

地磁気シミュレーションにむ けて地球外核の物理的性質の 紹介

神戸大学理学研究科惑星学専攻
流体地球物理学教育研究分野M2
服部蒼紀

はじめに

- 最終目的として, 外核の基本場から生じる磁場分布を調べたい.
- その足掛かりとして, Adams-Williamson の式を用いた基本密度場を求める.
- この発表では, PREM の鉛直密度分布と自分で計算した密度分布を比較する.

外核の基本構造

- 外核は地球中心から，約 1220 km から 約 3480 km の領域
- 主成分は鉄であり，ほかにコバルトやニッケルが含まれ，液体である．
- コアマントル境界（CMB）での密度は約 $9.9 \times 10^3 \text{ [kg/m}^3\text{]}$ で，内核境界（ICB）での密度は約 $12.8 \times 10^3 \text{ [kg/m}^3\text{]}$ である．
- 次のスライドでは，密度の決定方法を説明する．

外核の密度の決定 Adams-Williamsonの式

- Adams-Williamson の式を仮定する.
(等エントロピー, 等混合比, 静水圧平衡の時に成り立つ地震波と, 弾性率および密度の式)

$$\bullet \frac{\kappa_s}{\rho} = V_p^2 - \frac{4}{3} V_s^2, \quad \frac{\mu_s}{\rho} = V_s^2 \quad (1)$$

- ρ, κ_s, μ_s はそれぞれ密度, 体積弾性率(体積圧縮率の逆数), シアー弾性率
- V_p, V_s は P 波速度と, S 波速度
- 外核は液体鉄が主成分なので, S波が伝わらないため, 密度と非圧縮率の比が求まる.

外核の密度の決定 非圧縮率と密度変化

- 非圧縮率の定義が

$$\bullet \kappa_s = -V \left(\frac{\partial p}{\partial V} \right)_s = \rho \left(\frac{\partial p}{\partial \rho} \right)_s \quad (2)$$

- 密度がエントロピーと、圧力の関数として書けるならば微小変化は

$$\bullet d\rho = \left(\frac{\partial \rho}{\partial p} \right)_s dp + \left(\frac{\partial \rho}{\partial s} \right)_p ds \quad (3)$$

- 等エントロピーを仮定しているので、(3) の右辺第二項はゼロとなる。

外核の密度の決定 地震波と鉛直密度分布

- 密度の鉛直変化は,

$$\bullet \frac{d\rho}{dr} = \left(\frac{\partial \rho}{\partial p} \right)_{s_i} \frac{dp}{dr} \quad (4)$$

であり,

- (4) は観測結果を使う形では.

$$\bullet \frac{d\rho}{dr} = V_p \rho g \quad (5)$$

と書ける.

- このようにして, 地震波速度から密度分布が求まる.

PREM の 鉛直密度分布

- 実際に, 地震波のデータを使い, 求められた密度の分布が Dziewonski and Anderson (1981) のPREM である.
- このデータは一次元で各層が等方性を持つことを仮定している.

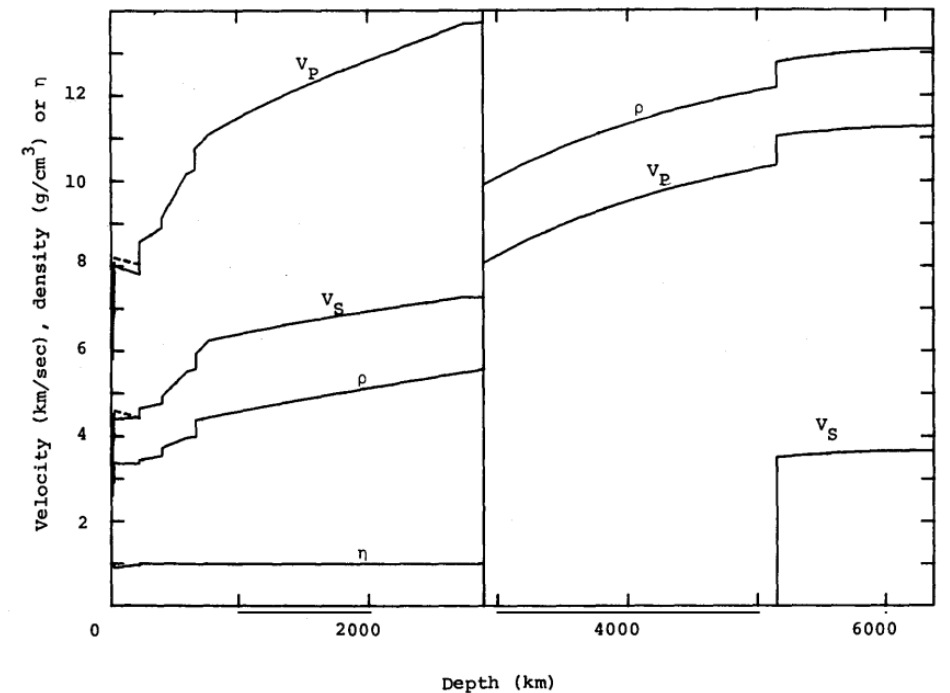


Fig. 8. The PREM model. Dashed lines are the horizontal components of velocity. Where η is 1 the model is isotropic. The core is isotropic.

Dziewonski and Anderson (1981) より

外核の密度の決定 質量からの導出

- (4) において, 静水圧平衡の関係を使うと, 鉛直密度変化は

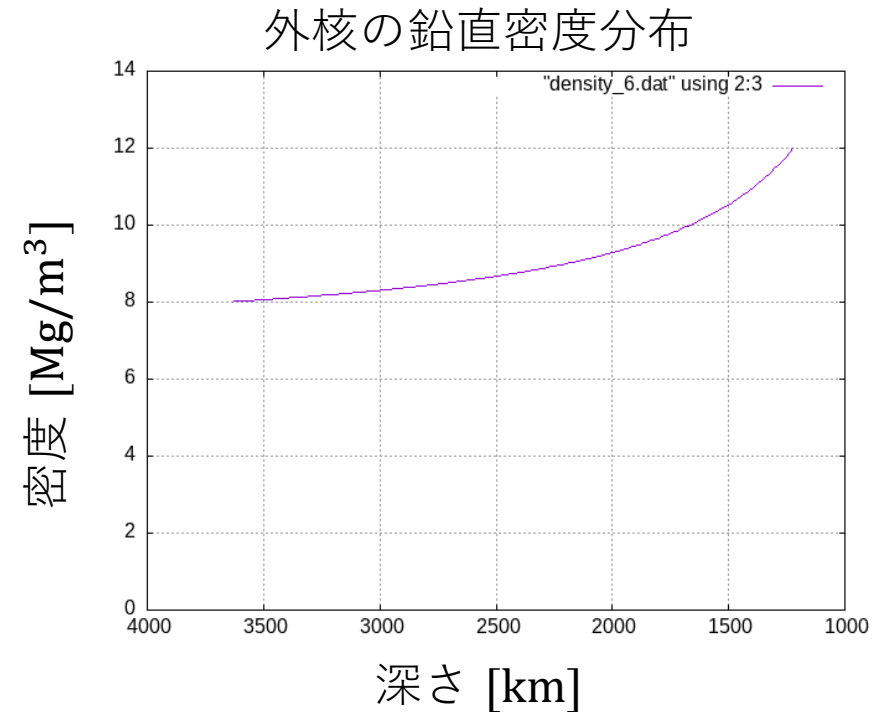
$$\bullet \frac{d\rho}{dr} = \frac{4\pi G \rho^2}{\kappa_s r^2} \int_0^r \rho(r') r'^2 dr' \quad (6)$$

とかける.

- (6) は, 内核質量と, ICB での密度が分かれば, 外核の鉛直密度分布を求めることができる.

鉛直密度分布の計算

- 内核の質量 10^{25} [Mg], ICB での密度 12 [Mg/m³] 非圧縮率 10^{12} [Pa], 内核半径 1221.5 [km] を初期値として, 刻み幅 10 [km] で (6) を計算した.



比較と考察

- CMB での密度が PREM に比べ小さくなっている。
 - 原因がわからないので、刻み幅を変えて計算してみる。
- PREM では密度は上に凸な減少をしているが自作コードでは下に凸な減少をしている。
 - 密度変化はおおよそ密度の二乗に比例するようにコードであり、コード上では上に凸になるように書かれているつもりなので原因不明

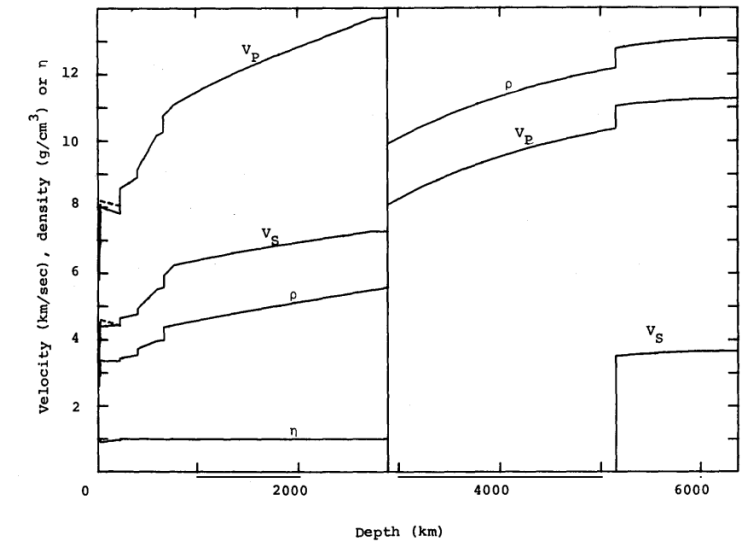
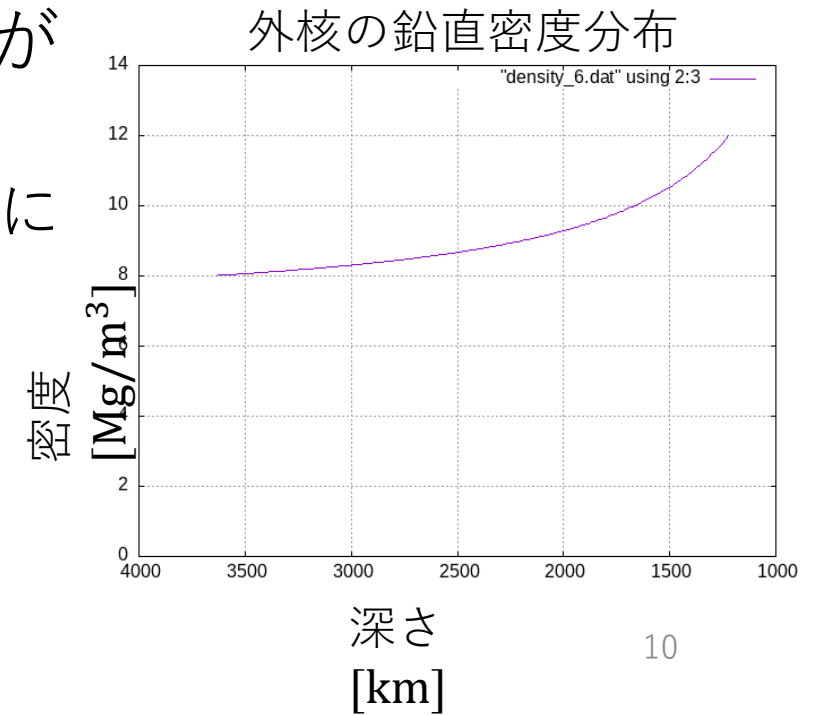


Fig. 8. The PREM model. Dashed lines are the horizontal components of velocity. Where η is 1 the model is isotropic. The core is isotropic.

Dziewonski and Anderson (1981) より



まとめ

- Adams-Williamson の式を使って鉛直密度分布を書くことを試みたが、地震波測定の結果と凸の向きが異なり、CMBでの密度の値が大きく下回った.

参考文献

- Dziewonski, A. M., and D. L. Anderson. 1981. "Preliminary reference Earth model." Phys. Earth Plan. Int. 25:297-356.
- Gubbins, D., and Roberts, P. H. 1987.
"Magnetohydrodynamics of the Earth's core." Geomagnetism, Vol. 2, p. 1 - 183