

0. はじめに

0-1 本講義の対象

地球および惑星の流体圏 大気・海・核

関連する物質圏・天体 固体圏，太陽，衛星，惑星間空間，原始太陽系星雲...

0-2 “状態”の意味

前提条件 巨視的な系...非常に多数の原子分子の平均的な量

狭義の状態 温度，圧力，密度，組成，電磁場 (熱物理学的な定義)

広義の状態 + 物質分布・運動・エネルギー収支等

0-3 講義予定

4/8 序論

4/15 構成物質と物理状態

4/22 惑星の表面温度，有効温度，温室効果

5/13 静水圧平衡，スケールハイト，大気-惑星間空間境界，大気の熱的安定性

5/20 鉛直温度構造，断熱変化，放射平衡

5/27 放射対流平衡

6/3 中間試験

6/10 水惑星の存在条件

1 序論

1-1 惑星とは

- 1) 恒星の周りを公転
- 2) 自ら輝いていない,
- 3) 中心星より平均組成が重元素に富む
- 4) そこそこ大きい

1-2 太陽系内の惑星

地球型 岩石と金属が主成分...水星・金星・地球・火星

太陽系の内側に位置．質量小．衛星を持たない or 持っても小数．

木星型 ガスが主成分...木星・土星

外側に位置．質量大．H, He に富む外層．多数の衛星．

木星・土星：内部まで H, He に富む．

天王星・海王星：内部は H_2O , CH_4 , NH_3 に富む (天王星・海王星型)

冥王星 軌道いびつ．質量小．惑星と小惑星の中間的存在．

大気・衛星を持つ．

太陽系の惑星

天体名	軌道長半径 (a)	公転周期	自転周期	赤道傾斜角
水星	0.3871 AU	88.0 day	58.65 day	$<28^\circ$
金星	0.7233	224.7	243.01	$177^\circ.3$
地球	1.0000	365.26 day	$23^h56^m4^s$	$23^\circ.44$
火星	1.5237	687	$24^h37^m23^s$	$25^\circ.19$
木星	5.2026	11.862 yr	$9^h50^m30^s$	$3^\circ.1$
土星	9.5549	29.458	10^h14^m	$26^\circ.7$
天王星	19.2184	84.022	17^h17^m	$97^\circ.9$
海王星	30.1104	164.774	18^h20^m	$29^\circ.6$
冥王星	39.5399	248.534	6^h9^m	118°

太陽，惑星，月の性質

天体名	質量 (M)	赤道半径 (R)	平均密度 (ρ)	表面重力 (g)	脱出速度 (v_e)
太陽	332946	696000 km	1.41 g/cm ³	28.01	617.5 km/s
水星	0.055	2439	5.43	0.38	4.25
金星	0.815	6052	5.24	0.91	10.36
地球	≡1	6378	5.52	≡1	11.18
火星	0.107	3397	3.93	0.38	5.02
木星	317.832	71398	1.33	2.37	59.57
土星	95.16	60000	0.70	0.95	35.36
天王星	14.50	25400	1.30	0.89	21.33
海王星	17.22	24300	1.76	1.19	23.77
冥王星	0.0021	1137	2.1	0.067	0.58
月	0.0123	1738	3.34	0.17	2.38

1-3 惑星大気概観

組成と厚さ

木星型惑星：元素組成 ~ 太陽大気．H は H₂ 分子として存在．極めて厚い．

地球型惑星：元素組成 ≠ 太陽大気．重元素に富む．

金星・火星：CO₂ が主成分．金星は厚く，火星は薄い．

地球：N₂，O₂ が主成分．地表に大量の液体の H₂O ．

温度

平衡温度 T_{eq} 惑星の吸収した太陽放射に等価な黒体温度

$$4\pi R^2 \sigma T_{eq}^4 = \pi R^2 (1 - A) F$$

有効温度 T_{eff} 惑星の総熱放射に等価な黒体温度

$$4\pi R^2 \sigma T_{eff}^4 = [\text{惑星の総熱放射}]$$

金星： $T_s \gg T_{eq}, T_{eff}$ CO₂ の強い温室効果．

木星： $T_{eff} > T_{eq}$ 内部にも熱源．

地球： $T_s > T_{eq}, T_{eff}$ H₂O，CO₂ の温室効果．

太陽と代表的な惑星の大気

	太陽	地球	金星	火星	木星
表面気圧 $P(\text{bar})$	0.13 (光球面)	1.013	92	0.006	2 (雲頂)
表面温度 $T_s(\text{K})$	6430 (光球面)	280	750	240	134 (雲頂)
有効温度 (K) T_{eff}	5780	230	250	220	130
平衡温度 (K) T_{eq}	—	227	256	216	98
主要大気成分 (vol%)	H (91.0)	N ₂ (78)	CO ₂ (96.5)	CO ₂ (95.3)	H ₂ (88.8)
	He (8.9)	O ₂ (21)	N ₂ (3.5)	N ₂ (2.7)	He (11.1)
	O(78ppm)	Ar (0.9)	Ar (70 ppm)	Ar (1.6)	CH ₄ (0.2)