

# 木星現象論: 木星に関する基本的数字

地球流体電腦俱楽部

1996 年 5 月 24 日

## 目 次

1 天文学に関する数字	2
1.1 惑星本体・衛星	2
1.2 軌道要素・自転軸	2
1.3 時間	2
1.4 太陽定数, アルベド	3
2 大気科学に関する数字	4
2.1 組成(雲より上)	4
3 練習問題: 木星大気の諸量概算	5
3.1 解答	5
3.2 練習問題解答例	5
4 参考文献	7

### 要旨

木星とその大気にまつわる天文学的数字のリストを掲げる。

# 1 天文学に関する数字

## 1.1 惑星本体・衛星

物理量	木星	地球の値との比	地球
質量 ( $10^{24}$ kg)	$1.899 \times 10^3$	317.832	5.973
赤道半径 $R_e$ (km)	$7.1398 \times 10^4$	11.19	6378
極半径 $R_p$ (km)	$6.704 \times 10^4$	10.55	6357
扁平率 $(R_e - R_p)/R_p$	0.065	19	0.0034
密度 (g cm <sup>-3</sup> )	1.33	0.241	5.52
赤道重力加速度 (表面) (ms <sup>-2</sup> )	23.2	2.37	9.78
衛星の数	16個以上	16以上	1

(理科年表 1990 より)

## 1.2 軌道要素・自転軸

物理量	木星	地球
昇交点黄経 $\Omega$ (°)	100.449	354.865
軌道傾斜角 $i$ (°)	1.303	0.001
軌道長半径 $a$ ( $10^8$ km)	7.783	1.496
離心率 $e$	0.0485	0.0167 <sup>1</sup>
近日点黄経 $\varpi$ (°)	14.311	102.904
元期平均近点離角 $M_o$ (°)	91.589	76.273
赤道傾斜角(°) <sup>2</sup>	3.1	23.44

(理科年表 1990)

## 1.3 時間

物理量	木星	地球の値との比	地球
公転周期	4332.589 日 (11.862 年)	11.862	365.256 日
自転周期 <sup>3</sup>	9h55m40.632s (0.414 日)	0.415	0.9973 日
自転角速度 (rad · sec <sup>-1</sup> )	$1.758 \times 10^{-4}$	2.411	$7.292 \times 10^{-5}$

(理科年表 1990, Moore and Hunt 1983 より)

<sup>1</sup>元期: 1990 年 7 月 1.0 日. 座標系: 2000 年 1 月 1.5 日の黄道座標系. くわしくは金星現象論 ‘金星に関する基本的数字’ Appendix を参照せよ.

<sup>2</sup>各惑星の黄道座標系による黄経, 黄緯で表す.

## 1.4 太陽定数, アルベド

物理量	木星	地球の値との比	地球
太陽定数 ( $\text{W m}^{-2}$ )	50.7	0.037	1370
Albedo(Bond) <sup>4</sup>	0.73	2.43	0.30

(理科年表 1990 より)

<sup>3</sup>木星の自転の定め方については別シリーズ‘木星に関する用語’を参照せよ。

<sup>4</sup>木星のアルベドは、他の教科書によると約 0.3 程度である (Moore and Hunt 1983). 理科年表がどのように計算しているのかわからない。別シリーズ‘木星の放射エネルギー収支’も参照せよ。

## 2 大気科学に関する数字

### 2.1 組成(雲より上)

構成要素	体積百分率(%)
H <sub>2</sub>	90
HD	$1.8 \times 10^{-3}$
He	4.5
CH <sub>4</sub>	$7 \times 10^{-2}$
CH <sub>3</sub> D	$3 \times 10^{-5}$
NH <sub>3</sub>	$2 \times 10^{-2}$
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	$10^{-2}$
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	$10^{-2}$
H <sub>2</sub> O	$10^{-4}$
PH <sub>3</sub>	$10^{-6}$
CO	$10^{-7}$
GeH <sub>4</sub>	$10^{-7}$

( Moore and Hunt 1983 より)<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 総和をとっても 100% にならない

### 3 練習問題: 木星大気の諸量概算

地球, 木星大気について次の量を計算せよ. 地球のモデル大気は N<sub>2</sub>80%, O<sub>2</sub>20%, 木星のモデル大気については H<sub>2</sub>90%, He10% で考えてみよ.

1. 有効放射温度  $T_e$
2. 平均分子量  $M$
3. ( 単位質量あたりの) 定積比熱  $c_v$ , 定圧比熱  $c_p$ , 比熱比  $\gamma$
4. 音速  $c_s$
5. 圧力スケールハイト  $H_p$
6. 断熱温度勾配  $\left(\frac{dT}{dz}\right)_{ad}$

#### 3.1 解答

物理量	木星	地球
有効放射温度 $T_e$ (K)	111.8	255.0
平均分子量 $M$	2.2	28.8
定積比熱 (単位質量) $c_v$ (J · Kg <sup>-1</sup> · K <sup>-1</sup> )	9065.5	721.4
定圧比熱 (単位質量) $c_p$ (J · Kg <sup>-1</sup> · K <sup>-1</sup> )	12842.7	1009.9
比熱比 $\gamma$	1.42	1.4
音速 $c_s$ (m · s <sup>-1</sup> )	774.4	321.0
圧力スケールハイト $H_p$ (Km)	18.2	7.51
断熱温度勾配 (K · Km <sup>-1</sup> )	1.81	9.70

#### 3.2 練習問題解答例

1. 有効放射温度  $T_e$

太陽定数を  $S$ , アルベドを  $A$ , ステファン-ボルツマン定数を  $\sigma$  とすると, 有効放射温度を定める式は

$$\frac{1}{4}(1 - A)S = \sigma T_e^4$$

である. 地球大気の場合には

$$\frac{1}{4}(1 - 0.3) \times 1370 = 6.67 \times 10^{-8} T_{eEarth}^4$$

よって

$$T_{eEarth} = 255.0 \text{ (K)}$$

木星大気の場合には

$$\frac{1}{4}(1 - 0.3) \times 1370 \times 0.037 = 6.67 \times 10^{-8} T_{eJupiter}^4$$

よって

$$T_{eJupiter} = 111.8 \text{ (K)}$$

## 2. 平均分子量 $M$

$$M_E = 0.8 \times 28 + 0.2 \times 32 = 28.8,$$

$$M_J = 0.9 \times 2 + 0.1 \times 4 = 2.2$$

## 3. ( 単位質量あたりの) 定積比熱 $c_v$ , 定圧比熱 $c_p$ , 比熱比 $\gamma$

地球では 2 原子分子であるから

$$c_v = \frac{5}{2}R = \frac{5}{2} \times \frac{8.31}{28.8 \times 10^{-3}} = 721.4 \text{ (J} \cdot \text{Kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}),$$

$$c_p = \frac{7}{2}R = \frac{7}{2} \times \frac{8.31}{28.8 \times 10^{-3}} = 1009.9 \text{ (J} \cdot \text{Kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}),$$

$$\gamma = \frac{7}{5} = 1.4$$

木星大気は 1 原子分子と 2 原子分子の混合気体であるから

$$c_v = \frac{5}{2}R \times 0.9 + \frac{3}{2}R \times 0.1 = 2.4R = 2.4 \times \frac{8.31}{2.2 \times 10^{-3}} = 9065.5 \text{ (J} \cdot \text{Kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}),$$

$$c_p = c_v + R = 3.4R = 3.4 \times \frac{8.31}{2.2 \times 10^{-3}} = 12842.7 \text{ (J} \cdot \text{Kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}),$$

$$\gamma = \frac{3.4}{2.4} = 1.42$$

## 4. 音速 $c_s$

温度として先に計算した有効温度を用いることにすると、地球大気では

$$c_{sE} = \sqrt{\gamma RT} = \sqrt{1.4 \times \frac{8.31}{28.8 \times 10^{-3}} \times 255.0} = 321.0 \text{ (m} \cdot \text{s}^{-1})$$

木星大気では

$$c_{sJ} = \sqrt{\gamma RT} = \sqrt{1.42 \times \frac{8.31}{2.2 \times 10^{-3}} \times 111.8} = 774.4 \text{ (m} \cdot \text{s}^{-1})$$

### 5. 圧力スケールハイト $H_p$

温度を先に求めた有効放射温度を用いると、地球大気の場合には

$$H_{pE} = \frac{RT}{g} = \frac{8.31}{28.8 \times 10^{-3}} \times 255.0 \times \frac{1}{9.8} = 7507.1 \text{ (m)} = 7.51 \text{ (Km)}$$

木星大気の場合には

$$H_{pJ} = \frac{RT}{g} = \frac{8.31}{2.2 \times 10^{-3}} \times 111.8 \times \frac{1}{9.8 \times 2.37} = 18182 \text{ (m)} = 18.2 \text{ (Km)}$$

### 6. 断熱温度勾配 $\left(\frac{dT}{dz}\right)_{ad}$

理想気体の場合、断熱温度勾配は  $\left(\frac{dT}{dz}\right)_{ad} = -\frac{g}{c_p}$  であるから、地球大気の場合には

$$\left| \left( \frac{dT}{dz} \right)_{ad} \right| = \frac{9.8}{1009.9} = 0.00970 \text{ (K} \cdot \text{m}^{-1}) = 9.70 \text{ (K} \cdot \text{Km}^{-1})$$

木星大気の場合には

$$\left| \left( \frac{dT}{dz} \right)_{ad} \right| = \frac{9.8 \times 2.37}{12842.7} = 0.00181 \text{ (K} \cdot \text{m}^{-1}) = 1.81 \text{ (K} \cdot \text{Km}^{-1})$$

## 4 参考文献

Moore,P.,Hunt.G.,1983 : Atlas of the solar system. Rand McNally & Company,  
464pp. 清水幹夫訳：図説我らの太陽系

国立天文台, 1990 : 理科年表, 丸善, 1032pp.

## 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われていた、流体力学セミナーでのセミナーノートがもとになっている。原作版は竹広真一による「木星現象論」(90/05/01) であり、林祥介によって地球流体力学部「木星現象論」として書き直された (96/06/23)。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。