

表 1.1: 記号表

φ, λ	緯度経度	$\zeta := \frac{1}{a} \left(\frac{1}{1-\mu^2} \frac{\partial V}{\partial \lambda} - \frac{\partial U}{\partial \mu} \right)$	渦度
$\sigma := p/p_s$	σ 座標高度	$\zeta := \frac{1}{a} \left(\frac{1}{1-\mu^2} \frac{\partial U}{\partial \lambda} + \frac{\partial V}{\partial \mu} \right)$	発散
t	時間	u, v	東西・南北風速
$\pi := \ln[p_s]$		$(U, V) := (u \cos \varphi, v \cos \varphi)$	
T	気温	\mathcal{D}	水平拡散
q	比湿	$\mathcal{D}'[v]$	摩擦熱
a	惑星半径		

第 1 章 モデルの概要

1.1 系の設定と基礎方程式

3 次元球殻上の 3 次元球殻上の 3 次元球殻上の大気大循環モデル DCPAM₅ を用いて数値実験を行った。

連続の式 (1.1)、静水圧の式 (1.2)、運動方程式 (1.3), (1.4)、熱力学の式 (1.5)、水蒸気 (1.6) の式は以下の通りである。各記号の意味は表 1.1 に記した。

$$\frac{\partial \pi}{\partial t} + \mathbf{v}_H \cdot \nabla_\sigma \pi = -D - \frac{\partial \dot{\sigma}}{\partial \sigma}, \quad (1.1)$$

$$\frac{\partial \Phi}{\partial \sigma} = -\frac{RT_v}{\sigma}, \quad (1.2)$$

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} = \frac{1}{a} \left(\frac{1}{1-\mu^2} \frac{\partial V_A}{\partial \lambda} - \frac{\partial U_A}{\partial \mu} \right) + \mathcal{D}[\zeta], \quad (1.3)$$

$$\frac{\partial D}{\partial t} = \frac{1}{a} \left(\frac{1}{1-\mu^2} \frac{\partial U_A}{\partial \lambda} \right) - \nabla_\sigma^2 (\Phi + R\bar{T}\pi + KE) + \mathcal{D}[D], \quad (1.4)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial T}{\partial t} = & -\frac{1}{a} \left(\frac{1}{1-\mu^2} \frac{\partial UT'}{\partial \lambda} + \frac{\partial VT'}{\partial \mu} \right) + T'D - \dot{\sigma} \frac{\partial T}{\partial \sigma} \\ & + \kappa T_v \left(\frac{\partial \pi}{\partial t} + \mathbf{v}_H \cdot \nabla_\sigma \pi + \frac{\dot{\sigma}}{\sigma} \right) + \frac{Q}{C_p} + \mathcal{D}[T] + \mathcal{D}'[v], \end{aligned} \quad (1.5)$$

$$\frac{\partial q}{\partial t} = -\frac{1}{a} \left(\frac{1}{1-\mu^2} \frac{\partial U_q}{\partial \lambda} + \frac{\partial V_q}{\partial \mu} \right) + qD - \dot{\sigma} \frac{\partial q}{\partial \sigma} + S_q + \mathcal{D}[q]. \quad (1.6)$$

放射過程には地球用放射モデルを用いている。紫外・可視光・近赤外 (2600–57142.85 cm⁻¹) は

表 1.2: モデルパラメータの値

モデルパラメータ	値
惑星半径	$a = 6.37 \times 10^7 \text{ m}$
自転角速度	$\omega = 7.292 \times 10^{-5} / \text{s}$
重力加速度	$g = 9.8 \text{ m/s}^2$
乾燥空気の気体定数	$R_n = 287.1 \text{ J/kg/K}$
水蒸気の気体定数	$R_v = 461.5 \text{ J/kg/K}$
乾燥空気の定圧比熱	$c_{pn} = 1004 \text{ J/kg/K}$
水蒸気の定圧比熱	$c_{pv} = 1810 \text{ J/kg/K}$
乾燥空気の分子量	$m_n = 28.96 \times 10^{-3} \text{ kg/mol}$
水蒸気の分子量	$m_v = 18.02 \times 10^{-3} \text{ kg/mol}$
水の潜熱	$L = 2.50 \times 10^6 \text{ J/kg}$
海のアルベド	$A = 0.1$

$1000\text{--}57142.85 \text{ cm}^{-1}$ を 11 バンドに分割 (Chou and Lee, 1996) し、 δ -Eddington 近似した放射伝達方程式により計算をする (Toon *et al.*, 1989)。H₂O の透過率は Chou and Lee (1996) による k 分布法のパラメータを利用して計算する。雲の消散係数、単一散乱アルベド、非対称因子は Chou *et al.* (1998) の値を使用する。レイリー散乱係数と O₃ の吸収係数は Chou and Lee (1996) の値を使用する。赤外 ($0\text{--}3000 \text{ cm}^{-1}$) は Chou *et al.* (2001) に従って 9 バンドに分割し、散乱を無視した放射伝達方程式により計算する。H₂O, CH₄, N₂O の透過率は Chou *et al.* (2001) の方法に基づき計算し、CO₂ の低高度の透過率は Chou *et al.* (2001)、高高度の透過率は Chou and Kouvaris (1991) の方法に基づいて、O₃ の透過率は Chou and Kouvaris (1991) の方法に基づいて計算する。雲の消散係数、単一散乱アルベド、非対称因子は Chou *et al.* (2001) の値を使用する。

サブグリッドスケールの混合・凝縮に関して、乱流混合は ??? を使用する。また、Manabe *et al.* (1965) の乾燥対流調節スキームを用い、積雲対流調節に関しては Relaxed Arakawa-Schubert (Moorthi and Suarez, 1992) を使用する。

雲に関しては、移流・乱流混合・凝結による生成、定数時定数による消滅を考慮して雲水混合比を予報する。

1.2 実験設定

実験で用いたモデルパラメータの値を、表 1.2 に示す。本研究で行う計算の水平分解能は、三角形切断の T₄₂ に対応する、 128×64 であり、鉛直座標には σ 座標系を用い、その層数は 26 である。

表 1.3 に示す太陽定数で実験を行った。

表 1.3: 実験を行った太陽定数の値

太陽定数 S [W/m^2]	1300	1500	1600	1800	2000
積分期間 [年]	50	20	20	20	30
熱輸送を計算するのに利用した年度 [年度]	41	11	11	11	21

初期状態は、どの太陽定数においても、静止・等温 (280 K) ・比湿は 0 で一様とした。