地球現象論: 固体地球の鉛直 1 次元構造

地球流体電脳倶楽部

1996 年 8 月 2 日

目 次

1 密度分布 **2**
1.1 PREM 3

2 温度分布 **5**

3 参考文献 **6**

Abstract

ここでは, 固体地球の鉛直 1 次元構造として密度分布, 温度分布を取り上げる. 密度分布については地震波の解析によりかなり精度よく求められている. しかし, 温度等の地震波からは決まらない物理量については, モデルによりかなり異なった結果が得られている.

1　密度分布

密度分布は, 天文学的諸量, 地震波 (実体波, 表面波), 自由振動のデータからかなり精度よく[1] 求められている.

現在よく使われ, かつ権威あるモデルは次の 2 つである.

- 1066A[2]
- PREM[3] — こちらの方がさらに権威があるらしい

これらはほぼ球対称なモデルである. ここでは PREM モデルを紹介する.

[1]地震波の解析結果をうまく説明できるという意味において.

[2]モデルの詳細については, Gilbert,F. and Dziewonski,A.M.,1975 , Philos.Trans.R.Soc.London,Ser A 278,187-269 参照のこと.

[3]モデルの詳細については, Dziewonski,A.M. and Anderson,D.L,1981 Phys.Earth Planet.Inter.,25 297-356 参照のこと.

1.1 PREM

まず既知の知識を元に, 簡単な Starting Model をつくる. そして, 以下に挙げるようなデータセットを使って, インバージョンを用いてデータに合うように Starting Model を改良していく.

PREM を作るために用いられたデータセットは,

- 天文学的定数 (地球半径, 地球質量, 慣性能率)
- 自由振動のデータ (固有振動のうちの約 900 のモードのデータ)
- 自由振動及び長周期表面波のデータ (表面波の分散のデータ)
- 実体波の走時のデータ (International Seismologocal Centre の会報 (1964-75) にあったもの)

である.

図 1 が PREM による鉛直 1 次元密度分布である. 上の図は浅いところ, 下の図は深いところの密度分布である.

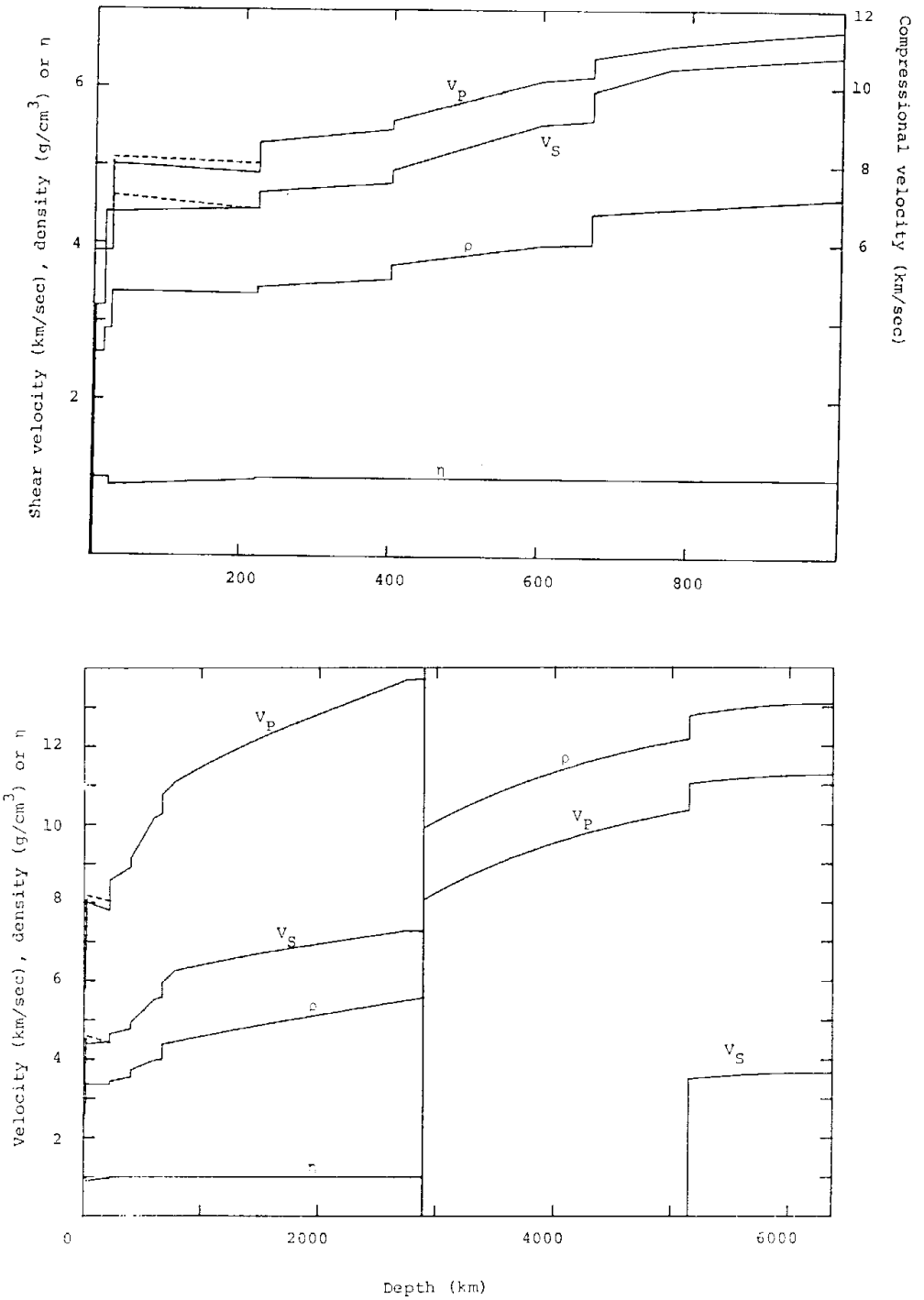

図 1　PREM モデルによる, 鉛直 1 次元的密度分布. ρ は密度, V_p, V_s はそれぞれ地震波の縦波および横波の速度をあらわす. η は水平方向の一様性の指標であり, $\eta = 1$ のとき完全に一様であることをあらわす. ただしコアでは $\eta = 1$ としてあり, 図にはかかれていない.

2　温度分布

固体地球の構造については, 密度分布, 弾性定数の分布等の地震波の解析から決まるものを除けば, 1 次元構造ですら諸説分々であり[1], 標準的な固体地球モデルはない. これといって特に権威ある説はないらしい[2]. 温度分布のように地震波解析から求められない物理量はモデルによってその分布が大きく異なっている. 温度分布の場合には, モデル間の違いや誤差は, 大凡 500K 程度と見られている. 図 2 は地球内部の温度分布の 1 例である.

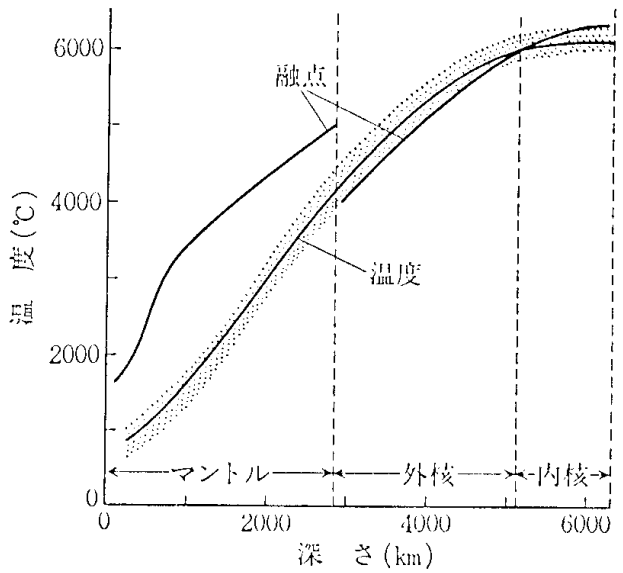

図 2　地球内部の温度構造 (上田, 水谷, 1978 による)

一般に, 分布を決めるための材料・仮定としては, 次のようなものがある.

- 外核は溶けている, という制約がある.
- 密度分布は大体得られている.
- 地震波の解析により, 相転移のおこっている深さ, 圧力, 温度, 必要な組成 (岩石) が推定できる.
- 地球磁場の変化にともない, 電磁波が地中にしみこみ, 反射される. しみこむ深さが波長毎に異なることを用いて, 地表での観測値により, (ノイズは大きいが, 原理的には) インバーションできる (らしい).
- 対流があれば断熱の温度勾配をもつ, と仮定する.
- 対流の上端では温度が不連続でもよい, と仮定する.

[1]たとえば, マントル対流はマントル全層で対流しているのか, そうでないのか, などなど.
[2]Ringwood という人が偉いそうである.

3　参考文献

Dziewonski,A.M., and D.L.Anderson, 1981 : Preliminary reference Earth model. *Phys.Earth Planet. Inter.*, **25**, 297-356.

上田誠也, 水谷仁, 1978 : 岩波講座　地球科学 1　地球, 岩波, p.83

謝辞

本稿は 1989 年から 1993 年に東京大学地球惑星物理学科で行なわれていた, 流体理論セミナーでのセミナーノートがもとになっている. 原作版は保坂征宏による「地球現象論」(90/9/4) であり, 林祥介によって地球流体電脳倶楽部版「地球現象論」として書き直された. 構成とデバッグに協力してくれたセミナー参加者のすべてにも感謝しなければならない.