

流域治水計画検討用
連成解析モデル（RRI-UNST2D）
実行マニュアル

Ver.0.0.0
(2025.7)

目次

はじめに p.1

モデル概要

1. 実行環境・使用ソフト p.2

2. RRI p.3-5

 2.1 RRI p.3

 2.2 ファイル構成 p.4-5

参考文献

3. UNST p.6-17

 3.1 UNST・UNST2D p.6

 3.2 基礎式 p.7-13

 3.3 UNST 全体像 p.14

 3.4 ファイル構成 p.15-16

参考文献

4. 連成解析モデル (RRI-UNST2D) p.18-24

 4.1 統合モデル RRI-UNST2D p.18-19

 4.2 ファイル構成 p.20-23

参考文献

入力データ

5. UNST2D インプットデータ	p.25-50
5.1 必須データ	p.25-38
5.1.1 計算格子 : node.dat, link.dat, mesh.dat	p.25-31
5.1.2 標高値 : bs.dat	p.32
5.1.3 格子属性（土地利用属性） : inf.dat	p.33
5.1.4 粗度係数-浸透モデル : unst_infilt.dat	p.34
5.1.5 降雨 : rain.dat	p.35
5.1.6 降雨-座標対応表 : mesh2ij.dat	p.36
5.1.7 流入量 : qin.dat	p.37-38
5.2 植生抵抗データ（修正中）	p.39-40
5.2.1 倒伏を考慮しない植生抵抗モデル : planta, plantD	p.39
5.2.2 倒伏を考慮する植生抵抗モデル : plantF, plantN	p.40
5.3 田んぼダムデータ	p.41-44
5.3.1 田んぼ id : paddy.dat	p.41
5.3.2 排水関連パラメータ : pqout.dat	p.42
5.3.3 田んぼダムパラメータ : paddy_param.dat	p.43-44
5.4 下水道・圃場データ	p.45-46
5.4.1 下水道・圃場 id : inf_dr.dat	p.45
5.4.2 下水道・圃場パラメータ : drain.dat	p.46
5.5 その他	p.47-50
5.5.1 線盛土 : morido.dat（未検証）	p.47
5.5.2 排水処理（境界） : dsmesh.dat	p.48-49

参考文献

実行

6. RRI (CUI) の実行 p.51-55

- 6.1 RRI_Input.txt の管理 p.51-54
- 6.2 実行 p.55

7. UNST2D の実行 p.56-61

- 7.1 cntl.dat の管理 p.56-58
- 7.2 実行 p.59-61

8. 連成解析モデル (RRI-UNST2D) の実行 p.62-65

- 8.1 cntl.dat, RRI_Input.txt の管理 p.62
- 8.2 実行 p.63-65

結果

9. 出力結果

p.66-75

9.1 時系列別浸水深 : h.dat (h.csv)	p.66-67
9.2 最大浸水深 : hmax.dat (hmaxdata.csv)	p.68-69
9.3 時系列別 x 方向の流速 : uum.dat	p.70
9.4 x 方向の最大流速 : uummax.dat	p.70
9.5 時系列別 y 方向の流速 : vvm.dat	p.71
9.6 y 方向の最大流速 : vvmmax.dat	p.71
9.7 時系列別流量 : q.dat	p.72
9.8 時系列別水収支 : unststrage.dat	p.72
9.9 田んぼダム 時間遅れ排水量 : dhp.dat	p.73
9.10 田んぼダム 田水深 : paddyh.dat	p.73
9.11 田んぼダム 流入量 : paddyq.dat	p.74

10. 出力結果の可視化

p.75-79

10.1 図示	p.75-78
10.1.1 最大浸水深	p.75-76
10.1.2 最大流速	p.77
10.1.3 最大流体力	p.78
10.2 動画	p.79
10.2.1 浸水深, 流速, 流体力	p.79

その他

11. 関連コード一覧（執筆中）	p.80-86
11.1 コード一覧	p.80-81
11.2 Fortran	p.82-83
11.3 Python	p.84-86

付録

- Python 環境 導入方法
- Microsoft Visual Studio (Fortran 環境) 導入方法
- QGIS 導入・操作方法

はじめに

本資料は連成解析モデル（RRI+UNST2D）の仕様書およびマニュアルである。モデルの概要や入出力データの形式などを解説する。

入力データの作成方法例などは別資料の「連成解析モデル（RRI+UNST2D）インプットデータ作成例」を参照いただきたい。

更新履歴

2025.07.07 ソースコード公開，マニュアル ver.0.0.0 公開

1. 実行環境・使用ソフト

推奨する実行環境・使用ソフトは以下の通りである。
なお、Windows 以外（Mac など）を使用する場合はこの限りではない。

RRI 開発・実行環境

- **Visual Studio** 2019 または 2022
- Intel Fortran** (IFORT または IFX) 推奨

UNST 開発・実行環境

- **Visual Studio** 2019 または 2022
- Intel Fortran** (IFORT または IFX) 推奨

インプットデータ作成

- **QGIS Desktop** 3.0 以上 (安定版推奨)
 2025/01 時点 安定版…QGIS Desktop 3.34
- **SAGA GIS** 7.8 以上 (最新版推奨)
- **Python3** (Anaconda／Visual Studio Code 推奨)
- **iRIC** (Solver ; Nays2DH, Mflow_02)

各環境導入方法については付録を参照されたい。

2. RRI

2.1. RRI

RRI とは、流域に降った雨が河川に集まる現象、洪水が河川を流下する現象、河川を流れる水が氾濫原に溢れる現象を流域一体で予測するモデル（降雨流出氾濫モデル／Rainfall-Runoff-Inundation: RRI Model）のことである（図 2-1）。¹⁾

RRI の詳細は ICHARM が提供する RRI マニュアルを参照いただきたい。

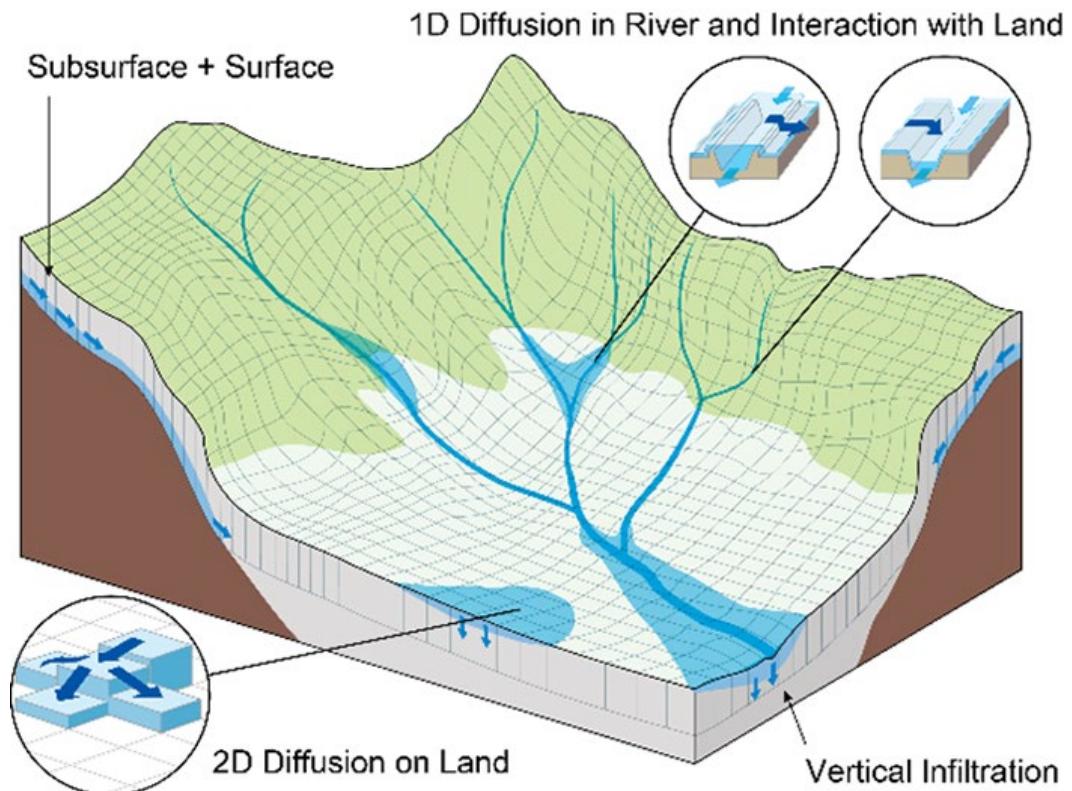
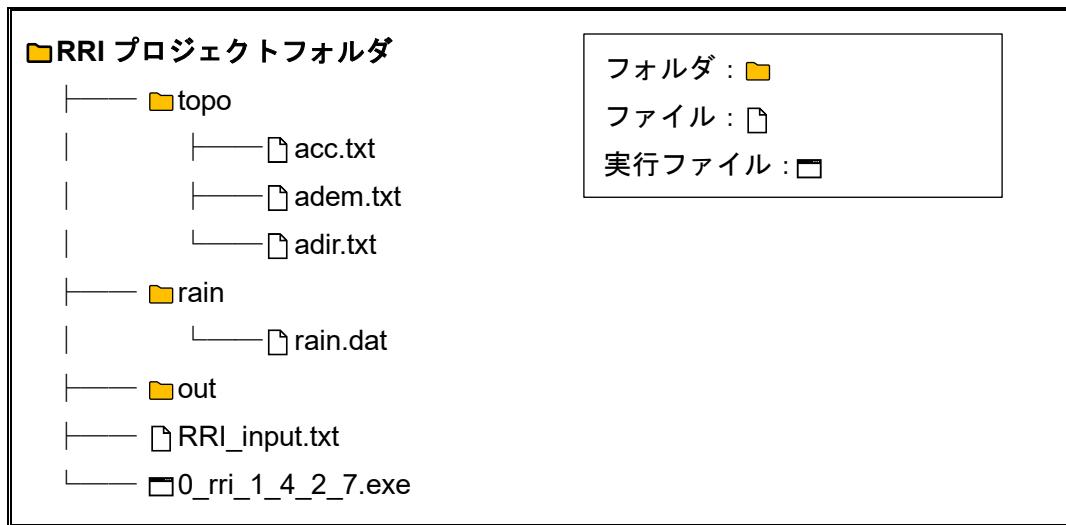


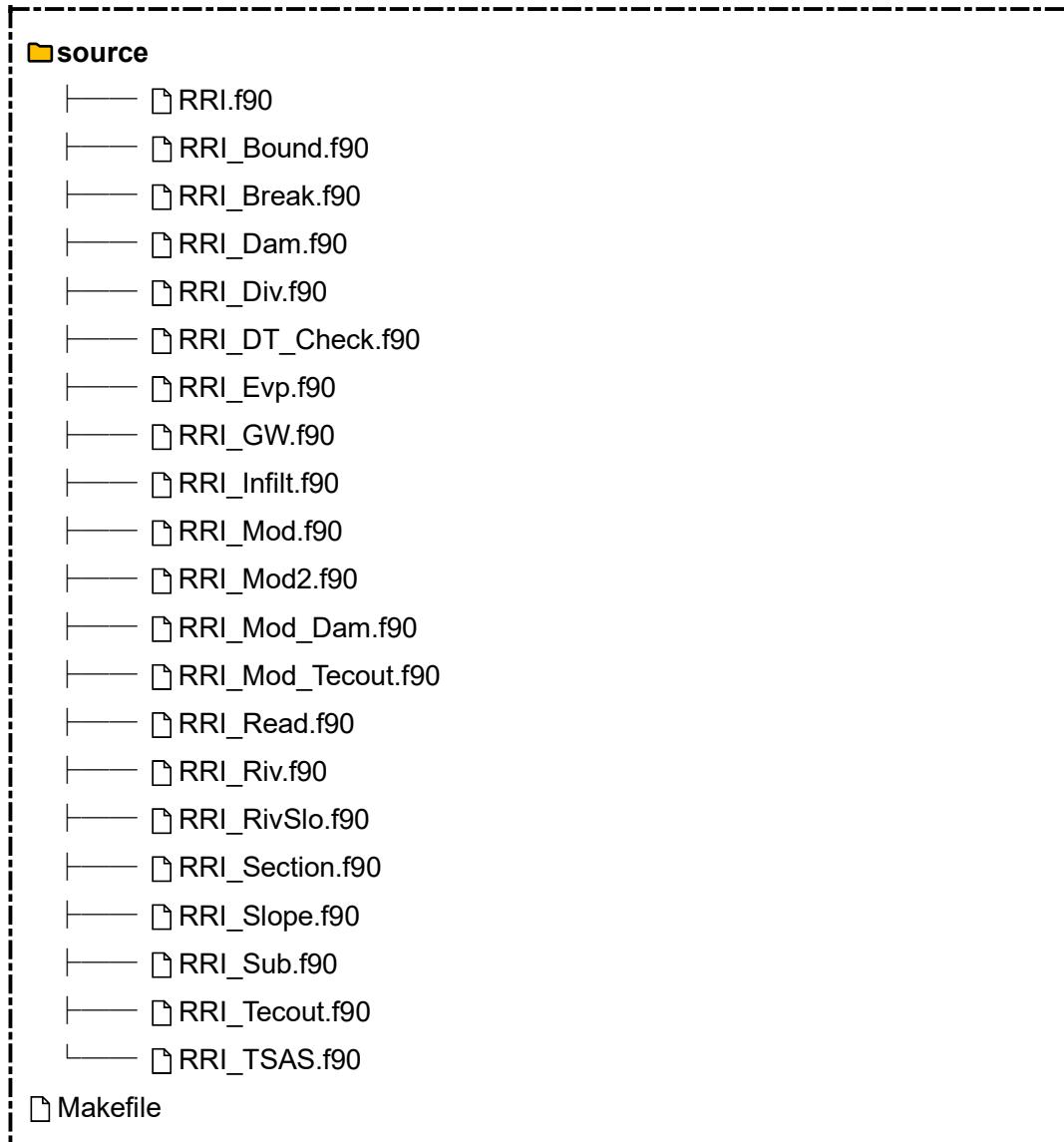
図 2-1 RRI モデルの概念図¹⁾

2.2. ファイル構成

RRI のプロジェクトフォルダの構成（最小構成）は以下の通りである。各インプットデータの作成方法など、詳細は ICHARM が提供する RRI のマニュアルを参照いただきたい。



実行ファイル 0_rri_1_4_2_7.exe (25/01 時点) は以下のソースファイル群をコンパイルして作成する。ソースファイルは RRI-CUI > source > 1.4.2.7 に格納されている。



参考文献

- 1) ICHARM : 降雨流出氾濫モデル（RRI モデル）<https://www.pwri.go.jp/icharm/research/rri/index_j.html>

3. UNST

3.1. UNST・UNST2D

本マニュアルでは、川池¹⁾により開発された、非構造格子を使用可能とする二次元氾濫解析モデルを UNST または UNST2D と称する。非構造格子とは、不規則な形状または配列を有する格子のことであり、構造格子では表現が困難な複雑な形状を表現可能とする（図 3-1）。

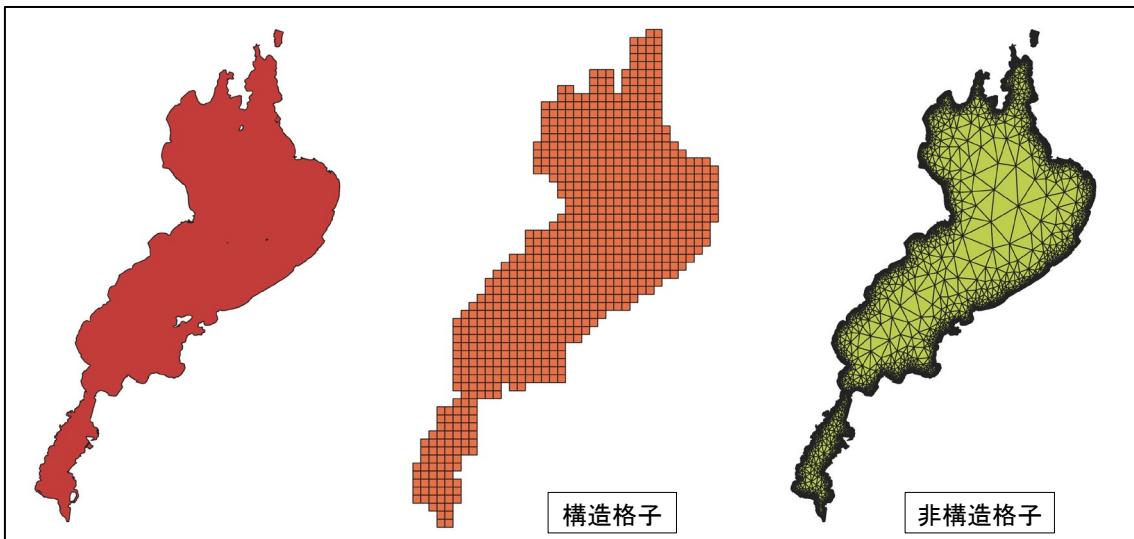


図 3-1 構造格子と非構造格子

3.2. 基礎式

UNST2D の基礎式について解説する。詳細は川池¹⁾を参照いただきたい。

二次元不定流計算

UNST2D の二次元不定流計算の基礎式は以下の浅水方程式である。

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial(uM)}{\partial x} + \frac{\partial(vM)}{\partial y} = -gh \frac{\partial H}{\partial x} - \frac{\tau_{bx}}{\rho_w} \quad (2)$$

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial(uN)}{\partial x} + \frac{\partial(vN)}{\partial y} = -gh \frac{\partial H}{\partial y} - \frac{\tau_{by}}{\rho_w} \quad (3)$$

$$\tau_{bx} = \frac{\rho_w g n^2 u \sqrt{u^2 + v^2}}{h^{1/3}} \quad (4)$$

$$\tau_{by} = \frac{\rho_w g n^2 v \sqrt{u^2 + v^2}}{h^{1/3}} \quad (5)$$

ここで各変数は以下の通りである。

h : 水深 H : 水位 u : x 方向の流速 v : y 方向の流速

M : x 方向の流量フラックス ($M = uh$)

N : y 方向の流量フラックス ($N = vh$)

τ_{bx} : 水底面でのせん断応力の x 方向成分

τ_{by} : 水底面でのせん断応力の y 方向成分

ρ_w : 水の密度 n : 粗度係数 g : 重力加速度

このとき各未知量は次のように定義される（図 3-2）。

- ・全領域にデカルト座標軸 (x 軸, y 軸) を設定
- ・デカルト座標系における各方向の流速 (u, v) ・流量フラックス (M, N) は
格子境界（辺の中点）で定義
- ・水深 h は格子の図心（ \cong 重心）で定義

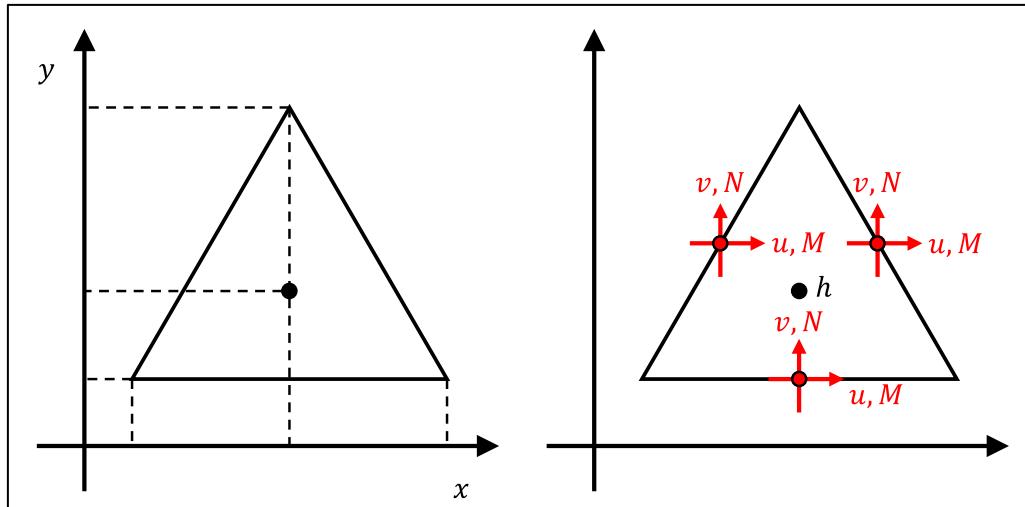


図 3-2 モデルの概要 1

計算は Leap-Flog 法を用いて陽的に進める。連続式の差分式は以下の式を用いる。

$$\frac{h_i^{n+3} - h_i^{n+1}}{2\Delta t} + \frac{1}{A_i} \sum_{l=1}^{m_i} \{M_l^{n+2}(\Delta y)_l - N_l^{n+2}(\Delta x)_l\} = 0 \quad (6)$$

ここで各変数は以下の通りである（図 3-3）。なお、上付き添え字は時間ステップである。

h_i : 格子 i の水深

m_i : 格子 i を囲む辺の数

A_i : 檜査面

M_l : 辺 l 上の x 方向の流量フラックス

N_l : 辺 l 上の y 方向の流量フラックス

$(\Delta x)_l$: 辺 l 上での両端の点の x 座標の差

$(\Delta y)_l$: 辺 l 上での両端の点の y 座標の差

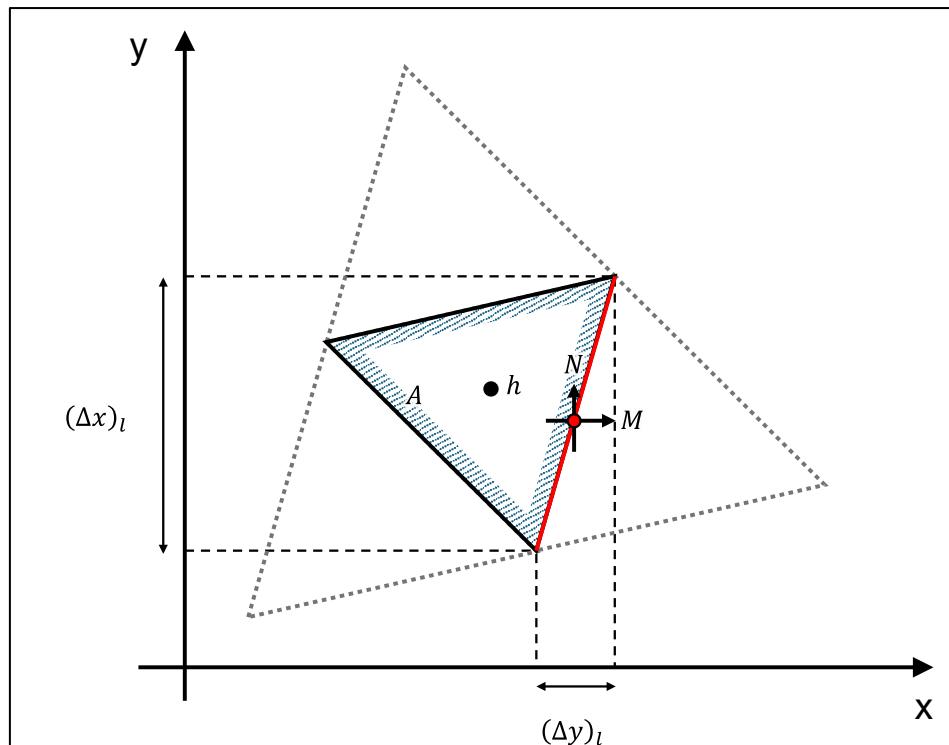


図 3-3 モデルの概要 2

運動量式について、格子 i と格子 j に挟まれた格子辺 L における計算には以下の差分式を用いる。

(x 方向)

$$\frac{M_L^{n+2} - M_L^n}{2\Delta t} + M1 + M2 = -g\tilde{h}_L^{n+1}(\nabla H)_x - \frac{g\tilde{n}_L^2 \frac{M_L^{n+2} + M_L^n}{2} \sqrt{(u_L^n)^2 + (v_L^n)^2}}{(\tilde{h}_L^{n+1})^{4/3}} \quad (7)$$

(y 方向)

$$\frac{N_L^{n+2} - N_L^n}{2\Delta t} + N1 + N2 = -g\tilde{h}_L^{n+1}(\nabla H)_y - \frac{g\tilde{n}_L^2 \frac{N_L^{n+2} + N_L^n}{2} \sqrt{(u_L^n)^2 + (v_L^n)^2}}{(\tilde{h}_L^{n+1})^{4/3}} \quad (8)$$

ここで各変数は以下の通りである。

M_L : 格子辺 L 上の x 方向の流量フラックス

N_L : 格子辺 L 上の y 方向の流量フラックス

$(\nabla H)_x$: 格子 i と格子 j 間の水面勾配 ∇H の x 方向成分

$(\nabla H)_y$: 格子 i と格子 j 間の水面勾配 ∇H の y 方向成分

u_L : 格子辺 L 上の x 方向の流速

v_L : 格子辺 L 上の y 方向の流速

\tilde{h}_L : 格子辺上の水深

$M1, M2$: (2)式の移流項 (左辺第2項, 第3項)

$N1, N2$: (3)式の移流項 (左辺第2項, 第3項)

検査面について $M1 + M2$ と $N1 + N2$ は以下のように計算する.

$$M1 + M2 = \frac{1}{A_{cv}} \sum_{l=1}^{m'} \{(u_l \hat{M}_l)(\Delta y)_l - (v_l \hat{M}_l)(\Delta x)_l\} \quad (9)$$

$$N1 + N2 = \frac{1}{A_{cv}} \sum_{l=1}^{m'} \{(u_l \hat{N}_l)(\Delta y)_l - (v_l \hat{N}_l)(\Delta x)_l\} \quad (10)$$

ここで各変数は以下の通りである.

A_{cv} : 検査面の面積 (2 格子の面積の和)

m' : 検査面を囲む辺の数

u_l , v_l : 辺 l 上での流速

$(\Delta x)_l$: 辺 l の両端の点の x 座標の差

$(\Delta y)_l$: 辺 l の両端の点の y 座標の差

\hat{M} , \hat{N} : 格子の重心上の流量フラックス

格子辺上の流速方向にしたがって上流側の補間流量フラックスを使用

\hat{M} , \hat{N} は格子辺上の流量フラックスから補間して求める. UNST2D では 2 通りの求め方を選択可能である.

m 角形の格子において,

$$\hat{M} = \frac{\frac{1}{d_1} M_1 + \cdots + \frac{1}{d_m} M_m}{\frac{1}{d_1} + \cdots + \frac{1}{d_m}}, \hat{N} = \frac{\frac{1}{d_1} N_1 + \cdots + \frac{1}{d_m} N_m}{\frac{1}{d_1} + \cdots + \frac{1}{d_m}} \quad (11)$$

$$\hat{M} = \frac{\frac{|\sin \theta_1|}{d_1} M_1 + \cdots + \frac{|\sin \theta_m|}{d_m} M_m}{\frac{|\sin \theta_1|}{d_1} + \cdots + \frac{|\sin \theta_m|}{d_m}}, \hat{N} = \frac{\frac{|\cos \theta_1|}{d_1} N_1 + \cdots + \frac{|\cos \theta_m|}{d_m} N_m}{\frac{1}{d_1} + \cdots + \frac{1}{d_m}} \quad (12)$$

ここで各変数は以下の通りである.

d_1 , d_2 , ..., d_m : 各辺の中点と格子の図心との距離

θ_1 , θ_2 , ..., θ_m : 各辺と x 軸がなす角度

M_1 , M_2 , ..., M_m : 各辺上の x 方向の流量フラックス

N_1 , N_2 , ..., N_m : 各辺上の x 方向の流量フラックス

格子 i と格子 j 間の水面勾配 ∇H の各方向成分 $(\nabla H)_x, (\nabla H)_y$ は以下のように計算する.

$$(\nabla H)_x = \frac{H_j - H_i}{DL} \cdot \frac{x_j - x_i}{DL} \quad (13)$$

$$(\nabla H)_y = \frac{H_j - H_i}{DL} \cdot \frac{y_j - y_i}{DL} \quad (14)$$

ここで各変数は以下の通りである.

H_i : 格子 i の水位 H_j : 格子 j の水位

(x_i, y_i) : 格子 i の図心の座標 (x_j, y_j) : 格子 j 間の図心の座標

DL : 格子 i と格子 j の図心間距離 ($DL = \sqrt{(x_j - x_i)^2 + (y_j - y_i)^2}$)

また, 格子辺上の水深 \tilde{h}_L および粗度係数 \tilde{n}_L は格子辺 L を形成する 2 つの格子(格子 i , 格子 j)より補間して求める. 格子の図心と辺 L の中点の距離の逆数に比例する形で補完する.

$$\tilde{h}_L = \frac{\frac{1}{d_i} h_i + \frac{1}{d_j} h_j}{\frac{1}{d_i} + \frac{1}{d_j}} = \frac{d_j h_i + d_i h_j}{d_i + d_j} \quad (15)$$

$$\tilde{n}_L = \frac{\frac{1}{d_i} n_i + \frac{1}{d_j} n_j}{\frac{1}{d_i} + \frac{1}{d_j}} = \frac{d_j n_i + d_i n_j}{d_i + d_j} \quad (16)$$

ここで各変数は以下の通りである.

h_i : 格子 i の水深 h_j : 格子 j の水深

n_i : 格子 i の粗度係数 n_j : 格子 j の粗度係数

d_i : 格子 i の図心と辺 L の中点の距離

d_j : 格子 j の図心と辺 L の中点の距離

一次元不定流計算

一次元不定流計算は今後改良予定である。

UNST2D の一次元不定流計算の基礎式は以下の連続式と St.Venant 方程式である。

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q \quad (17)$$

$$\frac{1}{g} \frac{\partial u}{\partial t} + \frac{u}{g} \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial h}{\partial x} = s_0 - s_f \quad (18)$$

$$s_f = \frac{n^2 u |u|}{R^{4/3}} \quad (19)$$

ここで各変数は以下の通りである。

A : 流水断面積

Q : 流量

q : x 方向の単位長さ当たりの横流入量 (流入を正)

u : 断面平均流速 ($u = Q/A$)

s_0 : 水路底勾配 ($s_0 = \sin \theta$)

※基準面から河床までの高さを z としたとき $s_0 = \sin \theta = -dz/dx$

s_f : 摩擦勾配

R : 径深

g : 重力加速度

3.3. UNST 全体像

UNST の全体像は図 3-4 の通りである。

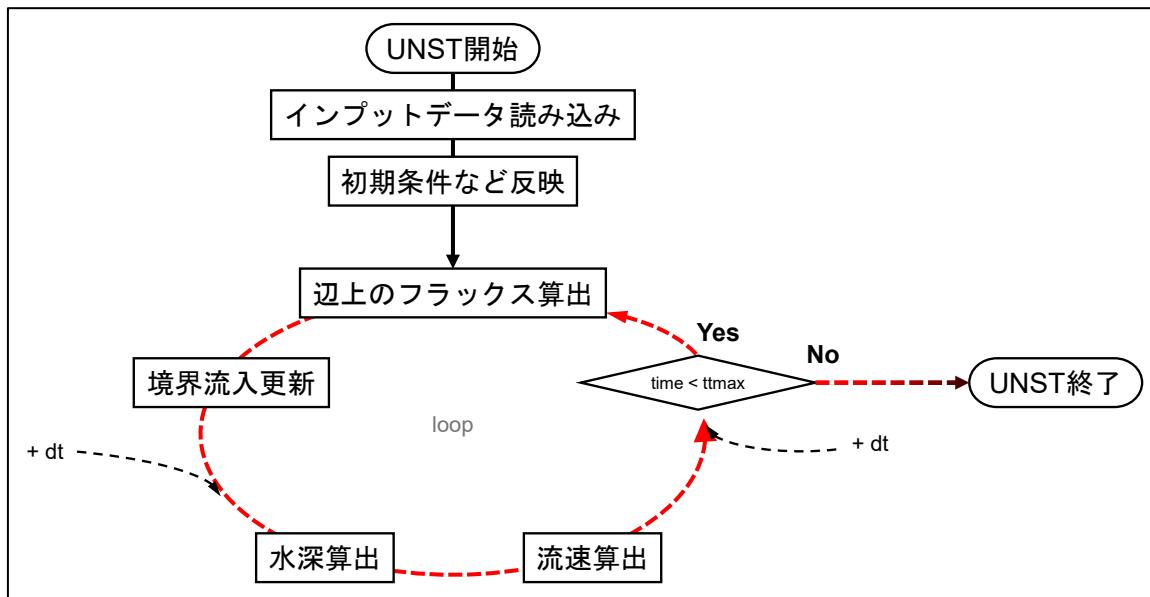
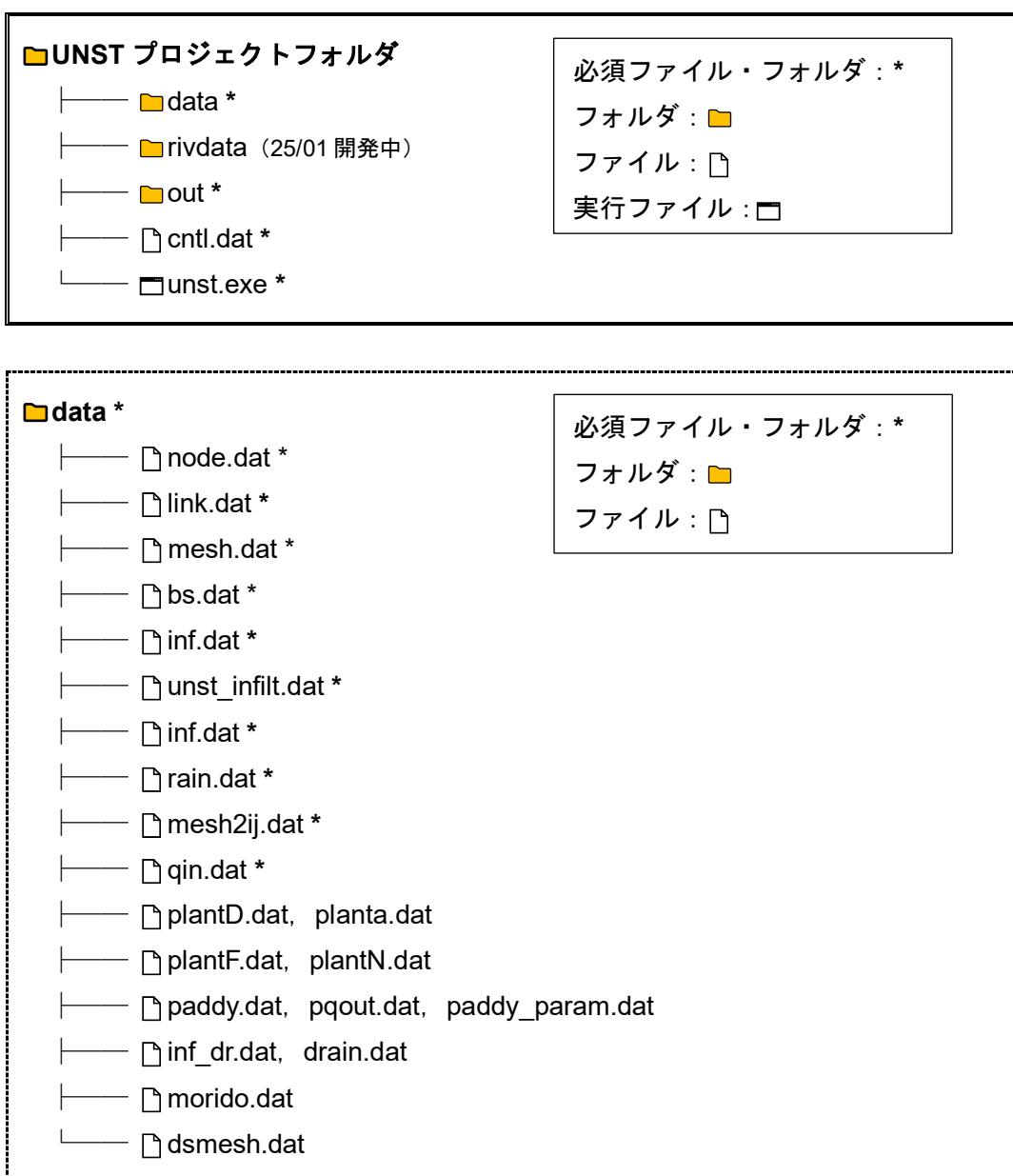
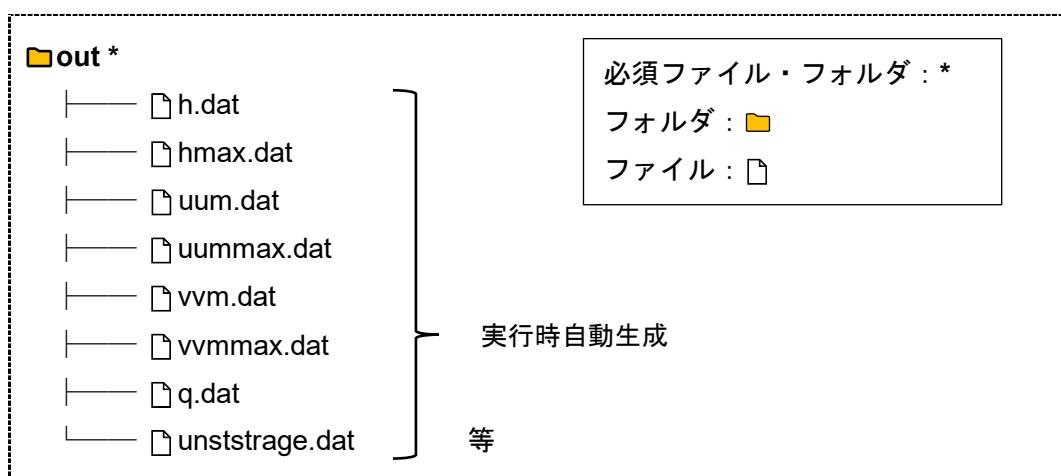
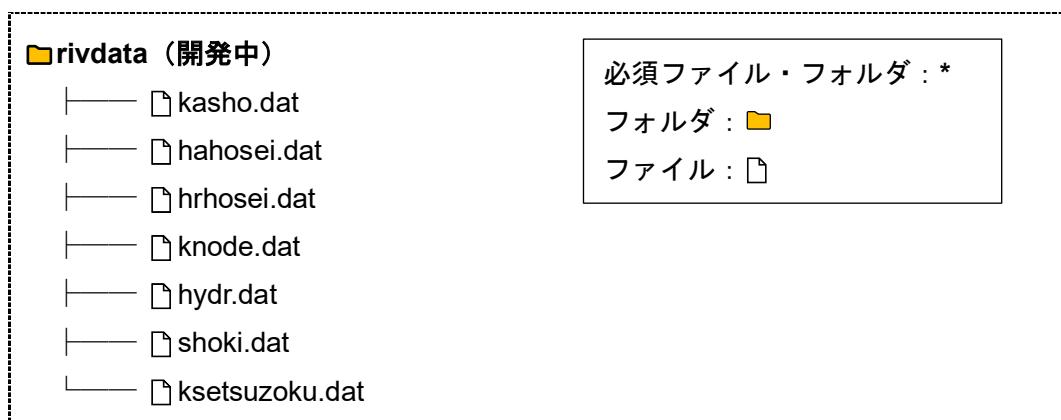


図 3-4 UNST 全体像

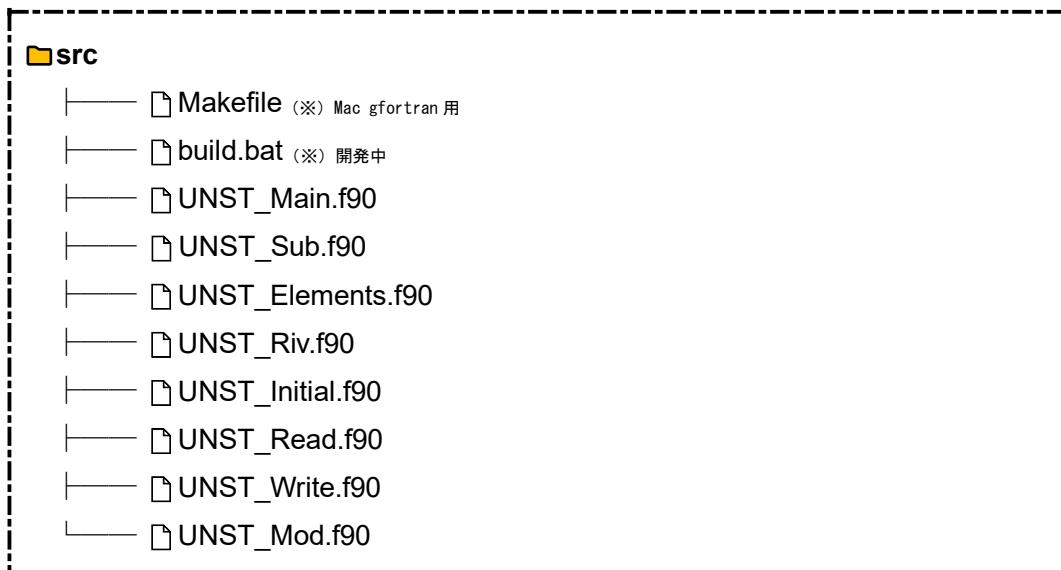
3.4. ファイル構成

UNST のプロジェクトフォルダの構成は以下の通りである。





実行ファイル `unst.exe` は以下のソースファイル群をコンパイルして作成する。



※Visual Studio 環境では使用しない。

参考文献

- 1) 川池健司：都市における氾濫解析法とその耐水性評価への応用に関する研究 - 第2章 都市域の氾濫解析手法, 京都大学学位論文 (2002)

4. 連成解析モデル（RRI-UNST2D）

4.1. 統合モデル RRI-UNST2D

本マニュアルで扱う統合モデル（RRI-UNST2D）は、RRI と UNST との結合・連成計算を行い、かつ、連續盛土（二線堤・横堤）、下水道整備・圃場整備、田んぼダム、樹林帯（防備林・屋敷林）、ポンプ施設など各種流域治水対策の要素モデルが組み込まれている。

連成計算は、図 4-1、4-2 のように UNST 領域外縁から RRI の流量フラックスを渡し、UNST の計算水位により重複領域の RRI の水位に更新する方法を取っている。

統合モデルの詳細は山村らの論文¹⁾を参照いただきたい。

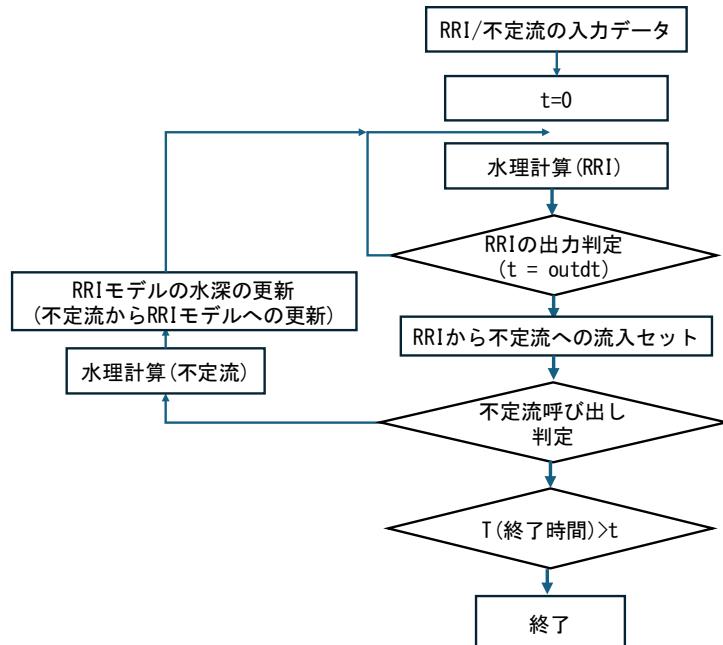


図 4-1 RRI-UNST2D 結合・連成計算アルゴリズム

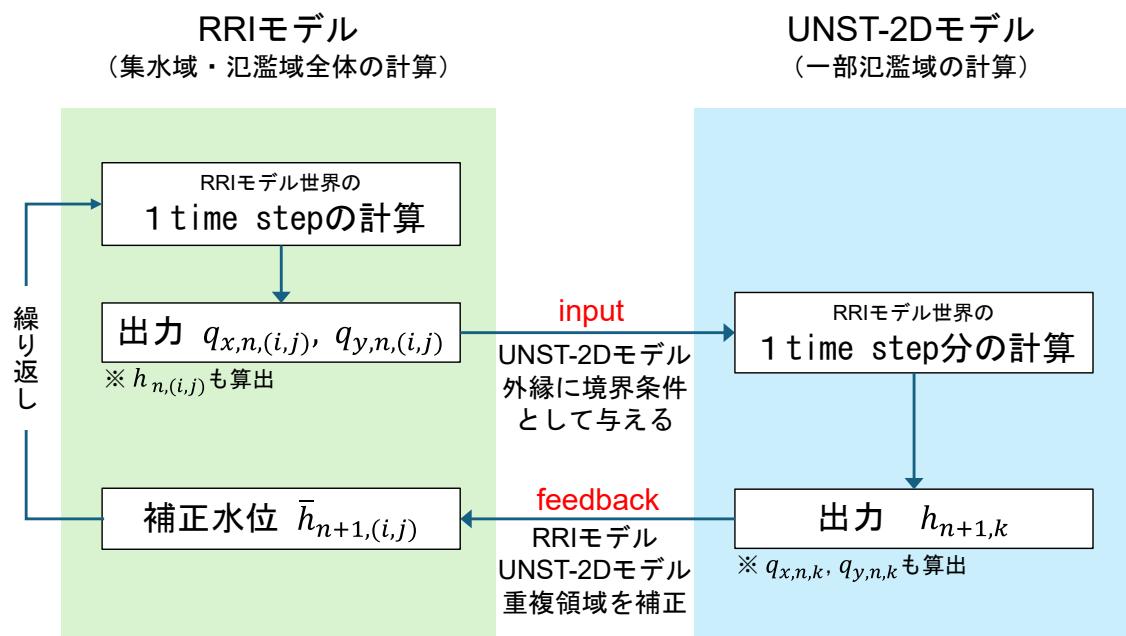
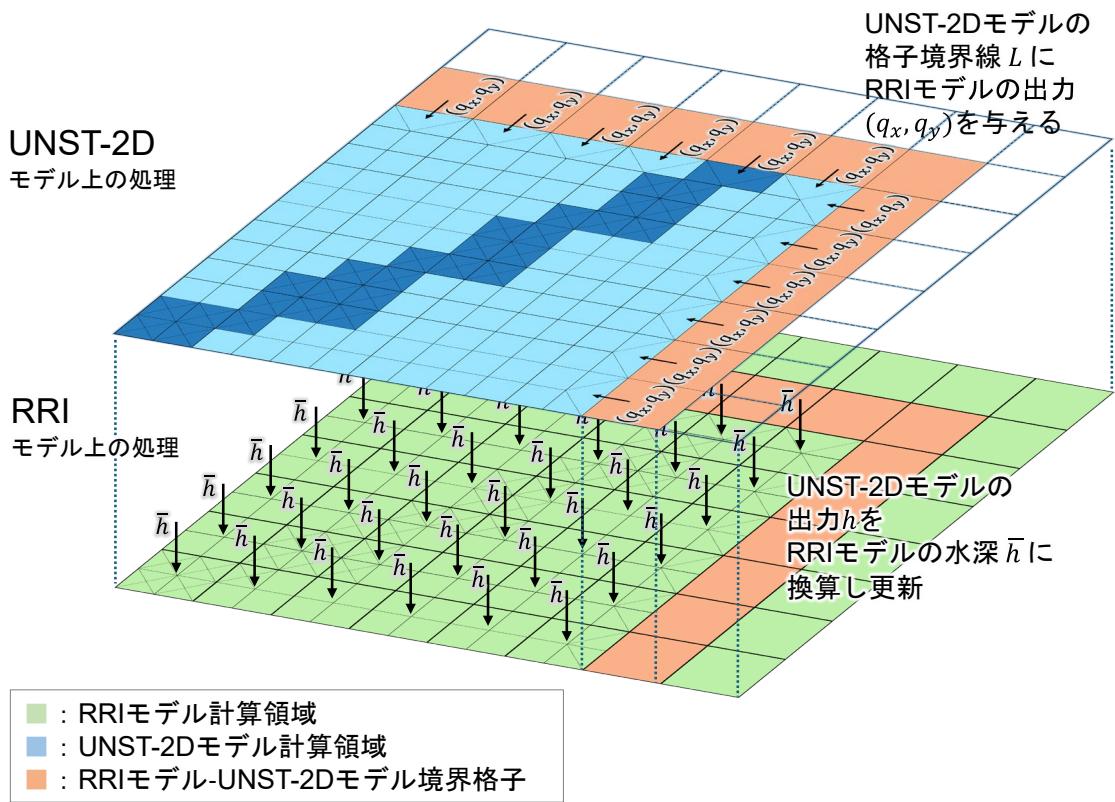
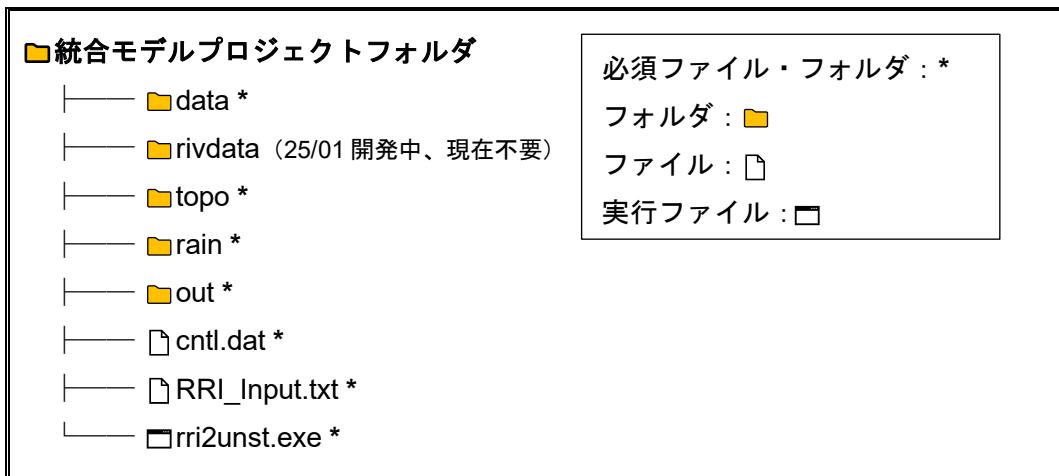


図 4-2 RRI-UNST2D 結合・連成計算イメージ¹⁾

4.2. ファイル構成

統合モデルでは RRI・UNST2D 両方のインプットデータが必要となる。

統合モデルのプロジェクトフォルダの構成は以下の通りである。



■ data *

- └── node.dat *
- └── link.dat *
- └── mesh.dat *
- └── bs.dat *
- └── inf.dat *
- └── unst_infilt.dat *
- └── inf.dat *
- └── rain.dat *
- └── mesh2ij.dat *
- └── qin.dat *
- └── plantD.dat, planta.dat
- └── plantF.dat, plantN.dat
- └── paddy.dat, pqout.dat, paddy_param.dat
- └── inf_dr.dat, drain.dat
- └── morido.dat
- └── dsmesh.dat

必須ファイル・フォルダ : *

フォルダ : 

ファイル : 

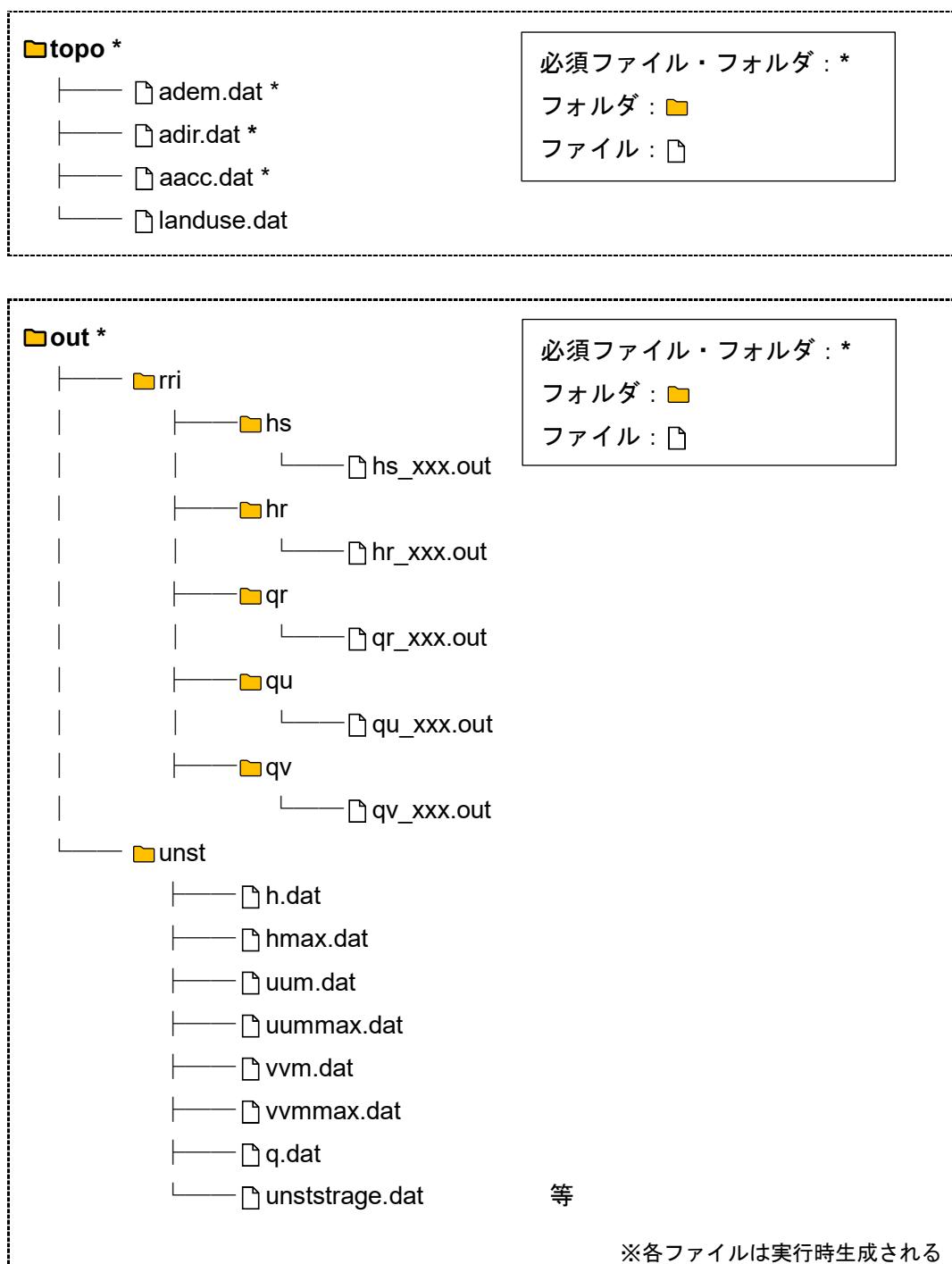
■ rivdata (開発中、現在は不要)

- └── kasho.dat
- └── hahosei.dat
- └── hrhosei.dat
- └── knode.dat
- └── hydr.dat
- └── shoki.dat
- └── ksetsuzoku.dat

必須ファイル・フォルダ : *

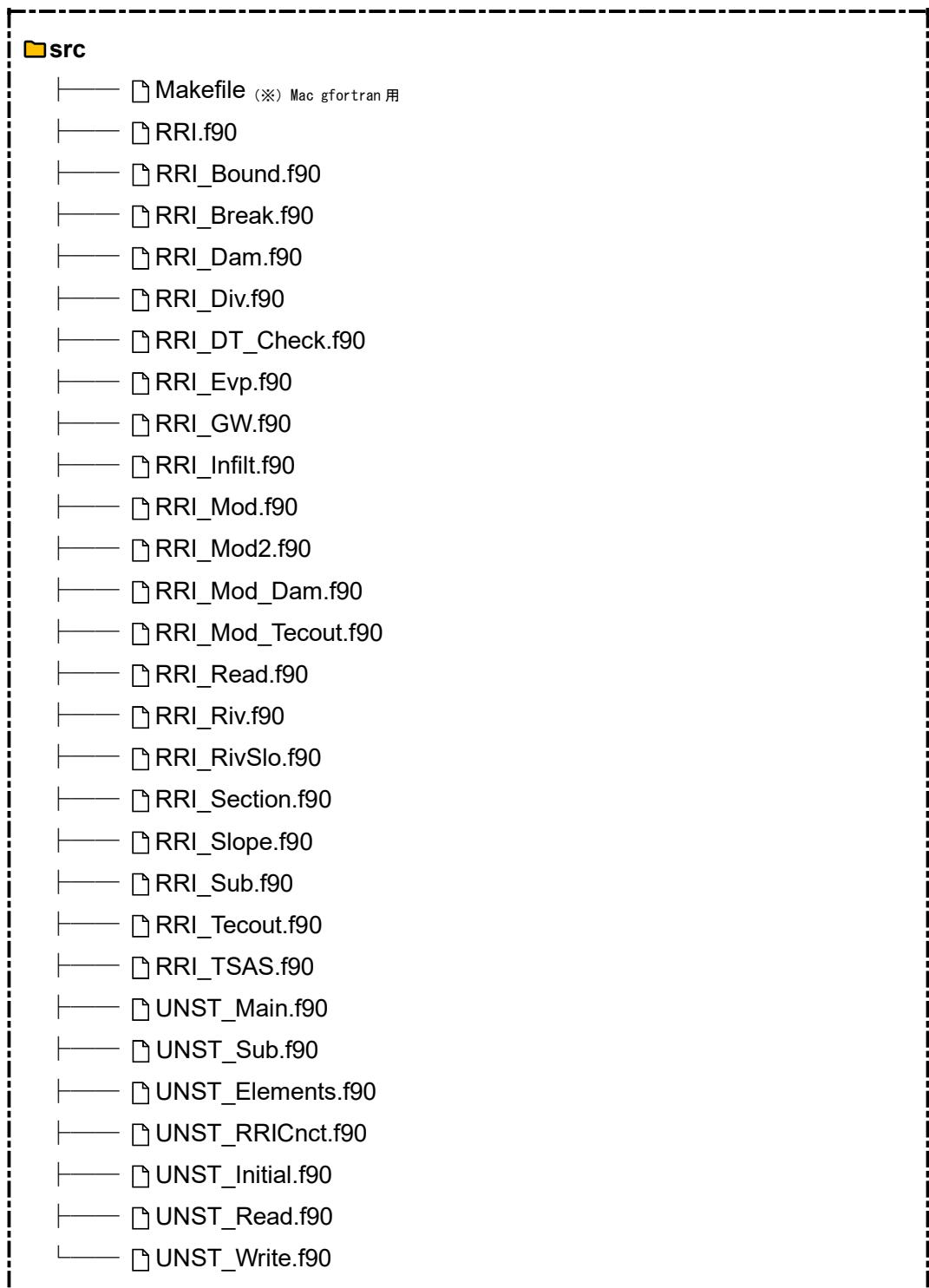
フォルダ : 

ファイル : 



実行ファイル unst.exe は以下のソースファイル群をコンパイルして作成する。

なお、RRI のソースコードは [github](#) 上に公開されている modyfy-rrri.patch を使用し、RRI にコードを追加・修正したものを使用する。



※Visual Studio 環境では使用しない。

参考文献

- 1) 山村孝輝, 西野駿治, 山田真史, 佐山敬洋, 川池健司, 瀧健太郎 : 流域治水計画検討のための降雨流出氾濫 (RRI) モデルと非構造格子二次元不定流 (UNST-2D) モデルの連成解析法の検討, 河川技術論文集, 31, pp.- (2025)

5. UNST2D インプットデータ

5.1. 必須データ

UNST2D を実行する際に必須となるインプットデータは大きく「node.dat, link.dat, mesh.dat, bs.dat, inf.dat, unst_infilt.dat, rain.dat, mesh2ij.dat, qin.dat」の 9 項目である。

5.1.1. 計算格子 : node.dat, link.dat, mesh.dat

計算格子の形状に関する情報は 3 つの dat ファイルで構成されている（図 5-1）。

- ①格子に使用されている全頂点（node）座標のみを格納した node.dat
- ②格子辺情報（node のつなぎ方など）を格納した link.dat
- ③格子情報（格子を構成する node と link, 格子の面積など）を格納した mesh.dat

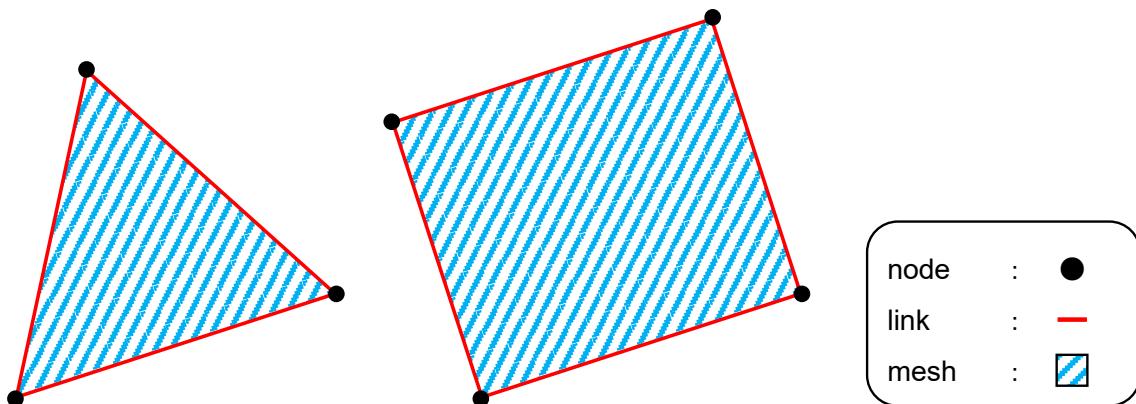


図 5-1 計算格子の概要

各 dat ファイルの形式は以下の通りである。
なお、括弧 “[]” 内の数値は複数個記載される情報の個数を示す。

node.dat

全頂点 (node) 数
node 番号 x 座標 y 座標 format(8x,2f10.2)

例)

22326
1 19639.77 -67623.93
2 19642.46 -67638.41
3 19630.25 -67636.30
4 22499.63 -55175.68
5 22505.22 -55192.79 ...

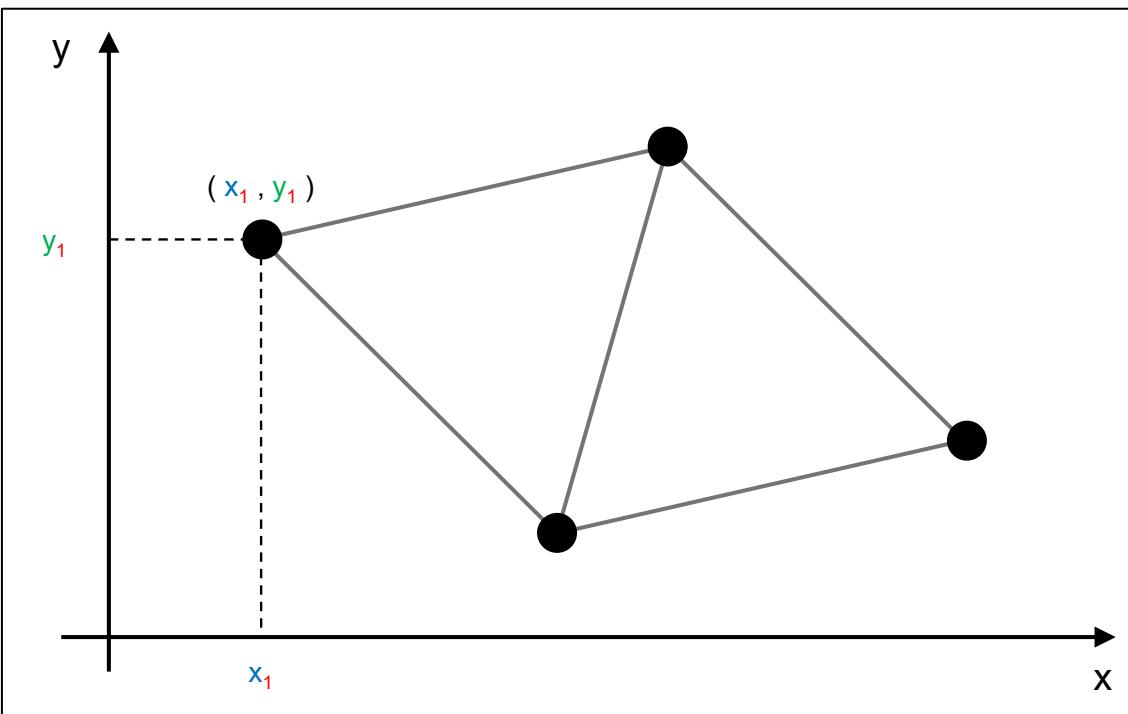


図 5-2 node.dat

link.dat

全 link 数

link 番号 link 両側の mesh 番号[2]※₁

link 両端の node 番号[2]

format(8x,2i8,2x,2i8)

両側の格子面積の和 水深補間に用いる両側格子のウェイト[2]

format(8x,f10.2,2f10.5)

x 方向への分解パラメータ y 方向への分解パラメータ

format(18x,2f10.5)

※₁ : link がエリアの外縁線の場合は 2 つ目の mesh 番号が 0 になる

例)

65108

1	1	352	1	3
147.60	0.42156	0.57844		
	-0.65997	0.75129		
2	1	8555	3	2
170.24	0.49702	0.50298		
	-0.18231	-0.98324		
3	1	21	2	1
185.59	0.53256	0.46744		
	0.97191	0.23535	...	

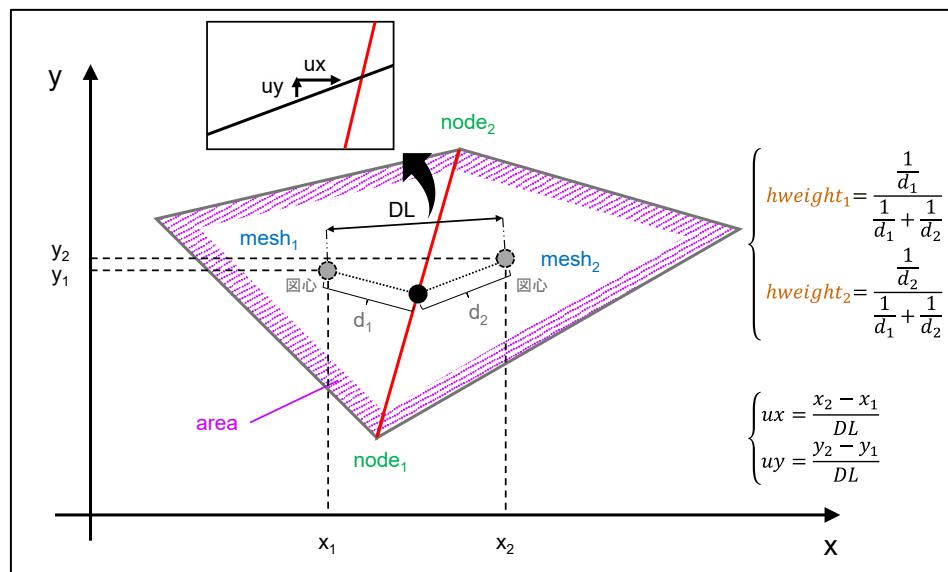


図 5-3 link.dat

`mesh.dat` は図心フラックスの補間方法でフォーマットが変化する。選択可能な補間方法は
①図心と辺の中点の距離, ②図心と辺の中点の距離+辺の xy 成分, である。一行目の全メッシュ数の横の数値 (0 - 1) で選択可能である。なお、指定がない場合、フォーマット指定が 0 として扱われる。

`mesh.dat` (図心フラックス補間方法 : 図心と辺の中点の距離)

全 mesh 数 0

mesh 番号 格子を形成する node の数 格子を囲む node 番号[3~]

format(8x,i5,5x,20i8)

格子を囲む link 番号[3~]

format(13x,20i8)

格子面積

重心の x 座標

重心の y 座標

format(6x,3f15.2)

流量フラックス補間に用いる各 link のウェイト[3~]

format(13x,20f10.5)

例)

42783 0

1	3		1	3	2
			1	2	3
			85.56	19637.49	-67632.88
			0.36592	0.29452	0.33956
2	3		4	6	5
			4	5	6
			104.06	22499.46	-55187.56
			0.39556	0.25910	0.34534 ...

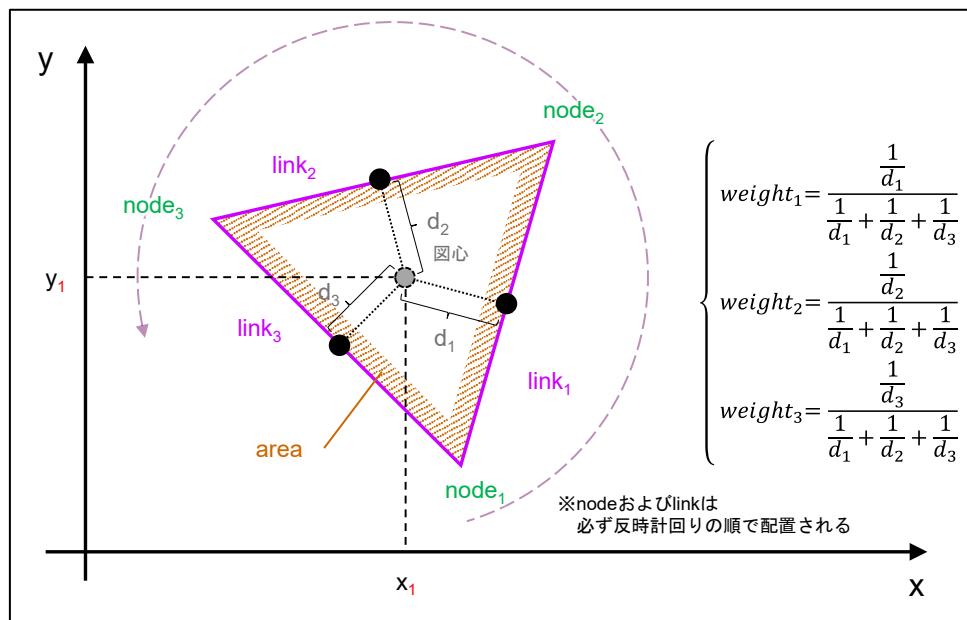


図 5-4-1 mesh.dat (図心フラックス補間方法 : 図心と辺の中点の距離)

mesh.dat (図心フラックス補間方法 : 図心と辺の中点の距離+辺の xy 成分)

全 mesh 数 1

mesh 番号 格子を形成する node の数 格子を囲む node 番号[3~]

format(8x,i5,5x,20i8)

格子を囲む link 番号[3~]

format(13x,20i8)

格子面積

重心の x 座標

重心の y 座標

format(6x,3f15.2)

u 方向流量フラックス補間に用いる各 link のウェイト[3~]

format(13x,20f10.5)

v 方向流量フラックス補間に用いる各 link のウェイト[3~]

format(13x,20f10.5)

例)

17371	1							
1	3		1	3	2			
		1	2	3				
169.39			238.88		-5614.77			
0.01311	0.48694	0.49994						
0.50003	0.25451	0.24545						
2	3		4	6	5			
		4	5	6				
172.00			247.88		-5586.00			
0.47334	0.50002	0.02664						
0.27527	0.22474	0.49999	...					

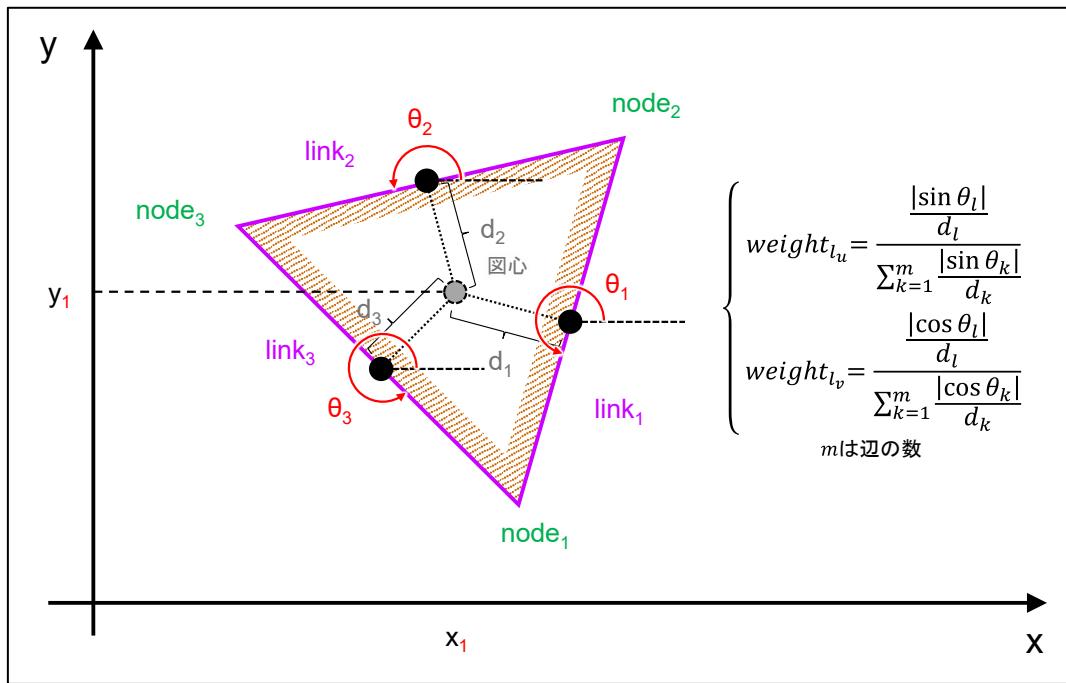


図 5-4-2 mesh.dat (図心フラックス補間方法 : 図心と辺の中点の距離+辺の xy 成分)

5.1.2. 標高値 : bs.dat

各格子の地盤高情報は bs.dat に格納する.

行ごとに mesh 番号の記載が必要であるものの、UNST 内では読み飛ばされているため、mesh 番号順に記載する必要がある。

bs.dat

mesh 番号	標高値	※行と mesh 番号が対応関係	read(25, *) dummy, baseo(me)
---------	-----	------------------	------------------------------

例)

1	85.83
2	126.03
3	125.72
4	85.49
5	84.61
	...

5.1.3. 格子属性（土地利用属性）：inf.dat

各格子の属性（≒土地利用）情報は inf.dat に格納する。数値（整数值）で格子属性を分類・指定する。1つの格子あたり1つの属性を指定する。

原則1～の任意の整数值を使用することで分類可能であるが、一部の整数值と土地利用は規定されているため、注意が必要である（表5-1）。

また、田んぼ及び田んぼダム関連のinf値が規定されている。71は山村らによって実装されたものであり、特定の処理が行われるため注意が必要である。

※71を使用する際、71の隣接格子のinf値が参照されるが、適正な処理の都合上、隣接格子のinf値は71未満の値とすること。

表5-1 規定された属性とinfの値（ver0.0.0）

値	格子属性（土地利用）
0	無効メッシュ
71	田んぼダム

inf.dat

inf値 ※行とmesh番号が対応関係

例)

```
1  
24  
24 ...
```

5.1.4. 粗度係数-浸透モデル : `unst_infilt.dat`

粗度係数および浸透モデルに関するデータは `unst_infilt.dat` に格納する. `inf.dat` と対応関係にあり, `inf` 値と対応表形式で記載する. したがって, 格子毎の記載（指定）ではないため注意が必要である. また, `inf.dat` で使用した `inf` 値を網羅する必要がある. なお, 浸透モデルに関するパラメータ（粗度係数以外）を記載しない場合, その土地利用では浸透モデルが無効となる.

`unst_infilt.dat`

`inf` 値の種類数

`inf` 値 粗度係数 土層厚 有効空隙率（飽和+不飽和層） 飽和透水係数 調整パラメタ

例)

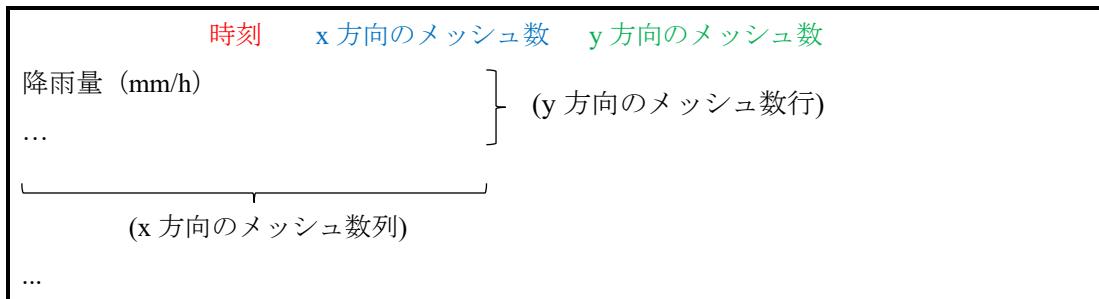
3

1 0.067d0 0.5d0 0.05d0 0.02d0 0.01d0
8 0.043
24 0.035

5.1.5. 降雨 : rain.dat

降雨情報は rain.dat に格納する。時空間分布を持つ降雨を与えることが可能である。形式は RRI の rain.dat と同様の形式を使用する。したがって 1 つ目のデータは 0 秒時点の降雨として扱われる。なお、降雨の解像度や範囲は cntl.dat で管理されている。
※統合モデルの場合解像度等は RRI_Input で管理される。

rain.dat



例)

0	80	240				...
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	...
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	...
...						
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	...
1800	80	240				...
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	...
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	...
...						
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	...
...						

5.1.6. 降雨-座標対応表 : mesh2ij.dat

rain.dat と mesh.dat を紐づける情報は mesh2ij.dat に格納する。

UNST2D では格子図心に重なる降雨データを格子に与えるため、 rain.dat と mesh.dat の紐づけが必要となる。 rain.dat の座標系における各格子の図心座標を記載する。

mesh2ij.dat

x 座標 y 座標 ※各格子の重心座標 (rain.dat の座標系) ／行と格子番号が対応関係

例)

```
136.19020080566406 35.806884765625  
136.1914520263672 35.806884765625  
136.19268798828125 35.806884765625 ...
```

5.1.7. 流入量 : qin.dat

UNST2D 外縁からの流入量は qin.dat に格納する。UNST2D では外縁の link に流入量を受け渡すことが可能である。各 link の流入量はそれぞれ時系列順に記載する。ただし、複数行にまたがって記載することも可能である。

統合モデルでは各ステップの流入量は不要となるが、流入 link 番号が必要となるため、流入 link 数と流入 link 番号のみ記載が必要となる。

qin.dat

流入 link 数	流入ステップ数
	流入 link 番号 (1 個目)
...	
	流入 link 番号 (n 個目)
	(流入 link 番号 1 個目に対する) ステップごとの流入量
	(流入 link 番号 1 個目に対する) ステップごとの流入量
...	
	(流入 link 番号 n 個目に対する) ステップごとの流入量

例)

2	12
	5061
	5065
0.0	5.0
70.0	80.0
10.0	20.0
90.0	100.0
30.0	40.0
50.0	60.0
0.0	5.0
70.0	80.0
10.0	20.0
90.0	100.0
30.0	40.0
50.0	60.0

なお、流入箇所が 1 か所の場合に限り、qin は以下の形式でもよい。この形式を使用する場合は後述の cntl.dat の 10 行目の INLS の値を 0 にする必要がある。

※統合モデルの場合は不可。

qin.dat (流入箇所が 1 つの場合のみ)

流入ステップ数

流入 link 番号

ステップ 1 の流入量

...

ステップ n の流入量

例)

48

32060

100.0

...

100.0

5.2. 植生抵抗データ（修正中）

UNST2D には 2 種類の植生抵抗モデルが実装されている。

- ①倒伏を考慮しない植生抵抗モデル
- ②倒伏を考慮する植生抵抗モデル

それぞれ異なるインプットデータとなるため、注意が必要である。

5.2.1. 倒伏を考慮しない植生抵抗モデル：planta.dat, plantD.dat

竹林（防備林）など倒伏を考慮しない植生抵抗に関する情報は planta.dat, plantD.dat の 2 つのファイルで構成されている。

- ①各格子の樹林帶の樹林密度(本 / m³)を格納した planta.dat
- ②各格子の樹林帶の胸高直径(m)を格納した plantD.dat

各 dat ファイルの形式は以下の通りである。

なお、植生抵抗を適用しない格子を含めた全ての格子に値を指定する必要がある。

planta.dat

樹林密度（本 / m³）※行と格子番号が対応関係

例)

0.000000000000000
100.000000000000000 ...

plantD.dat

胸高直径（m）※行と格子番号が対応関係

例)

0.000000000000000
0.500000000000000 ...

5.2.2. 倒伏を考慮する植生抵抗モデル : plantF.dat, plantN.dat

ヨシなど倒伏を考慮する植生抵抗に関する情報は plantF.dat, plantN.dat の 2 つのファイルで構成されている。

- ①各格子の植生 1 本当たりの抗力を格納した plantF.dat
- ②各格子の植生の本数を格納した plantN.dat

各 dat ファイルの形式は以下の通りである。

planta.dat, plantD.dat 同様、植生抵抗を適用しない格子を含めた **全ての格子に値を指定する必要がある**。

plantF.dat

植生 1 本当たりの抗力 ※行と mesh 番号が対応関係

例)

```
0.0000000000000000  
1.0000000000000000  
0.0000000000000000 ...
```

plantN.dat

植生の本数 ※行と mesh 番号が対応関係

例)

```
0.0000000000000000  
100.00000000000000  
0.0000000000000000 ...
```

5.3. 田んぼダムデータ

UNST2D には、山村ら¹⁾により田んぼダムの一時貯留および排水遅れを再現するモデルが実装されている。具体的な処理は農林水産省が公開する水田流出簡易計算プログラム ver.0.0²⁾に準じる。

5.3.1. 田んぼ id : paddy.dat

田んぼダムモデルに使用する田んぼの場所および識別情報は paddy.dat に格納する。1 つの田んぼが複数格子に分割されている場合は同一の値となる。

なお、田んぼダムを適用しない格子を含む全ての格子に値を指定する必要がある。

paddy.dat

田んぼ id ※行と格子番号が対応関係／田んぼではないメッシュは 0

例)

```
37  
0  
0  
0  
2 ...
```

5.3.2. 排水関連パラメータ : pqout.dat

田んぼダムのメッシュ番号や落水線との位置関係などの情報は pqout.dat に格納する。

pqout.dat

田んぼダムの総数

A B C D E F G

A : 直近落水線のメッシュ番号

B : A と最小距離を持つ田んぼダムのメッシュ番号

C : AB 間の距離

D : オリフィスの数

E : 計画排水メッシュ番号

F : 直近落水線 A から排水メッシュ E までの落水線をたどった場合の距離

G : 田んぼダムのタイプ

例)

350

114495 2744 20.9881 1.0 88274 3723.7179 1

818 2682 40.5884 1.0 88274 3760.6777 1

113040 1239 71.2871 1.0 88274 3393.1511 1

...

5.3.3. 田んぼダムパラメータ : paddy_param.dat

田んぼダムの畔高など各種パラメータは paddy_param.dat に格納する。指定した値は全ての田んぼダムに適用される。

paddy_param.dat

lh=	畦畔高 (m)
wh1=	水管理用堰板の高さ (m)
wh2=	機能一体型の器具の高さ (m)
ww1=	器具の切欠幅 (m)
ww2=	落水栓の排水口幅 (m)
ca=	器具の中心角 (度)
wtyp=	器具のタイプ 1:一体型 2:分離型 0:田んぼダムなし
dld=	畦畔天端と器具上端の高さの差 (m)
dd=	器具の穴直径 (m)
dh=	田面から器具の穴中心までの高さ (m)
p_data=	排水管の直径 (m)
ph=	排水管中心までの高さ (m)

例)

lh=	0.3
wh1=	0.03
wh2=	0.1
ww1=	0.3
ww2=	0.1
ca=	45
wtyp=	1
dld=	0.1
dd=	0.05
dh=	0.3
p_data=	0.15
ph=	0.3

参考)

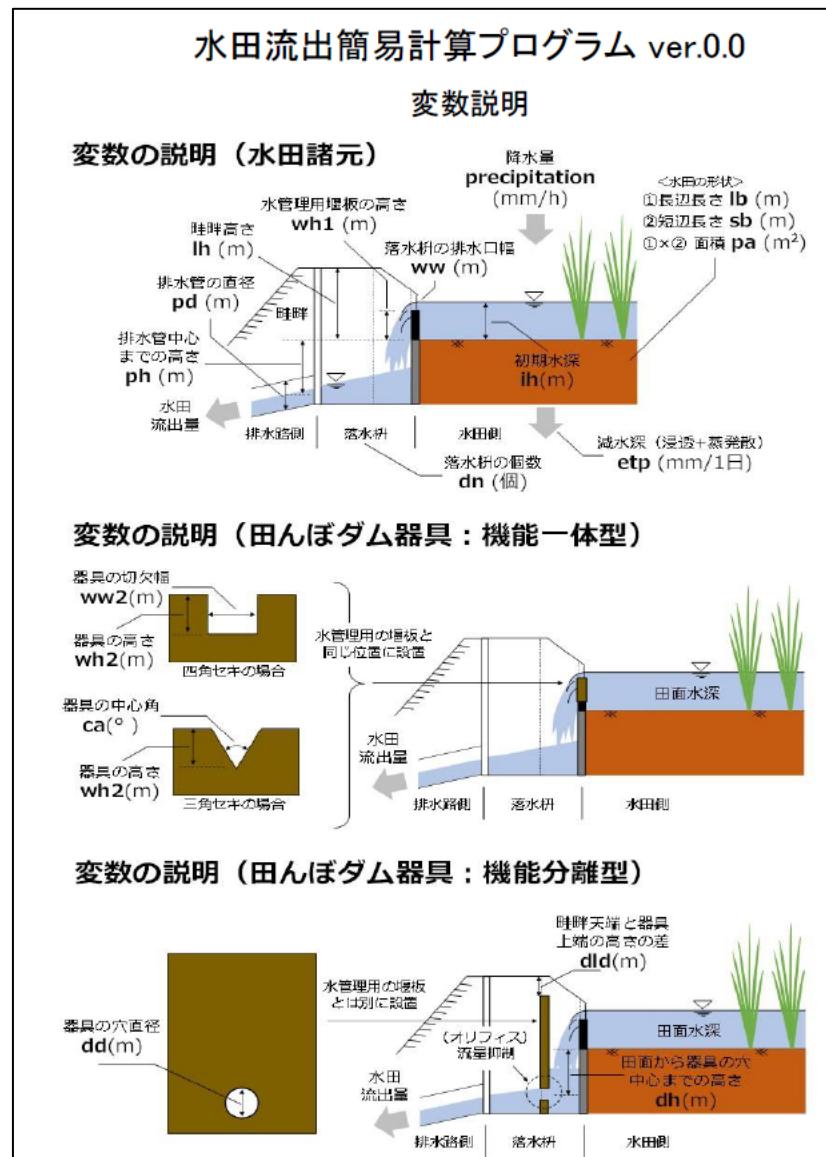


図 5-5 田んぼダム各種パラメータ

(農林水産省 農村振興局 整備部 :

水田流出簡易計算プログラム Ver.0.0

(ryuuiki_tisui-3.xlsm 変数説明シート) より引用)

5.4. 下水道・圃場データ

UNST2D には、集水・排水（遅れ）を表現する下水道・圃場モデルが実装されている。

5.4.1. 下水道・圃場 id : inf_dr.dat

下水道・圃場エリアの場所および識別番号は inf_dr.dat に格納する。

なお、下水道・圃場を適用しない格子を含む全ての格子に値を指定する必要がある。

inf_dr.dat

値 ※行と格子番号が対応関係

例)

0
1
0
0
0
...

5.4.2. 下水道・圃場パラメータ : drain.dat

下水道・圃場エリアの処理面積や処理雨量などの情報は drain.dat に格納する。
下水道・圃場 id 毎の各パラメータを記載する。したがって、格子毎の記載（指定）ではないため注意が必要である。また、inf_dr.dat で使用した値は網羅する必要がある。

drain.dat

下水道・圃場エリアの数

drn	drr	drp	drc	dist
x	xx.xx	xxxxx	xxxxx	xxx.xx

drn: エリア id.

drr: 計画処理降雨量(mm/hr)

drp: エリア別の計画排水ポイント(mesh 番号)

drc: エリア別の集水ポイント (mesh 番号)

dist: drc から drp までの距離

例)

2				
1	40.00	108825	120098	159.29
2	20.00	101125	10043	120.18

5.5. その他

UNST2D にはその他様々な処理が実装されている。

- ①線盛土
- ②排水処理（境界）

5.5.1. 線盛土 : morid.dat (未検証)

線盛土は指定した link 番号に標高値とは別に盛土（標高値 ≠ 盛土高）の値を設定し、指定 link 上では完全越流または潜り越流を計算する。

指定された link では必ず越流公式が適用されるため指定には注意が必要である。

morido.dat

盛土を設定する link の総数

link 番号 盛土標高値

例)

101

1 100.17

5 98.45

124 89.67

5.5.2. 排水処理（境界）: dsmesh.dat

UNST2D 計算領域 - 計算領域外の排水処理の情報は dsmesh.dat に格納する。外縁 link を 1 つ以上有する格子番号のみ指定可能である（図 5-6-1）。

境界処理には「自由流出」と「下流端水位」、「等流排水」が実装されている。

自由流出は指定格子に流入するフラックスを自由流出にするとともに、指定格子の水深を強制的に 0 にする処理である。

（β 版）下流端水位は指定格子の水位を指定された水位に強制的に更新し、外縁 link のフラックスは外縁 link 以外のフラックスから補間する処理である。水位データおよび水位データのステップ数を指定する。水位は下流端水位処理を指定した格子の順に記載する。

（β 版）等流排水は指定格子の上流側格子のフラックス及び水深をコピーする処理である。指定格子と同一流況と判定可能な上流格子を必要とするため、指定格子およびその上流格子が同一形状の方形格子の場合のみ処理の適用が可能である。上流の格子番号はプログラム内で特定するため指定等は不要である。ただし指定する外縁 link は 1 つである必要がある。

dsmesh.dat

排水処理格子数

mesh 番号 処理タイプ 下流端水深ステップ数←各整数值の間は半角スペース 1 つで区切ること
※処理タイプ … 1：自由流出， 2：下流端水位（β 版）， 3：等流排水（β 版）

下流端水位[下流端水位ステップ数] } [処理タイプ 2 の数]

例)

3

157 ※番号がない場合は処理タイプが 1 として扱われる。

170 2 5 ※2 を指定時、下流端ステップの記述がない場合は排水処理が行われない。

171 1 ※1 または 3 を指定時、下流单ステップの記述は不要である。

172 2 10

1.000 2.000 2.000 ... ※格子番号 170 の水位（5 ステップ）

1.000 2.000 2.000 ... ※格子番号 172 の水位（10 ステップ）

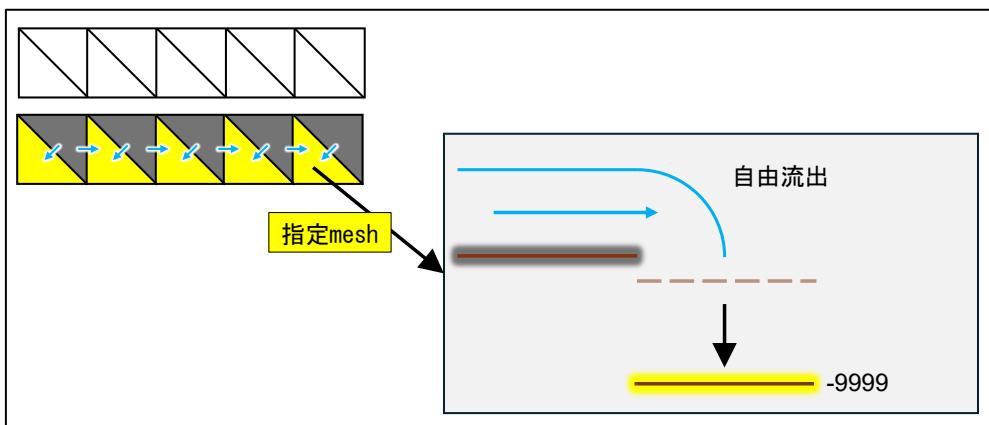


図 5-6-1 境界処理（自由流出）

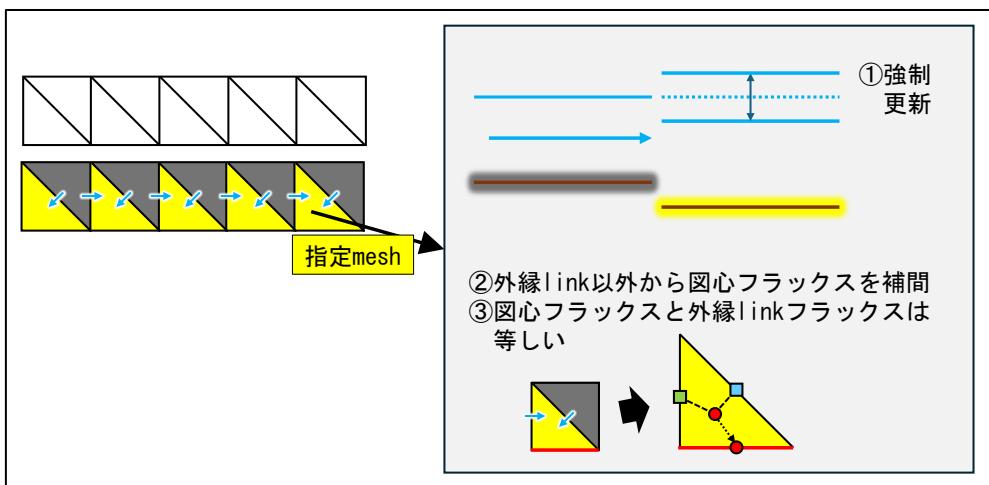


図 5-6-2 境界処理（下流端水位）

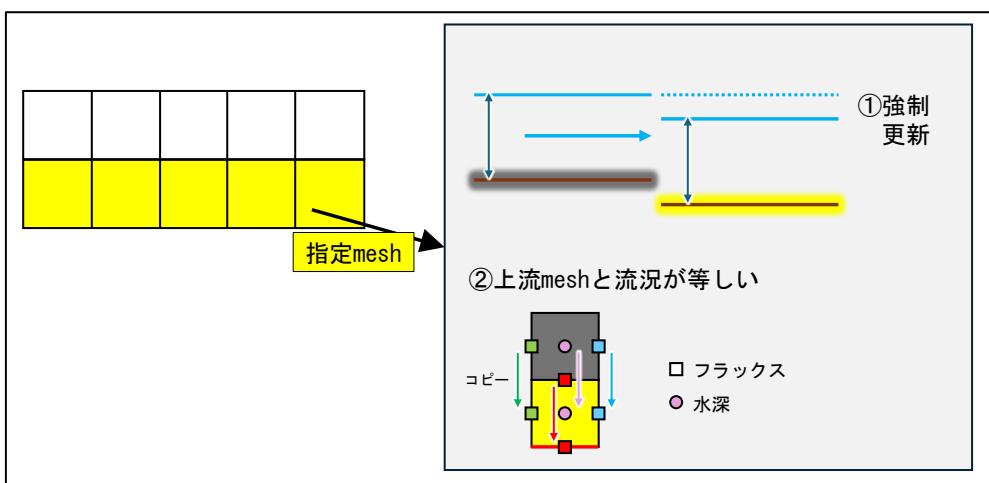


図 5-6-3 境界処理（等流排水）

参考文献

- 1) 山村孝輝, 瀧健太郎:遺伝的アルゴリズムを用いた田んぼダムの最適配置探索法の提案, 水工学論文集,
(2025)
- 2) 農林水産省 : 水田流出簡易計算プログラム
<https://www.maff.go.jp/j/nousin/mizu/kurasi_agwater/attach/other/ryuuiki_tisui-3.xlsm>

6. RRI (CUI) の実行

6.1. RRI_Input.txt の管理

RRI の実行にあたり， RRI_Input.txt で計算間隔 dt や各種計算のパラメータを指定する。 RRI_Input.txt は以下の通りである。なお，必要最低限の情報のみ記載している。

RRI_Input.txt

```
RRI_Input_Format_Ver1_4_2
```

```
./rain/rain.dat  
./topo/adem.txt  
./topo/aacc.txt  
./topo/adir.txt
```

rain.dat : 降雨データ
adem.txx : 標高データ
aacc.txt : 累積流量データ
adir.txt : 傾斜方位データ

```
0      # utm(1) or latlon(0)  
1      # 4-direction (0), 8-direction(1)  
48     # lasth(hour)          計算時間 (時間)  
600    # dt(second)          二次元計算の計算タイムステップ  
60     # dt_riv              一次元河道の計算タイムステップ  
48     # outnum [-]          出力数  
136.00791833053  # xllcorner_rain 降雨データの最南西座標  
35.272516898733 # yllcorner_rain  
0.01250000000000 0.0083333333334  # cellsize_rain 降雨データの解像度
```

次頁に続く

前頁の続き)

0.030	# ns_river	一次元河道の粗度係数
5	# num_of_landuse	土地利用の(種)数
1 1 1 1 1	# diffusion(1) orr kinematic(0)	
1.000 0.400 0.500 0.200 0.100	# ns_slope	等価粗度
1.000 1.000 1.000 1.000 1.000	# soildepth	土層厚
0.471 0.471 0.500 0.471 0.471	# gammaa	飽和+不飽和層の有効空隙率
5.560d-7 5.560d-7 0.000 0.000 5.560d-7	# kv (m/s)	鉛直飽和透水係数
0.273 0.273 0.000 0.000 0.273	# Sf(m)	湿潤前線の吸引圧
0.000 0.000 0.080 0.000 0.000	# ka	飽和透水係数
0.000 0.000 0.050 0.000 0.000	# gammam	不飽和層の有効空隙率
4.000 4.000 7.000 4.000 4.000	# beta	定数
0 0 0 0 0	# ksg (m/s) -- set zero for no bedrock gw	
0.4 0.4 0.4 0.4 0.4	# gammag (-)	
0.0005 0.0005 0.0005 0.0005 0.0005	# kg0 (m/s)	
0.003 0.003 0.003 0.003 0.003	# fg (-)	
0.5 0.5 0.5 0.5 0.5	# rgl	
100.0 # riv_thresh		
5.000 # width_param_c (2.5)		riv_thresh : 累積流量のしきい値 (河川判定)
0.350 # width_param_s (0.4)		width_param_, depth_param_ : 河道形状パラメータ
0.950 # depth_param_c (0.1)		
0.200 # depth_param_s (0.4)		
0.000 # height_param		
20.0 # height_limit_param		

次頁に続く

前頁の続き)

0
.riv/width.txt
.riv/depth.txt
.riv/height.txt

0 0 0 0

./init/hs_init.out
./init/hr_init.out
./init/hg_init.out
./init/gamptff_init.out

0 0

./bound/hs_bound.txt
./bound/hr_bound.txt

0 0

./bound/qs_bound.txt
./bound/qr_bound.txt

1

./topo/landuse.txt 土地利用データ

0
.dam.txt

0
.div.txt

次頁に続く

前頁の続き)

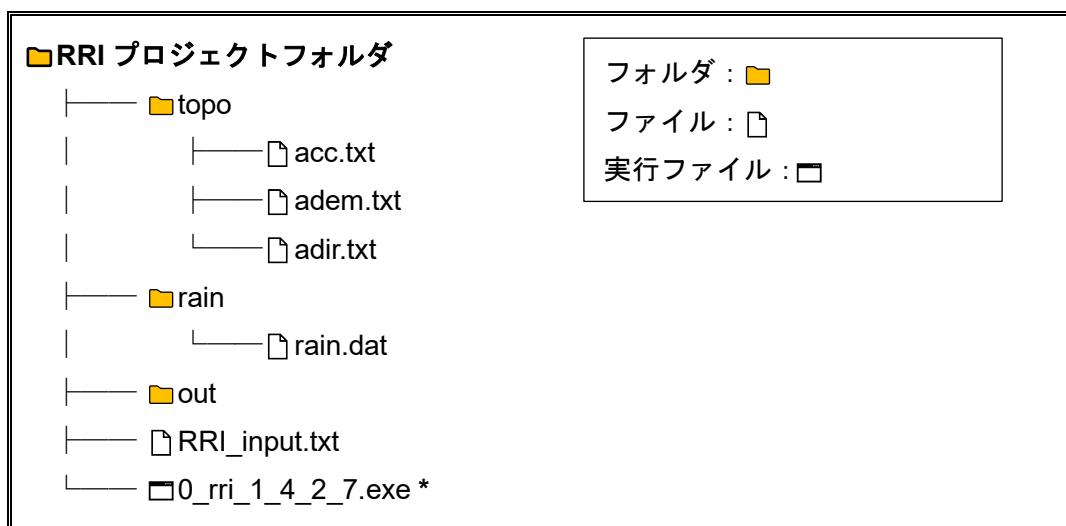
```
0  
./infile/PET.txt  
110.2      # xllcorner_evp  
-8.3       # yllcorner_evp  
0.0083333333 0.0083333333      # cellsize  
  
0  
./riv/length.txt  
  
0  
./riv/sec_map.txt  
.riv/section/sec_  
  
1 1 0 1 1 0 0 0 1      qr, qu, qv は出力必須 (1で出力を有効化)  
.out/test1/hs_  
.out/test1/hr_  
.out/hg_  
.out/test1/qr_  
.out/test1/qu_  
.out/test1/qv_  
.out/gu_  
.out/gv_  
.out/gampt_ff_  
.out/test1/storage.dat  
  
0  
.location.txt
```

6.2. 実行

第2章2節で示したファイル構成の下、カレントディレクトリを移動し、RRIプロジェクトフォルダ直下で `0_rri_1_4_2_7.exe` をコマンドプロンプトまたはWindows PowerShellで実行することでRRIが実行される。ただしWindows以外ではこの限りではない。

ただし、連成計算モデル（RRI-UNST2D）ではUNST2Dのソースファイルを含めてコンパイル・実行するため、RRI単体を実行する必要はない。RRIからUNST2Dへ一方方向に受け渡しを行う場合にのみRRI単体で実行する。

再度、最小ファイル構成を以下に示す。



7. UNST2D の実行

7.1. cntl.dat の管理

UNST2D の実行にあたり、cntl.dat で計算間隔 dt や各種計算の有無を指定する。降雨データのセルサイズなども cndl.dat で規定されている。

cndl.dat は以下の通りである。行数や各種フラグの位置は必ず守る必要がある。

cntl.dat

1	TIMMAX=	2.0	0.0	0.0	0.0	¹	TIMMAX : 計算時刻 (日 時間 分 秒) DT : 計算タイムステップ (秒) DKOUT : 結果出力タイムステップ (秒) DPOUT : 画面出力タイムステップ (秒) DTR : 降雨データタイムステップ (秒) ※ DTQ : 流入流量ハイドロタイムステップ (秒) ※ OCPY : 占有率 (全域一様) BETA : 通過率		
2	DT=	0.20				²			
3	DKOUT=	600.00				²			
4	DPOUT=	600.00				²			
5	DTR=	3600.00				²			
6	DTQ=	3600.00				²			
7	OCPY=	0.00				²			
8	BETA=	1.00				²			
9	INLS=	1		!流入箇所数		1 : 複数	0 : 1 箇所	³	
10	-----								
11	data/node.dat	1 format(7x, 4f6.1) 2 format(7x, f11.2) 3 format(17x, i1) 以下 0/1 フラグはすべて 3							
12	data/link.dat								
13	data/mesh.dat								
14	data/inf.dat								
15	data/bs.dat								必須インプットデータパス
16	data/qin.dat								
17	data/rain.dat								
18	data/mesh2ij.dat								
19	data/unst_infilt.dat								

次頁に続く

前頁の続き)

```
20 -----rain_data
21 136.000000000000 # xllcorner_rain
22 35.000000000000 # yllcorner_rain      降雨データの最南西座標
23 0.012500000000 0.0083333333 # cellsize_rain 降雨データの解像度
24
25
26 DSMESH= 1 !リンクから排水 1 : あり 0 : なし
27 data/dsmesh.dat
28
29
30 1Driv= 0 !1 次元河道の計算 1 : あり 0 : なし
31 !rivdata/kasho.dat
32 !rivdata/hahosei.dat
33 !rivdata/hrhosei.dat
34 !rivdata/knode.dat
35 !rivdata/hydr.dat
36 !rivdata/shoki.dat
37 !riv/ksetuzoku.dat
38 !out
39 !out/suii_1d2d.dat
40
41
42 PLANTFN= 0 !倒伏可能な植生抵抗 1 : 考慮する 0 : 考慮しない
43 data/plantF.dat
44 data/plnatN.dat
45
46
47 PLANTDA= 0 !防備林等の植生抵抗 1 : 考慮する 0 : 考慮しない
48 data/plantD.dat
49 data/planta.dat
```

領域外への排水処理

開発中

倒伏有植生抵抗モデル

倒伏無植生抵抗モデル

次頁に続く

前頁の続き)

```
52 PADDYDAM=      0      !田んぼダム      1 : 考慮する 0 : 考慮しない  
53 data/paddy.dat  
54 data/pqout.dat  
55 data/paddy_param.dat  
56  
57 out/dhp.dat  
58 out/paddyh.dat  
59 out/paddyq.dat } 田んぼダムアウトプットデータパス  
60  
61 DRAINAREA=      0      !下水道計画      1 : 考慮する 0 : 考慮しない  
62 data/inf_dr.dat  
63 data/drain.dat  
64  
65  
66 MORIDO=      0      !線盛土 (堤防)      1 : 考慮する 0 : 考慮しない  
67 data/morido.dat  
68  
69  
70  
71 out/h.dat  
72 out/hmax.dat  
73 out/uum.dat  
74 out/vvm.dat  
75 out/uummax.dat  
76 out/vvmmax.dat  
77 out/unststorage.dat  
78 out/q.dat } アウトプットデータパス
```

7.2. 実行

第3章4節で示したファイル構成の下、カレントディレクトリを移動し、UNST2D プロジェクトフォルダ直下で `unst.exe` をコマンドプロンプトまたは Windows PowerShell で実行 (`./unst.exe`) することで UNST が実行される。Windows 以外はこの限りではない。

`main.py` から UNST2D を実行することも可能である。`main.py` から実行することで UNST2D の出力結果 (`h.dat` と `hmax.dat`) を自動的に `csv` に整理することが可能である。

再度ファイル構成を次ページ以降に示す。なお、`out` フォルダは `out` フォルダのみ必要であり、中身のファイル群 (`.dat`) は自動で生成されるため準備は不要である。

■UNST プロジェクトフォルダ

```
└── data *  
└── rivdata (25/01 開発中)  
└── out *  
└── cntl.dat *  
└── unst.exe *
```

必須ファイル・フォルダ : *

フォルダ :

ファイル :

実行ファイル :

■data *

```
└── node.dat *  
└── link.dat *  
└── mesh.dat *  
└── bs.dat *  
└── inf.dat *  
└── runst_infilt.dat *  
└── inf.dat *  
└── rain.dat *  
└── mesh2ij.dat *  
└── qin.dat *  
└── plantD.dat, planta.dat  
└── plantF.dat, plantN.dat  
└── paddy.dat, pqout.dat, paddy_param.dat  
└── inf_dr.dat, drain.dat  
└── morido.dat  
└── dsmesh.dat
```

必須ファイル・フォルダ : *

フォルダ :

ファイル :

rivdata (開発中)

- └── kasho.dat
- └── hahosei.dat
- └── hrhosei.dat
- └── knode.dat
- └── hydr.dat
- └── shoki.dat
- └── ksetsuzoku.dat

必須ファイル・フォルダ : *

フォルダ : 

ファイル : 

out *

- └── h.dat
- └── hmax.dat
- └── uum.dat
- └── uummax.dat
- └── vvm.dat
- └── vvmmax.dat
- └── q.dat
- └── unststrage.dat

必須ファイル・フォルダ : *

フォルダ : 

ファイル : 

実行時自動生成

等

8. 連成解析モデル（RRI-UNST2D）の実行

8.1. **cntl.dat, RRI_Input.txt の管理**

統合モデル（RRI-UNST2D）の実行にあたり、**cntl.dat** と **RRI_Input.txt** で計算間隔 **dt** や各種計算の有無を指定する。 **RRI_Input.txt** は通常の RRI で使用する形式と同様であるが、**cntl.dat** は通常の UNST とは一部異なるため注意が必要である、以下に **cntl.dat** の変更箇所を示す。

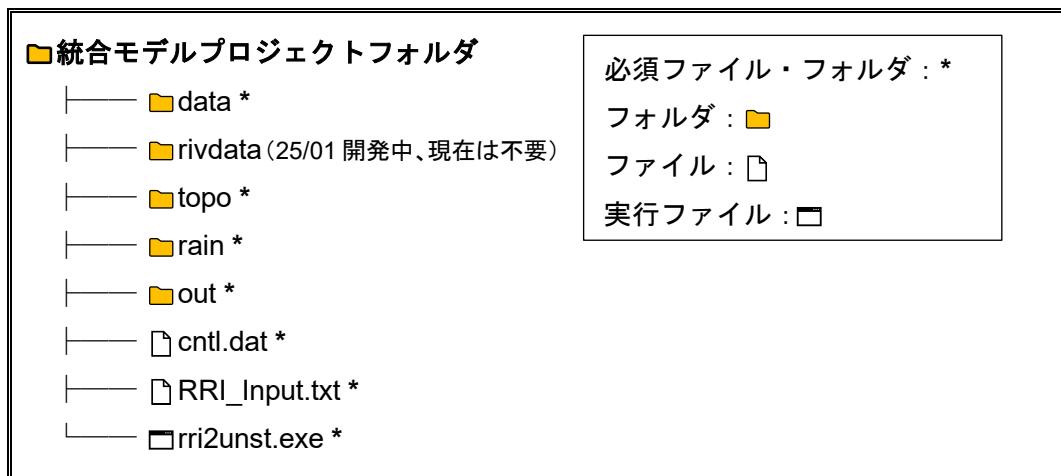
cntl.dat

```
1 DT=          0.20           DT : 計算タイムステップ (秒)
2 DKOUT=       600.00         DKOUT : 結果出力タイムステップ (秒)
3 DPOUT=       600.00         DPOUT : 画面出力タイムステップ (秒)
4 OCPY=        0.00          OCPY : 占有率 (全域一様)
5 BETA=        1.00          BETA : 通過率
6 -----
7 data/node.dat
8 data/link.dat
9 data/mesh.dat
10 data/inf.dat
11 data/bs.dat
12 data/qin.dat
13 data/mesh2ij.dat
14 data/rn.dat
15 ----
16
17 DSMESH=      1           !リンクから等流排水 1 : あり      0 : なし
18     ... 以下同様 (一次元河道など一部 UNST2D のみ実装された機能も存在するため github を要確認)
```

8.2. 実行

第4章4節で示したファイル構成の下、カレントディレクトリを移動し、プロジェクトフォルダ直下で rri2unst.exe をコマンドプロンプトまたは Windows PowerShell で実行することで RRI-UNST2D が実行される。Windows 以外はこの限りではない。

再度ファイル構成を示す。



■ data *

- └── node.dat *
- └── link.dat *
- └── mesh.dat *
- └── bs.dat *
- └── inf.dat *
- └── unst_infilt.dat *
- └── inf.dat *
- └── rain.dat *
- └── mesh2ij.dat *
- └── qin.dat *
- └── plantD.dat, planta.dat
- └── plantF.dat, plantN.dat
- └── paddy.dat, pqout.dat, paddy_param.dat
- └── inf_dr.dat, drain.dat
- └── morido.dat
- └── dsmesh.dat

必須ファイル・フォルダ : *

フォルダ : 

ファイル : 

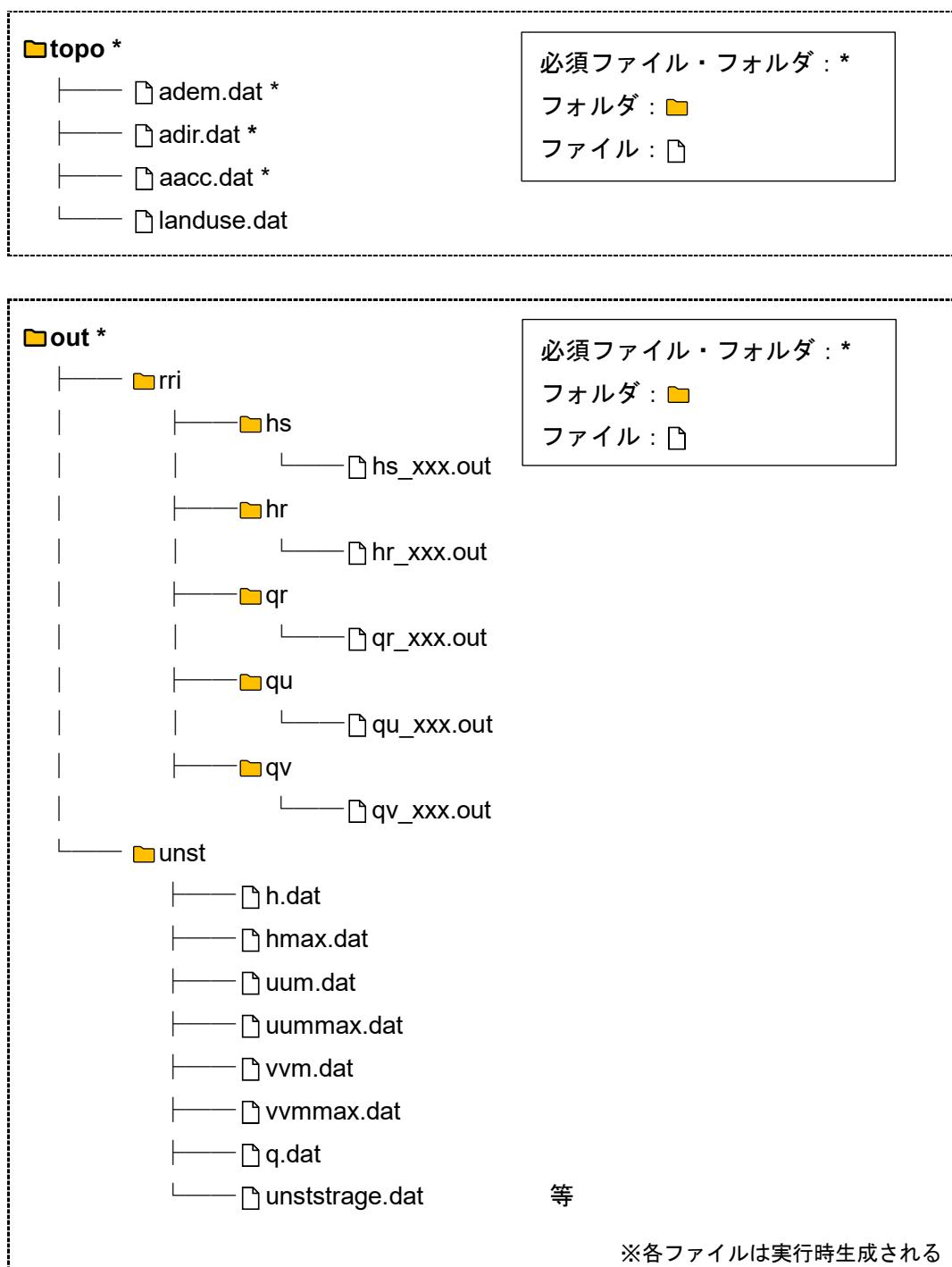
■ rivdata (開発中、現在は不要)

- └── kasho.dat
- └── hahosei.dat
- └── hrhosei.dat
- └── knode.dat
- └── hydr.dat
- └── shoki.dat
- └── ksetsuzoku.dat

必須ファイル・フォルダ : *

フォルダ : 

ファイル : 



9. 出力結果

連成解析モデル（RRI-UNST2D）は RRI および UNST2D 両方の結果を出力する。RRI の出力は通常の RRI と同様の形式であるため、本マニュアルでは割愛する。

UNST2D は各メッシュの浸水深および流速などの結果を出力可能である。各形式は以下の通りである。

9.1. 時系列別浸水深 : h.dat (h.csv)

時系列ごとの各格子の図心の浸水深を 1 つのファイル（h.dat）に出力する。cntl.dat の DKOUT に指定した出力ピッチで記録されている。単位について、時刻を記録するラベル行は開始時刻からの秒(s)、浸水深を記録するデータ行はメートル(m)である。

h.dat

ラベル行 1 (時刻 0(s))	すべての格子の同時系列の浸水深を記録(1 行あたり 10 個ずつ) 左上から mesh 番号が 1 のデータから順に並ぶ
データ行 1 (浸水深(m))	
ラベル行 2 (時刻 t(s))	
データ行 2 (浸水深(m))	
ラベル行 3 (時刻 2t(s))	
データ行 3 (浸水深(m))	
...	...

例)

time=	0.(s)						
	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	...	
	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	...	
...							
	0.000	0.000					
time=	600.(s)						
	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	...	
	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	...	
...							
	0.000	0.000					
...							

また、付録 py (main.py) から連成解析モデルまたはUNST2Dを実行することで csv 形式に整理したデータを出力可能である。

h.csv

```
id, 時刻 0(s), 時刻 t(s), 時刻 2t(s), ...
mesh 番号 1, 時刻 0(s)における浸水深(m), 時刻 t(s)における浸水深(m), ...
mesh 番号 2, 時刻 0(s)における浸水深(m), 時刻 t(s)における浸水深(m), ...
...
...
```

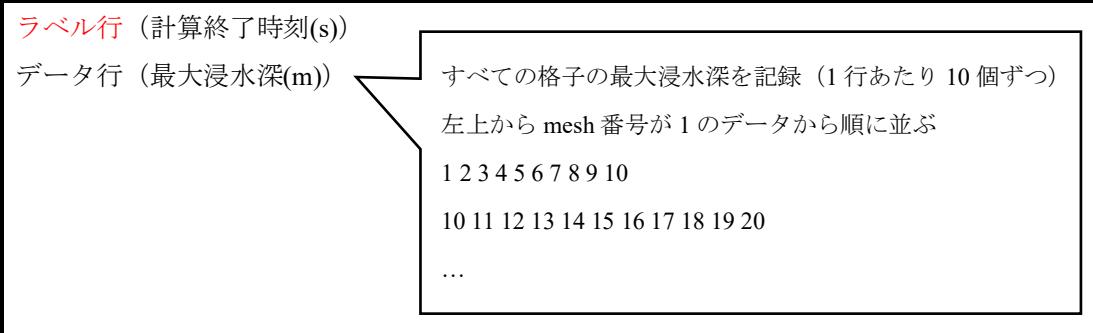
例)

```
id,0.0s,600.0s,1200.0s,1800.0s, ...
1,0.0,0.0,0.0,0.0, ...
2,0.0,0.0,0.0,0.0, ...
...
...
```

9.2. 最大浸水深データ : hmax.dat (hmaxdata.csv)

各格子の図心の最大浸水深を 1 つのファイル (hmax.dat) に出力する。ラベル行に計算終了時刻が記録されているが、データ行の浸水深は各格子の（出力した）全タイムステップ中の最大浸水深であり、ラベル行とデータ行の間に関連はないことに注意が必要である。データ行の単位はメートル(m)である。

hmax.dat



例)

time= 172800.(s)					
1.156	1.157	1.157	1.156	1.156	...
1.155	1.156	1.155	1.155	1.154	...
...					
0.882	0.900				

また, h.dat 同様 main.py から実行することで csv 形式に整理したデータを出力可能である. h.csv とは異なり, 格子ごとの重心座標値も併せて出力されるため, そのまま GIS 等に点群として利用することも可能である.

hmaxdata.csv

```
depth, id, xmesh, ymesh  
最大浸水深(m), mesh 番号, 重心 x 座標, 重心 y 座標
```

例)

```
depth,id,xmesh,ymesh  
0.238,1,21861.31,-65406.39  
0.164,2,21864.0,-65412.64  
0.0,3,21870.01,-65416.23  
...
```

9.3. 時系列別 x 方向の流速 : uum.dat

時系列ごとの各格子の図心の流速（x 方向成分）を 1 つのファイル（uum.dat）に出力する。h.dat と同様の形式であり、データ行の単位は(m/s)である。

uum.dat

ラベル行 1 (時刻 0(s))	すべての格子の同時系列の流速を記録（1 行あたり 10 個ずつ） 左上から mesh 番号が 1 のデータから順に並ぶ 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 ...
データ行 1 (流速(m/s))	
ラベル行 2 (時刻 t(s))	
データ行 2 (流速(m/s))	
ラベル行 3 (時刻 2t(s))	
データ行 3 (流速(m/s))	

9.4. x 方向の最大流速 : uummax.dat

各格子の図心の最大流速（x 方向成分）を 1 つのファイル（uummax.dat）に出力する。hmax.dat と同様の形式であり、データ行の単位は(m/s)である。ただし方向は持たないスカラ量である。

uummax.dat

ラベル行 (計算終了時刻(s))	すべての格子の最大流速を記録（1 行あたり 10 個ずつ） 左上から mesh 番号が 1 のデータから順に並ぶ 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 ...
データ行 (最大流速(m/s))	

9.5. 時系列別 y 方向の流速 : vvm.dat

時系列ごとの各格子の図心の流速 (y 方向成分) を 1 つのファイル (vvm.dat) に出力する。h.dat と同様の形式であり、データ行の単位は(m/s)である。

vvm.dat

ラベル行 1 (時刻 0(s))	すべての格子の同時系列の流速を記録 (1 行あたり 10 個ずつ) 左上から mesh 番号が 1 のデータから順に並ぶ 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 ...
データ行 1 (流速(m/s))	
ラベル行 2 (時刻 t(s))	
データ行 2 (流速(m/s))	
ラベル行 3 (時刻 2t(s))	
データ行 3 (流速(m/s))	

9.6. y 方向の最大流速 : vvmmax.dat

各格子の図心の最大流速 (y 方向成分) を 1 つのファイル (vvmmax.dat) に出力する。hmax.dat と同様の形式であり、データ行の単位は(m/s)である。ただし方向は持たないスカラ量である。

vvmmax.dat

ラベル行 (計算終了時刻(s))	すべての格子の最大流速を記録 (1 行あたり 10 個ずつ) 左上から mesh 番号が 1 のデータから順に並ぶ 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 ...
データ行 (最大流速(m/s))	

9.7. 時系列別流入量 : q.dat

時系列ごとの各格子の流入量を 1 つのファイル (q.dat) に出力する. h.dat と同様の形式であり, データ行の単位は(m^3)である.

q.dat

ラベル行 1 (時刻 0(s))	すべての格子の同時系列の流量を記録 (1 行あたり 10 個ずつ) 左上から mesh 番号が 1 のデータから順に並ぶ
データ行 1 (流量(m^3/s))	
ラベル行 2 (時刻 t(s))	
データ行 2 (流量(m^3/s))	
ラベル行 3 (時刻 2t(s))	
データ行 3 (流量(m^3/s))	
...	

9.8. 時系列別水収支 : unststrage.dat

時系列ごとの各格子の水収支を 1 つのファイル (unststrage.dat) に出力する. h.dat と同様の形式であり, データの単位は(m^3)である.

unststrage.dat

ラベル行 1 (時刻 0(s))	すべての格子の同時系列の水収支を記録(1 行あたり 10 個ずつ) 左上から mesh 番号が 1 のデータから順に並ぶ
データ行 1 (水収支(m^3))	
ラベル行 2 (時刻 t(s))	
データ行 2 (水収支(m^3))	
ラベル行 3 (時刻 2t(s))	
データ行 3 (水収支 (m^3))	
...	

9.9. 田んぼダム 時間遅れ排水量 : dhp.dat

時系列ごとの各田んぼダムの時間遅れ排水量を 1 つのファイル (dhp.dat) に出力する。データ行の単位は(m³)である。

dhp.dat

ラベル行 1 (時刻 0(s))	すべての田んぼの同時系列の排水量を記録 (1 行あたり 10 個ずつ) 左上から番号が 1 の田んぼから順に並ぶ 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 ...
データ行 1 (排水量(m ³))	
ラベル行 2 (時刻 t(s))	
データ行 2 (排水量(m ³))	
ラベル行 3 (時刻 2t(s))	
データ行 3 (排水量(m ³))	
...	

9.10. 田んぼダム 田水深 : paddyh.dat

時系列ごとの各田んぼダムの田水深を 1 つのファイル (paddyh.dat) に出力する。データ行の単位は(m)である。

paddyh.dat

ラベル行 1 (時刻 0(s))	すべての田んぼの同時系列の田水深を記録 (1 行あたり 10 個ずつ) 左上から田んぼ id が 1 の田んぼから順に並ぶ 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 ...
データ行 1 (田水深(m))	
ラベル行 2 (時刻 t(s))	
データ行 2 (田水深(m))	
ラベル行 3 (時刻 2t(s))	
データ行 3 (田水深(m))	
...	

9.11. 田んぼダム 流入量 : paddyq.dat

時系列ごとの各田んぼダムの流入量を 1 つのファイル (paddyq.dat) に出力する。paddyh.dat と同様の形式であり、データ行の単位は(m^3)である。

paddyq.dat

ラベル行 1 (時刻 0(s))
データ行 1 (貯留量(m^3))
ラベル行 2 (時刻 t(s))
データ行 2 (貯留量(m^3))
ラベル行 3 (時刻 2t(s))
データ行 3 (貯留量 (m^3))
...

すべての田んぼの同時系列の貯留量を記録
(1 行あたり 10 個ずつ)
左上から田んぼ id が 1 のデータから順に並ぶ
1 2 3 4 5 6 7 8
9 10 11 12 13 14 15 16
...

10. 出力結果の可視化

GIS または Python を使用して UNST2D 出力結果を可視化することが可能である。なお、RRI の出力結果の可視化については RRI のマニュアルを参照いただきたい。

10.1. 図示

UNST2D の出力結果を図示する方法の例を示す。

10.1.1. 最大浸水深

① ポイント地物として GIS に取り込む方法

hmax.dat を変換した hmaxdata.csv には格子図心の xy 座標値が含まれているため、ポイント地物として取り込むことで空間的に表現することが可能である。(参考: main.py)
ただし、あくまで点として表現されるため、局所的な表現には向かない。

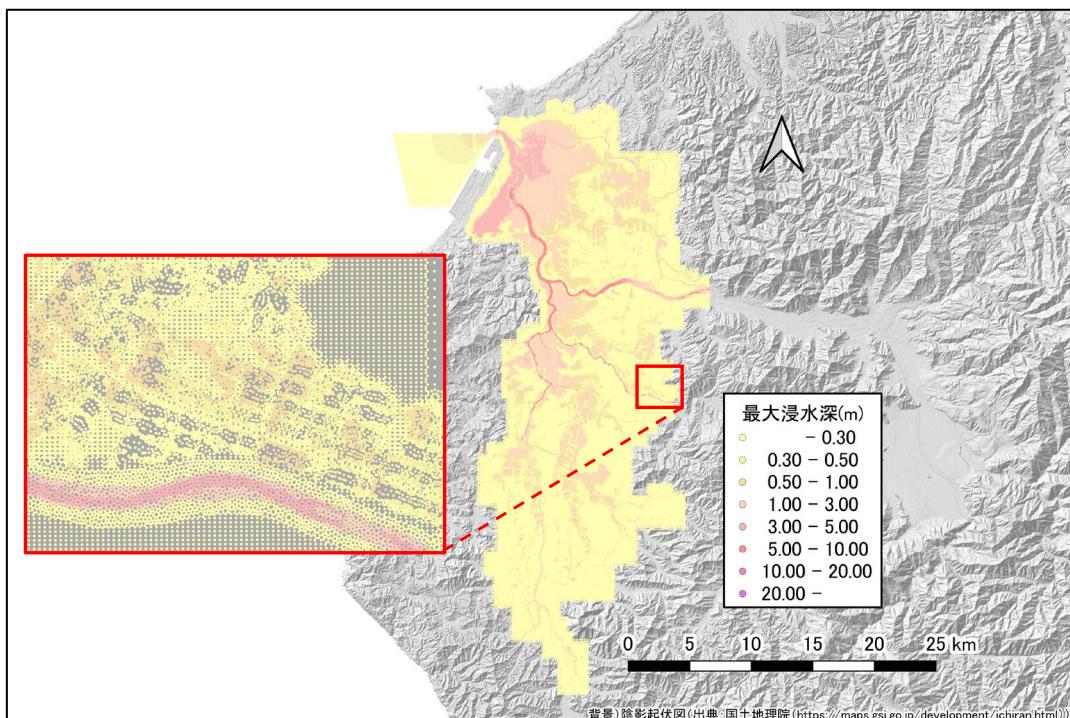


図 10-1 最大浸水深の可視化（点群）

②GIS にて使用した格子データにテーブル結合

ポリゴン形式の格子データとともに GIS に取り込み, mesh 番号で各データを紐づけることでポリゴン（面）として表現することが可能である。

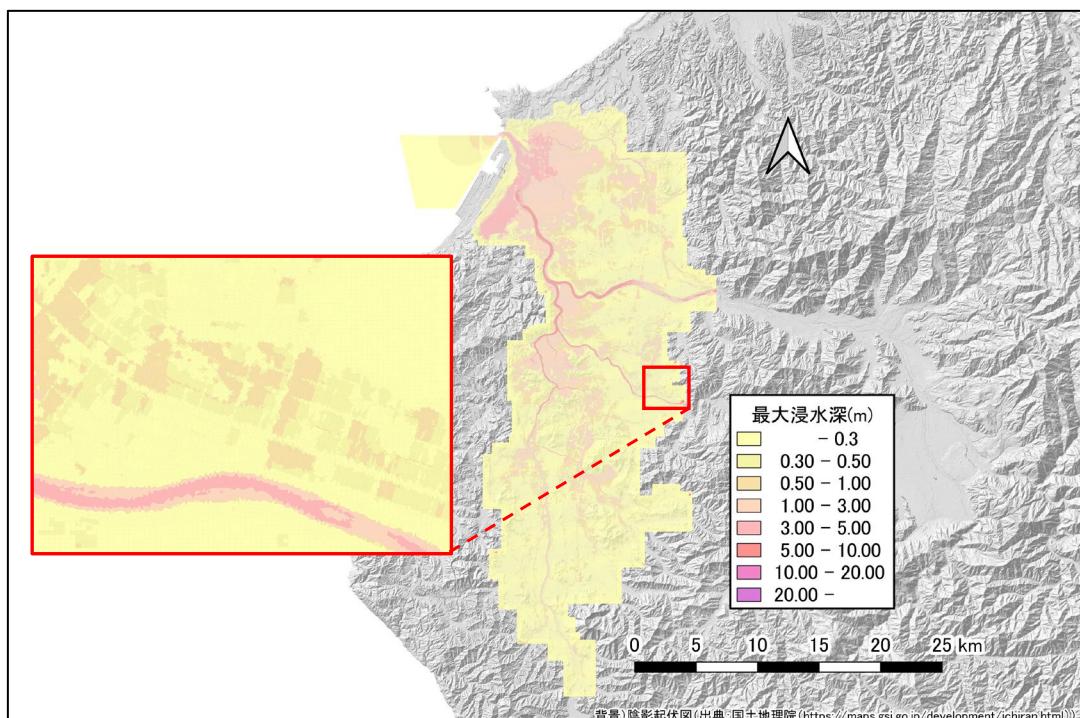


図 10-2 最大浸水深の可視化（ポリゴン）

③Python を使用して①または②の処理を行う

Python の geopandas や shapely, matplotlib などを用いることで GIS を使用せず図示化することが可能である。（参考：maxdata_show.py）

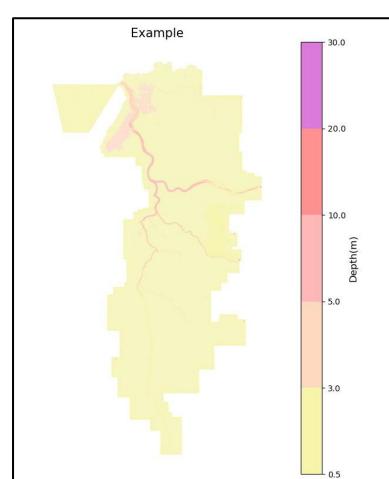


図 10-3 最大浸水深の可視化（Python）

10.1.2. 最大流速

最大流速の図示には各時系列の uum と vvm から流速を求めた後、最大値を抽出する必要がある。流速 u は以下の式で定義される。（参考：result_to_csv.py）

$$u(i, t) = \sqrt{uum(i, t)^2 + vvm(i, t)^2}$$

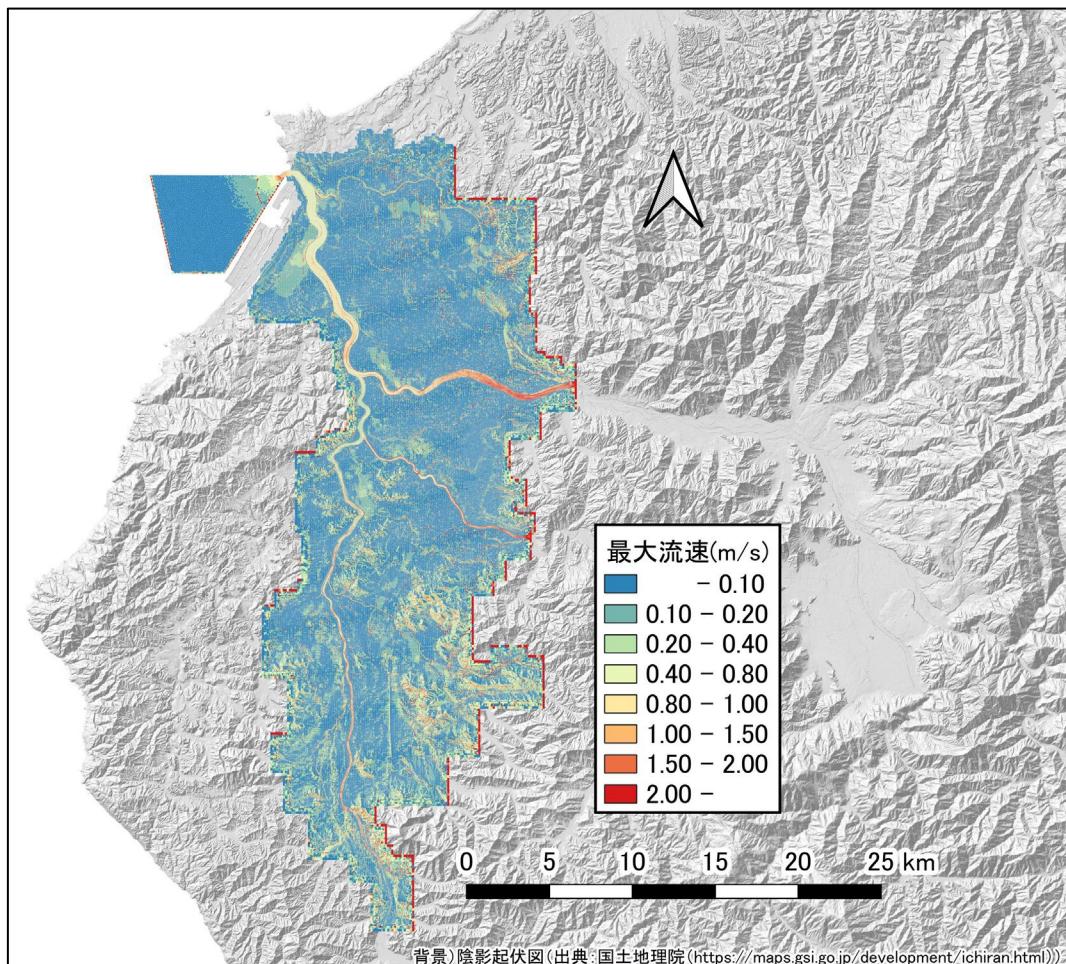


図 10-4 最大流速の可視化

10.1.3. 最大流体力

最大流体力の図示には最大流速同様、各時系列の流体力を算出後、最大値を抽出する必要がある。流体力 $u^2 h$ は以下の式で定義される。（参考：result_to_csv.py）

$$u^2 h = (uum^2 + vvm^2) \times h$$

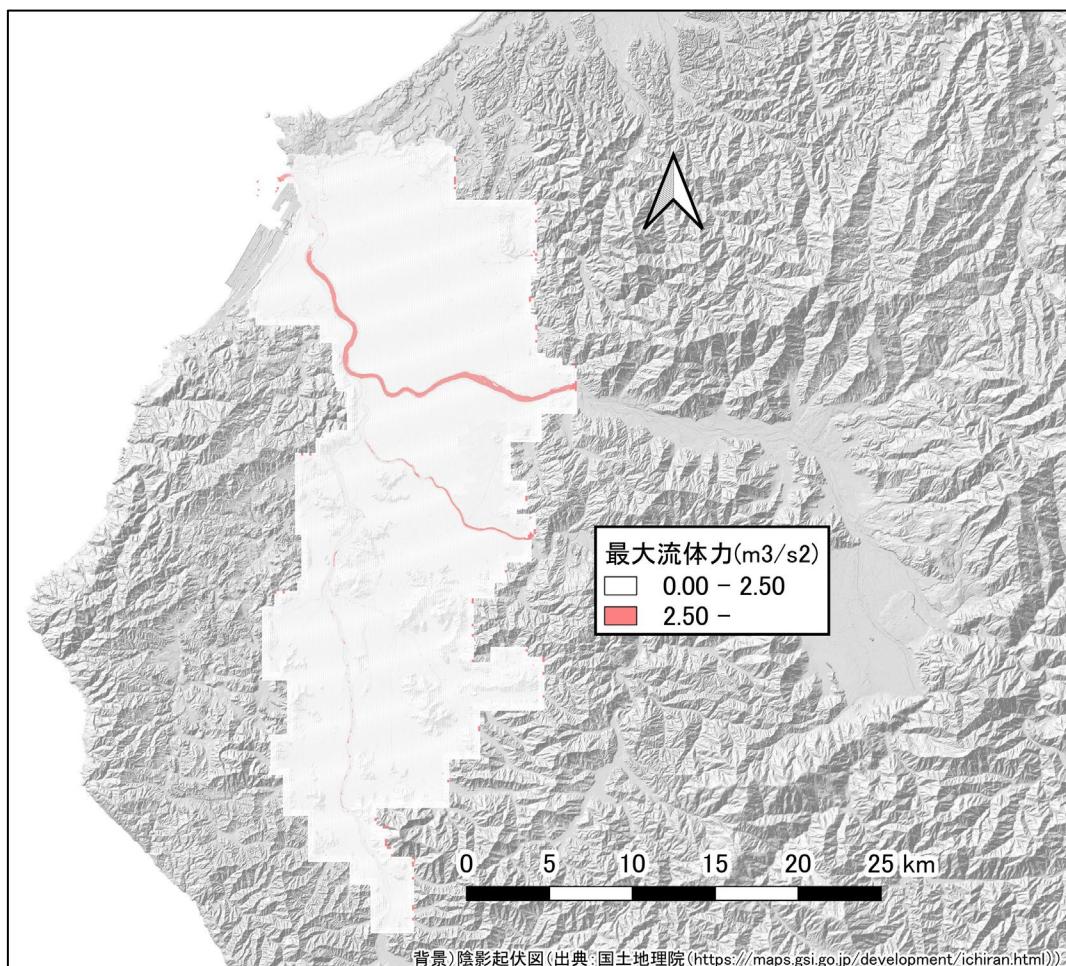


図 10-5 最大流体力の可視化

10.2. 動画

時系列データを有する出力結果は動画で可視化することも可能である。

10.2.1. 浸水深、流速、流体力

サンプル py コードを付録に掲載している（参考：csv2mp4.py, movie.py）。

図 10-6 に浸水深の時系列データを可視化した例を示す。

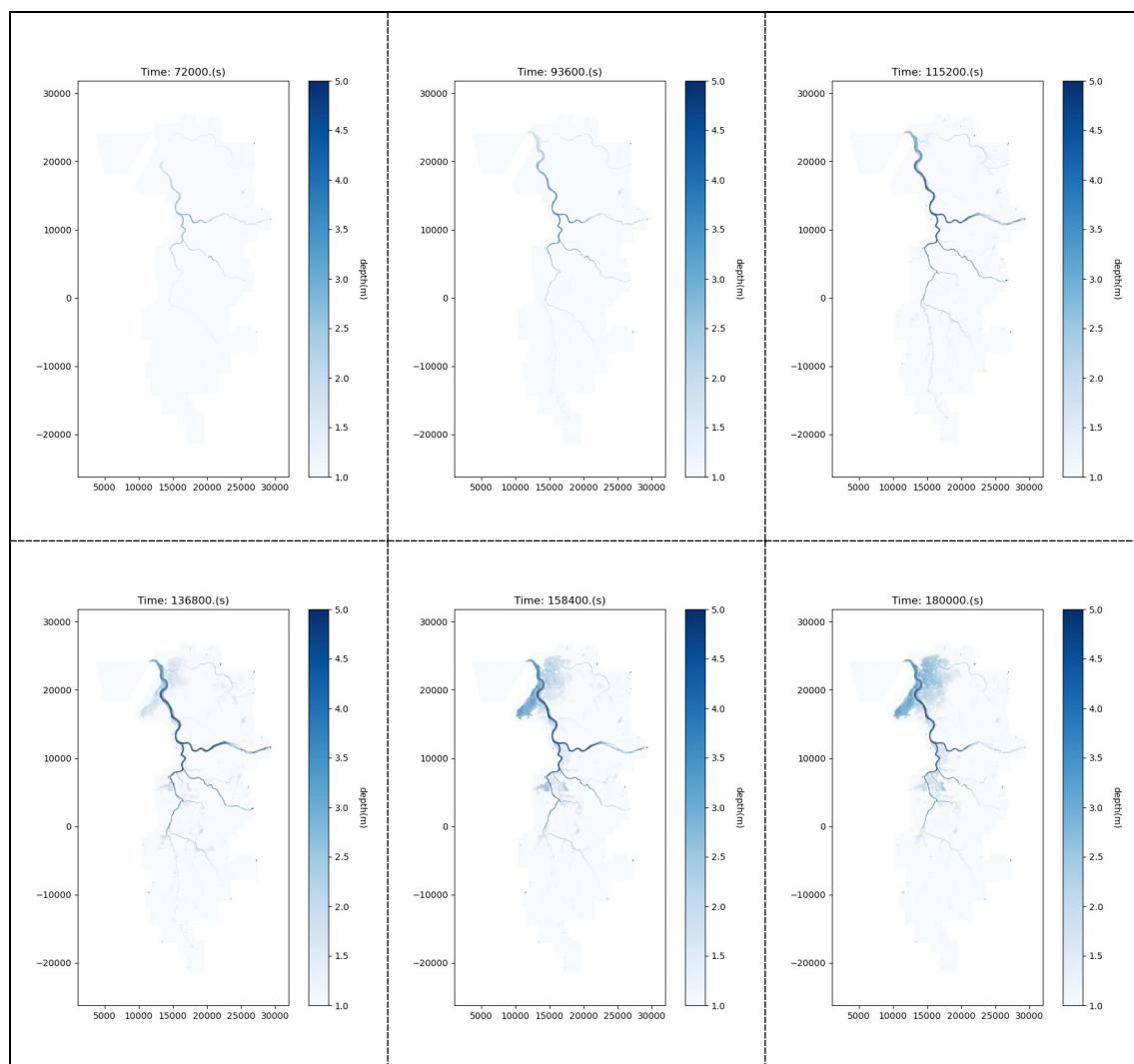


図 10-6 浸水深の時系列変化

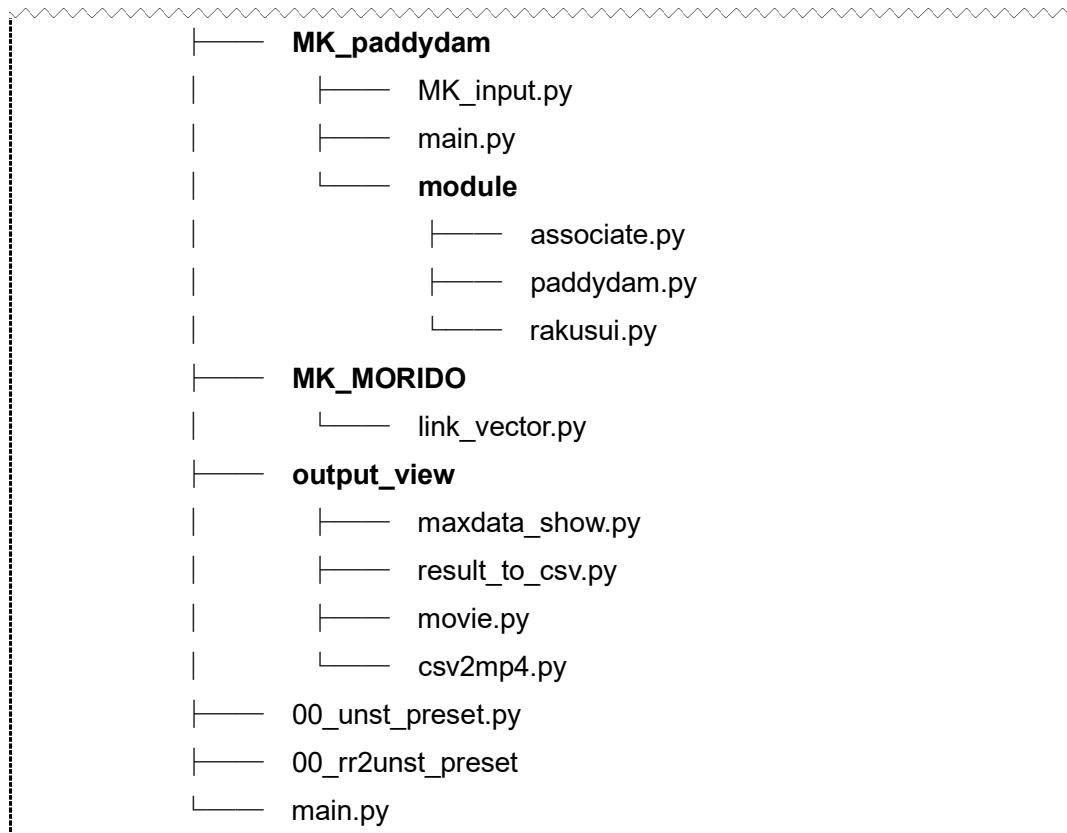
11. 関連コード一覧（執筆中）

11.1. コード一覧

```
src
├── unst (3章参照)
│   └── UNST_xxx.f90 (全8ファイル)
├── rri2unst (4章参照)
│   ├── RRI_xxx.f90 (全21ファイル)
│   └── UNST_xxx.f90 (全8ファイル)
└── python
    ├── MK_mesh
    │   ├── 01_separate_mesh.py
    │   ├── 02_triangle_hole.py
    │   ├── 03_convert_inputdata.py
    │   ├── shp_to_wkt_func.py
    │   ├── mesh2ij_func.py
    │   ├── outerlink_func.py
    │   └── pred(sisdata_preprocessor)
    │       └── xxx.py (全10ファイル)
    ├── etc
    │   ├── make_simplerain.py
    │   └── make_simpleqin.py
    └── MK_QIN (調整中)
        ├── main.py
        ├── 0x_xx.py (全7ファイル)
        └── config.py
```

次頁に続く

(前頁の続き)



11.2. Fortran

UNST は Fortran で記述されている。(全 9 ファイル、RRI-UNST2D では Riv は使用せず Cnct を使用する)

- UNST_Main.f90 : メインプログラム
 - program UNST
- UNST_Sub.f90 : 基本的な計算を行うサブルーチン
 - subroutine flux (entry suisin)
 - subroutine velocity
 - subroutine replace
 - subroutine lkyokai
 - subroutine sumqa
 - subroutine unst_infilt
- UNST_Initial.f90 : 初期条件の反映などプログラム開始時点に実行するサブルーチン
 - subroutine unst_initiald
- UNST_Read.f90 : 各種インプットデータを読み込むサブルーチン
 - subroutine unst_rdat
 - subroutine plantFNdat
 - subroutine plantDadat
 - subroutine paddydat
 - subroutine draindat
 - subroutine moriddat
- UNST_Write.f90 : 結果出力を行うモジュール／サブルーチン
 - module write_procedures
 - subroutine write_array_data
 - subroutine write_paddyarray_data
 - subroutine write_multi_data
 - subroutine write_paddy_data
 - subroutine wrfile
 - (entry dispwrite, entry diskerite,
 - entry wrhmax, entry paddywrite)

- `UNST_Elements.f90` : 田んぼダムや線盛土などその他処理サブルーチン
 - `subroutine paddyinitiald`
 - `subroutine paddyflow`
 - `subroutine draininitiald`
 - `subroutine drainflow`
 - `subroutine drainfacilityflow`
 - `subroutine dsflux`
 - `subroutine dssuisin`
 - `subroutine precondition_cal`

- `UNST_RRICnct.f90` : RRI と UNST2D の接続サブルーチン
 - `subroutine unst_qin`
 - `subroutine unst2rri`

- `UNST_Riv.f90` : 一次元河道モデルサブルーチン
 - `subroutine bndry`
 - `subroutine hydro`
 - `subroutine soltn`
 - (~~entry links, entry bnodes, entry inodes~~)
 - `subroutine elm`
 - `subroutine hahr`
 - (~~entry abrz, entry invaz~~)

- `UNST_Mod.f90` : グローバル変数モジュール
 - `module globals`

また、RRI-UNST2D では RRI の全ソースコード（一部改変）を併せて使用する。
4 章に記載の通り、RRI のソースコードは github 上に公開されている `modyfy-rrri.patch` を使用し、コードを追加・修正したものを使用する。

11.3. Python

UNST インプットデータ作成には Python で記述されたプログラムを使用する。

①格子作成関連 :

- 01_separate_mesh.py : 4 角形格子を 4 または 16 等分する
- 02_triangle_hole.py : ポリゴンから三角形非構造格子を作成する

②UNST 必須インプットデータ作成関連 :

- 03_convert_inputdata.py : 格子 shp から UNST インプットデータを作成
 - shp_to_wkt_func.py : shp を csv (wkt 形式) に変換
 - mesh2ij_func.py : mesh.dat から mesh2ij.dat を作成
 - outerlink_func.py : 外縁 link の gpkg 作成
- sisdata_preprocessor : csv (wkt 形式) から node.dat, link.dat, mesh.dat を作成
 - __init__.py : 前処理プログラム取扱説明書等参照
 - coordinates.py : 前処理プログラム取扱説明書等参照
 - io_utils.py : 前処理プログラム取扱説明書等参照
 - link.py : 前処理プログラム取扱説明書等参照
 - math_utils.py : 前処理プログラム取扱説明書等参照
 - mesh.py : 前処理プログラム取扱説明書等参照
 - preprocess_sisdata.py : 前処理プログラム取扱説明書等参照
 - preprocess_sisdata_utils.py : 前処理プログラム取扱説明書等参照
 - sisdata_preprocessor_config.py : 前処理プログラム取扱説明書等参照
 - sisdata_reader.py : 前処理プログラム取扱説明書等参照

③UNST 降雨作成関連 :

- make_simplerain.py : 全域一様降雨 rain.dat を作成

④UNST 流入量作成関連 (MK_QIN) (調整中) ※ :

- main.py : RRI の結果から qin.dat を作成
 - 01_get_edge.py : link.dat から外縁 link データ csv を作成
 - 01_2_select_RRI.py : 外縁 mesh から RRI の mesh のみ抽出
 - 02_get_center.py : mesh の重心座標を取得 (RRI の座標系)
 - 03_get_rricenter.py : RRI の各ピクセルの重心座標を取得
 - 04_merge_unstrri.py : unst 格子と RRI 格子の照合
 - 05_get_rridir.py : RRI の dir を取得
 - 06_link.place.py : unst の外縁 link の位置を取得
 - 07_weight_qin.py : RRI の dir および link の位置に応じて qin のウェイトを算出
 - 08_make_qin.py : RRI の結果より qin.dat を作成
 - config.py : qin 作成パラメータ管理

※統合モデルでは使用しない。一方的な接続 (RRI→UNST) で使用する。

⑤UNST 田んぼダム作成関連 (MK_paddydam) :

- MK_input.py : インプットデータ作成例参照
- main.py : インプットデータ作成例参照
 - associate.py : インプットデータ作成例参照
 - paddydam.py : インプットデータ作成例参照
 - rakusi.py : インプットデータ作成例参照

⑥UNST 線盛土作成関連 (MK_MORIDO) :

- link_vector : すべての link の parquet 作成

⑦UNST 実行関連 :

- 00_unst_preset.py : unst 用ファイル構成を構築
- 00_rri2unst_preset.py : 統合モデル用ファイル構成を構築
- main.py : unst 実行後、自動で h.csv および hmax.csv を作成

出力結果を Python で可視化することも可能である。

UNST 結果可視化関連 (output_view) :

- maxdata_show.py : 最大浸水深などを可視化
- result_to_csv.py : 出力 dat ファイルを csv 形式に変換
 - + 流体力 csv を出力
- movie.py : 浸水深(h)などを面で動画化
- csv2mp4.py : 浸水深(h)などを格子の点（重心）で動画化

ご利用にあたって Citation

このコードを利用した計算結果の公表・頒布に際しては、以下の論文を引用してください。

Please cite the following paper when publishing or distributing calculation results using this code.

川池 健司, 井上 和也, 戸田 圭一 (2000) 非構造格子の都市氾濫解析への適用, 水工学論文集, 44: 461-466.

Kenji KAWAIKE, Kazuya INOUE, Kei-ichi TODA (2000) Applications of unstructured meshes to inundation flow analysis in urban area, Annual journal of Hydraulic Engineering, JSCE, 44, 461-466. <https://doi.org/10.2208/prohe.44.461>

山村 孝輝, 西野 駿治, 山田 真史, 佐山 敬洋, 川池健司, 瀧健太郎 (2025) 流域治水計画検討のための降雨流出氾濫 (RRI) モデルと非構造格子二次元不定流 (UNST-2D) モデルの連成解析法の検討 河川技術論文集, 31: 469–474.

Koki YAMAMURA, Shunji NISHINO, Masafumi YAMADA, Takahiro SAYAMA, Kenji KAWAIKE, Kentaro TAKI (2025) Proposal of coupled analysis of Rainfall-Runoff-Inundation (RRI) model and unstructured flood management planning, Advances in river engineering, JSCE, 31, 469-474.

RRI モデルとの連成計算を行う場合は、あわせて RRI モデルのプログラム利用許諾規約にしたがってください。

If you are performing coupled calculations with the RRI model, please also quote the information specified in the license for the RRI model.

< https://www.pwri.go.jp/icharm/research/rri/index_j.html >

Copyright (c) 2025 K.Kawaike & TK Labo
Licensed under the MIT license.

編集・執筆 (2025.07)

滋賀県立大学 環境科学部 University of Shiga-Prefecture, Environmental Science

瀧研究室 TK Labo

瀧 健太郎 Kentaro TAKI

責任編集

山村 孝輝 Koki YAMAMURA

馬場 大輝 Daiki BABA

西野 駿治 Shunji NISHINO
