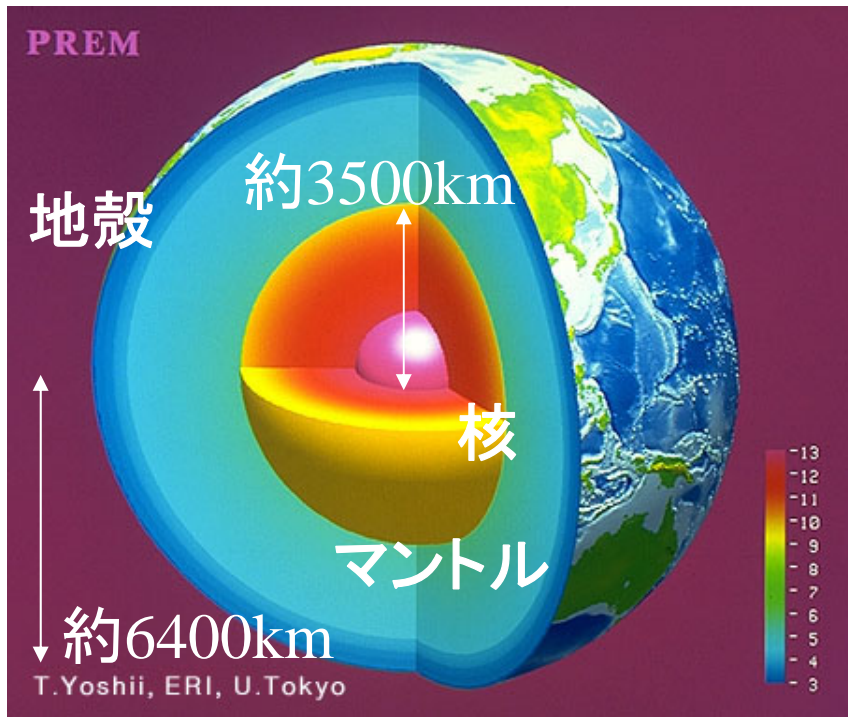


今日のお題

プレートはなぜ動く？

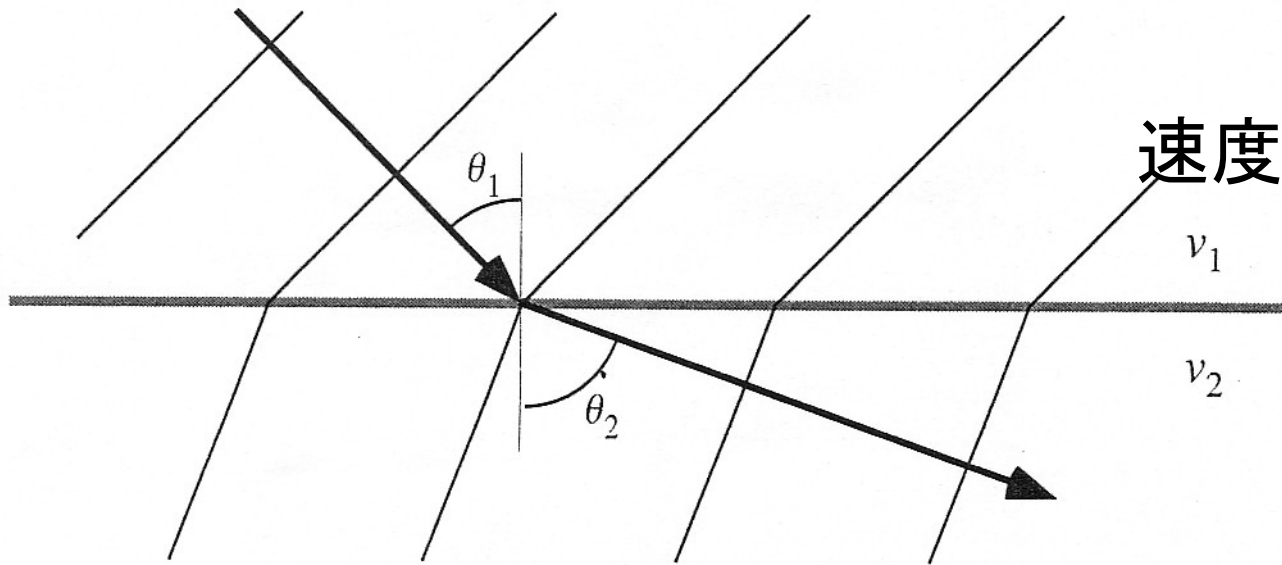
マントル



マントル

地球の大部分を占める
マントルの中は一様？

スネル(Snell)の法則



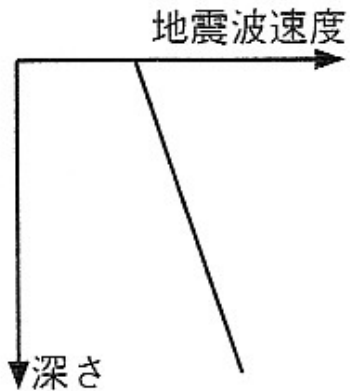
$$\frac{\sin \theta_1}{v_1} = \frac{\sin \theta_2}{v_2} = p$$

Ray parameter

地震波の波線： なめらかに速度が増加する時

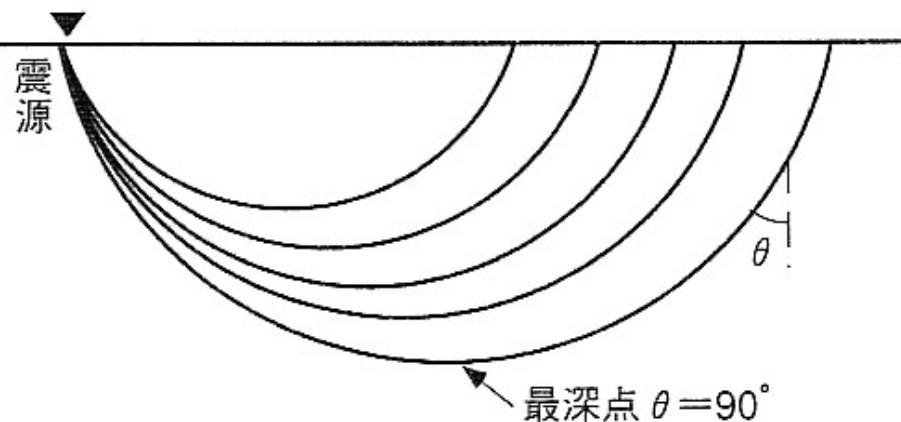
ステップ1

地下の速度構造



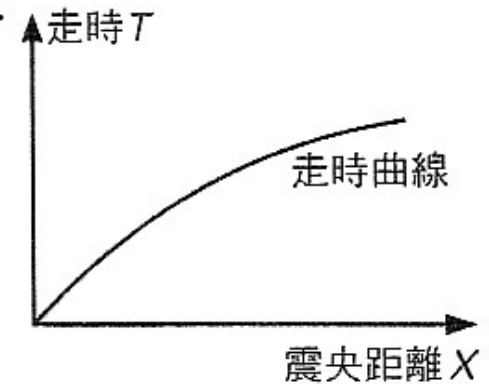
余裕があったら

地中を通る波線



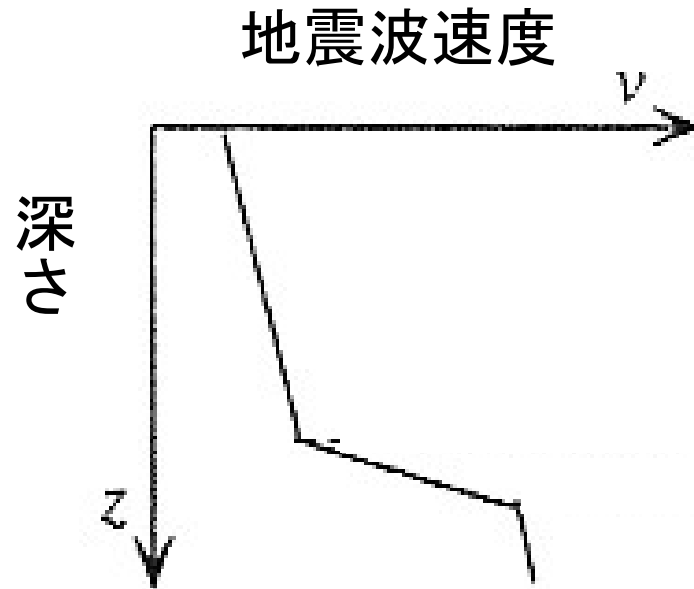
ステップ2

走時曲線



震源から地震波が射出する角度で、
到達する距離が決まる

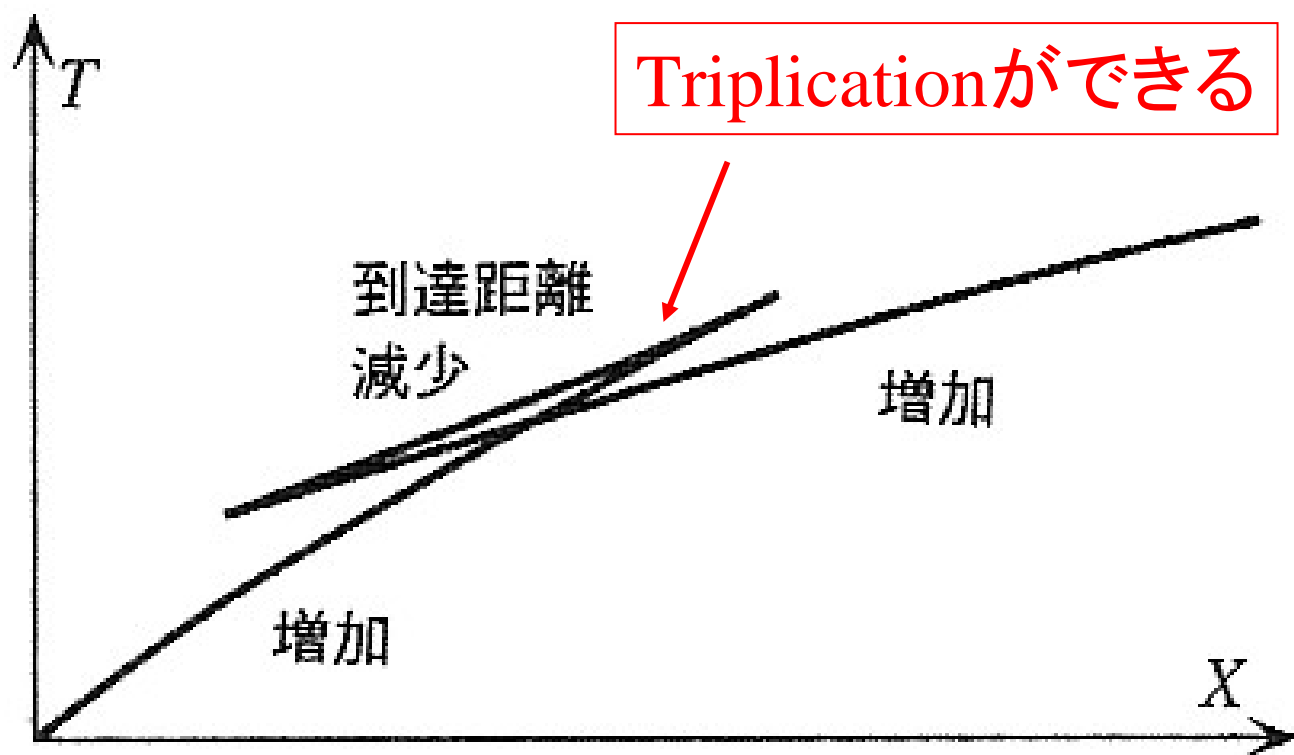
地震波の波線： 急に速度が増加する時



速度構造

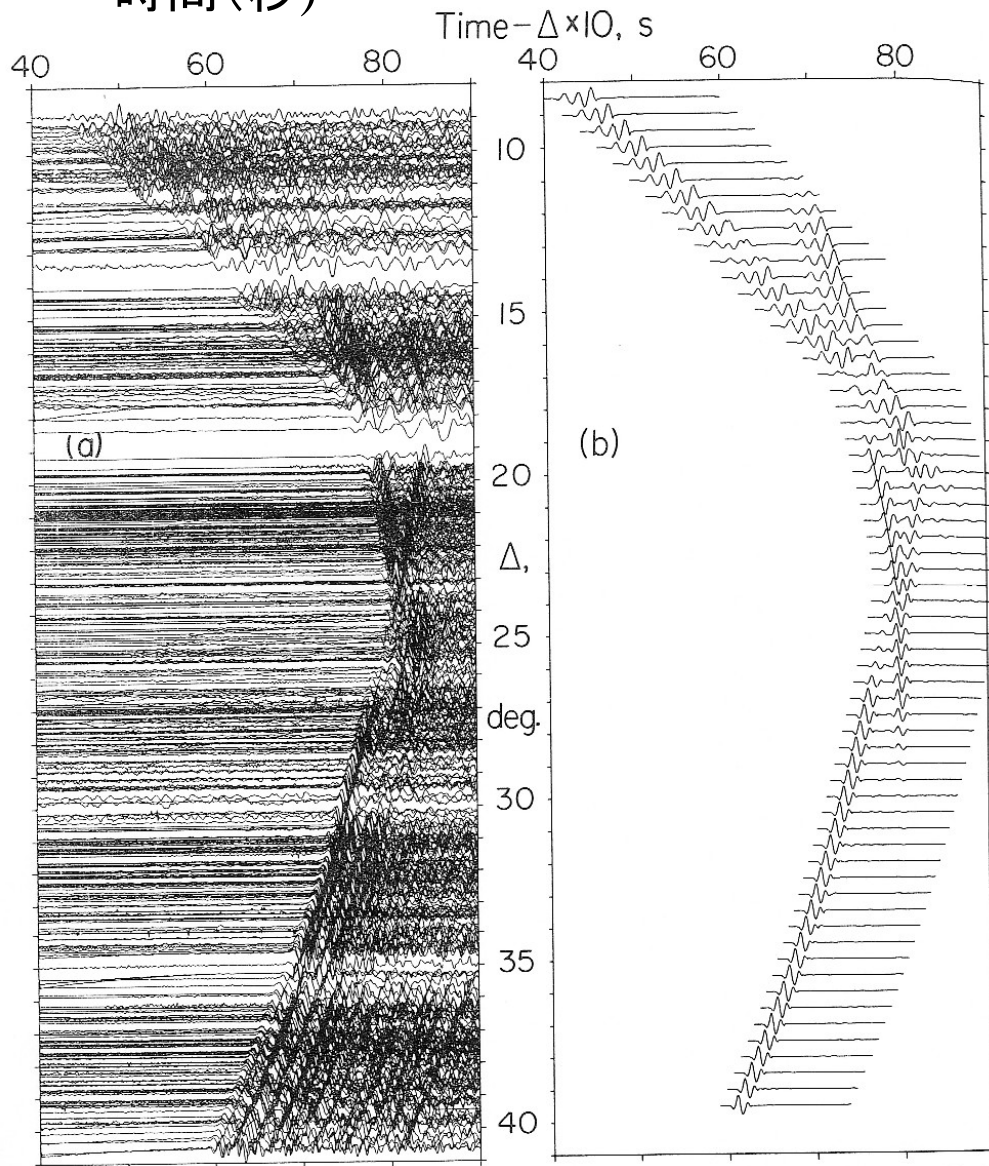
走時(地震波が到達する
にかかる時間)

走時と距離の関係:
急に速度が増加する時



震源(地表)からの距離

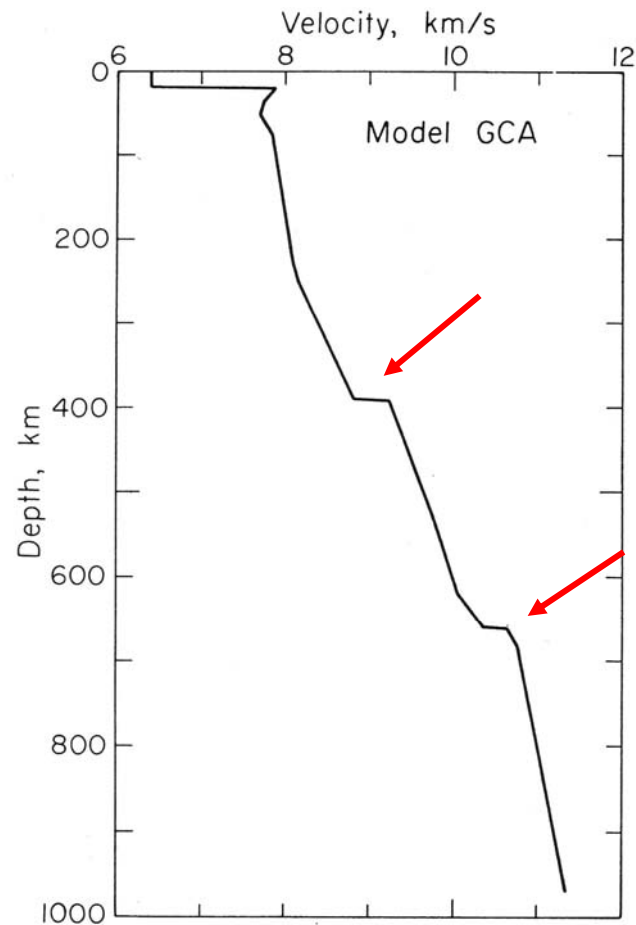
時間(秒)



地球中心から震源と観測点を
見込む角度で表した距離(度)

観測された地震波

計算した地震波

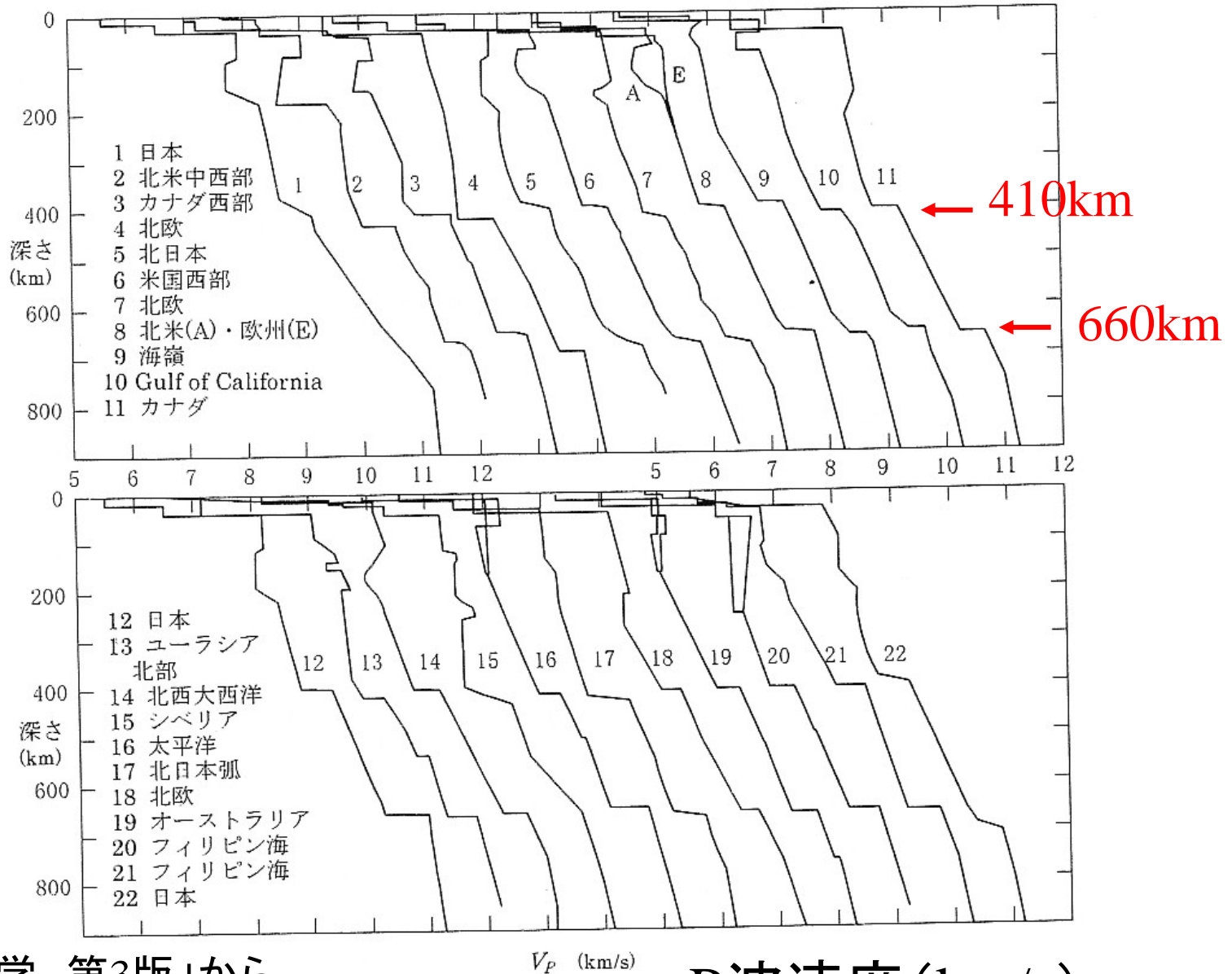


計算に使った
速度構造モデル

Walck (1984)から引用

世界の410km・660km不連続

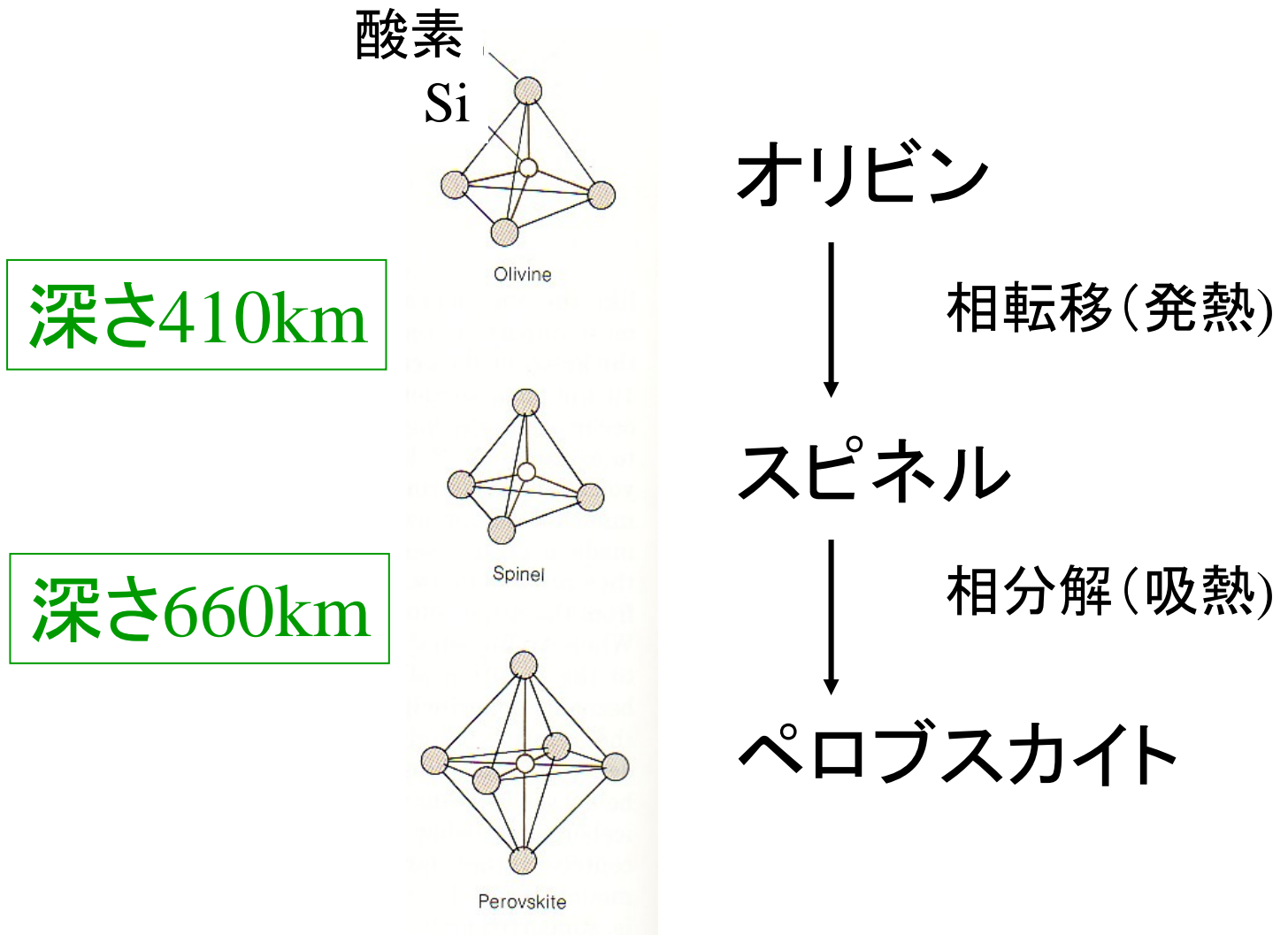
深さ
(km)



深さ410kmと660kmにある
地震波速度のジャンプ(不連続)は
何か？

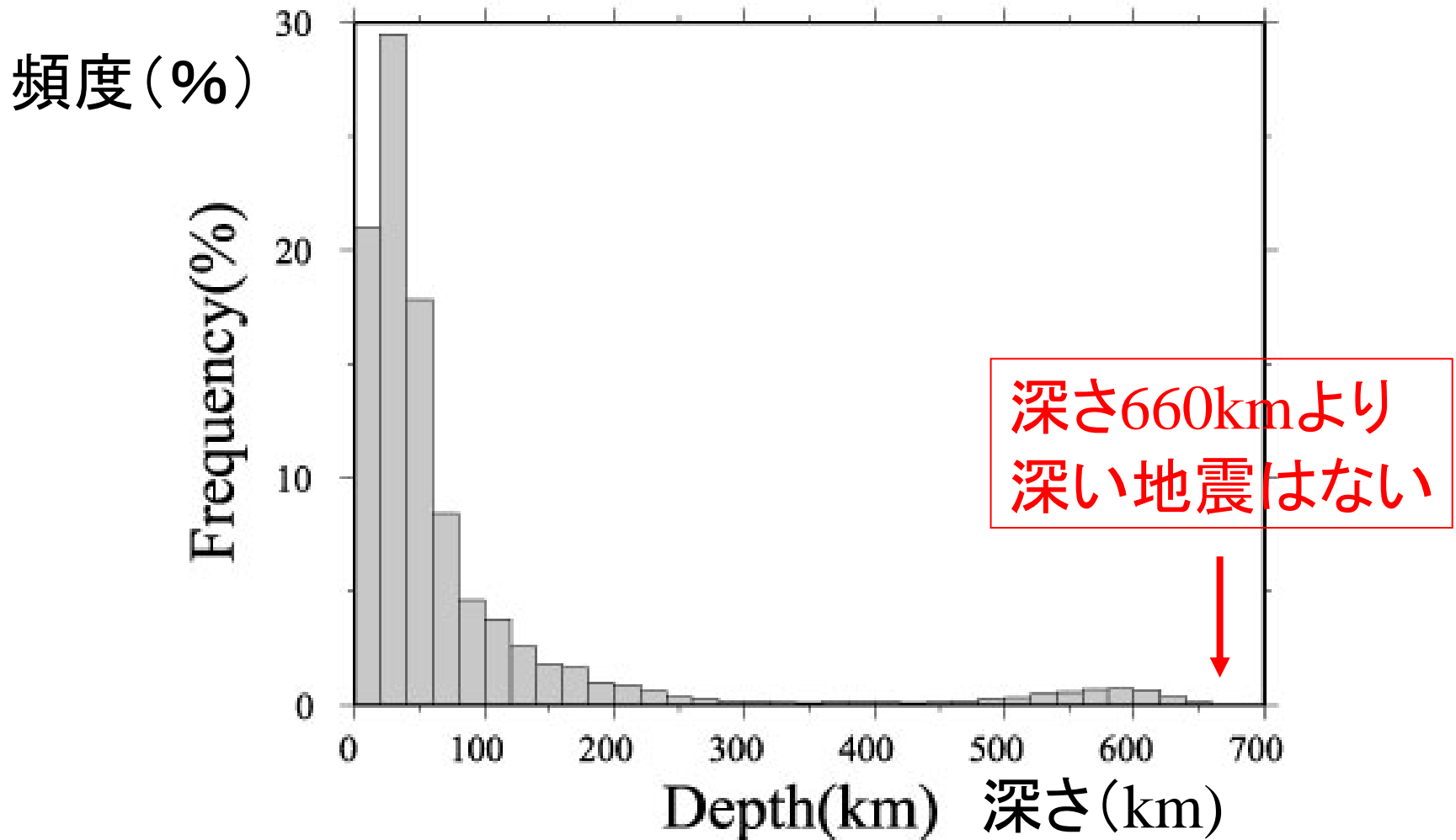
深さ410kmと660kmにある 地震波速度の不連続は何か？

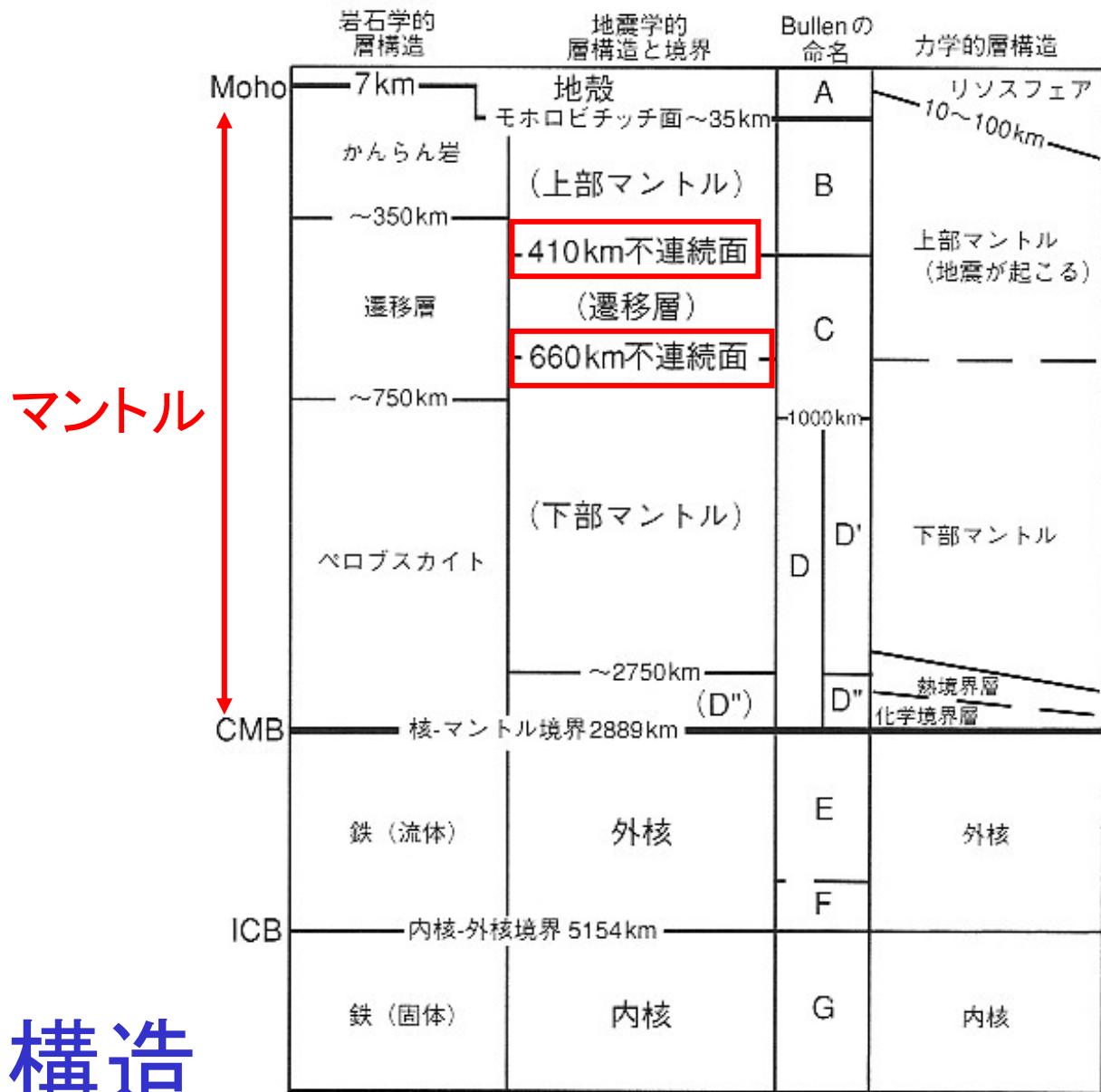
相変化



地震の深さ頻度分布

World 1964-1994 M>5





地球の層構造

表は朝倉書店「地球ダイナミクスとトモグラフィー」から引用

今日のまとめ: マントル(その1)

● マントルは、物質の異なる「地殻」と「核」の間にあり、地球の体積の約84%を占める。

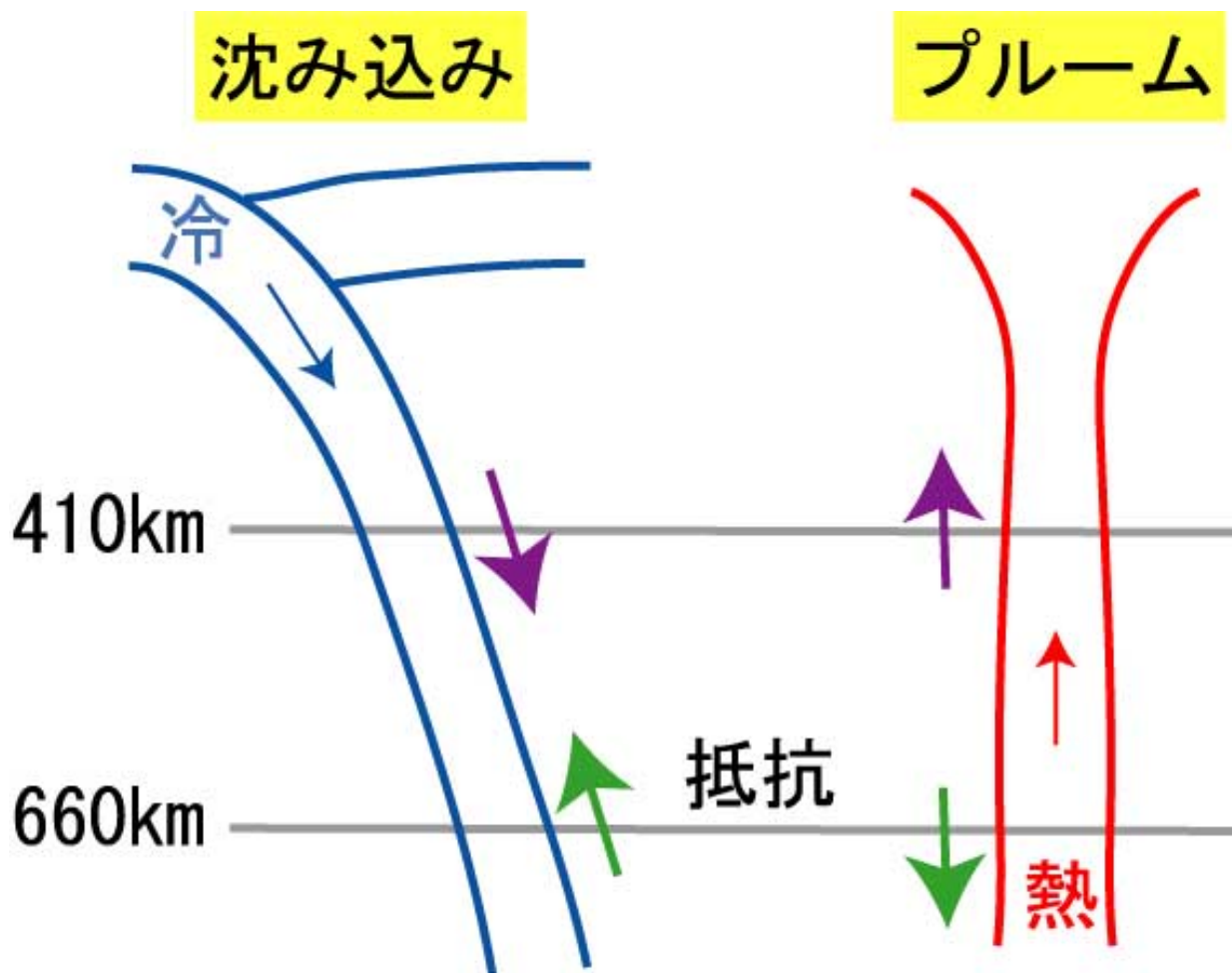
● マントルには、相変化による地震波速度のジャンプが深さ410kmと660kmにある。

特に660kmでおこる相分解は、マントル対流および深い地震の発生に大きな役割をなす。地震は深さ660kmより深いところでは起こらない。

マントル

遷移層(上部・下部マントルの境)は
プレートの沈みこみに
どんな影響を与えるのか？

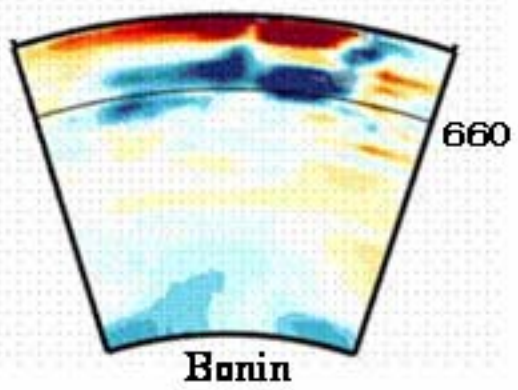
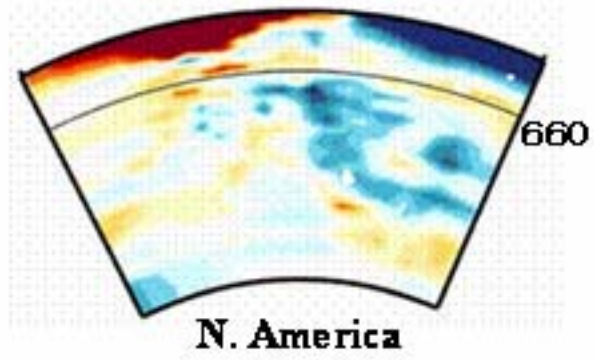
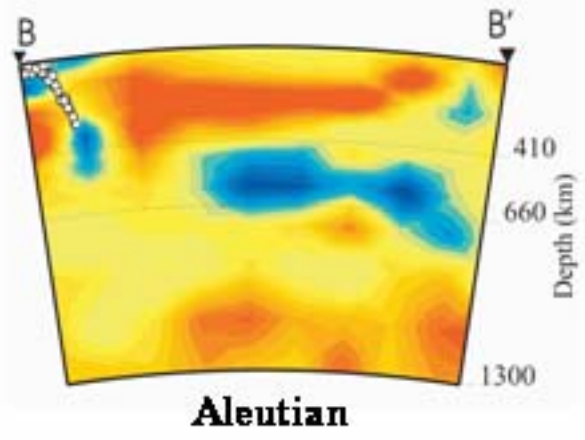
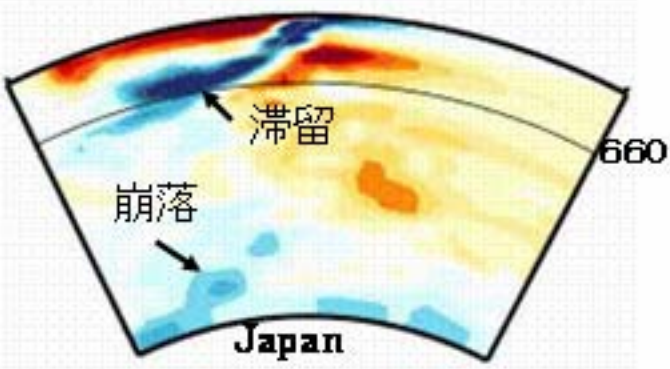
深さ410kmと660kmの相変化が沈みこみとプルームに与える影響



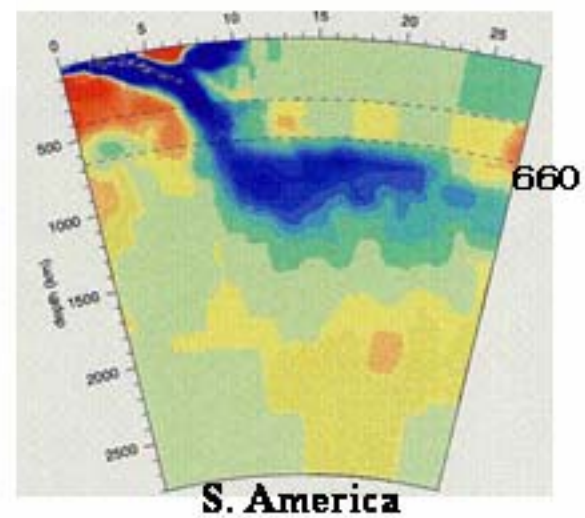
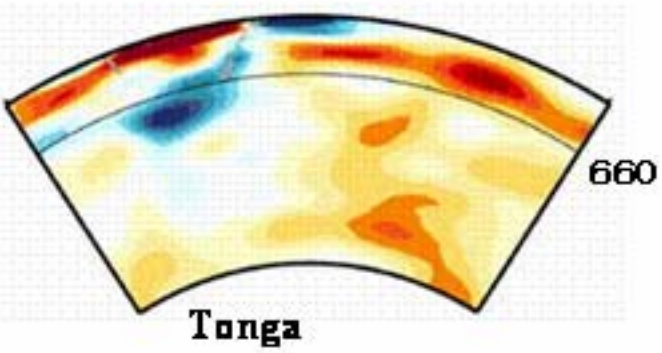
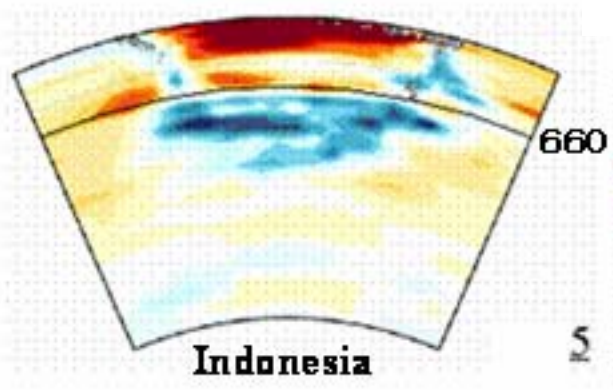
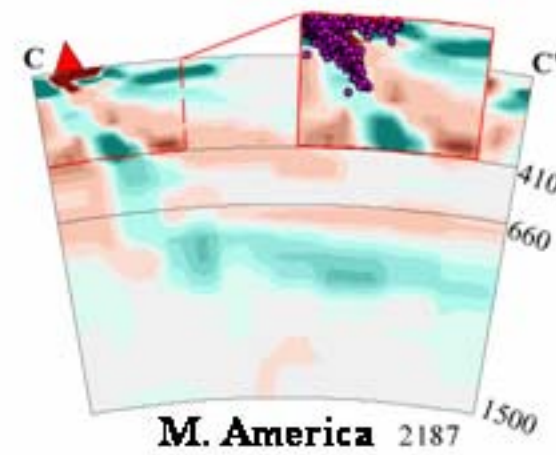
660km相変化の物質循環への影響

- プレート(冷たい物質)が沈み込むのを妨げる
- プルーム(熱い物質)が上昇するのを妨げる

マントル全体での物質循環にブレーキをかける効果



地表から沈み込んだ
プレートの多くは
途中で水平に
曲がっているように見える



青: 地震波の速度が速い 赤: 速度が遅い

- プレート(マントル下降流)は660km以浅だけにあるのか？
- プレート(マントル下降流)は660kmを突き抜けるのか？

2層対流

熱を逃げにくい、地球は冷えにくい

VS

全マントル対流

熱を逃がしやすく、地球は冷えやすい

マントル

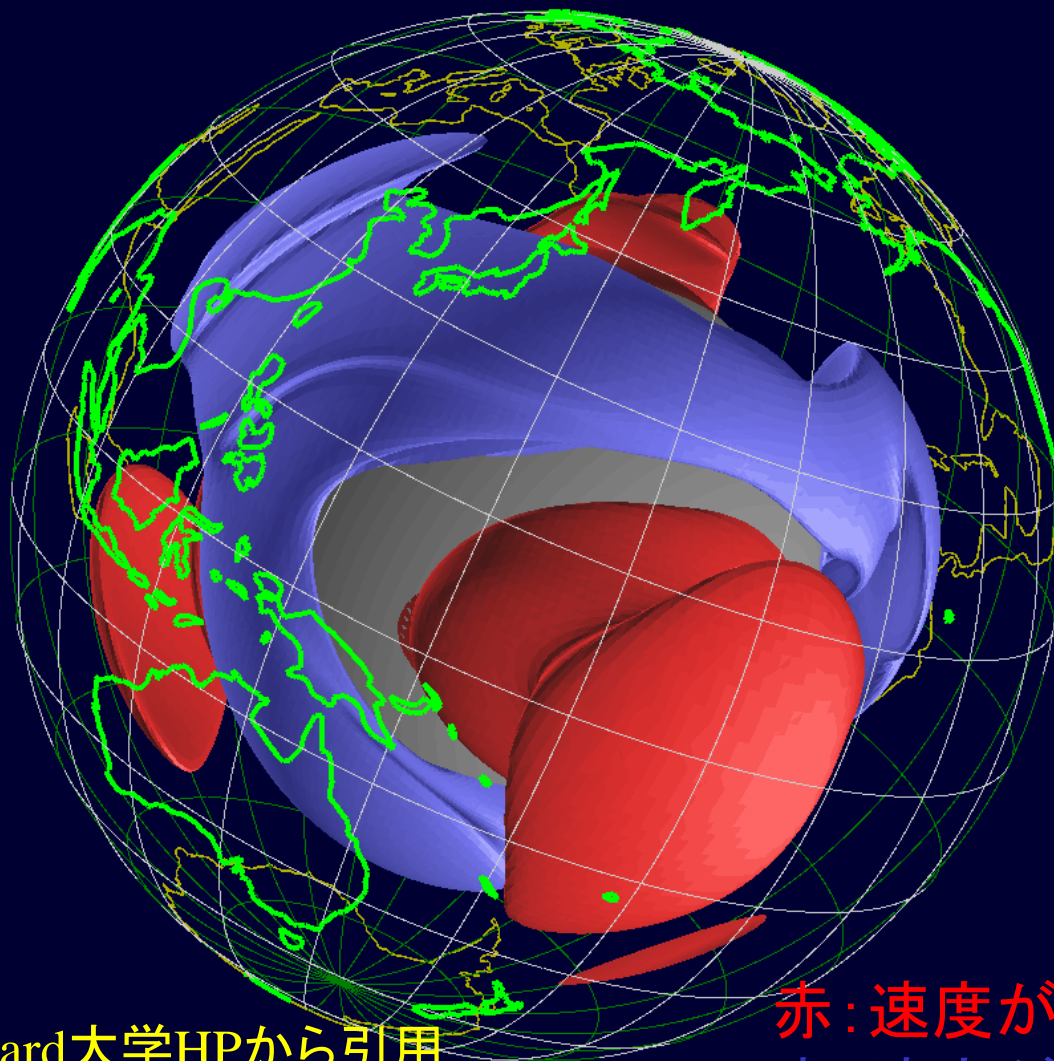
地震波速度でみる
マントルのダイナミクス(対流)の
現在のスナップショット

- ・地震波速度が**速い**:**温度が低い**
- ・地震波速度が**遅い**:**温度が高い**

プレート(温度が低い)の沈み込みはマントルの下降流

では、上昇流は？

マントルのS波速度分布 (Harvard S12)

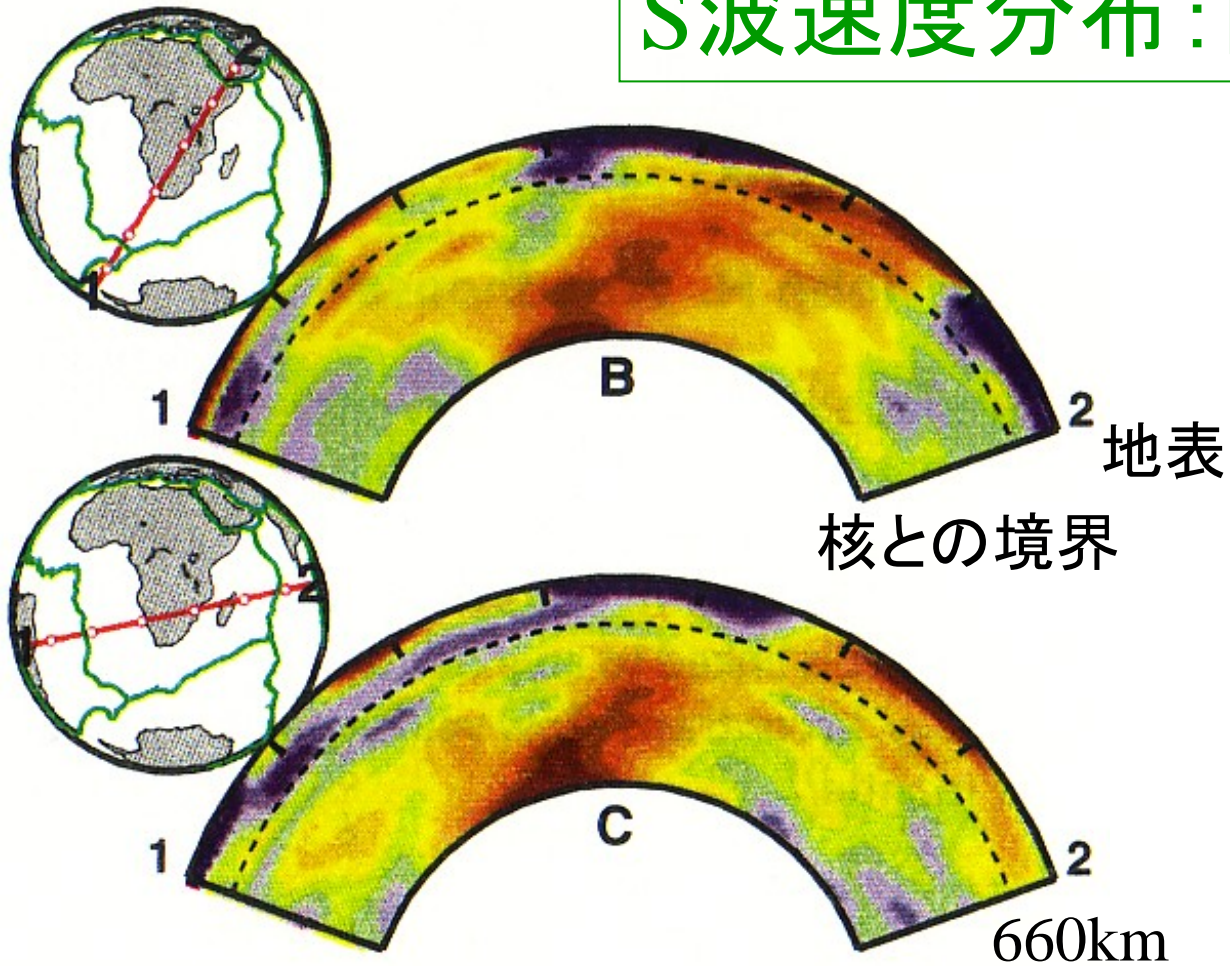


Harvard大学HPから引用

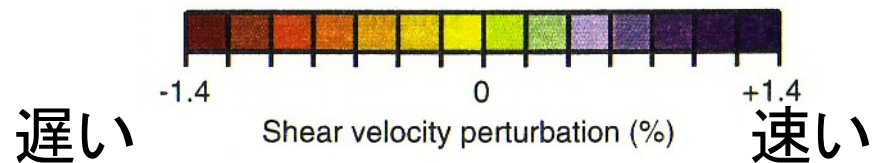
赤:速度が遅い領域
青:速度が速い領域

アフリカの下のプルーム

S波速度分布: 断面図

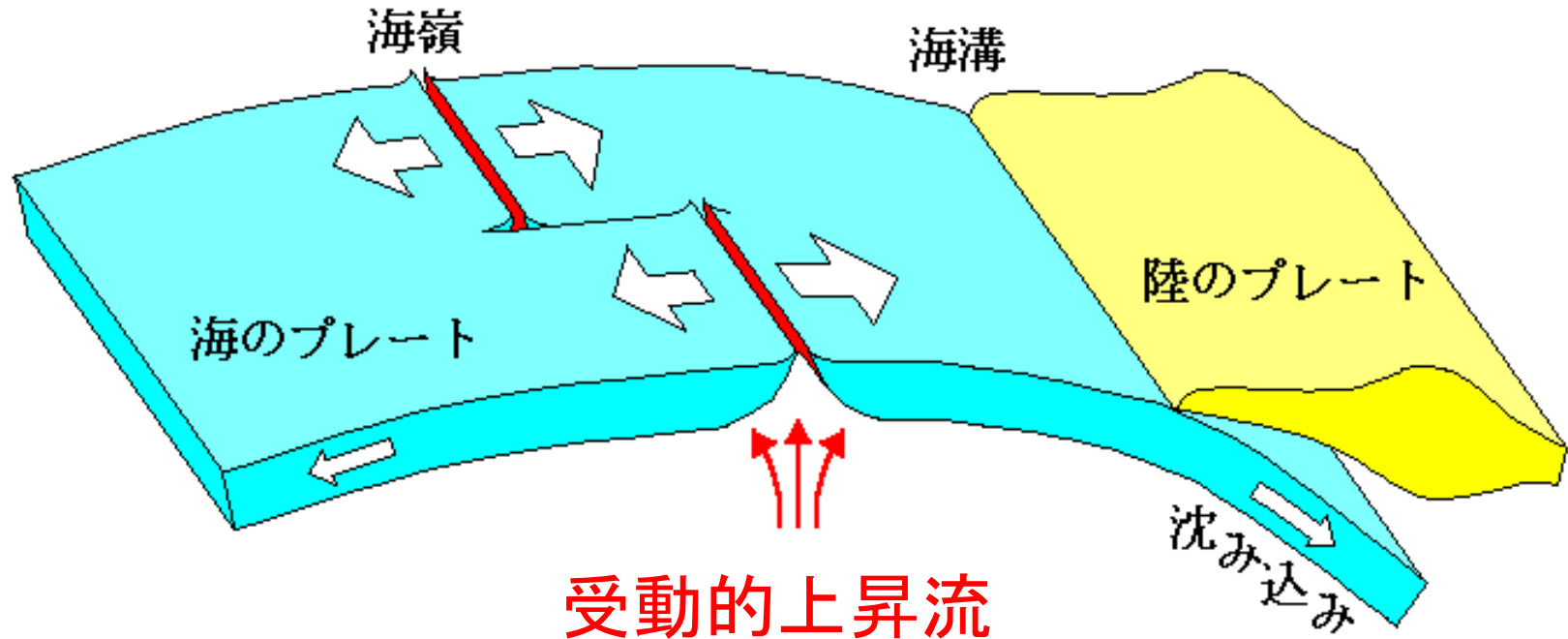


Ritsema et al. (1999)より引用



プレートの誕生と沈み込み

プレートテクトニクス: マントルの下降流に駆動される地表の運動

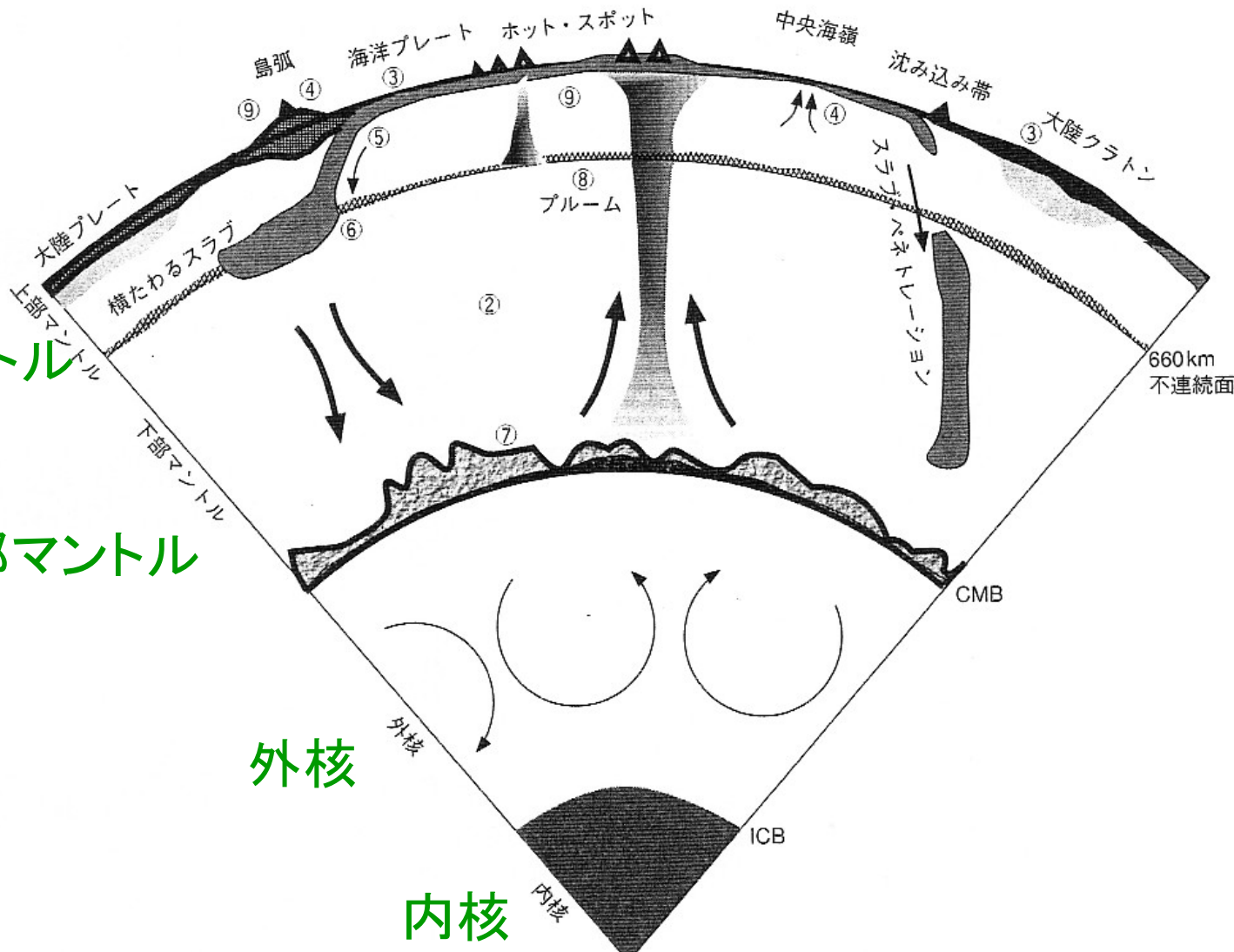


マントル対流の
大規模上昇流ではない

マントル対流の
下降流

ベースの図は防災科学技術研究所の
ホームページから引用

マントルダイナミクス



上部マントル

下部マントル

外核

内核

朝倉書店「地球ダイナミクスとトモグラフィー」から引用

今日のまとめ: マントル(その2)

● マントルの対流の現在のようすは、地震波速度の3次元分布から推測できる。

おおまかに、**温度が低いと地震波速度は速く、温度が高いと地震波速度は遅い。**

● プレートの沈みこみは、マントル対流の**下降流**にあたる。沈み込んだプレートは深さ660km周辺に溜まるものがある。一方、マントルの**大規模な上昇流は、アフリカと南太平洋の下**にある。

プレートテクトニクスは、地球の冷却による物質循環であるこのマントル対流の一側面

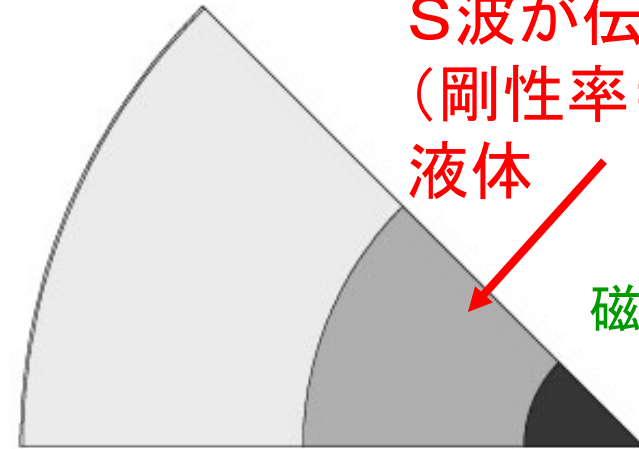
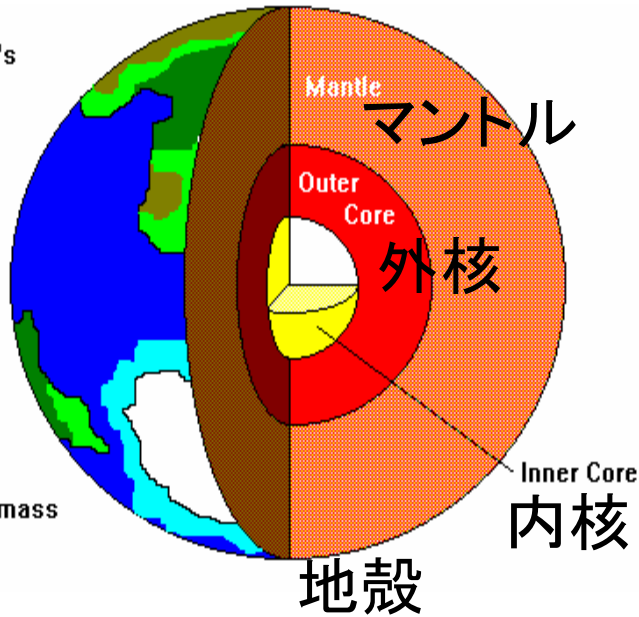
Atmosphere:
1/1,000,000 of Earth's
mass

Oceans: 2/10,000 of
Earth's mass

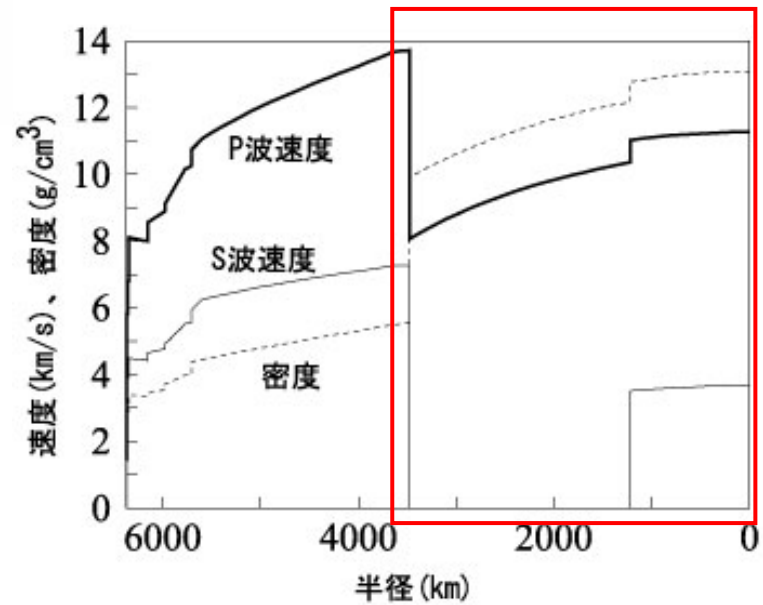
Crust: 1/250 of
Earth's mass

Mantle: 2/3 of
Earth's mass, 5/6 of
volume

Core: 1/3 of Earth's mass
1/6 of volume



地殻 マントル 外核 内核



地球の層構造

地震波速度と密度

PREM (Preliminary Reference Earth Model)
Dziewonski and Anderson (1981)

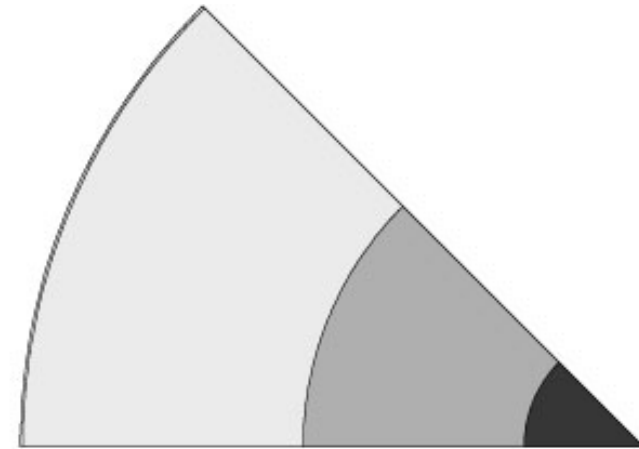
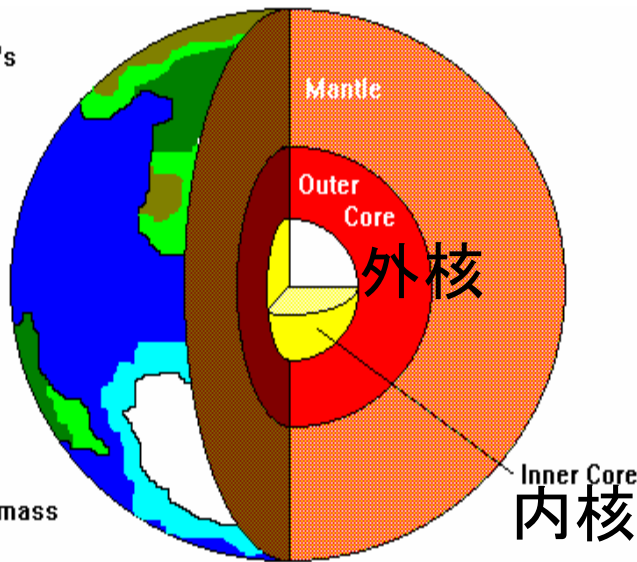
Atmosphere:
1/1,000,000 of Earth's
mass

Oceans: 2/10,000 of
Earth's mass

Crust: 1/250 of
Earth's mass

Mantle: 2/3 of
Earth's mass, 5/6 of
volume

Core: 1/3 of Earth's mass
1/6 of volume



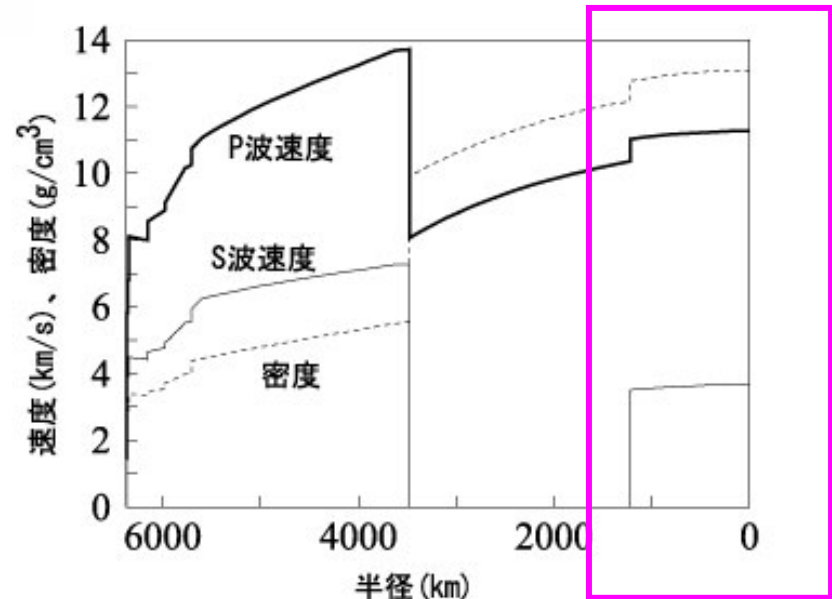
内核は固体らしい(?)

- ・自由振動ではゼロでない剛性率

- ・内核をS波で通過した実体波(PKJKP)の証拠ごく稀少

内核は地震波の通過方向で伝播速度が異なる

- ・南北方向にはやく、赤道方向に遅い



PREM (Preliminary Reference Earth Model)
Dziewonski and Anderson (1981)

今日のまとめ:核

- 核の半径は、およそ地球全体の半分。液体である「**外核**」と、外核が固化したとされる「**内核**」からなる。
- 外核のP波速度はマントルよりも遅く、核を通過する地震波は、経路が距離に応じて複雑に変化する。外核ではS波が伝わらない。
- 内核では、P波の通過する方向によって、P波の伝播速度が異なる。南北方向に早く、赤道方向に遅い。