

国立天文台 天文シミュレーションプロジェクト

流体学校の手引

Contents

1	流体方程式の数値解法	1
1.1	一次元数値流体計算コード	1
1.1.1	空間時間一次精度スキーム	1
2	磁気流体力学の数値解法	5

Chapter 1

流体方程式の数値解法

流体方程式は保存形式で表される。

$$\frac{\partial \mathbf{U}}{\partial t} + \frac{\partial \mathbf{F}}{\partial x} + \frac{\partial \mathbf{G}}{\partial y} + \frac{\partial \mathbf{H}}{\partial z} = 0 \quad (1.1)$$

$$\mathbf{U} = \begin{pmatrix} \rho \\ \rho v_x \\ \rho v_y \\ \rho v_z \\ E \end{pmatrix}, \quad \mathbf{F} = \begin{pmatrix} \rho v_x \\ \rho v_x^2 + P \\ \rho v_x v_y \\ \rho v_x v_z \\ (E + P)v_x \end{pmatrix}, \quad \mathbf{G} = \begin{pmatrix} \rho v_y \\ \rho v_y v_x \\ \rho v_y^2 + P \\ \rho v_y v_z \\ (E + P)v_y \end{pmatrix}, \quad \mathbf{H} = \begin{pmatrix} \rho v_z \\ \rho v_z v_x \\ \rho v_z v_y \\ \rho v_z^2 + P \\ (E + P)v_z \end{pmatrix}, \quad (1.2)$$

1.1 一次元数値流体計算コード

1.1.1 空間時間一次精度スキーム

サンプルコードで使われている変数の説明

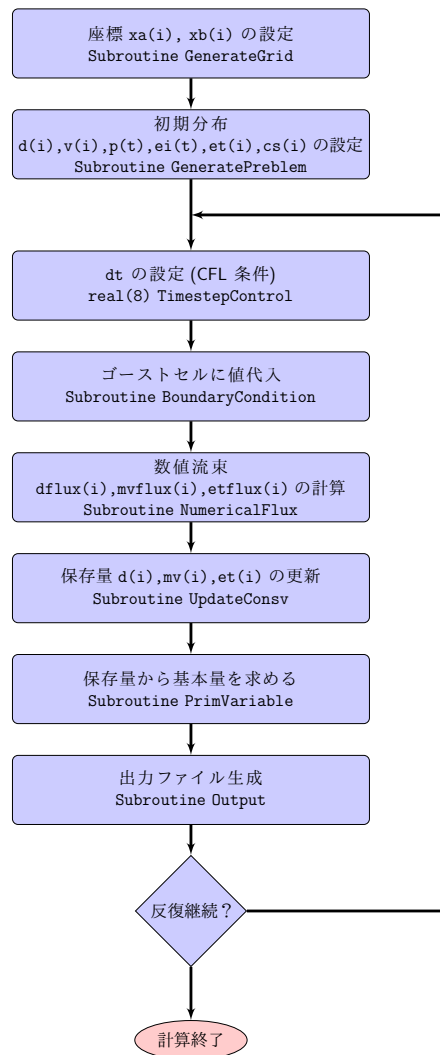


Figure 1.1: サンプルプログラムの計算手順のフローチャート。

Table 1.1: 時間発展に関数する変数

変数名/配列名	説明
nhy	時間ステップ数
nhymax	最大時間ステップ数
time	時刻
timemax	計算終了時刻
dt	時間幅

Table 1.2: $\text{nhy} > \text{nhymax}$ または $\text{time} > \text{timemax}$ を満たすと計算が終了する。

Table 1.3: 座標に関する変数

変数名/配列名	説明
ngrid	計算領域内のセル総数
mgn	ghost cell 数
in	ghost cell を含めたセル総数
is	計算領域左端のセル番号
ie	計算領域右端のセル番号
xlmin	計算領域左端の座標
xlmax	計算領域右端の座標
x1b(i)	セル中心の座標 x_i (要素数 in-1)
x1a(i)	セル境界の座標 $x_{i+1/2}$ (要素数 in)

Table 1.4: 流体変数に関する変数

変数名/配列名	説明
基本量 (primitive variables)	
$d(i)$	$x = x_i$ における密度 (要素数 in-1)
$v(i)$	$x = x_i$ における速度 (要素数 in-1)
$p(i)$	$x = x_i$ における圧力 (要素数 in-1)
保存量 (primitive variables) 密度は基本量で出てくるので除いている	
$mv(i)$	$x = x_i$ における運動量 (要素数 in-1)
$et(i)$	$x = x_i$ における全エネルギー (要素数 in-1)
その他の量	
$ei(i)$	$x = x_i$ における内部エネルギー (要素数 in-1)
$cs(i)$	$x = x_i$ における音速 (要素数 in-1)
セル境界の流束 (numerical flux)	
$dflux(i)$	$x = x_{i+1/2}$ における質量流束 (要素数 in)
$mvflux(i)$	$x = x_{i+1/2}$ における運動量流束 (要素数 in)
$etflux(i)$	$x = x_{i+1/2}$ におけるエネルギー流束 (要素数 in)

Chapter 2

磁気流体力学の数値解法