# 霞堤周辺の流況分析時における 河道域・氾濫域の二次元一体解析の有効性

THE USEFULNESS OF 2D FLOW ANALYSIS INTEGRATING RIVER CHANNEL AND FLOODPLAIN WHEN UNDERSTANDING THE FLOW CONDITIONS AROUND OPEN LEVEE SYSTEM

○ 滋賀県立大学大学院 環境科学研究科 馬場大輝 ○滋賀県立大学大学院 環境科学研究科 瀧健太朗

タイプ1 急流型

微高地に

地形勾配が大きい扇状地河川

被害拡大を防ぐ

内水・氾濫水を河川に誘導して、

本川堤

霞堤遊水地の

最上流部と最下流部は無堤

内水・氾濫水を河川に

誘導、被害拡大を防ぐ

## 1. 背景·目的

"流域治水"の本格導入

霞堤:不連続部のある

多重の堤防システム

主な(減災)機能

- ①内水・氾濫水排除機能
- 2 貯留機能



実務では様々な解析手法の活用

- 二次元解析 <一般座標系> (河道)
- ·一次元不定流(河道)+越流公式+二次元不定流(氾濫域)
- ・二次元不定流(河道+氾濫域,シームレス)

など



霞堤の検証にあたり、

実河川におけるモデル(解析手法)間の違いを示し、一体解析の有用性を検討する

# 2. 方法

実流域(滋賀県高時川)、実降雨(2022/08/03~06)を対象に

• 1D + 構造2D

<一次元不定流(河道)+ 越流公式 + 二次元不定流(氾濫域)>

- DioVISTA Flood Professional (日立パワーソリューションズ提供)

#### ·構造2D一体

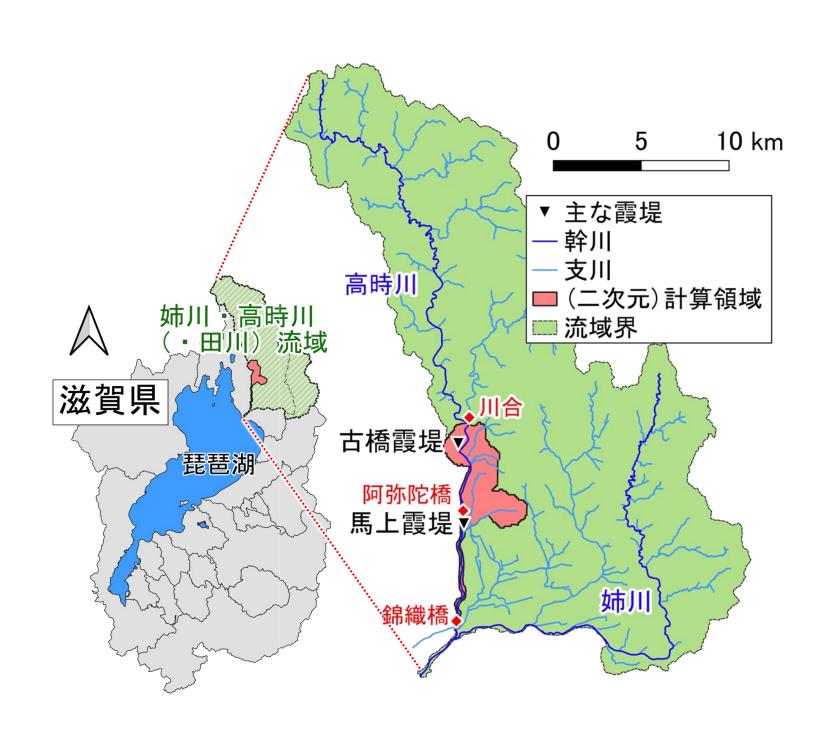
<構造格子二次元不定流(河道 + 氾濫域,シームレス) >

- 川池らの非構造格子モデル(規則的に並ぶ方形格子のみ使用)

### ·非構造2D一体

<非構造格子二次元不定流(河道 + 氾濫域,シームレス)>

- 川池らの非構造格子モデル(地形に沿った三角形・四角形格子を使用)



タイプ2 緩流型

地形勾配が小さい平地河川

の水位上昇を防ぐ

二重の堤防で

氾濫域を限定

河川から洪水を遊水させ、河川

河川流を遊水させ、

堤防からの越流を防ぐ

対象流域 (滋賀県高時川流域)

の比較・整理

## 一次元不定流(1D)

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q_*$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial (Q^2/A)}{\partial x} + 2\beta |U| q_* + gA \frac{\partial H}{\partial x} + \frac{T_r}{\rho} = 0$$

$$\frac{T_{r}}{\rho} = \frac{gQ|U|}{R^{4/3}} \left( \frac{\sum_{c} P_{w_{c}} n_{c}^{3/2}}{\sum_{c} P_{w_{c}}} \right)^{4/3}$$

## 二次元不定流(2D)

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} = 0$$

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

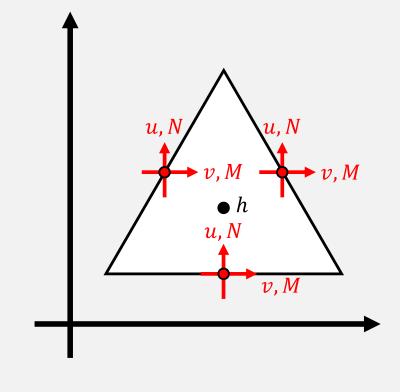
$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial (uN)}{\partial x} + \frac{\partial (vN)}{\partial y} = -gh \frac{\partial H}{\partial y} - \frac{\tau_{by}}{\rho_{w}}$$

$$\tau_{bx} = \frac{\rho_w g n^2 u \sqrt{u^2 + v^2}}{h^{1/3}} \text{, } \tau_{by} = \frac{\rho_w g n^2 v \sqrt{u^2 + v^2}}{h^{1/3}}$$

## 図心フラックス算出式 (構造2D一体、非構造2D一体に使用)

$$\widetilde{M} = \frac{\sum M_r L_{l'} / \{(\Delta x)_{l'}(d_{l'})\}}{\sum L_{l'} / \{(\Delta x)_{l'}(d_{l'})\}}, \widetilde{N} = \frac{\sum N_r L_{l'} / \{(\Delta y)_{l'}(d_{l'})\}}{\sum L_{l'} / \{(\Delta y)_{l'}(d_{l'})\}}$$

未知量の配置



h: 水深 H: 水位 <math>u, v: x, y方向の流速

M,N:x,y方向の流量フラックス(M=uh,N=vh)

 $\tau_{bx}, \tau_{by}$ : 水底面でのせん断応力のx, y方向成分

 $\rho_w$ :水の密度 n:粗度係数 g:重力加速度 A:通水断面積

Q:流量 U:流速  $q_*:$ 単位河道長さあたりの流入量

 $n_c$ :区間cにおけるマニングの粗度係数  $P_{w_c}$ :区間cにおける潤辺長

R: 径深 l': 格子を構成する辺  $L_{l'}:$  辺l'の長さ

 $M_r, N_r$ : 辺l'上のx, y方向の流量フラックス

 $(\Delta x)_{l'}, (\Delta y)_{l'}$ : 辺l'のx,y成分  $d_{l'}$ : 辺l'の中央と格子の図心の距離



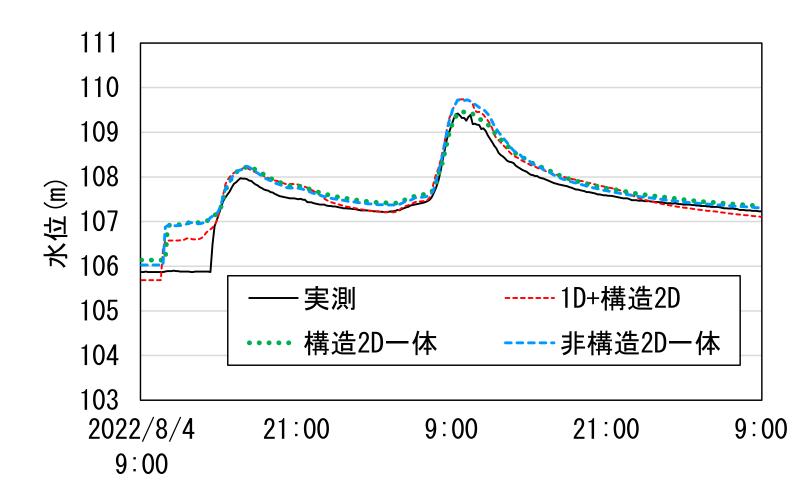


#### 計算条件

	1D+2D解析	構造/非構造2D一体
計算解像度	1辺約10m	
上流端流量	H-Q式より算出(川合観測所)	
下流端処理	実測下流端水位(錦織観測所)	
流出計算	分布型流出モデル (三層モデル)	
地形(標高値)	LPデータより作成	
河道・水路	一次元不定流	二次元不定流
河道との接続	横越流	連続
霞堤接続水路	高さ約0.8m, 幅約4.0m (構造2Dのみ格子解像度の制約より 窪地として表現)	
その他	洪水浸水想定区域図作成マニュアル(第4版)に準じる	

# 3. 結果

## 3-1. 再現性



#### Nash係数

1D + 構造2D: 0.86

構造2D一体、非構造2D一体:0.79

#### 3-2. 1D+構造2D vs構造2D一体

①浸水深 1D + 構造2D < 構造2D 体

②流速 1D + 構造2D < 構造2D 体

河道横断方向の複雑な流れを十分に捉えきれない

河道ピーク水位 1D+構造2D > 構造2D一体

=河道水位と氾濫原の浸水深に**矛盾** 

1D+構造2Dでは

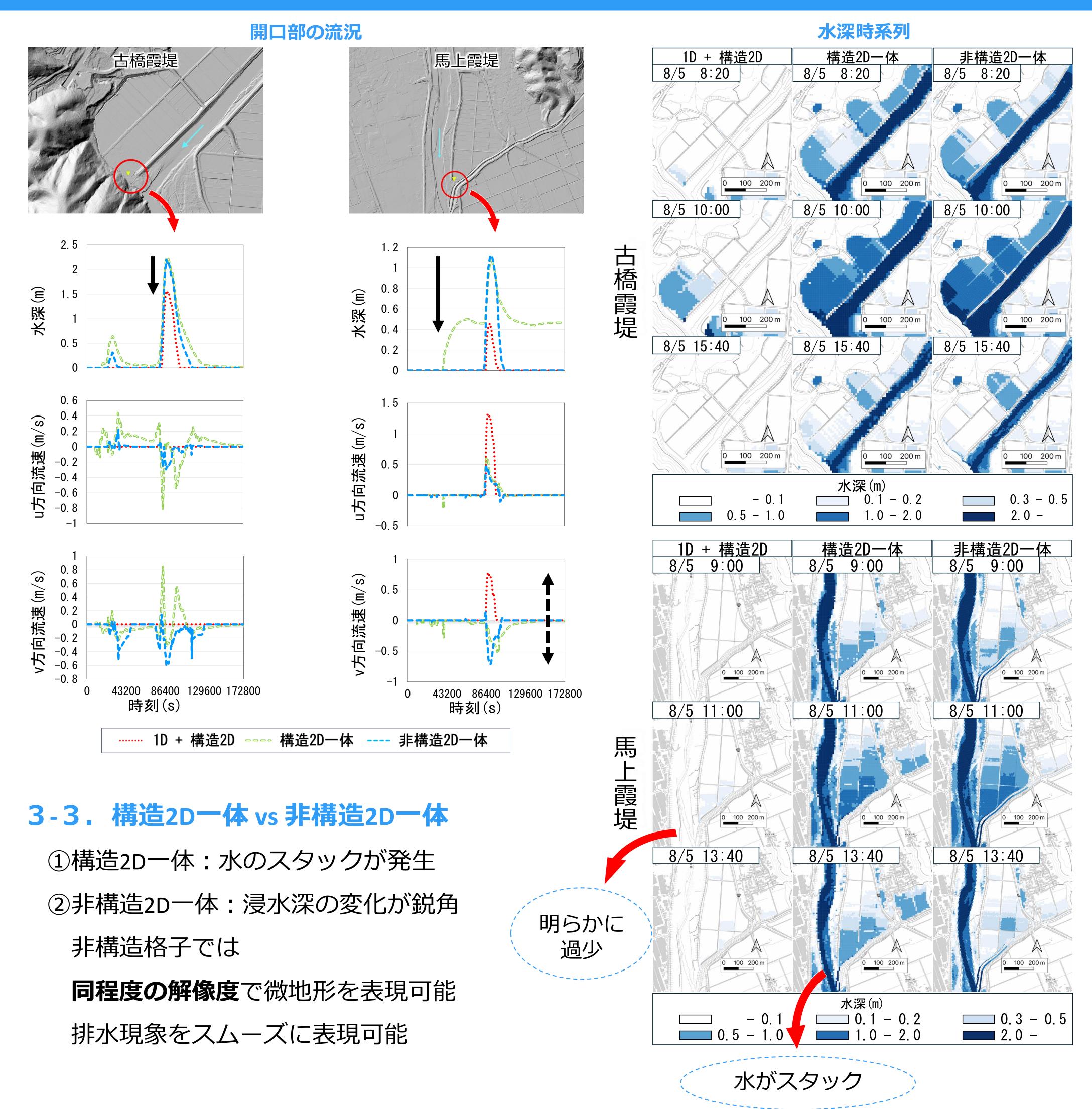
河道から霞堤遊水池内への流入が過少に表現

- 横越流では不十分(合わせるにはパラメータ調整が必要)

馬上霞堤開口部周辺の流れは

河道流下方向に関係するv方向流れの影響を

強く受けている



# 4. 考察

- 霞堤を河道域と一体的に捉えることで河道-霞堤間の流れを連続的に表現可能とするため, 霞堤遊水地の流入・排水プロセスを精度良く表現可能
- 非構造格子等, 霞堤内の細かな地形を正確に表現することで 排水路や控堤等複雑な流況を捕捉可能とし, 精度の高い評価を行うことが可能
- ただし、全ての霞堤で同一の結果が得られるとは限らない.