動が断層運動です。
  - 断層は、ずれの向きによって、縦ずれ断層と横ずれ断層とに分けられます。断層の傾斜方向にずれるのが縦ずれ断層です。地盤が引っ張られた結果、ずれの面を挟んで、上側の地塊が下へ滑り落ちる正断層と、圧縮されて上側の地塊がずり上がる逆断層とがあります。一方、水平面内で圧縮や引っばりの力がかかると、横ずれ断層が発生します。断層の一方に立って、相手側が右にずれると右ずれ断層、左であれば左ずれ断層です。プレート運動によって圧縮を受けている日本では、逆断層や横ずれ断層がよく見られます。実際の断層運動は、縦ずれ横ずれの合わさったものになります。

15



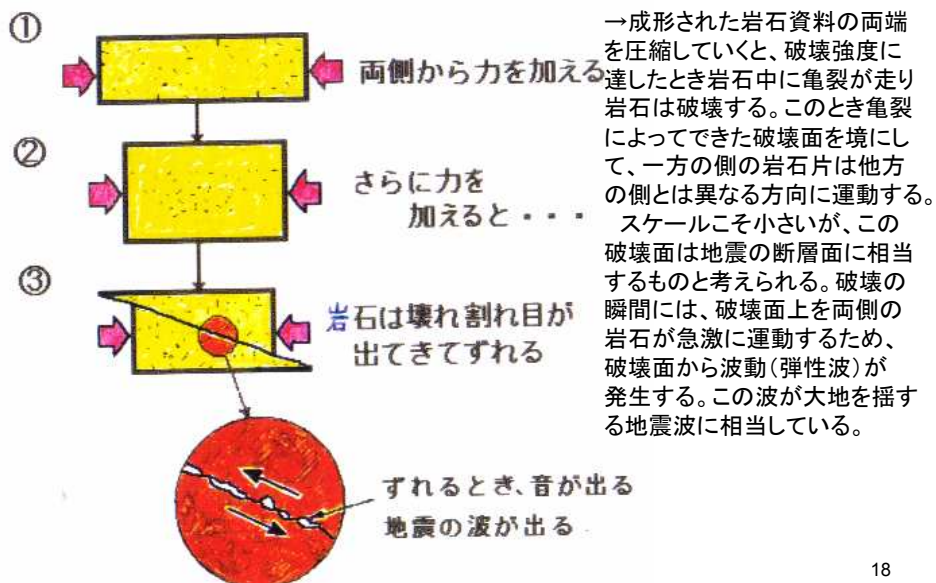


## 2. 地震発生のメカニズム—地震は断層運動により発生する



17

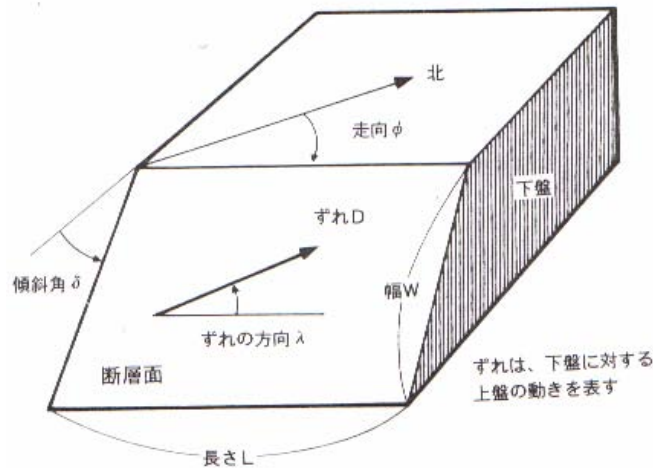
## 2. 地震発生のメカニズム—岩石破壊実験と地震発生メカニズム



18

## 2. 地震発生のメカニズム－断層パラメター1

断層運動について、その大きさや方向が、数量で示せるようになった。



19

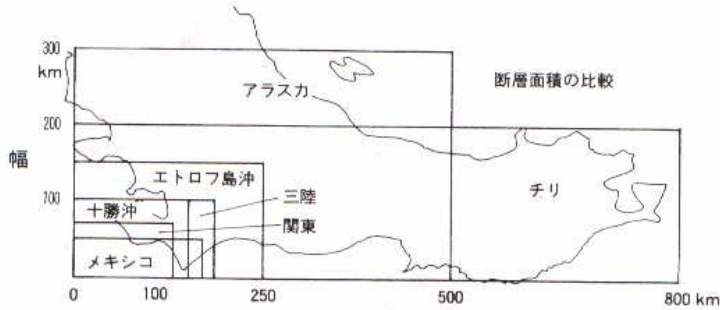
## 2. 地震発生のメカニズム－断層パラメター2

日本と世界の主な地震の断層パラメター

名称	発生年月日	マグニチュード	長さL (km)	幅W (km)	ずれ (m)	応力降下 (ノール)	断層運動
関東大地震	大正12年(1923年) 9月 1日	M 7.9	95	54	4.8	45	右ずれ逆
昭和三陸地震津波	昭和 8年(1933年) 3月 3日	M 8.1	185	100	3.3	39	正
三河地震	昭和20年(1945年) 1月13日	M 6.8	12	11	2.2	127	右ずれ逆
福井地震	昭和23年(1948年) 6月28日	M 7.1	30	13	2.0	83	左ずれ
新潟地震	昭和39年(1964年) 6月16日	M 7.5	83	30	3.3	70	逆
1968年十勝沖地震	昭和43年(1968年) 5月16日	M 7.9	150	100	4.1	32	左ずれ逆
1978年宮城県沖地震	昭和53年(1978年) 6月12日	M 7.4	30	80	1.8	64	逆
昭和58年日本海中部地震	昭和58年(1983年) 5月26日	M 7.7	120	40	4.5	67	逆
昭和59年長野県西部地震	昭和59年(1984年) 9月14日	M 6.8	12	8	1.0	32	右ずれ
ペルー	昭和45年(1970年) 5月31日	M 7.6	130	70	1.6	29	正
グアテマラ	昭和51年(1976年) 2月 4日	M 7.6	250	15	2.0	30	左ずれ
中国唐山	昭和51年(1976年) 7月27日	M 7.8	140	15	2.7	30	右ずれ
メキシコ	昭和60年(1985年) 9月19日	M 8.1	170	50	3.3	56	逆

20

## 2. 地震発生のメカニズム－巨大地震と断層面積



地震	年	M <sub>s</sub>	M <sub>w</sub>
チリ	1960	8.5	9.5
アラスカ	1964	8.4	9.2
エトロフ	1963	8.1	8.5
三陸	1933	8.5	8.4
十勝沖	1968	8.1	8.2
メキシコ	1985	8.1	8.0
関東	1923	8.2	7.9

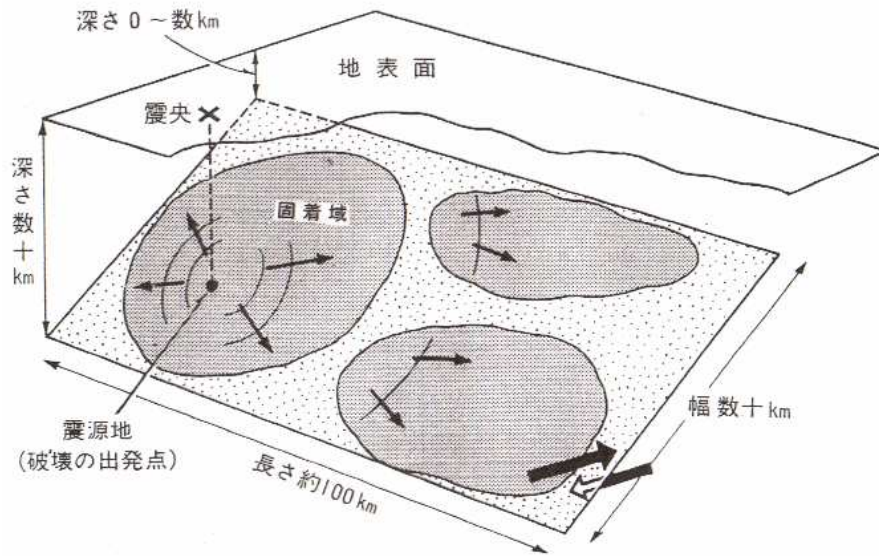
日本と世界の巨大地震の断層面積を、日本地図の上に表示してみた。チリ地震の断層面積は東北地方から関東地方をおおうほど大きく、関東地震や三陸地震は1県分ぐらいはあるものかなり小さい。また広く使われている表面波マグニチュードM<sub>s</sub>は、巨大地震を表すのに矛盾があることから、モーメントマグニチュードM<sub>w</sub>の考え方が生まれた。それは断層面積の規模から地震の大きさを表すものである。 21

## 2. 地震発生のメカニズム－巨大地震と長さ・ずれ

マグニチュード	M 8	M 7	M 6	M 5	M 4
長さ(L, km)	130	40	13	4	1.3
ずれ(D, m)	6	2	0.6	0.2	0.06

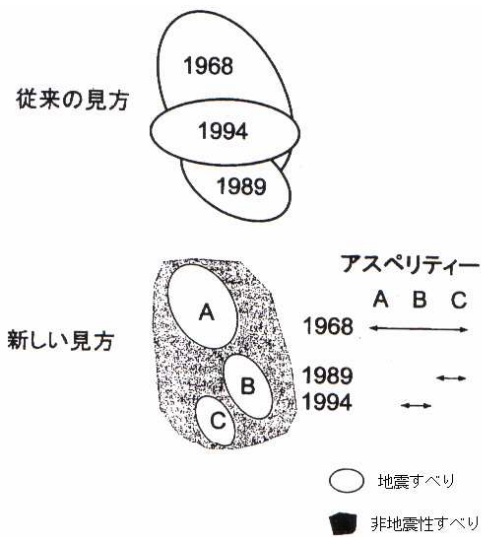
→マグニチュードが2つ違うとそれぞれ10倍ずつ違う。

2. 地震発生のメカニズム—M8クラスの巨大地震の震源断層運動の模式図



23

2. 地震発生のメカニズム—「アスペリティ」という概念を軸とした震源域



(飯尾ほか(2003)、地震II, 56, 2, 213-229)

24

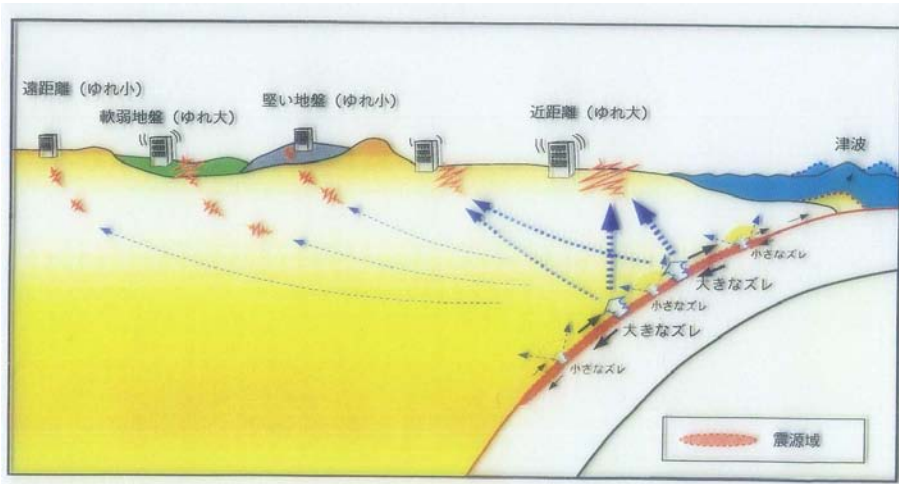
## 2. 地震発生メカニズム-地震の規模とエネルギーの関係

規模(M)	エネルギー(エルグ)
8.5	$3.5 \times 10^{24}$ → 10万KWの発電所が約100年かかって発生する電力
8.0	$6.3 \times 10^{23}$
7.5	$1.1 \times 10^{23}$
7.0	$2.0 \times 10^{22}$
6.5	$3.5 \times 10^{21}$
6.0	$6.3 \times 10^{20}$ → 広島型原爆1個のエネルギー
5.5	$1.1 \times 10^{20}$
5.0	$2.0 \times 10^{19}$
4.5	$3.5 \times 10^{18}$
4.0	$6.3 \times 10^{17}$
3.5	$1.1 \times 10^{17}$ → 10トン車100台を富士山頂に上げるエネルギー
3.0	$2.0 \times 10^{16}$ → 10トンの水の温度を100℃上げる熱量

:マグニチュード(M)が1違うとエネルギーは約30倍違う。  
 2違うと1000倍違う。

25

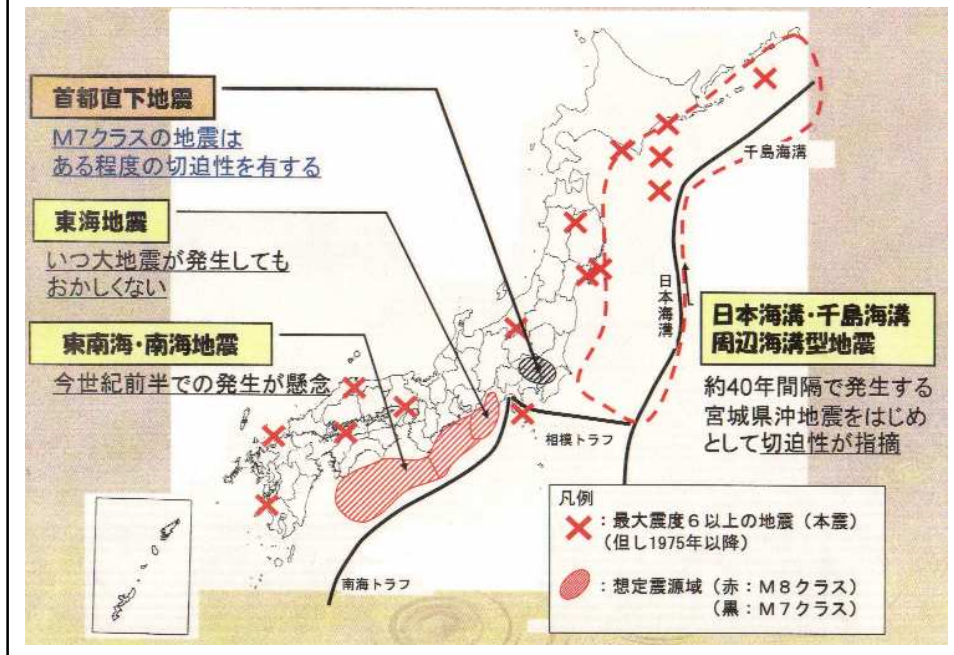
## 2. 地震発生メカニズム-地震のゆれ(強震動)の伝わり方



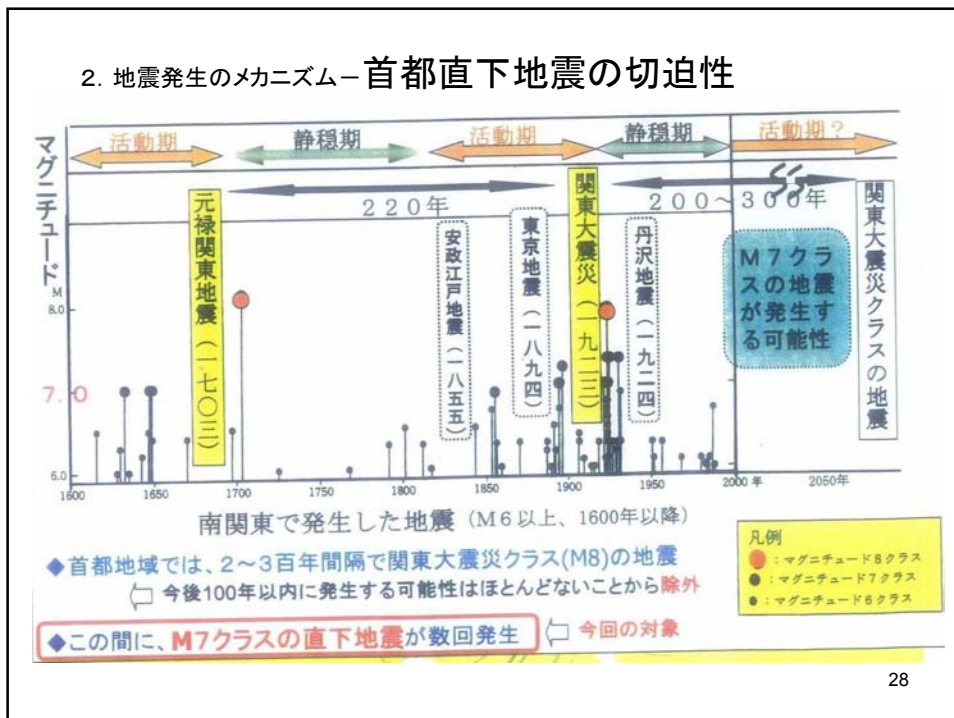
→震源のエネルギーの大きさ(マグニチュード)と地表でのゆれ(震度)は震源からの距離や地盤で異なる。

26

## 2. 地震発生のメカニズムー発生が懸念される主な大規模地震と過去30年の地震



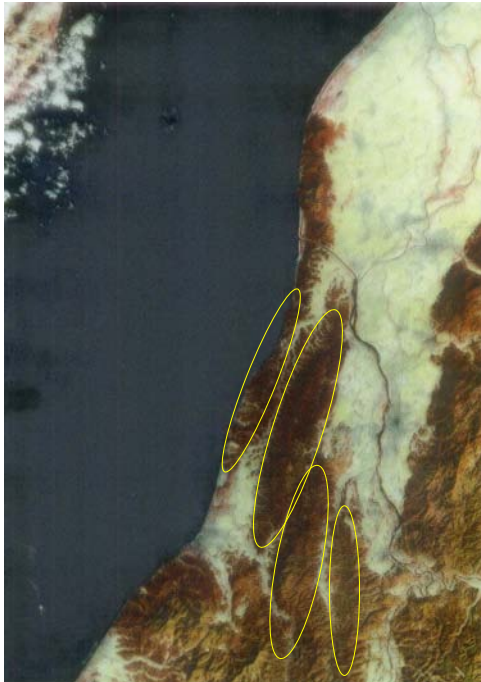
## 2. 地震発生のメカニズムー首都直下地震の切迫性



### 3. 中越地震のメカニズムと特質

- 活褶曲地層による内陸地震(メカニズム)
- 活発な余震活動(特質)

29



#### 3. 中越地震のメカニズムと特質 - 中越地方の褶曲の地形

→ナマコが並んだような地形  
(山筋と谷筋が海岸線に平行  
してなっている。)

30