

4. 三次元ソルバー NaysCUBEの機能強化, 及び定常・非定常一次元ソルバー Nays1Dの開発 (担当: 木村一郎)

(1) 概要

今年度4月にiRIC ver.2.0のリリースを終え、デフォルトでインストールされるソルバーの数も着実に増えつつあり、現時点で8となった(Nays2D, Nays2DFlood, Morpho2D, NaysCUBE, Delft3D, River2D, FaSTMECK, Storm)。しかし、このうち、流れを三次元的に取り扱うものはNaysCUBEとDelft3Dの2つに過ぎず、鉛直方向の加速度を考慮した純然たる意味での三次元モデルはNaysCUBEの一つだけとなる。それだけに、現時点でのNaysCUBEの使命は大きく、三次元解析を必要とするユーザーに対して必要な機能を確実に安定に供することが強く求められる。そこで、今年度はVer.2.0リリース前後から寄せられたユーザーからの要望をもとに、ソルバーの改良を実施し、機能強化を図った。主な機能強化の内容は、これまで鉛直二次元ソルバー NaysCLIPで装備されていた浮遊砂解析機能の追加、周期境界条件設置時の流量調整機能の強化の2点である。

一方、河川行政担当者一次元モデルの装備に関する要望が大きいことを考慮し、一次元ソルバーであるNays1Dを新たに開発した。一次元ソルバーとしては、1.で述べたMorpho1Dも今年度平行して開発が進められているが、Nays1DとMorpho1Dの大きな違いは、後者が定常モデル(不等流モデル)であるのに対し、前者は定常モデル、非定常モデルのいずれも装備している点にある。ただし、Morpho1Dは一般断面形状が扱えるに対し、Nays1Dは現時点では矩形断面形状のみに対応している。

以下、NaysCUBE, Nays1Dのそれぞれのソルバー開発状況について、節を改めて述べていく。

(2) NaysCUBEの機能強化(1)・・・浮遊砂解析機能の追加

a) 背景と基本方針

浮遊砂が河床変動に及ぼす影響は、一般に掃流砂に比べて相対的に小さいとみなされる場合が多いが、水理条件によっては浮遊砂が卓越するケースももちろん存在する。また、河川による物質輸送に着目する場合、浮遊砂の影響が掃流砂に比べて格段に多いケースも報告されている。これらの点を考慮し、これまで鉛直二次元ソルバー NaysCLIPで装備されていたものと同程度の浮遊砂輸送解析モデルをNaysuCUBEに組み込むこととした。組み込む浮遊砂解析モデルは河川で最も一般的に用いられるオイラー形の移流拡散方程式をベースに、底面付近の基準面濃度に板倉・岸のモデルを用いたモデルを採用した。

b) 浮遊砂の基礎式

浮遊砂輸送方程式は、ソース項の付加されたスカラー移流拡散方程式であり、移動一般曲線座標のもとでは次のようにあらわされる。

$$\frac{\partial c}{\partial t} + \frac{1}{\sqrt{g}} \frac{\partial}{\partial \xi^j} \left[\sqrt{g} c (V^j - W^j - \delta_3^j \frac{w_f}{\sqrt{g_{33}}}) \right] + c \nabla_j W^j = \frac{1}{\sqrt{g}} \frac{\partial}{\partial \xi^j} (D_t \sqrt{g} g^{ij} \frac{\partial c}{\partial \xi^i}) \quad (1)$$

ここに、 c : 浮遊砂濃度(体積濃度)、 D_t : 浮遊砂拡散係数、 w_f : 浮遊砂沈降速度をそれぞれ表す。右辺は拡散項を表しており、内部セル(底面セル以外のセル)では、次のように分解される。

$$\begin{aligned} & \frac{1}{\sqrt{g}} \frac{\partial}{\partial \xi^j} (D_t \sqrt{g} g^{ij} \frac{\partial c}{\partial \xi^i}) = \\ & \frac{1}{\sqrt{g}} \frac{\partial}{\partial \xi^1} (D_t \sqrt{g} g^{k1} \frac{\partial c}{\partial \xi^k}) + \frac{1}{\sqrt{g}} \frac{\partial}{\partial \xi^2} (D_t \sqrt{g} g^{k2} \frac{\partial c}{\partial \xi^k}) + \frac{1}{\sqrt{g}} \frac{\partial}{\partial \xi^3} (D_t \sqrt{g} g^{k3} \frac{\partial c}{\partial \xi^k}) \end{aligned} \quad (2)$$

一方、最下層の底面セルについては、(2)式の右辺第3項は浮遊砂ソース項（浮遊項、シンク項は移流項中に含まれる） q_{su} を考慮して、次のように分解される。

$$\begin{aligned} \frac{1}{\sqrt{g}} \frac{\partial}{\partial \xi^3} (D_t \sqrt{g} g^{k3} \frac{\partial c}{\partial \xi^k}) &\Rightarrow \frac{1}{\sqrt{g}} \frac{1}{\Delta \zeta} \left[\left(D_t \sqrt{g} g^{k3} \frac{\partial c}{\partial \xi^k} \right)_{upper} - \left(D_t \sqrt{g} g^{k3} \frac{\partial c}{\partial \xi^k} \right)_{lower} \right] \\ &= \frac{1}{\sqrt{g}} \frac{1}{\Delta \zeta} \left[\left(D_t \sqrt{g} g^{k3} \frac{\partial c}{\partial \xi^k} \right)_{upper} - 0 \right] + \frac{\sqrt{g^{33}}}{\Delta \zeta} q_{su} \end{aligned} \quad (3)$$

ここに、添え字upperはセル上面の値，lowerはセル下面（底面セルの場合河床面）の値を示す。ソース項（浮遊項）は平衡状態を考慮し、基準面濃度Caと沈降速度wfの積として次のように表わす。

$$q_{su} = C_a w_f \quad (4)$$

ここに、基準面濃度は基準面高さ（本モデルでは基準面高さは $z = a = \Delta z |k=1/2$ ：最下層の高さの1/2，としている。）における浮遊砂濃度であり、このモデル化においては板倉・岸モデル(1980)¹⁾を用い、次のように表記される。

$$C_a = K \left(\alpha_* \frac{\rho_s - \rho}{\rho_s} \frac{gd}{u_* w_f} \Omega - 1 \right) \quad (5)$$

ここに、

$$\Omega = \frac{\tau_*}{B_*} \frac{a}{\int_a^\infty \frac{1}{\sqrt{\pi}} \exp(-\xi^2) d\xi} + \frac{\tau_*}{B_* \eta_0} - 1, \quad a = \frac{B_*}{\tau_*} - \frac{1}{\eta_0} \quad (6)$$

と表記される。一方、 B_* 、 η_0 、 α_* 、 K はモデル定数であり、これらの値については、アインシュタイン(1950)にならい、 $B_* = 0.143$ 、 $\eta_0 = 0.5$ 、 $\alpha_* = 0.14$ 、 $K = 0.008$ と与える。

砂粒子の沈降速度wfについては、Rubeyの式により、次のように計算する。

$$w_f = \sqrt{\frac{2}{3} Sgd + \frac{36v^2}{d^2}} - \frac{6v}{d} \quad (7)$$

ここに、 S ：砂粒子の水中比重（ $\simeq 1.65$ ）， v ：水の動粘性係数（ $10^{-6} \text{m}^2/\text{s}$ ）を表す。

②河床の連続式

一般座標系における河床の連続式（エクスター方程式）を示す。

- ・デカルト座標系

$$\frac{\partial z_b}{\partial t} + \frac{1}{1-\lambda} \left[\frac{\partial q_b^x}{\partial x} + \frac{\partial q_b^y}{\partial y} + (q_{su} - w_f c_b) \right] = 0 \quad (8)$$

ここに、 λ ：河床砂の空隙率， z_b^x ： x 方向の掃流砂量フラックス成分， z_b^y ： y 方向の掃流砂量フラックス成分をそれぞれ表わす。 q_{su} ：浮遊砂ソース項， $w_f c_b$ ：浮遊砂シンク項をそれぞれ表わす。

- ・一般曲線座標系

$$\frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{z_b}{J} \right) + \frac{1}{1-\lambda} \left(\frac{\partial}{\partial \xi} \left(\frac{q_b^x}{J} \right) + \frac{\partial}{\partial \eta} \left(\frac{q_b^y}{J} \right) + \frac{1}{J} (q_{su} - w_f c_b) \right) = 0 \quad (9)$$

ここに、 z 二次元ヤコビアン、 z 方向の掃流砂量フラックスの反変成分、 η 方向の掃流砂量フラックスの反変成分をそれぞれ表わす。

c) 浮遊砂輸送モデルに関するユーザーインターフェースの改良

浮遊砂輸送モデルの導入にあたり、計算条件設定画面のうち、「河床に関する条件の設定」ウインドウについて、図-4.1ように変更した。

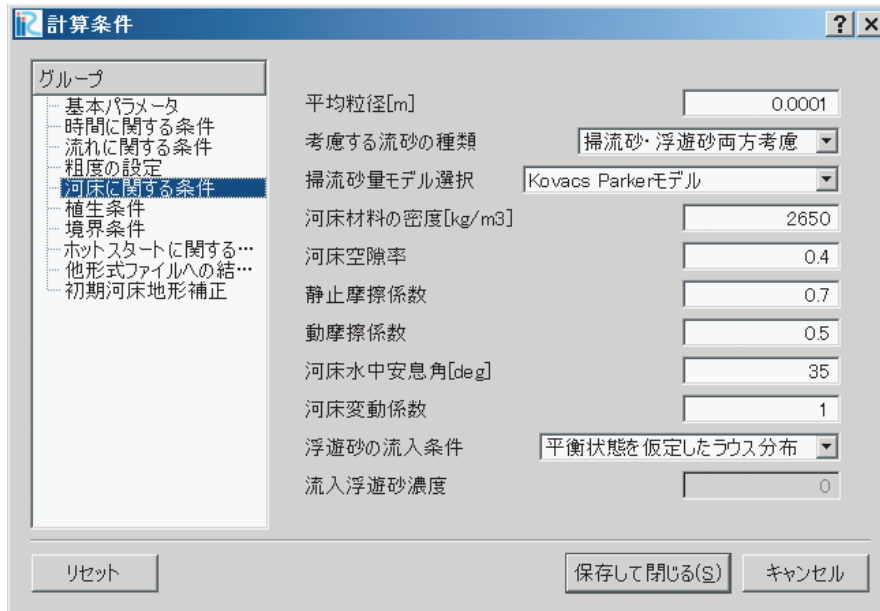


図-4.1 河床に関する条件設定ダイアログ(画面)

図-4.1の各設定項目については、表-4.1に示すとおりである。また、計算結果の出力項目については、「浮遊砂濃度」の出力を追加した。

表-4.1 河床に関する条件設定の説明

#	項目	設定方法	注意事項
1	平均粒径 (m) (注2)	河床材料の平均粒径を設定します。単位に注意。	単位は (m)
2	考慮する流砂の種類	「掃流砂のみ」、「浮遊砂のみ」、「掃流砂と浮遊砂両方考慮」のいずれかから選択します。	
3	掃流砂量モデルの選択 (注1)	掃流砂のモデルを、Meyer-Peter-Mullerモデル、芦田道上モデル、Kovacs Parkerモデルの中から選択します。	モデルの詳細はⅡ.3を参照。通常は、芦田道上モデルをベースに主流方向の河床勾配を考慮したKovacs Parkerモデルを推奨します。
4	河床材料の密度	河床材料の密度を [kg/m ³] 単位で数値で指定します。	通常の砂礫の場合は2650 [kg/m ³]
5	河床の空隙率	河床の空隙率を設定します。	デフォルトは0.4。通常は変更の必要はありません。
6	静止摩擦係数	河床材料の静止摩擦係数を設定します。	デフォルトは0.7。
7	動摩擦係数	河床材料の動摩擦係数を設定します。	デフォルトは0.5。
8	河床水中安息角 (度)	河床の水中安息角を設定します。	単位は (deg)。デフォルトは35°。この値を大きくとりすぎると計算が不安定になりやすくなります。
9	河床変動係数 (注4)	河床変動係数 (Morphological factor) の値を数値で指定します。河床変動係数は、1時間ステップ当たり河床変動量に掛かる倍率です。	本来河床変動係数は1ですが、流れの変化に比べて河床変動の変化が遅い場合、この値を1より大きくとることによって計算を効率化できます。(但し、大きくとりすぎると計算が不安定になることがあるので注意が必要です。)
10	浮遊砂の流入条件 (注3)	上流端からの浮遊砂の流入方法を、「平衡状態を仮定したラウス分布」、「浮遊砂濃度を定数で与える」のいずれかから選択します。	通常は「平衡状態を仮定したラウス分布」を選択します。上流端の浮遊砂濃度の計測データが得られている場合、あるいは上流端における浮遊砂濃度が平衡状態と異なる場合には「浮遊砂濃度を定数で与える」を選択します。
11	流入浮遊砂濃度	一つ上の項目で「浮遊砂濃度を定数で与える」を選択した場合、ここでその値を指定します。	浮遊砂濃度は体積割合で指定します。たとえば、100cm ³ の河川水中に粒子分(固形分)の体積が0.1cm ³ 存在する場合は、0.001と指定します。

注1) 掃流砂量モデルの選択

本バージョンで選択可能な掃流砂モデルは、いずれも平衡流砂モデルです。

注2) 平均粒径の設定

本バージョンでは均一粒径のモデルを採用しています。混合粒径モデルについては次期バージョン以降で対応予定です。

注3) 上流端の浮遊砂濃度分布

この設定は、Ⅲ.7「境界条件」で主流方向周期境界条件を設定した場合には無視されます。「浮遊砂濃度を定数で与える」を選択した場合、上流端鉛直方向の濃度分布は一様で与えられます。

注4) 河床変動係数の影響

河床が動的な場合(たとえば砂堆の移動を伴う場合など)、河床変動は河床の移動速度にも影響を及ぼすことに注意が必要です。すなわち、計算結果における河床の移動速度(砂堆の進行速度など)は物理的な速度に河床変動係数を乗じた値となります。

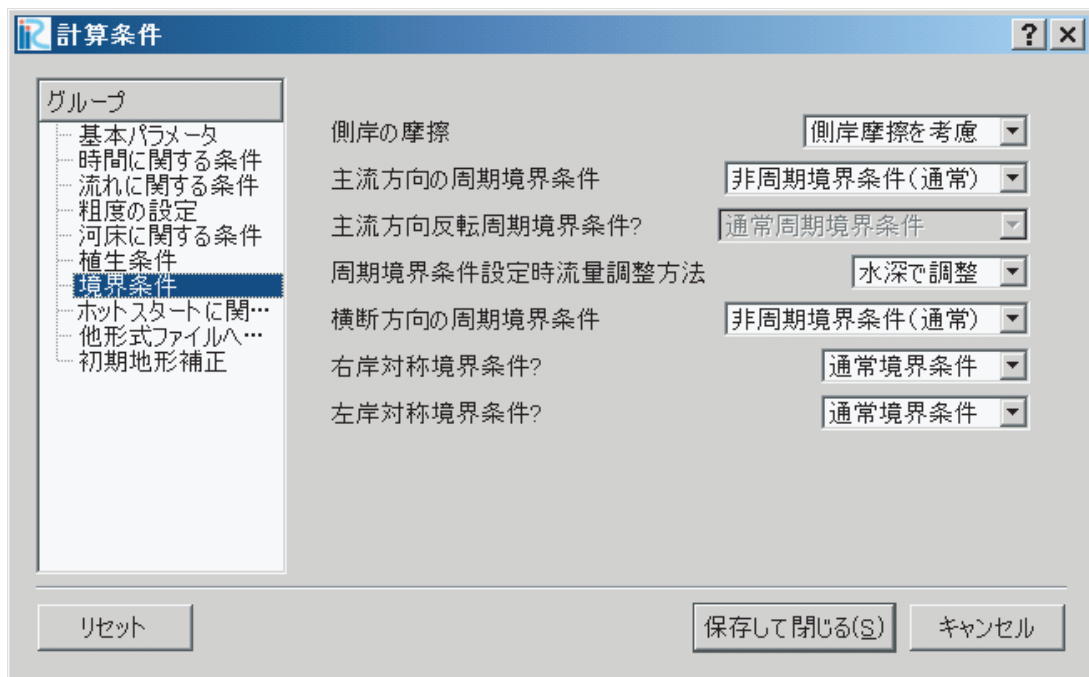


図-4.2 周期境界条件流量調整機能追加に伴うインターフェースの変更

(3) NaysCUBEの機能強化(2)・・・周期境界条件の流量調整機能の強化

a) 背景と基本方針

主流方向周期境界条件は、流れ場が主流方向に長く一様で、現象が周期性を有する場合に計算を効率化する上で極めて有効な手法である。主流方向周期境界条件を設定すると、下流端からの流出をそのまま上流側の流入とするため、流量を陽に設定することができない。したがって、底面や壁面などの摩擦応力の評価が実問題と異なると、流量が実問題と異なるという問題が生じる。この問題を回避するため、旧ソルバーでは、重力（すなわち勾配）の影響を加減することで流量を設定流量に動的に一致させるという方法を採用してきた。この手法では、初期の流体体積が保存させるため、平均水深は計算を通じて不変である。しかし、動的に流量が変化する洪水流などの場合には、重力項を恣意的に操作することは物理現象と乖離している。

この問題を回避するため、重力項は変化することなく、水面の上下により動的に流量を設定流量に一致させる新たな流量調整機能を追加することとした。

b) ユーザーインターフェースの変更

上記の機能追加に伴い、「計算条件設定」の「境界条件」設定ウインドウについて、図-4.2に示すように変更を加えた。具体的には、ウインドウの4つ目の設定項目として「周期境界条件設定時流量調整方法」を追加し、新たに追加した「水深で調整」という手法と、旧来の「勾配で調整」という手法をユーザーが選択可能となるよう変更した。

(4) 定常・非定常一次元ソルバー Nays1Dの開発

a) 開発動機と基本方針

河川実務の現場、特に行政担当者から一次元河川シミュレーション機能の搭載に関する要望がよせられていることを契機に、一次元ソルバーの開発を行うこととした。一次元モデルは解くべき方程式の数は2次元、あるいは3次元ソルバーに比べて少ないが、境界条件や地形形状の扱い等において、独自の工夫が必要である。本年度は将来の本格的な一次元ソルバー開発の基盤となるシンプルなプロトタイプの

開発を実施した。すなわち、河川横断形状としては矩形形状とし、ユーザーは各KPについて、川幅と平均水深の2つの情報のみを用意することとした。また、河床変動計算については、現時点では均一粒径の掃流砂輸送のみを考慮することとした。一方、流れ場の解析方法としては、定常次元ソルバーであるMorpho1Dとの差別化を図ることをも考慮して、定常モデル（不等流モデル）に加え、非定常モデル（不定流モデル）も選択可能とした。両者のメリット・デメリットは次の通りである。

【不等流計算】

メリット：

- ・流れに関する時間ステップ Δt の制限が無い。したがって計算時間は短い。長期間の計算（数十年以上）が可能

デメリット：

- ・流れの時間変化の到達が場所的に異なる現象を再現できないため、現象によっては精度が落ちる。
- ・流れに関する Δt 制限は無いが、河床変動が急激に進む場で大きい Δt をとるとは非合理的な河床形状が生じ、異常終了する場合がある。
- ・射流区間では通常の計算方法が使えないので、近似が必要。

【不定流計算】

メリット：

- ・流れの時空間変化を考慮できる。洪水到達の場所的遅れやヒステレシスも再現できる。流れの変化に伴う河床変動の進行についても時間的なラグを生じずに評価できる。

デメリット：

- ・計算時間間隔 Δt に制限があるため、計算所要時間は不等流に比べて大きい。

b) 基礎方程式

- ・定常モデル（不等流モデル）の流れの基礎方程式

定常モデルの流れの基礎方程式は、定常連続式とエネルギー式からなり、次のように記述される。

[連続式]

$$\frac{\partial Q}{\partial x} = 0 \quad (10)$$

[エネルギー式]

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q^2}{2gA^2} \right) + \frac{\partial z_s}{\partial x} + \frac{S\tau_b}{\rho g A} = 0 \quad (11)$$

ここに、 Q : 流量、 x : 流れ方向座標、 A : 断面積、 g : 重力加速度、 ρ : 水の密度、 z_s : 潤辺、 τ_b : 摩擦応力、 z_b : 水位である。摩擦応力を含む左辺第3項については、マンニングの粗度係数 n を用いて、次のように表現する。

$$\frac{S\tau_b}{\rho g A} = \frac{n^2 Q^2}{A^2 R^{4/3}} \quad (12)$$

- ・非定常モデル（不定流モデル）の流れの基礎方程式

非定常モデルの流れの基礎式は、

[連続式]

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0 \quad (13)$$

[運動方程式]

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial vQ}{\partial x} + gA \frac{\partial z_s}{\partial x} + \frac{S\tau_b}{\rho} = 0 \quad (14)$$

ここに、 z : 主流方向流速, t : 時間である. 左辺第4項の摩擦応力を含む項は次のようにマンニングの粗度係数を用いて次のように表す.

$$\frac{S\tau_b}{\rho} = SgRI_f = \frac{Sgn^2v^2}{R^{1/3}} = \frac{Sgn^2Q}{R^{1/3}A^2}Q = \frac{gn^2Q}{R^{4/3}A}Q = F_fQ \quad (15)$$

ここに、 z を陽に掛けた形にしたのは、離散化の際に半陰解法的手法を用いて計算の安定化を図るためである.

c) 河床変動モデル

河床変動モデルとしては、掃流砂輸送のみを考慮し、掃流砂モデルとしては、一般的な芦田・道上モデル²⁾と、芦田・道上モデル²⁾をベースに主流方向の河床勾配の影響を考慮したコバックス・パーカーモデル³⁾の2つの中から一つをユーザーが選択することとした. これらのモデルの具体的表記を下に示す.

・芦田・道上モデル (1972) :

$$q_{Bs} = K[\tau^* - \tau_c^*] \times [\tau^{*1/2} - \tau_c^{*1/2}] \quad (16)$$

・山口・泉モデル (2003) :

$$q_{Bs} = \frac{K}{\left(1 + \frac{\partial z_b}{\partial s} / \mu_c\right)} \left[\tau^* - \tau_c^* \left(1 + \frac{\partial z_b}{\partial s} / \mu_c\right) \right] \times \left[\tau^{*1/2} - \tau_c^{*1/2} \left(1 + \frac{\partial z_b}{\partial s} / \mu_c\right)^{1/2} \right] \quad (17)$$

ここに、 z_b : 河床高, z_s : 流線方向の掃流砂量, z : 補正関数, z_c : 流線方向の座標, μ_c : 動摩擦係数, τ 無次元掃流力, τ_c^* : 無次元限界掃流力をそれぞれ表している. 河床変動については、一般的なエクスター方程式を用いて計算する.

d) 入力データ

Nays1Dに必要な入力データは、

- ①河道地形データ
- ②流量データ (ハイドログラフ)
- ③河床平均粒径
- ④平均マンニング粗度係数

の4つである. このうち、地形データ、流量データ (ハイドログラフ) のデータフォーマットは図-4.3、図-4.4にそれぞれ示す.

上記の①、②のデータについては、図のフォーマットに従ってユーザーがテキスト形式 (csv形式) でデータをあらかじめ用意する. ③、④については、平均値のみを用意し、計算条件設定画面上から入力する. したがって、外部データを用意する必要はない. なお、流量データに関しては、iRIC上でハイドログラフデータを手入力するオプションも用意した.

ヘッダ(1行)

ヘッダ行には何を
書いても良いが、
一行に収めること。

テキスト形
式(スペース
区切かCSV
形式)として
作成

KP(km)	z (m)	B(m)
0	-11	1020
0.2	-6	980
0.4	-3.5	950
0.6	-2	800
0.8	1.5	780
.....

1列目は KP(Km) 2列目は 平均河床高(m) 3列目は 川幅(m)

図-4.3 Nays1Dの地形データフォーマット

上流端の流量 下流端水位

ヘッダ(1行)

ヘッダ行には何を
書いても良いが、
一行に収めること。

時間 →

テキスト形式(ス
ペース区切りある
いはCSVデータ)と
して作成

time(hr)	Q(m3/s)	wl(m)
0	130	103
0.5	135	104
1	140	102
1.5	150	100.5
2	160	105
2.5	170	107
3	180	108
3.5	190	112
4	200	112.5
4.5	215	112.8
5	230	113
5.5	250	113.1

下流端水
位の列は
無くとも
よい。

ファイル名は任
意だが、日本語
フォントは入れ
ないこと!

図-4.4 流量ハイドログラフのフォーマット

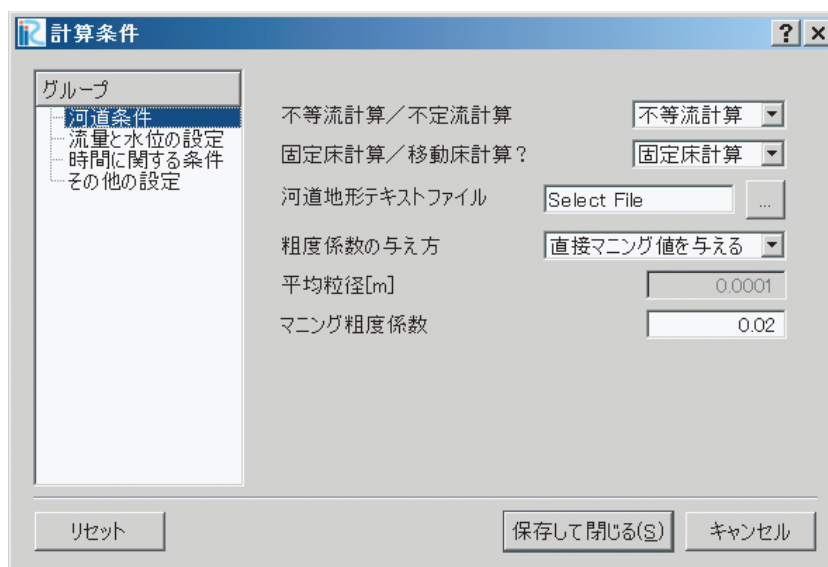


図-4.5 「河道条件」の設定ウインドウ

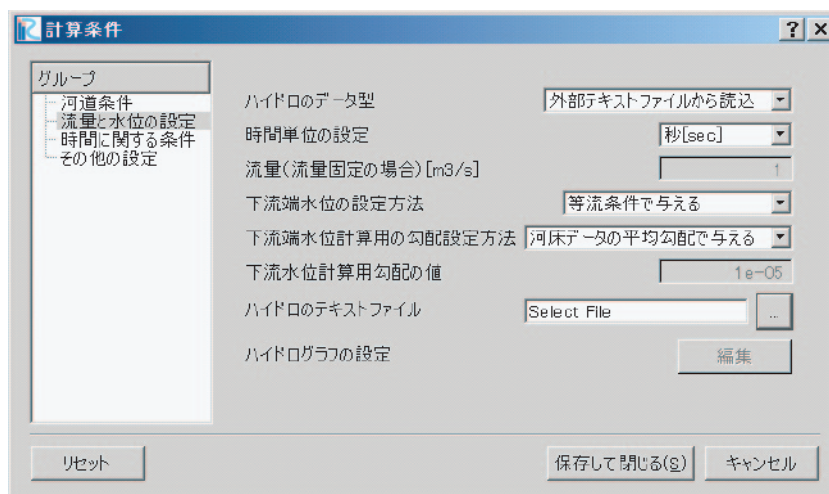


図-4.6 「流量と水位の設定」のウインドウ

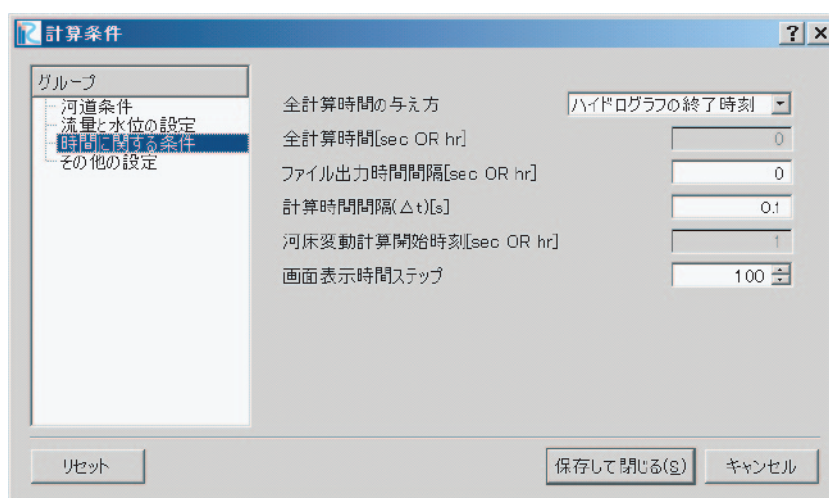


図-4.7 「時間に関する条件」の設定ウインドウ

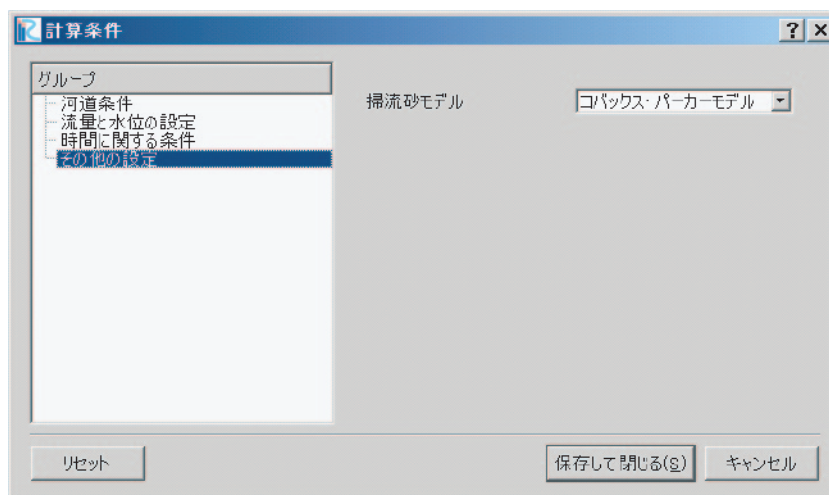
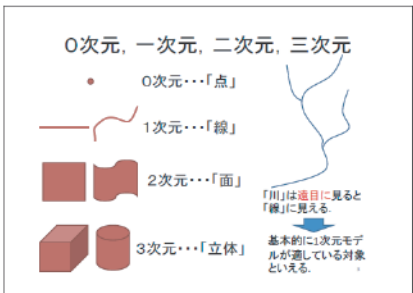


図-4.8 「その他の条件」の設定ウインドウ



今日の内容

1. モデルの概要と前回からの変更点
2. 計算のフロー説明
3. 演習1: サンプル河川でやってみる!
4. 演習2: 各開建の河川でやってみる!
5. 補足事項、その他

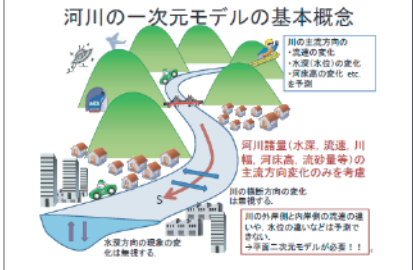


どんな目的に使える？

- ・ 洪水時の水位の縦断方向の分布の予測
- ・ 河床高の縦断方向の経年変化の予測
- ・ 断面通過土砂量の縦断方向の分布の予測
- ・ ダムなどの構造物設置後の上下流部の河床高の経年変化の予測
- ・ 捷水路による水位低下、河床高変化などの検討 etc.

二次元、三次元モデルに比べて計算機負荷が格段に小さい...

河川の広範囲かつ長期にわたる予測に適している。



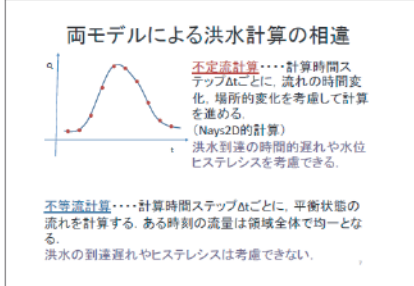
二種類の1次元モデル
不等流モデルと不定流モデル

等流... 時間的変化も場所的変化も無い流れ (金太郎船型流れ)

不等流... 時間的変化は無い(定常)が場所的な変化がある流れ

不定流... 時間的にも場所的にも変化する流れ

通常の河川は不定流、流量一定と仮定すると不等流



両モデルの基礎式の比較

不定流	不等流
非定常流連続式: $\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0$	定常連続式: $\frac{\partial Q}{\partial x} = 0$ or $Q = \text{const.}$
運動方程式: $\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} + gA \frac{\partial H}{\partial x} + \frac{S_b}{p} = 0$	エネルギー式: $\frac{dH}{dx} + \frac{1}{2g} \frac{d(Q^2/A^3)}{dx} + \frac{\tau_b}{\rho g R} = 0$

注: 流れ方向座標: x; 時間: t; 流速: u; 断面積: Q; 流量: H; 水位: p; 水の密度: ρ; 河床摩擦係数: g; 重力加速度

不等流モデルの基礎式に時間が入っていないことに注目!

Nays1Dの入力データ①河川地形データ

方法1: 外部テキストデータ

ヘッダ(1行)	KP(km)	z (m)	B(m)
ヘッダには縦横書きしても良いが、一行に定めること	0	-11	1020
	0.2	-6	980
	0.4	-3.5	950
	0.6	-2	800
	0.8	1.5	780
テキスト形式スペース区切りCSV形式として

1列目は KP(Km) 2列目は 平均河床高(m) 3列目は 川幅(m)

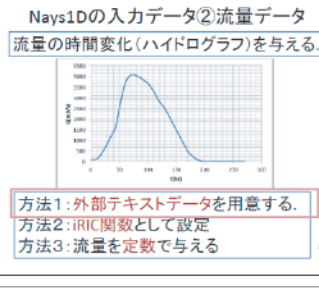
ファイル名は任意だが、日本語フォントは入れないこと!

どう使い分ける？

不等流計算
メリット:
・流れに関する時間ステップΔtの制限が無い。したがって計算時間は短い。長期間の計算(数十年以上)が可能
デメリット:
・流れの時間変化の到達が場所的に異なる現象を再現できないため、現象によっては精度が落ちる。
・流れに関するΔtの制限は無いが、河床変動が急激に進む場で大きいΔtをとるとは非合理的な河床形状が生じ、異常終了する。

不等流計算
デメリット:
・流れの時間変化を考慮できる。洪水到達の場所的遅れやヒステシスも再現できる。
デメリット:
・Δtに制限があるため、計算時間は不等流に比べて大きい。

- Nays1D ver.1.4の入力データ
- ①河川地形データ
 - ②流量データ(ハイドログラフ)
 - ③河床平均粒径
 - ④平均 Manning 粗度係数
- の4つを用意する。



Nays1Dの入力データ②流量データ

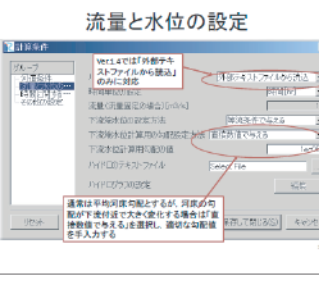
方法1: 外部テキストデータ

ヘッダ(1行)	time(hr)	Q(m³/s)	w(m)
ヘッダには縦横書きしても良いが、一行に定めること	0	130	103
	0.5	135	104
	1	140	102
	1.5	150	100.5
	2	160	105
	2.5	170	107
	3	180	108
	3.5	190	112
	4	200	112.5
	4.5	215	112.8
	5	230	113
	5.5	250	113.1

下流端の水位の列は無くともよい。

テキスト形式(スペース区切り)あるいはCSVデータとして作成

ファイル末尾は空行が必要だが、日本語フォントは入れないこと!



Nays1Dの入力データ

③粒径データ ④粗度データ

- ・平均粒径 D_m
- ・Manning粗度係数平均値 n

平均粒径は必須、Manning粗度データは無くとも良い。(粒径からソルバ内で計算させることも可能)

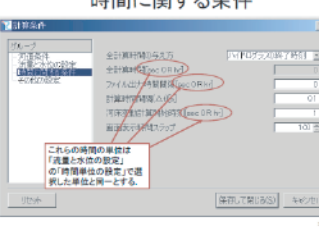
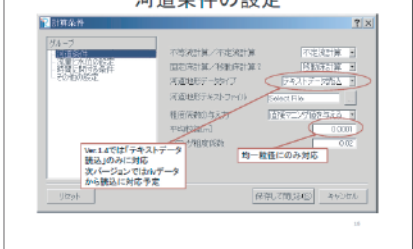


図-4.9 Nays1D簡易マニュアルの作成

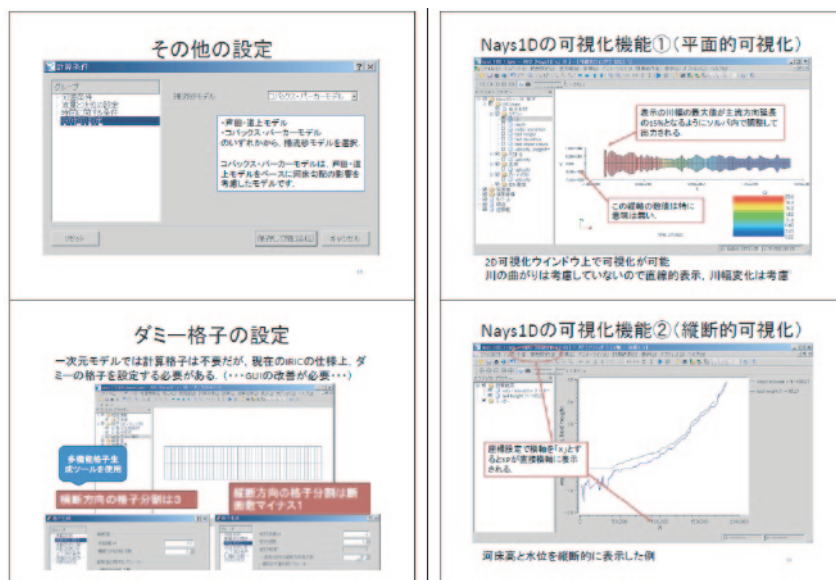


図-4.9 Nays1D簡易マニュアルの作成（続き）

e) 計算条件設定ウインドウの構成

計算条件設定ウインドウは①「河道条件」、②「流量と水位の設定」、③「時間に関する条件」、④「その他の設定」の4画面からなる。これらを図-4.5～図-4.8に示す。

なお、異なる計算方法である「不等流モデル」と「不定流モデル」の選択は、図-4.5に示すように「河道条件」の設定ウインドウ内で行うこととした。また、これらのウインドウから、①、②の外部データのリンク先についても指定することとした。「その他の条件」としては、流砂モデルとして芦田・道上モデル、コバックス・パーカーモデルのいずれかから一つを選択する。

f) 利用の手引き資料の作成

Nays1Dについては、マニュアル、チュートリアルについては、今年度中の作成には至らなかった。これは、ある程度講習会等でソルバーを使用し、その結果をフィードバックしソルバーを改良することを考慮したためである。しかしながら、ユーザーに対してソルバーのコンセプト、目的、外部データ、計算設定、可視化等の実際を一通り簡明に示した簡易マニュアルを兼ねたプレゼンテーションファイルを作成した。この内容を図-4.9に示す。

(5) まとめと今後の課題

iRICエンジンのうち、三次元ソルバー NaysCUBEに関する2つの機能向上と、一次元ソルバー Nays1Dの新たな開発について、2012年度の成果を述べてきた。NaysCUBEについては、今回の浮遊砂機能の追加により、ソルバーの安定性や定常状態での機能についてはほぼ完成したと見て良いが、流量の変化が大きい場合について、今後は次の二点について改良を行っていききたい。

- ・ 計算時間間隔の動的設定
- ・ 水際移動機能の追加

一方、一次元ソルバー Nays1Dについては、本年度は本格的ソルバーのベースとなるプロトタイプの開発に重点を置いた。今後はさらに機能を高めるとともに（浮遊砂の考慮、混合粒径モデルの追加、一般断面の取り扱いを可能にする等）マニュアル、事例集の整備を実施し、Morpho1Dとの差別化を明確にしつつもさらに実用的なモデルとしていきたい。

参考文献

- 1) Itakura, T., and Kishi, T.: Open channel flow with suspended sediments, Proc. Am. Soc. Civ. Eng., Vol.106, No.8, pp.1325-1343, 1980.
- 2) 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, 土木学会論文集, 第206号, pp.59-69, 1972.
- 3) 山口里実, 泉典洋: デューン-平坦床遷移過程にみられる亜臨界分岐現象, 土木学会論文集, 740号, pp.75-94, 2003.