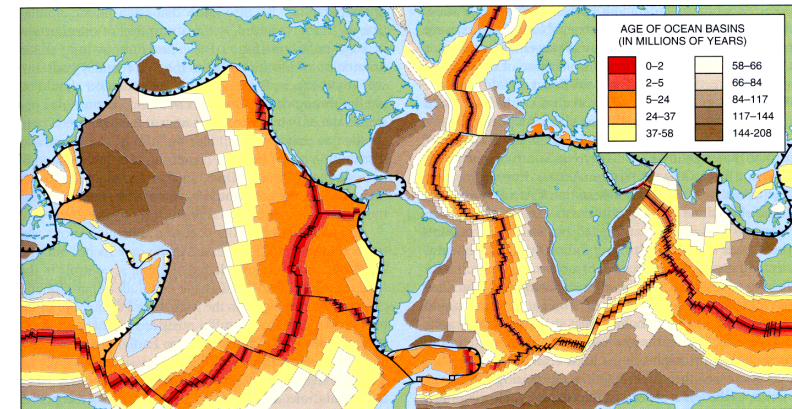


第4回 プレート運動学と3種のプレート境界

- ・地球は12個のプレートで覆われていて、プレートは剛体とみなす
- ・プレートの運動は剛体の球面上の回転運動である

海洋底年齢図の完成



■ FIGURE 7.8 Global map of the age of the ocean floor determined from patterns of magnetic-field intensity.

海洋底磁気異常の探査により、現在では全海洋での海洋底年齢図がほぼ完成している。中央海嶺の中軸部の年齢はゼロ歳で、そこから遠ざかるにつれて海洋底の年齢は増す。現在のこの海洋底も約2億年より若い。最古の大陸の年齢が46億年だから、海洋底はずっと若いのだ。

海洋底の地形

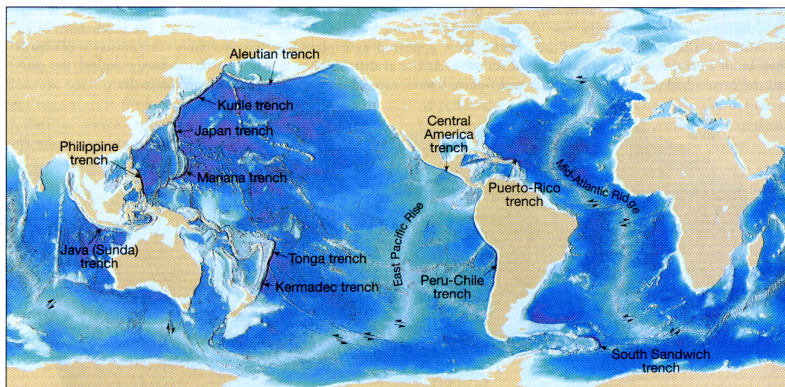


Figure 18.7 Distribution of the world's major oceanic trenches.

大西洋の中央部には大西洋中央海嶺が横たわり、アイスランドを経て北は北極海に延びている。南はアフリカ沖を回りこんでインド洋に抜けている。インド洋の中央海嶺は2つ分岐して、西の枝は紅海へ、東はオーストラリアの南を迂回して南太平洋に続く(東太平洋中央海嶺)。これからはチリ沖でチリ海嶺が分岐し、さらにペルー沖ではガラパゴス海嶺が分岐する。東太平洋中央海嶺の北端はカルフォルニア湾に入り込む。これらの中央海嶺から絶えず海洋底が生産されているのだ。

震源の分布

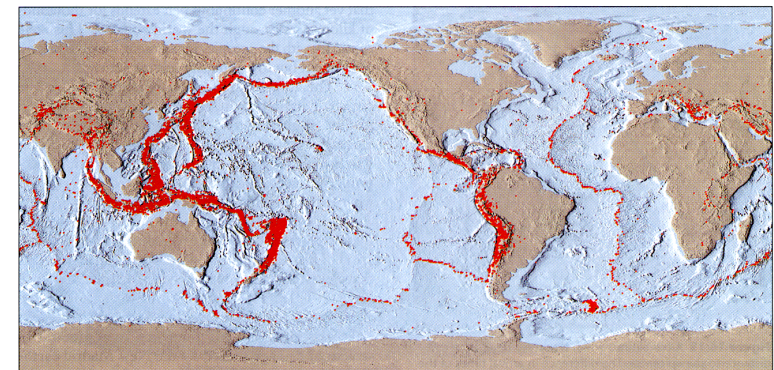


Figure 16.15 Distribution of the 14,229 earthquakes with magnitudes equal to or greater than 5 for the period 1980-1990. (Data from National Geophysical Data Center/NOAA)

中央海嶺の中軸に沿って震源が分布する。中央海を横にずれさせている断層(トランスフォーム断層)に沿っても震源が並んでいる。震源が集中しているのは、海溝沿いである。インドが衝突しているチベットなどを除くと、いずれの大陸の内部でも地震はほとんど起こっていない。

深さごとの震源の分布

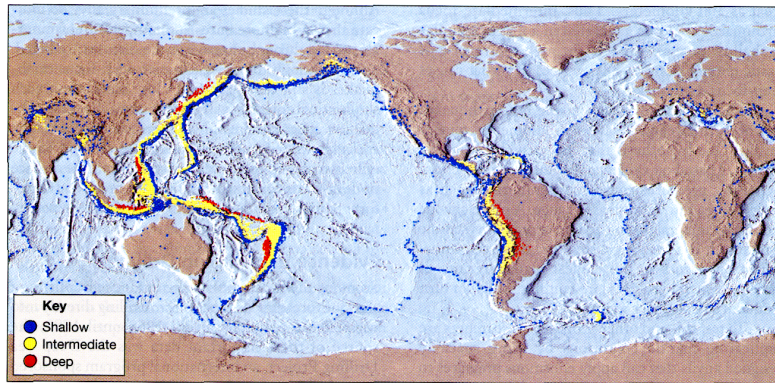


Figure 19.27 Distribution of shallow-, intermediate-, and deep-focus earthquakes. Note that deep-focus earthquakes only occur in association with convergent plate boundaries and subduction zones. (Data from NOAA)

海嶺やトランスフォーム断層に沿って起こる地震の深さは数10kmより浅い。大陸の内部の震源も同様に浅い。ところが海溝沿いの震源は海溝から大陸側に向かって規則的に深くなっていて、もっとも深い震源は650kmにも達する。

火山の分布

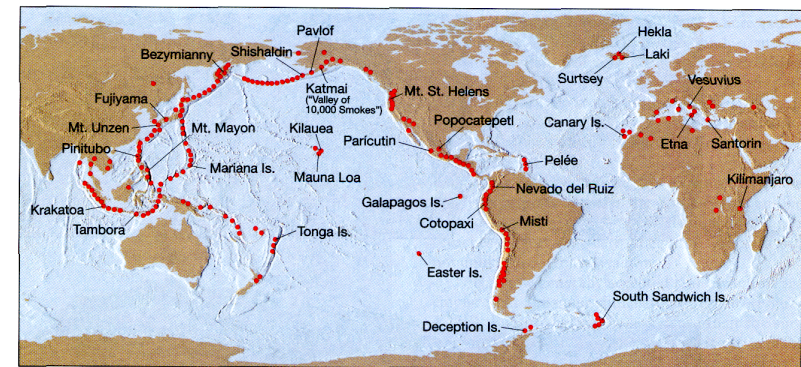


Figure 4.30 Locations of some of Earth's major volcanoes.

海洋と大陸内部には大きな火山は無い。海洋での例外はアイスランド、カナリー諸島、ハワイのキラウエアとマウナロア、イースター島などだが、これらの起源はホット・スポットというものだ。これに対し、大部分の火山は海溝のすぐ大陸側に分布している。

3種のプレート境界と12個のプレート

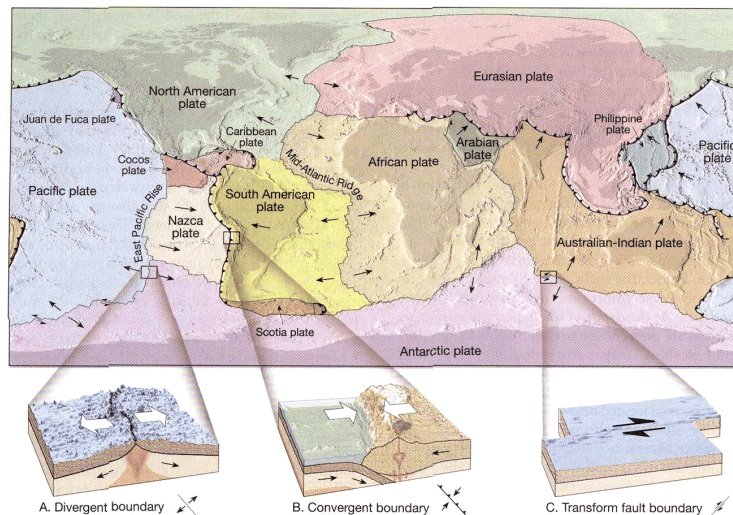


Figure 1.16 Mosaic of rigid plates that constitute Earth's outer shell. (After W. B. Hamilton, U.S. Geological Survey)

12個のプレートと3種のプレート境界

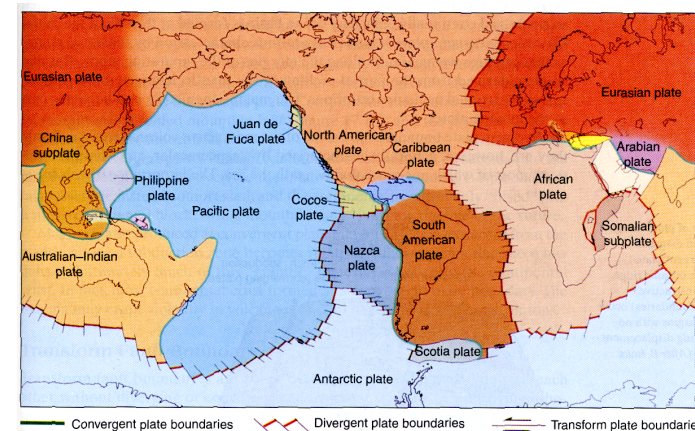


FIGURE 17.13 The major tectonic plates are delineated by the major tectonic features of the globe: (1) the oceanic ridge, (2) deep-sea trenches, and (3) young mountain belts. Plate boundaries are outlined by earthquake belts and volcanic activity. Most plates (such as the North American, African, and Australian) contain both continental and oceanic crust. The Pacific, Cocos, and Nazca plates contain predominantly oceanic crust.

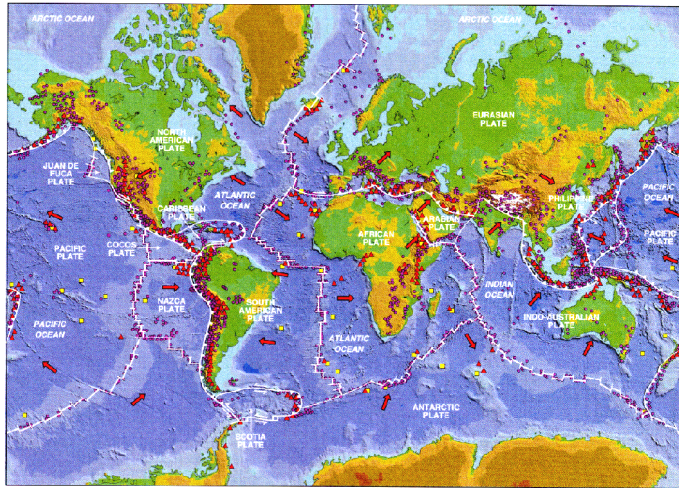


FIGURE 7.1b The same map as Fig. 7.1a showing hot spots, active volcanoes, and areas of abundant seismic activity. (Submarine volcanoes are not shown here.)

球面上の剛体運動

レジュメの式の $\omega_j=0$ で $\theta=90^\circ$ の場合、
 $v_{ij}^*=0$, $v_{ji}^{**}=-a\omega_i\cos\lambda$
 となることに注意しよう。

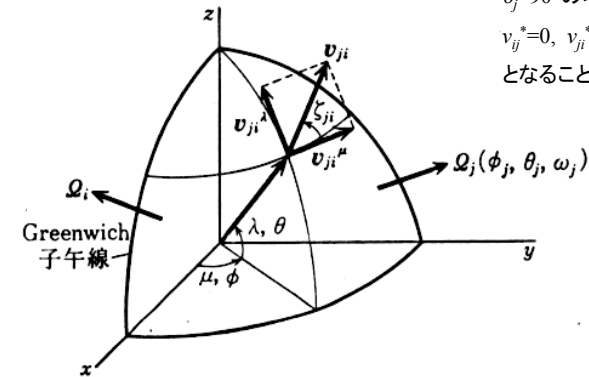
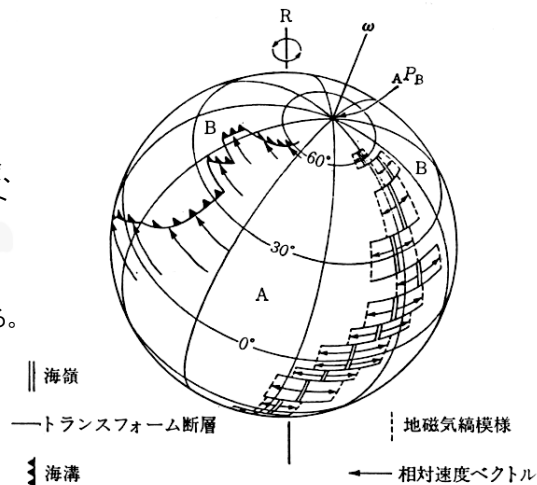


図 2.14 プレーートの瞬間速度説明図 (Minster *et al.*, 1974* による)

プレート運動とプレート境界

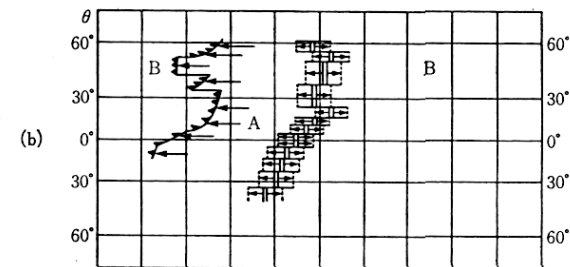
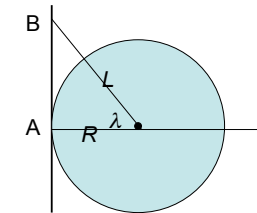
プレート間の相対運動のオイラーポールと地球表面との交点を“北極”と“南極”に見立てて経線と緯線を描けば、プレート相対運動ベクトルはどこでも経線と平行になる。しかもベクトルの大きさは

$$v_{ji}^{**} = -a\omega\cos\lambda \text{ となる。}$$



メルカトル表示の利点

したがって、オイラーポールを極としてメルカトル表示をすれば、プレート運動ベクトルはどこでも緯線に平行で、しかも一定の大きさに表現される。



地表面上の経線に平行な線分は、地点Bでは地点Aの $1/\cos\lambda$ 倍される。他方、速度は $\cos\lambda$ に比例するので、メルカトル図法上の速度はどこでも一定になる。

図 5.22 (a) プレーートの回転。右は中央海嶺、左は海溝、 $A P_B$ は回転中心 (Euler 極)、 R は地球自転軸、矢印は相対速度ベクトル。(b) (a) の状況を $A P_B$ を極とする Mercator 図法で示したもの

トランスフォーム断層とその上の発震機構解から求めたオイラーポール

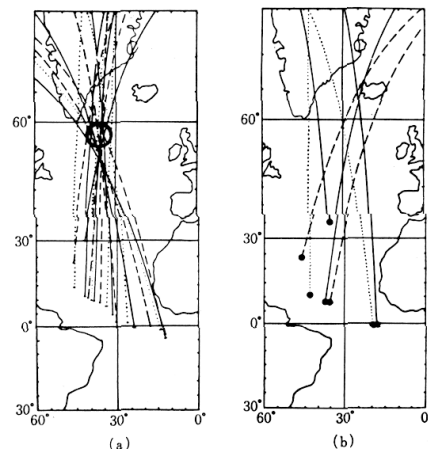


図 5.24 (a)大西洋中央海嶺の断裂帯に直交する大円群. ほぼ 58°N , 36°W で交わる. (b)断裂帯での地震の発震機構から求められた運動方向と直交する大円群(Morgan, 1968*による)

トランスフォーム断層はプレート相対運動に平行である。

事実、トランスフォーム断層に直交する大円群の交点とトランスフォーム断層上で起こる地震の動きに直交する大円群は、ほぼ同じ地点(オイラーポール)で交差する。

海洋底の年齢から求めた西洋中央海嶺の拡大速度

プレートの年齢と海嶺軸からの距離はほぼ比例し、速度は 1.8cm/y

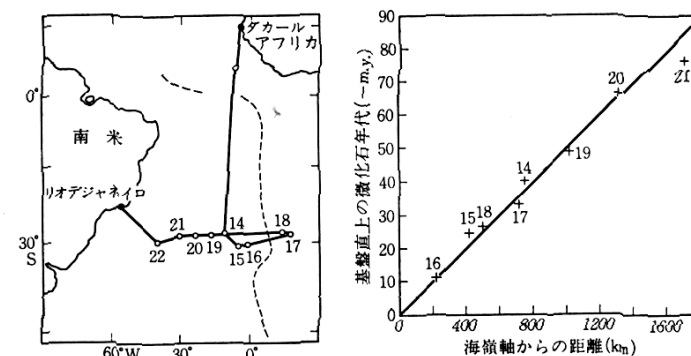


図 2.4 深海掘削 Leg 3 で採取された基盤直上の微化石年代(Maxwell *et al.*, 1970*による). 番号は掘削地点

オイラーポールからの距離と大西洋中央海嶺の拡大速度との関係

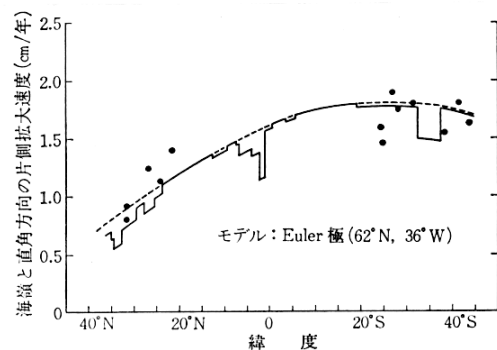


図 5.25 大西洋中央海嶺での地磁気縞模様の幅から求められた拡大速度と緯度の関係. 線は Euler 極を 62°N , 36°W としたときの理論値(破線は拡大方向と平行成分, 実線は海嶺と直角方向成分)(Morgan, 1968*による)

大西洋中央海嶺の両側のプレートはほぼ東西に動いている。だから拡大速度は緯度の余弦で近似されるはず。実際にそうなっている。

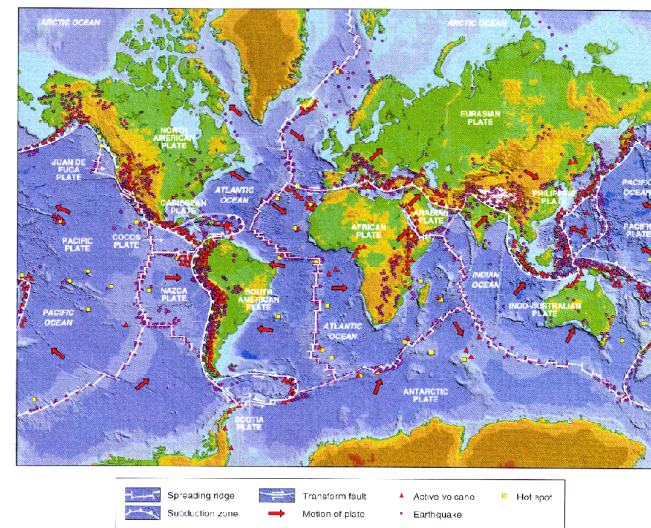


FIGURE 7.1b The same map as Fig. 7.1a showing hot spots, active volcanoes, and areas of abundant seismic activity. (Submarine volcanoes are not shown here.)

プレートの相対運動モデル(RM2)

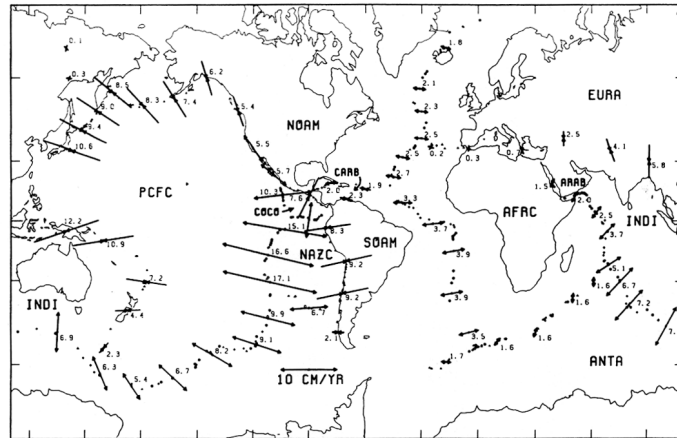


図 4.14 プレートの相対運動, RM2 (Minster and Jordan, 1980). プレート略号は表 4.1 と同じ。

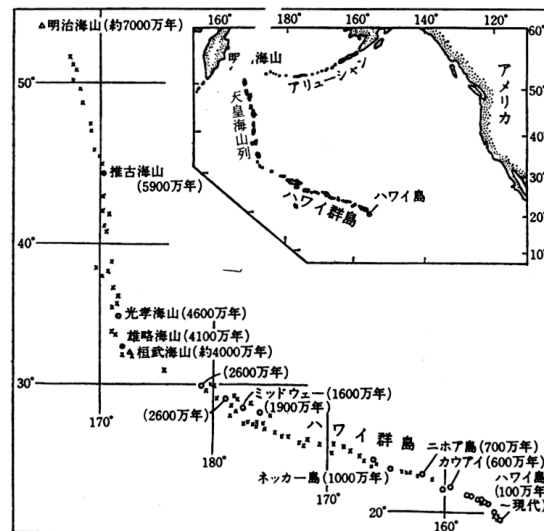
プレートの相対運動

AFRC	アフリカ・プレート
ANTA	南極プレート
EURA	ユーラシア・プレート
NOAM	北アメリカ・プレート
SOAM	南アメリカ・プレート
PCFC	太平洋プレート
ARAB	アラビア・プレート
CARB	カリブ・プレート
COCO	ココス・プレート
NAZC	ナスカ・プレート
INDI	インド・プレート

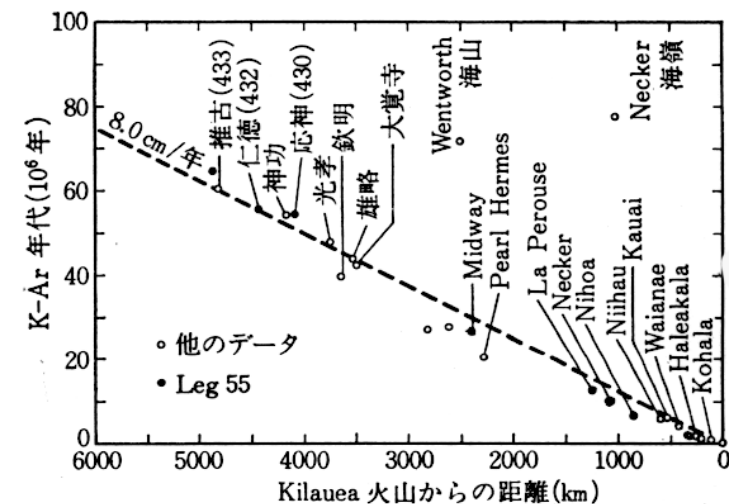
プレート対プレート	オイラー極		角速度 ω (deg/My)
	θ° N	ϕ° E	
AFRC- ANTA	9.45	-41.70	0.149
AFRC- EURA	25.23	-21.18	0.104
AFRC- NOAM	80.43	56.36	0.258
AFRC- SOAM	66.56	-37.29	0.356
ANTA- PCFC	64.67	-80.23	0.964
ANTA- SOAM	87.69	75.21	0.302
ARAB- AFRC	30.82	6.43	0.260
ARAB- EURA	29.82	-1.64	0.357
CARB- SOAM	73.51	60.84	0.202
COCO- CARB	23.60	-115.55	1.543
COCO- NAZC	5.63	-124.40	0.972
COCO- NOAM	29.80	-121.28	1.489
COCO- PCFC	38.72	-107.39	2.208
EURA- NOAM	65.85	132.44	0.231
EURA- PCFC	60.64	-78.92	0.977
INDI- AFRC	17.27	46.02	0.644
INDI- ANTA	18.67	32.74	0.673
INDI- ARAB	7.08	63.86	0.469
INDI- EURA	19.71	38.46	0.698
INDI- PCFC	60.71	-5.79	1.246
NAZC- ANTA	43.21	-95.02	0.605
NAZC- CARB	47.30	-97.57	0.711
NAZC- PCFC	56.64	-87.88	1.539
NAZC- SOAM	59.08	-94.75	0.835
NOAM- CARB	-33.83	-70.48	0.219
NOAM- PCFC	48.77	-73.91	0.852
NOAM- SOAM	25.57	-53.82	0.167

プレートの絶対運動: ハワイ海山列

海山は何故並んでいる?
東端のキラウエアだけが
活火山で、西ほど古くなる。
雄略海山(41My)あたりで
折れ曲がっているのは何
故?



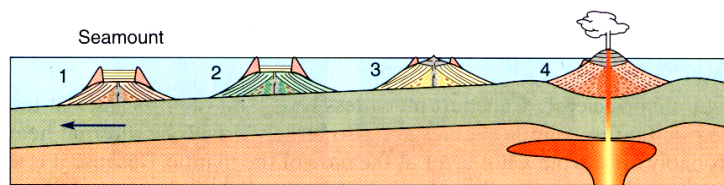
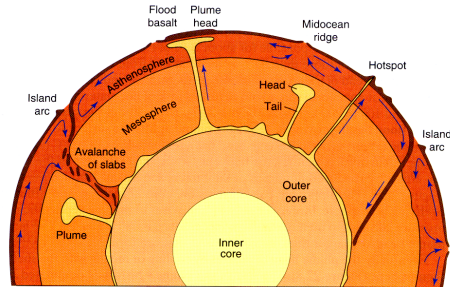
キラウエアからの距離と海山の年齢



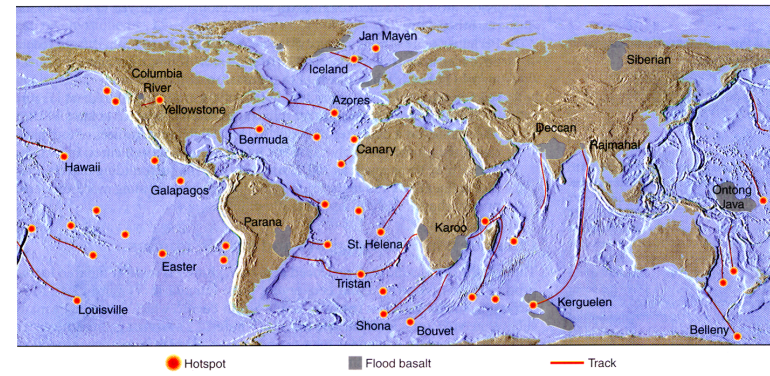
ホットスポットの起源

海山列のマグマの起源は少なくとも数100kmも深い所にある。マントルと核との境界付近らしい証拠もあって、このような火山をホットスポットという。

だから、下図のように、ホットスポットの上をプレートが移動し、海山列(ホットスポット・トラック)ができると考えればよい。

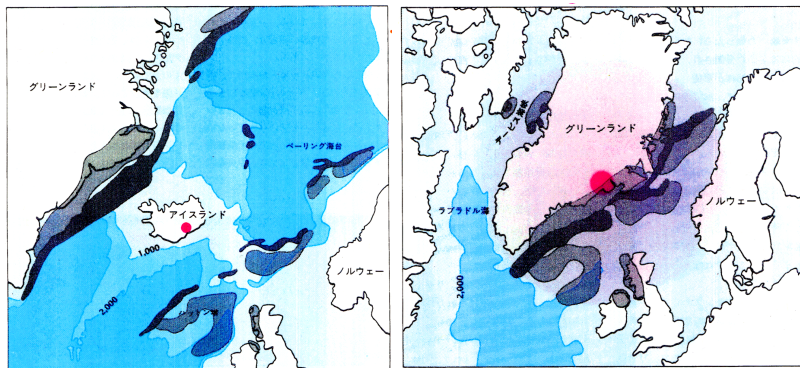


Hot spot trackの分布



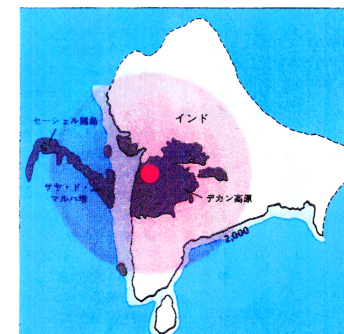
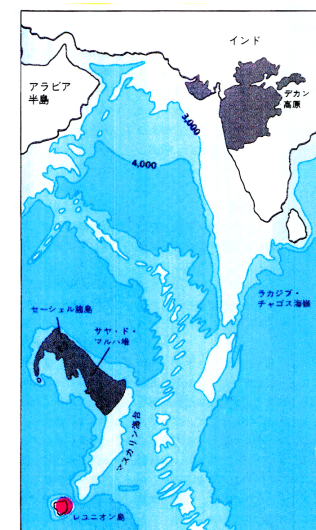
ホットスポット・トラックはホットスポットに対するプレートの運動を表す。このようにして求めたプレートの運動を“絶対運動”という。

アイスランド ホットスポット



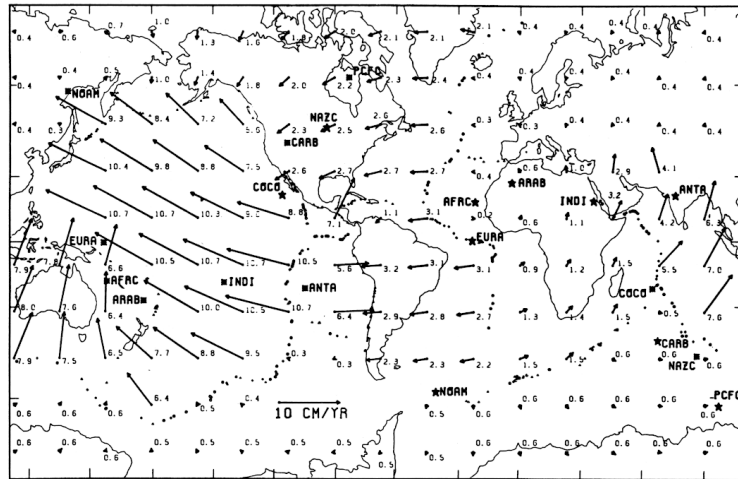
アイスランドの火山は大西洋中央海嶺の上にあるが、ホットスポットでもある。このホットスポット・トラックに従ってプレートの配置を元にもどすと、右図のようになる。

デカン トラップ

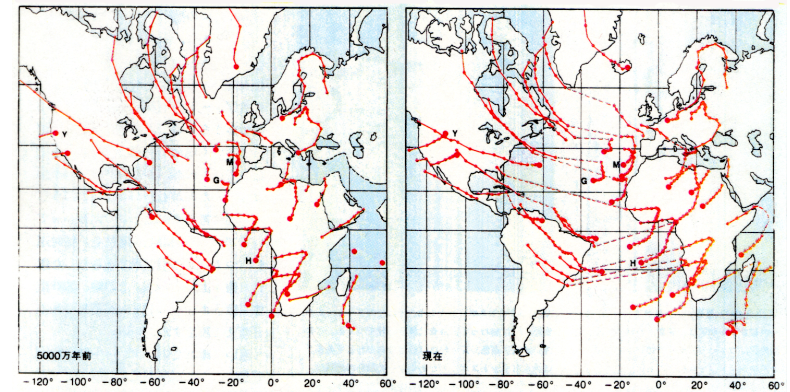


デカン高原には溶岩が累々と重なっている。これはインド大陸がレユニオンのホットスポットの真上にあった時の溶岩で、インドが北上したためにホットスポットから遠く離れてしまった。

プレート絶対運動モデル (AM1-2)

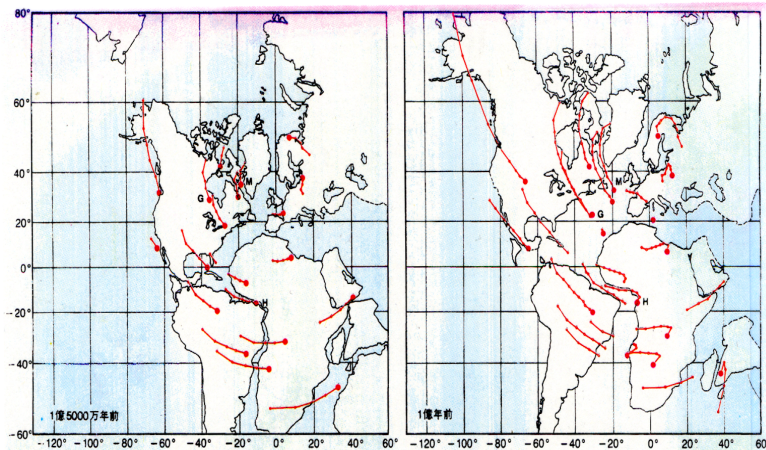


ホットスポットトラックによるプレート配置の復元



世界中のホットスポット・トラックをもとにすると、ホットスポットを基準にしたプレートの配置と運動を復元できる

ホットスポット・トラックによるプレート配置の復元



では、ホットスポット同士の相対運動は無いのか？ 上の図のように大陸の配置が見事に復元されるので、互いにほとんど動かないとみなして良いようだ。