

宇宙科学 第2回 2009年4月23日

地球や太陽はなぜ丸いの？

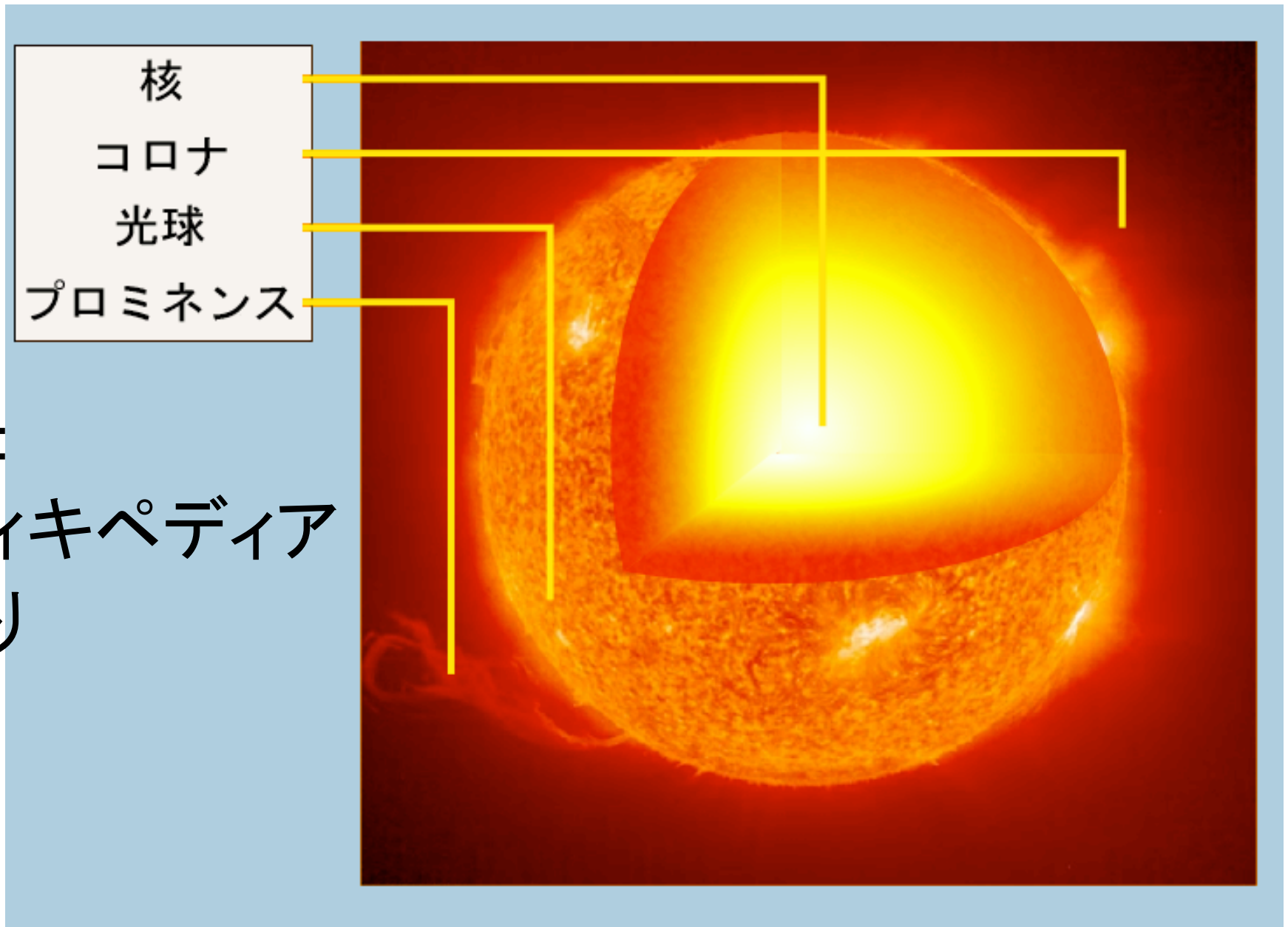
今井 裕

(理学部物理科学科宇宙情報講座)

参考文献

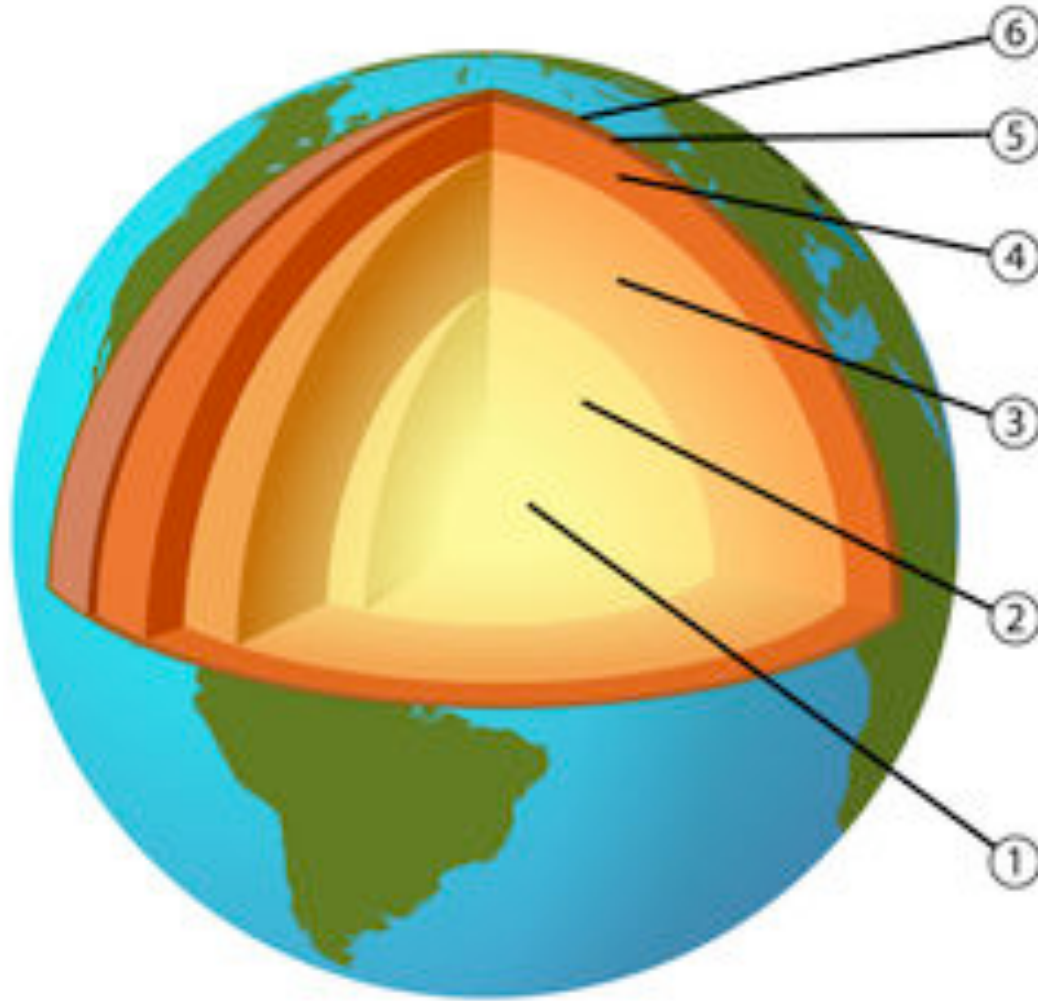
- シリーズ 現代の天文学
(岡村定矩ほか編・日本評論社)
 - 第1巻 人類の住む宇宙
 - 2.3 銀河系と太陽系
 - 4.2 太陽系の諸天体とその特徴
 - 4.4 太陽系の起原
 - 第9巻 太陽系と惑星
 - 2.1 地球型惑星の比較
 - 3.2 木星型惑星の内部構造
- ウィキペディア (<http://ja.wikipedia.org/wiki/>)
- 新地学教室講座 星と宇宙
(地学団体研究会編・古畑正秋監修・東海大学出版社)
 - 4 章 星の構造と進化: 1 星はなぜまるい

太陽の構造



図：
ウィキペディア
より

地球の内部構造



1. 内核(固体)
2. 外核(液体)
3. 下部マントル
4. 上部マントル
5. 地殻
(厚さ~150 km)
1. 地表(凸凹あり)

地球半径: 6370 km

図: ウィキペディアより

太陽・地球に共通する性質

- 巨大な質量
 - ⇒ 圧倒的に大きく 均一な重力
 - 地球: 5.9742×10^{24} kg
 - 太陽: 地球の333,400倍
- 孤立している
 - ⇒ 自身の重力が他の力を圧倒している
- 気体か液体である(形成時にそうだった)
 - ⇒ 掛かる力に任せて変形できる

身近なまるいもの

- シャボン玉
- 風船
- などなど



- 気体か液体である
- 外圧がない/均一な外圧

重力 (万有引力)

$$F_{12} = -\frac{Gm_1m_2}{|r_1 - r_2|^2}$$

m_1, m_2 : 質量 r_1, r_2 : 位置ベクトル G : 重力(万有引力)定数

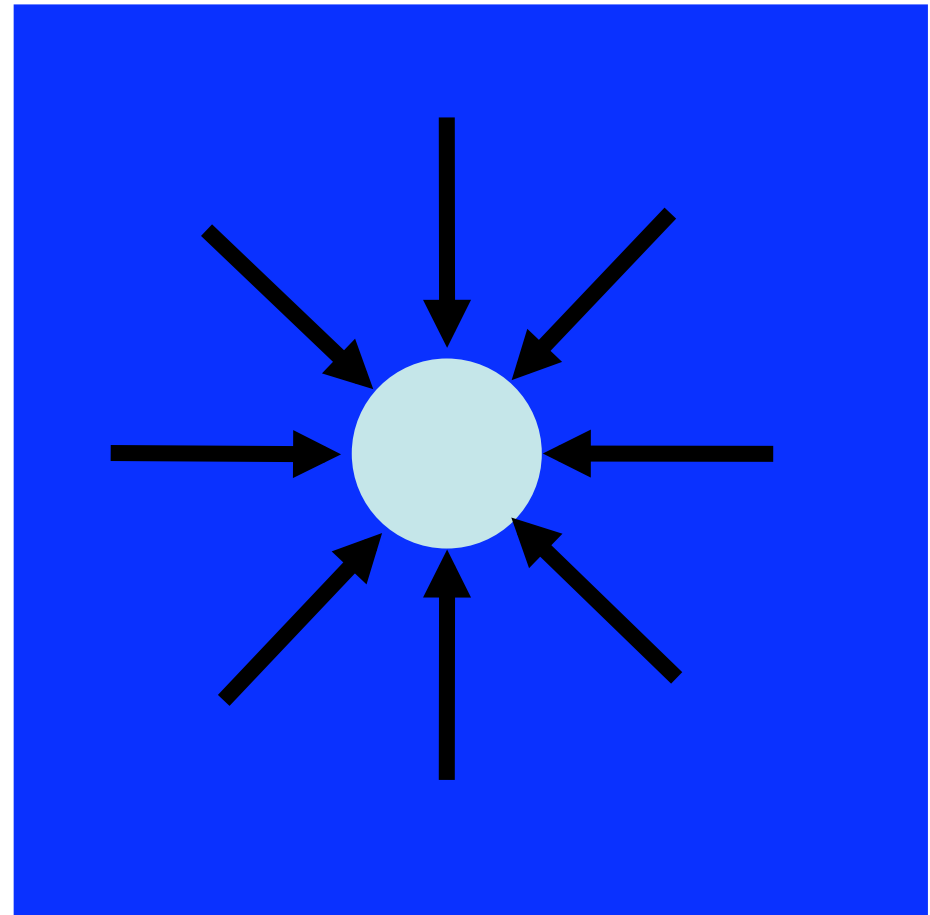
- 近距離では比較的とても弱い
(電磁力の方がずっと大きい)
- 何処まで遠くても働く
- 質量があればどんなものでも持つ

自己重力: 「チリも積もれば山となる」

パスカルの原理

(中学校理科)

液体／気体に外圧を掛けた時、
(重力の影響がなければ)
液体中のどの場所にも均等に圧力が掛かる



気体／液体の流れ

- 地球表面：より低い方へ流れる
- 太陽／地球全体：
より物質が集まっている方向へ流れる
- 凸凹がならされる： 均一な圧力へ

太陽／地球がつぶれない訳

— 静水圧平衡 —

運動方程式

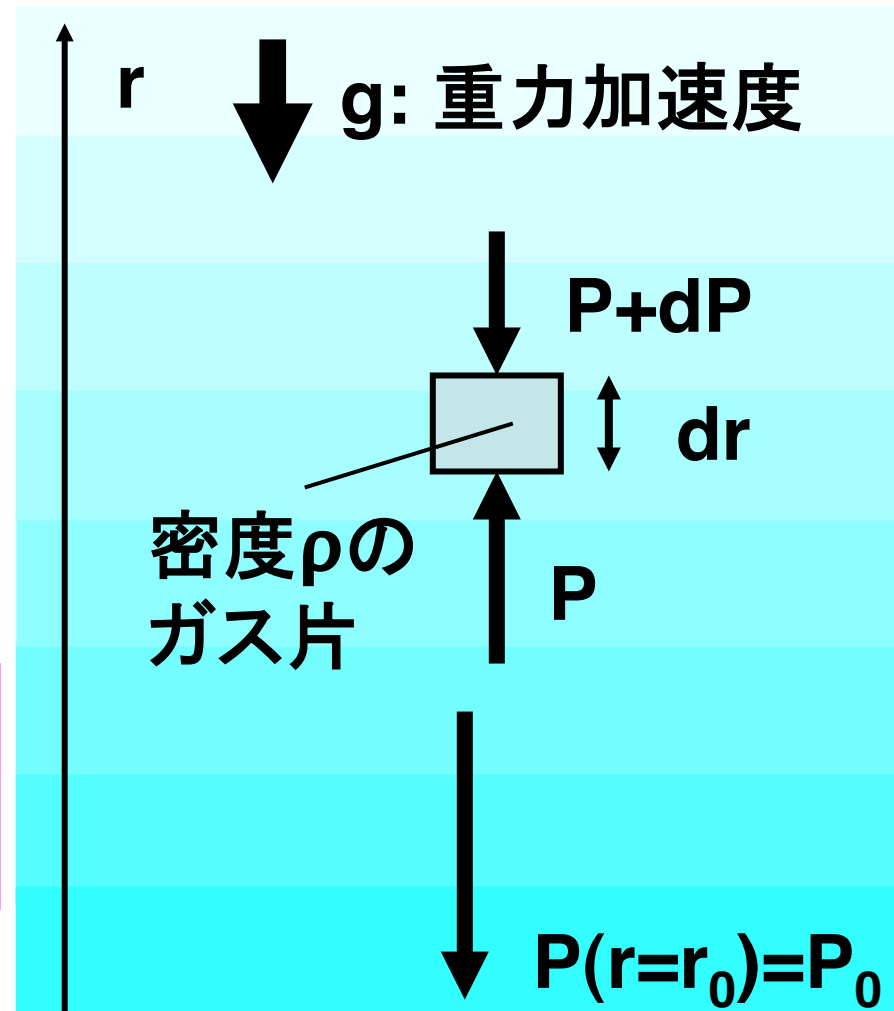
$$P = P + dP + g\rho dr, \quad dP = -g\rho dr$$

状態方程式 (PV=nRT より)

$$P = \frac{\rho}{\mu} kT, \quad dP = -\frac{g\mu}{kT} P dr$$

$$\frac{dP}{P} = -\frac{g\mu}{kT} dr, \quad \ln(P/P_0) = -\frac{g\mu}{kT} (r - r_0)$$

$$P(r) = P_0 \exp\left[-\frac{g\mu}{kT} (r - r_0)\right]$$



静水圧平衡の式の意味

$$P(r) = P_0 \exp\left[-\frac{g\mu}{kT}(r - r_0)\right] \quad \text{地球大気の場合: } kT/g\mu \approx 8,400 \text{ m}$$

- 8,400 m 上空へ行く
⇒ 気圧が $1/e$ (約37%)まで下がる
- 8,400 m (地面を掘って)地中へ潜る
⇒ 気圧が e 倍(約2.6倍)まで上がる
- 一見スカスカに見える空気も、(計算上)
地球中心では e^{758} 気圧まで上がる

太陽／地球がつぶれない訳：まとめ

- 圧倒的に大きな重力を支える：
圧力の発生
- 太陽はガス球
 - 気体の圧力の源：
気体粒子の運動エネルギー
 - エネルギーの供給源：
核融合反応（次回のテーマ）
- 地球内部は液体＋固体：
気体の場合より高圧を支えられる

液体における表面張力

分子間力によって
引っ張り合う

より小さい形状
(=狭い表面積)
をとろうとする

(外力がなければ)
まるくなる



まん丸く
ない天体

小惑星
「イトカワ」



まん丸くない天体

