

CADMAS-SURF/3D-MP プログラム説明書  
Ver. 20220409

# 目 次

1. 開発概要 .....	1- 1
2. 解析モデル .....	2- 1
2.1 座標系と差分格子 .....	2- 1
2.2 3次元非圧縮性流体の基礎方程式 .....	2- 2
2.3 自由表面解析モデル .....	2- 3
2.4 造波モデル .....	2- 4
2.5 無反射モデル .....	2- 5
2.6 乱流モデル .....	2- 7
2.7 エネルギー方程式 .....	2- 8
2.8 濃度輸送方程式 .....	2- 8
2.9 境界条件 .....	2- 9
3. 数値解法 .....	3- 1
3.1 離散化の方針 .....	3- 1
3.2 時間方向の離散化 .....	3- 1
3.3 空間方向の離散化 .....	3- 4
3.4 連立1次方程式の解法 .....	3-24
3.5 時間刻み幅 .....	3-25
3.6 空気圧計算モデル .....	3-25
4. プログラムの内容 .....	4- 1
4.1 処理フロー .....	4- 1
4.2 並列化の方針と通信領域 .....	4- 2
4.3 コーディングスタイル .....	4- 4
4.4 データ構造一覧と詳細説明 .....	4- 8
5. プログラムの使用方法 .....	5- 1
5.1 制限事項 .....	5- 1
5.2 入力ファイル .....	5- 2
5.3 リストファイル .....	5-22
5.4 時系列ファイル .....	5-26
5.5 計算情報ファイル .....	5-26
5.6 マトリクスデータファイル .....	5-27
5.7 空隙率ファイル .....	5-28
5.8 MG 環境ファイル .....	5-29
5.9 描画部 .....	5-29
6. 参考文献 .....	6- 1

## 1. 開発概要

### (1) 開発方針

2次元を対象とした CADMAS-SURF<sup>1)</sup> をベースとして開発した 3次元コード (CADMAS-SURF/3D) を以下の方針で並列化した (CADMAS-SURF/3D-MP)。

#### (a) 開発言語

解析部の開発言語には、「動的配列をとる」および「名称の文字数を 6 文字以上にする」ため、Fortran90 を使用する。ただし、通常のコーディングは FORTRAN77 に準拠する。

#### (b) 並列化の方法

同一のプログラムが複数ノードで稼動する SPMD (Single Program Multiple Data) モデルを用いて並列化する。データの取り扱いには、大規模計算に適した領域分割法を採用する。

#### (c) 対象とする並列計算機

複数の PC をネットワーク接続した PC クラスターを対象とする。よって、並列計算機の種類としては分散メモリー型とする。メッセージ交換ライブラリーは MPI (Message Passing Interface) とする。

### (2) システム構成

並列版 (CADMAS-SURF/3D-MP) でも 1つのプロセッサで動作し、その場合は単体版 (CADMAS-SURF/3D) と同様の動作となるようにした。よって、CADMAS-SURF/3D-MP のシステム構成は単一プロセッサの場合 (図-1.1) と複数プロセッサの場合 (図-1.2) の2つに分けられる。

なお、3次元計算ではデータが大規模になるため、指定した領域のみの結果を出力する図化ファイルを追加し、図化に利用することとした。また、全領域の結果を出力する詳細ファイルはリスタートのみに利用することとした。

### (3) 機能

機能一覧を表-1.1 に示す。CADMAS-SURF において使用頻度の低い、QUICK スキーム、ピストンタイプおよびフラップタイプの造波機能は削除することとした。

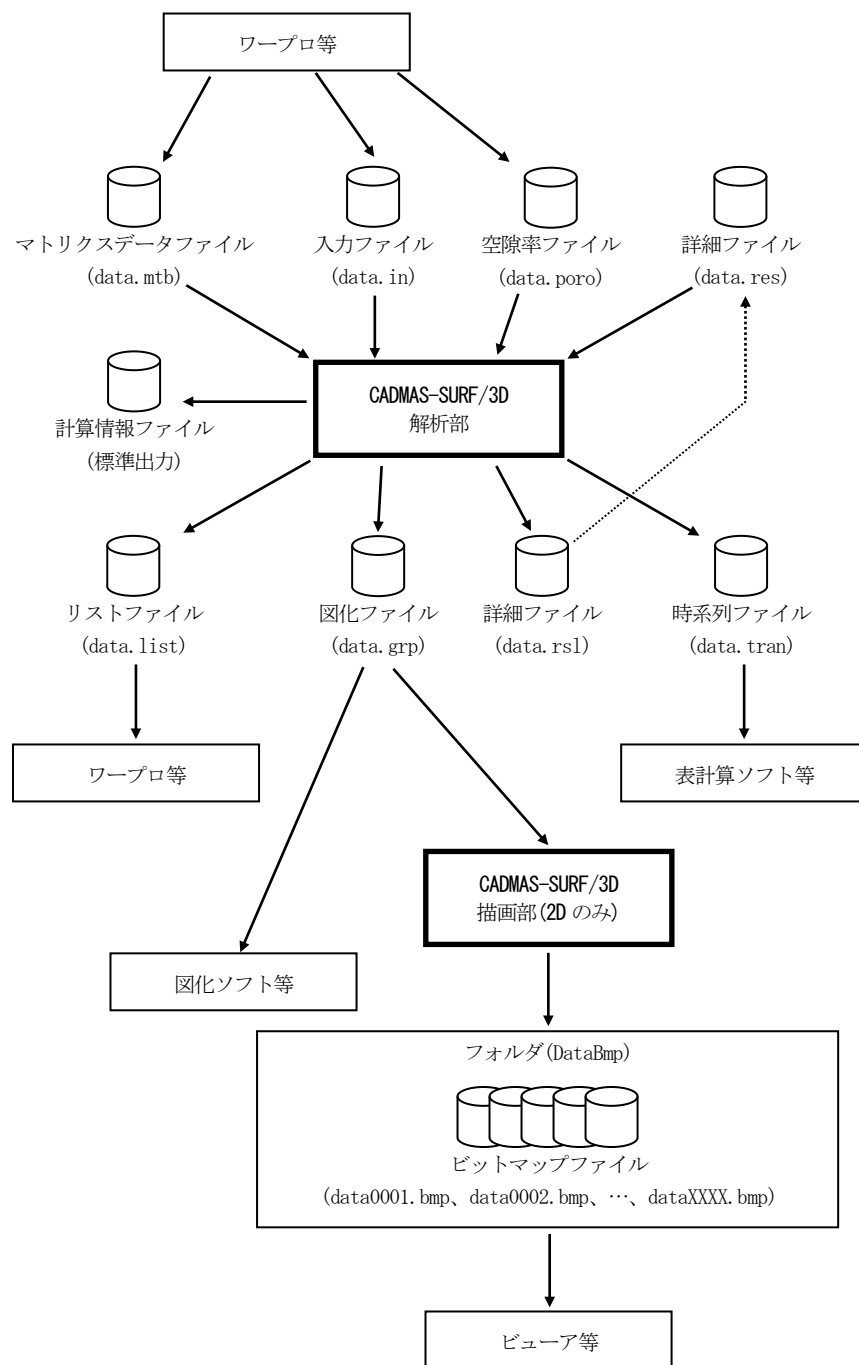


図-1.1 単一プロセッサの場合のシステム構成

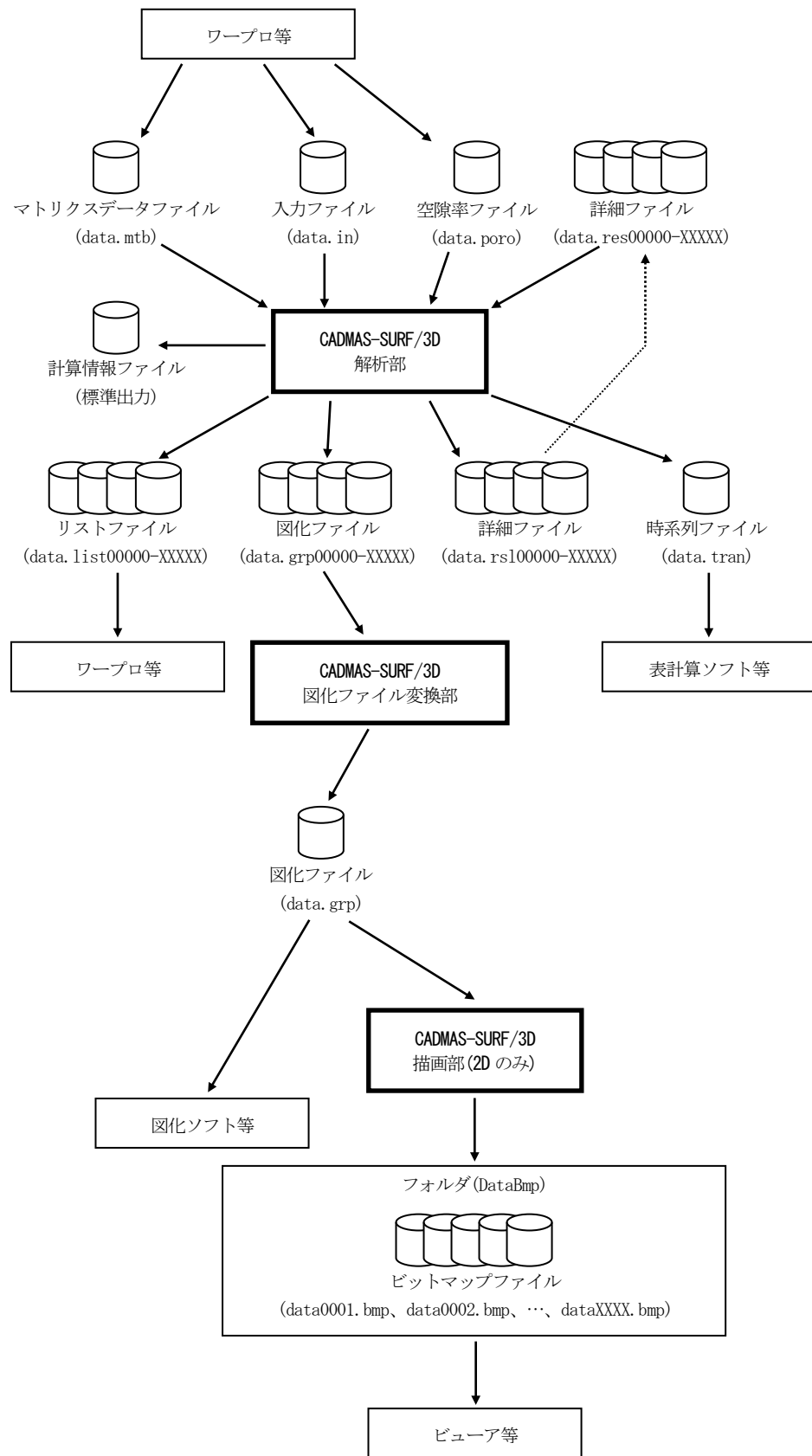


図-1.2 複数プロセッサの場合のシステム構成

表-1.1 機能一覧

	項 目	機 能
物 理 モ デ ル	解析対象	・自由表面が多価関数となる複雑な流れ
	基礎方程式	・3次元非圧縮性粘性流体の Navier-Stokes 方程式と連続の式をポーラスモデルに基づいて拡張した式
	座標系	・デカルト座標
	自由表面解析モデル	・Volume of Fluid 法 (VOF 法)
	乱流モデル	・高 Re 型 $k-\varepsilon$ 2 方程式モデル
	造波モデル	・造波境界 ・造波ソース (それぞれの造波モデルに以下の造波関数を適用可能)
	造波関数	・ストークス波第5次近似解 (定形進行波) ・クノイド波第3次近似解 (定形進行波) ・流れ関数法 B による数値解 (定形進行波) ・マトリクスデータ (任意波形)
	無反射モデル	・Sommerfeld の放射境界 ・エネルギー減衰帯
	スカラー量の移流拡散	・エネルギー方程式 ・多成分の濃度輸送方程式
	一般の境界条件 (造波境界と放射境界以外)	・セル単位で任意の位置に構造物を設定可能 ・構造物表面の任意の位置に境界条件を設定可能 ・境界条件の種別は入力データで選択可能
数 値 解 法 と ア ル ゴ リ ズ ム	離散化	・スタガード・メッシュを用いた差分法 ・ポーラスモデルを用いた形状近似
	時間積分	・Euler 法 ・Simplified Marker and Cell 法 (SMAC 法)
	移流項 (対流項)	・VOF 関数 F 以外の移流項 (対流項) は以下のいずれかを選択可能 ①1 次精度風上差分 ②2 次精度中心差分 ③DONOR スキーム (①と②のハイブリッド形式) ・VOF 関数 F の移流項は以下のいずれかを選択可能 ①ドナー・アクセプタ法 ②界面の傾きを考慮した方法
	表面セルの流速の設定方法	・外挿 (流体側の2点の流速から外挿する) ・勾配ゼロ (流体側の流速と同じにする)
	表面の方向の決定方法	・NASA-VOF3D の方法を採用
	気泡と水滴の処理	・TimerDoor 法
	連立1次方程式の解法	・MILU-BiCGSTAB 法
	時間刻み幅の制御	・入力値固定 ・自動時間刻み幅
描 画 機 能	指定した時刻の指定した領域 のデータ (描画部では2Dのみ)	・流速ベクトル ・各種物理量の等値線 ・等値線による自由表面 ・流体の存在領域の塗り潰し
	時系列データ (表計算ソフトを利用)	・指定個所の初期水面からの水位変動 ・指定個所の計算値、他

## 2. 解析モデル

本章では、3次元非圧縮性流体の基礎方程式、自由表面解析モデルおよび造波モデル等、CADMAS-SURF/3D-MPの解析モデルについて示す。

### 2.1 座標系と差分格子

座標系はデカルト座標系とし、解析領域を長方形の差分セルで分割する（図-2.1 参照）。各変数の配置には、スカラー量はセルの中心、 $x$  方向流速は  $x$  軸に垂直なセル界面の中心、 $y$  方向流速は  $y$  軸に垂直なセル界面の中心、 $z$  方向流速は  $z$  軸に垂直なセル界面の中心、とするスタガード格子系を採用した（図-2.2 参照）。なお、サフィックスの整合性および境界条件処理等のため、解析領域の外側に仮想セルを設けた。

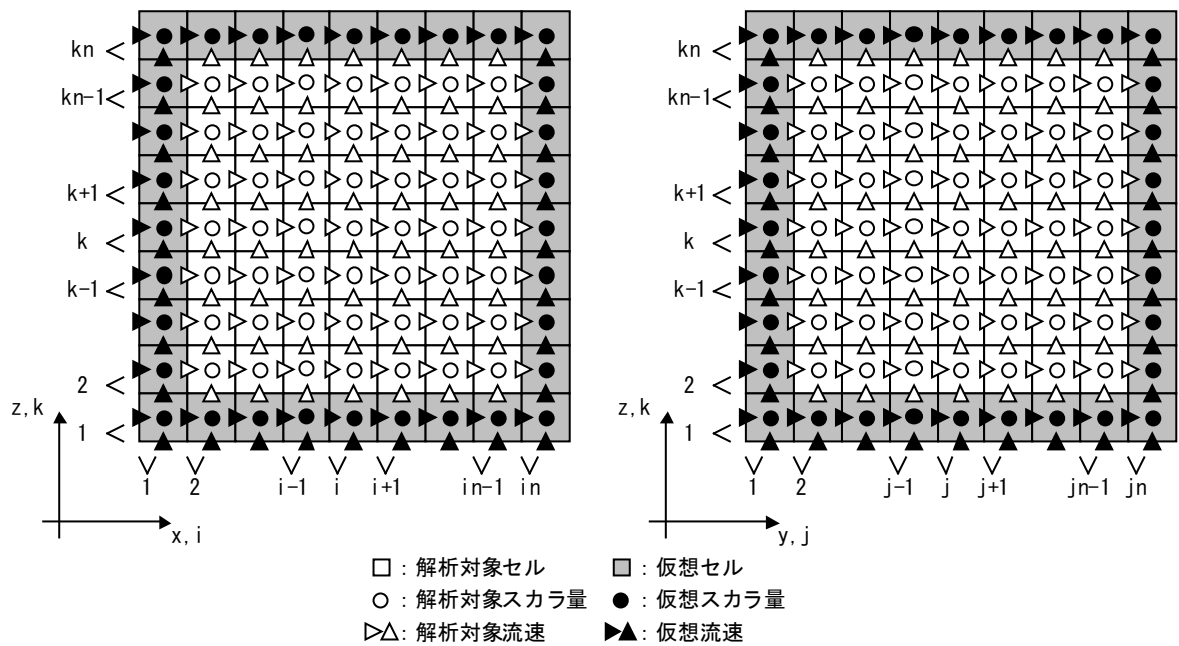


図-2.1 座標系と差分セル

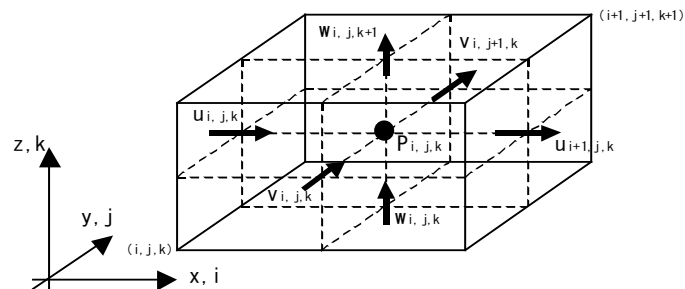


図-2.2 スタガード格子系における変数配置

## 2.2 3次元非圧縮性流体の基礎方程式

海岸域における波浪場の解析では、海底斜面や透過性消波構造物等の複雑な形状を取り扱えることが必須となる。このため、CADMAS-SURF/3D-MP の基礎方程式には、3次元非圧縮性粘性流体を対象とした連続式およびNavier-Stokes 方程式をポーラスモデル<sup>2)</sup>に基づいて拡張した式(2.1)から式(2.4)を採用した。

・連続式

$$\frac{\partial \gamma_x u}{\partial x} + \frac{\partial \gamma_y v}{\partial y} + \frac{\partial \gamma_z w}{\partial z} = \gamma_v S_\rho \quad \text{..... (2.1)}$$

・Navier-Stokes 方程式

$$\begin{aligned} \lambda_v \frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial \lambda_x uu}{\partial x} + \frac{\partial \lambda_y vu}{\partial y} + \frac{\partial \lambda_z wu}{\partial z} = & -\frac{\gamma_v}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} \\ & + \frac{\partial}{\partial x} \left\{ \gamma_x v_e \left( 2 \frac{\partial u}{\partial x} \right) \right\} + \frac{\partial}{\partial y} \left\{ \gamma_y v_e \left( \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \right\} + \frac{\partial}{\partial z} \left\{ \gamma_z v_e \left( \frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial x} \right) \right\} - \gamma_v D_x u - R_x + \gamma_v S_u \end{aligned} \quad \text{..... (2.2)}$$

$$\begin{aligned} \lambda_v \frac{\partial v}{\partial t} + \frac{\partial \lambda_x uv}{\partial x} + \frac{\partial \lambda_y vv}{\partial y} + \frac{\partial \lambda_z wv}{\partial z} = & -\frac{\gamma_v}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} \\ & + \frac{\partial}{\partial x} \left\{ \gamma_x v_e \left( \frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y} \right) \right\} + \frac{\partial}{\partial y} \left\{ \gamma_y v_e \left( 2 \frac{\partial v}{\partial y} \right) \right\} + \frac{\partial}{\partial z} \left\{ \gamma_z v_e \left( \frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y} \right) \right\} - \gamma_v D_y v - R_y + \gamma_v S_v \end{aligned} \quad \text{..... (2.3)}$$

$$\begin{aligned} \lambda_v \frac{\partial w}{\partial t} + \frac{\partial \lambda_x uw}{\partial x} + \frac{\partial \lambda_y vw}{\partial y} + \frac{\partial \lambda_z ww}{\partial z} = & -\frac{\gamma_v}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} \\ & + \frac{\partial}{\partial x} \left\{ \gamma_x v_e \left( \frac{\partial w}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial z} \right) \right\} + \frac{\partial}{\partial y} \left\{ \gamma_y v_e \left( \frac{\partial w}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial z} \right) \right\} + \frac{\partial}{\partial z} \left\{ \gamma_z v_e \left( 2 \frac{\partial w}{\partial z} \right) \right\} \\ & - \gamma_v D_z w - R_z + \gamma_v S_w - \frac{\gamma_v \rho^* g}{\rho} \end{aligned} \quad \text{..... (2.4)}$$

ここで、 $t$ ：時間、 $x, y$ ：水平方向座標、 $z$ ：鉛直方向座標、 $u, v, w$ ： $x, y, z$ 方向の流速成分、 $\rho$ ：規準密度、 $\rho^*$ ：浮力を考慮する密度、 $p$ ：圧力、 $v_e$ ：分子動粘性係数 $\nu$ と渦動粘性係数 $\nu_t$ の和、 $g$ ：重力加速度、 $\gamma_v$ ：空隙率、 $\gamma_x, \gamma_y, \gamma_z$ ： $x, y, z$ 方向の面積透過率である。 $\lambda_v, \lambda_x, \lambda_y, \lambda_z$ は $C_M$ を慣性力係数とし次のように表され、右辺第2項が構造物から受ける慣性力の効果となる。

$$\left. \begin{aligned} \lambda_v &= \gamma_v + (1 - \gamma_v) C_M \\ \lambda_x &= \gamma_x + (1 - \gamma_x) C_M \\ \lambda_y &= \gamma_y + (1 - \gamma_y) C_M \\ \lambda_z &= \gamma_z + (1 - \gamma_z) C_M \end{aligned} \right\} \quad \text{..... (2.5)}$$

$D_x, D_y, D_z$ はエネルギー減衰帯のための係数、 $S_\rho, S_u, S_v, S_w$ は造波ソースのためのソース項であり、後述する。また、 $C_D$ を抵抗係数として多孔質体からの抵抗力 $R_x, R_y, R_z$ は、次のように流速の2乗に比例する形でモデル化した。



$$\left. \begin{aligned} R_x &= \frac{1}{2} \frac{C_D}{\Delta x} (1 - \gamma_x) u \sqrt{u^2 + v^2 + w^2} \\ R_y &= \frac{1}{2} \frac{C_D}{\Delta y} (1 - \gamma_y) v \sqrt{u^2 + v^2 + w^2} \\ R_z &= \frac{1}{2} \frac{C_D}{\Delta z} (1 - \gamma_z) w \sqrt{u^2 + v^2 + w^2} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (2.6)$$

ここで、 $\Delta x, \Delta y, \Delta z$  は  $x, y, z$  方向の格子間隔である。

## 2.3 自由表面解析モデル

自由表面解析モデルには、汎用性が高く、複雑な表面形状を解析可能である VOF 法<sup>3), 4)</sup>を採用した。VOF 法による自由表面のモデル化の概念図を図-2.3 に示す。VOF 法では、本来ステップ関数となる「流体である・ない」を表す関数を計算セル毎に平均化した VOF 関数  $F$  の移流方程式と、表面の向きを逐次的に計算することにより、自由表面の挙動を解析する。ポーラスモデルに基づく VOF 関数  $F$  の移流方程式を以下に示す。

$$\gamma_v \frac{\partial F}{\partial t} + \frac{\partial \gamma_x u F}{\partial x} + \frac{\partial \gamma_y v F}{\partial y} + \frac{\partial \gamma_z w F}{\partial z} = \gamma_v S_F \dots\dots\dots (2.7)$$

ここで、 $S_F$  は造波のためのソース項であり後述する。

なお、図-2.4 に示すように、VOF 関数  $F$  は 2 相流解析等で用いられるボイド率とは異なり、自由表面をシャープに表現するための関数であり、その移流方程式の離散化には、表面がぼやけないために特別に工夫されたドナー・アクセプタ法が用いられる。また、界面の傾きを考慮した方法も選択可能である。ドナー・アクセプタ法、界面の傾きを考慮した方法および表面の向きの決定方法については後述する。

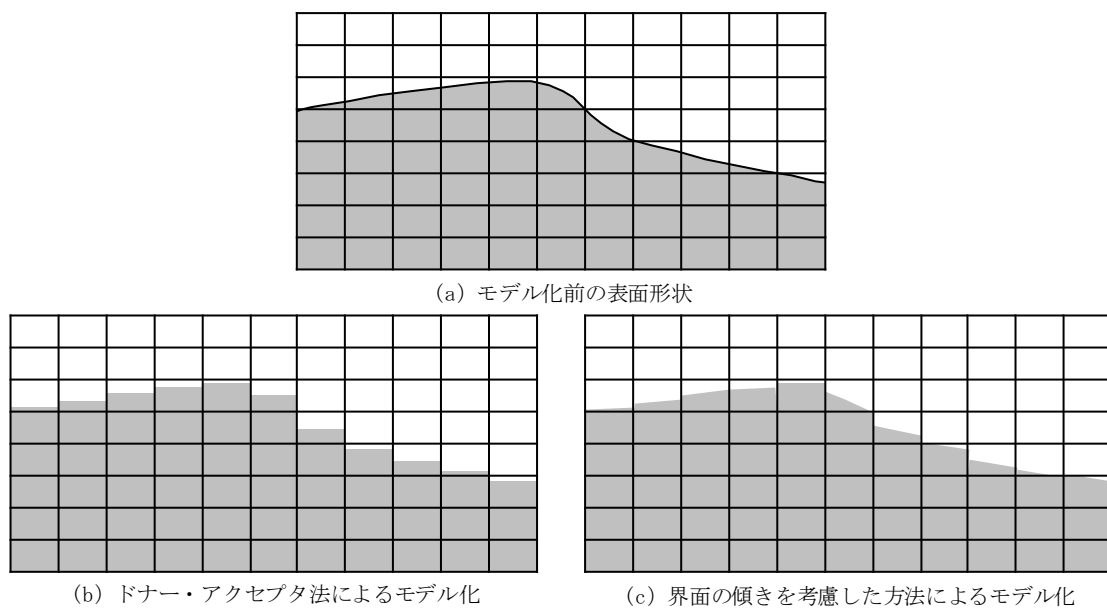


図-2.3 VOF 法による自由表面のモデル化

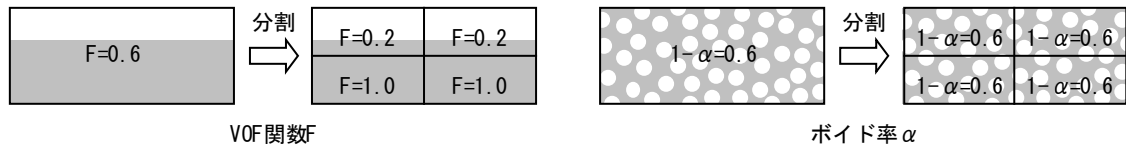


図-2.4 VOF 関数  $F$  とボイド率  $\alpha$  の差異

## 2.4 造波モデル

### (1) 造波用の水位と流速

CADMAS-SURF/3D-MP では、規則波の水位や流速の計算方法として

- ・ストークス波第5次近似解<sup>5)</sup>
- ・クノイド波第3次近似解<sup>5)</sup>
- ・流れ関数法Bによる数値解<sup>6)</sup>

の3つを採用した。ここでのDeanの流れ関数法Bの適用においては、波速の第2定義に基づいて導かれたストークス波やクノイド波の摂動解と同様に、波速の第2定義に基づく物理量(水位変動、流速、圧力、波速)を与えるものとした。また、不規則波の生成を目的として、ユーザが作成する任意の水位と流速のデータ(マトリクスデータ)を読み込み、時間方向および空間方向に補間しながら計算する方法を採用した。

上記の方法で求めた水位  $\eta_0(t)$  および流速  $U_0(z, t)$  を用いて造波させようとすると、特に造波開始直後に、想定している水位  $\eta_0(t)$  と計算上の水位  $\eta_s(t)$  にずれが起こる。よって、実際の計算に用いる  $x$  方向または  $y$  方向の造波用流速  $U(z, t)$  には、以下のスケーリングを施し、造波位置での流入出量を合わせるようにした。

$$U(z, t) = U_0(z^*, t) \cdot \left( \frac{\eta_0 + h}{\eta_s + h} \right) \dots\dots\dots (2.8)$$

$$z^* = \frac{\eta_0 + h}{\eta_s + h} (z + h) - h \dots\dots\dots (2.9)$$

ここで、 $h$  は水深である。

CADMAS-SURF/3D-MP では、これらの造波用流速  $U(z, t)$  を用いた造波モデルとして、以下に示す造波境界と造波ソースの2つを採用した。

### (2) 造波境界

造波境界では、図-2.5 に示すとおり、造波用流速  $U(z, t)$  を  $x$  方向または  $y$  方向の流速指定境界条件として設定する。なお、条件過多となることを防ぐため、VOF 関数  $F$  値および圧力(実際には圧力増分)について

は勾配ゼロを設定する。

### (3) 造波ソース

指定したセルの中心位置 ( $x = x_s$  または  $y = y_s$ ) に造波のためのソース<sup>7)</sup>を設定する (図-2.6 参照)。造波ソースは流速や水位を直接指定する方法ではないため、構造物や斜面等からの反射波を通過させることができ、後述する無反射モデルと組み合わせることで、無反射造波が可能となる。以下では式(2.1)から式(2.4)、および、式(2.7)のソース項のみを示す。

$$S_\rho = q(z, t) \quad \text{.....} \quad (2.10)$$

$$S_u = uq(z, t) \quad \text{.....} \quad (2.11)$$

$$S_v = vq(z, t) \quad \text{.....} \quad (2.12)$$

$$S_w = wq(z, t) + \frac{v}{3} \frac{\partial q(z, t)}{\partial z} \quad \text{.....} \quad (2.13)$$

$$S_F = Fq(z, t) \quad \text{.....} \quad (2.14)$$

ここで、 $q(z, t)$  は  $x = x_s$  での格子間隔を  $\Delta x_s$  として次式で表される ( $x$  方向に造波させる場合)。

$$q(z, t) = 2U(z, t) / \Delta x_s \quad \text{.....} \quad (2.15)$$

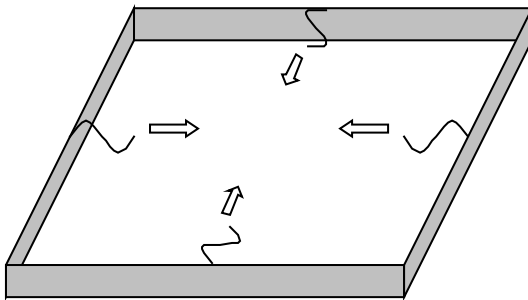


図-2.5 造波境界

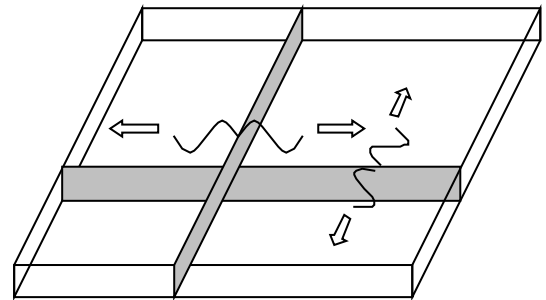


図-2.6 造波ソース

## 2.5 無反射モデル

不規則波の場合はもちろんのこと、規則波においても構造物の反射波や浅水変形等が安定に形成されるまでには長時間の解析が必要となる。このとき、人為的に設定せざるを得ない解析領域の両端の影響を極力抑えるモデル (無反射モデル) が必要となる。

CADMAS-SURF/3D-MP では、無反射モデルとして以下の2つを採用した。

## (1) Sommerfeld の放射境界

境界条件として以下に示す Sommerfeld の放射条件を採用した (図-2.7 参照)。

$$\frac{\partial f}{\partial t} + C \frac{\partial f}{\partial x} = 0, \text{ または, } \frac{\partial f}{\partial t} + C \frac{\partial f}{\partial y} = 0 \quad (2.16)$$

ここで、 $f$  は流速等の物理量、 $C$  は波速である。なお、波速  $C$  には微小振幅波の波速を用いる。

## (2) エネルギー減衰帯

エネルギー減衰帯は、1 から 3 波長程度の領域を用いて波のエネルギーを徐々に減衰させることで無反射を実現するものである (図-2.8 参照)。このため、計算領域を余分に必要とするが、様々な波形に対して適用可能であり、かつ、安定な計算結果が得易いという利点がある。

CADMAS-SURF/3D-MP ではエネルギー減衰帯として、式(2.2)から式(2.4)の Navier-Stokes 方程式に、以下に示す流速に比例する減衰項<sup>8)</sup>を付加した。

$$\bullet \text{ } x \text{ 方向流速の減衰項} = -D_x u \quad (2.17)$$

$$D_x = \theta_{xy} \sqrt{\frac{g}{h}} (N+1) \left( \frac{\max(|x-x_0|, |y-y_0|)}{l} \right)^N$$

$$\bullet \text{ } y \text{ 方向流速の減衰項} = -D_y v \quad (2.18)$$

$$D_y = \theta_{xy} \sqrt{\frac{g}{h}} (N+1) \left( \frac{\max(|x-x_0|, |y-y_0|)}{l} \right)^N$$

$$\bullet \text{ } z \text{ 方向流速の減衰項} = -D_z w \quad (2.19)$$

$$D_z = \theta_z \sqrt{\frac{g}{h}} (N+1) \left( \frac{\max(|x-x_0|, |y-y_0|)}{l} \right)^N$$

ここで、 $h$  は水深、 $l$  と  $x_0$  (または  $y_0$ ) はエネルギー減衰帯の広さと開始位置、 $N$  は分布関数の次数、 $\theta_{xy}$  と  $\theta_z$  は無次元の係数である。

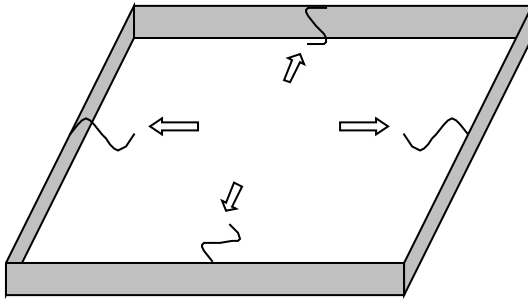


図-2.7 Sommerfeld の放射境界

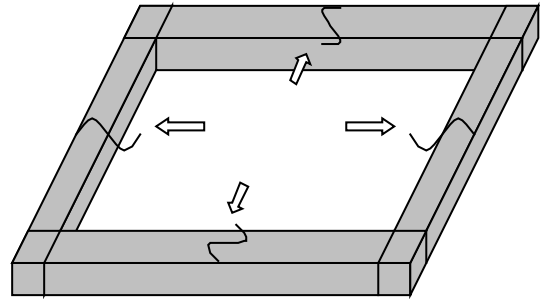


図-2.8 エネルギー減衰帯

## 2.6 乱流モデル

乱流モデルには、実用性が高く様々な分野で用いられている高 Re 型  $k-\varepsilon$  2 方程式モデル<sup>9)</sup>を採用した。高 Re 型  $k-\varepsilon$  2 方程式モデルでは、流速の変動量 ( $u'$ ,  $v'$ ,  $w'$ ,) を用いて乱流エネルギー  $k$  と乱流エネルギー散逸  $\varepsilon$  を

$$k = \frac{1}{2} (u'^2 + v'^2 + w'^2) \quad (2.20)$$

$$\varepsilon = \nu \left[ 2 \left\{ \left( \frac{\partial u'}{\partial x} \right)^2 + \left( \frac{\partial v'}{\partial y} \right)^2 + \left( \frac{\partial w'}{\partial z} \right)^2 \right\} + \left( \frac{\partial u'}{\partial y} + \frac{\partial v'}{\partial x} \right)^2 + \left( \frac{\partial v'}{\partial z} + \frac{\partial w'}{\partial y} \right)^2 + \left( \frac{\partial w'}{\partial x} + \frac{\partial u'}{\partial z} \right)^2 \right] \quad (2.21)$$

と定義し、以下に示す移流拡散方程式を解いて求める。

$$\begin{aligned} \gamma_v \frac{\partial k}{\partial t} + \frac{\partial \gamma_x u k}{\partial x} + \frac{\partial \gamma_y v k}{\partial y} + \frac{\partial \gamma_z w k}{\partial z} \\ = \frac{\partial}{\partial x} \left( \gamma_x \nu_k \frac{\partial k}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \gamma_y \nu_k \frac{\partial k}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( \gamma_z \nu_k \frac{\partial k}{\partial z} \right) + \gamma_v (G_s + G_T - \varepsilon) \end{aligned} \quad (2.22)$$

$$\begin{aligned} \gamma_v \frac{\partial \varepsilon}{\partial t} + \frac{\partial \gamma_x u \varepsilon}{\partial x} + \frac{\partial \gamma_y v \varepsilon}{\partial y} + \frac{\partial \gamma_z w \varepsilon}{\partial z} \\ = \frac{\partial}{\partial x} \left( \gamma_x \nu_\varepsilon \frac{\partial \varepsilon}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \gamma_y \nu_\varepsilon \frac{\partial \varepsilon}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( \gamma_z \nu_\varepsilon \frac{\partial \varepsilon}{\partial z} \right) + \gamma_v \left\{ C_1 \frac{\varepsilon}{k} (G_s + G_T) (1 + C_3 R_f) - C_2 \frac{\varepsilon^2}{k} \right\} \end{aligned} \quad (2.23)$$

$$G_s = \nu_t \left[ 2 \left\{ \left( \frac{\partial u}{\partial y} \right)^2 + \left( \frac{\partial v}{\partial x} \right)^2 + \left( \frac{\partial w}{\partial z} \right)^2 \right\} + \left( \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial u} \right)^2 + \left( \frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y} \right)^2 + \left( \frac{\partial w}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial z} \right)^2 \right] \quad (2.24)$$

$$G_T = - \frac{\nu_t}{\rho \sigma_t} \left( g \frac{\partial \rho^*}{\partial z} \right) \quad (2.25)$$

$$R_f = \frac{-G_T}{G_s + G_T} \quad (2.26)$$

$$\nu_t = C_\mu \frac{k^2}{\varepsilon} \quad (2.27)$$

$$\nu_k = \nu + \frac{\nu_t}{\sigma_k} \quad (2.28)$$

$$\nu_\varepsilon = \nu + \frac{\nu_t}{\sigma_\varepsilon} \quad (2.29)$$

ここで、式(2.22)から式(2.29)中に含まれる定数は経験定数であり、通常  $C_\mu = 0.09$ ,  $\sigma_k = 1.00$ ,  $\sigma_\varepsilon = 1.30$ ,

$C_1 = 1.44$ ,  $C_2 = 1.92$ ,  $C_3 = 0.0$  が用いられる。なお、これらの式を用いて計算された乱流の効果は、運動方程式の粘性項の実効動粘性係数を

$$\nu_e = \nu + \nu_t \quad (2.30)$$

と、また、圧力項の圧力を

$$p' = p + \frac{2}{3} \rho k \quad \text{..... (2. 31)}$$

と、取り扱うことによって流速および圧力に反映される。

## 2.7 エネルギー方程式

密度および定圧比熱の変化が微小であることを仮定して、温度を主変数とした以下のエネルギー方程式を採用した。

$$\gamma_v \frac{\partial T}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} (\gamma_x u T) + \frac{\partial}{\partial y} (\gamma_y v T) + \frac{\partial}{\partial z} (\gamma_z w T) = \frac{1}{\rho c_p} \left\{ \frac{\partial}{\partial x} \left( \gamma_x \lambda_e \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \gamma_y \lambda_e \frac{\partial T}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( \gamma_z \lambda_e \frac{\partial T}{\partial z} \right) + \gamma_v S_T \right\} \quad \text{..... (2. 32)}$$

$$\lambda_e = \lambda + \frac{\rho c_p \nu_t}{Pr_t} \quad \text{..... (2. 33)}$$

$$S_T = \rho c_p T q(z, t) \quad \text{..... (2. 34)}$$

ここで、 $T$  : 温度、 $c_p$  : 定圧比熱、 $\lambda$  : 熱伝導率、 $Pr_t$  : 乱流 Prandtl 数 (入力値) である。

## 2.8 濃度輸送方程式

混入物質の濃度が微量で、かつ、流体運動に対する影響が無視できることを仮定して、以下の濃度の輸送方程式を採用した。

$$\gamma_v \frac{\partial c_i}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} (\gamma_x u c_i) + \frac{\partial}{\partial y} (\gamma_y v c_i) + \frac{\partial}{\partial z} (\gamma_z w c_i) = \frac{\partial}{\partial x} \left( \gamma_x D_{ie} \frac{\partial c_i}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \gamma_y D_{ie} \frac{\partial c_i}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( \gamma_z D_{ie} \frac{\partial c_i}{\partial z} \right) + \gamma_v S_{c_i} \quad \text{..... (2. 35)}$$

$$D_{ie} = D_i + \frac{\nu_t}{S_{CT}} \quad \text{..... (2. 36)}$$

$$S_{c_i} = c_i q(z, t) \quad \text{..... (2. 37)}$$

ここで、 $c_i$  : 第  $i$  成分の濃度 (体積分率)、 $D_i$  : 第  $i$  成分の拡散係数、 $S_{CT}$  : 乱流 Schmidt 数 (入力値) である。

## 2.9 境界条件

CADMAS-SURF/3D-MP では、前述した造波境界や Sommerfeld の放射境界以外に、値指定境界や対数則境界等を利用可能とした。壁面上および自由表面上でのサフィックスを図-2.9 のように表した場合の、流速・圧力に関する境界条件一覧を表-2.1 に、スカラ量に関する境界条件一覧を表-2.2 に示す。

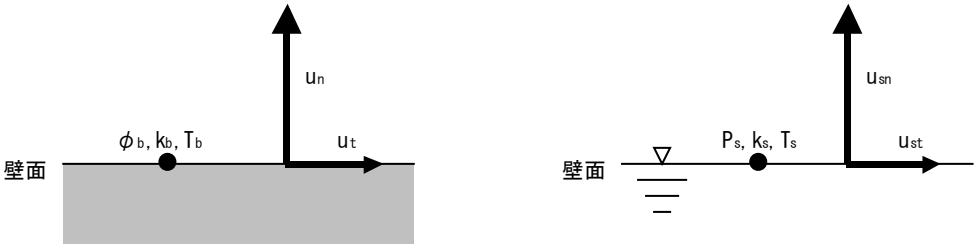


図-2.9 壁面上および自由表面上でのサフィックス

表-2.1 流速・圧力に関する境界条件一覧

境界条件	流速	圧力
スリップ	$u_n = 0$ 、 $\frac{\partial u_t}{\partial n} = 0$	$\frac{\partial \phi_b}{\partial n} = 0$
ノンスリップ	$u_n = 0$ 、 $u_t = 0$	$\frac{\partial \phi_b}{\partial n} = 0$
値指定（含む造波境界）	$u_n = u_{nin}$ 、 $u_t = u_{tin}$	$\frac{\partial \phi_b}{\partial n} = 0$
フリー	$\frac{\partial u_n}{\partial n} = 0$ （ポテンシャル関数計算後に補正）、 $\frac{\partial u_t}{\partial n} = 0$	$\phi_b = 0$
放射境界	$\frac{\partial u_n}{\partial t} + C \frac{\partial u_n}{\partial n} = 0$ 、 $\frac{\partial u_t}{\partial t} + C \frac{\partial u_t}{\partial n} = 0$ 波速 C は微小振幅波から求める	$\frac{\partial \phi_b}{\partial n} = 0$
対数則	$u_n = 0$ 、 $\frac{u}{u^*} = \frac{1}{\kappa} \log \left( \frac{u^* y}{\nu} \right) + A$ 、 $u^* = \sqrt{\tau / \rho}$ = 摩擦速度 $\kappa = 0.4$ 、 $A = 5.5$ $y$ = 壁面からの距離、 $u$ = 接線方向流速（ $y$ の位置）	$\frac{\partial \phi_b}{\partial n} = 0$
完全粗面	$u_n = 0$ 、 $\frac{u}{u^*} = \frac{1}{\kappa} \log \left( \frac{y}{k_s} \right) + A + 3.0$ 、 $u^* = \sqrt{\tau / \rho}$ = 摩擦速度 $k_s$ = 壁面の粗度、 $\kappa = 0.4$ 、 $A = 5.5$ $y$ = 壁面からの距離、 $u$ = 接線方向流速（ $y$ の位置）	$\frac{\partial \phi_b}{\partial n} = 0$
自由表面境界	法線方向は、連続の式、勾配ゼロ、外挿、から適宜計算する 接線方向は、勾配ゼロ、外挿、から適宜計算する	$p_s = p_{GAS}$

注) 壁面上の圧力の境界条件はポテンシャル関数  $\phi$  の境界条件として表す

注) サフィックス (in) は入力値



表-2.2 スカラ量に関する境界条件一覧

境界条件	乱流量	温度	濃度
値指定	$k_b = k_{in}$ 、 $\varepsilon_b = \varepsilon_{in}$	$T_b = T_{in}$	$c_{ib} = c_{iin}$
フリー (勾配ゼロ、断熱)	$\frac{\partial k_b}{\partial n} = 0$ 、 $\frac{\partial \varepsilon_b}{\partial n} = 0$	$\frac{\partial T_b}{\partial n} = 0$	$\frac{\partial c_{ib}}{\partial n} = 0$
熱流束 (拡散流束)	—	$-\lambda_e \frac{\partial T}{\partial n} \Big _b = q_{in}$	$-D_{ie} \frac{\partial c_i}{\partial n} \Big _b = q_{in}$
熱伝達 (物質移動)	—	$-\lambda_e \frac{\partial T}{\partial n} \Big _b = h(T_b - T_\infty)$ $h$ は熱伝達係数 $T_\infty$ は外部温度	$-D_{ie} \frac{\partial c_i}{\partial n} \Big _b = k_i(c_{ib} - c_{i\infty})$ $k_i$ は物質移動係数 $c_{i\infty}$ は外部濃度
対数則および 完全粗面	$k_c = \frac{(u^*)^2}{\sqrt{C_\mu}}$ 、 $\varepsilon_c = \frac{(u^*)^3}{\kappa y}$ $k_c$ 、 $\varepsilon_c$ は境界面に接するセル の値	—	—
放射境界	$\frac{\partial k_b}{\partial t} + C \frac{\partial k_b}{\partial n} = 0$ $\frac{\partial \varepsilon_b}{\partial t} + C \frac{\partial \varepsilon_b}{\partial n} = 0$	$\frac{\partial T_b}{\partial t} + C \frac{\partial T_b}{\partial n} = 0$	$\frac{\partial c_{ib}}{\partial t} + C \frac{\partial c_{ib}}{\partial n} = 0$
自由表面境界	$\frac{\partial k_s}{\partial n} = 0$ 、 $\frac{\partial \varepsilon_s}{\partial n} = 0$	$\frac{\partial T_s}{\partial n} = 0$	$\frac{\partial c_{is}}{\partial n} = 0$

注) サフィックス (in) は入力値

## 5. プログラムの使用方法

本章では、制限事項、入出力ファイルおよび描画部等、CADMAS-SURF/3D-MP のプログラムの使用方法について示す。

### 5.1 制限事項

CADMAS-SURF/3D-MP は、FORTRAN90 を基本として開発したため、配列の動的割当てに対応している。よって、格子数や境界面数についての制限はない（メモリの許す限り）。ただし、以下に示すいくつかの制限があるため、ユーザは必要に応じて、データ数の上限等を変更し、再コンパイルする必要がある。

●MAXNPI : x 方向最大プロセス数(並列用)

ファイル VF\_AOPRM. h のなかにパラメータ文で記述されている。変更時には全コンパイルを行う。デフォルトは 10 である

●MAXNPJ : y 方向最大プロセス数(並列用)

ファイル VF\_AOPRM. h のなかにパラメータ文で記述されている。変更時には全コンパイルを行う。デフォルトは 10 である

●MAXCHR : 1 行の最大文字数(入力ファイル)

ファイル VF\_AOPRM. h のなかにパラメータ文で記述されている。変更時には全コンパイルを行う。デフォルトは 256 である。

●MAXWDS : 1 行の最大単語数(入力ファイル)

ファイル VF\_AOPRM. h のなかにパラメータ文で記述されている。変更時には全コンパイルを行う。デフォルトは 128 である。

●MAXNC : 濃度の最大成分数

ファイル VF\_AOPRM. h のなかにパラメータ文で記述されている。変更時には全コンパイルを行う。デフォルトは 10 である。

●MAXTR : 時系列ファイルへの出力対象データ最大数

ファイル VF\_AOPRM. h のなかにパラメータ文で記述されている。変更時には全コンパイルを行う。デフォルト

トは 10000 である。

●MAXPRB：時間依存型空隙率の空間ブロックの最大数

ファイル VF\_AOPRM.h のなかにパラメータ文で記述されている。変更時には全コンパイルを行う。デフォルトは 10 である。

●MAXPVC：気泡の最大数(:空気圧計算用)

ファイル VF\_AOPRM.h のなかにパラメータ文で記述されている。変更時には全コンパイルを行う。デフォルトは 500 である。

●MAXDR：Dupuit-Forheimer 式の係数の最大数

ファイル VF\_AOPRM.h のなかにパラメータ文で記述されている。変更時には全コンパイルを行う。デフォルトは 10 である。

5.2 入力ファイル

5.2.1 入力ファイルの例

入力ファイルは解析条件を入力するためのファイルであり、市販のワープロソフト等を用いて作成する。ファイル名は data.in とし、テキスト形式のファイルである。なお、入力ファイルはリスタート計算時にも必要であり、時間刻み幅の初期値が無効となること、および、構造物・境界条件を変更してはいけないこと以外の制限はなく、ほとんどの項目が変更可能である。以下に入力ファイルの例を示す。

表-5.1 入力ファイルの例

入力ファイル	内 容
##### # TEST DATA #####  PARALLEL X 100 PARALLEL X 200 PARALLEL X 300  TIME AUTO 0.001 0.20 TIME LIMIT 1.0D-5 0.05 TIME END 999999 40.1  MATE W-LEVEL 10.0 MATE DENSITY 1000.0 MATE K-VISC 0.0 MATE GRAVITY 9.8 MATE I.C. V 0.0 0.0 0.0	コメント   並列制御データ  時間制御データ  物性値等データ

MODEL WAVE-BC X- FUNC STREAM 5	造波モデルデータ
MODEL WAVE-BC X- DEPTH 10.0	
MODEL WAVE-BC X- HEIGHT 4.0	
MODEL WAVE-BC X- PERIOD 8.007	
MODEL WAVE-BC X- AMPL 2.0	
MODEL DAMP X+ DEGREE 2	減衰領域データ
MODEL DAMP X+ PARAM-XY 0.6	
MODEL DAMP X+ PARAM-Z 0.6	
MODEL DAMP X+ WIDTH 146.0804	
MODEL DAMP X+ DEPTH 10.0	
MODEL OPEN-BC X+ FUNC TYPE1	開境界データ
MODEL OPEN-BC X+ DEPTH 10.0	
MODEL OPEN-BC X+ PERIOD 8.007	
COMP SCHM VP-DONOR 0.2	数値解法関連データ
COMP MTRX M-ILUBCGSTAB 0.95	
COMP MTRX MAX-ITR 500	
COMP MTRX A-ERROR 1.0D-12	
COMP MTRX R-ERROR 1.0D-10	
GRID X	格子座標データ
0.00000000 0.91300250 1.82600500 2.73900750 3.65201000	
~~~~~ 省略 ~~~~	
360.63598750 361.54899000 362.46199250 363.37499500 364.28799750	
365.20100000	
END	
GRID Y	
0.00 1.00	
END	
GRID Z	
0.000 0.400 0.800 1.200 1.600	
~~~~~ 省略 ~~~~	
18.000 18.400 18.800 19.200 19.600 20.000	
END	
B.C. D VP SLIP	境界条件データ
B.C. D F FREE	
FILE L/P AREA XZ 1 1	ファイル制御データ
FILE L/P OFF OBST	
FILE L/P OFF BC-IND	
FILE L/P OFF CMO	
FILE L/P OFF NF	
FILE L/P OFF F	
FILE L/P OFF V	
FILE L/P OFF P	
FILE L/P OFF VISC	
FILE L/P OFF BC	
FILE GRP TIME 0.0 9999.9 8.007	
FILE TRN STEP 0 999999 1	
FILE TRN W-LEVEL ANS X-	
FILE TRN W-LEVEL 1 1	
FILE TRN W-LEVEL 81 1	
FILE TRN W-LEVEL 321 1	
FILE TRN W-LEVEL 400 1	
OPTION T-DOOR BUB OFF	オプションデータ
OPTION T-DOOR DROP OFF	

## 5.2.2 入力ファイルの規則

入力ファイルは、行単位で構成され、1つ以上の空白により単語に分解される。行の内部は全てフリーフォーマットであり、以下の部分は無視される。入力データの順序の規則はない。

- 空白行
- 行の先頭から連続する空白
- 「#」以降の文字（コメント用）
- 文法上有効な最後の単語以降の文字

また、1行の最大文字数はファイル VF\_A0PRM.h の MAXCHR、1行の最大単語数はファイル VF\_A0PRM.h の MAXWDS である。なお、ダブ等の特殊文字は判定していないので注意が必要である。

## 5.2.3 入力ファイルの内容

以下に入力ファイルの内容を示す。なお、図-5.1 に示すとおり、入力ファイルにおけるサフィックスには仮想セルを含めない。

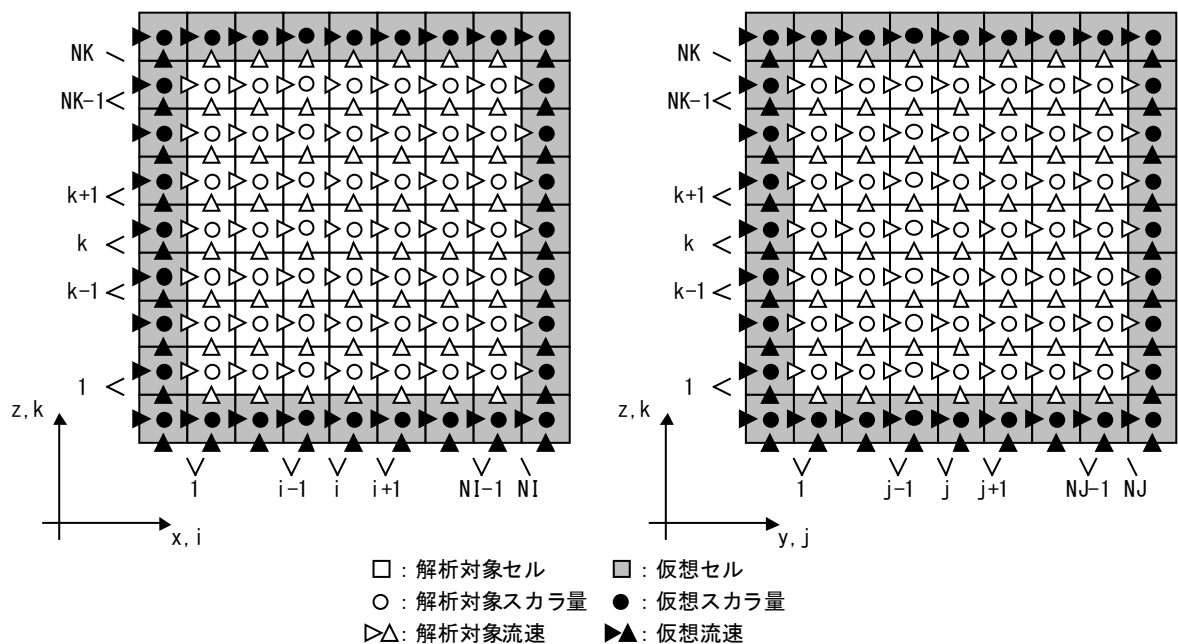


図-5.1 入力ファイルにおけるサフィックス (NI、NJ、NK は格子座標の入力数)

===== 並列制御データ =====

■並列制御データ

PARALLEL X [IC]  
PARALLEL Y [JC]

変数名	意味	型	デフォルト	制限事項
IC	x 方向終了セル番号	I*4	-	2=<IC=<NI-2
JC	y 方向終了セル番号	I*4	-	2=<JC=<NJ-2

注)本データの方向毎の入力数+1 が方向別のプロセス数

===== 方程式制御データ =====

■方程式制御データ

EQUATION K-EPS {ISW}  
EQUATION TEMPERATURE {ISW}  
EQUATION CONCENTRATION [NC]

変数名	意味	型	デフォルト	制限事項
{ISW}	計算するかしないかの選択 'NOCALC' : 計算しない 'CALC' : 計算する	C*(*)	-	指定文字列のみ
[NC]	成分数	I*4	0	0=<NC=<MAXNC

注)デフォルトでは計算しない  
NS=0 の場合は計算しない

===== 時間制御データ =====

■時間制御データ

TIME CONST [DTCNST]  
TIME AUTO [DTINIT] [DTSAFE]  
TIME LIMIT [DTMIN] [DTMAX]  
TIME END [NEND] [TEND]

変数名	意味	型	デフォルト	制限事項
DTCNST	時間刻み幅の一定値[s]	R*8	1.0D-3	DTCNST>=ZERO
DTINIT	時間刻み幅の初期値[s]	R*8	1.0D-6	DTINIT>=ZERO
DTSAFE	時間刻み幅の安全率[-]	R*8	1.0D-1	DTSAFE>=ZERO
DTMIN	時間刻み幅の最小値[s]	R*8	ZERO	ZERO=<DTMIN=<DTMAX

DTMAX	時間刻み幅の最大値[s]	R*8	1. 0D0/ZERO	ZERO=<DTMIN=<DTMAX
NEND	解析終了ステップ[-]	I*4	0	NEND>=0
TEND	解析終了時刻[s]	R*8	0. 0D0	TEND>=0. 0D0

注)デフォルトは「AUTO」

「AUTO」では波速による制限は考慮していない

リスタート時には初期値は無効となる

=====

===== 物性値等データ =====

=====

## ■物性値等データ

### <流動場用>

MATE W-LEVEL [WVLVL]  
MATE DENSITY [RH00]  
MATE K-VISC [ANU0]  
MATE GRAVITY [GRZ0]  
MATE I. C. V [UINI] [VINI] [WINI]

### <k-ε用>

MATE I. C. KE [AKINI] [AEINI]

### <温度場用>

MATE S-HEAT [CP]  
MATE T-COND [TC]  
MATE T-DENS [T0] [DRDT]  
MATE I. C. T [TINI]

### <濃度場用>

MATE DIFFUS [LC] [DF]  
MATE C-DENS [LC] [C0] [DRDC]  
MATE I. C. C [LC] [CINI]

変数名	意味	型	デフォルト	制限事項
WVLVL	初期水面の高さ[m]	R*8	0. 0D0	-
RH00	密度[kg/m3]	R*8	1. 0D+3	RH00>=ZERO
ANU0	分子動粘性係数[m2/s]	R*8	1. 0D-6	ANU0>=0. 0
GRZ0	重力加速度[m/s2]	R*8	9. 8	GZRO>=0. 0
UINI	x 方向流速の初期値[m/s]	R*8	0. 0	-
VINI	y 方向流速の初期値[m/s]	R*8	0. 0	-
WINI	z 方向流速の初期値[m/s]	R*8	0. 0	-
AKINI	乱流エネルギーの初期値[m2/s2]	R*8	ZERO	AKINI>=ZERO
AEINI	乱流エネルギー散逸の初期値[m2/s3]	R*8	ZERO	AEINI>=ZERO
CP	定圧比熱[J/K/kg]	R*8	4. 2D+3	CP>=ZERO
TC	熱伝導率[W/m/K]	R*8	5. 7D-1	TC>=ZERO
T0	浮力計算のための基準温度[K]	R*8	2. 73D+2	-
DRDT	密度の温度微分[kg/m3/K]	R*8	1. 5D-1	-
TINI	温度の初期値[K]	R*8	2. 73D+2	-

LC	濃度の成分番号	R*8	-	1=<LS=<NS
DF	拡散係数[m <sup>2</sup> /s]	R*8	-	DF>=ZERO
C0	浮力計算のための基準濃度[-]	R*8	0.0D0	-
DRDC	密度の濃度微分[kg/m <sup>3</sup> ]	R*8	0.0D0	-
CINI	濃度の初期値[K]	R*8	0.0D0	-

注) 造波モデル使用時の重力加速度は 9.8 でなければならない  
 浮力用密度は  $RHO=RHO0-DRDT*(T-T0)-DRDC*(C-C0)$  から計算する

=====

===== モデル等データ =====

=====

## ■造波モデルデータ

```

MODEL WAVE-BC {DIR} FUNC STREAM [N]
MODEL WAVE-BC {DIR} FUNC {TYPE}
MODEL WAVE-BC {DIR} DEPTH [D]
MODEL WAVE-BC {DIR} HEIGHT [H]
MODEL WAVE-BC {DIR} PERIOD [T]
MODEL WAVE-BC {DIR} AMPL [A]
MODEL WAVE-BC {DIR} AREA [LC1] [LC2]
MODEL WAVE-BC {DIR} ANGLE [ANG] [X0] [Y0]
MODEL WAVE-SRC {DIR2} [LC]
MODEL WAVE-SRC FUNC STREAM [N]
MODEL WAVE-SRC FUNC {TYPE}
MODEL WAVE-SRC DEPTH [D]
MODEL WAVE-SRC HEIGHT [H]
MODEL WAVE-SRC PERIOD [T]
MODEL WAVE-SRC AMPL [A]

```

変数名	意味	型	デフォルト	制限事項
{DIR}	造波境界の位置と伝播方向 'X-' : x 座標最小位置から法線方向へ 'X+' : x 座標最大位置から法線方向へ 'Y-' : y 座標最小位置から法線方向へ 'Y+' : y 座標最大位置から法線方向へ	C*(*)	-	指定文字列のみ
{DIR2}	造波ソースの伝播方向 'X' : x 方向へ 'Y' : y 方向へ	C*(*)	-	指定文字列のみ
N	流れ関数法 B の次数	I*4	-	1=<N=<22
{TYPE}	流れ関数法 B 以外の造波関数 'STK-CND' : ストークス波またはクノイド波 'STOKES' : ストークス波 'CNOIDAL' : クノイド波 'MATRIX' : マトリクスデータ-1 'MATRIX2' : マトリクスデータ-2 (BC のみ)	C*(*)	-	指定文字列のみ
D	水深[m]	R*8	-	D>=ZERO
H	波高[m]	R*8	-	H>=ZERO
T	周期[s]	R*8	-	T>=ZERO



A	何周期かけて増幅するか	R*8	0.0	-
LC1	{DIR} が 'Y+' か 'Y-' の場合 x 方向セル番号(始点)	I*4	1	1=<LC1=<LC2=<NI-1
	{DIR} が 'X+' か 'X-' の場合 y 方向セル番号(始点)	I*4	1	1=<LC1=<LC2=<NJ-1
LC2	{DIR} が 'Y+' か 'Y-' の場合 x 方向セル番号(終点)	I*4	NI-1	1=<LC1=<LC2=<NI-1
	{DIR} が 'X+' か 'X-' の場合 y 方向セル番号(終点)	I*4	NJ-1	1=<LC1=<LC2=<NJ-1
LC	{DIR2} が 'X' の場合 x 方向セル番号	I*4	-	1=<LC=<NI-1
	{DIR2} が 'Y' の場合 y 方向セル番号	I*4	-	1=<LC=<NJ-1
ANG	各境界面の法線方向をゼロと した半時計周りの角度[DEG]	R*8	0.0	-
X0	位相計算の基準点(x 座標[m])	R*8	-	-
Y0	位相計算の基準点(y 座標[m])	R*8	-	-

注)造波関数のデフォルトは' STK-CND'

マトリクスデータ以外の造波関数使用する場合は、水深、波高および周期が必須

マトリクスデータでは以下が必須となる

水位／流速：水深と周期が必須

流速：周期が必須

水位：周期が必須(造波ソースでは使用不可)

A<ZERO の場合、最初から所定の造波を行う

AREA のデフォルトは全域

ANG はマトリクスデータでは使用できない

ANG のデフォルトはゼロ

|ANG|=<ZERO の場合は基準点は使用しない

## ■開境界データ

```
MODEL OPEN-BC {DIR} FUNC {TYPE}
MODEL OPEN-BC {DIR} DEPTH [D]
MODEL OPEN-BC {DIR} PERIOD [T]
```

変数名	意味	型	デフォルト	制限事項
{DIR}	開境界の位置と伝播方向 'X-' : x 座標最小位置から法線方向へ 'X+' : x 座標最大位置から法線方向へ 'Y-' : y 座標最小位置から法線方向へ 'Y+' : y 座標最大位置から法線方向へ	C*(*)	-	指定文字列のみ
{TYPE}	開境界の種類 'TYPE1' : 微小振幅波による放射境界	C*(*)	-	指定文字列のみ
D	水深[m]	R*8	-	D>=ZERO
T	周期[s]	R*8	-	T>=ZERO

注)TYPE1 を使用する場合は、水深と周期が必須

## ■減衰領域データ

MODEL DAMP {DIR} DEGREE [N]  
 MODEL DAMP {DIR} PARAM-XY [PXY]  
 MODEL DAMP {DIR} PARAM-Z [PZ]  
 MODEL DAMP {DIR} WIDTH [W]  
 MODEL DAMP {DIR} DEPTH [D]

変数名	意味	型	デフォルト	制限事項
{DIR}	減衰領域の位置 'X-' : x 座標最小位置近傍 'X+' : x 座標最大位置近傍 'Y-' : y 座標最小位置近傍 'Y+' : y 座標最大位置近傍	C*(*)	-	指定文字列のみ
N	減衰関数の次数	[-] I*4	-	N>=0
PXY	減衰関数の水平方向パラメータ	[-] R*8	0.6	PXY>=ZERO
PZ	減衰関数の鉛直方向パラメータ	[-] R*8	0.6	PZ >=ZERO
W	減衰領域の幅	[m] R*8	-	W >=ZERO
D	減衰領域の水深	[m] R*8	-	D >=ZERO

注)減衰領域を使用する場合には、次数、幅および水深が必須

減衰関数の次数の推奨値は2

減衰関数のデフォルト値は、領域の幅を2波長としたときの推奨値

## ■乱流モデルデータ

MODEL K-EPS LIM [AKMIN] [AEMIN]  
 MODEL K-EPS PARAMETER [CMU] [SGK] [SGE] [C1] [C2] [C3]  
 MODEL K-EPS LOG-LAW [K0] [A0]  
 MODEL K-EPS PRANDTL [PR]  
 MODEL K-EPS SCHMIDT [LC] [SM]

変数名	意味	型	デフォルト	制限事項
AKMIN	乱流エネルギーの最小値[m2/s2]	R*8	ZERO	>=ZERO
AEMIN	乱流エネルギー散逸の最小値[m2/s3]	R*8	ZERO	>=ZERO
CMU	$C_\mu$ [-]	R*8	0.09	>=ZERO
SGK	$\sigma_k$ [-]	R*8	1.0	>=ZERO
SGE	$\sigma_\epsilon$ [-]	R*8	1.3	>=ZERO
C1	C1[-]	R*8	1.44	>=0.0
C2	C2[-]	R*8	1.92	>=0.0
C3	C3[-]	R*8	0.0	>=0.0
K0	$\kappa$ [-]	R*8	0.4	>=ZERO
A0	A[-]	R*8	5.5	>=ZERO
PR	乱流 Prandtl 数[-]	R*8	1.0D0	PR>=ZERO
LC	濃度の成分番号	R*8	-	1<=LS<=NS
SM	乱流 Schmidt 数[-]	R*8	1.0D0	SM>=ZERO

===== 数値解法関連データ =====

■数値解法関連データ

COMP SCHM VP-DONOR [SCMVP]  
COMP SCHM FF-DN-AC  
COMP SCHM FF-SLOPE  
COMP SCHM KE-DONOR [SCMK]  
COMP SCHM T-DONOR [SCMT]  
COMP SCHM C-DONOR [LC] [SCMC]  
COMP MTRX ILUBCGSTAB  
COMP MTRX M-ILUBCGSTAB [CGPARA]  
COMP MTRX MAX-ITR [ICGMAT]  
COMP MTRX A-ERROR [CGEPSA]  
COMP MTRX R-ERROR [CGEPSR]

変数名	意味	型	デフォルト	制限事項
SCMVP	移流項の差分スキームパラメータ	R*8	1.0	0.0=<SCMVP=<1.0
SCMK	移流項の差分スキームパラメータ	R*8	1.0	0.0=<SCMK=<1.0
SCMT	移流項の差分スキームパラメータ	R*8	1.0	0.0=<SCMT=<1.0
LC	濃度の成分番号	R*8	-	1=<LS=<NS
SCMC	移流項の差分スキームパラメータ	R*8	1.0	0.0=<SCMC=<1.0
CGPARA	MILU 用パラメータ [-]	R*8	0.95	0.0=<CGPARA=<1.0
ICGMAT	最大反復回数 [-]	I*4	500	ICGMAT>=0
CGEPSA	収束判定値 (絶対誤差) [-]	R*8	1.0D-15	CGEPSA>=0.0
CGEPSR	収束判定値 (相対誤差) [-]	R*8	1.0D-12	CGEPSR>=0.0

注) 差分スキームのデフォルトは DONOR  
「ILUBCGSTAB」または「M-ILUBCGSTAB」が選択可能であり、デフォルトは「M-ILUBCGSTAB」

=====

===== 格子座標データ =====

=====

■格子座標データ (必須)

GRID {COORD} [S(1)] [S(2)] .....  
.....  
..... [S(N)] END

変数名	意味	型	デフォルト	制限事項
{COORD}	座標の種別 'X' : x 座標 'Y' : y 座標 'Z' : z 座標	C*(*)	-	指定文字列のみ
S(i)	座標値[m]	R*8	-	S(i)-S(i-1)>=ZEROG
N	格子数	I*4	-	N>=2

注) 入力は1度でなければならない  
1行あたりの座標値の入力数は任意  
N(NI、NJ または NK) は明示的な入力ではなく、座標値の総入力数

=====

===== 障害物データ =====

=====

■障害物データ(ファイル入力)

OBST FILE {FILE}

変数名	意味	型	デフォルト	制限事項
{FILE}	外部ファイル名	C*(*)	-	-

このオプションを指定した場合、OBST データを外部ファイルから読み込む  
外部ファイルは既存のデータの OBST で始まる行をカット&ペーストして作成する

■障害物データ (矩形入力)

OBST [IC1] [JC1] [KC1] [IC2] [JC2] [KC2]

変数名	意味	型	デフォルト	制限事項
IC1	x 方向セル番号(矩形の始点)	I*4	-	1=<IC1=<IC2=<NI-1
JC1	y 方向セル番号(矩形の始点)	I*4	-	1=<JC1=<JC2=<NJ-1
KC1	z 方向セル番号(矩形の始点)	I*4	-	1=<KC1=<KC2=<NK-1
IC2	x 方向セル番号(矩形の終点)	I*4	-	1=<IC1=<IC2=<NI-1
JC2	y 方向セル番号(矩形の終点)	I*4	-	1=<JC1=<JC2=<NJ-1
KC2	z 方向セル番号(矩形の終点)	I*4	-	1=<KC1=<KC2=<NK-1

=====

===== ポーラス関連データ =====

=====

■ポーラス値データ

POROUS FILE {FILE}

変数名	意味	型	デフォルト	制限事項
{FILE}	外部ファイル名	C*(*)	-	-

このオプションを指定した場合、POROUS データを外部ファイルから読み込む  
外部ファイルは既存のデータの POROUS で始まる行をカット&ペーストして作成する

■ポーラス値の下限値データ

POROUS LIM [PL]

■空隙率

POROUS V [IC1] [JC1] [KC1] [IC2] [JC2] [KC2] [V1] [V2]

■x 方向面積透過率

POROUS X [IG1] [JC1] [KC1] [IG2] [JC2] [KC2] [V1] [V2]

■y 方向面積透過率

POROUS Y [IC1] [JG1] [KC1] [IC2] [JG2] [KC2] [V1] [V2]

■z 方向面積透過率

POROUS Z [IC1] [JC1] [KG1] [IC2] [JC2] [KG2] [V1] [V2]

■慣性力係数

POROUS CM [IC1] [JC1] [KC1] [IC2] [JC2] [KC2] [CM]

■抵抗係数

POROUS CD [IC1] [JC1] [KC1] [IC2] [JC2] [KC2] [CD]

変数名	意味	型	デフォルト	制限事項
PL	ポーラス値の下限值[-]	R*8	1.0D-4	ZERO<PL=<1.0
IG1	x 方向格子番号(矩形の始点)	I*4	-	1=<IG1=<IG2=<NI
JG1	y 方向格子番号(矩形の始点)	I*4	-	1=<JG1=<JG2=<NJ
KG1	z 方向格子番号(矩形の始点)	I*4	-	1=<KG1=<KG2=<NK
IG2	x 方向格子番号(矩形の終点)	I*4	-	1=<IG1=<IG2=<NI
JG2	y 方向格子番号(矩形の終点)	I*4	-	1=<JG1=<JG2=<NJ
KG2	z 方向格子番号(矩形の終点)	I*4	-	1=<KG1=<KG2=<NK
IC1	x 方向セル番号(矩形の始点)	I*4	-	1=<IC1=<IC2=<NI-1
JC1	y 方向セル番号(矩形の始点)	I*4	-	1=<JC1=<JC2=<NJ-1
KC1	z 方向セル番号(矩形の始点)	I*4	-	1=<KC1=<KC2=<NK-1
IC2	x 方向セル番号(矩形の終点)	I*4	-	1=<IC1=<IC2=<NI-1
JC2	y 方向セル番号(矩形の終点)	I*4	-	1=<JC1=<JC2=<NJ-1
KC2	z 方向セル番号(矩形の終点)	I*4	-	1=<KC1=<KC2=<NK-1
V1	構造物内の水の割合[-]	R*8	-	0.0=<V1=<1.0
V2	形状による水の割合[-]	R*8	-	0.0=<V2=<1.0
CM	慣性力係数[-]	R*8	-	CM>=0.0
CD	抵抗係数[-]	R*8	-	CD>=0.0

注)PL 以下のポーラス値が入力された場合は PL で置き換える

指定した矩形の障害物以外の部分に設定(障害物の表面には設定可)

PL=<水の割合=V2+(1.0-V2)\*V1=<1.0

=====

===== 境界条件データ =====

=====

■境界条件データ(必須)

B. C. D {BC}

B. C. X [IG1] [JC1] [KC1] [IG2] [JC2] [KC2] {BC}

B. C. Y [IC1] [JG1] [KC1] [IC2] [JG2] [KC2] {BC}

B. C. Z [IC1] [JC1] [KG1] [IC2] [JC2] [KG2] {BC}

変数名	意味	型	デフォルト	制限事項
IG1	x 方向格子番号(矩形の始点)	I*4	-	1=<IG1=<IG2=<NI
JG1	y 方向格子番号(矩形の始点)	I*4	-	1=<JG1=<JG2=<NJ
KG1	z 方向格子番号(矩形の始点)	I*4	-	1=<KG1=<KG2=<NK
IG2	x 方向格子番号(矩形の終点)	I*4	-	1=<IG1=<IG2=<NI
JG2	y 方向格子番号(矩形の終点)	I*4	-	1=<JG1=<JG2=<NJ
KG2	z 方向格子番号(矩形の終点)	I*4	-	1=<KG1=<KG2=<NK
IC1	x 方向セル番号(矩形の始点)	I*4	-	1=<IC1=<IC2=<NI-1
JC1	y 方向セル番号(矩形の始点)	I*4	-	1=<JC1=<JC2=<NJ-1
KC1	z 方向セル番号(矩形の始点)	I*4	-	1=<KC1=<KC2=<NK-1
IC2	x 方向セル番号(矩形の終点)	I*4	-	1=<IC1=<IC2=<NI-1
JC2	y 方向セル番号(矩形の終点)	I*4	-	1=<JC1=<JC2=<NJ-1
KC2	z 方向セル番号(矩形の終点)	I*4	-	1=<KC1=<KC2=<NK-1
{BC}	境界条件の種別	C*(*)	-	指定文字列と値の組合せ
流速・圧力の境界条件				
	スリップ	: VP	SLIP	
	ノンスリップ	: VP	NON-S	
	流速固定	: VP	FIX-V [BU] [BV] [BW]	
	フリー	: VP	FREE	
	対数則	: VP	LOG	
	完全粗面	: VP	LOG-KS [KS]	
VOF 関数 F の境界条件				
	スリップ	: F	FIX [BF]	
	スリップ	: F	FREE	
乱流エネルギーの境界条件				
	値固定(-A)	: K	FIX-A [BK]	
	値固定(+A)	: K	FIX+A [BK]	
	勾配ゼロ(-A)	: K	FREE-A	
	勾配ゼロ(+A)	: K	FREE+A	
乱流エネルギー散逸の境界条件				
	値固定(-A)	: E	FIX-A [BE]	
	値固定(+A)	: E	FIX+A [BE]	
	勾配ゼロ(-A)	: E	FREE-A	
	勾配ゼロ(+A)	: E	FREE+A	
温度の境界条件				
	温度固定(-A)	: T	FIX-A [BT]	
	温度固定(+A)	: T	FIX+A [BT]	
	断熱(-A)	: T	FREE-A	
	断熱(+A)	: T	FREE+A	
	熱流束(-A)	: T	FLUX-A [BTQ]	
	熱流束(+A)	: T	FLUX+A [BTQ]	
	熱伝達(-A)	: T	TRAN-A [BTH] [BT0]	
	熱伝達(+A)	: T	TRAN+A [BTH] [BT0]	
濃度の境界条件				
	濃度固定(-A)	: C [LC]	FIX-A [BC]	
	濃度固定(+A)	: C [LC]	FIX+A [BC]	
	勾配ゼロ(-A)	: C [LC]	FREE-A	
	勾配ゼロ(+A)	: C [LC]	FREE+A	

	拡散流束(-A) : C [LC] FLUX-A [BCQ]			
	拡散流束(+A) : C [LC] FLUX+A [BCQ]			
	物質移動(-A) : C [LC] TRAN-A [BCH] [BC0]			
	物質移動(+A) : C [LC] TRAN+A [BCH] [BC0]			
BU	x 方向流速値[m/s]	R*8	-	-
BV	y 方向流速値[m/s]	R*8	-	-
BW	z 方向流速値[m/s]	R*8	-	-
KS	壁面の粗さ[m]	R*8	-	>=ZERO
BF	VOF 関数 F の値[-]	R*8	-	-
BK	乱流エネルギー[m2/s2]	R*8	-	>=ZERO
BE	乱流エネルギー散逸[m2/s3]	R*8	-	>=ZERO
BT	温度[K]	R*8	-	-
BTQ	熱流束[W/m2]	R*8	-	-
BTH	熱伝達係数[W/m2/K]	R*8	-	BTH>=ZERO
BT0	外部温度[K]	R*8	-	-
LC	濃度の成分番号	R*8	-	1<LS<NS
BC	濃度[-]	R*8	-	-
BCQ	拡散流束[m/s]	R*8	-	-
BCH	物質移動係数[m/s]	R*8	-	BCH>=ZERO
BC0	外部濃度[-]	R*8	-	-

注) 指定した矩形内の境界面に設定される

造波境界および開境界を別途指定した場合には、造波境界および開境界が優先される  
流速に対数則および完全粗面を指定した面では、乱流量に関しても同じ境界となる  
[+A]は移流項の評価時に境界のスカラ量が流れ込む(指定した流束等以外にも流入)  
[-A]は移流項の評価時に境界のスカラ量が流れ込まない

=====

===== ファイル制御データ =====

=====

#### ■ リスタート時の地形データの読み込み方法の指定

FILE OBS {FLAG}

変数名	意味	型	デフォルト	制限事項
FLAG	リスタート時地形データを用いるか否か	C*(*)	OFF	OFF または ON

注) このオプションを ON にすると、初回計算時に各 PE の担当領域の地形データ (OBST, POROUS) を obs ファイルに出力し、リスタート計算時に obs ファイルを読み込み、OBST や POROUS ヘッダは無視する。

このオプションを用いた高速化が効果を発揮するためには、OBST FILE 及び POROUS FILE を指定して、OBST データと POROUS データを外部ファイルにしておく必要がある。そうしないと、OBST や POROUS ヘッダの読み込み時間を削減できないためである。

なお、外部ファイル化しない場合、OBST 及び POROUS ヘッダの読み込みの回数は 3 回であり、外部ファイル化した場合には 1 回になる。更に FILE RES AUTO とした場合には、リスタート計算時の読み込みの回数が 0 回になる。

## ■リスタートファイル制御データ

FILE RES [ISTEP]

FILE RES AUTO

変数名	意味	型	デフォルト	制限事項
ISTEP	リスタートするステップ[-]	I*4	-	ISTEP>=0

注) リスタート時には、時間刻み幅の初期値は無効となる

構造物の位置の変更は不可(プログラムではチェックしていない)

境界条件の変更は不可(プログラムではチェックしていない)

AUTO とした場合は、ars ファイルから ISTEP の値を読み込む。

ars ファイルからの読み込みが行えない場合は、リスタート計算ではなく

初回計算を行う。AUTO の機能は、FILE RSL ELAPSE の指定とセットで

使うことが望ましい。

## ■リストファイル出力制御データ

FILE L/P STEP [ISTR] [IEND] [ISTEP]

FILE L/P TIME [TSTR] [TEND] [TSTEP]

FILE L/P AREA {SECT} [IJKC] [IJKG]

FILE L/P ON {PHYS}

FILE L/P OFF {PHYS}

変数名	意味	型	デフォルト	制限事項
ISTR	出力開始ステップ[-]	I*4	-	ISTR=<IEND
IEND	出力終了ステップ[-]	I*4	-	ISTR=<IEND
ISTEP	出力ステップ間隔[-]	I*4	-	ISTEP>0
TSTR	出力開始時刻[s]	R*8	-	TSTR=<TEND
TEND	出力終了時刻[s]	R*8	-	TSTR=<TEND
TSTEP	出力時間間隔[s]	R*8	-	TSTEP>0.0
{SECT}	出力断面 'XY' : xy 断面 'XZ' : xz 断面 'YZ' : yz 断面 'YX' : yx 断面 'ZX' : zx 断面 'ZY' : zy 断面	C*(*)	'XY'	指定文字列のみ
IJKC	出力断面のセル番号	I*4	0	0=<IJKC=<N-1
IJKG	出力断面の格子番号	I*4	0	0=<IJKG=<N
{PHYS}	出力/非出力指定量 'OBST' : 障害物 'BC-IND' : 境界条件に関するインデックス 'CMO' : 慣性力係数 'CDO' : 抵抗係数 'POROUS' : ポーラス値 'LAMBDA' : GLV, GLX, GLZ 'NF' : NF 'F' : VOF 関数 F 'V' : 流速	C*(*)	-	指定文字列のみ



'P' : 圧力  
 'K' : 乱流エネルギー  
 'E' : 乱流エネルギー散逸  
 'VISC-T' : 渦動粘性係数  
 'VISC' : 分子動粘性係数と渦動粘性係数の和  
 'T' : 温度  
 'T-COND' : 熱伝導率  
 'C' : 濃度  
 'DIFFUS' : 拡散係数  
 'BC' : 境界値  
 'IPVC' : 空気圧の計算用インデックス  
 'PPVC' : 空気圧(Sセルも空気圧)

注)STEP または TIME で指定された間隔で出力(デフォルトでは出力しない)  
 IJKC=0 の場合はセル中心で定義された物理量を 0=<IJKC=<N の全てで出力  
 IJKG=0 の場合はセル界面中心で定義された物理量を 0=<IJKG=<N の全てで出力  
 デフォルトでは全ての量は非出力

## ■図化ファイル出力制御データ

FILE GRP STEP [ISTR] [IEND] [ISTEP]  
 FILE GRP TIME [TSTR] [TEND] [TSTEP]  
 FILE GRP AREA [IC1] [JC1] [KC1] [IC2] [JC2] [KC]  
 FILE GRP ON VORT  
 FILE GRP OFF VORT

変数名	意味	型	デフォルト	制限事項
ISTR	出力開始ステップ[-]	I*4	-	ISTR=<IEND
IEND	出力終了ステップ[-]	I*4	-	ISTR=<IEND
ISTEP	出力ステップ間隔[-]	I*4	-	ISTEP>0
TSTR	出力開始時刻[s]	R*8	-	TSTR=<TEND
TEND	出力終了時刻[s]	R*8	-	TSTR=<TEND
TSTEP	出力時間間隔[s]	R*8	-	TSTEP>0.0
IC1	始点の x 方向セル番号[-]	I*4	1	1=<IC1=<IC2<NI-1
JC1	始点の y 方向セル番号[-]	I*4	1	1=<JC1=<JC2<NJ-1
KC1	始点の z 方向セル番号[-]	I*4	1	1=<KC1=<KC2<NK-1
IC2	終点の x 方向セル番号[-]	I*4	NI-1	1=<IC1=<IC2<NI-1
JC2	終点の y 方向セル番号[-]	I*4	NJ-1	1=<JC1=<JC2<NJ-1
KC2	終点の z 方向セル番号[-]	I*4	NK-1	1=<KC1=<KC2<NK-1

注)STEP または TIME で指定された間隔で出力(デフォルトでは出力しない)  
 出力する領域は AREA で指定(デフォルトでは全領域)  
 最低でも 2×2 セルの領域が必要(セル数が 1 の方向は図化しない)  
 [\*c1=<0] ならば[\*c1=1]、[\*c2=<0] ならば[\*c2=N-1] と解釈する  
 渦度は描画部では濃度の成分数[+1]から[+3]の 3 成分で代用される  
 渦度はデフォルトでは出力しない

## ■詳細ファイル出力制御データ

FILE RSL STEP [ISTR] [IEND] [ISTEP]

```
FILE RSL TIME [TSTR] [TEND] [TSTEP]
FILE RSL ELAPSE [ETIME]
```

変数名	意味	型	デフォルト	制限事項
ISTR	出力開始ステップ[-]	I*4	-	ISTR=<IEND
IEND	出力終了ステップ[-]	I*4	-	ISTR=<IEND
ISTEP	出力ステップ間隔[-]	I*4	-	ISTEP>0
TSTR	出力開始時刻[s]	R*8	-	TSTR=<TEND
TEND	出力終了時刻[s]	R*8	-	TSTR=<TEND
TSTEP	出力時間間隔[s]	R*8	-	TSTEP>0. 0
ETIME	計算開始からの経過時間(s)	R*8	-	ETIME>0. 0

注)STEP または TIME で指定された間隔で出力(デフォルトでは出力しない)

ELAPSE は TIME や STEP の指定と重複しても構わない。

ELAPSE を指定した場合、時間積分ループの中で毎ステップ経過時間が

ETIME を超えているかどうかを確認し、超えた場合にはリスタートファイルと  
ars ファイルを出力して計算を終了する。

ELAPSE の機能は、FILE RES AUTO の指定とセットで使うことが望ましい。

#### ■時系列ファイル出力制御データ

```
FILE TRN STEP [ISTR] [IEND] [ISTEP]
FILE TRN TIME [TSTR] [TEND] [TSTEP]
FILE TRN W-LEVEL ANS {DIR}
FILE TRN W-LEVEL [IC1] [JC1]
FILE TRN FORCE {FDIR} [IC1] [JC1] [KC1] [IC2] [JC2] [KC2]
FILE TRN POINT {PHY} [I1] [J1] [K1]
FILE TRN POINT VORT-X [IC1] [JC1] [KC1]
FILE TRN POINT VORT-Y [IC1] [JC1] [KC1]
FILE TRN POINT VORT-Z [IC1] [JC1] [KC1]
FILE TRN {CALC} {PHY} [IC1] [JC1] [KC1] [IC2] [JC2] [KC2]
```

変数名	意味	型	デフォルト	制限事項
ISTR	出力開始ステップ[-]	I*4	-	ISTR=<IEND
IEND	出力終了ステップ[-]	I*4	-	ISTR=<IEND
ISTEP	出力ステップ間隔[-]	I*4	-	ISTEP>0
TSTR	出力開始時刻[s]	R*8	-	TSTR=<TEND
TEND	出力終了時刻[s]	R*8	-	TSTR=<TEND
TSTEP	出力時間間隔[s]	R*8	-	TSTEP>0. 0
I1	x 方向格子またはセル番号 (U の場合のみ格子番号)	I*4	-	セル番号 : 1=<I1=<NI-1 格子番号 : 1=<I1=<NI
J1	y 方向格子またはセル番号 (V の場合のみ格子番号)	I*4	-	セル番号 : 1=<J1=<NJ-1 格子番号 : 1=<J1=<NJ
K1	z 方向格子またはセル番号 (W の場合のみ格子番号)	I*4	-	セル番号 : 1=<K1=<NK-1 格子番号 : 1=<K1=<NK
IC1	x 方向セル番号	I*4	-	1=<IC=<NI-1
JC1	y 方向セル番号	I*4	-	1=<JC=<NJ-1
KC1	z 方向セル番号	I*4	-	1=<KC=<NK-1
IC2	x 方向セル番号	I*4	-	1=<IC=<NI-1
JC2	y 方向セル番号	I*4	-	1=<JC=<NJ-1

KC2	z 方向セル番号	I*4	-	1=<KC=<NK-1
{DIR}	造波境界の位置と伝播方向	C*(*)	-	指定文字列のみ
	'X-' : x 座標最小位置の造波境界の解			
	'X+' : x 座標最大位置の造波境界の解			
	'Y-' : y 座標最小位置の造波境界の解			
	'Y+' : y 座標最大位置の造波境界の解			
	'SRC' : 造波ソースの解			
{FDIR}	力の方向	C*(*)	-	指定文字列のみ
	'X-' : 障害物への x の負方向の波力			
	'X+' : 障害物への x の正方向の波力			
	'Y-' : 障害物への y の負方向の波力			
	'Y+' : 障害物への y の正方向の波力			
	'Z-' : 障害物への z の負方向の波力			
	'Z+' : 障害物への z の正方向の波力			
{PHY}	出力する物理量	C*(*)	-	指定文字列のみ
	'U' : x 方向流速			
	'V' : y 方向流速			
	'W' : z 方向流速			
	'P' : 圧力			
	'F' : F 値			
	'K' : 乱流エネルギー			
	'E' : 乱流エネルギー散逸			
	'T' : 温度			
	'C' [LC] : 濃度 (LC については下記)			
{CALC}	演算方法	C*(*)	-	指定文字列のみ
	'MIN' : 最小値			
	'MAX' : 最大値			
	'AV' : 体積平均値			
	'INT' : 体積積分値			
LC	濃度の成分番号	R*8	-	1=<LS=<NS

注) 渦度に関する値の意味は以下のとおり

VORT-X:@w/@y-@v/@z

VORT-Y:@u/@z-@w/@x

VORT-Z:@v/@x-@u/@y

並列計算時の最小値は 1. 0D+30 までの制限有り

並列計算時の最大値は-1. 0D+30 までの制限有り

#### ■時間依存型空隙率ファイル制御データ

FILE PORO [NT]

変数名	意味	型	デフォルト	制限事項
NT	空隙率の時間方向のデータ数	I*4	0	>=0

注) NT=0 の場合は空隙率ファイルを読み込まない

NT=1 の場合は時間依存データでは無い(空隙率のファイル読み込み機能として利用可)

#### ■エージェントモデル用出力制御データ

FILE MAM STEP [ISTR] [IEND] [ISTEP]  
FILE MAM TIME [TSTR] [TEND] [TSTEP]

変数名	意味	型	デフォルト	制限事項
ISTR	出力開始ステップ[-]	I*4	-	ISTR=<IEND
IEND	出力終了ステップ[-]	I*4	-	ISTR=<IEND
ISTEP	出力ステップ間隔[-]	I*4	-	ISTEP>0
TSTR	出力開始時刻[s]	R*8	-	TSTR=<TEND
TEND	出力終了時刻[s]	R*8	-	TSTR=<TEND
TSTEP	出力時間間隔[s]	R*8	-	TSTEP>0.0

注)STEP または TIME で指定された間隔で出力(デフォルトでは出力しない)

=====

===== オプションデータ =====

=====

■気泡に関する処理を行わない

OPTION T-DOOR BUB OFF

■気泡を上昇させる(TimerDoor 法)

OPTION T-DOOR BUB [WBUB]

変数名	意味	型	デフォルト	制限事項
WBUB	気泡の上昇速度[m/s]	R*8	0.2	WBUB>=ZERO

注)デフォルトでは、0.2[m/s]で上昇させる

■水滴に関する処理を行わない(TimerDoor 法)

OPTION T-DOOR DROP OFF

■水滴に関する処理を行う(TimerDoor 法)

OPTION T-DOOR DROP FREE-RUNDOWN

■表面セルの流速を勾配ゼロで求める

OPTION S-CELL-VEL DU=0

■表面セルの流速を補外で求める

OPTION S-CELL-VEL D2U=0

■流速・圧力計算のサブループデータ

OPTION SUB-LOOP [LOOP]

変数名	意味	型	デフォルト	制限事項
LOOP	サブループの回数	I*4	1	LOOP>=1

注) サブループが 1 回の場合は通常の計算と同じ

## ■空気圧の計算を行う

OPTION PV=CONST [PVCPO] [PVCGM]

変数名	意味	型	デフォルト	制限事項
PVCPO	大気圧[Pa]	R*8	-	PVCPO>=ZERO
PVCGM	比熱比[-]	R*8	-	PVCGM>=1.0

注) L/P 出力等で出力される圧力値は大気圧分が差し引かれている  
造波、放射、フリーに接する気泡は大気圧とする

## ■Dupuit-Forheimer 式による抵抗力計算を行う

OPTION DRAG-DF [YU] [N]  
[DR1] [AP1] [BT1]  
[DR2] [AP2] [BT2]  
.....  
[DRi] [APi] [BTi]  
.....  
[DRN] [APN] [BTN]

変数名	意味	型	デフォルト	制限事項
YU	動粘性係数[m <sup>2</sup> /s]	R*8	-	>0.0
N	係数の入力数	I*4	-	>0
DRi	捨石の粒経[m]	R*8	-	>0.0
APi	係数 $\alpha_0$	R*8	-	>=0.0
BTi	係数 $\beta_0$	R*8	-	>=0.0

0.0<DR<=DR1 のとき  $\alpha_0=0.0$ 、 $\beta_0=0.0$

DR1<DR<=DR2 のとき  $\alpha_0=AP1$ 、 $\beta_0=BT1$

DR2<DR<=DR3 のとき  $\alpha_0=AP2$ 、 $\beta_0=BT2$

.....

DRN<DR のとき  $\alpha_0=APN$ 、 $\beta_0=BTN$

- \* 「OPTION DRAG-DF」行以下[N]行はコメント行や空白行は不可
- \* 既存の CD0 の意味が捨石の粒経[m]となるので注意する
- \* 動粘性係数は「MATE K-VISC」とは別に入力する
- \* 現在は N<10 (VF\_A0PRM.h の MAXDRG=10)

## ■水位変動量データを設定しない

OPTION SEA-BOTTOM OFF

## ■水位変動量データを設定する(sbt ファイル読み込み)

OPTION SEA-BOTTOM ON

■水位変動量データを断層パラメータから計算する (fault\_cad.txt ファイル読み込み)

OPTION SEA-BOTTOM CALC

注) 合わせて、計算格子の座標系の指定 (OPTION COORDINATE) も行う必要あり  
また、必要に応じて測地系の指定 (OPTION FAULT-SYSTEM, OPTION GRID-SYSTEM) の指定も行う

■計算格子の座標系を指定する (平面直角座標系の場合)

OPTION COORDINATE JAPAN-PLANE-RECTANGULAR [ICoord]

変数名	意味	型	デフォルト	制限事項
ICoord	平面直角座標系の地域番号	I*4	-	1<=ICoord<=19

注) OPTION SEA-BOTTOM CALC の場合のみ有効

■計算格子の座標系を指定する (UTM 座標系の場合)

OPTION COORDINATE UTM [LC\_DEG]

変数名	意味	型	デフォルト	制限事項
LC_DEG	UTM 座標系の中央経線の経度 (度)	R*8	-	0<=LC_DEG<360

注) OPTION SEA-BOTTOM CALC の場合のみ有効

■断層パラメータの測地系を指定する

OPTION FAULT-SYSTEM {SYS}

変数名	意味	型	デフォルト	制限事項
SYS	測地系の名称	C*(*)	JGD2000	TOKYO, JGD2000, WGS84 のいずれか

注) OPTION SEA-BOTTOM CALC の場合のみ有効

■計算格子の測地系を指定する

OPTION GRID-SYSTEM {SYS}

変数名	意味	型	デフォルト	制限事項
SYS	測地系の名称	C*(*)	JGD2000	TOKYO, JGD2000, WGS84 のいずれか

注) OPTION SEA-BOTTOM CALC の場合のみ有効

■流速の制限値を指定する

OPTION MAX-VELOCITY [VVMAX]

変数名	意味	型	デフォルト	制限事項
-----	----	---	-------	------

VVMAX	流速の制限値	R*8	-	0<VVMAX
-------	--------	-----	---	---------

注) 仮流速の計算後に制限値が適用される

```
===== デバッグ用データ =====
```

## ■矩形ボックスへのF 値指定データ

DEBUG F-BOX [IC1] [JC1] [KC1] [IC2] [JC2] [KC2] [FF]

変数名	意味	型	デフォルト	制限事項
IC1	x 方向セル番号(矩形の始点)	I*4	-	1=<IC1=<IC2=<NI-1
JC1	y 方向セル番号(矩形の始点)	I*4	-	1=<JC1=<JC2=<NJ-1
KC1	z 方向セル番号(矩形の始点)	I*4	-	1=<KC1=<KC2=<NK-1
IC2	x 方向セル番号(矩形の終点)	I*4	-	1=<IC1=<IC2=<NI-1
JC2	y 方向セル番号(矩形の終点)	I*4	-	1=<JC1=<JC2=<NJ-1
KC2	z 方向セル番号(矩形の終点)	I*4	-	1=<KC1=<KC2=<NK-1
FF	F 値	R*8	-	0=<FF=<1.0

注)最後に入力された一つのボックスのみ

### ■矩形ボックスへの TD 用速度指定データ

DEBUG TD-VEL [IC1] [JC1] [KC1] [IC2] [JC2] [KC2] [U] [V] [W]

変数名	意味	型	デフォルト	制限事項
IC1	x 方向セル番号(矩形の始点)	I*4	-	1=<IC1=<IC2=<NI-1
JC1	y 方向セル番号(矩形の始点)	I*4	-	1=<JC1=<JC2=<NJ-1
KC1	z 方向セル番号(矩形の始点)	I*4	-	1=<KC1=<KC2=<NK-1
IC2	x 方向セル番号(矩形の終点)	I*4	-	1=<IC1=<IC2=<NI-1
JC2	y 方向セル番号(矩形の終点)	I*4	-	1=<JC1=<JC2=<NJ-1
KC2	z 方向セル番号(矩形の終点)	I*4	-	1=<KC1=<KC2=<NK-1
U	x 方向速度	R*8	-	-
V	y 方向速度	R*8	-	-
W	z 方向速度	R*8	-	-

注)最後に入力された一つのボックスのみ

## 5.3 リストファイル

解析ステップ毎の物理時間やBiCGSTAB 法の反復回数等を入力するファイルであり、市販のワープロソフト等を用いて表示する。ファイル名はdata.list とし、テキスト形式のファイルである。以下にリストファイルの例を示す。

リストファイル	内 容
##### CADMAS-SURF/3D-MP Ver. 1.0 START. #####	実行開始コメント
##### MYRANK= 0 / 4	ランクとプロセッサ数
##### DEFAULT.	デフォルトの設定
##### INPUT-DATA.	入力ファイルの読み込み
## INPUT-LEVEL= 0 [PARALLEL] [X] [100] [PARALLEL] [X] [200] [PARALLEL] [X] [300] [GRID] [X] & [0.00000000] [0.91300250] [1.82600500] [2.73900750] [3.65201000]	入力レベル0 (格子数の決定等) 並列制御データのエコー
~~~~~ 省略 ~~~~	
& [18.000] [18.400] [18.800] [19.200] [19.600] [20.000] & [END]	
## INPUT-LEVEL= 1	入力レベル1 (境界面数の決定)
## INPUT-LEVEL= 2 [TIME] [AUTO] [0.001] [0.20] [TIME] [LIMIT] [1.0D-5] [0.05]	入力レベル2 (各種データの入力) 各種データのエコー
~~~~~ 省略 ~~~~	
[OPTION] [T-DOOR] [DROP] [OFF]	
##### SETUP.	各種情報の構築
##### CONDITION.	解析条件を出力
--- PARALLEL --- NPROCS [-] = 4 NPI, NPJ [-] = 4 1 MYRANK [-] = 0 MYI, MYJ [-] = 1 1 CELL-X (ALL) [-] = 400 ICS, ICE [-] = 1 100 CELL-Y (ALL) [-] = 1 JCS, JCE [-] = 1 1 CELL-Z (ALL) [-] = 50 KCS, KCE [-] = 1 50	並列制御データ
--- EQUATION --- K-EPS = NOCALC TEMPERATURE = NOCALC CONCENTRATION = NOCALC	方程式制御データ
--- TIME CONTROL --- DT TYPE = AUTO SAFE [-] = 2.00000E-01 INIT [S] = 1.00000E-03 MIN [S] = 1.00000E-05 MAX [S] = 5.00000E-02 END STEP [-] = 999999 TIME [S] = 4.01000E+01	時間制御データ
--- MATERIAL --- W-LEVEL [M] = 1.00000E+01 DENSITY [KG/M3] = 1.00000E+03 K-VISC [M2/S] = 0.00000E+00 GRAVITY [M/S2] = 9.80000E+00 I. C. U [M/S] = 0.00000E+00 V [M/S] = 0.00000E+00 W [M/S] = 0.00000E+00	物性値等データ
--- MODEL ---	モデル等データ



WAVE-BC X-	造波モデルデータ
FUNC = STREAM N[-]= 5 DEPTH [M]= 1.00000E+01 HEIGHT [M]= 4.00000E+00 PERIOD [S]= 8.00700E+00 AMPL [-]= 2.00000E+00 LENGTH [M]= 7.30402E+01 URSELL NUMB[-]= 2.51319E+01 0.0=WAVE(x)[-]= 7.97690E-01	
OPEN-BC X+	開境界データ
FUNC = TYPE1 DEPTH [M]= 1.00000E+01 PERIOD [S]= 8.00700E+00 LENGTH [M]= 7.09303E+01 VELOCITY [-]= 8.85853E+00	
DAMP X+	減衰領域データ
DEGREE [-]= 2 PARAM-XY [-]= 6.00000E-01 PARAM-Z [-]= 6.00000E-01 WIDTH [M]= 1.46080E+02 DEPTH [M]= 1.00000E+01	
— COMPUTATION —	数値解法関連データ
SCHM VP-DNR[-] = 2.00000E-01	
SCHM FF-DN-AC	
MTRX TYPE = MILU-BCGSTAB	
PARAM [-] = 9.50000E-01	
I-MAX [-] = 500	
A-ERR [-] = 1.00000E-12	
R-ERR [-] = 1.00000E-10	
— FILE CONTROL —	ファイル制御データ
RES = NOT READ	
L/P TYPE = NOT WRITE	
GRP TYPE = BY TIME	
START [S] = 0.00000E+00	
END [S] = 9.99990E+03	
DELTA [S] = 8.00700E+00	
AREA1 [-] = 1 1 1	
AREA2 [-] = 400 1 50	
RSL TYPE = NOT WRITE	
TRN TYPE = BY STEP	
START [-] = 0	
END [-] = 999999	
DELTA [-] = 1	
PORO TYPE = NOT READ	
— OPTION —	オプションデータ
SUB-LOOP [-] = 1	
S-CELL-VEL = D2U=0	
T-DOOR BUB = NOT USE	
T-DOOR DROP = NOT USE	
— GRID DATA —	格子座標データ
NUMBER OF GRID-X = 102	
I X DX CX	
0 -9.13003E-01 9.13003E-01 0.00000E+00	
~~~~~ 省略 ~~~~~	
51 2.00000E+01 4.00000E-01 4.00000E-01	
— OBSTACLE —	障害物データ
— BOUNDARY —	境界条件データ
##### INITIAL.	初期条件の設定
>> FILE-GRP : OUT : INITIAL	グラフィックファイルへ格子数等を出力

<pre>##### CALCULATION. STEP=    0 : TIME=  0.00000E+00 : DT =  0.00000E+00  ~~~~ 省略 ~~~~           : !B! =  0.00000E+00 : !R! =  0.00000E+00 : ITR =    0 &gt;&gt; FILE-GRP : OUT : STEP=    0 : TIME=  0.00000E+00 ~~~~~ 省略 ~~~~~ STEP=   918 : TIME=  4.00203E+01 : DT =  4.00600E-02  ~~~~ 省略 ~~~~           : !B! =  6.66105E-01 : !R! =  3.53342E-11 : ITR =    46 &gt;&gt; FILE-GRP : OUT : STEP=   918 : TIME=  4.00203E+01 STEP=   919 : TIME=  4.00614E+01 : DT =  4.11181E-02  ~~~~ 省略 ~~~~           : !B! =  6.38653E-01 : !R! =  5.91756E-11 : ITR =    47 STEP=   920 : TIME=  4.01016E+01 : DT =  4.02112E-02  ~~~~ 省略 ~~~~           : !B! =  7.00378E-01 : !R! =  3.73344E-11 : ITR =    44  ##### CPU TIME [S] #####  ## &lt;&lt;FLOW&gt;&gt; ## TOTAL                                117.65 ## +- PRE PROCESS                       0.10 ## +- CALCULATION                       117.55 ##     +- FILE I/O                      1.25 ##     +- VELO &amp; PRES                   105.42 ##         +- CONV &amp; VISC                4.08 ##         +- GENERATION                 1.26 ##         +- INTEGRATION                2.27 ##         +- POISSON COEF               2.53 ##         +- POISSON SOLV              82.84 ##         +- V &amp; P MODIF                1.33 ##         +- E. T. C.                  11.11 ##     +- TEMPERATURE                   0.00 ##     +- CONCENTRATION                 0.00 ##     +- K-EPSIRON                     0.00 ##     +- VOF FUNCTION                   9.06 ##         +- CONVECTION                 1.84 ##         +- INTEGRATION                 0.50 ##         +- MODIF &amp; CUT                 0.85 ##         +- NF &amp; T-DOOR                1.14 ##         +- E. T. C.                   4.74 ##     +- E. T. C.                       1.82 ## +- E. T. C.                           0.00  ## &lt;&lt;ROUTINE&gt;&gt; ## +- VF_P*****                       36.32 ## +- VF_MIBCGS                         82.77 ## +- VF_FDROPF                          0.00  ##### NORMAL END. #####</pre>	<p>計算開始 ステップ情報</p> <p>グラフィックファイルへ計算結果を出力</p> <p>ステップ情報</p> <p>グラフィックファイルへ計算結果を出力 ステップ情報</p> <p>ステップ情報</p> <p>CPU 時間の出力</p> <p>終了メッセージ (正常終了)</p>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

注) ステップ情報

- STEP : 計算ステップ
- TIME : 物理時間
- DT : 時間刻み幅 ( $=t^n - t^{n-1}$ )
- FSUM : (VOF 関数 F 値×セル面積) の和
- FCUT : (カットオフした VOF 関数 F 値×セル面積) の和
- !VD! : (発散×セル面積) の 2 乗ノルム
- !B! : 連立 1 次方程式の右辺ベクトルの 2 乗ノルム
- !R! : 連立 1 次方程式の最終残差ベクトルの 2 乗ノルム
- ITR : 連立 1 次方程式の解法の反復回数

5.4 時系列ファイル

時系列ファイルは時間依存データを出力するファイルであり、市販の表計算ソフト等を用いて表示する。  
ファイル名は data.tran とし、テキスト形式のファイルである。以下に時系列ファイルの例を示す。

時系列ファイル										内 容
1 W-LEVEL	ANS	X-	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	出力番号、出力項目、格子（セル）番号
2 W-LEVEL	-----	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	
3 W-LEVEL	-----	81	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	
4 W-LEVEL	-----	161	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	
5 W-LEVEL	-----	241	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	
6 W-LEVEL	-----	321	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	
7 W-LEVEL	-----	400	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	
TIME		1	2	3	～～	省略	～			出力番号
0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	～～	省略	～			物理時間、計算値 1、計算値 2・・・
1.2000000E-03	-2.46385964E-11	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	～～	省略	～			
2.6400000E-03	-2.6228511E-10	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	～～	省略	～			
4.3680000E-03	-1.18715773E-09	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	～～	省略	～			
～～～～～～～～～～	～～～～～～～～～～	～～～～～～～～～～	～～～～～～～～～～	～～～～～～～～～～	～～	省略	～			
3.99802361E+01	8.27479959E-02	5.85501252E-02	4.41974665E-02	～～	省略	～				
4.00202958E+01	2.19142791E-02	-1.57292475E-02	-1.99720589E-02	～～	省略	～				
4.00614144E+01	-3.88083644E-02	-8.98002349E-02	-8.41081049E-02	～～	省略	～				
4.01016249E+01	-9.65151936E-02	-1.60249489E-01	-1.45746660E-01	～～	省略	～				

5.5 計算情報ファイル

計算情報ファイルはユーザが計算の進行状況を把握するためのファイルであり、コンソール等（標準出力）に出力される。よって、ファイル名は特に指定されていない、テキスト形式のファイルである。以下に計算情報ファイルの例を示す。

計算情報ファイル	内 容
##### CADMAS-SURF/3D-MP Ver. 1.0 START. #####	実行開始コメント
##### DEFAULT.	デフォルトの設定
##### INPUT-DATA.	入力ファイルの読み込み
##### SETUP.	各種情報の構築
##### CONDITION.	解析条件を出力
##### INITIAL.	初期条件の設定
##### CALCULATION.	計算開始
STEP= 0 : TIME= 0.00000E+00 : DT = 0.00000E+00	ステップ情報
STEP= 1 : TIME= 1.20000E-03 : DT = 1.20000E-03	
STEP= 2 : TIME= 2.64000E-03 : DT = 1.44000E-03	
STEP= 3 : TIME= 4.36800E-03 : DT = 1.72800E-03	
～～～～～～～～～～ 省略 ～	
STEP= 919 : TIME= 4.00614E+01 : DT = 4.11186E-02	
STEP= 920 : TIME= 4.01016E+01 : DT = 4.02105E-02	
##### NORMAL END. #####	終了メッセージ（正常終了）

