

- Basic Settings
  - Coordinate System (数式をハイブリッド化済)
  - Physical Constants (変更なし)

## Basic Settings

Here we present the basic setup of the model.

### Coordinate System

座標系は、基本的に、経度 $\lambda$ 、緯度 $\varphi$ 、正規化気圧 $\eta$ （定義は後述）を用い、それぞれは直交するとして扱う。ただし、地中の鉛直座標は $z$ を用いる。

Longitude is discretized at equal intervals `MODULE: [ASETL]` .

$$\lambda_i = 2\pi \frac{i-1}{I} \quad i = 1, \dots, I-1$$

The latitude is the Gauss latitude  $\varphi_j$  described in Mechanics, and it is derived from `MODULE: [ASETL]` , the Gauss-Legendre integral formula. This is the zero point of the Legendre polynomial of order J with  $\mu = \sin \varphi$  as the argument, `MODULE: [GAUSS]` .

If J is large, we can approximate

$$\varphi_j = \pi \left( \frac{1}{2} - \frac{j-1/2}{J} \right) \quad j = 1, \dots, J-1$$

Usually, the grid spacing of longitude and latitude is taken to be approximately equal to  $J = I/2$ . This is based on the triangular truncation of the spectral method.

気圧 $p$ は $k = 0 \dots K$ について、定数 $A_{k+1/2}$ ,  $B_{k+1/2}$ を用いて次の式で定義する。

$$p_{k+1/2} = A_{k+1/2} + B_{k+1/2} p_s$$

ただし、 $A_{1/2} = A_{K+1/2} = 0$ ,  $B_{1/2} = 1$ ,  $B_{K+1/2} = 0$ であり、よって $p_{1/2} = p_s$ ,  $p_{K+1/2} = 0$ である。また、 $\sigma \equiv p/p_s$ は以下のように表せる。

$$\sigma_{k+1/2} = \frac{A_{k+1/2}}{p_s} + B_{k+1/2}$$

さらに、基準地表気圧 $p_0 = 1000$  hPaを用いて $\eta$ を次の式で定義する。

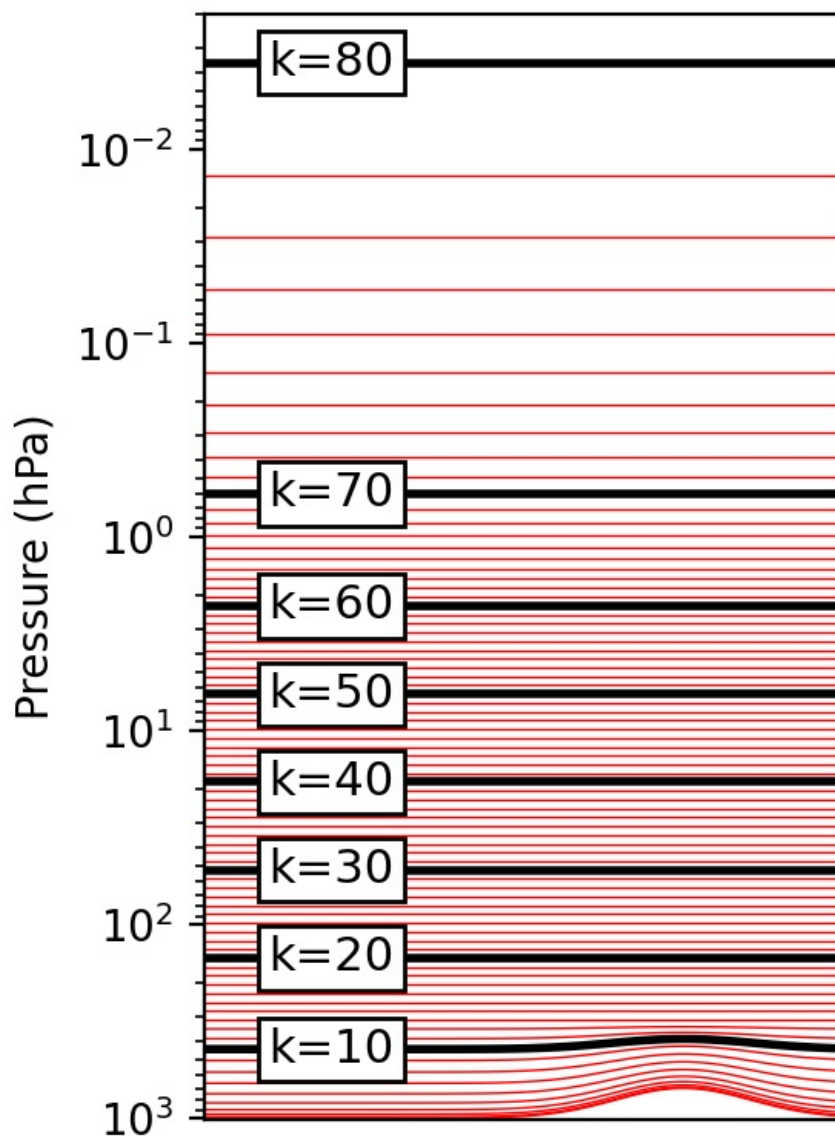
$$\eta_{k+1/2} = \frac{A_{k+1/2}}{p_0} + B_{k+1/2}$$

$A_{k+1/2}$ ,  $B_{k+1/2}$ ,  $p_0$ が定数であるため、 $\eta_{k+1/2}$ も定数であり、これをモデルの鉛直座標とする。ただし、第二章で示すように、離散化を行った後の式は、 $\eta_{k+1/2}$ が陽には現れない形になっている。

整数レベルにおける気圧 $p_k$  ( $k = 1, 2, \dots, K$ )は次の式で内挿する。

$$p_k = \left\{ \frac{1}{1 + \kappa} \left( \frac{p_{k-1/2}^{\kappa+1} - p_{k+1/2}^{\kappa+1}}{p_{k-1/2} - p_{k+1/2}} \right) \right\}^{1/\kappa}$$

鉛直座標を80層にした場合の整数レベルの気圧を例示する。下層は地形に追従する一方で、上部の層は等圧になっており、両者が滑らかに接続されている。



Each predictor is entirely defined on a grid of  $(\lambda_i, \varphi_j, \sigma_k)$  or  $(\lambda_i, \varphi_j, z_l)$ . (The underground level,  $z_l$ , is described in the section on physical processes.)

In the time direction, the predictive equations are discretized at evenly spaced  $\Delta t$  and time integration is performed. However, if the stability of the time integration may be impaired, the  $\Delta t$  may change.

### Physical Constants

The basic physical constants are shown below `MODULE: [APCON]` .

Header0	Header1	Header2	Header3
earth radius	$a$	m	$6.37 \times 10^6$
acceleration of gravity	$g$	$\text{ms}^{-2}$	9.8
atmospheric pressure specific heat	$C_p$	$\text{J kg}^{-1} \text{K}^{-1}$	1004.6
Atmospheric gas constant	$R$	$\text{J kg}^{-1} \text{K}^{-1}$	287.04
Latent heat of water evaporation	$L$	$\text{J kg}^{-1}$	$2.5 \times 10^6$
Water vapor constant pressure specific heat	$C_v$	$\text{J kg}^{-1} \text{K}^{-1}$	1810\bsp.
Gas constant of water	$R_v$	$\text{J kg}^{-1} \text{K}^{-1}$	461.
Density of liquid water	$d_{H_2O}$	$\text{J kg}^{-1} \text{K}^{-1}$	1000.
0 Saturated vapor at 0 °	$e^*(273\text{K})$	Pa.	611

Stefan Bolzman Constant	$\sigma_{SB}$	$\text{W m}^{-2} \text{K}^{-4}$	$5.67 \times 10^{-8}$
Kármán Constant	$k$		0.4
Latent heat of ice melting	$L_M$	$\text{J kg}^{-1}$	$3.4 \times 10^5$
Water Freezing Point	$T_M$	K	273.15
Constant pressure specific heat of water	$C_w$	$\text{J kg}^{-1}$	4,200.
The freezing point of seawater	$T_I$	K	271.35
Specific heat ratio of ice at constant pressure	$C_I = C_w - L_M/T_M$		2397.
water vapor molecular weight ratio	$\epsilon = R/R_v$		0.622
coefficient of provisional temperature	$\epsilon_v = \epsilon^{-1} - 1$		0.606
Ratio of specific heat to gas constant	$\kappa = R/C_p$		0.286