



iRIC Software
Changing River Science

Morpho2D

Solver Manual

Produced by Hiroshi Takebayashi

目次

I. 概要.....	1
I.1 MORPHO2D とは	1
I.2 流れ場の計算モデルの特徴	2
I.3 流砂と河床変動の計算モデルの特徴.....	2
I.4 その他の特徴.....	2
II. 基礎式	3
II.1 流れの基礎方程式.....	3
II.2 乱流場の計算方法.....	8
II.3 底面摩擦の計算方法	8
II.4 植生による抵抗の計算方法	8
II.5 流砂の基礎方程式.....	9
II.6 混合粒径モデルについて	13
II.7 河岸浸食モデルについて	14
<参考文献>	15
III. 計算条件.....	16
III.1 境界条件の設定	16
III.2 計算パラメータの設定.....	17
III.3 流砂条件の設定	19
III.4 河床材料の設定	21
III.5 植生の設定.....	23
III.6 障害物の設定	24
III.7 新規・継続計算の設定.....	25
IV. 入出力ファイル.....	26
IV.1 上流端流量データファイルと下流端水位データファイル.....	26
IV.2 表層と下層の粒度分布データファイル.....	27
IV.3 植生密生度データファイル.....	エラー!ブックマークが定義されていません。
IV.4 固定床高さデータファイル.....	エラー!ブックマークが定義されていません。
V. 注意事項	28

I. 概要

I.1 Morpho2D とは

Morpho2d は一般曲線座標で境界適合座標^{※1}を用いた非定常平面 2 次元流れと河床変動計算の解析用ソルバであり，その原型は 2000 年代より京都大学の竹林洋史によって開発が開始され，数々の改良の後，2009 年に(財)北海道河川防災研究センターの河床変動計算用ブリポストソフトウェア-**RIC-Nasy**^{※2}に搭載された計算ソルバです(**Version 1.0**)．

その後，いくつかの機能追加等の修正が行われ，2011 年 3 月に **iRIC Version2.0** 用の計算ソルバとして登録されました(**Version 2.0**)．

河床材料を混合粒径として扱った河床変動の計算に定評があり，河床材料の粒度の平面分布が表現可能なモデルです．また，砂州の発生・発達・移動などを精度良く再現可能です．実河川での適用例も多く，樹木や植生の影響評価，堰や岩などの河床非浸食領域と移動床が共存する場の解析などに適用されています．

※1 直交座標系（デカルト座標系）では曲がった複雑な境界を表現することが困難なため，境界面に沿って座標軸を設定する座標系のことです．デカルト座標系で記述された支配方程式を一般座標に変換（写像）した方程式を計算する必要があります．その特徴から境界適合座標系とも呼ばれます．

※2 [URL] <http://i-ric.org/nays/en/index.html>

1.2 流れ場の計算モデルの特徴

- ① 座標系は一般曲線座標系を採用しており、複雑な境界や河床地形を直接考慮できます。
- ② 運動方程式の移流項の差分法は、TVD-MacCormack法（2次精度）を使用。
- ③ 乱流場の計算では、ゼロ方程式モデルを用いて計算しています。
- ④ 上下流端の境界条件については、下流端で水位、上流端で流量を与える事となっています。
- ⑤ 初期水面形は、初期流量に対する各断面の等流水深を用いた水位を空間的に平均化して滑らかな分布としたものを用いています。等流水深の計算には、平均河床勾配を使用。なお、等流水深から計算された水位が初期下流端水位よりも低い場合は、初期下流端水位を与えています。
- ⑥ 底面の摩擦の評価方法は、マンニングの粗度係数を用いて設定します。マンニングの粗度係数は、空間的に分布を与えることが可能です。
- ⑦ 計算領域中の障害物については、障害物が存在する計算セルの非浸食域高さデータのデータを障害物の高さとして考慮できます。これにより、橋脚など河川構造物を簡単に計算に取り入れることができます。
- ⑧ 計算領域中の植生については、計算セルごとに植生の繁茂面積率と植生高さを設定できます。それぞれ、植生の繁茂面積率データファイルと植生高さデータファイルを作成し、読み込ませます。これにより、植生の影響を簡単に計算に取り入れることができます。

1.3 流砂と河床変動の計算モデルの特徴

- ① 流況計算のみを行うか、流況計算と合わせて河床変動計算を行うか選択可能です。
- ② 流砂の種類は、掃流砂のみと掃流砂+浮遊砂から選択可能です。
- ③ 粒度分布は、一様粒径と混合粒径の2種類が選択可能です。混合粒径を選択した場合、計算中の粒度分布を深さ方向に多層で記憶させることができます。
- ④ 安息角による河岸浸食を考慮することができます。すなわち、河床変動が進行し、河床勾配が安息角以上になった場合、周囲のセルと土砂のやり取りを行い、安息角以下になるように調整します。

1.4 その他の特徴

- ① ホットスタート（前回の計算結果の最終データ出力時から、継続して計算を行うこと）に対応しています。

II. 基礎式

II.1 流れの基礎方程式

II.1.1 直交座標系における基礎式

はじめに、一般曲線座標系に変換（写像）する前の直交座標系(x, y)における基礎式を以下に示します。

[連続式]

$$\Lambda \frac{\partial z}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(uh) + \frac{\partial}{\partial y}(vh) + \frac{\partial}{\partial x}(u_g h_g) + \frac{\partial}{\partial y}(v_g h_g) = 0 \quad (1)$$

[運動方程式]

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial t}(hu) + \frac{\partial}{\partial x}(huv) + \frac{\partial}{\partial y}(huv) \\ = -gh \frac{\partial}{\partial x}(h + z_b) - \frac{\tau_x}{\rho} + \frac{\partial}{\partial x}(h\sigma_{xx}) + \frac{\partial}{\partial y}(h\tau_{yx}) - \frac{F_{vx}}{\rho} \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial t}(hv) + \frac{\partial}{\partial x}(huv) + \frac{\partial}{\partial y}(hvv) \\ = -gh \frac{\partial}{\partial y}(h + z_b) - \frac{\tau_y}{\rho} + \frac{\partial}{\partial x}(h\tau_{xy}) + \frac{\partial}{\partial y}(h\sigma_{yy}) - \frac{F_{vy}}{\rho} \end{aligned} \quad (3)$$

ただし、

$$\tau_x = \tau_b \frac{u_b}{\sqrt{u_b^2 + v_b^2}}, \quad \tau_y = \tau_b \frac{v_b}{\sqrt{u_b^2 + v_b^2}}, \quad \frac{\tau_b}{\rho} = u_*^2 \quad (4)$$

$$\sigma_{xx} = 2\varepsilon \frac{\partial u}{\partial x}, \quad \sigma_{yy} = 2\varepsilon \frac{\partial v}{\partial y}, \quad \tau_{xy} = \tau_{yx} = \varepsilon \left(\frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y} \right) \quad (5)$$

$$F_{vx} = F_v \frac{u}{\sqrt{u^2 + v^2}}, \quad F_{vy} = F_v \frac{v}{\sqrt{u^2 + v^2}}, \quad \frac{F_v}{\rho} = \frac{1}{2} C_{dv} \lambda_v (u^2 + v^2) h_v \quad (6)$$

ここで、 h は水深、 t は時間、 u は x 方向の表面流の鉛直平均流速、 v は y 方向の表面流の鉛直平均流速、 h_g は浸透流の水深、 u_g は x 方向の浸透流の鉛直平均流速、 v_g は y 方向の浸透流の鉛直平均流速、 u_b は x 方向の河床近傍の流速、 v_b は y 方向の河床近傍の流速、 g は重力加速度、 z は水位、 z_b は河床位、 τ_x は x 方向の河床せん断応力、 τ_y は y 方向の河床せん断応力、 F_{vx} は x 方向の植生による抵抗力、 F_{vy} は y 方向の植生による抵抗力、 τ_b 河床せん断応力、 ρ は水の密度、 u_* は摩擦速度、 ε は水の渦動粘性係数、 C_{dv} は植生の抗力係数、 λ_v は植生密度、 h_v は単位幅あたりの植生の流れに対する射影面積です。 Λ は空隙率に関するパラメータであり、 $z \geq z_b$ の時 $\Lambda = 1$ 、 $z < z_b$ のとき $\Lambda = \lambda$ である。

II.1.2 一般曲線座標系への変換

次に直交座標における平面2次元流れの基礎式を一般座標(ξ , η)に変換します。一般座標に変換することにより、任意形状(境界条件に沿って)に計算メッシュを設定可能となります。以下に直交座標系から一般曲線座標系への変換方法を示します。

$$\frac{\partial}{\partial x} = \frac{\partial \xi}{\partial x} \frac{\partial}{\partial \xi} + \frac{\partial \eta}{\partial x} \frac{\partial}{\partial \eta} \quad (7)$$

$$\frac{\partial}{\partial y} = \frac{\partial \xi}{\partial y} \frac{\partial}{\partial \xi} + \frac{\partial \eta}{\partial y} \frac{\partial}{\partial \eta} \quad (8)$$

または,

$$\begin{pmatrix} \frac{\partial}{\partial x} \\ \frac{\partial}{\partial y} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \xi_x & \eta_x \\ \xi_y & \eta_y \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \frac{\partial}{\partial \xi} \\ \frac{\partial}{\partial \eta} \end{pmatrix} \quad (9)$$

ただし,

$$\xi_x = \frac{\partial \xi}{\partial x}, \quad \xi_y = \frac{\partial \xi}{\partial y}, \quad \eta_x = \frac{\partial \eta}{\partial x}, \quad \eta_y = \frac{\partial \eta}{\partial y} \quad (10)$$

同様に,

$$\frac{\partial}{\partial \xi} = \frac{\partial x}{\partial \xi} \frac{\partial}{\partial x} + \frac{\partial y}{\partial \xi} \frac{\partial}{\partial y} \quad (11)$$

$$\frac{\partial}{\partial \eta} = \frac{\partial x}{\partial \eta} \frac{\partial}{\partial x} + \frac{\partial y}{\partial \eta} \frac{\partial}{\partial y} \quad (12)$$

または,

$$\begin{pmatrix} \frac{\partial}{\partial \xi} \\ \frac{\partial}{\partial \eta} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_\xi & y_\xi \\ x_\eta & y_\eta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \frac{\partial}{\partial x} \\ \frac{\partial}{\partial y} \end{pmatrix} \quad (13)$$

ただし,

$$x_\xi = \frac{\partial x}{\partial \xi}, \quad x_\eta = \frac{\partial x}{\partial \eta}, \quad y_\xi = \frac{\partial y}{\partial \xi}, \quad y_\eta = \frac{\partial y}{\partial \eta} \quad (14)$$

従って,

$$\begin{pmatrix} \frac{\partial}{\partial \xi} \\ \frac{\partial}{\partial \eta} \end{pmatrix} = \frac{1}{\xi_x \eta_y - \xi_y \eta_x} \begin{pmatrix} \eta_y & -\eta_x \\ -\xi_y & \xi_x \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \frac{\partial}{\partial x} \\ \frac{\partial}{\partial y} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_\xi & y_\xi \\ x_\eta & y_\eta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \frac{\partial}{\partial x} \\ \frac{\partial}{\partial y} \end{pmatrix} \quad (15)$$

ここで, $J = \xi_x \eta_y - \xi_y \eta_x$ とすると,

$$\frac{1}{J} \begin{pmatrix} \eta_y & -\eta_x \\ -\xi_y & \xi_x \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_\xi & y_\xi \\ x_\eta & y_\eta \end{pmatrix} \quad (16)$$

なので,

$$x_\xi = \frac{1}{J} \eta_y, \quad y_\xi = -\frac{1}{J} \eta_x, \quad x_\eta = -\frac{1}{J} \xi_y, \quad y_\eta = \frac{1}{J} \xi_x \quad (17)$$

または,

$$\eta_y = Jx_\xi, \quad \eta_x = -Jy_\xi, \quad \xi_y = -Jx_\eta, \quad \xi_x = Jy_\eta \quad (18)$$

$$J = \xi_x \eta_y - \xi_y \eta_x = J^2 (x_\xi y_\eta - x_\eta y_\xi) \quad (19)$$

より,

$$J = \frac{1}{x_\xi y_\eta - x_\eta y_\xi} \quad (20)$$

流速の (ξ, η) 成分を (u^ξ, u^η) とすると,

$$u^\xi = \xi_x u + \xi_y v \quad (21)$$

$$u^\eta = \eta_x u + \eta_y v \quad (22)$$

または,

$$\begin{pmatrix} u^\xi \\ u^\eta \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \xi_x & \xi_y \\ \eta_x & \eta_y \end{pmatrix} \begin{pmatrix} u \\ v \end{pmatrix} \quad (23)$$

$$\begin{pmatrix} u \\ v \end{pmatrix} = \frac{1}{J} \begin{pmatrix} \eta_y & -\xi_y \\ -\eta_x & \xi_x \end{pmatrix} \begin{pmatrix} u^\xi \\ u^\eta \end{pmatrix} \quad (24)$$

II.1.3 一般曲線座標系における基礎式

直交座標系 (x, y) における基礎式を一般座標系に変換した基礎式を以下に示します。

[連続式]

$$\Lambda \frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{z}{J} \right) + \frac{\partial}{\partial \xi} \left(\frac{hU}{J} \right) + \frac{\partial}{\partial \eta} \left(\frac{hV}{J} \right) + \frac{\partial}{\partial \xi} \left(\frac{h_g U_g}{J} \right) + \frac{\partial}{\partial \eta} \left(\frac{h_g V_g}{J} \right) = 0 \quad (25)$$

[運動方程式]

$$\begin{aligned}
& \frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{hU}{J} \right) + \frac{\partial}{\partial \xi} \left(U \frac{hU}{J} \right) + \frac{\partial}{\partial \eta} \left(V \frac{hU}{J} \right) \\
& - \frac{hu}{J} \left(U \frac{\partial}{\partial \xi} \left(\frac{\partial \xi}{\partial x} \right) + V \frac{\partial}{\partial \eta} \left(\frac{\partial \xi}{\partial x} \right) \right) - \frac{hv}{J} \left(U \frac{\partial}{\partial \xi} \left(\frac{\partial \xi}{\partial y} \right) + V \frac{\partial}{\partial \eta} \left(\frac{\partial \xi}{\partial y} \right) \right) \\
& = -gh \left(\frac{1}{J} \left(\left(\frac{\partial \xi}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial \xi}{\partial y} \right)^2 \right) \frac{\partial z_s}{\partial \xi} + \frac{1}{J} \left(\frac{\partial \xi}{\partial x} \frac{\partial \eta}{\partial x} + \frac{\partial \xi}{\partial y} \frac{\partial \eta}{\partial y} \right) \frac{\partial z_s}{\partial \eta} \right) - \frac{\tau_{b\xi}}{\rho J} - \frac{F_{v\xi}}{\rho J} \\
& + \frac{1}{J} \left(\frac{\partial \xi}{\partial x} \right)^2 \frac{\partial}{\partial \xi} (h\sigma_{xx}) + \frac{1}{J} \frac{\partial \xi}{\partial x} \frac{\partial \eta}{\partial x} \frac{\partial}{\partial \eta} (h\sigma_{xx}) + \frac{1}{J} \frac{\partial \xi}{\partial y} \frac{\partial \eta}{\partial x} \frac{\partial}{\partial \eta} (h\tau_{yx}) + \frac{1}{J} \frac{\partial \xi}{\partial y} \frac{\partial \xi}{\partial x} \frac{\partial}{\partial \xi} (h\tau_{yx}) \\
& + \frac{1}{J} \frac{\partial \xi}{\partial x} \frac{\partial \eta}{\partial y} \frac{\partial}{\partial \eta} (h\tau_{xy}) + \frac{1}{J} \frac{\partial \xi}{\partial x} \frac{\partial \xi}{\partial y} \frac{\partial}{\partial \xi} (h\tau_{xy}) + \frac{1}{J} \left(\frac{\partial \xi}{\partial y} \right)^2 \frac{\partial}{\partial \xi} (h\sigma_{yy}) + \frac{1}{J} \frac{\partial \xi}{\partial y} \frac{\partial \eta}{\partial y} \frac{\partial}{\partial \eta} (h\sigma_{yy})
\end{aligned} \tag{26}$$

$$\begin{aligned}
& \frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{hV}{J} \right) + \frac{\partial}{\partial \xi} \left(U \frac{hV}{J} \right) + \frac{\partial}{\partial \eta} \left(V \frac{hV}{J} \right) \\
& - \frac{hu}{J} \left(U \frac{\partial}{\partial \xi} \left(\frac{\partial \eta}{\partial x} \right) + V \frac{\partial}{\partial \eta} \left(\frac{\partial \eta}{\partial x} \right) \right) - \frac{hv}{J} \left(U \frac{\partial}{\partial \xi} \left(\frac{\partial \eta}{\partial y} \right) + V \frac{\partial}{\partial \eta} \left(\frac{\partial \eta}{\partial y} \right) \right) \\
& = -gh \left(\frac{1}{J} \left(\frac{\partial \xi}{\partial x} \frac{\partial \eta}{\partial x} + \frac{\partial \xi}{\partial y} \frac{\partial \eta}{\partial y} \right) \frac{\partial z_s}{\partial \xi} + \frac{1}{J} \left(\left(\frac{\partial \eta}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial \eta}{\partial y} \right)^2 \right) \frac{\partial z_s}{\partial \eta} \right) - \frac{\tau_{b\eta}}{\rho J} - \frac{F_{v\eta}}{\rho J} \\
& + \frac{1}{J} \frac{\partial \eta}{\partial x} \frac{\partial \xi}{\partial x} \frac{\partial}{\partial \xi} (h\sigma_{xx}) + \frac{1}{J} \left(\frac{\partial \eta}{\partial x} \right)^2 \frac{\partial}{\partial \eta} (h\sigma_{xx}) + \frac{1}{J} \frac{\partial \eta}{\partial y} \frac{\partial \xi}{\partial x} \frac{\partial}{\partial \xi} (h\tau_{yx}) + \frac{1}{J} \frac{\partial \eta}{\partial y} \frac{\partial \eta}{\partial x} \frac{\partial}{\partial \eta} (h\tau_{yx}) \\
& + \frac{1}{J} \frac{\partial \eta}{\partial x} \frac{\partial \xi}{\partial y} \frac{\partial}{\partial \xi} (h\tau_{xy}) + \frac{1}{J} \frac{\partial \eta}{\partial x} \frac{\partial \eta}{\partial y} \frac{\partial}{\partial \eta} (h\tau_{xy}) + \frac{1}{J} \frac{\partial \eta}{\partial y} \frac{\partial \xi}{\partial y} \frac{\partial}{\partial \xi} (h\sigma_{yy}) + \frac{1}{J} \left(\frac{\partial \eta}{\partial y} \right)^2 \frac{\partial}{\partial \eta} (h\sigma_{yy})
\end{aligned} \tag{27}$$

ここに、 U と V は ξ と η 方向における表面流の反変速度成分であり、以下のように定義される。

$$U = \frac{\partial \xi}{\partial x} u + \frac{\partial \xi}{\partial y} v, \quad V = \frac{\partial \eta}{\partial x} u + \frac{\partial \eta}{\partial y} v \tag{28}$$

U_g と V_g は ξ と η 方向における浸透流の反変速度成分であり、以下のように定義される。

$$U_g = \frac{\partial \xi}{\partial x} u_g + \frac{\partial \xi}{\partial y} v_g, \quad V_g = \frac{\partial \eta}{\partial x} u_g + \frac{\partial \eta}{\partial y} v_g \tag{29}$$

$\tau_{b\xi}$ と $\tau_{b\eta}$ は ξ と η 方向における表面流の反変掃流力成分であり、以下のように定義される。

$$\tau_{b\xi} = \frac{\partial \xi}{\partial x} \tau_{bx} + \frac{\partial \xi}{\partial y} \tau_{by}, \quad \tau_{b\eta} = \frac{\partial \eta}{\partial x} \tau_{bx} + \frac{\partial \eta}{\partial y} \tau_{by} \tag{30}$$

摩擦速度 u_* は、以下のようにマニング則より計算する。

$$u_*^2 = \frac{n_m^2 g}{R^{1/3}} (u^2 + v^2) \quad (31)$$

ここに、 n_m は Manning の粗度係数、 R は径深である。 u_b と v_b は x と y 方向の河床近傍流速である。 $F_{v\xi}$ と $F_{v\eta}$ は ξ と η 方向における植生の反変効力成分であり、以下のように定義される。

$$F_{v\xi} = \frac{\partial \xi}{\partial x} F_{vx} + \frac{\partial \xi}{\partial y} F_{vy}, \quad F_{v\eta} = \frac{\partial \eta}{\partial x} F_{vx} + \frac{\partial \eta}{\partial y} F_{vy} \quad (32)$$

浸透流の運動量保存則は以下のものである。

$$u_g = -k_{gx} \left(\frac{\partial \xi}{\partial x} \frac{\partial z_b}{\partial \xi} + \frac{\partial \eta}{\partial x} \frac{\partial z_b}{\partial \eta} \right), \quad v_g = -k_{gy} \left(\frac{\partial \xi}{\partial y} \frac{\partial z_b}{\partial \xi} + \frac{\partial \eta}{\partial y} \frac{\partial z_b}{\partial \eta} \right) \quad (33)$$

ここに、 k_{gx} と k_{gy} は x と y 方向の透水係数である。

II.2 乱流場の計算方法

乱流とは大小さまざまな渦を伴う不規則な流れのことです。Morpho2D では、乱流場の計算方法として、「ゼロ方程式モデル」を採用しています。

渦動粘性係数 ε は、一般的に乱流の代表流速 v_t と代表長さ l の積で表されます。

$$\varepsilon = v_t l \quad (34)$$

水深と粗度が横断方向に緩やかに変化する流れ場においては、水平方向の渦動粘性係数と鉛直方向の渦動粘性係数は同じオーダーであると仮定し、主として底面摩擦速度と水深が運動量輸送を規定すると考え、渦動粘性係数 ε を以下の式で表します。

$$\varepsilon = a u_* h \quad (35)$$

ここに、 a は比例定数です。

Fisher¹⁾や Weibel・Schatzmann²⁾の実験によれば、鉛直方向の運動量輸送に関わる a 値が0.07程度であるため、カルマン係数 κ (0.4) を用いて、渦動粘性係数 ε を以下の式で表します。

$$\varepsilon = \frac{\kappa}{6} u_* h \quad (36)$$

このモデリングは乱流統計量についての輸送方程式を必要としないのでゼロ方程式モデルと呼ばれています。

II.3 底面摩擦の計算方法

Morpho2D では、底面の摩擦はマニング則を用いて評価します。マニングの粗度係数は、空間的に分布させる事ができます。

河床せん断力 τ_x 、 τ_x は摩擦速度 u_* を用いて示されています。摩擦速度 u_* とマニングの粗度係数 n_m は以下の関係にあります。

$$u_*^2 = \frac{n_m^2 g}{R^{1/3}} (u^2 + v^2) \quad (37)$$

n_m の値を計算セルごとに与え、空間的に変化させることができます。

II.4 植生による抵抗の計算方法

Morpho2D では、植生の抵抗は、植生の抗力係数 C_{dv} と植生の密生度 λ_v と単位幅あたりの植生の流れに対する射影面積 h_v を用いて設定します。植生の密生度 λ_v は、計算セルの植生占有率 c_{av} と基本密生度 λ_{vb} より、以下の関係から求められる。

$$\lambda_v = c_{av} \lambda_{vb} \quad (38)$$

植生の密生度の空間変化は、植生占有率 c_{av} を空間的に変化させることにより、考慮できます。また、植生の高さデータを用いることにより、 h_v を通して、植生が冠水した場合の植生の流れに対する射影面積を適切に見積もることができます。

II.5 流砂の基礎方程式

Morpho2D で河床変動計算を行う場合、流砂の種類として、「掃流砂のみ」と「掃流砂＋浮遊砂」の2種類から選択可能です。また、河床材料については、「均一粒径」と「混合粒径」の2種類から選択可能です。

II.5.1 無次元河床せん断応力

無次元河床せん断応力は、流砂量の計算などに用いられる無次元化された河床せん断応力です。この値が大きいと土砂が多く流れ、小さいと少なくなります。交換層内の土砂の平均粒径に対する無次元河床せん断応力は、以下のような式です。

$$\tau_{*m} = \frac{u_*^2}{sgd_m} \quad (39)$$

ただし、 d_m は交換層内の土砂の平均粒径、 s は土砂の水中比重です。

II.5.2 掃流砂量

掃流砂の方向の各粒径階ごとの掃流砂量 q_{bk} は以下の修正された芦田・道上の式^{3~5)}で求める。

$$q_{bk} = 17 \frac{\rho u_{*e}^3}{(\rho_s - \rho)g} \left(1 - \sqrt{K_c} \frac{u_{*ck}}{u_*} \right) \left(1 - K_c \frac{u_{*ck}^2}{u_*^2} \right) f_{bk} r_b \quad (40)$$

ここに、 ρ_s は砂の密度である。 u_{*e} は有効摩擦速度であり、以下のような式である。

$$u_{*e}^2 = \frac{u^2 + v^2}{\left(6 + 2.5 \ln \frac{h}{d_m (1 + 2\tau_{*m})} \right)^2} \quad (41)$$

粒径階 k の限界摩擦速度は以下のような式³⁾である。

$$u_{*ck}^2 = u_{*cm}^2 \left[\frac{\log_{10} 19}{\log_{10} (19 d_k / d_m)} \right]^2 \frac{d_k}{d_m} \quad d_k / d_m \geq 0.4 \quad (42)$$

$$u_{*ck}^2 = 0.85 u_{*cm}^2 \quad d_k / d_m \leq 0.4 \quad (43)$$

平均粒径に対する限界摩擦速度は、以下の岩垣式より求める⁶⁾。

$$u_{*cm}^2 = 80.9 d_m \quad d_m \geq 0.303 \quad (44)$$

$$u_{*cm}^2 = 134.6 d_m^{3/2} \quad 0.118 \leq d_m < 0.303 \quad (45)$$

$$u_{*cm}^2 = 55.0 d_m \quad 0.0565 \leq d_m < 0.118 \quad (46)$$

$$u_{*cm}^2 = 8.41 d_m^{1/2} \quad 0.0065 \leq d_m < 0.0565 \quad (47)$$

$$u_{*cm}^2 = 226d_m \quad d_m < 0.0065 \text{ (Unit : cm)} \quad (48)$$

r_b は交換層厚さに関する関数であり、以下のものである。

$$r_b = 1 \quad E_{sd} \geq E_{be} \quad (49)$$

$$r_b = \frac{E_b}{E_{be}} \quad E_{sd} \leq E_{be} \quad (50)$$

K_c は河床の局所勾配の影響による補正関数であり、以下のものである。

$$K_c = 1 + \frac{1}{\mu_s} \left[\left(\frac{\rho}{\rho_s - \rho} + 1 \right) \cos \alpha \tan \theta_x + \sin \alpha \tan \theta_y \right] \quad (51)$$

ここに、 α は以下のように、 x 軸からの河床近傍流速の偏差角である。

$$\alpha = \arctan \left(\frac{v_b}{u_b} \right) \quad (52)$$

μ_s は静止摩擦係数。 θ_x と θ_y は x と y 方向における局所河床勾配である。これらの勾配は、以下のものである。

$$\theta_x = \arctan \left(\frac{\partial \xi}{\partial x} \frac{\partial z_b}{\partial \xi} + \frac{\partial \eta}{\partial x} \frac{\partial z_b}{\partial \eta} \right), \quad \theta_y = \arctan \left(\frac{\partial \xi}{\partial y} \frac{\partial z_b}{\partial \xi} + \frac{\partial \eta}{\partial y} \frac{\partial z_b}{\partial \eta} \right) \quad (53)$$

$q_{b\xi k}$ と $q_{b\eta k}$ は ξ と η 方向における粒径階 k の反変掃流砂量成分であり、以下のように定義される。

$$q_{b\xi k} = \frac{\partial \xi}{\partial x} q_{bxk} + \frac{\partial \xi}{\partial y} q_{byk}, \quad q_{b\eta k} = \frac{\partial \eta}{\partial x} q_{bxk} + \frac{\partial \eta}{\partial y} q_{byk} \quad (54)$$

q_{bxk} と q_{byk} は x と y 方向における粒径階 k の掃流砂量成分であり、以下のように定義される^{3)~5)}。

$$q_{bxk} = q_{bk} \cos \beta_k, \quad q_{byk} = q_{bk} \sin \beta_k \quad (55)$$

掃流砂の平均的な方向に対する局所河床勾配 (θ) は以下のように求める。

$$\sin \theta = \cos \beta_m \sin \theta_x + \sin \beta_m \sin \theta_y \quad (56)$$

粒径階 k の掃流砂ベクトルの x 軸からの偏差角 β_k は以下の関係より求める。

$$\tan \beta_k = \frac{\sin \alpha - \Pi \Theta_y \left(\frac{u_{*ck}^2}{u_*^2} \right) \tan \theta_y}{\cos \alpha - \Pi \Theta_x \left(\frac{u_{*ck}^2}{u_*^2} \right) \tan \theta_x} \quad (57)$$

$$\Pi = K_{ld} + 1/\mu_s \quad (58)$$

$$\Theta_y = \frac{1}{1 + \tan^2 \theta_x + \tan^2 \theta_y}, \quad \Theta_x = \Theta_y + \frac{\rho}{\rho_s - \rho} \cos^2 \theta_x \quad (59)$$

ここに、 $K_{ld} (\cong 0.85)$ は抗力と浮力の比である。

II.5.3 河床近傍の流速の算定

河床近傍の流速は、水深平均流の流線の曲率より、以下のように求められる。

$$u_b = u_{bs} \cos \alpha_s - v_{bs} \sin \alpha_s, \quad v_b = u_{bs} \sin \alpha_s + v_{bs} \cos \alpha_s \quad (60)$$

$$u_{bs} = 8.5u_*, \quad v_{bs} = -N_* \frac{h}{r} u_{bs} \quad (61)$$

ここに、 u_b と v_b は x と y 方向の河床近傍流速、 $\alpha_s = \arctan(v/u)$ であり、 N_* は7.0である⁷⁾。
 r は流線の曲率である。

II.5.4 流線の曲率

流線の曲率 r は、以下の関係より求められる⁸⁾。

$$\frac{1}{r} = \frac{1}{(u^2 + v^2)^{3/2}} \left\{ u \left(u \frac{\partial v}{\partial x} - v \frac{\partial u}{\partial x} \right) + v \left(u \frac{\partial v}{\partial y} - v \frac{\partial u}{\partial y} \right) \right\} \quad (62)$$

II.5.5 浮遊砂浮上量

浮遊砂の浮上量式としては、Lane & Kalinske の式⁹⁾と Itakura and Kishi の式¹⁰⁾から選択できます。基準面高さにおける k 粒径階の平衡浮遊砂濃度 (c_{sbe}) は Lane & Kalinske の式⁹⁾を用いると以下のようなものである。

$$c_{sbe} = 5.55 \left(\frac{1}{2} \frac{u_*}{w_{fk}} \exp \left(-\frac{w_{fk}}{u_*} \right) \right)^{1.61} f_{bk} r_b \quad (\text{unit: ppm}) \quad (63)$$

浮遊砂濃度の鉛直分布が指数分布で仮定されるとき、 k 粒径階の水深平均浮遊砂濃度 (c_{sk}) と基準面高さにおける k 粒径階の浮遊砂濃度 (c_{sbk}) との関係は以下のようなものである。

$$c_{sk} = \frac{c_{sbk}}{\beta_{sk}} \left(1 - e^{(-\beta_{sk})} \right) \quad (64)$$

$$\beta_{sk} = \frac{w_{fk} h}{D_h} \quad (65)$$

ここに、 D_h は水深方向の浮遊砂拡散係数であり、ここでは簡単のため ε を用いている。浮遊砂の沈降速度 (w_{fk}) は以下の関係より求める¹¹⁾。

$$w_{fk} = \left(\sqrt{\frac{2}{3} + \frac{36v^2}{(\rho_s/\rho - 1)gd_k^3}} - \sqrt{\frac{36v^2}{(\rho_s/\rho - 1)gd_k^3}} \right) \sqrt{(\rho_s/\rho - 1)gd_k} \quad (66)$$

基準面高さにおける k 粒径階の平衡浮遊砂濃度 (c_{sbe}) は Itakura and Kishi の式¹⁰⁾を用いると以下のようなものである。

$$q_{su} = p_k^* K \left[a_* \frac{\rho_s - \rho}{\rho_s} \cdot \frac{gd}{\sqrt{\tau_*}} \Omega - w_f \right] \quad (67)$$

$$\Omega = \frac{\tau_*}{B_*} \cdot \frac{\int_{a'}^{\infty} \xi \frac{1}{\sqrt{\pi}} \exp[-\xi^2] d\xi}{\int_{a'}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{\pi}} \exp[-\xi^2] d\xi} + \frac{\tau_*}{B_* \eta_0} - 1 \quad (68)$$

$$a' = \frac{B_*}{\tau_*} - \frac{1}{\eta_0}, \quad \eta_0 = 0.5, \quad a_* = 0.14, \quad K = 0.008 \quad (69)$$

ただし、 q_{su} は浮遊砂の単位面積当たりの河床からの浮上量、 w_f は浮遊砂の沈降速度であり Rubey の式¹²⁾より求める。 B_* は揚力算定の際の速度に摩擦速度を適用するための換算係数であり、均一粒径の場合は $B_* = 0.143$ の一定値が用いられる。

II.5.6 浮遊砂の輸送方程式

一般曲線座標系における k 粒径階の水深平均浮遊砂濃度の質量保存則は以下のようである。

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{hc_{sk}}{J} \right) + \frac{\partial}{\partial \xi} \left(U \frac{hc_{sk}}{J} \right) + \frac{\partial}{\partial \eta} \left(V \frac{hc_{sk}}{J} \right) \\ = \frac{1}{J} w_{fk} (c_{sbe} - c_{sbk}) \\ + \frac{\partial}{\partial \xi} h \left(\frac{1}{J} \left(D_x \left(\frac{\partial \xi}{\partial x} \right)^2 + D_y \left(\frac{\partial \xi}{\partial y} \right)^2 \right) \frac{\partial c_{sk}}{\partial \xi} + \frac{1}{J} \left(D_x \frac{\partial \xi}{\partial x} \frac{\partial \eta}{\partial x} + D_y \frac{\partial \xi}{\partial y} \frac{\partial \eta}{\partial y} \right) \frac{\partial c_{sk}}{\partial \eta} \right) \\ + \frac{\partial}{\partial \eta} h \left(\frac{1}{J} \left(D_x \frac{\partial \xi}{\partial x} \frac{\partial \eta}{\partial x} + D_y \frac{\partial \xi}{\partial y} \frac{\partial \eta}{\partial y} \right) \frac{\partial c_{sk}}{\partial \xi} + \frac{1}{J} \left(D_x \left(\frac{\partial \eta}{\partial x} \right)^2 + D_y \left(\frac{\partial \eta}{\partial y} \right)^2 \right) \frac{\partial c_{sk}}{\partial \eta} \right) \end{aligned} \quad (70)$$

ここに、 D_x と D_y は、それぞれ、流下方向と横断方向の浮遊砂拡散係数であり、簡単のため ε を用いている。

II.5.7 流砂連続式

まずは、平面 2 次元の直交座標系における流砂の連続式を示します。

$$\frac{\partial}{\partial t} (c_b E_b) + (1-\lambda) \frac{\partial z_b}{\partial t} + \left(\frac{\partial}{\partial x} \left(\sum_{k=1}^n q_{bxk} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\sum_{k=1}^n q_{byk} \right) + \sum_{k=1}^n w_k (c_{sbe} - c_{sbk}) \right) = 0 \quad (71)$$

なお、「掃流砂のみ」を選択した場合は、浮遊砂浮上量、沈降速度、基準点濃度はゼロとなります。

次に、流れの連続式と同様に上式を一般座標に変換します。

$$\frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{c_b E_b}{J} \right) + (1-\lambda) \frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{z_b}{J} \right) + \left(\frac{\partial}{\partial \xi} \left(\sum_{k=1}^n \frac{q_{b\xi k}}{J} \right) + \frac{\partial}{\partial \eta} \left(\sum_{k=1}^n \frac{q_{b\eta k}}{J} \right) + \sum_{k=1}^n \frac{1}{J} w_k (c_{sbek} - c_{sbk}) \right) = 0$$

$$E_{sd} \geq E_{be} \frac{c_b}{1-\lambda} \quad (72)$$

$$\frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{z_b}{J} \right) = 0 \quad E_{sd} \leq E_{be} \frac{c_b}{1-\lambda} \quad (73)$$

II.6 混合粒径モデルについて

混合粒径で構成される河床はある粒度分布により構成されています。この粒度分布を数値的に扱うためには、河床の粒径加積曲線を n 階層に分割し、各粒径階を代表粒径 d_k でとその代表粒子の存在確率 f_{bk} で表現します。なお、中央粒径 d_m は次式で定義されます。

$$d_m = \sum_{k=1}^n f_{mk} d_k \quad (74)$$

ここに、 d_k は k 粒径階の代表粒径です。粒径階ごとの交換層と堆積層の質量保存則は、以下のようです¹³⁾。

$$\frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{c_b E_b f_{bk}}{J} \right) + (1-\lambda) F_{bk} \frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{z_b}{J} \right) + \left(\frac{\partial}{\partial \xi} \left(\frac{q_{b\xi k}}{J} \right) + \frac{\partial}{\partial \eta} \left(\frac{q_{b\eta k}}{J} \right) + \frac{1}{J} w_k (c_{sbek} - c_{sbk}) \right) = 0$$

$$\begin{cases} F_{bk} = f_{d1k}, \partial z_b / \partial t \leq 0, E_{sd} \geq E_{be} \frac{c_b}{1-\lambda} \\ F_{bk} = f_c, \partial z_b / \partial t \leq 0, E_{sd} \leq E_{be} \frac{c_b}{1-\lambda} \\ F_{bk} = f_{bk}, \partial z_b / \partial t \geq 0 \end{cases} \quad (75)$$

$$\frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{E_{d1} f_{d1k}}{J} \right) - F_{dk} \frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{E_{d1}}{J} \right) = 0 \quad \begin{cases} F_{dk} = f_{d1k}, \partial z_b / \partial t \leq 0 \\ F_{dk} = f_{bk}, \partial z_b / \partial t \geq 0 \end{cases} \quad (76)$$

ここに、 f_{bk} は交換層内の粒径階 k の存在率、 f_{dmk} は交換層底面から m 番目の堆積層内の粒径階 k の存在率、 c_b は交換層内の土砂濃度である。 E_{be} は平衡交換層厚であり、ここでは以下の関係より求めている¹²⁾。

$$\frac{E_{be}}{d_m} = \frac{1}{c_b \cos \theta (\tan \phi - \tan \theta)} \tau_{*m} \quad (77)$$

ここに、 d_{max} は交換層内の土砂の最大粒径である。 E_{sd} は土層厚である。 E_b は交換層厚であり、以下のようである。

$$E_b = E_{be} \quad E_{sd} \geq E_{be} \frac{c_b}{1-\lambda} \quad (78)$$

$$E_b = E_{sd} \frac{1-\lambda}{c_b}$$

$$E_{sd} \leq E_{be} \frac{c_b}{1-\lambda} \quad (79)$$

II.7 河岸浸食モデルについて

河岸近傍で河床低下が生じ、河岸の角度が水中安息角 θ_c 以上となった場合、水中安息角を超える部分は瞬間的に崩落すると仮定し、その侵食量に等しい量の体積の土砂量を河岸近傍の洗掘部分に埋め戻します。

また、計算格子の左右端 ($j=1$ と $j=ny$) が河岸浸食した場合、計算領域を拡大し、計算格子の再配置を行います。

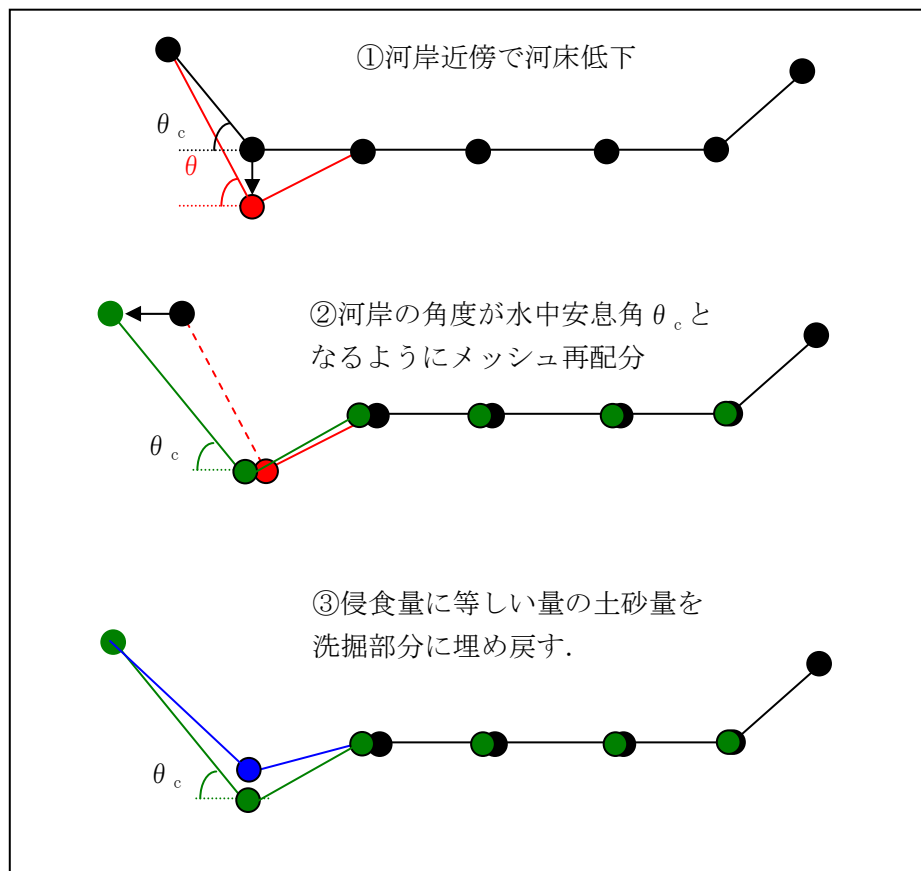


図 II-1 河岸侵食計算の模式図

<参考文献>

- 1) Fisher, H.B.: Longitudinal Dispersion and Turbulent Mixing in Open-Channel Flow, Annual Review of Fluid Mechanics, Vol. 5, pp.59-78, 1973.
- 2) Webel, G., Schatzmann, M.: Transverse Mixing in Open Channel Flow, Journal of Hydraulic Engineering, Vol. 110, No. 4, pp. 423-435, 1984.
- 3) 芦田和男, 道上正規 : 移動床流れの抵抗と掃流砂量に関する基礎的研究, 土木学会論文報告集, 第206号, pp.59-69, 1972.
- 4) Kovacs, A. and Parker, G. A new vectorial bedload formulation and its application to the time evolution of straight river channels. J. Fluid Mech. Vol. 267, pp. 153-183, 1994.
- 5) B. Y. Liu Study on Sediment Transport and Bed Evolution in Compound Channels. Thesis presented to Kyoto University, 1991.
- 6) 岩垣雄一 : 限界掃流力の流体力学的研究, 土木学会論文集, 第41号, pp.1-21, 1956.
- 7) Engelund, F.: Flow and Bed Topography in Channel Bend, Jour. of Hydr. Div. , ASCE, Vol.100. HY11, pp.1631-1648, 1974.
- 8) Shimizu, Y. and Itakura, T. Calculation of flow and bed deformation with a general non-orthogonal coordinate system, *Proc. of XXIV IAHR Congress*, Madrid, Spain, C-2, pp.41-48, 1991.
- 9) Lane, E. W. and Kalinske, A. A. Engineering calculation of suspended sediment, *Trans. A.G.U.*, Vol. 22, 1941.
- 10) Itakura, T. and Kishi, T. : Open channel flow with suspended sediments. *Proc. of ASCE, HY8*, pp.1325-1343, 1980.
- 11) Rubey, W. W. : Settling velocity of gravel, sand and silt particles. *Amer. Jour. Sci*, 25, pp.325-338, 1933.
- 12) Egashira, S. and Ashida, K. Unified view of the mechanics of debris flow and bed-load, *Advances in Micromechanics of Granular Materials*, (Edited by H.H.Shen et al.) Elsevier, pp. 391-400, 1992.
- 13) Takebayashi, H., Egashira, S. and Okabe, T. Braided streams formed on beds with non-uniform sediment, *Proc. 3rd IAHR Symposium on River, Coastal and Estuarine Morphodynamics*, pp.787-798, 2003.

III. 計算条件

この章では、Morpho2D ソルバーの計算条件について、iRIC の計算条件の設定ダイアログを示しながら説明します。

III.1 境界条件の設定

下流端及び上流端の境界条件に関する各種条件を設定します。

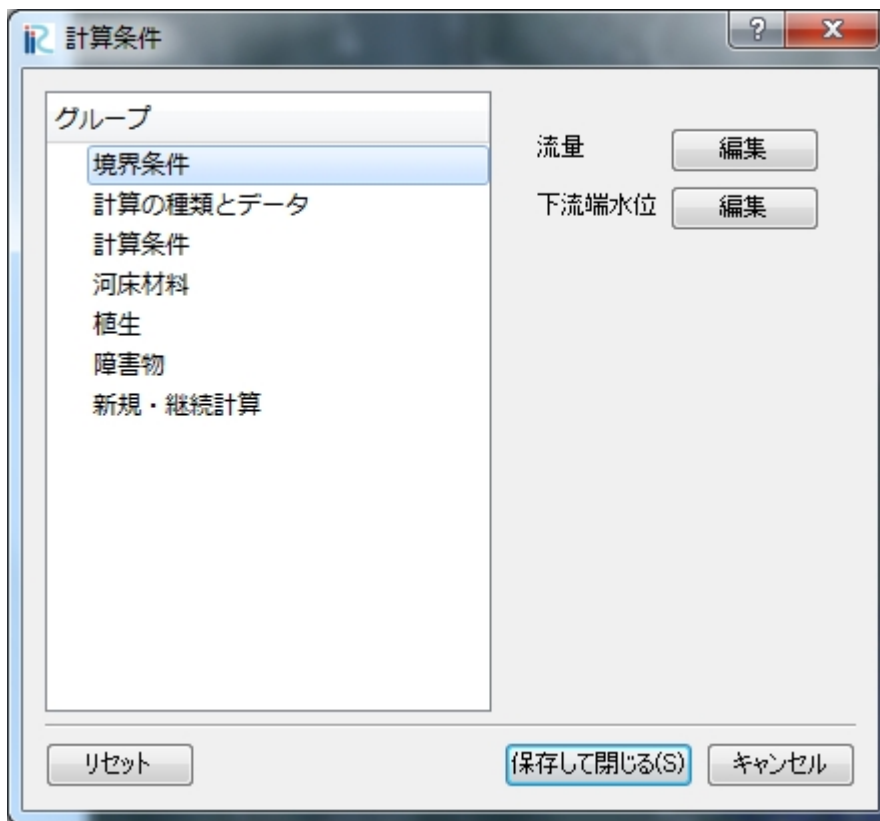


図 III-1 境界条件の設定画面

表 III-1 境界条件の設定の説明

#	項目	設定方法	注意事項
1	流量	上流端における流量を設定。ファイルから流量の時系列データを読み込むだけでなく、直接データを入力することも可能。	時間の単位は秒，流量の単位は m^3/s 。
2	下流端水位	下流端における水位を設定。ファイルから水位の時系列データを読み込むだけでなく、直接データを入力することも可能。	時間の単位は秒，水位の単位は m。

III.2 計算の種類とデータ出力時間等の設定

計算時間などの各種条件を設定します。

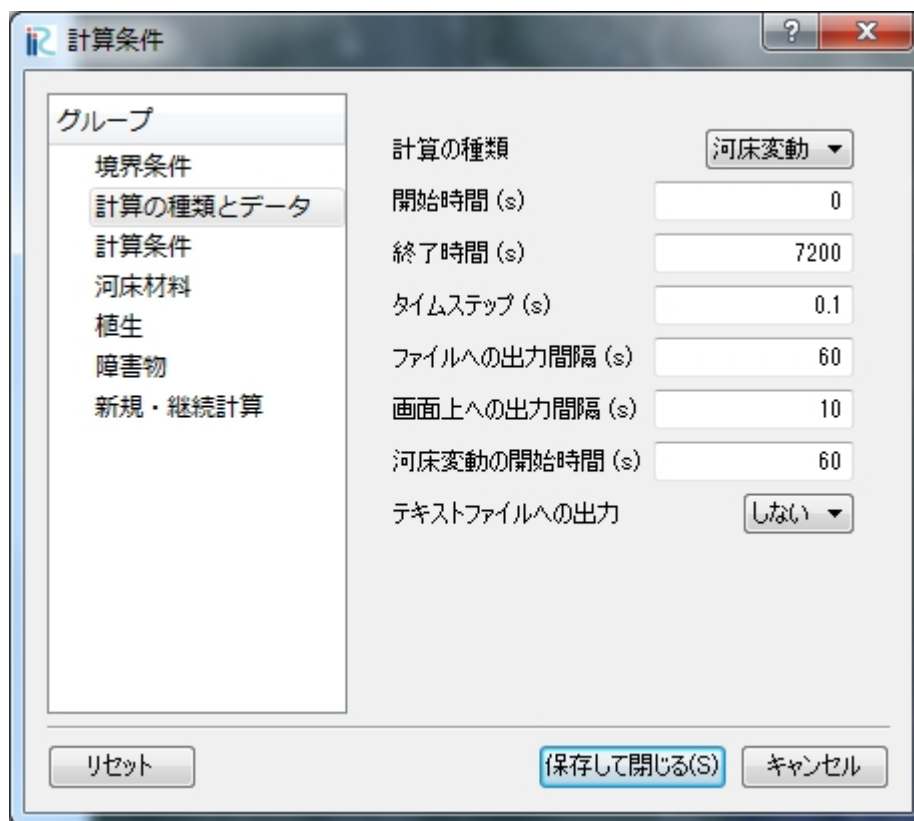


図 III-2 計算の種類とデータの設定画面

表 III-2 計算の種類とデータの設定の説明

#	項目	設定方法	注意事項
1	計算の種類	水の流れの計算のみを行う[流れのみ]と河床変動計算を行う[河床変動]のどちらかを選択する。	
2	開始時間(s)	計算を開始する時間を設定。	単位は秒。
3	終了時間(s)	計算を終了する時間を設定。	単位は秒。流量・水位データの最終時間より小さくするように注意して設定をする。
4	タイムステップ(s)	タイムステップ Δt を設定する。	単位は秒。CFL 条件を満たす必要がある。ある程度試行錯誤によりこの値を設定する必要がある。さらに、混合砂計算時には、 Δt 内での交換層の土砂交換量が層内の総土砂量に比して十分少なくなければならないため、一

			様砂計算時よりも小さい値を設定しなければならない場合がある。
5	ファイルへの出力間隔(s)	ファイルにデータを出力する時間間隔を設定。	単位は秒。時間的になめらかな動画を作成したいときは、短い出力間隔に設定する方が良いです。
6	画面上への出力間隔(s)	画面上への計算条件を出力する時間間隔を設定。	単位は秒。あまり短い時間間隔で出力させると、計算が遅くなる場合があります。
7	河床変動の開始時間(s)	河床変動を開始する時間を設定。初期の流れの条件は、平面二次元流れの支配方程式を解いた結果によるものではなく、等流条件に近い状態の流れ場が設定されています。そのため、流れの計算の開始とともに河床変動を開始すると、計算が上手く実行されない場合があります。そのため、河床変動解析を開始する前に流れの計算のみを行い、平面二次元流れの支配方程式を解いた流れ場を作成し、その後に河床変動を開始します。河床変動開始時間は、そのために設けられているものです。	単位は秒。計算区間長が長い場合や流量が小さい場合は、時間を長めに設定するなど、適切な値を選択する必要があります。計算区間長を初期水理条件に対する長波の伝播速度で除した値よりも長めに設定した方が良い。
8	テキストファイルへの出力	計算結果をテキストファイルに出力する場合は[する]を選択し、出力しないときは[しない]を選択します。	

III.3 計算条件の設定

浸透流や流砂に関する各種条件を設定します。

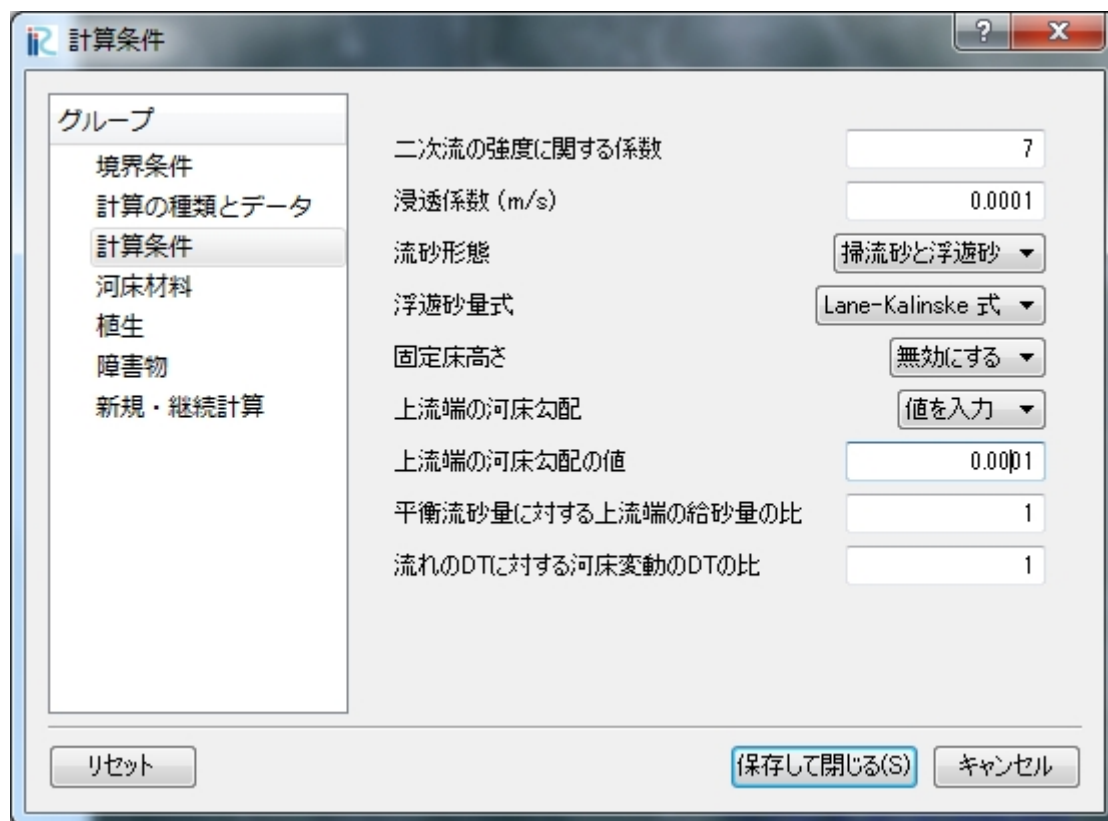


図 III-3 計算条件の設定画面

表 III-3 計算条件の設定の説明

#	項目	設定方法	注意事項
1	二次流強度 に関する係数	二次流の強度に関する係数を設定します。7~11 程度の値を設定します。	この値を大きくすると、多くの水理条件で砂州の高さは高くなる傾向があります。
2	浸透係数	浸透係数を設定します。	単位は m/s.
3	流砂形態	流砂形態を選択します。掃流砂のみを考慮して河床変動計算をするときは[掃流砂]を選択し、浮遊砂も考慮する場合は、[掃流砂と浮遊砂]を選択します。	
4	浮遊砂量式	基準点高さにおける浮遊砂の巻き上げ量の式を選択します。式は、Lane-Kalinske 式と板倉・岸式の二つから選択可能です。	
5	固定床高さ	河床の一部において岩が露出したり、堰が存在するなど、河床が浸食されない領域がある場合に設定しま	

		す。[使用する]を選択するときは、固定床高さ領域のポリゴンを設定し、固定床高さを設定する必要があります。ポリゴン設定時の固定床高さは、10000 未満の値のみ有効です。ポリゴン設定時の固定床高さとして初期河床高さを使用する場合は、ポリゴン設定時の固定床高さの入力値として 10000 を入力します。	
6	上流端の河床勾配	上流端の河床勾配を設定します。計算領域内の平均河床勾配を用いるときは[平均勾配]を選択し、値を入力するときは[値を入力]を選択します。	計算領域内の平均河床勾配と上流端付近の河床勾配が大きく異なるときは河床勾配の値を設定する必要があります。
7	上流端の河床勾配 の値	上流端の河床勾配の値を入力します。6 の[上流端の河床勾配]で[値を入力]を選択したときのみ有効となります。	
8	平衡流砂量に対する 上流端の給砂量の比	平衡流砂量に対する上流端からの流砂量の比を設定します。上流端付近にダムが設置されており、給砂が平衡流砂量よりも少ないときに 1 以下に設定したり、上流端付近が地すべり地などの土砂生産場である時に 1 以上に設定したりします。	
9	流れの DT に対する 河床変動の DT の比	流れのタイムステップに対する河床変動のタイムステップの比を設定します。通常 1 を設定しておきます。しかし、流れの変化に対して河床変動の変化は非常に遅い事を考えると、流れのタイムステップに対して河床変動のタイムステップを大きくしても計算結果に大きな影響を与えないことが予想されます。そこで、解析結果を早く得たいときに、1~10 程度の値を設定します。	

III.4 河床材料の設定

河床材料に関する各種条件を設定します。

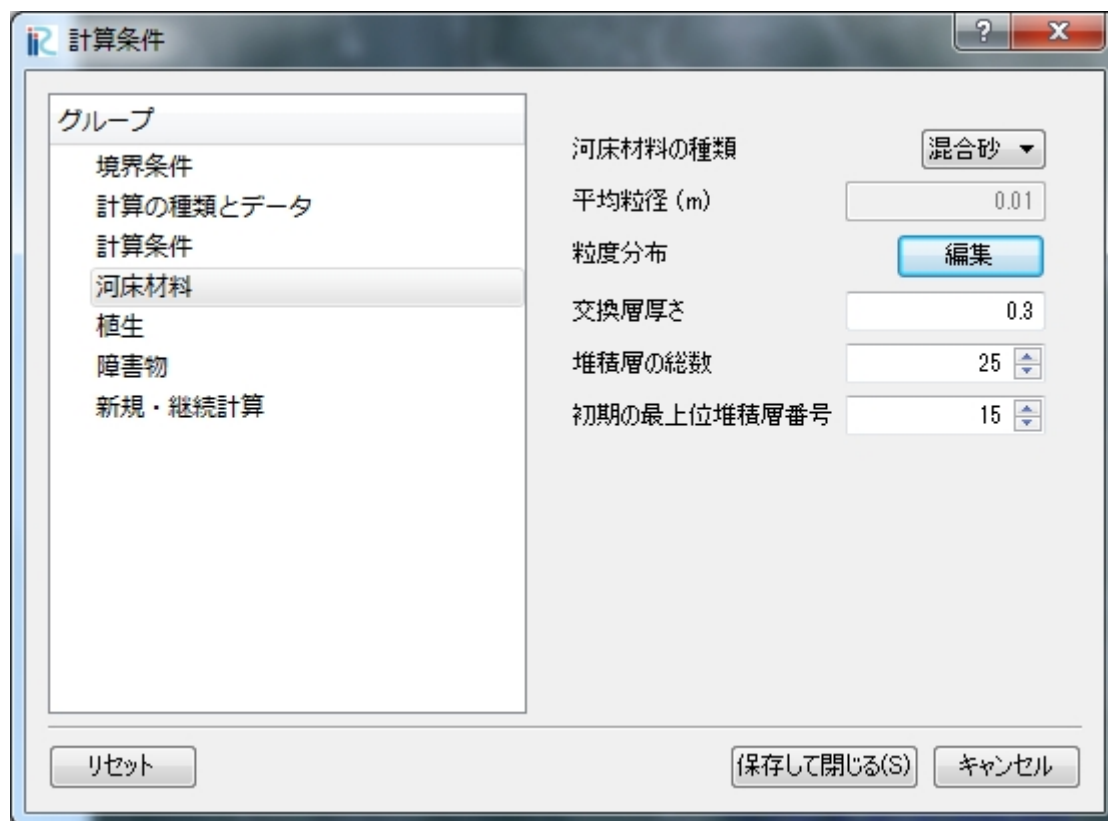


図 III-4 河床材料の設定画面

表 III-4 河床材料の設定の説明

#	項目	設定方法	注意事項
1	河床材料の種類	河床材料を均一の粒径として扱う場合は[一様砂]を選択し、粒度分布を考慮する場合は[混合砂]を選択します。	
2	平均粒径(m)	平均粒径を入力。[河床材料の種類]で一様砂を選択したときのみ有効。	単位はメートル。Morpho2Dでは、陸域と水域の判定する閾値を平均粒径としているため、流れのみ計算においても適切な値の設定が必要。
3	粒度分布	河床材料の初期粒度分布データを設定します。データは、ファイルからの読み込みと直接入力の方が可能。データは、表層と下層の両方の粒度データを設定する。1の[河床材料の種類]で混合砂を選択したときのみ有効。	本モデルでは、初期粒度分布の空間的な変化は無視している。

4	交換層厚さ	交換層の厚さを単位で設定する。礫河川では最大粒径程度，砂河川では砂堆の波高程度を与える。	単位はメートル。交換層厚さの時空間分布は無視している。また，交換層より下の層の厚さは交換層と同一の厚さとなる。
5	堆積層の総数	遷移層より下の堆積層の数。予想される最大鉛直河床変動幅より決定する。	
6	初期の最上位堆積層番号	初期条件での遷移層直下の堆積層番号を設定する。初期河床条件に対して，予想される最大堆積厚さや最大洗掘深さより決定する。	堆積層は最下層を1として上に向かって番号が増えていく。

III.5 植生の設定

植生に関する各種条件を設定します。

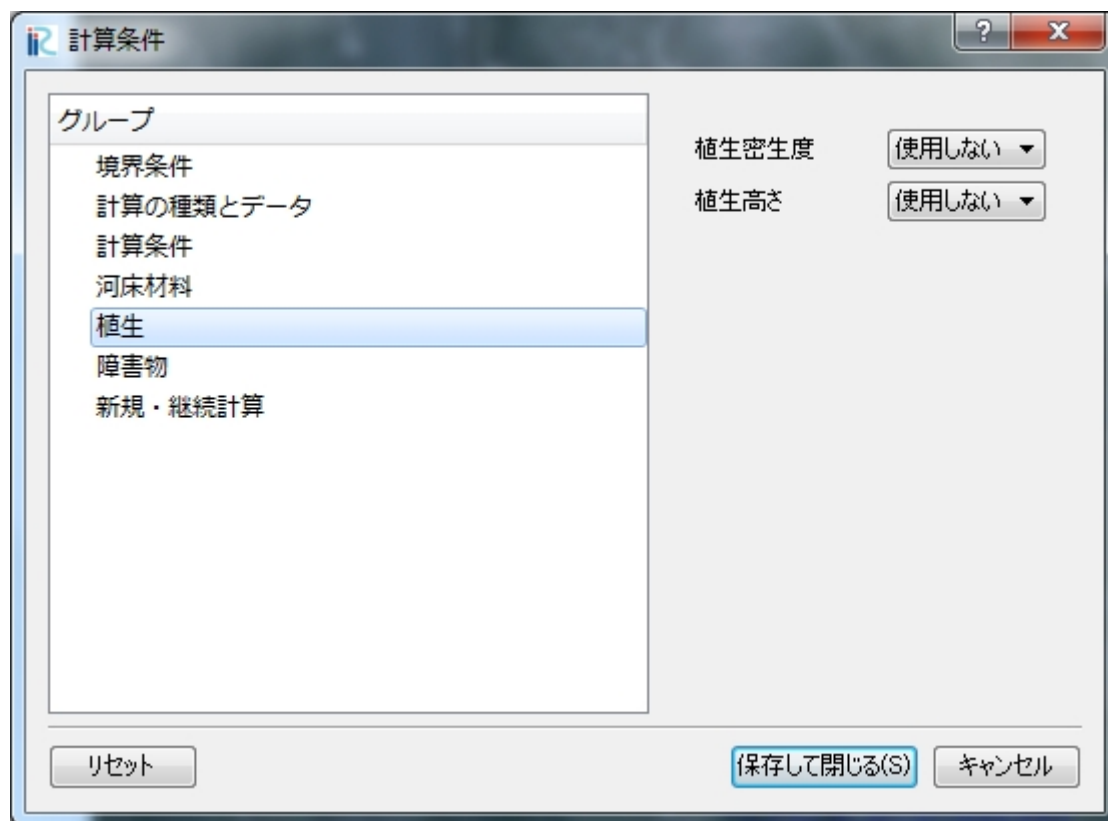


図 III-5 植生の選択画面

表 III-5 植生の説明

#	項目	設定方法	注意事項
1	植生密生度	植生密生度データを読み込むか読み込まないかを選択する。[使用する]を選択するときは、植生密生度を設定する領域のポリゴンを作成し、植生密生度の値を入力する必要がある。	植生を考慮するときは必ず[使用する]を選択する。
2	植生高さ	植生の高さデータを読み込むか読み込まないかを選択する。[使用する]を選択するときは、植生高さを設定する領域のポリゴンを作成し、植生高さの値を入力する必要があります。植生を考慮する場合においても植生の高さデータが無い場合はデータを設定する必要はありません。	植生の高さデータを読み込まない場合は、植生の高さは無限大となり、植生は常に抜水状態で計算されます。

III.6 障害物の設定

障害物に関する各種条件を設定します。

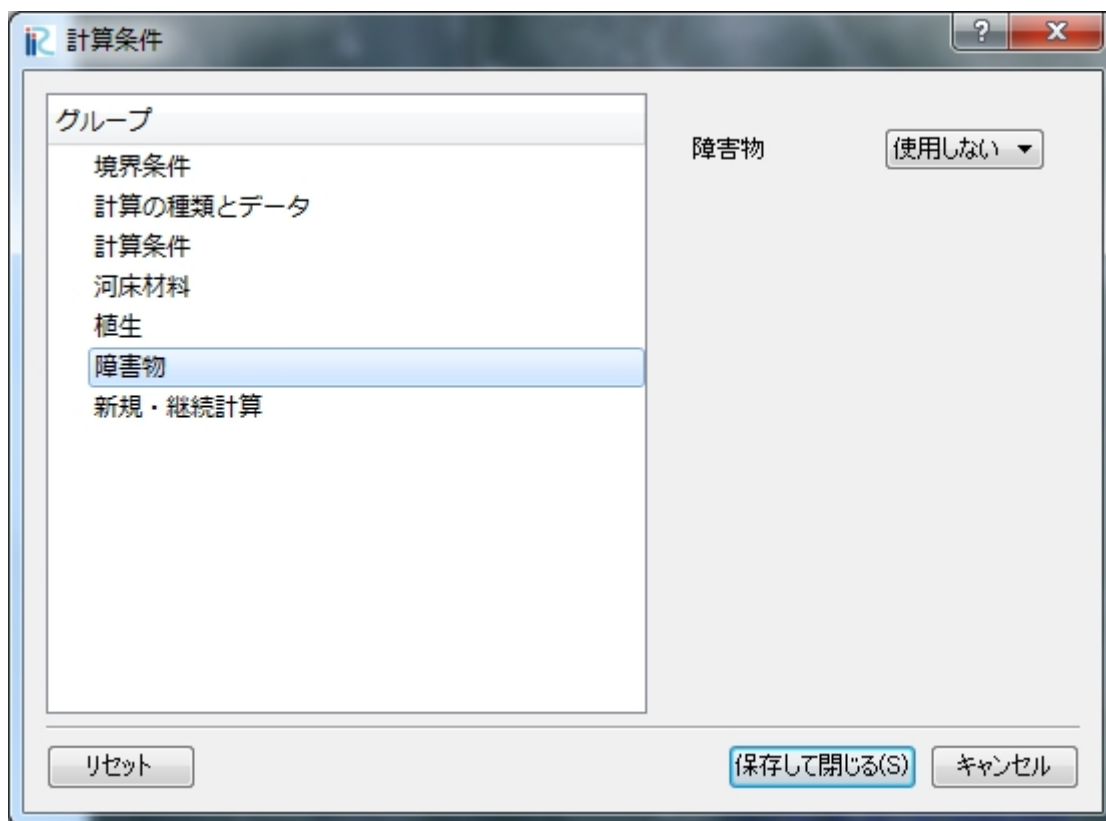


図 III-6 障害物の選択画面

表 III-6 初期水面形の説明

#	項目	設定方法	注意事項
1	障害物	障害物データを読み込むか読み込まないかを選択する。障害物を考慮するときに[使用する]を選択します。[使用する]を選択するときは、障害物を設定する領域のポリゴンを作成する必要があります。	

III.7 新規・継続計算の設定

新規・継続計算に関する各種条件を設定します。

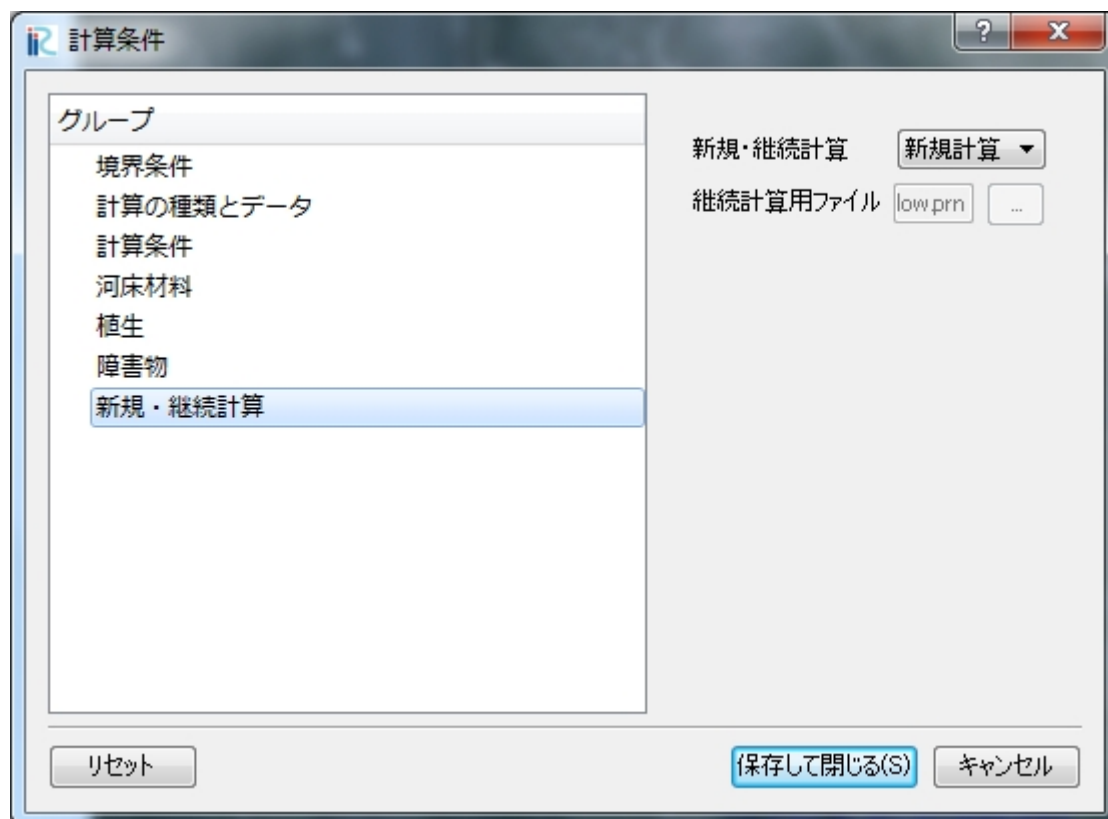


図 III-7 新規・継続計算の情報の設定画面

表 III-7 新規・継続計算の情報の説明

#	項目	設定方法	注意事項
1	新規・継続計算	新規の計算の時は、[新規計算]を選択して下さい。以前、途中まで計算を行い、その続きから計算を行うときは、[継続計算]を選択して下さい。	
2	継続計算用ファイル	継続計算の時、以前計算した時のcgns ファイルを読み込んで下さい。	

IV. 入出力ファイル

この章では、Morpho2DへiRICの機能を使わずに入出力されるファイル（Discharge.csv（上流端流量の入力）、WLevel.csv（下流端水位の入力）、Ryudo.csv（粒度分布の入力）out.d（計算結果の出力）について説明します。iRICの機能を使って入出力されているファイル（格子ファイル、計算条件ファイル、計算結果ファイル等）については、iRIC関連ファイルマニュアルを参照して下さい。

IV.1 上流端流量データファイルと下流端水位データファイル

上流端流量データファイルと下流端水位データファイルのフォーマットは同一です。時間の単位は秒、流量の単位は m^3/s 、水位の単位はmです。データは、1行目から始まります。時間データと流量・水位データは、カンマで区切ります。

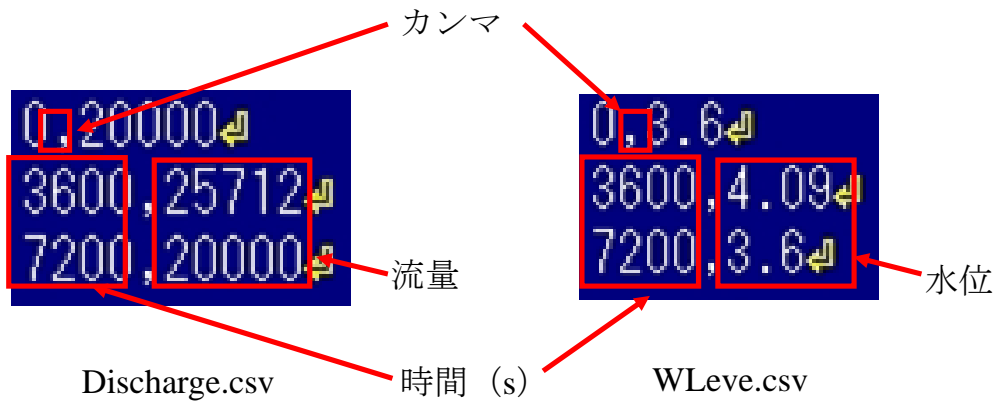


図 IV-1 上流端流量データファイルと下流端水位データファイル

IV.2 表層と下層の粒度分布データファイル

各粒径階の粒径の単位は m です。データは、1 行目から始まります。粒径と存在率データはカンマで区切り、1 列目が粒径、2 列目が表層の各粒径階の存在率、3 列目が下層の各粒径階の存在率です。以下の図では、存在率を%で表示された値が示されていますが、データは、合計が 100 となる%であっても、合計が 1 となるデータであっても、読み込んだ後に合計が 1 となるように基準化するので、どちらの形式でも入力可能です。

各粒径階の粒径 (m) 表層の各粒径階の存在率

0.0075	2.2	2.2
0.0035	35.3	35.3
0.0015	12.6	12.6
0.00075	18.7	18.7
0.000375	11.4	11.4
0.000175	4.3	4.3
0.0000625	15.5	15.5

カンマ 下層の各粒径階の存在率

SSize.csv

図 IV-2 表層粒度分布データファイルと下層粒度分布データファイル

V. 注意事項

河川測量データに堤内のデータが含まれる場合，下図のように堤内にも水が流れるため，格子生成時には，堤内における測量点を削除するか無効化する必要があります。

